

AIST

平成22年度

産業技術総合研究所年報



独立行政法人

産業技術総合研究所

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

目 次

I. 総 説	1
1. 概 要	1
2. 動 向	3
3. 幹部名簿	13
4. 組 織 図	14
5. 組織編成	15
II. 業 務	21
1. 研 究	21
(1) 研究推進組織等	23
1) 環境・エネルギー分野	25
①研究統括・副研究統括・研究企画室	25
②太陽光発電研究センター	25
③バイオマス研究センター	32
④水素材料先端科学研究センター	37
⑤新燃料自動車技術研究センター	41
⑥メタンハイドレート研究センター	47
⑦コンパクト化学システム研究センター	51
⑧先進パワーエレクトロニクス研究センター	56
⑨ユビキタスエネルギー研究部門	60
⑩環境管理技術研究部門	65
⑪環境化学技術研究部門	76
⑫エネルギー技術研究部門	83
⑬安全科学研究部門	98
⑭爆発安全研究コア	109
2) ライフサイエンス分野	110
①研究統括・副研究統括・研究企画室	110
②糖鎖医工学研究センター	110
③生命情報工学研究センター	120
④バイオメディシナル情報研究センター	131
⑤幹細胞工学研究センター	136
⑥健康工学研究部門	144
⑦生物プロセス研究部門	155
⑧バイオメディカル研究部門	162
⑨ヒューマンライフテクノロジー研究部門	183
⑩特許生物寄託センター	193
3) 情報通信・エレクトロニクス	195
①研究統括・副研究統括・研究企画室	195
②情報セキュリティ研究センター	195
③ナノ電子デバイス研究センター	204
④ネットワークフォトンクス研究センター	217
⑤デジタルヒューマン工学研究センター	220
⑥ナノスピントロニクス研究センター	227
⑦サービス工学研究センター	231
⑧知能システム研究部門	233
⑨エレクトロニクス研究部門	240

⑩光技術研究部門	249
⑪情報技術研究部門	256
⑫社会知能技術研究ラボ	266
⑬強相関電子科学技術研究コア	268
4) ナノテクノロジー・材料・製造分野	270
①研究統括・副研究統括・研究企画室	270
②ナノチューブ応用研究センター	270
③集積マイクロシステム研究センター	276
④先進製造プロセス研究部門	280
⑤サステナブルマテリアル研究部門	303
⑥ナノシステム研究部門	311
⑦ダイヤモンド研究ラボ	323
5) 標準・計測分野	326
①研究統括・副研究統括・研究企画室	326
②生産計測技術研究センター	326
③計測標準研究部門	332
④計測フロンティア研究部門	353
⑤計量標準管理センター	362
⑥計量標準総合センター	363
6) 地質分野	383
①研究統括・副研究統括・研究企画室	383
②活断層・地震研究センター	383
③地圏資源環境研究部門	395
④地質情報研究部門	402
⑤地質調査情報センター	423
⑥地質標本館	428
⑦深部地質環境研究コア	431
⑧地質調査総合センター	432
7) フェロー	433
(2) 内部資金	434
(3) 外部資金	465
1) 国からの外部資金	468
①経済産業省	468
②文部科学省	489
③環境省	503
④その他省庁	512
2) 国以外からの外部資金	517
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構	517
3) その他の収入	668
2. 事業組織・本部組織業務	849
(1) 事業組織	849
1) 東京本部	850
2) 北海道センター	850
3) 東北センター	851
4) つくばセンター	852
5) 臨海副都心センター	854

6) 中部センター	854
7) 関西センター	855
8) 中国センター	857
9) 四国センター	857
10) 九州センター	858
(2) 本部組織	861
1) 企画本部	862
2) コンプライアンス推進本部	862
3) イノベーション推進本部	864
①イノベーション推進企画部	864
②知的財産部	865
③産学官連携推進部	867
④国際部	883
⑤ベンチャー開発部	898
⑥国際標準推進部	900
⑦つくばイノベーションアリーナ推進部	904
⑧イノベーションスクール	904
4) 研究環境安全本部	905
①研究環境安全企画部	905
②環境安全管理部	906
③研究環境整備部	907
④情報環境基盤部	910
⑤情報化統括責任者	910
5) 総務本部	911
①人事部	911
②財務部	912
③男女共同参画室	913
④業務推進企画室	913
6) 評価部	914
7) 広報部	914
III. 資料	939
1. 研究発表	940
2. 兼業	942
3. 中期目標	943
4. 中期計画・年度計画	952
5. 職員	1042
(財務諸表)	

I . 総 説

I. 総 説

1. 概 要

任 務：

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

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

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

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

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

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

組 織：

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

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

総説

平成23年3月31日現在、常勤役員13名、研究職員2,369名、事務職員688名の合計3,070名である。

沿革：

① 平成13年1月

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

② 平成13年4月

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

③ 平成17年4月

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

産業技術総合研究所の業務の根拠法：

- ① 独立行政法人通則法 (平成11年7月16日法律第103号)
(最終改正：平成21年5月29日 (平成21年法律第41号))
- ② 独立行政法人産業技術総合研究所法 (平成11年12月22日法律第203号)
(最終改正：平成19年5月11日 (平成19年法律第36号))
- ③ 独立行政法人通則法等の施行に伴う関係政令の整備及び経過措置に関する政令
(平成12年6月7日政令第326号)
- ④ 独立行政法人産業技術総合研究所の業務運営並びに財務及び会計に関する省令
(平成13年3月29日経済産業省令第108号)

主務大臣：

経済産業大臣

主管課：

経済産業省産業技術環境局技術振興課

産業技術総合研究所の事業所の所在地 (平成23年3月31日現在)：

- ① 東京本部 〒100-8921 東京都千代田区霞ヶ関1-3-1
- ② 北海道センター 〒062-8517 北海道札幌市豊平区月寒東2条17-2-1
- ③ 東北センター 〒983-8551 宮城県仙台市宮城野区苦竹4-2-1
- ④ つくばセンター 〒305-8561 茨城県つくば市東1-1-1 (代表)
- ⑤ 臨海副都心センター 〒135-0064 東京都江東区青海2-41-6
- ⑥ 中部センター 〒463-8560 愛知県名古屋市守山区下志段味字穴ヶ洞2266-98
- ⑦ 関西センター 〒563-8577 大阪府池田市緑丘1-8-31
- ⑧ 中国センター 〒739-0046 広島県東広島市鏡山3-11-32
- ⑨ 四国センター 〒761-0395 香川県高松市林町2217-14
- ⑩ 九州センター 〒841-0052 佐賀県鳥栖市宿町807-1

2. 動 向

産総研の分野別年間研究動向の要約

I. 環境・エネルギー分野

1. 分野の目標

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

(1) 再生可能エネルギーの導入を拡大する技術の開発

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

(2) 省エネルギーのための技術開発

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

(3) 資源の確保と有効利用技術の開発

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

(4) 産業の環境負荷低減技術の開発

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

(5) グリーン・イノベーションの評価・管理技術の開発

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

2. 分野の組織構成

環境・エネルギー分野では、7つの研究センター（太陽光発電研究センター、バイオマス研究センター、水素材料先端科学研究センター、新燃料自動車技術研究センター、メタンハイドレート研究センター、コンパクト化学システム研究センター、先進パワーエレクトロニクス研究センター）、5つの研究部門（ユビキタスエネルギー研究部門、環境管理技術研究部門、環境化学技術研究部門、エネルギー技術研究部門、安全科学研究部門）を中心に研究開発を行っている。本年度はこのうち、コンパクト化学システム研究センター及び先進パワーエレクトロニクス研究センターが設立された。なお、本研究分野以外の5研究分野とも強く連携を取りつつ、上記重点戦略達成に向け、研究開発を進めている。

3. 主な研究動向

平成22年度の主な研究動向は以下の通りである。

(1) 再生可能エネルギーの導入を拡大する技術の開発

- ・10cm 角フレキシブル基板上に、変換効率15.9%という世界最高効率の集積型フレキシブル CIGS 太陽電池モジュールの作製に成功した。これは、デザイン性の高さからグッドデザイン・フロンティアデザイン賞を受賞した。
- ・600V、1200V 級の炭化ケイ素 (SiC) 素子 (ショットキーバリアダイオード) の量産技術開発に目途をつけ、応用企業への試供を開始した。なおこの素子は、高温での低オン抵抗/高破壊耐量で世界最高値を達成した。

(2) 省エネルギーのための技術開発

- ・リチウム-空気電池の低コスト化を目指し、これまでの金属や金属酸化物を使用しない安価な空気極触媒候補として金属フリーのグラフェンを空気極触媒として用いたところ、良好且つ安定な充・放電サイクル特性と低い過電圧特性を示すことを確認した。
- ・固体酸化物形燃料電池（SOFC）の酸素イオン化及び拡散の活性サイトを、同位体ラベル法を適用して可視化することに成功した。これらにより、SOFCの劣化機構解明への新規な解析法として適用できる可能性を示した。

(3) 資源の確保と有効利用技術の開発

- ・高品質バイオディーゼル製造技術の開発を行う為に、高品質化用触媒技術を組み込んだバイオディーゼル燃料（BDF）製造パイロットプラントを製造した。本パイロットプラントにおいて、非食性バイオマスであるジャトロファから、東アジアサミット推奨品質のBDFを製造する実証研究を開始した。
- ・ハードディスク等の小型製品から希土類磁石を選択的に回収するため、まずハードディスク破砕選別機を開発した。次にこの破砕機より回収された磁石を高温酸化-浸出処理することにより、鉄の溶解を10%以下に抑制しつつ希土類磁石（ネオジウム、ジスプロシウム）のみを90%以上浸出する手法を開発した。

(4) 産業の環境負荷低減技術の開発

- ・次世代バイオ液体燃料であるブタノールの分離濃縮を行なう為に、選択透過性に優れた無機分離膜を開発した。この膜により1重量%のブタノールを80重量%以上に濃縮でき、従来の分離膜と比較してブタノール回収に要するエネルギーを50~70%削減可能となった。
- ・多点結合型リンカーを利用したナノ空孔固定化分子触媒を開発し、鈴木カップリング反応における触媒の使用原単位を、従来の3分の1に低減することに成功した。

(5) グリーン・イノベーションの評価・管理技術の開発

- ・カーボンナノチューブ、フラーレン、二酸化チタンのリスク評価書最終を完成させ、産業界や行政からの強い注目を集めた。また、ナノ材料の安全性評価に関する二つの新規プロジェクトを立ち上げた。
- ・化学物質の爆発危険性を評価するための国際標準である国連勧告試験について、その試験法を検討し、国連専門家委員会に改定案を提出した。その結果、国連専門家委員会において提案が認められ、今後2年間かけて検討されることが決まった。

II. ライフサイエンス分野

1. 分野の目標

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

2. 分野の組織構成

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

3. 主な研究動向

以下に平成22年度の主な研究動向を示す。

(1) 健康を守るための先進的、総合的な創薬技術、医療技術の開発

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

- ・肝細胞がん由来細胞株の培養上清、肝細胞がん患者、肝炎患者、肝硬変患者血清、あるいは肺がん患者、卵巣がん患者血清をグライコプロテオミクスの手法によって解析し、糖鎖バイオマーカー候補分子を同定した。特に、

肝細胞がんの背景肝疾患の進行度（線維化）を示すマーカーを確立した。さらに線維化マーカーについて迅速測定系を確立した。

- ・糖脂質におけるポリラクタサミンの合成酵素である B3gnt5の遺伝子欠損マウスを作製し解析した結果、B3gnt5がB細胞の免疫機能において重要な機能を果たしていることを明らかにした。糖脂質ポリラクタサミン糖鎖が細胞表面のシグナル伝達場である細胞構造（糖脂質ラフト）を制御し、過剰な免疫反応に抑制的に働いていることが示唆された。
- ・胆管がんマーカーを検出するアッセイシステムを構築し、血清サンプルによる検証を行った。国内約300症例について解析を行った結果、胆管がん患者群はいずれの検体群との比較においても有意にそのシグナルの上昇が認められた。また、タイの肝内胆管がん症例78検体、コントロール群78検体を用いて解析を行った結果、タイの症例でもがん患者で有意なシグナルの上昇が認められ、さらにその検出力は既存胆管がんマーカーのものを大きく上回った。
- ・iPS化に伴い細胞表層糖鎖もリプログラムされることを発見した。また、幹細胞の未分化度や異種抗原のコンタミを定量的に測定する技術の開発に成功した。
- ・異なるデータ構造の導入により、従来の計算法で対応できなかった、繰り返し配列やA+T含量の偏りに頑健なゲノム・アラインメント技術を開発した。マラリア病原菌ゲノムなどでは業界標準ソフトウェアより100倍以上の高速化に成功した。
- ・生命情報工学研究センター内外のデータベース、ソフトウェアを最新の情報技術を用いてシームレスに統合した情報基盤の構築に取り組んだ。ライフサイエンス研究分野における複雑化・細分化に合わせて解析ツールやデータベースの多様化に迅速に対応するためプラットフォームを用いた可変型ワークフローに関する技術を開発した。
- ・免疫モニタリングとして自己のタンパク質に結合する抗体（自己抗体）を網羅的に解析するオートイムノーム解析システムを開発し、疾患との関連を明らかにし、疾患マーカーや臨床診断指針の開発を行なった。
- ・自主開発してきた創薬支援ソフトウェア myPresto の改良・機能追加を行い、標的タンパク質と相互作用する化合物を200万化合物の中から探索し、従来の10倍以上の効率で医薬品候補を選び出すことのできる技術を開発した。
- ・幹細胞の標準化指標策定に必要な iPS 細胞特異的制御ネットワークの検出に成功した。
- ・マイクロ組織アレイチップおよび医薬品アッセイ装置を開発した。
- ・ES細胞や iPS 細胞などの幹細胞を制御する新しい因子を発見し、その因子が、良質の iPS 細胞の樹立を制御する新規因子であることを見出した。また、この因子が、幹細胞特異的に発現する転写因子と結合して転写制御領域を活性化するメカニズムを明らかにした。
- ・情報工学の手法から機能異常が予測された神経栄養因子の一塩基多型ノックインマウスを作製したところ、顕著な抑うつ行動と第3世代抗うつ薬に対する治療抵抗性を特徴とする難治性うつ病モデルマウスが樹立できた。
- ・従来、発光の消光に寄与することが知られている酸化チタンを水溶液中の量子ドットに混ぜたところ、量子ドットの発光点滅を抑制することを見出した。
- ・先天性骨代謝疾患治療の実現化に向けて、皮膚細胞の100倍以上の高効率で歯胚から iPS 細胞を樹立するとともに、移植用の間葉系幹細胞に正常遺伝子を導入する技術・人工骨上の培養法を確立した。また、セルプロセスセンターで培養した他家間葉系幹細胞を同疾患患者に移植して、将来の iPS 細胞治療に繋がるような治療効果を得た。
- ・液体中の細胞を直接観察できる大気圧電子顕微鏡（ASEM）のプロトタイプ装置の開発を進め、マイクロメータ以下のマイコプラズマの迅速観察に成功した。また、がんの転移に重要な CD44と抗がん剤のターゲットタンパク質である tubulin を対象として免疫電顕法の開発に成功した。
- ・ナノニードルアレイを用い機械的に細胞分離を行う新しいセルソーターの開発を行った。機械的に細胞を釣り上げ、細胞を分離するには、接着力の異なる異種細胞の接着力を等しく減弱し、同程度に平準化しなければならない。異なる細胞の接着力を2nN程度に調製する手法の開発に成功した。

(2) 健康な生き方を実現する技術の開発

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

- ・マルチ発光システムを駆使し、約300のマーカー遺伝子発現を20分以内に高精度で計測する化学物質リスク評価系、および組織レベルで2種の生体リズムのマーカー遺伝子の発現変動を同時検出する発光計測システムの開発

に初めて成功した。

- ・空港用の金属探知機に検知されない非金属製車椅子の開発において製品化モデルである4号機を試作し JIS 走行耐久性試験をクリアした。
- ・アクセシブルデザイン技術（高齢者・障害者を含むより多くの者に適合した製品・環境設計技術）に係る JIS（日本工業規格）3編の国際標準化を提案し、ISO（国際標準化機構）規格として発行するに至った。
- ・視覚障害者の聴覚空間認知の訓練システムの開発を推進し、実用レベルに到達した。平成22年9月より、視覚障害関係者へ同システムの試用版の無償提供を開始した。

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

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

- ・ギガシークエンサーの出力配列を、高速にクラスタリングするアルゴリズムを開発した。これにより、解析に必要な情報量を落とすことなく、効果的に解析対象を絞り込むことが可能となった。
- ・アブラムシ体内に生息する特定の共生細菌を異種間移植することで、ある種のアブラムシが、これまで餌として利用できなかった植物上で生存や繁殖が可能になることを発見した。
- ・従来の植物ウイルスベクターを用いる遺伝子組換え植物の作出法は、ウイルスの蓄積量が周期的に増減するサイクル的な増殖を示すことが知られており、一様な目的物質の高発現ができなかったが、サイレンシングサブプレッサーを用いることにより、目的物質の発現量を約3倍以上増加させることに成功した。

III. 情報通信・エレクトロニクス分野

1. 分野の目標

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

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

2. 分野の組織構成

当分野の研究組織は、異分野融合領域も含めると、6つの研究センター（ナノ電子デバイス研究センター、ネットワークフォトニクス研究センター、ナノスピントロニクス研究センター、情報セキュリティ研究センター、サービス工学研究センター、デジタルヒューマン工学研究センター）、4つの研究部門（知能システム研究部門、エレクトロニクス研究部門、光技術研究部門、情報技術研究部門）、1つの研究ラボ（社会知能技術研究ラボ）で構成されている。

3. 主な研究動向

平成22年度の主な研究動向は以下の通りである。

- (1) 高速光スイッチ、不揮発メモリ、フレキシブルディスプレイなどの新しい機能を低エネルギーで発揮するデバイスの開発
 - ・ネットワークフォトニクス研究センターでは、高精細映像等の巨大コンテンツを伝送させる光ネットワークを実現するために、既存のネットワークルータに比べてスループットあたり3桁低い消費電力でルーティングを行う光パスネットワーク技術を開発している。本年度は、4×4シリコンフォトニクス光スイッチ、パラメトリック分散補償装置を開発し、光パスネットワークの公開デモ実験を NICT、NHK とともに連携して行った。この実験で、光パスネットワークの低消費電力性を実証することができた。

- ・ナノスピントロニクス研究センターでは、コンピュータの待機電力を1/5に削減可能にするために、スピントロニクスとナノテクノロジーを融合したナノスピントロニクス技術を用い、DRAMやSRAMの置き換えを可能とする不揮発性メモリ技術を開発している。本年度は、Gbit級スピンRAMの記憶素子用の新しい垂直磁化材料として、高い垂直磁気異方性、低い異方性分散、高いアニール耐性を有する人工格子薄膜材料を新規に開発した。これを用いて、超低抵抗の垂直磁化MTJ素子で100%を超える高MR比を実現した。
 - ・光技術研究部門では、ディスプレイ及び入出力素子作製技術の高度化のための省資源、低消費電力製造プロセスとして、ナノプリント、ナノモールド法等のデバイスの低温形成、印刷形成技術を開発している。本年度は、酸化半導体にて、溶液プロセスで移動度 $4\text{cm}^2/\text{Vs}$ を発現する薄膜トランジスタの作製技術の開発に成功した。
 - ・エレクトロニクス研究部門では、デバイス製造に要する資源及びエネルギー消費量を30%削減するために、必要な時に必要な量だけの生産が可能で、かつ多品種変量生産に対応できるミニマルに関する研究開発を行っている。本年度は、ミニマル装置群の開発とミニマルファブの各種仕様策定を進め、幅30cmのミニマル規格を満たすミニマル洗浄装置、ミニマルプラズマ装置等のプロトタイプを開発すると共に、ミニマル露光装置を開発に着手した。ミニマルファブ構想については、5月19日の日本経済新聞のトップ記事で紹介され、産業界全般にインパクトを与えた。
 - ・ナノ電子デバイス研究センターでは、不揮発性ロジック及びメモリの集積可能性検証を目的として、機能性酸化物を用いた不揮発性抵抗変化メモリの信頼性評価を、200ミリウェーハレベルで行う技術を開発している。本年度は、超低電流動作と高速動作を両立可能な、抵抗変化型不揮発性メモリ（Resistance Random Access Memory: RRAM）構造を、300ミリウェーハレベルで均一かつ高い信頼性を持って製造するための成膜、加工プロセス技術を共同研究先と共同開発した。この技術を用いて、1トランジスタ1メモリ構造を含む128Kbitのメモリアレイチップを集積化し、チップおよびウェーハレベルでメモリの動作特性と信頼性評価を実施するための200ミリウェーハプラットフォームを構築することに成功した。
- (2) IT（情報技術）活用による安全・安心な社会生活を実現するために、ディペンダブルITシステムの研究開発の推進
- ・デジタルヒューマン工学研究センターでは、乳幼児と高齢者の傷害予防を目的に、傷害情報サーベイランス技術と実時間見守りセンシング技術を開発している。本年度は、2030件の傷害データを新たに追加し、傷害サーベイランス技術を虐待向けに拡張し、22件の虐待による傷害データを蓄積し、外部公開した。また、子どもの傷害予防に配慮した製品（キッズデザイン製品）を企業が開発する上で不可欠となるデータ・技術・人的ネットワークを一体として開発・育成するための社会実験（キッズデザイン共創プロジェクト）を企画し、15社19課題を実施した。
 - ・知能システム研究部門では、低炭素社会実現に貢献する都市計画の1つであるコンパクトシティ構想に貢献するための技術として、中心市街地での搭乗移動や物流搬送等を自律的に行うための研究開発を行っている。本年度は、レーザレンジセンサによる3次元マップマッチング技術、障害物検知・回避技術等を構築し、つくば市中心市街地において、自律走行車いすの約1.6kmの自律走行を実現することで、「つくばチャレンジ2010（産総研共催）」にて完走し、市長賞ならびにバンダイナムコ賞を受賞した。
 - ・知能システム研究部門では、ロボットの安全性を検証するためのリスクアセスメント等、安全設計を行うための技術開発を行うとともに、それらの国際標準化活動を行っている。本年度は、NEDOの生活支援ロボット実用化プロジェクトにおいて、国際標準化WG主査、および機能安全検討WG主査として、リスクアセスメントなどのプロジェクトでの研究を行うとともに、調整企画を行い、さらには国際標準化としてISO会議TC184SC2に2名参加した。
 - ・情報セキュリティ研究センターでは、ネットワーク社会において消費者の情報や権利を保護するため、バイオメトリクスやパスワード等の認証用情報が漏えいした際にも、認証情報更新を容易にすることにより、被害を最小限に抑えることができる個人認証技術や、ユーザがサーバと相互に認証することで、ユーザがフィッシング詐欺を認知可能とする技術等のプライバシー情報保護及びユーザ権限管理技術を開発している。本年度は、認証技術について、RFC原案の改良を続け、IETFにおける標準化活動を進展させたほか、米国等で関係企業とも情報交換を行い、標準ブラウザへの統合の方向性などについても交渉を行った。またソフトウェアを改良しCEATEC等で展示を行い成果普及を進めた。
- (3) サービスを科学し機械化することによるGDPの7割を占めるサービス産業の効率化と新サービス産業の創出
- ・サービス工学研究センターでは、サービス生産性向上を目的とし、必要な情報を現場でセンシングし、得られた大規模実データをモデリングして利用者行動をシミュレーションすることで、サービス設計を支援するサービス工学基盤技術と導入方法論を開発している。本年度は、プライバシーに配慮した実環境行動計測を実現し、結

- 果を仮想環境で提示して CCE 応用技術により提供者スキルを理解する技術を開発し、旅館3軒で実証を行った。
- ・社会知能技術研究ラボでは、公共性の高いサービス等が安全かつ標準的に利用できる環境の実現を目的として、利用者が自分自身で個人情報や管理でき、サービスの内容や価値に応じて複数のサービスが連携できるような標準的な技術を開発している。本年度は、情報システム開発を利用者が主導するための方法の適用範囲を拡大し、その有効性の検証を進めた。
 - ・情報技術研究部門では、地理空間情報の新サービスを創出するため、多種多様な地理空間データへの統一的アクセスサービス等の基本サービス群の開発および整備を行っている。本年度は、地殻変動モニタリングシステムのプロトタイプ開発、地震動マップ即時推定システム (QuiQuake) におけるデータのリアルタイム取得機能の強化、衛星画像、現地観測統合システム (SFI) における地表面温度についてのシステム開発を行い基本部を完成させた。
 - ・知能システム研究部門では、ヒューマノイド技術を活用した新サービスの創出を目的として、メディア技術との融合によりコンテンツ産業を支援するロボットサービス、人動作解析技術等との融合による人動作模擬サービス等を創出するヒューマノイド基盤技術を開発している。本年度は、ステップ、表情変化を含む振舞を製作できるインタフェースを開発し、HRP-4C の歌唱を伴うダンスを実現し、デジタルコンテンツ EXPO2010 でダンスパフォーマンスを行った。
 - ・情報技術研究部門では、サービス生産性を向上させるために、利用者の利便性及び生産性とサービス提供者の資源利用効率を共に高めるクラウド型プラットフォームの開発を行っている。本年度は、ユーザの要求する資源のプランニングと資源確保、再配置、障害発生時のサービス再構成、復旧を実現するスケジューリングシステムを開発した。また、高機能な認可機能を持ち例外処理に対応した分散モニタリングシステムを開発した。実環境で複数のクラウドを連携させて仮想インフラストラクチャを構成し、アプリケーションを実行する相互運用試験を行った。

IV. ナノテクノロジー・材料・製造分野

1. 分野の目標

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

2. 分野の組織構成

当該分野は平成22年度末において2つの研究センター（ナノチューブ応用研究センター、集積マイクロシステム研究センター）、3つの研究部門（先進製造プロセス研究部門、サステナブルマテリアル研究部門、ナノシステム研究部門）、1つの研究ラボ（ダイヤモンド研究ラボ）の計6研究ユニットで構成されている。

3. 主な研究動向

当該研究分野の先端研究の代表例を以下に示す。

当該分野では積極的に産業界と連携して研究開発を実施している。その代表的なものとして NEDO プロジェクトがあり、そのうち「ナノテク・部材イノベーションプログラム」ではカーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト、マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト、革新的省エネセラミック製造技術開発等、「ロボット・新機械イノベーションプログラム」では異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト等、「希少金属代替材料開発プロジェクト」では超硬工具向けタンゲステン使用量低減技術開発および代替材料開発、グラフェンの高品質大量合成と応用技術を活用した透明電極向けインジウム代替技術の開発等を実施している。

平成21年度の主な研究動向は以下の通りである。

(1) 高効率なエネルギーマネジメントシステム

- ・縦型構造を持つダイヤモンドショットキーダイオードのプロセスを完成させ、250℃動作で500A/cm²の高電流密度ダイオードを試作した。また、小型ダイヤモンドダイオードのスイッチング特性の評価を世界で初めて実施し、0.01マイクロ秒の高速スイッチングと40 A/cm²の小さな逆回復電流（低損失）を確認した。X線トポグラフィやカソードルミネッセンスにより欠陥の二次元マッピング評価を可能にした。

(2) 運輸システムの省エネルギー技術

- ・汎用マグネシウム合金である AZ31合金の集合組織を簡便に制御できる手法として高温圧延法に着目して研究開発を実施し、AZ31合金にアルミ並みの冷間成形性（エリクセン値>8）と高い強度（引張り強度240MPa）を付与することに成功した。

(3) 住宅、ビル、工場の省エネルギー技術

- ・これまで開発してきたマグネシウム・ニッケル合金を用いた調光ミラーは、透明時における可視光透過率は高いが黄色味を帯びているという欠点があったが、マグネシウムとカルシウムを用いることで、無色でありながら高い可視光透過率を持つ調光ミラーが実現できることを見いだした。
- (4) ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材
- ・球形ナノ粒子（ナノファイバー）を含有する高分子混合系の相分離構造をシミュレーションするソフトウェアを作成した。このソフトウェアの特長は、従来の高分子混合系の自由エネルギーを用いた相分離構造シミュレーション法に対して、さらに相構造と分散させるナノ粒子との間の相互作用を仮定して、相分離構造の成長とともに、球形ナノ粒子が分散・凝集していく様子をシミュレーションできる点である。
 - ・これまで誰も見ることができなかった、有機 EL 材料と金属電極との界面における化学構造と電子構造の変化を、和周波発生（SFG）分光法に改良を加えることによって、同時に計測することに成功した。具体的には、SFG に対して赤外光のみならず可視光も波長可変とする改良を加え、PFO という有機 EL に使われる材料が電極界面上でバルクとは異なる化学構造と電子構造を有する事を初めて明確に示した。
- (5) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用
- ・ -140°C から 600°C までの広い温度範囲でほぼ一定の柔らかさと硬さ（シリコンゴム程度）を保ち、広い温度領域で利用できる CNT 粘弾性材料を開発した。
 - ・低温（ 400°C ）大面積（A4）短時間（～分）でのグラフェン合成に成功し、このグラフェンを利用して静電容量型タッチパネルの試作に成功した。また、Cu（111）がグラフェンの合成に優れた面方位であることを見出し、Cu（111）単結晶薄膜表面を用いた熱 CVD で高品質グラフェンの形成に成功した。
 - ・既存技術では困難とされていた単一構造カーボンナノチューブの分離を、安価な装置で実現した。具体的には、ゲルカラムによる分離法を改良し、13種類の単一構造半導体型ナノチューブと金属型ナノチューブとの分離に成功した。本研究で開発した分離法は、装置が単純で消費する界面活性剤やゲルも安価であり、しかも収率が高い。そのため、スケールアップ（大量分離）・自動化・高速化が容易で、産業化に必須な低コスト化が見込める。
- (6) 製造技術の低コスト化、高効率化、低環境負荷の推進
- ・エアロゾル・デポジション法を用いて、常温プロセスで酸化物系固体電解質の薄膜化に成功し、世界で初めてリチウムイオン電池としての動作を確認した。電池構造の薄膜化により、高エネルギー密度化が期待される。また、酸化物系材料を使用しているため高い安定性や電池構造の簡略化が期待される。
 - ・従来のスピニング加工では困難だった、楕円形・多角形・偏心・湾曲などの異形断面形状の成形をロボット技術の導入により実現した。
- (7) 省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム製造技術
- ・プロトタイプ小型無線電力センサ端末を用いて小規模店舗用電力モニタリングシステムを構築し、実証実験を実施した。その結果、モニタリングシステムの活用により、同規模のシステム未設置店舗に比べ10%程度の消費電力の削減が可能であることを示すことができた。
- (8) 先端計測技術及び分析機器の開発
- ・世界最高感度を持つ新しい電子顕微鏡を応用して、炭素原子からできているグラフェンを詳細に調べ、同じ炭素原子でも、グラフェンの端に存在する炭素原子が通常の炭素原子とは電子状態が大きく違うことを世界で初めて確かめた。この結果から、グラフェンが電子デバイスとして応用される際に、グラフェンの端に存在する炭素原子の性質が大きく影響を及ぼすことが分かった。

V. 標準・計測分野

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

当分野の研究組織は、2つの研究部門（計測標準研究部門、計測フロンティア研究部門）、1つの研究センター（生

産計測技術研究センター)の計3つの研究ユニットと計量標準管理センターで構成されている。平成22年度の主な研究動向は以下の通りである。

1. 計量標準

計量標準整備については、計測標準研究部門がわが国の中核としてそれを担い開発・供給を行っている。第2期当初は、整備計画に対する産業界からの強い要請に基づいて、その数値目標を140種類と広範に設定したうえで、5年間の第2期終了の時点(平成21年度末)において延べ183種類の新規供給を実現し、成果を着実に挙げることができた。平成22年度の実績としては、物理系校正サービス9種類、化学系標準物質17種類、計26種類の標準供給を開始した。また特定二次標準器の校正408件、特定副標準器の校正は16件、依頼試験は536件であった。認証標準物質の頒布数は916件であった。特定計量器の型式承認は242件、基準器検査は2,944件、比較検査18件、検定0件、各種計量教習はのべ700人を行った。同時に国家計量標準の相互承認を目的とし、計量標準の国際比較、国際基準に準拠した標準供給のための品質システムの整備とISO/IEC 17025およびISOガイド34認定(ASNITE-NMI)取得、他国の専門家による技術審査(Peer review)受入等を進めた。国際関係ではメートル条約と国際法定計量条約における調整活動への参加を通して我が国の計量技術を代表した責務を果たすと同時に、アジア太平洋地域では計量組織における調整活動や各国の計量技術者に対する教習等を通して計量先進国としてのプレゼンスを発揮した。

(1) グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

- ・誘導分圧器と電流比較器を利用した、大容量キャパシタンスを高精度に測定するシステムを開発した。この装置は、任意の容量値をもつキャパシタ測定に展開が可能であり、蓄電池・電力貯蔵キャパシタの内部インピーダンス評価に必要な新たな基準キャパシタの開発に不可欠な装置である。
- ・LED照明に適した新たな測光放射標準の開発を進めた。高強度LED全光束標準用の参照標準器に関して、温度特性等の諸特性評価を完了させ、校正に適した性能を持つ事を検証すると共に、LED照明全体の性能評価に適した分光全光束標準用の参照標準器に関して配光および経時変化等の評価を行った。

(2) ライフ・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

- ・医療用放射線標準の開発を下記3項目で体系的に進めた。①放射線治療のための医療用リニアックを導入・設置し、放射線の線質を表す指標を測定した。②医療用リニアックからの放射線を測定するためのポータブルなグラフアイトカロリメータ制御装置を開発した。③前立腺がん治療用密封小線源の線量標準を確立するために、大容積自由空気電離箱を整備し校正技術を開発した。
- ・医療診断や臨床検査の信頼性確保のために必要な標準物質として、プロゲステロンやC-ペプチド、アミノ酸など4種類にわたる7物質を開発し、多岐にわたる項目から成る臨床検査の計量トレーサビリティの基盤を確立した。

(3) 産業の国際展開を支える計量標準の整備

- ・空気清浄度管理に用いられる粒子計測器を測定現場で日常的に校正することが可能な粒子発生器型気中粒子数濃度標準を開発した。国家計量機関の校正室内で用いられる粒子数濃度国家標準はこれまで3カ国で開発されているが、測定現場で利用可能な粒子発生器型標準は未開発であった。
- ・次世代時間・周波数標準として有力視されている光格子時計の開発を進め、Yb光格子時計では信号対雑音比を大幅に改善したデータが得られた。セシウム原子時計の不確かさを超える比較のために、Sr光格子時計の開発を進め、第1段階冷却の磁気光学トラップに成功した。

2. 計測技術

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

平成22年度の2ユニットにおける計測・評価技術の主な研究成果は以下のとおりである。

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

- ・イオンや中性分子のもっている運動エネルギーの違いを測定できる超伝導分子検出器搭載質量分析装置を開発し、イオンのみならず中性分子の分析ができることを初めて示した。今回開発した先端分析装置は、科学から産業まで、幅広い分野の計測基盤として貢献することが期待される。
- ・ガンの早期治療において、低侵襲かつ高精細な画像診断方法が求められている。レーザーコンプトン散乱X線

(LCS-X 線) の造影剤や重金属に対する吸収効率を高め、リアルタイム血管造影に成功した。また、高輝度テラヘルツ電磁波を用いて、非侵襲で人体表層部のガン等を可視化できる生体試料の透過イメージングに成功した。

(2) 生産性向上をもたらす計測ソリューションの開発と提供

- ・エッチング装置のウエハとチャックの間で発生したプラズマ異常放電による AE 波を、チャックの下に設置した AE センサによって、世界で初めて検出することに成功した。

VI. 地質分野

1. 分野の目標

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

2. 分野の組織構成

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

3. 主な研究動向

平成22年度の主な研究動向は以下の通りである。

(1) 地質情報の統合化と共有化・国土及び周辺域の高度利活用

- ・最新の地球科学的知識に基づき、5万分の1地質図幅 (陸域)、20万分の1地質図 (陸域・海域)、地球物理図、地球化学図、火山関連図、地震関連図など各種地球科学基本図、地球科学主題図等の網羅的・系統的な整備を行い、知的基盤として整備・公表している。本年度は、20万分の1地質図幅1件、5万分の1地質図幅3件、海洋地質図3件、重力図1件、数値地質図4件の地球科学図を編集・発行した。
- ・政策予算「沿岸域の地質・活断層調査」では、地質図や地下構造図が未整備である沿岸域において、陸域-沿岸域-海域を繋ぐシームレスな地質情報整備の取り組みを地質調査総合センターのユニットが連携協力して行っている。本年度は、新潟沿岸域等における地質・活断層の調査研究成果を取りまとめた報告書を出版するとともに、海陸シームレス地質情報集「新潟沿岸域」として DVD 出版し、福岡沿岸域においては、マルチチャンネル音波探査、海底堆積物採取、海域から陸域まで連続した物理探査、沖積平野のボーリングデータ収集・解析とボーリング掘削等の総合的な地質調査を実施した。
- ・海洋地質図作成のための資試料を取得するため、沖縄本島西方沖の海洋地質調査を実施した。
- ・国連に提出した大陸棚画定の日本の申請に関し、「大陸棚の限界に関する委員会」の下に日本の申請を審査する小委員会が設置された事を受け、平成22年4月、8月、11月に日本代表団へ参加し、説明資料の科学的根拠に関する質問などに対して説明を実施した。

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

- ・地質分野では、地質学、地球化学、地球物理学等の地球科学的手法を駆使し、地圏・水圏循環システムの理解に基づく国土有効利用実現のため、1) 水資源等の環境保全及び地熱や鉱物資源探査、2) 土壌汚染リスク評価、3) 地層処分環境評価、4) メタンハイドレート等天然ガス資源の調査、5) CO₂地中貯留に関する技術、6) 地圏・水圏環境にかかわる知的基盤情報の整備・提供等の研究を実施している。
- ・これまでに全国規模で集積した地下水賦存量を解析することで、我が国の地下水資源全体量が13兆トンであると見積もられた。
- ・地中熱の利用促進のため、石狩、関東、筑紫を対象に、地下温度構造及び地下水流動モデリングを開始し、各種水文地質データの収集とコンパイルを行った。また、福井平野を対象に、地中熱ポテンシャル評価手法の開発に着手し、日本で初めて地中熱ポテンシャルマップを作成した。
- ・鉱物資源探査では、モンゴル南部、ベトナム、カナダ、グリーンランド等の希土類鉱床現地調査を行い、将来の

開発可能性に関する基礎データを収集した。米国ネバダ州等にて地表踏査による衛星画像の検証作業を実施した。東南アジアにて希土類鉱微地試料を解析し、希土類の存在形態等を検討した。また、選鉱残渣の研究として浮遊選鉱試験器の導入し立ち上げを行うと共に、南アフリカ、カナダ、ベトナム産試料について予察的に鉱物学的評価を実施した。

- ・ 土壌汚染リスク評価では、複合成分に起因する健康及び経済リスクの統合化評価の統一指標を提案し、生活環境リスク評価の方法論を確立して、「地圏環境リスク評価システム GERAS-3 (廃棄物版)」を開発した。特定地域において土壌地質環境基本調査を行い、表層土壌データデータベースを作成した。
- ・ 地層処分環境評価では、幌延町浜里地区において、深度1,000m までの掘削を実施し、地下水と地質の試料を採取した。試料の分析の結果、地質境界（地質試料の力学的試験結果）と地下水の水利境界（水質及び同位体分析結果）とは微妙に異なることが判明し、これまでより高精度な水利構造モデルを作成でき、地下水流動解析を実施することができた。
- ・ CO₂地中貯留に関する技術では、安全性評価ならびにリスク評価のためのフレームワークを検討し、産総研型 CO₂地中貯留リスク評価システムのプロトタイプ構築を進めた。地中 CO₂の広がりや移動を検出するため、150m の坑井を掘削して約2t の二酸化炭素を圧入して、反射法地震探査と比抵抗探査によるモニタリングを実施し解析技術を検討した。

(3) 地質現象の将来予測と評価技術の開発による災害リスクの最小化と安全・安心な社会の構築

- ・ 国土の安全を目指した自然災害に関する研究では、地震及び火山に関する研究を重点的に実施している。日本の地震・火山に関する研究については、災害軽減のための国の各施策（地震に関する観測・測量・調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策、地震及び火山噴火予知のための観測研究計画）に基づいて、関連機関が相互に連携を取りつつ分担・実施する体制が取られている。地質分野では主要活断層調査、地震短期予測のための地下水等の観測、活断層データベース、平野地下構造データベースの整備、短期的・長期的火山噴火推移予測の研究のほか、地震発生及び火山噴火メカニズム等にかかわる基礎的研究を実施している。
- ・ 国の東海地震予知事業の一環として、前兆的地下水位変化検出システムを引き続き東海地方で運用した。2010年4月～12月に紀伊半島～東海のプレート境界において規模の大きい深部低周波微動活動が4回あり、それらすべてに対して観測網で歪変化を検出し短期的スロースリップ（短期的 SSE）の断層モデルを提出した。
- ・ 西暦869年の貞観津波堆積物の分布に基づいて震源断層モデルの検討を行い、日本海溝沿い南部の長さ200km の断層からマグニチュード8.4の地震を推定するなど、国の評価の見直しを迫る社会的に重要な成果を示した。
- ・ 高レベル放射性廃棄物地層処分の安全規制の技術的支援となる調査研究を深部地質環境研究コアにおいて実施している。これらの成果は、総合資源エネルギー調査会廃棄物安全小委員会ならびに規制支援研究ワーキンググループを通じて国の地層処分の安全規制ならびにその支援研究計画の策定作業において提供するとともに、処分事業の規制庁安全レビューの判断指標の設定について、原子力安全・保安院への技術支援を、原子力安全基盤機構、日本原子力研究開発機構と共同で進めた。またこれらの規制支援研究機関と「幌延深地層研究計画における安全評価手法の適応性に関する研究」、「深部地質環境における水-岩石-微生物相互作用に関する調査技術開発」「低活動性断層の調査・評価技術の開発」の共同研究を実施した。

(4) 緊急地質調査・研究の実施

- ・ 平成23年1月26日より発生している霧島山新燃岳2011年噴火に対応するために、地質調査総合センターとして緊急対策本部を設置し、現地調査への研究者の派遣、関係機関への連絡、マスコミへの対応、ホームページを通じた噴火に関する情報発信を行った。
- ・ 平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波に対応して、地質調査総合センターとして緊急対策本部を設置し、現地調査への研究者の派遣、関係機関への連絡、マスコミへの対応、ホームページおよび地質標本館の特別展を通じた緊急調査に関する情報発信を行った。

(5) グローバルな地質情報ネットワークにおけるイニシアティブの発揮

- ・ 東アジア地域における地質情報の標準化と数値化の作業を各国の関係機関と協力して進め、東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）の第47回総会（インドネシア）、及び第56、57回管理理事会に参加するなどして、アジア地域での日本のリーダーシップを発揮した。
- ・ 第4回ユネスコ国際ジオパーク会議（マレーシア）等に参加するとともに、産総研が事務局を担当する日本ジオパーク委員会を核としてアジア地域を中心にジオパーク活動を普及させた。
- ・ 統合国際深海掘削計画（IODP）において、乗船研究を3名が行い、国際パネル委員を7名がつとめた。また日本地球掘削科学コンソーシアム IODP 部会において、部会長、執行部員及び専門部会委員として活動した。これらにより IODP の推進に貢献した。

3. 幹部名簿

役職（本務）	役 職（兼務）	氏 名	就任期間	就任年月日	備 考
理事長		野間口 有	2年	平成21年4月1日	
副理事長	つくばセンター所長 コンプライアンス推進本部長 イノベーションスクール長	小野 晃	3年	平成20年4月1日	※H18. 4. 1～H20. 3. 31 までは理事
理事	地質分野研究統括	山崎 正和	5年	平成18年4月1日	
理事	ナノテク・材料・製造分野研究 統括 標準・計測分野研究統括	一村 信吾	4年1ヶ月	平成19年2月16日	
理事	企画本部長	脇本 真也	3年8ヶ月	平成19年7月31日	
理事（非常勤）		田中 信義	3年	平成20年4月1日	
理事	環境・エネルギー分野研究統括 研究環境安全本部長 情報化統括責任者 つくば西事業所管理監	矢部 彰	3年	平成20年4月1日	
理事	ライフサイエンス分野研究統括 特許生物寄託センター長	湯元 昇	3年	平成20年4月1日	
理事	評価部長	上田 完次	2年	平成21年4月1日	
理事	イノベーション推進本部長 広報部長 イノベーションスクール副ス クール長	瀬戸 政宏	2年	平成21年4月1日	
理事	情報通信・エレクトロニクス分 野研究統括 ナノ電子デバイス研究センター 長	金山 敏彦	1年	平成22年4月1日	
理事	総務本部長 コンプライアンス推進本部副本 部長	河津 司	0年8ヶ月	平成22年7月31日	
監事		石野 秀世	3年8ヶ月	平成19年7月31日	
監事		内田 修	2年	平成21年4月1日	

(平成23年3月31日現在)

4. 組織図



(2011/3/31現在)

5. 組織編成

年月日	組織規程	組織規則
平成22年4月1日	<p>理事長直属部門の次期情報システム研究開発推進室を廃止し、国際標準推進部、つくばイノベーションアリーナ推進室を設置</p> <p>国際標準推進部の設置に伴い、国際標準推進部長の職制を設置</p> <p>つくばイノベーションアリーナ推進室の設置に伴い、つくばイノベーションアリーナ推進室長の職制を設置</p> <p>関西センターの千里サイトを廃止</p> <p>中国センターを広島県呉市から同県東広島市に移転</p>	<p>企画本部の戦略経営室を廃止し、産業技術調査室を設置</p> <p>国際標準推進部に標準企画室、標準化推進室、試験システム開発支援室を設置</p> <p>年齢軸生命工学研究センターを廃止</p> <p>デジタルヒューマン研究センターを廃止</p> <p>近接場光応用工学研究センターを廃止</p> <p>ダイヤモンド研究センターを廃止</p> <p>システム検証研究センターを廃止</p> <p>健康工学研究センターを廃止</p> <p>固体高分子形燃料電池先端基盤研究センターを廃止</p> <p>コンパクト化学プロセス研究センターを廃止</p> <p>デジタルものづくり研究センターを廃止</p> <p>生産計測技術研究センターのアダプトロニクスチーム、環境計測チームを廃止し、同センターにプラズマ計測チーム、マイクロ空間化学ソリューションチーム、環境機能計測チームを設置</p> <p>ナノ電子デバイス研究センターに相変化新機能デバイス研究チームを設置</p> <p>ナノチューブ応用研究センターに高度化ナノチューブチームを設置</p> <p>幹細胞工学研究センターを設置し、同センターに幹細胞制御研究チーム、器官発生研究チーム、バイオセラピューティック研究チーム、医薬品アッセイデバイスチームを設置</p> <p>デジタルヒューマン工学研究センターを設置し、同センターに身体機能中心デザイン研究チーム、生活・社会機能デザイン研究チーム、健康増進技術研究チーム、スマートアシスト技術研究チームを設置</p> <p>ナノスピントロニクス研究センターを設置し、同センターに金属スピントロニクスチーム、半導体スピントロニクスチームを設置</p> <p>集積マイクロシステム研究センターを設置し、同センターにネットワーク MEMS 研究チーム、グリーンナノデバイス研究チーム、大規模インテグレーション研究チーム、ヘテロ融合研究チームを設置</p> <p>コンパクト化学システム研究センターを設置し、同センターにコンパクトシステムエンジニアリングチーム、触媒反応チーム、ナノポーラス材料チーム、先進機能材料チーム、無機生体機能集積チームを設置</p> <p>先進パワーエレクトロニクス研究センターを設置し、同センターにウェハプロセスチーム、SiC パワーデバイスチーム、SiC デバイスプロセスチーム、SiC デバイス設計チーム、GaN パワーデバイスチーム、パワー回路集積チームを設置</p> <p>エレクトロニクス研究部門のスピントロニクスグループを廃止</p> <p>光技術研究部門の光波制御デバイスグループ、デバイス機能化技術グループ、光電子プロセスグループを廃止</p> <p>人間福祉医工学研究部門を廃止</p> <p>脳神経情報研究部門を廃止</p> <p>ナノテクノロジー研究部門を廃止</p> <p>計算科学研究部門を廃止</p> <p>生物機能工学研究部門を廃止</p> <p>ユビキタスエネルギー研究部門にデバイス機能化技術グループ、光波制御デバイスグループ、ナノ機能合成グループ、高機能ガラスグループ、バイオベースポリマー研究グループを設置</p>

	<p>セルエンジニアリング研究部門を廃止</p> <p>ゲノムファクトリー研究部門を廃止</p> <p>先進製造プロセス研究部門の機能モジュール化研究グループ、結晶機能制御研究グループ、エコ設計生産研究グループ、超音波プロセス研究グループ、ネットワークMEMS 研究グループ、インプリント製造技術研究グループ、高性能部材化プロセス研究グループ、高温部材化プロセス研究グループ、ファインファクトリー研究グループ、製造プロセス数理解析研究グループ、センサインテグレーション研究グループ、機能・構造診断研究グループ、マイクロ熱流体研究グループを廃止し、同部門に電子セラミックプロセス研究グループ、マイクロ加工システム研究グループ、フレキシブル化学コーティング研究グループ、セラミック機構部材プロセス研究グループ、セラミック組織制御プロセス研究グループ、機能集積モジュール化研究グループ、結晶制御プロセス研究グループ、特異反応場プロセス研究グループ、機能・構造予測検証研究グループ、システム機能設計研究グループ、製造情報研究グループ、基盤的加工研究グループ、可視化装置研究グループを設置</p> <p>サステナブルマテリアル研究部門の環境適応型合金開発研究グループを廃止</p> <p>地質情報研究部門の地球物理情報研究グループ、地殻構造研究グループ、沿岸堆積研究グループを廃止し、同部門に地球物理研究グループを設置</p> <p>環境管理技術研究部門の粒子計測研究グループ、環境流体工学研究グループを廃止し、同部門に水環境工学研究グループを設置</p> <p>環境化学技術研究部門の高機能ガラスグループを廃止</p> <p>エネルギー技術研究部門のナノエネルギー材料グループを廃止し、同部門に BTL 触媒グループを設置</p> <p>健康工学研究部門を設置し、同部門に生体ナノ計測グループ、バイオデバイスグループ、健康リスク削減技術グループ、バイオマーカー解析グループ、ストレス応答研究グループ、ストレス計測評価研究グループ、セルダイナミクス研究グループ、人工細胞研究グループ、先端融合テーマ探索グループ、細胞分子機能研究グループ、バイオインターフェース研究グループ、くらし情報工学グループ、組織・再生工学研究グループ、ゲノムインテリジェンス研究グループを設置</p> <p>生物プロセス研究部門を設置し、同部門に植物分子工学研究グループ、分子生物工学研究グループ、遺伝子資源解析研究グループ、遺伝子発現工学研究グループ、機能性蛋白質研究グループ、生体分子工学研究グループ、生物材料工学研究グループ、遺伝子転写制御研究グループ、生物共生進化機構研究グループ、生物資源情報基盤研究グループ、酵素開発研究グループ、生体物質工学研究グループ、生物システム工学研究グループを設置</p> <p>バイオメディカル研究部門を設置し、同部門に蛋白質デザイン研究グループ、健康維持機能物質開発研究グループ、生物時計研究グループ、分子細胞育種研究グループ、RNA プロセッシング研究グループ、ナノバイオデバイス研究グループ、バイオ界面研究グループ、バイオメジャー研究グループ、脳遺伝子研究グループ、脳機能調節因子研究グループ、シグナル分子研究グループ、構造生理研究グループ、セルメカニクス研究グループ、細胞増殖制御研究グループ、分子複合医薬研究グループを設置</p> <p>ヒューマンライフテクノロジー研究部門を設置し、同部門にアクセシブルデザイン研究グループ、マルチモダリ</p>
--	--

		<p>ティ研究グループ、認知行動システム研究グループ、システム脳科学研究グループ、ユビキタスイインタラクショングループ、情報数理研究グループ、環境適応研究グループ、身体適応支援工学グループ、ニューロテクノロジー研究グループ、脳機能計測研究グループ、医用計測技術グループ、治療支援技術グループ、高機能生体材料グループ、人工臓器グループを設置</p> <p>ナノシステム研究部門を設置し、同部門にエネルギー材料シミュレーション研究グループ、エレクトロニクス材料シミュレーション研究グループ、ケミカル・バイオシミュレーション研究グループ、シミュレーション基礎理論・開発研究グループ、ナノシミュレーショングループ、ナノ構造物性理論グループ、ソフトナノシステムグループ、ナノ構造制御マテリアルグループ、高密度界面ナノ構造グループ、自己組織エレクトロニクスグループ、分子ナノ物性グループ、分子スマートシステムグループ、ナノバイオ・メディカルテクノロジーグループ、ナノ科学計測グループ、近接場ナノ工学グループ、ナノ流体プロセスグループを設置</p> <p>器官発生工学研究ラボを廃止</p> <p>エネルギー半導体エレクトロニクス研究ラボを廃止</p> <p>ダイヤモンド研究ラボを設置</p> <p>産学官連携推進部門の工業標準部を廃止</p> <p>知的財産部門に技術移転室を設置</p> <p>植物成長剤開発応用連携研究体を廃止</p> <p>知的機能連携研究体を廃止</p> <p>高速電力線通信連携研究体を廃止</p> <p>バイオ高圧加工基盤連携研究体を廃止</p> <p>バイオベースポリマー連携研究体を廃止</p> <p>スマートグリッド通信制御連携研究体を設置</p> <p>細胞情報工学連携研究体を設置</p> <p>連携研究体グリーン・ナノエレクトロニクスセンターを設置</p> <p>つくばイノベーションアリーナ推進室に総括企画主幹、企画主幹、審議役の職制を設置</p> <p>技術移転室の設置に伴い、技術移転マネージャーの職制を設置</p>
平成22年5月1日		バイオメディカル研究部門にバイオマテリアル研究グループを設置
平成22年6月1日		デジタルヒューマン工学研究センターに傷害予防工学研究チームを設置 財務会計部門に契約審査役の職制を設置
平成22年6月15日		ナノ電子デバイス研究センターの戦略企画チームを廃止
平成22年10月1日	<p>理事長直属部門、研究実施部門、研究関連部門、管理部門等を廃止</p> <p>研究推進組織として、研究センター、研究部門、研究ラボ、研究企画室、特許生物寄託センター、地質調査情報センター、地質調査情報センター、地質調査情報センター、地質調査情報センターを設置</p> <p>事業組織として、東京本部、北海道センター、東北センター、つくば中央第一事業所、つくば中央第二事業所、つくば中央第三事業所、つくば中央第四事業所、つくば中央第五事業所、つくば中央第六事業所、つくば中央第七事業所、つくば西事業所、つくば東事業所、臨海副都心センター、中部センター、関西センター、中国センター、四国センター、九州</p>	<p>研究推進組織として、連携研究体を設置</p> <p>ライフサイエンス分野研究企画室に生物資源管理グループを設置</p> <p>地質調査情報センターの地質調査企画室、地質情報管理室、地質情報統合化推進室を廃止し、地質情報整備室、地質・衛星情報統合室を設置</p> <p>地質調査情報センターに企画運営グループ、アウトリーチ推進グループ、地質試料管理調製グループを設置</p> <p>東京本部を除く事業組織に研究業務推進部または研究業務推進室を設置</p> <p>北海道センター、東北センター、臨海副都心センター、中部センター、関西センター、中国センター、四国センター、九州センターに、産学官連携センターを設置</p> <p>イノベーション推進本部にイノベーション推進企画部、知的財産部、産学官連携推進部、国際部、ベンチャー開発部、国際標準推進部、つくばイノベーションアリーナ</p>

	<p>センターを設置 本部組織として、企画本部、コンプライアンス推進本部、イノベーション推進本部、研究環境安全本部、総務本部、評価部、広報部を設置 研究企画室の設置に伴い、研究企画室長の職制を設置 イノベーション推進本部の設置に伴い、イノベーション推進本部長の職制を設置 研究環境安全本部の設置に伴い、研究環境安全本部長の職制を設置 総務本部の設置に伴い、総務本部長の職制を設置 特別な職として、研究統括、副研究統括の職制を設置 研究コーディネータの職制を廃止 秋葉原事業所、八王子事業所、小金井事業所、尼崎事業所、福岡西事業所の名称を、それぞれ秋葉原支所、八王子支所、小金井支所、尼崎支所、福岡西支所に変更</p>	<p>推進部、イノベーションスクールを設置 知的財産部に知的財産企画室、技術移転室、知的財産管理室を設置 産学官連携推進部に連携企画室、産学・地域連携室、関東産学官連携推進室、プロジェクト支援室、共同研究支援室、検査管理室を設置 国際部に国際協力室、安全保障貿易管理室を設置 ベンチャー開発部に開発企画室、ベンチャー支援室を設置 国際標準推進部に標準企画室、標準化推進室、試験システム開発支援室を設置 つくばイノベーションアリーナ推進部に TIA 企画室、IBECセンターを設置 研究環境安全本部に研究環境安全企画部、環境安全管理部、研究環境整備部、情報環境基盤部を設置 環境安全管理部に安全衛生管理室、施設環境管理室、ライフサイエンス実験管理室、放射線管理室を設置 研究環境整備部に施設計画推進室、施設基盤情報室、建設室を設置 総務本部に人事部、財務部、男女共同参画室、業務推進企画室を設置 人事部に人事室、勤労室、人材開発企画室、バリアフリー推進室、厚生室、健康管理室を設置 人事室に人事総括グループ、人事管理グループ、人事計画グループ、給与管理グループを設置 厚生室に福利厚生グループ、共済組合グループを設置 財務部に財務室、制度・審査室、経理室、調達室を設置 財務室に総括グループ、支出予算グループ、収入予算グループを設置 経理室に経理決算グループ、出納グループ、旅費グループ、資産経理グループを設置 調達室に総括グループ、調達グループを設置 評価部に評価企画室、研究評価推進室を設置 広報部に広報企画室、報道室、広報制作室、科学・技術コミュニケーション室を設置 事業所長、管理監補佐、研究コーディネータ補佐、戦略研究ディレクター、組織運営ディレクター、ベンチャープランナー、チーフセクレタリ、技術開発チーム長、研究業務推進統括監、総括事務マネージャー、産学官連携コーディネータ、知的財産コーディネータ、国際コーディネータ、連携調整主幹、国際連携主幹、国際システム主幹、国際協力主幹、国際交流主幹、事務マネージャーの職制を廃止 研究企画室に企画主幹の職制を設置 地質標本館に上席研究員、主幹研究員、主任研究員の職制を設置 事業所に副管理監の職制を設置 研究業務推進部室等にチーム長、チーム長代理の職制を設置 イノベーション推進本部にイノベーション推進副本部長、上席イノベーションコーディネータの職制を設置 イノベーションスクールに事務局長の職制を設置 研究環境安全本部に研究環境安全副本部長の職制を設置 研究環境安全企画部に総括企画主幹、企画主幹の職制を設置 総務本部に総務副本部長の職制を設置 研究センター、研究部門、研究企画室、産学官連携センター、イノベーション推進本部にイノベーションコーディネータ、連携主幹の職制を設置</p>
--	--	---

		<p>グループにグループ長の職制を設置</p> <p>サービス工学研究センターに大規模データモデリング研究チーム、サービスプロセス最適化研究チームを設置</p> <p>ユビキタスエネルギー研究部門の燃料電池機能解析研究グループを廃止し、同部門にエネルギー材料標準化グループを設置</p> <p>地質情報研究部門の地質標本研究グループを廃止</p> <p>ナノシステム研究部門のエネルギー材料シミュレーション研究グループ、エレクトロニクス材料シミュレーション研究グループ、ケミカル・バイオシミュレーション研究グループ、シミュレーション基礎理論・開発研究グループ、ナノシミュレーショングループ、ナノ構造物性理論グループ、ソフトナノシステムグループ、ナノ構造制御マテリアルグループ、高密度界面ナノ構造グループ、自己組織エレクトロニクスグループ、分子ナノ物性グループ、分子スマートシステムグループ、ナノバイオ・メディカルテクノロジーグループ、ナノ科学計測グループ、近接場ナノ工学グループ、ナノ流体プロセスグループを廃止し、同部門にエネルギー材料シミュレーショングループ、エレクトロニクス材料シミュレーショングループ、分子シミュレーショングループ、ダイナミックプロセスシミュレーショングループ、ソフトマターモデリンググループ、ナノ理論グループ、ソフトデバイスグループ、ソフトメカニクスグループ、フィジカルナノプロセスグループ、ナノ炭素材料研究グループ、グリーンテクノロジー研究グループ、スマートマテリアルグループ、ナノシステム計測グループ、ナノ構造アクティブデバイスグループ、ナノケミカルプロセスグループ、スーパーインクジェット技術グループを設置</p> <p>マイクロ燃料電池連携研究体、スーパーインクジェット連携研究体を廃止し、太陽電池モジュール信頼性評価連携研究体を設置</p>
平成22年12月1日		ブラディオン医用機器開発連携研究体を廃止
平成23年3月1日	東京本部の秋葉原支所を廃止	

II. 業 務

Ⅱ．業 務

1. 研 究

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

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

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

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

1. 鉱工業の科学技術

I. グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進

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

II. ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進

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

III. 他国の追従を許さない先端的技術開発の推進

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

IV. イノベーションの実現を支える計測技術の開発、評価基盤の整備

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

2. 地質の調査（地質情報の整備による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）

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

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

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

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

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

(1) 研究推進組織等

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

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

<凡 例>

研究ユニット名 (English Name)

研究ユニット長：〇〇 〇〇 (存続期間：発足日～終了日)

副研究ユニット長：〇〇 〇〇

総括研究員：〇〇 〇〇、〇〇 〇〇

所在地：つくば中央第×、△△センター (主な所在地)

人 員：常勤職員数 (研究職員数)

経 費：執行総額 千円 (運営交付金 千円)

概 要：研究目的、研究手段、方法論等

外部資金：

テーマ名 (制度名/提供元)

テーマ名 (制度名/提供元)

発 表：誌上発表〇件 (総件数)、口頭発表〇件 (総件数)
その他〇件 (刊行物等)

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

研究グループ長：氏 名 (所在地)

概 要：研究目的、研究手段、方法論等

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目 3

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

研究グループ長：氏 名 (所在地)

概要：研究目的、研究手段、方法論等

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 7、テーマ題目 8

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

連携研究体長：〇〇 〇〇 (つくば中央第△、研究職数名)

概要：研究目的、研究手段、方法論

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 7、テーマ題目 8

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

研 究

[研究代表者] 氏 名 (〇〇研究部門△△研究グループ)
[研究担当者] 〇〇、△△、××、(常勤職員〇名、他〇名)
[研究内容] 研究目的、研究手段、方法論、年度進捗
[分野名] 〇〇〇〇〇〇〇〇
[キーワード] △△△△、〇〇〇〇、☆☆☆☆

[テーマ題目2] (運営費交付金、資金制度(外部)もしくは〇〇研究ユニットと共同研究
などで行っている「重要研究テーマ」)
[研究代表者] 氏 名 (〇〇研究部門△△研究グループ)
[研究担当者] 〇〇、△△、××、(常勤職員〇名、他〇名)
[研究内容] 研究目的、研究手段、方法論、年度進捗
[分野名] 〇〇〇〇〇〇〇〇
[キーワード] △△△△、〇〇〇〇、☆☆☆☆

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

①【研究統括・副研究統括・研究企画室】

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

研究統括：矢部 彰
副研究統括：大和田野 芳郎

概要：

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

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

環境・エネルギー分野研究企画室

(Research Planning Office of Environment and
Energy)

所在地：つくば中央第2

人員：7名(6名)

概要：

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

具体的な業務は以下の通り。

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

なお、平成22年度の主な業務内容は以下の通り。

- 太陽光発電技術を包括し、基礎から実用化、材料デバイスからシステム、評価、標準までを目指した「太陽光発電工学研究センター」の設立を主導した。
- 化学材料の評価技術の開発・共有化を通し迅速な製品化を目指した、様々な関連企業が参画する「技術研究組合 CEREB A」の設立に協力した。また本技術研究組合の研究実施拠点を産総研つくばセンター内へ迎えることにより、産総研におけるオープンイ

ノベーションハブ機能の促進を図った。

機構図(2011/3/31現在)

[環境・エネルギー分野研究企画室]
研究企画室長 安田 和明 他

②【太陽光発電研究センター】

(Research Center for Photovoltaics)

(存続期間：2004.4.1～2011.3.31)

研究センター長：近藤 道雄
副研究センター長：仁木 栄
主幹研究員：松原 浩司

所在地：つくば中央第2、つくば中央第5

人員：35名(35名)

経費：2,930,649千円(530,005千円)

概要：

21世紀は環境の時代と言われているが、人類の持続的発展のためには環境に配慮したエネルギーの確保が最重要課題であり、そのために自然エネルギー、とりわけ太陽光発電への期待が世界的に高まりつつある。このような背景の中、産総研が太陽光発電研究に対して戦略的に取り組む拠点として当センターは設置された。当センターでは材料デバイスにとどまらず、国の中立機関として求められる太陽電池の標準の供給、ユーザサイドに立ったシステム研究に至るまで総合的に太陽光発電研究に取り組み、2030年には発電コストを現在の1/7にまで低減し、2050年には国内一次エネルギー需要の5～10%を太陽光発電で賄うことを目標としたロードマップを実現するための研究開発を行うことをミッションとしている。

近年、太陽光発電産業をめぐる世界情勢の変化はめまぐるしいが、日本は技術開発レベルにおいては依然世界のトップクラスにある。この地位を維持するためにも次世代に向けた技術開発が必要であり、産総研がその先導的役割を果たすことを目標とする。

太陽光発電普及を加速させるための研究の方向性として、下記課題を4つの柱として、研究活動を行っている。

- (1) 新規太陽電池材料及びデバイスの開発
- (2) 太陽電池の標準化技術、評価技術の開発
- (3) 太陽光発電システム運用技術、評価技術の開発、維持及び規格化
- (4) 太陽光発電を通じた国際協力

外部資金：

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

リオ研究」

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

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

新エネルギー・産業技術総合開発機構 受託研究「新エネルギー技術研究開発／革新的太陽光発電技術研究開発／革新的太陽電池評価技術の研究開発」

新エネルギー・産業技術総合開発機構 受託研究「新エネルギー技術研究開発／新エネルギーベンチャー技術革新事業（太陽光発電）／太陽電池アレイ故障診断技術の開発」

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

新エネルギー・産業技術総合開発機構 受託研究「太陽光発電システム等国際共同実証開発事業／太陽光発電システム等に係る設計支援ツール開発事業」

科学技術振興機構 受託研究「励起子サイエンス」

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

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

産業創造研究所 受託研究「タイ王国 NSTDA への無償譲渡に伴う同財産の使用状況の確認並びに NEDO への報告等の受託について」

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

東京大学 受託研究「再生可能エネルギーの大規模導入を可能とする自律協調エネルギーマネジメントシステム」

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

文部科学省 補助金「有機色素太陽電池の高効率化を目指した機能性有機色素分子の開発研究」

文部科学省 補助金「シリコン／希薄窒化物半導体ヘテロ接合の高品質化と薄型結晶シリコン太陽電池への応用」

発表：誌上発表69件、口頭発表127件、その他24件

シリコン新材料チーム

(Novel Silicon Material Team)

研究チーム長：近藤 道雄

(つくば中央第2)

概要：

薄膜シリコン太陽電池は、市場拡大による大量導入が期待される太陽電池であり、この太陽電池の本格普及を推進するため、高効率化を実現する多接合型薄膜シリコン太陽電池のデバイス化要素技術を重点的に開発する。また、薄膜シリコン太陽電池の高電流化に必要な不可欠な光マネジメント技術を高度化し、これを太陽電池に導入することにより変換効率の向上を目指す。さらに、次世代を担う太陽電池材料やメカニカルスタック型の太陽電池などに関する革新的太陽電池の開発も中・長期的な視点で進める。

年度進歩：

- 1) 多接合型太陽電池の新しいボトムセル材料として、赤外吸収感度に優れる微結晶シリコンゲルマニウム (SiGe) 合金の開発を行っている。この材料を用いた太陽電池の性能改善を目的として、微結晶 SiGe 層内に存在する p 型欠陥 (アクセプター準位) をドナー添加により補償するカウンタードーピング技術を開発した。具体的には、微結晶 SiGe の製膜時に二酸化炭素を原料ガスに混合することにより、膜中に取り込まれる酸素がドナーとして機能することを見出した。p-i-n 型微結晶 SiGe 太陽電池において、i 層に酸素を 10^{19} – 10^{20} cm⁻³ 添加することにより、量子効率スペクトルが全波長領域で改善し、その結果、短絡電流密度が $4\sim 8$ mA/cm² 増加した。これらのことより、適量の酸素添加により、微結晶 SiGe 太陽電池の特性を改善できることを明らかにした。
- 2) 薄膜シリコン太陽電池では、光散乱による光吸収増加を目的として基板にテクスチャ構造を付与することが一般的であるが、高品質な活性層を成長させる観点からは平坦な基板が望ましい。この相矛盾する要求を両立させる手段として、大きな屈折率差を

有する異種材料を基板面内に分散させた平坦型光散乱基板の開発を実施した。本基板を利用した微結晶 Si 太陽電池において、近赤外域感度を平坦基板比で約2倍に向上させながら、平坦基板上に成長した太陽電池と同等の高い Voc、FF を得ることに成功した。本結果は、適切な平坦化技術や複合材料を用いることで更なる太陽電池性能の向上が可能であることを示すものである。

- 3) 高効率な薄膜太陽電池を実現するため、二端子メカニカルスタック太陽電池を提案し、その接合方法を検討した。異種光電変換層を機械・光学・電気的に接合させる本太陽電池では、モノリシック型では不可能であった光電変換材料の組み合わせが可能となる。そのため、本構造は薄膜太陽電池の高効率化手法の一つとして期待できる。接着層として導電性微粒子を含有した樹脂を検討した結果、接合部での電圧損失および接着抵抗は小さいことを確認した。本知見は今後の太陽電池用接合技術開発に重要な指針を与えるものである。

- 研究テーマ：1. 薄膜シリコン多接合太陽電池の高効率化
低コスト化
2. 革新的太陽電池研究開発

化合物薄膜チーム

(Thin Film Compound Semiconductor Team)

研究チーム長：仁木 栄

(つくば中央第2)

概要：

2030年セル効率25%、モジュール効率22%という目標の実現に向けて20%超の CIGS 太陽電池実現のための要素技術の開発を行う。また、酸化亜鉛系ワイドギャップ半導体の製膜技術と材料制御技術を向上することで、透明導電膜の特性を向上するとともに、光・電子デバイスとしての可能性を探る。

- 1) 蒸着法を用いて高品質かつ大面積な CIGS 光吸収層の製膜と集積化技術を開発することで、結晶シリコン太陽電池並の高効率な CIGS サブモジュールの開発を目指す。
- 2) 変換効率20%超の CIGS 太陽電池の開発を目指し、高開放電圧で高 FF を実現するための太陽電池プロセスを開発する。
- 3) フレキシブル基板上的 CIGS 太陽電池の性能を向上するための技術開発を行う。
- 4) CIGS 太陽電池の大量導入を目指し、Mo や In などの省資源化技術を開発する。

年度進歩：

- ・フレキシブルモジュールの高性能化技術の開発
フレキシブル CIGS サブモジュールの低コスト化を目指して、フレキシブル基板と Mo 裏面電極の薄型化を図った。H22年度では、フレキシブルセラミ

クスを基板にした CIGS サブモジュールにおいて、効率はこれまでの最高値と同じ15.9%ながら、基板材料の薄型化 (300 μ m \rightarrow 200 μ m)、Mo の薄膜化 (800nm \rightarrow 400nm) することに成功した。

- ・ワイドギャップ CIGS 太陽電池の高効率化技術の開発

ワイドギャップ材料の高品質化技術に向けて、通常の三段階法における CIGS 薄膜製膜条件制御 (Cu/III 比、metal/Se 比、製膜温度、等) およびバッファ層堆積条件の最適化を行い、[Ga]/[Ga+In] \sim 0.45の比較的高 Ga (ワイドギャップ) 組成 CIGS 太陽電池において、高い Voc と FF を併せ持った (Voc=0.75V、FF=0.78) セルの作製に成功した。

結晶シリコンチーム

(Advanced Crystalline Silicon Team)

研究チーム長：坂田 功

(つくば中央第2)

概要：

次世代超薄型結晶シリコン太陽電池の高効率化に向け、結晶シリコン太陽電池の作製プロセスの高度化、新規プロセスを取り入れた結晶太陽電池の作製を、試作ラインを活用しながら継続して行う。

高効率多接合薄膜太陽電池の要素技術として、結晶系ナローギャップ太陽電池の研究開発を行い、SiGe 薄膜の作成・評価の検討を行う。

シリコン基板への格子整合系である III-V 稀薄窒化物系 (GaPN 系) について、ドーピング技術の検討を継続する。

年度進歩：

高効率・低価格結晶シリコン太陽電池の実現を目指して、新構造・新素材の導入を検討した。裏面側の絶縁膜として従来検討されてきた CVD で作製された SiN 膜や Al₂O₃膜などに代わり、反射率が高いポリイミドを裏面絶縁層として用いた構造の太陽電池を提案し、試作を行った。スクリーン印刷が可能なポリイミドを用いるため、裏面絶縁層とコンタクトホール形成を同時に行うことができることが特長の一つである。試作した多結晶シリコン太陽電池で変換効率16.9%を実現し、提案した新構造が有効であることを確認した。

結晶系ナローギャップ太陽電池の研究開発においては、高品質な結晶 SiGe 薄膜形成プロセスの研究開発に取り込み、次の成果を得た。(1) 薄膜成長におけるバッファ層挿入の効果と不純物混入の防止を重点的に検討し、低温バッファ層成長法を開発して、SiGe 薄膜の結晶性と電気特性の向上を実現した。(2) SiGe 薄膜中にボロンを導入して、p 型ドーピング技術の開発を行い、10¹⁷~10¹⁸cm⁻³の範囲でキャリア密度制御を実現したが、より低いキャリア密度の制御が

必要であることも判明した。(3) n-a-Si/p-SiGe ヘテロ構造太陽電池を作製して、変換効率1.5%を得た。

GaN 薄膜の分子線エピタキシー成長を継続し、GaN 膜への n 型ドーピングを行った。ドナーとしてのシリコンの活性度を検討し、シリコンの活性度が、窒素組成の増加に伴い急激に低下することを見出した。例えば、窒素組成1%では、活性度は5%であった。また、膜の深さ方向でシリコンの活性化率に分布があり、活性度が低い領域は絶縁膜に近い状態になるため、MIS-like な容量-電圧測定が観測される場合があることを見出した。

産業化戦略チーム

(Strategic Industrialization Team)

研究チーム長：増田 淳

(つくば中央第2)

概要：

産業技術総合研究所で開発された太陽光発電に関する要素技術のみならず、民間企業、大学ならびに公設試験研究機関で開発された技術をも含め、各種要素技術の実用化可能性を検証し、産業界への技術移転を加速することを目的としたチームである。ハード面では、太陽電池製造用試作ラインや実証プロト機を用いた検証を実施している。ソフト面では、太陽電池メーカーのみならず、装置メーカー、部材メーカーをも含めた産学官連携コンソーシアムを設立し、産学官の人材の交流や知見の融合を図ることで、太陽光発電分野における日本の産業競争力強化に資する技術開発を試みている。また、民間企業や大学の若手人材を共同研究員として受け入れ、集中研方式で共同研究を推進することにより、太陽光発電分野の将来を担う人材の育成も試みている。さらに、国内外の太陽光発電に関する要素技術を幅広く調査し体系化することにより、研究開発の方向性を正しく認識することにも努めている。

年度進歩：

各種太陽電池ならびに関連する周辺技術について、民間企業ならびに大学等との共同研究を実施した。一部の共同研究は NEDO の委託研究に基づいて実施したものである。

民間企業33社、太陽光発電技術研究組合、協力機関10機関と設立した「高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム」において、太陽電池モジュールの信頼性向上・長寿命化を目的とした研究を実施した。様々なモジュール部材を用いて臨機応変に試作が可能なミニモジュール試作・評価ラインならびに市販サイズでの課題を抽出可能な1.5m 程度のモジュールに対応した試作・評価ラインを整備した。当該モジュール試作・評価ラインを用いて2500枚程度のモジュールを試作するとともに、2000枚程度のモジュールに対して高温高湿試験、温度サイクル試験、結露凍結試

験等を実施し、信頼性を評価した。また、一部のモジュールに対しては、照射と温度サイクルの複合加速試験、通電サイクル試験、紫外光照射試験等も施した。これらの試験の結果、85℃、85%、4000時間の高温高湿試験や、-40℃～85℃の昇降温600回の温度サイクル試験を経ても性能に変化を生じない信頼性の高いモジュールを実現することに成功した。

また、コンソーシアムメンバーのエスプレックと共同で、信頼性試験時間の短縮を目的とした高加速試験の開発に取り組んだ。温度サイクル試験中のモジュールの抵抗を実時間で観測するシステムを構築し、昇降温条件を現行試験条件の100℃/h から400℃/h にすることによって、試験中の抵抗に異常値が生じることを見出した。試験後のモジュールの分解分析により、この抵抗異常がバスバーとインターコネクタの破断に起因する可能性を明らかにするとともに、昇降温速度を速めることで、従来条件での単なるサイクル数の増加では見出せなかったモジュールの不具合を発現可能な試験と成り得ることが示唆された。

さらに、コンソーシアムメンバーとともに、長期曝露を経た150枚以上のモジュールにおいて、劣化事例を抽出するとともに、その原因の解析を試みた。熱画像、エレクトロルミネッセンス、電流密度分布等の非破壊分析とともに、一部のモジュールに対しては破壊分析によるミクロな解析も試みた。セルと充填封止材の剥離部では、熱画像等に異常が生じるとともに、ナトリウムの拡散が顕著であることを見出した。

NEDO の委託研究では、モジュールの信頼性に影響を与える水分の検出法やモジュール内への水分の浸入経路の同定を試みた。テストモジュールの試作と高温高湿試験の結果、水分検出により変色する端面シール材や塩化コバルト試験紙が水分検出に有効であることを見出した。

この他、民間企業や大学との個別の共同研究も推進した。関東電化工業、日本エア・リキードとの共同研究では、薄膜シリコン太陽電池製造用チャンバーのプラズマクリーニングに関して、地球温暖化係数の小さいフッ化カルボニルガスの有効性について検証した。フッ化カルボニルを用いたプラズマクリーニングにおいても、アモルファスシリコン太陽電池ならびに微結晶シリコン太陽電池の特性に影響を与えないこと、さらにはフッ化カルボニルに対する酸素希釈率を最適化することでクリーニング時間を短縮可能なことを見出した。また、岩手大学、日本電気硝子、アルバックとはアモルファスシリコン太陽電池-リチウムイオン二次電池一体型複合電池の研究を行った。100μm 厚の薄型ガラスを用いることで、当該複合電池のフレキシブル化にも成功した。さらに、研究課題抽出のために、各種太陽電池のコスト試算を実施した。

太陽電池モジュール信頼性評価連携研究体
(Collaborative Research Team for Reliable
Photovoltaic Modules)

研究体長：増田 淳

(九州センター)

概要：

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

年度進捗：

九州センターにモジュール試作棟ならびに太陽電池測定棟を建設した。モジュール試作棟内には、1.5m程度の市販モジュールサイズに対応可能な太陽電池モジュール試作・評価ラインを設置した。試作・評価ラインは、結晶シリコン系太陽電池自動配線装置、薄膜系太陽電池自動配線装置、大型真空ラミネータ、ブチル塗布・フレーム取付装置、電流－電圧特性評価装置（ソーラーシミュレータ）、大型環境試験装置等で構成されている。結晶シリコン系太陽電池自動配線装置は、125mm×125mm の2本バスバーセル、156mm×156mm の2本もしくは3本バスバーセルに対応可能である。また、対応可能なセル厚みは160～350 μm である。処理速度は6.5秒/セル以内となっている。薄膜系太陽電池自動配線装置は、最大サイズ1.1m×1.4mのモジュールに対応可能であり、導電性粘着材付金属テープ、導電性ペーストタブ、異方導電フィルムの内いずれかで配線を行うことができる。大型真空ラミネータは、最大1.5m×2.4m のサイズの太陽電池モジュールに対応可能である。ラミネート温度は30 $^{\circ}\text{C}$ ～180 $^{\circ}\text{C}$ ±10 $^{\circ}\text{C}$ の範囲で、プレス圧は0～1kg/cm²の範囲で制御可能である。現行の標準試作条件では、モジュール1枚あたりに要する処理時間は36分とし、この内、ラミネート時間は16分である。ブチル塗布・フレーム取付装置は、最大1.1m×1.4m のサイズの太陽電池モジュールに対応可能であり、ペール缶用加熱溶解搬送機で溶かしたシール材料を、ヒーター付きパイプを

経由し、加熱型精密塗布機から所定量を吐出する。ソーラーシミュレータは、光源にランプ長1.3m のキセノンランプ2灯を用いており、光源はパルス幅100msで発光する。有効照射面積は1.2m×2.2m であり、JIS C8912「結晶系太陽電池測定用ソーラーシミュレータ」に適合している。大型環境試験装置は、最大1.8m×1.5m×50mm サイズのモジュールを同時に10枚試験可能であり、温度制御範囲は-40 $^{\circ}\text{C}$ ～120 $^{\circ}\text{C}$ 、温度安定性85 $^{\circ}\text{C}$ ±2 $^{\circ}\text{C}$ ～40 $^{\circ}\text{C}$ ±2 $^{\circ}\text{C}$ である。これらの試作・評価ラインの装置群は、主に「高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム」における研究に供されているが、当該コンソーシアムの詳細は産業化戦略チームの項を参照されたい。

九州センターが立地する佐賀県は日射条件に恵まれ、太陽電池モジュールの長期信頼性データを得るには最適の立地である。九州センター内に建設した屋外曝露施設では、将来的には約160kW の規模まで太陽電池モジュールを設置できる。屋外参照データが不足している新型薄膜太陽電池を中心に、発電量評価と長期信頼性評価を実施している。各種太陽電池モジュールの屋外参照データを取得し、モード発電量を1ヶ月間の測定期間で5%未満の精度で算出する測定法の開発を目標に研究を進めている。太陽電池モジュールは、耐久性と面積コストに優れたコンクリート架台に設置され、傾斜角は26度とした。現時点では、シャープ製単結晶シリコン、京セラ製多結晶シリコン、三菱重工業製アモルファスシリコン、シャープ製多接合型薄膜シリコン、ホンダソルテック製 CIGS の各モジュールをそれぞれ5kW ずつ曝露している。10分毎に各ストリングの電流－電圧特性、日射量、気温のデータを取得している。さらに、これらのモジュールは四半期毎に取り外し、太陽電池測定棟内でソーラーシミュレータを用いて電流－電圧特性の経時変化を観測する予定にしている。

この他、NEDO の委託により、太陽光発電技術研究組合から研究員を受け入れ、新しい原理に基づく信頼性試験法の開発や、有機系太陽電池の信頼性に影響を与えるレベルのモジュール内水分浸入量の検出法の開発に取り組んでいる。さらに、太陽光発電技術研究組合、佐賀県、電気安全環境研究所と共同で、平成22年度アジア基準認証推進事業（太陽光発電における信頼性・品質試験方法に関する国際標準化）を開始し、IEC 規格に定められた試験条件の厳格化等を検証する準備を進めている。

評価・システムチーム

(Characterization, Testing and System Team)

研究チーム長：菱川 善博

(つくば中央第2)

概要：

1. 太陽電池評価に関する研究

日本における太陽電池評価技術およびその基となる基準太陽電池のトレーサビリティ確立と維持、高度化を図る。また国際比較等を通してその国際的整合を確立、推進することで太陽電池システム輸出入の促進にも重要な貢献を行う。新型太陽電池の測定技術の確立や規格化においても中心的な役割を果たす。さらに、長期寿命を保証するための加速劣化試験手法の開発やリサイクル手法に関する研究など、太陽電池のより広範な普及に欠かせない共通基盤の研究を遂行する。

1) 太陽電池性能評価の基本となる一次基準太陽電池セル、二次基準太陽電池セル・モジュールの校正を実施するとともに、その技術の高度化を目指す。世界の主要な研究所・機関が参画する基幹国際比較における **Qualified Lab** たる高い技術レベルを示すとともにその維持・向上を図る。

2) 結晶 Si・薄膜 Si・化合物半導体・多接合・有機等、各種新型太陽電池の高精度な評価を可能にするために、各種太陽電池に特有なデバイス構造・分光感度特性・電気的時定数・光照射効果・温度照度依存性等を正確に考慮した性能評価技術を開発し、実施する。

3) 寿命の長い太陽電池モジュールの信頼性を短期間で評価するための複合加速劣化試験技術を開発する。

1) 従来的一次基準セル・二次基準セルに加えて、ソーラシミュレータ法による二次基準太陽電池モジュールの校正の不確かさを定量した。不確かさは 1.7% (U95 k=2) と見積もられる。成果普及の一環として、鉱工業分野の依頼試験として、一次基準太陽電池セル並びに二次基準太陽電池セルの校正を実施すると共に、更に高精度な校正技術開発を実施している。

2) 太陽電池メーカー等で研究・開発された各種新型太陽電池セル・モジュールの測定技術開発および測定を行った。昨年度までに開発したモジュール分光感度評価技術を高度化し、モジュール内の太陽電池分光感度の温度依存性の実測を可能とした。アジア地域の太陽電池評価技術の国際的整合性の検証高度化のために、6カ国の中立機関における太陽電池国際比較測定を産総研の主催により実施中。

3) 市販構造の太陽電池モジュールの屋外における出力電流変化に対する温度、照度の影響に関する定量的検討を行った。デラミネーションや裏面ふくらみといった屋外の主要な劣化症状に対する加速試験の検討を実施した。光照射・高温連続、高温時照射・温度サイクル加速試験を実施した。試験による出力変化の活性化エネルギーが、モジュールの種類(メーカー)により、大きく異なることを明らかに

した。

2. 太陽光発電システムに関する研究

太陽光発電システムの大量導入時代に向けて、太陽光発電システムの設計段階から施工、運用、導入設置可能量に至るまでの総合支援技術を開発する。

年度進歩:

1) 多様化する太陽電池技術に対し、**STC** を補完する評価体系として、発電量定格方式の評価技術を開発し、**IEC 61853**国際規格等による標準化に貢献している。太陽電池屋外測定試験の国際比較研究に関して、従来の高湿気候(タイ)と高温・高湿度差気候(インド)、および温暖気候(日本)で複数種類の太陽電池の屋外曝露比較試験に加え、産総研九州センターにおける太陽電池モジュール信頼性評価施設を整備・運用開始した。また新たに集光型太陽光発電システムの日米共同実証実験を開始し、日米に同一の集光型太陽光発電システムを設置して、発電性能の同時検証(比較)を行っている。日本では岡山市に設置。カウンターパートは、国立再生可能エネルギー研究所(NREL)とサンディア国立研究所。

2) **PV** モジュールのリアクタンス特性評価技術開発を行った。**PV** モジュールのリアクタンスは、突入電流や **I-V** 特性計測エラーの原因となる。高速過渡応答から容量成分等のリアクタンス特性を算出する手法を確立し、さらに、その特性を用いた等価回路モデルによって過渡現象を再現できることを明らかにした。

3) 将来の大規模な **PV** システムの導入にあたり、系統連系技術における大量導入可能技術に関する検討を行った。大量導入時には、発電量予測技術が重要になることから、天気予報等のデータを利用した翌日の発電量予測技術の検討を行った。特に広域エリアにおける予測誤差低減効果について検討を行った。**PV** の大量導入時において、電力系統全体で、需要電力量が発電電力量を上回る可能性が高い。広域エリアによる発電量予測誤差の低減効果を検討し、広域エリアにおいて、中心極限定理に従う形での予測誤差の低減効果がある可能性が高いことを明らかにした。

有機新材料チーム

(Advanced Organic Material Team)

研究チーム長: 吉田 郵司

(つくば中央第5)

概要:

次世代の太陽電池として期待されている有機太陽電池の研究開発を、材料合成から太陽電池作製・測定まで一貫して行っている。有機太陽電池には、有機半導体の薄膜を基本とした有機薄膜太陽電池、色素および金属酸化物電極を基本とした色素増感太陽電池がある

が、双方の研究開発を行っている。

有機薄膜太陽電池では、高効率化を目指した有機半導体材料の探索、薄膜構造制御およびタンデムセル等のセル構造の検討を、また高耐久化を目指した劣化機構の解明などに取り組んでいる。一方で、実用化に向けた大面積サブモジュール化に向けた研究開発、ロール・ツー・ロール製造に向けた塗布技術の検討などにも積極的に取り組んでいる。

色素増感太陽電池では、非ルテニウム系材料の新規有機色素の開発、ナノ結晶金属酸化半導体電極の開発、イオン性液体またはイオンゲルから成る電解液の導入など、省資源・低環境負荷な新規色素増感太陽電池の開発を行っている。また、有機太陽電池に関する光化学、電気化学、電子物性、構造などの基盤的な評価技術の開発も行っている。

年度進歩：

(有機薄膜太陽電池)

高効率化に向けた検討として、有機半導体材料の高純度化に関する研究を行った。フラーレンおよびフラーレン誘導体の精製法を変えることで純度および残留物の異なるもので太陽電池特性を比較検討した。一般的傾向として、純度が高くなる程変換効率の向上が見られたが、寧ろ変換効率の標準偏差が小さくなり太陽電池作製の歩留まりが向上することを明らかにした。また、交互積層法による高効率低分子蒸着系太陽電池の研究開発を行った。有機半導体蒸着装置に反射高速電子回折 (RHEED) と赤外反射吸収分光を付加し、有機半導体分子の結晶性や配向を測定し評価を行えるシステムを構築した。亜鉛フタロシアニンと、すでに有機薄膜太陽電池の p 型材料として用いると高い性能を示す DBP (tetraphenyl-dibenzoperiflanthene) のモフォロジー・結晶性の変化と太陽電池性能への影響を検討した。AFM 観察により、基板温度、蒸着速度によりモフォロジーは大きく変化することが判明し、RHEED パターンにより結晶性も変化することが分かった。この変化に従い有機薄膜太陽電池特性も大きく変化することが分かった。

高耐久化に向けた検討として、有機薄膜太陽電池の劣化機構の解明に取り組んでいる。新たな劣化の可視化法として導入した電界発光 (EL) 法により太陽電池の劣化評価を行った。これまで、陽極バッファ層として用いている高分子 PEDOT:PSS において劣化異常点を観察してきたが、今回代替材料である酸化モリブデン層においても同様の劣化異常点を見出した。EL 法で観察したダークスポットの断面 TEM 観察を行い、酸化モリブデン層の剥離・凝集が観測された。これらは太陽電池作製プロセスにおいて、コンタミネーション等が起点となって熱処理により劣化異常点が形成されたと考えられる。

有機薄膜太陽電池の実用化に向けて、大面積化、即

ちサブモジュール化技術を企業との共同研究で実施した。本年度は、レーザースクライブ法を高分子系有機薄膜太陽電池に初めて導入し、高集積型サブモジュールの試作を行った。透明電極、ポリチオフェン/フラーレン誘導体バルクヘテロ接合層、アルミニウム電極をそれぞれフェムト秒レーザーで10 μm 幅で分離して、直列接続サブモジュールを形成した。また、フレキシブルガラスを基板に用いたモジュールも試作し、薄膜封止を行うことで高耐久なフレキシブルモジュールを試作することに成功した。

更に、革新的な新概念に基づく有機太陽電池の研究として、単結晶有機半導体を用いた太陽電池の開発を行った。薄片状のテトラセン単結晶を用いることで、励起子拡散長で従来の薄膜より二桁多い176nm を達成した。更に、p 型半導体テトラセン単結晶上に n 型半導体 C60 をエピタキシャル成長させる技術を開発し、単結晶 pn 接合構造の作製に成功した。

(色素増感太陽電池)

色素増感太陽電池に用いる増感有機色素の開発において、カルバゾールをドナーとし、電子伝達部位にオリゴヘキシルチオフェンを用いた有機色素を中心に開発を行ってきており、これまでに8%を超える光電変換効率を達成している。有機色素を用いた色素増感太陽電池の変換効率向上の検討として、酸化チタンへの色素の吸着状態制御の研究を行った。オリゴチオフェン上のアルキル基の長さを変えた色素を合成し、酸化チタンへの吸着密度と光電変換特性との相関を調べた。アルキル基を短くすることにより、色素分子間の距離が短くなり酸化チタンへの吸着密度が高くなる傾向が見られ、アルキル基のブロック効果向上により、電子寿命および開放電圧が向上することがわかった。逆にアルキル基を長くした色素においては、分子間の距離が長くなり吸着密度が低下し短絡電流密度の低下のみならず、レドックス分子が酸化チタン表面近傍に接近しやすくなるために開放電圧が低下することがわかった。しかしアルキル基が全くない色素では吸着密度が高くなるにもかかわらず、開放電圧が低下することがわかっているため、オリゴチオフェン上のアルキル基の存在は光電変換効率向上のために必須である。

これまでにカルバゾール-オリゴチオフェンを持つ有機色素の有用性を多方面から証明してきたが、これらを組み合わせた分子構造の吸収波長は比較的短波長であり、長波長帯に吸収を持たせるためにはより強い電子供与性基が必要となる。そこで、カルバゾールに代わる強いドナー (たとえばクマリンやインドリン) を持つオリゴチオフェン有機色素を合成し、その光吸収特性と光電変換特性を評価した。その結果、それらのドナーを用いることにより長波長光の吸収を実現することができたが、光電変換効率は必ずしもカルバゾール系色素を超えるものはなかった。強いドナーを持

つオリゴチオフェン色素は HOMO レベルが正にシフトし、レドックスからの電子移動がスムーズに起こらないことが原因と考えられる。今後、高効率のための分子設計指針を根本から見直す必要がある。

また高耐久性の色素開発において、酸化チタンとの吸着能力に着目し、カルボン酸に代わる新規吸着基としてリン酸を導入したカルバゾール系有機色素の開発を試みている。チオフェンが一つの有機色素においてはその合成法を確立しており、今後吸収波長を長波長に伸ばした有機色素の開発を順次進めており、酸化チタンへの吸着強度について、従来のカルボン酸と比較検討を試みる予定である。

③【バイオマス研究センター】

(Biomass Technology Research Center)

(存続期間：2005.10～)

研究センター長：坂西 欣也

副研究センター長：平田 悟史

所在地：中国センター

人員：16名 (16名)

経費：570,000千円 (366,000千円)

概要：

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

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

国内の木質系バイオマス資源としては、建築工事で発生する建築廃材、製材業、木材加工業で発生する製材残材、林業で発生する間伐材や林地残材、かつて薪炭林として利用されてきた里山に存在する未利用樹な

どがあるが、建築廃材、製材残材を除き、ほとんど有効利用されていない。一方海外では、製紙用パルプ製造や用材生産のために大規模植林が行われており、日本へも輸入されているが、この過程で大量の残材が発生しており、その利活用方法が課題になっている。これらの木質系バイオマスを対象に、経済性のあるエネルギー変換システムを開発することがわれわれの目的である。特に、輸送用液体燃料としてのバイオエタノール、BTL ディーゼルの製造技術について、重点的に研究開発を行っている。

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

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

ところで国内にあるバイオマス資源の量には限りがあり、経済的に利用可能なものを全て使ったとしても、日本の一次エネルギー供給の5%程度しか賄えないと見られている。そこでアジアを中心と海外に研究開発成果を技術移転することで、海外からバイオマスエネルギーを輸入することも想定しなければならない。また

日本の産業競争力の強化のためには、日本の技術が世界のスタンダードになり、広く普及することも必要である。このような観点から、われわれはアジアを中心とした海外展開を積極的に進めており、海外とのバイオマス利活用技術の共同研究、研究開発成果の海外における実証、海外からの研究者の受入れ、海外の研究者との定期的な情報交換などを行っている。

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

- (1) 木質系バイオマスから高効率、低コストでバイオエタノール及び ETBE（エチルターシャリーブチルエーテル）を製造するため、水熱・メカノケミカル法によるリグノセルロースの前処理技術と、産総研独自の酵素を使った糖化技術を組み合わせ、新しい独自のプロセスを開発し、その実証を目指した。従来のプロセスでは、木質系バイオマスの成分であるリグノセルロースを分解するために硫酸を使用しており、環境影響の点で問題があった。われわれのプロセスは機械的な粉碎技術と水熱反応技術を組み合わせ木質系の繊維をほぐし、セルロースの部分を酵素で分解して糖を得るものである。中間物質としてセルロースナノファイバーが得られるほか、リグノセルロースの成分のひとつであるリグニンが純粋な状態で取り出せるため、技術をマテリアル生産、ケミカル生産へ応用展開することも期待できる。
- (2) 木質系バイオマスから BTL プロセスによって液体炭化水素を製造する技術を確認するため、木質系バイオマスのガス化技術、得られた合成ガスに含まれるタール、ダスト、イオウを簡便に除去するガス精製技術、水素と一酸化炭素から高温高压の触媒反応で軽油、ガソリン、ジメチルエーテル、混合アルコールを製造する液体燃料製造技術の3つについて、要素技術の研究開発と、一貫ベンチプラントを用いた実証研究を並行して実施した。ガス化技術については生成するガス中の水素、一酸化炭素の比率の調整と、窒素濃度の低減を目指し、特殊なガス化条件の検討に取り組んだ。ガス精製技術については、活性炭を用いた脱硫・脱タールの可能性について要素試験で確認した。さらに液体燃料製造技術については、軽油・ガソリン製造における反応条件の検討と、混合アルコールの製造条件の検討を行った。
- (3) 木質系バイオマスを輸送用液体燃料に変換し、利用するためには、原料の収集・輸送方法、前処理方法、変換設備の規模、生成物の品質と流通方法など、エネルギー変換技術の研究開発以外の項目について考慮する必要がある。逆にいえば、このような項目について検討をした上でそれに合致する変換技術を開発しないと、実用化は難しい。そこでバイオマス会計表を使った経済性評価、プロセスシミュレーション

を用いたプロセスの実用化検討などを通じ、経済性があり、環境への負荷が小さいバイオマス利活用トータルシステムの研究開発を行った。さらに、バイオマスエネルギー変換の経済性を向上させるための革新的なバイオマス変換技術の研究開発も実施した。

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

広島大学、中国電力エネルギー総合研究所、酒類総合研究所との距離が近くなったことを機に、これらの機関との連携、情報交換を密に行い、成果を上げることができた。また JICA 中国、広島国際センターが徒歩圏内になったことで、海外からの研究員の受け入れ環境が格段に改善された。

発表：誌上発表56件、口頭発表90件、その他3件

水熱・成分分離チーム

(Biomass Refining Technology Team)

研究チーム長：遠藤 貴士

(中国センター)

概要：

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

現在研究開発を進めている水熱メカノケミカル前処理では、木質やセルロースの構造的特性や成分の化学的性質を利用したプロセスを構築している。水熱処理では木質中のヘミセルロース成分等を部分的に加水分解し、木材組織を脆弱化させる。メカノケミカル処理では木材組織をナノサイズのセルロース繊維まで微細にする。そしてこれら技術の最適化および低環境負荷な化学処理併用による効率化技術の開発を進めた。

木質をナノサイズまで微細化して得られるセルロースナノファイバーは、軽量・高強度の特性を持っていることから、樹脂等の強化材料としての利用が進められている。当チームでは、木質等からの効率的なナノファイバー製造技術、特性評価・樹脂等への複合化技術について研究開発を進めている。さらに、リグニンからの炭素微粒子製造等の高付加価値化技術の開発も実施した。

研究テーマ：テーマ項目1、テーマ項目2、テーマ項目

エタノール・バイオ変換チーム
(Ethanol Bioconversion Team)

研究チーム長：澤山 茂樹

(中国センター)

概要：

木質系バイオマスからエタノールを環境性・経済性よく生産するために、前処理物の酵素糖化とエタノール発酵を中心的課題として研究開発を実施した。

「酵素糖化」に関しては、セルラーゼ高生産糸状菌 *Acremonium cellulolyticus* を用いた酵素生産の研究を進めており、この菌のゲノム、EST 等の遺伝情報解析を進めるとともに、形質転換系を確立し、これらを活用した糖化酵素高生産株の分子育種に関する研究開発を実施した。さらに、実用化を目指した耐熱性セルラーゼの構造機能解析、および新規バイオマス前処理技術の開発を行った。

「発酵」に関しては、分子育種によるキシロース発酵能の酵母への導入を進めており、既に開発した高効率 C5・C6糖同時発酵性酵母株について、DNA マイクロアレイ等の解析を実施し、キシロース等の糖代謝に関する網羅的な解析・評価を行った。また、ヘキソーストランスポーター欠損株の解析、高温性・耐酸耐塩酵母へのキシロース発酵能付与に関する研究を行った。エタノール発酵液のバイオガス化、合成ガスの微生物変換についても検討を行った。

さらに中国、ブラジル、バングラディッシュ等と、各種バイオマスからのエタノール生産に関して、共同研究、研究協力を実施した。

研究テーマ：テーマ題目 1

BTL トータルシステムチーム
(BTL Total System Team)

研究チーム長：坂西 欣也

(中国センター)

概要：

BTL プロセスは、ガス化による合成ガス製造、ガス精製、合成ガスからの液体燃料製造の3つの部分から成るが、それぞれラボ試験装置、ベンチプラントの単体機器、及びガス化から液体燃料製造までの統合化システム（ベンチプラント全体）を使って、3段階で木質系バイオマスからの液体燃料製造の研究開発を進めた。平成23年度末の達成目標については、すでにラボ試験装置では達成できているので、これをベンチプラントの単体機器で達成し、さらに統合化システムで達成することを目指した検討を行った。今後は実験で得られた結果をもとに、各工程及びトータルプロセスにおける効率を評価して、今後改良すべき点を抽出し、対応を検討していく計画である。

これと並行して、各要素技術について効率向上を図る。ガス化については酸素富化空気/CO₂ガス化によ

る合成ガス収率の向上（CO 収率35%以上）を目指したほか、H₂/CO 比調整工程を新設し、炭化水素燃料合成に有利な H₂/CO 比=2への調整を行った。また、液体燃料製造については CO 転化率70%、C5以上の炭化水素選択性88%、連鎖成長確率0.93以上を目指すための検討を行った。

研究テーマ：テーマ題目 4

バイオマスシステム技術チーム
(Biomass System Technology Team)

研究チーム長：美濃輪 智朗

(中国センター)

概要：

地域においてバイオマス利活用が進むためには、変換技術の技術開発だけでなく経済的に成り立つトータルシステムを構築することが必要である。当チームでは、そのために基盤となるデータベースを構築し、バイオマス利活用システムのプロセスシミュレーション技術を開発した。作成したシミュレータを用いて最適化、感度解析、経済性・環境適合性などの評価を実施し、その結果を実験によって変換技術の研究開発を行っているチームや共同研究先等にフィードバックすることで、実用性の高いプロセスの開発に貢献した。

一方地域のバイオマス資源量、エネルギー等の需要を調査した上で、バイオマス会計表などの手法を用いて経済的なバイオマストータルシステムを構築し、自治体などに提案した。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目 5

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

[研究代表者] 坂西 欣也

[研究担当者] 平田 悟史、澤山 茂樹、遠藤 貴士、美濃輪 智朗、矢野 伸一、村上 克治、李 承桓、藤本 真司、松鹿 昭則（常勤職員8名、他10名）

[研究内容]

本事業で建設するベンチプラントにおける前処理プロセスではアルカリ処理とリファイナーを用いた粉碎処理が取り入れられている。本年度は、このアルカリ処理による酵素糖化性向上効果に関する基盤研究を実施した。ユーカリ木粉を原料とし、アルカリとして対木粉10%の水酸化ナトリウムを添加して水熱処理を1時間行った場合、未粉碎物の酵素糖化性は10%以下と低かったものの、湿式粉碎を組み合わせるにより、酵素糖化性は約75%まで大きく向上した。アルカリ添加水熱処理の時間

を1時間から4時間に延長して比較したが、酵素糖化性は向上したもののその増加はわずかであった。3mm 程度の木粉を出発原料とした場合、高濃度の水酸化ナトリウム処理を行っても、未粉碎試料の酵素糖化性は低いままであった。従来、セルロース系物質のアルカリ処理では、セルロースの結晶形が天然のⅠ型からⅡ型に変化すること、Ⅱ型のセルロースは酵素糖化性が高いことが知られていたが、本プロセスではⅡ型の生成は確認できなかった。200 μ m 以下に微粉碎した木粉を高濃度アルカリ処理することによりセルロースⅡ型の生成を確認することができたが、湿式粉碎後では低濃度アルカリ処理物と酵素糖化性には大きな差が認められなかった。これらのことから、酵素糖化性を向上させるためには結晶形の変換は必要ないことが分かった。本前処理により酵素糖化性が向上する機構としては、木質原料の表面積の増大が重要であることが示された。

糖化酵素に関しては、*A. cellulolyticus* のゲノム解析データから β -xylosidase をコードすると予測された遺伝子を選抜した。この遺伝子を *cbh I* プロモーター下に連結したプラスミドを作製し野生株へ導入することにより、細胞外に分泌される β -xylosidase 活性が野生株より60倍以上高い株を取得した。また、ウラシル要求性を指標とした本菌の新たな宿主ベクター系の作製に成功し、構築済みの薬剤耐性遺伝子を用いた形質転換系と組み合わせることにより、複数の遺伝子を同時に導入することが可能となった。

発酵に関しては、*Saccharomyces cerevisiae* に導入したキシロース代謝酵素遺伝子発現カセットを *Issatchenkia orientalis* に導入し、形質転換体の取得には成功したが、酵素活性は得られなかった。そこで *I. orientalis* のゲノム解析を実施し、キシロース等の糖代謝に関与する候補遺伝子等、この酵母での遺伝子発現に向けた基盤データを取得した。

S. cerevisiae 実用株を用いて、初期細胞量のキシロース発酵に対する効果を調べ、また順化処理によるキシロース発酵能の向上を試みた。さらに、グルコースで培養した場合とキシロースで培養した場合の遺伝子発現量の差をみるために DNA マイクロアレイ解析を行い、キシロース代謝関連遺伝子の調節機構解析のための基盤データを取得した。

経済性・GHG 評価に関しては、昨年度に調査を行ったオーストラリアを分散型植林のモデルケースとして一環プロセスとしての経済性・GHG 評価を行った。変換プロセスについては産総研と共同研究先の間でパイロットプラントの設計値ベースのフロー、マテリアルバランスを共通化するとともに、このパイロットプラント設計値をベースに感度分析を実施して各要素技術開発の効果を提示した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、エタノール、酵素糖化、微

細繊維化、エタノール発酵、遺伝子操作、システムシミュレーション、経済性評価

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

【研究代表者】遠藤 貴士

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

【研究内容】

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

本年度は、岡山県真庭市産の間伐材であるスギおよびヒノキからのナノファイバー製造特性について評価した。製造方法としてはバイオエタノール製造のための前処理技術として構築した水熱メカノケミカル処理を適用して行った。スギ等の木材チップを3mm 以下に粗粉碎した木粉を原料として、100～150℃で水熱処理を行い、基盤試験としてボールミルを用いて湿式粉碎を行った。

生成物については、樹種によるナノファイバー化特性の違いを調べるため沈降法および高分解能走査型電子顕微鏡観察により評価を行った。ナノファイバー化度が進行することによりセルロース成分の沈降速度は遅くなる。生成物を評価した結果、スギの方が沈降速度の遅い成分が比較的多く生成する傾向であった。次に電子顕微鏡で観察した結果では、ヒノキからのナノファイバーでは、幅20nm 程度の微細繊維が多く生成していたが、スギでは50～100nm 程度のナノファイバーが多いという結果であった。これらのことから、ヒノキの方がより微細なナノファイバーが得られやすいことが分かった。スギでは、組織内に沈積した樹脂等の成分が水の浸透性を阻害して、ナノファイバーが生成しにくいものと考えられた。

ナノファイバー化処理の効率化を目的として、化学処理として、アルカリ処理とオゾン処理の効果について検討した。アルカリ種としては、水酸化ナトリウムを用い、木質原料に対して10wt%を添加して、100～150℃で水熱処理を行い、湿式ボールミル粉碎によりナノファイバーの生成について調べた。その結果、アルカリ添加効果が認められ、水熱処理温度が高いほどナノファイバー化は進化した。オゾン処理では、未処理木粉およびオゾン処理木粉についてそれぞれディスクミル処理を行い、ナ

ノファイバーの生成について調べた。ろ過時間を指標にして調べた結果、オゾン処理では同程度のノファイバーを得るのに必要な処理時間は1/7程度となった。

事業性評価については、本年度は初年度であり、各要素技術は開発中であり詳細なデータが得られないため、LCA 評価のための評価範囲（バウンダリー）の設定を行い、木材からのノファイバーの連続生産における個別の要素技術について、経済性評価および社会システム評価に必要な項目抽出を行った。また、間伐材の集積地における伐採や収集状況について森林組合等ならびに真庭木材集積基地に対してヒアリングを行った。

設定したバウンダリーにおいて得られたデータを元に、作成したバイオマス会計表を用いて120t/y 規模でのGHG 排出量の算定を行った。この算定から、今後のより精密なGHG 排出量の算定に必要な課題が分かった。

【分野名】環境・エネルギー

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

【テーマ題目3】木質成分の高付加価値化技術

【研究代表者】遠藤 貴士

【研究担当者】亀川 克美、井上 誠一、李 承桓
(常勤職員4名、他2名)

【研究内容】

木質系バイオマスからのバイオエタノール製造では、副産物や残渣を高付加価値化して有効利用することは、バイオエタノール製造のプロセス全体の経済性を向上させるために重要である。そこで、糖化・発酵の残渣となるリグニンを中空炭素微粒子として利用する技術、前処理工程で得られる微細繊維を他の高分子との複合化することによる複合材料への応用技術について研究を進めた。

リグニンと無機塩の水溶液のスプレードライを経由して製造されるリグニン系炭素微粒子はミクロンサイズの中空炭素微粒子であり、その製造条件により様々な構造の中空炭素微粒子を調製することが可能である。そしてそれらの微粒子は、ゴム補強材料、黒色顔料、および導電性素材などとしての用途が期待される。今回、代表的なリグニン系炭素微粒子であるマイクロシェル、マイクロバルーン、ナノシェルとともに、市販の代表的な導電性炭素素材である導電性カーボンブラック（アセチレンブラック、ケッチェンブラック）および黒鉛粉末について、粉体としての体積抵抗率の測定を行った。

体積抵抗率の測定には、三菱化学アナリテックの4探針法によるロレスタ PA システムを使用した。炭素試料は、それぞれを前処理することなく粉体の状態で測定装置のセル内に充填し、13、25、38、51、64MPa で加圧した。そしてそれぞれの圧力下での嵩密度と抵抗率を測定し、嵩密度と体積抵抗率との関係を求めた。その結果、900℃で熱処理して調製したマイクロシェルおよびナノシェルはいずれもアセチレンブラックやケッチェンブ

ックよりも少ない添加量で優れた電気伝導性を示した。また、マイクロバルーンは加圧とともに大きく体積収縮する特異な性質に起因するユニークな体積抵抗率の圧力依存性を示した。これらの結果は、リグニンから調製される中空炭素微粒子が市販の導電性カーボンブラックと比べて同等か、またはそれ以上の性能を有することを示すものであった。このような結果に基づいて、ポリエチレンやポリプロピレンなどのプラスチックとリグニン系炭素微粒子のコンポジットを作成し、その電気伝導性などの物理的特性を評価することによって、リグニン系中空炭素微粒子の有用性について更に検証を行う予定である。

パームオイル製造過程で排出される EFB (Empty Fruit Bunch) は、現在未利用のまま処分されている。この EFB は、果房から実を分離するために蒸気処理を施しているために、含水率の高い状態で排出される。このため、従来の気相による炭化処理では、エネルギー的に不利になるため、乾燥工程が不要である水熱条件による炭化処理を試みた。水熱炭化処理では、300℃の条件から炭化物収率の減少と、炭素含有率の増加が見られた。300℃の水熱炭化処理条件では、31.4wt%の収率で炭化物が得られ、その炭素含有率は69.8%であった。また、発熱量も25.8MJ/kg となり、通常気相条件で得られる炭化物の発熱量 (22.4MJ/kg、600℃) よりも高くなることが明らかになった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リグニン、セルロース、中空炭素微粒子、活性炭

【テーマ題目4】木質系バイオマスからの液体燃料製造技術の開発

【研究代表者】坂西 欣也

(BTL トータルシステムチーム)

【研究担当者】花岡 寿明、宮澤 朋久
(常勤職員2名、他5名)

【研究内容】

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

BTL プロセスは、ガス化による合成ガス製造、ガス精製、合成ガスからの液体燃料製造の3つの工程から成るが、ガス化工程では、新たにガス化剤として CO₂ 導入ラインを設け、ガス化剤としての酸素と CO₂ の濃度が N₂/O₂/CO₂=19/63/18 の場合、ガス化率90.1%、CO 濃度40%、N₂濃度5.5%の合成ガスを得た。ガス化剤中の酸素濃度57%の酸素富化空気ガス化結果と比較し、ガス化率が2%、CO 濃度が4%が向上し、一方で N₂濃度を10%低減することができた。その結果、CO 収率58%

を得た。

ガス化工程で得られた H_2/CO 比0.7の合成ガスは、移設時に新設した脱湿脱 CO_2 工程 (A および B)、低温水性ガスシフト反応工程 (200℃、0.6MPa、Cu-Zn 触媒) を経ることで H_2/CO 比を2に調整した。

液体燃料製造工程に関しては、4MPa、290-320℃、合成ガス ($H_2/CO=2$) 流速4.2Nm³/h で Ru/Mn/Al₂O₃ 触媒を用いて、CO および H_2 の転換率73.5%、83.9% を得た。連鎖成長確率0.82、C5以上の炭化水素の選択率と空間時間収率は81.4%、1.793kg/(kg-cat. h) を得た。

ガス化、ガス精製、 H_2/CO 比調整、液体燃料製造工程の一貫運転を行い、トータルプロセスにおいて、液体燃料換算で平成23年度末における目標の一つである16L/day(0.1 BPD) を達成した。液体燃料収率は、木材100kg(絶乾) から炭化水素燃料4.1L (3.2kg) が得られた。また、生成した C5以上の炭化水素の発熱量をガス化に要した熱量と合成ガス圧縮動力の和で除したエネルギー収支は0.843であることがわかった。液体燃料合成工程の未反応ガスを利用することでエネルギー収支を1.5へ改善できることがわかった。

【分野名】 環境・エネルギー

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

【テーマ題目5】 バイオマスシステム研究

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

【研究担当者】 三島 康史、柳下 立夫、藤本 真司 (常勤職員4名、他9名)

【研究内容】

種々のバイオマス利活用事業の導入・普及には、技術開発だけでなく経済的に成り立つトータルとしてのシステムを構築することが必要である。本研究では、基盤となるデータベースを構築し、バイオマス利活用システムのプロセスシミュレーション技術を開発した。作成したシミュレータを用いて最適化、感度解析、経済性・環境適合性などの評価を実施して実験開発チームや共同研究先等にフィードバックした。また、経済的なバイオマストータルシステムを提案した。

今年度は、非食用バイオマス由来合成ガスからのエタノール製造技術の開発においては、合成ガス-触媒合成経路エタノール製造に関して詳細検討を行い、実験開発チームにフィードバックした。また民間企業との共同研究で GHG 評価を実施した。パイオリファイナリー構築に向けた全体システムに関する研究においては、マリンバイオマス、特に微細藻類燃料に関する検討を行うとともに、燃料以外の生産物(アルギン酸等)に関する整理を行った。また分野融合研究と連携して、木材前処理サンプルや糖化液サンプルの提供を行った。さらにバイオ

マス利活用を推進するツールとして、PDCA サイクルのチェックに利用するバイオマス会計表の公開を始め、大学等との共同研究を通じてケーススタディーの充実を行った。

【分野名】 環境エネルギー

【キーワード】 バイオマス、システム、経済性、環境性、社会受容性

④【水素材料先端科学研究センター】

(Research Center for Hydrogen Industrial Use and Storage)

(存続期間：2006.7.1～2013.3.31)

研究センター長：村上 敬宜

副研究センター長：牧原 正記、光山 準一

所在地：福岡西事業所、つくば西事業所

人員：5名(4名)

経費：517,406千円(117,021千円)

概要：

水素エネルギーは、わが国のエネルギー安定供給に大きく寄与し、地球温暖化や都市域の環境問題を解決する切り札として期待されています。しかし、水素エネルギーを利用するためには、高圧状態や液化状態における水素の物性解明や、水素により材料の強度が低下する水素脆化現象のメカニズム解明など、解決しなければならない課題が少なくありません。本研究センターは、水素エネルギー利用社会の実現を技術的に支援するため、水素と材料に関わる種々の現象を科学的に解明して各種データを産業界に提供するとともに、経済性を考慮しつつ安全に水素を利用するための技術指針を確立することをミッションとしています。これにより、わが国の新エネルギー技術開発プログラムのキーテクノロジーである燃料電池とそれに関連する安全な水素インフラの開発・普及を図り、産総研第2期中期計画として掲げた「燃料電池自動車の70MPa 級高圧水素貯蔵を可能にするために、ステンレス鋼等の金属材料の水素脆化評価方法の開発を行うとともにその技術基準の策定を行う。」を達成するため、水素脆化の科学的原理の解明とその材料強度設計への応用及び安全なものづくりへの指針提供について研究開発を実施する。

外部資金：

- ・独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「水素先端科学基礎研究事業」
- ・経済産業省 原子力安全・保安院 「平成20年度石油精製業保安対策事業(水素エネルギー利用に伴う材料

使用基準に関する調査研究)」

- ・文部科学省 科学技術試験研究委託事業「圧電フロンティア開拓のためのバリウム系新規巨大圧電材料の創生」

発 表：誌上発表65件、口頭発表74件、その他0件

水素物性研究チーム

(Hydrogen Thermophysical Properties Team)

研究チーム長：高田 保之

(福岡西)

概 要：

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

研究テーマ：テーマ題目 1

水素材料強度特性研究チーム

(Hydrogen Fatigue and Fracture Team)

研究チーム長：松岡 三郎

(福岡西)

概 要：

水素が、実際の使用環境におかれた機械の材料強度にどのような原理でどのような影響を与えるのかを科学的に解明し、水素機器の設計・保守技術の確立を目指します。具体的には、金属材料の水素脆化の基本原理解明を基礎研究、金属の長時間使用と加工の影響を応用研究と位置づけ、高圧水素環境下で金属に対して、長時間の連続疲労強度試験を行うなど、材料強度に関するデータを整備するとともに、こうした環境下で使用される機械の設計・製造における信頼性を確保するための解決策を確立します。

研究テーマ：テーマ題目 2

水素トライボロジー研究チーム

(Hydrogen Tribology Team)

研究チーム長：杉村 丈一

(福岡西)

概 要：

軸受・バルブなど機械の可動部では、必ずトライボロジー（摩擦・摩耗・潤滑）の問題が発生します。水

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

研究テーマ：テーマ題目 3

水素シミュレーション研究チーム

(Hydrogen Simulation Team)

研究チーム長：村上 敬宜

(福岡西)

概 要：

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

研究テーマ：テーマ題目 4

水素脆化評価研究チーム

(Hydrogen Dynamics in Metals Research Team)

研究チーム長：飯島 高志

(つくば西)

概 要：

水素エネルギーの実用化にあたっては、実際に水素環境下で使用する機器類に対する水素脆化の度合いや進展状況を正確に計測し、評価することが必要になります。そこで、水素脆化の機構解明のための原子・分子レベルでの観察等を通じて、水素と金属の相互作用を微視的に明らかにするとともに、水素脆化評価技術を体系化し、評価手法の標準化を図ります。また、金属系材料の水素脆化評価のための試験装置を開発します。さらに、開放型の水素脆化評価ステーションを用いて民間企業の水素利用機器開発の技術支援を行います。

研究テーマ：テーマ題目 5

水素高分子研究チーム

(Hydrogen Polymers Team)

研究チーム長：西村 伸

(福岡西)

概 要：

水素エネルギーシステムの実用化のためには、水素

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

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

研究テーマ：テーマ題目 6

【テーマ題目 1】高圧水素物性の基礎研究（運営費交付金、外部資金）

【研究代表者】 高田 保之（水素物性研究チーム）

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

【研究内容】

高い圧力状態や高温状態にある水素の基本的な挙動を解明します。圧力100 MPa、温度500℃までの PVT 性質、粘性係数、熱伝導率などの基礎物性値を測定し、水素の熱物性データベースを構築します。これらの物性値情報は、水素ステーションにおける水素熱流動系の機器設計や各種のシミュレーションに活用することができます。

平成22年度は、PVT データ測定では定容積法 PVT 性質測定装置を開発し100MPa、500℃までの測定に成功しビリアル状態方程式を拡充、粘性係数では100MPa、227℃までのデータを取得し500℃まで測定可能な QCK 管を開発、熱伝導率では非定常短細線式の原理により100MPa、500℃までの測定に成功しデータを取得、熱伝導率と粘性係数のそれぞれについて推算式を更新、種々の物質に対する水素の溶解度測定では NMR システムにより O-リング材料および高分子電解膜に対する溶解度及び拡散係数測定に成功、水素雰囲気における高沸点ガスの露点測定では10MPa 程度までの露点実測データの蓄積と露点推算法の高精度化を検討しました。水素

物性データベース（All in 1 CD と Excel 用ライブラリ）については、データの集積および Excel 用ライブラリに関しては車載水素容器（70MPa）の亀裂発生時漏えいシミュレーションの事例を追加しました。

【分野名】 環境・エネルギー

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

【テーマ題目 2】 高圧による金属材料等の水素脆化の基本原理の解明（運営費交付金、外部資金）

【研究代表者】 松岡 三郎

（水素材料強度特性研究チーム）

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

（常勤職員1名、他26名）

【研究内容】

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

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

今年度は以下の成果が得られました。

- ・ステンレス鋼に過飽和に水素をチャージすることにより疲労き裂進展抵抗が大幅に向上することを発見しました。
- ・微細組織の制御により耐水素疲労炭素鋼創製の可能性を見出しました。
- ・35MPa 水素ステーション蓄圧器を調査し、蓄圧器の高性能化のための技術指針を提供しました。
- ・120MPa 水素ガス中の疲労試験機（3台）を使用し、水素インフラの規制見直し、使用材料拡大に必要なデータ収集・評価を開始しました。

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 水素脆化、金属疲労、疲労き裂、健全性評価

〔テーマ題目3〕 高圧水素トライボロジーの研究（運営費交付金、外部資金）

〔研究代表者〕 杉村 丈一

（水素トライボロジー研究チーム）

〔研究担当者〕 間野 大樹、村上 敬、三室 日朗、
宮越 栄一、Carlos Morillo（カルロス・モリジョ）、村上 輝夫、
和泉 直志、澤江 義則、森田 健敬、
田中 宏昌、中嶋 和弘、坂井 伸朗、
福田 応夫、八木 和行、黒野 好恵、
佐々木 信也（常勤職員2名、他15名）

〔研究内容〕

目的・研究内容

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

今年度は、高圧水素中の試験、高圧水素曝露の影響の分析、水素ガス中の不純物の影響に重点を置いて軸受・バルブ・シール等の摺動材料の試験を実施し、以下の成果を得ました。1) ガス圧力40MPaでの摩擦力測定技術を確立し、鋼及び PTFE の摩擦特性がガス圧と温度の影響を受けることを明らかにしました。2) 40MPa 高圧水素に曝露された鋼表面を分析し、表面酸化の抑制、表面硬度の上昇、炭素の析出などの知見を得ました。3) 試験ガスの純度を制御した常圧水素中の滑り摩擦試験、往復動摩擦試験を行って基礎データの蓄積を行いました。4) 摩擦にともなう酸素と水の反応と生成が材料によって異なることを明らかにしました。また、データの有効活用のためにデータベースの構築を開始しました。

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 トライボロジー、摩擦試験、高圧水素、（ガス純度）

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

〔研究代表者〕 村上 敬宜

（水素シミュレーション研究チーム）

〔研究担当者〕 金山 寛、柿本 浩一、荻野 正雄、
塩谷 隆二（他5名）

〔研究内容〕

水素環境下で長期に使用される材料中の水素拡散をシ

ミュレーションすることにより、他の研究チームによる材料や機器の設計方針作成の支援を行います。

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

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

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

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 シミュレーション、分子動力学法、有限要素法

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

〔研究代表者〕 飯島 高志（水素脆化評価研究チーム）

〔研究担当者〕 今出 政明、安 白、文 矛、張 林、
島 宏美、柏木 悠太、河内 直人、
甲斐 絢也、横川 清志（計測フロンティア研究部門）（常勤職員4名、他6名）

〔研究内容〕

安全な水素エネルギー社会構築のため、高圧水素脆化試験装置開発と金属材料の高圧水素脆化評価、水素利用機器開発の技術支援、水素脆化防止技術開発及び水素エネルギー利用に伴う材料使用基準に関する調査研究を実施しています。また、当研究チームで保有している水素脆化評価ステーションを用いて民間企業の水素利用機器の技術支援のために「バネ材の水素脆化に関する研究」と「超高圧機器の研究開発」等の資金提供型共同研究を実施しました。

今年度は、低温70MPa 水素雰囲気中材料試験装置ならびに、室温210MPa 高圧水素ガス中材料試験装置を用いてオーステナイト系ステンレス鋼（SUS316L、および AISI316SA、AISI316CW）について、低歪み速度引

張 (SSRT) 試験を実施し、水素ガス脆化に与える温度、圧力の影響について調べました。水素ガス脆化は、試験温度の低下と共に増加し、200K~150K 付近で最大になり、更なる温度の低下と共に再び小さくなることから、測定した温度領域では、歪み誘起マルテンサイト変態の影響が大きいことが分かりました。また、AISI316SA 及び AISI316CW について室温、70MPa~210MPa の範囲で SSRT による水素ガス脆化試験を行った結果、水素ガス圧力が上昇しても水素ガス脆化はあまり増加せず、水素ガス脆化に及ぼす水素圧の影響は小さいことが判明しました。

分子・原子レベルでの水素の挙動については、原子間力顕微鏡 (AFM) と磁気力顕微鏡 (MFM) を用いて、さらなる観察を進めました。その結果、水素をチャージしたオーステナイトステンレス鋼の亀裂生成・成長のメカニズムを解明することができ、論文として発表しました。

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

[研究代表者] 西村 伸 (水素高分子研究チーム)

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

[研究内容]

目的・研究内容

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

今年度は以下の成果が得られました。

- ・高圧水素ガス容器の実機で使用され、破壊が発生した O リングの調査および実機を模擬した条件での加減圧実験により、O リングの破壊現象を把握しました。O リングの破壊現象はゴム材料中に溶解した水素による気泡発生からき裂進展に至るブリスタ破壊、ゴム材料中への水素の溶解に伴う体積増加によるはみ出し破壊および座屈破壊の3種の破壊が起こることを見いだしました。
- ・ブリスタ破壊現象をより実機に近い形状の気泡によりモデル化し、発生した気泡からき裂が発生する際の気

泡内圧を、ブリスタ発生限界内圧として高精度で定量化し、材料設計に反映しました。

- ・高圧水素ガスシール用ゴム材料の設計指針としてブリスタ発生限界内圧が高く、水素溶解量が低いゴム組成が望ましいことが判明しています。これに加え、実機使用中の O リングの有限要素法解析の結果から、水素の溶解による体積増加量が小さいことが必要であることを見いだしました。
- ・高圧ガスシール用 O リングに使用するゴム材料の候補材としてエチレンプロピレンゴム (EPDM)、水素化アクリロニトリルブタジエンゴム (HNBR)、シリコンゴム (VMQ) を選定しました。O リング試作の上、品質工学の手法を用いた高圧水素加減圧試験により、O リングの破壊現象に対する O リング設計パラメータや環境条件の影響を解析しました。その結果、材料種、温度、O リング充填率、減圧速度の影響が顕著であることを見いだしました。これらの結果に基づき、O リング溝設計を含めた高圧ガスシールの最適設計について検討を進めました。
- ・水素配管やガスシール材など水素利用機器・インフラで使用される代表的な樹脂材料について、高圧水素曝露による材料特性への影響を検討しました。現段階ではポリエチレン (PE)、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) について水素溶解量、水素透過量の測定、高圧水素曝露による材料特性への影響評価を実施した結果、水素溶解量はゴム材料に比べて小さく、ゴム材料で見られた高圧水素曝露によるブリスタ破壊などの破壊現象は起こらないことが判明しています。
- ・ゴム材料の高圧水素による劣化を把握するため、高圧水素曝露材料の固体高分解能核磁気共鳴スペクトルを測定しました。その結果、計測したゴム材料 (NBR) は高圧水素曝露による化学的な変化は検出されませんでした。さらに、高圧水素曝露直後の測定を行った結果、ゴム材料中に溶解している水素分子を定量的に検出しました。

[分野名] 環境・エネルギー

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

⑤【新燃料自動車技術研究センター】

(Research Center for New Fuels and Vehicle Technology)

(存続期間：2007. 4. 1~2014. 3. 31)

研究センター長：後藤 新一
副研究センター長：濱田 秀昭
上 席 研 究 員：葭村 雄二

所在地：つくば東、つくば中央第5、つくば西

人 員：15名（15名）

経 費：420,852千円（103,457千円）

概 要：

1. ミッション

本研究センターは、新燃料及び新燃料を使用する自動車技術を普及させ運輸部門の石油依存度の低減に貢献すること、及びクリーンな排出ガスと自動車燃費の大幅な向上を目的とする。そのため、2009年のポスト新長期排出ガス規制、次いで2015年を目標とする新燃費規制、さらには2030年の運輸部門の石油依存度を80%に下げる国家戦略目標達成に向け、自動車業界との連携のもとに、社会ニーズ対応の本格研究を実施する。本研究センターの具体的ミッションは、以下の3項目である。

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

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

2. 運営・体制

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

さらに、当研究センターは、業界及び行政的ニーズを的確に把握するため、産業界・政策当局等と密接に連携して、センター活動の方針を策定・修正しつつ研究経営を行う。また、共通の社会ニーズを有

している国内外の研究機関とも連携を図り、先導的課題に係る国際共同研究や新燃料規格化等の基盤整備支援を実施する。

新燃料自動車技術は多くの技術分野の統合技術であることから、本格研究を戦略的に実施するためには、センター内部のみならず他ユニットの活動とも密接な連携が必須である。このため、関連他ユニットとの連携（バイオマス研究センター、エネルギー技術研究部門、計測標準研究部門等）を推進する。また、ディーゼルシステム連携研究体のシャンダイナモを中心とした大型設備は、メカへも開放していることから、自動車工業会とも連携を取って進めて行く。

3. 主要研究項目

1) 新燃料製造技術

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

2) 自動車エンジンシステム技術

① 新燃料燃焼技術

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

② 新燃料燃費・排出ガス対策技術

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

③ 新燃料計測評価技術

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

3) 新燃料規格化・標準化推進

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

4. 人材育成

研究センターのミッションのひとつとして、我が国と諸外国の研究人材・技術者の育成を掲げている。具体的には、国際共同研究、人材育成プログラム、燃料規格の国際調和などを通じて人材育成を実施する。これまで、タイの研究機関とのバイオ燃料の国際共同研究、フランスの研究機関との環境触媒（燃料製造や排出ガス処理触媒）に関する国際共同研究、JICA プログラムによるアジア

諸国からの人材受入、東アジアサミットの決議によるアジア各国の専門家とのバイオ燃料の標準化ワーキングを実施している。

外部資金：

- ・経済産業省 平成22年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 新燃料の燃焼機構の解明に資する数値解析及び実験解析
- ・経済産業省 平成22年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究） ディーゼル特殊自動車排出ガス浄化のための多機能一体型コンバータに関する研究
- ・(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 希少金属代替材料開発プロジェクト 希少金属代替材料開発プロジェクト／排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発
- ・(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー技術研究開発 新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術開発）／バイオ燃料の品質規格及び計量標準に関する研究開発
- ・(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 戦略的国際標準化推進事業 戦略的国際標準化推進事業／標準化研究開発／ジメチルエーテル（DME）燃料に関する標準化
- ・(独) 科学技術振興機構 地球規模課題対応国際科学技術協力事業 非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術
- ・(独) 国際協力機構 非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術
- ・文部科学省 科学研究費補助金 誘電体バリア放電誘起噴流の高速化メカニズム解明に関する研究
- ・環境省 環境研究総合推進費 廃油脂類を原料とした動脈静脈連携型の次世代バイオディーゼル燃料製造技術の開発と評価
- ・ERIA「東アジア・アセアン経済研究センター（ERIA）」東アジアにおけるバイオディーゼル燃料の基準調和

発表：誌上発表46件、口頭発表73件、その他7件

新燃料燃焼チーム

(Combustion and Engine Research Team)

研究チーム長：小熊 光晴

(つくば東)

概要：

エネルギーの多様化と環境保全の観点から、(1)新燃料エンジンシステム技術、(2)次世代大型ディーゼルエンジンの高効率化と排気ガス低減技術に関する研究開発を実施し、民生・運輸分野における動力利用システムの石油依存度軽減、高効率化並びにクリーン化技術の実現を目指している。また、得られた成果や各種検証試験データの蓄積により(3)新燃料の標準化を推進する。具体的に、①新燃料利用システムの実用化研究開発では、DME自動車や発電システム、建産機システムへのバイオディーゼル燃料利用など、環境負荷低減に資する新燃料利用システムの実用化・普及促進を目標とした研究開発として、車両基準制定に貢献し得るDME自動車の走行試験、不純物がDMEディーゼルエンジン性能に及ぼす影響評価、ジャトロファ等FAME混合利用時のエンジンシステム影響評価、非食糧系バイオマスの輸送燃料化基盤技術などを実施している。②エンジン等燃焼技術に関する基盤研究では、エンジン燃焼の高度化研究、DME対応潤滑性評価方法の検討、CNG-軽油デュアルフェューエル燃焼、アフターパーツDPFの研究開発、B100利用不具合対応などの共同研究を推進し、萌芽的技術の発掘による新たなエンジンシステム開発の可能性を追求している。③超低環境負荷ディーゼル燃焼技術の研究では、高精度バーチャルエンジンシステムの研究、カムレス&超高压燃料噴射システム搭載単気筒テストエンジンでの実験的探求等を実施している。④新燃料標準化研究開発では、自動車用DME燃料の国内外標準化や東アジア地域におけるバイオディーゼル燃料の基準調和、バイオ燃料の品質及び計量標準、燃料性状分析室の設置・運用準備、アジア諸国技術者育成支援など、国内外標準化を推進している。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3

新燃料製造チーム

(Hydrotreating Catalysis Team)

研究チーム長：鳥羽 誠

(つくば中央第5)

概要：

新燃料製造チームでは、輸送用燃料の石油依存度低減に貢献するため、燃焼改善や排出ガス処理装置への負荷低減等により低燃費化（省石油化）が期待できる既存石油系燃料の高品質化技術、並びにバイオディーゼル等の導入・普及により直接的に輸送用燃料の石油代替が期待できる新燃料製造技術の研究開発を行っている。前者の石油系燃料の超クリーン化用触媒技術で

は、サルファーフリー（硫黄<10ppm）燃料製造触媒の実用化・普及を目指すとともに、環境適合性が高く将来燃料として期待されている低芳香族燃料やゼロサルファー（硫黄量<2ppm）燃料を製造可能な革新的石油精製触媒の開発を行っている。後者の新燃料の製造技術並びに環境適合化技術では、各種油糧作物等を原料とし、酸化安定性や熱安定性向上等に優れたバイオディーゼル燃料を製造・高品質化する触媒技術を開発すると共に、非食糧系バイオマス等を原料とした環境適合性の高い高品質新燃料を製造する触媒技術を構築している。更に、得られた燃料のエンジン評価や排出ガス特性評価等を通して、新燃料の普及に不可欠な規格化を支援している。これらの研究に加え、国際共同研究を通して、我が国とアジア諸国などの諸外国の研究人材・技術者の育成にも貢献している。

研究テーマ：テーマ題目1

省エネルギーシステムチーム
(Energy-saving System Team)

研究チーム長：小渕 存

(つくば西)

概 要：

本チームは、産総研第3期中期計画において、2-(1)-④自動車エンジンシステムの高度化技術、および3-(3)-②レアメタル等金属・化成品の有効利用・リサイクル・代替技術の開発の一部を担っている。また、科学技術の観点からは、触媒化学および触媒反応工学をベースとして、自動車に係わる省エネルギー性、省資源性に優れた触媒反応プロセス及びシステムの開発を目指している。より具体的には、1)ポスト新長期規制後の NOx 規制強化などに対応できる触媒反応と自己熱交換（熱回収）機能を備えた自己熱交換式触媒リアクタ技術、さらにはフィルタ機能をはじめとする他の機能を併せ持つ多機能複合型の触媒リアクタ技術を創出する、2)資源的に稀少な白金族金属を使用する触媒について、その性能向上により白金族金属の使用量低減を目指す、ことを目標とする2つのテーマに取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目2

排出ガス浄化チーム
(Emission Control and Catalysis Team)

研究チーム長：佐々木 基

(つくば中央第5)

概 要：

ユニット戦略課題である「自動車エンジンシステムの高度化技術」に直結する、後処理触媒の白金族金属の代替や使用量低減を目指す研究開発および NOx などの有害物質に対する高性能後処理触媒の研究開発に取り組んでいる。近年の排出ガスに対する厳しい規制

に対応する必要があるディーゼル自動車排出ガス触媒については、触媒の性能を維持しつつ白金族金属使用量を低減した触媒を開発することを目指し、触媒活性種である白金まわりの環境を高度に設計・制御し、白金族金属使用量を低減しつつ、高い NO や炭化水素の酸化能力を有する触媒の探索を行っている。また、近い将来排出ガスの規制が予定されている特殊自動車からの排出ガスについては、スペース・エンジン制御に厳しい制限がある特殊自動車の特性を考慮した排出ガス浄化触媒の開発を目指し、燃料由来成分を還元剤とする NO 選択還元触媒（燃料由来 SCR 触媒）を探索し、それを利用した触媒システムの開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目2

計測評価チーム
(Measurement and Evaluation Team)

研究チーム長：古谷 博秀

(つくば東)

概 要：

計測評価チームでは、新燃料の普及および自動車の高度化に関わる計測評価技術の研究開発を実施している。新燃料の普及に大きく影響する燃焼品質規格への貢献として、現在、測定に問題があるとされているバイオエタノールの pH の評価方法について、水と1:1に混合することにより一般的な pH メーターにより再現性の高い測定が出来ることを示し、これを JIS 化原案として提案し、JIS の測定方法として採用される見込みである。また、近年 BDF（バイオディーゼル燃料）として注目されているジャトロファの毒性について、その評価手法を検討、油そのものを使い生物活性反応を利用する簡易な評価方法を提案した。また、エンジン室内の予混合気形成状況を測定することを最終目的として、(株)コベルコ科研と LIBS（レーザ誘起ブレイクダウン分光法）による当量比計測技術の研究を実施、圧力およびレーザ強度の影響を詳細に調べた。さらに、三井造船（株）と共同実施しているレーザ着火技術について、エンジンとして理想的な圧縮比14においてもレーザ着火により希薄限界が拡大し、高効率とクリーン化の両立の可能性が高いことを示した。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3

[テーマ題目1] 新燃料製造技術の研究開発

[研究代表者] 鳥羽 誠

(新燃料製造チーム)

[研究担当者] 鳥羽 誠、葭村 雄二、望月 剛久、
鈴田 哲也、阿部 容子、西嶋 昭生、
大村 紀子、岡田 友絵、松元 雄介
(常勤職員3名、他6名)

[研究内容]

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

本年度は、産総研と日揮触媒化成株式会社とで共同開発した脱硫触媒 (商品名: LX-NC10) の再生法の検討を行い、開発脱硫触媒の利用価値向上を図った。脱硫触媒は通油時間の経過と共に、活性金属硫化物種の凝集や触媒上への炭素質析出等により活性が徐々に低下するが、劣化触媒上の炭素質の空気酸化による除去、その後の金属酸化物の高分散化処理等を行なうことにより、再生触媒の脱硫活性を新触媒の 95% 以上に回復させる方法を開発した。従来型石油系燃料の高品質化改質の研究の中で、サルファーフリー軽油中の硫黄分や芳香族分の更なる低減化研究を行い、第一段目の工程で前述の LX-10 触媒によるサルファーフリー化、第二段目で産総研開発の貴金属系触媒 (PdPt/Yb-USY ゼオライト等) を用いれば、硫黄分<0.5ppm、芳香族分<1wt% の高水素/炭素原子比 (H/C) の燃料油を製造できることを見出した。高 H/C 比の燃料油は、製造過程でより多くの H₂ を使用するため CO₂ 生成に繋がるが、エンジン排出ガス中の PM 低減や燃焼触媒の負荷低減 (CO₂ 抑制) に有効であり、今後の高品質燃料油製造に向けた触媒設計指針を取得できた。

一方、バイオ系新燃料の製造・高品質化技術の中で、油糧作物のトランスメチルエステル化により得られる脂肪酸メチルエステル (FAME) 型バイオディーゼル燃料 (BDF) の高品質化技術の開発を行った。FAME 型バイオディーゼルでは含有される多価不飽和脂肪酸メチルが酸化され易く、腐食性のある低級有機酸や重合物であるスラッジ等を生成しやすい欠点がある。このため、東アジアサミット推奨の BDF 品質 ((EEBS):2008) や日米欧の自動車工業会が提案する世界燃料憲章

(WWFC) の BDF 品質では、BDF の酸化安定性が強化されている (ランシマット法による酸化安定性誘導時間が従来の6時間から10時間に強化)。この酸化安定性強化に対応すべく検討を行った結果、高水素化能を有する貴金属系触媒を用いることにより、高圧ガス保安法適用外の低水素圧条件下、温和な反応温度条件下で BDF の部分水素化が可能となり、東アジアサミット推奨の BDF 酸化安定性を確保できることが分かった。

FAME の組成分析と水素消費量の組み合わせることにより、実機運転の際の最適組成を得るための指標について検討を行った。FAME の組成分析から求めた原料油中の多不飽和脂肪酸メチルエステルを、すべて炭素-炭素二重結合が一つのモノエン酸メチルエステルに変換に必要な水素消費量を計算し、実際の部分水素化反応における水素消費量と比較を行ったところ、飽和脂肪酸メチルエステルへの水素化が抑制された選択性の高い触媒を用いた場合には、両者の値はほぼ一致し、水素消費量でモニタリングすることにより、最適組成の油を得ることが可能であることがわかった。一方、資源の多様化の観点から、多不飽和脂肪酸を高濃度に含む魚油バイオディーゼルの抗酸化剤添加効果および水素化処理による高品質化を検討した。100% 魚油バイオディーゼル (B100) では 2-*t*-ブチルヒドロキノン (TBHQ) の酸化安定性向上効果が高かったのに対し、炭化水素と混合した場合は 2,6-ジ-*t*-ブチル-4-メチルフェノール (BHT) の方が酸化安定性向上効果が高く、抗酸化剤の溶解性が酸化安定性向上効果に影響を与えていることが示唆された。

【分野名】環境・エネルギー

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

【テーマ題目2】自動車エンジンシステムの高度化技術の研究開発

【研究代表者】後藤 新一 (研究センター長)

【研究担当者】後藤 新一、濱田 秀昭、小熊 光晴、辻村 拓、小渕 存、内澤 潤子、難波 哲哉、佐々木 基、鈴木 邦夫、Asima Sultana、古谷 博秀、篠崎 修、高橋 栄一、瀬川 武彦、広津 敏博、日暮 一昭、田中 亜紀子、野内 忠則、貝塚 昌芳、阿久津 将之、佐々木 利幸、喜多 郭二、葛田 公仁、島田 亮、村松 雄也、青柳 賢司、松丸 陽子、千葉 晃嗣、佐藤 直子、小澤 正邦、羽田 政明、金田一 嘉昭、岩田 光夫、徐 世中、豊岡 慎介、本澤 尚史、伊賀 達介、笠木 久美子、

中村 咲子（常勤職員12名、他27名）

【研究内容】

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

新燃料として DME を利用するエンジンシステムの高度化に資することを目的に、DME 燃焼場における CO 生成に対する当量比-温度依存性に関し、燃焼素反応計算により解析した。燃焼場に酸素が十分存在しても、活発な低温酸化反応により形成された CO が、高温酸化反応に至らないために消費反応が不活性な1300K 以下の低温域で、CO 生成領域が存在すること、酸素が不十分な場合は、CO 形成量が減少し、消費量がわずかながら増加する温度1700K 付近において、CO 生成量が緩和される領域が存在すること、ホルムアルデヒド形成に関わる素反応式の温度依存性が CO 形成の温度依存性を示すこと、高温度高当量比条件では CO₂ の解離反応がより生じるために、CO 生成量が増加していることなどを明らかにした。また、機械損失や理論熱効率評価に向けテストエンジンの整備を実施した。また、エンジン室内の着火点付近での着火時の予混合気形成状況を測定することを最終目的として、LIBS（レーザ誘起ブレイクダウン分光法）による当量比計測技術の研究を実施、圧力容器内で予混合気を用いて圧力およびレーザ強度の影響を詳細に調べ、補正により酸素原子と水素原子の発光から当量比を精度良く計測できることを確認した。さらに、レーザ着火技術について、エンジンとして理想的な圧縮比14においてもレーザ着火により希薄限界が拡大し、新しい着火デバイスの導入により高効率とクリーン化の両立の可能性が高いことを示した。

ディーゼル特殊自動車の排ガスに対する規制強化に対処できるコンパクトな排ガス浄化システムの開発が求められている。これに対応するため、センターでは環境省公害防止等試験研究において、「ディーゼル特殊自動車排出ガス浄化のための多機能一体型コンバータに関する研究」に取り組んでいる。多機能一体型コンバータ本体の開発に関して、昨年度の試作器と比べて3倍にスケールアップした中型コンバータを試作し性能試験した結果、自己熱交換機能の付与により、若干（試験車走行に伴う燃料消費量の3~4%相当）の補助加熱で、NO_x 選択還元および DPF 再生に最適な温度条件が得られ、それぞれのパフォーマンスが劇的に向上することを確認した。また、当該コンバータに搭載する触媒反応プロセスとして、燃料および燃料由来する還元剤を NO_x の還元剤として利用する反応プロセスおよびそのための触媒について、昨年度見出した炭化水素分解触媒と炭化水素による NO_x 選択還元触媒を混合した触媒の改良および Co/ZSM-5触媒の耐久性最適化を行った。さらに、開発するコンバータシステムの最終性能評価に向け、ディー

ゼル特殊自動車用の過渡運転条件を模した簡略化した実験等過渡運転条件の設定を行った。

希少金属資源の確保・偏在リスクの軽減が喫緊の課題となっている。そこで白金族金属の使用量を低減するため、ディーゼル排出ガス浄化触媒システムにおいて大量の白金族が使用されている酸化触媒と触媒付ディーゼルパティキュレートフィルター（DPF）を対象とし、NEDO 委託研究 希少金属代替材料開発プロジェクトの中で「排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発」を実施している。企業・大学との共同研究として、当センターはディーゼル酸化触媒における触媒活性種、担体の設計と高度化および DPF 触媒における銀触媒の機能発現要素の解明の各要素技術を担当している。各要素技術で開発した成果を総合し、現市販品に対して白金族使用量40%削減を達成できる見込みを得ている。また、自動車触媒のセリウム使用量を低減する技術開発として、同プロジェクトの中で、「排ガス浄化向けセリウム使用量低減技術及び代替材料開発」を開始した。

また、当センターでは、エネルギーセキュリティや地球温暖化等、単一国では解決が困難な人類共通の課題に対する国際協力の基で解決を図ることが重要視されるなか、産総研は平成22年度より経済産業省委託「日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）」に参画し、米国エネルギー省傘下の研究機関らと精力的に共同研究に取り組んでいる。ローレンス・リバモア国立研究所へ研究員を派遣し、新たな製造方法によって作られたバイオマス由来燃料の化学反応動力学モデルの研究開発を共同実施しており、新燃料の先進的熱機関への応用、燃料仕様の標準化等、バイオ燃料等の新燃料の高度利用・標準化に向けた技術開発を行なっている。また新燃料の物理的影響を解明するための研究開発について米国アルゴンヌ国立研究所とともに実施する計画である。

【分野名】環境・エネルギー および ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】自動車、予混合圧縮着火燃焼、PCI 燃焼、バイオ燃料、バイオディーゼル燃料、ジメチルエーテル、DME、レーザ着火、希少金属、白金、セリウム、代替材料、排ガス浄化、酸化触媒、三元触媒コンバータ、自己熱交換作用、省エネルギー、燃費、ディーゼル特殊自動車、燃料由来 NO_x 還元

【テーマ題目3】新燃料標準化の研究開発

【研究代表者】後藤 新一（研究センター長）

【研究担当者】後藤 新一、小熊 光晴、古谷 博秀、
葭村 雄二、鳥羽 誠、広津 敏博、
日暮 一昭、田中 亜紀子、貝塚 昌芳、

佐々木 利幸、喜多 郭二、野内 忠則
(常勤職員4名、他8名)

【研究内容】

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

1) 東アジア地域におけるバイオディーゼル燃料品質のベンチマーク策定

東アジア・アセアン経済研究センター (ERIA) 事業のワーキンググループ運営を継続し、同地域における良質なバイオディーゼル燃料流通に資する情報をまとめた「EAS-ERIA Biodiesel Fuel Trade Handbook: 2010」を発刊した。同ハンドブックはERIA ウェブサイトより PDF 版のダウンロードが可能である。

(<http://www.eria.org/publications/others.html>)

2) DME 燃料の国内外標準化

DME 燃料の ISO 化について、TC28/SC4/WG13 にエキスパートを輩出し、不純物の混入限界定義に対するデータを提供するとともに議論を主導するなど、大きく貢献してきた DME 燃料品質の新規提案が登録された (NP16861、平成22年11月)。また、同品質の分析方法として必要な、水分、硫黄分および蒸発残渣の分析方法を検討し、ドラフト案作成に貢献した。これを受けて、硫黄分分析方法、蒸発残渣分析方法を日本からの新規提案として ISO の手続きに乗せた。また、水分が300~500ppm 混入すると、DME 燃料の潤滑性が悪化し、エンジン燃料噴射系の摩耗に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。

3) バイオ燃料の ISO および JIS 化対応支援

ガソリン混合用エタノールの規格は、自動車技術会の JASO 規格 (JASO M361:2006) を基に検討を進めていたが、pHe (エタノール中の水素イオン濃度) の測定方法については、純水とエタノールを1:1で混合することによって測定値を安定させる手法を産総研が提案、石油連盟が主催するガソリン混合用エタノールの JIS 化を検討する会合においてラウンドロビンテストが実施され、その適応性が検証され、JIS での測定方法として採用される予定となった。

【分野名】 環境・エネルギー

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

⑥【メタンハイドレート研究センター】

(Methane Hydrate Research Center)

(存続期間：2009. 4. 1~2016. 3. 31)

研究センター長：成田 英夫

副研究センター長：海老沼 孝郎、天満 則夫

所在地：北海道センター、つくば西事業所

人員：13名 (13名)

経費：1, 136, 531千円 (79, 387千円)

概要：

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

このため、わが国周辺海域を始め世界各地に賦存するメタンハイドレート資源から天然ガスを安定かつ経済的に採取する生産技術の研究開発 (生産手法開発に関する研究) およびガスハイドレートの物理的特性を活用した革新的な省エネルギー技術の開発 (機能活用技術) を推進している。また、基礎的な研究と開発的な研究との間をつなぐ橋渡し研究の意義が一層増しているなか、新たなイノベーションシステムの構築、人材養成の推進、産業基盤の整備等、新たなイノベーションを創出していくための研究アライアンス活動を行うことにより、中核的な組織を目指している。

重点課題として、メタンハイドレート資源の生産手法に関する研究開発およびガスハイドレート機能活用技術の開発を設定している。生産手法に関する研究開発においては、以下の課題を設定し、相互の研究成果を共有しながら天然ガスの商業的産出のための技術整備を進めている。

- ① メタンハイドレート資源から天然ガスを効率的かつ大量に生産するための「生産技術の開発」
- ② 生産時の生産挙動や生産性を評価するために不可欠な貯留層パラメータを解析し貯留層モデルを構築する「貯留層特性の評価」
- ③ 信頼性が高くかつ実践的な生産性や生産に伴う地層挙動を評価するシミュレータ開発のための「生産モデルの開発」
- ④ 生産時のメタンハイドレート再生成や坑井内の流動状態を解析し生産障害を回避するための「物理特性の解析」

また、後述の機能活用技術分野を含め当センターがメタンハイドレート研究の中核的組織となることを目指した以下の事業を実施している。

- ⑤ 外部連携の促進、人材育成、技術移転、啓蒙、サイエンスコミュニケーション、講演会開催等を活動内容とする「メタンハイドレート研究アライアンス事業」

さらに、生物プロセス研究部門、地圏資源環境研究部門との密接な連携による以下の分野融合的課題に取り組んでいる。

- ⑥ 大水深海底下の地層における高圧条件下でのメタン生成システムを解明するための「メタンハイドレート成因解明の研究」

①「生産技術の開発」においては、強減圧法、通電加熱法等生産手法のエネルギー効率向上、回収率向上のための研究、生産時の細粒砂移流・蓄積、メタンハイドレート再生成による浸透率低下等の生産障害因子を解析し生産障害対策技術の開発を実施するとともに、サイクリック減圧法の長期的な生産性を解析し、その回収率に対する効果を評価する。また、メタンハイドレート貯留層特性に応じた天然ガス生産手法を最適化するため、室内産出試験設備による検証を行う。②「貯留層特性の評価」においては、生産シミュレータによる生産性評価や地層変形シミュレータによる地層変形評価に不可欠なメタンハイドレート濃集域の貯留層モデルを構築するためのメタンハイドレート層分析、断層のパラメータ評価、地層の不均質性の評価を行い、貯留層モデルを開発する。③「生産モデルの開発」においては、メタンハイドレート層の力学パラメータの実験室的取得の継続や坑井の健全性評価のための室内貫入試験装置による接触面強度等のパラメータ取得を行うと共に、メタンハイドレート貯留層の圧密変形・強度特性、生産時の地層内応力分布等を扱うことが可能な地層変形シミュレータを高速化する。さらに、同シミュレータを用いて生産時の坑井壁に負荷される応力を解析し、坑井の健全性評価を行うと共に、実践的な生産性評価を行うための生産シミュレータのアップスケール手法の開発を行う。④「物理特性の解析」においては、高圧・低温環境下にある坑井内での気液二相流の流動特性の解析を行うと共に、実環境条件におけるメタンハイドレートの再生成について解析を実施する。また、地層内でのメタンハイドレート再生成の評価に必要なメタンハイドレート層の熱特性の評価を行う。⑤「メタンハイドレート研究アライアンス事業」においては、研修生受け入れによる若手研究者の育成、企業の研究・技術者に対する技術移転、研究の推進や国民との対話のための講演会開催、総合シンポジウムの開催、サイエンスコミュニケーションの開催、外部連携組織の運営を行うほか、ニュースレターを発行する。⑥「メタンハイドレート成因解明の研究」においては、メタンハイドレート資源量の評価や貯留層内のメタンハイドレートの産状評価に資するため、高圧条件下でメタン生成菌のメタン生成能を評価

する。

ガスハイドレートの物理的特性を利用し、新たな産業技術の創出を目指す機能活用技術においては、天然ガスの省エネルギー輸送・貯蔵プロセスを開発するため、天然ガスハイドレート（NGH）の新たな分解抑制技術開発のためのガスハイドレート分解挙動について実験的に解析・評価を行い、経済的な輸送環境条件を検討すると共に、ヒートポンプ用の実用化レベルの新規熱媒体を開発するために混合ガスハイドレートの生成・解離条件に関する実験的探索を行う。また、セミクラスレートハイドレートを利用したガス分離・精製技術の開発を行う。さらに、メタンハイドレート研究アライアンス事業の一環として、工業化に関心の高い企業と大学を結集した「ガスハイドレート産業創出イノベーション」を運営し、研究開発成果を産業界に移転し工業化を促進する。

発 表：誌上発表29件、口頭発表72件、その他0件

生産技術開発チーム

(Production Technology Team)

研究チーム長：長尾 二郎

(北海道センター)

概 要：

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

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

貯留層特性解析チーム

(Reservoir Modeling Team)

研究チーム長：皆川 秀紀

(北海道センター)

概 要：

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

研究テーマ：テーマ題目1

生産モデル解析チーム

(Reservoir Simulator Team)

研究チーム長：天満 則夫

(つくば西)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目1

物理特性解析チーム

(Physical Property Analyses Team)

研究チーム長：山本 佳孝

(つくば西)

概要：

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

予測可能なモデルの構築等を行っている。また、細粒成分を含む系におけるメタンハイドレート生成・分解過程解明のため、泥水成分や塩類の生成・分解反応に与える影響等を解析している。さらに、砂、ガス、水、メタンハイドレートが共存する系での熱伝導率を測定し、生産時の熱伝導率モデルを開発している。坑井周辺のスキン形成問題に対しては、多相流数値モデルを用いて多孔質内における細粒砂の移流・蓄積によるスキン形成過程の解明および対策技術の開発を行っている。ガスハイドレートの物理特性を利用した技術開発については、ガスハイドレートの熱交換媒体としての利用を目的として、各種ハイドレートの相平衡条件、相転移潜熱およびケージ占有率について、実測および統計熱力学的モデルによる推算等による検討を行っている。また、超音波霧化器を用いた低温・低圧下のハイドレート高速生成技術の研究等について国内外の大学と協力して行っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

[テーマ題目1] メタンハイドレート資源の生産手法開発に関する研究開発

[研究代表者] 成田 英夫

(メタンハイドレート研究センター)

[研究担当者] 海老沼 孝郎、天満 則夫、長尾 二郎、神 裕介、今野 義浩、皆川 秀紀、羽田 博憲、鈴木 清史、江川 浩輔、宮崎 晋行、山本 佳孝、川村 太郎、平林 紳一郎、緒方 雄二(兼務)、清野 文雄(兼務)、小笠原 啓一(兼務)(常勤職員16名、他32名)

[研究内容]

メタンハイドレート資源から天然ガスを安定かつ経済的に採取する効率的な生産手法を開発するための生産技術の開発、貯留層特性の評価、生産モデルの開発および物理特性の解析を実施すると共に、新たなイノベーションを創出していくためのメタンハイドレート研究アライアンス事業および分野融合領域であるメタンハイドレート成因解明の研究を行った。

生産技術の開発では、強減圧時のガス生産挙動を生産シミュレータによって計算し、強減圧生産法の実用性増加に貯留層の初期有効浸透率と温度が大きな効果をもたらすことを明らかにした。通電加熱法に関しては堆積物中の電解質濃度および粒径分布の異なる堆積物の浸透率と温度上昇・電気抵抗の関係を調査し通電効率を評価した。また、サイクリック減圧法が生産終了から数10年後の生産再開によって追加的な生産は可能でありその回収率が増加することを明らかにするとともに、メタンハイドレート貯留層特性に応じた天然ガス生産手法を最適化するため、室内産出試験設備を導入した。生産障害の解析については、ハイドレート再生成による生産障害をモデ

ル化するため、孔隙に再生成するハイドレートの成長速度を赤外スペクトル測定から導出した。細粒砂移流・蓄積による生産障害の解析については、多孔質内の細粒砂移動、蓄積を考慮した計算コードを開発し、細粒砂分布の変化による浸透率低下を再現した。また、管内流動障害発生条件と閉塞過程の解析、インヒビタ添加による管内閉塞対策の解析等を引き続き行った。さらに、生産時熱伝導モデルの開発のため、メタンハイドレート堆積物分解熱物性評価装置を試作し、分解ガス量とメタンハイドレート堆積層の熱特性の関係の測定を行った。

貯留層特性の評価では、地層の孔隙圧減圧時に生じる圧密の影響評価のため、天然試料の圧密および浸透率変化の測定を行い、孔隙率の減少に伴う浸透率低下と、細粒成分の孔隙充填に伴う浸透性低下が堆積物の粒径分布に関連することを確認した。地層の連続性について評価するため、地層構造の復元解析を行い、堆積盆の構造運動を明らかにした。また、復元解析で明らかにした海底地形への堆積物流入シミュレーションから、堆積物の流入方向により地層連続性が大きく変化することを確認した。事前調査井掘削において、メタンハイドレート胚胎層より上位の泥勝ち砂泥互層のコア取得作業を行ない、連携研究機関へ分配した。また、船上でコアの堆積構造を記載し連携研究機関へ情報発信した。さらに、三軸圧縮試験によってメタンハイドレート胚胎層より上位の泥勝ち砂泥互層の力学特性パラメータを求めた。

生産モデルの開発では、メタンハイドレート層からのメタンガス生産に伴う地層変形・圧密挙動を解析するための強度等の力学パラメータを実験的に継続して取得した。また、圧密による浸透率低下に関する定式化を行い、その式を用いて減圧法を対象とした室内試験に関する再現を行い式の妥当性を検証した。さらに、坑井にかかる応力を評価するための室内貫入試験装置を導入し、ケーシングとセメントに関する接触面のデータ取得を行い、地層変形シミュレータの精度向上を図った。生産期間中における坑井の健全性評価においては、減圧区間、減圧位置やケーシングの有無、坑井と地層境界の接触面強度等をパラメータとした坑井周辺の応力分布に関する感度解析を行い、接触面強度の違いによる坑井周辺の応力分布の違いを明らかにした。

生産性・生産挙動評価においては、アップスケールリング手法の開発を行い、シミュレーション実行時の計算負荷軽減を可能とする数値モデルの最適分割手法を明確にし、実際のフィールドでの適用性を確認した。

メタンハイドレート研究アライアンス事業では、企業、大学が参加する生産手法開発グループを運営し、それぞれ3回の意見交換会および研究成果発表会を開催した。また、大学研修生受入れ14件、企業への技術移転5件等の人材育成を行ったほか、サイエンスカフェ開催2回、依頼・招待講演10件、実験教室開催3回、出前講座開催2回、8件の取材対応等を通じ、国民との対話を推進した。

加えて、メタンハイドレート研究に関する3回の講演会を開催したほか、国内のメタンハイドレート関連研究者が一同に会した総合シンポジウムを開催した。

メタンハイドレート成因解明の研究では、生物プロセス研究部門、地圏資源環境研究部門との連携によって、高压条件下での生物学的メタン生成に関して実験と解析を行った。その結果、酢酸分解反応と水素資化性メタン生成反応を組み合わせた反応では、圧力環境とメタン生成速度には相関があることを見いだしたほか、高压下でも種間水素伝播による双利共生が成立することを自由エネルギー変化から見いだした。また、生物起源のメタンの炭素同位体比および水素同位体比を評価した。

【分野名】環境・エネルギー

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

【テーマ題目2】ガスハイドレート機能活用技術の開発

【研究代表者】成田 英夫

(メタンハイドレート研究センター)

【研究担当者】海老沼 孝郎、天満 則夫、長尾 二郎、皆川 秀紀、羽田 博憲、山本 佳孝、清野 文雄(兼務)、小笠原 啓一(兼務)(常勤職員8名、他5名)

【研究内容】

ガスハイドレートは、水分子がカゴ構造をつくりガス分子を包みこんだ低温・高压下で安定な固体物質であり、高いガス包蔵性、大きな生成・融解潜熱、高い温度・圧力応答性、高い反応選択性を有する等の機能的特徴を持っている。これらの物理的な性質を活用し、工業化するために、ガスハイドレートおよびセミクラスレートハイドレート(準包接水和物)を利用した天然ガス輸送・貯蔵技術の開発、効率的热媒体の開発およびガス分離技術の開発を行った。

ガスハイドレートによる新たな省エネルギー的天然ガス輸送・貯蔵技術においては、ガスハイドレート表面へセミクラスレートハイドレートを被覆することによって、これまでより高温かつ低圧でガスハイドレートの分解を抑制する新たな分解抑制技術を開発した。また、混合ガスハイドレートの分解挙動の解明からⅡ型ハイドレートの分解に伴いⅠ型ハイドレートが再生成する分解温度領域があることを明らかにした。さらに、エタンハイドレートにおいて自己保存性が発現することを見出すとともに、包接するガス分子によって分解に伴って生成される氷の形態が変化し、自己保存性に大きな影響を与えること等を明らかにした。ハイドレート生成速度向上のための超音波霧化法の開発では、反応時間と反応率の関係を詳細に測定し、生成速度モデルの開発と実験結果の解析

を行った。ハイドレートの冷熱利用の研究においては、企業との資金提供型共同研究を実施し、より高温・低圧で作動可能なクラスレートの探索を行い、ヒートポンプ冷媒としてのテトラブチル臭化アンモニウム (TBAB) -メタン-フロン系ハイドレートの熱力学的特性に関する研究を実施した。フロンガスとメタンをゲストとして取り込んだセミクラスレートハイドレートの平衡条件、分解熱について示差走査熱量計および相平衡実験によって実測、推算し、ヒートポンプ冷媒としての利用可能性を検討した結果、分解熱プロファイルによりフロン類やメタンのガス分子がセミクラスレートハイドレート中に取り込まれていることが示された。相平衡実験により各種セミクラスレートハイドレートの生成分解条件が明らかにされ、ヒートポンプ冷媒としての使用可能温度範囲が推察された。

ガス分離技術の開発においては、ガスハイドレートの選択的なガス包蔵特性を利用して、硫化水素、炭酸ガス等のガスを分離するための研究開発を行った。ガスハイドレートを利用したガス分離技術では、化学的吸収法より回収（吸収剤の再生）に要するエネルギーを低減し、分離膜法より処理量を増大することが期待できる。従来のガスハイドレートによるガス分離においては、硫化水素ハイドレート、炭酸ガスハイドレート等の単一ガス種から成るハイドレートの利用が試みられてきたが、それらの生成平衡条件により、ガスの分離および回収操作を低温、高圧で実施しなければならない難点があった。一方、ガスハイドレートと類似な水分子から成る籠状結晶構造を持ち、四級アンモニウム塩等を包接するセミクラスレートハイドレートは、常温、常圧で安定である。これまでのセミクラスレートハイドレートに関する研究により、結晶構造には中空の12面体の籠状構造が多く含まれること、この12面体に包接可能な小径のガス分子を選択的に取り込むこと等を明らかにした。本研究開発では、このセミクラスレートハイドレートの中空の籠状構造に、特定のガス種を選択的に取り込ませることにより、常温、常圧でガス分離を行なうものである。本年度は、ガス分離に適するセミクラスレートハイドレート生成剤を探索するために、数種類の生成剤から成るハイドレートの結晶構造を粉末 X 線回折法により解析した。また、硫化水素、炭酸ガス等のガス分離技術を適用可能な既存プロセスの排ガス組成を調査して、主なガス成分がセミクラスレートハイドレートの生成平衡条件に与える影響を実験的に評価した。本研究開発課題については、産総研オープンラボにおいて成果を発信する等、民間企業との連携を目指した取り組みを積極的に行った。

さらに、メタンハイドレート研究アライアンス事業の一部として、工業化に関心の高い企業と大学を結集した「ガスハイドレート産業創出イノベーション」を運営し、総会のほか3回の意見交換会、2回の講演会を開催し、産総研成果の発信、調査情報の共有等を行い、連携を促進

した。

【分野名】環境・エネルギー

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

⑦【コンパクト化学システム研究センター】

(Research Center for Compact Chemical System)

(存続期間：2010. 4. 1～2017. 3. 31)

研究センター長：花岡 隆昌

所在地：東北センター、つくば中央第5

人員：26名 (26名)

経費：532,431千円 (242,339千円)

概要：

本研究センターは、化学産業分野に求められている、グリーン・サステナブル・ケミストリー (GSC) の実現により、大量消費・廃棄型のシステムを脱し、産業の省エネルギー化と環境負荷削減に貢献することを重要な目標としている。また、電子部品・機械生産等の「ものづくり産業」を中核とする東北地域の、地域産業競争力強化に役割を果たす。本研究センターでは「持続可能社会の構築」につながる、産業からの環境負荷低減を実現するため、化学産業におけるプロセスイノベーションを目指し、コンパクトでシンプルな生産システム確立と資源循環型の産業構造に寄与する研究開発を行うことをミッションとし、あわせて GSC 技術の適用により、東北地域のものづくり産業の低環境負荷化 (グリーン化) への貢献を目指している。

上記を実現するために、本研究センターでは、(1)高温高圧化学システム技術、(2)無機材料プロセス技術、(3)融合的反応場技術の3つをコア技術とし、化学産業におけるプロセスイノベーションに資する研究開発を進め、技術の高度化と社会への成果還元を実施した。技術シーズを産業ニーズまで一貫して繋げる“本格研究”を推進するため、研究ユニット内のコア技術間の有機的な連携、技術の融合並びに産総研内外の異分野技術との融合を進めた。外部機関との技術的融合では、コンソーシアム活動等を活用し、研究シーズと産業におけるニーズとのマッチング、社会への技術移転加速を促進してきた。

1) 高温高圧化学システム技術：化学反応プロセスの環境負荷低減では、反応効率、選択性の向上、有機溶媒の使用削減、プロセスのシンプル化が重要な課題である。この内、研究センターにおいて技術的蓄積の高い、高温高圧状態を利用した化学プロセスは、難反応性原料の利用や特異的な反応選択性に利点を

持ち、反応時間の大幅な短縮、生成物分離のシンプル化に効果が大いと考えられ、その開発に重点的に取り組んだ。具体的には、有機溶媒に替えて高温高圧の水や二酸化炭素、イオン液体等の特殊環境場を利用した合成反応プロセス、また、これらの状態に適した触媒の開発、材料製造技術の開発に取り組んできた。また、これらのプロセスを開発する上で基盤となる、各種のデバイス開発とエンジニアリング技術に取り組んだ。上記のエンジニアリング技術は、化学産業・化学プロセスのみならず、様々な産業における環境負荷低減に寄与できるところが大きい。このため、塗装、コーティング、印刷等のものづくり産業における個別プロセスや廃棄物の資源化等にこれらの技術を利用したコンパクトなプロセス技術の開発を目指した。特に、開発の進んでいる高圧二酸化炭素を利用した塗装技術等については、技術移転の推進をはかった。

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

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

3) 融合的反応場技術：長期的な産業競争力強化のためには、技術の融合による次世代型反応プロセスの開発が必要であり、その達成によって大きな環境負

荷低減が実現すると考えている。このため、各種技術及び高温高圧技術や材料技術による複合型の反応場利用技術を開発する。特に、複合的反応場や触媒を利用する反応プロセスのシステム化を重点的に進めた。

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

内部資金：

運営費交付金 分野提案「ものづくり産業における二酸化炭素霧化技術（CAT）実用化技術開発」

運営費交付金 特定研究加速／実用化後押し「クレスト技術による次世代シート材の開発」

運営費交付金 特定研究加速／特許実用化促進型（知財） 「高温高圧水を用いる有機化合物合成法および高温高圧システムの開発」

外部資金：

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

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

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

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

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

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

文部科学省 科学研究費補助金・特別研究員奨励費「高効率フレキシブル色素増感太陽電池の作製と評価」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 産業技術研究助成事業費助成金「ゼオライトを用いたタンパク質リフォールディング法の確立」

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

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

独立行政法人日本学術振興機構「コバルト含有多孔体触媒を利用するバイオマスからの化学原料合成」

国立大学法人東北大学 サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター 平成21年度原子力基礎基盤研究委託事業「R-BTP 吸着剤の性能評価研究」

発表：誌上発表52件、口頭発表144件、その他15件

コンパクトシステムエンジニアリングチーム

(Compact System Engineering Team)

研究チーム長：鈴木 明

(東北センター)

概要：

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

マイクロ反応場と高温高圧水との協奏により、希硝酸を窒素源とした硫酸触媒を用いない安全で新規な無触媒ニトロ化プロセスや、粒径が均質になるよう高度に制御された金属酸化物ナノ粒子の合成プロセス、有機溶媒を用いない C-C カップリング反応等の研究・開発を行っている。また、超臨界二酸化炭素を反応媒体とした酸素酸化や、金属ナノ粒子を担持させたメソポーラスシリカ触媒による還元プロセス、ポリマーナノ粒子の製造技術についての開発や、希釈溶剤を使用しない革新的な二酸化炭素塗装プロセスの開発などを実施している。さらに、イオン液体を用いたガス分離・精製プロセスの開発とその特性評価を行っている。

研究テーマ：高温高圧エンジニアリング技術の開発、水、

CO₂を媒体とした脱有機溶媒製造プロセスの開発、イオン液体を用いたガス分離・精製プロセスの開発

触媒反応チーム

(Catalysis Team)

研究チーム長：白井 誠之

(東北センター)

概要：

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

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

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

ナノポーラス材料チーム

(Nano-porous Material Team)

研究チーム長：花岡 隆昌

(東北センター)

概要：

ナノポーラス材料チームでは、「低環境負荷型化学製品製造のためのミニ・マイクロプラントの提示」に必

要な、高度の分子認識能、触媒機能、分離機能等を持つ新規材料の開発と解析、膜化などの部材化、モジュール化の技術開発を行っている。特に無機材料を中心に、ナノメートルサイズの空間や規則構造を持つ材料の創製、元素の特性を生かした機能化、様々な分子の特性を生かした複合化により目標達成を推進している。

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

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

先進機能材料チーム

(Advanced Functional Materials Team)

研究チーム長：蛭名 武雄

(東北センター)

概要：

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

具体的には、超臨界水を利用した酸化物ナノ結晶の合成（高速晶析反応）、水熱プロセスによる無機イオン交換体の合成、無電解メッキの特徴を生かした水溶液系での貴金属薄膜の作製、層状粘土鉱物の水への分散と積層化による粘土膜の作製及びその応用を、プロセス技術開発並びに新材料開発のターゲットとしている。

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

材料機能の応用例として、1)パラジウム系薄膜を用いたクリーンエネルギーである水素の高純度分離、2)ナノ粒子化による高活性な触媒や蛍光体素材の合成、3)高選択性イオン分離材の合成、4)粘土素材を利用したシート材製造、5)粘土素材を利用した太陽電池部材の開発などを試みている。

以上の研究を基盤として、企業との共同研究による

実用化を進め、連携大学院による大学との連携にも努めて行く。材料の作成プロセスの要素技術を押さえ、技術移転の基礎を固める。他チームや外部との連携により、膜、触媒、などへの応用展開のシナリオを明確にする。

研究テーマ：貴金属系薄膜の応用技術の開発、ナノ粒子化触媒による高度化機能の開発、高選択イオン分離、機能性粘土膜の開発と実用展開に関する研究

無機生体機能集積チーム

(Bio-Inorganic Materials Property Integration Team)

研究チーム長：角田 達朗

(つくば中央第5)

概要：

無機生体機能集積チームでは、コンパクトでシンプルな化学プロセスを実現するため、無機多孔質材料の特性・機能を積極的に利用する技術の開発を行っている。

1) 生体高分子と無機材料との複合化による新規機能創出とその利用

タンパク質や DNA などの生体高分子と多孔質構造を有する無機材料との組み合わせにより、酵素の高度利用、タンパク質の精製・分離・結晶化など、新規機能の創出とその利用を展開している。併せて、新規多孔質材料、無機生体高分子ハイブリッド材料の開発も行っている。

2) ポリイミド系多孔質材料の開発

ポリイミド系中空粒子の作製とその細孔空間の積極的利用を検討している。作製条件による、中空粒子の粒子径や粒子表面に存在する貫通孔の孔径、密度等の相関を検討し、生体高分子と組み合わせの一例としては、酵素の内包化による新規機能の発現と高度利用を目指している。

3) 特異的吸着材料の合成

種々の糖シリカ系複合材料の合成法を検討し、生体高分子材料との特異的吸着機能を有する材料の開発を行っている。多様な糖を利用したシリカとの複合材料を合成可能とする基礎技法の確立を目指し、合成時の諸条件の最適化を図っている。

研究テーマ：無機多孔質材料の生体高分子材料への高度利用技術の開発、酵素利用反応プロセスの開発、ポリイミド系中空粒子の開発と利用、糖シリカ系複合材料の合成

[テーマ題目1] 高温高圧化学システム技術の開発

[研究代表者] 花岡 隆昌 (コンパクト化学システム研究センター)

[研究担当者] 花岡 隆昌、鈴木 明、米谷 道夫、

川波 肇、南條 弘、金久保 光央、
相澤 崇史、増田 善雄、川崎 慎一朗、
白井 誠之、佐藤 修、佐藤 剛一、
西岡 将輝、日吉 範人、山口 有朋、
石坂 孝之、台野 洋平、夏井 真由美、
東 英生、畑田 清隆、鈴木 敏重、
川崎 千春、佐藤 正大、
Chatterjee Maya、伊藤 香蘭、
大川原 竜人、石垣 厚、工藤 貴浩、
Javaid Rahat、Jin Ding-feng、
佐藤 恭子、吉田 沙恵、村上 由香、
守屋 智美、山崎 ふじみ、
新妻 依利子（常勤職員16名、他20名）

【研究内容】

水及び二酸化炭素を媒体とした高温高压反応プロセスの単位操作デバイスを開発。反応にあわせたマイクロ反応プロセス構築を可能とした。また、ナンバリングアップに必要な基盤技術を開発。成果を早期に実用化技術につなげるため、常に多くの課題と連携して必要なエンジニアリング技術を開発。特に有機合成反応や微粒子合成における製造プロセスの最適化と実用化を図る。

低環境負荷塗装では、基礎的知見とエンジニアリングを融合して製品化。今後、本格的産業化やユーザー拡大に向け地域企業との連携体制の確立を目指す。新たに二酸化炭素を媒体とした先進的霧化技術分野を展開、粒子製造、コーティング、薄膜製造等の実現を目指す。複数の企業が強い興味を示している。特異反応場における反応データベースの構築、充実とプロセス設計の支援技術の融合により、環境・エネルギー分野の技術情報基盤構築に資する。

高温高压場を利用した材料創成では、磁性体や複合酸化物の製造に成功。今後、無機-有機、無機-バイオ等の複合化材料の製造プロセスの開発と、膜部材化、モジュール化等によるプロセスでの利用技術開発の両面で展開を進める。CO₂を圧力操作だけで分離・回収可能なイオン液体物理吸収プロセスを設計した。イオン液体を吸収液として用いた多成分系混合ガスからのCO₂分離・回収プロセスは、開発従来法に比べてCO₂の回収効率を著しく向上できることを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

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

【テーマ題目2】無機材料プロセス技術の開発

【研究代表者】花岡 隆昌（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】花岡 隆昌、角田 達朗、松浦 俊一、蛭名 武雄、林 拓道、和久井 喜人、

清住 嘉道、長瀬 多加子、石井 亮、
池田 拓史、伊藤 徹二、長谷川 泰久、
川崎 加瑞範、鈴木 麻実、鈴木 智子、
外門 恵美子、上田 昭子、富樫 哲、
関川 秀雄、庄司 絵梨子、岩田 伸一、
手島 暢彦、水口 純子、富樫 秀彰
（常勤職員12名、他12名）

【研究内容】

コンパクト化学プロセスのため、触媒材料、分離膜、封止材料等の製造を目指す。高温高压場による高品質の無機・複合材料開発、及び耐熱性を持つ無機材料（粘土・シリケート等）開発。エネルギー関連材料（水素インフラ関連等）等へ応用した。

粘土膜については、長尺フィルムの製造法、柔軟な耐熱ガスバリア膜の作製に成功し、ユーザー企業連携を目指した体制（コンソーシアム等）と、材料特性の改良（多層化、透明化、耐熱性向上等）や特性評価を行った。また、地域の無機材料原料の高度化、付加価値付与をプラスチックとの複合化、エネルギー関連材料へと展開した。例えば、粘土膜とCFRPの積層により、水素ガスバリア性及び耐久性に優れた水素タンク用複合材料を開発した。粘土とポリイミドを複合化し、350℃の耐熱性と太陽電池パックシートとして利用可能な水蒸気バリア性を有する膜材料を開発した。

材料創成に必要な基礎研究を実施し、ゼオライト等の無機多孔質材料の新たな合成法のカテゴリーを確立した。ニーズに応じた材料設計につなげていく。モジュール化に成功した耐酸性ゼオライト膜を、基材の高度化により合成反応プロセスに適用し効率向上を達成した。適用範囲の拡大を企業と連携して目指す。

【分野名】環境・エネルギー

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

【テーマ題目3】融合的反応場技術の開発

【研究代表者】花岡 隆昌（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】花岡 隆昌、鈴木 明、米谷 道夫、
川波 肇、南條 弘、金久保 光央、
相澤 崇史、増田 善雄、川崎 慎一朗、
石坂 孝之、白井 誠之、佐藤 修、
佐藤 剛一、西岡 将輝、日吉 範人、
山口 有朋、角田 達朗、松浦 俊一、
蛭名 武雄、林 拓道、和久井 喜人、
清住 嘉道、長瀬 多加子、石井 亮、
池田 拓史、伊藤 徹二、長谷川 泰久、

台野 洋平、夏井 真由美、東 英生、
畑田 清隆、鈴木 敏重、川崎 千春、
佐藤 正大、Chatterjee Maya、
伊藤 香蘭、大川原 竜人、石垣 厚、
工藤 貴浩、Javaid Rahat、
Jin Ding-feng、佐藤 恭子、
吉田 沙恵、村上 由香、守屋 智美、
山崎 ふじみ、新妻 依利子、
川崎 加瑞範、鈴木 麻実、鈴木 智子、
外門 恵美子、上田 昭子、富樫 哲、
関川 秀雄、庄司 絵梨子、岩田 伸一、
手島 暢彦、水口 純子、富樫 秀彰
(常勤職員27名、他32名)

【研究内容】

次世代の反応技術として、超臨界状態場やナノ空間、特異的反応場や酵素、触媒技術等を融合的に活用する。具体的には、高温高圧利用技術、マイクロリアクター技術、触媒プロセス開発、バイオ-無機複合材料利用技術、分離膜技術、マイクロ波反応技術、イオン性流体利用技術等に取り組む。成果については、化学プロセス以外を含めた水平展開も重視する。多孔質材料とバイオ材料の複合化により、合成反応の効率やセンサーの検出感度向上に成功した。開発した装置により、マイクロ波を利用した微粒子合成の連続プロセス化に成功した。新規反応場として他技術との融合と応用分野開発を目指す。

【分野名】 環境・エネルギー

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

⑧【先進パワーエレクトロニクス研究センター】

(Advanced Power Electronics Research Center)

(存続期間：2010. 4. 1～2018. 3. 31)

研究センター長：奥村 元

副研究センター長：山口 浩

所在地：つくば中央第2

人 員：19名 (19名)

経 費：859,382千円 (376,066千円)

概 要：

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

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

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

本年度の研究内容としては、NEDO プロジェクト「次世代パワーエレクトロニクス技術開発（グリーンIT プロジェクト）次世代 SiC パワーデバイス・電力変換器基盤技術開発」（平成21～22年度）における産学官の集中研究拠点としての活動や SiC 電力変換器実証に関する企業との大型共同研究を中心に進めた。また、当研究センターはこれらの複数の大型プロジェクトを実施するため、「技術研究組合 次世代パワーエレクトロニクス研究開発機構（FUPET）」の「新材料パワー半導体研究開発センター」を誘致し、密接な連携のもとに研究開発を遂行するなど、常勤研究員だけでなく、共同研究研究員、併任研究員、ポスドク、補助員等の非常勤職員、各種フェロー、連携大学院生を積極的に活用して研究活動を行い、総勢100名超の組織となっている。

内部資金：

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

外部資金：

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 エネルギー使用合理化技術戦略的開発「インバータ高効率化のための GaN 双方向スイッチの研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 省エネルギー革新技術開発事業（事前研究）「次世代エレクトロニクスモータの事前研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 省

エネルギー革新技術開発事業（事前研究）「超低損失 GaN パワーエレクトロニクス IC 化技術事前研究」

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

発表：誌上発表12件、口頭発表67件、その他3件

ウェハプロセスチーム

(Wafer Process Team)

研究チーム長：松畑 洋文

(つくば中央第2)

概要：

SiC を材料とする低エネルギー損失電力素子用開発に必要なウェハの作製技術、切断加工技術、エピ膜成長技術などのウェハプロセス技術の開発とそれらの評価に関する研究開発を行っている。ウェハの低抵抗化を目的に昇華法による高ドーピング SiC 単結晶成長基礎技術の開発を行った。また、平行して進めている SiC 溶液成長技術の開発では、溶液成長の基礎条件検索とマクロ欠陥制御に関する研究開発を行った。ウェハ加工技術の開発では単結晶インゴット切断制度の改善、ウェハ砥材の研究を行った。

CVD 法によるエピタキシャル膜成長技術の開発では厚膜形成技術の確立を目指し、成長条件の探索を行い、成長速度と C/Si 比との間に強い相関があること、および、高速成長条件で新たなエピ表面劣化要因を見出した。これらの成果を基にして、厚膜成長を行ったところ、成長速度100マイクロン/h 以上で厚膜200マイクロン以上の成膜に成功した。また、オフ角1度以下の Si 面エピタキシャル膜の高品質化を行った。さらに、研究試料提供の枠組みによるエピタキシャル膜の外部機関への提供支援を行った。分光学的評価に関する研究では、ラマン散乱による SiC 結晶のファノ効果を用いたキャリア濃度評価法を確立した。加えて、カンゾードルミネッセンスによる SiC 点欠陥の解析を実施し、イオン注入プロセスの開発に資する知見を得た。放射光を用いたトポグラフィ技術の開発では、新しい観察法の開発を行い、4H-SiC 結晶中の貫通螺旋転位と呼ばれている転位には $b=+/-[0001]$ と $b=+/-[0001]+1/3<11-20>$ の2種類のもので混在していることを明確にした。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目5

SiC パワーデバイスチーム

(SiC Power Device Team)

研究チーム長：田中 保宣

(つくば中央第2)

概要：

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

今年度は、超低オン抵抗特性が期待されるトレンチ MOSFET の最適化設計、及びトレンチ MOS 構造を作製するための要素プロセス技術の検討、3kV 以上の耐圧を持つパワーデバイスへの展開を視野に入れたドリフト層抵抗の低減が期待される SJ (Super Junction) 構造の最適化設計、及び SJ 構造を実現するためのトレンチ埋込法とマルチエピタキシャル法の検討、13kV 以上の耐電圧を有する SiC-PiN ダイオードを実現するための最適化設計、及びプロセス技術の検討を行った。更に、西事業所に新規に立ち上げたプロセスラインを活用し、IEMOSFET の生産技術向上を図った。SiC-BGSIT を活用した直流給電システムや SiC-PiN ダイオードを活用した高電圧大容量電力変換器の実証研究を企業・大学との共同研究を通じて推進すると共に、先進的なゲート酸化膜作製技術の開発・実用化を企業との共同研究を通じて推進した。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目5

SiC デバイスプロセスチーム

(SiC Device Process Team)

研究チーム長：酒井 善行

(つくば西)

概要：

SiC パワーデバイスは、従来の Si パワーデバイスと比べて、動作可能な電圧が高い、損失が小さい、高速動作が可能、動作可能な温度が高いなどの特徴を有し次期パワーデバイスとして大きく期待されている。本研究チームでは、SiC デバイスの製造プロセス技術の研究開発を進め、それらの量産化試作実証を行なうことを目的とする。そのため、産総研の西事業所5D棟に SiC 専用のクリーンルームを構築後、プロセス装置の導入、立上げ、および条件出しを行なう。さらに、SiC パワーデバイス (SBD、MOSFET など) のプロセス要素技術、デバイス全体の製造技術の開発及び量産試作を行うことにより SiC パワーデバイスのプロセス技術を実用化レベルで開発する。

SiC デバイス設計チーム

(SiC Device Design Team)

研究チーム長：岩室 憲幸

(つくば西)

概 要：

当チームでは、SiC デバイスの製造プロセスにおける設計にかかる研究開発を進め、それらの量産化試作実証を行なうことを目的とする。そのため、産総研の西事業所5D 棟に SiC 専用のクリーンルームを構築後、プロセス装置の導入、立上げ、および条件出しを行なう。さらに、SiC パワーデバイス（SBD、MOSFET など）のプロセス要素技術、デバイストータル製造技術の開発及び量産試作を行うことにより SiC パワーデバイスのプロセス技術を実用化レベルで開発する。

GaN パワーデバイスチーム

(GaN Power Device Team)

研究チーム長：清水 三聡

(つくば中央第2)

概 要：

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

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 4

パワー回路集積チーム

(Power Circuit Integration Team)

研究チーム長：佐藤 弘

(つくば中央第2)

概 要：

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

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

研究テーマ：テーマ題目 5

[テーマ題目 1] SiC デバイス量産試作研究およびシステム応用実証

[研究代表者] 奥村 元 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

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

[研究内容]

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

しかし、SiC デバイス自体の開発は進んでいるものの、それを用いた電力変換器は実用化されていない。これは、デバイス開発を担う企業とそれを用いた応用システム開発を担う企業が異なり、SiC デバイスの品質と信頼性を伴った安定供給が早期には困難で、多数のデバイスを必要とする電力変換器自体の開発が進まないためである。この問題を解決するために SiC デバイスを用いた関連技術の「死の谷」を乗り越えて新産業の創成を実現するため、富士電機アドバンステクノロジー株式会社、アルバック株式会社と連携して大容量 SiC デバイスの実用レベルでの量産技術の共同研究を行い、耐圧600V 及び1200V の SBD の開発に成功し、応用側への供給を開始した。その結果として、SiC デバイスを用いた高効率電力変換器の実用化を促進し省エネルギー化による二酸化炭素の低減と地球温暖化の抑制に貢献するためにデバイスシミュレーションによりデバイス構造の検討を行った。

[分野名] 環境・エネルギー

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

[テーマ題目 2] エネルギー使用合理化技術戦略的開発 / エネルギー使用合理化技術実用化開発 / インバータ高効率化のための GaN 双方向スイッチの研究開発

[研究代表者] 清水 三聡 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

[研究担当者] 清水 三聡、井手 利英、大橋 弘通 (常勤職員2名、他1名)

[研究内容]

本研究開発では、窒化物半導体材料を用いたゲートインジェクション型の双方向スイッチング素子の開発を進め、インバータなどの低損失化を目的とする。そのため①素子モデル技術②レギュレータ回路技術の開発を行った。

① 素子モデル技術

本年度は、ゲートインジェクション型の素子の動作の詳細を調べるために、引き続きデバイスシミュレータの解析を行った。ゲートからのホール注入の影響は、ゲート近辺でのチャンネル中の電子密度を増加させ、その結果、伝導度変調を引き起こすことが分かった。

② レギュレータ回路技術

双方向スイッチは二つのゲートを有するが、実際には、通常の三端子デバイスと同様の等価回路モデルが適用できることが分かった。そして等価回路モデルのパラメータの設定手法を確立した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】GaN、スイッチングデバイス、双方向素子、インバータ、低損失電源

【テーマ題目3】省エネルギー革新技术開発事業／事前研究／次世代エレクトロニクスモータの事前研究

【研究代表者】田中 保宣（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】田中 保宣（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、低コスト高性能モータを、エレクトロニクスをコア技術としSR（スイッチトリラクタンズ）モータをベースとした機電一体集積構造による「エレクトロニクスモータ」により実現する事を目的とする。本年度は、昨年度設定したSiC-BGSIT（SiC埋込ゲート型静電誘導トランジスタ）の素子設計指針に基づいた試作を行った。要求される素子特性は以下の通りである。

- (1) 目標素子耐圧 最大1,200V。
- (2) 特性オン抵抗 $2\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下。
- (3) スwitching周波数 最大50kHz。
- (4) 最大電流 4A（素子サイズ 1mm^2 ）。
- (5) 動作可能温度 150°C 。

本年度は以上の仕様を前提にSiC-BGSITの素子試作を行った。試作した素子では負のゲート電圧を印可することによりオフ特性が得られるノーマリオン特性を示しており、 $V_g = -6\text{V}$ においてチャンネルが完全にピンチオフし、1,300Vのブロッキング電圧が得られた。一方オン特性では、ユニポーラ動作する限界のゲート電圧である $V_g = +2.5\text{V}$ において、特性オン抵抗が $1.5\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ という極めて低い値が得られた。これらの値は当初目標の1,200V、 $2.0\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ と言う値をクリアしており、最大定格電流4Aを含めて目標は達成された。電源電圧400V、電流4A（定格電流）の条件でスイッチング特性を測定した結果、遷移時間（ t_f 及び t_r ）は何れも50nsec以下であり、スイッチング周波数50kHz以上の高速動作に対応可能であることが確認された。また、室温から200°Cまでの温度範囲でリーク電流を測定した結果、リーク電流は1桁程度上昇したのみで200°Cという高温においても

SiC-BGSITは安定して動作することが確認された。以上示したように、当初設定した5つの素子設計項目はすべて目標をクリアしており、SiC-BGSITの優れた特性を証明することが出来た。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】SiC 静電誘導トランジスタ、スイッチトリラクタンズモータ

【テーマ題目4】省エネルギー革新技术開発事業／挑戦研究（事前研究）／超低損失 GaN パワーエレクトロニクス IC 化技術事前研究

【研究代表者】清水 三聡（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】清水 三聡、井手 利英、大橋 弘通（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究開発では、窒化物半導体を用いたパワーICの可能性について調査を行った。特に、p型チャンネルの可能性について調査を行った。その結果、窒化物半導体を用いたp型チャンネルの素子は、ホールの移動度が低いため、かなり困難であることが分かった。また、スケール則との関係、パワーICにおける集積すべきデバイスの要請から、GaNパワーIC化においては、論理回路の構成において課題があることがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】GaN、スイッチングデバイス、パワーIC

【テーマ題目5】最先端研究開発支援プログラム／低炭素社会創成に向けた炭化珪素（SiC）革新パワーエレクトロニクスの研究開発

【研究代表者】奥村 元（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】奥村 元、福田 憲司、石田 夕起、八尾 勉、大橋 弘通、田中 知行、中島 信一、福田 憲司、田中 保宣、原田 信介、先崎 純寿、小杉 亮治、岡本 光央、梅沢 正、松畑 洋文、児島 一聡、加藤 智久、山口 博隆、伊藤 佐千子、樋口 登、金城 達人、郎 豊群、Simanjorang Rejeki、チェ スンチョル、彦坂 憲宣、大和田 好蔵、青柳 昌宏、仲川 博、岩室 憲幸、河田 泰之、中村 俊一、俵 妙、後藤 雅秀（常勤職員15名、他34名）

【研究内容】

SiC（シリコンカーバイド）はSi（シリコン）に比べて、小型・低損失で、冷却が簡略化できるなど、パワーデバイスとして著しく優れた性質を有しているため、低

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

本テーマでは、スマートグリッドに代表される社会インフラ系を通じて低炭素社会の実現に寄与する13kV の IGBT と PiN ダイオードの開発を行う。本年度は、デバイスシミュレーションを用いて耐圧構造等を検討した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】

⑨【ユビキタスエネルギー研究部門】

(Research Institute for Ubiquitous Energy Devices)

(存続期間：2004. 4. 1~)

研究部門長：小林 哲彦

副研究部門長：谷本 一美、宮崎 義憲

上席・主幹研究員：香山 正憲、辰巳 国昭

所在地：関西センター

人員：67名 (67名)

経費：2,259,209千円 (341,889千円)

概要：

化石エネルギーや埋蔵資源の枯渇が顕在化し、それを原因とする原油の高騰や希少資源問題等が生じています。また、化石エネルギー起源の二酸化炭素の排出量の増加は、地球温暖化の原因とも言われています。一方で我が国の産業界は、少子高齢化による生産人口の減少、東アジアや BRICS の急速な発展等が起因し、相対的な産業競争力の低下に苦しむ状況が長く続いています。こう言った状況の中、政府は2009年12月に新成長戦略を発表し、グリーン・イノベーションとして環境調和型社会の構築と経済発展の両立を目指しています。さらに2011年3月の東日本大震災では原子力発電所の事故が発生し、我が国のみならず世界的なエネルギー政策の転換の可能性も出てきています。拡大・発展型の社会から、持続的発展を重視した社会へと、

大きくパラダイム・シフトが進行していると言えます。

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

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

より具体的には、家電や自動車などエネルギー需要者側におけるエネルギー消費の削減を目指し、蓄電池、燃料電池などの新しい小型・移動型電源（ユビキタス・エネルギー）技術の研究開発を行うとともに、照明をはじめとする家電製品での省エネ・省資源化に資するため、材料基礎からシステム化まで通した研究に取り組んでいます。特にこれらを構成する、電極材料、電解質材料、触媒、エネルギー貯蔵材料、発光材料、蓄光材料、光電変換材料、有機電子材料などの材料開発を重視するとともに、材料開発の基礎となる材料科学や材料開発方法論等を部門のコア・コンピタンスと位置付けています。さらに、社会、特に産業界を「顧客」として位置付け、新産業技術シーズの提案やハイリスク技術の実証などの「先導的産業技術の提案」および国際標準や評価技術、寿命予測技術などの「産業基盤技術の提供」を通して、社会・産業界の発展に貢献したいと考えています。

当研究部門が活動の中心としている関西地域は、製造業生産高が関東の約半分あり、経済規模はカナダ、スペイン、メキシコ等に匹敵しています。集積する産業のスペクトルは広がっていますが、情報家電・電機、住宅等がリーディング・カンパニーとなり、これらを支える素材産業やものづくり産業が高いポテンシャルを持つ地域です。大阪湾を中心に、省エネ型表示デバイスである液晶パネル等の生産拠点が集積し、また太陽電池、リチウム電池の関西生産が国内シェアに占める割合はともに70%を越え、“パネル・ベイ”、“バッテリー・ベイ”、“グリーン・ベイ”などとも呼ばれています。まさにグリーン・イノベーションを支える産業の大集積地となっています。一方で、これらの分野は東アジアや BRICS の激しい追い上げにさらされている状況にもあります。

関西系大企業の本社の東京移転が進んでいますが、企業の研究所の多くは関西に残存しています。また関西地域には、世界ランキングで上位を争う京大、阪大、神戸大をはじめとする技術系有力大学が数多く集積し

ています。こう言った、関東に次ぐ特異的に高い集積度にある研究開発地域を背景に、当研究部門ではナショナル・プロジェクトや研究コンソーシアム等を通じたオープン・イノベーションのハブ（研究・連携拠点）としての役割を果たします。特に蓄電池などの省エネルギー技術を主体とする環境エネルギー技術分野で、関西地域の産業競争力の向上に貢献するとともに、東日本大震災を受けて、我が国の産業競争力復興に貢献する役割も果たしたいと考えています。

内部資金：

次世代型大容量・高出力二次電池の研究開発に関する研究
蓄電池研究拠点の整備

外部資金：

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
革新型蓄電池先端科学基礎研究事業
「革新型蓄電池先端科学基礎研究開発」
革新的部材産業創出プログラム
新産業創造高度部材基盤技術開発・省エネルギー技術開発プログラム
「次世代光波制御材料・素子化技術」
固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発
研究開発項目①「基盤技術開発」テーマ b 定置用燃料電池システムの低コスト化のための MEA 高性能化
②高濃度 CO 耐性アノード触媒開発
希少金属代替材料開発プロジェクト
「高速合成・評価法による蛍光ランプ用蛍光体向け Tb, EU 削減技術の開発」
次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発
要素技術開発
「リチウム二次電池の安全性に資するイオン液体電解質の開発」
「大容量・低コスト新規酸化物正極材料の研究開発」
次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発
基盤技術開発
「次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発（劣化解析・抑制手法の開発）」
次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発
次世代技術開発
「エネルギー密度の革新を目指した金属-空気電池の二次電池化」
水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発
水素製造機器要素技術に関する研究開発
「CO₂分離膜を用いた水素ステーション改質システムの開発」

環境省

地球環境保全等試験研究費

「電子機器用ガラス廃棄時における有害元素の長期浸出評価」

独立行政法人日本学術振興会

「メソポーラスゼオライトの触媒への応用」
「液晶性半導体分子設計のためのディスコチック液晶の基礎研究」

独立行政法人科学技術振興機構

戦略的創造研究推進事業（CREST）

「構造の解析と設計及び触媒探索」
「s-ブロック金属負極のデンドライト析出制御と表面観察」
「自然ナノ構造材料の開発とモジュール製造技術の構築」
産学イノベーション加速事業（先端的計測分析技術・機器開発）
「複雑系の計測評価技術-ニオイの計測-に関する調査研究」

国立大学法人東北大学

「超高压法による高水素吸蔵材料の合成などに関する研究」

文部科学省

科学研究費補助金

特定領域研究

「界面反応計測に最適なプラズモニック結晶型基板の開発と赤外領域への拡張」

若手研究（A）

「金微粒子触媒における微細構造と触媒機能に関する研究」

若手研究（B）

「電極触媒のナノ界面研究」

基盤研究(B)

「リチウムイオン電池材料の表面・界面の原子・電子レベル解析」

特別研究員奨励費

「第一原理シミュレーションによる炭素系物質の脱水素化特性の研究」

「高性能窒素系化学水素貯蔵材料の研究」

「新しい水素貯蔵材料の研究」

「高性能水素貯蔵システムの研究」

「分子間の特異的相互作用を有する液晶性半導体に関する研究」

「高性能水素貯蔵材料としての多孔質金属配位高分子の研究」

「高性能液相化学水素貯蔵材料の研究」

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 動物衛

生研究所

畜産物における病原微生物のリスク低減技術の開発

「放出選択的ドラッグデリバリーのための無機カプセル材料の研究開発」

財団法人日本自動車研究所

「車載電池の性能評価手法の技術開発」

社団法人日本電機工業会

「マイクロ燃料電池からの排気に係るより合理的な安全性評価試験方法のための基礎的検討」

発 表：誌上発表125件、口頭発表413件、その他38件

ナノ材料科学研究グループ

(Materials Science Research Group)

研究グループ長：香山 正憲

(関西センター)

概 要：

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

新エネルギー媒体研究グループ

(New Energy Carrier Research Group)

研究グループ長：谷本 一美

(関西センター)

概 要：

消費者側での省エネルギー、省資源を進めるための技術として、高いエネルギー密度でサイクル特性に優れた蓄電池・キャパシタなどの電気化学デバイスの研

究、ならびに燃料電池に水素を供給するための水素貯蔵材料・システムの研究を行う。本年度の具体的研究課題・対象材料としては以下を想定している。(一) 環境負荷の大きい遷移金属などを含有しない、有機物で構成される蓄電池電極材料、(二) 資源的制約のあるリチウムに代わる電荷担体に適した電極材料、(三) 金属酸化物の疑似容量を利用したキャパシタ材料、(四) 含硫黄系の新しいリチウムイオン電池電極材料、(五) 水素貯蔵合金の不純物ガスに劣化機構に関する研究。

次世代燃料電池研究グループ

(Advanced Fuel Cell Research Group)

研究グループ長：宮崎 義憲

(関西センター)

概 要：

次世代の燃料電池に資する新技術に関する基礎技術研究を進めるとともに、新たなコンセプトの萌芽的研究テーマに取り組んでいる。高い耐酸化性を有する酸素欠損型チタン酸化物を用いた新規触媒の開発を継続し、優れた高電位安定性を保持しながら、高電導相である Ti_4O_7 の比率の増大や Pt-Ti 合金化による高活性化により、チタン酸化物担体で従来触媒の Pt/XC72 と同等の質量活性を実現した。また、一酸化炭素 (CO) 酸化活性の高い新規有機錯体系電極触媒の開発を行い、高い CO 酸化活性を有するロジウムポルフィリン錯体を標準的な白金ルテニウム (PtRu) 触媒と複合化することにより、PtRu 触媒の高濃度 CO 耐性が向上することが明らかになった。アニオン交換膜を用いる燃料電池の研究開発を進めるとともに、金属-空気電池の可逆空気極触媒として、ペロブスカイト型酸化物を中心に可逆性の高い電極触媒の開発等を行った。この他、アニオン交換膜型燃料電池における炭酸イオン挙動の理論的解析に関する研究、触媒層のイオン・電子伝導度の評価手法の研究開発等を行った。

蓄電デバイス研究グループ

(Advanced Battery Research Group)

研究グループ長：辰巳 国昭

(関西センター)

概 要：

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

電池の安全性向上に資するイオン液体電解質の開発

については、新規に合成してきた LiFTA の熱安定性挙動について検討し、最も安定な Li 塩と遜色ない安定性を示すことを確認した。同時に公知アニオンの活用によるコスト低減を検討するため、種々のアニオンの混合物からなる塩の物性を詳細に検討した。これらを総合し開発した電解質を用いて出力評価を行うための実証セルの設計を行った。

正極材料については、酸化物系において Li, Mn, Ti 含有酸化物で Mn を還元することで実用的な放電電圧と 200mAh/g の初期放電容量を維持したまま不可逆容量を 20% 低減できた。硫黄系正極では通電焼結法の条件最適化を行い固体電解質電池で利用率を確認したところ理論容量の 79% の放電容量を得た。

負極材料の Li, Mg について充放電効率に大きく影響を及ぼす析出形態制御をその場観察により検討し、脂肪族アンモニウム塩系イオン液体にビニレンカーボネートを添加すると Li 系ではデンドライト析出が抑制できることを見出した。

電池劣化機構解明の研究においては、劣化前後の電極活物質の X 線吸収分光スペクトル等の変化から結晶構造の乱れの増大が、材料劣化に関係することが分かった。さらに、電池濫用時に電極内部で生じる反応を推定するため、電極シートの熱安定性について検討した結果、結着材が反応温度の低下に大きな影響を与える事が分かった。

革新型蓄電池先端科学基礎研究においては、材料革新グループとして電池の高耐久化のための正極/電解質界面の安定化手法を検討し、被覆量の最適化と断面の電子顕微鏡観察による被覆状態の把握を行い、高温・高電位の厳しい環境での耐久性改善効果を見いだした。

電池システム研究グループ

(Battery System Collaborative Research Group)

研究グループ長：境 哲男

(関西センター)

概要：

本研究グループでは、企業との資金提供型共同研究を実施しており、多様な専門化から構成される連携チームを結成して、新材料開発から電池システム評価までを総合的に、かつ、迅速に推進している。その中で、材料開発から解析評価、システム実証まで総合的に実施できる人材の育成を図っている。1) ニッケル水素電池；負極では、コバルトフリー化 La-Mg-Ni 系積層型合金において、組成制御や構造制御、表面処理などを駆使して、長寿命化と高出力化を実現した。正極では、カーボンファイバー上に水酸化ニッケルをめっき析出させることで、コバルトフリー化と高出力化を実現して、その連続製造装置での量産技術を検討した。また、水酸化ニッケル粒子の表面を耐酸化性炭素材料

で被覆する技術を開発して、過放電耐久性を顕著に向上させることに成功した。2) リチウムイオン電池の高性能化と安全性；負極では、従来の黒鉛系負極の 3-5 倍の高容量化が可能なシリコン系やスズ系高容量材料の開発と、ポリイミド系などの高強度バインダーの開発を行い、長寿命化と高出力化を実現した。正極では、水熱合成法や熔融塩合成法、ガラス合成法などを駆使して、安全性や耐久性に優れる鉄やマンガン系ポリアニオン系材料を開発した。セパレータでは、耐熱性樹脂のナノファイバー不織布やセラミック複合化技術を利用して、高出力で、かつ、耐熱性に優れたセパレータを開発した。電解質においては、イオンゲル電解質材料などの開発を行い、磁場勾配 NMR 技術を用いてイオン拡散挙動などを評価解析する技術を確立した。これら開発材料から構成される電池システムにおいて、性能実証を行っている。3) 水素分離膜リアクターの開発；金属多孔体チューブ上に緻密なパラジウム系合金薄膜をめっき形成することで水素分離膜を形成して、その中に触媒を充填して、メタノールから連続的に水素製造する技術を確立した。

デバイス機能化技術グループ

(Photonic Device Application Group)

研究グループ長：谷垣 宣孝

(関西センター)

概要：

省エネルギー社会の実現にむけ、効率的な光エネルギー変換を目指した次世代デバイス開発を目標とする。材料プロセス技術と計測技術、理論解析を駆使し、有機・高分子材料のナノ構造制御した薄膜を創成し、デバイス開発に活用している。特に薄膜中の分子配向に着目し、これを積極的に生かした有機デバイスの開発を行っている。ディスプレイ・照明に利用できる高効率、高機能の発光素子、及び光電変換素子の開発を行っている。独自技術である摩擦転写法による高分子配向膜作製、及び有機色素の配向制御によって、白色偏光 EL 素子の開発を行った。また、分子配向制御により有機薄膜中の電荷輸送能を増加させることによる効率向上を目指した光電変換素子の開発を行った。さらに、開発に必要なとされる光計測や、磁気共鳴イメージングなどの計測技術の研究も行っている。

光波制御デバイスグループ

(Nano-structured Photonic Device Group)

研究グループ長：太田 浩二

(関西センター)

概要：

ユビキタス情報社会を支えるためには、様々な光学材料や光機能デバイスが求められている。当研究グループでは、ガラスや有機材料をベースとして、情報家

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

ナノ機能合成グループ

(Synthetic Nano-Function Materials Group)

研究グループ長：清水 洋

(関西センター)

概要：

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

高機能ガラスグループ

(Advanced Glass Group)

研究グループ長：赤井 智子

(関西センター)

概要：

民生のエネルギー技術開発の中で照明の省エネルギーは重要な課題となっている。その中で高効率蛍光灯に用いられるレアアースの資源問題は重要な課題であり、その使用量低減化技術の開発は重要である。また、普及がはじまりつつある、固体照明においてよ

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

(1)においては、希土類蛍光体とそれ以外の蛍光体の混合物から、磁気力を用いて分離する技術を開発した。また、蛍光体の使用量を低減することを目的として、ガラスからの光の取り出し効率を10%向上させることのできる表面加工形状をシミュレーションにより予測した。また、ポーラスシリカに Mn, Cu をドーブして焼成するプロセス、共ドーブ元素を検討することで、量子効率0.2以上の蛍光シリカを得ることができた。

(2)においては、近紫外～青色の LED でより高効率で励起が可能な蛍光ガラスを得るために、ドーブ組成変化を検討した。その結果、Eu 濃度を高めることが長波長化のために有効であることが明らかになった。

バイオベースポリマー研究グループ

(Bio-based Polymers Research Group)

研究グループ長：中山 敦好

(関西センター)

概要：

持続可能社会の実現、地球温暖化問題の解決のためには効率的な炭素資源の利活用が重要であり、再生可能なバイオマスから製造されるプラスチックの本格的普及が待たれている。本研究グループでは、情報家電等の筐体や自動車部品等への応用を目標に、バイオマス由来原料からのバイオベースポリマーの製造及びプロセス開発を行い、また、バイオベースプラスチックの普及のための環境負荷評価、バイオマス利用分野のネットワーク構築等に取り組んでいる。今年度はアミノ酸から合成できるポリアミド4の成形性を向上させるための技術開発を進め、側鎖修飾や添加剤を活用した成形温度制御技術を開発した。ポリアミド4の大量合成により、民間企業、大学等研究機関へのポリアミド試料を頒布し、実用化に向けた検討を連携して進めることができた。また、ポリ乳酸の新規な核剤を開発し、100%バイオマス由来の射出成形品の実現に道を開いた。バイオモノマー生産プロセスに関しては、高濃度で連続的に生産するプロセスの安定的運用の研究を進めた。産総研バイオポリマーコンソーシアムでは3回の講演会を実施し、のべ311名の参加者を集めた。

エネルギー材料標準化グループ

(Research Group for Standards of Energy-related

Material)

研究グループ長：栗山 信宏

(関西センター)

概要：

エネルギー材料標準化グループは、水素・燃料電池・蓄電技術の円滑な社会への普及を目指して、それら各技術に関わる材料及び応用システムの標準化・規制整備・安全性確保に資するべく、その裏付けとして必要な基礎データの取得を推進するために、平成22年10月に発足した。

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

⑩【環境管理技術研究部門】

(Research Institute for Environmental Management Technology)

(存続期間：2004. 5. 1～)

研究部門長：田尾 博明

副研究部門長：竹内 浩士、近藤 裕昭

主幹研究員：田中 幹也

所在地：つくば西

人員：63名(63名)

経費：586,685千円(311,071千円)

概要：

1. 部門のミッション

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

2. 研究開発の方針

社会的・政策的ニーズおよび緊急性の高い研究課

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

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

3. 重点研究課題等

[重点課題1] 環境診断技術の開発

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

[重点課題2] 環境負荷低減技術、修復技術開発

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

[重点課題3] レアメタル等金属・化成品の有効利用・リサイクル技術の開発

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

[重点課題4] 地球温暖化関連物質の環境挙動解明と二酸化炭素対策技術評価

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

外部資金：

経済産業省 平成22年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）

- 「1価銅イオンを利用した銅リサイクルプロセスの実用化へ向けた研究」
- 「PFOS/PFOA 前駆体物質の分解・無害化反応システムの開発」
- 「アジア陸域炭素循環観測のための長期生態系モニタリングとデータのネットワーク化促進に関する研究」
- 「親生物気体の同時連続測定による生態系監視技術の開発」
- 「大気汚染モデル高精度化のための沈着過程組込みに必要な物理化学定数の測定に関する研究」
- 「分子内プロトン転移と錯形成を吸着原理とする新規ホウ素回収剤の開発」
- 「有害試薬フリー・オンサイト水質モニタリング装置の開発」
- 「外場援用システム触媒による持続発展可能な VOC 排出抑制技術に関する研究」
- 「外場援用システム触媒による持続発展可能な VOC 排出抑制技術に関する研究」

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 省水型・環境調和型水循環プロジェクト

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

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

- 「硝酸溶液からのロジウム抽出分離系開発」
- 「高感度遺伝子検出を実現する超分子電気化学センシングプローブ」
- 「活性酸素種の殺菌プロセスへの応用と評価モニタリング技術の開発」

その他 (財団法人とくしま産業振興機構)

- 「繊維加工工程において排出される新規な VOC 低減・回収技術の開発」

その他 (財団法人造水促進センター)

- 「1,4-ジオキサンの分解特性に関する研究開発」

その他 (国立大学法人千葉大学)

- 「SKYNET サイトにおけるエアロゾル直接観測のサンプリング・計測システムの統一」

その他 (国立大学法人東京大学)

- 「大気環境物質のためのシームレス同化システム構築とその応用」

その他 (国立大学法人名古屋大学)

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

その他 (東京大学先端科学技術研究センター)

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

文部科学省 科学研究費補助金

- 「健康影響が懸念される PM2.5 粒子状物質のわが国風上域での動態把握」
- 「固液界面での分子ダイナミクスに基づく電気化学的な自己報告型遺伝子検出デバイス」
- 「温室効果気体の発生・吸収源の高精度分離評価を目指した同位体連続観測手法の開発」
- 「分子制御による融合マテリアル形成の計算学シミュレーション」
- 「ロジウム抽出剤開発のための金属抽出挙動及び溶液錯体構造解析」
- 「生理特性から捉える細菌群集の海洋物質循環過程における役割」
- 「海洋における真の密度測定」
- 「シグナル・オン型電気化学センシング法による高感度遺伝子センサ」
- 「陸上植物活動における酸素、二酸化炭素交換比の精密観測と呼吸、光合成量の分離評価」
- 「複雑地形地におけるフラックス観測の代表性と広域化に関する研究」
- 「西部北太平洋域における炭素同位体観測による黒色炭素粒子の発生源寄与・広域分布評価」
- 「希少金属回収を目的とする廃小型電子機器の高度識別分離・選択粉碎システム」
- 「バクテリア氷核タンパク質と昆虫不凍タンパク質の類似性および相違性の計算科学研究」

「希土類抽出剤ブレード型樹脂を用いるクロマトグラフィーの構築と分離分子過程の解析」

(つくば西)

環境省科研費 環境省科研費

「溶融炭酸塩を用いた使用済み電子機器からのレアメタルの回収 (k22060)」

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構

「低コスト省エネルギー型太陽電池用 Si 製造方法の開発」

発 表：誌上発表150件、口頭発表275件、その他43件

計測技術研究グループ

(Measurement Technology Research Group)

研究グループ長：鳥村 政基

(つくば西)

概 要：

従来の環境計測技術にバイオ・ナノ技術を融合させた次世代環境診断技術を開発するため、その基盤となる分析装置、センサ類の試作と性能評価を実施する。平成22年度は、1) 有害試薬を使わない重金属類のモニタリング法として、ヒ素を検出限界5ppb で30分間で測定可能なオンライン連続監視システムのプロトタイプを構築した。また、環境負荷として重要な石炭中微量重金属の分析法の国際標準化に向けて、産総研コーンバンクの30種類以上の石炭について分析データを蓄積した。2) オンサイト型計測法として土壌・地下水の重金属や環境基準濃度レベルの VOC が測定可能な高感度振動子センサを開発した。また、水晶は振動子センサの応答速度を向上させるため、センサ界面における抗体の化学物質への応答速度を解析することによってセンサ界面と抗体固定化条件の最適化を図った。3) 測定対象遺伝子の存在により自ら電気信号を発現する遺伝子プローブの高性能化と、それらのプローブを集積化するための二次元微量液体ハンドリングデバイスの構築を行った。また、性ホルモン様化学物質の生体への影響を計測するための生物発光プローブの改良を行い、測定感度向上を図った。4) 複雑なマトリックスからなる環境試料から検出対象菌を簡便に分離して微生物分析に供するための新たな前処理技術を探した。また、環境微生物も MALDI-MS を利用した迅速識別法の汎用性を高めるために、マススペクトルのデータベース充実を図った。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 5、テーマ題目 6

未規制物質研究グループ

(Potential Pollutants Group)

研究グループ長：忽那 周三

概 要：

ペルフルオロオクタン酸 (PFOA) 等のペルフルオロカルボン酸類や、ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS) 等のペルフルオロアルキルスルホン酸類およびそれらの誘導体は界面活性剤として使用されてきたが、近年その環境残留性や生体蓄積性が懸念されている。我々はその環境対策の指針の構築のために必要な環境分析法の開発、環境動態の解明、分解・無害化反応の開発に取り組んでいる。また、二次有機エアロゾル生成や大気酸化能等に関わる大気化学反応過程について、グリオキサールの酸化反応の分岐比を理論的に予測してプロンプト分解反応の重要性を示し、それに基づき過去の実験データを再解析して関連速度定数を算出した。大気成分の乾性沈着過程では、詳細な大気化学反応からなるモデルを用いて一般環境大気測定局に適用し、光化学生成オゾン濃度に対する長鎖アルデヒド等大気成分の沈着の感度解析をした。金属錯体光触媒の開発では、有機シリカハイブリッドや金属クラスターとの複合化による新規多機能触媒について、エネルギー集約能や電子伝達機能を高速分光法等により実証した。

研究テーマ：テーマ題目 7

環境分子科学研究グループ

(Environmental Molecular Science Group)

研究グループ長：脇坂 昭弘

(つくば西)

概 要：

気相、液相、及び固体表面におけるクラスターの生成・反応特性、錯体の生成・分解過程、粒子（ナノ粒子、微粒子、エアロゾル）の生成・分散・回収過程に関する分子科学的研究法を確立し、資源リサイクル及びリスク評価・削減技術の開発に資する以下の研究を行った。1. ナノ粒子の暴露評価を目的とした C₆₀ フラーレン粒子の環境中動態解析に関する研究、及びナノ粒子の環境影響・有害性を適切に評価するために必要なナノ粒子の液相分散技術及びナノ粒子液相分散系の特性評価手法に関する研究、2. レアメタルの分離・回収に適用可能な選択的固体表面反応系の構築に関する研究、3. 産業由来発生源ダスト（微粒子）計測法の標準化に必要な基礎データの集積、4. 分光学的手法と計算科学的手法による大気中化学反応モデルとなる分子クラスターの構造解析、5. 共沸混合物分離効率に関する液相クラスター構造解析に関する研究、等を行った。

研究テーマ：テーマ題目 8

光利用研究グループ

(Photoenergy Application Group)

研究グループ長：根岸 信彰

(つくば西)

概要：

有害化学物質リスク削減を目的として、1) 大気及び水中の環境汚染物質・有害化学物質の光分解除去技術の開発、2) ナノ粒子の暴露影響評価手法の開発、3) 光触媒材料の性能試験方法の標準化を行う。1)については、大気及び水中から有害汚染物質を除去する光触媒技術開発を行った。水中有機リン化合物の除去では、各種有機リン酸が TiO_2 表面に理論式通りに吸着され、水中から効率的に除去できることを見いだした。海水中の細菌の光触媒除去では、海水の光触媒反応に伴う塩素活性種の生成を確認しこれが細菌に影響を及ぼす可能性を検討した。また、既存光触媒に代わるグラファイト状窒化炭素光触媒の開発を開始した。2)については、粒子径の異なる TiO_2 が光に暴露された際に発生する活性酸素種の定性・定量的計測を開発し、粒子径による活性酸素生成能に依存性がある場合とない場合があることを見出した。3)については、可視光応答型光触媒の性能評価試験方法に関し、標準試料を産総研で一括して作製し、表記事業の各 WG に提供するとともに、試験用光源・フィルターの組み合わせと光触媒効果の関係を解析した。また、光触媒反応は有害物質を光と酸素で二酸化炭素に分解する一種の燃焼であることに着目した酸素の消費量から光触媒の能力を評価する手法の開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目9、テーマ題目10、テーマ題目11、テーマ題目12

励起化学研究グループ

(Excited State Chemistry Group)

研究グループ長：尾形 敦

(つくば西)

概要：

- 揮発性有機化合物の分解については、低温プラズマと触媒を複合化した手法に最適な触媒の探索、ならびに相乗効果の解明を行った。Mn 系触媒だけでなく Ag 系触媒もオゾン分解触媒として有望であることがわかったことから、各種代表的な金属酸化物を触媒担体を用いて性能評価を行った。その結果、Ag/ZrO₂、Ag/MgO が高い活性、分解性能を示すことが明らかになり、イ) 担持された Ag 活性種が酸化物であるよりも金属の性質である方が、副生成物を抑制でき CO₂ の選択を向上できること、ロ) 金属状態の Ag 微粒子活性種を得るには、触媒担体として塩基性の強い金属酸化物が有効であることがわかった。
- 有害化学物質の人体への影響評価に資する立体配座コード構造解析装置の開発については、20種類のアミノ酸配列で表記可能なタンパク質について、そのコンフォメーション変化を記述するための立体配

座構造相同性解析プログラムを完成させた。プログラムを用いて免疫グロブリン X 線結晶構造の二次情報データ解析を行い、軽鎖の部分に調整機能を有する特徴的なフラグメントが存在することを見いだした。

研究テーマ：テーマ題目13

吸着分解研究グループ

(Adsorption and Decomposition Technology Research Group)

研究グループ長：加茂 徹

(つくば西)

概要：

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

1) 大気環境のリスク削減に関する研究

VOC の吸着回収技術並びに触媒分解技術に取り組み、前者においては脱離工程に高い温度による加熱処理が不要な新規吸着剤の開発を行い、2塔式吸着評価システムを用いて実用化のための要素技術の高度化を行う。また、オゾン援用酸化分解触媒実用システム開発に資するナノリアクターとして利用可能な金属元素を含む多孔体を合成し、VOC 転化率、CO₂ 選択率、エネルギー効率の向上を図る。平成22年度、新規吸着剤に関しては、二元細孔構造を有するシリカ系多孔体に簡単な疎水処理を施すことで、水蒸気を含む複成分系においても、高い動的 VOC 吸脱着能を有することを明らかにし、吸着剤としての実用性を高めることができた。また、分解除去システムの開発に関しては、オゾン援用酸化触媒として、ジルコニウム系複合酸化物と他成分との規則ナノ複合体を合成し、貴金属担持効果はじめ、オゾン濃度と VOC 転化率及び CO₂ 選択率との相互関係を明らかにした。

2) プラスチックリサイクルに関する研究

都市域最終処分量削減をめざした分散型リサイクルシステム構築を目指し、分離技術（ハロゲン、金属、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂等）の開発と装置化の研究、並びに単体分離された個別プラスチックリサイクル技術の高度化やバイオマスとの共存下でのリサイクル技術の開発を主要課題とし、熔融炭酸塩共存下でのガス化法、各種溶媒を用いた可溶化法、ロータリーキルン熱分解法等の技術に基づいて研究を進める。また、培われたポテンシャルを活かして緊急な社会ニーズにも対応していく。平成22年度は、エポキシ基板やフェノール基板を混合炭酸塩共存下で水蒸気ガス化し、炭酸塩が初期熱分解においてガス状生成物の収率を増加させることや、後段のチャーの水蒸気ガス化反応を顕著に促進することを見出

した。また可溶化したエポキシ基板を熱分解することによって生成したタール中でエポキシ基板を可溶化し、エポキシ基板の樹脂成分を循環溶媒として利用できることを見出した。これまで熱分解の研究が不足していた酢酸ビニル含有農業用フィルムやナイロン等を含む食品包材用フィルムといった複合プラスチックフィルムから得られる熱分解油・ガスの性状を明らかにした。燃料油中の酸抽出除去実験を実施する一方、燃料ガス組成から、これら熱分解生成物の活用が可能であるとの見通しを得た。

研究テーマ：テーマ題目3

浄化機能促進研究グループ

(Advanced Remediation Group)

研究グループ長：辰巳 憲司

(つくば西)

概要：

有害化学物質リスク削減のため、当グループでは、省エネ・低環境負荷型土壌修復技術の研究と、省エネ・低環境負荷型廃水・廃液処理技術の研究を行っている。

- 1) 省エネ・低環境負荷型土壌修復技術の研究では、自然が持つ浄化能力を強化した環境修復技術の開発を目指す。本年度は、多環芳香族化合物 (PAHs) の移動を促進させる移動促進剤としてサポニンが有効であることを明らかにした。また、鉛を吸収する植物をスクリーニングし、鉛汚染土壌への適用可能性を見出した。
- 2) 省エネ・低環境負荷型廃水・廃液処理技術の研究では、重金属を含むスラッジや有機汚泥の削減ができる廃水・廃液処理技術の確立を目指す。本年度は、これまで処理が困難であった無電解めっき液などの、COD 成分 (キレート剤) を大量に含む重金属廃液や排水を、低スラッジ量で効率よく処理する技術を開発するため、有機物の分解に効果がある銅フェントン酸化を中心に COD 成分の酸化分解について検討した。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目14

リサイクル基盤技術研究グループ

(Advanced Recycling Technology Research Group)

研究グループ長：大木 達也

(つくば西)

概要：

レアメタル等の資源確保に資するため、未利用の人工及び天然資源を対象に、安価で安全かつ効率的に金属成分を濃縮する粒子の粉砕・選別・制御技術の開発を推進した。都市鉱山開発実現に向けて、小型電気電子機器リサイクルシステムの立ち上げに資する素子選別用気流選別機を新たに設計するとともに、PC ソフ

ト「(仮称)AIST 素子選別シミュレータ」作成の基礎を築いた。また、我が国の都市鉱山ポテンシャル、希少金属備蓄ポテンシャルを定量化し、近未来資源循環ビジョンの提案をした。蛍光体については、ユビキタスエネルギー部門と共同で色選別を実現する高勾配磁選システムを開発した。一方、過熱水蒸気で塗装を剥離した市中スクラップ模擬試験片について、不純物濃度が十分に低下し、固体リサイクル可能であることを明らかにした。ソーティング技術では約1800個のスクラップについて、元素組成をデータベース化するとともに、Mg スクラップの合金組成と3次元形状に一定の相関があることを明らかにし、レーザー3次元解析法による合金選別の可能性を見出した。海底熱水鉱床に関しては、我が国研究機関に標準試料を配布するハブ機能を果し、また、鉱石の鉱物組成と単体分離性、主要元素の共存性等を世界で初めて明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目3

金属リサイクル研究グループ

(Metals Recycling Group)

研究グループ長：田中 幹也

(つくば西)

概要：

近年、途上国の急速な経済成長による金属資源の枯渇懸念や価格高騰、また国内での廃棄物処分場の逼迫を背景に、金属循環型社会の構築が重要課題となっている。当グループでは、これを実現するための技術の確立に貢献することを目指して、省エネルギー的で高選択的な金属分離回収技術の開発を行っている。特に、溶媒抽出法や電解採取法といった湿式プロセスを用いた二次資源や鉱石からの金属回収に関する新規プロセスを提案することを目標としている。今年度は、アンモニア水溶液中の1価銅イオンを利用した省エネルギー型銅電解採取及び精製プロセス、アミド系化合物に着目した貴金属分離精製用抽出試薬開発、無電解ニッケルめっき工程を対象とし抽出法を適用した排出抑制およびリサイクル技術、ネオジム磁石や蛍光体の廃棄物を対象とした希土類等レアメタルの回収等について研究した。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目15

大気環境評価研究グループ

(Atmospheric Environment Study Group)

研究グループ長：村山 昌平

(つくば西)

概要：

大気環境評価研究グループでは、大気環境における観測・シミュレーション技術を基盤として、持続可能な社会の実現のため森林生態系の炭素固定メカニズムの解明とそのモニタリング技術、および地球温暖化防止のた

めの対策評価手法の開発に関する研究を進めている。

H22年度は岐阜県高山市の冷温帯落葉広葉樹林サイトおよびタイの熱帯林サイトにおいて、大気-森林生態系間のフラックス観測を継続して行い、AsiaFluxおよびFLUXNETにデータ提供を行った。フラックス観測手法の標準化のための国内研究機関とのフラックス比較観測を行った。両観測サイトにおいて、樹冠定点映像による森林のフェノロジー（生物季節）観測・解析システムを用いた観測を継続して実施し、得られたデータの解析を行うとともに、システムの改良を進めた。また、情報通信技術を導入して、現地観測データの処理・集積、流通の一元化、多数の観測点あるいは多数の観測項目の横断的データ解析、衛星観測など広域をカバーする面的観測との統合を行う環境情報プラットフォームの構築を継続して進めた。さらに森林生態系の物質循環メカニズム解明を目的として、CO₂安定同位体比および多成分濃度の連続測定装置の開発を継続して進めるとともに、今年度より高精度酸素濃度連続測定装置の開発に着手した。

テーマ題目：研究テーマ4、研究テーマ16

地球環境評価研究グループ

(Global Environment Study Group)

研究グループ長：田口 彰一

(つくば西)

概要：

地球環境評価研究グループは、産業活動に伴い大気や海洋に排出される温室効果物質を含む環境負荷物質が自然界でどのように循環するかを明らかにし、それらの物質が環境に与える影響や想定される対策の効果を評価する手法を開発することにより政策策定の根拠としうる資料を作成することを目的としている。平成22年度は沿岸での実施を想定した地球温暖化対策技術の評価に向けて、海水中二酸化炭素濃度測定装置の検討、外洋で実施を想定した技術の評価に向けて二酸化炭素濃度を高くした海水に有機物を添加し難分解性溶解有機物の残存状況を検討した。産業活動に伴い大気に排出されるエアロゾルの循環を調べる為に長崎県福江島と福岡市での観測を継続した。二つの観測点におけるPM2.5および有害物質であるPAHsやキノン類の濃度の比率から長距離輸送の寄与を検討した。これらの地点のエアロゾルが環境に与える影響を調べる為に単一散乱アルベドを計算した。一部の解析処理は東日本大震災の影響で一時休止となった。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5、テーマ題目

12

水環境工学研究グループ

(Hydro-environmental Technology Research Group)

研究グループ長：清野 文雄

(つくば西)

概要：

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

有害化学物質の吸着回収技術の研究では、低コストなシクロデキストリン結合吸着剤の合成法を確立するため、モノ-6-0-(p-トルエンスルホニル)-β-シクロデキストリンとアミノ基を有するキトサンビーズとの結合を試みた。試薬量、反応溶媒（7種類）、反応温度（50、70℃）、反応時間（4、24、48時間）など条件を様々に変えて検討した。その結果、1,4-ジオキサン30ppm水溶液で除去率16.7%と市販のシクロデキストリンポリマーと性能的には同等でかつより低コストな吸着剤を得ることができた。

水素、触媒等を利用した還元無害化技術の研究では、Pd-Cu バイメタル触媒を多孔性繊維型触媒固定床に固定し、これに試料水をH₂ガスと共に通水して試料水中のNO₃⁻を分解除去する技術を開発している。新たに開発した多孔性繊維型触媒固定床を用いることにより、NO₃⁻転換比で7倍以上の性能を有することを実験的に実証した。

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

〔テーマ題目2〕自然浄化機構強化型環境浄化技術に関する研究（部門重点化）

〔研究代表者〕根岸 信彰（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕飯村 洋介、市川 廣保、佐野 泰三、平川 力、小岩 史子、西本 千郁、筒井 咲子、（常勤職員5名、他3名）

〔研究内容〕

水中に存在する有機リン等化学汚染物質の太陽光による処理を実施するため、代表的な有機リン化合物15種類の光触媒反応を追跡した。この中で、殆どの有機リン酸系化合物は光触媒表面にLangmuir吸着することを明らかにし、有機リン酸系農薬は光触媒表面上へ吸着させた後に光照射すれば一部の例外を除き有害中間体を脱離

することなく無機リン酸まで吸着したまま酸化されることを示した。表面酸素原子欠陥に吸着した10分と比較的長い寿命を有する酸素ラジカルと欠陥濃度に関する相関について調査するため、窒素パージ後における活性酸素種の濃度の増減量変化を計測した。鉛汚染がある工場において、鉛の高収奪植物の選抜を行った結果、絶乾重量当たりソバでは100mg/kg、タマリユウでは45mg/kgの吸収能力を確認し、鉛汚染土壌への適用の可能性を見出した。また、播種および育苗を効率化する種子の加工法を検討した結果、種子を適当な栄養素とこんにやく粉でコーティングすることで良好に発芽することを確認した。また、疎水性有機汚染物質移動促進剤については、カフェインにつき優秀な成績を認め、植物への吸収性、および微生物における分解性をおよそ二倍程度に促進した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】酸化チタン光触媒、太陽光、水処理、表面反応、微生物

【テーマ題目3】レアメタル等希少金属の高度資源循環技術開発の研究（部門重点化）

【研究代表者】田中 幹也

【研究担当者】大木 達也、日比野 俊行、古屋仲 茂樹、西須 佳宏、小山 和也、成田 弘一、大石 哲雄、加茂 徹、小寺 洋一（常勤職員9名）

【研究内容】

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

(1) 物理的分離技術の開発においては、非常にコンパクトな装置で、0.1mm以下の微粒子群に含有する希少金属を、高精度に多成分同時に選別するコリオリセパレーターの開発を推進した。我々は既に、コリオリセパレーターが、欧米の最新装置の5倍近い分離精度を持ち、ほぼ理論限界に近い精度で分離出来ることをつきとめているが、本年度の研究によってその下限粒径はおよそ10 μm であることが明らかとなった。さらに、回転数、回転半径、粒子放出ポイントを変えることにより、粒子比重に拘わらず粒子径別に選別したり、粒子径に拘わらず粒子比重に選別したりできる可能性があることを計算により明らかにした。また、コリオリセパレーターの基本概念である完全静止流体中での選

別を応用し、10 μm 以下の選別にも適用出来る新機構の選別装置の試作にも着手した。

(2) 廃棄物等からタングステンを選択的に溶解する手法として熔融塩中での陽極溶解を検討し、実際に超硬工具からタングステンを高い選択性と効率で溶解できることを確認した。さらに、廃蛍光体に含まれるイットリウムおよびユーロピウムの酸による浸出特性を調べ、さらに溶媒抽出法による相互分離実験を行わない、多段階操作のバッチシミュレーションによって実際にイットリウムをユーロピウムから分離できることを明らかにした。これより廃蛍光体からの、イットリウムおよびユーロピウムの分離プロセスを提案した。

(3) プラスチック分離技術の開発においては、エポキシ基板やフェノール基板を混合炭酸塩（炭酸リチウム、炭酸カリウム、炭酸ナトリウム）共存下600~700 $^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で水蒸気ガス化すると、タール等の副生成物の発生が抑制され、プラスチックを効率的に水素へガス化できることを見出した。エポキシ基板やフェノール基板の水蒸気ガス化反応は一次反応で、混合炭酸塩を共存下では活性化エネルギーが約20kJ/mol程度低下することが分かった。エポキシ基板の可溶化では、いったん可溶化させたエポキシを熱分解して得られる溶媒中で再びエポキシ樹脂が可溶化されることを確認し、自己溶媒を用いたエポキシ基板の可溶化プロセスを構築できることが分かった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リサイクルプロセス、レアメタル、物理的分離、化学的分離、プラスチック処理

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

【研究代表者】近藤 裕昭（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】村山 昌平、前田 高尚、石戸谷 重之、田口 彰一、左山 幹雄、青木 繁明、鈴村 昌弘、兼保 直樹、古賀 聖治、鶴島 修夫、山田 奈海葉（常勤職員12名）

【研究内容】

陸域生態系における炭素固定メカニズムを解明するために、岐阜県高山市の冷温帯落葉広葉樹林およびタイの熱帯林（東北部・サケラート、中西部・メクロン）においてフラックス観測を継続して行ってデータを取得し、変動要因の解析を行った。また、観測データ取得の自動化・効率化、衛星データをはじめとする異種データや複数観測点データとの統合化のための環境情報システムの構築を進め、国内外の観測サイトに情報通信技術の試験的導入を行った。開発中の樹冠定点映像による森林のフェノロジー観測・解析システム（AIST-Phenomon）の試作機を上記サイトの観測タワーに設置し継続して運用した。これまでに高山（冷温帯林）およびメクロン（熱

帯季節林)の落葉林において取得された映像を解析し、それぞれの季節変化の特徴や樹木の生理指標との関係が明らかになった。また、サケラート(熱帯季節林)の常緑林についても解析を行い、常緑林においても定点映像により新葉や開花、着果などの季節状態の判別が可能であることを確認した。炭素固定メカニズムの素過程を分離評価するために、高精度酸素濃度連続測定装置、CO₂安定同位体比連続測定装置および多成分濃度同時連続測定装置の開発を進めた。酸素濃度測定装置については、検出器として燃料電池をセンサーとした差分燃料セル分析計を採用し、高精度化のためにセンサー部の圧力と温度を高精度に安定制御するシステムを製作した。CO₂安定同位体比連続測定装置および多成分濃度同時連続測定装置については、中赤外域を利用した赤外分光法を採用し、使用部品の性能試験を行って装置の改良を進め、高精度測定に適した吸収線波長の選定を行った。

沿岸域の二酸化炭素変動モニタリングに適した小型・安価・省電力な海洋二酸化炭素分圧センサー開発の予備検討として、小型の非分散型赤外分析モジュールの性能評価を行った。数種類の市販センサーを密閉容器内に格納し一定濃度の二酸化炭素標準ガスを流し込み測定する事により評価を行ったところ、2機種が精度・安定性ともに10ppm程度以内に収まり、沿岸域モニタリングや異常値検出用途として適用できる可能性が示唆された。

二酸化炭素の海洋隔離技術に対する原核生物による有機物利用過程へ与える影響を評価するため、二酸化炭素を吹き込んで酸性化した海水にモデル有機物を添加し、溶存有機炭素、栄養塩、原核生物の挙動などを調べるために経時的に採取した試料の分析を行った。この結果、二酸化炭素により、粒子態有機物(原核生物が附着した凝集物)が形成され、5000ppmまでの二酸化炭素により、難分解性の溶存有機物がより多く残存する傾向を見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】森林生態系、炭素固定、環境情報システム、沿岸二酸化炭素モニタリング、粒子態有機物

【テーマ題目5】製鋼スラグ活用等沿岸域利用における環境影響・炭素固定能評価手法の開発

【研究代表者】鈴木 昌弘(環境管理技術研究部門)

【研究担当者】左山 幹雄、鶴島 修夫、中里 哲也(常勤職員4名)

【研究内容】

製鋼スラグなどの設置による藻場の造成・再生は環境修復や炭素固定技術としての期待が高まっている。すでに各種の実証・評価研究が進められており、事業化への期待も大きいことから、環境影響や炭素固定能についての評価手法の開発が求められる。本研究では、環境変動の大きい沿岸域での炭素収支を把握するために、ブイに

搭載可能な安価・小型・省電力な二酸化炭素センサーの開発を進めた。また製鋼スラグの海域利用での効果・影響評価のために ICP-MS と各種分離法を組み合わせた金属精密分析法、製鋼スラグと東京湾表層堆積物を用いた実験堆積物コアによる酸素、各形態別窒素、有機態炭素、鉄、pH、溶存硫化物の鉛直濃度分布の測定を実施した。特に二酸化炭素センサーの開発では、実際に試作機を作製し、既存の高精度機器との比較検証実験を行い、実用化の目処をつけた。

【分野名】環境・エネルギー・地質

【キーワード】沿岸海洋環境、環境影響評価、環境修復技術、炭素循環

【テーマ題目7】PFOS/PFOA 関連物質の環境分析法の開発、動態の解明と分解・無害化法の開発

【研究代表者】忽那 周三(未規制物質研究グループ)

【研究担当者】忽那 周三、小池 和英、瀬戸口 修、谷保 佐知、山下 信義、堀 久男、村山 美沙子、石田 恭子(常勤職員5名、他3名)

【研究内容】

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

22年度は、一昨年度までに達成した ISO 国際標準分析法「パーフルオロオクタンスルホン酸及びパーフルオロオクタン酸の定量-未ろ過試料の固相抽出及び液体クロマトグラフ/質量分析法」(ISO25101、2009年3月発行)を元にして、PFOS/PFOA 分析の国内工業標準(JIS)の原案作成に引き続き取り組んだ。国内で2度目となる精度管理試験(国内30機関が参加)をとりまとめ、JIS 原案の付属書を作成した。また、国際共同研究による日本、米国、中国、インド、フランスの降雨中のPFOS/PFOA 関連物質の観測結果を公表した。降雨中で観測した PFOS/PFOA 関連物質のうち、短鎖ペルフルオロカルボン酸を含む炭素数12までのペルフルオロカルボン酸類や不飽和ペルフルオロカルボン酸類等20種類の降雨中濃度を(一部地域については年変動まで含めて)示した。さらに、PFOS/PFOA の揮発性前駆物質の分析法の開発に取り組んだ。

PFOA の酸解離定数 pK_a は環境動態解明に必要な物

理化学定数であるが文献値が大きくばらついている。環境分子科学研究グループと共同してメタノール-水混合溶媒中の PFOA 周辺の溶媒和を液相クラスター質量分析法により観察し、メタノールが PFOA を選択的溶媒和することおよび PFOA 周辺環境と混合溶媒のメタノール濃度変化が異なることを示した。この観察結果から、最大の pK_a 値を報告した文献の方法（混合溶媒中のみかけの pK_a 値を用いて Yasuda-Shedlofsky 法により外挿）で推定した PFOA の pK_a 値が過大評価される場合があることを示した。

PFOS/PFOA 代替物質としての導入が進みつつある物質について高効率にフッ化物イオンまで分解、すなわち無機化できる反応システムを探索した。 ω -H ペルフルオロカルボン酸類はペルオキシ二硫酸イオンを用いた温水反応またはヘテロポリ酸の光触媒反応で、ペルフルオロエーテルカルボン酸類はペルオキシ二硫酸イオンを添加した超音波反応によりフッ化物イオンまで効果的に無機化することに成功した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】PFOA、PFOS、標準化、環境動態、分解・無害化反応

【テーマ題目8】クラスター・粒子の計測技術と特性評価に関する研究

【研究代表者】脇坂 昭弘

(環境分子科学研究グループ)

【研究担当者】脇坂 昭弘、遠藤 茂寿、小暮 信之、伊藤 文之、小原 ひとみ、岩上 透、中川 美樹 (常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

化学物質によって形成されるクラスター及び粒子 (ナノ～マイクロメートルサイズ) の計測法、構造解析法、調整法を開発し、化学物質による環境負荷の予測と低減に寄与する以下の研究を行った。

1. 工業ナノ粒子のリスク評価に関する研究:

工業ナノ粒子の環境中挙動を解明して暴露評価モデルを構築するため、代表的な工業ナノ粒子のフラウレン (C_{60}) について、気相の凝集・拡散特性をフローチャンバー実験によって解析した。フラウレンを600℃以上で昇華させ、キャリアガス (窒素) でフローチャンバーにフラウレンを分散し、フローチャンバー内のフラウレンの粒子化過程を粒径分布計測実験によって解析した。フラウレン粒子の凝集・拡散特性に関する実験値を数値モデルの初期値に用いることによって、発生源近傍におけるナノ粒子の拡散予測が可能になった。また、工業用ナノ粒子の有害性試験の信頼性、再現性を確保するため、多様なサイズ・形状に調整されたカーボンナノチューブ等のナノ粒子液中分散系の機械的、及び物理化学的調製法を確立した。

2. 高分解能分光法による化学物質の計測:

環境負荷物質の不均一反応に関する知見を得ることを目指して、高分解能分光法による分子クラスターの構造解析に関する研究を行った。マトリックス単離赤外分光法を用いて、環境負荷物質と水分子が形成するクラスターの検出実験を行い、計算化学的手法を援用して、これらのクラスターの構造解析を行った。

3. 液相クラスター構造と液体物性の関係に関する研究:

溶液中の分子間相互作用を反映したクラスターを計測するために開発した質量分析法を用いて、アルコールと水との二成分混合溶液のクラスター構造を詳細に検討した。共沸のメカニズムを解明し、共沸混合物の分離技術として注目されている超音波霧化分離技術の最適化に貢献した。

4. コンパクトガス吸収分離システムの開発:

溶液をマイクロメーター以下の微細液滴に断片化し、液滴の表面積を大きくして、 CO_2 や NO_2 等の温暖化ガスの吸収効率を高めるシステムの構築を目指して、エレクトロスプレー法により生成した微細液滴の空間制御方法を開発した。

5. 発生源微小粒子状物質計測器の標準化:

2.5 μm 以下の微小粒子状物質 (PM2.5) について、発生源微小粒子の自動計測法 (光透過・光散乱式濃度計) の標準化に必要な機器校正法の開発、及び現場での実証試験を行った。これにより発生源に対する連続計測が可能になった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】フラウレン、ナノ粒子、クラスター、高分解能分光、共沸、エレクトロスプレー、PM2.5

【テーマ題目9】光触媒併用型マイクロバブルによる汚染海水浄化法の開発

【研究代表者】平川 力 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】平川 力、西本 千郁 (環境管理技術研究部門) (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

光触媒反応とマイクロバブルを併用した汚染海水の浄化や海水を利用した水質浄化方法に関する研究を長岡工業高等専門学校物質工学科の村上能規准教授と共に行った。マイクロバブルの化学的および物理的特性について、活性酸素の生成能力が環境浄化に有効な濃度で生成しないこと、酸化物表面に吸着した分子に対する熱分解や剥離作用は環境浄化に有効に利用できないことを見出した。光触媒との併用により酸素欠乏による光触媒の不活性化が抑制されることを見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】光触媒・マイクロバブル・活性酸素・水質浄化・海水利用

[テーマ題目10] 還元反応促進型酸化物光触媒の開発

[研究代表者] 平川 力 (環境管理技術研究部門)

[研究担当者] 平川 力、西本 千郁 (環境管理技術研究部門) (常勤職員1名、他1名)

[研究内容]

光触媒反応による還元反応に着目した酸化物光触媒の合成に関する研究を行った。TiO₂を基本材料として酸化物半導体特性を有する各種元素を混ぜ込むことで触媒の合成を行い、光触媒活性の向上が確認された。過酸化水素の生成能の向上も確認されており、酸素の吸着特性が向上したことが推察された。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 光触媒・表面反応・表面酸素欠損・酸化還元反応・活性酸素

[テーマ題目12] 海水中細菌の光触媒処理に関する研究

[研究代表者] 根岸 信彰 (光利用研究グループ)

[研究担当者] 根岸 信彰、小岩 史子、山田 奈海葉、鈴村 昌弘 (常勤職員3名、他1名)

[研究内容]

近い将来の食料確保に必要な海産魚養殖に適用可能な非薬剤系殺菌あるいは船舶バラスト水中に含まれる海洋微生物の越境移動抑制を視野に入れ、海水中に含まれる細菌類の殺滅が光触媒で効率的に行われることを確認するための基礎実験を行った。光触媒処理が淡水環境において確立された技術であることから、淡水および海水の両方で生育可能なモデル細菌を用い、それぞれの殺滅効果を比較することで光触媒作用の効果やその因子を抽出することができると考えた。評価手法の確立のため、*Escherichia coli* K-12をモデル細菌として選別し、淡水および海水中における全細菌中の細胞壁損傷細胞および呼吸活性を有する細胞の割合の経時変化を調べた。後者の原法を本研究のために一部改良し、より適切な殺滅効果の評価手法を確立した。人工海水の光触媒作用に伴う活性種生成を確認する実験では、NaCl 水溶液及び人工海水中の光触媒に紫外光照射において活性塩素種の生成 (平均最大0.12mg/L) を確認した。また、この活性種は光照射時のみ観察されたことから、活性種の寿命が短い、すなわち光照射のオンオフによって活性種生成の制御が可能であることを見出した。なお、本実験では温度効果についても検討を行ったが、水温上昇に伴う塩素活性種の生成はネガティブであり、光触媒作用のみが塩素活性種の生成に寄与していることがわかった。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 酸化チタン光触媒、海水、細菌処理

[テーマ題目13] VOC の高効率分解に関する研究

[研究代表者] 尾形 敦 (励起化学研究グループ)

[研究担当者] 尾形 敦、菅澤 正己、金 賢夏、高岡 光枝、平田 博志

(常勤職員3名、他2名)

[研究内容]

本研究では、高効率 VOC 分解手法の開発を目指し、プラズマと触媒を複合させたシステムの開発、ならびにその協奏効果の解明を行う。特に、プラズマと触媒を二段 (オゾンの利用) で複合する方式と一段で複合する方式では、有効な触媒が異なることから、それぞれの手法に最適な触媒の開発が重要である。

本年は二段式手法について重点的に検討を行った。昨年度、Mn 以外の金属活性種として Ag が有望であることを明らかにしてきた。そこで、Ag を活性金属種に選び、これを各種金属酸化物に担持した触媒を調製し、トルエンに対する反応特性、ならびに触媒のキャラクタリゼーションを行い、二段式に有効な Ag 触媒の開発指針を示すことを目的とした。触媒には、それぞれ Ag が5 wt%の担持量になるよう含浸法により調製した Ag/TiO₂、Ag/Al₂O₃、Ag/SiO₂、Ag/ZrO₂、Ag/TiO₂を用いた。

初めに、入口オゾン濃度に対するトルエン除去率及びオゾン転化率を調べた。その結果、Ag/ZrO₂が優れた活性を示すことが明らかになった。多くの触媒では O₃濃度の増加と共にトルエン除去率が向上するが、Ag/SiO₂と Ag/TiO₂では1500ppm 前後で減少に転じ、徐々に触媒活性点が被毒を受けることが明らかになった。

次に副生成物と CO₂選択率について検討を行った。主な生成物は CO と CO₂であったが、Ag/TiO₂と Ag/Al₂O₃では HCOOH の副生が観測された。HCOOH は入口 O₃濃度が高くなるにしたがい単調に増加した。さらに、酸化生成物中の CO₂選択率は、Ag/ZrO₂、Ag/MgO、Ag/SiO₂で90%前後の高い値が得られた。Ag/TiO₂と Ag/Al₂O₃では、C₆H₅CH₃転化率の低下と HCOOH の生成、並びに O₃分解能力の低下から、これまで Mn 触媒でも報告されているような、触媒活性点への反応中間生成物の堆積による C₆H₅CH₃分解能力の低下が生じているものと思われる。以上の結果より、Ag 触媒をその反応挙動から大きく3つに分類した。

①高い C₆H₅CH₃除去率と O₃転化率、並びに高い CO₂選択率を示す Ag/ZrO₂と Ag/MgO 系触媒。②低い O₃転化率、HCOOH の生成と低い CO₂選択率を示す Ag/Al₂O₃と Ag/TiO₂系触媒。③上記触媒系の中間的な性質を持つ Ag/SiO₂触媒。

さらに、同じ Ag 触媒でありながら異なる特性が触媒担体のどのような性質から生じるのかを明らかにするため、触媒のキャラクタリゼーションを行った。ここで用いた金属酸化物の固体表面の酸・塩基性について検討を行った。その結果、先に反応特性の違いで②に分類した Ag/Al₂O₃と Ag/TiO₂は酸性質の強い酸化物に担持された触媒であり、①に分類した Ag/ZrO₂と Ag/MgO は塩基性の強い酸化物に担持された触媒であることがわかる。触媒担体の酸・塩基性の強さの序列だけで、Ag 触媒の活性の序列を単純に説明できないが、少なくとも O₃分

解能力（転化率）や CO₂ 選択率の向上ならびに HCOOH 生成を制御する上で、Ag に関しては塩基性担体が有効であるとの指針を得た。

また、500℃で酸化した Ag 触媒に水素を通して、各温度に対する水素の消費量を測定した。Ag/ZrO₂と Ag/MgO はほとんどの Ag が金属状態なので、水素の消費は起きなかった。これに対し、Ag/Al₂O₃、Ag/TiO₂、Ag/SiO₂では100℃付近でも容易に金属に還元されない Ag⁺（カチオン）が、特に Ag/Al₂O₃、Ag/TiO₂では Ag₂O 種に特徴的な150℃の還元ピークが観測された。これらの結果から、金属状態の Ag（ゼロ価）がオゾンを利用した VOC の触媒分解に有効であると判断した。

一方、オゾンを有効に利用できることが、エネルギー消費を抑制するためにも望ましい。そこで、単位当たりの C₆H₅CH₃を分解するのに必要な O₃量について検討した。この値が小さいほどエネルギー効率的には望ましい活性点と言える。その結果、Ag/TiO₂と Ag/Al₂O₃触媒は反応初期には優れた性質を示したが、時間と共に O₃の分解能力が低下し、活性点が被毒を受けやすく、HCOOH の生成を伴うなどの課題のあることが明らかになった。Ag/ZrO₂と Ag/MgO の特性はよく似ているが、C₆H₅CH₃転化率や O₃を有効に利用する能力では前者が優れている。単位面積当たりならば Ag/MgO の活性点は優れているのかもしれないが、比表面積が大きく取れないことから、総合的には Ag/ZrO₂触媒が本反応系に最も適した触媒と判断した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】揮発性有機化合物（VOC）、触媒、吸着剤、低温プラズマ、酸素プラズマ、オゾン分解触媒、濃縮、分解

【テーマ題目15】湿式製錬法の手法を適用した廃棄物からの希少金属の分離回収

【研究代表者】田中 幹也（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】田中 幹也、小山 和也、成田 弘一、大石 哲雄（常勤職員4名）

【研究内容】

ネオジム磁石は非常に磁力が強く、ハードディスクドライブやハイブリッド自動車等のモータ、MRI、音響機器などの先端技術製品に使用されている。本研究では、これら製品の廃棄中にあるジスプロシウムやネオジウムを効率的に回収するプロセスを研究している。

(1) 希土類元素の選択溶解技術の開発

ネオジム-鉄-ホウ素系磁石のリサイクルに関し、ロータリーキルンを使用した焙焼を行い、焙焼条件が生成物に及ぼす影響、100℃以下における浸出特性について調べた。また、固液濃度を100g/L とし溶液の pH を一定に保つ実験を行った。さらに溶媒抽出工程に供するための浸出溶液を作製した。空気雰囲気中では500℃以上ではいずれの温度においても

Fe₂O₃のほかに NdFeO₃が生成した。10g を焙焼した場合、200℃付近における着火現象により試料温度が上昇し NdFeO₃が生成したと推察される。焙焼温度が低い場合ネオジムの浸出率が低く、かつ、鉄の浸出率が高いことから焙焼温度は700℃以上が望ましいことがわかった。また、残渣の沈降挙動の結果からも焙焼温度は700℃以上が望ましいことがわかった。塩酸濃度が高い場合には鉄の浸出率が高くなりネオジムの選択性が悪かった。固液濃度が100g/L、塩酸濃度0.02mol/L、80℃の溶液の pH を保つように塩酸を滴下しながら浸出した場合、24時間後の浸出率はネオジムが98%以上、鉄が1%以下であった。pH を一定に保つことによりネオジムの高い浸出率ならびに選択性が得られることがわかった。

(2) 希土類元素間相互分離のための溶媒抽出プロセスの開発

希土類磁石スクラップの焙焼-塩酸浸出後の溶液から、ネオジムとジスプロシウムを、PC88A を用いた溶媒抽出法により分離回収するプロセスを構築するために、Na 型 PC88A によるネオジムの抽出と実浸出液からのネオジムとジスプロシウムの相互分離を検討し、以下の結果を得た。

(1) PC88A をあらかじめ Na 型に変換しておけば、高濃度のネオジウムを高い効率で抽出することができる。このとき有機相に改質剤である TBP が存在すると、ホウ素やニッケルが若干量抽出され、これらは酸洗浄によっても有機相から除くことができない。それゆえ、Na 型への変換率を2相分離が生じない程度に制御しつつ PC88A を単独で用いる方が好ましい。また浸出液の pH 制御にあたっては、水相中のホウ素が緩衝作用を持つことを留意する必要がある。

(2) ネオジム磁石の焙焼物塩酸浸出液からの一貫バッチ操作により、回収率85%以上でジスプロシウムを塩化ジスプロシウム溶液として得た。また回収率80%以上でネオジウムを塩化ネオジム溶液として得た。このときのネオジウムの純度は99.5mass%以上であった。これら回収率は、洗浄液を工程内に戻すことによりさらに向上させることが可能であろう。

(3) 磁石合金研削屑の焙焼物塩酸浸出液からの一貫バッチ操作により、回収率80%以上でジスプロシウムを純度97mass%以上の塩化ジスプロシウム溶液として得た。また回収率90%以上でネオジウムを純度99.5mass%以上の塩化ネオジム溶液として得た。

以上のことより、磁石スクラップを酸化焙焼し、低濃度の塩酸で希土類金属を選択浸出し、PC88A を用いてまずジスプロシウムを溶媒抽出し、抽出残液からネオジウムを溶媒抽出するプロセスの有効性が確認できた。

【分野名】環境・エネルギー

[キーワード] 磁石リサイクル、希土類金属、溶媒抽出、ジスプロシウム、ネオジム

⑩【環境化学技術研究部門】

(Research Institute for Innovation in Sustainable Chemistry)

(存続期間：2004.5.1～)

研究部門長：中岩 勝

副研究部門長：柳下 宏、大森 隆夫

主幹研究員：佐藤 一彦、北本 大

所在地：つくば中央第5、つくば西

人員：59名 (59名)

経費：835,971千円 (331,609千円)

概要：

1. ミッションと目標

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

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

- 1) 再生可能資源を利用する材料・プロセス技術
 - 2) 環境負荷物質の排出を極小化する反応・プロセス技術
 - 3) 化学プロセスの省エネ化を可能とする分離技術
- これらの技術開発に対する最終ゴールは、再生可能資源を用いて環境負荷となる廃棄物を生み出すことなく、また最小のエネルギー使用量で、選択的に目的製品を製造する技術の開発である。

一方、現在の産業技術体系は膨大な既開発技術の蓄積に基づいており、産業技術転換には莫大なコストと長期にわたる新技術導入期間が不可欠となっている。本研究部門では、短・中期的観点からの既存産業の環境負荷低減技術及びエネルギー効率向上技術の研究開発と、長期的観点からの上記最終ゴールを目指す画期的産業技術の研究開発とをバランス良く推進する。

また、産総研が産業技術向上のための公的研究開発機関であることを踏まえ、総合研究所としての優位性を活かしつつ、経済性・社会性を考慮した研究開発を進めることが重要である。具体的には、産総研の研究開発成果に対して、外部不経済低減等を通

じた我が国産業の国際競争力向上への直接の貢献とともに、国内産業空洞化抑制への寄与が求められていることを強く念頭に置く。特に、新産業技術創出のための核となる異分野技術の融合には、化学技術の特徴を活かして常に積極的に取り組む。

2. 研究の概要

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

昨今の社会・経済情勢の変化により次の2点が本研究部門の研究開発方針に影響を及ぼしている。

- ・中期的には安定すると考えられていた原油価格は、ピークオイル論の影響等も加わり今後も不安定な状況が続く。
- ・二酸化炭素などによる地球温暖化問題が顕在化し、省エネルギー技術の普及とともに、循環型資源・エネルギーへの転換加速がより強く求められるようになる。

これらの変化により、重点課題のうち1)については化学製品原料の石油資源からバイオマスへの転換技術実現の加速が求められる状況となっている。このような状況に鑑み、急速に注目が集まりつつあるバイオベース材料については、民間企業との協力を視野に入れつつ、研究開発の重点化・加速化を図る。2)は GSC の中核技術であり、地球温暖化問題の解決に向けて推進する。また、3)については京都議定書の第一約束期間以降の目標値策定に寄与する省エネルギー技術の確立と、その導入加速が求められる状況となっている。従って、実用化時期とその規模を見据えつつ、大規模な省エネルギーが可能な分離・生成技術の研究開発を加速する。

3. 体制・運営

1) 体制・運営に関する工夫・努力

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

研究部門長はライン上にある研究グループ長の研究運営についての一次判断を重視しつつ、必要に応じてスタッフである副研究部門長・主幹研究員の意

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

2) 本格研究の考え方

本研究部門における多くの研究は第二種基礎研究、すなわち既知の知識の融合・適用によって社会・産業ニーズに応えようとする研究と位置付けられる。一方、第二種基礎研究の中における位置付けとしては、ともすれば論文・特許等、目に見えやすいアウトプットが現れやすい、開発研究からやや距離を置いた位置に止まりがちとなっている。産業界への技術移転を速やかに進める観点から、本研究部門では第二種基礎研究における上流から下流まで、すなわち第二種基礎研究のシーズから開発研究の導入部までを実施する。また、第一種基礎研究については、第二種基礎研究を実施中にしばしば得られる未知現象の原理解明を中心とし、真に新たな技術シーズにつながる可能性のある課題を主対象として研究を実施する。

3) 産学連携・知的財産・成果普及・広報についての考え方

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

一方、集中的研究実施体制が効果的と考えられる社会・産業ニーズの大きい課題については、早期の段階から国家プロジェクトあるいは資金提供を受けた研究コンソーシアム等を通じた共同研究体制により加速的に研究開発を推進する。この場合、技術シーズすべてが産総研オリジナルでないケースも想定されるが、産総研のミッションが産業技術向上への直接貢献であることを踏まえ、さらなる知的財産権の獲得を目指しつつ、技術展開における中核的役割を果たす。個別ニーズに応える産業技術の研究開発課題については、競争関係にある民間企業との適切な関係を保ちつつ、早期の技術完成化を目指した受託研究あるいは共同研究を推進する。これらの積極的展開は、場合によっては知的財産権の複雑化を招くが、知的財産関係の情報漏洩には十分留意する。

経済のグローバル化は、研究開発にも大きな影響を及ぼしつつある。すなわち、研究開発においても原料供給国との協力関係を早期に確立するとともに、共同研究を通じた効率的な研究開発の推進が強く求め

られるようになっている。具体的には、本研究部門ではバイオマス等への原料転換により新たな化学原料供給国となることが予想されるタイ・ベトナム・マレーシア等との関係を強化するとともに、従来から化学分野に高いポテンシャルを有するインド及び中国等との積極的交流を図る。米国及び OECD 諸国についても、産総研包括協定を軸とした交流を図る。

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

----- 内部資金：

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

外部資金：

経済産業省 平成22年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 バイオ燃料等の膜分離効率向上を指向した微生物触媒および発酵プロセスの開発

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 革新的部材産業創出プログラム 新産業創造高度部材基盤技術開発・省エネルギー技術開発プログラム 革新的マイクロ反応場利用部材技術開発

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

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

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

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

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

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

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー技術研究開発 バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術開発） 膜分離プロセス促進型アルコール生産技術の研究開発

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

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援事業 A-STEP 化学的アプローチによるセルロースからの乳酸合成技術の顕在化

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

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

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー技術研究開発 グリーン・サステナブルケミカルプロセス基盤技術開発 化学品原料の転換・多様化を可能とする革新グリーン技術の開発 化学品原料の転換・多様化を可能とするマイクロ波革新グリーン技術の開発 マイクロ波化学プロセス基盤技術および糖由来ポリマーの高効率合成法の開発

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 次世代型ヒートポンプシステム研究開発 デシカント・蒸気圧縮式ハイブリッド型ノンフロストヒートポンプの研究開発 吸着剤の水蒸気吸着/脱着特性の検討と最適な多孔質構造の提案

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

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

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 産業技術研究助成事業 耐熱性・耐衝撃性に優れたバイオベース ABS 代替材料の開発とリサイクル特性評価

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 産業技術研究助成事業 電場印加液相プロセスによる規則性メソ多孔体の三次元集積化・高機能モジュール化技術の開発

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 産業技術研究助成事業 マイクロ波を駆動源とするバイオベースポリマーの高効率製造技術開発

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 産業技術研究助成事業 環境先進型界面活性剤の製造・利用技術の高度化

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 産業技術研究助成事業 グリセリン誘導体を基幹ブロックとした高機能化学品生産プロセスの開発

発表：誌上発表100件、口頭発表270件、その他42件

精密有機反応制御グループ

(Organic Reaction Control Group)

研究グループ長：島田 茂

(つくば中央第5)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

精密有機反応制御グループ第2

(Organic Reaction Development Group)

研究グループ長：韓 立彪

(つくば中央第5)

概要：

機能性化合物は、ハイテク産業を支える鍵物質であ

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

研究テーマ：テーマ題目2

分子触媒グループ

(Molecular Catalysis Group)

研究グループ長：安田 弘之

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、第3期中期計画における当部門の重点研究課題の一つである「環境負荷物質の排出を極小化する反応・プロセス技術」に主として関与する中で、環境負荷となる廃棄物を産み出さず、最小のエネルギー使用量で選択的に製品を製造するための、触媒反応プロセス技術の開発を目指している。特に分子触媒については、その回収リサイクルを重視し、各種無機・有機担体への固定化等についても検討を行っている。研究を進めるにあたってのキーワードは、高効率（高活性・高選択性）、低環境負荷（E-ファクター低減・ノンハロゲン）、再生可能資源（二酸化炭素利用）等である。具体的には、選択水素化・選択酸化・エステル化・炭素-炭素結合生成など種々の有用反応に対する新たな高効率触媒系の開発、規則性メソ多孔体や磁性ナノ粒子への分子触媒の固定化、二酸化炭素を原料とする炭酸エステル合成等に取り組んでいる。また、基盤技術として固体NMRによる触媒の精密構造解析や有機無機複合材料合成にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目2

固体触媒グループ

(Heterogeneous Catalysis Group)

研究グループ長：藤谷 忠博

(つくば西)

概要：

物質循環型社会の実現のためには、炭素資源や鉱物資源など、多様な資源の確保とその有効利用が不可欠である。そのため、バイオマス資源や再生可能資源等を原料とする化学品製造プロセスの構築に向けた技術の高度化が必要とされている。当グループでは、バイオマスを原料とする化学品製造プロセスに必要な触媒による化学変換の技術開発を行っている。特に、バイオアルコールからプロピレンへの化学変換用高性能触媒の開発を行っている。また、セルロースやグリセロ

ール等を出発原料とした有用物質への変換触媒の開発にも取り組んでいる。さらに、表面科学的手法等の高度な in situ 計測・分析技術も駆使しながら、実用化に向けた触媒の高性能化を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1

膜分離プロセスグループ

(Membrane Separation Processes Group)

研究グループ長：原 重樹

(つくば中央第5)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

化学システムグループ

(Energy-Efficient Chemical Systems Group)

研究グループ長：大森 隆夫

(つくば中央第5)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目

3

バイオケミカルグループ

(Bio-Chemical Processes Group)

研究グループ長：榊 啓二

(つくば中央第5)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

循環型高分子グループ

(Renewable Plastics Research Group)

研究グループ長：国岡 正雄

(つくば中央第5)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目1

フッ素化合物グループ

(Fluorocompound Group)

研究グループ長：田村 正則

(つくば中央第5)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目2

[テーマ題目1] 再生可能資源を利用する材料・プロセス技術

[研究代表者] 榊 啓二 (バイオケミカルグループ)

[研究担当者] 榊 啓二、国岡 正雄、廣瀬 重雄、船橋 正弘、大石 晃広、田口 和宏、竹内 和彦、長畑 律子、大内 秋比古、八木 久彰、池上 徹、根岸 秀之、羽部 浩、北本 大、井村 知弘、森田 友岳、福岡 徳馬、佐藤 俊、藤谷 忠博、高橋 厚、伊達 正和、中村 功、三村 直樹、大森 隆夫、山本 拓司、吉宗 美紀、富永 健一 (常勤職員27名、他21名)

[研究内容]

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

(バイオアルコールからの基幹物質製造プロセス開発)

バイオエタノールからプロピレンを製造するための触媒開発・硫黄吸着剤開発・脱水膜開発を行った。ZSM-

5触媒をリンで修飾することにより、触媒の脱アルミが抑制されるとともに、エタノールからのプロピレン収率35%を達成した。また、安価な市販脱硫剤を用いた高压下での固定層吸着破過曲線の測定により、プロピレンガス中の硫化水素濃度を10ppb以下に低減可能であることを確認した。さらに、炭素膜モジュールを用いて、供給温度・供給圧力・供給流量が脱水性能に与える影響を検討したところ、97%以上の脱水率を示し、脱水性能に問題がないことを確認した。

(バイオ基幹物質製造技術・利用技術の開発)

バイオディーゼル燃料(BDF)生産で副生するグリセリンにはメタノールが混入しており、直接、化学品製造原料として利用することは困難である。そこで、バイオプロセスによるグリセリン酸生産において、メタノールの有無がその生産性に及ぼす影響について検討した。BDF副生グリセリン溶液を模倣したグリセリン/メタノール混合溶液を用いて微生物反応液中に添加したところ、グリセリン酸生産量はある程度減少したものの、30wt%の高濃度メタノールを含む場合でもグリセリン酸が生産可能であった。

また、糖質系バイオマス(サトウキビ、廃糖蜜)や廃棄物系バイオマス(イカ油)など、多様なバイオマス原料からの種々のバイオサーファクタント製造に成功した。生産物の詳細な構造・物性解析を行い、原料の特性に応じて、得られるバイオサーファクタントに抗酸化性などの機能を付与できることを明らかにした。さらに、高機能保湿剤としてバイオサーファクタント製品の上市を達成したほか、油性溶媒中での液晶形成など、バイオサーファクタントの油系用途への新たな可能性を見出した。

セルロース系バイオマス原料から合成可能な化学品の中で、レブリン酸は燃料・樹脂・高機能化学品への転換が可能であり、基幹物質として極めて高いポテンシャルを有している。従来より、硫酸を用いた製造法が知られているが、原料に対して600mol%程度以上の酸が必要とされてきたことから、触媒的な合成法の開発が必要であった。我々は、プレンステッド酸とルイス酸を組み合わせた触媒系(ハイブリッド酸触媒)を開発し、従来技術と比べて酸量を1/120以下に低減しつつ、より高収率でレブリン酸を合成することに成功した。

さらに、低濃度ブタノール発酵液からブタノールを高度に濃縮する分離膜の開発を行った。シリカライト膜は水熱合成によって製造されるが、合成ゲル調整の際のエージング条件が膜性能に大きな影響を与えることが明らかになった。エージングを最適化して得られた膜をシリコーンゴムで被覆すると、ブタノールを1wt%から80wt%以上に濃縮することが可能になった。

(プラスチック製品の組成毎のバイオマス炭素含有率の測定法の開発)

プラスチック製品は多くの化合物の混合物から成り、どの成分にバイオマス由来炭素が含まれているかが重要

な要素となっている。プラスチック製品を樹脂部分と添加剤部分に溶媒分離法・熱分解分離法により分離し、それぞれのバイオマス度を求めることにより、バイオマス炭素の分布を求めることができた。様々なプラスチックに関するデータを収集し、適用可能であることを確認した。この測定法をもとにISO国際標準規格を提案し、国際審議を開始した。

【分野名】環境・エネルギー

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

【テーマ題目2】環境負荷物質の排出を極小化する反応・プロセス技術

【研究代表者】島田 茂(精密有機反応制御グループ)

【研究担当者】島田 茂、佐藤 一彦、小林 敏明、清水 政男、富永 健一、萩原 英昭、今野 英雄、今 喜裕、五十嵐 正安、韓 立彪、内丸 祐子、山下 浩、佐賀 勇太、安田 弘之、坂倉 俊康、高橋 利和、藤田 賢一、小野澤 俊也、崔 準哲、竹中 康将、深谷 訓久、遠藤 明、片岡 祥、田村 正則、徳橋 和明、陳 亮、高橋 明文、滝澤 賢二、内丸 忠文、権 恒道、水門 潤治(常勤職員31名、他38名)

【研究内容】

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

(過酸化水素による選択酸化技術)

ハロゲンフリーな過酸化水素酸化技術について、タングステン・相間移動触媒・添加剤からなる3元系触媒の適用範囲を、従来適応不可能であった多官能かつ易加水分解性基質及び多官能かつ難酸化性基質へと大きく広げる技術を開発した。エポキシ化反応について、スケールアップやコスト削減に対応できる触媒開発を行い、体系化・融合化を行った。さらに、従来の酸化プロセス基盤技術を触媒設計の面から指針を立て直し、基盤の拡大を行った。具体的には、レアメタルからコモンメタルへの触媒原料転換を目的として、鉄触媒によるスチレンの高選択的高効率エポキシ化技術を開発した。触媒種を従来

の3種類から1種類に削減しかつ新規な反応の開拓を目的として、医薬原料として利用可能な不飽和カルボン酸をパラジウム触媒1種類のみを用いて高効率に合成する技術を開発した。香料やサプリメントの原料として有用なエステル合成へ適用可能な新規触媒経路を見出し、簡便な合成技術を開発した。

(ナノ空孔反応場利用技術)

オキシラン類と二酸化硫黄との反応にメソポーラスシリカに固定化したアミンまたはアンモニウム塩触媒を用いることで、環状サルファイト類を高収率で得ることができた。環状サルファイトを蒸留精製する場合、触媒が存在していると環状サルファイトの分解が促進されるが、固定化触媒は反応溶液から容易に分離除去できるため、精製効率が向上した。分子触媒をシリカ表面に強固に固定化できる多点結合型リンカーを利用することにより、高活性(クロロ体基質で収率90%以上)かつ金属リーチングの大幅抑制(ICP質量分析の定量下限0.14ppm以下)を実現した鈴木カップリング反応用固定化触媒の開発に成功した。アルミニウム含有メソポーラスシリカの優れた触媒活性について、細孔内に特異的に存在する六配位Al種が活性種プリカーサーとして働いている可能性を見出した。また、MQMASにより測定されるPq値(六配位Al種の歪み)と触媒活性との間に正の相関を見出した。シリカ表面の有機官能基化による有機無機複合材料の合成に、安定なアリアルシラン類を利用する技術において、加熱手段としてマイクロ波照射を利用することにより、シリカ表面の有機基の密度を50%向上させることに成功した。メソポーラス材料を含むマイクロリアクターに白金触媒を担持し、ニトロベンゼンの水素化反応を行った結果、バッチ反応と比較して見かけの触媒活性が約6倍向上することが明らかになった。マグネタイト固定型酸化オスミウム触媒がオレフィンのジヒドロキシル化反応に有効であり、さらに反応後磁石に触媒を引き寄せることで、触媒の分離及び再利用が可能であることを明らかにした。

(ヘテロ元素系反応技術)

ケイ素材料の研究について、高機能シロキサン化合物の合成において鍵となる不安定化学種のシラノールを、安定に合成し単離可能な無水条件による新規な製造法の開発に成功した。ヒドロシル化反応に関して、官能基のある基質に応用するための触媒の検討を行い、特定の原料の組み合わせにおいて官能基に由来する副反応を避けつつ目的反応を進行させる反応条件を見出した。

リン材料の研究については、銅触媒を用いた空気による新酸化反応を開発し、触媒の構造を制御することにより、同じリン水素化合物から、リンーリン結合を有するものとリンー酸素結合を有する機能性リン化合物の高選択的製造法を開発した。また、光学活性リン類の新規合成法を開発し、塩化銅と光学活性リン水素化合物の反応が室温で容易に進行し、高効率で光学活性リンハライド

化合物を生成することを明らかにした。これらの光学活性リンハライド化合物が反応性に富み、温和な条件下で容易に各種光学活性リン化合物に誘導可能なことも明らかにした。

フッ素材料の研究については、発泡剤候補となる化合物の効率的な合成法を検討し、特性評価に必要な評価試料を製造した。また、候補化合物の一つについて燃焼速度を測定して燃焼性等級を明らかにするとともに、温暖化評価の高度化を進めた。冷媒化合物の評価に関して、HFO-1234yfを中心とした混合系について不燃化する混合比を見出すとともに、HFO-1234yf等の燃焼速度が湿度の増加とともに大きくなることを見出した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 選択酸化、ヘテロ元素化合物、金属錯体、マイクロリアクター、マイクロ波化学合成、ナノ空孔材料、固定化触媒、二酸化炭素

[テーマ題目3] 分離技術等を応用した省エネルギー型化学プロセス技術

[研究代表者] 原 重樹(膜分離プロセスグループ)

[研究担当者] 原 重樹、中岩 勝、藤原 一郎、向田 雅一、須田 洋幸、吉宗 美紀、大森 隆夫、遠藤 明、川合 章子、山本 拓司、片岡 祥、榊 啓二、池上 徹、根岸 秀之
(常勤職員14名、他21名)

[研究内容]

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

(膜及び膜分離プロセスの評価・解析手法の開発)

水素を効率よく透過して分離する膜としてパラジウムなどからなる金属膜が知られている。希少金属であるパラジウムの使用量を減らし、社会での利用拡大を目指して膜の薄膜化や代替材料の開発を進めている。この開発の基盤となるのが水素透過係数(膜材料の水素透過特性を表す代表的指標)であり、我々はより精確な評価・解析のため、この係数に圧力依存性を取り込むことを提案している。今年度はこの方法を発展させ、膜両側の圧力差を抑えつつ膜の水素透過流束を測定して特性を評価する方法を開発した。これにより、機械的強度に懸念のあ

る厚さ5 μm の箔状合金膜でも、広い圧力域に対して水素透過特性を評価することが可能になった。

(化学プロセスのための新規分子ふるい分離膜の開発)

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

(低温廃熱の有効利用が可能な新規ナノ多孔質吸着剤の開発)

メソポーラスシリカを吸着材として使用したデシカントサイクルと、蒸気圧縮式冷凍サイクルのハイブリッドシステムにより、冬季におけるノンフロスト運転と、夏季におけるノンドレイン運転を可能とするノンフロストヒートポンプの開発について、細孔径が約3.8nm のメソポーラスシリカを合成し、その水蒸気吸着等温線の温度依存性を検討した。 -10°C ~ 25°C の範囲で吸着等温線を求め、いずれの試料も氷点下において着氷を起さなことを確認した。

また、泳動電着法によるメソ多孔体の吸着モジュール化技術を確認することを目的として、デシカント空調システムの除湿・加湿エレメント用熱交換フィンや吸着ローターを想定して、アルミニウムハニカム上への電着膜作製について検討し、均一な製膜を行う方法を確立した。膜強度の向上を目的として、添加するバインダーについての検討も行い、PVB 添加の電着膜は機械的強度が非常に大きいことなどを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

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

⑫【エネルギー技術研究部門】

(Energy Technology Research Institute)

(存続期間：2004.7.1~)

研究部門長：長谷川 裕夫

副研究部門長：武内 洋、上野 和夫、角口 勝彦

主幹研究員：杉原 秀樹、山崎 聡、宗像 鉄雄

所在地：つくば中央第2、つくば中央第5、つくば東、つくば西

人員：123名 (123名)

経費：1,638,331千円 (636,453千円)

概要：

1. ミッションと目標

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

2. 主要研究項目

上記目標を実現するために、以下の主要研究項目について研究開発を行う。

1) 高効率エネルギーマネジメントシステム技術に関する研究

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

2) 住宅用エネルギーシステム技術に関する研究

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

3) 次世代高効率分散電源技術に関する研究

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

4) 水素エネルギー技術に関する研究

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

5) エネルギー資源変換技術に関する研究

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

6) エネルギー技術評価に関する研究

二酸化炭素の回収貯留や水素を媒体としたシステム等の革新的エネルギー関連技術について、開発・導入シナリオの分析・評価を行う。

(つくば中央第2)

外部資金：

経済産業省

平成22年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業

「ナノテクノロジーを用いた高性能熱電変換材料」「ハイブリッドキャパシタ電極用ナノ構造材料の合成と評価に関する研究」「再生可能エネルギー導入に備えた統合型水素利用システムに関する研究」「色素増感起電力を利用した水分解水素製造」「人工光合成」「放射光軟X線を利用したエネルギー貯蔵デバイス用ナノ電極材料の電子状態解析」

平成22年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究）

「非意図的生成 POPs の生成挙動と排出抑制に関する研究」

平成22年度原子力試験研究委託費

「高電流密度多種イオンビームシステムの開発に関する研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構受託費

「水素貯蔵材料先端基盤研究事業」「固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発」「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」「新エネルギー技術研究開発次世代風力発電技術研究開発」「戦略的炭素ガス化・燃焼技術開発（STEP CCT）」「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発」「ナノテク・先端部材実用化研究開発」「戦略的国際標準化推進事業」等

独立行政法人科学技術振興機構受託費

「戦略的創造研究推進事業（CREST）／超低損失パワーデバイス実現のための基盤構築」

財団等

「測位用擬似時計技術開発」「アジア低炭素社会の構築に向けた緩和技術のコベネフィット研究」「高性能蓄電デバイス創製に向けた革新的基盤研究」「未利用森林資源のバイオオイル化等による小規模分散型・トータル利用システムの構築ーガス化合成ガス製造の実証ー」等

発表：誌上発表339件、口頭発表573件、その他36件

エネルギーネットワークグループ

(Energy Network Group)

研究グループ長：村田 晃伸

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3

エネルギー社会システムグループ

(Socio-economics and Policy Study Group)

研究グループ長：西尾 匡弘

(つくば東・西)

概要：

長期的視点に立って、新しいエネルギーシステムの導入シナリオや社会経済的側面等について研究する。具体的には、基盤的研究や広範な調査研究により取得する評価データに基づいて、次のような分野の研究を推進する。(1)再生可能エネルギーの水素によるエネルギー貯蔵を組み込んだ最適エネルギーシステム、(2)技術の社会的受容性や地域への分散電源の導入促進に係る制度的側面、(3)二酸化炭素の回収隔離に関する政策研究、(4)エネルギー経済モデルなどを用いた長期的エネルギーシナリオの分析、および(5)技術導入による社会へのインパクトに関する研究。これらの研究開発を通じて、国内外の研究者や政策担当者とのネットワークも醸成し、国際戦略的視点をも踏まえて、エネルギー技術政策及びそれとリンクした二酸化炭素削減に係る政策を支援・提言する役割を果たす。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5

熱・流体システムグループ

(Thermal and Fluid System Group)

研究グループ長：平野 聡

(つくば東・西)

概要：

省エネルギーの推進に資するとともに、自然熱、人

工的な排熱等、未利用熱の高度利用を図り、新エネルギーの活用・導入、CO₂削減、エネルギー資源枯渇化対策等への貢献を進めており、分散型エネルギーシステムを構成する基盤的技術である熱流体システムの高度化や熱流体システムの革新的利用技術の開発を目指して、個々の構成要素技術や計測・制御技術の開発及びシステム化等を行い、熱・流体システムの導入普及を図ることをグループの目標としている。

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

研究テーマ：テーマ題目 6

ターボマシングループ

(Turbomachinery Group)

研究グループ長：壹岐 典彦

(つくば東・西)

概要：

持続可能社会の実現をもたらす分散型エネルギーネットワーク技術の開発を積極的に推進している。[1] 風力発電に関して、NEDO 次世代風力発電(基礎・応用技術研究開発)プロジェクトを推進し、風洞実験、CFD 等を援用した複雑地形風特性モデルの開発・評価を進めるとともに、IEA-Wind などの国際協力を行っている。また小形風車に関して民間企業との共同研究を通して1kW 級小形風車の性能向上のための実験を継続している。[2] ガスタービンシステムの研究に取り組んでおり、札幌市立大学との共同研究で得たマイクロ・ガスタービンコージェネレーションシステムの運転データを元に最適化の研究を行っている。タービンを石炭ガス化装置や燃料電池と組み合わせたシステムなど様々なサイクル計算にも取り組んでいる。[3] ガスタービン、圧縮機、風力発電などを出口として想定した基盤技術を研究している。コーティングや複合材料のプロセス技術を用いた、熱電素子や固体酸化物形燃料電池セル等のエネルギーデバイスの開発や、ターボ機械を用いた、燃料電池の燃料再循環技術に取り組んでいる。流れの能動的制御に関して、誘電体バリア放電プラズマアクチュエータ(DBD-PA)の開発を進めている。また、流体制御技術の応用として非接触吸着技術の開発も進めている。

研究テーマ：テーマ題目 7

燃焼評価グループ

(Combustion Control Group)

研究グループ長：土屋 健太郎

(つくば西)

概要：

燃焼に伴って排出される有害物質を効率的に抑制して環境保全をはかることは、エネルギーの有効利用を推進する上で重要な課題である。燃焼に伴って生成するダイオキシン類、多環芳香族化合物等の有害物質生成機構には不明な部分が多いため、燃焼の最適制御による生成抑制とともに排ガス処理装置の高性能化による後処理が必要である。ところが排ガス処理装置は高性能を狙うと設置、運転とも高コスト、高エネルギー消費となるため、排出源でできるだけ生成を抑えることが必要である。そこで当グループでは、有害物質の生成機構を明らかにして本質的な生成抑制を可能にするとともに、各種燃料に対する燃焼反応の詳細を調べて、どのような状況においても有害物質の生成を抑制した燃焼が可能となることを目的に研究を進めている。

具体的には、実機の燃焼条件を模した基礎的な燃焼装置を用いて、クロロベンゼンやダイオキシン類に代表される有機塩素化合物の生成挙動や反応機構の解明を行うとともに、計算化学的な手法を用いて多環芳香族等の生成に関連する化学反応を解析する研究を行っている。また、PCB に代表される有機塩素化合物を分解し無害化処理する研究も行っている。本年度はパラジウム使用量を低減した高活性な触媒の開発に成功した。

さらに、次世代の燃焼制御技術に資するべく、酸素濃度と火炎構造の関連をレーザー計測法によって明らかにする研究も行っている。また、金属とその酸化物の酸化還元反応を利用した新しい燃焼器の開発を目的とする研究も進めている。

研究テーマ：テーマ題目 8

安全評価グループ

(Safety Assessment Group)

研究グループ長：小杉 昌幸

(つくば西)

概要：

地下貯蔵施設の断層監視技術について、現場サイトの断層における三次元挙動の監視継続によって装置の長期監視の実用性を検証し、岩盤内三次元ひずみ挙動を分析した。また、ノルウェーとの国際共同研究においてアジア地域における断層などの監視計画の議論を進めた。エネルギー事業所などの環境対策技術の導入評価法について、産総研のデータベースを利用した「全体管理」法を自治体などに紹介し、施設エネルギ

一消費データを集積してデータベースの充実を図り、エネルギー消費効率や CO₂排出原単位の分布分析を進めた。併せて、私立大学などの省エネ対策推進管理への適用を進め、共同研究によるプロジェクトを具体化した。エネルギー事業所のための対策技術開発として、自己防災機構及び通気口閉塞防災材料の実験的な検討を共同研究で行い、難燃性の観点からチューブ状熱膨張性複合樹脂の最適配合を実験的に明らかにし、熱風・火炎に曝された場合に通気口を閉塞する類焼防止技術の実用化開発を進めた。

宇宙技術グループ

(Space Technology Group)

研究グループ長：阿部 宜之

(つくば中央第2)

概 要：

宇宙環境の有するポテンシャルを活かして、エネルギーと環境の調和を図り、社会生活に還元することを目標として研究開発を進めている。宇宙の位置的ポテンシャルを利用する視点から、従来にない正確な位置情報、時間情報を供給可能な、準天頂衛星の基盤技術に関する研究を実施している。エネルギー技術という視点から、宇宙で得られる安定な太陽エネルギーを、地上へ基幹電力として供給する新技術について、基盤技術開発を実施している。また、宇宙利用を主目的とした技術を、地上技術としてスピノフさせるために、無重力で顕在化する特異な表面張力挙動を積極的に用いた、パワーエレクトロニクス、マイクロエレクトロニクス等の汎用冷却技術に関して研究を実施している。

研究テーマ：テーマ題目 9

燃料電池システムグループ

(Fuel Cell System Group)

研究グループ長：嘉藤 徹

(つくば中央第2)

概 要：

燃料電池システムグループでは、大幅な炭酸ガス排出削減、省エネルギーが期待できる固体酸化物形燃料電池 (SOFC) についてセル、システム評価解析技術、規格・標準化技術等の研究開発を行い、実用的なシステムの開発、SOFC 市場の創成、早期実用化に寄与すべく進めている。また、より高効率な SOFC システム、ゼロエミッション SOFC システム等次世代 SOFC の可能性とそれらの開発時の課題を明らかにするための基礎研究を実施している。更に、これらの研究で蓄積した電気化学技術を利用し、エネルギー、環境技術の開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目 10

燃料電池材料グループ

(Fuel Cell Materials Group)

研究グループ長：堀田 照久

(つくば中央第5)

概 要：

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

研究テーマ：テーマ題目 11

熱電変換グループ

(Thermoelectric Energy Conversion Group)

研究グループ長：山本 淳

(つくば中央第2)

概 要：

熱電変換は特殊な半導体や金属 (熱電材料) を用いて熱エネルギーと電気エネルギーを直接変換する技術である。熱電材料に温度差を与えると起電力が発生する効果 (ゼーベック効果) を用いて、熱エネルギーから電気エネルギーを取り出したり、逆に熱電材料に電流を流すことで吸熱現象を起こす効果 (ペルチェ効果) を用いて物を冷やしたりすることができる。また、熱電変換は温度が低く捨てられている低品位な未利用排熱でも、電気エネルギーに変換することができる。一方、熱電変換の効率は熱源の温度、熱電材料、モジュールの性能に依存するため、その実用化普及には材料からモジュール開発まで幅広い研究開発が必要である。当グループでは、未利用排熱を効率よく電気エネルギーとして回収するための材料とモジュールの開発を進めている。さらに、熱電変換用の材料評価技術、モジュール性能評価技術の開発にも力を入れている。

研究テーマ：テーマ題目 12、テーマ題目 13

エネルギー貯蔵材料グループ

(Energy Storage Materials Group)

研究グループ長：児玉 昌也

(つくば西)

概要：

電力貯蔵は、エネルギー利用の多様化と高効率化のために重要な技術の一つであり、二次電池やキャパシタなどの電力貯蔵デバイスが、ハイブリッド自動車や電気自動車、あるいは電力需給の平準化などに用いられている。炭素材料は、次世代エネルギーシステムの中ですでに重要な役割を果たしているリチウム電池や燃料電池などの先進デバイスにおいて、欠くことのできない材料として近年脚光を浴びているが、当グループでは、長年培ってきた炭素材料のナノ構造制御・解析技術を生かして、21世紀の分散型エネルギーシステムにおいてその実用化が期待されているキャパシタ用高性能電極の開発を行っている。また、革新的省エネルギーシステムの要素技術となりうる水素製造技術や水素貯蔵技術に関しても、先導的な研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目14、テーマ題目15

エネルギー界面技術グループ

(Energy Interface Technology Group)

研究グループ長：周 豪慎

(つくば中央第2)

概要：

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

平成22年度は、ナノサイズ活物質や無機・有機複合活物質などを利用した高性能リチウムイオン電池電極の合成と電池性能の評価、中温領域に作動するリチウムイオン電池の構築と評価、リチウムイオン電池の安定性と劣化メカニズム解明、ハイブリッド電解液「=有機/固体電解質/水溶性電解液」を利用した新型リチウム-空気電池、特に新型リチウム-空気電池触媒へのメタルフリーのグラフェンの展開、リチウム-銅空気電池、リチウム-水電池によるクリーンな水素の生成、表面ナノ構造の修飾を利用した超撥水界面技術、などの研究開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目16

超電導技術グループ

(Superconductor Technology Group)

研究グループ長：山崎 裕文

(つくば中央第2)

概要：

液体窒素温度で電気抵抗がゼロとなる高温超電導酸

化物の電力機器などへの応用を目指して、超電導材料の作製・評価技術、マグネット製作技術、冷却技術などの研究を行なっている。特に、超電導マグネットの各種応用、送電ケーブルの損失低減の研究などに注力している。

超電導コイルが発生する強大な電磁力を積極的に利用した新しい起震方式の物理探査用人工震源を開発し、起震力1kN、震動周波数5-1,000Hzの世界初の震探データ取得の成功に貢献した。また、NEDOプロジェクト「リチウム系超電導電力機器技術開発」の推進を支援するため、円筒状超電導線材および二層電力ケーブル状導体の交流損失について理論解析を行った。横磁場中の円筒状線材の交流損失の振舞を明らかにし、また二層電力ケーブルの損失機構を解明して導体構造最適化の指針を示した。材料研究では、YBCO薄膜にnmオーダーの欠陥を磁束ピン止め中心として導入する方法を探索している。nmサイズの孔を有するポーラスアルミナ自立膜及びアルゴンイオンミリングを用いて、欠陥の少ないYBCO薄膜中にナノスケール欠陥を導入することに成功し、臨界電流密度を約70%向上させた。

研究テーマ：テーマ題目17

パワーレーザーグループ

(Power Laser Group)

研究グループ長：三浦 永祐

(つくば中央第2)

概要：

超短パルス超高強度レーザーやパルスパワー装置を用いてエネルギーを時間的、空間的に集中して物質に照射することによって、これまで実現できなかった超高強度電磁場、超高密度、超高温、超高压を持つエネルギー密度の高いプラズマを作り出すことができる。この様な高エネルギー密度プラズマの応用を目指した革新的エネルギー利用技術の研究を実施している。

医療、先端計測等への応用が期待される小型高エネルギー粒子加速器、高輝度X線・ガンマ線源の実現を目指し、超高強度レーザーとプラズマの相互作用を用いたレーザープラズマ電子加速の研究、レーザープラズマ加速電子ビームとレーザーの相互作用によるレーザーコンプトン散乱X線発生の研究を進めている。また、パルス電子ビームによって生成されるプラズマを用いたパーフルオロカーボン等の難分解性ガスの高効率分解処理装置を目指し、小型パルス電子ビーム装置の開発を進めている。高エネルギー密度プラズマの生成過程、その中での電磁現象、原子分子過程の理論的研究も進めている。

水素エネルギーグループ

(Hydrogen Energy Group)

研究グループ長：中村 優美子

(つくば中央第5)

概要：

水素エネルギー社会を実現するためには、気体で希薄なエネルギーである水素の効率的な輸送・貯蔵法を確立することが不可欠である。水素貯蔵材料は、液体水素をしのぐ体積水素密度で水素を貯蔵できる材料であり、燃料電池自動車の燃料タンクを始めとする、多くの用途に利用できるものと期待されている。現状では質量水素密度が十分ではないため、これを向上させることが課題とされている。当グループでは、これまでに、軽量な水素貯蔵材料の開発を進め、世界最高レベルの約3質量%の水素吸蔵量を持つ材料の開発に成功しているが、さらに軽量な金属からなる新規材料の提案及び開発を目指している。また、材料開発に欠かすことのできない指針を基盤的側面から提供するため、水素貯蔵材料のナノ構造及び結晶構造を解析するための水素雰囲気下 (in-situ) における X 線回折法、中性子回折法、陽電子消滅測定法など各種測定手法の開発と材料解析への適用を進めている。

太陽光エネルギー変換グループ

(Solar Light Energy Conversion Group)

研究グループ長：佐山 和弘

(つくば中央第5)

概要：

太陽光エネルギーの高効率な利用による、新しいクリーンエネルギーの生産プロセスの提案と実証を最終的な目標とし、新しい次世代型太陽電池として注目されている色素増感太陽電池、及び太陽光エネルギーを利用して水を直接分解し水素を生成したり炭酸ガスを固定する人工光合成について研究を行っている。色素増感太陽電池については、モジュールを構成する単セルの高効率化を目指した技術開発を中心に、高効率化・耐久性の向上に向けた基礎的知見を得ることを目指している。具体的には、増感色素、酸化半導体電極の開発、セル構成法の開発を行い、光電流、光起電力向上を実現するとともに、異なる波長範囲の光エネルギーを効率良く変換する複数のセルを組み合わせるタンデムセル化の要素技術を開発し、2020年までに単セルの変換効率15%以上の実現を目標としている。人工光合成については、水を水素と酸素に完全分解するための高性能光触媒材料の開発、反応機構の解明、可視光を高効率で利用する反応システム的设计、炭酸ガスをギ酸に還元する錯体触媒開発、環境浄化光触媒開発等を行い、その実現可能性について検討している。

研究テーマ：テーマ題目15、テーマ題目18、テーマ題目

19

新燃料グループ

(Advanced Fuel Group)

研究グループ長：鷹背 利公

(つくば西・第5)

概要：

重質炭化水素資源（石炭、重質油、超重質油等）のクリーン燃料化技術、高度転換技術、及びその用途開発に関する研究を行っている。褐炭、亜瀝青炭を含む高範囲の石炭から製造可能なハイパーコール（無灰炭）は、灰分を含まず、均質で反応性が高いことから、クリーンで高品質なエネルギー資源として注目されている。そのハイパーコールの用途技術として、現在、高強度コークス製造のための高性能粘結材の開発、並びに次世代の低温触媒ガス化用燃料への応用に関する研究を行なっている。また、今後の重要なエネルギー資源として位置付けられている重質油、超重質油から、クリーンな液体燃料を製造することを目的として、溶剤緩和法を用いた重質油アップグレーディング技術（SMART プロセス）、水蒸気雰囲気下での酸化鉄系触媒を用いた軽質化技術、超臨界水条件におけるピッチャメン分解技術、並びに酸化脱硫技術等の研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目20

クリーンガスグループ

(Clean Gas Group)

研究グループ長：鈴木 善三

(つくば西)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目15

BTL 触媒グループ

(BTL Catalyst Group)

研究グループ長：村田 和久

(つくば中央第5)

概要：

循環型資源利用とエネルギーセキュリティに貢献するため、バイオマス原料からの輸送用燃料製造のための統合化技術構築を目的として、ガス化により得ら

れる合成ガスの液化のための触媒技術の高度化を中心とした開発を行う。BTL プロセスは、ガス化ーガス精製ーFTー水素化分解・異性化からなり、GTL などと比べて小規模分散型になることが想定されている。このため、プロセスのシンプル化、低圧化が求められるため、BTL 触媒チームでは、液化工程である FT 反応の固定床低圧化と、水素化分解技術の簡略化を念頭に研究を行う。また、生成物としては、燃料を目指したガソリン、灯油だけでなく、同じバイオ合成ガスからのエタノール等の混合アルコール合成についても、化学品中間体製造をも視野に入れつつ、併せて触媒開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目21

電力エネルギー基盤グループ

(Energy Enabling Technology Group)

研究グループ長：西澤 伸一

(つくば中央第2)

概要：

将来の電力化社会では、電力エネルギーが、時空を超えてユビキタスに利用される。そのため、2030年までに高度電力エネルギーマネジメントシステムの実用化を目指し、以下の研究開発を行っている。1) グリッド対応次世代高耐圧半導体の研究（シーズ技術）：ダイヤモンドなどの数 kV 以上の高耐圧半導体デバイスの実現を目指して、基板、物性、デバイスおよび応用基礎技術の研究を行っている。また、高電圧光絶縁や超高電圧真空スイッチングデバイス、次世代光源を狙い、ダイヤモンド電子物性の特徴を最大限にいかした光・電子放出の研究とデバイス化の研究を行っている。2) 高耐圧電力変換装置の信頼性決定因子の基礎研究（キー技術）：変換器の信頼性向上が、グリッドへのエレクトロニクスの導入の要である。変換器の信頼性を決定する重要因子である、半導体、パッケージなどの信頼性に係る基礎研究を行っている。3) 大規模仮想電力ネットワークのハード技術（応用技術）：電力エネルギーのユビキタス化は、多数の電力変換器を多段・並列に接続し、これらの電力変換器を自律分散協調させながら最適化制御することである。このために必要な、変換器、制御技術など、特にハード技術に係る基礎研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目22

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

〔研究代表者〕村田 晃伸

(エネルギーネットワークグループ)

〔研究担当者〕村田 晃伸、近藤 潤次

(常勤職員2名)

〔研究内容〕

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

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

先行研究では、系統周波数を検出して系統全体の需給バランスを判断して消費電力パターンを自律的に制御するボードを開発し、ヒータ式の電気温水器に組み込み、動作確認した。しかし、①今後は高効率な CO₂冷媒ヒートポンプ式給湯機が普及すること、②系統周波数検出による自律制御は北海道のような独立系統では有効だが、本州のように交流連系した系統では不十分、という問題がある。そこで、平成22年度は、CO₂冷媒ヒートポンプ式給湯機への適用を検討した。また、青森県六ヶ所村の複数の一般需要家住宅に、開発したボードを組み込んだ CO₂冷媒ヒートポンプ式給湯機を設置しての実証試験にとりかかった。

〔分野名〕環境・エネルギー

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

〔テーマ題目2〕エネルギー統合運用システム技術

〔研究代表者〕村田 晃伸

(エネルギーネットワークグループ)

〔研究担当者〕村田 晃伸、安芸 裕久、近藤 潤次
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

住宅部門の二酸化炭素排出削減や省エネルギーを達成するために、太陽光発電、CO₂ヒートポンプ給湯器、家庭用蓄電装置などの様々な創エネ・省エネ機器が開発され、さらには住宅内の省エネルギー行動を支援するエネルギーマネジメントシステムの開発も進められている。しかし、全住宅に創エネ・省エネ機器を普及させること

には困難があるうえ、住宅どうしの連携を欠いた個別的な省エネルギー行動の効果には限界が予想される。

本研究では、市民が個々に努力をするだけでなく、近隣住宅と協力しあってエネルギーの有効利用を図ることで低炭素社会を実現するために、複数住宅間でエネルギー（電気や温水）の融通やエネルギー機器の共有と統合的な最適制御を可能とするエネルギーマネジメントのための統合運用システム技術の開発を行う。

平成22年度は、先行研究（2007～2009年度）において、一般住宅6戸を対象に電気、給湯に関するエネルギー消費量を2秒間隔で計測したデータを基にした住宅エネルギー需要データベースを構築した。柱上変圧器下流の複数住宅の間で電気と熱を融通する住宅エネルギーネットワークを対象に、エネルギー需要データベースと日射データを用いて、最適な機器構成や運転パターンを選択する機能を有する統合運用シミュレーションモデルのプロトタイプを開発した。太陽光の出現確率付き発電量予測にもとづき蓄エネルギー機器を運用するアルゴリズムを考案した。さらに、開発技術を実証するプラットフォームとして、太陽光発電、CO₂ヒートポンプ給湯器、太陽熱温水器などを備えた住宅2軒からなるエネルギーネットワークを模擬した実証実験設備を構築した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】エネルギーネットワーク、住宅地域、統合運用システム、データベース、シミュレーション、実証実験設備

【テーマ題目3】エネルギーシステム分析に関する国際活動

【研究代表者】村田 晃伸

（エネルギーネットワークグループ）

【研究担当者】村田 晃伸、遠藤 栄一

（常勤職員2名）

【研究内容】

産総研（旧電総研）は、IEA-ETSAP（国際エネルギー機関 エネルギー技術システム分析プログラム）に発足時から加盟し、エネルギーシステムモデル MARKALの開発に参画するとともに、これを用いた共通シナリオ分析などを通して活動に貢献してきた。しかし、その後脱退し、残った日本原子力開発研究機構も2007年に脱退したため、IEA-ETSAP のアネックス XI 以降の活動には、現在、日本からの加盟機関がない状態になっている。本部門重点課題では、IEA-ETSAP への再加盟について、その得失、可否を判断できるよう、ETSAP ワークショップ、執行委員会 等への参加を通して現状を調査するとともに、エネルギーシステム分析能力を高めて再加盟に備えることを目指している。

平成22年度は、6月にストックホルムで開催された ETSAP ワークショップと執行委員会（国際エネルギーワークショップと同時開催）に参加し、次期計画（2011

年～2013年）の内容と主要参加国の対応を確認した。その結果、産総研単独での次期計画からの復帰は見送ることとした。12月には、国内 ETSAP Tools ユーザーとの連携を通じてモデル分析能力の向上をはかるために、IEA-ETSAP が現時点で配布している標準的な MARKAL（GAMS 版）の開発者グリー ゴールドスタイン氏を招聘して MARKAL のセミナーを開催した（12月13日～15日）。産総研4名のほか、国内6研究機関（東大、慶應大、国環研、みずほ情報総研、三菱総研、SRC）から計13名の参加を得た。また、新規利用者の拡大に資するために、日本版 MARKAL 用データベースの整備を進めた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】国際エネルギー機関（IEA）、エネルギー技術システム分析プログラム（ETSAP）、MARKAL モデル

【テーマ題目4】自然エネルギー・水素統合システムの開発

【研究代表者】西尾 匡弘

（エネルギー社会システムグループ）

【研究担当者】西尾 匡弘、中納 暁洋、伊藤 博、前田 哲彦（常勤職員4名）

【研究内容】

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

水素貯蔵技術に関しては、水素吸蔵合金の熱利用率の評価を行う数値計算コードの精度を向上させるべく、メッシュモデル、境界条件をより実験条件に合わせるよう改良した。その結果、従来モデルを用いた計算よりも精度よく実験結果を再現することができた。更に複数台タンクによる熱利用率向上手法（特許出願済）に関し当該コードの有効性の確認を行っている。また、水素吸蔵合金タンクの熱容量を下げ、熱利用率を向上させる目的で簡易フィン付き横置き型タンクの試験、及び応力測定を行い性能向上のための設計指針を得た。

水電解・燃料電池一体型セル（可逆セル）の構造最適化、及び耐久性向上を目指した研究については可逆セル内の水分管理に重要な役割を果たすガス拡散層（GDL）について、昨年度得た知見を元に、GDL 多孔構造内にチタン粉を含浸させることでその細孔構造の改善を図った。同 GDL を組み込んだセルの性能評価試験

においては、水電解性能では大きな改善は得られなかったが、高加湿条件下の燃料電池性能が著しく向上した。これにより更なるセル性能向上へ向けた GDL 最適化の重要な指針を得ることができた。

本研究では移動体へのエネルギー供給を見据えた研究開発も同時に進めている。この場合、統合型水素利用システムとオフサイト型水素ステーションを組み合わせた形となることから液体水素を取り扱うことになる。液体水素のボイルオフガス (BOG) はほぼ全てパラ水素で構成され、我々が普段使用しているノーマル水素とは若干異なる熱物性を示す。LaNi₅系水素吸蔵合金に触れたパラ水素はノーマル水素への変化が他の合金に比べて早く進むという報告があることから、開発した水素吸蔵合金タンクに液体水素 BOG を吸蔵・放出させその諸特性について調査した。その結果、BOG はノーマル水素と同様に扱うことができ、システム運用上問題ないことを確認した。また、音波を利用した液体水素に対する液量計測法の開発に関し、液体窒素を用いた実験で静的状況下において約±10%の精度で計測できることを確認した。最後に、再生可能エネルギーの大量導入に貢献できる水素システムの検討のため、米国の水素システムについて調査を行い米国との共同研究に向けた水素吸蔵合金タンクの製作を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素システム、水素貯蔵、水電解、燃料電池、液体水素

【テーマ題目5】エネルギー技術導入シナリオ分析・評価

【研究代表者】西尾 匡弘
(エネルギー社会システムグループ)

【研究担当者】西尾 匡弘、近藤 康彦
(常勤職員2名、他3名)

【研究内容】

低炭素社会の実現のためには、革新的なエネルギー技術の大幅な導入が必要であり、そのためには政策に立脚した技術開発・導入普及の推進が不可欠となる。その過程において、実現すべき技術のポテンシャル評価と研究開発動向、開発・導入シナリオの明確化等が求められる。

本研究では、①既存のエネルギー技術開発・普及に関するエネルギーシナリオ分析、②革新的技術の大量導入に関する影響評価、③環境・資源制約下でのエネルギー・資源需給等に関するモデル構築、等を行った。

①既存のシナリオ分析では、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 再生可能エネルギー源に関する特別報告書 (SRREN) および国際エネルギー機関 (IEA) エネルギー技術展望 (ETP) 等のシナリオを中心に検討した。SRREN では、世界の一次エネルギー供給に再生可能エネルギー、特にバイオエネルギーのポテンシャル

が大きく示されている。また、カーボンニュートラルとされるバイオマスエネルギーから発生する CO₂に対しても回収貯留させる可能性にも言及がされている。また、IEA においても、大幅な CCS 導入が不可欠であることが示された。IPCC の第五次評価が開始されるタイミングであり、これらシナリオの統合評価が進められることから、積極的な関与を図りたい。

②技術導入の影響評価においては、2030年までに太陽光発電設備が大量に導入される際の民生家庭部門における電力等エネルギー需要の変動と、太陽光発電による電力供給とのギャップによる、既存の系統電源への逆流流による影響について分析と評価を行った。本年度は昨年度までに実施した、近畿圏における分析を全国に拡張して展開し、民生家庭部門へのヒートポンプ給湯器の導入量と夜間電力消費量の増大、また太陽光発電大規模導入時の昼間時における余剰電力の逆潮流量について分析を行い、従来とは異なる電力負荷曲線の変化による系統電源への影響について検討を行った。また家庭からの余剰電力逆潮流量を低減させることを目的とした、ヒートポンプ給湯器焚き上げ時間の変更による、系統電源への負荷緩和効果について評価を行った。さらに降雪期、また積雪地域における太陽光発電による発電電力量の補正方法について検討を行った。

③我々の社会経済活動の基礎となるエネルギーおよび鉱産物資源の需給や CO₂排出など、その活動による環境影響に関わる将来シナリオを提示する分析ツールの開発を継続した。今年度は、鉱産物資源需給評価の高度化と温暖化に伴う経済的影響評価手法の開発を実施した。また同時に、持続的発展を測る指標の推計方法の検討と開発も行った。その結果、鉄、セメント、銅などの鉱産物資源とエネルギー需給の評価と、将来的に持続可能な社会となるための指標を示す推計方法の検討・試行を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】革新的エネルギー技術、環境制約、資源制約、シナリオ、持続性指標

【テーマ題目6】SOFC の高度排熱利用技術に関する研究開発

【研究代表者】平野 聡 (熱・流体システムグループ)

【研究担当者】平野 聡、竹村 文男、遠藤 尚樹、
上山 慎也、稲田 孝明、染矢 聡、
高橋 三餘、計良 満
(常勤職員6名、他2名)

【研究内容】

一般家庭などの小規模需要に対してコージェネレーションシステムを導入して、省エネルギーを促進する試みが模索されており、実際に都市ガスを燃料とした1kW クラスの小型分散用のガスエンジンや PEFC (固体高分子形燃料電池) システムも試作・販売されている。しか

し、大規模発電プラントの発電効率の向上、負荷変動が激しい小型分散発電源の特性、初期コストなどを考慮すると、それらの導入による省エネルギー効果には多くのメリットを見出せない状況にあり、より効率の高いシステムの開発が望まれている。

最近の SOFC（固体酸化物形燃料電池）の技術的発展は目覚しく、直近の報告によれば、その発電効率は DC 端出力で60%を超えている。さらに、SOFC に加え、その排熱でガスタービンを動作させる複合システムでの発電効率はさらに向上することがサイクル計算により示されている。しかし、高効率が期待できる SOFC-ガスタービン複合システムは、マイクロガスタービンを用いても、150kW 以上の規模が対象となる。これに対し、スターリングエンジンは、現状の技術レベルでも、数 kW クラスにおいて20%を超える熱効率を有する上、作動ガス温度も500℃から700℃と SOFC の排出ガス温度に近く、SOFC との適合性も優れている。また、ガスタービンとは異なり、SOFC 内を加圧する必要がないため、現在コジェネレーション用として開発している SOFC 技術の多くを流用できる利点もある。

そこで、SOFC とスターリングエンジンの小型複合システムに注目し、これまでにサイクル計算による SOFC-スターリング複合システムの性能予測、1kW クラスのスターリングエンジンの開発・評価、高温熱交換部のヒータ構造の研究および起動用バーナの開発、SOFC 開発状況の調査と、複合システムの実現に必須となる燃料再循環技術などの検討を行ってきた。その結果、低空気過剰率での動作が可能となれば、複合システム化により10%以上の効率向上が見込まれることがわかった。

SOFC の動作温度は750℃から900℃と高温のため、回転部を持たないエジェクタポンプを燃料の再循環に用いることが有効である。その動作原理は、流速の早い駆動流（ここでは、新気の燃料）から吸引流（ここでは、セル出口のアノードガス）に運動エネルギーを与え、ディフューザで圧力回復させることにある。セル出入口前後の圧力損失を上回る圧力回復ができれば、アノード排ガスを再循環できることになる。モデル解析によれば、セルでの圧力損失が100Pa の場合に、その回復に必要な駆動流の流速は、175m/s 以上と見積もられた。そこで、燃料再循環用エジェクタの設計・試作を行い、燃料再循環に必要な再循環率と回復圧力が試作エジェクタでほぼ得られることを、常温において明らかにした。

平成22年度は、燃料再循環用エジェクタの高温特性を調べた。実験では SOFC のアノード側流れを模擬した装置を用い、窒素を駆動ガス、アルゴンを吸引ガスとして、アノード側に相当する抵抗管路前後の差圧と再循環率の測定を行った。窒素とアルゴンの流量比は、密度比が SOFC 条件となるように設定した。実験の結果、600℃に至る高温においても常温に近い再循環率と回復

圧力が得られることを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】固体酸化物形燃料電池、複合システム、スターリングエンジン、エジェクタ

【テーマ題目7】SOFC の燃料再循環ブロウに関する研究開発

【研究代表者】壹岐 典彦（ターボマシングループ）

【研究担当者】壹岐 典彦、井上 貴博、菊島 義弘、鈴木 雅人、瀬川 武彦、袖岡 賢、藤田 和宏、松沼 孝幸、千坂 文武、湯木 泰親、川添 美智子
(常勤職員8名、他3名)

【研究内容】

50%を超える発電効率を達成する SOFC 発電システムに必要な燃料再循環に使用する高温ブロウの研究開発を行う。700~1000℃の高温に耐えるようにコーティングを施した耐熱合金もしくはセラミックで燃料再循環のための翼を作製するとともに、よりコンパクトで高性能なブロウとなるように、遮熱および断熱と冷却方法を見直し、熱回収が可能な構造を提案し、試験により技術の可能性を実証する。平成22年度は、SOFC における燃料再循環の効果をサイクル計算により確認した。燃料再循環ブロウのために、セラミック接合による円盤ファンの製造技術を研究し、黒鉛シートとタングステンシートを用いた技術を提案し、円盤ファンを試作した。また、単純形状のフィンと円盤を組み合わせることで、燃料再循環に必要な流量が確保できる見込みをアルミ円盤によるモデルファンを用いた空気送風試験により得た。高温高回転条件における円盤ファン軸の周りの伝熱試験の装置を試作した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】SOFC、燃料再循環、高温ブロウ、回転軸冷却、熱交換器

【テーマ題目8】Active combustion control を用いた次世代燃焼技術開発のための基盤研究

【研究代表者】北島 暁雄（燃焼評価グループ）

【研究担当者】北島 暁雄、星野 昌平、吉田 宗史、阪本 守久（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

本課題では高い省エネルギー性と環境負荷低減性を実現する次世代型の燃焼技術の中核として、“酸素濃度制御燃焼”と“石油代替燃料”という二つのキーワードに着目する。HCCI 機関とディーゼル機関の燃焼過程の近似性や熱物質再循環型の高温空気低酸素濃度燃焼器の開発、ガスタービン燃焼器における燃料噴射形態の変遷などを鑑みると、次世代の燃焼器に求められる高い省エネルギー性、環境負荷低減性を実現するためには、予混合あるいは非予混合という、燃料と酸化剤の燃焼器への供

給形態に基づいた単純な火炎構造区分では記述できない、境界領域の燃焼現象の理解と制御が重要である。特に、熱利用（エクセルギーロス低減）と燃焼生成物低減の観点からは、雰囲気空気の単純利用ではなく、供給酸化剤の酸素濃度を制御して燃焼させる、酸素濃度制御燃焼に関する知見の取得が不可欠である。一方、実用燃焼器の多くでは、気液混相流中に火炎を形成させており、これは石油代替燃料を用いる場合も同様である。代替燃料の高度利用に資する火炎構造や燃焼特性などの知見の不足は、気液混相燃焼の理解と、その制御技術の難しさに起因する。なかでも、燃料の微粒化特性と火炎構造や燃焼特性との関係を解明し、体系化することは重要な課題である。

以上のような背景から、本研究では、対向噴流中に気液混相流（噴霧）火炎を形成させ、燃料噴霧添加流、酸化剤流のそれぞれについて酸素濃度を任意に制御し、燃料の微粒化特性を変化させながら、様々な条件下で、火炎構造と燃焼特性に関する系統的な実験的検討を行い、①酸素濃度制御と火炎構造および燃焼特性との関係、②微粒化特性の変化と火炎構造および燃焼特性との関係、を明らかにする。統一された装置・測定系において、各種燃料の基礎燃焼特性を系統的かつ詳細に解明することを研究の特徴とし、信頼性の高いデータベース的知見を取得するとともに、これを広く公開することを目指す。

本年度は、前年度までの実験データに基づき、実験装置の噴霧供給系統と混合気予熱系統に改修を加え、供給噴霧量と予熱能力を大幅に改善させた。その上で、*n*-ヘプタン（JIS2号軽油）を燃料に用いた対向噴流混相流火炎を対象として詳しい実験的検討を行い、以下の知見を得た。

- ① 100%軽油専焼による予混合および非予混合噴霧火炎を定常流中に形成可能であることを明らかにした。開放系のバーナにおいて、水素などの気体補助燃料や火炎維持のためのパイロットフレームを使用せず、安定な軽油専焼火炎の形成に成功した研究例は、調査した範囲では国内外ともに存在しない。
- ② 酸素濃度の制御により、予混合、非予混合に関わらず、100%軽油専焼にて Soot free の噴霧火炎を形成可能な条件が存在することを明らかにした。この結果は、バイオ系などの各種ディーゼル燃料の実機におけるクリーン燃焼利用範囲を拡げる可能性を示唆している。
- ③ 同一バーナ内で火炎構造を噴霧予混合火炎から噴霧拡散火炎と想定される条件まで制御し、消炎限界の測定を行った。その結果、火炎構造に対応した消炎限界のマッピングに成功した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 新燃料、石油代替燃料、酸素濃度制御燃焼、気液混相燃焼

【テーマ題目9】 パワーエレクトロニクスの冷却技術に関する研究

【研究代表者】 阿部 宜之（宇宙技術グループ）

【研究担当者】 阿部 宜之（常勤職員1名）

【研究内容】

数100W～kW レベルのパワーエレクトロニクスデバイスの冷却を目指し、大容量のプレート型ヒートパイプ、および沸騰冷却デバイスの開発を実施した。プレート型ヒートパイプは初期試作品の段階で、水平配置の状態で熱輸送能力約100W、熱抵抗0.1K/W を得ている。このヒートパイプを用いて、1U のサーバーに搭載されている CPU（Intel Xeon E-5540 80W）の冷却実証を行い、100時間を越える長期間に亘り、コア温度が60℃以下の確実な冷却が維持できることを実証した。沸騰冷却デバイスは、200W を超える熱入力（被加熱面積23mm×23mm）平滑加熱面での参照データの取得を進めているが、模擬熱源となるヒータの問題が生じており、目下適性に優れたヒータの入荷待ちの状態である。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 パワーエレクトロニクス、冷却、IT 機器、省エネ

【テーマ題目10】 ネガティブエミッション SOFC の先導研究

【研究代表者】 嘉藤 徹（燃料電池システムグループ）

【研究担当者】 嘉藤 徹、加藤 健、門馬 昭彦、

田中 洋平、佐藤 勝俊、根岸 明、

飯村 葉子、吉原 美紀

（常勤職員5名、他3名）

【研究内容】

固体酸化物形燃料電池システムに対し、50%を超える発電効率を目指し、90%以上まで燃料利用率を向上させる技術、排熱有効利用技術等の要素技術の開発、および二酸化炭素回収システムと SOFC を組み合わせたゼロエミッションシステムの性能を評価することを目標にした研究を展開しており、今年度は発電効率の向上について固体酸化物形燃料電池システムの燃料利用率の向上方法と開発課題を研究した。また熱電発電と小型 SOFC を組み合わせた場合について効率向上を昨年に引き続き検討した。その結果、燃料利用率の向上については① SOFC 自体での燃料利用率の向上、②アノード排ガスリサイクルによる利用率の向上、③低温動作型燃料電池等との組み合わせによる利用率の向上などの向上方法があること、現状のセル技術を用いても、単セルレベルでは①の場合、燃料利用率90%、DC 発電効率60%以上、出力密度0.3W/cm²程度が可能であること、②の場合は①で得られた効率からさらに3%程度向上させることが可能であることを明らかにするとともに、効率向上を図る際の開発課題を整理した。また、熱電発電と小型 SOFC を組み合わせたシステムについては産総研で開

発中の熱電素子に対し SOFC スタック周辺の配置方法を検討し、セルスタックと改質器、水蒸気発生器と熱電素子の配置を最適化することで3%程度の効率向上が可能であることを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】高効率 SOFC、燃料利用率、排熱有効利用

【テーマ題目11】高機能長寿命 SOFC 開発のための革新的解析技術

【研究代表者】堀田 照久（燃料電池材料グループ）

【研究担当者】岸本 治夫、堀田 照久、山地 克彦、Manuel E. Brito（常勤職員4名）

【研究内容】

固体酸化物形燃料電池（SOFC）の長期安定性向上、高効率化（高出力化）を実現するには、SOFC における電極反応や劣化現象の原因となる材料表面・界面での相互作用、状態変化を理解、解明することが重要である。本課題では、材料表面・界面での相互作用、状態変化の直接的な観察を主とした解析技術の確立・融合により、高電極反応活性、高耐久性、高触媒活性燃料極の開発につながる解析技術の確立を目指している。

高い空間分解能（約2 μm ）を有する顕微ラマン分光法や X 線光電子分光法（XPS）等の表面分析手法による材料表面・界面での相互作用、状態変化の検出、同位体ラベル法と二次イオン質量分析計（SIMS）を組み合わせさせた SOFC 中の物質移動現象の可視化といった新しい分析、解析手法を駆使している。

平成22年度には、顕微ラマン分光法による SOFC 作動条件下でのその場観察により、SOFC の発電効率の低下に直結する固体電解質材料（安定化ジルコニア）の電気伝導度の低下と結晶構造の変化の関連性を直接観察することに成功した。また、同位体酸素（ ^{18}O ）ラベル法と二次イオン質量分析計（SIMS）分析法を適用することで、実用 SOFC における酸素のイオン化、拡散の活性サイトの可視化に世界で初めて成功した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】固体酸化物形燃料電池（SOFC）、顕微ラマン分光法、二次イオン質量分析計（SIMS）

【テーマ題目12】熱電変換による SOFC の排熱利用

【研究代表者】山本 淳（熱電変換グループ）

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

【研究内容】

燃料電池システムの内部には、燃料ガス、空気、水蒸気等の様々な物質の輸送経路があり、これらの経路間で

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

本研究では1kW 級 SOFC に組み込む事を想定した、小型で信頼性の高い高性能熱電発電モジュールの開発を目標としている。ビスマス-テルル系材料よりも高温域（300 $^{\circ}\text{C}$ 以上）で利用できる新規熱電材料の開発と発電モジュールの試作を実施している。スクッテルダイトおよび亜鉛アンチモン等の高温域用材料を使用した発電モジュールを試作し、発電性能を評価し、効率8%以上を実現できることを実験的に確認した。試作したモジュールを活用してモジュール発電性能評価技術、寿命評価技術等の開発等も進めている。

【分野名】環境・エネルギー

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

【テーマ題目13】熱電変換材料・モジュールの研究

【研究代表者】山本 淳（熱電変換グループ）

【研究担当者】山本 淳、上野 和夫、小原 春彦、李 哲虎、太田 道広、高澤 弘幸、中川 愛彦、木方 邦宏、國井 勝、長瀬 和夫、西当 弘隆、島田 和江（常勤職員5名、他7名）

【研究内容】

熱電変換は、半導体や金属に温度差を与えることにより発生する熱起電力を用いて、電気エネルギーと熱エネルギーの直接変換を可能とする技術である。構成がシンプルであるという特長があるものの、効率の高い熱電変換には、高い熱起電力、低い電気抵抗、低い熱伝導率という、互いに相反する特性をもつ材料が必要となり、熱電材料の開発は重要な課題である。

熱電変換は、基本的に材料の物性に依存しているため、高い性能を有する材料の出現が長い間待ち望まれてきた。1990年代に入って、このような状況に一つの光明が見えてきた。従来のビスマス・テルル化合物の性能を凌駕する新しい熱電材料が相次いで発見、開発された。特に21世紀に入ってから、薄膜やナノ構造を有する材料で、飛躍的に高い熱電性能が報告されるようになった。そこで、本研究では、金属硫化物や金属ニクタイト、カルコゲナイド、シリサイド等の物性研究を実施し、高効率な熱電変換を実現するための材料の開発、およびこれらの材料を元にしたモジュール化技術や評価技術の研究開発を行う。特に発電用として有望な中高温で性能の高い材料と異種材料を接合したセグメント素子、さらにはマイクロ

発電やデバイスの局所冷却に有望な薄膜材料や低温材料の開発を行う。また、熱電材料のミクロな特性評価や、効率的な材料開発手法の検討、熱電発電モジュールの精密な発電性能評価技術、寿命推定につながるモジュール評価技術の開発も進める。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 熱電変換、未利用熱、ゼーベック効果、ペルチェ効果、排熱利用、評価技術

〔テーマ題目14〕 高パワー密度電気化学キャパシタの開発

〔研究代表者〕 児玉 昌也

(エネルギー貯蔵材料グループ)

〔研究担当者〕 児玉 昌也、曾根田 靖、吉澤 徳子、棚池 修、山下 順也 (常勤職員5名)

〔研究内容〕

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

現在までに、有機系キャパシタにおいては、10kW/kg の高いパワー密度をデバイスレベルで達成した。一方、水系キャパシタにおいては、硫酸電解液中でのアミンイミン酸化還元反応により、608F/g の極めて大きな単極容量を発現する縮合多環芳香族系ポリマーの開発に成功している。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 電力貯蔵、電気化学キャパシタ、有機系電解液、水系電解液、カーボンナノチューブ

〔テーマ題目15〕 エネルギー高効率分散型利用のための化学系エネルギー貯蔵媒体改質技術の開発

〔研究代表者〕 高木 英行

(エネルギー貯蔵材料グループ)

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

〔研究内容〕

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

本年度は、高効率アンモニア分解プロセスを利用した水素製造技術の開発を目的とした研究を遂行した。新たに調製した触媒の活性を、流通式触媒活性評価装置を用いて、種々の条件下で評価した。その結果、高い水素生成速度が得られる触媒及び反応条件を見出し、流動層反応器への適用が可能であることを確認した。また、マイクロ波を利用した迅速加熱が可能な反応システムの開発も進めている。

エタノール改質反応に対する貴金属担持触媒の活性を、流動層反応器を用いて評価した。その結果、アルミナ、シリカ、マグネシア等にロジウムや白金を担持した触媒は、450℃という低温においても高いエタノール転化率を与えることを見出した。また、副生成物であるメタンの生成を抑制し、選択的に二酸化炭素と水素を生成する反応条件を明らかにしている。

〔分野名〕 環境・エネルギー

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

〔テーマ題目16〕 超高エネルギー密度二次電池の開発

〔研究代表者〕 周 豪慎

(エネルギー界面技術グループ)

〔研究担当者〕 劉 銀珠、北浦 弘和、岡垣 淳、王 永剛、何 平
(常勤職員4名、他2名)

〔研究内容〕

有機電解液を利用したリチウム空気電池、また、ハイブリッド電解液（＝有機電解液／固体電解質／水溶性電解液）を利用した新型リチウム－空気電池、特に新型リチウム－空気電池触媒へのメタルフリーのグラフェンの展開、リチウム－銅空気電池、リチウム－水電池によるクリーンな水素の生成などの研究開発を行った。

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 リチウムイオン電池、リチウム・空気電池、リチウム－銅空気電池、リチウム－水電池、メタルフリー、グラフェン

〔テーマ題目17〕 小規模 SMES の研究開発

〔研究代表者〕 古瀬 充穂（超電導技術グループ）

〔研究担当者〕 古瀬 充穂、淵野 修一郎、山崎 裕文（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

SMES（Superconducting Magnetic Energy Storage）とは、超電導マグネットに磁気エネルギーの形で電力を貯蔵する装置のことである。本研究では、住宅用に設置可能な、瞬時電圧低下対策または負荷平準化用の実用的な小規模 SMES の実現を目指している。合わせて、超電導電力機器設計・製作の基盤技術（巻線技術・冷却技術等）を確立して、将来的に超電導回転機の研究開発につなげることも意図している。当グループで保有している高温超電導体による巻線技術を高度化し、液体窒素中に微細な固体窒素を分散させたスラッシュ窒素による冷却技術を確立して、小型 SMES 応用を想定した超電導マグネットの製作・試験を行うとともに、極低温電力変換（クライオパワエレ）の可能性について検討する。

平成22年度には、超電導マグネット設計のため、市販の超電導テープ線材の臨界電流の幅広い温度領域における磁界角度依存性のデータ $I_c(T, H, \theta)$ を取得した。MOCVD 法で作製した人工ピン入り YBCO テープ線材が、実用上重要な低温高磁界（30-40K, 2-5T）中において、広い角度範囲で人工ピンのない線材の2倍以上の高い臨界電流を示すことを見出した。超電導マグネットの作製・評価については、自作したダブルパンケーキ・コイルの各部分における発生電圧を線材の $I_c(T, H, \theta)$ データから数値計算によって求めるとともに実測も行ったところ、両者は比較的良好一致を示した。その結果に基づき、本プロジェクトで製作するモデルコイルの設計を行った。クライオパワエレの可能性検討については、汎用の電力変換器のサイリスタを-100℃まで冷却し、スイッチング特性の評価を行った。

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 超電導マグネット、超電導テープ、YBCO、人工ピン、臨界電流

〔テーマ題目18〕 色素増感太陽電池の研究開発

〔研究代表者〕 佐山 和弘

（太陽光エネルギー変換グループ）

〔研究担当者〕 杉原 秀樹、佐山 和弘、北尾 修、草間 仁、小西 由也、小野澤 伸子、船木 敬、小島 猛、春日 和行、中澤 陽子、船越 裕美（常勤職員8名、他3名）

〔研究内容〕

クリーンで無尽蔵な太陽光エネルギーの高効率な利用による、新しいクリーンエネルギーの生産プロセスの提案と実証を目的として、新しい次世代型太陽電池として注目されている色素増感太陽電池について検討し、高効率な光電変換を実現するための技術開発を行っている。増感色素の設計合成、酸化チタンを代表例とする酸化化合物半導体電極の製造技術、酸化還元電解質溶液の構成・調製法、対極、セル構成法等の要素技術について検討し、世界最高水準の光電変換特性を持つ色素増感太陽電池を開発する。

平成22年度は、セルの封止方法の改良や新規ルテニウム錯体色素の開発、電解質溶液系の最適化、新構造セル開発、反応機構解明、色素増感起電力応用研究などを行った。その結果、電池作成時の熱圧着による電解液封止技術を改良して、温度85℃湿度75%における長期耐久性が120時間まで向上した。色素増感太陽電池用増感剤としてフェニルピリミジン誘導体を配位子とするシクロメタル化錯体などの新規ルテニウム錯体色素を開発し、基底状態の酸化還元準位と電池性能の関係を明らかにした。計算科学を用いて既存の色素の光吸収などの物性予測値をデータベースに反映させた。計算科学やスペクトル解析などにより色素と電解液成分との相互作用を詳しく調べた。さらに色素の安定性向上効果や導電性ガラスを使用しない新規セル構造について詳しく検討した。

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 太陽電池、色素増感太陽電池、酸化チタン、ルテニウム錯体

〔テーマ題目19〕 人工光合成技術の研究開発

〔研究代表者〕 佐山 和弘

（太陽光エネルギー変換グループ）

〔研究担当者〕 佐山 和弘、杉原 秀樹、姫田 雄一郎、草間 仁、小西 由也、小野澤 伸子、三石 雄悟、Wang Nini、荒野 大輔、藤吉 聡、和田 真理絵（常勤職員7名、他4名）

〔研究内容〕

太陽光エネルギーの効率的な利用技術の確立を目指し、自然が巧妙に行っている光合成プロセスを手本として、太陽光エネルギーと水と炭酸ガスから、クリーンエネルギーである水素や炭化水素等の有機系資源の製造を可能

とする、人工光合成技術の開発を行っている。特に、太陽光エネルギーの大半を占める可視光エネルギーを利用した水の分解による水素製造技術や、光還元固定プロセスによる炭酸ガス固定化、再資源化に関する技術開発を行い、実用化のための基礎的知見を集積する。また、環境浄化のための高性能な光触媒を開発する。

平成22年度は、新規可視光応答性半導体探索については、欧州と競争が激しい酸化鉄系半導体やピスマス系、p型半導体についての探索を行い、特定の組成での性能向上効果を確認した。レドックス媒体を用いた効率的な光触媒—電解ハイブリッドシステムによる水素製造については、粉末光触媒の高性能化のための要因を解明することを中心に行い、反応溶液中のアニオン種が活性に大きく影響することを見出した。環境浄化のための高性能な光触媒については銅の複合酸化物の助触媒が活性と耐アルカリ性について優れていることを見だし、その機構などを解明した。また、炭酸ガスの固定化に関する研究では、水素化反応で生成したギ酸を、独自に開発した新規な錯体触媒を用いて分解することにより、水素を再生出来ることを見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】光触媒、酸化タングステン、水素製造、炭酸ガス、環境浄化

【テーマ題目20】低品位炭からの新規合成ガス製造技術の開発

【研究代表者】鷹鷲 利公（新燃料グループ）

【研究担当者】鷹鷲 利公、シャーマ アトゥル、松村 明光、川島 裕之、佐藤 信也、小谷野 耕二、丸山 一江、佐藤 豪人（常勤職員5名、他3名）

【研究内容】

高い水分量と自然発火性の問題から、これまで輸送が困難であった褐炭、亜瀝青炭等の低品位炭を高効率に利用する技術開発のため、ハイパーコール製造技術を利用して製造した改質無灰炭を用いた触媒ガス化研究を行っている。これまでの成果において、水蒸気をガス化剤とする触媒ガス化では、600～700℃という低温において、選択的に水素と二酸化炭素が生成するため、水素製造と二酸化炭素固定化技術への応用が期待されている。また、ガス化剤として、新たに水蒸気+二酸化炭素の混合ガスを用いることにより、生成ガスとして水素と一酸化炭素の合成ガスが得られ、水蒸気と二酸化炭素の比率を変えることにより、合成ガス比を制御することができることを見出している。この技術開発により、未利用資源である低品位炭を原料として、合成ガスからクリーンな燃料、化学原料であるメタノール、ジメチルエーテル（DME）、メタン等の最終製品の製造が高効率で可能になることが期待されている。そこでこの一段階での新規の合成ガス製造技術をプロセスへ展開するため、連続式触媒ガス化

装置を設計・製作に取り組んでいる。

平成22年度は、連続式触媒ガス化装置の製作を完了し、これを用いて流動床でのコールドモデル試験を行った。原料供給量、ガス供給量、および反応管形状と口径等をコントロールすることにより、連続で安定的に流動状態を維持できる条件を確立できた。また、既存の半連続式ガス化装置を用いて5時間のガス化試験を690℃で実施し、ガス化剤として水蒸気/二酸化炭素の混合ガスを用いることで合成ガスが製造でき、またそのガス化剤の比率を変えることで合成ガス比率を制御できることを半連続式装置にて確認できた。

次年度は連続式触媒ガス化装置を用いて、低品位炭のガス化試験を実施する。触媒の設置位置、ガス流速等を変えた試験を行い、ガス化が効率的に進行し、かつタール生成が見られない条件を探索する。また、生成ガスの組成を調べ、熱重量分析装置や半連続式ガス化装置で得られた結果との比較、検討を行なう。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】低温ガス化、触媒ガス化、合成ガス製造、水素製造、低品位炭、改質無灰炭

【テーマ題目21】木質系バイオマスからの液体燃料製造技術の開発

【研究代表者】村田 和久（BTL 触媒グループ）

【研究担当者】村田 和久、高原 功、稲葉 仁、劉 彦勇（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

(1)フィッシュヤートロブシュ（FT）反応ルテニウム系触媒を用いて1MPa、固定床にて反応を行った。その結果固定床では、低圧ほど以下の現象が起こりやすく、触媒安定性の維持が難しいことが分かった。1)活性種である金属ルテニウムの酸化、2)ルテニウム粒子の凝集（シンタリング）、3)炭素析出、4)ワックス生成物の触媒表面への沈着。

バイオ合成ガスからのエタノール等の混合アルコール合成については、銅系及びRh系について検討した。この内銅系については、CsCu/Ce_{1-x}Zr_xO₂触媒（Cs:1wt%；Cu:20wt%）を中心に検討し、300℃、P=3MPa、H₂/CO=2/1、GHSV=2400 h⁻¹の反応条件において、工業触媒CsCu/ZnOより高いCO転化率を示した。さらに、CeO₂系化合物は酸素貯蔵能力を持つため、CsCu/CeO₂はCsCu/ZnOに比べて高級アルコール（C₂₊OH）を多く生成した。Zr⁴⁺イオンをCeO₂格子に導入することによって、セリア系化合物は還元性と酸素貯蔵能力が向上したため、CsCu/Ce_{0.8}Zr_{0.2}O₂はCsCu/CeO₂より高い高級アルコールのSTY（空時収率）と選択率を得た。

ロジウム系については、Rh/Ce_{1-x}Zr_xO₂（x=0-1）触媒を用いて、T=548 K、P=2.4MPa、H₂/CO=2/1、及びW/F=10ghmol⁻¹という条件で反応を行った。CO転

化率の序列は、Rh/Ce_{0.8}Zr_{0.2}O₂ (27.3%) > Rh/CeO₂ (23.7%) > Rh/ZrO₂ (18.2%) > Rh/MgO (10.8%) > Rh/SiO₂ (10.1%) となり、Rh/CeO₂では担体とRhの強い相互作用が影響していることを推定した。中性又は酸性担体のSiO₂やZrO₂での主生成物はアセトアルデヒドとエタノールであり、塩基性担体(Rh/MgO, Rh/CeO₂, Rh/Ce_{0.8}Zr_{0.2}O₂)ではメタノール及びエタノールであった。この内Rh/Ce_{0.8}Zr_{0.2}O₂触媒では最大のエタノール選択率を示した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】FT触媒、アルコール合成触媒

【テーマ題目22】先進的マイクログリッドの全体構想、先進的電力変換技術

【研究代表者】西澤 伸一

(電力エネルギー基盤グループ)

【研究担当者】西澤 伸一、竹内 大輔、小倉 政彦、加藤 宙光、牧野 俊晴、山崎 聡

(常勤職員6名、他2名)

【研究内容】

グリッドの要となる高耐圧電力変換装置の信頼性決定因子の基礎研究を行った。電力変換装置は、小型・高集積化を進め、結果的にパワー密度を向上させることが課題である。この時、より高温での動作補償をする技術が必須である。そのためには、電力変換装置を構成する素子、部品類の低損失化だけでなく、電力変換装置全体の回路設計、構造設計、熱(冷却)設計、電磁ノイズ設計技術などを進歩させなければならない。Si-IGBTおよび周辺まで含めた構造で、実際の動作状態の数値解析を行い、素子内、および周辺まで含めた発熱、応力歪み等の状況を実時間で評価し、特にオン動作時にマイクロ秒スケールの温度・応力応答が接合部に集中することを示した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】革新的エネルギー技術、パワーエレクトロニクス、電力変換器、半導体

【テーマ題目23】住宅用エネルギーシステム技術における夏季排熱有効利用技術開発

【研究代表者】幡野 博之(エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】幡野 博之、渡辺 泰典、上之原 康弘
(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

住宅用エネルギーシステム技術の中で、燃料電池、マイクロガスタービン、ガスエンジン、太陽光・太陽熱利用システムなどの分散型エネルギー機器の導入が望まれている。しかし、いずれも熱の有効利用を行うことで高効率になるが、夏場は排熱の利用先として給湯程度しかなく性能を十分活用できない。一方、住宅やオフィス用

環境を安全で快適にするために計画換気が行われているが、最近の高気密・高断熱化技術の進歩により高温多湿な日本における効率的な潜熱除去方法の開発が望まれている。

本課題では、夏季におけるエネルギー消費の主因である空調とエネルギー供給装置との組み合わせが可能な住宅向けデシカント空調システムの開発を目的とする。これにより、エネルギー供給装置の効率を上げ、さらに、低温排熱の質を上げることが可能となり、安全で快適な空気質を保証する空調を実現できる。

既に商品化されているデシカント空調システムは潜熱除去が効率的に行えるが、除湿部と再生部をロータの回転によって除湿剤が移動するという連続操作を行っている。そのため、機械的信頼性は高いが、除湿と再生が一体でハニカム構造であることから断熱除湿、断熱再生操作となり、変動する排熱の利用が難しい。

平成22年度は向流接触・等温除湿が可能な向流接触方式の流動層技術による除湿方式に加え、粒子流路と空気流路を金網状の透過壁で分けることで粒子の循環時に発塵を抑制する除湿方式について検討を行った。

前者の向流接触方式循環流動層では、除湿区間長は1 mとした時に、風速3 m/s程度で入口湿度15 g/kgDAの空気が8 g/kgDA程度まで削減できることを明らかにした。また、圧力損失は装置入口からフィルター出口までで100 Pa程度に抑えられており、十分低いことを確認している。

後者については、新しく除湿・再生実験装置を作製した。空気流路内の温度分布や粒子流路内の粒子温度分布を測定し、除湿性能については入口と出口の温湿度を測定することで評価した。また、実験前後の含水率についても測定を行い、計算上の含水率と比較した。除湿区間長が30 cmの場合、入口湿度が15 g/kgDAとすると10 g/kgDAを切るまで減少することが分かった。流路高さや空気流速を高くした場合、入口と出口の湿度差はほとんど同じになるが、除湿量自体は流量の増加に伴い増加していた。湿度分布を測定する代わりに除湿区間長を変えることで、提案方式の装置サイズを決定するための実験式を得ることが出来た。温度効果についても検討したが、相対湿度が同じであれば除湿特性が変わらないことを確認した。これらの結果を基に、除熱機構を有する場合には機械的な循環方式でも装置容積的に従来型のデシカント空調装置の数分の1から1/20程度とかなりコンパクトに出来ることを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】排熱利用、潜熱除去、負荷変動抑制、ピークシフト、等温除湿、向流接触

⑬【安全科学研究部門】

(Research Institute of Science for Safety and Sustainability)

(存続期間：2008.4.1～)

研究部門長：中西 準子

副研究部門長：匂坂 正幸、永翁 龍一

主幹研究員：本田 一匡、吉田 喜久雄

所在地：つくば西、つくば中央第5

人員：47名（47名）

経費：1,273,602千円（376,810千円）

概要：

近年、産業活動等での災害や安全問題、化学物質による環境リスクの問題に加えて、地球環境や資源枯渇に関する問題への関心が増大している。これまで、こうした問題を克服するために、産総研の旧化学物質リスク管理研究センター、旧ライフサイクルアセスメント研究センターおよび旧爆発安全研究コアが個別に取り組み、それぞれ、高い信頼性を得て、国や自治体、産業界などの意思決定の基礎を提供してきた。しかしながら、安全やリスクに関する問題と地球環境問題、資源枯渇問題などの持続可能性の問題は互いにトレードオフの関係にあり、このような困難な課題に対処し、安全で持続可能な社会を構築するためには、従来の研究分野の境界を越えた融合的な取り組みや、融合研究を柔軟に実施できる研究体制作りが急務となっている。

このため、本研究部門は、これまでの化学物質リスク評価、フィジカルハザード評価、ライフサイクル解析等、個別の評価手法を融合させ、持続可能な社会を目指した生産消費を選択するための指針や、それらの指針を考慮した社会要請に応じた政策の科学的知見に基づく提示を通じて、安全で持続可能性の高い社会構築への貢献を目指して、リスク評価戦略、環境暴露モデリング、広域物質動態モデリング、物質循環・排出解析、持続可能性ガバナンス、爆発衝撃研究、高エネルギー物質研究、爆発利用・産業保安研究、素材エネルギー研究および社会と LCA 研究の10グループで研究開発を行っている。

本研究部門では、予測、評価および保全技術を融合し、環境・安全対策の最適ソリューションを提供し、新規技術、特にエネルギー開発技術に係る評価を行うことを目指し、以下をミッションとしている。

- ・ミッション1：フィジカルハザード評価、化学物質リスク評価、ライフサイクル解析の分野で評価手法を開発するとともに、これらの評価に不可欠な信頼性の高い基盤データを収集し、これらを蓄積しつつ適切な解析を行い、評価結果を公表する。
- ・ミッション2：フィジカルハザード評価、化学物質リスク評価、ライフサイクル解析分野の融合的研究を行い、これらの融合研究の遂行を通じてトレードオフ問題に取り組み、安全と持続性の両立の実現を

目指す。

- ・ミッション3：新技術の社会受容性、産業保安、環境分野でのガバナンス戦略等の分野で、現実的で政策提言につながる研究を行う。
- ・ミッション4：研究活動により蓄積された評価結果、データ、開発した解析ツール等を社会に提供する。
- ・ミッション5：評価を通して、市民・地域・産業・行政、国際機関等の合理的な意思決定や基準策定を支援し、わが国の産業競争力の強化に貢献する。

これらのミッションに対応して、平成22年度は、本研究部門のプレゼンスを示す具体的な研究課題として、1)～6)を選定し、これまで培ってきた評価技術に加えて、融合研究を実施した。

1) バイオマス利用リスク評価に関する研究

バイオマス利活用に伴うリスクについて、地球温暖化影響の面から温室効果ガス排出削減量と経済性を最適化するシステムの開発、運用、評価を、生態系影響の面から資源作物の耕作地評価モデル開発と陸域生態系窒素物質循環モデルの改良を行った。さらに、貯蔵安定性に関してバイオ燃料の発熱および圧力挙動の測定、大気環境影響に関してバイオ燃料使用に伴う大気環境影響の評価指標の開発、バイオ燃料受容性に関して自動車用燃料に対する選好に影響を与える要因の分析を推進した。

2) 社会と産業の環境戦略の評価手法に関する研究

平成22年度は、環境負荷原単位データベース IDEA の開発、カーボンフットプリントを利用した CO₂排出削減対策の検討、高齢化社会の CO₂排出量への影響検討、企業間の株式所有量による CO₂排出責任配分の検討を行った。これらの研究の進捗に伴い、IDEA Ver.1 を LCA ソフトウェア (MiLCA) の付属データベースとして公開した。

3) 鉛に関するサブスタンス・フロー・シミュレーターの構築

日本での鉛の使用によるリスクの現状と代替や削減による効果を推定する、鉛のサブスタンス・フロー・シミュレーターの開発を行っている。平成22年度は、多国間の応用一般均衡モデルと物質フロー解析モデルを統合した。さらに統合モデルを用いて、政策シナリオのシミュレーション分析を実施した。また、全球を1度×1度グリッドでカバーする鉛排出量データの作成を行い、本推計の妥当性を検証した。

4) フィジカルハザード評価と産業保安に関する研究

火薬類などの高エネルギー物質が関与する災害防止のためのハザード評価、基盤となる計測技術の開発、産業保安力向上を柱として平成22年度は、爆発影響低減手法の検討、BOS 法による野外での衝撃波の定量的可視化手法の開発、低環境負荷

型の新規建築物解体工法開発、ナノ材料の粉塵爆発実験、液化ガス濃度のその場計測技術の開発、および産業保安向上のための研究と広範囲な研究を行った。

5) ナノリスクに関する研究

平成22年度は、約40種の工業ナノ粒子について、排出・暴露評価書としてとりまとめるとともに、二酸化チタン、カーボンナノチューブ、フラーレンの3つのナノ材料のリスク評価書の外部レビュー版を取りまとめ、外部レビューを実施した。また、ナノ材料のリスクの社会受容性調査およびOECDへの情報提供も行った。

6) マルチプルリスクトレードオフ評価・管理手法の研究

排出シナリオ文書(ESD)については、工業用洗剤のESDをOECD会合で説明するとともに、VOCと金属の排出について解析した。また、室内暴露モデル、環境動態モデルおよび環境媒体間移行暴露モデルについては、開発を継続するとともに、有害性推論手法の対象エンドポイントを拡大した。また、ノンフロン型冷凍を用いた冷凍空調機器システムにおけるリスクトレードオフ評価を実施した。

外部資金：

文部科学省 原子力試験研究費「化学災害の教訓を原子力安全に活かすEラーニングシステムの開発に関する研究」

文部科学省 原子力試験研究費「再処理工程に係るエネルギー物質の爆発安全性評価技術に関する研究」

文部科学省 科学技術総合推進費補助金「国際共同研究の推進 タイにおける低炭素排出型エネルギー技術戦略シナリオ研究」

沖縄防衛局 請負研究費「嘉手納(H21)保管庫移設解析業務」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業／バイオ燃料の持続可能性に関する研究／温室効果ガス(GHG)削減効果等に関する定量的評価に関する研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「ナノ粒子特性評価手法の研究開発／キャラクターゼーション・暴露評価・有害性評価・リスク評価手法の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「ノ

ンフロン型省エネ冷凍空調システムの開発/実用的な性能評価、安全基準の構築／『ノンフロン型省エネ冷凍空調システム開発』の実用的な運転モード及び評価手法ならびに安全基準の構築」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「化学物質の最適管理をめざすリスクトレードオフ解析手法の開発／リスクトレードオフ解析手法の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「新エネルギー技術研究開発 バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発(先導技術開発) 総合調査研究」

一般社団法人日本産業・医療ガス協会 受託研究費「特殊材料ガスの理論最大充てん量の計算」

財団法人日本船舶技術研究協会 受託研究費「水素燃料電池自動車等の海上輸送に関する調査研究(HFCV等海上輸送プロジェクト)水素燃料電池自動車等の海上輸送に関する安全性確認実験」

社団法人産業環境管理協会 受託研究費「カーボンフットプリント試行用データ提供及び品質の評価」

社団法人日本化学工業協会 受託研究費「事業者の自主的リスク評価・管理を支援する環境リスク評価ツールの開発」

財団法人核物質管理センター 請負研究費「模擬粉末等の飛散試験」

独立行政法人国立環境研究所 受託研究費「平成22年度電動車両用充電設備の設置における問題」とその解決策に関する研究委託業務

独立行政法人日本原子力研究開発機構 受託研究費「イオン交換樹脂の火災・爆発安全性に関する比較論的研究(IV)」

上智大学 受託研究費「応用一般均衡分析・業種細分化拡張モデルの構築」

国立大学法人京都大学 請負研究費「ナトリウムカリウム化合物(NaK)の安全性評価業務」

文部科学省 科学研究費補助金「亜鉛等重金属の存在形態を考慮した生態リスク評価手法の開発と適用に関する研究(若手研究(B))」

文部科学省 科学研究費補助金「衣服・粒子への吸脱着

を介した防虫剤用途の化学物質の動態解析及び曝露評価
(若手研究 (B))」

文部科学省 科学研究費補助金「起爆感度制御を目指した
ペンスリット爆薬の衝撃起爆機構の解明と起爆感度因
子の特定 (若手研究 (B))」

文部科学省 科学研究費補助金「重金属複合毒性予測モ
デルの構築及び生態影響評価手法の開発 (挑戦的萌芽研
究)」

厚生労働省 科学研究費補助金「労働災害の発生制御を
目指した、経済学 (ゲーム理論) に基づくヒューマンエ
ラー発生確率の定量化手法の開発とそのリスクアセスメ
ントへの導入」

環境省 循環型社会形成推進科学研究費補助金「有害物
質管理・災害防止・資源回収の観点からの金属スクラッ
プの発生・輸出状況の把握と適正管理方策」

発表：誌上発表132件、口頭発表237件、その他41件

リスク評価戦略グループ

(Risk Assessment Strategy Group)

研究グループ長：蒲生 昌志

(つくば西)

概要：

(研究目的) 主に化学物質に関する具体的な課題につ
いてリスク評価を実施しながら、リスク管理を目的と
したリスク評価の考え方の検討を行う。

(課題) 工業ナノ材料のリスク評価、化学物質の
代替に伴うリスクトレードオフ解析 (ヒト健康リスク、
生態リスク) を中心的課題とする。

(研究内容) 工業ナノ材料のリスク評価については、
二酸化チタンおよびカーボンナノチューブのリスク評
価書の最終報告版を作成し、外部レビューを実施した。
また、フラーレンとカーボンナノチューブの吸入曝露
試験や気管内投与試験による遺伝子発現解析を行った。
さらに、有害性試験用の単層カーボンナノチューブや
無機ナノ粒子の分散液の調整手法を確立した。

化学物質の代替に伴うリスクトレードオフ解析のう
ちヒト健康リスクについては、有害性推論モデルの構
築の基礎となるデータベースに、生殖発生毒性を組み
込む作業を行い、複数のモデル構造 (共分散構造分
析) の比較検討を行った。

生態リスクについては、種の感受性分布 (SSD)
や有害性の推定精度向上のため、物質群分類や生物利
用性に関する検討を行った。また、実河川でのサンプ
リングにより、金属類の存在形態による生物利用性の
検討や、亜鉛の同位体分析による発生源の差異を明ら

かにした。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目6

環境曝露モデリンググループ

(Environmental Exposure Modeling Group)

研究グループ長：東野 晴行

(つくば西)

概要：

化学物質のリスク管理において、環境中の濃度を
知ることが最も重要な課題の一つと考えられる。環境
中濃度は、観測を行うかモデルによる計算で求められ
るが、新規の物質など観測データが存在しない場合の
推定や限られた観測データからの全体状況の把握、
将来や過去の状況推定などでモデルの果たす役割は
大きいと言える。

このような背景から、当グループでは、化学物質
のヒトや生態系へのリスク評価において、最も基礎
となる曝露評価技術の開発を行っている。大気、室内、
河川、海域等、複数の環境曝露評価モデルの開発を行
い、これらを用いた曝露・リスク評価を他のグルー
プと連携して実施し、その結果を化学物質管理等の
政策に反映させる。現在は、以下4つのプロジェクト
推進を中心に研究を進めている。

- ① 化学物質の最適管理をめざすリスクトレード
オフ解析手法の開発
- ② 鉛に関するサブスタンス・フロー・シミュレ
ーターの構築
- ③ バイオマス利用リスク評価に関する研究
- ④ ノンフロン冷凍空調技術開発

また、これまで開発してきたモデルや研究成果の
普及や維持管理にも努めている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3、テーマ
題目6

広域物質動態モデリンググループ

(Macro-Dynamic Modeling Group)

研究グループ長：吉田 喜久雄

(つくば西)

概要：

当グループは、第3期中期計画の「先端科学技術
のイノベーションを支える安全性評価手法の開発」
と「化学物質の最適管理手法の確立」を念頭におい
て新規技術の導入に伴うヒト健康リスクや、代替物
質の導入に伴うヒト健康リスクと生態リスクのト
レードオフ解析に必要な手法やツール等を開発し、
解析を行っている。平成22年度は以下のナノリス
クに関する研究とマルチプルリスクトレードオフ
評価・管理手法の研究を実施した。

- ① ナノリスクに関する研究
 - ・カーボンナノチューブ、フラーレン、二酸化チタ

ンについて肺のコメットアッセイ試験を実施し、「閾値のある」リスク管理を行う根拠を示した。

- ・バイオマス燃料の利用に伴う生態系への影響を評価する共通指標を検討し、ケーススタディーを実施した。

② マルチブルリスクトレードオフ評価・管理手法の研究

- ・金属類の環境媒体間移行・暴露モデルを検討し、プロトタイプを作成するとともに、農・畜産物の流通モデルについても検討した。
- ・ヒト健康影響の統計学的推論手法の基礎となる生殖発生毒性データベースを作成した。
- ・開発した生態毒性推論ニューラルネットワーク・プロトタイプモデルの推定精度を向上させるとともに、推定結果の不確実性の定量化を検討した。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目5、テーマ題目6

物質循環・排出解析グループ

(Substance Flow and Emission Analysis Group)

研究グループ長：恒見 清孝

(つくば西)

概要：

新規物質のリスク評価や代替物質のリスクトレードオフ評価を通じて、物質の代替や開発の意思決定や排出抑制対策などの行政、企業のリスク管理に還元することを目標として、物質フロー推定手法や環境中への排出量推定手法の開発、発生源の同定手法の開発を行っている。平成22年度は、以下の研究開発を実施した。

① 排出シナリオ文書 (ESD) ベースの環境排出量推計手法の開発

- ・塗料溶剤からの VOC 排出量推定手法のプロトタイプを開発するとともに、金属の製錬および廃棄処理時の排出係数を設定するプロトタイプを開発した。
- ・洗浄剤 (工業用) の排出シナリオ文書 (英語版) を作成し OECD に提案した。プラスチック添加剤の排出シナリオ文書 (英語版) の内部レビュー版を合わせて作成した。

② 工業ナノ粒子の暴露評価手法の開発、リスク評価及び適正管理の考え方の構築

- ・工業ナノ材料の製造・使用施設の現場調査と模擬排出試験を行い、ナノ材料の排出・暴露を評価するとともに、他ユニットおよび大学と連携して、ラットを用いたナノ材料の有害性試験を実施した。
- ・得られた結果をもとに、C₆₀ (全体)、CNT (暴露評価など) および TiO₂ (暴露評価など) のリスク評価書を作成した。

③ 新規冷媒暴露リスク評価

- ・冷凍空調機器の次世代冷媒である R-1234yf について、大気モデル (ADMER-PRO) を用いた冷媒物質およびオキシダントの大気中濃度推定、分解生成物 (トリフルオロ酢酸) の湿性沈着に伴う雨水中濃度推定を行った。

- ・以上の結果を用いてヒト健康と水生生物に対する簡易的リスク評価を行った。

④ アジアにおける鉛のサブスタンスフロー・排出量推定モデルの開発

- ・生産統計、貿易統計、各種文献値を用いて、世界各国の鉛の物質フロー量と環境排出量を推定した。推定結果より、違法二次製錬業の大気環境排出に対する影響が大きいことを明らかにした。
- ・アジア各国の製錬工場の実態調査や日本国内の過去の MAP 調査データにもとづいて実態に則した排出係数を設定し、全球を1度×1度グリッドでカバーする鉛排出量データの作成を行った。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

持続可能性ガバナンスグループ

(Sustainability Governance Group)

研究グループ長：岸本 充生

(つくば西)

概要：

持続可能な社会を達成するために、行政・企業・一般市民それぞれが果たすべき役割を支援するための評価手法を開発し、それらが実装されることを目標に次のような研究を実施した。1つめは、不確実性および国際的な状況下で戦略的なリスクガバナンスに必要な基盤技術の開発を行った。工業ナノ材料を例に、インベションに不可欠な産業技術としてのリスク評価を事業者が自主的に進めるための枠組みを提案するとともに、欧米の法規制情報の収集・発信を行った。環境規制の産業別影響評価モデルを開発し、温室効果ガス排出規制と各種産業影響緩和措置の実施に伴うステークホルダー間のトレードオフ構造を明らかにした。2つめは、持続可能性や安全を達成するための、インセンティブを利用した制度設計に関する研究を行った。持続可能性評価については、全上場企業を対象として株式保有に基づく温室効果ガス排出責任量の評価を実施するとともに、環境に配慮した投資先選定指標の開発を行った。安全については、事故報告書の精査、企業データを用いた統計分析、関連法令調査を通じてインセンティブを利用した事故抑制手法を検討した。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目5、テーマ題目6

爆発衝撃研究グループ

(Explosion and Shock Waves Group)

研究グループ長：中山 良男

(つくば中央第5)

概要：

本グループの研究目的は、固体および液体などの凝縮系の爆発現象の解明および爆発災害防止のための基礎研究を行うことであり、特に高エネルギー物質の起爆現象の解明や爆発により発生する爆風等の低減化手法の開発を行っている。研究の方法論としては、小規模から可能な限り規模の大きい実験を実施することであり、これにより燃焼や爆発現象のスケール効果を把握することを基本戦略としている。このため室内実験では、高速時間分解計測による爆発現象・起爆機構の研究、レーザー衝撃波による高圧下の状態方程式研究などの基礎研究を軸に、高エネルギー物質の爆発安全に関する研究を行っている。さらに、行政的ニーズに対応するために、室外大規模実験に参加し、新しい構造の火薬庫の安全性評価、爆風や爆発破片等の爆発影響を低減化する技術の開発を行っている。外部予算で実施している主な研究課題は、再処理工程におけるエネルギー物質の爆発安全性評価研究、爆発影響低減化の技術基準作成、新型火薬庫の安全性解析、及び核物質の放散評価などである。

研究テーマ：テーマ題目 4

高エネルギー物質研究グループ

(Energetic Materials Group)

研究グループ長：松永 猛裕

(つくば中央第5、北センター)

概要：

当グループは、爆発現象を化学的な視点で捉え、高エネルギー物質の反応機構の解明、安全化技術、分子設計、危険性評価技術の開発等の研究を行うことを目的にしている。このため、近年、特にコンピュータケミストリ手法の利用と分光計測技術の導入に力を注いでいる。具体的な研究内容は大きく分けて3つあり、①化学物質の爆発性評価および保安技術に関する研究においては、主として外部の依頼による発火・爆発性の評価を行っている。②火薬類の有効利用に関する研究については、遺棄化学兵器の安全な処理技術、爆発を使った新材料合成等に関する研究を行う。③高制御花火の開発においては、グリーン、ミニマムエミッションをキーワードに人と環境に優しい花火を創成することを目指す。特に、落下物、煙、塩素、硫黄の低減化、および、花火用新素材の探索について研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目 4、テーマ題目 5

爆発利用・産業保安研究グループ

(Industrial Safety and Physical Risk Analysis Group)

研究グループ長：緒方 雄二

(つくば西)

概要：

本研究グループでは、火薬類に代表される高エネルギー物質および高圧ガス、可燃性ガス等の安全研究および有効利用技術に関する基盤的な研究と産業保安の研究を実施した。火薬類の安全に関する研究では、地下式火薬の安全性を検証することを目的として大規模な野外実験を実施し、動ひずみ、地盤振動および飛散物の分布を計測し、その安全性を検証した。また、高圧ガスおよび可燃性ガスの安全性に関する研究では、燃料電池自動車を海上輸送する場合の安全性を検証するために、可燃性ガス風洞を利用して水素ガスの漏洩拡散実験を実施し、爆発安全性を検証した。さらに、可燃性ガスの爆発影響を検討するために、密閉空間で1面がコンクリート壁である場合の圧力による破壊影響をガス圧加圧により実験から、ガス爆発によるコンクリート板の破壊パターンを明らかにした。

産業保安に関する研究では、産業保安向上のため事故情報を事故防止に活用して、リレーショナル化学災害データベース (RISCAD) の継続的な運用を行い、その中で開発した事故事例分析手法 PFA に関して、PFA 実施ツールの開発および原因抽出のための原因体系化モデルの提案を行った。

研究テーマ：テーマ題目 4

素材エネルギー研究グループ

(Material and Energy Sustainability Assessment Group)

研究グループ長：玄地 裕

(つくば西)

概要：

持続的発展可能な社会に向けて、素材、エネルギーの利活用に関するあるべき方向の提言を導く研究を以下の2つのテーマを中心に遂行している。

① エネルギーの持続可能な利活用評価

再生可能エネルギーであるバイオマスエネルギーなどのエネルギーシステムに対し、LCA、エネルギーシステム分析、アンケート・聞き取り調査などを通じて環境、経済、社会等の側面から評価を行っている。本年度は、各種バイオ燃料製造、土地利用変化、バイオ燃料への認識などについて国内外を対象としたデータ収集及び分析を実施した。

② 低環境負荷技術・行動による環境改善効果の評価

各種環境負荷低減技術・行動について、ライフサイクルを考慮した環境改善評価を推進している。このために電動車両普及への課題抽出、車両の使用実態に基づいた電動車両代替可能性検討を行った。また、低環境負荷技術評価のために発展途上国での大気汚染の経済価値換算を主目的とした調査を実施し

データ分析を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

社会と LCA 研究グループ

(Advanced LCA Research Group)

研究グループ長：田原 聖隆

(つくば西)

概要：

社会に対して、ライフサイクル思考に基づいた環境対策、適応策、技術などのシステム化を通じた実現を目的とした研究を行っている。ライフサイクルアセスメント (LCA) 手法やライフサイクル思考を研究手法の中心として、評価手法開発、指標開発、データベースの整理・構築、ソフトウェア作成など、環境影響の低減や持続性に関するシステムの具体化に必要な研究を幅広く行っている。具体的には、①カーボンフットプリント用 CO₂排出量原単位の公開や LCA による環境側面の定量化のためのデータベース (IDEA) 開発と公開、②環境負荷削減に向けたシステム、仕組みに関する研究、③目指すべき社会像検討のための基礎的研究、を行っている。研究成果や研究に用いたイベントリデータベースやソフトウェア、手法、指標などは、論文、HP、ソフトなどにより公開し、ライフサイクル思考だけでなく、リスク評価、ハザード評価などを用いた持続的発展可能な社会構築における環境や安心安全に関する基盤技術として蓄積を行っている。

研究テーマ：テーマ題目2

【テーマ題目1】バイオマス利用リスク評価に関する研究

【研究代表者】 玄地 裕

(素材エネルギー研究グループ)

【研究担当者】 玄地 裕、井上 和也、東野 晴行、
匂坂 正幸、野村 昇、工藤 祐揮、
林 彬勤、李 正国、山田 千恵、
伊藤 俊介、和田 祐典、若倉 正英、
和田 有司、緒方 雄二、楊 翠芬、
小西 友子 (常勤職員9名、他7名)

【研究内容】

バイオマス利活用に伴い発生する「リスク」について、従来型の環境影響評価の発展を図り、その成果から政策提言をめざす研究を行っている。平成22年度は、前年度に引き続きバイオマス利活用に伴うリスクについて各方面からの分析を推進した。

① 地球温暖化影響

バイオマスの利活用による地球温暖化への影響削減効果は、ライフサイクルで評価すると、バイオマスの種類、それらの生産条件、利活用方法、輸送条件など

に大きく依存することが明らかになっている。それら様々な要因に加え、利活用によって生み出される製品の需要を考慮したモデルを構築し、温室効果ガス (GHG) 排出削減量と経済性を最適化するシステムの開発、運用、評価を行った。特定の地域における廃棄物系バイオマス利活用を対象とした評価では、GHG 排出最小化シナリオでは、利活用で得られた燃料の発電利用による GHG 排出削減への効果が大きい傾向を見せている。GHG 排出削減の負荷軽減を経済評価に加えると、GHG 削減効果の高い技術が選ばれるなど、有為な政策を導くツールとして機能することが期待される。

② 生態系影響

生態系影響評価については、引き続き耕作型バイオマス生産に伴う土地利用変化 (窒素施肥等) に焦点を当て、ジャトロファを例とした資源作物の耕作地評価モデルの開発と陸域生態系窒素物質循環モデルのバージョンアップを行った。開発した資源作物耕作地評価モデルを用いた、ジャトロファプランテーション可能性の検討から、各空間スケール (世界全体から、大陸レベル、国レベルまで) における潜在的なプランテーション面積と生産量を推定し、ジャトロファプランテーション推進に資する知見を提示した。この成果を *Environmental Science and Technology* 誌に発表した。また、利用可能な直近の GIS データ (0.25°) と最新の知見を用いて、既存の陸域生態系窒素物質循環モデルの改良を行い、国際窒素学会 (N2010) で成果発表を行った。

③ 貯蔵安定性

バイオマスを起源とした燃料の貯蔵安定性に関しては、エタノールおよびエタノール混合ガソリンについて、擬似断熱条件下で測定可能な加速速度熱量計を用い、試料の発熱および圧力挙動を観察した。エタノールは酸素雰囲気下で発熱したが、窒素雰囲気下では測定範囲内での試料の発熱は見られず、エタノールの発熱開始には酸化反応が関与していることが示唆された。また、酸化鉄が混入した場合、発熱開始温度の低下が確認された。エタノールを3%混合したガソリンの発熱開始温度はガソリン単独との差がなかった。これらの結果から、エタノールおよびエタノール混合ガソリンの貯蔵時には、酸素との接触や容器材料などからの酸化鉄などの混入には注意する必要がある。しかしながら、過去の研究で ETBE を8%混合したガソリンはガソリン単独より発熱開始温度が低下したことから、エタノール混合ガソリンは、ETBE 混合ガソリンよりも貯蔵安定性は高いものと思われる。

④ 大気環境影響

バイオ燃料使用に伴う大気環境影響 (ヒト健康リスク) を簡便に評価するための指標として、単位 VOC、単位 NO_x 排出削減量あたりのオゾン暴露による死亡

者数削減量を定義し、これらの指標を、大気モデル ADMER-PRO を用いたシミュレーションにより、ディーゼル自動車、ガソリン自動車の各発生源に対して算出した。算出結果（関東地方の場合）は、単位 VOC 排出削減量あたりのオゾン暴露による死亡者数削減量が、7.0人/万トン（ガソリン自動車）、8.8人/万トン（ディーゼル自動車）であり、単位 NO_x 排出削減量あたりのオゾン暴露による死亡者数削減量が、-18人/万トン（ガソリン自動車）、-17人/万トン（ディーゼル自動車）であった。これらの指標値を用いることにより、数種のバイオ燃料導入シナリオによる大気環境影響を、それぞれの代替に伴う排出削減量のデータのみから簡便に評価することが可能になる。

⑤ バイオ燃料受容性

バイオマスエネルギーの開発に伴い、自動車用バイオ燃料の普及に影響が大きい社会受容性について検討を進めた。日本国内及びバイオマス生産国であるタイ王国において実施した燃料選択についての設問を中心とした社会調査のデータのコンジョイント分析を行い、バイオアルコールを含む自動車用燃料に対する選好に影響を与える要因について調べた。燃料価格については、予想される通り価格が低い程選好は強かった。現在の普及状態が反映されているのか、タイにおいては、バイオアルコール含有量が高い方が好まれるが、日本ではバイオアルコールを含むガソリンより含まないガソリンの方が好まれるという傾向が見られた。アルコールの原料種類についても選好の度合いの違いが見られた。また、地球温暖化問題に対する協力度が高い程バイオエタノールに対する選好は強くなった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、ライフサイクルアセスメント、地球温暖化、生態系、安全性、有害性、大気環境、社会受容性

【テーマ題目2】社会と産業の環境戦略の評価手法に関する研究

【研究代表者】玄地 裕

（素材エネルギー研究グループ）

【研究担当者】玄地 裕、田原 聖隆、本下 晶晴、井原 智彦、河尻 耕太郎、工藤 祐揮、岸本 充生、本田 智則

（常勤職員8名）

【研究内容】

持続的発展可能な社会を目指すためには、地球環境問題の解決、経済的発展、人としての豊かさの向上など幅広い視点からの具体策や道筋が必要である。本研究では、持続的発展可能な社会を目指す際に必要となる社会システムの実現に寄与することを目的に研究を実施している。本年度は、①環境負荷原単位データベース IDEA の開発、②カーボンフットプリントを利用した CO₂排出削減

減対策の検討、③高齢化社会の CO₂排出量への影響検討、④企業間の株式所有量による CO₂排出責任配分の検討、を行った。

① 環境負荷原単位データベース IDEA の開発

地球環境問題など環境側面の定量化手法として、LCA は必須の概念であり手法である。LCA において環境負荷を求めるためにはインベントリデータが必要不可欠となる。本課題では、商品を網羅し、信頼性を確保したインベントリデータベース IDEA (Inventory Database for Environmental Analysis、2008年開発開始) の開発を行っている。IDEA では、日本標準産業分類・工業統計調査用商品分類を基礎に、階層構造を有した IDEA 分類表を作成し、細分類で総数約1800項目に該当するすべての項目のデータを作成した。また、必要性の高いデータは従来通りプロセスデータを収集して、細分類の下に詳細分類データとして格納しデータベースとしている。データ数は現状で3,500データ以上になっており、世界最大級である。本年度は、IDEA Ver. 1として産業環境管理協会より発売された LCA ソフトウェア (MiLCA) の付属データベースとして公開した。

② カーボンフットプリントを利用した CO₂排出削減対策の検討

商品に対する嗜好性を損ねないカーボンフットプリント低減のための戦略として商品販売システムの改善に注目し、供給側（産業）における CO₂削減対策の提案・効果検証を行い、それに対する需要側（社会）の受け入れやすさの定量化と、その促進策効果を分析した。

産業における CO₂削減策の1つとして、販売システムにおける無店舗化（宅配システム）による CO₂削減効果、および店舗運用に関わる CO₂排出削減策の探索を行った。宅配システムへのシフトによる CO₂排出の大幅な削減効果を確認し、店舗運用においては負荷の大きい冷蔵・冷凍管理品をできるだけ宅配システムにシフトし、店舗の小型化を図ることが効果的で現実的な対策であることが明らかとなった。

上記の対策に対する社会の受容性として、宅配利用に対する消費者の受け入れやすさを購買行動における時間・コストとの関係から定量化した。さらに、CO₂削減効果と消費者の認知ギャップを解消する補助情報を提示することにより、消費者の受容性が向上することを確認した。これにより環境情報のコミュニケーションにおける補助情報の重要性や消費者の環境意識による効果の違いが明らかとなり、今後のコミュニケーション方法の立案に資する知見が得られた。

③ 高齢化社会の CO₂排出量への影響検討

高齢化社会の到来は、人々の行動に伴う CO₂排出量を変化させる。平均年齢上昇に伴い平均的な日本人の行動が変化するため、また健康・医療技術が普及す

るためである。これらの変化を定量化するため、産業連関表ベースのCO₂原単位と全国消費実態調査・社会生活基本調査の個票データを解析することにより、年代別の行動別CO₂排出原単位を算出した。そして、今後の年代別人口予測を用いてCO₂排出量を推計したところ、人口の減少によりCO₂排出の総量は減少するものの、「園芸」、「他に分類されない趣味・娯楽」や「受診・療養」といった行動に起因するCO₂排出量が増大することが分かった。将来のCO₂排出量を削減するためには、これらの分野において低炭素化技術を導入することが重要である。

④ 企業間の株式所有量によるCO₂排出責任配分の検討

日本では企業間の株式持ち合いにより株式の所有関係がマーケットに対して大きな影響を有している。本研究では、この株式所有関係に着目し、株式を所有することは企業の利益配分を受ける権利と同時に、環境負荷排出に伴う「負の責任」も引き継ぐとして、株式所有における温室効果ガス排出責任量を算定する手法を開発した。手法の開発にあたっては金融工学の知見、特に経済物理学の知見と環境経済学の知見を融合させることで、1株当たりの温室効果ガス排出責任量の算定を行える手法とした。開発した手法を用いて、上場企業3500社について温室効果ガス排出責任量を算定した。その結果、素材・製造業が排出する温室効果ガスの3割程度の排出責任は金融機関、特に銀行に配分されることが分かった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】LCA、インベントリデータベース、カーボンフットプリント、消費者行動、高齢化、株式

【テーマ題目3】鉛に関するサブスタンス・フロー・シミュレーターの構築

【研究代表者】東野 晴行
(環境暴露モデリンググループ)

【研究担当者】東野 晴行、恒見 清孝、布施 正暁、
牧野 良次、石川 百合子、小野 恭子、
吉田 喜久雄(常勤職員7名)

【研究内容】

当部門では、日本における鉛使用によるリスクの現状と代替や削減による効果の推定を実現する、鉛のサブスタンス・フロー・シミュレーターの開発プロジェクトを2008年から開始している。

このプロジェクトでは、鉛含有製品(バッテリー、家電など)の国内外の物質フローモデルを構築し、これを用いて環境中への排出量を推定する。そして、全球大気輸送モデルを核として、土壌、水域及び食物への取り込みを表現できるマルチメディアモデルを組み合わせた、全球環境動態モデルを開発する。

また、環境政策や規制(鉛の製品への使用禁止、輸出入の規制、関税措置)の実施による鉛含有製品の将来の動きをシミュレートし、排出量や暴露濃度が最終的に、どこでどのように変化するかを推定することをめざしている。

本テーマについて平成22年度は、政策シナリオから物質フロー、さらには環境排出まで一連のシミュレーションを行うために、多国間の応用一般均衡モデルと物質フロー解析モデルを統合した。さらに統合モデルを用いて、政策シナリオのシミュレーション分析を実施した。政策シナリオとしては、近年注目を集めるアジア地域における貿易自由協定(FTA)に注目し、FTA導入による国際間貿易への影響を介した鉛の採掘、生産、使用、廃棄、リサイクルにおける物質フローの変化とそれに伴う大気環境排出量の変化を予測した。シミュレーション分析より、FTA導入により鉛の国際分業が進み、鉛生産が中国に一極集中化し、オーストラリアを中心にアジア・太平洋の国々で減産する結果が得られた。この結果に伴い、FTA導入により鉛の大気環境排出量が中国で増加し、他のアジア・太平洋の国々で減少することを明らかにした。

また、国、地域別に、経済モデルで制御する国・地域、既存データを利用する国・地域、その他の国・地域の3種類のカテゴリーに分け、既存の排出係数を適用して、全球を1度×1度グリッドでカバーする鉛排出量データの作成を行った。その上で、鉛の排出に関連する非鉄金属の精錬(鉛、銅、及び亜鉛)については、日本、タイ、フィリピン等の精錬所で把握されている排出係数を活用し、各精錬所の生産能力等を考慮した排出係数に改善した。さらに、燃料ボイラーの集塵効率について、日本国内の過去のMAP調査データのばいじん処理効率を活用し、各国の排出対策レベルを考慮して、各国の実情に合わせた排出係数に改善した。以上による推計結果を比較的新しい排出量データが利用できる国・地域(北米、欧州、豪州等)を対象として比較を行い、本推計の妥当性を検証することができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リスク、暴露、金属、物質フロー、排出

【テーマ題目4】フィジカルハザード評価と産業保安に関する研究

【研究代表者】本田 一匡(研究コア代表)

【研究担当者】飯田 光明、角館 洋三、中山 良男、
松村 知治、若林 邦彦、松永 猛裕、
薄葉 州、秋吉 美也子、岡田 賢、
緒方 雄二、和田 有司、椎名 拓海、
若倉 正英、金 東俊、和田 祐典、
(常勤職員12名、他3名)

【研究内容】

火薬類等高エネルギー物質が関与する災害を防止する

ために、野外実験を中心としたハザード評価に関する研究、基盤となる計測技術の開発に関する研究、産業保安力向上のための研究を柱として広範囲な研究を行っている。平成22年度は主に下記の研究開発を行った。

① 爆発影響低減手法の検討

新しい構造の火薬庫の安全性を評価するために、今年度は可能な限り実規模に近い条件での実験を検討し、最終的に4分の1程度の模擬地下式火薬庫を用いて爆発実験を行った。爆風圧結果では、本年度と過去3年間の結果はほぼ同等であること、保安距離は62%に低減すること、試験体スケールや薬量容積比は爆風に影響を与える明確な差はないことが確認された。爆発飛散物計測結果では、基準の土かぶり厚を確保した場合に飛散距離は50m以下に収まること、基準の土かぶり厚さを1/2とした場合でも薬量容積比を小さくすれば飛散距離は安全な範囲に収まることが確認された。地盤振動計測結果では、土の物性を使用した場合の文献値の予測式と概略一致する結果となった。本年度と過去3年間に行われた実験結果を総括し、地下式火薬庫の技術基準の考え方を整理し、具体的な提案を行った。

② BOS法による野外での衝撃波の定量的可視化手法の開発

野外での大規模爆発により発生する衝撃波を可視化計測する手法を開発するために **Background-Oriented Schlieren** 法 (BOS法) を検討した。本方法では背景が不規則模様に近いほど計測精度が向上することから、自然背景となる樹木、草地、地表面が解析結果に与える影響を評価した。その結果、初期衝撃波、それに続いて地面で反射した衝撃波やマッハ衝撃波などの複雑な伝播形態を可視化計測することができた。BOS法は野外実験における従来の衝撃波計測法では検出が困難であった衝撃波の内部構造を明瞭に可視化することが可能であることが確認された。得られた全視野的、定量的情報は、数値解析法の信頼性向上に資することが期待される。

③ 低環境負荷型の新規建築物解体工法開発

コンクリート等の構造材料の切断・破砕には主として建設重機等が用いられているが、騒音・振動・粉塵等が課題となっている。本研究では、昨年に関した構造物を環境低負荷に解体する破砕デバイスおよび切断デバイスの実用化を目的として、実際の構造物の解体へ適用した。適用実験では、構造物の主要部材である柱、梁、壁、床等のミニブラスティング工法を適用して、十分に破砕制御できることを示した。また、同時にミニブラスティング実施時に発生する振動・騒音を計測し、電子起爆制御装置を適用することで振動・騒音を干渉・分散させることで、振動・騒音を低減させることが可能であり環境低負荷解体工法であることを示した。

④ ナノ材料の粉塵爆発実験

今年度はまず、試験装置および周辺計測器の整備を行った。試験装置は2007年11月に策定された規格「可燃性粉じん・空気混合気の最小着火エネルギー測定方法」(社団法人日本粉体工業技術協会)に準拠したものを導入した。

ナノ材料基礎物性評価では、ナノ材料が粉体として存在しうる粒子形状を明らかにすることを目的とし、C60フラーレンおよび爆発生成ナノダイヤモンドについて計測を行った。その結果、一次粒子は直径約1ナノメートル程度であるが、これが単体で存在するのではなく、50-100ナノメートルサイズに凝集した2次粒子が粉体を形成することがわかった。よってナノ材料の粉塵爆発特性を評価する上で、現実存在しうる粒子形態に即した基礎物性の把握が重要であることがわかった。

⑤ 液化ガス濃度のその場計測技術の開発

液化ガスの混合物は蒸発によりその組成が変化してしまうため、混合液化ガスの性質を調べるには、組成のその場計測が欠かせない。そのため、液体酸素/液体窒素混合系を対象として、酸素分子による吸収スペクトルから、混合液化ガス中の酸素濃度を測定する方法を試みた。一般に吸光度から濃度を求めるためには、光路長が必要であるが、可視域から近赤外域にある吸収ピークのうち、1光子-2酸素分子と1光子-1酸素分子が関与する過程での吸光度を同時測定し、各過程の光路長依存性の違いを利用することにより、光路長を測定できない場合、あるいは変動する場合においても、液体酸素の空間密度を測定できるようにした。

⑥ 産業保安向上のための研究

産業保安向上のための研究では、事故情報を事故防止に活用して貰うために、リレーショナル化学災害データベース (RISCAD) の継続的な運用を行い、その中で開発した事故事例分析手法 PFA に関して、PFA 実施ツールの開発および原因抽出のための原因体系化モデルの提案を行った。また、RISCAD メールマガジンの発行を4回行った。

原子力安全・保安院の保安力評価事業に参加し、安全文化と保安基盤の保安力評価項目の見直しを行い、事故情報から企業の保安力を評価するシステムを構築することを目的として、事故報告書にあらわれにくい安全文化評価項目の体系化を検討するとともに、安全文化自己評価入力システムの開発を行った。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 火薬類、火薬庫、保安距離、行政ニーズ、地下式、安全性評価、爆風圧、飛散物、地盤振動、可視化計測、BOS法、環境低負荷、爆破解体、破砕デバイス、電子制御、破壊実験、ナノリスク、粉塵爆発、混合液化ガス、液体酸素、液体酸素濃度、光吸収、リレーショナル化学災害データベース (RISCAD)、事故分析手法 PFA、

原因体系化モデル、保安力評価、安全文化

[テーマ題目5] ナノリスクに関する研究

[研究代表者] 蒲生 昌志

(リスク評価戦略グループ)

[研究担当者] 蒲生 昌志、中西 準子、納屋 聖人、
本田 一匡、吉田 喜久雄、岸本 充生、
藤田 克英、小倉 勇、篠原 直秀、
小林 憲弘、東野 晴行、武林 亨、
花井 莊輔、江馬 眞、米澤 義堯、
高井 亨、斎藤 英典、
カザウィ 理香、小畑 繁昭、
小竹 真理 (常勤職員11名、他9名)

[研究内容]

(背景と目的)

工業ナノ材料は、その新規な物理化学特性のため、様々な科学技術分野における技術革新をもたらすものと期待されている一方、ナノスケールのサイズに由来する新規のリスクをもたらすという懸念もある。本課題では、カーボンナノチューブを始めとする代表的なナノ材料に関するリスク評価を行う。

(研究内容)

① ナノ材料の暴露評価・リスク評価

暴露評価については、模擬排出試験を、昨年度までの対象物質について再現性確認のための再試験を実施すると共に、新たな23種の工業ナノ粒子について行った。これまでの現場調査を含め、得られた定量・定性的な排出情報を基礎に、工業ナノ粒子の排出と暴露の状況を解析し、約40種の工業ナノ粒子について、排出・暴露評価書としてとりまとめた。

リスク評価については、昨年度に作成した3つのナノ材料(カーボンナノチューブ、フラーレン、二酸化チタン)のリスク評価書(中間報告版:2009.10.16)の改訂を進め、外部レビュー版として取りまとめ、外部レビューを実施した。主な改訂ポイントは、全体的な情報の拡充(他機関との連携、あるいは独自に実施した有害性試験の結果の反映を含む)に加え、とくに有害性機序に関する考察の充実と、作業環境における許容暴露濃度の導出の考え方を見直しである。許容暴露濃度は、順応的管理の考え方に基づき、10年程度のうちに見直すことを前提に、当面15年程度の暴露を想定した時限付きのものとして設定した。

② ナノ材料のリスクの社会受容性

ナノ訴求した消費者製品のインベントリを維持するとともに、インターネットモニターを対象としたアンケート調査を実施し、合計5年間分のデータを集計した報告書を日本語と英語で作成・公表した。また、欧米での事業者の先進的な自主的取組や法規制の動向を調査し、事業者が自社材料の安全性を確保するために

必要となる考え方を整理し、将来あるべきガバナンス体制を提案した。

③ OECD への情報提供

OECD WPMN(ナノ材料作業部会)のスポンサーシッププログラムに対して、2種の単層カーボンナノチューブ、1種の多層カーボンナノチューブ、フラーレンについて、プロジェクトで実施した吸入暴露試験、気管内投与試験、遺伝毒性試験(細菌を用いる復帰突然変異試験、ほ乳類細胞を用いる染色体異常試験、マウスを用いる小核試験)、モルモット皮膚感作性試験、刺激性試験(ウサギ眼一次刺激性試験、ウサギ皮膚一次刺激性試験)の試験結果に加え、物理化学的性状の計測データを取りまとめ、情報提供を行った。カーボンナノチューブ(2種の単層、1種の多層)については、同様に OECD スポンサーシッププログラムで要求されている環境運命と生態毒性に関するいくつかの試験項目を実施して、情報を提供した。

④ カーボンナノチューブの繊維仮説への挑戦

繊維の長いカーボンナノチューブの有害性を確認する目的で、環境管理研究部門、ナノシステム研究部門、ナノチューブ応用研究センター、計測標準研究部門、計測フロンティア研究部門と連携し、生体毒性が低い界面活性剤を使用し、長繊維状態を保存した状態で1mg/mlの濃度を有する気管内注入試験用の分散液を作成した。また、繊維状ナノ材料のエアロゾルを液中に捕集して気管内注入試験用分散液を作成するシステムの予備的検討として、標準粒子を用いて、エアロゾルの捕集を確認した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] ナノテクノロジー、工業ナノ材料、リスク評価、カーボンナノチューブ

[テーマ題目6] マルチプルリスクトレードオフ評価・管理手法の研究

[研究代表者] 永翁 龍一(副研究部門長)

[研究担当者] 永翁 龍一、吉田 喜久雄、中西 準子、
東野 晴行、蒲生 昌志、恒見 清孝、
岸本 充生、梶原 秀夫、堀口 文男、
林 彬勲、小野 恭子、井上 和也、
石川 百合子、牧野 良次、内藤 航、
篠崎 裕哉、加茂 将史、江馬 眞、
納屋 聖人、田原 聖隆
(常勤職員19名、他1名)

[研究内容]

化学物質の暴露と有害性の情報を補完する環境排出量推計手法、環境動態/室内暴露/経口暴露推定モデル、有害性推論手法、及び共通尺度によるリスク比較手法を基礎として、溶剤・溶媒と金属類の用途での物質代替に伴うリスクトレードオフを解析した。また、ノンフロン型冷凍空調システムに関するリスクトレードオフ評価を

実施した。

(存続期間：2007. 4. 1～)

① 化学物質のリスクトレードオフ解析

排出シナリオ文書ベースの環境排出量推計手法を確立するため、工業用洗浄剤の排出シナリオ文書を作成し OECD に提案した。塗料溶剤からの VOC 排出量推定手法のプロトタイプを開発するとともに、金属の製錬および廃棄処理時の排出係数を設定するプロトタイプを開発した。

室内モデルについては、パラメータ検証作業と暴露シナリオ改訂、データベースの拡充を行った。大気モデルについては、簡略化した反応モデルを内装させて検証した。河川モデルと海域生物蓄積モデルについては、モデルを公開するとともに、金属特有のメカニズムのモデル組込みを検討した。金属類の環境媒体間移行・暴露モデルについては、プロトタイプを作成するとともに、農・畜産物の流通モデルを検討した。

リスクトレードオフ解析手法を確立するために、反復投与毒性に加えて、新たに生殖発生毒性のデータをデータベース化した。また、反復投与毒性の物質間の相対毒性強度を推定するためのアルゴリズムについて、異なる構造の複数モデルの比較を行った。また、金属類の種の感受性分布 (SSD) 推定手法の開発のために生態毒性データの収集と精査を行い、これを基に、水質ごとに金属類の SSD を推定する手法を開発した。

溶剤・溶媒と金属類について代替動向調査を行い、解析対象とする代替シナリオを選択した。金属については、鉛はんだから鉛フリーはんだへの代替を対象に、金属製錬および廃棄処理段階の排出寄与が大きいことを明らかにした。

② ノンフロン冷凍空調技術開発

現在使用されるハイドロフロロカーボン (HFC) に代表される冷媒は地球温暖化効果が二酸化炭素の1000倍程度にも達するため、この HFC に代わる次世代冷媒の模索が続いている。本研究開発課題では、次世代冷媒の中でも最も注目される2, 3, 3, 3-テトラフロロプロペン (HFO-1234yf) に着目し、この物質の定置型冷凍空調機器システムにおけるリスクトレードオフ評価を実施した。とりわけ、次世代冷媒を用いた冷凍空調機器システムのライフサイクル評価、次世代冷媒の有害性と燃焼特性評価、及び、大気中と室内中における暴露評価に着目した安全性評価を実施し、プロジェクト成果報告書を取りまとめた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リスクトレードオフ、排出シナリオ文書、環境動態・暴露モデル、有害性推論、評価書、冷凍空調機器、冷媒、安全性評価、LCCP 評価

⑭【爆発安全研究コア】

(Research Core for Explosion Safety)

研究コア代表：本田 一匡

所在地：つくば中央第5、つくば西、つくば北サイト

概要：

爆発安全研究コアは、化学物質の燃焼・爆発の安全に係わる総合的な研究を実施し、公共の安全確保や産業保安の向上等に貢献することで、＜安心・安全で質の高い生活の実現＞に資することを基本ミッションとしている。

具体的には、

1) 機能的組織化

化学物質が関与する燃焼・爆発の安全に係わる社会ニーズ、行政ニーズ、国際的ニーズ (標準化を含む) 等に迅速かつ継続的に対応できる組織を構築する。

2) 研究ポテンシャルの向上・維持

爆発現象及び関連する現象全般および産業保安について、基礎から応用に至るまでの総合的な研究を実施する。

3) 対外機関との協調

国内外関連研究者 (機関) とネットを構築し、燃焼・爆発の安全に係わる情報並びに施設・設備の相互有効利用を図る。

4) 産総研中期計画・目標の達成

以上を主要ミッションとし、特に、行政対応、国際対応の課題に重点的に対処することで、産業や公共社会並びに国際通商等における安全確保に貢献する。

2) ライフサイエンス分野
(Life Science and Biotechnology)

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

研究統括：湯元 昇
副研究統括：松岡 克典

概要：
研究統括は、理事長の命を受けて、各研究分野における研究の推進に係る業務の統括管理を行っている。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。
副研究統括は、研究統括の命を受けて、各研究分野の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く）を統括している。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。

ライフサイエンス分野研究企画室
(Reserach Planning Office of Life Science and
Biotechnology)

所在地：つくば中央第2
人 員：4名 (3名)

概要：
産総研として特色のある研究の方向性を意識し、ライフサイエンス分野の研究資源の最適配置をはじめとした研究管理を行っている。
具体的には、経済産業省を中心として、外部との情報交換を積極的に行い、外部資金の獲得について推進している。また、対内的活動としてユニットとの連携を密に行い、所内関係部署、研究ユニットの双方の業務の効率化に努めている。

機構図 (2011/3/31現在)

[ライフサイエンス分野研究企画室]
研究企画室長 達 吉郎 他

[ライフサイエンス分野研究企画室 生物資源管理グループ]
グループ長 大和田一男 他

②【糖鎖医工学研究センター】
(Research Center for Medical Glycoscience)
(存続期間：2006. 12. 1～2012. 3. 31)

研究センター長：成松 久

副研究センター長：平林 淳

所在地：つくば中央第2、つくば中央第6
人 員：14名 (14名)
経 費：480,500千円 (175,297千円)

概要：
「研究目的」
糖鎖遺伝子の網羅的発見、糖鎖合成技術、糖鎖構造解析技術の3大基盤技術を開発し、糖鎖科学の幅広い分野において、さらなる基礎的発見・発明を積み重ねるとともに、それらを産業化へ応用する努力を行い、世界的な糖鎖科学研究中枢としての基盤をさらに強固なものとする。

ポストゲノム研究としてプロテオーム研究が隆盛を極める中、タンパク質機能の発揮には翻訳後修飾が重要であることにより多くの研究者が気づき始めた。タンパク質は、リン酸化、メチル化、硫酸化、そして糖鎖付加などの翻訳後修飾を受けて初めて成熟した機能を持つようになる。その中でも最も複雑な過程が糖鎖修飾である。ゲノム配列が解明され、生命の神秘に迫ったとされたが、かえって新たな謎の存在をクローズアップさせることになった。それが糖鎖である。生体内の多くのタンパク質は糖鎖修飾を受けているが、糖鎖はタンパク質の機能を制御する重要な要素である。生体内で働いているタンパク質の機能を解明し、利用するため、糖鎖とタンパク質を一体として解析するグライコプロテオームにより明らかにされる、すなわち、タンパク質部分は同一であっても付加する糖鎖構造が異なる分子「糖鎖修飾異性体」の概念を基本として研究全体を推進する。

糖鎖科学は、ポストゲノム研究において我が国が優位に立っている数少ない分野の一つであることから、当研究センターはこれまでの糖鎖研究資産を生かして、産業化に繋がる糖鎖医工学研究を実施することで、国際的な糖鎖研究のネットワークにおける中核的拠点として研究開発の推進に貢献することを目指している。

「研究手段」
既に終了した NEDO 糖鎖関連遺伝子ライブラリー構築プロジェクト (以下 GG プロジェクト) 及び糖鎖エンジニアリングプロジェクト (以下 SG プロジェクト) において中核的研究機関としての役割を果たし、外部からも高く評価される実績を上げてきた。これらの基盤技術を応用面で活用するため、平成18年度より5年間の糖鎖機能活用プロジェクト (以下 MG プロジェクト) を遂行している。特に、医学研究機関との連携を深め、糖鎖疾患バイオマーカーの探索に必須である臨床試料の入手の努力を行った。産総研の第3期研究戦略で掲げている、糖鎖を指標とした生体分子

による疾病の診断システムの開発を行い、早期診断による予防医療を実現するための基盤技術開発によるライフ・イノベーションの実現を目指している。具体的な研究課題は以下に掲げる。

「生体反応の分子メカニズムの解明によるバイオマーカーの探索と同定」は、MG プロジェクトの中心課題として、糖鎖関連の主要な疾患である、がん、免疫、再生医療、感染症、生殖医療の5つを中心に、産業上有用なバイオマーカーの発見を目指して以下の研究を推進している。

- 1) がんの悪性度の指標となる糖鎖構造及びその糖鎖の担体となる糖タンパク質を探索し同定する。糖鎖構造、糖タンパク質を鋭敏に検出する技術を開発し、がんの早期診断や治療方針決定を可能にする技術を開発している。
- 2) 免疫異常の原因となる糖鎖構造、糖タンパク質を探索し同定する。特に IgA 腎症は全腎臓病の約半数を占める患者数の多い重篤な疾患であるが、糖鎖不全との関係が示唆されている。病気の原因究明、診断法の確立、有効な治療法の開発を目指している。
- 3) 再生医療では、幹細胞に特異的な糖鎖構造を探索し同定する。血液幹細胞、神経幹細胞、間葉系幹細胞などを対象とする。
- 4) 感染症では、病原微生物の結合する糖鎖構造及びその担体となる糖タンパク質・糖脂質を探索し同定する。この結合を阻害する活性などを指標に、将来的には、阻害剤の候補化合物や抗体の開発が期待される。
- 5) 生殖医療では、精子、卵子の成熟に糖鎖が関与していると考えられ、糖鎖機能不全により不妊が起きると推測している。その原因究明、バイオマーカーの発見、最終的には不妊診断、治療への道をつける。

上記の疾患別研究開発を推進するために必要な技術開発項目を以下に掲げる。

- 1) 産業上有用な機能を有する糖鎖を生体試料から高効率に分画、同定する技術を確認し、糖鎖マーカーを開発している。
- 2) これに付随して糖鎖マーカーの精製や診断用糖鎖構造解析等に供される新たな装置を開発している。
- 3) 疾患の進行に伴い構造変化する糖鎖マーカーは生体内の重要な機能と結びついている可能性が高いため、発見された糖鎖マーカーの生物学的機能を解析することは、疾患の治療手段の開発に繋がる。
- 4) 質量分析計、レクチンアレイによる構造解析技術の改良に加え、より鋭敏で簡便な基盤技術を開発している。
- 5) 糖鎖合成技術について、微生物の糖鎖合成機能を再開発している。N 結合型だけでなく、O 結合型

糖鎖についても、酵母をヒト型糖鎖合成のためのツールとする。

- 6) 糖鎖研究のためのデータベース開発は、最重要課題である。糖転移酵素データ (GGDB)、MS スペクトルデータ (GMDB)、レクチン結合データ (LfDB)、糖タンパク質データ (GlycoProtDB)、糖鎖合成データ、糖鎖構造などの糖鎖データベース化を進め、ユーザーに利用されやすいように、他研究機関の糖鎖関連データベースを含め、糖鎖統合データベース (JCGGDB) の構築および公開を行っている。

「方法論等」

研究センター内での全チームの共同研究体制を最重要視している。チーム間の壁がほとんどない「研究センター全体が一つのチーム」体制により、一丸となって研究を推進している。

本研究センターの特徴として連携戦略班を設置している。本格研究を推進するためには、今まで蓄えた知財・研究リソース (遺伝子、細胞、モデル動物、解析装置、データベース等) は既に膨大な存在となっており、それを無駄なく有効に活用する新たな仕組みが必要であり、プロジェクトを推進すると同時に、成果普及を別のマネジメントで行っている。特に、独立行政法人工業所有権情報・研修館との連携で知財プロデューサーを派遣してもらい、出願支援、使用許諾及び共同研究など企業等との契約支援、知財マップ作成など、プロジェクト成果の知財の戦略的な管理、運用を行なっている。また、糖鎖産業技術フォーラム (GLIT) を、産総研-バイオインダストリー協会の包括協定の一環として共催で設立し、100社以上の糖鎖関連企業・団体を集め、成果普及に努めている。一方で、良好な研究環境を構築するためにリスク管理は重要であり、安全講習として、RI 実験実施要領、ヒト由来試料実験倫理、組み換え DNA 実験取り扱い要領、微生物実験取り扱い要領について、さらに知的財産と特許、論文/学会発表における承認基準、産学官連携と各種事業、研究者行動規範など、連携戦略班により研究センター内での独自の教育を行っている。コンプライアンス管理活動として、研究センターは、社会の中で活動している存在であり、研究者以外にさまざまな人々が周囲にいて、それぞれ異なった価値観をもって見られていることを理解することに努めている。研究資金は、MG プロジェクトを中心としており、MG プロジェクトを一致団結して成功させることが本研究センターの最重要ミッションである。したがって、MG プロジェクトとは別テーマについては、その成果が MG プロジェクトに貢献するような外部資金を推奨している。真に生命科学や糖鎖科学の進展に貢献するかを厳しく吟味し、研究者が情熱を持って取り組んでいる課題や萌芽的研究は、その実施を積極的

に支援している。

外部資金：

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「健康安心イノベーションプログラム／糖鎖機能活用技術開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「iPS細胞等幹細胞産業応用促進基盤技術開発／iPS細胞等幹細胞の選別・評価・製造技術等の開発」

文部科学省 科学技術試験研究委託事業「糖鎖修飾情報とその構造解析データの統合（糖鎖科学統合データベースの構築）」

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター 新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業「病原性原虫による Th1免疫回避機構の解明と糖鎖被覆リポソームワクチン評価技術の確立」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 C「糖鎖バイオマーカー探索を目的とした新規シアロ糖ペプチドエンリッチメント法の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 C「シアル化糖鎖を介した癌の免疫抑制メカニズムの解明と利用技術の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 B「新規ヒト内在性レクチン探索と機能解析」

独立行政法人医薬基盤研究所 基礎研究推進事業「プロサボンによるファブリー病に対する酵素増強薬の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援事業「酵母によるポンペ病酵素補充療法用治療薬の生産」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援事業「超高度糖タンパク質評価システムによる培養段階の糖鎖品質可視化」

国立大学法人九州大学 戦略的技術開発委託費「植物機能を活用した高度モノ作り基盤技術開発／植物利用高付加価値物質製造基盤技術開発」「植物型糖鎖修飾を抑制した植物作出技術開発」

発表：誌上発表34件、口頭発表133件、その他5件

糖鎖遺伝子機能解析チーム

(Glycogene Function Team)

研究チーム長：成松 久

(つくば中央第2、第6)

概要：

1) 糖鎖関連バイオマーカーの開発

これまでの2つの NEDO プロジェクト・糖鎖遺伝子プロジェクトでは、生体内で糖鎖合成の担い手である糖転移酵素など糖鎖遺伝子の全体像が明らかになり、糖鎖構造解析プロジェクトでは、質量分析装置とレクチンを用いて糖鎖の構造解析が可能になりつつある。それらの基盤技術を背景に、糖鎖機能活用プロジェクトでは糖鎖関連バイオマーカーの開発と生体内での糖鎖機能の解明を目指している。糖鎖関連バイオマーカーの基本となる考え方は、「修飾異性体」の検出である。細胞の分化やがん化に伴い糖鎖構造が大きく変化することは以前より知られていた。疾患においては、同じタンパク質であっても、産生する細胞の状態によってその糖鎖構造が異なることが予想される。我々はこのような根元のタンパク質部分は同じであるが、糖鎖構造が異なる糖タンパク質を修飾異性体と呼んでいる。糖鎖関連バイオマーカーの開発では、グライコプロテオームの概念に基づき、疾患に関連して変化した糖鎖構造をキャリーしているタンパク質を同定し、その糖鎖構造とタンパク質の両方を特定した検出システムを構築することで、特異性の高い疾患マーカーの開発を目指している。肝臓がん・肺がん・大腸がん・膵臓がん・卵巣がんなど数十種類の各種がん由来培養細胞や患者由来生体材料を用いて、がんに関連した糖鎖構造変化を同定し、それら糖鎖のキャリアータンパク質を生化学的手法・レクチンマイクロアレイ・質量分析・IGOT法、糖鎖遺伝子発現プロファイル解析を用いて数多く同定した。5種類の臓器のがん（肝細胞がん、胆管がん、卵巣がん、肺がん、前立腺がん）のグライコプロテオミクス解析から得られたマーカー候補分子に対して、生化学的なスクリーニング解析を行い、候補分子のマーカーとしての有用性について検証した。この過程で当初の数百種類の候補分子の中から先行して、数種類程度までの候補の絞り込みを行った。これらのマーカー候補分子のうち、一部に関しては、タンパク質分子に対するモノクローナル抗体の作製を系統的に進めた。また、並行して入手可能な市販抗体などを用いた各種検証を進めた。その結果、胆管がん、肝細胞がん、卵巣がんの候補分子のうち、有用と思われた候補分子に関しては、糖鎖構造変化を検出するレクチンと候補分子のサンドイッチ ELISA 検出システムを構築す

ることによって迅速化にも成功した。これを用いて患者由来の臨床検体を用いて解析し、その有効性を検証した（少数検体によるバリデーション解析の実施）。さらに胆管がんや肝細胞がんの一部の候補分子に関しては、当該システムを用いて、より多検体での検証試験の実施を行う予定である。肺がんや卵巣がんではサンドイッチ ELISA 検出系での、少数の臨床検体による検証を行う予定である。解析が未実施の候補分子に関しても、継続して生化学解析によるスクリーニングにより、有用分子の選抜を進めている。またその他のがんとして例えば、膵がんでは、がん関連糖鎖抗原のキャリア分子の同定を進め、マーカーの候補分子をスクリーニング解析により選抜している。

2) 糖鎖遺伝子ノックアウトマウスの作製と解析

これまでの糖鎖の機能解析の多くは、糖鎖改変細胞を用いた細胞生物学的な解析である。糖鎖の担う重要な生体機能の1つは細胞間コミュニケーションであり、生体内でそれを解析するためには糖鎖合成に関連する糖鎖遺伝子を改変した糖鎖改変モデル動物を作製することが必要である。現在までに186個の糖鎖遺伝子が報告されているが、糖鎖機能活用プロジェクトではその中から、糖鎖遺伝子プロジェクトで新規に見出された遺伝子の中で、がん化により遺伝子発現が変化するもの、組織特異的に発現するもの、*in vitro* で機能性糖鎖を合成する糖転移酵素をターゲットにしてノックアウトマウスを作製した。具体的には Le^x (SSEA-1) を合成する FUT9、正常大腸に発現し、がん化により消失するコア3合成酵素、糖タンパク質ホルモン特異的な糖鎖の合成酵素、グリコサミノグリカン合成酵素、ポリラクタミン合成酵素などである。これらのノックアウトマウスは個体数が確保できたのから順次、生化学的解析、病理解析などの機能解析に移っており、いくつかのマウスではがんの発生する頻度が高いなどの表現型が見出されている。これらのマウスを用いて、疾患において糖鎖に関連する分子メカニズムの解明を進めている。

3) ポリラクタミン (PLN) 合成酵素遺伝子ノックアウトマウスの解析

基幹的糖鎖構造の一つである PLN 鎖合成に関与する2系統のノックアウト (KO) マウスに関して、免疫系の表現型を中心に解析を行っている。個体レベルでの免疫反応に対する PLN 欠損の影響を確認するため、まずは糖タンパク質上の PLN の合成に関与する酵素である、*B3gnt2* 遺伝子の KO マウスを用いてマウス接触性過敏症モデル系実験での免疫応答の検討を行った。その結果、*B3gnt2* KO マウスでは免疫応答性が悪くなっている事が分かり、刺激後の炎症の初期反応である好中球の浸潤が

B3gnt2 KO マウスでは著しく減少している事が明らかとなった。解析の結果、セレクトインリガンドは PLN 上に形成されており、かつ PLN 鎖の伸張がその糖鎖抗原の形成に関与しているということが示唆された。リガンドのキャリア分子を解析した結果、それぞれの分子量に差が見られており、分子上の PLN 鎖が消失している可能性が示唆された。これらの糖鎖合成不全により、免疫応答性の変化が起こっているものと考えられた。現在までの本ノックアウトマウス群の解析により、PLN 鎖の欠損は、その上に存在する様々な糖鎖抗原の発現に影響を与え、それらが有する糖鎖機能に異常を引き起こすことが示唆された。それにより個体レベルでの免疫反応にも大きな影響があるということが明らかとなった。

4) 内軟骨性骨化におけるコンドロイチン硫酸機能の解明

コンドロイチン硫酸 (CS) は高度に硫酸化された長鎖のグリコサミノグリカン糖鎖で、軟骨においては保水に寄与し軟骨組織特有の物理的性質を規定している。ヒトの CS 合成酵素は6種類存在するが、その中で CS 生合成の鍵となる酵素をコードする *Csgalact1* 遺伝子欠損マウスを作製したところ、CS 含量が半減し、内軟骨性骨化に異常を示した。*Csgalact1* 遺伝子欠損マウスは体長、体重ともに野生型マウスに比べて約1割減少しており、長骨の長さも短かった。骨成長の場である骨端の成長板においては、増殖軟骨細胞層の構築異常が見られ、主要な細胞外基質であるアグリカン (Acan) やリンクプロテインの減少が免疫組織染色で明らかとなった。Acan の減少は、コアタンパク質部分の分解が原因であり、Acan 上の CS の減少によりアグリカナゼへの感受性が亢進した可能性が考えられた。

5) IgA ヒンジペプチドの NMR による構造解析

抗体の一種である IgA1 に結合している O 結合型糖鎖が抗体の構造に大きな影響を及ぼしていることを NMR により解析した。IgA1 には、分子内の Fab ドメインと Fc ドメインをつなぐヒンジ部に抗体としては珍しいムチン型 O 結合型糖鎖が結合している。今回、そのヒンジ部について安定同位体で標識した19残基のポリペプチド鎖 (ヒンジペプチド) を化学合成し、さらに糖鎖を糖転移酵素により付加、NMR 法により構造解析した。その結果、糖鎖付加によりヒンジ部のプロリン残基のシス/トランス異性化の動的な平衡がトランス型へ顕著に傾き、分子全体として、より均一化した構造になることがわかった。(バイオメディカル研究部門山崎主任研究員、森井主任研究員との共同研究。) その結果、糖鎖付加によりヒンジ部のプロリン残基のシス/トランス異性化の動的な平衡がトランス型へ顕著に傾き、分子全体として、より均一化した構造になることがわ

かった。本解析では O グリカンの基幹の一糖のみを付加し解析したが、今後はさらに糖鎖を伸長させたときの効果を解析する予定で、当鎖伸長のために必要な糖転移酵素の大量発現を完了した。

6) 立体構造に基づいたノロウイルスと糖鎖との相互作用解析

ノロウイルス Funabashi258株キャプシドタンパク質ドメインと血液型糖鎖 (A、H、Le-a、Le-b) との複合体の立体構造解析を行い、同ウイルスによる糖鎖認識機構を原子レベルで解明した。ウイルスの感染にはフコースが重要であると言われていたが、糖鎖との結合そのものには末端のガラクトース骨格が重要であること、一方フコースは株間の糖鎖認識特異性の違いに寄与していることが明らかとなった。糖鎖認識には株間で保存されていないループ構造が重要な役割を果たしており、ウイルスの糖鎖認識の多様性と密接に関係していることが示唆された。

7) 酵母を利用した糖鎖及び糖タンパク質合成

出芽酵母によるムチン型糖鎖を有する糖タンパク質の発現系を構築し、MUC1や MUC2ペプチドの生産を行なった。またタンデムリピートを増やしたムチン型糖ペプチドの生産も可能とし、質量分析やレクチンアレイなどによる評価を行なった。

糖鎖の大量合成に必要な糖転移酵素を供給するため、酵母による可溶性ヒト糖転移酵素の発現系のブラッシュアップを行なった。特に N-結合型糖鎖の生産に関与する糖転移酵素の大量発現を検討し、実際に天然物からの生産が難しい N-結合型糖鎖の合成を行なった。シアル酸転移酵素の生産系を構築し、反応条件を精査することで、多分岐型の N-結合型糖鎖上に効率よくシアル酸を転移する条件を確立した。

分子医用技術開発チーム

(Molecular Medicine Team)

研究チーム長：池原 謙

(つくば中央第2)

概要：

分子医用技術開発チーム (池原研究室) は、産業技術総合研究所で唯一、病理学を専門とする研究室である。この特徴を生かし、糖鎖医工学研究センターの一員としての活動の他に、環境・エネルギー分野やナノテクノロジー・材料・製造分野の研究者と分野を超えた連携研究を進めている。

1) 糖鎖バイオマーカー探索と機能解析

糖鎖医工学研究センターの一員として実施している最重要テーマである。a) NEDO の「糖鎖機能活用技術開発 (MG) プロジェクト」で、糖鎖バイオマーカー探索と実用化研究、糖鎖遺伝子改変マウス

を用いた疾患モデルマウスの作成と解析を行なっている。ここではさらに、b) 生研センターの新技術・新分野創出のための基礎推進事業で、糖鎖被覆リボソームを活用したドラッグデリバリーシステムの実用化研究として「タイレリア原虫感染症に対するワクチン開発研究」を行なっている。

I-a-1) 臨床検体の収集と病態病理解析システムの構築

分子医用技術開発チームでは、19年度から病態病理解析を担当し、NEDO プロジェクトで収集される臨床検体の保管管理と利用を、適切かつ効果的にこなせる体制で運営を行なっている。臨床研究における倫理指針に従い、コンプライアンスを保って研究開発臨床検体を活用した開発を進めている他、KO マウス等を用いて作成した疾患モデル実験の検体の解析を実施している。

キーワード：病理検査、臨床検体ライブラリー

I-a-2) 疾患マーカーの探索とその展開

キーワード：肝炎、線維化

多くの疾病は、血液の検査で疾病を定義して、臨床的な取り扱いを決めている。一方で、血液検査の結果で診断できない、疾病の生じた臓器に出現する形態学的変化に基づいて診断される疾病がある。がんや、肝臓や肺の線維化、糸球体腎症・腎炎、アルツハイマー病等が、形態学的情報に基づいて診断される疾病の代表例である。これらの疾病では、病理組織像や、CT や MRI で得られる画像情報が、確定診断に重要な役割を果たしており、形態学的な変化の検出評価に基づいて、その後の治療が進められている。

これら2つに大別される疾病は、「定量的疾病と定性的疾病」と言いかえる事ができる。「定性的疾病」の組織には、タンパク質の翻訳後修飾 (糖鎖や硫酸化など) が変化する事が知られている。従って、翻訳後修飾が変化したタンパク (タンパク部分が同じで修飾だけが異なる分子を修飾異性体と呼ぶ) の中から、病変部に特徴的なものを血液中に捉える事ができるならば、これら疾病の病理を「定量化」する事ができるので、血液検査で診断する事が可能となるはずである。我々はこの理論実証として、肝臓の線維化を対象として疾患糖鎖マーカーの開発を行ない、線維化の進展について、血液検査による測定評価を可能とした。

キーワード：糖鎖修飾異性体、バイオマーカー

I-a-3) 各種疾患における糖鎖病理の解明

胃がんの糖鎖がんマーカーである CA72.4は、がんの産生するシアルル Tn (STn) を測定するものであり、その合成酵素遺伝子はかつて、池原と成松センター長らによって初めて単離同定され、報告され

たものである (Ikehara Y. et al Glycobiology 1999)。胃癌患者における STn 抗原検出系の高感度化を目的として、そのキャリア分子の同定をすすめて複数の候補蛋白を決定し、腹腔洗浄液を材料とする腹腔胃癌転移検出システムの構築をおこなった。さらには、他臓器に発生する腫瘍についてもキャリア分子の同定を進め、肺がんの検出に有用である事を見いだしている。また、卵巣腫瘍においても STN 抗原が特定のタンパク上に見いだされることから、その検出システムの開発を進めて、新規な卵巣がん検査法を確立した。

キーワード：胃癌、肺がん、シアル酸
(機能解析チームとの共同実施)

I-b) 糖鎖機能を活用するドラッグデリバリーシステムの構築とその技術応用の開拓

本研究は、NEDO の行う産業技術研究助成事業から池原が助成を得てスタートしたものである。成果をさらに発展させるため、生物系特定産業技術研究支援センターの行う新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業より助成を得て、病原性原虫感染症の克服を目指した、「糖鎖被覆リポソームワクチン評価技術の確立」を実施している。

糖鎖機能を活用するドラッグデリバリーシステムは、リポソームをオリゴマンノースで被覆する事によって作製したリポソーム (OML) を用いて、がん腹腔内転移を標的として抗がん剤を送達できる。さらにはがんワクチン療法に用いると、封入抗原特異的な細胞性と液性の抗腫瘍免疫を誘導できる。そこでウシの原虫感染症に対するワクチン技術として有用であるかどうかを明らかにするため、まずウシにおける細胞性免疫応答を評価できるシステムを構築した。このシステムは、細胞性免疫が排除エフェクターとなっているウシの各種感染症の病態評価も可能とするもので、標準検査法になりうるものであった。そしてさらに、このシステムを用いる事で、OML を接種した場合も、マウスと同様に封入抗原特異的な細胞性免疫誘導を確認する事に成功している。ウシを用いて得られた一連の結果は、OML 技術を人の治療へトランスレーションできる可能性をさらに強く示唆するものであると考察された。

キーワード：ドラッグデリバリー、ワクチン、評価技術

II) 超早期高精度診断システムの研究開発

京都大学大学院薬学研究科・病態機能分析学分野・佐治英郎教授をテーマリーダーとする NEDO のプロジェクト「画像診断システムの研究開発、がんの性状をとらえる分子プローブ等の研究開発」(PET) プロジェクトにおいて、PET プローブの開

発評価に適したがんモデルマウスを開発を行なっている。

キーワード：担がんマウスモデル、PET プローブ
評価

III) 医療用プラズマ発生装置の開発

産総研のもつ研究と技術アドバンテージを取り入れた次世代の医療器機・技術の研究開発である。産総研エネルギー技術研究部門・先進プラズマグループの榊田創グループ長と連携し、グロー型プラズマ発生技術をベースとした、安全性の高い新しいタイプの血液止血器具の開発を実施した。開発した発生装置は、高周波凝固装置による止血に比べて組織障害が低く抑える事ができる一方で、静脈性の出血を数秒以内に止血する事ができる。この事は即ち、癒着等の術後合併症のリスクを低く抑える事ができる可能性を有するので、開発した器機は腹腔手術の際に、広く使用される様になると考えている。

プラズマを接点とする産総研のライフ・環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料製造分野の研究者が、産業上の出口を見据えて連携し、大学・企業・研究者・医療の関係者よりなる組織を構築した。組織を、プラズマ医療・健康産業フォーラム (Life Innovation by Plasma Technology・Forum: LIP-Forum) と命名し、2010年11月5日に設立した。代表は、大阪大学大学院 工学研究科・教授 浜口智志、事務局として (独) 産業技術総合研究所 糖鎖医工学研究センター・チーム長 池原 譲、(独) 産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門・研究グループ長 榊田 創としている。なお、第1回プラズマ医療・健康産業フォーラムを、大阪大学中之島センターにて、3月22日に開催した。

キーワード：低侵襲手術、プラズマ、止血

IV) 近赤外光を活用する医療技術・器機の開発

産総研ナノチューブ応用センター、産総研ナノテクノロジー研究部門と連携して実施している研究テーマである。生体の窓とされる近赤外波長域を利用できる検査測定システムの開発を進めることで、省エネと、環境にやさしい次世代の臨床検査技術基盤の開拓を目指している。

キーワード：次世代臨床検査、近赤外光、ナノチューブ、ナノテクノロジー

糖鎖分子情報解析チーム

(Glyco-Biomarker Discovery Team)

研究チーム長：亀山 昭彦

(つくば中央第2)

概要：

当チームでは、社会及び臨床ニーズに基づいた糖鎖科学の医療応用を目的として、糖鎖分子に刻まれた癌

をはじめとする疾患関連情報の質量分析計による解析を進めている。また、糖鎖の機能や構造を解析するためのユニバーサルなリファレンスとしてヒト型糖鎖ライブラリーの開発を推進し、癌や感染症における機能糖鎖の発見に挑んでいる。そして、他チームや外部との積極的な連携のもと、センターにおける糖鎖の合成、構造解析、相互作用解析の機能を担うとともに、糖鎖産業の創出を睨んだこれらのイノベーション開発に努めている。

1) 硫酸化糖タンパク質バイオマーカーの探索

当チームでは、腫瘍マーカー候補として期待されながらも解析が難しいためにマーカー探索研究から取り残されていた硫酸化糖タンパク質について研究を進めてきた。これまでに硫酸基の負電荷を強調する化学処理法（SE法）を開発し、複雑な混合物から硫酸化糖ペプチドを濃縮することにより、硫酸化糖タンパク質に着目したバイオマーカー探索を進めてきた。さらに濃縮して得られた硫酸化糖ペプチドを硫酸化糖鎖とペプチド部分に分解した後、それぞれを質量分析計によって解析する方法を開発した。この手法を肺小細胞がんとは非小細胞がんを区別するマーカー探索に応用し、肺小細胞がん細胞株の培養上澄から3種の硫酸化糖タンパク質を見出した。また、これらの硫酸化糖鎖の構造、硫酸化糖鎖結合部位をも明らかにした。見出された硫酸化糖タンパク質を肺小細胞がんマーカー候補分子として特許出願した。

2) ムチンバイオマーカーの探索

2009年に独自に開発した分子マトリクス電気泳動法（SMME）を活用し、ムチンバイオマーカーを探索するための技術開発を進めた。ムチンを電気泳動した SMME 膜を抗体によって直接に染色し、抗体と反応したムチンを特異的に染める免疫染色法を開発した。ムチンは親水性が高いため、免疫染色の際の洗浄操作時に SMME 膜から遊離してしまうという問題があったが、マトリクスに利用する親水性ポリマーの種類を種々検討した結果、ポリビニルアルコールとポリビニルピロリドンの適切な比率の混合物をマトリクスとして利用することによりムチンの遊離を抑制できることが判った。また、泳動後の SMME 膜をアセトンで処理した後、加熱乾燥することにより、さらに確実にムチンを固定化できることを見出した。開発した SMME 免疫染色法を活用して乳がん培養細胞1種と膵臓がん培養細胞2種のムチン分析を行った。抗 MUC1抗体で染色した結果、いずれの細胞からも MUC1が検出されたが、泳動位置は異なるものが存在した。また、各 MUC1のスポットから糖鎖を遊離させ、質量分析計によって糖鎖を分析したところ、膵臓がん培養細胞2種の MUC1は糖鎖が類似していたが、乳がん培養細胞は

これらとはまったく異なる糖鎖プロファイルを有していることが判った。なお、糖鎖が類似していた膵臓がん細胞の MUC1は、SMME における泳動位置が異なっており、糖鎖が類似しても SMME での泳動位置は異なるという興味深い結果が得られた。今後、ムチンの糖鎖プロファイル、免疫染色、SMME 泳動位置をパラメーターとしたムチンの新たなカテゴライズ法を構築し、ムチンバイオマーカー探索へ活用していく計画である。さらに、以上の研究成果を特許出願するとともに **Electrophoresis** 誌に報告した。

3) 糖鎖の高感度検出法の開発

糖鎖は、ペプチドなどに比べて質量分析計における検出感度が100倍程度低い。バイオマーカーが、疾患に伴って組織の特定部位から微量に血液中に漏れ出てくる分子であると考え、その量は極めて微量であり、糖鎖バイオマーカーを探索する上で検出感度の低さは非常に大きな課題となる。感度に対する問題を解決するため、糖鎖の完全メチル化や、糖鎖の還元末端のラベル化などによる糖鎖修飾などが報告されている。しかし、これらの方法を用いても、なお糖鎖バイオマーカー探索には十分な感度が得られない。目標は、ゲル電気泳動で銀染色で普通に染色されるレベルのバンド（糖タンパク質としてナノグラムオーダー以下）から糖鎖を検出し同定することである。そこで、このような高感度検出を達成するため、糖鎖の完全メチル化と還元末端ラベル化の2つの方法を組み合わせる新たな誘導体化法を考案し研究を進めてきた。昨年までに、1ナノグラム相当のトランスフェリンを原料として、その糖鎖を検出できるレベルまで向上させることができている。還元末端ラベル化剤として使用しているヒドラジド誘導体は、糖鎖のアルデヒド基と反応してヒドラゾン形成する。しかし、このヒドラゾン体は水溶液中で加水分解されやすく、希薄溶液中に放置しておくとも元のヒドラジドと糖鎖に分解される。そのため微量試料への応用では本来の高感度化効果が期待できない可能性がある。アルデヒド基と水溶液中で容易に反応する官能基としては、ヒドラジドの他にオキシルアミンが挙げられる。アルデヒドとオキシルアミンにより形成されるオキシム誘導体は、ヒドラゾンに比べて水溶液中での安定性が高いことが最近報告された。そこで、官能基としてオキシルアミンを有する Cy3誘導体を新規な糖鎖ラベル化剤としてデザインし、合成した。この新規ラベル化剤（Cy3オキシルアミン）と完全メチル化を組み合わせることにより、ナノグラムレベルよりさらに微量のピコグラムレベルの糖タンパク質に相当する糖鎖を質量分析計にて検出することが可能となった。

レクチン応用開発チーム

(Lectin Application and Analysis Team)

研究チーム長：平林 淳

(つくば中央第2)

概要：

レクチン応用開発チームは、その前身である糖鎖工学研究センター・糖鎖構造解析チームの設立時より、レクチンが糖鎖プロファイリングに適したツールであることを、エバネッセント波励起式レクチンマイクロアレイの開発等を通し世界中に示してきた。本技術の有効性は、すでに疾患関連糖鎖バイオマーカー探索、iPS 細胞等各種幹細胞の評価などで示されている（レクチン応用）。さらに、それに先立つアフィニティ基盤技術である FAC（フロントル・アフィニティクロマトグラフィー）を用い、多種類のレクチンの特異性を詳細に調べ、レクチンライブラリーの有効利用を図っている。得られた成果はレクチンデータベース（LADB）として公開している（レクチン開発）。

本チームでは、先の NEDO 糖鎖構造解析技術開発プロジェクト（SG）で開発した上記 FAC やレクチンマイクロアレイなどの糖鎖プロファイリング技術を、産業的に有用なバイオマーカー開発に向け様々な応用展開（NEDO「糖鎖機能活用技術開発」プロジェクト）を行っている。これらの基本戦略に付随して、レクチン関連企業との共同研究等を通じた新規レクチン探索と解析、さらにバイオインフォマティクスを利用したヒト内在性レクチンの開発も行ってきた。チーム長を除く常勤職員2名はそれぞれ、上記レクチン応用開発研究における活用側面（マーカー開発と細胞プロファイリング）を担当する他、分子進化学に基づく高機能レクチンの人工的創造にも取り組んでいる。具体的には、平成18年からスタートした NEDO「糖鎖機能活用技術開発」が本年度で最終年度を迎えるに及び、各種マーカーの検証や関連機器の開発が完成フェーズに達した。一方、平成21年度より新たにスタートした NEDO「iPS 細胞等幹細胞産業応用促進基盤技術開発」においては、レクチンマイクロアレイを活用した iPS 細胞等幹細胞の選別・評価技術の開発を、産総研内関連ユニットと連携のもと推進し、新しい iPS 細胞評価技術を開発した。さらに、前年に引き続き、イノベーション推進の立場から、上記糖鎖プロファイリング技術の成果普及にも積極的に取り組んだ。平成22年度の主たる成果として、以下を挙げる。

1. バイオマーカー開発関連研究：マーカー探索と検証におけるレクチンマイクロアレイの活用と、周辺技術としてのエンリッチメント自動化装置の開発

NEDO「糖鎖機能活用技術開発」プロジェクトで主テーマとなるのは癌などにおける糖鎖関連疾患バイオマーカーの開発だが、産総研糖鎖センターが担う集中研業務の一環として、レクチン応用開発チ

ームは久野を中心として相応の役割を担った。すなわち、前年に引き続き、各臨床機関から送られてくる組織切片、血清などの臨床検体を、エンリッチ操作によって適宜前処理し、レクチンアレイによる比較解析を行うことで、マーカー候補分子探索に大きく貢献した。当チームが独自に担当するエンリッチメント装置の開発は前年度におけるプロタイプ機作製に引き続き、プロジェクト参画企業との連携のもと、これを徹底評価、検証の上、生体試料を用いた作業工程（プロトコール）の最適化を行い、エンリッチメント自動化装置を試作機レベルとして完成の域にまで改良を加えた。実際、特定の糖タンパク質選別に有効なレクチンや標的タンパク質に対する抗体に着目したエンリッチプロトコールを疾患対象ごとに複数種開発し、これに合わせ、装置側もビーズ、カラム双方に対応した多検体処理、自動化に改良を加えることで、各種生体試料を対象とした糖タンパク質のエンリッチメント自動化装置（試作機）の完成に至った。いくつかの癌や疾患と密接に関連する糖鎖バイオマーカー候補分子を複数種探し出し、検証が十分なされた分子については順次権利化後、関連学会での発表や、学術誌での公開に臨んだ。もっとも研究が進む肝臓線維化（肝炎ウィルスの感染から発症、肝硬変を経て肝細胞癌に至る）の有力マーカーについては、糖鎖センターが最も注力する部分であるが、当チームのメンバーが重要な役割を果たした（産総研集中研、癌マーカー開発特命班）。肝臓関連疾患は、さらに中国をはじめとするアジア連携の中でも重要な研究テーマとなりつつある。

2. 糖鎖プロファイリングによる iPS 細胞等幹細胞選別評価技術開発

当チームで開発されたレクチンマイクロアレイは疾患バイオマーカー開発ばかりでなく、細胞を標的とする糖鎖プロファイリングにも高い優位性を示す。このことは、20年度末まで行われた NEDO プロジェクト「基礎研究から臨床研究への橋渡し促進技術開発：糖鎖プロファイリングによる幹細胞品質管理、安全評価システムの研究開発（先導研究）」においてすでに示されたが、平成21年度から新たに「iPS 細胞等幹細胞産業応用促進基盤技術開発」プロジェクトがスタートし、評価手法の一環として糖鎖プロファイリング技術が用いられることになった。本プロジェクトは幹細胞工学研究センター、生命情報工学研究センターとのユニット間連携によるもので、さらに国立成育医療センター等が iPS 細胞の作製に加わった。すでに、iPS 細胞の調製や規格化が糖鎖によってより簡便、精密に評価できる可能性が示唆されていたが、本年度は組み換えレクチンの登用などにより、プローブレクチン数を倍増させた高密度レクチンマイクロアレイの開発が館野を中心にし

て行われた。その結果、従来のレクチンマイクロアレイのパフォーマンスが向上し、細胞グライコームのカバー率、識別能が格段に改善した。本改良はiPS細胞における評価においても予想以上の結果をもたらした。すなわち、各種体細胞に山中4因子を導入することで、細胞が未分化性を獲得し、遺伝子発現がリプログラミングされるのみならず、糖鎖プロファイルもリプログラミングされることが明るみになるばかりでなく、新たに、未分化性を確実に判断できるような新規未分化性プローブの発見や、フィーダー細胞（マウス由来）の混入を検知する異種抗原判断プローブの開発に至っている。これらの成果は、現時点で実用化にはまだ課題が多いとされるiPS細胞の産業応用を促進することが期待される。

3. ヒト内在性レクチンの探索と分子進化工学手法による新規レクチンの開発

従来レクチン（糖結合タンパク質）の探索には赤血球凝集やゲノム情報からの機能予測などが用いられてきた。しかし、ヒトゲノムから予想されるレクチン候補遺伝子の活性を証明することは従来法では決して容易ではなく、このため、当チームでは近年開発したエバネッセント波励起蛍光検出原理による糖鎖複合体アレイを活用した新規ヒト内在性レクチンの開発を迅速、ハイスループットに行ってきた。その結果、カルシウム要求性（C型）レクチンやジャカリン家系に属する新規のヒトレクチン候補遺伝子の機能探索に成功した。これらについて、タンパク質発現、糖特異性の解析を行うことで、新規レクチンとして同定し、より詳細な解析はFACにより結合定数の決定までを行った。研究成果については、生化学実験データとともに学会、論文にて発表した（投稿中含む）。加えて、新規レクチン開発の一環として、既存のレクチンを鋳型とし、これを改変させるべく、分子進化工学的手法の開発に挑んだ。原理確認はすでに行われていたが、系の更なるブラッシュアップのため、今回エラー導入型PCR、リボソーム提示法に続くスクリーニング系にエバネッセント励起式の糖鎖複合体アレイを導入した。実際、EW29Chというガラクトース特異的レクチンを親分子として改変を試み、その結果、硫酸化ガラクトースに新たに親和性を有する改変レクチンの創出に成功した。本技術、および開発した改変レクチン（硫酸化ガラクトース特異的レクチン）はレクチン工学に新たな途を拓くものとして各シーンでの活用が期待される。

グライコプロテオーム解析チーム

(Glycoproteomics Team)

研究チーム長：梶 裕之

(つくば中央第2)

概要：

タンパク質の糖鎖修飾（Glycosylation）は最も広範に生じる翻訳後修飾の1つであり、タンパク質の機能発現に重要な役割を持つことが明らかとなっているが、糖鎖構造は多様かつ不均一なため、タンパク質糖鎖修飾の実態解明や、特定の糖鎖構造の機能解析は未だ極めて困難である。糖鎖構造の複雑性は、糖鎖が多数の糖鎖生成関連酵素の協奏的/競争的作用により、鋳型非依存的に合成されるために生じる。また未知の機構により、タンパク質ごと、さらには糖鎖付加部位ごとに糖鎖分布が異なる。その結果、糖タンパク質（グライコプロテオーム）は極めて複雑な集団となっている。最近の技術開発によって、主要糖鎖構造の大規模解析（グライコーム解析）や、糖タンパク質の網羅的な同定が可能になりつつあるが、糖タンパク質/部位ごとの糖鎖バラエティーやその変化を解析することは難しい。そこで本研究チームでは液体クロマトグラフィー/質量分析法（LC/MS）を基礎としたグライコプロテオーム解析法の開発と現在までに可能となっている解析技術を応用した以下の研究を進めている。

1) 疾患糖鎖バイオマーカーの大規模候補探索

NEDO「糖鎖機能活用技術開発」プロジェクト研究の一環として、がんの糖鎖バイオマーカー候補を大規模に探索することを目的とした研究を進めている。

現在、糖鎖医工学研究センターでは、分泌タンパク質及び膜タンパク質上の糖鎖構造が、産生する細胞の種類によって異なり、また細胞の分化（がん化）に応じて変化する事実を基礎に、新たなマーカー探索法を考案し、チーム横断的に開発を進めている。この戦略は、がん化に伴って出現あるいは顕著に増加する糖鎖（がん性糖鎖）を持つ、組織（細胞）特異的な糖タンパク質を標的とし、タンパク質の質的变化を指標としたものである。

がん性糖鎖構造の情報は、糖鎖遺伝子機能解析チームおよびレクチン応用開発チームとの連携、すなわち、がん細胞における糖鎖合成遺伝子の発現プロファイルと分泌タンパク質の糖鎖プロファイルによって与えられる。これに加え、当チームで実施した代謝標識糖鎖のマルチレクチンクロマトグラフィー分析による糖鎖プロファイルから、がん性糖鎖捕集レクチンを選択する。これを利用し標的がん細胞培養上清より、糖ペプチドを捕集し、IGOT-LC/MS法でコアペプチド部分を同定する。各種細胞から候補糖タンパク質リストを作成し、プロファイルを比較することによって、候補タンパク質を絞り込む。

今年度、肺がん鑑別マーカー探索では、6種の細胞株について、3種のレクチンをプローブとして分析し、同定した約650種の糖タンパク質に加え、卵巣がん/胃がん/大腸がん鑑別、及び卵巣がん組織

型鑑別マーカーの探索においては、細胞株培養上清及び各がん種の患者腹腔洗浄液を試料として分析を進め、これまでに約450種の糖タンパク質を同定し、プロファイル比較による候補選別を進めている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 がん、バイオマーカー、グライコプロテオミクス、レクチン、質量分析、安定同位体標識

2) 糖鎖遺伝子ノックアウトマウスの糖タンパク質解析

タンパク質に結合した糖鎖の構造機能相関を分析することは非常に困難であるが、注目する糖鎖構造の合成を担う糖転移酵素遺伝子をノックアウト (KO) し、その表現型の解析から糖鎖機能を明らかにする、いわゆる逆遺伝学的な手法が一つの有効な手段と考えられる。糖鎖構造と表現型を関連付けるためには、糖転移酵素欠損に伴って生じる糖鎖構造変化の詳細や、その変化がどのタンパク質上で生じているのかを知る必要がある。そこで我々は、糖鎖機能解析法の確立を目的に、個々のタンパク質、個々の部位で生じる糖鎖変化を分析する方法論を開発している。

はじめに野生型 (WT) マウスの組織 (肝臓) より標的糖転移酵素が合成する糖鎖モチーフを持つ糖ペプチドを、対応する糖鎖に親和性を示すレクチンの固定化カラムを用いて網羅的に捕集し、そのコアタンパク質及び結合部位を IGOT-LC/MS 法により同定した。ついで KO マウスの組織より同様に同定された糖タンパク質 (部位) と比較し、この酵素がターゲットとしているタンパク質 (部位) を決定した。また基質タンパク質の性状などから、糖転移酵素の作用機構について考察した。さらにそれらのタンパク質部位ごとの糖鎖変化を分析する LC/MS を基礎としたグリコフォーム解析法を開発し、代表例を数個、個別解析した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 糖鎖遺伝子、糖転移酵素、ノックアウトマウス、プロテオミクス、レクチン、質量分析、安定同位体標識

3) 糖ペプチド糖鎖不均一性解析法の開発

がんやその発症に関連する前がん病変に伴う糖鎖構造変化 (質的变化) に注目したバイオマーカー探索が進められている。この過程で、マーカー候補糖タンパク質上の糖鎖構造が、病態に伴って変化していることを確認しなければならない。そこで、特定のタンパク質上の糖鎖構造の変化を簡便に検出する手法の開発を目的に以下の実験を行っている。ペプチド部分は同一であるが、結合している糖鎖構造が

不均一な糖ペプチド群を逆相 LC/MS 法で分析すると、糖鎖を構成する単糖の組成を反映した階段状のスペクトルが得られ、ペプチド部分の構造が既知あるいは推測可能であれば、ペプチドとその糖鎖組成の情報が判明し、このスペクトルパターンを比較すれば、タンパク質上のどの部位の糖鎖組成がどう変わったかを検出することができる。今年度は、1分子中に5カ所の糖鎖付加部位を持ち、2つの配列アイソマーが共存するモデル糖タンパク質混合物をトリプシン消化し、LC/MS 分析した。この複雑なスペクトルパターンより糖ペプチドのシグナルを選択的に抽出し、それらのコアペプチドと糖鎖組成を自動的に検出するプログラムセットの条件を至適化し、両アイソマーについて糖鎖付加部位ごとの糖鎖組成情報を得た。このモデル糖タンパク質について、さらにこのタンパク質分析の微量化条件の至適化を進めた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 液体クロマトグラフィー、質量分析、糖鎖不均一性、LC/MS データ解析プログラム

4) 糖タンパク質データベース資源の蓄積

研究目的：タンパク質のおよそ半数は糖鎖付加を受け、そのうちアスパラギン側鎖に糖鎖付加を受けるとタンパク質は全体の1/3、ヒトやマウスでは約7,000と予想されている。N 結合型糖鎖は共通配列 Asn-X-[Ser/Thr] の Asn 側鎖に結合するので、結合位置はタンパク質のアミノ酸配列から予測可能であるが、立体構造上の位置や膜タンパク質の場合は膜トポロジー (膜に対する配向) によって糖鎖付加の有無が規定されるため、実際の付加位置情報はタンパク質の機能制御の観点から重要な情報となる。そこで、実験的に決定された糖タンパク質の種類、糖鎖付加部位、およびその糖鎖が反応するレクチンの種類、といった情報から構成されるデータベースを構築するための基礎情報 (実験情報) の収集と整理を行った。

上述の研究で取得された糖タンパク質解析データを収集、整理し、データベース資源として蓄積した。詳細には、同定されたペプチドのアミノ酸配列と検出された翻訳後修飾の種類と位置、糖ペプチドの収集に用いたレクチンの種類あるいは選択的クロマトグラフィー法 (HILIC) の情報を試料組織ごとに集計した。またこの分析により決定された糖鎖付加位置の情報、さらにはタンパク質情報を集計し、糖タンパク質データベース、GlycoProtDB に登録可能なデータ様式に書き出した。今年度は、マウス由来のタンパク質約1600種、ヒト由来タンパク質約1200種のデータを集計し、登録可能な状態にし、マ

ウスについては一部を除きデータベースに登録した
(但し現在未公開、近い将来公開予定)。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 プロテオミクス、レクチン、質量分析、
安定同位体標識、糖タンパク質データベ
ース、GlycoProtDB、糖鎖付加位置

③【生命情報工学研究センター】

(Computational Biology Research Center)

(存続期間：2007. 4. 1～)

研究センター長：浅井 潔

副研究センター長：藤 博幸

主 幹 研 究 員：野口 保

主 幹 研 究 員：諏訪 牧子

所在地：臨海副都心センター

人 員：19名 (19名)

経 費：377, 711千円 (223, 279千円)

概 要：

バイオインフォマティクスの中核拠点として、複雑な生命現象を情報学の立場から総合的に解析し、ゲノム配列、タンパク質、細胞などの生体情報に基づく診断・創薬支援、バイオプロセス利用など産業技術の創出に向けた研究開発に取り組んでいる。

ライフサイエンス分野における計測・実験技術の発展は著しく、特に近年、超高速シーケンサーの登場により、ゲノム配列、発現転写物に関する圧倒的な量の情報が得られる状況において、大規模かつ高速な情報処理が強く必要とされている。当センターでは独自の大規模計算機環境を駆使してゲノム情報、生体高分子の構造と機能、細胞ネットワークなど膨大なデータに対応し、工学的視点に基づく実用的なシステムの開発を行っている。また、センター内外のソフトウェア・データベースを統合し、創薬支援など実用的な応用環境と知的基盤の構築を目指している。

さらに、産学官連携を重視し、民間企業や大学との共同研究、研究員受け入れなど、次世代の生命情報工学を支える研究人材の育成も重要なミッションである。

重要研究課題としては、下記項目を掲げている。

- (1) ゲノム情報解析
- (2) 分子情報解析
- (3) 細胞情報解析
- (4) 情報基盤統合
- (5) 人材養成

内部資金：

理事長配分研究費「生物・情報融合化解析システム (バ

イオ CAD)」

理事長配分研究費「ヒト幹細胞等の標準化と分化制御法の開発」

理事長配分研究予算「臨海副都心センター別館 (バイオ・IT 融合研究棟) 独自系ネットワーク維持」

外部資金：

文部科学省 科学技術試験研究委託事業「ターゲットタンパク研究情報プラットフォームの構築運用 (ターゲットタンパクプログラムデータの独自解析推進)

文部科学省 科学技術試験研究委託事業「ライフサイエンス分野の統合データベース整備事業「ライフサイエンス統合データベース開発運用」(統合データベース開発：ワークフロー技術を用いた統合 DB 環境構築)

独立行政法人科学技術振興機構「クラウドコンピューティングによるタンパク質間相互作用解析プラットフォームの開発」

独立行政法人科学技術振興機構「RLCP 分類の拡張、相同反応解析システム及び酵素反応予測システムの開発、類似反応解析システムの構築」

独立行政法人科学技術振興機構「グリッドコンピューティング環境による生体高分子複合体の認識メカニズム研究」

独立行政法人科学技術振興機構「ミトコンドリアβバレル型外膜タンパク質の輸送と膜組み込み機構及びタンパク質相互作用の解明」

独立行政法人科学技術振興機構「確率的プロファイル比較法の実用化」

大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 国立情報学研究所「超巨大データベース時代に向けた最高速データベースエンジンの開発と当該エンジンを核とする戦略的社会サービスの実証・評価 (サブテーマ：超巨大サイバーフィジカルシステム基盤のための情報創発技術とその戦略的社会展開)」

大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 国立情報学研究所「分担研究課題：高速シーケンサーデータの情報解析とアルゴリズムの開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金「In-SILICO 創薬のための機械学習を用いた生理活性配座予測」

日本学術振興会 科学研究費補助金「コンピュータシミュレーションを利用した小分子機能性 RNA の構造及び作用機構の解明」

日本学術振興会 科学研究費補助金「分子進化的観点に基づいた天然変性タンパク質の解析及び分類法の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金「ギガシーケンスデータの高速解析技術の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金「MAFFT アルゴリズムの拡張による RNA およびタンパク質の構造多重アライメント」

日本学術振興会 科学研究費補助金「嗅覚システムの統合的理解を目指した研究」

日本学術振興会 科学研究費補助金「細胞分化の人工誘導経路を短時間で最適化する方法の研究」

日本学術振興会 科学研究費補助金「ミトコンドリアβ型外膜タンパク質の輸送と外膜組み込み機構解明に向けての研究」

厚生労働省 科学研究費補助金 肝炎等克服緊急対策研究事業「ジェノミクス技術を用いたウイルス性肝炎に対する新規診断・治療法の開発」

厚生労働省 科学研究費補助金 肝炎等克服緊急対策研究事業「確率推論型アルゴリズムに対するヒト胚性幹細胞試験データ適用法の標準化」

発表：誌上発表79件、口頭発表116件、その他8件

RNA 情報工学チーム

(RNA Informatics Team)

研究チーム長：光山 統泰

(臨海副都心センター)

概要：

機能性 RNA に特化したバイオインフォマティクス技術の研究開発に取り組んでいる。

新規機能性 RNA の発見と、機能推定のための情報処理技術の確立を目標として、基盤技術の開発から応用研究まで、幅広い研究テーマを掲げて活動している。

RNA 二次構造予測技術では世界最高精度の基盤技術、長鎖 RNA の二次構造予測技術でも世界唯一の基盤技術、二次構造を考慮した高速な配列アライメントでは世界最高速の基盤技術の開発に成功した世界的に見ても高い水準の研究チームと自負している。さらに、RNA に特化したデータベースとしては世界最大

規模の機能性 RNA データベースを開発し、ウェット研究者との連携に活用し多数の成果を出している。

研究テーマ：テーマ題目 1

配列解析チーム

(Sequence Analysis Team)

研究チーム長：ポール ホートン (Paul Horton)

(臨海副都心センター)

概要：

次世代シーケンサーの普及を見越した研究を行う。その基盤技術であるゲノムアラインメント法を改良し、シーケンサーデータの誤読を修正するプログラムを開発する。また、ゲノム転写制御領域の情報解析、タンパク質アミノ酸配列からの立体構造・細胞内局在予測での優れた技術的蓄積を生かし、配列に基づいた遺伝子機能解析を行う。

研究テーマ：テーマ題目 1

創薬分子設計チーム

(Molecular Modeling & Drug Design Team)

研究チーム長：広川 貴次

(臨海副都心センター)

概要：

計算機を用いたタンパク質立体構造の理論的研究と創薬研究への応用に取り組んでいる。

具体的には、創薬標的タンパク質分子モデリング法の開発、分子動力学 計算法によるフォールディング解析、タンパク質立体構造に基づくリガンド結合予測やケモインフォマティクス技術を融合したバーチャルスクリーニングを展開している。

また、生命情報科学技術者養成コースを通じて、創薬インフォマティクスの人材養成にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目 2

分子機能計算チーム

(Molecular Function Team)

研究チーム長：福井 一彦

(臨海副都心センター)

概要：

大規模計算応用技術を核に、タンパク質同士やタンパク質と他生体分子 (DNA・RNA・低分子化合物・糖鎖等) の複合体計算や GPCR のインターフェイス予測に基づくオリゴマー化制御に関する技術の開発、加えて2次構造情報を用いた RNA3次構造予測法に基づく生体高分子の機能予測技術の開発を実施している。

また、GPU クラスタ、BlueProtein システム、新規に導入したキメラシステムなど、これまで世界水準のコンピュータを用いてバイオインフォマティクス研究を推進してきた技術的蓄積を生かし、大規模並列計算機を有効活用し応用技術へと繋がる開発を進めてい

る。

研究テーマ：テーマ題目 2

細胞機能設計チーム

(Cell Function Design Team)

研究チーム長：藤渕 航

(臨海副都心センター)

概 要：

細胞のシステムをターゲットとする新しいバイオインフォマティクス技術の開発を行っている。

細胞情報統合データベース構築のため、細胞や細胞の部品をカタログ化し、そこから細胞の機能情報を抽出するデータマイニング手法や生体モデルの機械学習・予測をする手法を開発している。また、外部資金等により、細胞分化を効率化する因子探索のバイオインフォマティクス技術の開発および ES 細胞を利用した化学物質毒性の検証システムの標準化に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目 3

生体ネットワークチーム

(Biological Network Team)

研究チーム長：堀本 勝久

(臨海副都心センター)

概 要：

創薬支援、副作用予測等に応用可能な生体ネットワーク解析技術を開発している。

時間や環境に応じて変化するネットワーク構造の追跡が可能なネットワーク構造推定技術を改良し、具体的な要因候補分子の絞り込み技術を開発している。さらに、表現型データ解析から分子機能を同定する解析技術を開発し、近年急速に進歩している様々な実験計測技術が生産するトランスオミクスデータ解析が実行できるように努めている。

研究テーマ：テーマ題目 3

[テーマ題目 1] ゲノム情報解析（機能性 RNA 情報解析 転写制御の情報解析）

[研究代表者] 光山 統泰 (RNA 情報工学チーム)

ポール ホートン (配列解析チーム)

[研究担当者] 光山 統泰、津田 宏治、木立 尚孝、ポール ホートン、富井 健太郎、マーティン フリス、大里 直樹、今井 賢一郎、エドワード ウィジャヤ (常勤職員5名、他21名)

[研究内容]

研究目的：

新規機能性 RNA の発見と機能予測

配列情報に基づいた、遺伝子発現と産物の機能解析

研究内容：

二次構造を考慮した高速・高精度な RNA 配列情報解

析とゲノムアラインメント、タンパク質の局在化シグナル解析、次世代シーケンサーのデータ処理技術等を開発すると共に、転写制御機構の解析、新規機能性 RNA 発見等、ゲノムとプロテオーム情報を工学的制御の観点からの解析を行う。

RNA 情報工学チーム

機能性 RNA に特化したバイオインフォマティクス技術の開発、ゲノム配列からの機能性 RNA の網羅的予測、機能性 RNA データベースの構築バイオインフォマティクス技術によって機能性 RNA を解析し、ゲノム情報制御機構の工学的視点からの解明によって産業技術開発に貢献する。

NEDO「機能性 RNA プロジェクト」(実施期間：H17年度～H21年度)で得た成果に基づいてさらなる研究開発を展開している。

H22年度からは、新たに NEDO「後天的ゲノム修飾のメカニズムを活用した創薬基盤技術開発」に参画し、エピゲノム情報基盤の構築をテーマに、RNA-seq の情報解析やエピゲノムデータベースの構築を担っている。

配列解析チーム

次世代シーケンサーの普及を見越した研究を行う。その基盤技術であるゲノムアラインメント法を改良し、シーケンサーデータの誤読を修正するプログラムを開発する。また、ゲノム転写制御領域の情報解析、タンパク質アミノ酸配列からの立体構造・細胞内局在予測での優れた技術的蓄積を生かし、配列に基づいた遺伝子機能解析を行う。

平成22年度進捗状況は以下の通り。

RNA 情報工学チーム

機能性 RNA プロジェクトの成果である γ -centroid 推定の応用技術として、RNA2次構造予測においてクエリー配列に加えてその類似配列情報を用いることで予測精度を向上させる CentroidHomFold アルゴリズムを新たに開発した (Hamada et al)。

次世代シーケンサーのための情報解析技術として、最新の整列アルゴリズムを応用して配列間編集距離に基づいたクラスタリングを省メモリ・超高速で実現するアルゴリズムの開発も機械学習研究班との共同で実現することができた (Shimizu et al)。

ウェット研究者との共同研究において、次世代シーケンサーの情報解析により、piRNA 生合成経路に関する新たな知見を見出すことができた (Nagao et al)。

Hamada M, Sato K, Asai K, Improving the accuracy of predicting secondary structure for aligned RNA sequences, *Nucleic Acids Res.* 39(2):393-402 (2011).

Shimizu K, Tsuda K, SlideSort: All Pairs Similarity Search for Short Reads, *Bioinformatics* **27**(4):464-470 (2011).

Nagao A, Mituyama T, Huang H, Chen D, Siomi MC, Siomi H, Biogenesis pathways of piRNAs loaded onto AGO3 in the *Drosophila* testis, *RNA* **16**:2503-2515 (2010).

配列解析チーム

配列解析チームは主な研究課題としてゲノム・アライメントと蛋白質の細胞内局在予測などに取り組んできた。ゲノム・アライメントでは、配列解析チームが開発した配列アライメントツール LAST (Frith et al.) の改良と性能評価を行い、LAST の優れた性能を示した (Kielbasa et al. 2011, Frith et al. 2010)。さらに、ゲノム・アライメントを行う際、繰り返し配列の影響によるホモロジーの誤判定を減らせる手法 “Tantan” を開発した (Frith 2010)。蛋白質の細胞内局在予測では、βバレル膜蛋白質の解析対象を植物の葉緑体に広げ、葉緑体外膜のβバレル膜蛋白質である可能性が高い新規候補を同定した (Imai et al. 2011)。また、蛋白質の機能制御機序のひとつである、核外移行シグナルの新規予測法を開発し、従来法より予測精度を大幅に上げたことを示した (Fu et al. 2011)。

"Parameters for accurate genome alignment",
Martin C. Frith, Michiaki Hamada & Paul Horton
BMC Bioinformatics **11**:80, Feb 9 2010.

"Incorporating sequence quality data into alignment improves DNA read mapping",
Martin C. Frith, Raymond Wan & Paul Horton
Nucleic Acids Research, **38**(7):e100, 2010.

"A new repeat-masking method enables specific detection of homologous sequences",
Martin C. Frith
Nucleic Acids Research, **39**:e23, 2010.

"Prediction of leucine-rich nuclear export signal containing proteins with NESsential",
Szu-Chin Fu, Kenichiro Imai & Paul Horton
published online *Nucleic Acids Research*, June 24, 2011.

"Eukaryotic-wide sequence analysis of mitochondrial β-barrel outer membrane proteins",
Kenichiro Imai, Naoya Fujita, M. Micheal Gromiha & Paul Horton

BMC Genomics, **12**:79, 2011.

"Adaptive seeds tame genomic sequence comparison",
S.M. Kielbasa, Raymond Wan, Kengo Sato, Paul Horton & Martin C. Frith
Genome Research, **21**:487-93, 2011.

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 機能性 RNA、次世代シーケンサー、配列解析

[テーマ題目2] 分子情報解析

(複合体立体構造予測 化合物バーチャルスクリーニング (VS) 生体分子の機能解析技術の応用研究)

[研究代表者] 広川 貴次 (創薬分子設計チーム)
福井 一彦 (分子機能計算チーム)
藤 博幸 (生体分子システム研究班)

[研究担当者] 広川 貴次、本野 千恵、亀田 倫史、
福井 一彦、藤 博幸、長野 希美、
市原 寿子、大澤 文、
マイケル グロミハ、根本 航、
横田 恭宣、廣瀬 修一、牛山 祥吾
(常勤職員6名、他30名)

[研究内容]

研究目的:

構造変化を含む複合体構造予測技術の開発
化合物 VS フォーカスドライブラリ構築
生体分子の機能解析技術の応用研究

研究内容:

これまでに開発してきたタンパク質構造・機能予測技術、分子シミュレーション技術等に分子設計技術を融合させ、創薬標的タンパク質・変性疾患関連ペプチド・糖鎖に特化した高精度な創薬支援技術を開発する。そのため、大規模計算技術によるタンパク質同士やタンパク質と他生体分子 (核酸・化合物・糖鎖等) との複合体立体構造予測法を開発する。また、核酸、タンパク質などの生体分子の様々なデータを利用した、生体分子の機能解析のための技術開発やデータベースの構築を行う。

創薬分子設計チーム

タンパク質構造・機能予測システム、分子シミュレーション技術等の基盤技術に分子設計技術を融合させ、創薬標的タンパク質・変性疾患関連ペプチドに特化した高精度な創薬支援技術の開発と実用を目標とする。創薬標的は、X線結晶解析が困難なものを中心に、タンパク質単体標的からタンパク質-タンパク質複合体標的へと年次発展させる。また、立体構造情報に基づいてタンパク質単体・複合体の機能を制御する化合物を計算機上でス

クリーニングしフォーカスライブラリとしてデータベース化する。

NEDO「化合物等を活用した生物システム制御基盤技術開発」(実施期間：H18年度～H22年度)を中心に研究開発を展開する。NEDO プロジェクトでの担当テーマは以下の通り。

- ・タンパク質複合体構造予測
- ・化合物バーチャルスクリーニング技術開発および実用化
- ・フォーカスライブラリおよび構造データベース構築

分子機能計算チーム

大規模計算応用技術を核に、生体高分子複合体ドッキング計算、立体構造の予測及び配列・構造情報を用いた生体高分子の機能予測技術を開発する。Blue Protein、GPU クラスタ、キメラシステムなど、大型並列コンピュータを用いてバイオインフォマティクス研究を推進してきた技術的蓄積を生かし、現有する大規模並列計算機を有効活用するための応用技術開発を行う。

生体分子システム研究班

核酸、タンパク質などの生体分子の様々なデータを利用した、生体分子の機能解析のための技術開発やデータベースの構築を行なう。また、開発技術や既存技術を利用して、個別の問題についての情報解析を行ない、生体システムに関する知識を抽出する。

平成22年度進捗状況は以下の通り。

創薬分子設計チーム

(1) ケミカルバイオロジー-PJ 成果

PJ 最終年度として、タンパク質-タンパク質相互作用阻害化合物探索におけるタンパク質-タンパク質相互作用分類を提唱した。またこの分類に基づき、天然物と合成化合物を用いたケミカルスペースを作成し、フォーカスライブラリ作成を行った。このフォーカスライブラリにより、今後、企業等における医薬品探索の効率化が期待される。

また、本 PJ で同定した PAC3阻害剤について論文にて発表した (Izumikawa et al., J. Nat. Prod.)。タンパク質-タンパク質ドッキング計算におけるクラスタリング効率化のための評価法を開発し、論文発表した (Uchikoga & Hirokawa, BMC Bioinformatics)。

(2) 当センター内連携によるインシリコ基盤技術の開発

生体ネットワークチームの開発したネットワーク解析アルゴリズムを用いて、活性化化合物間のクラスター解析へ適用し、母格抽出の効率化に成功した (Saito et al., J Chem Inf Modeling)。

(3) 実験グループとの連携による創薬標的タンパク質

を対象としたインシリコ解析の実施と検証

外部研究機関との共同研究において、これまで成熟させてきたモデリング構造技術を用いてタンパク質と化合物の作用機序解析に貢献し、論文成果として発表した (Watanabe et al., J. Med. Chem., Iida et al., J. Nucleic Acid)。

Saito S, Hirokawa T, Horimoto K: "Discovery of chemical compound groups with common structures by a network analysis approach (affinity prediction method)", J. Chem. Inf. Model., 51(1), pp.61-68 (2010).

Iida K, Tera M, Hirokawa T, Shin-Ya K, Nagasawa K: "Synthesis of Macrocyclic Hexaoxazole (6OTD) Dimers, Containing Guanidine and Amine Functionalized Side Chains, and an Evaluation of Their Telomeric G4 Stabilizing Properties.", J. Nucleic Acids., 2010;2010, pp.217627 (2010).

Uchikoga N, Hirokawa T: "Analysis of protein-protein docking decoys using interaction fingerprints: application to the reconstruction of CaM-ligand complexes.", BMC Bioinformatics, 11, 236 (2010).

Watanabe M, Hirokawa T, Kobayashi T, Yoshida A, Ito Y, Yamada S, Orimoto N, Yamasaki Y, Arisawa M, Shuto S: "Investigation of the bioactive conformation of histamine H3 receptor antagonists by the cyclopropylic strain-based conformational restriction strategy.", J. Med. Chem., 53(9), pp.3585-3593 (2010).

Izumikawa M, Hashimoto J, Hirokawa T, Sugimoto S, Kato T, Takagi M, Shin-Ya K: "JBIR-22, an inhibitor for protein-protein interaction of the homodimer of proteasome assembly factor 3.", J. Nat. Prod., 73(4), pp.628-631 (2010).

分子機能計算チーム

大規模計算機やアクセラレータを用いたハイブリッド型クラスタ計算機による、タンパク質-タンパク質間の大規模ドッキング計算を実施し解析を行った。またタンパク質複合体 (タンパク質-DNA, タンパク質-RNA) に関する研究を行った (Gromiha, M.M., et al.)。

この他に機能予測技術開発とし、アミノ酸配列と立体構造の双方の情報を駆使し、G タンパク質共役型受容体 (GPCR) が複合体を形成する際のインターフェイス予測技術や GPCR のオリゴマー化に関する DB

(Nemoto, W., et al.) の開発を実施している。

Nemoto, W., Fukui, K., Toh, H.: "Database for GPCR oligomerization, GRIPDB - G-protein coupled Receptor Interaction Partners DataBase", JOURNAL OF RECEPTORS AND SIGNAL TRANSDUCTION, 31(2) pp.1-19 (2011).

Imai, K., Fujita, N., Gromiha, M.M., Horton, P.: "Eukaryote-wide sequence analysis of mitochondrial beta-barrel outer membrane proteins", BMC GENOMICS, 12 pp.79 (2011).

Gromiha, M.M.: "Influence of long-range contacts and surrounding residues to the transition state structures of proteins ", ANALYTICAL BIOCHEMISTRY, 408(1) pp.32-36 (2011).

Chen, S-A., Ou, Y-Y., Gromiha, M.M.: "Topology Prediction of alpha-helical and beta-barrel Transmembrane Proteins using RBF Networks", LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE, 6215 pp.642-649 (2010).

Gromiha, M.M., Selvaraj, S., Jayaram, B. Fukui, K.: "Identification and analysis of binding site residues in protein complexes: energy based approach", LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE, 6215 pp.626-633 (2010).

Gromiha, M.M., Yokota, K., Fukui, K.: "Understanding the Recognition Mechanism of Protein-RNA Complexes using Energy Based Approach ", CURRENT PROTEIN & PEPTIDE SCIENCE, 11(7) pp.629-638 (2010).

Huang, L-T., Gromiha, M.M.: "First insight into the prediction of protein folding rate change upon point mutation", BIOINFORMATICS, 26(17) pp.2121-2127 (2010).

Huang, L-T., Lai, L-F., Wu, C-C. Gromiha, M.M.: "Development of knowledge based system for predicting the stability of proteins upon point mutations", NEUROCOMPUTING, 73 pp.2293-2299 (2010).

Gromiha, M.M., Yokota, K., Samuel, S., Fukui, K.: "Comparative analysis of binding site residues and recognition mechanisms of protein-protein and

protein-RNA complexes using energy based approach", Proc. ISMB2010, 10 pp.54 (2010).

Ou, Y-Y., Chen, S-A., Gromiha, M.M.: "Classification of transporters using efficient radial basis function net-works with position-specific scoring matrices and biochemical properties", PROTEINS, 78(7) pp.1789-1797 (2010).

Kumar, S., Singh, S.K., Gromiha, M.M.: "Temperature Dependent Molecular Adaptations in Microbial Proteins: Lessons for Structure Based Biotherapeutics Design and Development", Encyclopedia of Industrial Biotechnology: Bioprocess, Bioseparation, and Cell Technology., pp.1-22 (2010).

Huang, L-T., Lai, L-F., Gromiha, M.M.: "Human-readable Rule Generator for Integrating Amino Acid Sequence Information and Stability of Mutant Proteins ", IEEE-ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics, 7(4) pp.681-687 (2010).

Kumar, M., Gromiha, M.M., Raghava, G.P.: "SVM based prediction of RNA-binding proteins using binding residues and evolutionary information.", JOURNAL OF MOLECULAR RECOGNITION, 24(2) pp.303-313 (2011).

Gromiha, M.M., Yokota, K., Fukui, K.: "Energy based approach for comparative analysis of binding site residues in protein-protein and protein-RNA complexes", Proc. Protein Science Society of Japan, S10 pp.128- (2010).

生体分子システム研究班

1) タンパク質のマルチプルアラインメントから各サイトの保存度や変異度を計算する手法を収集し、プログラムとして実装した上で、アラインメントのレファレンスセットに適用して、その結果の類似性をクラスタ分析によって評価した (Jihansson and Toh, 2010a)。また、その解析に基づき、新規のスコアリング手法 (rekative non Neumann entropy 法) を開発した (Johansson and Toh, 2010b)。クラスタ分析の論文は、highly accessed に選ばれた。

2) 以前作成したドメインリンカー予測手法を改良し、新規のドメインリンカー予測プログラム DROP を開発した (Ebina et al, 2010)。この開発は、東京農工大の黒田准教授との共同研究として行なわれた。

3) 大阪大学の森教授のグループで得られた大腸癌における発現プロファイルデータを解析し、リンパ節転移の新規マーカーの候補として FANCD2を同定した (Osawa et al. 2010)。

4) RNA 情報工学チームの加藤研究員との共同研究で MAFFT の開発を行なっている。構造情報と MAFFT に取り込んだ MAFFTash の開発や GUI の開発などを行なったが、本年度は MAFFT の並列化についてのみまとめた結果が得られた (Katoh and Toh, 2010)。

5) 九州大学の横溝教授の発現データを解析し、ロイコトリエン受容体のあるアイソフォームの機能に関する知見を得た (Iizuka et al. 2010)。

6) 大阪大学の Standley 准教授との共同研究により、立体構造を利用したタンパク質の機能推測のシステムを開発を行なった (Standley et al., 2010)。

7) EzCatDB の研究の進展として以下の二つがある。群馬大学の加藤准教授との共同研究により、立体構造情報に基づく高速な活性部位の検索手法を開発した。また、医薬基盤研究所の水口教授との共同研究により、機能サブクラスと、活性部位やリガンド結合部位の関係を明らかにした。

Johansson, F., Toh, H. A comparative study of conservation and variation scores. BMC Bioinformatics 11, 388 (2010a) (highly accessed)

Johansson, F., Toh, H. Relative von Neumann entropy for evaluating amino acid conservation J Bioinform Comput Biol. 8, 809-823 (2010b).

Ebina, T., Toh, H., Kuroda, Y. DROP: An SVM domain linker predictor trained with optimal features selected by random forest. Bioinformatics 27, 487-494 (2011)

Osawa, H., Iwatsuki, M., Mimori, K., Sato, T., Johansson, F., Toh, H., Watanabe, M., Mori, M. FANCD2 mRNA over-expression is a bona-fide indicator of lymph node metastasis in human colorectal cancer. Ann. Surg. Oncol. 17, 2341-2348 (2010).

Katoh, H., Toh, H. Parallelization of the MAFFT multiple sequence alignment program. Bioinformatics 26, 1899-1900 (2010).

Iizuka, Y., Okuno[†], T., Saeki, K., Uozaki, H., Okada, S., Misaka[†], T., Sato, T., Toh, H., Fukayama, M., Takeda[§], N., Kita, Y., Shimizu, T., Nakamura[†], M.,

Yokomizo, T. Protective roles of second leukotriene B₄ receptor BLT2 in murine model of inflammatory colitis FASEB J. 24, 4678-4690 (2010).

Standley DM, Yamashita R, Kinjo AR, Toh H, Nakamura H. SeSAW: balancing sequence and structural information in protein functional mapping. Bioinformatics. 26, 1258-1259 (2010)

Kato, T., Nagano, N. (2010) Metric Learning for Enzyme Active-Site Search. Bioinformatics, 26, 2698-2704.

Nagao, C., Nagano, N., Mizuguchi, K. (2010) Relationships between functional subclasses and information contained in active-site and ligand-binding residues in diverse superfamilies. PROTEINS: Structure, Function, and Bioinformatics, 78, 2369-2384.

[分 野 名] ライフサイエンス

[キーワード] 分子モデリング、分子動力学計算、バーチャルスクリーニング、分子設計タンパク質相互作用、タンパク質ディスオーダー、糖鎖、タンパク質、アラインメント、機能部位、データベース、発現プロファイル

[テーマ題目3] 細胞情報解析 (遺伝子現情報解析 生体ネットワーク情報解析)

[研究代表者] 藤渕 航 (細胞機能設計チーム)

[研究担当者] 藤渕 航、富永 大介、油谷 幸代、Jean-Francois Kenichi Pessiot、千葉 啓和、幡野 晶子、杉原 稔 (常勤職員3名、他7名)

[研究内容]

研究目的:

細胞情報統合データベースに基づいた細胞の構造と機能予測法の開発
生体ネットワーク構造変化の多面的予測と表現型変化の分子メカニズム解明

研究内容:

遺伝子発現・代謝・シグナル伝達等の細胞内ネットワークを工学的な技術に基づいて解析する。網羅的なヒト細胞データベースを構築し、細胞の形態、機能、分化転換に関する情報を遺伝子発現情報と融合させた統合的、包括的な細胞情報解析環境を開発する。機能未知の生体分子を含む細胞内ネットワークを推定し、新規な創薬標的の発見、副作用予測を支援する技術を開発する。

細胞機能設計チーム

細胞の違いを統合的、系統的に整理・分類したデータベースを開発する。そのために必要となる細胞・遺伝子発現データ・論文データ統合化技術、細胞画像解析技術開発から、遺伝子発現モジュール探索技術、細胞種依存型遺伝子発現ネットワーク推定技術、細胞挙動・分化解析技術などの基礎的解析技術を開発する。

要素技術から実用技術の開発を中心に以下の研究開発を展開する。

- ・ヒト細胞情報統合データベースの開発
- ・細胞挙動・分化に関わる遺伝子発現モジュールの動態解析技術の開発
- ・細胞依存型疾患遺伝子ネットワーク探索技術

生体ネットワークチーム

創薬支援、副作用予測等に応用できる生体ネットワーク解析技術を開発する。

特に、細胞レベルの多様かつ大量な生命情報が計測可能な状況において、それら情報をシステム論的な立場から解析する技術の開発が求められている。具体的に開発を目指す技術は、以下の通りである。

- ・細胞状態の変化に応じて活性化する分子間相互作用（ネットワークスクリーニング）を捉え、その要因となる分子群を特定する技術の開発
- ・トランスオミックスデータを解析し、表現型データの相異を説明可能な分子機能を同定する技術の開発

方法論：

ガウスネットワークモデル、ネットワークスクリーニング、経路整合性アルゴリズム、表現型指向解析、トランスオミックス解析

平成22年度進捗状況は以下の通り。

細胞機能設計チーム

ヒト正常細胞情報データベース CELLPEDIA を拡張し、幹細胞データにおいても細胞分類、遺伝子発現、細胞画像、論文データなどを統合したシステムを開発した。厚生労働科研費プロジェクトによる環境化学物質毒性解析法を東京大学および国立環境研究所と共同開発した。文科省科研費プロジェクトによる細胞分化を促進する因子を予測し同定した（未発表）。

Tochigi, Y., Sato, N., Sahara, T., Wu, C., Saito, S., Irie, T., Fujibuchi, W., Goda, T., Yamaji, R., Ogawa, M., Ohmiya, Y., Ohgiya, S.: "Sensitive and convenient yeast reporter assay for high-throughput analysis by using a secretory luciferase from *Cypridina noctiluca*.", ANALYTICAL CHEMISTRY, 82 (13), pp.5768-5776 (2010).

Miura, K., Kinouchi, M., Ishida, K., Fujibuchi, W., Naitoh, T., Ogawa, H., o, T., Yazaki, N., Watanabe, K., Haneda, S., Shibata, C., Sasaki, I.: "5-FU Metabolism in Cancer, and Orally-Administrable 5-FU Drugs", CANCERS, 2 (3), pp.1717-1730 (2010).

Pessiot, J.F., Chiba, H., Hyakkoku, H., Taniguchi, T., Fujibuchi, W.: "PeakRegressor identifies composite sequence motifs responsible for STAT1 binding sites and their potential rSNPs", PLOS ONE, 5 (8), pp.e11881 (2010).

Horton, P., Wijaya, E., Pessiot, K.J-F., Frith, M., Fujibuchi, W., Asai, K.: "In Search of True Reads: A Classification Approach to Next Generation Sequencing Data Selection.", International Conference on Bioinformatics and Biomedicine Workshops, 37, pp.561-566 (2010).

Kato, T., Fujibuchi, W.: "Kernel Classification Methods for Cancer Microarray Data", Medical Biostatistics for Complex Diseases, Wiley-Blackwell, pp.279-303 (2010).

Tominaga, D.: "Periodicity detection method for small-sample time series datasets.", Bioinformatics and Biology Insights, 4 (pp.127-136(2010)).

Aburatani, S.: "Development of network inference among LexA/RecA-dependent manner genes in SOS response.", Journal of Nucleic Acids Investigation, 1(1) pp.71-75 (2010).

生体ネットワークチーム

細胞レベルの多様かつ大量な生命情報が計測可能な状況において、それら情報をシステム論的な立場から解析する技術の開発が求められている。本年度は、1. 細胞状態の変化に応じて活性化する分子間相互作用（ネットワークスクリーニング）を捉え、その要因となる分子群を特定する技術を開発すること、2. トランスオミックスデータを解析し、表現型データの相異を説明可能な分子機能を同定する技術を開発することを目的とする。その結果、具体的に以下の成果を得た。

1) 既知パスウェイ情報から、特異的な条件下で計測された細胞内分子データと整合性を示すパスウェイ構造を数理的に推定することで、活性化パスウェイ候補を絞り込み、さらにパスウェイ候補から要因分子候補を具体的に同定することが可能となった。この技術は、iPS 細胞など特徴的な細胞やがん等の疾患について、表現型を規定する要因分子候補を推定し、信頼性の高い実験検証

候補分子を提供することに利用されることが期待される。

2) 計測データを予め生物機能ごとに分類し、それらを分子の特性に基づいて分類する。その分類に基づいてサンプルの特性である表現型解析を行う。その結果、表現型の解析から分子機能を特定することが可能になる。同時に、表現型データ解析の結果である有意確率を統合確率で統計的に評価することができることにより、トランスオミクスデータ解析に利用可能であり、予後データ等のコホート研究に新規な観点を提供することが期待される。

Saito, S., Zhou, X., Bae, T., Kim, S. and Horimoto, K.: A Procedure for Identifying Master Regulators in Conjunction with Network Screening and Inference, *Int. J. Data Mining and Bioinformatics*, in press

Nakatsui, M., Horimoto, K., Lemaire, F., Ürgüplü, A., Sedoglavic, A. and Boulier, F.: Brute force meets Bruno force in parameter optimization: Introduction of novel constraints for parameter accuracy improvement by symbolic computation. *IET Sys. Biol.*, in press.

Miyagi, Y., Higashiyama, M., Gochi, A., Akaike, M., Ishikawa, T., Miura, T., Saruki, N., Bando, E., Kimura, H., Imamura, F., Moriyama, M., Ikeda, I., Chiba, A., Oshita, F., Imaizumi, A., Yamamoto, H., Miyano, H., Horimoto, K., Tochikubo, O., Mitsushima, T., Yamakado, M., and Okamoto, N.: Plasma free amino acid profiling of five types of cancer patients and its application for early detection. *PLoS One*, 6(9): e24143, 2011

Zhou, H., Saito, S., Hu, R., Piao, G., Wang, J., Liu, Z., Horimoto, K. and Chen, L.: Network Screening of Goto-Kakizaki Rat Liver Microarray Data during Diabetic Progression. *BMC Sys. Biol.* 5(Suppl 1), S16, 2011.

Saito, S., Onuma, Y., Ito, Y., Tateno, H., Toyoda, M., Akutsu, H., Nishino, K., Chikazawa, E., Fukawatase, Y., Miyagawa, Y., Okita, H., Kiyokawa, N., Shimma, Y., Umezawa, A., Hirabayashi, J., Horimoto, K. and Asashima, M.: Possible linkages between the inner and outer cellular states of human induced pluripotent stem cells. *BMC Sys. Biol.* 5(Suppl 1), S17, 2011.

Tateno, H., Toyota, M., Saito, S., Onuma, Y., Ito, Y.,

Hiemori, K., Fukumura, M., Matsushima, A., Nakanishi, M., Ohnuma, K., Akutsu, H., Umezawa, A., Horimoto, K., Hirabayashi, J. and Asashima, M.: Glycome Diagnosis of Human Induced Pluripotent Stem Cells Using Lectin Microarray. *J. Biol. Chem.*, 286, 20345–20353, 2011.

Saito, S., Hirokawa, T. and Horimoto, K.: Discovery of Chemical Compound Groups with Common Structures by a Network Analysis Approach. *J. Chem. Inf. Model.* 51, 61-68, 2011.

Horimoto, K.: On Two Issues of Molecular Network Models in Systems Biology – A Review. *Lecture Notes in Operations Research* vol. 14, pp. 22–27, 2011.

Wang, Y., Horimoto, K., and Chen, L.: An integrated gene regulatory network inference pipeline, *Proceedings of The 30th Chinese Control Conference*, pp. 6593 - 6598, 2011

Piao, G., Qian, B., Saito, S., Liu, Z., Zeng, T., Wang, Y., Wu, J., Zhou, H., Chen, L. and Horimoto, K.: Phenotype-Difference Oriented Identification of Molecular Functions for Diabetes Progression in Goto-Kakizaki Rat. *Proceedings of 5th IEEE International Conference on Systems Biology (ISB 2011)*, pp. 111-116, 2011.

Saito, S., Sun, Y., Liu, Z., Wang, Y., Han, X., Zhou, H., Chen, L. and Horimoto, K.: Identification of Master Regulator Candidates for Diabetes Progression in Goto-Kakizaki Rat by a Computational Procedure. *Proceedings of 5th IEEE International Conference on Systems Biology (ISB 2011)*, pp. 169-174, 2011.

Saito, S. and Horimoto, K.: Network Screening: A New Method to Identify Active Networks from an Ensemble of Known Networks. in *Applied Statistics for Network Biology: Methods in Systems Biology* (eds M. Dehmer, F. Emmert-Streib, A. Graber and A. Salvador), Chapter 13, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, 2011.

[分 野 名] ライフサイエンス

[キーワード] データベース、データマイニング、遺伝子モジュール、酵素、ネットワーク、文献情報、遺伝子発現、パスウェイ解析、

時系列解析、記号計算

【テーマ題目4】情報基盤統合

【研究代表者】浅井 潔（研究センター長）

【研究担当者】浅井 潔、野口 保、諏訪 牧子、
光山 統泰、ポール ホートン、
広川 貴次、福井 一彦、藤渕 航、
堀本 勝久、津田 宏治、田代 俊行、
森岡 涼子（常勤職員9名、他3名）

【研究内容】

研究目的：

生命情報工学研究センターでは、センター内外のデータベース、ソフトウェアを最新の情報技術を用いてシームレスに統合したバイオインフォマティクス情報基盤の構築に研究センター全体で取り組んでいる。ライフサイエンス研究分野では、その複雑化・細分化にあわせて解析ツールやデータベースの多様化が求められ、個々のデータベース、解析ツール、システムの乱立や併存は、管理・運用に多大な労力を要し、研究分野の迅速な変化や新規技術への対応が困難であると考えられる。そこで本研究では、分散する解析ソフトウェアやツールである要素技術を、一つ一つユーザが実行するのではなく、一連の処理の流れを定義することにより、効率的に短時間に実行するため要素技術を結合したワークフローを構築し、外部DBと連携し動作する、柔軟性に富んだプラットフォーム型の知的基盤環境の構築を実施する。

研究手段：

研究センター内、産総研内、国内、海外に存在するバイオインフォマティクス関連の有用データベース・解析ソフトウェアを、グリッド技術や SOAP/REST を用いてシームレスに結合させた「生命情報統合システム」の開発に、センターをあげて取り組む。最新の情報技術と大規模計算手法を駆使し、関連する情報同士を単にリンクでつなげた情報網ではなく、利用者が求める情報をダイレクトに提供する、診断、創薬支援、バイオプロセス開発に直接応用できるシステムを目指す。本システムに必要な新規なデータベース・ソフトウェアの開発は各研究チームが並行して行い、順次統合する。

交付金と文科省「ライフサイエンス分野の統合データベース整備事業」（実施期間：H17年度～H22年度）の予算による技術開発を中心に研究開発を展開する。

方法論：

平成21年度は、柔軟性を加味したプラットフォーム上で動作するアクティブ・ワークフロー開発として、生体ネットワークチームの堀本チーム長の基で開発された遺伝子ネットワーク推定システムをノード化した。平成22年度は、CBRC 所内・外で開発された主要な解析ツールをノード化しプラットフォーム上で SOAP 通信により動作するアクティブ・ワークフローの開発を行う。

またライフサイエンス統合データベースセンター（DBCLS）や DDBj との連携を行う。

機械学習研究班

生命情報科学においては、配列、遺伝子発現、制御ネットワークなど、極めて多種多様なデータの処理が求められており、そのようなデータの中から信頼できる知識を取り出すことが必要である。そのような要請を受けて、データからの論理的、確率的な推論の技術体系である機械学習への注目はかつてないほど高まっている。また、データの大規模化に伴って、これまでシンプルなアルゴリズムで対応可能だった研究課題についても、高速で複雑なアルゴリズムが利用されるようになってきている。

次世代シーケンサーのデータ処理などは、その最も明らかな例である。本研究班では、創薬を中心とする生物学的課題に対して有効な機械学習手法を開発し、データ処理の効率と正確性を飛躍的に高めるための研究を行う。具体的には、次のような課題を扱う。1. 創薬などで重要となる、目的関数の推定と最適化を同時に行う手法の開発。2. 大量データの処理のための、あいまい検索技術および高速近傍発見技術の開発。3. 医療などで用いられるセンサーデータからの機械学習技術の開発。また、他チームが扱う課題に関しても、適切なアドバイスをを行い、共同研究を通じて貢献を行う。外部資金も積極的に受け入れて共同研究を行い、最先端研究開発支援プログラムなどの大型プロジェクトへの貢献も行う。

平成22年度進捗は以下の通り。

(1) 解析要素技術のノード化

当センターにて独自に開発された代表的解析ツールである、WolfPSORT, LAST, Mafft, Modelling, CentroidFold, POODLE といった6つの解析要素技術を KNIME のプラットフォーム上で動作するようワークフロー解析に向けノード化した。また外部にて開発された有用な解析ツールである BLAST, ClustalW, PsiPred, Modeller の4つのノード化を実現した。これら10個の解析ツールは SOAP 通信に対応したものでありプラットフォーム上からシームレスに当センターの計算資源を利用できる解析サービスとして展開している。さらに解析結果の可視化ノードとして htmlview, JmolforModeller, PhylogeneticTree, CBRCViewer の4つのノード開発、及び DBCLS や PDBj などの DB と連携して動作する LSDBCrossSearch, PDBjMineWeb, FRNADBSearch の3つのノード開発を実施した。

(2) プラットフォーム型ワークフローの開発

上記(1)で開発した解析ツールを組み合わせ、利用者の要望を考慮したプラットフォームとして3つの統合型アクティブ・ワークフローを開発し公開した：系統樹作成アクティブ・ワークフロー（PhylogeneticTree

Active Workflow)、RNA 構造予測アクティブ・ワークフロー (RNA Structure Prediction Active Workflow)、タンパク質立体構造モデリング・アクティブ・ワークフロー (Protein Structure Prediction Active Workflow)。

全ての解析ノード及びアクティブ・ワークフローは統合 DB 情報基盤サイト (<http://togo.cbrc.jp>) より一般公開している。

福井 一彦: "情報統合基盤インフラ THIN X の利用", SOFTWARE DESIGN, (300) pp.X2 (2010).

Katayama, T., Arakawa, K., Nakao, M., Ono, K., Aoki-Kinoshita, K.F., Yamamoto, Y., Yamaguchi, A., Kawashima, S., Chun, H.W., Aerts, J., Aranda, B., Barboza, L.H., Bonnal, R.J., Bruskiwich, R., Bryne, J.C., Fernández, J.M., Funahashi, A., Gordon, P.M., Goto, N., Groscurth, A., Gutteridge, A., Holland, R., Kano, Y., Kawas, E.A., Kerhornou, A., Kibukawa, E., Kinjo, A.R., Kuhn, M., Lapp, H., Lehvaslaiho, H., Nakamura, H., Nakamura, Y., Nishizawa, T., Nobata, C., Noguchi, T., Oinn, T.M., Okamoto, S., Owen, S., Pafilis, E., Pocock, M., Prins, P., Ranzinger, R., Reisinger, F., Salwinski, L., Schreiber, M., Senger, M., Shigemoto, Y., Standley, D.M., Sugawara, H., Tashiro, T., Trelles, O., Vos, R.A., Wilkinson, M.D., York, W., Zmasek, C.M., Asai, K., Takagi, T.: "The DBCLS BioHackathon: standardization and interoperability for bioinformatics web services and workflows. The DBCLS BioHackathon Consortium*.", Journal of Biomedical Semantics, 1(1) pp.8 (2010).

福井 一彦: "バイオインフォマティクス情報基盤技術の構築", AIST TODAY, 10(9) pp.8-8 (2010).

機械学習研究班

1) 大量のリガンド結合サイトから類似したペアを高速に見出す SketchSort アルゴリズムの開発。類似したリガンド結合サイトの発見は、タンパク質機能予測のため重要であるが、ナイーブな方法では、サイト数の2乗の時間がかかるため、多数のサイトには適用できなかった。本年度、わが班では、Locality sensitive hashing を用いた全ペア類似度検索手法 SketchSort を開発し、実際に、100万を超えるサイトの解析を行った。

2) NGS から生み出される大量のリードの階層的クラスタリングを高速に行う SlideSort の開発。メタゲノム等のタスクにおいては、大量のリードをあらかじめクラスタリングしておくことが重要である。本年度、わが

班では、高速なクラスタリング法である SlideSort を開発し、従来法に比べて、1000倍以上高速な場合があることを示した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] ワークフロー、統合 DB、Web サービス、プラットフォーム

Georgii, E., Tsuda, K., Schölkopf, B.: "Multi-way set enumeration in weight tensors", MACHINE LEARNING, 82(2) pp.123-155 (2011).

Kashima, H., Oyama, S., Yamanishi, Y., Tsuda, K.: "Cartesian Kernel: An Efficient Alternative to the Pairwise Kernel", IEICE TRANSACTIONS ON INFORMATION AND SYSTEMS, E93D(10) pp.2672-2679 (2010).

Tabei, Y., Uno, T., Sugiyama, M., Tsuda, K.: "Single versus multiple sorting in all pairs similarity search", Proceedings of the 2nd Asian Conference on Machine Learning, pp.155-170 (2010).

Kayano, M., Takigawa, I., Shiga, M., Tsuda, K., Mamitsuka, H.: "ON THE PERFORMANCE OF METHODS FOR FINDING A SWITCHING MECHANISM IN GENE EXPRESSION", GENOME INFORMATICS SERIES, 24 pp.69-83 (2010).

Kashima, H., Saigo, H., Hattori, M., Tsuda, K.: "Graph Kernels for Chemoinformatics", Chemoinformatics and Advanced Machine Learning Perspectives: Complex Computational Methods and Collaborative Techniques, pp.1-15 (2010).

Saigo, H., Tsuda, K.: "Graph Mining in Chemoinformatics", Chemoinformatics and Advanced Machine Learning Perspectives: Complex Computational Methods and Collaborative Techniques, pp.95-128 (2010).

Takahashi, H., Morioka, R., Ito, R., Oshima, T., Altaf-Ul-Amin, M., Ogasawara, N., Kanaya, S.: "Dynamics of Time-Lagged Gene-to-Metabolite Networks of Escherichia coli Elucidated by Integrative Omics Approach", OMICS: A Journal of Integrative Biology, 15(1-2) pp.15-23 (2010).

Shimizu, K., Tsuda, K.: "SlideSort: All Pairs

Similarity Search for Short Reads ",
BIOINFORMATICS, 27(4) pp.464-470 (2011).

Takigawa, I., Tsuda, K., Mamitsuka, H.;"Mining
Significant Substructure Pairs for Interpreting
Polypharmacology in Drug-Target Network", PLoS
ONE, 6(2) pp.e16999 (2011).

【テーマ題目5】人材養成

【研究代表者】 浅井 潔 (研究センター長)

【研究担当者】 浅井 潔、藤 博幸、広川 貴次、
野口 保、諏訪 牧子、光山 統泰、
ポール ホートン、福井 一彦、
藤渕 航、堀本 勝久、津田 宏治、
加藤 和貴、清水 佳奈、富井 健太郎、
マーティン フリス、本野 千恵、
亀田 倫史、マイケル グロミハ、
富永 大介、油谷 幸代、根本 航、
今井 賢一郎、山崎 智、寺田 朋子、
坂井 寛子 (常勤職員17名、他8名)

【研究内容】

研究目的:

バイオインフォマティクスの研究拠点としてより確立された地位を築くことと併せ、産業技術の発展、産総研の利益につながる形での人材養成を目指している。

研究手段:

(1) 生命情報科学人材養成コンソーシアム

平成21年度に終了した文科省科振費「生命情報科学技術者養成コース」の成果を活用し、平成22年度より産総研コンソーシアムとして設置。主に初学者を対象とした短期間・実践的な e-ラーニングや講習会を会員制・有償で実施し、バイオインフォマティクス技術の利用者を増やしていくことを目標とする。

平成22年度の正会員数は5。設定した4コースの受講者数は次の通り。バイオインフォマティクス実習コース107名・同 e-ラーニングコース47名、創薬インフォマティクス実習コース33名、同 e-ラーニングコース19名。

(2) 技術研修等による社会人の受け入れ

OJT による高度専門人材養成により、異分野からの転向者を即戦力化する。平成22年度養成実績11名。

(3) 連携大学院

7つの大学（東大、早大、奈良先端科学技術大学院大、東医歯大、お茶の水女子大、東京理科大、北大）と連携を進めている。当センターに所属する正職員のうち14名が連携大学院の教員を兼務しており、連携先での出張講義や、連携先大学院生を実習生として当センターに常駐させて修士論文や博士論文の指導を行っている。平成22年度学生受入実績18名。卒業生の進路は 東大理博士課程、東大工博士課程、九大工博士課

程、東京証券取引所、日本ユニシス、日本電気 など。
(4) 生命情報科学研究セミナー

平成13年～17年度の「産総研 生命情報科学人材養成コース」(文科省科振費)の枠組で行っていた毎週2回程度の研究セミナーを年間予算で継続している。セミナーの内容と発表者は研究チーム長1名と数名のセミナー係の研究員が調整、弾力的に運営。所内発表にとどまらず、内外から最先端の話題提供を受けている。平成22年度回数実績62回(内訳:当センター所属研究者35名、国内の外部研究者15名、海外の外部研究者12名)。

(5) 生命情報工学研究センター (CBRC) 年次研究報告シンポジウムの実施

当センターのバイオインフォマティクス拠点化を目指した活動であり、研究拠点形成に必要な優秀な人材を養成する。実習生や若手研究員の積極的な発表を促すことで、スキルアップを目指す。学会へ参加する機会が少ない企業研究者や学生等にもバイオインフォマティクスを普及させることも目的とする。発表言語は英語、海外の第一線の研究者による招待講演を必ず実施し、世界レベルのディスカッションができる場としている。平成17年度に CBRC2005を初開催。生命情報工学研究センターが発足した平成19年度以降は、他の学会等とも連携して BioInformatics Week in Odaiba (BiWO) 200X (X は年数を表す) という名称でお台場でバイオインフォマティクス関連イベントを集中開催、運営委員長は当センターの研究チーム長クラスの研究員が持ち回りで務めている。平成22年度は、外部からもポスター発表を募集し、多数の発表者が集まっている。平成22年度参加者約290名。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 人材養成、バイオインフォマティクス、創薬インフォマティクス、技術指導、セミナー、講習会、e-ラーニング

④【バイオメディシナル情報研究センター】

(Biomedical Information Research Center)

(存続期間: 2008. 4. 1~2013. 3. 31)

研究ユニット長: 嶋田 一夫

副研究部門長: 上田 太郎、須貝 潤一

研究顧問: 五條堀 孝

所在地: 臨海副都心センター、つくば中央第6

人員: 13名 (13名)

経費: 404, 819千円 (169, 064千円)

概要:

バイオメディシナル情報研究センターは、前身の生物情報解析研究センターの成果の上にたち、ポストゲ

ノム研究の中核として、タンパク質や RNA など遺伝子産物の構造と機能を解析し、その機能を制御する物質を提供する一連の創薬基盤技術を開発するために、2008年（平成20年）4月に設立された。

具体的には、ポストゲノムシークエンス研究に重点をおき、わが国が世界に対して優位性を持つヒト完全長 cDNA リソースを用いた疾患関連タンパク質相互作用解析および創薬の標的タンパク質として重要な膜タンパク質などの構造解析を行う。さらにそれらの機能を正や負に制御する化合物を、ラショナルな計算科学やわが国が得意とする微生物産物に求め、医薬、医療、診断薬に繋げる一連の創薬基盤技術を開発する。ヒト完全長 cDNA リソースの活用では、タンパク質発現アレイを用い、自己抗体の解析や効率の良い iPS 細胞化因子などの探索を鋭意取進める。また新たな研究分野として登場した多数の非翻訳 RNA（タンパク質を作らない RNA）についてもその機能解析を行い、創薬の新たなパラダイムを拓く。これらの研究を産業界のニーズを反映させた課題解決型共同研究として産学官の連携で進めてゆく。ヒト全遺伝子のアノテーションつき統合データベースは前述の研究に資するとともに、独自のヒト完全長 cDNA、発現情報・相互作用データなども取り入れ、世界に対し公開し、広くライフサイエンスの振興に寄与する。

外部資金：

独立行政法人科学技術振興機構 産学イノベーション加速事業(先端的計測分析技術・機器開発)「タンパク質超高感度質量分析のための次世代微量サンプル導入システム」

学校法人 北里研究所「質量分析計 (MS) による多項目同時臨床検査技術の包括的開発に関する調査研究」

財団法人木原記念横浜生命科学振興財団「自己抗体を活用した効率的な特定のがんの総合診断システムの開発」

科学研究費補助金「クロマチンリモデリング制御複体の構造と機能の解析 (新学術領域研究)」

科学研究費補助金「転移 RNA の硫黄修飾システムの解明 (若手 B)」

科学研究費補助金「FACT-ヒストン複合体の立体構造解析に基づいたヌクレオソーム構造変換機構の解明 (基盤 B)」

科学研究費補助金「プロテアソームの単粒子解析による構造研究 (基盤 B)」

科学研究費補助金「核内低分子 RNA による遺伝子発現の多様性獲得機構の解明 (基盤 B)」

科学研究費補助金「遺伝子修復、組み換え、スプライシングをターゲットとする新規抗癌剤の探索研究 (基盤 B)」

科学研究費補助金「物理化学的解析に適した高分子量型クロマチン因子群の大量発現系の開発 (挑戦的萌芽研究)」

科学研究費補助金「新規安定同位体ラベル法を用いた高分子量創薬ターゲット蛋白質の構造機能解析法の開発 (研究活動スタート支援)」

発 表：誌上发表84件、口頭発表134件、その他5件

細胞システム制御解析チーム

(Biological Systems Control Team)

研究チーム長：夏目 徹

(臨海副都心センター)

概 要：

創薬の加速と、ケミカルバイオロジーの推進を目的とし、①創薬ターゲット決定の効率化、②化合物スクリーニング技術の効率化、③ケミカルスペースの拡大を目指している。これらを実現する研究内容として、質量分析の超高感度化と高精度化をする技術開発を行っている。開発して解析システムを駆使し、タンパク質レベルでの創薬ターゲット決定を目指し、大規模でハイスループットなタンパク質間相互作用ネットワーク解析を実施している。また細胞内のフルプロテオームの絶対定量も実施している。これらのネットワーク情報をもとに、タンパク質間相互作用を指標とした統一的で効率的な大規模創薬スクリーニング基盤を構築している。また、化合物スクリーニングソースとして、天然物を中心とした30万サンプルにおよぶ世界最大のケミカルライブラリーを集積し運用している。それとともに、スクリーニング系を迅速に構築するための、ヒト完全長 cDNA 発現リソース整備し、数万個のタンパク質をハイスループット発現する技術開発も行っている。

研究テーマ：テーマ題目 1

機能性 RNA 工学チーム

(Functional RNomics Team)

研究チーム長：廣瀬 哲郎

(臨海副都心センター)

概 要：

ヒトゲノムから産生される蛋白質をコードしないノンコーディング RNA (ncRNA) が有する新しい機能

と作用機構の解明を目指して研究を行った。細胞核内構造体パラスペックルの構築能をもつ ncRNA の生合成過程と、それと共役して起こるパラスペックル構造体の構築に必須な複数のステップを明らかにした。さらに疾患関連染色体関連因子が、新たに ncRNA を介した核内構造体構築に必須であることを見出し、この因子を欠く癌細胞株において核内構造体の形成が起こらないことを明らかにした。この他に、薬剤によって ncRNA 発現を誘導しパラスペックル形態を変化させる条件を見出した。

独自開発した核内 RNA ロックダウン系を用いて発見した核内 U7 snRNA による細胞周期阻害時のヒストン遺伝子発現抑制機構の分子機構をさらに解析した。その結果、U7 snRNA はヒストン遺伝子群の転写をグローバルに抑制している事、新規同定した U7 snRNA 相互作用タンパク質がこの機能を担っている事を証明した。

この他に、tRNA の機能獲得に必須な RNA 修飾の中で、硫黄化修飾経路について原核生物をモデルとして研究を行った。硫黄化反応の試験管内再構成のさらなる高効率化を達成するとともに、生合成因子の翻訳後修飾因子としても役割について解析を進めた。

研究テーマ：テーマ題目 2

分子システム情報統合チーム

(Integrated Database and Systems Biology Team)

研究チーム長：今西 規

(臨海副都心センター)

概要：

ヒトの全遺伝子と転写産物に対して各種のバイオインフォマティクス解析を行い、高精度なアノテーション情報を整備して統合データベース H-InvDB にまとめ、一般公開している。今年度は、予測遺伝子などを改良した最新リリース7.5を新たに公開した。また、遺伝子構造・機能・発現・多様性・進化などのさまざまなアノテーションを使った知識発見支援ツールとして、HEAT という enrichment analysis の解析ツールを一般公開している。世界の主要なデータベースのデータ ID による統合化を行うリンク自動管理システムおよび ID 一括変換システムについては、創薬研究において重要なマウスの分子情報や化合物関連のデータベースを新たに取り込み、大幅な機能拡充を図った。さらに、経済産業省統合データベースプロジェクトでは、ポータルサイト MEDALS におけるデータベース便覧やソフトウェア便覧を充実させたほか、キーワードによる横断検索サービスの機能拡充を行った。

研究テーマ：テーマ題目 3

タンパク質構造情報解析チーム

(Protein Structural Information Analysis Team)

研究チーム長：光岡 薫

(臨海副都心センター)

概要：

「タンパク質立体構造に指南された創薬戦略 (SGDD:Structure Guided Drug Development)」の実現を目指し、タンパク質の立体構造に基づく創薬標的タンパク質の機能解析および新規薬物の探索を行う基盤技術の開発を行う。膜タンパク質や複合体の構造解明は、生物機能の解明や産業への応用にも重要であるにも関わらず、その困難さ故に非常に遅れている。電子顕微鏡や X 線結晶解析などの手法を用いて、それらの原子レベルの立体構造を解析し、NMR 等によってリガンド-タンパク質、タンパク質間相互作用を高精度かつ効率良く解析する。そのための、大量発現系の構築、構造解析技術の改良を行うとともに、その分子機能を解析する。それらの情報を用いて、高精度のモデリング技術やシミュレーション技術の開発・改良を行うことで、SGDD の実現を目指す。世界的に見ても特色がある、電子顕微鏡、NMR、計算機シミュレーションの研究グループが共同することで、学術的にも高い成果を得ることを目指す。

研究テーマ：テーマ題目 4

[テーマ題目 1] タンパク質機能解析に関する研究

[研究代表者] 夏目 徹

(細胞システム制御解析チーム)

[研究担当者] 夏目 徹、五島 直樹、新家 一男、家村 俊一郎 (常勤職員4名)

[研究内容]

ナノテク、ロボティクス、クリーン技術を駆使した、超高感度質量分析システムを構築している。このシステムを駆使し、細胞内のプロテオーム絶対定量とタンパク質間相互作用ネットワーク解析を実施し、疾患関連遺伝子の機能解析を行っている。それにより、疾患の発症メカニズムを分子レベルで解明するとともに、新規創薬ターゲットと化合物ターゲットを効率よく決定している。この情報を基に、蛍光イメージング技術を活用し、50,000~100,000サンプル/週のハイスループットで、タンパク質の相互作用を指標とする統一的なスクリーニングプラットフォームを構築し運用している。主に、天然物を中心として化合物ライブラリーから、タンパク質の相互作用を制御する、これまで全く予想する事が出来なかった、新規な化合物を多数発見している。これらの研究を通して、大きな波及効果をもつ、日本独自の新世代の創薬基盤を構築する事を目指している。

今年度は、タンパク質ネットワーク解析の結果から、大手中堅製薬企業3社の4化合物ターゲットを決定した。その結果、二つの化合物が臨床フェーズ研究へとステップアップした。その他に、これまで不可能とされていた、タンパク質相互作用界面を低分子化合物で制御する

新戦略も提示した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 タンパク質、プロテオーム、質量分析、ケミカルバイオロジー、完全長 cDNA

〔テーマ題目2〕 機能性 RNA 解析に関する研究

〔研究代表者〕 廣瀬 哲郎（機能性 RNA 工学チーム）

〔研究担当者〕 廣瀬 哲郎、佐々木 保典、嶋 直樹（常勤職員3名）

〔研究内容〕

ポストゲノム研究の成果として発見されたノンコーディング RNA (ncRNA) は、ゲノム (DNA) からタンパク質合成を仲介する役割以外の全く新しい RNA 機能を担っていることが期待されている。そこで ncRNA 群の中から、基本的な生命現象に関わる重要な機能性 ncRNA や疾患に関わる機能性 ncRNA を発見し、その作用機序を明らかにし、さらには医療技術開発の基盤形成に寄与する事を目的としている。今年度は、ncRNA 独自の機能解明のために、細胞核内に局在する ncRNA による核内構造構築過程の解明、RNA 含有構造体の機能解明、さらには遺伝子発現の細胞周期依存的制御を担う ncRNA の作用機構を理解するための踏み込んだ解析を実施した。

これまでに、独自に開発した核内 RNA ノックダウン法を用いて、細胞核内構造の構築を行う MENε/β ncRNA と、細胞周期依存的な遺伝子発現制御を行う U7 snRNA の新規機能を発見した。今年度は、MENε/β ncRNA と共に核内構造体パラスペックルに局在する新規タンパク質群の中から、これらの網羅的な RNAi 解析によって見出された構造体形成に必須な因子に注目して、その作用機構解析を実施した。その結果、パラスペックル構造系には、コアとなる MENε/β ncRNA の安定性制御、選択的 RNA プロセッシングによる生合成制御、さらには MENε/β ncRNA-タンパク質複合体を更に高次構造に構築するための会合ステップといった複数の段階が必要なことが明らかになった。さらに新たに染色体動態を制御する疾患関連タンパク質が、この構造体構築に必須であることを見出し、染色体上のエピゲノム制御と RNA 依存的構造体構築の間に機能的相互作用があることを明らかにした。一方、細胞周期依存的なヒストン遺伝子発現制御を司る U7 snRNA が、細胞周期の進行を阻害した条件下で、積極的にヒストン遺伝子の転写を抑制する新機能について、そのメカニズム解析をすすめた。U7の新しい相互作用タンパク質が、ヒストン遺伝子座上において U7の新機能を担うことを証明した。この他に生命情報工学研究センターとの共同で、疾患関連遺伝子の発現制御を行う可能性のある遺伝子間短寿命 ncRNA を同定した。このような革新的な機能解析技術による新規な ncRNA 機能の解明によって、新しい創薬基盤となる産業技術の確立に

結びつくことが期待できる。

この他に、好熱菌をモデルとして tRNA の硫黄化修飾の生合成系を解析した。補酵素を結合した生合成因子の調製法を確立し、硫黄化反応の試験管内再構成系の改良をおこなった。これにより反応機構をさらに詳細に解析する基盤を固めることができた。また生合成因子の1つが好熱菌細胞内で多数の標的タンパク質に結合していることを見出していたが、本年度は2つ標的を同定することに成功した。さらに解析を進め、真核生物ユビキチン系とは異なりこの翻訳後修飾は分解シグナル以外の機能を担っていることが示唆された。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 核酸、RNA、遺伝子発現制御、エピジェネティクス、RNA 修飾、タンパク質翻訳後修飾

〔テーマ題目3〕 統合データベース

〔研究代表者〕 今西 規

(分子システム情報統合チーム)

〔研究担当者〕 今西 規、五條堀 孝（常勤職員2名）

〔研究内容〕

ヒトの全遺伝子と転写産物に対して各種のバイオインフォマティクス解析を行い、高精度なアノテーション情報を整備して統合データベース H-InvDB にまとめ、一般公開している。今年度は、予測遺伝子などを改良した最新リリース7.5を構築し、新たに公開した。また、遺伝子構造・機能・発現・多様性・進化などのさまざまなアノテーションを使った知識発見支援ツールとして、HEAT という enrichment analysis の解析ツールを公開している。マイクロアレイなどの実験で得られた遺伝子セットの意味を解釈するために、HEAT は強力なツールとなっており、多くの研究者に利用されている。

次に、ひとつの遺伝子から複数の転写産物およびタンパク質が作られる選択的スプライシングについて、ヒトゲノムの多型がどのような効果を与えるかを明らかにすべく、詳細な配列データ解析研究を行った。イントロンの保存配列である GT-AG サイト上に dbSNP 由来の212個の多型が見つかったが、そのうち53個は選択的スプライシングを起こすエクソンの位置にあることが判明し、SNP がスプライシングの起こる位置に影響した可能性が示唆された (Shimada MK et al. 2010 BMC Evol Biol)。

世界の主要なデータベースのデータ ID による統合化を行うリンク自動管理システムおよび ID 一括変換システムについては、創薬研究において重要なマウスの分子情報や化合物関連のデータベースを新たに取り込み、大幅な機能拡充を図った。本システムは現在、ヒトで33種類、マウスで13種類、化合物関連で13種類のデータベースを対象に、合計2億5000万件のデータの対応関係を取り扱っている。これらの情報は毎日自動で更新しており、

常に最新のリンク情報を維持・公開している。本システムは国内外の多くの研究者に広く活用されている。

さらに、経済産業省統合データベースプロジェクトを実施した。これは、経済産業省の関わるライフサイエンス分野の研究開発プロジェクトで産み出されたデータベース等に関する情報提供サイトを作成し、さらにヒト遺伝子の統合データベース H-InvDB と連携して経済産業省関連の研究成果を利用できるシステムを構築することを目的としている。本年度は、ポータルサイト MEDALS におけるデータベース便覧やソフトウェア便覧を充実させたほか、キーワードによる横断検索サービスも対象データベースを増やすなどの拡張を行った。データベース便覧の掲載件数は66件、解析ツール便覧は64件、プロジェクト便覧は52件の情報を提供している。データベースの利用促進をはかるための講習会は、産総研臨海副都心センターや関西センターなどで合計3回開催した。

以上の成果は研究開発者や一般利用者の利便性を高め、データベースからの知識発見を促進・効率化すると期待される。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 バイオインフォマティクス、統合データベース、H-InvDB

【テーマ題目4】 生体高分子立体構造情報解析に関する研究

【研究代表者】 光岡 薫

(タンパク質構造情報解析チーム)

【研究担当者】 嶋田 一夫、中村 春木、光岡 薫、藤吉 好則、三尾 和弘、竹内 恒、千田 俊哉、福西 快文

(常勤職員7名)

【研究内容】

タンパク質立体構造に指南された創薬戦略の実現を目指し、創薬の標的として今後より重要と考えられる膜タンパク質や複合体について、その構造解析技術を改良するとともに、相互作用情報が得られる技術を開発し、それらを有効に利用できる計算機シミュレーション技術を確認する。そのため、構造解析技術としては、極低温電子顕微鏡や X 線結晶構造解析を利用するとともに、相互作用解析などに NMR を活用する。そして、計算機シミュレーションでは、開発された技術が応用されるように、ソフトウェアなどを公開する。

電子顕微鏡を用いた研究では、電子線結晶構造解析について、より効率的な二次元結晶の作製を目指して、膜タンパク質の評価系の開発に取り組んだ。蛍光を用いた膜タンパク質の熱安定性を評価するシステムを立ち上げ、また、GFP を用いた膜タンパク質の可溶化に適した界面活性剤を簡易に選択できるシステムも構築した。今後、これらシステムを用いて、新たな膜タンパク質の

結晶化に取り組む。また、単粒子解析については、プロテアソームを用いて、効率的に解析を行う計算機システムの構築に取り組んだ。そして、致死性不整脈などのチャンネル病の発症解明に向けて、イオンチャンネルが正しい4量体構造を作る仕組みを電子顕微鏡、生化学、電気生理学的手法を組み合わせで解析した。海洋性高度好塩菌から発見されたナトリウムチャンネル (NaChBac) を用いて解析を行い、従来から予想されていた C 末端コイルド・コイル領域以外にも4量体形成を促進する新たな責任領域が存在することを証明した。

X 線結晶構造解析を用いた研究では、転写、複製など種々の核内反応に関わるヒストンシヤペロンに関する構造研究において、ヒストンシヤペロン TAF-I β とヒストンの複合体の結晶を得る事に成功した。また、脳内のシグナル伝達物質である D-セリンの代謝に関わるニワトリ由来の D-セリンデヒドラターゼの結晶構造を決定した。その結果、本酵素は補酵素である PLP 以外に亜鉛イオンが触媒反応に必要であることが、生化学解析と結晶構造解析から明らかになった。また、2原子酸素添加酵素 DesB の反応中間体の構造解析を成功させ、反応中に鉄イオンが大きく移動し配位構造の再構成が反応中に起きている事を見いだした。

NMR を用いた研究では、セラミド輸送タンパク質 PH ドメインの NMR 解析により、セラミド輸送に関わるゴルジ体への結合が PH ドメイン C 末端側のリン酸化により制御されることを見出した。また、細胞内のシグナル伝達を制御し、代謝や癌化との関連が指摘されるイノシトールリン脂質キナーゼ (PIPK) の立体構造解析に着手し、発現精製に成功するとともに、ATP 加水分解活性を確認した。これにより PIPK の立体構造、機能解析を行う基盤を確立することができた。また創薬ターゲットとなるような高分子量蛋白質およびその複合体を立体構造的に解析するための新たな NMR 測定法および試料調製法の開発を行い、グルコースに替わりアミノ酸前駆体であるピルビン酸を用いる “ ^{13}C - ^{12}C 交互標識法” と、近年我々が開発した $^{13}\text{C}\alpha$ - $^{13}\text{C}\beta$ 間を直接相関付ける “CACA-TOCSY 法” を組み合わせた新たな水素核3重共鳴測定法 : hnCA-TOCSY-caNH を開発した。この測定法は他の手法で得ることのできない連鎖相関を与えることから、独創的かつ重要な測定法である。さらに、特殊なアミノ酸選択標識を施すことで、時間のかかる NMR シグナルの帰属を回避し、タンパク質-タンパク質複合体モデルを迅速に決定する新たな手法を開発した。

計算機シミュレーションを利用した研究では、タンパク質の薬物結合ポケットの予測手法及び、柔軟く構造変化するタンパク質を扱える薬物スクリーニング (探索) 計算手法を開発した。タンパク質の薬物結合ポケットの予測は、薬物が作用する部位を決める作業で従来手法では6-7割しか予測できなかったが、本手法ではラン

ダムな化合物ドッキングを利用することで世界最高の9割の予測を可能にした。薬物スクリーニングでは、タンパク質構造が揺らぐので、多数の構造を収集して計算に使う。収集した構造の数だけ薬物スクリーニング結果が得られるが、薬物の見つかる良い構造は、収集した構造のうちの1割に過ぎない。世界的に、「薬物の見つかる良い構造」をどう選びだすかが問題になっており、有効な手法は無かった。本研究では、薬らしい分子の集団を用意し、これらを使って、計算に適した構造を選ぶ手法を開発した結果、薬物の発見率を2倍に向上させることができた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 低温電子顕微鏡、核磁気共鳴装置 (NMR)、X線結晶解析、計算科学、構造解析、構造生物学

⑤【幹細胞工学研究センター】

(Research Center for Stem Cell Engineering)

(存続期間：2010. 4. 1～2015. 3. 31)

研究センター長：浅島 誠
副研究センター長：中西 真人

所在地：つくば中央第4、つくば中央第5

人員：13名 (13名)

経費：317,531千円 (206,636千円)

概要：

臓器の恒常性は、臓器形成素過程の絶え間ない繰返しにより維持されている。癌や生活習慣病などの慢性臓器疾患は、各臓器の形成素過程に関わる臓器特異的幹細胞の正常な増殖・分化プロセスからの逸脱に起因するものと考えられる。我々は発生システムの階層構造の理論的理解を深めるために、臓器形成 (Organogenesis) の制御に関わるゲノム・プロテオームの挙動を統合的に解析するオーガノミクス (Organomics) という新しい研究概念を提唱し、新しい発生学の展開を目指している。特に本研究センターでは、臓器や器官を形作る幹細胞に注目し、幹細胞の高効率な樹立、幹細胞の性質の的確な評価、幹細胞の選択的な分化制御についての技術開発に加えて、幹細胞の医薬品開発のスクリーニング系や再生医療への応用を目指した研究を進めている。幹細胞を効果的に利用するための情報基盤として、モデル生物を駆使して臓器形成を制御するメカニズムを体系化し、新しい発生学研究領域を開拓するとともに、臓器・器官形成系をより高品質化することによって創薬や再生医療への応用を図る取り組みを行っている。更に、臓器ロードマップ作成によって得られた知見を元に、癌や生活習慣病などの新しい予防法への応用も検討している。

具体的には、以下の4つの大きなテーマを中心とし、さらにその周辺技術開発を行うことにより、将来の創薬や再生医療に貢献しうる研究を行う。

- ① マイクロアレイ解析及びプロテオミクス解析などを行うことにより、マウス、あるいはツメガエルの未分化細胞を用いて心臓、膵臓、血管、消化管、目や耳、脳などの神経器官の誘導・分化に関する遺伝子・因子を同定する。個々の遺伝子の機能解析を行うとともに得られた情報を集積することにより、それぞれの器官・臓器について分化ロードマップを作成する。また、疾患臓器のプロファイルと比較することで臓器別疾患発病因子を検索し、疾患の早期発見、予防方法を考案する。さらに、3D クリノスタットを用いて微小重力条件下での臓器培養法の確立も試みている。また、疾患モデルマウスを利用して試験管内で形成した臓器の移植などを行い、疾病改善、治療の応用へと発展させる。
- ② ①で得られた研究結果を具体的に医療応用に結びつけるためには、患者本人の幹細胞を臓器再生に用いることが求められる。そこで、成体の体細胞から幹細胞を効率的に樹立または単離する研究や、幹細胞の未分化性維持の分子機構に関する解析研究を行う。具体的には、ゲノムに組み込まれない安全な「持続発現型 RNA ベクター」を利用して幹細胞樹立方法の技術開発を行う。また、プロテオミクス解析やマイクロアレイ解析によって未分化状態特異的に発現する制御因子を検索すると共に、細胞表面膜タンパク質についても解析を行い、幹細胞を未分化に保つ候補因子を同定し幹細胞の未分化性維持機構を解明する。さらに、分化能の高い幹細胞を選別するのに有効な細胞表面マーカーの検索も行い、良質の幹細胞の調製を容易にし、誘導臓器の再生医療への応用を図る。
- ③ 再生医療実用化の鍵として ES 細胞に代わり期待されているヒト iPS 細胞であるが、実際の所 iPS 細胞の性質は多様で、一体どのような iPS 細胞が実用可能な幹細胞なのか不明である。創薬応用や臨床試験に耐えうる iPS 細胞とはどういう幹細胞かを明確に規定し、幹細胞の測定法を確立して iPS 細胞を標準化することを目指す。本研究は NEDO 受託研究 (iPS 細胞等幹細胞産業応用促進基盤技術開発 iPS 細胞等幹細胞の選別・評価・製造技術等の開発) として行う。また、同様に既に一部で臨床応用が始まっている間葉系幹細胞についても、その性質は十分解析されない。ヒト間葉系幹細胞についてもその的確な評価方法を開発することを目指す。
- ④ 上記③で幹細胞の的確な評価選別技術が開発された後にそれを創薬に応用するためには、幹細胞に適した効率的なリード化合物のスクリーニング系が必要となる。そこで、流動状態、物質移動や温度制御

を厳密にコントロールするシステムを構築し、マイクロプロセスで培養環境を精密に制御できる細胞チップの開発とその周辺技術の整備を進め、幹細胞を利用した創薬基盤技術を開発に貢献する。

内部資金：

交付金「ヒト幹細胞等の標準化と分化制御法の開発」
ベンチャー創出・支援研究事業「マイクロ組織アレイチップ及び医薬品アッセイ装置」

外部資金：

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
受託研究費 「iPS 細胞等幹細胞産業応用促進基盤技術開発/iPS 細胞等幹細胞の選別・評価・製造技術等の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
受託研究費 「SBIR 技術革新事業/アルツハイマー病の血液バイオマーカーによる新診断法の研究開発」

独立行政法人科学技術振興機構 受託研究費 「戦略的創造研究推進事業(さきがけ)/リプログラミングを制御するクロマチン因子の作用機序の解明」

文部科学省 科学研究費補助金(基盤 A) 「両生類臓器発生ロードマップを応用した哺乳類臓器再生法」

文部科学省 科学研究費補助金(基盤 C) 「クロマチン因子による幹細胞の制御と安全高効率幹細胞化法への応用」

文部科学省 科学研究費補助金(若手 B) 「両生類における遺伝子ターゲティング法の開発」

文部科学省 科学研究費補助金(若手 B) 「成体の神経幹細胞からの神経新生を助ける栄養因子と神経疾患との関わり」

文部科学省 科学研究費補助金(若手 B) 「脊椎動物心臓形成時におけるヒアルロン酸依存的シグナル経路の解明」

財団等受託研究費 「細胞質持続発現型 RNA ベクター」

独立行政法人 医薬基盤研究所受託研究費 「持続発現型 RNA ベクターやトランスジェニック植物を利用した革新的バイオ医薬品製造技術の開発」

厚生労働省 科学研究費補助金 「急激退行症(21トリソミーに伴う)の実態調査と診断基準の作成」

文部科学省 科学研究費補助金(基盤 B) 「環境対応型光アクチュエータゲルの開発とシステム化」

文部科学省 科学研究費補助金(基盤 C) 「有害重金属輸送膜タンパク質のセンサ素子としての利用に関する基盤的研究」

文部科学省 科学研究費補助金(若手 B) 「マイクロfluidicsを利用した次世代型細胞アッセイチップの開発」

文部科学省 科学研究費補助金(若手 B) 「細胞培養のための微小環境を有する細胞増殖試験マイクロチップの開発」

発表：誌上発表30件、口頭発表63件、その他5件

幹細胞制御研究チーム

(Stem Cell Differentiation Research Team)

研究チーム長：栗崎 晃

(つくば中央第4)

概要：

近年 iPS 細胞作成技術が発明され、患者自身の細胞を用いた再生医療の実用化が大きく期待されているが、現実には作成された iPS 細胞の分化能などの性質はかなり不均一であり、また目的細胞へと分化させた後に成体に移植しても予期せずガン化するという問題も未解決である。そこで幹細胞制御研究チームでは、効率的な幹細胞分化促進技術を開発するとともに、細胞表面マーカー等を利用した幹細胞操作技術を開発することにより、実用可能な分化細胞を作成する基盤技術の開発を目的として研究を行っている。また、心筋特異的に分化しやすい間葉系幹細胞を選別するための細胞表面マーカーを利用して、生体組織から心疾患に治療効果の高い幹細胞を選別する技術の開発も進めている。

さらに、後述の器官発生研究チームが進めている臓器形成ロードマップ因子をマウスやヒト幹細胞で活用することにより、幹細胞の効率的な分化制御技術開発を進めるとともに、その制御機構の解明を進める。また、産総研のもつバイオリソースを活用して幹細胞を分化制御する新たな基盤技術の開拓を進める。さらに、成体に極わずかに存在する幹細胞を活性化させる手法についても検討し、新たな再生医療技術の開発を進める。これらの幹細胞分化制御技術や選別技術を開発することにより、毒性試験等の創薬に利用できるヒト分化細胞や実用的な再生医療に必要な細胞分化制御を可能にする基盤技術を開発する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目5

器官発生研究チーム

(Organ Development Research Team)

研究チーム長：伊藤 弓弦

(つくば中央第4)

概要：

再生医療を現実のものとするためには、必要とする細胞を「正確に」「大量に」作り出すことが必要とされる。そのためには、発生期に種々の臓器が形作られた仕組みを知り、その方法を応用することが重要と考えられる。そこで、ヒトと同様に臓器形成するアフリカツメガエルを実験動物として、様々な臓器を誘導し、その系を用いて、各種臓器が形成する際に必要な遺伝子を網羅的にスクリーニングする。こうして得られた知見から、ヒトと共通の臓器作りのレシピである「臓器形成ロードマップ」を作成する。

一方、ヒト iPS 細胞は再生医療材料として注目を集めている。しかしながら、ドナー細胞の由来組織の違い、用いる誘導方法によっても得られる iPS 細胞の性質が異なることが指摘されており、iPS 細胞の規格が明確に示されていない。そこで我々は、ヒト iPS 細胞を適切に産業応用へと導くために、まず多くの細胞株の性状に関連する基礎データを網羅的に収集し、各種 iPS 細胞株の分類・カタログ化を目指す。その上で、それぞれのカテゴリーを特徴づける性状データを整理し、『iPS 細胞の規格化 (=標準化)』を目指す。

また、臓器形成メカニズム解明の派生研究として、宇宙環境における腎臓形成メカニズムの解明を目的に研究を進めている。

研究テーマ：テーマ項目1、テーマ項目4、テーマ項目5

バイオセラピューティック研究チーム

(Biotherapeutic Research Team)

研究チーム長：中西 真人

(つくば中央第4)

概要：

再生医療・遺伝子治療・難治性疾患治療用のバイオ医薬品の開発など、先端医療の分野では遺伝子を動物細胞（ヒト細胞を含む）に導入して発現させる技術が欠かせない。その中でも、外来遺伝子を長期にわたって持続的に発現させる技術は重要な鍵となっている。これまで、動物細胞で外来遺伝子を持続的に発現させるためには、レトロウイルスベクターなどの挿入型ウイルスベクターや物理的遺伝子導入を使って、染色体に外来遺伝子を組み込んで安定化する必要があった。しかし染色体への外来遺伝子の挿入は、染色体上の遺伝子の破壊や挿入された遺伝子が再活性化により細胞のガン化を招くことが知られている。またバイオ医薬品の生産に当たっては、導入した遺伝子の発現量を最大にするために、いったん染色体に挿入した遺伝子の

コピー数を増幅するという労力のかかる方法を取らざるを得なかった。

我々が開発したオリジナル技術「持続発現型 RNA ベクター」は、染色体には挿入されない RNA 分子を転写の鋳型として、細胞質で長期間（180日以上）にわたって外来遺伝子の発現を持続できる、従来の常識を覆した世界で唯一の遺伝子導入・発現系である。この遺伝子発現系は、細胞に対する障害性を持たない特殊なセンダイウイルス変異株 Cl.151株をベースに、大きなゲノムの改変を行って開発されたもので、ウイルス感染初期のサイトカイン誘導を回避して長期持続性を実現しているのが大きな特徴である。以下の研究課題では、この技術の特徴を活かして、先端医療の実用化に貢献できる新しい技術の開発を目指した。

研究テーマ：テーマ項目6、テーマ項目7

医薬品アッセイデバイスチーム

(Drug Assay Device Team)

研究チーム長：金森 敏幸

(つくば中央第5)

概要：

医薬品開発に要する費用の高騰が問題視されて久しい。この問題を解決するために、リード化合物のスクリーニングの効率化、迅速化が極めて重要である。既にこの目的でヒト細胞を用いたスクリーニングが行われているものの、動物実験や臨床治験といった川下における評価結果と必ずしも対応せず、信頼性に欠けているのが現状である。その原因としては、スクリーニングに用いる細胞の標準化がなされていないことと、用いられている細胞が体内における機能を発現していないことによると考えられる。

そこで我々は、ES 細胞や iPS 細胞から誘導される標準化細胞により、リード化合物のスクリーニングを効率的に行う技術を開発している。培養細胞の機能を体内に近づけるためには、培養環境を精密に制御し、より体内環境に近づけることが重要である。そこで、流動状態、物質移動および温度制御をマイクロメートルレベルで制御が容易なマイクロプロセスにおいて細胞を取り扱うことが可能な、細胞チップの開発に注力している。マイクロプロセスはチップ上に様々な機能を集積することができるため、医薬品探索において必要不可欠であるハイスループット化が容易であることも利点ある。

研究テーマ：テーマ項目8、テーマ項目9、テーマ項目10、テーマ項目11、テーマ項目12、テーマ項目13

[テーマ項目1] 臓器ロードマップを構成する新規分子の探索と機能解析

[研究代表者] 伊藤 弓弦

〔研究担当者〕伊藤 弓弦、栗崎 晃、山岸 正裕、
小沼 泰子、玉野上 佳明、
三輪田 恭子、中島 由郎
(常勤職員5名、他1名)

〔研究内容〕

「カエル及びマウスの未分化細胞を用いた各種臓器誘導系」と「マイクロアレイやプロテオミクスの技術」を組み合わせることで、心臓・膵臓・腎臓・神経・感覚器など様々な臓器・器官への分化に関わる遺伝子を網羅的に同定・検証することで、臓器別ロードマップ、すなわち、未分化細胞からどの時期にどの遺伝子が発現することによって臓器の分化が達成されるか、その道筋が全て記述されたロードマップを構築する。

また、作製されたロードマップ上の遺伝子が特定臓器疾患と関連するかどうかについてパイオインフォマティクス的手法を用い、ロードマップ上のどのような遺伝子が臓器特異的疾患マーカーとして利用可能かを探索する。さらに、データベース上で疾患との関連が示唆されたものについては実際に遺伝子・タンパクレベルで検証し、新しい疾患予防法への応用を図る。平成22年度は、特に興味深い知見が数多く明らかになってきた心血管系に関する解析を深め、可能な限り臓器発生のロードマップの構築を進める。

① 心血管系の臓器分化ロードマップ作成

カエルを利用した心臓形成のモデル実験系を活用し、引き続き新規心臓形成関連遺伝子の解析を続けている。(1) ヒアルロン酸マトリクスによって心臓原基に発現誘導される因子を約100種同定し、それらの機能解析を進めつつある。スクリーニングの際に、既に新規の心臓領域に発現する遺伝子ばかりでなく、その周辺にある肝臓・血管・造血組織に発現する新規遺伝子も多数見つかってきている。肝臓・血管・造血組織は先行研究により心臓形成との深い関連が示唆はされていたが、その実体に関しては不明な点が多かった。よって今後は、心臓形成をより生体内での現象に近い形で理解できるようになる事が期待される。また同時に、肝臓・血管・血球のロードマップ作成も進むことが期待される。(2) 心臓原基誘導時において機能していると思われる新規因子も4つ同定し、過剰発現実験により心臓原基誘導能を持つことを確認しつつある。また、(1)、(2)の研究成果を、哺乳類のESもしくはiPS細胞を用いた心筋誘導系に応用していくことも視野に入れている。

② 膵臓・腎臓・呼吸器の臓器分化ロードマップ作成

膵臓に関しては、昨年までに開発した「マウスES細胞から胚様体を形成後、アクチビンと高濃度もしくは低濃度のレチノイン酸で処理する」という膵臓α細胞もしくはβ細胞誘導系を、さらに高精度なものにすることを試みた。その上で新規膵臓分化特異的遺伝子を、マイクロアレイを用いて探索する予定である。

腎臓に関しては、ツメガエルの遠位尿細管由来の細胞株(A6細胞)を用いて微小重力条件下での培養法の確立を試みている。これまで、3次元的な構造を作り上げる際の重力の影響は報告されつつも制御できていなかった。そこで、地上での3Dクリノスタットを用いての模擬実験、JAXA、NASAの協力の下、国際宇宙ステーションでの培養実験を通じて、その基盤技術の開発を行っている。

呼吸器については、これまでマウスES細胞から胚様体を形成させて気管支繊毛細胞を作成する方法を開発していたが、最近、種類の異なる2種類の繊毛細胞を分化誘導しうることを見出した。いずれの繊毛細胞もBMP添加により阻害されるが、Smad6やSmad7の発現誘導により選択的に繊毛形成を制御できることを発見した(NishimuraらBBRC 2010)。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕初期発生、器官形成、再生医療

〔テーマ題目2〕未分化細胞の維持と分化のメカニズム 解明

〔研究代表者〕栗崎 晃

〔研究担当者〕栗崎 晃、石嶺 久子、渡邊 加奈子、
中島 由郎(常勤職員1名、他3名)

〔研究内容〕

臓器ロードマップ作成の次の展開には、臓器再生が挙げられる。その際問題となるのは、実際に医療に応用可能な幹細胞の調製である。2007年11月、マウスの幹細胞化法を応用することでヒトiPS細胞の樹立が可能であることが示されたが、実際の実用化にはまだいくつもの解決すべき問題が残されている。この観点から考えると、組織性幹細胞を効率的に調製し必要な組織に分化させて医療に用いる方が安全面からは現実的であるとの見方もある。いずれの場合でも、幹細胞の未分化性制御技術や効率のよい幹細胞調製技術が非常に重要となる。特に組織からの幹細胞の調製やiPS化された細胞の選別には、幹細胞のよいマーカーの同定が必要である。本研究課題では、幹細胞特異的に発現するマーカー検索と、幹細胞の未分化性を制御する新規遺伝子の探索、及びその機能解析を進める。具体的には、マウスES細胞のプロテオミクス解析により同定した幹細胞特異的に発現するクロマチン制御因子について、安定発現マウスES細胞株を樹立しその幹細胞制御活性を詳細に解析し作用機序を明らかにする。また、細胞表面膜タンパク質を特異的に精製し濃縮した膜タンパク質についても解析を行い、未分化制御活性をもつ細胞膜タンパク質候補因子や新たな幹細胞表面マーカーを同定していく。

これまでの解析から、プロテオミクス解析により同定した幹細胞特異的に発現する2つのクロマチン制御因子について、幹細胞の未分化状態維持促進活性があることを見出している。第1の因子TIF1βについてはC末付

近のセリンのリン酸化により活性が制御されており、リン酸化特異的抗体で免疫蛍光染色したところ、主に活性化クロマチンに局在していることが確認され、多くの未分化マーカーの発現を誘導することをリアルタイム RT-PCR で確認した。TIF1 β はマウス初期胚の着床前の内部細胞塊で特異的にリン酸化されており、本因子をノックダウンするとマウス ES 細胞は LIF 存在下でも分化してしまうなど、未分化状態の維持に必須であることが示された。また、クロマチンリモデリング複合体と協調して作用し、iPS 細胞作成時の性質を向上させるなどの作用があることを見出し報告した (Seki, Kurisaki ら PNAS 2010)。また、第2の因子として高度に精製したクロマチン画分のプロテオミクス解析から、未分化維持活性のある因子を同定した。この因子は体細胞の iPS 化を促進する活性を持っていることを見出し、現在その作用機構について解析を行っている。細胞表面膜タンパク質についても、効率的に定量比較できるデファレンシャルプロテオミクス解析法を確立して、数十個の新規幹細胞表面タンパク質を同定し、主なものについてウエスタンブロットングや免疫蛍光染色により検証を行い Proteomics 誌で報告した。これらはヒト (患者) の体細胞から幹細胞を樹立するときの重要な表面マーカー候補となるだけでなく、分化誘導後の未分化な幹細胞の混入による癌化を防止するための表面マーカーの重要な候補となりうる因子群といえる。現在、これらの細胞表面マーカーの中から癌化の問題を解決しうる有用な細胞表面マーカーを検証中である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 幹細胞、器官形成、再生医療

【テーマ題目3】 間葉系幹細胞からの心筋組織誘導のためのマーカー分子探索

【研究代表者】 栗崎 晃

【研究担当者】 栗崎 晃、石嶺 久子
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

ヒト組織には、骨髄由来の造血幹細胞や間葉系幹細胞、脂肪組織由来の幹細胞など、様々な組織に組織幹細胞が存在する。しかしながら、これら組織から取り出した幹細胞を含む集団は種々雑多な細胞が混在する不均一な細胞集団であり、幹細胞を用いた再生医療を効果的かつ安全に遂行するためには、細胞品質を検証する重要性が指摘されている。現在間葉系幹細胞として用いられている接着性の細胞集団の中には、分化能が異なる様々な幹細胞・前駆細胞が含まれると考えられており、個々の治療に適した細胞種の選択を可能とする評価技術が望まれている。このような幹細胞集団の細胞品質を検証するひとつの方法として細胞表面マーカーの使用が考えられている。特定の組織への分化能が高い幹細胞の規定に利用できる細胞表面マーカーがあれば、それを利用して様々な

ロットの間葉系幹細胞の細胞品質を評価することができる。例えば、心再生に適した間葉系幹細胞、肝細胞分化能の高い間葉系幹細胞、膵 β 細胞への分化能が高い間葉系幹細胞など、移植部位に適した均一な間葉系幹細胞集団かどうかを適切に評価することができれば、幹細胞治療効果を最大限に引き出し、安定した治療結果へと結びつけることが可能になる。

そこで、心再生に関連する幹細胞や前駆細胞を規定できる細胞表面マーカーを利用してヒト間葉系幹細胞の分化能を評価する方法の有効性を検証する。最近、我々は ES 細胞を用いた心筋分化法を開発し、その分化過程で細胞表面マーカーを利用して心筋特異的に分化する幹細胞や前駆細胞を選別する方法を見出した。これらのマーカータンパク質を間葉系幹細胞に応用し、心再生に適した評価技術の開発研究を検討中である。これまでのところ、発生期の心臓で特異的に発現する数種の表面マーカーに着目して、間葉系幹細胞における発現量とその心筋分化能との相関を検討した。現在、ヒト間葉系幹細胞の心筋分化能を予言的に評価しうるかどうか検証を続けている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 幹細胞、再生医療

【テーマ題目4】 ヒト幹細胞の標準化

【研究代表者】 伊藤 弓弦

【研究担当者】 栗崎 晃、伊藤 弓弦、小沼 泰子、
相木 泰彦、樋口 久美子、舒 宇静、
向 瑞 (常勤職員3名、他4名)

【研究内容】

iPS 細胞等の幹細胞の産業応用を実現していく上では、iPS 細胞の未分化状態を統一的に評価・判別するための標準規格の作成が必要とされている。iPS 細胞は株に依存してその未分化状態や分化指向性に差があることが知られているが、数多くの iPS 細胞株に関するエピゲノム、トランスクリプトーム、グライコム等を明らかにし、各ファクターの情報統合することにより、iPS 細胞の未分化状態を正確に規定するための基準を抽出することが可能になる。これは、今後 iPS 細胞等幹細胞の応用技術を開発する上で必須となる「幹細胞の標準化」に直結する極めて重要なアプローチである。また、iPS 細胞を分化させた際に発現する蛋白質や糖鎖プロファイルを探索・解析することにより、細胞分化状態の評価判別だけでなく細胞種の単離にも利用可能な細胞表面マーカーを同定することができると期待される。さらに上記2種のデータを統合し、「未分化状態の iPS 細胞の発現プロファイル」と「それらが持つ分化指向性」を対応づけることにより、ニーズごとに対応した iPS 細胞株標準規格を作成することを目指す。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 幹細胞、再生医療

〔テーマ題目5〕成体の組織幹細胞の制御機構の解析と
自己組織幹細胞を用いた再生医療法の開発

〔研究代表者〕 桑原 知子（幹細胞工学研究センター）
〔研究担当者〕 桑原 知子、伊藤 弓弦、小沼 泰子、
寺島 和行（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

成体の脳内には日々分裂し、神経新生を起こしている神経幹細胞が存在する。近年の研究から、「成体期」の神経新生は、発生段階の「胎生期」とは全く違った制御機構であることが徐々に明らかになってきた。成体の海馬で生じる神経新生現象は、記憶や学習機能、またうつ病、認知症やアルツハイマー等の神経疾患とも密接な関係がある。

うつ病など個人の状態（慢性ストレスや経験、環境による変化）で罹患および病態が左右するような脳神経疾患と、成体の神経新生の分子メカニズムの相関を調べるため、健康体コントロールグループのラットと、鬱病モデルグループのラットを作成した。それぞれの海馬から成体神経幹細胞を樹立し、培養システムを構築した。まず *in vitro* でうつ病および神経疾患関連遺伝子の発現プロファイルを詳細に調べ、候補遺伝子の制御機構への関与解明に解析を進めた。さらに、病態を左右する候補遺伝子の発現量の増減が、転写レベルで左右されているのか、エピジェネティックに制御されているのかを調べるため、ゲノム上の制御配列（プロモーター領域）のクロマチン免疫沈降やメチル化状態の比較を検討した。

その結果、うつ病ラットと正常体ラット間の比較発現解析により、ラットの脳海馬の Dentate Gyrus 領域から樹立したプライマリー・アストロサイト細胞培養系において、神経新生を誘導する細胞外因子 Wnt3 の顕著な発現変動を確認した。疾患による Wnt3 因子の発現減少に伴って変動するシグナル下流因子を絞り込み、候補遺伝子のシグナル応答について、ノックダウンおよび過剰発現系を構築し、培養細胞系だけでなく *in vivo* での効果に付いても評価を行い、成体の神経新生に与える影響を評価した。

更に組織幹細胞については、マウスおよびラット成体膵臓組織から膵臓幹細胞を樹立し、その培養系を確立することで、 α 細胞、 β 細胞、 δ 細胞、 γ 細胞への *in vivo*、*in vitro* 制御機構の解析を進めた。脳内海馬、嗅球、膵臓、眼球、筋肉等、様々な部位から樹立した成体の組織幹細胞の発現制御機構についてマイクロアレイ等を用いて比較解析し、それぞれの系統の組織幹細胞の樹立・培養や分化制御に有用な遺伝子および細胞外因子の機能を解析している。具体例として、I 型および II 型糖尿病の早期治療や診断、再生医療に有用な組織幹細胞の培養方法を開発した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 神経疾患、うつ病、幹細胞、糖尿病、再

生医療

〔テーマ題目6〕安全性の高いヒト人工多能性幹細胞
(iPS 細胞) 樹立法の開発

〔研究代表者〕 中西 真人
〔研究担当者〕 中西 真人、佐野 将之、西村 健、
本村 香織、梅村 洋子、大高 真奈美、
高安 聡子（常勤職員2名、他5名）

〔研究内容〕

iPS 細胞は、数個の初期化遺伝子を異所的に発現させることにより、組織を形成する組織細胞（例えば、皮膚の線維芽細胞など）を胚性幹細胞（ES 細胞）と同等の機能を持つように変化させて作製される。しかし、従来の iPS 細胞は、レトロウイルスベクター等を使って染色体上に外来遺伝子を挿入することで作製されてきた。本研究では、4個のヒト遺伝子（Oct4、Sox2、Klf4、c-Myc）を搭載した持続発現型 RNA ベクターを作製し、このベクターによってマウスやヒトの組織細胞を初期化することができるかどうかを検討した。

その結果、ES 細胞特異的なマーカーとして知られている Nanog タンパク質（ヒト・マウス）や SSEA-1 抗原（マウス）、SSEA-4 抗原・TRA-1-60 抗原（ヒト）を強く発現する iPS 細胞を、遺伝子導入線維芽細胞の約 1% という効率で樹立することに成功した。さらに、ヒト末梢血由来細胞やヒト臍帯血細胞からも同様に iPS 細胞を樹立できることを確認した。またこれらの iPS 細胞からは導入した外来遺伝子が除去されていることも確認された。産総研で作製したマウス iPS 細胞はキメラマウスの組織に取り込まれるだけでなく、その子孫に遺伝情報を伝えることができた。以上の成果は、安全性の高いヒト iPS 細胞の作製に向けた大きな一歩であり、今後は作製した iPS 細胞のさらに詳細な解析を通じて、ヒト iPS 細胞の標準化に貢献することを目指している。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 iPS 細胞、ウイルスベクター

〔テーマ題目7〕革新的バイオ医薬品製造技術の開発

〔研究代表者〕 中西 真人
〔研究担当者〕 中西 真人、佐野 将之、鹿本 泰生、
西村 健、梅村 洋子
（常勤職員2名、他3名）

〔研究内容〕

バイオ医薬品は、特に稀少な遺伝性代謝疾患の特効薬として非常な意義を持っている。しかしながら、患者数が少ないために医薬品としての開発は遅れているのが現状である。バイオ医薬品の多くは動物細胞で産生されるが、実用的なレベルでの遺伝子発現に課題が残されている。つまり、高い遺伝子発現を得るために染色体に組み込まれた遺伝子のコピー数を増幅する段階が非常に時間と労力を要すること、抗体のように複数のサブユニット

からなるタンパク質は、それらを同時に増幅することが困難であること等が問題点としてあげられている。さらに遺伝子増幅が可能な細胞はハムスターCHO由来細胞にはほぼ限られており、バイオ医薬品製造に理想的なヒト由来細胞の利用も進んでいない。

産総研が開発したオリジナル技術「欠損・持続発現型センダイウイルスベクター (SeVdp)」は、遺伝子増幅することなく最初から非常に高い遺伝子発現が持続すること、最大4個までの複数のサブユニットを同時に一定の割合で発現できること、CHO細胞や各種ヒト細胞を含む幅広い動物種由来の細胞で同等の遺伝子発現が可能であることなど、多くの利点を有している。一方、この技術を普遍的にするためには、ベクターの作製技術を改良して「誰でも簡単に作製できる」ことが重要である。

本年度は、従来のSeVdpの設計法・作製法を根本的に見直すことにより、任意のcDNAを簡単に搭載するためのユニバーサルなベクター設計法と、新たに開発した従来とはまったく原理の異なるベクター再構成法により、この目標に大きく近づくことができた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】バイオ医薬品、ウイルスベクター

【テーマ題目8】医薬品候補化合物スクリーニングのための新規細胞アッセイ技術の開発

【研究代表者】金森 敏幸

(医薬品アッセイデバイスチーム)

【研究担当者】金森 敏幸、須丸 公雄、馬場 照彦、高木 俊之、杉浦 慎治、佐藤 琢、服部 浩二、菊池 鏡子、山口 麻奈絵 (常勤職員5名、他4名)

【研究内容】

上市された医薬品の1製品当たりの開発費は1,000億円に達するという報告もあり、開発費の高騰が新薬開発にブレーキを掛けていると指摘されて久しい。新薬開発過程では、川下に行く程、リスクと費用が高まるため、いわゆるリード化合物(医薬品候補化合物)の効果的なスクリーニングが極めて需要である。この目的で、動物細胞を用いたアッセイ(細胞アッセイ)が既に用いられているものの、川下に置ける動物実験や臨床治験との相関が必ずしも十分ではない点が問題視されている。

我々はこの問題を解決する鍵として、精密共培養および細胞培養の微小環境制御の2点に着目している。細胞の大きさがたかだか数十 μm であることを勘案すると、複数種の細胞を目的とする空間配置で(精密共培養)、環境を精密に制御しながら培養するためには、マイクロプロセスが適している。

本研究テーマでは、細胞の培養からアッセイまでの一連のプロセスを一つのマイクロチップ上に集約したマイクロ組織チップの開発を目指している。

我々は、一昨年度までに、灌流培養チャンバーとグラ

ジエントミキサーを組み込んだ機能集積型灌流培養細胞アレイチップによって、12種類の薬剤 \times 8段階の濃度条件 \times 4点の薬剤毒性試験が可能であることを明らかにした。さらに、自動化が進んだ医薬品開発現場のユーザーが当該チップを容易に扱えるように、自動前処理装置および自動灌流培養装置も開発・試作した。

本年度は、某企業との共同研究により当該チップの量産体制を確立すると共に、自動前処理装置および自動灌流培養装置の操作性の向上させた。現在、医薬品メーカーでの実証テストを計画中である。

一方、我々は、精密共培養のための制御ツールとして光に注目し(光細胞マニピュレーション)、光照射によって細胞に特定の作用をもたらす材料(光応答性細胞培養基材)の開発を行ってきた。具体的には、透明材料の上に光応答性材料の層を形成させ、その上で細胞を培養する。光を照射した部位の細胞接着性を亢進させ、そこだけに細胞を接着させることができる技術(光追記型パターン培養)や、全面に接着した細胞に対し、光を照射した部位に存在する細胞のみを剥離回収したり(光細胞選抜)、あるいは、選択的に殺傷したりする技術(光細胞殺傷)である。

本年度は、これらの光応答性材料層を底面に有する細胞培養ディッシュを開発すると共に、光追記型パターン培養、光細胞選抜、および光細胞殺傷を半自動的に実施できる装置を開発した。これらにより、医薬品開発現場のユーザーが、これらの技術を容易に実証可能となった。今後はこれらの技術についてユーザー開拓に努め、ユーザー評価結果を反映させた製品を開発し、なるべく早い時期に産総研技術移転ベンチャーを起業する予定である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】細胞アッセイ、ハイスループットアッセイ、マイクロプロセス

【テーマ題目9】精密培養環境制御による高効率細胞分化誘導技術の開発

【研究代表者】金森 敏幸

(医薬品アッセイデバイスチーム)

【研究担当者】金森 敏幸、須丸 公雄、馬場 照彦、高木 俊之、杉浦 慎治、佐藤 琢、服部 浩二、菊池 鏡子、山口 麻奈絵 (常勤職員5名、他4名)

【研究内容】

我々は、研究テーマ「医薬品候補化合物スクリーニングのための新規細胞アッセイ技術の開発」において、精密に制御した環境下で細胞を培養する技術(灌流培養)を確立しつつある。また、光細胞マニピュレーションによって複数細胞からなる微小組織体を形成させることに成功した(精密共培養)。灌流培養では長期間にわたって機能を維持したまま細胞を培養できることが明らかに

なり、また、精密共培養を行うと、株化細胞ではありえないとされていた臓器特異的機能が発現することを見出した。

近年、ES 細胞や iPS 細胞に注目が集まっているが、実用上期待される技術として、標準細胞の誘導が挙げられ、当センターでもミッションの柱に据えている。ほとんどの研究で導入する遺伝子や細胞を刺激する因子の探索に目が向けられているが、我々は上記の経験より、細胞培養環境の精密制御に注目した。

これまで培ってきた技術により、ES 細胞や iPS 細胞を特定のフィーダー細胞と精密な空間パターンで配置し、灌流培養によって環境を精密に制御することにより、より高効率で目的とする細胞に誘導できるのではないかと、いう仮説に基づく。さらに、マイクロプロセスのハイスループット性を利用し、液性因子と接着刺激の両方を同時にスクリーニングすることができるチップの開発を目指している。

これまでに我々は、マイクロチップ上の特定の位置に任意の物質をコーティングする技術を開発してきたが、本年度はこれを応用し、液性因子と細胞外マトリクスの組み合わせを同時にスクリーニングできる、灌流培養チップの開発に成功した。一方で、ヒト肝癌由来株化細胞 HepG2 を用いて、当該細胞から自発的に形成される微小球状組織体（スフェロイド）が、従来の静置培養に比べ、灌流培養では均質に形成されることを明らかにした。さらに、灌流培養チップにおいて、マウス ES 細胞を維持・培養できることを確認した。また、培養後の細胞を従来の分析・評価技術でアッセイするために、特定の培養チャンバーから培養後の細胞を取り出すことができる機構の開発にも成功した。

現在はこれらの成果を元に、ヒト iPS 細胞から特定の細胞を効率的に誘導できる条件を探索可能なチップの開発に取り組んでいる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 灌流培養、微小組織培養、細胞外マトリクス

【テーマ題目10】 細胞培養のための微小環境を有する細胞増殖試験マイクロチップの開発

【研究代表者】 服部 浩二（幹細胞工学研究センター）

【研究担当者】 服部 浩二、杉浦 慎治、金森 敏幸（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

細胞の接着、増殖、分化といった細胞動態は培養環境に強く依存する。したがって、細胞アッセイには、適切な足場因子（細胞外マトリクス：ECM）と液性因子から成る培養環境が必要である。しかし、個々の細胞に対して適切な培養環境を網羅的に探索するには、従来のマイクロプレートを用いる手法では手間と時間がかかる。そこで本研究では、細胞に適切な培養環境を網羅的に探

索できる“培養環境スクリーニングチップ”を開発する。

平成22年度は ECM アレイをマイクロチップへ組み込む手法を確立し、培養環境スクリーニングチップの設計・試作を行った。この培養環境スクリーニングチップは、個々に独立した64個のマイクロチャンバーと8本のマイクロ流路で構成されており、マイクロチャンバーアレイにはマイクロ流路を通じて細胞を導入でき、さらに異なる液性因子を含む4種類の培地を灌流できる。また、マイクロチャンバー底部には、培地の流れと直交する形で異なる4種類の足場因子を配置した。したがって、培養環境スクリーニングチップ上のマイクロチャンバーアレイ内では 4種類の足場因子と4種の液性因子の組み合わせにより16通りの培養環境が構築される。

培養環境スクリーニングチップ上で CHO-K1細胞を培養した結果、適切な培養環境が構築されたマイクロチャンバー内では CHO-K1細胞が無血清培養できることが確認された。複数の培養環境の中から対象細胞にとって適切な培養環境をスクリーニングできる灌流培養マイクロチャンバーアレイチップの試作品が完成した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 マイクロ流体デバイス、細胞アッセイ、培養環境、タンパク質マイクロパターンニング

【テーマ題目11】 マイクロフルイディクスを利用した次世代型細胞アッセイチップの開発

【研究代表者】 杉浦 慎治（幹細胞工学研究センター）

【研究担当者】 杉浦 慎治、服部 浩二、金森 敏幸（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

創薬研究で頻繁に用いられる細胞アッセイの効率化に向け、薬剤毒性の濃度依存性試験を簡便に実施できるマイクロ流体デバイスの開発を進めた。

平成22年度は、広範な濃度範囲の段階希釈系列を調製できるマイクロ流路ネットワークを備えた灌流培養マイクロチャンバーアレイチップを設計・加工し、動作試験を行った。段階希釈系列は6桁の濃度範囲に渡って正確に調製できることが確認され、適切な操作条件で操作することで、各マイクロチャンバー内で良好な細胞増殖が確認された。また、マイクロピペットで細胞懸濁液および薬剤溶液を導入し、加圧により送液することのできるインターフェースを備えることでマイクロチップ上で細胞アッセイを簡便に行えることを確認した。

以上の結果を踏まえて、モデル細胞（HeLa 細胞）とモデル抗癌剤（Paclitaxel）を用いて薬剤毒性の濃度依存性試験を実施した。灌流培養マイクロチャンバーアレイチップを用いて測定された細胞増殖阻害活性（IC50）は、マイクロプレートを用いて測定された IC50 と同程度であり、従来の労働集約的な濃度依存性試験を1枚のマイクロチップを用いて実施可能であるこ

とを実証した。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 マイクロfluidics、細胞毒性試験、段階希釈、

【テーマ題目12】 環境対応型光アクチュエータゲルの開発とシステム化

【研究代表者】 須丸 公雄（幹細胞工学研究センター）

【研究担当者】 須丸 公雄、高木 俊之、杉浦 慎治、佐藤 琢（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

これまでの研究で我々は、酸性水溶液中で膨潤させた状態のゲルに青色光を照射すると、元の体積の30%にまで素早く収縮、その後暗所下で放置すると徐々に元の状態に戻り、同様の光応答収縮を繰り返し行えるポリマーハイドロゲルを見出した。そこで本研究では、このウェットでソフトな新規光駆動アクチュエータの応用に向けた検討を進めた。

まず、このゲルからなるシートを用いて、10個の微小なバルブの独立制御や流体の混合制御を光照射によって外部から自在に行えるマイクロ流体システムを開発した。このゲル材料が光収縮から元に戻るには1時間以上を要するという課題があったが、分子構造を改変することにより、再膨潤速度を約10倍高速化したゲル材料を開発した。

最終年度となる今年度は、この高速応答可能な光駆動アクチュエータの優位性を示すため、このゲルからなるシートを光照射で局所的にくぼませ、その位置を順次ずらすことにより、ゲルシートの上に置かれた微小物体の運搬を自在に制御できることを実証した。また、このゲルからなるロッド状材料が、側面からの光照射にตอบสนองして素早く屈曲、数分の間に復旧する光駆動ソフトアクチュエータとして動作することを確認した。さらに、可視応答型光酸発生残基を導入したゲルを新たに開発、不可逆（一度だけ書き込み）ながらパターン光照射して注水するだけで任意の流路が構成できるマイクロチップシステムを試作し、上記ゲルが対応できなかった中性・弱アルカリ性の条件を含む広い pH の範囲で使用できることを確認した。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ハイドロゲル、光駆動アクチュエータ

【テーマ題目13】 有害重金属輸送膜タンパク質のセンサーとしての利用に関する基盤的研究

【研究代表者】 馬場 照彦（幹細胞工学研究センター）

【研究担当者】 馬場 照彦（常勤職員1名）

【研究内容】

ある種の微生物は水銀など有害重金属が多く存在する環境で棲息可能であり、特異的に重金属を菌体内に輸送している。本研究では、重金属輸送に関与すると考えら

れる膜タンパク質群を単離して、その機能を解明するとともに、これら膜タンパク質群の有害重金属センサとしての利用可能性を、安定な人工脂質膜への再構成化技術と配向化技術を利用して、検証するものである。

平成22年度は、膜透過性が低く機械的に安定な新規人工リン脂質と、脂質膜を基板上に固定化するためのアンカー脂質を調製し、その膜形成性を調べた。得られた新規人工リン脂質は、水中で分子膜を生成し、膜タンパク質の機能発現に有利な膜流動性を示すことも確認した。また、アンカー脂質については、親水基鎖長に応じて膜透過性・安定性が変化することを確認し、金電極表面に安定に固定可能であることがわかった。他方、輸送に関与すると考えられる膜タンパク質については、遺伝子工学的手法によって大量に発現させ得た。さらに、膜タンパク質の膜内配向を制御する目的で、リン脂質と結合して開放構造の脂質膜複合体（膜ディスク）を形成し得る脂質親和性タンパク質を利用し、新規人工リン脂質でも直径10～20nm の安定な膜ディスクを形成することを認めた。これらの複合体形成は、目的とする膜タンパク質群の配向制御において有用であると期待できる。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 膜タンパク質、脂質、脂質膜、再構成、バイオセンサ

⑥【健康工学研究部門】

(Health Research Institute)

(存続期間：2010. 4. 1～)

研究部門長：吉田 康一

研究副部門長：廣津 孝弘、中村 徳幸

主幹研究員：岩橋 均、茂里 康

所在地：四国センター、関西センター（池田）、関西センター（尼崎）

人 員：63名（63名）

経 費：739,768千円（340,177円）

概 要：

産業技術総合研究所は、社会的要請を踏まえた研究戦略の下、ライフ分野では「Ⅱ. ライフイノベーションを実現するための研究開発の推進」を第3期中期計画の大分類として設定し、取り組むべき課題として、先進的・総合的な創薬医療技術の開発、健康な生き方を創出する技術の開発、生活安全のための技術開発を掲げた。本研究部門は、第2期において蓄積されてきた研究資源を礎に、人間生活における人体の健康維持管理に関する研究開発を進める。本部門の研究理念は、「100歳を健康に生きる」技術の開発であって、人間の健康状態を計測・評価し、その活動を支援するため、先端的なバイオ技術と材料・システム開発技術を融合

し、健康な生活の実現に寄与する技術を確立することである。日常生活において自らの意志で生きがいを持って生活するための健康維持管理に関する工学的研究を中心に、本格研究に基づいた技術開発を進め、健康工学研究領域の確立、並びに21世紀における新たな健康関連産業創出に貢献することを目指す。

上記理念達成のため、大きく三つのミッションを設定する。

【ミッション1】研究開発

持続的で安心かつ豊かな生活の構築に貢献するため、人間の身近な健康維持、向上に関する工学的研究に焦点を絞り、以下の課題を推進する。

1. 疾病の発症を直前で予防できる先端的な疾患予知診断技術の研究開発
2. 生活圏におけるリスク解析・除去技術の開発
3. 組織・細胞の機能を再生・代替できるデバイスの開発
4. 細胞機能の計測、操作技術の開発
5. ヒト機能の高精度計測を基盤にした人間と適合性の高い機器開発

【ミッション2】地域との協業

健康関連産業の振興に資するため、産総研における健康工学研究関連ユニットの連携体制構築の一翼を担うとともに、地域の健康関連産業の活性化への貢献を図る。

【ミッション3】人材育成

理念達成のため、社会で活躍する産業技術人材の育成を部門内のみならず広く産業界、大学から人材を受け入れることによって推進する。

第一に着実な研究成果を生み出し社会へ迅速に普及させるため、1) 人間生活における人体の健康維持管理に関して、発症を予防する先端的な疾患予知診断技術につながる各種疾病マーカーの探索及び疾患の早期診断に役立てるためのナノバイオデバイス技術の開発、2) 安全・安心な生活環境を創出する上で、健康リスク因子を高度に検出する技術や削減、無害化する技術の開発、3) ヒトの機能の科学的理解に基づいて、失われた機能の補完・代替技術や生活を快適にする技術、4) 遺伝子、細胞、情報、ナノテクノロジーなどの研究を統合し、健康・医療に関わる知的・技術基盤の形成と応用技術の創出、5) 人間の認知・行動特性の科学的理解に基づき、高度情報化された生活環境の中で少子高齢化を迎えた社会に暮らす人々のためになる製品を生活に導入する技術開発、等を研究開発の重点課題とする。

次に、本研究部門は四国・関西を中心とした西日本に拠点を置き、地域の健康関連産業の活性化への貢献を着実に推進することを任務とする。健康・医療は社会全体に関わるものであり、従来型のものづくり産業の考え方であった利便性や有効性に直接的

に関わる技術だけでなく、無形であっても高度で多面的な価値を持つ大きなシステムの創成が求められている。そこに関わる要素技術の開発が重要な課題であって部門や産総研単独ではなしえない。このような観点から、四国・関西という地域性を十分考慮しながら、西日本の「健康工学」の拠点として関連する公的研究機関はもとより、より一層地域産業界との連携を強化する。

最後に、今後、人類社会にとって持続的社会的構築に科学技術は必須であることは言うまでもなく、産総研は真に地球レベルでの科学技術発展に資する人材を育成し社会に送り出す役割を担っている。当部門においてもその役割を着実に果たすことをミッションとする。

内部資金：

分野融合「生活習慣病の早期診断のためのマルチマーカ一計測システムの開発」

標準基盤研究「骨導超音波知覚に関する標準化（骨導音の等ラウドネス曲線の推定）」

外部資金：

文部科学省受託費 平成22年度科学技術試験研究委託事業（スーパー特区（先端医療開発特区））「重度先天性骨代謝疾患に対する遺伝子改変間葉系幹細胞移植治療法の開発」

文部科学省受託費 平成22年度科学技術試験研究委託事業「生物剤検知用バイオセンサーシステムの開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「高機能簡易型有害性評価手法の開発／培養細胞を用いた有害性評価手法の開発／高機能毒性予測試験法基盤技術の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／要素技術開発／リチウム二次電池の安全性に資するイオン液体電解質の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「ナノ粒子特性評価手法の研究開発／キャラクターゼーション・暴露評価・有害性評価・リスク評価手法の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

戦略的国際標準化推進事業「多様な再生医療製品の製造に対応可能な除染接続装置の開発と国際標準化」

研究

独立行政法人日本学術振興会 平成22年度二国間交流事業共同研究・セミナー「日印高温環境からの環境ゲノミクス手法による新規糖代謝関連遺伝子の単離と応用」

独立行政法人日本学術振興会 平成22年度二国間交流事業共同研究・セミナー「始原生殖細胞を用いたニワトリ遺伝子導入の研究」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST)「多粒子量子ドットの合成」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST)「BDNF 機能障害仮説に基づいた難治性うつ病の診断・治療法の創出」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (さきがけ)「レーザー誘起光集合による神経細胞内分子動態の時空間ダイナミクスの解明」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (さきがけ)「光分解性バイモダルナノパーティクルの開発と、がんの可視化と治療への応用」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援事業 (A-STEP)「多孔質性電極中を利用した電気化学デバイス」

財団法人かがわ産業支援財団 地域イノベーションクラスタープログラム(都市エリア型)「特徴のある糖質の機能を生かした健康バイオ産業の創出」

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター 基礎的試験研究委託事業「食品の安全性評価用ナノチップの作製と P450活性測定」

国立大学法人名古屋大学 最先端研究開発支援プログラム「ナノピラー・ナノウォールによる1分子分離・解析技術の開発」

国立大学法人大阪大学 「嗅粘膜に含まれる神経幹細胞の解析」

文部科学省 科学研究費補助金 (特定領域研究)
「光一分子強結合場におけるプラズモン増強非線形光学応答・光化学反応の定量評価法開発」

文部科学省 科学研究費補助金 (若手研究 A)
「重度難聴者用の新型補聴器の開発のための骨導超音波知覚メカニズムの解明」

文部科学省 科学研究費補助金 (若手研究 A)
「精神疲労の客観的評価手法の確立と精神的健康の増進」

文部科学省 科学研究費補助金 (若手研究 B)
「操作行動による視空間知覚の変容過程の解明」

文部科学省 科学研究費補助金 (若手研究 B)
「聴覚補助器による音声コミュニケーション能力を評価する尺度の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 (若手研究 B)
「長期間の日常生活での生理計測に基づく個人適合型ストレス評価手法の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 (若手研究 B)
「共鳴レーザー光を利用した細胞内ナノマニピュレーション」

文部科学省 科学研究費補助金 (若手研究 B)
「感染症診断を目指した細胞チップデバイスの構築」

文部科学省 科学研究費補助金 (若手研究 B)
「人工ナノレセプター粒子を用いたアルツハイマー病早期診断非標識検知チップの開発」

文部科学省 科学研究費補助金 (若手研究 B)
「マイクロウェルによる微小分割を用いた細胞単離に基づく一細胞 PCR 用ディスクの開発」

文部科学省 科学研究費補助金 (基盤研究 B)
「嗅覚情報を用いた危険検知用人工の鼻センサシステムに関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 (基盤研究 B)
「生活習慣病の早期診断を目的とした新規バイオマーカーの生理的意義解明」

文部科学省 科学研究費補助金 (基盤研究 B)
「レーザーによる任意組織における発癌モデル開発」

文部科学省 科学研究費補助金 (基盤研究 B)
「周期構造・高屈折率無機界面を有する高感度バイオチップの研究」

文部科学省 科学研究費補助金 (基盤研究 C)
「表面増強ラマン活性ナノ粒子による単一細胞表面タンパク質のイメージング」

文部科学省 科学研究費補助金 (基盤研究 C)

「光トラップポテンシャル場の動的形成による非接触マイクロ操作の研究」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「古細菌におけるチオレドキシシン系抗酸化システムの解明」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「抗菌ペプチドの細菌外膜への結合機構の単一分子感度解析に基づく高活性抗菌剤の開発」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「顕微イメージング・エリプソメーターの開発」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「生物発光長期イメージングによる時計タンパク質の核-細胞質間シャトル機構解析」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「BDNF プロドメインの新しい生理作用に関する構造生物学と神経生理学の融合研究」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「海藻生長促進微生物群集の解明及び海藻と微生物共生系による水圏環境浄化に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「多孔性無機陰イオン交換体の細孔制御及び過塩素酸イオンの選択的捕捉技術に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「不溶性セルロース分解をめざした耐熱性人工酵素創製に関する基盤研究」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「Wnt/Ror2シグナルと細胞応答、組織形成機構の解析」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「ムチン型糖蛋白質による微絨毛形成機構と細胞接着におよぼす機能の解析」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「細胞操作技術を目指したケージドペプチドの合成」

文部科学省 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）
「運動-視覚神経ダイナミクスの脳機能関連モデルによる「操作感」の評価」

文部科学省 科学研究費補助金（特別研究員奨励費）

「輝度の時間的変動を伴う光環境の心理学的および生理学的評価に関する研究」

環境省 環境省科研費
「ハロモナス菌を用いた BDF 廃グリセロール利活用によるバイオプラスチック PHA 生産（K22040）」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 平成22年度産業技術研究助成事業「骨導超音波知覚を利用した重度難聴者のための新型補聴器の実用化開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 平成22年度産業技術研究助成事業「DNA 伸長合成反応のリアルタイム1分子検出による高速 DNA1分子シーケンス技術の研究開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 平成22年度産業技術研究助成事業「ヒト型糖鎖を均一に有する組換え糖タンパク質を高効率に生産する代替宿主としての酵母株の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 平成22年度産業技術研究助成事業「ニワトリ卵を用いた有用蛋白質大量生産法の基盤技術の開発」

発表：誌上发表211件、口頭発表309件、その他34件

生体ナノ計測チーム

(Nano-bioanalysis Team)

研究チーム長：石川 満

(四国センター)

概要：

当研究グループでは、生体分子化学分析をナノ計測の一環として捉えるという趣旨で、以下の3つの課題に取り組んでいる。(i) 疾患に関係する生体分子の細胞内における存在を検知して診断に役立てることを目的として、単一細胞及び単一細胞内外の生体分子を単一分子レベルで実時間イメージングする研究開発(単一細胞診断)、(ii) 生活習慣病のバイオマーカーを数分以内に検出・同定するために必要な測定技術の開発、(iii) 個人ゲノム解析に基づくテーラーメイド医療の実現を目的とした、1分子 DNA 解析技術及びその要素技術の研究開発。

具体的には、蛍光標識用ナノ粒子の開発およびその細胞機能解析への応用、光圧を用いた細胞ソーティング技術、非蛍光標識でバイオマーカーの検出・同定が可能な金属ナノ粒子・ナノ構造を用いた光検出技術、そして DNA ポリメラーゼを用いた1分子 DNA シーケンシング技術を開発している。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4

(※主参画テーマのみ記載)

バイオデバイスチーム

(Bio-device Team)

研究チーム長：大家 利彦

(四国センター)

概 要：

バイオデバイスに向けた「精密微細加工技術」の研究・開発を行い、さらに、それらを用いて「極微量の血液から各種バイオマーカーを数分以内で解析できるデバイス」、など、マイクロ/ナノプロセスを基盤技術とした「新規バイオデバイス」を実現することを目標とする。具体的には、レーザー等を用いた加工技術、圧電素子やレーザーを駆動力とする極微量サンプル操作技術により、独自のインクジェットユニット、マイクロ流路型抗体固定化チップ、マルチマーカー解析チップ等を開発している。また、極少・極低濃度抗原の定量測定を極少試薬で実現するための、プラスチック表面処理ならびに着滴領域制御技術の開発も同時に実施している。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

(※主参画テーマのみ記載)

健康リスク削減技術チーム

(Health Hazards Reduction Team)

研究チーム長：苑田 晃成

(四国センター)

概 要：

ヒトの健康を維持・管理する一つの方法は、身近な生活環境中に存在する健康リスク要因を測定・除去・無害化し、人体内でのそれらの相互作用を阻止することである。従って、水、大気等媒体中に存在する微量でも有害な健康リスク要因となる物質（イオン、分子、微生物等）を安全かつ効果的に除去・無害化する基盤技術を化学的・物理的手法を用いて開発する。更に、これらの技術と自然浄化機能を活用する生物学的手法も統合した浄化システムを提案する。

H22年度の主な成果は以下の通りである。

- (1) 電界効果トランジスタ (FET) 型硝酸イオンセンサに硝酸イオン選択吸着剤 (4MgAl-LDH(Cl)) を組み込むことで、定量下限を組み込まない場合と比較して1/3の50mg-N/L 以下に向上できた。
- (2) 開発した臭素酸イオン除去剤の安全性を評価したが、水道水質基準の規定値を超える溶出物は見られなかった。
- (3) ナノカーボン分散化技術とその光発熱特性を利用し、有害微生物センサに必要なデバイス部分を設計、試作した。
- (4) 藻類を用いた健康阻害要因の除去、低減技術を

提案し、5種類の藻類について、日間生長率で評価した。有用な2種（紅藻類オゴノリ属）を選定できた。

研究テーマ：テーマ題目2

(※主参画テーマのみ記載)

バイオマーカー解析チーム

(Biomarker Analysis Team)

研究チーム長：片岡 正俊

(四国センター)

概 要：

マイクロ化学チップを中心としたバイオナノデバイスを用いて、臨床診断を始め生物学的解析への応用を目指して、生活習慣病や感染症を対象に Point of Care Testing への応用が可能なデバイス構築を行っている。重篤な心血管イベントの基盤となる内臓脂肪の蓄積によるインスリン抵抗性に深く関与する TNF- α 、IL-6、アディポネクチン、インスリンやレプチンなど複数のアディポカインを対象にマイクロチップ上での定量的検出系を構築した。細胞チップを利用して、マラリア原虫 (*Plasmodium falciparum*) の迅速診断への応用を行い、0.0001%の感染率で赤血球に寄生するマラリア原虫を検出時間15分の超高感度・迅速さらに易操作性の診断系の構築に成功した。さらに市販マイクロチップ電気泳動装置の生物学的解析への応用として、高感度 DNA 検出系や RNase protection assay への応用を行った。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

(※主参画テーマのみ記載)

ストレス応答研究グループ

(Stress Response Research Group)

研究グループ長：萩原 義久

(関西センター池田)

概 要：

ストレス応答研究グループでは様々な環境の変化に対する生命の応答、すなわちストレス応答を研究対象とする。ストレス応答は高次の生命機能であり、その機構の根源的理解に基づく工学的研究を展開するためには、分子、細胞、個体レベルの実験を進める必要がある。当該グループには、ヒト由来試料、動物実験、細胞応答計測、蛋白質発現・解析技術についての技術蓄積があり、これらの強みを複合的に組み合わせ、ストレス応答についての本格研究を展開し、その研究成果により健康な生活の実現に寄与する健康工学研究領域の確立と新たな健康関連産業創出に貢献することを目標としている。この目標に向かい、平成22年度は特に酸化ストレス応答に着目し、1) 酸化ストレスを指標とした身体的・精神的健康状態モニタリングシステムの開発、2) 工業用ナノ粒子・微粒子のインビトロ

系を用いた影響評価、3) 産業活用を目指した有用蛋白質の工学的改良を行った。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目5（※主参画テーマのみ記載）

ストレス計測評価研究チーム (Stress Measurement Team)

研究チーム長：脇田 慎一

(関西センター池田)

概要：

健康工学を指向した健幸産業の創出を目的として、心身の疾病の発症を直前で予防できる先端的な疾患予知診断技術の研究開発を行うために、試料前処理・検出機能などを集積化したマイクロ流体システム（微小化学分析システム、Lab-on-a-Chip）の研究開発を行った。分析処理時間の迅速化のみならず、MEMS 技術利用による検出装置のダウンサイジング化も検討した。また、生活圏におけるリスクを計測するために、化学分析のみならず、生体機能を利用したバイオチップの開発を行った。今までにプロト開発した唾液や血液成分計測デバイスやシステムに関しては、ヒト実試料による検証研究を行い、産業技術化を着実に進めた。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

(※主参画テーマのみ記載)

セルダイナミクス研究グループ (Cell Dynamics Research Group)

研究グループ長：佐藤 孝明

(関西センター池田)

概要：

「精密診断及び再生医療による安全かつ効果的な医療の実現」及び「健康長寿の達成と質の高い生活の実現」へ貢献するため、細胞工学に軸足を置き、生体機能の網羅的な解析により同定されたバイオマーカーを検知して診断等に利用するための新しい細胞機能計測・操作技術、細胞利用技術を開発することを目標とする。これにより、ポストゲノム時代におけるライフサイエンスの中心課題である、生きた細胞を「知る」ことに関するブレークスルーをもたらす。具体的には、世界に先駆けて構築した細胞機能解析発光プローブの実用化をさらに進め、体内時計や化学物質有毒性評価をモデルとし、本プローブをより汎用性の高いものにする。さらには、細胞機能計測・操作技術の信頼度の向上を目指して細胞内物質群の計測・標準化のための研究開発を行う。この目標達成のため、本年度の目標は細胞を「知る」を中心に4項目の研究課題を掲げ、1) 生物発光プローブの基盤開発、2) 体内時計システムの可視化、3) 生物発光プローブを活用した化学物質有毒性評価試験法の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4

(※主参画テーマのみ記載)

人工細胞研究グループ (Artificial Cell Research Group)

研究グループ長：安積 欣志

(関西センター池田)

概要：

身体的ハンディを克服・支援する機器・技術等の開発において、生物と同じ様な、環境変化に対する物性変化をする特性をもち、しかもソフトで軽量の人工材料（刺激応答材料）を開発することは重要である。これらは、臓器、組織等の機能回復のためのリハビリテーションデバイスの開発等で、また、介護ロボット、手術デバイス等の支援機器の開発で、いずれも、人体に直接接する機器、デバイスの開発において刺激応答材料の役割があると考えられる。以上の視点に立ち、外部環境の変化に自発的に応答する耐久性のある高分子材料の創製を行うことにより、「人間の心身活動能力を補い社会参画を支援するためのインターフェース等の技術開発」を行うことを目標とする。具体的には、これまでの我々の研究実績をふまえ、人工筋肉材料の研究と、それをベースとした医療・福祉機器デバイスの開発を進める。

研究テーマ：テーマ題目3（※主参画テーマのみ記載）

先端融合テーマ探索グループ (Advanced Health Research Group)

研究グループ長：茂里 康（兼務）

(関西センター池田)

概要：

各種計測技術開発（蛍光性ナノ粒子開発、電子顕微鏡を用いた膜タンパク質等のナノ計測開発、高エネルギー放射光エックス線顕微鏡）の研究開発を行った。また、バイオディーゼルの副産物からのバイオプラスチック生産等の、生物を活用した機能性分子の探索・生産化の研究を実施した。

研究テーマ：テーマ題目4（※主参画テーマのみ記載）

細胞分子機能研究グループ (Functional Protein Research Group)

研究グループ長：佐藤 孝明（兼務）

(関西センター池田)

概要：

タンパク質は細胞の多彩な機能を支える最も重要な分子であり、タンパク質の諸性質を明らかにすることは、細胞を分子レベルで理解し、セルエンジニアリングをボトムアップ的に構築する上で極めて重要である。そこで当該グループは細胞機能の分子論的理解と制御を目指し、特にタンパク質の立体構造—分子機能相関

の解明を中心課題に据える。対象の選択についてはアウトカムを重視し、研究成果が産業利用に結びつくよう心がけていく。また、タンパク質研究を行う上で必要とされる汎用的でかつ革新的な周辺技術の開発も並行して行い、基本特許化を目指すとともに上記の中心課題研究の加速化に利用する。当該グループはタンパク質研究に係わる、ノウハウ、技術（特に組換えタンパク質の発現と精製）を蓄積しており、これらを活かした他グループや企業との共同研究、研究サポートも併せて積極的に推進して行く。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4

（※主参画テーマのみ記載）

バイオインターフェース研究グループ

(Biointerface Research Group)

研究グループ長：小島 正己

(関西センター池田)

概 要：

生体情報が統御するバイオシステムの解明と工学を越える新バイオ技術の創成を目指します。新規バイオ技術を生み出すためには、バイオの論理と工学の論理をより高い次元で融合する考え方の創造が必要になります。バイオインターフェース研究グループは、ヒト幹細胞（iPS細胞など）からの人工神経細胞作製技術、単一神経細胞・単一シナプスのレーザー操作技術、高感度蛍光観察のためのサブ波長周期構造チップ技術などの工学技術を生物がもつ多様性と複雑な仕組みに対して挑戦的にアプローチし、新しい知的情報処理を提案する神経工学、組織再生工学に基づいた機能再生技術、有用モデル脊椎動物の産業応用化、迅速高感度診断チップの作成などライフサイエンスの次世代技術の開発を目指します。将来は、健康脳を目指した新しい脳科学の技術と診断応用、新生物の創成によるより一層の創薬研究への貢献、人口神経細胞など身体機能を代替する新技術の開発などの実現が期待されます。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3、テーマ題目4（※主参画テーマのみ記載）

くらし情報工学グループ

(Living Informatics Group)

研究グループ長：岩木 直

(関西センター池田)

概 要：

安全で安心できる健康的な生活を実現するためには、不規則で多様化している生活そのものを理解して、生活者の身体適応能力や知覚・認知能力を維持・改善する生活空間の創出、あるいはQOLを高めるための生活サポート技術の開発が必要になっている。そこで、日常生活を対象に生活者の行動・生理応答や知覚・認知応答を計測する技術の開発、得られた生活情報から

生活者の状態を評価・理解する技術の開発、生活者の状態理解に基づいた人間に適したサポートを提供する技術の開発を行う。

同時に、疾病等で低下した知覚・認知機能を高い精度で計測・評価し、適切な診断や効果的なリハビリテーションを実現することが重要である。そこで、人間が持つ共通基盤的な特性であるヒトの五感（聴覚、視覚、嗅覚、味覚、体性感覚）のみならず言語・記憶等の高次機能に関わる機能メカニズムの解明を脳磁界計測、脳波計測、VRを用いた心理物理実験などの非侵襲的手法によって進めるとともに、脳機能の高度診断技術・障害補償技術および快適環境設計技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目5

（※主参画テーマのみ記載）

組織・再生工学研究グループ

(Tissue Engineering Research Group)

研究グループ長：弓場 俊輔

(関西センター尼崎)

概 要：

これまで整形外科疾患を中心に行ってきた90症例近くの臨床研究の中で有害事象が全く認められなかった安全な間葉系幹細胞を用いて、現在、大学小児科と共同で遺伝性疾患に対する治療を進めている。治療中の症例において既に幹細胞治療の有効性を確認したところである。また、間葉系幹細胞の増殖・分化能を超えるものとして、iPS細胞を用いる将来の可能性も念頭に置き、その樹立効率や安全性の向上を図る基礎的研究も継続している。さらにこうした再生医療用細胞を増殖させる次世代製造システムを企業と共同開発するとともに、その国際標準化活動も開始した。その他、薬物送達システムの開発にも繋がる、微絨毛等の細胞表面微細構造の形態形成機構解明、そして、高分解能in vivoイメージングに適した新しい実験動物としてメダカを利用して、リンパ管新生機構の解析、疾患モデルの開発も行っている。

研究テーマ：テーマ題目3（※主参画テーマのみ記載）

ゲノムインテリジェンス研究グループ

(Genome Intelligence Research Group)

研究グループ長：中村 徳幸（兼務）

(関西センター尼崎)

概 要：

ゲノム配列中に存在する特徴的な遺伝子が有する機能を実証するために、幾つかの異なるシステムを用いた検証系の確立を目指す。真核生物の病態モデルとしてのメダカの構築、嗅覚センサの応用等の実験的アプローチで予防医療やバイオマーカーとして利用可能な有用遺伝子探索系の確立を目指す。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5
(※主参画テーマのみ記載)

[テーマ題目1] バイオマーカーの機能解析・同定とその検知デバイス技術開発

[研究代表者] 岩橋 均 (主幹研究員)

[研究担当者] 岩橋 均 (主幹研究員)

生体ナノ計測グループ

石川 満、福岡 聡、大槻 荘一、
田中 芳夫、Biju Vasudevan Pillai、
平野 研、伊藤 民武
(常勤職員7名、他3名)

ストレス計測評価研究グループ

脇田 慎一、田中 喜秀、永井 秀典
(常勤職員3名、他4名)

バイオデバイスグループ

大家 利彦、小川 洋司、田中 正人
(常勤職員3名、他2名)

ストレス応答研究グループ

萩原 義久、堀江 祐範、七里 元督
(常勤職員3名、他3名)

バイオマーカー解析グループ

片岡 正俊、安部 博子、八代 聖基、
山村 昌平 (常勤職員4名、他3名)

細胞分子機能研究グループ

佐藤 孝明 (兼務)、上垣 浩一、
中村 努、峯 昇平
(常勤職員4名、他4名)

セルダイナミクス研究グループ

佐藤 孝明、中島 芳浩、呉 純、
星野 英人 (常勤職員4名、他4名)

バイオインターフェース研究グループ

小島 正己、田和 圭子、細川 千絵、
北畠 真子、大石 勲
(常勤職員5名、他7名)

(※アンダーラインは主参画グループ)

[研究内容]

健康状態や未病状態を科学的に評価することが可能なバイオマーカーを生体における機能を解明することによって同定する。さらにそれらのマーカーや既存のマーカーを迅速、簡便に測定することが可能なデバイスの開発を行う。

1) POCTのための集積型バイオ診断チップの開発

非特異吸着防止の研究では、新しいセルロース誘導体を用いて、PMMA製のバイオチップ表面をコーティングする方法を開発し、糖鎖の分離に適用した。電気泳動式集積型蛍光検出デバイスの開発では、ホットダイオード本来の検出感度を達成することに成功し、同デバイス、マイクロレンズと組み合わせた励起光モジュール、およびバイオチップを一体化したパームトッ

プサイズのコンパクトな試作機を製作した。また、試料緩衝液と分離緩衝液で異なる組成の緩衝液を用いることによって、チップ上でDNA試料を濃縮できることを見出した。従来法よりも1/3の分離長で同等の分離度を得たので、チップおよび電源の小型化にも貢献できる。

2) 唾液ストレス関連物質計測デバイスのプロトタイプ開発

遠心力送液型ラボCDの実用化を、企業との共同研究で行い、試作したオンチップ唾液タンパク定量用の原理プロト装置を展示会に出展し、産業技術化を着実に進めた。電気泳動型ラボチップへの色素レーザー光源の集積化研究を大学と共同研究で進めた。さらに、超小型FETセンサによる携帯型チェッカのプロト開発を行い、生体適合性材料の利用により、ヒト全唾液を一滴垂らすだけで、10秒以内にNO代謝物含量を定量可能なことを実証した。

3) 酸化ストレスバイオマーカーの探索・解析・評価・検証

酸化ストレスバイオマーカーの有用性検証に関して、肝疾患や動脈硬化症、疲労ストレスや神経障害等で変動を認めており、これらの疾患の早期診断や疲労の評価への足がかりとなるデータを蓄積しており、より多くの試料を計測するための検出手法の高速化を行った。酸化DJ-1がパーキンソン病患者の血液検体で有意に増加していることを見出し、共同研究で診断法としての有用性の検証を行った。加えて酸化ストレスバイオマーカー及び抗酸化物質としての脂質に着目し、酸化ストレス応答の分子メカニズムの解明を進めた。

4) 血液等の極微量検体により、健康状態・疾病情報を迅速測定する技術の開発

生活習慣病バイオマーカー蛋白の計測のため、計測対象蛋白を認識する抗体を微細化インクジェットを利用することでマイクロ流路上に極微量を吐出・固体化を行い、従来法に比べ格段に迅速・省サンプルな抗原抗体法に基づく検出系を構築した。さらに、1マイクロ流路上で2種以上の抗原抗体反応を可能にする系を確立している。

5) 表面増強ラマン散乱(SERS)等を用いた細胞解析技術

表面増強ラマン散乱(SERS)は分子構造の特徴を鋭敏に反映する分光分析法である。本研究では、高いSERS活性を与える銀ナノ粒子の2量体構造が高い頻度で酵母細胞表面に形成されることを見出した。その結果、細胞表面のタンパク質の発現と細胞周期との因果関係を初めて画像化することに成功した。また、上皮成長因子受容体(EGFR)は細胞膜を貫通している糖タンパク質である。また、EGFRに上皮成長因子(EGF)が結合するとEGFRが活性化されて、細胞の分化増殖が制御される。EGFRに変異が起ると、

制御されない細胞増殖を起こして細胞のがん化が始まるので EGFR はがんマーカーともなり得る。本研究は、量子ドット蛍光標識の、従来の色素蛍光標識と比べて長時間測定可能という特長を生かして、当初の見積りよりもはるかに少ない数の EGF 分子によって細胞のシグナル伝達が制御されているメカニズムの解明に新たな糸口を与えた。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] バイオマーカー、微細化インクジェット、表面増強ラマン散乱

[テーマ題目2] 健康リスク計測・評価とリスクモニタリング技術の開発

[研究代表者] 廣津 孝弘 (研究副部門長)

[研究担当者] 健康リスク削減技術グループ

苑田 晃成、小比賀 秀樹、垣田 浩孝、
榎田 洋二、都 英次郎
(常勤職員5名、他2名)

バイオマーカー解析グループ

片岡 正俊、安部 博子、八代 聖基、
山村 昌平 (常勤職員4名、他3名)

ストレス計測評価研究グループ

脇田 慎一、田中 喜秀、永井 秀典
(常勤職員3名、他4名)

バイオデバイスグループ

大家 利彦、小川 洋司、田中 正人
(常勤職員3名、他2名)

ストレス応答研究グループ

萩原 義久、堀江 祐範、七里 元督
(常勤職員3名、他3名)

(※アンダーラインは主参画グループ)

[研究内容]

身体内部あるいは環境に存在する健康阻害因子を高精度に計測・評価し、因子そのもの、あるいは健康への影響を効果的に低減するための技術を開発する。

1) 分散化 CNT の光発熱特性を用いるマイクロデバイスの温度制御技術の開発

タンパク質とリン脂質を用いカーボンナノチューブ (CNT) を有機溶媒や光硬化性樹脂に分散化することに成功した。この複合体の光発熱特性を利用し、レーザー光で任意の微小空間を超高速温度制御できることを示した。

2) 臭素酸イオン除去剤の開発

水道水の塩素系処理剤には微量の臭素酸イオンが含まれる。臭素酸イオンは微量でも有害なイオンとして、水道水基準では、0.01mg/L 以下と厳しく規制されている。水道水から身体に取り込む恐れのある臭素酸イオンを基準値以下まで低減できる材料を開発した。このような材料として、結晶性のオキシ水酸化鉄は安全かつ安価である。また、低結晶性水酸化アルミニウム

や還元作用を発現する Fe(II)-Al(III) 系層状複水酸化物の有効性を明らかにした。

3) 新規リン酸イオン高選択捕捉剤の開発

リン酸イオンに世界最高の高選択性を示す r-Mg-Al 系および Zr-Mg-Fe 系複合体を開発した。これらは Zr(IV) 酸化物超微粒子と層状複水酸化物からなるナノ複合体であることを X 線吸収分光法および電子顕微鏡観察で明らかにした。

4) 工業用ナノ粒子の生体影響情報の評価

ナノ粒子の生体への取り込みによる健康阻害を研究するため、in vitro 評価で35種類のナノ粒子について影響評価を終了。その結果、評価項目として、細胞への取り込み観察、細胞増殖阻害、ナノ粒子のイオン化を設定した。さらに、これら評価を基に、生体影響を基準とした工業ナノ粒子の分類法を世界に先駆けて開発した。

5) 細胞チップを用いた病原性原虫感染症の超早期診断技術の開発

人類にとって非常に深刻な寄生虫感染症であるマラリアについて、その感染をいち早く迅速・簡便に診断することが可能な細胞チップをもちいた技術を確認。細胞チップをマラリア診断に応用することで、ゴールドスタンダードであるギムザ染色による光学顕微鏡法の100倍の超高感度に、操作時間15分で100万個に1個のマラリア原虫感染赤血球の検出法を構築した。

6) 感染症等遺伝子 RT-PCR 診断デバイスの研究開発

PCR 法に必要な3つの温度領域を、蛇行流路を通じて連続的に流れるフロースルー型 PCR 用微小流体デバイスを開発した。試料溶液を液滴として送液することにより、流れの抵抗を抑え、かつ試料の両端に蒸気圧の差が発生することで、昇温過程では低速、降温過程では極めて高速な移動を実現し、迅速かつ高効率な遺伝子増幅を達成し、炭疽菌の毒素遺伝子に関して10分以内検出を構築した。

7) 生活環境水中のイオン一斉分離計測デバイスの研究開発

分離デバイスには10チャンネル LIGA レプリカチップを選択し、高感度に非接触電気伝導度検出 (C4D) を行うためにカバー基板に50mm 極薄フィルムをロール圧着法により作製した。亜硝酸イオン、硝酸イオン標準溶液を用いて、コスモ i3レーン型電気泳動型チップを研究用 C4D ヘッドステージに合わせてカットし密着させて、分離検出の基礎検討を行ったところ、再現性に問題があるものの2本の分離ピークが検出された。

8) 食品の機能性解析

多くの発酵食品に利用されている出芽酵母に新規育種技術を適用することによって、エタノール耐性を示す酵母株を開発することに成功した。本酵母および酵母開発技術はバイオエタノールおよび、発酵食品生

産の場面において極めて有用である。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 健康リスク削減、カーボンナノチューブ、臭素酸イオン除去、リン酸イオン高選択捕捉、生体影響評価、マラリア診断、分離計測デバイス、酵母開発技術

〔テーマ題目3〕 組織・細胞の機能の再生・代替技術の開発

〔研究代表者〕 中村 徳幸（研究副部門長）

〔研究担当者〕 組織・再生工学研究グループ
弓場 俊輔、立花 宏一、服部 耕治、出口 友則（常勤職員4名、他6名）
人工細胞研究グループ
安積 欣志、清原 健司、杉野 卓司、寺澤 直弘（常勤職員4名、他3名）
バイオインターフェース研究グループ
小島 正己、田和 圭子、細川 千絵、北畠 真子、大石 勲
（常勤職員5名、他7名）
くらし情報工学グループ
岩木 直、中川 誠司、渡邊 洋、梅村 浩之、吉野 公三、添田 喜治
（常勤職員6名、他6名）
（※アンダーラインは主参画グループ）

〔研究内容〕

再生医療の早期実用化を目指して細胞の分化誘導技術や組織形成技術の開発を目指す。一方で、環境変化に自律的に応答する材料の開発を行って細胞、組織の代替技術の確立を目指す。

1) 間葉系幹細胞を用いた再生医療に関する基盤研究とその実用化を目指した評価技術の開発

骨、軟骨、神経・血管ネットワーク等を生体組織レベルで再生する技術として、創薬や再生医療に必要な分化細胞・組織などを供給するための基盤技術の開発を進めている。これまでに、ヒト間葉系幹細胞から骨組織を誘導して患者への移植、親知らず（歯胚）からiPS細胞を樹立するなどの成果をあげている。さらに、関節軟骨定量評価プローブと評価機能搭載関節鏡を作成するとともに、組織再生因子の有効性を評価する赤外レーザー誘起遺伝子発現操作法（Infrared Laser-Evoked Gene Operator; IR-LEGO）を開発した。

2) 脳機能の改善および治療に貢献するレーザー操作技術の開発研究

最先端のレーザー技術を用いて神経細胞の加工や脳機能修復を行う神経工学の要素技術を開発、さらには神経栄養因子の機能障害マウスを作出し、精神疾患モデル動物としての妥当性、生物学的診断測定系の作製などの研究を進めている。

3) 医療・福祉デバイスへの応用を目指した低電圧駆動

の高伸縮・高出力な高分子アクチュエータの開発

ナノカーボンを用いた高分子アクチュエータについて、ナノカーボン高分子電極の電極材料、および作製法の改良を行い、応答性、発生力等で飛躍的な性能向上に成功した。その結果、医療・福祉機器応用への可能性が開けた。ナノカーボン高分子アクチュエータの変形メカニズムについて、多孔性電極の分子シミュレーションの手法により解析を進め、電圧印加時の電極内における応力発生機構について明らかにした。ナノカーボン高分子アクチュエータを用いた、軽量で薄型の点字ディスプレイプロトタイプを開発し、視覚障害者によりデモ実験評価を行った。その結果、視覚障害者からの実用化に対する大きな評価を得た。この成果はテレビ放映等で紹介された。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 再生医療、iPS細胞、脳機能改善・治療、レーザー治療、高分子アクチュエータ

〔テーマ題目4〕 細胞機能計測・操作技術の開発

〔研究代表者〕 茂里 康（主幹研究員）

〔研究担当者〕 先端融合テーマ探索グループ
茂里 康、安藤 尚功、川崎 一則、安藤 昌儀、田村 繁治、村瀬 至生、河田 悦和（常勤職員7名、他5名）
細胞分子機能研究グループ
佐藤 孝明（兼務）、上垣 浩一、中村 努、峯 昇平
（常勤職員4名、他4名）
セルダイナミクス研究グループ
佐藤 孝明、中島 芳浩、呉 純、星野 英人（常勤職員4名、他4名）
バイオインターフェース研究グループ
小島 正己、田和 圭子、細川 千絵、北畠 真子、大石 勲
（常勤職員5名、他7名）
生体ナノ計測グループ
石川 満、福岡 聡、大槻 莊一、田中 芳夫、Biju Vasudevan Pillai、平野 研、伊藤 民武
（常勤職員7名、他3名）
ゲノムインテリジェンス研究グループ
中村 徳幸、佐藤 孝明（兼務）、中村 真理、川崎 隆史
（常勤職員4名、他2名）
（※アンダーラインは主参画グループ）

〔研究内容〕

遺伝子、細胞、情報、ナノテクノロジーなどの研究を統合し、健康・医療に関わる知的・技術基盤の形成と応用技術の創出を目指す。

1) バイオマーカーとしての新規光生体プローブの探索

と検知システムの開発

個体・組織・細胞において数時間から数週間までマーカー分子の動態をリアルタイムで検知できる光生体プローブと検知システムに関する開発を進めるとともに、マーカー分子の定量化に必要な体外での簡易測定デバイスの構築を行っている。これまでに、体内ガン細胞の効率的な個体イメージングを可能とする発色団導入近赤外線発光タンパク質の開発、遺伝子改変による甲虫ルシフェラーゼの高分解な発光イメージングを可能とする高発光型プローブの開発、多色発光マウスの樹立と組織における複数遺伝子発現のモニタリング系の構築、脂肪代謝制御遺伝子の転写制御機構の解明、発光測定装置の絶対感度校正方法の確立とそれを利用した量子収率測定、などを行った。

2) ナノテクノロジーや材料合成技術と融合した独自性の高い生体分子の計測・解析技術の開発

バイオマーカーや生体分子のメカニズム解明において、電子顕微鏡による膜構造の解析やケージド化合物の応用や展開に関する研究を進めている。また、細胞内での各分子の挙動の検出のための分子認識プローブの開発を行っており、分子イメージング技術への展開を図っている。

3) 糖質分解酵素の結晶化と構造解析に基づくバイオマス利用高度化用人工酵素の改良

ゲノム上の挿入変異を修正し世界で初めて豊富な資源である結晶性キチンを2糖体まで分解する高効率超耐熱性酵素の作出、抗酸化タンパク質の3段階の酸化過程の結晶構造の解明による世界初の自然界での超原子価化合物の発見などを行った。さらに、細胞機能の産業利用を目指し、超耐熱性酵素利用法の研究、細胞の応答性を変化させるタンパク質の酸化対策検討のための抗酸化タンパク質の抗酸化機構の解明、タンパク質工学による抗体分子の高機能バイオマーカー化に取り組んでいる。これまでに、成熟化時にタンパク質から切り離される BDNF プロドメインの神経成長抑制機能の発見、超耐熱性キチン分解酵素の触媒部位の同定、抗酸化タンパク質 Prx の立体構造から抗酸化反応初期メカニズムの解明、精製転写因子タンパク質の直接導入による細胞形質転換技術の特許出願、などを行った。

4) 生物機能を利用したリスク化合物感知メカニズムの解析と生理学および毒性学を生体検出システムの開発

疾病診断・危険検知用人工の鼻センサの構築を目指し、2種以上の嗅覚受容体の改変と応答性修飾効果の関係を明らかにし、異常分子・人工分子検知用受容体設計手法を検証している。また、メダカをリスク化合物検出モデル動物として利用し、生理活性物質や毒性物質等の検出系を構築する。

5) 多種類の目的細胞を選別回収できる光圧力マルチ・

細胞ソーターの開発

新規のセルソーター開発のため、安価でレーザー光圧力とマイクロ流体チップによる、多種類細胞を同時分取し、生きたまま5種類以上細胞を分取可能なシステムを実現しており試作機作りを企業と推進中。今後 iPS 細胞等の高精度分離精製技術として期待。また、蛍光検出技術を基盤とする実時間型の単一分子 DNA シークエンシング技術を開発中である。この技術では4種類のヌクレオチドの夫々を、異なる蛍光色で標識して区別する。DNA ポリメラーゼが鋳型の DNA の塩基配列と相補的な蛍光標識ヌクレオチドを取り込む過程を可視化して塩基配列を決定する。本研究では、蛍光標識ヌクレオチドの取込み反応を多数のポリメラーゼを用いて評価した。ベータポリメラーゼが蛍光色素の干渉が少ない酵素であることを見出した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] バイオマーカー、高発光型プローブ、多色発光マウス、ナノテクノロジー、バイオマス、BDNF プロドメイン、単一分子 DNA シークエンシング技術

[テーマ題目5] ヒト生理機能解析技術の開発

[研究代表者] 吉田 康一 (研究部門長)

[研究担当者] くらし情報工学グループ

岩木 直、中川 誠司、渡邊 洋、梅村 浩之、吉野 公三、添田 喜治 (常勤職員6名、他6名)

ゲノムインテリジェンス研究グループ

中村 徳幸、佐藤 孝明 (兼務)、中村 真理、川崎 隆史 (常勤職員4名、他2名)

ストレス応答研究グループ

萩原 義久、堀江 祐範、七里 元督 (常勤職員3名、他3名)

(※アンダーラインは主参画グループ)

[研究内容]

非侵襲脳機能・生理機能計測技術を基盤に、高次脳機能障害の高度診断技術と聴覚機能障害の補償技術、高臨場感・快適環境の設計技術および日常健康モニタ技術を開発する。

1) 高精度な非侵襲脳機能可視化技術の開発とヒト高次脳機能可視化への応用

計測原理の異なる複数の非侵襲脳機能データを統合的に解析し、時間・空間解像度を高める脳活動可視化技術の開発を行い、高次視覚情報処理の神経基盤解明に応用して3次元物体知覚の神経ダイナミクスの可視化に成功するとともに、発達性障害の神経機序を明らかにできることを示唆する結果を得た。また、違和感のない VR システムの構築に向けて、インターフェイス操作行動に伴う3次元知覚変容のモデル化を進めた。

VR を用いた映像酔い、光感受性発作、立体視覚疲労低減技術等の開発を進め、映像の生体安全性に関する国際標準化を推進中。

2) 骨導超音波補聴器の開発

骨導超音波補聴器の実用化を目指して、明瞭性・快適性の向上のための研究に取り組み、信号処理方式の最適化や重度難聴者への適用可能性の検討を行った。また、ヒトを対象とした非侵襲的神経生理計測により、骨導超音波知覚の神経メカニズムの解明を進めた。これらから得られた知見を利用した新型の骨導超音波補聴器を試作した。

3) 日常生活の生理計測技術の開発

日常生活の心理・生理・行動に関する生体信号を連続的に計測し、それらの間の関係性を明らかにする技術の開発を行い、これを用いて日常生活の気分状態を推定する数理モデルの開発を進めた。日常的な音環境の変化を脳磁界計測によって計測し、主観的な聴覚知覚との関連を評価する手法を開発した。また、日常生活における精神的疲労を、簡易かつ定量的に計測し蓄積するプロトタイプシステムの開発を行った。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】非侵襲脳機能可視化技術、骨導超音波生理計測技術

⑦【生物プロセス研究部門】

(Bioproduction Research Institute)

(存続期間：2010.4～)

研究部門長：鎌形 洋一

副研究部門長：湯本 勲

副研究部門長：近江谷 克裕

主幹研究員：高木 優

主幹研究員：町田 雅之

所在地：北海道センター、つくば中央第4、

つくば中央第6

人員：69名 (69名)

経費：913,700千円 (354,989千円)

概要：

1. ミッション

バイオプロセスによる高効率な物質生産を目指した基礎的・基盤的研究から実用化研究に至るまでの一貫した研究を行い、化石燃料代替物質、化成品原料、医薬化学品、有用タンパク質、生物資材など、物質循環型社会の実現ならびに高品位な物質生産技術の開発に貢献する。当該目的を達成するために(1)微生物・各種生物遺伝子資源の探索ならびに探索技術の開発、(2)遺伝子情報を高速で解析する技術し、有用遺伝子を *in silico* で探索する技術の開

発、(3)各種ゲノム・生体分子情報をもとに遺伝子組み換え植物・微生物・動物などによる有用物質生産技術の開発、(4)タンパク質・核酸・生体関連化学物質材料などの開発に取り組む。また新部門は北海道センターとつくばセンターにまたがる部門であり、北海道センターにおいては、多様な地域連携を行いつつ、特に次世代アグリバイオテクノロジー研究拠点として地域貢献を果たして行く。

2. 研究の概要

1) 多くの昆虫類では、消化器官や細胞内などに特殊な代謝機能を持つ微生物が共生している。宿主である昆虫は、これらの共生微生物のおかげで、普通の動物にとっては劣悪な餌資源を利用して、生存・繁殖することができる。アブラムシ体内に生息する特定の共生細菌を異種間移植することで、ある種のアブラムシが、これまで餌として利用できなかった植物上で生存や繁殖が可能になることを発見した。

2) 大腸菌を用いた組換え微生物系は最も汎用性の高い物質生産のプラットフォームである。大腸菌を宿主として、開発したアンチセンス RNA を共発現させる手法を用いることにより、これまでの方法では容易ではなかった4種類の遺伝子を同時に knock-down させることに成功した。本技術により代謝産物としての中鎖アルコール類の生産効率を高めることがかかのであることを実証した。

3) 植物での導入遺伝子の高発現は、植物側の防御機構 (PTGS、TGS) を誘導し、結果として目的遺伝子の発現が極端に抑制されてしまう。この機構を回避するには、植物ウイルス由来のサイレンシングサプレッサーが有効なツールである。サイレンシングサプレッサーが、組換え植物はもとより、植物ウイルスベクターの発現系においても有効に機能し、目的物質の発現量を飛躍的に増加させることを明らかにした。

外部資金：

・文部科学省 科学研究費補助金「共生細菌による宿主昆虫の体色変化：隠蔽色に関わる共生の分子基盤の解明」

・文部科学省 科学研究費補助金「共生細菌による宿主昆虫の生殖操作の分子機構の解明」

・文部科学省 科学研究費補助金「社会性アブラムシにおける階級分化・分業を制御する分子基盤の解明」

・文部科学省 科学研究費補助金「細胞内共生系における共生細菌置換の生理的・分子的背景の解析」

- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「昆虫ホルモンを介した内部共生微生物の調節機構」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「木質形成過程における転写制御ネットワークの解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「メタンハイドレート成因解明をめざした生物学的メタン生成とハイドレート形成の再現」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「ユビキチン化によるシロイヌナズナ概日時計制御機構の解析」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「地下圏内メタン生成・消費活動に関わる未知微生物群の分離培養と動態解析ツールの開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「昆虫－細菌共生系における遺伝的基盤の解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「微生物センサーを利用した新規スクリーニング法の開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「インテグロン・ジーンカセットメタゲノム解析の基盤整備とその有効性評価」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「低温性担子菌類の環境適応と種内分化に関する研究」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「陸上地価圏メタン動態に関与する新規な嫌気呼吸未培養細菌の探索と分離培養」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「生体内の糖化修飾タンパク質を利用した、食事による糖尿病予防効果の評価法の確立」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「微生物由来不凍タンパク質の構築原理と分子進化の解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「新規発光プローブの探索を目指した発光生物調査」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「DNA 架橋化試薬の開発と、その応用に関する研究」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「マイクロ波技術を活用した糖鎖修飾反応研究と、新規創薬シーズ創製への展開」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「新規バイオベースマテリアルとしてのイタコン酸誘導体とポリマーの合成研究」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「酵母の不飽和脂肪酸類の代謝制御に関する分子生物学、分子遺伝学的研究」
- ・ 経済産業省 技術振興課委託費 戦略的技術開発委託費「植物機能を活用した高度モノ作り基盤技術開発／植物利用高付加価値物質製造基盤技術開発」
- ・ 経済産業省 日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業「稲わら由来セルラーゼ阻害物質の分解除去方法の開発」
- ・ 経済産業省 日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業「脂肪酸など環境低負荷を目的とした炭化水素系化合物の生産技術の開発に関する研究」
- ・ 経済産業省 試験研究調査委託費「石油流出事故等海洋の汚染や浄化に係わる環境微生物の分子遺伝学的解析・評価に関する研究」
- ・ NEDO 健康安心イノベーションプログラム／「健康安心イノベーションプログラム／糖鎖機能活用技術開発」
- ・ NEDO バイオマスエネルギー先導技術開発 新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導研究開発）／「酵素糖化・効率的発酵に資する基盤研究」
- ・ NEDO 戦略的国際標準化推進事業／標準化研究開発／「カシミア繊維の試験方法に関する標準化」
- ・ NEDO 個別化医療の実現のための技術融合バイオ診断技術開発／「個別化医療の実現のための技術融合バイオ診断技術開発／染色体解析技術開発／日本人BACを用いた革新的染色体異常解析基盤技術の開発」
- ・ 独立行政法人日本学術振興会 「バイオベースマテリアルプラットフォームの発展と充実のための交流事業（第2期）」
- ・ 独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援事業（A-STEP）「分裂酵母 *S.pombe* による脂肪酸の高効率生産システム技術開発」

- ・財団法人 東予産業創造センター「バイオブルー染料の効率的生産技術とその工業的染色法の研究開発」
- ・財団法人 南西地域産業活性化センター「島しょ型ゼロエミッションエネルギーシステム構築事業」
- ・独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター 平成20年度「イノベーション創出基礎的研究推進事業 発展型研究一般枠」「花きの形質改変に特化した転写因子制御技術の開発とデータベースシステムの構築」
- ・独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター 平成20年度「生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業」「リグニン合成およびストレス耐性を制御する転写因子の探索」
- ・独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター「共生細菌により昆虫が獲得する新規生物機能の解明と制御への基盤研究」
- ・独立行政法人農業生物資源研究所 「イネ転写因子キメラリプレッサーを用いた変異体の作出・評価及び利用」
- ・独立行政法人医薬基盤研究所 保健医療分野における基礎研究推進事業 「抗体医薬品等のバイオ医薬品の合理的開発のための医薬品開発支援技術の確立を目指した研究」

発表：誌上発表84件、口頭発表272件、その他25件

生物資源情報基盤研究グループ

(Microbial and Genetic Resources Research Group)

研究グループ長：鎌形 洋一

(つくば中央第6)

概要：

本研究グループでは、未知・未培養・未利用の生物資源を探索する技術を開発するとともに、これらの生物遺伝子資源を活用した物質生産技術・環境制御技術等の開発を行うとともに微生物・遺伝子資源情報の外部提供を目的とした技術開発を行っている。具体的には (1) 未知・未培養微生物ならびに未利用生物資源の探索・同定・分類ならびにライブラリー化を進め、これらの微生物資源の有効活用を目指した。(2) 様々な自然・人工環境から分離された新規微生物群の機能解明・ゲノム解析・機能利用・微生物間相互作用の解明を行った。特に、地下圏や水圏の新規微生物の機能

解析を進めた。(3) 微生物を分離培養することなく直接環境 DNA・RNA を利用する metagenome・metatranscriptome 解析によりこれまでに見いだし得なかった多くの酵素群の探索に成功した。(4) 環境汚染原因物質となっている各種人工化合物の浄化に資する微生物の生態学的解析を進めた。(5) 微生物間相互作用、微生物・植物間相互作用機構の解明に取り組んだ。

研究テーマ：

1. 未知・未培養微生物ならびに未利用生物資源の探索・同定・分類ならびにライブラリー化
2. 新規(微)生物群の機能解明・ゲノム解析・機能利用・微生物間相互作用の解明
3. 環境ゲノム解析技術：metagenome・metatranscriptome 解析技術の開発と利用
4. 環境制御・浄化に資する微生物の生態学的解析・利用技術の開発

酵素開発研究グループ

(Enzyme Exploration Research Group)

研究グループ長：宮崎 健太郎

(つくば中央第6)

概要：

当研究グループでは、微生物酵素の高度利用に資する研究開発を行う。具体的には、メタゲノム手法による有用遺伝子の探索、進化分子工学による蛋白質の機能改変、合成生物学的手法による宿主デザインを行う。当研究室で開発された技術を核に民間企業との共同研究などを行い、酵素の産業利用を目指す。

メタゲノム手法による有用遺伝子の探索では、セルロース系バイオマスの効率的糖化を目指した酵素のスクリーニングを行った。中でも糖化工程の最終段階に位置するβ-グルコシダーゼについて開発を進め、市販セルロース製剤に添加することで糖化を促進する特異な性質を示すβ-グルコシダーゼを同定した。

進化分子工学による蛋白質の機能改変では、ドメイン融合による蛋白質の新規機能の獲得、高機能化についての研究を行った。とくに薬剤耐性蛋白質(ホスト)に外来蛋白質(ゲスト)を内部融合させる方法により、ホスト・ゲスト両蛋白質の機能を維持したまま融合する指標を見出した。また、融合タンパク質の人工進化によりゲスト機能が高度化しうることを見出し、蛋白質機能改変の新たな方法論を示した。

合成生物学的手法による宿主デザインでは、大腸菌をプラットフォームとして、リボソームの構成因子を改変する方法を試みた。レポーター遺伝子を介した発現変動解析、トランスクリプトーム、プロテオーム手法による発現変動解析により、リボソーム因子の変異が宿主の代謝に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。

遺伝子転写制御研究グループ

(Gene Regulation Research Group)

研究グループ長：高木 優

(つくば中央第4)

概要：

植物は、酸素、食料など生物の生存を必至な物質ばかりでなく、パルプ、医薬原料、花など生活を豊かにする様々な物質を代謝機能を用いて供給してくれる。これらの機能は、すべて植物の遺伝子の働きによるものと言っても過言ではなく、そのため、植物機能をより効率的に利用するためには、関連する個々の遺伝子の機能解析が必要不可欠である。特に植物では、遺伝子発現の制御が転写レベルで行われていることから、転写因子を活用した方法が有効であることが示されている。そこで、我々は、転写因子の機能を有効に活用するための転写抑制機能を利用した遺伝子サイレンシングシステム (CRES-T 法) を開発した。CRES-T 法によって、遺伝子発現の様式をダイナミック変化させることが可能になり、これまでの変異株では見られなかった乾燥ストレス、高塩、低温、高温等、の環境ストレスに対する耐性を付与する因子 (キメラリプレッサー) を同定した。さらに、酸性土壌、重金属に対しても耐性を示す CRES-T ラインの選抜に成功した。また、低炭素社会の実現のため、木部形成を遺伝子工学的手法で操作し、より糖化しやすい細胞壁を持つ植物の開発を行っている。本年度より、ブリヂストン株式会社と共同研究を開始し、パラゴムの増産に向けた植物改良への基盤研究を開始し、産業上有用な機能性植物の作出のための基盤的研究を進めている。

研究テーマ：植物転写因子機能解析研究

生物材料工学研究グループ

(Bio-material Engineering Research Group)

研究グループ長：佐々木 正秀

(北海道センター)

概要：

本研究グループは有用物質生産を目的とした生物材料の高度利用、および生体物質の生産、分離、センシングへの応用を目指した生体物質の2次元位置選択的配列技術を研究している。

生物材料に関して、ビートから砂糖を抽出した残渣であるビートファイバーのセルロース成分をアンヒドロ糖に変換することを目的として、ビートファイバーを酸洗浄等の前処理を施し、カチオン交換樹脂を触媒として用いることで、アンヒドロ糖が得られることを明らかにした。また、水熱反応で選択的に得られるオリゴ糖の有機酸による加水分解機構について検討した。水熱反応で得られるオリゴ糖は、バイオマスに本来含まれているオリゴ糖に比べ容易に分解することが明らかになった。

微細表面修飾技術に関しては、細胞に及ぼすタンパク質の機能を調べるために2種類のタンパク質 (ラミニニン、フィブロネクチン) を基板に固定し、基板上で脂肪前駆細胞の培養、分化誘導を行った。タンパク質の種類により、分化・成熟には大きな差なく、接着密度・増殖が異なることが分かった。真空紫外光を利用することで神経ネットワーク解析用の市販の多点電極基板上に神経細胞をパターン上に配列させることに成功した。

研究テーマ：1. 生物材料の高度利用

2. 生体分子固定のための微細表面修飾技術

生体物質工学研究グループ

(Biological Substance Engineering Research Group)

研究グループ長：山岡 正和

(つくば中央第6)

概要：

当研究グループは、健康食品や化成品原料、バイオディーゼルなど幅広い用途が期待される脂質を自在に生産可能な酵母の系の確立と、バイオマスから得られる物質から生分解性など環境保全のための新規機能性高分子の開発・評価を目指している。

脂質の利用のためにそれぞれの用途に適した脂質を自在に生産可能な酵母等の系の確立を目標に、酵母による脂質生産性向上や代謝に関わる因子の開発、高度不飽和脂肪酸生産に関わる因子の開発を進めて以下の研究成果を得た。

脂質生産性向上に関わる因子の開発に関して、前年度までに出芽酵母の *snf2*破壊株に *DGA1*タンパク質を発現させると脂質蓄積性が向上すること、酵素活性が増大した活性型タンパク質はその N 末端が欠失していることを見出したが、今年度は、活性型の N 末端欠失型 *DGA1*タンパク質を、活性を保持したまま、ほぼ均一に精製する技術を確立した。高度不飽和脂肪酸生産に関わる因子の開発に関して、前年度までに構築した組換え出芽酵母による生産系において、N 末端欠失型 *DGA1*遺伝子の導入によって原料脂肪酸のトリアシルグリセロール化活性を増進させたところ、ステアリン酸生産量の減少は認められなかった。

また、オレイン酸までしか合成出来ない出芽酵母に $\Delta 12$ 不飽和化酵素と $\omega 3$ 不飽和化酵素遺伝子を組み込み、高度不飽和脂肪酸であるリノール酸及び α -リノレン酸を生産させる系において、不飽和化酵素活性に必要なとされるチトクローム *b5*とチトクローム *b5*レダクターゼの効果を調べたところ、チトクローム *b5*遺伝子の導入により、従来20℃の培養で認められ30℃の培養では殆ど認められなかった不飽和化酵素活性を30℃の培養でも認めたが、チトクローム *b5*レダクターゼ遺伝子の導入ではこのような効果は見られなかつ

た。

一方、脂質や糖質等のバイオマス資源から得られる生体物質は既に幾つか利用されているが、循環型社会構築のためには原料を化石資源に頼らず、しかも廃棄物が低環境負荷であるバイオベースの新規機能性高分子の開発が期待されている。そこでバイオ燃料製造時に副生するグリセロール誘導体を出発物質にして、ケテンアセタールモノマーである2-メチレン-1,3-ジオキササン-5-オン (MDO) の合成を検討し、その生成を NMR で確認した。また、発酵法で製造されているイタコン酸から8種の誘導体モノマーを合成し、その中の6種の重合性を確認した。これらのモノマーはメチルメタクリレートとの共重合も可能であった。

研究テーマ：1. 機能性脂質の生物生産高効率化の研究
2. バイオマス由来高分子素材の合成と高機能化の研究

生体分子工学研究グループ

(Biomolecular Engineering Research Group)

研究グループ長：小松 康雄

(北海道センター)

概要：

本研究グループでは、生体関連物質の中でも核酸、タンパク質、細胞を対象に、それらの活性、特性を、有機化学ならびに工学的手法によって改良、向上させ、物質生産、医薬品等の開発に利用するための基盤技術開発を行っている。

2本鎖 DNA の安定化と低分子化を目的に、相補的な DNA 間をヘリックス構造の内部で不可逆的に架橋化する新しいタイプの架橋化試薬を開発した。本試薬によって架橋化された DNA の構造と化学的安定性を調べたところ、相補的な2本鎖の向かい合ったデオキシリボース間が1分子の同試薬によって架橋された構造を2本鎖内で形成していることを明らかにした。また、架橋化 DNA は中性条件では高温でも安定に存在することも可能であった。さらに架橋化試薬によって3本の DNA 鎖を架橋化して1分子の2本鎖 DNA を構築して金基板上に固定化し、その架橋化 DNA の特定部位に2種類の異なる酵素を結合させて酵素反応を電気化学的に連続的に解析したところ、それぞれの酵素が DNA 上で異なる基質の化学反応を触媒することを確認した。このとき架橋化によって2本鎖の解離が抑制されたことで、架橋化しない DNA 上での酵素反応よりも酵素が安定に DNA 上に存在することで生成物が多く得られた。これらの結果より、酵素の部位特異的な配置と反応の足場に、本試薬による架橋化 DNA が有効であることを示すことに成功した。

研究テーマ：1. 高感度遺伝子検出技術を目指した、機能性分子の開発
2. 電気化学を利用した、生体関連物質の

機能解析と検出技術の開発

植物分子工学研究グループ

(Plant Molecular Technology Research Group)

研究グループ長：松村 健

(北海道センター)

概要：

植物の遺伝子組換え技術を利用して、有用物質、特に哺乳類の医薬品原材料を主に植物で高発現・高生産可能な技術開発とこれと並行して医薬品原材料生産遺伝子組換え植物を密閉、かつ完全な人工環境下で栽培・育成から製剤化までの一貫した工程を実施可能な植物工場システムの確立を目標に研究を進めている。

植物で医薬品原材料等の高付加価値有用物質を生産するには、目的遺伝子を高発現させる必要があるが、導入した遺伝子の高発現は植物側の遺伝子発現制御、すなわち、ジーンサイレンシングを引き起こし、結果として発現が抑制される場合が多い。一方、植物ウイルスには、植物側のジーンサイレンシングを抑制する機能を有する複数のサイレンシングサブプレッサーが見いだされている。これらを活用して、抗体を高発現する植物体の開発に取り組んでいる。

また、遺伝子組換え植物を利用した医療用原材料生産においては、計画生産性、清浄度等々から人工照明を利用した完全人工環境下での栽培が望ましい。当該施設を用いてイヌの歯周病治療薬として効果のあるイヌインターフェロン発現遺伝子組換えイチゴの生産試験を行っており、現在治験によるデータを集積中である。さらに、新たな植物工場の活用、栽培技術の開発を目的に、赤色波長、青色波長等に特化した人工照明機器を活用し、特殊な環境下で目的物質を飛躍的に増産させる栽培技術への応用を検討している。

研究テーマ：1. 閉鎖型植物生産施設に適した有用物質生産基盤植物の開発研究
2. 植物ウイルスベクターの開発
3. 医療用原材料生産のための密閉型遺伝子組換え植物工場の開発

分子生物工学研究グループ

(Molecular and Biological Technology Research Group)

研究グループ長：森田 直樹

(北海道センター)

概要：

当研究グループは、有用タンパク質・有用脂質・有用糖質の新しい生産・利用システムの開発において、従来よりも優れた技術を開発し、最終的に産業応用に貢献することを目標としている。

分子イメージング技術の開発では、細胞内シグナル伝達に関与する分子の活性化を可視化するプローブに

ついて、従来とは逆に刺激を与えると発光する新しいタイプの発光分子プローブを得ることに成功した。

酵母におけるタンパク質発現系の研究では、マーカーリサイクル機構を導入した発現ベクターを3種類作成することに成功した。

機能性脂質の生産系の研究では、腸内乳酸菌の胆汁酸（コール酸）耐性機構に細胞膜リン脂質が重要な機能を果たしていることを既に明らかにしたが、一方、コール酸適応後でも脂肪酸組成に変化が観られないことが解った。今回の実験条件下では脂質を構成する脂肪酸はコール酸適応には関与しないことが解った。

機能性物質の新規合成法開発では、ペプチド固相合成における反応時間の更なる短縮化や試薬量低減に関して研究を進め、その限界点を見極めた。更に、マイクロ波利用することで通常条件下では合成しにくい N-メチルアミノ酸を含むペプチドや環状ペプチドといった化合物の合成研究も進めた。

糖脂質の機能解明では、ヒトの細胞において疾患に関与する糖脂質合成に関わる一群の遺伝子を解析する方法を確立し、同法を用いて炎症下の細胞にて転写量が約80倍増大する遺伝子を発見した。また、増殖シグナル異常を示す糖脂質蓄積症モデルマウスから株化したアストロサイトをを用いてその糖鎖構造の解析をしたところ、GlcNAc 末端をもつ岐型複合糖鎖が増えていることが解った。

- 研究テーマ：1. 生物発光系を活用したレポーターアッセイ系及び分子イメージング技術の開発
2. 真核微生物を用いた新規タンパク質発現系の開発
3. 機能性脂質の代謝工学的生産法の開発
4. 機能性物質の新規合成法開発と構造活性相関研究
5. 糖脂質の機能解明とその応用

生物共生進化機構研究グループ
(Symbiotic Evolution and Biological Functions Research Group)

研究グループ長：深津 武馬

(つくば中央第6)

概 要：

非常に多くの生物が、恒常的もしくは半恒常的に他の生物（ほとんどの場合は微生物）を体内にすまわせている。このような現象を「内部共生」といい、これ以上ない空間的な近接性で成立する共生関係のため、極めて高度な相互作用や依存関係が見られる。このような関係からは、しばしば新規な生物機能が創出される。共生微生物と宿主生物がほとんど一体化して、あたかも1つの生物のような複合体を構築することも少なくない。

我々は昆虫類におけるさまざまな内部共生現象を主

要なターゲットに設定し、さらには関連した寄生、生殖操作、形態操作、社会性などの高度な生物間相互作用を伴う興味深い生物現象について、進化多様性から生態的相互作用、生理機能から分子機構にまで至る研究を多角的なアプローチから進めている。

我々の基本的なスタンスは、高度な生物間相互作用を伴うおもしろい独自の生物現象について、分子レベルから生態レベル、進化レベルまで徹底的に解明し、理解しようというものである。

- 研究テーマ：1. 昆虫-微生物間共生関係の多様性の解明
2. 共生微生物が宿主に賦与する新規生物機能の解明
3. 共生関係の基盤となる生理、分子機構の解明

遺伝子資源解析研究グループ
(Genomic Resources & Environmental Adaptation Research Group)

研究グループ長：星野 保

(北海道センター)

概 要：

様々な特殊環境に適応する微生物が有する環境適応に関する酵素など有用物質や微生物機能そのものを対象として探索を行い、得られた物質の機能を示す仕組みと役割を検討し、分離した菌株の有用性実証することを目的とする。

南極大陸より凍結状態で生育する担子菌酵母が形成する霜柱状コロニーに多量に含まれる多糖は、その構成糖の組成からセルロースおよびペクチン類似の化合物であることを明らかにした。南極産サカゲツボカビの生産する不凍タンパク質は既知の菌類不凍タンパク質と異なる分子種であり、非分泌型で細胞内に蓄積することを見出した。

牛乳由来の脂質が大量に存在する排水に対して低温下、乳脂肪分解活性の高い酵母の探索を行い、南極産 *Mrakia blollopis* を見出した。本菌は道内排水処理施設より分離された細菌と比較して高い乳脂肪分解活性を示した。

殺虫剤分解菌と非分解菌間で宿主カメムシへの感染能力、カメムシ体内での局在場所、カメムシの成長や繁殖に与える影響を調査し、殺虫剤分解菌が宿主集団中で維持されるメカニズムの概観を明らかにした。

- 研究テーマ：1. 機能性微生物の探索と環境適応機能解明に関する研究
2. 微生物および酵素機能を応用した新規物質変換法および環境浄化法の開発

生物システム工学研究グループ
(Molecular Systems Bioengineering Research

Group)

研究グループ長：町田 雅之

(つくば中央第6)

概要：

近年の次世代 DNA シークエンサーの開発などによって短時間で大規模なゲノム情報が得られるようになり、タンパク質機能、細胞ネットワークの解明のための技術開発の進展により、生命科学に基づく幅広い産業にその応用が進んでいる。本研究グループは、ゲノム情報を迅速かつ効果的に物質生産や環境低負荷などに関する産業に利用することを目的として、遺伝子、翻訳産物および細胞の網羅的解析に関する解析技術、高感度化、高精度化、自動化をする技術を開発し、情報処理技術、測定技術、自動化技術などの統合から、産業化に必要なシステムの開発を進めている。

ゲノム情報の利用や自動化技術の開発によって、多様な生物種を同定することが容易になりつつある。マグロなどの魚類や野菜などから DNA を抽出し、一塩基変異多型を利用して、種を自動的に判別する装置を開発した。この装置は操作に専門的知識を持つ必要がなく、微量試料からの判別が可能であり、流通現場などでの利用が期待される。

重要な遺伝子資源として二次代謝系が挙げられる。二次代謝系は、医薬品などの様々な生理活性物質を生産することで知られているが、遺伝子の中でも最も多様性が高く発現する条件が限られていることから、研究が最も難しい分野のひとつである。近年の大規模なゲノム情報の獲得を背景として、比較ゲノム解析や生物解析と情報解析の効果的な連携によって、未知の二次代謝系遺伝子を正確に予測する技術を開発した。

研究テーマ：1. 有用なゲノム・遺伝子資源の探索と利用技術の開発
2. システム生物学を利用した生物機能解析・利用技術の開発

機能性蛋白質研究グループ

(Functional Protein Research Group)

研究グループ長：津田 栄

(北海道センター)

概要：

不凍タンパク質など産業や医学の分野において広範な応用が期待される未利用機能性タンパク質群のみを研究対象として、それらの天然資源（動植物）からの探索、アミノ酸・遺伝子配列の決定、発現系の構築、性能評価、機能解明、高機能化、及び有効活用法の検討を行う。特に、実用化研究に必須となるタンパク質大量精製技術の確立、高精度の活性評価システムの構築、多様な細胞保存効果の検証を行う。

これまでに、食品や冷熱分野での産業応用に最も適した不凍タンパク質の大量精製技術を独自に開発して

特許を取得した。国内大手企業との間でその実施契約の締結に至り、現在は同タンパク質を用いた様々な技術と商品の開発がさまざまに進捗している。魚類由来不凍タンパク質やその類似ペプチドが機能性細胞やウシ受精卵の生存率を飛躍的に高めることを見出した。不凍タンパク質の種類、配合量、添加物などを詳細に検討し、既存の方法よりも長期間の保存が可能で受精率の高い非凍結保存液を開発し特許出願した。また、これまでに NMR 法と X 線法によって、様々な種類の不凍タンパク質、及び産業用酵素などの機能性タンパク質の立体構造と機能発現メカニズムの解析に関する研究論文を主要国際誌へ発表した。さらに氷の単結晶への不凍タンパク質の結合を直接観察することができる実験システムを構築し、様々な不凍タンパク質と氷結晶との間の相互作用メカニズムを明らかにした。また、好冷性バクテリアが発現する不凍タンパク質が強力な活性を有していることを見出した。

研究テーマ：1. 不凍タンパク質を用いた省エネ型冷熱利用技術の開発
2. 不凍タンパク質の大量精製法の確立
3. 産業用タンパク質の医学応用及び食品応用

遺伝子発現工学研究グループ

(Proteolysis and Protein Turnover Research Group)

研究グループ長：田村 具博

(北海道センター)

概要：

当研究グループでは、有用物質の生産や環境浄化ならびに有用タンパク質の生産など多目的用途に利用可能な高機能型細胞（プラットフォーム）の創製に向けて、放線菌（ロドコッカス属細菌）や大腸菌を宿主とした各種技術開発を進めている。

放線菌による難水溶性物質の変換反応を高めるため、食品添加物として使用されている抗菌物質を利用して、細胞内外の物質移動の効率を高めることに成功した。このことにより、細胞壁による物質透過の障害を取り除くことが可能になり、物質変換効率を著しく高めることに成功した。また、ロドコッカス属細菌より生産される抗菌物質の生合成遺伝子群の機能解析を進め、同抗菌物質生合成に新規の反応を触媒する P450 が寄与していることを見出した。本 P450 について構造解析を含めた詳細な解析が現在進行中である。

一方、大腸菌を利用した物質生産系を目指し、主要代謝酵素系に対するアンチセンス RNA による遺伝子発現抑制法を用いて、細胞内代謝中間産物の変動について検討を行った。また、バイオマスを利用した中鎖アルコール生産を目指し、生産過程で問題になる混合糖の消費・利用について、とくにグルコース・キシロ

ース混合糖におけるキシロース利用を高める変異体の原因遺伝子を特定し、同変異体を利用することで中鎖アルコール生産量を従来より高めることに成功した。

- 研究テーマ：1. 放線菌を多目的用途に利用可能なプラットフォームに改変する技術の開発
2. 有用生体分子の探索とその構造と機能解析
3. 代謝工学的改変技術の開発と応用

⑧【バイオメディカル研究部門】

(Biomedical Research Institute)

(存続期間：2010. 4. 1～)

研究部門長：織田 雅直

副研究部門長：丹羽 修、亀山 仁彦

上席研究員：石田 直理雄

主幹研究員：巖倉 正寛、今村 亨、矢吹 聡一

所在地：つくば中央第6、第2、第4、第5、

臨海副都心センター、八王子事業所

人 員：85名 (85名)

経 費：987,530千円 (465,909千円)

概 要：

バイオメディカル研究部門は、ライフ・イノベーションを実現するための産総研ミッションである「先進的・総合的な創薬技術、医療技術の開発」、「健康な生き方を実現する技術の開発」の技術開発を推進するため、①「生体分子の構造・機能を理解・解明するとともに、それら知見を活用し新しい創薬基盤技術・医療基盤技術を確立する」及び②「創薬・医療に関わる基礎・基盤技術の動向把握に努め、将来に向けた技術の芽を発掘し育成する」を部門ミッションと定め、新しい創薬基盤技術・医療基盤技術の研究開発を推進している。これらミッションを遂行するため、以下の4戦略課題を設定し、重点的に予算を配分し研究を実施している。それぞれの戦略課題には複数の関連研究グループを配置し、課題解決に向け複数の研究グループが一体となって研究を実施している。また経済産業省、文部科学省、新エネルギー・産業技術総合開発機構、科学技術振興機構などの受託研究や企業等との共同研究など、外部資金による研究開発も積極的に推進している。

戦略課題1. 生体分子の構造・機能解析と高機能化

蛋白質の X 線結晶構造解析や高分解能電顕解析を行い、生体高分子の機能と構造との相関関係を明らかにするとともに臨床薬のターゲットとなる膜蛋白の迅速構造解析法等の開発を行う。また、蛋白質設計技術、合成技術の開発を行うとともに生体高分子の機能抗体精製用リガンド蛋白質についてこれら蛋白質設計・合成技術を用いた高機能化、抗体リガンド蛋白質の結

合状態を多検体同時検出する技術開発などを行い、抗体医薬開発の問題点である多種類の抗体の効率的精製や製造の低コスト化の課題解決を目指す。更に簡便な遺伝子定量法や人工蛋白質の開発を行い医療計測の標準化に関するプラットフォームを整備する。

戦略課題2. 生体メカニズムの解明とその制御物質の探索

健康状態における生体リズムの変動や老化に伴う生体分子の変化などを個体・細胞・遺伝子レベルで解析し、これらの変動や変化を引き起こす生体分子メカニズムの解明を目指す。また得られた解析成果を利用して生体分子メカニズムの評価系を開発し、生体分子メカニズムを制御する生理活性物質を天然物などから探索・同定するとともに、生体分子メカニズムの異常より引き起こされる疾病に対してこれら生理活性物質を利用して回復させる技術など、健康の維持・増進や疾患の予防・診断・治療に貢献する技術を開発する。

戦略課題3. 健康・疾患に関連する細胞制御分子の解明と利用

健康や病気の生体や組織において、その機能を調節する遺伝子やタンパク質、細胞間シグナル伝達に働く種々のシグナル分子などを解析し、これら生体分子による細胞制御メカニズムの解明を目指す。また、脳神経疾患や生活習慣病を始めとする種々の疾患のバイオマーカーや原因因子を探索・究明する。これらの分子、あるいはそれを高機能化した分子を用いて細胞の機能異常の検出や、それを制御する技術を開発し、健康の増進や疾患の予防・診断・治療に貢献する。

戦略課題4. ナノバイオ技術融合による極微量生体分子の計測解析技術開発

ナノ分子材料や微細加工技術、表面加工技術と言ったナノテク技術とバイオ分野の技術を融合したバイオ診断技術の開発を行う。具体的には、生体分子と強く相互作用し信号変換する分子認識材料や発光分子プローブ材料の合成、生体分子を高感度に検出できるナノ薄膜電極材料、及び1細胞での計測が可能なナノ針等のデバイス技術の開発を行う。また、それら要素技術を融合し、血液など極微量サンプルから複数の疾病マーカーを高感度に検出可能なセンサや単一細胞解析が可能なセルソータなどの実現と、これらの基礎となる研究開発を行う。

研究推進に加え、産総研のミッションや仕組みを十分理解し、産総研職員として自ら考え的確に行動できる職員の育成を行うとともに、産総研のミッションである「若手研究者のキャリアパス支援及び研究人材の交流推進」を実施するため、「自ら考え着実に行動(研究)する人材の育成」を部門ミッションと定め、産総研イノベーションスクール生、ポスドクや博士課程の学生、企業等から研究員などを受け入れ、研究現場にて研究開発を行いながら人材育成を行っている。

当部門は、質の高い論文として研究成果を発信することおよび開発技術の工業所有権（特許）の取得を行うことで成果の普及を行っている。研究論文においては国際的に評価の高い論文誌への投稿を重視し、特許においてはその実施を目的とした戦略的特許を重視している。また、企業等との共同研究を積極的に行うと共に、産総研オープンラボ、技術相談、学会・研究会などでの成果の普及・公表をとおして成果発信・成果普及を行っている。

内部資金：

- ・特定研究加速／連携支援型（知財）「新規膜タンパク質リガンド探索技術を用いた創薬シーズペプチドの創製」
- ・特定研究加速／連携支援型（ベンチャー）「「高分解能 X 線顕微鏡」を簡便に実現する世界初「電子顕微鏡用 X 線試料ホルダ」の実用化研究」

外部資金：

- ・経済産業省 平成22年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業「タンパク質計測」
- ・文部科学省 平成22年度科学技術試験研究委託事業「アルツハイマー病治療薬創出に向けたγセクレターゼの構造解析と機能制御（γセクレターゼ複合体の機能解析と活性制御にかかわる構造研究）」
- ・文部科学省 平成22年度科学技術試験研究委託事業「発癌性物質や酸化ストレスに応答する生体防御系センサーの構造基盤（生体防御系センサー複合体の電子線単粒子解析）」
- ・(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構「新機能抗体創製技術開発／高効率な抗体分離精製技術の開発」
- ・(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構「創薬加速に向けたタンパク質構造解析基盤技術開発」
- ・(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構「知的基盤創成・利用促進研究開発事業／知的基盤研究開発事業／DNA チップの互換性向上のための SI トレーサブルな核酸標準物質作製・評価技術の研究開発」
- ・(独) 科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST)「膜系1分子計測」
- ・(独) 科学技術振興機構 産学イノベーション加速事業(先端的計測分析技術・機器開発)「ラベル不要の高機能性バイオセンサシステムの開発」
- ・(独) 科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業(さきがけ)「RNA 末端合成プロセス装置の分子基盤」
- ・(独) 科学技術振興機構 産学イノベーション加速事業(戦略的イノベーション創出推進)「高温超伝導材料を利用した次世代 NMR 技術の開発」
- ・(独) 科学技術振興機構 戦略的国際科学技術協力推

進事業(研究交流型)「超好熱性 Thermococcales 属古細菌のウイルス様脂質膜小胞体の分子機能とその形成機構の解明」

- ・(独) 科学技術振興機構 戦略的国際科学技術協力推進事業(研究交流型)「電頭を用いた単粒子画像解析技術の開発による膜たんぱく質構造決定の促進」
- ・(独) 科学技術振興機構 研究成果最適展開支援事業 (A-STEP)「シニョリン分子骨格を有する創薬リード探索用ライブラリの開発」
- ・(財) 南西地域産業活性化センター「沖縄県産機能性素材を用いた発酵健康飲料の開発」
- ・沖縄県「マリンバイオ産業創出事業の一部」
- ・(独) 農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター「消化管免疫細胞の活性化と機能成熟機構の解明」
- ・国立大学法人東北大学「クリーン開発メカニズム適用のためのパームオイル廃液 (POME) の高効率の新規メタン発酵プロセスの創成」
- ・文部科学省 科学研究費補助金新学術領域研究「3次元ナノ相分離膜構造と高感度分子認識能の動的解析」
- ・文部科学省 科学研究費補助金新学術領域研究「ウイルド RNA の組織間トラフィックを可能にする多様な変異に関する研究」
- ・文部科学省 科学研究費補助金新学術領域研究「シナプス接続とシナプス小胞放出の可視化による機能的神経回路網の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金新学術領域研究「アクチンフィラメントの協同的構造変化とハイパーモバイル水の機能解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金新学術領域研究「シグナル制御複合体の構造と細胞内局在の電子顕微鏡解析」
- ・文部科学省 科学研究費補助金若手研究(A)「tRNA アンチコドンの転写後修飾における酵素反応機構の分子的基盤解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金若手研究(A)「環境浄化に関わる未培養微生物を生きたまま選択的に回収する技術の創成」
- ・文部科学省 科学研究費補助金若手研究(B)「扁桃体ネットワークの動作機構と投射様式の同時可視化解析～嗅覚系を中心として～」
- ・文部科学省 科学研究費補助金若手研究(B)「標識や分子マーカーの不要な電気化学 SNP 検出法の開発」
- ・文部科学省 科学研究費補助金若手研究(B)「生細胞におけるホスホリパーゼ D の活性可視化と一分子計測による運動制御機構の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金若手研究(B)「ホヤ幼生末梢神経の誘導メカニズム」
- ・文部科学省 科学研究費補助金若手研究(B)「網羅的変異データベースに基づく新規蛋白質設計法の開発」

- ・ 文部科学省 科学研究費補助金若手研究(B)「自律的にフォールドする短鎖セグメントを起点とした小型人工蛋白質のビルドアップ」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金若手研究(B)「FGF21による体内時計及び体温調節機構の解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(A)「RNA合成酵素複合体の機能構造解析」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(B)「細胞内 mRNA の定量的分布解析と細胞への mRNA 導入技術の開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(B)「電子顕微鏡画像を用いたタンパク質構造変化の自動解析技術の開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(B)「ナノカーボン薄膜電極を用いたメチル化 DNA 定量デバイスの開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(B)「エストロゲン様化学物質影響評価のための膜共役経路の解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(B)「アクチンフィラメントの構造多型と機能分化」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(C)「シナプス分子輸送の2光子吸収を用いた光標識による解析」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(C)「シナプス及びシナプス局在タンパクの動態解析」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(C)「CUT-homeodomain 転写因子の DNA 結合におけるドメイン間相違と協同性」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(C)「多種の血管新生因子を同時検出するための蛍光プローブの創製と医療診断への展開」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(C)「induced folding 機構の獲得を抗体の親和性成熟に学ぶ」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(C)「FGF受容体の変異による骨・軟骨形成不全疾患発症メカニズムの分子レベルでの解析」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(C)「ディスフェルリン欠損症の治療を目的とした骨格筋細胞膜修復機構の解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(C)「ナトリウムチャンネルの E3領域をターゲットにしたペプチド系鎮痛剤の開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(C)「人工細胞膜を目指した安定なナノ構造分子膜構築に関する研究」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(C)「低分子量 G タンパク質群のクロストークによる神経軸索伸張制御」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(C)「休止期

の毛包に高発現する細胞増殖因子は毛成長をどのように制御するか？」

- ・ 文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(C)「蜘蛛類毒腺の生理活性ペプチドの探索・解析および新規ペプチド創製の試み」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金挑戦的萌芽研究「再生医学研究のための、新しいタイプの対物外位相差顕微鏡の研究開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金特別研究員奨励費「グリシンスキャニングによる優性変異アクチンの創製とミオシンとの相互作用解析」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金特別研究員奨励費「tRNA 揺らぎ塩基のカルボキシメチルアミノメチル化反応機構の構造機能解析」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金特別研究員奨励費「オンチップスクリーニングと1細胞時系列イメージングによる細胞運動因子のキノーム解析」
- ・ (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 助成金「蛍光消光現象を利用した革新的な遺伝子定量技術の開発と微生物産業利用における安全性評価・リスク管理への応用」
- ・ (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 助成金「化学増幅を用いた携帯可能な超高感度診断チップの開発」

発 表：誌上発表115件、口頭発表283件、その他15件

蛋白質デザイン研究グループ

(Protein Design Research Group)

研究グループ長：巖倉 正寛

(つくば中央第6)

概 要：

欲しい機能を有する蛋白質を思いのままに創製することは、蛋白質科学における究極の目標である。我々は、配列空間探索というコンセプトのもとに、新しい観点からの蛋白質デザイン法の開発に取り組んでいる。そのために、蛋白質に網羅的に1アミノ酸置換変異を導入し、得られた変異型蛋白質の特性解析を行っている。また、蛋白質をデザインすることはアミノ酸配列空間における地形解析である、とのコンセプトのもとに個々の変異効果について曖昧な加算性を仮定した適応歩行による蛋白質デザイン法を提唱し、その広範な利用を推進している。特に、この蛋白質デザイン法によりアフィニティ・リガンド蛋白質の設計を可能にするための基盤技術開発を進めている。近年、蛋白質医薬品分野が急成長しており、その製造・精製プロセスのプラットホーム技術の高度化が要望されているが、この蛋白質デザイン法とともに、当グループで開発した蛋白質の配向制御固定化技術を用いることにより、こうした技術としてのアフィニティ精製技術の

開発に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目 1

健康維持機能物質開発研究グループ

(Physiologically Active Substances Research Group)

研究グループ長：丸山 進

(つくば中央第6)

概要：

各種生活習慣病の防止や改善、皮膚の健康維持のための機能性物質を開発し、特定保健用食品、化粧品などとして実用化することを目標とする研究を行っている。以前の研究で見出した食品由来の血圧降下ペプチドを含有する飲料は「血圧が高めの方の特定保健用食品」の表示が初めて許可された食品として実用化され、最近では海外でも広く商品化されている。また、沖縄の2種類の亜熱帯植物から得た抽出物を化粧品原料として実用化している。本年度は、早朝高血圧の管理を目的として、持続時間の長い血圧降下ペプチドの開発を行った。また、食用・園芸球根植物について生活習慣病改善のためのアディポサイトカイン産生調節物質を明らかにするとともに、炎症性サイトカイン TNF- α の産生抑制物質としてヒガンバナアルカロイドを見出した。他に、アミロイド関連疾患対策の基盤技術の開発をめざして、アミロイド集積体の高次構造解明を進め、また、新たなスクリーニング系の開発なども行った。

研究テーマ：テーマ題目 2

生物時計研究グループ

(Biological Clock Research Group)

研究グループ長：大石 勝隆

(つくば中央第6)

概要：

地球上のほとんどすべての生物には体内時計が存在し、活動（睡眠覚醒）リズムのみならず、体温、血圧、糖・脂質代謝や薬物代謝などの様々な生理機能の概日リズム（サーカディアンリズム）を制御している。近年、ヒトを含む哺乳類において時計遺伝子により制御される体内時計の分子機構が解明されてきた。高等生物における体内時計のシステムは、入力系・振動体・出力系が、個体レベルで神経系や内分泌系によって複雑かつ強固に制御されている。我々は、個体としての体内時計のリズム発振機構を、分子レベルで明らかにしてゆくことを目標としている。

近年の時計遺伝子の機能解析によって、体内時計が様々な疾患の発症や症状に直接的に関与している可能性が示されている。一方、現代社会においては、社会の24時間化に伴い、睡眠障害やうつ病、不登校などの神経症が急増しており、体内時計との関連性が注目さ

れるようになった。体内時計と様々な疾患などに起因した代謝異常との関連性を解明することにより、従来とは異なるメカニズムを介した新規な治療法の開発が可能になるものと考えられる。我々は、体内時計と様々な疾患発症との関連性を分子レベルで明らかにすることにより、時間医療・時間薬理学分野へ貢献するとともに、食を中心とした生活習慣と体内時計との関連にも着目し、予防的観点から国民の健康医療に貢献することを目指している。

研究テーマ：テーマ題目 3

分子細胞育種研究グループ

(Molecular and Cellular Breeding Research Group)

研究グループ長：本田 真也

(つくば中央第6)

概要：

細胞や生体分子が有する高度な機能の広範な産業利用を促すため、これらを合目的に改良する新たな基盤技術（分子細胞育種技術）の研究開発を行う。その遂行においては、細胞や生体分子が高い機能を実現する合理的な機械であるという側面とそれらが長久の進化の所産であるという側面を合わせて深く理解することを重視し、そこに見出される物理的必然性と歴史的偶然性を有機的に統合することで、新たな「育種」技術の開拓を図ることを基本とする。また、技術開発課題の立案においては、内外のライフサイエンス・バイオテクノロジー分野における技術ニーズを把握し、現実的な社会還元が期待される適切な対象と方法論を選択することに努める。

研究テーマ：テーマ題目 4、テーマ題目 5

RNA プロセッシング研究グループ

(RNA Processing Research Group)

研究グループ長：富田 耕造

(つくば中央第6)

概要：

DNA から RNA へと遺伝情報が転写された後、RNA は多岐にわたるプロセスを経て機能しうる RNA へと成熟化される。この成熟化プロセスにおいて、多くの RNA の3' 末端には DNA 上にコードされていない配列が鋳型非依存的 RNA 合成酵素によって合成付加される。また、RNA ウイルスのゲノム複製、転写を行う RNA 合成酵素は、宿主の翻訳因子と複合体を形成して、機能することが知られている。本研究グループでは、これらの鋳型を用いないで特定の配列を合成することができる RNA 合成酵素、宿主の翻訳因子と複合体を形成して機能するウイルス由来 RNA 合成酵素複合体に注目し、その機能と構造の相関を、生化学、遺伝学、構造生物学的手法を用いて基礎的な反応機構や特異性の分子機構を明らかにするこ

とを目的としている。さらに、これらの RNA 合成装置の制御機構を解明することを目指す。

研究テーマ：テーマ題目 6

ナノバイオデバイス研究グループ

(Nano-biodevice Research Group)

研究グループ長：丹羽 修

(つくば中央第6)

概 要：

センシング特性に優れた新規ナノバイオ薄膜材料、免疫系分子、非免疫分子、酵素等を利用した高精度な分子認識界面を構築し、生体分子を高感度に検出可能なセンシング手法を開発する。合わせて、検出法の高感度化、マイクロナノ加工技術を融合した前処理工程の集積化や多項目試料測定が可能なデバイスの実現を目的とする。

具体的な研究手段、方法論として、スパッタカーボン薄膜を用いた遺伝子関連分子の高感度検出、新規なナノ加工法による酵素との電子移動特性に優れたナノ構造電極の開発、非免疫的な手法によるタンパク質の高感度検出の試み、ナノインプリンティング法など微細加工技術による基板作製と多項目センシングに向けての基礎検討などを行った。

研究テーマ：テーマ題目 7、テーマ題目 8

バイオ界面研究グループ

(Biointerface Research Group)

研究グループ長：矢吹 聡一

(つくば中央第6)

概 要：

生体分子が機能を発現し、あるいは、活性を発揮する場として、界面での反応等が少なくない。また、これらの分子を生体外で利用する際にも、界面での利用の場合が考えられる。本研究グループでは、このような生体分子が関与した界面での反応等を解析するとともに、効率よいその利用を目指した研究開発を行うことを目的としている。すなわち、生体分子の界面での挙動を明らかにするとともに、その利用に向けて研究開発を行うことを主たる目的とする。本年度は、界面でのタンパク質吸着現象を元にした2次元配列化と、その評価、タンパク質等分子の高感度検出システムの開発、生体分子の長期安定化膜開発や、生体分子を利用したエンドトキシンの高感度検出に向けて研究開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目 9、テーマ題目10

バイオメジャー研究グループ

(Bio-Measurement Research Group)

研究グループ長：関口 勇地

(つくば中央第6)

概 要：

(1) 産業や医療分野などでのバイオメジャー項目の国内及び国際的な標準化（標準プロトコールの作成、標準物質の整備など）に資する技術開発と基盤整備
バイオメジャー（生体由来物質の計測）は広く産業、医療分野等において行われているが、その計測のトレーサビリティ体系は未整備であり、国内および国際的なレベルでの計測の標準化は今後の大きな課題である。本課題では、バイオメジャー標準化の推進に向け、そのための課題整理とニーズ調査を進めるとともに、そのために必要な技術的検討を行った。バイオ計測の国際標準化に関して、国際度量委員会物質量諮問委員会バイオアナリシスワーキンググループおよび ACRM（認証標準物質に関するアジア地域における協力のための会議）に参加し、バイオ計測の標準化に関する議論に参加、貢献した。核酸計測の国際比較では、遺伝子組換え作物混入量測定に関する国際比較に参加した。その他、遺伝子組換え微生物の環境中モニタリング技術の開発とガイドライン策定のため、次世代 DNA シークエンサを利用した複合微生物群解析技術に関する検討を実施した。

(2) 生体由来物質（核酸、ペプチド・タンパク質、代謝物、細胞、その他個体としての生命活動など）を検出・定性・定量するための新しい有用な基盤技術の創成

生体由来物質を対象とした計測分野のさらなる発展は、今後のバイオテクノロジー分野、医療分野等の進歩に大きく寄与する。本課題では、核酸や動物細胞を中心に、それらバイオメジャー技術を進展させるための有用な基盤技術の開発を行った。遺伝子量評価、あるいは遺伝子発現解析を念頭に、エンドポイント定量法など、核酸を配列特異的に検出、定量を行う新規な手法の開発と、その応用を行った。また、微生物由来核酸の定量技術開発、動物細胞のバイオピリティーを評価するための新規手法の開発を行った。また、ヘリカーゼなどの核酸と相互作用する酵素の活性を迅速かつ網羅的に評価するための基盤技術開発を進めた。

研究テーマ：テーマ題目11、テーマ題目12

脳遺伝子研究グループ

(Molecular Neurobiology Research Group)

研究グループ長：戸井 基道

(つくば中央第6)

概 要：

高齢化社会に伴い増加の一途をたどる神経筋疾患・精神疾患に対して、その発症予測や治療、機能回復への社会的要請が強まりつつある。しかしながら、神経細胞の分化やネットワーク形成、可塑的変化の分子レ

ベルの理解は依然として十分ではなく、それが疾患の予測・治療手法や機能改善・代替手法の開発が進まない原因の一つとなっている。そこで当研究グループでは、グループの強みである遺伝子解析技術と光学的イメージング技術に基づいて、神経細胞の維持・再生・移植技術に関する基礎技術の提供を研究目標としている。特に、マウスや線虫などモデル生物の遺伝子操作や、培養細胞への遺伝子導入手法により、神経細胞の基本特性の制御に関与するキー遺伝子群の機能や神経筋疾患に関連した遺伝子産物機能、さらには脳内神経ネットワークの形成・維持制御機構等を解明する。そのために、上記のモデル動物等を用いて、神経維持や疾患に関与するキータンパク質群の生体内での動態解析技術や、疾患変異型モデル生物を用いた新規のスクリーニング技術の開発を行っている。同時にこれらの解析に必須である、分子・細胞・個体レベルでの生体現象を可視化する新たな顕微鏡システムや観察基盤技術の開発も進めている。

研究テーマ：テーマ題目13

脳機能調節因子研究グループ

(Molecular Neurophysiology Research Group)

研究グループ長：亀山 仁彦

(つくば中央第6)

概要：

生物の細胞間・細胞内の情報伝達は生体分子の相互作用により制御されている。これら生体分子が本来持っている機能を解析しそれを利用する技術開発・機器開発などを遂行する。具体的には生理活性ペプチド、タンパク質、核酸、糖鎖などが結合する標的分子の認識機構を主に分子生物学的手法により解析し、分子間相互作用機構を利用した創薬に資する技術開発、機器開発などを行う。生理活性ペプチドの構造骨格部分を保存し、標的認識部分に変異を導入した人工 cDNA ライブラリーを作成し分子進化工学的手法により新たな標的分子を認識できるように試験管内で高機能化する手法を開発中である。

研究テーマ：テーマ題目14

シグナル分子研究グループ

(Signaling Molecules Research Group)

研究グループ長：今村 亨

(つくば中央第6)

概要：

当研究グループでは、各種組織を構成する細胞の、増殖・分化・機能等を制御するシグナル分子を研究の起点として、ヒトなど高等動物の細胞と個体の機能制御メカニズムに関する新知見を獲得するための研究を推進している。さらに、得られた知見を活用し、シグナル分子とその制御分子を用いて生命現象を細胞レベ

ル・個体レベルで評価・制御するテクノロジーを開発し、創薬と医療支援に係る産業の振興に資することを目標としている。そしてこれらの目標に向けた、シグナル分子を起点とした研究による知見の獲得とその利用という研究取り組みが、ライフサイエンス分野における本格研究の実現に有効であることをその研究活動を通じて示すことを、随伴的目標と位置づけている。

研究テーマ：テーマ題目15、テーマ題目16、テーマ題目

17

構造生理研究グループ

(Structure Physiology Group)

研究グループ長：佐藤 主税

(つくば中央第6)

概要：

神経細胞を含む様々な細胞、微生物の構造と機能の制御機構を、主に電子顕微鏡技術を利用して、分子・細胞・神経回路網レベルで研究しています。光学顕微鏡で細胞を観察する際、分解能は200nm までが限界だが、電子顕微鏡は2Å にも達する高い分解能を誇る。しかし従来の方法ではタンパク質は、微かに薄い像としてしか写らない。薄い像でも膨大な数の電顕像を組み合わせれば、高分解能の3次元構造を計算できる。我々は、この単粒子解析技術を、情報学を駆使して開発し、神経興奮の発生や、Ca シグナル、痛みの伝達、アルツハイマー症などに関係する様々な膜タンパク質の構造決定に成功した。さらに、もう少し大きな細胞内の微細構造を観察するために、半導体製造で用いるSiN 薄膜越しに液体中の細胞を直接 SEM で見る全く新しい電子顕微鏡を、(株)日本電子と共同開発した。これらの技術を X 線結晶解析などの方法と組み合わせながら、構造と機能の関連を広く研究している。

研究テーマ：テーマ題目18、テーマ題目19

セルメカニクス研究グループ

(Cell Mechanics Research Group)

研究グループ長：中村 史

(つくば中央第4)

概要：

本研究グループは、細胞の有する機械的な運動機能、関連する生体分子の構造と機能を明らかにし、医療、創薬、あるいは細胞そのものを応用する新産業に貢献する研究を推進する。ミオシン、キネシン、ダイニンなどの分子モータータンパク質は、生物の機械的運動機能の根源的存在である。また、アクチンは種々の遺伝病に関係し、また細胞による力感受は分化誘導に重要であることも明らかとなりつつある。また近年、前立腺癌の転移にネスチンが深く関わる等の報告があり、中間径フィラメントのダイナミックな変化は細胞の動態を司り、病理メカニズムにおいて重要な役割を果た

していることが明らかになりつつある。これら細胞骨格系タンパク質の構造変化に基づく新規機能を解明し、創薬標的としての基盤情報を確立する。また、近年 iPS 細胞に代表されるように幹細胞を制御する工学に注目が集まっているが、実用化のためには高度な細胞制御技術が必要となる。これらの研究は、バイオインフォマティクス、ナノテクノロジーなどの分野融合によって生み出される全く新しい生体分子工学、細胞工学の体系の構築とこれを利用した産業の創出に資するものである。

研究テーマ：テーマ題目20、テーマ題目21

細胞増殖制御研究グループ

(Cell Proliferation Research Group)

研究グループ長：ワダワ レヌー

(つくば中央第4)

概要：

我々の研究グループはこれまで細胞の老化や不死化、癌化などについての基礎研究を積み重ねてきた。独自に同定したモータリン (hsp70ファミリーに属するタンパク質) は、ヒトの癌と老化病に強い関わりがあることが明らかになってきた。我々はモータリンに対する抗体の細胞内在性を明らかにし、細胞を追跡するナノ粒子の構築に成功した。モータリンの染色は正常細胞と癌化細胞の区別にも応用できる。また、癌抑制タンパク質 p53の制御因子として同定した CARF 遺伝子が細胞老化に深く関わっていることを明らかにした。CARF 遺伝子に対する siRNA がガン治療に応用できる可能性を見出した。さらに薬剤耐性とガン転移に関わる遺伝子スクリーニングを行っている。

老化や癌化の分子メカニズムを探索するため、siRNA ライブラリーや cDNA 発現ライブラリーを用いたスクリーニング実験も行っている。我々がインドに自生する植物アシュワガンダの葉から新規に同定した薬効成分についても解析を進め、抗癌活性や抗老化活性のある成分や関連する遺伝子群を同定している。

その他にも、タンパク質を構成しないノンコーディング RNA (ncRNA) に着目し、生きたままの細胞内で ncRNA を蛍光検出する新規手法を通じて分子解析を進めている。上記のような標的因子の細胞内での挙動を制御することで、細胞の不死化や癌化を自在に操ることができる技術の開発を行い、「より良い医薬品の開発・提供」や「健康産業の創造」に貢献できるような研究活動を行っている。

研究テーマ：テーマ題目22、テーマ題目23、テーマ題目24

分子複合医薬研究グループ

(Molecular Composite Medicine Research Group)

研究グループ長：宮岸 真

(つくば中央第6)

概要：

分子複合医薬グループでは、多様な機能分子と様々な技術要素を複合的に組み合わせた医薬技術の開発、および、健康な社会の実現を目指し、タンパク質構造から、細胞・個体レベルに及ぶ、多面的なテーマに取り組んでいる。構造解析に関しては、遺伝子発現調節因子、疾患関連因子を対象とし、NMR 分光法や X 線結晶回折法などの構造生物学的解析を中心とした物理化学的アプローチにより、機能発現に関わる分子認識機構の解析を行なっている。抗体医薬を目指した取り組みとして、人工ライブラリーシステムの高度化に関する技術開発、シグナル分子や関連分子を認識するモノクローナル抗体作製・応用化技術の開発を行っている。ポスト抗体医薬として注目されている核酸医薬の開発を進め、次世代アプタマーを用いた検出系、核酸医薬品の開発を行っている。また、疾患のターゲット分子を容易に明らかにする技術として、トランスフェクションアレーを用いた癌転移に関わるターゲット分子の探索、および、ペプチドを用いたアレー技術の開発を行っている。個体レベルの研究としては、消化管免疫の分子機構の解明、および、脳におけるてんかん、モルヒネ鎮痛効果の分子機構の解明等を行い、医療技術や医薬品の開発へと展開を図っている。

研究テーマ：テーマ題目25、テーマ題目26

バイオマテリアル研究グループ

(Biomaterial Research Group)

研究グループ長：芝上 基成

(つくば中央第5)

概要：

脂質は生体内で重要な働きをするバイオ分子のひとつである。その機能は様々な生理活性から膜蛋白質の機能発現のための「場」の提供、さらには生体膜の構築まで広い範囲に渡っている。生体に見られるもう一つの重要なバイオ分子は糖鎖である。その機能は蛋白質などの他の分子を認識することで種々の生体内反応において重要な役割を果たすことや、エネルギーの貯蔵などで、やはり多岐に渡る。このように脂質や糖鎖やその分子群は材料創製の観点からも極めて魅力的な素材である。しかし機能分子として本来有する機能を十分に発揮させること、および新たな機能を付与することは天然のかたちのままでは必ずしも容易ではないし、また天然のままでは材料としての機能が不足する場合もありうる。本グループではこの問題解決において有機合成の力を活用するところに特徴がある。すなわち、天然の脂質や糖鎖をモデルとする、新材料の構成分子として適当なかたちの機能分子を合成すること、および天然のこれらの分子に化学修飾を施すなどの手法で新たな材料を創製することがグループの共通目標

である。その中で平成22年度には、主として新規糖脂質の合成に取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目27

連携研究体バイオ技術産業化センター

(Collaborative Research Team Biotechnology

Industrialization Center)

連携研究体長：軽部 征夫

(東京本部八王子支所)

概要：

民間企業との共同研究を重視しつつ、東京工科大学と連携して、バイオ技術の産業化に関する研究を行った。前身のバイオニクス研究センターおよび現組織の連携研究体では、バイオ関連材料の高度な機能を利用したバイオセンシング、タンパク質解析ツールの開発に関する研究を中心に研究を行ってきた。平成22年度では、タンパク質解析のための高速全自動二次元電気泳動システムの開発とプロテオーム解析への応用、自己血糖値測定センサーチップの製品化に関する研究、尿中・血中の酸化ストレスマーカー等の健康マーカーを高精度・迅速に測定する方法の開発、人工知能搭載型植物工場を用いた有用植物栽培に関する研究、生化学・臨床分析用蛍光分子プローブの開発、バイオマイクロマシン技術を用いたバイオ MEMS センシングデバイスの開発に関する研究を行った。

研究テーマ：テーマ題目28

細胞情報工学連携研究体

(Cell Informatics Collaborative Research Team)

研究グループ長：三宅 正人

(臨海副都心センター)

概要：

低頻発性薬剤誘導性肝毒性は臨床試験では知ることができないリスクであり、患者の個人差によるところが大きい。本連携研究体は遺伝統計的手法と細胞解析技術を統合した新しい技術開発を進め、低頻発性薬剤誘導性肝毒性のマーカー探索を可能にすることを目指している。さらにその技術を一般化することで、個別化医療の実現に向けた研究市場の創出を企業とともに目指している。

研究テーマ：テーマ題目29、テーマ題目30

【テーマ題目1】蛋白質デザインに関する研究

【研究代表者】巖倉 正寛

(蛋白質デザイン研究グループ)

【研究担当者】巖倉 正寛、末森 明夫、広田 潔憲、横田 亜紀子、竹縄 辰行

(常勤職員5名、他7名)

【研究内容】

欲しい機能を有する蛋白質を確実に創成する技術とし

ての「配列空間探索による蛋白質デザイン法」の実証研究、および、デザインした蛋白質利用としての配向制御固定化による生体外での蛋白質利用技術開発研究を行っている。

配列空間探索による蛋白質デザイン法の実証研究では、ジヒドロ葉酸還元酵素と*p*-ヒドロキシ安息香酸ヒドロキシラーゼを対象に変異解析を進めている。前者に関しては、網羅的な一アミノ酸置換変異体を作製し、その特性として酵素活性、補酵素活性、熱安定性などを解析しデータベースの構築を行ってきたが、未取得変異体の構築と特性解析を行い、データベースの完成度を向上させた。後者に関しては、系統的に作製した一アミノ酸置換全変異体の特性データを利用し、複数の特性を同時に改良する方法の開発を行っている。特に、特性を向上できる変異導入部位を効率的に特定するための方法の開発を進めた。

このデザイン法の実用性を実証するために、プロテイン A 及びプロテイン G をフレームとしたリガンドに関する網羅的な一アミノ酸置換変異解析を行い、精製した蛋白質のライブラリーを作製し、その機能として中性条件下におけるヒトイムノグロブリン G との結合活性の測定をほぼ完了した。また、配向制御固定化を活用したタンパク質アレイを開発してきたが、各種リガンドタンパク質をアレイ化し、独自に開発したアレイ検出装置を用いて、アフィニティ・リガンドとしての特性解析を行った。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】蛋白質デザイン、配列空間探索、配向制御固定化、蛋白質構造形成機構、アフィニティ・リガンド

【テーマ題目2】健康維持機能物質の開発

【研究代表者】丸山 進

(健康維持機能物質開発研究グループ)

【研究担当者】丸山 進、山崎 幸苗、森井 尚之、河野 泰広、市村 年昭、小川 昌克
(常勤職員6名、他3名)

【研究内容】

高血圧症や糖尿病など生活習慣病の予防・改善のための機能性物質を開発し、実用化することを目標として以下の研究を行った。早朝高血圧の管理を目的として、高血圧自然発症ラットに経口投与した発酵食品抽出物が7時間以上の血圧降下作用を示すことを確認、これを材料に、投与後7時間で血圧降下作用が最大 (20 mmHg) となるペプチドを開発した。食用・園芸球根植物について生活習慣病改善のためのアディポネクチンの産生増進作用を見出すとともに、生姜から得た3種の化合物に PAI-1 産生抑制作用があることを明らかにした。炎症性サイトカイン TNF- α の産生抑制物質としてヒガンバナ球根に含まれるリコリンとリコシディノール等のアル

カロイドを見出した。

アルツハイマー病などの神経細胞変性疾患はそれぞれに特有のタンパク質の集積が関係すると考えられている。このようなアミロイド関連疾患発症の分子機構解明とその対策基盤技術開発をめざして、アミロイド集積体の構造解明を行った。原子量13炭素同位体を含むアミノ酸、特異的反応性を有するアミノ酸、非天然型のメチル化アミノ酸などで部位特異的にかつ系統的に置換したアミロイドベータタンパク質を調製し、そのアミロイド形成性と各種構造情報の解析からアミロイド化進行には分子内の水素結合が重要な役割を有していることが示唆された。また、高次の分子間配向についてのモデル構造を実験結果をもとに構築した。また、新たなスクリーニング系開発の一環として、インフルエンザウイルスの細胞への結合機能を担うウイルス膜タンパク質であるヘマグルチニンに GFP タグを付加して動物培養細胞に発現させるための条件検討を行った。GFP タグ付きヘマグルチニンが5日間ほど培養細胞の生育を阻害することなく三割以上の細胞に発現する条件を見出した。この知見は、培養細胞による発現系がインフルエンザウイルスの標的細胞への結合を評価するスクリーニング系に適することを示唆する。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 生活習慣病、高血圧症、糖尿病、アディポネクチン、ポリフェノール、アルツハイマー病、アミロイド、インフルエンザウイルス

【テーマ題目3】 生体メカニズムの解明とその制御物質の探索

【研究代表者】 大石 勝隆（生物時計研究グループ）

【研究担当者】 大石 勝隆、大西 芳秋、宮崎 歴、富田 辰之介（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

(1) モデル動物を用いた体内時計のリズム発振機構の解明

現在わが国においては、社会の24時間化に伴う精神的・肉体的・経済的諸問題が深刻化してきたことから、体内時計の乱れに起因する睡眠障害（概日リズム睡眠障害）の改善が強く望まれている。ヒトの睡眠障害においては、多くの場合、遺伝子変異による先天的な原因よりも、ストレスなどの環境因子が原因となっていると考えられる。そこで我々は、ヒトへの外挿が可能なストレス性睡眠障害モデル動物を作製することにより、世界で最初の睡眠障害に関するバイオマーカー開発を目指して研究を行っている。様々なストレス負荷を行い行動リズムに対する影響を検討したところ、ヒトの不眠症に酷似した表現系を示すストレス条件を開発することに成功し、脳波解析の結果からも、昼夜の睡眠覚醒リズムの消失や深睡眠の減少、睡眠の断片化

などの不眠症症状が見られることが示された。本ストレス性睡眠障害モデルマウスについて、今後さらなる評価を行った後、睡眠障害に関するバイオマーカー開発や生体リズムを制御する食品成分のスクリーニング等を進めることが可能であると考えられる。

(2) 体内時計の調節機能を有する機能性分子の探索

時計遺伝子 *BMAL1* のプロモーター領域を組み込んだルシフェラーゼ（レポーター）遺伝子を恒常的に発現する細胞株を樹立し、この細胞を用いて、体内時計に作用する化合物のスクリーニングを行ってきた。本年は、植物アルカロイドであるハーミンが *BMAL1* 遺伝子の転写調節に影響を与えることを見出し、その分子メカニズムの解明を目指した研究をスタートさせた。

(3) 体内時計と代謝性疾患（肥満、糖尿病、血栓症）や神経性疾患（睡眠障害、うつ）などの疾患発症との関連性に関する研究

肥満や糖尿病などの代謝異常に伴う血栓傾向には、血液線溶系の強力な阻害因子であるプラスミノゲンアクチベーターインヒビター1（PAI-1）の増加が関与しているものと考えられている。我々はこれまで、体内時計を制御している時計分子 *CLOCK* が *PAI-1* 遺伝子の時刻依存的な転写調節に *CLOCK* 分子が関与していることを明らかにし、さらに代謝異常に伴う *PAI-1* 遺伝子の発現亢進にも体内時計が何らかの形で関与している可能性を示してきた。本年は、この代謝異常に伴う *PAI-1* 遺伝子の発現亢進に、核内受容体 *PPAR α* （ α 型ペルオキシソーム増殖剤活性化受容体）と時計分子 *CLOCK* との直接的な相互作用が関与していることを明らかにし、論文に発表した（*Mol Pharmacol*, 2010; *Chronobiol Int*, 2010）。

肝臓におけるグリコーゲン合成に概日リズムが存在することは従来から知られていたが、これは単に摂食のリズムによって規定されているのではなく、体内時計によって制御されている内因性のリズムである。我々は、肝グリコーゲンの合成リズムが、絶食下においても維持され、時計遺伝子 *Clock* の変異マウスでそのリズムが消失することを明らかにした。さらに、このグリコーゲン合成のリズムが、グリコーゲン合成の律速酵素であるグリコーゲン合成酵素2（*GYS2*）に依存しており、時計分子 *CLOCK* が *Gys2* 遺伝子の発現リズムを直接的に制御していることを明らかにした（*J Biol Chem*, 2010）。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 体内時計、睡眠障害、食品、血栓症、糖代謝

【テーマ題目4】 タンパク質の分子育種技術の開発

【研究代表者】 本田 真也

（分子細胞育種研究グループ）

【研究担当者】 本田 真也、村木 三智郎、

小田原 孝行、渡邊 秀樹
(常勤職員4名、他5名)

【研究内容】

タンパク質医薬等のバイオ製品の製造プロセスにおける低コスト・高効率生産、及びそれらの品質管理に係る技術体系の整備に資するため、タンパク質の構造安定性の解析、タンパク質の構造多様性の解析、膜タンパク質の結晶化機構の解明等を進め、これらの理解に基づく、有用タンパク質の凝集性評価技術の開発、有用タンパク質の機能改変技術の開発、進化分子工学的手法による機能性人工タンパク質の創出等を行う。

β シート構造の変化の検出に優れた特徴を有する赤外分光法を用いて、抗体の変性凝集過程を迅速に検出する技術の開発を進めた。全反射型セルを用いたフーリエ変換赤外分光法の採用により、タンパク質溶液中の水の吸収や凝集による透過光の散乱・減衰に起因する問題が回避されることを確認し、再現性の高い安定な赤外分光スペクトルを得るための測定条件、加熱に伴う抗体溶液の変性凝集過程を感度よく迅速に検出するための測定条件を確立したのち、実験計画法にもとづく28種の溶媒条件のモデル抗体の加熱凝集過程を解析した。また、動的光散乱法等による可溶性凝集体の検出基盤を整備し、パイロットスケールの培養液から開発中のプロトタイプアフィニティ担体で精製された、20種以上の精製抗体の物理化学的品質を系統的に評価した。

ヒト体内でのアポトーシスによる癌化細胞などの有害細胞の除去に深く係わり、創薬における標的分子としても重要と考えられるヒト Fas レセプタータンパク質の細胞外ドメインについて、前年度までに構築したヒト IgG1-Fc ドメインとの融合タンパク質に関するカイコ幼虫を宿主とするバキュロウイルス系により得られる発現産物の効率的な精製方法を開発し、精製試料の活性について検討した。プロテイン G 担持カラムならびに陰イオン交換カラムを用いた精製を行った結果、発現誘導カイコ幼虫体液26mL より最終収量22.5mg のヒト Fas リガンド細胞外ドメインとの安定な複合体を形成する精製物が調製可能となった。

内在性膜タンパク質は模倣すべき機能のみならず薬の標的としても重要なものが多数存在する。生体膜の脂質組成を変化させることで温度や栄養状態等の環境変化に対処することが広い生物種で確認されており、これに関する内在性膜タンパク質の物理化学的な知見は、機能の最適化や目的にあった分子設計には欠かせない情報となる。そこで、内膜の組成や構造について比較的研究が進んでいる *R. viridis* と *R. rubrum* をモデル細胞として選択し、いろいろな生育段階まで、あるいはさまざまな温度で生育した細胞の内在性膜タンパク質の熱変性過程を調べた。得られた結果から、内在性膜タンパク質の熱安定性が環境変化や生理的な状態に影響をうけるか、あるいは生体膜の組成や構造の違いを反映するのかについて

分子レベルで分析した。

10残基で安定にフォールドする極小蛋白質シニョリンを基にした独自の人工蛋白質設計手法を考案し、新たな機能を有する新規人工蛋白質を創出した。シニョリンを基本分子骨格として、これを起点に数残基長のランダム配列を導入した分子ライブラリーを構築、ファージディスプレイ法等による結合性選択を行い、標的モデルタンパク質に親和性を示す分子を取得した。表面プラズモン共鳴による結合評価試験の結果、ナノモルオーダーの解離平衡定数で標的に結合することが明らかになった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タンパク質、抗体、安定性、バイオ医薬、発現生産、精製、膜タンパク質、ファージディスプレイ

【テーマ題目5】 微生物及び植物における細胞育種技術の開発

【研究代表者】 鈴木 馨 (分子細胞育種研究グループ)

【研究担当者】 鈴木 馨、藤田 篤 (常勤職員2名)

【研究内容】

微生物及び植物における新たな分子育種技術の開発に向け、酵母の細胞極性制御に関与する因子等の遺伝子やシロイヌナズナの老化や環境応答の制御に関わる転写因子等の遺伝子について機能解析を行い、有用な遺伝子の特定とその利用技術の開発をめざす。

分裂酵母において細胞伸長方向を制御する G 蛋白質 *arf6p* の活性化因子 *ucp3p* の解析を行った。*ucp3* 遺伝子は過剰発現によって、一方向からの細胞伸長のみを助長し、極性制御への関与が示唆された。

渇水条件でのバイオマス生産性が向上する *BZF1* 遺伝子過剰発現シロイヌナズナにおいて、光合成や糖代謝への影響について解析を行った。*BZF1* 遺伝子過剰発現によって、通常の生育条件下での蒸散や光合成の能力に明瞭な差が生じないことが示唆された。一方、外生的に与えた糖の利用能力が低下することが示唆された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 酵母、植物、遺伝子、転写因子、発現制御、代謝制御、バイオマス

【テーマ題目6】 RNA 合成プロセス装置の機能と構造

【研究代表者】 富田 耕造

(RNA プロセッシング研究グループ)

【研究内容】 富田 耕造 (常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

DNA から RNA へと遺伝情報が転写された後、RNA は多岐にわたるプロセスを経て機能しうる RNA へと成熟化される。この成熟化プロセスにおいて、多くの RNA の3' 末端には DNA 上にコードされていない配列が鋳型非依存的 RNA 合成酵素によって合成付加される。この RNA 3' 末端配列は、RNA の翻訳、分解、品質管

理等、遺伝子発現に重要な役割をはたしている。本研究では、鋳型非依存的 RNA 合成酵素 (CCA 付加酵素、ポリ A 付加酵素) に注目し、これらの RNA 合成酵素が核酸の鋳型を用いずに特定の配列を付加する分子機構を解明し、核酸の鋳型としての役割が蛋白質へと写し取られた過程の分子進化基盤を探ることを目指す。また、RNA の 3' 末端領域の配列は、RNA をゲノムとして有する太古生命体においては、自分自身の RNA ゲノムの複製、保存のために必要な現在のテロメアとしての機能を有していたという仮説がある。したがって、RNA の末端へ鋳型非依存的に RNA を合成付加する酵素は現在のテロメラーゼに相当すると考えることもできる。本研究では、これら仮説に基づき、ゲノム RNA の 3' 末端領域を認識して、自分自身のゲノムの複製、転写を開始する RNA ウイルス由来鋳型依存的 RNA 合成酵素 (Q β レプリカーゼ) にも注目し、この RNA 合成酵素の RNA 合成の分子メカニズムを解明し、ウイルス RNA 合成酵素複合体の進化基盤を探ることをも目指す。

Q β レプリカーゼのコア複合体 (β サブユニット、宿主由来の翻訳伸長因子 EF-Tu、EF-Ts) の複合体形成分子機構を解明するために、コア複合体の X 線結晶構造解析を行い、構造を決定した。この解析から、EF-Tu、EF-Ts は β サブユニットと疎水的相互作用し、その結果、コア複合体の中の β サブユニットの活性触媒コアの構造が維持されていることが明らかになった。また、生化学的解析から、EF-Tu、EF-Ts と β サブユニットの相互作用は、コア複合体形成に必要であることを示し、EF-Tu、EF-Ts がシャペロン機能を有していることを明らかにした。鋳型 RNA、合成された RNA、付加されるヌクレオチドのコア複合体活性部位へのモデル構築から、ヌクレオチドおよび鋳型 RNA の活性部位へ通じるトンネルを同定した。また、このモデルから、コア複合体内の EF-Tu が、RNA 合成のプロセシブな RNA 伸長反応を促進する“Modulator”としての、翻訳過程での役割を越えた、新たな機能を有する可能性を提示した。

また、本研究ではクラス II 真正細菌由来のポリ A 付加酵素単体および ATP との複合体の X 線結晶構造解析を行い、構造を決定した。この構造をクラス II CCA 付加酵素の構造と比較、および生化学的解析を行うことにより、ポリ A 付加酵素のヌクレオチド特異性の分子基盤、クラス II 酵素群の特異性の違いの分子基盤を明らかにした。

クラス II ポリ A 付加酵素の活性触媒ドメイン、ヌクレオチド結合部位の構造は CCA 付加酵素のそれと非常に似通っていましたが、ヌクレオチド結合部位内のヌクレオチド認識に関わるアミノ酸 (Asp、Arg) の構造が異なっていた。ポリ A 付加酵素ではこれらのアミノ酸が、活性部位の他のアミノ酸と分子内水素結合を形成し、ヌクレオチド結合部位が固い構造をとっていた。その結

果、ヌクレオチド結合ポケットの形と大きさが ATP のみに適したものになっており、保存されたふたつのアミノ酸のうちひとつのアミノ酸 (Arg) のみがヌクレオチドの塩基認識に用いられていることが明らかになった。さらに、ポリ A 付加酵素の、固いヌクレオチド結合ポケット構造の維持は、ヌクレオチド結合ドメインと RNA 結合ドメインとの相互作用によることが示唆された。また、ポリ A 付加酵素の C 末端側領域が、CCA 付加酵素とは異なり一定の構造をとりえない RNA 結合部位であることを明らかにし、この領域は、ポリ A 付加酵素があらゆる RNA をプライマーとして用いて、RNA プライマーを RNA 合成過程において転移させる機能を有することを明らかにした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】RNA、合成、機能構造、複合体

【テーマ題目7】ナノマテリアル材料を利用した高性能センシング素子開発

【研究代表者】丹羽 修

(ナノバイオデバイス研究グループ)

【研究担当者】丹羽 修、根本 直、佐藤 縁、

吉岡 恭子、栗田 僚二、加藤 大

(常勤職員6名、他5名)

【研究内容】

本部門重点テーマ (ナノバイオデバイス、バイオ界面、バイオマテリアルの3グループ担当) は、疾病マーカー分子などを高い感度と選択性で検出するための新規基板材料の開発、新規検出手法の開発、デバイスの新規作製を目指している。具体的には、(1) 電気化学バイオセンシング材料としてのナノカーボン膜電極の開発(2) 分子認識ソフト界面を利用した生体分子 (タンパク質) の高感度認識膜の開発(3) ナノインプリント法を利用した新規な免疫センシング法の開発などを担当した。

(1) では、スパッタ法による各種センシング用電極の開発、酸化損傷 DNA の定量的高感度化など応用検討を行った。8-ヒドロキシ-1-デオキシグアノシン (8-OHdG) は、酸化ストレスにより生成する酸化損傷 DNA で尿中や血中での高感度な計測が必要である。グループで開発してきた電子サイクロトロン共鳴 (ECR) スパッタカーボン薄膜電極を、高速液体クロマトグラフィの検出器として使用すると、①8-OHdG の吸着が抑制され、再現性が大きく向上すること、②市販のグラッシーカーボン電極に比べて検出限界が向上することなどを見出した。また、実際の尿試料を用いて添加回収実験を行い、実試料下で計測可能な事も実証した。

次に、ECR スパッタカーボン薄膜に強い紫外線を照射することにより、発生するオゾンがカーボン膜中にエッチング耐性の低い部分を選択的にエッチングし、ナノ構造体がマスク無しで形成できることを見出した。このナノ構造体電極を用いてビリルビン酸化酵素の直接電子

移動について詳細に検討した。ナノ構造体形成前の平坦な電極では、表面が親疎水性の何れでも高効率の直接電子移動が観測できなかったが、新規に作製したナノ構造表面では、酵素との極めて高効率の直接電子移動が観測された。今後は、この電極を薬物代謝を簡便に調べるバイオセンサやバイオ電池の電極などへの展開する予定である。

(2) では、レクチン（タンパク質）の高感度認識のために、レクチンと特異的相互作用をする二糖を有するアルカンチオール分子と、非特異的な吸着を抑制するトリエチレングリコール-アルカンチオール分子とでハイブリッド分子膜を作製し、コンカナバリン A (Con A) をモデルとして高感度に検出するための膜組成について引き続き検討を行った。また、昨年度、糖鎖部分をラクトシドに変えて膜を作製し、疾病マーカーとして期待されるガレクチンを高感度に認識することにも成功したので、今年度は、ガラクトシド末端糖鎖（天然型、非天然型）アルカンチオール分子5種類について新規に合成、設計し、これまでと同様の手法により、トリエチレングリコールアルカンチオール分子（非特異吸着抑制分子）とでナノ相分離膜を作成し、6種類のガレクチン分子の結合を表面プラズモン共鳴測定（SPR）で評価した。ラクトシド、デオキシラクトシド、ラクトサミン分子は、ガレクチン-3、4、8との相互作用が強いことを明らかにした。複数糖鎖との相互作用の強さのパターンから、ガレクチン分子種の識別の可能性について基礎的な検討を行った。

(3) では、ナノインプリンティング法で作製する微小構造上での表面プラズモン共鳴現象利用した生体分子計測について検討した。ナノホールアレイ形状と屈折率変化に関する基礎検討を行い、屈折率変化に対する波長変化の相関係数が0.999と極めて良好な結果を得た。本ナノインプリンティングデバイスを、疾病マーカータンパク質である腫瘍壊死因子 TNF- α の測定にも応用した。また、ホール内にピラーを形成した複雑な構造作製にも挑戦し、より強いプラズモン共鳴を得られる構造の作製にも着手した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ナノカーボン薄膜、電気化学測定、酸化ストレスマーカー、表面プラズモン共鳴、イムノアッセイ、ナノインプリント、レクチン、表面修飾材料

【テーマ題目8】 特定研究加速予算（理事長配分）：生活習慣病 PJ

【研究代表者】 吉田 康一（健康工学研究部門）

【研究担当者】 丹羽 修、田中 睦生、佐藤 縁、吉岡 恭子、栗田 僚二（常勤職員5名、他3名）

【研究内容】

糖尿病に代表される生活習慣病の医療費増加から、生活習慣病の予防、早期診断は喫緊の課題となりつつある。生活習慣病になる手前「未病」状態を定量的に診断できる方法はない。これは未病状態を診断する確固たる指標群がなく、いくつかの候補となる指標も計測に大型の分析装置と長い分析時間を必要とし実用的でないことが要因であった。そこで、産総研内の各分野に分散していた技術を統合して、未病状態を診断する指標群の開発、指標群を一度に迅速に計測・評価できるシステムの開発、健康データベースから開発した評価システムの有用性の検証を行う。最終的には、企業と共同して新しい健康管理システムとして社会に普及させることを念頭に、2年後に研究者や臨床検査機関において、生活習慣病（特に糖尿病）の早期診断が可能となる評価システムのプロトタイプを提示することを最大の目標とする。そのため、現在までに構築した大学病院、企業等との共同研究体制をより強固に研究を進めるとともに、産総研内の各研究ユニットで個別に展開されている、円盤型溶液駆動方式バイオチップ技術、光学的検出技術、インクジェット法を用いた抗体固定化技術、レーザーを用いた微細加工技術などの統合を強力に推進する。具体的には、これらの技術融合に必要な表面修飾材料の開発を担当した。

マーカー検出にはイムノアッセイ法を用いるため、流路中でも抗体が剥がれ落ちないように、基板表面に効率よく抗体を共有結合固定化できる表面修飾材料の開発を行った。基板表面はシリカであるので、シリカ表面修飾に汎用されているシラン化合物に、温和な条件で抗体を固定化できることが報告されているヒドロキシルシクシイミドエステルを導入したシラン化合物誘導体の合成法を検討した。目的とする表面修飾材料の合成法を確立する一方で、従来困難であった修飾シリカ表面の評価が、導波モードセンサーを用いて抗原抗体反応を観測することによって可能であることを見いだした。導波モードセンサーを用いて修飾表面評価を行ったところ、新たに合成した抗体固定化分子を用いれば、単分子膜に相当する抗体の共有結合固定化が可能であることを見いだした。さらには、タンパク質の非特異吸着を抑制する表面修飾材料として、オリゴエチレングリコールモノメチルエーテルを導入したシラン化合物の合成法を確立した。これら表面修飾材料の非特異吸着抑制効果を、同様に導波モードセンサーを用いて評価したところ、コントロール血清に対しても良好な非特異吸着抑制効果を示すことを見いだした。これらの表面修飾材料を用いて、目標とするシステム構築に着手した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 表面修飾材料、抗体固定化材料、非特異吸着抑制材料、シラン化合物、イムノアッセイ

[テーマ題目9] バイオ界面に関する基盤技術研究開発

[研究代表者] 矢吹 聡一 (バイオ界面研究グループ)

[研究担当者] 矢吹 聡一、飯島 誠一郎、澤口 隆博、石井 則行、平田 芳樹
(常勤職員5名、他1名)

[研究内容]

生体分子の高度な機能を生体外で発現し、これを利用するためには、生体分子の界面での固定、評価、利用などの技術開発が必要である。本研究開発は、このバイオ界面での新規な技術開発を総合的、包括的に実施し、基盤的な技術として確立するのが目的である。

生体分子の固定、評価法の一つとして、タンパク質の気液界面での吸着現象を利用した固定化法を検討した。両新媒性物質クロモイオノフォアを吸着支持物質とし、気液界面にこれの Langmuir フィルムを形成した後、フェリチン等のタンパク質を溶液中から吸着させた。水相の pH、吸着時間等条件を変えて実験を行い、吸着したタンパク質を基板上に転写することで、タンパク質固定化法とした。転写した基板上でのタンパク質について、吸着量、配列等について評価、検討を行った。特に、2次元結晶化の度合いについては、電子顕微鏡像から解析する方法を検討した。また、電子顕微鏡を利用したものと同様の評価、検討を行い得るかについて、蛍光脂質を染色剤として利用し、蛍光顕微鏡を用い簡便に実行する手法の開発に着手した。

また、利用に関する研究では、磁気力変調 SPM (走査型プローブ顕微鏡) を用い、生体分子の分子内構造を調べるため、生体分子の引き延ばし力計測等が測定可能なシステムの試作を開始した。また、音叉型水晶振動子を用いた質量検出型センサを構築し、表面に糖鎖等の修飾を行って、高感度に糖鎖結合タンパク質等が計測できるようなシステムを作製した。次年度以降、これらシステムの実証等を行い、実際に利用可能であるかについて検討を行う予定である。さらには、プルシアンブルー粒子をメディエーターとする酵素電極を作製した。すなわち、予め、プルシアンブルー粒子を修飾した電極を作製し、次いで、酵素等の生体分子を吸着固定化することで簡便に作製ができる。プルシアンブルー微粒子は、アニオン性吸着薄膜にヘキサシアノ鉄錯陰イオンを吸着し、鉄イオン溶液中に浸漬することで得ることができる。吸着量、膜厚、溶液中の鉄イオン濃度等を変えることで、粒子サイズをコントロールできるほか、Cu-Fe 系、Ru-Ru 系など多様なプルシアンブルー類縁体修飾電極を作成することも可能である。現在、微粒子についてさらに詳細な検討を行っている。また、生体分子の吸着量、活性等についても検討を行っている。

以上のように、生体分子の固定化、評価について検討を行うとともに、バイオ界面の利用の一つである、高度検出やセンサについて検討を行った。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 気液界面吸着、二次元結晶、蛍光染色、固定化、SPM、音叉型水晶振動子、プルシアンブルー微粒子、吸着固定化

[テーマ題目10] ナノバイオ技術融合による極微量生体分子の計測解析技術開発

[研究代表者] 矢吹 聡一 (バイオ界面研究グループ)

[研究担当者] 矢吹 聡一、飯島 誠一郎、澤口 隆博、石井 則行、平田 芳樹
(常勤職員5名、他1名)

[研究内容]

部門重点テーマ「ナノバイオ技術融合による極微量生体分子の計測解析技術開発」の研究開発 (標記テーマは、セルメカニクス研究グループ、ナノバイオデバイス研究グループ、バイオマテリアル研究グループ、バイオ界面研究グループの4グループが担当) のうち、当該グループでは、(1) 生体分子固定化膜中に固定化された分子の安定性評価、(2) 糖結合脂質エンドトキシンの高感度検出法の開発、(3) 膜、界面創成用材料開発に供する材料について膜構造測定等評価を行った。

(1) 生体分子固定化膜は、セルロース含有イオン性液体を用い、基板上に生体分子とイオン性液体を塗布した後、水溶液に浸漬し、イオン性液体を溶解、除去することで、セルロース中に生体分子が固定化される方法で作製した。生体分子に酵素を選び、その活性を経時的に計測することで、安定性を評価した。その結果、半年経過後の活性は約9割保持しており、連続的に長期間使用可能なことが明らかになった。また、酵素の動力学的定数を計測したところ、ミカエリス定数について溶液中の値と固定化時の値とほとんど変化がないことが明らかになった。すなわち、溶液中の酵素の状態と、固定化された酵素の状態とほとんど差異が無いと考えられ、標記固定化法は極めて生体分子に対してマイルドな固定化であることが示唆された。このことについては、現在さらに詳細に検討を行っている。

(2) 糖脂質エンドトキシンの高感度検出においては、測定対象のエンドトキシン、リポポリサッカライド (LPS) に特異的に結合する分子ポリミキシン B (PMB) に電気化学プローブとしてフェロセンを導入し、LPS との未結合分子を酵素電極で計測することとした。PMB はポリペプチド鎖で構成されており、アミノ基等の活性基を有する。ここに電気化学的なプローブとしてフェロセンを固定化することで、LPS に対する PMB の結合/遊離分子を計測できると考えた。すなわち、LPS との結合分子は、酵素電極中で電気化学機能を発揮できないのに対し、未結合分子は酵素電極中で、電気化学機能を発揮し、酵素電極の増幅機能を利用することで、高感度に計測できる可能性がある。実際には、この方法を用いることで、PMB を使用していない前報 (ボロン酸を結合分子として使用) と比較し、選択性の

向上が認められ、高精度に LPS 計測を行える可能性が示唆された。

(3) 構造測定評価においては、ホスホリルコリン基とチオール基を持つ分子の金基板上での構造、固定化量等の検討を行った。また、カーボン材料やシリコン、金属酸化物表面に化学結合できる分子の膜構造、膜物性の評価についても着手した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 イオン性液体、セルロース、酵素固定化、エンドトキシン、ポリミキシン、酵素電極

【テーマ題目11】 バイオ・メディカル分野におけるバイオ計測の標準化に向けた研究

【研究代表者】 関口 勇地

(バイオメジャー研究グループ)

【研究担当者】 関口 勇地、川原崎 守、水野 敬文、陶山 哲志、野田 尚宏

(常勤職員5名、他3名)

【研究内容】

バイオメジャー標準化に向け、そのための課題整理とニーズ調査を進めるとともに、そのために必要な技術的検討を行った。また、国内のバイオ計測の標準化に関する窓口を統一化するため、産総研内の関連する各部門、あるいは国内の各組織間の連携体制の構築に向けた取り組みを行った。DNA 計測の品質管理や互換性の向上などを目的とした核酸認証標準物質 (DNA および RNA) の作製と評価を実施し、それぞれの認証標準物質に関してその評価を完了した。バイオ計測の国際標準化に関して、国際度量委員会物質諮問委員会バイオアナリシスワーキンググループおよび ACRM (認証標準物質に関するアジア地域における協力、日本、中国、韓国が参加) に参加し、バイオ計測の標準化に関する議論に参加、貢献した。また、核酸計測の国際比較 (遺伝子組換え作物混入測定) に参加した。その他、組換え微生物等の野外使用における安全性評価手法の標準化のため、次世代 DNA シークエンサーを利用した微生物相モニタリング技術の検討を実施した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 標準化、遺伝子、DNA 定量、PCR、DNA 標準物質、RNA 標準物質、国際比較

【テーマ題目12】 バイオメジャー基盤技術の開発

【研究代表者】 関口 勇地

(バイオメジャー研究グループ)

【研究担当者】 関口 勇地、川原崎 守、水野 敬文、陶山 哲志、野田 尚宏

(常勤職員5名、他15名)

【研究内容】

核酸や動物細胞を中心に、それら生体由来物質の計測 (バイオメジャー) 技術を進展させるための有用な基盤技術の開発を行った。核酸を配列特異的に検出、定量を行う新規な手法を開発した。特定の細菌群を定量するための遺伝子定量技術の開発を進めた。また、次世代 DNA シークエンサーを利用した特定微生物群の定量技術と、その品質を保証するための spike-in 標準 DNA の設計、作製を進めた。さらに、核酸との相互作用を有する酵素の活性を定量的に測定するための評価技術の開発を進め、ヘリカーゼと核酸分子の相互作用を蛍光色素によって定性的・定量的に評価する技術の改良と応用を進めた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 遺伝子、DNA 定量、PCR、マイクロチップ、細胞機能評価、動物細胞、凍結保存、バイアビリティ、バイオイメージング

【テーマ題目13】 モデル生物を用いた標的分子を選択的に認識する創薬基盤技術の開発

【研究代表者】 戸井 基道 (脳遺伝子研究グループ)

【研究担当者】 戸井 基道、海老原 達彦、梶原 利一、古川 安津子、鈴木 えみり、森田 美穂 (常勤職員3名、他3名)

【研究内容】

神経伝達物質受容体を含む細胞膜上の受容体は、細胞外からのシグナルを受容し、細胞内にその信号を伝達することで様々な細胞内変化を誘導するための窓口である。適切なシグナルの受容は、神経情報の伝達を含む細胞機能の正常な維持のために必須であり、細胞死やがんなどの多くの疾患に関与する。本研究テーマでは、この細胞膜上の受容体や輸送体を対象として、これらの膜タンパク質を選択的に認識する分子をスクリーニングする技術を開発する。特に、マウスや線虫等のモデル生物を利用して、生体内で特異性・結合活性を維持した分子を迅速に同定するための新規システムを構築する。これにより、疾患の原因因子である受容体等に対する阻害薬や拮抗薬の候補物質の同定を目指す。また、ヒトゲノム中に見られる多数の SNP 変異の中から、疾患様異常を誘起するポテンシャルを有する SNP 変異を迅速に推定することも試みる。特に、単純な構造を有する線虫を用いた大規模スクリーニングとマウスを用いた哺乳類での解析を連動させて、より確実な候補因子を単離することが可能となる系を構築する。標的となる膜タンパク質として、ナトリウムポンプ (Na⁺/K⁺ ATPase) とセロトニン受容体 (5-HT_{1A}) をパイロット実験の対象とした。ナトリウムポンプの $\alpha 2$ サブユニットの変異は家族性片頭痛の原因となり、 $\alpha 3$ サブユニットの変異は若年性パーキンソン疾患の原因とされている。セロトニン受容体は、鬱などの精神疾患と強く関連している事が良く知られてい

る。平成22年度は、まず線虫を用いて疾患様 SNP を有するヒト遺伝子を発現させたモデル動物の作製とその最適化を試みた。ヒトのタンパク質に対する影響を線虫の体内で効率良くアッセイするために、ゲノム操作により、線虫側のナトリウムポンプ、セロトニン受容体それぞれの相同遺伝子群を全て喪失させた各ラインを確立した。次にヒトナトリウムポンプ α サブユニットの各 cDNA をクローニングし、これを鋳型にしてヒトの疾患家系で見ついている SNPs 変異を導入した疾患型遺伝子を作製した。これらの疾患変異型ナトリウムポンプ遺伝子を線虫に形質転換させ、個々のタンパク質を発現させた疾患モデル動物を得た。遺伝子導入ラインをより効率良く樹立するために、従来形質転換に用いられていたマイクロインジェクション法に加えて、遺伝子銃を用いる方法の DNA 濃度とキャリアーである金粒子の組合せを最適化させた。この方法により、計10個の疾患変異型ナトリウムポンプを安定して発現する線虫を作製する事に成功した。従来方法に比べてこの方法は、ゲノムに組込まれる外来遺伝子のコピー数を少なく制御できる事、一度の遺伝子導入で複数の形質転換体が得られる事などから、多数の変異型形質転換体を作製するのに大変効率的な方法であると言える。作製できたヒト疾患変異型線虫については、神経機能の指標となる行動解析と神経細胞死の解析を進め、どの変異を有することで疾患様機能が表れるのかを推定している。また、来年度以降セロトニン受容体を用いた疾患型モデル生物を作製し、かつ結合因子のスクリーニング方法の開発につなげたい。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】疾患モデル生物、膜タンパク質、創薬支援技術

【テーマ題目14】分子進化学を用いた生体分子の高機能化

【研究代表者】亀山 仁彦

(脳機能調節因子研究グループ)

【研究担当者】亀山 仁彦、久保 泰、鈴木 理、
近藤 哲朗、鶴沢 浩隆、稲垣 英利、
木村 忠史、大塚 幸雄、福田 枝里子
(常勤職員9名、他7名)

【研究内容】

生物の細胞間・細胞内の情報伝達は生体分子の相互作用により制御されている。その中でも特に神経細胞に存在する受容体やイオンチャンネルなどを標的とした生理活性ペプチド、生物毒などに注目し、標的分子認識メカニズムを解析しそれを利用した創薬基盤技術開発・機器開発を行う。

ヘビ・クモなどの毒腺には様々な生理活性ペプチドが存在する。これらの分子は自然界において長い時間をかけた進化の過程で特化した機能を獲得している分子であると考えられる。これら生理活性ペプチドの単離精製・

遺伝子解析の過程で、これらの分子の構造はその基本骨格は保たれているが標的を認識する部位は変化に富んでいることが内外の研究により明らかにされてきた。本グループにおいて新規にタランチュラの毒腺から単離したペプチド GTX1-15は低閾値活性化型電位依存性カルシウムチャンネル Cav3.1を選択的に阻害することを解明した。この毒素は3か所のジスルフィド結合を特徴とするICKモチーフと呼ばれる基本構造を持っている。この毒素の基本構造部分を保ち標的認識に関与すると思われる部分のアミノ酸残基に変異を導入したcDNAライブラリーを作成し、新規の大腸菌発現クローニング実験系に適用した。この発現クローニング系は大腸菌の内膜に薬剤標的候補分子(神経伝達物質受容体、イオンチャンネルなど)を発現させ、大腸菌の内膜と外膜との間のペリプラズムにcDNAライブラリーから翻訳された生理活性ペプチドを発現させる実験系である。標的分子とcDNAライブラリー中の1つの翻訳産物を大腸菌のペリプラズム空間で物理的に隔離させることを特徴とした発現クローニング系であり、翻訳産物と標的分子が結合した場合のみ大腸菌を回収することにより標的分子に選択的に結合するペプチド配列を得ることができる。この手法を用いてカルシウムチャンネルに結合する毒素の骨格を保持しているが、Gタンパク質共役受容体(GPCR)であるムスカリン受容体m2サブタイプに選択的に結合するペプチドを得ることに成功した。さらに他のGPCRに結合するペプチドの取得を目指し、この手法の汎用性に関して検討を予定している。GPCR、イオンチャンネルなどの細胞膜表面に存在する機能分子は薬剤の標的分子として従来より注目されており、開発中の手法により得られるペプチドの構造情報などが創薬の際有効に利用されることが期待される。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】指向的分子進化学、生理活性ペプチド、膜タンパク質

【テーマ題目15】細胞増殖因子の新規機能とシグナル伝達機構の研究

【研究代表者】今村 亨(シグナル分子研究グループ)

【研究担当者】今村 亨、鈴木 理、浅田 眞弘
(常勤職員3名、他9名)

【研究内容】

シグナル分子群の中で生体機能制御の鍵分子である細胞増殖因子の新規機能とそこに介在するシグナル伝達機構の解明を通じ、得られた知見を基に、新たな創薬ターゲットの発掘や新たな生体機能制御技術の開発を行うことを目標としている。平成22年度は、主に代謝調節において機能すると考えられるFGF分子群であるFGF21、FGF19などについて、これまでに見出した新規補助受容体を軸に、FGF受容体分子、糖鎖分子との相互作用を含めたシグナル伝達の解析を進めた。またFGF分子

群の生理機能と糖鎖に関するさらなる詳細な解析を行った。その結果、生理的濃度における FGF19 の特異的、高感度な受容には、標的細胞表面の糖鎖の存在が必須である、という重要な知見が得られた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 シグナル分子、ホルモン、メタボリズム、受容体、補助受容体、グリコサミノグリカン、糖鎖

【テーマ題目16】 癌のシグナル伝達関連遺伝子の機能解明による診断・治療への利用

【研究代表者】 木山 亮一

(シグナル分子研究グループ)

【研究担当者】 木山 亮一 (常勤職員1名、他4名)

【研究内容】

癌のシグナル伝達に関連する癌抑制遺伝子 *Kank* に関わる細胞機能を解明することで、癌の治療・診断や創薬への利用を目標とした基礎研究を行うことを目的としている。具体的には、神経樹状突起の形成や細胞運動に関与する葉状仮足やアクチンストレスファイバーの形成における *Kank* の役割を解明するため、*Kank* タンパク質と相互作用する様々なタンパク質を解析した。さらに、得られた情報をもとに細胞運動や細胞周期などとの関連について明らかにするために、*Kank* 遺伝子の過剰発現やノックダウンによる細胞の形体変化などを指標に *Kank* の機能を解析した。平成22年度は、*Kank* と細胞内輸送に関わるタンパク質との相互作用を明らかにし、細胞分裂などとの関係についても新たな知見が得られた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 癌抑制遺伝子、細胞運動、シグナル伝達

【テーマ題目17】 癌細胞及び幹細胞の制御に関わるシグナル分子・制御分子の研究

【研究代表者】 岡田 知子

(シグナル分子研究グループ)

【研究担当者】 岡田 知子、今村 亨

(常勤職員2名、他3名)

【研究内容】

乳癌は高率で骨髄転移を起し、激しい痛みを伴って大きな社会問題となっている。そこで、新規に樹立した骨髄高転移性乳癌細胞を用いて、乳癌の骨髄転移機構を解析し、高転移性に関わる分子を解明する事を目的としている。これまでに樹立したマウス骨髄高転移性乳癌細胞とその親株との遺伝子発現を比較解析した。平成22年度は、高転移性癌細胞において発現が亢進していたシグナル分子 BMP (骨形成因子) の役割について新たな知見が得られた。この遺伝子発現を抑制すると、高転移性乳癌細胞の運動能及び足場非依存的増殖能の低下、脊椎・肺に対する転移能の有意な低下が導かれる事が明らかになった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 乳癌、骨髄、転移、骨形成因子

【テーマ題目18】 電子線単粒子解析法の開発と新たなタンパク質構造の解明

【研究代表者】 佐藤 主税 (構造生理研究グループ)

【研究担当者】 佐藤 主税、小椋 俊彦、上野 豊、間中 幸絵 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

電子顕微鏡は2Åにも達する高い分解能を誇る。しかし従来の方法ではタンパク質は、微かに薄い像としてしか写らない。薄い像でも膨大な数の電顕像を組み合わせれば、高分解能の3次元構造を計算できる。我々は、この単粒子解析技術を、情報学を駆使して開発し、神経興奮の発生や、Ca シグナル、痛みの伝達に重要なイオンチャンネルを中心に研究してきた。イオンチャンネルは脳において、神経興奮を司る重要な役割を果たし、イオンを情報伝達物質として制御することで様々な高次機能を実現している。しかし、チャンネルの構造解明は結晶をつくることの難しさから容易ではない。我々は結晶を必要としない単粒子解析を開発し、これを用いて、これまで Na チャンネル、IP3受容体チャンネル、TRP チャンネル、ORAI 等様々の心臓疾患や免疫疾患に対する創薬に重要なタンパク質構造を解明してきた。平成22年度は、さらに単粒子解析法を開発し、細胞内膜系のタンパク質である MG23チャンネルの詳細な3次元構造解明に成功した。また、イオンチャンネル以外にも、発癌機構に関連するタンパク質やアルツハイマー症などに関係する様々な膜タンパク質の構造決定に成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 電子顕微鏡、単粒子解析、イオンチャンネル

【テーマ題目19】 新しいSEM電子顕微鏡技術の開発

【研究代表者】 佐藤 主税 (構造生理研究グループ)

【研究担当者】 佐藤 主税、小椋 俊彦、上野 豊、間中 幸絵 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

光顕は生きたまま細胞を観察できるが一般的に分解能がおおよそ200nm内外と低い。電子顕微鏡は、光学顕微鏡では到達し得ない高分解能を達成するツールであり、サブnmレベルの分解能を誇る。しかし、サンプルを真空に置く必要がある。電子顕微鏡は真空に耐えるためには、脱水や蒸着等の長い処理が必要で、柔らかい細胞内構造は壊されることも多い。走査電子顕微鏡 SEM の技術を最新の半導体製造用薄膜技術や細胞培養技術と融合させ、これまでに観察不可能であった細胞内のダイナミックな構造変化を、自然な状態で観察する ASEM を開発した。ASEM は液体中で8nmの分解能で観察できる電子顕微鏡である。ASEM は疎水処理を必要としない

ために免疫電顕としても抗原の保護性能が高く、様々な抗原が検出できる。そのため、金による免疫ラベルや染色法の開発により、今問題となっている様々な疾患に関連するタンパク質の細胞内での局在などを決定する。さらに様々な生物の微細構造、細胞内小器官の観察を可能とする。平成22年度は、さらに ASEM による免疫電顕法を開発した。本方法を用いて、個体発生や癌細胞の転移に重要な CD44タンパク質の細胞における分布の解明に大阪大医学部の村井先生との共同研究により成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 電子顕微鏡、光学顕微鏡、細胞内小器官

【テーマ題目20】 新規セルソーターシステムの開発

【研究代表者】 中村 史

(セルメカニクス研究グループ)

【研究担当者】 中村 史 (常勤職員1名)

【研究内容】

様々な種類の細胞に分化する性質を持った幹細胞を用い、組織等を創製する再生医療は、難治性疾患の治療等を目指す重要な分野である。日本発の iPS 細胞は最も注目を集める幹細胞であるが、未分化細胞による腫瘍形成の問題もあり、その実用化においては目的の分化細胞を正確に判定し、分離することが重要な技術課題である。これを克服することにより、患者個人の iPS 細胞から分化誘導された細胞群から、目的の細胞のみを正確に分離することが可能になる。これにより、腫瘍形成、副作用のない安全な自家細胞移植治療の実現、あるいは患者個人の細胞特性に則した創薬の実現に貢献する。

新規セルソーターシステム開発では、直径200ナノメートルの針「ナノニードル」を細胞に挿入し、細胞内部のタンパク質を結合し、細胞を機械的に釣り上げることにより分離する革新的技術を開発する。独自に開発したナノニードルは何回細胞に挿入しても、生物学的な活性を失うことなく、安全な細胞操作が可能である。針が多数配列されたナノニードルアレイを作製し、多数の細胞を同時に処理できる装置を開発する。現在の技術では、細胞の表面タンパク質を指標に分離が行われるが、これに加えて細胞内部のタンパク質を標的にすることによって細胞種を正確に判定し、効率よく細胞を分離する技術を開発する。標的は骨格タンパク質など、何らかの形で細胞体にアンカーしたタンパク質である。

機械的に細胞を釣り上げ分離するため、接着力の異なる異種細胞の接着力を等しく減弱し、同程度に平準化する必要がある。本研究で用いるマウス胚性癌細胞 P19とマウス繊維芽細胞 NIH3T3は通常培養時の接着力がそれぞれ25 nN、60 nN と大きく異なるため、接着力の平準化のための試験細胞として適している。P19とNIH3T3をトリプシン処理し、細胞表層タンパク質を処理する条件の検討を行った。培養皿に対する細胞の接着力を2 nN 程度に平準化することを目的とし、細胞をト

リプシン処理によって剥離回収し、細胞膜修飾剤 BAM を固定化した基板に再接着させ、接着力を調整する方法を検討した。牛血清アルブミン (BSA) で被覆された表面には細胞は全く接着しない。この BSA に BAM を結合させた複合体を作製し、細胞接着材料として用いた。BAM-BSA 複合体と BSA を様々な比で混合し、ガラス基板に吸着させ、BAM-BSA 固定化基板を作製した。回収した細胞を、BAM-BSA 固定化基板に播種し、AFM 探針で強制剥離させることによって、細胞接着力の測定を行った。P19と NIH3T3で検討を行った結果、BAM-BSA 複合体と BSA の混合比を1:10にした場合には3 nN 程度、1:100の場合は1.5 nN 程度に、接着力の調整が可能であり、P19、NIH3T3ともに同程度に調整することが可能であることが明らかとなった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞分離、抗原抗体反応、ナノニードル、AFM、接着制御

【テーマ題目21】 アクチンフィラメントの力学応答と機能分化

【研究代表者】 上田 太郎 (研究部門付)

【研究担当者】 上田 太郎、長崎 晃、野口 太郎、梅木 伸久 (常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

アクチンフィラメントは、アクチンサブユニットが重合した二重らせんポリマーであり、真核細胞において多様かつきわめて重要な機能を果たしている。最近の電子顕微鏡観察などにより、アクチンフィラメントの構造は単一ではなく、協同的な構造多型を示すことが明らかとなってきたが、そうした構造多型の生理的機能は明らかではなかった。一方われわれは最近、アクチンフィラメントにはミオシン II と親和性の高い状態と低い状態の (最低) 2状態があることを発見した。さらに、コフィリンとよばれるアクチン結合タンパク質に関しても、親和性の高い状態のアクチンフィラメントと低い状態のアクチンフィラメントがあることを示唆するデータが報告されている。コフィリンが結合したアクチンフィラメントは、ピッチが短くなることも報告されている。また、前後の極性をもった細胞においては、コフィリンは細胞前部に局在し、ミオシン II は後部に局在する。一方、細胞前部のアクチンフィラメントは重合により細胞前端を前に押し出しているから圧縮力がかかっており、後部のアクチンフィラメントはミオシン II と相互作用して収縮力を発しているから張力がかかっている。

これらの事実を総合すると、以下の仮説に到達する。すなわち、細胞前部のアクチンフィラメントは圧縮力でピッチが縮まり、コフィリンに対する親和性を増し、逆に後部のアクチンフィラメントは張力によりピッチが長くなってミオシン II に対する親和性が高まり、それぞれコフィリン、ミオシン II と結合する。一方コフィリ

ン結合およびミオシン II 結合はそれぞれピッチを短くおよび長くする方向に作用するから、細胞の前後でそれぞれ局所的なポジティブフィードバックが形成されて、前後の極性が安定化されるというものである。この仮説によれば、アクチンフィラメントは構造変化することによりそれ自身がメカノセンサーとして機能し、機能分化をになうことになる。本研究は、この仮説を実験的に検証することを目的とする。

上記仮説を検証するためには、ミオシン II と親和性の高い細胞内フィラメントを特異的に検出するプローブが必要である。そこで、細胞内条件 (ATP 存在下) でもアクチンフィラメントと強い親和性をもつ変異 (L596S) ミオシン II の S1 (モーター領域) を GFP 融合タンパク質として発現し、固定後、細胞内全アクチンフィラメントを可視化するとともに、ローダミンファロイジン (RhPh) 染色を行い、GFP 蛍光と Rh 蛍光の半定量的比較を行った。その結果、GFP-L596S S1 は RhPh と似た分布を示したが、極性細胞の細胞後部、および分裂細胞の収縮環への濃縮の度合いは、RhPh より顕著であった。また基質上の多核ミオシン II ナル細胞が形成する細胞間系にも特に強い濃縮が認められた。これに対して、細胞前部に局在するミオシン I のモーター領域は、同様に GFP 融合蛋白質として発現しても、細胞後部や細胞間系に濃縮されなかった。細胞後部、収縮環、細胞間系はいずれもアクチンフィラメントに強い張力がかかっていると想像される部位であるから、これらの結果は、アクチンフィラメントがメカノセンサーとして機能し、張力を負荷されたアクチンフィラメントはミオシンのクラス特異的に S1 と強い親和性をもつという仮説と合致するものであった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 アクチンフィラメント、メカノセンサー、細胞極性

【テーマ題目22】 ガンにおけるモータリンと CARF の分子解析と抗癌剤の開発

【研究代表者】 ワダワ レヌー
(細胞増殖制御研究グループ)

【研究担当者】 ワダワ レヌー、カウル スニル
(常勤職員2名、他5名)

【研究内容】

ストレス応答タンパク質の一種であるモータリン (ミトコンドリア 熱ショックタンパク質70) はガン細胞に過剰発現しており、ヒトの発ガンに関与することが示唆されている。さらに、腫瘍細胞のプロテオミクス解析によって肝細胞ガン (HCC) の転移および再発のマーカーとして同定されている。HCC の発ガン過程や進行におけるモータリンの役割を解析するため、我々はモータリンを抑制する siRNA を作製し、ほとんどの HCC 株においてアポトーシスを引き起こすことを見出した。ま

た、モータリンを標的とした腫瘍崩壊アデノウイルスを作製し、マウス実験においてその抗ガン作用を評価したところ、強いガン抑制作用と血管形成阻害が見られた。さらに抗モータリン・モノクローナル抗体を作製したところ、そのうちいくつかの抗体が、細胞に内在化する特徴を示した。これらの抗体について、試験管内および生体内における細胞の長期観測のためのナノ粒子としての利用とともに、将来的な抗ガン剤としての評価も行っている。

CARF はガン抑制遺伝子 *p53* の経路を活性化する因子として以前より報告されている。最近我々は、CARF の過剰発現がヒト細胞において早期の老化を引き起こすことを見出した。また、CARF の抑制が異数性とアポトーシスを誘導することから、CARF がガン細胞の維持に必須なタンパク質ではないかと考え、CARF 抑制の siRNA や抗体の抗ガン剤としての有効性を検討している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 モータリン、抗癌作用、内在化抗体、ナノ粒子、モータリン、siRNA、CARF、CARF siRNA、apoptosis

【テーマ題目23】 生体分子メカニズムの解明とこれを制御する天然物由来活性物質の探索・利用

【研究代表者】 ワダワ レヌー
(細胞増殖制御研究グループ)

【研究担当者】 ワダワ レヌー、カウル スニル
(常勤職員2名、他5名)

【研究内容】

伝統的なハーブ療法は、基礎研究のみならず臨床面でも、統合的かつ実証的な西洋医療と並んで、高く評価されてきている。アシュワガンダ (*Withania somnifera*: Solanaceae) は、インド周辺地域において自生するハーブであり、1000年以上伝承されてきた伝統的な民間治療薬として広く使われてきた。長年にわたる知見から健康に有効であることが信じられてきたものの、アシュワガンダが作用するメカニズムについては、ほとんど理解されてこなかった。そこで我々は、独自にアシュワガンダ葉部のアルコール抽出物 (i-Extract) を精製し、培養細胞および動物実験において抗ガン活性があることを見出した。また、i-Extract とその成分 (i-Factor/withanone) が一定の濃度において、正常細胞には影響を与えずにガン細胞を選択的に死滅させることを見出した。さらに、遺伝子を網羅的に抑制 (siRNA や ribozyme) 解析するスクリーニング法を用い、i-Extract が標的とする遺伝子とガン細胞の選択的な死滅に関与する経路を同定した。興味深いことに、i-Extract や i-Factor といった成分が、紫外線や化合物等から誘導される酸化ストレスから、ヒト正常細胞を保護する作用があること、脳由来の細胞の分化を誘導するこ

と等もあわせて見出している。また、i-Extract の成分の量比を変化させて、神経分化を誘導する組合せを新たに見出している。さらに抗ガン作用、抗老化作用抗ストレス作用、分化誘導作用を有するアシュワガンダの水溶性成分抽出法を確立している。これらの分子レベルでの作用機序について、情報科学と実験の両面を交えて、種々のアプローチから解析を行っている。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】細胞増殖制御、老化、ガン、植物抽出物、酸化ストレス、神経分化

【テーマ題目24】タンパク質を構成しないノンコーディング RNA

【研究代表者】ワダワ レヌー

(細胞増殖制御研究グループ)

【研究担当者】ワダワ レヌー、カウル スニル、加藤 義雄(常勤職員3名、他3名)

【研究内容】

細胞には、細胞分裂によって細胞数を増やす「増殖」と、自己増殖を止めて別の特性を持つ細胞へと舵を切る「分化」という2つの方向性がある。これまで、細胞増殖や分化に関わる細胞性の因子を探索するために、タンパク質をコードする遺伝子について様々な解析が行われてきたが、依然として不明な部分も多い。そこで我々はタンパク質をコードしないノンコーディング RNA でも特に小さな RNA (miRNA) に着目し、細胞増殖や分化においてどのような miRNA の発現が変化しているかについて解析を行った。

国内で700万人が罹患し、高齢化社会ではさらに増加すると言われる変形性関節症に着目し、変形性関節症患者で miR-140 の発現が著しく減少していることを見出した。miR-140 のノックアウトマウスおよび過剰発現マウスを作製して解析したところ、miR-140 が発現しない場合には関節部分の軟骨基質が減少し変形性関節症患者と同様の症状を示していることが明らかとなった。

様々な疾患に関与していることがわかり、miRNA はバイオマーカーとしての期待が高まっている。そこで細胞増殖や分化に関与する miRNA を解析するために、生きた細胞内の miRNA の発現を1細胞レベルで定量化する技術を独自に開発した。筋肉特異的に発現する miRNA やアデノウイルス由来の miRNA を生きた細胞内で定量化することに成功している。不活化した細胞や老化した細胞などから RNA を抽出してマイクロアレイ解析を行い、不活化や老化に特徴的な発現パターンを示す miRNA を同定している。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】miRNA アレイ、細胞増殖、細胞分化、miRNA-140

【テーマ題目25】β-グルカン経口投与による抗炎症メカニズム

【研究代表者】辻 典子(分子複合医薬研究グループ)

【研究担当者】辻 典子、閻 会敏
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

多糖は Toll 様受容体および C 型レクチンを介してミエロイド細胞を刺激し、T 細胞の分化成熟を誘導するが、経口投与による免疫制御メカニズムは未解明である。

BALB/c マウスの各臓器 CD11c⁺細胞(抗原提示細胞としてはたらく樹状細胞を主体とする)を分離し、qRT-PCR 法により C-タイプレクチンの発現を測定したところ、腸管、特にパイエル板 CD11c⁺細胞で *dectin-1* の発現が高いことがわかった。Dectin-1 は β-グルカンのレセプターとして同定されており、消化管免疫細胞が β-グルカンに対して高い応答性を有していることが示唆された。そこでパイエル板 CD11c⁺細胞に β-グルカンを添加し、24時間後に培養上清中のサイトカイン産生を ELISA 法で測定したところ、IL-10、TNF-α 産生の有意な増強が観察された。次に、β-グルカンによるパイエル板樹状細胞機能の修飾が T 細胞分化へ及ぼす影響を調べるため、パイエル板由来 CD11c⁺細胞と卵白アルブミン特異的 CD4⁺T 細胞の共培養系において抗原存在下における β-グルカンの影響を調べたところ、対照群に比べて IL-10 産生性 T 細胞の分化が有意に促進された。IL-10 産生性 T 細胞の有意な増強は、β-グルカンの経口投与後のパイエル板細胞の解析においても観察された。さらに、IL-10 産生性制御性 T 細胞の分化増強メカニズムが *in vivo* 抗炎症性効果に反映されるかを確認することを目的として BALB/c マウスに β-グルカンを1週間経口投与後に dextran sodium sulfate (DSS) で腸炎を誘導したところ、β-グルカン投与群においては対照群と比較して体重減少、血便などの症状が軽減するなど顕著な抗炎症性効果が認められた。

本研究において、我々は β-グルカン経口投与が腸管 CD11c⁺細胞を刺激し、IL-10 産生性制御性 CD4⁺T 細胞を誘導することを明らかにした。これらの細胞が腸炎の発症を予防することも示唆され、今後腸炎をはじめとする炎症性疾患の予防、治療における応用が期待される。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】消化管免疫、抗炎症、IL-10 産生性制御性 T 細胞、β-グルカン、C-タイプレクチン、パイエル板、腸炎症性疾患

【テーマ題目26】トランスフェクションマイクロアレイチップの高機能化

【研究代表者】藤田 聡史

(分子複合医薬研究グループ)

【研究担当者】藤田 聡史、長崎 玲子
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

各種マイクロアレイ技術（タイリングアレイ、SNPアレイ、DNA マイクロアレイ、核酸アレイ、プロテインアレイなど）の発展により、細胞の各種オーム解析（ゲノム、トランスクリプトーム、プロテオームなど）が、飛躍的に進んでいる。中でも細胞アレイは、細胞表現型（フェノーム）の解析を行う、全く新しいアレイ基盤である。我々のグループでは、これまで、基盤などの界面（固相面）から細胞に遺伝子（DNA や RNA）を導入する手法であるリバーストランスフェクション（Reverse Transfection: RTF）法の開発を進めてきた。本手法は、遺伝子をスライドガラス面やプラスチック基盤などに固相化し、続いて細胞を播種する事によって、固相界面から細胞に遺伝子を導入することができる画期的な手法である。siRNA やプラスミドをアレイ状に基盤に配置することで、各アレイスポットで細胞に対して異なる遺伝子導入を行う細胞マイクロアレイチップの構築が可能となる。我々は、このタイプの細胞マイクロアレイをトランスフェクションマイクロアレイ（Transfection Micro Array : TMA）と呼んでいる。TMA を用いる事で、細胞に遺伝子発現や抑制、薬剤投与などの刺激を与え、各アレイスポットで異なる細胞応答（細胞の形態や運動、レポーター遺伝子などによる遺伝子発現など）を網羅的に取得する事が容易となるため、創薬評価や個別化医療のための診断チップなどへの応用が期待できる。しかし、従来の TMA では、細胞運動や固相化された遺伝子の拡散を隔離していないため、スポット径：600 μm 、スポット幅：1,000 μm 、スライドガラス1枚あたりの集積度：1,500スポット程度が集積の限界であり、DNA チップレベルの集積度の実現にはまだまだ隔たりがあった。

そこで、本研究では、従来のフォトマスクやスタンプを用いた PEG マイクロパターン作製法とは異なる、インクジェットプリンターによるパターン作製法を新たに提案し、細胞外マトリクス（ECM）とポリエチレングリコール（PEG）を用いた細胞接着・非接着領域マイクロパターンを持つ TMA チップの開発を試みた。その結果、フィブロネクチンやコラーゲンタイプ I などの ECM を PEG コートガラス上にマイクロスポットすることで、HeLa 細胞（ヒト子宮頸がん由来細胞）又は NBTL2b（ラット膀胱がん由来細胞）を、スポットされた細胞接着領域にのみに接着させる事に成功した。また、細胞は、非接着領域を移動する事が出来ないため、細胞を直径500 μm の接着領域に封じ込める事ができた。さらに、細胞接着領域の作製と同時に遺伝子導入領域の作製を行い、RTF を同時に行う事ができることも見出した。本手法を用いる事で、従来のフォトマスクやスタンプを用いた PEG マイクロパターン作成法と比較して、手順が簡便であると同時にリバーストランスフェクションのスポットも同時に作成する事が可能となり、また、

細胞移動を微小領域に封じ込めることが出来るため、DNA アレイレベルの集積化細胞アレイチップの構築が容易に可能になると期待できる。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 細胞運動、トランスフェクションマイクロアレイ

〔テーマ題目27〕 アフィニティセンサ・非免疫分子による疾病マーカー高感度測定

〔研究代表者〕 村上 悌一

（バイオマテリアル研究グループ）

〔研究担当者〕 村上 悌一（常勤職員1名）

〔研究内容〕

動物性の β -ガラクトシド認識性レクチンであるガレクチンは細胞接着、免疫、アポトーシスなど多様な生命現象に関与し、ガン転移のマーカーとしても注目されている。ガレクチンの検出は主に ELISA 等の免疫的手法により行われているが、本課題では糖とレクチン間の特異的結合作用を利用することによりガレクチン等の疾病マーカーを迅速・高感度（10ng/mL 以下）・高選択的に検出することを目標とする。平成21年度までに末端 β -ガラクトシド型二糖性チオール脂質を数種合成し、ガレクチン数種との結合作用を評価した結果を踏まえ、平成22年度はさらに高い結合能が期待されるアナログを設計・合成し、ガレクチンの高感度検出を目指した。具体的には N-アセチルラクトサミンの1位にチオドデシル基が β -結合した新規アナログを合成した。また、ラクトサミンのアミノ基にフェロセニル酢酸を結合させた α -ドデカンチオール型糖脂質を合成し、電気化学的分析及び表面プラズモン共鳴測定を行った。その結果、フェロセン基を有する糖鎖においてもガレクチン類と結合を確認し、結合を電気化学的に感度よく検出できることがわかった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 糖脂質、有機合成

〔テーマ題目28〕 バイオ技術産業化に関する研究

〔研究代表者〕 軽部 征夫（連携研究体バイオ技術産業化センター）

〔研究担当者〕 軽部 征夫、横山 憲二、平塚 淳典、鈴木 祥夫（常勤職員3名、他12名）

〔研究内容〕

民間企業との共同研究を重視しつつ、東京工科大学と連携し、バイオ技術の産業化に関する研究を行った。具体的には以下の研究内容である。

タンパク質解析のための高速全自動二次元電気泳動システムの開発とプロテオーム解析への応用に関する研究を行った。すなわち、高速全自動二次元電気泳動システムおよびこれを応用したパーソナルプロテインチップシステムについて、これまでに NEDO 事業（H15-17、

H18-20) を通して共同研究を行ってきた民間企業2社、東京工科大学応用生物学部、熊本大学大学院医学薬学研究部と医療応用するための実用化研究を行った。特に、東京工科大学と共同で、細胞内シグナル伝達に関するタンパク質について、本システムを用いてその挙動を明らかにした。

自己血糖値測定センサーチップの製品化に関する研究においては、民間企業との有機的な共同研究により、その製品化を目標として研究開発を行った。共同研究開始2年目に入った平成22年度は、センサーチップ基材、電極材料、酵素、保存安定化剤、血液導入促進剤等、具体的なセンサーチップの仕様を決定するための評価を行った。その結果、性能に関して、必要血液量、測定時間、検出範囲は、当初の目標を達成した。またヘマトクリット値の依存性も低く、競争力のある血糖値センサーとして製品化の可能性を示すことができた。血糖値センサーに使用するための新規グルコース脱水素酵素に関する研究も併せて行っている。

尿中・血中の酸化ストレスマーカー等の健康マーカーを高精度・迅速に測定する方法の開発においては、引き続き民間企業との共同研究により、研究を進展させた。すなわち、これまで尿中酸化ストレスマーカー8-OHdG検出キットを進展させ、市場規模が大きい血清中での測定法を確立した。また試料の前処理の際の固相抽出を自然落下からポンプによる吸引を導入することにより、より迅速、高精度に8-OHdGを測定することが可能となった。さらに脂質関連酸化ストレスマーカー8-イソプラスタンについて、蛍光ラベリング法と固相抽出を組み合わせることにより、簡便で高精度な測定法を開発した。

人工知能搭載型植物工場を用いた有用植物栽培に関する研究では、民間企業、東京工科大学応用生物学部との共同研究により、エーデルワイス、イワベンケイといった成長速度が遅いが、高価な有用物質を産生する植物の栽培、組織培養の検討を行った。

生化学・臨床分析用蛍光分子プローブの開発に関する研究では、我々が開発し、日本の試薬メーカーから上市したタンパク質検出用分子プローブをさらに発展させ、新たな生化学・臨床分析用分子プローブの開発を行った。その結果、さらに高感度にタンパク質を検出できる蛍光プローブの開発に成功した。一方で上市した蛍光プローブの性能評価、新規用途開発を行った。

バイオマイクロマシン技術を用いたバイオ MEMS センシングデバイスの開発では、技術研究組合 BEANS 研究所、東京大学生産技術研究所と共同で、膜タンパク質を脂質膜に導入するプロセスおよびこれを用いたバイオ MEMS の開発を行った。すなわち、血管内皮細胞成長因子受容体の一部を遺伝子工学的手法により作成して、脂質膜に導入し、機能することを確認した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 二次元電気泳動、血糖値センサー、酸化

ストレスマーカー、蛍光プローブ、バイオ MEMS

【テーマ題目29】 細胞アレイを用いた薬物毒性評価システムの開発

【研究代表者】 三宅 正人 (細胞情報工学連携研究体)

【研究担当者】 三宅 正人 (常勤職員1名、他9名)

【研究内容】

患者ごとに薬効・副作用を遺伝子多型 (SNPs) マーカーを指標に予測するファーマコゲノミクス (PGx) は、国際的に新薬承認を得るために必須となっている。欧米の大手製薬企業は PGx を駆使して臨床開発を進めている。他方、国内製薬企業は売上の多くを欧米に依存するにもかかわらず、PGx への対応は遅れているのが現状である。PGx には膨大な SNPs 情報が必要であるが、生物学的機能のわからない SNPs が PGx のボトルネックになっている。SNPs の生物学的機能を高速に解析するシステムが開発できれば、薬効・毒性の合理的な予測のための SNPs マーカーを正確に絞り込むことができるため、従来 PGx より確度の高い薬効・毒性予測の実現が期待できる。開発成果を共同研究先企業の臨床開発支援事業に活用する。

- 1) SNPs モデル肝細胞造技術の開発: SNPs を有する細胞の表現型のモデルをヒト肝由来細胞株に RNA 干渉剤を導入して人為的に作ることを目指し、RNA 干渉剤を細胞に低毒性 (生存率90%以上) で高頻度 (80%以上の細胞) に導入するための技術とモデル細胞作製を自動化する技術を開発した。
- 2) モデル細胞アレイ化技術: ヒトゲノム遺伝子23000候補の SNPs 表現型モデルをアレイ化するための技術並びに細胞内グルタチオン濃度と細胞呼吸活性を同時に評価技術を開発し、システムを確立した。
- 3) システム評価: 本事業で開発した細胞 PGx システムによる SNPs 絞り込み確度は、米国 SAEC (Serious Adverse Events Consortium) が公開している肝毒性の個体差に関わる SNPs に関連する遺伝子から、ヒト正常肝細胞の細胞内グルタチオン濃度に影響を及ぼす遺伝子の絞り込みに成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 初代培養細胞、細胞アレイ、個人差モデル細胞、正常肝細胞

【テーマ題目30】 細胞分化の人工誘導経路を短時間で最適化する方法の研究

【研究代表者】 藤渕 航 (生命情報工学研究センター)

【研究担当者】 三宅 正人、藤渕 航 (常勤職員2名)

【研究内容】

再生医療を支える幹細胞技術のうち細胞分化制御技術は重要な中心課題の一つである。我々は細胞分化や分化転換に関連した遺伝子発現データをデータベース化 (以

後、細胞分化 DB と呼ぶ) し、そこから各々の細胞の分化のスイッチとなる転写因子の候補を計算機アルゴリズムを用いて高精度で取り出し、細胞アレイを用いた遺伝子サイレンシングによる組み合わせ実験で高速に絞り込む統合技術を開発する。

本研究では、遺伝子の組み合わせ導入による細胞分化の人工誘導法を短時間で最適化するため、バイオインフォマティクスと細胞アレイによる大規模実験を組み合わせた手法を用いて間葉系幹細胞から脂肪細胞を効率よく誘導させる方法を解明する。公共データから細胞分化 DB を作製して細胞分化に関係する転写因子候補100個をリストアップすると共に細胞アレイ上でこの100転写因子に対する siRNA を間葉系幹細胞に導入する系と細胞アレイ上で間葉系幹細胞から脂肪細胞を外部刺激により誘導させる系を確立した。次に100個の転写因子の細胞分化に対する影響を実際に細胞アレイ上で測定し、10個程度の重要な転写因子をスクリーニングした。次年度は最適な遺伝子数個の組みを絞り込むため、統計的に可能な全ての組み合わせ siRNA 実験を行い、その結果を考察して類推した最適な誘導因子群を数セット確定する。また、実際に絞り込んだ遺伝子セットを細胞導入し脂肪細胞分化の人工誘導の検証を行う。また、同様のプロセスを骨細胞や平滑筋細胞など他の細胞への分化にも適用させ、得られた結果を公開し、日本の再生医療分野にも役立つように、細胞分化 DB と100転写因子の分化誘導情報を提供する。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 分化誘導、細胞アレイ、バイオインフォマティクス

⑨【ヒューマンライフテクノロジー研究部門】

(Human Technology Research Institute)

(存続期間：2001.4～終了日)

研究部門長：赤松 幹之

副研究部門長：本間 一弘、横井 孝志

主幹研究員：山根 隆志、梅山 伸二

所在地：つくば中央第6、第2、東事業所、北サイト

人員：88名(88名)

経費：822,318千円(運営交付金428,388千円)

概要：

ヒューマンライフテクノロジー研究部門では、生活者や生体システムとしての人間の科学的理解を深めることにより、少子高齢し高度に情報化された社会の中で暮らす人々のために何が必要かを見極めつつ、人間にとって安全で安心かつ有益な技術の人々の生活に導入することを目標として研究開発を行う。この目的のために、安全・安心な生活環境を創出する機器、使い

やすい製品を設計することを支援する技術、健康増進のための機器、患者にとって安全で負担の少ない医療機器技術、医療高度化の支援技術などの研究開発を進め、さらに人間生活及び医療福祉機器関連産業の育成・活性化に貢献する。

特に人間の心身活動を深く理解するための研究を行うとともに、科学技術の利用者である人間側に視点をおき、人間の能力発揮および機能回復を支援する技術を開発することをミッションとする。

課題1 人間の状況認知・遂行能力の評価・支援技術(人間生活工学分野)：

ディマンドとパフォーマンスの適合による認知行動タスクの最適化を実現するための以下の要素技術の開発に取り組む。人間の認知処理容量を脳全体の酸素代謝から推定するため、光と超音波を組み合わせた計測方法の開発を継続し、人間工学実験によって有効性を確認する。近赤外脳機能計測装置に対しては、アーティファクト除去が可能な手法の開発を、頭部血流動態の生理学的考察やシミュレーションに基づき進める。また、人間の適応的タスク遂行能力のモデル化によりタスクディマンドを行動から推定する手法の構築を行う。

課題2 心身の適応力の向上のための評価・支援技術(健康福祉工学分野)：

健康維持増進のために不可欠な要素である運動や休息が、心身適応性と密接に関係する精神ストレスにどのようなメカニズムでどう影響するかを解明し、運動や休息によって精神ストレスを緩和低減する方法を明らかにする。

特に運動習慣の有無による慢性的影響や運動実施による一過性の影響、仮眠、光照射等の一過性の身体刺激が精神ストレス緩和低減に及ぼす影響やそのメカニズムを、生理指標や心理指標を用いて明らかにする。

課題3 生活自立支援のための身体機能回復技術(福祉工学分野)：

次世代リハビリテーション技術の指針を提供することを目標に、生活自立支援のための身体機能回復技術構築の一環として、脳機能に着目したニューロリハビリテーション技術と食の QOL 向上のための基盤研究を行う。

具体的には、動物実験を通じて脳の適応能力機構を解明し、その回復のプロセスと要因を明らかにするとともに、残存機能を活かすニューロリハビリテーション技術を開発する。また、身体の生理機能や認知機能の理解に関わる研究を通じて、長寿社会での人々のライフスタイルの充実に向けた、食生活の QOL 向上のための介護・リハビリ支援技術の構築を行う。

課題4 安全で負担の少ない医療機器技術、医療高度化の支援技術（医工学研究分野）：

医工連携における喫緊の課題である TR 実施の戦略と、産総研の提唱する本格研究の展開として、当ユニットの医工学テーマの中から構成し、コアテクノロジーとして、第三代生体材料の臨床開発と関連する基礎研究、次世代人工心臓との組合せ、ならびに低侵襲機器との組合せ治療法の研究開発を行う。適用疾患としては、骨疾患、心疾患、がんへの対策を想定し、それぞれ、高齢社会の QOL 向上二大死因の克服といった社会ニーズに対応する。

課題5 人間生活製品、福祉、医療機器技術の標準化研究（標準化分野）：

人間特性に基づいた適正な製品の設計・開発や安全で迅速な医療機器の設計・開発を支援することをねらいに、人間工学的視点及び医療機器に対する技術的視点から、アクセシブルデザイン技術の標準化研究、映像の生体安全性に関する国際標準化、医療機器開発に対するガイドライン策定と標準化を推進する。

内部資金：

交付金 標準基盤研究 超音波パルス反射法及び圧力計測法の併用による人工血管材料及び再生血管足場材料の弾性率測定方法の標準化

交付金 標準基盤研究 公共空間に設置する移動支援用音案内の標準化

交付金 標準基盤研究 再生医療材料の in vitro 吸収性評価法国際標準形成に関する研究

交付金 標準基盤研究 赤外線サーモグラフィを用いた整形外科デバイスの力学的適合性試験方法

交付金 標準基盤研究 整形インプラントの力学試験方法の国内及び国際標準化

交付金 標準基盤研究 高齢者・ロービジョン者のための適正照度の標準化：歩行環境

交付金 標準基盤研究 ISO/IEC Guide71に基づく人間工学技術資料に関する国際標準化

外部資金：

経済産業省 平成22年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 平成22年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米先端技術標準化研究協力）

3D 映像

経済産業省 平成22年度医療機器開発ガイドライン策定事業 平成22年度医療機器開発ガイドライン策定事業（医療機器に関する開発ガイドライン作成のための支援事業）

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構 基礎研究から臨床研究への橋渡し促進技術開発 基礎研究から臨床研究への橋渡し促進技術開発／橋渡し促進技術開発／次世代型高機能血液ポンプシステムの研究開発

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構 戦略的国際標準化推進事業 戦略的国際標準化推進事業／標準化研究開発／アクセシブルデザインの体系的技術に関する標準化

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構 内視鏡下手術支援システムの研究開発プロジェクト 内視鏡下手術支援システムの研究開発プロジェクト

（独）科学技術振興機構 研究成果最適展開支援事業（A-STEP）人の知覚・認知特性データに基づくカラーユニバーサルデザインのための文書診断・修正ツールの開発

（独）科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（さきがけ）脳内を縦横に結ぶ意思決定リンク

（独）科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（さきがけ）BMI を介した観察者間の知覚共有技術の開発

（独）科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（さきがけ）大脳皮質への神経活動入力による機能回復促進

文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究 顔認知他人種効果の生起因を探るーストラテジー、処理効率、内部ノイズによる検討ー

文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究 顔画像の階層的情報処理の脳内メカニズムの解明

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(A) 視知覚の「まとまり」を支える脳内ダイナミクス

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) 血液自身を潤滑液として回転浮上する長期使用可能な補助循環ポンプに関する研究開発

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) 異なる感覚モダリティ間・属性間の時間比較を可能にする脳内情報処理機構の解明

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) 顔情報処理における他人種効果：分類画像法と視線解析法を用いた検討

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) 側頭葉におけるカテゴリー化の神経機構の解明

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) 脳波の位相同期性解析およびグラフ理論解析を用いた視覚的注意の評価手法の開発

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(A) 海馬バインディングの脳認知科学研究

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 公共空間において場所及び方向を示す音案内の新しいデザイン方法

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 変動する温熱環境が睡眠時の人体に及ぼす影響の評価技術の開発

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 推論の複雑性に関する圏論的アプローチ

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 前頭葉からのトップダウン・コントロールに関わる脳内ネットワーク機能の解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) ノイズ刺激の追加による認知成績向上と適応的メンタルセット形成に関する研究

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 推薦システムにおけるスタートアップ問題の転移学習による解消

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 発達障害者の療育におけるゲーム性を応用した身体制御機能訓練用補助装置に関する研究

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) プライバシー保護のための情報幾何的協調フィルタリング

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 並列処理に基づく物体認識アルゴリズムに関する研究

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 訓練サンプル最適化による識別器の性能向上手法

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 高度な計測信頼性を実現する新型近赤外脳機能計測システムの開発

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 脳皮質神経カラム電気刺激による人工感覚の生成とその制御

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 微弱高周波電界による生体内計測技術

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 超音波血管機能検査装置の高度化と血流依存性血管拡張機序の解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 選択反応時間タスクを用いた脳梗塞片麻痺の回復過程の解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 運動中の血圧が加齢に伴って上昇するメカニズムの解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 定位行動の意思決定に関わる脳内機構の解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) ポルフィリン類化合物のX線増感作用に関する基礎的研究

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費 サル第一次運動野損傷後のトレーニングにより生じる神経システムの再構築

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費 雨天時の視覚障害者の歩行環境整備に関する研究

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費 視覚的注意の脳機能イメージングにおけるブートストラッピング

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 曲がり管を利用した超小型質量流量計の開発

発表：誌上発表210件、口頭発表338件、その他41件

アクセシブルデザイン研究グループ
(Accessible Design Group)

研究グループ長：倉片 憲治

(つくば中央第6)

概要：

高齢社会における安全で快適な生活に関する研究を遂行し、人間生活関連産業の育成・活性化のために貢献することを目標とする。このため、人間の感覚知覚の分野において、高齢者・障害者の特性を人間工学的に計測し、そのデータベースを作成するとともに、それに基づいて ISO/IEC ガイド71に推奨された高齢者・障害者配慮の設計技術（アクセシブルデザイン）を開発する。さらに、その技術を国内外の規格として制定し、アクセシブルデザインの普及を目指す。

研究領域は、聴覚・視覚・触覚等の基本的な感覚知覚特性及びこれらの感覚情報から認識レベルにいたる過程の特性（言語理解、文字認識など）を対象とする。

具体的には、音及び音声による案内技術、低周波を含む騒音特性の評価、低視覚（ロービジョン）のための視覚表示物の設計指針、IT 機器のアクセシビリティ、視覚障害者のための触覚情報表示技術などを研究課題とする。

研究テーマ：テーマ題目 5

マルチモダリティ研究グループ

(Multimodal Integration Research Group)

研究グループ長：氏家 弘裕

(つくば中央第6)

概 要：

人間の視覚、聴覚、味嗅覚、平衡覚および運動感覚等についての情報の統合機構解明を前提として、人間の感覚知覚統合機能に適合した VR 環境等のマルチモーダル情報提示に関する技術開発を目指し、以下の研究を実施する。

(1) 製品・環境等のパフォーマンス適合性評価：

人間環境を取り巻くマルチモーダル情報提示の機能性について、パフォーマンス適合性の観点による計測・評価手法の開発を目指す。具体的には、視覚、聴覚、体性感覚フィードバックによる行為特性の解明と製品・環境の適合性評価への展開、及び口腔内での味覚、嗅覚、触覚間の統合機能の解明と味・嗅覚機能検査法の確立とを目指す。前者に対してはその基盤として、感覚モダリティ間の時空間統合特性の解明や、視覚と前庭の情報統合と姿勢との関係の解明、さらに情報提示技術として三次元音響記録再生技術の開発を同時に進める。

(2) 生体影響リスク低減に資する知的基盤確立：

情報提示による生体影響に関するデータ収集とその蓄積を行い、これに基づく健康面への影響評価技術を開発し、ISO での国際規格化を目指す。具体的には、マルチモーダル環境でとりわけ問題となる立体視による視覚疲労やサイバー酔いについて、情報内要因、情報提示要因、さらに個人特性による影響を明らかにすることで、評価技術開発を目指すとともに、それぞれの要因に対して有効な対策指針の

規格化原案作成に結びつける。

研究テーマ：テーマ題目 3、テーマ題目 5

認知行動システム研究グループ

(Cognition and Action Research Group)

研究グループ長：熊田 孝恒

(つくば中央第6)

概 要：

人間の認知メカニズムは、外界の環境中にある多様な課題要求に応じて機能する。課題要求と人間の認知機能の適合性を検討するためには、認知機能の解明が必要不可欠である。特に、認知メカニズムがどのような機能単位（モジュール）から成り立っており、また、それらが互いにどのように機能するかを明らかにする必要がある。そこで、人間の認知活動に必要な注意、記憶、構え、遂行などの情報処理モジュールを特定する手法を開発し、モデル化に向けた枠組みを構築する。

平成22年度は、複数の認知課題を同一の被験者群に対して実施し、課題成績の共変性を解析した。その結果、作業記憶、構え、抑制などを反映する課題成績間に共変性が認められた。一方、注意機能の中でも時間的選択課題と空間的選択課題の間に共変性は認められなかった。これらの結果に基づいて、認知情報処理モジュールを整理するための枠組みを構築した。

研究テーマ：テーマ題目 1

システム脳科学研究グループ

(Systems Neuroscience Group)

研究グループ長：高島 一郎

(つくば中央第2)

概 要：

システム脳科学研究グループでは、脳が持っている高い能力を引き出し、支援するために必要な基盤的研究を行う。

認知・行動制御メカニズムの解明に必要な適応モデル動物を確立しつつ、活動中の脳におけるニューロン活動の計測と解析を行い、脳で行われている認知や行動様式の基礎となっている情報処理の仕組みの解明を目指す。同時に、注意や動機、疾病診断等の生理的指標として有用な、視線・瞳孔径を高速かつ非侵襲的に計測する装置などの評価支援システムの開発を進める。

また、脳損傷モデル動物を用いて、リハビリ訓練が誘導する脳内変化を明らかにする。大脳皮質運動野が損傷された後のリハビリ訓練が手の巧緻動作の回復を促進することが明らかになっているので、その背景にある遺伝子・分子・神経回路レベルの変化を統合的に解明する。一連の研究を通し、新しい脳機能回復技術開発のための科学的基盤の確立を目指す。

研究テーマ：テーマ題目 1

ユビキタスインタラクシヨングループ

(Human Ubiquitous-Environment Interaction Group)

研究グループ長：宇津木 明男

(つくば中央第6)

概要：

人間生活においては生活環境における情報化及び情報と通信の融合が進み、情報技術がオフィスばかりでなく生活の場へも浸透し、ユビキタス社会が実現しつつある。すでに、携帯電話や PDA、また ITS（高度道路交通システム）などの情報支援機器や行動支援機器、ネットワーク対応した家電機器の開発などが行われているが、その支援の恩恵を誰もが享受できるユビキタス社会を実現することが、社会的な要請となっている。

この要請に応えるために、ユビキタス機器利用時の人間の認知行動特性の理解を得ること、また、それに適合した情報支援・行動支援環境を創出することを目的として、生活行動の把握技術の開発、ユビキタスインタフェースの評価技術の開発を行う。さらに、これらの認知行動特性の理解に基づいて、ユビキタス社会における人間の活動を支援することのできるユビキタスインタフェースの開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目 1

情報数理研究グループ

(Mathematical Neuroinformatics Group)

研究グループ長：赤穂 昭太郎

(つくば中央第2)

概要：

人間の認知行動を評価・予測するモデルを構築するために、ビデオ画像や生体信号などの大量データから有用な情報を抽出する機械学習・データマイニングアルゴリズムの構築を行う。

まず、その基礎技術となる確率・統計モデルについて情報幾何学などを用いた理論的な観点からの学問的体系化を行う。近年、インターネットや計測技術の発達に伴い、計測されるデータの多様性が増し、データ解析の結果を還元する際にもさまざまなサービスが開発されている。当グループでも、理論的なバックグラウンドに基づいて多様なデータの解析手法の開発や、新規のサービスの提案などを行っている。

具体的には、インターネットにおける検索や推薦といった問題や、コンピュータビジョンによる高速な画像処理・パターン認識技術の構築などに取り組む。また、人間の認知機能やその発達などの数理モデルを構築し、認知行動の評価や予測を目指す。

研究テーマ：テーマ題目 1

環境適応研究グループ

(Environmental Control Group)

研究グループ長：都築 和代

(つくば中央第6)

概要：

少子高齢社会において安全・安心で質の高い生活を実現することを目的に、人の心身機能の維持・改善や快適性を高める環境を創り出す研究を行う。

そのため、実際の生活現場において、低侵襲・低拘束な計測方法を駆使し、人の生理・心理・行動データの収集、ならびに、環境側データの収集を行う。その結果を解析し、実態を把握するとともに、因果関係の解明に努める。また、実態把握にとどまらず、現場実験も有効な研究手法であるため、必要に応じて生活現場における介入実験を行う。実験室では、眠気、体温調節等のメカニズム解明のための実験計画や非不均一な温熱環境における快適性の評価のための基礎研究を行い、人の心身機能の維持・改善や快適性を高める環境の構築技術の開発を行う。さらに、高齢社会における環境適応のための生活環境評価技術に関する研究として、これまでに行ってきた製品の使いやすさや駅の使いやすさなどの主観評価のデータに基づき、製品及び生活環境のユーザビリティ指標構成の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目 3、テーマ題目 2

身体適応支援工学グループ

(Physical Fitness Technology Group)

研究グループ長：井野 秀一

(つくば中央第6)

概要：

少子高齢社会において安全・安心で質の高い生活 (Quality of Life: QOL) の実現を後押しする多様な人間支援技術の構築を目指し、人の生理機能・感覚運動機能・操作スキル等を計測・評価する手法を開発すると共に、それらを基盤とする下記の研究テーマに取り組む。

- ① 心循環機能・動作機能に関する研究：心身適応力の向上による健康維持増進技術を研究開発する。生体を計測する新しい技術を検討するとともに、自律神経・血圧反射・心循環応答等の循環調節機能や姿勢制御等の動作機能に着目して、環境変化やストレスへの心身の適応性向上のための技術構築を目指す。
- ② 心身親和性の高い生活自立支援技術に関する研究：心身特性との親和性を考慮した生活自立支援技術を研究開発する。運動機能・感覚機能・認知機能等に注目し、高齢者や障害者等の活動的な日常生活や機能訓練を支えるヒューマンインタフェース技術の構築を目指す。
- ③ 手術手技スキル向上支援技術に関する研究：ドラ

イラボ（人工物によるシミュレータ）と手術室での実際の手術の操作情報を融合した、より臨場感の高い遠隔手術手技研修システムおよび自習システムの構築を通じて、安全で効率の良い手術スキル向上支援技術の確立を目指す。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目4

ニューロテクノロジー研究グループ
(Neurotechnology Research Group)

研究グループ長：長谷川 良平

(つくば中央第2)

概 要：

ニューロサイエンスの研究で得た知見に基づき、人々の「生活の質 (QOL)」向上や、脳情報を活用した新産業の創出を視野に入れたさまざまな研究開発を行う。特に、人や動物を対象とした脳・神経系の機能や構造を調べる実験研究や、その成果を活用して、低下した身体機能を補償する装置の開発・実用化を目指し、以下のような研究を行う。

(1) ブレイン-マシン インターフェース (BMI) 技術の開発：

運動機能に障がいを持つ方々の社会参加を補助・促進することを目的とし、脳と機械を繋ぐ技術の開発を行う。具体的には動物や人の脳から発せられる信号の抽出および取りだした信号の解読、そして解読した信号で外部機器を動かす手法それぞれの開発を独自に実施する。開発した装置の試作機を使ってのモニター実験を行い、製品化へと積極的に取り組む。

(2) 色覚バリアフリー実現に関する技術の開発：

色覚に異常がある人でも、見やすい視環境を提供できることを目的に、色変換データベースを作成している。色盲の方には、どのように色が見えるか、どのような場合に色の区別が難しいか、検索して調べる事ができ、また識別性の良さを判定する機能をもたせたデータベースを公開し、運用している。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目5

脳機能計測研究グループ
(Brain Function Measurement Research Group)

研究グループ長：梅山 伸二

(つくば中央第2)

概 要：

生体の脳が、外界からの刺激を受け、どの場所でのように反応しているかを見ることは、脳機能の解明や病気の診断、また脳機能回復訓練の効果などを判定する上で非常に重要であり、このため fMRI、fNIRS、EEG などの様々な計測手法が開発されてきた。特に近赤外脳機能計測技術 (fNIRS) については、その低

侵襲性の高さや測定の簡便さ、装置自体が安価であることなどから、近年多くの注目が集まっているが、その反面、測定プローブコンタクトの不安定性や皮膚血流由来によるアーティファクトの問題など、高い精度の計測が難しいことが問題となっている。本グループでは、fNIRS について、その計測原理の解明を行い、またノイズやアーティファクトに強い計測手法の開発を進めることにより、より信頼度の高い計測技術を実現することを目指す。

研究テーマ：テーマ題目1

医用計測技術グループ
(Biomedical Sensing and Imaging Group)

研究グループ長：兵藤 行志

(つくば東・つくば中央第6)

概 要：

ユニットのミッションである「人間個人が、複雑な社会の中で人々との関係を保ちつつ、自立して知的で快適な生活を安心して送ることを可能とするため、人間の心身活動を深く理解するための研究を行うと共に、技術のユーザである人間側に視点をおき、人間の能力発揮及び機能回復を支援する技術を開発する」において、当グループは、従来は視ることができなかった、測れなかった物理的・生理的事象を計測可能とする技術開発を基軸として、部門内連携研究を推進し、ミッションの遂行に資することを目指す。

具体的には、電磁波（ラジオ波 (MRI)、赤外光、近赤外光、可視光、X線）及び超音波技術を用いた新規検出・解析方法の創出及び高度化と共に、電気生理、分子・生化学、生体力学計測等の相互補完的な活用によって、(1) 安全で負担の少ない医療機器技術・医療高度化の支援技術のための「生体組織の物理・生理特性新規計測技術」、(2) 人間の状況認知・遂行能力の評価・支援技術のための「全脳代謝計測の基盤技術」を確立すると共に、(3) 人間生活に関わる製品・環境の評価・設計支援のための規格化における「医療機器に対する評価技術」を開発し、その標準化を推進する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4、テーマ題目5

治療支援技術グループ
(Surgical Assist Technology Group)

研究グループ長：鎮西 清行

(つくば東)

概 要：

病変部位を安全確実にピンポイント同定・到達する手段の提供を目指して、微細侵襲技術に関する研究とその評価技術（医療機器のレギュラトリーサイエン

ス)の研究を進める。

微細侵襲技術の研究では、針穿刺の誘導技術として
1) MRIによる生体組織の弾性率計測(MRE)、2)簡便な穿刺支援装置の開発を実施する。レギュラトリーサイエンスの研究では、高度手術支援機器の評価技術の確立、集束超音波治療法の評価技術の確立をはかる。
研究テーマ：テーマ題目4

高機能生体材料グループ

(Advanced Biomaterials Group)

研究グループ長：伊藤 敦夫

(つくば中央第6、つくば東)

概要：

人工骨や経皮デバイスの用途として、組織接着性に優れ骨形成促進等の生体組織修復機能や抗感染機能を付加した生体適合材料を研究開発する。また、治療機器の迅速な開発・実用化を促進し、患者別に最適な治療を実現するための研究を実施する。

組織再生・抗感染性を有する生体材料として、生体吸収性ポリマーを複合化した抗菌剤徐放性を有する人工骨やシグナル物質を担持した骨折固定具を製作して評価する。またその過程で得た技術を元に高機能アジュバントの開発も行なう。

生体物質の分子間相互作用解析を通じて、医薬品であり、生体材料分野にも適応が期待される各種タンパク質を、迅速且つ低欠陥で結晶化させるために必要なメカニズムを解明する。また骨形成を促す人工タンパク質の開発を目指す。

再生組織や生体組織の高分解能 X 線断層撮影で構造解析をおこない、静的・動的力学試験を実施する。軟組織における研究では、運動時に重要な役割を果たしている靭帯の損傷メカニズムや軟骨組織の再生度評価をおこなうために動物関節・再生軟骨等を用いて、力学試験を実施する。

患者の骨格構造や症例に最適化したカスタムメイドインプラントの早期実用化に向けた力学的評価等に関する試験を実施する。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5

人工臓器グループ

(Artificial Organ Group)

研究グループ長：丸山 修

(つくば東、つくば中央第6)

概要：

組織再生技術や生体材料技術を利用した喪失機能デバイス技術の開発を推進するため、補助循環血液ポンプにおいては、90日間の無血栓を達成するために、グループ横断的に新たな技術を導入し、ポンプ表面に抗血栓性をもつタンパクや、細胞・組織を誘導するシグナル分子を固定化する手法を確立する。

また、新規に安価な非接触式ディスプレイ補助循環血液ポンプを開発するとともに、ポンプ運転中の血液凝固状態について、粘弾性学および生化学的手法による評価法を確立する。人工心臓の開発においては、先端医療開発特区(スーパー特区)採択課題の研究分担機関として、成人用・小児用人工心臓の *in vitro* 血液適合性・長期耐久性評価を担当し、医療機関との共同研究により動物実験を実施した後、臨床使用への発展を試みる。脳血管疾患における身体機能回復技術の開発では、失われた脳機能を回復させるための効率的なリハビリテーション手法を開発することを目的として、その脳内メカニズムを解明するのに適した実験動物モデルと実験系を構築する。

研究テーマ：テーマ題目4

【テーマ題目1】人間の状況認知・遂行能力の評価・支援技術

【研究代表者】熊田 孝恒(認知行動システム研究グループ) 高島 一郎(システム脳科学研究グループ) 宇津木 明男(ユビキタスイインタラクショングループ)

赤穂 昭太郎(情報数理研究グループ)

梅山 伸二(脳機能計測研究グループ)

兵藤 行志(医用計測技術グループ)

【研究担当者】熊田 孝恒、瀧田 正寿、河原 純一郎、武田 裕司、永井 聖剛、小村 豊、菅生 康子、梅山 伸二、山田 亨、岩野 孝之、兵藤 行志、谷川 ゆかり、新田 尚隆、鈴木 慎也、中谷 徹、宇津木 明男、高橋 昭彦、竹内 晴彦、中村 則雄、横山 一也、佐藤 稔久、熊谷 徹、西田 健次、市村 直幸
(常勤職員30名、他12名)

【研究内容】

1) 信頼性の高い近赤外脳機能計測技術の開発

近赤外脳機能計測技術について、その計測原理の解明を行い、またノイズやアーティファクトに強い計測手法の開発を進めることにより、より信頼度の高い計測技術を実現することを目指す。

平成22年度は、毛髪由来外乱の発生機序の解明のため、当外乱の人工的発生装置の開発を行ない生成外乱データの分析を行った。また、開発した Multidistance 計測法および高安定化プローブホルダの市販 NIRS 装置への実装を行い、高信頼データが得られることを確認した。さらに、頭部血流動態の生理学的考察やシミュレーションに基づき、通常のプローブ配置であっても皮膚血流由来のアーティファクトが除去可能な新しいデータ処理技術の開発に着手した。

2) 全脳代謝計測技術の基盤研究

脳のマクロな酸素代謝推定を可能とするために、計測モダリティ及び計測方法の基盤的な研究開発を行い、脳の酸素代謝を伴う人間工学実験によって開発した手法の有効性を確認する。

平成22年度は、脳全体の酸素代謝を推定するために必要な計測モダリティ、及び計測領域も含めた計測方法を検討し、その実現の可能性を予備的な人間工学実験によって調べた。その結果、ヒト頸部を計測対象として、近赤外光計測によって血液の酸素化度、及び超音波循環動態計測によって血管形態・血流を計測する手法を用いることにより、推定を行える可能性を確認した。

3) ニューロン活動計測による処理資源にかかわる神経基盤の解明

サルをモデル動物として使用し、認知資源の配分と制御に関わる未知の神経基盤を同定することを目的とする。

平成22年度は、視覚情報と記憶から意味を抽出する認知行動課題、知覚判断課題を開発し、サルにその課題を遂行させた。物理的には同じ視覚情報でも、状況や要求に応じて脳が異なる判断をしていることを行動学的に確認した。

4) 行動データに基づくタスクディマン드의評価技術

日常的な活動におけるリスク要因を、基本的なタスクのディマンドと人間のパフォーマンスの適合性によって評価する手法を確立するために、タスクを遂行する人間の行動データの統計的分析によりタスクディマンドを推定する技術を開発する。

平成22年度は、タスクのディマンドを行動データから推定する方法として確率ネットワークモデルを用いる手法を調査した。実環境で収集された自動車運転の行動データを用いて、ディマン드의違いがどの行動指標に表れるのかを確率ネットワークモデルを使って分析し、信号交差点での停止場面におけるゆとり運転の特徴を示す行動指標を抽出した。

5) 認知行動計測のための高速画像認識技術の開発

認知行動計測のために、ビデオ画像から人や事物を高速に抽出する必要がある。本研究では、GPUを用いた高速画像特徴抽出法の開発と、画像特徴を用いた物体追跡・パターン認識技術の開発を行う。

平成22年度は約20万点の画像特徴量を200ミリ秒で抽出することに成功した。また、車両を対象にした追跡技術を高精度に行う手法を開発し、実用化への目処をつけた。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 近赤外脳機能計測技術、fNIRS、アーティファクト除去、超音波循環動態計測、ニューロン活動の計測、タスクディマンド、確率ネットワークモデル、高速画像特徴抽出法

[テーマ題目2] 心身の適応力の向上のための評価・支援技術の開発

[研究代表者] 横井 孝志 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

都築 和代 (環境適応研究グループ)

[研究担当者] 横井 孝志、都築 和代、永田 可彦、甲斐田 幸佐、武田 裕司、河原 純一郎、新田 尚隆、菅原 順、小峰 秀彦 (常勤職員9名、他15名)

[研究内容]

心身の適応能力向上のための評価・支援技術を開発することを目的に、1) 心身相互応答特性の解明、および2) 心身の適応状態を計測・評価する技術の構築、に関する研究開発を行った。

1) 心身相互応答特性の解明:

習慣的な運動がヒトの認知機能に与える影響について実験を行った。大学生を対象とした実験の結果、習慣的に運動している群は運動習慣がない群よりも空間的抑制プライミング課題において高い抑制機能を示した。また、課題遂行中の脳波を計測し、脳部位間の機能的結合を調べた結果、運動群ではより多くの機能的結合が認められた。すなわち、習慣的な運動が脳部位間の情報伝達機能を向上させたと考えられる。これらの結果は、習慣的な運動が身体機能のみならず、認知機能の向上にも有効であることを示唆している。

また、運動と比較して実施負担が軽微と考えられる仮眠や光照射が認知機能に与える影響を調べた。日中の短時間仮眠と高照度光照射が、主観的眠気、生理的眠気(アルファ波)、文脈学習成績、刺激探索成績に及ぼす効果を検証したところ、短時間仮眠は、主観的・生理的眠気を低減し、刺激探索成績を改善した。しかし、文脈学習成績は改善しなかった。高照度光照射は、主観的眠気のみを改善し、その他の指標の成績を改善しなかった。これらの結果は、短時間仮眠の効果には課題の選択性があること、および高照度光照射によって主観的眠気と生理的眠気、課題成績の間に乖離が生じることを示唆した。

一方、リラクゼーションが身体に与える影響を調べるために、ファイシャルマッサージが循環機能や自律神経に与える影響を検証した。女性被験者を対象に、2週間の間隔をあけて計6回エステティシャンが施術(1時間程度)を行った。施術初回および5回目に、心電図RR間隔高周波成分、唾液中コルチゾール濃度、不安尺度を測定した。心電図RR間隔高周波成分に関しては一過性のリラクゼーション効果が認められたものの慢性的な効果は認められなかった。一方、唾液中コルチゾール濃度および状態不安については、一過性のストレス軽減効果とともに慢性的な効果が確認された。

2) 心身の適応状態を計測・評価する技術の構築:

主観的な精神・心理状態評価方法の開発を目的として、気分やストレスの記憶の偏りを調べる実験を行った。気分やストレスを答えるとき、毎日毎日の状態を記録して平均した場合と、まとめて（例えば2週間分を）振り返って答えた場合を比較したところ、まとめて答えた場合は毎日の評定を平均したものに比べて、負の気分や感情が強調されることがわかった。さらに、気分を構成する要素のうち、とくに不安、抑鬱、困惑感情が強調されることを明らかにした。毎日の評定記録のうちの最大値と、最も直近の記憶から、弱い程度（総変動のうち1/4）ではあるが負の感情を強調する傾向が説明できた。最大値が大きく、直近の評定値が低いときに、とくに不安と抑鬱が強調されて回想されることがわかった。

心身へのストレスや、ストレスへの適応状態の生理的評価方法開発を目的として、センサを生活用品の中に埋め込んで隠し、利用者へ与える影響を極力抑えながら血流を観察できる基礎実験装置の製作を行った。測定部位は、自律神経の影響が大きく現れ、かつ日常的に露出していると思われる手とした。測定装置の上に手を軽く乗せ、指および掌の24箇所から光学的に血流量を検出する。手をのせた時の荷重によって測定部位の組織が変形し血流量が変化するため、荷重による影響を低減し一定の値になるような機構を組み込んだ。

また、身体適応評価として血液性状に着目し、超音波を用いて簡便かつ非侵襲に血液性状を把握・計測するための技術開発を行った。血液の持つ非ニュートン性への対処を可能とするため、ずり速度-粘度（SV）曲線の算出アルゴリズムについて検討し、同曲線の特徴量を定義して、ヘマトクリットの違いが識別可能か実験的に検討した。牛血を生理的食塩水で希釈してヘマトクリットを変化させた4種類の血液を模擬血管内に流し、超音波を用いて血流速度分布計測を行った後、上記アルゴリズムによる処理を経てSV曲線の特徴量を算出した。その結果、特徴量によるヘマトクリット識別の可能性が見出された。同時に分散の抑制が今後の課題となった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ストレス、認知機能、体温調節、循環調節、運動処方、リラクゼーション、心理状態

【テーマ題目3】 生活自立支援のための身体機能回復技術

【研究代表者】 井野 秀一（身体適応支援工学グループ） 肥後 範行（システム脳科学研究グループ） 藤崎 和香（マルチモダリティ研究グループ）

【研究担当者】 金子 秀和、肥後 範行、稗田 一郎、井野 秀一、永井 聖剛、藤崎 和香、

長谷川 良平、岩月 徹、関 喜一、坂本 隆、氏家 弘裕、伊藤 敦夫、梅村 浩之（健康工学部門）
（常勤職員13名、他5名）

【研究内容】

1) 残存機能を活かすニューロリハビリ技術：

ニューロリハビリとは、リハビリ効果が主に神経可塑性に由来する脳内での身体機能の再学習によるものであるという考えに基づき、そのメカニズムを解明して利用することでリハビリ効果を向上させようとするものである。本テーマでは、医薬品開発でよく用いられるラットを用いた研究とヒトと脳機能や体格などの点で類似するサルを用いた研究を並行して行うことで、独創性が高く効率的なリハビリ手法を開発するために有用な研究成果を挙げることを目指す。

ラットを用いた研究では、近年のリハビリにおいて期待されている動作アシストの効果について検討するため、健常ラットにおいて選択反応時間タスクの学習過程における動作アシストの効果を解析した。その結果、刺激呈示の一定時間後にアクチュエータによって前肢の応答運動を引き起こした場合、タスク学習が遅れることを確認した。このことから、動作アシストには最適なタイミングがあり、応答動作に同期させることが重要だと考えられた。また、サルを用いた研究では、大脳皮質運動野の損傷後、リハビリ訓練による把握機能の回復にともなって、運動前野腹側部とよばれる皮質領域で活動の変化がみられた。活動を抑制すると把握の障害が再発することから、リハビリ訓練による可塑的な活動変化が回復に必須であると考えられる。さらに運動野からの運動出力経路を損傷後1ヵ月経過してから訓練を開始したサルでは、翌日から訓練を開始したサルに比べて上肢の巧緻運動機能回復が遅いことを明らかにした。脳の可塑的变化を誘導するためには損傷後早期のリハビリ訓練が有効であると考えられる。

2) 食生活の QOL 向上のための介護・リハビリ支援技術：

長寿社会での人々のライフスタイルの充実に向けて、本テーマは、楽しい語らいのある食生活を目指した福祉介護技術（遠隔食事介護システム/誤嚥予防トレーニングシステム）とコミュニケーション支援技術（社会コミュニケーションスキル評価/食事雰囲気改善技術）に関する基礎から応用に至る研究開発を展開し、「食生活の QOL 向上のための介護・リハビリ支援技術」を提案することを目指す。

まず、嚥下リハビリの研究においては、高齢者でも楽しめる嚥下リハビリおよび嚥下機能を評価するシステムの考案を開始した。誤嚥下防止のための訓練において、被験者が訓練時に発声する「パ」、「タ」、「カ」、「ラ」という破裂音の音声学的特徴や、嚥下時に生じ

る音や振動の音響的特徴から、訓練の効果を示す指標を導き出すことを目標として、その音声、音響データを収集し分析するための装置、ソフトウェアなどを整備した。また、高齢者に理解しやすいリハビリ装置とのインターフェース（ゲームの操作方法）の実現のために、ソフトウェアを複数個用意し、介護施設にて試用を行った。次に、遠隔食事介助の研究においては、3D コンピュータグラフィックスおよび力覚提示装置を用いた、遠隔食事介助場面における知覚・行動特性の計測系の構築を行った。また遠隔操作における時間のずれや空間のずれが操作者に与える影響についての検討を開始した。さらに、コミュニケーション支援技術の研究においては、定型発達者における自閉傾向の個人差による認知情報処理特性検討のための心理学実験手法開発を行った。具体的には自閉傾向の個人差により被験者をスクリーニングする手法を開発し、注意や記憶情報処理について検討を開始した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 脳卒中、動物モデル、運動リハビリテーション、動作アシスト、嚥下リハビリ、遠隔介護、食生活の QOL、コミュニケーション支援

[テーマ題目 4] 安全で負担の少ない医療機器技術、医療高度化の支援技術

[研究代表者] 伊藤 敦夫（高機能生体材料グループ）
丸山 修（人工臓器グループ）
兵藤 行志（医用計測技術グループ）
鎮西 清行（治療支援技術グループ）

[研究担当者] 伊藤 敦夫、王 秀鵬、岡崎 義光、十河 友、小沼 一雄、廣瀬 志弘、山根 隆志、丸山 修、金子 秀和、西田 正浩、小阪 亮、鎮西 清行、小関 義彦、葭仲 潔、鷺尾 利克、兵藤 行志、三澤 雅樹、新田 尚隆、本間 一弘（常勤職員15名）

[研究内容]

- 1) 第三世代生体材料の先行臨床応用と基礎研究
繊維芽細胞成長因子-2 (FGF-2) と水酸化アパタイト複合層を創外骨折固定ピンの表面に形成すると、皮膚内に天然歯周囲組織と類似の組織が再生し、天然歯と同じ高い抗感染能を獲得することを発見した。また FGF-2 とアスコルビン酸マグネシウムの2つを複合層に含有させると、抗感染性能が高まる傾向にあることを明らかにした。研究成果の一部が2010年 J. Materials Chemistry (IF=4.65) の表紙を飾った。
- 2) バイオリズドポンプ
回転型人工心臓の拍動流中での耐久性評価システムについて、拍動流量の条件設定を長期間継続できるように改良した。我々が提唱してきた *in vitro* 抗血栓性

試験法では、新鮮血液と保存血液とで大きな差があることを見いだした。さらに、試験血液中の血液凝固因子を測定することで、血液凝固過程を生化学的に把握する事に成功した。

3) 免疫賦活物質を担持したナノアジュバントと生理情報ガイド穿刺システム

手術ロボット研究の一環として針と生体の力学モデル構築、針刺しの手ごたえセンサの研究を進めて来た。このうち、手ごたえセンサを応用した穿刺補助装置の検討を開始した。

ナノバブル可視化については、東京大学との相互交流協定により、2007年度より同大に研究職員を派遣して音響物理・化学効果の医療応用に関する研究を進めてきた。また、関連して、組織内部の超音波音場・伝搬の MRI 可視化技術開発では、理論と純水ファントム実験結果との良好な相関を確認した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 血管内皮細胞、バイオリズドポンプ、繊維芽細胞成長因子-2、アパタイト、シグナル分子、穿刺支援技術、ナノバブル可視化、物理・生理計測技術

[テーマ題目 5] 人間生活製品、福祉、医療機器技術の標準化研究

[研究代表者] 倉片 憲治（アクセシブルデザイン研究グループ）氏家 弘裕（マルチメディア研究グループ）本間 一弘

[研究担当者] 倉片 憲治、関 喜一、伊藤 納奈、佐藤 洋、佐川 賢、氏家 弘裕、渡邊 洋、本間 一弘、山根 隆志、鎮西 清行、鷺尾 利克、岡崎 義光、廣瀬 志弘、山下 樹里、兵藤 行志、三澤 雅樹、谷川 ゆかり、新田 尚隆、木山 亮一（バイオメディカル研究部門シグナル分子研究グループ）、片岡 正俊（健康工学研究部門バイオマーカー解析研究グループ）、弓場 俊輔（健康工学研究部門組織・再生工学研究グループ）、坂無 英徳（情報技術研究部門センサーコミュニケーション研究グループ）（常勤職員22名、他8名）

[研究内容]

- 1) アクセシブルデザイン技術の標準化研究
ロービジョンのコントラスト及び可読文字サイズの JIS（日本工業規格）技術報告書（TR）各1編の素案を作成し、原案作成委員会を開くに至った。また、高齢者の聴覚特性及びそれを考慮した公共空間等の音声アナウンスの規格案の審議を行い、WD（作業原案）を作成した。視覚障害を考慮した公共空間の音案内に関する JIS については、素案の作成を開始し、ISO

規格化に向けた提案準備を進めた。さらに、高齢者・障害者を対象に視覚・聴覚等の機能に関する心理・行動計測を行い、その成果を ISO/TR 22411 第2版の WD に盛り込んだ。また、第2期の期間中に国際標準化を提案したアクセシブルデザイン技術に係る JIS3編が、ISO（国際標準化機構）規格として発行されるに至った。

2) 映像の生体安全性に関する国際標準化

国際標準化をめざす映像の生体安全性に関するガイドラインが対象とする3つの生体影響のうち光感受性発作の国際規格化提案（NP 提案）が承認されたことを受けて、人間工学分野に新たなワーキンググループ（ISO/TC 159/SC 4/WG 12）を提案し、設置が承認された。この WG 12において、映像酔い及び立体映像による視覚疲労に関する国際文書作成の提案を行い、原案についての議論が開始された。また、関連するワーキンググループ（ISO/TC 159/SC 4/WG 2）において、裸眼立体ディスプレイの計測法に関する TR の提案をフィンランドと共同で実施し、承認された。さらに、CIE 国際照明委員会においても同じく光感受性発作の技術報告書を取り纏め、提案段階に至った。

3) 医療機器開発に対するガイドラインの策定と標準化の推進

医療機器開発ガイドライン策定事業における審議に基づき、6件の医療機器開発ガイドラインを策定した（「カスタムメイド人工関節」「無菌接続インターフェース設計」「遺伝子発現解析用 DNA チップ」「医療機器トレーニングシステム」「コンピュータ検出支援装置の性能評価」「医療機器におけるソフトウェア品質管理」）。また、戦略的国際標準化推進事業における再生医療製品製造用途の除染接続装置開発について、関連するワーキンググループ（ISO/TC 198/WG9）にて、国際標準化合意に向けた調整を継続した。他方、近赤外光診断装置の標準化に対しては評価用ファントムの検証実験に基づいて JEITA 規格原案作成および IEC 提案に向けた準備を進めた。赤外線サーモグラフィ試験では社団法人日本非破壊検査協会と連携し、試験方法通則案を ISO/TC 135/SC 8幹事国へ提出した。また、マイクロ X 線 CT の標準化では、用語の JIS 化作業を進めると共に、標準ファントム計測の国際ラウンドロビンテストに参画し、ISO/TC213/WG10ヘデータを提供した。超音波パルス反射法及び圧力計測法の併用による再生血管足場材料の弾性率測定方法では、移植後2年間における再生血管弾性率の経時変化データ群を統計解析し、規格素案の修正を行った。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 高齢者、障害者、ロービジョン、聴覚特性、触覚認識、映像酔い、医療機器、ガ

イドライン、製造販売承認、JIS、ISO

⑩【特許生物寄託センター】

(International Patent Organism Depository)

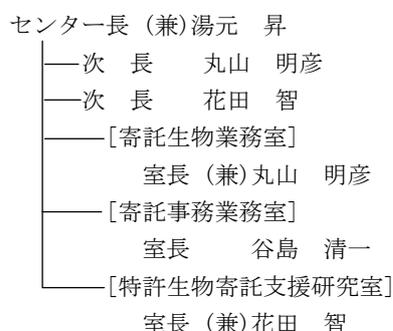
所在地：つくば中央第6

人員：9名（6名）

概要：

- ・特許庁の指定機関として、また、ブダペスト条約に基づく国際寄託当局として、国内外からの特許生物の受託並びに求めに応じての分譲業務を行う。
- ・寄託生物種の生存試験等を行うとともに、その保存技術や各種試験・検査・解析技術の高度化に資する研究開発を行う。

機構図（2011/3/31現在）



特許生物寄託制度について

生物に係る発明について特許出願する際は、その生物を寄託機関に寄託し、寄託機関が発行する受託証を提出する必要がある。特許生物寄託センターは特許庁長官から指定された寄託機関として、またブダペスト条約に基づく国際寄託当局として国内外からの特許生物を受託・分譲している。寄託機関としての業務は、その生物の生存等を確認し必要な期間保存すること、また第三者に試験・研究を目的とした生物の試料を分譲することである。特許生物の受託・分譲業務においては、保存法や生存試験法、汚染検査法、安全性確認法の改良など解決すべき技術課題が多い。特許生物寄託センターではサービスの向上を目的とし、寄託生物種ごとに適した保存技術や各種試験・検査・解析技術の高度化を図るなど業務支援のための研究開発も行っている。

安全を強化した寄託業務の実施に向けた取り組み

新規受託時における受託菌株の同定根拠の確認や受託菌株名の自動照合システムによる安全性確認など、受託時の安全性確認を強化している。過去に受託・保管している菌株についても、その同定根拠や入手先等を確認するとともに、必要により遺伝子解析等を行うことで、その安全性の確認を進めている。これらの取組を促進する

研 究

ため、経験のある専門従事者の再配置や専門家の採用等
寄託業務の体制強化を図っている。

平成22年度寄託等の件数及び手数料収入実績

事 項	微生物の保管手数料					試料の分譲手数料					
	原寄託	新規寄託	再寄託	継続寄託	寄託特 例	菌株分譲		海外送付追加 (一般)		海外送付追加 (動物)	
	(国際)	(国内)	(国際)	(国内)	(国内)	(国際)	(国内)	(国際)	(国内)	(国際)	(国内)
件 数	100	118	2	2,851	1	74	15	18	0	12	0
金額(円)	22,000,000	2,478,000	32,000	31,362,500	16,000	740,000	150,000	2,700	0	389,500	0

事 項	証明書の交付手数料						情報の通知手数料		合 計		
	届出に関する証明		最新の生存情報証明		生存試験証明		諸 証 明			情報通知	
	(国際)	(国内)	(国際)	(国内)	(国際)	(国内)	(国内)	(国際)		(国内)	
件 数	0	0	4	0	0	3	5	0	0	3,203	
金額(円)	0	0	8,000	0	0	26,700	10,000	0	0	57,215,400	

3) 情報通信・エレクトロニクス

(Information Technology and Electronics)

①【研究統括・副研究統括・研究企画室】

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

研究統括：金山 敏彦

副研究統括：松井 俊浩

概要：

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

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

情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室

(Research Planning Office of Information
Technology and Electronics)

所在地：つくば中央第2

人員：4名 (3名)

概要：

当室は、情報通信・エレクトロニクス分野に置かれ、研究所の業務のうち、当該研究分野における研究の推進に関する業務を行う（独立行政法人産業技術総合研究所組織規程第1節第10条）。

具体的には、研究戦略予算の取りまとめ、分野重点化課題研究テーマの選定・評価、研究計画の取りまとめ、研究ユニットへの交付金予算の配分、新規採用面接・任期付研究員のパーマナント化評価・事務局、技術研究組合の窓口業務、見学・視察対応、オープンラボ出展テーマの取りまとめ・企画、新規ユニット設立検討、第3期研究戦略の策定等、研究分野推進に係る業務を行っている。

当室の平成22年度の活動は、定常業務に加えて、例えば以下の活動を行った。

1. 新規ユニット設立検討
2. 第3期研究戦略の策定
3. 研究戦略予算の取りまとめ

1. については、デバイス系ユニットをナノエレクトロニクス研究部門、ナノデバイスセンター、電子光技術研究部門に再編した。また、超低消費電力の薄型軽量ディスプレイなどのフレキシブルデバイスの実現を目指した研究をするフレキシブルエレクトロニクス研究センター設立した。

2. については、「第3期研究戦略 平成23年度版」の策定にあたり、情エレ分野では、従来記述されていた第二期の部分を削除し、第三期の成果をより大きくアピールする方針とした。さらに、ポートフォリオの見直しを行い、情報セキュリティについては基盤的、公的な重点課題の範疇に位置付けを変更した。また、平成23年度にデバイス系研究ユニットの再編を行うに伴い、研究ユニットの変遷についてユニットの解説を追記した。

3. については、平成23年度研究戦略予算への情エレ分野からの提案として、重点研究加速予算枠に新規1件、継続2件、融合・連携推進予算枠に新規2件、継続1件、他独法・大学との連携推進予算枠に新規1件、実用化後押し予算枠に新規1件、イノベーション推進予算枠に新規6件を取りまとめて提出した。

情エレ分野研究企画室の業務は、(1)研究戦略予算の取りまとめ、(2)分野重点化課題研究テーマの選定・評価、研究計画の取りまとめ、(3)研究ユニットへの交付金予算の配分、(4)新規採用面接・任期付研究員のパーマナント化評価・事務局、(5)技術研究組合の窓口業務、(6)見学・視察対応、(7)オープンラボ出展テーマの取りまとめ・企画、(8)新規ユニット設立検討、(9)第3期研究戦略の策定等である。

機構図 (2011/3/31現在)

[情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室]

研究企画室長 栗津 浩一 他

②【情報セキュリティ研究センター】

(Research Center for Information Security)

(存続期間：2005. 4. 1～2012. 3. 31)

研究センター長：今井 秀樹

副研究センター長：川村 信一、渡邊 創

主幹研究員：古原 和邦

所在地：つくば中央第2

人員：35名 (35名)

経費：476,845千円 (239,841千円)

概要：

情報セキュリティ研究センターのミッションは、「不正行為にも安全に対処できる、誰もが安心して利便性を享受できる IT 社会の実現」のため、情報セキュリティ分野に関する研究開発を実施することである。現状における緊急度や産総研のミッションである「国際的な産業競争力強化、新産業の創出」といった視点を勘案し、特にソフトウェア製品、ハードウェア製品に求められる情報セキュリティ技術、及びそこで用いられる基盤技術の確立を目標とする。さらにこれらの

研究活動を通じて、世界的な研究成果を継続的に出すことのできる、「日本のセキュリティ研究のコア」を形成すること、また政府が実行する情報セキュリティ関連施策の技術的、人的支援を行い、国民にも国際的にも信頼される機関として認知されることを目指す。

情報セキュリティに関係する諸問題の現状を鑑み、(ア)～(オ)の5つのサブテーマを中核的課題として設定し研究を行った。(オ)の ICSS 技術チームは前年度5月より、産官連携による研究活動を推進するために発足したチームである。また今後も、社会の要求に即座に対応できるよう柔軟な体制を保持するため、ネットワークや社会科学との融合領域を研究するチームを創設することも検討する。

- (ア) セキュリティ基盤技術研究チーム
- (イ) 物理解析研究チーム
- (ウ) ソフトウェアセキュリティ研究チーム
- (エ) ハードウェアセキュリティ研究チーム
- (オ) ICSS 技術チーム

さらに、それぞれが自身の課題に取り組むだけにとどまらず、ある課題に各チームが異なる視点から取り組み、また協力し合うことにより、これまでに無かった総合的で効果的なセキュリティ技術を創出することも目指す。そして研究開発活動を通じ、以下のような役割を果たしていくことにより、センターの研究目標を達成する。

- 産業界に役立つ研究開発人材の育成：
学術的シーズと産業界・利用者ニーズに精通した人材を、産学官連携による研究活動を通して育成する。
- インシデントに対応できる専門家及びチームの育成：
関係機関に出向するなど、実務を通じた専門家を育成する。
- 裏づけのあるセキュリティ情報の発信源：
高いレベルの研究成果を出し続けることで、専門家及び専門研究により裏付けられた、信頼できる情報の発信地としての役割を果たす。
- 重要インフラ等の安全性評価：
新たな手法の研究、及び最先端の手法を用いた重要インフラの評価を、公的研究機関の立場を活かして行う。脆弱性を発見した場合には、IPA 等適切な伝達ルートを通して関係者へ脆弱性情報及び対処法を周知する。
内外の機関との連携を通じ、研究成果を社会へ還元していく。民間企業、大学、公的研究所等とは、共同で研究プロジェクトを立ち上げ、日本の情報セキュリティ分野のレベルアップ、世界をリードする産業分野の育成、新産業の創出を目指す。経済産業省、内閣官房情報セキュリティセンター、IPA をはじめとする政府およびその関連機関に対しては、情報セキュリティ研究センターで開発した最先端の研究に基づく情報の

提供、問題の解析、対処法の提案など、技術的なバックアップを行い、緊密な連携を取っていくことで、より安全性の高い製品を流通させることを目指す。NICT 等の他研究機関とは、担当する研究分野を効率的に分担し、また融合的な分野については共同で研究するなど、より効果的な成果を生み出す協力関係づくりを目指す。

外部資金：

総務省 平成22年度戦略的情報通信研究開発推進制度
「バイオメトリクス認証システムのウルフ攻撃に対する安全性評価技術に関する研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 戦略的国際標準化推進事業 「戦略的国際標準化推進事業／標準化先導研究／バイオメトリクス認証におけるテンプレート保護技術に関する標準化」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 「サイドチャンネル攻撃への安全性評価手法の確立と PUF デバイスによるセキュリティシステムの構築」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的国際科学技術協力推進事業 「RFID とセンサネットワーク向け暗号基礎技術とそれを用いた構成要素の設計および安全性評価」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援事業 (A-STEP) 「安全性を保証する C 言語処理系 (Fail-Safe C) の実用化研究」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的国際科学技術協力推進事業 「暗号と理論：計算機によって検証された安全性証明」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的国際科学技術協力推進事業 (共同研究型) 「電力・電磁波解析攻撃向け評価プラットフォームの開発」

独立行政法人情報通信研究機構 「通信プロトコルとその実装の安全性評価に関する研究開発 副題：形式手法によるプロトコル実装の検証技術と形式仕様に基づく網羅的ブラックボックス検査技術の開発」

国立大学法人東京大学 「セキュリティ回路の研究開発および磁界計測実験の実施」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 B 「隠れ部分群問題に対する効率的量子アルゴリズムの構築可能性の分

析」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 B 「分離理論による現実的なプログラムの形式的証明」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 B 「完全準同型ファンクショナル暗号の実現に向けた挑戦的研究」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 B 「よりよい効率性と厳密な安全性証明を有する新しいパスワード認証方式に関する研究開発」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 B 「個々のLDPC符号が持つ正確な誤り訂正性能評価法の研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤 C 「暗号ソフトウェアの実装に対するセキュリティ検証」

文部科学省 科学研究費補助金 研究活動スタート支援
「情報漏洩に強く実用的な検索可能公開鍵暗号方式に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費
「有用な付加機能をもつ電子認証技術に関する研究」

発表：誌上発表107件、口頭発表115件、その他10件

セキュリティ基盤技術研究チーム

(Research Team for Security Fundamentals)

研究チーム長：古原 和邦

(つくば中央第2)

概要：

インターネットを介したサービスが広く普及した現在、その便利さの一方で、不正アクセスによる情報漏えいや、なりすましによるネット詐欺など、これまで存在しなかった問題が、数多く起きようになってきた。セキュリティ基盤技術研究チームでは、このような不正を防止し安心して利用できる IT 社会を実現することを目的とし、それを実現するための情報セキュリティ基盤技術に関する研究を行っている。基盤を構成する要素技術の例としては、ネット上を流れる情報の盗聴を防止したり改ざんを検出したりする「暗号技術」や、ネット上の利用者や端末などを特定・認証する「認証技術」などがある。我々は、それらをより使いやすく、また、より高い機能を実現するための研究や、新たな機能の実現、並びに安全性の評価を行っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目5、テーマ題目6

物理解析研究チーム

(Research Team for Physical Analysis)

研究チーム長：今福 健太郎

(つくば中央第2)

概要：

情報セキュリティ技術は、さまざまな形で周辺科学技術の影響を受けその発展を続けている。特に、情報システムを実装するベースである物理層については、その技術的発展が情報セキュリティ技術に与える影響は大きい。物理層における技術の発展は、単に、既存の情報セキュリティ技術を効率よく達成するだけでなく、新しいタイプの情報セキュリティやそれに対する脅威の源泉となっている場合がある。このような状況を背景とし、物理解析研究チームでは、より安全な情報社会の実現に向け、根源的な貢献を行うことを目的としている。主な研究内容としては、(1)量子情報セキュリティ、(2)現代暗号論に基づくハードウェアデバイスのセキュリティ、(3)実用的仮定に基づく暗号の研究、などが挙げられる。

研究テーマ：テーマ題目7、テーマ題目8、テーマ題目9

ソフトウェアセキュリティ研究チーム

(Research Team for Software Security)

研究チーム長：柴山 悦哉

(つくば中央第2)

概要：

情報のデジタル化が進み、情報の蓄積・管理・利用のためにコンピュータシステムが必須となった今日、システムのセキュリティを抜きに情報のセキュリティを考えることはできない。しかし、コンピュータシステムの挙動を制御するソフトウェアは、依然として多くの脆弱性を抱えたまま稼働を続けている。ソフトウェアセキュリティ研究チームでは、このような現状を改善するために、ソフトウェアのセキュアな設計・実装・運用を行うための各種技術の研究・開発に取り組んでいる。今年度の主な研究内容としては、プログラミング言語や形式検証によるセキュリティ確保に関する外部資金による研究課題の他に、(1)仮想マシン技術を用いたマルウェアの挙動解析と検出技術および仮想化環境での OS のセキュリティ強化技術の開発、(2) HTTP プロトコルを用いたパスワード漏洩に強い相互認証方式の標準化活動などをあげることができる。これらは、いずれも Web とクラウドのセキュリティ強化に資する研究である。

研究テーマ：テーマ題目10、テーマ題目11、テーマ題目

12

ハードウェアセキュリティ研究チーム

(Research Team for Hardware Security)

研究チーム長：佐藤 証

(つくば中央第2)

概要：

VLSI の高速化・高集積化技術の進歩により、かつては大きな演算リソースを必要とした暗号ハードウェアが家電やポータブル機器に容易に実装できるようになっている。また、急速に拡大するブロードバンド・ネットワーク社会における情報の保護に、高性能な暗号ハードウェアを欠かすことはできない。また、暗号の安全性評価はアルゴリズムの理論的な解析が主流であったが、暗号が実装されたモジュールの物理的な特性を解析する実装攻撃が近年クローズアップされている。特にその中でも暗号モジュールの消費電力や電磁波中に漏洩する動作情報を利用するサイドチャンネル攻撃が、現実的な脅威となりつつある。このような背景のもと、ハードウェアセキュリティ研究チームでは、暗号ハードウェアの研究に関して、(1)小型・高速・低消費電力実装、(2)アプリケーション開発、(3)実装攻撃への対策手法および安全性評価手法の確立と国際標準規格化への参画、を主テーマとして研究を行っている。

また、指紋や網膜パターンなどの生体情報が一人一人異なることを利用して個人認証を行うバイオメトリクス技術のように、人工物においても一つ一つ異なる物理特性を見分けることによる偽造防止技術 PUF (Physical Unclonable Function) が注目されている。当チームでは、LSI の製造のばらつきによって個体毎に微妙に異なる配線遅延やトランジスタゲートのスイッチング遅延などを利用し、その特性の違いをデータビット列として出力する回路方式と、それを検出する技術の開発を行っている。

さらに、LSI の安全性と信頼性を向上させるため、不正な回路の混入防止や故障診断を可能とする高度な電磁界計測技術に関する研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目13、テーマ題目14

ICSS 技術チーム

(ICSS Technology Team)

研究チーム長：川村 信一

(つくば中央第2)

概要：

銀行カード、電子定期券、住基カードなどでは、IC チップが埋め込まれた IC カードの採用により、高い利便性と安全性が実現されている。カードの安全性は、IC チップの偽造や複製が困難であることによって保証されているため、用途に合った安全性レベルの IC チップを選択できよう、IC チップの安全性レベルを第三者が客観的に評価し認証する制度が求められる。その一つが国際規格 ISO/IEC 15408に基づく認証制度であるが、日本は優れた IC チップを開発し

ているものの、前記規格に基づいた IC チップの評価や認証制度の運用では欧州が先行している。産総研は、経済産業省の支援を戴いてつくばに IC チップの安全性評価を行える施設を整備し、国内企業との共同研究によって既存試験方法の改良や新しい試験方法の検討により技術力向上と人材育成に貢献しようとしている。また、IC システムセキュリティ協会の分科会である CC 認証評価部会 (ICSS-JC) に参画し、実際の評価試験の在り方について検討するとともに、近い将来、日本での評価結果が欧州でも認められる (相互認証の取得) ための活動の一つとして、前記分科会を介して欧州の業界団体に技術のアピールを行なっている。

研究テーマ：テーマ題目15

【テーマ題目1】鍵漏洩に堅牢な暗号・認証技術に関する研究

【研究代表者】古原 和邦

(セキュリティ基盤技術研究チーム)

【研究担当者】古原 和邦、渡邊 創、辛 星漢、
ナッタポン・アッタラパドゥン

(常勤職員4名)

【研究内容】

従来、多くのセキュリティシステムは、そこで利用されている鍵や認証用データは漏えいしないとの仮定の基で構築されてきた。本研究では、この仮定を見直し、鍵や認証用データは漏えいするとした上で、それらが漏えいしたとしても大きな被害を引き起こさない、あるいは被害を局所化できる方法の研究を行っている。具体的に、鍵漏洩に堅牢な暗号化方式、電子署名方式、認証鍵共有方式、鍵の効率的な更新方法などの研究に取り組んでおり、これらの成果を応用することで、サーバやクライアントに保存している機密情報をより高度かつ効率的に保護したり、データベースに保存している個人情報情報を情報漏えいや不正アクセスから保護したりすることが期待できる。本年度の主な成果は以下のとおりである。(1) 情報漏えいのみならず認証情報を自由に書き換える攻撃に対しても安全性を確保できる方式を提案し国際学術誌へ掲載した。(2) LR-AKE においてパスワードのオンライン攻撃とユーザのミスタイプを切り分ける方法を国際学会で発表した。(3) LR-AKE をクラウドストレージ (public model) へ応用し特許出願を行った。(4) IETF へ提案したより計算量の小さな PAKE の I-D (Internet-Draft) をフォローし現在 RFC 化へ進んでいる。(5) 鍵漏洩に対する安全性を高めた鍵更新可能な属性ベース暗号を提案した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】認証、情報漏えい、暗号化

【テーマ題目2】代替暗号・認証技術に関する研究

【研究代表者】古原 和邦

(セキュリティ基盤技術研究チーム)

【研究担当者】 古原 和邦、辛 星漢、
ナッタポン・アッタラパドゥン、
崔 洋 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

近年、クラウドやソーシャルネットワークなどの複雑なシステムが盛んになりつつある。それに従い、単調なシステムのために設計された従来の暗号・認証技術が不十分であり、代わりに高機能な次世代暗号・認証技術が必要となる。

今年度は、クラウド向け暗号技術として、柔軟なアクセスコントロールが可能な公開鍵暗号の理論および実現方式の研究を進めた。その結果、実用レベルのアクセス制御条件を暗号技術だけで実現可能な「属性ベース暗号」、「述語暗号」とこれらの一般化した方式である「関数型暗号」に関して、効率が良くかつ最強の安全性を満たす方式の開発に成功した。関数型暗号の応用の一つ、検索可能暗号の提案も行った。さらに、有料放送システムやコンテンツ配信に応用可能な「放送型暗号」と「不正者追跡方式」の研究を行い、効率的なシステム構成を開発した。

次世代認証技術について高機能かつ効率の良い「Augmented PAKE」プロトコルを提案した。さらに、複雑なネットワークに使える「ネットワークコーディング準同型電子署名」の開発も行った。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 公開鍵暗号、属性ベース暗号、関数型暗号、認証

【テーマ題目3】 プライバシ保護技術に関する研究

【研究代表者】 古原 和邦

(セキュリティ基盤技術研究チーム)

【研究担当者】 古原 和邦、渡邊 創、花岡 悟一郎、
山口 利恵、辛 星漢、
ナッタポン・アッタラパドゥン、
井沼 学 (常勤職員6名、他1名)

【研究内容】

情報技術の発達に伴い、情報システム内に大量に蓄えられたプライバシー情報の漏洩が深刻な社会問題になっており、またネットワーク上の個人の尊厳を守ることはきわめて重要な課題になりつつある。本テーマではプライバシー情報漏洩問題を抜本的に解決するため、プライバシー情報を一切取得しなくても適切に情報処理が行える基盤技術の確立を目指して研究を行っている。

今年度は特に暗号および認証システムにおける強いプライバシー概念の理論構築と、実用的なプライバシー保護技術の二つに注目して研究を進めた。暗号および認証システムのプライバシーに関しては、内部攻撃者を想定した強い安全性モデルの構築とそのモデルに基づく匿名パスワード認証方式を提案した他、不正利用者を追跡可能な

ID ベース放送型暗号を提案した。また、実用的なプライバシー保護技術に関しては、情報大航海プロジェクト参画企業と連携して、企業が取得したプライバシー情報を流通させる際の基準として k-匿名性概念に注目し、多様かつ大量のプライバシー情報への適用方法および効率的な処理方法に関する検討を行った。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 匿名認証、k-匿名性、IDベース放送型暗号

【テーマ題目4】 経済モデルを使った情報セキュリティ管理理論の研究

【研究代表者】 古原 和邦

(セキュリティ基盤技術研究チーム)

【研究担当者】 古原 和邦、田沼 均 (常勤職員2名)

【研究内容】

本研究の目的は、有用なセキュリティ管理手法を考案すると共に経済学等の人間行動に関する諸科学を利用してセキュリティ管理の基盤理論の構築を図ることにある。本年度は主に以下の4つのことを行った。

まず一つ目は、情報セキュリティに対する内部犯行による脅威の評価手法の研究である。多くのセキュリティ対策は外部からの脅威に備えるものであり、内部者による犯行の検出や防止は困難である。本研究では米国のCERT/CC で行われた研究を基にして、内部犯行防止に必要な十分と考えられる対策の集合を得、対策間に存在する相互依存性を反映した内部犯行防止度合いの指標を計算するシステムを開発し、実際のセキュリティ事故のデータを基にケーススタディを行い本手法の有効性を実証した。なおこの結果は情報処理学会論文誌に投稿し、平成23年9月号に掲載予定である。

二つ目は、クラウドコンピュータセキュリティの経済分析の研究である。クラウドコンピューティングでは、セキュリティ等の計算機利用環境はクラウドコンピューティングの提供者に提供され、利用者は直接コントロールすることはできない。そこで契約や制度等で十分なセキュリティを確保する必要が生じる。本研究では、このような制度設計の基礎となる経済分析を行った。特に、クラウドコンピューティングにおいて生じる規模の経済に着目し、また利用者の多様性より生じるサービスの差別化を考慮した分析を行った。

三つ目は、複雑ネットワークを用いた結託攻撃規模評価の研究である。情報セキュリティにおいて攻撃者が結託することにより高度な攻撃が可能となる。それに備えるためには結託の規模を知る必要がある。本研究では複雑ネットワークを用いてシミュレーションを行い、結託攻撃規模に対する防止努力の効果を調査した。

四つ目は、大規模結託攻撃における攻撃者行動分析の研究である。DVD や Blu-ray 等で著作権保護のために用いている放送暗号に対し Pirate2.0 という大規模結託

攻撃が提案されている。この攻撃はインターネット等を用いて匿名性を保ったまま広く多くのものに攻撃参加をさせることに特徴がある。本研究では人間行動学的観点からこの攻撃手法を解析し、具体的な攻撃の推移を明らかにした。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】情報セキュリティ管理、情報セキュリティROI

【テーマ題目5】ヒューマンクリプトに関する研究

【研究代表者】古原 和邦

(セキュリティ基盤技術研究チーム)

【研究担当者】古原 和邦、井沼 学

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

簡便で高精度な本人認証は現在及び今後の情報化社会にとって重要な課題である。本研究では、バイオメトリクス技術のセキュリティ評価基準の開発を目指して研究を行っている。本年度は、我々が提案した安全性指標であるウルフ攻撃確率 (WAP: Wolf Attack Probability) をより実践的な評価技術に高めることを目的として、画像の鮮明度や特徴点の信頼度などのクオリティ値を考慮した照合アルゴリズムやマルチモーダル照合アルゴリズムなど、実際に製品化されているものに近いであろう照合アルゴリズムへのウルフ攻撃に対する安全性評価技術、安全な照合アルゴリズムの研究開発を行った。

また、前年度開発したキャンセルブル・バイオメトリクスの技術を応用し、パナソニック株式会社との共同研究によって、遠距離型アクティブを用いたより利便性の高い方式を開発し、関連特許を2件出願した。

さらに、生体情報保護技術の安全性評価基準を国際標準提案するためのプロジェクトにおいて、その中心となつて、調査、実験、委員会活動などを行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】バイオメトリクス、個人認証、ウルフ攻撃、生体情報保護、キャンセルブル・バイオメトリクス

【テーマ題目6】信頼できる数学的仮定に基づく実用的暗号技術に関する研究

【研究代表者】古原 和邦

(セキュリティ基盤技術研究チーム)

【研究担当者】古原 和邦、花岡 悟一郎

(常勤職員2名)

【研究内容】

従来の暗号技術の多くは、安全性を素因数分解の困難性等の計算量的な仮定に依拠している。しかし、これらの仮定が将来にわたって成り立つかどうかについては不明であるため、長期的な安全性が要求されるアプリケーションに対しては、必ずしも適用することができない。

本研究においては、このような問題を回避するために(1) 新技術及び新解析技術の研究、及び(2) 新技術を円滑に適用するための研究を行なっている。

本年度は、特に、強く信頼できる数学的仮定のみには依存しながら、これまでにない有用な性質を併せ持つさまざまな公開鍵暗号の設計を行い、それらについて、英文査読誌や国際会議などにおいて発表を行った。

具体的には、信頼できうる数学的仮定として良く知られている Diffie-Hellman 計算仮定および Diffie-Hellman 判定仮定の中間的な数学的仮定を導入し、その仮定の下で極めて効率的な公開鍵暗号の設計を行っている。その他にも、安全性 (正確には、ランダムオラクルへの依存度) と効率性を動的に制御可能な方式や、単に高度な安全性を持っているだけでなく、初等的な数学的知識のみを用いて安全性証明を理解可能な方式の設計等も行っている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】証明可能安全性、計算量的安全性、公開鍵暗号

【テーマ題目7】量子情報セキュリティ技術

【研究代表者】今福 健太郎 (物理解析研究チーム)

【研究担当者】今福 健太郎、木村 元、縫田 光司、宮寺 隆之 (常勤職員4名)

【研究内容】

情報理論は、「情報の記述」あるいは「情報の伝達や取得の際の原理的境界」について考察するための体系である。一方量子論は、「物理系の記述」あるいは「物理系の振舞いや測定の原理的境界」を考察するための体系である。全ての情報が物理系によって伝播すること、および、全ての情報の取得が測定を通じて行われることの2点を考えれば、情報理論と量子論の結びつきは必然である。量子性の高い物理系をリソースとして利用し、従来の情報システムでは達成することができなかった情報論的タスクを実現する応用として、量子暗号や量子計算が知られており、これらは21世紀の科学として大きな発展が期待されている分野である。

特に量子暗号は、情報理論的安全性を達成できる技術として開発が進み、通信距離や暗号鍵生成速度等に制限はあるものの、実用的な利用に耐えるシステムが構築されている。しかしながら、他の暗号技術と同じく、実装と理論のギャップに基づいたある種の脆弱性の存在し、特に近年、アバランシェフォトダイオード型の光子検出器を用いたものについて、システムを外から制御されてしまう攻撃の方法が提案され、大きなトピックとなっている。

本年度は、この問題について、上記の攻撃者による制御のもとでの光子検出器の振る舞いと、本来期待すべき光子検出プロセスを区別できる、検出器の光学配置を提案した。本提案では、検出器自体の性能改良や、システ

ム中に新たなエントロピーソースを導入する必要がない。量子暗号システムの安全性を高める手法の意味を超えて、量子性に基いた現象と（量子性に基かない）マクロな現象を区別する、基本的な成果となっている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
【キーワード】量子暗号、情報理論、統計推定

【テーマ題目8】現代暗号論に基づくハードウェアデバイスのセキュリティ

【研究代表者】今福 健太郎（物理解析研究チーム）
【研究担当者】今福 健太郎、張 鋭（常勤職員2名）
【研究内容】

ユビキタスの発展により情報へのアクセス構造が複雑化したこと、さらには、多様な物理的攻撃法（暗号モジュールがシステムとして必然的に物理的実装を持たなければならないという事実起因した、強力な攻撃法）が指摘されている。

これまで、この分野の研究は、具体的な実装に対して行われるのが常であったが、そもそも、物理的な情報漏洩の無い形での演算が原理的に可能かどうかの考察がなく、安全な実装として達成可能な範囲そのものが不明であった。そこで今年度は、情報処理システムのステートマシンとしての動作の基本的な性質に注目することにより、この問題を考察、論理的に不可逆な情報処理に、原理的に不可避な物理的情報漏洩が存在することを示した。さらに、具体例として、物理的に実装されたチューリングマシンを考察、上記の帰結として、そこで漏洩した情報を用いると、チューリングマシンの巻き戻しに対応する演算を実行する、別のチューリングマシンを構成可能であることを示した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
【キーワード】耐タンパー、情報漏えい

【テーマ題目9】実用的仮定に基づく暗号の研究

【研究代表者】今福 健太郎（物理解析研究チーム）
【研究担当者】今福 健太郎、萩原 学、縫田 光司、Kirill Morozov、張 鋭（常勤職員5名）

【研究内容】

現在実用化されている多くの暗号は、計算量的仮定に基づいたものであるが、現実的と思える状況を仮定（例えばある程度コントロールすることができない雑音を含む通信路など）することにより、情報理論的に安全な暗号を構成できることが知られている。このような立場から現実的な仮定のもとで情報論的な安全性を満たす（攻撃者の計算資源に依らない）暗号を構成する幾つかの研究が行われている。

結託耐性符号の構成について、ノイズ付加や攻撃者数の増加といった種々の現実的要因を考慮した効率的方式の具体的な方式を複数提案した。さらに、ノイズ付加攻

撃への耐性がない、もしくは低い既存の結託耐性符号にノイズ付加攻撃への高い耐性を付与する統一的な変換方法を世界で初めて構成・提案した。これらの方式については、そのエンジン部分について実装を行い、デモシステムを構築した。さらに、符号理論の応用研究として、二次元コードの一部を任意の情報に設定する技術をもとに、情報アイデンティティ技術への応用、改ざん防止を目的とした情報セキュリティ技術への応用、親和性の高い情報技術の構築を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
【キーワード】情報理論、雑音通信路、暗号理論

【テーマ題目10】仮想化技術を使ったセキュリティ強化

【研究代表者】須崎 有康（ソフトウェアセキュリティ研究チーム）
【研究担当者】須崎 有康、Nguyen Anh Quynh、飯島 賢吾、八木 豊志樹（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

仮想化技術を使い、マルウェアを解析するツールおよび既存 OS の強化技術の研究を行った。

マルウェアを解析するツールとしては、Virt-ICE を開発した。現在のマルウェアはデバッガを使った解析を困難にするアンチデバッガの技術が施される。DSN (Dependable Systems and Networks) 2008報告の報告では93.9%のマルウェアがアンチデバッガの技術を含んでおり、これらを解析するためにはデバッガの存在を認知させずに実行をモニタする技術が要求される。Virt-ICE は仮想ハードウェアを仮想化する仮想マシンモニタにデバッガの機能を含んでおり、OS およびマルウェアからはハードウェア自体としてのみ認識され、デバッガの機能は検知されない。実装上の問題点としてデバッガは OS のデータ構造を理解する必要があるが、Virt-ICE は Windows の対象に仮想マシンモニタにその機能を含ませた。

Virt-ICE の成果はセキュリティカンファレンスとして最も参加人数の多い Black Hat 2010 USA (ラスベガス) に採択されて、発表を行った。この発表は Black Hat でも特に関心の高いものに対して行われるビデオ配信に選ばれた。また、この発表後に技術の問い合わせが数件来ており、関心の高さを表している。

仮想化を使った OS 強化の技術として、仮想マシンモニタが提供するメモリ重複除外の技術を活用した動的リンク共有ライブラリの除去法を開発した。動的リンク共有ライブラリは実行時にライブラリ関数を探す機能があるが、これが利用されて悪意のある関数に置き換えられる攻撃がある。一般には静的リンクで問題を解決できるが、静的リンクではプロセスでライブラリ関数をそれぞれのメモリに持つ必要があり、動的リンクの本来の目的であったメモリの節約ができない。ライブラリ関数はメ

メモリ上では同一内容になるので、仮想マシンモニタが提供する同一メモリ（ページ）内容は間接ページリンクで置き換える重複除外の技術を活用することで解消する。この方式を実際の Linux（Gentoo）を対象に仮想マシン KVM と重複除外 KSM (Kernel Samepage Merging) を活用して効率を確認した。

仮想化を使った OS 強化の技術の論文は USENIX HotSec 2010 に採択され、発表を行った。この研究の波及として、発表を聞いた CUHK（Chinese University of Hong Kong）の John Liu 教授より招聘を受け、9月に1週間 CHUK に滞在した。CHUK においては学生に対する研究紹介および John Liu 研究室の Patrick Lee 准教授らと今後の共同研究を議論した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】情報セキュリティ、仮想マシンモニタ、マルウェア解析、重複除外

【テーマ題目11】 HTTP アクセス認証法を拡張した相互認証方式の提案

【研究代表者】渡邊 創（副研究センター長）

【研究担当者】渡邊 創、大岩 寛、高木 浩光
（常勤職員3名）

【研究内容】

近年、インターネット上であるサービスの利用者を偽のサーバに誘導し、そのサービスの ID やパスワード、さらにはクレジットカード情報や個人情報などを詐取る「フィッシング詐欺」が大きな問題になっている。これまでに、さまざまな解決法が提案されてきているが、それぞれ、新たにソフトウェアをインストールする必要がある場合、特定の利用者への絞った攻撃された場合に対処が難しい場合、偽サーバが利用者と本物のサーバの間に入って通信を巧妙に中継した場合に無力である場合、などの欠点が存在し、抜本的な解決法となるものは存在していなかった。本研究では、各種セキュリティ技術を用いた新たな通信プロトコルの開発だけでなく、Web ブラウザのユーザインターフェイスの改良までを行うことで、このような犯罪を未然に防ぐことができる方式を開発することを目標とする。これまでに、誤って偽サーバと通信してもパスワードが詐取されない、HTTP アクセス認証法を拡張した新たな相互認証方式を、そのユーザインターフェイスの設計とともに開発し、現在インターネット標準の規格化団体 IETF（Internet Engineering Task Force）に標準規格案を提案している。

本年度は、昨年度からの成果を踏まえ技術の標準化活動を軌道に乗せるべく、実装・仕様の拡充と併せて標準化活動を精力的に行った。その結果、同団体の標準化会議においては IETF 78（7月、オランダ・マーストリヒト）においてアプリケーション分野の全体会で発表を行った。更に IETF 80（3月、チェコ・プラハ）におい

てはセキュリティ分野の全体会合でも機会を得て発表を行ったほか、本技術を含む HTTP 周辺における認証の諸問題に関する議論を提起するために会場内での非公式会合（Bar-BoF）を開催し、関係する技術者・ベンダ関係者等と積極的な議論を行い標準化活動への協力を要請した。今後は公式会合（BoF）を経て技術検討ワーキンググループの成立に向け尽力して行く。技術仕様についても細部の見直しと機能強化を図り、標準規格案第7版および第8版を IETF に提出した。また、関係する技術分野の会議にも積極的に出席し、技術の紹介と関係者との議論を行った。具体的には、Internet Identity Workshop (IIW) #10（5月・サンフランシスコ）および IIW-East #1（9月・ワシントン D・C）において技術発表を行い大規模 Web サイトやブラウザベンダの関係者と有益な議論を行うことができた。

今後は、引き続き標準化活動を進めるとともに、さらなる技術の普及を目指して活動領域の拡大や一般の Web ブラウザへの搭載の働きかけを行うなど、積極的に研究を展開してゆく。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】情報セキュリティ、HTTP アクセス認証法、Web アプリケーション、フィッシング詐欺

【テーマ題目12】 インターネットにおける個人識別とプライバシーの両立を実現する現実的な取り組みに関する研究

【研究代表者】高木 浩光

（ソフトウェアセキュリティ研究チーム）

【研究担当者】高木 浩光、大岩 寛、渡邊 創
（常勤職員3名）

【研究内容】

個人識別によって生じるプライバシーの問題を解決する技術手法は、これまでに数多くの研究成果が提案されているが、それらが現実の社会に取り入れられているとは言い難い現状がある。特に、日本においては、携帯電話向けの Web において、すべての Web サイトに対して共通のユーザ ID を常時送信するという、プライバシー上問題の大きい仕組みが、2008年からすべての携帯電話事業者において導入されてしまったという現実がある。それらは、広告目的や不正行為防止など、実社会からの要求に従って導入されたものと見られるが、それらの目的に対しては、技術的に他の方法による解決もあり得たはずであり、プライバシーと両立させる方法もあったはずである。今後、スマートフォン等の普及により、携帯電話の Web と通常のインターネットの Web との垣根がなくなっていくと考えられる状況、また、IPv6の普及が始まろうとしている状況において、ともすれば、通常のインターネットまでもが、プライバシー上問題の大きい仕組みを導入してしまいかねないと危惧される。

そこで本研究では、携帯電話の Web における現状の問題点を明らかにするとともに、これまでの経緯を分析して実社会からの要求を整理し、プライバシーと両立させる現実的な仕組みを提案し、実際に社会に導入されるよう働きかけを行っていくものである。

本年度は、「携帯電話向け Web におけるセッション管理の脆弱性」と題した論文発表により、日本の携帯電話向け Web においてすべての Web サイトに対して共通のユーザ ID を常時送信する仕組みが、プライバシー上の問題を生じさせるのみならず、利用者ログイン認証方式の脆弱性を生じさせていることについて、その原因と解決の困難さを示して、Web サイト運営者らに対し注意を喚起した。

また、堀部政男情報法研究会シンポジウム「共通番号制度と国民 ID 時代に向けたプライバシー・個人情報保護法制のあり方<課題と提言>」にて「インターネットにおける ID 利用の現状とプライバシーの課題」と題して講演（招待）し、社会保障・税に関わる番号制度におけるプライバシー保護方式と携帯電話向け Web のユーザ ID の問題との共通点について論じて、番号制度のあり方についても問題提起した。加えて、内閣府消費者委員会の個人情報保護専門調査会において、「日本における個人情報とデータプライバシーの乖離」と題して、同様の問題提起を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】セキュリティ、プライバシー、ユーザ認証

【テーマ題目13】サイドチャネル攻撃に対する安全性評価手法に関する研究

【研究代表者】佐藤 証

（ハードウェアセキュリティ研究チーム）

【研究担当者】佐藤 証、坂根 宏史、片下 敏宏、堀 洋平（常勤職員4名）

【研究内容】

IC カード等の暗号回路が動作中に発生する電磁波や、消費電力波形に漏洩している情報を解析し、内部データを盗み出すサイドチャネル攻撃の脅威が現実的なものとなりつつある。このサイドチャネル攻撃に対する安全性評価ガイドライン策定が急がれているが、各研究機関が独自の環境で実験を進めていたため、その結果の追試や検証が難しく標準化の妨げとなっていた。また、攻撃実験の対象に市販の暗号製品を標準として用いることにも大きな問題があった。そこで、本研究では、サイドチャネル攻撃実験標準評価プラットフォーム SASEBO と、ISO/IEC 標準暗号を全て実装した LSI の開発を行い、ガイドライン策定のための環境整備を行うと共に、様々な提案手法の評価と攻撃・対策手法の開発を行っている。

本年度は、ISO/IEC 標準規格化も予定されている米

国連邦標準 FIPS140-3の策定において、サイドチャネル攻撃評価の章の執筆を担当し、ドラフトの公開を行った。IC カード評価ツールのベンダーと連携し、標準評価ボード SASEBO をツールに組み込むとともに、評価に必要なツールやインタフェース回路、そしてドキュメントの整備を行った。サイドチャネル攻撃に対する評価技術の蓄積を目的とした国際的な活動である DPA コンテストでも SASEBO が標準ボードとして採用された。さらにサイドチャネル攻撃に加えて、LSI のパッケージを開封して、内部を直接解析・攻撃する侵襲攻撃もターゲットとした暗号 LSI を先端の65nm プロセスを用いて開発した。さらに、IC カード評価装置 SASEBO-W、高性能磁界プローブ、磁界自動計測・解析環境を開発・整備し、国内外の研究機関での利用を促進するとともに事業化も進めている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】サイドチャネル攻撃、侵襲攻撃、標準評価プラットフォーム、国際標準規格

【テーマ題目14】偽造防止技術 PUF の研究

【研究代表者】佐藤 証

（ハードウェアセキュリティ研究チーム）

【研究担当者】佐藤 証、片下 敏宏、堀 洋平（常勤職員3名）

【研究内容】

IC カードの攻撃に、無尽蔵のコストをかけることができれば、内部の秘密情報を盗み出すことは不可能ではない。しかし、情報を取り出すことができたとして、それを物理的にコピーすることができなければ、安全性は担保される。このような目的で、LSI の製造過程において偶然に生じ人為的に制御不可能なデバイスの物理的なばらつきを、固有の ID や認証データとして利用する PUF（Physically Unclonable Function）の研究を行っている。

本年は、同じように設計した複数のセクタに対して偶然に生じる遅延時間の差を利用するアービターPUFの回路を複数の FPGA ボードに実装し、ID とし利用するための安定性などについて実験を行った。また、PUF は再現性と複製不可能性を高めるために回路方式が複雑化する一方であるが、サイドチャネル攻撃の電力解析技術等を応用して回路を単純化する手法の提案を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】PUF、物理 ID、複製防止、偽造防止

【テーマ題目15】チップセキュリティ技術開発

【研究代表者】川村 信一（ICSS 技術チーム）

【研究担当者】川村 信一、山梨 晃、高橋 慎二、塚本 研一、並木 孝一、大木戸 秀基、成吉 雄一郎、藤原 充、諸藤 力、

平野 晋健、沖 秀一、秋本 諭史、
高橋 憲介、佐々木 實
(常勤職員14名)

【研究内容】

この研究の目的は、IC カードの主要企業であるルネサスエレクトロニクス、大日本印刷や電子商取引安全技術研究組合との共同研究を通じて、IC チップの脆弱性評価技術を高めることであり、その過程を通じて研究従事者が評価に必要なスキルを獲得することである。また、国内の IC システムセキュリティ協会の分科会である CC 認証評価部会 (ICSS-JC) の活動と連携し、技術面で支援することも本テーマの目的の一つである。

本研究では、まず脆弱性評価の環境を構築するために、以下に挙げるような装置類を整備した。

(1)電流リーク解析装置、(2)電源ノイズ注入による誤動作解析装置、(3)レーザー光照射による誤動作解析装置、(4)カードからチップを取り出すのに必要な化学実験処理施設、(5)チップへの微細な加工が可能な FIB (Focused Ion Beam) 装置、(6)チップ上のトランジスタのオン・オフ時に放出されるフォトンを観測する装置 (TriPHEMOS)。

評価技術の検討のために最初に行なったのは、基本的な評価手続きの追試である。IC カードからチップ部分のみを取り出して、試験するサンプルを作成し、実際の試験を行うという一連の手続きを確認した。

より高度な評価のために、次に挙げる2つの新たな解析方法の検討も行った。

- ・レーザー照射によるチップレイアウト解析手法、
- ・TriPHEMOS を用いてチップの特定処理における動作箇所を特定する解析手法、

これらの手法は、利用している現象は異なるが、チップ上の微小エリアの動作状態に関する情報を得るという意味で共通している。レーザーは高価な装置であるが、評価の現場では標準的な装置であり、その用途をこれまでのように単に動作誤りを起こすためだけでなく、チップの動作内容を解析するための手段に拡張しようとする試みである。一方、TriPHEMOS は評価の現場でも希少な装置であるが、個々のトランジスタの動作を観測することができるため、詳細な分析が必要な箇所を絞るために利用できれば、評価試験の所要時間を大幅に短縮できる可能性がある。これらの試験について、H22年度は基本的現象を捉えることができた。今後は、その改良に向けた検討を継続する。

この他に、電子商取引安全技術研究組合およびハードウェアセキュリティチームと協力して、1990年代以降に公表されたチップの脆弱性評価に関する公知文献600件以上を網羅的に調査し整理した。成果は有益な資料として日欧の関係者で共有された。また、ハードウェアセキュリティ研究チームの成果である評価用ボード SASEBO-GII を、欧州の委員会で紹介し、日本のこの

分野への貢献を欧州にアピールすることができた。

今後も企業および電子商取引安全技術研究組合との共同研究を軸に、チップ評価技術と評価制度の立ち上げに向けて、技術開発と支援を継続してゆく。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 チップセキュリティ、脆弱性評価、認証

③【ナノ電子デバイス研究センター】

(Nanodevice Innovation Research Center)

(存続期間：2008. 4. 1～2011. 3. 31)

研究センター長：金山 敏彦

副研究センター長：秋永 広幸

上 席 研 究 員：Kolobov Alexander

上 席 研 究 員：富永 淳二

主 幹 研 究 員：秦 信宏

所在地：つくば西、つくば中央第4、つくば中央第2

人 員：24名 (24名)

経 費：6, 399, 394千円 (747, 286千円)

概 要：

1. ミッション

半導体集積システムは、高度情報社会を支える基幹技術である。産業競争力の向上と環境負荷の低減を図り、社会の持続的な発展を実現するために、半導体技術の継続的な進展は、欠かすことができない。

これまで半導体技術の高度化を担ってきたシリコン CMOS トランジスタの微細化は物理的・技術的な限界に近づいており、今後の技術発展のためには、ナノレベルの微細化と同時に、新規な材料・構造・作製プロセスの導入が求められている。さらに、今後10年以上に亘って発展を継続するには、CMOS 微細化に代わる新しい指導原理を構築しなければならない。

本研究センターは、CMOS の微細化・高性能化の極限追究を推進すると共に、これに代わる発展軸となりうる革新技术の探索と実証を、CMOS 技術をベースとして行う。そのために、ナノスケールのトランジスタの構造、材料、作製、計測、解析技術を研究し、特性バラツキを最小化しながら、低消費電力で信頼性の高い CMOS トランジスタを構成し集積化するための基盤技術を研究開発する。さらに半導体以外の様々な材料や、メモリおよびフォトリソグラフィデバイスを含む新動作原理のデバイスに向けた研究開発を展開する。この過程で蓄積したナノ電子デバイスの作製、計測、解析技術を体系化すると共に、広く外部に提供して、イノベーションハブとして機能する。これによって将来の電子デバイス技術の発展方向を明確な科学的根拠を以て産業界に提示

する。

2. 運営体制

当センターは、CMOS や不揮発メモリを始めとするナノ電子デバイスの高性能化・低消費電力化を自ら追究すると共に、つくばイノベーションアリーナ(TIA)の一環として、新たな発展軸となりうる革新技术の探索と実証を行うためのイノベーションハブを整備し、産総研の他ユニットや、大学・産業界や他の研究機関と連携して基礎技術をデバイス実証に結びつける場として運用する。そこでは、当センターに蓄積されたナノ電子デバイスの作製技術・計測解析技術を基に新材料・新構造デバイスを効率的に試作し、データが体系的に蓄積されるような知識マネジメントを目指す。また、ナノプロセッシング施設(AIST-NPF)と一体的な運用を行うことにより、広範な目的に応える。

また、大学や産業界などから若手研究者を積極的に受け入れ、最先端の電子デバイス技術に関わる研究開発に従事させることにより、実用化のための技術課題を把握し、かつ基盤的な知識と科学的考え方を身につけた人材の育成を行う。

3. 研究開発の方針

本年度は、次の点に重点を置いた。

- (1) CMOS の極限追究を目的とする研究開発プロジェクトとして、NEDO 半導体 MIRAI プロジェクトにおいて、新構造極限 CMOS トランジスタの研究開発を推進した。また、ナノエレクトロニクスプロジェクトの研究開発を行った。
- (2) シリコン CMOS の限界を超える超低消費電力化を可能にする技術について、連携研究体グリーン・ナノエレクトロニクスセンターを組織し、産業界から20名を超える研究員を受け入れて、重点的に研究開発を推進した。上記以外の、より探索的な研究テーマや実用化目的の明確な課題については、それぞれ個別の研究プログラムを推進した。
- (3) 当センターの保有するプロセス装置群を再組織し、微細 CMOS トランジスタや Si 光導波路を始めとするデバイス試作を軌道に乗せた。また、(株)半導体先端テクノロジーズ (Selete) から300ミリウェーハに対応した CMOS 一貫ラインの移管を受け、一部の装置を補充して、研究開発プラットフォームとしての稼働に向けて、運用を開始した。これらを基に、超低電圧デバイス技術研究組合 (LEAP) や技術研究組合光電子融合基盤技術研究所 (PETRA) を含む産総研内外の研究グループと共同研究を開始した。

内部資金：

強相関エレクトロニクス連携拠点の形成

外部資金：

経済産業省 平成22年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 共同施設相互利用によるナノエレクトロニクス、ナノ材料開発

文部科学省 平成21年度科学技術試験研究委託事業 (繰越事業) 機能性酸化物グリーンナノテクノロジー研究拠点整備

文部科学省 平成22年度産学官連携支援事業委託事業 ナノプロセッシング・パートナーシップ・プラットフォーム (超微細加工・計測・分析支援とその技術者養成によるイノベーション創出)

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 次世代半導体材料・プロセス基盤 (MIRAI) プロジェクト / 次世代半導体材料・プロセス基盤 (MIRAI) プロジェクト (一般会計) 新構造極限 CMOS トランジスタ関連技術開発

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造ナノ電子デバイス技術開発 シリコンナノワイヤトランジスタの知識統合研究開発

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造ナノ電子デバイス技術開発 次世代相変化メモリ技術の研究開発

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造ナノ電子デバイス技術開発 シリコンプラットフォーム上 III-V 族半導体チャンネルトランジスタ技術の研究開発

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 省エネルギー革新技术開発事業 / 先導研究 第2世代超薄膜ゲート絶縁膜材料の研究開発

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST) 機能性酸化物を用いたナノ界面相転移デバイス開発 1. 金属 / 遷移金属酸化物界面の電子状態制御 2. 界面における強相関相転移デバイス開発

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的国際科学技術協力推進事業 (研究交流型) エピタキシャル相変化材料の合成と時間分解構造解析

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的国際科学技術協力推進事業 (研究交流型) 高性能薄膜トランジスタおよびそれを用いた不揮発メモリ

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業【先端計測分析・機器開発プログラム】機器開発プログラムラベル不要の高機能性バイオセンサシステムの開発

独立行政法人日本学術振興会 最先端研究開発支援プログラム グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発

技術研究組合光電子融合基盤技術研究所 最先端研究開発支援プログラム フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発

文部科学省 科学研究費補助金 特定領域研究 シリコンベース素子を用いたスピン注入効率の最適化

文部科学省 科学研究費補助金 特定領域研究 配列ナノ空間物質を利用した次世代半導体デバイス

文部科学省 科学研究費補助金 特定領域研究 スピン流とナノヘテロ構造調整班

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) シリコン表面上での原子層シリサイド半導体形成

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) CNT-MFM 探針を用いた微小磁区構造評価法と微弱磁気計測法の開発

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) In-situリアルタイム分光法による有機極薄膜の電荷移動計測と制御

発 表：誌上発表68件、口頭発表129件、その他7件

極限構造トランジスタ研究チーム

(Nanostructured CMOS Research Team)

研究チーム長：太田 裕之

(つくば西、つくば中央第4)

概 要：

現在の情報化社会を支えているのは大規模集積化回路 (LSI) である。今後の情報化社会の高度化及びその持続的発展のためには、LSI の基本要素であるトランジスタのさらなる集積規模の拡大と低消費電力化を両立する必要がある。我々の目標は、2015年以降の技術世代における低消費電力 LSI に要求されるトランジスタの各技術課題を克服するための基盤技術を提供することにある。この目標達成のため、当研究チームでは以下の3テーマを主要研究開発テーマとしている。それらは、1)トランジスタの極限的な微細化に対応し得る構造を持つと期待されるシリコンナノワイヤトラ

ンジスタの開発、2)極限的に微細化されたトランジスタで期待される準バリスティック効果を最大化し、高駆動力トランジスタを実現するためのデバイス技術の開発、3)今後のグリーン-IT による低炭素社会の実現にむけて、従来 CMOS の1/10 -1/100の低消費電力を目指す新原理 CMOS の研究開発である。第1のテーマに向けては、自己組織化を含む、原子レベルのナノプロセッシング技術を開発し、高精度なトランジスタプロセス技術を開発している。第2のテーマについては、バリスティック輸送効率の向上及び低消費電力化のための、ゲートスタック技術開発やメタルソース・ドレイン技術開発などを行っている。また、第3のテーマに関しては、トランジスタのスイッチング消費電力が電源電圧の2乗に比例することに鑑み、量子力学的なトンネル効果等の従来 CMOS の動作原理とは異なった新たな動作原理に基づく CMOS の開発を行い、従来 CMOS では到達しえない圧倒的な低電圧で動作する CMOS の開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

新材料インテグレーション研究チーム

(New Materials Integration Research Team)

研究チーム長：安田 哲二

(つくば中央第4)

概 要：

集積回路技術は微細化を推し進めることにより発展してきたが、ゲート長 (回路を構成するトランジスタの大きさを表す寸法) は既に20~30nm 程度まで小さくなっており、微細化は物理的な限界を迎えつつある。そのような中で、微細化以外の手法によって微細化と同様な性能向上を実現する技術、すなわち「等価スケールリング技術」が求められており、その有力なアプローチの一つが「新材料」の導入である。従来、相補型の金属-酸化物-半導体 (CMOS) 構造の電界効果トランジスタは、シリコンとその酸化物を主たる材料としてきたが、これらをキャリア移動度や誘電率などにおいて優れた物性をもつ新材料によって置き換えることができれば、電流駆動力を向上させたり、消費電力を低減させることが可能となる。これらの新材料は、従来は CMOS に用いることが難しかった材料であり、その特性を生かすためには、CMOS の技術体系の中にうまく統合 (インテグレート) することが鍵となる。当研究チームは、得意とする表面・界面のナノスケール評価・制御技術を展開し、高移動度チャネル技術や高誘電率ゲート絶縁膜技術等の新材料技術を開発することを目的とした研究開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目4

原子スケール計測・制御技術研究チーム

(Atomic-scale Characterization and Processing)

Research Team)

研究チーム長：多田 哲也

(つくば中央第2、つくば中央第4)

概要：

デバイスサイズが微細になると、様々なデバイス特性が、原子スケールの構造揺らぎに敏感に影響されるようになり、設計や作製が困難になる。この問題を解決するには、デバイス構造の局所的な物性を原子スケールで計測・制御することが必要不可欠である。特に、ドーパント不純物原子の分布や機械的歪みがデバイス特性に大きな影響を与えるため、当研究チームは、走査トンネル顕微鏡 (STM) を用いた不純物分布、ポテンシャル分布の計測・評価技術、紫外線ラマン散乱分光法による局所ひずみの評価解析技術の研究開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目7

先進デバイスプロセス研究チーム

(Nanodevice Processing Research Team)

研究チーム長：堀川 剛

(つくば西)

概要：

当研究チームでは、当センターが展開している高性能の極限的 CMOS デバイス開発において、我々が保有する CMOS プロセス技術、デバイス試作技術を提供することで試作検証を支えるとともに、バリスティック効果発現に必須となるゲート微細化などの微細トランジスタ作製プロセス技術開発を展開した。

CMOS の微細化が物理的な限界に達しようとしている中では、開発された微細 CMOS 技術を他のナノテクノロジーと融合させて新たなナノ電子デバイスを創生していく取り組みも大変重要である。当研究チームでは、産総研が提案するナノ電子デバイス開発のイノベーションハブであるナノエレクトロニクスイノベーションプラットフォーム (NeIP) の一環として、CMOS 先端技術の研究を通じて確立したデバイス・プロセス・材料技術や内部光電子分光、低周波雑音、ランダムテレグラフ雑音等の評価解析技術を提供することで、シリコンフォトリソグラフィや半導体メモリなどを含めた幅広い技術分野における独創的なナノ電子デバイスの試作・評価を通じた機能実証のための共同研究を展開している。

研究テーマ：テーマ題目8

先進ナノ界面デバイス研究チーム

(Superior Nano-interface Device Research Team)

研究チーム長：秋永 広幸

(つくば中央第2)

概要：

物質をナノ構造化、あるいは異種材料の界面を原子

レベルで精密に接合することによって、合目的的に設計されたデバイス機能の発現と制御を可能とし、「先進」と呼ぶに相応しいナノ界面デバイスの開発成功例を積み上げていくことが本チームの活動指針である。その過程において、新しい研究分野あるいは研究概念を創造し、将来の電子デバイス技術の発展方向を明確な科学的根拠を以て社会に提示することが本チームの研究目標となっている。また、産総研が社会と共有するイノベーション創造の場として、そして、産総研による研究支援・技術移転・人材育成実施の駆動力として、当チームでは AIST 先端機器共用イノベーションプラットフォーム (IBEC-IP) を産学官の研究者に公開している。ナノエレクトロニクスイノベーションプラットフォーム (NeIP) におけるオープンラボとしての機能を果たすことにより、ナノテクノロジー、ナノエレクトロニクスを共通基盤とした全世界的なオープンイノベーション拠点形成を目指す。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目9

相変化新機能デバイス研究チーム

(Functional Nano-Phase-Change Device Research Team)

研究チーム長：Fons Paul

(つくば中央第4)

概要：

2004年、我々のグループが、GeSbTe 材料の結晶-アモルファス相転移現象を、軌道放射光施設を用いて構造解析し、新しい結晶-結晶相転移モデルを提案した (Nature Materials, 2004)。この新規相転移モデルの理論的な検討と実験的検証を目的として研究開発を展開する。具体的には、量子力学第一原理計算による超格子相変化構造のモデル化および最適化、成膜に必要な各原子層の精密な膜厚 (特に GeTe および Sb₂Te₃) の決定、計算結果に基づいた Si 基板上への成膜温度条件の検討等を行って、実際の超格子の安定作製条件を決定する。さらには、実際のメモリデバイス上に [(GeTe)_x(Sb₂Te₃)_y]_z からなる超格子相変化膜を形成し (ここで x, y, z は整数)、電気特性を同組成の合金各膜の場合と比較することで、エントロピーロスを最低限まで抑制した相変化固体メモリの実現を目指す。

研究テーマ：テーマ題目6

連携研究体グリーンナノエレクトロニクスセンター

(Collaborative Research Team Green Nanoelectronics Center)

連携研究体長：横山 直樹

(つくば西)

概要：

ナノテクノロジーで培われた新機能材料や新デバイ

ス構造を CMOS トランジスタや配線層へ適用することで、LSI の低動作電圧化と高機能・高集積化を実現し、LSI およびエレクトロニクス機器の消費電力を従来技術比で1/10-1/100に低減することを目標に、平成21年度から平成25年度の5年間で、「低電圧動作 CMOS」「ナノカーボン材料の開発と応用」「バックエンドデバイス」の3テーマの開発をする。このため、産総研内部に連携研究体を設置し、産業界と産総研の研究者を結集させるとともに、大学や他の公的機関との連携も深めて研究を推進している。

「低電圧動作 CMOS」では、低電圧動作する新材料 CMOS トランジスタの実証とともに、量子効果等の新動作原理に基づく CMOS トランジスタを開発する。

「ナノカーボン材料の開発と応用」では、低抵抗ナノカーボン三次元配線技術の開発とともに、極低電圧動作 CMOS と配線埋め込み用デバイス作製を可能とするナノカーボン材料を開発しデバイス実証を行う。

「バックエンドデバイス」では、低電圧動作可能かつ多層配線内に三次元的に埋め込んだ抵抗変化型不揮発デバイス用の相変化新材料を開発する。

研究テーマ：テーマ題目3-1、テーマ題目3-2、テーマ題目3-2、テーマ題目3-4、テーマ題目3-5、テーマ題目3-6、テーマ題目3-7

【テーマ題目1】次世代半導体材料・プロセス基盤 (MIRAI) プロジェクト 新構造極限 CMOS トランジスタ関連技術開発

【研究代表者】 金山 敏彦

(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】 太田 裕之、森田 行則、右田 真司、水林 亘 (常勤職員4名)

【研究内容】

本研究開発は、平成20年度から平成22年度までの3年間に亘り実施し、平成22年2月末をもって、開発目標を達成し、計画通りに終了した。本研究開発では、hp32nm を超える極微細な半導体デバイスを実現するために必要な、革新的な基盤技術の開発を目的とした。具体的には、hp32nm を超える技術領域でゲートの静電支配力を確保し、短チャネル効果を低減するために必要となる薄膜 SOI トランジスタやマルチゲートトランジスタを対象に、① 原子層レベル界面制御によるメタルソース・ドレイン形成技術およびショットキーバリアハイト制御技術の研究開発、② 高駆動力ゲートスタック形成技術開発、③ 計測・解析技術開発、の3つの研究課題に取り組んだ。以下に平成22年度最終年度の成果を簡単に記載する。

① 原子層レベル界面制御によるメタルソース・ドレイン形成技術およびショットキーバリアハイト制御技術

の研究開発

SOI 基板中の NiSi₂ 横方向エピタキシャル成長を利用した接合制御技術を開発した。NiSi₂ のショットキー接合界面に偏析した P (リン) および B (ボロン) を、従来行われていなかった高温アニールで活性化することで、接合の実効バリアハイトを Si の伝導帯および価電子帯からそれぞれ0.1eV 以下に調節できることを実証した。世界でもトップ水準の数値を達成し、メタルソース・ドレイン技術の実用化に向けて大きく前進する成果が得られた。

② 高駆動力ゲートスタック形成技術開発

Si 基板上への高誘電率絶縁膜 HfO₂ の直接接合技術として、Si の最表面結合を酸素で終端することにより均一な直接接合界面を形成することに成功した。開発した界面制御技術により、SiO₂/Si 界面での界面ラフネス散乱と同程度の高品質 high-k/Si 直接接合ゲートスタックを形成することに成功した。また、HfO₂ の高品質な成長技術として、Rapid Thermal Crystallization (RTC) 法を開発した。原子層成長 (ALD) 法により、非晶質の HfO₂ 膜を成長させた後、基板側から結晶化させることにより、高品質な直接接合エピタキシャル HfO₂ を形成することに成功した。界面層形成を抑制することで EOT 0.5nm を実現した。

③ 計測・解析技術開発

開発項目①で開発した原子層制御メタルソースドレインを組み込んだ、FD-SOI 型の微細トランジスタを試作し、デバイスの電氣的評価から、バリスティック効率などを抽出した。また、開発項目②で開発した HfO₂/Si 直接接合型の高移動度ゲートスタックに対して、キャリア移動度とソース端実効速度の関係をもとめ、従来技術に比較して34%の電流駆動力向上が可能であることを示し、本プロジェクトの数値目標を達成した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 半導体、シリコン、

高電流駆動力 CMOS、移動度、バリスティック輸送、メタルソース・ドレイン、高誘電率ゲート絶縁膜、ゲート電極

【テーマ題目2】シングルナノワイヤトランジスタの知識統合的研究開発

【研究代表者】 金山 敏彦

(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】 太田 裕之、森田 行則、右田 真司、水林 亘 (常勤職員4名)

【研究内容】

ゲート長が10 nm を下回るシングルナノ領域では、CMOS トランジスタの動作が、種々の本質的な限界に遭遇する。本研究開発の目的は、2016~2020年以降に必

要とされる、シングルナノ領域で高い機能を発揮するシリコンベースの CMOS を、構成し製造する新しい指導原理と基盤技術を提供することである。

ゲート長がサブ10nm に到達すると、ゲートのチャンネルに対する制御能力を最大化するために、直径が nm レベルのナノワイヤ構造のチャンネルをゲート電極が取り囲む構造を採用することが必須になる。この領域では、準バリスティック効果や量子効果など、キャリア輸送に本質的な影響を与える物理現象が顕在化する。そのため、本研究開発では、高精度なデバイス試作と電気的特性評価、物理計測評価解析、デバイスシミュレーションを含む計算科学的解析を、総合的に行うことによって、CMOS の究極形としてのナノワイヤトランジスタの特性を予測し、構造・材料・プロセスの設計を行うための基盤の知識体系を、科学的な裏付けを持って構築することを目的としている。

平成22年度は低 pH HF 処理と水素アニール、酸素エッチングより、サイズと形状を同時に制御した Si ナノワイヤを作製し、ワイヤ幅約8nm の微細なナノワイヤトランジスタの動作に成功した。また、ナノワイヤの電位分布を計測するために、導電性探針を用いた多機能走査プローブ顕微鏡システムを開発した。このシステムでは、原子間力顕微鏡 (AFM) モードで測定位置まで探針を誘導し、デバイス領域を走査トンネル顕微鏡 (STM) 及び、ケルビン力顕微鏡 (KFM) で計測することが可能である。開発したシステムで、幅20nm の Si ナノワイヤについて、接触電位差 (CPD) 及び、トンネル電流の分布測定を行うことに成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】半導体、シリコン、ナノワイヤ、Gate-All-Around、CMOS、原子間力顕微鏡 (AFM)、走査トンネル顕微鏡 (STM)

【テーマ題目 3-1】グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発 (高移動度材料 CMOS 技術の研究開発)

【研究代表者】横山 直樹 (連携研究体グリーンナノエレクトロニクスセンター)

【研究担当者】横山 直樹、手塚 勉、入沢 寿史、小田 穰、黒澤 悦男 (常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

CMOS トランジスタの動作時の消費電力低減のためには、電源電圧を低減することが有効である。これは、回路動作時の消費電力が電源電圧の二乗に比例しているためである。必要な ON 電流を確保しつつ、電源電圧を低減する方法の一つは、電流駆動力を増大して、必要なゲートオーバードライブ電圧を減少させることである。電流駆動力増大の手法として、我々は III-V 化合物半導体や、Ge などの高移動度チャンネルの導入を検討してい

る。

平成22年度においては、III-V チャンネルトランジスタ試作のための環境立ち上げと、要素プロセス技術の開発を行った。要素プロセスに関しては、ALD による high-k ゲート絶縁膜評価を行った。また、低抵抗コンタクト技術に関し、前倒しで成果が得られた。委託研究2件は予定どおり開始した。以下に詳細を示す。

・III-V 族半導体トランジスタ試作環境立ち上げ

III-V 族半導体および Ge などの Si 以外の基板を用いてトランジスタ試作を行うために、低温での層間絶縁膜形成のため、プラズマ CVD 装置の導入、立ち上げを行った。

・III-V 族半導体トランジスタ試作要素プロセス検討

III-V 族半導体基板を用いたトランジスタの試作を行うため、III-V 材料起因のクロスコンタミチェックを行い、MISFET の要素プロセス開発を開始した。具体的には、GaAs 基板の持ち込みに関する安全性のチェック、ウェット処理時の As 溶け出しのチェック、熱処理時の有害ガス発生リスクの調査などを行い、問題ないことを確認した。また、原子層堆積 (ALD) による HfO₂ および Al₂O₃ 膜の製膜実験を開始した。さらに、InGaAs 層に自己整合的に形成可能な Ni 合金コンタクトの最適化を行い、既存技術に比べて薄く、十分低抵抗な Ni 合金膜が得られた。

・委託研究 (名古屋大学 財満教授)

NiGe/n-Ge(001) および n-Ge(110) コンタクトにおける電気伝導特性のプロセス依存性を評価した。Ge(110) 上においてはエピタキシャル NiGe が優先的に形成され、電子に対して 0.45~0.48eV と、(001) 面上に比べて低い Schottky 障壁高さが得られることがわかった。また、NiGe/Ge(110) 構造では、550°C においても NiGe 薄膜の凝集が生じず、Ge(001) 上よりも熱的に安定な均一平坦構造を形成でき、接合リーク電流低減に優位性があることが明らかとなった。

・委託研究 (東京工業大学 岩井教授)

In 濃度が52%の InGaAs 基板に酸化ランタン膜、酸化ハフニウム膜を絶縁膜としてキャパシタを作製し、電気特性評価を開始した。堆積時の基板温度あるいは熱処理温度などプロセスによる影響を調査した。酸化ランタン膜では400°C以上の熱処理で界面準位密度とリーク電流が増加し大きく劣化するが、350°Cで30分など低温長時間の熱処理で特性の改善が可能であることがわかった。酸化ハフニウム膜でも同様の傾向が見られたが、堆積初期の基板温度を高くすることで容量の測定周波数分散を低減することができた。また、等価回路モデル作成による解析の結果、欠陥準位の物理的な描像を捉えることができた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】MOS トランジスタ、Ge、SiGe、III-V 族化合物半導体、電源電圧、移動度

〔テーマ題目 3-2〕 グリーン・ナノエレクトロニクス
のコア技術開発（新動作原理 CMOS デ
バイスの研究開発）

〔研究代表者〕 横山 直樹（連携研究体グリーンナノエ
レクトロニクスセンター）

〔研究担当者〕 横山 直樹、金山 敏彦、太田 裕之、
田邊 顕人、右田 真司、森田 行則、
水林 亘、安田 哲二、宮田 典幸、
森 貴洋、多田 哲也、前田 辰郎、
内田 紀行、西澤 正泰、福田 浩一、
昌原 明植、遠藤 和彦、松川 貴、
柳 永勳、大内 真一、坂本 邦博、
木曾 修、糸賀 賢郎、野尻 真士
（常勤職員20名、他4名）

〔研究内容〕

最近のネットワーク社会の発達による情報量の爆発的
増大、及び、低炭素社会の実現に向けた社会的な要請に
より、半導体大規模集積回路（LSI）にも、さらなる低
消費電力性能が求められている。LSI の消費電力は電源
電圧の2乗に比例するため、電源電圧の低減は、LSI の
消費電力削減のために極めて効果的である。しかしなが
ら従来の LSI では、その構成要素である相補型電界効
果トランジスタ（CMOS）のスイッチングの急峻性に
理論的な限界（60mV/decade）があるため、低電圧化に
は限界がある。そこで本研究開発では、従来 LSI の～
1/100という極低消費電力 LSI の実現を目指し、従来ト
ランジスタでは動作し得ない、圧倒的に低動作電圧（～
0.2V）の新動作原理 CMOS を開発することを目的とす
る。

平成22年度は、60mV/decade の壁を打ち破るために、
量子力学的トンネル効果を用いたトンネル電界効果型ト
ランジスタ（Tunnel Field-Effect Transistor, TFET）、
及びアバランシェブレイクダウンによるキャリア増倍効
果を利用した電離衝突型金属-酸化膜-半導体デバイス
（Impact ionization Metal-Oxide-Semiconductor Field
-Effect Transistor, I-MOS）を取り上げ、プロセス・デ
バイスシミュレーターによる研究を行なった。

その結果、急峻なスイッチング特性を実現するための
開発指針を明らかにするとともに、インバーターなどの
小規模回路の動作特性予測を行い、LSI の論理回路とし
て適用可能であることを明らかにした。また、これらの
開発指針を基に、デバイス試作プロセスの立ち上げと課
題抽出を行った。さらに、バンド間トンネル効果、異種
材料のヘテロ接合など、新原理 CMOS に重要な物理モ
デルを精密に取り込んだ計算モジュールを開発し、これ
を TCAD シミュレーターに組み込むことで、新原理
CMOS 開発用のデバイスシミュレーターを構築した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 低消費電力 LSI、低電圧動作、急峻スイ
ッチング、TCAD シミュレーター

〔テーマ題目 3-3〕 グリーン・ナノエレクトロニクス
のコア技術開発（CNT の合成とデバイ
ス応用）

〔研究代表者〕 横山 直樹（連携研究体グリーンナノエ
レクトロニクスセンター）

〔研究担当者〕 横山 直樹、島 賢治、桜井 俊介、
Futaba Don、山田 健郎、小橋 和文、
山田 真保、蓬田 美樹、中村 紘子、
鎌田 文典（常勤職員6名、他4名）

〔研究内容〕

半導体・金属 CNT の選択的合成法を検討した。具体
的には CNT 成長プロセスにおけるガス雰囲気制御によ
る選択的合成についての基礎的検討を行った。

まず、合成した金属・半導体 CNT の選択性を、簡易
に評価する手法を確定した。具体的には、ラマン分光を
行い、金属 CNT および半導体 CNT からの信号を定量的
に分離し、金属・半導体 CNT の選択性の評価を行っ
た。

CNT 成長前に水分、CO₂、CO を添加することによ
る、選択性の制御を試みた。排気ガス分析の結果から、
CVD 合成炉内における不純物ガスの抑制がこの手法を
成立させるための条件であると考え、CNT 合成炉にお
けるリーク低減、および炉内真空引き処理、ガス流制御
を行った。このように選択的 CNT 成長に向けて改善さ
れた CVD 合成炉において、CNT 成長前に触媒塗布し
た基板へ微量の水分を暴露させることにより、半導体
CNT が選択的に成長することが示唆された。ラマン分
光の結果からは、その選択性は約95%と見込まれている。

また、さらに精密なガスの制御を可能とするため「金
属・半導体 CNT 選択的全自動合成炉」の設計を行った。
この合成炉は、自動合成中に真空引き可能であり、スカ
ラーロボット搬送、赤外イメージ炉を備え、4cm×2cm
角の試料対応で50試料を連続運転可能とし、多くの実験
パラメーターを短時間で探索できるものとした。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 カーボンナノチューブ、化学気相堆積法、
半導体

〔テーマ題目 3-4〕 グリーン・ナノエレクトロニクス
のコア技術開発（グラフェンの合成とト
ランジスタ応用）

〔研究代表者〕 横山 直樹（連携研究体グリーンナノエ
レクトロニクスセンター）

〔研究担当者〕 横山 直樹、佐藤 信太郎、原田 直樹、
中払 周、近藤 大雄、伊藤 正勝、
林 賢二郎、山田 綾香、八木 克典
（常勤職員8名、他1名）

〔研究内容〕

グラフェンのトランジスタ応用を目指し、グラフェン
の合成技術とデバイス作製のための要素技術の開発を行

っている。

グラフェンの合成技術に関しては、大面積で層数が制御されたグラフェンの合成を行うことがまず大きな目標である。また、そのようなグラフェンを評価する技術の開発も目指している。大面積化については、直径200mmのシリコン基板上に銅薄膜を堆積し、化学気相合成(CVD)法によって銅薄膜上に一様にグラフェンを合成することに成功した。原料ガスはエチレンをアルゴン・水素で希釈したものを用いた。また、エチレンの分圧を制御することにより、グラフェンのグレインサイズを制御できることを見出した。層数制御技術に関しては、層数の触媒種類、温度、原料ガス種類、原料ガス分圧、合成時間に対する依存性を調査した。触媒種類としては、銅、ニッケル、コバルト、鉄などを試みた。その結果、多結晶触媒膜を利用して単層ないしは数層のグラフェンを安定的に形成するためには、銅触媒の使用がほぼ必須であることがわかった。ニッケルやコバルト、鉄触媒の場合、原料ガス分圧や合成時間を減らすことにより、数層程度のグラフェンを作ることは可能であるが、触媒のグレイン毎に層数がかかりばらつく。銅触媒の場合は、グレイン毎のばらつきは殆どない。一方、単結晶薄膜を触媒として使用した場合は、銅以外でも単層のグラフェンを安定的に形成できることがわかった。ただし、単結晶薄膜(エピタキシャル膜)を形成するためには単結晶サファイヤ基板が必要であり、高価でサイズが限定されることが今後の課題である。

グラフェンの評価技術に関しては、高品質化を進める上で重要となるグレインサイズ評価技術を中心に開発を行った。ラマンスペクトルのDバンドをマッピングすることにより、グレインサイズが評価できることが報告されているが、励起用レーザのスポットサイズが1ミクロン程度であり、グレインサイズが同程度の場合には適用できない。そこで他の手法を探索し、透過電子顕微鏡の制限視野電子回折像を利用した、グラフェンのグレインサイズ分析法が有効であることがわかった。またより簡便な、走査電子顕微鏡やプローブ顕微鏡を利用した手法も開発し、サンプルの状態によっては有効であることがわかった。

トランジスタ作製の要素技術の開発のため、本年度はトランジスタ作製プロセスの構築をまず行った。地震の影響もあったが、プロセス構築はほぼ完了した。本年度取り組んだ要素技術としては、保護膜作製技術、電極形成技術、グラフェンのクリーニング技術などが挙げられる。保護膜作成技術に関しては、自然酸化されたアルミの蒸着膜、酸化シリコンの蒸着膜がグラフェンの劣化を最小限にできることを見出した。また、電極形成技術に関連し、グラフェン/金属界面の状態をXPSにより調査し、界面の酸化状態が伝導に大きな影響を与えていることを見出した。現在、最適な電極種類、堆積法の調査を進めている。グラフェンのクリーニングについては、

真空アニールが特性向上に役立つこと、プラズマ処理はグラフェンのダメージを引き起こしやすいこと、などを見出した。

トランジスタ構造最適化のため、シミュレーションも積極的に活用している。本年度は、現実的なサイズのチャネルの伝導特性を精度よくシミュレーションできるよう、新たな手法を開発し、基本的な動作を確認した。今後、より複雑なトランジスタ構造のシミュレーションを行っていきたい。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】グラフェン、化学気相合成法(CVD)、トランジスタ

【テーマ題目3-5】グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発(CNT/グラフェンの配線応用)

【研究代表者】横山 直樹(連携研究体グリーンナノエレクトロニクスセンター)

【研究担当者】横山 直樹、二瓶 瑞久、川端 章夫、佐藤 元伸、中野 美尚、高橋 慎(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

低電圧動作 LSI 実現に向けて Cu 配線に替わる低抵抗配線として、CNT コンタクトプラグ、グラフェン横配線による低抵抗配線技術の開発を行うとともに、バックエンドデバイスとしてのアクティブ配線技術の研究開発を行っている。CNT コンタクトプラグとグラフェン Local 配線技術開発では、具体的にはグラフェン成長技術、及び、CNT コンタクトプラグとグラフェン横配線の接合技術を検討し、低抵抗カーボン配線の性能及び有効性を実証する。また、アクティブ配線技術開発では、配線レイヤーに不揮発性スイッチ等を持たせることによる低消費電力アクティブ配線 LSI の可能性検討を行う。

今年度は、CNT/グラフェン配線応用へ向けた要素プロセスを確立するために、多層グラフェンの膜質改善、CNT/グラフェンのコンタクト形成、及び、横配線パターン形成に関するプロセス最適化を行った。具体的には、多層グラフェン膜質改善に関して、課題となっていた低抵抗化への指針を得るための触媒金属の効果について検討した。その結果、膜質改善に与える触媒金属の効果は大きいことがわかった。Co 触媒金属を用いることにより、熱 CVD 成長温度600℃においてラマン散乱 G/D 比12、810℃において G/D 比30を得た。断面 TEM 観察により良好な多層グラフェン構造が観察され、ラマン散乱の結果の裏付けを得た。形成温度の低温化の課題があるが、今後、触媒金属を効果的にプロセスに取り込む方向で最適化を進める。CNT/グラフェンのコンタクト形成に関して、多層グラフェン上に CNT を成長し、断面 TEM-EELS 分析により接合界面構造を解析した。断面 TEM 観察の結果、CNT と触媒、グラフェンそれぞれ

の結晶格子像を確認し、CNTの側壁は触媒金属とコンタクトしており、また、触媒金属は下地の多層グラフェン層と反応層を形成していることがわかった。今後、CNTと多層グラフェン間において良好な電氣的接合を得るために、得られた情報を基にコンタクト構造を改善する検討を進める。横配線パターン形成に関して、EB描画とプラズマエッチングを用いて微細パターン作製プロセスを最適化し、30nm程度までの配線幅を得ることができた。

また、CNT縦方向配線を利用したアクティブ素子の基本動作を確認するために、CNT配線ビアプロセスを適用したReRAMを試作して電気伝導特性を取得した。具体的には、CNTを垂直に接合した微細電極を用いて、TiO₂抵抗変化層の不揮発性スイッチング動作を確認することができた。今後はTiO₂層の厚みやCNT数の最適化を課題とし、また、パルス応答など高速性の評価から微細CNT電極の優位性を実証する。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】カーボンナノチューブ、グラフェン、配線

【テーマ題目3-6】グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発（バックエンドデバイス材料の微細構造解析およびダイナミクス解析）

【研究代表者】横山 直樹（連携研究体グリーンナノエレクトロニクスセンター）

【研究担当者】横山 直樹、富永 淳二、Paul Fons、Alexander Kolobov、Jan Hinnerk Richter（常勤職員4、1名）

【研究内容】

本研究テーマは、産総研が2004年に発表した相変化メモリに関するメカニズムの新解釈、すなわち、Ge原子の結合状態の相違による結晶—結晶間相変化現象を相変化メモリに取り入れ、Ge原子の相変化に伴うスイッチング移動を一次元方向に閉じ込めることで、動作エネルギーを従来の1/10から1/100に低減させる革新的な相変化メモリの実現を目指している。そのための超格子構造膜の計算モデルの構築、他元素を用いた類似構造による新材料のシミュレーションおよび開発、モデルに基づいて実際に作製した超格子メモリ構造の微細構造解析と動作原理の実験的検証を目標とする。

具体的には、GeTeおよびSbTeからなる結晶性薄膜を交互に配向軸が一致するように形成し、微細構造をスプリング8等の放射光装置を用いて解析する。また、レーザービーム、電気パルスを計測中に与えながら原子のスイッチングに伴う動的挙動を実時間ベースで観測し、動作原理の解明を行う。

平成22年度は、まず新たに導入した計算クラスターの

立ち上げを行い、最大で196個のプロセッサから構成された大型計算クラスターの動作確認を行った。次にこの計算クラスターを用いて、GeTe/SbTe系の基本超格子構造に加えて、類似動作を行う可能性がある新規超格子材料候補を複数発見した。これらはいずれもGe原子の低次元スイッチ現象に基づくもので、次年度以降、実際に実験的に超格子を作製して動作確認を行う。また、GeTe薄膜を中心にGeの動作挙動をスプリング8を用いて測定した。その結果、Ge原子の結合ボンドの状態変化は、シミュレーションモデルと良く一致することが確認できた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】相変化メモリ、低消費電力メモリ

【テーマ題目3-7】グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発（バックエンドデバイス材料の成膜技術・科学）

【研究代表者】横山 直樹（連携研究体グリーンナノエレクトロニクスセンター）

【研究担当者】横山 直樹、新谷 俊通、小高 貴浩、森川 貴博（常勤職員4名）

【研究内容】

本研究では、グリーン・ナノエレクトロニクスのバックエンドデバイス技術確立に向けて、不揮発性メモリの将来技術として注目されている相変化メモリの低電力化を実現するために、主に以下の3つのテーマを推進した：①従来の記録膜材料であるGeSbTeの記録時の消費電力量を低減すると期待される超格子相変化記録膜の成膜技術、②微細セルに高精度に成膜する化学気相成膜（CVD）技術、③超格子相変化記録膜を使いこなす回路・システム技術。

超格子相変化材料の成膜条件の検討を行った。具体的には、超格子相変化材料であるGeTe/Sb₂Te₃薄膜のスパッタ条件と薄膜の結晶配向の関係について検討し、主な条件は、成膜時の基板温度及び成膜の順番であることを見出した。基板温度と積層順番は、Sb₂Te₃の結晶配向性に強く影響を与える。基板温度が150℃以上でSb₂Te₃が結晶配向を示し始めるが、200℃以下の場合にはSb₂Te₃の配向性が低く、250℃以上の場合にはTeが昇華するため、基板温度が230℃の場合が最適であることが判明した。また、相変化材料との表面張力の差が小さいTiN或いはW上で成膜した場合、GeTeを先に成膜すると、次のSb₂Te₃において良好な結晶配向性が得られないことを見出し、最適な成膜順番は、TiN or W/Sb₂Te₃/GeTe/Sb₂Te₃/GeTe/・・・であることを確認した。この条件で、材料評価用簡易デバイスを作製して評価したところ、従来の相変化材料に比べて書き換え電流が1/10以下となることを確認した。しかし、良好な動作を示すセルが少なかったため、来年度はこの原因を追求するこ

とによる信頼性向上技術の検討を行う予定である。

微小セル内に相変換材料を成膜するために必要となる CVD (Chemical Vapor Deposition ; 化学気相成膜) 技術の確立を目的として、相変換材料の CVD 反応過程の理論計算を行った (京都大学への再委託研究)。具体的には、典型的な相変換材料である GeSbTe を成膜するに当たり、論文に開示されている CVD 原料について、気相反応における反応過程を第一原理計算によって明らかにした。実際の CVD 成膜過程では、基板上で反応が起こるため、基板材料を考慮する必要があるが、まずは傾向を把握するために、基板材料を考慮しない気相反応の計算を行った。Ge、Sb、Te それぞれの元素に対するガス原料が H₂ガスと共に供給された場合のダイマーやラジカルの生成過程や、その反応過程における生成物の結合エネルギーを計算した結果、安定化エネルギーは Ge-Ge (2.6eV) > Ge-Te ~ Ge-Sb (2.0 ~ 2.3eV) > Sb-Te ~ Te-Te > Sb-Sb (1.3eV ~ 1.8eV) であることを明らかにした。来年度は基板材料上での反応過程の理論解析を行う予定である。

超格子相変換膜を用いたデバイスの使いこなし技術を確認するために、新材料相変換デバイスの回路・システムの検討を開始した (平成22年10月より東京大学への委託研究を開始)。具体的には、新材料デバイスの検討に先立って、まずは従来相変換材料を用いたデバイスの検討を行った。デバイスの評価系を構築し、測定結果が計算とほぼ一致することを確認した。また、従来材料デバイスにおいて、印加電圧パルス形状の2段パルス化などにより、高速スイッチングや多値記録の可能性を見出した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 相変換メモリ、超格子相変換、低電力化、化学気相成膜、CVD

【テーマ題目4】 シリコンプラットフォーム上 III-V 族半導体チャネルトランジスタ技術の研究開発

【研究代表者】 安田 哲二 (新材料インテグレーション研究チーム)

【研究担当者】 安田 哲二、宮田 典幸、前田 辰郎、板谷 太郎、高木 秀樹、菅谷 武芳、ト部 友二、Jevasuwan Wipakorn、石井 裕之 (常勤職員6名、他3名)

【研究内容】

電子の有効質量が小さく移動度が大きい III-V 族半導体を用いた金属-絶縁体-半導体型電界効果トランジスタ (MISFET) は、ゲート長が10nm 以下まで微細化が進む技術世代において、性能向上や低消費電力化を可能にするデバイスとして期待されている。この技術世代においては、高い電流駆動力を持ち、かつ、短チャネル効

果抑制にも優れた MISFET を、埋め込み絶縁層の上に薄膜 III-V 族半導体を形成した III-V-On-Insulator (III-V-OI) 基板を用いて、Si プラットホーム上にて実現することが求められる。本研究は、Si 基板上更にその上の絶縁膜上に形成した III-V 族半導体をチャネルとする MISFET を開発するために、最適素子構造・材料の明確化を進め、本デバイスの当該世代への適用性を明らかにすると共に、集積化可能性を検証することを平成23年度に達成すべき最終目標として、研究開発を進めている。

平成22年度の研究成果として、まず、これまでに良好な MISFET 動作を実証した InGaAs を用いた III-V-OI 基板に関して、基板形成プロセスに伴う歪みや Ga/In 組成のずれが無いこと、および、通常の InGaAs ウェハ表面と同程度の平坦性を有することを、ラマン散乱測定、X 線光電子分光、および、原子力顕微鏡観察より明らかにした。

次に、MIS 界面安定化技術及び界面評価技術に関して、温度可変コンダクタンス測定より、少数キャリアの影響が少ない界面準位密度の評価条件を検討した。コンダクタンス温度変化の活性化エネルギーを詳細に解析した結果、空乏条件下では、コンダクタンスは界面準位の応答が支配し、コンダクタンス法により少数キャリアの影響を強く受けることなく界面準位密度を評価できることがわかった。また、InGaAs 上に原子層成長 (ALD) 法により Al₂O₃ ゲート絶縁膜を成長する過程を、ALD 室に接続したオージェ電子分光装置を用いて追跡した。その結果、Al₂O₃ 膜厚がおよそ 0.2nm の成長初期には、Al の原料である Al(CH₃)₃ は表面酸化層の還元反応に消費されていることが判明した。この結果に基づき、成長初期における Al(CH₃)₃ 供給量の最適化を行い、還元反応を充分進ませることにより、周波数分散の小さい良好な電気特性を得た。さらに、InP/InGaAs ヘテロ構造を利用した埋め込みチャネル構造について、MISFET を作製し移動度評価を行った。InP バリア層が10nm と厚い時は、低キャリア濃度領域にて極めて高い移動度 (ピーク値 : 5,500cm²/Vs) が達成された。キャリア濃度の増加あるいは InP バリア層の薄膜化に伴って移動度が劣化することが観測され、これらは、埋め込みチャネルから Al₂O₃/InP 界面へのキャリアのスピルオーバーや、Al₂O₃/InP 界面の欠陥にトラップされた電荷によるリモート散乱が移動度を劣化させる原因であることを示している。この結果より、埋め込みチャネル構造の高移動度を保ちつつデバイスの微細化を進めるためには、InP バリア層の MIS 界面特性を更に向上させることが必要であることが分かった。

III-V-OI トランジスタ形成技術に関して、ショットキー障壁ソース・ドレイン形成をゲート積層の前に行うゲートラスト法によって微細トランジスタを作製するプロセスを考案した。電子線リソグラフィ技術を用いたポ

レジストプロセスにて100nm 以下のゲート長を作製し、High-k/金属電極のゲートスタック構造としてAl₂O₃膜と TaN 膜を堆積するプロセスで MOSFET を作製し、動作に成功した。このプロセスでは、pn 接合では困難であったゲート長の微細化が容易に可能となるだけでなく、プロセス簡便化および信頼性の点からも非常に有用である。また、従来の pn 接合で用いられているイオン注入や不純物活性化と言ったチャネルおよびゲートスタック構造に直接ダメージを与えるプロセスが不要となるので、トランジスタ特性においてチャネル材料・ゲートスタック構造本来の性能を見極める事が可能となる。さらに、MISFET の移動度を決定する要因について詳細に検討した結果、移動度向上と閾値電圧の負シフトとの間に相関があること、および、この負シフトが界面ダイポールによって引き起こされていることが明らかになった。このことは、III-V チャネル MISFET に特有の移動度決定要因として、界面ダイポールの揺らぎに由来する散乱の寄与が大きいことを示している。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 電界効果トランジスタ、高移動度チャネル

【テーマ題目5】 機能性酸化物を用いた極低消費電力デバイスの研究開発

【研究代表者】 秋永 広幸（先進ナノ界面デバイス研究チーム）

【研究担当者】 秋永 広幸、島 久、Zhong Ni、堂田 泰史、Cao Jun Jun、長谷川 斉（常勤職員2名、他4名）

【研究内容】

機能性酸化物を用いた極低消費電力デバイスの開発を行っている。具体的には、抵抗変化型不揮発性メモリと、酸素欠陥分布の電界制御により特性を変えられるダイオード、トランジスタの開発を行った。前者に関しては、産総研で開発した技術を民間企業に技術移転し、実用化実証を進め、製品化研究を行っている。後者に関しては、電流誘起の金属/酸化物界面準位形成メカニズムを明らかにするとともに、その界面準位を積極的に活用するための技術開発を目指している。より具体的には、電界あるいは電流誘起により2元系酸化物半導体界面に形成される欠陥を利用して、不揮発に極性が反転するダイオード素子を開発し動作を実証するとともに、それらの技術を応用したトランジスタの開発にも着手した。

(1) 不揮発性メモリ：高速・低消費電力動作を実証した抵抗変化型不揮発性メモリの成膜・エッチング技術などを民間企業に技術移転し、8インチウェハでのプロセス開発を実施した。より具体的には、ナノ抵抗素子の均一性・信頼性向上を実現するため、抵抗変化物質である遷移金属酸化物薄膜の形成後に実施される上部電極の成膜プロセスに着目し、電気的特性の安定性と

上部電極成膜プロセスの関係を評価した。成膜プロセスの影響をより顕在化した評価を行うため、電極材料としては化学的に安定な Pt を採用し、Pt(下部電極)/CoO/Pt(上部電極)構造で評価を実施した。特に、フォーミング動作の均一性に対する電極成膜プロセスの影響を評価し、メモリ性能の総合的な高信頼化達成の指針を得た。

(2) 酸素欠陥分布の電界制御：ダイオードに関しては、Pt/TiO₂/Pt 素子の集積化を行い、i線ステッパーで作製した Pt/TiO₂/Pt 素子においても極性反転動作の実証に成功した。また、電界による酸素欠陥分布制御技術を活用した3端子素子の開発を開始した。平成22年度においては、まずソース・ドレイン電極/TiO_x チャネル界面がオーミック接合となる電極材料として Al 電極を選択し、3端子素子動作の確認を行った。次に、ソース・ドレイン電極/TiO_x チャネルにショットキー接合を導入するためにソース・ドレイン電極として Pt を選択した素子について、素子作製・評価を遂行し、素子作製後にポストアニールプロセスを追加することによって、On/Off 比を向上させることに成功した。真空雰囲気でのポストアニールを行った素子では、 1.13×10^7 の On/Off 比を達成している。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 不揮発性メモリ、機能性酸化物、酸素欠陥

【テーマ題目6】 次世代相変化メモリ技術の研究開発

【研究代表者】 金山 敏彦
(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】 Fons Paul、富永 淳二、Kolobov Alexander（常勤職員3名）

【研究内容】

Ge 原子配置の異なる結晶-結晶相転移現象を応用した新規相転移モデルを検証し、モデル材料・構造を実際に作製して、期待どおりに動作することを実証した。具体的には、量子力学第一原理計算による超格子構造のモデル化、および成膜に必要な各原子層の精密な膜厚（特に GeTe および Sb₂Te₃）の計算を行い、計算結果に基づいて Si 基板上への成膜温度条件の検討を行って実際の超格子の安定作製条件を決定した。また、ヒーター構造をもったデバイス上に[(GeTe)_x(Sb₂Te₃)_y]_z からなる超格子相変化膜を実際に形成し(ここで x, y, z は整数)、電気パルスを与えてデバイス特性の評価をおこなった。その結果、70nm 程度の直径をもつ TiN ヒーター上にも奇麗に40nm 膜厚の超格子構造が形成できた。さらに、デバイスの電流特性を、GeSbTe 合金を用いた同じデバイスと比較したところ、電流で約1/2、電圧でも1/2以下で動作することを確認した。結晶化時間は合金に比べ1/3以下と速く、従って動作エネルギーで1/12以下を実証できた。また、繰り返し記録消去特性は従来の100万

回に比べ10億回以上と三桁の性能向上が確認できた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】半導体、不揮発性メモリ、相変化メモリ、第一原理計算

【テーマ題目7】ナノデバイスの計測・評価技術の研究開発

【研究代表者】多田 哲也（原子スケール計測・制御技術研究チーム）

【研究担当者】多田 哲也、有本 宏、佐藤 章、岡野 俊一、Pobortchi Vladimir、Bolotov Leonid、西澤 正泰（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

本テーマでは、走査プローブ顕微鏡（SPM）を用いることにより、ナノデバイスの電子状態、ポテンシャル分布、ドーパント原子の位置を原子分解能で計測する技術を開発すること、及び、ラマン散乱法を用いて、ナノデバイス構造における局所応力分布・フォノン特性評価を行うことを目的としている。

ポテンシャル計測に関して本年度は、導電性原子間力顕微鏡（AFM）探針を用いた多機能型の走査プローブ顕微鏡の開発と、走査トンネル顕微鏡（STM）を用いた、メタル・ソース/ドレインと Si 界面のポテンシャル計測技術の開発を行った。

多機能型の走査プローブ顕微鏡の研究開発においては、ノンコンタクトモードの原子間力顕微鏡（NC-AFM）と STM を組み合わせた NC-AFM/STM 装置を開発し、AFM 測定、STM 測定だけでなく、探針と試料の間の静電力を検出することができるシステムを開発した。これにより、試料とプローブ間の接触電位差を測定し、Si デバイス試料の局所ポテンシャル分布を計測することに成功した。また、静電力のマップから、個々のドーパント原子を検出することに成功した。

メタルソース・ドレインと Si 界面のポテンシャル計測技術開発に関しては、NiSi₂と Si の試料に対して表面調製法を開発し、STM トンネル電流のオンセット電圧の値を用いて NiSi₂/Si 界面付近の伝導帯端、価電子帯端のプロファイルを得ることに成功した。さらに、STM シミュレーションを行うことにより、測定されたプロファイルを再現することができた。また、オンセット電圧のショットキーバリアの高さ（SBH）に対する依存性を調べたところ、Si のドーパント濃度が高い方が SBH の変化に対する感度が高く、SBH が0.2V より高い領域では、オンセット電圧が SBH にほぼ比例して変わることわかった。すなわち、STM の IV 測定から SBH を評価することが可能である。

ラマン分光法を用いた Si デバイス構造の局所応力分布計測技術開発においては、高い開口数をもつ液浸レンズを用いて、150nm というほぼ光の回折限界と同じ空

間分解能を実現した。さらに、ラマン信号の偏光方向依存性と電磁場シミュレーションの結果を解析することにより、50nm という光の回折限界を超える空間分解能で応力分布の解析を行うことに成功した。

また、高い開口数をもつ対物レンズとラマン禁制偏光光学配置を用いることにより、(001) 面上において応力方向を解析する技術を開発した。この技術を用いて、歪み SOI (Strained Si on Insulator : SSOI) 基板において、SSOI 層をストライプ構造にパターンニングすると、幅が1 μ m 以上ある時は、ストライプ中央では、ほぼ等方的2軸性引っ張り応力であったが、エッジ付近では幅方向の応力は緩和しており、長手方向の1軸応力になっていることがわかった。さらに、ストライプ幅に対する依存性を測ったところ、幅が100nm 以下ではほぼ1軸性引っ張り応力になっていることがわかった。

また、開発したラマン信号の偏光解析技術をベースに実トランジスタにおける歪みシミュレーションの高精度な校正を行い、チャンネル部分のラマン信号をシミュレートし、様々なレイアウトバリエーションにおけるトランジスタのチャンネル領域の応力を高い精度で再現できることを示した

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】走査トンネル顕微鏡、ポテンシャル分布、ドーパント分布、シミュレーション、共焦点顕微ラマン分光法、局所応力分布、Si デバイス、偏光

【テーマ題目8】シリコンフォトニクスに向けた導波路形成プロセスの開発

【研究代表者】堀川 剛

（先進デバイスプロセス研究チーム）

【研究担当者】堀川 剛、徳島 正敏、儲 涛、亀井 明夫、糸賀 賢郎、野尻 真士、高野 美和子、木曾 修、成井 敏男、田村 裕一（常勤職員4名、他6名）

【研究内容】

本研究は、ナノエレクトロニクスイノベーションプラットフォーム（NeIP）の一環として、極微細 CMOS プロセス開発で確立したリソグラフィ技術や加工技術をベースにシリコンフォトニクスの要素プロセス技術を構築し、フォトニクスデバイスの高品位化を図ることを目標とした。さらに、これらのフォトニクスデバイスと CMOS 回路の融合により高速ネットワークに適用可能な新規フォトニクスデバイスの開発につなげることを企図した。

平成22年度は、昨年度に達成した電子ビーム露光技術、Si 垂直加工技術等の高精度 CMOS プロセス技術により実現される極めて低損失のリブ型導波路のアプリケーションを広げるために、曲がり部での損失低減に取り組ん

だ。応用上重要な光デバイスの微細化にとって、曲げ半径をできるだけ小さな値とする必要があるが、そのような小さな曲げでは光の散乱が生じてしまう。今回の取り組みでは、クロソイド型の緩和曲線の導入により光の散乱をできるだけ抑え、小さな曲げ半径が実現できるような設計を行った。さらに、これらの導波路技術をベースに遅延回路の設計を行い、C帯全域で導波路型の遅延回路としては最大となる5.4nsの遅延を観測した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】シリコンフォトニクス、リブ型導波路、細線導波路、電子ビーム露光、緩和曲線、遅延回路

【テーマ題目9】先端機器共用イノベーションプラットフォーム

【研究代表者】秋永 広幸

(先進ナノ界面デバイス研究チーム)

【研究担当者】秋永 広幸、高野 史好

(常勤職員2名、他13名)

【研究内容】

研究目的：

産総研では様々な研究開発が行われており、その実験機器・設備は基盤技術から先端技術まで幅広い研究分野と領域にわたるものとなっている。先端機器共用イノベーションプラットフォーム (IBEC Innovation Platform, IBEC-IP) は、これらの機器・設備を社会と共有することで、産総研内外のノウハウを必要に応じて有機的に連携させるとともに、(1) 異分野融合の促進、(2) 新規研究分野への参入障壁の低減、(3) 研究開発支援や技術移転によるソリューションの提供、そして、(4) 開かれた場であるからこそ可能となる人材の育成、を通じて、協創の場としてのオープン・イノベーション・プラットフォームの構築を目指している。当センターでは、ナノプロセッシング施設 (Nano Processing Facility, NPF) を自らのプラットフォーム業務を推進するだけでなく、IBEC-IP 業務推進とそのプラットフォーム上におけるハブ機能を担うものとしても経営している。

進捗状況：

- (1) IBEC ポータルサイトの整備と高度化：2009年6月より運用を開始した下記サイトの整備を継続するとともに、積極的に公開すべき情報を掲示するための図書館機能を付加する等のサイト機能高度化を行った。

IBEC ポータルサイト

<http://www.open-innovation.jp/ibec/>

- (2) 人材育成事業：日本工学会と共催、及びつくば半導体コンソーシアム (TSC) からの協賛を得て、ナノテク製造中核人材の養成プログラムにおいてはナノエレクトロニクス研修を実施した。該当ホームページは以下の通り。

<http://www.seed-nt.jp/>

- (3) ANF 参画機関との連携推進：Asia Nano Forum (ANF) との連携事業を推進した。2010年10月3～14日に開催された Asia Nano Camp に対しては、NPF ユーザーを派遣した。
- (4) つくばイノベーションアリーナへの積極的な参画と貢献：当該アリーナにおけるコアインフラとして、積極的に施設公開や見学者受入を行い情報発信に努めた。
- (5) 先端機器共用施設ネットワーク「イノベーションつくば」の推進：「ナノテクノロジー・ネットワーク」参画機関である物質・材料研究機構 (NIMS) の超高压電子顕微鏡ステーションなど、つくば地区4機関 (NIMS、産総研、筑波大、高エネ研) の合同で「イノベーションつくば」ワークショップを、2011年2月17日に開催した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ナノプロセッシング、先端機器共用施設、人材育成

【テーマ題目10】最表面原子の分析を可能にする EUV 励起光電子分光技術の開発

【研究代表者】富江 敏尚

【研究担当者】富江 敏尚、葛西 彪、石塚 知明

(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

1992年に考案した、レーザー生成プラズマを EUV 光源とし飛行時間法で電子分光を行うことを特徴とする、EUV 励起光電子分光法 (EUPS) を実用化すべく装置化技術の開発を進めてきた。EUPS には、最表面原子の情報が得られる、帯電中和なしで絶縁材料が測定できる、半導体のバンド曲がり評価できる、最表面原子の電子雲の傾斜角が評価できる、などの特長がある。

本年度は、以下の成果を得た。

- 1) 金属中の数 eV 電子の非弾性平均自由行程の評価
大きな二次電子信号を発生する厚さ10nm の SiO₂ の上に、厚さが1nm、2nm、10nm の W 薄膜を成膜し、二次電子スペクトルを測定した。W 薄膜の膜厚が1nm でも下地の SiO₂からの二次電子は殆ど検出されず、W 中での数 eV 電子の非弾性平均自由行程は0.2nm と評価できる。SiO₂では、二次電子信号強度は10nm 迄、膜厚に依存して増大し、非弾性平均自由行程は10nm と評価できる。光電子分光の教科書では、電子の脱出深さは、数 eV 領域でも物質依存がなく、数 nm 以上に大きくなると説明されている。低エネルギー電子の非弾性平均自由行程が材料により大きく異なる (絶縁体で大きく、金属で小さい) ことを明確に示した今回の結果は、従来の常識を破る、重要な知見である。
- 2) 光電子分光測定中の絶縁体の帯電シフトの機構の解

明

光電子分光の教科書には、光電子と大量の二次電子が真空に放出された後に残された正孔により、絶縁体は帯電するので、中和が必須、と記述されている。この常識を否定する結果を得た。

厚さ100nmのSiO₂を、強い強度の照射でEUPS測定すると、3V程度帯電シフトして飽和した。その試料に、ごく微量のイオンビーム照射で30V帯電させた後でEUPS測定したところ、シフトが増加するのではなく、急激に減少し、10Vシフトの位置で落ち着いた。SiO₂がEUV励起により光導電性を帯びて、正電荷が基板にリークした、と説明できる。次に、赤外線800℃程度への加熱を行ったところ、帯電シフトは完全に消滅し、その後で、強力なEUV光照射を行っても、帯電シフトは0.1eV程度に止まった。

このことから、絶縁体の帯電は、電荷捕獲中心の密度で決まる、と言える。最初の3eV程度のシフト、イオン照射帯電後のEUV照射後のシフト量10eV程度、800℃へのアニール後の0.1eV程度シフトでの飽和は、それぞれの状態での電荷捕獲中心密度の情報を与える。

3) イオンスパッターでのサブnm深さ分解能の実現とスパッターの影響の評価

EUPSで、原子層深さ分解能での埋め込み界面の評価を行うため、1nm以下の深さ分解能は難しいと言われているイオンスパッターの特性評価を行ったところ、0.5nm程度の変化が追えることが分かった。但し、ミキシング効果は避けがたく、データの解釈時には、ミキシングの影響の評価が必要である。

4) high-k膜/金属界面のダイポールおよび酸素欠損の有無の検証

最先端半導体デバイスでは、high-k絶縁膜とメタルゲートの導入が必須であるが、電気特性から、界面にダイポールが発生するなどの議論が行われている。それをEUPSで、直接的に検証した。

4nmのHfO₂膜の上に3nmのTa₂Nと3nmのSiO₂を成膜した2種類の試料を、イオンスパッターで削りながら、スペクトル変化を見た。二次電子スペクトルの下端位置から真空準位を評価し、HfO₂/SiO₂界面に0.4eV程度の界面ダイポールを確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】光電子分光、パルスEUV光源、最表面原子、非弾性平均自由行程、絶縁試料の光導電性、サブnm深さ分解能のスパッター、界面ダイポール

④【ネットワークフォトンクス研究センター】

(Network Photonics Research Center)

(存続期間：2008.10.1～)

研究センター長：石川 浩

副研究センター長：挾間 壽文

所在地：つくば中央第2

人員：15名(15名)

経費：444,916千円(236,718千円)

概要：

インターネットの普及で映像情報を中心として通信トラフィックが大きく増加している。これに対応してネットワークの消費電力が急激に増大している。今後、ネットワークを活用して、より効率的で安全、安心な社会を形成していくためには、低消費電力で、大量の情報を扱うことの出来るネットワークインフラを構築して行く必要がある。このために、我々はIPをベースとした従来のネットワークに加えて、大幅な低消費電力化が期待できる光の回線交換を用いた光パズネットワークを提案しており、これに向けた研究開発を科学技術振興調整費「先端融合領域イノベーション拠点」の課題「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」で推進している。また、今後増大していく、高精細画像情報を中心とした、巨大情報に対応するために、160Gb/sの超高速の光伝送装置の研究開発をNEDOプロジェクト「次世代高効率ネットワークデバイス技術」で進めている。

先端融合領域イノベーション拠点では、光パズネットワークでの経路切り替え用のスイッチとして、小型・大規模化が可能なシリコンフォトニクスを用いたスイッチの開発を進めた。これまでに熱光学効果を用いた干渉計型スイッチの動作を確認、さらに、新規の導波路の交差構造を採用した、2×2のノンブロッキングのスイッチを開発、-30dB以下の低漏話特性を実現した。今後具体的な集積スイッチに向けて研究を進める。また、ファイバの分散補償技術では、ファイバの非線形性を用いた4光波混合による波長変換と、逆分散のファイバを組み合わせた、パラメトリック分散補償技術を開発している。これまでに40Gb/sの高速信号に対する分散補償を実証しており、分散補償措置の小型モジュール化に向けて研究を進めている。また、平成22年8月には、拠点活動に参加している協働企業とともに、NICT、NHKと連携して光パズネットワークによる映像配信の公開実証実験を行い、光パズの低消費電力性を実証した。

今後増大していく画像情報については、NEDOプロジェクトで、実時間で高精細の映像情報を伝送するための160Gb/sの超高速の送受技術の研究開発を進めている。光時分割多重方式を採用しており、応用として、放送局舎内でスーパーハイビジョンなどの高精細映像を配信する光LANに適用することを目指している。その中の主要なデバイスとして、InGaAs/AlAsSb半導体量子井戸の伝導帯での離散的な準位間

の電子の遷移（サブバンド間遷移）による超高速全光位相変調効果を用いた干渉計型の全光スイッチの集積化の研究を進めて、ハイブリッド集積化に加えてモノリシック集積の超小型スイッチの開発にも成功した。また、NHK と連携して、NHK 技研公開の際に、172Gb/s でスーパーハイビジョン伝送の動展示を成功裏に実施することができた。

以上の研究開発に加えて、InGaAs 系のサブバンド間遷移素子やII-VI族のサブバンド間遷移素子の開発で培った高度の量子井戸の結晶成長技術を新しいデバイスに展開する研究、シリコンフォトニクスと有機材料を組み合わせた相転移方のデバイスの開発、磁気光学効果を用いた新規の光スイッチの可能性についても基礎的検討を行った。

外部資金：

文部科学省 科学技術振興調整費「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成」「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」

総務省 「超低消費電力光ノード実現に向けた超小型高速相変化光スイッチの研究開発」

総務省「サブバンド間遷移素子を用いた多値位相変調光信号処理の研究開発」

発 表：誌上発表56件、口頭発表74件、その他3件

超高速光デバイス研究チーム

(Ultrafast Optical Device Research Team)

研究チーム長：畝塚 治彦

(つくば中央第2)

概 要：

160Gbit/s 以上の超高速光通信に資する光デバイスの研究を進めている。励起電子の超高速緩和が可能な化合物半導体の量子井戸のサブバンド間遷移 (ISBT) を利用した、超高速光スイッチの実現を目指し、ISBT 素子の高効率化・集積化と、新たな応用に向けた検討を進めた。InGaAs/AlAsSb 系量子井戸の ISBT 素子の光位相変調効果を、光閉じ込めの高い導波路を導入することにより、大幅に向上させるとともに、マイケルソン干渉計構成の導入により、光スイッチのシリコンフォトニクス光回路とのハイブリッド集積動作、およびモノリシック集積動作の両方を実現した。ISBT および材料の新しい応用に向け、位相変調の光信号処理および、新波長帯領域への応用を検討している。また、新しい光スイッチとして、磁気光学

効果を用いた光スイッチについて基礎的な検討を進めている。

研究テーマ：テーマ題目 1

ナノフォトニクス集積研究チーム

(Nanophotonics Integration Research Team)

研究チーム長：河島 整

(つくば中央第2)

概 要：

光通信機器が、今後も、トラフィック拡大の要求に答えていくためには、光スイッチや光源、受光器などの個別デバイス、更には論理回路を組み合わせ、より高度な処理機能を備えたモジュールにすることと、そのための次世代集積技術が求められている。これまで石英平面光回路 (Planar Light Circuit, PLC) が、集積化のプラットフォームとなる導波路系として利用されてきたが、SOI を基に作製されるシリコン光導波路は、石英系を凌駕する集積密度を実現するプラットフォームとして注目を集めている。当チームでは、シリコン光導波路や分・合波器など基本素子の低損失化、光入出力効率の改善といった基盤技術の開発に取り組むとともに、シリコン光導波路系に化合物半導体のアクティブデバイスを組み込むハイブリッド集積技術、光パス網の実現に必要な大規模光クロスコネクタ (マトリックススイッチ) の研究開発を進めている。高い消光比、広帯域、低損失を設計時から優先的に重視している。

研究テーマ：テーマ題目 2

光信号処理システム研究チーム

(Optical Signal Processing System Research Team)

研究チーム長：並木 周

(つくば中央第2)

概 要：

将来のネットワーク像を模索し、システムにおける光の役割を検討・提案しながら、光ネットワークの実現を目指す研究を進めている。光機能性材料・デバイスを活用した光信号処理システム、特に、非線形光学現象を用いる新しい光信号処理の提案を行い、システムレベルでの検証を行う。光ネットワークの要素技術として、波長変換、可変分散補償、遅延制御、光信号再生などを優先的な課題としている。非線形光学材料として、高非線形ファイバ、ニオブ酸リチウム、シリコン導波路、化合物半導体などを用いている。このチームでは材料開発は行わないため、ネットワークフォトニクス研究センターや光技術研究部門など産総研内の関連部門だけでなく、国内外の先端研究グループとの材料に関連した連携・シナジーを積極的に追及している。ネットワークレベルなど上位レイヤーでの検討評価についても、内外の関連研究グループとの連携を

行い、目指すネットワークのシステムデモンストレーションを実施する。

研究テーマ：テーマ題目3

【テーマ題目1】超高速全光スイッチ（運営交付金、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構プロジェクト、総務省「サブバンド間遷移素子を用いた多値位相変調光信号処理の研究開発」）

【研究代表者】 鋤塚 治彦
 （超高速光デバイス研究チーム）

【研究担当者】 秋本 良一、小笠原 剛、挾間 壽文、葛西 淳一、牛頭 信一郎、物集 照夫、Feng Jijun（常勤職員6名、他2名）

【研究内容】

当研究チームでは、今後の高精細動画を中心とした通信需要と消費エネルギーの増大に対処するべく、160Gbps以上の全光信号処理実現を目的に、半導体量子井戸のサブバンド遷移（ISBT）を用いた ISBT 素子を中心に研究を進めてきた。ISBT 素子は、低損失超高速全光スイッチ、強度・位相変調信号変換素子、波長変換素子等の新しい応用が期待できる。実用化には、この素子の高効率化と動作エネルギーの低減を進めるとともに、光信号処理用光集積回路への適用が必要である。以上の観点から、ISBT 素子の高性能化・省電力化・集積化適応性を課題として研究を進めた。

素子の光位相変調効果を向上させるため、光閉じ込めの高い導波路を設計し、試作を行った。ISBT 素子の160Gbpsでの光スイッチ動作に必要な高効率化1rad/pJを達成した。この結果は、高精細映像信号の172Gbps超高速光伝送に十分な値である。

マイケルソン干渉計構成の導入により、光スイッチのシリコンフォトニクス光回路とのハイブリッド集積回路、およびモノリシック集積回路の両方を実現し、160Gbpsでの動作を確認した。光スイッチの小型化、安定動作に道筋をつけた。

ISBT の新しい応用に向け、位相変調の光信号処理の検討を進めた。四光波混合による波長変換のメカニズムを実験、理論両面から進めた。材料の新波長帯領域光源への応用も検討を進めている。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 超高速光スイッチ、サブバンド間遷移、量子井戸、位相変調

【テーマ題目2】ハイブリッド集積技術（運営交付金、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構プロジェクト、科学技術振興調整費・先端融合イノベーション創出拠点の形成、総務省「超低消費電力光ノード実現に向けた超小型高速相変化光ス

スイッチの研究開発」

【研究代表者】 河島 整
 （ナノフォトニクス研究チーム）

【研究担当者】 金高 健二、須田 悟史、上塚 尚登、Cong Guangwei、庄司 雄哉、Kim Sang-Hung
 （常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

ハイブリッド集積によるサブバンド間遷移素子を用いた超小型干渉計型のスイッチ、半導体デバイスとシリコン導波路とのハイブリッド集積による小型の超高速光トランシーバを目指した研究開発を行った。また、光パスネットワークの回線切り替え用にスイッチとして小型で大規模集積化が可能なシリコン細線導波路を用いた熱光学効果の光スイッチの開発を行った。

ハイブリッド集積では、サブバンド間遷移スイッチとシリコン細線導波路を用いたマイケルソン干渉計やマツハツエンダー干渉計をハイブリッドに集積する構造の素子の開発を進め基礎的な動作の実証に成功した。これにより、従来10cm×14cm程度の大きさであった超高速の全光スイッチを数 mm サイズにまで小型化できる可能性を示すことができた。回線交換用の光スイッチでは、200 μ m 角のスイッチで、20mW の低電力動作を実証、さらに細線導波路の交差に方向性結合器を用いるという手法で、30dB 以上の低漏話特性の2×2のノンブロッキングスイッチを実現した。さらに、多ポートスイッチの試作を進め、映像配信公開実験で実運用した。また、光記録に使われる相変化材料をシリコン細線に装荷した光スイッチを試作しそのゲート動作を実証した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 キーワード：超高速光スイッチ、ハイブリッド集積、シリコン細線導波路、PLC、光相変化材料

【テーマ題目3】光信号処理システム（運営交付金、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構プロジェクト、科学技術振興調整費・先端融合イノベーション創出拠点の形成）

【研究代表者】 並木 周
 （光信号処理システム研究チーム）

【研究担当者】 黒須 隆行、来見田 淳也、Petit Stephane、谷澤 健、Gao Mingyi
 （常勤職員3名、非常勤職員3名）

【研究内容】

共通基盤技術としては、160Gbps 伝送システムの評価技術、超短光パルス整形・伝送技術、高性能光波形観測技術などの構築を進めた。特に、平成22年度は、NEDO プロジェクトの成果を用いて、NHK と連携し

て、NHK 技研公開でのスーパーハイビジョンの172Gb/sの光時間多重方式による映像接続伝送の動態展示を行い、一般への技術アピールを行い好評を博した。

光パスネットワークの主要技術の一つである、光ファイバの非線形を活用したパラメトリック可変分散補償技術の研究では、従来技術では達成できないマイクロ秒オーダーで切り替わる高速な分散補償動作を実証することが出来、プレス発表も行った。

文科省拠点活動の一環で、NICT・NHK 技研らと共同で、光パスネットワークのフィールド・デモンストレーションを実施し成功させた。そこでは、拠点が目指す光パスネットワークのイメージを実際に動かして一般の来場者に示すことができた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】超高速光 LAN、高非線形ファイバ、可変分散補償、可変光遅延、超短光パルス伝送

⑤【デジタルヒューマン工学研究センター】

(Digital Human Research Center)

(存続期間：2010. 4. 1～2017. 3. 31)

研究センター長：持丸 正明

副研究センター長：加賀美 聡

上 席 研 究 員：河内 まき子

所在地：臨海副都心センター

人 員：17名 (17名)

経 費：542,264千円 (256,788千円)

概 要：

デジタルヒューマン工学研究センターの前身であるデジタルヒューマン研究センターでは「人間個人の機能モデルで個人の欲求を満足するように製品・サービスを最適化する技術」を研究し、成果をあげてきた。しかしながら、個人の欲求を追求することの積りが、社会・環境の価値に繋がるわけではない。個人の満足と持続的社会的共存という問題は、人間個人の機能モデルだけでは解決し得なかった。そこで、「個人にとって付加価値の高い製品・サービス（＝個人欲求充足による市場原理）を通じて、健康で安全で持続可能な社会（＝社会・環境の価値形成）を実現すること」を次なるグランドチャレンジに据える。このグランドチャレンジを達成するための方策として、いままで培ってきた「人間個人の人体機能モデル」に、新たに「人間生活の機能モデル」を研究する。ここで、人間生活とは、人間の個体だけでなく、関係する他の人間や周囲の環境を含むものであり、また、時間的な文脈を備えたものである。人間生活の機能を計算論的にモデル化することとは、すなわち、人間生活を観測し、それ

をひとつのシステムとして記述し、人間生活同士を比較し、再現提示できることを意味する。これには、実験室における人間観測とモデル化だけではなく、実生活の場における人間と環境の観測とモデル化研究が必要になる。人間（ユーザ）とその生活がモデル化されれば、生活をまもる、生活を変える、生活を支えるような製品・サービスの設計を支援することができる。このような製品・サービスを通じて、ユーザに個別満足を与えつつ、ユーザにその製品・サービスのもつ社会・環境価値も合わせて提示し、ユーザの欲求と社会・環境価値をバランスする社会創成を目指す。このような実社会に開かれたサイクルにデジタルヒューマンモデルを組み込むことで、持続的に人間生活特性データを蓄積し、モデルをアップデートしていく研究アプローチそのものが、デジタルヒューマン工学研究センターのセントラルドグマである。

デジタルヒューマン工学研究センターでは、先に掲げたグランドチャレンジに寄与する研究のアウトリーチシナリオを立て、そのシナリオに駆動されて必要な技術開発や技術の統合を進める。ここでは大きく4つのアウトリーチシナリオにしたがって研究を推進する。

- (1) 身体機能に適合し活用する製品設計支援技術の研究
- (2) 健康を維持し人間生活機能を高める健康増進支援技術の研究
- (3) 事故を予防し人間生活機能をまもる傷害予防工学の研究
- (4) 人間と環境を理解し人間生活機能を支えるスマートアシスト技術の研究

個々のシナリオについて、最終的な社会還元を見据え、単に必要となる新規技術を開発するだけでなく、シナリオ実現に不可欠な既存要素技術との統合、ステークホルダーを巻き込む組織体の構成なども行い、シナリオ遂行におけるイニシアチブを発揮し、社会的にインパクトのある成果につなげる。中核となる新規技術については、個々のシナリオの枠内にとどまらず、他のシナリオや他のアプリケーションでも幅広く活用できるよう、できるだけ汎用的な基盤技術として確立することを目指す。すなわち、人間とその生活を、機能的、生成的にモデル化する技術を、できるだけ普遍的なモジュールとして確立し、それらを社会シナリオの実現に役立てることをミッションとする。

平成21年度は、デジタルヒューマン工学研究センター設立初年度であり、従来の「身体モデル」中心から「人間生活モデル」への拡張を明確に位置付けるべく、4つのアウトリーチシナリオに基づいた具体的な研究を推進した。(1)の製品設計支援技術については、国際的に競争力の高い技術やデータベースを有する全身形状モデリングと手の機能モデリングにリソースを集中し、前者の全身形状モデリングについてはソフトウ

ウェア技術基盤の確立とライセンスを通じ、国際的な人体形状データの獲得を推進した。平成21年度ではインド、マレーシアの国家的人体計測事業を支援するための技術移転予算を獲得し、技術の移転と将来的な人体形状データの獲得についての合意を形成した。これらの海外データは、国内企業が海外市場に適合した製品を開発する際の基盤となる。手の機能モデリングについては、手の運動生成と触感のモデル化を技術的な核と位置付け、そのための運動生成技術、深部感覚を計算するための筋骨格系モデルの開発を進めた。これらの機能モデルを活用した具体的な製品設計支援研究として、自転車や日用品を対象とした資金提供型共同研究を推進した。これらの共同研究では、単に寸法・力学的に使いやすいたうだけでなく、触感覚で操作を認識し使用場面での満足度向上を目標に掲げた。これらは、新たに設定した「人間生活」における製品使用価値の向上を目指すものである。(2)の健康増進技術については、単に健康に関与する身体機能を評価するだけでなく、その身体機能を維持・増進させる取り組みを日常生活の中で「つづけさせる」ことを目標に設定した。生活者自身にとって「自分でできる感 (self efficacy)」が高いと考えられる「歩行」に着目し、日常生活において歩行の質を変えることで、効果的に身体機能を維持・増進させる技術の開発を行った。歩行データベースを構成するとともに、簡易な現場計測データと歩行データベースから個人の歩行特性を評価し、質的な変化指針を与えるシステム「トレッドミル歩行評価システム」を開発した。システムは、CEATEC などの展示会でデモを行い、大きな反響を得た。(3)傷害予防工学については、経済産業省委託事業「キッズデザイン製品開発事業」を中核プロジェクトとして、科学技術振興機構「犯罪からの子ども安全事業」を絡めながら、病院などから傷害データを収集し統計モデルを構成する技術や、事故原因を究明し対策効果を検証するための人体転落・転倒シミュレーション技術、これらを支える基本人体特性データベースの整備を進めた。特に平成21年度では、経済産業省委託事業で推進したキッズデザイン共創プロジェクトで、子どもの安全に配慮した製品開発を進める企業との共同開発を進め、家電製品、自転車、住宅設備などで具体的な成果を得た。また、(3)傷害予防工学と(1)の手の機能モデルの統合により、子どもが使い捨てライターを操作する力の計測とモデル化を進め、この成果が使い捨てライターのチャイルドレジスタンス規制 (JIS 制定にも協力) に役立てられた。(4)のスマートアシスト技術では、ロボットなどが生活環境下で生活者を適切にサポートする技術の確立を目指し、これに必要となる要素技術として、環境と生活者行動の観測、モデル化の研究を重点的に推進した。生活者の行動観測のみでは、生活者がどのような環境刺激に対し

て行動を起こしたのかが分からず、データとして意味をなさない。従来の実験室環境では環境刺激を制御していたためこのような問題は生じなかったが、デジタルヒューマン工学研究センターが掲げる生活環境下での継続的なデータ観測では、刺激としての環境観測とモデル化が不可欠である。平成21年度では、マイクロフォンアレイの高度化による音響的な環境観測、移動ロボットの立体視覚による形状としての環境観測技術の開発を進めた。また、移動技術については、人間生活環境へのロボット技術の投入を目指し、段差や凹凸がある環境下でも安定的な移動を可能とする二足歩行技術を開発した。

外部資金：

経済産業省 中小企業支援調査「キッズデザイン製品開発支援事業」

消費者庁 「消費者事故情報の分析等の高度化に資する基礎的調査研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト、ロボット搬送システム (サービス ロボット分野)、全方向移動自律搬送ロボット開発」

独立行政法人科学技術振興機構 社会技術研究開発事業 「虐待などの意図的傷害予防のための情報収集技術及び活用技術」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 「事故予防のための日常行動センシングおよび計算論の基盤技術」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 「実時間並列ディペンダブル OS とその分散ネットワークの研究」

文部科学省 科学研究費補助金「高速度光源を用いたアクティブビジョンセンシングによる運動物体の形状解析」

文部科学省 科学研究費補助金「“息づかい”のウェアラブル計測によるストレス被曝量の推定」

文部科学省 科学研究費補助金「モールドイングインソールによる歩行安定化メカニズムの解明」

文部科学省 科学研究費補助金「歩行動作中の足部位置知覚特性-知覚している足の位置と実際の足の位置との誤差の評価」

発 表：誌上発表102件、口頭発表113件、その他6件

身体機能中心デザインチーム

(Human Centered Design Team)

研究チーム長：多田 充徳

(臨海副都心センター)

概 要：

製品デザインを介した生活の変容を実現するために、製品使用時の体感を予測するための身体機能モデルと、このモデルを用いて製品を設計・製造・販売するためのデザイン支援技術を開発する。特に力を入れて取り組むのが、身体機能に基づきデザインすることで個人の製品使用体験をエンハンスできる「適合デザイン」の実現と、設計者が直感的に想像できない他者の身体機能を理解させる「デザインコミュニケーション」の実現である。このために、身体の形状・運動・接触・変形・体感を定量化するための計測技術、計測した身体機能を統計的に解釈し、知的再利用に向けて蓄積するためのデータベース化技術、計測した身体機能を運動学・動力学的に解釈し、それを計算機上で再現・予測するためのモデル化技術、そして身体機能モデルを用いて適合デザインやデザインコミュニケーションを実現するための仮想評価技術を研究する。数年の間は手に関する研究に人的リソースを集中的に配置するが、開発するモデルや技術については他の身体部位へも広く展開できるように一般的な体系化を目指す。

研究テーマ：テーマ題目 1

生活・社会機能デザイン研究チーム

(Human and Social Functioning Technology Team)

研究チーム長：西田 佳史

(臨海副都心センター)

概 要：

日常生活における製品による事故や、個々の環境や人に対して適切に個別化された製品設計の困難性の問題の最深部には、日常生活という複雑システムを扱う科学技術が未成熟であるという共通問題がある。

生活・社会機能デザイン研究では、人間の生活機能と計算機や人工物による生活支援機能とを有機的に組み合わせ再構成することで、人の日常生活をデザイン可能にする技術体系(生活機能構成学)および社会体系を確立することを目的とする。

生活機能構成学を確立するためには、日常生活を記述し、再利用可能な知識として扱えるようにする科学的方法が必要となる。そこで、本研究では、人間の生活現象を、心身機能、活動機能、そして社会参加機能の側面から捉え、生活機能構造を解明するなど、日常生活を科学的に取り扱うことを可能にする技術を開発する。また、この研究によって開発した生活機能モデ

ルと、知能メカトロニクス (IRT) コンポーネントを用いて生活機能を再構成可能にする工学の研究、さらに、どのような生活機能設計が望ましいかという規範や考え方の整理を通じて、生活支援システム/サービスの開発や評価の方法論やあり方を明らかにする研究を行う。また、生活機能構成学を確立するためには、科学技術(技術体系)のみならず、多機関連携やオープンイノベーションを促進する社会的な仕組みを構築することで、問題解決する体制の構築も重要となる。このような観点から、技術体系と社会体系は相互に関係して存在するため、本研究では、技術体系と社会体系の両方を同時に開発するアプローチをとる。

具体的研究テーマとして、1) 目的志向の状況記述技術、2) 日常生活を可制御化するためのモデリング技術、3) 日常生活データベース、4) 対話的正規化に基づく同一問題構造化技術、5) 多様なステークホルダー間での知識循環を可能とする技術の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目 2

健康増進技術研究チーム

(Health Technology Team)

研究チーム長：持丸 正明

(臨海副都心センター)

概 要：

健康の維持・増進は、長期的な医療費の削減として社会的に大きな効果があるだけでなく、健康維持・増進を支える製品、サービス産業としても大きな市場を有している。しかしながら、それらの製品やサービスを持続的に使わせることは困難であり、多くの製品やサービスが「三日坊主」に終わっている。本研究チームでは、単に健康に資する要素技術を開発するだけでなく、それらを個人の特性・状態に合わせて提供し、使用効果を適切に呈示することで、健康に対する取り組みを「つづけさせる」技術として統合することを目標に掲げる。平成21年度では、「自分でできる感(self efficacy)」が高い「歩行」に着目し、歩行の質を変えることで身体機能を維持・増進させる技術の開発を行った。歩行データベースを参照することで、簡易な現場計測データから個人の歩行特性を評価し、質的な変化指針を与える「トレッドミル歩行評価システム」を開発した。

研究テーマ：テーマ題目 3

スマートアシスト技術研究チーム

(Symbiotic Assist Technology Team)

研究チーム長：加賀美 聡

(臨海副都心センター)

概 要：

システムが人間あるいは人間環境のモデルを持ち、それを利用して適切により良く支援するためのスマー

トアシスト技術について研究する。この目的のために、1) 人間やシステムに装着した視覚、聴覚、力覚、姿勢覚、筋電などの各種センサとその統合による人間と人間環境の理解技術と、2) 理解した人間や人間環境の情報を用いて個人や環境に応じた適切な支援を行うアシスト技術の二つの方面から研究を進める。

1) の人間と人間環境の理解技術においては、人間環境の地図化、人間の行動情報の取得とモデル化、場所とその使い方の理解、人間環境にある物体のモデル化と環境中からの発見や追跡、一人称ビジョンによる行動理解、音源地図作成と音源発見や追跡などの研究を行う。

2) のアシスト技術においては、得られた人間と環境のモデル、行動の履歴、物体の使用履歴などから、健康向上、QoL 向上、介護・介助、見回り、運搬、案内、搬送、移動などのタスクを、個人や環境に適した方法によって行うことを計画し、実際にサービスを行うことを目的とする。また物体の受け渡しやすれ違いの方法、個人の意図の理解や対象物の特定、などのインタラクションやインターフェースの研究を行う。

これらの目的を達成するために Dhaiba を始めとする人間の形状、運動などのモデルとデータベース、あるいは子供の事故情報、物品のデータベースなど、他のチームの成果を積極的に利用し、デジタルヒューマンモデルにより始めて可能となるサービスやアシスト技術にフォーカスする。

研究テーマ：テーマ題目 4

傷害予防工学研究チーム

(Injury Prevention Engineering Research Team)

研究チーム長：山中 龍宏

(臨海副都心センター)

概要：

傷害予防工学では、日常生活現象の理解、そして、傷害という生理現象の理解まで踏み込んで傷害予防を可能とする技術体系と社会体系の確立を目的とする。傷害予防の技術体系に関しては、製品のリスクを制御するために我々が制御可能な対象を、大きく環境・製品と、人の意識・行動とに分類し、その全体を環境改善と行動変容の両方からなる一つの制御システムと捉えフィードバックループを作って持続的改善していく包括的なアプローチを可能とする科学技術の構築を目指す。生活や傷害のデータベースに基づいて、製品改善によって生活場面での傷害リスクを低減させていく技術を開発するだけでなく、リスクを共有する技術も不可欠である。対策法や改善策が開発されてもこれが採用されなかったり、普及しないのでは意味がないからである。そのため、傷害予防工学では、企業の経営者やデザイナーに対策法を採用させ、また、保護者に対策済みの製品の購入を促すためのリスクコミュニケ

ーションを行う技術も扱う。

傷害予防に求められるのは技術体系だけに留まらない。データの収集から制御までを実際に行うには、それを可能とする社会体系（社会システム）が不可欠である。社会全体に散らばった事故データの収集、多様なインタラクションによって生じる現象の解明やモデルの開発は、ある一企業だけで実施するにはコストがかかりすぎて実現不可能であるからである。傷害予防工学の研究活動では、技術開発に留まることなく、傷害予防のための社会体系として、「安全知識循環型社会システム」の社会実装を多機関連携によって進める。

本研究では、安全知識循環型社会システムを構成するのに不可欠な技術である、1) 事故サーベイランス技術（医療機関を核として子どもの事故に関するデータを収集する技術）の高度化、2) 事故制御モデリング・傷害シミュレーション技術（収集されたデータを解析し、子どもの行動や事故の発生プロセスの計算モデルを構築し、行動・事故の計算モデルに基づいて、事故の予防策を開発する技術）の開発、3) リスクコミュニケーション技術（社会にリスクを伝達したり、事故予防策を普及させたりするための技術）の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目 5

[テーマ題目 1] 人間機能モデル Dhaiba の拡張と国際人体特性データベース

[研究代表者] 多田 充徳

(身体機能中心デザイン研究チーム)

[研究担当者] 多田 充徳、河内 まき子、

宮田 なつき、遠藤 維、川地 克明

(常勤職員3名、他2名)

[研究内容]

我々が開発を進めている製品設計のための人間モデル(Dhaiba)に対して、(1)身体機能モデルの拡張と、(2)体形データベースの国際化を行った。前者については、手の解剖学的機能のモデル化と運動機能の再現のために新たな実験・解析・開発を実施した。より高度な仮想評価の実現に必要な筋骨格モデルや把握運動生成アルゴリズムを確立できつつある。一方、後者については、計測技術・体形モデリング技術を海外の研究機関に移転すると共に、海外の全身寸法データを取得した。また、計測手法の標準化に向けた国際標準提案を進めた。データベースの国際化だけでなく、我々が確立した技術の国際標準化・デファクトスタンダード化が実現できる。

(1) 手の解剖学的機能のモデル化と運動機能の再現に注力した。また、Dhaiba についても、過去に実装した体形変形・リーチ動作生成機能を外部プログラムから利用できるように、SDK (DhaibaSDK) を整備した。手の解剖学的機能のモデル化については、慶應義塾大学医学部と共同で屍体手を用いた筋骨格運動の計測を

実施し、詳細な筋骨格モデルを構築した。示指の運動に寄与する7種類の筋腱を独立に駆動できる制御装置を用いて、任意の筋腱駆動パターンに対する筋腱張力と手骨の運動を計測した。一方、運動機能の再現については、動力学演算に基づく把握運動生成プログラムを開発した。製品モデル上に指定した点と、指先・手掌に指定した点との間に仮想的な引力を発生させることで把握運動を生成した。

- (2) 体形の計測技術、人体相同モデリングソフトウェア、人体形状統計処理ソフトウェアをスペイン、南アフリカ、中国、フランスなどの研究機関に技術移転した。また、台湾、インド、ブラジルの研究機関が蓄積してきた全身寸法データベースを取得すると共に、我々が独自に蓄積してきた既存の体形データベースを拡充した。このデータベースを用いて、個人内の体形変化（痩せたり、太ったり）を再現した。一方、3次元体形スキャナの精度検証方法については、球体や日本人平均女性体形のダミーを標準物体サンプルとして準備した。そして、これらを複数の研究機関で回覧することで、同一物体に対する精度検証試験を実施できるようにした。また、この検証方法の標準化に向けて国際標準提案を進めた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】製品設計、生体力学、デジタルヒューマン

【テーマ題目2】生活データベース技術、生活センシング技術およびに関する研究

【研究代表者】西田 佳史

(生活・社会機能デザイン研究チーム)

【研究担当者】西田 佳史、堀 俊夫、中田 亨、北村 光司、掛札 逸美、San Min Yoon、井上 美喜子、金 一雄（常勤職員4名、他4名）

【研究内容】

近年、センシングやコンピューティング技術の発展により、生活の様々な場면을センシングすることが可能となり、その場面における生活実態の把握やライフログの収集などができるようになってきた。しかし、実際には、あらゆる人の生活データを収集することは困難である。そこで、現実的なアプローチとして、生活の各場面においてセンシング可能な範囲で生活情報の収集を行い、データベースを構築し、予測を行いたい対象や環境に合わせて適宜各データベースを統合・再利用し、生活全体の把握を行うアプローチが考えられる。本研究では、このような新しいアプローチを可能とする技術として、様々なデータの再利用性を実現する正準化技術を核とした日常生活データベース管理システムを開発した。具体的には、国際生活機能分類（ICF）をライフログの正準化として活用することで、生活機能構造データベースを作成

した。また、家の間取りデータ、家電製品などのモノの配置データなどは距離に基づく正準化を行うことで、異なる住宅のデータを統合的に利用可能な機能を実装した。上述のデータベースや機能を用いて、仮想三次元空間上で構築した間取り上でデータを可視化したり、検索するためのプラットフォームを開発した。

行動データベースの一環として、購買行動データの収集と、それを用いたモデルを開発した。具体的には、インターネットを通じて神戸地域における生活者アンケートを行い、10060人から回収し、収集したデータから購買行動に対する要因分析を行い、スーパーなどへの来店行動分析、非来店の要因分析、来店促進条件の予測を可能にするベイジアンネットを構築した。

行動モデルの研究に関して、これまで開発してきたセンサ化されたクライミング遊具を用いて、フルボディインタラクションの観点から子どもの被験者実験を行い、遊具で遊ぶ子どもの発達に関する分析を行った。具体的には、クライミング遊具（ノボレオン）を日本科学未来館、イベント（キッズクリエイト2010）に出展し、被験者計測を行った。これまでの計測データの累計は1226人となった。また、繰り返し遊ぶ子どものクライミングスキルの上達のモデル化を行った。さらに、クライミング時の転落データを収集し、遊具のパラメータや姿勢パラメータなどからなる転落モデルを作成した。これらの成果をインタラクション2010（フルペーパー査読付国内会議）で発表し、最優秀論文賞を獲得した。

センシング技術に関しては、これまで開発してきた超音波タグシステムの高精度化・高速化を行った。具体的には、パーティクルフィルタを利用した超音波位置計測システムのアルゴリズムを GPGPU によって実装し、高速化を図った。

行動モデルの応用研究として、ヒューマンエラー防止の研究を行った。みずほ銀行との共同研究を進め、社内の事務ミスの防止策について分析し、対策のための業務マニュアルの改善に結びつけた。また、作業へのアンケートのベクトル量子化を使った分析方法をまとめた英語論文は国際会議 HCII2011で採録された。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】生活データベース、生活モデル、行動モデル、行動シミュレーション、正準化技術、フルボディインタラクション、ヒューマンエラー、センサーネットワーク、大規模データ

【テーマ題目3】歩行データベース整備と歩行評価システムの研究

【研究代表者】持丸 正明

(健康増進技術研究チーム)

【研究担当者】持丸 正明、森田 孝男、三輪 洋靖、小林 吉之、青木 慶、

エドワード 村上

(常勤職員4名、他2名)

【研究内容】

フィットネスクラブで顧客の歩行を観測し、その歩き方の特徴を評価するとともに、より健康増進に効果のある歩き方の推奨、さらには推奨に伴う歩容変化の確認を行うための要素技術開発と、それらを統合した歩行評価システムの開発を進めた。要素技術としては、健常者のさまざまな歩行（運動、床反力）を蓄積した歩行データベースの整備、歩行の個人差を表現する歩行主成分モデルの確立、さらに現場で実現可能な限られた歩行データに歩行主成分モデルを活用することで全身歩行を再現し、特徴を評価する技術の開発を行った。また、これらの要素技術を統合し、フィットネスクラブでの運用を踏まえて、既存トレッドミルにロードセルを組み込んだ簡易計測システムを構成し、トレッドミル上での歩行の際の左右合成床反力データのみから、歩容と関節モーメントを推定し、呈示する「トレッドミル型歩行評価システム」の開発を行った。

開発したシステムは、フィットネスクラブとの協力を得て進めたもので、CEATEC などに出席し大きな反響を得た。また、このシステムの発展系として、平成21年度には以下のような関連研究も推進した。(1) 衣服やシューズの着用が、個人の歩行特徴をいかに変容させるかを、上記の歩行評価技術を用いて評価した。これにより、特定の歩行特徴を持つ利用者が、ある歩行特性に対して変化を希望する場合、なんらかの製品の着用によって容易にそれを支援するというサービスが実現できる。(2) 高齢者の転倒がどのような歩行特徴に現れるかを研究し、それらを上記の歩行評価技術から検出するための基礎研究を進めた。(3) 若年女性の歩容の美しさがどのような歩行特徴に関連するかを調べ、それらを上記の歩行評価技術から評価するための研究を進めた。(4) 据置型のトレッドミルシステムだけではなく、センサ類を装着するようなシステムへの拡張を想定し、どの場所にどのようなセンサを取り付けることで、効果的にかつ十分な精度で歩容を推定できるかのシミュレーション技術を開発した。(5) 健康診断データベースと歩行データベースを統合するためのデータベースシステムを整備した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】健康工学、生体力学、デジタルヒューマン

【テーマ題目4】スマートアシスト技術の研究

【研究代表者】加賀美 聡

(スマートアシスト技術研究チーム)

【研究担当者】加賀美 聡、西脇 光一、山崎 俊太郎、トンプソン・サイモン、佐々木 洋子
(情報技術部門と併任)
(常勤職員5名)

【研究内容】

主に下記の6項目の研究を行った。

(1) ヒューマノイドロボットのアシストに向けた基本機能の研究

これまで研究してきた動力的モデルに基づいた短周期歩行軌道生成手法に、力センサと姿勢センサからの入力をフィードバックし、外乱に対して頑健な二足歩行システムを研究している。

本年度は光ファイバジャイロとサーボ加速度計を用いた姿勢角センサを開発し、歩行中の遠心加速度補償等を行い、不整地歩行中に目標性能が発揮できていることを確認した。多彩な路面にオンラインで適応するための運動学問題として、適応的腰高さ軌道設計法、斜面に対応する遊脚軌道設計法を開発し、目標の斜面、段差を含む路面の移動を実現した。また運動中の絶対速度を推定することで、歩行制御の頑健性を高める方法を開発した。

またこれまで開発してきた、歩容計画、不整地歩行制御の統合を行い、(2)で述べる環境理解機能と合わせて、ヒューマノイドの自律移動システムの構築を行った。これにより15[cm]程度までの段差、10[deg]程度の傾斜、砂利道等の細かい凹凸かつ変形する路面を含む環境での自律移動に成功した。

(2) 視覚による人間と人間環境の理解機能の研究

カメラ、パターン投影立体視、レーザー距離センサなどを利用する各手法の研究と、これらを用いた人間の発見・追従・進路予測、環境の地図作成・自己位置認識、物体のモデル作成・発見・位置姿勢検出、生活行動のモデル化などの研究を行っている。

本年度はスキャン型レーザー距離センサを精密にスキャンする機構を設計製作し、HRP2に実装した。HRP2のオドメトリ情報と合わせて、周辺の3次元形状を取得するシステムを開発した。歩行用の路面形状取得に必要な2-3[cm]程度の精度をロボット前方周辺2[m]程度の領域で達成できていることを確認した。

また運動物体の3次元形状計測手法の開発を行った。カメラの自校正アルゴリズムをプロジェクトに適用し、事前の幾何校正が必要ない3次元計測システムを構築した。このために画像の対応点からプロジェクトとカメラのレンズ歪み、内部パラメータ、外部パラメータを推定する新しいアルゴリズムを提案した。実験により約1mmの誤差で対象の形状が計測できることが観測された。

視覚センサを利用した移動ロボットの自己位置同定の手法として、室内と屋外の2種類のシーンで100～500枚程度の写真を撮影し、復元した3次元地図を用いて、画像から計測視点を数cmの誤差で推定する方法を提案した。

(3) 聴覚による人間と人間環境の理解機能の研究

低サイドローブ全方位望遠マイクアレイの研究を進

め、音源定位、分離、音声認識・音源識別などの各手法の研究と、これを用いた環境の音地図作成・人間の発見・生活行動のモデル化の研究を行う。

本年度はこれまで研究してきた低サイドローブ型マイクアレイの設計法を応用して、本年度は二元方位角が定位可能な64chの球状のマイクアレイを構築した。本システムは数度の精度で方位角と仰角の二元角を数個の音源を対象に精度約±3度で定位可能なものであり、世界初の成果である。

(4) デジタルヒューマンモデルを用いたアシスト技術の研究

スマートアシスト技術により実現されるサービスからアプリケーションドリブンにシステムを構成し、実際にサービスを行うことにより、システムの有用性を実証し、問題点を探る研究を行う。具体的には一人称ビジョンによる生活記録、サービス移動ロボットによる人間環境の変化や人間の生活記録、人間に親和性の高い移動アシスト、音焦点形成による呼びかけなどの技術について研究している。

本年度は環境中の人間の移動軌跡を蓄積するシステムを構築し、構築したデータベースから改良型の K-means 法により、人間の環境の使い方を、通路、交差点、作業場所、立ち入らない場所、と分類する手法を実現した。また数 km オーダーの屋外の自律移動を実現し、プラントの機器の監視を行うシステムを試作した。

(5) 双方向 Mixed-Reality による提示とインタラクション機能の研究

人間にシステムの内部状態を提示したり、逆に人間から意図や指示を受け取るための双方向 Mixed Reality (MR) の研究を行う。またこの双方向 MR システムにより環境中のシステムの内部・外部状態とマーカーをつけた環境中の人間や物体の記録を取ることが可能になる。この情報を利用したシステムの改善、人間とシステムのインタラクションの記録と解析、安全性の検証などの活用などについて研究する。

これまで、開発してきた Mixed-Reality システムを応用し、ロボット搭載カメラの映像に、ジョイスティックでの操縦と計画された足跡を表示するインターフェースを開発した。大局的な移動経路はユーザが決定し、不整地に合わせた着地位置・姿勢計画は自律的に行うという枠組みで、同映像を見ながら人間がロボットを誘導することに成功した。

(6) 実時間ディペンダブル OS の研究

ART-Linux の開発を継続し、Linux 2.6.24 ~ 2.6.34に対応する実時間機能、AMP 機能、実時間通信機能を持つ OS を開発した。本 OS は他の Linux ベースの実時間 OS よりも実時間処理のジッターが数倍から数十倍少ないという特徴がある。開発した OS を Sourceforge より一般公開し、これまでに約6,000

件のダウンロードがあった。開発した OS をヒューマノイドロボット HRP2, HRP3, HRP4や移動ロボット Pen2, Segway RMP などで利用し、実証実験を行った。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] ヒューマノイドロボット、二足歩行、3次元視覚、地図作成、位置認識、経路計画、実時間 OS、ディペンダビリティ

[テーマ題目5] 傷害データベースと傷害データマイニング技術に関する研究

[研究代表者] 山中 龍宏 (傷害予防工学研究チーム)

[研究担当者] 山中 龍宏、西田 佳史、北村 光司、掛札 逸美、San Min Yoon、高野 太刀雄、井上 美喜子、金 一雄、持丸 正明、河内まき子 (常勤職員2名、他6名)

[研究内容]

傷害データベースを用いた新しいデータマイニング手法を開発した。病院と協力して収集を行っている子どもの傷害情報には、独自に開発した身体地図情報システムによる受傷部位情報が含まれている。この身体上の空間情報である受傷部位情報は、従来収集することができなかった貴重な情報であるが、一般的な統計分析手法では扱えないため、身体空間情報と傷害情報を組み合わせて分析可能な新しい分析技術を開発した。具体的には、身体空間上の位置情報を用いてクラスタリングし、各クラスターに含まれる情報を含めて傷害の特徴を分析する技術を開発した。この技術により、例えば、一概に自転車の事故と言われていたものが、スポーク外傷の大部分は踵で起きること、足のそれ以外の部位では交通事故による受傷が主であることなどが分かり、傷害のメカニズムが異なる傷害の把握・発見が可能になった。

傷害データベースの新たな応用として、統計学的虐待診断手法の開発を行った。虐待によって受傷した場合であっても、保護者などによって、事故による傷害であるとして医療機関を受診することがあり、医療従事者には、虐待による傷害か、事故による傷害かを判別することが求められている。現状では、科学的な判別手法はなく、医者や看護師に経験や勘に頼っていることが多く、見逃されているケースが多い。そこで、子どもの事故予防のために収集してきた傷害情報を活用することで、判別を支援する技術を開発する。具体的には、事故と虐待とでは、受傷部位に違いがあるという仮説をたて、各条件 (傷害、年齢、発達段階など) における事故による受傷部位の頻度確率分布 (10000万件以上の事故データ) にもとづいて、対象となる傷害部位が事故で受傷する確率を算出し、事故か虐待かを判別する手法を開発した。約20件の実際の虐待データを用いて、判別の可能性を検証した。開発したシステムに関して、2件の取材を受けた。

これまで司法解剖時生体力学特性検査システムを開発し、実際の法医学教室に導入してきた。特に、頭蓋骨では、頭部形状の個人差が大きく、その影響が曲げ試験などの計測値において無視できないほど大きいことが判明した。そこで、生体組織の力学特性値の推定手法を開発することで、計測から力学特性値の推定までを一貫するシステムを開発した。具体的には、子どもの頭蓋骨の材料特性値の計測を目的に、素材の特性が明らかな金属片などを用いた基礎的検討によって、試験片の形状が曲げ試験に与える影響を実測とシミュレーションによって明らかにした。これらの検討に基づいて、個人差を考慮した生体力学特性値の算出法として、検査片の採集、3D スキャナを用いた形状計測、限界強度試験、有限要素法を用いた材料特性値の推定までを一貫する方法を開発した。

キッズデザイン製品開発のための基本データベースとして、転倒に関するデータ整備を行った。転倒は病院を受診する傷害のうち最も頻度が高く、また、最も医療費を使っている傷害であることが知られている。転倒予防の重要なアプローチの一つに転倒シミュレーションを用いた転倒現象の再現と理解、それに基づく対策法の開発があるが、これまでのところ、実際の転倒状況の動力学的データが乏しく、様々な仮定を初期条件として与えているのが現状である。本研究では、センサルーム技術を用いて子どもの転倒データベースを世界に先駆けて開発した。具体的には、マンション内に加速度・ジャイロセンサと6台のビデオカメラから構成されるセンサルームシステムを構築した。また、転倒検出アルゴリズムを開発した。月齢11～28か月の6人の子どもの行動を計測することで、67回の転倒を検出しデータ化した。転倒動力学値確率分布データベース閲覧ソフトを構築し、WEBから一般公開した。公開データベースには、転倒状況の条件による検索機能、転倒動力学データのヒストグラムや累積相対度数分布の可視化機能などが実装されている。データは、(株) 永大産業における床材の安全性評価に活用された。

リスクコミュニケーション技術（意識行動変容技術）に関して、自転車为例題に、デジタルコンテンツを用いた保護者の意識変化調査を行った。具体的には、介入用のコンテンツとして、成人用自転車の転倒に伴い、子ども用座席に着座した状態の小児ダミー頭部が床に衝突する瞬間を撮影した映像を作成した。画像は、ヘルメットをかぶっていない状態のものと、かぶった状態のものがあり、見やすさのため、画像はスローモーションに加工されている。ヘルメットをかぶっていない画像では、ダミーの頭部が床に衝突した瞬間に歪むところが示されている。効果評価は、て6ヵ月～6歳までの子どもを持つ母親298人に対して行った。

その結果、介入用コンテンツ（転倒・頭部衝撃画像）を見た前後で、子ども乗車群の「現在のヘルメット使用

頻度」と「これからヘルメットを使おうと思う頻度」を比較した結果、衝撃画像を見た後の「これから使おうと思う頻度」が高いという結果が得られた（ $p < 0.01$ ）。

現時点での傷害予防工学の技術体系に関しては、傷害制御モデルの考え方（中心的概念）や包括的アプローチ（製品改善とリスクコミュニケーション）の考え方を示し、これまで取り組んだアプローチを、傷害制御の具体的な方法論（物理学的制御、統計学的制御、行動変容面の制御、傷害コストの制御）として整理することで、新しい研究領域である「傷害予防工学」の体系化を行い、その内容を論文（査読付国内1本）にまとめ発表した。傷害予防の国際会議でベストポスター賞（ISCAP2010）を受賞した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 傷害データベース、傷害シミュレーション、リスクコミュニケーション、オープンイノベーション、安心・安全、製品安全、リスクアセスメント、知識循環、虐待防止、不慮の事故

⑥【ナノスピントロニクス研究センター】

(Spintronics Research Center)

(存続期間：2010.4.1～)

研究センター長：湯浅 新治

副研究センター長：福島 章雄

所在地：つくば中央第2

人員：7名（7名）

経費：188,069千円（92,731千円）

概要：

電子の電荷のみを用いた従来の半導体エレクトロニクスに対して、電子の持つ“スピン”の自由度も活用した新しいエレクトロニクス技術が「スピントロニクス」です。IT 社会の発展に伴って急増する電子機器の消費電力を抑制するために、電子機器が仕事をしていない“入力待ち”時間の消費電力（待機電力）を大幅に削減する必要があり、そのためには電源を切っても記憶が保持される不揮発性メモリ」の開発が不可欠となります。

当研究センターでは、この不揮発性を最大限に引き出すため、固体中のスピン制御技術を極める学術的基礎研究からデバイス応用研究まで、スピントロニクスの技術開発を企業や大学と連携し推進します。

当研究センターでは以下の3つのミッションを掲げ電子スピンを活用したスピントロニクス技術とナノテクノロジーを融合した「ナノスピントロニクス技術」により、大容量・高速かつ高信頼性を有する不揮発性メモリの開発を行い、この技術の中核にして、待機電

カゼロの究極グリーン IT である「ノーマリー・オフ・コンピュータ」の実現を目指します。また、半導体中でのスピン注入、スピン操作、スピン検出の「半導体スピントロニクス技術」を開発し、「スピン・トランジスタ」を開発します。さらに、半導体中のスピンと光の相互作用に基づく「光スピントロニクス技術」を活用し、光通信ネットワークの高度化のための新デバイス「スピン光メモリ」の研究開発を行います。

- ・ミッション1 グリーン・イノベーションの実現
ナノスピントロニクス技術の中核にして、大容量・高速・高信頼性の不揮発性メモリ「スピン RAM」を開発し、コンピュータの主要メモリを不揮発化することによるグリーン・イノベーションの実現を目指す。
- ・ミッション2 半導体スケール限界の突破
スピン RAM によるメモリの不揮発化だけでなく、ナノサイズでも安定に動作するメモリセルを開発することにより、半導体メモリのスケール限界を打破することも目標とする。
- ・ミッション3 革新的電子デバイスの開発
光メモリや不揮発性スイッチング素子、スピン・トランジスタ、高周波デバイスなど、将来的に IT に革新をもたらすポテンシャルを有する新デバイスの創出を目指す。

内部資金：

高周波スピントロニクス素子の研究開発

半導体スピントロニクス技術の研究

外部資金：

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「スピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクト」

独立行政法人科学技術振興機構（さきがけ）「強磁性絶縁体超薄膜を用いた新規スピントロニクスデバイスの創製」

独立行政法人科学技術振興機構（CREST）「金属／機能性酸化物複合デバイスの開発」

文部科学省 科学研究費補助金 特定領域研究「酸化ガリウム障壁層を用いた半導体へのスピン注入」

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励「スピン光メモリの開発」

日本学術振興会 最先端次世代研究開発支援プログラム
「スピントロニクス技術を用いた超省電力不揮発性トランジスタ技術の開拓」

発表：誌上発表17件、口頭発表54件、その他6件

金属スピントロニクスチーム

(Metal Spintronics team)

研究チーム長：久保田 均

(つくば中央第2)

概要：

MgO-MTJ 素子の巨大 TMR 効果とスピントルク磁化反転を用いた大容量不揮発メモリ「スピン RAM」の研究開発を行っています。特に、垂直磁化電極を用いた nm サイズ MTJ 素子の開発を行い、書き込み時の低消費電力化と電源を切っても情報が保持される不揮発性の両立を目指しています。また、同じ基盤技術を活用した新デバイスの研究開発、具体的には、ナノサイズのマイクロ波・ミリ波発振器および検波器、物理乱数発生器、不揮発性スイッチング素子の開発も行っていきます。

半導体スピントロニクスチーム

(Semiconductor Spintronics team)

研究チーム長：齋藤 秀和

(つくば中央第2)

概要：

半導体を用いたスピントロニクス技術及び光スピントロニクス技術の研究開発を行っています。具体的には、1)スピン・トランジスタの実現を目指した半導体へのスピン注入・制御・検出、2)薄膜光アイソレータやスピン光メモリなどの光デバイスの研究開発を行います。現行の IT 機器は主に揮発性（電源を切れば情報が失われる）の半導体により構成されており、そのため消費電力の約9割は待機中に消費してしまっています。本研究では、スピントロニクス技術最大の特色である不揮発性（電源を切っても情報を保持する）を用いた超省電力トランジスタ技術を開拓します。これにより、従来技術では困難であった消費電力の劇的な削減に繋がります。将来的には待機電力がほぼ零である「ノーマリー・オフ・コンピュータ」に繋がることが期待されます。また、このスピンの持つ不揮発機能を光子に付加することにより、従来は実現されていない光メモリ等の革新的光子素子を独自に考案し、開発研究を進めています。

研究テーマ：テーマ題目 5、テーマ題目 6

[テーマ題目 1] スピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクト

[研究代表者] 湯浅 新治

[研究担当者] 久保田 均、福島 章雄、薬師寺 啓、長浜 太郎（常勤職員6名、他2名）

[研究内容]

本プロジェクトでは、スピントロニクス技術が秘める

不揮発性機能をはじめとする情報通信分野における革新的諸機能を実現するための基盤技術の確立、並びに、実用化に向けたスピン不揮発性デバイス技術の研究開発を産学官が一体となって行っている。具体的には、スピン制御技術、新材料の探索、デバイスの最適構造、およびナノ構造の作製技術等の基盤技術開発を基に、スピンRAM及びスピン新機能素子の実現のための研究開発を行っている。本技術の確立により、我が国半導体産業の競争力強化、及び情報通信機器の低消費電力化が期待される。

産総研は、「低電力磁化反転 TMR 素子技術」の開発を担当し、平成22年度は、200%以上の TMR 比を有する垂直磁化 TMR 素子技術を開発すること、並びに、これを用いて、スピン注入磁化反転により DRAM 並みの高速読み書きを安定して行うことができる TMR 素子技術を開発することを目標とした。

超高真空高周波スパッタ装置を用いて、垂直磁化薄膜を作製した。種々の金属元素をもちいた薄膜を検討した結果、Co と Pt および Co と Pd を原子層単位で交互積層することにより、高い垂直磁気異方性が得られることがわかった。さらに、MgO トンネルバリアとの組み合わせで、トンネル抵抗値の低い強磁性トンネル接合薄膜の開発に成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】不揮発メモリ、SpinRAM、垂直磁化薄膜

【テーマ題目2】金属/機能性酸化物複合デバイスの開発

【研究代表者】湯浅 新治

【研究担当者】久保田 均、福島 章雄、薬師寺 啓、甲野藤 真（常勤職員4名）

【研究内容】

本プロジェクトでは、産学官の連携により高品質の酸化物薄膜を低い基板温度で大面積基板上に高効率に作製できる革新的成膜プロセスを開発し、これを用いて酸化物層と強磁性金属層を複合化した新機能デバイスの創生を目指している。具体的には、(1) スパッタ成膜プロセスの開発、(2) 電圧印加磁化反転技術の開発、(3) 不揮発性スイッチング素子の開発、の3項目について研究開発を行う。産総研グループは、22年度は不揮発性スイッチング素子の開発に取り組んだ。超高真空分子線エピタキシー技術を用いて金属酸化物を作製し、スピンフィルター素子構造の作製に成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】金属酸化物、スイッチング素子

【テーマ題目3】強磁性絶縁体超薄膜を用いた新規スピントロニクスデバイスの創製

【研究代表者】長浜 太郎

【研究担当者】長浜 太郎（常勤職員1名）

【研究内容】

これまでの既存のエレクトロニクス技術は電子の電荷という特性を用いてきた。しかし近年、電子のもう一つの内部自由度であるスピン自由度を利用して様々な機能実現しようというスピントロニクス技術が注目を集めている。このようなスピントロニクス素子の実現のためには、高効率にスピン偏極電流を生成することが必要不可欠である。代表的なスピントロニクス素子として強磁性トンネル接合 (MTJ) があげられるが、MTJ では強磁性電極を用いることによってスピン偏極電流を生成している。本研究では、スピン偏極電流源として強磁性（またはフェリ磁性）絶縁体を用いたスピンフィルターと呼ばれるトンネル接合素子の実現を目指している。強磁性絶縁体ではトンネル障壁高さがスピンの方向に強く依存するため、スピンフィルター素子では高スピン偏極した電流を得ることが期待される。また、現在困難とされている半導体中へのスピン注入の実現の可能性も考えられる。実際のトンネル障壁材料としては、フェリ磁性絶縁体である NiFe_2O_4 を選定し、超高真空蒸着法および酸素ガスの導入による反応性蒸着法により、トンネル接合の作成を行った。下部電極には NiFe_2O_4 と格子整合性の良い Fe_3O_4 または TiN を用いた。基板は主に $\text{MgO}(001)$ あるいは $\text{MgO}(110)$ を用いた。高速電子線回折 (RHEED) による構造評価により、最適な基板温度と酸素ガス圧を用いることによって良好なエピタキシャルトンネル接合を得ることに成功したことがわかった。しかし、蛍光 X 線分析 (XRF) の測定により、作製された NiFe_2O_4 超薄膜は Ni 過剰な組成となっていることが分かった。これは、蒸着の際に NiFe_2O_4 焼結ペレットの電子銃加熱を用いたために、Ni と Fe の蒸気圧の違いから最終的に形成された膜の組成が大きすぎてしまったものと考えられる。さらに磁気光学効果の測定によって、得られた NiFe_2O_4 超薄膜の磁気特性の評価を行った。その結果、 NiFe_2O_4 超薄膜が室温でフェリ磁性を示すには 4nm 程度の厚さが必要であることが分かった。またその磁化過程は非常になだらかであり、低磁場での磁場感度があまり良くないものであった。これは、 MgO 基板の格子定数は 0.42nm であり、 NiFe_2O_4 フェライトの格子定数 0.84nm の 2分の1であるため、構造的な逆位相界面が形成されるためと思われる。逆位相界面では磁気モーメント間の相互作用が反強磁性的であるため、スムーズな磁化反転プロセスが妨げられるという研究報告がなされている。作成した素子の磁気抵抗効果の測定を行ったところ、12%程度のトンネル磁気抵抗比を得ることができた。磁気抵抗比の NiFe_2O_4 膜厚変化は、磁気光学効果の膜厚変化の結果とよく一致した。また得られた抵抗変化はいわゆる負の磁気抵抗比であり、バンド計算から期待される抵抗変化と符号が一致することが確認された。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】 スピントロニクス、強磁性トンネル接合、
 スピンフィルター

【テーマ題目4】 高周波スピントロニクス

【研究代表者】 久保田 均
 【研究担当者】 福島 章雄, 薬師寺 啓
 (常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

本研究では、MgO トンネルバリアを有する強磁性トンネル接合をベースとする、マイクロ波発振器および検波器の開発に取り組んでいる。原理は、強磁性トンネル接合中を流れるスピントルクとスピンの配置に依存してトンネル確率が変化する強磁性トンネル効果に基づく。これらのデバイスは、サイズが非常に小さく、自励発振であるため共振器不要で回路中に組み込みやすいなどの特徴を持ち、半導体素子にない特徴を有している。22年度は、スピントルク発振素子の作製と評価をおこなった。その結果、0.5マイクロワットの出力を得ることに成功した。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】 スピントルク発振素子

【テーマ題目5】 酸化ガリウム障壁層を用いた半導体へのスピン注入

【研究代表者】 齋藤 秀和
 【研究担当者】 齋藤 秀和, 峰野 祐輔, 渡邊 克
 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

(研究目的)

強磁性金属から実用半導体材料への電気的なスピン偏極電子の注入は、スピントランジスタなどの半導体スピンデバイス実現のための重要な基盤技術である。高スピン偏極電子を注入するためには、金属/半導体接合部をトンネル接合とする必要があることがわかっている。これまで、障壁層材料として AlO_x や MgO を用いて GaAs へのスピン注入実験が行われてきた。しかしながら、これまで高いスピン注入効率と電荷注入効率を兼ね備えた障壁層材料は見出されていない。すなわち、従来の障壁層材料は GaAs との界面で多量の界面準位が導入されるため、接合界面から大きな寄生電流が発生する。本研究では、GaAs への高いスピン・電荷注入を実現する新障壁層材料の開発を行う。

(研究内容及び目標)

スピン偏極発光素子 (spin-LED) と呼ばれる強磁性/絶縁体/半導体量子井戸構造から構成される発光素子を作製し、発光特性を解析することにより注入電子のスピン偏極率および注入効率を評価する。通常のショットキー接合に匹敵する電子注入効率と理論から予想される数十%程度のスピン偏極率を目標とする。

(進捗状況)

これまで我々は、酸化ガリウム (GaO_x) という新材料を用いた Fe/GaO_x/(Al)GaAs spin-LED を用いて、電子の電荷注入効率およびスピン偏極率を見積った。その結果、Fe/GaO_x 注入源はオーム性接合に匹敵する電荷注入効率と低温で高いスピン注入効率(スピン偏極率約40%)を兼ね備えることが明らかとなった。[Appl. Phys. Express 2, 083003 (2009), Appl. Phys. Lett. 96, 012501 (2010)]

そこで本年度は、GaO_x の挿入層による電荷注入効率の増大機構を解明するために、Fe/GaO_x/GaAs から構成されるトンネル接合を作製し、GaAs のショットキー接合高さを調べた。その結果、GaO_x の挿入により GaAs のショットキー障壁が0.87eV から最大0.56eV まで抑制されていることが明らかになった。

[J. Appl. Phys. 109, 07C701 (2011)]

したがって、電荷注入効率の増大は、ショットキー障壁の抑制によるものであると結論された。また、参照実験として同様の素子を酸化マグネシウム (MgO) を用いて作製して調べたところ、逆にショットキー高さが増加する傾向が得られた。以上の結果より、GaO_x が GaAs ベースのスピン注入のための重要な障壁層材料であることが示された。なお、酸化層の挿入による GaAs のショットキー抑制は世界初の報告となる。

本研究テーマに関する外部資金 (科学研究費補助金) は本年度で終了した。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】 スピントロニクス、スピントランジスタ、
 スピン注入

【テーマ題目6】 スピントロニクス技術を用いた超省電力不揮発性トランジスタ技術の開拓

【研究代表者】 齋藤 秀和
 【研究担当者】 齋藤 秀和, 峰野 祐輔, 渡邊 克
 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

(研究目的)

本研究ではスピントランジスタの基盤技術である VI 族半導体への室温でのスピン注入・検出技術の確立を目的とする。成功の鍵を握るのは、強磁性電極/半導体間の接合品位であるが、既に目的達成のための重要な手掛かりを得ている。最近、我々は GaAs と強磁性電極 (Fe) の間に酸化ガリウム (GaO_x) というトンネル障壁層を挿入することにより、これまでの常識を覆す高い電流注入効率を達成すると同時に、低温ではあるもののスピン注入にも成功している。このことは、従来の絶縁障壁層を用いた接合では電流注入効率が低く、そのため検出感度が十分に確保できないという課題を克服できることを示している。

平成22年度は、主に目標達成の手掛かりが得られてい

る III-V 族半導体を対象としてスピン注入・検出を実証するとともに、IV 族半導体上のトンネル障壁層作製条件を確立する。ここで得られた知見を足掛かりにして、平成23年度以降において Si および Ge でのスピン注入・検出に挑む。主な研究内容は以下の通りである。

〈平成22年度〉本年度は高品位 GaO_x トンネル障壁層作製のための成長条件の確立を図る。これにより、III-V 族半導体における室温でのスピン注入・検出の実現が見込まれる。

〈平成23年度以降〉成長条件の最適化を図った GaO_x を用いることにより、GaAs 等の III-V 族半導体における光を用いたスピン注入・検出実験を行い、室温でのスピン注入を実証する。さらに、IV 族半導体上のトンネル障壁層作製条件の確立を図る。

(研究内容及び目標)

本年度は高品位 GaO_x トンネル障壁層作製のための成長条件を確立する。これまでの我々の研究により、GaO_x はトンネル障壁層として殆ど研究例が無いため、室温でスピン注入・検出をするためには成長条件の最適化が必要である。ここで、スピン依存伝導と障壁層品位の関係は、強磁性金属/絶縁体/強磁性金属から構成される TMR 素子において多くの研究があり、比較的良く理解されている。そこで、Fe/GaO_x/Fe TMR 素子の作製と評価を行い、GaO_x 障壁層の成膜条件の最適化を図る。具体的には成膜中の酸素導入、成膜温度、アニール等により酸素欠損の低減を図る。最適化の目安は、GaO_x 層がアモルファスであることを考慮してジュリエモデルから予想される MR 比20%程度とする。

(進捗状況)

Fe/GaO_x/Fe TMR 素子において、室温で最大10%の TMR 比の観測に成功した。ジュリエモデルを用いてスピン分極率を見積ったところ、室温においても高いスピン分極率(22%)を有することが明らかになった。さらに、素子抵抗の GaO_x 膜厚依存性より有効バリア高さを求めたところ、0.17eV という極めて低い値が得られた(論文投稿中)。この値は従来 TMR 素子において報告されたトンネル障壁層の中で最も低い値の一つである。さらに、X 線フォトエミッション分光による解析により、この低い障壁高さがトンネル電子の小さな有効質量(自由電子の11%)に起因することが明らかになった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】スピントロニクス、スピントランジスタ、スピン注入、トンネル接合

⑦【サービス工学研究センター】

(Center for Service Research)

(存続期間：2009.4.1～)

研究センター長：持丸 正明

研究副センター長：内藤 耕

研究副センター長：本村 陽一

主幹研究員：北島 宗雄

所在地：臨海副都心センター、つくば中央第二事業所

人員：9名(9名)

経費：333,222千円(70,624千円)

概要：

サービスは GDP においても雇用においても日本経済の7割を占めるようになってきた。特に、今後の少子高齢化などの社会構造変化や、企業の業務効率化のためのアウトソーシングなどによりサービスへの需要は拡大しており、製造業と並んで日本の経済成長の牽引役となることが期待されている。しかし、経済や産業におけるこのような重要性にもかかわらず、近年、サービス産業の生産性の伸び率が低いと言われている。例えば米国では製造業、サービス業の労働生産性上昇率(1995～2003年)はそれぞれ3.3%、2.3%であったが、日本ではそれぞれ4.1%、0.8%となり、製造業に比べてサービス業の伸びが小さい(OECD compendium of Productivity Indicator 2005)。このような意味でサービスの生産性の向上は急務となっている。こうした状況を背景として、政府レベルの政策においても、サービスの生産性向上は重要課題と位置づけられるようになってきた。

本研究センターは、これを受け、サービス産業の生産性向上＝サービス受容者にとっての価値の向上とサービス提供側の効率化の双方を同時に実現するサービス工学基盤技術を開発することをミッションとし、サービス産業に基盤技術を普及することを目標とする。

サービスにおいては、ものづくり以上に「人」の関わりが重要であり「人」の機能のモデルが重要であると考えている。そこで、本センターではサービスの現場での「人」である顧客と従業員の行動を観測し、それを分析して得られる客観的モデルを構築、シミュレーション技術を用いて効率的に新サービスを再設計し、それを現場に適用するという最適設計ループを繰り返すサービス工学研究を推進する。これを推進する体制として、

・大規模データモデリングの研究

・サービスプロセス最適化の研究

という2つの研究チームを設ける。

サービス企業との連携を通じて実際のサービスフィールドで具体的研究を推進しながら、幅広いサービス産業に展開可能なサービス工学要素技術の開発を進めていく。また、これらの要素技術の企業への導入、研究の方法論の確立とサービス工学の理論の構築、研究者・技術者の裾野の拡大を図る。このために、公開ワークショップ等を開催する。

外部資金：

経済産業省「平成22年度 IT とサービスの融合による新市場創出促進事業（サービス工学研究開発事業）」

独立行政法人科学技術振興機構「直感的インタフェースと市民芸術創造 SNS（ソーシャル・ネットワークキング・システム）の研究・開発」

独立行政法人科学技術振興機構「対話型モバイル拡張現実体験（AMIE）：メンテナンスサービスへの応用」

独立行政法人日本学術振興会「Web3DとデジタルTVのための人間の動きと実世界環境3次元モデリング」
学校法人慶應義塾「ユーザ行動モデリング手法に関する調査業務」

科学研究費補助金「聴覚障害者のためのデジタルコンテンツのデザインと評価」

科学研究費補助金「循環型製造業の将来像を設計するための持続可能社会シナリオシミュレータの開発」

科学研究費補助金「小売りサービスにおける大規模データと熟練従事者の経験を統合した計算モデルの研究」

科学研究費補助金「ネットワーク外部性を考慮した生物指向型生産システムの拡張」

科学研究費補助金「認知症者を対象とした近時の成功経験の想起を促す電子日記帳の開発」

企業からの資金提供型共同研究：6件

発表：誌上発表120件、口頭発表104件、その他14件

大規模データモデリング研究チーム

(Large-scale Data-based Research Team)

研究チーム長：本村 陽一

(臨海副都心センター)

概要：

現実社会の中で行われるサービスに対する観測・分析・設計・適用を可能にするために、サービスを通じて得られる大規模データをモデル化し、それを活用してサービスの最適化を可能にする技術を開発する。実際のサービス現場の中に研究者が踏み込み研究活動を行う方法論はある種のアクションリサーチとも見なせる。そこでは、実際のサービス活動を改善しながら、サービスの現場で日常的に行われているサービス提供者とサービス受容者の活動を、客観的に観測可能な大

規模データに基づいて、観測・分析し、計算モデル化を行う大規模データモデリングの技術を社会実装可能な状態で提供することが重要である。具体的には、人間行動を観測する情報工学的技術、心理学的特性を推定する認知・行動科学的技術、大規模データから潜在的な意味カテゴリを抽出する数理的手法や計算技術、計算モデルを構築する確率的情報処理技術、計算モデルを用いた予測・制御・シミュレーション技術、これらの技術をサービス現場に実装し、社会化を促進する応用開発技術の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目1

サービスプロセス最適化研究チーム

(Service Process Optimization Research Team)

研究チーム長：蔵田 武志

(つくば中央第2)

概要：

サービス設計における経験と勘への強い依存からの脱却、サービス生産性の向上、価値共創社会の構築、さらにはサービスイノベーション誘発のために、サービスプロセスの設計や最適化に資する研究開発を行う。具体的には、ヒト、モノ、コト（プロセス）を微視的かつ巨視的に把握可能とするための、行動計測、ITサービス、モデル化に関する技術、それらに基づくサービス設計支援、最適化に関する研究開発に取り組む。歩行者慣性航法（PDR）をコアとした複合現実情報循環技術、従業員、市場、社会のモデル化技術、サービス財の準最適配置のための融通予約技術に関する研究開発については、特に重点化課題として推進する。また、企業との共同研究や技術移転等を通じた技術の社会実装を積極的に推し進めることもこのチームの目標とする。さらに、サービスプロセス最適化だけでなく、サービス工学特有の学際的研究やサービス工学研究の体系化に資する萌芽的な研究も行うことで、サービス工学をより発展的なものとしていく。

研究テーマ：テーマ題目2

【テーマ題目1】大規模データモデリングの研究

【研究代表者】本村 陽一

(大規模データモデリング研究チーム)

【研究担当者】竹中 毅、山本 吉伸、西村 拓一、石垣 司、宮本 亜希、新佐 絵史
(常勤職員3名、他3名)

【研究内容】

日常生活における様々なサービス活動において、購買履歴や電子カルテ、業務上の記録などの大規模データが集積されるようになっている。これらの大規模データの中にある意味のある構造を抽出し、計算モデルを構築する技術や需要やリスクを予測する技術によって、実際のサービス活動を支援することを可能にする方法論を確立

する。具体的には、i) 安価で実用性の高いデバイスやソフトウェア、既存のシステムを適宜組み合わせること
で実現する実サービスの中で大規模データを収集する技術の研究、ii) 社会心理学、行動科学、行動分析的技法を駆使しながら、実サービスの中に現れる人間の心理学的特性を分析する手法の研究、iii) 人間の行動と心理学的特性の間の関係を共通の意味として対応づけるために、観測された大規模データに基づいて意味のあるカテゴリを自動抽出する技術としての数理的手法やテキスト処理手法の研究を行う。とくに平成22年度はサービスにおける来店行動を説明できる確率モデルを構築する技術を開発した。またサービス現場における大規模データに有用な情報を追加する仕組みとして、店舗内外や病院内で実際のサービスに活用しながら、現場からのフィードバックや従業員や利用者からの情報を自然に集積するための現場調査を実施し、新規デバイスを現場に導入する際の利用者の受容性についての研究を行った。また、病院や施設内のスタッフの行動を観測しサービスのプロセスを電子化する研究、テキストで記述された生活行動記録を分析するテキストマイニングの研究なども行った。上述のi)～iii)の技術を組み合わせることで、サービス現場に新たな価値をもたらす観測・分析・最適化システムを導入し、実社会で観測・分析・設計・適用のループを継続的に実行することが可能となる。成果の出口や形式については幅広くとらえ、実証的研究を機動的に実行することで、本格研究として早期の社会実装を可能にするメタな方法論の研究も課題として意識しながら研究を進める。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】サービス工学、本格研究、アクションリサーチ

【テーマ題目2】サービスプロセス最適化技術群の構築

【研究代表者】蔵田 武志

(サービスプロセス最適化研究チーム)

【研究担当者】興梠 正克、松本 光崇、宮下 和雄、石川 智也、天目 隆平、牧田 孝嗣、上岡 玲子、Hyun Jungwoo、蛭子 亮、Thangamani Kalaivani、林田 伸一

(常勤職員4名、その他9名)

【研究内容】

本テーマでは、サービスイノベーションに資するサービスプロセス最適化技術群の構築に向けて、特に、歩行者慣性航法(PDR)をコアとした複合現実情報循環技術、従業員、市場、社会のモデル化技術、サービス財の準最適配置のための融通予約技術に関する研究開発について重点的に研究開発を推進している。まず、PDRをコアとした複合現実情報循環技術については、状況に応じた適応的な作業支援により、安心安全なサービス提供

を実現するための研究に取り組んでいる。従業員、市場、社会のモデル化技術に関する取り組みとしては、企業のサービス従業員育成の戦略立案支援のためのモデル枠組み構築と定量化法構築を進めている。サービス財の準最適配置のための融通予約技術については、離島などの零細漁業者がインターネットを介して遠隔地の大手小売業者らと安定的に直接取引できる機会を創出しつつ、現在の市場流通が持つ問題を解決するための水産物の集団的な予約相対取引手法(CANT)開発を進めている。本年度はそれぞれ、作業支援におけるPDRの測位性能の妥当性確認、業種による従業員満足度の相違の把握、CANTに基づくシステム構築といった成果が得られている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】サービス設計、サービス最適化、行動計測、情報循環

⑧【知能システム研究部門】

(Intelligent Systems Research Institute)

存続期間：2001.4.1～

研究部門長：比留川 博久

副研究部門長：横井 一仁、大場 光太郎

所在地：つくば中央第2、東、北

人員：58名(58名)

経費：794,284千円(329,720千円)

概要：

1. ユニットの理念・目的

人間の行動を支援あるいは代行する、知能情報処理・ロボティクスに関わる技術を知能システム技術と位置づけ、その基礎原理、要素技術、システム化技術の研究開発を行い、成果を社会に普及させる努力を通じ、持続的発展可能な社会実現・産業競争力強化に貢献すること。

2. ユニットの研究の方向性

「出口を見据えた基礎研究の推進」を基本運営方針とし、アウトカムの社会的有用性の精査を前提として、中長期的基礎研究を推進する。

ロボットの安全性評価技術、高信頼ロボットソフトウェア開発技術をユニットの2つの基幹技術として主として大型外部資金で実施、生活支援、サービス産業、製造業の応用指向技術をグループの基盤技術として産総研交付金重点課題予算・純粋民間資金等により研究を実施する。市街地移動システム技術の開発をユニット3つ目の基幹技術とすべく、大型外部資金獲得を目指して研究提案を行う。この他、先端的技術開発として、製造業の省力化・高効率化のための産業用ロボット知能化技術、QOL向上の

ための生活支援ロボット基盤技術、サービス産業のためのロボット自律移動技術、新サービス創出のためのヒューマノイド基盤技術の研究開発に取り組む。

統合知能研究グループ

(RT-Synthesis Research Group)

研究グループ長：神徳 徹雄

(つくば中央第2)

概 要：

ロボットシステムに必要な知識を統合し、構成（シンセシス）するために、RT ミドルウェアを技術コアとした基盤アーキテクチャを設計するとともに、その手法の体系化を目指している。集合知や空間知能などのロボット技術（RT）を蓄積してニーズに応じた柔軟なシステム構築を目指すとともに、これらの基盤技術をベースに障がい者支援住宅などの生活支援・産業支援を実現するプロトタイプシステムの開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目5

タスクビジョン研究グループ

(Vision and Manipulation Research Group)

研究グループ長：河井 良浩

(つくば中央第2)

概 要：

3次元視覚情報処理、力覚・触覚情報処理、把持・作業計画など、知能システムに要求される作業知能に関する要素技術の高度化を中心に、ロボット作業の体系化を図り、様々なニーズに応えうるロボット技術の確立を目指した研究開発を行っている。

具体的には、人間の活動を支援または代行するシステムとして、環境や対象物の認識技術（VVV）や、センシング・制御戦略を実装した作業・動作プリミティブに基づく知的マニピュレーション技術等の研究開発とともに、新たな取り組みとして視覚技術と作業技術の密な融合による高精度な作業知能技術の確立を目指している。

研究テーマ：テーマ題目1

ヒューマノイド研究グループ

(Humanoid Research Group)

研究グループ長：横井 一仁

(つくば中央第2)

概 要：

ヒューマノイドは精力的に研究開発が行われているが、その応用分野は学術・ホビー等に限定されている。ヒューマノイド技術を活用した新サービスの創出を目的として、メディア技術との融合によりコンテンツ産業を支援するロボットサービス、人動作解析技術等との融合による人動作模擬サービス等を創出するヒュー

マノイド基盤技術を開発している。

これらの新産業創出には、リッチなコンテンツ作成支援技術及びロバストなコンテンツ実行技術が必要である。このためヒューマノイド基盤技術として、全身動作・表情・音声を統合した振舞の生成、段差1cm・傾斜2度以上の凹凸のある床面の平均時速3km 以上の歩行、簡易な指示による未知環境の移動や簡易作業、高齢者等の人動作の模擬等を実現する技術を開発することを第3期中期目標としている。

研究テーマ：テーマ題目4

インタラクションモデリング研究グループ

(Interaction Modeling Research Group)

研究グループ長：浅野 太

(つくば中央第2)

概 要：

インタラクションモデリング研究グループは、人とロボットのインタラクションに関する研究を行っている。特に高齢者を対象とした、人とロボットとの音声対話によるインタラクションを統計的にモデル化し、このモデルに基づいて、サービスを提供するシステムの開発を行っている。これまでに、インタラクションを行うツールとして、RT ミドルウェア上で動作する対話エンジン SEAT/SAT を開発した。現在は、対話戦略の最適化と検証、ロボットプラットフォームへの実装と実証実験などを進めている。

研究テーマ：テーマ題目1

サービスロボティクス研究グループ

(Service Robotics Research Group)

研究グループ長：松本 吉央

(つくば中央第2)

概 要：

サービスロボティクス研究グループでは、家庭、オフィス、サービス産業等、人と共存する実環境において人の活動を支援するロボットの研究開発を行い、少子高齢化社会の課題解決に資する次世代ロボットの実現を目指している。役に立つ支援技術を開発し、高信頼なシステム構築を行うだけでなく、企業との連携や実証実験を通して、実用化による社会への成果還元を目指す。

1. 生活支援サービスロボット

- ・生活支援の設計技術（ICF によるニーズ把握、評価）
- ・生活支援アーム技術（安全な機構と操作インタフェース）
- ・コミュニケーション支援技術（アンドロイド、安心・満足度の向上）

2. サービス産業のための作業支援ロボット

- ・移動作業技術（屋内ナビゲーション技術、ハンド

リング技術)

- ・センシング技術 (人との安全な共存のための認識技術)

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

ディペンダブルシステム研究グループ

(Dependable Systems Research Group)

研究グループ長：大場 光太郎

(つくば中央第2)

概要：

ディペンダブルシステム研究グループでは、次世代ロボット普及のため、システムを高信頼かつ安全(ディペンダブル)に構成するための技術についての体系化を図っている。応用システムとしては、福祉システム、車椅子、対人アーム、ディペンダブル・モビリティなどを想定し、高信頼、機能安全、リスクアセスメント、ヒューマンファクターズ、Physical Human-Robot Interaction(pHRI)、人間中心設計、安全認証試験・国際規格などの技術課題についての研究、開発、普及などを行っている。

研究テーマ：テーマ題目2

フィールドロボティクス研究グループ

(Field Robotics Research Group)

研究グループ長：松本 治

(つくば中央第2)

概要：

人の移動を支援したり、人の代わりに自律的に移動し作業したりする、いわゆる移動支援・移動作業型システムは、少子高齢化社会において、移手段の確保や重労働・危険作業者の減少対策として、特に屋外環境への適用が期待されている。フィールドロボティクス研究グループでは、安心・安全な屋外実環境移動支援・移動作業型システムの実現を目指して、搭乗型・不整地走行型移動支援システム(自律走行車いす等のパーソナルモビリティ、自律走行ホイールローダー、移動検査ロボット、ITS、飛行ロボット、自己組織化ロボット、フレキシブル・パーソナル・ロボットなど)を対象に、環境認識技術、ナビゲーション技術、ヒューマンインターフェース技術、移動体通信技術など、屋外環境で使えるシステム技術や要素技術に関する研究を推進している。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目5

AIST-CNRS ロボット工学連携研究体

(CNRS-AIST JRL(Joint Robotics Laboratory), UMI3218/CRT)

連携研究体長：吉田 英一

(つくば中央第2)

概要：

AIST-CNRS ロボット工学連携研究体 CNRS-AIST JRL (Joint Robotics Laboratory)、UMI3218/CRT は、フランス国立科学研究センター(CNRS)と産業技術総合研究所により設立された国際共同研究組織で、知能システム研究部門内に設置されている。ロボットの自律性の高めるための研究を、ヒューマノイドロボットを主要なプラットフォームに使用して両国からの研究者の密な協力によって進めている。主な研究テーマは、作業や動作の計画と制御、応答性の高い行動制御、視覚や触覚などの感覚を統合したインターフェースによる人間・ロボット協調システムなどである。フランス CNRS 傘下の他の研究機関、またヨーロッパを中心とした他の研究機関とも EU プロジェクトなどへの参加により国際共同研究を行っている。

JRL は、CNRS では Unite Mixte Internationale (UMI、国際混成研究所)として、産総研では連携研究体(CRT)という正式な組織として位置づけられている。

内部資金：

交付金 標準基盤研究「ロボット用位置・測位情報標準の研究」

外部資金：

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト

「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト/ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発/ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの研究開発」

総務省

平成22年度戦略的情報通信研究開発推進制度

「4次元メディアシステムの研究開発」

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

生活支援ロボット実用化プロジェクト

「生活支援ロボット実用化プロジェクト、生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発」

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

エネルギーITS 推進事業

「エネルギーITS 推進事業/協調走行(自動運転)に向けた研究開発」

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

基盤ロボット技術活用型オープンイノベーション促進プロジェクト

「基盤ロボット技術活用型オープンイノベーション促進プロジェクト」

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト
「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト／ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発」

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト
「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト／作業知能（社会・生活分野）の開発／作業知能（社会・生活分野）の研究開発」

独立行政法人科学技術振興機構
戦略的創造研究推進事業（CREST）
「パラサイトヒューマン装着者の行動モデル獲得ならびにパラサイトヒューマン装着者による人の誘導に関する研究」

独立行政法人科学技術振興機構
戦略的国際科学技術協力推進事業（研究交流型）
「実環境のオンライン情報構造化を用いたロボットの運動計画および実行に関する研究」

文部科学省
科学研究費補助金 新学術領域研究
「人とかがかわる共生型ロボットのためのロボットの適応的要素行動」

文部科学省
科学研究費補助金 新学術領域研究
「超高速3次元形状計測センサの開発および応用の研究」

文部科学省
科学研究費補助金 若手研究（B）
「組立作業教示のための作業特徴量の抽出と制御方策切り替え条件のモデル化」

文部科学省
科学研究費補助金 若手研究（B）
「被介護者・介護者の会話の観察に基づき適切な作業支援を行う介護支援ロボットの開発」

文部科学省
科学研究費補助金 若手研究（B）
「RT ミドルウェア技術をベースとしたロボットシステム統合のためのプログラム言語」

文部科学省
科学研究費補助金 若手研究（B）
「半構造化環境を利用したロボットの自律的環境モデル

構築とタスクプランニング」

文部科学省
科学研究費補助金 若手研究（B）
「全方位医療用内視鏡を用いた全地球視野映像の研究開発」

文部科学省
科学研究費補助金 基盤研究（B）
「多重時空間スケールで適応する多自由度ロボットのノーストップ運動計画」

文部科学省
科学研究費補助金 基盤研究（B）
「キャストイング作業システムを用いた器用な遠隔物体操作に関する研究」

文部科学省
科学研究費補助金 基盤研究（B）
「非周期歩容および物体操作を同時に実現する、多点接触を伴う全身運動の計画」

文部科学省
科学研究費補助金 基盤研究（C）
「UML モデリングによる人と共存するロボットの安全設計と評価方法の研究」

文部科学省
科学研究費補助金 基盤研究（C）
「足関節他動運動訓練機器が末梢組織の循環状態に与える影響に関する研究」

文部科学省
科学研究費補助金 基盤研究（C）
「グラフオートマトンにおける自己組織原理の研究」

文部科学省
科学研究費補助金 基盤研究（C）
「無人ヘリコプタによる3次元視覚観測システムの研究」

文部科学省
科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究
「想定状況データと現実状況データの融合による状況依存な嗜好モデリング」

文部科学省
科学研究費補助金 研究活動スタート支援
「腕から計測可能な多種生体信号を用いた手の動作意図の推定手法の開発」

文部科学省
科学研究費補助金 学術図書
「Self-organizing Mechanical Systems」

文部科学省
科学研究費補助金 特別研究員奨励費
「動的環境における視覚情報に適応的なパーティクル・フィルタを用いた SLAM 手法」

文部科学省
科学研究費補助金 特別研究員奨励費
「人間型ロボット動作の最適化に関する研究」

文部科学省
科学研究費補助金 特別研究員奨励費
「ヒューマノイドロボットのための視覚探索と物体操作に基づく能動全身動作生成」

文部科学省
科学研究費補助金 特別研究員奨励費
「インパクトを含む3次元非周期・多点接触動作の実時間生成」

発表：誌上発表150件、口頭発表223件、その他36件

[テーマ題目1] QOL 向上のための生活支援ロボット技術のモデル化に関する研究

[研究代表者] 松本 吉央
(サービスロボティクス研究グループ)

[研究担当者] 松本 吉央、角 保志、大山 英明、
脇田 優仁、尹 祐根、金 奉根、
阪口 健、佐川 立昌、田中 秀幸、
吉川 雅博、鈴木 夢見子、河井 良浩、
永田 和之、中村 晃、山野辺 夏樹、
浅野 太、麻生 英樹、松坂 要佐、
原 功、山本 潔
(常勤職員15名、他4名)

[研究内容]

高齢化人口の増大や、少子化に伴う労働人口の減少に伴い、高齢者の支援・介護分野における人手不足が顕著になっており、RT 技術による QOL 向上のための自立活動の支援や、介護・介助サービスの省力化への期待が高まっている。本研究課題では、高齢化社会における QOL 向上を目指し、家庭・施設等における実用レベルの生活支援ロボットを実現するための基盤技術を開発することを目的とする。ロボットが家庭や施設などの実環境で行動するための要素技術（シーズ）として、移動、作業、コミュニケーションに関する技術開発を行うとともに、ニーズとシーズをマッチングさせるための生活支援ロボットの設計方法および評価方法といった開発プロ

セスについても確立することを目指す。

ICF に基づく生活データのモデル化技術および支援の評価・設計技術に関しては、ICF の活用に関するロボット学会の専門委員会を設立し、支援ロボット開発に関する調査や、日本障害者リハビリテーション協会主催のシンポジウムにて支援機器開発における生活分析の重要性や ICF の工学応用の可能性についての講演を行うなどの活動を行った。また、アームロボット RAPUDA に関して、筋ジストロフィー患者等の被験者を対象とした病院での評価実験に加え、日常活動における ICF に基づく支援機能の評価 (iARM との性能比較) のためのベンチマークタスクの試作、および SysML によるシステム記述・分析を行った。また移動技術に関しては、電動車いすやセニアカーをベースとした共通モバイルプラットフォームを開発し、それを利用した RT ミドルウェア上のソフトウェア群 OpenMoP の開発、SysML によるモデリングおよびリスク分析、ビジョン (Sky View) による屋外での自律移動の実現などを行った。

把持技術に関しては、人から人への手渡し動作を対象に把持動作データの収集を行い、対象物6種類 (ペン、鉛筆、缶、ハサミ、スプーン、グラス)、把持位置3通り、把持姿勢6通りについて、受け手の満足度による把持形態の評価を行った。また、日常物品を物体カテゴリー毎に単純なプリミティブ形状 {円柱 (充填、中空底有り、中空底無し)、四角柱 (充填、中空底有り、中空底無し)、球} と、各プリミティブに適用可能な代表的な把持形態での物体の取り上げ方 (物体把持のための作業モデル) で記述するモデル化手法を提案した。本モデル化手法を検証するため、円筒形状の物体プリミティブについて把持モデルの実装を行い、ユーザによるポインティング指示に基づく物体把持の実験を実施した。手渡し時の対象物の姿勢や把持点は、機能発現部、持ち手部、基本姿勢といった対象物の機能によって評価可能であることが示唆された。また、ユーザによるポインティング指示に基づく物体把持の実験では、高々2回のマウスクリックにより、障害物回避を行いながら指定された対象物を把持することに成功した。

対話技術に関しては、介護予防リハビリ体操補助ロボット「たいぞう」を用いて高齢者とロボットのインタラクションデータの収集を行い、インタラクションモデルを作成した。60~70歳の健康な高齢者を対象とし、ロボットの操作方法に関する事前説明をしてから操作し練習してもらい、全く行わずに操作してもらい (試行錯誤を含むインタラクションのバリエーションを収録する)、ロボットの操作に習熟した上で説明書が手元にある場合とない場合、の合計4条件で実験した。各実験は休憩を含めて約1.5時間であり、15組30名、のべ約22時間分のインタラクションデータを収録した。分析の結果、ロボットの操作がわからない条件だけでなく、操作に習熟した条件においても「〇〇体操」などの直示的な指示だけ

でなく、「次」「それ以外」などの記憶に負荷のかからない間接的な指示を好む傾向があることが明らかになった。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 生活支援、モデル化、生活機能、移動、把持、対話

〔テーマ題目2〕 認証可能なロボット S/W 開発技術

〔研究代表者〕 大場 光太郎（ディペンダブルシステム研究グループ）

〔研究担当者〕 本間 敬子、中坊 嘉宏、尾暮 拓也、水口 大知、大場 光太郎、安藤 慶昭、戸田 賢二、関山 守、小島 一浩、谷川 民生、神徳 徹雄、松本 吉央、原 功、金広 文男、中岡 慎一郎（常勤職員15名、他3名）

〔研究内容〕

〔研究目的〕

生活支援ロボットが普及するためには、ロボットシステムは安全でなければならないと同時に、生活支援ロボットを事業化する企業の事業として成立するため、製品の持つリスク（不具合、リコール、事故）を最小限に抑え、さらには国際規格への認証を取ることも必要不可欠となる。開発コストを抑えつつ、高信頼かつ安全なシステムを構築・開発・検証し、国際規格の認証可能なロボットシステム開発のためのソフトウェアの体系化が急務である。産総研では、ロボット技術の再利用と蓄積を促進したシステム統合技術として RT ミドルウェア技術を開発し、その鍵となるモジュール化のフレームワークとして OMG でのコンポーネントモデルの国際標準化を実現し、ロボット関係の国家プロジェクトに採用されている。また NEDO 生活支援ロボットプロジェクトにおいては、ロボットの安全のための試験・認証方法と国際規格策定に取り組んでいる。このポテンシャルを発展させて、世界に先駆けてディペンダブルなシステム構築技術を体系化し標準化を目指す。

〔研究手段〕

つくばチャレンジ2010のロボット開発を RTM とコラボレーションツールを用いてすすめ、開発終了後に開発プロセス分析を行い、機能安全認証可能なプロセスの提案と構築を行った。

〔方法論〕

つくばチャレンジ2010のロボット開発という実問題に対し、開発プロセスを既存のツールで管理しながら進めることで、要件分析と設計・開発・実装の管理を、機能安全認証に必要となる文章管理という側面から検討を行った。

〔年度進捗〕

本年度は、ロボット開発という研究開発を事例として要件管理を行ってきたが、通常の製品の機能安全認証によくつかわれているツールでは、研究開発には適合しな

い部分が明確となってきた。次年度には、研究開発時から、製品開発時まで、広く使えるソフトウェア開発ツールチェーンを構築する。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 ロボット、ソフトウェア、認証可能

〔テーマ題目3〕 BtoB サービスのための作業・移動システム技術に関する研究

〔研究代表者〕 松本 治（フィールドロボティクス研究グループ）

〔研究担当者〕 松本 治、皿田 滋、小谷内 範徳、安達 弘典、森川 泰、神村 明哉、松本 吉央、角 保志、金 奉根、阪口 健、佐川 立昌（常勤職員11名）

〔研究内容〕

少子高齢化による労働人口の減少に伴い、第1次産業における支援も含めたロボット化（機械化）によるサービスの省力化への期待が高まっている。本研究では屋内外の BtoB の RT 応用ニーズに応える形で具体的な作業を想定することで移動に関する要求仕様を設定し、その仕様を満足する自律移動システム技術、および作業と移動の統合技術を確立することを目的としている。具体的には、①土木・建設分野、②農業分野、③搬送分野を対象とし、今年度は下記の研究開発を実施した。

土木・建設分野では、従来よりホイールローダーを対象に、油圧シリンダや油圧モーターの差圧計測による堆積への貫入抵抗の変遷の計測、GPS による高精度自己位置と車体方向の計測、ステレオビジョンによる堆積の位置・形状の計測とモデリング、LRF によるダンプトラックの荷台との距離の精密計測などにより、貫入後のすくい取り作業の動作切り替え制御や作業計画や移動経路計画が可能となり自律化に成功している。今年度は、移動経路計画と経路追従制御の精度を一定の範囲に維持するため、移動経路内の各作業要素で経路追従制御の傾向を洗い出し、経路計画の再構成を行った。その結果、積込み点の軌道からの横ずれが平均2[cm]、標準偏差10[cm]、最大誤差28[cm]、後退から前進への切り返し点での軌道からの横ずれが平均30[cm]、標準偏差34[cm]、最大誤差52[cm]となり、屋外環境における高精度軌道追従制御を実現した。

農業分野では、乗用草刈機等の中型草刈機、及び小型草刈機を対象とし、不整地において LRF 情報によるマップマッチング技術と GPS 技術を融合することで熟練者の走行経路を自動的に記憶し、その経路を高精度（目標30cm 以内）に再現する技術やステレオビジョンセンサにより、雑草とそれ以外を自動判別することでエリア指定することなく低コストで自動除草を実現する技術を構築することを目的としている。市販の芝刈機の除草ユニットをベースに、車輪駆動用 DC モータ2個、制御用サーボ基板を搭載し、外装を付加することで、小型軽量

除草ロボットを新規開発した。実験により、遠隔操作による自在な操縦、およびカッターの ON/OFF 制御が行えることを確認した。さらに、市販乗用草刈機を計算機制御可能なように改造した研究資産を活用し、遠隔操縦制御ソフトウェアを新たに開発した。遠隔制御実験により、除草しながら遠隔操縦制御が可能であることを確認した。

搬送分野では、電動セニアカーをベースとした共通プラットフォームを構築した。このプラットフォームを利用し、移動機能の SysML モデリングとリスク分析、上空画像列の記憶に基づく屋外ナビゲーション手法の開発、つくばチャレンジでの実証実験の実施、システムのコンポーネント化等を行った。このように、今年度は特に SysML モデリングに関して、高信頼システム開発ツールチェーンの研究への展開を始めた。さらに、要素技術として、安全センサーとしての利用を目指し、パターン投影とハイスピードカメラを利用した形状計測技術の研究を開始した。具体的には、計測処理のオンライン化、計測システムの全周化等に取り組み、カメラおよびプロジェクタをそれぞれ6台利用した3m×3m 程度の空間での全周計測を実現した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ホイールローダー、作業計画、経路計画、経路追従制御、除草ロボット、ビジョン、形状計測

【テーマ題目4】コンテンツ産業を支援するロボットサービス創出のためのヒューマノイド基盤技術

【研究代表者】横井 一仁

(ヒューマノイド研究グループ)

【研究担当者】横井 一仁、梶田 秀司、金子 健二、喜多 伸之、金広 文男、森澤 光晴、有隅 仁、中岡 慎一郎、三浦 郁奈子 (常勤職員9名)

【研究内容】

ヒューマノイドの産業化のための方策の一つとして、新たなロボットサービスを創出するヒューマノイド基盤技術を開発することが本研究の目的である。平成22年度は、ヒューマノイド基盤技術として(1)振舞制作基盤ソフトウェアの機能向上、(2)つまづきに対応可能な不整地歩行技術、(3)能動視覚を用いた不整路面計測技術を取り上げ、研究開発を行った。

振舞制作基盤ソフトウェアは、ロボットの多様な振舞をユーザが制作し実行するための様々な機能を、キーボードからの動作生成機能を基盤として統合したソフトウェアツールである。平成22年度は、振舞制作基盤ソフトウェアに関して主に以下の改良と機能向上を行った。

- ・音声合成連携技術の統合
- ・動作編集範囲を一時的に限定することにより動作編

集時間とパフォーマンスに関するスケーラビリティを向上させる機能

- ・キーボード編集高率化のための各種機能
- ・ムービー同期再生機能

この取り組みにより実現した HRP-4C による3分間のダンスパフォーマンスをデジタルコンテンツ EXPO2010 にて公演した。その動画が2010年の YouTube 再生数トップ6に入るなど、大きな反響を得た。この成果は、必要な技術向上が行えた点に加えて、コンテンツ産業への展開に関して手応えを得られた点でも大きな意義をもつ。

躓きに対応可能な不整地歩行技術として、単脚期において予定時刻より前に足底が地面と接触した場合には、その時点から歩行フェーズを両脚期に切換えるとともに、足裏の回転終了時刻が予め計画した両脚期の中間と一致するように両脚期の時刻を延長する一方、単脚期において予定時刻に地面と接触しなかった場合には、地面と接触するまで単脚期を1サンプリング (5ms) 毎延長する手法を開発した。さらに、遊脚の足裏が水平方向に移動しているときに段差と接触する躓きに対応するため、遊脚期におけるインピーダンス制御を導入した。本手法の有効性を、HRP-2を用いた動力学シミュレーションにより検証し、±3cm の未知平面段差を最大歩行速度 1km/h で、遊脚が段差と接触し躓いても転倒することなく歩行が継続できることを確認した。

能動視覚を用いた不整路面計測技術として、魚眼レンズを搭載した広視野カメラを入力デバイスとし、ステレオ視覚を構成することにより、路面計測を行う技術を目指した。進行方向正面に水平に配置された広視野カメラから得られる画像では、数歩先の路面の画像は視野の下方のごく限られた狭い部分でかつ、大きな歪を伴って観測される。このような画像において、数歩先の足裏着地予定地点が観測される左右画像の局部での対応付けを行いステレオ計測するために、その局部の画像を Rectification する方法と、Rectification した画像から路面の高さ地図を生成する方法を開発した。本開発手法を用いた実験により、高さの分解能約30mm で足裏着地予定地点の高さ地図の計測を行えることが確認できた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ヒューマノイド、振舞制作基盤ソフトウェア、不整地歩行、安定化制御、広視野能動視覚、路面計測

【テーマ題目5】搭乗型移動支援システムに関する研究

【研究代表者】松本 治 (フィールドロボティクス研究グループ)

【研究担当者】松本 治、加藤 晋、橋本 尚久、安達 弘典、堀内 英一、富田 康治、神村 明哉、横塚 将志、神徳 徹雄、谷川 民生、小島 一浩、梶谷 勇

(常勤職員11名、他1名)

【研究内容】

低炭素社会実現に貢献する都市計画の1つとして、中心市街地での輸送（人および物）を自動車に過度に依存しないコンパクトシティ構想が地方自治体を中心に提案されており、その構想の実現を加速するための技術として、ロボット技術を応用した新しい輸送システム技術への期待が高い。本研究では、輸送システムの中でも高齢者等の新しい移動手段としての利用が期待されている次世代パーソナルモビリティ等の搭乗型移動支援システム等を対象に、センサネットワークを活用した市街地環境全体の知能化による支援も含めた形で研究開発を行い、ロボット技術を応用した新しい移動支援システムに関する基盤技術を構築することを目的としている。今年度は、自律走行技術、障害物検知・回避技術、協調走行技術、操作支援技術、センサネットワーク技術に関して研究開発を実施した。

自律走行技術に関しては、開発中の自律走行車いす **Marcus** を活用し、研究開発を実施した。今年度は3次元レーザレンジセンサ（2次元レーザレンジセンサをモータ駆動により上下に振るユニット）を開発し、車いす背もたれ上方に搭載した。本センサにより格子占有地図（グリッドマップ）を3次元に拡張した多層格子占有地図を構築し、これに **MCL**（**Monte Carlo Localization**）を改良したマルチサンプリング **MCL** を適用した手法を開発した。地図を3次元に拡張する事で、周囲にいる人の影響を受けない高い場所の地図を作成する事ができ、市街地環境において高信頼な自己位置推定を実現した。

障害物検知・回避技術に関しては、前方障害物を安全に回避する手法として、最短経路探索アルゴリズムである **A***アルゴリズムを用いた障害物回避軌道リアルタイム生成手法を考案・実装した。本手法は、まず周囲の障害物マップを取得し、3m以上離れた障害物の無い大域的経路上の地点 **P** を選択。その後、障害物マップ上で、現在位置から地点 **P** までの障害物に近くなく、かつ最も短い経路を **A***アルゴリズムで計算するという手法である。ロボットの走行経路上に人等の障害物が現れた場合、障害物マップも考慮しながら最短の回避軌道をリアルタイムに生成する。

以上の研究成果により、ロボットの屋外長距離自律走行能力を競う大会であるつくばチャレンジ2010において、試走会を含めて全24回試行中21回完走し、87.5%の完走率を達成し、さらに2010/11/19のファイナル走行においても完走を果たした。

協調走行技術に関しては、複数台の車いすの安定した追従走行に関する研究開発を行った。具体的には、目標に対する相対的な位置と角度を検出するセンサを用いて、路面状態や搭乗者重量、電池消耗等の変化に対して影響を受けにくく、一定の距離を保ちつつ、安定かつ乗り心

地の良い追従制御を開発した。その結果、搭乗の有無に依存せずに車速2km/h以上での安定した追従を実現した。

操作支援技術に関しては、前述の協調型車いすを用いた追従走行の状態遷移を整理し、手動の自由走行から追従走行、さらに追従離脱の状態を実現するための機能を **HMI** の構築と共に開発した。具体的には、走路上の障害物検知による停止機能、追従目標の検知機能、自動連結機能、追従走行機能、方向修正機能、走路上の障害物検知による停止機能、追従離脱機能などを開発した。

センサネットワーク技術に関しては、産総研との共同開発成果である測位衛星技術株式会社製 **ZigBee** 基地局端末、**ZigBee** 中継器、**GPS** 搭載 **ZigBee** 移動端末を用いて、搭載型移動支援システム用通信網の試作ネットワークを構築し、その評価実験を実施した。つくばチャレンジの試走会を利用して市街地での通信予備実験を実施し、屋外環境でも **Zigbee** 通信は安定して運用可能であるが、見通し位置に基地局・中継局のアンテナを設置する必要があることが確認された。これらの実験・評価の結果、搭載型移動支援システムの通信基盤を **ZigBee** ネットワークで構築した場合、地図情報をオンラインで収集・配信するには、画像やレーザレンジファインダの生データを用いるのではなく、特徴抽出などの前処理を施して圧縮した情報を送受信する必要があり、また、通信網の運用・維持コストをかけられるのであれば、**WiFi** や **WiMAX**、携帯電話網などの高速回線と併用、または高速回線のみで構築するのが妥当であることが分かった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】自律走行、車いす、障害物検知、障害物回避、追従走行、協調走行、操作支援、センサネットワーク

⑨【エレクトロニクス研究部門】

(Nanoelectronics Research Institute)

(存続期間：2001.4.1～)

研究部門長：金丸 正剛

副研究部門長：原市 聡

主幹研究員：青柳 昌宏、坂本 邦博

所在地：つくば中央第2

人員：58名（58名）

経費：1,286,075千円（729,330千円）

概要：

1. ミッション

我が国の産業競争力強化や新産業の創出を目指して革新的電子技術を開発する。第3期では、これまで蓄積してきた電子材料、デバイス、集積回路、電子計測に関する研究成果と研究開発リソースを活かし、低炭素化など社会の抱える課題解決につながる

電子技術を新たに創製することを目指す。そのためには、継続した研究成果の蓄積はもとより、産総研内外との研究ネットワーク構築をこれまで以上に強化、進展させることに取り組み、社会ニーズや技術課題を的確に把握してその解を提供できる技術集積ハブとなることを目指す。

2. 研究の方向性

当研究部門においては、新規電子現象の解明、電子材料開発、プロセス・デバイス開発、集積化技術の開発、評価・計測技術の高度化など広範なエレクトロニクス分野で様々な研究フェーズの活動を行っている。いわゆる「第1種基礎研究」、「第2種基礎研究」、「製品化研究」の3種類の研究フェーズでは研究手法や成果が質的に異なるため、当部門では以下に述べる方針でそれぞれの研究を遂行している。

第1種基礎研究は、電子現象に関する革新的シーズの創出につながる新発見、新発明、新物質創成などに関する研究を行うものであり、研究成果として学術的に非常に質の高い研究論文発表が中心となる知の創造を目指している。第2種基礎研究は、産業ニーズに答えるための研究である。当部門に関係の深いエレクトロニクス産業は成熟した産業ではあるものの、現在でも極めて技術進展の早い分野であるということを常に意識し、同一分野の内外の研究機関、競合技術、代替技術と比較したベンチマークによる自己評価とともに、積極的に外部に向けて質の高い成果を発信し、産業界からのフィードバックを得ながら研究開発の方向性を見極めている。製品化研究は、技術移転のための共同研究や産総研ベンチャーにおける製品につながる研究に加え、イノベーションハブとしての役割を担う連携研究体やコンソーシアムでの研究活動も製品化研究として捉えており、デバイス計測コンソーシアムおよびファブシステム研究会を運営している。

3. 研究課題

下記の研究開発課題を設定して、14研究グループがこれら課題との対応関係を明確にした上で研究開発を行っている。

(1) シリコンナノエレクトロニクスの研究開発

従来の微細化技術のみでは実現困難な低消費電力性と高速性・高機能性を併せ持つシリコン集積回路の実現を目指し、ダブルゲート構造や強誘電ゲート絶縁膜を導入したシリコン集積回路のプロセス・デバイス技術、回路・設計技術を開発する。

(2) システムインテグレーション技術の研究開発

情報機器の多様化と高速化を両立するために、LSI チップや入出力チップを積層した3次元集積回路を開発するための実装技術を開発するとともに、シリコン集積回路上にシリコン以外の半導体デバイスを混載したハイブリッド半導体素子を開

発する。

(3) 新機能材料の創成と応用に関する研究

金属酸化物を主な開発対象として、電子強相関や超伝導現象を利用して情報処理の演算速度及び消費電力を飛躍的に改善できる革新的な情報処理ハードウェア実現のためのデバイス要素技術を開発する。

(4) 物理計測エレクトロニクスの研究開発

絶対的な高精度性を必要とする先端計測及び標準化に関する技術の実現に資するために、超伝導現象の特性を活用した電子計測デバイス及びそれをを用いた標準システムの開発、電子材料のナノ領域での物性測定技術を開発する。

内部資金：

分野提案／ミニマルファブ試作ラインの開発

分野提案／次世代シリコンデバイス設計環境の構築

特定研究加速／連携支援型（知財）／透明酸化物薄膜型高輝度電界発光素子の開発

その他緊急経費／強相関エレクトロニクス連携拠点の形成

外部資金：

受託／（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構／ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造ナノ電子デバイス技術開発／新構造 FinFET による SRAM 技術の研究開発

受託／（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構／ナノテク・先端部材実用化研究開発／ナノテク・先端部材実用化研究開発／水素拡散を制御した高信頼性絶縁膜の開発とフラッシュメモリーへの応用

受託／独立行政法人科学技術振興機構／CREST／強磁性絶縁体超薄膜を用いた新規スピントロニクスデバイスの創製

受託／（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構／省エネルギー革新技術開発事業／省エネルギー革新技術開発事業／先導研究／ナノ積層型高熱伝導膜によるホットスポットフリーLSIの研究開発

受託（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構／省エネルギー革新技術開発事業／省エネルギー革新技術開発事業／先導研究／強誘電体フラッシュメモリ基盤技術の研究開発

受託／（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構／省エネルギー革新技術開発事業／省エネルギー革新技術開発事業／先導研究／省エネ情報機器のための超並列バスによるヘテロジニアス・マルチチップ積層 Cool System の研究開発

受託／独立行政法人日本学術振興会／平成22年度二国間交流事業共同研究・セミナー／酸化物界面での電子相転移の制御を用いた新概念の酸化物エレクトロニクスの研究

受託／独立行政法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／Flex Power FPGA チップのアーキテクチャ設計、回路設計、試作チップ設計、周辺ソフトウェアの開発

受託／独立行政法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／2次元強相関係への超並列シミュレーションによるアプローチ

受託／独立行政法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／鉄ヒ素系超伝導体の転移温度決定因子の解明と物質設計への適用

受託／独立行政法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／鉄系超伝導体の低エネルギー放射光電子分光

受託／独立行政法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／超高压 NMR/NQR 実験技術の開発

受託／独立行政法人科学技術振興機構／戦略的国際科学技術協力推進事業（研究交流型）／多重秩序材料の情報通信技術への応用探索

受託／独立行政法人科学技術振興機構／研究成果最適展開支援事業（A-STEP）／Thin-Film SOI MOSFET の高精度回路設計技術の開発

受託／財団法人新産業創造研究機構／パワーデバイス用複合ウェーハの精密実装技術の開発

受託／大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 国立情報学研究所／超伝導量子ビット集積化プロセスのための微細加工技術

請負／大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構／SOI MPW ランの TGC 設計業務 一式

受託／独立行政法人情報通信研究機構／ICT による安全・安心を実現するためのテラヘルツ波技術の研究開発

請負／広島大学／150nm SOI-CMOS チップ試作に関する技術支援

文部科学省／科学研究費補助金／特定領域研究／強相関酸化物ヘテロ界面における新奇な界面電子状態の物理的機構に関する研究

文部科学省／科学研究費補助金／若手研究（B）／銅酸化物超伝導体の磁束量子ビットにおける量子コヒーレンスの研究

文部科学省／科学研究費補助金／若手研究（B）／新しい電気磁気デバイスのための強相関ナノ界面磁性相の構築と制御

文部科学省／科学研究費補助金／若手研究（B）／界面スピン顕微分析技術の開発と界面強磁性の直接解析

文部科学省／科学研究費補助金／基盤研究（A）／磁束量子を利用した量子交流電圧標準の研究

文部科学省／科学研究費補助金／基盤研究（B）高温超伝導体の電子状態における酸素同位体効果に関する角度分解光電子分光研究

文部科学省／科学研究費補助金／基盤研究（B）／マイクロレンズ一体型フィールドエミッタの構造最適化

文部科学省／科学研究費補助金／基盤研究（B）／強相関遷移金属酸化物の酸素欠陥による電子物性変化と電場制御に関する研究

文部科学省／科学研究費補助金／基盤研究（C）／p 波超伝導体における半整数磁束量子状態の観察

文部科学省／科学研究費補助金／基盤研究（C）／圧力反応場を利用した超伝導体をはじめとする新規機能性材料の物質設計と実験的検証

文部科学省／科学研究費補助金／基盤研究（C）／強相関酸化物強磁性トンネル接合の低電流スピン注入磁化反応機能の開拓

文部科学省／科学研究費補助金／基盤研究（C）／強相関電子系の量子シミュレーションによる高温超伝導機構の研究

文部科学省／科学研究費補助金／基盤研究（C）／難育

成高温超伝導体大型単結晶の作製技術開発と直接手法による物性評価

文部科学省／科学研究費補助金／基盤研究（C）／実用化に向けたニオブ系鉛フリー圧電セラミックスの創製

環境省／環境省科研費／赤外線を用いた安全なアスベスト廃棄物溶融処理に関する研究（k22098）

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構／酸化物交流電界発光原理の探求と素子開発

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構／しきい値可変型 FinFET による極低消費電力アナログ回路の開発

発表：誌上発表154件、口頭発表240件、その他22件

先端シリコンデバイスグループ

（Silicon Nanoscale Devices Group）

研究グループ長：昌原 明植

（つくば中央第2）

概要：

微細化限界を打破できる MOS デバイスとして世界で認知されている、産総研提案のダブルゲート MOS（XMOS）FET（代表的には FinFET）、および、しきい値電圧制御可能な新機能を持った4端子駆動型 XOSFET（4T-XMOSFET）を主体とした XMOS LSI 基盤技術を確立して産業界での実用化を可能とするために、独自性の高い微細 XMOS デバイスならびに回路技術の開発を進めている。

本年度は、ゲート長を20nm までスケールアップした微細 XMOS におけるしきい値電圧のばらつきを系統的に評価し、当該 XMOS の特性ばらつきの主たる原因はゲート材として使用される金属の仕事関数ばらつきであることを見出した。また、当該仕事関数ばらつきの低減にはチャネル側壁の平坦化が有効であることも確認した。さらに、結晶異方性ウェットエッチングによる原子レベルで平坦な Fin 側壁チャネルを用いて、しきい値電圧ばらつきの世界最小レベルまでの低減に成功した。

デバイス評価計測グループ

（Analysis and Instrumentation Research Group）

研究グループ長：川手 悦男

（つくば中央第2）

概要：

研究開発の基本姿勢は、既開発技術を“深化”・発展させる中で新技術を生み出し、これら既存・新技術を社会的ニーズへマッチングさせ、共同研究・受託研究・ベンチャー企業への研究協力等を通じて各種実

評価に供すると同時に、達成された成果を論文ばかりでなく、産業界へ技術移転をしてきた。走査型プローブ顕微鏡をベースとする測定では、これまでのデバイス評価でつちかった技術の展開としてナノカーボン系等の LSI 素子向けの新機能材料の電気的特性を測定可能な要素技術の開発を行った。その結果、未だ伝導度などの定量化には成功していないものの、コンタクト電極を形成することなく誘電体膜上に分布するグラフェンを、その層数に由来する伝導度の違いから識別して画像化する手法を編み出した。またこれらの結果について、筆頭2件の論文発表を行なった。光学的反射や透過スペクトル測定では、絶対正反射率と絶対正透過率を測定できる STAR GEM 光学系をさらに発展・深化させて、拡散反射率と拡散透過率の両方が測定のできる散乱計のプロトタイプを創った。拡散反射・透過測定では、半球全反射率・透過率ばかりでなく、試料からの拡散光が空間にどのように分布しているかを測定すること（配光測定）が重要であり、このために、今回開発した散乱計では、CCD カメラも装備している。

機能集積システムグループ

（Microsystems Group）

研究グループ長：清水 貴思

（つくば中央第2）

概要：

情報処理ハードウェアの飛躍的な多機能化・システム化によって、情報通信機器を構成する電子デバイスの低消費電力化に大きく貢献するとともに、生活安全のためのセンサシステムの飛躍的向上によって安全・安心な社会実現に貢献する情報通信技術の確立を目的として、これまでにない機能を有するデバイスを開発する。今年度は、高性能化合物半導体デバイスをシリコン基板上に集積化する技術の開発を行った。具体的には、シリコン基板上の無転位化ゲルマニウムバッファ上にガリウムヒ素半導体を用いた PIN フォトダイオードアレイを作製するとともに、素子特性のばらつき評価とその低減技術の開発を行った。また、酸化物 TFT と微細集束フィールドエミッタアレイを一体化する技術の開発を行った。具体的にはフィールドエミッタアレイを駆動するのに必要な50V 以上の耐圧を有する TFT を、従来のポリシリコン TFT の20分の1以下のサイズで実現することに成功した。

高密度 SI グループ

（High Density Interconnection Research Group）

研究グループ長：青柳 昌宏

（つくば中央第2）

概要：

3次元 LSI 積層実装技術を活用した超並列バス・マ

ルチコアアーキテクチャーと高熱伝導構造の採用による低消費電力 LSI 実装システムの開発に取り組む。平成22年度は、クロック周波数の低減と高度な並列処理を目指した超並列バス・マルチコアアーキテクチャーと高熱伝導ヒートスプレッド構造の採用によって高密度デバイス集積を具現化できる3次元 LSI 積層実装をコア技術とした低消費電力 LSI 実装システムの開発を進めた。特に、広帯域インピーダンス測定技術の高度化、高密度フリップチップ接続技術の高度化、アクティブプローブによる高速伝送特性の計測評価技術、高機能インターポーザ作製プロセス技術などを総合して、研究を進めた。具体的には、微細フリップチップ接続技術の実現に向けた、高精度フリップチップ接続技術により実用レベルのプロセス技術開発を進めるとともに、アクティブプローブによる高速伝送特性計測評価確立に向けた、測定システムの構築および微細ピッチプローブなどの要素技術開発を進めた。放熱技術に関して、計測標準研究部門と協力して、積層 LSI デバイスのホットスポット低減技術の基礎研究に取り組み、フォトリソ・エレクトロニクス融合システム基盤技術に関して、光技術研究部門と協力して、光源実装技術の基礎研究に取り組んだ。

超伝導計測デバイスグループ

(Superconducting Devices Group)

研究グループ長：神代 暁

(つくば中央第2)

概要：

半導体や磁性体では実現が困難な高精度・高分解能・高感度計測を可能とする超伝導計測デバイスを開発し、さらにこれらのデバイスを中核とする計測システムの構築により、「電圧標準」などの産業の発展に不可欠な基盤技術の整備や「微量有害ガスの検出」など国民の安全・安心に寄与する技術開発をグループの最大目標にしている。従来型電圧標準の典型的動作温度4K よりも高く、超小型機械式冷凍機が賄える12K の下で、環境電磁雑音への耐性に優れた1mA 以上の電流余裕度を持つ2V 発生チップの開発に、世界で初めて成功した。煙・煤・炎等により人が近づき難くかつ赤外光・可視光での検出が困難な環境下で発生する有害ガス濃度の遠隔計測を目的としたテラヘルツ波分光計の開発を、総務省プロジェクトの下で進めている。本年度はプロジェクト最終年度にあたり、昨年度までに開発した200-500GHz 帯を1バンドでカバーする超伝導ミキサを、小型の4K 機械式冷凍機に実装した可搬型受信器を開発するとともに、模擬火災現場での実証実験に供した。

磁束量子デバイスグループ

(Flux-Quantum Devices Group)

研究グループ長：前澤 正明

(つくば中央第2)

概要：

超伝導集積回路の新規応用として昨年度に提案した精密電気計測のための集積型電流比較器チップを設計し、超伝導多層集積回路プロセス技術を用いて試作した。電流電圧特性の評価により正常動作の確認に成功し、電流比誤差の主要因がチップキャリア上の配線からの漏れ磁場であることを明らかにした。

量子凝縮物性グループ

(Condensed Matter Physics Group)

研究グループ長：柳澤 孝

(つくば中央第2)

概要：

極限環境下における単結晶育成技術および高精度測定技術により、新量子現象の発見および解明を行うと共にそれら基礎科学の成果を最先端の革新的デバイス・装置開発技術まで持ち上げることを目標とした研究を行った。銅酸化物高温超伝導体、鉄系超伝導体などの各種化合物の純良結晶を育成した。10のマイナス30乗の酸素分圧まで動作可能な極低酸素分圧制御装置の改良を行い、大流量化へのめどをつけ、各種の応用への準備を整えた。当グループのオリジナル装置である単結晶育成炉の技術を用いることにより、アスベスト等廃棄物加熱処理技術の開発を企業との共同により開始し、新しい加熱方法の開発を行った。

また、第一原理計算、量子モンテカルロシミュレーションを含む高度シミュレーション技術により新機能材料、新超伝導材料の開発、高伝導メカニズムの解明およびエレクトロニクス技術への応用をめざした研究を行った。鉄ヒ素系の新超伝導体のバンド構造を計算し、鉄とヒ素が作る四面体の歪みと状態密度の関係を明らかにし、超伝導転移温度を上昇させるための指針を示した。鉄ヒ素系超伝導体において報告されている負の同位体効果が多バンドモデルに基づいて説明した。モンテカルロ法による数値計算により、超伝導相関のバンドパラメーター依存性を明らかにした。

超伝導材料グループ

(Superconducting Materials Group)

研究グループ長：伊豫 彰

(つくば中央第2)

概要：

超伝導材料グループでは、超伝導材料の基礎と応用に関する研究を推進している。近年は、超伝導転移温度 (Tc) の向上を目指した新超伝導材料の探索と多バンド超伝導体における新現象の開拓とその応用について集中的に研究を行っている。平成22年度に得られた主な研究成果を下記に示す。

1. 新鉄系超伝導材料関連の研究

2008年に日本で発見された鉄系新超伝導体について、さらなる T_c の向上を目指した新材料開発と鉄系の超伝導メカニズムの解明に向けた研究を行った。

超伝導の同位体効果、つまり超伝導体に含まれる元素を質量の異なる同位体に置換したとき T_c がどのように変化するかを調べることは、超伝導の起源に電子—格子相互作用がどの程度寄与しているかを探る有力な手段であり、新物質開発の指針となりうる。昨年度、代表的な鉄系超伝導体の一つである (Ba, K) Fe_2As_2 ($T_c=38K$) について、質量が大きい鉄同位体を含む試料の方がより T_c が高くなるという、通常の同位体効果とは逆の現象を発見した。平成22年度は、鉄系で最高の T_c を示す SmFeAsO系 ($T_c=54K$) についても同様に、鉄同位体効果の測定を行った。その結果、この超伝導体では同位体効果がほとんど無いことを明らかにした。また、2種類の鉄系超伝導体で得られた特徴的な同位体効果を統一的に説明する理論構築に成功した。

鉄系について、新物質 ($Ca_6Al_2O_6$) (Fe_2Pn_2) を発見した。この物質は、 $Pn=As, P$ のどちらでも高い T_c (それぞれ、28K と17K) を示す初めての物質である。さらに、 $Pn=As$ 物質は、鉄系で最も小さな a 軸長 ($As-Fe-As$ ボンド角) を持つ超伝導体であることを精密結晶構造解析により明らかにした。鉄系の超伝導メカニズムを探る上で、有益な情報をもたらす物質と期待される。なお、 $Pn=As$ 物質は、レアメタルのみで構成される物質中で最高の T_c を持つことから、元素戦略上も大変貴重な超伝導体である。

2. 多バンド超伝導体における新現象の開拓とその応用

多バンド型多成分超伝導の考え方の発展により、人工非可換ゲージ場のナノテクノロジーと材料工学に基づいて設計するという明確な指導原理が生まれてきた。この人工非可換ゲージ場システムは、超伝導と宇宙・素粒子論を繋ぐ大きな懸け橋となるなり、宇宙・素粒子論の成果を、エレクトロニクスに大きく取り入れて生かしていく流れを作り出した。

この考え方の応用の一つの例として、逆同位体効果と元素置換効果の関係を簡潔な理論定式化することが容易に行えた。これは、 $T_c=30K$ となる組成の (Ba, K) Fe_2As_2 で、量子位相ドメイン構造が出現していることを強く示唆している。量子位相ドメイン構造の生成機構は、宇宙創成期における物質創成機構として提案されている有名な Kibble 機構と同じ物理現象であるとともに、量子位相ドメインのドメイン壁を使うソリトンデバイス開発に直結する重要な機構である。 $T_c=30K$ となる組成で、従来の超伝導科学の枠組みでは説明が困難である T_c 直下の

比熱の跳びと、マイスナー効果の同時消失という実験事実を発見したが、多バンド超伝導における Kibble 機構で、いずれも自然に説明できることを提案した。これらの結果は、鉄系超伝導材料もソリトンデバイス材料の一つとして有望であることを示唆している。

近年多くの新超伝導体が見つまっているが、銅酸化物高温超伝導体を初めとして、従来の枠組みを外れると思われるものについては、多成分超伝導の考え方から見て行くことが、統一的な理解と新しい応用に発展していくことを示した。

低温物理グループ

(Low-temperature Physics Research Group)

研究グループ長：柏谷 聡

(つくば中央第2)

概要：

銅酸化物超伝導を含む新超伝導体に関する結晶成長技術を高度発展させ、高度物性測定技術と連携を取ることでより新超伝導体の物性を明らかにし、超伝導発現機構や応用可能性を明らかにする。

- (1) 鉄ヒ素系高温超伝導体 (Ba, K) Fe_2As_2 、 $BaFe_2(As, P)_2$ 、 $Ba(Fe, Co)_2As_2$ 等の単結晶試料育成に成功を収め、それらを用いた系統的物性測定を行い、その異方性などの基礎物性を評価した。また鉄ヒ素系を用いた固有ジョセフソン接合の試作を行い、ジョセフソン電流の温度依存性を観測した。
- (2) Nb系 nano-SQUID を FIB プロセスによる作成を行い、変調率10%程度で1T以上の磁場でも動作可能な素子の作成に成功した。また作成された素子を用いて Mn 系クラスターの共鳴磁荷トンネルの観測に成功した。
- (4) カイラル p 波超伝導体 Sr_2RuO_4 の微小デバイスの開発を行い、カイラルエッジ状態の観測に成功し、 Sr_2RuO_4 がトポロジカル超伝導体であることの証拠を得た。

機能性酸化物グループ

(Oxide Electronics Group)

研究グループ長：阪東 寛

(つくば中央第2)

概要：

シースルーエレクトロニクス技術の基盤確立をめざして、透明酸化物半導体の薄膜、接合を形成する技術の開発と共に、高導電性酸化物、透明酸化物半導体、非鉛系圧電体など、機能性酸化物の物質開発をすすめた。薄膜接合形成にはレーザーアブレーション法等を、物質開発における単結晶育成にはフローティングゾーン法、物性発現機構の解析には角度分解光電子分光法

をはじめとする研究手段を用いた。透明酸化物半導体薄膜を用いた省エネ高機能ガラスについて、日射熱反射とセルフクリーニング機能を兼備する機能膜実現をめざし耐熱性銀合金を利用することにより、可視光透過率、赤外光反射率、親水性がともに高い日射熱反射膜の作製に成功した。偏光放射光を用いた角度分解光電子分光測定により層状ルテニウム酸化物超伝導体 Sr_2RuO_4 の異なる運動状態にある電子を選択的に可視化することに成功した。二次元的電子状態においてバンド構造の屈曲現象が観測され、そのエネルギーが結晶中の酸素の振動に一致したことから、当該層状酸化物の超伝導発現に二次元的電子状態と酸素原子振動との相互作用が関与していることが示唆された。環境に優しく高性能な非鉛圧電セラミックスの開発を進め、 $(\text{Na}, \text{K})\text{NbO}_3$ に添加物を導入し結晶構造相境界を実現することによって圧電特性を高めた系において、微量金属の添加が試料の粒子サイズを大きくする場合、実用化水準のセラミックス実現に効果的であることを確認した。

フロンティアデバイスグループ

(Novel Electron Devices Group)

研究グループ長：酒井 滋樹

(つくば中央第2)

概要：

強誘電体ゲートトランジスタ (FeFET) をメモリセルとする NAND フラッシュメモリ (Fe-NAND) 早期実用化のため、ゲート長100nm を切る微細 FeFET の開発が必要である。FeFET 微細化のための要素技術の開発として、平成22年度は自己整合ゲート構造を形成するためのハードマスクおよび有磁場 ICP 高密度プラズマエッチング法の反応性ガス・プラズマ条件を適正化することでゲート側壁傾斜角を 85° まで高めることに成功した。電子ビーム露光装置による微細ゲートパターンの描画によって最小ゲート長 $0.26\mu\text{m}$ の FeFET を作製し、ゲート電圧振幅5V で 0.9V の広いメモリウィンドウと 10^9 回のデータ書換え耐性、良好な保持特性を実証した。

薄膜による固有ジョセフソン接合素子・回路を目指して、薄膜の平坦グレインのサイズを大きくするための研究として Ag で部分的に被覆した BSCCO の熱処理方法を進め、Ag で被覆した部分の結晶グレインサイズが大きいことと、熱処理温度が約10度下げられることを明らかにした。

エレクトロインフォマティクスグループ

(Electroinformatics Group)

研究グループ長：小池 帆平

(つくば中央第2)

概要：

エレクトロインフォマティクスグループは、エレクトロニクス技術が提供するニーズと情報処理技術からのニーズとを垂直統合的に分野融合させ、新たな付加価値を有し、新規市場開拓が可能な未知の電子情報技術を創出することによって、新型デバイス研究開発に置く「死の谷」を乗り越える方法論を確立し、実践することを目指して設立された研究グループである。

新しいタイプのデバイスを実用化へとつなげていくには、デバイス単体の研究を進めていくだけでは不十分である。回路技術の発案、回路シミュレーションの実現、キラーアプリケーションの提示など、広範な分野にまたがる技術を総合・蓄積していくことで、はじめて新型デバイス研究開発の「死の谷」を乗り越えることが可能となる。そこで当グループでは、XMOS トランジスタによる実用的な回路設計を支援する目的で、本格商用 Spice 回路シミュレータ上で容易に利用でき、実用レベルの XMOS トランジスタ回路の設計開発を可能とする XMOS デバイスモデルの開発を進め、その成果は国内外の回路設計者に広く利用されている。また、FPGA の電力消費問題を解決し XMOS トランジスタのキラーアプリケーションとなることを目指して、しきい値電圧をプログラム可能な Flex Power FPGA の開発を進め、チップ全体を多数のしきい値制御領域に分割し、回路各部の消費電力をきめ細かに制御可能とした Flex Power FPGA 試作チップと回路データを生成する専用の CAD ソフトウェア群を開発し、その動作と消費電力削減効果を確認している。

強相関界面機能グループ

(Correlated Electron Heterointerfaces Group)

研究グループ長：澤 彰仁

(つくば中央第4)

概要：

シリコンテクノロジーの微細化限界が近づく中、新材料の導入により性能を高めることで微細化と等価な効果を得ることが検討されている。当グループは、新材料の候補の一つである強相関酸化物を用いた先端機能デバイスの開発を目標に、強相関酸化物ヘテロ界面における新機能の開発と、デバイス化のための要素技術の開発を行っている。具体的には、(1)異なるスピン、電子軌道の自由度を持つ物質を原子平坦面でつなぎ合わせた超格子やヘテロ界面の作製、(2)電荷移動やスピン・電荷交差相関現象などの強相関界面特性の解明、(3)強相関界面の電界スピン反転、磁気分極反転、電界誘起抵抗変化メモリ現象などを利用した先端機能デバイスの開発、(4)高性能スピン偏極走査型電子顕微鏡を活用した表面・界面磁気相の直接解析技術の開発などを行っている。当該年度は、これらの研究テーマについて下記のような成果が得られた。(1) 昨

年度までに開発した巨大磁気抵抗を示す $\text{LaMnO}_3/\text{SrMnO}_3$ 強相関超格子材料について、共鳴 X 線散乱の実験から、超格子の積層方向に電子状態に変調構造が存在し、その変調構造が磁場応答することが特異な界面機能の起源である可能性を見出した。(2) 電気二重層トランジスタ構造を用いて、電界により強相関酸化物 NdNiO_3 の金属 - 絶縁体転移温度を制御することに成功し、モットトランジスタの開発に必要な要素技術の一つを確立した。(3) スピン偏極 SEM について、中性ビームによる試料表面清浄化の条件最適化を行うことにより、サブミクロンサイズに微細加工されたスピントロニクス材料のスピンの状態を直接観察することに成功し、スピン方向の可視化分析によって、サブミクロン領域で安定化されるスピン分布状態を解明した。

強相関物性制御研究グループ

(Correlated Electron Engineering Research Group)

研究グループ長：伊藤 利充

(つくば中央第4)

概要：

強相関電子系は電子間に強い相互作用が働くために、集団で状態を変えて多彩な電子状態（電子相）が出現する。そこでは、スピン-電荷-軌道の自由度に起因する特徴的な物性が現われる。その多彩な相競合を活用して、電子相の間に機能的に重要な臨界状態を生成するとともに、それを制御する手法を開発する。試料作製技術に基づく強相関物質の開拓、相制御技術・極限環境生成技術に基づく新しい電子相や量子臨界異常の探索・原理探究の研究を行う。強相関エレクトロニクスの基盤となる相制御材料を開発するとともに、それらの物性制御による電子機能を開拓し、巨大応答などの革新的シーズを創出することを目指す。鉄を含む新規超伝導体の原理探究、RRAM（抵抗スイッチング効果）の原理探究、マルチフェロイクス（電気磁気効果）の原理探究、新規強相関材料の開拓、実験技術の開発などを主な研究対象とする。

【テーマ題目1】研究-開発-生産直結型ミニマルファブ技術開発に関する研究

【研究代表者】原 史郎

(先端シリコンデバイスグループ)

【研究担当者】池田 伸一、長尾 昌善、前川 仁

(知能システム研究部門)

(常勤職員4名)

【研究内容】

低コスト集積回路製造の究極の姿は、ルームサイズのファクトリーである。それぞれの製造装置は1フィート立方程度の大きさとなる。この新しい産業システム構築構想を「ミニマルファブ構想」と名付け、2010年1月

にファブシステム研究会（企業16社2大学）を立ち上げ、構想実現のための技術開発をスタートしている。ミニマルファブは、現行300mm ウェハと比較しておおよそ面積が1/1,000のハーフィンチウェハ（正確には直径12.5mm）を用いることで、装置サイズを幅30cmまで縮小し、これによって設備投資額も1/1,000の5億円程度まで抑える最小単位の半導体デバイス生産システムである。本研究課題においては、ミニマルファブを構成する半導体プロセス装置群のプラットフォーム技術の開発を目標とし、今年度は外界からの物質侵入を完全に遮断するウェハ搬送系である PLAD システム（Particle-Lock Air-tight Docking system）を開発した。PLADでは、ウェハ搬送は、ミニマルシャトルと名付けた密閉型枚葉搬送容器を用いて行う。これにより、半導体製造装置空間の清浄度を現状よりも数桁上昇させ、クリーンルームのコストを大幅に削減することが可能となった。今後、PLAD を内蔵したミニマルプロセス装置を開発していく予定である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】半導体ミニマルファブシステム、省エネルギー、マイクロファクトリ、多品種少量生産

【テーマ題目2】Flex Power FPGA リファレンスデザインプラットフォームに関する研究

【研究代表者】小池 帆平（エレクトロインフォマティクスグループ）

【研究担当者】日置 雅和、中川 格（常勤職員3名）

【研究内容】

近年重要性の高まる FPGA の深刻な欠点である静的消費電力を大幅削減すべく研究開発を進めてきた Flex Power FPGA に関する研究成果を、効果的にビジネス分野へと技術移転させていくために、試作チップの設計データやソフトウェアツールなどを、「リファレンスデザイン（評価用サンプル設計）」として利用しやすい形にまとめた実用的な評価プラットフォーム「Flex Power FPGA リファレンスデザイン」の開発を進めた。

本年度は、特に企業からのリクエストの高かった、FPGA 用ソフトウェアツールについて、信頼性の向上、動作の正当性の検証、高機能なソフトウェアと連動させるためのインタフェースの開発などを進め、スタティックタイミング解析や消費電力評価などの機能を提供する業界標準の商用ソフトウェア（例えば Synopsys 社の PrimeTime や PrimePower など）とのインタフェースが可能となった。また、FPGA の応用市場動向調査を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】FPGA、低消費電力、設計ツール開発

〔テーマ題目3〕超低消費電力型サーバのための強誘電体ゲート FET の微細化研究

〔研究代表者〕 酒井 滋樹

(フロンティアデバイスグループ)

〔研究担当者〕 高橋 光恵、Le Van Hai

(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

省エネの社会的要請によりデータセンタの深刻な発熱問題の解決が急がれる。データセンタのサーバ用のストレージとしてハードディスクに代わる高書換耐性ソリッドステートドライブ (SSD) の開発は、この問題に対する有力な解決策のひとつである。浮遊ゲートを有する従来型 NAND フラッシュメモリは高集積性を持つがメモリセルの書換え可能回数が 10^4 回と低いため、高書換耐性の SSD 用途には適していなかった。一方、産総研と東大が提唱した強誘電体ゲートトランジスタ (FeFET) をメモリセルとする NAND フラッシュメモリ (Fe-NAND) は、同じ高集積性を持ちながら 10^8 回以上の書き換えが可能であり、かつ書込電圧も6V と小さいことから、高書換耐性 SSD に適した不揮発メモリである。

強誘電体ゲートトランジスタ (FeFET) をメモリセルとする NAND フラッシュメモリ (Fe-NAND) を早期に実用化するためにはゲート長100nm を切る微細 FeFET の開発が必要である。今年度は、FeFET 微細化のための要素技術の開発を行い、自己整合ゲート構造を形成するためのハードマスクおよび有磁場 ICP 高密度プラズマエッチング法の反応性ガス・プラズマ条件を適正化することでゲート側壁傾斜角を 85° まで高めることに成功した。このプロセス条件を用いて最小ゲート長 $0.26\mu\text{m}$ の FeFET を作製し、ゲート電圧振幅5V で 0.9V の広いメモリウィンドウと 10^9 回のデータ書換え耐性、良好な保持特性を実証した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 不揮発メモリ、強誘電体メモリ、強誘電体ゲート FET、Fe-NAND

〔テーマ題目4〕酸化エレクトロニクスを活用した次世代省エネディスプレイ技術

〔研究代表者〕 清水 貴思

(機能集積システムグループ)

〔研究担当者〕 長尾 昌善、吉田 知也

(常勤職員3名)

〔研究内容〕

大型化の一途をたどっているディスプレイの低消費電力化は必須である。フィールドエミッションディスプレイ (FED) は有機 EL とともに省エネディスプレイの有力候補である。電流駆動の有機 EL とは異なり FED は電圧駆動であるため、大面積でも低消費電力を維持できる点が有利であるが、そのためには高い駆動電圧をオ

ン・オフできる高耐圧トランジスタと電界放出電子源 (フィールドエミッタ) アレイを大面積に均一かつ安価に作製する技術の開発が必要となる。

今年度は、フィールドエミッションデバイスの基本要素技術の開発として、スピント型エミッタアレイ形成技術の高度化および酸化半導体チャネル薄膜トランジスタの高耐圧性について検討を行った。スピント型エミッタアレイの形成技術においては、円形のゲート電極の開口をマスクとしてエミッタ材料を開口下部のキャビティ内部に堆積して円錐形状のエミッタを作製するプロセスにおいて、堆積層を異なる材料で構成する2層構造とすることでエミッタの高さと先端形状を制御することが可能であることを見出した。高耐圧トランジスタに関しては、酸化半導体としてアモルファス InGaZnOx を取り上げ、本材料をチャネルとする逆スタガ型トランジスタを作製した。その電気的特性から、従来 FED 駆動に用いていたマルチゲートポリシリコントランジスタと同等の電気特性を InGaZnOx トランジスタでは $1/10$ 以下のチャネル長のシングルゲート構造で実現できることを明らかにした。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 フィールドエミッションディスプレイ、薄膜トランジスタ、酸化半導体

〔テーマ題目5〕強相関酸化エレクトロニクスの新しい電気・磁気効果に関する研究

〔研究代表者〕 澤 彰仁

(強相関界面機能グループ)

〔研究担当者〕 伊藤 利充、富岡 泰秀、井上 公、

竹下 直、山田 浩之、甲野藤 真

(常勤職員7名)

〔研究内容〕

強相関電子系に特有な現象の一つである電気・磁気効果を利用して、従来の半導体では実現できない革新機能を有した省エネデバイスを開発することを目的として、スピント分極の結合現象であるマルチフェロイックの機構解明と新材料の開発、デバイス機能発現の舞台である界面の電子状態の解明と界面新機能の開拓を行う。本年度は、1) マルチフェロイック材料である BiFeO₃ (BFO) の良質単結晶の作製について、作製時の酸素分圧が電気的特性に与える影響を明らかにするとともに、2) BFO の良質薄膜作製と分極反転を利用した抵抗変化メモリ効果の発現に成功した。その成果の概要を下記に示す。

1) 昨年度開発したレーザー集光炉を用い、BFO 育成時の酸素分圧により結晶中の酸素量を精密制御して、育成条件の最適化を行った。 1気圧 から 10^{-7}気圧 までの様々な酸素分圧下で成長した結晶試料の漏れ電流評価から、 10^{-4}気圧 以下の還元雰囲気下で結晶成長を行えば十分に漏れ電流が抑制可能であることを明らかに

した。

2) パルスレーザー蒸着法によって形成した BFO 膜用い、Pt/BFO/SrRuO₃/SrTiO₃ (001) の積層構造を有するダイオード素子を作製して電気的特性を測定した。

BFO 膜形成時の蒸着源組成を制御して膜中に Bi 欠損を導入することにより、強誘電性と半導体特性が共存する BFO 膜を形成でき、ダイオード素子特性に抵抗スイッチング現象を発現させることに成功した。また、実験結果の解析から、この抵抗スイッチング効果の動作メカニズムとして、強誘電分極反転による内部電界変化により、ショットキー的なバリアのポテンシャル形状が変化することで、界面の伝導特性が変化するモデルを提案した。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] 強相関酸化物、電気磁気効果、マルチフェロイック

[テーマ題目6] 新高温超伝導材料の高度化と実用化に関する基礎研究

[研究代表者] 伊豫 彰 (超伝導材料グループ)、

[研究担当者] 鬼頭 聖、田中 康資、柏谷 聡、
柏谷 裕美、永崎 洋
(常勤職員6名)

[研究内容]

日本発の鉄系新超伝導材料は、銅酸化物に次いで高い超伝導転移温度 ($T_c=55\text{K}$) を示すことなどから、実用材料として有望視されている。また、より高い T_c をもつ新物質発見への期待も大きい。本重点課題では、産総研の強みを生かして新物質探索および新機能素子開発に重点を置いて研究を推進した。

新物質探索においては、レアメタルを含まない物質としては最高の T_c を持つ $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{O}_6\text{Fe}_2\text{Pn}_2$ 新超伝導体 ($T_c=28\text{K}(\text{Pn}=\text{As})$ 、 $17\text{K}(\text{Pn}=\text{P})$) を発見した。特に $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{O}_6\text{Fe}_2\text{As}_2$ は、レアメタル以外で構成される物質中で最高 T_c の超伝導体である。また、中性子散乱による精密結晶構造解析により、この物質が現在知られる鉄系超伝導体でも、極めて特徴的 (例えば、As-Fe-As ボンド角が最小など) 構造であることを明らかにした。これは鉄系の超伝導メカニズムを理解する上で重要な知見になると期待される。さらに、鉄の同位体効果から、鉄系が従来型の超伝導機構では無いことを示唆する結果を得た。

新機能素子開発においては、鉄系超伝導体を集束イオンビーム加工して作製した素子において、c 軸輸送特性がジョセフソン効果を示すことを見だし、この材料が固有ジョセフソン接合素子として利用可能なことを明らかにした。これらの結果は、関連物質にさらに高い T_c を持つ物質が潜んでいる可能性が高いことや、将来的にこの鉄系材料が電圧標準や量子ビットへの応用可能であること示している。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] 超伝導、高温超伝導、鉄系超伝導体、銅酸化物超伝導体、単結晶、同位体効果、輸送特性、異方性、FIB、微細加工、パルスレーザー堆積 (PLD) 法

⑩【光技術研究部門】

(Photonics Research Institute)

(存続期間：2001. 4. 1～2011. 3. 31)

研究部門長：渡辺 正信

副研究部門長：森 雅彦

小森 和弘 (2010. 10. 01～)

上席研究員：土田 英実

鎌田 俊英 (2010. 10. 01～)

主幹研究員：大柳 宏之

所在地：つくば中央第2、つくば中央第4、つくば中央第5、つくば東

人員：63名 (63名)

経費：676,097千円 (270,570千円)

概要：

(1) 当部門のミッション

21世紀を安全・安心で快適な社会とするに必要な高度情報化の推進と新産業創出に寄与するため、光の特性を最大限に生かすことによる情報・通信システムの高度化、および情報・通信システムと実世界との情報の授受の高度化に資する技術の研究開発を推進する。

(2) 研究開発の概要

情報通信、ディスプレイ、入出力、情報記録、センシング・計測・イメージング等の各産業分野において光技術の貢献が期待されている。一方、光技術研究部門のコア技術としては、超高速光技術、光計測・制御技術、化合物半導体や有機半導体のデバイス化技術等が挙げられる。これらの内外のニーズとシーズを鑑み、光技術研究部門が重点的に取り組むべき課題として以下の3つを設定する。

a) 光 IT 技術

国としての基幹インフラであり、今後の情報産業発展の土台となる情報通信の大容量化のため、高速性や位相制御を利用した光通信用信号処理・計測技術、超小型光回路、通信セキュリティ技術等を開発する。公衆通信に加え、コンピュータ間の情報伝送や放送分野等への応用も視野に入れる。

a-1) 光位相制御を利用したスペクトル利用効率向上等、大容量化のための新しい光信号処理・計測技術を開拓する。

a-2) 発光素子、光スイッチ、フィルタ、増幅素子、

バッファメモリ等の光デバイスおよび集積化のためのナノフォトニクスやシリコンフォトニクス技術による超小型光回路技術を開発する。

a-3) 量子暗号鍵配布等、光技術による量子情報通信技術開発を推進する。

b) 光インターフェース技術

将来のユビキタス高度情報化社会を支え、急速に市場が伸びているディスプレイに代表される情報家電産業の発展に資するため、フレキシブルなディスプレイや入出力素子、光回路等の研究開発を行う。

b-1) 有機・高分子系材料の特長を活かした印刷法によるフレキシブルなディスプレイ用薄膜トランジスタの開発を行う。

b-2) 受光・発光・表示素子、メモリー、光スイッチ、フィルタおよび光導波路等の有機・高分子を主体とする素子開発およびそれらを一体化した光回路作製技術を開発する。

c) 光フロンティア技術

次の産業創出のキーテクノロジーを生み出すため、強いシーズ技術をベースに、先端的光技術の開拓、分野融合による新技術開拓、将来を切り開く斬新なシーズ技術創出を行う。

c-1) アト秒も視野に入れた超短光パルスの発生・制御・計測のフロンティア技術を開拓し、超高速技術を先導する。

c-2) レーザープロセス、加工技術の高度化により、大面積かつ微細な構造の形成技術を開発する。

c-3) ライフサイエンス分野との融合により、光計測・処理や加工・反応技術等を応用したメディカルイメージング・バイオセンシング技術等の開発を行う。

c-4) 将来を切り開く斬新なシーズ技術を創出する。

内部資金：

その他緊急経費

「プリンテッド電子デバイス技術の開発」

外部資金：

経済産業省

「高レベル放射性廃棄物の燃料電池への応用に関する研究」

「印刷低温焼成技術を用いたアルミニウムフレキシブルプリント配線の実証研究」

「表面プラズモン増幅を用いた波長分割型タンパク質蛍光分析装置の実証研究」

「電子顕微鏡用新規オスミウムアパーチャープレートの開発」

「サブワット板光学素子を用いたフーリエ変換型超高感度

分光光度計の実証研究」

[受託 平成21年度産業技術開発委託費（中小・ベンチャー企業の検査・計測機器等の調達に向けた実証研究事業）]

「2,000倍のレーザー走査用 $f\theta$ レンズの開発

—高倍率 $f\theta$ レンズを用いた広視野レーザ走査顕微鏡の開発—

「高感度化希ガス NMR/MRI 多孔質材料ポア解析装置」

文部科学省[受託] 原子力試験研究費

「低エネルギー光子による物質制御に関する研究」

総務省[受託] 戦略的情報通信研究開発推進制度

「Si/SOI 基板上への量子ドット・フォトニック結晶微小光源の集積」

「高品質量子ドットを用いた低消費電力面発光レーザの研究開発」

「超伝導光子検出器による量子もつれ波長多重量子暗号通信技術に関する研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

[NEDO 委託]

「次世代大型有機 EL ディスプレイ基盤技術の開発（グリーン IT プロジェクト）」

「太陽エネルギー技術研究開発／太陽光発電システム次世代高性能技術の開発／極限シリコン結晶太陽電池の研究開発（銅ペーストの研究開発）」

「革新的部材産業創出プログラム／新産業創造高度部材基盤技術開発・省エネルギー技術開発プログラム 次世代光波制御材料・素子化技術」

「革新的部材産業創出プログラム／新産業創造高度部材基盤技術開発・省エネルギー技術開発プログラム・超フレキシブルディスプレイ部材技術開発」

「省エネルギー革新技术開発事業／挑戦研究（事前研究）／革新的材料（CFRP）加工技術の事前研究」

[NEDO 助成金]

「高性能なプリンタブル n 型有機薄膜トランジスタの開発と有機 CMOS への応用」

「フレキシブル実装のための金属インク直描パターン非熱的焼結技術の開発」

「フォトニック結晶ならびに光細線導波路を用いた超小型光クロスコネクタスイッチの研究開発」

「ピコリットル微小液滴反応場を利用した低分子系有機薄膜デバイスプロセスの開発」

「新型インフルエンザウイルスの高感度その場分析装置の開発」

「三次元ディスプレイを指向した空間発光媒体の開発」

「高緻密高絶縁性を有する酸化物薄膜のフィルム上塗布
作成技術の開発」

文部科学省 科学研究費補助金

「バイオリソグラフィ手法の開発と表面加工への展開」

「多波長コヒーレント合成による高繰り返し極短光パルス発生の研究」

「ディスコチック液晶相を示す光応答性蝶番分子の創製と液晶相の光制御」

「ナノ熔融領域の光学・熱力学計測手法の開発とストレージ技術への応用」

「電界誘起電子スピン共鳴法による有機トランジスタ界面トラップ準位の微視的起源の同定」

「有機半導体マイクロレーザーの作製と発振特性の研究」

「構造柔軟性と安定動作を両立した有機デバイス実現に向けた半導体内回転部位密度の設計」

「有機色素太陽電池の高効率化を目指した機能的有機色素分子の開発研究」

「Si/SOI 基板上への量子ドットレーザの集積」

「電子写真法による有機半導体ナノ粒子の配列制御と素子応用」

「X線吸収分光の「その場」観察と計算手法を組み合わせによるナノ物質研究」

「コロナ帯電を用いた超低光損失機能素子の開発」

「応力印加後の有機電界効果トランジスタ特性に関する研究」

「構造柔軟性と安定動作を両立した有機デバイス実現に向けた半導体内回転部位密度の設計」

日本学術振興会 (JSPS) 科学研究費補助金・特別研究員奨励費

「分子性半導体結晶デバイス界面の分光学的研究と有機エレクトロニクスへの展開」

「蛍光性半導体ナノ粒子を含有する微小ガラスビーズへの抗体分子の接着と活性の保持」

独立行政法人科学技術振興機構 (JST)

[受託 (戦略的創造研究推進事業 CREST)]

「光パルス合成による任意光電場波形生成とその計測」

「3次元表示デバイスの高性能化・高解像度化に関する研究」

「偏波に基づく多光子間量子もつれ合い技術の開発」

「磁性酸化物系における遷移ダイナミクスの解明」

[受託 (産学イノベーション加速事業: 戦略的イノベーション創出推進)]

「新しい高性能ポリマー半導体材料と印刷プロセスによるAM-TFTを基盤とするフレキシブルディスプレイの

開発」

「テラバイト時代に向けたポリマーによる三次元ベクトル波メモリ技術の実用化研究」

[受託 (研究成果最適展開支援事業)]

「超偏極技術で高感度化したMRI装置の研究開発」

[大学発ベンチャー]

「蛍光試薬用高輝度ナノ粒子分散ガラスビーズの開発」

[シーズ発掘試験]

「高出力光周波数コム発振器の開発」

日本学術振興会 (JSPS) [受託]

「高効率半導体量子ドット発光素子の研究」

東京理科大学 [受託]

(先端計測分析技術・機器開発事業)

「高感度・高密度バイオ光受容素子」

学校法人上智学院 [受託]

(先端計測分析技術・機器開発事業)

「万能ヒドロゲル化学センサアレイ開発のための調査研究」

社団法人新化学発展協会 [受託]

「有機フォトンクス/エレクトロニクス素材の合成、デバイス化技術の研究開発動向」

財団法人埼玉県中小企業振興公社 [受託]

「LIBWE 加工法を用いた硬脆透明材料用レーザー加工装置の研究開発」

財団法人浜松地域テクノポリス推進機構

「光を用いた微小構造評価装置の高度化及び多機能化」

独立行政法人 理化学研究所 [受託 (機関補助) 最先端研究開発支援プログラム]

「強相関量子科学」

技術研究組合 光電子融合基盤技術研究所 [受託 (機関補助) 最先端研究開発支援プログラム]

「フォトンクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発」

発表: 誌上发表 162 件、口頭発表 288 件、その他 21 件

情報通信フォトンクスグループ

(Information Photonics Group)

研究グループ長: 土田 英実

(つくば中央第2)

概要:

- ・目的: 情報通信ネットワークの大容量化・高度化に資すること目的として、光信号処理・計測技術、量子通信技術に関して、サブシステム化まで視野に入れた研究開発を行う。
- ・意義、当該分野での位置づけ: 全光信号処理ノード

や超高速光伝送による通信ネットワークの大容量化・高機能化、および量子力学的効果の利用による通信のセキュリティ向上に寄与する。

- ・国際的な研究レベル：半導体デバイスをベースとする光信号処理・計測技術は、将来の集積化や消費電力低減の観点で独自性、優位性がある。光通信波長帯における光子検出、および量子もつれ状態の発生・検出・伝送に関して、世界最高水準の技術を有している。

研究テーマ：テーマ題目 (a-1)、テーマ題目 (a-3)

光電子制御デバイスグループ

(Ultrafast Optoelectronic Devices Group)

研究グループ長：森 雅彦 (～2011.09.30)

小森 和弘 (2011.10.01～)

(つくば中央第2)

概 要：

- ・目的：次世代大容量情報通信の超高速デバイスおよび革新的デバイスを開発することを目的としている。特に、新材料・新構造・デバイス（量子ナノ構造・フォトニック結晶）作製技術と超高速光制御・計測技術を用いて、次世代情報通信への応用を目指して、ナノフォトニクス集積デバイスの研究開発を行う。また、ナノ構造化合物結晶作成技術を活かした高効率太陽電池の開発をめざす。
- ・意義、当該分野での位置づけ：新規光電子デバイスを用いて、通信ネットワーク・機器内インターコネクションの大容量化・高機能化、及び産業競争力強化に資する。
- ・国際的な研究レベル：ナノ構造（量子ドット、フォトニック結晶）作製技術、デバイス作製技術、超高速光計測・制御技術を用いた下記の研究を展開し、世界最高レベルの成果を得ている。

①ナノフォトニクス集積デバイスの研究開発

1-1) ナノ材料・デバイス技術：量子ドットレーザー
量子ドット太陽電池

1-2) 光集積回路技術：フォトニック結晶集積デバイス、半導体異種材料貼合せデバイス

研究テーマ：テーマ題目 (a-2)

ハイブリッドフォトニクスグループ

(Hybrid Photonics Group)

研究グループ長：森 雅彦

(つくば中央第2、第5)

概 要：

- ・目的：将来の光通信システム、光インターコネクションで必要とされる高機能、高集積可能かつ低コストで製造可能なデバイス・サブシステムの基盤技術、及びそれらのデバイス化、システム化技術の開発を目的とする。特に、シリコン、有機材料等のハイブ

リッド集積による新構造光デバイスの開発を目指す。

- ・手段：太陽電池の成膜および CMOS 微細加工技術等の半導体プロセス技術を応用しつつ、アモルファスシリコンをベースとした光導波路、デバイス開発を進めるとともに、材料選択、デバイスプロセスの自由度が高い有機光デバイスの開発に取り組んだ。
- ・方法論：これまでに開発してきたアモルファスシリコンフォトニクス、有機半導体光（物性・デバイス）に関する世界トップレベルの作製・プロセス技術、評価技術をさらに進展させるとともに、これらを生かし、新規構造デバイス開発研究を展開した。

研究テーマ：テーマ題目 (a-2)

有機半導体デバイスグループ

(Organic Semiconductor Devices Group)

研究グループ長：鎌田 俊英

(つくば中央第4、第5)

概 要：

- ・目的：次世代ディスプレイおよび次世代ヒューマンインターフェース情報端末デバイスに必須となる、大型・軽量・極薄・柔軟・低消費電力・低生産エネルギーなどの特性を有する入出力デバイスの創製技術の開発を目指し、そのためのキーテクノロジーとなる「大型・フレキシブル・プリンタブルデバイス創製技術基盤」を開発する。
- ・意義、当該分野での位置づけ：従来の情報端末機器の更なる高度化に加え、新規に紙をベースとした情報端末の電子化を可能にさせるなどして、ユビキタス情報端末機器の大量普及化を促進し、IT 技術の裾野拡大・社会への浸透普及促進に貢献する。
- ・国際的な研究レベル：世界初の有機 TFT 駆動カラーLCD の開発、世界初のフレキシブル印刷メモリアレイの開発、新規印刷バイオセンサ、全印刷無線タグの開発など、フレキシブル・プリンタブルデバイスを作製する技術は、世界最高レベルの評価を得、当該技術分野の牽引役を果たしている。

研究テーマ：テーマ題目 (b-1)

強相関フォトエレクトロニクスグループ

(Correlated Materials Photoelectronics Group)

研究グループ長：長谷川 達生

(つくば中央第4)

概 要：

- ・目的：次世代の光インターフェースの要になると期待される先端的電子材料とそのデバイス化技術の研究開発。特に多種類の機能性半導体や、金属-絶縁体変換など顕著な電子現象の舞台になることが知られる強相関電子材料等を主な対象とし、材料開発、電子機能開拓、界面機能化技術の開発、プロセス技

術の開発と、これらを用いた新型光デバイスの試作を行う。

- ・意義、当該分野での位置づけ：新規材料開発、新機能開拓と、電子デバイス開発を統合的に研究する取り組みの中から、新物質を実用化技術に結びつけるために必要なサイエンスレベルでの課題を解決し、主に学術雑誌を通じた成果発信により情報通信・エレクトロニクス・材料分野に貢献する。
- ・国際的な研究レベル：二成分分子化合物系の有機金属材料を用いた界面機能化・デバイス化技術を世界に先駆けて開発、有機強誘電体では常温・常圧で巨大誘電率を有する材料群を世界に先駆けて開発、有機導電体・有機半導体の高品質薄膜化に適したダブルショット・インクジェット印刷技術を世界に先駆けて開発、電界誘起電子スピン共鳴法を用いた有機トランジスタのキャリア輸送の研究で世界のトップを走るなど。

研究テーマ：テーマ題目 (b-1)、テーマ題目 (c-1)

分子スケールデバイスグループ (Molecular Scale Device Group)

研究グループ長：金里 雅敏

(つくば中央第4)

概要：

- ・目的：分子のスケールで設計・合成した機能性分子や金属錯体の光特性を最大限に活かし、波長変換機能を有する太陽電池、蛍光標識剤を使ったバイオマーカー測定用キット、高感度なバイオチップの創製及び実用化を目指す。
- ・意義、当該分野での位置づけ：発光性有機分子や発光性金属錯体を波長変換材料として捉えることにより、新たなデバイス化技術及びその基盤技術を開発して、ライフサイエンス、ナノテクノロジー分野における新産業創出に貢献する。
- ・国際的な研究レベル：独自に開発した発光性金属錯体をベースに創製した波長変換材料は、諸外国で特許登録されるなど、国際的にも高く評価されている。波長変換材料の導入による太陽電池の高機能化、新たな蛍光標識剤、有機発光素子の開発に向けて、大学や企業との共同研究にも積極的に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目 (c-3)

分子薄膜グループ (Molecular Thin Films Group)

研究グループ長：阿澄 玲子

(つくば中央第5)

概要：

- ・目的：有機分子・高分子が有する光電子機能を最大限に活かし、軽量、フレキシブルで耐衝撃性等に優れ、かつ低消費エネルギーで製造・駆動が可能なデ

ィスプレイ、トランジスタ、光部品等の研究開発を行う。

- ・意義、当該分野での位置づけ：有機材料化学のバックグラウンドを軸に新規材料開発からデバイス性能評価までを行い、有機デバイスの実用化に寄与する。
- ・国際的な研究レベル：溶媒に可溶な n 型および p 型有機半導体の性能や、有版印刷での有機デバイス作製技術では世界トップクラスである。また、分子の立体構造変化のため光照射により融解し加熱により固化する新規材料、有機電界発光 (EL) 素子と光電変換素子と一体化させた外光取り込み型有機 EL 素子、摩擦転写法を用いた偏光高分子 EL 素子など、他に例がないオリジナル材料・素子を実現している。さらに、複数グループによる、光非線形性を利用した 3 次元ディスプレイ研究の中核となっている。

研究テーマ：テーマ題目 (b-1)

レーザー精密プロセスグループ (Laser-Induced Materials Processing Group)

研究グループ長：新納 弘之

(つくば中央第5)

概要：

- ・目的：光の特性を最大限に生かすことによって新産業創出に寄与することを目標として、石英ガラス等透明材料の微細加工プロセスなどの先端的レーザー精密プロセスを駆使した高付加価値化加工手法の開発、及び新機能デバイスのプロトタイプ作製を通じて、材料加工プロセスの高度化技術の研究を推進する。これによって、情報通信・化学/医療などの先進産業分野におけるレーザー加工手法を駆使したデバイス製造技術高度化に寄与する。
- ・研究手段：当研究グループの実験装置である紫外レーザーアブレーション微細加工装置、超短パルス微細加工装置、アブレーション評価装置、極低温マトリックス光分解装置等を活用し、独自技術を組み合わせることで有用性の高い技術開発を実施している。
- ・方法論：レーザー誘起背面湿式加工法による石英ガラス等透明材料のオンデマンド型迅速微細加工技術は、当研究チームにおいて独自に開発してきた国際的に注目される技術であり、ナノスケールでの高精度化を進めることで、その特性を生かした高機能光学素子や分析デバイスの作製ならびに製造装置の試作を推進している。

研究テーマ：テーマ題目 (c-2)

超短パルスレーザーグループ (Ultrafast Lasers Group)

研究グループ長：鳥塚 健二

(つくば中央第2)

概 要：

- ・目的：パルス光波合成等の新技術を開発し、未踏領域の光パルス発生、制御、計測応用を開拓することで、超高速技術を先導する。
- ・意義、当該分野での位置づけ：光パルスを利用した、計測や物質プロセスに資する技術である。主な研究内容は、(1)パルス光を電界波形のレベルで制御するパルス内光波位相（キャリアエンベロープ位相；CEP）制御とパルス圧縮・増幅の技術、(2)パルス光波合成に繋がる、異波長光の精密タイミング制御と位相制御の技術、及び(3)超短パルスレーザーの普及に向けた、レーザーの高効率化とパルス利用の技術。
- ・国際的な研究レベル：超短光パルスの発生、制御技術に関するトップグループの一つ。特に、異波長パルス光間の位相制御及びタイミング制御は当所が先導して開拓してきた技術で、世界最高の時間精度を有する。また、パルス内光波位相（CEP）制御光の増幅を、再生増幅器と回折格子ストレッチャーを組合せた高出力化が可能な方式で実現した。さらに高平均出力の Yb ドープ超短パルス固体レーザーについても取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目（c-1）

バイオフィotonicsグループ
(Bio-Photonics Group)

研究グループ長：牛島 洋史

(つくば中央第5)

概 要：

- ・目的：「光情報技術」と「ナノバイオテクノロジー」の融合により、大量の情報を並列的に短時間で処理し、高密度集積化できる「光検出型ナノバイオ素子」の開発及びその関連技術の確立を目指す。
- ・意義、当該分野での位置づけ：生体関連物質の非特異吸着と吸着による変性を防ぐため、シリコンとアルミニウムをセンシング界面に適用した光導波モードによる検出の高感度化技術を開発した。具体的には、シリコンでアルミニウムとアルミナを挟み込んだセンシング界面による長距離伝搬表面プラズモンモード励起型基板により、従来比 12 倍の電場増幅に成功した。
- ・国際的な研究レベル：ストレスによるカテコールアミン代謝量変化の検出等、診断や臨床において利用可能なケミカルバイオセンサーシステムの作製において、エバネッセント場を利用した高感度化技術と光や電場による表面の微細構造を制御し機能化する技術、マイクロコンタクトプリント法やペンタイプ・リソグラフィなどのソフトリソグラフィを用いた微細パターンング技術という、国際的にもトップクラスの水準にある当所の技術を融合することで、

他には見られない特徴的な研究を推進している。

研究テーマ：テーマ題目（c-3）

光画像計測グループ

(Advanced Optical Imaging Group)

研究グループ長：白井 智宏

(つくば東)

概 要：

- ・研究目的：高度なイメージング技術や画像解析技術の中核として光フロンティア技術の研究開発を実施することにより、人々のQOLの向上に貢献する光技術の創出を目標とする。
- ・研究手段：「生体組織中の細胞機能イメージング技術に関する研究」を重点テーマとし、企業や大学との共同研究を含む研究体制の構築を目指す。それと平行して本テーマに関する予備的研究および要素技術の研究開発を実施する。
- ・方法論：眼底をはじめとする生体組織の高精度機能イメージングを目指し、分光分析を利用して微小な代謝情報を抽出するための基礎実験を行う。さらに、高精度形態イメージングの実現を目指して、多波長を利用した光波面の能動的制御技術を確立する。

研究テーマ：テーマ題目（c-3）

[テーマ題目1] 光IT技術

[研究代表者] 森 雅彦

(副研究部門長)

[研究担当者] 土田 英実、小森 和弘 他

(常勤職員16名、他10名)

[研究内容]

a-1) 次世代コヒーレント伝送のための光信号処理・計測技術の開発

進展著しいデジタルコヒーレント伝送の大容量化、高度化に資する光信号処理・計測技術の研究開発を進める。平成22年度は、全光変調フォーマット変換技術の開発、及びスペクトル線幅計測技術の高度化を行った。光電子発振器による分周クロック抽出と直並列変換、ならびに集積化半導体光変調素子による光位相変調を用いて、20Gb/s オンオフ変調から4値位相変調へのフォーマット変換動作を実現した。周回型遅延自己ヘテロダイン法によるレーザ周波数雑音測定技術を開発し、半導体レーザの周波数雑音とスペクトル線幅の関係を明らかにした。

a-2) ナノフォトニクス技術・フォトニック結晶技術による超小型光回路開発

新しい材料や量子構造の創製技術を確立し、次世代情報通信技術に資する未踏技術領域での光電子デバイスを実現することを目的とし、高品質な新材料や量子ナノ構造の作製技術を基に、次世代の光スイッチ、フィルタ、増幅素子、バッファメモリ等の光デバイス及

び技術展開としての太陽電池、集積化のための、プロトタイプの試作、実証を行う。

平成22年度は、光集積回路用の光スイッチとして重要な光フィルタ機能付き半導体量子ドット増幅器の試作を行い、隣り合う波長で8dB程の強度差を実現した。また、直径2ミクロンのマイクロディスクレーザをn型有機半導体で実現し、光励起での発振閾値低減に成功した。化合物半導体フォトニック結晶微小光源・Si細線導波路結合構造に関して、Q値10000、光取り出し効率90%の構造設計を達成した。さらに、多層光配線を可能とするアモルファスシリコン光導波路の研究を進めi線ステップリソグラフィによる細線導波路加工技術を改善し、10dB/cm以下の導波損失を達成した。

a-3) 量子暗号・情報通信技術の高度化

情報通信のセキュリティ向上に資するため、光通信波長帯における多光子量子もつれ発生・制御技術、及び多者間量子情報処理技術の開発を行う。平成22年度は、パラメトリック下方変換による4光子もつれ状態の安定発生技術、量子もつれ交換技術を開発した。4光子同時計数の解析により、量子もつれ交換時の雑音が偶発的な6光子同時発生に起因することを明らかにし、これを除去することにより交換率97.5%を実現した。

【分野名】情報通信分野

【キーワード】超高速光信号処理、光変調フォーマット変換、光信号波形計測、光インターコネクション、フォトニック結晶、光導波路、ナノ構造デバイス、量子ドット、電界効果トランジスタ(FET)、有機レーザ、光子検出、高感度光センサ、量子暗号通信

【テーマ題目2】光インターフェース技術

【研究代表者】鎌田 俊英(上席研究員)

【研究担当者】長谷川達生、阿澄 玲子 他
(常勤職員18名、他24名)

【研究内容】

b-1) 有機・高分子系材料薄膜トランジスタ及び表示素子の開発

有機・高分子系材料の特長を活かした印刷法による大面積・フレキシブルな薄膜トランジスタ及び表示素子等の開発を行う。ヒューマン・フレンドリーな光電子デバイスのフレキシブル、低コスト、低消費電力かつ高性能の有機デバイスの創製のため、フレキシブル・ディスプレイ、印刷法を用いて作製する有機トランジスタの研究を行う。

平成22年度には、次の成果を得た。

プロセス要素技術開発としては、

1) 酸化半導体にて、溶液プロセスで移動度 $4\text{cm}^2/\text{Vs}$

を発現する薄膜トランジスタの作製技術の開発に成功した。

2) 大画面有機ELディスプレイ製造技術の開発において、電極形成時の素子のプロセス損傷を蛍光測定で5%以内の精度で解析する技術を開発した。2種の有機材料の同時成膜を $0.01\text{nm}/\text{sec}$ 以上の分解能で組成解析する光学評価技術を開発した。

3) 塗布型絶縁膜作製技術として、絶縁耐圧 $7\text{MV}/\text{cm}$ を示す SiO_2 薄膜を加工温度 100°C 以下で溶液プロセスで作成する技術の開発に成功した。

材料開発としては、

第2期までに開発したp型(可溶性オリゴチオフェン誘導体)およびn型(可溶性フラーレン誘導体)有機半導体をPDMS版からの転写印刷により製膜し薄膜トランジスタを作製したところ、従来のスピコートに比べて高い電荷移動度や下処理条件に依存しない安定な動作が見られた。また、版からの転写印刷により有機CMOSインバータを作製し、高い反転ゲイン(63)を得た。

強相関電子等による革新的電子材料とそのデバイス化技術の研究開発に関しては、

1) 材料開発において、高い自発分極と室温動作性をもつ有機強誘電体材料を多数創出し、単一成分型材料で水素結合を用いる分子設計の有用性を実証した。2) デバイス化において、 $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ を超える高移動度の単結晶性薄膜を独自のダブルショット・インクジェット印刷技術によって形成する技術の開発に成功した。3) デバイス評価技術において、ゲート電界誘起電子スピン共鳴法を用いて、多結晶性有機薄膜の微結晶内のキャリア輸送と微結晶間のキャリア輸送を分離して評価する技術の開発に成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス分野、ナノテクノロジー・材料・製造分野

【キーワード】有機半導体、有機デバイス、有機TFT、有機EL

【テーマ題目3】光フロンティア技術

【研究代表者】新納 弘之

(レーザー精密プロセスグループ長)

【研究担当者】鳥塚 健二、白井 智宏、牛島 洋史、金里 雅敏 他

(常勤職員31名、他24名)

【研究内容】

c-1) 超短光パルスの発生・制御・計測の研究開発

アト秒も視野に入れた超短光パルスのフロンティアを開拓し、超高速技術を先導することで、情報通信や製造分野の省エネ、省資源化に貢献するため、超短光パルスの発生・制御・計測技術を開発する。

位相多値光の計測に必要なパルス高繰返し化技術、位相とタイミングの安定化技術、材料プロセスに求め

られるパルス発生の高効率化、短波長への変換技術等を開発する。また、これらを統合してサブフェムト秒の時間分解能を有する光測定技術を確立するため、タイミングと絶対位相が100アト（10の-16乗）秒以下に同期された多波長極短パルスレーザーを開発する。

平成 22 年度には、

- ・高繰返し化については、モード同期の短共振器化技術を開発し、チタンサファイアレーザーにおいて1GHz、Yb ファイバーレーザーにおいて400MHz の高繰返し発生にそれぞれ成功した。プロセス計測については、共鳴共振器を利用してパルス幅と変換効率を最適化する技術を開発し、波長266nm、平均出力1W の超短パルス光源を実現した。パラメトリック増幅では、タイミング同期 Yb ファイバー励起源を開発し、850nm パルスに対して、400kHz の高繰返しで最大1000倍の利得を確認した。また、計測系の揺らぎを0.3fs まで低減し、637、850、1270nm の3波合成の相関計測に成功した。

c-2) レーザー微細加工技術

レーザープロセス、加工技術の高度化により、大面積かつ微細な構造の形成技術を開発する。

平成 22 年度には、

炭素繊維強化複合材料の高品位・高速のレーザー加工技術に関して、紫外線レーザーを用いた切断・接合プロセスの基礎検討を行い、加工制御因子把握を行った。さらにレーザー誘起背面湿式加工法等を駆使したオンデマンド加工における省工程化処理を検討し、プロトタイプ機の設計指針を確立した。

c-3) 光計測・情報処理技術を応用したバイオセンシング・メディカルイメージング等の開発

ライフサイエンス分野との融合により、光計測と情報処理技術を応用したバイオセンシング・メディカルイメージング等の新しい技術創出を目指して、高機能眼底カメラ、及びケミカル・バイオセンサーデバイスの研究開発を行う。

平成 22 年度には、

眼底の酸素飽和度の測定について、複数の多変量解析法を評価し、最も高精度な結果が得られる条件を明らかにした。さらに、分光分析に基づく微分干渉法などを使って、屈折率差0.01程度の透明試料の位相分布の可視化に成功した。また、ファブリペロー干渉計を使った微量物質の検出法を考案し、その光学系を構築した。光波面の能動的制御技術については、波面制御素子の波長依存性の影響を排除する方法を考案し、その有効性を実証した。生体情報を抽出する新原理として、パルス光を使った強度相関イメージングの可能性を明らかにした。

ケミカル・バイオセンサーデバイスについては、平成 21 年度までに開発したアルミニウム蒸着膜を用いたエバネッセント場により増強された蛍光による高感度検出光学系を、長距離伝搬型表面プラズモンや導波モードを利

用するシステムへと拡張し、アドレナリンやトランスフェリンの高感度検出を実証した。更に、光ディスクの技術を応用したウィルス検出システムの原理確認機もおこなった。

メディカルイメージングについては、強蛍光かつ長寿命の蛍光性金属錯体を麻醉下におけるマウスに皮下投与して、生体中における蛍光特性について調べた。その結果、蛍光イメージング及び時間分解イメージングともに、生体成分由来の蛍光物質との差別化が可能となり、蛍光標識剤としての機能を検証した。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス分野、計測標準分野

【キーワード】 超短パルスレーザー、高品位・高速レーザー加工、補償光学、画像分光、眼底イメージング、バイオセンサー、表面プラズモン

⑪【情報技術研究部門】

(Information Technology Research Institute)

(存続期間：2005. 7. 15～)

研究部門長：関口 智嗣

副研究部門長：伊藤 智

主幹研究員：田中 良夫

所在地：つくば中央第2、秋葉原支所、臨海副都心センター

人 員：70名（70名）

経 費：1,065,394千円（356,581千円）

概 要：

情報技術研究部門では、社会インフラとして IT を提供する技術と利用者指向で IT を活用する技術の研究開発を行っている。

社会インフラとして IT を提供する技術では、ネットワーク、サーバ/クラスタといったハードウェアだけでなく、プログラミング環境、データベースやストレージを含むミドルウェア、さらには、並列・分散環境で高度なアプリケーションを実行する環境から、実問題を対象とするアプリケーションや情報サービスの提供まで、幅広い領域での研究開発を進めている。研究における大きな方向性としては、ディペンダビリティ、スケーラビリティ、および省エネルギーの観点から進めている。特に、マルチコアからメニーコアへのコア数の増大や、広域に分散した多数のコンピュータの運用が重要となり、機器の台数に比例した処理性能を得るスケーラビリティや、頑健性やセキュリティを保持するディペンダビリティの側面が必要不可欠となっている。一方で、低炭素化社会に向け、IT 機器の電力消費低減も大きな課題であり、インターネットに

おけるネットワークルータの低消費電力化やデータセンターにおけるサーバ・ストレージの省エネ運用手法なども、重要な研究課題となっている。サービスプラットフォームのレイヤでは、広域に分散した研究機関やグループを有機的に結び付ける研究基盤（e-Science）を支援するため、異機種データベースの効果的な統合やメタデータの分散処理・管理技術を研究開発している。さらに上位のサービスレイヤでは、さまざまな応用分野でユーザが手軽に扱えることを目指した地球観測情報のインフラ Global Earth Observation Grid (GEO Grid) に関する研究開発を行っている。グリッド技術を用いて地球観測衛星データなどの大規模アーカイブおよびその高度処理を行い、分散環境下の各種観測データや地理情報システムデータと統融合した処理・解析が可能なインフラの構築を進めている。また、センサーネットワークも大規模に拡大しつつあり、社会インフラとして重要な要素となってきた。電力線通信（PLC）など有線通信技術を中心とした大規模なセンサーネットワークの社会インフラと、その上での有用な出口応用を実現することを目標として、通信基盤技術やセンサー要素技術、センシングデータ処理技術などの研究開発を進めている。

利用者指向で IT を活用する技術では、実世界における環境情報、人間の動作や発する情報、および消費・創作・社会貢献等の諸活動によって生成される多種多様な情報を基に、異常検出、情報要約、ユーザ状況理解などに有効な意味的情報を抽出する技術、それらを活用する技術を通して安全・安心な生活の実現と知的活動の飛躍的向上を目指して研究開発を行っている。特に実世界で扱われる音声、音楽、映像、テキストなどのメディア情報において、これらを認識理解する技術の一層の高度化を進めるとともに、他のシステム資源や人的資源とのネットワーク化およびインタラクションの形成を促進することによって認識精度の向上およびデータの高付加価値化を図る研究を行っている。これによって、様々なメディア情報において最適な検索閲覧機能を実現する技術、コンテンツ自動生成のための技術、位置や状況に応じた情報提示に関する技術などの開発を進め、新しい情報サービスの創出に取り組んでいる。

また、アプリケーションの開発の利便性およびアプリケーションの動作の信頼性を向上させるために、情報数理学を中心とした理論研究、およびオープン・システムで幅広く利用される実証的ミドルウェアの開発と公開を行っている。

外部資金：

経済産業省 「平成22年度石油資源遠隔探知技術の研究開発事業」

経済産業省 「平成22年度次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発（ハイパースペクトルセンサの校正・データ処理等に係る研究開発）事業」

文部科学省 平成22年度科学技術試験研究委託事業 「研究コミュニティ形成のための資源連携技術に関する研究（データベース連携技術に関する研究）」

文部科学省 科学技術試験研究委託事業 「住民・行政協働ユビキタス減災情報システム」

文部科学省 科学技術総合推進費補助金 「国際共同研究の推進 アジア GEO Grid イニシアチブ」
総務省 戦略的情報通信研究開発推進制度 「次世代大規模分散・並列環境における高度メタデータ管理・解析システム技術の研究開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト、被災建造物内移動 RT システム（特殊環境用ロボット分野）閉鎖空間内高速走行探査群ロボット」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 「グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト（グリーン IT プロジェクト）／革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発／IT 社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究／社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と評価」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 「グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト（グリーン IT プロジェクト）／エネルギー利用最適化データセンター基盤技術の研究開発／データセンターのモデル設計と総合評価」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 「エネルギー利用最適化データセンター基盤技術の研究開発／サーバーの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャの開発／クラウド・コンピューティング技術の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST） 「シミュレーションコードのグリッド化」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST） 「音楽デザイン転写・音響処理理解に基づくインタフェース」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事

業（CREST） 「消費電力を削減するグリッドデータセンター運用管理システムの研究」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発事業） 「3次元映像の解析」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST） 「安全と利便性を両立した空間見守りシステムアーキテクチャ」

独立行政法人情報通信研究機構 高度通信・放送研究開発委託研究 「ダイナミックネットワーク技術の研究開発 課題エ 大規模資源の管理・制御に関する研究」

独立行政法人情報通信研究機構 高度通信・放送研究開発委託研究 「新世代ネットワークサービス基盤構築技術に関する研究開発 課題イ ネットワーク広域制御を利用するアプリケーションのためのフレームワーク技術」

独立行政法人情報通信研究機構 高度通信・放送研究開発委託研究 「新世代ネットワークサービス基盤構築技術に関する研究開発 課題ア ネットワークユーザーを支援する計測技術 ～ネットワーク『見える化』の実現に向けて～」

国立大学法人京都大学 科学技術試験研究委託事業 「(2) 広域的情報共有と応援体制の確立 (C) 情報システム連携の枠組み構築」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 「仮想計算機の遠隔ライブマイグレーションに関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 (B) 「複数組織の多様な資源を予約に基づき同時確保するスケジューリング手法の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 (B) 「3次元時空間データからの統計的特徴抽出に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 (B) 「音圧差検出と認識の双方向処理に基づく移動ロボットに適した音環境理解の研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (A) 「不均質なペタバイト級時空間センサデータの統合利用基盤」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (A) 「柔軟物連続操作のための視覚認識とアクションの双方向連動に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 「音響的状況認識に基づく高齢者見守り技術の研究開発」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「並行システムの高信頼自動検証ツールに関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「マルチエージェントの学習過程に注目した系安定化・全体最適化に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「確率統計的手法による焦電センサ出力の周波数特微量を利用した測位システムの研究開発」

文部科学省 科学研究費補助金 研究活動スタート支援 「大規模科学技術データのための分析データベースシステム」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 助成金 「微弱電磁波による異常状態判定システムの開発と応用」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 助成金 「ステレオビジョンとシミュレーション技術の統合による大型複合施設での人流解析と新しいサービスモデルの創出」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 がん超早期診断・治療機器の総合研究開発 超低侵襲治療機器システムの研究開発 「内視鏡下手術支援システムの研究開発」

財団法人資源環境観測解析センター 「平成22年度希少金属資源開発推進基盤整備事業（グローバル・リモートセンシング利用資源解析強化事業）に係る再委託」

発 表：誌上発表215件、口頭発表258件、その他24件

メディアインタラクション研究グループ

(Media Interaction Group)

研究グループ長：後藤 真孝

(つくば中央第2、秋葉原支所)

概 要：

実世界のメディア情報（音楽、音声、ユーザ活動等）を対象に、人々の利便性を向上させるためのメディアインタラクション技術の研究開発に取り組んでいる。主に、実世界メディア理解技術（自動理解・マイニング・推定）、インタラクション技術（インタフェース・検索・ブラウジング）の研究開発を行っている。実世界メディアは Web を中心に多様化し増加し続けているが、それを人々が活用する技術は未成熟である。

そのため、計算機が人間に代わって理解し、人間の意図や嗜好に合わせた形態に変換することで人々の利便性向上を図る技術が求められている。具体的には、音楽情報処理及び音楽インタラクションに関する研究、音声言語処理及び音声情報検索に関する研究、Webインタラクション及びユーザ支援に関する研究等に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目8

マルチエージェント研究グループ

(Multi-Agent Group)

研究グループ長：車谷 浩一

(臨海副都心センター、つくば中央第2)

概要：

マルチエージェント、すなわち個々の主体（エージェント）が自律分散的に認識・理解・判断・動作を行い、主体の集まり全体として柔軟かつ効率的に目的を達成するようなシステムに関する研究開発を行う。大規模なソフトウェアをエージェントの集まりとして実現する技術、システム全体の効率と個々のエージェントの効用を両立する技術、分散センシング環境からの情報を統合して理解する技術などの研究開発を実施する。

研究テーマ：テーマ題目3

ミドルウェア基礎研究グループ

(Middleware Fundamental Research Group)

研究グループ長：戸村 哲

(つくば中央第2、秋葉原支所)

概要：

現在稼働中あるいは今後開発されるソフトウェアの品質を高めることを目的としている。高品質なソフトウェアは、現代社会を支える情報システムの高信頼・高安全・高可用化技術にとって必須のものである。高品質なソフトウェアを安定的に供給するためには、エンジニアの職人的能力に期待するのではなく、ソフトウェアを工学的に開発する手法が必要である。

そのために本グループでは、1) 小規模組織向け、2) オープンなシステム、という特徴を有するソフトウェア・エンジニアリング・ツールチェーンの開発と、その普及を目標とする。

1) 小規模組織向け

社会で利用されている情報システムは、航空機や医療システムなどの少数のミッション・クリティカルなもの、多数のミッション・クリティカルではないものに、大きく分けることができる。開発の大部分を占める後者は、開発者数25名以下の小規模組織 (VSE: Very Small entity) によって開発が行われている。

2) オープンなシステム

小規模組織でも容易に導入・利用できるためには、オープンなシステムであることが望ましい。小規模組織が国際的にも活動ができるように、国際的に通用している国際標準に基づいたシステムとする。

開発するソフトウェア・エンジニアリング・ツールチェーンの妥当性を評価し、その普及実績を確認するために、日本の大学院修士課程で近年重視され導入が進められているプロジェクト・ベースド・ラーニング・システム開発演習を初期のターゲット・ユーザとする。

プロジェクト・ベースド・ラーニング (PBL; Project Based Learning) システム開発演習とは、学生数名がチームを編成し、実際に外部の発注者からソフトウェア開発を受託し、ソフトウェア・エンジニアリングに基づいて開発し、納品する演習である。

研究テーマ：テーマ題目10

情報戦略グループ

(IT Strategic Planning Group)

研究グループ長：高橋 孝一

(つくば中央第2、秋葉原支所)

概要：

情報技術の研究開発を戦略的に進めるために、ソフトウェアのディペンダビリティ、ユーザビリティ、流通や頒布形態に係る分析、および情報システムの研究開発に関する国内外の動向調査、研究開発プロジェクトの行程管理のモデル化を行い、要求に応じた確に情報提供する枠組みを構築する。

さらにこれらをもとに、内外の機関との研究開発プロジェクトのプランニング、調整、研究成果および保有技術の普及を支援する。

研究テーマ：テーマ題目10

知的メディア研究グループ

(Intelligent Media Research Group)

研究グループ長：永見 武司

(つくば中央第2)

概要：

現代の生活環境やインターネットにおける情報洪水の中で、コンピュータが発揮する大量処理能力を活用し、人間の知的活動を支援する技術の実現とメディア情報処理による共通的な技術基盤の確立を目指す。そのためには常態監視・状態理解・異常検知・予兆検出、大量データの分析・分節・分類・検索、変化の定量化等の研究開発が必要となる。その技術的特徴は、大量の多様化したメディア情報（画像・映像・音声・音響、マルチセンサー信号、テキスト・記号情報）を高精度かつ効率よく処理する手法と、実世界での実問題に対応するために画像処理技術や音声・音響処理技術及び

記号処理技術を高度に融合させる手法にある。具体的な応用事例として、住環境や作業空間での異常検出システム、安全・安心な次世代モビリティシステム、マルチメディア検索システムなどの開発を進めている。
研究テーマ： テーマ題目3、テーマ題目7

センサーコミュニケーション研究グループ
(Sensor Communication Group)

研究グループ長：高橋 栄一

(つくば中央第2)

概 要：

有線（例：PLC；高速電力線通信）によるユビキタスなセンサーネットワークによる生活の質的向上と省エネルギーを出口イメージとして、これを構築するのに必要な基盤的技術を研究開発する。具体的には、データ圧縮技術、セキュリティハードウェア技術を主体に研究開発するとともに、PLC 技術について高速電力線通信連携研究体と連携して取り組む。上記のユビキタスなセンサーネットワークは、画像センシング、環境計測、エネルギー計測等、今後エコや安全・安心を実現する上での強力な新規のインフラになることが期待される。データ圧縮技術、セキュリティハードウェア技術、PLC 技術は、十分な性能獲得の観点からいずれも状況に対する適応性の高さがポイントとなる。
研究テーマ： テーマ題目1

インフラウェア研究グループ
(Grid Infracore Research Group)

研究グループ長：工藤 知宏

(つくば中央第2、秋葉原支所)

概 要：

動的な情報処理基盤構築のための資源管理・仮想化技術と資源利用技術の研究開発を行う。最近注目を集めているクラウドでは、ユーザは自ら資源を持つ必要がなく、その一方で資源の利用効率を高めることができる。しかし現状では、処理性能の保証がないこと、複数組織が提供した資源を組み合わせる仕組みがないことなどの問題が存在する。本グループでは、計算機やストレージに加えてネットワークも動的に確保可能な資源として使えるようにし、これらをユーザやアプリケーションの要求に応じて統合してスケジューリングするとともに、各資源のモニタリング情報をユーザやアプリケーションに知らせる方式を開発している。また、仮想化技術を導入して、ユーザに見えるインフラ（仮想インフラ）が実際のハードウェアなどの構成（物理インフラ）に依存しないようにし、資源の割り当ての自由度を上げて管理を容易にする技術の開発も行っている。これらの技術により、より広い用途に使用できる動的インフラを構築可能にしていく。また、資源の有効利用やエネルギーコストの低い資源

の優先利用による省エネルギー化を図る。

研究テーマ： テーマ題目2、テーマ題目4、テーマ題目5

サービスウェア研究グループ
(Grid Service-ware Research Group)

研究グループ長：小島 功

(つくば中央第2)

概 要：

大規模観測装置、大規模科学技術計算、巨大データベースで取り扱うデータは近い将来ペタバイト級の量に達し、かつ広域に分散して生成されることが予想される。本チームにおいては、こうした大規模データ処理を分散環境で実現する方式の設計・開発、様々なデータベースを組み合わせる一つの高機能データベースとして提示する機能の設計・開発、そして、これらをユーザが利用しやすくするツール群の設計・開発を行っている。

研究テーマ： テーマ題目6、テーマ題目9、テーマ題目11

地球観測グリッド研究グループ
(GEO Grid Research Group)

研究グループ長：土田 聡

(つくば中央第2、秋葉原支所)

概 要：

地球観測衛星データなどの大規模アーカイブを構築し、それらデータの高度処理と、各地に分散する各種観測データや地理情報システムデータとの統融合する処理・解析を、地球観測情報のシステム・インフラとして構築し、さまざまな応用分野でユーザが手軽に扱える技術基盤の実現を目指し、GEO Grid（地球観測グリッド：Global Earth Observation Grid）の研究開発を進めている。GEO Gridの構築にはグリッド技術を活用し、データを提供する組織毎のポリシーを考慮した仕組みの実装、GEO Grid 上での各種応用分野の処理・解析手法開発、および産業基盤となる社会基盤データの作成に関する研究を行っている。

研究テーマ： テーマ題目9、テーマ題目11

[テーマ題目1] エネルギーネットワーク・マネジメント技術の研究

[研究代表者] 樋口 哲也

[研究担当者] 樋口 哲也、河西 勇二、岩田 昌也、
村川 正宏、小林 匠、加藤 和彦
(常勤職員6名)

[研究内容]

当課題では、再生可能エネルギーの導入を促進するためのエネルギーネットワークのマネジメント技術を開発することを目標とする。

平成22年度は1) キロヘルツ帯 PLC の開発、および直流用 PLC の基本性能の実証、2) 実環境での通信性能の実証、3) 太陽電池パネルのモニタ通信装置の標準化を検討するという計画のもとに研究開発を行った。

1) については、電力量計への内蔵を想定したキロヘルツ帯 PLC の研究開発において MAC 層設計まで行うことによって来年度予定している LSI 化が実現可能なレベルまで到達することができた。2) については、キロヘルツ帯 PLC の実証実験において、様々な家電の接続、電力線の多様な配置状況における実証実験を重ね、耐雑音性の高さを実証した。また一般家庭での太陽光発電環境を想定した実証試験を継続して行っている。3) については、標準化の検討、情報交換の場として産総研コンソーシアム（名称：モニタ通信装置の利活用・標準化検討コンソーシアム）の設立承認を得た。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】PLC、太陽光発電、故障検知、スマートグリッド

【テーマ題目2】ソフトウェア制御による情報システムの省エネ化

【研究代表者】伊藤 智

【研究担当者】伊藤 智、関口 智嗣、田中 良夫、
工藤 知宏、小島 功、中田 秀基、
竹房 あつ子、広瀬 崇宏、高野 了成、
谷村 勇輔、小川 宏高、小林 克志、
児玉 祐悦（常勤職員13名）

【研究内容】

情報処理システムで用いられる計算機、ストレージ、ネットワークなどの資源について、その時々々の需要や環境に応じてよりエネルギー消費の小さな資源を使うなど資源の選択や利用法を最適化することにより、利用者の利便性を損うことなく省エネを実現するミドルウェア技術を開発する。エネルギー指標に基づく資源の選択を実現し、物理資源の利用効率を向上させることにより消費電力を30%削減することを目標とする。平成22年度は、計算機に関する取組みとして、仮想マシンを用いてサーバを集約することでデータセンタにおける消費電力の削減を実現するシステムを構築した。仮想環境を稼働したまま集約するライブマイグレーションの技術として、1秒未満で仮想環境の切替を可能とする高速な手法を、オープンソースである `qemu-kvm` をベースとして開発した。また、計算機の電源 ON/OFF を迅速に行うため、ノート PC で採用されているスリープモードをサーバでも活用し、4台の計算機から構成するテスト環境において省エネ運用可能なことを実証した。さらに、開発したソフトウェアを `qemu-kvm` へマージすることを目指し、コミュニティに受け入れられやすいソフトウェアとするための改良設計を実施した。ストレージとネットワークに関する取組みとしては、高精細ビデオ映像のストリー

ミング配信など、大容量のデータを転送する際の消費電力を削減することを目指して、ネットワーク資源とストレージ資源を統合的に管理する技術を開発した。近年、テキストや画像よりもビデオ映像のように容量の大きいまとまったデータを送るニーズが増えており、従来のパケット網よりも光パス網を用いて送る方が、効率的で消費電力を小さく抑えることが可能となる。そこで、パケット網と光パス網を組み合わせて使用する技術、およびストレージと光パス網の統合資源管理技術を開発した。

「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」の実証実験において、ストレージとネットワークの連携を実現し、光パスとパケット網をアプリケーションの情報に基づき切り替えて使う方式の検証を行った。また、グリッド技術の国際的標準化団体である OGF（Open Grid Forum）の NSI（Network Service Interface）-WG において、資源管理 I/F の標準化を主導した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】データセンタ、省電力、仮想マシンライブマイグレーション、光パスネットワーク、高精細映像配信

【テーマ題目3】生活安全のためのセンサを用いた見守り・異常検出技術

【研究代表者】永見 武司

（知的メディア研究グループ）

【研究担当者】永見 武司、岩田 昌也、植芝 俊夫、
大西 正輝、鍛冶 良作、喜多 泰代、
車谷 浩一、児島 宏明、小林 匠、
坂上 勝彦、坂無 英徳、幸島 明男、
佐宗 晃、佐藤 雄隆、佐土原 健、
高橋 栄一、野田 五十樹、樋口 哲也、
平野 聡、増田 健、三國 一郎、
村川 正宏、山下 倫央、依田 育士、
李 時旭、秋山 英久、浅野 由記子、
池田 剛、石崎 琢弥、石橋 睦美、
宇佐美 敦志、奥村 恒介、久我 幸史、
斉藤 美行、下寄 ゆり、下羅 弘樹、
副田 俊介、高橋 勇佑、伊達 浩一、
野里 博和、福田 卓也、森田 華子、
山本 晃、若山 慎弥

（常勤職員26名、その他20名）

【研究内容】

当課題では、安心安全な社会生活のための技術基盤として、日常生活における活動時や移動時の自動危険検出、および不法侵入等の検出、自動診断支援に関する技術と応用システムを開発することを目標とする。平成22年度には、安全・安心に移動する電動車いすの研究開発において、車載センサに関して赤外光による暗視機能や全周囲音源推定機能を搭載するなど改良を加えた。また環境側に設置したセンサシステムとの連携機能について研究

開発を行った。医療技術支援においては、胃ガンの病理画像診断支援システムの研究開発を高次局所自己相関

(HLAC) 特徴に基づくパターン認識技術を用いて行った。また見守りシステムに不可欠の要素技術である屋内自立型測位システムを完成させた。雑音や信号の欠落があっても測位精度が急激に落ちず、かつ対象の位置変化を連続的に計測可能なシステムを実現した。またこれらの技術に関する実証実験において、環境センサとの連携により軌道検出の精度向上（誤差30センチ以下）および広範囲の障害物の検知機能を実現した。医療機関から実際に提供された胃生検画像データ（正常（学習用）：250、正常（テスト用）：50、ガン（テスト用）：24）を用いた検証実験を行い、ガンの見落としはゼロで、過検出が4%という結果を得た。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】HLAC、電動車いす

【テーマ題目4】高効率な設計とシミュレーションのための高性能計算技術の研究

【研究代表者】田中 良夫

【研究担当者】田中 良夫、関口 智嗣、伊藤 智、池上 努、小川 宏高、川田 正晃、工藤 知宏、小島 功、高野 了成、竹房 あつ子、谷村 勇輔、中田 秀基、中村 章人、広瀬 崇宏、山本 直孝、油井 誠（常勤職員16名）

【研究内容】

当課題では、将来における製品設計のための計算機環境を想定し、数千万CPUコア・時間程度の大規模計算を可能とするため、シミュレーションソフトウェアの開発および実行を支援する環境を開発することを目標とする。平成22年度は要素技術の洗い出しと実現方法の検討として、複数のスーパーコンピュータがネットワークで接続された高性能計算クラウドの利用シナリオを想定し、プログラミングミドルウェア、仮想化技術、オーバーレイスケジューラのそれぞれに対する要求要件を洗い出した。メモリやCPUのリソース量、種々のライブラリ環境など、ソフトウェア支援環境に対する利用者の要請へ柔軟に対応するため、仮想化技術を用いてソフトウェア支援環境を構築することとした。仮想環境を用いることで、柔軟性や利便性は向上するものの、性能面での低下が懸念される。そのため、開発するソフトウェア支援環境の妥当性評価のための実証実験を行った。仮想化が性能に与える影響を評価するために、仮想環境と非仮想環境とで複数のベンチマークプログラムによる性能評価を行った。単一ノードで実行可能なプログラムについては仮想環境と非仮想環境とでアプリケーションの性能差は5%以下と無視できる程度であることが分かった。他方、複数ノードにまたがって動作する並列アプリケーションの場合は、20%程度の性能低下が発生した。ノード間の

データ通信に使用するネットワークを仮想化することによりオーバーヘッドが生じたためであり、これを削減する必要があるという結果を得た。

また、具体的なアプリケーションへの取組みとして、半導体デバイスのシミュレーションに関する取組みを開始した。今後需要が伸びると期待されるパワーデバイスの設計では、三次元で大規模なシミュレーションが必要不可欠であり、数万CPUコア・時間程度の大規模計算となる。上記技術の開発と並行して実応用への展開を進める。平成22年度は、現状のソフトウェアの並列性能を評価し、高速化が必要となる部分を抽出した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】高性能計算、仮想化、TCAD、クラウドコンピューティング

【テーマ題目5】クラウドの適用範囲を広げるミドルウェア技術

【研究代表者】工藤 知宏

（インフラウェア研究グループ）

【研究担当者】工藤 知宏、伊藤 智、小川 宏高、小林 克志、関口 智嗣、高野 了成、竹房 あつ子、田中 良夫、中田 秀基、広瀬 崇宏（常勤職員10名）

【研究内容】

当課題ではクラウド型情報インフラをより広い用途、特にデータインテンシブなアプリケーションに適用可能とすることを目指し、個々の利用者に提供される仮想インフラに専有ハードウェアと同等の性能安定性・利便性を持たせ、さらに負荷に応じて再構成可能とする技術を開発する。具体的には、①マルチクラウド統合資源管理として、仮想インフラの性能保証方式、仮想インフラの資源利用状況モニタリング技術、管理組織にまたがる仮想インフラ動的再構成技術を開発する。②高性能MapReduceとして、クラウドにおけるデータインテンシブ処理の基礎フレームワークであるMapReduceの高性能化を図る。③Data Center OSにおいて、データインテンシブ処理で重要となるネットワークやストレージに対する仮想マシンからのアクセスの高速化、に取り組む。

平成22年度は、主にマルチクラウド統合資源管理技術に関して開発を実施した。従来から実施してきたネットワークと計算機の統合資源管理技術の開発成果を基に、利用者の要求により、複数のクラウド（独立の資源マネージャにより管理される複数のデータセンタと複数のネットワーク）を連携させて仮想インフラストラクチャを構成し、そのうえでアプリケーションを実行する技術を開発した。また、仮想インフラのモニタリングを可能にするモニタリングフレームワークを開発した。さらに、ストレージの性能を資源として扱い、利用者の要求する性能を保証するストレージ資源管理システムを開発し、

NTT と協力してネットワーク資源管理と連携させ、「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」において2010年8月に行った光パスネットワークを用いて映像配信を行う実証実験に提供した。

高性能 MapReduce 技術については、まず既存の MapReduce フレームワークの性能評価を行い、これに基づき独自のフレームワークの開発を開始した。MapReduce の実装の代表である Hadoop では Map 処理と Reduce 処理が一体となっており、柔軟なデータ処理が可能な状況とは言いがたい。Map 処理と Reduce 処理を分離し、自由に組み合わせが可能な実装とすべく設計を行った。Data Center OS については、VM から Ethernet と InfiniBand を透過的に扱える I/O 機構について検討を開始した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】クラウド、資源管理、データインテンシブ処理、MapReduce

【テーマ題目6】スケーラブルな知識基盤のためのサービ指向ミドルウェアの研究開発

【研究代表者】小島 功

(サービスウェア研究グループ)

【研究担当者】小島 功、池上 努、岩田 健司、川田 正晃、谷村 勇輔、中村 章人、的野 晃整、山本 直孝、油井 誠、Lynden Steven (常勤職員9名、他1名)

【研究内容】

当課題では、情報の爆発的増大等に対応できる知識基盤ミドルウェアの研究開発を行うとともに、GEO Grid など所内の知的基盤研究と連携・支援して高度なサービスを支援する。また、成果の標準化を目指すことにより実用性の高い研究を進める。目標は、エクサバイト (10の18乗) 級の知識を管理できるミドルウェアを開発することである。開発項目としては、1) 異種の大規模データに対する効果的な検索と解析の機能、2) 大規模で多様なユーザの管理機能、3) メタデータの付与やその管理機能、4) データベースと解析処理の連携技術などを研究開発し、最終的に技術を統合する。バイオや地球観測等、膨大な情報の検索と解析に基づく科学分野を応用として、本ミドルウェアに基づいたサービス(サイエンス・クラウド)の実現も目指す。

平成22年度、1) については、英国 OMII-UK が開発した OGSA-DAI (Open Grid Service Architecture Database Access and Integration) と呼ばれるソフトウェアを基礎として、RDF (Resource Description Framework) を含む異種のデータベースを扱え、かつ分散結合を含む宣言的言語による分散問合せが可能な実用的なシステム (SPARQL/ADERIS) の基本プロトタイプを開発し試験公開した。特に、サイトやネットワークの状況に応じて動的に問合せ処理を変更できる点が特

徴であり、この実現により10サイト程度での分散処理についておおむね実用的な応答時間が得られつつある。また、OMII-UK と国際的に分担・連携して研究開発を行っている点も特徴である。2) として、上記データベースミドルウェアと連携できるユーザ管理システムとして、Tsukuba-GAMA と呼ばれるセキュリティ基盤を開発・公開した。従来のグリッドの堅牢な認証体系を維持しつつパスワード認証や OpenID 認証等既存の認証体系と連携できる特徴があり、グリッド認証に基づくシステムに対して利用者の大幅な拡大に寄与できるものである。これは GEO Grid のユーザ管理に適用して評価、改良することで実用性を達成すると共に、本システムの一部のプログラムは MyProxy と呼ばれる国際的に普及した証明書管理ソフトウェアへの組み入れを実現した。3) 知識管理において重要となるメタデータ基盤については、セマンティック Web の世界で普及している RDF データ形式に注目しており、上記統合ミドルウェアにおいて RDF とその操作言語である SPARQL に対応させている。また、大規模な RDF データの処理について、特に結合など大規模なデータを扱う演算などの効率化を研究開発しており、Hadoop/Pig に対してデータ配置を工夫して効率化、Bloom Filter を用いてアクセスを効率化するなどの研究開発を行い、いずれも性能の向上を得つつある。特に、全文検索に基づいたメタデータの検索システムでは、後述の GEO Grid の衛星カタログ約150万件以上の XML 文書に対して、緯度経度に基づくジオメトリ検索を支援し、検索結果の個数に影響されない応答性能 (結果が1万個で約2.5秒程度) を達成した。4) 知識管理においてはデータベースの検索結果を大規模に解析して新たな知識を得る必要があるが、これについては Google の次世代の並列分散処理である MapReduce と SQL などのデータベース操作を効果的に結び付ける提案を行っており、ハッシュによるデータ分散を改良することと、カラムストアと呼ばれる列指向のデータベースを組み合わせることで性能向上を達成し、平均8倍、最高20倍程度の高性能を実現しつつあり、あわせてこのハッシュによるデータ分散方式の特許申請した。

また地球観測・地理情報サービス (GEO Grid) やバイオなどの科学クラウド応用への技術の提供やサービスの構築を行い、サービスの高度化に貢献した。開発したソフトウェアは国内外の普及にあわせ、OGF や OGC における標準化を目指し、OGF の DAIS-WG において、DB アクセスの仕様をまとめ互換性の検証テストを行い、RDF に関わる仕様もまとめた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】RDF、GEO Grid、SPARQL、分散問合せ処理、メタデータ、カタログサービス、OGF

〔テーマ題目7〕 QOL 向上のための生活支援ロボット技術

〔研究代表者〕 喜多 泰代

(知的メディア研究グループ)

〔研究担当者〕 喜多 泰代、植芝 俊夫、喜多 伸之、
金広 文男 (常勤職員4名)

〔研究内容〕

当課題では、ロボットによる生活支援のための基盤技術として、柔軟物のロボスタかつ安全なハンドリング技術を確立することを目標とする。平成22年度は衣類が大きく折れていることによりその状態の判定が難しくなる問題を取り上げ、1) 観測データの折れの度合いを自動検出し、認識を支援するための追加アクションの必要性を自動判断する手法を開発した、2) 衣類の折れを押し広げるための状況に応じた適切なアクションを自動算出して実行する手法を開発した、3) この成果をまとめIROS2010国際会議や国内学会などで発表を行った。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 ハンドリング技術、生活支援

〔テーマ題目8〕 コンテンツサービス創出・利活用技術

〔研究代表者〕 後藤 真孝 (メディアインタラクション研究グループ)

〔研究担当者〕 後藤 真孝、緒方 淳、栗原 一貴、
佐々木 洋子、高田 哲司、中野 倫靖、
濱崎 雅弘、藤原 弘将、吉井 和佳、
Mauch Matthias、中村 嘉志、
久保田 秀和 (常勤職員9名、他3名)

〔研究内容〕

当課題では、コンテンツを一層身近で手軽に活用、創造できる新サービスを創出するために、ユーザによるコンテンツ利活用を促すインタラクション技術と、コンテンツの生成、加工、認識、理解等を可能にするメディア処理技術を高度化し、融合することを目標とする。平成22年度は、両技術を融合したユーザ貢献増幅型 Web コンテンツ活用技術に関する研究として、1) 音声検索 Web サービス PodCastle を改良して実証実験を行い、ポッドキャストの動画検索を新たに実現、さらにユーザ貢献として音声認識誤りの訂正を収集 (51 万単語) して学習し、認識性能向上を確認した。2) VOISER の実証実験を行い、YouTube に対応した上で、ユーザ貢献の収集も可能にした。3) ユーザ貢献を活用した衛星写真画像等からの形状 Web サービス Geoface の実証実験を開始した。4) CGM (消費者生成メディア) 動画コンテンツに基づく動画生成システムを実現した。

また同様に技術を融合した音楽情報処理、歌声情報処理に関する研究として、1) 事例を与えるだけで自然な歌声が得られる歌声合成システム VocaListener 及び話し声を歌声に変換する歌声合成システム SingBySpeaking を実現した。2) VocaListener は企業へ技術移転およ

び共同研究を行い、テレビ・Web 報道等により高い社会的関心を得た。

さらに分野融合として、知能システム研究部門が開発したロボット「HRP-4C 未夢」に従来にない自然な歌声と表情で歌わせる部門間連携プロジェクトを実施する中で、人の歌唱をお手本にロボットの顔動作を自動生成する技術 VocaWatcher やブレス検出・合成技術を新規開発して、統合デモを実現した。また CEATEC2010 産総研ブースでの出展は国内外で多数報道され、高い評価を得た。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 PodCastle、音声情報検索、歌声情報処理、歌うロボット

〔テーマ題目9〕 地理空間情報の高度利用技術と新サービスの創出

〔研究代表者〕 土田 聡

(地球観測グリッド研究グループ)

〔研究担当者〕 土田 聡、岩田 健司、岩男 弘毅、
小島 功、児玉 信介、関口 智嗣、
竹山 優子、田中 良夫、谷村 勇輔、
中村 章人、中村 良介、松岡 昌志、
的野 晃整、山本 直孝、山本 浩万、
油井 誠、亀井 秋秀、
Ninsawat Sarawut、Lynden Steven、
下羅 弘樹、中村 和樹
(常勤職員16名、他5名)

〔研究内容〕

当課題では、地理空間情報の新サービスを創出するため、多種多様な地理空間データへの統一的方法によるアクセスを可能とする基本サービス群を開発、整備する。さらに応用システムの構築を容易にするための再利用可能なミドルウェアを開発し、提供する。これらにより、災害軽減・危機管理・環境保全・資源探査等に関する応用システムを4件以上構築し、実証実験を実施する。

基本サービス群の開発・整備については、総データサイズ840TB の ASTER データアーカイブをクラスタファイルシステム上に構築し、グリッドセキュリティの導入により適切なアクセス制御のもとに OGC (Open Geospatial Consortium) 標準プロトコルによるデータ配信およびデータ処理のサービス提供を開始した。データアーカイブとデータを処理するシステムを明確に分離してそれぞれサービスとして実装することにより、管理コストの低減とシステムの拡張性を実現した。

基本サービスの高度化として標高データ生成プログラムの高速化を行なった。主要処理であるステレオマッチングプログラムを、CELL プロセッサ、Intel Xeon プロセッサ、GPGPU (NVIDIA Tesla C1060) の3つのマルチコアシステム上に実装し、最適化することで高速化し、評価を行なった。その結果、オリジナル版では

429.25秒であった実行時間が、CELL 上では11.93秒、Intel Xeon 上では13.02秒、NVIDIA Tesla 上では7.91秒に高速化され、前後処理を含めて従来10数分かかっていた標高データ生成を1分以内で実現するめどが立った。

応用システムの構築としては、次の3件を実施した。地震動マップ即時推定システム (QuiQuake) の開発においては、QuiQuake の基盤データのひとつである地盤データ (地形・地盤分類250m メッシュマップ) を構築した。また、地震観測記録アーカイブに基づく計算プログラム (QuakeMap) を GEO Grid クラスタに実装し、OGC プロトコルによる配信システムを構築し、一般に公開した。地震計の即時公開データに基づく計算プログラム (QuickMap) を作成した。

衛星データを用いた地殻変動モニタリングシステムの開発においては、PALSAR データを用いた地殻変動解析システムを開発した。基本サービス群を活用して PALSAR の全データを使った地殻変動解析が可能になり、これまで見つからなかった火山活動の発見に成功した。

衛星画像・現地観測統合システム SFI の開発においては、衛星データと現地観測データを処理するサービスを構築し、そのサービスを利用して衛星データと現地観測データの時系列変動もしくは相関を可視化するアプリケーションを開発した。このアプリケーションは衛星データの品質識別を容易にする。さらに、その結果を用いる新たなサービスを構築・利用する事により、新たな相関を衛星データに適用して補正された衛星データの取得が可能となる。SFI のフレームワークにおいて、OGC プロトコルを用いてデータ提供やサービスを実装する事により、これらのデータ取得やサービスを連携させるアプリケーションを容易に構築できることを確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】地理空間情報、OGC、ASTER、PALSAR、QuiQuake、SFI

【テーマ題目10】情報システムの高信頼・高安全・高可用化技術

【研究代表者】戸村 哲

(ミドルウェア基礎研究グループ)

【研究担当者】戸村 哲、秋葉 澄孝、磯部 祥尚、小方 一郎、佐藤 豊、高橋 直人、竹内 泉、田中 哲、錦見 美貴子、半田 剣一 (常勤職員10名)

【研究内容】

当課題では、現在稼働中あるいは今後開発されるソフトウェアの品質を高めることを目的としている。高品質なソフトウェアは、現代社会を支える情報システムの高信頼・高安全・高可用化技術にとって必須のものである。高品質なソフトウェアを安定的に供給するためには、エンジニアの職人的能力に期待するのではなく、ソフトウ

ェアを工学的に開発する手法が必要である。

一方、社会で利用されている情報システムは、航空機や医療システムなどの少数のミッション・クリティカルなもの、多数のミッション・クリティカルでないものに大きく分けることができる。開発の大部分を占める後者は、開発者数25名以下の小規模組織 (VSE; Very Small Entity) によって開発が行われている。さらに、小規模組織でも容易に導入・利用できるように、オープンなシステムであることが望ましい。

したがって、当課題の対象は、小規模組織向けのオープンなシステムとする。そして小規模組織が国際的にも活動ができるように、国際的に通用している国際標準に基づいたシステムとする。

開発するソフトウェア・エンジニアリング・ツールチェーンの妥当性を評価し、その普及実績を確認するために、日本の大学院修士課程で近年重視され導入が進められているプロジェクト・ベースド・ラーニング・システム開発演習を初期のターゲット・ユーザとする。

プロジェクト・ベースド・ラーニング (PBL; Project Based Learning) システム開発演習とは、学生数名がチームを編成し、実際に外部の発注者からソフトウェア開発を受託し、ソフトウェア・エンジニアリングに基づいて開発し、納品する演習である。

第3期中期計画の初年度である今年度は、ソフトウェア・エンジニアリングの状況について調査を行った。この調査は、国際規格である標準基礎知識体系 SWEBOK (ISO/IEC TR 19759:2005 Software Engineering -- Guide to the Software Engineering Body of Knowledge - SWEBOK) を出発点とすることにより、国際的に定着し通用しているエンジニアリング手法について知ろうというものである。

具体的には SWEBOK の各知識領域 (ソフトウェア要求、ソフトウェア設計、ソフトウェア構築、ソフトウェアテスト、ソフトウェア保守、ソフトウェア構成管理、ソフトウェア・エンジニアリング・マネジメント、ソフトウェア・エンジニアリング・プロセス、ソフトウェア品質) ごとに担当者を割り当て、SWEBOK に記載されている手法に加え、各知識領域で使用されているオープンな個別ツールなどの調査ならびに今後開発を計画しているソフトウェアエンジニアリングツールチェーンで必須となる機能要件についての洗い出しを行った。

さらに、これらの調査の結果を取りまとめた説明資料を各知識領域ごとに講義資料の形式で作成し、内部レビューを行った。この講義資料は一つの知識領域あたりおおよそ2時間で説明できるように構成されている。

この資料は、今後追加予定のソフトウェア要求、ソフトウェア保守、ソフトウェア構成管理の各知識領域を除き、Web 上に公開している。

すでに公開されている資料についても、今後とも追加、改定を行い、開発予定のソフトウェア・エンジニアリン

グ・ツールチェーンの付属文書とする予定である。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 ツールチェーン、ソフトウェア・エンジニアリング、ソフトウェア・ライフサイクル・プロセス

【テーマ題目11】 衛星画像情報の整備と地質情報の統合データベース

【研究代表者】 土田 聡

(地球観測グリッド研究グループ)

【研究担当者】 土田 聡、岩男 弘毅、小島 功、
児玉 信介、関口 智嗣、竹山 優子、
田中 良夫、中村 良介、松岡 昌志、
山本 直孝、山本 浩万、亀井 秋秀、
中村 和樹、Ninsawat Sarawut、
石綿 かおり (常勤職員11名、他4名)

【研究内容】

当課題では、地球観測衛星からの画像情報を活用した科学的知見創出およびその社会貢献を目指し、その知的基盤の構築・整備を行うことを目標とする。具体的には、経済産業省開発の地球観測衛星 ASTER、PALSAR、および時期センサ (HISUI 等) のアーカイブを整備し、その各アーカイブ・各利用サービスにおいて必要とされるストレージ・処理速度・セキュリティレベル・低コスト化を満たすサービスプラットフォームを継続的に構築・整備する。また、これらアーカイブの品質保証のため、ASTER および PALSAR については校正・検証技術の高度化・高精度化およびその研究開発を継続的に行い、また、次期 (HISUI 等) センサについては、新たに必要となる校正・検証技術の研究開発を行う。さらに、これらアーカイブから各種利用に役立つベースマップ (世界最高品質の全球天然色マップ・都市マップ・道路マップ・地質指標マップ等) を作成・整備し、その地上での検証調査も進め、また、これらマップを含めた各種地理空間情報管理のためのツール・システムをプラットフォームでの標準技術に基づいて整備する。

衛星画像情報のサービスプラットフォームの構築・整備において、これまで、一つのセンサ (具体的には ASTER) の全てのデータを、世界初、ハードディスクベースの高速データストレージにアーカイブ、衛星画像情報の先駆的なシステムとして国内外から大きな注目を集めた。このアーカイブをベースにしたスケーラブルなアプリケーションサービス、たとえば、全量データを対象とした全球モザイク処理や災害監視等の特徴抽出などの大規模な解析を実施できる能力を示し、国土の環境保全、エネルギー・資源の安定確保、地震及び火山活動等による自然災害の軽減に貢献しつつある。平成22年度には、産総研と資源・環境観測解析センター (ERSDAC) との間でのデータ相互利用を可能にするデータ共有サービスを開発、これを利用したアプリケー

ションサービスを構築した。また、利用技術研究の対象として使用頻度の高い東南アジア域の PALSAR データについては、産総研側システムにも転送、現在までに34テラバイトのデータをアーカイブ、この領域における要求については短時間にて処理・提供できるようになった。

衛星画像情報の品質保証にかかる技術開発・整備としては、おもに ASTER および PALSAR を対象に、その校正・検証および補正処理の研究開発を進め、その品質の維持および高精度化を図った。ASTER については、放射量補正のための代替校正を実施、機上校正の結果と合わせて総合的に解析、そのセンサの経年劣化傾向を把握した。その上で、各種補正・算出アルゴリズムの検証・改良を実施、特に、大気補正については、より高度・高精度化した大気補正アルゴリズムを導入した。また、ASTER の幾何補正の高度・高精度化としては、後方視バンドのオルソ化補正の整備を行った。PALSAR については、45度回転型2面コーナリフレクタを用いたクロス偏波の校正観測を実施し、世界で初めての FBD (高分解能二編波モード) の絶対校正を行い、校正済みプロダクトとして配布システムに実装した。

衛星画像情報からのベースマップの作成・整備は、世界最高品質の全球天然色マップ作成のための ASTAR 可視天然色画像生成に関する研究開発を実施、さらに、この天然色画像からの全球人間居住地マッピングおよび全球道路情報抽出に関する基礎的研究を行った。また、鉱物資源マップ作成のための鉱物資源指標化にかかる研究開発を行い、これら情報をサービスプラットフォーム上で管理するためのツール・システムの開発も行った。さらに、ASTAR および PALSAR を用いての地震津波による被災地抽出にかかる技術等の実用性の高い利用技術にかかる研究開発も行った。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 衛星画像情報、ASTER、PALSAR、HISUI

⑫【社会知能技術研究ラボ】

(Social Intelligence Technology Research Laboratory)

(存続期間：2010. 2. 1～)

研究ラボ長：橋田 浩一

所在地：臨海副都心センター

人 員：5名(5名)

経 費：175,168 千円 (46,173千円)

概 要：

本研究ラボのミッションは、公共的価値の創造に資する技術と知見を創出することによって国民の幸福の増進に貢献することである。公共的価値の創造とは、

特定(の種類)の事業者の利益ではなく社会全体における富の水準の向上である。それには、個人やコミュニティや組織などあらゆるステークホルダーが価値の評価基準や関連する情報を共有して制度(規則や慣習や文化や設備)の設計や運用に参画し協調して仮説検証を続ける必要がある。

このように社会と融合した仮説検証による知識創造をソーシャル e サイエンス (social e-science) と呼ぶ。e サイエンスとは知識やデータや人材や装置などの研究資源を情報ネットワークで共有して協働することによる科学研究のことだが、これまでに e サイエンスが対象としてきた研究分野は日常の生活や業務との関係が希薄であった。ソーシャル e サイエンスとは、研究資源を一般社会と共有し社会全体と融合した e サイエンスである。つまり、社会科学に関する e サイエンスではなく e サイエンスの社会化であり、制度設計など社会科学に関連するテーマだけでなく疫学や気象学や生態学にも及ぶ。それによって科学的根拠に基づく社会 (evidence-based society; 科学的根拠を最大限に意思決定に活用する社会) を構築し、公共的価値を高める科学的な知識創造を社会全体で推進することが、複雑化し多様化する諸問題に対処し、社会の持続可能な発展を担保するために必須と考える。

ソーシャル e サイエンスを実践するには、市民や組織が自らデータを取得・作成・蓄積・管理し、それを社会的に共有し再利用する仕組みを整備する必要がある。これにより、製品やサービスを適正な評価に基づいて選択できるように利用者を支援するなどの、公共的なサービスの実現を目指す。ソーシャル e サイエンスを推進する上での主たる課題は下記の2点と考えられる。

●データを明確に構造化して統合することにより検索・分析する。

高い精度でプライバシーを保護しつつ情報を検索・分析するには、それに適したデータの標準的な形式が必要である。標準的な形式への正規化(センサデータのキャリブレーション等も含む)によって多様なデータを統合する必要があるが、それにはもとのデータが明確に構造化されていなければならない。そのような構造化は、一次利用と二次利用等を含む情報のライフサイクル全体の価値を最大化するようになされるべきである。

●社会の全成員が日常的にデータを作成・蓄積・活用・共有する。

日常の生活や業務の一環として仮説検証サイクルを回すには、そのための情報をあらゆる個人や組織が生成し活用することが望ましい。特に、バンダーロックインを防いで市場の公共的価値を高めるには、サービスの利用者の自律性を高めてサービスを自由に選択できるようにする必要がある。また、多くの個人から個

人データを収集したりセキュアに管理したり第三者に開示したり二次利用したりするのはコストがかかる上に個人情報保護上の懸念も大きい。したがって、大量の個人データを社会的に共有し再利用するためにも、個人が本人のデータを蓄積・管理し、自らの判断でそれを(匿名化して)開示する環境を整備すべきである。

これらの要請を満たす広義の制度を設計・実現・運用・改良するための方法と情報通信ツール群とのパッケージである**社会知能フレームワーク**を開発する。前者の方法は、社会的相互作用をモデリングするための理論や、制度を導入・改良するためのプロジェクト管理の手法等からなる。後者のツール群は**センシング基盤**、**コミュニティ基盤**、**データ運用基盤**からなる**社会知能基盤**である。センシング基盤は、各種のセンサ情報を取得し、それを先進的なアルゴリズムで解析することにより、高度な情報サービス提供を支える。コミュニティ基盤とは、人間同士の協働を支援する技術群である。これらはそれぞれ、狭義の情報技術だけでなく、人間同士の協働に関する規程やガイドラインからなる。データ運用基盤は、センシング基盤およびコミュニティ基盤において生成されるデータを収集して蓄積・管理・分析するための諸技術からなる。

Cyber Physical System や Smarter Planet や Big Data など、大量のデータを社会的に集約し分析することによって活用しようという試みが情報技術の大きな潮流をなしつつある。ソーシャル e サイエンスはその流れの中に位置付けることもできるが、データの流通と共有に関する明確な戦略を特徴とする。従来の Cyber Physical System 等においては、多様な形式のデータを正規化する(センサデータのキャリブレーションやデータ形式の統一を行なう)ための実際的な技術や、個人データを社会的に集約するための広義の制度については体系的に論じられていなかったが、当ラポでは、上記のデータ運用基盤の一環として、**集合的標準化**や**個人生活録(PLR)**の技術を開発することによってこれらの課題にアプローチする。集合的標準化は、多種の個別的データと標準形のデータの間での変換法を社会的に共有・共創する方法であり、個人生活録は個人が本人のデータを取得・蓄積・管理しサービス提供者に開示することによって社会的に共有・再利用するためのツールである。これらによってデータの可搬性を担保し、サービスや商品の自由な選択を可能にするとともに、サービス提供のコストを低減し、またサービスの価値を向上させるという意味で、市場の参入障壁を低下させ社会的価値の増大を図る。

内部資金：

外部資金：

総務省 平成22年度戦略的情報通信研究開発推進制度
「ハニーポットとバイナリコード解析の連携によるネッ

トワーク攻撃の自動防御技術に関する研究」

文部科学省 平成22年度科学研究費補助金 基盤研究
(B)「実践の物語化による病院看護サービスの熟達を支えるオントロジー駆動分析エンジン」

文部科学省 平成22年度科学研究費補助金 基盤研究
(C)「形式的検証とウェブオントロジーの融合による大規模情報システム設計支援」

文部科学省 平成22年度科学研究費補助金 特定領域研究「書き言葉コーパスの自動アノテーションの研究」

発表：誌上発表19件、口頭発表43件、その他4件

【テーマ題目1】公共的なサービスの研究

【研究代表者】橋田 浩一

【研究担当者】橋田 浩一、森 彰、和泉 憲明、
Peter Geczy、江渡 浩一郎、
橋本 政朋、泉田 大宗、澤井 雅彦、
高岡 大介、橋本 泰一、村崎 大輔
(常勤職員5名、他6名)

【研究内容】

最近の経営学やマーケティング科学においてもしばしば論じられているように、今後、民間企業を含む組織の持続可能性を担保するためには、その組織が社会の中の他のステークホルダと共有する価値を創造するという意味において公共的価値の増大に貢献する必要がある。そこで当ラボでは、個人やコミュニティや組織などあらゆるステークホルダが価値の評価規準や関連する情報を共有して制度（規則や慣習や文化や設備）の設計や運用に参画し協調して仮説検証を続けるための技術と方法論を開発する。このように社会と融合した仮説検証による知識創造をソーシャル e サイエンス (social e-science) と呼ぶ。ソーシャル e サイエンスを実践するには、市民や組織が自らデータを取得・作成・蓄積・管理し、それを社会的に共有し再利用する仕組みを整備する必要がある。これにより、製品やサービスを適正な評価に基づいて選択できるように利用者を支援するなどの、公共的なサービスの実現を目指す。

Cyber Physical System や Smarter Planet や Big Data など、大量のデータを社会的に集約し分析することによって活用しようという試みが情報技術の大きな潮流をなしつつある。ソーシャル e サイエンスはその流れの中に位置付けることもできるが、データの流通と共有および市民の参画に関する明確な戦略を特徴とする。当ラボでは、**集合的標準化**、**個人生活録 (PLR)**、**議論支援**などの技術を開発することによってこれらの課題にアプローチする。集合的標準化は、多種の個別的データと標準形のデータの間での変換法を社会的に共有・共創す

る方法であり、個人生活録は個人が本人のデータを取得・蓄積・管理しサービス提供者に開示することによって社会的に共有・再利用するためのツールである。議論支援は、立論の構造を明示し共有することにより、市民が議論による仮説検証に参画することを容易にする技術である。

平成22年度においては、集合的標準化の初期の実装を行ない、データソースの異なる複数のバイタルデータの集まりを簡単なスクリプトによって統合して検索することを可能にした。個人生活録に関しては、利用者の位置や運動のデータを蓄積・管理する機能を実装し、日常生活において本人の明示的な操作なしで有用なデータを取得しセキュアに管理できる見通しを得た。介護見守りサービスへの応用可能性について検討した。議論支援については、Twitter のツイートを取り込んで議論のネットワーク構造を明示的に作成・編集できるグループウェア Twiscussion を開発し、より一般的な議論支援技術の開発に関する方針を策定した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ソーシャル e サイエンス、集合的標準化、個人生活録、議論支援

⑬【強相関電子科学技術研究コア】

(Research Core for Correlated Electrons)

(存続期間：2008. 4. 1～)

研究コア代表：赤穂 博司

所在地：つくば中央第4、つくば中央第2

概要：

本研究コアのミッションは、産総研にて開発された強相関電子科学技術を継承・発展させ、第1種基礎研究から応用研究までの総合的な研究を行うことにより、次世代のナノエレクトロニクスに資することを目指すことにある。また、強相関電子科学技術フォーラムにおいては、機関間共同研究の中心的な役割を果たすとともに、フォーラムの運営にあたる。研究コアメンバーは、本年度においては、エレクトロニクス研究部門、光技術研究部門、ナノ電子デバイス研究センターならびに計算科学研究部門から構成され（常勤職員19名、契約職員12名）、分野横断的に跨った体制となっている。

本研究コアでは、強相関電子材料を次世代の統合的な電子技術のひとつの新しい核とすることを目標に、先端的な物性物理科学研究とその産業化を一体化させた強相関エレクトロニクスの研究開発を推進する。具体的には以下の研究課題を設定し、研究開発を進める。

- ・強相関不揮発性メモリ：二元系遷移金属酸化物を用いた抵抗変化型不揮発性メモリ (ReRAM) や不揮発性ロジックを主なターゲットとして、企業と共同

で材料最適化、高集積化技術の開発、及び製品化のためのプロセスインテグレーションを一貫して行い、その産業化を推進する。

- ・強相関界面機能：遷移金属酸化物薄膜のエピタキシャル接合界面におけるスピン・電荷交差相関現象を利用し、電界スピン制御、磁気分極制御など、電子・磁気機能を融合させた革新的な酸化物エレクトロニクス素子・スピントロニクス素子を開発する。
- ・強相関フォトエレクトロニクス：高性能有機半導体材料の開発、分子間電荷移動を用いた界面高機能化とその評価技術の開発、及び有機エレクトロニクスをシリコンエレクトロニクスに融合させるための新規プロセス技術の開発を行い、高度有機エレクトロニクスを実現するための基盤技術を開拓する。
- ・強相関物性制御：光・磁気・伝導機能融合型の新規遷移金属酸化物バルク材料の開発と電子機能の開発、及び各電子機能の組成・格子パラメータによる最適化を行うとともに、各課題にフィードバックする。さらに、これら多彩な電子機能を発現する強相関電子材料によるデバイス開発を加速するため、これに不可欠となる①ナノスケール磁気評価技術、②超精密構造解析技術、③格子パラメータ制御技術等の最先端計測解析技術を開発・拡充する。

本年度においては、下記のような成果が得られた。

- ・電気二重層トランジスタ構造を用いて、電界により強相関酸化物 NdNiO_3 の金属-絶縁体転移温度を制御することに成功し、モットトランジスタの開発に必要な要素技術の一つを確立した。
- ・有機物に高性能な室温強誘電性を付与するため、プロトン授受とパイ結合の切替を用いた効果的な分子設計法を提案し、これをもとに、高い自発分極と低い抗電場を示す数種類の新しい室温強誘電体を見出すことに成功した。
- ・鉄系超伝導体について、第一原理計算により、この材料の電子物性の重要な決定要因であるフェルミ準位近傍の電子状態が、鉄とヒ素の結合角に敏感であることを明らかにした。
- ・スピン偏極 SEM について、中性ビームによる試料表面清浄化の条件最適化を行うことにより、サブミクロンサイズに微細加工されたスピントロニクス材料の直接観察に成功し、スピン方向の可視化分析によって、サブミクロン領域で安定化されるスピン分布状態を解明した。

その他、研究コアの活動としては、外部講師を招いた研究討論会として強相関コアセミナーを5回開催するとともに、コア内部の研究討論会である強相関コアミーティングを17回主催し、強相関エレクトロニクスに係わる研究テーマについて議論を深めた。

4) ナノテクノロジー・材料・製造分野
(Nanotechnology, Materials and Manufacturing)

①【研究統括・副研究統括・研究企画室】

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

研究統括：一村 信吾

副研究統括：清水 敏美

概 要：

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

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

ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室
(Research Planning Office of Nanotechnology,
Materials and Manufacturing)

所在地：つくば中央第2

人 員：3名 (2名)

概 要：

ナノテクノロジー・材料・製造研究分野における研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関する業務、研究分野間の連携の推進、プロジェクトの企画及び立案並びに総合調整に関する業務、経済産業省その他関係団体等との調整に関する業務、研究統括及び副研究統括が行う業務の支援に関する業務などを行っている。

機構図 (2011/3/31現在)

[ナノテクノロジー・材料・製造研究分野研究企画室]

研究企画室長 松原 一郎 他

業務報告データ

- ・平成23年度分野重点化課題の選定と予算案の策定
- ・nano tech2011への出展の取り纏め
- ・国プロの立案に向けた総合調整
- ・第3期研究戦略の平成23年度版への改訂
- ・技術研究組合との各種調整

②【ナノチューブ応用研究センター】

(Nanotube Research Center)

(存続期間：2008. 4. 1～)

研究センター長：飯島 澄男

副研究センター長：湯村 守雄

副研究センター長：清水 敏美

所在地：つくば市東1-1-1 つくば中央第5

人 員：26名 (26名)

経 費：640,894千円 (388,113千円)

概 要：

本研究センターでは、新産業創生で期待されるナノ構造体の代表であるナノチューブ構造体に着目し、これまで産総研において開発してきたカーボンナノチューブと有機ナノチューブを主軸とし、高機能性を付加しそれらの用途開発を進め、我が国の新たな産業育成に貢献する。また、ナノチューブ材料の国際標準化にも貢献する。さらに、ナノチューブ材料を含むナノ構造体の最高性能計測・分析技術の開発を独自に発展させ、世界をリードするナノチューブ材料の総合研究センターへの発展を目指すものである。

これまでの成果をもとに、企業と連携し実用化・産業化を進める。また、カーボンナノチューブと有機ナノチューブの融合を図り、新物質の開発を目指す。すなわち、カーボンナノチューブの実用化・産業化・標準化、有機ナノチューブの実用化・産業化・標準化、ナノチューブ複合材料の創製・実用化、世界最高性能計測・分析技術、ナノチューブ物質の実用化・産業化の研究開発を推進する。

具体的には、以下の研究開発を実施する。

- 1) ナノチューブ材料の実用化・産業化
ナノチューブ大量合成技術のさらなる高度化をベースとして、カーボンナノチューブでは電子材料、高強度構造材料等に向けた用途開発を有機ナノチューブでは薬剤包接材料等に向けた用途開発を進める。
- 2) ナノチューブ複合材料の創製・実用化
カーボンナノチューブ、有機ナノチューブ、両材料の接点として、ナノチューブの化学加工や複合化をもとに、バイオ応用等を目指した高機能性ナノチューブの開発を進める。
- 3) 世界最高性能計測・分析技術の確立
超高性能電子顕微鏡や光学的評価技術をベースとしたナノチューブ材料の計測・分析技術を確立する。
- 4) グラフェン系ナノ材料の開発
ポストシリコンの有望な新素材グラフェンを用いたデバイスを実現するために、MW プラズマ CVD 法による高品質のグラフェンの大量合成法を確立する。
- 5) ナノチューブ材料の標準化・リスク評価
本研究センターの高純度・高品質ナノチューブおよび高性能計測・分析技術を用いて、ナノ物質の国際標準化におけるイニシアティブを発揮する。また、

リスク評価においては産総研内外と連携して取り組む。

外部資金：

経済産業省「平成22年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 凝集状態評価」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「ナノテクノロジープログラム/カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「短尺カーボンナノチューブの創製と CNT トランジスタへの展開」

独立行政法人科学技術振興機構「低加速高感度電子顕微鏡の開発とソフトマターの分子・原子レベル観察実験への応用」

独立行政法人科学技術振興機構「カーボンナノ材料の欠陥構造研究」

独立行政法人科学技術振興機構「自己組織プロセスにより創製された機能性・複合 CNT 素子による柔軟かいナノ MEMS デバイス」

独立行政法人科学技術振興機構「分子内包によるカーボンナノチューブ機能材料の創製」

独立行政法人科学技術振興機構「ナノ結晶ダイヤモンド薄膜コーティングによる新材料創出」

発表：誌上発表70件、口頭発表189件、その他14件

スーパーグロース CNT チーム

(Super Growth CNT Team)

研究チーム長：畠 賢治

(つくば中央第5)

概要：

画期的なカーボンナノチューブの合成法、スーパーグロース法（水添加化学気相成長法）を開発し、基板から垂直配向した単層カーボンナノチューブを高効率に高純度で成長させることに成功している。

このスーパーグロース法に基づく量産基盤技術開発を行い、大量生産設備の開発を行う。さらに、それらの機能探索を行うとともに、新しい単層 CNT の部材開発を行い、高エネルギー密度キャパシタへの応用、カーボンナノチューブ導電性ゴム、アクチュエーター等と多岐にわたる用途開発へとつなげる。

研究テーマ：テーマ目1

流動気相成長 CNT チーム

(Direct Injection Pyrolytic Synthesis Team)

研究チーム長：斎藤 毅

(つくば中央第4・第5)

概要：

直噴熱分解合成法（DIPS 法）を用いた単層カーボンナノチューブ（SWCNT）の量産的合成技術および直径制御合成技術を高度化し、SWCNT をそれぞれの産業応用に適した構造（直径、長さ、カイラリティ）に合成・分離する技術を確立する。加えて、薄膜化・紡糸といったそれぞれの応用に適した形態に加工する基盤技術を開発し、企業との共同研究を積極的に推進することを通して高機能構造材料やエレクトロニクス、医療等の多方面に及ぶ実用化・産業化のための研究を行う。さらに、ナノチューブの国際標準化が進められている中、産総研の成果である超高純度・高品質ナノチューブを用いて行政ニーズであるナノチューブ関連の国際標準化に寄与し、イニシアティブを確保する。

研究テーマ：テーマ目2

有機ナノチューブチーム

(Organic Nanotube Team)

研究チーム長：浅川 真澄

(つくば中央第5)

概要：

集合様式のプログラムが書き込まれたある分子は水や有機溶媒中で自己集合してナノメートルサイズのチューブをはじめとする種々ナノ構造体を形成する。このボトムアップ型有機ナノ構造形成手法を使うと、これまで半導体産業を支えてきたトップダウン型微細加工技術と比較して、少ないエネルギーで容易に複雑な3次元ナノ構造体を作ることができる。当研究チームでは、有機ナノチューブを代表とするこれらナノ構造体の大量合成・高度化研究開発を行うとともに、幅広い業界、業種の民間企業と共同し、安心・安全なボトムアップ型有機ナノ材料としての DDS 素材（医療）、機能性食品（食品・健康）、機能性肥料（環境・農業）などを目指した用途開発研究を行う。

研究テーマ：テーマ目3

バイオナノチューブチーム

(Bio-nanotube team)

研究チーム長：増田 光俊

(つくば中央第5)

概要：

親水部と疎水部を有する両親媒性分子は、自己集合と呼ばれるシンプルかつ省エネルギーなプロセスによってナノチューブ（有機ナノチューブ）やナノファイ

バーを自発的に形成することができる。本手法で生み出される有機ナノチューブ材料は均質な中空ナノ空間を有し、生体適合性の高い脂質分子から構成されているため、分析や医療、また、ナノバイオ分野での利用が期待されている。当チームでは、これらの有機ナノチューブやナノファイバー、それらからなる複合材料の応用・実用化に必要な基盤技術である形態制御技術やナノ空間の科学、また利用目的に種々の機能性材料で修飾・複合化する技術（テーラーメイド化技術）の確立を目指している。また、同技術を駆使して得られるバイオナノチューブをコア材料としたオープンイノベーションにより用途開発や実用化研究に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目 4

機能性ナノチューブチーム
(Functional Nanotube Team)

研究チーム長：湯田坂 雅子

(つくば中央第5)

概 要：

カーボンナノチューブの化学加工は、未だに基礎的段階が確立されていない。そこで、ナノチューブが持つ官能基の種類と数を制御する方法を見出すとともに、官能基の適切な評価法を探索し、化学修飾カーボンナノチューブを用いて高品質な高分子分散系を作製し、透明電極やフレキシブルトランジスターの製作に役立つようにする。

また、カーボンナノチューブやナノホーンは多目的加工が容易であるという点を活かしてドラッグデリバリー応用を研究する。例えば、カーボンナノチューブ内外に薬剤分子を担持させ、さらに、カーボンナノチューブに標的分子、水溶化分子などを付加することで、より良いドラッグデリバリーシステムの作製を目指す。ドラッグデリバリー以外に、イメージングや臨床検査への応用も検討する。

研究テーマ：テーマ題目 5

カーボン計測評価チーム
(Nano-Scale Characterization Team)

研究チーム長：末永 和知

(つくば中央第5)

概 要：

カーボンナノチューブやフラーレン、グラフェンなどのナノカーボン物質の多様な構造を正確に把握し、そこで生じる特異な物理・化学現象の実験的検証を進めることは、ナノカーボンの科学の探求と画期的な応用法の確立の両面において、極めて重要な課題である。

超高感度電子顕微鏡装置開発を通じ、これまで困難であったナノカーボン材料における原子レベルでの元素同定や構造解析法を実現する。それとともに、これ

ら評価技術を駆使した新たなナノカーボン材料のナノスペース科学の構築とその応用を目指した研究開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目 6

ナノ物質コーティングチーム
(Nano-coating Team)

研究チーム長：長谷川 雅考

(つくば中央第5)

概 要：

グラフェンおよびナノ結晶ダイヤモンド薄膜（ナノダイヤモンド薄膜）を中心としたナノ材料コーティング技術の開発および構造、物性、機能等の評価解析を行うことにより、機械的機能あるいは化学的・電気的機能に優れ、環境に適合するコーティング製品を開発することを目的としている。

気相化学蒸着法（CVD）による高品質なグラフェンの大面積・低温形成技術を開発するとともに、ナノ結晶ダイヤモンド薄膜を利用したシリコン・オン・インシュレータ基板作製技術を開発する。

研究テーマ：テーマ題目 7

高度化ナノチューブチーム
(Advanced Nanotube Team)

研究チーム長：岡崎 俊也

(つくば中央第5)

概 要：

ナノテクノロジーにおけるボトムアップアプローチの最も効率的な手段として、分子を非共有結合性の弱い相互作用によって自己集成的に組織化し、ナノ構造体を合成する手法がある。カーボンナノチューブの内部はそのような分子集合体にとって格好の空間とみなすことができる。このような制限された π ナノ空間に機能性を持ったナノ構造を構築し、エレクトロニクス、フォトニクス、バイオなどへの応用を行う。

また、カーボンナノチューブは代表的ナノ物質としていち早く国際標準化への取り組みが行われている。そこで、分光学的手法によるカーボンナノチューブ評価法の国際標準化を ISO などの国際機関を通じて行う。そして、ナノテクノロジー分野における我が国の優位性の維持、確保に貢献する。

研究テーマ：テーマ題目 8

[テーマ題目 1] ナノテクノロジープログラム/カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト

[研究代表者] 荒川 公平 (日本ゼオン株式会社)

[研究担当者] 飯島 澄男、湯村 守雄、畠 賢治、Futaba Don、山田 健郎、児玉 昌也、吉澤 徳子、佐藤 潤一、何 金萍、

木村 寛恵、ALVAREZ NOE、
江 偉宏、山田 方根
(常勤職員7名、他6名)

〔研究内容〕

本プロジェクトは、従来の活性炭を電極に用いたキャパシタの代わりに、カーボンナノチューブを用いた高性能キャパシタを開発するために、スーパーグロース合成手法を用いてカーボンナノチューブ量産化技術およびキャパシタ製造技術を確立することが目的である。この目標を達成するため、カーボンナノチューブ量産化技術に関する基礎的研究を行い、以下の五つの開発項目を行った。

① 触媒・助触媒・基板の研究

基板長期再利用試験システムを用いて基板の長期寿命試験を実施し、基板の再利用プロセスの開発、基板の変形防止技術の開発に成功した。また、湿潤触媒、湿潤助触媒の改良を行い、基板再利用まで含めたプロセスに最適な安定・均一な塗布技術開発に成功し、A4サイズ基板での均一成長に成功した。

② 大面積化カーボンナノチューブ合成技術の研究

流体シミュレーションを用いてスーパーグロース大面積 CVD 合成装置検討システムのガス供給系を再設計し、A4基板よりさらに大面積の CNT 成長技術を開発する。装置改良により生産量を向上させた。

スーパーグロース法の連続合成に適した、かつ量産機に適した金属材料を用いて、連続合成検討システム(連続炉)の炉壁およびガス供給シャワー等を構成し、金属製連続炉での安定的連続生産を目指した。

③ 長尺化・高効率カーボンナノチューブ合成技術の研究

エチレン以外のカーボンナノチューブを合成できる炭素原料の探索を行った。結果として、品質は異なるものの、どの炭素源を用いても同じ単層 CNT (密度、直径) が合成できることが分かった。また、温度及び炭素導入量の最適化、炭素源としてのブタン利用及び層流ダブルシャワーの組合せにより、収量 $10\text{mg}/\text{cm}^2$ 、比表面積 $800\text{mg}/\text{cm}^2$ を達成した。

④ 構造制御カーボンナノチューブ合成技術の研究

単層 CNT の直径分布を、FT-IR を用い簡便に評価する手法を確立した。また単層 CNT の純度(単位重量当たりの純度)を、窒素吸着等温線からの外部比表面積の解析により、簡便に評価する手法を確立した。

これらの技術を組み合わせて、スーパーグロース単層の想定スペックシートを提案した。

⑤ キャパシタ最適カーボンナノチューブ探索及び合成技術の研究

カーボンナノチューブの直径がキャパシタの性能にどの程度影響するか、具体的には、より細かいカーボンナノチューブの合成技術の研究を行った。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 カーボンナノチューブ、スーパーグロース、カーボンナノチューブ状構造体、キャパシタ

〔テーマ題目2〕 DISP 法による超高品質単層カーボンナノチューブの量産技術と材料加工技術開発およびその応用探索

〔研究代表者〕 斎藤 毅 (流動気相成長 CNT チーム)

〔研究担当者〕 斎藤 毅、大森 滋和、栗原 有紀
ビカウ シュクラ、小林 明美、
大和田 貴子、橋本 裕
(常勤職員1名、他6名)

〔研究内容〕

本研究では単層カーボンナノチューブ (SWCNT) を高効率低コストで大量に製造可能なプロセスである直噴熱分解合成法 (DIPS 法) の開発と、この合成プロセスで得られる超高品質 SWCNT の直径を制御する技術、短尺化あるいは長さ分級等で長さを制御する技術、金属型・半導体型に分離精製する技術、薄膜・インク・線材などに加工するための基盤技術および SWCNT の産業応用探索を行っている。さらに、上記研究技術開発的な課題に加えて、SWCNT のような新材料の実用化のためには材料評価方法に関する戦略的な国際標準化活動も必須の課題であり、産総研ミッションのひとつの柱である標準化事業活動を主導的に進めナノテクノロジー分野における我が国の優位性の維持・拡充に貢献している。平成22年度における進捗を以下に述べる。

・イオンフリーな金属・半導体分離技術の開発

SWCNT を金属型と半導体型に分離する技術は、SWCNT を用いた各種電子デバイス応用の鍵となると考えられ、これまで密度勾配遠心分離技術やゲルカラムクロマトグラフィーなどが知られているが、これらはイオン性の界面活性剤を用いるために、イオンが不純物として電子デバイスの性能に悪影響を与えることが懸念される。

そこで本研究では企業と共同でイオンフリーの SWCNT 金属半導体分離技術を開発し、半導体型の純度を95%以上に高めることに成功した。従来技術であるゲルカラム法では極めて細い直径 (~1nm) の SWCNT しか分離することができず、また遠心法ではスケールアップが困難であるなどの問題点があった。一方、本方法はこれらに関しても従来より優れており、適用可能な直径の上限は1.7nm 程度まで拡張し、スケールアップの容易であることが明らかとなった。

本研究で得られる金属性および半導体性 SWCNT 分散液 (インク) は、省エネルギー且つ低コストで製造することが可能な印刷法による電子デバイス製造技術の創成には欠かすことのできない材料である。今後はこの分離技術を改良して更に高純度化を目指すとともに、高純度半導体型 SWCNT を用いて印刷型トランジスタ開発

等へと研究を展開する予定である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノチューブ、CVD、印刷技術、トランジスタ

【テーマ題目3】 有機ナノチューブの大量合成・高度化 研究開発

【研究代表者】 浅川 真澄（有機ナノチューブチーム）

【研究担当者】 浅川 真澄、青柳 将、小木曾 真樹、
韓 淵圭、向井 理、巽 かおり、
石川 和孝（常勤職員3名、他4名）

【研究内容】

有機ナノチューブ大量合成技術をさらに高度化し、幅広い業界、業種の民間企業と共同し、安心・安全なボトムアップ型有機ナノ材料として DDS 素材（医療）、機能性食品（食品・健康）、機能性肥料（環境・農業）などの実用化とカーボンナノチューブ、有機ナノチューブ両材料の接点として、ナノチューブの化学加工や複合化をもとにバイオ応用等を目指した高機能性ナノチューブの開発を目的とする。

平成22年度は、有機ナノチューブの実用化を実現するために、大量製造方法の高度化と新たな大量製造可能な化合物の探索、高機能性ナノチューブの開発並びに有機ナノチューブを用いたタンパク質をはじめとする種々のゲスト物質の包接および徐放特性評価を実施した。グルコースタイプ有機ナノチューブ、ペプチドタイプ有機ナノチューブ、金属錯体タイプ有機ナノチューブの3種類の大量製造可能な有機ナノチューブを用いて研究を行った。芳香族ボロン酸化化合物が有機溶媒中でグルコースとエステル結合を形成することを利用して、芳香族ボロン酸複合有機ナノチューブの合成を検討した。その結果、ボロン酸芳香族化合物の構造と糖脂質の構造を制御することで、効率的に芳香族ボロン酸複合有機ナノチューブを生成する条件を見出した。芳香族ボロン酸複合有機ナノチューブは、有機溶媒中へ良く分散すること、ナノチューブの太さが細くなること、チューブ内部へ取り込んだ色素への光誘起エネルギー移動が起こること等の特性を有していることが明らかとなった。ペプチドタイプ有機ナノチューブの DDS 素材としての可能性を検討するために薬剤包接と細胞投与に関して検討したところ、抗がん剤であるドキソルビシンを内部に取り込みこと、細胞内部に取り込まれること、酸性条件に迅速に薬剤を放出すること、細胞毒性がリポソームに比較して低いこと等の結果が明らかになった。金属錯体タイプ有機ナノチューブは、内外表面および膜中に存在する金属イオンを利用することで、比表面積の大きな触媒や、DNA やタンパク質などの機能性物質を分離する材料として期待される。21年度は、銅錯体タイプ有機ナノチューブが酸化触媒活性を有することを明らかにした。22年度は、銅をニッケルに変えて同様の検討を行った。その結果、ニ

ッケル錯体タイプ有機ナノチューブ (Ni-ONT) が、工業上重要な各種有機化合物の酸化反応を水中かつ室温で進行させる触媒となることを見出した。この Ni-ONT は、グリシルグリシンと脂肪酸を結合した安価な両親媒性分子とニッケル塩を溶媒中で混合するという簡単な操作で合成でき、全てのニッケルイオンがナノチューブ内外表面に露出しているため、酸化反応の触媒場として極めて優れていると考えられる。

また、Ni-ONT は水中では固体であるため、触媒反応後は、ろ過によって簡単に回収可能であり、さらに再利用も可能であることから、グリーンイノベーションへの貢献が期待される。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 自己集合、有機ナノチューブ、金属錯体、包接・徐放、触媒

【テーマ題目4】 有機ナノチューブ、ナノファイバーの テイルメード化技術の確立

【研究代表者】 増田 光俊

（バイオナノチューブチーム）

【研究担当者】 増田 光俊、南川 博之、亀田 直弘、
丁 武孝、和田 百代
（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

分子の自己集合で得られる有機ナノチューブやナノファイバー、ナノカプセルをコア材料として使い、診断、創薬等での課題解決、革新的手法の提供に貢献し、医療・ナノバイオ分野での応用・実用化を実現することを目的とする。このための基盤となる以下の技術やナノ材料群を創製する。すなわち、利用目的に有機ナノチューブの表面をデザイン・修飾する技術（テイルメード化技術）に加え、薬剤、DNA、タンパク質等との複合化技術（ハイブリッド化技術）や階層的な構造制御技術を確立する。また、これらの技術を駆使して生み出される均一な形態、サイズ、新しい機能を持つバイオナノチューブ群の創成とそのナノ空間特性の解明によって、有機ナノチューブ系材料のナノバイオ分野等への実用化に資することを旨とする。

平成22年度は、光や熱などの刺激に応じて様々なゲスト分子を放出可能な薬剤放出機能をもつ有機ナノチューブ（以降「ナノチューブ」と記載）の開発に成功した。すなわち、光照射により構造が変化するアゾベンゼン基とアミノ酸残基を結合した脂質分子が水中で自己集合し、内径約20nm、外径約36nmの均質なナノチューブを形成することや、本ナノチューブの中空シリンダー状内空間に蛍光性色素などのモデル分子が内包化されることを明らかにした。この分子内包化ナノチューブへの紫外線照射によって約40%の分子を即座に放出することに世界で初めて成功した。これは紫外線照射により集合体中のアゾベンゼン部位の構造変化（トランス→シス異性化）

に伴い、ナノチューブから約30nm 幅のファイバー状構造体に変化するためである。さらに、このファイバー状構造体に可視光を照射すると、らせん状のテープ構造への変化が起こり、残存する分子の多くを放出した。これはファイバーを構成している脂質分子が再び構造変化（シストランス異性化）を起こすためであった。

従来の脂質分子の自己集合によるナノチューブ形成の際、疎水性薬物をあらかじめ添加しておくことで、同薬物が壁内に包埋されたナノチューブを得ることに成功した。包埋された薬物は常温では放出されないが、チューブが溶解する温度まで加熱すると、一気にこれを放出できることがわかった。

以上のような特性は、必要な場所で様々な刺激に応じて薬物を放出可能な機能性薬剤放出カプセルとして極めて有用であり、薬物送達用ナノカプセルとしての実用化が期待できる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ボトムアッププロセス、ナノ材料、ナノチューブ、ナノファイバー、医療用材料、バイオチップ、刺激応答性放出

【テーマ題目5】 ナノホーンのドラッグデリバリー応用

【研究代表者】 湯田坂 雅子

(機能性ナノチューブチーム)

【研究担当者】 湯田坂 雅子、張 民芳、中村 真紀、入江 路子、Mei Yang

(常勤職員2名、他3名)

【研究内容】

ナノホーンのドラッグデリバリー応用のための基礎研究を進めた。ナノホーンの室温酸化法と分散剤開発をさらに発展させた。見出した新分散剤は、細胞毒性が極めて低く、ナノカーボンの分散を著しく促進でき、ナノカーボンのバイオ応用に最適であることがわかった。また、新たにナノホーンのサイズを小さくすることに成功した。小ナノホーンは、修飾により、免疫細胞による捕獲を回避できること及びがん細胞だけに取り込ませることが可能であることを明らかにした。これまでの血中滞留時間の延伸、体外排出といった成果と併せて、ナノホーンのドラッグデリバリーの実用化への可能性が高くなった。毒性に関しては、これまで細胞や動物を用いて低毒性を確認してきた。異常な状況を想定し、大量に摂取した場合の細胞毒性を新たに検討中である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノチューブ、ドラッグデリバリー

【テーマ題目6】 カーボン計測制御技術の開発

【研究代表者】 末永 和知 (カーボン計測評価チーム)

【研究担当者】 末永 和知、佐藤 雄太、劉 崢、越野 雅至、Jin Chuanhong、廣瀬 香里、新見 佳子、小林 春花、

長谷川 琴音、中村 緑

(常勤職員5名、他5名)

【研究内容】

カーボンナノチューブ応用のための要素技術開発として、超高感度電子顕微鏡装置開発を通じ、これまで困難であった新炭素系物質における原子レベルでの元素同定や構造解析法を実現する。それとともに、これら評価技術を駆使した新炭素系物質のナノスペース科学の構築とそれを制御した新機能発現とその応用を目指した研究開発を行う。

また、化学反応の素過程の観察や単分子の構造解析など化学・生物分野への電子顕微鏡解析手法の展開を図る。新しい収差補正技術の確立や試料作製技術などの発展にも貢献する。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 電子顕微鏡、収差補正、欠陥構造、ピーポッド、内包フラーレン、光学測定

【テーマ題目7】 ナノ物質コーティング応用研究開発

【研究代表者】 長谷川 雅考

(ナノ物質コーティングチーム)

【研究担当者】 長谷川 雅考、石原 正統、

山田 貴壽、金 載浩、津川 和夫、

川木 俊輔、古賀 義紀

(常勤職員4名、他3名)

【研究内容】

①高品質・大面積グラフェンの形成技術開発

マイクロ波プラズマ CVD によるグラフェン量産化の基礎技術を確立した。さらに、結晶品質の向上に取り組み、非晶質成分の少ない5層以下のグラフェン膜形成技術を確立した。グラフェンを用いた静電容量型タッチパネルの試作に成功、ITO を代替する透明導電膜としての可能性を示した。また、熱 CVD により10mm 角の単結晶 Cu(111)を基材とする高品質単層グラフェンの合成に成功した。

②ナノダイヤモンドコーティングのシリコン・オン・ダイヤモンド (SOD) 応用

ナノ結晶ダイヤモンド薄膜を利用したシリコン・オン・インシュレータ基板である SOD で、熱伝導率の大幅向上を達成し、SOD のシリコンパワーデバイス用途利用への可能性を開拓した。さらに、SOD を利用したシリコンパワーデバイスの放熱設計を実施した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 グラフェン、ナノ結晶ダイヤモンド薄膜、マイクロ波プラズマ CVD、シリコン・オン・ダイヤモンド、熱伝導特性、摺動特性

【テーマ題目8】 分子複合カーボンナノチューブの開発

【研究代表者】 岡崎 俊也

(高度化ナノチューブチーム)

【研究担当者】岡崎 俊也、丹下 将克、鄭 淳吉、
永徳 丈、飯泉 陽子、高野 玲子、
大西 千尋 (常勤職員2名、他5名)

【研究内容】

超分子システムにおいては、2つかそれ以上の分子が非共有結合性の弱い分子間相互作用によって、自己集合的に組織化する。ホスト分子は、水素結合や π - π 相互作用などの分子間力によってゲスト分子を認識し、機能を持った超分子構造を形成する。フラーレンを内包した SWCNT も、そのような超分子システムの一つとみなすことができることがわかった。つまり、SWCNT-フラーレン間、あるいはフラーレン-フラーレン間の相互作用は弱い分子間力であり、非常に敏感な分子認識能によって、そのような構造形成が自己集合的になされている。これは、SWCNT は低次元分子性結晶合成に対して、理想的なナノ π 空間を提供するということを意味している。そこで、SWCNT をテンプレートとして用いることで、コロネンなどの π 共役平面を持つ芳香族分子からなる1次元ナノ構造を構築することを試みた。

様々な合成条件を検討した結果、内包収率良く、コロネンを SWCNT に内包させることに成功した。コロネンは SWCNT 中でカラム状に自己集合し、均一な分子配列をとっていた。合成された1次元分子配列構造は3次元結晶のそれとは異なっていることがわかった。通常、内包分子の発光は SWCNT との相互作用により消光するが、内包されたコロネンからは蛍光が観測された。これは弱い分子間相互作用によって同構造が形成されていることを反映している。興味深いことに、観測された蛍光スペクトルの形状は、これまでに報告されているコロネン固体のそれとは全く異なっていた。このことは、SWCNT 中に形成された1次元コロネン結晶は、分子(0次元)とも結晶(3次元)とも異なる1次元配列構造特有の電子構造を有していることを示している。また、同物質が蛍光プローブとして有用であることを、貪食細胞を用いた細胞実験により示した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】内包ナノチューブ、自己集合、超分子、
発光、蛍光プローブ

③【集積マイクロシステム研究センター】

(Research Center for Ubiquitous MEMS and Micro Engineering)

(存続期間：2010.4.1～)

研究センター長：前田 龍太郎

副研究センター長：伊藤 寿浩、高橋 正春

所在地：つくば東

人 員：21名 (21名)

経 費：898,398千円 (168,639千円)

概 要：

本ユニットでは情報技術分野に必要とされる、微細加工を利用したマイクロデバイスに関する研究開発およびその分野に関連する人材を養成することをミッションとする。

経済産業省では現在つくばにナノテク拠点(つくばイノベーションアリーナ-Nano)計画を進めている。MEMS 分野はこの中で6つのコア領域のうち、主要な分野と位置付けられている。この拠点化構想において産総研は、精密機械工業と情報産業、装置ベンダー、材料メーカーを融合した業界とのオープンイノベーション拠点形成を目指す。つくば拠点におけるナノエレクトロニクス等半導体、カーボン系の新材料等の研究ユニットとの連携を強化し、我が国の自動車や情報家電、健康医療デバイス等の競争力を強化する。また MEMS 技術の実証の場として、クリーンルームやデータセンターでの省エネ等に生かすことにより、関連産業の競争力を強化する。

産業界と連携して MEMS デバイスの量産技術の開発および集積化 MEMS 試作環境の整備を行う。同時に環境に対して優しくコストの低いグリーンフレキシブル微細加工、および大面積ナノ製造技術を開発し、さらにそれらを使ったユビキタス電子機械システムや、国民の安全安心や先端医療に資するヒューマンインターフェイスシステムの開発を行う。

研究開発は高付加価値技術と低環境負荷技術に大別され、高付加価値技術では、3次元ナノ・マイクロ集積化プロセス技術、高効率製造技術の開発を行う。一方、低環境負荷技術においては、環境負荷性・機能性・生産性におけるライフサイクルのパフォーマンスを総合的・定量的に評価する手法を確立し、それを基に MEMS 製造プロセスの環境負荷の低減等を可能とするローエミッション製造技術の開発を行う。これら高付加価値技術及び低環境負荷技術に加え、製造における安全・信頼性基盤技術及び MEMS ファウンドリサービス・人材育成による産業化促進等の共通基盤技術により、第3期中期計画の達成を図る。

平成20年度に実施された先進製造プロセス研究部門の中間評価では、MEMS 製造技術が組織の強みであると評価された。

平成22年度は、ナノテクノロジー・材料・製造分野の重点課題として位置づけられた下記の2つの重点課題(加速、推進)、1つの萌芽研究を中心として研究を推進する。

第3期加速のための重点化課題

・高集積マスプロダクション技術の開発

光学機能、表面機能、生体適合性などの様々な特性を有するナノ構造を、大面積、高生産性、低環

境負荷で製造するナノ構造形成技術と、それら異種の特性を有したナノ構造体と MEMS や半導体を融合するための集積化製造技術を開発することにより、産業競争力の強化と生産活動における環境負荷の低減に貢献する高集積マスマプロダクション技術を開発する。

第3期推進のための重点化課題

・ユビキタス電子機械システムの開発

バイオ、化学、エネルギーなど異分野のデバイスを融合・集積化した MEMS デバイスを製造するための技術ならびに低消費電力かつ低コストな MEMS コンポーネント製造技術を開発し、安全安心や省エネルギー社会実現に資するユビキタスマイクロシステムを開発する。

萌芽研究育成のための重点化課題

・安全・安心のためのヒューマンインターフェイスシステムの開発

養老施設や保育施設などでフィールド調査を行い、高齢者や幼児の健康等を見守るシステムに必要な要素技術開発およびプロトタイプシステムの試作を行う。

これらを実施する研究拠点は、MEMS 技術の特徴を生かすべく、長期的視点に立った産業界へのインパクトを第一に考え、個人レベルに止まった研究に陥ることなく、研究チーム内、センター内さらには産総研内での連携により組織力を生かした研究活動を展開する。

MEMS プロセスに関する研究ポテンシャルを持つつくばセンター（4研究チーム）、2連携研究体で研究を進めた。平成22年度においては以下の課題に取り組んだ。

- ・高集積・大面積製造技術の開発
- ・ユビキタス電子機械システムの開発
- ・異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト（BEANS 研究組合）
- ・高機能センサネットワークシステムと低環境負荷型プロセスの開発（G デバイス研究組合）
- ・ミニマルファブ試作ラインの開発

外部資金：

- ・分子ナノシステムの創発化学（科研費補助金）

独立行政法人日本学術振興協会 最先端研究開発支援プログラム

- ・「フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発」
- ・「マイクロマシン融合研究開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO 平成22年度受託研究

- ・戦略的国際標準化推進事業／標準化研究開発／MEMS における形状計測法に関する標準化

独立行政法人科学技術振興機構

- ・超高速ナノインプリントリソグラフィ-高スループット-
- ・ネットワーク MEMS デバイスの開発
- ・ULP ユビキタスセンサの開発

発表：誌上発表84件、口頭発表125件、その他8件

ネットワーク MEMS 研究チーム

(Networked MEMS & Man-Machine Science
Research Team)

研究グループ長：伊藤 寿浩

(つくば東)

概要：

センサネットワーク等を駆使して環境のセンシング及びエネルギー消費最適化等を行う技術や、人間の健康管理、安全安心のための自然界・人工物のモニタリング技術を開発するとともに、製造技術そのものの省エネルギー化や環境調和化を図るため、ユビキタス電子機械システムの開発を行っている。

具体的には、化学量センサやエネルギーハーベスタデバイスなど異分野融合デバイスを統合した数 mm 角以内の通信機能付きセンサノードチップを実現するための要素技術・集積化技術の開発を行うとともに、センサノードのプロトタイプデバイスを用いて、上記のセンシング・モニタリングシステムの開発を進めている。また特に、高齢者や幼児の見守りシステムに応用可能なヒューマンインターフェースの調査・開発研究を積極的に進めている。

さらに、これらのデバイス・システムの社会への還元を積極的に推進するため、オープンイノベーション拠点としての TIA（つくばイノベーションアリーナ）-N-MEMS 拠点の立ち上げ・充実化・運用を主導するとともに、この中で大学・企業等との連携を積極的に進めるため、人材育成サービスプログラムおよび MEMS ファウンドリシステムの充実化を図っている。

研究テーマ：テーマ題目 1（安全安心のためのヒューマンインターフェースシステムの開発）、テーマ題目 2（異分野融合大面積 MEMS デバイス）、テーマ題目 3（ネットワーク MEMS に関する研究）

グリーンナノデバイス研究チーム

(Green Nano Device Research Team)

研究チーム長：廣島 洋

(つくば東)

概要：

MEMS 作製においては、通常、光リソグラフィによりマイクロメートル程度のマスクパターンを形成し、後段のプロセスが行われる。ナノインプリントは低コストでグリーンなリソグラフィであり、ナノメートル級のパターン形成が行えるほか、任意の断面形状のパターンを直接形成可能である。このナノインプリント技術を高度化し、MEMS 作製に適用することで MEMS の低コスト化、高性能化への展開を図る。

光ナノインプリントでは大面積のリソグラフィへの展開を考え非真空でもバブル欠陥の発生を防げるペンタフルオロプロパンを利用するプロセスの開発に取り組んでいる。熱ナノインプリントでは新しい試みとして、化学的に安定な低粘度液体を利用しプロセスの低温化や低圧化を図り、その有効性を確認した。低温プロセスが可能な超音波ナノインプリントではパターン形成メカニズムに関する解析を行った。加圧に静電引力を利用するために大面積化への展開が容易な静電引力インプリントではモールドにプラチナを使用することでガラスへのパターン形成に成功した。

モールド作製においては、デュアルダマシン構造や容積均一化のための多段構造を有するモールドを高精度に作製するための2段リソグラフィやグレースケール描画を利用するプロセスの開発に取り組んでいる。

このほか、応用に関しては、神経細胞培養チップの作製や、光ファイバ表面のシームレス加工などを行い、また、発光ダイオードの表面や界面の形状による光取り出し効率の向上をシミュレーションによる解析などを行った。

研究テーマ：テーマ題目2（異分野融合大面積 MEMS デバイス）

大規模インテグレーション研究チーム
(Large Scale Integration Research Team)

研究チーム長：高木 秀樹

(つくば東)

概 要：

高機能で高付加価値なシステムの実現には、MEMS や LSI などの異種デバイスを集積化した集積マイクロデバイスの実現が重要な役割を果たすものと期待されている。一方で、これら集積デバイスの製造プロセスにおいて、集積化およびパッケージング工程はコスト面で大きな比率を占めており、それら工程の高効率化と低コスト化は重要な課題となっている。本研究チームでは、常温での高精度接合技術や、大面積ナノ構造転写技術、三次元微細構造一括作製技術などの開発を進めるとともに、これらプロセスによる異種デバイス集積化プロセスの高効率化・低コスト化についての検討を行った。また、マイクロチャネルやディテクタなど異種要素からなるポイントオブケアマイクロ流体バイオチップなどの開発を進め、集積化プロセ

スの開発と合わせ集積化デバイスの実用化について検討を行った。

研究テーマ：テーマ題目2（異分野融合大面積 MEMS デバイス）

ヘテロ融合研究チーム
(Hetero Convergence Team)

研究チーム長：松本 壮平

(つくば東)

概 要：

従来の MEMS 技術に対し、材料・化学・流体等の異分野における微小スケール効果応用技術を融合することにより、新しい微細加工技術・応用デバイスを実現するための研究開発を推進する。具体的には、微小スケールにおける流体挙動、化学プロセス、構造体の振動、ナノ機能構造等を応用する技術、またプロセス設計・デバイス設計に必要な流体シミュレーション技術を中心に研究開発を実施する。長期的には、これらの融合によりユビキタスマイクロシステムにおける化学・物理センサ機能、エネルギー変換機能等を有するマイクロデバイスの実現を目指す。

研究テーマ：テーマ題目1（安全安心のためのヒューマンインタフェースシステムの開発）、テーマ題目2（異分野融合大面積 MEMS デバイス）

Macro BEANS連携研究体
(Collaborative Research Team of Macro BEANS)

連携研究体長：伊藤 寿浩

(つくば東)

概 要：

Macro BEANS 連携研究体は、「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」(BEANS プロジェクト)(経済産業省・NEDO 委託費)(H20～H24)の主要な研究開発項目の一つである「マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発」を産総研において産学連携の集中研方式で実施するために設置された。

本連携研究体における集中研方式による共同研究には、技術研究組合 BEANS 研究所に出向する4企業の研究者および同研究所契約研究員2名が参加するほか、大学研究者も参加している。

マイクロ・ナノ構造を有する高品位機能膜をメーター級の基板に真空プロセス装置を用いずに形成する製造技術と、基板の大面積化を伴うことなく、メーター級のフレキシブルシートデバイスを実現する、製織技術などを活用した新たな製造技術を創出する事を具体的目標とする。

研究テーマ：テーマ題目2（異分野融合大面積 MEMS デバイス）

〔テーマ題目1〕安全安心のためのヒューマンインタフェースシステムの開発

〔研究代表者〕松本 壮平

(ヘテロ融合研究チーム)

〔研究担当者〕松本 壮平、森川 善富、鈴木 章夫、伊藤 寿浩、小林 健、岡田 浩尚

(常勤職員6名)

〔研究内容〕

保育関連施設等における乳幼児や保育者を対象とするウェアラブルセンサ端末に関する現場ニーズを把握するため、ユーザ密着型ニーズ把握手法に基づくフィールド調査を積極的に進めた。本手法に基づき、子どもたちの輪の中で保育者との信頼感の醸成をはかりつつ、具体的なニーズとして、不審者対策、見守り対策、うつぶせ寝防止対策、病気の事前予測、ストレス軽減の5点を抽出し、センサ試作に向け有効なセンシング手法とセンサ装着方法の検討に反映した。また、フィールド調査を進めていく際の問題点や開発していく上での留意点を4、5点見出した。

熱性けいれんなどに見られるように、子供は体温が高い場合でも表情や行動だけでは分からない場合も多い。体温の常時モニタリングが可能であれば、アラート機能等を用いることにより、保育士の負担が軽減する。子供の体温測定が可能な無線センサ端末を用いたシステムによる本課題解決を目指し、プロトタイプ端末の試作をおこなった。子供に装着させるため、315MHz帯の比較的low周波数を使用することにより、人体の電波の減衰を低減する。体温測定には、接触して測定するダイオード温度センサと非接触の放射温度センサを搭載し、有用性を比較することにした。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕見守りシステム、無線センサ端末、センサネットワーク、健康モニタリング

〔テーマ題目2〕異分野融合大面積MEMSデバイス

〔研究代表者〕伊藤 寿浩

(ネットワークMEMS研究チーム)

〔研究担当者〕伊藤 寿浩、小林 健、岡田 浩尚、銘荊 春隆、石田 敬雄、張 毅、栗原 一真(常勤職員7名)

〔研究内容〕

A0サイズの大面積シート型MEMSセンサデバイスを実現するため、繊維状基材への有機系電子材料の連続微細加工と製織による集積化プロセスの開発や圧電MEMSセンサなどの異種センサデバイス集積化技術の開発など有機エレクトロニクスやMEMSなど異分野を融合し研究を行った。

繊維状基材を用いたデバイスとして、ウェアラブルコンピュータ用の柔らかいキーボードやベッドや床に設置して人の見を守る布状大面積タッチセンサを試作した。

構造としては、ファイバー上に導電性ポリマーPEDOT:PSSと保護膜である紫外線硬化樹脂をダイコーティング法を用いて成膜したファイバーを自動織機により縦糸横糸に織ったものである。開発したダイコーティング法では、膜厚を従来10 μm 程度であったものを数百nm程度の厚みで制御し10m/min程度の速度で成膜できる技術を開発した。また製作した糸を製織時の摩擦や静電気を防止する機能が付加された自動織機を開発し、横幅1.2mで長さ3mの目標とするA0サイズ以上の面積で製織することを実現した。製作した布は、一般的な組み込みマイコンに付属する静電容量計に接続し、タッチセンサとして機能することを確認した。また、PCとUSBで接続しウェアラブルなキーボードのデモンストレーションを行った。

異種デバイスの集積化として、フランスグルノーブル市のCEA-LETIと連携し加速度センサなど圧電MEMSセンサを大面積シートデバイスに搭載する基本プロセスの開発について議論を行った。特に、開発デバイスとして、静電気センサ、低速圧電加速度センサ、デジタル加速度センサの量産試作について検討した。開発に当たってはLSIを産総研にて設計、ファンダリにて試作する。MEMSについては材料(PZTやAlN)データやMEMSプロセス、パッケージングプロセスの情報をLETIより受け取り、それに基づきながら産総研で設計、シミュレーションシマスクレイアウトを行う。デバイス製作後は産総研にてレーザーダイシングし、LSIとチップTOチップボンディングし、両者で評価することになった。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕大面積MEMS、タッチセンサ、圧電MEMS

〔テーマ題目3〕ネットワークMEMSに関する研究

〔研究代表者〕伊藤 寿浩

(ネットワークMEMS研究グループ)

〔研究担当者〕伊藤 寿浩、池原 毅、小林 健、岡田 浩尚、森川 善富、鈴木 章夫、李 東建、村上 直、ZHAO Gang、田中 久美子、小幡 實(常勤職員6名、他5名)

〔研究内容〕

センサネットワーク等を駆使して環境のセンシング及びエネルギー消費最適化等を行う技術として、プロトタイプ小型無線電流センサ端末を用いて小規模店舗用電力モニタリングシステムを構築し、それらを立川地区10店舗に設置して実証実験を実施した。その結果、モニタリングシステムの活用により、同規模のシステム未設置店舗に比べ10%程度の消費電力の削減が可能であることを示すことができた。

人間の健康管理、安全安心のための自然界・人工物の

モニタリング技術として、センサネットワーク等により得られた生体等の複雑な現象のデータを解析し、統計的性質および確率プロセスモデルによる状態の認識、未来予測およびリスク評価を行う手法について研究を行うとともに、容量結合を用いたセンサデバイスについて研究を進め、基礎特性を明らかにした。また、脈波等生体情報の時系列解析に関する研究に関し、デバイスの小型化・軽量化を検討し、準安静時における脈波伝播速度由来の心電図と耳内脈波間の位相差を検出し、デバイスの信頼性を検証することができた。

また、ユビキタス電子機械システムを開発するため、その要素デバイスとして、デジタル MEMS センサ専用のインターフェースを備えた低消費電力イベントドリブン型無線センサ端末用カスタム高周波 IC（高効率300 MHz 帯無線回路、1.55V 小型電池一個で動作）を試作し、それを用いてスタンバイ電力 $1\mu\text{W}$ 以下のプロトタイプ端末を実現した。さらに、動物（鶏）の動きに応じてカスタム LSI をスイッチングする圧電加速度センサを、4インチウエハで量産試作した。作製プロセスを確立したことで、300個程度の圧電加速度センサの試作に成功し、実際にカスタム LSI をスイッチングすることに成功した。

人の健康管理への応用を目指した超高感度においセンサシステムの開発については、振動型センサに濃縮機能を組み込んだ小型の計測システムを構築し、100ppb の揮発性有機分子の検出を実証した。また高感度センサ実現に不可欠なマイクロスケールシリコンの疲労特性に関する研究では、低サイクルから高サイクルの疲労寿命を同一の試料で測定し、疲労機構を議論した。

TIA-NMEMS 関連では、最先端研究開発支援プログラムのサブテーマであるヘテロ集積化量産試作において、自動ゾルゲル成膜装置、8インチウエハレベルの蛍光 X 線分析装置、X 線回折装置、ラマン分光装置を導入し圧電 MEMS の量産試作環境を整備した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 MEMS、センサ、アクチュエータ、ネットワーク、物流、安心安全、健康モニタリング

④【先進製造プロセス研究部門】

(Advanced Manufacturing Research Institute)

(存続期間：2004.4.1～)

研究部門長：村山 宣光

副研究部門長：淡野 正信、市川 直樹、熊谷 俊弥

上席研究員：大司 達樹、明渡 純

主幹研究員：平尾 喜代司

所在地：中部センター、つくば東、つくば中央第5

人員：110名（110名）

経費：1,043,800千円（619,019千円）

概要：

我が国の製造産業は、二酸化炭素排出量の削減、資源制約の緩和、高付加価値製品の開発、製品開発のスピードアップ、エネルギー・環境関連製品の製造力強化、メンテナンス・アフターサービスの強化、少子高齢化の中での技術技能の継承等の課題に直面している。

当研究部門では、これら製造産業の課題解決のため、「最小の資源」「最小のエネルギー」「最小の廃棄物」で「最大限の機能・特性」を発揮する製品を「高効率」で作る製造プロセス技術（ミニマルマニユファクチャリング）に関する研究開発を先導することにより、我が国の製造産業の持続的発展、すなわち、我が国の製造産業の環境との調和と国際競争力の向上、に貢献することをミッションとする。また、中小企業など多数の企業の課題解決や人材を育成するための「ものづくり支援ツール」の開発と普及を行う。

具体的には、以下に示す6つの戦略課題を中核にして研究開発を推進している。

① 高性能セラミック部材と表面加工技術を用いた省エネルギー製造技術の開発

素材、機械等の基幹産業を対象とし、熱利用の高効率化、低摩擦化、長寿命化等を可能とする高性能セラミック部材の製造技術、ならびに素形材への表面機能付与プロセス技術等の加工技術を開発する。

② 多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発

多様なニーズに応え、かつ、部材・デバイス・製品製造に関する省資源・省エネルギーに貢献するため、必要な時に必要な量だけの生産が実効的に可能であり、かつ多品種変量生産に対応できる製造基盤技術を確立する。

③ 資源生産性を考慮したエネルギー部材とモジュールの製造技術の開発

固体酸化物形燃料電池、蓄電池等に使用される高性能材料・部材・モジュールを創製するため、希少資源の使用量を少なくし、従来に比べて小型、軽量で同等以上の性能を実現する高度集積化製造技術や高スループット製造技術を開発する。

④ 無機・有機ナノ材料の適材配置による多機能部材の開発

部材の高付加価値化を進めるため、セラミックス、金属、ポリマー、シリコン等の異種材料の接合・融合化と適材配置により、多機能部材を開発する。

⑤ 製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発

機械やシステムの基本設計に必要とされる候補材料の加工に対する信頼性、機械寿命、リサイクル性を予測するために、実際の運用を想定した評価試験

と計算工学手法を融合したトータルデザイン支援技術を開発する。

⑥ 現場の可視化による付加価値の高い製造技術の開発

高品位な製造を可能にし、またそれを支える高度な技能を継承するため、ものづくり現場の技能を可視化する技術、利便性の高い製造情報の共有技術、高効率・低環境負荷な加工技術を開発する。

先進製造プロセス研究部門の研究拠点は、材料・プロセスに関する研究ポテンシャルを持つ中部センター（8研究グループ）と、機械・加工技術や物質合成・プロセスに関する研究ポテンシャルを持つつくばセンター（13研究グループ）の2カ所にあり、計21研究グループ及び3研究班で研究を進めた。平成22年度においては以下の37課題を重点研究課題とした。

- ・熱可塑性樹脂ベースの CFRP 材料開発
- ・生体模倣型製造プロセスを活用する新規無機-有機コンポーネント開発
- ・マルチセンサによる可燃性ガス混合流の熱量計測システムの開発
- ・マルチスケール接合・融合化のための局所接合技術の開発
- ・構造制御とマイクロ接合による低粉体充填量での放熱性プラスチックの開発
- ・外部場を利用したハイブリッド部材の創製
- ・作業者のスキルを活用した微小作業支援
- ・化学コーティングによる金属含有ナノ粒子製造に関する研究
- ・光 MOD による酸化物薄膜のオンデマンド結晶化技術開発
- ・ペロブスカイト型窒化物の電子構造に関する研究
- ・オンマシンレーザ加工技術の開発
- ・大面積マイクロ・ナノ構造加工&オンマシン計測技術の開発
- ・球面駆動システムへの最先端幾何学の適用
- ・環境対応部材のオンデマンド成形技術の開発
- ・多品種少量生産、リペア技術に関する調査研究
- ・革新セラ部材と複合プロセス場を用いた高効率熱処理プラント開発の基盤研究
- ・熱のカスケディングネットワーク
- ・シリコンのカスケード利用によるセラミックス化プロセス開発
- ・高断熱・高強度セラミック多孔体の開発
- ・多元系窒化物蛍光体の高速合成プロセスの研究開発
- ・省エネを実現する機能性摺動面加工技術の開発
- ・次世代エネルギー部材提供に向けた低環境負荷製造技術及び材料評価技術開発
- ・触媒燃焼型熱発電機の開発
- ・革新的蓄電モジュール材料・製造技術開発（次世代セラミック蓄電
- ・次世代型マイクロ SOFC モジュールの開発
- ・超電導膜のナノ構造制御と集積化による省電力超電導素子モジュール製造技術の開発
- ・圧電部材の三次元構造形成による高機能化
- ・高周波振動を用いるマイクロ振動フィードの開発
- ・大面積・高効率エネルギーデバイス用 AD 装置の開発
- ・日本型ものづくりのための次世代設計支援技術のニーズ把握及び動向調査
- ・微細加工技術マップの検証に関する調査研究
- ・寿命・余寿命評価に基づく再構成概念設計支援手法の研究
- ・製品設計・概念設計支援技術開発のための難加工材の成形加工に関する研究
- ・製造業の情報化および可視化支援技術
- ・ものづくり可視化技術開発
- ・ものづくり加工における現場判断技能の可視化・制御技術の開発
- ・ものづくり支援技術の研究開発

外部資金：

経済産業省 平成22年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業

- ・「ナノ構造電極を活用する発電のための新たな電気化学反応器の開発」

経済産業省 平成19年度戦略的技術開発委託費

- ・「高感度環境センサ部材開発に係るもの」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

- ・「ナノテク・先端部材実用化研究開発／高性能 AD 圧電膜とナノチューブラバーを用いたレーザ TV 用高安定光スキャナーの基盤技術開発」
- ・「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／次世代技術開発／液相マイクロ波プロセスによる次世代大容量活物質の研究開発」
- ・「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／次世代技術開発／高圧合成法による次世代大容量正極材料酸化物の材料設計」
- ・「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／要素技術開発／大容量・低コスト新規酸化物正極材料の研究開発」・故障解析用レーザ IC 開封技術及び開封装置の開発
- ・「ハルミン類縁体またはアセロゲニン類縁体を担持した高齢者対応整形外科医療デバイスの研究開発」
- ・「ナノ結晶による低熱伝導率率を利用したシート状熱発電モジュールの開発」

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B)

- ・「紫外光照射下における蛍光体酸化物薄膜の室温結

晶成長」

- ・「精密温度制御を用いた共晶複合セラミックスの組織制御による高温極限環境用材料の創製」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C)

- ・「光化学修飾法による硫黄官能基化ダイヤモンド粉末の作製及び生体分子固定に関する研究」
- ・「先進磁気センサを用いた複雑形状き裂の非破壊評価・解析システムの構築」
- ・「トライボケミカル反応を利用した自動車排気ガス浄化に役立つ低摩擦・低摩耗材料の開発」
- ・「気泡核生成制御による超音波化学反応の高効率化に関する研究」
- ・「超音波によるマイクロ流路中の微小物体の非接触操作技術の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究

- ・「表面科学的手法を用いた、糸状菌が認識する表面特性に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費

- ・「低原子価チタンを含むバリウムチタン酸化物の合成と結晶構造、物性」
- ・「電気化学成膜法による誘電体ナノキューブの3次元集積に関する研究」

独立行政法人科学技術振興機構

- ・「マイクロトランスファプレス加工システムの開発」
- ・「呼吸中の微量ガスを迅速に定量解析するアレイ型マイクロガスセンサ」

独立行政法人日本学術振興会

- ・「電気化学成膜法による誘電体ナノキューブの3次元集積に関する研究」
- ・「生活環境内のコンフリクト解消に向けた行為シーケンスのバタン・ランゲージの構築」
- ・「微小重力で明らかにされる超流動ヘリウムの特異な膜沸騰の実相と伝熱促進効果の解明」
- ・「循環型製造業の将来像を設計するための持続可能社会シナリオシミュレータの開発」

独立行政法人国際協力機構 筑波国際センター

- ・「平成21年度 JICA 日墨交流計画研修」

国立大学法人福井大学

- ・「クリープ疲労試験に基づく劣化損傷評価技術の開発」

早稲田大学

- ・「自動車車体駆動系&家電用、超大型中空 Al 合金 LPD 鋳物の開発」

財団法人金属系材料研究開発センター

- ・「航空機用等の炭素繊維強化プラスチック(CFRP)の加工技術の開発に関するフィージビリティスタディ」

財団法人中部科学技術センター

- ・「SOFC 型リアクターでの電気化学デバイスのナノ構造制御プロセス開発」
- ・「環境負荷低減セラミックス成形用無機バインダー技術の研究開発」

財団法人岐阜県研究開発財団

- ・「非石膏型によるプレス・鋳込み成形量産システムの開発」

公益財団法人科学技術交流財団「知の拠点」

- ・「低環境負荷型次世代ナノ・マイクロ加工技術の開発プロジェクト」
- ・「超早期診断技術開発プロジェクト」

公益財団法人池谷科学技術振興財団

- ・「金属ナノ粒子固定ダイヤモンドライクカーボン膜の作製に関する研究」

ステレオファブリック技術研究組合

- ・「革新的省エネセラミックス製造技術開発に関する研究」

発表：誌上発表325件、口頭発表645件、その他61件

難加工材成形研究グループ

(Low-Formability-Materials Processing Group)

研究グループ長：松崎 邦男

(つくば東)

概要：

マグネシウムやチタン、ステンレス等の難加工材の成形や難易度の高い形状への成形について、省エネ工程で環境に配慮した成形技術を金型の潤滑システムとともに開発し、部材等への成形技術を開発する。そのために、素材の製造技術とその成形技術を粉体加工と塑性加工を主としたプロセスの高度化、複合化、融合化によって開発する。素材の成形性を改善するための加工熱処理技術の確立、応力条件を制御した温間、熱間鍛造技術の開発、マグネシウム合金板材の冷間プレス成形技術の開発およびスピニング加工の高度化を行うとともに、金型への固体潤滑材のコーティング技術を検討し、ドライ成形用金型の開発を行う。また、粉

末法によりステンレスやチタン合金等の機能性材料の開発と、レーザーによる成形技術を開発する。さらに、マグネシウム切削粉のリサイクル化技術を開発する。これらの技術を統合することでオンデマンド成形の構築を目指す。

研究テーマ：テーマ題目14、テーマ題目15、テーマ題目21、テーマ題目25、テーマ題目30、テーマ題目33

テーラードリキッド集積研究グループ (Tailored Liquid Integration Group)

研究グループ長：加藤 一実

(中部センター)

概要：

21世紀の高度情報化社会・環境調和型社会の持続的発展と高齢化社会における医療福祉技術の高度化のため、グリーン・イノベーションの核となる材料・システムの創成に向けて、無機・有機ナノ材料の適材配置により、ナノレベルで機能発現する材料・多機能部材を開発する。当研究グループでは、溶液化学をベースとした集積プロセス技術の体系化を目指し、溶液内機能発現ユニットの合成技術、溶液反応を経由したナノ～マイクロ領域の構造形成技術、複雑形状基板やフレキシブル有機高分子材料上への精密構造体の集積化技術等に関する研究開発を実施し、産業技術基盤と国際競争力の強化を図る。具体的には、半導体酸化電極の構造制御による高感度環境センサ部材の開発、酸化ナノクリスタルの合成・配列・接合・評価に関する基盤技術の開発、超音波や光などの外部場を利用したハイブリッド部材の開発を実施した。

研究テーマ：テーマ題目6

トライボロジー研究グループ (Tribology Group)

研究グループ長：加納 誠介

(つくば東)

概要：

ナノスケールから大型のシステムまで、トライボロジー全般に係わる横断的かつ基礎・基盤的技術の向上を図ることにより、我が国の産業競争力強化に貢献することを目標としている。そのために、製造装置の効率や製品の付加価値を向上させるため、トライボロジーグループが有するポテンシャルを生かし、それを表面機能構成技術に展開していく。具体的には、「メカニカル機能付加技術」、「ケミカル機能付加技術」、「インタフェース高度化技術」を有機的に連携させることで、「ローエミッションプロセス技術」、「高効率プロセスの開発」を進めていく。その中で、環境面への配慮も含めたシステム性能を向上させることや、表面や潤滑システムに新しい機能を発現させることを

目指す。中・長期的には、マイクロ/ナノトライボロジーを主軸とした研究を進め、トライボロジーを科学的に深化させ、サステナブルトライボロジー技術へと発展させていく。また、最先端の技術情報拠点となるべく研究グループ内の研究者個々の研究ポテンシャルを高めるとともに、産業界の根幹技術であるトライボロジー技術の向上と普及に努める。

研究テーマ：テーマ題目21、テーマ題目33

集積加工研究グループ

(Integration Process Technology Group)

研究グループ長：明渡 純

(つくば東)

概要：

機能材料・ナノ材料を実用的なデバイスに繋げる革新的な低温プロセス技術や集積技術の確立と生産技術としての高度化を目指す。そのため、産総研が発見したセラミックス材料「常温衝撃固化現象」のメカニズム解明や、この現象に基づき独自開発した機能性材料の高速・低温コーティング技術であるエアロゾルデポジション (AD) 法や、同じく独自開発されたレーザー援用インクジェット技術、イオンビームなどを用いた表面改質技術など、先進的コーティングプロセス基盤技術の確立とデバイス試作、及びこれらのプロセス技術を実現するための計測・評価技術、さらに、これらの各要素プロセスを用い、生産システムとして省エネ、省資源に資するオンデマンド性の高いプロセス基盤技術を開発する。

研究テーマ：テーマ題目9、テーマ題目15、テーマ題目25、テーマ題目29

生体機構プロセス研究グループ

(Bio-Integration Processing Group)

研究グループ長：加藤 且也

(中部センター)

概要：

高齢化社会の到来を迎え、医療・バイオ分野における高付加価値製品のフレキシブル製造プロセス技術開発が急務である。当研究グループでは、生物機能を発現させるために必要とされる最小の単位であるバイオユニットの集積により、細胞増殖・分化を活発にさせるなどの生体機能を自立的に誘導する、医療・バイオ分野に利用される材料・部材の革新的な製造技術の確立を目指している。さらにユニット製造における省エネルギー化を目指した「生体模倣型製造プロセス開発」も展開している。具体的には、これまでの方法では作製の困難であった無機-有機ハイブリッドコンポーネントを、生体内で起こっている無機化合物合成法を模倣することにより、省エネルギーかつ高効率な新規な製造プロセスを用いて創製する手法を開発してい

る。また創製された集積体の他分野（触媒担体や吸着材等）の応用も視野に入れている。

研究テーマ：テーマ題目 2

機能薄膜プロセス研究グループ
(Thin Films Processing Group)

研究グループ長：真部 高明

(つくば中央第5)

概 要：

当研究グループは、部門のミッションである製造技術の低コスト化・高効率化・低環境負荷を実現する部材、製造プロセスの開発に関連して、特にエネルギー関連部材・モジュールの開発に貢献するため、超電導材料を中心とした機能性無機薄膜材料の①ナノ構造制御薄膜コーティング技術および②省エネルギー薄膜部材・モジュール集積化技術の開発を主に行う。具体的には①に関して、塗布熱分解法、塗布光照射法及びこれらと基板表面や中間層の制御技術など組み合わせたナノ構造制御コーティング技術の開発とそれに基づく薄膜材料の高特性化、およびプロセスの高速化や省エネルギー化を図る。また②に関して、部門内外及び企業との連携・共同研究を中心として、超電導マイクロ波フィルタ素子や超電導限流器等の省エネルギー素子モジュール・プロトタイプ作製技術への展開を図る。今年度は人材移籍型共同研究制度に基づき企業からの出向研究員を受け入れ、共同研究を遂行した。

研究テーマ：テーマ題目26

表面機能デザイン研究グループ
(Surface Interactive Design Group)

研究グループ長：加納 誠介

(つくば東)

概 要：

部材表面への微細形状付与による摩擦・摩耗の安定化・低減化技術の開発、部材表面への微細形状付与除去加工技術の開発、表面修飾技術の開発をベースとした表面機能創成と応用を中核ミッションとし、持続発展可能な社会の実現に資する「表面機能設計技術」の開発を目指す。本研究グループでは、低摩擦表面創製技術：表面テクスチャを利用した低摩擦表面を作り出すことを目指した、金属等の表面に微細な形状変化（例えば凹凸）や表面エネルギー変化（例えば異種材料の分散）を創生・評価する技術の開発、分子吸着解析・利用技術：表面自由エネルギーをコントロールすることを目指し、界面活性剤や各種潤滑剤・加工剤等による表面修飾により、物理化学的・生物学的な機能を発現させる技術の開発、表面機能設計・改質・利用技術：表面に赤外線や紫外線などの光エネルギー照射などにより、表面近傍の組成や構造を改質し、部材表面に接する分子の吸着性を制御する技術とこれを利用

する技術を開発している。

研究テーマ：テーマ題目21、テーマ題目30、テーマ題目

33

無機複合プラスチック研究グループ
(Inorganic-Based Plastics Group)

研究グループ長：堀田 裕司

(中部センター)

概 要：

高機能化・多機能化が要求される次世代社会基盤部材を支えるため、異種材料の融合・複合化による先進材料の創製、及びその製造プロセス技術の開発を進めている。当研究グループは、特に、機能性に優れたセラミックスと軽量性・成形性に優れたプラスチックの異種材料を複合化するためのプロセス技術及び先進複合材料に関して研究開発を遂行し、セラミックスの特性を最大限に引出した高機能性プラスチック部材等の製造技術の確立を目指している。セラミックスフィラーのプラスチックへの複合化技術を、粒子ハンドリング、粉末構造制御、界面制御、外部場を用いた接合等の視点から構築することで、セラミックス特性を最大限引出した無機複合プラスチック部材の開発を実施し、産業技術基盤と国際競争力の強化を図る。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 5

電子セラミックプロセス研究グループ
(Electroceramics Processing Research Group)

研究グループ長：申 ウソク

(中部センター)

概 要：

持続的な競争力につながる高付加価値製品やエネルギー・環境関連製品の材料・部材技術をさらに発展させるために、セラミックス、金属、ポリマー、シリコン等の異種材料のマルチスケールでの接合・融合化と適材配置による高性能ガスセンサや新しいデバイス応用の多機能部材開発を行う。

マイクロデバイス集積化用触媒の高度化技術開発、高分散性ナノ粒子の製造技術開発、新規エネルギーデバイス製造技術開発を行い、①新材料によるデバイス開発、②デバイスプロセスによる新機能発現と実証を基本方針とし、材料開発からプロトタイプの作製までトータルな研究開発、ガスセンサ検知評価法 ISO 化に向けた研究を進める。

具体的には、マイクロデバイス集積化用触媒の高度化技術開発では、デバイス集積化用の様々な触媒の一つのマルチガスデバイスに集積化し、その動作を確認する。高分散性ナノ粒子の製造技術の開発においては、コアシェル型酸化セリウムナノ粒子の量産技術を開発しながら、より小さな粒径のナノ粒子製造方法を検討する。新たなエネルギーデバイスとして、低カロリー

燃料のバイオマスガス等を有効活用できるマイクロ熱電発電デバイス開発に取り組み、熱電変換薄膜材料プロセスおよびモジュール化技術等を融合し、数%レベルの可燃性ガスを燃料とする熱電発電デバイスを試作する。検知器評価法 ISO 化に向けては、ガス発生器で作製した合理的な混合ガスに対する評価を実証する。
研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目23

マイクロ加工システム研究グループ

(Ingenious Micro-Manufacturing Systems Research Group)

研究グループ長：芦田 極

(つくば東)

概要：

マイクロファクトリとは製造対象の寸法に合わせて生産装置を小型化するという思想で、ミニマルマニユファクチャリングの中心的テーマのひとつである。マイクロファクトリの世界的な普及・実用化のために、加工・計測・ハンドリング・アクチュエータ・運動制御、加工機などに関する要素技術開発のみならず、学会、企業を含む国内外各セクターとの連携と広報・啓蒙活動を通じて、技術的・産業的・社会的課題の抽出とその解決手段、さらには新たな製造シーンと産業構造を探っている。一方、わが国の製造の根幹である精密加工技術および精密加工装置技術に関しては、超精密微細切削加工デバイスと加工技術の高度化、超微小切削現象のメカニズムに迫る加工力基準ナノ切削の研究、超微細レーザ加工と電解研磨による複合加工技術の開発、超精密微細形状精度測定システム技術などをおこなっている。

研究テーマ：テーマ題目11、テーマ題目12、テーマ題目13、テーマ題目15、テーマ題目31、テーマ題目33

フレキシブル化学コーティング研究グループ

(Flexible Chemical Coating Group)

研究グループ長：熊谷 俊弥

(つくば中央第5)

概要：

本研究グループは、重点課題「多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発」を主に担当し、グリーン・ライフイノベーションに資する材料・部材・デバイスの省資源・省エネルギー製造に貢献するフレキシブルな化学コーティング技術の確立をミッションとし、1)フレキシブル化学コーティング技術開発、2)化学コーティング材料開発、3)部材・デバイスへの応用展開を行った。1)、2)では、重点課題「光 MOD による酸化物薄膜のオンデマンド結晶化技術開発」及び「化学コーティングによる金属含有ナノ粒子製造に

関する研究」を中心として、塗布光照射法、ナノ粒子光反応法の先駆体材料や中間層及びインクジェット塗布などの制御技術を開発するとともに、ダイヤモンドやダイヤモンドライクカーボンへの硫黄官能基の表面化学修飾やオンデマンド金属修飾ナノダイヤモンド粒子の開発を行い、配向制御や表面化学修飾により材料や膜の高機能化を可能とする製造技術を開発した。また、3)では、産学との連携・共同研究および先進コーティングプラットホーム研究班を中心として、1)、2)で開発したフレキシブル化学コーティング技術を省エネ光デバイス、交通・避難用安全表示板、赤外センサ、生体分子固定、MRI 造影剤などの部材・デバイス作製技術へ展開した。

研究テーマ：テーマ題目8、テーマ題目9、テーマ題目10、テーマ題目15

セラミック機構部材化プロセス研究グループ

(Ceramic Mechanical Parts Processing Group)

研究グループ長：北 英紀

(中部センター)

概要：

一般にセラミックスは高度に精製された原料を使用し、高温で焼き固めて作製されており、その製造過程で多大なエネルギーを消費している。一方、その優れた特性を活かし、使用過程における環境負荷を下げることもできる。環境調和と競争力の両立を狙いとしたミニマルマニユファクチャリングでは、各過程でのロスを少なくすると同時に、ライフサイクル全体での環境負荷バランスも考慮した開発を進めることが必要である。具体的には、原料製造、成形、焼成等のプロセス過程で生じるロスを出るだけ小さくし、無駄を省き、効率の高いプロセスを開発すると同時に、セラミックスに合った応用を慎重に検討し、適用化に必要な技術課題を解決していくことがミニマルマニユファクチャリングへの道筋であると考え。当研究グループでは、上記考えに基づき、主に窒化ケイ素等のエンジニアリングセラミックスを対象として、窒化の基礎研究を起点とした原料技術から、成形、接合、焼成といったプロセス、そして部材化とその応用、さらにライフサイクルでの資源消費性の評価に至るまでの幅広いレンジでの研究を、ミニマルマニユファクチャリングを基軸として進めている。

研究テーマ：テーマ題目16、テーマ題目17、テーマ題目18、テーマ題目20

セラミック組織制御プロセス研究グループ

(Ceramic Structure Controlling Group)

研究グループ長：吉澤 友一

(中部センター)

概要：

高度化・高性能化する製造システムや産業機器を支えるための中核となる先進構造部材を創製することを目的に、材料機能を合目的かつ効率的に部材構造中に配置する製造技術の開発を行っている。特に、セラミックスが本質的に有する高い硬度、耐食性、化学的安定性等を部材機能に取り込んだ高耐食性部材、高耐摩耗性部材、高性能多孔体部材等の開発を目指している。このため、内部と異なる表面構造を付与するためのプロセス技術、気孔の大きさ、分布状態、配置・配向、傾斜化を可能とする気孔形成技術等の開発に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目16、テーマ題目19、テーマ題目20

機能集積モジュール化研究グループ

(Functional Integration Technology Group)

研究グループ長：藤代 芳伸

(中部センター)

概要：

資源生産性を考慮したエネルギー部材・モジュール製造技術として、高性能のセラミックリアクター（燃料電池等、電気化学反応を主体とした物質やエネルギーの変換機能を有するモジュール）や次世代蓄電デバイス等の革新的な材料・製造技術の実現が期待される。小型高効率化や多機能化といった飛躍的な性能向上を実現するためには、従来技術では不可能であった機能発現を目指し、ナノレベルでのセラミック構造制御やイオン伝性材料や機能触媒等の最適化により、高度に集積した部材構造を造り込むモジュール化技術の開発が不可欠となる。そこで、①ナノ構造制御等によって高機能マイクロ部材を開発し、②そのマイクロ部材を3次元モジュールとして高度に集積化して、③さらにこれらのプロセスを同時・連続的な構造化技術に活用する機能集積モジュール化技術に関する革新的な製造技術の確立により、社会的なニーズに応えと共に、産業競争力強化への貢献を目指す。具体的には、高度なセラミック集積化プロセス技術の開発と適用性検証により、燃料電池等の電気化学デバイスの多燃料利用での高性能化や低温域からの高速起動や急速停止での耐久性向上等を目指し、異種材料・材質の一体化や、ナノ～マクロスケールにわたる高次構造制御を行い、高効率の電気化学反応場を有するナノ電極技術を活用する集積型のコンパクト発電モジュール製造技術等を開発する。また、ポストリチウム電池としての全固体型の革新的電池技術の実現を目指した、次世代セラミック蓄電池向けの部材や集積技術を開発し、電動化が進む次世代自動車やポータブル分散電源等での高効率発電と高容量蓄電技術を組合せたハイブリッド電源技術の実現に向けた革新的な材料・製造技術を開発する。

研究テーマ：テーマ題目16、テーマ題目23、テーマ題目

24、テーマ題目25、テーマ題目26

結晶制御プロセス研究グループ

(Crystal and Materials Processing Group)

研究グループ長：秋本 順二

(つくば中央第5)

概要：

資源生産性を考慮したエネルギー部材・モジュール製造技術として、次世代型のリチウム二次電池等に適用可能な高性能な結晶材料の開発が期待されている。当グループでは、低温溶液合成法などの素材製造技術、良質な結晶育成技術、並びに結晶構造解析技術・評価技術を応用・発展させて、新規結晶材料の開拓とその製造技術の確立を目指している。具体的には、イオン交換合成法、低温溶融塩法、オゾン酸化法、マイクロ波加熱法などの低温溶液を用いた素材合成技術を開拓・適用し、コバルトフリー正極材料に代表される高容量・低コストの電極材料であるマンガン酸化物、チタン酸化物、鉄酸化物などの新規機能性無機結晶材料の合成・開発を行う。また、そのために基盤となる、結晶構造解析技術の高度化、精密結晶成長技術の確立を目指す。さらに、次世代ポストリチウム二次電池への応用が期待される新規酸化物材料等の設計・合成と評価を行う。

研究テーマ：テーマ題目22、テーマ題目24

特異反応場プロセス研究グループ

(Specific-Field Processing Group)

研究グループ長：砥綿 篤哉

(中部センター)

概要：

外的エネルギー（急速昇温・急冷、電場、磁場、光、圧力、引張、超音波、マイクロ波など）および内的変化（爆発、自己組織化、均質化、成長など）により形成される特異な化学反応場、流体力学場等を利用した新規なプロセスの開発およびその産業応用をグループの長期的目標とする。その対象は、部門があげる6つの重点課題であるが、特に多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発、資源生産性を考慮したエネルギー部材・モジュールの製造技術の開発に対応するものであり、アクチュエータ、モーターなどの動力変換部材、熱電変換部材などとする。すなわち特異反応場としての展開では、従来法とは異なった構造や特性を付与した新規部材創製のためのプロセスを提案し、それらの反応場に関する最適化や、可制御性付与に重要なパラメータの抽出を理論解析及び実験の両面から進める。また、出口指向の展開においては、将来のニーズをとらえた製造プロセスの開発を推し進める。例えば自動車分野における高温化使用に対応した圧電アクチュエータの開発や圧電体の潜在的な欠点で

ある変位量の増大を目指した高変位圧電アクチュエータなどの開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目27、テーマ題目28

機能・構造予測検証研究グループ

(Functional and Structural Damage Verification Group)

研究グループ長：鈴木 隆之

(つくば東)

概要：

近年、機器・構造物は「最小の資源」、「最小のエネルギー」で「最大限の機能・特性」を、「安全信頼性」を確保しつつ発揮することが要求されている。したがって、製造時や供用過程に生じる損傷・欠陥を評価し、これに基づき機器・構造物の「寿命・余寿命予測」や「メンテナンス計画の策定」を実施すること、さらにはこれらの知見を通して設計上流の概念設計へと反映させることが必要になってきている。当研究グループではこれらの要求に応えるべく、様々な機器・構造物を対象に、実用部材で生じる複雑欠陥について評価が可能な非破壊損傷評価技術の開発を行うとともに、材料の耐久性評価試験や欠陥解析を実施し、機器・構造物の寿命・余寿命予測技術の開発を行う。さらに、これらの知見をもとに合理的なメンテナンス計画立案のための必要な事項を提示する。

研究テーマ：テーマ題目30、テーマ題目32

システム機能設計研究グループ

(System Functional Design Group)

研究グループ長：三島 望

(つくば東)

概要：

当研究グループにおいては、製品および製品に付帯するサービス行為の設計を上流設計から、基本設計までの広範囲にわたって支援する統合的設計支援フレームワークを構築することを研究目標としている。個別には実社会における設計課題に適用できるツールを多数開発することを目的としている。中期計画内に開発するツールとしては、「事象の関連性分析手法に基づく設計バウンダリの決定ツール」、「ビジネス構造に着目したエコビジネス創出支援ツール」、「離散的イベントを考慮した PSS (プロダクトサービスシステム) の設計ツール」、「価値変化を考慮した製品設計改善点導出ツール (TPA)」、「CAD/CAE 統合型シミュレーションツール」、「二相流輸送機器等の設計支援ツール」などである。「関連性分析手法」では、企業の経営方針策定に資することを目的に共同研究を主体として進める。「TPA」や「PSS の設計支援」では、公設研と連携して地域産業に貢献することを重視する。統合的設計支援ツールのフレームワーク開発については、

機能・構造予測検証研究グループなどと協力して、部門重点課題を主な制度として遂行する。

研究テーマ：テーマ題目30、テーマ題目31、テーマ題目

32

製造情報研究グループ

(Manufacturing Information Group)

研究グループ長：澤田 浩之

(つくば東)

概要：

企業の競争力や体質の強化を目的として、受注、製品設計、工程設計、生産計画、製造管理、出荷管理、在庫・物流管理等、設計製造プロセスの情報化推進を支援するための研究開発およびその導入のための技術指導を行っている。その一環として、あらかじめ用意されたソフトウェア部品を組み合わせることによって簡単に IT システムを構築するソフトウェア作成ツール MZ Platform を開発し、産総研コンソーシアム「MZ プラットフォーム研究会」を通じて公開している。また、ものづくり支援ツールの1つとして、各地の公設試験研究機関や産総研産学官連携推進部等との協力により、普及セミナーや講習会の開催、技術研修、製造業への導入と業務システム開発、民間ソフトウェアベンダーへの技術移転を進めている。このほか、製品設計の初期段階や工程設計段階で利用可能なシミュレーション技術やモデリング技術の研究、立体幾何学等の数理的手法の製造技術への応用研究を並行して行っている。

研究テーマ：テーマ題目13、テーマ題目30、テーマ題目31、テーマ題目34、テーマ題目36、テーマ題目37

基盤的加工研究グループ

(Metal Processing Research Group)

研究グループ長：岡根 利光

(つくば東)

概要：

切削、鋳造、鍛造、熱処理、溶接の各加工技術を対象に、加工評価実験・加工現象のモニタリング手法やシミュレータ開発を通して、加工メカニズムの解明と高度化を進めている。また、IT を活用した技能継承技術の開発を目標に、ものづくり製造分野における熟練作業者の高いレベルの技能を分析・モデル化して表現する技術の研究を進めている。これらの成果をベースとした技能継承支援ツール「加工テンプレート」について普及活動を進めている。IT を利用した中小企業への技術の普及・技術支援を目的に現在 web で公開している「加工技術データベース」についても、当グループの対象加工分野のメンテナンスと拡充・普及活動を進めている。

研究テーマ：テーマ題目36、テーマ題目37

可視化装置研究グループ

(Visualization Equipment Research Group)

研究グループ長：石川 純

(つくば東)

概 要：

平成21年度まで、産総研旧デジタルものづくり研究センターにおいて、熟練技能の計測・分析をミッションとした計測分析技術研究チーム、ヘッドマウントディスプレイ等を用いて、現場で作業員への指示をリアルタイムに行うシステム開発をミッションとした対話的作業支援研究チームを母体に、平成22年4月に設立されたグループである。本グループでは、自動化の普及により現象が作業員から隠蔽され、ブラックボックス化した製造工程、あるいは経験に基づいているため、作業工程中に起こっている現象を作業員が把握していないといった事例を取り上げ、作業現象を計測・分析し、その結果を作業員に提示する「可視化装置」の研究開発を行う。「可視化装置」は、作業員による作業工程の科学的・論理的な把握・理解を支援できるようなものとなることを目指す。「可視化装置」活用により、技能・技術習得の迅速化、不具合原因究明と問題解決の迅速化、作業方針・工程の改善による品質向上とコスト低減といった現場力の強化をもたらし、ひいては新規開発へと発展することが期待される。

研究テーマ：テーマ題目35

エンジニアリングセラミックス研究班

(Engineering Ceramics Research Party)

研究班長：平尾 喜代司

(中部センター)

概 要：

半導体、非鉄、鉄鋼などの製造業さらには環境・エネルギー分野における機器、システムはますます高度化し、これらのシステムを構成する部材に求められる要求性能も高いものになってきている。セラミックスは高い弾性率、硬度、耐熱性、軽量性、耐食性など優れた特性を兼ね備えており、金属、プラスチックでは対応が困難な環境で用いられる材料・部材として重要なものとなっている。当研究班は、このような社会的な要請に応えるため、構造用セラミックスに関する二つの研究グループ（セラミック機構部材プロセス研究グループ及びセラミック組織制御プロセス研究グループ）を横断的にまとめ、エンジニアリングセラミックスに関する研究を一層加速するために、平成20年度に設置した。セラミックスの材料・プロセッシングに関する知見、知識を基盤技術として、NEDO プロジェクトや民間企業との共同研究等を通して、高性能セラミック部材を活用した省エネ製造技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目16、テーマ題目18、テーマ題目20

先進コーティング技術プラットフォーム研究班

(Research party for Advanced coating technology platform)

研究班長：明渡 純

(つくば東、第5事業所、中部センター)

概 要：

先進製造プロセス研究部門で開発された「エアロゾルデポジション法」や「光 MOD 法」、「レーザー援用インクジェット法」、「テラーリキッドソース」、「DLC コーティング」など新規なプロセス手法など、産総研が有するオリジナル技術を実用化して社会に還元するためには、民間企業との緊密かつスピーディーな連携をとることが必要である。本研究班では、①従来型のコーティング法とのベンチマークによる比較検証、②複数の皮膜特性評価による成膜プロセスのメリット・デメリットの明確化、③プロセス上の問題点の把握と解決、④適切な特許戦略、⑤地域ニーズの把握、⑥成膜ノウハウ・知見のデータベース化など、企業にとって判断基準となる指標を提供しつつ、専門性の高い人材による産総研内外の連携により研究開発を行うことで、成膜プロセスの産業化の加速を目指す。

研究テーマ：テーマ題目15、テーマ題目25、テーマ題目29

ものづくり支援ツール研究班

(Monozukuri Support Tools Research Party)

研究班長：尾崎 浩一

(つくば東)

概 要：

平成21年度まで、産総研旧デジタルものづくり研究センターにおいて日本の製造業の技術力向上、技術・技能継承、IT 化促進を目的として、中小企業庁プロジェクト等において、機械部品製造に係る幅広い加工技術情報をインターネットで公開する「加工技術データベース」、自社の技術・技能の分析・蓄積・利用による技能継承・共有化するための IT ツールとしての「加工テンプレート」、高度な IT 知識を必要としない業務用アプリケーションソフトの開発環境としての「MZ プラットフォーム」を開発し、製造企業への普及を図ってきた。平成22年度から旧デジタルものづくり研究センターが先進製造プロセス研究部門と統合するにあたり、これらの開発に携わってきた二つの研究グループ（基盤的加工研究グループ及び製造情報研究グループ）を横断的にまとめ、上記3つの開発成果を「ものづくり支援ツール」としてさらに整備し、企業現場へのさらなる普及活動を実施することを目的として、当研究班を設置した。

企業への普及においては、産総研地域センター、各地の公設試験研究機関、工業組合等の諸団体との連携による普及活動を図る。

研究テーマ：テーマ題目37

【テーマ題目1】熱可塑性樹脂ベースの CFRP 材料開発

【研究代表者】 堀田 裕司

(無機複合プラスチック研究グループ)

【研究担当者】 堀田 裕司、佐藤 公泰

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

次世代の輸送機器（航空機、自動車）、発電用風車、建材において、軽量性・強度に優れる炭素繊維強化プラスチック（CFRP）が注目されている。CFRP は炭素繊維と樹脂からなる複合材料であり、現在の CFRP のマトリックス樹脂には、一般に熱硬化性樹脂を用いる。しかし、熱硬化性樹脂の利用には、成形時間が長く自動車等の大量生産品への対応が困難であること、CFRP 部材の補修・修理やリサイクルが困難なこと等の問題がある。次世代型 CFRP 材料の開発においては、マトリックス樹脂を現状の熱硬化性樹脂から、熱可塑性樹脂へ転換することが求められている。これは、熱可塑性樹脂の利用が、成形プロセスの簡易化・高速化、リペア技術の実現、リサイクル技術の確立などに資すると考えられるためである。一方で、航空機、自動車等の輸送機器に用いられる構造材料には高い信頼性が要求される。利用実績に乏しい熱可塑性樹脂ベースの CFRP が次世代航空機、次世代自動車関連で利用されるためには、従来材料に勝る特性と特徴を示す必要がある。当グループでは、従来の熱硬化性樹脂ベースと同等乃至はそれ以上の特性を有する熱可塑性樹脂ベースの CFRP 材料の開発を目標に研究を進めている。

CFRP 中では、炭素繊維が存在することにより、マトリックス樹脂の硬化や結晶化の度合いに不均一性が生じる。樹脂の結晶化度は熱伝導性や機械特性に影響を及ぼす。CFRP の熱的特性や機械的特性の向上のためには、マトリックス樹脂の局所的な状態を知り、得られた知見を材料設計にフィードバックすることが有効である。平成22年度は、構造の複雑な複合材料中で樹脂の存在状態を知るために、局所的な熱分析を行う技術の整備を進めた。当該技術では、CFRP 中のマトリックス樹脂に対し、局所的に加熱・変位計測を行うことで、樹脂の局所領域での存在状態を知る。走査型プローブ顕微鏡（SPM）の原理を利用し、カンチレバーを加熱媒体及び変位計測プローブとして利用する。樹脂はその存在状態によって加熱に対する応答が異なるため、SPM のカンチレバーと同程度のサイズ（直径100nm 程度）の微小領域で熱分析が可能となった。

炭素繊維は、グラファイトと同様の結晶構造を有して

おり、マトリックス樹脂との親和性に難がある。紫外線／オゾンの同時処理により、炭素繊維表面を改質する技術について検討を行った。分光による評価から、炭素繊維表面に官能基を形成させることができることが確認された。炭素繊維表面のマトリックス樹脂との親和性向上による密着性の強化、ヘテロ界面に於ける樹脂の結晶化制御による機械的特性の制御に利用できることが期待される。

今後は、局所熱分析技術や炭素繊維の表面改質技術に加え、CFRP 材料中のマトリックス樹脂の微構造制御やナノ複合化、樹脂／炭素繊維間界面の相互作用力制御等について検討を行い、熱可塑性樹脂ベースの CFRP 材料の開発を進める。

さらに、「ナノテクノロジーによる次世代 CFRP 開発」と題したシンポジウムを3月に開催し、当研究グループの成果普及に努めた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 複合材料、CFRP、熱可塑性樹脂

【テーマ題目2】生体模倣型製造プロセスを活用する新規無機-有機コンポーネント

【研究代表者】 加藤 且也

(生体機構プロセス研究グループ)

【研究担当者】 加藤 且也、斎藤 隆雄、永田 夫久江、

寺岡 啓、稲垣 雅彦（常勤職員5名）

【研究内容】

もの作りにおいては、少ない資源及びエネルギーで、高機能製品を効率良く生産することが求められており、ミニマルマニユファクチャリング技術の確立が急務となっている。生体内での組織形成は、環境への負荷が極めて小さいもの作りであり、それを人工的に模倣することができれば、究極的な環境調和型製造プロセスを実現することができる。本研究課題では、生体内で行われている物質合成反応や構造組織化を巧みに取り入れた生体模倣型製造プロセスを開発し、従来の製造方法では実現が困難であった無機-有機ハイブリッドコンポーネントの開発を行う。本年度は、エレクトロスピンニング（電解紡糸）法による配向性ナノファイバー不織布の作成と生体活性上昇を目的とした無機ナノ粒子のコートニング法について検討する。さらに無機-有機ハイブリッドコンポーネントの医療用材料・部材の開発に取り組み、新素材の新しい応用について検討を加える。

エレクトロスピンニング法を用いて、生体内コラーゲン繊維の構造を模倣した、「配向性ポリ乳酸不織布」の作製に成功した。また表面疎水性の改質を目的として、不織布表面に真空紫外光を照射した。その結果、接触角が120° から60° に低下させることができた。さらにその際に形成される、有機官能基を利用した無機（リン酸カルシウム）の接合プロセスを開発した。今後は、医療用のシートやフィルターとして大面積化（20cm×20cm 以

上) を目指し、プロセスの改良を実施する予定である。また、緊急災害対応用ディスプレイ医療用はさみの開発を目的に、プラスチックセラミックス複合材料による刃物作成に取り組んだ。材料には無機複合プラスチック研究グループ提供のエポキシ+10%アルミナ複合体を用い、研削は東光舎の協力の下に行った。複合材料は紙を切ることができる程度に研削できたが、材料について下記課題が顕在化した：材料内の気泡、剛性不足、刃先端の耐久性。他に、カーボン材料表面への金属薄膜形成、その金属表面へ生体分子プローブを固定したバイオプローブを作製した(名工大との共同研究)。標的分子との特異的結合性は量子ドットによる可視化技術によって確認した。このバイオプローブは、マルチスケールによって作製された無機-有機ハイブリッドコンポーネントの一例であり、その用途として、走査型プローブ顕微鏡下でのナノレベルの生体分子操作と検出への利用が可能である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 無機-有機ハイブリッド、生体材料、アパタイト、人工骨、エレクトロスピニング

【テーマ題目3】 マルチセンサによる可燃性ガス混合流の熱量計測システムの開発

【研究代表者】 申 ウソク (電子セラミックプロセス研究グループ)

【研究担当者】 申 ウソク、伊豆 典哉、西堀 麻衣子、伊藤 敏雄、松原 一郎
(常勤職員5名)

【研究内容】

石炭火力発電システムのガスタービンへ供給される燃料(H_2 、 CH_4 、 CO の混合ガス)の熱量をリアルタイムモニタリングできるカロリーメータを開発する。デバイス集積化用燃焼触媒技術、燃料を触媒燃焼させ電圧に変換して出力する熱電デバイス技術、およびマルチセンサ技術を融合したカロリーメータを試作する。成分比が変動する燃料ガスの熱量と出力との相関を明確にし、カロリーメータを用いたガスタービン制御用熱量計測システムを開発する。

平成22年度は、デバイス集積化用燃焼触媒技術、燃料を触媒燃焼させて電圧に変換して出力する熱電デバイス技術、及びマルチセンサ技術の融合によりマルチガスセンサデバイスを試作し、 H_2 、 CH_4 、 CO に対する応答を評価した。その結果、開発したマルチガスセンサによりこれらの可燃性混合ガスの成分濃度を個別に計測できることを確認し、石炭火力発電システムのガスタービンへ供給される燃料ガスの熱量モニタリングに適用できる目途を得た。また、石炭火力発電プラントメーカー及び関連する米国 DOE プロジェクトのニーズ調査を行い、石炭ガス化炉の出口及びガス精製機の出口での燃料ガス成

分計測の必要性および関連する仕様を調査した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 デバイス集積化用触媒、カロリーメータ、ガスセンサ、ナノ粒子合成、低カロリー発電、熱電変換素子、マイクロアレー

【テーマ題目4】 マルチスケール接合・融合化のための局所接合技術の開発

【研究代表者】 申 ウソク (電子セラミックプロセス研究グループ)

【研究担当者】 申 ウソク、伊豆 典哉、西堀 麻衣子、伊藤 敏雄、松原 一郎
(常勤職員5名)

【研究内容】

ナノ構造を変えることなくナノからマクロにつなぐ異種材料のマルチスケール接合・融合化技術の実現に寄与するための新しいコンセプトによる接合技術を開発する。基材・披着体と接合層が、化学結合によって接合を形成するような接着剤を選定し、分析によって明らかにする。セラミック微粒子を配合し、照射させることで接着を促進させ、硬化速度、接合強度を向上させる。

平成22年度は、基材と披着体間の熱伝導を担わせるために、接合層の接着剤として、耐熱性に優れる有機ポリマーより、メタクリル変性シリコンオイル類、ポリエステルアクリレート類、マレイミドアクリレート類を用いた接合プロセスを行った。さらに、基材・披着体と接合層が化学結合を形成させる為のシランカップリング剤、光重合開始剤、希釈溶剤をそれぞれ配合した。 SnO_2 、 Al_2O_3 粉末と接合層前駆体を混合し固化した試料の IR 分析より、 SnO_2 、 Al_2O_3 粉末表面の水酸基と共有結合を形成していることを確認した。接合層前駆体を Si 基板に滴下し、濡れ性、UV 硬化性、加熱硬化性を評価した(引っ掻き試験による強度評価)。

マレイミドアクリレート類が濡れ性に富み、UV 硬化性、加熱硬化性を共に満たしたことから、それを接合層前駆体にしてコアシェル型セリアナノ粒子を配合した接合材料を作製した。接合層前駆体への配合比の最適化により、ナノ粒子の配合で濡れ性が若干低下するものの、ナノ粒子配合前のものと同レベルの UV 硬化性、加熱硬化性を得た。接着剤の選択と各成分の配合比の最適化によって、セラミック微粒子を配合し、一定の強度を持つ接合層を形成することができた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 接合、UV 硬化、熱硬化、接着剤

【テーマ題目5】 構造制御とマイクロ接合による低粉体充填量での放熱性プラスチック

【研究代表者】 堀田 裕司

(無機複合プラスチック研究グループ)

【研究担当者】 堀田 裕司、佐藤 公泰、今井 祐介

(常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

次世代自動車、電子・電気及び医療等の分野において、機能特性に優れたセラミックスフィラーを添加した無機複合プラスチックが注目されている。軽量性を有するプラスチックは省エネや地球環境保全の観点から重要な材料であり、セラミックスとの複合化による高機能・多機能化が求められている。一般に、セラミックスをプラスチックに添加し材料特性を発現させるためには、セラミックスフィラーの高充填化が必要である。しかし、セラミックスフィラーの充填量を高くすると、成形性の低下や重量増等につながるため、現状ではセラミックス機能を最大限に引き出した無機複合プラスチックの製造プロセス技術は確立されていない。本研究では特に、電気的絶縁性と高熱伝導性を両立する放熱性プラスチック部材開発を取り上げ、セラミックスフィラーの充填量を抑えながら熱伝導率を向上させることを主たる目標とした。

セラミックスの成形分野で利用されている粒子ハンドリング技術を活用することにより、熱伝導率の向上を実現するプロセス技術を考案した。窒化ホウ素フィラーの分散液を当該粒子ハンドリング技術で処理することにより、積層構造をとる窒化ホウ素粒子を剥離させ、シート状のフィラーを得ることが可能であることを見出した。この剥離フィラーをポリアミドと複合化させ、窒化ホウ素/ポリアミド複合体を得た。熱伝導率を測定した結果、セラミックスフィラーの充填率20vol%で3W/mKを示した。これは、通常的手法で窒化ホウ素フィラーとポリアミドを複合化した無機複合プラスチックに比べ、約50%程度高い値であった。剥離した窒化ホウ素フィラーが複合材料中でカードハウス構造をとって熱伝導パスを確保することにより、熱伝導率が向上したと考えられる。低いフィラー充填量においても、粒子ハンドリング技術を活用することで、高熱伝導率が発現し得ることが確認された。さらに、機械的特性を計測したところ、複合材料の比剛性はポリアミドの約2.5倍に達した。これは、軽量且つ高強度の無機複合プラスチックになっていることを示す。無機複合プラスチック部材の高機能化・多機能化に適用可能な技術であると考えられる。また、電磁波照射の熱伝導率に及ぼす影響を検討した。特定の周波数の電磁波を窒化ホウ素/ポリアミド複合体に照射することにより、材料中の無機・有機界面の密着性が向上し、10%程度の熱伝導率向上が認められた。

さらに、「無機複合プラスチック・無機/有機ハイブリッド材料の研究開発動向 次世代自動車、医療部材への応用を目指して」と題したワークショップを3月に開催し、当研究グループの成果普及に努めた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 複合材料、無機複合プラスチック、熱伝導、粒子ハンドリング、電磁波

【テーマ題目6】 外部場を利用したハイブリッド部材の創製

【研究代表者】 辻内 亨 (テーラードリキッド集積研究グループ)

【研究担当者】 辻内 亨、増田 佳文、木村 辰雄、安井 久一、加藤 一実
(常勤職員5名)

【研究内容】

超音波や光等の外部場を有機または無機材料に適用し、マルチスケールハイブリッド部材の開発を行うことを目的とした。無機系粒子の分散凝集や異種材料の形態の制御を行うとともに、材料の表面改質や界面接合におけるアンカー効果の適用により、ナノからマクロへの構造化技術を確立し、部材が持つ機能と構造の融合化、最適化を図った。具体的に検討した手法と、それにより得られた成果は次のとおりである。

超音波を利用して生成した BaTiO₃ ナノクリスタルの階層構造と誘電特性がこれまでに明らかになってきているが、その特徴的な凝集挙動は完全には理解されていない。本研究では、この BaTiO₃ ナノクリスタルの生成条件で理論モデルを構築し、数値シミュレーションを行った。その結果、1次粒子のみが凝集する場合に、実験結果と一致する粒子径分布が得られた。この結果は、BaTiO₃ ナノクリスタルと有機材料からなるハイブリッド材料を形成するための基礎的な知見となった。また、高い構造規則性を有するメソポーラスシリカの透明薄膜合成が可能前駆溶液をろ紙に浸漬、乾燥することでメソポーラスシリカ前駆物質とろ紙との複合化を行った。得られた薄膜を走査型電子顕微鏡で観察した結果、ろ紙の内部にメソポーラスシリカ前駆物質が充填されている様子が確認された。エタノール中で還流するだけで、ほとんどのメソポーラスシリカが剥がれ落ちることなく界面活性剤を抽出でき、非常に簡便な操作で多孔化も実現できることを明らかにした。さらに、酸化チタンなどの無機ナノ粒子の光硬化性樹脂中への分散を、20kHz 近傍の低周波数パルス超音波を用いて行った。パルス超音波を照射と休止の期間を適切に選択し適用することにより、連続波と比べて省エネ効果を得ることができた。また、駆動周波数を時間的に変動させた場合も効果的であることを示した。一方、1.93MHz の高周波超音波を照射することによって、光硬化性樹脂中にサブミリ間隔の2次元粒無機粒子凝集体を形成し、樹脂を UV 照射で硬化させることにより、サブミリ間隔の無機粒子凝集体からなるミリサイズ2次元パターンを固化することができることを示した。このように、外部場を利用した新しい手法による無機-有機ハイブリッド部材の製造プロセスの基盤技術を創出した。その他にも、プラスチックフィルムを超音波照射することにより、表面の平滑化が起こることを示し、表面改質フィルム上への二酸化チタン薄膜の形成も確認した。

〔分 野 名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 セラミックス、ハイブリッド部材、低環境負荷プロセス、マルチスケール、超音波、シミュレーション、形態制御、界面、前駆体、メソポーラス材料、ゾル-ゲル膜

〔テーマ題目7〕 作業者のスキルを活用した微小作業支援

〔研究代表者〕 岡崎 祐一（研究部門付）

〔研究担当者〕 岡崎 祐一

〔研究内容〕

作業者が持つ高い操作・判断スキルをミクロの作業空間に演繹する支援ツールを構築し、併せて、作業者が無意識に行っている操作スキルの同定を行い、自動化システムに帰する知見を得ることを目的に、大きさ1mm以下の機械部品の3次元精密ハンドリングを、作業者の負荷を大幅に軽減し、かつ、人手に匹敵する速度で実現できることを目標とした。

①プティックデバイスを操作入力として使い、マイクログリッパによる微小操作系と、立体映像顕微システムを要素とするマイクロマニピュレーション用ワークステーションを構築した。②異なる隙間公差をもつ直径0.2mmと0.5mmの4種類の微小リングを同径の円筒軸に挿入するタスクにおいて、ピンセットによる手作業や光学実体顕微鏡やビデオ顕微鏡を用いた場合と本システムを使った場合の作業時間を比較して作業効率を比較した。その結果、立体映像顕微システムの有効性は確認されたが、マニピュレータの操作性は、自由度と追従性において現状では不十分であることが認められた。

〔分 野 名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 マイクロマニピュレーション、微細組立て、圧電アクチュエータ、立体視、マイクログリッパ、ハプティックデバイス

〔テーマ題目8〕 化学コーティングによる金属含有ナノ粒子製造に関する研究

〔研究代表者〕 中村 挙子（フレキシブル化学コーティング研究グループ）

〔研究担当者〕 中村 挙子、今井 庸二、熊谷 俊弥（常勤職員3名）

〔研究内容〕

ナノダイヤモンド粒子は種々の高機能特性を有する材料であり、特に金属を含有させることにより医用材料、分析基材、各種コーティング用原料など多様なニーズへの展開が期待される。従来、金属含有ナノダイヤモンド粒子の製造法としては、イオン注入およびアニーリング処理などが必要であった。本課題においては、温和で簡便な化学修飾コーティング法を利用することにより、オンデマンド金属修飾ナノダイヤモンド粒子を製造し、重

金属等の資源使用量の削減、高付加価値製品の開発への対応を目指した。

ナノダイヤモンド粒子表面はその製法により、酸素系官能基で終端されていることが明らかとなっている。そこで、ナノダイヤモンド粒子表面水酸基のエステル化反応を利用し、キレート機能を有する有機分子を化学修飾し、さらに金属イオンを錯形成させることにより金属含有ナノダイヤモンド粒子を製造した。

本年度においては、ナノダイヤモンド粒子表面上に脱水縮合反応によりジエチレントリアミン五酢酸を化学修飾し、さらに塩化ガドリニウムを作用させることにより、ガドリニウム修飾ナノダイヤモンド粒子の作製に成功した。ガドリニウム錯体はMRI（磁気共鳴画像）造影剤として一般的に医療分野で利用されていることから、ガドリニウム修飾ナノダイヤモンド粒子分散液について、MRI装置でT1強調画像を撮像したところ、未修飾ナノダイヤモンド粒子と比較して高信号を示し、ガドリニウムイオン修飾ナノダイヤモンド粒子がMRI造影能を有することが明らかとなった。現在臨床で使用されている造影剤については、比較的短時間で体外へ排泄されることから、経時診断への適用が困難であると言う問題点がある。ナノダイヤモンド粒子の特異的体内貯留挙動を利用することにより、経時診断利用を目的としたナノダイヤモンド粒子付与MRI造影剤を提供することが可能となると期待される。

〔分 野 名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 ナノダイヤモンド粒子、化学修飾、金属、造影剤

〔テーマ題目9〕 光MODによる酸化物薄膜のオンデマンド結晶化技術開発

〔研究代表者〕 中島 智彦（フレキシブル化学コーティング研究グループ）

〔研究担当者〕 中島 智彦、土屋 哲男、熊谷 俊弥、明渡 純（常勤職員4名）

〔研究内容〕

光MOD法を用いた酸化物薄膜のオンデマンド結晶化技術開発を目指す。具体的には光MOD法とインクジェット技術のマッチング（塗布条件と結晶化条件の最適化）を検討し、インクジェット塗布法を用いた材料開発の市場期待を調査した。研究手段はピエゾ方式・静電方式などの各種インクジェット装置について光MOD法で使用する前駆体溶液の塗布実験を行い、光MOD法による結晶化プロセスとのマッチング確認を行った。

平成22年度の成果の概要としてインクジェット法を用いる光MOD法の実験的な課題と市場可能性について以下のようにまとめる。

a. インクジェット法と光MOD法のマッチングを検討。インクジェット塗布法のうちピエゾ方式、静電方式共に原料溶液の吐出に問題ないことを確認した。原

料溶液を塗布し、塗布条件及び膜厚と従来のレーザー照射条件の親和性にも問題なく、数10 μm の最小線幅に対する塗布膜厚は光MOD法において最適な範囲にあり、結晶化させることが可能であることが確認された。例えば酸化チタン、酸化バナジウムなどの単純酸化物やペロブスカイト型マンガン酸化物やニッケル酸化物などの複合酸化物について塗布・結晶化実験を行い、良好な結果を得た。結晶特性についても集光したX線にて評価可能で、計画している微量製膜によるオンデマンドかつコンビナトリアル的な材料開発へも展開可能であることを確認した。成果の一部はCrystEngComm 13 (2011) 158.において誌上発表を行った。本論文ではガラス基板上に作製したペロブスカイト型酸化物の一軸配向膜上に電極膜としてのペロブスカイト型ニッケル酸化物 (LaNiO_3) の原料溶液をインクジェット塗布しレーザー照射を用いた高い配向度を持つ結晶化に成功している。これはインクジェット塗布を用いた微小部製膜と光MOD法の精密な配向制御プロセスをマッチングさせた例であり、今後の高集積化薄膜材料の開発に繋がる成果である。

- b. 企業関係者からのヒアリングに基づいてインクジェット塗布法の可能性を評価した。特にMEMSデバイスにおけるマイクロ領域の材料集積製膜と大面積の単純パターンニングにおいてプロセスのシンプルさとコストの面から極めて理想的な手法の一つになると大きく期待されていることが明らかになった。

以上のようにインクジェット塗布法と光MOD法のマッチングが確認され、オンデマンド製膜装置開発へ向けた基礎情報が得られた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 光MOD法、インクジェット法、低温製膜技術、オンデマンド製造技術

【テーマ題目10】 ペロブスカイト型窒化物の電子構造に関する研究

【研究代表者】 高橋 靖彦 (研究部門付)

【研究担当者】 高橋 靖彦、今井 庸二、熊谷 俊弥 (常勤職員3名)

【研究内容】

窒化物は半導体、蛍光体、高硬度材料などとして機能性材料として着目されており、高温領域での特性向上も期待されている。その中で、ペロブスカイト型の構造を有する窒化物は結晶構造が安定であり、元素置換に対してもその構造が保たれることから、多様な特性を持つ化合物を得られることが期待される。そこでこれら物質について電子構造を計算するとともに物性特性等を予測することにより、多品種変量生産に対応した材料開発を行う。

平成22年度は、磁性材料である $\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x\text{N}$ について第一原理計算手法であるFLAPW法により電子状態計

算を行った。その結果、 FeCo_3N についてはフェルミレベル近傍におけるエネルギー幅が0.2eVとなり、片方の電子スピンの金属的なバンド構造、もう片方の電子スピンの絶縁体的なバンド構造を有する、ハーフメタルの性質を示すという可能性を計算により予測した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 金属窒化物、磁性材料、第一原理計算ペロブスカイト構造

【テーマ題目11】 オンマシンレーザー加工技術の開発

【研究代表者】 栗田 恒雄 (マイクロ加工システム研究グループ)

【研究担当者】 栗田 恒雄、笠島 永吉、小倉 一郎 (常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

ステント、カテーテル部品、電子回路検査用プローブ等の微小、微細金属加工においてレーザー加工が多く用いられているが、加工形状精度、レーザー加工後の材料表面に存在する熱損傷や溶着物が問題視されている。一方ICの高精度レーザーリペア加工を実現し、加工形状を精密に評価するためには顕微鏡観察だけでなく、加工機上その場の測定(オンマシン測定)が望まれる。本研究ではレーザー微細加工技術を核とし、高精度でレーザーを照射することができるオンマシン計測技術、熱損傷や溶着物の発生を抑えることが可能な新規加工技術を横断的に開発する。同加工技術を適用することにより、熱損傷、熱影響層がほとんど無い高品質の微小、微細複雑形状金属製品を製作することを目指す。本年度得られた成果は以下の通り：レーザー微細加工技術の項目に関しては、最大出力200mWの紫外レーザーと電解加工システムを組み合わせたレーザー電解複合加工機を構築し、電解電圧3V以上でレーザー加工後の酸化皮膜除去と電解加工の進展、レーザー出力36mW以上で電解不動態の除去が可能であることを実験的に確認した。そしてSUS304試料に対して加工実験を行い、溝幅117 μm 、溝深さ458 μm (最大)～最小溝幅34 μm 、溝深さ300 μm (最小)の高アスペクト微細溝加工を行うことに成功した。またオンマシンレーザー測定技術の項目に関しては、レーザー光源の微弱出力光を利用し、その光軸を基準とした位置決めを行った後機上計測を行うシステムを提案し、試作システムによる実証実験を行った。光軸を基準にしてオンマシン測定装置をx-y方向にそれぞれ駆動したときの各軸方向検出変位を調べ、 $\pm 0.7\mu\text{m}$ 以内の再現性で測定装置を固定できることを確認した。さらにオンマシン測定装置の出力を校正し、 $\pm 200\mu\text{m}$ 範囲での変位測定が可能であることを示した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 レーザ加工、ステント加工、リペア加工、複合加工機

〔テーマ題目12〕 大面積マイクロ・ナノ構造加工&オンマシン計測技術の開発

〔研究代表者〕 小倉 一朗

(マイクロ加工システム研究グループ)

〔研究担当者〕 小倉 一朗、芦田 極

(常勤職員2名、他3名)

〔研究内容〕

表面微細構造による表面機能（低摩擦、光拡散、無反射効果や超撥水効果など）を得るために、微細な表面構造を大きな面積に創生する技術が求められている。本研究では第一の加工技術として AFM 機構を用いた長周期微細構造ナノ切削、第二の加工技術として FTS を用いた短周期微細構造ナノ切削、そして計測技術として1本のプローブで光学式非接触、機械式接触検出を使い分けられる新機構を組み合わせて、同一機上でフレキシブルな微細加工と精密計測を行える多機能加工&計測システムを開発する。年度目標は以下の通り：AFM 切削では30mm 四方全面に、ピッチ10 μ m 深さが均等な V 溝を加工可能なことを示す。計測プローブにおいては非接触で Z 方向50nm、角度方向1arcsec の分解能をもつプローブを試作する。

平成22年度の進捗状況：

昨年度に設計・調達したセンサおよびアクチュエータを組上げ、新たな切込深さ制御理論に基づいたツールホルダを製作した。基礎実験を行った結果、ダイヤモンド工具を用いて純銅材料に深さ5~30 μ m の V 溝を形成でき、垂直荷重によって加工深さが線形に増加する関係があることを確認した。また計測プローブに関しては、システムのプロトタイプ製作と基礎実験を行った。光学式非接触プローブは変位センサが z 方向変位分解能50nm の目標を達成した。一方、角度センサは精度7.6arcsec、分解能数 arcsec 程度とやや目標に及ばなかったが、機械式接触検出プローブとの組み合わせが可能であることを示すことができた。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 切削加工、ナノ機械加工、機械計測、精密形状測定

〔テーマ題目13〕 球面駆動システムへの最先端幾何学の適用

〔研究代表者〕 矢野 智昭

(マイクロ加工システム研究グループ)

〔研究担当者〕 矢野 智昭、手嶋 吉法

(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

次世代マイクロファクトリに要求される多自由度モータのスペックを明らかにする。モータ本体、支持機構、減速機、制御装置、センサの小型化について検討する。多自由度センシング方法を検討し、センサの原理モデルを試作する。

既開発の正六面体と正八面体に基づく球面ステッピングモータに対し、同じロータ径、永久磁石質量、アマチュア巻線容積、入力電流となる、切頂八面体と切頂十二面体に基づく球面ステッピングモータを設計し、次世代マイクロファクトリに適した構造を検討する。支持機構、減速機、制御装置、センサ構造を検討する。

ロータ径62mm の球面モータを想定して切頂八面体と切頂十二面体に基づく球面ステッピングモータを設計し、シミュレーションにより、正六面体と正八面体に基づく球面ステッピングモータと比較して0.007Nm とトルクが半分になるが、回転が安定することを確認した。また、空気浮上、球面減速機、LabView を用いた制御装置を検討した。多自由度位置センサのプロトタイプを作成し、球面モータに換算して角度分解能0.1度、検出できるモータ速度3rpm を達成した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 アクチュエータ、幾何学、球面

〔テーマ題目14〕 環境対応部材のオンデマンド成形技術の開発

〔研究代表者〕 荒井 裕彦

(難加工材成形研究グループ)

〔研究担当者〕 松崎 邦男、清水 透、中野 禪、

加藤 正仁、村越 庸一、村上 敬、

花田 幸太郎 (常勤職員8名)

〔研究内容〕

製品製造及びライフサイクルにおける資源及びエネルギー消費量の削減を目指して、必要な時に必要な量だけの生産が実効的に可能であり、かつ多品種変量生産に対応できるオンデマンド成形技術を開発し、我が国の製造産業の持続的発展に寄与する。環境負荷低減に有効な材料の成形技術の開発のために、製品や加工法に合わせた素材合成や特性調整、スピニング加工の高度化、成形のための金型・潤滑技術、加工と製品両面からの表面処理技術、ならびに金属切削粉のリサイクル技術の開発を含むトータルなオンデマンド成形技術に関する研究開発を行う。ニアネットシェーブ成形と薄肉化・軽量構造成形の確立により、材料資源効率を向上する。金型削減により製作時のエネルギーおよび使用材料を低減する。最終的には要素技術の統合により目標達成を目指す。

本年度は、スピニング加工の高度化として、AZ31マグネシウム合金板の温間スピニング加工に着手した。温風ヒーターによりブランク及び金型を加熱し、円筒カップ形状や円錐、半球などの形状への絞りスピニングによる成形を試みた。工具軌道や加熱温度などの加工条件を模索し、比較的低い温度でも形状と工具経路次第で成形可能な場合があることがわかった。一方、板材の成形性の向上として、マグネシウム合金板材に連続的な曲げを与えるための圧延機によるロール曲げを適用し、曲げ半径の減少とともに熱処理を組み合わせることで加工性が

改善できることを明らかにした。引張曲げ処理により冷間張出し成形性に優れると予想される ZA61系マグネシウム合金板を作成し、スピニング加工による冷間成形が可能であることを示した。また、成形のための金型・潤滑技術として、高温用金型材料の用途で、Fe7Mo6合金の摺動特性の評価を行い、大気中600℃以上で良好なすべりを示すことを明らかにした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 オンデマンド成形、多品種変量生産、塑性加工、ニアネットシェープ、マグネシウム、組織制御、圧延材、逐次成形、スピニング加工、金型、摩擦特性

【テーマ題目15】 多品種少量生産、リペア技術に関する調査研究

【研究代表者】 明渡 純（集積加工研究グループ）

【研究担当者】 明渡 純、熊谷 俊弥、（土屋 哲男）
中島 智彦、松崎 邦男、荒井 裕彦、
中野 禪、芦田 極、栗田 恒雄、
小倉 一朗、岡崎 祐一、廣瀬 伸吾、
小木曾 久人、佐藤 治道
（常勤職員13名）

【研究内容】

多様なニーズに応え、かつ、部材・デバイス・製品製造に関する省資源・省エネルギーに貢献するため、必要な時に必要な量だけの生産を実効的に行える、あるいは、多品種変量生産に対応できる製造基盤技術、さらには高効率製造、長寿命化を考慮したリペア技術の市場性、ならびに将来展望を調査、分析し、現行の資源およびエネルギー消費量の削減に対する効果を分析する。

本年度は、AD 法、光 MOD、LIJ 法、ロボスピニング、レーザー複合加工などの先進プロセスと超音波検査、光計測技術などの多品種少量生産、リペア技術への適用性とオンデマンド化の意義などを明確化し、同小項目での開発ターゲットの絞込みを検討した。その結果、航空機産業分野や鉄鋼技術分野でリペア技術がビジネス的に十分に成立しており、AD 法やロボスピニング加工、超音波診断技術の有効性が見込め、資源およびエネルギー消費量の削減にも有効であることが確認され、オンサイトの加工・計測（診断）技術が重要であることが明らかになった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 リペア、エアロゾルデポジション、スピニング加工、インクジェット

【テーマ題目16】 革新セラ部材と複合プロセス場を用いた高効率熱処理プラント開発の基盤研究

【研究代表者】 平尾 喜代司（主幹研究員）

【研究担当者】 平尾 喜代司、周 游、宮崎 広行、
福島 学、吉澤 友一、長岡 孝明、

日向 秀樹、堀田 幹則、北 憲一郎、
近藤 直樹、北 英紀、藤代 芳伸、
大司 達樹（常勤職員13名、他2名）

【研究内容】

半導体用高純度炭化ケイ素粉末、窒化物系蛍光体材料、電池用電極材料など高機能無機粉末の新規な重要が拡大しつつある。また、焼結セラミックスにおいても、多品種少量に対応した高効率製造プロセスが強く求められている。本研究では、電磁波照射の持つ選択加熱性と補助熱源としてのヒータ加熱などを組み合わせた複合的なプロセス場を利用したセラミックスの高効率熱処理プロセス（仮焼、合成、接合など）の開発を目指している。このための基盤研究として、本年度は、マイクロ波加熱を用いた無機粉末合成のための汎用的な加熱システムについて検討を行い、以下の成果を得た。

室温から1000℃以上の高温に至る幅広い温度範囲で高いマイクロ波吸収特性を持つ耐熱材料を補助加熱材として被熱処理原料の周囲に配置し、断熱材、試料容器、雰囲気保持のための反応管、放射温度計を用いた測温方法を適切に組み合わせることにより、無機粉末を雰囲気及び温度制御下のもと1500℃以上に加熱可能なマイクロ波加熱システムを開発した。本システムにより、1) 室温域においてマイクロ波吸収特性に乏しく従来は加熱が困難であった原料、2) マイクロ波吸収が大きく熱暴走により精緻な温度制御が困難であった原料、など多様な原料に対して高温での熱処理が可能となった。本システムでは、1) 原料並びに原料直近に配置した補助加熱材をマイクロ波照射で直接加熱すること、2) 毎分百℃程度の急速加熱が可能であること、などの特徴を持ち、従来の外部加熱法に比べて約1/10の投入エネルギーで炭化ケイ素など各種のセラミック粉末の合成が可能であることを明らかにした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マイクロ波加熱、セラミック粉末、合成、高温熱処理、高効率プロセス

【テーマ題目17】 熱のカスケディングネットワーク

【研究代表者】 北 英紀（セラミック機構部材プロセス研究グループ）

【研究担当者】 近藤 直樹、長岡 孝明、日向 秀樹、
堀田 幹則、北 憲一郎、平尾 喜代司、
大司 達樹（常勤職員8名）

【研究内容】

低炭素社会実現に向けて、大半が廃棄されている工場排熱を有効利用する技術の開発が必要である。具体的には鉄鋼ライン等で生じた高温の廃熱をカスケード利用するために必要な、高蓄断熱性、軽量性に優れた熱貯蓄容器を開発し、貯められた高温廃熱を他の低温製造ラインや、住宅に輸送・供給するシステムを提案する。製造と民生を静脈で繋ぐシステムであり、将来的には太陽光集

熱や熱電変換システムと組合せ、熱エネルギーの質に応じた需給調整を可能とするカスケディングネットワークを構築することを目指す。平成22年度はセラミックスを利用した蓄熱体につき、ニーズや課題を調査し、それを踏まえて可能性を明らかにすることを目標とした。まず鉄鋼ラインの転炉廃熱など大量の未利用高温廃熱の存在、太陽熱利用、コンパクト・コージェネ等に大きなニーズがあること、課題は配管や容器の腐食、コスト、入解熱速度、エネ密度、コンパクト化であることがわかった。こうした課題をふまえ、蓄熱材－形状－配置方法－システムについて検討を実施し、セラミックスの特徴を活かしたカプセル蓄熱体を考案した。今年度は特に基本要素である相変態物質を充填したセラミックカプセルの基本設計と試作・及び評価を行った。潜・顕熱の総和が最大となるよう設計し、低コスト化のため超精密成形により加工レスでその内部に相変態物質を充填し、蓄熱量の評価を実施し、ほぼ予測値（計算値）通りの性能を得た。またカプセル体の基本耐久試験（900℃×25時間）を実施し、安定封入性に目処を得た。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 セラミックス、蓄熱、窒化ケイ素、エクスセルギー、カスケディング

【テーマ題目18】 シリコンのカスケード利用によるセラミックス化プロセス開発

【研究代表者】 日向 秀樹（セラミック機構部材プロセス研究グループ）

【研究担当者】 北 英紀、近藤 直樹、長岡 孝明、堀田 幹則、北 憲一郎、平尾 喜代司（常勤職員7名）

【研究内容】

シリコンウエハーや半導体の切削、研削、研磨等の製造工程で発生するスラッジは、多量の水分とともに回収される。このスラッジの主成分はウエハー等の原料である4N から11N の高純度ケイ素粉末である。このスラッジは、凝集剤を添加、濾過することによって回収され、ほとんどは埋立処分されており、再利用先としては、フェロシリコンの代わりに鉄鋼製造時のケイ素成分としての添加やセメント原料等、極めて僅かな量が利用されているに過ぎない。そこで、本スラッジがセラミック用の原料として利用できるかの調査を行った。本年度の成果として、廃スラッジの成分はウエハー等の製造時のどの行程で回収されるかによって、大きく異なることが分かった。また、ある行程で得られたスラッジ中のケイ素粉末自体は平均粒径が1-2ミクロンの微細な粉末であり、そのスラッジに含まれる不純物量も非常に低いことが確認された。スラッジ中の不純物を除去後、反応焼結法によって作製した窒化ケイ素セラミックスは強度700MPaを越え、市販の汎用窒化ケイ素セラミックスと比較しても同等以上の物性を示す材料が作製可能であることが明

らかになった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 セラミックス、リサイクル、窒化ケイ素、ケイ素

【テーマ題目19】 高断熱・高強度セラミック多孔体の開発

【研究代表者】 吉澤 友一（セラミック組織制御プロセス研究グループ）

【研究担当者】 吉澤 友一、周 游、福島 学（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

セラミックスは優れた耐熱性、耐食性を有しており、その多孔体は脱塵フィルター、排気ガス浄化用触媒担体、分離膜及びその支持基材、下水処理の際の汚泥への散気、軽量耐火物など、エネルギー創出や環境浄化、省エネなどの分野で使用されている。本研究では、当グループで開発したゲル化凍結法による超高気孔率多孔体セラミック製造方法を用いた高断熱製多孔体の作成に取り組んだ。

一般的に高い気孔率の多孔体セラミックの製造方法としては、造孔剤と呼ばれる焼結時に消失するよう有機物や炭素を大量に混ぜて焼結する方法や、スポンジへセラミックススラリーを含浸させ、加熱除去する方法などがある。前者は、閉気孔ができやすい欠点があるとともに、大量に添加する有機物の加熱除去に多大なコストが必要である。また、後者は、スポンジにスラリーを含浸させるため、細かい気孔径にすることが困難であるとともに、両者とも気孔率を高くすると強度が著しく低下し、ハンドリングにも問題を抱えている。ゲル化凍結法では、造孔剤として氷の結晶を使用し、セラミック粒子を含むゲル中に霜柱が生えるように氷結晶を成長させ、一方向に連通する多孔体を製造する技術である。本法では、マイクロハニカム状の多孔体を得られ、壁を緻密に焼成することで、気孔率が高く、かつ強度も高い多孔体を得られる。一方、基本的に連通孔となるため、断熱材としての使用には不向きであり、閉塞孔とする必要がある。

本研究テーマでは、これらの問題を解決するために、ゲル化凍結法で作成される連通孔を塞ぐことを検討した。種々の実験的検討の結果、特定の溶質を添加したスラリーから作成したゲルを凍結すると、氷結晶が成長する途中で連通孔に竹の節状の閉塞をその場で生成することを見出した。本法を用いて、ジルコニア、アルミナ、窒化ケイ素セラミックスで閉塞孔の生成を確認した。本法は、関連企業より高い評価を得て、技術開示を行い、一部はサンプル出荷に至った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 セラミックス、多孔体、断熱材、細孔径、高気孔率、ゲル化、凍結、閉塞孔

〔テーマ題目20〕多元系窒化物蛍光体の高速合成プロセスの研究開発

〔研究代表者〕周 游（セラミック組織制御プロセス研究グループ）

〔研究担当者〕周 游、吉澤 友一、日向 秀樹、平尾 喜代司（常勤職員4名）

〔研究内容〕

多元系窒化物蛍光体は、安定性に優れ長波長の発光が可能であり、LED 用の蛍光体材料として注目されている。しかし、これらの窒化物は、高い共有結合性がゆえに物質拡散が極めて遅く、蛍光体の合成には、高温での長時間の加熱が必要であり、低コストの製造方法の開発が求められている。本研究は、希土類元素を付活元素として添加したサイアロン等窒化物蛍光体を対象に、構成元素粉末等の混合物を高圧窒素中でその一端を加熱し自己伝播する燃焼反応を生じさせ、外部加熱を行うことなく数分程度の短時間で蛍光体粉末を合成する低コストで高効率の合成プロセスの確立を目指している。

平成22年度は、昨年度検討した組成をもとに、原料の充填状態、反応容器の形状と大きさ等燃焼反応プロセス因子を最適化することにより、従来の固相反応プロセスより50%高い発光強度を有する β -SiAlON:Eu²⁺緑色蛍光体の合成に成功した。また、Mg と Si₃N₄を出発原料として用い、さらに賦活元素として酸化マンガんとセリアを微量添加することにより、赤色発光を示す Mg_{1-x}Me_xSiN₂ (Me : Mn 及び Ce) 単一相よりなる蛍光体を燃焼反応により合成可能であることを見出した。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕燃焼合成、高速合成、蛍光体、窒化物

〔テーマ題目21〕省エネを実現する機能性摺動面加工技術の開発

〔研究代表者〕加納 誠介

（トライボロジー研究グループ）

〔研究担当者〕加納 誠介、三宅 晃司、是永 敦、藤澤 悟、鈴木 健、中野 美紀、日比 裕子、村上 敬

（常勤職員8名、他3名）

〔研究内容〕

製造に使用する装置や製造された機械類は、多くの摺動部を有する。この摩擦面では、滑ることによるエネルギー伝達ロスや、滑ることによるエネルギーロスが発生する。このようなエネルギーロスを低減することは機械類や機器類の省エネに直結する課題であり、摩擦を制御することが重要となる。摩擦を制御する方法としては、システムの機構を変更する、潤滑材を変更するなどが主に考えられてきた。近年は摺動部材表面に微細な凹凸をつけることで問題の解決に挑戦することも試みられている。

本研究開発では、摺動部材の表面に微細な V 溝を形

成し、ここに多層膜を形成したのち表面を研磨により平滑化する技術を適応して、摩擦摩耗の制御に貢献することに挑戦を開始した。今年度は摩擦低減に向けて、成膜方法、およびナノストライプを構成する材料の組合せと幾何形状、添加剤の作用機構について実験を進めた。特にプロセスと多層膜の効果について重点を置き、原理の検証を行い、V 溝への多層膜形成により組成の差と組成の差に起因するかたさの差、かたさの差からくる微細な段差が摩擦低減に効果があることを実証した。さらに、これらの開発要素プロセスの省エネルギー性の評価のための摩擦実験を開始した。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕トライボロジー、表面微細加工、多層膜コート、省エネ、摺動部材、機能性表面

〔テーマ題目22〕次世代エネルギー部材提供に向けた低環境負荷製造技術及び材料評価技術開発

〔研究代表者〕間宮 幹人

（結晶機能制御研究グループ）

〔研究担当者〕間宮 幹人、木嶋 倫人、永井 秀明、秋本 順二（常勤職員4名、他3名）

〔研究内容〕

次世代エネルギー部材提供に向けた低環境負荷製造技術及び材料評価技術の開発に取り組み、大容量新規結晶相の結晶構造解析、および低環境負荷製造技術のスケールアップに成功した。

大容量新規結晶相として高圧法を用い合成された新規チタン酸化物について、単結晶 X 線回折法により、未知の結晶構造であることが判明したため、未知構造の結晶構造解析技術を駆使することにより、Ramsdellite (R) 型と CaFe₂O₄ (CF) 型の部分構造がほぼ1:1の周期で積層したインターグロース構造であることを明らかにした。

一方、低環境負荷製造技術として、1.5kW の工業用マイクロ波発振器を搭載した大型液相マイクロ波合成装置を試作し、ナノ粒子材料を1L/バッチで合成することを可能にした。本装置を用いて1000mAh/g 以上の高容量を示すナノ粒子活物質を合成した。また、大気非暴露の条件で X 線回折実験を行い、充放電前後の活物質の構造を評価する技術を確立すると共に、大強度陽子加速器施設 (J-PARK) において高分解能パルス中性子回折実験を行った。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕結晶構造解析、単結晶 X 線回折、中性子回折、液相マイクロ波合成法、ソフト化学合成法、ナノ粒子、チタン酸化物、鉄酸化物、マンガ酸化物、イオン伝導体

〔テーマ題目23〕触媒燃焼型熱電発電機の開発

〔研究代表者〕申 ウソク（電子セラミックプロセス研

究グループ)

【研究担当者】 申 ウソク、西堀 麻衣子、松原 一郎、
藤代 芳伸（常勤職員4名）

【研究内容】

資源生産性を考慮したエネルギー部材・モジュール製造技術として、都市ガスの1/10程度の低カロリー燃料のバイオマスガス等を有効活用できる燃焼発電応用に使えるマイクロ熱発電デバイス開発を目指し、厚膜の熱電変換材料プロセスの技術、マイクロデバイス量産製造技術、配線及びパッケージを含むモジュール化技術、等の部門内の高度な製造技術を総合的に連携し、数%レベルの可燃性ガスを燃料とする熱発電デバイスの試作品を作る。試作品の発電実証実験を行い、将来の新製品開発、新産業創成に貢献する。

平成22年度は、機能の集積度を2倍以上向上させる新規材料技術の確立と、そのエネルギー部材・モジュール展開が可能な連続生産プロセスとの融合を目指し、アレー型接触燃焼式熱発電機デバイスの製造技術として、Bドーピング SiGe 及び BiSbTe の p 型薄膜のサーモパイル素子をアレー化した接触燃焼式熱発電機デバイスを作製しながら、アレー型素子製造プロセスの改良を進めた。BiSbTe の p 型薄膜の性能を向上させて、空気中水素3%の雰囲気では $P=V^2/4R$ の計算で約2μW の発電性能向上が達成できた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 低カロリー発電、熱電変換素子、マイクロアレー、集積型素子、エナジーハーベスト

【テーマ題目24】 革新的蓄電モジュール材料・製造技術
開発（次世代セラミック蓄電）

【研究代表者】 藤代 芳伸

（機能集積モジュール化研究グループ）

【研究担当者】 藤代 芳伸、秋本 順二、濱本 孝一、
鈴木 俊男、山口 十志明、
阿波加 淳司、間宮 幹人、木嶋 倫人
（常勤職員8名、他1名）

【研究内容】

資源生産性を考慮したエネルギー部材・モジュール製造技術として、次世代自動車や、再生可能エネルギー利用のスマートグリッドでの分散電源等に利用される、安全、高容量、低コストの新たな蓄電デバイス技術開発を目指し、既存のリチウム電池の性能を超えるポストリチウム電池技術として、ナノレベルからの構造制御を活用する機能性セラミック材料や集積技術等の製造プロセス技術を活用する次世代セラミックス蓄電池としての、新たな蓄電材料部材モジュール製造技術を開発する。

平成22年度は、部門内連携での検討にて、リチウムイオン蓄電池用の新規多孔質ハイブリッド電極部材の製造技術等について検討を行った。その結果、金属塩溶液の

ポリマー前駆体を用いるエレクトロスピニング法、およびスラリー凍結乾燥法を応用することで、セラミックカーボンコンポジット構造を有するナノ構造を制御した一体型の正極部材形成する新たな技術を開発した。開発した電極はリチウムイオン電池の正極部材として十分に機能することを確認した。さらに、資源性、コスト性に優れたナトリウムイオン電池の正極として利用できる新規電極材料を開発し、高電圧、高容量の蓄電池への適応性を確認した。また、容易なペースト塗布やシート成形プロセスにてシート化が可能で、柔軟性やプロセスでのハンドリング性能が高い、世界最高水準の室温での高リチウムイオン導電性を有する固体酸化物電解質部材を開発し、数十μm の厚さで、10cm×10cm 以上の大型シートとして形成するための基礎技術を開発した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 機能-構造部材融合化、セラミック電解質、高集積化プロセス、機能性イオン伝導セラミックス、セラミックナノ構造電極、ナトリウムイオン電池、金属空気二次電池、全固体電池、シート成形、電気自動車、分散電源

【テーマ題目25】 次世代型マイクロ SOFC モジュール
の開発

【研究代表者】 鈴木 俊男

（機能集積モジュール化研究グループ）

【研究担当者】 鈴木 俊男、山口 十志明、濱本 孝一、
藤代 芳伸、馬場 創、小木曾 久人、
明渡 純、中野 禪、清水 透
（常勤職員9名）

【研究内容】

運転温度650℃以下で、体積発電密度2W/cc を可能とするメタルサポート型マイクロ燃料電池の製造プロセス開発、及びエアロゾルデポジション法（AD 法）を利用した電解質の常温調製手法開発を行うことで、さらなる燃料電池の高性能化を目指したセル開発プラットフォームを確立する。特にマイクロチューブ構造を有する電極において、電極チューブ孔内に金属材料からなる多孔質構造を構築する製造プロセス技術を確立すると共に、AD法によるマイクロチューブ表面への緻密電解質薄膜の調製技術開発を行う。

今年度はチューブ型マイクロ燃料電池のチューブ孔内に気孔制御が可能な発泡ステンレス多孔質構造、およびチューブ形状表面への AD 法による緻密電解質膜を構築する手法を開発した。発泡ステンレス多孔質構造の導入によって集電効率の向上、燃料ガスの利用効率を高めることが期待でき、セル性能向上が見込める。また、AD法を用いてチューブ形状電極表面に10ミクロンの緻密YSZ 電解質を調製することに成功しており、この成果によって燃料電池の電極構造制御の範囲が大幅に広がり、

燃料電池のさらなる高性能化が期待できる。現在は発電性能の評価を進めており、新技術としての知財検討及び各製造プロセスへフィードバックすることで実用化展開へ発展させる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 燃料電池、SOFC、ポーラス、電解質、AD法、電極、構造制御

【テーマ題目26】 超電導膜のナノ構造制御と集積化による省電力超電導素子モジュール製造技術の開発

【研究代表者】 真部 高明

(機能薄膜プロセス研究グループ)

【研究担当者】 真部 高明、相馬 貢、山口 巖、松井 浩明、藤代 芳伸、日方 威、塚田 謙一、神谷 国男、近藤 和吉、中川 愛彦 (常勤職員6名、他4名)

【研究内容】

本テーマでは、中期計画小項目「資源生産性を考慮したエネルギー部材・モジュール製造技術高付加価値技術系」の一環として、超電導マイクロ波フィルタ等の各種省エネルギー部材・モジュールに必要な超電導厚膜作製技術とモジュール形成基盤技術の開発を行った。

塗布熱・光分解法による超電導厚膜作製技術に関しては、1回塗布約1 μm のクラックフリー厚膜化を可能とする新規厚塗り溶液を開発した。これにより塗布-焼成工程を繰り返して厚膜作製する従来法と比べて、大幅なプロセス高速化が達成された。

また1 μm 超電導厚膜の臨界電流特性向上を目指したプロセス開発に関して、膜中のナノ構造を制御することにより、エピタキシャル構造を維持しつつ磁束ピン止め点を分散導入して特性を向上させることに成功し、フッ素フリー塗布熱・光分解法イットリウム系超電導膜において初めて200A/cmを超える高い臨界電流を達成した。さらにイットリウムを部分的に他の希土類で置換する「Y/RE多層構造」により磁束ピン止め力をもつ有効な「ナノ欠陥」を人工的に導入できることを見出し、さらなる高特性化のポテンシャルを示した。

また超電導マイクロ波フィルタモジュール化に関して、フィルタ要求仕様サイズのインチ角大面積両面超電導膜を作製してマイクロ波表面抵抗特性評価を行い、フィルタ実用レベルの低表面抵抗 (77K、12GHzにおいて1m Ω 以下)を示すことを確認した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 コーティング技術、塗布熱分解法、塗布光照射法、超電導限流器、超電導マイクロ波フィルタ、超電導厚膜線材

【テーマ題目27】 圧電部材の三次元構造形成による高機能化

【研究代表者】 鈴木 一行

(特異反応場プロセス研究グループ)

【研究担当者】 鈴木 一行、砥綿 篤哉

(常勤職員2名)

【研究内容】

本研究では、圧電アクチュエータ部材の製造において、高変位を誘導する三次元構造を付与することにより、小型・軽量で高機能を有する圧電部材の製造を可能とすることを目的とする。高変位を誘導する三次元構造を設計するとともに、積層構造形成、粒子配向などの内部構造の制御を同時に行うプロセスを開発する。これを達成するための要素技術として、構造形成技術・積層化技術・微構造制御技術・低温焼結技術の検討を行う。さらに、環境負荷の少ない原料を用い、高温環境化での動作が可能な材料設計をすることで、部材の高付加価値化を行う。

22年度は、高温利用可能な圧電材料の作製条件の検討を行うとともに、合成した粉末を用いてシート作製、積層化、3次元構造形成を行うためのプロセスを検討し、作製した構造体の電気的特性を検証した。合成した(Na, K)NbO₃粉末及び有機バインダーを用いて、混合比、粘度、温度などの条件を検討することにより、約0.2mmのセラミックスシートを作製し、このシートを用いて螺旋状の構造体を形成することに成功した。この構造体を焼結したものについて、約95%の相対密度を得ることができた。また、電極層との積層構造を形成することに成功した。電気的な特性の評価を行った結果、通常のバルク試料と同等な特性が得られた。シート試料において強誘電特性を確認し、残留分極20 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 、誘電率400、誘電損失0.05という特性が得られ、さらに、螺旋状の構造体においても強誘電特性を確認した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 圧電体、アクチュエータ、構造形成

【テーマ題目28】 高周波振動を用いるマイクロ振動フィードの開発

【研究代表者】 小塚 晃透

(特異反応場プロセス研究グループ)

【研究担当者】 小塚 晃透、砥綿 篤哉

(常勤職員2名)

【研究内容】

製造プロセスにおいて、多くの工程間で中間製品が移動するが、ミニマルマニファクチャリングを目指すためには、多岐にわたる搬送手段の見直しが重要である。本研究の目的は、高周波振動を用いて微細部品を操作するための技術の開発である。具体的には、機器間で微細部品を搬送するために、高周波振動を用いて振動板上の微小物体を搬送する技術、加工・計測等の機器において部品を任意の方向に姿勢を制御するための技術、および空气中に放射した超音波を用いて微小物体を非接触で捕捉し、搬送する技術について研究を行った。

ガラス板の端面にランジェバン型振動子を密着させて、ガラス板の横方向から40kHzの超音波を与えて表面波を励起し、板上に置いた微小物体を音源から離れる方向に移動できることを実験で確認した。異なる位置に複数の振動子を配置することで、2次元板上を任意の方向に移動できると考えられる。

また、光学レンズの軸合わせ装置において、円環状のレンズ保持具に40kHzの超音波振動を与えることで、光学レンズの軸を保持具の軸に合わせることを可能とした。さらに、複数の超音波振動子を配置してその2つの振動の位相差を制御することで、レンズを保持具上で回転させること、および任意に傾けることが可能であった。

さて、流体媒質中を伝搬する超音波を物体で遮ると音波は反射して、進行波と反射波が干渉することで定在波音場が生成される。定在波音場中では、波長に比べて十分に小さな固体物は一般に音圧の節に捕捉される。そこで、直径25mmの超音波ホーンを用いて28kHzの超音波を空気中で上方に向けて放射し、その上方約40mmの位置に凹面形状の反射板を置いて定在波音場を生成した。その音場中で、 $1.0 \times 0.5 \times 0.2 \text{mm}^3$ の電子部品や、直径5mm以下の小型光学レンズ等を非接触で音圧の節に捕捉できることを確認した。

さらに、この現象を利用して、定在波音場中の音圧の節を一次元状に伸ばして、微小物体を搬送する非接触搬送路として利用することを試みた。内径30mmの亚克力パイプの一部に横から超音波振動子を挿入できるように穴を開け、28kHzの超音波ホーンの先端を挿入した。微小物体を複数個パイプ中に投入すると、振動子付近のパイプの中心軸に沿って一列に捕捉されたが、振動子の挿入部分に凝集して捕捉され、搬送路として均一な一次元定在波音場を生成することは困難であった。音源から離れると共に音波は減衰するため、均一な音場をパイプ中に生成するためには、複数個の振動子を配置するなどの工夫が必要であると考えられる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 超音波、音響放射圧、非接触、マニピュレーション

【テーマ題目29】 大面積・高効率エネルギーデバイス用AD装置の開発

【研究代表者】 廣瀬 伸吾（集積加工研究グループ）

【研究担当者】 廣瀬 伸吾、朴 載赫、馬場 創、鈴木 宗泰、明渡 純
（常勤職員6名、他5名）

【研究内容】

エアロゾルデポジション（AD）法を用いた低温化・低環境負荷を満足する連続式ロール・ツー・ロール AD装置を開発するとともに、それを利用して高効率のエネルギーデバイスの作製を目指す。色素増感型太陽電池においては、フレキシブル素材への電池構造の常温形成に

成功し、光電変換効率は7%を達成した。また、超電導材料である二ホウ化マグネシウム（ MgB_2 ）に対してAD成膜を行い、常温でバルクと同等の超電導転移温度（ $T_c=39\text{K}$ ）を確認できた。これらの結果により、AD法を用いた低環境負荷製造での高効率エネルギーデバイス構造の実現可能性を広げることができた。

また、2種類の連続式ロール・ツー・ロール装置の試作し、全固体リチウムイオン電池用にアルミ箔集電素材上に正極材マンガン酸リチウム（LMO）を成膜し、その成膜面積が従来に比べて3～10倍となるA0サイズ（ $840\text{mm} \times 600\text{mm}$ ）での成膜に成功した。AD成膜プロセスの大面積化に関する研究を通じて、量産成膜技術の確立への指針が得られた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 エアロゾルデポジション、エネルギーデバイス、色素増感型太陽電池、超電導材料、全固体リチウムイオン電池

【テーマ題目30】 日本型ものづくりのための次世代設計支援技術のニーズ把握及び動向把握

【研究代表者】 三島 望

（システム機能設計研究グループ）

【研究担当者】 中住 昭悟、鈴木 隆之、平澤 誠一、加納 誠介、中野 禅、松崎 邦男、手嶋 吉法、澤田 浩之、近藤 伸亮、往岸 達也、澤田 有弘、手塚 明
（常勤職員13名）

【研究内容】

本件調査で必要性を把握しようとするものは、形状変更（CAD）と形状変更に伴う構造解析、物体周りの流れの解析（CAE）を一体化させ、統合的に設計／解析を行う手法の必要性を把握することであり、平成21年度から行っている熟練設計者に対する聞き取り調査、本年度行った海外研究者招へいを通じてニーズ調査を行った。その結果、分業が明確な欧米型のものづくりよりも、むしろ設計リーダーが企画から生産技術までを見通して設計することが強みである日本型ものづくりにおいて、CAD/CAE一体型設計支援ツールの必要性、有効性は高いことが確認できた。また招へい研究者との議論を通じて、解析における物性の一種としてCO₂排出原単位を持たせておくことにより、形状設計と環境負荷評価を一体化する可能性についても示唆を得た。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 CAD、CAE、設計支援

【テーマ題目31】 微細加工技術マップの検証に関する調査研究

【研究代表者】 栗田 恒雄

（マイクロ加工システム研究グループ）

【研究担当者】 栗田 恒夫、芦田 極、小倉 一朗、

近藤 伸亮、徳永 仁史
(常勤職員10名、他7名)

【研究内容】

デバイスの小型化、高密度化、多様化が進み、また難削材への微細加工形状加工への要求が高まっているなかで、加工プロセスについては低コスト化、低環境負荷であることが同時に求められている。このように微細形状加工、新規材料加工技術への要求は常に存在するものの、作業の分業化により設計者の加工技術に関するノウハウが欠如しており、機能、コスト、環境負荷、作業者の安全性といった、時に相反する要求をバランスよく満たせる最適な加工方法を選択、組み合わせるための知識が伴っていない状況がしばしば見られる。

そこで、様々な微細加工技術を体系的に整理するために、それぞれのコスト、品質、環境負荷といった特性、また加工原理および加工に必要な段取り（加工環境、加工液、装置規模）などの項目について調査を行い、それらの特性を一目で俯瞰できる技術マップの作成を試みた。

具体的には、微細な1つの穴の加工に対して、適用可能と考えら得る加工技術をリストアップし、それぞれの加工原理について調査し、最小穴径、最大穴径、加工速度、表面粗さ、深さ方向のテーパ、穴径精度などの加工品質、および加工が可能な材料について調査した。また、装置導入コスト、ランニングコスト、環境負荷、加工環境、段取り、装置規模など、様々な面から加工技術を分類した。これらの調査結果をまとめるとともに、各評価項目を俯瞰できるマップを作成し、その活用について検討を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 加工技術、加工方法、マッピング

【テーマ題目32】 寿命・余寿命評価に基づく再構成型概念設計支援手法の研究

【研究代表者】 鈴木 隆之（機能・構造予測検証研究グループ）、三島 望（システム機能設計研究グループ）

【研究担当者】 鈴木 隆之、西村 良弘、笹本 明、原田 祥久、中住 昭吾、三島 望、堤 千里、往岸 達也、増井 慶次郎、近藤 伸亮、澤田 有弘
(常勤職員11名)

【研究内容】

設計の上流段階において、可製造性、加工品質、耐久性、寿命、リサイクル性等を系統的に予測・評価するハードとソフトを融合させたトータル支援技術開発に関する提案を行うことを目標に、その要素研究として、寿命・余寿命評価結果に基づく保守計画を取り込んだ概念設計改善のための汎用手法の開発を行う。また、設計対象とするシステムをアフターサービスを含むものと捉え、曖昧な要求からサービス案を含む概念設計案を効率よく

導出する手法を提案、確立する。

平成22年度は、寿命・余寿命評価ツールに必要な非破壊評価技術や欠陥解析技術の高度化を進めた。複雑な欠陥の非破壊評価を行うために、高感度磁気センサを用いた電磁プローブの試作、電磁逆解析手法の高度化、大規模化を行うとともに、拡張型有限要素法を用いて、3次元き裂解析や混合モードき裂解析を行った。これらを統合したツールについての開発に着手し、単一の表面欠陥を有する部材の寿命・余寿命評価が可能となった。

また、設計の上流段階において、設計バウンダリの確定のために用いる事象関連性分析手法をほぼ実用段階にまで仕上げた。さらに次段階として、余寿命判断が必要であり、かつアフターサービスを伴う製品について、異なるビジネスオプションを含む設計を支援するツールの開発に着手し、事例に基づく簡単な解析を行い、コンセプトの有効性を検証した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 非破壊損傷評価、寿命・余寿命予測、事象関連性分析手法、設計支援ツール

【テーマ題目33】 製品設計・概念設計支援技術開発のための難加工材の成形加工に関する研究

【研究代表者】 加納 誠介

(表面機能デザイン研究グループ)

【研究担当者】 加納 誠介、松崎 邦男、是永 敦、三宅 晃司、中野 美紀、平澤 誠一、藤澤 悟、鈴木 健、日比 裕子、清水 透、加藤 正仁、栗田 恒雄
(常勤職員12名、他2名)

【研究内容】

製造・加工にかかわる工程設計は、求める製品の品質を達成・確保するうえで重要であり、製品コストにも直結する課題である。加工する材料やプロセスが、これまでの工程の延長線上にあり経験に基づく改良が中心の場合には、各企業内の努力により問題なく解決が可能であるが、経験のない材料やプロセスを扱うとなると、開発が滞る場合が多い。特性はよいが加工が困難な材料や単純なプロセスではあるが性能が出にくいプロセスを制御できるようになると、新たな工程設計が可能となると考えられる。

本開発テーマにおいては、このような状況を鑑み、チタン合金という比強度が高く優れた特性を持ち、航空機用部材や生体用部材として期待されいながら、加工が難しいため、量産されずにいる材料を例に、「転造」という簡便なプロセスで、この材料がどこまで容易に加工でき、その時他のプロセスで加工したものと比べどの程度特性が出せるのか、プロセスの改良の効果が望めるかどうかを検証し、工程設計の幅を広げることが可能かどうかを追及することを課題として取り組んでいる。

今年度は、まずプロセス改良に取り組む準備段階とし

て必要な治具の調達調整を、純チタンを用いて実施し、標準のプロセスを決定した。また、転造に用いるダイス表面に処理をすることで、転造性を向上させる計画であるが、その効果の検証を行うため、表面テクスチャと潤滑性向上の効果を調べ、その評価法の確立に着手した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 トライボロジー、表面微細加工、転造、難加工性金属、機能性表面

【テーマ題目34】 製造業の情報化および可視化支援技術

【研究代表者】 澤田 浩之（製造情報研究グループ）

【研究担当者】 澤田 浩之、徳永 仁史、古川 慈之、手嶋 吉法（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

製造業の情報化は少しずつ進んでおり、データベースを利用した情報共有インフラも整いつつある。しかしながら、それらの情報は個別データとして扱われていることが多く、情報間の相互依存関係の分析などは作業者に依存しているのが現状である。本研究では、製造に用いる情報および製造過程で生じる情報の中から、製造プロセスの高度化に有用な情報を導出・共有・可視化するための取得・処理・利用技術を開発し、それらを MZ Platform の機能として実装し、成果普及を図る。平成22年度には、以下の研究開発を行った。

製造情報相互の依存関係の導出や提示を行う技術の具体的な題材として故障木解析（FTA）による品質保証技術を取り上げた。FTA とは、製品の故障事象の原因を木構造へ展開して解析する手法であり、製品の品質や信頼性を向上させるための有効な手法として知られているが、その木構造の作成および編集に関わる作業負担が大きい。そこで、作業負担の軽減と解析品質の向上を目的として、故障木の検証および作成支援を行う実用的ソフトウェアを MZ Platform 上で開発した。自動車部品メーカーにおける実務試用検証の結果、故障木作成に関わる現場作業者の作業工数半減および解析品質の5割以上の向上が確認された。

設計初期段階または製造プロセス決定段階での簡便なシミュレーション技術として SPH 法（粒子法）の検討を行った。鋳造シミュレーションを題材として解析プログラムを試作し、設計初期段階における支援ツールとして必要な計算精度および速度が出せることを確認した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 情報技術、品質保証技術、初期設計、シミュレーション

【テーマ題目35】 ものづくり可視化技術開発

【研究代表者】 石川 純（可視化装置研究グループ）

【研究担当者】 Ryabov Oleg、山内 真、岩本 和世、遠藤 博史（常勤職員5名、他3名）

【研究内容】

目標：

自動化により現象が作業員から隠蔽され、ブラックボックス化した製造工程、あるいは経験に基づいているため、作業工程中に起こっている現象を作業員が把握していないといった事例を取り上げ、作業現象を計測・分析し、その結果を作業員に提示する「可視化装置」の研究開発を行う。「可視化装置」は、作業員による作業工程の科学的・論理的な把握・理解を支援できるようなものとなることを目指す。

今年度の実施内容及び成果：

今年度は、作業計測・分析の対象として、実体顕微鏡下でのガラス部品クリーニング作業を取り上げた。実体顕微鏡による動画撮影は単眼となるので、作業を立体的に観察できるのは作業員本人のみである。従って作業の状況を他人と共有することが難しく、作業分析や継承が難しいという問題があった。この作業を可視化するために、実体顕微鏡に下方向から作業を撮影する機構を付加し、さらに全反射を利用した接触位置検出光学系との併用により、クリーニング作業部位軌跡撮影を実現した。また、作業用のピンセットに複合材料構造を持つ高感度2次元力センサーを組み込み、光学部品の把持力、クリーニング時の押しつけ力測定を実現した。

提示技術については、ヘッドマウントディスプレイの高解像度化の予備実験をおこなった。現在、製造現場で利用しているヘッドマウントディスプレイは、コストの関係から画素数が限られており、提示できる情報量は限られている。画素数の遙かに多い液晶ディスプレイによるビデオシースルーのシステムを実現した。このシステムを用いて、ワークの内部構造イメージの作業員への提示を実現した。内部構造イメージは作業員がワークを動かしてもワークを追従し、作業員から直接見えない部位の作業（裏面に穴にピンを指し込む）の効率を大幅に向上させることが確認された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 可視化、熟練技能、技能継承、みえる化

【テーマ題目36】 ものづくり加工における現場判断技能の可視化・制御技術の開発

【研究代表者】 岡根 利光（基盤的加工研究グループ）

【研究担当者】 岡根 利光、今村 聡、伊藤 哲、碓井 雄一、瀬渡 直樹、梶野 智史、澤田 浩之、古川 滋之（常勤職員8名）

【研究内容】

加工における熟練者の判断技能における「現場判断」について、その可視化、原理の解明、制御技術の開発を行う。基本原理の拡大による製造プロセスの高度化、さら IT を活用したツール化を行い、技術技能の継承支援を図る。切削、鍛造、溶接、鋳造の各加工において、それぞれの現場判断技術について可視化手法の検討を行っ

た。切削では、加工点から離れた位置からのドリル先端振動測定と摩耗進展状況の推定技術開発を行った。切り屑の影響を排除したドリルの芯振れの測定を安価な測定装置で実現した。加工条件修正によるドリル欠損防止技術への展開を進めている。鍛造では、据え込み加工の温度分布を計算して温度の影響を可視化して現場判断に役立つ据え込み温度計算テンプレートを開発した。溶接では、アーク溶接の溶融池の可視化、溶滴の短絡移行の検出器を作り、短絡防止に関する溶接教育ツールの試作をした。鋳造では注湯技能テンプレートをベースに制御技術と組み合わせて自動化を図る技術開発を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 切削、鍛造、溶接、鋳造、ドリル加工、
据え込み、アーク溶接、注湯

【テーマ題目37】 ものづくり支援技術の研究開発

【研究代表者】 尾崎 浩一

(ものづくり支援ツール研究班)

【研究担当者】 岡根 利光、今村 聡、碓井 雄一、
伊藤 哲、瀬渡 直樹、梶野 智史、
澤田 浩之、徳永 仁史、古川 慈之
(常勤職員10名、他9名)

【研究内容】

目標：

中小製造業のIT化と技術の高度化を支援することを目的として昨年度までデジタルものづくり研究センターで開発し、普及を図ってきた加工技術データベース、加工テンプレート、MZプラットフォームの3つの成果物に関し、先進製造プロセス研究部門との統合を機に、ものづくり支援ツール研究班を組織し、企業現場にてさらに広く活用されるべく、各ツールの機能向上とともに、産総研地域センター、各地の公設試験研究機関、工業組合等の諸団体との連携による普及活動を実施する。特に今年度は国内有数の製造業集積地である名古屋地域にて重点普及する。

今年度の実施内容及び成果：

ツールの機能向上に関して「加工技術データベース」では、加工現場のニーズが大きくかつ未実施であった耐熱鋼に関するアーク溶接作業標準を新たに構築、公開した。また「加工テンプレート」では鍛造各実施中の温度変化を考慮した鍛造据え込みテンプレート等を開発し、ユーザーへの普及ツール群に追加した。「MZプラットフォーム」においては、製造現場のハードウェアと情報連携する技術として作成した通信インタフェース機能をMZプラットフォームに実装し、平成22年11月リリースのVer. 2.6より付属標準ソフトウェアとして一般への配布を開始した。

普及活動においては、名古屋地区において中部経済局の協力を仰ぎ、工業会や工業組合等の関連諸機関・団体、公設試験研究機関、産総研中部産学官連携センターと連

携し、計9回の普及活動を実施した。このような集中的、継続的かつ広がりのある普及活動を実施することにより、日本の重要産業集積地での認知度を格段に向上することができた。

加工技術データベースは国内全体でのユーザー数は約12,200名となった。そのうち愛知県でのユーザー数の伸びについては、過去4年間の平均に比べ66%増大した。また加工テンプレートのユーザー数は21年度末に比べ、総数で42%増加した。

MZプラットフォームについては、以前から重点的に普及を図ってきた九州地域の製造業7社で業務利用アプリケーションの開発を開始したほか、新たなソフトウェアベンダー1社と技術移転契約を締結した。また自社システム開発を目的とした技術研修7件を実施した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 加工技術、データベース、技能分析、技能継承、ITシステム自社開発、IT人材育成

⑤【サステナブルマテリアル研究部門】

(Materials Research Institute for Sustainable Development)

(存続期間：2004.4.1～)

研究部門長：中村 守

副研究部門長：坂本 満、田澤 真人

主幹研究員：三輪 謙治、金山 公三、田尻 耕治

所在地：中部センター

人員：61名(61名)

経費：453,273千円(209,249千円)

概要：

サステナブルマテリアル研究部門は、材料、素材及び部材に関わる研究開発によって、産業・社会の持続可能な発展の実現に貢献することを目指す。特に、エネルギー資源の節約と、化石燃料の燃焼に伴う二酸化炭素排出量の抑制による地球環境への負荷低減のための、材料及び部材に関わる研究開発、及び産業上重要でありながら、将来の供給に不安があるレアメタル資源対策のための技術開発に取り組んでいる。具体的には、将来のエネルギー不足への対応及び地球温暖化の防止を目的とする研究においては、エネルギー消費削減に資する材料と部材に関わる研究開発として、自動車等の輸送機器用超軽量材料としてのマグネシウム合金を中心とした軽量金属素材に関わる研究開発と、住宅・オフィスにおける冷暖房のためのエネルギー消費の削減を目指した窓、壁等の建築材料及び部材に関わる研究開発を重点課題として実施した。

また、可採埋蔵量が少ない上に、極少数の国への埋蔵資源の偏在が著しいため、我が国の産業にとって重

要でありながら、将来の安定供給に不安があるいくつかのレアメタル元素について、代替材料技術及び消費量削減技術の研究開発を推進した。

平成22年度は、各重点課題において力を入れたテーマは、以下の通り。

- ① レアメタルの研究については、超硬合金工具に使用されるタングステンとコバルトの使用量削減技術と代替材料技術の開発、及び偏在が著しいジスプロシウムを添加する Nd-Fe-B 希土類磁石の代替材料として、ジスプロシウムを使用しない焼結磁石材料の開発を行った。また、自動車排ガス浄化触媒のための白金族元素消費量削減技術の開発等にも取り組んだ。
- ② マグネシウム合金素材については、連続鋳造材からの直接鍛造などの鍛造技術の高度化と、特殊な圧延の適用及び合金成分の調整による室温でプレス加工可能な板材の製造技術の開発を行った。また、大型マグネシウム合金部材に適用可能な低コスト耐食性表面処理技術の開発を実施した。
- ③ 省エネルギー住宅・オフィス用材料技術については、調光窓ガラスの寿命や無色性の特性向上等の個別要素技術の高度化に取り組んだ。また、実験用モデル建築物を利用した、実使用環境に近い条件での調光窓ガラス、赤外線反射外壁材料、保水・透水タイル等の特性評価を実施し、木質材料の塑性加工技術の開発も推進した。

外部資金：

文部科学省 科学技術総合推進費補助金
「先進 Mg 合金開発に関する東アジア連携の構築」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 (A)
「木質材料の高機能化を可能とする超音波振動付加薬剤含浸・圧密技術の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 (A)
「粒子アセンブリ法によるフォトニック結晶テラヘルツレーザーの創製」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 (B)
「パラジウム代替触媒を用いた調光ミラーの開発と光学スイッチング特性評価」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 (B)
「チタン系酸窒化物を用いた新規熱電変換材料の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)
「黄銅表面からの鉛ナノウィスカー自然発生現象の解明」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)
「Mg-Zn-RE 合金の衝撃安全特性および破壊メカニズムの解明」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 革新的部材産業創出プログラム 新産業創造高度部材基盤技術開発
「マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 希少金属代替材料開発プロジェクト
「超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 希少金属代替材料開発プロジェクト
「超硬工具向けタングステン代替材料開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 エネルギー使用合理化技術戦略的開発 エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発
「高効率高速輸送システムの研究開発」

東北大学未来科学技術共同研究センター 希少金属代替材料開発プロジェクト
「Nd-Fe-B 系磁石を代替する新規永久磁石の研究／複合焼結技術による R-Fe-N 粉末の焼結」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 助成金 産業技術研究助成事業 (インターナショナル分野)
「調光ミラー複層ガラスの省エネルギー効果の評価手法の開発、及び省エネルギー効果を最大にするように光学特性を最適化した調光ミラーの作製」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 助成金 産業技術研究助成事業
「高効率成膜プロセスを用いた機能性酸化薄膜の開発および調光ミラーデバイスへの応用と優れた耐環境性能を有する構造開発」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援事業 (A-STEP) フィージビリティスタディステージ探索タイプ
「優れた冷間成形性を示す Mg-Zn-Ca 合金押し出し材の創製」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援事業 (A-STEP) フィージビリティスタディステージ探索タイプ
「マグネシウム合金上への高耐食性超はっ水皮膜の開

発]

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

「液晶－高分子のメゾ相分離制御による熱応答型日射制御窓材の大量化」

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

「希少金属レス準結晶型水素吸蔵合金の開発」

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

「新規三元系セラミックス薄膜の低温合成技術の開発」
財団法人岐阜県研究開発財団 平成22年度地域イノベーションクラスタープログラム (都市エリア型) 東濃西部エリア事業

「環境調和型セラミックス新産業の創出」に係る一部
「光対応型の無機ナノ粒子の開発」に係る「環境調和型顔料・塗料の開発」

財団法人岐阜県研究開発財団 平成22年度地域イノベーションクラスタープログラム (都市エリア型) 岐阜県南部エリア事業

「モノづくり技術と IT を活用した高度医療機器の開発」の一部「耐穿刺性・潤滑性を有するカテーテルの開発」

財団法人青葉工学会 戦略的基盤技術高度化支援事業

「優れた耐摩耗性と放熱特性を有する軽量化エンジン用シリンダーの開発」

財団法人福岡県産業・科学技術振興財団 戦略的基盤技術高度化支援事業

「耐熱・難燃性マグネシウム合金 casting によるパワートレイン耐熱部材の開発」

東広島商工会議所 戦略的基盤技術高度化支援事業

「高機能難焼結性粉末を低温・短時間でニアネット成形する動的加圧機構を搭載した次世代パルス通電焼結技術の実用化開発」

財団法人名古屋産業科学研究所 戦略的基盤技術高度化支援事業

「長期安定的な高速度加工が可能なハイブリッド小径ドリルの開発」

財団法人科学技術交流財団 地域イノベーション創出研究開発事業

「薬効性と美肌効果を両立させた化粧品用ハイブリッドマイカの開発」

福島県郡山地区木材木工工業団地協同組合 福島県森林整備加速化・林業再生基金事業 地域材利用開発事業

「乾燥・養生装置の開発」の一部「木材の温度ならびに水分変化履歴による木材物性の変化に関する研究」

福島県郡山地区木材木工工業団地協同組合 福島県森林整備加速化・林業再生基金事業 地域材利用開発事業

「間伐材、端材を利用した木育教育及びビントリア製品開発」の一部「木材製品の熱特性に関する研究」

発表：誌上発表164件、口頭発表233件、その他47件

凝固プロセス研究グループ

(Solidification Processing Group)

研究グループ長：多田 周二

(中部センター)

概要：

材料および部材に関わる研究開発によって産業・社会の持続可能な発展の実現に貢献するという所属ユニットのミッションの下、重点課題である軽量金属材料技術を念頭に、凝固過程での溶湯振動技術、セミソリッド成形および凍結 casting を柱として輸送機器の軽量化に資する新しい casting プロセス技術の開発に取り組んだ。振動技術については、電磁振動プロセスを連続 casting へ展開した試作機を造り、電磁振動連続 casting 試験を開始した。これにより、長さ400mm 程度のアルミニウム合金連铸ビレットを作製し、電磁振動による微細化効果を確認することができた。セミソリッド成形技術においては、アルミニウム合金を供試材としてその流動性および微視組織に及ぼすゲートせん断率の影響を調べた。その結果、せん断率を大きくすることにより射出時における固相の分断が促進され、微細・球状化することによって流動性は向上することが明らかとなった。また、凍結 casting の研究では、共同研究先の企業と協力しながら開発を進めた結果、少量ながらも、同企業による凍結 casting 法で製造した青銅合金 casting 物の販売にまでこぎ着けることができた。凍結 casting 技術の普及拡大に向け、アルミニウム合金やマグネシウム合金への適用について検討を行っているところである。

研究テーマ：テーマ題目 2

金属材料組織制御研究グループ

(Microstructure Control of Materials Group)

研究グループ長：斎藤 尚文

(中部センター)

概要：

軽量金属材料プロセスに関する研究として、表面処理技術によるマグネシウム合金の高機能化、マグネシウム合金と異種材料との摩擦攪拌接合について検討した。具体的には以下のような成果が得られた。

表面処理に関しては、マグネシウム大型部材への高温・高圧気相成長法による高耐食性皮膜形成技術の開発を行なった。本表面処理技術は、密閉性の大型処理槽内で高温・高圧下の水蒸気を利用し、マグネシウム系化合物の耐食性ナノ結晶皮膜をその部材上に結晶成長させるものである。処理条件を調整することで、現在までに、50cm 角のマグネシウム部材に均一な耐食性皮膜を形成させることに成功し、150時間の複合サイクル試験後も皮膜表面に腐食が全く発生しないことを確認している。また、AZ31、AZ91、AMX602等の様々なマグネシウム合金への適用にも成功している。

摩擦攪拌接合に関しては、鉄系材料とマグネシウム合金の異種接合を試み、中間層として亜鉛、アルミニウム等を用いることで欠陥の発生を減少させることができた。さらに軽量輸送機器に使用が期待されている難燃性マグネシウム合金の接合条件について、部材の疲労強度を尺度とした最適化を進めた。一般に、摩擦攪拌接合に特有の極微細な接合不良は従来のエックス線探傷では検出が非常に困難である。そこで最新のフェイズドレイ型超音波探傷装置による欠陥検出手法について検討を進め、極微細欠陥の定量的検出と疲労試験結果の相関を明らかにする試みを行った。

研究テーマ：テーマ題目2

環境応答機能薄膜研究グループ

(Energy Control Thin Film Group)

研究グループ長：吉村 和記

(中部センター)

概要：

多層薄膜を利用した省エネルギー効果の大きい窓ガラス材料として、調光ミラーガラス、サーモクロミックガラス、液晶を用いた新規調光ガラスの研究を行なった。調光ミラーガラスの研究においては、マグネシウム・カルシウム合金を調光層に用いた調光ミラーの実用化を目指した研究を行い、この材料が、光学特性に優れた新しい調光ミラーガラスとして使用できることを確認した。また、全固体型の調光ミラーに関しては、その劣化を抑えるのに効果のある高分子材料を見だし、耐久性を向上させた。サーモクロミックガラスについては、大面積のガラス作製を可能にする酸化バナジウム粒子の作製法を確立した。液晶を用いた新規な調光ガラスの研究では、温度によって日射を制御できる材料を開発した。

研究テーマ：テーマ題目3

木質材料組織制御研究グループ

(Advanced Wood-based Material Technology Group)

研究グループ長：金山 公三

(中部センター)

概要：

樹木は、人工的なエネルギーを使用すること無しに太陽エネルギーによる光合成で成長するので、大気中の二酸化炭素固定による「地球温暖化対策」と、再生産による「資源枯渇対策」として有望な材料と位置づけられる。そして、公共建築物への国産木材利用を促進する法も施行された。このような背景に基づき、木材の有効利用の大幅拡大が期待されているが、それを実現するためには、①強度向上技術、②形状付与加工技術、③寸法安定性向上技術、④耐久性向上技術並びに評価・保証技術などが必要である。

そこで今年度は、②を中心テーマとして、その遂行に際して①③④も考慮して取り組んだ。木材の細胞間層を選択的に軟化させて、隣り合う細胞同士のせん断滑りを生じさせることによって、材料を変形させる「流動成形」の検討を進めた。用いる溶媒によって、流動特性、成形後の強度や寸法安定性に加えて耐久性も変化するので、この特性と各種溶媒との関連について実験的検討を進めた。

研究テーマ：テーマ題目3

メソポーラスセラミックス研究グループ

(Mesoporous Ceramics Group)

研究グループ長：前田 雅喜

(中部センター)

概要：

調湿材料・調環境材料等、主に建築用部材となる多孔質材料について、省エネルギー部材としての性能向上・製造コスト低減など応用の一層の促進を図るための研究を行い、同時に例えばデシカント材等として間接的に省エネルギーに貢献することを目標に、多孔質材料の機能や用途を拡大するための基礎技術の研究を行っている。

調湿材料については、低温での調湿能力や応答性に関する評価手法を検討し、産総研が開発した新規調湿材料（ハスクレイ）の可能性を示すことができた。また、ハスクレイの新たな用途開発の一環として、世界的に資源の枯渇が著しくまた富栄養化などの水質汚染問題を引き起こしているリンの回収・再利用のための吸着、脱着技術について検討を行ったところ、300℃前後で熱処理することによりリン吸着性能を高度化することが出来ることが明らかになった。

環境改善のための材料開発としては、これまでのプロセスをさらに改良し、二酸化チタン系光触媒の可視光下での光触媒活性をさらに向上させることに成功

した。

研究テーマ：テーマ題目3

セラミックス応用部材研究グループ

(Applied Technology with Traditional Ceramics Group)

研究グループ長：杉山 豊彦

(中部センター、瀬戸サイト)

概要：

窯業、陶磁器に関して蓄積した研究手法やノウハウを活用して、省エネルギーに役立つ建築部材の技術開発を行なう。外壁や庭、屋上などに用いられるセラミックス製ブロック等に、保水性、透水性、断熱性、防音性などの機能を付与したセラミックス建材を開発する。同時に廃棄物のリサイクルのための技術開発を行なう。また、陶磁器製造技術、釉薬関連、データベース構築などの基礎研究および基盤技術の応用研究を行なう。平成22年度は、焼成せずに製造する保水性セラミックスについて耐凍害性の向上等を目指した部材研究を行い、また用途拡大に向けた実証試験を行った。部材の特性に関しては、気孔分布と蒸発特性の関係などを調べた。基盤的研究として釉薬データベースの構築、低温焼成に関する研究などを行い、応用研究として省エネ建材を目指した釉薬の研究、新規顔料の開発、アルミナ系部材等の成形技術の研究、磁器の衝撃強度試験方法の標準化などを継続して進めた。

研究テーマ：テーマ題目3

相制御材料研究グループ

(Phase Engineering for Advanced Materials Group)

研究グループ長：小林 慶三

(中部センター)

概要：

資源量が少なく地域偏在性の高いレアメタルに対して、世界的な資源の枯渇や投機的な動き等からその価格が高騰している。そこで、これまでのレアメタルに依存した機能性の向上を見直し、レアメタル資源への依存度を低減した材料開発を実現するため、材料合成過程における非平衡状態を積極的に活用した代替材料および省使用化技術を開発する。

エネルギーを有効に活用するためには、廃棄される熱を再利用する必要がある。熱を電気に変換できる熱電変換材料が有効である。これまでに開発された熱電変換材料はレアメタルへの依存度が高く、特に低温廃熱を利用できる材料には Bi や Te からなる合金が利用されている。また、高温の熱を電気に変換する材料にも Sb や Te、Ge などが利用されている。そこで、低温用の熱電変換材料としてホイスラー構造の Fe_2VAl 合金を粉末冶金技術により合成し、重元素を

強制的に固溶させることにより高い変換効率が得られることを明らかにした。さらに、高温用の新しい熱電変換材料として、酸化チタンに窒化チタンを複合させることで導電性を与え、熱電性能を向上させた新しい酸化チタン系の材料を開発し、熱電モジュール化により発電性能を調査した。また、精密加工を実現するために使用される硬質な金型材料などに利用されるタングステンやコバルトを低減することを目的として、鉄とアルミニウムを結合相とした新しい硬質材料の開発を行った。特に、これまでの炭化タングステンを硼化チタンに置き換えた材料を開発し、その機械的特性を明らかにした。また、窒化チタンを硬質粒子とする硬質材料についても、合成技術を開発し、その機械的特性などを明らかにした。窒化チタンは溶融した金属とも反応しにくいことから、新たな金型用途が期待される。さらに、炭化タングステンを FeAl で結合した硬質材料の新たな用途を求めて、超硬合金と反応しやすい金属に対する反応性や溶着性について検討した。開発した硬質材料は従来の超硬合金に比べて、これらの金属材料との反応性が低く、切削工具や金型に応用できるものと考えられる。

研究テーマ：テーマ題目1

環境セラミックス研究グループ

(Ecological Ceramics Group)

研究グループ長：田澤 真人

(中部センター、瀬戸サイト)

概要：

当グループは、セラミックス微粒子系技術に要請される技術課題の解決に取り組み、具体的実用技術の開発に寄与することで、持続可能な産業・社会の構築という部門のミッションに貢献することを目的とする。

具体的には、技術的背景となる基盤研究として、ナノスケール領域に及ぶセラミックス微粒子の製造・混合・分散技術および表面修飾・配列・配向等の高度粒子制御技術などセラミックス微粒子に関する技術体系の構築を図る。

平成22年度は、雲母系材料合成技術（粒子系素材技術による材料開発）の研究開発において地域資源（雲母）を用いた化粧品の高高度化を目的とした研究を行った。「粒子系素材特性評価技術」において、実施契約した剪断評価試験機の粉体特性データベースを開発し、評価法の JIS 化に向けた研究を開始した。「マイクロ波・ミリ波関連技術」においては、金属粉体のマイクロ波吸収特性について実験的に検討した。「ジルコニア超多孔体作成技術」においては、ジルコニアゲルの作製方法の検討を行った。「セラミックスの水系成形技術に関する研究において、企業との共同研究を中心に実施した。

研究テーマ：テーマ題目3

融合部材構造制御研究グループ

(Advanced Integrated Materials Research Group)

研究グループ長：松本 章宏

(中部センター)

概要：

結晶性や組織の制御・融合化によるレアメタル代替材料の創製と射出成形や高エネルギービームを用いた部材化に至る技術開発を行っている。

コバルト代替超硬合金 WC-FeAl に関して、湿式混合により粉末調製し、通電加圧焼結した焼結体は、適切な粉末調製条件を選択することにより、硬度と抗折力のいずれも改善できることとわかった。また、その要因について組織の観点から明らかにすることができた。

ステンレス代替の候補材料である FeAl 合金について、圧延性に与える組織と組成の効果について調べた。その結果、圧延性に与える予備成形体の結晶粒径と Al 組成の影響を明らかにすることができた。

また、昨年度に高温耐酸化性に優れた Ti-Al-Si-C 系セラミックスの合成に成功し、26W/cm²以上の高いパワー密度を持ち、急速加熱 (94°C/s)、急速冷却 (50°C/s) に十分耐える小型発熱体を開発したが、これらのヒータの連続通電加熱試験の際に、局所的に低温において酸化現象が発生、白い粉または黄色生成物が発生した。実用化に重要なこの現象の防止に取り組み、材料の組織における空洞の存在や組織的な不均一性が原因であることを解明し、問題解決の方法を示した。

研究テーマ：テーマ題目 1

物質変換材料研究グループ

(Catalytic Nanomaterials Group)

研究グループ長：多井 豊

(中部センター)

概要：

環境浄化やクリーンエネルギー開発分野におけるレアメタルの代替・少量化や、当該分野に関連する資源採取に資する研究を推進している。

環境浄化材料関連においては、レアメタルフリー酸化触媒の構築を目指し、Fe₂O₃/Al₂O₃触媒を調製し、トルエン酸化反応活性について調べた。調製した触媒の焼成温度 (600-800°C) を変化させた場合、低温で焼成した触媒が最も活性が高かった。焼成温度の上昇にともないアルミナ担体上の酸化鉄粒子が成長し、酸化鉄粒子の表面積が減少したことが原因と考えられる。

クリーンエネルギー開発関連分野においては、CO 選択酸化触媒の開発において、独自に開発した、低温活性の極めて高い Pt 系触媒に関して、調製条件を詳細に検討し、最適化を図った。また、TEM、XAFS 等による評価から、活性発現のメカニズムに関して検

討した。

資源採取分野においては、リチウム吸着剤として用いられる、マンガン酸化物に関して、数種類の金属酸化物による被覆をおこない、酸によるマンガン溶出抑制に効果がある化合物を選定した。

研究テーマ：テーマ題目 1

高耐久性材料研究グループ

(Durable Materials Group)

研究グループ長：穂積 篤

(中部センター)

概要：

耐熱性、耐食耐酸化性および導電性に優れた MAX 相新規三元系化合物セラミックス薄膜に着目し、スパッタリングによる Ti₃SiC₂薄膜の形成技術を開発している。Ti, Si 及び C をそれぞれターゲットとする3元スパッタでは、C 含有量が化学量論組成より多い場合、薄膜は TiC 相と Ti₃SiC₂相 (MAX 相) の混相となった。また、C 含有量を変化させることによって、この Ti-Si-C 薄膜の表面硬度および導電性を変化させることができ、電気抵抗率は金属材料程度まで低下することを見いだした。一方、Ti₃SiC₂ (MAX 相) それ自体をターゲットとする1元スパッタでは、基板にバイポーラパルスのバイアス電圧を印加し成膜する技術を開発している。Si 基板上に作製した Ti-Si-C 薄膜のラザフォード後方散乱法 (RBS) による組成分析を行った結果、Ti, Si および C の組成比を正・負パルス電圧により幅広く制御できることを見いだした。

マグネシウム合金の耐食性向上に関する研究では、我々のグループで開発した独自の半導体式正・負高電圧パルス電源を用いたプラズマ利用イオン注入法により正・負の高電圧パルス発生の高繰返し周波数を生かす DLC 膜の成膜条件の探索を進めた。その結果、従来の2倍の成膜速度を達成できる最適条件を見いだした。また、当該条件で作製した Si 含有 DLC 膜をコーティングしたバルクのマグネシウム合金は、塩水浸漬試験において、耐食性が著しく向上することが確認された。さらに、マグネシウム合金に DLC 膜を成膜する前に酸素プラズマ処理を行うと、耐食性が向上することを電気化学的に確かめた。

研究テーマ：テーマ題目 1、2

金属系構造材料設計研究グループ

(Group for structural metals design)

研究グループ長：千野 靖正

(中部センター)

概要：

軽量金属材料の一次成形プロセスに関する研究として、圧延によるマグネシウム合金の高性能化について取り組んだ。具体的な研究内容は以下の通りである。

マグネシウム合金の新合金設計に関する研究では、昨年度までに明らかになった、Mg-Zn 合金に微量の希土類元素を添加したマグネシウム合金圧延材が優れた室温成形性を示す知見を拡張し、希土類元素に頼らない合金開発に取り組んだ。その結果、Mg-1.5wt% Zn 合金に微量のカルシウムを添加すると、アルミニウム合金並みの優れた室温成形性（エリクセン値 8.2）が発現することを明らかにした。

また、市販マグネシウム合金(AZ31 : Mg-3.0wt% Al-1.0wt%Zn)圧延材の室温成形性を改善するための研究では、固相線温度近傍（約500℃）で圧延した後に焼鈍した試料が、通常の圧延温度（200～400℃）で圧延した後に焼鈍した試料よりも著しくランダムな結晶配向を示すことを見出し、結果として、アルミニウム合金並みの室温成形性（エリクセン値8.8）を示すことを発見した。

研究テーマ：テーマ題目2

【テーマ題目1】レアメタル等金属の省使用・代替材料の開発

【研究代表者】 中村 守（研究部門長）

【研究担当者】 小林 慶三、尾崎 公洋、西尾 敏幸、三上 祐史、中山 博行、高木 健太、溝尻 瑞枝、森下 翔、松本 章宏、加藤 清隆、下島 康嗣、細川 裕之、多井 豊、尾崎 利彦、三木 健、大橋 文彦、富田 衷子、山口 渡、孫 正明、多田 周二、田村 卓也、村上 雄一朗、楠森 毅
 （常勤職員24名）

【研究内容】

部材における機能の高性能化・小型化により省資源・省エネルギーを実現しながら、機能性部材を構成するレアメタルへの依存度を抑制した新しいコンセプトの部材開発に向けた基盤的な研究を行う。特に我が国産業の今後の発展に不可欠なレアメタル資源に着目し、その使用量の低減を目指して、硬質な耐摩耗性部材や熱を電気や力に変えるエネルギー変換部材の開発を行う。また、環境負荷低減を目指して、鉛削減技術の開発、さらに鉛に代わるレアメタル資源の省使用化技術などの開発を行う。具体的には、資源的に豊富なチタンと軽元素（B、C、O、N 等）を主たる構成要素としながら、非平衡相からの微細結晶創製技術等を利用して新規な機能性材料を開発し、希少金属の代替化を進めるための技術基盤を構築する。さらに、資源生産性に優れる鉄に対しても同様のプロセス技術を適用し、さらなる機能性の向上を図る。鉛については環境規制を考慮しながら、鉛フリー化を進め、代替材料となるビスマスの使用量を低減する技術開発を行う。さらに、触媒への白金族の使用量を削減する技術の開発に取り組む。特に、白金族粒子の構造の制御

や担持用多孔質セラミックスの特性向上等を行い、白金族使用量の低減を図る。

平成22年度の進捗状況は下記の通りである。

耐摩耗材料の開発では、これまで開発してきた WC-FeAl 超硬合金の大型成形技術をさらに高度化し、高アスペクト比の成形体や矩形の成形体を作製できる技術を確認した。また、得られた成形体に対して、従来の超硬合金の加工技術を適用し、従来材料と同程度の作業時間、コストで実金型形状に加工できることを確認した。さらに、本超硬合金の合成プロセスを見直し、真空焼結でも高い機械的特性を発現できる硬質材料を作製することに成功した。今後、従来の超硬合金では対応が難しかった高温での金型や難削材の切削工具としての利用に向けて材料の改良を行う。

これまでに開発してきた微細組織の Ti_3SiC_2 焼結体の合成技術をさらに高度化して、大気中で加熱しても耐酸化性に優れる合金を開発した。本材料は、マシナブルセラミックスとして機械加工性にも優れ、熱衝撃性などにも優れることから、加熱用のヒータ材料への応用を促進している。特に、従来のレアメタルを用いた低強度のヒータ材料を代替することで原材料コストに依存しない高耐久性のヒータを提供できるものと考えられる。

飲料水中への鉛溶出量規制が強化され、水回り機器に多用される青銅合金鑄物の鉛フリー化が進められている。鉛に替わる材料として希少金属のビスマスを用いた青銅合金が JIS 化されたが、本合金は鑄造性や生産コストに難がある。そこで、鑄造組織の微細化による機械的強度の向上と湯流れ性の改善による製品の薄肉化を凍結鑄造システムにより実現した。これまでの凍結鑄造に関する基礎的なデータを基盤として、ビスマス使用量を低減した鉛フリー青銅合金の鑄造に成功した。さらに、ビスマスを含まない青銅合金に対しても本鑄造システムの有効性を確認することができた。凍結鑄造のメカニズムを明らかにすることで、青銅合金以外の鑄造材料への応用を今後検討していく。

環境浄化触媒における、Pt 族元素使用量削減技術の開発においては、高耐熱性アルミナクオゲル担持触媒の実用化に向けた研究をおこなった。かさ密度の低さに起因する触媒体積の増大を克服し、ハニカム基材への塗布を容易にするため、高濃度白金クリオゲル触媒作製技術の開発に取り組み、これに成功した。

酸化チタンの熱電材料化に関する研究では、窒化チタンとの複合化により導電性を向上させた酸化窒化チタンを用いて熱電モジュールを作製し、発電性能を調査した。高温用途での利用が期待され、耐酸化性の向上など実用化に向けた周辺技術の確立を進めていく予定である。また、チタン系材料を用いたスパッタ技術についてターゲット作製から薄膜化、パターンニング技術まで確立することができ、耐摩耗性材料や離型性材料のコーティング技術を高速化することに成功した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 サーメット、耐摩耗材料、超硬合金、青銅合金鋳物、凍結鋳造、鉛フリー化技術、熱電材料、酸化チタン、白金触媒、薄膜

【テーマ題目2】 軽量合金による輸送機器の軽量化材料技術の開発

【研究代表者】 中村 守（研究部門長）

【研究担当者】 坂本 満、三輪 謙治、多田 周二、田村 卓也、尾村 直紀、李 明軍、村上 雄一朗、千野 靖正、斎藤 尚文、重松 一典、石崎 貴裕、鈴木 一孝、渡津 章、黄 新ショウ、穂積 篤、池山 雅美、中尾 節男、園田 勉、宮島 達也（常勤職員20名、他11名）

【研究内容】

自動車消費する全エネルギー（生産、使用、廃棄に要するエネルギー）の90%が走行時に消費されるガソリン等の石油燃料に由来することから輸送機器の軽量化に焦点を当て、マグネシウム等の軽量金属を輸送機器の構造部材とするために必要な要素技術の開発を行う。

平成22年度までの進捗状況は以下の通りである。

マグネシウム合金における難加工性を改善するため、電磁振動プロセスによる組織微細化技術の開発を行い、電磁振動プロセスにおける組織微細化メカニズムを解明することにより、振動条件の最適化が可能となり、従来の鋳造法では困難であった50 μ m程度の均質で微細なランダム配向組織をもつマグネシウム合金が得られることを確認した。

低コスト製造が可能なマグネシウム合金の連続鋳造材からの直接鍛造技術の開発を行った。鍛造素材の初期組織の微細化と、鍛造の初期工程での微細な動的再結晶組織の形成により、最終鍛造製品の高品質化が可能となった。また、本プロセスが実用的な鍛造速度域でも成立つことを明らかにし、鍛造データベースの構築とその充実化を行った。

マグネシウム合金圧延材の大きな問題点である乏しい冷間プレス成形性の克服法を検討した。冷間成形性を阻害する主要因である圧延時における強い底面集合組織の形成の回避を目的に、合金設計及び圧延プロセス高度化を試みた。これまで既に、Mg-Zn合金に希土類元素（Ce）を微量に添加する合金設計技術や、高温（500 $^{\circ}$ C）に加熱したマグネシウム合金を異周速圧延法により加工するプロセス技術を開発し、冷間成形性を飛躍的に改善することに成功しているが、平成22年度は優れた成形性と高強度の両立、及び希少元素を用いない新規な易成形性合金と圧延技術の開発に成功した。

摩擦攪拌接合法によるマグネシウム合金板材等の接合技術について検討した。銅合金、チタン合金、鉄系材料等の異種金属とマグネシウム合金の接合を試み、接合条

件の最適化や中間層の選定により、良好な異材接合が可能であることを確認した。

マグネシウムに耐食性を付与するための表面処理技術については、マグネシウム大型部材を対象とした高耐食性皮膜形成技術の開発として、密閉性の大型処理槽内で高温・高圧下の水蒸気を利用し、マグネシウム系化合物の耐食性ナノ結晶皮膜をその部材上に結晶成長させることにより、50cm角のマグネシウム部材に均一な耐食性皮膜を形成させることに成功し、150時間の複合サイクル試験をクリアした。また、超はっ水機能を有する高耐食性皮膜形成技術としては、マグネシウム合金上に微細な凹凸構造を有する緻密なマグネシウム系化合物の皮膜を形成させる技術の開発を行い、溶液プロセスにより酸化セリウムナノ結晶や水酸化マグネシウムとマグネシウム-アルミニウム系複合水酸化物からなるナノシートをマグネシウム表面に成長させ、その表面にフッ素系あるいはメチル系シラン分子を修飾する技術を確立し、水滴接触角150 $^{\circ}$ 以上の超はっ水表面を形成することに成功した。耐食性を電気化学的に評価した結果、耐食性の指標となる電荷移動抵抗は4桁以上向上し、これらの皮膜は高い耐食性を示すことを確認した。さらに、DLCコーティングによるマグネシウム合金への耐食性の付与技術については、金属系の中間層を種々検討し、安定な酸化物を中心とした絶縁性材料について検討した。スパッタによるAZ31上に酸化アルミをコーティング（膜厚、0nm、200nmまたは400nm）し、その後プラズマ利用イオン注入（PBII）法でSi含有DLC膜をコーティング（膜厚、140nm）することにより、腐食電流値が未処理のAZ31に比べて4桁以上低下した。DLC膜の緻密化手法および密着性向上手法の探索を行い、Si含有DLC膜の優位性を認め、作製プロセスの最適化を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 軽量合金、マグネシウム、耐熱合金、塑性加工

【テーマ題目3】 省資源型環境改善建築部材の開発

【研究代表者】 中村 守（研究部門長）

【研究担当者】 田澤 真人、吉村 和記、楠森 毅、田嶋 一樹、岡田 昌久、山田 保誠、垣内田 洋、金山 公三、三木 恒久、杉元 宏行、田尻 耕治、前田 雅喜、堀内 達郎、犬飼 恵一、渡辺 栄次、西澤 かおり、杉山 豊彦、大橋 優喜、長江 肇、楠本 慶二ほか（常勤職員21名、他2名）

【研究内容】

増加傾向が続いている民生部門のエネルギー消費の約30%を占める冷暖房負荷を低減するため、住環境の快適性を維持しつつ、窓、壁等、建物外皮を通過する熱流の

制御や調湿機能等の付与による省エネルギー化を図る建築部材に係る技術を開発する。

具体的手法としては、①省エネルギー型窓ガラスの研究、②木質サッシの研究、③調湿材料の研究、④保水セラミックス部材の研究、⑤省エネルギー効果の評価を行う。

平成22年度の進捗状況は下記の通りである。

①調光ミラー窓ガラスについて、調光ミラーの劣化機構を調べ、繰り返し耐久性の向上を図った。サーモクロミック窓ガラスについては、作製法の基礎技術についての高度化を行った。②木質サッシの研究においては、形状付与加工技術を中心として研究を進め、木質材料における流動現象発現には細胞間層の選択的軟化が重要であることを見出し、その制御に有効な手法を考案した。③調湿材料の研究においては、ハスクレイの合成プロセスや建材化の方法等を検討した。④保水セラミックス部材の研究においては、開発したリサイクルセラミックスの保水性材料の実証試験を継続するとともに、性能の向上方法を検討した。⑤省エネルギー効果の評価については、環境調和型建材実験棟において、上記開発中の各種建築部材の実使用環境での省エネルギー効果の実証試験を継続した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 調光窓材料、木質窓サッシ、調湿材料、保水性材料

⑥【ナノシステム研究部門】

(Nanosystem Research Institute)

(存続期間：2010.4～)

研究部門長：八瀬 清志

副研究部門長：浅井 美博、池上 敬一、山口 智彦

主幹研究員：佐々木 毅、長嶋 雲平、水谷 亘、村上 純一

所在地：つくば中央第2、つくば中央第4、

つくば中央第5、つくば東

人員：99名(99名)

経費：1,226,426千円(624,268千円)

概要：

(I)ユニットのミッション

ナノテクノロジーの概念としてのナノレベルの新材料創製からデバイス実現までの道筋を、階層化されたシステムの形成過程として捉え直し、最小単位のナノ材料の開発から、それらのナノ材料が複合・融合化された、より高度なシステムの開発を段階的に推進する。そのため、これまでは新機能の発現やその最高性能化を目指した個別要素技術としてのナノ材料の開発だけでなく、これらをつなぐナノ構造

形成プロセスの革新・最適化とともに、計算シミュレーションに基づく機能予測、プロセス予測やナノリスクの視点等をフルに活用した研究活動を展開し、これらをテクノロジーブリッジとして重要視する。これらを横軸として、ナノテクノロジー・材料・製造、情報通信・エレクトロニクス、ライフサイエンス、および環境・エネルギー分野との積極的な連携を行い、ナノ構造体の特徴を最大限に活用した革新デバイスの構築を核とするオープンイノベーションの展開を目指す。

産総研のミッションとの関係においては、アウトカムとしてのグリーン・イノベーション、ライフ・イノベーションを目指す部門内の垂直統合的な主要研究項目に加え、それらをつなぐ「テクノロジーブリッジ」としての液体プロセス、計算シミュレーションやナノリスクに関する研究開発は、まさに産総研における本格研究としての「第2種基礎研究」である。このテクノロジーブリッジの概念を新たに打ち立てることにより融合・複合を効率的に進める。さらに、材料、プロセスおよびシミュレーションに関する研究開発を分野横断的かつ産総研内外との協力体制を含めた垂直連携により、基礎から応用、製品化までを視野に入れた研究開発を行う。

さらに、研究部門としてのもう1つの性格として、先端化をさらに進める第1種基礎研究も行うことで、本格研究をまさに体現する研究ユニットを目指す。

(II)研究ユニットの研究開発の方針

産総研第3期中期計画において、本ユニットが実施する研究開発は、以下の大分類、大項目、中項目に位置づけられる。

大分類：グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進

大項目：I-4 グリーン・イノベーションの核となる材料、デバイスの開発

中項目：(1) ナノレベルで機能発現する材料・多機能部材

(2) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用

大項目：I-5 産業の環境負荷低減技術の開発

中項目：(1) 製造技術の低コスト化・高効率化・低環境負荷の推進

大項目：I-6 持続発展可能社会に向けたエネルギー・安全性・環境評価技術開発

中項目：(3) 先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法

大分類：ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進

大項目：Ⅱ－１ 先進的・総合的な創薬・医療技術の開発

中項目：(1) 細胞操作・生体材料技術の応用による医療支援技術

これらの課題を推進するにあたり、アウトカムとしてのグリーンおよびライフ・イノベーションを目指して、①「グリーンシステム」(環境・エネルギー)、②「ITシステム」(情報通信・エレクトロニクス)、③「ライフシステム」領域における研究開発を行う。さらに、それらの基盤・プラットフォームではなく、出口に向けた研究開発を前線に近いところで橋渡しする④「テクノロジーブリッジ」(液体プロセス、計算シミュレーション、ナノリスクなどの研究開発)の4つを主要研究項目とする。一方、それらの研究開発を産総研内や外部の企業や研究組織と結び付ける仕組みとして、「ナノベース」を新部門の重要な機能として位置づけ、ユニット幹部を中心としてオープンイノベーションを推進する体制の育成・維持に努める。

① グリーンシステム

- ・ソフトマテリアルを基にした省エネ型機能性材料の開発を行い、ソフトマテリアルのナノ空間と表面の機能合成技術、およびナノメートルからミリメートルに至る階層を超えた自己組織化技術を統合的に開発する。
- ・高付加価値ナノ粒子製造とその応用技術の開発を行い、高性能・オンデマンド印刷デバイス等のためのインク部材を開発する。

② ITシステム

- ・nmオーダーのギャップなどのナノ構造を利用した革新的デバイス材料の開発を行い、既存の不揮発性メモリを凌駕する性能を実証する。
- ・カーボンナノチューブ系材料の創製とその実用化・産業化技術の開発を行い、産業応用を実現する上で重要な低コスト大量生産技術や分離技術を確認し、省エネデバイスなどへ応用する。

③ ライフシステム

- ・再生医療等に資する基盤技術の開発を行う。具体的には、ナノ・マイクロスケールの表面・界面構造制御技術とオンチップ細胞選択・分離技術を統合、集積化した微小デバイスを構築する。

④ テクノロジーブリッジ

- ・材料・デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の開発を行い、大規模化、高速化、電子状態、非平衡過程、自由エネルギー計算などにおける高精度化を達成する。
- ・多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発を行い、ナノ材料を超微粒子化、溶液化し、それらを迅速に直接パターンニングするオンデマンド技術を開発する。

- ・ナノ材料のリスク評価のため、基礎データの集積とリスク管理手法の提案を行う。

[H22年度の重点化方針]

H22年度においては、新ユニットの母体であるナノテクノロジー研究部門と計算科学研究部門のポテンシャルを生かし、かつ融合を進めることを第一義の目的とする。具体的には、旧ユニットが有する様々なナノ材料、ナノ構造製造プロセス、各種シミュレーション技術を社会・産業ニーズに適用すべく融合・複合化し、ナノ構造体の特徴をフルに活かしたエネルギーデバイス、電子デバイス、等の広い意味でのデバイス、すなわち「ナノシステム」を構築する。さらに、新研究ユニットが有するコア技術をベースに産学官の連携体制を構築し、人材・情報の流動性を向上させることでオープンイノベーションを実現する。

(Ⅲ)ユニット内マネジメントの方針

1) 運営方針と体制、および他ユニットとの協力

ナノテクノロジーの基本概念でもある自己組織化を最大限に尊重した組織運営を原則とするが、産総研の第1期および第2期で培われてきた高いポテンシャルの要素技術、先鋭化された個別技術の融合・統合に重心を移すため、あえて、トップダウン的な研究融合・他ユニットとの連携を重視する。

そのため、部門長と3名の副部門長を構成員による「ユニット幹部」、さらに4名の主幹研究員を含めた「ユニットコアメンバー」により、それぞれが、前述の①グリーン、②IT、③ライフおよび④テクノロジーブリッジの4課題につき責任体制を確立する。

各研究グループにおいても、社会ニーズを意識したアウトカム、アウトプットを重視した研究課題の遂行を期待する。

また、ユニット独自の組織として、以下のものを運営する。

- ・ナノテク戦略室：ユニット長からの特命による部門付き研究員とユニットコアメンバーを中心として世界的なナノテクノロジーの情報収集と分析および産総研およびユニットにおけるナノテクノロジー戦略を立案する。
- ・ナノリスク・タスクフォースチーム：ユニット内で関係する研究員と他ユニットとの併任の研究員をメンバーとし、ナノ材料、特にカーボンナノチューブ、ナノ粒子などの環境および人体に与える影響を評価するための指針を検討、立案する。
- ・NRI イノベーションオフィス：ユニット長からの特命の部門付き研究員を中心に、数名の招聘研究員により知財に関する分析と戦略を担当する。また、産総研の知財の企業における利用状況の調査と、必要に応じ、知財部門と協力しながら特許

侵害の対策を考える。

- ・NRI アートセンター：専門知識を有する契約職員を中心に、プレゼンやホームページなどのデザインとインパクトのある成果発信に努める。

さらに、必要に応じ、ナノテクノロジー・材料・製造分野のナノチューブ応用研究センターや、先進製造プロセス研究部門、サステナブルマテリアル研究部門などのナノ材料、先進プロセスでの連携、環境・エネルギー分野の環境化学研究部門、太陽光発電研究センター、エネルギー技術研究部門、環境管理研究部門などとの、触媒、太陽電池、燃料電池や環境センサーなどの共同研究、情報通信・エレクトロニクス分野の光技術研究部門、エレクトロニクス研究部門、ナノ電子デバイス研究センターなどとの光電子機能デバイス応用技術における連携、ライフサイエンス分野の健康工学研究部門などとのセンサー技術の連携などを積極的に行う。

2) 成果の発信、普及の方針

研究成果としての論文、学会発表に加えて、展示会への出展およびプレス発表に努めることとする。特に、誌上発表に関しては、よりインパクトの高い国際学術誌への投稿を奨励する。また、知的財産の確保と、企業との円滑な共同研究のため、特許出願に関しては、ユニットが独自に運営している NRI イノベーションオフィスを紹介した、産総研の知財部門（リエゾンマン）との密接な連携をとることとし、より強い特許出願に努める。

3) 個人評価（短期評価）の方針として重要視するもの

個人評価は、論文や特許などの数（量）ではなく、その内容（質）を重視したい。そのため、研究進展状況や成果発信の内容につき、一次評価者としての GL やユニット幹部との定期的な面談や意見交換会で、きめ細やかな評価のための資料収集に心がけることとする。また、産総研内外への貢献として、研究成果の普及・宣伝のためのプレス発表や各種展示会への出展を期待する。さらに、イノベーション推進室や研究関連部門、経産省、NEDO などの所内外の併任・出向による研究支援および研究戦略構築に積極的に参加することで、個人の職級に対応したキャリアパスとして重視してほしい。

4) 人材育成の取り組み

若手研究員、特に任期付き研究員については、GL あるいはホスト研究者の指導と援助に期待するとともに、その若手の世話については GL またはホスト研究員の主要業務の一つとする。

また、契約職員や外部研究員の雇用、共同研究、あるいは実習学生の指導においても、ホスト研究者の指導、援助を重視する。さらに、守秘義務の範囲で、当該研究課題以外にも本ユニットの研究内容の

紹介をし、より幅広い知識と技術の習得を目指したい。

(IV) リスク管理・コンプライアンスに関する基本的考え方と具体的な取り組み

1) リスク管理に関する基本的考え方と具体的な取り組み

リスク管理のための関連する規則等を整理し、定期的なユニット会議において周知徹底するとともに、意識の向上のための勉強会も適時、実施する。特に、新研究ユニットは、有機合成から化合物半導体の気相成長（MOCVD）まで多岐にわたる実験を行っている。そのため労働安全衛生の観点からは、構成員全員に周知徹底する必要がある。また、ナノ材料からデバイスまでの研究開発における「ナノリスク」に関しては、その指針の確立を含めて積極的に取り組むこととする。

具体的には、以下の取り組みを行う。

①研究現場における安全衛生の確保：週に1回のグループ会議、月に1回のユニット会議（グループリーダーおよび希望者）において、安全衛生に関する議論を行い、周知・徹底する。

②研究人材の管理：環境安全管理部、研究セキュリティ管理部などの関係する部署による講演会を適時開催し、常勤職員ばかりではなく、契約職員、外部研究員へのリスク管理の産総研のポリシー、手順を周知徹底する。

③研究成果の管理：実験ノートの利用を義務付けるとともに、パソコン内の電子データのセキュリティ管理を徹底し、情報漏洩などの回避に努める。

2) コンプライアンスに関する基本的考え方と具体的な取り組み

法令順守としてのコンプライアンスは、日頃のコンプライアンス意識の高揚と徹底が重要と考える。そのため、以下に示す具体的な取り組みを行う。

①コンプライアンスに関する研修受講の徹底

②研究と理解度の確認等のフォローアップ

③ユニットに関連の深い法令や規程・規則を対象とした遵守マニュアルの整備

----- 内部資金：

「多層構造高分子系有機 EL デバイスの開発」

「大量型高せん断成形加工装置の開発およびナノコンポジット材料の商品開発」

「計算シミュレーション・スーパークラウドプラットフォーム省エネ改修」

「ナノ材料の用語・計測手法に関する国際標準化」

外部資金：

経済産業省

「エネルギー関連材料の計算科学的アプローチに関する研究」

「高性能固体高分子形燃料電池の開発に関する研究」

文部科学省

「表面修飾ホウ素ナノ粒子の開発と其中性子捕捉療法への応用に関する研究」

「電子顕微鏡共用・研究支援プラットフォーム」

文部科学省（科学研究費補助金）

「液晶系の3次元秩序構造に関する連続体シミュレーションによる研究」

「ナノチューブデバイスにおける量子輸送現象の理論」

「創発化学の自己組織化デザイン」

「超分子単分子膜作製と刺激応答素子への応用」

「分子シミュレーションによる機能性有機材料溶液の非平衡自己組織化挙動の研究」

「マイクロチャンネルを用いた高温高圧水溶液の全自動 pH 測定システムの開発」

「ゲルを用いた金属・半導体型カーボンナノチューブの分離原理の完全解明」

「新しい分子デバイスを目指したナノコンポジット熱起電力測定素子の開発」

「伸縮性と弾性を持つ高導電エラストマーナノコンポジット材料の開発」

「再生医療のための遺伝子導入の空間的・時間的コントロール」

「高温超伝導体・強磁性体ハイブリッド素子の量子輸送と量子ビットへの応用」

「自己組織化マウクロリンクルにおける欠陥構造の時空間制御」

「高次の電子-光子相互作用を考慮した光電子放出理論」

「高集積ナノワイヤーの創製とその特異的・異方的電子状態の顕微偏光分光法による観測」

「微小活性種場と液相の界面を利用した難生成ナノ粒子の創製」

「形状基板によるエバネッセント光の空気伝播光変換技術の研究」

「間葉系幹細胞への高効率量子ドット導入法と間葉系細胞・組織の分化過程に関する研究」

「単分子膜形成技術の応用によるペロブスカイト蛍光体発光機構の解明」

「第一原理的固体光物性の提唱：分子性結晶の特徴づけとその光誘起相転移」

「糖アルコール骨格をもつ液晶化合物の合成」

「光応答性自己組織体のフォトメカニカル効果・機構解明と展開」

「有機電解質におけるゲル化機構の解明と高機能材料化」

「電子顕微鏡による高分子接着機構の解析と接着制御」

「精密構造制御された Au-酸化物ハイブリッドナノ粒子の生成と触媒作用の研究」

「第一原理計算による安全、低コスト元素を用いた透明伝導体の開発」

「ナノ粒子の高速結晶変態現象の解明とこれを利用した高感度センサ」

「カイラリティの揃った単層カーボンナノチューブ単電荷結合デバイスの開発」

「磁性ナノ粒子材料の作製とその形態制御」

「液相レーザープロセスにより調整したナノペーストを利用したマイクロパターン作製」

「量子ドットマルチカラーラベリングによる間葉系幹細胞を用いたがん治療の基礎研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（受託研究）

「革新的ノンフロン系断熱材技術開発プロジェクト／革新的断熱技術開発／発泡ポリマー＝シリカナノコンポジット断熱材および連続製造プロセスの開発」

「省エネルギー革新技術開発事業／挑戦研究／チップ間信号伝送用マイクロ波発振素子の開発」

「水素貯蔵材料先端基盤研究事業／計算科学的手法に基づく水素吸蔵材料の特性評価とメカニズム解明に関する研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（助成金）

「シグナル物質担持アパタイトによる多重感染防止システムを備えた経皮デバイスの開発」

「金属錯体ナノ粒子インクと多様な印刷・製膜技術による新機能エレクトロクロミック素子の創製」

「カーボンナノチューブの金属・半導体型大規模分離技術の開発」

「自己組織化マイクロリンクルを利用した微小体積液体のマニピュレーション」

「革新的な光取出し技術を利用した AlGaInP 高効率発光ダイオード」

独立行政法人科学技術振興機構

「DDS ナノ粒子の分子シミュレーション技術の研究開発」

「GW 法に基づいた強相関電子系シミュレーション手法の開発と応用」

「第二世代カーボンナノチューブ創製とデバイス開発」

「シリコン系量子ナノメモリの開発」

「グラファイト複合構造体の基礎物性解明」

「新規ホウ素中性子捕捉療法用薬剤開発に向けた炭化ホウ素ナノ粒子の大量合成技術の確立」

「ナノピラー・擬微小重力培養を用いた 3 次元ガン組織

構築とドラッグスクリーニングへの応用検討」

財団法人日本産業技術振興協会

「ナノコロイド触媒を用いたエッチングレスめっきプロセスによる成形回路部品の高性能化」

「真空封止技術を利用したモジュール連動型電子ペーパーの製造」

独立行政法人日本原子力研究開発機構

「マイクロ波加熱による誘電特性に関する研究 (II)」

国立大学法人東京工業大学

「グローバル COE プログラム「材料イノベーションのための教育研究拠点」

早稲田大学 理工学術院総合研究所

「構成金属材料酸化皮膜の溶出・析出挙動把握に関する研究」

発表：誌上発表227件、口頭発表775件、その他59件

エネルギー材料シミュレーショングループ

(Energy Material Simulation Group)

研究グループ長：大谷 実

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、電気化学反応を利用したエネルギー変換デバイスやエネルギー貯蔵材料の高性能化や新規構築を目的として、シミュレーション手法を用いて物質設計、デバイス設計、反応機構や劣化機構の解明などを行っている。燃料電池電解質膜に関する研究では、代表的な炭価水素系電解質膜である、Sulfonated poly (4-phenoxybenzoyl-1, 4-phenylene) (S-PPBP)に含まれているカルボニル基が低含水率 ($\lambda=4$) では燃料電池の性能を悪くしていることを発見し、低含水率条件下でこのような官能基の使用は避けるべきとの知見を得ることができた。また直接メタノール型燃料電池用の電解質膜として高い性能を示しているニトリル基を含む sulfonated (arylene ether ether nitrile) (m-SPAEEEN) のシミュレーションを行い、ニトリル基が燃料電池のパフォーマンスに示す特殊な機能を明らかにした。水素貯蔵材料に関する研究においては、カーボン系及び金属系水素貯蔵材料についてのシミュレーションを行った。3次元グラフェン系材料であるゼオライト鋳型カーボン (ZTC) では、水素の安定吸着サイトがグラフェン表面の曲率、温度、さらに元素置換サイトに依存して変化する様子を明らかにした。Li イオン2次電池に関する研究においては、シリコン負極と有機溶媒の界面における電極表面皮膜形成過程解明のためのシミュレ

ーションを開始した。その他、高速で低消費電力の次世代デバイス材料として注目されているグラフェンに関する研究も行き、酸化膜との相互作用がグラフェンの電子物性に大きな影響を与えることを明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目6

エレクトロニクス材料シミュレーショングループ

(Electronic Materials Simulation Group)

研究グループ長：石橋 章司

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、第一原理電子状態計算と物性理論を軸とした計算科学的アプローチにより、各種エレクトロニクス材料の特性予測や新材料設計、さらには実用時の状況を鑑みて、界面・格子欠陥の特殊な電子状態とその影響の解明などを、必要な手法・プログラム開発を行ないながら進めている。従来のエレクトロニクス材料に加えて、遷移金属化合物、カーボンナノチューブ、グラフェン、分子ワイヤなどの新規な素材を活用したデバイスも研究対象としている。平成22年度は、具体例を挙げると、「有機強誘電体 TTF-BA/CA の自発分極」、「遷移金属内包 Si クラスタ凝集材料」、「単層2層グラフェンの谷分極伝導」、「ナノ接合系電気伝導」、などの研究課題に取り組んだ。また、平面波基底と PAW 法を用いた第一原理材料シミュレータ QMAS (Quantum MAterials Simulator) の開発整備も継続して行ない、普及のための活動も進めている。

研究テーマ：テーマ題目6

分子シミュレーショングループ

(Molecular Simulation Group)

研究グループ長：篠田 渉

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、分子シミュレーションを用いた分子・生体機能の解析と予測技術の構築・高精度化に取り組み、新材料・新デバイスの創製に資するための研究を推進している。特にナノバイオマテリアル、ソフトマテリアルなどへの適用を念頭に、分子・生体機能の解析のために必要な分子シミュレーション要素技術の開発を進めるとともに、薬物搬送システム (DDS) シミュレーター開発やイオン液体の物性解析などの適用研究を行っている。分子シミュレーション要素技術として、マルチスケールでの研究課題に取り組む必要性から、分子間相互作用の精密量子化学計算、フラグメント分子軌道法による相互作用計算と分子動力学法、量子古典混合法、古典分子動力学法、粗視化分子動力学法と、原子レベルからミクロンに渡る階層的技術要素の研究とそれらを繋ぐ理論/手法を開発している。

研究テーマ：テーマ題目6

ダイナミックプロセスシミュレーショングループ (Dynamics Process Simulation Group)

研究グループ長：宮本 良之

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、エレクトロニクス、エネルギー、バイオの3分野の研究を支えるシミュレーション基盤を多機能化する為に、シミュレーション基礎理論開発研究と大規模電子状態理論・プログラム開発研究を行い、材料・デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の実現を目指している。具体的には、FMO法による巨大分子計算における高精度高速収束計算手法の開発、相対論を取り込んだ重元素における有効実ポテンシャルの開発とスピン軌道相互作用の数値計算方法の開発、FEMTECKコードの開発による大規模凝集系計算と物質の安定な構造の効率的な探索アルゴリズムの開発、FPSEIDコードによる電子励起状態計算の計算手法の開発を実行し、実用的シミュレーションを実行する。これらの手法により、溶液、高分子のダイナミクス、励起状態を利用した物質構造変化、透明電極新材料の開発の研究を推進する。今までに、生体材料、燃料電池材料、ナノカーボン材料、酸化物材料における平衡・非平衡ダイナミクスのシミュレーションを行っており、次世代材料開発への知見を構築している。

研究テーマ：テーマ題目6

ソフトマターモデリンググループ (Soft Matter Modeling Group)

研究グループ長：米谷 慎

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、理論・シミュレーションを先導的な手段として用いた新規ナノ材料・デバイス・プロセス創生研究を進めている。題目1「ソフトマテリアルを基にした省エネ型機能性部材の開発」に関連し、分子シミュレーションを用いてペンタセン分子の液晶溶媒中での自発的配向構造形成を解析することにより、液晶を溶媒とした新規な溶液塗布プロセス応用の可能性を明らかにした。また、高分子ナノコンポジット材料におけるナノ粒子と高分子の界面の効果や粒子の分散効果の解析を可能とする、球形ナノ粒子(ナノフィラー)を含有する高分子混合系の相分離構造シミュレーションに成功した。題目6「材料・デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の開発」に関連し、半導体リソグフィーにおけるリソプロセスのモデルの開発を行なった。一連のシミュレーションから、半導体高分子レジストパターン側壁の荒れをリソプ

ロセスにおいて半分程度にまで低減できる可能性を指摘した。また、強磁性体などの固体系などでその役割が注目されているスカーミオン格子を、薄い空間に閉じ込めた液晶という固体系とは全く異なる系が形成しうることを理論的に明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目6

ナノ理論グループ (Nanoscale Theory Group)

研究グループ長：今村 裕志

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、理論・シミュレーションをテクノロジーブリッジとして最大限に活用し、ナノ材料の開発およびそれらを複合・融合化した高度なシステムの開発を先導・具体化することを目標とし研究を行っている。具体的には、強磁性ナノ構造を用いたスピントロニクス素子については、絶縁体薄膜中に埋め込まれたナノサイズの強磁性体における電流誘起スピンドイナミクスに関して解析を行い、その発振動作特性を明らかにするとともに高出力化に向けた素子設計を行った。また、有機太陽電池のバルクヘテロ接合構造については、既存の過渡吸収分光の測定結果を、局在準位の分布を考慮したバルク電荷再結合の理論を用いて解析を行い、長い時間スケールで起こるバルク電荷再結合は、局在準位に電荷が束縛されるために起こることを明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目6

ソフトデバイスグループ (Soft Device Group)

研究グループ長：井上 貴仁

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、有機分子や生体由来材料が持つ柔らかな構造特性と自己組織化や界面の物質輸送・固定化などの省エネ型液体プロセスを活用した環境共生型の「やわらかい」デバイスの開発に取り組んでいる。具体的には、省エネ型・高耐久性光電子機能素子、超高感度バイオ・環境センサー、高効率マイクロリアクター、高機能バイオメディカル素子の研究・開発を進めており、本年度は以下に示す研究成果を得た。共役系オリゴマー液晶の自己組織化技術を利用し、高い電荷移動度を示す液晶性有機半導体材料を開発した。有機固体酸触媒をマイクロフローリアクター中で用いることにより、高同位体純度18酸素カルボニル化合物の連続合成プロセスを完成した。マイクロ波を加熱エネルギー源として用いる水素-重水素交換反応の一般性を検討し、種々の芳香族化合物の重水素標識に有効であることを実証した。液相レーザープロセスを利用し

て、高分子材料表面の目的の部位にリン酸カルシウム層を形成させる技術を開発した。コロイド粒子の集積配列現象における界面動電現象の解明を進めると共に、コロイドデバイスの開発に着手し、基礎研究から応用研究への展開を図った。誘電泳動力を利用して、捕捉や流動方向制御等により細胞を分離可能な微小流路型チップデバイスを作製した。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目7

ソフトメカニクスグループ

(Soft Mechanics Group)

研究グループ長：大園 拓哉

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、高分子化合物や生体由来の材料が持つしなやかな構造特性や特異性、可塑性、興奮性および広義の自己組織化能を基盤とするソフト・ナノテクノロジーの研究開発を行う。より具体的には機能性分子、超分子、液晶、高分子、ゲル、コロイド等のソフトマテリアルの微小空間と表面の機能合成技術、及びナノメートルからミリメートルに至る階層を越えたソフトメカニクス材料を自己組織化を意識し統合的な開発を行っている。その中でも、新規化合物およびアクチュエーターなどの機能性ゲルの開発、ゲル内バイオミネラリゼーションの解明とその応用、固/液界面における物理化学的現象の解明とデバイスへの応用、金属ナノロッドの作製と機能創出の研究・開発に対して、化合物の設計・選択から、基礎物性評価、階層組織体構成、機能発現までを、物理・化学の両視点から統合的に行うことで取り組む。

研究テーマ：テーマ題目1

フィジカルナノプロセスグループ

(Physical Nano-Process Group)

研究グループ長：越崎 直人

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、新規な物理的なプロセスを利用して従来法では得られないナノ粒子・ナノコンポジット・ナノワイヤーなどの新規ナノ構造体を調製するためのプロセス技術を開発している。具体的には、マイクロプラズマプロセス法、液相レーザーアブレーション法、蒸着法利用配列ナノ粒子テンプレート法などいずれも一種のプラズマ状態を利用した物理的な手法を主に取り上げ、特に、投入するエネルギーを従来の手法と比較して小さくすることにより、液体中での高温無機プロセスの実現を目指した検討に重点を置いて、その特徴を最大限に活かした技術の高度化について検討を進めた。また、このような技術を駆使したアプローチにより調製した新規ナノ構造体の電導特性・ぬれ

性・センサ特性・電界放射特性・などの機能の測定・評価技術の開発やその性能向上を目指した研究に取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目2

ナノ炭素材料研究グループ

(Carbon Nanomaterials Research Group)

研究グループ長：片浦 弘道

(つくば中央第4)

概要：

当グループでは、カーボンナノチューブ (CNT) を代表とするナノ炭素材料特有の新たな機能を見出し、革新的デバイスへ応用するために、分散・分離・成膜技術開発、さらにその基礎となる物性研究を行っている。今年度は、CNT の電子デバイスへの応用に不可欠な金属型と半導体型を分離する技術開発を重点的に行った。昨年度開発した、アガロースゲルクロマトグラフィー法により CNT の高純度分離を安価かつ大量に行う装置の設計・製作及び分離純度を高速で分析する装置の製作を行った。一方、分離技術の高度化を目指し、金属型・半導体型分離をすると同時に、直径の異なる半導体型 CNT を分離する新たな技術の開発に成功した。また、デバイス応用としては、on/off 比 10^5 と移動度 $18\text{cm}^2/\text{Vs}$ を同時に満たす薄膜型トランジスタの試作に成功した。さらに、生体安全性に及ぼすナノチューブの長さの効果を調べるために、毒性が低い DNA を分散剤として用い、長尺のナノチューブを極力切断せずに分散する技術を開発した。今後、既存の分散法で準備した短尺のナノチューブ分散液との比較を行う。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目8

グリーンテクノロジー研究グループ

(Green Technology Research Group)

研究グループ長：川本 徹

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、エレクトロクロミック・ナノ粒子の省エネ表示素子やケミカルセンサーなどの環境・エネルギー応用に向けた研究開発を行っている。H22年度は、可溶性の100nm以下の亜鉛-鉄シアノ錯体ナノ粒子の合成に成功し、透明導電性基板への塗布が可能で、酸化、還元状態共にほぼ無色の安定な電気化学応答性を示した。プルシアンブルー薄膜のエレクトロクロミック機能を利用した電子ペーパーを開発するため、素子構造や部材の最適化を行った。素子の耐久性向上にとって重要な、UV硬化性封止剤を吟味し、電解質を汚染しない封止剤を用いることにより、色変化特性を改善した。ゲル中の支持電解質濃度を調整することにより、製造コスト削減を実現した。素子への

電極配線を改善することにより、素子の応答速度を劇的に向上させることができた。電解質を白色化するための顔料として、酸化チタンサブミクロン粒子を採用することにより、50万回の繰り返し動作後も特性が劣化しない素子を実現した。ITO 膜厚の最適化などにより、反射率、コントラスト比の向上を実現した。エレクトロクロミックディスプレイの耐候性を評価するシステムを構築した。

研究テーマ：テーマ題目 2

スマートマテリアルグループ

(Smart Materials Group)

研究グループ長：吉田 勝

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、次世代材料として期待されている自己修復材料、光機能性材料、ペーパーライクディスプレイ等の実現を目指して、化学反応や分子間相互作用の利用による情報の感知、変換、保存、再生を行う新しい分子組織体の構築を目的として研究開発を行っている。併せて、そのために必要な新しい分子組織体の探索と分子組織体と光、熱、溶媒等の外部環境に係る相互作用について基礎的研究を行っている。ナノテクノロジーの発展系としての次世代省エネ技術および情報技術分野においては、分子間相互作用を高度利用した機能性分子組織体に対する期待が大きい。すなわち、分子組織体の構造を正確に制御することで、新たな機能を発現することが可能と考えられる。また、分子組織体は自発的な構築が可能でエネルギー的に経済的であり、得られたものはしなやかで刺激に対して劇的に応答する特徴がある。さらに、刺激によって生じる組織構造が変化した複数の状態を速度論的に安定化できる可能性がある。グループの研究スタンスの特徴は、各種の機能性有機化合物の設計・合成から、基礎物性測定、組織体構築、機能評価までを一貫して行うことである。

研究テーマ：テーマ題目 1

ナノシステム計測グループ

(Nanosystem Characterization Group)

研究グループ長：時崎 高志

(つくば中央第2、第4、第5)

概要：

当グループでは、ナノ材料開発からデバイス化に至る各段階で必要な各種ナノ分光計測技術の新規開発・高度化とともに応用拡大を目指している。電子顕微鏡、プローブ顕微鏡、光学分光を主な計測手段とし、ナノ粒子、高分子、表面・界面等を研究対象としている。本年度の成果は以下の通りである。電子顕微鏡では、結晶性高分子の不均一構造、高分子界面での分子鎖絡

み合い構造を解析する新技法を開発するとともに有機太陽電池の動的走査電子顕微鏡 (SEM) 観察を行った。また、SEM に組み込める独自ナノマニピュレータを用いてナノ材料の物性計測を行い、その有効性を示した。プローブ顕微鏡では、近接場光学顕微鏡において凹凸構造試料の評価が可能な新たなプローブと高機能制御装置の開発に成功した。光学分光では、ゼオライト結晶合成の解明にラマン分光法等を適用し、アミン分子によるゼオライト骨格の歪み抑制効果を見出した。また、2色可変和周波分光法により有機 EL 材料を評価し、電極界面での高分子鎖構造の抑制効果により界面バンドギャップが低下する現象を見出した。一方、XAFS を用いて Ni2P 触媒の反応機構を解明するとともに選択酸化反应用金触媒の活性構造解析を行った。さらに、金-チオールクラスターについての量子計算を行い、実験を支持する結果を得た。受光技術では、制御回路をオンチップ化した高感度 QVGA 撮像デバイスを作製するとともに新規な赤外線暗視カラー撮像技術を開発した。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目 4

ナノ構造アクティブデバイス研究グループ

(Nanostructured Active Devices Group)

研究グループ長：石田 敬雄

(つくば東、つくば中央第2、つくば中央第4)

概要：

当グループでは、ナノスケール構造体特有のアクティブな量子効果などの物性を利用した新規デバイスの創出やその要素技術の研究を行っている。具体的には超分子、化合物半導体量子構造、酸化粒子・ワイヤー、金属ナノギャップなどのアクティブな性質を利用したメモリー、光センサー、発光素子、アクチュエーターなどのデバイスの開発を目指している。本年度はルテニウム錯体超分子膜の電子移動能について計測し、 0.01 \AA^{-1} 程度の非常に小さい β 値を確認し、極めて高い長距離電子移動能を確認した。また酸化ナノ構造体としてエレクトロスプレー法でのナノ粒子の均一化に成功した。化合物半導体量子構造においては、昨年度見出したエバネッセント光の結合による光の高効率取り出し現象を探索し、可視光 LED において重要な AlGaInP 系半導体試料にリッジ構造を適用することで光取り出し効率を平坦基板試料に比べて10倍以上向上させることに成功した。ナノギャップ電極を用いた次々世代スイッチ素子において、さらなる構造微小化による省エネルギー化および不活性化ガスによる封止効果を実証した。

研究テーマ：テーマ題目 4

ナノケミカルプロセスグループ (Nano Chemical Process Group)

研究グループ長：古屋 武

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、ナノ材料を幅広い産業分野へ応用していくためのケミカルプロセスの技術開発を行っている。特に、ナノ材料開発から工業規模生産までのタイムラグを短くすることは、製品開発スピードを上げるうえからも非常に重要である。具体的には、ナノ材料の設計指針やナノデバイス製造プロセスの最適操作条件の提示を可能とするため、広い意味での物性に基いた材料開発・プロセス開発を進めている。そのため、これまで利用されることのなかった「圧力」をプロセス操作パラメータとして導入し、さらに、マイクロ流路や超臨界流体などの非従来型プロセス技術と溶媒を利用することにより、これまでのプロセス技術の限界を超えた、新しいプロセス技術開発を目的としている。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3

スーパーインクジェット技術グループ (Super Inkjet Technology Research Group)

研究グループ長：村田 和広

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、ナノ材料の機能を発現させるためには、材料の精密なパターン化と、その材料を活性化する手段として、独自にマイクロメートルスケールのパターンニング方法として、世界最小レベル、すなわち従来の1/1,000以下の超微細液滴を精密に基板上に配列できる超微細インクジェット（スーパーインクジェット）技術の開発を行っている。また、大気圧下で、10のマイナス30乗以下の極低酸素分圧を作り出す事ができる、酸素ポンプ技術の開発と応用を行っている。この、2つの技術を組み合わせ、酸化しやすい銅超微粒子インクを用いた、銅配線のインクジェット形成技術の開発など、ナノ材料の精密配列と機能性の発現手法の確立を目指している。また、開発された技術は、産総研技術移転ベンチャーや、共同研究を通じた技術移転により、世の中に積極的に還元している。こうした技術は、省資源・省エネルギーの環境対応型技術であるだけでなく、従来の製造プロセスと異なり、少量多品種生産に適応した技術である。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

【テーマ題目1】ソフトマテリアルを基にした省エネ型機能性部材の開発

【研究代表者】山口 智彦（副研究部門長）

【研究担当者】山口 智彦、池上 敬一、水谷 亘、

大園 拓哉、吉田 勝、秋山 陽久、
木原 秀元、長沢 順一、松澤 洋子、
山本 貴広、園田 与理子、
谷田部 哲夫、土原 健治、杉山 順一、
有村 隆志、岩坪 隆、岸 良一、
川西 祐司、西村 聡、宮沢 哲、
原 雄介、中村 徹、奥本 肇、
宮前 孝行、三好 利一、下位 幸弘、
米谷 慎、福田 順一、森田 裕史
(常勤職員29名 他)

【研究内容】

繰り返し脱着可能な新しいCNT分散剤のプロトタイプとして、光環化反応による分散能制御が可能な光応答性分散剤の開発に成功した。さらに、新しいスマート分子システムの一例として、光技術研究部門と共同で「光で溶ける新しい有機材料」を世界で初めて開発した。また、同一の有機物固体の結晶とアモルファスの相変化を光照射で誘起することを原理とする、新しい光記録材料の開発も行った。刺激応答性共役高分子系では、省エネ調光部材としての実用化において障害となる各種課題の解決に向けた高分子材料の改良を行った。

バイオミメティックヘテロ接合の開発： dendritic マーゲルの合成に成功した。また、ゲル内におけるバイオミネラリゼーションのメカニズムの解明のための、複合溶媒ゲル基体となる低分子の設計、ハイドロゲルの設計・合成を行い、新たに二つの人工バイオミネラリゼーション系を見出した。また、ソフトマテリアル/液体界面近傍の電気2重層分極現象の一部解明と同時にそれを利用したコロイド粒子の配列配向制御技術について検討した。

二色 SFG を用いて有機 EL 材料と電極界面の構造評価・解析を行い、EL 材料高分子鎖の界面への拘束に基づく構造抑制により、界面におけるバンドギャップがバルクより低下することを見出した。一方、電子顕微鏡による三次元構造解明のために解析手法開発および装置改良を行い、厚さ10nm 以下の高分子界面の解析や表面にグラフト化した高分子単分子層の可視化に成功した。

液晶を溶媒とした溶液プロセスのペンタセン薄膜形成塗布プロセスへの応用を、ソフトマテリアルとしての液晶の非平衡自己組織化による構造形成として捉え、分子シミュレーションによりペンタセン分子の液晶溶媒中での自発的配向構造形成を解析することにより、新規な溶液塗布プロセス応用が可能であることを明らかにした。さらに溶媒液晶選択方法を一般化し、理論的なプラットフォームとして体系化した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】光記録、 dendritic マー、ゲル、有機 EL、電子顕微鏡、ペンタセン

〔テーマ題目2〕高付加価値ナノ粒子製造とその応用技術の開発

〔研究代表者〕村上 純一（主幹研究員）

〔研究担当者〕村上 純一、佐々木 毅、川本 徹、田中 寿、奥本 肇、宮内 雅浩、久保 利隆、小平 哲也、阪東 恭子、堀内 伸、宮脇 淳、陶 究、伯田 幸也、依田 智、越崎 直人、川口 建二、桐原 和大、古賀 健司、清水 禎樹、Pyatenko Alexander、李 勇進（常勤職員21名 他）

〔研究内容〕

プルシアンブルー（PB）薄膜とその類縁体（鉄をNi等他の金属に置換したもの）の薄膜を多層化することにより、各層が独立に色変化するエレクトロクロミック多色表示を実現した。さらに、大面積素子として、A4サイズの色可変素子を試作した。100nm以下の亜鉛-鉄シアノ錯体ナノ粒子の合成に成功した。得られたナノ粒子は、水に分散させ、透明導電性基板への塗布により薄膜を形成でき、その薄膜は、酸化、還元状態共にほぼ無色の安定な電気化学応答性を示した。PB薄膜のエレクトロクロミック機能を利用した電子ペーパーを開発するため、素子構造や部材の最適化を行った。素子の耐久性向上にとって重要なUV硬化性封止剤を吟味し、電解質を汚染しない封止剤を用いることにより、色変化特性を改善した。素子への電極配線を改善することにより、素子の応答速度を劇的に向上させることができた。電解質を白色化するための顔料として、酸化チタンサブミクロン粒子を採用することにより、50万回の繰り返し動作後も特性が劣化しない素子を実現した。ITO膜厚の最適化などにより、反射率、コントラスト比の向上を実現した。

新規な物理的なプロセスを利用して従来法では得られないナノ粒子・ナノコンポジット・ナノワイヤーなどの新規ナノ構造体を調製するためのプロセス技術について検討した。マイクロプラズマプロセス法、液相レーザーアブレーション法、蒸着法利用配列ナノ粒子テンプレート法などいずれも一種のプラズマ状態を利用した物理的な手法を主に取り上げた。特に、投入するエネルギーを従来の手法と比較して小さくすることにより、液体中での高温無機プロセスの実現を目指した検討に重点を置いて、その特徴を最大限に活かした技術の高度化について検討を進めた。また、このような技術を駆使したアプローチにより調製した新規ナノ構造体の電導特性・ぬれ性・センサ特性・電界放射特性・などの機能の測定・評価技術の開発やその性能向上を目指した研究に取り組んだ。

低環境負荷プロセスである水熱合成法を用い、酸化亜鉛をベースにした高感度化可視光応答型光触媒材料を開発することができた。また、量子ドット型太陽光発電素

子にフォトニック光散乱層をコーティングすることで光電変換性能を高める技術を確認することができた。

新規概念としての多層カーボンナノチューブ（MWNT）を用いた高導電性ポリマーコンポジットの開発において、イオン液体（IL）とMWNTの二成分系に導電性高分子を混合するコア・シェル型構造の高導電性の三元系材料の開発に成功した。これを色素増感型太陽電池用対極材料として用いると、白金とほぼ同等の光電変換効率を示すことを見出した。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕ナノ粒子、水熱合成、光触媒、ナノチューブ、イオン液体、色素増感太陽電池、

〔テーマ題目3〕多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発

〔研究代表者〕村上 純一（主幹研究員）

〔研究担当者〕村上 純一、佐々木 毅、村田 和広、古屋 武、越崎 直人、白川 直樹、陶 究、竹林 良浩、依田 智、川口 建二、桐原 和大、清水 禎樹、Pyatenko Alexander（常勤職員13名 他）

〔研究内容〕

オンデマンドで電子回路を形成できる、プリンタブルエレクトロニクス分野において、現在金や銀の超微粒子を用いた印刷配線技術が実用化しているが、資源の希少性や耐マイグレーション性の観点から、銅超微粒子を用いた配線技術の確立が望まれている。しかしながら、銅超微粒子は酸素に対し活性なため、表面に酸化皮膜を有しておりそのままでは十分な導電性が得られず、実用化に至っていない。本研究では、サブミクロンの配線描画が可能なスーパーインクジェット技術と、10のマイナス30乗気圧以下の極低酸素分圧環境を達成できる酸素ポンプ技術を組み合わせることで、銅配線のインクジェット形成技術を目指している。インクジェット法を用いて銅ナノ粒子インクを塗布し配線パターンニングした後、大気圧下200℃程度の低温で、銅超微粒子を還元し、抵抗値 $20\mu\Omega\text{cm}$ 程度を達成した。また、極低酸素分圧環境を用いた酸化物導電材料の導電性改善にも着手し、未処理の場合に比べ桁程度の改善が得られるという初期結果を得た。

有機電子材料や有機顔料などの有機ナノ結晶は、バルク体と異なる光学的・電気的性質を示すことが知られているため、カラーフィルタなどのディスプレイ関連や有機半導体、可溶性・インク化などの応用が進められている。有機化合物をナノ結晶化する方法に、再沈法がある。再沈法は、有機化合物溶液を貧溶媒と混合してナノ結晶を析出させる方法であり、粒径・形状・結晶型の制御性に優れている。本研究では、マイクロミキサを用いた流通式貧溶媒添加晶析法の装置を開発した。本装置は、有

機顔料溶液をマイクロミキサを用いて貧溶媒と急速混合することにより過飽和度を発生させ、有機ナノ結晶を得るものである。マイクロミキサが持つ混合状態や滞留時間に対する優れた制御性を利用することにより、有機ナノ結晶の品質安定性や、合成条件変更を容易にしている。さらに、混合する貧溶媒の溶媒種類や組成を制御することで、得られる有機ナノ結晶の結晶型を制御可能であることを見いだした。また流通式装置であることから、連続運転を行うことで0.2g/hの合成を行えることを確認した。

さらに、オンデマンド製造技術開発のための基盤整備として、可溶性・インク化したナノ粒子の塗布・印刷試験を実施できるように塗布装置を導入した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 スーパーインクジェット技術、極低酸素技術、銅配線、マイクロミキサ、貧溶媒、晶析法、過飽和度

【テーマ題目4】 ナノ構造を利用した革新的デバイス材料の開発

【研究代表者】 池上 敬一（副研究部門長）

【研究担当者】 時崎 高志、石田 敬雄、重藤 知夫、永宗 靖、清水 哲夫、王 学論、内藤 泰久、小倉 睦郎（常勤職員8名 他）

【研究内容】

ナノギャップ電極によるメモリー動作に関しては、本年度はより低消費電力での動作を目指した。その結果、素子の寸法をより微細化することにより消費電力を昨年度よりも1/5に抑制できることを実証した。また、真空中だけではなく不活性ガス中でも安定動作させることを実現し、製品化の際に必要な封止のコストを大幅に削減できる見込みを得た。また、これまで報告されているほぼすべてのナノギャップ電極の電極材質は、多結晶のものが利用されていたが、本年度新たにナノギャップ部の電極を単結晶金属に改善したナノギャップ電極作製に成功した。次年度以降はこの単結晶ナノギャップ電極を、メモリー以外のデバイスにも用いることを検討している。

また化合物半導体発光ダイオード技術においては、エバネッセント光の干渉現象を利用した AlGaInP 系赤色及び黄色の高効率発光ダイオードの開発を行っている。昨年度までに選択成長法による GaInP 微細リッジ構造の作製に成功している。本年度は発光ダイオードの実現に必要な AlGaInP/GaInP 量子井戸リッジ構造を作製し、光学的評価法により光の取り出し効率はエバネッセント光の干渉現象により従来の平坦基板試料に比べて10倍以上向上されていることが判明した。また、リッジ構造上にシリコン酸化膜を堆積し、エバネッセント光の干渉現象を半導体・酸化膜および酸化膜・空気という二つの界

面において発現させることによって、光の取り出し効率を酸化膜にない試料に比べてさらに1.3倍程度向上させることにも成功した。次年度以降は電流注入デバイスの試作を本格的に開始する予定である。エバネッセント光干渉現象の評価技術に関しては、本年度はリッジ構造へ適用可能な発光評価法の開発を検討し、リッジ構造に対応できるより小さい近接場光学顕微鏡用プローブを開発し、サブミクロンレベルの空間分解能があることを確認した。また、微弱光高精度測定に向けて、カーボンナノチューブを利用した高感度光センサの開発を進め、波長・温度等に対する特性評価を行い、電極用金属種の分光感度への影響が大きいことが判明した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノギャップ、化合物半導体、LED、近接場、カーボンナノチューブ

【テーマ題目5】 ナノチューブ系材料の創製とその実用化及び産業化技術の開発

【研究代表者】 池上 敬一（副研究部門長）

【研究担当者】 片浦 弘道、田中 丈士、藤井 俊治郎、Hassanien Abdelrahim（常勤職員4名 他）

【研究内容】

単層カーボンナノチューブ（CNT）は、極めて高い移動度と電流密度を有し、また極めて微細な構造体であることから、次世代電子材料として期待されている。しかし、CNTには金属型と半導体型の2種類が存在し、それらを分けて合成する事ができないため、合成後、金属型と半導体型を分離する技術が必要となっている。本年度は、産総研独自のゲルを用いた分離法によりCNTを高純度かつ大量に半導体型と金属型に分離する技術の開発を行い、数種類の市販CNTを原料として、半導体純度95%、金属純度90%の分離純度を実現した。ただし、直径1.4nm程度のやや太いCNTにおいては、ゲルとの相互作用が弱くなるため、通常用いる界面活性剤だけでなく、分離補助剤の添加や分離液の分画など、高度な溶液調整と分取作業が必要であることが明らかとなった。また分散技術に関しては、ミキサー型の機械式分散により巨視的な分散処理を行った後、超音波分散によりナノレベルの分散を行う事により、欠陥濃度の尺度であるラマン散乱のG/D比が140以上と、極めて欠陥の少ない孤立分散液を得ることに成功した。これらの分離技術及び分散技術を融合することにより、欠陥導入を抑えた状態で金属型と半導体型に分離する事に成功した。得られた半導体型CNT分散液を、自己組織化単分子膜を形成した酸化膜付きシリコン基板上に滴下し、その後窒素ガスブローを行う事により、CNTをソース・ドレイン方向に配向させ、そこに電極を蒸着する事により、塗布プロセスで薄膜型トランジスタを作製した。その結果、on/off電流比が10万、移動度が10cm²/V以上の高性能を

得た。また、多段ゲルカラムクロマトグラフィー法という新たな分離技術の開発を行い、金属型と半導体型の分離と同時に、半導体型 CNT に関しては、原子配列の異なる CNT ごとに分離する事に成功した。使用するのは市販のゲルと安価な界面活性剤のみで、低コストかつ省エネルギー型の分離技術である。半導体型 CNT のバンドギャップは構造により変化するため、得られた単一構造 CNT は、均一なバンドギャップを持つ理想的な半導体材料として、高性能デバイスへの応用が期待される。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノチューブ、分離技術、分散技術、配向、薄膜型トランジスタ

【テーマ題目6】 材料・デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の開発

【研究代表者】 浅井 美博 (副研究部門長)

【研究担当者】 浅井 美博、長嶋 雲兵、大谷 実、石橋 章司、篠田 渉、宮本 良之、米谷 慎、今村 裕志、西尾 憲吾、橋本 保、伏木 誠、宮崎 剛英、織田 望、片桐 秀樹、三宅 隆、小川 浩、折田 秀夫、崔 隆基、手塚 明則、森下 徹也、西村 憲治、鈴木 孝和、石田 豊和、内丸 忠文、古明地 勇人、都築 誠二、三浦 俊明、三上 益弘、土田 英二、Fedorov Dmitri、中村 恒夫、福田 順一、森田 裕史、川畑 史郎、下位 幸弘、関 和彦、針谷 喜久雄 (常勤職員37名 他)

【研究内容】

必要な計算技術・プログラムを開発・整備しつつ、有機強誘電体における磁性と自発分極の関係の解析、酸化物超格子における非線形項も含む分極率分布計算、遷移金属内包 Si クラスタ凝集材料の電子状態計算、単層・2層グラフェン/有機半導体膜-金属接合系の伝導機構解析、 π コンタクト伝導素子の提案、などの電子デバイス材料に関わる研究を行ない、有機物・シリコン・機能性酸化物などの新規デバイス開発の支援を行った。

燃料電池の実用化・リチウムイオン2次電池の高容量化に向けて、金属・半導体・酸化物/溶媒界面の電気化学反応、高分子電解質膜内のプロトン伝導、などの解析を行った。同時に水素貯蔵材料のシミュレーション研究を行い、吸蔵特性を解析した。本年度は特に、リチウムイオン2次電池における負極と有機溶媒界面におけるリチウムイオンの挙動等を明らかにした。リチウムイオンの有無により、有機溶媒の分解反応が影響を受けることが分かった。このことは電極表面皮膜形成のメカニズム解明に資する成果である。

生体・分子集合体機能の解析と予測のため、分子間相

相互作用の精密計算とそれに基づくモデリング技術の高度化、また自由エネルギー計算の高精度を行い、化学反応・酵素反応機構の解析、分子認識機構の解析、脂質膜の安定性解析などを行った。DDS キャリアとして有力なリポソームの安定性については、脂質混合による付着特性や柔軟性変化について、分子論に基づいた粗視化モデルを構築し自由エネルギーによる評価を実現した。同手法は広く分子自己集合系に適用可能で、ナノ材料のメソ構造制御における分子設計に有効である。

エレクトロニクス、エネルギー、バイオの3分野の研究を支えるシミュレーション基盤を多機能化する為に、シミュレーション基礎理論開発研究を行い、多体論的手法で電子物性を高精度に扱うシミュレーション手法を開発し、鉄系超伝導体の強相関効果を解明した。また、大規模電子状態理論・プログラム開発研究 (FEMTECK, FMO) に関しては、次世代スパコンに対応するため並列アルゴリズムをさらに高度化 (FEMTECK) し、炭化水素系ポリマー電解質に適用し、構造やプロトン伝導について新しい知見を得た。また、エネルギー勾配計算と有効ポテンシャル法を開発 (FMO) し、血液凝固阻止作用をもつヘパリンの構造解析に適用し、実験結果を再現する成果を得た。さらに、非弾性伝導理論と大規模第一原理電子状態計算手法を融合する研究においては、新規に開発したプログラムを用いて2電極間のベンゼンジチオールおよびそのボロン、窒素置換体の電流とその非弾性散乱成分を計算した。電流パスと振動モードの空間対称性から非弾性スペクトルの振動モード依存性に関する一般的な知見を得た。

ナノ構造・界面に関するシミュレーション・理論解析技術を向上させ、ナノ磁気構造を用いた高効率なマイクロ波発振デバイスや、超伝導体や半導体ナノ構造を用いた量子情報処理デバイス、ナノカーボン材料、有機太陽電池材料の設計と特性解析を行った。また、高分子材料プロセスにおける材料設計の研究として、半導体リソグラフィにおけるリンスプロセスにおけるモデルの開発を行なった。一連のシミュレーションから、半導体パターン側壁の荒れを、リンスプロセスにおいて半分程度にまで、低減できる可能性を指摘した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 有機強誘電体、酸化物超格子、Si クラスタ、グラフェン、燃料電池、リチウムイオン電池、DDS、リポソーム、シミュレーション基礎理論、有効ポテンシャル法、マイクロ波発振デバイス、量子情報処理デバイス、リソグラフィ

【テーマ題目7】 幹細胞等を利用した再生医療に資する基盤技術・標準化技術の開発

【研究代表者】 井上 貴仁 (ソフトデバイスグループ)

【研究担当者】 井上 貴仁、植村 壽公、山添 泰宗、

大矢根 綾子（常勤職員4名、他4名）

【研究内容】

再生医療などをターゲットとし、オンチップ細胞分離操作技術、細胞の足場材料として必要なバイオマテリアル技術、そして得られた細胞を足場材料とともに三次元培養し組織を構築する技術、それらの統合により構築する。要素技術としては、マイクロ流路のチップ上で電場による細胞操作やチップ作製などの基本技術、リン酸カルシウム過飽和溶液場を利用したナノコンポジット製造技術、三次元細胞培養技術である。基本的な特許出願などを行っているが、実用化にいたるためには、安全性評価技術や臨床研究が必要であり、民間企業、大学医学部と共同で研究を進めている。

チップスケールでの細胞の操作・選別に関しては、マイクロ流路技術と誘電泳動力を利用した細胞1個1個の収集、捕捉、流動方向制御が可能なシステムを開発した。微小なマイクロ流路デバイス内の環境下では、体積に対する表面の割合が大きくなり、流路壁面の特性がより強調されるため適切な表面処理が重要になる。流路壁面へのタンパク質の非特異的吸着を抑制するために、流路壁面を架橋アルブミンフィルムでコーティングを行った。水晶発振子マイクロバランス装置を利用して、架橋アルブミンフィルム上への牛胎児血清の吸着挙動を詳細に検討した結果、フィルムのコートにより血清タンパク質の吸着を著しく抑制できることが明らかとなった。

ナノ生体材料として、遺伝子-細胞接着因子-アパタイトナノコンポジット層の精密構造制御技術を用いた細胞への遺伝子導入技術について検討した。その結果、上記コンポジット層を利用すれば、層表面において場所特異的に遺伝子導入を行えることを明らかにした。また、種々の溶解性を有するコンポジット層を作製し、層の溶解性が遺伝子導入効率に与える影響を明らかにした。これにより、遺伝子導入の効率およびタイミングを制御するためのコンポジット層の設計指針を示した。

骨髄に多く存在する間葉系幹細胞、そしてガン細胞に関してモーター抗体を用いて蛍光性ナノ粒子量子ドットを高効率で細胞の機能を阻害することなく導入する技術開発を行った。量子ドットを用いたトラッキングのためのインビボでの実験系のモデル構築を行った。繊維化能、配向性の極めて高い魚ウロココラーゲンを用いて、新規培養器材の開発を行った。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】再生医療、バイオマテリアル、細胞培養、ナノコンポジット、アパタイト、タンパク質吸着、非特異的吸着抑制、架橋アルブミンフィルム

【テーマ題目8】先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法の開発

【研究代表者】片浦 弘道

(ナノ炭素材料研究グループ)

【研究担当者】片浦 弘道、阿部 修治、阿多 誠文、植村 壽公、藤田 克英、越崎 直人、長沢 順一、針谷 喜久雄、田中 丈士、藤井 俊治郎（常勤職員10名、他4名）

【研究内容】

先端技術産業の基盤となるナノ材料の環境影響を早期に評価し管理指針を示すことで、ナノ材料の社会受容と安全な応用開発を促進することを目指し、ナノ材料リスク情報の収集と分析を行うとともに、予備的リスク評価に必要な試料調製、特性評価、有害性評価の手法を開拓することを目的としている。カーボンナノチューブ(CNT)とナノ粒子の生体に対する安全性を評価する手法の開発を進めるとともに、専門誌「PEN」を発行し、海外情勢も含めた情報発信を行っている。リスク管理の方法論の構築に向けた調査を開始し、ナノ物体の物理化学的性質や毒性学的研究データを中心に文献調査を進めた。

近年長い単層カーボンナノチューブ(SWCNT)の毒性に注目が集まっているので、H22年度はSWCNTを中心に、安全科学研究部門との連携研究を開始した。前年度準備したSWCNTの安全性試験用分散液を用いて、1ヶ月程度の短期間の安全性試験を行い、SWCNTが異なると生体内での代謝に違いが生じる事を示唆する興味深い結果が得られた。これまでの試験で使われていた界面活性剤自体に毒性があることから、より安全な分散剤として、H22年度はDNAを使用することとした。通常の超音波分散では500nm程度に切断されるが、DNAを用いて1~5ミクロンの合成直後の長さを維持し高純度も達成している。今後、長さが10ミクロンを超えるE-DIPS法によるSWCNTの分散を行い、安全科学研究部門に提供して毒性試験を行う。

金属、酸化物に関しても産総研で開発した合成法を利用して分散安定性の高いナノ粒子を作製し、リスク評価試料として提供し、有害性評価に使用できることを確認し、H22年度は酸化チタンと酸化亜鉛のサブマイクロメートル球状粒子を作製し、ナノリスク試験に提供した。また、ラット骨に移植した量子ドット標識幹細胞のトラッキングを行った。量子ドットの成分Cdの元素分析を移植後8週間の肝臓、腎臓、肺、精巣で行ったが感度限界以下の低濃度で、リスクはほとんどないと結論できた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】カーボンナノチューブ、量子ドット、リスク評価

⑦【ダイヤモンド研究ラボ】

(Diamond Research Laboratory)

(存続期間：2010.4.1~)

研究ラボ長：鹿田 真一

副研究ラボ長：茶谷原 昭義

所在地：関西センター、つくば中央第2

人 員：10名（10名）

経 費：236,812千円（125,189千円）

概 要：

ダイヤモンドは、熱伝導率、絶縁破壊電界、透光率、弾性定数・硬度、電気化学電位窓、化学的安定性などで物質中、最高の値を有し、電子線放出、キャリア移動度、X線透過率や耐スパッタ性でも極めて優れた性能を有する“超物質”である。これらの材料特性を組み合わせる事により、省エネパワーデバイス、電子源、光学・電子線・X線等ビーム取り出し窓、原子力用放射線センサ、ヒートスプレッド、炭素ファイバ等新素材加工工具、電気化学電極、高性能 SAW 発振器、バイオ・化学センサなど、将来に向けた各種応用展開が期待されている。これら応用の中でも特に省エネパワーデバイスは、SiC 等の他材料を圧倒的に凌駕する半導体として、高耐圧、低損失、高速動作の性能が予想されており、究極の冷却フリー・高出力の新概念のデバイスとして「Cool Earth エネルギー革新技術計画」などの経済産業省のロードマップにおいて、次世代材料・デバイスとして期待されている。加えて、ダイヤモンドは言うまでもなく炭素のみからなり、国内でも未来まで無限に調達可能であり資源面の心配がないこと、ナノサイズでも安全であることなど、まさしく21世紀以降の日本の戦略的物質である。

産総研では、経済産業省のフロンティアカーボンプロジェクトに取り組む中で、ナノカーボン及びダイヤモンドを材料の一つの柱として研究を進め、さらに平成15年度から7年間、ダイヤモンド研究センターを設置し、ダイヤモンドの合成から応用に至る総合的な研究を推進した。この結果、合成、加工、ドーピング、表面修飾、コンタクト電極等の材料基盤技術を進化させ、世界最大サイズの単結晶及びその量産技術、電子源デバイスの実用化などの世界に誇れる実用技術の開発に成功し、また世界で初めて量子素子分野で同位体ホモ接合でのキャリア閉込めを発見するなどの学術的成果も産んできた。

平成22年度より新たに発足した本研究ラボでは、上記の経緯も踏まえつつ、ダイヤモンドウエハ及びパワーデバイスの研究開発に重点的に取り組むこととし、以下のミッションを設定した。

- 1) ダイヤモンドウエハ及びデバイス研究開発を推進し、冷却フリー・次世代省エネパワーデバイスを開発し、省エネルギーを進めることによって、日本及び世界の CO₂削減に貢献する。
- 2) ダイヤモンドウエハ及びデバイスの大市場規模産業の構築に貢献する。

- 3) 資源、安全性で優れる炭素材料の利用・普及により、日本の資源・産業関連戦略に貢献する。
- 4) ダイヤモンドの新たな機能を明らかにし向上させ、新産業創出に貢献する。

上記ミッションを達成するため、具体的には以下の研究テーマを実施する。

- ① ウエハ開発：気相合成による単結晶ダイヤモンドの大型化・高品質化を推進するために必要な成長条件探索および結晶加工技術を開発している。特に早急な大口径化が期待できる「接合ウエハ」の製造技術開発に注力し、半導体ウエハとしての実用性を実証する。
- ② デバイス：ダイヤモンドの特徴である高耐圧・高温動作を活かし、冷却フリー・高耐圧・高出力を実用構造である縦型ショットキーダイオードで実証する。また高速動作の可能性について評価する。
その他：パワーデバイスの高性能化、量子デバイスへの展開などを目指し、ダイヤモンドのさらに極限材料である同位体など、材料基盤技術を開発する。また企業によるダイヤモンドの広い応用展開の積極的サポートを行う。

上記研究テーマと中期計画、研究分野戦略との関係は、下記のとおりである。

1) ウエハ開発

- I. グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進
4. グリーン・イノベーションの核となる材料・システムの創成
- (2) ナノカーボン材料の量産化技術と応用
- ②単結晶ダイヤモンドの合成及び応用技術の開発

及び再掲として、

III. 他国の追随を許さない革新的技術開発の推進

2. イノベーションの核となる材料・システムの開発

- (2) ナノカーボン材料の量産化技術と応用
- ②単結晶ダイヤモンドの合成及び応用技術の開発

2) デバイス

- I. グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進
1. 再生可能エネルギーの導入拡大技術の開発
- (3) 高効率なエネルギーマネージメントシステム
- ②電力変換エレクトロニクス技術の開発

外部資金：

文部科学省 原子力試験研究費

発表：誌上発表24件、口頭発表47件、その他3件

【テーマ題目1】ウエハ開発

【研究代表者】茶谷原 昭義

【研究担当者】杵野 由明、坪内 信輝、山田 英明
(常勤職員4名)

〔研究内容〕

物質中最高性能を多数有し、多くの応用が期待されるダイヤモンドの材料研究として、単結晶成長技術及び結晶欠陥評価等技術推進により低欠陥2インチ接合ウェハを開発し、パワーデバイスウェハ等への応用を目指すことを本テーマの3年間の目標として、初年度は、下記を目標として研究を実施した。

CVD 単結晶ダイヤモンドの成長・加工条件の精査を行うとともに、接合前の単結晶片の精密オフ角制御など接合技術の向上によって、接合部における異常成長部を低減し、1個/cm²以下を目指す。

これに対して、主な研究成果は下記の通り。

- ・ダイヤモンド接合ウェハの接合境界上に発生する異常粒子数の抑制に成功し、目標の1個/cm²以下を達成した。これは基板オフ方向と接合境界の関係を変更することによってなされた。
- ・低欠陥な種結晶を使用することによって、成長層の結晶性を改善でき、また形成される欠陥の由来について、種結晶から引き継がれる欠陥と成長界面に起因する欠陥とを区別できることを示した。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 ダイヤモンド半導体、結晶成長、ダイヤモンドウェハ

〔テーマ題目2〕 デバイス開発

〔研究代表者〕 鹿田 真一

〔研究担当者〕 梅澤 仁、永瀬 成範、加藤 有香子、渡邊 幸志、(常勤職員5名)

〔研究内容〕

より高い性能が期待できるダイヤモンドを用いたパワーデバイスの実用化を目指して、結晶欠陥評価技術、デバイス要素技術等を開発することにより、低欠陥高品質エピタキシャル膜とデバイスの開発を行い、実証デバイスとして低損失かつ冷却フリー250℃動作パワーダイオードを実現することを本テーマの3年間の目標として初年度は、下記を目標として研究を実施した。

実用的な縦型構造を持つダイヤモンドショットキーダイオードのプロセスを完成させ、250℃動作で500A/cm²の高電流密度ダイオードの試作を行う。X線トポグラフィやカソードルミネッセンス等により欠陥の二次元マッピング評価を可能にする。

これに対して、主な研究成果は下記の通り。

- ・実用的な縦型構造を持つダイヤモンドショットキーダイオードのプロセスを完成させ、250℃動作で500A/cm²の高電流密度ダイオードを試作した。
- ・スイッチング特性を調べ、回復特性を計測し0.01マイクロ秒の高速スイッチングと40A/cm²の小さな逆回復電流(低損失)を確認した。
- ・X線トポグラフィやカソードルミネッセンスにより欠陥の二次元マッピング評価を可能にした。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 ダイヤモンド、半導体、デバイス、パワーデバイス、結晶欠陥

5) 標準・計測分野

(Metrology and Measurement Science)

①【研究統括・副研究統括・研究企画室】

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

研究統括：一村 信吾

副研究統括：田中 充

概 要：

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

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

標準・計測分野研究企画室

(Research Planning Office of Metrology and
Measurement Science)

所在地：つくば中央第2

人 員：2名（1名）

概 要：

当本部は、産総研組織規程第6条の規定に基づき、標準・計測分野における研究の推進に関する業務を行っている。具体的には、第3期中期目標の達成に向けて、産総研のミッションの遂行のための戦略を策定し、他独法、産業界、大学等への働きかけと連携の強化、ならびに分野内外の融合研究などの種々の取り組みを促進するため、平成22年度は主に下記3つの計画の元、業務を行った。

1. 外部との連携の強化
2. 研究ユニットとの対話を通じた成果の発掘
3. 分野運営に係る各種業務の遂行

1. については、他独法、産業界、大学等への働きかけにより組織的な対話の機会を設け、連携の強化やプロジェクトの共同提案などの発展を支援した。

2. については、研究ユニットとの対話を通じ、情報交換の環境の整備を推進し、シーズを発掘し、外部連携や分野融合などへの発展を促進した。さらに研究ユニットからの要望等への対応を通じてユニットの円滑な運営を支援した。

3. については、中期研究目標策定、予算策定、原課対応、委員会等の事務局、等の取りまとめなど、分野運営に係る各種業務を円滑に行った。

機構図（2011/3/31現在）

[標準・計測分野研究企画室]

研究企画室長 野中 秀彦 他

②【生産計測技術研究センター】

(Measurement Solution Research Center)

(存続期間：2007. 8. 1～2015. 3. 31)

研究センター長：平井 寿敏

副研究センター長：菅原 孝一

所在地：九州センター

人 員：31名（31名）

経 費：495,307千円（332,377千円）

概 要：

計測技術は、製品開発、生産、市場化、使用、リユース/リサイクル及び廃棄の各局面で利用され、それぞれの評価の基盤となっている。中でも生産局面における計測は、わが国ものづくり産業の競争力の維持・強化に重要な役割を果たしており、その高機能化・高効率化・迅速化などが常に求められている。当研究センターは、産業や社会の広い意味での「生産現場」で発生する多様な計測課題に対して、産総研内外の様々な技術を高度化・統合し、その成果を計測ソリューションとしてオンタイムで提供することにより、我が国の基幹産業を支える高度な製造産業の競争力の維持・強化と、産業や社会の安全・安心の実現に貢献することを目指している。

これを実現するために、当研究センターでは、生産現場の計測課題を熟知した企業の専門家（マイスターと呼び、マイスターを活用するシステムをマイスター制度と呼ぶ）と連携した課題解決の取り組み（タスクフォース）を推進するとともに、業界や社会に共通的な課題に対してはコンソーシアム型の取り組みを行う。また、これらの課題解決事例を蓄積し、適時情報発信していく。

本研究センターで実施する研究開発は、第2種の基礎研究を中核として第1種の基礎研究を含みつつ製品化研究へ展開される本格研究であり、具体的な課題解決に向けて以下の3項目を主題として取り組む。

① 生産現場計測技術の開発

高品質のものづくりと生産の高効率化に直結する製品検査技術およびプロセス管理技術では、非接触、非破壊、高スループット、可視化などの共通的な諸要件に加え、各製造現場に対応した計測技術の開発が求められている。そこで、これらの現場ニーズに柔軟に対応できる光学的手法を主体に用いて、半導体微小欠陥検査技術など、新規なインライン計測技

術の開発に取り組み、検査装置化を進める。

また、とくに半導体デバイスメーカーの生産ラインでは生産効率や品質を低下させる共通課題として、プラズマエッチング装置で発生するパーティクルや異常放電の発生がある。これらを解決するために、生産ラインの課題を再現できるプラズマエッチング装置をオープンイノベーションスペースに設置し、実環境下での計測技術の開発と同時にデバイスメーカー、装置メーカー、素材・周辺機器メーカー等と共同でプラズマ耐性材料や電源技術等の開発に取り組む。このような活動を通して生産ラインの課題を解決する有効なソリューションの実用化研究を進める。

② 測定が困難な条件に適用可能な力学計測技術の開発

内燃機関等の燃焼圧計測や上述のプラズマ異常放電の検知など、過酷環境下での圧力振動計測技術を開発するために、耐熱性圧電体薄膜を用いた新しい広帯域圧力・振動センサに関する研究を行う。このために、実際にセンサを試作し、実証（模擬）試験等により問題を明らかにし、その解決に取り組む。さらに、センサの性能を向上させるために、高性能な圧電特性を示す複合窒化物・酸化物の材料探索や、薄膜のナノレベルでの構造制御技術などにも取り組む。

また、応力発光技術を基盤とした先進計測システムを開発するため、アドバンスト・センシングを中心に、現象の基礎研究からその応用の一連の本格研究を行う。「応力発光技術」とは、圧縮、引張り等の機械的外力により発光する応力発光体を中心とする一連の技術であり、現象の機構解明、材料開発から製造技術、デバイス化技術、システム化技術、そして各種現場計測を始め、環境・エネルギーなどへの利用技術へと大きな拡がりを持っている。応力発光体の大きな特長は、微粒子一つ一つがセンサとして機能することにより、マイクロからマクロまで、空間的なダイナミックレンジにほぼ制約を受けない点にあり、この特性を活かした各種応力計測システムや異常検出システムの研究開発に力を入れる。

③ 微量・迅速・精密化学計測技術の開発

マイクロ空間化学技術等を用いた微量・迅速・精密化学計測技術を開発し、バイオ・化学・素材関連産業分野におけるソリューションの提供を目指す。具体的には、以下の研究を実施する。

- 1) ナノ粒子高速開発システムの構築：ソリューション提供のためのナノ粒子高速開発システムの構築を目的とし、用途に応じた分析・計測・解析技術等の検討・開発を行う。
- 2) 食品・薬品生産現場でのオンサイト計測技術開発：マイクロ流体チップなどを用いて食品成分・遺伝子・各種薬品、あるいは細胞診断を行うデバ

イスの開発を行う。また、計測に加え、被測定物を測定可能な状態にするための前処理デバイス、ならびに両者を組み合わせたオンサイト計測デバイスを開発し、プロセス制御への応用を図る。

当センターの平成22年度の研究開発計画は、以下の通りである。

- ①-1) 超 LSI 製造プロセスにおける化学的機械的研磨処理直後に生じるシリコン・ウェハ表層のマイクロクラックの検出について、産総研で試作した原理機をベースとして、クリーンルーム対応オフライン検査装置を企業と共同で開発し、生産現場へ導入、その有用性を検証する。
- ①-2) 半導体製造工程で用いられるプラズマプロセスに関連する計測技術の研究開発を行う。具体的には、音響センサの配置を工夫するとともに、レーザ光学系、画像処理ソフトを試作して、生産ラインと同等の条件で異常放電及びパーティクル発生の検出が可能なことを検証する。また、異常放電やプラズマ揺らぎによる突発的なパーティクル発生を再現させ、その発生機構を探る。
- ②-1) 圧電体薄膜を用いた耐熱圧力振動計測技術の向上を目指す。具体的には、製造現場などへの適用に向けて、圧力センサや振動センサの筐体構造の最適化および検出感度などの基本性能の評価を行う。また、多元同時スパッタリング法や化学溶液法を用いて、耐熱性に優れ、高い圧電性を示す新しい複合化合物圧電体薄膜の材料探索を行う。
- ②-2) 明環境で計測可能な高効率応力発光体の開発と発光機構解明を進め、異常検出システムと応力記録システムの性能向上と最適化を図り、理論、数値計算、他の実験手法の結果との比較検証を行う。また、耐久性を有する応力発光塗膜センサ構成を元に、種々の条件下における応答性についてデータの蓄積を進め、発光データから応力診断できるようデータベース化を図る。
- ③ 食品・薬品生産現場でのオンサイト計測技術開発に関しては、オンチップで測定対象物質を分離・抽出する検体の前処理技術の開発と、細胞診断に向けた生細胞・死細胞を分離する細胞分離技術の開発を行う。ナノ材料計測技術開発に関しては、研究開発および製造プロセスにおけるオンライン分析・解析技術を開発すると共に、その実用化研究に着手する。

外部資金：

独立行政法人科学技術振興機構

戦略的創造研究推進事業 「マイクロ空間場によるナノ粒子の超精密合成」

戦略的創造研究推進事業 「応力発光体を用いた安全管理ネットワークシステムの創出」

研究成果最適展開支援事業 「筋電位信号による空気圧ハンドの動作研究」

研究成果最適展開支援事業 「超音波エコー動画を利用した肉牛の脂肪交雑評価」

財団法人九州産業技術センター

平成22年度地域イノベーション創出研究開発事業 「食の安全に貢献する高感度・迅速細菌検査システムの開発」

平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業 「微細加工 IC リードフレームに対応しためっき処理評価技術の開発」

九州地域戦略産業イノベーション創出補助事業 「非線形テクスチャ情報に基づく肥育牛の肉質評価システムの開発」

財団法人佐賀県地域産業支援センター 産学官連携技術革新支援事業 「低電圧パルス放電を用いた新規な菌類検査方法」

財団法人福岡県産業・科学技術振興財団

平成22年度地域産学官連携科学技術振興事業補助金イノベーションシステム整備事業 「応力発光ゴムセンサの開発」

平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業 「量子ドットによる高輝度 LED 用ナノ蛍光体の開発」

文部科学省（科学研究費補助金）

「ユビキタス性を持つ革新的な応力発行ナノ光源の開発」

「生体信号制御型義肢エージェントの開発と強化学習による動作獲得」

「スラブ光導波路分光法を用いたタンパク質の電子移動反応のその場測定」

「量子切断効果を利用した近赤外応力発光体の開発とその物性解明」

「酵素の安定性を向上させる固定化技術の開発とマイクロリアクターへの応用」

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（助成金）
「運動を検知して駆動する革新的な自立型光触媒システムの創製」

「カルコパイライト型半導体による Cd フリー蛍光標識の開発」

「マイクロ流体の特殊な流れとその操作性を利用した自発的会合体の精密調製と製剤技術への展開」

発 表：誌上発表44件、口頭発表125件、その他20件

光計測ソリューションチーム

（Optical Measurement Solution Team）

研究チーム長：野中 一洋

（九州センター）

概 要：

本研究チームでは、マイスター制度に基づく企業との連携研究として、半導体、およびプリント基板の各製造現場から抽出した課題を中心に業務に取り組んでいる。光を用いた種々の計測技術を駆使し、従来困難であった製品の各種欠陥・異常等の検出のため、新規計測法の確立とその検査装置のプロトタイプングを行う。また、製品製造プロセスにおける異常発生防止・予知に関する計測課題に取り組むと共に、他のチームと協力してマイスター課題の拡大を図る。さらに、製造現場で広く実施されている目視検査については、プリント基板の金めっきを対象に光学的手法による客観的な検査法の開発を進め、検査法の標準化に向けたFSに取り組む。

九州地域の企業群への貢献としては、半導体外観検査技術を中心に、公設研と連携して研究会を企画・運営し、成果の普及、現場ニーズ対応などに取り組む。

研究テーマ：テーマ題目1

プラズマ計測チーム

（Plasma Diagnostics Team）

研究チーム長：上杉 文彦

（九州センター）

概 要：

プラズマプロセスは LSI、FPD の製造等に多用されている。中でも車載マイコンは不良個数ゼロが要求されるなど最近の LSI 生産では品質の高さが求められている。しかし生産ラインでは、特にプラズマエッチング装置で発生するパーティクルや異常放電が量産安定性を阻害し、製造品質を低下させている。当チームでは、量産対応のプラズマエッチング装置をオープンイノベーションスペースに設置し、生産ラインと同じエッチング条件を実現させた環境下で、このような課題を再現させ、現象の基礎的な理解を進めている。さらに、得られた知見に基づくソリューションの提供を目指すために、材料メーカーと高プラズマ耐性材料開発や装置部品メーカーとセンサ内蔵ウエハステージの共同研究を進めている。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目4

応力発光技術チーム

（Advanced Integrated Sensing Team）

研究チーム長：徐 超男

（九州センター）

概 要：

圧光計測・診断の基盤技術として、応力発光体の高効率化、プロセッシング、塗料化、薄膜化、ハイブリッド化、デバイス化などの基盤的研究の推進と共に、

応力発光体の規格化や、標準化、発光特性のデータベース化を行い、応力発光技術の普及、利用拡大を図る。具体的に以下の技術を行う。

高効率化を目指した短波長応力発光体の開発については、発光波長は青色、さらに紫外領域まで発光する応力発光体を開発し、発光効率の向上を実現する。また、短波長応力発光体の光エネルギーを化学的に利用するシステムの構築を検討し、応力履歴の記録システムを創出するとともに、光触媒とのハイブリッド化などによる利用拡大を図る。

圧光計測のデバイス化を目指して、オールセラミックス応力発光薄膜の合成技術、数十 nm の応力発光微粒子の製造技術、応力発光体超微粒子の表面処理技術、有機・無機ハイブリッド化技術、コーティング技術を検討し、新規な圧光デバイスを開発する。

応力発光の計測技術については、2次元画像解析、リモート光検出技術、応力発光の定量法を開発し、応力発光計測システム技術の構築を行う。さらに実環境フィールドへの展開の中で、応力モニタリング安全管理ネットワークシステム、および製品設計を支援するための設計支援モデリングシステムの実現を目指す。

応力発光体の規格化や、標準化、発光特性のデータベース化については、応力発光体の発光挙動並びに発光機構の解明と平行して、種々の応力印加形式に対する発光強度の関係をデータベース化すると共に、単一応力発光粒子への極めて微小な負荷応力と発光強度との関係を定量的に把握することができる微小応力計測法の開発を行う。これらの結果を元にして、応力発光材料の規格化と応力発光計測の標準化を進め、新規な自立応答型応力計測技術を確立する。

研究テーマ：テーマ題目 3

プロセス計測チーム

(Process Measurement Team)

研究チーム長：秋山 守人

(九州センター)

概要：

複合窒化物圧電体薄膜を検知材料に使用した、高温用アコースティックエミッション (AE) センサおよび燃焼圧センサの試作を行い、それぞれのセンサの基本性能を明らかにし、実証 (模擬) 試験などを通して、実用化に向けた材料選択、構造設計および課題抽出を行う。また、電子顕微鏡や走査型プローブ顕微鏡などを用いた断面や分極分布状態観察などを行い、複合窒化物薄膜の高圧電化メカニズムの解明を行う。更に、二元同時スパッタリング法や化学溶液法によって、高い圧電性を示す複合窒化物・酸化物などの材料探索、ナノレベルでの構造制御技術の研究なども同時に行っていく。

研究テーマ：テーマ題目 4

マイクロ空間化学ソリューションチーム

(Micro-Space Chemistry Solutions Team)

研究チーム長：前田 英明

(九州センター)

概要：

本チームでは、マイクロ流体の持つ高い流体操作性を基盤として、化学産業のみならず、環境、医療、製薬、バイオ関連、食品産業、化成工業等への応用展開に関する検討を行う。具体的には、流体操作性による最少試料化 (微量)、集積化などによるその場計測や化学反応自体の加速による効率的な計測 (迅速)、短い実効拡散距離などの効果を利用した分析 (精密)・計測などを行う。

研究テーマ：テーマ題目 5

計測基盤情報チーム

(Information Base Team for Sensor System)

研究チーム長：菖蒲 一久

(九州センター)

概要：

本研究チームでは、マイスター制度に関わるソリューション技術開発を促進するために、産総研の計測技術など、先端的な計測技術情報に関する総合的な技術情報データベースシステムを開発する。また、プロセスや材料の設計、研究開発の効率化に貢献することを目的として、熱力学平衡計算ソフト開発やデータベース構築を行い、熱力学に関する国内知的基盤の整備を行う。特に、化学系・材料系の計測解析・モデリング技術として需要が大きいと考えられる、低濃度から高濃度の水溶液系にも対応した熱力学平衡計算ソフトウェアの開発を進めているが、平成22年度は水溶液系平衡計算アルゴリズムについて詳細に検討し、その基本部分を完成させた。また、水溶液系の熱力学データベースについて検討し、幾つかを構築した。

表面構造計測チーム

(In-situ Sensing and On-site Monitoring Team)

研究チーム長：松田 直樹

(九州センター)

概要：

食品製造、醸造関連企業等との共同研究の可能性を検討し、我々が有しているその場計測方法、Si/SiC材、表面修飾等の技術を利用し課題解決に当たる。従来から行っているスラブ光導波路分光法、蛍光性ナノ粒子等の光利用その場計測技術に関して原理から理解し世界に先駆けた研究を行うと共に、表面、界面、ナノ物性を積極的に利用した計測技術の確立に努め、これらのシーズを利用した新規なセンサ開発を行う。また、2段反応焼結法を用いた多孔質3次元微細セル構造Si/SiC材を用いた環境計測技術、ソリューション

ラズマを利用した新規なナノ微粒子作製に関する研究も引き続き行い、各種検査装置構築を目指す。

平成22年度は企業の抱えるニーズ調査を行うと共に、①「低電圧パルス放電を用いた新規な細菌類検査の前処理方法」を開発し、酵素基質発色法を簡便化・迅速化することに成功した。②コア・シェル構造を持つ蛍光性ナノ粒子（CdSe/ZnS）をTiO₂で被覆し生体分子識別能を持たせ、高感度・迅速・低コストな蛍光免疫学的検査キットの開発を開始した。

環境機能計測チーム

(Environmental Function Analysis Team)

研究チーム長：佐藤 富雄

(九州センター)

概要：

地球温暖化など地球環境問題に対する取り組みが重要視されている。その解決策の一つとして、炭素系材料、軽量金属、ケイ素化合物などの「軽量性環境機能素材」のさらなる機能向上が求められている。その実現のために、当研究チームは、これら素材の生産現場に適した計測技術ならびにプロセスの最適化に取り組んでいる。炭素系軽量素材については、中空炭素微粒子の強度の測定方法として水銀ポロシメータを用いる手法が有用であるとの知見を得た。炭素ナノシェルの微細化により、ゴムとの複合材料の硬さ、引っ張り応力、引っ張り強さ、ウェットスキッド性が向上することを確認した。軽量金属については、難燃性マグネシウム合金の接合技術を確立するために、アーク溶接と固相接合技術について検討した。アーク溶接では溶加材と溶接条件の最適化、固相接合では各種接合因子のon-site計測を行い、プロセスの最適化に資するデータを得た。ケイ素化合物については、基材表面にシリカ系多孔質膜を形成させることを目的に、蒸気養生槽を用いて、水ガラスの濃度や処理温度等を計測した結果、被膜の厚さ制御が可能になり、強度も向上した。

【テーマ題目1】 光学的手法を主体とした製品検査・プロセス管理に関する計測技術の開発

【研究代表者】 野中 一洋 (研究チーム長)

【研究担当者】 野中 一洋、古賀 淑哲、坂井 一文、
蒲原 敏浩、平川 智恵子、菊永 和也、
遠坂 啓太、大久保 玲子
(常勤職員3名、他5名)

【研究内容】

半導体製造ラインなどの各種生産製造現場においては、製品の様々な欠陥、異物類の検出、更にはそれらの低減・防止のための技術開発が常に必要とされる。本重点研究課題では、生産現場に常駐するマイスターと緊密に連携し、必要な計測技術などの研究開発、及び、その適用技術の開発に取り組む。具体的には、特に半導体製造

現場に共通な、非接触、非破壊、および高スループットの検査ニーズに対応するために、光計測技術を中心に研究開発に取り組んでいる。これらの生産現場への早期の適用を目指して、技術の確立とインラインプロトタイプ検査装置の開発を進めている。また、検査技術としては、まだ人間の感性による部分が多く残されており、製品品質の向上と省力化等のためにその自動化が望まれている。この客観的評価基準が不整備は、取引企業間での製品品質に関するトラブル発生の原因にもなっている。そこで、光学的手法によりこれらの官能検査の自動化を進めるとともに、検査方法の社内基準化、業界全体へ向けた標準化・規格化に取り組む。

平成22年度の進捗状況：

① マイスター制度対応課題

マイスター企業2社から提案された課題について、装置実用化、検査法の標準化・規格化に取り組んだ。半導体生産計測課題の内、半導体ウェハの微小欠陥検出に関しては、昨年度試作した光検査装置を原理機として、インライン装置化のための評価機を半導体メーカーと共同で開発した。また、マイスター関連の新規課題として、静電気帯電の2次元可視化システムの開発と帯電メカニズムの解明に取り組んだ。プリント基板生産計測課題の内、金めっき光沢ムラ検査については、汎用性の高い小型検査装置を試作すると共に、ムラの程度を数値化し、良否判定の簡便かつ客観的な検査方法として規格化のための調査研究など、FSに取り組んだ。

② 地域連携課題

色情報を用いて高さ情報を得る2D-3D 外観検査法として、分光位相差検出法を中心に、研究会会員などから要望される各種生産現場課題への適用可能性について検討した。共同研究等を通じてその具体的な解決に取り組んだ。

【分野名】 標準・計測分野

【キーワード】 マイスター、計測技術、ソリューション、生産現場、微小欠陥、外観検査

【テーマ題目2】 プラズマプロセスに関連する計測技術の研究開発

【研究代表者】 上杉 文彦 (プラズマ計測チーム)

【研究担当者】 上杉 文彦、福田 修、笠嶋 悠司、
鍋岡 奈津子 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

LSIの生産では品質の高さが求められるが、中でも車載用LSIは不良個数ゼロという高品質が求められる。不良発生の大きな要因は、装置内壁部材の化学的腐食や内壁に付着した反応生成物の剥離によるパーティクル発生、および内壁の帯電に起因する異常放電であり、プラズマエッチング工程において多く発生する。これらの課題を解決するために、オープンイノベーションスペース

に設置した量産用プラズマエッチング装置を用いて、装置内壁部材の開発を材料メーカーとの共同で、異常放電検出機能を有するウエハステージの開発を装置部品メーカーと共同で、材料と部品の両面から取り組んだ。

装置内壁部材の開発では、導電性高プラズマ耐性材料の開発を目指した。材料として標準的に使用されている酸化アルミニウム (Al_2O_3) のプラズマ損耗量を基準にし、様々な酸化セラミックス材料に添加剤を入れて焼結させた材料のプラズマ損耗量と比較した。その結果、 Al_2O_3 よりもプラズマ耐性がある導電性セラミックス材料が存在することを明らかにした。

異常放電検出機能を有するウエハステージの開発では、高温環境でも使用できるアルミナイトライド (AlN) を材料とする音響センサをウエハステージに内蔵した。このことによって、エッチングチャンバーの大気側からでは検出できない異常放電を検出できることを明らかにした。

【分野名】 標準・計測分野

【キーワード】 オープンイノベーションスペース、プラズマ、パーティクル、異常放電、導電性セラミックス、音響センサ

【テーマ題目3】 応力発光技術を基盤とした先進計測システムの開発

【研究代表者】 徐 超男 (研究チーム長)

【研究担当者】 徐 超男、上野 直広、山田 浩志、寺崎 正、古澤 フクミ、久保 正義、佐野 しのぶ、津山 美紀、野上 由美、三戸田 由佳里、河野 陽子、郭 樹強、菊次 郁夫、二宮 正晴、Zhang Yan、有本 里美 (常勤職員4名、他12名)

【研究内容】

本重点課題は、ニーズの詳細な調査とシーズのマッチング精査を基に課題設定を行い、個別課題から抽出された共通的な課題として、外部の評価によって多数の提案から厳正に選抜された課題を中核課題とし、センシング技術の高度化からシステム化技術の高度化に至る新しい計測技術開発を、材料技術と情報技術の緊密な連携の下に遂行するものである。材料技術では、応力発光現象の機構解明など、基礎・基盤的な技術開発を行い、応力発光センサ素子の特性向上とデバイス化を経て、リアルタイム応力異常検出システムや応力履歴記録システムなどの各種応力センシングデバイスを構築する。各種応力センシングデバイスの機能の最適化を行い、デバイススペースでの評価によって応力発光センシングのデータベースへ向けたデータ蓄積を行う。情報技術では、構造体のセンシングシステム構築に向けたセンシングデバイス・ノードの開発、適用構造体の挙動解析、適応型信号処理の高機能化等によって基盤技術を構築し、センシングノードの高機能化と多目的化、センサネットワークの駆動ソ

フトウェア開発を行い、構成したシステムのパフォーマンス評価とデータ蓄積を行う。

平成22年度の進捗状況

今年度は、応力発光塗膜センサをプラント配管に塗布し、溶接部のひずみ分布の可視化に成功した。具体的には応力発光リアルタイム異常検出システムと、発光強度から応力を逆算するソフトやデータベースを開発した。更に複雑形状に適用し、溶接配管に応力発光と膜を塗布し、数値解析・ひずみゲージ等では予測困難な応力集中箇所とレベルを同時に検出できた。一例としては溶接箇所の応力集中が生じていることをリアルタイムに可視化できた。ひずみゲージにより計測したひずみ値は0.04%であったのに対して、発光強度から算出した溶接部のひずみ分布は最大0.12%になり危険予知を可能にした。さらに、配管溶接継手に発生する疲労亀裂の可視化に成功し、亀裂の発生・進展を把握できた。

【キーワード】 応力発光、可視化、センシング、材料技術、デバイス化、システム化、配管、水素

【テーマ題目4】 圧電体薄膜を用いた過酷環境下での圧力振動計測技術の開発

【研究代表者】 秋山 守人 (プロセス計測チーム)

【研究担当者】 秋山 守人、岸 和司、長瀬 智美、田原 竜夫 (常勤職員4名、他3名)

【研究内容】

本研究では、窒化アルミニウムや酸化亜鉛などの圧電体の薄膜をセンサー検知材料に用い、通常では測定困難な高温高圧下などの過酷環境下における、圧力・振動計測技術の研究開発を行っている。製造現場での使用環境に近い状況での、圧力センサーや振動センサーの構造の最適化および検出感度・安定性などの基本性能の評価を行っている。また、多元同時スパッタリング法や化学溶液法 (ゾルゲル法) を用いて、耐熱性に優れ、高い圧電性を示す新しい複合化合物圧電体の材料探索も行っている。本年度は、エンジンの急激な加速時に観察される、燃焼圧センサーの出力信号のドリフトが、センサーの各部品の熱膨張係数の違いによることをつきとめ、使用材料の熱膨張係数を考慮した構造の改良により、ドリフトを1/5以下に減少させることに成功した。また、ノイズ対策を施し感度を改善した振動センサーをプラズマエッチング装置内に設置し、ウエハとステージ間で発生する異常放電の検出に世界で初めて成功した。さらに、複合化合物圧電体薄膜の材料探索では、窒化アルミニウムへの希土類元素の添加効果に関する知見を得、リチウムイオンの酸化亜鉛薄膜の分極分布状態への影響などの新しい知見を得た。

【分野名】 標準・計測分野

【キーワード】 圧電体薄膜、圧力センサー、振動センサー、高温高圧

【テーマ題目5】微量・迅速・精密化学計測技術の開発

【研究代表者】前田 英明（マイクロ空間化学ソリューションチーム長）

【研究担当者】前田 英明、中村 浩之、宮崎 真佐也、山下 健一、上原 雅人、山口 浩、仁田原 聡、張 凌、石地 友香、天本 真里子（常勤職員5名、他5名）

【研究内容】

南九州一帯は我が国の食肉用肥育牛の一大生産拠点である。しかし、先年の口蹄疫問題で顕在化したように、その生産・肥育プロセスには工学的視点から解決すべき問題も多い。そこで、本チームでは肥育用子牛生産プロセスにおける効率化を図るため、1) 雌雄産み分け用の精子分別デバイスの開発、2) 人工授精後の受精卵の活性度を判別するための受精卵分別デバイスの開発を検討した。1) の雌雄産み分け用の精子分別デバイスの開発に関しては、従来のフローサイトメトリー法に代替する種々の判別原理を検討し、全く新規な判別・識別手法の開発に着手した。2) の人工授精後の受精卵の活性度を判別するための受精卵分別デバイスに関しては、良悪の受精卵に発生する極微小な密度差を利用する微小流体デバイスを試作し、0.03g/mlの密度差を有するモデル球体を判別・分離することに成功した。

また、ナノ材料分野の研究開発プロセスを迅速化・効率化するためのソリューションとして、当チームが保有していたナノ粒子のコンビナトリアル合成技術を銅（Cu）ナノ粒子合成に適用した。その結果、約150℃で焼結膜化するナノ粒子合成に成功すると共に、その反応系および反応条件の探索と最適化に対して極めて迅速に、かつ効率的に実施できることを実証した。

【分野名】標準・計測分野

【キーワード】マイクロ空間化学、微小流体デバイス、細胞分離、ナノ粒子

③【計測標準研究部門】

(Metrology Institute of Japan)

(存続期間：2001.4.1～)

研究部門長：三木 幸信

副研究部門長：檜野 良穂、新井 優、高辻 利之、藤本 俊幸、瀬田 勝男

上席研究員：馬場 哲也、榎原 研正、山田 善郎

主幹研究員：三戸 章裕、臼田 孝、中村 安宏

所在地：つくば中央第3、第2、第5、つくば北、関西センター

人員：249名（249名）

経費：2,570,299千円（1,845,091千円）

概要：

計量標準及び法定計量

第二期の目標：

計量の標準

産業、通商、社会で必要とされる試験、検査や分析の結果に国際同等性を証明する技術的根拠を与え、先端技術開発や産業化の基盤となる計量の標準を整備するとともに、計量法で規定されている法定計量業務を適確に実施することにより、我が国経済活動の国際市場での円滑な発展、国内産業の競争力の維持・強化と新規産業の創出の支援及び国民の安全かつ安心の確保に貢献する。

- (1) 国家計量標準システムの開発・整備
- (2) 特定計量器の基準適合性の評価
- (3) 次世代計量標準の開発
- (4) 国際計量システムの構築
- (5) 計量の教習と人材の育成

○研究業務の方向付け

- (A) 標準整備計画にもとづき、信頼される計量標準を早期に供給開始する。
- (B) 計量標準及び法定計量の確実かつ継続的な供給体制を構築し的確に運用する。
- (C) 計量標準・法定計量の国際相互承認を進める。
- (D) 計量標準と計測分析技術において世界トップクラスの研究成果を挙げる。

内部資金：

「グリーンエレクトロニクス熱基盤技術開発」

「X線非破壊検査装置及びCT装置の高度化技術開発」

「IT・通信を用いたエネルギー効率化技術の実証・規格化研究」

「時間周波数遠隔校正用端末装置の開発」

「気中ナノ粒子数濃度測定方法の標準化」

「産業応用におけるCT（コンピュータ・トモグラフィ）装置評価法の標準化に関する研究」

「標準リークの比較校正方法の標準化」

「パワーデバイスに関するダイヤモンド探索」

「分散型熱物性データベース（研究情報の公開データベース化事業（RIO-DB））」

「有機化合物のスペクトルデータベース（研究情報の公開データベース化事業（RIO-DB））」

外部資金：

経済産業省 平成22年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 平成22年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米先端技術標準化研究協力）

経済産業省 平成22年度試験研究調査委託費（環境研究総合推進費） 「気中パーティクルカウンタを現場にて校正するためのインクジェット式エアロゾル発生器の開発」

経済産業省 平成22年度原子力試験研究委託費 「原子燃料融点の高精度測定に関する研究」

経済産業省 平成22年度原子力試験研究委託費 「放射能表面密度測定法の確立に関する研究」

経済産業省 平成22年度基準認証研究開発委託費 「リアルタイム・キャリブレーション技術の研究開発」

経済産業省 平成22年度次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発（ハイパースペクトルセンサの校正・データ処理等に係る研究開発）事業

文部科学省 平成22年度科学技術試験研究委託事業 「XFEL 光と先端レーザー光による原子・分子・クラスターのポンプ・プローブ計測（タグ取得技術および FEL 強度測定技術の開発）」

文部科学省 平成22年度原子力基礎基盤研究委託事業 「白色中性子源を用いた中性子線量計の革新的校正法に関する研究」

農林水産省 平成22年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業 「輸出農産物・食品中残留農薬検査の分析精度確保のための認証標準物質開発」

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構 戦略的国際標準化推進事業 「戦略的国際標準化推進事業／標準化研究開発／ナノ材料規格等に関する標準化」

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構 戦略的国際標準化推進事業 「戦略的国際標準化推進事業／標準化研究開発／小型ジャイロ MEMS デバイスの性能評価方法に関する標準化」

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構 戦略的国際標準化推進事業 「革新的部材産業創出プログラム／超ハイブリッド材料技術開発（ナノレベル構造制御による相反機能材料技術開発）」

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構 「ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造ナノ電子デバイス技術開発」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST） 「Yb 光格子時計の構築と精度評価・高精度周波数計測ネットワークの研究」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援事業（A-STEP） 「次世代計測標準基盤構築に向けた時間周波数遠隔校正用端末装置の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 産学イノベーション加速事業（先端的計測分析技術・機器開発） 「材料創成に資する動的その場解析のための X 線吸収測定装置に関する調査研究」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援事業（A-STEP） 「工業用中性子線源の簡易型キャリブレータの開発」

財団法人千葉県産業振興センター 「ソフトイオン化質量分析のためのマスマススペクトルデータ解析ソフトウェアの開発」

財団法人千葉県産業振興センター 「リアルタイム発生ガス分析システムの開発」

社団法人日本試薬協会 「試薬の FT-IR を用いた赤外吸収スペクトルの測定に関する研究」

大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 国立情報学研究所 「量子情報処理プロジェクト「光格子時計の絶対周波数測定及び国際原子時計への貢献）」

地方独立行政法人北海道立総合研究機構 「形式的仕様記述を用いた高信頼ソフトウェア開発プロセスの研究とツール開発」

独立行政法人海洋研究開発機構 「精密海水温度センサの評価技術の開発」

国立大学法人大阪大学工学研究科 「先端計測分析機器用共通ソフトウェアプラットフォームの開発」

国立大学法人東京大学（工学系・情報理工学系等） 「低温光共振器を用いた超高安定光源の開発」

国立大学法人東京大学 「HFO1234yf 混合冷媒の熱物性の測定」

研究

国立大学法人東京大学 「光コムを用いた空間絶対位置超精密計測装置の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (A) 「光コムを用いた広帯域光学特性計測技術の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「液体中の分子を右へ左へ自在に動かす技術～ソーラー・マスドライバーの開発」

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「バイアル抽出法の開発及び微量分析への応用」

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「浮遊粒子状物質の粒径分布、濃度、元素組成のオンライン・リアルタイム分析法の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「微量必須元素の網羅的解析のための細胞内多元素同時計測法の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「ナノ粒子の比熱容量測定による低次元デバイ理論の実験的検証」

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「究極の交流電圧発生を目指したジョセフソン電圧標準の研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (A) 「ジョセフソン効果と量子ホール効果を基準とした熱力学温度測定技術の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 「熱中性子ビームを利用した中性子線量計の2次元微分校正法の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 「強力水中超音波音場計測技術開発に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 「光コムを用いたカスケード型コヒーレントリンクによるサブ波長精度の絶対距離計の研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 「MEMS 技術を用いた粘性センサ (η -MEMS) の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「線量絶対測定による医療用密封小線源からの放射線量の方

向依存性の研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「放射線源を利用した高性能微弱光源による発光溶液の新領域応用に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「分子特異的要素を指標としたタンパク質・核酸の高感度分析法の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「ICP プラズマ分析における分析感度の化学形態依存性機構の解明と環境分析への適用」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「高安定原子時計のための冷却原子とイオンの相互作用の研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「高速クラスターイオン照射による非線形的2次イオン強度増大効果の解明」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「新たな放射能絶対測定法を用いた PET 装置の定量性向上に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「低熱雑音光共振器を用いた超安定化レーザーの開発」

文部科学省 科学研究費補助金 研究活動スタート支援 「植物研究におけるリアルタイム RI イメージング装置の開発」

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 「単純形体に基づくピッチマスターゲージとそのナノレベル測定技術の開発」

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 「エンジンの潤滑油粘性モニタリングや流体プラントの多点プロセス粘性計測を実現する超小型粘性 MEMS センサの開発」

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 「光通電ハイブリッド・パルス加熱法による高速多重物性測定装置の実用化開発」

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 「ASEAN 諸国における角度標準技術の高度化と国際比較の確立に関する研究」

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 「ミリ波・サブミリ波領域の S パラメータ測定国際標準化に向けた評価技術研究開発」

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 「レーザフラッシュ法による固体材料のインヒレントな熱拡散率測定方法の確立および国際的ガイドラインの提案」

発表：誌上発表418件、口頭発表730件、その他326件

時間周波数科

(Metrology Institute of Japan, Time and Frequency Division)

研究科長：洪 鋒雷

(つくば中央第3)

概要：

時間周波数標準及び光周波数波長標準は、基本単位の中でも最も高精度な計量標準であり、他の組立量の決定にも必要とされる計量標準体系の基盤を形成する物理標準である。当該標準の研究・開発及びその産業界への供給・普及を持続・発展させることは、我が国の産業技術や科学技術を高度化する上で極めて重要である。時間周波数科ではこのような目標を達成するために、標準器や関連技術の研究開発、それらに立脚した信頼性並びに利便性の高い標準供給を行っている。研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3

長さ計測科

(Metrology Institute of Japan, Lengths and Dimensions Division)

研究科長：高辻 利之

(つくば中央第3)

概要：

長さ・幾何学量の標準供給は、産業・科学技術の要であり、その安定的供給には大きな期待が寄せられている。この分野では、高精度な上位の標準から、現場で用いられる下位の標準まで、幅広い標準が求められる。これらに応えるためには、信頼性の高い長さ測定技術の開発が不可欠である。当科では、産業界から求められ、また国際比較などが求められている長さや幾何学量に関して標準の確立とそれらの供給体制の整備を行った。民間との連携によって、階層構造に基づく我が国のトレーサビリティ体系を構築している。研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5

力学計測科

(Metrology Institute of Japan, Mechanical Metrology Division)

研究科長：大岩 彰

(つくば中央第3)

概要：

当力学計測科の活動は、質量、力、トルク、重力加速度、圧力、真空の各量にわたる。各量において、標準から現場計測までのトレーサビリティの道筋を確保し、また取引証明に使われる質量計量器の信頼性の確保に関する業務を果たすことが主たるミッションである。質量においては、標準分銅から質量計へ、力・トルクにおいては、力・トルク標準機/力・トルク計から各種試験機へ、圧力/真空においては圧力/真空標準器から圧力計/真空計へと現場計測器に繋がるトレーサビリティを実現している。既に、質量(分銅の校正)、質量計、力(力計の校正)、圧力(圧力標準器の校正)、圧力計、トルクメータ・トルクレンチ、真空計、標準リーク、分圧計については JCSS 校正事業者や産業界への流れが整備され、供給が実施されている。更に高度化と効率化を進め、遠隔校正などの新手法の普及に努めた。また、非自動はかり及び質量計用ロードセルの性能試験に関する品質管理体制を整備運用し、新規の大容量ロードセルを含む OIML-MAA に則った試験サービスを確実に実施した。これらの供給・試験業務に加え、技術開発については、キログラムの新定義のための安定な質量 artifact の開発、高安定な力計の研究開発、気体高圧力標準の開発を進めている。アボガドロプロジェクトに協力して、次世代質量標準として期待されているシリコン球に関する高精度質量校正を担当し、成果の発表に貢献した。外部協力としては、JCSS 認定制度に対して、標準供給及び認定(登録)審査への技術アドバイザー派遣、JCSS 技術分科会の下で質量、力、圧力(圧力・真空各WG)、トルクの各量毎の分科会の運営などの協力を行った。また、JIS を始め ISO、OIML 等の技術規格文書の作成への積極的な協力を行った。国際協力では計量標準相互承認 BIPM-MRA への協力では、基幹比較への積極的な参加貢献、ピアレビューへの専門家の派遣などに努め、また、国際法定計量機構の相互承認 OIML-MAA への協力では、専門家の派遣、研修生の受け入れなどを行った。

研究テーマ：テーマ題目6、テーマ題目7、テーマ題目8

音響振動科

(Metrology Institute of Japan, Acoustics and Vibration Metrology Division)

研究科長：菊池 恒男

(つくば中央第3)

概要：

音響、超音波、振動、強度の標準は、環境、医療、機械診断、材料評価など広い分野にわたってニーズがあり、近年、その重要性も高まっている。音響標準、振動加速度標準、及び硬さ標準については、国際比較結果などにより、世界的なレベルに到達していること

が既に示されているが、さらに標準供給体制の充実を図るため、供給範囲、供給品目の拡大、不確かさの低減の他、新規の計量標準技術開発等をめざす。超音波標準も昨今の医用超音波技術の進歩に対応するため、校正範囲拡大に必要な研究開発を継続するとともに、国際比較に実施に向けた準備を行う。材料強度の標準、固体材料の特性評価を、従来のバルク材料から薄膜などの微小なレベルで行うための研究開発を継続する。また、産業技術の高度化に応じて、先進的な計測標準開発を推進する。

研究テーマ：テーマ項目9、テーマ項目10

温度湿度科

(Metrology Institute of Japan, Temperature and Humidity Division)

研究科長：新井 優

(つくば中央第3)

概要：

温度・湿度の計測とその標準は、科学技術や産業において、あらゆる場面で必要とされており、当科では、これらに必要な標準供給体制の整備を進めている。国際的同等性を確保しつつ標準供給の種類、範囲を拡大するために、設備や体制を整え、標準の維持・供給に必要な研究開発及び関連の計測技術の研究を行った。不純物評価を行った定点装置の開発を行い、インジウム点、スズ点、亜鉛点およびアルミニウム点の実現温度の不確かさを半減させることができた。また、放射温度では、国際温度目盛による国家標準を2800℃付近まで拡大するとともに、WC-C包晶点(2750℃)の開発を進め、新たな高温標準技術として確立した。

研究テーマ：テーマ項目11、テーマ項目12、テーマ項目13、テーマ項目14、テーマ項目15

流量計測科

(Metrology Institute of Japan, Fluid Flow Division)

研究科長：寺尾 吉哉

(つくば中央第3)

概要：

流量計を用いた石油や天然ガス等の取引は、経済産業活動の中でも最も大きな取引であり、また、水道メータ、ガソリン計量器等の流量計は国民生活に最も密接している計量器の一つである。さらに、最新の半導体製造技術、公害計測技術、医療技術等の先端技術分野や環境・医療技術分野においてもより困難な状況下での高精度の流量計測技術が求められている。当科では、これらの広範な分野で必要な流量の標準を開発し、その供給体制の整備を進める。既にJCSSが整備されている気体小流量、気体中流量、液体大流量、液体中流量、液体小流量、石油大流量、石油中流量、気体中流速、微風速、および依頼試験による標準供給を行

っている体積に加え、新たに石油小流量の依頼試験を開始した。また、気体流速に関しては、気体大流量の標準整備を進めている。

さらに、計量法に基づき法定計量業務を適切に遂行すると共に、国際計量システムの構築に貢献する。

研究テーマ：テーマ項目16、テーマ項目17、テーマ項目18、テーマ項目19

物性統計科

(Metrology Institute of Japan, Material Properties and Metrological Statistics Division)

研究科長：馬場 哲也

(つくば中央第3)

概要：

エネルギー、石油化学産業等で求められる密度、粘度の標準、エネルギー分野、エレクトロニクス産業、素材産業等で求められる熱物性の計測技術と標準物質、半導体産業、素材産業、環境評価等で求められる微粒子や粉体の計測技術と標準物質の開発、供給を行う。開発された熱物性計測技術と標準物質を礎として得られる信頼性の高い熱物性データを分散型熱物性データベースに収録し、インターネットを介して広く供給する。計測標準研究部門の標準供給に不可欠である不確かさ評価について、統計的問題の解決や事例の体系化を行うとともに、内外における不確かさ評価を支援する。

研究テーマ：テーマ項目20、テーマ項目21、テーマ項目22、テーマ項目23

電磁気計測科

(Metrology Institute of Japan, Electricity and Magnetism Division)

研究科長：瀬田 勝男

(つくば中央第3)

概要：

我が国の電気電子情報産業を含む広い産業界に電気標準(直流・低周波)を供給するために、標準の維持、供給、研究開発を行っている。特に、直流電圧標準、直流抵抗標準、キャパシタンス標準、インダクタンス標準、交流抵抗標準、誘導分圧器標準、変流器標準、高調波電圧電流標準、交直(AC/DC)変換標準、交流シャント標準等の研究開発と供給を行っている。

研究テーマ：テーマ項目24、テーマ項目25

電磁波計測科

(Metrology Institute of Japan, Electromagnetic Waves Division)

研究科長：小見山 耕司

(つくば中央第3)

概要：

高周波・電磁界標準の電波領域の電磁波を対象とし、高周波電力、減衰量、インピーダンス、雑音、各種アンテナ、電界・磁界等の標準に関し、精密計測と校正技術の研究・開発を進め、標準供給システムの構築と供給体制の維持、校正業務により標準供給を行った。研究・開発の進展は、回路標準としては標準供給周波数範囲の拡大に努め、電力標準と導波管減衰量標準では110 GHz までの周波数帯の標準開発を行った。また、インピーダンス標準に関し、同軸線路の寸法評価により求めた S パラメータ標準供給を開始した。電波に関連する空間量の標準としては、開発を周波数帯とアンテナの種類により分担して進め、ミリ波帯ホーンアンテナ利得標準の開発を行った。さらにダブルリッジドホーンアンテナ標準の供給を開始した。50 Hz 及び60 Hz における9 μ T の磁界強度に関する新規標準を開発し、依頼試験による供給を開始した。また、これらの標準供給にともなう技術開発を基に産業界への技術支援を実施した。

研究テーマ：テーマ題目26、テーマ題目27

光放射計測科

(Metrology Institute of Japan, Photometry and Radiometry Division)

研究科長：座間 達也

(つくば中央第3)

概要：

光関連産業の発展に欠かせない技術基盤であるレーザー標準及び測光・放射標準の研究・開発を通じて、光のパワー・明るさ、光の測定に用いられる検出器感度等、基本量の精密評価技術や絶対量の校正技術を確立すると共に、当該技術の拡張・高度化を進める。また、トレーサビリティ整備・推進に寄与する。今年度は、レーザーエネルギー標準の拡充（平均パワー対応、校正波長追加）と不確かさ低減、高出力レーザーパワー標準の校正範囲拡張、分光応答度標準の供給波長域拡張を行いこれらの供給を開始した。また、照度応答度標準の jcss 化準備を完了させ、分光放射照度標準を改善し標準供給を開始した。高強度 LED 全光束標準、分光全放射束標準、分光拡散反射率標準、光ファイバパワー・光減衰量標準、量子効率標準の確立・範囲拡大に関する開発を進めた。国際相互承認に関わる CMC に関しては昨年度登録申請を行った新規・見直し29項目を含む計46項目が承認された。国際比較については、全光束 (CCPR-K4)、光ファイバ減衰量 (APMP.PR-S4)、可視域レーザーパワー (APMP.PR-S5) に関して幹事研究所として実施を主導した。

研究テーマ：テーマ題目28、テーマ題目29

量子放射科

(Metrology Institute of Japan, Quantum Radiation Division)

研究科長：檜野 良穂

(つくば中央第2)

概要：

放射線、放射能および中性子標準に関連し、MRA 対応の国際基幹比較、CMC 追加登録を実施するとともに、標準の立ち上げおよび高度化等の研究開発を行った。放射線標準研究室では、 γ 線水吸収線量標準について標準供給を開始した。医療用小型リニアックを導入し高エネルギーX線および高エネルギー電子線の線質を測定した。放射能中性子標準研究室では、放射性ガス標準及び I-125密封小線源の線量標準の立ち上げに向け、装置開発を終えた。また、液体シンチレーション計数技術を用いた放射能絶対測定装置の特性改善に取り組んだ。中性子標準に関しては、熱中性子フルエンス率標準、中性子放出率標準の jcss 供給体制を立ち上げるとともに、重水素減速 Cf-252中性子フルエンス標準の開発を開始した。

研究テーマ：テーマ題目30、テーマ題目31

無機分析科

(Metrology Institute of Japan, Inorganic Analytical Chemistry Division)

研究科長：日置 昭治

(つくば中央第3)

概要：

標準物質は研究開発・生活の安全安心および産業発展を支える知的基盤として、その加速的整備が国策のもとに推進されている。当科では JCSS の基準物質となる新規無機標準物質、RoHS 指令規制対応標準物質など工業材料標準物質、微量元素・ひ素化合物・メチル水銀分析用の環境・食品関連組成標準物質を開発して、化学分析あるいは化学計量を支える標準を供給するとともに、併せて、関連する CCQM、APMP 国際比較に参加している。また、電量滴定法等の基本分析手法の高度化、同位体希釈質量分析法などの高感度元素分析法の高精度化を行い標準物質の値付け、環境・生体計測の高度化等に使用するとともに、我が国の分析技術向上の支援、産業の高度化及び科学技術のテクノインフラに寄与している。

研究テーマ：テーマ題目32、テーマ題目33、テーマ題目

34

有機分析科

(Metrology Institute of Japan, Organic Analytical Chemistry Division)

研究科長：加藤 健次

(つくば中央第3)

概 要：

標準ガス、有機標準、環境標準（有機物質）、バイオメディカル標準の分野において社会ニーズに即した標準物質を供給して行くことを目標として、基盤となる分析技術などの技術面での整備を行いつつ、高度な分析技術の開発にも取り組んだ。また、当該標準分野における国際相互承認を実効あるものとするべく、グローバル MRA に基づく国際比較に積極的に参加するとともに、ISO ガイド34に基づく品質システムの整備を行った。これらの活動を通して、標準物質値付け能力（CMC）の国際度量衡局において登録される相互認証（MRA）の付属文書（Appendix C）への登録を行い、我が国の CMC が国際的に高いレベルで承認されることを目指した。22年度も、先に挙げた分野における標準物質開発および維持・供給と、関連する技術文書類作成などの品質システム整備を行った。

研究テーマ：テーマ題目35、テーマ題目36、テーマ題目37

先端材料科

(Metrology Institute of Japan, Materials Characterization Division)

研究科長：藤本 俊幸

(つくば中央第5)

概 要：

標準の開発・維持・供給においては、低エネルギーイオン注入ケイ素（レベル： 3×10^{14} atoms/cm²）およびポリスチレン8500、ポリスチレンラテックスナノ粒子（120 nm）の2種類の認証標準物質を開発した。また、フタル酸エステル含有プラスチック標準物質の値付け手法の検討と候補標準物質の作製を行い、多層膜認証標準物質については認証有効期限の延長を行った。国際比較においては、鉄-ニッケル合金薄膜の組成計測（CCQM-K67）、および日中韓の共同測定（プラスチック中の難燃剤）に参加した。さらに、X線反射率法による精密評価技術、透過電子顕微鏡による3次元計測の自動化、光電子分光およびX線吸収分光の基礎技術、MALDI-TOFMSの定量法、新しい遠心分離法を用いた微粒子分級技術、2次イオン質量分析、高分子特性解析技術において基礎データを蓄積した。

研究テーマ：テーマ題目38、テーマ題目39、テーマ題目40

計量標準システム科

(Metrology Institute of Japan, Measurement standards system division)

研究科長：井原 俊英

(つくば中央第3)

概 要：

計量標準システム科は、ソフトウェアを含む計量情

報システムの適合性評価のための研究を行う計量情報システム研究グループと、化学分野における計量トレーサビリティ体系の高度化・合理化のための研究を行う標準物質開発・供給システム研究グループからなる。

計量情報システム研究グループでは、非自動はかりのソフトウェア試験を効率良く正確に遂行させるための技術及び文書の拡充や次世代計量器のソフトウェア認証に向けた調査など、計量器ソフトウェア評価技術の研究開発を行っている。また、遠隔校正システムの模擬認証の実施を通じたソフトウェア認証の有効性と課題の確認など、遠隔校正システムの評価技術の研究開発を行っている。さらに、開発者向けに安全性分析手法の適用方法や参照事例を提供することなどを目標とした計量情報システムの安全性評価技術の研究を行っている。

一方、標準物質開発・供給システム研究グループでは、標準物質の開発、維持、供給、利用の実態を明らかにして時間のかかる開発・供給体制を抜け出し、計量トレーサビリティの確保された標準物質を迅速かつ要求不確かさに整合した形で供給できるようなシステムの提案を目指している。具体的には、定量 NMR 技術による計量トレーサビリティ体系の高度化に関する研究、並びに、環境及び食品分野の標準供給システムの構築を行っている。

研究テーマ：テーマ題目41、テーマ題目42

法定計量技術科

(Metrology Institute of Japan, Legal Metrology Division)

研究科長：根田 和朗

(つくば中央第3)

概 要：

- 1) 経済産業大臣から委任される計量法に基づく型式承認の審査及び試験並びに基準器検査（力学計測科、流量計測科及び計量標準技術科で実施されるものを除く）を適切に実施する。
- 2) 特定計量器の型式承認では、要素型式承認の導入や試験所認定制度の活用による外部試験制度の導入を踏まえた調査研究を行い、制度の合理化を図る。
- 3) 計量法に規定する特定計量器の検定・検査に係る技術基準の JIS 引用を行うため、特定計量器 JIS 原案の作成を行う。
- 4) 検定・検査業務を機能的に運用するためのガイドライン（技術的補完文書）の策定を行う。
- 5) 我が国の法定計量システム整備計画案を策定し、経済産業省に対して企画・立案の支援を行う。
- 6) 型式承認実施機関として、ISO/IEC 17025及びガイド65に適合した品質システムにより認証・試験業務を実施し、透明性を保ずる。
- 7) 国際法定計量機関（OIML）が推奨する、試験・

検定に使用する標準設備に対するトレーサビリティを確立するための制度について調査研究を行う。

- 8) OIML 適合証明書発行、二国間相互承認及び OIML MAA を推進し、国内計量器産業の国際活動に貢献する。
- 9) OIML の TC 活動に積極的に参加し、国際勧告の策定に貢献する。
- 10) アジア太平洋法定計量フォーラム (APLMF) に対する支援を行う。
- 11) 法定計量クラブを活用した技術情報の提供、情報交換及びニーズ調査を行い、円滑な法定計量業務の実施に寄与する。

計量標準技術科

(Metrology Institute of Japan, Dissemination Technology Division Dissemination Technology Division)

研究科長：堀田 正美

(関西センター)

概要：

当科の主要業務は、経済産業大臣から委任された計量法に基づく法定計量業務の適切な遂行である。法定計量業務は、国内の様々な分野における商取引及び客観的かつ適正な計量証明行為に不可欠な業務であり、具体的には、型式承認、型式承認試験、基準器検査、検定、比較検査である。

これらの業務の他、リングゲージ、プラグゲージ、ガラス製体積計、ガラス製温度計、密度浮ひょうの標準供給及び校正技術の開発と改善、校正における不確かさの低減を目標とし、それらの標準供給体制の維持を行い、信頼性のある校正結果を提供することにより、産業界のトレーサビリティ体系の構築に寄与する。並びに、国際比較、OIML 等の国際活動に貢献する。

研究テーマ：テーマ題目43、テーマ題目44、テーマ題目45

【テーマ題目1】時間・周波数標準の高度化に関する研究

【研究代表者】池上 健

(時間周波数科 時間標準研究室長)

【研究担当者】萩本 憲、柳町 真也、
高見澤 昭文、白川 裕介
(常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

原子泉方式周波数標準器においては、操作性の向上を図りつつ標準器の維持を行い、前年度に引き続き、今年度も7度(延べ195日)にわたり、国際原子時(TAI)の校正を行った。不確かさ低減のために開発中の2号機において、原子の打ち上げ特性を取得した。低温サファイアマイクロ波発振器から合成された10 MHz の位相雑

音標準器による位相雑音標準の供給を開始した。また、低温サファイア発振器の維持を行い、前年度に引き続き、1 GHz の低雑音な基準信号を光コムや光格子時計用超高安定レーザの周波数安定度評価用に供給した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】時間周波数、原子時計、セシウム一次周波数標準器、原子泉、低温サファイアマイクロ波発振器、位相雑音

【テーマ題目2】光周波数(波長)標準の開発と光周波数計測技術の研究

【研究代表者】洪 鋒雷(時間周波数科 波長標準研究室長(兼務))

【研究担当者】稲場 肇、保坂 一元、平野 育、
安田 正美、赤松 大輔、石川 純、
大苗 敦、中嶋 善晶、川崎 和彦、
岩國 加奈(常勤職員8名、他3名)

【研究内容】

次世代の周波数標準を目指した光周波数標準については、¹⁷¹Yb フェルミ同位体を用いた光格子時計の不確かさの低減に向けて、光格子用レーザの周波数及び強度の安定化を施した。また、Sr 光格子時計の開発においては、Sr 原子の第二次冷却のために、高速光周波数コムを利用した狭線幅光源を開発し、Sr 原子の第二段磁気光学トラップに成功した。高安定・狭線幅のマスターレーザを作るために、Nd:YAG レーザを用い1064 nm の狭線幅化レーザを開発した。高速光周波数コムを介して、二つの狭線幅化レーザの比較を行い、数 Hz の線幅がある事が分かった。光周波数コムに関しては、1) jcss 校正サービス、2) 光格子時計絶対周波数決定、3) 高速制御型光周波数コム装置による超高安定な光コムの実現、などの成果が得られた。長さの特定標準器である「光周波数コム装置」については、jcss 校正3件、依頼試験1件および所内校正1件を行った。

【分野名】標準・計測

【キーワード】光格子時計、光周波数コム、光周波数測定、ヨウ素安定化 He-Ne レーザ、ヨウ素安定化 Nd:YAG レーザ、光通信帯

【テーマ題目3】時系・時刻比較の高度化に関する研究

【研究代表者】今江 理人(時間周波数科 周波数システム研究室長)

【研究担当者】雨宮 正樹、鈴山 智也、渡部 謙一、
藤井 靖久、奥田 敦子、宮本 祐介
(常勤職員4名、他3名)

【研究内容】

当所の時間周波数国家標準であり、標準供給の基準である UTC (NMIJ) の安定運用に努めた。また、原子時計間の時刻差を高精度に測定し、UTC (NMIJ) の安定度をより改善するため、高精度時刻差測定装置の開発

を継続して実施した。その結果、UTC (NMIJ) の維持は、平成22年度は UTC に対して±13 ns 以内を連続して実現した。

原子時の国際比較では、国際原子時 (TAI) や協定世界時 (UTC) への貢献のため GPS 衛星搬送波位相方式 (BIPM が実施する GPS 搬送波位相方式高精度時間周波数比較方式 (TAI-PPP)) や衛星双方向方式による国際時間周波数比較を継続的に実施している。また、超高精度時間周波数比較法として光ファイバー心双方向方式や衛星双方向搬送波位相法の研究を継続して実施した。本成果の適用先の一つとして大型粒子加速器への適用性の検討も行った (KEK との共同開発)。

遠隔校正用の利用者側の端末装置として、従来装置と比較して、格段に小型で、軽量の装置 (評価器) の開発に成功した。本装置はユーザにとっての利便性が一段と向上しており、今後、さらに継続して開発を行っていく。

標準供給については JCSS や依頼試験による持込校正サービス (校正件数 JCSS 校正5件、依頼試験7件) を行い、また、GPS 衛星を仲介とした周波数遠隔校正は、依頼試験で海外進出日系企業2社を含む14件 (JCSS10件、依頼試験4件: 2011年3月末現在) を実施した。なお、年度末 (3.11) の大震災の影響により、遠隔校正については、数日間データの欠測が生じたが、いち早いサービス復旧に努め、ユーザへの影響を最小にした。

【分野名】標準・計測

【キーワード】時間周波数標準、時系、標準供給、GPS、衛星双方向時間周波数比較、遠隔校正

【テーマ題目4】光波干渉による長さ標準の開発に関する研究

【研究代表者】美濃島 薫

(長さ計測科 長さ標準研究室長)

【研究担当者】平井 亜紀子、寺田 聡一、

鍛島 麻理子、堀 泰明、尾藤 洋一、吉森 秀明、向井 誠二

(常勤職員6名、他2名)

【研究内容】

短尺ブロックゲージ、長尺ブロックゲージ、標準尺、光波距離計などに関して、標準供給と高度化を実施した。JCSS 制度への協力として、認定・更新審査における技術アドバイザーの派遣、技術的根拠のための依頼校正 (参照値の付与) を行った。固体屈折率については供給範囲拡大のための技術開発を行うと共に、国際比較に参加した。マイクロデジタルスケールの標準供給を開始した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】ブロックゲージ、段差高さ、標準尺、距離計、干渉測長器、固体屈折率、長さ標準

【テーマ題目5】幾何学量の高精度化に関する研究

【研究代表者】権太 聡

(長さ計測科 幾何標準研究室長)

【研究担当者】渡部 司、土井 琢磨、藤本 弘之、直井 一也、大澤 尊光、三隅 伊知子、佐藤 理、菅原 健太郎、佐藤 浩志、近藤 余範、福島 博之、堀口 美央、増田 眞文、木下 和人、呂 明子

(常勤職員1112名、他5名)

【研究内容】

線幅 (フォトマスク) の品質マニュアルを作成した。ステップゲージ、ボールバー、ボールプレート、ホールプレートの校正対象のサイズを拡大した。JCSS 校正「ロータリエンコーダ」を1件行った。依頼試験校正について、「CMM による幾何形状測定」16件、「CMM (遠隔校正)」: 2件、「ステップゲージ」1件、「ボールバー」: 4件、「ボールプレート・ホールプレート」: 13件、「歯形・歯すじ」: 1件、「ロータリエンコーダ」: 3件、「多面鏡」: 2件、「オートコリメータ」: 1件、「平面度」: 10件、「真円度」: 1件の計54件を実施した。これまで標準供給を宣言した21項目に対して円滑に標準供給できるように設備及び測定環境を整備した。JCSS および ASNITE 認定制度への協力として、認定・更新審査における技術アドバイザーの派遣、技術的根拠としての申請機関との持ち回り測定の主催を行った。また、工業標準化への協力として、ISO 化、JIS 化、JIS 改正作業における国際エキスパート、国内委員会幹事補佐・委員等の派遣を行った。

【分野名】標準・計測

【キーワード】幾何寸法・幾何形状、微小寸法・微細形状、角度標準、表面性状

【テーマ題目6】質量力関連標準の開発と供給

【研究代表者】上田 和永

(力学計測科 質量力標準研究室長)

【研究担当者】山口 幸夫、孫 建新、植木 正明、

前島 弘、大串 浩司、水島 茂喜、林 敏行、西野 敦洋 (常勤職員9名)

【研究内容】

質量標準に関しては、国際相互承認協約の附属書 C に校正測定能力が登録された1 mg~5200 kg の範囲で標準を安定的に供給すると共に、気密容器を利用した分量法を新たに考案・実現し1 kg 未満の標準の設定精度を向上させたほか、白金イリジウム合金製試料を使った分銅表面吸着の評価を進めた。また100 kg 分銅の国際比較を実施した。力標準に関しては、国際相互承認された10 N~20 MN の範囲で着実に標準供給すると共に、54 kN 力標準機を100 kN まで容量拡大しかつ発生する力をニュートン単位にする改修を成功裏に完了させた。当所で開発した力計校正の不確かさ評価方法を ISO 規

格に反映させるべく ISO 技術委員会分科会に継続して参加し、規格最終原案をとりまとめた。トルク標準に関しては、国際相互承認された5 N・m～20 kN・m の範囲における標準供給を着実に実施すると共に、開発中の小容量10 N・m トルク標準機の改良および小容量トルクメータの性能評価を進めた。また1 kN・m レンジの国際比較を実施した。重力加速度標準に関しては、国土地理院などとの定期的な共同観測を行い重力加速度計測の国際整合性確保に協力したほか、JCSS 校正事業における重力加速度値の利用に関する指針を新たに策定した。このほか JCSS トレーサビリティ制度に関しては、質量・力・トルクの各技術分科会に参加し技術基準の作成や改定並びに技術的諸問題の解決に協力すると共に、校正事業者の登録審査や定期検査で技術アドバイザーを務めるなど JCSS 認定機関に協力した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】質量、力、トルク、重力加速度

【テーマ題目7】圧力真空標準の開発と供給

【研究代表者】小島 時彦

(力学計測科 圧力真空標準研究室長)

【研究担当者】大岩 彰、秋道 斉、杉沼 茂実、
新井 健太、小島 桃子、吉田 肇、
梶川 宏明(常勤職員8名)

【研究内容】

圧力標準、真空標準(全圧/分圧)及びリーク標準によって、JCSS 認定事業者の特定二次標準器の校正と依頼試験による校正を進めると共に、各標準の整備と校正手法の高度化を進めた。国際比較に関しては、液体高圧力標準の国際比較(CCM.P-K13)及びリーク標準の国際比較(CCM.P-K12)の Draft A レポートの作成に協力した。液体高圧力標準の国際比較(APMP.M.P-K13)の準備を幹事所として進め、持ち回り測定を開始した。高真空標準の国際比較(APMP.M.P-K3)を幹事所として実施し、Draft A を作成した。新たな研究開発に関しては、気体低圧力標準・気体高圧力標準・液体高圧力標準の開発、ピストン・シリンダの有効断面積評価、中真空発生方法・真空計の比較校正方法・分圧発生方法・リーク発生方法の開発を進めた。圧力標準に関しては、圧力範囲拡大と校正測定能力向上のための ASNITE-NMI 認定審査及び Peer Review 審査を受審した。校正事業者登録制度(JCSS)に関する協力としては、圧力の技術分科会における検討事項の提案、校正事業者の登録審査や定期検査における技術アドバイザーとしての審査への協力、圧力・真空の技能試験への参照値の提供や報告書作成への協力を行った。技術基準の作成に関しては、「JIS Z 0029 真空計の校正値の不確かさ評価」、「JIS Z 2330 非破壊試験－漏れ試験方法の種類と選択」、「JIS Z 2332 圧力変化漏れ試験方法」の原案作成に協力した。また、「JIS B 7610 重錘形圧力天びん」

の改訂準備へ協力した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】圧力標準、真空標準、重錘形圧力天びん、高精度圧力計、真空計、リーク標準、分圧標準

【テーマ題目8】質量計の試験検査

【研究代表者】根本 一

(力学計測科 質量計試験技術室長)

【研究担当者】福田 健一、藤本 安亮、大谷 怜、
高橋 豊(常勤職員5名)

【研究内容】

質量計に関する法定計量業務(基準適合性の評価:型式承認試験及び基準器検査)を計量法の技術基準に基づき実施した。また、OIML 条約に基づく国際勧告(OIML-MAA)に従い、非自動はかり及び質量計用ロードセルの性能評価試験を円滑に実施し、OIML 適合証明書及びテストレポートの発行をすると共に試験・検査の信頼性の確保を図った。これらのために整備した品質管理を基に、非自動はかりの型式承認を行う上で、性能評価試験を円滑かつ効率的に行うためのモジュール試験(指示計及びロードセル)を実施した。また、試験に使用する設備の整備及び OIML 勧告に従った試験において、品質システム ISO/IEC17025に基づき機器管理を実施した。さらに非自動はかりのなかでクレーンスケールに対応する試験範囲の拡大を行い、それに併せて、試験設備の整備を行った。

OIML 等に関する国内外の会議、技術委員会へ積極的に参加及び関連する研修に取り組み、常に WTO/TBT 協定に従い国際基準・規格に対応するように技術基準の確保に努めた。JCSS 認定については、認定機関・産業界との連携のもと技術的な協力を行った。また、法定計量クラブはかり研究会を開催し、産業界との連携を図った。

【分野名】標準・計測

【キーワード】法定計量、型式承認、非自動はかり、OIML、基準器検査、天びん、分銅、NMIJ クラブ、法定計量クラブ

【テーマ題目9】音響・超音波標準の維持、供給及び開発

【研究代表者】菊池 恒男(音響振動科長 音響超音波標準研究室長(兼務))

【研究担当者】堀内 竜三、高橋 弘宜、米嶌 和香子、
松田 洋一、吉岡 正裕、内田 武吉
(常勤職員6名、他1名)

【研究内容】

音響標準は、音響測定器の jcss 等校正サービスについて、品質システムの継続的運用の下、jcss 6件、騒音基準器検査22件を実施した。JCSS 登録申請事業者に対

し、3件の登録審査（1件は審査継続中）を行うとともに、測定監査に必要な技能試験参照値2件を提供した。国際的にはI形標準マイクロホンの音圧感度基幹比較CCAUV.A-K5に参加し、校正に必要なハード・ソフトの拡充を行い、仲介器校正の準備を進めた。またアジア各国等の国立標準研究所の技術レベル向上のため、音響標準の専門家として書面審査1件を実施した。音響標準の校正周波数範囲拡大に関しては、空中超音波領域（20 kHz以上）における校正サービスを維持するとともに、超低周波領域（20 Hz以下）については、校正装置の開発と不確かさ評価を完了した。また騒音源の定量的評価に不可欠な音響パワーレベル標準を確立するため、基準音源の校正装置の開発を継続した。研究開発に関しては、I形、II形標準マイクロホンの自由音場感度の整合性を検証し、0.1 dB以内で一致することを確認した。

超音波標準は、“天秤法”による超音波パワー校正、光干渉法によるハイドロホン感度校正の一次校正、及び比較校正、超音波音場パラメータの各標準の維持に努めた。ハイドロホン感度校正については、28件の依頼試験を実施した。超音波音場パラメータについては、2件の依頼試験を実施した。超音波治療機器等の校正に必要な15 W～70 Wの超音波パワー標準を開発するため、カロリメトリ法による超音波パワー標準開発を継続した。超音波パワー標準に使用するため、自己発熱の影響が小さいPZT基板を選定し、基準振動子の設計試作を行った。一次標準である天秤法による超音波パワー測定結果と比較した結果、振動子発熱の影響が軽減され、基準振動子としての実用性を実証した。医用超音波診断における距離分解能向上のニーズに対応するため、ハイドロホン感度校正の周波数上限を40 MHzに拡張するための研究開発を継続した。薄膜背面に空気層を設けた“ペリクル”を用いた超音波反射法による感度校正方法を開発し、ハイドロホン感度校正を試みた。本方法による校正結果は従来法による結果と良く一致し、特に高周波領域の校正が安定であることを確認した。医用超音波やソノケミストリで要求される、低周波数領域のハイドロホン感度校正を実現するため、相互校正法を用いた100 kHz～1 MHz帯の校正装置の構築を継続し、計測装置の自動化とその動作確認を実施した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】音圧レベル、標準マイクロホン、空中超音波、超低周波音、音響パワーレベル、超音波パワー、天秤法、カロリメトリ法、超音波振動子、超音波音圧、ハイドロホン、超音波音場パラメータ、水熱合成法、キャビテーション

【テーマ題目10】振動衝撃加速度・硬さ標準の維持、供給及び開発

【研究代表者】大田 明博

（音響振動科 強度振動標準研究室長）

【研究担当者】石神 民雄、野里 英明、清野 豊、高木 智史、服部 浩一郎、山口 幸夫、星 直輝（常勤職員7名、他1名）

【研究内容】

振動測定は航空宇宙、自動車、建設、プラント、地震等、広範囲で行われ、その測定に用いられる振動加速度計は安価で大量の加速度計測を行うのに必要不可欠である。振動加速度計の校正サービス（JCSS 制度：加速度振幅：0.03 m/s²～200 m/s²振動数範囲：0.1 Hz～10 kHz）は、レーザ干渉計と加振器で構成された校正装置によって行われ、品質システムに則り維持・管理されている。平成22年度の活動としては、幹事所としての国際比較（APMP.AUV.V-K1.1 振動数範囲：40 Hz～5 kHz）及びJCSS 制度における技能試験（振動数範囲：0.1 Hz～10 kHz、継続中）を実施した。また、200 m/s²～5000 m/s²のピーク値をもつパルス的加速度に対して、3社の民間校正事業者との間で加速度計のラウンドロビン試験を実施し、各事業者の校正能力を評価した。これらの成果を国際会議で報告し、衝撃加速度標準の普及に努めた。また、角振動標準の確立を目指し、その校正装置を試作した。

硬さ試験は機械部品等の強度特性を簡便に評価できる工業試験法であり、鉄鋼・自動車・航空を始め、幅広い産業分野で利用されている。硬さの国家標準として供給しているロックウェル硬さとビッカース硬さに関して、品質システムに即した維持・管理を実施した。また、硬さ校正事業者の認定にかかわる技術アドバイザー業務を行うと共に、微小硬さ標準について依頼試験サービスを開始した。

シャルピー衝撃試験は破壊強度（特に遷移温度）を測定する材料試験法として、産業界で広く用いられているものである。金属材料のシャルピー衝撃試験の標準は当研究室で維持されており、依頼試験を通じて産業界に供給されている。平成22年度は、標準値維持のための比較測定を行い標準機3台の整合性確認を行った。また、JIS B7740基準試験機の依頼試験を1件実施した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】振動加速度、衝撃加速度、地震計、振動試験、レーザ干渉計、金属材料、材料試験、ロックウェル硬さ、ビッカース硬さ、極微小硬さ、ナノインデンテーション、衝撃値、シャルピー衝撃試験、吸収エネルギー、遷移温度、脆性、材料試験

【テーマ題目11】抵抗温度計標準の維持供給及び高度化効率化

【研究代表者】丹波 純

（温度湿度科 高温標準研究室長）

【研究担当者】山澤 一彰、Januarius V. Widiatmo、

佐藤 公一、原田 克彦、安曾 清
(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

供給中の抵抗温度計の温度範囲-40~420℃については特定副標準器等の、660℃アルミニウム点においては特定二次標準器の校正を行った。不純物評価を行った定点装置の開発により、インジウム点、スズ点、亜鉛点およびアルミニウム点の実現温度の不確かさをおよそ半減させることができ、それぞれ、0.40 mK、0.5 mK、0.7 mK、および8.8 mK とする標準供給体制を整備し、CIPM-MRA ピアレビューを受審した。銀凝固 (962℃)における定点炉の電気絶縁性の影響を評価するために、ヒーターの極性および接地点を容易に変更できる定点装置を製作した。-39℃~420℃までの国際比較 (CCT-K9)に参加するための準備に着手し、温度計の選定と測定手順の確認を行った。JCSS 認定制度を支援するため、技術アドバイザーの派遣を行った。計量技術の普及、向上のため計量教習に講師派遣を行った。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 標準、温度、抵抗温度計、温度定点、校正技術

【テーマ題目12】 熱電対標準の技術開発

【研究代表者】 丹波 純

(温度湿度科 高温標準研究室長)

【研究担当者】 井土 正也、小倉 秀樹、増山 茂治、
黄 毅 (常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

熱電対校正用温度定点の銀点 (962℃)、銅点 (1085℃)、パラジウム点 (1554℃)において特定二次標準器等の校正を行った。一昨年に開始したコバルト-炭素 (Co-C) 共晶点の標準供給を含め、CIPM-MRA ピアレビューを受審した。パラジウム-炭素共晶点の国際比較 (E857)に継続して参加し、4カ国間の比較測定および結果の解析を行った。Co-C 共晶点の国際比較 (APMP.T-S7)に参加し、測定・解析を行った。タングステン-レニウム熱電対について、0~1500℃においてドリフトや不均質などの特性評価を行った。不均質評価装置と定点装置とにより、白金/パラジウム熱電対およびR熱電対の不均質を評価し、結果を比較した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 標準、温度、熱電対、共晶点、校正技術

【テーマ題目13】 低温度標準の研究開発と維持・供給

【研究代表者】 田村 収

(温度湿度科 低温標準研究室長)

【研究担当者】 中野 享、島崎 毅、中川 久司、
鷹巣 幸子 (常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

14 K~30℃でカプセル型白金抵抗温度計の標準供給

とアルゴン三重点 (84 K) で特定二次標準器 (ロングステム型白金抵抗温度計) の校正を行った。0.65 K~24 K のロジウム鉄抵抗温度計標準供給の校正対象を白金コバルト抵抗温度計へ拡大するため同温度計の特性試験を継続した。液体ヘリウム不要の校正装置の常用動作温度を0.65 K 以下まで低減させた。3 K~24 K でヘリウム3定積気体温度計の等温線測定により、熱力学温度と1990年国際温度目盛の差の測定と共に、ヘリウム3のビリアル係数を測定し最新の第一原理計算結果と比較した。ネオンの三重点 (24 K) の同位体依存性測定の国際比較及び CCT-K1.1 (0.65 K~24 K) と APMP.T-K3.2 (84 K) の基幹比較を継続した。0.9 mK~1 K の低温度目盛 (PLTS-2000) 実現のため、希釈冷凍機と定義計器のヘリウム3融解圧温度計を開発し、4.5 mK まで稼働試験を行った。更に低温を生成する核断熱消磁冷凍機の主要部分を製作した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 1990年国際温度目盛、PLTS-2000、
熱力学温度、白金抵抗温度計、気体温度計、温度定点、蒸気圧温度計

【テーマ題目14】 放射温度標準の研究開発と供給

【研究代表者】 石井 順太郎

(温度湿度科 放射温度標準研究室長)

【研究担当者】 山田 善郎、笹嶋 尚彦、清水 祐公子、
福崎 知子、金子 由香、王 云芬、
皆広 潔美、阿羅 千里
(常勤職員5名、他43名)

【研究内容】

高温域においては、特定副標準器の定点黒体 (銅、銀、亜鉛) の校正をはじめ、海外標準研究所 (タイ) の標準器 (シリコン放射温度計、定点黒体炉) の依頼試験校正等を実施した。放射温度計の非線形応答性評価技術を高度化し、国際温度目盛に基づく国家標準を2800℃付近まで拡大した。金属-炭素系高温定点については、Re-C、Pt-C、Cu 点セルの依頼試験校正を実施するとともに、長期安定性に優れた高温定点セルを開発し国家標準器に導入した。さらに、WC-C 包晶点の性能向上及び、標準器としての不確かさ評価を実施し、標準供給技術を確立した。中温域 (160℃~420℃) においては、波長依存性の低い比較黒体炉の開発および性能評価を行った。常温域においては、体温域黒体炉の依頼試験校正を行うとともに、赤外放射温度計の校正を目的として、シリコンオイルを熱媒とする温槽式の大口徑黒体炉の開発を行った。これらと併せ、JCSS 制度の運営に関し、非接触温度計分野の技術アドバイザー等による支援を行った。国際的には国際度量衡委員会のものワーキンググループ活動として高温域温度目盛の実現方法に関するガイド (Mise en Pratique for the definition of the Kelvin in high temperature) の作成委員として文書作成に参画

するとともに、放射温度分野の CMC レビュープロトコルの改訂及び、アジア太平洋地域の標準研究所のピアレビュー、CMC レビュー作業等に貢献した。

〔分 野 名〕 標準・計測

〔キーワード〕 放射温度標準、JCSS、依頼試験、放射温度計、黒体炉、金属-炭素共晶、高温定点

〔テーマ題目15〕 気体中水分の計測・制御技術に関する研究開発

〔研究代表者〕 北野 寛

(温度湿度科 湿度標準研究室長)

〔研究担当者〕 阿部 恒、越智 信昭、天野 みなみ、高橋 千晴、丹羽 民夫、堂山 友己子 (常勤職員4名、他3名)

〔研究内容〕

半導体製造をはじめとする先端技術分野で必要とされる、気体中微量水分の標準発生技術の開発を進めている。窒素ガスに対する微量水分標準は既に確立しているが、これをさらに他のガス種へも展開するため、拡散管方式水分発生槽と磁気吊下天秤を組み合わせた低濃度水分発生装置の開発に着手し、2010年度は基本設計を完了させて装置の試作を開始した。微量水分領域で行われた世界初の国際比較 (EURAMET1002) に参加した。簡易型拡散管方式微量水分発生装置を整備し、それをを用いて市販の微量水分計の性能試験を行った。微量水分メーカーの開発支援を行った。

湿度標準供給については範囲拡大と効率化の研究を進めている。露点-70℃から-10℃の低湿度領域では標準湿度発生装置の改良と校正手順の見直しを実施し、効率化を進めた。露点-10℃から95℃の高湿度領域では安定な標準供給を実施した。校正業務は19件。

〔分 野 名〕 標準・計測

〔キーワード〕 湿度、微量水分、拡散管、高湿度、低湿度、露点

〔テーマ題目16〕 気体流量・気体流速標準の研究開発・維持・供給

〔研究代表者〕 石橋 雅裕

(流量計測科 気体流量標準研究室長)

〔研究担当者〕 栗原 昇、森岡 敏博、船木 達也、櫻井 真佐江 (常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

平成20年度に引き続き特定標準器による校正、依頼試験、技能試験用参照値の供給を行い、技術アドバイザーとして製品評価技術基盤機構が行う校正事業者の認定審査に参加した。気体流量に関し、水素、都市ガスの流量標準を設定するための研究に着手した。気体流速に関し、大流速標準を設定するための風洞を設計し製作した。

〔分 野 名〕 標準・計測

〔キーワード〕 気体流量・気体流速標準

〔テーマ題目17〕 液体流量体積標準の研究開発・維持・供給

〔研究代表者〕 寺尾 吉哉

(流量計測科 液体流量標準研究室長)

〔研究担当者〕 古市 紀之、Cheong KarHooi、長島 豊 (常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

平成21年度に引き続き特定標準器 (液体流量校正設備) により0.005~3000 m³/h の範囲で校正、依頼試験、技能試験用参照値の供給を行った。さらに、体積標準を維持した。また、技術アドバイザーとして製品評価技術基盤機構が行う校正事業者の認定審査に参加した。

〔分 野 名〕 標準・計測

〔キーワード〕 液体流量標準、体積標準

〔テーマ題目18〕 石油流量標準の研究開発・維持・供給

〔研究代表者〕 寺尾 吉哉

(流量計測科 液体流量標準研究室長)

〔研究担当者〕 嶋田 隆司、土井原 良次、武田 一英、浦井 章、渡部 理夫、沼口 昌美 (常勤職員3名、他4名)

〔研究内容〕

平成20年度に引き続き0.1~300 m³/h 並びに2.8×10⁻³~11×10⁻³ kg/s の範囲に対して標準供給を継続した。また、石油小流量標準を高度化し、0.01~0.1 m³/h の範囲の体積流量に対して標準供給を開始した。また、技術アドバイザーとして製品評価技術基盤機構が行う校正事業者の認定審査に参加した。

〔分 野 名〕 標準・計測

〔キーワード〕 石油流量標準

〔テーマ題目19〕 特定計量器の適合性評価に関する研究開発・試験検査

〔研究代表者〕 森中 泰章

(流量計測科 流量計試験技術室長)

〔研究担当者〕 伊藤 武、安藤 弘二、西川 一夫、菅谷 美行、薮 裕彦、堤 寛子、飯島 紀子 (常勤職員6名、他2名)

〔研究内容〕

平成21年度に引き続いて型式承認試験 (71型式) 及び基準器検査 (309件) を実施し、これらの試験のための設備維持を行った。自動車等給油メータの OIML 適合証明書を発行した。さらに、ガスメーター及び CNG の OIML 勧告 (R137、R139) に関連する国際会議に参加し、国際勧告への日本意見の反映に努めた。また、流量計の JIS 原案2本の作成に努めた。

〔分 野 名〕 標準・計測

〔キーワード〕 特定計量器の適合性評価、OIML

〔テーマ題目20〕 固体熱物性標準の整備

〔研究代表者〕 山田 修史（熱物性標準研究室長）

〔研究担当者〕 渡辺 博道、阿子島 めぐみ、
八木 貴志、阿部 陽香、山下 雄一郎
（常勤職員6名）

〔研究内容〕

固体材料を対象とした熱膨張率、熱拡散率、熱伝導率、比熱容量および薄膜熱物性に関する供給中の標準供給項目についての管理業務を行いつつ、標準整備計画に準じ新規項目として整備番号246番比熱容量における認証標準物質（比熱容量測定用単結晶シリコン；NMIJ CRM 5806-a）の平成23年度からの供給開始準備を完了した。また、標準物質（成果普及品）として頒布していた熱膨張率標準物質（NMIJ RM 1103）および熱拡散率標準物質（NMIJ RM 1201）について長期安定性試験などの結果による見直し加えることによりそれぞれ、熱膨張率測定用単結晶シリコン（低温）；NMIJ CRM 5803-a および熱拡散率測定用等方性黒鉛；NMIJ CRM 5804-a への移行を完了した。あわせて各標準供給項目に関して研究開発による校正技術の高度化、不確かさの検証・低減化を進めるとともに、NMIJ の品質システムに基づいた校正業務および標準物質生産に係る品質マニュアルの整備、内部監査対応等による品質の維持管理を行った。また、2010年5月に BIPM（France）で開催された測温諮問委員会熱物性作業部会（CCT-WG9）においてレーザフラッシュ法による熱拡散率の国際比較の進捗状況の報告と今後の方針の提案を行い、CMC 登録を目標としたサービスカテゴリーリスト作成の議論にも参加した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 固体熱物性標準、標準物質、熱膨張率、熱拡散率、熱伝導率、比熱容量、薄膜熱物性

〔テーマ題目21〕 密度・屈折率・粘度標準の開発と供給に関する研究

〔研究代表者〕 藤井 賢一

（物性統計科 流体標準研究室長）

〔研究担当者〕 菜嶋 健司、藤田 佳孝、早稲田 篤、
倉本 直樹、竹中 正美、粥川 洋平、
山本 泰之、狩野 祐也、清水 忠雄
（常勤職員9名、他1名）

〔研究内容〕

密度・屈折率標準については、シリコン固体密度の jcss 標準供給、密度標準液と屈折率標準液の技能試験参照値、圧力浮遊法による固体密度差の校正、流体の PVT 性質の校正などを行った。国際度量衡委員会に関連する活動としては、質量関連量諮問委員会（CCM）、単位諮問委員会（CCU）と科学技術データ委員会（CODATA）基礎定数作業部会（TGFC）に出席し、SI 基本単位の再定義とそのための基礎物理定数の推奨

値を決定するためのデータについて検討した。次世代質量標準の開発として PTB（ドイツ物理工学研究所）、INRIM（イタリア計量研究所）、NMIA（オーストラリア連邦計量研究所）、国際度量衡局（BIPM）、EU の標準物質計測研究所（IRMM）などとの研究協力協定によるアボガドロ国際プロジェクトを推進し、シリコン28同位体濃縮結晶の密度、格子定数、モル質量の精密計測からアボガドロ定数を0.03 ppm の標準不確かさで決定した。この成果を Phys. Rev. Lett.の2011年2月号に論文発表し、現在、人工物で定義される唯一の SI 基本単位であるキログラムを基礎物理定数を用いて再定義のための技術指針を与えた。JIS Z 8804（液体の密度及び比重の測定方法）と JIS Z 8807（固体の密度及び比重の測定方法）の原案作成委員会の活動に協力し改正案を作成した。

粘度標準については、細管式粘度計による粘度標準液の依頼試験業務を継続するとともに校正の自動化を図った。非ニュートン流体のための粘度計測技術を開発し依頼試験による非ニュートン粘度の校正業務を開始した。MEMS 技術を応用した粘度センサの開発に着手しプロトタイプ製作などを行った。回転粘度計については不確かさの評価を継続するとともに、標準物質の候補となる非ニュートン流体の特性評価などを行った。現在の粘度の国際的基準となっている水の粘度の絶対値を見直し次世代の粘度標準を確立することを目標として、落球法による液体粘度の絶対測定を継続し、CCD カメラと追尾システムによる落下速度の絶対測定システムによる計測を行った。JIS Z 8803（液体の粘度測定方法）と JIS Z 8809（粘度計校正用標準液）の原案作成委員会の活動に協力し改正案を作成した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 密度、密度標準、シリコン結晶、密度標準液、PVT 性質、屈折率、キログラム、再定義、アボガドロ定数、格子定数、モル質量、粘度、粘度標準、粘度標準液、細管粘度計、回転粘度計、非ニュートン流体、落球法、粘度の絶対測定

〔テーマ題目22〕 不確かさ評価及び同等性確認における統計的問題の研究と技術支援

〔研究代表者〕 榎原 研正

（物性統計科 応用統計研究室長）

〔研究担当者〕 田中 秀幸、城野 克広、城 真範
（常勤職員4名）

〔研究内容〕

不確かさ評価に関わる統計的手法の開発・応用を行うとともに、産総研内外での不確かさ評価の技術支援・普及啓蒙活動を行うことを目標としている。今年度は、既知のかたよりを補正しない場合の不確かさ評価において、標準不確かさにかたよりを取り入れる方法を検討すると

ともに、この標準不確かさに基づいて求めた拡張不確かさの妥当性を推定の信頼度から評価した。また相関が無視し得ない場合の有効自由度の扱いとそれを利用した拡張不確かさの評価方法を提案した。さらに、中上級者対象を対象とした2日間にわたる不確かさ講習会の開催、校正・計測に関わる不確かさ評価の技術相談、不確かさクラブにおける講習会の開催や事例研究会の主宰などの普及活動を行った。

【分野名】標準・計測

【キーワード】不確かさ評価、同等性評価、測定のかたより、管理限界、分布の伝播

【テーマ題目23】粒径標準の開発と供給

【研究代表者】榎原 研正

(物性統計科 応用統計研究室長)

【研究担当者】坂口 孝幸、櫻井 博、高畑 圭二、

飯田 健次郎、水野 耕平

(常勤職員6名)

【研究内容】

粒径及び気中と液中各々における粒子数濃度の標準について、依頼試験業務に対応するとともに標準の高度化を行うことを目標としている。今年度は、100 nm 粒径域における準単分散ポリスチレンラテックス粒子の粒径分布幅を異なる粒子種に対して評価するとともに、粒径／粒子質量標準の校正作業を行う計数ミリカン法を高効率するため、電極組み立て時に電極内部空間のシールが容易な校正装置を設計・試作し、性能評価した。また、液中粒子数濃度標準の範囲下限を600 nm まで拡張することを目標に、全数計数型フローサイトメータによる粒子検出において背景ノイズによる偽計数を600 nm 粒径域で評価した。さらに、凝縮粒子計数装置の数100 nm 以上の大粒径域における計数効率を、粒子発生器型気中粒子数濃度標準を基準として評価した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】粒径標準、電気移動度分析、粒径分布パラメータ、液中粒子数濃度標準、気中粒子数濃度標準、ポリスチレンラテックス粒子

【テーマ題目24】実用電気標準の開発、供給と研究

【研究代表者】瀬田 勝男 (電磁気計測科 電気標準第1研究室長 (兼務))

【研究担当者】西中 英文、岩佐 章夫、藤木 弘之、山田 達司、坂本 憲彦、昆 盛太郎、天谷 康孝、木藤 量隆、林 誠二郎 (常勤職員8名、他2名)

【研究内容】

(1) 直流電圧標準

プログラマブルジョセフソン電圧標準によるデジタルマルチメータの直流電圧レンジにおける標準供

給の拡大にむけ、標準供給形態について検討した。

(2) 誘導分圧器標準、変流器標準、高調波電圧電流標準、交流シャント標準

誘導分圧器標準について7件の特定二次標準器等の校正、変流器標準について2件の依頼試験を行った。交流シャント標準は今年度400 Hz まで供給範囲を拡張し、次年度以降10 kHz までの拡大に向けて、研究開発を進めた。交流シャント標準の主要素である変流器標準は、現在の1 kHz までの供給範囲から10 kHz への拡張に向けて、現在の不確かさ評価方法を再確認した。高調波電圧電流標準については、100次高調波への拡張に向けて、同期サンプリングおよび離散フーリエ変換 (DFT) に伴う誤差について再評価を行った。

(3) AC/DC 標準、交流電圧標準

AC/DC 標準について、3件の特定副標準器の校正と1件の依頼試験を行った。また、交流電圧標準について、次年度の供給範囲の拡大に向けて研究開発を進めた。

(4) 中容量キャパシタンス標準、インダクタンス標準

中容量キャパシタンス標準について、供給範囲の拡張を行った。インダクタンス標準について、1件の依頼試験を行った。また、次年度以降の供給範囲の拡大に向け、中容量キャパシタンス標準の研究開発を進めた。

(5) 蓄電池・電力貯蔵キャパシタ標準

蓄電池・電力貯蔵キャパシタ標準の研究開発を開始した。既存標準を基準に大容量キャパシタンスへ拡張するブリッジ回路を設計、試作した他、電気特性評価システムの構築に着手した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】実用電気標準、直流電圧、誘導分圧器、変流器、交流電圧、中容量、インダクタンス

【テーマ題目25】量子電気標準の開発、供給と研究

【研究代表者】金子 晋久

(電磁気計測科 電気標準第2研究室長)

【研究担当者】福山 康弘、浦野 千春、堂前 篤志、丸山 道隆、大江 武彦、松廣 健二郎、嶋本 親資 (常勤職員6名、他2名)

【研究内容】

(1) 直流抵抗標準

直流抵抗標準について18件 (jcss10、依頼3、所内3、科内2) の特定二次標準器等の校正を行った。また、25 Ω (中間抵抗値) 供給範囲の拡大を行った。標準供給用のシステムの近代化の準備を行った。次世代2次標準器として利用できる超安定小型100 Ω 標準抵抗器の開発を終了し、共同研究先より販売が開始された。10 Ω など他の抵抗値についても同

様な抵抗器の開発を開始した。量子ホール効果抵抗標準素子のプロセスを検討し、素子作製歩留まりを従来の約80%から約100%に向上させた。NMIJ製の量子ホール効果抵抗標準素子2個をタイの標準研究所 NIMT に供与すると共に、NIMT の素子の不具合を改善する等の支援を行った。次世代量子ホール効果抵抗標準として、量子ホール抵抗アレイデバイスを作製し、従来素子との整合性を10 ppb 以下で確認し、研究発表を行った。グラフェンの標準への応用に向け、デバイスの試作を行った。

(2) 交流抵抗標準、キャパシタンス標準

キャパシタンス標準について4件の特定二次標準器の校正、交流抵抗標準について2件の特定二次標準器等の校正および2件の依頼試験を行った。また、電磁気関連量（キャパシタ、交流抵抗器、誘導分圧器、インダクタ、交流電流比）の校正設備・業務に関しピアレビューを平成22年11月8日～11日に受けた。不適合事項の指摘は無く、的確な整備と校正業務の実施がなされていることが認められた。次世代交流抵抗標準として交流量子ホール効果抵抗標準の研究開発を行っており、試作したデバイスを用いPTB（ドイツ標準研究所）で交流量子化ホール抵抗の測定を行った。そのデータを基に改良型のデバイスの設計を開始した。同時に測定に利用するブリッジ等の設計開発をおこなった。

(3) 交流ジョセフソン電圧標準

次世代交流ジョセフソン電圧標準として、パルス駆動ジョセフソン電圧標準について研究開発を進め、商用周波数からキロヘルツレベルにわたる周波数の各種信号発生に成功している。これには擬似ノイズの発生も含まれる。これを用い、ジョンソンノイズの定量化、つまり、ボルツマン定数の測定・熱力学温度の測定の研究を開始した。プログラマブルジョセフソン電圧標準を用いた交流発生について、とくに低周波領域の研究開発を行った。

(4) 直流電圧標準

直流電圧標準について、6件の特定二次標準器等の校正を行った。システムの近代化に向け必要機材を整備した。

[分野名] 標準・計測

[キーワード] 量子電気標準、直流抵抗、交流抵抗、直流電圧、交流電圧、キャパシタンス、量子ホール効果、ジョセフソン効果

[テーマ題目26] 高周波計測標準に関する研究

[研究代表者] 島田 洋蔵

(電磁波計測科 高周波標準研究室長)

[研究担当者] 島岡 一博、Widarta P Anton、

岸川 諒子、飯田 仁志、堀部 雅弘、木下 基、井上 武海、信太 正明、

遠藤 道幸、長津 樹理、岡本 佳子、佐々木 暁子、川上 友暉
(常勤職員7名、他7名)

[研究内容]

新規の標準供給として、インピーダンス標準に関し、PC7、N50およびPC3.5について同軸線路の寸法評価により求めたSパラメータ標準供給を開始した。さらに、N50およびN75の低周波領域の独自標準については、一部開発・評価を終了した。校正周波数範囲の拡張として、電力標準に関し、50 GHz～75 GHz および75 GHz～110 GHz帯一次標準器(WR10およびWR15型導波管)の開発を開始した。導波管減衰量標準では、75 GHz～110 GHzへの拡張へ向けた校正方法の基礎検討を行った。同軸導波管標準では40 GHz～50 GHzの拡張開発を行った。雑音標準では独自標準雑音源の評価方法を開発した。また、テラヘルツ標準では企業との共同研究による不確かさ評価技術の開発を開始した。オープンラボの実験室公開に参加し、基本量である4項目の電力標準、減衰量標準、インピーダンス標準、雑音標準の校正設備を公開した。高周波クラブを2回開催し、計測技術の普及のために高周波電力校正技術の講習と2回目の開催では高周波減衰量の校正技術と課題に関する会合を開催した。

[分野名] 標準・計測

[キーワード] 高周波、マイクロ波、ミリ波、電波、信号伝送線路、電力計、減衰器、雑音源

[テーマ題目27] 電磁界・アンテナ計測標準に関する研究

[研究代表者] 黒川 悟

(電磁波計測科 電磁界標準研究室長)

[研究担当者] 廣瀬 雅信、森岡 健浩、石居 正典、

飴谷 充隆、関川 晴子、伊藤 希重
(常勤職員5名、他2名)

[研究内容]

ダイポールアンテナについて30 MHz～2 GHzの周波数範囲におけるアンテナ係数の校正サービスを行った。ループアンテナについて20 Hz～30 MHzの周波数範囲における磁界アンテナ係数の校正サービスを行った。磁界強度標準について50 Hz～60 Hzの校正サービスを開始した。マイクロ波ホーンアンテナについて、1 GHz～40 GHzの校正サービスを実施するとともに、2011年10月以降に強制施行されるEMI規制測定用の1 GHz～6 GHzの広帯域ホーンアンテナであるダブルリッジドアンテナ標準を開発しアンテナ係数の供給を開始した。30 MHz～1 GHzのEMI測定用広帯域アンテナはアンテナ係数校正サービスを行った。ミリ波帯ホーンアンテナはアンテナ利得標準の新規供給開始に向けて校正システムの研究開発を完了し、校正サービス開始の準備が完了した。TEMセルを用いた電界標準および低周波帯磁

界標準は新規供給開始に向けて校正システムの研究開発を行った。また、電磁界クラブ活動としてアンテナ計測技術普及のための講演会を実施した。新しいアンテナ計測技術として光電界センサを用いた測定システムの研究開発を推進した。さらに、EMI 測定用電波暗室の妥当性評価手法の開発を行い、17公設研究機関との共同研究により、比較試験を実施した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】マイクロ波、ミリ波、アンテナ、アンテナ係数、アンテナ利得、電界、磁界

【テーマ題目28】レーザ標準の開発と供給

【研究代表者】市野 善朗

(光放射計測科 レーザ標準研究室長)

【研究担当者】福田 大治、雨宮 邦招、沼田 孝之、田辺 稔(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

レーザパワーについては jcss 校正を4件、依頼試験の校正を1件、ファイバ系レーザ光減衰量については jcss 校正を1件、それぞれ実施した。レーザエネルギー標準供給体制(依頼試験)を拡充し、パルスレーザに対する平均パワー校正を新たに開始するとともに、校正波長範囲の拡大(266 nm)及び不確かさ低減を行った。高出力レーザパワー標準供給体制(依頼試験)を拡充し、波長10.6 μm における100 W までの校正を可能とした。光ファイバパワー・光減衰量標準供給の広波長帯域化、及び量子効率標準確立に向けた計測技術開発を行った。昨年度登録申請を行った新規12項目(校正波長点及びパワー範囲拡張:空間ビーム系6項目、光ファイバ系6項目)を含む計22項目の国際相互承認に関わる CMC が承認された。波長1550nm 高パワー域の光ファイバ減衰量(APMP.PR-S4)、可視域レーザパワー(APMP.PR-S5)両国際比較については幹事研究所として実施を主導し、前者は pre DraftA 及び DraftA の作成・回覧、後者は仲介者の校正・巡回をそれぞれ完了した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】レーザパワー、光ファイバ

【テーマ題目29】光放射標準の開発と供給

【研究代表者】座間 達也

(光放射計測科 光放射標準研究室長)

【研究担当者】齊藤 一朗、齋藤 輝文、市野 善朗、薮 洋司、神門 賢二、木下 健一、丹羽 一樹(常勤職員8名)

【研究内容】

分光応答度 jcss 校正2件、依頼試験16件、分光放射照度特定副標準器校正3件、分光拡散反射率依頼試験6件、照度計型式承認試験4件を実施した。分光応答度の供給波長域を拡張し近赤外域での供給を開始した。照度応答度標準 jcss 化に関する諸準備を完了させ、不確かさ低

減の研究開発を進めた。分光放射照度スケール・不確かさを改善し供給を開始した。高強度全光束標準用の LED 温度特性・分光分布角度依存性を評価し、標準器としての妥当性を確認した。分光全放射束標準確立用の配光測定装置と球形光束計を整備し、供給用候補電球の評価を行った。分光拡散反射率の紫外域拡張に向けた装置開発、標準反射板作成プロセス最適化等を進めた。品質システム構築及び見直しを行い15の品質文書を新規作成もしくは改訂した。国際相互承認に関わる CMC に関しては、昨年度申請を行った新規・見直し17項目(分光応答度、分光放射照度、分光拡散反射率、分布温度)を含む計24項目が承認された。国際比較に関しては、全光束(CCPR-K4)の幹事研究所としての準備を開始し、光度(APMP、CCPR-K3.a リンク)の幹事研究所として国際比較実施を主導した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】測光・放射測定

【テーマ題目30】医療・産業・先端研究等における放射線標準の開発・供給・維持

【研究代表者】齋藤 則生

(量子放射科 放射線標準研究室長)

【研究担当者】黒澤 忠弘、森下 雄一郎、加藤 昌弘、田中 隆宏、能田 理恵子、今須 淳子、鈴木 功(常勤職員5名、他3名)

【研究内容】

Co-60 γ 線の水吸収線量標準に関して、標準供給を開始するとともに、技術マニュアルの作成および jcss 供給の準備を行った。また、BIPM および APMP の2つの国際比較に参加し、良好な結果が得られた。マンモグラフィ X 線診断用の線量標準に関して、BIPM との国際比較を行い良好な結果が得られた。また、(株)千代田テクノロと共同してガラスパッジの特性評価を行い、Mo/Mo 線質についてトレーサビリティを確保した。医療用小型リニアックを導入し、高エネルギーX線および高エネルギー電子線の線質を測定した。X線自由電子レーザのパルスエネルギーの測定のために、X線用の極低温カロリメータを製作し、40 keV まで測定可能にした。放射線線量計の校正に関して、jcss14件(γ線5件、中硬X線7件、軟X線2件)、依頼試験36件(γ線15件、水吸収線量1件、中硬X線1件、軟X線1件、β線2件)を行った。

【分野名】標準・計測

【キーワード】線量標準、軟X線、中硬X線、γ線、β線、水吸収線量、放射光

【テーマ題目31】放射能特定標準器群の維持・向上、および中性子標準の開発・供給

【研究代表者】柚木 彰(量子放射科 放射能中性子標準研究室長)

〔研究担当者〕原野 英樹、佐藤 泰、松本 哲郎、
海野 泰裕、増田 明彦、西山 潤、
瓜谷 章、河田 燕、山田 崇裕
(常勤職員6名、他4名)

〔研究内容〕

放射能標準に関して、放射性ガス標準(190-1)の立ち上げ、及び I-125密封小線源の線量標準(188)立ち上げに向けた装置開発を終えた。また、液体シンチレーション計数技術を用いた放射能絶対測定装置の特性改善に向け、新たな装置を開発し評価と改良に取り組んだ。国際比較では、I-131放射能校正に関する APMP 域内国際基幹比較の幹事国として国際度量衡局に報告書を提出した。校正サービスについては、計量法に基づく特定二次標準器の校正5件を実施した。

中性子標準に関して、熱中性子フルエンス率標準(196)、中性子放出率標準(194、195)の jcss 供給体制を立ち上げた。19 MeV 中性子フルエンス率(200)の開発および重水素減速 Cf-252中性子フルエンス(201)の開発のための準備を行った。速中性子フルエンス標準(197-200)に用いるペレット加速器によって中性子飛行時間法が適用できるように、パルスビーム発生に向けた作業を行った。校正サービスについては、依頼試験22件を実施した。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕放射能、特定二次標準器、速中性子フルエンス、中性子フルエンス標準、国際比較

〔テーマ題目32〕無機標準物質に関する研究

〔研究代表者〕三浦 勉
(無機分析科 無機標準研究室長)

〔研究担当者〕野々瀬 菜穂子、鈴木 俊宏、
大畑 昌輝、チョン 千香子、
朝海 敏昭、山内 喜通、西 緑、
桜井 文子、児玉 弘美、城所 敏浩
(常勤職員6名、他5名)

〔研究内容〕

平成22年度には、Ag、Be、Zr 標準液の3種類の金属標準液を新規認証標準物質として開発した。Au、Si、Ge、W の各標準液の開発のために原料物質の純度決定および各標準液の調製法および濃度測定法の開発を継続した。また、欧州 RoHS 指令の規制に対応した鉛フリーはんだ標準物質1種類のチップについて同位体希釈質量分析法等による値付けを行い、認証標準物質として供給を開始したほか、1種類の高純度無機標準物質を開発した。複数の CCQM 国際比較に参加し、鉛フリーはんだの基幹比較の幹事ラボを務めた。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕無機標準物質

〔テーマ題目33〕pH および電気伝導度の標準確立

〔研究代表者〕三浦 勉
(無機分析科 無機標準研究室長)

〔研究担当者〕大畑 昌輝、Maksimov Igor、
大沼 佐智子(常勤職員2名、他2名)

〔研究内容〕

Harned セル法による pH 測定システムの改良を引き続き進めた。このシステムを用いて6種類の pH 緩衝液に対しての保存安定性の測定を継続するとともに、6種類を認証標準物質として供給した。電気伝導度セルの設計試作を行い、温度制御ほかの基礎検討を続けた。関連の CCQM 国際比較(ほう酸塩緩衝液)に参加したほか、APMP 国際比較(りん酸塩緩衝液; APMP.QM-K9および APMP.QM-P16)の幹事ラボを務めとりまとめた。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕pH 標準

〔テーマ題目34〕環境分析用組成標準物質および微量分析技術に関する研究

〔研究代表者〕日置 昭治
(無機分析科 環境標準研究室長)

〔研究担当者〕黒岩 貴芳、稲垣 和三、成川 知弘、
朱 彦北、成島 いずみ、小口 昌枝、
(常勤職員5名、他2名)

〔研究内容〕

平成22年度は、茶葉粉末標準物質(微量元素分析用)の開発を終了した。また、河川水標準物質(有害金属分析用-添加-)の第二ロットを作成した。これらの標準物質は、一次標準測定法である同位体希釈 ICP 質量分析法を中心として高分解能 ICP 質量分析、ICP 発光分析法、電気加熱原子吸光分析法などの複数の分析法によって値付けを実施して、トレーサビリティと国際整合性が確保された標準物質として供給している。その他、開発済みの標準物質の安定性を評価し、有効期限の延長を行った。また、分析手法の高度化として、高精度、高感度な新規分析手法の開発を行っており、化学形態別分析手法の開発、極微量での高感度分析手法や高精度分析のためのマトリックス除去法の開発を行っており、今後の標準物質開発に応用していく。一方、国際的な標準化の活動の一環として CCQM 国際比較に継続的に参加しており、メカジキ中のアルセノバタイン分析のパイロット研究(CCQM-P96)の後継である、スズキ魚肉粉末中のアルセノバタインと校正用アルセノバタイン標準液の測定のパイロット研究(CCQM-P96.1)の幹事ラボを引き続き務め最終的にまとめた。さらには、現場分析者の技能向上支援、トレーサビリティや不確かさの普及を目的とした技能向上支援プログラムを進展させ、次期開発候補試料として調製した、河川水標準物質を用いた全国技能試験と技能講習会を実施した。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕 環境分析用組成標準物質

〔テーマ題目35〕 有機化学標準の開発・供給

〔研究代表者〕 加藤 健次

(有機分析科 有機標準第1研究室長)

〔研究担当者〕 下坂 琢哉、松本 信洋、渡邊 卓朗、
清水 由隆、青木 伸行、山崎 太一、
北牧 祐子、中田 千里、加藤 薫、
水野 陽子 (常勤職員8名、他3名)

〔研究内容〕

新規高純度有機標準物質5種 (1, 1, 2-トリクロロエタン、1, 1-ジクロロエチレン、ジクロロメタン、trans-1, 3-ジクロロプロペン、プロゲステロン) 及び新規標準液 (硫黄分析用標準液 (高濃度)) の開発、標準ガスの第2ロット2種 (一酸化炭素、プロパン) の開発、標準物質3種 (ジプロモクロロメタン、プロモジクロロメタン、o-キシレン) の再認証を行った。また、ゼロガス、温暖化ガス標準ガス、ホルムアルデヒド標準ガス、1種ステロイド類の開発の準備を行なった。新規開発の標準物質に対しては、ISO ガイド34に基づく品質システム整備等を進め、生産手順、分析手順等に関する文書の作成・登録を行った。国際比較に関しては、1件の比較 (CCQM-K55b) の分析に協力した。この他、すでに技術開発を終えている認証標準物質、JCSS 標準ガスおよび標準液の基準物質の安定性試験、期限延長 (物質) など安定的な供給を行うための業務を行った。また、今後開発予定のホルムアルデヒド等について、標準ガス発生法の検討、設備の整備を行った。研究開発では、硫黄分析法の高精度化、微量ガス分析法について高感度化を行った。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 標準ガス、高純度物質、有機標準液

〔テーマ題目36〕 安全・安心に寄与する有機標準物質の開発と供給

〔研究代表者〕 沼田 雅彦

(有機分析科 有機標準第2研究室長)

〔研究担当者〕 鎗田 孝、石川 啓一郎、羽成 修康、
伊藤 信靖、大竹 貴光、大塚 聡子、
岩澤 良子、藤木 直美、青柳 嘉枝、
松尾 真由美、黒田 陽子
(常勤職員6名、他6名)

〔研究内容〕

高純度ペルフルオロオクタン酸 (PFOA) 標準物質、残留農薬分析用ネギ・キャベツ粉末標準物質および多環芳香族炭化水素・有害元素分析用トンネル粉じん標準物質を認証した。その際、PFOA の純度評価については、高速液体クロマトグラフ/質量分析法、カールフィシャー滴定法等によって微量不純物を定量することにより主成分純度を算出する差数法、および酸としての量を正確

に評価できる滴定法の両者を適用し、信頼性の高い値を求めた。一方、ネギ・キャベツ試料についてはホモジナイズ抽出法、粉じんについてはソックスレー抽出法・加圧液体抽出法などと、それぞれガスクロマトグラフ/質量分析計を用いた同位体希釈質量分析法とを組み合わせた正確な目的成分の定量法を開発し、値付け分析に適用した。また、塩素系農薬アルドリンの純度評価、及びバイオエタノール燃料中のエタノール・水分の分析に関する CCQM (国際度量衡委員会物質諮問委員会) の国際比較試験に参加し、他国の計量標準機関に比べて同等あるいはそれ以上に正確な分析値を報告することができた。一方、来年度以降に認証予定の残留農薬分析用リンゴ・大豆粉末標準物質やバイオエタノール標準物質、ふっ素系有機化合物などについて、値付けに適用するための正確な分析法の開発を行った。さらに、関連する品質システムを整備するとともに、既存の標準物質や JCSS 基準物質の安定性試験を実施したほか、標準物質値付け能力 (CMC) の登録に向けた作業を行った。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 有機標準液、高純度有機標準物質、組成型標準物質、環境標準物質、食品標準物質、国際比較

〔テーマ題目37〕 バイオメディカル計測標準の先導開発

〔研究代表者〕 高津 章子 (有機分析科 バイオメディカル標準研究室長)

〔研究担当者〕 加藤 愛、絹見 朋也、藤井 紳一郎、
川口 研、柴山 祥枝、山崎 太一、
川原崎 守、恵山 栄、吉岡 真理子、
後藤 麻里 (常勤職員8名、他3名)

〔研究内容〕

臨床検査医学分野やバイオアナリシス分野において、測定結果の互換性や国際整合性の向上が求められている。そのために計量学的トレーサビリティの構築を目指し、上位の標準物質開発を目標に、必要になる生体成分を高精度かつ高感度に測定する分析手法の開発を進めた。アミノ酸のうちの4種類 (アラニン、ロイシン、アルギニン、リシン-塩酸塩) については、純度決定法となる滴定法、窒素定量法および不純物の測定法を確立し、認証標準物質を開発した。糖代謝に関連するペプチドであるC-ペプチドについては、2種類の同位体希釈質量分析法によるアミノ酸分析を利用した濃度決定に加えて、ペプチド中の不純物や安定性に関する評価を行い、認証標準物質を開発した。血清中コルチゾールに関して、各社臨床検査試薬による比較試験において参照値を提供し、標準化へ向けての課題を検討した。国際度量衡委員会物質諮問委員会の DNA メチル化、DNA の相対定量、ペプチド定量に関する試験比較に参加した。品質文書の整備を行うとともに、国際相互承認へ向けての準備やこれまでに開発した標準物質の安定性評価を継続して行った。

【分野名】標準・計測

【キーワード】標準物質、臨床検査医学、バイオアナリシス、トレーサビリティ

【テーマ題目38】薄膜・表面評価技術の高度化と標準開発

【研究代表者】藤本 俊幸

(先端材料科 材料評価研究室長)

【研究担当者】寺内 信哉、張 ルウルウ、林田 美咲、東 康史、松林 信行、城 昌利、福本 夏生、今村 元泰、内田 みどり、伊藤 美香(常勤職員9名、他2名)

【研究内容】

薄膜・超格子標準物質の開発および膜厚計測の校正サービスの立ち上げを目指して、X線反射率法による精密膜厚評価技術についての基礎的研究を継続して行うと共に、これまでに供給している標準物質の維持のために安定性評価を継続的に行った。安定性評価によって不確かさを超える膜厚の変動により供給停止中の極薄シリコン酸化膜標準物質について、その原因が保存容器からのふっ素イオンの溶出であることを見出し、再認証に向けて容器洗浄法の検討と効果の確認を行った。また、微粒子分散薄膜標準物質の開発に向けて、透過電子顕微鏡装置による三次元可視化技術である電子線トモグラフィーの高度化を行い、より高分解能の三次元像の取得に成功した。EPMA用標準物質については、Ni(42%)-Fe合金および高ニッケル合金の2種の供給を開始した。

X線吸収分光による材料解析技術の研究を継続して行った。放射光を用いたX線吸収分光スペクトルによるクロムの6価と3価およびユーロピウムの2価と3価の存在比の測定、解析を行い、試料作成、測定条件、吸収スペクトルの規格化アルゴリズムの違いによる影響について評価した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】表面分析、薄膜計測、微粒子計測、マイクロビーム、材料局所分析、放射光、定量分析

【テーマ題目39】材料分析標準の研究、開発、維持

【研究代表者】小林 慶規

(先端材料科 材料分析研究室長)

【研究担当者】川原 順一、富樫 寿、平田 浩一、伊藤 賢志、高塚 登志子、山脇 正人(常勤職員7名)

【研究内容】

二次イオン質量分析法(SIMS)およびラザフォード後方散乱分析におけるひ素元素量校正用の認証標準物質「低エネルギーひ素イオン注入ケイ素(レベル: 6×10^{14} atoms/cm²)」(CRM5604-a)を開発した。認証値の決定には、中性子放射化分析および原子吸光分析法を

用いた。本標準物質は平成23年度に供給が開始される。供給している標準物質の安定性試験を行い、品質に問題がないことを確認した。前年度に引き続き、マトリックス支援レーザー脱離イオン化質量分析法、イオンクラスター励起2次イオン質量分析により有機分子の測定を行い、これらの分析法の感度や再現性に関するデータを取得した。沈降速度法による微粒子連続精密分級装置の最適化のため、パーツの設計や試作などを行った。

【分野名】標準・計測

【キーワード】材料分析、イオン注入標準物質、微細空隙標準物質、質量分析、ナノ・サブミクロン粒子

【テーマ題目40】高分子標準物質の開発供給

【研究代表者】衣笠 晋一

(先端材料科 高分子標準研究室長)

【研究担当者】松山 重倫、高橋 かより、加藤 晴久、山路 俊樹、折原 由佳利、川崎 文子(常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

ナノ・高分子関連標準物質の研究開発については、ポリスチレン8500、ポリスチレンラテックスナノ粒子(120 nm)の2種を開発した。既供給の添加剤含有標準物質に対しては安定性評価を継続した。フタル酸エステル含有プラスチックの候補標準物質を作製すると同時に値付け手法の検討を行った。

高分子分子特性解析技術においては、共同研究と標準物質開発を通じたMALDI-TOFMSの定量性に関する研究を実施、静的光散乱用高分子標準物質(MM29、30)の開発へ向けた新規装置の導入、およびオリゴマー分析に用いる超臨界流体クロマトグラフの新規導入を行った。添加剤分析については、短鎖塩素化パラフィンの分析法の研究、GC/MSにおける夾雑物の影響を評価する研究、およびAPLAC技能試験への参加を行った。粒径計測においては、PFG-NMRによる粒子分散性や吸着特性の評価、あるいは誘導回折格子法の評価などを行った。また、定量固体NMR用標準物質開発に向けた調査とサイズ排除クロマトグラフィー/多角度光散乱検出器法のISO・DIS化などの標準化活動を実施した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】高分子標準、微粒子標準、添加剤標準、MALDI-TOFMS、FFF、SFC

【テーマ題目41】計量情報システムの適合性評価技術の研究

【研究代表者】松岡 聡(計量標準システム科)

【研究担当者】水口 大知、渡邊 宏(常勤職員3名)

【研究内容】

計量、計測に用いられるソフトウェアを計量情報シス

テムとしてとらえ、それらの適合性評価技術に関して、平成22年度は、次の2点について研究を行った。また、計量、計測のためのソフトウェア、その適合性評価および関連する話題について情報交換し議論する場を提供するため、NMIJ 計測クラブの一つとして「計量器ソフトウェアクラブ」を立ち上げ、12月に第1回計量器ソフトウェアクラブ研究会を開催した。

(a) 計量器ソフトウェアの評価技術の研究開発

JIS B 7611-2 2009年度版にもとづく非自動はかりのソフトウェア依頼試験を実施して得られたデータをもとに、試験に用いている「自動はかり及びそのモジュールに関連する装置のソフトウェアについての提出書類の様式」について改善すべき事項などデータを収集した。さらに、ここで得られた知見およびデータをとりまとめ、インターネットでの講演およびタイで開催された APLMF 主催のアジア初の計量器ソフトウェアの研究会で招待講演を行った。また、安全性という観点の評価技術については、組込みソフトウェア向け仕様記述ツールを機能安全規格へ対応させる研究開発を企画した。

(b) 遠隔校正ソフトウェアの評価技術の研究開発では、遠隔校正ソフトウェアの模擬認証を実施しソフトウェア認証の有効性をおよび課題を確認することを目指している。平成22年度は、前年度までに準備した提出様式および評価基準へ開発済みの圧力遠隔校正システムの事例をあてはめ、提出様式および評価基準を実際に評価に使えるように改良した。また、計量器分野、機能安全分野、セキュリティ分野で実施されているソフトウェア認証の現状を調査するとともに、ソフトウェアの適合性評価の基準作りに技能試験の枠組みが使えないか調査した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】計量器ソフトウェア評価基盤、ソフトウェア認証、機能安全

【テーマ題目42】環境及び食品分野の標準供給システムの構築

【研究代表者】井原 俊英（計量標準システム科）

【研究担当者】石川 啓一郎、齋藤 剛、加藤 尚志、清水 由隆、三浦 亨、山中 典子、鈴木 彰子、村上 雅代、大手 洋子、鮑 新努（常勤職員5名、他6名）

【研究内容】

産総研が特性値の付与を行い、標準物質の調製、均質性評価、安定性評価などを試薬メーカーが行う分業による標準物質の生産・供給システムを構築した。農薬類を中心に本システムを適用し、年間50物質以上の有機化合物の純度に関する分析結果報告書の発行を行った。また、特性値の付与に関しては、産総研依頼試験による校正証明書発行に向けて ISO/IEC17025に基づく品質システムの整備した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】標準物質、トレーサビリティ

【テーマ題目43】特定計量器の基準適合性評価に関する業務

【研究代表者】三倉 伸介

（計量標準技術科 型式承認技術室長）

【研究担当者】池上 裕雄、分領 信一

（常勤職員3名）

【研究内容】

型式承認業務は、当科が担当するアナロイド型血圧計（電気式、機械式）、体温計（抵抗、ガラス製）、環境計量器に当たる振動レベル計、濃度計（大気）、濃度計（pH）及び非自動はかり（大型）等の特定計量器について、95型式について国内法に規定する技術基準への適合性を評価し、型式の承認をするとともに、承認型式軽微変更届出171件の審査業務を実施した。これらは、計量標準総合センターの認証システム（ISO/IEC ガイド 65）に則って、当科が実施する特定計量器の型式の承認に関わる認証マニュアルに従って業務を実施しているものである。また、非自動はかり（大型）については、承認システムの整備を行った。

その他、OIML（国際法定計量機関）の活動による、国際文書、勧告の発行に関する国内の各分野の作業委員会において、室に係るテーマ等について委員会メンバーとなり、その役割も担っている。

また、特定計量器に対する電磁環境試験に関する JIS 開発調査研究事業を主導し、その試験方法の標準化作業のための調査を実施した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】特定計量器の基準適合性評価、OIML、医療用計量器、環境計量器、電磁環境試験

【テーマ題目44】法定計量業務及び計量標準供給業務

【研究代表者】上田 升三

（計量標準技術科 校正試験技術室長）

【研究担当者】田中 彰二、田中 洋、上田 雅司、西川 賢二、戸田 邦彦、浜川 剛、

（常勤職員7名）

【研究内容】

当科が担当する基準器検査（特級基準分銅、基準はかり、長さ計、ガラス製温度計、圧力計、浮ひょう、ガラス製体積計）2560件及び計量器の型式承認試験（抵抗体温計、電子血圧計）93件、比較検査（酒精度浮ひょう）16件、及び依頼試験（ガラス製体積計、標準球）7件を品質マニュアル（技術マニュアル）の適正な運用を図りつつ実施した。また、JCSS 長さ計分科会、体積計分科会、密度計分科会及び JIS 規格（ピペット、液体及び固体の密度及び比重の測定方法）の作成・改訂にむけての分科会等に参画した。

[分野名] 標準・計測

[キーワード] 法定計量、計量標準供給

[テーマ題目45] 長さゲージへの標準供給に関する研究

[研究代表者] 堀田 正美 (計量標準技術科長)

[研究担当者] 浜川 剛 (常勤職員2名)

[研究内容]

リングゲージ及びプラグゲージ校正について産業界が要求する0.1 μm 以下の不確かさ実現のために不確かさ向上作業を進めた。三次元測定機の標準球への標準供給を開始した。依頼試験実績は6件 (標準球6件) であった。標準球の国際比較の翌年度実施に向けて検討を開始した。

[分野名] 標準・計測

[キーワード] 長さゲージ

④【計測フロンティア研究部門】

(Research Institute of Instrumentation Frontier)

(存続期間：2004. 4. 1～)

研究部門長：秋宗 淑雄

副研究部門長：山田 家和勝、山内 幸彦、

大久保 雅隆

主幹研究員：高坪 純治

所在地：つくば中央第2

人員：53名 (53名)

経費：604,966千円 (317,243千円)

概要：

本研究部門は、産業分野における製品開発等において、共通基盤となる先端計測分析技術に関するフロンティア開拓を進めている。併せて、知識開拓を基にした規格化・工業標準化への貢献や、ツール開発を基にした将来的な標準の創出に繋がる研究開発を視野に入れて展開している。

平成22年度は、5つの重点課題を「先端計測分析基盤技術の開発」、「先端計測分析機器の公開」、「工業標準化・適合性評価」の3つに整理し、科学技術基本計画に沿った研究として「国力の源泉を創る」と「健康と安全を守る」の理念に基づき、先端計測技術開発を行った。

平成17年度に新たに1グループを設立後、4月に2グループを1グループに統合し、6月から1グループを新センター設立のために送り出したため、現在は8の研究グループ (以下 RG と略記) 体制で研究を推進している。重点目標と重点課題、担当研究グループは下記の通りである。

【目標1】先端計測分析基盤技術の開発

重点課題1 有機・生体関連ナノ物質の状態計測技術の開発 (超分光システム開発 RG、光・量子イメージング技術 RG、活性種計測技術 RG、ナノ標識計測技

術 RG)

有機・生体関連ナノ物質の「検出同定技術」では、飛行時間型質量分析のために、従来型イオン検出器の性能を凌ぐ超伝導ナノストリップ分子検出器を開発し、時間分解能1ns を実現した。複数のバイアス点で測定したデータを演算することにより、通常分子検出器では不可能なイオン価数を識別できることを明らかにした。さらに、従来不可能であった分子量に依存しない100%の検出効率と質量分解能10,000以上を両立できる可能性を示した。

「構造解析技術」では、放射光の偏光可変アンジュレータを光源とした真空紫外円二色性計測において、生体分子アラニン薄膜について、波長140nm 以下まで円二色性測定に成功した。

「空間分布計測技術」では、強制的に気管内注入されたラットの肺組織中のカーボンナノチューブの高分解能 TEM 観察を可能にした。さらに、フッ素標識化合物をカーボンナノチューブにより内包させる標識化合物を開発し、 μg オーダーのカーボンナノチューブの検出を可能とし、NMR イメージングへの応用の可能性を拓いた。

重点課題2 ナノ材料プロセスにおける構造・機能計測及びその統合的な解析技術の開発 (活性種計測技術 RG、ナノ移動解析 RG、光・量子イメージング技術 RG、極微小陥評価 RG、不均質性解析 RG)

ナノ材料プロセスにおける「構造・機能計測」では、過渡吸収分光技術を基に構築した超高速分光システム開発では、ピエゾスキャナーによって高精度にチップの位置を制御できる機構を取り付けたことと、チップの開口をこれまでより小さくし (径約60nm)、高分解能化に成功した。また、陽電子欠陥計測により、次世代色素増感太陽電池デバイスにおいて、電解液が電流生成に及ぼす効果を明らかにした。また、陽電子欠陥計測により、ジルコニアナノ粒子と高分子のハイブリッド材料において、屈折率異常とナノ空隙の信号強度とが相関しており、ナノ空隙が屈折率低下の要因であることを明らかにした。

「総合的な解析技術」では、異種の測定データ取得から統計解析処理およびその結果の保存・参照まで一元的に実行可能なソフトウェアを構築し、大量のデータに空間位置情報を付加したのち、データに含まれるスパイクノイズを除去し、マッピングデータの各種解析をシームレスに実行可能とした。また、NMR スペクトルデータベースにおいて、化学シフト値の測定誤差が0.01ppm 以下という世界最高水準の高分解能データベースを構築した。さらに、2次元 X 線回折イメージを、結晶構造解析に適した1次元回折パターンに変換することができるソフトウェアを (PIP: Powder pattern analyzer for Imaging Plate) を開発し、粉末 X 線回折法による構造予測技術を確立した。

重点課題3 インフラ診断技術の開発（構造体 RG、極微欠陥評価 RG、光・量子イメージング技術 RG）

レーザー超音波可視化検査技術では、その場で動画映像を観察しながら探傷できる手法を開発し、監視領域50m²にある1mm サイズの傷を1個の探触子で検出できることを確認した。超音波伝搬の映像化方法に関しては、規格化提案（TS、標準仕様書）を行い「励起用レーザー走査による超音波伝搬の映像化方法」TS Z0028として公開された。

X線源・断層解析技術に関しては、針葉樹型カーボンナノ構造体を利用したヒーター・フィラメント不要な可搬型高エネルギーX線源を開発し、高エネルギー化、高出力化、小焦点サイズ化を実現した。

【目標2】先端計測分析機器の公開

重点課題4 材料評価のための先端計測及び分析機器開発（活性種計測技術 RG、超分光システム開発 RG、極微欠陥評価 RG、光・量子イメージング技術 RG、ナノ移動解析研究グループ）

「原子スケールの欠陥検査」では、電子加速器からの電子ビームを用いて、高強度の低速陽電子ビームを発生し、30マイクロメートル以下の径の陽電子ビームを発生させ、3次元の極微欠陥分布のイメージングに成功した。

「X線イメージング」では、ピコ秒 X線パルスによるリアルタイム血管造影、屈折コントラスト法による卵巣摘出マウスの病状撮影に成功し、医療応用へ展開の可能性を見出した。

「X線構造解析」では、微量軽元素の原子スケール構造解析を行うために、軟 X線領域蛍光収量 X線吸収分光装置として、超伝導分光素子、電力の投入だけで0.3K が得られる極低温冷凍機、サンプルチャンバー、多チャンネルデジタル信号処理装置からなる分光システムを構築し、放射光ユーザーに公開可能とした。自主開発の先端計測機器、データベース構築に使用している装置、計測デバイス開発のための微細加工プロセス装置群を「先端機器共用イノベーションプラットフォーム」を通じて公開し、広く所外からも使用可能とした。

【目標3】工業標準化・適合性評価

重点課題5 物質の分析・評価技術の開発と標準化（構造体診断技術 RG、活性種計測技術 RG、不均質性解析 RG）

マグネシウム材料を取り扱う上で問題となる酸素含有量の分析方法について、国際規格（ISO/TC79/SC5「軽金属および合金」）提案するために、不活性ガス融解ー赤外線検出法をマグネシウムに最適化した分析条件を探索した。

原子間力顕微鏡（AFM）について、ISO の国際規格提案 AWI13095 に沿った作業原案（Working Draft:WD）を ISO/TC201表面化学分析専門委員会に

関係するエキスパートに回覧して委員会ドラフト（Committee Draft:CD）としての登録するための作業を行った。

電子スピン共鳴（ESR）計測装置の校正を行う内部標準試料開発では、極安定ラジカルをフッ素系溶媒に溶解して、種々の溶媒中での極安定ラジカルの挙動を調べた。

外部資金：

経済産業省受託

「微細形状計測」

文部科学省受託（原子力）

「照射誘起欠陥の動的挙動評価のための高度複合ビーム分析技術の開発」

「軟 X線領域における蛍光収量分光分析法に関する研究」

NEDO 受託研究費

「革新的部材産業創出プログラム／超ハイブリッド材料技術開発（ナノレベル構造制御による相反機能材料技術開発）」

「戦略的国際標準化推進事業／標準化先導研究／SIMS（二次イオン質量分析法）装置のイオン検出器に関する標準化」

「平成22年度戦略的国際標準化推進事業／標準化研究開発／マグネシウム地金・合金中酸素の分析方法に関する標準化」

財団等受託研究費

「多孔質媒体中におけるガスハイドレート自己保存効果」

「高速過渡分光による有機太陽電池における電荷生成ダイナミクス計測：電荷生成から電荷収集まで」

「CNX 冷陰極 X線管特有真空環境の最適化及び X線発生装置の開発」

「活性酸素を利用したディーゼルパティキュレートセンサの開発」

科研費補助金

「フェムト秒分光による界面電子移動反応におけるプラズモン増強効果の機構解明」

「質量顕微鏡による高空間分解能分子動態解析位相制御レーザーによる固体表面粒子放出現象の量子制御」

「溶液ジェット法による糖薄膜の製膜と真空紫外円二色性データベースの構築」

「超伝導ナノストリップライン分子検出器による巨大分子質量分析」

「レーザーコンプトン準単色 X線マルチパルスの生成

と動的医用イメージングへの応用」

「大気陽電子顕微鏡の開発」

「準単色 LCS-X 線と標的指向性 DDS を組み合わせた相乗的癌治療効果に関する研究」

「加速器を用いた光子誘起陽電子消滅法による非破壊材料評価法の開発」

「超低エネルギーイオン注入によるシリコン半導体極浅接合形成実用化技術の開発」

「デュアルピーク FBG センシングシステムの開発」

「表面脱離有機分子の新規ソフトイオン化法の開発：高感度イメージング質量分析への展開」

「錯体水素化物のリチウムイオン伝導圧力依存と構造の相関による伝導パス形成因子の解明」

「振動子による二種混合気体の粘性計測」

「複合材料の超音波非接触映像化探傷技術に関する研究」

研究補助金

「高真空中におけるイオン液体のエレクトロスプレーを用いた正負両極性を選択可能な高収束性クラスターイオンビーム源の開発ならびに二次イオン質量分析 (SIMS) への展開」

発 表：誌上発表107件、口頭発表306件、その他22件

活性種計測技術研究グループ

(Active State Technology Research Group)

研究グループ長：野中 秀彦(平成22年9月30日まで)

中村 健 (平成22年10月1日から)

(つくば中央第2、第4、第5)

概 要：

表面・界面・薄膜は典型的なナノ材料であり、機能性素子の要素として現代社会の基盤である種々の大規模システムを構築している。当グループでは、反応性の高い活性種が重要な役割を果たすこれらナノ材料及びその作製プロセスに関わる計測・解析・評価技術の研究開発を進めている。前者に関しては、光や電子、イオンなどのプローブによってナノ材料から選択的・特異的に発生する信号を高感度・高精度に検出・分析・評価する分光法・光学的手法、質量分析法、各種顕微鏡法の分野で研究開発を進めている。後者に関しては、真空中に代表されるよく制御された空間におけるナノ材料作製プロセスの巨視的・微視的状态をモニターする計測・解析・評価技術の研究開発を進めている。

特に今年度は、広範な時間及び波長範囲で測定を行なう過渡吸収分光法の精度・感度等の大幅な改良の実現、これら時間分解分光法に付与する空間分解能を高度化するための走査型近接場光学顕微鏡 (SNOM) 技術の開発、二次イオン質量分析法 (SIMS) の高感度化に向けたスパッタ中性粒子質量分析法

(SNMS) 用のレーザイオン化技術の開発、イオン顕微鏡技術の高度化に対応するための位相制御レーザーを用いた物質制御技術の開発、及び関連する表面・界面・薄膜のプロセス及び計測・解析・評価技術の研究開発を行なった。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目4、テーマ題目12、テーマ題目14

超分光システム開発研究グループ

(Super-Spectroscopy System Research Group)

研究グループ長：小池 正記

(つくば中央第2)

概 要：

急速に高度化する産業分野、科学技術分野において、従来の分光分析手法の限界を越える性能の実現が必要不可欠になっている。分光法とは、ある軸(変量)に対して物理量(測定法が規定できるもの)の変化を測定する手法で、その分光精度限界の革新的向上、新たな分光軸の追加は、我々が認知、分析できる観測対象の拡大を意味している。先端分析機器開発に必要な不可欠な要素技術として、極低温環境で動作する超高感度の超伝導分光センサーの開発を行うとともに、要素技術を統合した超分光先端分析機器開発を推進する。

生体高分子等のようなナノ粒子と X 線光子といった光量子を観測対象として、二原子分子といった低分子から非共有結合タンパク質複合体のような数 MDa までの広い分子量範囲を分析対象とする。従来の質量分析の原理的制限を越える質量分析性能や、超精密な元素の分離を軟 X 線領域で可能とする光子分光性能を実現する。このような性能を、タンパク質凝集関連疾患の凝集メカニズム解明などに活用する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目8

ナノ移動解析研究グループ

(Nano-Dynamics Analysis Research Group)

研究グループ長：後藤 義人

(つくば中央第5)

概 要：

次世代産業における有望な材料の研究開発あるいは化学物質の安全安心な取扱い指針の確立のため、固体 NMR (核磁気共鳴)、X 線構造解析等の手法を中心に、主に固体の化学結合状態、原子配列・分子配向状態の解析および相の識別・同定に関する高度な計測解析評価技術を用いて、物質の重要な知見である構造・状態変化、イオン・分子種の移動現象の機構解明などを目的とした研究をおこなっている。とりわけ、環境・エネルギー分野において重要な次世代高性能エネルギー材料の開発のために、結晶構造、イオンの拡散機構および構造相転移等の現象を正確に評価する基盤技術の

開発および知識の体系化を進めており、グリーンイノベーションの創出に向けた貢献を目指している。また、高密度エネルギー化学物質の状態変化に関連する実験的構造データから安全性を定量的に評価あるいは予測するために計算化学の利用開発を目指した研究では、温度・圧力変化による構造変化を分光測定、X線回折測定等を用いて解析ならびに推定する手法の構築を進めている。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目9

構造体診断技術研究グループ

(Structural Health Monitoring Research Group)

研究グループ長：津田 浩

(つくば中央第2)

概 要：

構造体に生体神経網に倣った損傷検知・診断機能を付与することを究極の目標として、超音波、またはFBG (Fiber Bragg Grating) 光ファイバセンサを利用した構造体健全性評価システム技術の研究開発を進めている。

FBG センサは超音波検出における従来センサである圧電素子に替わるセンサとして期待されているが、これまで温度やひずみ変動下での超音波検出は極めて困難とされてきた。当グループではひずみや温度変化においても超音波検出が可能なシステムを新たに開発した。今後、同システムを実構造物の超音波検査に適用し、システムを改良する。また、超音波が伝わる様子を映像として観察しながら検査できる超音波可視化探傷技術の研究も進めている。レーザーは非接触で高速走査が可能なので、従来、検査が困難であった狭あい部や表面凹凸部などの検査を迅速に行うことができる。また、映像による分かりやすい検査であることから、欠陥エコーの見逃しや誤認の防止にもつながる。現在、超音波映像化装置を試作し、3次元任意形状物体表面を伝わる超音波を映像化できることを確認するとともに、き裂や腐食、はく離等を模擬した人工欠陥を有する試験体を伝わる超音波を映像化し、航空宇宙機器や工業プラントの欠陥検査への適用性を検討している。

研究テーマ：テーマ題目10

不均質性解析研究グループ

(Inhomogeneity Analysis Research Group)

研究グループ長：兼松 渉

(中部センター)

概 要：

非石油由来の高分子材料や排ガス浄化用触媒材料などグリーンイノベーションに資する新材料およびそのプロセスの設計指針を明らかにするために、系統的な計測とそのデータの解析により新知識の獲得・体系化

を図る。具体的には、材料機能発現のために意図的に導入された不均質性（例えば、マトリクス中に分散されたナノ粒子の分散・化学結合状態などの空間ゆらぎや結晶構造の場所による違いなど）に注目し、これらと材料機能との間の関係を定量的に記述することを目指す。研究手段としては、分光学的手法等を用いて原子・分子レベルからサブミリサイズまでの異なるスケールでの計測を行い、各種統計理論などによる解析を行って、どのスケールの因子が他の因子とどのように関連しながら機能発現を支配しているかを明らかにする。本年度は相関解析理論に基づいて異なるスケールでの計測データ間の関係を明らかにするヘテロ相関解析手法の開発に着手した。また一部の計測手法については JIS/ISO 等の工業標準提案に向けたデータ整備のための基盤的研究を行い、本年度は転動部材用窒化ケイ素の転動疲労試験手法について ISO 規格の委員会原案 (CD) 提案を行った。

研究テーマ：テーマ題目11、テーマ題目13

光・量子イメージング技術研究グループ

(Quantum Radiation Research Group)

研究グループ長：豊川 弘之

(つくば中央第2)

概 要：

優れた特徴を有する高輝度光・量子源を開発し、これを用いて物質の持つ様々な情報を選択的に抽出・制御するための独自のイメージングツールを開発・実用化し、その普及を図ることにより、計測機器産業の振興と科学技術の進展に貢献する。特に小型電子加速器技術の高度化を進め、これをベースに、高性能光・量子源の開発・小型化を進める。光・量子を用いた表面化学反応の動的計測、生体原子・分子の構造解析・機能ダイナミックスの追跡等のイメージング技術の開発及び信頼性向上の研究を行い、計測システムとして確立することを目指す。さらに次のステップとしてはこれら各種イメージング技術を産業計測技術としてユーザーに供給するとともに、計測システムの一層の小型・高性能化と信頼性向上により on-site システムとして実用化し、計測機器産業の振興に寄与する。また新たな科学技術分野を開拓するためのツールとして、更なる機能を付与し、複合化した高度なイメージングシステム開発を進める。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目6

極微欠陥評価研究グループ

(Advanced Defect-Characterization Research Group)

研究グループ長：鈴木 良一

(つくば中央第2)

概 要：

先端デバイスや高機能材料の開発では素子や材料中

の原子レベル～ナノレベルの欠陥や空隙がその特性に大きな影響を及ぼすため、これらの極微構造を詳しく分析・評価できる技術が望まれている。そこで、当研究グループでは高品質の陽電子ビームやイオンビームを発生し、これらを計測プローブとした新しい極微構造評価技術の開発を行っている。陽電子ビームを用いた材料評価技術については、電子加速器で発生した高強度短パルス陽電子ビームを用いた新しい物性計測技術として、陽電子マイクロビームを薄膜真空窓を通して大気に取り出し、大気中で深さ方向の欠陥分布を測定できることを実証した。また、次世代の陽電子ビーム源のための超伝導電子加速器の整備を進めた。陽電子発生用電子加速器の技術を応用して非破壊検査用の超小型 X 線源の開発を行い、針葉樹型カーボンナノ構造体を用いたバッテリー駆動 X 線源及び検出系の開発を進めるとともに、この X 線源を用いた3次元 X 線イメージング装置の開発を開始した。

研究テーマ：テーマ題目 7

ナノ標識計測技術研究グループ

(Nanolabelling and Measurement Research Group)

研究グループ長：小野 泰蔵

(中部センター)

概要：

ナノテクノロジーの健全な発展を促すため、ナノ物質についての適切な計測評価技術の開発を行い、ナノ物質の生体安全性に関する基礎的データを取得することを目的としている。具体的には、産業界で大量に使用されることが想定されるカーボンナノチューブ (CNT) 類やフラーレン類などのナノ物質を研究の中心課題としている。こうしたナノ物質は、従来の有機化合物や無機化合物の概念の中間的な性質を有しており、これまでの一般的な計測手法では生体内に取り込まれた状態で計測することは極めて難しく、有効な生体内分布計測手法が存在しない。当研究グループでは、ナノ物質を感度良く測定するためのナノ標識手法を開発し、動物へ暴露したときの生体内移行性を含めた動態解析を行うとともに主要臓器へのナノ物質の生体影響評価を行うための生体イメージング手法の開発研究を行う。また、ナノ物質の分散化、分析、分級、標品調製などのナノ物質評価を支援する基礎技術開発も同時に進める。こうして得られた結果を総合的に検討し、ナノテクノロジーへのアレルギーや安全性への過信などが起こらないよう適切なリスク評価に資する情報を発信する。尚、今後は癌診断用のイメージング技術への展開も図る。

[分野名] ナノテクノロジー・材料・製造及び、ライフサイエンス

[キーワード] カーボンナノチューブ、リスク評価、生体イメージング

----- [テーマ題目 1] 超伝導ナノデバイスの質量分析機器への応用

[研究代表者] 小池 正記

(超分光システム開発研究グループ)

[研究担当者] 大久保 雅隆、浮辺 雅宏、志岐 成友、高橋 勝利、小池 正記、千葉 薫、鈴木 宏治、北爪 達也

(常勤職員5名、他3名)

[研究内容]

生体ナノ物質を質量分析で検出同定するために重要な分子検出器に、ナノ構造を有する超伝導体を応用し、超伝導ナノストリップ線検出器 (SSLD) と名付けた。ナノ秒の時間分解能と、分子量に依存しない検出感度が期待できるものがある。従来数10 μm 角しかなかったナノ構造検出器のサイズを、1mm まで拡大しても、時間分解能1ns が得られる検出器構造を提案し、実際に実験でこの性能を確認した。上記と並行して、SSLD の分子検出特性と動作条件の関係を系統的に測定した。MALDI イオン源で、リゾチム分子 (酵素、14305Da) をイオン化すると主に、1価と2価イオンが生成される。SSLD を動作させるために必要なバイアス電流を変えて、複数のバイアス点で測定したデータを演算することにより、通常の分子検出器では不可能なイオン価数 (イオンの運動エネルギー) を識別できることを明らかにした。これにより、従来質量電荷数比 (m/z) しか測定できなかった質量分析において、イオン価数毎の質量スペクトルを取得可能とする道筋をつけた。

[分野名] 標準・計測

[キーワード] 質量分析、TOF-MS、MALDI、ESI、生体分子、超伝導デバイス

[テーマ題目 2] 多階層制御材料の多元的動的計測・解析技術に関する研究

[研究代表者] 野中 秀彦

(活性種計測技術研究グループ)

[研究担当者] 野中 秀彦、鈴木 淳、中永 泰介、永井 秀和、大村 英樹、中村 健、加藤 隆二、古部 昭広、後藤 義人、林 繁信、山脇 浩、藤久 裕司、竹谷 敏、小島 奈津子、兼松 涉、丸山 豊、新澤 英之、鈴木 良一、木野村 淳、大島 永康、豊川 弘之、渡辺 一寿、安本 正人、池浦 広美、小川 博嗣、小池 正記、山内 幸彦、本田 一匡 (常勤職員27名、他1名)

[研究内容]

本課題では、今後、様々な産業分野における実用化が予測される有機・無機の不均質物質からなるナノ・マクロ多階層制御材料の開発に必須となる、多元的な計測手

法によって得られたデータを統合的に解析する技術の開発を行う。そのために、本年度は、当部門の独自のナノ構造等計測技術の高度化を目指し、以下の要素技術の開発を進めるとともに、各要素技術のデータを統合的に解析する手法の開発に着手した。1) 材料の組成分析に用いる質量分析法を高感度化するために、レーザーイオン化によるスパッタ中性粒子質量分析法 (SNMS) の高度化を進めた。真空紫外光 (波長118nm) による一光子イオン化によりフラグメントイオンの生成を抑制し、検出感度を一立方センチあたり約100,000分子から10,000分子に向上させ、検出限界濃度を1/10引き下げることを実現した。2) 光電子顕微鏡については従来のシステムでは計測できなかった高機能材料の劣化等による仕事関数の変化を微視的に観察するために、真空紫外光源 (エキシマランプ; 波長146nm) を励起光として導入し、新システムにおいてイメージング取得ができることを確認した。3) 陽電子寿命測定を様々な条件下で行うため、陽電子ビームの真空からの取り出し窓を製作し、大気中でエネルギー可変陽電子ビームによる陽電子寿命測定ができることを実証した。4) 固体酸触媒材料の触媒機能に重要な役割を果たす界面領域の水酸基を固体 NMR により調べ、状態分析と濃度の定量を非破壊で行った。固体酸触媒としてゼオライトを対象とした。空気中の水分を極めて容易に吸収するため、試料から水分を完全に除去した後、雰囲気完全に制御した状態で取り扱い、水分の影響のない NMR スペクトルを測定することができた。5) 二次元相関解析法を異なる二つの計測手法に適用するヘテロ相関解析法の開発に着手した。錠剤の打錠圧をパラメータとして X 線回折スペクトルと溶出曲線との相関を調べた結果、打錠圧の増加によって錠剤に含まれるセルロースのアモルファス相が増加して気孔率が低下し、溶解速度が低下することが明らかになった。

【分野名】標準・計測

【キーワード】多元的計測、レーザーイオン化、固体 NMR、光電子顕微鏡、フォトカソード、陽電子ビーム、相関解析

【テーマ題目3】小型加速器と標的指向 DDS による癌治療の基礎研究

【研究代表者】豊川 弘之 (光・量子イメージング技術研究グループ)

【研究担当者】黒田 隆之助、山口 映理子、豊川 弘之、安本 正人、池浦 広美 (常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

少子高齢化が進む中で日本人の死因別死亡率のトップは癌 (悪性新生物) であり、その割合は年々増加している。そのため低侵襲の革新的癌診断および治療技術の開発が求められている。そこで、癌病巣の早期発見や、非侵襲で効果的な治療法の開発、およびそれらの普及を図

ることを研究目的とした。具体的には、標的指向性ドラッグデリバリーシステムを用いて、悪性腫瘍に薬剤を効果的に集積させ、小型電子加速器を用いて発生したレーザーコンプトン散乱 X 線を照射することで、癌の早期発見や治療効果の向上を図る方法について研究する。今年度は、金や白金に対して特に吸収効率が高く、人体への侵襲が少ない X 線を開発することを目標とした。

【分野名】標準・計測

【キーワード】X 線、ドラッグデリバリーシステム、レーザーコンプトン散乱

【テーマ題目4】ナノ計測ファシリティの公開のための整備

【研究代表者】浮辺 雅宏

(超分光システム開発研究グループ)

【研究担当者】大久保 雅隆、浮辺 雅宏、志岐 成友、高橋 勝利、小池 正記、千葉 薫、鈴木 宏治、北爪 達也 (常勤職員5名、他3名)

【研究内容】

超伝導検出器搭載イオン価数弁別 MALDI TOF 質量分析装置他、質量分析装置3台とジョセフソン接合作製装置を公開のために整備した。その上で IBEC センターに登録・公開を開始し、外部からの利用希望に対応した。

【テーマ題目5】温度可変条件下における位相差 X 線イメージング計測および評価手法の確立

【研究代表者】竹谷 敏 (ナノ移動解析研究グループ)

【研究担当者】竹谷 敏、山脇 浩、藤久 裕司、後藤 義人 (常勤職員 4名)

【研究内容】

位相コントラスト X 線イメージング計測手法は、密度分解能において他の X 線イメージング手法よりも高感度であり、中でも X 線干渉法は特に密度分解能が高い。しかし X 線干渉法は、光学系が非常に測定環境の変動に敏感で、かつ機械的な振動を極力避けなければならないため、温度変化など特殊環境下での測定への応用は困難とされてきた。そこで本研究課題では、位相コントラスト X 線イメージング (X 線干渉計測定、屈折コントラスト測定) 法において唯一、温度可変環境下での測定を実現可能にすることに開発目標をおいた。22年度は、温度制御機構を改良し、温度制御精度 $\pm 1\text{K}$ を実現した。これにより、温度揺らぎに起因する測定対象の密度変化を抑えることが可能となり、従来よりも高い密度分解能 (数 mg/cm^3) での温度可変測定が可能となった。今後、同手法の密度分解能を正確に評価することにより、より高精度な X 線イメージング手法としての確立を目指している。

【分野名】標準・計測

[キーワード] 位相コントラスト X 線 CT、X 線干渉計測定、屈折コントラスト測定、温度制御

[テーマ題目 6] 生体分子の吸着構造解析のための円二色性光電子分光法の新規開発

[研究代表者] 田中 真人 (光・量子イメージング技術研究グループ)

[研究担当者] 田中 真人、渡辺 一寿
(常勤職員2名、他0名)

[研究内容]

アンジュレータからの偏光放射光を用いず、ランプ等の汎用光源によっても真空紫外域において円二色性スペクトルの計測が可能な小型装置を開発するために、本年度は円偏光発生装置の設計と製作を行った。従来の透過型光学系ではなく、反射型光学系を応用することで、従来よりも短波長領域 (波長140nm 以下) でも円偏光発生装置の設計を行った。真空紫外域においてもスペクトル計測に十分な透過率、円偏光度、偏光変調周波数を達成できる円偏光発生装置の光学条件をシミュレーションし、その結果を基にした装置設計と製作に成功した。この結果などから本装置に関して特許を一件出願した。

[分野名] 標準・計測

[キーワード] アンジュレータ、円二色性、真空紫外、円偏光、生体分子

[テーマ題目 7] 超伝導加速器を用いた低速陽電子発生技術の高度化

[研究代表者] Brian O'Rourke
(極微欠陥評価研究グループ)

[研究担当者] Brian O'Rourke、鈴木 良一、大島 永康、黒田 隆之助、木野村 淳、大平 俊之、峰原 英介、林崎 規託
(常勤職員 6名、他 2名)

[研究内容]

本課題では、産総研の低速陽電子ビームラインのビーム強度を高める目的で研究を行っている。これまで、当施設では、常電導直線電子加速器 (リニアック) を用いて高強度低速陽電子ビームを発生してきた。近年陽電子ビームをマイクロビーム化することにより陽電子プローブマイクロアナライザーの実用化に成功したが、最近、低速陽電子ビームによる材料評価の依頼件数が増えてきており、測定速度を上げる必要性がでてきた。このため、高パルスレートの低速陽電子ビームを発生できる陽電子発生専用超伝導加速器の開発を始めた。

超伝導加速器を用いることで電子のパルスと陽電子のパルスを同一の周波数にでき、陽電子ビームの輸送効率を改善できる。陽電子寿命測定のために行う陽電子ビームのパルス化は超伝導加速器と同期をとれる RF パンチャーで行えるので、現在用いている陽電子ビームのパルス・ストレージとチョッパーが不要になる。

H22年度は、超伝導加速空洞を産総研の加速器室に搬入して、クリーンブースを設置したり真空系を整備したりするなど、超伝導加速器立ち上げ作業を行った。また、電子ビーム加速及び陽電子発生シミュレーションを行い、陽電子ビーム発生最適条件を探った。

[分野名] 標準・計測

[キーワード] 陽電子発生、超伝導加速器、低速陽電子ビーム、陽電子消滅、陽電子寿命測定

[テーマ題目 8] 軟 X 線領域 X 線吸収分光 (XAFS) 装置の公開に向けた整備

[研究代表者] 小池 正記
(超分光システム開発研究グループ)

[研究担当者] 大久保 雅隆、浮辺 雅宏、志岐 成友、小池 正記 (常勤職員4名、他0名)

[研究内容]

超伝導技術を用いた分析機器開発においては、先端半導体材料等の機能発現に重要な微量軽元素不純物 (B, C, N, O など) のナノスケール局所情報計測を可能にする、超伝導分光素子を搭載した2keV 以下の軟 X 線蛍光収量 X 線吸収分光装置を開発した。エネルギー分散分光用の超伝導アレイ検出器 (図2-4-3)、信号処理系、電力の投入だけで検出器の動作に必要な0.3K の極低温が得られるクライオスタットからなっており、半導体検出器の理論限界を5倍程度上回る分光性能を実現している。検出器構造や信号処理系の最適化により半導体の10倍の分解能と1M 光子/秒の高計数率を実現し、微量軽元素の蛍光収量 X 線吸収スペクトル測定を可能とすることを目標として整備を進めた。

[分野名] 標準・計測

[キーワード] X 線分析、特性 X 線、X 線吸収分光、超伝導デバイス

[テーマ題目 9] ナノ材料における構造解析と機能評価に関する基盤研究

[研究代表者] 後藤 義人
(ナノ移動解析研究グループ)

[研究担当者] 後藤 義人、藤久 裕司、山脇 浩、竹谷 敏、林 繁信 (常勤職員5名)

[研究内容]

エアバッグを膨らませるためのガス発生剤の一種である5-アミノテトラゾール (5-ATZ) の結晶構造解析を行い、斜方晶系の空間群に属する構造を明らかにした。量子化学計算による分子動力学シミュレーション (MD) によって高温高圧下で5-ATZ 分子が分解し、窒素ガスが生成される過程を確認することができた。また、ガスハイドレートについては、力場計算による MD を行った。メタノール、エタノールなどの OH 基を含むゲスト分子について調べたところ、それらの OH が水分子の水素結合ネットワークに割り込んで新たな水素結合を

作り、分子回転が抑制されるということを見出した。さらに、これらの物質の構造および運動状態についてのデータベース化を進めている。

一方、リチウムイオン二次電池の電極材料として利用されている炭素材料では、グラファイトの全グラフェン層間にリチウムイオンが挿入された第1ステージ化合物 (LiC_6) が有名である。本研究課題では、力場計算によりその構造再現性をチェックし、実験値と近い値の格子定数が得られることを確認することができた。これに基づき、未知構造物質である Li がグラフェン層間に2層おき、3層おきに入った第2ステージ化合物 (LiC_{12})、第3ステージ化合物 (LiC_{18}) についての構造推定を行った。また、高容量なリチウムイオン電池電極材料として有望視されている $\text{TiO}_2(\text{B})$ について、 Li イオンの挿入量に応じて異なる Li イオンの占有する結晶学的サイトを調べるとともに、格子定数の変化を推定した。これらの推定された構造について、中性子回折実験により報告されている結晶構造との一致を確認することが出来たため、本研究課題において開発している結晶構造推定技術の手法は、確度が高く、将来の材料開発に十分に役立つことが可能であることが明らかになった。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 高圧、粉末 X 線回折、結晶構造解析、分子動力学

【テーマ題目10】 非接触法による超高温熱膨張計測装置の開発と参照試料のデータ取得

【研究代表者】 岩下 哲雄

(構造体診断技術研究グループ)

【研究担当者】 岩下 哲雄 (常勤職員1名)

【研究内容】

アルミナに代表される耐火物の熱膨張の試験方法は、JIS R2207法にて規格化されている。この方法は、レーザーマイクロゲージ (LMG) を用いた非接触法 (第1部) と支持管および検出棒の材質にアルミナセラミック等を用いた接触法に (第3部) に分類される。この規格における現存する参照データは2000℃が上限温度であった。平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業 (通称: サポイン事業) において、熱膨張係数の比較的小さいグラファイト材料を支持管および検出棒に利用した2800℃まで接触法で熱膨張を計測できる装置を製作した。しかしながら、超高温であるがゆえに、電気炉内から計測系との温度勾配も大きいと、サンプルだけの熱膨張を正確に捉えるには、上述の規格の非接触法による熱膨張計測を導入する必要があった。そこで、平成22年度は、製作した装置にレーザーマイクロゲージ (LMG) を用いた非接触法を導入できるように改良を行った。レーザーマイクロゲージの光軸を妨げないように、発熱体と差動トランスによる接触法のジグを設置できるように設計した。この炉内の構成について、特許出願を行った。実際に、

この開発した装置で2400℃までの熱膨張の計測に成功した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 高温物性、熱膨張、非接触法、接触法、耐火物、カーボン材料

【テーマ題目11】 都市鉱山からのリサイクル・レアメタルの品位評価に関する研究

【研究代表者】 柘植 明 (不均質性解析研究グループ)

【研究担当者】 柘植 明、森川 久、兼松 涉
(常勤勤職員3名)

【研究内容】

今後需要拡大が予想されるリサイクルレアメタル・レアアースについて金属・非金属不純物の分析方法の標準化のニーズを把握するための調査および予備実験をおこなった。調査の結果、レアメタルの多くは複合精練により得られており、いわゆる都市鉱山についても廃家電を複合精練サイクルに投入することによっておこなわれている。これらの複合精練技術を持つ企業は大企業がほとんどであり、その分析評価能力は高い。また、輸入量の増加に伴う品質問題についても、相対 (あいたい) 取引をおこなう輸出元と輸入元商社間で大きな紛争にいたらず解決されている現状である。しかし、今後浮上しそうな問題として以下の二点が明らかとなった。1) 金属業界の慣行として地金は非金属不純物 (酸素、窒素、炭素、ハロゲン、イオウなど) に関しては測定されないまま取引されているものがほとんどである。2) レアアース金属に関しては酸素の混入が大きな問題であり、例えば廃磁性合金部品を再製造で再使用する「合金リサイクル」は酸素の増加が磁性特性を劣化させるために、再度精練してから再利用せざるを得ない状況にある。

また、予備実験として市販のレアメタル・レアアース金属約30種類を入手し、酸素・窒素分析を試みた。その結果、約7割の金属は鉄鋼中の酸素分析に用いられる標準的な分析条件で測定可能であった。約2割の金属は温度条件を標準的な条件から変更する必要があり、残りの1割には、測定法に相当な工夫が必要と考えられるものがあり分析値が得られなかった (例えばストロンチウムは黒鉛ルツボの壁をはい上がってルツボの外にでる現象が観測されて測定値が得られなかった)。これらのことから、レアアース・レアメタルの非金属不純物分析にはまだ多くの研究要素が残されていることが明らかとなった。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 レアメタル、レアアース、分析方法、標準化、非金属不純物

【テーマ題目12】 実デバイス分光ナノイメージングのための探針散乱型 SNOM の開発

【研究代表者】 古部 昭広

(活性種計測技術研究グループ)

【研究担当者】古部 昭広、加藤 隆二、井藤 浩志
(常勤職員3名)

【研究内容】

これまでに開発を進めてきたフェムト秒過渡吸収顕微鏡の開発では、多光子励起を用いた検知装置の開発や走査型近接場光学顕微鏡 (SNOM) チップをもちいた有機結晶・金属ナノ粒子の測定を実現してきた。今後、太陽電池などの実デバイスの統合的測定・解析を展開していく上で、多角的な時間/空間分解イメージング技術は一つの重要な開発課題である。特に SNOM 技術は数 10nm の空間分解能を有し、ナノ材料における構造と機能の関係を分光情報から明らかにする上で欠かせない技術である。有機系次世代太陽電池などの半導体においては、励起子やキャリアの動的な拡散情報を構造と関連づけて明らかにすることが望まれており、本研究は、現在空間平均情報しか得ることができないため、研究開発の進展が思うように進んでいないデバイス開発研究の大きな後押しとなることが期待できる。単一ドメインの大きさは 50nm 程度であるので、数年後には、キャリアの生成過程 (効率や反応速度) のマッピングを機能発現の要素単位で高感度に行えるようにする。

今年度は、既存 SNOM 装置のヘッド部分を改良することによって、これまでの透過型の測定の高分解能化を行った。ピエゾスキャナーによって高精度に SNOM チップの位置を制御できる機構を取り付け、入射光の開口へのカップリング効率を大きく改善した。チップの開口についてもこれまでより小さくし (径約 60nm)、高分解能化に成功した。今後、時間分解測定システム構築を進めていく。さらなる高感度化と高分解能化を達成するため、探針に直接光を照射しその散乱光を検出する、いわゆる散乱型 SNOM 光学系の構築も進めていく。

【分野名】標準・計測

【キーワード】表面、過渡吸収、フェムト秒レーザー、電子移動、光電変換、ダイナミクス

【テーマ題目13】グリーンポリマー素材における材料構造の経時変化解析法開発

【研究代表者】西田 雅一

(不均質性解析研究グループ)

【研究担当者】西田 雅一、新澤 英之、丸山 豊、兼松 渉、大西 みよこ
(常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

ポリ乳酸などのグリーンポリマー素材の産業界での普及のために、用途に応じた生分解性や耐候性などの制御による高付加価値化を実現することを目的として、実使用環境下での材料構造および強度特性などの材料特性の経時変化を調べた。

具体的には、ポリマーブレンド系としてはポリ乳酸-

ポリεカプロラクトン (PCL) ブレンド及びポリ乳酸-ポリコハク酸ブチレン (PBS) ブレンドの2種類について、コンポジット系としては有機化クレイの含有量が異なる2種類のポリ乳酸ナノクレイコンポジットを、さらにポリ乳酸ホモポリマーを比較対照試料として、計5種類の樹脂を研究対象として選択した。それぞれの樹脂について、熔融延伸により3倍、4倍、6倍と延伸倍率の異なるモノフィラメントを作製し、サンシャインカーボンアーク灯式耐候性試験機により最高1000時間まで促進加速劣化試験を行った。

ポリ乳酸ホモポリマーでは3倍延伸や4倍延伸の場合、耐候試験後200時間で大きく伸び率が減少していたのに対して、6倍延伸では伸び率の減少はわずかで、引張強さもほとんど変化していなかった。共重合体の場合、PBS 共重合体ではホモポリマーと良く似た傾向を示していたが、PCL 共重合体では6倍延伸についても耐候試験後200時間で大きく伸び率が減少していた。ポリ乳酸ナノクレイコンポジットでは特に4倍延伸で伸び率の低下が小さくなっていったが、6倍延伸では逆に600時間乃至800時間で伸び率の低下が始まっていた。以上のように、強度特性については延伸倍率の大きい場合について、添加剤の影響が顕著に現れることがわかった。

【分野名】標準・計測

【キーワード】ポリ乳酸、共重合体、ナノコンポジット、熔融延伸、促進劣化試験

【テーマ題目14】フェムト秒レーザー技術を用いたパルスヘリウムイオン顕微鏡の開発

【研究代表者】大村 英樹

(活性種計測技術研究グループ)

【研究担当者】大村 英樹、山本 和弘、野中 秀彦
(常勤職員3名)

【研究内容】

走査型電子顕微鏡 (SEM) は汎用性の高い電子顕微鏡の一つである。SEM は解像度が高い利点があるものの、試料によっては照射する電子ビームによって試料がダメージを受ける。加えて SEM は試料を観察した際の映像において、材料の違いによるコントラストは必ずしも良くない。

ヘリウムイオン顕微鏡 (HIM) は、電子ビームの代わりに、尖った金属探針先端から高電界をかけることによりイオン化したヘリウムを使った走査型顕微鏡である。SEM で用いる電子ビームと異なりヘリウムイオン衝突時の試料進入長は浅く、HIM では発生する2次電子のエネルギーが低くなるため、低ダメージでの観察が可能となる。特に Low-k 材料 (次世代 LSI に必要な層間絶縁膜材料) のように軽い元素から成る材料の形状の観察に適していることから開発が進められた。現状の He イオン顕微鏡のイオン電流は 1~10pA であり、SEM の 1/1000の電流量ですむ。ヘリウムイオンは電子にくらべ

2次電子の発生が多いため少ない電流量でも十分な2次電子収率を達成し、ダメージを防いでいる。パルス化によりさらなる低ダメージ化が達成され、従来の電子顕微鏡での観察が困難であった有機材料、生物組織などの広い範囲で照射損傷が問題となる対象の観察が可能となる。

研究代表者はこれまでにフェムト秒位相制御光による分子操作技術の研究に従事し、気体分子を対象とした位相制御レーザーパルス (100fs, $\omega+2\omega$; 400nm+800nm, $10^{12}\sim 10^{13}\text{W/cm}^2$) による異方性光トンネルイオン化の量子制御とその結果として起こる分子配向操作 (配向分子選択イオン化) を世界に先駆けて実現した [研究代表者ら, Phys. Rev. Lett. 92, 113002 (2004)、研究代表者ら, Phys. Rev. Lett. 96, 173001 (2006)]。

位相制御レーザーパルスによる分子操作技術は、位相制御光という光の位相レベルで高度に制御された光パルスによって実現できる。高度に制御されたレーザー光を用いた新しい方法論に基づくオリジナリティーの高い分子操作技術であり、研究代表者が産総研において確立してきた世界先端技術である。これをパルスヘリウムイオンビーム源の開発に応用する。尖った金属探針に高電圧をかけることにより、金属探針の先端1原子でヘリウムをイオン化、集束性の優れたヘリウムイオンビームを発生させる。その際に、金属探針にフェムト秒位相制御レーザーパルスを照射することによって、フェムト秒の時間領域だけヘリウムイオンパルスを発生させる。

本年度は、ヘリウムイオン顕微鏡のコアの部分である電界イオン顕微鏡とフェムト秒位相制御レーザーパルスを組み合わせ、発生したパルスヘリウムイオンビームを詳細に調べるシステムを構築した。CCD カメラから取得したビデオ画像を数値化してリアルタイムで演算することのできるリアルタイム画像評価システムの作製を行った。

[分 野 名] 標準・計測

[キーワード] フェムト秒レーザー、パルスヘリウムイオン顕微鏡、電界イオン顕微鏡

⑤【計量標準管理センター】

(Metrology Management Center)

所在地：〒305-8563 つくば市梅園1-1-1 中央第3-9

人 員：29名 (20名)

概 要：

計量標準は円滑な国際通商を実現するために不可欠であり、さらに産業技術や研究開発の技術基盤であるとともに、環境・安全を評価するための技術基盤を与えるなど、国民の生活に密着したものである。

社会に必要とされる計量標準を的確に把握してその整備・普及の方向性を見出し、標準の供給を的確に行うとともに、計量標準に係わる活動の成果を社会に広く普及していく役割を担っている。

機構図 (2011/3/31現在)

[計量標準管理センター]

センター長 千葉 光一
総括主幹 金田 重保

[計量標準計画室]

室長 加藤 英幸 他

[標準供給保証室]

室長 岸本 勇夫 他

[標準物質認証管理室]

室長 野々瀬 菜穂子 他

[国際計量室]

室長 藤間 一郎 他

[計量研修センター]

センター長 小島 孔 他

計量標準計画室 (Metrology Planning Office)

(つくば中央第3-9)

概 要：

計量標準の開発や供給を欧米先進国並に充実させるため、研究実施部門と密接に連携して、計量標準整備計画の策定、維持、改善を図るとともに、講演会や成果発表会などの開催、報告書・モノグラフの発行などを通して、新しい計量標準に関する研究成果の発信を行っている。

また、計量標準に係る活動内容や研究成果などを広く普及するため、ホームページ、展示会出展、パンフレット等、様々な形態の広報・啓発普及活動の企画運営を行っている。

標準供給保証室 (Metrology Quality Office)

(つくば中央第3-9)

概 要：

産総研の成果である多岐にわたる物理系計量標準の供給事務 (申請書受付、証明書類発行など) を一元的に行うとともに、その信頼性を保証するために必要な ISO/IEC17025、ISO/IEC ガイド65に基づいた品質システムの支援業務を行う。

標準供給業務としては、次のものがある。

- ・ 特定計量器の検定、比較検査、基準器検査
- ・ 特定計量器の型式承認試験
- ・ 特定二次標準器の校正
- ・ 特定副標準器の校正
- ・ 技能試験参照値の付与
- ・ 研究開発品の頒布
- ・ その他計量に係わる試験・校正サービス

標準物質認証管理室 (Reference Materials Office)

(つくば中央第3-9)

概要：

産総研において研究開発された標準物質の頒布に関する事務を行うとともに、その品質を保証するために必要な ISO ガイド34、ISO/IEC17025に基づいた品質システムの支援業務を実施している。主な業務としては、標準物質の認証のための業務（標準物質認証委員会の開催、標準物質認証書の発行等）、標準物質の該当法規に従った安全な管理、標準物質の頒布業務、標準物質に関わる技術相談、ホームページやカタログ配布等による標準物質関連情報のユーザーへの発信などがある。

国際計量室

(International Metrology Cooperation Office)

(つくば中央第3-9)

概要：

計量標準・法定計量に関わる国際戦略策定の取りまとめ。国際メートル条約、及び国際法定計量条約に関係する各種国際会議・委員会・作業委員会（国際度量衡委員会、国際法定計量委員会等）への対応。国際相互承認（CIPM MRA、OIML MAA）への対応。計測標準研究部門が参加する国際比較等の支援・管理。二国間 MoU に基づく国際活動の取りまとめ。途上国支援のための JICA プロジェクト等の管理。途上国向け技術研修の受入支援。国際機関事務局（APMP 及び APLMF）との連絡・調整などを実施している。

計量研修センター（Metrology Training Center）

(つくば中央第1)

概要：

計量研修センターは、都道府県・特定市の計量行政公務員の研修及び民間の計量技術者に対して、一般計量士、環境計量士の資格付与などのため、一般計量関係及び環境計量関係の教習を企画・実施する研修機関である。前身は、1952年に当時の通商産業省傘下に創設された計量教習所で、2001年に独立行政法人化し、産総研に合流した。

年間約700人の研修生を迎えて一般計量教習、一般計量特別教習、環境計量特別教習、短期計量教習、環境計量講習（濃度、騒音、振動関係）、及び地方公務員のための特定教習などを企画し実施している。また、計量標準に係わる校正事業者認定制度の品質システム審査員研修、計測技術者向けの技術研修などを実施している。

業務報告データは、計量標準総合センターの業務報告データに記載。

⑥【計量標準総合センター】

(National Metrology Institute of Japan)

所在地：〒305-8563 つくば市梅園1-1-1 中央第3

概要：

産業技術総合研究所内の計測標準研究部門と計量標準管理センターの2つの部署等を一括して、計量標準総合センター（National Metrology Institute of Japan : NMIJ）と総称している。計量標準総合センターは、この2部署等が互いに連携を取りながら、経済産業省が企画立案する政策のもと、計量標準や計測分析技術に関する先導的な研究開発を行っていくとともに、質の高い標準供給を行い、我が国のトレーサビリティ制度と法定計量制度の発展に貢献をしている。また、計量標準総合センターは、外部からは産総研の計量に関わる活動の中核的な組織として位置付けられ、国際的にはメートル条約などにおいて日本の代表機関として位置付けられている。

計量に関わる活動を円滑かつ確実に実施するため、計量標準総合センター運営委員会及びその下部委員会である物理標準分科会、化学標準分科会、法定計量分科会を、それぞれ定期的に開催しており、その事務局を計量標準計画室が担っている。

具体的な、主な活動は以下の通りである。

- 1) 標準整備計画に基づく、既存の計量標準の維持・改善と新しい標準の研究・開発
- 2) 高品質な標準の供給、共同研究・技術指導、広報・啓発活動等による成果の普及
- 3) 計量標準の需要動向の調査と、それに基づく標準整備計画や研究課題への反映
- 4) メートル条約、OIML 条約などの国際条約に基づく活動（計量標準の国際相互承認 [MRA]、各国の国家計量標準機関 [NMI] との研究協力・技術協力など）
- 5) 計量や計測に関する人材の育成
- 6) 計量法に基づく計量器の型式承認試験、基準器検査等

関連組織（2011/3/31現在）

[計量標準総合センター] 代表 三木 幸信

[計測標準研究部門]

部門長 三木 幸信 他

[計量標準管理センター]

センター長 千葉 光一 他

業務報告データ

・計量標準総合センター全体会合 2回

(4月28日、1月4日)

研 究

- ・計量標準総合センター運営委員会 37回
 - ・第3期中期計画における2010年度の計量標準整備種類数 4
 - ・2010年度供給開始標準項目
物理標準 9、標準物質 17
 - ・ピアレビュー及びASNITE-NMI 認定審査
技術ピアレビュー・ASNITE-NMI 認定の合同審査を通じて、5分野での校正サービス・標準物質供給について認定を取得・継続した。
 - ・JCSS 審査等への技術専門家の派遣
延べ75件、技術専門家の派遣を実施した。
 - ・講演会等 8回
1. 第10回国際計量標準シンポジウム「イノベーションを生み出す計量標準、METROLOGY—a bridge to innovation—」(NMIJ 主催、日本計量機器工業連合会共催) 5月26日 秋葉原コンベンションホール
 2. 食総研・産総研ジョイントシンポジウム「その分析値は信頼できますか?—食品分析における標準物質・技能試験の役割—」(NMIJ、(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所主催、フード・フォーラム・つくば 後援) 7月23日 EBIS303 東京
 3. 第25回 NMIJ セミナー(標準物質セミナー)「確かな分析に必要な標準物質」(NMIJ 主催) 9月1日 幕張メッセ
 4. 第26回 NMIJ セミナー(法定計量セミナー)「法定計量における計量器規制の最新動向」(NMIJ 主催) 11月25日 東京国際展示場
 5. 第27回 NMIJ セミナー(計量標準セミナー)「計量標準整備の最新の取り組み」(NMIJ 主催) 11月26日 東京国際展示場
 6. NMIJ—CMS シンポジウム「低炭素化社会に向けた計量計測の取組み」(NMIJ 主催、台湾・工業技術研究院 計測標準センター 共催) 1月17日 東京国際フォーラム
 7. 計量標準総合センター2010年度成果発表会 1月27日—28日 産総研つくばセンター共用講堂
 8. 計測標準フォーラム第8回講演会(計測標準フォーラム 主催、NMIJ 協賛) 2月17日 日本科学未来館
- ・主なイベント参加
1. 「2010分析展」ブース出展 9月1日—3日 幕張メッセ
 2. 「インターメジャー2010(第24回国際計量計測展)」ブース出展 11月24日—26日 東京国際展示場
- ・出版物発行 2回
1. 産総研計量標準報告 Vol. 8No. 1発刊 (2010. 8)
 2. 産総研計量標準報告 Vol. 8No. 2発刊 (2011. 3)

①物理標準

最上位に位置する国の計量標準の設定・維持・供給という責務を果たすため、さまざまな量に対する国の計量標準を整備して、計量・計測器の校正・試験、標準物質の頒布といった形で利用者への標準供給サービスを行っている。

法定計量

	種 類	受理個数	検査・試験個数	不合格個数	不合格 (%)
イ	検定	0	0	0	-
ロ	型式承認試験	242	242	12	5.0
ハ	基準器検査	2,990	2,944	32	1.1
ニ	比較検査	16	18	0	0.0

校正・試験等

	種 類	受理個数	校正・試験個数
ホ	特定標準器による校正 (特定二次標準器)	430	408
ヘ	依頼試験	520	536
	依頼試験(特殊)・技能試験 用校正	24	22
	特定標準器による校正 (特定副標準器)	11	16
	OIML 適合性試験	30	34
ト	研究開発品	5	5

イ、検 定

当所で現在行われている計量法に基づいた検定業務は、精度の極めて高いものと高度の検定設備能力を必要とするものなどの機種だけがその対象となっている。

種 類		項 目		受理個数	検査個数	不合格 個 数	不合格率 (%)
		実施場所					
温	バックマン温度計	つくばセンター		0	0	0	-
		関西センター		0	0	0	-
		小 計		0	0	0	-
度	バックマン温度計以外のガラス製温度計	つくばセンター		0	0	0	-
		関西センター		0	0	0	-
		小 計		0	0	0	-
合 計		つくばセンター		0	0	0	-
		関西センター		0	0	0	-
総 計				0	0	0	-

研究

ロ、型式承認試験

計量器の構造（性能及び材料の特性を含む。）をあらかじめ十分に試験して、一定の基準に適合するものに「型式の承認」を与え、同一構造のものについては、その後の計量器の検定に際し、構造の検定を省略（一部残るものもある）し、検定の適正化と効率化を図る制度である。

種 類		項 目 実施場所	受 理 個 数			試 験 個 数	承 認 個 数	不承認 個 数	不承認率 (%)
			新規	追加	計				
タクシメーター		つくばセンター	1	0	1	1	1	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		計	1	0	1	1	1	0	0.0
質量計	非自動ばかり	つくばセンター	23	37	60	58	56	2	3.4
		関西センター	0	37	37	37	37	0	0.0
		計	23	74	97	95	93	2	2.1
温度計	ガラス製体温計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		計	0	0	0	0	0	0	-
	抵抗体温計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	8	1	9	9	9	0	0.0
		計	8	1	9	9	9	0	0.0
体積計	水道メーター	つくばセンター	43	24	67	65	58	7	10.8
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		計	43	24	67	65	58	7	10.8
	温水メーター	つくばセンター	1	4	5	5	5	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		計	1	4	5	5	5	0	0.0
	燃料油メーター	つくばセンター	0	1	1	2	2	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		計	0	1	1	2	2	0	0.0
	液化石油ガスメーター	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		計	0	0	0	0	0	0	-
	ガスメーター	つくばセンター	0	7	7	8	8	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		計	0	7	7	8	8	0	0.0
圧力計	アネロイド型圧力計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		計	0	0	0	0	0	0	-
	アネロイド型血圧計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	26	14	40	44	43	1	2.3
計	26	14	40	44	43	1	2.3		
熱量計	ボンベ型熱量計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		計	0	0	0	0	0	0	-
	積算熱量計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
計	0	0	0	0	0	0	-		
騒音計	普通騒音計	つくばセンター	1	0	1	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		計	1	0	1	0	0	0	-
	精密騒音計	つくばセンター	3	0	3	2	2	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
計	3	0	3	2	2	0	0.0		
照度計	つくばセンター	4	0	4	4	2	2	50.0	
	関西センター	0	0	0	0	0	0	-	
	計	4	0	4	4	2	2	50.0	

種 類	項 目 実施場所	受 理 個 数			試 験 個 数	承 認 個 数	不承認 個 数	不承認率 (%)	
		新規	追加	計					
濃 度 計	ジルコニア式酸素濃 度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		計	0	0	0	0	0	0	-
	溶液導電率式二酸化 硫黄濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		計	0	0	0	0	0	0	-
	磁気式酸素濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		計	0	0	0	0	0	0	-
	紫外線式二酸化硫黄 濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		計	0	0	0	0	0	0	-
	紫外線式窒素酸化物 濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		計	0	0	0	0	0	0	-
	非分散型赤外線式二 酸化硫黄濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		計	0	0	0	0	0	0	-
	非分散型赤外線式窒 素酸化物濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
計		0	0	0	0	0	0	-	
非分散型赤外線式一 酸化炭素濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-	
	関西センター	0	0	0	0	0	0	-	
	計	0	0	0	0	0	0	-	
化学発光式窒素酸化 物濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-	
	関西センター	0	0	0	0	0	0	-	
	計	0	0	0	0	0	0	-	
ガラス電極式水素イ オン濃度検出器	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-	
	関西センター	7	0	7	7	7	0	0.0	
	計	7	0	7	7	7	0	0.0	
ガラス電極式水素イ オン濃度指示計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-	
	関西センター	0	0	0	0	0	0	-	
	計	0	0	0	0	0	0	-	
合 計	つくばセンター	76	73	149	145	134	11	7.6	
	関西センター	41	52	93	97	96	1	1.0	
総 計	計	117	125	242	242	230	12	5.0	

ハ、基準器検査

計量器の構造、修理などの事業を行う者及び計量関係行政機関等が、検定、定期検査、立入検査などを行う場合には、その標準として基準器検査に合格して基準器検査成績書が交付された基準器を用いることになっている。基準器検査の対象機種の大半については当所が検査を行っており、これらの業務は計量法に基づいて行う重要な標準供給業務となっている。なお、基準器検査は検定手数料の関係から次の二つに大別される。

- (1) 手数料を徴収する検査（計量器メーカー等が使用するもの）
- (2) 手数料を伴わない検査（計量行政機関等が使用するもの）

種 類	項 目	実施場所	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
長さ	基準巻尺	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	18	19	0	0.0
		小 計	18	19	0	0.0
	合 計	18	19	0	0.0	
質量基準器	基準手動天びん	つくばセンター	80	78	0	0.0
		関西センター	120	126	7	5.6
		小 計	200	204	7	3.4
	基準台手動はかり	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	-
	基準直示天びん	つくばセンター	5	5	0	0.0
		関西センター	8	8	2	25.0
		小 計	13	13	2	15.4
	特級基準分銅	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	972	945	4	0.4
		小 計	972	945	4	0.4
	合 計	1,185	1,162	13	1.1	
	温度基準器	基準ガラス製温度計	つくばセンター	0	0	0
関西センター			502	489	2	0.4
小 計			502	489	2	0.4
基準ヘルマン温度計		つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	-
小 計	0	0	0	-		
合 計	502	489	2	0.4		
体積基準器	基準フラスコ	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	19	19	2	10.5
		小 計	19	19	2	10.5
	基準ビュレット	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	13	13	1	7.7
	小 計	13	13	1	7.7	
	基準ガスメーター	つくばセンター	59	58	1	1.7
		関西センター	0	0	0	-
	小 計	59	58	1	1.7	
	基準水道メーター	つくばセンター	46	46	3	6.5
		関西センター	0	0	0	-
		小 計	46	46	3	6.5
	基準燃料油メーター	つくばセンター	53	53	0	0.0
		関西センター	0	0	0	-
小 計		53	53	0	0.0	
基準タンク	つくばセンター	131	132	2	1.5	
	関西センター	0	0	0	-	
	小 計	131	132	2	1.5	

産業技術総合研究所

種 類	項目 実施場所	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)	
基準体積管	つくばセンター	28	25	0	0.0	
	関西センター	0	0	0	-	
	小 計	28	25	0	0.0	
合 計		349	346	9	2.6	
密度基準器	基準密度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	37	37	1	2.7
		小 計	37	37	1	2.7
	液化石油ガス用 浮ひょう型密度計	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	58	58	0	0.0
小 計	58	58	0	0.0		
合 計		95	95	1	1.1	
圧力基準器	基準液柱型圧力計	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	231	229	0	0.0
		小 計	231	229	0	0.0
	基準重錘型圧力計	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	372	364	5	1.4
小 計	372	364	5	1.4		
合 計		603	593	5	0.8	
熱量基準器	基準流水型熱量計	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	-
	ユンケルス式 流水型熱量計	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	-
小 計	0	0	0	-		
合 計		0	0	0	-	
騒音	基準静電型マイクロホン	つくばセンター	22	22	1	4.5
		関西センター	0	0	0	-
		小 計	22	22	1	4.5
合 計		22	22	1	4.5	
振動	基準サーボ式ピックアップ	つくばセンター	5	5	0	0.0
		関西センター	0	0	0	-
		小 計	5	5	0	0.0
合 計		5	5	0	0.0	
濃度	基準酒精度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	35	35	0	0.0
		小 計	35	35	0	0.0
合 計		35	35	0	0.0	
比重基準器	基準比重浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	158	160	1	0.6
		小 計	158	160	1	0.6
	基準重荷入度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	18	18	0	0.0
小 計	18	18	0	0.0		
合 計		176	178	1	0.6	
合 計	つくばセンター	429	424	7	1.7	
	関西センター	2,561	2,520	25	1.0	
総 計		2,990	2,944	32	1.1	

研 究

ニ、比較検査

比較検査は、検定と同様に合否の判定を行うが、具体的な器差を明らかにして成績書を交付し、精密な計量に奉仕する制度である。

種 類	項 目	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
	実施場所				
酒精度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
	関西センター	16	18	0	0.0
総 計		16	18	0	0.0

ホ、特定標準器による校正試験

特定標準器による校正(特定二次標準器)

種 類	受 理 個 数			校 正 個 数		
	つくばセンター	関西センター	計	つくばセンター	関西センター	計
01. 長さ	4	0	4	4	0	4
波長安定化ヘリウムネオンレーザ装置等	4	0	4	4	0	4
02. 幾何学量	1	0	1	1	0	1
ロータリーエンコーダ	1	0	1	1	0	1
03. 時間	125	0	125	119	0	119
周波数発振器	125	0	125	119	0	119
04. 質量	114	0	114	114	0	114
標準分銅	114	0	114	114	0	114
05. 力	5	0	5	2	0	2
実荷重式、こうかん式又は油圧式力基準機	5	0	5	2	0	2
06. トルク	3	0	3	3	0	3
参照用トルクメータ	3	0	3	3	0	3
07. 圧力	15	0	15	14	0	14
ピストン式重錘型圧力標準器	15	0	15	14	0	14
09. 真空	1	0	1	1	0	1
粘性真空計	1	0	1	1	0	1
10. 流量	15	0	15	15	0	15
ISO型トロイダルスロート音速ノズル	6	0	6	7	0	7
石油用流量計	7	0	7	6	0	6
超音波流速計	1	0	1	1	0	1
微風速校正風洞	1	0	1	1	0	1
11. 密度	1	0	1	1	0	1
シリコン単結晶	1	0	1	1	0	1
14. 音響	6	0	6	10	0	10
標準マイクロホン	6	0	6	10	0	10
16. 振動加速度	5	0	5	3	0	3
レーザ干渉式振動測定装置	2	0	2	0	0	0
振動加速度計	3	0	3	3	0	3
19. 直流・低周波	26	0	26	26	0	26
交流抵抗器	2	0	2	2	0	2
電圧発生装置	6	0	6	6	0	6
標準キャパシタ	4	0	4	4	0	4
標準抵抗器	10	0	10	10	0	10
誘導分圧器	4	0	4	4	0	4
20. 高周波	43	0	43	43	0	43
ピストン減衰器	1	0	1	1	0	1
固定長エレメント型ダミーロードアンテナ	3	0	3	3	0	3
光パワー測定装置	3	0	3	4	0	4
光電検出器	1	0	1	1	0	1
高周波インピーダンス	13	0	13	13	0	13
高周波電圧	2	0	2	1	0	1

産業技術総合研究所

種 類	受 理 個 数			校 正 個 数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
高周波電力 2.9mm 同軸	3	0	3	3	0	3
高周波電力 7mm 同軸	9	0	9	9	0	9
同軸可変減衰器	7	0	7	7	0	7
同軸固定減衰器	1	0	1	1	0	1
21. 測光量・放射量	4	0	4	2	0	2
分光応答度	2	0	2	2	0	2
分光放射照度	2	0	2	0	0	0
22. 放射線	15	0	15	16	0	16
放射線線量計	15	0	15	16	0	16
23. 放射能	5	0	5	7	0	7
放射能測定装置(遠隔校正)	5	0	5	7	0	7
24. 中性子	1	0	1	0	0	0
中性子検出器	1	0	1	0	0	0
25. 温度	19	0	19	15	0	15
貴金属熱電対	13	0	13	9	0	9
白金抵抗温度計	6	0	6	6	0	6
26. 湿度	14	0	14	12	0	12
露点計	14	0	14	12	0	12
28. 硬さ	8	0	8	0	0	0
ビッカース硬さ標準片	8	0	8	0	0	0
合 計	430	0	430	408	0	408

研 究

へ、依頼試験

依頼試験

種 類	受 理 個 数			校 正 個 数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
01. 長さ	8	7	15	8	6	14
ブロックゲージ絶対測定	5	0	5	5	0	5
距離計	2	0	2	2	0	2
内径外径	0	7	7	0	6	6
標準尺絶対測定(指定線間)	1	0	1	1	0	1
02. 幾何学量	54	0	54	57	0	57
CMM (遠隔校正)	2	0	2	2	0	2
CMM による幾何形状測定	16	0	16	18	0	18
オートコリメータ	1	0	1	1	0	1
ステップゲージ	1	0	1	1	0	1
ボールバー	4	0	4	4	0	4
ボールプレート・ホールプレート	13	0	13	13	0	13
ロータリーエンコーダ	3	0	3	3	0	3
歯形・歯すじ	1	0	1	2	0	2
真円度	1	0	1	1	0	1
多面鏡	2	0	2	2	0	2
平面度	10	0	10	10	0	10
03. 時間	54	0	54	45	0	45
広帯域光周波数	1	0	1	1	0	1
周波数 (遠隔校正)	48	0	48	39	0	39
周波数発振器 原子発振器・商用発振器	5	0	5	5	0	5
04. 質量	1	0	1	1	0	1
分銅又はおもり	1	0	1	1	0	1
06. 力	1	0	1	1	0	1
高精度力計	1	0	1	1	0	1
06. トルク	7	0	7	7	0	7
トルクメータ	5	0	5	5	0	5
参照用トルクレンチ	2	0	2	2	0	2
07. 圧力	2	0	2	2	0	2
液体	2	0	2	2	0	2
09. 真空計	5	0	5	4	0	4
リーク	1	0	1	0	0	0
真空計	4	0	4	4	0	4
10. 流量	20	0	20	20	0	20
液体小流量	3	0	3	3	0	3
液体大流量及び中流量	9	0	9	9	0	9
気体中流速	6	0	6	6	0	6
気体中流量	1	0	1	1	0	1
石油大流量 (軽油・灯油)	1	0	1	1	0	1
11. 密度	1	0	1	1	0	1
固体材料	1	0	1	1	0	1
12. 粘度・動粘度	21	0	21	23	0	23
粘度標準液	21	0	21	23	0	23
13. 体積 (衡量法)	0	1	1	0	1	1
フラスコ(出用)	0	1	1	0	1	1
15. 超音波	30	0	30	30	0	30
音場感度 (ハイドロホン)	28	0	28	28	0	28
超音波音場パラメタ (超音波音場プロファイル)	2	0	2	2	0	2
16. 振動加速度	1	0	1	0	0	0
電荷感度	1	0	1	0	0	0
19. 直流・低周波	5	0	5	5	0	5
インダクタ	1	0	1	1	0	1
テラオームメータ	1	0	1	1	0	1
交直電圧比較装置	1	0	1	1	0	1

産業技術総合研究所

種 類	受 理 個 数			校 正 個 数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
変流器	2	0	2	2	0	2
20. 高周波	29	0	29	30	0	30
アンテナ係数試験	4	0	4	4	0	4
レーザパワー	0	0	0	1	0	1
高周波インピーダンス	19	0	19	19	0	19
高周波電力	4	0	4	4	0	4
導波管可変減衰器	1	0	1	1	0	1
利得（ホーンアンテナ）	1	0	1	1	0	1
21. 測光量・放射量	22	0	22	23	0	23
分光応答度	16	0	16	16	0	16
分光拡散反射率（可視域）	6	0	6	6	0	6
分光放射照度	0	0	0	1	0	1
22. 放射線	145	0	145	164	0	164
β線	40	0	40	40	0	40
照射線量（率）測定器	22	0	22	20	0	20
水吸収線量	8	0	8	8	0	8
放射線量検出素子	75	0	75	96	0	96
23. 放射能	1	0	1	1	0	1
放射能濃度	1	0	1	1	0	1
24. 中性子	10	0	10	11	0	11
中性子源校正試験	2	0	2	2	0	2
中性子測定器校正試験	8	0	8	9	0	9
25. 温度	3	0	3	5	0	5
カプセル型白金抵抗温度計	0	0	0	1	0	1
非接触温度計・校正装置	3	0	3	4	0	4
26. 湿度	1	0	1	2	0	2
露点計	1	0	1	2	0	2
27. 固体物性	29	0	29	28	0	28
熱拡散率	2	0	2	2	0	2
熱膨張率（線膨張係数）	24	0	24	23	0	23
比熱容量測定	3	0	3	3	0	3
29. 衝撃値	1	0	1	1	0	1
衝撃試験機	1	0	1	1	0	1
30. 粒子・粒子特性	3	0	3	3	0	3
粒子数濃度	3	0	3	3	0	3
計量器の構成要素及び検査装置の試験	46	0	46	41	0	41
質量計用ターミナル・デジタルディスプレイ	12	0	12	13	0	13
質量計用ロードセル（OIML R60に対応する型式）	1	0	1	1	0	1
質量計用指示計（アナログ信号）	29	0	29	24	0	24
特定計量器外部接続装置の性能試験	1	0	1	1	0	1
燃料油メーター用表示装置	3	0	3	2	0	2
その他	12	0	12	16	0	16
体積	5	0	5	5	0	5
流量	7	0	7	11	0	11
合 計	512	8	520	529	7	536

研 究

へ. 依頼試験

依頼試験(特殊)・技能試験用校正

種 類	受 理 個 数			校 正 個 数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
01. 長さ	0	0	0	1	0	1
固体屈折率	0	0	0	1	0	1
03. 時間	2	0	2	2	0	2
周波数発振器 原子発振器・商用発振器	2	0	2	2	0	2
10. 流量	2	0	2	0	0	0
気体中流速	2	0	2	0	0	0
11. 密度	2	0	2	2	0	2
液体の屈折率	2	0	2	2	0	2
14. 音響	2	0	2	2	0	2
サウンドレベルメータ	1	0	1	1	0	1
音響校正器	1	0	1	1	0	1
16. 振動加速度	2	0	2	0	0	0
振動加速度計	2	0	2	0	0	0
20. 高周波	3	0	3	3	0	3
レーザパワー校正	1	0	1	1	0	1
高周波電力	1	0	1	1	0	1
同軸可変減衰器	1	0	1	1	0	1
24. 中性子	1	0	1	1	0	1
中性子サーベイメータ校正試験	1	0	1	1	0	1
25. 温度	8	0	8	8	0	8
白金抵抗温度計	1	0	1	1	0	1
カプセル型白金抵抗温度計	2	0	2	2	0	2
非接触温度計・校正装置	5	0	5	5	0	5
26. 湿度	1	0	1	2	0	2
露点計	1	0	1	2	0	2
27. 固体物性	1	0	1	1	0	1
熱膨張率(線膨張係数)	1	0	1	1	0	1
合 計	24	0	24	22	0	22

へ、依頼試験

特定標準器による校正(特定副標準器)

種 類	実施場所	受 理 個 数			校 正 個 数		
		つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
19. 直流・低周波		7	0	7	7	0	7
ジョセフソン効果電圧測定装置		0	0	0	0	0	0
交直差測定装置		0	0	0	0	0	0
交流電圧用交直変換器		3	0	3	3	0	3
交流電流用交直変換器		1	0	1	1	0	1
抵抗測定装置		0	0	0	0	0	0
電圧測定装置		0	0	0	0	0	0
電圧発生装置		1	0	1	1	0	1
標準抵抗器		2	0	2	2	0	2
標準分圧器		0	0	0	0	0	0
21. 測光量・放射量		0	0	0	3	0	3
コイルM字型光度標準電球		0	0	0	0	0	0
コイルM字型分布温度標準電球		0	0	0	0	0	0
全光束標準電球		0	0	0	0	0	0
単平面型照度標準電球		0	0	0	0	0	0
分光放射照度標準電球		0	0	0	3	0	3
25. 温度		4	0	4	6	0	6
温度計用		1	0	1	3	0	3
放射温度計校正用		3	0	3	3	0	3
合 計		11	0	11	16	0	16

へ、依頼試験

OIML 適合性試験

種 類	実施場所	項 目	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
	関西センター	0	0	0	-	
試験成績書審査	つくばセンター	2	0	0	0.0	
	関西センター	0	0	0	-	
自動車等給油メーター	つくばセンター	1	1	0	0.0	
	関西センター	0	0	0	-	
電子体温計	つくばセンター	0	0	0	-	
	関西センター	0	0	0	-	
非自動はかり	つくばセンター	0	0	0	-	
	関西センター	0	0	0	-	
総 計			30	34	0	0.0

ト、研究開発品

種 類	実施場所	頒 布 個 数		
		つくばセンター	関西センター	計
1. 熱拡散率試験片 (4枚)		1	0	1
2. 石英ヨウ素セル		3	0	3
3. パッシブ型シールドループアンテナ		1	0	1
合 計		5	0	5

②認証標準物質

計量標準総合センターでは品質システムを整備し、生産計画に基づいて標準物質の生産を行っている。特性値は安定性と均一性を確認し、妥当性が確かめられた測定方法とトレーサビリティの確立された計測標準を用いている。また、不確かさを算出した上で内部の標準物質認証委員会にて審議され、認証標準物質（NMIJ CRM）を随時頒布している。

認証標準物質の一覧表
(NMIJ 認証標準物質)

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 1001-a	鉄-クロム合金 (Cr 5%)	3
NMIJ CRM 1002-a	鉄-クロム合金 (Cr 15%)	3
NMIJ CRM 1003-a	鉄-クロム合金 (Cr 20%)	3
NMIJ CRM 1004-a	鉄-クロム合金 (Cr 30%)	3
NMIJ CRM 1005-a	鉄-クロム合金 (Cr 40%)	3
NMIJ CRM 1006-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 5%)	2
NMIJ CRM 1007-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 10%)	2
NMIJ CRM 1008-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 20%)	2
NMIJ CRM 1009-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 40%)	2
NMIJ CRM 1010-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 60%)	2
NMIJ CRM 1011-b	鉄-炭素合金 (C 0.1%)	8
NMIJ CRM 1012-b	鉄-炭素合金 (C 0.2%)	8
NMIJ CRM 1013-b	鉄-炭素合金 (C 0.3%)	8
NMIJ CRM 1014-b	鉄-炭素合金 (C 0.5%)	8
NMIJ CRM 1015-b	鉄-炭素合金 (C 0.7%)	8
NMIJ CRM 1016-a	鉄クロム合金 (Cr 40%)	0
NMIJ CRM 1017-a	EPMA 用ステンレス鋼	3
NMIJ CRM 1018-a	EPMA 用 Ni (36%) -Fe 合金	0
NMIJ CRM 1019-a	EPMA 用 Ni (42%) -Fe 合金	0
NMIJ CRM 1020-a	EPMA 用高ニッケル合金	0
NMIJ CRM 3001-b	フタル酸水素カリウム	42
NMIJ CRM 3002-a	ニクロム酸カリウム	1
NMIJ CRM 3003-a	三酸化二ひ素	6
NMIJ CRM 3004-a	アミド硫酸	9
NMIJ CRM 3005-a	炭酸ナトリウム	8
NMIJ CRM 3006-a	よう素酸カリウム	1
NMIJ CRM 3401-a	一酸化窒素	0
NMIJ CRM 3402-b	二酸化硫黄	1
NMIJ CRM 3403-a	亜酸化窒素標準ガス (高濃度、窒素希釈)	0
NMIJ CRM 3404-b	酸素	1
NMIJ CRM 3406-b	一酸化炭素	1
NMIJ CRM 3407-a	二酸化炭素	0
NMIJ CRM 3605-a	アルミニウム標準液 Al (1000)	1
NMIJ CRM 3606-a	銅標準液 Cu (1000)	1
NMIJ CRM 3608-a	鉛標準液 Pb (1000)	1
NMIJ CRM 3609-a	カドミウム標準液 Cd (1000)	1
NMIJ CRM 3612-a	ニッケル標準液 Ni (1000)	1
NMIJ CRM 3613-a	コバルト標準液 Co (1000)	1
NMIJ CRM 3616-a	ビスマス標準液 Bi (1000)	1
NMIJ CRM 3621-a	バリウム標準液 Ba (1000)	1
NMIJ CRM 3623-a	ストロンチウム標準液 Sr (1000)	1
NMIJ CRM 3625-a	タリウム標準液 Tl (1000)	1
NMIJ CRM 3626-a	すず標準液 Sn (1000)	1
NMIJ CRM 3629-a	インジウム標準液 In (1000)	1

産業技術総合研究所

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 3631-a	ガリウム標準液 Ga (1000)	2
NMIJ CRM 3632-a	バナジウム標準液 V (1000)	2
NMIJ CRM 4001-a	エタノール	11
NMIJ CRM 4002-a	ベンゼン	23
NMIJ CRM 4003-a	トルエン	10
NMIJ CRM 4004-a	1,2-ジクロロエタン	0
NMIJ CRM 4005-a	ジクロロメタン	0
NMIJ CRM 4006-a	四塩化炭素	0
NMIJ CRM 4011-a	<i>o</i> -キシレン	1
NMIJ CRM 4012-a	<i>m</i> -キシレン	1
NMIJ CRM 4013-a	<i>p</i> -キシレン	1
NMIJ CRM 4019-a	ブロモホルム (トリブロモメタン)	0
NMIJ CRM 4020-a	ブロモジクロロメタン	0
NMIJ CRM 4021-a	エチルベンゼン	0
NMIJ CRM 4022-b	フタル酸ジエチル	4
NMIJ CRM 4030-a	ビスフェノール A	4
NMIJ CRM 4036-a	ジブロモクロロメタン	2
NMIJ CRM 4038-a	1,2-ジクロロプロパン	1
NMIJ CRM 4039-a	1,4-ジクロロベンゼン	2
NMIJ CRM 4040-b	アクリロニトリル	20
NMIJ CRM 4048-a	シマジン	1
NMIJ CRM 4049-a	チウラム	1
NMIJ CRM 4050-a	チオベンカルブ	0
NMIJ CRM 4051-b	メタン	1
NMIJ CRM 4052-b	プロパン	0
NMIJ CRM 4054-a	アセトアルデヒド	6
NMIJ CRM 4055-a	スチレン	2
NMIJ CRM 4202-a	<i>p,p'</i> -DDE 標準液	0
NMIJ CRM 4203-a	γ -HCH 標準液	3
NMIJ CRM 4206-a	PCB28標準液	0
NMIJ CRM 4207-a	PCB153標準液	1
NMIJ CRM 4208-a	PCB170標準液	0
NMIJ CRM 4209-a	PCB194標準液	0
NMIJ CRM 4210-a	PCB70標準液	0
NMIJ CRM 4211-a	PCB105標準液	0
NMIJ CRM 4213-a	ベンゾ[a]ピレン標準液	7
NMIJ CRM 4214-a	<i>p,p'</i> DDT, <i>p,p'</i> DDE, <i>p,p'</i> DDD, γ HCH 混合標準液	0
NMIJ CRM 4215-a	燃料中硫黄分分析用標準液	3
NMIJ RM 4216-a	トルエン (燃料中硫黄分分析用-ブランク)	0
NMIJ CRM 4217-a	燃料中硫黄分分析用標準液-高濃度	0
NMIJ CRM 4220-a	ペルフルオロオクタンスルホン酸カリウム標準液 (メタノール溶液)	4
NMIJ CRM 4403-a	SF ₆ ・CF ₄ 混合標準ガス (窒素希釈、排出レベル)	0
NMIJ CRM 4404-a	SF ₆ ・CF ₄ 混合標準ガス (窒素希釈、濃度0.5%)	0
NMIJ CRM 4405-a	C ₂ F ₆ ・CF ₄ 混合標準ガス (窒素希釈、濃度0.5%)	0
NMIJ CRM 4406-a	SF ₆ ・C ₂ F ₆ ・CF ₄ 混合標準ガス(窒素希釈、濃度0.5%)	2
NMIJ CRM 5001-a	ポリスチレン2400	12
NMIJ CRM 5002-a	ポリスチレン500	15
NMIJ CRM 5004-a	ポリスチレン1000	8
NMIJ CRM 5005-a	ポリエチレングリコール400	1
NMIJ CRM 5006-a	ポリエチレングリコール1000	5
NMIJ CRM 5007-a	ポリエチレングリコール1500	6
NMIJ CRM 5008-a	ポリスチレン (多分散)	4

研 究

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 5010-a	ポリエチレングリコールノニルフェニルエーテル	0
NMIJ CRM 5101-a	しゅう酸塩 pH 標準液	1
NMIJ CRM 5102-a	フタル酸塩 pH 標準液	2
NMIJ CRM 5103-a	中性りん酸塩 pH 標準液	1
NMIJ CRM 5104-a	りん酸塩 pH 標準液	2
NMIJ CRM 5105-a	ほう酸塩 pH 標準液	1
NMIJ CRM 5106-a	炭酸塩 pH 標準液	3
NMIJ CRM 5201-a	GaAs/AlAs 超格子	7
NMIJ CRM 5202-a	SiO ₂ /Si 多層膜標準物質	0
NMIJ CRM 5203-a	GaAs/AlAs 超格子	1
NMIJ CRM 5401-a	シクロヘキサン (熱物性用標準物質)	3
NMIJ CRM 5502-a	動的粘弾性 (PVC)	3
NMIJ CRM 5503-a	動的粘弾性 (PMMA)	2
NMIJ CRM 5505-a	動的粘弾性 (PEEK)	3
NMIJ CRM 5506-a	シャルピー衝撃試験 (PVC)	2
NMIJ CRM 5507-a	シャルピー衝撃試験 (PMMA)	1
NMIJ CRM 5601-a	陽電子寿命による超微細空孔測定用石英ガラス	1
NMIJ CRM 5602-a	陽電子寿命による超微細空孔測定用ポリカーボネート	2
NMIJ CRM 5603-a	低エネルギーひ素イオン注入けい素 (レベル: 3×10 ¹⁵ atoms/cm ²)	5
NMIJ CRM 6001-a	コレステロール	15
NMIJ CRM 6004-a	17β-エストラジオール	0
NMIJ CRM 6005-a	クレアチニン	3
NMIJ CRM 6006-a	尿素	0
NMIJ CRM 6007-a	ヒドロコルチゾン	0
NMIJ CRM 6008-a	尿酸	0
NMIJ CRM 6011-a	L-アラニン	0
NMIJ CRM 6012-a	L-ロイシン	0
NMIJ CRM 6013-a	L-イソロイシン	2
NMIJ CRM 6014-a	L-フェニルアラニン	3
NMIJ CRM 6015-a	L-バリン	3
NMIJ CRM 6016-a	L-プロリン	4
NMIJ CRM 6017-a	L-アルギニン	0
NMIJ CRM 6018-a	L-リシンー塩酸塩	0
NMIJ CRM 6201-a	C 反応性蛋白溶液	0
NMIJ CRM 6401-a	コルチゾール分析用ヒト血清(4濃度レベル)	7
NMIJ CRM 7202-a	河川水 (添加)	67
NMIJ CRM 7302-a	海底質 (有害金属分析用)	6
NMIJ CRM 7303-a	湖底質 (有害金属分析用)	3
NMIJ CRM 7304-a	海底質 (ポリクロロビフェニル、塩素系農薬分析用-高濃度)	2
NMIJ CRM 7305-a	海底質 (ポリクロロビフェニル、塩素系農薬分析用-低濃度)	3
NMIJ CRM 7306-a	海底質 (有機スズ分析用)	7
NMIJ CRM 7307-a	湖底質 (多環芳香族炭化水素分類分析用)	1
NMIJ CRM 7401-a	サメ肝油 (塩素系農薬類分析用)	0
NMIJ CRM 7402-a	タラ魚肉粉末標準物質 (微量元素・アルセノバタイン・メチル水銀分析用)	22
NMIJ CRM 7403-a	メカジキ魚肉粉末 (微量元素・アルセノバタイン・メチル水銀分析用)	15
NMIJ CRM 7404-a	スズキ魚肉粉末(有機汚染物質分析用)	0
NMIJ CRM 7405-a	ひじき粉末 (微量元素・ひ素化合物分析用)	14
NMIJ CRM 7501-a	白米粉末 (微量元素分析用 Cd 濃度レベル I)	51
NMIJ CRM 7502-a	白米粉末 (微量元素分析用 Cd 濃度レベル II)	51
NMIJ CRM 7503-a	白米粉末 (ひ素化合物・微量元素分析用)	28
NMIJ CRM 7504-a	玄米粉末(残留農薬分析用)	7
NMIJ CRM 7505-a	茶葉粉末 (微量元素分析用)	0

産業技術総合研究所

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 7901-a	アルセノベタイン水溶液	13
NMIJ CRM 7902-a	絶縁油 (高濃度)	10
NMIJ CRM 7903-a	絶縁油 (低濃度)	4
NMIJ CRM 7904-a	重油	0
NMIJ CRM 7905-a	重油 (ブランク)	0
NMIJ CRM 7912-a	ひ酸 [As(V)]水溶液	4
NMIJ CRM 7913-a	ジメチルアルシシ酸水溶液	6
NMIJ CRM 8001-a	ファインセラミックス用炭化けい素 (α 型) 微粉末標準物質	1
NMIJ CRM 8002-a	ファインセラミックス用炭化けい素 (β 型) 微粉末標準物質	1
NMIJ CRM 8003-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末 (直接窒化合成) I	8
NMIJ CRM 8004-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末 (直接窒化合成) II	23
NMIJ CRM 8005-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末 (イミド分解合成)	7
NMIJ CRM 8006-a	ファインセラミックス用アルミナ微粉末 (低純度)	0
NMIJ CRM 8007-a	ファインセラミックス用アルミナ微粉末 (高純度)	1
NMIJ CRM 8102-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd, Cr, Pb; 低濃度)	15
NMIJ CRM 8103-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd, Cr, Pb; 高濃度)	7
NMIJ CRM 8105-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク (Cd, Cr, Pb; 低濃度)	1
NMIJ CRM 8106-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク (Cd, Cr, Pb; 高濃度)	4
NMIJ CRM 8108-b	臭素系難燃剤含有ポリスチレン	40
NMIJ CRM 8109-a	臭素系難燃剤含有ポリ塩化ビニル	2
NMIJ CRM 8110-a	臭素系難燃剤含有ポリスチレン (高濃度)	22
NMIJ CRM 8112-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd, Cr, Hg, Pb; 低濃度)	22
NMIJ CRM 8113-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd, Cr, Hg, Pb; 高濃度)	10
NMIJ CRM 8115-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク (Cd, Cr, Hg, Pb; 低濃度)	11
NMIJ CRM 8116-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク (Cd, Cr, Hg, Pb; 高濃度)	14
NMIJ CRM 8123-a	重金属分析用 PVC 樹脂ペレット (Cd, Cr, Hg, Pb; 高濃度)	2
NMIJ CRM 8133-a	重金属分析用 PP 樹脂ペレット (Cd, Cr, Hg, Pb; 高濃度)	0
NMIJ CRM 8136-a	重金属分析用 PP 樹脂ディスク (Cd, Cr, Hg, Pb; 高濃度)	2
NMIJ CRM 8203-a	鉛フリーはんだチップ (Sn96.5Ag3Cu0.5) (Pb 高濃度)	4
	化学系標準物質計	904
NMIJ RM1101-a-1	熱膨張率標準物質 (単結晶シリコン) 形状: 1	4
NMIJ RM1101-a-2	熱膨張率標準物質 (単結晶シリコン) 形状: 2	1
NMIJ RM1102-a	熱膨張率標準物質 (ガラス状炭素) 形状: 2	2
NMIJ RM1201-a	熱拡散率標準物質 (等方性黒鉛)	5
	物理系標準物質計	12
	合 計	916

研究

③外国出張・招へい、協力協定、国際比較

外国出張

出張件数	出張先国	出張目的
122件	タイ	国際度量衡委員会 国際度量衡委員会諮問委員会 国際法定計量委員会 アジア太平洋計量計画 アジア太平洋法定計量フォーラム 二国間比較 その他
	フランス	
	韓国	
	中国	
	アメリカ	
	シンガポール	
	カナダ	
	フィリピン	
	ベルギー	
	スウェーデン	
	ドイツ	
	イギリス	
	台湾	
その他		

外国人招へい

件数	招へい国	招へい目的
10件	台湾(4件)	ピアレビュー その他
	韓国(2件)	
	フランス(2件)	
	ベルギー(1件)	
	ドイツ(1件)	

産総研技術研修による外国人の受入

分野	人数(人)	相手国
標準ガス	1	タイ
音響・超音波標準	1	
環境・高分子標準	3	
無機標準	1	マレーシア
無機標準	1	中国

JICA 予算による外国人の受入

研修名	人数(人)	受入相手国
法定計量分野の社会・産業基盤整備	8	フィリピン(2)
		インドネシア(2)
		ベトナム(1)
		タイ(1)
		ソロモン諸島(1)
		ヨルダン(1)

外国機関との研究協力覚書締結

0件

国際比較

分野 (BIPM)	件数
時間・周波数	0
長さ	1
質量関連量	4
音響・超音波・振動	2
測温	2
物質量	8
測光・放射	1
放射線	5
電気・磁気	4
合計	27

研 究

④講習・教習

平成22年度計量教習実績

計量標準管理センター 計量研修センター

講習・教習名		対 象 者	期 間		場 所	受講者数
一般計量教習	前 期	計量士になろうとする者及び計量行政機関の職員	H22. 4. 5～7. 2	3月	つくば	12
	後 期		H22. 9. 27～12. 22	3月	つくば	36
一 般 計 量 特 別 教 習		計量士になろうとする者及び計量行政機関の職員で一般計量教習を修了した者	H23. 1. 6～3. 4	2月	つくば	32
環境計量特別教習	濃 度 関 係		H23. 1. 6～2. 25	7週間	つくば	6
	騒音・振動関係	H23. 2. 28～3. 15	2.5週間	つくば	4	
短期計量教習	第一回	計量行政機関等の職員	H22. 7. 13～8. 10	1月	つくば	36
	第二回		H22. 8. 25～8. 22	1月	つくば	22
特 定 教 習	計量検定所・計量検査所 新任 所長 教習	都道府県及び特定市の新任所長	H22. 6. 2～6. 4	3日	つくば	23
	指 定 製 造 事 業 者 制 度 教 習	当該制度の検査に携わる都道府県等の職員	H22. 6. 14～6. 25	2週間	つくば	17
	計量検定所・計量検査所 幹 部 職 員 教 習	都道府県及び特定市の幹部計量公務員	H22. 7. 7～7. 9	3日	つくば	20
	環 境 計 量 証 明 事 業 制 度 教 習	都道府県及び特定市の職員	H22. 5. 24～6. 4	2週間	つくば	13
	計量検定所・計量検査所 新 任 計 量 職 員 教 習	都道府県及び特定市の新任計量公務員	H22. 5. 10～5. 14	1週間	つくば	18
特定計量証明事業管理者講習		当該事業の環境計量士（濃度関係）であって、ダイオキシン類の実務の経験一年以下等の者	H22. 10. 18～10. 22	1週間	つくば	5
計 量 研 修	実務者向け機器分析技術研修	計量関係技術者	H22. 6. 9～6. 11	3日	つくば	6
	計測における不確かさ研修（中・上級コース）	計量関係技術者	H22. 12. 9～12. 10	2日	つくば	23
	計量トレーサビリティ指導者養成研修（無機コース）	計量関係技術者	H22. 5. 25～5. 26	2日	つくば	3
			H22. 7. 1～7. 2	2日	臨海	
地域イノベーション創出共同体形成事業「CMMによる精密測定」研修	計量関係技術者	H23. 2. 16	1日	つくば	9	
環 境 計 量 講 習	濃 度 関 係	環境計量士の国家試験に合格した者であって、施行規則第51条（登録条件）の条件を満たさない者。登録しようとする区分に係る環境計量証明事業者等に属し、かつ、計量に関する実務に1年以上従事している方については、その実務経験が認められれば環境計量士として登録することが出来るので本講習を受講することは不要	H22. 7. 6～7. 9	各4日間	つくば	30
			H22. 7. 20～7. 23			27
			H22. 7. 27～7. 30			28
			H22. 8. 17～8. 20			28
			H22. 8. 24～8. 27			30
			H22. 9. 14～9. 17			30
			H22. 9. 28～10. 1			28
			H22. 10. 12～10. 15			27
			H22. 10. 26～10. 29			28
			H22. 11. 16～11. 19			27
	H22. 11. 30～12. 3		27			
	騒音・振動関係		H22. 9. 6～9. 10	1週間	つくば	29
			H22. 10. 4～10. 8			29
			H22. 10. 18～10. 22			27
H22. 11. 8～11. 12		12				
J I C A 集 団 研 修	『法定計量分野の社会・産業基盤整備』コース	発展途上国の計量関係公務員	H22. 5. 12～7. 30 *日数は産総研が担当の受入日数	20日	つくば他	8
合 計 (人)						700

6) 地質分野

(Geological Survey and Applied Geoscience)

①【研究統括・副研究統括・研究企画室】

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

研究統括：山崎 正和

副研究統括：佃 栄吉

概要：

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

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

地質分野研究企画室 (Research Planning Office of
Geological Survey and Applied Geoscience)

所在地：つくば中央第2、つくば中央第7

人員：6名 (5名)

概要：

当研究企画室は、独立行政法人産業技術総合研究所組織規程第10条及び組織規則第7条の規定に基づき、研究所の業務のうち、地質分野における研究の推進に関する業務を行っている。具体的には以下のとおり。

1. 分野の運営に関する業務
2. 原課及びその他関連機関への対応
3. 学会、業界、企業等の外部機関との連携促進に関する業務
4. 国際案件に関する業務
5. 地震・火山噴火等の自然災害に対する緊急対応
6. 研究統括及び副研究統括の支援業務

そして、これら業務の結果として地質分野における出した研究成果の創出、知的基盤としての地質情報整備、外部研究資金獲得の増加、所内外そして海外での産総研地質分野の存在アピール向上に貢献している。

1. については、研究戦略や予算編成等の、分野の基本方針の策定、年度計画・年度実績の取りまとめ、及び分野融合プロジェクトの企画並びに総合調整業務を行っている。

2. については、経済産業省等の省庁原課との連携調整に関する業務全般、視察への対応等を行っている。

3. については、関連する業界団体との定期懇談会やシンポジウムの開催、オープンラボ出展の取りまとめを行う等、外部機関との積極的な連携の強化を図っ

ている。

4. については、地質調査総合センター (GSJ) としての MOU 締結等の海外地質調査所や地球科学研究機関との連携に関する業務、海外からの研修生の受け入れ、その他国際機関や国際会議への対応等、分野の国際活動を推進している。

5. については、地質分野に関係する自然災害に備えた緊急連絡体制の整備を行い、災害発生に際しては社会的要請に応じて緊急調査の実施及び成果の発信に係る業務を行う。特に平成22年度においては、霧島山新燃岳の噴火及び東北地方太平洋沖地震に対応するために、分野に設置された緊急対策本部や関係機関との連携のもと、現地調査への研究者の派遣やマスコミ対応に関する支援、ホームページを通じた情報発信等を実施した。

機構図 (2011/3/31現在)

[地質分野研究企画室]

研究企画室長 光畑 裕司 他

②【活断層・地震研究センター】

(Active Fault and Earthquake Research Center)

(存続期間：2009.4～)

研究センター長：岡村 行信

副研究センター長：桑原 保人

主幹研究員：杉山 雄一

主幹研究員：栗田 泰夫

所在地：つくば中央第七

人員：27名 (27名)

経費：900,419千円 (395,514千円)

概要：

活断層・地震研究センターは、活断層評価の高度化、海溝型地震評価の高度化、地震災害評価の高度化をミッションとし、従来の地形・地質学に重点を置いた活断層調査研究だけでなく、地球物理学的な地震調査研究も合わせて実施し、両者を融合させつつ、内陸地震と海溝型地震の予測精度の向上及び地震災害の軽減に貢献する研究ユニットとして2009年4月に設置された。

活断層評価の高度化では、従来から実施してきた活断層の履歴解明を主目的とする地形・地質学的調査を推進すると共に、活断層の活動時期を合理的に説明できる物理モデルの構築を進めている。異なる分野の知見を融合させ、互いに検証し合うことにより、地表付近の活動履歴だけでなく、地下深部の地殻構造や岩石変形メカニズムまでを考慮した、将来の断層活動予測手法の開発を目指している。また、海溝型地震評価の

高度化については、東海・東南海・南海地震の前兆現象に関連していると考えられている深部すべりを検出するための地下水等総合観測施設の整備と観測データの解析手法の開発を進めた。同時に、歴史記録だけでは解明できない巨大津波を伴う連動型地震の発生間隔と規模を地形・地質学的な調査及び地球物理学的なシミュレーションを組み合わせで解明してきた。地震災害評価の高度化では、断層活動に伴う地表変形を地質学的調査解析に基づいた過去の変形構造の解明とそれを再現できる数値シミュレーション技術の開発を進めた。更に、糸魚川－静岡構造線の断層モデルの構築と、岩手・宮城内陸地震に伴う地表付近の断層活動のばらつきを解明するため、地形・地質学と地球物理学的とを連携させた研究を進めた。

一方、地質分野全体の協力によって進められている政策課題「沿岸域地質・活断層調査」の一環として、海陸のシームレスな地質情報を整備するため、福岡県の沿岸海域における構造探査と海域のデータベースの整備を実施した。

外部予算は、文部科学省、原子力安全基盤機構、応用地質株式会社、東京大学、京都大学、日本学術振興会からの16件の課題について獲得し、研究・調査を実施した。

研究及び調査の成果は学会及び学術雑誌上で積極的に公表したほか、産総研のウェブページ、ニュースをはじめ、各種の媒体を通して速やかに発信した。また、「活断層・古地震研究報告」第10号を編集・刊行するとともに、当センターの研究活動の広報のため、ウェブページの運営、センターニュースの発行・配布を行った。

2011年3月11日には、当センターが研究を進めてきた西暦869年の貞観の津波の再来と言える東北地方太平洋地震が発生し、東北地方及び関東地方の沿岸域が巨大津波によって大きな被害を受けた。この地震と津波は、当センターが実施してきた研究が間違っていなかったことを示したが、その研究成果を防災に活かす前に地震が発生してしまい、結果として役立てることはできなかった。この結果を教訓とし、今後も古地震研究を着実に進めるとともに、その成果をより迅速に公表していく。

外部資金：

文部科学省 受託研究費「沿岸海域における活断層調査」

文部科学省 受託研究費「活断層の追加・補完調査」

防災科学技術研究所 財団等受託研究費「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究 海域活構造の地形地質調査」

原子力安全基盤機構 財団等受託研究費「原子力安全基盤調査 津波波源モデルの精度向上に関する研究」

東京大学地震研究所 財団等受託研究費「断層活動履歴や平均変位速度の解明のための調査観測 浅海域での国府津－松田断層の活動様式の解明」

京都大学防災研究所 財団等受託研究費「上町断層帯における重点的調査研究」

科学技術振興機構 財団等受託研究費「鉱山での地震被害低減のための観測研究 震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性の研究」

原子力安全基盤機構 請負研究費「変動地形に基づく伏在断層評価手法の高度化」

原子力安全基盤機構 請負研究費「活断層の地震規模及び活動性評価の精度向上に関する検討」

原子力安全基盤機構 請負研究費「柏崎深部地震動観測サイト周辺の広域地下構造調査 微動・自然地震動観測およびGPS観測の実施」

応用地質株式会社 請負研究費「活断層帯におけるセグメンテーションと最大地震規模の推定手法に関する研究」

日本学術振興会 科学研究費補助金「巨大地震断層の力学的・水理学的特性の解明」

日本学術振興会 科学研究費補助金「中央構造線の連続コアによる断層帯内部構造解析」

日本学術振興会 科学研究費補助金「広帯域観測データの精密解析に基づくゆっくり地震の物理過程解明」

日本学術振興会 科学研究費補助金「高精度で定量的な海水準変動を行うための微化石データベースの構築」

日本学術振興会 科学研究費補助金「日本の活構造研究－特に断層形状と地表地震断層の関係および新たな年代測定への導入－」

発表：誌上発表44件、口頭発表160件、その他47件

活断層評価研究チーム

(Active Fault Evaluation Team)

研究チーム長：吉岡 敏和

概要：

活断層の過去の活動を把握し、将来の活動を予測するための調査・研究を行う。国の地震調査研究推進本部が選定した「基盤的調査観測の対象活断層」等の重要活断層について、位置・形状、活動度、最新活動時期、活動間隔などを明らかにするための調査・研究を行った。調査の方法は、地形地質調査、トレンチ調査、ボーリング調査、海域活断層の音波探査などで、調査結果は、既存の文献資料とともに活断層データベースとして整理し、インターネット上で公開した。また、活断層の評価手法の高度化のため、連動型地震の予測手法に関する研究、最近の地震断層に関する詳細な研究、孤立した短い活断層の研究も併せて行った。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目13、テーマ題目14、テーマ題目16、テーマ題目17、テーマ題目20、テーマ題目21、テーマ題目23、テーマ題目29

地震発生機構研究チーム

(Seismogenic Process Research Team)

研究チーム長：桑原 保人

概要：

本研究チームは、地質学的調査を主体とした履歴情報に加え、地殻活動のモニタリング、モデリングといった地球物理学的な研究から得られる地下の深部構造、応力情報等を融合させることにより、物理モデルに基づく内陸地震および海溝型地震の予測技術の開発を目指す。昨年度に引き続き活断層や南海トラフの深部構造・応力状態解明のための地球物理学的調査観測と、地震発生や地震破壊の連動を予測するためのコンピュータシミュレーション技術の開発・改良を行った。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目26

地震素過程研究チーム

(Laboratory Seismology Research Team)

研究チーム長：増田 幸治

概要：

シミュレーションによる地震発生予測精度の向上に重要な情報となる、断層深部における塑性変形から摩擦滑りに遷移する構成則の解明を目指す。断層破碎帯の変形過程解明のための詳細な構造地質学的解析、地殻深部の高温高圧環境を実現できる世界有数の実験装置を使用した変形・破壊実験等を行った。過去に地下深部において現在地表に露出している岩石を地質学的に調べて、地下深部における岩石の変形機構の証拠を集め、さらに、実験室で高温高圧の地下深部環境を作り出して、地下深部で起こっているすべり現象を再現することで、地震発生時の断層や岩石の変形様式の解明に取り組んだ。さらに、断層周辺の応力状態と地震切迫度との関係を示すモデル構築のために、室内

AE実験によって基礎データを取得した。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目19、テーマ題目24、テーマ題目25

地震地下水研究チーム

(Tectono-Hydrology Research Team)

研究チーム長：小泉 尚嗣

概要：

国の東海地震予知事業および地震調査研究業務を分担し、地殻活動と地下水変動の関係を解明するために、地下水等の観測・研究業務を行っており、地震に関連する地下水変化における日本の中核的研究チームである。東海・近畿・四国地域を中心に、全国に50以上の観測点を展開し、地下水の水位・自噴量・水温・水質等の観測とともに、一部の観測点では、歪・GPS・傾斜計等による地殻変動や地震の同時観測も行っている。これは、地震予知研究のための地下水観測網としては質・量において世界有数のものである。観測データは電話回線や携帯電話等を通じて当チームに送信され（特に重要なデータは気象庁にもリアルタイムで送られて東海地震予知のための監視データとなっている）、それを用いて地下水等の変動メカニズム解明のための研究と、深部ゆっくりすべりや深部低周波微動のモニタリングを行なっている。観測結果は、解析手法とともにホームページを通じてデータベースとして公開しており（<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/gxwell/GSJ/index.shtml>）、地震防災対策強化地域判定会（東海地震の予知判定を行う気象庁長官の諮問機関）・地震予知連絡会・地震調査委員会（地震調査研究推進本部）にデータを報告・説明している。平成22年度は、防災科研と観測データを共有するシステムを作り、南海・東南海地震のプレート境界のモニタリング機能を強化する体制を作れたことが特筆すべき成果として挙げられる。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目6、テーマ題目7

海溝型地震履歴研究チーム

(Subduction Zone Paleearthquake Research Team)

研究チーム長：穴倉 正展

概要：

海溝型地震の中でもまれに発生する異常に大きな津波を伴う地震は、大きな被害を発生させる。2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）は、まさにそのような地震であった。このような異常に規模の大きな海溝型地震は、津波堆積物や地殻変動の痕跡を地層や地形に残すことが知られていることから、沿岸域で湿地堆積物の調査研究、古生物学的手法を用いた古環境の復元、海岸段丘と岩石に付着した生物の調査を実施し、過去

の巨大地震の履歴を解明している。さらに、明らかに
なった津波堆積物の分布域や地殻変動量などの観察事
実を定量的に説明できる断層・津波波源モデルを構築
し、津波及び地殻変動シミュレーションを実施するこ
とによって、過去に発生した巨大な海溝型地震像を明
らかにするとともに、将来の巨大津波を予測するた
めの研究を実施した。

研究テーマ：テーマ題目8、テーマ題目18、テーマ題目
27

地震災害予測研究チーム

(Earthquake Hazard Assessment Team)

研究チーム長：堀川 晴央

概要：

地震による被害軽減に資することを目指して、地震
動予測手法の高度化に関する研究と断層変位による表
層地盤の変形の予測に関する研究を行った。地震動予
測の高度化に関する研究においては、海溝沿いで発生
する巨大地震の震源モデルによる長周期地震動の評価
に関する研究を進めるとともに、内陸で発生する地震
による地震動予測の高度化のため、種々の物理探査を
行った。また、作成した地盤構造モデルを電子ファイ
ルとして公開し、広く一般の使用に供することに努め
た。地盤変形の予測に関する研究においては、地質情
報、活断層情報に基づく断層変位による表層地盤の変
位・変形量を数値シミュレーションによって予測する
手法の開発を行うとともに、フィールドでのデータ取得
を行った。

研究テーマ：テーマ題目9、テーマ題目10、テーマ題目
17、テーマ題目20、テーマ題目22

----- [テーマ題目1] 活断層評価の研究

[研究代表者] 吉岡 敏和 (活断層評価研究チーム)

[研究担当者] 吉岡 敏和、吾妻 崇、宮下 由香里、
丸山 正、近藤 久雄、楳原 京子、
村上 文敏、谷口 薫、宮本 富士香、
長 郁夫、中井 未里
(常勤職員7名、他4名)

[研究内容]

活断層評価の高精度化および評価手法の高度化を図
るため、日本およびトルコ共和国において、野外調査を主
とする調査研究を実施した。具体的には、トルコ、北ア
ナトリア断層において、地震時変位量の計測と古地震調
査を行うとともに、横手盆地東縁断層帯北部において、
セグメント区分手法を検討するための垂直変位量分布を
調査した。また、調査結果の普及と有効活用の目的で
すでに公開中の活断層データベースについて、調査地点を
Google Maps 上で直接検索できる機能を開発したほか、
地下構造可視化システムと連携するシステムを構築した。
さらに、新規公表データの追加入力を行うとともに、他

の GIS システムとの連携・統合を図るための断層位置
データのデジタイズ入力を行った。

内陸および沿岸海域の活断層調査では、連動型地震の
予測手法確立のため、北アナトリア断層系の1939年地震
断層上、コクルジェ地点でトレンチ掘削調査を実施し、
7~8回の古地震イベントを識別した。年代測定の結果、
1939年地震に先行するイベントが西暦1668年地震に、さ
らに1つ前のイベントが1579年地震に対比可能であるこ
とが明らかになった。このほか、断層の活動履歴の高精
度化の研究として、滋賀県の鍛冶屋断層および岐阜県の
宮代断層において追加ボーリング調査を行い、鍛冶屋断
層では約1,000年前の最新活動以前に複数回の断層活動
があったことが推定された。

活断層データベースの整備では、すでにインターネッ
ト上で公開中の活断層データベースについては、より使
いやすいデータベースを目指して、機能の追加や改修を
行った。活動セグメント・起震断層検索画面を、これま
での固定地図から Google Maps を使用したものに変更
し、自由に拡大・縮小しながらの検索が可能となった。
また、地図上で範囲を指定して複数の活動セグメントを
検索する機能を追加した。さらに、活断層の活動に関わ
る地殻や上部マントルの大局的な地下構造を理解するた
めの基礎情報として、三次元的な物性値 (弾性波速度)
の分布を簡単に閲覧することができる「地下構造可視化
システム」を追加した。

[分野名] 地質

[キーワード] 活断層、古地震、活動履歴、変位量、デ
ータベース

[テーマ題目2] 活断層および地震に関する融合研究

[研究代表者] 桑原 保人 (地震発生機構研究チーム)

[研究担当者] 近藤 久雄、桑原 保人、長 郁夫、
木口 努、丸山 正、安藤 亮輔、
増田 幸治、佐藤 隆司、重松 紀生、
高橋 美紀、今西 和俊、北川 有一、
重松 紀生、吾妻 崇、藤内 智士
(地質情報研究部門)
(常勤職員15名、他1名)

[研究内容]

本研究は、地震の発生・災害の予測に有効な研究の中
で、特に、専門の異なる研究者が融合する事で研究の著
しい進展が期待できる研究として、1) 糸静活断層系・
深部形状の解明、2) 内陸逆断層の地表すべりの多様性
とそのメカニズム、3) 深部低周波微動の発生メカニズ
ムの解明、4) 応力逆解析と断層運動方向を利用した断
層活動性評価手法の開発、の4テーマを実施した。

[分野名] 地質

[キーワード] 糸魚川-静岡構造線、小谷-中山断層、
数値地形モデル、地表すべり、多様性、
浅部地殻応力場、地盤物性、有限要素法

〔テーマ題目3〕地震発生の物理モデルに関する研究

〔研究代表者〕 桑原 保人（地震発生機構研究チーム）

〔研究担当者〕 桑原 保人、長 郁夫、多田 卓、
今西 和俊、武田 直人、木口 努
（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では、大地震の発生予測精度の向上のため、モニタリングと物理モデルに基づいた予測手法を開発することを目的とする。

活断層で発生する大地震については、糸魚川-静岡構造線（以下、糸静線）をターゲットに、断層の深部構造や応力状態のモニタリング結果を取り入れ、地震の発生時期と破壊の連動性の予測を行う。そのために本年度は、1)日本全国および糸静線のより詳細な深部粘弾性構造のモデル、2)日本周辺のプレートの滑り込みと東西圧縮による糸静線近傍の応力蓄積のモデルによる評価、3)微小地震のメカニズム解のデータと浅部応力測定データの取りまとめによる実際の応力場の評価を実施した。

海溝型巨大地震については、東南海・南海地震の発生予測精度の向上のために、沈み込み帯の深部低周波地震発生域の応力状態モニタリング手法を開発する。研究開発要素は、広い帯域の地震計3次元アレイ観測システムの展開と解析による、深部低周波地震の物理モデルの構築、それによる応力状態推定手法の開発である。本年度は、紀伊半島にある産総研・飯高観測点周辺で39台の高感度地震計からなるアレイ観測を開始した。また、深部低周波微動のメカニズム解を S 波の振動方向から推定するという手法を確立し、紀伊半島の活動に適用して手法の有効性を確認した。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 地震発生予測、物理モデル、地殻応力、糸魚川-静岡構造線、東南海・南海地震、数値シミュレーション

〔テーマ題目4〕地震素過程に関する研究

〔研究代表者〕 増田 幸治（地震素過程研究チーム）

〔研究担当者〕 増田 幸治、佐藤 隆司、重松 紀生、
高橋 美紀（常勤職員4名）

〔研究内容〕

シミュレーションによる地震発生予測精度の向上に重要な情報となる、断層深部における塑性変形から摩擦滑りに遷移する構成則の解明を目指した。運営費交付金によって実施。中央構造線のボーリングコア（飯高赤桶コア）を解析し、75Ma 頃から現在に至る長い活動履歴について、条件ごとの断層活動記録を分離した。蛇紋岩（アンティゴライト）の摩擦挙動を高温高压下で測定した。深部条件になるに従って塑性から脆性領域が現れ、450℃付近で脱水の効果がみられることを明らかにした。摩擦構成則パラメータのマッピングを完成させた。断層周辺応力と地震切迫度評価モデル構築のための基礎デー

タとして、応力状態の変動と AE 発生の関係を実験的に調べ、荷重増加時と荷重一定の AE 活動を比較すると、荷重増加時の方が封圧変動との相関が良いことがわかった。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 脆性-塑性遷移、高温高压実験、中央構造線、蛇紋岩、AE（アコースティック・エミッション）

〔テーマ題目5〕地下水等総合観測による地震予測精度向上に関する研究

〔研究代表者〕 小泉 尚嗣（地震地下水研究チーム）

〔研究担当者〕 小泉 尚嗣、高橋 誠、松本 則夫、
大谷 竜、北川 有一、板場 智史、
武田 直人、梅田 康弘（関西センタ
ー）、佐藤 努（地質情報研究部門、兼
任）、加納 靖之（京都大学）、
中村 衛（琉球大学）、角森 史昭（東
京大学）、豊島 剛志（新潟大学）、
浅井 康広（東濃地震科学研究所）、
田阪 茂樹（岐阜大学）、鈴木 貞臣
（東濃地震科学研究所）、石井 紘（東
濃地震科学研究所）、大久保 慎人（東
濃地震科学研究所）、山本 明彦（愛媛
大学）、頼 文基（台湾国立成功大学）、
村瀬 雅之（日本大学）、細 善信（京
都大学）（常勤職員7名、他15名）

〔研究内容〕

本研究は、東海地震予知事業における地下水観測分野及び、「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について（建議）」（文科省測地学分科会、平成20年8月）の地下水等総合観測による研究に相当している。平成22年度の主な成果は以下の通りである。

前兆的地下水位変化検出システムを引き続き東海地方で運用した。2010年4月～12月に紀伊半島～東海のプレート境界において規模の大きい深部低周波微動活動が4回あり、それらすべてに対して産総研の観測網で歪変化を検出し短期的スロースリップ（短期的 SSE）の断層モデルを提出した。1946年南海地震前後の四国太平洋沿岸部の13カ所において数年単位の上下変動を明らかにした。水文学的・地球化学的手法による地震予知研究についての第9回日台ワークショップを産総研で開催した。年間の変形率が1ppm に達する台湾南部の地下水観測点についてのデータ解析を開始した。水文学的・地球化学的手法による地震予知研究についての台湾成功大学との9年間の共同研究のレビューを行なった。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 地震予知、地震予測、地下水、活断層、地殻変動、歪、地震、東海地震、東南海地震、南海地震

【テーマ題目6】地震に関する地下水観測データベース

【研究代表者】小泉 尚嗣（地震地下水研究チーム）

【研究担当者】松本 則夫、小泉 尚嗣、高橋 誠、
武田 直人（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

産業技術総合研究所は、「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について（建議）」（文科省測地学分科会、平成20年8月）において、「地震に伴う地下水変化について・・・データベースの充実を図る。」とされており本データベースがそれに相当する。本データベースは、産総研の観測網によって観測された地下水・地殻変動・地震に関する最新の観測データを表示する。平成22年度には、深部低周波微動の震源を自動的に決定し、地震に関する地下水観測データベースでその震源の公開を開始した。また、最新の観測データの公開を継続し、メンテナンス情報・各種委員会資料・地震前後における地下水変化事例データベースの入力を継続した。本データベースに対する平成22年度のアクセスは15万件弱であった。

【分野名】地質

【キーワード】地震、地下水、データベース、地殻変動、歪、深部低周波微動

【テーマ題目7】南海・東南海地震の前兆現象検出精度向上のための共同研究

【研究代表者】松本 則夫（地震地下水研究チーム）

【研究担当者】松本 則夫、小泉 尚嗣、桑原 保人、
高橋 誠、今西 和俊、北川 有一、
板場 智史、武田 直人
（常勤職員7名、他1名）

【研究内容】

本研究は、南海・東南海地震予測に資するために、深部ゆっくりすべり・深部低周波微動の分布や発生間隔の解析精度の向上を目標として、産総研・防災科研の歪・傾斜データを共有し、同すべりの高度な解析やメカニズム解明をおこなうことである。平成22年度には、産総研と防災科研とのデータ交換を行うためのシステムを設置するとともに、歪計・傾斜計双方を用いた深部ゆっくりすべりの位置決定手法を開発し、防災科研データを統合した際の深部ゆっくりすべりの検知能力の事前評価を行った。その結果、東海～四国の広い範囲で M5.5以上の短期的 SSE を検知できることがわかった。さらに、深部低周波微動の詳細な分布を明らかにするために、三重県松阪市の飯高赤桶観測点周辺で、50-100m 間隔で40点の高感度地震計を設置し観測を開始した。

【分野名】地質

【キーワード】地震予測、地下水、地殻変動、地震、東南海地震、南海地震、歪

【テーマ題目8】海溝型地震の履歴と被害予測の研究

【研究代表者】宍倉 正展

（海溝型地震履歴研究チーム）

【研究担当者】宍倉 正展、藤原 治、澤井 祐紀、
行谷 佑一、藤野 滋弘、藤井 雄士郎
（建築研究所）、
佐竹 健治（東京大学地震研究所）

【研究内容】

海溝型地震は内陸型の地震に比較して発生頻度が高く、規模も大きい。さらに同じ場所で発生する地震の規模は一定でなく、まれに異常に規模の大きな地震となり、巨大津波を発生させる。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震（M9.0）は、まさにその典型であった。このような地震・津波の規模と長期的な発生時期を正確に予測するため、津波堆積物をはじめとする過去の地震や津波の痕跡について分布や年代を解明すること、およびそれらの情報に基づいた震源断層モデルを構築することを目的に、外部予算も獲得しつつ日本の沿岸域、及び世界各地の沈み込み帯の調査を進めている。本年度の調査研究は、北海道東部、常磐海岸、相模トラフ、南海トラフで行い、また緊急調査として2011年東北地方太平洋沖地震の津波調査を茨城県および千葉県沿岸で行った。

【分野名】地質

【キーワード】海溝型地震、津波堆積物、地殻変動、巨大津波、連動型地震、津波シミュレーション

【テーマ題目9】地震災害予測の研究

【研究代表者】堀川 晴央（地震災害予測研究チーム）

【研究担当者】堀川 晴央、吉見 雅行、安藤 亮輔、
木村 治夫、林田 拓己、関口 春子
（京都大学）、吉田 邦一（地域地盤環境研究所）（常勤職員3名、他4名）

【研究内容】

地震による被害軽減に資することを目指して、地震動予測手法の高度化に関する研究と断層変位による表層地盤の変形予測に関する研究を行った。地震動予測に関する研究では、予測手法の高度化に関する研究と堆積盆地における長周期地震動評価研究を進めている。今年度は、秋田平野および能代平野において微動アレー探査を実施し、その結果を発表したほか、大阪平野の浅部地盤構造モデルの電子データを CD-ROM に収録して公開した。また、東北地方太平洋沖地震発生後の緊急調査として、茨城県内の建造物の被害調査を実施した。断層変位に伴う表層地盤の変位・変形予測の研究では、綾瀬川断層帯において前年度取得した地震波探査データを解析して浅部における変形の詳細を明らかにしたほか、昨年度実施した地中レーダー探査の結果を論文として公表した。このほか、弾性体内部の剪断型の亀裂進展を解析するための計算コードを拡張有限要素法をベースに開発した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕強震動、長周期地震動、地表変形、数値シミュレーション、物理探査

〔テーマ題目10〕地質情報を活用した3次元地質モデルの構築と深部断層形状の推定

〔研究代表者〕吉見 雅行（地震災害予測研究チーム）

〔研究担当者〕吉見 雅行、岡村 行信、楳原 京子、堀川 晴央、木村 治夫
（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

本課題では、都市近郊に位置するなど社会的重要性の高い活断層を主対象に、地質データからバランス断面法を用いて深部断層形状を推定する。本年度は、立川断層と深谷断層周辺について、米軍撮影及び国土地理院発行の空中写真を用いて段丘面の地形判読により段丘面を詳細に区分した。これを国土地理院の10mメッシュ数値標高データを用いて3次元データとして整備した。さらに、3次元データを基に古地形を復元した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕活断層、断層面形状、バランス断面法、立川断層帯、関東平野北西縁断層帯

〔テーマ題目11〕「沿岸域地質・活断層調査」沿岸海域の地質構造調査

〔研究代表者〕岡村 行信

（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕松本 弾（地質情報研究部門）、岡村 行信、村上 文敏
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

福岡県の糸島半島東側から遠賀川沖合の水深がおおよそ70m以浅の範囲でブーマー音源のショートマルチチャンネル音波探査及びウォーターガン音源のロングマルチチャンネル音波探査を行った。音波探査の測線長はブーマー音波探査が851.9kmであり、ウォーターガン音波探査が81.5kmである。調査地域には2005年福岡県西方沖地震の震源域が分布する。層序は、最終氷期以降（A層）、更新統（B層）、始新～漸新統（C層）、中生界（D層）およびそれ以下の基盤に区分した。福岡県西方沖地震の震源域には明瞭な断層構造は認められなかったが、その北東側にはフラワー構造が北西-南東方向に発達する。大島の北東側では、褶曲構造が発達するC層とその上位の非変形のB層以上との間に明瞭な不整合が発達する。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕沿岸地質、活断層、音波探査、完新統、福岡、福岡県西方沖地震

〔テーマ題目12〕「沿岸域地質・活断層調査」地質調査データ情報の統合化

〔研究代表者〕岡村 行信

（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕佐藤 智之（地質情報研究部門）、岡村 行信、井上 卓彦（地質情報研究部門）、荒井 晃作（地質情報研究部門）
（常勤職員4名）

〔研究内容〕

主に白嶺丸、第2白嶺丸を利用した「GH航海」で取得した反射断面を対象に2008年度よりデータ登録を進めてきた。2009年度は全データが一括して登録されていたのを適切にグループ分けし、計算機の負荷を低減した。今年度は、未統合であった日本海側のデータの統合など、グループの最適化と新規データの追加登録を進めた。現在の登録データ数は、測線数6218本（内訳：整形済み測線4359本、原記録1859本）であり、調査海域ごとに2群57のグループに分けられている。また、閲覧のみであれば日本周辺の全海域を同時に扱うことが可能である。また、Windowsベースの反射断面解釈ソフトGeoGraphix社製「SeisVision」へ直接データ転送が可能になり、データ閲覧から解釈作業へとよりスムーズに移行できるようになった。デジタル化可能な既存データの登録は今年度で終了し、反射断面図の整合性の検証、不良データの発見と修正、再登録、新取得データの登録が進行中である。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕沿岸地質、活断層、音波探査、データベース、白嶺丸

〔テーマ題目13〕沿岸海域における活断層調査

〔研究代表者〕岡村 行信

（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕岡村 行信、杉山 雄一、楳原 京子、阿部 信太郎（電力中央研究所）、伊藤 谷生（千葉大学）、竹内 章（富山大学）、坂本 泉（東海大学）、越後 智雄（地域地盤環境研究所）、内田 康人（北海道立総合研究機構）、松浦 律子（地震予知総合研究振興会）
（常勤職員3名、他7名）

〔研究内容〕

文部科学省からの委託を受け、布田川・日奈久断層帯／中部・南西部（海域部）、福井平野東縁断層帯主部（海域部）、呉羽山断層帯の海域延長部（海域部）、黒松内低地断層帯の南方延長海域部の4断層の調査を実施した。また、既存の海域活断層調査及び地質調査に関する情報を収集し、今後の調査対象となる海域活断層の取りまとめを行った。

1) 布田川・日奈久断層帯／中部・南西部（海域部）は

八代海南部で数多くの活断層に枝分かれし、全体として35kmの長さを持つ。北東部では、約1700年～530年前と、K-Ah 降下後～2700年前の2回のイベントが認められた。また最後のイベントは西暦744年の肥後国の地震である可能性が高い。見かけ上の垂直変位量は0.1～0.5m/千年、1回の垂直変位量は1～2mであると推定したが、横ずれ成分は不明である。

- 2) 福井平野東縁断層帯主部の海域延長部は、断続的あるいは枝分かれしながら海岸から約11.5km北方まで連続することが明らかになった。最終氷期以降に活動したと考えられるが、活動時期は解明できなかった。平均変位速度は0.04～0.08m/千年と推定された。
- 3) 呉羽山断層帯の海域延長部には、背斜構造帯が海岸から約13km北東に連続することが明らかになり、活断層が連続していると判断した。また、海岸に近い平野でのボーリングに基づいて、最新活動時期をBC2285～427AD、その変位量は2～2.5m以上と推測した。
- 4) 黒松内低地断層帯の南方延長海域には背斜構造が雁行状に発達し、全体として海岸から少なくとも約15km、最大で21km南方まで連続することが明らかになった。活動時期は約6,000～7,000年前と約11,000～13,000年前頃より後に推定され、イベント間隔は5,000～6,000年かそれより短いと推定される。平均上下変位速度は0.3～0.5m/千年、1回の上下変位量は2～3mと推定される。
- 5) 今後の沿岸海域における活断層調査の調査手法と調査対象断層の選定に資するため、既存の海域活断層調査及び地質調査に関する情報を収集し、具体的な調査手法の整理と、調査対象となり得る沿岸海域の断層を整理した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕沿岸地質、活断層、音波探査、完新統、布田川・日奈久断層帯／中部・南西部、福井平野東縁断層帯主部、呉羽山断層帯、黒松内低地断層帯

〔テーマ題目14〕活断層の追加・補完調査

〔研究代表者〕吉岡 敏和（活断層評価研究チーム）

〔研究担当者〕吉岡 敏和、栗田 泰夫、吾妻 崇、近藤 久雄、杉戸 信彦（名古屋大学）、堤 浩之（京都大学）、廣内 大助（信州大学）（常勤職員4名、他3名）

〔研究内容〕

本研究は、地震調査研究推進本部が定めた基盤的調査観測対象断層帯について、新に対象に追加された断層帯、およびこれまでの調査結果に基づく評価で将来活動確率が十分絞り込めなかった断層帯について、追加・補完調査を実施することを目的に、文部科学省からの委託を受けて行われたものである。

平成22年度の調査対象断層帯は、雫石盆地西縁-真昼山地東縁断層帯（真昼山地東縁／南部）、邑知潟断層帯、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯（主部／南部）、山田断層帯（南部の4断層帯である。各断層帯において、断層の位置・形状、活動度、過去の活動履歴等を明らかにするための調査を実施し、地震調査研究推進本部の活断層の長期評価に貢献する資料が得られた。

- 1) 雫石盆地西縁-真昼山地東縁断層帯の調査：真昼山地東縁断層帯のうち、1896年陸羽地震で活動しなかった南部について、空中写真と2mDEMを用いた地形判読・計測と、地形・地質踏査、トレンチ・ピットおよびボーリング調査により、その分布・形状・活動性および活動時期を調査した。断層帯南部の長さは17km程度であり、中田・今泉編（2002）が指摘する総延長9kmの副次的な活断層については、変動地形が認められなかった。また、細内および白木野地点での調査では、約3万年前および2万年前の段丘面が共に上下に4m程度変位し、約2千8百年前の段丘面形成後に最新活動があったことが明らかになった。この結果、断層帯南部の単位変位量は上下成分が2m程度であり、活動に再来間隔は1万4千年～2万年程度と求められた。また、断層帯北部においても3万年程度前以降に1896年地震を含めて2回の活動があったことが見出された。
- 2) 邑知潟断層帯の調査：ピット調査、ボーリング調査を実施した。これらのうちの本江地点で実施した群列ボーリング調査の結果から、同地点の沖積低地を切る低崖が断層崖である可能性が高く、その形成時期が8～9世紀以降であることが推定された。この結果、同断層帯の最新活動時期はこれまでの評価よりも新しくなり、平均活動間隔が短縮されると解釈した。
- 3) 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の調査：滋賀県および岐阜県にまたがって分布する柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯では、断層帯の過去の活動時期を明らかにすることを主な目的とし、鍛冶屋断層の滋賀県長浜市鍛冶屋町および関ヶ原断層の岐阜県関ヶ原町秋葉においてトレンチ調査を、宮代断層の岐阜県垂井町宮代においてボーリング調査を実施した。調査の結果、鍛冶屋断層では、2地点において堆積物を変位させる明瞭な断層が確認され、そのうちの1地点で約1,000年前の堆積物が断層変位を受けていることが明らかになった。関ヶ原断層では、トレンチ壁面には断層が確認されず、岐阜県が1996年に行った調査と合わせると、この地点には約19,000年前以降に活動した断層は存在しない可能性が高まった。宮代断層では、2地点においてボーリング調査を実施し、東海層群上面に約35mの高度差があること、約1,400年前の年代を示す礫層が撓曲変形を受けている可能性があることが示された。
- 4) 山田断層帯の調査：断層活動時期、詳細な断層分布および活動区間を明らかにするため、1)空中写真判読、航空レーザー計測による詳細な数値標高モデル

(DEM)、現地踏査による活断層分布の検討、2) トレンチ調査および群列ボーリング調査による過去の活動時期の検討をおこなった。その結果、山田断層帯西部の坂野地点における最新活動時期は、約12,400年前以後、11,200年前以前であることが明らかになった。また、断層帯中央部に分布する断層不連続を境に断層帯が東部と西部の活動区間に区分され、それぞれ活動時期が異なる可能性が示された。

【分野名】地質

【キーワード】活断層、追加・補完調査、地震調査研究推進本部、雫石盆地西縁-真昼山地東縁断層帯、邑知潟断層帯、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯、山田断層帯

【テーマ題目15】「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」海域活構造の地形・地質調査

【研究代表者】岡村 行信

(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】岡村 行信、堀川 晴央、村上 文敏、(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

酒田沖隆起帯を横切る5測線を設け、浅層(海底下100m以浅)を対象とした高分解能音波探査を実施した。その結果、隆起帯の東縁に沿って活断層が存在すること、近年は隆起帯南部において断層活動がより活発であることが明らかになった。海底下にはいくつかの浸食面が認められ、その中の起伏に富んだ、明瞭な面には比高30m程度の変位が認められる。この面を最終氷期の浸食面と仮定し、その年代を1.8万年とすると、1.7m/千年という変位速度が見積もられるが、この推定の妥当性は、今後堆積物の採取と年代測定によって確認する必要がある。現在海底下に見られる地質構造と、上述の探査結果とを付き合わせると、本隆起帯を形成する断層の活動的な部分は時代によって異なっていることが示唆される。

【分野名】地質

【キーワード】ひずみ集中帯、酒田沖隆起帯、高分解能音波探査、海域活断層

【テーマ題目16】「神縄・国府津-松田断層帯における重点的調査観測」浅海域での国府津-松田断層の活動様式の解明

【研究責任者】丸山 正(活断層評価研究チーム)

【研究担当者】丸山 正、岡村 行信(常勤職員2名)

【研究内容】

浅海域での国府津-松田断層および周辺の活構造の分布と活動様式を把握するため、小田原市早川から中郡大磯までの相模湾北西部に設けた17測線(延べ測線長約108km)でブーマーを音源とする高分解能マルチチャンネル音波探査を実施した。反射断面の解釈により、陸域

で認定されている国府津-松田断層の走向延長部の沿岸部で同断層の存在を示唆する反射面の不連続が認められた。また、同断層上盤側に分布する二宮海底谷および大磯海脚北西部では、北東-南西方向に軸をもつ褶曲群が認められ、その一部には最終氷期に形成されたとみられる海脚頂部の海食台に背斜状の変形を示唆する反射パターンが認められた。ただし、推定された活構造沿いには上部更新統一完新統はほとんど分布しておらず、地層採取による後期更新世以降の活動性の定量的な評価は困難である。

【分野名】地質

【キーワード】国府津-松田断層帯、高分解能音波探査、海域活断層

【テーマ題目17】上町断層帯における重点的調査観測

【研究代表者】吉岡 敏和(活断層評価研究チーム)

【研究担当者】吉岡 敏和、近藤 久雄、吉見 雅行、堀川 晴央、木村 治夫、堤 浩之(京都大学)、関口春子(京大防災研)、浅野 公之(京大防災研)(常勤職員4名、他4名)

【研究内容】

本研究は、大阪府に位置する上町断層帯が活動した場合に想定される地震災害の軽減を目指し、断層帯の地表付近の詳細な位置・形状、地下の震源断層形状、過去の活動履歴等の活断層基本情報の高度化と、震源域での強震動評価の高度化を目的に、京都大学と共同で実施しているもので、本年度は「活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査」および「動的断層モデル構築と強震動シミュレーション」について分担実施した。

- 1) 活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査：本サブテーマでは、上町断層帯の地表付近での詳細な断層位置と分布形状、及び変位量分布に関する文献調査を実施し、既存の活断層位置情報を整理した。さらに、航空レーザー測量(LiDAR)による2mメッシュの詳細DEMを整備し、空中写真判読の結果を含めて、変動地形・活構造の分布について予察的に検討した。その結果、断層帯北部の淀川~大阪駅周辺では、断層帯に沿って隆起側に分布する砂州の形態が明瞭になり、分布西縁が上町断層帯を構成する桜川撓曲の位置とほぼ一致することが明らかになった。さらに、断層帯南部の大津川周辺では、従来の推定断層に沿って分布する段丘面に逆傾斜および変形が認められた。これは、H22年度に京都大学が実施した反射法地震探査による変形構造と調和的であり、大津川以南についても概ね海岸線に沿って上町断層帯が分布する可能性が示された。
- 2) 動的断層モデル構築と強震動シミュレーションの実施：本サブテーマでは、上町断層帯の地震動評価の高

度化のため、動的断層モデルの構築と強震動シミュレーションを実施する。本年度は、上町断層帯の震源モデルの既往研究調査、丘陵部における大阪層群および火山灰層の3次元デジタルデータの整備、上町断層帯南部での地中レーダー（GPR）探査、大阪府南部地域での微動アレイ探査を実施した。GPR探査では既存研究による坂本断層の推定位置周辺にて撓曲変形を示す断面を得た。微動アレイ探査では既存探査の空白域6地点にてレイリー波分散曲線を得て、地震基盤に至る堆積層の速度構造を推定した。

【分野名】地質

【キーワード】上町断層帯、変動地形、航空レーザー測量、地中レーダー探査、微動アレイ探査

【テーマ題目18】原子力安全基盤調査研究

津波波源モデルの精度向上に関する研究

【研究代表者】岡村 行信

（活断層・地震研究センター）

【研究担当者】岡村 行信、行谷 佑一、佐竹 健治
（東京大学）、上野 俊洋（東京大学）、
谷岡 勇市郎（北海道大学）、
Aditya R. Gusman（北海道大学）
（常勤職員2名、他4名）

【研究内容】

2005年宮城県沖の地震津波を対象に、津波波形インバージョン解析により、地震時の海底隆起・沈降量分布を推定した。この隆起・沈降量分布は非一様な形状であると仮定し、B-スプライン関数で表現することを試みた（モデル1）。また、断層面を仮定して非一様な断層すべり量も推定し、それから得られる隆起・沈降量分布も計算した（モデル2）。モデル1とモデル2を比較すると、両者の隆起・沈降量の分布はおおむね良く似ていることがわかった。ただし完全には一致せず、隆起量はモデル2の方が大きく（モデル1の隆起量：約7cm、モデル2の隆起量：約4cm）、逆に沈降量はモデル1の方が大きい結果となった。

一方、波源分割の細かさに対して沿岸津波高さが受ける影響の程度についても検討を行った。まず2007年新潟県中越沖地震津波を例に、インバージョン解析から推定される非一様な断層すべり量分布を基にして、それよりも波源の分割数を小さくした場合の沿岸における津波高さを計算した。その結果、波源の分割数によらず全体的な津波高さの分布はおおむね同様の結果が得られた。しかしながら、波源の分割数が大きなモデルでは局所的に大きな津波高さが計算されるのに対し、波源の分割数が小さくなるとそれが表現されない結果となった。2003年十勝沖地震津波についても同様の検討を行った。これらを用いて、津波波形からインバージョン解析により非一様な波源モデルを推定する手法についてガイドラインを作成した。

【分野名】地質

【キーワード】新潟県中越沖地震、2003年十勝沖地震、津波シミュレーション、津波観測、地殻変動

【テーマ題目19】震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性の研究

【研究代表者】佐藤 隆司（地震素過程研究チーム）

【研究担当者】佐藤 隆司、雷 興林（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究はJST-JICA地球規模課題対応国際科学技術協力事業「鉱山での地震被害低減のための観測研究」の一部を分担する。本事業は、南アフリカ金鉱山で発生する地震を地震計、歪計等を用いて極近傍で観測することにより、地震発生子測の高度化をはかり、地震発生過程解明および鉱山における地震被害低減に寄与することを目的とする。本分担課題では、震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性を室内実験で計測し、震源極近傍での他の様々な観測結果を解釈する際の基礎データとする。

鉱山でのボーリング作業は事業初年度である平成22年度から開始されたが、コア試料の日本への輸送は平成23年度から開始予定である。そのため本分担課題では、封圧制御用のシリンジポンプを導入し、コア試料の受け入れ態勢を整えた。

【分野名】地質

【キーワード】南アフリカ金鉱山、地震被害低減、岩石物性・破壊特性

【テーマ題目20】平成21年度変動地形に基づく伏在断層評価手法の高度化

【研究代表者】吾妻 崇（活断層評価研究チーム）

【研究担当者】吾妻 崇、林 舟、宮下 由香里、
岡村 行信、木村 治夫、丸山 正
（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

伏在断層の評価手法高度化にかかる検討の最終年度として、21年度に設定した課題の実施と3年間に実施した課題の全体的なとりまとめを行なった。21年度課題として、横ずれ断層については、1)航空レーザー測量データによる活断層定量評価の検討、2)横ずれ断層端部における高精度地形測量に基づく断層端部位置推定の検討、3)断層破砕物質を用いた活断層の活動性評価の検討を、縦ずれ断層については、4)三次元地質構造に基づいた震源断層モデル構築手法の検討、5)山地内に延長する不明瞭な逆断層の検出限界の検討を実施し、成果をまとめた。また、本課題の3年間のとりまとめとして、これまでに実施した各課題の整理とそれぞれの有効性について集約した報告書を作成した。

【分野名】地質

〔キーワード〕 伏在断層、評価手法、航空レーザー測量、トレンチ調査、断層破砕物質、断層関連褶曲、3次元バランス断面法

〔テーマ題目21〕 平成22年度 活断層の地震規模及び活動性評価の精度向上に関する検討

〔研究代表者〕 吾妻 崇（活断層評価研究チーム）

〔研究担当者〕 吾妻 崇、宮下 由香里、近藤 久雄、谷口 薫（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

内陸活断層から発生する地震の評価手法高度化に関する検討の一環として、従来の評価において具体的な方針の検討が今後も必要とされている課題のうち、1)近接した断層の連動破壊可能性、2)孤立した短い活断層で発生する地震、3)断層破砕物質を用いた活断層の活動性評価の3課題について検討を行うものである。平成22年12月から検討を開始し、1)については山田断層を、3)については岩国断層帯を対象とした現地調査を計画している。今年度は、山田断層と岩国断層帯におけるボーリング調査の着手、DEM データの検討、および2)の孤立した短い活断層のリスト作成を実施した。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 連動破壊、短い活断層、断層破砕物質、山田断層、岩国断層帯

〔テーマ題目22〕 柏崎深部地震動観測サイト周辺の広域地下構造調査－微動・自然地震動観測およびGPS観測の実施

〔研究代表者〕 岡村 行信

（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕 岡村 行信、吉見 雅行、堀川 晴央、北川 有一、松本 則夫、林田 拓巳（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では新潟県南部地域の地震動予測の高度化のため、地震動・地殻変動の連続観測と微動の機動観測とを実施する。対象地域は、柏崎市から南魚沼市にかけての東西50km、南北15km程度の地域で、ここに地震動連続観測点14点、GPS連続観測点30点余りを設置する。本年度は、観測点選定、機器仕様決定、調査の現地説明等、観測点整備に向けての準備作業を実施した。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 新潟県南部地域、活褶曲、地震動、地震観測、GPS観測、地殻変動、地下構造モデル

〔テーマ題目23〕 活断層帯におけるセグメンテーションと最大地震規模に関する推定手法の検討

〔研究代表者〕 栗田 泰夫

（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕 栗田 泰夫、加瀬 祐子、近藤 久雄、谷口 薫（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、原子力安全基盤機構における新しい震源断層の調査手法を検討することを目的とした事業の中において、応用地質（株）が実施した内陸の活断層調査に基づく震源断層評価手法の検討の一環として、一部範囲の業務について役務委託を受けて実施している。なお、本研究の実施期間は平成20～22年度の3カ年度にまたがっている。

平成22年度には、これまでにデータを収集・検討した長さ10-400kmの地震断層について、セグメント区分した場合のスケーリング則を解析した。その結果、セグメント区分された断層では断層タイプや成熟度によって断層長と変位量の比例関係に若干の違いがあることが明確になった。また、横ずれ断層のセグメント間の連動破壊においては、ステップ幅が2-3km以上の場合は破壊が停止するものの、幅が狭い場合は、15-20km程度のステップオーバーやギャップを破壊が乗り越えられる事例が確認された。

断層破壊の動力学的シミュレーションにおいては、平行な2つの高角逆断層の連動性について、断層の走向と最大水平圧縮応力のなす角度、セグメント境界の規模と形状、および破壊の伝播方向を変えて、数値実験により検討した。この結果、純粋な逆断層の場合、連動のしやすさは主に断層間距離に依存し、断層間距離が長いほど連動しにくいこと、また、1枚目の断層が破壊することによって生じる応力変化により、断層の傾斜方向にステップする場合の方がやや連動しやすい傾向にあることがわかった。しかし、横ずれ成分を伴う場合には、断層の傾斜方向とステップの方向との両方の影響を受けるため、連動性の傾向はセグメントの位置関係により複雑に変化した。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 地震断層、セグメンテーション、スケーリング則、連動破壊、断層の動的破壊

〔テーマ題目24〕 巨大地震断層の力学的・水理学的特性の解明

〔研究代表者〕 金川 久一（千葉大学）

〔研究担当者〕 金川 久一（千葉大学）、堤 昭人（京都大学）、高橋 美紀、廣瀬 丈洋（JAMSTEC）（常勤職員1名、他3名）

〔研究内容〕

今年度は南海トラフ付加体浅部から採取された泥岩試料の微細構造観察と破壊・摩擦・透水実験を行い、以下の成果を得た。1)付加体の泥岩にはタービダイト起源の泥岩と半遠洋性泥岩の2種類あり、前者は石英や長石などの碎屑粒子に富み、淘汰が悪く孔隙が多く、一方後者

は石英や長石などの碎屑粒子に乏しく、スメクタイトなどの粘土鉱物に富み、細粒均質で孔隙が少ない。2) 室温、試料原位置の圧力・間隙圧に相当する封圧36-38MPa、間隙圧28-29MPaでは、タービダイト起源の泥岩は破壊強度が約20MPaと比較的大きく急激な応力降下を伴って破壊したが、半遠洋性泥岩は破壊強度が14.5MPaと比較的小さくゆっくりとした応力降下が起こった。また、タービダイト起源の泥岩の浸透率は 10^{-19}m^2 オーダーと比較的大きく、一方半遠洋性泥岩の浸透率は 10^{-20}m^2 とオーダー比較的小さかった。(産総研・高橋担当) 3) 室温・大気圧・含水条件において、1cm/s以下の低～中変位速度ではタービダイト起源の泥岩は摩擦強度が比較的大きく(摩擦係数約0.4-0.5)速度弱화를示すのに対し、半遠洋性泥岩は摩擦強度が比較的小さく(摩擦係数約0.3-0.4)速度強化を示した。一方1cm/s以上の高変位速度では両者の摩擦強度に有意な差がなくなり、両者とも顕著な速度弱化を示した。4) 以上のようにタービダイト起源の泥岩と半遠洋性泥岩は、力学的性質、水理学的性質ともに大きく異なることが明らかとなった。従って、両者を母岩とする付加体内部の断層の挙動にも大きな相違が予想される。また、京都大学の既存の回転剪断試験機に高温高压容器を付加し、最高温度300℃、最大封圧150MPaの条件での回転剪断試験が可能になった。来年度に調整と試運転を行い、掘削試料の原位置条件における中～高速摩擦実験に使用する予定である。

【分野名】地質

【キーワード】南海トラフ、付加帯、泥岩、破壊強度、浸透率、剪断試験

【テーマ題目25】中央構造線の連続コアによる断層帯内部構造解析

【研究代表者】重松 紀生(地震素過程研究チーム)

【研究担当者】重松 紀生、高橋 美紀、藤本 光一郎(東京学芸大学)、ウォリス・サイモン(名古屋大学)(常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

産総研が2007年度～2008年度にかけて建設した、松阪飯高観測点(以下ITA)で得られたボーリングコアは深度473.9mで領家帯と三波川帯の岩石境界である中央構造線(MTL)を貫いている。このコアの解析を目的に採択された科学研究費補助金による研究である。MTLを貫通するボーリングコアと地表露頭の観察と解析を合わせることによって、1)断層帯内部構造、2)MTLの履歴、3)断層深部の歪集中や内陸大地震発生との関わりを解明することを目的とした。H22年度は最終年度であり、これまでの解析結果のうち不足していた部分を補足し、また成果を総括し論文としてまとめるとともに、学会発表を行った。

【分野名】地質

【キーワード】中央構造線、断層帯内部構造、柱状図、

変形の重複、変形条件

【テーマ題目26】広帯域観測データの精密解析に基づくゆっくり地震の物理過程解明

【研究代表者】井出 哲(東京大学)

【研究担当者】井出 哲(東京大学)、廣瀬 仁(防災科学技術研究所)、今西 和俊(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

近年発見されたゆっくり地震の性質を明らかにするためには、地震データから地殻変動データまで含めた総合的な解析が必要である。今年度は普通の地震とゆっくり地震の震源特性を比較するために、サンアンドレアス断層沿いで発生している通常地震の震源パラメータを高精度で推定した。極微小地震まで含めて解析し、少なくともマグニチュード-1以上の地震に関しては応力降下量一定を基礎としたスケーリング則が成り立つことを示した。なお、本研究課題は、科学研究費補助金・基盤研究(B)(研究代表者・井出哲(東京大学))の研究分担者として行っている課題である。

【分野名】地質

【キーワード】広帯域地震計、ゆっくり地震、臨時観測

【テーマ題目27】高精度で定量的な海水準変動を行うための微化石データベース構築

【研究代表者】澤井 祐紀

(海溝型地震履歴研究チーム)

【研究担当者】澤井 祐紀(常勤職員1名)

【研究内容】

古生物学的なアプローチを用いて過去の地震に関係した地殻変動を検出するためには、現生と化石の群集の客観的な比較を行わなくてはならない。本研究は、科学研究費補助金(若手研究(B))の一環として、現生における微化石群集を調べ、客観的・定量的な海水準変動復元の研究に資するデータを提供することを目的としている。平成22年度は、地形図などから選び出した16地域において生態調査を行った。具体的には、北海道厚岸町(78地点)、千葉県木更津市(15地点)、三重県鳥羽市(春尻川河口干潟で10地点、苔ヶ瀬河口干潟で33地点)、愛知県美浜町(上野間地域で13地点、奥田地域で10地点、上村地域で20地点、時志地域で8地点)、山口県山口市周辺(新地海岸(阿知須)で10地点、秋穂二島で10地点、秋穂湾で10地点)、山口県下関市の干潟(20地点)、福岡県糸島市(引津湾で13地点、船越湾で8地点)、佐賀県伊万里市(釘島周辺で16地点、東山代町で13地点)において表層堆積物の採取を行った。採取した試料に含まれる珪藻群集を光学顕微鏡下で観察し、少なくとも500個体ずつ同定・計数した。以上の結果、厚岸町では*Diploneis decipiens* var. *parallela* や *Navicula salinarum* などの分布を押さえることができた。また、

昨年度の調査で特に重要と考えられた *Pseudopodosira kosugii* の生育帯をより詳しく知ることができた。これらのカウント結果を元に成準対応分析を行った結果、環境要因（特に、標高）と珪藻種の関係を知ることができた。

【分野名】地質

【キーワード】海水準変動、層位・古生物学、生態、環境変動

【テーマ題目28】日本の活構造研究—特に断層形状と地表地震断層の関係および新たな年代測定の導入—

【研究代表者】吾妻 崇（活断層評価研究チーム）

【研究担当者】吾妻 崇、Schlagenhauf Aloe
（JSPS 特別研究員）
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

既存文献および(独)産業技術総合研究所が公開している活断層データベースを用い、日本で発生した18の内陸地震（横ずれ断層による地震9事例と逆断層による地震9事例）に伴う地表地震断層の断層位置を抽出した。基図として、国土地理院が公開している10m DEMを用い、地理情報システムで地形陰影図を作成し、そのうえに活断層の位置を表示した。これらの地震によって生じた地表地震断層の位置を地理情報システム上で編集し、20万分の1シームレス地質図や気象庁の一元化震源データと重ね合わせ、断層面の地下形状をモデル化した。地表地震断層に近接して分布する活断層の位置については、活断層データベースや各種文献資料を参照するとともに、独自に空中写真を用いて地形判読を行なって確認した。

【分野名】地質

【キーワード】活構造、地表地震断層、断層形状、数値標高モデル、地理情報システム

③【地圏資源環境研究部門】

(Institute for Geo-Resources and Environment)

(存続期間：2001. 4. 1～)

研究部門長：矢野 雄策

副研究部門長：棚橋 学、駒井 武

主幹研究員：當舎 利行、内田 利弘

所在地：つくば中央第7、つくば西

人員：79名（79名）

経費：1,094,314千円（336,272千円）

概要：

現代社会の営みは、多くの天然資源の消費の上に成り立っている。しかし、20世紀後半からの我々人類の生産及び消費活動の活発化は著しく、21世紀の近い将

来においても天然資源の枯渇が現実的な問題になりつつある。また、化石燃料資源の大量消費による地球温暖化を始めとして、資源と環境の分野は密接に関連しており、それらの関係を見据えた対応が差し迫った課題となっている。このような状況を背景に、地圏資源環境研究部門は、持続発展可能な社会の構築に向けて、環境への負荷を最小化しつつ資源の開発や地圏の利用を行うための研究及び技術開発を行い、その成果を社会に還元することをミッションとする。

第3期の始まりにあたり、ミッション達成のための具体的な研究及び技術開発として、以下のユニット戦略課題を設定して取り組む。

1) 土壌汚染評価技術の開発、2) 二酸化炭素地中貯留評価技術の開発、3) 地層処分にかかわる評価技術の開発、4) 鉱物・燃料資源のポテンシャル評価、5) 地下水・地熱資源のポテンシャル評価、6) 地質環境の隔離性能に関する評価技術の開発および、7) 地圏の資源環境に関する知的基盤の構築に関する研究を進める。

これらの研究の推進にあたっては、独立行政法人の位置づけを十分に意識し、基礎研究、戦略基礎研究、応用研究、企業化研究とつながる研究発展の流れの中で、戦略基礎研究（第2種基礎研究）を中心に据え、我が国の経済産業が順調に推移するための資源及び環境分野における研究貢献を果たしていく。また、社会ニーズを把握しながら、資源の安定供給や地圏環境の保全に必要な萌芽的・基盤的研究にバランスよく取り組む。

【ユニット戦略課題】

1. 土壌汚染評価技術の開発
2. 二酸化炭素地中貯留評価技術の開発
3. 地層処分にかかわる評価技術の開発
4. 鉱物・燃料資源のポテンシャル評価
5. 地下水・地熱資源のポテンシャル評価
6. 地質環境の隔離性能に関する評価技術の開発
7. 地圏の資源環境に関する知的基盤の構築

内部資金：

「工業用地下水資源の再開発・合理化研究」

外部資金：

平成22年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究）「外部振動源による家屋内環境振動の人体感覚評価・予測に関する研究」

平成22年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究）「健康リスク解析のための騒音曝露の長期観測データ収集システムの開発と住民参加型データベース構築手法の研究」

平成22年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究）「公共用水域・地下水中窒素を低減するための畜産排水からの窒素除去技術の開発」

平成22年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究）「電子機器用ガラス廃棄時における有害元素の長期浸出評価」

経済産業省 平成22年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業「次世代型地熱エネルギー探査技術の開発」

文部科学省 原子力試験研究費「断層内水理モデルの確立に関する実験的研究」

文部科学省 原子力試験研究費「放射性廃棄物地層処分における長期空洞安定性評価技術の研究」

経済産業省 地層処分技術調査等委託費 「地層処分共通技術調査：沿岸域塩淡水境界・断層評価技術高度化開発」

経済産業省 平成22年度二酸化炭素挙動予測手法開発事業「低コストなモニタリング技術及び断層モデリング手法の開発」

環境省 循環型社会形成推進科学研究費 「製鋼スラグと腐植物質による生態系修復技術の受容性と環境リスクの総合評価」

環境省 平成22年度地球温暖化対策技術開発事業「温泉共生型地熱貯留層管理システム実証研究」

農林水産省 平成22年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「加温機排気中の CO₂の効率的回収貯留システムとその園芸作物への活用技術の開発」

文部科学省 科学研究費補助金若手 B 「陸域における微生物による嫌氣的メタン酸化プロセスの解明」

文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(A) 海外 「重希土類元素およびインジウムの濃集機構と資源ポテンシャル評価の研究」

文部科学省 科学研究費補助金基盤研究(C) 「急激な気候変動に対する海底扇状地の発達と二酸化炭素固定能力の応答の評価」

財団法人地球環境産業技術研究機構 「CCS モニタリング技術高度化等の研究」

独立行政法人原子力安全基盤機構 平成21～22年度原子力安全基盤調査研究(その1)「震源断層評価に係る地質構造調査の高度化に関する研究」

日本鉱業協会 受託研究費「磁鉄鉱と硫化鉱物を含有する岩石の電気的特性に関する研究」

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 メタンハイドレート開発促進事業「新規取得試料の微生物学的分析」

(以下2件は深部地質環境研究コアが受託および請負し、当部門と地質情報研究部門で分担実施した。)

経済産業省 原子力安全・保安院 平成22年度核燃料サイクル施設安全対策技術調査「放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分に係る地質評価手法等の整備」

独立行政法人原子力安全基盤機構 「平成21-22年度地下水流動解析モデルの総合的検証手法の検討(幌延変動観測調査)」

発 表：誌上発表187件、口頭発表403件、その他94件

地下水研究グループ

(Groundwater Research Group)

研究グループ長：丸井 敦尚

(つくば中央第7)

概 要：

地球の水循環系を構成する地下水について、その流域規模での量・質・流れ・変動・温度分布等を明らかにする調査研究を実施するとともに、地下水の開発・利用・管理・環境改善に関わる評価手法の開発やモデリングの高度化を行う。また、地下水を主題とする知的基盤情報を水文環境図等により公開するほか、水文・地下温度場データベースを更新する。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目5、テーマ題目

7

地圏環境評価研究グループ

(Geo-Analysis Research Group)

研究グループ長：今泉 博之

(つくば西)

概 要：

地下環境下の多孔質媒体内における物理、化学、生物現象の把握とその評価・制御に関する基礎研究をベースにして、土壌・地下水汚染等の環境問題を解決するための基盤技術の開発を行い、また音環境の予測・影響評価手法ならびに地圏の計測技術に関する研究を

行う。

(つくば中央第7)

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目7

概要：

地圏の利用や環境保全、資源開発等のための基盤技術として、各種物理探査手法の高度化と統合的解析手法の研究を行うとともに、地層処分等における岩盤評価、地下水環境・地質汚染等における浅部地質環境評価・監視、地熱・炭化水素資源探査などの分野へ物理探査法を適用し、対象に即した効果的な探査法の研究を行う。

地圏環境リスク研究グループ

(Geo-Environmental Risk Research Group)

研究グループ長：駒井 武

(つくば西)

概要：

土壌・地下水・堆積物・帯水層・貯留層・鉱床などの地質媒体内の物理、化学、生物現象の把握とその制御に関する基礎研究をベースにして、土壌汚染、二酸化炭素地中貯留、核廃棄物地層処分、鉱山廃水、スモールスケールマイニング、生態系や地域社会への影響等の多様な環境リスク問題を解決するための基盤技術やリスク評価手法の開発、研究成果の製品化と普及を行う。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目7

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目5、テーマ題目7

地圏微生物研究グループ

(Geomicrobiology Research Group)

研究グループ長：坂田 将

(つくば中央第7)

概要：

地圏における微生物の分布と多様性、機能、活性を評価することにより、元素の生物地球化学的循環に関する基盤的情報を提供するとともに、天然ガス等の資源開発、地圏の環境保全や利用に資する研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4、テーマ題目7

CO₂地中貯留研究グループ

(CO₂ Geological Storage Research Group)

研究グループ長：中尾 信典

(つくば中央第7)

概要：

環境に調和した地下の有効利用を促進するために必要な技術開発を行う。特に、地球温暖化対策としての二酸化炭素地中貯留に関わる技術の開発を行うとともに、高レベル放射性廃棄物地層処分や環境に負荷を与えない地下利用・資源開発のための技術、環境を保全し安全を評価する技術などについて研究を実施する。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目7

地圏化学研究グループ

(Resource Geochemistry Research Group)

研究グループ長：佐脇 貴幸

(つくば中央第7)

概要：

地圏における化学物質の分布と挙動、特にメタン等有用物質の生成・集積プロセスに関する地球化学的解析を通じて、地球システムにおける物質循環に関する基盤的情報を提供するとともに、資源の成因解明、開発、環境保全に資する研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5、テーマ題目7

地圏環境システム研究グループ

(Geo-Environmental System Research Group)

研究グループ長：高倉 伸一

(つくば西)

概要：

岩石・岩盤力学、物理探査、地圏流体シミュレーションなど主として物理学的実験およびフィールドワークの手法を用いて、地層処分安全研究、CO₂地中貯留研究、地熱等資源研究、地下利用技術研究に取り組み、地圏環境との調和を考えた地下の有効利用および資源開発に必要な技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目7

燃料資源地質研究グループ

(Fuel Resource Geology Research Group)

研究グループ長：鈴木 祐一郎

(つくば中央第7)

概要：

メタンハイドレート等天然ガス資源を初めとする燃料地下資源の探査技術高度化を目指し、燃料資源探査法、燃料鉱床形成機構及び燃料資源ポテンシャル評価法の研究を行うとともに、我が国土及び周辺海域の3次元的地質調査情報に基づく燃料資源ポテンシャル把握の精度向上のための基盤的研究を進める。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目7

物理探査研究グループ

(Exploration Geophysics Research Group)

研究グループ長：内田 利弘

地熱資源研究グループ

(Geothermal Resources Research Group)

研究グループ長：阪口 圭一

(つくば中央第7)

概 要：

中小地熱資源開発等、国内外の地熱資源の開発を目指して、地熱資源の分布、成因、探査、評価、モデル化、データベース化、利用技術、開発技術等に関わる総合的な研究業務を行う。また、これらの研究をベースに、地下空間利用や地圏環境問題等に関わる応用的な研究業務を行う。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目7

鉱物資源研究グループ

(Mineral Resources Research Group)

研究グループ長：高木 哲一

(つくば中央第7)

概 要：

国民生活、日本の産業にとって不可欠な各種の鉱物資源、特に産業界からの要請の強い銅及びレアアース等の希少金属資源の探査手法の開発を行う。また鉱物資源に関する基礎的情報を提供するとともに、鉱物資源のポテンシャル評価を行う。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目7

地質特性研究グループ

(Integrated Geology Research Group)

研究グループ長：関 陽児

(つくば中央第7)

概 要：

高レベル放射性廃棄物地層処分の安全規制に資するため、地質環境のベースラインと呼ばれる自然状態における地質環境、特に地下施設を建設する前の地質環境を把握するために必要な地質学的、水文地質学的知見を整備し、技術情報として取りまとめる。

研究テーマ：テーマ題目6

地下環境機能研究グループ

(Experimental Geoscience Research Group)

研究グループ長：伊藤 一誠

(つくば中央第7)

概 要：

高レベル放射性廃棄物地層処分の安全規制を支援する研究として、性能評価やセーフティケースに求められる地質学的知見を整備し、技術情報として提供し、社会の安全に役立てる。また、地質環境に備わる機能をさまざまな素材として利用する技術についても研究し、社会や産業の発展に役立てる。

研究テーマ：テーマ題目6

【テーマ題目1】 土壌汚染評価技術の開発

【研究代表者】 駒井 武

【研究担当者】 駒井 武、内田 利弘、坂田 将ほか
(常勤職員12名、他8名)

【研究内容】

わが国の地圏環境における環境リスクを評価するための解析手法として、地圏環境リスク評価システム GERAS の開発を行うとともに、日本国内の特定地域における土壌・地質環境の詳細調査により土壌特性等の解析を実施して、土壌物理・化学特性データを集積した。本年度は、鉱物油や揮発性有機化合物、重金属等に起因する複合的な土壌・地下水汚染を対象として、揮発・溶解や土粒子表面への吸着等による汚染物質の組成変化をも考慮に入れた数値モデルを構築した。また、構築された数値モデルを元に、「地圏環境リスク評価システム」の詳細型モデル (GERAS-3) を完成させ、公開した。さらに、廃棄物処分を対象とした GERAS 廃棄物バージョンを作成し、公開した。本年度末の時点で既に400を超える自治体や事業所等で利用されており、土壌汚染対策による自主的な環境リスク管理を目的として、産業や社会への技術移転・普及を推進した。地圏環境に関する研究として、石油系炭化水素や重金属類に関して、土壌汚染リスク評価に必要な物性パラメータ、移動パラメータ等を取得し、汚染物質の移動性を予測する3次元数値解析手法を完成させた。鉱物油および有機塩素系化合物汚染サイトについて年数回のサンプリングを行い、鉱物油や有機塩素系化合物などによる土壌地下水汚染の自然減衰メカニズムについてリスク評価のためのデータを取得した。特に鉱物油について揮発に関するパラメータを取得したほか、微生物分解メカニズムについても環境条件の違いによるデータを取得し、鉱物油 MNA プロトコルの更新を行った。動電学的手法を利用した重金属類の汚染浄化及び微生物などを活用した揮発性有機化合物の汚染浄化に関する研究開発を行った。原子力や核廃棄物地層処分に関する社会的な受容性、リスクコミュニケーション及びリスクガバナンスに関する調査研究を実施し、必要な方法論を整理した。また、環境疫学的な視点より、重金属バックグラウンドと人の平均寿命に関する情報収集と考察を行い、地域や流域などの特性を考慮した土壌汚染管理・対策の重要性を提唱した。地質環境に関する研究として、天然硫化鉄鉱を用いた残留農薬の分解機構の解明を目指し、特に反応生成物と反応機構の解明を目指し研究を実施し、反応機構における溶存酸素の働き、低分子有機酸への分解が解明され、天然環境においても、残留農薬の減衰に天然硫化鉄鉱が寄与している可能性が高まった。また、有害重金属類に関しては旧廃止鉱山からの重金属類の浸出に関して、形態解析を中心に研究を進め、元素による移行時の形態の特性について新しい知見を得ることができた。スモールスケールマイ

ニングについて、社会的リスクの観点から研究を行い、成果を学会誌に公表した。また、スモールスケールマイニングの管理手法について、関連団体、大学や JICA 研修生に技術指導を行うとともに、成果の一部を学会で発表し、国連環境計画と "UNEP-AIST Workshop on Responsible Production and Industrial Risk Management" を、バンコクで共催した。

【分野名】地質、環境・エネルギー

【キーワード】土壌汚染、地下水汚染、リスク評価

【テーマ題目2】二酸化炭素地中貯留評価技術の開発

【研究代表者】當舎 利行

【研究担当者】當舎 利行、中尾 信典、内田 利弘ほか（常勤職員25名、他5名）

【研究内容】

大気中の CO₂削減のため、大規模発生源に近い沿岸域において CO₂を地下1,000 m 程度の深部に圧入する地中貯留技術が期待されている。低コストモニタリング技術の開発として、弾性波探査を補完するモニタリング技術の利用によって CCS におけるモニタリング総コストを低減することを目指し、米国ロスアラモス国立研究所（LANL）との研究協力の下に米国の大規模 CO₂実験を利用して様々な物理探査手法の適用試験を行うため、今年度はモニタリング技術と試験サイトを選定した。断層モデリング手法の開発では、過去に CO₂が断層沿いに上昇することにより地盤変形を起こしてきた実例地点を詳しく調べ、断層のモデル化を進める。今年度は、国内外の CO₂自然湧出地点におけるデータ収集及び整備、データ収集地点の岩盤などの力学特性の取得、ならびに解析・評価に向けた既存ジオメカニクス・シミュレータの特性把握を実施し、長野県松代地区を研究対象地域（モデル地点）に選定した。データ収集地点の岩盤などの力学特性はを、選定地域に分布する岩石の物性データを地域の地下構造を考慮して取得した。さらに、砂泥互層（軟岩）の力学的特性等の取得のため、北海道・幌延地域の珪藻質泥岩を用いた亀裂浸透性実験を行い、「変形に伴って浸透率が低下することがある」という軟岩独特の変形挙動を明らかにした。安全性評価において重要なモニタリング技術高度化等の技術の確立のため、CO₂地中貯留における長期挙動予測シミュレーションモデルの高精度化、圧入量評価のための複合モニタリング手法の研究、シール圧と岩石内部の粒子構造・浸透率の関係のモデル化および CO₂移行性評価手法の研究を実施した。物理量変換プログラムによる地質モデルの高精度化、CO₂複合モニタリング技術の開発を行い、砂泥互層における CO₂移行性の評価として砂泥互層人工試料によるシール圧測定、砂泥互層内での化学的反應プロセスの評価および広域地下水流動に係る地下水データベースの調査を行った。基礎的な研究として、サイズミック・データによるガス飽和度の推定、重力モニタリング技術、モ

ニタリング技術の現場実験、Aneth サイトの微小地震の再解析、CO₂長期挙動シミュレーション、深部条件下での新第三紀泥質岩中の亀裂透水性の推定を実施した。帯水層に注入された CO₂の挙動を高精度に把握するための貯留層モデリング手法について、平成21-23の3年間の共同研究を行っており、本年度は地球物理学的ポストプロセッサを東京湾モデルに適用して各モニタリング手法の適用性を検討し、坑内計測を含む繰り返し微小重力測定が長期的なモニタリング手法として、また繰り返し反射法測定を補完する上で重要であることを示した。

【分野名】地質、環境・エネルギー

【キーワード】二酸化炭素、地中貯留、環境

【テーマ題目3】地層処分にかかわる評価技術の開発

【研究代表者】内田 利弘

【研究担当者】丸井 敦尚、内田 利弘、當舎 利行ほか（常勤職員13名、他10名）

【研究内容】

塩淡境界／地下水総合評価技術の開発に関しては、ボーリング調査を実施し、深度1,000m までの掘削を行った。地質試料と地下水試料の採取を行った。本掘削で得られた地質試料は、花粉分析、CNS 分析、土質試験、針貫入試験、透水試験等を実施した。また、地質との吸着度の違いによる地下水の性状を考慮して、pF 値の違いによる地下水（間隙水）試料を採取した。比較のため圧縮法による間隙水の採取も実施し、一般水質試験や同位体分析を実施した。この結果、特に深部環境においては水理境界が明らかに地質境界と異なることがわかり、地下水環境の長期的な安定性評価が大きく前進した。さらに、水理試験や広域地下水流動解析を実施した。沿岸域地質構造／断層評価技術の開発においては、海底電磁探査法の開発を行った。探査装置の気密性向上などの改良を加え、幌延浅海域での試験を実施した。この結果、陸域で確認された更別層（第四系）に対応する高比抵抗層が、海底下にも数 km にわたり連続していることが確認された。これは淡水の帯水層が海底下に遠くまで伸びていることを示しており幌延沖の浅海域海底下に淡水地下水領域が存在することが判明した。物理探査試験により、海底下に淡水地下水領域を発見したのは、世界的に見て類の無いことである。さらに、陸域の広域を対象とする MT 法3次元電磁探査においては、幌延沿岸陸域の20地点における探査データにより、広域の3次元解析を実施した。これまでに実施している MT 法、AMT 法の観測データとあわせ、広域3次元モデルを構築した。また、地震探査手法を用いた地質構造モデリングとして、深部および極浅部の反射法調査を実施した。関連データベースの開発においては、全国の平野と盆地における第三系・第四系の堆積面の形状を示すことができ、全国の地下水盆（平野や盆地などの堆積盆）を統一的にモデル化することができた。これにより帯水層構造や断層を含

む地質学的な構造変化を踏まえた地下水流動解析が可能となった。震源断層評価に係る地質構造調査の高度化に関する研究においては、埼玉県の櫛挽断層を対象とし、物理探査を用いた調査法の高度化研究を実施した。断層近傍の2つのエリアで、昨年度電磁探査により低比抵抗ゾーンが急傾斜していることが判明しているところで浅層反射法・地中レーダによる適用実験を実施し、反射面が途切れていることが明らかになった。

【分野名】地質

【キーワード】地層処分、地圏流体、資源、環境

【テーマ題目4】鉱物・燃料資源のポテンシャル評価

【研究代表者】棚橋 学

【研究担当者】棚橋 学、高木 哲一、鈴木 祐一郎、坂田 将、佐脇 貴幸ほか
(常勤職員20名、他5名)

【研究内容】

ハイテク産業用レアメタルに関する資源ポテンシャル評価として、モンゴルおよび南アフリカ共和国にて現地調査・試料解析を行った。調査の結果、一定の希土類資源ポテンシャルが認められるものの、開発には時間がかかることが明らかになった。また、希土類鉱物の濃集物評価のためのフーリエ変換赤外分光分析装置の導入を行い、レアメタル鉱石分析用 LA-ICP-MS の試料調整法として、ジェットミルを用いた超微粉末法を開発し、浮遊選鉱器により海外鉱石中の重希土含有鉱物を分離・抽出する実験を実施した。グローバル・リモートセンシング利用資源解析強化事業では、ネバダ州中部およびチリ・アルゼンチン国境地域の現地調査によるリモートセンシングデータ検証作業のためのデータ収集を共同研究先と実施し、ASEAN 鉱物資源データベース作成支援事業およびレアメタル試料分析を実施した。レアメタル製錬・回収技術調査に係る委託・共同研究では、中国、ラオス、日本の風化花 岩からの希土類抽出率を向上させるために物理的選別と抽出実験を行った。希土類抽出には水ひによって粘土フラクションを集めることが有効であり、抽出実験において重希土類の抽出率を上げるには抽出液の pH を低下させるのが効果的であることが分かった。浅熱水性金鉱床形成につながるマグマ起源流体の解明では、高硫化系浅熱水性金鉱床（赤石、春日）並びに愛知県設楽郡に位置する振草セリサイト鉱床を対象とし、石英中の流体包有物の物理化学的条件を各種分析機器により明らかにした。

関東地域水溶性天然ガスの賦存状況調査では、各種坑井データの収集、温泉水・天然ガス試料の化学分析、同位体分析等を行った。宮崎と沖縄水溶性天然ガスに関わる地質構造等の検討を行った。上越沖フラクチャ充填型のハイドレートの地質調査を東京大学と共同で行い、ハイドレートを含む堆積物試料採取、地殻熱流量測定、地形および表層堆積層調査を実施した。天然ガス資源の鉱

床成因、形成機構の研究として、三陸沖堆積盆の地質構造解析、南海トラフ海底堆積物の熱物性計測を実施した。ガスハイドレートの安定条件決定、吸着能測定実験等を行い、アルコール類、アセトンのプロパン、CO₂ハイドレートへの生成促進阻害効果を調べた。地球温暖化ガスである CO₂の石炭層への固定化技術に関し、石炭のガス吸着能を測定するため、CO₂、窒素の吸着曲線を実験により取得した。ガスハイドレートの生物地球化学的研究では、高温高压条件下でメタン生成菌を培養し、生成するメタンと培地の炭素源、水素源の同位体比の関係から、酢酸酸化菌との共生系を高压条件下で培養した場合の同位体分別が、海洋ガスハイドレートの同位体データと整合することを見出した。ガス田地域の好気性メタン酸化細菌を地質汚染浄化に活用するための条件検討を行い、窒素・リン等の栄養塩濃度をコントロールすることによって安定的に分解効果を発揮することを確認した。安定同位体トレーサー法による油層内微生物の原油分解メタン生成経路の評価に関する研究では、原油成分からの生物的メタン生成反応を観察するため原油生分解の兆候が見られる油田を対象としたが、油層環境を模擬した培養条件では反応が極めて遅いことが判明した。東部南海トラフ新規取得試料の微生物学的分析では、微生物のメタン生成酸化活性測定、群集解析、酢酸濃度分析の試料を採取し、16S rRNA 遺伝子のクローン解析、DNA 抽出によりアーキアとバクテリアの群集構造を調べた。

【分野名】地質

【キーワード】鉱物資源、レアメタル、レアアース、天然ガス、メタンハイドレート

【テーマ題目5】地下水・地熱資源のポテンシャル評価

【研究代表者】當舎 利行

【研究担当者】丸井 敦尚、阪口 圭一、内田利弘ほか
(常勤職員14名、他5名)

【研究内容】

地下水資源のポテンシャル評価においては、全国61の地下水盆における新第三紀以降の堆積物の深度分布を、地質図とボーリングデータから地球統計学的手法によって推定し、帯水層を含む堆積層の3D モデルを作成した。地下水賦存量は、地質体ごとに体積を計算し、地下水に飽和しているとの仮定のもとで、既存の文献から得た有効間隙率を体積に掛け合わせて見積り、日本列島には61の地下水盆（堆積平野や盆地）が存在し、そこには約13兆トンの地下水が賦存していると判明した。地下水環境の研究においては、石狩平野および熊本平野における水理地質環境を高精度に把握し、活断層や潜在する断層との関連について確認するため、地下水の調査を実施した。石狩平野については、沿岸域堆積平野の水理地質構造を既存のデータから地球統計学的手法に基づき推定し、3次元水理地質モデルを作成しコンパイルした水質データを入力し、地質区分毎に水質を確認した。また地下温度

構造解析を行った。熊本平野については、水文調査を実施し、一般水質と酸素・水素安定同位体比分析のための地下水サンプリング、および地下温度構造解析のための地下温度測定を実施し、水文環境データの収集・解析を行った。福井平野を対象とした地中熱ポテンシャル評価手法の開発に着手した。本研究では、地下水流動・熱輸送解析と地理情報システム（GIS）を用いることにより、日本で初めて地中熱利用の適地を選定するための“地中熱ポテンシャルマップ”を作成した。2010年9月に、CCOP-GSJ/AIST-CGS Groundwater Phase II Meetingを開催した。各国が抱えている地下水の汚染問題とその管理方法について発表された。その対処方法についても地質や地下水流動、地下水の利用形態など、その地域特有の条件を十分に吟味する必要があることを確認した。工業用地下水資源の再開発・合理化研究では、北海道幌延町において、試験井戸を掘削し、揚水量の限界について実証試験を行い、1km²あたり3000トン/日程度の用水が可能であると観測された。

温泉共生型地熱貯留層管理システム実証研究においては、平成22年度は八丈島を対象として研究を行い、1)地熱系モデル開発及びシステム統合化として、地熱開発が温泉に及ぼす影響の評価手法は、「地熱系モデル開発」において、地下水・温泉系までを含めた地熱系モデルの初期モデルを作成し、かつ観測井周辺の水理構造モデルを作成した。2)モニタリング技術開発として、観測井の掘削及び揚水試験を行い、モニタリングの重要項目である水位等の観測準備を行った。3)変動予測シミュレーションにおいては、次年度以降に浅部をより詳細にシミュレーションするためのモデルを設計した。温泉発電システムの開発と実証では、1)実証地域の温泉メカニズムの解析、2)実証試験に利用する当該源泉および周辺地域のモニタリング、3)スケール付着予測とその対策を実施した。その他、高周波電気分解装置によるスケール処理メカニズム解明に関する研究、高温岩体地熱システムにおける Stimulation 予測モデルの開発と評価、地下水利用ヒートポンプシステムにおけるトレーサー挙動に関する研究を実施した。

【分野名】地質

【キーワード】地下水資源環境、地熱資源、地中熱

【テーマ題目6】地質環境の隔離性能に関する評価技術の開発

【研究代表者】伊藤 一誠

【研究担当者】伊藤 一誠、関 陽児、金井 豊、
上岡 晃、富島 康夫、鈴木 庸平、
杉原 光彦、西 祐司、高倉 伸一
ほか（常勤職員15名、他10名）

【研究内容】

放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分に係る地質評価手法等の整備において、水理-応力変形連成

モデルにおけるパラメータ取得のための原位置計測・実験手法の整備では、水理-応力変形高精度室内試験、水理-応力変形連成モデルの構築および3次元地下水流動・物質移行解析への検討を行った。各種調査手法・評価手法の構築及び適用性検討では、透水異方性の原位置評価手法と地下水流動系への影響評価の検証として、透水異方性室内実験、数値解析による原位置適用性検討および地下水流動への影響検討を行った。堆積岩地域における間隙水圧分布形成と地下水流動駆動力に関する検討として、浸透圧の原位置調査手法および解析的評価手法、間隙水圧異常と地下水流動の駆動力検討を行った。微生物の影響評価及び微生物と有機物との相互作用の検討として、微生物の核種移行に及ぼす影響評価および地下水化学環境評価手法の検討を行った。地下の水理環境及び地下水水質の変動要因と将来予測技術では、既存地下研究施設データに基づく検討および事象・要因の将来予測手法の検討を行った。自然事象等の外的因子を考慮した地質環境条件評価モデルの作成と不確かさの把握では、水理・熱・力学・化学に関する場の把握モデルの作成および場の評価の不確かさ検討・モデルの検証手法の検討を行った。平成21-22年度地下水流動解析モデルの総合的検証手法の検討（「幌延変動観測調査」）においては、水文地質構造モデルの高度化のための解析手法の整備と、広域地下水流動概念モデルの構築のための地下水水質形成機構解明のための研究を行った。放射性廃棄物処分の性能評価に関する研究では、昨年度米国 SwRI と共同で開発した我が国の高レベル放射性廃棄物地層処分場の性能評価コードを用いた評価のため、高精度評価において重要な工学的特性値の同定と必要な工学的特性値の条件を検討した。地質環境のベースライン特性に関する研究では、栃木県那須 山市内の KR-1井掘削サイトをモデルフィールドとして、堆積岩地域の地下水環境の変動把握に有効な物理探査手法の評価を継続的に行っている。本年度は自然電位連続観測、重力、比抵抗の繰り返し測定を実施した。

【分野名】地質

【キーワード】地層処分、物理探査、モニタリング、水理環境

【テーマ題目7】地圏の資源環境に関する知的基盤の構築

【研究代表者】棚橋 学

【研究担当者】丸井 敦尚、駒井 武、内田 利弘、
坂田 将、佐脇 貴幸、鈴木 祐一郎
村岡 洋文、高木 哲一ほか
（常勤職員25名、他5名）

【研究内容】

地圏における水文環境や物質の循環および集積メカニズムの解明を通じて、土壤汚染、地熱資源、鉱物資源、燃料資源等に関する情報を整備し、データベース構築、

地圏資源環境に関する各種地球科学図を作成する。また、地圏の諸現象の解明に必要な新たな各種基盤的地質調査技術の開発を行う。平成22年度は、以下の研究を行った。

表層土壌評価基本図に関しては、第2期に出版した「宮城県地域」、「鳥取県地域」の実績を踏まえて、平成24年度の出版を目指して、「富山県地域」の調査を進めた。

水文環境図に関しては、従来まで出版してきた水文環境図の内容をさらに充実させ、新基準（地質ニュースにて公表）に基づく作図を開始し、水文環境図第7号「石狩平野」、第8号「熊本平野」それぞれの文献調査を終え、両地域とも現場データの取得の段階に入っている。平成23年3月には未 有の大震災を経験し、エンドユーザーが求める情報がより多角化し高精度になってきている。これをふまえて、水の資源・環境・熱利用等に対するデータの拡充を測りながら今後の出版を進める。

鉱物資源関係では、20万分の1地質図「新潟」（鉱物資源項目を分担）を出版した。また、同地質図「横須賀」の鉱物資源データ収集を進めた。中央アジア地域の鉱物資源データのコンパイルを進め、300万分の1中央アジア鉱物資源図の編集作業を進めた。500万分の1アジア地質図は原稿を提出した。50万分の1国内鉱物資源図を元に、データコンパイル作業を進めた。ナトリウム型ベントナイト鉱床を形成する地質環境の解明に関する研究において、電磁探査法により鉱山周辺の地下構造を広域的に求めベントナイトを形成する地質環境を解明するための調査を実施した。

燃料資源関係では、「関東平野における水溶性天然ガス鉱床の分布に関する地質・地化学的調査研究」の研究成果について、燃料資源地質図として取りまとめるためのデータ整理を行った。佐渡南西沖海域の熱流量や堆積物の物性データを取得するとともに過去に取得された反射地震探査データ、掘削データおよび熱流量データを収集し、本海域の温度構造モデリングに必要な燃料資源地質情報の整備を進めた。筑豊炭田図の編集を進め、基本図を完成した。

地熱資源データベースの応用研究として、公開電子地球科学情報の地下地質3次元データと温泉化学データの統合処理・解析の事例研究として、北海道の石狩低地帯域を対象とした検討を行い、広域的に地下に分布する熱水系を6つの系に分類するとともに、各々の生成機構を概念的に明らかにした。また、平成21年に出版した「全国地熱ポテンシャルマップ」について、改良すべき点を抽出した。

地下空間における岩盤評価のための総合計測技術の開発として、応力計測、岩石試験、物理探査などの技術を利用し、掘削前あるいは掘削後の地下空間周辺の岩盤評価に有効な計測法の開発を実施した。

【分野名】地質

【キーワード】地質調査、知的基盤、地球科学図

④【地質情報研究部門】

(Institute of Geology and Geoinformation)

(存続期間：2004. 5. 1～)

研究部門長：栗本 史雄
副研究部門長：牧野 雅彦、宮崎 一博、池原 研
上席研究員：齋藤 文紀
主幹研究員：木村 克己、山元 孝広
部門 付：須藤 茂、鹿野 和彦、小笠原 正継、
三田 直樹

所在地：つくば中央第7、中国センター

人員：102名（102名）

経費：964,341千円（18,094千円）

概要：

1.1 研究目的

日本は、四方を海に囲まれ、大地震や火山噴火が頻発する数少ない先進国である。私たちが暮らし、産業活動を行っている地球の環境を守り、地質災害による被害を少なくするためには、まず、足もとの大地の様子と成り立ちをよく知るための地球システムの深い理解が必要である。どこまで地球のことを理解することができたかによって、将来起きることの予測の精度が決まり、これに応じた対策をとることができる。

地質情報研究部門は、国の「地質の調査」を所掌する産総研地質分野のユニットとして、長期的視点にたって陸と海の研究を一元的に実施し、関連するユニットとともに、国の知的基盤として信頼性の高い地質情報を整備し社会に発信する。知的基盤整備・発信及びその基礎となる研究については、部門全体で取り組む。同時に、人類と地球が共生し、安心・安全で質の高い生活と持続可能な社会の実現に向けて、重点的かつ戦略的に研究に取り組む。

1.2 中期目標・計画達成のための方針

平成22年度は産総研第3期中期計画期間の初年度であり、地質分野では第3期中期計画の戦略目標および課題を策定した。地質情報研究部門は地質分野の中核ユニットとして、その戦略目標および課題に対応して、国土の地質情報を取得・整備するとともに、理論モデル構築による的確な将来予測の実現と社会の要請に応えることを目指して研究課題に取り組む。

研究実施にあたっては、研究グループを基盤とする研究と、これらを横断する重点プロジェクトによるマトリックス方式を採用する。これらの研究を進める中で、陸域と海域の研究の融合を進め、バックグラウンドの異なる研究者間の交流、シーズ研究の

創出や次世代の人材育成を進める。

研究グループは専門家集団としての特徴を生かし、研究ポテンシャルの向上を目指すとともに、重点プロジェクト研究の基礎を支える研究、あるいは将来のプロジェクト創出の基となる研究を実施する。一方、重点プロジェクト課題を設定し、グループを横断した協力連携でもって研究を推進する。

1.3 グループ体制と重点課題

平成22年4月、地球物理情報に関する図面類の作成ならびに物理探査・重力調査などを推進するため、地球物理情報研究グループおよび地殻構造研究グループを統合し、地球物理研究グループを新設した。また、沿岸堆積研究グループについては、物質循環研究グループおよび地球変動史研究グループへの協力連携を強めるため、グループを解消し、個々のメンバーを最適のグループに異動した。平成22年10月には、産総研全体の組織再編により、地質標本館が広報部から地質分野に所属することになった。それに伴い地質標本研究グループは地質標本館に異動し地質試料管理調整グループに移行した。これにより、平成22年度末の当部門の組織体制は、16研究グループ・1連携研究体から構成される。

当部門では研究グループを横断する以下の8プロジェクト（P）を設定し、連携・協力して研究を進める。

- ・陸域地質図 P：国土基本情報としての陸域の島弧地質と知的基盤整備。
- ・海域地質図 P：国土基本情報としての海域の島弧地質と知的基盤整備。
- ・大陸棚調査 P：大陸棚画定の科学的根拠提示のための地質調査研究。
- ・ジオグリッド P：衛星画像情報の整備と地質情報の統合のための研究。情報・エレクトロニクス分野および環境・エネルギー分野との融合課題。
- ・火山噴火推移予測 P：伊豆大島火山の噴火シナリオと防災に関する研究。
- ・沿岸域の地質・活断層調査 P：陸域－沿岸域－海域をつなぐシームレス地質情報の整備と活断層の評価。地質調査総合センターのユニットが連携協力して平成20年度から取り組む政策課題。
- ・地層処分 P：深部地質環境研究コアが進める地層処分にかかる研究のうち、長期変動および深部流体に関する研究を分担。
- ・鉱物資源 P：陸域および海域の鉱物資源ポテンシャル評価。

1.4 内外との連携

社会の要請に積極的に応えるために、地質情報の信頼性の確保と利便性の向上を図り、国・自治体・

産業界との連携を強化して、科学的根拠に基づいて提言などを行う。

他の関連ユニットとの連携を強め、産総研における地質調査総合センター（GSJ）としての機能を十分に果たす中核を担うとともに、産総研内外の連携を推進する。総合科学技術会議などの日本の科学技術政策の中で、産総研地質調査総合センターの果たすべき役割について検討し、必要な働きかけを行う。

地震・火山噴火などの自然災害に関する緊急課題については、地質調査総合センターが総力をもって対応する。今年度、平成23年1月26日に発生した霧島火山新燃岳噴火活動、および平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震（M9.0）に対応して、地質調査総合センターはそれぞれ緊急調査対策本部を設置し、当部門は他ユニットと連携して、緊急調査に参画した。

研究によって形作られる地質情報はもちろんのこと、地球を理解する科学技術は、地質学的にも関連の深いアジアをはじめとする世界にとって共通の財産であり、地質情報研究部門は国際地球惑星年（2007-2009）や CCOP（東・東南アジア地球科学計画調整委員会）等の国際組織や IODP（統合国際深海掘削計画）、ICDP（国際陸上科学掘削計画）などの国際プロジェクトを通じて世界に貢献する。また、地震・火山噴火・地すべりなどの緊急課題についても、地質調査総合センターとして迅速に取り組む。

発表：誌上発表219件、口頭発表438件、その他219件

平野地質研究グループ

（Quaternary Basin Research Group）

研究グループ長：水野 清秀

（つくば中央第7）

概要：

堆積平野とその周辺の丘陵地を主な研究対象とし、それらの実態把握と形成プロセスの総合的な理解に努め、地質災害の軽減・産業立地・環境保全等に貢献する地質情報を提供する。この目的のため、特に沿岸域・都市地質プロジェクトの中核となって活動するとともに、陸域地質図プロジェクト等にも積極的に参加し、また関連する諸グループや外部機関とも連携して研究を進める。関東平野、福岡沿岸域、石狩低地帯などの沿岸平野及び近江盆地などの内陸盆地を重点的に調査・研究を行っている。平野を構成する地層の詳細な層序、地盤特性、地質構造などを把握し、またそれらの形成プロセスを明らかにするとともに、地質情報のマップ化・データベース化を進める。さらに平野地質に関連した自然災害が発生した場合には、関係諸グループと連携をとり、被害調査などを実施する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目38-1、テーマ題目38-2、テーマ題目39

(つくば中央第7)

層序構造地質研究グループ

(Stratigraphy and Tectonics Research Group)

研究グループ長：中江 訓

(つくば中央第7)

概要：

日本列島を構成する活動的島弧と周辺の東・東南アジア諸国を含む大陸縁辺域の地質学的実態を把握し、その長期的地質現象の素過程を解明するために「層序構造地質の研究」を実施する。[1] 海洋プレート特性の変化に対応した海溝-前弧域での堆積・造構過程の変遷、[2] 火山弧における火山活動の時空間変遷ならびに周辺堆積盆での堆積環境変遷、[3] 第四紀島弧内堆積層における層序区分の高精度化と構造変動解析に基づいた堆積環境及び気候変動の解明、などの基礎的な地質学的問題を主要な研究課題と位置づけ、系統的かつ総合的な調査研究を展開する。さらに国土の基本地質情報整備のために部門重点課題として実行される「陸域地質図プロジェクト」の中核研究グループとして、「層序構造地質の研究」の成果と最新の地質学的知見を融合し、我が国の知的基盤情報として各種の陸域地質図整備を担当する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

地殻岩石研究グループ

(Orogenic Process Research Group)

研究グループ長：宮崎 一博

(つくば中央第7)

概要：

活動的島弧の長期的挙動及び安定性を解明するために地殻岩石の研究を行う。地殻岩石の研究では、変成帯・火成岩体を研究対象とし、その形成において本質的な沈み込み帯での変形・変成作用、島弧地殻での変形・変成・火成作用などを、地層・岩体の地質調査、岩石・鉱物の化学分析・構造解析、及び形成モデリングにより明らかにする。また、国土の基本地質情報整備のために部門重点課題として実行される陸域地質図プロジェクトに、その中核研究グループとして参画する。陸域地質図プロジェクトにおいては、地殻岩石の研究成果及び既存の地質体形成過程に関する知見を融合・適合することにより高精度の地質図の作成を行う。研究成果は論文・地質図・データベースなどを通じて公表する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4

海洋地質研究グループ

(Marine Geology Research Group)

研究グループ長：荒井 晃作

概要：

海域地質図プロジェクト及び沿岸域プロジェクトの中核を担って研究を遂行する。日本周辺海域の海洋地質情報を整備公開するとともに、それらデータを基に日本周辺海域の活断層評価、古環境変動の解明、地質構造発達史、及び海底火山や熱水活動に伴う地質現象の解明を行うことを目的とする。第2白嶺丸を用いた音波探査、採取堆積物及び岩石を基本データとし、それらの解析によって海洋地質図（海底地質図及び表層堆積図）を出版、インターネットでのデータ公開も進めている。これらの既存データに加え、他機関データや調査船等を活用し、活動的構造運動や古環境変動等の海域における地質現象の解明を目指す。さらに、地質情報に乏しい沿岸海域についても、小型船舶を用いて音波探査と堆積物採取を行い、沖合と陸上の地質情報を統合的に解釈、公開を進める。

研究テーマ：テーマ題目7、テーマ題目8、テーマ題目10、テーマ題目37

地球変動史研究グループ

(Paleogeodynamics Research Group)

研究グループ長：山崎 俊嗣

(つくば中央第7)

概要：

地磁気層序、岩石磁気層序及び微化石層序学的研究を統合した高分解能年代スケールを基盤とし、海陸の地質及び地球物理学的情報を融合して、地質学的時間スケールの地球システム変動及びテクトニクスを解明することを目的とする。これにより、地球科学図、大陸棚調査などの当部門のミッション達成に貢献する。また、統合国際深海掘削計画 (IODP) の推進に、科学と運営の両面から貢献する。

平成22年度は前年度に引き続き、統合高分解能タイムスケールに関する研究、フィリピン海プレートに関するテクトニクス研究、物理探査技術の研究及び、古地磁気・岩石磁気研究を、運営費交付金を用いて実施した。さらに、科学研究費補助金により、統合高分解能タイムスケールに関する課題1件、物理探査技術（地中レーダー）に関する課題1件、古地磁気・岩石磁気研究に関する課題2件を実施した。また、5万分の1及び20万分の1地質図幅の作成、海洋地質図の付図としての重力・地磁気異常図の作成、海洋地球物理データベースの保守を行うとともに、大陸棚調査を分担した。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目7、テーマ題目9、テーマ題目10、テーマ題目11

シームレス地質情報研究グループ

(Integrated Geo-information Research Group)

研究グループ長：斎藤 眞

(つくば中央第7)

概要:

陸域地質図プロジェクトの主要グループとして5万分の1及び20万分の1地質図幅の研究を行う。また、1/20万日本シームレス地質図の改訂作業を行うとともに、次世代1/20万日本シームレス地質図の凡例の作成を行う。1/20万日本シームレス地質図をベースとした地球科学図の統合データベースの構築を行うとともに、1/5万縮尺シームレス地質図等をベースとした新たな大縮尺地質図データベース構築のための基礎研究を行う。更に、地質情報を、社会に役立つ、新たな価値を創出する情報として発信するための研究開発を行う。アジアの地質情報の研究・整備・解析、野外調査を基礎にした地質学的・地球物理学的研究も実施する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目5、テーマ題目12、テーマ題目13、テーマ題目14、テーマ題目15

地球物理研究グループ (Geophysics Group)

研究グループ長：牧野 雅彦

(つくば中央第7)

概要:

地球物理データを取得する調査手法ならびに解析技術の開発・高度化を行い、地下地質構造に関する実態解明を目的とする。地球物理図の作成及び重力データベースの拡充を行い、国土の知的基盤地質情報整備と利活用に貢献する。また、平野部や沿岸域において地震探査や重力探査など物理探査を実施し地層や断層に関する詳細な地下構造を求める。これらの研究成果は論文・地球科学図・データベースや産総研一般公開・地質情報展などを通じて社会に発信する。

研究テーマ：テーマ題目16、テーマ題目17、テーマ題目38-2、テーマ題目40、テーマ題目41

情報地質研究グループ (Geoinformatics Research Group)

研究グループ長：浦井 稔

(つくば中央第7)

概要:

衛星情報から潜在的な地質情報を抽出し、これをシームレス化・デジタル化された地質情報と統合することによって、新たな視点の地質情報を得ることを目的とした研究を実施する。この研究には地質資源に関する研究、地質災害軽減に関する研究、地球環境に関する研究、X線CT岩石学に関する研究に加えて、地質情報および衛星情報のシームレス化・データベース化に関する研究が含まれる。

研究テーマ：テーマ題目18

火山活動研究グループ

(Volcanic Activity Research Group)

研究グループ長：中野 俊

(つくば中央第7)

概要:

中期的な火山噴火予測のため、活動的火山の噴火履歴・成長史を解明し、将来の活動様式・時期を予測するとともに、火山地質図を作成する。また、長期的な火山活動場変遷の規則性を明らかにするために、日本の第四紀火山活動の時間空間分布を明らかにする研究を実施する。これらに加え、年代測定や化学分析などを行い、物質科学的な見地から火山の総理解を深める。火山噴火あるいは火山活動時においては、社会的要請に応えるための組織的かつ機動的な緊急調査を実施する。陸域地質図プロジェクトのコアグループの一つとして、新生代火山岩地域における高精度の地質図作成を行う。これらの研究成果は、論文・地質図・データベースなどを通じて社会に発信する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目19、テーマ題目20、テーマ題目21、テーマ題目24

マグマ熱水鉱床研究グループ

(Magma-Hydrothermal Deposits Research Group)

研究グループ長：森下 祐一

(つくば中央第7)

概要:

マグマ熱水鉱床を含む系における元素の移動、分配、沈により鉱物の同位体・化学組成が変化する素過程を、同位体比測定や流体包有物の解析等に基づき明らかにし、熱水の進化や鉱床成因を解明することを目指す。岩石・鉱物の同位体・化学組成は微小領域では不均質なため、二次イオン質量分析装置 (SIMS) 等を用いて微小領域同位体・化学分析を行うことにより、現象の本質を解明して鉱物資源の探査法の開発やポテンシャル評価を行う。一方、鉱床の起源となるマグマの性質を解明するため、火山岩等に含まれるメルト包有物の SIMS 分析を実施し、マグマの進化・脱ガス機構やマグマ供給系の深さを明らかにする。また、同位体分析法等の開発に関する研究を行なう。陸域では微小領域分析や同位体分析等に基づき鉱物資源の成因解明や探査法の開発に関する研究を行う。また、海洋底資源については、海洋基本計画に則り探査法の開発、海洋底鉱物資源の分布や成因に関する調査研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目22

マグマ活動研究グループ

(Magmatic Activity Research Group)

研究グループ長：篠原 宏志

(つくば中央第7)

概要：

短期的火山噴火予知・活動推移予測の基礎となる、噴火機構・マグマ供給系の物理化学モデルの構築を目指し、マグマ系における化学反応・力学過程などの素過程の実験・理論的研究と活動的火山の観測・調査に基づくマグマ活動の把握及びモデル構築を行う。具体的には、火山ガス放出量・組成観測、放熱量観測、地殻変動観測など活火山の観測研究と、メルト包有物や斑晶組織・組成の解析によるマグマの性質と進化の研究、地質調査に基づく岩脈貫入や噴火時系列の解析、高温高压実験やアナログ物質を用いた模擬実験などによる素過程の解析などを実施する。研究成果は火山噴火予知連にも報告され、火山活動の評価などの基礎資料としても用いられる。

研究テーマ：テーマ題目23、テーマ題目24

長期変動研究グループ

(Geodynamics Research Group)

研究グループ長：伊藤 順一

(つくば中央第7)

概要：

日本列島における、地殻変動および火山活動の基礎的理解を深めることを目的として、第四紀火山の地質・岩石学・鉱物学的研究、変動地形的な手法による第四紀地殻変動の研究、断層解析による地殻応力場変遷史の研究を行う。これらの調査結果による知見や各種の調査手法開発による研究結果は、地質情報センターにおいて、深部地質環境研究コアのミッションとして実施される地質環境の長期変動予測や安定性評価手法の開発に応用される。さらに、原子力安全保安院による放射性廃棄物地層処分の安全規制のためのガイドライン作成等に活用され、国による安全審査を科学的にサポートする。

研究テーマ：テーマ題目25、テーマ題目26

深部流体研究グループ

(Crustal Fluid Research Group)

研究グループ長：風早 康平

(つくば中央第7)

概要：

日本列島各地における浅層-深層地下水、温泉、ガス等を調査し、その起源、成因や流動状態を解明するための手法を開発することにより、深層に存在する地下水系や深部流体の実態を明らかにすることを目的とする研究を行う。具体的研究手法は、地下水・ガスの各種化学・同位体組成からわかる地下水やガスの物質収支および形成機構の解明、希ガス同位体組成等を用いた超長期地下水年代測定、地質や地質構造と深層地下水流動の関係を明らかにする GIS ベースの DB 開発などである。これらの調査結果による知見や各種地

下水調査手法開発による研究結果は、地質情報センターにおいて、深部地質環境研究コアのミッションとして実施される深層地下水系の長期変動予測や安定性評価手法の開発に応用される。さらに、原子力安全保安院による放射性廃棄物地層処分の安全規制のためのガイドライン作成等に活用され、国による安全審査を科学的にサポートする。平成22年度は、瀬戸内地域において結晶質岩中の地下水の年代測定と塩水侵入の関係解明、および、東北日本北部における堆積岩中の地下水の超長期年代測定と海面変化の影響把握に関する研究などである。

研究テーマ：テーマ題目27、テーマ題目28

沿岸海洋研究グループ

(Coastal Environment and Monitoring Research Group)

研究グループ長：谷本 照己

(中国センター)

概要：

本研究グループでは、疲 した沿岸生態系を再生し、持続的な利活用が可能な活動空間を取り戻すため、沿岸海域の環境モニタリングの高度化、沿岸域の水質改善や沿岸生態系の回復を目指す技術の開発と実用化支援および数値モデル解析を行う。また、沿岸域環境データの収集・解析およびデータベース化を行い、インターネット等で広く社会に提供する。

平成22年度は、超音波を利用した藻場の遠隔計測法と衛星画像データの収集、解析による広域的な藻場分布解析などの沿岸域環境モニタリング技術の高度化や海水流動の数値モデル化、備 瀬戸海域における栄養塩の動態解析のまとめ、および瀬戸内海全域を対象とした数値モデル開発の研究を行った。

研究テーマ：テーマ題目30

物質循環研究グループ

(Biogeochemical Cycles Research Group)

研究グループ長：鈴木 淳

(つくば中央第7)

概要：

人類活動による地球表層環境への影響は、エネルギーおよび物質輸送を介して起こっている。人類活動により影響を受ける将来の環境を考えるため、人為的な影響の特に大きな都市環境および沿岸環境、影響が広範囲にわたる地球環境について、その環境変動幅と変動支配因子を明らかにすることが、本研究グループの研究目的である。そのため、本研究グループは、地球化学的、古生物学的及び海洋物理学的手法を用いて、4つの「環境」すなわち「都市環境」「沿岸環境」「外洋環境」「古環境」について、主に土壌汚染等による環境安全評価に関する研究、河川流域やサンゴ礁域の

生物多様性の保全に関する環境モニタリング、海洋中深層の二酸化炭素の影響に関する物質循環と後期第四紀の温暖化した時代の西太平洋日本周辺海域の環境変動解析に関する研究を行い、将来の都市・沿岸・地球環境の予測手法を開発する。

研究テーマ：テーマ題目32

地球化学研究グループ (Geochemistry Group)

研究グループ長：今井 登

(つくば中央第7)

概要：

地球化学情報の集積・活用と高度な分析技術の開発を目的とし、これらに必要な高度な分析技術の開発を行った。このために、地殻における元素の地球化学的挙動解明の研究として、日本の土壌・堆積物における微量元素の研究、炭酸塩中の元素の挙動と分析法の研究、火成岩の地球化学的研究、鉄・マンガン水酸化物中の元素の挙動の研究、各種の酸を用いた分別溶解法などの元素分布の解析法の研究を行った。

研究テーマ：テーマ題目33、テーマ題目34、テーマ題目35

瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体

(Collaborative Research Team for Eco-technology of Seto Inland Sea)

連携研究体長：谷本 照己

(中国センター)

概要：

瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体として、経済産業局や地域行政機関と密接に連携を取りながら、大学や企業等との連携により流況制御技術や製鋼スラグを利用した沿岸海域の環境修復技術の開発およびその技術支援を目指す。また、公開可能な調査・観測データや水理模型実験データをデータベース化し、インターネット等で広く社会に提供する。

平成22年度は、停滞性の強い大阪湾などの内湾奥部の水質・底質を改善し環境修復する流況制御技術、製鋼スラグを利用したアマモ場造成に関わる水槽実験と現場検証実験および藻場に適度な人手を加えることにより生物生産性を高める里海検証実験を行った。また、瀬戸内海大型水理模型による流況データの解析とデータベース化を行い、インターネットによる情報公開を行った。

研究テーマ：テーマ題目31

【テーマ題目1】陸域地質図の研究（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】宮崎 一博（地殻岩石研究グループ）

【研究担当者】宮崎 一博、中江 訓、原 英俊、

辻野 匠、野田 篤、植木 岳雪、
工藤 崇、内野 隆之、松浦 浩久、
竹内 圭史、青矢 睦月、山崎 徹、
斎藤 眞、巖谷 敏光、森尻 理恵、
西岡 芳晴、吉川 敏之、宝田 晋治、
中川 充、利光 誠一、兼子 尚知、
中澤 努、坂野 靖行、中野 俊、
星住 英夫、松本 哲一、古川 竜太、
石塚 吉浩、石塚 治、下司 信夫、
及川 輝樹、栗本 史雄、山元 孝広、
鹿野 和彦、柳沢 幸夫、高橋 雅紀、
渡辺 真人、水野 清秀、小松原 琢、
宮地 良典、納谷 友規、大熊 茂雄、
駒澤 正夫、尾崎 正紀、高田 亮、
安原 正也、脇田 浩二、高橋 浩、
中島 礼、酒井 彰、長森 英明、
佐藤 大介、七山 太、実松 健造、
高木 哲一、宮下 由香里、近藤 玲介、
久保 和也（常勤職員62名（うち他研究ユニット15名）、他44名）

【研究内容】

「陸域地質図の研究」の実施にあたっては、本部門・他研究ユニット及び外部研究機関の研究者との協力体制のもと、「層序構造地質」・「地殻岩石」・「シームレス地質情報」・「火山活動」の4つの研究グループが中心となって推進している。

20万分の1地質図幅については、横須賀・大分・高知の3地域の地質調査を進捗した。

5万分の1地質図幅に関しては、巢・足助・観音寺・新居浜を始めとする26地域の地質調査を当初計画に基づき進捗させた。野田・戸賀及び船川・加茂・熱海の4地域の図幅について地質原図及び報告書原稿を完成した。

【分野名】地質

【キーワード】地質図幅、20万分の1地質図、5万分の1地質図

【テーマ題目2】平野地質の研究（運営交付金）

【研究代表者】水野 清秀（平野地質研究グループ）

【研究担当者】水野 清秀、小松原 琢、宮地 良典、
田邊 晋、小松原 純子、納谷 友規、
中村 洋介（常勤職員6名、他1名）

【研究内容】

本研究は、平野・盆地内あるいはその周辺の丘陵地・台地や低地地下を構成する主に第四紀堆積物の堆積プロセス、層序、地質構造、あるいは地形の形成プロセス、環境変動などを明らかにすることを目的としている。平成22年度は、以下のような研究を行った。

1) 関東平野に関しては、北東部に分布する中～下部更新統の調査を行い、珪藻化石を抽出して、堆積環境の検討を行った。また、子付近に分布する中・下部更

新統中のテフラを系統的に採取し、分析を行った。その結果、カミングトン閃石を含む結晶質粗粒火山灰層は、中期更新世の初め頃から少なくとも中期更新世の中頃まで、断続的に降灰していることがわかった。

- 2) 新潟平野のボーリングコアの解析から、過去14,000年間における沈降速度と、沈降運動に規制された沖積層の累重様式、さらに融氷パルス1Bの存在について、とりまとめを行い、AGU Chapman Conferenceにて発表を行った。
- 3) 平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震による、茨城県つくば市～土浦市及びその周辺における家屋被害や地盤変状について、ほかの研究グループ員らとともに、現地踏査と衛星写真判読に基づく被害分布調査を行った。また、大洗・那 湊地区における津波被害と堆積物の調査を実施した。霞ヶ浦湖岸や桜川低地沿いの盛土地などで液状化が生じたこと、土浦市中心街など桜川沿いの沖積低地では、屋根瓦の落下やブロックの転倒などの被害が比較的多かったこと、それに対して低位段丘上の家屋では被害が比較的少なかったこと、さらに広域的には低地上・台地上どちらとも、地域によって被害の程度に差がみられることなどが明らかとなった。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕関東平野、新潟平野、地下地質、テフラ、珪藻、地震被害

〔テーマ題目3〕層序構造地質の研究(運営費交付金)

〔研究代表者〕中江 訓(層序構造地質研究グループ)

〔研究担当者〕中江 訓、植木岳雪、中島 礼、
原 英俊、辻野 匠、野田 篤、
工藤 崇、内野 隆之、近藤 玲介
(常勤職員7名、他2名)

〔研究内容〕

日本列島を構成する活動的島弧と周辺の東・東南アジア諸国を含む大陸縁辺域における様々な地質現象を解明するための地質調査・研究を行なった。その結果、本年度は以下のような成果を得た。

- 1) タイ北部のペルム紀～三畳紀付加体砕屑物の起源を探るため、砂岩・頁岩の岩石学的・地球化学的検討を行った。その結果、主に珪長質火山岩からなる火山弧、石英に富む大陸縁部を後背地に持つことが判明した。
- 2) 北上山地における古生代の島弧基盤岩類と付加体の関係を解明するために、境界域剪断帯の構造解析を行った。その結果、左横ずれの剪断センスが得られた。
- 3) 琉球弧先新第三系の地体構造的帰属を明確にするため名護層玄武岩の主要・微量化学組成を測定した。その結果、MORB 領域にプロットされる玄武岩が卓越していることが判明した。
- 4) 前弧域横ずれ堆積盆における堆積モデルを構築するにあたり、四国・新居浜地域の和泉層群の堆積年代を

検討した。その結果、凝灰岩から約80MaのFT年代と泥岩から中期カンパニアン期の放射虫化石を得た。

- 5) 北海道沖前弧域の構造運動を解明するための調査によって、道東地域では正断層によって前弧隆起域と沈降域が境されること、日高地域の前縁褶曲帯では褶曲トレンドが屈曲することが明らかになった。
- 6) 八甲田一十和田地域の新第三紀～第四紀火山活動史解明に向けた調査・研究の結果、十和田火山の噴火発生頻度の時代変化と、約1Maに発生した八甲田カルデラの大規模火砕流噴火の存在が明らかになった。
- 7) 豊橋平野に分布する豊川層の堆積年代を明らかにするために、貝化石からは3万年程度、植物化石は測定限界以上という値を得た。この違いから、年代測定の手法的な問題が明らかとなった。
- 8) 古地磁気・岩石磁気測定などにより以下が判明した。
 - i) 丹沢山地西部の鮮新統細川谷流紋岩を中津層群軽石質テフラへ対比することは誤りである。
 - ii) 新潟県の鮮新～更新統魚沼層群中に短期間の磁場の逆転を発見し Reunion Subchronozone を日本で初めて報告した。
- 9) 北海道北部において古環境と地形発達の関係を考察するため、化石周氷河現象の記載と OSL 年代測定を行った。その結果、最終氷期極相期に形成された周氷河現象を見出した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕層序、構造地質、活動的島弧

〔テーマ題目4〕地殻岩石の研究(運営費交付金)

〔研究代表者〕宮崎 一博(地殻岩石研究グループ)

〔研究担当者〕宮崎 一博、松浦 浩久、竹内 圭史、
高橋 浩、青矢 睦月、山崎 徹、
佐藤大介、鈴木 文枝
(常勤職員7名、他1名)

〔研究内容〕

島弧地殻形成において重要な変形作用・変成作用・火成作用の進行過程を明らかにするため、日本列島の主要な変成帯・火成岩体の野外調査、岩石試料の分析・解析、地質体及び岩石の形成モデリングを行い、以下のような成果を得た。1) 付加体及び変成帯の温度構造の確定に有効なレーザーラマン顕微鏡炭質物温度計の開発では、測定の方角異方性が試料内の不均一性の影響よりも遥かに小さいことを示し、変形岩と無変形岩で温度計のキャリブレーションにわずかな差異があることを明らかにした。2) 高温型変成帯形成及び岩石組織形成モデリングでは、単純剪断変形による不混和粘性流体の変形反応をモデル化し、変形による低粘性相の分離局在化と地殻内熱輸送におけるその役割を明らかにした。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕島弧、沈み込み帯、変成作用、火成作用

〔テーマ題目5〕「地層・岩体・火山」事典／地層名検索データベース

〔研究代表者〕鹿野 和彦（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕鹿野 和彦、巖谷 敏光、松浦 浩久、
中野 俊、宮崎 一博、中江 訓、
尾崎 正紀（常勤職員7名、他1名）

〔研究内容〕

膨大な数の地層・岩体・火山（>10,000件）の名称を検索して、それらの定義、内容などを調べるためのデータベースを構築する。本データベースは、地層命名規約に基づく新たな地層名の提案、地質文献読解などにあって必要とするもので、辞書機能のほか、地層などの分布位置からも検索可能な機能を持ち、地質分野に携わる者にとって不可欠なデータベースとして期待されており、近々英文版を作成し公表する予定である。平成22年度は、1) 地層名登録など、データ入力・校正・更新・編集、2) 第四紀火山データベースのバージョンアップ、3) Google Earth を利用した「島根半島地学散歩」のバージョンアップ、4) 地層名辞書ファイルの英訳、5) 地層名漢字変換辞書の作成を行った。本データベースは研究情報公開データベースとして公開しており、現時点でのアクセス件数は4万件を越える。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕研究情報公開データベース、地層、岩体、火山

〔テーマ題目6〕関東平野の地下地質・地盤データベース

〔研究代表者〕木村 克己（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕木村 克己、尾崎 正紀、根本 達也、
横倉 隆伸、康 義英
（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

本課題は、関東平野の地下地質・構造に関わるデータベースの整備・公開に関わる研究である。

電子国土ポータル機能を利用して、関東平野における産総研実施の反射法地震探査調査のメタデータ45件、首都圏地域の861本の模式柱状図、そして、ボーリングデータの入力・表示・品質確認・解析に関わるソフトウェアを新規に登録・公開した。RIODB の機能開発として、反射法地震探査調査のメタデータの登録に関連してメタデータの構造、探査測線の地図表示、検索機能等を開発・実装した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕関東平野、地下地質、ボーリングデータ、反射法地震探査、メタデータ、模式柱状図、ボーリングデータ処理システム、電子国土

〔テーマ題目7〕海域地質図プロジェクト（運営費交付金）

〔研究代表者〕池原 研（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕池原 研、荒井 晃作、片山 肇、
井上 卓彦、板木 拓也、佐藤 智之、
天野 敦子、山崎 俊嗣、上嶋 正人、
小田 啓邦、鈴木 淳、長尾 正之、
兼子 尚知、野田 篤、辻野 匠、
岡村 行信、村上 文敏、松本 弾、
西田 尚央、多恵 朝子
（常勤職員16名、他4名）

〔研究内容〕

日本周辺海域の地球科学的調査・研究を通じて、地殻を中心とした海洋地球に関する基盤的情報を系統的に整備し、広く社会へ提供する。特に、海洋地質図の整備、海洋地質データベースの構築とインターネット公開、これらを支え発展・高度化させる基礎的基盤の研究に関して世界をリードする研究に取り組む。なお、海洋地球に関する基盤的情報及び科学的知見は、国や社会の持続的発展を支える基本的公共財として、産業立地を含む各種海洋開発・災害軽減・環境管理などに対する基礎的資料となる。

本年度は、沖縄周辺海域の調査航海を実施するとともに、これまでの調査航海の結果に基づき、海洋地質図の整備を進めた。その結果、沖縄島北方海域で2086海里の航走観測と101地点での底質試料採取を行い、その概要は速報にとりまとめ中である。また、隠岐海峡表層堆積図、落石岬沖表層堆積図、路沖表層堆積図、襟裳岬沖表層堆積図をCD出版し、路沖海底地質図の出版準備作業を進めたほか、奥尻島北方表層堆積図の原稿を完成させた（海底地質図には重力異常図・地磁気異常図も添付）。

データベースに関しては、海域地質構造断面（音波探査記録）データ、表層地層探査記録及び海底堆積物コア柱状図のデジタル化を進め、順次公開した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕海底地質図、表層堆積図、重力・地磁気異常図、データベース、日本周辺海域、第2白嶺丸

〔テーマ題目8〕海洋地質の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕荒井 晃作（海洋地質研究グループ）

〔研究担当者〕荒井 晃作、中村 光一、片山 肇、
井上 卓彦、板木 拓也、佐藤 智之、
天野 敦子、池原 研、松本 弾、
西田 尚央、島村 道代、多恵 朝子
（常勤職員8名、他4名）

〔研究内容〕

日本周辺海域の海洋地質情報を整備公開するとともに、それらデータ及び海洋地質調査を実施して日本周辺海域

の活断層評価、古環境変動の解明、地質構造発達史、及び海底火山や熱水活動に伴う地質現象の解明を目指している。今年度は以下のような成果を得た。

日本周辺海域の活断層評価、地質構造発達史に関する研究では、琉球弧前弧斜面における活動的構造運動に関して、主に島弧胴切る方向の地質構造が卓越していることを示し、沖縄島北方沖の海域活断層の垂直変位量を見積もることができた。また、宮古島西方沖から、陸上の琉球層群に相当する年代の石灰岩露頭を見つけ、同海域は沈降運動が卓越していることを示すことができた。古環境変動の解明では、コア試料、ボーリング試料及び表層堆積物試料の岩相、化石、放射性炭素年代の結果などを基に海洋環境の変化の詳細と、その環境変化の原因並びに相互関係を検討した。ボーリング海の古環境変遷に関する論文や別府湾の表層堆積物の重金属分布に関する成果を公表した。海底火山や熱水活動に伴う地質現象の解明では、海底熱水活動に伴う揮発性成分の挙動の解明を目指し、マリアナ島弧と沖縄トラフの海底火山活動と熱水活動の研究を行い、熔融硫黄の挙動に関する成果を得ることができた。

【分野名】地質

【キーワード】海洋地質、日本周辺海域、海底地質構造、海域活断層、海域古環境、テクトニクス

【テーマ題目9】大陸棚画定調査に関わる基盤岩による海山等の形成史および潜在的な資源に関する研究（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】岸本 清行（地球変動史研究グループ）

【研究担当者】岸本 清行、石塚 治、下田 玄、棚橋 学、森尻 理恵、西村 昭、湯浅 真人、上嶋 正人、石原 丈実、飯笹 幸吉（常勤職員5名、他5名）

【研究内容】

部門プロジェクトである本課題は、大陸棚チーム員およびその所属グループの協力のもとに以下の2課題を実施している。1. 国の大陸棚画定調査の内の基盤岩採取の一環として、関連海域の試料分析・地質解析および同海域データ・情報の整備。2. 国連へ提出された大陸棚限界確定申請の審査進捗に伴う作業分担を国内の審査対応部会を通じて実施する。

1. 大陸棚画定調査の一環として実施した、海域で採取した岩石試料等の分析を進めるとともに、調査データをとりまとめ、論文化した。
2. 審査対応部会（関係各省庁が作る大陸棚審査対応委員会の下での作業部会）に参加し、定例会、及びWG会合において活動した。日本の申請文書は平成20年11月12日に国連の「大陸棚の限界に関する委員会」に提出・受領された。その後、日本の申請の審査を担当する小委員会が「大陸棚の限界に関する委員会」の下に

平成21年8月に設置され、本格的審査が開始されたあと審査が継続中である。当該小委員会への追加詳細説明等を行うにあたり、審査対応部会でその説明資料の作成等を行った。産総研からも国連に派遣される日本代表団に参加、平成22年4月、8月、11月に現地において説明等を実施した。さらに、小委員会の審議進捗に合わせた、日本側作業工程の検討と資料作成等を実施した。

【分野名】地質

【キーワード】海洋地質調査、大陸棚画定、大陸棚限国連

【テーマ題目10】海洋地質データベース（運営費交付金）

【研究代表者】岸本 清行（地球変動史研究グループ）

【研究担当者】荒井 晃作、井上 卓彦、池原 研、小田 啓邦、片山 肇、岸本 清行、下田 玄、辻野 匠、山崎 俊嗣、上嶋 正人、飯笹 幸吉（常勤職員9名、他2名）

【研究内容】

産総研が保有する海洋地質情報の総合的データベースの構築・整備を目的として、5つのサブテーマ（「海域地質構造 DB」、「海底堆積物 DB」、「海洋地球物理 DB」、「海底鉱物資源 DB」、「高分解能音波探査断面 DB」）に分類して研究を実施している。既存アナログデータのデジタル化や海洋地質図等出版物の関連メタデータ、原データの編集、可視化技術の援用などにより、出版物でカバーしていない海洋地質情報やその後の追加情報などの多様な利活用を促進することを目的としている。当該年度は、テーマ毎に新規データ、関連報告書データの追加、保守を行った。さらに継続して、内外の研究・調査機関への既得観測データ（原データ）の提供支援の拡充と内部及び外部の海洋地球科学データベースとの連携を進めた。

【分野名】地質

【キーワード】海洋地質データベース、RIO-DB、海域地質構造、海洋地球物理、海底鉱物資源、海底堆積物、音波探査、ワンストップクリアリングハウス

【テーマ題目11】地球変動史の研究（運営費交付金）

【研究代表者】山崎 俊嗣（地球変動史研究グループ）

【研究担当者】山崎 俊嗣、柳沢 幸夫、岸本 清行、高橋 雅紀、渡邊 真人、七山 太、小田 啓邦、下野 貴也、佐々木 智弘（常勤職員7名、他2名）

【研究内容】

- (1) 新生代統合高分解能タイムスケールの研究
微化石層序、古地磁気層序、火山灰層序および放射

年代など、個々の年代層序の精度と確度を向上させるとともに、複数の年代層序を複合して年代層序の高度化をはかり、それを基に複合年代尺度の標準化を行うことを目的とする。今年度は、栃木、茨城及び新潟県で後期中新世の広域火山灰を見だし、珪藻化石層序と火山灰層序の精度を向上させた。また、IODP（統合国際深海掘削計画）により赤道太平洋から採取されたコア（Site U1331）の古地磁気測定を行い、始新世から漸新世にかけての天文学的年代調節のベースとなる古地磁気極性層序を得た。

(2) フィリピン海プレートに関わるテクトニクス研究

過去から現在までのフィリピン海プレートの運動を、高分解能タイムスケールに基づく陸域の地質学的情報と海域の地球物理学的情報を総合して復元する。そして、プレート運動が日本列島のテクトニクスを支配してきたことを明確にすることを目的とする。今年度は、白亜紀の西南日本弧に海嶺の沈み込みはなかったことを、思考実験ならびに地質学的データに基づいて明らかにした。また、フィリピン海プレート創成期のテクトニクス解明を目的として、従来系統的調査がほとんど行われていなかった西フィリピン海盆南部において、地形・地磁気異常観測を行うとともに、既存のデータのコンパイルを行った。

(3) 物理探査の研究

海底構造探査を高分解能化するため、サイドスキャンソナー・データの画像処理技術や、海底表層地層探査データの処理技術等のデータ解析技術の高度化研究を行う。また、地中レーダーを用いた沿岸域堆積物のイメージングに関する研究及び、その基礎となる堆積学研究を行う。今年度は、これまでに得られている熱水域の海底映像や探査データの再解析を行い、熱水地帯で観察される海底近傍の微細地形や映像から地質情報を推定した。また、那 川の国木砂州において地中レーダーイメージング実験を行い、礫質な砂州堆積物の内部構造を表層から5m 透過し、側方付加過程を明確に捕らえることができた。

(4) 古地磁気・岩石磁気研究

過去の地磁気変動の解明、特に、数千年～数十万年の時間スケールを持つ古地磁気強度・方位の永年変動及び地磁気エクスカージョンの実態解明を進めるとともに、これらの基礎となる磁気顕微鏡に関する基礎技術開発、岩石磁気学研究及び、岩石磁気手法の古環境研究への応用も行う。今年度は、SQUID 顕微鏡を用いてマンガクラストの極微細古地磁気層序を明らかにし、マンガクラストの成長速度を明らかにした。また、オントンジャワ海台の堆積物コアを用いて、鉄還元境界での岩石磁気変化は相対古地磁気強度推定に大きな影響を与えていないことを明らかにした。

【分野名】地質

【キーワード】複合年代層序、タイムスケール、フィリ

ピン海プレート、テクトニクス、物理探査、古地磁気、岩石磁気

【テーマ題目12】 シームレス地質情報の研究（運営費交付金）

【研究代表者】 齋藤 眞

（シームレス地質情報研究グループ）

【研究担当者】 齋藤 眞、巖谷 敏光、森尻 理恵、西岡 芳晴、宝田 晋治、吉川 敏之、伏島祐一郎、中川 充、眞坂 淑恵、坂寄 裕代（常勤職員8名、他2名）

【研究内容】

1/20万のシームレスの改訂に必要な基礎的な野外調査を行う。1/20万シームレス地質図（基本版・詳細版）の整備・公開を主導すると共に、次世代シームレス地質図のための凡例を整える。地質図をデジタルデータで整備するために、紙の地質図を新たに作成する際に、平行してデジタルデータをスムーズに作成できるシステムの開発を行う。また、地質調査の際にデータをデジタルデータとして直接収集するシステムの開発を行う。標準化の国際動向を把握して、シームレス地質図や地質図に関するJISの策定に活用する。

本年度は、次世代1/20万シームレス地質図の凡例原案を作成した。これで大きく区分の変わる可能性ある九州南部等で調査研究を行った。また、1/20万地質図幅徳之島、石垣島、八代及び野母崎の一部を対象にデジタル化を行った。地質調査の際にデータをデジタルデータとして直接収集するシステムは、実際に野外でテストを行って問題点の洗い出しを行った。JISA0204、A0205の改正原案については国際動向をを加味しつつ次世代シームレス地質図の凡例を例にして活用例を作成し、改正原案の作成に寄与した。

【分野名】地質

【キーワード】シームレス地質図、統合、数値地質図、標準化、データベース、JIS

【テーマ題目13】 シームレス地質図データベースの研究（運営費交付金）

【研究代表者】 齋藤 眞

（シームレス地質情報研究グループ）

【研究担当者】 齋藤 眞、巖谷 敏光、森尻 理恵、西岡 芳晴、宝田 晋治、吉川 敏之、中野 俊、竹内 圭史、中江 訓、水野 清秀、鹿野 和彦、杉山 雄一、石塚 治、及川 輝樹、高田 亮、尾崎 正紀、眞坂 淑恵、坂寄 裕代、（常勤職員16名、他2名）

【研究内容】

RIO-DBに登録されているシームレス地質図のデータベースの更新と公開に関わる研究開発、より利用しやす

いシステムの開発を行う。

昨年度データの差し替え作業を行った長岡、山口及び見島、小串、白河、窪川の各区画を含む1/20万日本シームレス地質図から、公開用のタイル画像を作成し、GoogleMaps 版、Zoomify 版、GeomapDB 版(基本版)を公開した。さらに新たに発刊された1/20地質図幅に基づいて、中之島及び宝島、魚釣島、石垣島、徳之島、小笠原諸島、名古屋(第3版)、伊勢、静岡及び御前崎(第2版)の各区画について差し替え作業を行い、ベクターデータを完成させた。与論島及び沖縄、中津、八代、西郷の各区画については当該地質図幅の凡例を1/20万シームレス地質図の凡例に対応させる作業を行った。

5万分の1シームレス地質図(中部・近畿地域)をシームレス地質図データベース(WebGIS 版)で公開した。

[分野名] 地質

[キーワード] シームレス地質図、数値地質図、地理情報システム、グーグルマップ

[テーマ題目14] 既存データベースの WMS 配信(運営交付金)

[研究代表者] 斎藤 眞

[研究担当者] 斎藤 眞、川畑 大作、吉岡 敏和、今井 登、巖谷 敏光、森尻 理恵、西岡 芳晴、宝田 晋治、吉川 敏之、中野 俊、宮本 富士香、眞坂 淑恵、坂寄 裕代(常勤職員10名、他3名)

[研究内容]

GEO Grid を用いた地質情報と多様な情報との統合化のため、既存のデータベースのうち活断層、地球化学図、第四紀火山の各データベースの WMS 化を行った。(地図上の位置と地質情報の属性、凡例)活断層データについては、線情報とともに、セグメント情報(活断層の活動範囲の区分け)などを RIO-DB から WMS で活用できるようにデータを作成した。地球化学図はヒ素、カドミウム、クロム、道、水銀、ランタン、鉛、バナジウム、垂鉛について WMS で公開した。火山については、位置情報と写真・説明とのリンクのある WMS 用のデータを作成した。

[分野名] 地質

[キーワード] GEO Grid、統合化、標準化、地球化学図、第四紀火山、活断層、データベース

[テーマ題目15] 国際標準に基づく地質情報表示の Web サイト構築(運営交付金)

[研究代表者] 西岡 芳晴

[研究担当者] 西岡 芳晴、宝田 晋治、眞坂 淑恵、坂寄 裕代、李 定(常勤職員2名、他3名)

[研究内容]

GeoGrid 及び国際標準に基づく地質情報発信の統合

化に向けて、既存のデータ形式・サービスを見直し、必要な標準化やデータ変換・メタデータ整備等を行い、統合化 Web サイトを構築する。

本年度は Google Maps JavaScript API を用いたシームレス地質図ウェブサイトの新しいユーザインターフェイスを開発した。この中で、凡例情報を国際標準規格である RDF/XML で表現し、AJAX を用いて表示速度の高速化を実現した。また、国際標準規格である KML 形式のシームレス地質図ラスタ画像ダウンロードサービスを新たに開発、公開した。次期の Web サイト記述言語で公式採用される HTML5 の仕様を先取りし、スマートフォン・iPad で利用可能な Web サイトを開発した。

[分野名] 地質

[キーワード] GEO Grid、統合化、標準化、シームレス地質図、グーグルマップ、RDF/XML、KML、AJAX

[テーマ題目16] 地球物理の研究(運営費交付金)

[研究代表者] 牧野 雅彦(地球物理研究グループ)

[研究担当者] 牧野 雅彦、駒澤 正夫、加野 直巳、大熊 茂雄、山口 和雄、村田 泰章、名和 一成、伊藤 大滝 壽樹、大谷 竜、住田 達哉、岡田 真介、中塚 正、横倉 隆伸、金谷 弘、稲崎 富士(常勤職員11名、他5名)

[研究内容]

地殻構造調査、変位・歪・重磁力・物性など様々な地球物理学的データを総合し、地球内部の構造・現象を解明する研究を進めている。22年度は、地殻変動・地下流体移動などに伴う重力変化を検出するため、重力連続観測・データ解析技術の開発・精度評価を行った。また、GPS データを使った時空間的に相関する変動を検出する歪フィルターの成果をまとめ、国際誌で論文発表した。

さらに、地殻構造調査では S 波速度構造を求める方法の開発を進め、その結果を学会誌に発表した。地下浅部(対象深度200m まで)を探索する地震探査機材を整備し、櫛引断層において詳細な地下構造を解明した。地震波干渉法では2009年度に調査した宮城県北部のデータ解析結果を発表し、その知見をもとに改良した手法で群馬県館林付近において調査を実施した。

[分野名] 地質

[キーワード] 地球物理、地殻構造、重力、GPS、歪、地震探査、地震波干渉法、S 波速度構造

[テーマ題目17] 地球物理図(運営費交付金)

[研究代表者] 牧野 雅彦(地球物理研究グループ)

[研究担当者] 牧野 雅彦、駒澤 正夫、大熊 茂雄、村田 泰章、名和 一成、中塚 正、金谷 弘(常勤職員5名、他2名)

[研究内容]

活動的島弧に位置する国土の地下地質構造を体系的に解明するために重力図、空中磁気図、データベースなどの作成を行う。20万分の1重力図については、姫路、徳島、京都・大阪、和歌山、金沢地域の調査・編集を進捗した。日本重力 CD-ROM 第2版が在庫切れになったため、改定版として日本重力データベース DVD 版の編集を進めた。空中磁気図については、福井平野地域の磁気異常解析を進め、富士火山地域のデータ整備・編集を行った。重力データベース (RIO-DB) では、重力基本図ページを公開するなど利便性の拡充を図った。日本列島基盤岩類物性データベース (RIO-DB) では、213件のデータを追加登録した。北海道大学の有珠火山繰り返し空中磁気探査において、データの取得や解析について研究協力を行い、貫入マグマの冷却による磁気異常変化の検出に成功した。

【分野名】地質

【キーワード】地球物理図、重力図、空中磁気図、岩石物性、データベース

【テーマ題目18】情報地質の研究（運営費交付金）

【研究代表者】浦井 稔（情報地質研究グループ）

【研究担当者】浦井 稔、佐藤 功、尾崎 正紀、中野 司、二宮 芳樹、川畑 大作（常勤職員6名）

【研究内容】

外部への情報提供を目的とした地質情報研究部門内共用の Web サーバを構築し、そのサーバを用いて火山衛星画像データベースを公開した。外部関東平野、濃尾平野、大阪平野での InSAR 解析を継続実施した結果、九十九里沿岸において沈下率の小さな沈下領域が把握できた。海外では、台湾中部沿岸地域における広域におよぼ顕著な沈下領域での地盤沈下を解析した。エジプト中西部を研究対象地域として、石英が溶融したガラス質鉱物のマッピングを行う方法を検討し、ASTER データへの適用を行った。シームレス地質情報を元にした携帯電話向けサービスの構築を行った。野外地質調査情報の基礎となるクリノメータの計測を行えるスマートフォン用アプリケーションの開発を行い公開した。様々な存在確実度と位置正確度を持つ地質境界が同じ区分で表示されていることが、数値地質図と空間情報間との解析可能な統合を阻害していることが明らかとなったため、平成23度末改訂予定の地質図 JIS の原案に、従来の実在と推定のみで表現していた曖昧な地質界線の細分を全面的に改め、存在確実度と位置正確度の組合せによる細分を盛り込んだ。GPGPU（汎用グラフィック処理ボード）の上で高速に動作する X 線 CT 画像の画像再構成ソフトウェアを作成した。それを組み込んだ高輝度光科学研究センター SPring-8 の放射光を利用した超高分解能 X 線 CT 装置によって発泡したマグマ、衝突実験の産物、各種石、NASA の Stardust 計画で得られた 星塵、お

よび、JAXA のはやぶさ計画で得られた小惑星物質などの X 線 CT 画像を撮影し、それらの化学組成と形状を解析した。

【分野名】地質

【キーワード】地質情報と衛星情報の統合、三次元地質モデル、シームレス地質図、地質標準、リモートセンシング、画像データベース、画像解析、干渉 SAR 技術、岩石指標、X 線 CT 岩石学、ASTER、リビアン・デザート・グラス、鉱物マッピング

【テーマ題目19】火山活動の研究（運営費交付金）

【研究代表者】中野 俊（火山活動研究グループ）

【研究担当者】中野 俊、星住 英夫、川辺 禎久、石塚 治、下司 信夫、古川 竜太、石塚 吉浩、松本 哲一、及川 輝樹（常勤職員9名）

【研究内容】

国の火山噴火予知研究を分担し、活動的火山の噴火履歴を明らかにするとともに、日本の第四紀火山活動の時間空間分布を明らかにし、火山の総理解を深める研究の実施を目的としている。平成22年度は、活火山の活動史や第四紀火山の時間空間分布を明らかにするために、男体山などについて野外調査を実施し、中部九州や富士山地域、北海道などの第四紀火山岩類の K-Ar および Ar/Ar 年代測定や化学分析を実施した。また、霧島山新燃岳噴火に際しては緊急調査を実施した。

【分野名】地質

【キーワード】活火山、噴火履歴、第四紀火山活動、年代測定

【テーマ題目20】火山地質図（運営費交付金）

【研究代表者】中野 俊（火山活動研究グループ）

【研究担当者】中野 俊、星住 英夫、川辺 禎久、下司 信夫、及川 輝樹、伊藤 順一（常勤職員6名、他3名）

【研究内容】

国の火山噴火予知研究を分担し、活動的火山の噴火履歴を明らかにするとともに火山地質図を作成する。平成22年度においては、九重火山、諏訪之瀬島火山、蔵王火山の3火山について火山地質図作成のための野外調査を実施した。

【分野名】地質

【キーワード】活火山、噴火履歴、火山地質図、火山防災、噴火予知

【テーマ題目21】活火山データベース（運営費交付金）

【研究代表者】星住 英夫（火山活動研究グループ）

【研究担当者】星住 英夫、工藤 崇、中野 俊、川辺 禎久、下司 信夫、古川 竜太、

石塚 吉浩、及川 輝樹、篠原 宏志、
 斎藤 元治、松島 喜雄、風早 康平、
 浦井 稔、西 祐司、斎藤 英二、
 濱崎 聡志、東宮 昭彦、森川 徳敏、
 駒澤 正夫、安原 正也
 (常勤職員20名)

〔研究内容〕

日本の活火山の、噴火履歴、噴出物の分布、成長発達史などについてデータベース化をはかり、公開する。特に活動的な活火山について、地質図及び記述形式で表現するとともに、噴火履歴(最近1万年イベント及び噴出物)について検索可能なリレーショナルデータベースを構築する。平成22年度は、火山研究解説集：摩硫黄島の英語版を公開するとともに、火山地質図集の構成デザインを見直し閲覧しやすいものに改修した。また1万年噴火イベント集の更新作業を実施した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕活火山、噴火履歴、火山地質図

〔テーマ題目22〕 マグマ熱水鉱床に関する研究(運営費交付金)

〔研究代表者〕森下 祐一

(マグマ熱水鉱床研究グループ)

〔研究担当者〕森下 祐一、濱崎 聡志、清水 徹、

下田 玄、斎藤 元治、宮城 磯治

(常勤職員6名、他1名)

〔研究内容〕

地球科学では鉱物内に複雑な構造を持つ試料を扱う必要がある。このような地質試料を簡単な系で代表させることは困難であり、微小領域において現象の本質を研究する必要がある。このため、高感度・高質量分解能の大型二次イオン質量分析装置(SIMS)を研究手法とし、鉱物資源探査や火山の噴火メカニズム研究等の社会的に重要な課題に適用した。

昨年までに開発した金の分析法とPtイオン注入試料の分析等に基づき、硫化鉱物中のSIMSプラチナ分析法を開発した。また、東京大学との共同研究でパラジウム分析法を予察的に開発し、その知見を基盤として最適なイオン注入標準試料の作成を行った。南アの金、プラチナ鉱山で地質調査を行い、その折に現地でSIMSによる鉱石の金、プラチナ分析についてプレゼンし、今後の研究について討論した。

大分県野矢金鉱床における熱水の起源や進化に関する研究成果が国際誌に公表された。野矢においてはMMAJ(JOGMECの前身)が広範囲で掘削した試錐コアの炭素・酸素同位体比測定を継続して行い、鉱床ポテンシャル評価のための基礎データを取得した。また、日本企業が開発に関与し、現在日本企業が100%出資して操業しているボゴ鉱山との共同研究計画を取りまとめた。安定同位体分析により鉱床生成に関連する炭酸塩鉱物の

評価を行い、鉱石中の金の生成形態をSIMS分析する計画である。

豊羽重金属鉱床産インジウム閃亜鉛鉱の流体包有物解析結果及びX線マイクロアナライザー(EPMA)分析結果をまとめ、次の段階として硫黄同位体比を測定してインジウムを運搬した熱水中の硫黄の起源が島弧マグマである事を明らかにした。一方、豊羽鉱床-無意根山地域の熱水変質データとK-Ar年代値を基に、当地域では重金属鉱化作用を伴う熱水活動が重複して起きている事を明らかにし、国際誌に公表した。さらに、光竜金銀鉱床のK-Ar年代値から主要な鉱化期間は55万年である事を明らかにした論文が受理された。

海底資源の調査研究を行う上で不可欠な前処理のための化学実験室を設計・完成した。また、NT10-16で得られた試料の分析を行い、鉛や亜鉛など卑金属元素が濃集した粒子を発見したが、貴金属やレアメタルが濃集した粒子は見つからなかった。

大陸棚画定に係る国連審査のフォローアップのため、審査対応部会での任務を遂行した。その一環として、調査結果を論文にまとめ、Geochemistry, Geophysics, Geosystems誌に投稿した。大陸棚調査の結果を国際誌に掲載することで、調査の信頼性を示すことができる。

SIMSでメルト包有物のH₂OおよびCO₂濃度を正確に測定するには対象とするメルト包有物と同様な主成分元素組成を持つガラス試料を用いて検量線を作成する必要がある。本年度は、安山岩およびデイサイト組成のメルト包有物のH₂OおよびCO₂濃度測定を行うため、高いH₂OまたはCO₂濃度を持つ安山岩ガラス試料7個とデイサイトガラス試料3個を高圧実験により作成した。

マグマの全岩含水量は噴火や鉱床の成因を左右する。含水量数重量%以上のマグマは地殻中〜浅部では水に飽和するため、全岩含水量はガラス包有物だけでは求められない。そこでガラス包有物の含水量を、水の飽和後にもメルトから除去されにくい性質を持つカリウムの分析値と熱力学計算結果にもとづいて補正することで、全岩含水量を推定した。屈斜路火山への適用例や安達・折火山への応用例を取りまとめて論文原稿を作成した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕熱水鉱床、二次イオン質量分析装置、SIMS、炭素・酸素・硫黄同位体比、金、プラチナ、パラジウム、インジウム、大陸棚調査、メルト包有物

〔テーマ題目23〕 マグマ活動の研究(運営費交付金)

〔研究代表者〕篠原 宏志(マグマ活動研究グループ)

〔研究担当者〕篠原 宏志、高田 亮、田中 明子、
 斎藤 元治、松島 喜雄、東宮 昭彦、
 三輪 学央(常勤職員6名、他1名)

〔研究内容〕

活動的な火山において放熱量等の熱的観測や電磁氣的

観測を行い、地質構造や、他の地球科学的観測を参照しつつマグマ放熱過程のモデル化を行うことを目的に研究を進めている。摩硫黄島をモデルフィールドとした、熱学的調査、熱水系シミュレーションによるマグマ熱水系モデリングの総括を行い、国際誌にて発表した。観測された火山ガス放出量、地表面温度分布および地下水位を拘束条件としてモデリングを行った結果、火道と山腹の浸透率および脱ガスの深度を推定することが可能であることを示した。脱ガスの深度は地表下数百メートルに求まり、火山ガスやメルトインクルージョンの研究から推定される深度と矛盾しないことを明らかにした。樽前火山・北海道駒ヶ岳火山の噴出物の斑晶組織解析等を進めたほか、2011年霧島山新燃岳噴出物の緊急分析も行ない、いずれの噴火においても噴火前に高温マグマが様々なタイムスケールで複数回繰り返して注入していたことを明らかにした。

阿蘇、岩手、伊豆大島および吾妻山の噴出物についてメルト包有物の化学分析のための試料調整を実施した。霧島火山新燃岳2011年噴火噴出物の鉱物およびメルト包有物の化学分析を行い、2011年噴火マグマは1716-1717年噴火マグマと同様な化学的特徴を持つこと、噴火直前にマグマ混合が起きていることを明らかにした。

富士山で、宝永噴火以前の過去2300年間の噴火史を検討した結果、山頂からの脱ガスによる非爆発的噴火が卓越したことが明らかにした。インドネシアの東ジャワの火山岩でK-Ar年代測定を行った結果、カルデラ噴火の時期は、30万年より古いことを明らかにした。

富士山、箱根、摩硫黄島、口永良部島において連続地殻変動観測を実施した。富士山・口永良部島では電話回線などによるデータ回収を行い、準リアルタイムの連続観測を実施した。

ALOS/PALSARデータを用いて、Karymsky火山とShiveluch火山の干渉SAR解析および時系列解析を行った結果、有意な変動は生じていないことを明らかにした。

【分野名】地質

【キーワード】火山、マグマ、噴火予知

【テーマ題目24】火山噴火推移予測の高度化（運営費交付金）

【研究代表者】篠原 宏志（地質情報研究部門）

【研究担当者】篠原 宏志、松島 喜雄、川辺 禎久、石塚 治、及川 輝樹、下司 信夫、山元 孝広、伊藤 順一、高倉 伸一、西 祐司、石戸 恒雄、三輪 学央（常勤職員10名、他2名）

【研究内容】

伊豆大島火山における地殻内マグマ長距離移動の検討と側火口へのマグマ供給システムを解明する目的で、東海大学と共同で、大島南東沿岸部の精密海底地形観測を実施した。その結果、沿岸部での詳細な溶岩流及び海底

側火口の分布が明らかになるとともに、正断層系に伴う可能性のあるリニアメント（崖）を発見した。また陸上部の側火口及び山頂火口の火山噴出物の化学分析及び14C年代測定を実施した。その結果、伊豆大島の側火口噴出物が過去4000年間、非常に系統的な化学組成変化をしていることが明らかになった。この事実は、陸上部から海底部に伸びる火山列が、それぞれ異なる時期の長距離マグマ移動により形成された可能性を強く示唆する。

伊豆大島をテストフィールドとして、地球物理学的観測から地下構造、地下水系の把握し、噴火に伴うマグマ上昇、脱ガスとそれによる熱水系変動についてモデリングを行うことを目的に、地下の熱水流動を反映する観測量である自然電位（SP）に着目した研究を進めている。三原山火口原に設置した自然電位の地表測線での連続観測を引き続き実施した。また坑井（GSJ-OSM-1）を利用した鉛直分布の連続観測を行い、これらのデータを取りまとめ連続記録が降雨にともない季節変動していることを示した。

三宅島火山において、昨年に引き続き、2500年前のカルデラ形成噴火以降の噴出物の分布調査及び年代測定を行ない、三宅島火山の噴火推移予測に資するデータの蓄積に務めた。その結果、9世紀の噴火と考えられてきた風早テフラの噴火がそれより古いこと、また最近の三宅島の割れ目噴火の中では最大規模の噴火であること、マグマ水蒸気噴火の発生は海岸部のみならず山頂付近でも起こりうることを明らかにした。さらに、マグマ水蒸気爆発を予想するためには山体浅部の地下水の帯水構造を明らかにする必要があることを示した。また、2500年前のカルデラ形成末期にマグマ水蒸気爆発が海岸部で起きたとされていたが、それはカルデラ形成期の噴火ではないことを明らかにした。

三宅島火山で2000年噴火以降の火山ガス放出ステージに発生している小噴火の噴出物の構成物の解析を行い、噴出物中に含まれるマグマ物質の同定とその岩石学的検討を行った。その結果、これらのマグマ物質の岩石学的特徴は、2000年に噴出した玄武岩マグマとほぼ同じであることが明らかになった。この結果は、2000年噴火以降、上昇して火道を充てんしている玄武岩マグマが継続的な火山ガス放出を駆動していることを支持する。これらの玄武岩マグマはごく浅部の低圧条件下で脱ガスしたと考えられ、三宅島における開放火道内の対流脱ガスモデルを支持する結果が得られた。

最近活発に噴火を繰り返している桜島火山において、1回ごとの噴火の規模を見積もるための観測を行なった。この観測の目的は、テフラの体積算出方法の高度化を行なう際の問題点の抽出ということも含まれる。観測の結果、近年の桜島の一回の噴火による噴出量は、桁で数～十万吨程度であることがわかった。ただし、観測された個々の値は火口近傍付近の調査が困難なため誤差が大

きいと推測される。そのため、いかに火口近傍付近の調査を行うかが今後の課題である。

桜島昭和火口から噴出される火山灰粒子の構成物の解析から、火道浅部における噴火駆動過程の解明を試みた。個々の爆発噴火に対応した高い時間分解能での火山灰の採取を行い、噴火の初期と後期の噴出物の構成比の違いや、連続する数日間での噴出物の構成粒子比の時間変化を抽出することに成功した。噴火の初期の爆発的な活動で放出された火山灰粒子は、それに引き続く連続的な噴煙放出によって放出された火山灰に比べて、全体に結晶化が進み発泡度が低い粒子が卓越し、噴火の後期にはより結晶度が低いガラス質の粒子が増加する。この観察結果から、噴火初期の爆発的な活動によって、マグマ柱頂部の結晶化の進んだ部分が選択的に破壊され、後続する活動によってより深い部分の結晶化が進んでいない部分からマグマが噴出するというモデルが得られた。また、構成粒子比は数日以上での時間スケールでも活動パターンの変動を反映して変動することが明らかになった。

気象庁による平成21年度のボアホール型火山観測施設の整備に伴い採取された全国47地点のコア試料を産総研で受け入れ、火山噴火予知連絡会コア解析グループのもと当所コア作業スペースで記載を実施した。各コアの記載結果については気象庁から平成22年度末に報告書が出版された。

【分野名】地質

【キーワード】火山、マグマ、噴火予知

【テーマ題目25】長期変動の研究（運営費交付金）

【研究代表者】伊藤 順一（長期変動研究グループ）

【研究担当者】伊藤 順一、宮城 磯治、大坪 誠、西来 邦章、藤内 智士、松浦 旅人、山口 直文（常勤職員3名、他4名）

【研究内容】

中部日本の長期的かつ広域的な火山活動および地質構造発達史を解明するために、八ヶ岳周辺で地質調査を行い、岩脈群の貫入方向に基づく応力解析を実施するとともに、K-Ar年代測定を行った。浅海の河口堆積物を模した水槽実験を行い、堆積物粒子の配列方向解析からその堆積プロセスの解明を行った。気象庁ボーリングコア試料を用い、北東北地域の活火山（岩木山、岩手山、秋田焼山、秋田駒ヶ岳）の火山体層序の検討を行い、報告書を作成した。噴火活動が継続している桜島ならびに2011年2月より爆発的な噴火活動を開始した霧島火山の活動推移を把握するために、気象庁から提供された火山灰試料に対して構成物分析を行った。

【分野名】地質

【キーワード】長期変動、噴火推移解析、長期的火山活動史解析、地殻応力場解析手法、堆積構造解析

【テーマ題目26】長期的地質及び地殻変動の研究：深部地質環境研究コア（運営費交付金）

【研究代表者】伊藤 順一（地質情報研究部門）

【研究担当者】伊藤 順一、宮城 磯治、大坪 誠、松浦 旅人、西来 邦章、藤内 智士、山口 直文、Nguen Hoang、渡辺 史郎、牧野 雅彦、住田 達哉、松本 哲一、風早 康平、高橋 正明、高橋 浩、森川 徳敏、安原 正也、大和田 道子、稲村 明彦、大場 武、半田 宙子、仲間 純子、宮下 由香里、小林 健太、高橋 美紀、間中 光雄、高橋 学、竹田 幹郎（常勤職員16名、他12名）

【研究内容】

地殻変動解析手法の高精度化のため、北東北太平洋沿岸をテストフィールドとして海岸段丘構成層に対する堆積相解析を行った。また、旧海食台の空間的高度分布を明らかにするための手法として、群列ボーリングと地中レーダー探査手法の検討を行った。地形変形が明確でない断層の認定および活動性評価手法の開発の為に、岩国断層系を対象としたトレンチ掘削による古地震調査および精密重力探査手法の検討を行った。日本列島における長期的火山活動予測手法の検討においては、日本列島の第四紀火山分布の実態把握のために、山陰地域を対象に既存文献では噴火年代が未確定な火山岩に対する地表調査および年代測定用試料の採取を行った。巨大カルデラ噴火予測手法の研究においては、巨大カルデラ噴火発生に至る長期的な火山活動様式の変遷を明らかにするために、北海道中部～東部地域において新第三紀から第四紀に噴出した火山噴出物の地表調査および化学組成分析用試料の採取を行った。また、島弧スケールでの火山噴火ポテンシャル評価手法の検討として、東北日本におけるマグマ含水量の広域的分布を明らかにするために、北東北地域を対象として含水鉱物を含む放出物の試料採取を実施した。このほか、巨大カルデラ火山周辺の地下水系の解明のため、北海道東部地域の河川・湧水・温泉水調査及び水試料採取を実施し、化学・同位体分析を行うとともに、地下水性状の空間分布を検討した。また、日本列島における深層地下水の性状（温度や水質）分布を明らかにするために、山陰、中部および東北地域において、河川・湧水・温泉水調査及び水試料採取を実施し、化学・同位体分析を行った。

【分野名】地質

【キーワード】長期変動、火山活動、隆起・侵食活動、地下水変動

【テーマ題目27】深部流体の研究（運営費交付金）

【研究代表者】風早 康平（深部流体研究グループ）

【研究担当者】風早 康平、安原 正也、高橋 正明、

塚本 斉、佐藤 努、森川 徳敏、
高橋 浩、大和田 道子
(常勤職員7名、他1名)

【研究内容】

浅間火山における SO₂放出量観測値と山体直下で発生した地震の回数について検討を行った。その結果、地震が増加すると SO₂放出量が増加することが示された。ガスを含んだマグマの上昇に関連していることが原因と考えられる。また、深部から上昇する熱水の痕跡調査を三重県および兵庫県において行った。いずれも、湧出箇所は、赤茶色の水酸化鉄の沈殿がみられ、CO₂の泡を含む。三重県は中央構造線に関連し、兵庫県は有馬-高槻構造線に関連していると考えられる。詳細な分析の結果、天水による希釈を多く受けており、水の同位体組成からは深部流体の混入の有無について判別できないが、Li/Cl比などは高い値を保つことが示されており、この比が深部流体混入の指標として有効である。

【分野名】 地質

【キーワード】 ヘリウム、年代測定、海水、地下水

**【テーマ題目28】 深層地下水の研究：深部地質環境研究
コア（運営費交付金）**

【研究代表者】 風早 康平（深部流体研究グループ）
【研究担当者】 風早 康平、安原 正也、高橋 正明、
塚本 斉、佐藤 努、森川 徳敏、
高橋 浩、大和田 道子、芝原 暁彦、
尾山 洋一、稲村 明彦、戸崎 裕貴
(常勤職員7名、他5名)

【研究内容】

瀬戸内海地方の沿岸部とその周辺域における地下水、温泉水の滞留時間と起源の解明を目的として、当該地域で採取した水試料について各種水質および同位体比の測定を行った。他の分析結果と合わせて解析した結果、瀬戸内海周辺には、超長期にわたる海面変化に伴い侵入した海水と非常に古い天水起源の淡水の混合により形成された深層地下水が広域に存在していることがわかった。今後詳細なヘリウムによる地下水年代測定を実施する必要がある。また、東北地方北部における堆積岩地域においても、海水起源の地下水についてヘリウム年代の検討を行った。

【分野名】 地質

【キーワード】 深層地下水、起源、深部流体、化学・同位体組成

**【テーマ題目29】 アジアの海岸沿岸域における基礎地質
情報と環境保全に関する研究（運営費交
付金）**

【研究代表者】 齋藤 文紀（上席研究員）
【研究担当者】 齋藤 文紀、西村 清和、田林 雄、
齋藤 弘美（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

東南アジアから東アジア沿岸域の保全と防災に資するため、これらの地域を対象に、CCOP-DelSEA プロジェクト「東南アジアと東アジアのデルタにおける統合的地質アセスメント研究」を推進するとともに、関係国と連携して国際共同研究を遂行し、海岸沿岸域における基礎地質情報の収集と解析を行った。CCOP-DelSEA プロジェクトの会合は、沿岸侵食に焦点をあてて、平成22年11月24-29日にベトナムのハイフォンにおいて、ベトナム科学技術院海洋環境資源研究所をホストに、JSPSのアジア・アフリカ学術基盤形成事業の会合と共同で開催した。12ヶ国から約50名が参加した。中国地質調査局青島海洋研究所との共同研究では、黄海と長江沖から採取したボーリングコアや音波探査記録の解析を共同で行い、長江デルタの形成に黄河の堆積物が大きく寄与していることが初めて明らかになり、国際学術誌に発表した。また黄海西部の最終氷期における詳細な河川系と最終氷期以降の層序を国際学術誌から発表した。ベトナム科学技術院とは、メコンデルタにおける最終氷期の谷地形と完新世初期における海水準上昇の環境変化をボーリングコアの解析により明らかにし、国際学術誌から報告した。また日本においては関東平野西部において、環境物質がどのように山麓斜面やダム湖底や湖沼底に大気等を通じて埋積していくのかに関して解析を行った。

【分野名】 地質

【キーワード】 アジア、デルタ、沿岸、平野、地球環境

**【テーマ題目30】 沿岸生物と物理環境のモニタリングと
数値モデルの構築（運営費交付金）**

【研究代表者】 谷本 照己（沿岸海洋研究グループ）
【研究担当者】 谷本 照己、橋本 英資、山崎 宗広、
高橋 暁（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

新たな藻場モニタリング法として、超音波の一次と二次反射強度の相関的な関係を利用した簡易型の藻場計測システムを確立し、現場海域における藻場分布を明らかにするとともに、安芸灘北部海域における現地アマモ分布データと ASTER による衛星情報を取得し、衛星画像から現地アマモ分布を解析する新たなモニタリング法の検討を開始した。また、海洋浮遊物の挙動と関連する海水流動について、広島湾における鉛直循環流の発生を数値モデルにより解析し、流動の再現性の向上を図った。備 瀬戸海域を対象とした栄養塩の動態解析結果と現地観測データを検証した結果、赤潮発生には栄養塩濃度に加えて潮流の強さ、ノリ養殖被害発生には栄養塩フラックスの大きさに加え養殖密度がそれぞれ重要な要因であるという新たな知見を得た。

瀬戸内海大型水理模型の代わりとなる瀬戸内海全域を対象とした瀬戸内海数値シミュレータについて、密度流・吹送流を再現可能とするため、河川からの淡水流入

や風・日射等の気象条件が考慮できるモデルへと改良した。改良モデルについて、流動の再現性不良の原因と考えられる瀬戸部のモデル地形を見直し、流況の再現性の向上を図った。また、瀬戸内海沿岸域における潮汐と広島湾での水質データをインターネットにより継続して公開した。

【分野名】地質

【キーワード】藻場分布、超音波、衛星情報、物理環境、栄養塩、ノリ養殖被害、瀬戸内海数値モデル

【テーマ題目31】流況制御と鉄鋼スラグを利用した沿岸環境保全と再生に関する研究（運営費交付金）

【研究代表者】谷本 照己（沿岸海洋研究グループ）

【研究担当者】谷本 照己、橋本 英資、山崎 宗広、高橋 暁（常勤職員4名）

【研究内容】

海砂に替わる人工アマモ場基盤材として鉄鋼スラグの適応性を調べるため、鉄分を多く含む製鋼スラグ（脱炭スラグと脱リンスラグ）と土の各種混合比から成る土壌基盤におけるアマモ育成水槽実験を継続して行った。その結果、pHが上昇しやすい脱炭スラグ混合基盤では脱リンスラグ混合基盤よりアマモの生育が悪く、土に対するスラグ混合比が10%以下の土壌基盤において対照区と比較してアマモの生育が良好であることを明らかにした。また、三津口湾における製鋼スラグを用いた人工アマモ場におけるアマモ生育のモニタリングを継続して行い、造成実験2年後におけるアマモ生育を確認した。三津口湾藻場において人手により適度にアマモを刈り取るにより生物生産を高める里海実証実験を行い、周辺藻場内と比較してアマモを刈り取った試験区において生物生息数が多いことを明らかにした。

流況制御技術について、停滞性の強い北泊地港湾内の流況を改善するために、流れを制御する構造物の設置効果を水理実験により検討し、構造物の規模に対する流況変化や海水交換量を明らかにした。また、瀬戸内海大型水理模型実験で得られた潮流データを基に瀬戸内海全域の潮流分布図と流跡図を作成し、インターネットによる情報公開を行った。

【分野名】地質

【キーワード】製鋼スラグ、アマモ場造成、生物生産、里海、停滞水域、流況制御技術

【テーマ題目32】沿岸・外洋域の環境変遷及び物質循環に関する研究（運営費交付金）

【研究代表者】鈴木 淳（物質循環研究グループ）

【研究担当者】鈴木 淳、丸茂 克美、長尾 正之、田村 亨、石村 豊穂（常勤職員4名、他8名）

【研究内容】

海洋酸性化現象がサンゴ礁生物に与える影響について、造礁サンゴ類の石灰化に対する影響を実験的に検討し、骨格組成への影響について評価を実施した。琉球列島南部およびフィリピン諸島のサンゴ試料を対象に、鮮新世、完新世、さらに近過去に掛けての気候変遷の復元解析を実施した。また、酸素炭素安定同位体分析手法の高度化と標準化の検討を進めた。

沿岸侵食の統合的な評価手法の確立と、海岸線の変遷史解明から環境評価を行うための現地調査を、アジア各地のデルタ域で実施した。

内水域における温暖化影響評価の一環として、代表的貯水池に認められる水温上昇傾向について、水温が気象要因のみで予測可能かを検討した。成層安定性の長期計測方法に関する実証研究を、モデル水域で開始すると共に、植物プランクトン量の変化に着目した解析を継続した。

霧島・桜島火山の活動に起因するマグマ起源の重金属の放出現象が鹿児島湾の底質に与える影響を調べるため、調査航海で得られた底質の重金属元素類の化学分析を行った。

【分野名】地質

【キーワード】有害重金属、土壌、沿岸、地球温暖化、炭素循環、気候変動、古海洋学、サンゴ礁

【テーマ題目33】地球化学図（運営費交付金）

【研究代表者】今井 登

【研究担当者】今井 登、岡井 貴司、御子柴 真澄、太田 充恒、久保田 蘭（常勤職員5名）

【研究内容】

都市市街地を含む関東地域におけるバックグラウンドを明らかにするために、従来の10倍の精度を持つ精密地球化学図を作成する。本年度は関東西部地域の試料採取を中心に行うとともに既存試料の分析を行った。試料は河川堆積物および土壌である。河川堆積物は乾燥したのち80メッシュ以下の成分を篩分け、土壌は広げて自然乾燥した後、粉砕し分析試料とした。分析はICP発光分析法で主成分元素の分析を、微量成分元素はICP質量分析法で行った。試料の分解は硝酸、過塩素酸、フッ化水素酸で行った。また、1Nおよび0.1N塩酸浸出法による可溶性元素の抽出法を用いて分析した。分析で得られた元素濃度を元に地理情報システムを用いて地球化学図を作成した。地球化学図は53元素について作成することができ、図面操作は地球化学図の作成、解析は距離計測、断面図作成等を行うことができる。この他に3次元のメッシュマップ、メッシュ補間マップ、コンターマップを作成することができる。

これまでに収集・採取した試料数は関東地方から約

1100個である。作成したカドミウムの土壌地球化学図において、東京及び神奈川県の人人口密集地域と鉱床が存在する日立周辺で濃度が高くなっている。この点については河川堆積物の地球化学図でも同様の地域で濃度が高く、高濃度域は良く対応していることが分かった。この他に河川堆積物の地球化学図では茨城県北部の高取鉱山周辺で濃度が高いが、この影響は土壌地球化学図では認められず一致していない。しかしながら全体としては両者とも人口密集地域および鉱床地域でカドミウムの濃度が高く、よく一致していることが分かった。

また、東京湾の海底堆積物を用いて作成した海のカドミウムの地球化学図と比較すると、東京湾は湾奥の泥質部で濃度が高く湾の出口の砂質部で濃度が低い。東京湾奥西部の京浜地区周辺でカドミウムは高濃度であり、土壌の地球化学図と海域の地球化学図は河川を通して高濃度域がつながっていることが分かった。

【分野名】地質

【キーワード】地球化学図、有害元素、バックグラウンド、環境汚染、元素分布

【テーマ題目34】地球化学標準物質 ISO にかかる経費
(運営費交付金)

【研究代表者】今井 登 (地質情報研究部門)

【研究担当者】今井 登、岡井 貴司、御子柴 真澄、
太田 充恒、久保田 蘭、寺島 滋、
中川 充 (北海道産学官連携センター)、
新井田 清信 (北海道大学)
(常勤職員6名、他2名)

【研究内容】

地質情報研究部門は岩石標準試料の国内唯一の発行機関として、1964年以来40年近くにわたって地質関連試料の標準試料を作製し、世界中で分析精度を高める標準として活用されている。また、最近の国際化の動きの中で、標準物質は国際標準 ISO ガイドに対応することが必要とされ、当部門発行の岩石標準試料についても NITE 認定センターより ISO 対応標準物質として認定を取得した。

本年度は、要望の高かった超苦鉄質岩について、既存のかんらん岩標準試料 JP-1と組成の異なる、新たなかんらん岩標準試料 JP-2を作製した。試料は、JP-1と同じ北海道幌満かんらん岩体から、Al、Ca に富み、Mg に乏しい斜長石レルズライトを採取して調製し、主・微量成分について精密分析を行い、初期分析値を報告した。かんらん岩試料は、難溶解性のクロマイト FeCr_2O_4 を含むため、通常酸分解に加えアルカリ融解による分析も行い比較検討を行った結果、Al、Ti、Cr については、酸分解のみでは不十分でアルカリ融解が必須であり、Fe、Mg については、クロマイトの未分解による影響は少なく酸分解のみで正確な値が得られることを確認した。また、各種文書やデータ類の管理においては、標準試料

の ISO 認定の維持に必要なマニュアル・記録類の維持・管理を行うとともに、過去の分析データの再点検や文書の改善を行い、品質管理を一層向上させ、標準試料の各種情報をデータベースとしてインターネット上で公開した。

【分野名】地質

【キーワード】国際標準、標準試料、地球化学、岩石、土壌、化学組成

【テーマ題目35】地球化学図データベース (運営費交付金)

【研究代表者】今井 登

【研究担当者】今井 登、岡井 貴司、御子柴 真澄、
太田 充恒、久保田 蘭
(常勤職員5名)

【研究内容】

近年問題となっている土壌汚染などの環境問題に対応するため、日本全国のヒ素、水銀、カドミウムなどの有害元素をはじめとする53元素の濃度分布の全データをデータベース化し、インターネットを通して活用できるようにするとともに、日本における地球化学基盤情報を提供する。

本年度は全国の海域と陸域の地球化学図のデータの表示システムの改良を中心に行った。すなわち、これまでは53元素の海陸一体の拡大縮小システムによる表示のみであったが、陸域のみの地球化学図の ZOOMA による拡大縮小システムを作成し、陸域データのみを切り出して拡大縮小するシステムを作成した。

さらに、海陸一体の拡大縮小システムにおいて、海陸の境界が判別しにくかった部分について、新たに境界を加えて拡大縮小するシステムを作成し、海陸境界が識別しやすいように改良した。

この他、全国の海域の約5,000点に及ぶ試料採取点の詳細情報(試料採取時の状況と写真、試料の写真等)データベースに、海底堆積物試料の写真などいくつかの情報を追加し、それらの情報がクリックマップから表示・検索ができるシステムを構築した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】地球化学図、データベース、有害元素、バックグラウンド、環境汚染、元素分布

【テーマ題目36】GEO Grid を用いたボーリングデータの利活用を目的とした WEB-GIS サーバの構築に関する研究 (運営費交付金)

【研究代表者】木村 克己

【研究担当者】木村 克己、根本 達也、松岡 昌志、
児玉 信介(常勤職員4名)

【研究内容】

ボーリングデータの利活用の方策として、複数の機関に分散して存在するボーリングデータを GEO Grid の

VOMS (virtual organization membership service) を用いて、安全に共有・利用できるボーリングデータ共有システムの詳細設計を行った。本システムは、ボーリングデータ利用 WEB サーバー、データサーバー、VOMS サーバーから構成される。WMS, WFS の配信機能を有する。ボーリングデータ共有のためのウェブサイト GEO Grid 上に開設し、かつ、科学技術振興調整費「統合化地下構造データベースの構築」で開発された地下構造データベース管理サーバーおよびポータルサイトとの連携機能を持つ。

本システムの開発は、上述の「統合化地下構造データベースの構築」において開発されている地下構造データベース管理サーバーのソースコードおよびパッケージソフトウェアをもとに、VOMS との接続および他の地下構造データベース管理サーバーとの連携の機能を追加したものである。

【分野名】地質・情報通信

【キーワード】GEO Grid、ネット、WEB、ボーリングデータ、XML、VOMS、サーバー

【テーマ題目37】沿岸海域の海洋地質の研究（運営費交付金：政策予算－沿岸域調査）

【研究代表者】池原 研

【研究担当者】池原 研、片山 肇、荒井 晃作、井上 卓彦、天野 敦子、佐藤 智之、岡村 行信、村上 文敏、西田 尚央、松本 弾、宇佐見 和子、多恵 朝子（常勤職員7名、他5名）

【研究内容】

地質情報に乏しい沿岸域の地質情報の整備と沿岸域のよりよい調査手法の確立が本調査研究の目的である。本年度は、昨年度新潟沖の調査結果を DVD 出版するとともに、福岡沖海域において、反射法音波探査と海底堆積物の採取を行った。反射法音波探査では、850km のブーマーによるショートマルチチャンネル音波探査と、80km のウォーターガンによるロングマルチチャンネル音波探査を行った。その結果、層序と地質構造分布の解析を実施するためのデータを取得した。海底堆積物採取はバイプロコアラを用いて11地点で行い、海水準変動に対応した岩相変化とその変化年代に関する資料を得た。沿岸域調査で今後取得される及びこれまでに産総研で取得してきた反射法音波探査記録のためのデータベースは、これまでに主要4島周辺海域のデータベースが構築でき、ここに2010年度取得の福岡沿岸のデータを統合することで、沿岸、沖合とのシームレスな反射地下断面の表示、解釈が容易となった。

【分野名】地質

【キーワード】沿岸域、活断層、音波探査、堆積作用、バイプロコアラリング、福岡沖、新潟沖

【テーマ題目38】関東平野地下地質調査手法開発（運営費交付金：政策予算－沿岸域調査）

【研究代表者】水野 清秀（平野地質研究グループ）

【研究内容】

関東平野沿岸域・大都市圏の安全と環境保全に資する地質学的総合研究の実施を目標に、関東平野の浅層地盤（地下100m 以浅）と中深層地盤（1,000m 程度まで）について、総合的な調査研究を実施し、地下調査研究手法の研究開発をそれぞれ進める。

【分野名】地質

【キーワード】首都圏、関東平野、地下地質、地質構造、ボーリングデータベース、反射法探査、ボーリング調査、重力探査、層序、地盤、三次元モデル、地震動、地下水

【テーマ題目38-1】関東平野地下地質調査手法開発：浅層地盤の地下地質・構造に関する研究（運営費交付金）

【研究代表者】木村 克己（地質情報研究部門）

【研究担当者】木村 克己、小松原 純子、竹村 貴人（日本大学）、石原 与四郎（福岡大学）、関口 春子（京都大学防災研究所）、小田 匡寛、川本 健、濱本 昌一郎、赤間 友哉、田井 秀（埼玉大学）、吉田 邦一（地域地盤環境研究所）（常勤職員2名、他9名）

【研究内容】

下記の4つのサブテーマに分けて研究を実施した。

- 1) 沖積層の層序・堆積モデルに関する研究
荒川低地の標準層序確立のため、2010年11月に川越市下老の川越運動公園内で深度40m のオールコアボーリングを行った。採取したコアについて堆積相の記載、含水率測定、粒度分布測定、放射性炭素年代、元素分析（窒素、炭素、硫黄）を行った。その結果この地点の沖積層は地表から深度38.8m に基底があり、深度14-18m に干潟堆積物が見られ、その上下は河川および後背湿地の堆積物であることがわかった。海成層の年代は約8000年前である。
人工的な影響を被っていない沖積層の堆積環境と工学的特性との関係を検討するために、東京低地の臨海部の埋め立て地南端にて、沖積層の基底礫層まで到達する80m 長のオールコアのボーリング調査を実施し、コア試料の堆積相と基本的な土質特性の予察的検討を行った。
- 2) 3次元地質モデルの開発・応用に関する研究
既存ボーリング資料として川越地盤図のデータを収集し電子化した。既存データにもとづく3次元地質モデルについてパラメータ等を検討した。
ボーリングデータを利用した三次元グリッドモデルの構築手法について、沖積層基底面を境界面として、

沖積層とその基盤層とにボーリングデータを分離して計算処理するとともに、各グリッドの最頻値の土質にあたるボーリングデータの N 値だけを計算対象とするという改訂を行った。

3) 沖積層の地盤工学特性に関する研究

沖積層の形成過程や堆積環境が土質特性へ与える影響を明らかにすることを目的とした実験を行った。その結果、堆積環境が海成である試料ほど、液性指数が高く軟弱な粘性土であり、その形成過程は北欧で見られるようなクイッククレイとは異なるものである可能性が示された。粘性土におけるせん断剛性と減衰定数のせん断ひずみ依存性をはじめとする動的特性は、堆積環境と過圧密比の2つに依存している可能性を示唆する結果が得られた。

4) 地震動の応答特性評価に関する研究

東京低地北部から中川低地南部地域にかけての3次元沖積層物性値構造モデルの改良のため、PS 検層などの物性値探査が行われたボーリングデータを用いて、当該地域に適した N 値-S 波速度関係式を検討した。昨年度の検討で適用性が良かった太田・後藤 (1978) の XV 式が、今回用いたデータにも大局的には良く適合することが判明した。

中川低地帯とそれに続く荒川低地帯、東京低地帯、利根川中流域低地帯とその周囲における2011年3月11日東日本大地震の地震動を比較したところ、顕著な差が見られなかった。中川低地南部の観測記録を比較したところ、低地内外で地震動の周波数分布に違いがみられ、低地内では1秒付近の周期が低地外より増幅していることがわかった。

【分野名】地質

【キーワード】関東平野、荒川低地、中川低地、地下地質、沖積層、堆積モデル、三次元モデル、グリッドモデル、クイッククレイ、動的特性、S 波速度、東日本大地震、地震動

【テーマ題目38-2】関東平野地下地質調査手法開発：中深層地盤の地下地質・構造に関する研究 (運営費交付金)

【研究代表者】水野 清秀 (平野地質研究グループ)

【研究担当者】水野 清秀、納谷 友規、山口 和雄、伊藤 駿、駒澤 正夫、安原 正也、稲村 昭彦、森川 徳敏、高橋 浩、宮越 昭暢、塚本 斉、戸崎 裕貴、牧野 雅彦、八戸 昭一 (埼玉県環境科学国際センター)、須貝 俊彦 (東京大学)、林 武司・網田 和宏 (秋田大学)、鈴木 秀和・宮下 雄次 (神奈川県温泉地学研究所)、崎 志穂・鈴木 裕一 (立正大学)、

Stephen B. Gingerich (アメリカ地質調査所) (常勤職員11名、他11名)

【研究内容】

下記の4つのサブテーマに分けて、研究を実施した。

1) ボーリングコア解析と地下地質層序・構造に関する研究

関東平野中央部の深度300~600m 級のボーリングコアの対比を行い、地下地質構造モデルを作成することが目的である。平成22年度は、コアに挟まるガラス質火山灰層と、鮮新・更新統の模式地のひとつである房総半島の上総層群・下総層群、さらに西部の青梅~加治丘陵に分布する飯能層・仏子層中のガラス質火山灰層について、火山ガラスの屈折率・化学組成などのリストを作成した。その上で、記載岩石学的特徴などにに基づき、陸上とボーリングコア間の火山灰層の対比を行い、10枚程度の火山灰層が対比された。その結果、行田・春日部コアの最下部に不整合が存在する可能性が指摘された。また、ボーリングコアの珪藻分析に基づき、海成層層準の識別を行った。その結果、上総層群の層準では、海成層は地域によってその数や層準が大きく異なることが分かった。また海生珪藻化石 *Lancineis rectilatus* の産出から、地層の堆積年代を限定できることが示された。

2) 反射法探査による地下地質構造に関する研究

埼玉県川島町において、川島地盤沈下観測井近傍を通る、長さ7.6km の南北方向の測線 (川島測線) を設定し、反射法地震探査を実施した。この目的は、既存の反射測線と異なる南北方向での地質構造を把握すること、北東-南西方向の川越測線の反射断面との対比、及び川島観測井 (川島コア) の各地層と反射面とを対比することである。川島測線の反射断面では、南方に緩く傾斜する複数の反射面が捉えられ、測線北端部では往復走時1.5秒付近に先新第三系基盤上面と考えられる反射面も捉えられた。2測線の交差箇所での反射面の対応は良好である。

3) 重力探査による中深層地下地質構造に関する研究

川島町反射法地震探査測線の約7.5km 区間をほぼ200m 間隔で測点をとって重力測定を実施した。重力異常のパターンは、東松山高重力異常域に対応する高密度岩体が急激に深度を増すが、南に向かって徐々に勾配が小さくなって、入間川河川敷周辺ではほぼ水平になることを示している。さらに、深谷断層周辺で補足調査を行い、深度数 km の盆状構造による低重力異常と深谷断層周辺の階段状の断層構造が鮮明になった。

4) 広域地下水流動系に及ぼす地質構造の影響評価に関する研究

関東平野の地下水システムの解明研究を、利根川下流部 (茨城県南部・千葉県北部) において実施した。その結果、同地域には(1)利根川低地の沖積層中 (厚さ40m 程度) に賦存するきわめて高い Cl 濃度を有す

る地下水、(2)利根川低地下位の下総層群中（深さ100～150m程度）の高Cl濃度地下水、(3)利根川周辺の洪積台地部の低Cl濃度地下水（深度100～250m）、という明瞭に水質の異なる3種類の地下水体の存在が認められた。マルチアイソトープ手法に基づく検討により、(1)の地下水については、その水は現在と気候が似通った過去数千年以内の温暖期の降水に、またClは縄文海進あるいはそれ以降の比較的新しい海水に起源があるらしいことが示唆された。一方、(2)の地下水の場合、その水は最終氷期極相前後にもたらされた現在よりかなり低温期の降水に、Clは下末吉海進時の古い海水に起源があるものと推定された。これらの新たに得られた知見に基づき、過去10万年間にわたる利根川下流部の地下水システムの形成と変遷について定性モデルを構築した。

【分野名】地質

【キーワード】関東平野、地下地質、更新統、下総層群、上総層群、深谷断層、荒川断層、ボーリングコア、反射法探査、重力探査、東松山高重力異常域、地下水システム、塩化物イオン、マルチアイソトープ手法

【テーマ題目39】沿岸域の地質・活断層調査－陸域の質調査（運営費交付金：政策予算－沿岸域調査）

【研究代表者】水野 清秀（平野地質研究グループ）

【研究担当者】水野 清秀、宮地 良典、小松原 琢、田邊 晋、小松原 純子、中村 洋介、石原 与四郎、中西 利典（常勤職員5名、他3名）

【研究内容】

陸域と沿岸海域とをつないだシームレス地質図を作成し、活断層や地下地質を含めた統合化された地質情報を提供することを目的として、本研究では陸域の地質調査を行う。平成22年度は、福岡県日本海沿岸域における活断層調査並びにボーリング調査、新潟平野西縁部におけるボーリング補備調査及び北海道勇払平野におけるボーリング調査を実施した。

福岡沿岸域では、空中写真判読と地表調査により、活断層の可能性のある地形や断層露頭の確認作業を行った。宗像市では既存の地質境界断層に沿って、段丘礫層を変位させる活断層露頭が発見された。また、ボーリング調査は遠賀川下流低地と福岡市西部の室見川下流沿岸域で行われ、最終間氷期以降の地層や阿蘇4テフラが確認されたが、両地域が沈降域である積極的な証拠は得られなかった。

新潟（越後）平野西縁部では、沖積層の断層による変形構造を明らかにするために、補備のボーリング調査を実施した。この結果を取り入れて沖積層のコンターマップ等として平野の地下構造を広域的に表現した。

北海道勇払平野の地下構造を明らかにするため、既存文献に基づいて地下地質情報を整理した。その結果、地下の更新統層序を再検討する必要があると判断され、海岸付近の地下構造調査で最も西側に位置する伏在背斜において、平均変位速度やほかの構造の変位速度との比較を行うための深度80mのボーリング調査を実施した。

【分野名】地質

【キーワード】沿岸域、ボーリング調査、活断層、シームレス地質情報、福岡沿岸域、新潟平野、勇払平野

【テーマ題目40】陸海接合の物理探査（重力調査）の研究（運営費交付金：政策予算－沿岸域調査）

【研究代表者】大熊 茂雄（地球物理研究グループ）

【研究担当者】大熊 茂雄、駒澤 正夫（常勤職員8名、他2名）

【研究内容】

福岡県沖で浅部地下構造を広域的に把握を目的として海底重力調査を行った。測定点は沖合10km、海岸線に沿って90kmについてほぼ2.5km間隔に配置され、総測点数は100点となった。福岡市内をとおる警固断層は陸側では海岸線に直交するような急勾配構造を示しているが、海岸線で途切れて博多湾では海岸線に平行なコンターパターンを示すことが明らかになった。糸島半島北方20kmの沖合の2005年福岡県西方沖地震の震源域は、陸側につながる高重力ブロックの西縁にあることも判った。

【分野名】地質

【キーワード】重力調査、海底重力、海底重力計、重力図、重力基盤

【テーマ題目41】陸海接合の物理探査（反射法）の研究（運営費交付金：政策予算－沿岸域調査）

【研究担当者】山口 和雄、加野 直巳、楮原 京子、牧野 雅彦、住田 達哉、伊藤、内田 利弘、横田 俊之、横倉 隆伸、岡田 真介（常勤職員8名、他2名）

【研究内容】

福岡市西部沿岸陸域の生の松原でのボーリング調査位置に合わせて、深度20m程度以浅を対象としてS波反射法と表面波探査による地下構造調査を実施した。S波反射法の断面で3つの連続のよい反射面が捉えられ、このうち2つは測線端のボーリング層序と対比される。北海道勇払地域の沿岸陸域において石狩低地東縁断層帯を対象として、長さ19kmと9kmの2測線で反射法地震探査と重力探査を実施した。反射断面では断層や向斜など特徴的な構造が捉えられ、ブーゲー重力異常は東下がり、の長波長の傾向上に凸の高異常が重なる。旧石油開発

公団・石油公団（現在、石油天然ガス・金属鉱物資源機構、JOGMEC）が勇払周辺で実施した基礎物理探査データを広域的に収集・整備し、海域13測線と陸域1測線についてデータ再処理を適用した。

【分野名】地質

【キーワード】地下構造、反射法地震探査、陸海接合、沿岸域、活断層、福岡平野、生の松原、勇払地域、石狩平野東縁断層

【テーマ題目42】福岡平野および北海道石狩低地帯域の浅層地盤のボーリングデータベースの構築に関わる研究（運営費交付金）

【研究代表者】木村 克己（地質情報研究部門）

【研究担当者】木村 克己、康 義英、花島 裕樹（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

福岡平野および北海道の石狩低地帯域の浅層地盤モデル構築を目的に、同地域のボーリング柱状図資料の収集・データベース化に関わる研究を実施した。

福岡平野では、九州地盤情報システム協議会、九州地方整備局、九州地質調査業協会、石狩低地帯では、北海道立総合研究機構地質研究所、北海道開発局、寒地土木研究所の協力を得て、ボーリング柱状図資料を収集・整理し、地質地盤モデルを作成する上で有用なボーリング柱状図を抽出し、電子化した。その結果、福岡平野域では1300点、石狩低地帯域では1500点のボーリング柱状図を新規に電子化し、既存データと合わせてボーリングデータベースを整備・更新した。電子化されたボーリングデータには、調査件名・発注機関・位置・標高・掘進長などの標題情報、土質区分と記事、N値・地下水位などの地盤の属性情報が、国交省の電子納品要領で定められたボーリング交換用データ形式（xml:ver2.10）で整理されている。

【分野名】地質

【キーワード】沿岸域、ボーリング柱状図、データベース、ボーリング交換用データ、福岡平野、石狩平野、勇払平野

⑤【地質調査情報センター】 (Geoinformation Center)

所在地：つくば中央第7

人員：17名（5名）

概要：

地質調査情報センターは、産業技術総合研究所内の地質分野の研究部門・研究センター・研究コア・地質分野研究企画室・地質標本館等との密接な連携のもとに、地質・地球科学に関する信頼性の高い、公正な地質情報を国民に提供している。また、国土の利用、地震・火山噴火等の災害対策、資源の確保、環境問題な

どへの対応に効果的に使われるべき公共財として、地質情報の活用の利便性向上を図っている。

機構図（2011/3/31現在）

【地質調査情報センター】センター長 脇田 浩二

次長 渡部 芳夫

総括主幹 大竹 勝

【地質情報出版室】室長 松浦 浩久

【地質情報整備室】室長 菅原 義明

【地質・衛星情報統合室】室長 松岡 昌志

地質情報出版室（Geoinformation Publishing Office）

（つくば中央第7）

概要：

地質情報出版室は、産総研の「地質の調査」業務に基づく地質・地球科学に関する研究成果の出版及び管理、地質情報の標準化整備及び数値化、並びにこれら研究成果の普及に関する業務を行った。

研究部門・センターで作成された地質図・地球科学図の編集と出版、研究報告書の編集と出版、数値地質図やデータ集のCD-ROM出版を行った。

また、既刊出版物の管理・頒布・払い出し・オンデマンド印刷を継続して行った。地質出版物・データベースの著作物利用申請には95件対応した。

地質情報整備では地質情報に関する標準化を進めており、既刊地質図類のラスターデータ整備を実施した。

また、地質標本館及び地質分野研究企画室と協力して地質情報展等の地質関連イベントに参加し、成果普及活動を行うとともに、地質図類のより一層の利活用促進を目指し、Web等を通じて研究成果品の紹介・普及を進めた。

地質情報整備室

(Geoinformation Arrangement and Services Office)

（つくば中央第7）

概要：

地質情報整備室は、「地質の調査」に関わるメタデータの整備及び提供、地質文献資料・地質図等の収集・管理に関する業務を掌る。メタデータの整備については、地質文献データベース、地質情報総合メタデータおよび政府クリアリングハウスにおいて、それぞれの管理・運営とデータの追加更新およびシステム改修等を行った。文献資料・地質図等の収集活動については、国内外関連機関との文献交換等を通じて行った。文献収集活動等の情報の整備とデータベースによる提供を組織的に行うことにより、地質情報の活用を促進した。

地質・衛星情報統合室

(Geoscience and Satellite Data Integration Office)

(つくば中央第7)

概 要 :

地質・衛星情報統合室は、地質の調査に係る数値情報の統合及び提供に関すること、地質の調査に係るデータベースの統合及び提供に関すること、衛星情報のアーカイブと地質情報との統合に関すること、地質の情報に係る連携及び融合に関することを担当する組織として、地質調査総合センター全体における研究情報の集約・共有・発信のあり方を検討するとともに、

GEO Grid 融合課題の推進、地理空間情報にかかるデータ整理と Web GIS システムの運用を行った。

地質調査総合センターにおける活動の発信と内容の効果的管理のために、コンテンツ管理システムによる HP 構築作業を行った。そして、地質情報の数値化を推進すると共に衛星情報等の地理空間情報との統合化に向けて、GEO Grid 融合課題において OGC (Open Geospatial Consortium) 標準に基づき、地質情報の WMS 配信を実装した。また、平成18年度に開始した Web GIS を用いた統合地質図データベースの運用を継続し、掲載地質図の登録を進めた。

地質の調査

① 地球科学図

本年度の各種地質図類の編集・発行は、20万分の1地質図幅1件、5万分の1地質図幅3件、海洋地質図3件、重力図1件、空中磁気図1件、数値地質図4件である。

刊行物名	件数	発行部数	摘要
	図類・冊子		
20万分の1地質図幅	1・0	各 2,000	新潟
5万分の1地質図幅	1・3	各 1,500	野田、延岡（説明書のみ）、戸賀及び船川（説明書のみ）
海洋地質図	CD-ROM 3	各 1,000	No. 69 隠岐海峡表層堆積図 No. 70 落石岬表層堆積図 No. 71 路沖表層堆積図
重力図	1・0	1,100	S-3 甲府地域重力構造図
空中磁気図	1・0	1,000	No. 45 福井平野地域高分解能空中磁気異常図
数値地質図	CD-ROM 3	各 1,000	G20-1 20万分の1数値地質図幅集「北海道北部」第2版 G20-2 20万分の1数値地質図幅集「北海道南部」第2版 P-7 有珠火山地域地球物理総合図
	DVD-ROM 1	1,000	S-2 海陸シームレス地質情報集「新潟」

② 地球科学研究報告

本年度の研究報告書は、地質調査研究報告が第61巻7/8号～第62巻-1/2号4件、活断層・古地震研究報告1件、地質調査総合センター速報3件である。

刊行物名	件数	発行部数	摘要
地質調査研究報告	4	各 1,600	Vol. 61 No. 7/8, 9/10, 11/12, Vol. 62 No. 1/2
活断層・古地震研究報告	1	1,500	活断層・古地震研究報告 第10号（2010年）
地質調査総合センター速報	3	300	No. 51 沖縄周辺海域の海洋地質学的研究平成21年度研究概要報告書
		200	No. 52 大阪堆積盆地浅層地盤構造モデル（CD-ROM）
		300	No. 53 東・東南アジアの地質遺産
地質ニュース	12	各 3,000	No. 668～679（地質調査総合センター編集、株式会社実業公報社発行、1,180部買い上げ）

③ 刊行物販売状況

研究成果普及品のうち「地質の調査」に係るものは、地質情報等有料頒布要領（21要領第61号）により、地質調査情報センター及び地質標本館が有料頒布業務を遂行することになっている。平成2年度は、下記のように有料頒布を実施し、収入を得た。

○平成22年度 研究成果普及品頒布収入

地球科学図及び地球科学データ集

10,863,478 円

内 訳	頒布部数	頒布金額
委託販売収入（4社合計）	5,636	9,309,588
直接販売収入（地球科学図ほか）	559	1,198,155
直接販売収入（オン・デマンド）	243	355,735
合 計	6,438	10,863,478

普及出版物及び絵葉書

946,964 円

内 訳	頒布部数	頒布金額
直接販売収入（普及出版物ほか）	1,370	946,964

○平成22年度 シリーズ別 頒布部数トップ5

シリーズ名	頒布部数
5万分の1地質図幅	2,346
20万分の1地質図幅	1,357
数値地質図	976
火山地質図	442
単独（シリーズ外）	242

○平成22年度 出版物別 頒布部数トップ10

シリーズ名	出 版 物 名	頒布部数
20万分の1地質図幅	八代及び野母崎の一部	121
数値地質図	20万分の1日本シームレス地質図 DVD 版	116
単独	海と陸の地球化学図	107
20万分の1地質図幅	静岡及び御前崎	97
5万分の1地質図幅	小滝	90
20万分の1地質図幅	伊勢	84
5万分の1地質図幅	佐賀	79
数値地質図	20万分の1数値地質図幅集「関東甲信越及び伊豆小笠原諸島」	78
火山地質図	伊豆大島火山地質図	76
数値地質図	20万分の1数値地質図幅集「北陸、中部及び近畿」	76

④ 文献交換

「地質の調査」に係わる研究成果物をもとに、国内外の「地質の調査」に関する機関と文献交換を行い、地質文献資料の網羅的収集に努めている。さらに、収集資料の明確化と広範囲の利用者の利便性を考慮して、地質文献データベースを構築し、インターネットで公開を行っている。

国内外交換先

	計	JAPAN	EUROPE	ASIA	AFRICA	U.S.A.	CANADA & C. AMERICA	SOUTH AMERICA	OCEANIA
国 数	155	1	36	40	44	1	12	12	11
機関数	1,248	560	237	176	64	86	36	49	39

交換文献内訳

	計	地質調査研究報告	その他報告類	地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅)	その他図幅	CD-ROM
件 数	31	5	8	8	10	5
所外送付部数	4,339	1,151	31	1,053	1,289	815
国外送付部数	7,210	1,581	552	1,676	2,453	948

⑤ 文献情報活動

文献交換等で収集した地質文献資料の効果的・効率的な利用を目指して、地質文献データベースを構築し、Web 公開している。このデータベースは日本及び周辺地域に関する地球科学の文献データベースである GEOLIS+（日本地質文献データベース）と、所蔵する外国の地質図類の書誌データを収録する G-MAPI（世界地質図データベース）の2つから成り立っている。これらとともに同様の検索方法を採用していること、GEOLIS+は地図検索不要の利用者への対応として地図を使用しない検索システムを開発・公開していることから、利用者インターフェイスの利便性が高く、利用アクセス数は非常に多い。また今年度は統一的に検索できる統合版 GEOLIS を開発し、10月より公開した。G-MAPI は拡大・縮小機能のついたサンプル地図表示の充実に努め、利用者への情報提供サービスの質の向上に努めた。GEOLIS+の蓄積データ数は362,864件（うち位置情報データは13,468件）、Web 公開で年間434,435件のアクセス数があり、G-MAPI はデータ数27,341件（うちサンプル地図表示は2,928件）で、Web 公開での年間アクセス数は25,369件となって、統合版 GEOLIS は390,205件、Web 公開で年間での年間アクセス数は39,788件であり、3つのデータベースを合わせて年間アクセス数が499,592件となっている。

受 入

	単行本 (冊)	雑誌 (冊)	地図類 (枚)	研究資料集・ 受託研究資料	電子媒体資料 (個)
購 入	204	173	92	0	19
寄贈・交換	215	4550	1230	15	189
計	419	4723	1322	15	208

製本・修理 (冊) 1,292

地質文献データベース

	採録数	登録数	アクセス件数
GEOLIS+	19,173	362,864	434,435
G-MAPI	935	27,341	25,369
統合版 GEOLIS	20,108	390,205	39,788

閲覧・貸出など情報提供

所外閲覧者	入館者 (括弧内外国人)	閲覧件数	貸出件数	返却件数
151	5,656(84)	7,993	3,586	2,821

地質文献複写外部委託

件数(件)	通常コピー(枚)	カラーコピー(枚)	電子媒体(部)
843	21,345	529	2

⑥ メタデータ及びデータベースの整備

「地質の調査」の成果である地質図・地球科学図等の情報に関し、インターネットを通じて利活用出来るよう、メタデータ作成、数値化及びデータベース化を行っている。

メタデータ整備業務では、電子政府クリアリングハウスのノードサーバーにおいて、標準フォーマット JMP 第2版に基づくメタデータを1,590件整備し Web 公開した。また、地質情報総合メタデータシステムに、日本版1,193件・アジア版5,032件のメタデータを整備し Web 公開した。

⑦ 数値化・地理空間情報の配信

地質図類ベクトル数値化整備業務では、20万分の1地質図幅5図幅、5万分の1地質図幅14図幅及び火山地質図2件をベクトル数値化し、データの校正・編集を行った。

WMS 配信については、20万分の1地質図幅の約100図幅の実装を行い、ラスタ画像については118図幅を登録した。5万分の1地質図幅についてはラスタ画像を706図幅の登録を済ませた。その他に、第四紀火山、活断層活動セグメント図について WMS 配信を行った。統合地質図データベース (GeoMapDB) の維持管理を継続し、20万分の1地質図 (ラスタ) 7面および5万分の1地質図 (ラスタ) 9面を登録した。また、シームレス地質図の更新を行った。

平成22年度 地質図・地球科学図データベース及びメタデータ整備

1. 地質図・地球科学図データベース整備 (件数)	
5万分の1地質図幅、20万分の1地質図幅等の数値化数	21
2. メタデータ整備 (件数)	
電子政府クリアリングハウス：メタデータ登録数	1,590
地質情報総合メタデータ (日本版)：メタデータ登録数	1,193
同上 (アジア版)：メタデータ登録数	5,032

⑥【地質標本館】

(つくば中央第7)

(Geological Museum)

所在地：つくば中央第7

人 員：18名 (10名)

概 要：

地質標本館は、世界的にユニークな地球科学専門の博物館として、地質標本、地球科学全般と地球の歴史・変動のメカニズム、人間生活との関わりについて展示し、土・日・日も開館している。また、地球科学の普及、地質調査に関する広報および地質相談業務、地質試料等の整備・調製、並びにこれらに係る研究などに関する業務を行っている。

機構図 (2011/3/31現在)

[地質標本館] 館長 利光 誠一
副館長 高橋 裕平
総括主幹 古谷美智明
[企画運営グループ]
グループ長 (兼) 古谷美智明 他
[アウトリーチ推進グループ]
グループ長 (兼) 高橋 裕平
総括主幹 酒井 彰
総括主幹 下川 浩一 他
[地質試料管理調製グループ]
グループ長 角井 朝昭 他

企画運営グループ

(Museum Management Group)

(つくば中央第7)

概 要：

企画運営グループは、展示施設の維持管理、館内での特別展示や行事・外部イベント出展などの企画・調整・運営を行っている。

アウトリーチ推進グループ

(Outreach Activities Promotion Group)

(つくば中央第7)

概 要：

アウトリーチ推進グループは、ジオパーク、ジオネットワークつくば、地質情報展など、産総研地質分野を代表して、外部機関との連携をとりながらアウトリーチの推進業務を行っている。また、「地質相談所」を窓口として、所内外からのさまざまな階層の地質相談業務を行っている。

地質試料管理調製グループ

(Specimen Archive and Research Promotion Group)

概 要：

地質試料管理調製グループは2つのチームで業務を行っており、地質試料管理チームは、地質試料の整備、管理・保管、登録、利用支援、並びにこれらに関する研究を行い、地質試料調製チームは、地質試料の調製業務（薄片・研磨片など）を行っている。

平成22年度 地質標本館行事一覧

実施期間	特別展および速報	講演会	移動地質標本館	イベント	入館者・参加者
2010/4/13～ 2010/7/11	春の特別展「揺れる日本列島」				入館者 10,300人
2010/4/18		未知の巨大地震の証拠を求めて地球の果てまで			来場者 70人
2010/4/19～ 2010/5/11			経産省鉱物・化石標本展示		
2010/5/9				水晶拾いー砂の中から水晶を見つけよう！ー	参加者 235人
2010/5/15～ 2010/5/16			つくばフェスティバル2010		来場者 80,000人
2010/6/23～	ミニ展示「リチウム資源ー電子時代を支えるレアメタルー				
2010/7/21～ 2010/9/26	夏の特別展「有珠火山ーその魅力と噴火の教訓ー」				入館者 20,422人 (7/24の一般公開日を含む)
2010/7/24		火山噴火災害の現場から			来場者 87人
2010/7/24				つくばセンター一般公開	入館者 1,978人
2010/7/24				施設見学ツアー「石に光を通すー岩石薄片の世界ー」	参加者 16人
2010/7/29			関西センター（尼崎）一般公開		来場者 291人
2010/8/4				職場体験学習「博物館の仕事」（つくば市立手代木中・同吾妻中・土浦市立第二中）	参加者 9人
2010/8/19				地質標本館開館30周年記念日	来館者 435人
2010/8/20				化石クリーニング体験	参加者 15人
2010/8/21				地球何でも相談	相談数 24件
2010/8/21			東北センター一般公開		来場者 540人
2010/8/21			九州センター一般公開		来場者 936人
2010/9/17～ 2010/9/19			地質情報展2010とやま		来場者 856人
2010/10/30～ 2010/10/31			つくば科学フェスティバル2010		来場者 20,000人
2010/11/16～ 2011/1/30	秋の特別展「イーハトーブの石たちー宮沢賢治の地的世界ー」				入館者 5,660人
2010/11/27				イーハトーブ火山のパークラフトをつくろう	参加者 14人
2010/11/27				朗読会「権ノ木大学士（ならのきだいがくし）の野宿」第一夜「火山」	参加者 25人
2011/1/22				イーハトーブ火山のパークラフトをつくろう	参加者 30人
2011/1/22				朗読会「権ノ木大学士（ならのきだいがくし）の野宿」第二夜「岩石・鉱物」	参加者 38人
2011/2/5			うしくサイエンスフェスタ2011		来場者 1,300人
2011/2/6		サイエンスカフェ「レプリカで化石の研究？」			参加者 23人
2011/2/8～ 2011/3/27* (震災により3/11で終了)	特別展示「地質情報展2010とやまー海・山ありて富める大地ー」				入館者 2,681人
2011/2/8～	ミニ展示「霧島山新燃岳2011年噴火 速報」				
2011/2/19～ 2011/2/20			産総研キャラバン2011やまなし		来場者 3,033人

研 究

地質標本館 平成22年度 入館者総数 48,266人

地域別入館者数内訳

地域別入館者数内訳 (3月は11日までの人数 *12日以降震災により閉館)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
市内	1,273	669	581	2,633	4,339	535	418	576	236	351	369	472	12,452
県内	793	1,467	1,418	2,804	4,701	1,521	1,490	1,251	686	723	730	278	17,862
都内	236	383	268	612	808	201	226	509	165	167	191	47	3,813
他県	549	1,340	832	1,363	2,810	1,211	1,475	1,284	740	528	686	235	13,053
外国	172	18	38	289	77	154	172	67	26	25	17	31	1,086
計	3,023	3,877	3,137	7,701	12,735	3,622	3,781	3,687	1,853	1,794	1,993	1,063	48,266

職業別入館者数内訳 (3月は11日までの人数 *12日以降震災により閉館)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
小学	405	780	743	2,275	4,304	975	800	635	409	348	282	121	12,077
中学	336	352	93	449	639	99	209	110	133	142	25	333	2,920
高校	259	87	201	325	632	310	562	500	148	51	108	87	3,270
大学	114	257	236	144	256	263	116	228	135	56	109	28	1,942
教諭	84	127	102	213	273	124	163	171	92	87	68	36	1,540
家庭	1,064	1,376	962	2,720	4,849	1,043	944	1,243	469	611	878	189	16,348
一般	761	898	800	1,575	1,782	808	987	800	467	499	523	269	10,169
計	3,023	3,877	3,137	7,701	12,735	3,622	3,781	3,687	1,853	1,794	1,993	1,063	48,266

団体見学への館内説明対応件数 355件

団体見学への館内説明対応実績内訳

	区分	回数	講演内容
学校関係	小学校	96	地層の話
	中学校	45	地層の話
	高校	81	地域の地質・館内説明
	高等専門学校	2	地域の地質・館内説明
	大学	10	地域の地質・館内説明
視察・VIP	視察・VIP	17	地域の地質・館内説明
海外研修生	海外研修生	2	地域の地質・館内説明
その他(一般団体)	その他(一般団体)	102	地域の地質・館内説明
合計		355	

職場体験学習生・研修受入

職場体験学習生	つくば市立手代木中学校 2人	館内見学・「砂の観察」「微化石拾い」とイベント教材作成補助
	つくば市立吾妻中学校 4人	
	土浦市立第二中学校 3人	

博物館実習	千葉大学 15人	10日間 (14人)	博物館業務に係わる試・資料の収集・保管・展示等の指導
		8日間 (1人)	
	筑波大学 2人	5日間 (1人)	
		3日間 (1人)	
川村学園女子大学 4人	10日間		

⑦【深部地質環境研究コア】

(Research Core for Deep Geological Environments)

(存続期間：2007. 4. 1～)

研究コア代表：渡部 芳夫

所在地：つくば中央第7

人員：1名 (1名)

経費：467, 548千円 (15, 755千円)

概要：

研究コアとしての設立の要件は、原子力安全・保安院より、産総研が実施する放射性廃棄物地層処分に対する安全規制の技術的支援研究を、代表制を持って統括するしくみを強く要請され、政策当局、関連機関等との調整、協力において、組織的的代表制が不可欠となったことによる。

本研究コアの課題とミッションは、産総研地質分野において、放射性廃棄物地層処分事業の概要調査結果の規制庁レビュー等における、地層処分の安全基準を策定していくために必要となる調査研究を実施することであり、産総研地質分野の研究戦略（戦略課題3-(2) 高レベル放射性廃棄物の地層処分のための地質環境評価）に基づき、活断層・地震研究センター、地圏資源環境研究部門、地質情報研究部門、地質調査情報センターの研究者44名（常勤職員35名、契約研究職員9名）と事務職1名が研究コアメンバーとして実施した。

本研究コアの対外的な代表性に基づく活動は、原子力安全・保安院や原子力安全委員会等の安全規制機関への技術支援等の活動と、規制支援研究機関との協力、ならびに上記の外部要請に基づいた外部資金プロジェクトの運営・統括等からなる。

政策原課（原子力安全・保安院放射性廃棄物規制課）への協力としては、総合資源エネルギー調査会廃棄物安全小委員会の規制支援研究計画ワーキンググループに加わり、国の地層処分の規制支援研究計画の策定作業を、原子力安全基盤機構、日本原子力研究開発機構と共同で支援するとともに、廃棄物安全小委員会の委員として地層処分事業の概要調査結果の妥当性レビュー等に関する検討に参画した。

一方、原子力の安全研究の推進を目的として、地層処分の安全規制支援研究機関である原子力安全基盤機構、日本原子力研究開発機構との間で平成19年10月4日に締結された、独法間研究協力協定「放射性廃棄物地層処分の安全性に関する研究協力協定」の協定協力委員会を開催し、今後の研究協力の方針と共同研究計画の策定を行った。また本協定の下で実施中の共同研究活動として、3協定機関の共同研究「幌延深地層研究計画における安全評価手法の適用性に関する研究」を継続

するとともに、日本原子力研究開発機構との間の共同研究「深部地質環境における水-岩石-微生物相互作用に関する調査技術開発」（平成22年3月末までを1年延長）、ならびに「低活動性断層の調査・評価技術の開発」（平成21年10月～平成24年3月末）を実施した。

さらに、産総研地質分野内での放射性廃棄物の地層処分に係る研究開発の調整のため、地層処分関連研究連絡部会における分野内での研究契約や成果共有等の調整に参画した。

なお、研究プロジェクト自体の成果は、研究コアメンバーの所属する研究ユニット等の業務の一環として実施したものであり、詳細な内容は各研究ユニットの項に記述した。本項では、研究ユニットでは実施とりまとめがなされない、本研究コア自体が実施した以下の外部資金プロジェクトの1項目について記述する。

外部資金：

原子力安全・保安院 委託研究費「平成22年度核燃料サイクル施設安全対策技術調査（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分に係る地質評価手法等の整備）」

独立行政法人原子力安全基盤機構 委託研究費「平成21～22年度地下水流動解析モデルの総合的検証手法の検討（幌延変動観測調査）」

【テーマ題目1】地質データベースの整備

【研究代表者】内藤 一樹（地圏資源環境研究部門地質特性研究グループ）

【研究担当者】内藤 一樹、伊藤 順一、風早 康平、中野 俊、高橋 正明、塚本 斉、岸本 清行、高橋 雅紀、西来 邦章、上野 龍之、芝原 暁彦、尾山 洋一、中田 和枝、切田 司、大丸 純、竹内 久子（常勤職員8名、他8名）

【研究内容】

目標：

標準的な立地調査段階の国内地質情報を整備する。このために、産総研出版の地球科学図類を中心とした地質データ、第四紀火山データ、深層地下水データについて、安全評価に有用な形で情報を整備する。また、今後整備すべきデータ項目として、地下水系への影響が考えられる亀裂系および広域応力を対象とした検討を行い、試験的なデータ整備を行う。地質データの利用技術に関して、基盤 GIS データベースシステムに、規制機関でのデータ相互利用に対応可能とする改良を加える。

計画の概要：

1) 地質データベースの整備：標準的な立地調査段階の国内地質情報の整備更新として、産総研の整備してき

た基盤 GIS データベースシステムの地質情報を継続的に最新の情報に更新するとともに、電子データ作成および登録業務を円滑に実施するために基盤 GIS データベースシステムの継続的な管理運用を行う。事業者による概要調査結果を判断する作業に有用な地質データ出力機能を作成する。今後整備すべきデータ項目として、長期的な構造運動による影響のデータ化手法について検討する。

- 2) 第四紀火山データベースの整備：平成21年度新規に出版公表された各種公表資料（学術雑誌、学会講演要旨集、その他各種報告書）から日本列島の第四紀火山に関係する文献を抽出し、火山毎に文献リストを作成する。また、国内の第四紀火山を対象として、公表文献を基に火山地質、噴火層序、噴出物の岩石学的特徴等のレビューを行い、データとして整理する。また、火山体周辺の基盤岩についても、模式的な地質層序、地質構造に関するレビューを行い、火山毎に整理する。整理したデータを、産総研 Web 上で公開されている「日本の第四紀火山データベース」に追加する。このデータベースの更新作業を年3回行う。また、既存文献では、噴火年代が未確定な第四紀相当火山岩体・噴出物に対して新たな年代測定を実施する。
- 3) 深層地下水データベースの整備：各種既存文献等から深層地下水に関する地化学データおよび地名等の位置データを抽出・入力し、深層地下水データベースを拡充する。また、各種地質変動が地下水系へ与える影響評価のため、地下水に係る各種評価用パラメータの検討を行い、そのパラメータ情報を可視化し、地下水地理情報データベースを更新する。

成果の概要：

- 1) 地質データベースの整備では、データベースを平成21年度末での最新の地質情報に更新するとともに、データベースの利便性を向上する機能を追加した。また、日本周辺のプレート運動を検討した結果、フィリピン海プレートのオイラー極が現在の位置から移動しない限り、地殻変動は数十万年程度の時間スケールでは検出できるほど顕著なものではないことが予想される。ただし、オイラー極の移動や回転角速度の変化が起こる可能性、さらにその場合にどのような地殻変動が起こるのかは、今後検討が必要な課題であると言える。
- 2) 第四紀火山データベースの整備では、2010年6月1日、10月13日、2011年2月2日にデータ更新作業を行い、2011年2月の更新により Version 1.45となった。本年度の作業では、95火山について計560件の火山文献データを追加した。また、北海道地域から東北地域の第四紀火山に関する地質文献レビューを行い、噴出口位置、各種手法による年代値、磁化方位や岩石種等のデータを整理した。本年度の作業で新たに抽出された第四紀に噴出或いは貫入したと推定される岩体は66岩体

である。また、津軽半島～下北半島地域の年代未確定の火山体・火山岩2試料、南九州地域の2火山岩体について新たに年代測定を実施し、噴火年代の確定作業を行った。

- 3) 深層地下水データベースの整備では、我が国の深層地下水に関する新規データを収集・分析し、分析データあるいは観測値の品質管理を行い深層地下水データベースに登録した。本年度新規に加えたのは3,027点であり、現在の登録件数は20,611件である。また、本データベースのデータを用いて、処分地周辺における水文地質学的モデルを作成するにあたり評価すべきパラメータのうち、地下水の性状、流動、混合、年代等に関わるパラメータについて検討した。それぞれのパラメータは、地理情報データベースに登録し、日本列島における広域分布状況を示した。今後の課題としては、これらのパラメータの分布の地域的特徴を抽出し、分布要因についてさらに解明する必要がある。

【分野名】地質

【キーワード】地質データベース、第四紀火山、深層地下水

⑧【地質調査総合センター】

(Geological Survey of Japan)

所在地：〒305-8567 つくば市東1-1-1 中央第7 他
概要：

産業技術総合研究所地質調査総合センターは、以下に示すように地質調査総合センター代表のもとに構成される研究ユニット及び関連部署からなる産総研内の「地質の調査」に関連する組織の総称である。この組織はほぼ旧工業技術院地質調査所を引き継いでおり、対外的には“Geological Survey of Japan”の名称の基で、各国地質調査所に対して我が国を代表する窓口となっている。

「地質の調査」は、産総研のミッションの一つとして位置付けられている。地質学及び関連科学の幅広い分野にわたる研究者の属する地質調査総合センターは、学際的・境界領域的研究分野の積極的開拓を目指した連携体制を構築し、国の知的基盤整備の一翼を担うとともに、地震・火山噴火等の突発的地質災害発生時の緊急調査・観測体制に対応する機能を持っている。また、地質調査総合センターは、構成する研究ユニットの地質分野における研究成果を一つの出口としてまとめ、旧工業技術院地質調査所の出版物刊行を引き継いだ出版活動及び成果普及活動を実施している。さらに、産学官連携活動の一環として、経済産業省知的基盤課との適宜意見交換、関連業界団体である(社)全国地質調査業協会連合会、地方公共団体等との定期懇談会、産総研コンソーシアム「地質地盤情報協議会」、産技連知的基盤部・環境エネルギー部会等を開催している。

地質調査総合センターでは、各ユニット及び研究管理・関連部署間の意思の疎通を図るために、毎月、連絡会議を開催し、情報交換・意見交換等を行っている。

 関連組織（2011/3/31現在）

[地質調査総合センター]

代表 加藤 一

研究ユニット等

[活断層・地震研究センター]

研究センター長 岡村 行信 他

[地圏資源環境研究部門]

研究部門長 矢野 雄策 他

[地質情報研究部門]

研究部門長 栗本 史雄 他

[深部地質環境研究コア]

代表 渡部 芳夫 他

研究管理・関連部署

[地質調査情報センター]

センター長 脇田 浩二 他

[地質標本館]

館長 利光 誠一 他

事務局

[地質分野研究企画室]

研究企画室長 光畑 裕司 他

業務報告データ

日付 地質調査総合センター行事

H22. 9. 18 「地質情報展2010とやま 海・山ありて
 富める大地」（富山市民プラザ）～9.19

H22. 11. 16 第16回地質調査総合センターシンポジウム
 「20万分の1地質図幅完全完備記念シンポジウムー
 全国完備後の次世代シームレス地質図を目指してー」（秋葉原ダイビル）

H23. 2. 28 第17回地質調査総合センターシンポジウム
 「地質地盤情報の法整備を目指して」（東京大学 小柴ホール）

7) フェロー

【フェロー】

(AIST Fellow)

所在地：つくば中央第2、第4、第7

概要：

フェローは、理事長の諮問を受けて、研究者の代表として他の研究者の指導にあたり、特別な研究を行っている。

平成22年度は、5人のフェローを置いている。

 機構図

フェロー	大津 展之
フェロー	十倉 好紀
フェロー	浅島 誠
フェロー	加藤 一
フェロー	安藤 功

(2) 内部資金

〔研究題目〕 SiC デバイス量産試作研究およびシステム応用実証

〔研究代表者〕 奥村 元（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

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

〔研究内容〕

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

しかし、SiC デバイス自体の開発は進んでいるものの、それを用いた電力変換器は実用化されていない。これは、デバイス開発を担う企業とそれを用いた応用システム開発を担う企業が異なり、SiC デバイスの品質と信頼性を伴った安定供給が早期には困難で、多数のデバイスを必要とする電力変換器自体の開発が進まないためである。この問題を解決するために SiC デバイスを用いた関連技術の「死の谷」を乗り越えて新産業の創成を実現するため、富士電機アドバンステクノロジー株式会社、アルバック株式会社と連携して大容量 SiC デバイスの実用レベルでの量産技術の共同研究を行い、耐圧600V 及び1200V の SBD の開発に成功し、応用側への供給を開始した。その結果として、SiC デバイスを用いた高効率電力変換器の実用化を促進し省エネルギー化による二酸化炭素の低減と地球温暖化の抑制に貢献するためにデバイスシミュレーションによりデバイス構造の検討を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

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

〔研究題目〕 中小規模雑植性バイオエタノール燃料プラントの開発実証

〔研究代表者〕 坂西 欣也（バイオマス研究センター）

〔研究担当者〕 遠藤 貴士、澤山 茂樹、矢野 伸一、村上 克治、藤井 達也、美濃輪 智朗、井上 誠一、李 承桓、井上 宏之、松鹿 昭則、藤本 真司（常勤職員11名、他7名）

〔研究内容〕

昨年度までに設置した中小規模雑植性バイオエタノール燃料プラント（200kg/バッチ規模）を用いて、その実証研究を行った。昨年度までにユーカリ、ヒノキ、米松、稲わらなどを原料としたエタノール燃料製造実験を

行い、雑植性（多種多様なセルロース系バイオマスへの適応性）を確認した。また今年度は、遺伝子組み換え酵母の大量培養実験を行えるように改造し、キシロース発酵能を付与した酵母（実用株）の大量培養実験を行い、ラボ実験と同等のグルコースおよびキシロース発酵成績が得られることを確認した。また、高濃度糖化発酵系の構築を行い、ユーカリを原料とした実証運転でエタノール濃度53g/Lを達成した。

一方、今年度は、環境化学技術研究部門、生物プロセス研究部門との間で分野融合研究を行った。テーマは①固体発酵プロセスの開発、②バイオブタノール生産に必要な遺伝子組換え用微生物プラットフォームの開発、③シュガープラットフォーム構築に関する研究の3つである。①と②についてはユーカリ、ヒノキ、米松、稲わらを原料に、上記プラントの機器を使って前処理済木粉、糖化液、廃液等を調整し、両研究部門に提供するとともに、両研究部門における研究結果の解析を一緒に行った。また③については両部門とともに技術調査を行い、その結果について討議した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 バイオマス、水熱、粉碎、酵素糖化、エタノール、バイオリファイナリー

〔研究題目〕 ものづくり産業における二酸化炭素霧化技術（CAT）実用化技術開発

〔研究代表者〕 鈴木 明（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 鈴木 明、川崎 慎一朗（常勤職員2名）

〔研究内容〕

当研究センターではこれまでに、高圧二酸化炭素を利用し、スプレー塗装における VOC 排出を大幅に抑制する技術を開発してきた。一方で本技術（CAT：CO₂ Atomizing Technology）は、材料の薄膜コーティング、微粒子製造等のものづくり工程において応用が可能であり、高粘性の有機物を扱うものづくりプロセスの脱有機溶媒化を広い分野で実現する技術である。すなわち、高粘性のポリマーを取り扱うためには大量の有機溶媒による粘性低下が必要であったが、同時に有機溶媒の排出や除去工程での加熱・乾燥が避けられず、環境負荷とエネルギー消費の削減が課題であった。本技術はこれらの問題に対し、二酸化炭素を有機溶媒の代替として用いることにより解決策を提案するものであり、様々な CAT 対象の噴霧試験に対応できる基盤の利用施設（大型噴霧ブース建設、各種評価機器設置等）の整備を行った。その結果、複数の民間企業との共同研究を加速的に実施できる環境が構築された。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 二酸化炭素、塗装、霧化、有機溶媒代替、薄膜化、微粒子化

**〔研究題目〕次世代型高容量・高出力二次電池の研究
開発に関する研究**

〔研究代表者〕 境 哲男

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 境 哲男、斎藤 唯理亜、柳田 昌宏、
向井 孝志、中谷 洸哉

(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

(目標)

エネルギー密度 150Wh/kg、出力密度 3000W/kg。

高容量化と高出力化の両立が可能で、かつ、資源的な制約が少ない、プラグインハイブリッド車用の次世代型 Li 二次電池の開発をめざして、正負極材料や電極構造、電解液、セパレータなどを総合的に検討して、解析評価するとともに、新規に購入した大型電極試作装置を活用してプロトタイプ電池を試作して、性能実証を行う。これまで、①高容量化と高出力化が可能で、かつ、レアメタルを用いない正極材料及び負極材料を選定した。②正極及び負極材料の能力を最大限に発揮させるための電極構造や添加剤を検討した。③正極及び負極材料に最適な電解液組成やセパレータ材料などを検討した。④大型電極試作装置を活用して、新規正極及び負極を連続的に電極製造して、新規セパレータや電解液を組み合わせたプロトタイプ電池を試作し、性能実証中である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 二次電池、次世代 Li イオン電池、高容量化、高出力化

〔研究題目〕生物・情報融合解析システム

〔研究代表者〕 町田 雅之 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 町田 雅之、小山 芳典、小池 英明、
梅村 舞子、玉野 孝一、浅井 潔、
堀本 勝久、光山 統泰、福井 一彦、
関口 智嗣、小島 功、池上 努、
油井 誠 (常勤職員13名、他3名)

〔研究内容〕

次世代シークエンサーなどの革新的な生物解析技術を背景として、これまでに経験したことのない大規模な情報が短時間で生産されるようになった。この情報を効果的に利用して競争力を維持・向上させるためには、情報処理技術を中心として生物解析と密接な連携に基づいた総合的な技術体系、およびこれに基づいた解析システムの構築が必須である。

今年度は現有の最新の情報処理ハードを用い、ソフト開発を主力として開発を実施した。具体的には、短鎖配列のアッセンブルと天然化合物を生産する二次代謝系遺伝子の高精度予測を中心として研究開発を行い、いずれについても高い技術水準を獲得した。また、このシステムを用いて、医薬品リードなど有用化合物の開発を5～10倍以上効率化する世界最先端のゲノム産業基盤プラッ

トフォームの開発を目標として、天然化合物創薬、タンパク質生産などの課題について、企業の研究開発に関連した短期間での対応が可能な課題による開発と評価を実施している。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 次世代シークエンサー、バイオインフォマティクス、天然物化学、タンパク質生産、二次代謝

〔研究題目〕ミニマルファブ試作ラインの開発

〔研究代表者〕 原 史朗 (エレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 池田 伸一、長尾 昌善、行村 健、
今岡 和典、昌原 明植、遠藤 和彦、
青柳 昌宏、原市 聡 (エレクトロニクス研究部門)、
中野 禅、小木曾 久人、岡崎 祐一、
三島 望、増井 慶次郎 (先進製造プロセス研究部門)、
清水 禎樹 (ナノシステム研究部門)、
太平 俊行、鈴木 良一 (計測フロンティア研究部門)、
伊藤 寿浩、高木 秀樹、銘苺 春隆、
鈴木 章夫、前田 龍太郎 (集積マイクロシステム研究センター)、
宮下 和雄、松本 光崇 (サービス光学研究センター)、
秋永 広幸 (ナノ電子デバイス研究センター)、
石川 浩、鯨塚 治彦、金高 健二 (ネットワークフォトニクス研究センター)、
鹿田 真一 (ダイヤモンド研究ラボ)、
安部 英一 (九州センター)、
井上 道弘 (常勤職員 29 名、他 4 名)

〔研究内容〕

集積回路製造工場 (半導体ファブ) では、設備投資の巨大化で採算性が悪化し新規参入が困難になり、また、研究開発とファブの生産能力の乖離が顕著となり、死の谷が益々大きくなりつつある。さらに、少量の需要に対して高コスト化が顕著になり、少量生産へほとんど対応できなくなっている課題がある。これに対して、産総研では、IC を1個1個作るのに最適なハーフィンチュエハを用い、かつ巨大なクリーンルームに代わる局所クリーン化技術を導入して、数億円の投資で半導体生産を可能にするミニマルファブを提案している。本研究では、ミニマルファブ方式で実用的な半導体生産ラインを構築できることを実証する。ミニマルプロセス技術の要素となる約10種類のプロセス装置の内、コアとなる CVD 装置、露光装置、エッチング装置、洗浄装置、コータ・ディベロッパ装置開発と、実用搬送装置開発、実用ウェハを完

成させることで、ラインとして稼働させ、基本デバイスを試作する。また、イオン注入技術など研究開発要素の高い要素技術については、ミニマル化へ向けて基礎技術開発を行う。平成22年度は、上記コア装置群のプロトタイプの開発に着手した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造、標準・計測

【キーワード】ミニマルファブ、局所クリーン化、搬送システム、マイクロファクトリ、デスクトップファクトリ、アジャイルファブ、生産技術、多品種少量、変種変量、1個流し、オンデマンド、ミニマルマニュファクチャリング、低コスト化、小型化、CMOS、MEMS、洗浄、エッチング、スパッタ、塗布・現像、CVD、露光、リソグラフィ、イオン注入、プラズマアッシング、マイクロプラズマ、CMP、接合、実装、ウェハ、シリコン、ハーフィンチ

【研究題目】次世代シリコンデバイス設計環境の構築

【研究代表者】五十嵐 泰史
(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】五十嵐 泰史、昌原 明植、大内 真一
(常勤職員3名、他5名)

【研究内容】

次世代シリコンデバイスとして、FD-SOI（完全空乏型 SOI）のデバイス研究開発が盛んにおこなわれている。しかし、回路技術の検討はまだ少ない。特にロジック分野に比べてアナログ・RF 分野の回路設計の検討が遅れている。この理由として、設計に必要な高精度なアナログ・RF 用シミュレーションモデルなど設計環境（PDK や IP）の整備が遅れていることが挙げられる。アナログ・RF 分野は、我が国が得意とする分野であり、今後も優れた技術として進展させるためにもモデル整備を進める必要がある。

本プロジェクトでは、FD-SOI を用いたアナログ・RF 回路設計環境（PDK: Process Design Kit および IP: Intellectual Property）の構築を第一の目標とする。今年度は、FD-SOI の DC 特性と RF 特性の詳細な把握と、FD-SOI の特性を忠実に再現できるシミュレーションモデルの開発、オンチップインダクタモデルの開発を行い、一連の成果を PDK としてまとめた。この PDK を利用して、FD-SOI の特性を引き出す小規模回路の開発を行い、回路動作を確認することができた。また、今後の設計環境の向上のため、FD-SOI の高精度デバイスモデルとして期待されている次世代コンパクトモデル HiSIM の国際標準化のワーキンググループへの協力も行った。この活動では、回路動作の確認によるトランジスタモデルの性能向上に貢献できた。最終的には HiSIM を取り

込んだ FD-SOI デバイスのアナログ・RF 用シミュレーションモデルを造り、優れた設計環境の実現を目指す。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】半導体、FD-SOI、PDK、設計環境、HiSIM

【研究題目】パワーデバイスに関するダイヤモンド探索

【研究代表者】山田 修史（計測標準研究部門）

【研究担当者】八木 貴志、新田 詠子
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

ダイヤモンドは他に類のない高熱伝導率を有しており、実用材料としての利用が可能になれば従来の常識を凌駕するヒートスプレッダとして高電流密度パワーデバイスなどへの実装が期待される。近年、ダイヤモンド薄膜の合成は比較的容易となってきたがダイヤモンド薄膜を実用化するためには高品質な成膜プロセスの開発と併行してダイヤモンド薄膜の熱特性の定量的な評価を進める必要がある。

本サブテーマで計測評価の対象とした試料は成膜プロセスの条件を系統的に変えてシリコン基板上に合成された厚さ十数 μm までのダイヤモンド薄膜である。これを独自に開発した技術により当該ダイヤモンド薄膜のみを石英ガラス基板への転置しさらに金属モリブデンを100 nm 厚でコーティングすることにより熱拡散率測定用の評価用サンプルとした。当該サンプルについてパルス加熱サーモリフレクタンス法による薄膜熱拡散率測定装置での膜厚方向の熱拡散率評価を実施し成膜プロセス開発へのフィードバックを行った。これによる成膜プロセスの最適化によりさらに高品質なダイヤモンド薄膜の試料が作製可能となったことに対応するため、熱物性計測側においても薄膜熱拡散率測定装置の高度化を実施した。具体的には新たな機器の導入により薄膜熱拡散率測定装置の温度検出における時間分解能を従来のおよそ4倍とすることで高熱拡散率側へのダイナミックレンジを拡張し、1000 $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ を越える試料の熱特性の定量的評価を可能とすると共に測定全般の精密化を実現した。同時にデータ処理時間の性能向上による測定所要時間の短縮化を図り測定効率の一層の向上を実現した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】ダイヤモンド薄膜、熱拡散率、熱伝導率、熱特性評価

【研究題目】生活習慣病の早期診断のためのマルチマーカー計測システムの開発

【研究代表者】吉田 康一（健康工学研究部門）

【研究担当者】吉田 康一、片岡 正俊、萩原 義久、大家 利彦、脇田 慎一、七里 元督、田中 正人、永井 秀典、田中 喜秀、

岩橋 均、田和 圭子、細川 千絵、
吉野 公三、(健康工学研究部門 常勤
職員13名、他9名)
丹羽 修、栗田 僚二、佐藤 緑、
吉岡 恭子、田中 睦生、矢吹 聡一
(バイオメディカル研究部門 常勤職員
6名、他2名)
水谷 亘、山添 泰宗(ナノシステム研
究部門 常勤職員2名、他1名)
藤巻 真、福田 伸子(光技術研究部門
常勤職員2名、他1名)
横井 孝志、小峰 秀彦、菅原 順、
赤穂 昭太郎、宇津木 明男
(ヒューマンライフテクノロジー研究部
門 常勤職員5名)
持丸 正明、森田 孝男、河内 眞紀子
(デジタルヒューマン研究センター 常
勤職員3名、他1名)
橋田 浩一(社会知能技術研究ラボ 常
勤職員1名、他1名)

【研究内容】

糖尿病に代表される生活習慣病の医療費は10.4兆円で国民医療費の32%、また、その死亡割合は60.9% (2004年度データ(厚労省))という報告もあり、生活習慣病の予防、早期診断は喫緊の課題である。生活習慣病になる手前「未病」状態を定量的に診断できる方法はない。これは未病状態を診断する確固たる指標群がなく、いくつかの候補となる指標も計測に大型の分析装置と長い分析時間を必要とし実用的でないことが要因であった。そこで産総研内の各分野に分散していた技術を統合して、未病状態を診断する指標群の開発、指標群を一度に迅速に計測・評価できるシステムの開発、健康データベースから開発した評価システムの有用性の検証を行う。最終的には、企業と共同して新しい健康管理システムとして社会に普及させることを目指す。具体的にはライフサイエンス分野で有するバイオマーカー群の同定技術、ナノ材料・ライフ分野で有するバイオチップ技術と、情報通信・エレクトロニクス分野で有する高感度検出技術を結びつけ、生活習慣病の早期診断が可能となる評価システムのプロトタイプを提示することを最終目標とする。今年度は技術の集約化が完了し、産総研オリジナルベストバイオチップ構築の見通しがたち、それを高感度、簡便に計測するための装置試作(第一次プロトタイプ)の仕様書作成を完了した。また健康情報の収集を図り、マーカーの有用性をより明確、科学的に検証することのできる場として、産総研職員を対象とした健康情報データベースを構築した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】生活習慣病、バイオマーカー、早期診断、健康管理システム

【研究題目】パラゴムノキ品種判定と増産を目指したゲノム解析と分子育種

【研究代表者】高木 優(生物プロセス研究部門)

【研究担当者】光田 展隆、藤原 すみれ、鈴木 馨、
安田 奈保美、中田 克、高木 優
(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

天然ゴムの消費量は年々増加しており、今後天然ゴムを安定供給するための増産システムの構築が必要である。そのた(株)ブリヂストンと共同して、(1)天然ゴム産生組織の形成と増殖のメカニズムの解明、(2)クローン増殖技術、組換え技術の確立、および(3)ゲノム解析に基づいた、ゴム高生産性 DNA マーカーの探索、研究を行う。具体的には、(1)天然ゴム産生組織の形成と増殖のメカニズムの解明するため、モデル植物であるシロイヌナズナにおいて、師部組織の形跡に関わる転写因子(キメラリプレッサー)の同定を行う。また、これまでに植物ホルモンであるジャスモン酸が乳管組織を肥大化させるという予備的な知見があることから、ジャスモン酸と師部形成との関連を解析する。(2)パラゴムノキ遺伝子組換え技術の開発およびパラゴムノキの組織培養技術の開発を行うため、ブリヂストン社と共同して培養条件を検討を行う。(3)パラゴムノキゲノム解析に基づいた、ゴム高生産性、高耐病性とリンクした DNA マーカーの探索を行うため、プラットフォームとなるパラゴムノキの全ゲノム解析をおこない、SNP マーカーの開発を行う。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】パラゴムノキ、ゲノム、マーカー、組織培養、遺伝子

【研究題目】非破壊信頼性評価技術に関する研究(AIST-NIMS-JAXA 連携推進)

【研究代表者】秋宗 淑雄

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】高坪 純治、岡部 秀彦、卜部 啓、
宮内 秀和、津田 浩、永井 英幹、
遠山 暢之(常勤職員8名)

【研究内容】

JAXA が開発するロケット等を対象とした高度な信頼性が要求される非破壊検査に、AIST が持つ光ファイバセンサ技術と超音波可視化探傷技術、NIMS が持つ超音波伝搬シミュレーション、渦流探傷技術と材料データベースを融合させ、ロケット燃焼器の検査技術とその寿命評価手法の確立、およびロケットに搭載可能な小型で堅牢な AE (微視破壊に伴う弾性波放出) 計測システムとエンジン回転部の異常診断に適用可能な光ファイバセンサシステムの開発が研究目的である。

平成22年度においてはロケットに搭載可能な FBG 光ファイバ AE 検出システムを試作し、振動のない通常環

境下では AE 計測可能なことを実証したが、実機適用のためにクリアしなければならないランダム振動条件下でのセンサ出力の変動を抑制することが出来なかった。またエンジン回転部の異常診断に FBG センサシステムを適用し、液体窒素雰囲気回転部検査に利用出来ることを実証した。超音波可視化探傷についてはロケット燃焼器のサブスケールモデルを用いて、サブ mm サイズの欠陥が検出可能なことを実証した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】非破壊検査、超音波、光ファイバセンサ、ヘルスマonitoring、航空宇宙構造物

【研究題目】南海・東南海地震の前兆現象検出精度向上のための共同研究

【研究代表者】松本 則夫

(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】松本 則夫、小泉 尚嗣、桑原 保人、高橋 誠、今西 和俊・北川 有一、板場 智史、武田 直人

(常勤職員7名、他1名)

【研究内容】

本研究は、南海・東南海地震予測に資するために、深部ゆっくりすべり・深部低周波微動の分布や発生間隔の解析精度の向上を目標として、産総研・防災科研の歪・傾斜データを共有し、同すべりの高度な解析やメカニズム解明をおこなうことである。平成22年度には、産総研と防災科研とのデータ交換を行うためのシステムを設置するとともに、歪計・傾斜計双方を用いた深部ゆっくりすべりの位置決定手法を開発し、防災科研データを統合した際の深部ゆっくりすべりの検知能力の事前評価を行った。その結果、東海～四国の広い範囲で M5.5以上の短期的 SSE を検知できることがわかった。さらに、深部低周波微動の詳細な分布を明らかにするために、三重県松阪市の飯高赤桶観測点周辺で、50-100m 間隔で40点の高感度地震計を設置し観測を開始した。

【分野名】地質

【キーワード】地震予測、地下水、地殻変動、地震、東南海地震、南海地震、歪

【研究題目】IT・通信を用いたエネルギー効率化技術の実証・規格化研究

【研究代表者】樋口 哲也 (情報技術研究部門)

【研究担当者】樋口 哲也、河西 勇二、岩田 昌也、山崎 聡、西澤 伸一、村田 晃伸、近藤 潤次、安芸 裕久、加藤 和彦、中村 安宏、昆 盛太郎、後藤 祐樹、野里 裕高、栗田 晃平

(常勤職員11名、他3名)

【研究内容】

省エネの推進と低炭素化に資する技術開発を目的とし

て、情報・通信エレクトロニクス分野で開発した PLC (電力線通信)、環境エネルギー分野で開発したエネルギーマネジメント技術及び計測標準部門の持つ省エネ診断電力量計の技術を融合させて、分野を超えた産総研としての取り組みを行った。具体的には、太陽光発電の故障診断およびパワーコンディショナの高効率化等による年間発電量の増加の実現、住宅間におけるエネルギー融通と機器の協調・統合制御、トレーサビリティ保証付きのスマートタップによる省エネと低炭素化の促進、さらに産総研主導のトレーサビリティ規格化を具体的目標として設定した。

H22年度における研究実施内容は、次の3つである。

- 1) 住宅地エネルギーネットワーク実証試験設備 (住宅2戸分: 太陽光発電設備 [5.5kW×2台]、パワーコンディショナ、電子負荷装置及び温水関連設備) の構築及び需要家設備を用いた無効電力の協調制御による低圧配電システムの電圧調整システムの検討
- 2) PV の故障診断を目的として、発電量をモニタするための安価かつ小型 PLC 装置を開発及び PV の MPPT (最大電力点追従) 制御における DC/DC 変換において電力損失を1/3低減可能なスナバー回路の開発、コンソーシアム設立認可
- 3) 国家標準にトレーサブルな省エネ電力計 (スマートタップ) 校正システムの開発、安価・小型な PLC 基板を内蔵したスマートタップの開発検討と試作機の製作

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、環境・エネルギー、標準・計測

【キーワード】エネルギーネットワーク、発電モニタリング、スマートタップ

【研究題目】地球観測グリッド GEO Grid

【研究代表者】関口 智嗣 (情報技術研究部門)

【研究担当者】関口 智嗣、田中 良夫、小島 功、山本 直孝、山本 浩万、土田 聡、児玉 信介、渡辺 創、栗本 史雄、斎藤 眞、浦井 稔、村田 泰章、宮崎 一博、西岡 芳晴、木村 克己、吉岡 敏和、脇田 浩二、松岡 昌宏、根本 達也、菅原 義明、近藤 裕昭 (常勤職員21名)

【研究内容】

衛星データおよび地質関連のデータを統合し利活用可能なサービスプラットフォームと、それを利用したコンテンツ配信のシステムを構築することを目的とする。そのため、情報技術研究部門にアーカイブされている衛星データを中核に地質分野の地質関連情報データおよび環境管理技術研究部門の現地環境モニタリングデータを整備し、サービスプラットフォームとしての GEO Grid システムを研究開発する。さらにこの環境を利用し、パ

イロットアプリの研究開発を進め、その結果をデータ・システム整備の研究開発にフィードバックさせ、また地質コンテンツの配信を可能とするシステムを構築する。また、これらの研究開発を通じて標準化にも貢献する。

平成22年度は GEO Grid システム整備・データ整備・利用環境高度化、地質データのコンテンツ整備、パイロットアプリケーションの開発、ASTER DEM 高速作成のためのシステム構築を行った。GEO Grid システム整備・データ整備・利用環境高度化については、これまで試験的に構築していたシステムを実運用に耐えられるような管理コストを低減するシステム構成に変更を行った。また AIST-CSW を用いて8つの産総研所有コンテンツ、5つの再配布コンテンツなど合計367の外部コンテンツのカタログの情報提供を開始した。さらに Google Earth Enterprise を導入することでユーザにとって理解しやすいデータ提供システムとなり、ソフトウェアの安定化・高信頼化が図られた。国際標準に基づく地質情報発信の統合化にむけて、既存のデータ形式・サービスを見直し、位置情報以外の地質情報配信に必要な標準化（配信する属性の選択、用語の統一、XML 形式のタグの定義とデータ構造など）やデータ返還・メタデータ整備等を行い、統合化 Web サイトを構築する。

地質データのコンテンツ整備に関しては、国際標準に基づく地質情報発信の統合に向けて、既存データ形式・サービスを見直し、位置情報以外の地質情報配信に必要な標準化やデータ変換・メタデータ整備等を行い、統合化 Web サイトのプロトタイプが完成した。またパイロットアプリケーションの開発では、ボーリングデータを収納した統合化地下構造データベースに、VO によるアクセスコントロール機能およびメタデータ作成機能を追加することにより、ボーリングデータ共有システムプロトタイプを設計した。ASTER DEM 高速作成のためのシステム構築においては、ASTER DEM/オルソ画像処理ソフトウェアを改変し、高度化を行った。現状1シーンについて10分程度かかっている処理を1分以内に短縮することが出来た。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】GEO Grid、RASTER、ASTER、パイロットアプリ、画像処理

【研究題目】ナノリスク～繊維仮説への挑戦

【研究代表者】中西 準子（安全科学研究部門）

【研究担当者】中西 準子、本田 一匡、阿部 修治、片浦 弘道、田中 丈士、藤井 俊治郎、長沢 順一、針谷 喜久雄、藤田 克英、小野 泰蔵、太田 一徳、山本 和弘、山脇 浩、榎原 研正、飯田 健次郎（常勤職員14名、他1名）

【研究内容】

ナノ材料のリスク評価の障壁の中で最大なものは、カ

ーボンナノチューブ（CNT）などの繊維状ナノ材料がアスベストと形状が似ていることから同様の有害性を発現するのではないかという説である。この説は繊維仮説とも呼ばれ、その信憑性を科学的に検証することが、ナノ材料のリスク評価に新しい局面を切り開くために不可欠である。この繊維仮説を検証するため、以下の三課題に取り組んだ：①繊維特性を保存した状態で単層カーボンナノチューブ（SWCNT）を高度に分散させる技術を開発し、これを用いて有害性試験を行う。②実環境中のナノ粒子を模擬した有害性試験を行うため、気中のエアロゾルを液中に移す捕集技術を開発する。③過去の事例分析や最新の研究/社会動向調査を通して、ナノ材料全般に対する包括的なリスク管理のあり方を検討する。

①では、これまでの有害性試験で使われていた界面活性剤自体よりも生体影響が少なく、かつ分散能が高い分散剤の候補として、デオキシリボ核酸（DNA）と化粧品用非イオン性界面活性剤の可能性を検討することとした。DNA については、1～5ミクロンの長さの SWCNT では、通常の超音波分散では500ナノメートル程度に切断されるが、DNA を用いれば合成直後の長さを維持し高純度も達成できた。今後、長さが10ミクロンを超える SWCNT の分散を行い、有害性試験を行う。

非イオン性界面活性剤については、化粧品等に用いられる界面活性剤370種からスクリーニングで見出したものを用いて1mg/mL 以上の高濃度の SWCNT 分散液を得ることに成功し、エネルギーフィルターTEM 技法を用いた観察とラマン分光による分散状態の解析を行った。また、分散液のより詳細なキャラクター化を行うため、SWCNT へ吸着した界面活性剤の液体クロマトグラフィーによる定量法を確立した。

②では、気中に大量かつできるだけ分散した状態でカーボンナノチューブを発生する手法について調査した。米国労働安全衛生研究所（NIOSH）が開発した音波式ナノ粒子発生法が最適であると判断し、この手法に基づくナノ粒子発生装置を製作した。次に、気中へと分散されたナノ粒子を捕集する方法について調査し、凝縮成長による捕集方法を採用することとした。凝縮成長型粒子捕集装置による予備実験の結果、気中分散されたナノ粒子が凝縮成長し、その後慣性沈着により平面上へと捕集できることを実証した。現状で達成できる捕集速度は約0.2～0.3mg/時と見積もられ、有害性試験に使用する試料量（およそ10mg）を確保するため、長時間に渡る捕集に対応できるよう、捕集システム全体を自動制御化した。

③では、新規ナノ材料研究開発における包括的なリスク管理のあり方について、社会に向けて提言できるよう、総合的調査研究を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ナノ粒子、カーボンナノチューブ、有害性、リスク評価、リスク管理、液中粒子

捕集、個数濃度、気中分散、液中分散、非イオン性界面活性剤、キャラクタリゼーション

〔研究題目〕グリーンエレクトロニクス熱基盤技術開発

〔研究代表者〕石井 順太郎（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕石井 順太郎、山田 善郎（計測標準研究部門）、青柳 昌宏、加藤 史樹（エレクトロニクス研究部門）
（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

ユビキタスな情報通信機器の集積化・小型化・高速化の進展に伴い、デバイス・モジュールレベルのホットスポット、発熱密度の増大が技術課題となっている。これら課題解決のため、実デバイス・モジュールを対象とした温度計測技術を新たに開発するとともに、熱設計（シミュレーション）・解析技術、LSI チップや等における放熱・発熱抑制技術の開発を行い熱特性に優れた高効率・高信頼性を持つデバイス・モジュールの実現を目指す。H22年度においては、デバイス・モジュールの発熱状態モニタ技術として、高空間分解能・高時間分解能を持つ顕微鏡型赤外放射温度計システムを試作し、基本特性評価を実施した。また、実用性に優れた温度分布モニタ技術として、赤外熱画像（サーモグラフィ）装置を用いた、新たな放射率補正アルゴリズムを提案し、その原理検証及び、精度評価を行った。積層シリコンチップ放熱解析・設計を目的として、急峻に温度を上下できるマイクロ薄膜ヒータを Si 基板上に直接形成し、基板側の過渡熱拡散特性を評価できるようにヒータと基板の界面熱抵抗を低くしたホットスポット模擬デバイスの設計・試作を行い、投入パルス電力を制御し過渡発熱状態モニタ等を実施し、赤外サーモグラフィ法によるシリコンチップ裏面からのデバイス過渡温度分布観察技術に関する課題抽出・検討を行った。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕熱画像、放射温度計測、放射率補正、半導体デバイス

〔研究題目〕工業用地下水資源の再開発・合理化研究

〔研究代表者〕丸井 敦尚（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕丸井 敦尚、駒井 武、内田 利弘、神宮司 元治、内田 洋平、伊藤 成輝、越谷 賢、小原 直樹、吉岡 真弓、吉澤 拓也（常勤職員6名、他4名）

〔研究内容〕

本研究では、2分野、3部門にまたがり連携を図りながら研究を実施している。地圏資源環境研究部門では、北海道幌延町において、試験井戸を掘削し、揚水量の限界について実証試験を行った（揚水試験の結果、1km²あ

たり3000トン／日程度の用水が可能であると観測された）。これは同町雪印工場が地下水の利用を増やす計画に対して、地下水帯水層のポテンシャルが十分である可能性を示した。また、TRT 試験（地下水の熱交換効率の試験）をして有効な帯水層の位置から井戸深度を決定することで、省エネを考慮した地中熱利用のための井戸も掘削深度が限定でき、施設経費の削減につながる事がわかった。さらに、将来的な地下水資源を利用した時のモニタリング手法の開発に関しては、電気探査手法により、堆積層浅部において地下水位を簡便かつ精度よく同定する手法を確立した。また、物理探査による地下水モニタリングやリスク評価は、地下水位の季節変化を把握し、地下水利用者に安全な水供給プランを支援でき、企業と地域の連携にも貢献できる。これらの研究成果は、ワークショップ（成果発表会）を行って公開し、CD 版の報告書として出版した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地下水賦存量、地下水資源、工業用水

〔研究題目〕クレースト技術による次世代シート材の開発

〔研究代表者〕蛭名 武雄（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕蛭名 武雄、林 拓道、和久井 喜人
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

産総研で開発された粘土を主成分とする新しい膜材料「クレースト」が注目されている。この材料は、粘土の持つ特性から高いガスバリア性や耐熱性、不燃性を持つため、特に耐熱シール材、ガスバリアフィルム、耐熱透明フィルム、水素シール材など次世代シート材としての利用が期待されている。

本研究では、クレーストの用途展開を後押しするため、(A)550℃耐熱ガasketの耐久性評価として、耐熱性とシール性を高いレベルで実現したガasketの耐久性評価方法の開発及び評価実験を実施した。また、(B)透明耐熱材の開発として、難燃性・透明性に優れたクレースト／ガラス繊維強化プラスチック複合材を開発した。また、(C)軽量水素タンクの開発として、クレーストによるガスバリア層を含む燃料電池車用オール複合材性水素タンクの設計、作製、評価を行った。また、(D)水蒸気バリアフィルム及び評価装置の開発として、薄膜太陽電池など次世代電子デバイスの水蒸気バリアフィルムに使用可能なレベルの超水蒸気バリア (<10⁻³g/m²day) の開発と標準となりうる水蒸気ガスバリア測定方法を提案した。さらに、(E)原料粘土の効率的合成方法開発として、クレースト原料粘土の低コスト生産方法を検討した。原料ゲルを過熱水蒸気で処理し、粘土への転換の可能性を研究し、粘土の生成を確認した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕 粘土、膜、クレースト、ガスバリア性、水蒸気バリア性、不燃性、耐熱性、透明性、過熱水蒸気、ガスカート、水素シール、繊維強化プラスチック、燃料電池車、太陽電池、合成粘土

〔研究題目〕 X線非破壊検査装置及びCT装置の高度化技術開発（計測標準RIと計測フロンティアRIの共同提案）

〔研究代表者〕 藤本 弘之（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 大澤 尊光、藤本 弘之、佐藤 理（計測標準研究部門）、鈴木 良一（計測フロンティア研究部門）、石川 純（先進製造プロセス研究部門）、三澤 雅樹（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員7名）

〔研究内容〕

高付加価値製品のものづくりに於ける製品性能への信頼性向上、建設・プラント部材・食品・輸送機器等の安全性確保の為に、対象内部の欠陥・不純物・不具合を3次元的に正しく計測・検査する技術の確立ならびに、その技術普及と社会定着は最重要課題となっている。特に、X線非破壊検査・X線CT装置の迅速な実用化と信頼性確保は産業社会からの大きな期待を集めている。本技術課題では、従来からの問題点である、非可搬性、X線イメージング形状計測の不十分な信頼性などを克服すべく、実証検査装置を開発し、普及するとともに、計測機器の国際標準化を図る事を目標とする。そのために、以下の計画を実行する。

- ① 可搬型・高精度 X線 CT装置のための超小型高エネルギーX線発生装置開発及びその実証評価
- ② 内外寸法を高精度に測定する X線 CT装置の開発
- ③ CT装置評価方法の確立・標準化及びCT装置応用技術開発

本年度は、それぞれの計画に対し①針葉樹型カーボンナノ構造体陰極電子源を用いた超小型高エネルギーX線源の省エネ化・高出力化・検出技術の高度化を進めるとともに、プラント配管や送電線など高精度非破壊検査のニーズの高い部材のイメージング実験を実施、②従来のCT装置を用いた測定結果から測定不確かさ要因等を解析抽出し、それに基づいた内外寸法を高精度に測定するX線CT装置の設計開発を実施、③内部測定精度を評価できるトレーサビリティのとれた基準器及びそれを用いた評価法の開発実施と平行しISO/TC213/WG10の審議へ参加、さらに、拡張現実感技術（AR技術）を利用した技術・装置の開発、再生骨、軟骨、足場材料等の生体材料微細構造をミクロンオーダーで評価するX線CT撮像システム開発を実施した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 X線CT装置、非破壊検査、カーボンナ

ノ構造体、ファントム、トレーサビリティ

〔研究題目〕 「食品中の機能性成分分析法マニュアルを基礎にした地域食品産業の活性化」

〔研究代表者〕 三木 啓司（四国センター所長）

〔担当コーディネート〕 北野 邦尋（北海道センター所長）、細川 純（四国CDR）、千葉 繁生（北海道CDR）、松浦 晃久（四国）、内海 明博（四国）

〔研究担当者〕 岩橋 均、安部 博子、垣田 浩孝（健康工学研究部門（四国））、仲山 賢一、森田 直樹、奥田 徹哉（生物プロセス研究部門（北海道））、福本 夏生、沼田 雅彦（計量標準管理センター（つくば））（他3名）

〔研究内容〕

第二次産業の規模が小さいものの食品出荷額が全国平均の2倍（GDPの15%）である四国の産業活性化のためには、農商工連携などによる産業総力を挙げた取り組みが必要である。四国においては、産総研四国センターが中心になり、4県の公設研、農業・食品産業技術総合研究機構・近畿中国四国農業研究センター（近畿中国四国農研センター）と共同で、地場食品中の機能性成分量を明らかにし、四国特産食品の機能性成分分析法マニュアルを作成することにより、食品企業の製品高付加価値化に貢献することとした（平成21年度経済省地域イノベーション創出共同体形成補助事業）。

平成22年度は、本マニュアルが企業により有効活用されるよう、その掲載項目の拡充と信頼性の向上に着手した。マニュアルの多様性については、国内最大の食品・食品素材の産地であり気候風土の異なる北海道と連携して、酪農乳製品に代表される農水産物、食品などを加えマニュアルのカテゴリーの充実を図った。さらに免疫賦活効果が注目されている酪農製品や農水産物の糖脂質群の免疫機能の評価法についても研究開発を実施することとした。

信頼性の向上については、マニュアルを精緻化し、テクニカルレポートとして公開してデファクトスタンダードとして活用されることを目標に掲げ、将来的には標準マニュアルとして整備することとした。これは、共通化した手法による科学的裏づけのあるデータの蓄積が国内外に評価され、食品・食品素材の輸出入等、海外との取引においてマニュアルが活用されることを視野に入れたものである。

「成果の概要」:

四国センターと北海道センター、さらに産総研計量標準総合センターが加わり、両地域の公設研と連携して対象とする機能性成分・食品等の範囲を拡大した。平成22年度末までに分析法マニュアル集の分析法項目を16項目

余増やして68項目とし、データベース公開した。

<http://unit.aist.go.jp/shikoku/kaiyou/manual/>

このデータベースには、全国から毎月1万件以上のアクセスがある。

【分野名】 ライフサイエンス、標準・計測

【キーワード】 食品の機能性成分分析法マニュアル集

【研究題目】 高温高压水を用いる有機化合物合成法および高温高压システムの開発

【研究代表者】 川波 肇（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】 川波 肇、甲村 長利（太陽光発電工学研究センター）（常勤職員2名）

【研究内容】

高温高压水-マイクロリアクター技術は、水を媒体としながらも、高速、且つ高収率・高選択率が実現可能な革新的有機合成技術として注目されている。

本研究は、この技術を用いて産総研の光増感型太陽電池用有機色素材料（MK2）の合成プロセスを開発することを目的とする。まず、従来の混合効率の問題点を解決すべく新たな高温高压マイクロミキサーの開発に着手。結果、ハイスループトを実現しつつ、従来のマイクロリアクターと比べて数倍～27倍もの混合性能を達成。しかも、海外製マイクロリアクターと比較して、価格は約15分の1を実現しつつ、混合性能は、ほぼ同等～2.5倍を達成した。そしてこのマイクロリアクターを用いて、新たな合成システムの設計・開発そして構築を行った。新システムにより、炭素-炭素カップリング法として、4段階の反応を1段階で実現することに成功し、コスト低減下に目途がついた。なお、開発した高温高压水マイクロリアクターシステムは、小型実用プロセスとして平成24年度～25年度から販売を計画中。更に当該システムを用いた色素製造を平成24年度～25年度から小スケールながら具体的に始める予定である。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 高温高压水、マイクロリアクター、有機色素材料、合成化学

【研究題目】 特定研究加速／特許実用化促進型（知財）／マグネシウム大型型材サプライヤへの表面処理技術の技術移転

【研究代表者】 坂本 満

（サステナブルマテリアル研究部門）

【研究担当者】 坂本 満、石崎 貴裕、重松 一典、

中尾 節男、園田 勉

（常勤職員5名、他1名）

【研究内容】

本研究では、中温・高压条件下における水蒸気を利用することにより、マグネシウム合金大型部材へ耐食性を付与するための表面処理技術の開発を行った。具体的に

は、複数のマグネシウム合金（AZ31、AZ91、AMX602等）の大型部材に表面処理をするための実験条件について検討を行った。また、表面処理した大型マグネシウム部材の耐食性について、複合サイクル試験、電気化学測定を用いて評価した。さらに、ASTM D 3359B-02に基づく密着性試験を実施し、皮膜の密着性を評価した。その結果、難燃性マグネシウム AMX602製の1m×20cmサイズの自動車部品であるブレースに均一な皮膜を形成する技術開発に成功した。この皮膜は、微細な結晶性の水酸化マグネシウムとアモルファスの酸化マグネシウム、Mg-Al系の複水酸化物で構成されており、これらの微細な結晶の複合効果により、高い耐食性を示した。また、AZ31やAZ91部材に関しては、複合サイクル試験250時間後も腐食しない皮膜を形成するための実験条件を明らかにした。これらの皮膜の密着性は極めて高く、ASTM D 3359B-02に基づく密着性試験を行っても皮膜の剥離は認められなかった。これらの結果から、本技術を用いた表面処理は、マグネシウム合金製の大型部材に耐食性と密着性を付与するために効果的な手法であるといえる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マグネシウム合金、表面処理、耐食性、大型部材、ナノ結晶

【研究題目】 大面積ナノ構造体による防曇機能付反射防止成型品の試作実証（特許実用化試作・実証型）

【研究代表者】 栗原 一真

（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】 栗原 一真、高木 秀樹

（常勤職員2名）

【研究内容】

本年度は、50×60cmのナノ構造体の転写が可能な大面積インプリント装置を導入し、ナノ構造体エッチング金型を用いて、数14cm角、厚み1mmまでの大きさの親水機能付反射防止膜まで試作可能になった。開発した技術は、ガラス表面に、ナノ凹凸を形成し、親水機能付反射防止膜を付与した。本試作実証により開発したサンプルはサンプル提供契約を通じて、メーカーに評価を行って頂いた結果、製品に適用できる結果報告を頂き、実用化のための次の検討を開始するに至った。

今後、さらに多くの企業ニーズに対応し波及効果の大きい技術とするために、さらなる大面積化したナノ構造体の金型製造技術が必須であるため、大面積化した当該フィルム成形品の試作品を作成し、これらの企業に提示できる技術開発と試作を行う。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノ構造、反射防止、親水、フィルム

【研究題目】 新規膜タンパク質リガンド探索技術を用いた創薬シシーズペプチドの創製

〔研究統括〕 高井 一也（イノベーション推進本部）

〔研究代表者〕 亀山 仁彦

（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 亀山 仁彦、木村 忠史、久保 泰、
福田 枝里子、谷川 太一郎、
安部 公博、森下 加奈

（常勤職員4名、他3名）

〔研究内容〕

目的：

我々はコンパクトで、かつ高い標的分子認識を可能とするペプチドライブラリーと、大腸菌の内膜に膜タンパク質を発現させペリプラズム空間にペプチドライブラリーを発現させることにより選択的に膜タンパク質に結合するペプチドを選別することが可能なスクリーニング技術（intra **Periplasm Secretion and Selection** 法、**PERISS** 法）を開発した。本研究では、**PERISS** 法を用いて膜タンパク質に対して選択的に作用するリガンドを取得し、評価を行い、有用な創薬シーズペプチドを創製することを目的とする。

研究計画：

今年度はまず創薬ターゲットとしての膜タンパク質の選定を行う。その後、新規膜タンパク質リガンド探索技術及びペプチドライブラリーを用いて、選定した膜タンパク質に対して選択的に作用するペプチドの取得を試みる。

年度進捗状況：

今年度は、 β アドレナリン受容体3種（ $\beta 1 \sim \beta 3$ 受容体）、ヒスタミン受容体4種（H1～H4受容体）およびセロトニン受容体（5HT1A と 5HT1B 受容体）について選択的に作用するペプチドの取得を試みた。まず始めに各受容体が大腸菌の内膜に発現するかどうかを確認した。発現できなかったものについては受容体の N 末端側を削除するなどの工夫を施すことにより、全ての受容体の大腸菌内膜での発現を確認した。これら受容体を用いてペプチドライブラリーをスクリーニングし、候補となるペプチドを得た。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 **PERISS** 法、指向的分子進化学、生理活性ペプチド、膜タンパク質、分子標的

〔研究題目〕 透明酸化物薄膜型高輝度電界発光素子の構築

〔研究代表者〕 高島 浩（エレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕 池上 敬一、蛭名 武雄

（常勤職員3名）

〔研究内容〕

近年、層状遷移金属酸化物などの無機層状化合物は特有なインターカレーション・剥離特性などから様々なナノ構造を構築する際の無機ユニットとして注目されてい

る。最近、層状ペロブスカイトを層剥離することで得られたナノシートをシード層として用い、ガラスなど安価な非晶質基板への機能性薄膜の配向制御が報告された。本研究では、 $\text{Ca}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ (CNO) ナノシートの単層膜を用いたガラス基板上へ、化学的安定性に優れたペロブスカイト蛍光薄膜 $\text{Pr}_{0.002}(\text{Ca}_{0.6}\text{Sr}_{0.4})_{0.997}\text{TiO}_3$ (PCSTO) の結晶化および配向成長を行い、その光学的特性の調査および大面積化を試みた。CNO ナノシートの単層膜は、長鎖アルキルアンモニウムとハイブリッド化し、**Langmuir-Blodgett (LB)** 法を適用して、石英基板上に作製した。作製されたナノシート単層膜上に、パルスレーザー堆積 (**PLD**) 法あるいは溶液法によって **PCSTO** 薄膜の成長を行った。PLD 法では多結晶 **PCSTO** セラミックをターゲットとし、**ArF** エキシマレーザーを用いて成膜を行った。作製された **PCSTO** 薄膜の配向性及び蛍光特性の評価を行った。さらに透過率および反射率を測定し、その光学的特性の調査を行った。PLD 法により作製した **PCSTO** 薄膜の X 線回折結果から、ナノシート単層膜上に作製した **PCSTO** 薄膜からはシャープな (004) 反射ピークのみが観測され c 軸方向に配向していることが分かった。一方で、ナノシート単層膜なしで作製した **PCSTO** 薄膜からはいくつかの反射ピークが観測され多結晶性であることが確認された。ナノシート単層膜上に作製した高配向 **PCSTO** 薄膜はその高い結晶性から優れた赤色蛍光を示すことが分かった。さらに、透過率測定の結果、可視光領域で80%以上の透明性を有していることが分かった。さらに光学的バンドギャップを求めたところ、**as-grown** 薄膜で3.85eV、1000°Cで熱処理を施した薄膜で3.72eVを得た。熱処理を行うことによってバルクのバンドギャップ値に近づくことが分かった。その他の青色、緑色蛍光体薄膜についても、同様に顕著な蛍光特性が得られ、透明性に優れていることが分かった。これによって、RGB3原色のペロブスカイト型酸化物蛍光体の低コスト・ラージスケール化基盤技術構築に成功した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 透明性、ペロブスカイト型酸化物、蛍光、発光体

〔研究題目〕 多層構造高分子系有機 EL デバイスの開発

〔研究代表者〕 水谷 亘（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 水谷 亘、鈴木 堅吉
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究の目標は、低分子系と同様の多層構造高分子系有機 EL デバイスとその高速生産を可能にする技術の開発である。有機 EL には低分子系と高分子系の2種類があり、低分子系は機能分化した薄膜の多層構造、高分子系は原理的に1分子に EL 機能を持たせた1層構造がデバイ

スの基本構成である。電荷の注入、輸送、チャージバランスと言った EL 動作の制御に多層構造の有効性が実証され、現状低分子系が主流となっている。ところが低分子系は、生産性、信頼性、可撓性に関して蒸着膜固有の原理的限界がある。一方、高分子系は、このような原理的な問題はないが、塗布成膜により多層構造化が難しく性能がでない。こういった情勢で、有機 EL はディスプレイ、照明分野への参入の足踏み状態である。

そこで、高分子有機 EL の多層化と高生産性を同時に解決する方法として、プラスチックフィルム技術に着目した。技術の新規性は、第一に、従来の溶液の塗布から融液からの成膜、第二に、最少でも10μm 程度の現行プラスチック成膜技術を数10nm にまで展開すること、の二点である。第一の点に関して、融液からの膜を素子化して点灯することを実証した。第二の原理はカレンダー方式であり、nm 膜厚の実現性を高める手法として細長い素子を作製する「一次元基板」の概念を加えた。これらを実証するための装置及び技術を2年計画で開発、初年度（2010年度）はテープ状に高分子を薄膜化する装置を設計、試作した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 有機 EL、高分子薄膜

【研究題目】 高分解能 X 線顕微鏡を簡便に実現する世界初電子顕微鏡用 X 線試料ホルダの実用化研究

【研究代表者】 小椋 俊彦

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 小椋 俊彦、高橋 通 (常勤職員2名)

【研究内容】

目標：

本研究は、走査電子顕微鏡内に設置し、生きた生物サンプルを軟 X 線によりダメージ無く簡便に観察する装置とそのサンプルホルダの開発に関するものである。走査した電子線をサンプルホルダ上部に入射する事で軟 X 線が様々な方向に放射される。この放射された軟 X 線は、生物サンプルを透過した後に、下側に設置された X 線検出器により検出される。そのため、本研究では X 線検出ユニットと3次元構造解析システム、さらに使い捨てサンプルホルダの開発を行う。

研究計画：

平成22年度は、電子線を入射することで高効率に軟 X 線を放射する薄膜の開発を行う。そのためには、多種類の金属薄膜を形成可能なスパッタ装置を用いて実際に薄膜を形成し、放射薄膜の高効率化を進める。さらに、電子線の入射部位からの軟 X 線を検出するため、高感度の X 線検出器と低ノイズの増幅回路を一体化した検出ユニットを開発する。この検出ユニットには、いくつかのモデルを想定しており、センサー一個からなる基本画像検出ユニットと複数のセンサーからなる3次元

構造解析ユニットをそれぞれ開発する。

年度進捗状況：

高効率の X 線放射薄膜の開発では、従来のチタン薄膜よりも3倍以上の高効率化を達成した。現在も引き続き開発を継続しており、目標である10倍の効率化を目指して多層薄膜化の開発を進めている。さらに、この高効率薄膜を用いて、熱電子銃タイプの走査電顕により大気圧下の非染色生物サンプルを4万倍の倍率で観察することに成功した。今後は、ウイルスやタンパク質複合体の観察を行う予定である。本軟 X 線顕微鏡における高機能システムとして、複数の検出素子による3次元構造解析システムの開発を行った。X 線の検出素子として7個の検出器を用いて、ここから3次元構造を再構成するシステムの開発を進めた。各検出器からの画像から3次元構造を再構成する新たな高精度アルゴリズムを開発し、生物サンプルの軟 X 線による3次元構造の解析を可能とした。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 軟 X 線、生物サンプル、画像情報処理、3次元構造解析

【研究題目】 大量型高せん断成形加工装置の開発およびナノコンポジット材料の商品開発

【研究代表者】 清水 博 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 清水 博、Li Yongjin、趙 麗萍、Tanmoy Rath、塚田 英幸 (常勤職員1名、他4名)

【研究内容】

目標：

大量型高せん断成形加工装置の開発およびナノコンポジット材料の商品開発を目標とする。

研究計画：

- 1) 大量型高せん断成形加工装置の共同開発
 - すでに全自動小型の装置を開発しているが、処理量を10~100倍にするための装置最適化を行い、大量型装置を開発する。
- 2) 既研究開発済みナノコンポジット材料の商品化に向けての開発
 - 以下4系統の材料の商品開発を進める。
 - ① 透明樹脂ブレンドによる光学材料の開発
 - ② 高導電性エラストマーの開発
 - ③ 高濃度 CNT 含有マスターバッチの開発
 - ④ エコマテリアルの開発：ポリ乳酸をブレンドしたエコマテリアルの開発

年度進捗状況：

- 1) 大量型高せん断成形加工装置の共同開発
 - 大幅なスケールアップを目指し、“連続式高せん断成形装置”の開発に着手し、プロトタイプとなる試作機の構想に目途が立ち、当該図面を作製した。
- 2) 既研究開発済みナノコンポジット材料の商品化に向

けての開発

- ① 透明ブレンド材料については、自動車メーカーから窓材として、電子機器メーカーからは透明パネル用としてサンプル提供を求められている。
- ② 表面コーティング手法を高せん断加工の後処理として付加することにより、エラストマー本来の性能を完璧に維持しながら、伸縮させても高い導電性を維持する材料の開発に成功した。
- ③ 当該材料については企業1社にサンプルを提供し、評価中である。一方、CNT/イオン液体/導電性高分子という三元系材料を作製し、白金に代替できる色素増感型太陽電池用対極材料の開発に成功した。
- ④ 高せん断成形加工法によりポリエチレンに植物由来のポリ乳酸をブレンドし、“植物化度”を向上させた力学性能に優れた材料の開発に成功した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 高せん断成形加工、ナノコンポジット、エコマテリアル

【研究題目】 時間周波数遠隔校正用端末装置の開発

【研究代表者】 今江 理人（計測標準研究部門）

【研究担当者】 今江 理人、藤井 靖久、鈴木 智也、宮本 祐介、吉田 春雄、川上 敏明（計測標準研究部門）、古川 博之（ベンチャー開発センター）（常勤職員2名、他6名）

【研究内容】

平成20年度までに NEDO 委託開発（計量器校正情報システム技術開発事業（e-trace プロジェクト））や外部予算で基礎開発・検証を行って来た GPS 衛星を仲介とした周波数遠隔校正技術をより発展させ事業化に向けた開発を行うことを目的とした課題である。

平成22年度は、当該課題を実現する上で、

- ① 遠隔校正用端末装置の性能評価
- ② ①を発展させた改良版の設計
- ③ フレキシブルな校正サービスに向けたサーバソフトの検討を実施した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 時間周波数標準、GPS、遠隔校正

【研究題目】 蓄電池研究拠点の整備

【研究代表者】 小林 弘典（ユビキタスエネルギー研究部門）

【研究担当者】 小林 弘典、鹿野 昌弘、栄部 比夏里、小池 伸二、辰巳 国昭（常勤職員5名）

【研究内容】

第3期中期計画において、関西センター（ユビキタスエネルギー研究部門）は革新的な電池材料開発を牽引すべきイノベーションハブとして位置づけられ、今後迅速

に成果を発信して行くことが期待されている。本研究では、当該部門が研究拠点としてより効率的に機能することを目指し、個々のプロジェクトでは整備されない共通的な研究環境（施設、装置）を構築することを目的とした。研究計画の実施内容としては、「①産業基盤研究棟への電源容量増設費」、「②ドライルームの設置」、「③設備移設」、の3つの項目に分けられる。「①産業基盤研究棟への電源容量増設費」に関しては、産業基盤研究棟の各実験室の電気容量の増強を図ることで容量不足を解消し、今年度計画していた施設・備品の導入に対応することができた。「②ドライルームの設置」に関しては、産業基盤研究棟に新規のドライルームを導入することで、種々の受託研究や企業との共同研究を円滑に推進することが可能となった。「③設備移設」に関しては、無機化学実験棟および電池実験棟に分散していた蓄電池研究には不可欠設備（SEM、FE-SEM、ESCA、電極製造コーター・排気浄化装置）について、産業基盤棟へ集約化をおこなうことで効率的に研究を遂行することが可能になった。以上のように、蓄電池研究拠点の整備に関して当初の目的を達成することができた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 蓄電池研究拠点、拠点整備、設備の集約化

【研究題目】 太陽電池研究拠点の整備

【研究代表者】 近藤 道雄（太陽光発電研究センター）

【研究担当者】 増田 淳、土井 卓也、高島 工、大谷 謙仁、橋本 徹、河合 信次、石井 徹之、柄澤 稔、内山 直美、佐藤 梨都子（常勤職員4名、他6名）

【研究内容】

太陽電池モジュールの40年以上にわたる屋外長期使用を可能にするために、劣化要因の解明による新しい部材・構造を有する長寿命モジュールの開発、モジュールの寿命を予測するための短期間での信頼性試験法の開発等、現在の20年想定でのモジュール寿命を2倍以上に高めることによって低コスト化とユーザー利益を確保し、低炭素社会実現のための太陽光発電の大量普及を加速させるための研究開発に資する施設・設備の整備を行った。具体的には、九州センター内に1.5m 程度の市販サイズに対応したモジュール試作・評価ラインを整備した。試作・評価ラインの主要設備は、結晶シリコン系太陽電池モジュール自動配線装置、薄膜系太陽電池モジュール自動配線装置、大型真空ラミネータ、電流－電圧特性評価装置（ソーラーシミュレータ）、大型環境試験装置である。

さらに、160kW まで拡張可能な太陽電池モジュールの長期屋外曝露設備を建設した。シャープ製単結晶シリコン太陽電池、京セラ製多結晶シリコン太陽電池、シャープ製多接合型薄膜シリコン太陽電池、三菱重工業製ア

モルファスシリコン太陽電池、ホンダソルテック製銅-インジウム-ガリウム-セレン化合物薄膜太陽電池の5種類のモジュールを設置し、系統連系運転を開始した。また、これらのモジュールに対して、10分毎に電流-電圧特性とモジュール裏面温度を測定するシステムを構築し、発電量データの取得を開始した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 太陽電池モジュール、信頼性試験、長期屋外曝露

【研究題目】 植物による有用物質生産高効率化のための非自然環境栽培システム

【研究代表者】 松村 健（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 松村 健、田坂 恭嗣、松尾 幸毅、安野 理恵、福澤 徳穂
（常勤職員5名）

【研究内容】

本研究では、高輝度 LED、および HEFL 管を備え、多種多様な作物種の栽培に対応可能な特定波長照射可能な照明機器を備えた高性能水耕栽培システムを開発する。この栽培システムは、従来の自然環境を模した人工環境構築の方向ではなく、特殊な光栽培環境を構築可能とし、本条件下で試験栽培を実施することにより、植物のバイオマス増加、2次代謝産物含量を飛躍的に増加する栽培方法の開発繋げていくものである。すなわち、新開発 LED 素子、HEFL 管を採用した、ほとんどの作物種の栽培にも対応可能な高性能水耕栽培システムの設計、開発する。このシステムを植物工場内に設置し、ワクチン生産遺伝子組換えレタスの増産、シソの機能性成分の飛躍的な含量増加を目的に、赤色波長のみ、青色波長のみなどの単波長条件から複数波長の組み合わせ、照度、日長周期変動、温度ショック、水耕養液組成改変、高濃度 CO₂等の植物生育に必要な複数要素を、順次検討し、目的物質増産栽培技術の開発を行うものである。

現在、これまでの LED 照明では不可能だった赤色波長660nm において1500PPF 以上照射可能な装置の開発に成功している

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 植物工場

【研究題目】 強相関エレクトロニクス連携拠点の形成

【研究代表者】 澤 彰仁（エレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 澤 彰仁、赤穂 博司、伊藤 利充、富岡 泰秀、井上 公、竹下 直、山田 浩之、甲野 藤真、佐藤 弘、長谷川 達生、山田 寿一、熊井 玲児、堀内 佐智雄、所 和彦、堤 潤也、秋永 広幸、島 久、石橋 章司、三宅 隆、橋本 保
（常勤職員20名、他13名）

【研究内容】

低炭素社会実現に向けたイノベーションが期待されるなか、不揮発抵抗変化・マルチフェロイック【省エネルギー】から熱電・光発電【創エネルギー】にわたる多彩な電子機能を発現する強相関電子材料を用いたデバイス開発が切望されており、産総研では、大学・独法連携の枠組みである『強相関電子科学技術フォーラム』を通じ、その実用化に向けた研究開発を推進している。本プロジェクトでは、産総研の連携ハブ機能をさらに強化するため、最先端計測解析技術を開発・拡充し、それらと微細加工施設を一体化させた大学・独法連携ハブの整備によって、強相関エレクトロニクスの共同研究開発の推進と、産業界への技術移転を促進するためのオープン・イノベーション拠点構築を目指す。

本年度は、次のような最先端計測解析技術の開発・拡充を行った。

- ・スピン偏極 SEM について、中性ビームによる試料表面清浄化法を開発し、サブマイクロサイズに微細加工されたスピントロニクス材料のスピン状態を直接観察できる技術を確立した。
- ・強相関電子材料の物性解明・材料設計に資するためのシミュレータのハードウェア・ソフトウェアを整備し、鉄系超伝導体・有機導体/強誘電体などを対象とした電子状態研究に活用した。
- また、理化学研究所、高エネルギー加速器研究機構、東京大学などの連携により、次のような研究成果が得られた。
- ・有機強誘電体の開発においては、簡素な分子系で、新たに多くの室温強誘電体を見出すことに成功するとともに、高い自発分極を得る上で、プロトン授受とパイ結合の切替の有効性を実証することに成功した。
- ・不揮発抵抗変化や光発電などの機能が発現する強相関酸化物 p-n 接合界面について、光吸収、電気容量特性、光電流特性等を系統的に調べた結果、強相関酸化物の界面においても通常の半導体と同様の空乏層が形成することを明らかにし、主な強相関酸化物について界面電子状態を設計するのに有用なバンド構造マップを作成した。
- ・無限層構造を有する銅酸化物高温超伝導体において、超高压印加により超伝導転移温度を上昇させることに成功した。電子ドーピング型としては初めての上昇であり、高温超伝導を最適化するのに有用な結晶格子の設計指針を得た。

その他、強相関電子科学技術フォーラムの活動として、8月9日～10日に理化学研究所、高エネルギー加速器研究機構、東京大学との合同研究討論会を産総研にて開催し、強相関エレクトロニクスに係わる研究テーマについて議論を深めた。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 強相関エレクトロニクス、大学・独法連携

〔研究題目〕 プリンテッド電子デバイス技術の開発

〔研究代表者〕 鎌田 俊英（光技術研究部門）

〔研究担当者〕 鎌田 俊英、牛島 洋史、阿澄 玲子、長谷川 達生（常勤職員4名）

〔研究内容〕

本研究課題では、ディスプレイ、照明、電池、タッチパネルをはじめとした大面積のシート電子デバイスを、高生産性、省エネルギー、省資源で製造するために、印刷などの液相プロセスを用いたプリンテッド電子デバイス製造技術基盤の開発を行う。高速高生産化技術、低温製造技術、高精度高精細製造技術ならびに、フィルム上デバイスの高性能化技術の開発を行い、フレキシブルシートデバイスの開拓を行う。当該課題に対して新規に開始される NEDO プロジェクトで、中心的役割を果たす事で、技術の社会浸透化及びそれによるグリーンイノベーションの推進を図ることを目指す。最終的に、印刷デバイス製造技術で、120℃以下の加工温度で、移動度10 cm²/ms 以上を示す印刷形成半導体素子およびそれを用いたシート状集積回路開発を目指す。平成22年度においては、フィルム上への低温高機能電子デバイスの製造技術の確立と、その製造プロセスの高速化技術の開発を目指し、以下の各項目について検討を行った。(1) 電子素子回路用パターンの大面積高精度高精細印刷形成技術の研究開発、(2) 印刷電子材料パターンの低温焼成技術の研究開発、(3) 印刷形成半導体素子の高移動度化技術の開発、(4) 上記印刷電子素子を形成するのに適したインク材料技術の開発にそれぞれ取り組んだ。さらに、上記技術を適用してシート集積回路を開発するため、(5) フィルム上集積回路（共通バックプレーン）形成技術の開発、(6) 機能性フロントプレーン素子の研究開発をそれぞれ行った。特に、上記技術開発の集中的な実施のため、平成23年度開始予定の NEDO プロジェクト集中研獲得と、新センター設立を目指した、知財早期確立および集中研施設整備を行った。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 印刷エレクトロニクス、フレキシブルデバイス、インク材料、低温焼成技術

〔研究題目〕 計算シミュレーション・スーパークラウドプラットフォーム省エネ改修

〔研究代表者〕 浅井 美博（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 浅井 美博（ナノシステム研究部門）、関口 智嗣（情報技術研究部門）、浅井 潔（生命情報工学研究センター）、香山 正憲（ユビキタスエネルギー研究部門）（常勤職員4名）

〔研究内容〕

産総研の基幹計算資源である産総研スーパークラウドについて、電力消費を抑制すると同時に高性能化を図り、平成21年度まで運用していた前システム（産総研スーパークラスター）の光熱費の4分の1程度で同等性能を有する計算シミュレーションプラットフォームを、前年度を含めて4年計画で構築する。産総研開発プログラムを産総研スーパークラウドに搭載する事により、世界最高水準の部材評価システムを創出する。このシステムにコンサルテーションなどの付加価値を加え、研究成果の新たな社会還元モデルを実現する。

① スーパークラウドサーバーの運用と CPU の増設

2010年度は2009年度導入したスーパークラウドサーバー（理論性能10.4Tflops、定格電力60kW）を運用した。実効値は35kW であり、旧システム（理論性能14.6Tflops、定格値800kW、実効値推定325kW）に対し、2,540,400kWh の電力削減を期待できる（年間連続運転として）。高性能化を図る為に、384CPU（理論性能14.745Tflops、定格値86kW、実行値46kW）を増設した。

② スーパークラウドサーバーによる新サービス提供のための環境整備

民間企業との計算シミュレーション分野での共同研究や FS 連携、企業参加型技術組合への参加などを通して、ソフトウェア・コンサルテーションなどの付加価値を付けたサービスを立ち上げ、順調に「新たな社会還元モデル」を始動している。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造分野

〔キーワード〕 計算シミュレーション、スーパークラウドプラットフォーム、省エネ改修

〔研究題目〕 その他緊急経費／高性能磁石における重希土類の省使用・代替技術の開発

〔研究代表者〕 小林 慶三

（サステナブルマテリアル研究部門）

〔研究担当者〕 小林 慶三、尾崎 公洋、西尾 敏幸、高木 健太、中山 博行、森下 翔、多井 豊、三木 健、赤井 智子（ユビキタスエネルギー研究部門）、高木 哲一（地圏資源環境研究部門）、田中 幹也、大木 達也（環境管理技術研究部門）、森本 慎一郎（イノベーション推進本部）（常勤職員13名）

〔研究内容〕

高性能磁石は低炭素社会を実現するための切り札となるものであり、我が国で見出された Nd-Fe-B 系磁石は最高性能を発現している。しかし、この磁石の高い保磁力に不可欠なジスプロシウムは偏在性の高い重希土元素であり、将来にわたる安定供給には問題がある。そこで、産総研の地質調査、リサイクル、代替材料・省使用化技術を担当する分野融合体制で高性能磁石の安定供給に向

けた技術開発に取り組んだ。

地圏資源環境研究部門では、南アフリカ共和国の蛍石鉱床に対して鉱物帯の精査を行い、希土類の鉱化作用のある鉱物帯について検討した。また、レーザーアブレーション法に超微粉碎技術を組み合わせた高精度の分析技術を確立し、重希土元素などの埋蔵量に対する正確な分析技術へ応用できる基盤技術を確立した。

環境管理技術研究部門では、使用済みハードディスクドライブから、脱磁せずに希土類磁石を打ち抜き回収する物理選別装置を開発するとともに、その後、Nd-Fe-B系合金粉末を95%以上の品位で回収する選択粉碎プロセスの開発に成功した。得られた粉末中のニッケルなどの不純物を除去する方法についても検討し、湿式法により希土類元素を溶解せず不純物のみを溶解除去できることを明らかにした。一方、物理選別プロセスで得られた粉末をサステナブルマテリアル研究部門では非平衡状態の粉末に微粉碎する技術を開発し、非平衡相を含む粉末に加工することに成功した。得られた粉末はパルス通電焼結を用いて種々の温度にて焼結し、磁気特性を評価した。また、磁石としての特性は低いものの焼結時に結晶を生成しながら焼結できた。焼結温度や粉碎時間に伴う構成相の変化を詳細に調べることができた。また、再焼結した磁石に含まれる不純物を高精度に分析できる技術をユビキタスエネルギー研究部門にて開発し、含有される元素を高精度に分析することができた。本プロセスでは溶解を伴っていないため耐火物などの混入はなく、粉末処理時の酸素や窒素の影響が大きいことがわかった。超微細粉碎の時のエネルギー投入量、粉碎雰囲気や処理時間の制御によってこれらの混入量を低減しながら低コストでの磁石再生化技術の開発をさらに進める必要がある。安価な磁石であるフェライト系磁石の高性能化を狙い、ナノサイズでの複合化技術についても検討を行った。湿式プロセスを用いながら、異なる特性を有するフェライト系磁性粉末をナノサイズの結晶粒で合成することに成功した。磁性については、まだ従来磁石を超える性能は出ていないが、プロセス技術の最適化によりさらなる高性能化が図られるものと期待される。また、高性能磁石粉末の異方性化にも取り組み、異方性ボンド磁石を作製できた。今後この技術を焼結磁石に展開することによって、異方性の焼結磁石が期待できる。

高性能磁石にとって不可欠な資源であるジスプロシウム需給予測について、資源埋蔵量の予測、リサイクル技術の実用化、代替技術の実用化などの因子を考慮しながら産総研独自のシミュレーションを行った。省エネルギー機器の普及に伴い、ジスプロシウムの需給バランスは2015年以降悪化し、対策技術を早期に実用化する必要があることがわかった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 レア金属、磁石、資源探査、リサイクル、代替材料、省使用化、ジスプロシウム、ネオジウム

ム、ネオジウム

【研究題目】 グラフェン透明導電膜の高速・低温度産技術の基盤整備

【研究代表者】 長谷川 雅考
(ナノチューブ応用研究センター)

【研究担当者】 長谷川 雅考、石原 正統、山田 貴壽、金 載浩、津川 和夫、川木 俊輔、古賀 義紀(常勤職員4名、他3名)

【研究内容】

マイクロ波プラズマ CVD によるグラフェン量産化の基礎技術を確立した。さらに結晶品質の向上に取り組み、非晶質成分の少ない5層以下のグラフェン膜形成技術を確立した。グラフェンを用いた静電容量型タッチパネルの試作に成功、ITO を代替する透明導電膜としての可能性を示した。この成果に基づきロール幅600mm (A1幅) のロール TO ロールグラフェン CVD 成膜装置を設計・開発し、高速・量産技術の基盤整備を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 グラフェン、マイクロ波プラズマ CVD、透明導電膜、ロール TO ロール成膜

【研究題目】 先端計測微細加工プロセス機器の整備
(ナノネットによる施設公開)

【研究代表者】 大久保 雅隆
(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 浮辺 雅宏、井藤 浩、加藤 隆二、古部 昭宏、鈴木 良一、大嶋 永康、林 繁信、千葉 かおり、鈴木 宏治(常勤職員7名、他2名)

【研究内容】

ナノネットとして、超伝導検出器関連の装置(超伝導検出器搭載イオン価数弁別質量分析装置他、質量分析装置3台とジョセフソン接合作製装置群)、陽電子欠陥測定装置、表面プローブ顕微鏡、可視近赤外蛍光寿命装置、近赤外過渡吸収分光装置、固体 NMR 装置、レーザ・コンプトン散乱(LCS)ガンマ線装置をナノネットにて公開のため維持管理した。H22年度の報告書件数は計35件であった。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 機器公開、超伝導、陽電子、NMR、過渡吸収、フェムト秒レーザー、ナノ秒レーザー、放射光、 γ 線、原子間力顕微鏡、NMR

【研究題目】 超音波パルス反射法及び圧力計測法の併用による人工血管材料及び再生血管足場材料の弾性率測定方法の標準化

【研究代表者】 本間 一弘(ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 本間 一弘、新田 尚隆
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

血管材料については、必要な特性の計測方法が複数あるにもかかわらず、非破壊的な力学特性の計測及び表現方法が確立されていないため、臨床における移植妥当性の評価を難しくしている。本研究では、移植前における人工及び再生血管足場材料の生体適合性や構造的完全性の評価を目的として、生体内評価との一貫性を確保し易い超音波パルス反射法と、かつ圧力計測を併用し、人工血管材料及び再生血管足場材料に特化した弾性率測定方法の確立及び標準化に向けた基盤研究を実施した。該血管材料の力学試験方法としては、非破壊的な力学測定法として確立している超音波エラストグラフィ法の考え方にに基づき、超音波パルス反射法及び圧力計測法と加圧機構を用いて、人工的に血管材料を加圧及び減圧したときの圧力-歪み曲線を取得することにより、血管材料を切り開くことなく円筒状のまま弾性率を測定する方式を採用した。

平成22年度は、人工血管及び再生血管に関連する国内審議団体の意見を踏まえて上記方式の適用対象を再生血管足場材料に絞り込み、ISO/TC150/SC7での提案を目指す方針とした。医学系研究機関と共同で動物実験を行って、再生血管足場材料に対する本試験方法の有用性を示すバックデータを追加・蓄積した。移植後2年間における再生血管弾性率の経時変化データ群を統計解析し、再生血管材料の弾性率が徐々に正常血管の弾性率に近付いて安定する様子を再現性良く捉えられることを確認した。またこの検討結果に基づき、規格素案の修正を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 血管材料、弾性率、超音波

【研究題目】 基準太陽電池の標準化

【研究代表者】 猪狩 真一 (太陽光発電研究センター)

【研究担当者】 猪狩 真一 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、既存の規格で規定が不十分な基準太陽電池用デバイス並びにパッケージ構造に対する要求性能の標準化と、IEC規格と体系を整合させたJIS原案の作成に係わる。

既に、平成21年度に、平成22年9月までに発行された基準太陽電池に関する全てのJIS及びTSを統合し、国際規格IEC60904-2 Ed. 2.0と体系を整合化させたIEC MOD JIS原案をJISCに提案した。このJISはJIS C 8904-2として、平成23年1月20日付で公示された。

また、JISとIEC規格の体系整合化作業の内、JISの無い「基準太陽電池の校正のトレーサビリティの確立手順」について、平成20年12月に発行されたIEC 60904-4: Procedures for establishing the traceability

of the calibration of reference solar devices のMOD JIS原案を完成し、平成23年2月に原案審議委員会に提出・審議した。平成23年度中にJISCに提案する。

さらに、標準的な基準太陽電池の具備すべき条件とその性能を規定するための研究(基準太陽電池用セル性能及び基準太陽電池のパッケージ構造に関する標準を含む)を行った。

【分野名】 環境エネルギー、標準・計測

【キーワード】 基準太陽電池、トレーサビリティ、JISとIEC規格の体系整合

【研究題目】 公共空間に設置する移動支援用音案内の標準化

【研究代表者】 関 喜一、佐藤 洋 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 関 喜一、佐藤 洋、倉片 憲治、
古屋 敦子、吉田 知美、松下 一馬
(製品評価技術基盤機構)
(常勤職員3名、他3名)

【研究内容】

公共空間に設置する移動支援用音案内については、例えばバリアフリー新法に基づくガイドラインが作成されていることから分かるように、必要性が極めて高い。しかし、現在はまだ聴覚の空間特性やメカニズムを十分考慮した音案内の標準が存在しない。そのために現在の音案内には様々な問題が発生している。また、音案内装置の普及に伴い、今後、国際的な規格化が求められる可能性もある。そこで、聴覚の空間特性やメカニズムを十分考慮した効果的な移動支援用音案内の標準を作成する。

本研究では、以下の研究課題を実施する。(1)人間の音源定位能力特性のデータベース構築。(2)移動支援性能の高い案内用音響信号の開発と被験者を用いた評価実験。(3)移動支援性能の高い音響機器の開発と被験者を用いた評価実験。(4)音響信号の移動支援性能評価法の開発。

平成22年度は、平成20-21年度に引き続き、音案内に関する音源定位特性を調べる実験を継続して実施した。また音案内に関する国内の関係者を一同に集めた音サインWGを継続して開催した(計4回)。また、バリアフリー関連法の動向、および音案内の利用状況についても情報を収集した。そして、今までの実験、調査、および議論の成果を基に、公共空間における移動用音案内に関するJIS素案を作成した。JIS素案では、今まで曖昧にされて来た音案内に関する諸定義を明確化し、また実験などから得られた音案内に必要な周波数構造(広い帯域に渡って高調波成分を持つことなど)および時間構造(急峻な立ち上がりを持つことなど)の要求推奨事項などを記述した。また、音案内の国際標準化をめざし、ISOへの提案の準備をした。

【分野名】 ライフサイエンス

〔キーワード〕 公共空間、音案内、音源定位、視覚障害、
バリアフリー、アクセシブルデザイン

〔研究題目〕 気中ナノ粒子測定方法の標準化

〔研究代表者〕 榎原 研正（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 榎原 研正、櫻井 博、高畑 圭二
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

気中粒子数濃度の一次標準であるエアロゾル電流計を基準に、 $10^3 \sim 10^4$ 個/cm³の高濃度領域の数点で得た凝縮粒子計数器（CPC）の計数効率データと、 $10^0 \sim 10^3$ 個/cm³の低濃度領域における計数効率の濃度依存性が同時通過損失と偽計数で決定されるとの理論モデルにもとづいて低濃度領域での計数効率を推定する方法を検討した。また微分型電気移動度分析におけるモーメント法を粒径約100 nm の Polystyrene Latex 標準粒子2種類に適用し、それらの粒径分布幅の違いを明らかにした。さらに、ISO/TC24において、エアロゾル電流計を用いたCPCの校正・試験方法の規格の作成作業を継続した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 エアロゾル、粒子、粒径分布、個数濃度、
電気移動度分析器、凝縮粒子計数器、標準粒子

〔研究題目〕 再生医療材料の in vitro 吸収性評価法国際標準形成に関する研究

〔研究代表者〕 伊藤 敦夫（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 伊藤 敦夫、十河 友、廣瀬 志弘
（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

再生医療材料については、標準的な評価法や標準物質がほとんどない。そこで、再生医療材料の溶解性を比較し、生体組織内での材料吸収特性を予想できる標準的 in vitro 吸収性評価手法を構築するための基盤研究、およびその標準化活動を実施する。また、当該評価法の ISO 提案先候補のひとつでもあり、日本が幹事国である ISOTC150/SC7/WG3 のコンビナー業務を遂行する。

JIS 原案素案「生体活性バイオセラミックスー第3部：溶解速度試験方法」は規格調整分科会第11グループ（医療用具及び放射線関係）において審議され、その後本文と解説の追加的な修正を行ってきた。2010年11月に経済産業省に提出された。

本評価法の妥当性を細胞実験や動物実験との比較で再度検証したところ、材料の生物学的影響因子が一定とみなせる同種化学種間の比較では、初期溶解速度の相対値は、動物実験で計測された相対吸収量を反映すると再確認できた。

臨床応用されている顆粒製品を本試験法に供して実験を実施したところ、問題無く溶解速度を測定できること

が確認された。

一方、国際募集していた VAMAS TWA30 Project 5 のラウンドロビント参加機関として、今年度以下の3機関が名乗りを挙げた：(1) National Institute of Metrology, Standardization and Industrial Quality (INMETRO) in Brazil、(2) Queen's University Belfast, UK (prof. Fraser J Buchanan)、(3) RMS Foundation, Switzerland (Dr. Marc Bohner)。そこで将来の国際標準案の叩き台としての位置づけとして、当該 JIS を基礎にした英文プロトコルを完成し、国際ラウンドロビント参加機関である INMETRO に送付した。なお Queen's University Belfast, UK は「pH4.01 一般的な間歇的測定法」で参加、RMS Foundation はコンスタントコンポジション法で参加する予定である。また、ラウンドロビント試験片として、気孔率とサイズを規格内に揃えた3種類135本の試験片を作製した。現状の国際ラウンドロビントの枠組み及び ISO フランス案との調整を考えると、将来の国際標準案は、「不飽和度1~0.9の範囲での初期溶解速度測定」という共通コンセプトによるアンブレラドキュメントを本文とし、Annex (informative) に JIS 法、UK 案、フランス案がはいるかたちになると想定される。

さらに、ISO TC150/SC7/WG3のコンビナー業務の一環として、WG3を運営すると共に、“Tissue-engineered medical products — Test method of in vivo bone formation in porous materials implanted in subcutaneous site”を試験法規格案に全面的に改訂し、次回投票の準備を進めた。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 再生医療材料、吸収性、標準化

〔研究題目〕 赤外線サーモグラフィを用いた整形外科デバイスの力学的適合性試験方法

〔研究代表者〕 兵藤 行志（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 兵藤 行志、野中 勝信
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

整形外科デバイスは、骨格機能を改善する上で不可欠である。しかしながら、長期間生体内で装着が可能なデバイスを、骨側の応力を実験的に計測することによって、設計段階で評価・選別するための試験方法は確立していない。この研究では、既存の関連規格とは相互補完的な試験方法となる、“整形外科デバイス・模擬骨複合体の応力計測による力学的適合性試験方法”などの標準化を行う。このことにより、供給側にとっては製品評価期間の短縮・リスクの低減、使用側（医療・患者）にとっては、高いQOLの維持につながることを目指す。

平成22年度は、赤外線サーモグラフィ試験方法の国際規格化及び整形外科デバイスへの適用に関する有効性を

実証した。まず、整形外科デバイスを含む広い非破壊試験分野の赤外線サーモグラフィ試験に関し、試験方法通則に関する ISO 提案を日本非破壊検査協会との連携のもとで進めた。ISO TC135/SC8会議（2010年6月）において、NDIS 3427:2009に関して説明を行い、Non-destructive testing - Infrared thermographic testing - General principles を日本提案として幹事国（韓国）へ提出した。一方、整形外科デバイス評価方法への適用、特にステムの実験力学的評価に関する有効性を実証し、ISO TC150と関連する ASTM F04会議（2010年11月）において発表と討議を行った。今後 ISO TC150/SC4においても検討を進める予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 整形外科デバイス、人工関節、力学的適合性評価、熱弾性応力測定法、赤外線サーモグラフィ試験、NDIS

【研究題目】 整形インプラントの力学試験方法の国内及び国際標準化

【研究代表者】 岡崎 義光（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 岡崎 義光、有田 千成子
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

医療機器産業の活性化及び医療機器審査の迅速化・効率化の観点から、整形インプラント製品の表面処理部の力学的試験方法の標準化を行うことが必要不可欠となる。製品開発動向としては、生体内で長期間安定して骨と固定するような表面処理技術が求められている。そのため、各社製品開発が積極的に行われているが、試験方法が不十分なため、性能が立証しにくい現状があり、動物埋植試験を中心に生物学的な固定に関する試験方法を確立する。具体的には、動物種類、埋植部位、試験片形状、試験条件、埋植期間などを中心に、従来まで整形インプラントに関する数多くの耐久性試験方法を取りまとめた経験を活用してとりまとめる。インプラント製品の長期の力学的性能を試験する方法が標準化されることにより、患者の QOL の向上、信頼性が著しく向上する。特に、試験方法に関しては、長期間の安定した試験環境および試験経験が必要となり、企業単独では困難であり、産総研が中心となり試験を行い、とりまとめることが期待されている。

平成22年度の成果としては、整形インプラント製品の表面処理部の力学的試験方法の提案を行うため、動物種類、埋植部位、試験片形状、試験条件、埋植期間などをうさぎ大腿骨で実施した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 整形インプラント、人工関節、生物学的固定性の評価

【研究題目】 産業応用における CT（コンピュータ・トモグラフィ）装置評価法の標準化に関する研究

【研究代表者】 大澤 尊光（計測標準研究部門）

【研究担当者】 大澤 尊光、藤本 弘之、佐藤 理、高辻 利之（計測標準研究部門）、三澤 雅樹（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、豊川 弘之（計測フロンティア研究部門）（常勤職員6名）

【研究内容】

これまで、X線 CT 技術は、主に医療分野で人体の画像診断をする目的で使われてきた。近年、自動車をはじめとして産業分野で様々な用途に X線 CT 装置等が導入され、利用されるようになってきている。X線 CT 装置を使用することにより、対象物の内部の様子を観察することができるだけでなく、その三次元形測定することも可能である。このような流れの中で、CT 装置の測定精度を共通の評価手法により定量的に表現できることが求められてきている。本研究では、CT 装置における用語の JIS 化を進めるとともに適切な標準試料（ファントム、評価用ゲージ）を作製し、X線 CT 装置に必要な品質や精度を示す数値的な指標を設定するための研究開発を実施する。H22年度は、X線 CT 装置の用語に関する JIS 化に向けた WG を設置、用語の選定を実施し、JIS 原案のたたき台となる資料を作成した。また、X線 CT 装置評価法に関する各種ファントムによる評価を実施し、その有効性の確認を実施した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 産業用 X線 CT 装置、三次元形状計測、評価法、工業規格化

【研究題目】 ロボット用位置・測位情報標準の研究（標準基盤研究）

【研究代表者】 神徳 徹雄（知能システム研究部門）

【研究担当者】 安藤 慶昭、中坊 嘉宏、野田 五十樹（サービス工学研究センター）、堀 俊夫（デジタルヒューマン工学研究センター）、Geoffrey BIGGS、（常勤職員5名、他1名）

【研究内容】

ロボット技術をソフトウェア的にモジュール化して再利用性を高め技術の蓄積を可能にする RT ミドルウェアのコンセプトを、広く普及させる強力な手段として標準化が求められている。

本研究では、ソフトウェア技術の国際標準団体である OMG（Object Management Group）において、モジュール化を推進するフレームワークとなるロボット用のコンポーネントモデルの OMG 国際標準案を策定することを目指す。既に OMG において、ロボット技術の標準化を議論するために日韓で共同議長を選出してロボット

技術部会 (Robotics-DTF) を設立して議論を進めているところである。

平成22年度は、定期的に OMG の技術会議の議論に参加し、2010年2月に発行した、コンポーネント同士が連携して作業を実施するのに欠かせないロボット用の位置・測位情報モデル (RLS: Robotic Localization Service) の改訂作業部会 (RLS-RTF) を設置し、実装作業を通して得られた経験に基づき仕様の改善を進めた。

次の標準化課題としてシステム開発ツールに欠かせないソフトウェアコンポーネントの動的配置・再構成モデル (DDC4RTC: Dynamic Deployment and Configuration for RTC) や、人間とロボットとの間のインタフェースの枠組み (RoIS: Robot Interaction Service Framework) の標準公募 (RFP) を2010年6月に発行し、12月のサンタクララ技術会議にて1次提案のプレゼンテーションが行われ、合意形成の議論が始まった。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 国際標準化、RT ミドルウェア、OMG、コンポーネントモデル、位置・測位情報

【研究題目】 高齢者・ロービジョン者のための適正照度の標準化：歩行環境

【研究代表者】 伊藤 納奈 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 伊藤 納奈、大山 潤爾、佐川 賢 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

本研究では、全国で100万人またはそれ以上とも言われるロービジョン者の視覚特性のうち、歩行空間の照度の歩行への影響について計測し、そのデータベースを作成するとともに、ロービジョン者に適した歩行環境の照度について、JIS TR 及び JIS TS として提案することを目的とする。

ロービジョンは疾患や眼症状により明るさの感じ方は様々であるが、日常生活において明るすぎる (眩しい) または暗すぎる等で困難を感じる人は多い。本研究では、様々な疾患・症状のあるロービジョンを対象とし、照度の違いによる空間視認性の変化及び歩行の変化を計測し、視覚情報を得ながら安全に歩くための明るさについて検討を行う。

今年度は、3年計画の1年目にあたり、装置の移設及び改修等、実験環境整備を行った。次年度は実験を行う予定である。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ロービジョン、歩行、照度、視認性

【研究題目】 溶存酸素測定に基づく光触媒及び応用材料の環境浄化性能評価 (イノベーション推進)

【研究代表者】 竹内 浩士 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】 竹内 浩士、平川 力、佐野 泰三、根岸 信彰、西本 千郁 (常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

光触媒反応の本質が有害物質を光と酸素で二酸化炭素に分解する一種の燃焼であることに着目して、酸素の消費量から光触媒の能力を評価する手法 (光触媒燃焼法) の開発を行っている。平成22年度には、1) 評価用自作プロトタイプ装置を用いて本手法の基本的知見を得る、2) 光量・酸素消費量・TOC の試験を行う (評価用セルを用いて: 3) 参照)、3) 薄膜・フィルター状光触媒用セルの設計・試作を行う、4) 粉末状光触媒用セルの設計・試作を行うこと、を目標とした。1) および2) では、光触媒の性能試験の前処理容器を試作すると共に、バッチ系である自作装置から前処理が十分であるか否かについて手法から評価できることを明らかにした。また、モデル化合物として新たにメチレンブルーを用いた場合の光触媒的酸素要求量 (POC) / 全有機炭素量 (TOC) 比について明らかにした。この POC/TOC 比は光触媒がモデル化合物を CO_2 に分解するのに必要とした酸素の量を示しており、溶存酸素濃度からモデル化合物の残留炭素量を見積もることが可能になる。すなわち、モデル化合物の分解を評価することが可能になることを示している。3) では評価対象である薄膜状・フィルター状光触媒および光触媒材料の評価試験用の液体流通型反応容器を試作し、本試験に必要とされる密閉性が保たれていることを確認し、バッチ系である自作の試作機で得られた結果と同様の結果を得ることができるとも確認した。4) については流通系ではないバッチ系で、粉末、薄膜、フィルターの評価が可能な反応容器について検討した。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 光触媒・溶存酸素・環境浄化・光触媒的酸素要求・光触媒燃焼法

【研究題目】 標準基盤研究「ナノ材料の用語・計測手法に関する国際標準化」

【研究代表者】 阿部 修治 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 小野 晃、一村 信吾、阿部 修治、藤本 俊幸 (常勤職員4名)

【研究内容】

国際標準化機構 (ISO) のナノテクノロジーに関する専門委員会 TC 229に日本が提案する規格原案作成及び標準化活動において、用語と計測手法の観点から検討を行う。用語・命名法の作業グループ (JWG1) では、中核となる用語や枠組みについて議論が行われており、日本から提案した炭素ナノ物体の用語に関する技術仕様書 (TS) の開発を進め、本年度に発行を達成した。さらに、これに対応する日本語規格を作成するため、ナノテクノロジービジネス推進協議会と共同で原案作成団体となり、作業原案を準備し、原案作成委員会を開催した。計量・

計測を担当する作業グループ（JWG2）では、日本がコンビナーであることを最大限に活用し、日本が技術的に優位でありかつ標準化の需要が高いナノ炭素材料を対象とした規格作成に焦点を絞って活動してきた。日本から提案した3件の TS および1件の技術報告書（TR）について、各国からの意見に対して計量学的観点から提案を補強し、日本の意見を反映させていく。本年度はこのうち、単層カーボンナノチューブに関する2件の TS の発行を達成し、多層カーボンナノチューブに関する TR は投票後のコメントに対応するため各国との対話の下、原案を全面的に改訂し再投票に付した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造・標準・計測

【キーワード】 ナノ材料、用語、計測手法、標準化

【研究題目】 標準基盤研究／せん断セル法による圧密粉体の付着・流動性の標準化

【研究代表者】 高尾 泰正

（サステナブルマテリアル研究部門）

【研究担当者】 高尾 泰正（常勤職員1名）

【研究内容】

セラミックス粉体層の測定技術と評価装置について研究・開発と、その標準化を行った。付着性・流動性などセラミックス粉体層せん断特性の新規な検出法の開発と製品化、JIS など標準化を目指し、研究開発を実施した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造・標準・計測

【キーワード】 せん断力、付着性、流動性、粉体層、規格標準

【研究題目】 ISO/IEC Guide 71に基づく人間工学技術資料に関する国際標準化

【研究代表者】 倉片 憲治（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 倉片 憲治、関 喜一、伊藤 納奈、佐藤 洋、横井 孝志、佐川 賢

（常勤職員5名、他1名）

【研究内容】

国際規格の作成にあたり、高齢者・障害者のニーズに配慮することの必要性を謳った ISO/IEC Guide 71が、日本提案により2001年に制定された。しかし、Guide 71はあくまで高齢者・障害者配慮の理念を提示したものであり、個別の製品規格等においてその理念を実現するための具体的な技術的指針に欠けていた。そこで、ISO/TC 159（人間工学）は2003年、本研究担当らを含む日本からの提案を受けて、高齢者・障害者対応の国際規格作成において Guide 71と補完的に用いられる人間工学技術資料集 ISO/TR 22411の作成を決議した。2008年に制定された TR 22411は、高齢者・障害者対応のア

クセシブルデザイン技術の開発・普及に直接寄与するものとして、国内外で大きな関心と呼ぶこととなった。その結果、早くも同 TR 制定直後に第2版作成が同 TC にて決議され、原案作成が開始された。

本研究では、(1) 現行の ISO/TR 22411にて十分に記載されていない項目を対象に、高齢者・障害者の感覚及び身体特性の測定を行う。これらの実験室測定に加え、(2) データの比較及び補完のために、国内外の文献データの収集を併せて実施する。最終的に、(3) これら作業の結果に基づいて同 TR 第2版の原案を作成し、早期の制定を目指す。

平成22年度は、上記3項目を並行して実施した。国際 WG 会議にてこれらの検討結果を審議した結果、同 TR の新たな構成及び追加すべきデータ項目が明確となった。これにより、平成23年度中に第2版原案をほぼ確定できる見込みとなった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 高齢者、障害者、ISO/IEC Guide 71、人間特性データ、アクセシブルデザイン

【研究題目】 標準リークの比較校正方法の標準化

【研究代表者】 新井 健太（計測標準研究部門）

【研究担当者】 吉田 肇、秋道 齊、平田 正統
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

自動車燃料タンクの漏れを防ぐため、半導体製造装置に代表される真空装置の真空を守り維持するため、あるいは原子力発電の熱交換器外部への放射性物質の漏れを防ぐためには、リーク（漏れ）を発見して、対処しなければならない。そのため、リーク試験は私たちの安全・安心を守り、かつ日本製品の品質を維持・向上するための重要な非破壊検査の一つである。リーク検出のトレーサガスとしてヘリウムガスを使う質量分析型ヘリウムリークディテクターは、研究開発分野から生産ラインに至るまで広く普及している。ディテクターには、ヘリウム標準リークを搭載し、この微量流量を基準にしてリーク量を定量化しているため、正確な測定には国家標準にトレーサビリティのとれた標準リークの校正が必要である。産総研では、標準リークの依頼試験による校正サービスを行っている（リーク標準）。しかし、事業者・ユーザーレベルでの標準リークを基準とした別の標準リークの比較校正方法が統一されておらず、リーク量のトレーサビリティがうまくとれていない。そのため、比較校正方法の標準化が必須である。標準リークの比較校正方法の先行規格である EN 13192:2001や ASTM E908-98、AVS の推奨方法（1992）があるが、国際的な規格ではない。本研究では、まず、校正方法、校正環境や校正値とその不確かさの算出方法、などの情報を調査する。また、比較校正の基準となる標準リーク自体の流量の安定性や再現性、比較校正の伸介器となるヘリウムリ

ークディテクターの指示値再現性や零点安定性、温度依存性などの評価を行い、標準リークを比較校正する手順を明確化する。最終成果として、標準リークの比較校正方法を JIS として発行する。可能であれば、ISO 規格として提案する。

今年度は、欧州規格の先行規格等の文献調査を行った。また、ヘリウムリークディテクターを製造・販売している日本メーカー3社を訪問し、標準リークの校正方法などについて情報収集した。標準リークの校正方法に関しては、基本的な校正値の算出方法は同じだが、真空引きの時間など手順に各社間の差異があることがわかった。この差異が標準リークの校正不確かさに与える影響を実験的に調べる必要があるとあり、そのための標準リークの試験および比較校正システムの設計、試作を行った。これと平行して、標準リーク自身や、ヘリウムリークディテクターの特性を評価した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 標準リーク、比較校正方法、ヘリウムリークディテクター

〔研究題目〕 工場排水中のクロム(Ⅲ)とクロム(Ⅵ)の分別定量法

〔研究代表者〕 中里 哲也、田尾 博明
(環境管理技術研究部門)

〔研究担当者〕 中里 哲也、藤田 愛、田尾 博明
(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

水中のクロムは三価クロム[Cr(Ⅲ)]および六価クロム[Cr(Ⅵ)]の状態が存在するが、Cr(Ⅵ)の毒性は非常に高いため、環境基準や排水基準等では全クロムと六価クロム[Cr(Ⅵ)]に対して個別の基準が設定されている。また、Cr(Ⅵ)は排水だけでなく、土壌汚染、RoHSなどの化学物質管理規制に対応して分析件数が増加しており、産業界・地方公設機関等からも、効率の高い分析法が要求されている。しかし、既存分析法(JIS K0102)は吸光光度法、共沈分離法など、煩雑な操作・長時間を要するといった問題があり十分に対応しているとは言えない。本研究では感度、簡便性、自動化等に優れた液体クロマトグラフィー/誘導結合プラズマ質量分析法(LC-ICP-MS)に基づくCr(Ⅲ)およびCr(Ⅵ)の分別定量法を確立し、JIS原案を作成するものである。本年度は、各酸化数のクロムを分離できる試料前処理およびLC条件を検討した。また、分離したクロムを正確にかつ精度良く定量できるようにICP-MS条件を最適化した。その結果、LC-ICP-MSは純水試料条件においてCr(Ⅲ)およびCr(Ⅵ)の検出限界は $0.1\mu\text{g L}^{-1}$ を得て、高感度分析を達成した。また、分析操作の面についても、試料前処理は一段階操作で、また、分析時間は1時間以内と、JIS K0102法と比較して簡素化および迅速化を達成した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 クロム、定量、分別、形態、排水、JIS、標準化

〔研究題目〕 固体酸化物形燃料電池単セル・スタック性能試験法 JIS規格化研究

〔研究代表者〕 嘉藤 徹 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 嘉藤 徹、加藤 健、門馬 昭彦、
田中 洋平、佐藤 勝俊
(常勤職員5名)

〔研究内容〕

固体酸化物形燃料電池(SOFC)は各種燃料電池の中で最も高い発電効率が期待され、構造も簡素であるので、小型システムから商用電力システムを目指した研究開発まで幅広い研究開発が実施されている。しかしながら、セル性能は燃料利用率、温度等の運転パラメータあるいは、セルのアッセンブリーの仕方によって測定値が大きく異なるため開発の進展に従い、SOFCセルの標準的な試験方法が望まれている。本事業ではこのような問題に対し、共通性が比較的高く発電試験が容易になるような単セル・スタックの試験方法の標準化を実施することによりSOFCの開発を促進し、商用化を支援することを目的としこれまでに作成した単セル・スタック試験方法の国際標準原案に対し既存JISとの整合性を図るとともに、各種試験方法を実際に実施しその結果から原案内容を改善、さらに関連企業から試験方法について意見聴取するとともに、国際標準化の動向を踏まえながら固体酸化物形燃料電池単セル・スタック試験方法のJIS標準化を目指す。

研究開発初年度である22年度は市販されている平板SOFC単セル等を用い、有効燃料利用率依存性試験、内部インピーダンス試験等について昨年度作成した国際標準原案との適合性を確認した。また、SOFC製作者、セルを使用するシステム開発企業、中立者からなる「SOFC単セル・スタック性能試験方法日本工業規格原案作成委員会」を組織し、規格案の審議を行い、測定不確かさの扱いなどについてより実用的な内容に修正し固体酸化物形燃料電池単セル・スタック試験方法JIS素案を作成した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 固体酸化物形燃料電池、セル・スタック試験方法、JIS規格

〔研究題目〕 骨導超音波知覚に関する標準化(骨導音の等ラウドネス曲線の推定)

〔研究代表者〕 中川 誠司 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 中川 誠司、伊藤 一仁、大久保 裕子、
神原 文、藤幸 千賀
(常勤職員1名、他4名)

〔研究内容〕

補聴器開発において特に重要となる知覚特性として“物理的音圧と心理的な音の大きさ（ラウドネス）の関係”を示すラウドネス特性が挙げられる。骨導超音波知覚のラウドネスのダイナミックレンジは20dB程度と、可聴周波数と比較して極端に小さくなることなどが判っているが、十分な量・質のデータが収集されたとは言い難い。十数 kHz の甲高い音として知覚される骨導超音波の知覚判断は容易ではなく、信頼性の高い厳密な手続きのもとで、統制のとれた心理計測を行う必要がある。また、概して高周波の聴取においては年齢差、個人差が大きくなるため、より多くの被験者のデータが必要となると考えられる。さらに、骨導超音波研究には先行報告が極端に少なく、心理物理計測のプロトコルや使用する機器についても標準となるものは存在しない。本提案課題では、上記のような諸問題についての検討を加えたいうで、気導可聴音で推定されているような等ラウドネス曲線の策定に取り組む。

2010年度は心理物理計測のプロトコルや使用機器、さらには振動子出力の校正方法に関する検討に取り組んだ。その結果、実験機器や心理物理計測のプロトコルに関する指針を固めることができた。さらに、振動子出力の補正方法について、一定の方針を立てることができた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 補聴器、骨導超音波、ラウドネス特性、標準

【大項目名】 標準基盤研究

【研究題目】 イオン検出器の広域ダイナミックレンジにおける検出信号の較正手順の標準化

【研究代表者】 野中 秀彦

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 野中 秀彦、中永 泰介、鈴木 淳、

藤原 幸雄 (常勤職員4名)

【研究内容】

二次イオン質量分析法 (SIMS) などに利用されているイオン検出器は、単体のイオンを検出可能な高感度性を有するが、現在の先端産業における多様な材料の組成分析では、強い入力信号に対して飽和が生じるなど、広い測定レンジに対する正しい較正手法の確立が急務となっている。本課題では、検出信号の定量化に向けて、検出器の感度が極短時間だけ消失することを仮定した死時間モデルで代表される各種補正モデルを検証し、最適なモデルによる較正手法を開発し、その手順を規格化することを目的とする。そのため平成22年度は、数桁にわたって段階的に濃度を変えてヒ素を注入したシリコンウエハ試料、および補正モデルへの空間的要因の影響を検証するために不純物が急峻に変化するボロンデルタドープ層試料を作製し、SIMS 計測を実施した結果、規格提案に適用することを検討している中間拡張死時間モデルが、他の死時間モデルと比較して、より広い測定レンジにお

いて感度較正が可能なことを確認した。また、ISO/TC 201/SC 6 (平成22年10月) の北京会議および隣接した実用表面分析国際シンポジウム (PSA-10、韓国、慶州) に出席し、SIMS におけるイオン検出器の国際標準化動向調査を行い、同分野に関する最新の知見を得た。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 SIMS、イオン検出器、ボロン、ヒ素、デルタドープ試料、信号強度、飽和現象、中間拡張死時間モデル、標準化

【研究題目】 バイオプラスチック製品中のバイオマスプラスチック度の測定方法の標準化

【研究代表者】 国岡 正雄 (環境化学技術研究部門)

【研究担当者】 国岡 正雄、船橋 正弘

(常勤職員2名)

【研究内容】

以前より、炭素14の濃度測定法として、加速器質量分析に着目し、米国と議論を行い、ASTM 法をもとに、プラスチック製品のバイオマス度の測定方法の標準化を推進している。その中で、プラスチック製品のどの部分にバイオマス成分が含まれているかを測定することが必要となってきた。具体的には、樹脂成分と添加剤そのどちらがバイオマス由来なのかを明らかにする必要がある。日本バイオプラスチック協会は、樹脂成分がバイオマス由来である度合いをバイオマスプラスチック度として、マーク認証制度を運営している。プラスチック製品を樹脂成分と添加剤に分離し、それぞれのバイオマス度を測定することにより、バイオマスプラスチック度を求める方法を開発する。また、この方法が、多くの種類のプラスチックに適用できることを確認する。ある種の溶媒をもちいることにより、樹脂成分と添加剤がきちんと分離でき、それぞれのバイオマス炭素含有率を測定することができた。熱分解温度の差を利用した樹脂と添加剤の熱分解分離は、最適条件を探索している。また、バイオマスプラスチックの環境負荷を評価する指標、例えば、カーボンオフセットや、LCA によるエネルギー消費量、二酸化炭素発生量、リサイクル度の求め方を検討する。これらの方法を ISO 国際標準規格とするべく、データ収集を行い、国際審議を通して、国際協調のとれた測定方法を開発していく。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 バイオマス炭素含有率、炭素14、試験法、標準規格、ISO 規格

【研究題目】 イノベーション促進調整費／蓄光材料の研究開発

【研究代表者】 田澤 真人

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 田澤 真人 (サステナブルマテリアル研

究部門)、
土屋 哲男、中島 智彦、平尾 喜代司、
周 游 (先進製造プロセス研究部門)、
赤井 智子、神 哲郎、福味 幸平、
谷垣 宣孝 (ユビキタスエネルギー研究
部門)、西須 佳宏 (環境管理技術研究
部門)、越崎 直人、桐原 和大、
下位 幸弘 (ナノシステム研究部門)
(常勤職員13名)

【研究内容】

蓄光材料の研究を実施するに当たり、研究内容の違いから新材料研究グループ、高機能化グループ、評価・解析グループを構成し、それぞれ複数の研究ユニットからなる研究者が研究を実施した。

新材料研究グループでは高性能を有する新しい蓄光材料の探索を行い、平成22年度はアルミン酸ストロンチウム材料の高輝度、長残光化に関する検討を主に製造プロセスの改良と解析によって行うとともに、緑色以外の発光をする蓄光材料の探索を進めた。

高機能化グループでは、アルミン酸ストロンチウム系蓄光材料を被覆するに最適なガラス材料の探索を行った。評価・解析グループでは、電子状態計算を用いて蓄光現象のメカニズム解明を進めるとともに、蓄光材料の評価方法について評価を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 蓄光材料、輝度、発光寿命

【研究題目】 イノベーション促進調整費／高い耐久性を有する無焼成保水セラミックスの実用化研究

【研究代表者】 杉山 豊彦
(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 杉山 豊彦、長江 肇、垣内田 洋
(常勤職員3名)

【研究内容】

廃瓦などのリサイクル粉末を主原料とし、焼成を行わず石灰系成分により固化させて製造する保水性セラミックスについて、耐久性向上のための研究を行った。耐凍害性に関しては、凍結融解繰返し試験において約1.5倍の性能向上を目標とし、各種の添加原料を試験した。また、添加原料が保水性セラミックスの諸特性に及ぼす影響について調べた。その結果、添加剤により耐凍害性の更なる向上が可能であることと、保水性能等も良好に保ちうることが分かった。成形後の保水セラミックスに添加剤含浸等の後処理を施す方法、添加剤付加にともなう成形条件の調整や成形体の均一性等についても実験を行って基礎的データを得た。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 省エネ建材、環境、リサイクル

【研究題目】 「沿岸域地質・活断層調査」沿岸海域の地質構造調査

【研究代表者】 岡村 行信
(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】 松本 弾 (地質情報研究部門)、
岡村 行信、村上 文敏
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

福岡県の糸島半島東側から遠賀川沖合の水深がおおよそ70m 以浅の範囲でブーマー音源のショートマルチチャンネル音波探査及びウォーターガン音源のロングマルチチャンネル音波探査を行った。音波探査の測線長はブーマー音波探査が851.9km であり、ウォーターガン音波探査が81.5km である。調査地域には2005年福岡県西方沖地震の震源域が分布する。層序は、最終氷期以降 (A 層)、更新統 (B 層)、始新～漸新統 (C 層)、中生界 (D 層) およびそれ以下の基盤に区分した。福岡県西方沖地震の震源域には明瞭な断層構造は認められなかったが、その北東側にはフラワー構造が北西-南東方向に発達する。大島の北東側では、褶曲構造が発達する C 層とその上位の非変形の B 層以上との間に明瞭な不整合が発達する。

【分野名】 地質

【キーワード】 沿岸地質、活断層、音波探査、完新統、福岡、福岡県西方沖地震

【研究題目】 「沿岸域地質・活断層調査」地質調査データ情報の統合化

【研究代表者】 岡村 行信
(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】 佐藤 智之 (地質情報研究部門)、
岡村 行信、井上 卓彦 (地質情報研究
部門)、荒井 晃作 (地質情報研究部門)
(常勤職員4名)

【研究内容】

主に白嶺丸、第2白嶺丸を利用した「GH 航海」で取得した反射断面を対象に2008年度よりデータ登録を進めてきた。2009年度は全データが一括して登録されていたのを適切にグループ分けし、計算機の負荷を低減した。今年度は、未統合であった日本海側のデータの統合など、グループの最適化と新規データの追加登録を進めた。現在の登録データ数は、測線数6218本 (内訳：整形済み測線4359本、原記録1859本) であり、調査海域ごとに2群57のグループに分けられている。また、閲覧のみであれば日本周辺の全海域を同時に扱うことが可能である。また、Windows ベースの反射断面解釈ソフト GeoGraphix 社製「SeisVision」へ直接データ転送が可能になり、データ閲覧から解釈作業へよりスムーズに移行できるようになった。デジタル化可能な既存データの登録は今年度で終了し、反射断面図の整合性の検証、

不良データの発見と修正、再登録、新取得データの登録が進行中である。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕沿岸地質、活断層、音波探査、データベース、白嶺丸

〔研究題目〕IT・通信を用いたエネルギー効率化技術の実証・規格化研究

〔研究代表者〕昆 盛太郎（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕中村 安宏、昆 盛太郎、坂本 泰彦、澤田 敏央（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

（研究目標）

グリーン・イノベーションの実現に向け、産業・社会で省エネを積極的に推進することが、益々重要とされてきている。しかし、省エネ推進は多数の異なる業務が混在する事業所等では実施が難しく、従って、その省エネ効果の測定・診断を、業務に支障なく、業務毎に実施する方策が求められている。そこで、本研究において、業務毎に消費電力を「見える化」する技術を開発し、消費電力量測定システムを確立すると共に、測定システムの標準化・認定制度を整備し、社会への普及体制を整えることを目標に研究開発を行った。

（研究成果）

安価・小型な電力計測基板を内蔵した省エネ電力計（スマートタップ）を開発し、試作機を製作した。また、スマートタップで測定した電力を「見える化」するために、消費電力モニタシステムを開発した。これらを組み合わせることで、個別機器毎の消費電力の見える化が実現できる。さらに、これら消費電力測定システムの評価をするために、国家標準にトレーサブルなスマートタップ校正システムを開発した。これにより、スマートタップのような電力測定器の精密な評価を可能にした。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕省エネ、消費電力、見える化、電力量計、校正、標準、電力計測システム

〔研究題目〕NaK 合金およびその過酸化物の危険性評価

〔研究代表者〕松永 猛裕（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕松永 猛裕（常勤職員1名）

〔研究内容〕

ナトリウムカリウム合金（NaK）およびその過酸化物の発火・爆発危険性を評価することを目的として、各種の試験を行った。その結果、NaK は酸化被膜を作るため、空气中に放置しても容易に発火しないが、水を加えると激しく発火することがわかった。バーナー加熱を行ったところ、550～600℃になると赤熱しながら燃焼した。また、NaK は単純に空気を吹き込むだけでは過酸化物を生成せず、酸素濃度を低くするために空気をアル

ゴンで希釈し、水と反応させないように乾燥状態で長時間晒すと過酸化物が生成することがわかった。NaK 過酸化物単体の爆発性は低く、可燃物との混合で発火することはあるが爆発威力という点では小さいことが明らかになった。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕ナトリウム・カリウム合金、発火・爆発危険性、アルカリ金属

〔研究題目〕イノベーションの実現による生活シーンの描画と環境影響評価

〔研究代表者〕井原 智彦（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕井原 智彦、玄地 裕、天沢 逸里（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

高齢化社会の到来や生活水準の高度化に伴い、ライフ・イノベーションの実現に関心が集まっている。同時に低炭素社会の実現のために CO₂排出削減は必須の課題である。しかし、個別の医療技術や健康増進技術の直接の CO₂排出量は算定されても、生活行動の変化に伴う間接的な CO₂排出量の変化や定量的な健康増進効果は評価されていない。低炭素社会を実現しつつ人間健康を増進させるために、本研究では両者の定量化を目的とした。国立環境研究所が作成している産業連関表による環境負荷原単位データブック（3EID）と、政府統計である全国消費実態調査・社会生活基本調査を合わせることで、人々の生活行動別 CO₂排出原単位を作成し、疾患によって行動が制限されている場合と行動が制限されていない通常の状態の CO₂排出量を評価できるようにした。また、健康寿命を始めとする国内外の健康測定指標を調査し、その結果、世界保健機構（WHO）が開発している障害調整生存年（DALY）が健康増進技術の効果を測定する定量指標として望ましいと結論づけた。国内で808千人の患者を抱える虚血性心疾患の治療に必要な補助人工心臓（VAS）をケーススタディとして選び、開発した手法を用いて双方の効果を評価したところ、VAS は患者1人あたり251kg の間接 CO₂排出削減、1.28日の DALY の改善につながっており、我が国全体では、202千トンの間接 CO₂排出削減、2830年の DALY の回復となっていることがわかった。また、入院生活に伴う CO₂排出量が大きいことから、入院日数を削減する健康増進技術は CO₂排出量を削減する可能性が大きいことが示唆された。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕ライフ・イノベーション、生活行動、CO₂排出量

〔研究題目〕ナノ結晶化によるガス発生剤の発火・燃焼特性変化の評価

〔研究代表者〕本田 一匡（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 本田 一匡、松永 猛裕、陶 究、
岡田 賢（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

燃焼効率がよく、かつ、摩擦や衝撃などに対してより安定な高エネルギー物質を作成する手法として、ナノメートルサイズの結晶を作成するナノ結晶化技術が適用できるかどうかを検証することを目的に、最初のステップとして、ガス発生剤を対象物質として微小結晶作成技術の開発と燃焼性などの物性評価を行った。

代表的ガス発生剤である5-アミノテトラゾール（5-AT）に対する良溶媒と貧溶媒を探索し、これらを利用して微小結晶を連続作成するマイクロミキシング装置を作成した。粘性が高くなる5-AT 良溶媒溶液と貧溶媒溶液を効率よく混合する方法を工夫することにより、平均粒径 $2\mu\text{m}$ の微小結晶を得ることができた。ナノサイズ結晶を作成するためには、より高濃度の溶媒を高速で送液し短時間で結晶成長させる必要があると考えられる。X線回折測定により、得られた微小結晶がガス発生剤として使われる $100\mu\text{m}$ レベルの結晶と同じ結晶構造であることを確認した。

次に、5-AT 微小結晶の燃焼速度を評価した。試料量が少なく通常の燃焼速度測定装置が使えないため、プラスチック製チューブを用いた1/30スケールの少量測定手法を考案した。比較のため、ガス発生剤として特に有望視されているビステトラゾール（BHT）の燃焼速度も測定した。測定の結果、微細化による燃焼速度の有意な向上は確認できなかったが、5-AT 微小結晶は BHT よりも燃焼速度が大きいことがわかった。

今後、当初目的の達成に向けてナノサイズ結晶を作成する技術の確立を目指す。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 高エネルギー物質、ガス発生剤、5-アミノテトラゾール、微小結晶、ナノ結晶化技術

〔研究題目〕 リスクベース化学物質管理社会の実現に資する階層的生態リスク評価ツールの作成

〔研究代表者〕 加茂 将史（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 加茂 将史、林 彬勤、内藤 航、
山口 一彰（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

化学物質の管理はリスクベースへと移行しつつある。化学物質のリスク評価、特に生態リスク評価では、化学物質の生態毒性に加え生態学の知識が必要となり、専門家が職人芸的に評価を行っているのが現状である。しかしながら、リスクベース化学物質管理社会においては、専門知識を有しない個人が生態リスク評価を行い、評価結果を社会に迅速に公表していく必要が生じる。その必要性から、簡易かつ汎用性のあるリスク評価ツールに

対する社会ニーズが高まりつつあるが、国内はもとより諸外国においても十分に整備されているとは言えない。本研究では、既存のプロトタイプツールを発展させ、初期的なリスク評価（個体レベル）から高度なリスク評価（種の感受性分布、個体群影響）まで、利用者の様々なニーズに対応可能な最新の環境リスク評価ツールの開発を目指した。まず、国内外の関連ツールのレビューや業界ヒアリングを基にしたどのようなツールであれば需要を満たすことができるか調査を行った。次いで、ECOTOX等の生態毒性データベースから毒性データを収集し、ツールに組み込めるような形へとデータベースの再構築を行った。最後に、ユーザーフレンドリーなインターフェースの作成を検討した。以上の作業により、既存のプロトタイプツールから一新した β 版ツールを作成することができた。部門内の報告会でツール・デモストレーションによる成果報告を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 生態リスク、ユーザーフレンドリー、リスクベース化学物質管理

〔研究題目〕 亜鉛同位体比を用いた河川中亜鉛の発生源解析

〔研究代表者〕 内藤 航（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 内藤 航、益永 茂樹（横浜国立大学）、
谷水 雅治（独立行政法人海洋研究開発機構）（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

水生生物に対する有害物質のリスク（暴露）削減対策を効果的に行うためには、対象となる水域への発生源とその寄与率を把握することが重要である。亜鉛の詳細リスク評価書では、いくつかの水系について、水環境への亜鉛の負荷量を積み上げ式で推定し、主要な発生源からの寄与割合を算出したが、その中には半分程度の寄与があるにもかかわらず、その発生源が特定できない事例も存在した。本研究では、河川水と潜在的な負荷源の亜鉛同位体と主要元素の分析を行い、その結果を用いて河川流域における亜鉛の発生源とその寄与率を把握することを目的とした。平成22年度は、多重検出器誘導プラズマ質量分析装置（MC-ICP-MS）を用いて、河川水中と主要な排出源からの排水中の亜鉛同位体比の測定を試みた。MC-ICP-MSによって亜鉛同位体比を測定するには、試料水からニッケルと銅を除去し、かつ、亜鉛をほぼ完全に回収することが必要であるため、試行実験を繰り返し前処理方法の検討を行い、比較的簡易な前処理方法を確立した。確立した手法を用いて製錬排水、めっき排水、河川水の前処理を行い、MC-ICP-MSを用いて亜鉛同位体比を測定した。その結果、亜鉛同位体比の値は、自然由来と事業所由来の同位体比が異なることが確認され、凝集沈殿や排水処理過程において、同位体分別が起きていることが示唆された。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 亜鉛同位体、発生源解析、重金属

〔研究題目〕 液体メタン/液体酸素系の着火機構に関する研究

〔研究代表者〕 金 東俊（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 金 東俊、薄葉 州、角館 洋三
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

メタンの融点は酸素の沸点より僅かに低いため、液体メタンと液体酸素は液相で共存でき、混合液を形成できることが特徴である。この混合液は燃料と酸化剤が均質に混合したものであるため、液体爆薬とも言えるものであり、実際爆轟を起こすことが知られている。そこで液体メタン/液体酸素系の安全性評価の一環として、この系が着火・爆発する条件を調べた。

過去に液体メタンと液体酸素各々をガラスデュワー瓶に入れて高速で衝突した場合に、静電気対策を施しても自己着火することを見出している。その原因を探るため、ガラスの破壊に伴うエネルギー放出を調べた。しかし、実験を行った衝突速度が比較的低速の範囲では、着火に寄与するような現象は見出されなかった。

また、貯蔵タンク等の破壊により液体メタンと液体酸素が地面に漏出して混合液を形成し、そして混合液の一部が蒸発して可燃性の蒸気雲を形成した場合を想定し、蒸気雲が着火・爆発することにより混合液が誘爆されるかを実験的に調べた。その結果、混合液の誘爆を引き起こす条件が存在することが分かり、その場合、爆発痕の観察や爆風圧の計測結果から、混合液の大部分は爆燃ではなく、爆轟を起こしていることが分かった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 液体メタン、液体酸素、着火機構、蒸気雲、誘爆

〔研究題目〕 海溝型地震の履歴と被害予測の研究

〔研究代表者〕 宍倉 正展

（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕 宍倉 正展、藤原 治、澤井 祐紀、
行谷 佑一、藤野 滋弘、藤井 雄士郎
（建築研究所）、
佐竹 健治（東京大学地震研究所）

〔研究内容〕

海溝型地震は内陸型の地震に比較して発生頻度が高く、規模も大きい。さらに同じ場所で発生する地震の規模は一定でなく、まれに異常に規模の大きな地震となり、巨大津波を発生させる。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震（M9.0）は、まさにその典型であった。このような地震・津波の規模と長期的な発生時期を正確に予測するため、津波堆積物をはじめとする過去の地震や津波の痕跡について分布や年代を解明すること、およ

びそれらの情報に基づいた震源断層モデルを構築することを目的に、外部予算も獲得しつつ日本の沿岸域、及び世界各地の沈み込み帯の調査を進めている。本年度の調査研究は、北海道東部、常磐海岸、相模トラフ、南海トラフで行い、また緊急調査として2011年東北地方太平洋沖地震の津波調査を茨城県および千葉県沿岸で行った。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 海溝型地震、津波堆積物、地殻変動、巨大津波、連動型地震、津波シミュレーション

〔研究題目〕 活断層および地震に関する融合研究

〔研究代表者〕 桑原 保人

（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕 近藤 久雄、桑原 保人、長 郁夫、
木口 努、丸山 正、安藤 亮輔、
増田 幸治、佐藤 隆司、重松 紀生、
高橋 美紀、今西 和俊、北川 有一、
重松 紀生、吾妻 崇・藤内 智士
（地質情報研究部門）

（常勤職員15名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、地震の発生・災害の予測に有効な研究の中で、特に、専門の異なる研究者が融合する事で研究の著しい進展が期待できる研究研究として、1) 糸静活断層系・深部形状の解明、2) 内陸逆断層の地表すべりの多様性とそのメカニズム、3) 深部低周波微動の発生メカニズムの解明、4) 応力逆解析と断層運動方向を利用した断層活動性評価手法の開発、の4テーマを実施した。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 糸魚川-静岡構造線、小谷-中山断層、
数値地形モデル、地表すべり、多様性、
浅部地殻応力場、地盤物性、有限要素法

〔研究題目〕 活断層評価の研究

〔研究代表者〕 吉岡 敏和

（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕 吉岡 敏和、吾妻 崇、宮下由香里、
丸山 正、近藤 久雄、楮原 京子、
村上 文敏、谷口 薫、宮本 富士香、
長 郁夫、中井 未里
（常勤職員7名、他4名）

〔研究内容〕

活断層評価の高精度化および評価手法の高度化を図るため、日本およびトルコ共和国において、野外調査を主とする調査研究を実施した。具体的には、トルコ、北アナトリア断層において、地震時変位量の計測と古地震調査を行うとともに、横手盆地東縁断層帯北部において、セグメント区分手法を検討するための垂直変位量分布を調査した。また、調査結果の普及と有効活用の目的です

で公開中の活断層データベースについて、調査地点を Google Maps 上で直接検索できる機能を開発したほか、地下構造可視化システムと連携するシステムを構築した。さらに、新規公表データの追加入力を行うとともに、他の GIS システムとの連携・統合を図るための断層位置データのデジタル化入力を行った。

内陸および沿岸海域の活断層調査では、連動型地震の予測手法確立のため、北アナトリア断層系の1939年地震断層上、コクルジェ地点でトレンチ掘削調査を実施し、7～8回の古地震イベントを識別した。年代測定の結果、1939年地震に先行するイベントが西暦1668年地震に、さらに1つ前のイベントが1579年地震に対比可能であることが明らかになった。このほか、断層の活動履歴の高精度化の研究として、滋賀県の鍛冶屋断層および岐阜県の宮代断層において追加ボーリング調査を行い、鍛冶屋断層では約1,000年前の最新活動以前に複数回の断層活動があったことが推定された。

活断層データベースの整備では、すでにインターネット上で公開中の活断層データベースについては、より使いやすいデータベースを目指して、機能の追加や改修を行った。活動セグメント・起震断層検索画面を、これまでの固定地図から Google Maps を使用したものに変更し、自由に拡大・縮小しながらの検索が可能となった。また、地図上で範囲を指定して複数の活動セグメントを検索する機能を追加した。さらに、活断層の活動に関わる地殻や上部マントルの大局的な地下構造を理解するための基礎情報として、三次元的な物性値（弾性波速度）の分布を簡単に閲覧することができる「地下構造可視化システム」を追加した。

【分野名】地質

【キーワード】活断層、古地震、活動履歴、変位量、データベース

【研究題目】環境政策の産業別影響評価手法の開発—温暖化対策における「国境措置」の定量評価を事例に—

【研究代表者】山崎 雅人(安全科学研究部門)

【研究担当者】山崎 雅人(他1名)

【研究内容】

CO₂排出に対する経済的排出規制（排出枠取引制度や排出課税）が導入されれば、日本の鉄鋼業等の国際競争力は低下する恐れがある。排出規制を実施した国の産業が衰退することは不公平であり、また非規制国の産業活動が活発化することで、非規制国の CO₂排出量が増加する可能性もある（炭素リーケージ問題）。この問題に対して WTO および日本政府も含めた各国政府は「国境税調整（Border Tax Adjustments）」の導入を議論している。国境税調整とは、非規制国からの輸入品に対してその生産に要した CO₂排出量に応じて課税すること、および非規制国への輸出品に対してその生産に要した

CO₂排出量に応じて排出枠支払い額および排出課税支払い額を輸出企業に還付するものである。国境税調整により、公平性と炭素リーケージの問題を解決できるが、実施に伴う国内経済への影響は十分に評価されていない。本研究の目的は国境税調整の日本経済への影響をシミュレーションモデルを用いて事前に定量評価する事である。平成22年度は、鋼材を対象とした国境税調整の国内産業や家計への影響を、鉄鋼部門を詳細に取り扱った応用一般均衡モデルを構築、利用し定量評価した。比較のため、排出規制に対する影響緩和措置を何も実施しない場合と、鉄鋼業が経済的規制から免除される場合をそれぞれシミュレーションした。シミュレーション結果より、国境税調整の実施は鉄鋼生産量の減少を緩和するが、鋼材を多く利用する他産業の生産量を引き下げること、鉄鋼業を経済的規制から免除するより、国境税調整を行った方が排出規制による日本の GDP 低下を抑える事等の政策的含意を定量的に示した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】CO₂の経済的排出規制、産業の国際競争力、経済シミュレーション

【研究題目】強相関エレクトロニクス連携拠点の形成

【研究代表者】澤 彰仁(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】秋永 広幸、島 久(ナノ電子デバイス研究センター)

澤彰 仁、赤穂 博司、伊藤 利充、
富岡 泰秀、井上 公、竹下 直、
山田 浩之、甲野 藤真、佐藤 弘、
長谷川 達生、山田 寿一、熊井 玲児、
堀内 佐智雄、所 和彦、堤 潤也、
石橋 章司、三宅 隆、橋本 保
(常勤職員20名、他13名)

【研究内容】

目標：

低炭素社会実現に向けたイノベーションが期待されるなか、不揮発抵抗変化・マルチフェロイック【省エネルギー】から熱電・光発電【創エネルギー】にわたる多彩な電子機能を発現する強相関電子材料を用いたデバイス開発が切望されており、産総研では、大学・独法連携の枠組みである『強相関電子科学技術フォーラム』を通じその実用化に向けた研究開発を推進している。本プロジェクトでは、産総研の連携ハブ機能をさらに強化するため、最先端計測解析技術の開発・拡充と、それらと微細加工施設を一体化させた大学・独法連携ハブの整備によって、強相関エレクトロニクスの共同研究開発の推進と、産業界への技術移転を促進するためのオープン・イノベーション拠点構築を目指した。

研究進捗：

ナノ電子デバイス研究センターのメンバーは、強相関電子科学技術フォーラムの活動として、8月9日～10日に

産総研で開催された理化学研究所、高エネルギー加速器研究機構、東京大学との合同研究討論会や、定期的に開催されるフォーラムに参加し、強相関エレクトロニクスに係わる研究テーマについて議論を深め、拠点構築の準備を行った。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 強相関エレクトロニクス、大学・独法連携

〔研究題目〕 室内暴露評価ツールの開発ー室内カビのリスク評価のためのカビの定量手法の検討ー

〔研究代表者〕 篠原 直秀（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 篠原 直秀、篠崎 裕哉

（常勤職員2名）

〔研究内容〕

住宅の高気密化に伴い顕在化した室内空気汚染問題に対しては、様々な政策や対策により、多くの化学物質の室内濃度が低減している。一方で、住宅の高気密化による結露や化学物質使用量の低減が原因の増加が示唆されているカビ汚染については、いまだ基準値の制定などの十分な対策が取られていない。これは、カビの暴露が喘息やアレルギーなどを引き起こすとされているものの、培養法など、既存のカビ定量手法に関して過小評価などの問題が提起されているために、適切な用量反応関係が得られておらず、基準値策定の基礎となるリスク評価が困難なためである。これらのことから、定量性の低い既存の培養法に代わるカビ測定手法が求められている。

定量的なカビ測定法として、リアルタイム PCR を用いた手法を提案する。これは、カビの遺伝子がある領域（2つのプライマーに挟まれた領域）を増幅させて、蛍光標識をして測定するという手法である。まず、カビに特異的な領域を効率よく増幅させるために、特異的なプライマーセットの選択、および増幅させるための温度条件やプライマー濃度についての検討を、酵母菌を用いて行った。その結果、NS5-NS6もしくは U1-U2のプライマーセットを用いて、60℃でアニーリングするのが最も効率が良いことが分かった。次に、18S rRNA 遺伝子の系統樹を作成し、① 室内での単離・検出例がある、② 病原性を持たない、③ 胞子サイズが異なる、等の条件を基に、評価対象とする10種類の菌株を決定した。さらに、ジルコニアビーズを用いたカビ胞子の破碎方法の検討や、抽出効率の良い精製キットの選択等も行った。現在、捕集方法や捕集時間について検討を進めている。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 室内環境、暴露評価、リアルタイム PCR

〔研究題目〕 硝酸アンモニウム系ガス発生剤の安全化に関する研究

〔研究代表者〕 和田 祐典（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 和田 祐典（他1名）

〔研究内容〕

自動車エアバッグ用の展開には、グアニジン類などの含窒素有機可燃剤と塩基性硝酸銅（BCN）などの金属硝酸塩酸化剤からなるガス発生剤の燃焼生成ガスが利用されている。硝酸アンモニウム（AN）は、安価である事、高いガス発生効率を有する事などから、金属硝酸塩酸化剤への代替物質としての実用化が検討され、一部で市場投入されている。しかし、AN は高い吸湿性を有することから、吸湿固化に伴い、経時変化による成型物の破損や不良燃焼を引き起こす可能性を有する。ガス発生剤の貯蔵安定性に関して、SAE/USCAR-24などでは、加速劣化試験による熱的経年劣化評価が規定されているが、この試験法ではガス発生剤の吸湿固化の影響は評価出来ない。本研究では AN 系ガス発生剤について、吸湿固化が燃焼特性へ及ぼす影響を評価する事を目的とした検討を実施した。硝酸グアニジン、AN、BCN からなるガス発生剤物質に、水分を0から3wt. %添加したストランド試料を作成し、25℃及び70℃を24時間ごとに3サイクル繰り返す温度サイクル処理に供することにより、吸湿固化を促した。試料の線燃焼速度をストランド燃焼試験によって測定し、線燃焼速度と気相圧力の関係を表す Vieille の法則に従って評価した。水分添加試料の燃焼では、気相圧力依存を表す圧力指数が乾燥系と比較して約0.8倍に低下した。このことから、水分を含む試料は乾燥系に比べ、拡散燃焼による燃焼初期反応がゆっくりと進行していることが考えられ、水分の影響によりガス発生剤燃焼特性が変化する事が示唆された。今後、AN の吸湿による影響を忌避するべく、防湿化技術の確立に関する検討が必要である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 エネルギー物質、燃焼、爆発安全、ガス発生剤、エアバッグ

〔研究題目〕 太陽電池のグローバルサプライチェーンの最適化に関する研究

〔研究代表者〕 河尻 耕太郎（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 河尻 耕太郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、太陽電池のライフサイクル全般にわたって、サプライチェーンの各ステージを世界全体に最適配置し、コストと環境負荷の同時最小化を行うことを最終的な目標とする。

平成22年度は、環境負荷、特に CO₂排出量の側面において研究を進め、CO₂排出量を最小化するグローバルなサプライチェーンの在り方について検討を行う。また、平成23年度以降のコスト分析のために、太陽電池の各製造プロセスのインベントリを整理し、分析用のデータベースを構築する。

本年度の研究により、世界全体で既存のサプライチェーンの構成国を最適配置することで、1kWの太陽電池を20年間使用すると、世界全体で15tほどのCO₂排出量が削減できることが明らかになった。さらに、理想的なサプライチェーンでは、30tから50tほどのCO₂排出量の削減が見込めることが明らかになった。また、太陽電池の各製造プロセスのインベントリを整理し、次年度以降のコスト分析に向けたデータベースシステムを開発した。一方、派生的な成果として、太陽電池のタイプ別に世界全体の太陽電池のポテンシャルマップを作製し、世界全体で大きな発電ポテンシャルの見込める地域を明らかにした。

得られた成果については、学会等において発表を行うとともに、論文投稿を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽電池、サプライチェーン、グローバル

【研究題目】地下水等総合観測による地震予測精度向上に関する研究

【研究代表者】小泉 尚嗣

(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】小泉 尚嗣、高橋 誠、松本 則夫、大谷 竜、北川 有一、板場 智史、武田 直人、梅田 康弘(関西センター)、佐藤 努(地質情報研究部門、兼任)、加納 靖之(京都大学)、中村 衛(琉球大学)、角森 史昭(東京大学)、豊島 剛志(新潟大学)、浅井 康広(東濃地震科学研究所)、田阪 茂樹(岐阜大学)、鈴木 貞臣(東濃地震科学研究所)、石井 紘(東濃地震科学研究所)、大久保 慎人(東濃地震科学研究所)、山本 明彦(愛媛大学)、頼 文基(台湾国立成功大学)、村瀬 雅之(日本大学)、細 善信(京都大学)(常勤職員7名、他15名)

【研究内容】

本研究は、東海地震予知事業における地下水観測分野及び、「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について(建議)」(文科省測地学分科会、平成20年8月)の地下水等総合観測による研究に相当している。平成22年度の主な成果は以下の通りである。

前兆的地下水位変化検出システムを引き続き東海地方で運用した。2010年4月～12月に紀伊半島～東海のプレート境界において規模の大きい深部低周波微動活動が4回あり、それらすべてに対して産総研の観測網で歪変化を検出し短期的スロースリップ(短期的 SSE)の断層モデルを提出した。1946年南海地震前後の四国太平洋沿岸部の13カ所において数年単位の上下変動を明らかにし

た。水文学的・地球化学的手法による地震予知研究についての第9回日台ワークショップを産総研で開催した。年間の変形率が1ppmに達する台湾南部の地下水観測点についてのデータ解析を開始した。水文学的・地球化学的手法による地震予知研究についての台湾成功大学との9年間の共同研究のレビューを行なった。

【分野名】地質

【キーワード】地震予知、地震予測、地下水、活断層、地殻変動、歪、地震、東海地震、東南海地震、南海地震

【研究題目】地震に関する地下水観測データベース

【研究代表者】小泉 尚嗣

(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】松本 則夫、小泉 尚嗣、高橋 誠、武田 直人(常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

産業技術総合研究所は、「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について(建議)」(文科省測地学分科会、平成20年8月)において、「地震に伴う地下水変化について・・・データベースの充実を図る。」とされており本データベースがそれに相当する。本データベースは、産総研の観測網によって観測された地下水・地殻変動・地震に関する最新の観測データを表示する。平成22年度には、深部低周波微動の震源を自動的に決定し、地震に関する地下水観測データベースでその震源の公開を開始した。また、最新の観測データの公開を継続し、メンテナンス情報・各種委員会資料・地震前後における地下水変化事例データベースの入力を継続した。本データベースに対する平成22年度のアクセスは15万件弱であった。

【分野名】地質

【キーワード】地震、地下水、データベース、地殻変動、歪、深部低周波微動

【研究題目】地震災害予測の研究

【研究代表者】堀川 晴央

(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】堀川 晴央、吉見 雅行、安藤 亮輔、木村 治夫、林田 拓己、関口 春子(京都大学)、吉田 邦一(地域地盤環境研究所)(常勤職員3名、他4名)

【研究内容】

地震による被害軽減に資することを目指して、地震動予測手法の高度化に関する研究と断層変位による表層地盤の変形の予測に関する研究を行った。地震動予測に関する研究では、予測手法の高度化に関する研究と堆積盆地における長周期地震動評価研究を進めている。今年度は、秋田平野および能代平野において微動アレー探査を実施し、その結果を発表したほか、大阪平野の浅部地盤

構造モデルの電子データを CD-ROM に収録して公開した。また、東北地方太平洋沖地震発生後の緊急調査として、茨城県内の構造物の被害調査を実施した。断層変位に伴う表層地盤の変位・変形予測の研究では、綾瀬川断層帯において前年度取得した地震波探査データを解析して浅部における変形の詳細を明らかにしたほか、昨年度実施した地中レーダー探査の結果を論文として公表した。このほか、弾性体内部の剪断型の亀裂進展を解析するための計算コードを拡張有限要素法をベースに開発した。

【分野名】地質

【キーワード】強震動、長周期地震動、地表変形、数値シミュレーション、物理探査

【研究題目】地質情報を活用した3次元地質モデルの構築と深部断層形状の推定

【研究代表者】吉見 雅行
(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】吉見 雅行、岡村 行信、楳原 京子、堀川 晴央、木村 治夫
(常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

本課題では、都市近郊に位置するなど社会的重要性の高い活断層を主対象に、地質データからバランス断面法を用いて深部断層形状を推定する。本年度は、立川断層と深谷断層周辺について、米軍撮影及び国土地理院発行の空中写真を用いて段丘面の地形判読により段丘面を詳細に区分した。これを国土地理院の10m メッシュ数値標高データを用いて3次元データとして整備した。さらに、3次元データを基に古地形を復元した。

【分野名】地質

【キーワード】活断層、断層面形状、バランス断面法、立川断層帯、関東平野北西縁断層帯

【研究題目】地震素過程に関する研究

【研究代表者】増田 幸治
(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】増田 幸治、佐藤 隆司、重松 紀生、高橋 美紀 (常勤職員4名)

【研究内容】

シミュレーションによる地震発生予測精度の向上に重要な情報となる、断層深部における塑性変形から摩擦滑りに遷移する構成則の解明を目指した。運営費交付金によって実施。中央構造線のボーリングコア(飯高赤桶コア)を解析し、75Ma 頃から現在に至る長い活動履歴について、条件ごとの断層活動記録を分離した。蛇紋岩(アンティゴライト)の摩擦挙動を高温高圧下で測定した。深部条件になるに従って塑性から脆性領域が現れ、450℃付近で脱水の効果がみられることを明らかにした。摩擦構成則パラメータのマッピングを完成させた。断層周辺応力と地震切迫度評価モデル構築のための基礎デー

タとして、応力状態の変動と AE 発生の実験的に調べ、荷重増加時と荷重一定の AE 活動を比較すると、荷重増加時の方が封圧変動との相関が良いことがわかった。

【分野名】地質

【キーワード】脆性-塑性遷移、高温高圧実験、中央構造線、蛇紋岩、AE (アコースティック・エミッション)

【研究題目】地震発生の物理モデルに関する研究

【研究代表者】桑原 保人
(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】桑原 保人、長 郁夫、多田 卓、今西 和俊、武田 直人、木口 努
(常勤職員4名、他2名)

【研究内容】

本研究では、大地震の発生予測精度の向上のため、モニタリングと物理モデルに基づいた予測手法を開発することを目的とする。

活断層で発生する大地震については、糸魚川-静岡構造線(以下、糸静線)をターゲットに、断層の深部構造や応力状態のモニタリング結果を取り入れ、地震の発生時期と破壊の連動性の予測を行う。そのために本年度は、1)日本全国および糸静線のより詳細な深部粘弾性構造のモデル、2)日本周辺のプレートの滑り込みと東西圧縮による糸静線近傍の応力蓄積のモデルによる評価、3)微小地震のメカニズム解のデータと浅部応力測定データの取りまとめによる実際の応力場の評価を実施した。

海溝型巨大地震については、東南海・南海地震の発生予測精度の向上のために、沈み込み帯の深部低周波地震発生域の応力状態モニタリング手法を開発する。研究開発要素は、広い帯域の地震計3次元アレイ観測システムの展開と解析による、深部低周波地震の物理モデルの構築、それによる応力状態推定手法の開発である。本年度は、紀伊半島にある産総研・飯高観測点周辺で39台の高感度地震計からなるアレイ観測を開始した。また、深部低周波微動のメカニズム解を S 波の振動方向から推定するという手法を確立し、紀伊半島の活動に適用して手法の有効性を確認した。

【分野名】地質

【キーワード】地震発生予測、物理モデル、地殻応力、糸魚川-静岡構造線、東南海・南海地震、数値シミュレーション

【研究題目】分散型熱物性データベース

(研究情報の公開データベース化事業(RIO-DB))

【研究代表者】馬場 哲也(計測標準研究部門)

【研究担当者】馬場 哲也、山下 雄一郎、山田 修史、渡辺 博道、阿子島 めぐみ、

八木 貴志、阿部 陽香、小林 謙一、
高澤 眞紀子、中村 豊一、
奥宮 正太郎（常勤職員8名、他4名）

〔研究内容〕

科学技術を支える基盤情報である物質・材料の熱伝導率、熱拡散率、比熱容量、熱膨張率、放射率などの熱物性データを収録した「分散型熱物性データベースシステム」の開発を進めている。平成22年度は、固体材料の熱物性に関する国家計量標準を担う熱物性標準研究室において、バルク固体金属材料について7件の熱膨張係数データ、22件（11種類の材料）の熱膨張率データ、1件の比熱容量データを測定し、不確かさを評価してデータベースに収録し公開した。一方、文献調査からは主にバルクの酸化物、窒化物セラミックス、熱電変換材料、カーボンナノチューブ等について約350件の熱物性データを新規に収録した。JAXA や東北大を主とした外部の高温融体熱物性研究機関と連携し、熔融バナジウムの密度、表面張力、粘度や熔融鉄の熱伝導率、比熱容量に関するデータを収録した。

本研究課題で整備したデータは分散型熱物性データベースに収録されており、インターネットを介して一般に公開中である。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 熱物性、データベース、分散型、インターネット、知的基盤

〔研究題目〕 有機化合物のスペクトルデータベース（SDBS）（研究情報の公開データベース化事業（RIO-DB））

〔研究代表者〕 齋藤 剛（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 齋藤 剛、衣笠 晋一、山路 俊樹、
滝澤 祐子、浅井 こずえ、鍋島 真美、
小野 千里（常勤職員3名、他4名）

〔研究内容〕

RIO-DB でウェブに公開している有機化合物のスペクトルデータベース（SDBS）に、危険物を中心に244件の化合物について質量分析（MS）246件、赤外分光（IR）402件、¹H 核磁気共鳴（NMR）198件と¹³C NMR 207件のスペクトルを独自に測定、評価したうえで公開した。（震災の影響で、H22年度の後期データ公開は5月に行った。）すでに公開したデータのメンテナンスを行い、化合物名称等の辞書情報の修正を24件、スペクトルのデータ修正を43件行った。公開しているSDBS のウェブページアクセスは、1日平均約14万件であった。ユーザからのコメントの対応を行い、他の媒体へのデータ利用やデータ修正などの対応を迅速に行った。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 有機化合物のスペクトルデータベース、SDBS、質量分析スペクトル、赤外分光スペクトル、NMR スペクトル、ウェブ

(3) 外部資金

中期目標や中期計画で定められているように、産業技術総合研究所は、業務の効率的な実施による費用の低減、自己収入の増加その他の経営努力により財務内容の改善を図ることとなっており、そのため、外部資金や自己収入の増加と固定的経費の割合の縮減に努めている。

外部資金の多くは、各省庁からの様々な制度に基づく委託研究費で、その多くが、公募型資金となってきている。産業技術総合研究所が受け入れる外部資金は、制度的には、主に受託研究として受け入れられ、研究終了後それぞれの委託元に詳しい成果報告がなされている。

平成22年度に受け入れた受託収入等の状況

資金名	件数 (テーマ)	決算額(千円)
受託収入		16,433,730
(1) 国からの受託収入		5,806,955
1) 経済産業省		3,746,609
メタンハイドレート開発促進事業	1	1,153,061
核燃料サイクル施設安全対策技術調査	1	413,514
日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業	2	350,586
低炭素革命実現に向けた日米国際共同研究協力事業	1	349,606
地層処分技術調査等委託費	1	241,645
ITとサービスの融合による新市場創出促進事業	1	233,227
戦略的技術開発委託費	2	219,094
中小企業支援調査委託費	1	202,685
石油資源遠隔探知技術研究開発	1	147,859
特許微生物寄託等業務	1	133,877
基準認証研究開発委託費	1	84,813
海洋石油開発技術等調査	1	67,866
二酸化炭素挙動予測手法開発事業	1	54,761
次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発	1	47,309
医療機器開発ガイドライン策定事業	1	32,353
その他	1	14,351
2) 文部科学省		1,184,756
科学技術試験研究委託事業	14	604,969
科学技術基礎調査等委託事業	2	355,813
原子力試験研究委託費	12	101,432
産学官連携支援事業委託事業	1	97,920
その他	1	24,622
3) 環境省		179,212
地球環境保全等試験研究	18	148,318
環境研究総合推進費	3	30,894
4) その他省庁		696,379
(2) 国以外からの受託収入		10,626,775
1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構	110	6,760,782
2) その他公益法人	257	3,271,601
3) 民間企業	143	584,623
4) 受託出張		9,769
その他収入		10,427,067
(1) 資金提供型共同研究収入		3,920,401
(2) 知的所有権収入		250,718
(3) 外部グラント(個人助成金の間接経費分)		584,411
(4) その他		5,671,537
合計		26,860,797

※ 千円未満四捨五入のため、合計と一致しないことがあります。

【経済産業省】

(i) メタンハイドレート開発促進事業

日本周辺海域に相当量の賦存が期待されているメタンハイドレートを将来のエネルギー資源として利用可能とするため、2016年度までに経済的に掘削、生産回収するための研究開発を実施し、我が国のエネルギー長期安定供給の確保に資する研究を実施するための経費。

平成22年度は、11.5億円で事業を実施した。

(ii) 核燃料サイクル施設安全対策技術調査

放射性廃棄物の地層処分に係る概要調査などの立地段階における調査のガイドライン、調査結果のレビュー及び安全審査時に必要な安全評価手法の構築とその手法を適用した安全評価に資する知見・データの整備に資する研究実施のための経費。

平成22年度は、4.1億円で事業を実施した。

(iii) 日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業

日本国経済産業省と米国エネルギー省間で合意した日米クリーン・エネルギー技術アクションプランに記載されている5分野のうち、「基礎科学」分野および「その他の再生可能エネルギー技術」分野を対象とし、米国エネルギー省傘下の国立研究機関等と共同研究開発を実施するための経費。

平成22年度は、3.5億円で事業を実施した。

(iv) 低炭素革命実現に向けた日米国際共同研究協力事業

低炭素社会の実現のため、ナノテクノロジー、エネルギー及び環境分野の研究開発及び国際標準化提案に向けた検証を米国の関連機関と協力しつつ実施し、国際標準化の提案を目指すための経費。

平成22年度は、3.5億円で事業を実施した。

(v) 地層処分技術調査等委託費

わが国において原子力エネルギーを継続的に利用していく上で、原子力発電及び核燃料サイクルに伴って発生する放射性廃棄物の処理処分対策を着実に進める必要があり、高レベル放射性廃棄物等の地層処分においては、多重バリアシステムによって長期的な安全確保がなされる。この処分システムの成立性や安全性に係る信頼性を一層高めていくため、天然バリアである深部地質環境の状況把握と将来変化に係る調査評価手法の高度化開発を行うための経費。

平成22年度は、2.4億円で事業を実施した。

(vi) ITとサービスの融合による新市場創出促進事業

デジタルコンテンツの利用機会の拡大、収益構造の確保等を図ることを目的として、複雑化する市場に即したビジネスモデルの構築に必要な環境を整備するための

ID 連携基盤の検討とそのサービスとしての有効性の検証を実施するための経費。

平成22年度は、2.3億円で事業を実施した。

(vii) 戦略的技術開発委託費

ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造技術開発などの研究開発等を実施するための経費。

平成22年度は、2.2億円で実施した。

(viii) 中小企業支援調査委託費

子どもを安全かつ安心して生み育てられる生活環境の整備に向けて、消費者庁・医療機関などに収集された事故情報をもとに原因究明等を行い、得られる科学的知見を企業や業界団体に提供することで、事故予防に配慮された安全・安心な製品開発や業界標準の作成を支援すると共に、安全安心設計のものづくりを産業界が積極的かつ持続的に推進していく体制の構築を目指すことを目的とした研究を行うための経費。

平成22年度は、2.0億円で実施した。

(ix) 石油資源遠隔探知技術研究開発

人工衛星を利用した高度リモートセンシング技術を石油等の資源探査に活用するための基盤技術を活用するため、人口衛星から得られる画像データの処理解析技術等の研究を実施するための経費。

また、わが国の喫緊の課題である大陸棚延長の可能性のある海域における資源地質調査等を行うため、大水深域を対象とした資源探査技術・データの蓄積を図るための経費。

平成22年度は、1.5億円で事業を実施した。

(x) 特許微生物寄託等業務

特許制度におけるバイオ関連の特許出願は、出願者において特許対象となる生物株を出願前に寄託機関に寄託することが義務づけられている。産業技術総合研究所特許生物寄託センターは、特許庁長官の指定する特許微生物寄託機関及び WIPO ブダペスト条約(1980年)により認定された国際寄託当局である。当該事業については、産総研そのものが特許庁長官の指定を受けた寄託機関となるとともに、特許庁からの寄託業務の委託を受けることとなる。

平成22年度は、1.3億円で事業を実施した。

(xi) 基準認証研究開発委託費

本事業は、科学技術基本計画における重点推進分野である「ライフサイエンス」、「情報通信」、「環境」及び「ナノテクノロジー・材料」の4分野や「エネルギー」、「ものづくり技術」分野等、我が国が技術的に優位にある分野を中心として、標準化のフィージビリティスタディから標準化のための研究開発、国際標準原案の作成・

提案、国際提案後のフォローアップまでを公と民等の共同プロジェクトにより一貫して計画的・重点的に推進し、着実に国際標準の獲得に結びつけることにより、我が国の研究開発成果の国際市場展開や産業競争力の強化を目指すとともに、安全・安心で低炭素社会の構築を促進し、持続的発展のできる国づくりに寄与する等のための経費。平成22年度は、0.8億円で事業を実施した。

(xii) 海洋石油開発技術等調査

我が国の排他的経済水域(200海里)における資源の探査、開発、保存及び管理のため、また大陸棚が200海里を超えて延びている場合において、所要の要件を充足し、国連の勧告を受けた場合には、主権的権利の及ぶ範囲の延長のために、所要のデータを国連に提出しなければならない。このため、大陸棚延長の可能性のある海域における資源地質調査等を行うにあたり、資源探査技術・データの蓄積を図っていく研究実施のための経費。

平成22年度は、0.7億円で事業を実施した。

(xiii) 二酸化炭素挙動予測手法開発事業

二酸化炭素回収・貯留事業実施に必要な CO₂長期挙動予測シミュレーション手法の高度化及び CO₂圧入時の地質への影響に関する評価手法の開発を行うための経費。

平成22年度は、0.5億円で事業を実施した。

(xiv) 次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発

ハイパースペクトルセンサを活用するために不可欠な校正技術及び得られたデータの処理技術の開発等を実施するとともに、同センサから得られたデータの地上処理システム等の検討、今後同センサを有効に活用する上で解決すべき課題の洗い出し等も実施し、同センサを用いたリモートセンシングの利用拡大を図り、もって「宇宙利用の拡大」という目標の達成に貢献することを目的とした経費。

平成22年度は、0.5億円で事業を実施した。

(xv) 医療機器開発ガイドライン策定事業

医療機器開発の迅速化と薬事法の承認審査の円滑化を目的とした、個別の革新的な医療機器分野毎に生物学的評価基準を軸とした工学(力学、化学、電気、情報)的な評価基準を「開発ガイドライン」として作成するための経費。

平成22年度は、0.3億円で実施した。

(xvi) その他 1テーマ 0.1億円

【文部科学省】

(i) 科学技術試験研究委託事業

「ライフサイエンス」、「情報通信」、「環境」、「ナノテ

クノロジー・材料」、「防災」の5分野において、文部科学省が設定した課題等に関する研究開発を実施するための経費。

平成22年度は、6.0億円で実施した。

(ii) 科学技術基礎調査等委託事業

沿岸海域に存在する6つの活断層を対象として、地震調査研究推進本部が今後長期評価等を行うために必要となる、活断層の活動履歴や位置・形状に関するデータの取得を目的とした調査観測・分析を実施する等のための経費。

平成22年度は、3.6億円で実施した。

(iii) 原子力試験研究委託費

文部科学省設置法第4条第67号に基づき、各府省所管の試験研究機関及び独立行政法人における原子力試験研究委託費を文部科学省に一括計上するものであり、各府省の行政ニーズに対応した試験研究等を実施するための経費。

平成22年度は、1.0億円で実施した。

(iv) 産学官連携支援委託事業

多様で幅広い研究開発資源を機動的に連携させ、「技術支援による学界及び産業界への貢献」「技術革新を担う人材の育成」という社会ニーズに応えるためのアクションプランとして、有限の資源で成果を最大化し、研究分野の融合、産学官の広範囲な研究者・研究機関のネットワーク、事業内外における人材育成を推進するプラットフォームの実現を目的とした経費。

平成22年度は、1.0億円で実施した。

(v) その他 1テーマ 0.2億円

【環境省】

(i) 地球環境保全等試験研究

環境省設置法第4条第3号の規定に基づき、関係府省の試験研究機関が実施する公害の防止並びに自然環境の保護及び整備に関する試験研究費を「地球環境保全等試験研究費（公害防止等試験研究費）」として環境省において一括して予算計上し、その配分を通じて国の環境保全に関する試験研究の総合調整を行うための経費。また、地球温暖化分野を対象として、各府省が中長期的視点から計画的かつ着実に研究機関で実施・推進されるべき研究で、地球環境保全等の観点から(1)現象解明・予測、(2)影響・適応策、(3)緩和策、などをテーマとする研究課題を実施するための経費。

平成22年度は、1.5億円で実施した。

(ii) 環境研究総合推進費

環境問題が人類の生存基盤に深刻かつ重大な影響を及

ぼすことに鑑み、様々な分野における研究者の総力を結集して学際的、国際的な観点から総合的に調査研究及び技術開発を推進し、もって持続可能な社会構築のための環境保全に資することを目的とした経費。

平成22年度は、0.3億円で実施した。

【その他省庁】

7テーマ 7.0億円で実施した。

1) 国からの外部資金

①【経済産業省】

・メタンハイドレート開発促進事業委託費

【研究題目】平成22年度メタンハイドレート開発促進事業（生産手法開発に関する研究開発）

【研究代表者】成田 英夫

（メタンハイドレート研究センター）

【研究担当者】海老沼 孝郎、天満 則夫、長尾 二郎、

神 裕介、今野 義浩、皆川 秀紀、
羽田 博憲、鈴木 清史、江川 浩輔、
宮崎 晋行、山本 佳孝、川村 太郎、
平林 紳一郎、緒方 雄二（兼務）、
清野 文雄（兼務）、小笠原 啓一（兼務）、
青木 一男、榎井 明、
木田 真人、大野 浩、
ハラハップ セサル、小野 晶子、
原口 謙策、長原 さゆり、袴田 陽子、
内海 崇、大山 裕之、池田 育子、
林 順子、深見 英司、西村 興男、
西川 泰則、初貝 あゆみ、浅野 洋一、
松本 馨、渡邊 瑞穂、室木 保美、
小林 秀男、大野 孝雄、明円 文子、
覺本 真代、根本 照子、大竹 道香、
宮田 雅子、村田 篤、白鳥 治子、
竹内 基、椿 卓也、佐藤 康晴、
石井 宏和（常勤職員16名、他34名）

【研究内容】

メタンハイドレート開発促進事業の生産手法開発に関する研究開発では、大量かつ安定的にメタンを生産する生産手法高度化技術の開発、坑井のガス生産性およびメタンハイドレート貯留層の生産挙動を高い精度で予測する生産性・生産挙動評価技術の開発および生産に伴う地層変形・圧密挙動について長期的な安全性を評価するための地層特性評価技術を開発する。

生産手法高度化技術の開発においては、強減圧時のガス生産挙動を解析し、生産性増加に貯留層の初期有効浸透率と温度が重要な因子であることを明らかにしたほか、通電加熱法の開発では堆積物の浸透率等と温度上昇・電気抵抗の関係から通電効率を評価した。また、多孔質内の細粒砂移動・蓄積を考慮した計算コードを開発し、細粒砂分布の変化による浸透率低下を再現した。一方、貯留層特性に応じた生産手法を最適化するため、室内産出試験設備を導入した。

生産性・生産挙動評価技術の開発においては、海洋産出試験計画策定のため、試験候補海域の三次元貯留層モデルを新たな地質解釈、震探解析、検層解釈等の結果を踏まえて更新し、ガス生産挙動予測を実施した。また、貯留層の浸透率の不均一性が生産性に与える影響を評価した。

地層特性評価技術の開発においては、地層強度等の力

学パラメータを実験的に取得するとともに、圧密による浸透率低下に関する定式化を行い、減圧法による室内試験により妥当性を検証した。また、室内貫入試験によって接触面のデータ取得を行い地層変形シミュレータの精度向上を図った。さらに、生産期間中における坑井の健全性評価を行い、坑井仕上げ法や接触面強度の違いによる坑井周辺の応力分布の違いを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

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

・核燃料サイクル施設安全対策技術調査

【研究題目】放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分に係る地質評価手法等の整備

【研究代表者】渡部 芳夫（深部地質環境研究コア）

【研究担当者】渡部 芳夫、伊藤 一誠、高橋 学、
朴 赫、李 琦、栢野 聡一郎、
佐東 大作、加藤 昌治、坂田 将、
間中 光雄、竹田 幹郎、鈴木 庸平、
三浦 直子、中村 有理、清水 洋貴、
高橋 享平、平塚 剛、関 陽児、
内藤 一樹、金井 豊、上岡 晃、
殿岡 隆、塚本 齐、富島 康夫、
安 昶完、藤井 幸泰
（常勤職員13名、他13名）

【研究内容】

放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分に係る地質評価手法等の整備において、以下の4テーマの研究を行った。

- 1) 水理-応力変形連成モデルにおけるパラメータ取得のための原位置計測・実験手法の整備では、水理-応力変形高精度室内試験、水理-応力変形連成モデルの構築および三次元地下水流動・物質移行解析への検討を行った。三軸圧縮変形・浸透試験を実施し、泥岩の変形と間隙水の挙動との関係について理論と実験の両面から検討し、多孔弾性特性と水理特性を同時に評価できた。せん断-透水-可視化試験装置を開発し、堆積軟岩の透水-応力変連成試験の結果から新たな手法で求めた割れ目面積と割れ目流量の非線形関係、せん断応力のピーク点以降の割れ目流量と割れ目面積関係のほぼ線形な関係が判明した。
- 2) 各種調査手法・評価手法の構築及び適用性検討
 - a) 透水異方性の原位置評価手法と地下水流動系への影響評価の検証として、透水異方性室内実験、数値解析による原位置適用性検討および地下水流動への影響検討を行った。原位置観察結果、微視的観察結

果、弾性波速度の多方向計測、CT を用いた空隙構造解析などの情報から砂岩の堆積時の環境と粒子配列に関する情報を引き出すことにより力学特性の詳細を説明できることを具体的なデータをもとに明らかにした。原位置水圧モニタリングデータを用いた水理特性評価は、解析解に基づく評価が、第一次的な水理特性評価としては有効で、解析的な手法によって、比貯留率も評価可能であることを示した。空隙率の代表要素を得るためには、領域として200mm とすることで、その相対誤差を10%ほどに抑えることができ、堆積シーケンスが変化しない層準であれば、数 cm 角の試料でも、広域地下水流動系の単元スケールまでその異方性は保存されていると考えられる。

b) 堆積岩地域における間隙水圧分布形成と地下水流動駆動力に関する検討として、浸透圧の原位置調査手法および解析的評価手法、間隙水圧異常と地下水流動の駆動力検討を行った。地下深部においては、簡便な室内実験による間隙水圧上昇以上の間隙水圧が発生している可能性が示された。ボーリング孔を用いた圧力および塩分濃度モニタリングによって、間隙水圧分布形成への浸透圧の影響の評価が可能であり、圧力データから反射係数の評価が可能であることが示された。

c) 微生物の影響評価及び微生物と有機物との相互作用の検討として、微生物の核種移行に及ぼす影響評価および地下水化学環境評価手法の検討を行った。地下水化学環境における挙動が比較的不明確な長期的安定核種であるネプツニウムを対象に地下水化学環境で想定される無酸素条件下でネプツニウム-微生物-有機物相互作用に関する評価を行った。微生物による Np の化学状態および固液分配への影響は U と同様に酸化還元環境および有機物により異なること、堆積岩中で地下水流動を伴う層序または泥質岩と凝灰岩が互層する境界付近で、還元的な地下水が形成されていることが示された。DNA 解析結果は微生物細胞を直接的に計測することにより検証できるが、脂質バイオマーカーを用いた解析では死滅残存する微生物を検出している可能性があることが判明した。

3) 地下の水理環境及び地下水水質の変動要因と将来予測技術では、既存地下研究施設データに基づく検討および事象・要因の将来予測手法の検討を行った。水理・地球化学環境の変動要因となり得る微生物によるガス・有機物・コロイドの生成・消費に関して、サンプリングから分析に渡るモニタリング手法の検討を行い、ガスと水理・地球化学環境変動との相関性を明らかにした。微生物による変動要因および事象の将来予測を行うために、原位置の高水圧条件を維持した室内試験手法の開発を行った。変動要因で重要な鉱物との

反応についても評価手法を開発した。瑞浪堆積岩試料の溶存酸素の実効拡散係数および消費速度定数を求め速度論的検討を行った結果、溶存酸素の消費速度は、含有する黄鉄鉱量には依存しないことが明らかとなった。

4) 自然事象等の外的因子を考慮した地質環境条件評価モデルの作成と不確かさの把握では、水理・熱・力学・化学に関する場の把握モデルの作成および場の評価の不確かさ検討・モデルの検証手法の検討を行った。砂岩における圧力溶解現象を対象とした室内実験およびモデル解析では、粉末試料を用いて、温度制御したフロースルー溶解試験を実施し、溶解速度定数を算出し既往の研究結果と比較した結果、有用性が高い結果であることを確認した。原位置水理試験で計測された圧力挙動とシミュレート結果の挙動の比較から、取得が難しい亀裂の長さ等のパラメータを特定できるが、水理試験の圧力挙動を完全に再現できない場合、解析時のパラメータの振りが影響を与えてしまう。一方圧力挙動を完全に再現しようとする、解析に多大な時間が必要になる。特定した亀裂の比貯留係数は感度が小さく、小さな圧力変動でパラメータを特定するのは誤差の要因となる。

[分野名] 地質

[キーワード] 地層処分の安全評価、水理-応力変形連成、三次元地下水流動・物質移行解析、透水異方性、間隙水圧分布形成、地下水流動駆動力、ネプツニウム-微生物-有機物相互作用、地下水化学環境評価、物質移行特性、地質環境ベースライン、地下微生物、コロイド、地下水モニタリング、地下施設、将来予測手法、地質環境条件評価モデル、地下地質環境再現実験

[研究題目] 放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分に係る地質情報データの整備

[研究代表者] 山元 孝広 (地質情報研究部門)

[研究担当者] 山元 孝広、伊藤 順一、宮城 磯治、松本 哲一、宮下 由香里、中野 俊、風早 康平、安原 正也、高橋 正明、塚本 斉、佐藤 努、高橋 浩、森川 徳敏、西来 邦章、藤内 智士、山口 直文、芝原 暁彦、尾山 洋一、戸崎 裕貴 (常勤職員13名、他6名)

[研究内容]

- I 概要調査結果の妥当性レビューに向けた検討
- (1) 我が国の過去の自然事象についてのデータベース化
- ① 第四紀火山地質データベースの更新
- 平成21年度に出版された日本の第四紀火山に関する文献を抽出し、火山毎に文献リストを作成した。また、既存データの収集・整理の結果、新たに第四

紀火山地質データベースに追加すべき火山岩体・貫入岩体が抽出された。しかしながら、明確な噴火・貫入年代が不明確な岩体について年代測定を実施したところ、一部の岩体については第四紀以前の活動であることが判明した。従って、第四紀火山地質データベースに収集された火山岩体・貫入岩体のうち、活動時期が不明確な岩体については新たに年代測定を実施していく必要があることがより明確になった。地質データベースについては、データベースを最新の地質情報に更新するとともに、データベースの利便性を向上する機能を追加した。

② 大規模マスマーブメント及び泥火山データベースの作成

大規模マスマーブメントおよび泥火山は、その存在あるいは活動により、場合によっては処分地の破壊等の致命的な影響を与えうるものである。これらは日本列島において数多く存在するわけではないが、特定の地質場に集中する傾向がある。今回整備した両データベースは、現在および過去に活動した大規模マスマーブメントおよび泥火山に関する情報をまとめたものであるが、日本列島においてこれらの事象の発生可能性について検討可能な情報を収録した。

(2) 自然事象に関する不確実性低減のための複数の調査手法の相互補完的運用の検討及び従来手法を補う調査技術

① 地質変動量予測手法の検討

1) 隆起侵食量推定の高精度化手法の検討

高精度化の事例研究として、海岸段丘で実施されたボーリング試料の堆積相解析および古生物学的手法による堆積環境解析を行った。その結果、前浜堆積物に特徴的な重鉱物が濃集する水平ラミナと、旧汀線指標になると推定される生痕化石層準を確認することができた。本研究によって得られた旧汀線高度は、先行研究の結果を6-23%押し下げるものである。さらに、隆起沈降活動および侵食活動の推定の科学的信頼性の向上の為に、造波水槽を用いたアナログ実験による地層形成過程の研究を行った。本年度はまず一定速度で海水準が低下した際に形成される堆積相に関する予備的な実験を行った。その結果、実験によって形成された堆積相と堆積相境界の空間分布は相対的な水面移動に対応しており、海水準変動速度が一定の場合は、前浜-外浜相境界を旧汀線指標とした隆起および侵食活動の推定が可能であることを示唆している。今後は、海岸地形の侵食活動に対する直接的な予測手法の開発として、3次元的な沿岸地形の変化およびそれに伴う堆積相分布を把握するために、現在行っているアナログ実験を今後拡張させる必要がある。一方、地形変形が軽微な活断層においても対応可能な断層の活動性評価手法として開発している「断層岩の岩石・鉱物学的特徴に

基づく活動性評価手法」に関しては、その判断指標の規格化の検討と、本手法に対するその理化学的な信頼性の向上を目指した構成鉱物種の再解析ならびに断層岩の酸化反応抑制プロセスの検討を行った。

2) 広域地殻変動モデル化手法の検討

広域的地殻変動のモデル化においては、テクトニクス変化に起因する地域応力場変換による地質断層の再活動過程に関する事例研究および古応力場解析手法の検討を、九州地域を対象に行った。その結果、応力場転換に起因する断層系の再編成は、完了するまでに数十万から数百万年の移行期を伴い、移行期とその後とは広域応力は一定にもかかわらず断層系の活動域や運動が大きく異なることが明らかとなった。また、応力場が変化した際に、既存断層はその地域の地殻変動様式の再編に大きな役割を果たし、鉛直軸回転を伴う地殻変動が進行することで、地震活動場およびその変動様式が変化する可能性を指摘した。一方、地形変形が軽微な活断層においても対応可能な断層の活動性評価手法として開発している「断層岩の岩石・鉱物学的特徴に基づく活動性評価手法」に関しては、その判断指標の規格化の検討と、本手法に対するその理化学的な信頼性の向上を目指した構成鉱物種の再解析ならびに断層岩の酸化反応抑制プロセスの検討を行った。その結果、判断指標の規格化については、粉末 X 線回折分析、逐次選択抽出試験および色調測定の様相を明確化した。また、断層の活動性の指標として重要な逐次選択抽出試験結果については、各鉱物フラクションの鉄およびマグネシウム溶出量からより活動性の高い余震域リニアメントと、それに比較して活動性の低い周辺域リニアメントの判別を可能にする判別関数が得られた。

② 火山活動予測手法の検討

1) 単成火山の新規出現性評価手法の検討

西南日本の単成火山については、昨年度よりも広範囲を対象とした検討を行い、50km×数10kmの複数の単成火山群クラスターの存在を明らかにした。その活動期間は300-400万年に及び、数10m四方の活動範囲を示す単成火山群が活動位置と活動期間を変えながら活動を繰り返している。この単成火山群クラスターは、地下深部からの高温マンテルの巨視的な湧き上がり運動に相当し、各単成火山群はその活動の中で形成されるマンテルダイアピルの活動に相当するものとも考えられよう。一方、東北日本では島弧に鉛直方向に伸びる同規模の高温マンテル上昇流があるものの、火山の出現頻度はフロント域で高く、背弧側に低くなる傾向が著しい。今年度は、火山岩に含まれる含水鉱物の水素同位体比と先行研究のデータを同位体地球化学的に解析し、マグマの含水量がフロント側で多く背弧側ほど少ない、従来の

説とは逆の結果を得た。むしろこの結果は、水の豊富なフロント側ほど同じ温度上昇（あるいは圧力低下）に対するマンツルのソリダスを大きく越えるために部分熔融度が高く、多量のマグマが発生するという火山の分布をうまく説明する。

2) 巨大カルデラ噴火の発生ポテンシャル評価手法の検討

北海道東部の屈斜路カルデラを研究対象として、巨大噴火を繰り返すマグマ供給系に対し、数十万年スケールの時間スケールを入れた岩石学的モデル化の検討を行った。その結果、屈斜路カルデラにおいては、噴出マグマの温度が活動中期の噴出体積が最も大きい噴火イベントに向かって上昇し、その後低下する傾向が認められた。この噴出量に対応するマグマ温度の経時変化は、地下深部から上昇してくるマンツルダイアピルの上昇→定置→冷却過程に対応すると考えられた。また、精密重力探査及び広帯域 MT 法比抵抗探査データを用いたカルデラ火山直下のマグマ供給システムのイメージングを行い、地下 20km 付近から中央火口丘（アトサヌプリ）に向かう供給経路を明らかにすることができた。その規模はカルデラ径よりも小さく、冷却を示唆する岩石学的解釈と矛盾しない。また、北海道東部地域の 12Ma 以降の火山噴出物の全岩化学・同位体組成を基にしたマグマ成因の変化とその時空変化及びテクトニクス場の変遷について検討し、その変化が地殻浅所でのマグマ蓄積プロセスと関係することを明らかにした。すなわち、地殻に蓄積されるマグマと周辺母岩との相互作用の解明が巨大カルデラ噴火のポテンシャル評価にとって重要である。

(3) 地下水年代測定における複数の年代の混合している場合の評価手法の検討

1) 地下水、溶存ガスの分析

関東平野中央部の深層-浅層地下水の既存試料の 115 個について、主成分陽イオンおよび陰イオン、水の水素-酸素同位体組成 ($dD-d^{18}O$) の分析を実施した。また、一部試料については、全炭酸の炭素同位体比 ($d^{13}C$)、放射性炭素濃度 ($d^{14}C$)、低レベルトリチウム濃度、溶存ガスの希ガス組成分析およびヘリウム同位体比 ($^3He/^4He$)、放射性塩素同位体比 ($^{36}Cl/Cl$) の分析を実施した。さらに、瀬戸内海沿岸地域の既存試料 14 個について、 $d^{13}C$ 、 $d^{14}C$ 、低レベルトリチウム濃度、溶存ガスの希ガス組成分析および $^3He/^4He$ 、 $^{36}Cl/Cl$ の分析を実施した。

2) 地下水の起源、混合および流動系の検討

関東平野中央部には、高い Cl 濃度、低い酸素および水素同位体比で特徴づけられる地下水が認められ、その形成に寄与する端成分として、海水あるいは断層を通じて移動する塩水が指摘されている。しかも、 4He と Cl の濃度の関係からは浅層地下水と

塩水の混合が示唆され、地下水混合とそれを考慮に入れた地下水年代評価を行うために適している。混合解析の結果、塩濃度の低い成分は、涵養後にある程度時間を経過して Ca 型から Na 型に水質変化した地下水とさらに時間が経過した Na 型の停滞系の地下水であることを明らかにした。水の同位体組成は前者で低く、寒冷期に循環していた水が滞留していると思われ、後者は現在の地下水の同位体組成に近い。しかし、化学組成は後者の方が前者よりもさらに時間が経過した Na 型の停滞系の地下水であることを示し、同位体組成からの推定とは相容れない。水の同位体組成と化学組成との起源に関する整合性に関しては、今後のさらなる検討が必要である。

3) 地下水年代を評価する手法の検討

前項の関東平野中央部の深層地下水について、化学組成及び混合解析の結果を参照し、地下水の起源・混合を考慮に入れた地下水年代評価について検討した。ここでは、Cl・He 濃度に強い相関があり塩水-淡水を端成分とする関係が見られたので、年代指標ごとに異なる混合成分の年代を出せる可能性があることがわかった。深層地下水に含まれる Cl の $^{36}Cl/Cl$ (上記海水組成への外挿値: 4.5×10^{-15}) と永続平衡値に基づいて海水成分の滞留時間を計算すると約 30 万年と計算される。また、炭素同位体比は完全な Dead Carbon ではないため、5 万年よりも若い値を示し、古い海水への若い淡水の混入がこの数値から読み取れる。精密な年代値は、より最適な地下水の混合解析手法・厳密な年代計算が必要であるが、淡水及び海水成分といった起源を分けた年代解析手法の一つとして有効であると思われる。

(4) 我が国の深層地下水の実態把握とデータベース化

1) 深層地下水データベースの更新

これまでに印刷物として出版された論文、報告書、書籍等から、深層地下水、温泉水と呼ばれる地下水に関する地化学データおよび当所地質調査総合センターが保有する地下水に関する地化学データを、本データベース作成に活用している。登録した地下水は、温泉水、深度 100m 以深の地下水、湧水である。湧水は、深層地下水が地表へ湧出した可能性があることから登録対象とした。既存の深層地下水データベースに、本年度新規に加えたのは 3009 点である。現在の登録件数は 20712 件である。

2) 各種評価用パラメータの検討

処分地周辺における水文地質学的モデルを作成するにあたり評価すべきパラメータのうち、地下水の性状、流動、混合、年代等に関わるパラメータについて検討した。

3) 地下水地理情報データベースの更新

前項のパラメータは、地理情報データベースに登録し、日本列島における広域分布状況を示した。今

後の課題としては、これらのパラメータの分布の地域的特徴を抽出し、分布要因について解明することなどが考えられる。

II 精密調査結果の妥当性レビューに向けた検討

(1) 深部流体・熱水活動の将来予測及び影響範囲とその定量化評価手法の検討

① 深部流体活動

深層地下水データベースのデータ等を活用し、Li/Cl および深部起源炭素 C_{ds} 濃度が高い塩水である深部上昇流体の混入している地下水の分布を調査した。この分布と地下20-40km の地殻下部に震源を持つ深部低周波 (DLF) 微動・地震の震源域の分布との間には関連があることがわかった。この結果は深部低周波 (DLF) 微動・地震が地殻下部で活動する熱水により引き起こされているという仮説を指示する。しかし、正確に位置が一致するわけではない。実際の深部流体の上昇は、断層・構造線に沿っており、厚い地殻のため DLF の直上には上昇できず、“水みちとしての断層・構造線” に沿って上昇していると考えられる。

② 熱水活動

1) カルデラ火山の影響評価

カルデラ火山が周辺の浅層地下水系にあたる影響をマグマ起源物質の濃度、フラックスおよび賦存量についてとりまとめた。また、H22年度までに求めた深層地下水系への影響についてもまとめなおし、浅層および深層地下水系への影響の違いと原因について検討した。これらの結果から、カルデラ火山が周辺地下水に与える影響は浅層では、主にカルデラ内に、深層では周辺の地質構造および水理構造に依存し、異方性を持つことを示した。

2) 成層火山及び断層等の影響評価

成層火山および断層が周辺の地下水系に与える影響について、既存のデータをとりまとめ地理情報データベースに入力した。浅層および深層地下水系への影響の量、方向性などについてとりまとめた。カルデラ火山の場合と同様に影響には異方性があり、地下地質構造および水みちとしての断層の存在が影響量や範囲に関係があることが示された。

3) 火山活動の周辺への影響の時間スケールの検討

九州および中国地方に存在する単成火山の年代と周辺の地下水の $^3\text{He}/^4\text{He}$ を用いて、噴火年代と地下水に含まれるマグマ起源物質の濃度に関係があることがわかった。この結果から、単成火山においては、約300万年で火山の地下水系への影響が消失することがわかった。

(2) 各自然事象による地下水流動系の変化の予測と定量化評価手法の検討

1) 深層地下水データの収集・既存試料の分析

各種文献から深層地下水に関するデータの収集を実施した。また、産総研の保有する既存地下水試料について、主成分陽イオン、陰イオン、水の酸素・酸素同位体組成 ($dD-d^{18}O$) 分析を実施した。また、一部試料については、全炭酸の炭素同位体分析 ($d^{13}C$)、放射性炭素同位体 ($d^{14}C$)、放射性塩素同位体 ($^{36}Cl/Cl$)、低レベルトリチウム濃度、および溶解ガスの希ガス組成分析、ヘリウム同位体比 ($^3He/^4He$) の分析を実施した。収集されたデータおよび既存地下水試料の分析結果については、新たに深層地下水データベースへの登録を行った。

2) 堆積岩地域沿岸の深層地下水の性状及び地下水年代分布

堆積岩地域の事例研究として行った青森東部の上北平野では、海水を起源とする塩水と淡水の混合により深層地下水が存在する。その地下水年代をトリチウム (3H)、放射性炭素 (^{14}C)、放射性塩素 (^{36}Cl)、放射壊変起源ヘリウム ($^4He_{rad}$) を用いて検討した結果、 ^{14}C 年代、 4He 年代および $^{36}Cl/Cl$ がそれぞれ異なる年代値を示すことがわかり、複雑な混合過程の存在を示唆している。上北平野では、 4He 年代と $^{36}Cl/Cl$ の比較により、沿岸部では10,000年以上の年代を持つ古い淡水に若い海水が混合していることがわかった。一方、内陸部では、最終氷期以前から存在している塩水に10,000年以上の年代を持つ相対的に若い淡水が混入していることが示された。この結果は、長期にわたる海面変化の影響によるものと考えられる。

3) 結晶岩地域沿岸部や離島についての深層地下水の性状、特徴

結晶質岩地域の事例研究として行った瀬戸内地方の沿岸部における深層地下水は、六地点で Li/Cl が高い値を示す場合をのぞき、海水 (変質した海水を含む) と淡水の混合により形成されている。海水の変質を仮定した場合、Ca/Na の増加と Cl の濃縮が特徴的で、海面変化により陸化-内海化を繰り返す過程での蒸発等を含む反応過程が原因の可能性がある。沿岸域では、古い淡水に現代に近い若い海水が混入するケースや、1000m 以上の深度にもかかわらず、小豆島に古い淡水が見つかるなど、長期にわたる海面変化の影響と考えられる深層地下水の存在が確認された。

4) 地下水流動系における流出域の評価手法の検討

深層地下水流出域の検討では、過去に明らかに深層地下水が湧出していた地点を日本鉱泉誌から抽出し、その地点における現在の分析データを照合し、その化学および同位体組成の特徴を検討した。その結果、浅層地下水と明らかに異なる水質特徴を有することがわかった。今後は、深層地下水データベースのデータを用いて、自然湧出している地点を抽出

し、より本格的なデータベースとして整備する必要がある。

【分野名】地質

【キーワード】放射性廃棄物、地層処分、長期変動、深層地下水、規制支援

・日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業

【研究題目】セルロース系バイオ燃料の生産に適合した酵素生産系状菌およびバイオ燃料生産微生物の開発に関する研究

【研究代表者】坂西 欣也（バイオマス研究センター）

【研究担当者】澤山 茂樹、遠藤 貴士、矢野 伸一、井上 宏之、松鹿 昭則
(常勤職員5名、他7名)

【研究内容】

日米セルロース系バイオ燃料の生産に適合した酵素生産系状菌およびバイオ燃料生産微生物を開発するために、米国国立再生可能エネルギー研究所（NREL）と共同で糸状菌の酵素組成、酵母の発酵阻害耐性に関する研究を行った。

セルラーゼ高生産系状菌 *Acremonium cellulolyticus* CF-2612株からセルロースの糖化に対して強い相乗活性を示す10種類の糖化酵素を精製し、諸性質を検討した。これらの酵素は、MS 解析およびゲノム情報を用いた同定によって、一次構造的に6種類に分類されることが分かった。精製酵素を用いて NREL 前処理物の糖化に適した酵素組成の最適化評価を行った。その結果、5種類の酵素によって、市販酵素の2.4倍、CF-2612株粗酵素液の1.2倍上昇した糖化活性を有する酵素組成を調製することが出来た。

キシロース発酵性組換え酵母 MA-R4株を用いて NREL 前処理物由来の糖化液の発酵を行い、NREL が検討している組換え *Zymomonas* によるエタノール発酵と比較検討した。初期酵母細胞量は多いほど、MA-R4株のキシロース発酵能が改善されたが、グルコース発酵速度と比べるとキシロース発酵速度は遅くなること分かった。糖化液を固液分離せずにエタノール発酵を行った場合、72h で40%のキシロースが発酵に利用され、NREL の発酵データと同様発酵阻害が起きていた。一方、窒素源として糖化液に酵母エキスを添加した場合、86%のキシロースが発酵に利用され、キシロース発酵能が改善されることが分かった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、エタノール、酵素糖化、エタノール発酵、発酵阻害

【研究題目】ナノテクノロジーを用いた高性能熱電変換材料

【研究代表者】山本 淳（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】山本 淳、太田 道広

(常勤職員2名)

【研究内容】

熱電材料の高性能化の最有力な手法として、ナノ構造を内包する熱電変換材料の創製がある。近年、米国では DOE が中心となり、このようなナノテクノロジーを用いた熱電変換材料の開発プロジェクトを展開しており、優れた性能の達成例が報告されている。現在萌芽段階にあるこれらの熱電変換材料は、数年後に大きなトレンドになり市場を形成する可能性が高い。このような背景から、日米で共通的な課題である熱電材料の高性能化について、動向調査ならびに共同研究実施の事前調査を実施した。この結果、アルゴンヌ国立研究所（ANL）、ノースウエスタン大学（NU）の Mercuri G. Kanatzidis 教授と高性能熱電変換材料に関する研究の共同実施を進めることで合意した。

ANL, NU における短期滞在研究により低環境負荷のバルク体材料にナノ構造を形成して優れた熱電変換特性を実現するための予備検討を実施した。このなかでナノ構造を有する鉛テルル系熱電変換材料について検討を実施し、結晶の育成に成功した。

また産総研においては鉛を充填したシェブレル相硫化物の作製条件の検討を行い、加圧焼結（パルス通電焼結）法によりほぼ単相の多結晶体の合成に成功し、熱電変換特性の評価を実施した。

ナノ構造をもつ熱電材料開発と並行して、材料研究を支える評価技術の研究もあわせて実施し、ハーマン法を参考にした新しい計測手法の可能性を確認して装置の設計を行った。今後1000℃近傍における材料性能測定手法の高信頼化をすすめる予定である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】熱電変換材料、ナノ構造制御、未利用熱エネルギー

【研究題目】ハイブリッドキャパシタ電極用ナノ構造材料の合成と評価に関する研究

【研究代表者】児玉 昌也（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】児玉 昌也、棚池 修、曾根田 靖、吉澤 徳子、山下 順也、山田 能生、菊池 恵美（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

本研究では電気二重層キャパシタのさらなる高性能化を目指すため、正負極に異なる疑似容量反応を用いた非対称ハイブリッドキャパシタの開発を目的とし、疑似容量酸化還元反応をもたらすナノ構造活物質と炭素材料との複合化による高性能キャパシタ電極の開発を目的とする。また、その効率的な材料合成と評価のための手法に関する基礎研究を行う。実施にあたっては、再生可能エネルギーの効率利用に必要な蓄電デバイス研究を行っている米国国立再生可能エネルギー研究所（NREL: National Renewable Energy Laboratory）の研究者と

協力し、日本から米国に研究員を1名長期派遣して情報交換と研究手法の共同開発を行った。初年度にあたる本年度は、日米研究者間の相互研究協力関係の構築を重視し、その上で、新規金属酸化物含有多孔質炭素の合成のための手法と評価法を確立した。一方日本においては、ハイブリッドキャパシタ正極材料を志向した新規カーボン系電極材料に取り組み、臭素をあらかじめドーブ（プレドーブ）した炭素の電気化学的挙動を検討し、プレドーブされた臭素の疑似容量反応としての活用の可能性を検討した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 ハイブリッドキャパシタ、疑似容量、プレドーブ

【研究題目】 再生可能エネルギー導入に備えた統合型水素利用システムに関する研究

【研究代表者】 中納 暁洋（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 中納 暁洋、伊藤 博、前田 哲彦、高橋 徹、西田 恵一
（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

統合型水素利用システムは主に水素製造装置、水素貯蔵装置、水素供給装置、及び燃料電池で構成され、その設置施設に対して電気に加え、熱、及び物質（水素）を供給することができる定置型の水素システムである。一方、再生可能エネルギーは不安定であることから、需要側でそれが大量に導入されると一時的なエネルギー貯蔵装置が必要になる。本システムは水素の形でエネルギー貯蔵を行うのでエネルギーの長期・大量貯蔵に適しており、再生可能エネルギーの利用促進に有望なシステムである。本研究の目的は再生可能エネルギーを最大限取り込むことができ、且つ優れた省エネルギー性を併せ持つ低炭素化社会の公共インフラとなり得る統合型水素利用システムを米国のサバンナリバー国立研究所（SRNL）と共同で開発することにある。初年度にあたる本年度はフィージビリティスタディ（FS）実施のため短期で研究者を SRNL に派遣し米国側水素システムの基本構成、各要素機器性能、現時点でのエネルギー効率に関する調査を行った。また、SRNL 側研究者を招聘し、今後における共同研究の展開と方針について議論を交わし、再生可能エネルギー導入に貢献し、且つ総合効率を上げるための熱利用ができ、水素の吸・放出に対し柔軟な対応が可能な水素貯蔵装置の開発から研究を着手することで合意した。本年度 FS による人的交流で SRNL との信頼関係を築くことができ、来年度以降における本格的共同研究推進のための礎を築くことができた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 水素システム、再生可能エネルギー、水素貯蔵

【研究題目】 色素増感起電力を利用した水分解水素製造

【研究代表者】 佐山 和弘（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 佐山 和弘、杉原 秀樹、草間 仁、小野澤 伸子、船木 敬
（常勤職員5名）

【研究内容】

光のエネルギーを用いて見かけの電気分解効率を向上させ、水素コストを大幅に低下させる技術として半導体光電極水素製造がある。この光電極は太陽電池による補助電源が一般的には必要であるが、この電源電力も低コスト化する必要がある。本研究では、低コスト水素製造のために半導体光電極の高効率化を行うとともに、補助電源用の太陽電池として革新的な低コスト化が期待できる色素増感起電力を応用した研究を行う。半導体光電極水素製造と色素増感セルの両方の技術は最終的には一体的にアセンブリした色素増感水素製造システムの水分解の電流－電圧条件を最適化する必要がある。本システムの実用化のためには、最適な電流－電圧条件を一致させるとともに、材料の特性を理解して効率向上だけでなく特に長期安定性の指針を導く基礎研究が不可欠である。研究を米国と協力して行うことで色素増感水素製造システムの飛躍的な低コスト化が期待できる。

今年度はブルックヘブン国立研究所（BNL）などのいくつかの米国国立研究所と共同研究についてテーマ設定の議論を行い、同時に色素と電解液、半導体との相互作用を確認するための予備実験を行った。ガス発生速度の精密評価を BNL で実験できるように装置の立ち上げを行い、水素・酸素ガスを空気漏れのない条件で定量できるようにした。また、増感色素と電解液組成との相互作用を解明するため、基本的な色素とヨウ素との特異的な相互作用を吸収スペクトル変化により評価した。以上の FS 研究の結論として、半導体光電極の表面の解析による水分解の反応機構や劣化機構の解明、および増感色素と電解液組成との相互作用解明による耐久性と性能の両立をするための指針の明確化、等について今後 BNL と共同研究を行っていくことが確認された。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 水素製造、色素増感、光電極

【研究題目】 人工光合成

【研究代表者】 姫田 雄一郎

（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 姫田 雄一郎、佐山 和弘、杉原 秀樹
（常勤職員3名）

【研究内容】

本事業では、半導体光触媒の水分解により生じた水素（電子）を用いて二酸化炭素の固定化・燃料化を目指した人工光合成技術の基礎研究を目的とする。可視光応答型光触媒と二酸化炭素の変換錯体触媒などの高い人工光

合成用触媒技術を持つ産総研と、錯体触媒等の高度な材料・反応機構解析技術を有するブルックヘブン国立研究所が、補完的に協力し、共同研究を行うことにより、革新的な人工光合成触媒の基盤的技術の確立を目指す。

本年度は、ブルックヘブン国立研究所との相互交流を通して、研究者間の信頼関係を構築するとともに、互いに協力および補完できる研究を調査し、共同研究を進めることで合意した。また、産総研では、先導的に半導体光触媒と複合化させるための高性能二酸化炭素還元触媒と、液体燃料であるギ酸の分解触媒の開発を進めた。特に、水中常温常圧で二酸化炭素の還元可能な高性能錯体触媒を開発し、高性能触媒の設計指針を得ることができた。また、高性能なギ酸分解触媒の開発により、二酸化炭素の水素化反応で得られるギ酸から再び水素を発生させることを確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】炭素固定、水素貯蔵、

【研究題目】放射光軟 X 線を利用したエネルギー貯蔵デバイス用ナノ電極材料の電子状態解析

【研究代表者】周 豪慎（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】細野 英司、大久保 将史、劉 銀珠、北浦 弘和、朝倉 大輔、李 徳（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

省エネルギー・地球温暖化対策に資する分散型エネルギーネットワーク構築のキーテクノロジーである高性能2次電池として、リチウムイオン2次電池の高性能化が期待されている。本研究では、既存の正極材料では得られない電極特性の発現を目指し、高性能リチウムイオン2次電池の実現を目指す。特に、ナノ材料における電気化学反応メカニズムの解明を放射光内殻励起分光法により行い、電極特性の高性能化への指針を得ると共に、指針に基づいた材料設計を行う。

平成22年度においては、放射光を用いた軟 X 線吸収分光をナノ正極材料について行い、充放電反応中の構成元素の電子状態変化を追跡した。その結果、酸化還元イオンと考えられる遷移金属サイトだけでなく、架橋原子も酸化還元反応に極めて強く関与していることが分かった。このことは、電荷移動多重項計算によっても確かめられ、高容量の材料設計について非常に有意義な指針を与えた。得られた電気化学メカニズムを基に、様々なナノ材料の設計を行い、その結果、300mAh/g を超えるような充放電容量を持つ電極材料の開発にも成功した。しかし、充放電サイクル特性、高出力特性については改善の余地が残されており、今後の展開が期待される。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リチウムイオン2次電池、正極材料、ナノ材料

【研究題目】リグノセルロース系バイオマス細胞壁脆弱化処理・高せん断力付加によるナノ解繊処理とその酵素分解挙動との相関究明

【研究代表者】坂西 欣也（バイオマス研究センター）

【研究担当者】李 承桓、遠藤 貴士、井上 誠一、石川 一彦（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

リグノセルロース系バイオマスから、経済的かつ環境にやさしい第二世代バイオエタノール生産研究を含むバイオマスリファイナリー研究が世界的に注目を集めている。リグノセルロース系バイオマスの細胞壁は高い結晶性を示すセルロースマイクロフィブリルとリグニンおよびヘミセルロースが互いに強固に結びついて三次元ネットワークと階層構造を形成しており、自然が作るナノ複合体といわれている。そのため、酵素など生化学的あるいは強酸処理などの化学的処理に対して非常に強い分解抵抗性を持つ。この強い分解抵抗をどう克服して、いかに効率よくエタノールを生産するかが、研究のキーポイントになっている。

本研究は、分解抵抗の克服のための技術として、バイオマス研究センターが開発したバイオマス細胞壁脆弱化・高せん断力付加によるナノ解繊処理とオークリッジ国立研究所（ORNL）の生物学的手法による分解抵抗低減に関する基礎的研究を組み合わせ、バイオリファイナリー技術の高度化を図ることを目的にしている。また、ナノ解繊処理によって得られる解繊物の高付加価値利用及びその性質究明と酵素反応との相関関係を先端技術を用いて明確にしていく。これらを実現するために、それぞれ特徴ある研究を行っている日米の研究機関が交流・連携する事で技術開発の加速を図る。本事業の成果をベースに環境性、経済性、エネルギー効率に優れたバイオエタノール生産技術を含めた高効率バイオマスリファイナリー技術の確立を目指している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リグノセルロース系バイオマス、バイオマスリファイナリー、ナノ解繊、酵素糖化、バイオエタノール

【研究題目】新燃料の燃焼機構の解明に資する数値解析及び実験解析

【研究代表者】後藤 新一

（新燃料自動車技術研究センター）

【研究担当者】後藤 新一、辻村 拓、小熊 光晴（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

ローレンス・リバモア国立研究所（LLNL）へ在外研究員を派遣し、化学反応動力学に基づく在来燃料及びバイオ燃料等の新燃料に関する最新技術動向の調査を行うとともに、モデリング技術の習得を実施した。その結果、同年度途中段階でモデリングの基礎を捉えることができ、

次年度以降の継続研究として実施を計画していたバイオ燃料の新モデル開発について、計画を前倒して着手することができた。ここで対象とするバイオ燃料とは、バイオアルコール燃料を指し、バイオエタノールよりも炭素数の多い、いわゆる高級アルコール燃料であり、米国エネルギー省 (Department of Energy, DOE) が支援する JBEI (Joint BioEnergy Institute) でも注目するバイオ燃料である。

また付随する成果として、バイオ燃料のモデリングに伴い LLNL の研究協力ネットワークに参画でき、米国立研究機関 (サンディア国立研究所、再生可能エネルギー研究所)、大学 (アイルランド国立大学、コネチカット大学、南カリフォルニア大学等) との研究協力関係を築くことができた。これにより本事業で研究開発する新燃料モデルの精度向上や波及促進が期待できる。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 新燃料、バイオ燃料、高級アルコール燃料、化学反応動力学、モデリング、燃焼解析数値モデル、燃焼メカニズム、詳細反応モデル、デファクトスタンダード

[研究題目] バイオ燃料等の膜分離効率向上を指向した微生物触媒および発酵プロセスの開発

[研究代表者] 中岩 勝 (環境化学技術研究部門)

[研究担当者] 中岩 勝、柳下 宏、北本 大、
榊 啓二、池上 徹、根岸 秀之、
森田 友岳、福岡 徳馬、羽部 浩、
佐藤 俊 (常勤職員10名、他1名)

[研究内容]

持続可能な社会・低炭素経済の構築に向け、化石資源からバイオマス資源への原料転換は喫緊の課題である。特に、再生可能エネルギーであるバイオ燃料等の製造技術に関しては、グリーンイノベーション (新成長戦略) を標榜する日本、及びグリーン・ニューディール政策を打ち出している米国の双方にとって、加速的なブレークスルーが求められている。

産総研・環境化学技術研究部門では発酵によって得られるバイオアルコールの分離・濃縮の効率化に向け、アルコール高選択分離膜の開発や分離システムの最適化等に取り組んできた。その中で、発酵原料である「セルロースの加水分解物 (セルロース糖化液)」に含まれる微量 (約2%) の酢酸等が、分離膜の性能低下を引き起こす事を突き止め、この酢酸の除去が解決課題となっていた。一方、米国国立再生可能エネルギー研究所 (NREL) の National Bioenergy Center では、同様にセルロース糖化液由来の酢酸が各種の発酵プロセスにおいて微生物の生育を阻害することを見出し、この問題解決に向け、最先端レベルの遺伝子組換え技術を活用した「酢酸に耐性を持つ微生物の開発」等に取り組んできた。

そこで、これら共通の目的・解決課題を有する、産総研・環境化学技術研究部門と、米国国立再生可能エネルギー研究所 (NREL)・National Bioenergy Center との間で共同研究を開始し、セルロース加水分解物中の酢酸を分解除去しながら発酵を実施するような、効率的かつ省エネルギーなセルロース系エタノール等製造プロセスの早期構築を試みた。

平成22年度は、セルロース糖化液中に存在する、膜分離の阻害物質である酢酸を効率的に分解するため、細菌ゲノムの中から、組換え遺伝子候補の情報収集を行い、最終的に、細胞内での安定性に最も優れた酢酸分解系遺伝子を選定した。アルコール発酵を担う微生物の細胞内で、選定した酢酸分解系遺伝子を効率よく発現・機能させるため、発現強度の調節が任意に可能で、かつ複数のアルコール発酵微生物にも適用可能な、専用の「発現ベクター」の開発に成功した。さらに、開発した発現ベクターを発酵微生物内へ導入し、組換え体の取得に成功した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 再生可能エネルギー、セルロース系バイオマス、バイオプロセス

[研究題目] 稲わら由来セルラーゼ阻害物質の分解除去方法の開発

[研究代表者] 星野 保 (生物プロセス研究部門)

[研究担当者] 星野 保、吉宗 一晃、湯本 勲
(常勤職員3名)

[研究内容]

セルロース系バイオマスは、カーボンニュートラルな原料であり、これを用いたバイオ燃料の効率的生産は、低炭素社会の実現に重要な技術である。セルロース系バイオマスの糖化处理は、バイオ燃料生産に必須の工程であり、使用される酵素価格がコストの大半を占める。バイオ燃料を普及させるためには、生産コストを下げるため酵素使用量の削減が必要である。これまでの研究の過程で、セルロース系バイオマスの糖化の際に原料中の不純物によって糖化反応の阻害がおこることを見出した。本研究は、少量のセルラーゼを用いた効率的な糖化手法の確立のために、原料由来の酵素阻害物質の性質とその原料中での局在を解明し、酵素阻害物の除去に必要な基礎的知見を得ることを目的とするものである。稲ワラより *Trichoderma viride* 由来セルラーゼ阻害物質の探索を行い、20種以上の低分子化合物が酵素活性に影響をおよぼすことを明らかにした。特に低分子有機酸 A*および B*は阻害活性が高く、それぞれ拮抗的、非拮抗的阻害を示した。これらの結果からセルロース系バイオマス原料は、酵素活性に影響をおよぼす多様な物質を有することを明らかにした。*産業財産権等の対象となる技術情報のため物質名を秘匿する。稲ワラ由来セルラーゼ阻害剤及びセルラーゼ複合体の構造解析に関しては、担当

研究者の研究実施期中の転出により、実施不可能となった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 未利用バイオマス、酵素反応、阻害物質

【研究題目】 脂肪酸など環境低負荷を目的とした炭化水素系化合物の生産技術の開発に関する研究

【研究代表者】 町田 雅之（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 町田 雅之、玉野 孝一、小山 芳典、小池 英明、梅村 舞子
（常勤職員5名、他1名）

【研究内容】

化石燃料に代わる燃料物質を、バイオマス等の植物成分を原料として微生物の持つ物質分解と物質生産の能力を利用して作製する技術の開発を目的に研究を進めている。ディーゼル燃料の原料物質である脂肪酸、その他の炭化水素系化合物であるテルペノイドや二次代謝化合物を対象として生産系の構築と生産性の向上を目標として研究を進めている。使用する微生物には、物質分解と物質生産の能力に優れた糸状菌である黄麹菌（*Aspergillus oryzae*）を用いて、脂質生産に重要と考えられる遺伝子の過剰発現株を作製する。また、脂質を高生産する糸状菌との比較機能ゲノム解析を行い、同性質に重要な遺伝子を解析する。

PNNL の研究員と協力して麹菌において脂肪酸生産系の開発を行うことにより、脂肪酸の生産性を野生型コントロール株に比べて最大で2倍程度に高めることに成功した。更に生産性を高めるために、今後複数の遺伝子の高発現化や破壊を組み合わせることで生産系の改良を進める。また、脂質の高生産菌を入手してそのゲノム解読に取り組んでいる。今後、脂質を高生産するためのメカニズムを解析することにより、麹菌で脂質を高生産性を実現するための基盤情報として用いる。HPLC や TLC を用いて菌の脂肪酸を同定する実験系を構築して評価を行っている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 バイオディーゼル、二次代謝、糸状菌、比較ゲノム科学

【研究題目】 日米先端技術標準化研究協力タンパク質計測

【研究代表者】 本田 真也

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 本田 真也、渡邊 秀樹
（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

タンパク質医薬の会合凝集性評価法を標準化するために必要な、会合凝集性の測定分析のための標準タンパク質を開発することを目的とする。このため、標準タンパ

ク質の分子設計を行い、複数の標準タンパク質候補を合成し、これらの特性を分析超遠心法、サイズ排除クロマトグラフィー法、流動場分離分析法等の複数の方法で解析し、かつ解析を日米の複数の機関で並行して行うことによって、標準タンパク質としての適性を確認する。

平成22年度は、まず、会合凝集性測定分析用の標準物質として必要とされる諸条件を整理し、実効性、汎用性、類似性、安定性、および供給性の5つの観点を満足することが必要であることを明らかにした。次いで、天然タンパク質の中から、実効性と供給性の条件も満たすものをまず選別し、これに改変・修飾を行うことで人為的に安定化させた人工タンパク質を複数合成し、これらのうちの優れたものを会合凝集性の測定分析のための標準物質として採用することが基本戦略として適切であると判断した。文献情報等の調査を行い選定した候補タンパク質に関して、遺伝子データベースおよびタンパク質立体構造データベースを用いて、当該タンパク質の遺伝子配列とアフィニティタグ導入部位を決定した。この設計した遺伝子配列に相当する人工遺伝子を合成し、これらに制限酵素処理等を施して、それぞれに対応する発現ベクターを構築した。得られた発現ベクターを用いて大腸菌を形質転換し、微生物による組換えタンパク質生産系を完成させた。続いて、培養後の大量の大腸菌を破碎し、可溶性画分から粗製物を回収した。この中に目的のタンパク質が含まれることを確認したのち、多段階のクロマトグラフィー分離を行って、目的物を高純度に精製した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 バイオ医薬品、タンパク質、凝集、標準化

【研究題目】 日米先端技術標準化研究協力3D映像

【研究代表者】 氏家 弘裕（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 氏家 弘裕、渡邊 洋（健康工学研究部門）
（常勤職員2名、他7名）

【研究内容】

立体（3D）映像メディア技術を情報機器・システムに導入することで3DTV 会議システムや3D テレワーク等の活用により、CO₂を多く排出する交通機関の利用を避ける事が可能になる。本テーマでは、立体映像を提示し、これによる心理学的及び生理学的な影響を調べ、映像酔いや視覚疲労など好ましくない生体影響をできるだけ生じさせない立体映像のためのガイドライン草案を作成し、その国際標準化を図ることで、誰にでも安全・安心に立体映像が利用可能な環境を日米連携で早急に整え、世界的な立体映像関連市場立ち上げをスムーズかつ急速に進め、エネルギー消費削減とともに、新しい産業による雇用創出への貢献を目指す。

具体的には、以下の3点について実施した。

(1) 3D 映像ガイドライン国際標準化推進のための生体

影響計測

立体映像視聴により生じ得る生体影響を、心理学的及び生理学的計測について、約300名の被験者実験により実施し、両眼間非整合性や視聴位置による影響、さらに立体映像の振動特性による影響などについて生体影響データ計測を行った。また、公知化されている研究報告等を整理し、立体映像のガイドラインの基盤となる項目とその基準数値についての議論を開始した。

(2) 3D 映像ガイドライン妥当性検証システムの詳細設計

映像中の物理的特性として、両眼網膜像差と視覚的グローバル運動とを解析し、生体影響レベルを時系列データとして出力する立体映像の生体安全性評価装置を開発するために、映像解析ハードウェア構築と生体影響モデルの検討を実施した。後者については、生体影響計測実験に用いた映像の視差解析を行い、生体影響結果との比較を実施した。

(3) ISO における3D 映像ガイドライン検討の開始

ISO/TC 159/SC 4/WG 12 (映像の生体安全性)において、上記の(1)及び(2)に基づいて、3D 映像ガイドラインを作成する上での基本概念及び具体的なガイドライン項目についての議論を開始した。

なお本テーマは、(社)電子情報技術産業協会と共同で実施した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 立体映像、生体安全性、評価装置

【研究題目】 共同施設相互利用によるナノエレクトロニクス、ナノ材料開発

【研究代表者】 秋永 広幸
(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】 秋永 広幸、島 久、野田 周一
(ナノ電子デバイス研究センター)、
(常勤職員2名、他1名)
亀井 利浩 (集積マイクロシステム研究センター)

【研究内容】

目的:

先端機器共用施設は、その場において多様な研究課題と人材の交流がなされることから、オープンイノベーションプラットフォームとしての機能を持つ。日米共に、このようなプラットフォーム間のネットワーク構築事業において世界を先導してきた経験を持ち、両者が連携を組むことは、全世界的課題に対する研究を推進する上で極めて効率的である。本事業では、日米の先端機器共用施設を相互利用することにより、低炭素社会の実現を目指した環境・エネルギー分野の革新的研究開発の促進と、研究者交流や最先端情報の共有化等、協働のシナジーによる研究連携ネットワークの強化を図る。

年度進捗状況:

米国側は Center for Integrated Nanotechnologies (CINT) / Sandia National Laboratories (SNL)、日本側は Nano Processing Facility (NPF) / AIST が窓口となり、以下の2つのテーマを実施した。

① 酸化物を用いた新規太陽電池の開発

平成22年度は、User Proposal (創エネ素子と省エネ素子の統合)の内容に基づき日米の先端機器共用設備の相互利用による酸化物ヘテロ接合太陽電池の先端的技術開発を推進した。その結果、NPF にて基本的なセル製作プロセスを確立するとともに、CINT との製作・評価の協力体制を確立した。より具体的には、ヘテロ接合用酸化物薄膜をスパッタ法とパルスレーザーポジション法で作製し、その電気的特性を評価した。そして、その評価結果に基づきヘテロ接合の作製プロセス開発を行った。

② ナノ光アンテナ技術の太陽電池応用

平成22年度は、ナノ光アンテナ技術の有効性確認を目指した。まず、Finite-difference time-domain (FDTD)法による電磁界シミュレーションを行い、紫外光に対してプラズモン共鳴が起こるナノ構造サイズを予想し、これらを双極子化することにより、ギャップ間に電場を集中できることを確認した。このような光を集めることができる金属ナノアンテナ構造を電子ビームリソグラフィにより実際に作製したところ、シングルアンテナ構造は作製できたものの、双極子ナノアンテナ構造に関しては、ギャップが形成できなかったため、プロセスの最適化が必要であることが分かった。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 先端機器共用施設、太陽電池、ナノ光アンテナ

【研究題目】 凝集状態評価

【研究代表者】 Kazaoui Said
(ナノチューブ応用研究センター)

【研究担当者】 Kazaoui Said、岡崎 俊也
(常勤職員2名)

【研究内容】

世界的規模で取り組みが行われている地球温暖化対策の推進を背景に、平成21年2月の日米首脳会談において環境・エネルギー技術を中心とした日米協力の重要性について合意された。さらに、日米間の協力を基礎とした標準の策定を促進することとし、MOU (Memorandum of Understanding) にて署名が行われた。このような背景を受け、代表的ナノ物質であるカーボンナノチューブについて、その凝集状態について国際標準化を目指した研究を行っている。

平成22年度は以下の点について研究を行った。

① カーボンナノチューブ分散液中の凝集状態評価のため、カーボンナノチューブ・トルエン溶液およびミセ

ル水溶液の調整法を開発した。

- ② 分散状態の異なるカーボンナノチューブ試料の凝集状態およびその大きさを動的光散乱法やレーザ回折法で測定し、米国 NIST において同試料を用いて測定された動的光散乱測定の結果と比較した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、凝集状態、光散乱、国際標準化

【研究題目】 ナノ構造電極を活用する発電のための新たな電気化学反応器の開発

【研究代表者】 藤代 芳伸

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 藤代 芳伸、鈴木 俊男、濱本 孝一

(常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

目標：

燃料電池に代表される高性能電気化学反応器は高効率物質・エネルギー変換技術として注目されている。日本側で開発を進めているセラミックリアクター製造技術における様々な構造、材料からなるナノ構造電極を共有し、米国機関（アルゴンヌ国立研究所）と連携し米国 DOE 放射光施設（APS）等での、最新の発電のための機能性セラミック電極のナノレベルでの表面状態評価を実施し、今後のナノ構造電極を活用する新しい高効率電気化学反応器の開発展開に向けた課題抽出を検討する。

研究計画：

日本側が先行する独自の世界最高レベルのナノ電極材料製造技術によって様々な電極構造を具現化し、高度な電極表面の評価が実施できる米国機関で相互に解析を進め、両機関の技術を効果的に発展させる目的で、産総研研究員の米国へ派遣し、共同申請で使用が許可された米国放射光施設（APS）等を活用する事により、日米共同での電極ナノ構造の機能解析を進める。

研究進捗状況：

22年度では、日本側のナノ電極を活用し、バイメタル燃料極を用いたチューブ型マイクロ SOFC チューブセルを作製し、種々の条件での燃料電池としての評価試験を行うとともに、試験後の組織変化が見られたサンプルを米国の DOE 放射光施設にて、共同でナノ電極構造の XAFS 観察を行った。基準サンプル(共焼成温度1300℃、Ni-YSZ アノード)においては、ナノ構造電極での測定ポイント全域において Ni が酸化状態であり、本構造変化が発電性能へ影響する事が明らかとなった。すなわち Ni-O の結合が観察されており、電極全般に Ni が活性点として存在していることが示唆された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノ構造電極、電気化学反応器、セラミックス、固体酸化物形燃料電池、放射光施設、機能・構造制御、低炭素、発電、

セラミックリアクター

【研究題目】 エネルギー関連材料の計算化学的アプローチに関する研究

【研究代表者】 大谷 実 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 大谷 実 (常勤職員1名)

【研究内容】

近年の地球規模での気候変動に関わる環境・エネルギー問題の解決は人類にとって喫緊の問題であり、化石資源に変わりうるクリーンエネルギーの開発は最重要課題である。本事業では計算科学的手法を用いて、太陽エネルギーから化学エネルギーへの変換効率を飛躍的に向上する材料開発へ向けた研究を行う。初年度のフィージビリティスタディー (FS) を経て本格的な共同研究へ移行し、シミュレーションのみで閉じた研究ではなく、常に実験との相補的な関係を築きながら研究を遂行する。本年度は FS を実施した。米国立リバモア研究所 (LLNL) におけるエネルギー材料シミュレーションの動向を調査し、次年度以降の共同研究のテーマ「水素発生光触媒電極の耐久性向上に関する研究」を策定した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 太陽光水素発生反応、第一原理分子動力学シミュレーション、有効遮蔽媒質法

【研究題目】 高性能固体高分子形燃料電池の開発に関する研究

【研究代表者】 崔 隆基 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 崔 隆基、土田 英二 (常勤職員2名)

【研究内容】

本研究では固体高分子型燃料電池の重要な構成要素である電解質膜に関するシミュレーション研究を行い、電解質膜における物質移動メカニズムおよび電解質膜の化学構造との関係を解明し、電解質材料の設計指針を提示することを目標とする。現在代表的な電解質膜としてフッ素系ポリマーであるナフィオンがよく使われている。ナフィオンは膜としての化学、機械的特性は優れているものの、高い製造コストのためより安価でフッ素を含まない炭価水素系電解質膜の開発が最近行われている。炭価水素系電解質膜はナフィオンより安価であるというメリットもあるが、しかしながら現状ではナフィオンより低含水率ではプロトン伝導性などが劣り実用化に向けてはさらなる改善が必要である。本年度は炭価水素系電解質膜に含まれているカルボニル基などの官能基が燃料電池の性能に及ぼす影響を検討し、どのような官能基を用いれば高い性能が得られるのかを明らかにした。今回の研究から得られた知見は電解質膜の合理的設計指針の一つとして新しい電解質膜の開発に役に立つと考えられる。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 燃料電池、高分子電解質膜、分子シミュ

レーション

〔研究題目〕日米先端技術標準化研究協力

〔研究代表者〕高辻 利之（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕高辻 利之、藤本 俊幸、東 康史、八木 貴志、権太 聡、三隅 伊知子、菅原 健太郎、水野 耕平、寺内 信哉、山下 雄一郎（計測標準研究部門）、氏家 弘裕、渡邊 洋（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、井藤 浩志、野中 秀彦（計測フロンティア研究部門）、湯村 守雄、Kazaoui Said、岡崎 俊也（ナノチューブ応用研究センター）、関口 勇地、川原崎 守、陶山 哲志、野田 尚宏、本田 真也、村木 三智郎、小田原 孝行、渡邊 秀樹（バイオメディカル研究部門）（常勤職員25名）

〔研究内容〕

世界的な課題である地球温暖化への対策として、エネルギー・環境関連技術の開発と普及が急務となっている。

我が国ではこれらの分野における様々な技術開発が行われているが、新たな技術を国際的に速やかに普及し、国際市場を拡充するためには、国際標準化への対応が不可欠である。

本プロジェクトは、ナノテク、環境エネルギー分野の業務部門、バイオ計量の計3テーマからなっており、さらにナノテクは薄膜膜厚計測、薄膜熱物性計測、微細形状計測、微細寸法計測、凝集状態評価の5サブテーマから、バイオ計量は核酸とタンパク質の2サブテーマからなっている。

このうち、業務部門は電子情報技術振興協会と産総研が共同で事業を実施、その他のテーマは産総研が単独で実施した。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕標準化、ISO、低炭素社会

〔研究題目〕日米先端技術標準化研究協力

〔研究代表者〕藤本 俊幸（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕藤本 俊幸、東 康史、寺内 信哉（常勤職員3名）

〔研究内容〕

半導体・エレクトロニクス産業等、ナノ構造を有する材料を積極的に利用する極めて広い産業分野において材料の微細化は進んでおり、ロバストかつ簡便な薄膜構造評価法の確立が期待されている。X線反射率（XRR）法は、膜厚計測の絶対測定法であること、大気下での非破壊測定が可能なこと、トレーサビリティが明確であり、測定の実現性が高いこと等々から、研究開発のみならず、

製造現場における品質管理に向けた応用が期待されている。本研究では、XRR法を用いた膜厚評価の産業応用化を目指して、手法の高精度化を目指すとともに、米国・国立標準技術研究所（NIST）と連携し国際標準化に向けた課題の検討を行う。本年度は、NISTとの間でXRR法を用いた膜厚計測の比較実験を実施し、1/100 nmオーダーで良い一致を示すことを確認した。またエリプソメトリ法、透過電子顕微鏡法等、XRR法以外の膜厚評価法との整合性向上に向け、それぞれの手法によって評価した膜厚の比較を行ったところ、試料の製造工程等の違いによる密度や表面・界面粗さの違いが膜厚評価に大きな影響を与えている可能性があり、それらが評価手法間の整合性向上に向けた考慮要因であることが分かった。加えて、高精度標準試料の作製のための製膜装置の開発を開始した。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕X線反射率法、膜厚計測、国際標準化

〔研究題目〕平成22年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業

〔研究代表者〕権太 聡（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕権太 聡、三隅 伊知子、菅原 健太郎（常勤職員3名）

〔研究内容〕

結晶格子の周期構造を利用した表面微細寸法を次世代の基準試料として実証し、国際標準化に向けた技術的根拠とするため、候補物質の寸法・形状のばらつきや原子レベルの表面粗さを高精度に評価する。候補物質の一つとして取り上げているサファイア単結晶は酸化物では最表面での酸素の欠損や、テラス面で何らかの原子レベルでの緩和が起こっている可能性がある。このため、表面の汚染や吸着水の影響が少ない超高真空環境下でのAFM観察を可能にする超高真空走査型プローブ顕微鏡（UHV-SPM）を導入した。予備測定として大気中AFMと比較して極めて良好な原子ステップ形状を得ることができた。さらに表面近傍に限定した結晶格子長に変化や乱れがあるかどうかを評価するため、微小角入射X線回折装置を製作した。本装置は試料表面上の微小スポットに限定してX線ビームを照射することができ、また2軸ゴニオメータに搭載されている超高精度ロータリエンコーダにより、高精度の格子長測定が可能となる。平成22年度は立ち上げ作業を行い、分解能チャートの0.4 μm L&Sを解像したことで点光源としての性能を確認した他、タングステンターゲットのX線源スペクトルを確認した。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕原子間力顕微鏡、走査型プローブ顕微鏡、単結晶、格子定数、段差、不確かさ、微小寸法計測、ナノスケール

【研究題目】日米先端技術標準化研究協力

【研究代表者】藤本 俊幸（計測標準研究部門）

【研究担当者】藤本 俊幸、東 康史、寺内 信哉
（常勤職員3名）

【研究内容】

半導体・エレクトロニクス産業等、ナノ構造を有する材料を積極的に利用する極めて広い産業分野において材料の微細化は進んでおり、ロバストかつ簡便な薄膜構造評価法の確立が期待されている。X線反射率（XRR）法は、膜厚計測の絶対測定法であること、大気下での非破壊測定が可能で、トレーサビリティが明確であり、測定の実現性が高いこと等々から、研究開発のみならず、製造現場における品質管理に向けた応用が期待されている。本研究では、XRR法を用いた膜厚評価の産業応用化を目指して、手法の高精度化を目指すとともに、米国・国立標準技術研究所（NIST）と連携し国際標準化に向けた課題の検討を行う。本年度は、NISTとの間でXRR法を用いた膜厚計測の比較実験を実施し、1/100 nmオーダーで良好な一致を示すことを確認した。またエリプソメトリ法、透過電子顕微鏡法等、XRR法以外の膜厚評価法との整合性向上に向け、それぞれの手法によって評価した膜厚の比較を行ったところ、試料の製造工程等の違いによる密度や表面・界面粗さの違いが膜厚評価に大きな影響を与えている可能性があり、それらが評価手法間の整合性向上に向けた考慮要因であることが分かった。加えて、高精度標準試料の作製のための製膜装置の開発を開始した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】X線反射率法、膜厚計測、国際標準化

【研究題目】日米先端技術標準化研究協力／微細形状計測

【研究代表者】井藤 浩志

（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】井藤 浩志、野中 秀彦、

Wang Chunmei

（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

薄膜構造を利用したデバイス等の積層膜の表面構造や粗さを精密計測するために必要な、原子間力顕微鏡（AFM）のためのプローブ形状特性計測用の標準試料を作成し、ナノ領域での表面粗さを定量的に測定する技術開発を行った。50nm以下ナノ材料形態や表面粗さの計測するために、AFMの視野内での平坦性（2 μm 視野）が5nm以下、局所的な平坦性（キャラクタライザのナノ構造の寸法；50nm視野）が2nm未満の高精度な標準試料を開発した。米国国立標準技術研究所（NIST）と連携して、相互比較を行い、解析手順の最適化を行った。さらに、プローブキャラクタライザで計測した実効プローブ特性が、電気計測の解析に必要な実

プローブ形状と一致する条件を探索し、その測定手順を検討した。開発した標準試料（プローブキャラクタライザ）のトレンチ構造部分を利用して、ラフネス評価を行い、ラフネスとの相関がとれるかどうかの検討を行った。この結果、AFM画像の低空間周波数成分がラフネスを決めている場合には、探針先端径の影響が少ないが、高い空間周波数成分が支配的な場合には、探針の先端の形状がラフネスの再現性を決定づけることを示した。AFMの実効プローブ形状（言い換えると装置関数）は、プローブの制御方法にも依存し、再現性の高いラフネス計測のためには、AFM制御を含めたプローブ先端の情報が必要であることを検証した。走査キャパシタンス顕微鏡法や走査広がり抵抗顕微鏡法の濃度計測範囲は校正について、濃度校正の標準化に必要な、AFMプローブ（導電性カンチレバー）の形状情報についても検証し、標準試料の構成要件を検討した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】原子間力顕微鏡、走査プローブ顕微鏡、カンチレバー、標準試料、国際標準

【研究題目】次世代型地熱エネルギー探査技術の開発

【研究代表者】當舎 利行（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】當舎 利行、中尾 信典、阪口 圭一、相馬 宣和、雷 興林、杉原 光彦、西 祐司、船津 貴弘、柳沢 教雄
（常勤職員9名）

【研究内容】

化石エネルギーから再生可能エネルギーへのエネルギー転換は、持続可能な社会発展のために不可避である。地熱エネルギーは、我が国に多く存在し二酸化炭素の排出が少なく日照や風などの自然状態に左右されずに安定的に供給が可能であり優れた再生可能エネルギーである。一方、地熱エネルギー源としての熱水蒸気は多くの場合断層系に存在しており、それを目指して坑井を掘削するが断層系に遭遇しても熱水蒸気が噴出しない場合や、掘削当初は相当量の蒸気の噴出があっても熱水蒸気の供給が追いつかない場合もあり、現状ではリスクを伴う。

近年、地下環境を人工的に操作して地熱資源を取り出すことを目的としたEGS(Enhanced Geothermal System)という地熱技術開発の研究が、米国DOE傘下の国立研究所を中心として行われている。地下に人工水理系を作成し天然の水理系につなげて、エネルギーの抽出を行うというものである。

本研究開発では、日米の技術を融合・発展させ人工的な資源を開発するのに必要なモデリングや数値解法手法の開発、ならびに、貯留層造成をモニターする技術の開発を行う。坑井内の検出技術に強い我が国と地表での探査を主体とする米国国立研究所の探査手法を米国での地熱開発実験現場にて適用させ、取得されたデータを相互に利用することにより共同で貯留層内の亀裂検知技術を

確立する。本研究開発を実施するにあたり、米国での地熱開発実験現場にて技術開発を実施する。具体的には、以下の技術開発を行う。

- 1) 米国内 EGS 実験現場での坑井内地震波動の検出技術
- 2) 米国研究所と協力して、波動解析技術
- 3) 岩石実験などによる地熱貯留層の力学メカニズムの把握
- 4) 貯留層シミュレーションのためのモデリング技術
- 5) 貯留層の中の亀裂の同定

平成22年度は、米国での実験場の確保と機材の整備、解析法の開発、EGS による開発を促進する為のモデリング技術、流動解析の為の地化学技術等の情報収集など、次年度以降の研究開発のための基盤整備を行った。アイダホ州の Raft River 地熱地帯に設定されている EGS 実験場にて実験と開発を行うこととした。実験場にて使用する対温度性能が高い坑内地震計の仕様を決定し、その地震計の制作を行った。解析手法についても検討を行い、解析指針について策定を検討した。EGS では地熱熱水の循環を促進させることが重要課題であることから、地化学的な影響についても、米国で開催された地熱ワークショップで情報収集して検討した。モデリングについては、複雑な地層を如何に適切にモデル化するかならびに、フィールドで観測されたデータとシミュレーションの結果との比較によって評価する手法の調査・検討を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】地熱エネルギー、EGS 技術、共同研究、米国実験場、坑井内地震計、モデリング技術

・地層処分技術調査費委託費

【研究題目】地層処分共通技術調査：沿岸域塩淡水境界・断層評価技術高度化開

【研究代表者】丸井 敦尚（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】丸井 敦尚、町田 功、井川 怜欧、越谷 賢、伊藤 成輝、小原 直樹、吉澤 拓也、西崎 聖史、内田 洋平、楠瀬 勤一郎、内田 利弘、上田 匠、横田 俊之、光畑 裕司、安藤 誠
（常勤職員9名、他5名）

【研究内容】

塩淡水境界／地下水総合評価技術の開発に関しては、ボーリング調査を実施し、深度1,000m までの掘削を行い、地質試料と地下水試料の採取を行った。本掘削で得られた地質試料は、花粉分析、CNS 分析、土質試験、針貫入試験、透水試験等を実施した。また、地質との吸着度の違いによる地下水の性状を考慮して、pF 値の違いによる地下水（間隙水）試料を採取した。比較のため圧縮法による間隙水の採取も実施し、一般水質試験や同位体分析を実施した。この結果、特に深部環境において

は水理境界が明らかに地質境界と異なることがわかり、地下水環境の長期的な安定性評価が大きく前進した。さらに、水理試験や広域地下水流動解析を実施した。

沿岸域地質構造／断層評価技術の開発においては、海底電磁探査法の開発を行った。探査装置の機密性向上などの改良を加え、幌延浅海域での試験を実施した。この結果、幌延沖の浅海域海底下に淡水地下水領域が存在することが判明した。物理探査試験により、海底下に淡水地下水領域を発見したのは、世界的に見て類の無いことである。さらに、陸域の広域を対象とする MT 法3次元電磁探査：幌延沿岸陸域の20地点における探査データにより、広域の3次元解析を実施した。これまでに実施している MT 法、AMT 法の観測データとあわせ、広域3次元モデルを構築した。また、地震探査手法を用いた地質構造モデリングとして、深部および極浅部の反射法調査を実施した。

関連データベースの開発においては、全国の平野と盆地における第三系・第四系の堆積面の形状を示すことができ、全国の地下水盆（平野や盆地などの堆積盆）を画一的にモデル化することができた。これにより帯水層構造や断層を含む地質学的な構造変化を踏まえた地下水流動解析ができるようになった。

【分野名】地質

【キーワード】沿岸域、深部地下水、物理探査、断層評価、長期安定性

・戦略的技術開発委託費

【研究題目】植物機能を活用した高度モノ作り基盤技術開発／植物利用高付加価値物質製造基盤技術開発

【研究代表者】松村 健（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】松村 健、松尾 幸毅、伊藤 亮、福澤 徳徳、田坂 恭嗣、安野 理恵、田林 紀子、沼畑 悦子、牧野 彩花、川原 美可、堀北 美樹、木村 まどか、野村 真弓、大久保 聖子
（常勤職員6名、他8名）

【研究内容】

目標：

植物体内での翻訳後修飾、特に N 型糖鎖修飾において植物型糖鎖修飾の抑制技術を開発する。

研究計画：

植物から植物型糖鎖修飾に関連する遺伝子群を単離し、構造を解析後、RNAi を用いた形質転換植物体の開発もしくは翻訳後遺伝子転写抑制技術を利用して、植物型糖鎖修飾抑制植物体の開発を行う。植物型糖鎖修飾が抑制されたかをマトリックス支援レーザー脱離イオン化－飛行時間型質量分析器（MALDI-TOF-MS）等を用いて解析する。

年度進捗状況：

N-結合型糖鎖への植物型糖鎖修飾には、フコース、キシロース付加が挙げられる。これらの糖付加はアレルゲンになる可能性が指摘されており、両方の糖鎖修飾抑制が必要となる。前年度までに、N-結合型糖鎖へのキシロース、フコース修飾がそれぞれ高度に抑制された β -1,2-キシロース転移酵素 (XylT) 遺伝子抑制遺伝子組換え *N.benthamiana* (Nb-rXylT) 及び GMD 遺伝子抑制遺伝子組換え *N.benthamiana* (Nb-rGMD) の作出に成功した。そこで、N-結合型糖鎖へのキシロース及びフコース修飾が同時抑制された植物体 (Nb-rGMDrXylT) を得ることを目的として、Nb-rGMD と Nb-rXylT の交配を行った。交配の結果得られた種子を播種、植物体を育成後、葉の総可溶性タンパク質を抽出した。総可溶性タンパク質より N-結合型糖鎖を精製し、MALDI-TOF-MS によりその構造を解析した結果、キシロース及びフコース修飾が高度に抑制された N-結合型糖鎖を有する植物体 (Nb-rGMDrXylT) を獲得することに成功した。

一方、Nb-GMDrXylT 植物体を用いて、マウス繊維芽細胞増殖因子 (mGM-CSF) のアグロインフィルトレーション法による生産を試みた。植物体より精製した mGM-CSF から N-結合型糖鎖を精製し、その構造を MALDI-TOF-MS により解析した。その結果、mGM-CSF はフコース及びキシロース修飾が抑制された N-結合型糖鎖により修飾されていることが明らかとなった。以上のことから、Nb-rGMDrXylT を、植物型糖鎖修飾が抑制された糖タンパク質の生産に応用可能であることが明らかとなった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 遺伝子組換え植物、糖鎖修飾、遺伝子発現抑制

【研究題目】 高感度環境センサ部材開発

【研究代表者】 大司 達樹、加藤 一実
(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 大司 達樹、加藤 一実、木村 辰雄、
増田 佳丈、Debraj Chandra、
Dewei Chu (常勤職員4名、他2名)

【研究内容】

本研究は、「分子認識機能」を有する生体分子と「信号変換機能」を有するセラミックスの融合による高感度環境センサを開発することを目標としている。ここで、アンテナ素子として働く生体分子はできるだけ多くセラミック表面に固定され、外界から接近する有害有機物質と効果的に接触して捕捉することによって電流を発生し、その電気信号をセラミックスが効果的に伝達する必要がある。このため、セラミックセンシング電極部材について、本来の半導体特性を損なうことなく、三次元的な空間を確保して表面積を増大するための、ナノメートルでの微細凹凸構造や多孔質構造を付与するプロセス

技術の開発を行う。

平成22年度はプロジェクト最終年度にあたるため、前年度までに開発した技術をまとめ、高いセンシング機能を発現するセラミック電極の製造プロセス技術の確立を目指した。有機化合物を利用した半導体酸化物多孔質薄膜の構造制御においては、ポリスチレンユニットを含む界面活性剤を用いて、酸化チタン、酸化スズ、酸化亜鉛のマクロ多孔体薄膜の合成を実現した。薄膜全体に生体分子を効果的に吸着させることが可能であり、単純な色素増感型の動作原理を利用したセンシングでは、何れの半導体酸化物薄膜も優れた電極特性を示した。抗原抗体反応を利用したセンシングでは、酸化スズ薄膜が優れた光電流特性を示すことを見出した。一方、液相析出法を利用した多孔質酸化スズ薄膜の構造制御では、厚さ10nmの多孔質酸化スズナノ結晶をコーティングすることができた。粒界がなく導電性が高いため、比較的高い光電流値とSN比を実現した。また、導電性ポリマー基板へのコーティングも可能なことなどの長所を示した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 環境センサ、微細構造制御、凹凸構造、多孔質構造、酸化チタン、酸化亜鉛、酸化スズ、マクロ多孔体、ナノシート

・中小企業支援調査委託費

【研究題目】 キッズデザイン製品開発支援事業

【研究代表者】 山中 龍宏 (デジタルヒューマン工学研究センター)

【研究担当者】 山中 龍宏、西田 佳史、本村 陽一、
北村 光司、持丸 正明、河内まき子
(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

我が国では、1歳から14歳までの子どもの死因の第1位が不慮の事故であり、この不慮の事故によって0歳から19歳の子どもが年間約1,200人、命を落としている。また、生まれてから3歳までの子ども約10人のうち8人は事故のために医療機関にかかるとされている。

少子化が進む現在、このような子どもの事故を予防し、安全かつ安心して子育てができる生活環境の整備は急務である。さらに、子どもの事故防止対策を施した製品の開発・普及は、我が国の子どもに対する安全・安心を高めるだけでなく、今後国外においてもこうした製品ニーズが高まるものであり、世界に先んじて取り組んでいくことが、我が国の産業競争力の強化にもつながる。また、こうした安全対策に積極的に取り組むことは、日本のものづくりのブランド化に向けても必要不可欠である。

そこで、本事業では、子どもを安全かつ安心して生み育てられる生活環境の整備に向けて、消費者庁・医療機関等に収集された事故情報をもとに、人間の特性・行動分析に強みを持つ研究者により原因究明等を行い、得られる科学的知見を企業や業界団体に提供することで、事

故予防に配慮された安全・安心な製品開発や業界標準の作成を支援する。また、製品の選択や使い方等に関して社会全体への効果的な情報提供等を行うことを通じて、安全・安心設計のものづくりを産業界が積極的かつ持続的に推進していく体制の構築を目指すことを目的とする。実施した内容は、以下の通りである。

1. 共創プロジェクト

共創プロジェクトでは、平成22年5月28日～平成22年6月25日の期間、以下のような企業・業界団体・その他の機関のニーズとそのキッズデザイン共創プロジェクトのスキームデザイン製品への活用方法に関する提案を募集した。応募があった32プロジェクト（20社・団体）について、外部評価委員会で審査を行い、頻度・重傷度・社会的ニーズ・一般知識化の可能性等を考慮して、19プロジェクト（15社・団体）を共創プロジェクトとして選び共同研究を実施した。その結果、今年度の共創プロジェクトでは、以下に示すようなキッズデザイン製品開発に寄与するデータや技術が整備された。

- チャイルドロック評価装置およびチャイルドロックデータベース
- 子どもの身体寸法・力のデータベースの拡充
- センサルームを用いた日常転倒データベース
- 前腕インパクト、大腿部インパクト、頭部インパクト、衝撃吸収性能計算ソフトウェア
- 裂傷メカニズム調査のための計測装置
- 有限要素法を用いた転倒シミュレーション技術の拡張（確率的頭部骨折モデル、大腿骨骨折モデル、切断モデル）
- 自転車重心位置検査装置
- 生活不具合データベース

各共創プロジェクトの詳細資料、整備されたデータ、整備された技術の解説等に関しては、本事業のホームページであるキッズデザインの輪（<http://www.kd-wa-meti.com>）より平成23年4月から公開中である。

2. 企業ニーズ調査・成果普及の検討

業種横断的に利用可能な基盤を整備するために、来年度以降の事業において整備すべきデータや技術のニーズを収集した。また、一般向け・専門家向け情報共有システムにおける情報提供の内容及び方法に関し、ユーザー側の視点で評価し利便性や効果性の向上を図った。

3. キッズデザイン基本事項の検討

外部委員会を作り、子どもの安全のための「キッズデザインの基本的な考え方」をまとめ、最終的に8項目が抽出された。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】デジタルヒューマン、キッズデザイン、子どもの傷害予防、傷害サーベイランス、身体寸法データベース、シミュレーシ

ン、リスクアセスメント技術、オープンイノベーション

・石油資源遠隔探知技術研究開発

【研究題目】石油資源遠隔探知技術の研究開発

【研究代表者】土田 聡（情報技術研究部門）

【研究担当者】土田 聡、松岡 昌志、中村 良介、岩男 弘毅、山本 浩万、山本 直孝、児玉 信介、竹山 優子、亀井 秋秀、中村 和樹（常勤職員8名、他2名）

【研究内容】

石油等の資源開発および関連する環境管理等の分野において、人工衛星データ利用技術の研究開発を実施し、我が国のエネルギー安定供給の確保に資することが期待されている。

本研究は、この安定供給確保に資する目的のため、経済産業省が開発した衛星搭載型地球観測センサ ASTER 及び PALSAR を主に用いて、同衛星データの処理・解析技術の先端的研究開発を実施する。

産総研内では複数ユニットにまたがって研究開発を進めており、本部門では、その次世代アーカイブシステムの構築、画像データの校正・検証・補正技術および処理・解析技術の高度・高精度化の研究・技術開発を担っている。

平成22年度は、次世代アーカイブシステムの構築については、アーカイブと処理を担うクラスタを分離し、より大規模な解析に耐え得るアーカイブシステムへと構成を変更した。また、PALSAR アーカイブシステムについて ERSDAC GDS との連携機能を強化、全 PALSAR データについて ASTER と同時に検索、処理出来るシステムへと改修した。これにより、全 ASTER 及び PALSAR データ（一部 ScanSAR を除く）の処理が可能となった。処理・解析技術の先端的研究開発の研究については、平成21年度に引き続き ASTER および PALSAR センサの校正・検証を行い、衛星画像の精度維持・高精度化を図った。ASTER の校正・検証および補正の技術開発研究については、代替校正のための現地同期実験を行い、ラジオメトリックな品質向上に必要な研究を実施した。ASTER 雲量推定については、各 ASTER 画像の雲量を再判定し、関連機関へデータ提供した。PALSAR 校正・検証および高度利用技術の研究については、コーナーリフレクタを用いた校正・検証を実施、そのポラリティックおよびラジオメトリック校正を実施した。PALSAR の高度利用技術については、土壌水分・ラフネス抽出のための同期現地調査を実施、PALSAR データからの DEM 作成低ノイズ化の検討、さらに干渉 SAR 技術による長期地盤変動解析に適用可能性を検討、その汎用性のある解析手法を確立した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】衛星画像、校正・検証、画像補正、地理

空間情報、グリッド技術、ASTER、
PALSAR

〔研究題目〕石油資源遠隔探知技術の研究開発

〔研究代表者〕浦井 稔（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕浦井 稔、二宮 芳樹、宝田 晋治、
脇田 浩二、荒井 晃作、加藤 敏、
高山 順子（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

中国新疆ウイグル自治区タリム盆地西部地域を研究地域として、昨年度までに構築したシステムを利用して広域 ASTER モザイク画像や岩相鉱物解析図（ASTER 石英指標マップ・ASTER 炭酸塩鉱物指標マップ・ASTER 苦鉄質指標マップなど）を作成した。また、現地調査データや既存の地質図情報と解析結果を比較することにより、システムの地質学的研究・資源探査の高度化における有用性を評価した。

東アジア各国と協力して、最新の情報と新たな技術で新しい東アジア数値地質図を作成するため、500万分の1アジア国際数値地質図（IGMA5000）プロジェクトにおいて、東アジア地域（島嶼部及び海域）を担当した。地理情報システム（GIS）を使用しこれまで作成した地質図を、新たな知見を加えて改訂した。また数値地質図データベースとして、ポリゴンやラインの属性コードの付与や改変も実施した。

グローバル衛星 DEM データセット作成については、GEOGrid システムを使用して、アフリカの時系列 DEM・オルソデータセットを作成した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕リモートセンシング、衛星利用技術、岩相区分、ASTER、熱赤外、短波長赤外、可視近赤外、石油資源、東アジア、タリム盆地、地質構造、地質図、DEM、画像モザイク、オルソ画像、GEO Grid

・基準認証研究開発委託費

〔研究題目〕リアルタイム・キャリブレーション技術の研究開発

〔研究代表者〕中村 安宏（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕瀬田 勝男、中村 安宏、藤木 弘之、
山田 達司、昆 盛太郎、天谷 康孝、
神代 暁、佐々木 仁、山森 弘毅、
山田 隆宏（常勤職員10名）

〔研究内容〕

（研究目標）

電気標準の中でも特に環境に依存しないジョセフソン電圧標準と薄膜型サーマルコンバータ交直変換標準を利用して、長期間校正不要な電気標準校正システムを開発し、ものづくり産業の生産現場において、汎用電気計測器の評価をリアルタイムに実施するとともに、電圧・電

流・電力などの複合量を一括して校正可能な技術の確立を目指す。

（研究成果）

(1) 薄膜型サーマルコンバータの開発

交直変換の周波数特性を考慮した素子の設計に基づいてサーマルコンバータを作製し、低周波特性の評価を行った。Ni-Cr 系合金材料を用いて作製したヒータ線の抵抗の温度依存性を10 ppm 以下に抑え、電圧モード（10 V、10 Hz）において、10 ppm 以内の交直差を達成した。これより、サーマルコンバータの低周波領域での精度の向上を実現した。

(2) 複合量任意信号源回路の開発

複合量任意信号源回路の開発は、信号源と補正回路の開発に分かれる。信号源の開発では選定した DAC チップの設計・実装による回路検証を行い、50 ppm 以下の精度を確認した。また補正回路の開発では、マルチプレクサの改善、最適サンプリング設定、バッファアンプの最適設計を通し、不確かさ15 ppm 以下の精度を確認した。

(3) 小型ジョセフソン電圧標準の開発

ジョセフソン素子作製条件の探索を行い、動作温度12 K のジョセフソン素子を高い歩留まりで作製するための条件を見いだした。合わせて良好なマイクロ波応答特性を有する素子実装法を開発した。またジョセフソン素子冷却用の小型クライオスタットの設計および製作を行ない、12 K における安定的な温度制御と地磁気の1/10以下の残留磁界を実現した。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕電気標準、サーマルコンバータ、マルチプレクサ、ジョセフソン素子

・海洋石油開発技術等調査

〔研究題目〕大水深域における石油資源等の探査技術等基礎調査に係る高度地質解析

〔研究代表者〕岸本 清行（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕岸本 清行、石塚 治、下田 玄、
棚橋 学、角井 朝昭、西村 昭、
湯浅 真人、上嶋 正人、石原 丈実、
飯笹 幸吉（常勤職員5名、他5名）

〔研究内容〕

本受託研究では、事業名「平成22年度海洋石油開発技術等調査（大水深域における石油資源等の探査技術等基礎調査に係る高度地質解析）」として、我が国の大陸棚延長の可能性のある海域及び排他的経済水域における石油資源等の資源ポテンシャルを把握し、石油資源等の安定供給の確保に資するため、種々の資試料の高精度分析、解釈等により、資源探査手法のさらなる高度化及び資源ポテンシャルの評価手法の検討を実施した。

(1) 岩石試料等の分析及び解釈等

(1-1) 重金属元素分析による元素濃集過程の新指標の

確立

日本はユーラシアプレート、太平洋プレート、フィリピン海プレートの境界に位置し、世界的にも島弧火成活動が盛んな地域である。この火成活動は陸上に限定されたものではなく、海底でも盛んに起きている。海底での火成活動は元素の移動・濃集を引き起こす「熱水活動」を伴うので、鉱床探査の有望な指標である。特に日本は広大な領海と排他的経済水域を持ち、海底での熱水活動を研究することは、日本の資源獲得に貢献できると考える。この観点から、熱水生成物の分析を効率化する為の化学実験室の整備と研究調査航海で得られた試料の化学分析を行った。

(1-2) 岩石試料の解析および解釈等

(1-2-1) 西フィリピン海盆南部及びパラオ海盆での調査

系統的な観測がまだ不十分なフィリピン海でもっとも古い部分の一つである西フィリピン海盆南部及びパラオ海盆のテクトニクス史、火成活動史の解明と、広域資源ポテンシャルの評価に資する有用な資試料を得た。

(1-2-2) パラオ諸島地域の火山岩試料の年代測定

パラオ諸島に露出する火山岩類は、九州パラオ海嶺の大部分の活動時期のマグマ活動を記録していることを示しており、その時期は、四国海盆、パレスベラ海盆拡大開始以前、九州パラオ海嶺と一体であったと考えられる伊豆小笠原弧の活動初期から、両海盆の拡大開始時期までに相当することなどがわかった。

(1-2-3) 沖縄トラフ、ベヨネーズ海丘の火山岩試料の分析

(1-2-4) 大水深事業により採取された基盤岩類分析結果のとりまとめ

(1-3) 堆積物中の重鉱物粒子解析および解釈等

沖縄トラフの伊是名海穴には、二つの海底熱水活動域（白嶺サイトおよび JADE）が知られており、そこには塊状硫化物を伴う海底熱水鉱床が分布している。白嶺サイト周辺において採取した堆積物中の重鉱物分析を実施した。その結果、(1) 堆積物に含まれる重鉱物には、砕屑性および自生起源が混在している、(2) 重晶石、黄鉄鉱、白鉄鉱、閃亜鉛鉱および銅藍の結晶の外縁部に摩耗した部分が認められ、この形態の特徴は重鉱物が周辺部の熱水活動域から由来したことを示している、(3) フランボイダル黄鉄鉱は堆積後の生成物である、(4) 伊是名海穴の北部最深部には新たな熱水活動域が存在する可能性が推察される等の知見を得た。

(2) データの三次元可視化等

(2-1) データの三次元可視化

平成22年度の高度地質解析においては、平成20年

度の大水深基礎調査で取得されたシングルチャンネル音波探査データの地質解析とその可視化を行った。その際、データの解析支援と三次元表示のソフトウェアとして、GPL (GNU General Public Licence) に基づくフリー (ソフト) ウェアである OpendTect と、有料のオプション機能を追加して用いることで効率的な作業が行えた。今後、OpendTect 機能を、没入型可視化システムへの組み込みを図り、SBP データへの適用、地形、地球物理情報との連携解析によって効率の向上が期待される。

(2-2) 日本周辺海域の海上重力データの整備

三次元可視化のための基礎資料として、昨年度に引続いて日本周辺海域の海上重力データの整備を行った。対象としたのは、産業技術総合研究所 (旧工業技術院地質調査所) が、1974年から地質調査船白嶺丸を使用して実施してきた、日本周辺海域の100万分の1の海洋地質図作成プロジェクト、さらには熱水鉱床評価のためのプロジェクト等により取得された重力データである。20万分の1の海洋地質図作成プロジェクトの中で昨年度除外した八丈島北東方海域の調査 (GH804航海) データも今回含めた。

(2-3) 既存海底ビデオ画像等の3次元可視化変換による再活用

昨年に引き続き、ROV や潜水船で録画された非3D 映像の再利用の可能性について検討した。今年度はスワスマッピングで得られたやや広域の精密地形 (ひとつの海底カルデラ地形を含む程度の範囲) データ等を用いて、3次元ビデオ画像の作成シミュレーションを行い、その有用性と問題点などについて考察した。

(3) その他、内外の動向調査等

今年度は我国の大陸棚申請の審査が加速され進捗するのに呼応して国内チームの対応も多忙であった。また、資源探査技術や分析手法の高度化に資するため、国内外の学会に専門家を派遣し情報収集に努めた。

[分野名] 地質

[キーワード] レーザー、重力、音波探査、九州・パラオ海嶺、伊豆・小笠原弧、玄武岩、島弧、海嶺、火山、マグマ、四国海盆、年代、同位体、可視化、三次元

・二酸化炭素挙動予測手法開発事業

[研究題目] 低コストなモニタリング技術及び断層モニタリング手法の開発

[研究代表者] 中尾 信典 (地圏資源環境研究部門)

[研究担当者] 中尾 信典、當舎 利行、菊地 恒夫、杉原 光彦、西 祐司、雷 興林、相馬 宣和、徂徠 正夫、加野 友紀、船津 貴弘、上原 真一、石戸 恒雄、

内田 利弘、及川 寧己、名和 一成
(常勤職員13名、他2名)

【研究内容】

1) 低コストなモニタリング技術の開発

弾性波探査を補完するモニタリング技術の利用によって CCS におけるモニタリング総コストを低減することを目指し、米国ロスアラモス国立研究所 (LANL) との研究協力の下に米国の大規模 CO₂実験を利用して様々な物理探査手法の適用試験を行っている。今年度は、モニタリング技術と試験サイトを選定し、様々な観測準備を行った。モニタリング技術の選定の結果、重力、自然電位、AE (アコースティックエミッション、Acoustic Emission) の3手法を中心に適用調査を進め、比抵抗調査については検討の上対応していくこととした。また、試験サイトとして、SWP (Southwest Regional Partnership) Phase III の深部塩水層への CO₂大規模圧入試験サイトである Gordon Creek テスト・サイト (米国ユタ州) を選定し、今後の観測準備を進めることとした。

2) 断層モデリング手法の開発

過去に CO₂が断層沿いに上昇することにより地盤変形を起こしてきた実例地点を詳しく調べ、長期の変化に対応した知見を得ること (ナチュラル・アナログ手法) により、断層のモデル化を進める。米国ローレンスバークレー国立研究所 (LBNL) との研究協力の下に、これらの地質モデルを用いて岩石力学 (ジオメカニクス) を考慮したシミュレーションを実施することにより、断層のモデリング手法を確立し、CO₂圧入圧力及び圧入レートを適切に設定するための技術手順策定を目指す。今年度は、国内外の CO₂自然湧出地点におけるデータ収集及び整備、データ収集地点の岩盤などの力学特性の取得、ならびに解析・評価に向けた既存ジオメカニクス・シミュレータの特性把握を実施した。国内の CO₂自然湧出地点の検討では、文献調査および現地調査による追加データ取得を行い、総合判定として長野県松代地区を研究対象地域 (モデル地点) に選定した。データ収集地点の岩盤などの力学特性の取得に関しては、選定地域に分布する岩石の物性データを地域の地下構造を考慮して取得した。

【分野名】 環境・エネルギー、地質

【キーワード】 CO₂地中貯留、モニタリング、重力、自然電位、AE、米国 SWP、断層、モデリング、ジオメカニクス、軟岩、ナチュラル・アナログ

・次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発

【研究題目】 ハイパースペクトルセンサの校正・データ処理等に係る研究開発

【研究代表者】 土田 聡 (情報技術研究部門)

【研究担当者】 土田 聡、中村 良介、山本 浩万、山本 直孝、亀井 秋秀、中村 和樹
(常勤職員4名、他2名)

【研究内容】

ハイパースペクトルセンサを用いたリモートセンシングの利用拡大を通じた「宇宙利用の拡大」への貢献のため、ハイパースペクトルセンサを活用するために不可欠な校正技術及び得られたデータの処理技術の開発等を実施するとともに、同センサから得られたデータの地上処理システム等の検討、今後同センサを有効に活用する上で解決すべき課題の洗い出し等を実施する。

特に、現在、次期衛星センサとして経済産業省が開発中の高精度ハイパースペクトルセンサ及びマルチスペクトルセンサ (HISUI) に対して、その「校正技術」、「データ処理技術」および「地上処理システム」の研究開発を実施するものである。

平成22年度は、校正技術の研究開発については、HISUI を想定した代替校正模擬実験を実施した。通常方法では、その精度劣化が予想されている水蒸気吸収帯での安定した測定を狙い、全天放射照度計を用いた新たな測定手法を試みた。また、新たな実験サイトの検討のため、その晴天率を評価、さらに月を標準光源とした校正手法の適用可能性について、そのセンサおよび衛星スペックからの検討を行った。データ処理技術の研究開発については、HISUI の「幾何・放射量補正プロダクト (L1)」および「大気補正済みプロダクト (L2)」の作成方法の検討を実施した。それぞれのプロダクトに必要な情報の調査、L1については光学特性 (スマイル、キーストーン特性) の補正方法等について、また、L2についてはエアロソル補正・大気モデルによる誤差傾向等について検討した。地上処理システムの研究開発については、その最新技術の動向調査、分散ファイルシステム、仮想化技術、地理空間情報の標準化・そのカタログサービスの標準規格等について検討・調査を行った。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 衛星画像、校正・検証、画像補正、地上処理システム、ハイパースペクトルセンサ、HISUI

【研究題目】 ハイパースペクトルセンサ等の校正技術の研究開発 (高輝度標準光源の開発と輝度比較技術の高度化)

【研究代表者】 石井 順太郎 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 石井 順太郎、山田 善郎
(常勤職員2名)

【研究内容】

ハイパースペクトルセンサの打ち上げ前校正及び、打ち上げ後 (機上) 校正の信頼性向上に資するための、標準技術、校正技術、評価技術を開発する。特に、400 nm ~ 2500 nm の広範な波長域における高分解能なセンサ

感度校正・評価を可能とするため、新たな高輝度標準光源技術、高精度分光放射輝度比較技術、及び、衛星センサデータの国際的整合性を確保・検証するための SI 単位トレーサブルな校正技術並びに、不確かさ評価技術の確立を目指す。平成22年度においては、高輝度標準光源の開発と輝度比較技術の高度化に関し、①技術課題の抽出と米国におけるハイパースペクトルセンサ校正評価技術分析 ②高輝度標準光源の開発 及び、③輝度比較技術の高度化に取り組んだ。①については、ハイパースペクトルセンサに顕著な技術課題として、他素子間のクロストーク評価技術やオンボードでの波長評価技術、SIトレーサブルな校正システムの確立などが抽出された。②については、400 nm 付近までの短波長域の高輝度標準光源として、金属-炭素系合金による新たな高温定点技術の高度化に取り組み、従来、放射温度計校正目的に開発されてきた要素技術について、高度化及び大口径定点セルを開発した。③については、衛星センサ校正用の積分球光源等の分光放射輝度の校正・評価を高精度に実施するための高精度分光放射輝度比較装置を整備するとともに、光源装置の校正検証及び、相互比較測定への適用を目的として、移送可能な小型分光放射輝度計の基本設計及び、要素試作を行った。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 地球観測衛星、校正、標準、光源、輝度比較

・医療機器開発ガイドライン策定事業

【研究題目】 医療機器に関する開発ガイドライン作成のための支援事業

【研究代表者】 赤松 幹之（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 赤松 幹之、本間 一弘、山根 隆志、鎮西 清行、鷲尾 利克、岡崎 義光、廣瀬 志弘、山下 樹里、木山 亮一（バイオメディカル研究部門）、片岡 正俊（健康工学研究部門）、弓場 俊輔（健康工学研究部門）、坂無 英徳（情報技術研究部門）（常勤職員12名）

【研究内容】

次世代の医療機器を早期に臨床導入するためには、円滑な機器の開発、迅速な薬事審査、市販後の安全維持を総括的に検討すべきで、これらは関連する産業の発展、国際競争力の強化、安心・安全な機器の利用、国民のQOLの向上に大きく寄与する。本研究は、円滑な機器の開発と迅速な薬事審査への寄与を目的とした開発ガイドラインを策定することにある。平成22年度は7課題【再生医療分野（細胞シート）、再生医療分野（有効性評価技術）、体内埋め込み型材料分野（高生体適合性インプラント）、ナビゲーション医療分野（トレーニング

システム）、ナビゲーション医療分野（手術ロボット）、テーラーメイド医療用診断機器分野（遺伝子発現解析用DNAチップ）、画像診断分野（コンピュータ診断支援装置）を設定し、各々に対して技術的側面から検討した。その結果、6件の開発ガイドライン（「カスタムメイド人工関節」「無菌接続インターフェース設計」「遺伝子発現解析用DNAチップ」「医療機器トレーニングシステム」「コンピュータ検出支援装置の性能評価」「医療機器におけるソフトウェア品質管理」）を策定した。また、ナビゲーション医療分野における手術ロボットと再生医療分野における有効性評価技術は国内外の技術的動向や諸外国における製造販売承認申請および審査に関して調査・分析した。学会発表や工業会への説明などを通して、本事業において策定した開発ガイドラインの普及を図った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 医療機器開発ガイドライン、再生医療、手術ロボット、トレーニング、生体親和性インプラント、コンピュータ診断支援

・石油精製保安策事業

【研究題目】 水素エネルギー利用に伴う材料使用基準に関する調査研究

【研究代表者】 飯島 高志

（水素材料先端科学研究センター）

【研究担当者】 今出 政明、安 白、文 矛、張 林、甲斐 絢也、横川 清志（計測フロンティア研究部門）（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

目標：

水素社会実現に向けた技術開発や実用化の取り組みが進められている。しかし、水素利用の拡大に伴い種々のトラブルも発生しており、高圧水素化での金属材料が厳しい劣化条件に曝されていることが判明しつつある。本調査研究事業では、各種汎用材料における水素脆化のデータを蓄積することにより、安価で使いやすい汎用材料を水素エネルギーのために利用する際に、どのような条件が必要とされているかについて調査・研究を行う。

研究計画：

金属材料の水素脆化評価試験を実施するため、脆性の側面や材料の優位性などを勘案して、評価試験を要する汎用材料の選定を行う。また、実用温度域を勘案して、今後水素脆化評価の測定を実施する上で基本となる試験条件を、具体的な試験を行いデータを取得することで決定する。

年度進捗状況：

(1) 内部可逆水素脆化試験

下記に示すオーステナイト系ステンレス鋼の内部可逆水素脆化（IRHE）に及ぼす温度の影響を低歪み速度引張（SSRT）試験で調べた。

1) Mn 添加316型オーステナイト系ステンレス鋼

水素チャージした Mn 含有量を最大10%まで変化させた10%Ni-316型オーステナイト系ステンレス鋼の低温における低温 IRHE 挙動を調べた。IRHE は、試験温度の低下と共に増大し、200K 付近で最大になり、更なる温度の低下と共に再び小さくなった。また、IRHE は、Mn 含有量の増加と共に小さくなった。

2) 12%Ni-316型オーステナイト系ステンレス鋼

水素チャージした12%Ni-AISI316SA 及び AISI316CW の低温における低温 IRHE 挙動を調べた。IRHE は、試験温度の低下と共にわずかに増加し、250K~150K 付近で最大になり、更なる温度の低下と共に再び小さくなった。

(2) 水素ガス脆化試験

市販（日本、米国）のオーステナイト系ステンレス鋼について高圧水素ガス中で低歪み速度引張（SSRT）試験を行い、水素ガス脆化（HE）について調べた。

1) 低温水素ガス脆化

SUS316L 及び12%Ni-316型オーステナイト系ステンレス鋼（AISI316SA、AISI316CW）の低温における1MPa~70MPa の低温 HGE 挙動を調べた。HGE は、何れの材料でも試験温度の低下と共に増加し、200K~150K 付近で最大になり、更なる温度の低下と共に再び小さくなった。IRHE に観察されるような、150K での析出物にトラップした水素に起因する破面は観察されなかった。

2) 室温水素ガス脆化

12%Ni-316型オーステナイト系ステンレス鋼（AISI316SA、AISI316CW）の室温における70MPa~210MPa の範囲での室温 HGE 挙動を調べた。HGE は、何れの材料でも210MPa においても小さかった。HGE に及ぼす水素圧の影響も小さかった。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 汎用材料、水素ガス脆化、内部可逆水素脆化、低温

②【文部科学省】

・ 科学技術試験研究委託事業

[研究題目] 圧電フロンティア開拓のためのバリウム系新規巨大圧電材料の創生（MPB エンジニアリングによる巨大圧電材料の電気特性評価）

[研究代表者] 飯島 高志

（水素材料先端科学研究センター）

[研究担当者] 飯島 高志、李 鳳淵

（常勤職員1名、他1名）

[研究内容]

目標：

ペロブスカイト構造を有する新しいバリウム系圧電材料の探索とそれを用いた MPB エンジニアリング、およびそれらのドメイン構造の微細化、結晶構造・方位を最適化するドメイン構造制御により、圧電特性を2桁以上向上させる技術を開発する。この技術を用い、研究開始3年後に圧電プレフロンティア領域に、5年後には圧電フロンティア領域に到達し、新デバイス応用を目指す。

このため、独立行政法人産業技術総合研究所では、新規圧電材料について、バルク・薄膜等の試料形態に関わらず、圧電特性などの電気特性を評価することで、MPB 組成を明らかにするための研究開発を実施する。

研究計画：

① 電気特性評価技術の開発

印可電場により圧電体試料に誘起される微小変位を測定するために、原子間力顕微鏡（AFM）および、ヘテロダイン式レーザー変位計を用いた計測方法を検討し、-100℃から150℃の温度範囲において、微小変位測定が可能な評価システムを開発する。また上記評価システムを用いて、研究プロジェクトで作製された圧電体試料の比誘電率、強誘電特性、微小変位特性の測定温度依存性について評価を試みる。

② バリウム系圧電材料前駆体溶液の合成

MPB 組成探索に必要な、種々のバリウム系前駆体溶液について、その溶液合成方法および組成制御方法を確立させる。また、作製した前駆体溶液を用いて、バリウム系材料粉末を作製し、その基礎物性を評価するとともに、薄膜作製を試みる。

年度進捗状況：

① 電気特性評価技術の開発

1KHz~100kHz の高周波帯域において、微小変位と強誘電特性の同時測定技術について、測定ノウハウを蓄積し、圧電定数の導出方法を明らかにした。その結果を日本セラミックス協会論文誌に発表した。また山梨大学のデータより、リーク特性が十分ではない Ba 系焼結体においても、低周波帯域での微小変位測定が可能であることが明らかになってきたため、0.1~10Hz 程度で微小変位が測定可能なようにシステムを改造した。

② バリウム系圧電材料前駆体溶液の合成

バリウム系材料の焼結性を向上させるために、Ba(Cu, Ta)O₃-BaTiO₃、および Sr(Cu, Ta)O₃-Ba(Cu, Ta)O₃ 固溶体系の焼結体を作製し、電気特性の評価を試みた。その結果、両材料系ともに焼結性の向上により、誘電特性に改善が見られた。特に Sr(Cu, Ta)O₃-Ba(Cu, Ta)O₃ 固溶体系は、電界に誘起された微小変位を示すことを見いだした。また、東京理科大の協力で焼結体の高圧酸素アニール（6気圧酸素中800℃、4時間）を試み、リーク特性向上の可能性を見いだした。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 低環境負荷、非鉛系圧電材料、元素戦略

〔研究題目〕 糖鎖修飾情報とその構造解析データの統合（糖鎖科学統合データベースの構築）

〔研究代表者〕 成松 久（糖鎖医工学研究センター）

〔研究担当者〕 成松 久、新聞 陽一、平林 淳、
亀山 昭彦、梶 裕之、榎谷内 晶、
佐藤 隆、舘野 浩章、伊藤 浩美、
鹿内 俊秀、鈴木 芳典、藤田 典昭、
前田 真砂子、文 紅玲
（常勤職員9名、他5名）

〔研究内容〕

糖鎖医工学研究センターが保有しているデータベース（糖鎖関連遺伝子データベース（GGDB）、レクチンデータベース（LfDB）、糖タンパク質データベース（GlycoProtDB）、および質量分析データベース（GMDB））を公開すると共に、国内に散在する糖鎖関連データベースを所有する組織（大学・企業・組織・団体など）と協力し合い、日本糖鎖科学コンソーシアム（JCGG）を窓口として統合データベースのポータルサイト（JCGGDB）を構築した。そこから糖鎖関連用語や遺伝子名等のキーワード、さらには糖鎖構造図で、各糖鎖関連データベースを横断検索できるシステムの開発を行った。異なる機関のデータも融合できるようにデータの標準化を考慮しながら糖鎖科学統合データベースの構築を行い、また、ライフサイエンス統合データベースの中核機関である情報・システム研究機構のポータルサイトからも検索できるように連携を行なったほか、経済産業省ライフサイエンス統合データベースの MEDALS と相互リンクを張ったり、糖鎖統合データベースについての学会発表およびシンポジウムを行ったり、体験講習会を開催するなど、幅広い利用者からのアクセスを図っている。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 糖鎖、統合データベース、糖転移酵素、
構造解析、糖鎖合成、レクチン、糖タン
パク質、質量分析計

〔大項目名〕 ターゲットタンパクプログラムデータの
独自解析推進

〔小項目名〕 ターゲットタンパク研究情報プラット
フォームの構築運用

〔研究代表者〕 藤 博幸（生命情報工学研究センター）

〔研究担当者〕 藤 博幸、市原 寿子

〔研究内容〕

独立行政法人産業技術総合研究所では、本課題内の他機関及び他課題のプログラム参画機関と連絡調整を行いつつ、平成21年度までに構築した複合体構造推定システムの運用と、ターゲットタンパク実験グループのデータ

解析を通じての支援を行う。

① ターゲットタンパク実験グループの支援

平成21年度までに、課題「タンパク質構造に立脚した DOCK2シグナル伝達機構の解明と創薬研究への応用」（福井教授のグループ）と課題「神経細胞死に関与する活性酸素発生源の解明と構造生物学的手法を駆使した阻害剤創成」（住本教授のグループ）とともに種々の情報解析を行ってきた。平成22年度も、配列解析、立体構造のモデリングを中心に、ターゲットタンパク研究グループへの情報解析支援を実施する。

平成22年度は、九州大学の住本教授から以前より依頼されていた、Nox 系のペルオキシダーゼの触媒ドメインの分子系統解析に着手した。データ数が多いことから、本年度は予備的な解析を行ったが、その中から新規の知見が得られた。以前にも、我々はこのファミリーの分子系統解析を行っており、*cyclooxygenase* (COX) の中で、ドメインとして注目されていなかった N 末側の領域に二量体形成のためのインターフェースとなる部分が存在することを明らかにした。今回、新たにデータベース検索を実施したところ、バクテリアに由来する *cyclooxygenase* に近縁なタンパク質が検出された。このタンパク質には、COX を特徴づける EGF 様ドメインや膜結合ドメインはなく、触媒ドメインと有意な類似性を示した。しかし、この配列全長について詳細な解析を実施したところ、EGF 様ドメインや膜結合ドメインは検出されなかったものの、インターフェイスを構成する領域が強く保存していることが見いだされた。ドメイン構造を完全に保持したタンパク質は刺胞動物から脊椎動物にまで分布しているが、前口動物からは見つからない。今回検出された不完全なドメイン構造をもつ COX が、進化的にどのような意味を持つかは、さらにデータを整理して検討しなおす必要があるが、本ファミリーについて、進化的観点からばかりではなく、機能的な観点からも興味深い結果が得られたと考えている。今後、本ファミリーの解析をさらに進め、新たな知見を抽出していきたい。

② プログラム新規データの独自解析推進

ターゲットタンパクプログラムから産出された立体構造データを、これまでに開発したマルチドメインタンパク質のモデリング法や、ホモロジーモデリング法およびタンパク質複合体のモデリング法、既存のバイオインフォマティクス技術で解析することによってプログラム内に技術の適用例を示し、ターゲットタンパク研究テーマの進展のための手がかりをプログラム内に開示する。また、解析にあたって、対象の選定、分担、連携などを含めて、課題内のグループと綿密な打ち合わせを行う。

ターゲットタンパクの研究促進あるいは研究成果の拡張を行なうことを目的として、ターゲットタンパク

の解析対象となっているタンパク質に対して、情報の観点から独自に解析を実施した。そのため、5月に由良、塩生とお茶の水女子大学で会合を開き、分担を決めた。また、8月と3月に生命情報工学研究センター、長浜バイオ大学で会合を開き進捗状況の確認を行なった。藤は、分担タンパク質の内、複数の実験グループの解析対象となっているユビキチンファミリーと、GPCR の一種であるケモカイン受容体について解析を行なった。ユビキチンは、低分子ハブとして働き、そのハブとしての機能は表面電荷に依存することが中村らによって報告されている。今回、ファミリー全体で解析したところ、ユビキチンファミリーの中にも長い disorder 領域を持つものがあることがわかった。現在、表面電荷、disorder の有無、ハブとしての機能（相互作用数）、重合の有無などを特徴ベクトルとして、多変量解析を実施し、ユビキチンファミリーのハブとしての機能に関する構造的性質との相関を調査している。ケモカイン受容体については、生体内でシグナル伝達に関与するもの他に、構成的にシグナル伝達活性を有するウイルス受容体、またリガンド結合能のみを有するデコイ受容体など、機能的に異なる近縁なものが多数存在しており、配列解析からそれら機能の差異をもたらすサイトを推測し、構造上に対応する残基をマッピングした。まだ、予備的な段階であるが、ウイルス受容体は、細胞外のリガンド結合に関与すると思われる領域に、デコイ受容体については細胞内で受容体の活性/非活性のコンフォメーションの変化に関与すると考えられる DRY もチーフの近傍に、機能差を生じるサイトが集中する傾向が見いだされた。解析手法の開発も含めて、本予備的解析の結果の確認を行っている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タンパク質、シクロオキシゲナーゼ、ケモカイン受容体、ユビキチンファミリー

【大項目名】 統合データベース開発

【中項目名】 共通基盤技術開発

【小項目名】 ワークフロー技術を用いた統合 DB 環境構築

【研究代表者】 浅井 潔（生命情報工学研究センター）

【研究担当者】 浅井 潔、野口 保、諏訪 牧子、
光山 統泰、ポール ホートン、
広川 貴次、福井 一彦、藤渕 航、
堀本 勝久、田代 俊行
(常勤職員8名、他2名)

【研究内容】

本事業の目的は、ライフサイエンスやバイオ産業に従事する研究者や技術者がいわゆるゲノムプロジェクト・ポストゲノムプロジェクトの成果や多様な DB や解析ツールをストレスなく利用して、より高度な研究開発が効

率よくできる環境（統合 DB）を実現することである。このため、情報・システム研究機構、科学技術振興機構、産業技術総合研究所生命情報工学研究センター、かずさ DNA 研究所、九州大学、奈良先端科学技術大学、長浜バイオ大学、東京大学、お茶の水女子大学と共同して、「戦略立案・実行評価」、「統合データベース開発」、「統合データベース支援」の3つの業務を行う。

生命情報工学研究センターでは、「統合データベース開発」における共通基盤技術開発に関わる研究開発とし、「プラットフォームを利用したワークフローによる統合利用環境の構築」を担当する。本開発では、利用者がパソコンなどのローカル PC の端末からデータを入力するとプラットフォーム上で国内、海外の主要な解析手法を選び、解析ツールのワークフローを作成し、最適な計算資源を使って解析を行う統合環境基盤技術を構築する。

平成22年度は、これまで開発したワークフロー解析基盤技術を基に、解析要素技術のノード化やプラットフォーム型ワークフローの開発を行い公開した。具体的には、当センターにて独自に開発された代表的解析ツールである、WolfPSORT, LAST, Mafft, Modelling, CentroidFold, POODLE といった6つの解析要素技術を KNIME のプラットフォーム上で動作するようワークフロー解析に向けノード化した。また外部にて開発された有用な解析ツールである BLAST, ClustalW, PsiPred, Modeller の4つのノード化を実現した。これら10個の解析ツールは SOAP 通信に対応したものでありプラットフォーム上からシームレスに当センターの計算資源を利用できる解析サービスとして展開している。さらに解析結果の可視化ノードとして htmlview, JmolforModeller, PhylogeneticTree, CBRCViewer の4つのノード開発、及び DBCLS や PDBj などの DB と連携して動作する LSDBCrossSearch, PDBjMineWeb, FRNADBSearch の3つのノード開発を実施した。また上記で開発した解析ツールを組み合わせ、利用者の要望を考慮したプラットフォームとして3つの統合型アクティブ・ワークフローを開発し公開した：系統樹作成アクティブ・ワークフロー（PhylogeneticTree Active Workflow）、RNA 構造予測アクティブ・ワークフロー（RNA Structure Prediction Active Workflow）、タンパク質立体構造モデリング・アクティブ・ワークフロー（Protein Structure Prediction Active Workflow）。

上記全ての解析ノード及びアクティブ・ワークフローは統合 DB 情報基盤サイト (<http://togo.cbrc.jp>) より一般公開されている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ワークフロー、統合 DB、Web サービス

【研究題目】 重度先天性骨代謝疾患に対する遺伝子改変間葉系幹細胞移植治療法の開発

【研究代表者】 大串 始（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 大串 始、弓場 俊輔、服部 耕治、
大西 弘恵、小田 泰昭
(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

組織非特異型アルカリホスファターゼ (ALP) 遺伝子変異による遺伝性疾患である周産期型低ホスファターゼ症に代表される重度先天性骨代謝疾患に対する根治治療技術の実現を目指し、細胞移植治療を確立することを目的として研究を行った。具体的には、患者本人由来の間葉系幹細胞に正常 ALP 遺伝子を導入した治療用遺伝子改変細胞培養技術を開発し、さらに導入遺伝子のゲノム挿入部位を確認する研究を行った。

患者由来間葉系幹細胞へレトロウイルスベクターを用いて正常 ALP 遺伝子を導入し、人工骨に播種後、ヌードラット皮下へ移植したところ新生骨形成が認められた。さらに組織切片からレーザーマイクロダイセクション法で新生骨部を切り出し、PCR 法でヒト遺伝子を検出したところ、確かに新生骨が移植細胞由来であることが確認できた。以上、*in vivo* での新生骨形成能を有する ALP 遺伝子導入患者間葉系幹細胞を作製するための遺伝子導入法および細胞培養法を確立した。

治療用の細胞として安全性を担保するため、次世代シーケンサを用いたゲノムワイドに遺伝子導入部位を同定する方法を検討した。今年度は、患者由来間葉系幹細胞へ ALP 遺伝子をレトロウイルスによって導入し、樹立された株より調製したゲノムを用いて、H21年度に確立した次世代シーケンサ SOLiD システムを用いて挿入部位のインフォマティクス解析法 Carin 解析法により挿入部位を決定した。ヒトゲノムデータは hg18 (コーカシアン) をリファレンスゲノムとして用いた。その結果、有意な候補箇所としては全部で36箇所。そのうち、9箇所は固有の部位として特定されたが、残りはリピート領域に挿入されていた。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 再生医療、間葉系幹細胞、骨代謝疾患

〔研究題目〕 生物剤検知用バイオセンサーシステムの開発

〔研究代表者〕 永井 秀典 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 永井 秀典、瀧脇 雄介、西川 喜友、
山村 忠義 (常勤職員1名、他3名)

〔研究内容〕

目標：

大気中異常粒子の増加をトリガーに、試料を自動で捕集・抽出し、生物剤遺伝子の増幅産物及びリシン等生物毒を電気化学等の高感度検出により迅速に検出可能なバイオセンサチップを組込んだ小型リアルタイム検知装置を開発する。また、連続流型 PCR を統合したディスプレイ可能な微小流体デバイスを構築する。

研究計画：

パーティクルカウンターからの通信機能を用いることで、トリガー信号による送信制御を実現する。さらに、送液から検知までシステム制御可能なソフトウェアを開発する。各装置の統合を検討するとともに、検証結果をフィードバックし改良をすすめ、小型リアルタイム検知システムの構築を行う。

年度進捗状況：

パーティクルカウンターと生物剤検知システムのプロトタイプ装置との通信機能を構築し、トリガー信号の送受信と1分間の粒子数を連続して計測可能なソフトウェアを開発した。

また、大阪大学と連携して、可搬型の小型リアルタイム検知システムを開発した。これは、PCR 及び LSPR の検出部をスーツケースに収め、現場で迅速な見地を可能とする装置であり、セグメントフローによる PCR と LSPR に必要なシリンジポンプを計2台、ケースの底側に収め、これら2種の分析を同時に制御可能とした。

小型リアルタイム検知システムを利用し、生物剤である炭疽菌芽胞のモデル試料である *B. Subtilis* の芽胞試料溶液を用いたリアルタイム検知システムとしての性能を評価した結果、元の芽胞濃度に依存した蛍光強度が観察され、さらに目標感度を達成できたことが確認された。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 PCR、POCT、遺伝子、芽胞、炭疽菌

〔研究題目〕 アルツハイマー病治療薬創出に向けた γ セクレターゼの構造解析と機能制御
(γ セクレターゼ複合体の機能解析と活性制御にかかわる構造研究)

〔研究代表者〕 佐藤 主税

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 佐藤 主税、小椋 俊彦、間中 幸絵
(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

目標：

日本は超高齢化社会を迎えている。そのため、社会全体としても、認知症対策の研究、特にアルツハイマー病研究に対する要求は高まってきている。その原因の一つとして挙げられるのは脳における β -アミロイド沈着による細胞死である。 β -アミロイドを生産する膜タンパク質 γ -secretase の構造を解明する。そこからアルツハイマー症の治療法開発に貢献する。また、 γ -secretase 類縁タンパク質には生理的に重要な役割を担うタンパク質が多い。Signal peptide peptidase (SPP) は、シグナルペプチド (SP) を切断する膜タンパク質である。膜タンパク質や分泌タンパク質には、SP を持った分子が多く存在し、これらタンパク質を生産するときに SP の切断・除去は不可欠である。SPP は、C 型肝炎ウイルスやマラリアの増殖などに関わることが知られており、創薬標的タンパク質として期待され

る。

研究計画：

γ -secretase は一回膜貫通型タンパク質を細胞膜内で切断する酵素であり、部分的に疎水的な配列を含むペプチド断片を細胞外に放出する。これらの切断産物には β -アミロイドも含まれる。これはアルツハイマー症の原因と考えられている脳血管中の蓄積物の主成分である。電子顕微鏡を用いた単粒子解析により、 γ -secretase の3次元構造を決定する。また、SPP に関しても同様に単粒子解析を行なう。

年度進捗状況：

γ -secretase の負染色電顕像からの低分解能での3次元構造の決定に、東大の岩坪・富田等との共同研究により成功した。電子顕微鏡を用いた単粒子解析を行なっているところ、SPP は全体として、4回対称の弾丸様の構造であった。膜貫通部位の内部には、親水性環境の隙間があることが判明し、それはタンパク質の切断反応に水分子が必要であることと良く一致した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タンパク質構造、画像解析、ナノテクノロジー、電子顕微鏡、アルツハイマー症、 γ -secretase、SPP

【研究題目】 発癌性物質や酸化ストレスに応答する生体防御系センサーの構造基盤（生体防御系センサー複合体の電子線単粒子解析）

【研究代表者】 佐藤 主税

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 佐藤 主税、小椋 俊彦、三尾 和弘、丸山 雄介、三尾 宗代、柳原 真佐子、守屋 俊夫（常勤職員3名、他4名）

【研究内容】

目標：

我々は KEAP1と呼ばれる細胞質に存在するタンパク質センサーによって、酸化ストレスから体を守っている。酸素および親電子性分子と総称される一群の毒性化学物質は空気・食物などから体内に取り込まれ、癌、動脈硬化、糖尿病などの原因となる。一方、動物細胞は酸素毒性や親電子性分子を感知する仕組みを備えており、細胞内に活性酸素や親電子性分子が出現すると、抗酸化応答系や解毒代謝酵素群が働き、これらのストレスは速やかに消去される。このような適応・応答機構は、Keap1が分子センサーとして親電子性分子や酸化ストレスを感知し、転写因子 Nrf2を活性化することで、生体防御酵素群の発現を制御していることによる。本研究では、Keap1とその複合体の構造を解明して、これらの機構に迫る。

研究計画：

代表機関と連携し Keap1たんぱく質の大量発現・精製を行い、ネガティブステイン法による電子顕微鏡像の

測定と低分解能電子線単粒子解析を行う。さらに、その複合体の解析を行う。

年度進捗状況：

代表機関と連携して、発現・精製された全長 Keap1を負染色電子顕微鏡撮影した。このタンパク質は可溶性タンパク質ではあるが、その精製と負染色は極めて難しい。ミクロレベルでの様々な工夫によってその染色・電子顕微鏡撮影に成功した。さらに Keap1複合体の精製と解析を行なっている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タンパク質構造、画像解析、ナノテクノロジー、電子顕微鏡、酸化ストレス、発癌機構

【研究題目】 機能性酸化物グリーンナノテクノロジー研究拠点整備

【研究代表者】 秋永 広幸

（ナノ電子デバイス研究センター）

【研究担当者】 秋永 広幸、島 久（ナノ電子デバイス研究センター）、（常勤職員2名）

鈴木 良一（計測フロンティア研究部門）、澤 彰仁（エレクトロニクス研究部門）

【研究内容】

目的：

低環境負荷であり、かつ省エネルギーから創エネルギーにわたる多彩な機能を発現する酸化物にかかわる環境・エネルギー技術を、ナノテクノロジーと融合することによってイノベーション創出を図る拠点を構築する。ナノエレクトロニクス分野における機能性酸化物の適用を第1の目標とし、実用化研究開発を加速する計測と微細加工機能が一体化していることを特長としたオープンイノベーション・ネットワーク型拠点を整備する。

年度進捗状況：

① 機能性酸化物グリーンナノテクノロジーに関する研究支援

外部研究者に対してプラズマ酸化膜成膜装置、エックス線光電子分光分析装置などを公開して、機能性酸化物に関わる研究支援を実施した。

② 省エネ型機能性酸化物の成膜プロセス開発

外部研究者に対して提供するために、機能性酸化物薄膜の成膜プロセスあるいはそれをデバイス加工するレシピ等を開発した。

③ 省エネ型酸化物極微欠陥構造評価装置の整備

酸化物デバイス等の省エネ特性に影響を及ぼす材料中の極微欠陥構造を評価するために、省エネ型酸化物極微欠陥構造評価装置を整備した。

④ 省エネ型酸化物電子状態分析装置の整備

省エネ型機能性酸化物の元素組成および化学結合状態の分析を行うために、省エネ型酸化物電子状態分析

装置を整備した。

⑤ 酸化物ウェハ洗浄装置の整備

様々な外部研究者からのリクエストを受けるため、省エネ型酸化物の施設への持ち込み／持ち出しを可能とする当該装置の整備を行った。

⑥ 省エネ型酸化物デバイスプロセス用露光装置の整備

省エネ型機能性酸化物デバイス試作に関わる装置共用をスピーディーにかつ安定して実施するために、省エネ型酸化物デバイスプロセス用露光装置を整備した。

⑦ 機能性酸化物グリーンナノテクノロジー運営システムの整備

様々な外部研究者からのリクエストを受ける窓口となるホームページ、広報を実施するためのネットワークインフラなどを整備した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】機能性酸化物、ナノエレクトロニクス、省エネルギー

【研究題目】研究コミュニティ形成のための資源連携技術に関する研究（データベース連携技術に関する研究）

【研究代表者】関口 智嗣（情報技術研究部門）

【研究担当者】関口 智嗣、田中 良夫、小島 功、山本 直孝、的野 晃整、Steven Lynden（常勤職員5名、他1名）

【研究内容】

E-サイエンスに重要な、複数の異種分散データベースを容易にかつ安全に連携・統合する技術は確立されておらず、E-サイエンスの実現に向けて大きな障害となっている。本研究では、複数の組織により提供される計算能力やデータ、データベース、アプリケーションを必要性に応じて柔軟に共有または連携させ、これにユーザを含めた仮想研究コミュニティを形成かつ運用するための技術として、データベース連携・統合技術とユーザ認証情報管理技術の研究開発を行う。

データベース連携・統合技術の開発においては、平成21年度に行った詳細設計に基づいて本システムの実装を行なった。具体的には、宣言的な言語（SQL や SPARQL）で複数のデータベースを連携する機能、データベースの異種性（WebDB や RDF）を吸収する機能、分散処理の実行順序の（動的な）最適化機能を備えたデータベース連携ソフトウェアを実装した。ベンチマークプログラムを用いた性能評価実験によって、プロトタイプ実装では100秒から数百秒かかっていた統合検索処理が4秒から30秒に短縮される事が確認され、実用に耐える応答時間を実現した。また、複数の衛星画像データベースの統合検索を行なうシステムを構築して実利用を通じた実証評価を進め、性能面で実用上問題ない事と、分散管理されたデータベースを連携・統合利用可能とする本システムの有効性が検証された。

ユーザ認証情報管理技術の開発においては、平成21年度に開発したシステム Tsukuba-GAMA を国際的なグリッドテストベッドである PRAGMA Grid 上に配備した。実際の利用を通じた実証評価を行ないながらシステムの高度化および改良を進めて開発を完了し、平成22年12月24日にオープンソースソフトウェアとして公開した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】E-サイエンス、グリッド、データベース連携、セキュリティ

【研究題目】住民・行政協働ユビキタス減災情報システム

【研究代表者】野田 五十樹

（サービス工学研究センター）

【研究担当者】野田 五十樹、下羅 弘樹、山本 直孝、田中 良夫、小島 功（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

本研究は、地域コミュニティと行政が協働して、災害情報の共有化を向上させ、減災を実現するための体制とそれを支援する住民・行政協働ユビキタス減災情報システムを構築することを目的とする。この中で産総研は情報システムの連携の核となる減災情報共有プロトコル MISP の設計・拡張を担当している。3年計画の3年目である平成22年度は、この MISP のアクセス制御機構を拡張し、情報項目および情報単位でのユーザ毎のアクセス制御機能を設計・実装した。さらには、いくつかの実証実験を行い、実際的な場面でのシステムの有効性を確認した。

MISP はこれまで、システム連携の柔軟性と簡易性を重視して設計を進めてきたが、住民および行政が関与する減災情報システムを連携させるためにはアクセス制御の直感性と細かなセキュリティ機能の強化も強く望まれていた。このため、本年度は仮想的な組織が多層的に重なり合う形で各ユーザのアクセス権を制御する方法を実装した。

また、山梨大学・東京大学と協力し、両大学で開発された庁内災害情報システムおよびトリアージ（傷病者の症度判定）情報管理システムを DaRuMa を介して連携させる実証デモを、山梨大学医学部付属病院で行った。さらには、山梨県市川三郷町および中央市において、地元住民と行政の合同災害対処訓練での情報技術によるサポートを行った。その結果、住民による平時からの防災活動への参画が、実際の災害における情報配信の円滑さの条件となることが確認され、本プロジェクトの目標である行政・住民協同の体制作りに貢献することができた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】減災情報システム、ユビキタス、データベース、WebGIS

〔研究題目〕XFEL光と先端レーザー光による原子・分子・クラスターのポンプ・プローブ計測

〔研究代表者〕齋藤 則生（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕齋藤 則生、加藤 昌弘、田中 隆宏、黒澤 忠弘、森下 雄一郎（常勤職員5名）

〔研究内容〕

本年度は、SCSS 試験加速器の EUV-FEL 光を極低温カロリメータを用いて絶対強度を計測し、施設側で用意されているガスモニターを校正した。EUV-FEL 光の絶対強度は約10 μW /ショット程度であった。また、ドイツの FLASH で用いられているガスモニターとの比較を行い2%程度で両者は一致した。

さらに、X線用の極低温カロリメータの開発を行った。X線用の極低温カロリメータの受光部分は1 mm厚の金でできている。BL29XUで8 keV~20 keVのX線の計測テストを行い、X線を計測できることを確認した。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕X線、自由電子レーザー、極低温カロリメータ

〔研究題目〕水銀同位体を用いた海底熱水鉱床の探査技術の開発

〔研究代表者〕丸茂 克美（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕丸茂 克美（常勤職員1名）

〔研究内容〕

金属鉱業事業団が実施した秋田県北鹿地域の24本の精密調査ボーリング（深度500m）及び鉱山会社の実施した268本の探鉱ボーリング（深度500m）などを対象に、水銀同位体分析に適した鉱石や岩石試料を選別し、ICP質量分析計で化学分析を行った後に、マルチコレクターICP質量分析計を用いて水銀同位体分析を実施した。今年度は昨年度に十分な試料数の分析が実施できなかった黒鉱鉱床生成以前の時期に堆積した M3泥岩と、黒鉱鉱床生成後に堆積した M1泥岩の化学分析と水銀同位体分析を重点的に実施し、黒鉱鉱床生成時期に堆積した M2の化学分析値や水銀同位体分析値との比較を実施した。また、「なつしま航海」NT10-05-02（鹿児島湾海域調査）において ROV「ハイパードルフィン」により採取された鹿児島湾海底熱水系の噴気孔（たぎり）周辺の堆積物の化学分析と水銀同位体分析を実施した。

北鹿地域の黒鉱鉱床が生成した時代に堆積した海底泥が固結して形成した M2泥岩の水銀含有量を調べた結果、85ppb~56,900ppb であり、水銀含有量が多い M2泥岩ほど重い水銀同位体に富む傾向があり、 $\delta^{202}\text{Hg}/^{198}\text{Hg}$ が増加する。また、これらの M2泥岩の金含有量は1~394ppb であり、金含有量が多い M2泥岩ほど重い水銀同位体に富む傾向があり、 $\delta^{202}\text{Hg}/^{198}\text{Hg}$ が増加する。

黒鉱鉱床生成以前の時期に堆積した海底泥が固結して

形成した M3泥岩の水銀含有量は345ppb~733ppb であり、M2泥岩のように数千 ppb に達する高い水銀含有量の試料はない。また、水銀含有量が多い M3泥岩ほど $\delta^{202}\text{Hg}/^{198}\text{Hg}$ が増加する傾向にある。また、M3泥岩の金含有量は1~16ppb であり、M2泥岩に比べて金含有量が少ない。

黒鉱鉱床が生成した時代以後に堆積した海底泥が固結して形成した M1泥岩の水銀含有量は112ppb~232ppb であり、M2泥岩のような高い水銀含有量を有することはない。M1泥岩の金含有量は1~17ppb で、M2泥岩に比べて金含有量が少ない。また金含有量と水銀同位体組成には相関が認められない。

「なつしま航海」NT10-05-02（鹿児島湾海域調査）において ROV「ハイパードルフィン」により採取された鹿児島湾海底熱水系の噴気孔（たぎり）周辺に分布する堆積物の水銀含有量は419ppb~1,000ppb であり、これらの試料の水銀同位体組成のうち $\delta^{202}\text{Hg}/^{198}\text{Hg}$ は0.76%~1.73%である。「なつしま航海」NT10-05-02（鹿児島湾海域調査）のたぎりの堆積物の水銀同位体組成は、水銀濃度が増加するほど高くなる傾向がある。なお、これらのたぎりの堆積物の水銀含有量と水銀同位体組成は、黒鉱鉱石や M2泥岩の組成に近い値である。

たぎり周辺の堆積物の金含有量は1ppb~25ppb であり、黒鉱鉱石や M2泥岩の金含有量に比べて低く、金含有量の低い M2泥岩や M1泥岩の値に近い。たぎりの堆積物は水銀含有量が多いものの、金の含有量は極めて少ないことが判明した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕海底熱水鉱床、黒鉱鉱床、水銀同位体、泥岩、金

・原子力試験研究委託費

〔研究題目〕高電流密度多種イオンビームシステムの開発に関する研究

〔研究代表者〕榊田 創（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕小口 治久、木山 學、平野 洋一、島田 寿男、佐藤 康宏、益田 伸一、常 勝威（常勤職員1名、他6名）

〔研究内容〕

イオンビームは、様々な目的で使用されてきている。しかしながら、ビーム発散が少なくかつ高電流密度のイオンビームを得ること、引き出されたイオンビームの発散を押さえることが可能な技術を確認することは未だに重要な課題である。本研究では、低エネルギー領域において、集束性の良い高電流密度のイオンビームを得ることが可能な技術を確認すること、また純固体元素を元にした準定常プラズマ源の技術開発をすることが目標である。

今年度は、電荷中和のために製作した電子銃を低エネルギーイオンビームシステムに設置し、イオンビーム引き出し時におけるイオンビームの集束特性について実験

を行った。電子ビームを接地電極に照射することにより、イオンビームの発散が抑制される傾向を見出すことに成功した。また、薄膜生成用の炭素イオン生成法に関して実験を進めるとともに、ビーム引き出し準備を行った。イオン源の下流側の真空容器に取り付けられている質量分析器において、炭素成分の信号を取得することができた。今後、低エネルギー多種イオンビーム源開発として、ビーム分布を計測するシステムを用いて凹型電極による集束効果、2次電子供給システムによる発散抑制効果を調べることで、イオンビームの電荷中和法の確立を目指す。更に、炭素イオンビームを引き出し、材料生成試験を行う予定である。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 低エネルギーイオンビーム、高電流密度、炭素ビーム、凹型電極、電荷中和、放射線検出

【研究 題目】 化学災害の教訓を原子力安全に活かす E ラーニングシステムの開発に関する研究

【研究代表者】 和田 有司（安全科学研究部門）

【研究担当者】 緒方 雄二、和田 有司、若倉 正英、和田 祐典、加藤 勝美（福岡大学）、中島 農夫男、松倉 邦夫、尾和ハイヅック 香史、石川 佳代、阿部 祥子、内村 紗希（常勤職員2名、他9名）

【研究 内容】

化学災害の教訓を原子力安全に有効に活用するためには、原子力関連の様々な階層の従事者が、化学災害の教訓を学び、化学物質や施設に対する安全意識を養う必要がある。本研究は、原子力関連と化学関連の事故例を共通の原因によって結びつけ、抽出された教訓を学習するための E ラーニングシステムを開発し、原子力関連施設の安全向上を目的とする。

そのために5カ年計画で1) 事故事例の収集、2) 教訓の抽出、3) 教材の開発、の3項目を実施する。本年度は、原子力関連の事故事例とそれらの事例と共通の教訓を持つ化学プラントの事故事例の収集、解析を引き続き行い、また、前年度に構築した E ラーニングシステムの改良を目標とした。

原子力関連の事故事例については、産総研で開発した事故分析手法 PFA を用いて、安全管理者および現場作業者という職種に応じて、学習すべき原因や教訓の抽出を行い、原因と教訓を二重化した事故進展フロー図を作成し、ケーススタディ教材コンテンツを二重化した。また、原子力関連施設と化学プラントの事故事例との関連付けのために、社会、組織、人間、設備、化学物質という要素間のインターフェースに教訓を割り振り、教訓のキーワード化を検討した。E ラーニングシステムに関しては、管理者による学習進捗管理やテスト機能の実装が

可能なオンライン版への改良を行った。現地調査では、社員教育の中で E ラーニングを試行する方法や最終年度の開発スケジュールについて意見交換を行った。これらの過程で、外部の専門家からなるアドバイザー委員会でご議論いただいた。（E ラーニング：パソコンやインターネットなどの情報技術を利用して、学習・研修など行う教育形態）

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 リレーショナル化学災害データベース (RISCAD)、事故分析手法 PFA、原子力安全、E ラーニング、教訓

【研究 題目】 原子力試験研究費（再処理工程に係るエネルギー物質の爆発安全性評価技術に関する研究）

【研究代表者】 松村 知治（安全科学研究部門）

【研究担当者】 中山 良男、松村 知治、若林 邦彦（常勤職員3名）

【研究 内容】

本研究課題では、1) 爆発影響データの取得・データベース化と、2) 反応機構評価システムの開発を行った。

1)については、硝酸ヒドラジン (HN) と、抱水ヒドラジン (HH) の混合溶液 (HN/HH=75:25重量%) の低速爆轟時の反応領域を2方向から観測する実験を行った。その結果、爆轟の反応領域は3次元的な構造を有している可能性が示唆された。また、反応領域は、混合溶液中を円管容器の管壁に沿ってスピンしながら伝播していることがわかった。

2)については、硝酸ヒドラジン (HN) と、抱水ヒドラジン (HH) の混合溶液 (HN/HH=63.5:36.5重量%) に動的な高圧パルスを印加し、時間分解型ラマン分光測定を行った。その結果、硝酸に起因するラマンピークが明らかに高波数側にシフトすることが観測された。また、このピーク強度の時間変化から、衝撃波が HN/HH 内部を平均速度2500m/s 程度で伝播していることがわかった。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 抱水ヒドラジン、硝酸ヒドラジン、核燃料再処理施設、爆轟、低速爆轟、衝撃圧縮、ラマン分光

【研究 題目】 高レベル放射性廃棄物の燃料電池への応用に関する研究

【研究代表者】 栗津 浩一（光技術研究部門）

【研究担当者】 栗津 浩一、藤巻 真、王 曉民（常勤職員2名、他1名）

【研究 内容】

原子力発電所での使用済み核燃料や高レベル放射性物質は、高レベルの放射線を放出し続け、また発熱状態にあるために長期間に渡り発電所内でのプールに保管され

ている。その間にもガンマー線や X 線等の放射線を放出し続けているが、現在このエネルギーは特に利用されていない。本研究は、高レベル放射性廃棄物から発生する放射線もエネルギー源として有効利用することを目的とした試験研究である。提案する原理は以下のとおりである。まず、高レベル放射性廃棄物から発生する放射線を、シンチレータを用いて紫外線に変換し、紫外線を発生させる。そして紫外線誘起により酸化チタン光触媒で水を水素と酸素に分解する。しかし、この光化学反応は効率は低いことが知られている。そこで銀ナノ粒子により強力な表面プラズモン光共鳴を発生させて、この光をナノ構造体に閉じ込めることによって、光触媒を高効率化させることを目的とした。これを局在プラズモン共鳴 (LSP) 光触媒と呼ぶことにする。まず、酸化チタン光触媒にとって最も活性である波長領域 (360nm から 400nm) で、強い電場強度の局在表面プラズモン共鳴が生じる銀ナノ粒子、およびその周囲の材料の選択を、Mie 理論を用いた計算により予測をすることにした。そして、計算により予測したナノ構造を実際に作製すること、その構造体の光物性の測定を行い、Mie 理論による計算と比較検討を行うことを計画した。光触媒活性の評価は、水の分解で行うことを最終目標とする。通常の酸化チタンと銀ナノ粒子を有する酸化チタンとを比較して、分解活性の比較を行うことを目標とした。さらに、最適銀ナノ粒子のサイズ等のナノ構造体の最適条件を実験、計算の双方から検討を行うことにした。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、環境・エネルギー

【キーワード】局在表面プラズモン、光触媒、燃料電池

【研究題目】表面修飾ホウ素ナノ粒子の開発とその中性子捕捉療法への応用に関する研究

【研究代表者】越崎 直人 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】越崎 直人、川口 建二、石川 善恵、曾我 公平、長崎 幸夫、金田 安史、松村 明 (常勤職員2名、他5名)

【研究内容】

前年度までに液相中でのレーザー照射法により炭化ホウ素ナノ粒子の調製が可能であることを見出し、基礎的な粒子生成メカニズムの解明を行った。さらに、薬剤化に必要となる粒子の化学修飾プロセスの第一段階となる COOH 基の導入試験を行い、その可能性を見出した。その後の薬剤化に向けた研究を進めていく上で、粒子の修飾や、粒子の表面特性を正しく評価するためには数 mg 以上の炭化ホウ素ナノ粒子が必要であり、現状で得られる生成量 (約1mg/d) では、効率的に研究を進めることが難しいと考えられた。そこで液相レーザー照射法による炭化ホウ素ナノ粒子の大量合成の可能性について検討を開始し、非集光法の詳細な検証を試みた。

非集光照射法での炭化ホウ素生成率の詳細な検証を行

ったところ、約90%の炭化ホウ素の生成率を得るためには、従来の集光照射法では 3.6×10^4 s (10時間) の照射が必要であるのに対し、非集光照射法では集光照射の120分の1の僅か300s (5分) の照射によって達成することが明らかとなった。特筆すべきは非集光照射によって10秒という短時間照射で最高生成速度が得られた点である。この結果は本プロセスが約100回程度の僅かなパルス照射で十分であることを示していた。

【分野名】ナノテクノロジー・製造・材料

【キーワード】炭化ホウ素、球状粒子、中性子捕捉療法

【研究題目】ダイヤモンド放射線検出器の開発に向けた基礎的研究 (外部資金)

【研究代表者】坪内 信輝 (ダイヤモンド研究ラボ)

【研究担当者】杵野 由明、茶谷原 昭義、鹿田 真一 (常勤職員3名)

【研究内容】

放射線環境や高温環境等の極限環境に対して耐性のあるダイヤモンドを用いた放射線検出器の開発に向けた基礎的研究を行う。検出器の必要性能に十分耐えうる高品質な人工ダイヤモンド単結晶薄膜を成長させる技術やそれに伴う表面処理技術の開発等を行うことにより、最適な素子の実現のための指針を得ることを目的とする。本年度は、検出器に必要なより広い有感面積を有する単結晶ダイヤモンドの合成を念頭に、プラズマ気相堆積法による、不純物の導入を極力排した高純度のダイヤモンド単結晶厚膜の成長条件の検討を行った。その結果、温度、投入電力等の成長条件を最適化することにより、昨年に較べて大面積 (9mm 角程度) の、不純物混入を抑えたドープなしの大型単結晶ダイヤモンドを安定的に成長させることができた。また、成長させた薄膜と基板を分離するための方法として、~~後述する~~リフトオフ法の検討を行い、高純度の大型単結晶ダイヤモンド厚膜を自立化せるとともに結晶性の評価を併せて行った。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】単結晶ダイヤモンド薄膜、放射線検出器

【研究題目】原子燃料融点の高精度測定に関する研究

【研究代表者】石井 順太郎 (計測標準研究部門)

【研究担当者】石井 順太郎、山田 善郎、笹嶋 尚彦 (常勤職員3名)

【研究内容】

原子炉の高効率・高熱出力運転や高速増殖炉の熱設計・管理の目的から信頼性の高い燃料融点の情報整備が喫緊の課題となっている。そのため本研究では、原子燃料融点温度の高精度測定技術の開発を行う。具体的には：1) 温度測定の基準となる国際単位系 (SI) トレーサブルな高精度温度目盛設定技術の開発を UO_2 の融点を超える 2900°C まで行う。2) 2900°C まで使用可能な融点測定用高温炉技術を開発し、原子燃料融点の精密計測

技術を確立する。同時にその場 (in situ) 校正用温度定点セル技術を開発する。3) 開発した技術を日本原子力研究開発機構に移転し UO_2 融点を高精度で測定する。

平成22年度は、(a) 標準用放射温度計の精密評価を行い、2500 °Cまでしか確立していなかった日本の高精度温度目盛を2800 °Cまで拡張することに成功し、2800 °Cにおける温度目盛設定の不確かさを2.1 K と評価した。これに基づき炭化タングステン-炭素 (WC-C) 包晶定点の精密評価を行い、融解の温度値を2748 °C、温度値決定の不確かさを2.1 K と評価し、最終目標である UO_2 の融点測定の不確かさ5 K を達成するために十分な精度を持つことを実証した。(b) 超高温融点測定炉で放射温度計の in situ 校正に使用するための高温定点の開発について、タングステンのつぼ中の $\text{W}-\gamma \text{W}_2\text{C}$ 共晶定点が繰り返し測定に使用可能で再現性のある温度定点であることを実証した。標準用定点黒体炉と標準放射温度計を用いて $\text{W}-\gamma \text{W}_2\text{C}$ 共晶定点の融解プラトーを測定し、定点の温度値を2711 °Cと決定した。これにより、放射温度計を in situ 校正するための実用的な高温定点が実現できることを実証した。さらに新たな金属製高温定点セルとして、レニウム (Re) のつぼを用いた $\text{Re}-\text{C}$ 共晶定点の鑄込み技術の開発とプラトー測定を行い、再現性のある温度定点セルが実現できることを実証した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 原子燃料、融点、高温度標準、高温定点、放射温度

【研究題目】 放射能表面密度測定法の確立に関する研究

【研究代表者】 柚木 彰 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 佐藤 泰、海野 泰裕、柚木 彰、
原野 英樹、檜野 良穂
(常勤職員5名)

【研究内容】

イメージングプレートは、極めて高感度に二次元の放射線イメージ像が得られるが、定量測定には指標となる標準が必要である。これまでの研究により、インクジェットプリンタを用いて、放射能表面密度を3桁から4桁程度変化させた帯状の指標線源が試作されている。そこで、イメージングプレートと、この帯状の指標線源を組み合わせ、精度の良い放射能表面密度測定手法を確立し、汚染検査をはじめとする、放射能表面密度測定の高精度化と信頼性の確保を目指す。そのため本研究では、対数目盛の表面密度線源にイメージングプレートを組み合わせた、放射能表面密度測定に関する新しい測定技術を開発し、汚染検査をはじめとする、放射能表面密度測定の高精度化と信頼性を確保するため、検出効率のエネルギー特性の評価、ガンマ線バックグラウンドの影響評価、校正結果の自動管理システムの開発を行う。平成22年度は、イメージングプレートに、放射能面密度に関して目盛と

なる線源を組み合わせ、放射性の表面汚染を測定し、±30 %程度の実用的な精度で測定できることを確認した。また、ICタグによる作業管理を行いながら、インクジェットプリンタを用いて製作した線源を基準として、代表的な放射性表面汚染測定器である β (γ) 線用サーベイメータの校正を行い、当該線源が実用校正の基準線源として使用出来ることを確認した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 放射能、表面汚染、面線源、対数指標線源、イメージングプレート

【研究題目】 照射誘起欠陥の動的挙動評価のための高度複合ビーム分析技術の開発

【研究代表者】 木野村 淳

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 木野村 淳、大島 永康、大平 俊行、
鈴木 良一、B. O' Rourke、
西島 俊二 (常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

発電用原子炉の高経年化に伴い、中性子照射下の原子炉部材の損傷形成過程を評価し、その寿命を精度良く予測することが、近年、強く求められている。このため、従来の経験的な評価手法だけでなく、照射損傷形成過程の基礎的な理解に基づいた評価が重要である。本研究では、高強度陽電子ビームとイオンビームをそれぞれ試料室に導いて複合照射し、照射損傷の導入中に材料の陽電子寿命測定が可能な複合ビーム分析法を開発する。平成22年度は、これまでに開発した複合ビーム照射試料室と試料室周りのビームラインに加えて、電子リニアックから陽電子発生部を通り、試料室に至る残りの必要なビームラインすべてを設置した。さらに、ビームラインの性能確認のために、パルス化電極前に設置した電子源から微弱な電子ビームを発生して、複合照射試料室後方に取り付けられたマイクロチャンネルプレートでビーム形状を観測し、ビームが搬送されることを確認した。また、既存低速陽電子ビームラインを用いた予備実験では、100K から773K までの温度範囲でイオン照射した Fe 及び Ni 試料に対して、陽電子ドブラー拡がり測定を行ったところ、いずれも計算よりも深くまで欠陥が存在することを示す結果が得られた。温度依存性などに関する検討からイオンのチャネリングによる欠陥分布の拡がりが見出された。また、イオンビームをパルス照射した試料の陽電子寿命測定を行ったところ、空孔クラスタに対応する寿命値に変化が見られ、欠陥の過渡反応を反映した結果が得られた。これらの結果より、複合ビーム分析の予備実験として有用な知見が得られた。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 陽電子消滅分光、照射損傷、その場分析

〔研究題目〕 X線領域における蛍光収量分光分析法に関する研究

〔研究代表者〕 大久保 雅隆

(計測フロンティア研究部門)

〔研究担当者〕 浮辺 雅宏、志岐 成友

(常勤職員2名)

〔研究内容〕

軟 X 線蛍光収量 X 線吸収分光装置開発において、100 素子 STJ アレイ X 線検出器、0.3K 冷凍機、多チャンネルデジタル信号処理系 (DSP)、超高真空チャンバーからなる装置を開発し、放射光ビームラインに設置した。元素分離能力を高めるために、11eV のエネルギー分解能を達成した。液体ヘリウムの供給を必要とせず 0.3K まで冷却でき、極低温実験を行ったことがないユーザーでも使用可能にした。この装置を使って、炭素、窒素、酸素といった軽元素の蛍光 X 線分離に成功し、軽元素の蛍光収量 X 線吸収微細構造スペクトル取得が可能なることを確認した。ユーザーに公開可能な分析装置として完成させた。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 超伝導、放射光、X 線分析、吸収分光、X 線吸収微細構造

〔研究題目〕 断層内水理モデルの確立に関する実験的研究

〔研究代表者〕 高橋 学 (地圏資源環境研究部門)

〔研究担当者〕 高橋 学 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

最終年度であることから、正断層・逆断層発生応力条件下における内部構造を詳細に観察し、同一応力条件下で発生可能な両断層マイクロモデルを提案した。これらは既存破壊条件式で説明可能なものである。また、内部空隙構造に関する幾何学情報抽出のため、最小主応力方向に伝播する P 波速度、そして S 波速度 2 成分を異なる中間主応力条件にて計測し、正断層モデルに対して詳細な構造異方性および幾何学情報を付加した。以上により、断層内水理モデルのための透水係数データ取得と合わせ、詳細マイクロモデルを提案することが出来た。国内外の真三軸試験手法および今回のマイクロモデルに関する意見交換を行うため、海外の専門家を招聘し国際ワークショップを開催した。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 室内試験、断層水理モデル、マイクロクラック分布、マイクロクラック幾何学情報

〔研究題目〕 放射性廃棄物地層処分における長期空洞安定性評価技術の研究

〔研究代表者〕 當舎 利行 (地圏資源環境研究部門)

〔研究担当者〕 當舎 利行、相馬 宣和、及川 寧己、

竹原 孝、船津 貴弘

(常勤職員5名)

〔研究内容〕

廃棄物地層処分では、安定した地下に空洞を掘削して放射性廃棄物の隔離・貯留を行う。地層中に長期間保存することにより放射性物質は減衰をして安定な同位体へと変化をするが、安定した地下空間へ空洞を掘削して、地層を天然バリアとして長期間保管をすることが必須となる。しかし、岩盤空洞周りには掘削時の急激な応力の解放により応力の緩み域が発生する事が予期され、発生する応力の緩み域においては、潜在き裂等の開口により天然バリアの遮蔽性能が低下することが考えられる。この緩み域を経時的に評価することにより、地層処分における天然バリアの長期安定性に関するフィールドデータを得るとともに、緩み域を含む空洞周囲の環境で想定される温度、圧力条件における岩石の長期変形 (クリープ) 特性のデータを蓄積し、長期安定性予測や評価のためのシミュレーションやモデル解析の基礎データとする。本研究では、コア法等による3次元応力計測を経時的に実施して3次元応力場と緩み域の広がりを経時的な変化を明らかにする 1) 「深部岩盤空洞周り緩み域における3次元応力計測」、簡便な手法による空洞掘削影響領域や周辺不連続構造の評価法を検討する 2) 「空洞周り緩み域の簡便な地質構造評価技術の研究」、および三軸圧縮応力下での岩石の長期変形特性に関する実験的研究を実施して緩み域での長期変形予測技術の確立を目指す 3) 「空洞周り緩み域における岩盤長期変形挙動に関する研究」の3テーマについて研究を行い、本年度にて研究を終了した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 地層処分、岩盤空洞、緩み域、応力測定、弾性波探査、クリープ実験

・産学官連携支援事業委託事業

〔研究題目〕 ナノプロセッシング・パートナーシップ・プログラム (NPPP)

〔研究代表者〕 秋永 広幸

(ナノ電子デバイス研究センター)

〔研究担当者〕 秋永 広幸、高野 史好、宮田 直之、

大塚 照久、増田 賢一、原 安寛、

松野 堅吉、佐藤 平道、飯竹 昌則、

羽山 和美、蜂谷 智央、風間 茂雄、

唐澤 しのぶ、Neuwirth 亜紀、

高村 雅美 (ナノ電子デバイス研究センター)

(常勤職員2名、他13名)

大久保 雅隆、他9名 (計測フロンティア研究部門)

〔研究内容〕

目的:

産総研のもつ基盤技術から先端技術までの多様で幅広

い研究開発資源を組織内部で機動的に連携させ、「技術支援による学界及び産業界への貢献」、「技術革新を担う人材の育成」という社会ニーズに応えるためのアクションプランとして、有限の資源で成果を最大化し、研究分野の融合、産学官の広範囲な研究者・研究機関のネットワークキング、人材育成を推進するプラットフォームの実現を目的とする。より具体的には、

- ① 技術相談：研究開発上のボトルネック抽出、プロセス設計などのコンサルティング
- ② 装置利用：当該施設の装置を利用する機会の提供
- ③ 技術支援：産総研の最先端技術を用いた研究成果創出の支援
- ④ 成果創出支援：得られた成果を、学术论文、特許実施例などに活用するための支援
- ⑤ 実地訓練：装置利用に際して必要な要素技術のガイダンス
- ⑥ 人材育成：超微細加工・分析・評価技術等を習得するスクールを開催
- ⑦ 情報発信：当該分野における最新情報、ノウハウなどを発信
- ⑧ ネットワークキング：利用者の利便を高め、関連施設との連携を図る

からなるサービスの提供を行う。

年度進捗状況：

- ① 技術相談サービス：

施設・装置を適切に利用するためのガイダンスはもちろんのこと、支援依頼元の研究開発上のボトルネックを明確化し、それに対するプロセス設計などのコンサルティングを、産総研の経験豊富な専門家が実施した。さらに、研究支援効率を上げるために必要とあれば、ナノテクノロジー・ネットワーク参画他機関等への紹介などもこのサービスの一環として行った。
- ② 装置利用サービス：

超微細加工とナノ計測・分析両領域合計で131件、当該施設の装置を利用する機会を提供した。そのために必要な要素技術習得トレーニングなども、あわせて実施した。得られた研究成果はユーザーあるいはユーザーの派遣元が100%保有することになるが、規程で定める成果報告書をご提出いただいた。また委託事業でのサービスであることを鑑み、プロセスノウハウの産総研側への提供を、機会を捉えて推奨した。
- ③ 技術支援サービス：条件付技術代行支援と条件付共同研究型支援サービス

装置利用ユーザーとのバランスを考慮しつつ、合計で19件の技術代行および共同研究サービスを行った。尚、技術支援員が支援依頼元の要望に沿った試作、分析を行う場合には、産総研独自の技術ノウハウを必要する場合に限ってその依頼を引き受けた。また、産総研の知的財産、研究開発資源を一つの支援に対して50%を超える寄与度で投入しなければならない場合に

は、共同研究による研究支援とする方針をとった。これらの支援に対しても、規程で定める成果報告書をご提出いただいた。

④ 成果創出支援サービス：

得られた成果を、学术论文、特許実施例作成、あるいはベンチャー設立に向けた準備などに活用するための支援を行った。①のサービスとあわせ、当事業が民間の有料サービスと最も大きく差別化される項目である。今年度は、156件の学術講演会等での口頭発表、58件の学术论文等での誌上発表、および、4件の特許出願が行われている。昨年度と比較して、口頭発表数および誌上発表数が増加している。また、産総研研究関連部門、知的財産部門、ベンチャー支援室などの専門家と協力し、必要に応じて支援案件に対応した。

⑤ 実地訓練サービス：

昨年度までと同様に、装置の使い方や注意事項、装置予約の仕方を伝えるために、ユーザーが新たに装置を使い始める際には、個々の装置について必ず操作方法のガイダンス（実地訓練）を行った。今年度は839件の実地訓練を行った。また、不連続に期間をあけて装置を利用するユーザーに対しては、初回だけでなくそのつど技術支援員による手厚いガイダンスを実施した。このようなサービスを行う目的は、装置利用の効率化、装置故障率の低減、安全性の向上を図ることにある。本サービスの充実により、今年度も多数のユーザーが積極的に施設を活用できる環境を提供することができた。

⑥ 人材育成サービス：

「ナノテクノロジー・ネットワーク」参画機関である物質・材料研究機構および東京工業大学と合同で、“超微細加工・計測・分析人材育成スクール”を企画・開催した。このスクールは講義と実習からなり、10月8日に産総研つくばセンターで6つの講義をまとめて行った後、総計6件の実習をそれぞれの機関で実施した。以前から実施し好評である電子ビーム描画装置の実習は、本年度も産総研と東京工業大学の両機関で実習を行った。また、昨年度と同様、産総研で集束イオンビーム加工観察装置の実習を行った後、物質・材料研究機構で透過型電子顕微鏡観察を行う実習を実施した。このように、要素技術の習得を目指したスクールを多彩な人材に対して開催することができた。さらに、特定の要素技術に特化した人材育成サービスとしては、“「走査プローブ顕微鏡」セミナー”および“「分光エリプソメータ」操作／測定／解析スクール”を開催した。他には、次世代を担う学生を対象とした人材育成スクールを準備し、高校生4名を受け入れた。この高校生を対象とした人材育成は、高校生のための先進的科学技术体験合宿プログラムであるサマー・サイエンスキャンプの一環として実施し、「ナノテクノロジーに触れてみよう（先端装置を用いた電子素子の

作製)」をご体験いただいた。本年度に実施したこれらのスクール、セミナーの総参加者数は89名(内講義のみの参加者が51名)であり、内訳を見てみると、産：29名、学：17名、官：43名であった。

⑦ 情報発信サービス：

当該分野における最新情報、当事業で開発され公開可能なノウハウなどを、産総研外部研究者に向けてニュースとして発信した。より具体的には、産総研ナノプロセッシング施設(NPF)発行の電子メール配信方式のニュースであり、平成17年度から開始したサービスである。また、当事業のホームページに関しては、ユーザーからの要望を受け、共用研究施設に設置されている装置でどのようなことができるのかがより直感的に感じられるよう、各装置で実施された研究支援例を表示するなど日々改善に務めた。

⑧ ネットワーキングサービス：

産総研外部研究者の利便性を高め、安全に上記研究支援活動を行うために、装置予約、利用時間管理、ユーザーによる支援進捗状況の確認などを、インターネットを介して実現するネットワーク環境を管理し、年間を通じてこのサービスの提供を行った。また、「ナノテクノロジー・ネットワーク」参画機関である物質・材料研究機構(NIMS)の超高圧電子顕微鏡ステーションなど、つくば地区4機関(NIMS、産総研、筑波大、高エネ研)により合同で「イノベーションつくば」ワークショップが開催され、その機会を通じて、主に人材育成カリキュラムに係る情報発信も行った。なお、このワークショップは、先端研究施設共用イノベーション創出事業参画機関間のネットワークを促進するために実施されるものである。参加者数は58名で、内訳は産業界14名、公的機関27名、大学17名であった。そして、さらに重要なこととして、このサービスにおいては、支援内容がプレコンペティティブ段階にある場合に、上記①、④をベースに、積極的に外部ユーザー同士の連携や研究分野の融合によるネットワークの推進に努めた。

⑨ 先端共用施設の整備と管理：

先端共用施設を効率的に稼働させるためには、消耗品の欠品を防止し日常点検および定期点検で装置の故障を事前に察知し対応することが肝要である。共通消耗品の管理に加えて専任担当者によるNPFの日常点検・監視を行い、さらに、装置予約・使用状況の管理も年間を通して実施した。また、酸素濃度計など各種モニターによる作業環境の監視サービスに加え、クリーンルーム内に設置したカメラ6台により、ドラフト等危険な作業での事故を防止できるよう務めた。また、利用初期のユーザーに対して、装置の原理や操作手順などが記載された装置マニュアルを以前から提供しているが、この装置マニュアルがより実践的で実用的なものとなるよう、⑤に示した実地訓練サービス時等に

受ける頻度の高い質問やトラブルシューティングを装置マニュアルに取り入れるなどして随時改訂を推進した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】極微細加工、ナノ造形、リソグラフィ

・原子力基礎基盤研究委託事業

【研究題目】白色中性子源を用いた中性子線量計の革新的校正法に関する研究

【研究代表者】原野 英樹(計測標準研究部門)

【研究担当者】原野 英樹、松本 哲郎、海野 泰裕、増田 明彦、西山 潤
(常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

中性子を利用する現場で利用されている中性子線量計は、原子炉施設や核燃料施設など中性子を利用する作業員や、放射線施設周辺住民、周辺環境の安全性を担保するために、重要な役割を果たしている。しかしながら、中性子線量計の感度曲線は、通常ICRPが定める理想的な線量曲線を再現していることはないため、固有の中性子スペクトルを持つ作業環境場において、表示値は大きな不確かさを持つ。そこで、本研究では、熱外中性子から20 MeVまでの領域のパルス白色中性子を利用し、中性子飛行時間と線量計等測定器からの出力の2次元測定を行い、広いエネルギー領域の測定器の感度を実験的に一度に求める方法を提案した。研究は、(1)白色中性子源を用いた中性子線量計の校正法に関する研究、(2)静電加速器を利用したパルス白色中性子源の開発、(3)準単色高エネルギー中性子場における低エネルギー成分の解明の3つに分類して行う。(1)では、中性子飛行時間と波高の2次元測定が可能なデータ処理システムを構築し、試験を行える段階まで行った。また、京大炉の電子ライナックを利用した白色中性子源からの中性子ビームについては、中性子スペクトル、フラックスの評価までを行った。(2)では、産総研ペレット加速器からのイオンビームを発生させるために、パルス化装置をチューニングするための装置を試作した。また、パルスイオンビームが中性子生成ターゲットに到着した時に信号が得られるようにビームラインを改良した。パルス白色中性子をLi(d, n)、Li(p, n)、Be(a, n)反応で発生させるためのターゲットチェンジャーとその冷却装置が完成した。(3)では、日本原子力研究開発機構TIARAと東北大学CYRICにおける高エネルギー中性子場の低エネルギー成分を得るために、LiF薄膜とシリコン検出器による熱中性子測定器の測定とボナー球を用いた測定を行った。さらに、keV~MeV領域のスペクトルを測定するためのサンドウィッチ型スペクトロメータの作製を行った。本研究の一部は、京都大学、高エネルギー加速器研究機構、放射線医学総合研究所に再委託されている。

【分野名】標準・計測

[キーワード] 中性子標準、白色中性子、中性子線量、パルスビーム、中性子飛行時間法、校正

・科学技術基礎調査等委託事業

[研究題目] 沿岸海域における活断層調査

[研究代表者] 岡村 行信

(活断層・地震研究センター)

[研究担当者] 岡村 行信、杉山 雄一、楳原 京子、阿部 信太郎(電力中央研究所)、伊藤 谷生(千葉大学)、竹内 章(富山大学)、坂本 泉(東海大学)、越後 智雄(地域地盤環境研究所)、内田 康人(北海道立総合研究機構)、松浦 律子(地震予知総合研究振興会)(常勤職員3名、他7名)

[研究内容]

文部科学省からの委託を受け、布田川・日奈久断層帯／中部・南西部(海域部)、福井平野東縁断層帯主部(海域部)、呉羽山断層帯の海域延長部(海域部)、黒松内低地断層帯の南方延長海域部の4断層の調査を実施した。また、既存の海域活断層調査及び地質調査に関する情報を収集し、今後の調査対象となる海域活断層の取りまとめを行った。

- 1) 布田川・日奈久断層帯／中部・南西部(海域部)は八代海南部で数多くの活断層に枝分かれし、全体として35kmの長さを持つ。北東部では、約1700年～530年前と、K-Ah 降下後～2700年前の2回のイベントが認められた。また最後のイベントは西暦744年の肥後国の地震である可能性が高い。見かけ上の垂直変位量は0.1～0.5m/千年、1回の垂直変位量は1～2mであると推定したが、横ずれ成分は不明である。
- 2) 福井平野東縁断層帯主部の海域延長部は、断続的あるいは枝分かれしながら海岸から約11.5km 北方まで連続することが明らかになった。最終氷期以降に活動したと考えられるが、活動時期は解明できなかった。平均変位速度は0.04～0.08m/千年と推定された。
- 3) 呉羽山断層帯の海域延長部には、背斜構造帯が海岸から約13km 北東に連続することが明らかになり、活断層が連続していると判断した。また、海岸に近い平野でのボーリングに基づいて、最新活動時期をBC2285～427AD、その変位量は2～2.5m 以上と推定した。
- 4) 黒松内低地断層帯の南方延長海域には背斜構造が雁行状に発達し、全体として海岸から少なくとも約15km、最大で21km 南方まで連続することが明らかになった。活動時期は約6,000～7,000年前と約11,000～13,000年前頃より後に推定され、イベント間隔は5,000～6,000年かそれより短いと推定される。平均上下変位速度は0.3～0.5m/千年、1回の上下変位量は2～3mと推定される。

- 5) 今後の沿岸海域における活断層調査の調査手法と調査対象断層の選定に資するため、既存の海域活断層調査及び地質調査に関する情報を収集し、具体的な調査手法の整理と、調査対象となり得る沿岸海域の断層を整理した。

[分野名] 地質

[キーワード] 沿岸地質、活断層、音波探査、完新統、布田川・日奈久断層帯／中部・南西部、福井平野東縁断層帯主部、呉羽山断層帯、黒松内低地断層帯

[研究題目] 活断層の追加・補完調査

[研究代表者] 吉岡 敏和

(活断層・地震研究センター)

[研究担当者] 吉岡 敏和、栗田 泰夫、吾妻 崇、近藤 久雄、杉戸 信彦(名古屋大学)、堤 浩之(京都大学)、廣内 大助(信州大学)(常勤職員4名、他3名)

[研究内容]

本研究は、地震調査研究推進本部が定めた基盤的調査観測対象断層帯について、新に対象に追加された断層帯、およびこれまでの調査結果に基づく評価で将来活動確率が十分絞り込めなかった断層帯について、追加・補完調査を実施することを目的に、文部科学省からの委託を受けて行われたものである。

平成22年度の調査対象断層帯は、雫石盆地西縁-真昼山地東縁断層帯(真昼山地東縁/南部)、邑知潟断層帯、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯(主部/南部)、山田断層帯(南部)の4断層帯である。各断層帯において、断層の位置・形状、活動度、過去の活動履歴等を明らかにするための調査を実施し、地震調査研究推進本部の活断層の長期評価に貢献する資料が得られた。

- 1) 雫石盆地西縁-真昼山地東縁断層帯の調査：真昼山地東縁断層帯のうち、1896年陸羽地震で活動しなかった南部について、空中写真と2mDEMを用いた地形判読・計測と、地形・地質踏査、トレンチ・ピットおよびボーリング調査により、その分布・形状・活動性および活動時期を調査した。断層帯南部の長さは17km程度であり、中田・今泉編(2002)が指摘する総延長9kmの副次的な活断層については、変動地形が認められなかった。また、細内および白木野地点での調査では、約3万年前および2万年前の段丘面が共に上下に4m程度変位し、約2千8百年前の段丘面形成後に最新活動があったことが明らかになった。この結果、断層帯南部の単位変位量は上下成分が2m程度であり、活動に再来間隔は1万4千年～2万年程度と求められた。また、断層帯北部においても3万年程度前以降に1896年地震を含めて2回の活動があったことが見出された。
- 2) 邑知潟断層帯の調査：ピット調査、ボーリング調査を実施した。これらのうちの本江地点で実施した群列

ボーリング調査の結果から、同地点の沖積低地を切る低崖が断層崖である可能性が高く、その形成時期が8～9世紀以降であることが推定された。この結果、同断層帯の最新活動時期はこれまでの評価よりも新しくなり、平均活動間隔が短縮されると解釈した。

- 3) 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の調査：滋賀県および岐阜県にまたがって分布する柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯では、断層帯の過去の活動時期を明らかにすることを主な目的とし、鍛冶屋断層の滋賀県長浜市鍛冶屋町および関ヶ原断層の岐阜県関ヶ原町秋葉においてトレンチ調査を、宮代断層の岐阜県垂井町宮代においてボーリング調査を実施した。調査の結果、鍛冶屋断層では、2地点において堆積物を変位させる明瞭な断層が確認され、そのうちの1地点で約1,000年前の堆積物が断層変位を受けていることが明らかになった。関ヶ原断層では、トレンチ壁面には断層が確認されず、岐阜県が1996年に行った調査と合わせると、この地点には約19,000年前以降に活動した断層は存在しない可能性が高まった。宮代断層では、2地点においてボーリング調査を実施し、東海層群上面に約35mの高度差があること、約1,400年前の年代を示す礫層が撓曲変形を受けている可能性があることが示された。
- 4) 山田断層帯の調査：断層活動時期、詳細な断層分布および活動区間を明らかにするため、1)空中写真判読、航空レーザー計測による詳細な数値標高モデル(DEM)、現地踏査による活断層分布の検討、2)トレンチ調査および群列ボーリング調査による過去の活動時期の検討をおこなった。その結果、山田断層帯西部の坂野地点における最新活動時期は、約12,400年前以後、11,200年前以前であることが明らかになった。また、断層帯中央部に分布する断層不連続を境に断層帯が東部と西部の活動区間に区分され、それぞれ活動時期が異なる可能性が示された。

【分野名】地質

【キーワード】活断層、追加・補完調査、地震調査研究推進本部、零石盆地西縁-真昼山地東縁断層帯、邑知潟断層帯、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯、山田断層帯

③【環境省】

・試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究）

【研究題目】ディーゼル特殊自動車排出ガス浄化のための多機能一体型コンバータに関する研究

【研究代表者】後藤 新一

（新燃料自動車技術研究センター）

【研究担当者】後藤 新一、濱田 秀昭、小渕 存、内澤 潤子、難波 哲哉、佐々木 基、Sultana Asima、鈴木 邦夫、小熊 光晴、平田 真司

（常勤職員7名、他3名）

【研究内容】

ディーゼル特殊自動車の排ガスに対する規制強化に対処できるコンパクトな排ガス浄化システムの開発を目指して、復路から往路に熱回収されるコンバータ構造を設け、さらにその途中に各有害成分を除去するための各機能（酸化触媒、PM捕集フィルタ(DPF)）尿素による選択還元、内部熱交換機能など）を適切に配置し機能させる多機能一体型コンバータの開発を行っている。また、本コンバータに搭載する触媒反応プロセスとして、燃料由来の還元成分（燃料の一部、COなど）をNO_xの還元剤として利用する反応（燃料由来SCR）プロセスおよびそのための触媒を検討している。

多機能一体型コンバータの開発の開発に関しては、昨年度の試作器と比べて3倍にスケールアップした中型コンバータ（DPFと触媒ハニカムの正味体積5.2L）について、排気量2.2Lディーゼル車の排ガス全量処理による圧力損失、熱回収性能、触媒燃焼による内部温度上昇・維持機能、NH₃によるNO_x選択還元反応（NH₃-SCR）とDPF搭載によるPM捕集および再生の同時性能試験などを行った。その結果、60km/h定地走行条件において、自己熱交換率約79%の基本性能とともに、NO_x除去率99%以上、PM除去率99.9%以上の性能が得られた。すなわち、自己熱交換機能の付与により、若干の補助加熱で、NH₃-SCRおよびDPF再生に最適な温度条件が得られ、それぞれのパフォーマンスが劇的に向上することを確認した。燃料由来SCRプロセスについては、昨年度見出した炭化水素分解触媒と炭化水素によるNO_x選択還元触媒を混合した触媒の改良およびCo/ZSM-5触媒の耐久性最適化を行った。さらに、開発するコンバータシステムの最終性能評価に向け、ディーゼル特殊自動車用の過渡運転条件を模した簡略化した実験等過渡運転条件の設定を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ディーゼル特殊自動車、排出ガス、窒素酸化物、粒子状物質、浄化、コンバータ、自己熱交換、選択還元触媒

【研究題目】電子機器用ガラス廃棄時における有害元素の長期浸出評価

【研究代表者】赤井 智子

（ユビキタスエネルギー研究部門）

【研究担当者】赤井 智子、山下 勝、杉田 創、井本 由香利、川辺 能成、今泉 博之、駒井 武（地圏資源環境研究部門）
肴倉 宏史（国立環境研究所）
（常勤職員7名、他3名）

【研究内容】

近年、E-WASTE（電子機器廃棄物）からの有害物質

の環境中への拡散が大きな環境問題となっている。特に大量の鉛を含むブラウン管 TV 用ガラスは、リサイクルが困難になっているため、廃棄などの際における環境中への拡散の評価が火急の課題となっている。本研究においては、一般廃棄物処理場又は産業廃棄物処分場を想定した土壤環境等のいくつかの条件において、ガラスからの浸出加速模擬試験を行い、その基礎データから長期耐水性を評価する方法を開発する。また、その試験結果をもとに環境中への拡散モデルを構築し、一般環境中への拡散量を定量的に把握する。さらに、暴露・リスク評価手法により、有害元素を含むガラスの適切な処分方法についての指針を設定する。

H22年度は CRT ファンネル及びネックガラスの70℃での溶出量の時間依存性を調べ90℃での結果と合わせて浸出挙動を比較し、pH の影響を考察した。その結果、温度依存性やアルカリ溶液中での浸出元素の飽和の効果が明らかになった。また、CRT ガラスの土壤環境下での浸出特性を把握する試験・評価方法の確立のために、カラム通水試験及び土壤・CRT ガラス混合振とう試験を行った。その結果、土壤の種類によっては、ガラスからの Pb や Sb 等の溶出を抑制し、そのほとんどを吸着して、溶媒中への溶出を防ぐ可能性があることがわかった。さらに、上記の研究結果に基づいて CRT ガラスのストック・処分管理を対象としてリスク評価システム (GERAS-3・廃棄物バージョン) による評価を行い、埋立処分場での遮水ライナーの設置の有無をパラメータとした計算を実施し、溶出成分の土壤・地下水での分布を明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】CRT ガラス、鉛、浸出特性、土壤汚染、リスク評価

【研究題目】1価銅イオンを利用した銅リサイクルプロセスの実用化へ向けた研究

【研究代表者】大石 哲雄 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】(環境管理技術研究部門) 田中 幹也、
小山 和也、成田 弘一、大石 哲雄
(安全科学研究部門) 匂坂 正幸、
田原 聖隆、布施 正暁
(常勤職員7名、他2名)

【研究内容】

我々は新規な銅リサイクルプロセスの開発に取り組んでいる。これは、(a)2価銅イオンを酸化剤として廃棄物中の銅を1価銅イオンとして酸化溶解する浸出工程、(b)溶液中の不純物を溶媒抽出法により除去する浄液工程、(c)電解により銅を回収するとともに2価銅イオンを再生する電解採取工程からなる湿式プロセスであり、消費電力が低く、高純度の銅回収が見込めるなどの特徴があり、廃棄物からの効率的な銅回収方法として期待できる。本研究テーマでは、実廃棄物を用いた連続試験やライフ

サイクルアセスメント (LCA)、経済性評価等、本プロセスの実用化へ向けた研究を行っている。

H22年度においては、実際の廃棄物を用いた連続試験を行い、溶液中への不純物の蓄積およびそれが銅の純度に与える影響を確認した。また、実証プラントを設計してそこで見積もられた値をもとに LCA および経済性評価を行った。その結果、環境負荷に関しては多少なりとも低減が見込めること、経済性については現行の乾式製錬所を利用したシステムが現状では合理的であるが、プロセスや運用方法の改善により湿式でも同程度の経済性が期待できることを示した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リサイクル、銅、省エネルギー、電解、ライフサイクルアセスメント

【研究題目】PFOS/PFOA 前駆体物質の分解・無害化反応システムの開発

【研究代表者】忽那 周三 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】堀 久男、小池 和英、忽那 周三、
村山 美沙子、石田 恭子
(常勤職員2名、他3名)

【研究内容】

本研究では産業界での重要度が高い PFOS/PFOA 前駆体物質のうち、今後も使用される見込みが高いもの、PFOS/PFOA 代替物質という側面があり需要が増加しているものおよび新材料に関し、焼却によらない低エネルギーコストの分解反応システムを開発する。

22年度は PFOS/PFOA 代替物の側面があり使用量が増加しつつある ω -H ペルフルオロカルボン酸類 (一般式 $\text{HC}_n\text{F}_{2n}\text{COOH}$ 、ペルフルオロカルボン酸類の末端のトリフルオロメチル基のフッ素原子の1つを水素原子に置換した化合物) と、21年度に引き続きペルフルオロエーテル酸類に着目して実験を行った。 ω -H ペルフルオロ酸類の一種で、乳化剤として使用される ω -H ペルフルオロカルボン酸類については、ペルオキシ二硫酸イオンを酸化剤とした温水反応により、対応するペルフルオロカルボン酸類よりも相当迅速 (60℃においては初期速度が7.1~12.7倍) にフッ化物イオンと二酸化炭素まで分解・無機化できることを明らかにした。また、これらの化合物についてはヘテロポリ酸光触媒の一種である $\text{H}_4\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}$ により pH2.3~5.2の広い領域で分解・無機化できることを明らかにした。ペルフルオロエーテル酸類については、マイクロバブル反応法および類似の分解技術である超音波反応法を検討した。その結果、ペルフルオロエーテルカルボン酸類についてはペルオキシ二硫酸イオンを添加した超音波反応により効果的にフッ化物イオンと二酸化炭素まで分解・無機化できることがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】有機フッ素化合物、PFOS、PFOA、ペ

ルオキシ二硫酸、光触媒、超音波、分解、無機化、前駆体、代替物質、亜臨界、温水、フッ素、界面活性剤

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

【研究代表者】村山 昌平（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】近藤 裕昭、村山 昌平、前田 高尚、石戸谷 重之、谷田部 裕美、宇佐美 哲之、蒲生 稔
国立環境研究所：三枝 信子
（常勤職員4名、他4名）

【研究内容】

本研究では、これまでに各研究機関で運営されてきたタワーフラックス観測サイトを長期生態系モニタリングサイトとして整備・運営する。観測手法の標準化を図ることによって、観測サイト群総体としての効率化・合理化を図るとともに、アジア地域の多様な立地条件に適用可能な標準観測手法を構築・提示する。また、CO₂フラックスに関して、移動が容易な基準観測システムを開発して比較観測を実施し、モニタリングサイト群としての精度確保を図る。アジアの地域基幹サイトにおいて比較観測を行い、データ共有化、アジア地域からのデータ提供を促す。産総研では、これらのうち、国内山岳遠隔サイトおよび海外森林サイトの観測を継続し、長期連続観測手法の標準化およびデータの共有化を目指す。

H22年度は、岐阜県高山市の乗鞍山麓にある冷温帯落葉広葉樹林サイト（高山サイト）において、観測を継続して実施した。2010年は春季の気温が低かったが、夏～初秋に気温が高く、8月の平均気温は過去17年間で最も高かった。また、夏季の日射量は平均より高く、降水量も年間を通して非常に多かった。春季の低温に伴う展葉の遅れにより、CO₂の正味の吸収が始まる時期が遅かったが、夏季の高温と高い日射量により、光合成と呼吸活動は活発になり、年積算 GPP および生態系呼吸量は過去17年間で2番目に多かった。2010年の年積算 NEP は、2009年とほぼ等しく、2007年および2008年よりも大きかった。タイの熱帯林サイトにおいては、現地研究機関と協力して、長期観測維持のために測器の整備を行って観測を継続した。データ取得率の向上のために観測サイト内のデータ収集装置のネットワーク化、サイト構内におけるデータ集約の自動化、採気口の改良、電源系の改修強化等を進めた。また、現地機関や関連研究機関と今後の情報交換、連携、人材育成についての協議を行った。さらに、タワーを用いた CO₂フラックス観測手法の標準化に関連して、当研究課題共同研究機関と協力して高山サイトにおいて可搬型移動観測システムを用いた比較観測を実施した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】炭素循環、森林生態系、フラックス観測、長期生態系モニタリング、ネットワーク

【研究題目】親生物気体の同時連続測定による生態系監視技術の開発

【研究代表者】村山 昌平（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】近藤 裕昭、村山 昌平、前田 高尚、石戸谷 重之、宇佐美 哲之
気象研究所：松枝 秀和、澤 庸介、坪井 一寛（常勤職員4名、他4名）

【研究内容】

本課題では、環境汚染や森林破壊等の人間活動により陸域生態系が受ける影響を監視するために、生態系内の大気・植生・土壌の間で循環する CO₂、CH₄等の親生物気体の動態変化を指標とした評価手法の確立を目指して、(1)多種類の気体濃度を同時連続測定できる安価な分析計を開発し、(2)周辺機器部も含んだ測定システムを構築して、システム全体の性能試験を行い、(3)長期モニタリング観測への適用化を図る、ことを目的とした研究を実施した。

H22年度は、多成分濃度連続測定装置の改良を進めた。前年度までの結果を基に、光源をアルゴン充填されたファイラメントタイプのものに交換して、開発装置の性能試験を行った。その結果、大気環境の濃度範囲においては、出力と CO₂濃度との間に良好な直線性が得られ、分析装置としての有効性を確認することができた。CH₄、CO 等の他成分の同時測定も可能であることが確認できたが、自然環境中において高精度・高感度測定を行うためには測定セルの改良がさらに必要であることが分かった。また、森林生態系における大気及び土壌中空気試料を採取する予備的調査を飛騨高山観測サイトで継続して行い、各成分濃度変動範囲の情報収集を行った。その結果、CO₂、CH₄、N₂O の大気中濃度および土壌空气中濃度の季節変動、経年変動に関する情報を得ることができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】多成分濃度連続測定装置、生態系監視技術、炭素・窒素循環

【研究題目】大気汚染モデル高精度化のための沈着過程組みに必要な物理化学定数の測定に関する研究

【研究代表者】忽那 周三（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】忽那 周三（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、大気汚染モデルを高精度化するために乾性沈着の評価が必要な大気成分について、詳細な大気化学反応を含むモデルにより乾性沈着が光化学オゾン生成等に与える影響を定量評価する。また、乾性沈着表面抵抗に関連する物理化学定数や乾性沈着表面抵抗等を測定

する方法を開発し実測データを提供する。

22年度は、詳細な大気化学反応からなる MCM v3.1 反応スキームによる1次元トラジェクトリーモデル(3km四方で高さ方向を2つのボックスに分けて、各ボックスで詳細な化学反応が進行)を開発し、2000年7月に高濃度O₃が観測された埼玉県的一般環境大気測定局の事例に適用した。2つのボックスの境界を混合層高度とし、混合層高度の日変化を考慮してトラジェクトリー計算(3日間)を行いO₃濃度の日変化とそれに及ぼす大気成分の乾性沈着の感度係数を計算した。O₃濃度計算結果は一事例を除いて観測データを再現できなかったが、感度計算によりO₃の乾性沈着がO₃濃度に有意な影響を及ぼすこと、植物起源揮発性有機化合物(VOCs)が人為起源VOCsより有意に光化学O₃生成に寄与するケースがあること、従来大気汚染モデル計算であまり考慮されていなかった長鎖アルデヒド類の沈着がホルムアルデヒドの沈着と同程度にO₃濃度に影響を及ぼすケースがあることを示した。また、室内実験において閉鎖循環式反応装置を用いて、5種類の粒子状物質に対するアセトアルデヒドの吸着と反応の相対湿度依存性を調べた。その結果、現在の大気汚染モデルに採用されている乾性沈着表面抵抗の推定法—水に対する溶解度(ヘンリー定数)等により推定する方法—が適用できない場合があることがわかった(乾燥条件下で反応の進行が示唆される等)。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】光化学大気汚染、オゾン、沈着表面抵抗、ヘンリー定数、大気中二次生成物

【研究題目】分子内プロトン転移と錯形成を吸着原理とする新規ホウ素回収剤の開発

【研究代表者】清野 文雄(環境管理技術研究部門)

【研究担当者】清野 文雄、中山 紀夫

(常勤職員2名)

【研究内容】

本研究は、安価で簡便なホウ素回収技術を開発することを目的とし、昨年度は、分子軌道計算の結果、ホウ素の吸着に有効な分子構造を解明した。この結果により、従来ホウ素吸着剤としては知られていないがホウ素吸着剤として有望な多数の候補物質をスクリーニングした。これらの候補物質の中には、非常に安価に入手可能なものがある。なかでも、塩基性カルシウムはホウ素除去に有効であり、かつ、コンクリートスラッジという廃棄物から容易に得ることができることから安価な吸着剤として最も有望と考えられた。そこで、本年度は、ホウ素処理技術の低コスト化のためにコンクリート廃棄物から吸着剤を合成し、その除去能を検討した。

より具体的には、実際にコンクリート製造工場で発生したコンクリートスラッジを用いてホウ素吸着材を合成した。スラッジの希釈倍率、攪拌時間、乾燥方法等の合成条件を様々に変化させ6種類の吸着剤を得た。合成し

て得られた新規吸着材のホウ素吸着性を調べたところ以下の知見を得た。①合成した吸着剤中には、Ca₅Si₆O₁₆(OH)₂、CaCO₃、Ca(OH)₂の各成分が含まれる。有効成分はCa₅Si₆O₁₆(OH)₂、Ca(OH)₂である。②自然乾燥処理を行った吸着剤を使用した場合、いずれの吸着剤においてもホウ素濃度の減少が確認された。実験開始30分以内にホウ素濃度は大きく減少したが、実験30分以降その減少率は緩やかなものとなった。③強制乾燥処理を行った吸着剤を用いた場合、15倍希釈後120分攪拌、10倍希釈後60分攪拌、未処理の3種類の吸着剤において排水基準値以下を達成した。④実験後の吸着剤において、ホウ素吸着を示すCaB₃O₃(OH)₅(H₂O)₄のピークが検出された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ホウ素、吸着剤、天然代替物

【研究題目】有害試薬フリー・オンサイト水質モニタリング装置の開発

【研究代表者】長縄 竜一(環境管理技術研究部門)

【研究担当者】長縄 竜一、中里 哲也、平岡 英泰、

鳥村 政基、田尾 博明

(常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

現場で簡便に、連続的に水質を監視するため、光反応前処理法と水銀フリー電気化学検出法を小型自動システム化することにより、エネルギー消費量が少なく且つ有害試薬を使用しない、重金属等有害物質の連続監視装置を開発した。今年度、本研究ではヒ素を対象に以下の開発課題を中心に開発を進めた。環境水試料中に含まれる妨害物質の影響を除くための光反応前処理法については光反応効率の向上を、また、水銀フリー電極の高感度化・長寿命化に取り組んだ。また、これらの要素技術を組み合わせることでヒ素の連続監視システムを構築した。

光反応連続前処理法の開発については、電気化学測定を妨害し、且つセンサ寿命を著しく低下させる環境試料水中に含まれる有機物を分解する技術を開発した。また、有機ヒ素化合物の分解処理法も開発し、水試料中に含まれる無機ヒ素および有機ヒ素を合わせたヒ素総量の測定を可能にするための前処理法を開発した。

水銀フリー電気化学検出法の開発については、電極の材質および形状、測定プログラムの検討を行うことにより、長期間感度を維持可能で、かつ廃液処理のコストを削減可能な水銀フリー電気化学検出法を開発を行った。

また、これらの技術は、システムの小型化・自動化：現場で長期間使用することを念頭に、測定に必要な試薬量やエネルギー消費量を削減するため、前処理系及び検出系を小型化し高効率化に取り組んだ。

以上の要素技術開発の成果をもとに実際に現場で使用可能な装置の試作を行った。自動化によりメンテナンス性を向上させるとともに、連続的な濃度監視を可能にし

た。今後、本研究で得られた成果を広く公開し、常時監視システム開発への指針を提言したい。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 常時監視、ヒ素、光反応前処理、水銀フリー電気化学検出

〔研究題目〕 非意図的生成 POPs の生成挙動と排出抑制に関する研究

〔研究代表者〕 畑中 健志 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 畑中 健志、竹内 正雄、土屋 健太郎、浮須 祐二、北島 暁雄
(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

金属溶解炉などの産業用炉では、廃棄物焼却炉において使用されている既存の排ガス処理では、残留性有機汚染物質 (POPs) に関するストックホルム条約において可能な限り削減することとされている非意図的生成 POPs の排出を、十分に抑制することができない。この原因を解明し、産業用炉からの汚染物質の排出を低減するため、金属溶解炉から採取したフライアッシュを用いた実験を行うとともに、稼働中の金属溶解炉の煙道で排ガスやフライアッシュのサンプリングを行って、POPs や組成の分析を行った。

この結果、200℃未満でも POPs が生成しやすいフライアッシュがあることを見出した。分析の結果、比較的豊富に存在する金属元素の塩化物と触媒の反応が寄与する生成機構が疑われた。稼働中の金属溶解炉でのサンプリングでは、バグフィルター内での POPs 生成を示唆する結果を得た。排ガスの平均温度はバグフィルター入口で130℃と十分低かったが、温度変動が大きく、瞬間的には200℃を超えた。金属溶解炉は生産工程の一部であるため、製品歩留まりや品質に影響を与えるような燃焼制御は難しく、排ガスの一時的な温度上昇が POPs 生成の一因と考えられる。今後はフライアッシュの組成の影響を詳しく調査し、実施が容易で十分な排出抑制が可能となる対策技術を検討する。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 金属溶解炉、残留性有機汚染物質、排出抑制

〔研究題目〕 石油流出事故等海洋の汚染や浄化に係わる環境微生物の分子遺伝学的解析・評価に関する研究

〔研究代表者〕 丸山 明彦 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 北村 恵子、秋庭 綾、丸山 明彦
(常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

日本沿岸域での石油等による環境汚染を想定し、これまでブラックボックスとされてきた微生物群集の特徴解明や有用な石油分解菌等の検出、獲得を行い、これらを

簡便にモニタリングするための分子マーカー開発等を行う。また、積極的な浄化手法として注目されるバイオレメディエーション技術開発の効率化や信頼性向上を目的とし、新しい実験・評価系の構築を目指した。本年度は、これまでに選抜したマイクロプレートと光学計測法を組み合わせた石油分解の連続的で定量的な簡易モニタリング手法の有効性を検証するとともに、実際の汚染を想定して海水試料に石油を添加した上で、栄養剤や分散剤、特定石油分解菌等の添加効果を評価する実験に応用した。その結果、市販の分散剤の添加のみでなく各種バイオレメディエーション処理によっても、夏季東京湾海水試料に添加した C 重油や原油が数日以内に消失することを信頼性高く見出すことが可能となった。この消失の程度は、栄養剤のみ添加の場合よりも、我々が海域調査を経て選抜した特定石油分解菌 (脂肪酸炭化水素分解菌、芳香族炭化水素分解菌) をいっしょに添加した場合 (バイオオーグメンテーション処理) の方がより大きかった。コストの課題は残るが、この方法は、石油の分散に加え、その後の分解・無機化にも大きく寄与するものと考えられた。対象海域の微生物群集を理解し、利用、評価することで、信頼性の高い汚染浄化法の開発が可能となった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 微生物、海洋、石油

〔研究題目〕 メガデルタ沿岸環境保全のための観測診断技術と管理手法の開発

〔研究代表者〕 齋藤 文紀 (地質情報研究部門)

〔研究担当者〕 齋藤 文紀、田村 亨、田中 明子、西村 清和、斉藤 弘美 (地質情報研究部門)、金井 豊 (地圏資源環境研究部門)、上原 克人 (九州大学)、楊 作升、王 厚杰 (中国海洋大学)、ター・チ・キム・オアン、グエン・バン・ラップ (ベトナム科学技術院)
(常勤職員4名、他7名)

〔研究内容〕

アジアに数多く分布するメガデルタ (巨大デルタ) の沿岸環境保全のために、河川データと、沿岸陸域調査、沿岸海域調査、衛星データ解析を統合して、観測診断技術と管理手法を開発することを目的としている。5ヶ年計画で、1-2年目が中国の黄河を主体に、3-5年目はベトナムとタイのメガデルタを対象に研究を行っている。平成22年度は、ベトナムのメコンデルタを主対象に研究を行った。メコンデルタ中部のチャービン海岸において海浜地形と堆積物の繰り返し調査を実施し、2008年から2010年の2年半の間に約30mの海岸線の後退があったこと、侵食域が徐々に拡大してきていること、海浜地形と堆積物は冬季と夏季では大きく異なることが明らかとなった。堆積物の土砂供給、波浪、海面水位変化など、モンスーンの影響を強く受けており、当地域では冬季の変

化が沿岸侵食の評価に重要であることがわかった。合成開口レーダー (SAR) の衛星データを用いた解析では、海岸線変化と調和的な結果が得られ、海岸線変化の識別に有用であることが示された。また海岸線の数百年から数十年の変遷を明らかにするために光ルミネッセンス年代測定を試料を採取分析し、同手法によってメコンデルタの海浜の年代測定が可能であること、またより長期間の海岸線の変化の解析が可能であることがわかった。

また黄河デルタ河口における土砂輸送の運搬機構、流域に建設されたダムからデルタ域への影響に関して、現地調査と河川データを取りまとめた国際学術誌から発表した。

【分野名】地質

【キーワード】メコン江、デルタ、環境変動、沿岸侵食

【研究題目】温暖化に伴う内水域環境の変化監視情報システム構築に資する研究

【研究代表者】長尾 正之 (地質情報研究部門)

【研究担当者】長尾 正之、鈴木 淳
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究では、わが国の内水域における地球温暖化に伴う過去から現在までの環境変化を、水温構造に焦点を絞って調査する。また、内水域環境の変化監視情報システムの提案のために、観測手法の開発や、取得データの評価方法に関する研究などを行い、地球温暖化影響を監視するための最適観測法を提案する。本年度は貯水池に関する過去データの収集を継続し、ダム諸量データベースに記録がある貯水池のうち代表的な貯水池について、水温上昇傾向等について整理を引き続き行った。

この他、宮城県釜房ダムで常時計測されている水質データ等の提供を国土交通省から受け、春先の植物プランクトン急増に着目した解析を試みた。2009年4月30日から5月31日に大規模な植物プランクトンのブルームにおいて、総クロロフィル *a* の急増の直前には、水温躍層の下に大量の低温水が河川から入り、それにより水温躍層の位置が上昇することがわかった。躍層位置の上昇は、下層に留まっていた植物プランクトンをより光の強い上層に押し上げるので、これが植物プランクトンの急増のきっかけに成り得ると考えられた。

また、総クロロフィル *a* の強い日周期変動が認められた。しかし、最大クロロフィル *a* 層 (SCM) の日周期はとても弱いことがわかった。この結果は、赤道太平洋域での SCM のクロロフィル *a* が日周期を持つこととは相違していた。透明度が高い赤道太平洋域と異なり、ダムは透明度が小さいため光が SCM まで十分に届いていないことが、この原因だと推察された。

また、炭酸系諸量の精密測定を中国・四国地方、東日本の内水域で実施した。

【分野名】地質

【キーワード】水温、ダム湖、地球温暖化、時系列解析、季節調整法、クロロフィル、植物プランクトン、水質、日周期変動、釜房ダム

【研究題目】有害元素等の全国規模の分布と移動・拡散挙動の解明と環境汚染評価システムの開発に関する研究

【研究代表者】今井 登 (地質情報研究部門)

【研究担当者】今井 登、岡井 貴司、御子柴 真澄、太田 充恒、久保田 蘭、立花 好子、寺島 滋 (常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

本研究では、日本全国の土壌、河川堆積物、沿岸域海底堆積物中の有害元素等の広域分布特性を把握し、存在形態別分析等により自然バックグラウンドと人為汚染を評価して全国規模のデータベースを構築する。

日本全国から土壌試料3224個を採取し全国土壌地球化学図を完成させた。試料は沖積土と非沖積土で、自然乾燥した後、粉碎し分析試料として使用した。分析はICP 発光分析法で主成分元素の分析を、微量成分元素は ICP 質量分析法で行った。試料の分解は硝酸、過塩素酸、フッ化水素酸で行った。また、同時に0.1N 塩酸浸出法等による可溶性元素の抽出法を用いて分析した。土壌試料の分析で得られた元素濃度を元に地理情報システムを用いて地球化学図を作成した。

完成した土壌地球化学図にはいくつかの特徴がある。クロムの土壌地球化学図において北海道の旭川周辺から日高山脈を通って襟裳岬の方向に縦に縦断するクロム濃度の高い地域が見られる。また、四国中央部でも同様な高濃度地域が見られる。これはクロムを高濃度に含有する超塩基性岩が構造線に沿って分布していることによると考えられる。これまでに求めた河川堆積物を用いた地球化学図とよく一致することが分かった。ヒ素の土壌地球化学図においては北海道南部の積丹から羊蹄山および室蘭にいたる地域で濃度が高くなっている。これは河川堆積物の地球化学図も同様でこの地域の高濃度域はよく一致していることが分かる。この地域には豊羽などの鉱床があり、ヒ素の高濃度の原因になっていると考えられる。

鉛、銅、亜鉛の土壌地球化学図では大きな鉱床である土呂久鉱床などの影響が顕著で、その周辺で高濃度を示している。河川堆積物の地球化学図もこの地域で高濃度を示しておりよく対応している。カドミウムの土壌地球化学図は東京及び神奈川県などの人口密集地域と鉱床が存在する地域で濃度が高くなっており、河川堆積物の地球化学図と高濃度域は良く対応していることが分かった。

元素分布に係わる各種要因を解析する目的で、元素間及び各種要因の重ね合わせを行うシステムを作成した。また、陸域のデータと海域のデータの間の相関を解析するシステムを作成した。これは陸のデータを海側に延長

して海域のデータと相関をとって解析したものである。このような解析を行うことにより、海陸間の物質の流れを調べることが可能となった。これまでの既存の河川堆積物、沿岸海域海底堆積物及び土壌のデータについてデータベース化するとともに、河川堆積物、沿岸海域海底堆積物、土壌データと有害元素等の移動と拡散を支配する背景データとの関連を解析し、表層・基盤地質情報、地理・地形情報、人口分布・生産活動情報、表流水情報、大気粉塵・広域風成塵情報等を統合化してリスク評価を行うシステムを作成した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】地球化学図、有害元素、バックグラウンド、環境汚染、元素分布

【研究題目】外部振動源による家屋内環境振動の人体感覚評価・予測に関する研究

【研究代表者】国松 直（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】国松 直（常勤職員1名）

【研究内容】

従来の調査検討結果によれば、敷地境界での排出源規制の考え方に基づく振動規制法では、家屋内振動の環境実態との整合性が十分ではないことが指摘されている。本研究は、家屋内環境振動の実態把握および人体感覚評価・予測精度向上のために、家屋が立地している地盤、家屋の基礎構造、家屋構造に基づく振動特性および家屋内振動暴露に関わる人体感覚特性を明らかにすることを目的とする。

研究内容は、(1)標準加振装置の開発、(2)家屋内外振動計測システムの開発、(3)ランダム振動に対する人体感覚特性の解明、の3項目である。

以下は、平成22年度の研究成果概要である。

- (1) 低周波数に対しては計測波形の S/N 比向上についてソフト面から、高周波数に対しては起振器の駆動機構のハード面の改良について検討を行った。また、ソフト及びハード面からの改善策と並行して、数か所の住宅展示場の展示住宅において実施した標準加振装置による現地実験を行い、地盤から家屋内への振動伝達特性について取りまとめ、検討を行った。さらに、住宅展示場の展示住宅を対象に多種類の戸建て家屋に対して家屋内の振動特性データを蓄積した。
- (2) 家屋内外振動計測システムの開発を目的に、ZigBee 無線を利用したワイヤレスセンサネットワークを構築し、地域の多点で計測された振動データを効率的に処理するための検討を行った。センサの時系列データの周波数分析を行ってデータ量を圧縮した後、ワイヤレス通信による相互のデータのやりとりを通して地域の環境振動の空間構造を把握するためのシステム構築を行うためのセンサ改良、ゲートウェイ開発、およびデータ伝送方式改良を行った。
- (3) 戸建住宅で実測した交通振動波形や擬似波形を用い、

振動台実験により条件を制御した振動に対する知覚閾および感覚応答を測定する被験者官能実験を実施した。実環境中でも発生し得る衝撃的な外力に対する家屋の応答を想定した鉛直方向の振動を対象とした振動台実験を実施して検討した。また、水平方向の実振動に対する振動感覚について、昨年度と同様に実測データの離散間隔を変化させて振動数範囲を拡大した実験を行い、それらの結果と、正弦振動に対する評価とを比較することで、ランダム振動の評価法へむけた応用について検討を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】環境振動、外部振動源、家屋振動、標準加振装置、無線センサ、感覚評価

【研究題目】健康リスク解析のための騒音曝露の長期観測データ収集システムの開発と住民参加型データベース構築手法の研究

【研究代表者】今泉 博之（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】今泉 博之、高橋 保盛、藤本 一寿、穴井 謙（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

本研究は、長期間騒音曝露の健康への影響を研究するために不可欠となる知的基盤データとして、年齢や性別、職業等の属性とともに、住民個々の行動パターンと騒音曝露量を長期間にわたって取得し、それをデータベースとして収集・蓄積するためのシステムを開発することを目的とする。

本年度は、初めに、昨年度に行ったモバイル型情報通信端末を基幹とし、騒音信号計測部、環境情報計測部および位置情報計測部から構成され、位置情報計測部に搭載された各種データの収集・計測・転送およびそれらの閲覧等に係る機能を統括するソフトウェアで制御される「住民行動パターンと騒音観測データの自律型収集システム」の基本設計に基づいて、その実機プロトタイプを試作した。次に、住民個々の行動パターン（GPS 緯度経度情報）と連携させるための都市騒音場の推計システム（当研究チームで開発済、以下環境騒音 GIS という）の再構築を行い、特に主要な環境騒音源である道路交通騒音に着目し、従来まで扱うことができなかった新規の道路構造に対する推計を可能にする改良を加え、その推計結果の妥当性を確認した。また、文献調査によって、このような、騒音マップと GIS を用いた個人の交通騒音曝露に関する研究は世界的な研究動向と一致していることを確認した。さらに、関連する既往の研究における騒音曝露と健康影響の調査項目およびその方法等は、本研究が目指す“個人単位”の騒音曝露の把握と同一ではないものの、個人レベルの騒音曝露に係る研究は騒音の健康リスク解析に資するものとして強く支持されることが判明した。

【分野名】環境・エネルギー

〔キーワード〕 健康リスク、騒音曝露、長期観測、データベース、住民参加型

〔研究題目〕 公共用水域・地下水中窒素を低減するための畜産排水からの窒素除去技術の開発

〔研究代表者〕 竹内 美緒（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 竹内 美緒、山岸 昂夫
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

嫌氣的アンモニア酸化反応（アナモックス）は、有機物の添加なしに硝酸を窒素に変換する事が可能な微生物反応であり、これを利用することで従来技術より低コストな廃水からの窒素除去が可能と期待されている。養豚、酪農廃水処理現場におけるアナモックス活性を測定した結果、約半数において活性が検出され、アナモックス菌が存在すると考えられた。これらの試料を用いてアナモックス活性を最適化する条件検討を行った結果、pH を中性付近に調整することでアナモックス活性を促進させることが可能であった。また、実廃水を用いて連続処理リアクターを運転し、アナモックス反応を利用した窒素除去が可能であることを確認した。

〔分野名〕 環境・エネルギー、地質

〔キーワード〕 畜産排水、窒素除去、アナモックス反応

〔研究題目〕 電子機器用ガラス廃棄時における有害元素の長期浸出評価

〔研究代表者〕 川辺 能成（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 杉田 創、井本 由香利、川辺 能成、
今泉 博之、駒井 武、赤井 智子、
山下 勝、肴倉 宏史
（常勤職員7名、他1名）

〔研究内容〕

CRT ガラスの土壌環境下での浸出特性を把握する試験・評価方法の確立のために、カラム通水試験及び土壌・CRT ガラス混合振とう試験を行ない、Pb や Sb 等の溶出挙動について検討した。その結果、土壌の種類によっては、ガラスからの Pb や Sb 等の溶出を抑制し、そのほとんどを吸着して、溶媒中への溶出を防ぐ可能性があることがわかった。さらに、上記の研究結果に基づいて CRT ガラスのストック・処分管理を対象としたリスク評価システム（GERAS-3・廃棄物バージョン）の開発に着手し、埋立処分場での遮水ライナーの設置の有無をパラメータとした計算を実施し、溶出成分の土壌・地下水中での分布を明らかにするとともに、人への健康リスクの定量化を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 土壌汚染、リスク評価、CRT ガラス、
浸出特性、GERAS-3

・試験研究調査委託費（環境研究総合推進費）

〔研究題目〕 外場援用システム触媒による持続発展可能な VOC 排出抑制技術に関する研究

〔研究代表者〕 尾形 敦（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 尾形 敦、小菅 勝典、菅澤 正己、
金 賢夏、和泉 博、高岡 光枝、
平田 博志（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

VOC の排出抑制対策技術として、脱レアメタルかつ環境に負荷が少ない材料を用いた新規触媒、並びに触媒機能を補強・増幅させる外場援用システムを用いて、従来型触媒と同等かあるいはそれ以上の性能を持つ次世代型触媒の開発を行う。具体的には、ナノリアクターの探索・創製、活性酸素種の供給手段としてのオゾン（プラズマ等）の利用、吸着機能を利用した酸素プラズマサイクルシステムの開発と最適な利用法の確立について検討を行う。平成22年度は以下の成果を得た。

昨年度、Zr を含むシリカナノリアクターが VOC 分解用触媒として有用であることが明らかになったことから、今年度はシリカ成分が共存する ZrO_2 並びに ZrO_2 を含む金属複合酸化物 ($Zr_{1-x}Me_xO_2$) の合成条件、さらに加熱温度、構造組成等による、結晶化挙動、酸化物結晶子サイズの変化、並びにメソ構造の形成過程について検討した。最終的に、 ZrO_2 に他元素を導入した $Zr_{1-x}Me_xO_2$ についても検討を進め、 SiO_2 添加量、Me の種類（Ca, Mg, Ce）並びに混合割合、メソ構造を制御したナノリアクターの合成に成功した。

ここで得られた約40種類の各種粉末状のナノリアクター触媒を用いて1000ppm のオゾンの下、200ppm のトルエンの分解を100℃で行った。その結果、Ag/ ZrO_2 他、複数の Zr 系ナノリアクターで高い活性を示すことが明らかになった。特に、目標としていた Mn/USY よりも高い活性を示す、シリカナノリアクターを得ることができた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 触媒、VOC、ナノリアクター、プラズマ、オゾン、吸着、分解

〔研究題目〕 気中パーティクルカウンタを現場にて校正するためのインクジェット式エアロゾル発生器の開発

〔研究代表者〕 飯田 健次郎（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 飯田 健次郎、櫻井 博、榎原 研正、
原田 さやか（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

本研究の目標は大気エアロゾル観測や、自動車排ガス中の粒子数濃度に広く使われている気中パーティクルカウンタの現場校正を可能にする技術として、発生される粒径および粒子数が既知であり制御できるエアロゾル発生器を世界で初めて開発することである。そして本研究

ではこの現場校正用エアロゾル発生器として、インクジェットによる粒子発生頻度を制御する、インクジェットエアロゾル発生器 (Inkjet Aerosol Generator、これより IAG と略) の開発を進めている。研究目標は気中パーティクルカウンタが使われる用途の広い範囲において IAG を使った現場校正が行えることを実証することである。そして研究計画では、①自動車エンジン排ガス監視用の凝縮成長式パーティクルカウンタ (Condensation particle counter、これより OPC と略)、②粒子数濃度が比較的高い大気環境で使用される大気エアロゾル観測用の光散乱式気中パーティクルカウンタ (Optical Particle Counter これより OPC と略)、③粒子数濃度が比較的低い環境で使用されるクリーンルーム清浄度管理用の OPC、を対象とした評価実験を行う。年度進捗状況は、①にある CPC、②の OPC の中で流量0.5 L/min の OPC の現場動作確認が可能であることを実証した。また、インクジェットの液滴径の測定が可能であることを実証し、この液滴径とインクジェット吐出液中の溶質の濃度より、IAG により発生される粒径が推定可能であることも実証した。今後は、IAG により②に属する0.3と3 L/min の OPC、そして③のクリーンルーム管理用 OPC の現場動作確認が可能であることを実証する。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 エアロゾル、粒子数濃度、インクジェット

【研究題目】 第二種特定有害物質汚染土壌の迅速で低コストな分析法の開発

【研究代表者】 丸茂 克美 (地質情報研究部門)

【研究担当者】 丸茂 克美、金井 豊
(常勤職員2名、他6名)

【研究内容】

関東地方の工場の煙突の南側3km までの範囲の21カ所で深度3~4m のボーリング調査で得られた土壌試料を蛍光 X 線透視分析装置を用いて調べた結果、土壌中のカドミウムや鉛含有粒子が経口摂取され易い1mm 以下の粒子径であることを把握した。また、カドミウムと鉛の蛍光 X 線分析値と、カドミウムと鉛の含有量と溶出量を比較した結果、蛍光 X 線分析値から含有量と溶出量を予測することが可能であることを明らかにした。蛍光 X 線分析法は含有量試験と溶出量試験より遥かに迅速に分析値を得ることができるため、汚染土壌の迅速で低コストな分析法となる。

蛍光 X 線透視分析装置を用いて大阪府の工場跡地の汚染土壌中の鉛含有粒子の透過 X 線観察と蛍光 X 線分析を実施し、鉛含有量と溶出量が高い土壌試料には、マンガン酸化物や鉄酸化物に鉛が銅、亜鉛が吸着されていることが明らかにされた。一方、鉛含有量が高いが溶出量が低い土壌試料中の鉛含有粒子は、炭酸鉛、リン酸鉛、

金属鉛などのような鉛化合物として産していることが判明した。また、広島県の産業廃棄物処分場候補地の汚染土壌を調べた結果、砒素含有量と溶出量がいずれも高い土壌には砒素硫化物 (硫砒鉄鉱) が含まれ、砒素含有量が高いが溶出量が低い土壌には鉄酸化水酸化硫酸塩鉱物のシュベルトマナイトが含まれることが明らかにされた。シュベルトマナイトは硫酸イオンのサイトに砒素を固定することができるので、硫砒鉄鉱が分解して解放された鉄と砒素がシュベルトマナイトに固定されるならば、砒素の溶出量は著しく低くなるはずである。

堆積物土壌試料の公定法溶出試験の結果から、有害元素を含む硫化鉱物と有害元素溶出に対する緩衝能力を有する珪酸塩鉱物や炭酸塩鉱物の溶解反応を、平衡反応時の熱力学理論式と反応速度に関する熱力学理論式、各鉱物に関する既存の熱力学データによりモデル化できることがわかった。また、有害元素の吸着現象については、溶解反応で生じた溶液中の鉄イオン濃度と pH から水酸化鉄の溶解度積を用いて水酸化鉄沈殿量を算出し、その沈殿した水酸化鉄への吸着現象として既存の実験結果からモデル化できることを明らかにした。

有害物質の環境中における存在形態を考慮し、鉄水酸化物共沈法による凝集沈殿反応を利用することで、これまで学会などで整備されていた添加標準試料 (火山灰質土壌に有害物質を含む薬品を均一に添加したもの) とは異なる、蛍光 X 線分析の精度管理としてより適した標準試料を作製できることを確認した。

【分野名】 地質

【キーワード】 第二種特定有害物質、土壌汚染、蛍光 X 線分析、X 線透過像、溶出量試験

・地球温暖化対策技術開発事業

【研究題目】 温泉共生型地熱貯留層管理システム実証研究

【研究代表者】 阪口 圭一 (地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】 阪口 圭一、當舎 利行、佐々木 宗建、柳澤 教雄、内田 利弘、上田 匠、高倉 伸一、杉原 光彦、西 祐司、町田 功、名和 一成、宮越 昭暢
(常勤職員12名)

【研究内容】

地熱発電は安定なベース電源として、また二酸化炭素排出量が少なく環境への負荷が小さい電源として、今後の電力供給の中で重要な役割を果たすべきと考えられる。新規の地熱開発を行う際には地元住民の理解が必須であるが、付近に温泉がある場合には、温泉業者の懸念により開発が遅れたり中止になる例があった。本研究の目的は、“温泉に対する悪影響がない発電が可能であることを実証する総合的な地熱貯留層管理システムを開発した上で、当該システムの有効性を検証すること”である。研究の内容は、1)地熱系モデル開発及びシステム統合化、

2) モニタリング技術開発、3) 変動予測シミュレーションであり、平成22年度は八丈島を対象として研究を行った。本受託研究は、産業技術総合研究所が研究代表者となり、国立大学法人弘前大学、東電設計株式会社、日鉄鉱コンサルタント株式会社、八丈町との共同研究として実施した。

1) 地熱系モデル開発及びシステム統合化

「地熱系モデル開発」において、地下水・温泉系までを含めた地熱系モデルの初期モデルを作成し、かつ、観測井周辺の水理構造モデルを作成した。また、「システム統合化」において、事業実施地域（八丈島）でのモデル開発を通じて、システムの概念設計を行った。

2) モニタリング技術開発

観測井の掘削及び揚水試験を行い、モニタリングの重要項目である水位等の観測準備を行った。発電所・温泉データについては、データ取得に必要な装置設置・動作確認を完了し、データの蓄積を開始した。微小重力モニタリングについては、高精度連続観測用重力計の安定測定の確認を行うとともに観測井周辺域のベースラインを評価した。自然電位については、既存データの再検討を行い、今後の測定計画を策定した。

3) 変動予測シミュレーション

八丈島での地熱発電所管理用に作成された、従来のシミュレーション結果に基づき、次年度以降に浅部をより詳細にシミュレーションするためのモデルを設計した。

【分 野 名】 エネルギー・環境、地質

【キーワード】 地熱発電と温泉との共生、地熱貯留層管理システム、地熱系モデル、モニタリング、シミュレーション、八丈島、観測井

④【その他省庁】

【研究 題目】 嘉手納（H21）保管庫移設解析業務

【研究代表者】 緒方 雄二（安全科学研究部門）

【研究担当者】 緒方 雄二、久保田 士郎、佐分利 禎、和田 有司、椎名 拓海、中山 良男、松村 知治、若林 邦彦、飯田 光明、堀川 貴広、黒田 英司、高柿 大輔、高久 義裕、古谷 一真、永井 宏樹、黒澤 暁彦、山本 高貴、山本 悠、橋本 進吾、小泉 富士子、石田 貴美、内田 恵子（常勤職員9名、他13名）

【研究 内容】

爆発時の安全性を検証する保管庫は、火薬類取締法に規定されている保管庫と異なり、周囲に土堤を設けない構造であり、さらに、天井部分が鉄筋コンクリート製となっている。このため、保管火薬類が万が一爆発した場合は、(1)天井部分や前面扉等の構造物が高速で飛散して危険な重量飛散物となる恐れがあり、また、(2)土堤が無く保管庫が鉄筋コンクリート製の天井を持つ構造で

あることから、一般の保管庫（地上式1級火薬庫）に比べ周囲の爆風圧が強くなる可能性があり、その安全性を室内実験から検討した。室内実験では、1/20スケールモデルによる爆破実験から発生する飛散物、爆風圧等を計測した。また、発生した飛散物を高速度カメラで計測し、飛翔速度等を明らかにすることで安全性を評価した。さらに、次年度以降の実験として、1/10～1/5程度の室外実験および中規模野外実験を計画し、必要なモデル試験体の設計を行った。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 火薬庫、安全性評価、爆破飛散物、爆風圧、コンクリート構造物、モデル実験、爆薬

【研究 題目】 バイオメトリクス認証システムのウルフ攻撃に対する安全性評価技術に関する研究

【研究代表者】 大塚 玲

（情報セキュリティ研究センター）

【研究担当者】 大塚 玲、井沼 学

（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

バイオメトリクス認証において、多くのユーザの登録生体情報に高い類似度を示す特殊な（人工的な）サンプルを提示することで、任意のユーザに高確率で成りすまそうとする攻撃をウルフ攻撃と呼ぶ。本事業は、ウルフ攻撃とその安全性評価尺度であるウルフ攻撃確率の理論を、生体検知システムやマルチモーダル認証システムなどのより高度で実用的なシステムにも応用可能な理論に発展させ、種々のバイオメトリクス認証システムやあらゆる強度の成りすまし攻撃を網羅するような評価理論を構築すること、また、理論を裏付けするための評価実験を行い、評価技術の基盤となるデータや知見を蓄積すること、これらの理論にもとづいて強い成りすまし攻撃に対して安全でかつ高性能な照合アルゴリズムを開発することなどを目的とし、中央大学、早稲田大学と共同で研究を進めている。

本年度は、認証アルゴリズムに対するウルフ攻撃の研究として、クオリティ値を考慮した照合アルゴリズムに対する研究、マルチバイオメトリクス照合アルゴリズムに対する研究、照合アルゴリズムの推定に対する研究、指紋認証に対する分類型ウルフ攻撃の研究、話者認証に対するウルフ攻撃の研究などを行い、その成果を学会で発表した。また、安全な照合アルゴリズムの研究として、人体通信に応用可能な軽量なバイオメトリクス鍵共有方式の研究、生体情報保護型バイオメトリクス認証方式に関する研究などを行い、その成果を学会で発表した。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 バイオメトリクス、なりすまし、ウルフ攻撃

〔研究題目〕 超低消費電力光ノード実現に向けた超小型高速相変化光スイッチの研究開発

〔研究代表者〕 河島 整（ネットワークフォトンクス研究センター）

〔研究担当者〕 金高 健二、桑原 正史、庄司 雄哉、王 曉民（常勤職員3名、非常勤2名）

〔研究内容〕

初年度に試作した1×1相変化光スイッチの評価結果を踏まえ、構造設計と併せて作製工程の改良を進めた。オーバークラッドに窓域を設けて相変化材料（Phase-Change Material, PCM）を成膜する。PCM が装荷される導波路コア部を更に短くした方が、スイッチングエネルギー低減に有利との検討結果を受けて、PCM 装荷長1.0 μm のスイッチを試作した。電極実装プロセスを開発して、電気制御による相変化を調べるためのデバイスを試作した。1.3~1.5 μm の光通信波長帯で低損失の見込みがある材料として、GST147、GST124、Sb₂Te₃を選んだ。分光エリプソ測定の結果から、各々について材料屈折率と吸収の波長分散を求めた。微小領域へのPCM 装荷を目指して、構造と製造工程の見直しを図った。先のオーバークラッド加工型との端的な違いは、位置選択的（局所的）にPCM をデポすることと工程の最後にオーバークラッドを形成することである。平面上の1次元フォトンク結晶構造として、グレーティング（回折格子）型の光スイッチを検討した。作製工程は、EB 描画とリフトオフの組み合わせで行ったが、PCM 層の上下を透明電極材料で挟み込むことが有効であることを見出し、ITO/PCM/ITO の3層構造の作製方法を開発した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 光スイッチ、シリコンフォトンクス、光導波路、光相変化材料

〔研究題目〕 サブバンド間遷移素子を用いた多値位相変調光信号処理の研究開発

〔研究代表者〕 鋤塚 治彦（ネットワークフォトンクス研究センター）

〔研究担当者〕 秋本 良一、物集 照夫、小笠原 剛、牛頭 信一郎、土田 英実（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

コア・メトロフォトンクネットワークで適用が拡大する多値位相変調光信号を超小型、低消費電力で処理するための技術の確立を目的として研究を進めている。超小型を実現するため、他の通信用光半導体素子や電子回路と集積可能で、低消費電力を実現するため、パッシブ動作が可能な、AlAsSb/InGaAs サブバンド間素子を用い、光パスネットワークシステムや、位相多値変調・光時分割多重複合システムにおいて不可欠な光信号処理技術の確立を目指している。AlAsSb/InGaAs サブバンド

間素子の効率化のため、効率と損失を考慮したバンド構造とバンド間遷移波長の最適化設計を行った。バンド間遷移波長を、励起光波長に近づけることにより、位相変調効率が向上することが、理論的にも実験的にも明らかになってきている。一方、バンド間遷移波長を励起光波長に近づけると、バンド間吸収により損失が増加する。位相変調効率の向上による波長変換効率の改善と、バンド間吸収による励起光の減衰がトレードオフの関係にあるため、バンド間遷移波長の最適化による波長変換効率の極大化に向けた検討を、理論・実験の両面から進めた。また、既存の評価装置に、送受信器や光学部品を追加して評価系を再構成し、DQPSK 信号の生成と受信を可能とすると同時に、既存素子の試作やモジュール化を行い、これらを用いて20Gbps 以上の DQPSK 信号の波長変換の実証を行う準備を進めている。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 サブバンド間遷移素子、多値位相変調光信号、光信号処理

〔研究題目〕 消費者事故情報の分析等の高度化に資する基礎的調査研究

〔研究代表者〕 山中 龍宏（デジタルヒューマン工学研究センター）

〔研究担当者〕 山中 龍宏、西田 佳史、本村 陽一、北村 光司（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、事故データバンクなどの情報から消費者庁として優先的に分析・原因究明に取り組むべき重要案件を抽出する方法の調査と、重要案件を抽出する情報処理システムの調査を行うことにある。また、抽出された事案のうち、再発防止策が明らかなものは、これを周知することが重要となる。そこで、安全情報を消費者へ効果的に届ける方法について、基礎的な調査研究を行い、提案するとともに、実現可能性を評価する。

重要案件を抽出する方法の調査研究では、消費者庁より提供された事故情報データバンク登録情報ははじめとする大量の事故情報を様々な手法、視点で分析し、要注意情報を抽出する方法を検討し、実際に、重要案件抽出システムを試作した。システムの基本機能として、テキストマイニング機能を応用した分析として、単語頻度分析、係り受け頻度分析、時系列分析、評判分析、注目語分析、アソシエーション分析、コレスポンデンス分析（統計解析の一手法）などを行う機能を実現した。また、実際に、消費者庁のデータ（消費事故データと事故データバンクのデータ）をシステムに入力することで、基本機能の検証を行った。システム検証では、事故データベースの正規化作業を行い、分析用辞書を開発した上で行った。適用事例として、エステ、クッキングヒーター、AED などの分析事例を示した。

重要案件を抽出する情報処理システムを用いた調査研

究に関しては、消費事故データ、事故データバンクのデータ、消費者庁の医療機関ネットワークに参加している医療機関から収集された傷害データを利用して、重要案件を選定した。今後、重要案件の分析が進み再発防止策が明らかになった場合、これを周知することが重要となる。安全情報を消費者へ効果的に届ける方法に関する基礎的な調査研究として、リコール情報などの安全関連情報を共有する安全情報共有システムの機能を検討し、プロトタイプシステムを試作した。また、企業と消費者へのアンケートを実施することで、このような安全情報共有システムに対する要望や期待の把握を行った。

さらに、安全情報共有システムを用いて消費者に効果的に安全情報を提供する方法として、行動変容モデル（行動を変えさせるための理論）を用いることで、従来の安全情報サービスとは異なる科学的な情報を提供する方法を検討し、消費者に対するアンケートを実施することで効果を検証した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】事故データベース、データマイニング、リスクコミュニケーション、情報共有システム

【研究題目】4次元メディアシステムの研究開発

【研究代表者】川崎 洋（鹿児島大学大学院）

【研究担当者】川崎 洋、古川 亮、佐川 立昌、Nosan Kwak、Yohan Thibault、Ismael Daribo、川崎 進一（常勤職員1名、他6名）

【研究内容】

本研究では、全く新しい3次元計測手法により、ビデオ映像のように、時間的な推移も加えられた3次元形状情報を効率よく取得する、4次元メディアシステムの研究開発を行う。本年度の目標は、1. 複数台の光源およびカメラによる計測システムの構築、2. カメラ1台とプロジェクタ2台による形状復元アルゴリズムの実装、3. 空間・時間軸方向の連続性を考慮した画像処理および定式化の実装の3点の実現であり、年次目標のうち主に「3. 空間・時間軸方向の連続性を考慮した画像処理および定式化の実装」を担当した。これまで提案してきた手法では、単一の画像から形状を復元するものであった。しかし、ある対象の形状変化を撮影し、動画像として連続した複数のフレームからなる画像列が得られる場合、時間軸方向の連続性を利用して、形状復元に必要な、プロジェクターカメラ間の対応付けを安定に計算することが可能となる。フレーム間の対応を利用すると、単一の画像を個別に形状を復元するのではなく、複数のフレームをまとめて一度に形状復元することが可能となり、形状復元の安定化、および求めるべき変数の削減による計算の効率化を達成できた。本成果は、最優秀論文候補となったMIRU2010において発表を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】3次元形状計測、動体計測、時間軸連続性

【研究題目】Si/SOI 基板上への量子ドット・フォトリック結晶微小光源の集積

【研究代表者】岡野 誠（光技術研究部門）

【研究担当者】岡野 誠（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究は、次世代ネットワークにおける本格的な量子暗号通信システム構築へ向けた量子光源導入方法を明らかとすることを課題とする。本研究では、この課題を解決する手段として、Si/SOI 基板上への量子ドット・フォトリック結晶微小光源の集積を提案し、研究開発を実施した。

量子ドット・フォトリック結晶微小光源は、超小型、高性能な量子光源の実現が可能である。電子集積回路用の基板である Si/SOI 基板上に、量子ドット・フォトリック結晶微小光源を効果的に集積する手段を開発することによって、超小型、高性能な量子暗号通信用光・電子集積回路の実現が可能となる。

平成22年度は、量子ドット・フォトリック結晶微小光源からの光取り出し方法に関して、スーパーコンピュータによる並列計算を用いた3次元電磁界解析を実施した。量子ドット・フォトリック結晶微小光源は、高性能な量子光源を実現できる反面、光を効率良く取り出すことが困難であることが課題として知られている。本年度、水素化アモルファスシリコン細線光導波路、グレーティングミラーを用いた独自の光取り出し方法を提案し、90%以上の高い光取り出し効率を実現可能であることを明らかとした。さらに、デバイス構造の調整を行った結果、Q 値1万以上という強い光閉じ込め効果を維持した状態であっても、90%以上の高い光取り出し効率を実現可能であることが明らかとなった。

これらの研究成果は、長年、量子ドット・フォトリック結晶微小光源が抱えていた、光取り出しに関する課題の解決策を示すものであり、非常に重要な成果と言える。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】フォトリック結晶、微小光共振器、量子ドット、単一光子源

【研究題目】高品質量子ドットを用いた低消費電力面発光レーザの研究開発

【研究代表者】天野 建（光技術研究部門）

【研究担当者】天野 建、アハメド モハメド（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

研究開発目的である真に省電力駆動が可能な通信用光源の実現するために本課題では提案書で以下の研究開発目標を定めた。

量子ドット面発光レーザを実現する上で、量子ドット活性層の特性を把握する必要がある。そのためにストライプ型量子ドット光増幅器を製作し、その光増幅特性の評価を行った。量子ドット半導体光増幅器基板は N-GaAs 基板上に N-AlGaAs クラット層、量子ドット活性層、P-AlGaAs クラット層、P-GaAs コンタクト層から構成されている。活性層である InAs 量子ドットには高密度高均一量子ドットと組成傾斜歪み緩和層をそれぞれ9ペア用いている。デバイス構造はメサ導波路構造となっており、導波路幅は5 μm 、共振器の長さは2mm となっている。入力側は波長可変レーザを用い、出力光はスペクトルアナライザで観測した。1330nm 付近の利得領域中心で光増幅が行われており、増幅中心波長は1335nm、増幅半値幅は約30nm である。また、増幅帯域以外では電流注入することで、キャリアプラズマ効果により透過光が減衰する。1400nm、1450nm では電流を100mA 注入することで-20dB を超える大きな透過光減衰が見られる。今回の量子ドット光増幅器がフィルタ機能を有している事が分かり、新しい光デバイスの可能性を示唆した。また、今回の結果は量子ドット面発光レーザを実現するにあたり、共振器のキャビティ長と量子ドットの利得ピークを精密に一致させなければならないことを意味している。このため、量子ドット面発光レーザではキャビティ長を2 λ とした。面発光レーザの反射鏡には高反射率が必要なため、下部には GaAs/AlAs 半導体多層膜反射鏡を用い、上部には Si/Al₂O₃多層膜反射鏡を用いた。下部では反射率99.96%、上部でも反射率99%と大きな値に設計した。実際の量子ドット面発光レーザ製作として、まず面発光メサパターンを形成し、その後 ICP ドライエッチングにより、酸化狭窄層である AlAs 層を露出させる。水蒸気熱酸化法により AlAs 層を酸化し、絶縁層とした。これにより電流狭窄が可能となり、効率良く活性層に電流注入することができる。最後に下部、上部電極を形成した後に Si/Al₂O₃多層膜反射鏡を成膜した。以上のように面発光レーザの製作工程を確立した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】半導体レーザ、量子ドット、光通信

【研究題目】超伝導光子検出器による量子もつれ波長多重量子暗号通信技術に関する研究

【研究代表者】吉澤 明男（光技術研究部門）

【研究担当者】吉澤 明男、福田 大治、土田 英実
（常勤職員3名）

【研究内容】

量子暗号通信の長距離・高速化を目指した1.55 μm 帯での研究が盛んであるが、光ファイバのポテンシャルを活かした量子暗号通信において波長多重化は必須である。本研究課題が目指すものは波長多重化を目的とする広帯域量子もつれ光子対発生技術の開発、高量子効率・高

速・低雑音光子検出技術の開発及び量子もつれ光子対による1.55 μm 帯波長多重量子暗号通信技術の開発である。本年度は広帯域偏光量子もつれ光子対源の開発、高量子効率高速超伝導単一光子検出器の開発を行った。具体的には、擬似位相整合型ニオブ酸リチウムにおいて導波路長1mm を選択し中心波長1.55 μm 付近で数100nm の帯域を持つ光子対源を開発し、連続光励起下での光子対評価において忠実度97.8%を確認した。また、超伝導単一光子検出器に使用する素子サイズの最適化や超伝導材料の改良、更に、光学系の低損失化、超伝導読み出し回路となる信号処理系に対する改良を加えることで光通信波長1.55 μm 帯において量子効率84.2%、時間ジッタ23ns の単一光子検出を実現した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】量子暗号、超伝導、量子もつれあい、光ファイバ、光子検出

【研究題目】次世代大規模分散・並列環境における高度メタデータ管理・解析システム技術の研究開発

【研究代表者】谷村 勇輔（情報技術研究部門）

【研究担当者】谷村 勇輔、的野 晃整、
Steven Lynden（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究では、近年爆発的に増加しつつある RDF（Resource Descripton Framework）を用いた膨大なメタデータの分散管理と大規模解析の実現を目標として、以下の要素技術とそれらを連携させる技術を研究開発する。

- RDF の特徴を利用して高速アクセスを行うための分散ストレージ内でのデータ格納方式と、そのストレージ上での RDF および RDF の指すコンテンツの解析環境の実現方式
- 分散した RDF データの検索に対して、動的に最適な問合せ・解析処理計画を生成する手法
- RDF 文書の意味のある纏まりに着目した効率的な中間結果の構築手法

平成22年度は2年計画の2年目であったが、震災の影響により一部の実験と最終的な成果の取りまとめが不可能になったため計画を半年間延長した。平成22年度の成果は、A) については昨年度開発した RDF データの保存・処理を行うプロトタイプシステムの性能改善を行うとともに、各種 RDF データを MapReduce を用いて、提案する格納方式に変換する等の支援ツールを開発した。また、RDF データ処理ベンチマークを Fig1に対応させ、プロトタイプシステムの検証実験のための準備を進めた。そして、A) と B) の連携技術として、MapReduce を用いて行う多段 Join に受動的な問合せアルゴリズムを適用し、2番目以降の Join を複数の Reduce タスクが協調して行う手法を開発した。これにより、RDF データ処

理において頻発する多段 Join の高速化を実現した。C) については昨年度提案した RDF 問合せを効率化する中間結果構造の高度化を行い、目標の20%を大幅に上回る420%の高速化を達成した。また、分散化のために意味のある纏まりを並列に格納する技術を開発し、平成21年度収集した RDF データに適用してその有用性を確認した。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 メタデータ、セマンティック Web、ユビキタスコンピューティング、並列・分散データベース、問合せ処理、ファイル編成、ストレージ技術

【研究 題目】 輸出農産物・食品中残留農薬検査の分析精度確保のための認証標準物質開発

【研究代表者】 鎗田 孝（計測標準研究部門）

【研究担当者】 鎗田 孝、大竹 貴光、伊藤 信靖、沼田 雅彦、石川 啓一郎、青柳 嘉枝（常勤職員5名、他1名）

【研究 内容】

農産物・食品検査の分析法バリレーションや内部精度管理を国際基準に適合し且つ比較的容易に実施するためには、認証標準物質の使用が有用である。しかし、残留農薬分析用の認証標準物質は世界的に皆無であった。そこで、本研究では、残留農薬濃度を認証したキャベツ、ネギ、大豆、及びリンゴの認証標準物質を開発し、輸出農産物・食品検査の分析精度確保に貢献することを目的とした。

事業の2年目に当たる本年度は、昨年度調製したキャベツ認証標準物質とネギ認証標準物質の候補品の安定性を評価するとともに、同位体希釈質量分析法によって農薬濃度を正確に測定した。更に、得られた結果を用いて、認証値と不確かさを算出した。一方、大豆標準物質とリンゴ標準物質について、昨年度調製した原料に乾燥、粉碎、混合、瓶詰め及び滅菌の処理を行い、候補標準物質を調製した。更に、標準物質の均質性を評価するための分析方法を確立して適用することにより、調製した標準物質が十分な均質性を持つことを確認した。一方、同位体希釈質量分析法を利用した値付け分析法1法を開発し、その妥当性も検証した。

【分 野 名】 標準・計測

【キーワード】 標準物質、食品検査、残留農薬分析

【研究 題目】 加温機排気中の CO₂の効率的回収貯留システムとその園芸作物への活用技術の開発

【研究代表者】 鈴木 正哉（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】 鈴木 正哉、月村 勝宏、犬飼 恵一、前田 雅喜（常勤職員4名）

【研究 内容】

施設園芸における収量増大・品質向上を目的としたCO₂施用には、主に専用の灯油燃焼式CO₂発生機を用いている。その一方で重油あるいは灯油の燃焼による加温機の排気から夜間にCO₂を回収貯留し、貯留したCO₂を昼間に園芸作物への施用に利用可能となれば、CO₂排出総量と燃料費の削減が期待できる。本研究では、加温機の排気中の二酸化炭素を効率よく回収貯留し、かつ再利用可能な、施設園芸用省エネ型CO₂施用システムとその活用技術を開発する。

二酸化炭素貯留・放出システムの開発においては、二酸化炭素濃度10%程度の模擬燃焼排ガスから、PSAシステムにより二酸化炭素濃度を50%以上に濃縮し、さらに50vol%の模擬ガスを圧力を5気圧まで上げることにより、二酸化炭素の吸着量は30mL/g、放出時の二酸化炭素濃度を90vol%まで上げることが可能であることが確認された。また平成23年度実証機作成に関する設計を行ったところ、当初からの目標としている1台あたり100万円での設備製作が可能であることが明らかとなった。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 燃焼排気ガス、二酸化炭素、回収貯留、園芸作物

2) 国以外からの外部資金

①新エネルギー・産業技術総合開発機構

〔研究題目〕高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電池の研究開発

〔研究代表者〕近藤 道雄（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕坂田 功、劉 正新、高遠 秀尚、加藤 俊一、永井 武彦、増田 淳、Svrcek Vladimir、Turkevych Ivan、菱川 善博、大谷 謙仁、仁木 栄、石塚 尚吾、反保 衆志、小牧 弘典、崔 誠佑、牧田 紀久夫、菅谷 武芳、松原 浩司、小西 正暉、吉田 郵司、原 浩二郎、山成 敏広、宮寺 哲彦、大橋 昇、加藤 隆二、西村 久美子、鯉田 崇、松井 卓矢、齋 均、水野 英範（太陽光発電研究センター）、橘 浩昭、石部 聡子、水野 冬矢、長谷川 達生、堤 潤也（光技術研究部門）、加藤 隆二、古部 昭広（計測フロンティア研究部門）、大古 善久、今瀬 将人、杉野 久子（環境管理技術研究部門）、柴田 肇、永崎 洋、吉田 良行、岡 邦彦（エレクトロニクス研究部門）、Kazaoui Said、Cook Steffan（ナノチューブ応用センター）、蒲生 昌志、小野 恭子（安全科学研究部門）宮内 雅浩（ナノテクノロジー研究部門）（常勤職員37名、他12名）

〔研究内容〕

40%を超える高効率のために最適な複数のバンドギャップを有する高度秩序薄膜材料を新たに設計・創製する。それら新材料をシリコン系3接合および化合物系4接合デバイスに適用し、波長選択型導電層を介して2端子メカニカルスタック太陽電池を形成する。また光マネジメント技術、多重エキシトン生成、二光子利用技術などの新原理検証についても検討を行う。シリコン系3接合デバイスと化合物系4接合デバイスのテーマで開発された新材料は最終的に最適なものを選択して相互に利用する。本研究開発は計14機関で共同実施するものであり、産業技術総合研究所は15のサブテーマを実施する。各サブテーマの成果は以下の通りである。

①-1：高配向性平面ポリシラン材料の開発

アントラセン基を有するネットワークポリシランを有機化学的手法により合成し、得られたポリシランを用いて作成したポリシラン薄膜の加熱処理に対する光照射や真空度の効果について調べた。紫外光の照射量を変えることにより、加熱処理後の薄膜の膜厚を制御

できることを見出した。また、加熱時の真空度の違いに応じて、加熱後の吸収スペクトルが変化することを明らかにした。加熱処理後のポリシラン薄膜上に、n型有機半導体であるフラーレン誘導体（PCBM や C60）をドライあるいはウェットプロセスを用いて積層したデバイスでは、高い開放電圧を有する太陽電池特性を示すことが分かった。

①-3-A：結晶系ナローギャップ材料太陽電池の開発

分子線エピタキシーシステムを用いた高品質結晶 SiGe 膜成長と SiGe 薄膜太陽電池の開発を継続した。Si 基板上への SiGe 成長では、傾斜バッファ層挿入が膜品質向上に有効であることを見出し、更にこのバッファ層を低温で形成した後、基板温度を高くして薄膜を形成する低温傾斜バッファ層技術が膜の電気的性質を一層向上させることを確認した。また、Ge 用のルツボの材質の選択が膜の品質に大きな影響を与えることを見出し、得られた知見をもとに Ge 用のルツボの改良を行っている。SiGe 膜の成長後、水素プラズマ処理を行うと、SiGe 薄膜太陽電池の開放電圧が大幅に増加する場合があることも判明した。

①-3-B：シリコン-ゲルマニウム-スズ低温エピタキシャル新技術の開発

本年度は、シリコン-スズ (SiSn) 薄膜を用いたスーパーストレート型のシリコン系3接合型太陽電池ボトムセルの開発を行った。これまでの研究で、発電層である i 層 (SiSn) 単膜における光起電流発生を確認している。そこで、当該年度では、この光起電流の向上の観点から水素による高希釈を試みデバイス作製まで行った。その結果、SiSn 薄膜の堆積に必要なシランおよびテトラメチルスズの流量に対し、水素の流量比が増大するに伴い、単膜における光起電流の絶対値の向上が見られた。このことを踏まえ、i 層堆積時における水素の流量比を変え、太陽電池デバイスを作製した。その結果、単膜における光起電流の向上に起因した I-V 特性の向上を確認する事ができた。

①-4：ヘテロ接合デバイス化技術の開発

様々な抵抗率を有する単結晶ゲルマニウム基板を用いて、アモルファスシリコン/結晶ゲルマニウムヘテロ接合太陽電池を作製した。太陽電池作製前に、過酸化水素を用いて基板をいったん酸化し、真空中の熱アニールにより酸化膜を除去することが重要である。熱アニールの最適温度は450℃であった。基板の抵抗率の低減にともない、漏れ電流の増大に起因して太陽電池特性が低下することを見出した。抵抗率が2.8Ωcmの際に短絡電流密度47.8mA/cm²、効率2.6%が得られた。

②-1：ワイドギャップカルコゲナイド系太陽電池の開発

本テーマでは化合物系タンデムセルの開発の一である Cu(In_{1-x}Ga_x)(S_ySe_{1-y})₂(CIGSSe；銅・インジウム・ガリウム・硫黄・セレン)系ワイドギャップ太陽

電池の研究開発をおこなっている。本年度の成果として光吸収層 CIGSSe の多元蒸着製膜において、フラックスの制御が難しく材料利用効率も低い蒸気硫黄源に代えて、RF プラズマで反応性を高めたラジカル硫黄源を用いることで硫黄とセレンの組成比の制御を可能とした。S/(Se+S)比0~0.59の範囲で制御できたことを電子線プローブマイクロ分析により確認した。この吸収層を用いて作製されたデバイスの電流電圧特性及び外部量子効率測定から CIGSSe 薄膜のワイドギャップ化が確認された。

高効率多接合太陽電池のトップセル用材料である CIGSSe 系材料について、その基礎物性を詳細に把握すると共に太陽電池用材料としての潜在能力を評価する事を目的として、ブリッジマン法による CIGSSe 系材料のバルク単結晶育成の研究を行った。具体的には、①CIGSSe という化合物の粉末を合成する研究と、②その合成された粉末を用いて CIGSSe のバルク単結晶を育成する研究、を行った。研究の結果として、原料元素である Cu、In、Ga、Se、S の粉末を出発原料としてメカニカル・アロイング法を用いる事により、CIGSSe という化合物の粉末を合成する事に成功した。また、CuInSe₂という化合物の粉末を用いてバルク単結晶を育成する事に成功した。今後は、CIGSSe のバルク単結晶を育成する予定である。

②-3：革新的ワイドギャップ材料太陽電池の開発

分子線エピタキシーにおいて、As₂分子線や成長中断法を用いることにより、歪補償層を用いることなく、世界で初めて400層の超多積層 InGaAs 量子ドット構造の作製に成功した。量子ドット超多積層構造を太陽電池に応用したところ、バリア層厚12nm で150層積層した太陽電池まで、短絡電流(Jsc)の増加が見られた。これほどの超多積層構造で Jsc の増加が確認された例は世界で初めてである。また、各量子ドットが電子的に結合した20層の量子ドット超格子太陽電池を作製した。量子効率の低温測定から、量子ドット超格子のミニバンド中をトンネル電流が流れていることを世界で初めて確認した。

②-6：化合物系タンデムセルの開発

化合物系タンデムセルの作製技術として、モノリシック型とメカニカルタンデム型の2つのアプローチで研究を進めている。モノリシック型タンデム化技術に関しては、Ge 単結晶基板への CIS 単結晶製膜の作製を行った。Cu/In 比を0.4~2.2、基板温度を350~600℃の範囲で変えて製膜を行った。In を過剰にすると CIS だけでなく、InSe の異相が観察された。これらの実験から CIS 単結晶薄膜を製膜可能な条件が明らかになった。メカニカルタンデムセルの開発については、接合技術の検討のもと GaAs/CIGS タンデム型太陽電池を試作し、変換効率9.8%を実証した。

③-1-A：ナノシリコン/ナノカーボンを用いた新概念太

陽電池の検討

ナノシリコン結晶と高分子の混合体を用いた太陽電池で多重励起子の生成による超高効率太陽電池の作製を目的として、ナノシリコン/ナノカーボン複合材料における多重励起子生成の原理検証と本材料を用いた新概念太陽電池開発によるデバイス実証を行っている。表面パッシベーションなどのナノシリコン結晶の表面処理は重要である。我々はナノシリコン結晶の表面処理のために、レーザ処理や液体中でのマイクロプラズマ処理を実施している。エタノール中でのナノ秒パルスレーザと DC マイクロプラズマ処理によりシリコンナノ結晶のフォトルミネッセンスの発光強度が10倍以上に増強されることを確認した。またナノ秒レーザによる表面処理がナノシリコン結晶と高分子材料の混合物の光電気的特性に与える影響について調べた結果、ナノシリコン結晶の表面処理条件によって混合物のキャリア輸送特性を調整可能であることが判明した。さらにレーザアブレーションで作製し表面処理を施したナノシリコン結晶を含んだ混合物は高い光電変換特性を示した。水中で表面処理したナノシリコン結晶は凝集するが、この自己凝集ナノシリコン結晶を用いた太陽電池ではナノシリコン結晶が吸収を持つ波長域で量子効率の増加が確認された。さらにナノシリコン結晶が高純度単層カーボンナノチューブと電気的に相互作用を持つこと、p 型ナノシリコン結晶がバルクヘテロ型の太陽電池において優れた光電変換特性を持つことも示した。

③-1-B：ナノシリコン/ナノカーボンを用いた新概念太陽電池の検討

高純度(99%) p-型半導体単層 CNT と様々な材料(フラーレン、ナノシリコン、P-NDI2OD-T2等)を用いてヘテロ接合またはバルクヘテロ接合有機太陽電池の研究開発を行った。フラーレンの場合、太陽電池の変換効率0.1%、Voc=0.26V、遠赤外域(0.8~1.3eV)での量子効率は最大1%、可視光領域での量子効率は最大20%であった。ナノシリコンの場合、変換効率0.01%、Voc=0.14V、量子効率は最大1%程度であった。P-NDI2OD-T2の場合は変換効率0.01%、Voc=0.37V、量子効率は最大0.1%程度であった。更に、p-型半導体単層 CNT の電子親和力とイオン化ポテンシャルを見積った。この結果に基づいて、変換効率、量子効率、Voc を向上させ得る p-型半導体単層 CNT と n-型材料の組み合わせ選定の指針を得た。

③-2-A：単結晶有機半導体を用いた新概念太陽電池の検討

本研究テーマでは、トラップや不純物の少ない単結晶有機半導体を用いることで、励起子拡散長を増大させて変換効率を向上させる革新的太陽電池の提案を目指している。これまでに、昇華精製法を用いて p 型半導体であるルブレ、テトラセンの単結晶成長技術

を確立し、その太陽電池化に成功した。単結晶化することで、テトラセンの励起子拡散長を従来の数十 nm から176nm まで一桁向上することが可能となった。また、ルブレンの単結晶において、一重項励起子から三重項励起子への Fission 現象を初めて確認し、有機単結晶を用いた多重励起子生成による新概念高効率太陽電池の可能性を見出した。更に、シリコン単結晶基板上にフラーレンをエピタキシャル成長させることで、結晶ヘテロ接合で1%の変換効率を有する太陽電池を作製することが出来た。

③-3-A：強相関材料を用いた新概念太陽電池の検討

前年に引き続き、分子化合物系ナローギャップ有機半導体を用いた新型有機太陽電池の開発を行った。仕事関数の精密制御が可能な導電性有機薄膜を高効率のキャリア引き出し電極とする単結晶プレーナ型素子を開発し、これにより赤外領域（～1eV）での光電変換を確認するとともに、逆バイアス下、2eV で2%の分光量子効率を得ることに成功した。さらに高空間分解能のレーザー誘起光電流測定とその波長依存性測定をもとに、上記デバイスが通常の有機太陽電池と大きく異なる電荷移動励起子を介した光起電力効果を示し、これが10 μ m 以上に及ぶ異常に長い拡散長の原因となることを突き止めた。

③-3-C：構造制御ナノ材料を用いた太陽電池

Ag ナノコロイドを用いた増感型太陽電池において、光電流の酸化チタン電極の膜厚依存性を評価した結果、約1.5 μ m の膜厚でも光電流を確認した。このことから酸化チタン電極中の電子の拡散長は少なくとも1.5 μ m であり目標値をクリアした（目標値0.1 μ m の膜厚）。また、コアシェル構造を有する酸化チタン/Au ナノロッドを作製し、焼成によっても形状を維持することに成功し、800～1000nm の近赤外領域においてはじめて光電流を観測した。さらに、CdS/CdSe 量子ドット増感型太陽電池においては、オルトケイ酸テトラエチルで表面処理することにより、太陽電池の光電流が向上することを明らかにしたが、過渡吸収測定や TEM 測定の結果から、SiO_x が酸化チタン電極表面をコートすることにより、酸化チタン中の電子とレドックスイオンとの再結合を抑制し、効率が向上したことを明らかにした。

④-1-A：メカニカルスタック技術の開発

本サブテーマでは、二端子メカニカルスタック太陽電池の作製技術の開発を目的として、接合技術の開発と接合による二端子型太陽電池の製造技術の開発を行う。本年度はセル間の電気・光学・機械的接合を可能にする TCO / (導電性微粒子を含む樹脂) / TCO を介した接合を検討し、二端子メカニカルスタック太陽電池を製造するために必要な技術開発を検討した。異方導電接着フィルム（導電粒子を均一分散させたエポキシ系樹脂フィルム）の導電粒子分散量を減少させ透

明性を改善させた樹脂（波長500–1700nm の範囲で吸収10%以下）を用い、TCO / 樹脂 / TCO の接着抵抗の確認（約5m Ω cm²）、スーパーストレート型 a-Si:H 太陽電池と a-Si:H/c-Si ヘテロ接合型太陽電池を要素セルとして用いたメカニカルスタック太陽電池を試作し、二端子セルとして動作すること、電圧・曲線因子ロスがほとんどないことを確認した。

④-2-A：高度光閉じ込め技術の開発

本サブテーマでは、薄膜多接合太陽電池の高効率化にとって極めて重要な光マネジメントの高度化を目的とする。本年度は、前年度迄に開発した技術を統合し、①高い光散乱効果及び②メカニカルスタックに好適な平坦性を兼ね備える平坦化フォトニック基板を開発した。本基板は屈折率が大きく異なる異種材料を以下の周期で配列させ、その背面に光反射板を備えたものである。現時点では a-Si:H と ZnO:Ga の2種の材料で構成した回折格子を用いている。これを厚さ1 μ m の微結晶シリコン太陽電池に適用し、平坦基板と同等の高い開放電圧や曲線因子を維持しながら赤外感度を大きく向上させることに成功した（平坦基板比100%向上）。また、フォトニック基板を補う光閉じ込め技術として金属ナノ粒子アレイの簡便な作成法を開発し、プラズモン効果に基づく光閉じ込め技術を薄膜シリコン太陽電池に適用した。

④-3-A：高性能透明導電膜の開発

本サブテーマでは、幅広い波長領域に感度を有する高効率太陽電池に必要な窓電極の開発を目的として、透明導電膜の移動度の支配的要因の明確化と高い透明性と高い導電性を兼ね備えた低エネルギー損失窓電極の開発を行う。本年度は、水素添加酸化インジウム (In₂O₃:H) 透明導電膜の移動度を支配する要因を XRD、TEM、TDS、SE、および Hall 測定装置を用いて調べ明らかにした。また、その知見を薄膜作製プロセスにフィードバックし、最大プロセス温度200 $^{\circ}$ Cにおいて抵抗率2.7 $\times 10^{-4}$ Ω cm、波長1700nm の吸収係数約5 $\times 10^3$ cm⁻¹と導電性および可視～近赤外域の透明性に優れる In₂O₃:H 薄膜を作製できることを確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】薄膜多接合太陽電池、高度秩序構造、メカニカルスタック太陽電池、波長選択型導電層、光マネジメント技術、多重エキシトン生成、二光子利用技術

【研究題目】革新的太陽電池評価技術の研究開発

【研究代表者】菱川 善博（太陽光発電研究センター）

【研究担当者】菱川 善博、土井 卓也、高島 工、大谷 謙仁、仁木 栄、上田 孝、石井 徹之、薛 雁群、吉田 郵司、鯉田 崇（常勤職員7名）

〔研究内容〕

① 集光型多接合太陽電池評価技術

a) 集光型太陽電池屋内評価技術

集光型太陽電池セル性能を屋内で高精度に評価するため、照度およびスペクトル調整可能な高照度パルス光源を導入し、高照度（50~1000sun以上）における集光型多接合太陽電池セルの屋内測定を可能とした。セル+光学系から成る集光型太陽電池ユニットの性能評価においては、直達基準太陽光と同等の分光スペクトル（スペクトル合致度クラスA）を持ち、かつ太陽光およびユニット許容角と同程度の極めて小さい視野角約0.5度~1度（全角）の評価用光源を開発・導入し、ユニットの屋内測定を可能とした。米国 NREL を訪問しての評価技術交流、及び同一サンプルによる国際比較測定等を含めた測定精度の検証を行った。

b) 集光型太陽電池屋外評価技術

多接合型太陽電池の発電量予測モデルを日米共同で開発するために、国内外の3種の多接合型太陽電池を使用した集光型太陽光発電設備（30kW）を岡山市とコロラド州に設置し、異なる気候環境下での実際の発電データを取得した。両システムには、IV特性測定機を付設し、気象パラメータと同時測定することで、日射スペクトル等が集光型多接合型太陽電池の発電性能に影響を及ぼすことを実証的に明らかにした。

② 薄膜多接合太陽電池評価技術

a) 革新的薄膜多接合太陽電池性能評価技術

マイクロなレベルでの多接合太陽電池の評価を行うことを目的に、薄膜の微小領域での組成分布測定が可能な太陽電池材料組成分布評価装置を導入した。この装置を用いて CuInGaSe₂(CIGS)系薄膜太陽電池の評価を開始した。CIGS 光吸収層の組成や ZnO 窓層におけるドナー型不純物の面内均一性に関する評価を実施した。またモノクロ x 線源装置を用いた光電子分光測定と分光エリプソメトリー装置等を用いたバンドギャップ測定より得られるヘテロ接合界面のバンドオフセット量が新規太陽電池開発に有効である事を a-Si_{1-x}Gex:H/c-Ge ヘテロ接合型太陽電池を用いて確認した。また、太陽電池評価用走査型プローブ顕微鏡を用いて、薄膜多接合太陽電池の発電特性を支配する微視的構造及び特性の劣化要因となる微視的欠陥を評価した。具体例として多接合薄膜シリコン太陽電池の中間層として適用される異相が混在する透明導電層の導電特性の評価、高移動度透明導電膜の薄膜構造評価を行った。

単結晶有機半導体による新概念太陽電池の研究開発において、有機半導体 C60と Si とのヘテロ接合単結晶太陽電池の作製を行っている。Si (100) 単結晶基板上に成長した C60結晶の方位、結晶性を薄

膜用試料水平型 X 線回折装置により精密に評価した。その結果、特定の方位でエピタキシャル成長していることを確認し、Si 基板上での単結晶有機半導体の薄膜作製および太陽電池化の可能性を示した。更に、p 型有機半導体であるルブレンの単結晶を作製し、その上で C60 (n 型半導体) がエピタキシャル成長していることも確認した。これにより有機半導体の単結晶ヘテロ接合作製の可能性を初めて確認した。

従来より広いスペクトル領域で感度特性を有する Si 系以外および3接合以上を含めた革新的材料および構造を持つ薄膜多接合太陽電池評価のために、太陽光スペクトルをカバーする波長の光源としてフェムト秒レーザーを光源とし時間分解発光スペクトル測定法を行い、太陽電池材料となり得る過渡応答材料の性能評価を行った。

b) 革新的薄膜多接合太陽電池信頼性評価技術

革新的太陽電池およびそれに用いられる新材料の部材・組成・不純物等評価および基本的な光・熱等の環境に対する信頼性を検証するために、以下の装置の導入と材料の評価を行った。「太陽電池材料信頼性加速試験装置」を設計・仕様の検討を行い、入札後、つくば研究センター第二事業所内に導入した。この装置は、光源として LED を用いることを特色としており、この特色を活かした長時間（5万時間）ランプ交換無しで連続運転も可能である。また、LED 光源は所定の照度で安定するまでの時間が短時間で可能であることを活かした光デューティサイクル試験や特定部位ごとに照度を変えることができるため、ホットスポット試験とダンプヒート試験などを組み合わせた試験方法も可能である。また、封止材料として、EVA のラミネーション条件と架橋率の関係を実験的に把握した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 太陽電池、太陽光発電、エネルギー、環境、性能評価、集光型、信頼性評価、システム

〔研究題目〕 太陽電池アレイ故障診断技術の開発

〔研究代表者〕 高島 工（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 高島 工（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本事業は、太陽光発電システム（PV システム）の直流側である PV アレイについて、アレイ中の不具合モジュールを発見し、その不具合モジュールの位置を特定する技術および装置を開発するものである。また、PV システムの故障診断システムを構築し、これを用いたビジネスプランを策定し、実用に供することを目的としている。

産総研では、太陽電池ストリングに信号印加を行いそ

の応答波形を解析することでストリング中の故障モジュールを特定する手法の分解能を評価するにあたり、信号伝搬速度から推定された信号線路長と実際のストリング線路長の比較を行った。信号波形の立ち上がり位置を精密に観察することにより、多結晶シリコン太陽電池のストリング中の信号伝搬速度は 2.6×10^8 [m/s]程度であること、これを用いたストリング長推定の誤差はモジュール内線路長7.5mの太陽電池に対して30cm以下であることを実験的に明らかにした。

薄膜系太陽電池への本手法の適用についても検討を行ったが、モジュール間の断線は検出できるものの、モジュール構造が結晶系太陽電池と薄膜系太陽電池では全く異なるため、モジュール内の線路長の評価が不十分であり、薄膜系太陽電池ストリングの信号伝搬速度の評価には至らなかった。

共同研究者（株式会社システム・ジェイディーおよび阪和電子工業株式会社）とともに太陽電池アレイ故障診断装置のプロトタイプを試作し国内の展示会に出展し、来場者からのコメントを試作機の開発にフィードバックし、製品仕様の決定に役立てた。

太陽電池アレイ故障診断技術の開発動向を調査するために日本国内外の展示会に参加したが、本研究で開発している機能を持つ検査機器は見当たらなかった。また、市場の太陽電池の仕様も調査し、モジュールの大型化、高電圧化が進んでいることを確認し、故障診断装置の仕様に反映させた。

ビジネスプランの策定については、製品の製作用力や販売網の展開の観点から、事業実施主体を共同研究者の阪和電子工業株式会社とすることとした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽電池、太陽光発電、故障診断技術

【研究題目】発電量評価技術等の開発・信頼性及び寿命評価技術の開発

【研究代表者】菱川 善博（太陽光発電研究センター）

【研究担当者】菱川 善博、増田 淳、土井 卓也、加藤 和彦、高島 工、猪狩 真一、大谷 謙仁、大関 崇、津野 裕紀（常勤職員9名）

【研究内容】

I) 発電量評価技術の開発

① 太陽電池性能評価・校正技術

a. 太陽電池性能評価技術

(i) 太陽電池実効性能評価技術の研究開発

光照射効果を含めた性能評価技術については、太陽電池光照射装置等を用いて、各種薄膜太陽電池の光照射において照度温度等の条件が及ぼす効果を検討した。モジュール分光感度温度依存性測定技術開発については、市販の結晶 Si 太陽電池モジュールにおいて、分光感度の温度依存性を測定することが

可能となり、今年度の目標を達成した。

(ii) 屋外高精度性能評価技術の研究開発

屋外で高精度に出力を測定するための予備検討として、一般に使用されている気象機器、出力測定機器を用いた場合の各太陽電池パラメータ (I_{sc} 、 V_{oc} 、 P_{max}) の測定再現性を調査した。測定時の日射の変動や I-V カーブトレーサの測定精度が主に影響していることが明らかとなった。

(iii) 各種新型太陽電池性能評価技術の研究開発

NEDO 開発品等、約40サンプルの新型太陽電池性能評価を行った。NREL, Fraunhofer との結晶 Si ベアセル国際比較測定を実施中である。

b. 基準太陽電池校正技術

(i) 精密構造型 WRR 絶対放射計測技術の研究開発

日射量の国際標準である世界日射計測標準 (WRR) について、AIST の所有する AHF 型絶対放射計で2010年10月にスイスで開催された国際直達日射比較 (IPC 検定) に参加し、その健全性の確認と、WRR への直接的なトレーサビリティの堅持を図った。

(ii) 絶対分光感度法による一次校正技術に関する研究開発

既存の連続波長制御レーザ光源のスペクトル変動、短期的パワー変動、長期的安定性、外部制御性等の性能検証を行い、次期に開発する光源で改良すべき課題を抽出した。

(iii) 二次基準モジュールの校正精度の向上に関する研究開発

相対分光感度特性を高精度に測定するためのシステム化を完了した。

② 発電量推定と予測技術

a. 発電量定格技術

(i) 発電量定格方式の研究開発

発電量推定モデルに関しては、国内標準化委員会において発電量定格計算ツール SoleYar をラウンドロビン WG にて改良した。次年度にデータ取得を開始するための事前準備を行った。国際標準化については、発電量定格 IEC61853の審議に参加した。

b. 発電量予測技術

(i) 分散・広域発電量推定技術の研究開発

PV システムの発電量予測における、予測された気象パラメータおよび日射量データを日射量/発電量に変換する技術開発の検討を行った。

(ii) 気象パラメータ予測技術の研究開発

気象庁で現業運用されているメソ数値予報モデルによる日射量予測の精度検証のために、地上気象観測データの整備を行うとともに、気象庁で作成されている衛星からの推定日射量データを利用した検証方法についても検討を行った。

II) 信頼性評価技術と長寿命化技術の開発

① モジュール・機器耐久性評価技術

(i) 新加速試験技術の研究開発

(a) これまでに AIST で開発した電流電圧サイクリック試験を4セル～6セル・モジュールに適用できるように、電源、制御回路などの仕様を確定し、導入した。動作確認後、予備試験として、逆バイアス低電圧連続印加試験を行った。

(b) 新規加速試験法として、加重・抜重方式の試験を行うために、治具と3セル・モジュールを作製した。予備試験を3セル・モジュールにて行い、10万回のサイクル試験を完了した。さらに、EVA の軟化温度などを考慮し、試験条件の最適化が今後の課題である。

(ii) モジュール内水蒸気浸入経路調査方法の研究開発
太陽電池モジュール内への水蒸気浸入経路を可視化可能な試薬を調査した。ガラス/封止材界面が他の界面に比べて水蒸気の浸入が容易である可能性が示唆される等、当該試薬の有効性が確認できた。

② システム点検技術

オンサイト発電性能点検技術

システム点検技術に関して、システム全体とモジュール個別の電流-電圧を同時計測可能な実証設備の構築を行った。また、過去データ収集について約100件の住宅用システムの発電データの収集を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 太陽電池、太陽光発電、エネルギー、環境、性能評価、信頼性評価、システム

【研究題目】 太陽光発電システム等に係る設計支援ツール開発

【研究代表者】 菱川 善博 (太陽光発電研究センター)

【研究担当者】 加藤 和彦、高島 工、大谷 謙仁、
Adiyabat Amarbayar (常勤職員5名)

【研究内容】

本開発では、わが国の経験を生かした標準的な技術として、太陽光発電ハイブリッドシステムの設計支援ツールを広く提供することを目的としている。本設計支援ツールを活用することによって技術者の作業上の効率化と設計精度の向上が図れる。これにより、地域レベル EMS や ESP 事業の推進において、計画立案や設計の支援を行うことが可能となる。わが国の太陽光発電産業界がアジア地域で村落電化の事業展開を行う際に、本ツールが事業可能性分析を補助することにより、関連の製品を日本から輸出する(あるいは現地生産化する)事業を展開することの一助となる。また、設計支援ツールの標準化を推し進めることで、引いては関連技術の標準化が日本主導で行われていく可能性がある。

前年度に完成したハイブリッド電源の設計を最適化する PC ツール CLOVER1.0(Cross-Linking Optimization

of Variable Energy Resources)は、電源最適配分を行うシミュレーションツールである。今年度は、ハイブリッド電源の設計を最適化する PC ツール CLOVER 2.0 (Cross-Linking Optimization of Variable Energy Resources) を開発した。この新しいバージョンでは、開発言語を最新のものに切り替えて一からコーディングをしておいたことで、計算処理時間を2倍以上とすることができた。

CLOVER においては、電源として太陽光発電、蓄電池、ディーゼル発電、水力発電、風力発電を選択できる。エンドユーザが選択もしくは自由に設定した気象条件と電力需要の条件の下で、さまざまな評価尺度からハイブリッド電源の最適な容量配分を計算する。例えば、プロジェクトの総投資額は計画立案において最初に重要となる指標であるが、供給信頼性も重要な指標であり、稼働率(アベイラビリティ)の高いハイブリッド電源の達成のため、各電源の耐久性と保全性も評価可能としている。各電源の寿命はそれぞれ異なるため、交換時期も含めて、プロジェクト期間全体での経済性を計算し、さまざまな組み合わせから持続可能な電源構成を比較できるようにしている。

本ツールの特徴として、①NEDO が過去に実施した太陽光発電システム等国際共同実証開発事業のフィールド実証データの提供と既定値による情報支援、②技術情報支援(各種設備・要素機器の DB による)、③設計手順・工程のガイド・サポート(ウィザード・インタフェース別)、④意思決定支援(評価指標の数値化による)、⑤知識支援(成果・教訓のファクトシートによる)との組み合わせ、が挙げられる。

一方で、PC ツールによるハイブリッド電源の最適配分計画では、シミュレーション計算がブラックボックス化され、利用者による結果の解釈を困難にする。そこで、経済計算のアルゴリズムのみを取り出し、モノポリーのような経営ゲームを行いながら、与えられた環境条件と電力負荷パターンに対し、ハイブリッド電源の最適配分の楽しみながら学ぶことができるツールも開発した。このボードゲームは「エナジーフロー」と名付けた。エナジーフロー・ゲームの本当の目的は勝敗にはなく、自らの意思決定を遂行するロールプレイングを通して、資源配分問題を解決する合理的な意思決定を参加者が体感することである。プレイングカードによって、NEDO 太陽光発電システム等国際共同実証開発事業から得られた教訓や失敗事例を学ぶ機会も提供している。

併せて、CLOVER2.0で使用するこのできる「アジア標準日射データベース」を完成した。アジア地域における日射・日照時間データを世界放射データセンター(WRDC:World Radiation Data Centre)の資料を用いて月平均値データとして整備した。平成3年度のNEDOの成果報告書に収録されている「世界各国の日射および関連気象資料」の月平均値データから、アジア

地域のデータを抽出し、これも収録した。毎時日射量データについては、観測している国が少ないことから、WRDC で収集している日積算日射量データを気象衛星の画像データを用いて時間配分する手法を開発し、毎時日射データを整備し、気象データベースに収録した。

PC ツール CLOVER とボードゲーム エナジーフローは、NEDO 太陽光発電システム等に係る保守・管理能力向上支援事業（通称、キャピタル事業）において、ハイブリッド電源の設計に関する講義の演習教材として用い、両ツールによって太陽光発電の導入限界と、これを補完するための蓄電システムの配分設計について6カ国の研修生の理解が深まった。エナジーフローは、文部科学省が主催するサイエンスキャンプにおいて高校生10名に再生可能エネルギーと既存電源のベストミックスを学習させる教材としても利用した。2日間の講義後の高校生らによる最終成果報告では、電源のベストミックスおよび各種発電機の理解度が深まっていることが確認できた。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 太陽電池、太陽光発電、最適設計、ハイブリッド電源システム

[大項目名] 低炭素社会実現に資する有機系太陽電池の開発（最先端研究開発支援プログラム）

[中項目名] 有機薄膜太陽電池の劣化機構の解明／超高効率色素増感太陽電池を目指した新規増感色素の探索

[研究代表者] 吉田 郵司（太陽光発電研究センター）、杉原 秀樹（エネルギー技術研究部門）

[研究担当者] 吉田 郵司、杉原 秀樹、佐山 和弘、北尾 修、草間 仁、小野澤 伸子、舩木 敬、小西 由也
（常勤職員7名、他1名）

[研究内容]

（有機薄膜太陽電池の劣化機構の解明）

有機薄膜太陽電池の実用化に資するため、高耐久化技術を確立することを目的として、太陽電池特性の劣化機構の解明を行っている。本年度は、大気中での劣化における初期状態の解析を行い、劣化開始部位である「劣化異常点」を見出した。同時に、劣化部位そのものを可視化する評価技術（LBIC 法、EL 法）の開発と導入を行った。

本研究では、最も標準的なポリチオフェン（P3HT）およびフラーレン誘導体（[60]PCBM）を混ぜたパルクヘテロ接合型太陽電池に関して、劣化を可視化する評価技術、レーザー光励起電流測定法（LBIC）および電界発光法（EL）を用いた。EL 法では発光像中の特定部位に対してレーザーマーキングを行うことが可能であり、その断面透過型電子顕微鏡（TEM）観察も併せて

行うことが可能である。

有機薄膜太陽電池を封止すること無く、大気中暗所で保存して劣化挙動を調べた。その結果、電流電圧特性の低下が観測されたが、特に短絡電流の減少によるものであった。LBIC 測定の結果から、セル全面に亘って均一に発電していたものが、劣化後には周縁部はもとよりセル中心部でも発電不良が確認された。更に、時間と共に虫食い状態で発電不良部が広がることも観測された。大気中の水分や酸素がセル内部に入り込むことで電極であるアルミニウムが酸化されることで通電不良となることが考えられる。XPS を用いた深さ分析の結果、アルミニウム電極の酸化が確認され、発電不良部では酸化アルミニウムによる高抵抗化が局所的に進行していると思われる。

更に、EL 像では、セル全面に亘って発光が観測され、太陽電池層からの発光スペクトルであることが確認される。部分的に非発光部位（ダークスポット）が観測され、劣化と共に広がっていくことが明らかになった。更に、ダークスポットの部位にレーザー光でマーキングを行い、その部位を断面 TEM で観察した。まず劣化の中心部位ではデバイスの積層構造の乱れが見られる。特に、突起状の異常部が形成されており、電極が付き破られている状態であることが確認された。更に詳細に見ていくと、バッファ層である PEDOT:PSS の部位が盛り上がり、これが電極まで達していた。この異常部を起点として、劣化が開始されていることが示唆される。

有機薄膜太陽電池に対して、バイアス電圧を逆方向に印加して EL 法での評価を行った。その結果、順方向のバイアス電圧印加の発光像とは異なり、セル中に輝点で発光する様子が観測された。輝点に対して断面 TEM で観察した結果、積層構造に乱れは無いものの、透明電極 ITO の表面で凹凸構造が観察された。恐らく凹凸に電界が集中することでリーク電流が流れ輝点状の発光として観察されたものと考えられる。これらの欠陥構造は、太陽電池特性においてリークパスと成り得る可能性もあり、特性向上において改善すべき点であると考えられる。

（超高効率色素増感太陽電池を目指した新規増感色素の探索）

色素増感太陽電池の超高効率実現のためには、従来型ルテニウム錯体や酸化チタンに代わり、赤外光まで効率良く利用するための革新的な材料開発を進めることが必須である。特に赤外光領域の小さなエネルギーの光を利用する場合、電子移動のためのポテンシャル差を大きく取ることが出来ないため、材料固有のエネルギー準位が非常に重要になる。そのため、電子移動が十分速く起こるぎりぎりのエネルギー差をもつよう材料の組み合わせを考える必要で、様々なポテンシャルをもつ多種類の材料情報をもつことが重要である。本小項目では、新規増感色素の探索を行い、色素やそれ以外の半導体・電解液材料等について、基本的な情報を系統的に収集す

ることで超高効率光電変換デバイス実現に貢献することを目的として研究を実施している。平成22年度はテルピリジントリカルボン酸とフェニルピリミジン誘導体を配位子とするシクロメタル化ルテニウム錯体色素などの新規ルテニウム錯体を開発し、基底状態の酸化還元電位と電池性能の関係を明らかにした。計算科学を用いて既存の色素の光吸収などの物性予測値をデータベースに反映させた。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 有機薄膜太陽電池、色素増感太陽電池、有機半導体、ルテニウム錯体、劣化機構、耐久性

【研究 題目】 水素先端科学基礎研究事業

【研究代表者】 村上 敬宜

(水素材料先端科学研究センター)

【研究担当者】 高田 保之、藤井 丕夫、藤井 賢一、新里 寛英、城田 農、Elin Yusibani、赤坂 亮、小川 邦康、深井 潤、伊藤 衡平、河野 正道、久保田 裕巳、迫田 直也、松岡 三郎、濱田 繁、井藤賀 久岳、高橋 可昌、堤 紀子、藤原 広匡、金子 文俊、伊藤 雄三、近藤 良之、高木 節雄、土山 聡宏、福島 良博、峯 洋二、久保田 祐信、西村 伸、山辺 純一郎、水口 健吾、安永 幸司、谷口 隆夫、泉 義徳、松本 隆志、松永 久生、古賀 敦、畠山 和久、綾香 りっこ、高津 須嘉生、杉村 丈一、間野 大樹、村上 敬、三室 日朗、宮越 栄一、Carlos Morillo、村上 輝夫、和泉 直志、澤江 義則、森田 健敬、田中 宏昌、中嶋 和弘、坂井 伸朗、福田 応夫、八木 和行、黒野 好恵、佐々木 信也、金山 寛、柿本 浩一、塩谷 隆二、荻野 正雄、阿部 孝行、吉田 聡子、志水 章一、川崎 勇、野中 寛治、栗根 徹、吉川 倫夫、末岡 淳男、西口 廣志、大山 恵子、田中 史浩、山部 匡央、飯島 高志、安 白 (常勤職員4名、他71名)

【研究 内容】

水素と材料に関わる種々の現象を科学的に解明して各種データを産業界に提供するとともに、経済性を考慮しつつ安全に水素を利用するための技術指針を確立することを目標として、①高圧水素物性、②金属材料の水素脆化の基本原理解、③金属、非金属材料の長時間使用と加工の影響、④高圧水素トライボロジー特性、⑤水素の挙動シミュレーションについて研究を行います。

今年度は、以下の成果が得られた。

- ・水素物性データベースを地域水素供給インフラ技術・社会実証事業 (2011~2015) における水素ステーションに使用するため打ち合わせを開始した。
- ・水素エネルギーシステム・インフラに使用される金属材料、部品・部材の調査・損傷解析を関連企業、団体と共同で進め、水素構造材料データベースの拡充を、見直しのための試験準備を行った。
- ・水素機器に使用されるゴム材料の化学構造評価を行い、本事業参画企業と素材開発を進めた。O リングの実機評価、溝設計の影響評価を行い、水素機器メーカー、自動車メーカーと連携が進展した。
- ・トライボアトラス改善のためバルブ・圧縮機・自動車・重工業メーカーと意見交換、関連企業と協力し、ニーズの高いシール材料の水素トライボロジー特性評価を実施。データ充実を図り、摺動材料、軸受選定の考慮点を提示することで技術開発に貢献した。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 水素エネルギー、水素脆化、水素物性、トライボロジー、シミュレーション

【研究 題目】 希少金属代替材料開発プロジェクト (対象鉱種追加) / ⑥排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発 / ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発

【研究代表者】 濱田 秀昭

(新燃料自動車技術研究センター)

【研究担当者】 濱田 秀昭、佐々木 基、小淵 存、鈴木 邦夫、内澤 潤子、難波 哲哉、千葉 晃嗣、益川 章一 (新燃料自動車技術研究センター) 原 重樹、Caravella Alessio (環境化学技術研究部門) 多井 豊、三木 健、尾崎 利彦 (サステナブルマテリアル研究部門) (常勤職員9名、他4名)

【研究 内容】

本プロジェクトは、平成21年度に開始されたもので、ディーゼル排ガス浄化触媒システムにおいて、大量の白金族が使用されている酸化触媒と触媒付ディーゼルパーティキュレートフィルター (DPF) を対象とし、白金族金属の使用量を低減しつつ高い浄化性能を持つ排ガス浄化触媒システムの開発を目的としている。2企業、2大学との共同研究開発体制において、当研究所は下記の研究項目を担当した。成果概要は以下の通りである。

(1) 最適な触媒活性種組成と構造の探索

アルミナ担持白金触媒への複合効果を検討した結果、Pd の少量複合によりエージング後の NO 酸化活性が向上することを見出し、これは、複合化で活性種ナノ

粒子の安定性が高まり耐久性が向上するためと推定した。また、アルミナ担体の表面修飾を検討し、ニオブ・硫黄などによる酸修飾で NO 酸化活性の向上を認めた。酸修飾により NO₂の脱離が促進されたため活性が向上したと考察した。

(2) ナノ粒子固定化技術の開発

アルミナクリオゲルへの Pt 担持法に関して、従来用いてきた one-pot 調製と比較して、クリオゲル担体への Pt 含浸の方が、今回の反応に対しては効果的であることがわかった。そこで、触媒活性向上に効果的な骨格構造を見出すべく、担持前のクリオゲル担体の熱処理を種々の温度で試みた。その結果、高温処理した場合に、750℃、50h エージング後の触媒活性が最も高いことを見出した。

(3) 最適担体構造の検討

(a) 多元構造担体を用いたモデル白金触媒の検討

高温条件下でも活性を保持するシリカベース担体の開発を目指し、シリカへの第2成分添加の検討を行った。その結果、第2成分を添加することでエージング後の活性が向上し、特に Al、Zr を添加した場合に比較的高い活性を示した。活性が高い試料は NH₃吸着量が多い傾向を示したことから、酸点が反応促進に寄与していることが推察された。

(b) シミュレーションによる最適担体構造の検討

多元構造触媒の設計支援を目的として数値流体力学シミュレーションを行った。その結果、単一サイズの粒子からなる多孔体に比べ、2種類の大きさの粒子からなる多孔体の有効拡散係数は大きく、従って反応に有利であることがわかった。

(4) DPF 用銀触媒の機能発現要素の解明

スス燃焼に活性な Ag の状態の明確化の検討を行った。Ag/ZrO₂上の CB 燃焼速度は吸着酸素量および3~7nm の微小 Ag 粒子数に依存し、この Ag ナノ粒子は、担体と強く相互作用している酸化 Ag 種と酸化 Ag を被覆する金属 Ag 種から形成されていると推定された。また、担体の格子酸素の300℃付近におけるスス燃焼への関与は Ag 上の酸素より少ないと推測された。

[分野名] 環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] ディーゼルエンジン、排出ガス浄化触媒、白金族低減、酸化触媒、ディーゼルパティキュレートフィルタ

[研究題目] バイオ燃料の品質規格及び計量標準に関する研究開発

[研究代表者] 後藤 新一
(新燃料自動車技術研究センター)

[研究担当者] 後藤 新一、古谷 博秀、広津 敏博、
小熊 光晴、辻村 拓、小淵 存、

内澤 潤子、難波 哲哉、篠崎 修、
岩田 光夫、田中 亜紀子、貝塚 昌芳
(新燃料自動車技術研究センター)
高本 正樹、土井原 良次、嶋田 隆司
(計測標準研究部門)
(常勤職員10名、他5名)

[研究内容]

本研究開発では、2015~2020年頃に実用化されるであろうエタノールおよびバイオディーゼル燃料に対し、品質規格と計量標準を策定し、JIS 規格および国際規格策定に貢献することを目的とする。具体的には、1) ガソリン混合用エタノールの品質規格に関する研究開発、2) エタノール混合ガソリンの計量標準規格に関する研究開発、3) バイオディーゼル燃料の品質規格とエンジン排出ガス特性に関する研究開発の3テーマを実施している。平成22年度の成果を以下に示す。

1) ガソリン混合用エタノールの品質規格に関する研究開発

JASO 規格の中で測定方法に問題のある pH 測定方法について問題点を解決する手法を JIS を議論している意見交換会に提案した。具体的には純水とエタノールを混合することによって測定値を安定させる手法について、検証実験を実施、これを石油連盟が主催するガソリン混合用エタノールの JIS 化を検討する会合に提案すると共に、ラウンドロビンテスト、附属書作成に貢献した。

2) エタノール混合ガソリンの計量標準規格に関する研究開発

代替液及びエタノールそのものによる流量計試験を実施し、容積流量計では代替液である水もしくは灯油で校正した値をエタノール流量測定に用いることにより、流量計の再現性による誤差を除くと±0.2%で測定できる可能性があることがわかった。また、タービン流量計では、試験液の油・水・エタノール間で生じる流量計の再現性の劣化を洗浄等により防ぐことにより、管内レイノルズ数に対する特性を用いた代替液による校正が可能であることを示し、JIS の解説作成に貢献した。

3) バイオディーゼル燃料の品質規格とエンジン排出ガス特性に関する研究開発

バイオディーゼル燃料の品質規格について、これまであまり報告のないジャトロファ油 BDF に注目し、品質規格に資する試験を実施した。具体的には、実験室で製造したジャトロファ油 BDF、およびミニプラント製造のジャトロファ油 BDF の金属表面への影響について、鋼板腐食性試験 (JIS K 2513) を実施した。変色等の変化がないことより、特に問題がないことを確認した。また、軽油とのブレンド (B5) の 115℃における加速酸化試験 (経産省告示第81号) で、酸価の増加の強制規格値の0.12mgKOH/g をいずれも

クリアしていることを明らかにした。また、ジャトロファ BDF をディーゼルで燃焼させ、その PM をメタノールで抽出して分析したところ、ジャトロファの毒性の主体であるホルボールエステルは検出されなかったことがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオ燃料、品質規格、計量標準、自動車

【研究題目】戦略的国際標準化推進事業／標準化研究開発／ジメチルエーテル（DME）燃料に関する標準化

【研究代表者】小熊 光晴
（新燃料自動車技術研究センター）

【研究担当者】小熊 光晴、後藤 新一、日暮 一昭、喜多 郭二、佐々木 利幸
（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

クリーンエネルギーとして期待の大きい DME に関して、自動車用を主とした DME 燃料品質仕様の国際標準化を目指す。目標とする国際標準の内容は、「自動車用 DME 燃料仕様」および「DME 対応潤滑性評価試験方法」で、国内での JASO（日本自動車規格）or TS（標準仕様書）化と共に ISO 化を目標とする。

不純物や添加剤が DME エンジンシステムに及ぼす影響を、材料浸せき試験、エンジン試験および燃料潤滑性計測などによりその影響を評価した。浸せき試験の結果から、燃料タンクに使用されている SG 鋼板や燃料噴射ノズルニードルおよびボディは不純物や脂肪酸系潤滑性向上剤の影響を受けないことが確認された。銅（C1100）は、燃料中の不純物と脂肪酸系潤滑性向上剤の影響で形成された燃料中の酸により、その表面にいくらかの影響を受けることが確認された。エンジン試験の結果から、不純物や添加剤が及ぼす排気特性への影響は材料の耐性やエンジンの耐久性に及ぼす影響に比較して深刻でないことが確認された。燃料潤滑性評価の結果から、500ppm 以上水分が混入すると潤滑性は確実に悪化すること、メタノールの混入は潤滑性に影響しないことなどが明らかとなった。

本事業の成果として、以下のアイテムを ISO 制定の手続きに載せることができた。

- [1] DME (Dimethyl ether) for fuels-Specifications
- [2] DME (Dimethyl ether) - Determination of impurities by gas chromatography
- [3] DME (Dimethyl ether) - Determination of water content - Karl Fischer titration method
- [4] DME (Dimethyl ether) - Determination of Total Sulfur Part-1 Ultraviolet Fluorescence*
- [5] DME (Dimethyl ether) - Determination of Total Sulfur Part-2 Oxidative Microcoulometry Method*

[6] DME (Dimethyl ether) - Determination of Evaporation Residues- Mass Analysis Method*

*日本からの提案

（[1]は平成22年11月に NP16861登録）
（[2]～[6]は平成23年2月に新規提案済み）

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ジメチルエーテル、DME、ディーゼルエンジン、燃料、品質、標準化、ISO、自動車

【研究題目】グリーン・サステナブルケミカルプロセス基盤技術開発／触媒を用いる革新的ナフサ分解プロセス基盤技術開発

【研究代表者】花岡 隆昌（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】花岡 隆昌、白井 誠之、池田 拓史、佐藤 剛一、山口 有朋、日吉 範人、井上 朋也（集積マイクロシステム研究センター）、水上 富士夫（ナノシステム研究部門）、Jin Ding-feng、吉田 沙恵
（常勤職員7名、他3名）

【研究内容】

エチレン、プロピレン、ブテン、BTX などの基礎化学品原料は、ナフサを850℃で熱分解することにより得られている。化学産業におけるエネルギー消費削減のため、より低温かつ高い収率で上記基礎化学品原料を得るため、ナフサを接触分解する触媒の開発が求められている。ZSM-5ゼオライトはナフサのスチームクラッキングに高活性を示すが、反応の進行に伴い活性が急激に低下する。活性劣化の要因として水蒸気による脱アルミニウムによる酸量の減少とコーキングによる活性点の減少の二つがあげられる。二つの劣化要因を分けて議論することで ZSM-5ゼオライト触媒の活性劣化機構解明を行った。触媒にシリカアルミナ比60の ZSM-5ゼオライトを用い、反応温度650℃で、ナフサのモデル物質として n-ヘキサンのスチームクラッキングを行った。反応初期にはほぼ100%の転化率を示したが、反応時間と共に活性が低下し、10時間後で触媒活性は40%まで減少した。同じ反応条件で触媒がない場合、n-ヘキサンの熱分解率は40%であることから、ZSM-5ゼオライト触媒は10時間でほとんど活性がなくなった。この触媒を20%の酸素で650℃、5時間処理し堆積した炭素質を完全に除去してから再度 n-ヘキサンスチームクラッキングを行うと55%の初期活性を示し、15%だけ活性が再生した。また、水蒸気で650℃、10時間前処理した ZSM-5ゼオライト触媒は初期活性が50%であった。水蒸気処理による ZSM-5ゼオライトでの構造変化を調べたが、XRD 解析では水蒸気処理前後でゼオライト構造にほとんど変化は見られなかった。一方²⁹Al MAS NMR 解析では、未

処理の ZSM-5ゼオライトにおいて4配位構造のアルミニウムに帰属されるシグナルが観測されたが、水蒸気処理後は、そのシグナルがほとんど観測されなかった。これらの結果は、650℃の水蒸気雰囲気下では ZSM-5ゼオライト構造は保たれるが、骨格からアルミニウム原子が脱離することを示している。以上から、ヘキサン分解反応中に ZSM-5ゼオライト構造からアルミニウム原子が脱離し酸量が減少することが、活性劣化の主因であると判断した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 ナフサ、ZSM-5、ゼオライト触媒

〔研究題目〕 革新型蓄電池先端科学基礎研究事業／革新型蓄電池先端科学基礎研究開発

〔研究代表者〕 辰巳 国昭

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 辰巳 国昭、栄部 比夏里、竹内 友成、鹿野 昌弘、小林 弘典、城間 純、菊園 康雄、松本 亮子、太田 静生、奥本 めぐみ、吹谷 直美

(常勤職員6名、他5名)、

共同研究者(3名)

〔研究内容〕

本研究は、革新型蓄電池先端科学基礎研究事業の研究開発項目の一つである「材料革新」について、リチウムイオン電池のエネルギー密度の向上並びに長寿命化・高度信頼性の同時達成のための高電位正極および高容量負極の材料の革新に資する指針の提案を示すものである。平成22年度は、前年度に引き続き、被覆材料および被覆手法の選定を進め、被覆結果のキャラクタリゼーションを行い、電極特性を調べ被覆効果の検証を行うとともに、正極／電解質界面での副反応抑制機構の解明を目標に、電極特性測定や劣化試験後の活物質の変化の定量的な把握を行った。また、高電位正極および高容量負極についても電極特性・サイクル特性を調べるとともに、電極反応機構及び活物質の劣化機構の解明を進めた。

高電位正極／電解質界面の高度安定化については、母材にダメージを与えない条件でメカノケミカル法・湿式法で酸化物の被覆を行い、被覆物の物理的・化学的狀態を正しく評価するとともに、電極特性、特に高電位・高温での劣化試験における被覆効果の解明に取り組んだ。一般に被覆量増大により抵抗増大・容量低下を引き起こすため正極／電解質界面の高度安定化の機能の発現に必要な量を把握し、メカノケミカル法では初期値に対する劣化率を見た場合、部分被覆の場合でも容量劣化率・電極抵抗増大率は明確に抑制されることを見出した。湿式法については被覆物の偏析を抑制する蒸発乾固法により均一な被覆状態を実現した。断面の走査透過型電子顕微鏡観察および EDX 線分析によりいずれの方法でもほぼ同一の厚みで被覆できていたことが確認された。

高容量負極についてはリチウムと金属間化合物を形成する合金系負極に着目し、高耐久化のため多孔質構造の電極の開発を行った。電極特性の測定結果から、高い充放電可逆性を持つ電極構造となっていることを確認した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 二次電池、リチウム電池、リチウムイオン電池、正極、負極、界面、自動車

〔研究題目〕 革新的部材産業創出プログラム／新産業創造高度部材基盤技術開発・省エネルギー技術開発プログラム 次世代光波制御材料・素子化技術

〔研究代表者〕 福味 幸平

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 福味 幸平、北村 直之、金高 健二、茶谷原 昭義、西井 準治

(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

信頼性向上、低コスト化、機能集積の3条件を満足する革新的光波制御素子のためのガラス部材および高速・大面積微細成型・加工プロセスを開発することを目的とし、高い屈折率と低い成型温度を兼ね備えた新規組成のガラス部材を開拓するとともに、波長レベル以下の錐形あるいは矩形微細構造を平面あるいは曲面状のガラス表面に作製できるモールド材料と成形技術を開発し、省エネルギーと性能向上を両立した、超高機能次世代光学素子を低コストで製造する技術を開発する。本年度は、波長589nm での屈折率が1.8以上、屈伏点450℃以下で、透過波長下限400nm 以下の $\text{Li}_2\text{O}-\text{Ga}_2\text{O}_3-\text{Bi}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3$ 系、及び $\text{ZnO}-\text{Bi}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5$ 系ガラス材料を開発した。更に、ホウ酸塩系ガラスと SiC 基板との反応性について解析するとともに、屈伏点温度近傍におけるガラスの変形挙動を調査し、変形から破壊の遷移は粘度と変形速度に依存することを見出した。また、干渉露光法により、平板上の直径10mm 以上の領域に周期250nm のレジストパターンを形成することに成功した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 ガラス、モールド、光学素子

〔研究題目〕 固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発／研究開発項目①「基盤技術開発」テーマ b 定置用燃料電池システムの低コスト化のための MEA 高性能化
②高濃度 CO 耐性アノード触媒開発

〔研究代表者〕 山崎 眞一

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 山崎 眞一、八尾 勝、前田 泰、竹田 さほり、安田 和明

(常勤職員5名、他4名)

〔研究内容〕

本研究開発では、CO を低過電圧で酸化除去できる錯体系触媒と PtRu 触媒とを複合化させることにより、高濃度 CO 耐性アノード触媒の開発を目指した。

この研究開発では、PtRu と複合化しやすく、かつ、CO 酸化過電圧の低い錯体系触媒を見出すことが重要である。そこで、まず、水素電極基準50mV 以下で CO を酸化することができ、かつ、PtRu と複合化しやすい構造を持つロジウムポルフィリン錯体の開発を目指した。これまでの研究から、メソ位にフェニル基を持たないポルフィリン錯体は CO 酸化活性が高いものの、PtRu 触媒に吸着して PtRu を被毒してしまう傾向が強かった。そこで、メソ位にフェニル基を持ち、かつ、CO 酸化活性の高い錯体系触媒を探索した。

次に、ロジウムポルフィリン錯体と PtRu/C 触媒を複合化することにより、高濃度 CO 耐性アノード触媒の開発を目指した。PtRu との複合化のしやすさと、高い CO 酸化活性の両方を兼ね備えた Rh(TCPP) (ロジウムテトラカルボキシフェニルポルフィリン) をロジウムポルフィリン錯体の候補として選抜した。この錯体を平衡吸着法により PtRu 触媒に担持し、Rh(TCPP)-PtRu/C 複合触媒を得た。この触媒の1000ppmCO 存在下における水素酸化活性を評価すると、市販の PtRu/C やこれまで開発した複合触媒よりも高い水素酸化活性を示した。2%CO の存在下における水素酸化活性も、Rh(TCPP)-PtRu/C 複合触媒の方が PtRu/C 触媒よりも高かった。このような高濃度において CO 耐性が見られたことは、Rh(TCPP)が CO を酸化することにより、PtRu/C の耐 CO 性を上昇させているということを示唆している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】PEFC、アノード、一酸化炭素

【研究題目】高速合成・評価法による蛍光ランプ用蛍光体向け Tb, Eu 削減技術の開発

【研究代表者】赤井 智子

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】赤井 智子、山下 勝、三原 敏行、神 哲郎、李 佳龍、谷垣 宣孝、湊 秀幸・村上 方貴

(ユビキタスエネルギー研究部門)

大木 達也・西須 佳宏

(環境管理技術研究部門)

(常勤職員8名、他3名)

【研究内容】

照明省エネを達成するために必要となる高効率蛍光ランプの Tb, Eu の使用量を40%低減することを目的として、ランプ用ガラス材料の開発、蛍光体の再利用技術の開発を行う。ランプ中で発生する紫外線を有効活用することを目的として、ポーラスシリカに Cu 又は Mn を発光元素とする蛍光シリカの開発を行った。Cu や Mn を

高効率に発光させることのできる添加元素や焼成方法を明らかにした。また、ランプ内で発生した可視光の取り出し効率を10%以上向上させることのできるガラス管を得るために適切な表面凹凸パターンのシミュレーションを行った。その結果、10%以上光束を向上させることができると想定されるパターンを得ることができた。また、蛍光体の再利用を行い、10%以上蛍光体の使用量を低減するために、各種の蛍光体から希土類を使用しない蛍光体、希土類を使用する赤、青、緑の蛍光体を高磁場勾配磁選法によって分離するための条件を検討した。その結果、分散媒を工夫することで、すべての蛍光体が分離できることを実証した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】蛍光体、希土類省使用、照明、蛍光ランプ

【研究題目】次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／要素技術開発／リチウム二次電池の安全性に資するイオン液体電解質の開発

【研究代表者】松本 一

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】松本 一、栄部 比夏里、窪田 啓吾、香山 正憲、Hubert Valencia、寺澤 直弘 (健康工学研究部門)、都築 誠二 (ナノシステム研究部門)

(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

リチウム二次電池の安全性を高める液体電解質媒体として、難燃性・難揮発性が主な特徴であるイオン液体の適用を検討し、安全性に優れた車載用リチウム二次電池システムの実現に資するイオン液体電解質を開発することを目的としている。研究開始から4年目に当たる本年度では研究体制に香山、Valencia らを追加し、これまで都築によって行なってきた計算化学的手法(分子軌道計算および分子動力学計算)によるイオン液体の分子設計に加え、あらたにリチウム金属/イオン液体界面の第一原理計算を導入しアニオン種の違いに着目した検討を行った。これらの結果から前者の分子に着目した計算から明らかとなっているリチウムカチオンとアニオンの相互作用エネルギーと、後者から明らかとなったリチウム金属上でのイオン液体(特にアニオン)の吸着エネルギーとは異なるアニオン種依存性を示すことがわかった。これらの結果と実際に電池試験結果との関連性について今後検討する。前者の分子動力学法ではイオンの所望の部位の内部回転を仮想的に固定して計算することにより、拡散現象にあたるイオン構造の柔軟性の影響についてより詳細な知見を得ることに成功した。

新規に合成してきた FTA アニオンの熱安定性挙動について TGA にて検討し、リチウム塩として従来最も安

定であると知られている TFSA アニオンに次ぐ安定性を示すことがわかった。新規アニオンの合成と同時に公知アニオンの活用によるコスト低減を検討するために、種々のアニオンの混合物からなる塩の物性を詳細に検討した。これらの結果は計算化学的手法によっても推定できることを明らかとした。

新規な電極材料探索の一環として炭素負極を検討した結果、スピロアンモニウムからなる FTA イオン液体ではこれまで既存のイオン液体では困難であった炭素負極の充放電が可能となることを明らかとした。今後、これらの知見を活用し、最終目標である2500W/kgの達成を目指す。これらの研究成果に基づき、特許1件の出願、学会発表（国内14件、海外8件）、論文4件（掲載受理済）の発表を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】イオン液体、パーフルオロアニオン、リチウム二次電池

【研究題目】次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／基盤技術開発／次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発（劣化解析・抑制手法の開発）

【研究代表者】辰巳 国昭

（ユビキタスエネルギー研究部門）

【研究担当者】辰巳 国昭、鹿野 昌弘、小池 伸二、小林 弘典、栄部 比夏里、蔭山 博之、秋田 知樹、堀 博伸、BEN YAHIA Hamdi、廣瀬 道夫、上野 憲市郎、山本 博文、吉田 芳男、和合 由美子、山野 由美子、植永 恵子、平井 順、座間 瑤香、村野 克裕、名倉 規代、中島 美幸、佐藤 扶美子、犬飼 祥子、齋藤 喜康*、児玉 久子*

（常勤職員8名、他17名）

*エネルギー技術研究部門

【研究内容】

基盤技術開発の担当4法人（電力中央研究所、産総研、日本自動車研究所、東北大学）が、研究開発責任者会議により全体を統括するとともに、電池試験技術協議会を組織することで要素技術（モジュール電池）開発担当法人と連携を図り研究開発を推進した。産総研は、「劣化要因の解明とその抑制方法の開発」並びに「材料レベルからの安全性要因の解明」を担当している。

平成21年度までに、正極材料に $\text{LiNi}_{0.80}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ (NCA) を、負極材料にハードカーボンを用いた HEV 用途に適した高出力型の18650型円筒電池を試作し、電池の劣化に伴い生じる正極材料の変化について解析を進めた結果、サイクル試験および保存試験いずれにおいても正極材料の最表面において層状構造が乱れ立方晶とな

る現象が出力劣化の要因であることを明らかにした。さらに、本年度においては EV および PHEV 用途に適した高容量型の $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ (NMC) を正極材料に用いた18650型円筒電池についても検討を加えた結果、正極表面に電池の劣化に伴う立方晶の生成を同様に見出した。この立方晶の生成を、Ni を含有した層状型正極材料共通の出力劣化要因として推定している。また、XPS や FT-IR を用いた解析結果より、NCA および NMC の正極表面に共通して電解液由来のリチウムアルキルカーボネートの生成を明らかにした。さらに、ガス官能基分析装置を導入してガス発生に至る濫用試験条件について確認を行い、材料レベルからの安全性要因の解明へ向け取り組んでいる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】二次電池、リチウム電池、リチウムイオン電池、正極、負極、自動車

【研究題目】次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／次世代技術開発／エネルギー密度の革新を目指した金属-空気電池の二次電池化

【研究代表者】藤原 直子

（ユビキタスエネルギー研究部門）

【研究担当者】藤原 直子、五百蔵 勉、林 由美子、前田 範子（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

負極に亜鉛などの金属、正極を空気極とする金属-空気電池は、飛躍的なエネルギー密度向上の可能性から、二次電池化に興味を持たれている。しかし、長期耐久性や大型化など実用上の観点から課題は多い。本研究では、金属-空気電池の空気極（正極）側に着目し、空気極近傍にアニオン交換膜を電解質として使用する固体高分子形空気極の基礎検討、および可逆空気極触媒の探索について研究を進めている。

今年度は特に、金属-空気電池の課題である充放電効率の向上を目指し、空気極における反応過電圧低減のための触媒探索を行った。種々の組成のペロブスカイト型酸化物 (ABO_3) について、既報の LaCoO_3 を元に A サイトの La と B サイトの Co を異種の元素で置換することにより、両反応に対する活性と酸素発生時の高電位での安定性を向上させることを目指した。A サイトの主成分として、希土類の La に代わり、より資源量が豊富で安価な元素を利用することを検討したところ、空気極活性を低下させることなくアルカリ土類金属の Ca を使用できることを見出した。一方、B サイトの Co を異種の遷移金属 (Mn、Fe、Ni、Cu など) で部分置換する試みを行った結果、特に Fe による部分置換が酸素発生反応に対する活性向上に有効であることが明らかとなった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】金属-空気電池、空気極、酸素還元、酸

素発生、アニオン交換膜

(常勤職員4名、他1名)

〔研究題目〕水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発／水素製造機器要素技術に関する研究開発／CO₂分離膜を用いた水素ステーション改質システムの開発

〔研究代表者〕栗山 信宏
(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕栗山 信宏、上田 厚、倉谷 健太郎、
鍵田 直美 (常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

目標：170℃以下で使用可能な CO 変性触媒を開発する。CO₂膜分離法を用いた水素製造改質システム (CO₂選択透過膜と本研究の開発である CO 変性触媒とを組み込む) は、水素ステーションの小型化、低コスト化、高効率化が期待できる。

研究計画：コンビナトリアル化学手法による CO 変性触媒の探索および改良を行う。本研究で想定している CO₂分離膜は有機系膜であり、耐熱性の点から低温で用いることが望ましい。このため従来触媒である銅系触媒および我々が見出した新規な触媒をベースに、170℃以下で使用可能な CO 変性触媒を開発する。

年度進捗状況：昨年度見出した Cu 系触媒の組成最適化を図った。昨年度は Cu 系触媒 (Cu-ZnO-Al₂O₃) への第4成分の添加を検討した結果、触媒性能 (CO 転化率) が向上する添加元素を見出した。反応管出口近くでは CO 変性の進行により CO 濃度が低下し、更に本研究で想定している CO₂膜分離法と CO 変性触媒を組み合わせた反応器では (CO₂膜分離により) CO₂濃度の低下も期待できる。そこで本年度は、低 CO 濃度条件 (3容量%程度) 下での Cu 系触媒の触媒組成最適化を行った。Cu 系触媒 (Cu-ZnO-Al₂O₃) への第4成分を詳細に検討してみると、全ての触媒について共存 CO₂濃度の増加により CO 転化率が減少する。しかしながら、CO₂濃度が低濃度 (5容量%以下) であれば共存 CO₂による CO 転化率低下の抑制が期待できる元素を見出した。この CO 転化率低下の抑制理由は、第4成分の添加により反応生成物である CO₂脱離 (炭酸塩分解) が促進されたためと考えている。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕触媒、一酸化炭素、水素、CO 変性反応、
コンビナトリアル化学

〔研究題目〕省水型・環境調和型水循環プロジェクト
水循環要素技術研究開発
有用金属・有害物質の分離・回収技術の
開発1

〔研究代表者〕原田 晃 (東北センター長)

〔研究担当者〕田中 幹也、小山 和也、成田 弘一、
大石 哲雄、Chitanya Raj Adhikari

〔研究内容〕

無電解ニッケルめっき工程における、めっき液中の不純物である亜鉛を選択除去し、めっき液の長寿命化を達成すること、および新規抽出装置を適用して使用済みめっき液からニッケルを高効率に回収しリサイクルする技術を確立することを目指して、めっき会社および日本原子力研究開発機構と共同で研究を行っている。このうち産総研では、溶媒抽出用試薬を多孔性樹脂に含浸させた含浸樹脂法による亜鉛除去およびエマルションフロー型抽出装置によるニッケル回収において、それぞれの最適操作条件を求める際のバックデータを提供することを目的とした検討を行っている。

抽出剤として PC88A を用いたときの亜鉛の含浸抽出挙動に及ぼす pH および抽出剤濃度の影響を調べた。その結果、めっき液からの亜鉛の含浸抽出は、硝酸溶液からの抽出に比べ、水溶液相内の錯形成の影響により抑制されること、しかし、めっき液の pH 領域では十分高い効率を得ることができ、ニッケルからの選択性も優れていることが分かった。またモデルめっき液からの抽出データがラングミュアの吸着式で表現でき、吸着定数が $\log (K/L \text{ mol}^{-1}) = 3.45 \pm 0.06$ と求められた。カラムを用いた繰り返し実験の結果、抽出剤の漏洩により亜鉛の吸着率が漸減していくことが判明した。

また、ニッケルの溶媒抽出における PC88A の加速機構を明らかにする目的でいくつかの検討を行った。定界面積セルによる抽出実験の結果、抽出速度は PC88A 濃度により直線的に増大した。また界面での吸着種を再解析し、弱酸性領域での界面での優勢種は PC88A ダイマーアニオンであることを示した。さらに有機相内の錯体について、これまでよりも広い条件を検討し、LIX84I と PC88A の混合配位子錯体の生成を仮定したモデルによってデータを説明できた。また実際のめっき液からの抽出のように有機相内にナトリウムが入ると、この混合配位子錯体が分解し、平衡はニッケル-LIX84I 錯体により多く生成する方向に動くことが分かった。これらの結果より、界面での PC88A ダイマーアニオンがまずニッケルと反応しニッケル-LIX84I 錯体に変化していくことが推測された。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕廃液、工程液、溶媒抽出、含浸樹脂、
LIX84I、PC88A、ニッケル、亜鉛、無
電解ニッケルめっき

〔研究題目〕省水型・環境調和型水循環プロジェクト
水循環要素技術研究開発
有用金属・有害物質の分離・回収技術の
開発2

〔研究代表者〕辰巳 憲司

(環境管理技術研究部門)

〔研究担当者〕辰巳 憲司、市川 廣保、和田 慎二
(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

これまで処理が困難であった無電解めっき液などの、COD成分であるキレート剤を大量に含む重金属廃液や排水を、低スラッジ量で効率よく処理する技術の開発を目指した。

無電解銅めっき廃液の主要COD成分がロッシェル塩とギ酸であることから、これらの銅フェントン酸化による最適分解法を検討した。酒石酸(ロッシェル塩)モデル廃液のフェントン酸化では、過酸化水素を5倍モル量添加すると酒石酸は完全に分解された。同様に、酒石酸を全て分解するのに必要な銅の添加量は0.2倍モルであった。鉄フェントン酸化と同様に、酒石酸の分解によりシュウ酸が生成するが、生成量は約40mmol/Lで、鉄フェントン酸化での生成量の約1/3となった。処理後のシュウ酸濃度が少ないことから、銅フェントン処理の方が鉄フェントン処理よりも有利であることが明らかになった。次に、銅めっき廃液の有機酸組成に準拠して、酒石酸(ロッシェル塩)92mmol/L、ギ酸481mmol/L、ホルムアルデヒド360mmol/Lを含む銅めっきモデル廃液を調製して、銅フェントン反応を行った。種々の反応条件での検討から、各有機酸を分解するために必要な過酸化水素量などの最適条件が明らかになった。

めっき廃液に含まれる酒石酸をフェントン酸化で低分子化するのに要する過酸化水素量を評価するため、酒石酸の鉄及び銅フェントン酸化における分解機構を検討した。酒石酸はフェントン反応で発生するOHラジカルにより酸化され、反応生成物となる。これらはさらに酸化されて、いくつかの反応中間生成物を經由し、シュウ酸とギ酸が生成する。鉄フェントンでは反応の初期段階で脱炭酸が優先するが、銅フェントンでは脱炭酸よりβ開裂が優先して起こり、シュウ酸よりもギ酸が主に生成することが明らかになった。このため、鉄および銅フェントン酸化で生成するシュウ酸量に違いがでるものと考えられた。

銅フェントン処理により各有機酸は分解されるが、反応液には銅イオンが残留する。廃液中で銅イオンは有機酸と錯体を形成しているため、沈殿物を生成させて除去することができない。しかし、有機酸はフェントン処理で分解・除去されるため、フェントン処理液に酸化剤を添加し、pHを高アルカリに調整することで、銅酸化物沈殿(CuO)として分離できた。フェントン処理液中に酒石酸(ロッシェル塩)が残留していると、銅酸化物の生成を妨害する。例えば、銅溶液(7.4mmol/L)において2mmol/Lの酒石酸(ロッシェル塩)が共存するとCuO生成が阻害される。一方、シュウ酸やギ酸は10~100mmol/L程度共存してもCuOの生成を妨害しない。従って、廃液のフェントン処理において、酒石酸がほとんど残留しない程度にまでフェントン処理を行うことが

必要であることがわかった。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕フェントン酸化、酒石酸、無電解めっき、廃液、重金属、重金属水酸化物、重金属酸化物、フェライト法、酸化物沈殿

〔研究題目〕革新的部材産業創出プログラム／新産業創造高度部材基盤技術開発・省エネルギー技術開発プログラム／「革新的マイクロ反応場利用部材技術開発」

〔研究代表者〕島田 広道(つくばセンター次長)

〔研究担当者〕安田 弘之、坂倉 俊康、高橋 利和、小野澤 俊也、崔 準哲、竹中 康将、深谷 訓久、岩浪 克之、吉永 充代、上田 正枝、杉山 順一、山下 浩、羽鳥 真紀子、満倉 由美、森住 真紀、中岩 勝、遠藤 明、片岡 祥
(環境化学技術研究部門)

花岡 隆昌、石井 亮、伊藤 徹二、角田 達朗、松浦 俊一、水口 純子、外門 恵美子、横山 敏郎、川波 肇、佐藤 正大、鈴木 明、畑田 清隆、川崎 慎一郎(コンパクト化学システム研究センター)

古屋 武、依田 智、竹林 良浩、川西 祐司、堀内 伸、安倍 太一、宮沢 哲、井上 杏子、下平 晴記、水上 富士夫、川合 章子

(ナノシステム研究部門)

濱川 聡(企画本部)

(常勤職員31名、他13名)

〔研究内容〕

ナノ空孔を分子触媒・酵素の固定化担体あるいは精密反応場として利用した合成技術の開発を通じて、電子デバイス材料、医薬品中間体、機能性食品など高付加価値化学品の高効率製造に必要な基盤技術を確立し、幅広くナノ空孔利用機能性化学品製造技術の普及を図ることを目的として研究開発を行った。例えば、ナノ空孔固定化分子触媒の開発では、低反応性クロロ体基質を用いた鈴木カップリング反応において、収率90%以上、金属リーチング0.2ppm以下を実現した。ナノ空孔固定化酵素の開発では、機能性アミノ酸の合成において、ナノ空孔材料、反応条件の最適化により50回以上の繰り返し使用で高い反応活性を維持することを明らかにした。

また、マイクロリアクター技術やナノ空孔技術の特長を生かした反応系に、マイクロ波などの外部エネルギー、高温高压反応場、超臨界流体反応場などを適用した協奏的反応場を創出し、機能性化学品生産のための革新的反応プロセス構築のための基盤技術を確立することを目的として研究開発を行った。例えば、高温高压水を利用し

たナフタレンのニトロ化において、マイクロリアクターを用いて合計60時間以上の連続運転を行い、安定した操作とともにニトロナフタレンを収率75%で得ることを実証した。マイクロ波、触媒、重水からなる協奏的応場を利用することにより、芳香族化合物の H/D 交換反応が迅速に進行し、高い重水素含量を有する標識化合物の合成が可能なことを見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】機能性化学品、ナノ空孔、協奏的応場、メソポーラスシリカ、分子触媒、酵素、マイクロリアクター、高温高压応場、超臨界流体応場、マイクロ波

【研究題目】グリーン・サステナブルケミカルプロセス基盤技術開発／革新的酸化プロセス基盤技術開発

【研究代表者】島田 広道（つくばセンター次長）

【研究担当者】佐藤 一彦、清水 政男、今 喜裕、千代 健文（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

酸化反応を含むプロセスは工業的に最重要であるが、未だに環境に大きな負荷をかける酸化法が使用されている。本研究はこのような酸化プロセスに代替し、ハロゲンや重金属酸化剤を使用せず、しかも環境への負荷を大幅に低減できる可能性を持つ過酸化水素酸化を主とする革新的酸化プロセスの基盤技術を確立し、廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発を実現することを目的とする。

本年度は、1) 高難易度要因を複数持つ基質への過酸化水素酸化の適応を目指し、多官能かつ中～高分子基質、高分子かつ易加水分解性基質および易加水分解かつ多官能性基質の酸化について研究を行った。単一要因の際には見られない反応性の低下、加水分解の加速、および他官能基の酸化との競合などの問題点に対し、触媒条件の詳細な検討、過酸化水素との接触方法、生成物分離法の改良により、いずれの対象についても問題点を克服し、目的物を良好な転化率と選択性で得ることに成功した。2) 過酸化水素触媒反応について基盤技術の拡大を推進した。3成分を必要とする触媒系から脱却し、1成分のみで高効率に進行する触媒開発として、回収再利用可能な白金黒1種類を触媒に用いる3級アリルアルコールの転位反応及び脱水素酸化反応を一挙に進行させる手法を開発し、 α 、 β -不飽和カルボニル化合物を高収率で合成する技術を開発した。また、コモンメタル代替による高活性過酸化水素酸化技術開発として、鉄触媒と市販の添加剤を組み合わせた技術による、スチレン類の高選択的酸化反応の研究を行い、ハロゲンフリー条件下で高効率に対応するエポキシ化合物へ変換する技術を開発した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】グリーンケミストリー、過酸化水素、酸

化反応、触媒、エポキシ化

【研究題目】革新的ノンフロン系断熱材技術開発プロジェクト／革新的断熱技術開発／次世代断熱発泡剤の研究開発

【研究代表者】田村 正則（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】関屋 章、田村 正則、権 恒道、水門 潤治、徳橋 和明、陳 亮、高橋 明文、滝澤 賢二、内丸 忠文、鈴木 康正、周 曉猛、韓 立彪、内丸 祐子、山下 浩（常勤職員11名、他3名）

【研究内容】

発泡プラスチック系断熱材の断熱性能は、発泡剤の断熱特性が優れているほど高い断熱性能が得られるが、断熱性能に優れた従来の発泡剤は温暖化係数が大きい。本研究では、温暖化係数が小さく断熱特性も優れた発泡剤の開発を目指して検討を進める。フッ素系オレフィン類を候補化合物とし、毒性、熱伝導率、温暖化評価、燃焼性評価、VOC 評価、合成法など多方面から検討することで、断熱特性が優れ環境への負荷の小さい発泡剤を開発する。本年度は、以下の研究を行った。

フッ素系オレフィン類の合成について検討し、評価のための資料製造を進めた。また、気体熱伝導率測定装置の改良を行い、1つの候補化合物について、HFC-245fa よりも気体熱伝導率の値が約10%小さいことを明らかにした。

触媒等に対する安定性評価を行い、候補化合物の1つは安定であること、また不安定な化合物に対しては、その分解の原因を見出した。

環境影響評価として、OH との反応速度を測定し、データを追加・更新した。また、温暖化評価手法の高度化を進めた。

安全性評価として、燃焼限界の測定を進めるとともに、候補化合物の1つについて燃焼速度測定により燃焼性等級の分類を明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】代替物、発泡剤、断熱材

【研究題目】省エネルギー革新技術開発事業／先導研究／次世代分離プロセス用カーボン膜モジュールの研究開発

【研究代表者】原谷 賢治（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】原谷 賢治、吉宗 美紀、原 重樹、藤原 一郎、溝口 敬信、穂吉 紀子（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

本研究は、化学品製造の基幹有機物質である酢酸やイソプロパノール（IPA）等の分離プロセスを現行の蒸留法から省エネルギー型の膜分離法に代替することを目的

とし、優れた分離性能と耐薬品性を有するカーボン膜モジュールを開発する。

水/IPA 分離系について、昨年度の検討結果をもとに炭素膜の製膜条件・炭化条件の最適化を検討した。例えば炭化温度を600℃とし、炭化時間を1~4時間と変化させたところ、1時間とした場合に水の透過速度が最も大きく、膜の機械強度も優れることが分かった。この方法で作製したカーボン膜を用いて、75℃における IPA 水溶液の浸透気化分離試験を実施したところ、今年度の性能目標値（水の透過速度 $P=7.5 \times 10^{-7}$ (mol/m² s Pa)、水/IPA の理想分離係数 $\alpha=3000$) を大きく上回る透過性能（水の透過速度 $P > 1.1 \times 10^{-6}$ (mol/m² s Pa)、水/IPA の理想分離係数 $\alpha > 100000$) を得ることができた。水/IPA 系の蒸気分離において、供給圧力・供給濃度が分離性能に与える影響を検討した。まず、供給液を水のみとして蒸気透過を行ったところ、水の透過速度は供給圧力が大きくなるとそれに比例して大きくなること分かった。無機ガスの透過速度は供給圧力にかかわらずほぼ一定となることから、水の透過は活性化拡散型に加えて吸着の寄与があることが確認された。また、水の供給濃度が高いほど、水の供給圧力が大きくなるため、透過速度が大きくなることを確認した。水の供給濃度が大きくても、理想分離係数 $\alpha > 10000$ が得られていることから、カーボン膜は広い濃度範囲で優れた性能を示すことを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】化学プロセス、膜分離、カーボン膜

【研究題目】省水型・環境調和型水循環プロジェクト／水循環要素技術開発①／1) 革新的膜分離技術の開発 うち iii) 分離膜の細孔計測技術の開発及び標準化に向けた性能評価手法の開発

【研究代表者】柳下 宏（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】榎 啓二、小林 慶規、伊藤 賢志
鈴木 良一、大平 俊行、大島 永康、
加藤 隆二、古部 昭広
(常勤職員9名、他3名)

【研究内容】

本事業では、陽電子消滅法による RO 膜及び NF 膜の有する細孔を計測する技術を確立し、陽電子消滅法で測定された細孔と分離性能を比較して分離機構の解明に資する研究開発すること、そして、RO 膜及び NF 膜の膜評価に関する標準化の指針を作成することを目的とし、陽電子消滅法による RO 膜及び NF 膜の有する細孔の計測、RO 膜及び NF 膜の分離性能の測定を行い、RO 膜及び NF 膜における細孔と分離性能の評価結果の相関を求めるとともに、RO 膜及び NF 膜の細孔測定方法の標準化に関する研究開発を行った。

① 陽電子消滅法による分離膜中の細孔計測技術の開発

市販ポリアミド系 RO 膜試料の低速陽電子寿命測定を行った。なお、測定は平膜から切り出した同一ロットの4つの試料片を用いた。いずれの RO 膜試料の測定結果においても、陽電子寿命値のばらつきは標準偏差で0.08° ns（相対値で5%）未満であることが確認できた。

② 分離膜における細孔と分離性能との相関

市販の RO 膜の分離性能を評価した結果、標準的な透過物質としては、NaCl、尿素、エチレングリコール、1-プロパノール、2-プロパノールが適していることがわかった。

膜性能評価の際、極めて低濃度の分子の透過を検出するために、蛍光計測を応用した検出技術の開発を行った結果、感度にして ppt レベルの分子検出を達成し、さらに、蛍光分光法と蛍光寿命法を併用することで、目的とする分子を選択的に検出できることが確認できた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】膜分離技術、RO 膜、NF 膜、陽電子消滅法、細孔計測技術

【研究題目】新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術開発）／セルロース系バイオエタノールからプロピレンを製造するプロセス開発

【研究代表者】島田 広道（つくばセンター次長）

【研究担当者】島田 広道、中岩 勝、榎 啓二、
羽部 浩、大森 隆夫、山本 拓司、
吉宗 美紀、藤谷 忠博、伊達 正和、
中村 功、高橋 厚、三村 直樹、
原谷 賢治、Thongprachan Napawon、
Xia Wei、松本 尚之、木村 幸紀、
新保 外志夫、谷口 智、河村 光隆、
大塚 邦美子（環境化学技術研究部門）
村田 和久、高原 功、稲葉 仁、
井上 研一郎（エネルギー技術研究部門）
(常勤職員15名、他10名)

【研究内容】

本研究では、2015~2020年頃の実用化をめざし、セルロース系バイオエタノールからプロピレンを製造するための触媒開発、分離精製技術開発、およびプロセス開発を行う。

1) 高性能触媒開発

10員環の H-ZSM-5 (MFI 型) 担体への修飾剤について、ジルコニウムや他の希土類金属等を検討し、ジルコニアの添加で、高温焼成時 (700~800℃) のゼオライトの構造崩壊が抑制される可能性を確認した。

2) 触媒評価手法の確立と反応システムの最適化

ZSM-5ゼオライト系触媒の改良と成形方法等の検

討を行った結果、リンで修飾することにより、目標値であるプロピレン収率35%を達成した。リン修飾ZSM-5触媒について大量合成の検討を行った結果、エバポレーターを用いてリンをZSM-5に含浸担持することにより、1バッチ50g程度の触媒を再現良く調製できることを見いだした。

3) 硫黄不純物吸着剤の開発

セルロース系エタノール4種の硫黄濃度をJIS準拠の方法で調べたところ、0.5~2.2ppmの範囲で含まれていた。市販脱硫剤を用いた高圧下での固定層吸着破過曲線の測定により、プロピレンガス中の硫化水素の除去試験を実施した結果、プロピレン中の硫化水素濃度を10ppb以下に低減可能であることを確認した。

4) 膜による脱水法の開発

昨年度に優れた脱水性能を示した炭素膜の膜モジュールを用いて、供給温度や供給圧力、供給流量が脱水性能に与える影響を検討したところ、供給水分量に対して97%以上の脱水率を示し、脱水性能に問題がないことが確認できた。また、マイクロ装置での評価用として膜面積0.1m²の炭素膜モジュールを製作した。

5) プロセス開発

10kg/日のエタノール供給量スケールのマイクロ装置を用いて触媒反応を行い、スケールアップのための工学データを取得した。研究開発では、同業界で初めてエアコン用ポリエチレン発泡体の難燃化処理技術を開発し、実用化することを目指す。また、同時に、断熱材の難燃基準設定のための基礎データの収集も行う。本研究では、ナノコンポジット手法を用いて、難燃剤を高分散させ、難燃化ポリエチレンを製造した。この材料の熱安定性(TGA)、酸素指数、難燃性(UL94HBF, HF)、燃焼熱と燃焼速度及び燃焼時に発生するCO(コーンカロリメータ実験)、さらに電線的一条燃焼実験データの収集を行った。

これらの実験データから、ナノコンポジット手法を用いて作られた難燃化ポリエチレンフォームは、高い耐熱性を有するとともに、優れた難燃性を有することが分かった。一方、分子内直接難燃剤の導入によるポリエチレン高分子材料難燃化技術の開発では、ビニルリン類とエチレンの共重合により、リンが化学結合で高分子内に導入可能であることがわかった。また、燃焼実験では、リンが導入されたものに難燃性が発現することを確認した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] バイオマスエタノール、プロピレン、ゼオライト触媒、硫黄化合物、吸着分離、膜分離

[研究題目] 新エネルギー技術研究開発/バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発(先導技術開発)/バイオポリオレフィン等のバイオマス由来度の測定・試験方法の研究

研究開発

[研究代表者] 国岡 正雄(環境化学技術研究部門)

[研究担当者] 国岡 正雄、田口 和宏、船橋 正弘、大石 晃広、八木 久彰
(常勤職員5名、他3名)

[研究内容]

バイオマス由来のポリオレフィンと石油由来のポリオレフィンを判別でき、ポリオレフィン中のバイオマス由来度を定量的に測定できる方法を開発するため、規格ASTM D6866にある放射性同位元素炭素14濃度を測定してバイオマス由来度を評価する方法を中心に検討した。炭素14の濃度測定法として、加速器質量分析に着目し、以下のことを明らかにする。①再生可能原料であるバイオマス等のみから生成したポリオレフィンのバイオマス由来度を測定する。また、石油由来のポリオレフィンについてもバイオマス由来度を測定する。②バイオマス由来及び石油由来のモノマー等のポリマー原料について、バイオマス由来度を測定する。③ポリオレフィンから製造される製品に近いプラスチック製品、複合材料を視野に、充填材や添加剤等のバイオマス由来度を測定する。④無機炭素類(珊瑚、貝殻、珪藻土等)に、この測定法が適用できるかどうかを詳細に検討する。ポリオレフィン材料に関して、測定誤差を明らかにするために、繰り返し測定を行い、本測定法の精度を確認し、国際標準規格としての精度があることがわかった。また、ポリオレフィンプラスチック樹脂と添加剤を分離して、それぞれのバイオマス度を測定することにより、樹脂成分のバイオマス度を測定できる方法を開発する。樹脂と添加剤の分離方法としては、溶媒による分離法と熱分解温度の差を利用した熱分解分離法を検討した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] バイオマス炭素含有率、炭素14、試験法、ポリオレフィン、標準規格

[研究題目] 新エネルギー技術研究開発/バイオマスエネルギー高効率転換技術開発(先導技術開発)/膜分離プロセス促進型アルコール生産技術の研究開発

[研究代表者] 池上 徹(環境化学技術研究部門)

[研究担当者] 榊 啓二、根岸 秀之、羽部 浩、落合 明美(常勤職員4名、他2名)

[研究内容]

本研究では、発酵法によって生産される低濃度ブタノール液を対象として、蒸留法を用いない膜分離プロセスのみによる無水ブタノールの生産技術を確立するための要素技術として、分離膜の開発、およびアルコール分離プロセスの開発を実施する。

開口率の高い多孔質基板を支持体に用いることでシリカライト膜の透過流束を向上させることができた。また、水熱合成による製膜に使用する合成ゲル調整の際のエー

ジグ条件が膜性能に非常に大きな影響を与えることが分かった。すなわち、エージングの温度と時間を精密に制御することで、高エタノール選択性のシリカライト膜を再現性よく作製できた。

これらのシリカライト膜をシリコンゴムで被覆すると、高ブタノール選択性（1wt%ブタノール水溶液から80wt%以上に濃縮が可能）を示すことも分かった。実発酵液を分離する場合に、高ブタノール選択性を維持するための検討を行った。その結果、培地の調製に使用する栄養源が分離性能に大きな影響を及ぼすことが分かった。栄養源の濃度を軽減した培地でのブタノール発酵が長期的に運転可能であれば、シリカライト膜を用いた浸透気化分離プロセスからなる省エネルギー型のブタノール精製システムの構築が可能となることが分かった。

ブタノールによる発酵阻害を軽減するための溶媒抽出法についても検討した。ドデカノール抽出溶剤とした場合にはアセトン、エタノールの多くは発酵液中に残ることが分かった。抽出法を実施する場合のブタノール生産フローの設計に必要な抽出塔、溶剤回収塔、ブタノール精留塔の設計を行った。1.5wt%ブタノール発酵液からの分離精製では、蒸留工程の所要エネルギーは、生産ブタノールの持つ発熱量の約1割程度と計算され、溶剤抽出法はエネルギー的に有利な方法であることが分かった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ブタノール、膜分離、シリカライト膜、抽出剤

【研究題目】冷却ネットワークとナノ流体伝熱による集中管理型先進冷却システムの開発

【研究代表者】阿部 宜之（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】阿部 宜之、大内 真由美
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

データセンターの空調電力の50%以上の削減を目標に、液冷を基本とした先進冷却ネットワーク技術の研究開発を実施している。

厚さ2.0mmの薄型ヒートパイプを試作し、1Uのサーバーに搭載されている2ヶのCPU（Intel XeonE-5540 80W×2）の冷却実証を行い、1,000時間を越える長期間に亘り、確実な冷却が維持できることを実証した。更に、薄板を用いた箱型構造による薄型プレート構造のヒートパイプの実現を目指し、民間企業と共同研究体制を開始し、供試体の試作、熱輸送特性の評価を実施した。実際のサーバラックに、3台の実機サーバを搭載し、薄型ヒートパイプを用いた冷却システムを組み込んだ複合冷却システムを製作し、冷却実験を実施した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】データセンター、冷却、IT機器、省エ

ネ

【研究題目】ナノテク・先端部材実用化研究開発/カゴ状物質を利用したナノ構造制御高性能熱電変換材料の研究開発

【研究代表者】山本 淳（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】山本 淳、上野 和夫、小原 春彦、長瀬 和夫（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

最適モジュール構成の設計においては、現状のP型およびN型のBaGaSnクラスレート焼結体の性能をベースとして、ゼーバック係数の増加（10%増加、20%増加）や抵抗率の低減（10%低減、20%低減）といった材料の性能向上が、発電モジュールの発電性能の向上に与える影響についてシミュレーションを行った。

セグメント型素子の設計においては、ビスマステルル系材料の焼結体と山口大学から提供されたBaGaSnクラスレート焼結体をIn-Ga合金により接合したセグメント型のPN対を試作し、7月28日から9月9日までの期間で1,000時間の温度差保持試験を実施した。高温側設定温度300℃、低温側は20℃近傍とし、窒素フローにより酸素濃度を0.1%以下とした状態で起電力と内部抵抗の連続計測を実施した。

モジュールの試作と性能評価については、山口大学より提供を受けたP型およびN型BaGaSnクラスレート焼結体を使用して、発電モジュールを試作した。素子のサイズはP型で5mm角、N型で4mm角、厚みは2.5mmとした。8対のPN対を28mm角の基板上に接合し発電モジュールを構成した。発電特性を窒素雰囲気中で評価した結果、高温側温度603K、低温側温度303K、温度差300Kにおいて発電出力1.7W、発電効率3.9%を達成した。

【分野名】環境・エネルギー分野

【キーワード】熱電変換材料、ナノ構造制御、未利用熱エネルギー

【研究題目】ナノテク・先端部材実用化研究開発/ハイブリッドナノカーボン電極による水系電気化学スーパーキャパシタの開発

【研究代表者】曾根田 靖（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】曾根田 靖、児玉 昌也、羽鳥 浩章、山下 順也、丸山 勝久、常名 美穂子、有馬 住子（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

炭素材料を電極とする電気二重層キャパシタ（EDLC）において、水系電解液（水系キャパシタ）は有機系電解液と比較して高導電率、低コストなどの利点を持っている。水系は有機系と比べて作動電圧が制限されるため、疑似容量導入によって比容量を改善すれば、廉価な汎用型デバイスとしての需要拡大が見込まれる。

本研究では高容量を示す膨張化炭素繊維と、疑似容量効果を持つ窒素ドーブ炭素の性能を融合することで両者の特徴を併せ持った新電極材料を創製し、ハイブリッドナノカーボン電極による革新的な水系電気化学スーパーキャパシタを開発することを目的としている。

昨年度までに検討した酸化マグネシウム鋳型法による窒素ドーブ炭素の構造最適化を行うため、今年度は鋳型前駆体であるクエン酸マグネシウムを焼成することによって得られる多孔質カーボンについて、細孔構造制御と比容量との相関を検討した。クエン酸マグネシウムおよびクエン酸との混合前駆体からの多孔質カーボン調整条件を詳細に検討し、3極式セルでの標準試験条件で492F/g、高出力試験で460F/g に達することを確認した。また、昨年度までに開発したベンゾイミダゾベンゾフェナントロリンラダーポリマー (BBL ポリマー) を用い、膨張化炭素繊維およびカーボンブラックとのハイブリッド材料を調整し、実際のデバイス設計に供する指標を得るためにプロジェクト参画の企業においてスラリー電極による2極式評価を行った。充放電試験において、124F/g の質量換算容量が達成され、ラボ試験での BBL 単体に対する3極式評価での単極容量600F/g を上回り、ハイブリッド化の効果が現れていると考えられた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 キャパシタ、窒素ドーブ、ハイブリッド

【研究題目】 革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト

【研究代表者】 西尾 匡弘 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 西尾 匡弘、近藤 康彦、赤井 誠、他 (常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

本研究「全体システム評価」では、(財)エネルギー総合工学研究所と連携して、①全体調整・取り纏め、②経済性評価モデルの構築と評価、③エネルギー需給影響評価モデルの構築と評価、④国際標準化の検討という4つのサブテーマを実施し、将来的なゼロエミッション石炭火力発電所及び CCS の導入による温室効果ガス削減への貢献度や、CCS が我が国のエネルギー需給に及ぼす影響を分析評価することにより、また、技術導入の促進に資する国際標準化戦略の検討を通じ、戦略的な施策形成に有益な基礎情報を提供することを最終目標としている。当所においては、主として上記の②～④を分担し、下記のような成果を得た。

②経済性評価モデル (GIS ベース)

これまでに開発した汎用の GIS ベースの経済性評価ソフトに、石炭火力を主とする火力発電所及び製鉄所などの大規模排出源の設備・運転情報などを更新し、将来想定される発電所導入シナリオに沿った経済性評価のケーススタディを実施した。

③エネルギー需給影響評価モデルの構築と評価

日本及び世界のエネルギー需給モデルの改良・精緻化を図り、これらの分析結果を入力とする電源計画モデルに、今後大量導入が見込まれる太陽光発電、電気自動車、ヒートポンプ、定置用バッテリーなど、電力需要に影響を及ぼす技術の導入シナリオを想定し、幾つかの需要データを作成した。また、2010年6月に閣議決定されたエネルギー基本計画に則した2030年の電源構成を再現できるようにモデルを調整し、我が国のエネルギー政策に沿った分析が可能であることを確認した。なお、ゼロエミッション火力発電技術の CO₂削減への貢献度を評価するための CO₂濃度安定化シナリオ分析モデルの改良をほぼ完了し、予測性能が十分であることを確認した。

④国際標準化の検討

昨年度までに引き続き、CCS 関連技術の国際標準化ニーズを調査し、国際的なデファクト・スタンダードが我が国に不利益をもたらさないようにとの観点から、Capture Ready (CCS Ready) の考え方、及びリスクアセスメントを含む信頼性醸成の方法論について調査・分析を行った。CCS に関する ISO 化の提案が北米から出される可能性もあり、推移を見守りつつ、本課題の重点化を図る予定である。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 ゼロエミッション、石炭ガス化発電、CO₂回収・貯留

【研究題目】 固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発事業／基礎的・共通的課題のための研究開発

【研究代表者】 横川 晴美 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 横川 晴美、堀田 照久、山地 克彦、岸本 治夫、Manuel.E. Brito、下之菌 太郎、鈴木 善三、倉本 浩司 (常勤職員8名、他2名)

【研究内容】

固体酸化物形燃料電池 (SOFC) スタックの耐久性・信頼性向上のために、開発会社5スタックの耐久試験後サンプルの詳細分析を行い、その劣化機構を検討した。特に筒状平板形及び筒状横縞形の2スタックについて、担当機関として4,000時間以上の耐久試験を行うと共に、その劣化挙動を調査した。スタック電圧劣化率は、概ね0.5%/1000時間以下を達成し、目標の0.25%/1000時間を見通す水準に来ていることを確認すると共に、改良点などをスタックメーカーと協議した。5つの異なるスタックにおける耐久試験後サンプルの詳細分析では、不純物検出感度の高い2次イオン質量分析計 (SIMS) 等を適用し、その蓄積部位と蓄積傾向を明らかにし、電圧劣化現象との相関を明らかにした。例えば、空気極における Cr、S 不純物の蓄積量・蓄積部位と性能低下との定性的な相関性を解明した。劣化に影響を及ぼす不純物

元素と SOFC 構成材料との反応性について、熱力学的平衡計算により反応駆動力の解析を行うと共に、拡散係数などの速度論的データを集積し、寿命予測のための基盤データを蓄積した。また、加速劣化試験法として、Cr や S などの不純物の供給量や過電圧を変化させ、空気極で起こる劣化現象に対する影響を検討した。石炭ガス化ガスの SOFC への影響を評価するために、 H_2 -CO ベースのガスに不純物をドープレし、不純物の SOFC 発電特性・耐久性への影響を検討した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】固体酸化物形燃料電池、耐久性、信頼性、不純物、2次イオン質量分析計、スタック

【研究題目】次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／次世代技術開発／ナノ界面制御による高容量電極の研究開発

【研究代表者】周 豪慎（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】細野 英司、齋藤 喜康、李 会巧、趙 宇（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

水熱合成法、ゾル・ゲル法、イオン交換法、高温焼結法を用いて、ナノサイズ粒子、ナノワイヤなどの形状を有する正極活物質材料の合成を行った。

得られた高い比表面積を有する活物質 VO_2 と V_2O_5 における充・放電などの電気化学特性を調べた結果、400mAh/g を超える高い初期容量が得られた。しかし、高い比表面積を有する活物質では、サイクル特性の改善が必要であることもわかった。また、活物質 VO_2 について、室温付近で、絶縁体から金属へ相転移する現象を利用して、高いレート特性を有するリチウムイオン電池の開発も試みている。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ナノ結晶、酸化物、高容量電極、リチウム二次電池、相転移、レート特性

【研究題目】新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術開発）／低圧固定床用 FT 触媒技術を利用した BTL プロセスの研究開発

【研究代表者】村田 和久（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】村田 和久、高原 功、岡部 清美（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

平成22年度は、Ru 系触媒を含む数種の触媒を用いて、固定床 1MPa での反応や表面特性（TPR、XRD、TG/DTA、FT-IR などにより評価）を調べることにより、反応機構解明を目指した。

Ru 系触媒を用い固定床、1MPa、230℃、W/F = 14.9g-cat.h/mol にて FT 反応を行うと、活性低下が認

められた。固定床での活性低下の原因は、局所加熱による Ru の凝集、ワックス生成物による生成物阻害などが推定され、それを緩和するために圧力を高めることや触媒を希釈して使用することが有効であることを明らかにした。また、FT 活性の高い触媒ほど、FT-IR による吸着 CO の赤外吸収波数が高いこと、生成炭化水素吸着種（ CH_2 種及び CH_3 種）の吸収強度が高いこと、さらに Q-Mass による水素気流中でのメタン脱離ピーク温度が低いことなどが明らかとなり、触媒活性と各種キャラクターゼーション結果に相関が認められた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】FT 触媒、低圧固定床

【研究題目】新エネルギー技術研究開発／次世代風力発電技術研究開発／基礎・応用技術研究開発

【研究代表者】小垣 哲也（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】小垣 哲也、角口 勝彦、壹岐 典彦、阿部 裕幸、近藤 潤次、松宮 輝、丸山 康司、石原 陽子、高乗 加代子、小野 智恵（常勤職員5名、他5名）

【研究内容】

本事業は、わが国における健全な風力発電の導入拡大と国内風力発電産業の発展を目的として、日本を代表とするような台風、複雑地形といった厳しい外部条件においても安全性・信頼性を確保した次世代風力発電技術を確立するための基礎・応用研究を行っている。また、風車の超大形化に伴い必要となる高々度での風計測を容易にするため、リモートセンシング技術を確立することを目的としている。産業技術総合研究所は本事業の代表研究機関として、また、研究代表者は本事業全体のプロジェクトリーダーとして、事業全体の統括、監理を実施するとともに、具体的な研究活動においても主要な役割を果たしている。

NEDO 日本型風力発電ガイドライン策定事業及び NEDO 風力発電フィールドテスト事業（風況精査）において取得された膨大な量のデータを詳細に解析し、乱流強度の統計的分布特性の評価と現状の IEC 国際標準との比較を行うことにより、日本における厳しい乱流特性を明らかにし、これに基づき、日本において想定される風力発電サイトの80~90%以上をカバーする標準乱流モデル（NTM）を開発した。開発した複雑地形風特性モデルを流体力学的な観点に基づき一般化するため、数値流体力学（CFD）シミュレーション技術と風洞実験技術の高度化を実施し、高度化された技術に基づき、開発した複雑地形・台風要因極値風モデルの評価・検証を行なっている。

風速のリモートセンシング技術の精度・信頼性検証のため、LIDAR、SODAR 及び通常のマストとカップ風速計による計測を同地点（予備検証として比較的平坦な

沿岸部、及び複雑地形)において同時に実施し、比較検証した。その結果、風車の後流や地形の傾斜の影響等により、風向に依存して LIDAR 及び SODAR とカップ風速計との風速地の差異が大きくなり、これは、原理的には風速の鉛直方向成分の僅かな誤差が風速の水平方向成分の大きな誤差要因となることを解明した。

本事業の目的・実施内容を遂行し、IEA 推奨基準/IEC 国際標準への提案を実施するためには、単に本事業受託者のみならず、多くの利害関係者を交えた議論が必要である。そのため、国内の風力発電関係者を結集した「次世代風力発電基礎応用技術研究開発・IEA 風力国内委員会」(事務局:日本電機工業会)を設置し、研究開発成果の国内発信及び IEA/IEC における成果の国際発信に向けた国内取りまとめを実施している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】風力発電技術、風車設計、複雑地形風特性、風速のリモートセンシング技術

【研究題目】水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発/システム技術開発/車載等水素貯蔵・輸送容器システム技術に関する研究開発

【研究代表者】浅野 耕太(エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】浅野 耕太、中村 優美子、榎 浩利、榎 浩司、松本 愛子、中島 典行
(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

目標:

燃料電池自動車に燃料である水素を車載するためのハイブリッド貯蔵タンクに使用する水素貯蔵材料の開発および評価を行う。ハイブリッド貯蔵タンクとは高压水素ガスと水素貯蔵材料を組み合わせた水素貯蔵タンクであり、重量当たりの水素貯蔵量が高いことが求められている。本研究ではハイブリッド貯蔵タンクの充填水素圧力として想定されている35MPa あるいはそれ以上の水素圧力下で2.7質量%以上の水素貯蔵量をもつチタン系合金の開発を目標として、以下の材料開発を進めた。

研究計画:

現在ハイブリッド貯蔵タンクに用いられている水素貯蔵材料は、体心立方(BCC)構造をもつチタン系合金がベースとなっている。Ti-V-Mn系BCC合金は水素化によって3種類の水素化物相を生成し、それらの結晶構造は水素濃度が低い順にBCCおよび2つの面心立方(FCC)構造である。本研究では、これら3種類の水素化物間の水素吸蔵放出を利用することで高い水素貯蔵量を目指した。

年度進捗状況:

Ti-V-Mn系合金は合金の組成によってBCC相の他にC14型ラーベス相を生成する。我々は本研究課題開始前にBCC相がC14型ラーベス相に比べて高い水素貯蔵

量をもつことを明らかにしており、平成20年度よりBCC相を主とした合金の開発を進めてきた。生成相の種類と合金組成の関係が系統的にまとめられていなかったため、本研究でははじめに種々のTi-V-Mn系合金を作製して相マップを作った。平成21年度までに作製したBCC単相合金は、組成によって25°Cで3.5質量%以上の水素を吸蔵することができたが、80°C以下では吸蔵した水素をほとんど放出することができなかった。他方、合金中のV量が減少すると共にC14型ラーベス相の相分率が増加し、合金の水素貯蔵量は減少してしまうが、水素吸蔵圧力と放出圧力の差(ヒステリシス)は小さくなり、合金に吸蔵された水素の放出は起こりやすくなることが分かった。そこで平成22年度は、BCC単相合金を熱処理することでC14型ラーベス相を少量生成させ、合金の水素放出量を増加させることを目指した。BCC単相合金を800°Cで熱処理するとC14型ラーベス相が生成することが分かった。100時間の熱処理によりP-C等温線におけるヒステリシスがBCC単相合金に比べて小さくなり、80°Cにおける水素放出量が1.4質量%以上に増加した。今後は熱処理条件を拡げて、C14型ラーベス相の生成による合金の水素貯蔵量の減少を最小限に抑えて、水素放出量をさらに増加させることが課題である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素エネルギー、水素貯蔵材料、ハイブリッド貯蔵タンク

【研究題目】可視光応答性半導体を用いた光触媒および多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発

【研究代表者】佐山 和弘(エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】佐山 和弘、杉原 秀樹、草間 仁、小野澤 伸子、三石 雄悟
(常勤職員5名)

【研究内容】

太陽エネルギー利用の数少ない選択肢の一つとして、水を分解して水素と酸素を製造する「太陽光水素製造技術」は持続可能な水素社会実現のための理想的な技術である。本研究開発事業の目的としては、可視光応答性半導体を用いた光触媒及び多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発に関して、太陽光による水分解水素製造の実用化のための基礎要素技術を開発するとともに、正確なコスト計算に必要な実験データを収集する。太陽電池と水電解を単に組み合わせたシステムや化石資源の接触改質による水素製造システムの水素製造コストよりも大きく下回る新しい低コスト水素製造システムの実現可能性を検討する。具体的には、多孔質半導体光電極の構造制御による高性能化、レドックス媒体を用いた効率的な光触媒-電解ハイブリッドシステムによる水素製造、高速自動半導体探索システムと計算化学を用いた新規可視光応答性半導体探索、理論効率、経済性・将来性の試

算などの研究を進め、上記事業目的を達成する。

多孔質半導体光電極の構造制御による高性能化については、ビスマスバナデート光電極の高性能化のための要因を解明することを中心に行い、炭酸塩水溶液が性能向上に著しい影響を与える原因について調べ、炭酸ラジカル中間体から半導体への電子注入の機構について考察した。新規可視光応答性半導体探索については、欧州と競争が激しい酸化鉄系半導体やビスマス系および p 型半導体について探索を行い、いくつかの組成での性能向上効果を確認した。レドックス媒体を用いた効率的な光触媒—電解ハイブリッドシステムによる水素製造については、粉末光触媒の高性能化のための要因を解明することを中心に行い、反応溶液中のアニオン種が活性に大きく影響することを見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素製造、光触媒、光電極

【研究題目】水素貯蔵材料先端基盤研究事業／金属系水素貯蔵材料の基礎研究

【研究代表者】中村 優美子
(エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】中村 優美子、林 繁信、榭 浩司、
浅野 耕太、松田 潤子、松本 愛子、
榎 浩利、山崎 宰春、
Kim Hyunjeong、鈴木 陽、
治村 圭子、秋葉 悦男
(常勤職員7名、他5名)

【研究内容】

目標：

高性能な水素貯蔵材料開発のため、水素貯蔵に関する基本原理を解明し、開発指針を産業界へ提供することを目的として、先端的測定手法を活用した金属系水素貯蔵材料の構造解析技術を確立する。また、構造解析の結果に基づき、水素吸蔵・放出反応特性の理解をすすめ、反応機構の解明への道筋を見出す。

研究計画：

X 線回折法、中性子回折・散乱法、陽電子消滅法、固体 NMR、透過型電子顕微鏡などを用いた金属系水素貯蔵材料の構造解析手法の開発・高度化を行う。各手法を用いた構造解析を進め、構造と水素吸蔵・放出反応特性との相関を調べる。

年度進捗状況：

軽金属元素を含む積層型貯蔵材料 (Mg, Ca)₃Ni₉合金の合成・水素貯蔵特性測定・構造解析を開始し、Mg/Ca 比によって、P-C 曲線の形状と積層構造を構成する各セルの水素占有の仕方が異なることを見出した。今後、水素化物の中性子回折データを解析し、構成元素(組成)と水素占有位置との関係について解析し、水素吸蔵特性と相関づける。水素雰囲気陽電子寿命測定及び同時計数ドップラー幅広がり測定の同時測定手法を確立

し、LaNi₅及び LaNi_{5-x}Cu 合金中の空孔生成について解析した。空孔は Ni の 2c サイトに形成されている可能性が高いと考えられた。定量的な解析を行うため、DV-X α 法による陽電子の消滅速度の解析についての取り組みを始めた。TEM 観察では、Ti-V-Mn 系 BCC 合金の欠陥構造を解析し、水素化前試料に組成に応じて5nm~20nm 間隔のひずみコントラストがあること、水素化後試料に BCC 相の(101)面あるいは残留 FCC 相の(1-11)面に平行に双晶境界と積層欠陥が形成されることを確認した。これらは、水素吸蔵過程で c 軸方向に著しい膨張が起こるため、せん断ひずみが生じて導入されたものと考えられた。また、米国ロスアラモス国立研究所との共同研究では、水素加圧下でのその場中性子回折および全散乱測定が実施できた。そのための試料セルの改良、水素導入系の整備を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素貯蔵材料、結晶構造、局所構造、格子欠陥

【研究題目】戦略的国際標準化推進事業／標準化研究開発／溶射皮膜の界面靱性試験方法に関する標準化

【研究代表者】袖岡 賢 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】袖岡 賢、藤田 和宏、川添 美智子
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

高速フレーム溶射 (HVOF) などの新しい溶射法の普及や溶射技術の高度化に伴い、広く浸透しつつある高密度溶射皮膜の密着強さを精度・再現性良く測定する方法の標準化は、我が国の産業競争力強化の点からも強く求められている。現行の ISO14916では測定不可能な高い密着性を有する皮膜を評価する手法として有望な界面靱性試験方法(コーティングと基材界面への微小圧子押し込み時に発生するき裂長さから評価する方法)について、適用限界を明らかにするとともに、統一的な標準試験条件を定めることにより、指定された実験式で評価値を与えられるよう簡便性・再現性を高め、JIS 原案および国際規格原案を作成する。

3年計画の1年目である平成22年度は、基材表面粗さや気孔率などを制御して密着性の異なるセラミックス系溶射試験片、サーメット系溶射試験片を準備するとともに、皮膜厚さの異なる試験片も準備し、これらの試験片を対象に、界面圧子押し込み試験を実施して、界面き裂の発生・進展挙動、密着強度評価結果に及ぼす負荷荷重や膜厚、皮膜気孔率の影響を調査した。そして、圧子押し込み法による皮膜密着強度の評価基準を検討するとともに、簡便かつ高精度の界面破壊靱性算出式および式中パラメータの案を検討した。さらに、対象皮膜、成膜条件、負荷条件、標準実験手順などのラウンドロビン試験の条件を検討するとともに、ラウンドロビン試験用試験片の作

製と配布準備を行った。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 溶射、皮膜密着強さ、計測方法、標準化

【研究題目】 戦略的国際標準化推進事業／標準化先導研究／固体酸化物形燃料電池セル・スタック耐久性試験法標準化のフィジビリティスタディ

【研究代表者】 嘉藤 徹（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 嘉藤 徹、加藤 健、門馬 昭彦、田中 洋平、佐藤 勝俊、永田 進、根岸 明（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

SOFC セル・スタックの耐久性試験についてヨーロッパで実施されている FCTESTNET、FC TESQA、Real SOFC、FCTEDI プロジェクトで公開されている耐久性研究を中心に耐久性試験例の文献調査、SOFC 関連国際シンポジウムでの発表内容の調査を実施し現在、国内外で実施されている様々な試験方法を調査・整理した。

その結果、セル／スタック耐久性の評価指標としては電流一定条件下の電圧経時変化だけでは不十分で電流密度-電圧曲線の傾きの他、開回路電圧、交流インピーダンス法あるいは電流遮断法で得られる抵抗、燃料電池反応に関連するインピーダンス、さらには圧力損失、ガスリーク、温度分布の経時変化なども検討されていること、また、これらの評価指標に対し、評価指標の運転温度、電流密度、ガス組成等の運転条件依存性および thermal cycle, load cycle, redox cycle, carbon deposition cycle 等の依存性が耐久性試験としてなされていることが判明した。

耐久性指標調査では各種運転パラメータを性能低下因子として捉え、セル／スタック耐久性の各種運転条件依存性を明らかにするために測定される耐久性評価指標を整理した上で、それらを測定する測定方法および測定方法を実施する上での技術課題を調査・整理した。

また、セル／スタックアッセンブリー各部の劣化の中で重要と思われる電極多孔性の減少とスタック各セルへのガスの流量配分について濃度分極を評価指標にしてこれらを測定する手法を実験的に研究した。その結果、交流インピーダンス法によりこれらが計測できる目処を得た。

さらに固体酸化物形燃料電池セル・スタック耐久性試験方法に関する標準化先導研究委員会を設置し、上記研究内容等の妥当性を審議し、国際標準化に向けた課題、想定される研究開発内容を整理した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 固体酸化物形燃料電池、セル・スタック耐久性、規格標準化

【研究題目】 戦略的炭化ガス化・燃焼技術開発 (SETP CCT) / 次世代高効率石炭ガス化技術開発

【研究代表者】 鈴木 善三（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 松田 聡、倉本 浩司、松岡 浩一、村上 高広、中山 勝洋、加藤 義重、壹岐 典彦、倉田 修、川端 方子、陳村 理沙、幡野 博之（常勤職員8名）

【研究内容】

高効率の次世代石炭ガス化装置の開発のため、①低温ガス化の基礎研究、②実機として想定される二塔ガス化装置開発のための流動解析、③システムの最適化のためのシステム解析、の各研究を実施した。

熱分解炉がドロップチューブタイプであり、ガス化炉、燃焼炉を気泡流動層とする新規な循環流動層ガス化装置を試作した。試作したガス化装置を用いて、アダロ炭のガス化基礎特性を検証した。媒体粒子を多孔質アルミナとした場合、熱分解、ガス化、燃焼の各炉から排出されるガスから求めた炭素の物資中収支はほぼ良好であり、また長時間の安定したガス化試験が可能であることを確認した。ついで、循環速度（ガス化炉での固体粒子滞留時間）、水蒸気濃度等の操作条件を変化させた場合の熱分解、ガス化反応場の分離によるガス化速度促進の効果を検証し、分離によりガス化が促進されることを確認した。

流動解析では、大量循環システム構築のため、ライザー・ダウンナー・気泡流動層から成る大型循環流動層において、高速・高密度条件でのケイ砂粒子の流動特性を測定した。ライザー空塔速度とガスシール層高の増加により、粒子質量フラックス (Gs) が増加することを明らかにし、Gs 最大値 $546 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$ を達成した。この運転状況での、ライザーの粒子ホールドアップ ($\epsilon \text{ s}$) は 0.04-0.05 程度であった。ダウンナーでは、入口 1.5-2m 以内の領域で加速領域の形成が見られることとガス流速増加に伴い、粒子ホールドアップの減少が見られることを確認した。

システム解析では、A-IGCC, A-IGFC について、最適化の検討を進めた。CO₂回収型 A-IGCC について、燃焼前回収、燃焼後回収を比較した。回収剤として DEPG (レクソール) を用いた物理吸収法は燃焼前回収で燃焼後回収のアミン法よりも高い送電端効率が得られた。MDEA/PZ (メチルジエタノールアミン/ピペラジン) を用いた燃焼前回収の場合には、更に高い送電端効率が得ることができた。また、燃焼前回収ではガス中の化学エネルギーが減少してしまい、タービン出力の低下につながる事が明確になった。このため、システム全体で熱の更なる有効利用を検討する必要がある。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 石炭、ガス化、発電効率

〔研究題目〕セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業／バイオ燃料の持続可能性に関する研究／温室効果ガス（GHG）削減効果等に関する定量的評価に関する研究

〔研究代表者〕美濃輪 智朗（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕美濃輪 智朗、匂坂 正幸、玄地 裕、工藤 祐揮、山口 克誠、北川 直美、山田 理（イノベーション推進本部国際部）（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

バイオ燃料は地球温暖化防止に資する燃料として重要であるが、十分な温室効果ガス（GHG）削減効果があることや、持続可能な導入を図ることも重要である。この研究課題では、バイオ燃料の持続可能性に関する基準、評価指標、評価方法等についての調査研究を実施した。

平成22年度は、中長期的（2030年頃）に向けて導入が想定される輸送用バイオ燃料について、それぞれのエネルギー変換プロセスに関するデータ収集を行い、物質およびエネルギー収支を考慮したライフサイクルインベントリ分析を行った。

また、国際的なバイオ燃料の持続可能性に関する情報収集を行うため、2010年9月、11月に開催された GBEP（Global Bioenergy Partnership）の温室効果ガスタスクフォース（GHG_TF）、持続可能性タスクフォース（持続性 TF）に参加した。GBEP は、G8サミット参加国を中心に発足した組織で、その中で GHG 削減効果を含むバイオ燃料の持続可能性について議論が進められている。GHG_TF ではライフサイクルアセスメントに基づく GHG 排出量算出方法に関する議論が重ねられ、その成果が The Global Bioenergy Partnership Common Methodological Framework for GHG Lifecycle Analysis of Bioenergy Version1 として2010年10月に公開された。担当者らはこの資料の邦訳に携わり、その和文は現在 GBEP のホームページにて公開されている。また持続性 TF では、持続可能性の評価に必要な指標を網羅するために、多岐にわたる指標を整理し、客観的な評価に向けた作業が進められている。担当者らもこの作業に参画し、国内で進められている持続性評価に関する動向との整合性を確認した。さらに担当者らが中心となって、ERIA（Economic Research Institute for ASEAN and East Asia）で進めている持続性評価に関する議論に基づく知見を、その会合に反映させた。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕バイオマス、バイオ燃料、持続可能性、地球温暖化、G8サミット

〔大項目名〕ナノ粒子特性評価手法の研究開発／キャラクタリゼーション・暴露評価・有害性評価・リスク評価手法の開発

〔研究代表者〕中西 準子（安全科学研究部門）

〔研究内容〕

本研究開発では、工業ナノ粒子のキャラクタライズ手法とその校正手法を開発するとともに、有害性試験に供する工業ナノ粒子の試料調整技術を開発する。これに基づいて有害性試験と暴露評価を実施し、その結果を統合してリスク評価と適正管理のあり方の提言を行う。これらの結果は手順書・評価書等としてとりまとめて公表する。*in vivo* 有害性試験は、フラーレン、カーボンナノチューブを中心として行うが、培養細胞試験などを組み合わせることにより酸化チタンを含むその他の工業ナノ粒子の種類や特性の影響を評価する。このために以下の研究開発を実施した。

D2-023-1 工業ナノ粒子の調製技術の開発

D2-023-2 媒体中における工業ナノ粒子のキャラクタリゼーション手法の開発

D2-023-3 工業ナノ粒子の暴露評価手法の開発

D2-023-4 工業ナノ粒子の有害性試験評価試験法の開発

D2-023-5 工業ナノ粒子のリスク評価及び適正管理の考え方の構築

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕工業ナノ粒子、分散・調製、計測、校正、キャラクタリゼーション、排出シナリオ、環境動態、暴露評価、有害性評価、リスク評価、リスク管理、社会受容性、カーボンナノチューブ、フラーレン、二酸化チタン

〔研究題目〕ナノ粒子特性評価手法の研究開発／キャラクタリゼーション・暴露評価・有害性評価・リスク評価手法の開発／工業ナノ粒子の分散調製技術の開発

〔研究代表者〕中西 準子（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕遠藤 茂寿、内田 邦夫、伊藤 玲子（環境管理技術研究部門）、石田 尚之（光技術研究部門）、片浦 弘道、XING Guoqing（ナノテクノロジー研究部門）、島田 学、奥山 喜久夫（広島大学）、大谷 吉生、瀬戸 章文（金沢大学）（常勤職員3名、他7名）

〔研究内容〕

液中分散系調製技術開発では、これまでに本研究開発項目で検討した、Tween 80、Triton X-100等の分散剤を用いて最適化した分散手法により、多様な長さ、濃度、及び分散状態の単層又は多層のカーボンナノチューブ（CNT）を水中に分散した懸濁液を調製し、中項目 D2-023-4の気管内注入試験および次項の気中分散調製技術を用いた吸入暴露試験の試料として供給した。また、開発した粉碎、及び超音波照射による分散手法を *in vivo* 有害性試験に適応する CNT 試料調製手順書としてまと

めた。さらに、デオキシリボ核酸 (DNA) を分散剤として、新たに低温攪拌法を開発することで、単層 CNT を長尺に切断せずに分散することができた。また、界面活性剤と DNA 等の分散剤の相互置換手法を確立した。

気中分散系調製技術開発では、上記の単層 CNT (SWCNT) の分散液を用いて、良好な気中分散 SWCNT を得るための条件を、噴霧発生実験および APS 粒子計測装置や静電分級器等を用いたエアロゾル計測により探索して、懸濁液中の SWCNT と分散剤濃度、時間あたりの噴霧量、噴霧装置の操作条件と液滴乾燥の条件の設定による、気中分散 SWCNT の性状の変化傾向を明らかにした。各条件の吟味を経て、適切な性状・気中濃度の SWCNT 分散系を連続的に長時間発生できる条件を求め、中項目 D2-023-4の吸入暴露試験に適用した。

工業ナノ粒子のフィルタ捕集効率評価手法の開発と評価では、国内のフィルタメーカー7社から提供を受けたフィルタメディア (中性能フィルタ10種類、エレクトレット12種類、高性能9種類) に対して、ナノ粒子の捕集効率に関する詳細データを取得した。試験粒子としては、10~300nm の NaCl 粒子および気相化学反応によって生成したカーボンナノチューブを用い、ろ過速度0.05、0.5m/s において捕集効率を求めた。また電気集塵によって捕集したナノ粒子を、電子顕微鏡でその形態を観察するとともに、その粒子形態がフィルタの捕集性能に与える影響についても検討を行った。得られたフィルタ性能試験結果 (透過率、フィルタ物性、圧力損失) をデータベース化し、各フィルタメーカーが利用可能な状態とした。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 工業ナノ粒子、気中分散、液中分散、調製技術、カーボンナノチューブ、フィルタ、捕集性能

[研究題目] ナノ粒子特性評価手法の研究開発／キャラクタリゼーション・暴露評価・有害性評価・リスク評価手法の開発

[研究代表者] 岩橋 均 (健康工学研究部門)

[研究担当者] 岩橋 均、吉田 康一、高橋 淳子、堀江 祐範、藤田 克英、西尾 敬子、福井 浩子、石田 規子、駒場 リリアン楓 (常勤職員5名、他4名)

[研究内容]

培養細胞による *in vitro* 細胞影響試験においては、工業ナノ粒子の均一かつ安定した分散液の調製と、キャラクタリゼーションと細胞試験を同期して行う実験系を開発した。この実験系を用い、金属酸化物、金属、炭素ナノ粒子などの工業ナノ粒子50種類以上について細胞影響試験を行い、以下の事柄を明らかにした。細胞に影響を

及ぼす要因として、以下の4点を明らかにした。

1. 吸着性の増大：ナノ粒子は微粒子に比べ、強いタンパク質や塩類の吸着能を示す。
2. 溶解性の増大：ナノ粒子は微粒子に比べ、培地や生体液中で金属イオンを溶出する。
3. 表面活性の増大：ナノ粒子は微粒子に比べ、ROS の産生能など、大きな表面活性を持つ。
4. 細胞への取り込み：ナノ粒子は、エンドサイトーシスにより細胞内に取り込まれる。但し、エンドサイトーシスによる粒子の取り込みは微粒子でも生じる。

これらの影響因子により、細胞では、1. 酸化ストレスレベルの上昇、2. アポトーシスの誘導 (細胞死) を観察した。微粒子に比べ、ナノ粒子ではエンドサイトーシスにより細胞内へ取り込まれた後に金属イオンを溶出する、あるいは外来タンパク質を細胞内に持ち込むことで、より影響が強くなることを明らかにした。

さらに、ラットの各組織および血液を用いた *in vivo* 試験においては工業ナノ粒子を気管内や吸入暴露したラットの肺組織や血液などを対象に、バイオマーカーの測定や DNA マイクロアレイを用いた網羅的遺伝子発現解析を実施した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 工業ナノ粒子、有害性評価手法、酸化ストレス、網羅的遺伝子発現解析

[研究題目] ナノ粒子特性評価手法の研究開発／キャラクタリゼーション・暴露評価・有害性評価・リスク評価手法の開発／媒体中における工業ナノ粒子のキャラクタリゼーション手法の開発

[研究代表者] 中西 準子 (安全科学研究部門)

[研究担当者] 榎原 研正、桜井 博、高畑 圭二、佐藤 佳宏、矢部 明、衣笠 晋一、高橋 かより、加藤 晴久 (計測標準研究部門)、平澤 誠一、瀬戸 章文、河野 正道 (先進製造プロセス研究部門)、山本 和弘、吉田 智子、後藤 理恵 (計測フロンティア研究部門)、田尾 博明、中里 哲也、佐藤 浩昭、稲田 征治、田村 守孝、大川 久美子、根岸 信彰、平川 力 (環境管理技術研究部門) (常勤職員13名、他9名)

[研究内容]

気中粒子計測技術開発では、エアロゾル粒子質量分級装置 (APM) を用いたカーボンナノチューブ (CNT) の長さ分級について実験的検討を行った。多価帯電を抑制した荷電技術を CNT に適用し、その有効性を検討した。CNT などの形状異方性の高い物体に対して原理の異なる粒径計測技術を適用した場合の差違を明らかにす

るため、測定により、CNT の移動度等価径と空気力学径の関係を求めた。中項目 D2-023-1の気中分散系調製技術開発と連携し、手順書「ナノ材料有害性試験のための試料調製法と計測法」の「エアロゾル調製・輸送技術および計測方法」を作成した。

液中粒子計測技術開発では、中項目 D2-023-4の *in vitro* 有害性評価実験に用いる、金属酸化物 (SiO₂、TiO₂) や金属 (白金、銀、金) の金属系ナノ粒子、また、カーボンブラック、ナノダイヤモンド、CNT などの炭素系ナノ粒子分散液の平均粒径計測と分散安定性評価を行った。これらの試験及び昨年度までの結果を元にして平均粒径計測技術の手順書案を作成した。また、分散液中に分散した炭素系工業ナノ粒子について、吸光度法を用いて分散液の状態濃度をその場計測できる技術を確立した。

電子顕微鏡によるナノ粒子のキャラクタリゼーション技術開発では、生体試料に含有された工業ナノ粒子の高分解能透過型電子顕微鏡観察のために、電子分光を用いた観察手法を開発し、生体試料の透過型電子顕微鏡試料作製方法及び観察法に関して一般化を行い、手順書としてまとめた。中項目 D2-023-4での *in vivo* 試験に供する CNT 分散液の状態計測を行うとともに、CNT を気管内注入及び暴露吸入したラット肺の観察を行い、肺内の取り込みや時間推移について調査した。

微量試料に対する化学分析技術開発と工業ナノ粒子の体内分布の測定では、昨年度開発した多層カーボンナノチューブ (MWCNT) の定量法を用いて、中項目 D2-023-4からの試料を含め計測し、経気暴露条件での MWCNT のラット体内残留挙動を明らかにした。また、CNT の有害性と不純物金属との関連性を明らかにするため、各種 CNT 粉体および調製分散液中の金属不純物量をマイクロ波分解/ICP-MS などの分析法を用いて明らかにした。さらに、酸化チタンナノ粒子上で生成した OH ラジカルおよび過酸化水素の測定法を確立し、これら活性種生成量を明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】工業ナノ粒子、気中粒子、液中粒子、計測・校正、キャラクタリゼーション、フローレン、カーボンナノチューブ

【研究題目】ナノ粒子特性評価手法の研究開発/キャラクタリゼーション・暴露評価・有害性評価・リスク評価手法の開発/工業ナノ粒子の暴露評価手法の開発

【研究代表者】中西 準子 (安全科学研究部門)

【研究担当者】蒲生 昌志、小倉 勇、篠原 直秀、小林 憲弘、本田 一匡、小畑 繁昭、小竹 真理 (安全科学研究部門)、脇坂 昭弘、小原 ひとみ、近藤 裕昭、岩上 透 (環境管理技術研究部門)

(常勤職員8名、他3名)

【研究内容】

排出シナリオの構築では、工業ナノ粒子の模擬排出試験を、昨年度までの対象物質について再現性確認のための再試験を実施すると共に、新たな23種の工業ナノ粒子について行った。これまでの現場調査を含め、得られた定量・定性的な排出情報を基礎に、工業ナノ粒子の排出と暴露の状況を解析し、約40種の工業ナノ粒子について、排出・暴露評価書としてとりまとめた。

環境中挙動モデルの構築では、工業ナノ粒子の気相拡散・凝集過程について、フローチャンバー内のフローレンの凝集・拡散・沈着過程を実験的に解析し、安定した結果を得た。実験データを数値モデルと比較した結果、当初の予想とは異なって気流温度を考慮した計算が必要であり、また、沈着量はほぼ一致しているが凝集速度は計算のほうが遅い傾向があると判明した。これらの結果を踏まえて室内、屋外環境を計算できるようモデル化を行った。

暴露評価技術の開発では、文献情報を収集整理すると共に、上記の工業ナノ粒子の排出シナリオをもとに、粒子の量、サイズ、性状等の情報を含んだ定量・定性的な暴露量を推定し、その成果と共に排出・暴露評価書としてまとめ、中項目 D2-023-5でのリスク評価書の改訂作業に反映した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】工業ナノ粒子、環境動態、暴露評価、フローレン、カーボンナノチューブ、排出シナリオ、ライフサイクル、粒子成長、フローチャンバー

【研究題目】ナノ粒子特性評価手法の研究開発/キャラクタリゼーション・暴露評価・有害性評価・リスク評価手法の開発/工業ナノ粒子有害性試験の開発

【研究代表者】中西 準子 (安全科学研究部門)

【研究担当者】岩橋 均、吉田 康一、堀江 祐範、福井 浩子、西尾 敬子、石田 規子、駒場 リリアン 楓 (健康工学研究センター)、中西 準子、納屋 聖人、藤田 克英、小林 憲弘、江馬 眞 (安全科学研究部門)、山元 修、山田 七子、足立 孝司 (鳥取大学)、島田 学、奥山 喜久夫 (広島大学)
(常勤職員7名、他10名)

【研究内容】

経皮暴露による皮膚形態学的影響の評価では、二酸化チタンナノ粒子の慢性経皮暴露試験を行い、免疫組織化学を含む光学顕微鏡レベルでの観察、共焦点レーザー顕微鏡観察、透過型電子顕微鏡および角層剥離法を駆使した走査型電子顕微鏡による観察 (両者とも X 線微量元

素分析も含む)、内臓のチタン濃度分析、遺伝子発現解析を行った。急性暴露試験同様、二酸化チタンナノ粒子の生細胞領域への侵入は確認されなかった。また、吸入によると思われる肺でのチタン濃度の上昇以外、主要臓器でのチタン濃度の有意な上昇は認められなかった。慢性経皮暴露についても、チタンナノ粒子は生体に大きな影響は与えないものと思われた。

生体影響プロファイルの作成・評価手法の開発では、金属酸化物、金属および炭素系の約50種類のナノ粒子を購入し、複数の細胞種を用いた *in vitro* 試験を行い、生体影響プロファイルを完成させた。また、用いたナノ粒子の一次粒子径、比表面積などの性状を決定するとともに、中項目 D2-023-2による培地中分散状況の解析と合わせ、ナノ粒子のタンパク質吸着性、イオン化、細胞内移行が、生体影響に重要な因子であることを明らかにした。これらの結果を基に、評価手法のマニュアル化を行った。

吸入暴露試験装置の開発では、D2-023-1における単層カーボンナノチューブ (SWCNT) 分散技術と、分散系の輸送・計測システムを組み合わせた吸入暴露試験装置を構築し、連続4週間の吸入暴露試験を実施した。高用量暴露群、低用量暴露群のラットに、太さが概ね0.06~0.08 μm の束状体のSWCNTを、試験期間にわたってほぼ一定の濃度で供給できた。平均質量濃度は、それぞれ0.40 mg/m^3 、0.08 mg/m^3 であった。

有害性評価試験結果の外挿に関する研究では、二酸化チタン、フラーレン、カーボンナノチューブについて、*in vivo* 有害試験を実施し、その成績及び既往文献を解析し、気管内注入試験の吸入暴露試験への外挿法の検討を行った。これらの成果は、中項目 D2-023-5での「ナノ材料リスク評価書(二酸化チタン、フラーレン、カーボンナノチューブ)」にそれぞれ反映するとともに、また、選定したバイオマーカーについて *in vivo* 有害性試験へ適用した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】工業ナノ粒子、有害性評価、経皮暴露、二酸化チタン、*in vitro* 試験、影響プロファイル、吸入暴露、試験装置、気管内注入、二酸化チタン、フラーレン、カーボンナノチューブ、バイオマーカー

【研究題目】ナノ粒子特性評価手法の研究開発／キャラクタリゼーション・暴露評価・有害性評価・リスク評価手法の開発／工業ナノ粒子のリスク評価及び適正管理の考え方の構築

【研究代表者】中西 準子 (安全科学研究部門)

【研究担当者】中西 準子、本田 一匡、吉田 喜久雄、五十嵐 卓也、蒲生 昌志、岸本 充生、納屋 聖人、小倉 勇、篠原 直秀、

小林 憲弘、藤田 克英、武林 亨、花井 莊輔、江馬 眞、米澤 義堯、高井 亨、小畑 繁昭、斎藤 英典、カザウイ 理香 (安全科学研究部門)、水野 耕平 (ナノチューブ応用研究センター) (常勤職員12名、他8名)

【研究内容】

工業ナノ粒子の詳細リスク評価では、カーボンナノチューブ等の基礎的情報収集のため、遺伝毒性試験・刺激性試験、環境運命・生態毒性試験、特性計測等を行い、OECD スポンサーシッププログラムに向けての整理を行った。また、経気暴露による遺伝毒性の可能性の検証のため、気管内投与によるコメットアッセイと病理組織検査を合わせて行った。同時にこれまでの動物試験結果の補強のため、凍結保存試料の遺伝子発現およびサイトカイン測定を行った。さらに多層カーボンナノチューブの体内残留挙動の検討のため、気管内注入試験を行い、中項目 D2-023-2での肺試料の化学分析試料とした。これらの試験結果と、本研究開発でこれまで得られた成果、及び文献調査に基づいて、二酸化チタン、フラーレン、カーボンナノチューブのリスク評価書の改訂を行い、外部レビュー版としてとりまとめた。また、本研究開発で行ってきた、試料調製とキャラクタリゼーション、有害性試験の方法について、手順書としてとりまとめた。

ナノテクノロジーの社会的受容性に関する研究では、ナノ訴求した消費者製品のインベントリを維持するとともに、インターネットモニターを対象としたアンケート調査を実施し、合計5年間分のデータを集計した報告書を日本語と英語で作成・公表した。また、欧米での事業者の先進的な自主的取組や法規制の動向を調査し、事業者が自社材料の安全性を確保するために必要となる考え方を整理し、将来あるべきガバナンス体制を提案した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】工業ナノ粒子、有害性評価、暴露評価、リスク評価、リスク管理、二酸化チタン、フラーレン、カーボンナノチューブ、自主的取り組み、社会受容性

【研究題目】ノンフロン型省エネ冷凍空調システムの開発／実用的な性能評価、安全基準の構築／ノンフロン型省エネ冷凍空調システム開発の実用的な運転モード及び評価手法ならびに安全基準の構築

【研究代表者】中西 準子 (安全科学研究部門)

【研究担当者】中西 準子、永翁 龍一、吉田 喜久雄、梶原 秀夫、田原 聖隆、井上 和也、高田 亜佐子、城石 登 (安全科学研究部門)、田村 正則、徳橋 和明、滝澤 賢二、近藤 重雄、陳 亮 (環境化学技術研究部門)

(常勤職員10名、他3名)

【研究内容】

現在使用されるハイドロフロロカーボン（HFC）に代表される冷媒は地球温暖化効果が二酸化炭素の1000倍程度にも達するため、この HFC に代わる次世代冷媒の模索が続いている。本研究開発課題では、次世代冷媒の中でも最も注目される2,3,3,3-テトラフロロプロペン（HFO-1234yf）に着目し、この物質の定置型冷凍空調機器システムにおけるリスクトレードオフ評価を実施した。とりわけ、次世代冷媒を用いた冷凍空調機器システムのライフサイクル評価、次世代冷媒の有害性と燃焼特性評価、及び、大気中と室内中における暴露評価に着目した安全性評価を実施し、プロジェクト成果報告書を取りまとめた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 冷凍空調機器、冷媒、安全性評価、LCCP 評価、リスクトレードオフ

【研究題目】 化学物質の最適管理をめざすリスクトレードオフ解析手法の開発／リスクトレードオフ解析手法の開発

【研究代表者】 吉田 喜久雄（安全科学研究部門）

【研究担当者】 吉田 喜久雄、東野 晴行、蒲生 昌志、恒見 清孝、岸本 充生、梶原 秀夫、堀口 文男、林 彬勲、小野 恭子、井上 和也、石川 百合子、牧野 良次、内藤 航、篠崎 裕哉、加茂 将史、布施 正暁、大野 創介、高井 淳、川本 朱美、飯野 佳世子、村井 賀子、蒲生 吉弘（常勤職員16名、他6名）

【研究内容】

ヒト健康や生態へのリスクが懸念される化学物質を代替する際に生じる被代替物質と代替物質のリスクの変化を科学的・定量的に推定し、代替の費用対効果を分析する「リスクトレードオフ解析手法」を開発している。平成22年度は、以下の研究開発を行った。

- 1) 排出シナリオ文書（ESD）ベースの環境排出量推計手法の確立
 溶剤・溶媒と金属の2用途群を対象に、排出量推計手法を検討するとともに、工業用洗浄剤とプラスチック添加剤の ESD 開発状況を OECD 会合で説明した。
- 2) 製品から直接暴露等室内暴露評価手法の確立
 室内暴露量推定ツールのプロトタイプを改良と検証を行うとともに、表示機能等の動作確認を行った。
- 3) 環境動態モデルの開発
 開発中の大気モデルの適用地域を拡大し、近畿地方で検証を行うとともに、インターフェースを実装した。また、河川及び海域生物蓄積の各モデルを公開するとともに、金属類への適用拡大を図った。
- 4) 環境媒体間移行暴露モデルの開発

金属類の媒体間移行モデルのプロトタイプを構築した。また、農・畜産物の流通モデルを構築するため、空間的相互作用モデルを検討した。

- 5) リスクトレードオフ解析手法の確立
 生殖・発毒性データをデータベース化し、反復投与毒性推論アルゴリズムの複数モデルを比較した。また、金属類の基本データセットを収集・精査し、水質ごとに金属類の種の感受性分布を推定する手法を開発した。
- 6) 用途群別リスクトレードオフ評価書の作成
 溶剤・溶媒及び金属について、リスクトレードオフの事例解析の対象を決定した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 リスクトレードオフ、排出シナリオ文書、環境動態・暴露モデル、有害性推論、評価書

【研究題目】 新エネルギー技術研究開発 バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術開発）総合調査研究

【研究代表者】 玄地 裕（安全科学研究部門）

【研究担当者】 玄地 裕、匂坂 正幸、美濃輪 智朗、林 彬勲、工藤 祐揮、蒲原 弘継、山口 克誠、北川 直美（常勤職員6名、他2名）

【研究内容】

この研究では、「バイオマスエネルギー先導技術研究開発」で進められている技術開発による地球温暖化への影響をライフサイクルで評価するもので、その成果は、先導的技術開発における各プロセスの課題や改善点を見つけ出し、プロセスの改善と併せて、バイオマスの有効活用となるシステム提案を目指すものである。

平成22年度は、前年度までに確立した温室効果ガス排出量と物質収支・エネルギー収支を評価するシステムを用いて、我が国のバイオ燃料の持続可能性基準に従った LCA 評価の試行および計算ツールの開発を行い、バイオマスエネルギー先導的技術開発に参画する研究チームからのデータ提供を受けて、開発中変換技術の LCA 評価を取りまとめた。土地利用変化については、具体的な実施場所未定なため複数の評価を行い、最大値～最小値の見積もりを行った。バイオプロパノール製造については、技術開発は糖液～プロパノール生産の範囲であるが、LCA 評価範囲はバイオマス～プロパノール生産として、全体を俯瞰した評価を実施した。バイオプロピレン製造については複数の生産物が得られることから、アロケーションの有無やアロケーション方法の検討を行った。これらの計算手法を、経済性評価と連携を図った評価ツール（ソフトウェア）として開発し、各研究チームに提供した。

【分野名】 環境・エネルギー

〔キーワード〕 バイオマス、バイオ燃料、セルロース、地球温暖化、LCA

〔研究題目〕 iPS 細胞等幹細胞産業応用促進基盤技術開発／iPS 細胞等幹細胞の選別・評価・製造技術等の開発

〔研究代表者〕 平林 淳（糖鎖医工学研究センター）

〔研究担当者〕 新聞 陽一、舘野 浩章、中須 麻子、鈴木 加代、福村 美帆子、比江森 恵子、久保 嘉子（常勤職員3名、他5名）

〔研究内容〕

ヒト iPS 細胞は創薬スクリーニングや疾患メカニズム解明への応用、更には再生医療の次世代材料として注目を集めている。しかしながらドナー細胞の由来組織、山中4因子の挿入場所、また用いる樹立方法の違いによって得られる iPS 細胞の性質が異なること、iPS 細胞の性質が安定していないことなどが指摘されており、実用化に向けた課題とされている。そこで本研究では、関係研究機関と連携のもと、由来の異なる様々な組織から iPS 細胞を作製し、遺伝子発現や細胞表面糖鎖などの各種性状を網羅的に解析することを通して iPS 細胞を選別・評価する技術の確立を目指す。今回、レクチンマイクロアレイの性能を上げるためにレクチンの数を増やし、組換え体を含む96種のレクチンをスライドガラスに固定化した「高密度レクチンマイクロアレイ」を開発し、詳細な解析を行った。すなわち、由来の異なる体細胞（羊膜、子宮内膜、胎児肺、胎盤動脈）に4つの初期化遺伝子（Oct4、Sox2、c-Myc、Klf4）を導入すると、遺伝子発現のリプログラミングが起これ、未分化性と無限増殖性を備えた iPS 細胞が作られるが、このときの細胞上の糖鎖の変化を今回開発したレクチンマイクロアレイを用いて比較解析した。その結果、細胞上の糖鎖もリプログラミングされることがわかり、このことは糖鎖合成に関わる遺伝子の発現解析からも裏付けられた。さらに、iPS 細胞の糖鎖プロファイルは、もう1つの多能性幹細胞である胚盤胞の内部細胞塊由来の ES 細胞ともほぼ一致していた。加えて、全ての未分化細胞と反応し、かつ元の体細胞とは全く反応しないレクチン（rBC2LCN）を発見した。このレクチンは、これまで知られるプローブ（主として細胞表面分子に対する抗体）とは異なる分子を認識している可能性があり、未分化細胞を特定する新たなプローブとなることが期待された。さらに、iPS 細胞を作製する際にマウス由来のフィーダー細胞を用いるが、その細胞の混入を検出できるレクチン（rMOA）も発見した。幹細胞を評価する手法は、これまで遺伝子発現や表面マーカーの検出など、海外発の技術によるものが多く、しかもいずれも手間のかかる手法であった。今回開発したレクチンマイクロアレイによる細胞評価法はわが国が世界に先駆けて実用化した独自技術であり、

今後、幹細胞評価の一環として安全性や分化指向性の解析のほか、糖タンパク質等のバイオ医薬品開発、有用微生物の品質管理など、多様な産業応用が期待される。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 糖鎖プロファイリング、再生医療、レクチンマイクロアレイ、幹細胞

〔研究題目〕 健康安心イノベーションプログラム／糖鎖機能活用技術開発

〔研究代表者〕 成松 久（糖鎖医工学研究センター）

〔研究担当者〕 成松 久、平林 淳、亀山 昭彦、池原 譲、梶 裕之、新聞 陽一、久野 敦、梅谷内 晶、久保田 智己、佐藤 隆、千葉 靖典、舘野 浩章、伊藤 浩美、尾崎 秀徳、清原 克恵、豊田 雅哲、曾我部 万紀、平野 朋子、助川 昌子、松浦 ナナ、松田 厚志、松崎 英樹、村上 仁子、中川 知美、海野 幸子、高崎 延佳、白川 彩弓、松野 裕樹、澤木 弘道、大道 信子、成松 由規、岩城 隼、鹿内 俊秀、野崎 浩文、鈴木 奈美、三石 展代、雄長 誠、池原 早苗、柳田 あづさ、菅原 大介、天貝 一花、平尾 嘉利、杜 東寧、鉄羅 奈央子、劉 大偉、高橋 佳江、矢口 紀子、中嶋 瞳、福田 徹子、青柳 伸代、島崎 裕子（常勤職員13名、他38名）

〔研究内容〕

産総研糖鎖医工学研究センターは、ヒト糖鎖関連遺伝子ライブラリーおよび糖鎖構造解析技術という世界に秀でた遺伝子資産と技術・装置・データベースを保有している。この優位性をいち早く医療分野において産業応用するためには、糖鎖関連バイオマーカーをヒトの健康に関わる重要な病気・疾患に役立てることがもっとも有効であり、健康、長寿に大きく貢献する診断技術の開発に繋がると考えられる。そのために、臨床機関との連携で入手した臨床試料から、疾患を反映して構造が変化している糖鎖を濃縮し、質量分析計やレクチンマイクロアレイによる方法で構造解析する技術の開発、糖鎖改変動物や改変細胞を作製して、糖鎖の機能解析・検証技術の開発、ならびに疾患糖鎖に特異的親和性を示す糖鎖抗体やレクチンなどの糖鎖認識プローブの作製技術の開発を掲げ、この重要課題に取り組んでいる。特に、当研究センターが有する先進技術、レクチンマイクロアレイ、IGOT プロテオミクス法などを駆使することで、疾患の診断・治療の指標となる糖鎖構造の変化を系統的に見出す新システムを開発し、複数の糖鎖疾患マーカーを見出すことに成功した。見いだされた候補糖タンパク質群の中から、肝細胞の線維化の程度を反映する優れた糖タン

パク質マーカーを特定し、実用化に向けて企業と連携を始めた。それぞれ100~130万人、150~200万人と推定される B 型および C 型肝炎ウイルス感染者は、感染から20~25年の

後に肝硬変に進展し、肝細胞がんへと至るが、線維化が進行する程、がん化のリスクは高くなる。病期の進行を、従来は肝臓組織を採取するため検査入院が必要な生検検査で行なっていたところ、血液検査によって検出することが可能となった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 糖鎖、グライコプロテオミクス、糖タンパク質、がん、バイオマーカー、糖鎖構造解析、血清、臨床試料、診断

【研究題目】 新機能抗体創製技術開発／高効率な抗体分離精製技術の開発

【研究代表者】 巖倉 正寛
(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 巖倉 正寛、本田 真也、広田 潔憲、末森 明夫、渡邊 秀樹
(常勤職員5名、他9名)

【研究内容】

抗体の製造コストの大部分を占めるダウストリームプロセスの技術革新に焦点をあて、生産性の向上と安全性の確保の両立を目指し、抗体の大量生産に対応する超高速処理が可能であり、安全性と信頼性を担保するための高品質高純度の精製を実現し、かつ従来技術に比べて低コストで生産性の高い分離精製技術の実現を可能とする単位操作および要素技術の技術革新を進める。加えて、多くの種類の抗体に対して、それぞれの分子特性に合わせた適切な分離精製工程を、迅速に提供することを可能にする分離精製技術のテーラーメイド化を推し進め、分離精製工程の最適化に係る設計時間の大幅短縮化を目的とする。

アフィニティリガンドに関して、網羅的な1アミノ酸変異体遺伝子の作製とその発現により750以上の変異蛋白質を作製し、リガンドライブラリーの充実化を行った。作製したリガンドライブラリーについては、表面プラズモン共鳴法を用いて、ヒトポリクローナル抗体との結合特性解析を作製したすべての変異蛋白質について行った。リガンドライブラリーの特性解析の効率化を図るために、多数のリガンドを固定化基板上にアレイ化し、固定化したリガンドと IgG との結合状況をクロマトグラフィー分離条件下に測定するためのアレイ解析装置を開発した。アレイ測定の結果、温和な条件で抗体の溶出回収を可能にする変異体が各種見つかった。開発したアフィニティリガンドの大量調製を行い、これをカラム担体に固定化することによりアフィニティカラムの作製を行い、これを用いて、医薬品抗体としての可能性が高いモノクローナル抗体22種類につき、その CHO 細胞培養液の提供を

受け、それぞれ、100 mg 以上の抗体の高度精製を行った。精製して得られたモノクローナル抗体蛋白質について、FTIR や光散乱法などによる溶液中の凝集体の測定を行った。高度精製して得られた抗体の活用を図るため、試用モニタリング (仮称) 制度を提案し、厳密な秘密保持のもと、希望する製薬企業等に無償でサンプル提供を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 抗体医薬、蛋白質デザイン、蛋白質製造技術、アフィニティ・クロマトグラフィー、プロテイン A/G

【研究題目】 創薬加速に向けたタンパク質構造解析基盤技術開発

【研究代表者】 佐藤 主税
(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 佐藤 主税、Kohtz Adele Anne、Mementily Nassirhadjy
(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

目標：

結晶を用いずにタンパク質構造を決定する電子顕微鏡単粒子解析において分解能を規定する最も重要な条件の一つは、粒子画像の枚数である。画像粒子の自動拾い上げプログラムおよびその周辺の画像処理技術をさらに改良し、単粒子解析法をより高分解能の方法へと改良する。研究計画：

電子線単粒子解析の分解能を向上させるために、非線形最適化法を組み合わせ、単粒子解析を改良し、改良した単粒子解析法を用いて、Na チャネルや TRP (transient receptor potential) チャネル、小胞体チャンネルや Ca²⁺ポンプなど、生理的に重要な様々の蛋白質の構造・機能相関の解析を行う。骨格筋や心筋などで特殊に進化した小胞体に特に注目して研究を進める。

年度進捗状況：

小胞体チャンネルである分子量23kDa の3回膜貫通たんぱく質 Mg23の機能が、陽イオン透過機能を持つことを京大薬学部竹島研究室と共同で見つけた。その構造を電子顕微鏡像から再構成したところ、主な構造はおよそ36量体からなるボール (深皿) 状であることを決定した。また一部の複合体は6量体のサブ複合体状態に留まっている。このチャンネルが開くと様々な陽イオンを透過するが、イオン選択性は低い。このチャンネルが Mg33チャンネルとどのように協調して Ca 放出を制御しているか、また様々な心筋症とどう関連するかが今後の課題である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 電子顕微鏡、単粒子解析、小胞体チャンネル

〔研究題目〕知的基盤研究開発事業／DNA チップの互換性向上のための SI トレーサブルな核酸標準物質作製・評価技術の研究開発

〔研究代表者〕関口 勇地

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕関口 勇地、川原崎 守、水野 敬文、陶山 哲志、野田 尚宏、吉池 里和 (バイオメディカル研究部門)、高津 章子、藤井 紳一郎、絹見 朋也、柴山 祥枝、稲垣 和三、成川 知弘 (計測標準研究部門)

(常勤職員10名、他2名)

〔研究内容〕

本事業では、DNA チップ (DNA マイクロアレイ) の比較互換性の向上に不可欠な課題のひとつである、測定の基盤となる核酸標準物質の作製・評価技術を確立することを目的に、バイオインダストリー協会と共同で、主に以下の4つの課題に関して検討を進めた。(1) 核酸の一次標準測定法 (SI トレーサブルな核酸の計測方法) の確立、(2) 核酸認証標準物質の製造法、純度検定法、安定性、保存方法の確立、(3) 核酸標準物質の候補配列のリスト、ライブラリ化、(4) 核酸認証標準物質の開発と頒布体制の構築。平成22年度は、核酸標準物質の長期安定性試験を実施した。また、認証核酸標準物質を利用した値付け方法 (二次標準測定法) の検討を行った。具体的には、平成21年度に作成した核酸認証標準物質候補 (DNA 4種類、RNA 1種類) について、加速試験を含めた様々な温度条件下 (-80℃、-20℃、4℃、25℃、40℃) での安定性試験を実施した (1年以上)。その結果、DNA、RNA とも安定性において問題ないと考えられる核酸標準物質を作製できるプロトコルを確立した。また、候補配列のプラスミドライブラリ化を進め、医療分野における実際の検査時の外部標準として利用可能な塩基配列 (KRAS、EGFR などのガン関連遺伝子や、キメラ RNA などの mRNA) を中心に25種類程度の核酸配列ライブラリの合成を進めた。さらに、DNA チップのパリデーションや測定値の比較互換性を向上させるための核酸標準物質 (4種の DNA 及び1種の RNA) を対象として、その認証標準物質としての整備を想定し、必要な評価及び値付けを実施した。

〔分野名〕ライフサイエンス、標準・計測

〔キーワード〕核酸、DNA チップ、標準物質

〔研究題目〕高機能簡易型有害性評価手法の開発／培養細胞を用いた有害性評価手法の開発／高機能毒性予測試験法基盤技術の開発

〔研究代表者〕中島 芳浩 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕近江谷 克裕 (生物プロセス研究部門)、市野 善朗、丹羽 一樹 (計測標準研究部門)、熊田 志保、上田 直子、

笹栗 頌子、笹尾 真理 (健康工学研究部門) (常勤職員4名、他4名)

〔研究内容〕

目標：

簡易かつ迅速で高精度な化学物質のリスク管理を行うための手法の確立を目指し「高機能簡易型有害性評価手法の開発」の一環として、発がん性や発生毒性 (催奇形性)、免疫毒性の3分野の試験に関して、わが国で開発された最新の技術を組み込んだ国際的に利用可能な高精度簡易試験法の開発を目標として研究開発を行う。

研究計画：

製作したそれぞれの発光細胞を用いて、各予測試験法として構築された評価システムの検討、ならびに基盤技術としてのプロトコル作成を支援する。また、ヒト人工染色体ベクター (HAC ベクター) によって樹立した細胞についてもバリデーションのための適切なプロトコルを構築する。

年度進捗状況：

4つの設定課題に対し、以下成果を得ることに成功した。(1)簡易かつ簡易な免疫毒性評価のため、免疫毒性評価細胞 U937では IL-8と IL-1 β の発光活性を、また Jurkat 細胞では IL-2と IFN γ を指標とした3色発光免疫毒性評価細胞の安定発現株を東北大学および東洋紡績との連携により確立した。またこれら細胞株の培養・継代・ストック法の最適条件を東洋紡と連携して確立した。(2)発がん評価においては、Bhas 42細胞を用いた短期発がんリスク評価のため、食品薬品安全センターと連携し mMmp10遺伝子および m β -actin 遺伝子の発現を同時に観察する多色発光細胞の取得に成功した。(3)発光測定を高精度化するための多色発光ルシフェラーゼ標準品を作成し、それらを長時間安定に保持できる条件を決定、また標準品の大量生産を実施、発光特性の値付けを行った。(4)鳥取大学との連携により、HAC ベクターに搭載された免疫毒性評価用プローブ IL1 β /SLG (緑色発光プローブ) が導入された U937細胞を用い、化合物の応答性に関する試験を行った。その結果、HAC を用いたシステムではクローナルバリエーションが少ないという従来法に対する優位性を実証した。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕生物発光、化学物質リスク評価、簡易解析法

〔研究題目〕次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／要素技術開発／リチウム二次電池の安全性に資するイオン液体電解質の開発

〔研究代表者〕寺澤 直弘 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕寺澤 直弘 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

目標：

リチウム二次電池の安全性を高める液体電解質媒体として、難燃性・難揮発性が主な特徴である“イオン液体（常温熔融塩）”の適用を検討し、既存の有機電解液系リチウム二次電池の構成を生かしつつ、安全性に優れた車載用リチウム二次電池システムの実現に資するイオン液体電解質を開発することを目的とする。

研究計画：

熱安定性に優れるものの、電池特性においてはあまり高い充放電電流密度では作動しない、 $[\text{CF}_3\text{SO}_2\text{-N-SO}_2\text{CF}_3]^-$ (TFSI) 系イオン液体と、電解液系に匹敵する充放電レート特性を発揮するものの熱安定性に劣る $[\text{FSO}_2\text{-N-SO}_2\text{F}]^-$ (FSI) 系イオン液体の双方の優れた特性を兼ね備えたイオン液体の合成のため、 $[\text{CF}_3\text{SO}_2\text{-N-SO}_2\text{F}]^-$ (FTI) 系の原料合成と従来のイオン液体との比較のためのイオン液体の合成を行う。また、低粘性・低融点のイオン液体を形成するアニオン種として報告例が増えているホウ素原子が中心のいわゆるボレート系アニオンのさらなる物性改良の検討のため、ボレート系アニオン種を含むイオン液体の合成を検討する。またメサイド系、長鎖フルオロアルキルボレート系及び枝分かれを持つ長鎖フルオロアルキルボレート系アニオン種を持つ、イオン液体の合成を検討する。

年度進捗状況：

昨年度に引き続き、新規アニオン原料合成の検討を行い、粘性を大きく低減する新規なボレート系アニオン種を持つイオン液体の種類の追加合成に成功した。またメサイド系アニオンの中間体の合成に成功した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 リチウム二次電池、イオン液体電解質、難燃性・難揮発性

【研究題目】 多様な再生医療製品の製造に対応可能な除染接続装置の開発と国際標準化

【研究代表者】 弓場 俊輔（健康工学研究部門）

【研究担当者】 弓場 俊輔、廣瀬 志弘、大串 始、田所 美香、町田 浩子
（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

目標：

再生医療製品の製造では、局所無菌環境と、対象疾患に合わせて組替え可能な製造工程が必要である。そのため、個々の細胞培養・加工装置を無菌的かつユニバーサルに脱着できる除染接続装置の開発並びに国際標準化提案へ向けた準備を行う。

研究計画：

除染接続装置の基本構想を策定し、実際に装置プロトタイプ製作、その実用性を検証する。また、当該機器のTC198提案に向けたコンセンサスの調整を図る国際標準化活動も行う。

年度進捗状況：

除染接続装置の基本構想に対し、操作性や機能性、清浄度に支障のないものになっているか、実用面を重視した調査を国内機器メーカーや再生医療実施機関に対して行った。また、試作したプロトタイプについて搬入ボックス（パスボックス）の除染能力、及び運搬容器に対する除染レベル、運搬容器内の細胞に対する除染操作の影響について検証し、ラットの間葉系幹細胞培養結果との相関を調査した。次に、国際標準化活動として、ISO/TC198総会（2010年9月20日～24日／中国・広州）WG9（Aseptic processing）において、WG9の委員と個別に議論を行い、本除染接続装置と再生医療製品の製造に関する無菌製造プロセスについての提案の概要を説明し、コンセンサス調整を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 再生医療、製造システム、無菌環境

【研究題目】 健康安心イノベーションプログラム／糖鎖機能活用技術開発

【研究代表者】 清水 弘樹（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 清水 弘樹、作田 智美、長島 生
（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

本研究開発は、財団法人化学技術戦略推進機構との共同研究にて、動物細胞を利用した多種類のヒト型糖鎖生産技術開発を行い、100種類10ミリグラムオーダーで、そのうち数種類はグラムオーダーで調製することをプロジェクト全体の最終目標とした。このうち我々は、多価シアル酸やフコースの導入、繰り返し構造を有する糖鎖の精密合成など、細胞法が苦手とする工程を糖転移酵素反応でカバーする研究をすすめた。具体的には、活性の高い糖転移酵素を調製し、細胞法産物に対し糖転移酵素反応を施し、ポスト糖鎖修飾をおこなうことで、細胞法では調製できない糖鎖、あるいは調製しにくい糖鎖の合成研究をおこなった。

本年度はまず、適応酵素調製をすすめた。10ミリグラムオーダーで合成可能な活性の高い糖転移酵素は、シアル酸転移酵素など一部海産微生物由来の市販酵素が必要十分な活性を有することが分かったが、グルコサミン転移酵素やフコース転移酵素に関しては、我々のところで自前調製した。特に、フコース転移酵素については、固定化することで繰り返し使用が可能となり、大量合成対応が可能となった。

そして、アグリコン部に化学修飾しやすいドデシルアジド基が導入された Gb3、シアリルラクトース、シアリルラクトサミン、ポリラクトサミンなど、細胞法によって調製された糖鎖を原料として、糖転移酵素による糖鎖伸長を施し、実際に合計12種類の細胞法では合成できない糖鎖の合成に成功した。合成した糖鎖は各々～10ミリグラムオーダーで得られた。またその中には、糖鎖の機能発現の鍵を担うシアル酸やフコースユニットを複数

有する非天然型糖鎖も含まれ、これらを対象に PCT 出願をおこなった。

合成した化合物は、セファロースへの提示などさらなる適当な変換を施し、共同研究先でのウイルスや毒素など感染症病原体との結合活性試験用に供与した。またその他にも、LSPR 法（局在表面プラズモン共鳴法）による新しい糖鎖機能解析開発研究におけるレファレンス糖鎖として利用活用され、有用糖鎖探索研究を展開した。

尚、本開発研究は平成23年2月をもって終了した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 糖鎖、糖転移酵素、シアル酸、フコース

〔研究題目〕 個別化医療の実現のための技術融合バイオ診断技術開発／染色体解析技術開発／日本人 BAC を用いた革新的染色体異常解析基盤技術の開発

〔研究代表者〕 平野 隆

（産学官連携推進部門）

〔研究担当者〕 平野 隆、町田 雅之、玉野 孝一

（常勤職員3名、他3名）

〔研究内容〕

2001年に国際ヒトゲノムコンソーシアムの成果としてヒトゲノムの塩基配列情報が公表されたが、解析対象は欧米系のコーカシアンであり、日本人を対象とした診断・治療・創薬の研究開発には標準的な日本人のゲノムおよびその塩基配列の解析が必須である。そこで、産総研で構築した日本人のゲノムライブラリーを用いて、癌の診断を行うマイクロアレイの作成を行っている。

日本人であることが遺伝的に確立された男児の臍帯血由来血球細胞の DNA を酵素的に断片化し、大腸菌内にクローン化することにより得られた人工染色体（Bacterial Artificial Chromosome, BAC）ライブラリーより、6番染色体短腕上の HLA 領域の一つの BAC クローン DNA についてショットガン法によりキャピラリー型シーケンサを用いて塩基配列の解析を行った。これにより、100塩基以上の構造的異変を見出した。また、この全ゲノム領域の84%をカバーする日本人 BAC ライブラリーより、物理地図を用いて総 BAC 数を最少にする方法によって17k の BAC クロンの選択し、全ゲノムアレイ用マスタープレート、および作業用レプリカプレートを作製した。この作業用レプリカプレートを増幅し、17k の DNA を抽出・精製し、全ゲノムアレイの試作を行った。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 日本人、人工染色体（BAC）、癌悪性度診断、アレイ CGH

〔研究題目〕 新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術研究開発）／酵素糖化・効率

的発酵に資する基盤研究

研究開発項目 iv)：糖化後に生成する C6・C5糖類の発酵に資する有用微生物の代謝・ストレス耐性等に係わる生化学的・遺伝的情報の取得と蓄積

〔研究代表者〕 鎌形 洋一（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 鎌形 洋一、扇谷 悟、佐原 健彦、田村 具博、中島 信孝
（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

概要：

本研究では、バイオマスの酵素糖化液中に共存する C6・C5混合糖を高効率でエタノールに変換する発酵基盤技術の確立および軽油代替となりうるブタノール等の発酵生産のための新たなプラットフォーム微生物の創出を目指している。

これまでに C5糖（キシロース）の効率的発酵基盤の確立に向けて、キシロース代謝の初発段階に関与する遺伝子群を、異なるプロモーターや複数挿入などの方法により、様々なレベルで発現させ、それらの発現量の比がキシロース消費やエタノール生産に与える提供について明らかにしてきた。また、ウイルス由来の配列を用いること等により、効率的なキシロース代謝系の向上に成功した。また、実用酵母株を出発株として導出された耐酸性酵母の遺伝子変異点を特定するために、実用酵母の系等群のゲノムのドラフト配列決定ならびに SOLiD 等による大規模ゲノム解析の結果から、耐酸性が付与された変異株の変異点を複数特定することに成功した。

軽油代替燃料の微生物による生産に資する研究開発については、これまで多様な環境からブタノールならびにイソブタノールに耐性を示す微生物の取得を試みた。その結果、好気環境下ならびに絶対嫌気環境下からそれぞれブタノール、イソブタノール共に3%以上で生育を示す *Enterococcus* 属に近縁な新種微生物と *Erysipelotrichi* 科の新種の微生物の獲得に成功している。これらの溶媒耐性に関わる遺伝子の特定ならびに膜脂肪酸組成との関係について詳細に解析を行った。また、遺伝子組換え系が確立している *Rhodococcus* 属細菌から有機溶媒耐性株の導出を試みた。溶媒耐性を示した変異体由来ゲノムから機能的スクリーニングで得られた一連の遺伝子について、遺伝子発現量を更に増強することで耐性が強化されるか否か検討を開始した。

研究テーマ：

1. アルコール発酵酵母による C6・C5糖の効率的発酵基盤の確立
2. 軽油代替燃料の微生物による生産に資する研究開発

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ブタノール、エタノール、溶媒耐性、酵母、*Rhodococcus*

〔研究題目〕 戦略的国際標準化推進事業／標準化研究
開発／カシミア繊維の試験方法に関する
標準化

〔研究代表者〕 町田 雅之（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 町田 雅之、小山 芳典、小池 英明、
関口 勇地、野田 尚宏

（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

カシミア繊維について、DNA を用いて類似のヤクやヒツジの繊維とを効率的に鑑別する試験方法を開発、国際標準化を ISO/TC38/WG22 に提案することを目標としている。カシミア製品において、カシミア表示が誤っている場合、類似のヤクやヒツジが用られていることがほとんどである。このため、カシミアの毛を、目視により鑑別の難しいヒツジおよびヤクのもと効率的に鑑別する方法の開発が必要である。これら3種は生物的に異なる種であるので、ゲノム DNA 配列に基づいて識別することが確実である。本年度の事業により、カシミアの DNA の塩基配列を決定し、ヒツジやヤクの塩基配列と比較することにより、1,000箇所以上の識別するための候補部位を得た。また、個体間で異なる部位が存在することも確認された。市場に流通する製品を鑑別するためには、加工された繊維を分析した結果、黒など濃い染色サンプルでは DNA の増幅が難しいことが判明した。DNA の抽出方法の検討の結果、緩衝液の組成を変更してタンパク質分解処理を行うこと、PCR 反応に用いる DNA 合成酵素を変えることなどによって、鑑別能力が向上することが判明した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 カシミア、国際標準化、DNA、種鑑別、塩基配列

〔研究題目〕 基礎研究から臨床研究への橋渡し促進技術開発／橋渡し促進技術開発／次世代型高機能血液ポンプシステムの研究開発

〔研究代表者〕 山根 隆志（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 山根 隆志、丸山 修、西田 正浩、
小阪 亮（常勤職員4名、ほか1名）

〔研究内容〕

1ヶ月間の連続使用が可能な呼吸循環補助システム（PCPS）を実現するため、ポンプによる血球破壊あるいは使用材料に起因する血栓形成が生じないことを、動物血を用いた溶血試験および模擬血栓試験により確認した。表面の粗度を改良したポンプモデルに対して、模擬血栓試験における血液中の血液凝固因子濃度、すなわち D-ダイマー、トロンビン・アンチトロンビン複合体（TAT）、 β -トロンビグロブリン（ β -TG）および血小板第4因子（PF4）の濃度測定を行った。また、ヤギを使用した動物実験においても同様の分析を行い、比較し

た結果、ECMO としての運転条件において問題ない程度であることを確認した。

また、恒久的循環補助（DT）が可能な、非接触センサレスの流体動圧軸受を応用した超小型軸流式の体内埋込型補助循環システム（VAD）を実現し、開発ガイドラインが指定する耐久性を実証するため、拍動流条件下で耐久性評価試験を行った。耐久性試験装置の一方弁およびダイヤフラムの改良、拍動機構の改良を施した。また流量波形改善および摩耗溶出防止のため、一方弁を比較検討し、弁葉のイナーシャが小さく摩耗の小さい人工心臓弁の適性が確認された。全体レイアウトがコンパクトで、分解可能な組み立てへの変更も行った。

これに開発した軸流式補助人工心臓を接続して、連続耐久性試験を実施し、1セット268日間無故障を確認した。6カ月経過時の試験状態は、拍動流量0~9L/min、平均圧力93±3mmHg、液温37±0.2℃、拍動数74±1bpm であり、目標範囲内を維持できることを確認した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 人工心臓、連続流ポンプ、耐久性、血液適合性

〔研究題目〕 平成22年度戦略的国際標準化推進事業
（標準化研究開発／アクセシブルデザインの体系的技術に関する標準化）

〔研究代表者〕 赤松 幹之（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 赤松 幹之、横井 孝志、倉片 憲治、
関 喜一、伊藤 納奈、佐藤 洋、
佐川 賢、水浪 田鶴、深尾 美香、
植松 育子、松永 歩美、三浦 絵美、
榊 和子、久米 絢弓、岩沢 聖子
（常勤職員6名、他9名）

〔研究内容〕

JIS「高齢者・障害者配慮設計指針」シリーズ、ISO/IEC Guide71及び ISO/TR 22411I に基づいて、高齢者及び障害者のニーズに対応した製品やサービスに関する一連の国際規格原案を作成し、ISO に提案する。その目的のため、高齢者や障害者の人間特性データを収集し、さらに国際提案に必要な海外研究機関での比較測定を行う。

全体計画は、(1)高齢者及び障害者の人間特性の計測、(2)人間特性の加齢効果の国際比較、(3)規格原案作成、の3項目から成る。(1)に関しては、感覚・身体・認知の3つの分野において基本となる特性を、多数の高齢者及び若年者について収集する。(2)に関しては、感覚の加齢特性を欧・米・アジア地域で比較する。(3)に関しては、収集した測定データ及び JIS 原案をもとに国際規格原案を作成し、ISO に提案する。

平成22年度の実績は以下のとおりである：(1)国内にて高齢者・障害者等を対象に「色覚障害者の基本色領

域」及び「基本触覚記号の識別性」データを収集する実験を行い、その結果に基づいて、今後提案する ISO 規格素案の検討を行った。(2)中国にて「基本色領域」及び「文字の可読性」の測定を、タイにて「音声案内の聞き取りやすさ」及び「触覚記号の図形認識特性」の測定を実施した。それらの測定データを、すでに測定した日本及び他国のデータと比較し、提案する ISO 規格素案の検討を行った。(3)については、JIS「触知図形の設計方法」に基づく ISO 規格素案を関係国に回覧し、各国の製品状況、関連国内規格の有無等について確認と報告を依頼した。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 高齢者・障害者配慮、ISO/IEC Guide 71、国際規格、感覚特性、身体特性、認知特性

【研究題目】 内視鏡下手術支援システムの研究開発プロジェクト

【研究代表者】 鎮西 清行（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 鎮西 清行、鷲尾 利克、荒船 龍彦（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

低侵襲の治療が特に有効ながん及び心疾患の主要な対象部位である脳神経外科、胸部外科及び消化器外科の領域において、医療従事者が扱いやすい診断・治療一体型の内視鏡手術支援機器であるインテリジェント手術機器の実現を図る。産業技術総合研究所ではこのうち、手術ロボット基盤ソフトウェア、術室統括ヘッドクォータ、精密微細操作の各技術に関する研究開発を行う。

研究計画：

1) ソフトウェア動作検証システム、ハードウェア動作検証システムなどを開発して本事業の試作品を検証する。ソフトウェアのライフサイクル管理を実現するための開発体制を構築する。

2) 個々のスタッフの個人識別と位置測定、役割モデル解析を行う「位置識別システム」、医療機器の動作状況を記録する「医療機器ログシステム」、手術映像の動画画像圧縮・内容分析からなる情報収集技術を開発する。

3) 医療機器ガイドライン「ナビゲーション医療分野共通部分」（平成20年6月経済産業省公表）に準拠するリスクマネジメント手順および電気安全試験、滅菌洗浄試験手順を策定し、その試験環境を構築する。リスクマネジメントは各機関での実施をサポートする。また試作品の試験を実施する。

平成22年度進捗状況：

1) 本事業で生まれたオープンソースソフトウェア OpenIGTLink を使った手術ナビゲーションソフトウェアの臨床前検証を行い、機能する事を確認した。また、実用化展開として、OpenIGTLink を組み込んだ製品が

内外の関連企業により、発表されており、着々と成果の産業応用が広がりつつある。

2) 重要点抽出システム（情報技術部門にて開発）の出力を保存、デマンドに応じて再生することのできるログサーバ環境を構築した。ログサーバソフトウェアは、オープンソースとして公開する予定である。

3) 電気安全性試験の一部（漏れ電流、絶縁耐圧）を実施する環境を整備した。平成21年度までに整備した、耐電メス・耐除細動器 EMC 試験環境とあわせて、医療機器ガイドラインが定める臨床研究前に実施しておくべき試験項目をテストする環境ができあがった。

ロボットのハンド部の洗浄性の評価試験手順を考案した。模擬的なハンド部の細かな機構部分に血液汚れなどが付着すると、残留物を生じる可能性が示唆された。ただし極端な条件での試験であり、許容範囲などは慎重に検討を進める。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 低侵襲治療、内視鏡手術、手術ロボット、微細アクチュエータ

【研究題目】 次世代半導体材料・プロセス基盤（MIRAI）プロジェクト／次世代半導体材料・プロセス基盤（MIRAI）プロジェクト（一般会計）／新構造極限 CMOS トランジスタ関連技術開発

【研究代表者】 金山 敏彦（ナノ電子デバイス研究センター）

【研究担当者】 金山 敏彦、高木 信一、太田 裕之、森田 行則、右田 真司、水林 亘、堀川 剛、木曾 修、糸賀 賢郎、野尻 真士、高野 美和子、多田 哲也、西澤 正泰、Pobortchi Vladimir、Bolotov Leonid、水野 智久（常勤職員7名、他9名）

【研究内容】

本研究開発は、高機能 LSI の実現に不可欠な半導体デバイス・プロセス基盤技術の研究開発を目的としたものであり、平成20年度から平成22年度の3年に亘り、実施した。本研究では、2007年版の国際半導体技術ロードマップ（ITRS 2007）で示されている hp32nm を超える極微細な半導体デバイスを実現するために必要な、革新的な基盤技術の開発を目標とした。具体的には、準パリステック輸送が顕在化する hp32nm 領域の微細トランジスタに適用可能な新材料・新構造を開発することで、トランジスタの電流駆動力を15%増大させることを目指した。

本研究開発では、hp32nm を越える技術領域でゲートの静電支配力を確保し、短チャネル効果を低減するために、薄膜 SOI トランジスタやマルチゲートトランジスタを対象に、① 原子層レベル界面制御によるメタル

ソース・ドレイン形成技術およびショットキーバリア
 高さ制御技術の研究開発、② 高駆動力ゲートスタック
 形成技術開発、③ 微細トランジスタ作製プロセス技術
 開発、④ 計測・解析技術開発、⑤ パリステック
 CMOS トランジスタの特性シミュレーションおよび最
 適設計技術（再委託研究）、の5つの研究課題に取り組ん
 だ。

① 原子層レベル界面制御によるメタルソース・ドレ
 イン形成技術およびショットキーバリア高さ制御技術
 の研究開発

SOI 基板中の NiSi_2 横方向エピタキシャル成長を利用
 した接合制御技術を開発した。 NiSi_2 のショットキ
 ー接合界面に偏析した P（リン）および B（ボロン）
 を、従来行われていなかった高温アニールで活性化す
 ることで、接合の実効バリア高さを Si の伝導帯お
 よび価電子帯からそれぞれ 0.1eV 以下に調節でき
 ることを実証した。世界でもトップ水準の数値を達成し、
 メタルソース・ドレイン技術の実用化に向けて大きく
 前進する成果が得られた。

② 高駆動力ゲートスタック形成技術の開発

Si 基板上への高誘電率絶縁膜 HfO_2 の直接接合技術
 として、Si の最表面結合を酸素で終端することによ
 り均一な直接接合界面を形成することに成功した。開
 発した界面制御技術により、 SiO_2/Si 界面での界面ラ
 フネス散乱と同程度の高品質 high-k/Si 直接接合ゲ
 ートスタックを形成することに成功した。また、高品質
 な HfO_2 の成長技術として、Rapid Thermal
 Crystallization (RTC) 法を開発した。原子層成長
 (ALD) 法により、非晶質の HfO_2 膜を成長させた後、
 基板側から結晶化させることにより、高品質な直接接
 合エピタキシャル HfO_2 を形成し、界面層形成を抑制
 することで EOT 0.5 nm を実現した。

③ 微細トランジスタ作製プロセス技術開発

上記のメタルゲート/high-k 絶縁膜及び、ショッ
 トキーバリア高さ制御した NiSi_2 メタルソース・ド
 レインを適用し、ゲート長 26nm (hp32nm 相当のゲ
 ート長) の FD-SOI デバイスの試作を完了した。

④ 計測・解析技術開発

項目③で開発したデバイスについて、パリステック
 効率などを抽出した。また、項目②で開発した
 HfO_2/Si 直接接合型の高移動度ゲートスタックに対
 して、キャリア移動度とソース端実効速度の関係をも
 とめ、従来技術に比較して 34% の電流駆動力向上が可
 能であることを示したことにより、本プロジェクトの数
 値目標を達成した。

メタルソース・ドレインと半導体のショットキー障
 壁プロファイルを精密に計測する手法を開発した。
 NiSi_2 と Si の試料表面調製法を開発し、 NiSi_2/Si 界面
 付近の伝導帯、価電子帯のバンドプロファイルを走査
 トンネル顕微鏡 (STM) を用いて測定することに成

功した。さらに、STM シミュレーションを行うこと
 により、0.1eV のポテンシャル計測分解能があること
 を示した。また、ラマン散乱法において偏光方向を制
 御することにより、Si の応力の方向と大きさを定量的
 に解析する技術を開発し、電磁場シミュレーション
 により、光の回折限界を超える空間分解能で応力分布
 が解析できることを示した。

⑤ パリステック CMOS トランジスタの特性シミュ
 レーションおよび最適設計技術（再委託研究）

本研究開発は、神戸大学大学院工学研究科 電気
 電子工学専攻 土屋研究室への再委託研究として実
 施した。メタルソース/ドレイントランジスタのパ
 リステック輸送効率をシミュレーションし、不純
 物偏析型のメタルソース・ドレインを有する、準パ
 リステック MOSFET のモデル化技術を確認した。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] 半導体、シリコン、高電流駆動力
 CMOS、移動度、パリステック輸送、
 メタルソース・ドレイン、ひずみ計測、
 ポテンシャル計測、走査トンネル顕微鏡、
 ラマン分光、高誘電率ゲート絶縁膜、ゲ
 ート電極

[研究題目] 省エネルギー革新技術開発事業/第2世
 代超薄膜ゲート絶縁膜材料の研究開発

[研究代表者] 安田 哲二

(ナノ電子デバイス研究センター)

[研究担当者] 安田 哲二、宮田 典幸、太田 裕之、
 右田 真司、卜部 友二

(常勤職員4名、他1名)

[研究内容]

CO_2 排出量の削減のためには、IT 技術の活用によ
 つて、あらゆるシステムの動作効率を高めることが効果
 的である一方、最近の IT 機器の普及と情報通信量の増大
 により、IT 機器自体の消費エネルギーが急増しており、
 その削減は必須である。これらの観点から、集積回路を
 構成する MOSFET の微細化を進め動作電圧を低減する
 ことは重要であり、中でもゲート絶縁膜の薄膜化技術の
 開発は急務である。本研究は、現在の HfO_2 系ゲート絶
 縁膜よりも更に薄膜化が可能な第2世代の高誘電率
 (high-k) ゲートスタックを、希土類金属酸化物をベ
 ースとした絶縁膜と Si との直接接合により実現するこ
 とを平成23年度の最終目標とするものであり、東京工業
 大学と産総研が NEDO の委託を受け研究を進めている。
 産総研は、希土類金属ベースの絶縁膜を化学的気相蒸着
 法 (CVD) により形成する技術の開発を担当している。
 平成22年度は、まず、希土類金属酸化物 (La_2O_3 、
 CeO_2) およびアルカリ土類金属酸化物 (MgO 、 SrO)
 の薄膜を CVD 法により形成するために適した反応系と
 最適成長条件の検討を行った。原料は、金属の種類に応

じて、蒸気圧や入手可能性を勘案して、シクロペンタンジエニル錯体、アルコキサイド、アミディネート錯体を選んで検討を進めた。評価項目は、原子層成長 (ALD) モードの可否、膜厚均一性、屈折率、および、モフォロジー、の4項目とした。La₂O₃成長については、シクロペンタンジエニル錯体の加水分解反応により、上記評価項目の全てに関して良好な特性を得ることができた。特に、成長温度を200℃以下の比較的低い温度に設定するとともに、H₂O 供給後のパージ時間を充分長くとることにより、成長速度が原料供給量に依存しない ALD モードの成長を実現できることを明らかにした。CeO₂膜成長についてはアルコキサイドの熱分解 CVD 反応を利用することにより良好な特性を得ることができた。希土類金属酸化物に添加するアルカリ土類金属については、La₂O₃等の希土類酸化物薄膜に対して、原子層の形で導入し熱処理で拡散させることを想定しているため、単膜の形で希土類酸化物と同じ目標値を満たすことは必ずしも求められないが、参考までに希土類酸化物と同様に評価を行った結果、MgO については、シクロペンタンジエニル錯体の加水分解反応により良好な ALD モード成長が実現できることが確認された。SrO については、原料の安定供給と成長膜のモフォロジー制御に課題を残した。成長した試料を一旦大気中に取り出した後に電極形成を行ってキャパシタを作製し、電気特性評価を行った結果、500℃のアニールを施すことにより、La₂O₃、CeO₂の両方について容量 - 電圧特性のフラットバンド電圧が理想値に近くヒステリシスも小さい特性が得られ、固定電荷やバルクトラップの密度の小さい膜の形成に成功した。

次に、絶縁膜中の不純物制御について検討を行った。CVD により形成した絶縁膜には、通常、炭素が残留し電気特性の劣化を引き起こすため、その低減が求められる。La₂O₃については、通常の ALD モード条件で成長した膜にはおよそ2atonic-%以上の炭素不純物が含まれていたが、H₂O 供給時間を充分長くしたり、ALD 成長の途中で熱処理 (500℃) を挿入することにより1atonic-%以下に低減できることがわかった。MgO については、成長したままの状態において0.01atonic-%程度の大変低い残留炭素濃度を示した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】電界効果トランジスタ、絶縁体、薄膜

【研究題目】ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造ナノ電子デバイス技術開発／シリコンナノワイヤトランジスタの知識統合研究開発

【研究代表者】金山 敏彦

(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】太田 裕之、森田 行則、右田 真司、水林 亘、堀川 剛、多田 哲也、

三上 益弘、宮崎 剛英、森下 徹也、西尾 憲吾、権太 聡、三隅 伊知子、菅原 健太郎、木下 和人、美馬 俊喜 (常勤職員14名、他2名)

【研究内容】

ゲート長が10nm を下回るシングルナノ領域では、CMOS トランジスタの動作が、種々の本質的な限界に遭遇する。この寸法領域では、ゲートのチャンネルに対する制御能力を最大化するために、直径が nm レベルのナノワイヤ構造のチャンネルをゲート電極が取り囲む構造を採用することが必須になる。この領域では、準バリスティック効果や量子効果など、キャリア輸送に本質的な影響を与える物理現象が顕在化する。そのため、本研究開発では、高精度なデバイス試作と電気的特性評価、物理計測評価解析、デバイスシミュレーションを含む計算科学的解析を、総合的に行うことによって、CMOS の究極形としてのナノワイヤトランジスタの特性を予測し、構造・材料・プロセスの設計を行うための基盤的知識体系を、科学的な裏付けを持って構築することを目的としている。

平成22年度は低 pH HF 処理と水素アニール、酸素エッチングより、サイズと形状を同時に制御した Si ナノワイヤを作製し、ワイヤ幅約8nm の微細なナノワイヤトランジスタの動作に成功した。また、ナノワイヤの電位分布を計測するために、導電性探針を用いた多機能走査プローブ顕微鏡システムを開発した。このシステムでは、原子間力顕微鏡 (AFM) モードで測定位置まで探針を誘導し、デバイス領域を走査トンネル顕微鏡 (STM) 及び、ケルビン力顕微鏡 (KFM) で計測することが可能である。開発したシステムで、幅20nm の Si ナノワイヤについて、接触電位差 (CPD) 及び、トンネル電流の分布測定を行うことに成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】半導体、シリコン、ナノワイヤ、CMOS、原子間力顕微鏡 (AFM)、走査トンネル顕微鏡 (STM)

【研究題目】ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造ナノ電子デバイス技術開発／シリコンプラットフォーム上Ⅲ-V族半導体チャンネルトランジスタ技術の研究開発

【研究代表者】安田 哲二

(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】安田 哲二、宮田 典幸、前田 辰郎、板谷 太郎、高木 秀樹、菅谷 武芳、卜部 友二、Jevasuwan Wipakorn、石井 裕之 (常勤職員6名、他3名)

【研究内容】

電子の有効質量が小さく移動度が大きいⅢ-V族半導体を用いた金属-絶縁体-半導体型電界効果トランジスタ

タ (MISFET) は、ゲート長が10nm 以下まで微細化が進む技術世代において、性能向上や低消費電力化を可能にするデバイスとして期待されている。この技術世代においては、高い電流駆動力を持ち、かつ、短チャネル効果抑制にも優れた MISFET を、埋め込み絶縁層の上に薄膜III-V族半導体を形成したIII-V-On-Insulator (III-V-OI)基板を用いて、Si プラットホーム上にて実現することが求められる。本研究は、Si 基板上更にその上の絶縁膜上に形成したIII-V族半導体をチャネルとするMISFETを開発するために、最適素子構造・材料の明確化を進め、本デバイスの当該世代への適用性を明らかにすると共に、集積可能性を検証することを平成23年度に達成すべき最終目標として、研究開発を進めている。

平成22年度の研究成果として、まず、これまでに良好な MISFET 動作を実証した InGaAs を用いたIII-V-OI基板に関して、基板形成プロセスに伴う歪みや Ga/In組成のずれが無いこと、および、通常の InGaAs ウェハ表面と同程度の平坦性を有することを、ラマン散乱測定、X線光電子分光、および、原子力顕微鏡観察により明らかにした。

次に、MIS 界面安定化技術及び界面評価技術に関して、温度可変コンダクタンス測定より、少数キャリアの影響が少ない界面準位密度の評価条件を検討した。コンダクタンス温度変化の活性化エネルギーを詳細に解析した結果、空乏条件下では、コンダクタンスは界面準位の応答が支配し、コンダクタンス法により少数キャリアの影響を強く受けることなく界面準位密度を評価できることがわかった。また、InGaAs 上に原子層成長 (ALD) 法により Al_2O_3 ゲート絶縁膜を成長する過程を、ALD室に接続したオージェ電子分光装置を用いて追跡した。その結果、 Al_2O_3 膜厚がおよそ0.2nm の成長初期には、Al の原料である $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ は表面酸化層の還元反応に消費されていることが判明した。この結果に基づき、成長初期における $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ 供給量の最適化を行い、還元反応を充分進ませることにより、周波数分散の小さい良好な電気特性を得た。さらに、InP/InGaAs ヘテロ構造を利用した埋め込みチャネル構造について、MISFET を作製し移動度評価を行った。InP バリア層が10nm と厚い時は、低キャリア濃度領域にて極めて高い移動度 (ピーク値: $5,500\text{cm}^2/\text{Vs}$) が達成された。キャリア濃度の増加あるいは InP バリア層の薄膜化に伴って移動度が劣化することが観測され、これらは、埋め込みチャネルから $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{InP}$ 界面へのキャリアのスピンオーバーや、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{InP}$ 界面の欠陥にトラップされた電荷によるリモート散乱が移動度を劣化させる原因であることを示している。この結果より、埋め込みチャネル構造の高移動度を保ちつつデバイスの微細化を進めるためには、InP バリア層の MIS 界面特性を更に向上させることが必要であることが分かった。

III-V-OI トランジスタ形成技術に関して、ショット

キー障壁ソース・ドレイン形成をゲート積層の前に行うゲートラスト法によって微細トランジスタを作製するプロセスを考案した。電子線リソグラフィ技術を用いたポジレジストプロセスにて100nm 以下のゲート長を作製し、High-k/金属電極のゲートスタック構造として Al_2O_3 膜と TaN 膜を堆積するプロセスで MOSFET を作製し、動作に成功した。このプロセスでは、pn 接合では困難であったゲート長の微細化が容易に可能となるだけでなく、プロセス簡便化および信頼性の点からも非常に有用である。また、従来の pn 接合で用いられているイオン注入や不純物活性化と言ったチャネルおよびゲートスタック構造に直接ダメージを与えるプロセスが不要となるので、トランジスタ特性においてチャネル材料・ゲートスタック構造本来の性能を見極める事が可能となる。さらに、MISFET の移動度を決定する要因について詳細に検討した結果、移動度向上と閾値電圧の負シフトとの間に相関があること、および、この負シフトが界面ダイポールによって引き起こされていることが明らかになった。このことは、III-Vチャネル MISFET に特有の移動度決定要因として、界面ダイポールの揺らぎに由来する散乱の寄与が大きいことを示している。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 電界効果トランジスタ、高移動度半導体材料

【研究題目】 次世代相変化メモリ技術の研究開発

【研究代表者】 富永 淳二

(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】 Fons Paul, Kolobov Alexander

(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

Ge 原子配置の異なる結晶-結晶相転移現象を応用した新規相転移モデルを検証し、モデル材料・構造を実際に作製して、期待どおりに動作することを実証した。具体的には、量子力学第一原理計算による超格子構造のモデル化、および成膜に必要な各原子層の精密な膜厚 (特に GeTe および Sb_2Te_3) の計算を行い、計算結果に基づいて Si 基板上への成膜温度条件の検討を行って実際の超格子の安定作製条件を決定した。また、ヒーター構造をもったデバイス上に $[(\text{GeTe})_x(\text{Sb}_2\text{Te}_3)_y]_z$ からなる超格子相変化膜を実際に形成し (ここで x, y, z は整数)、電気パルスを与えてデバイス特性の評価をおこなった。その結果、70nm 程度の直径をもつ TiN ヒーター上にも奇麗に40nm 膜厚の超格子構造が形成できた。さらに、デバイスの電流特性を、GeSbTe 合金を用いた同じデバイスと比較したところ、電流で約1/2、電圧でも1/2以下で動作することを確認した。結晶化時間は合金に比べ1/3以下と速く、従って動作エネルギーで1/12以下を実証できた。また、繰り返し記録消去特性は従来の100万回に比べ10億回以上と三桁の性能向上が確認できた。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス
 [キーワード] 半導体、不揮発性メモリ、相変化メモリ、第一原理計算

[研究題目] 次世代高効率ネットワークデバイス技術開発

[研究代表者] 石川 浩（ネットワークフォトニクス研究センター）

[研究担当者] 挾間 壽文、物集 照夫、河島 整、黒須 隆行、秋本 良一、永瀬 成範、牛頭 信一郎、並木 周、来見田 淳也、歙塚 治彦、須田 悟史、小笠原 剛、Petit Stephane、谷澤 健、庄司 雄哉、土田 英実、森 雅彦、金高 健二（常勤職員15名、他3名）

[研究内容]

超高速光 LAN-SAN システム用として、160Gb/s のハイブリッド集積の小型光トランシーバの開発と、このトランシーバを用いたスーパーハイビジョンの放送局舎内の LAN 伝送を目指した研究を行っている。160Gb/s 用のゲートデバイスとして、サブバンド間遷移素子を用いた空間光学系の干渉計型の超高速全光スイッチをシリコン細線導波路とハイブリッド集積方法と化合物半導体だけでモノリシック集積する二通りの方法で小型化する研究を行った。それぞれの方法で集積に成功したが、モノリシック集積の方が小型で性能も優れており、このプロジェクトではモノリシック集積のデバイスを採用することとした。超高速全光スイッチに加えて、NHK、PETRA（富士通）と連携して、システム化の研究開発を行った。その成果として、H22年5月の NHK 技研公開で、172Gb/s デュアルグリーン方式のスーパーハイビジョン2チャンネルを172Gb/s で伝送する実験を公開した。このシステムは、1週間の間安定動作した。超高速の光時間多重システムとしては最長の安定動作を達成した。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス
 [キーワード] 光-光スイッチ、超高速160Gb/s、光集積技術、光信号処理、超高速光伝送

[研究題目] 戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト、ロボット搬送システム（サービスロボット分野）、全方向移動自律搬送ロボット開発

[研究代表者] 堀 俊夫（デジタルヒューマン工学研究センター）

[研究担当者] 堀 俊夫、西田 佳史（常勤職員2名）

[研究内容]

本研究は、人と併存するオープンな環境で安全に移動可能なロボット要素技術の開発を目指しており、このうち産総研は移動ロボット用超音波タグシステムの開発を

担当している。

平成22年度は前年度に調査研究を行なったグラフィック用プロセッサ（GPU）による GPGPU 技術を活用したパーティクルフィルタを実装し、その動作を検証した。

統計的手法（RANSAC）を利用した従来の超音波タグ位置推定は、演算時間20ms で平均誤差が約5cm であった。一方、同じコンピュータでパーティクルフィルタを実装すると500個のパーティクルを利用した場合の平均誤差は開発目標の2cm 以下に収まったものの演算時間が25ms 程度に延びた。これを GPGPU 技術により高速化することを目標としたところ、同様に500個のパーティクルを利用した際に、平均誤差は2cm 以下のまま変わらず演算時間が2ms 以下となり、10倍以上の高速化を実現できた。

GPGPU 技術は比較的安価な小型コンピュータでも利用可能なことから、今回開発した GPGPU を利用したパーティクルフィルタを位置推定に活用することで、超音波タグシステムの設置コストの低減および設置場所の自由度向上にも寄与することが明らかとなった。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス
 [キーワード] 自律移動ロボット、超音波タグシステム

[研究題目] スピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクト

[研究代表者] 湯浅 新治（ナノスピントロニクス研究センター）

[研究担当者] 久保田 均、福島 章雄、葉師寺 啓、長浜 太郎（常勤職員6名、他2名）

[研究内容]

本プロジェクトでは、スピントロニクス技術が秘める不揮発性機能をはじめとする情報通信分野における革新的諸機能を実現するための基盤技術の確立、並びに、実用化に向けたスピン不揮発性デバイス技術の研究開発を産学官が一体となって行っている。具体的には、スピン制御技術、新材料の探索、デバイスの最適構造、およびナノ構造の作製技術等の基盤技術開発を基に、スピン RAM 及びスピン新機能素子の実現のための研究開発を行っている。本技術の確立により、我が国半導体産業の競争力強化、及び情報通信機器の低消費電力化が期待される。

産総研は、「低電力磁化反転 TMR 素子技術」の開発を担当し、22年度は、200%以上の TMR 比を有する垂直磁化 TMR 素子技術を開発すること、並びに、これを用いて、スピン注入磁化反転により DRAM 並みの高速読み書きを安定して行うことができる TMR 素子技術を開発することを目標とした。

超高真空高周波スパッタ装置を用いて、垂直磁化薄膜を作製した。種々の金属元素をもちいた薄膜を検討した結果、Co と Pt および Co と Pd を原子層単位で交互積層することにより、高い垂直磁気異方性が得られること

がわかった。さらに、MgO トンネルバリアとの組み合わせで、トンネル抵抗値の低い強磁性トンネル接合薄膜の開発に成功した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 不揮発メモリ、SpinRAM、垂直磁化薄膜

〔研究題目〕 生活支援ロボット実用化プロジェクト、生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発

〔研究代表者〕 大場 光太郎（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 本間 敬子、中坊 嘉宏、尾暮 拓也、水口 大知、大場 光太郎、松本 治、安達 弘典、堀内 英一、加藤 晋、岩田 拓也、橋本 尚久、角 保志（常勤職員12名、他3名）

〔研究内容〕

我が国では、少子高齢化が急速に進展しており、労働力の不足が懸念されている。このため、ロボット技術は産業分野だけではなく、介護・福祉、家事等の生活分野への適用が期待されている。しかしながら、生活支援ロボットの安全に関する内外の規格等が未整備であるために、民間企業の独自の取組では技術開発も産業化も加速されないことから、安全性基準に関する国際標準等の整備が求められている。

本研究開発では、生活支援ロボットとして産業化が期待されるロボットとして、移動作業型（操縦が中心）、移動作業型（自律が中心）、人間装着（密着）型、搭乗型の4タイプを対象に研究開発実施者と密接に連携しながら機械・電気安全、機能安全等に係る試験を行い、安全性等のデータを取得・蓄積・分析し、具体的な安全性検証手法を確立することを目的とする。

〔研究手段〕

本研究開発では、上記の生活支援ロボットの安全性検証手法を確立するために、産総研では、大きく分けて以下の研究開発を行う。

(1) 生活支援ロボットの安全性検証方法の開発

① リスクアセスメント手法の開発

② 機械・電気安全、機能安全等ロボットの安全性試験評価方法の開発

これらの研究開発を推進することにより、研究開発期間内に、生活支援ロボットの機械・電気安全、機能安全等に関する安全性基準の定量化、安全性試験方法・手順の確立、安全性基準適合性評価手法の確立、策定した試験・評価方法や手順に関する国際規格原案策定、国際標準化提案等を行い、さらに本研究開発終了後に生活支援ロボットの安全性検証拠点として事業を行うために必要な組織（試験機関、認証機関、試験研究機関など）を構築する。

〔方法論〕

リスクアセスメント手法については、シミュレーター等を用いることで、シナリオベースのリスクアセスメント手法を開発すると同時に、安全性試験評価方法の開発に反映する。

〔年度進捗〕

平成22年度は試験設備の構築をほぼ終え、複数台の生活支援ロボットを実際に試験を行うことで、試験方法、評価手法などの検証を行ってきた。次年度はさらに異なるタイプのロボットで検証を行う。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 生活支援ロボット、安全、認証

〔研究題目〕 エネルギーITS 推進事業／協調走行（自動運転）に向けた研究開発

〔研究代表者〕 加藤 晋（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 加藤 晋、橋本 尚久、津川 定之（常勤職員2名、他3名）

〔研究内容〕

運輸部門のエネルギー・環境対策として、省エネルギー効果の高い ITS (Intelligent Transport Systems) 技術による「渋滞半減を目指すクルマネットワーク化社会システム」および「物流効率倍増を目指す自動制御輸送システム」の実現が期待されている。これらの実現には、相互の車両が協調しながら走行することにより省エネ化を実現する協調走行や高度なエコドライブを可能とする自動運転と、空気抵抗を低減するために複数の貨物車両が接近して走行する隊列走行の技術の開発が重要である。そこで本事業「エネルギーITS 推進事業／協調走行（自動運転）に向けた研究開発」では、自動運転・隊列走行に必要な要素技術および省エネ運転制御技術を研究開発するとともに実車による実証実験を実施し、実用技術の開発を目指している。産業技術総合研究所は、このうち、自動運転・隊列走行システムの安全性・信頼性とヒューマンマシンインターフェース (HMI) に関する研究開発を行い、実車による実験検証および受容性評価等を行う。

本年度は、昨年度に引き続き、自動運転・隊列走行の自動制御技術を主として日米欧の関係技術を調査し、自動化システムの課題やヒューマンファクタに対する知見を得た。また、信頼性の高い制御装置および制御システムを開発するため、安全性・信頼性に関する調査を行い、ソフトウェア設計に関する安全性の配慮の検討、FTA（故障木解析）の基礎検証を行った。さらに、隊列車両内のドライバーのための HMI の設計と制作を行い、実車による機能や受容性の検証を行った。周辺車両への HMI としてエコ運転に資する情報提供についても検討し、シミュレーションと基礎的な実験を行い、安全性と無駄な加減速の減少を確認した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 自動運転、隊列走行、安全性・信頼性、

受容性、HMI（ヒューマンマシンインターフェース）

〔研究題目〕基盤ロボット技術活用型オープンイノベーション促進プロジェクト

〔研究代表者〕谷川 民生（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕安藤 慶昭、小島 一浩、梶谷 勇、
関山 守、神徳 徹雄、大場 光太郎、
中坊 嘉宏、市川 明彦
（常勤職員8名、他1名）

〔研究内容〕

本開発事業ではロボット技術の応用アプリケーションとして住宅といった建築内におけるインテリジェントな環境埋め込み型ロボットシステムのビジネス展開を目指し、建築物内に分散させた RT（Robot Technology）要素部品を連係動作させることで、建物の品質管理および利便性が向上することを実証する。開発の中心は、各 RT 要素部品の接続を容易に実現する通信基盤モジュールの開発であり、RT ミドルウェアを従来の PC 上ではなく、組み込み系 MPU 上で動作させる必要がある。

本年度においては、最終年度にあたり、開発された「基板通信モジュール」および「要素部品管理モジュール」を産業技術総合研究所実験室内の住宅モデル、および共同参画機関であるミサワホーム総合研究所のモデルハウス内に導入し、各種 RT 要素部品を制御する実証システムを構築した。具体的にはインテリジェントウインドシステムとして、窓のパワーアシスト機能、自動施錠と窓の自動開閉の連携動作といったインテリジェントセキュリティシステム、さらに、温度センサによる室内温度に応じた、窓やエアコン、シーリングファン等の空調設備との連携動作を行う、インテリジェント空調システムを構築した。これらの各種システムの動作を評価しつつ、住宅システム全体の RT ミドルウェアを基盤としたシステムのスループット評価、動作安定性の評価、プラグアンドプレイによる自動復帰機能、各モジュールの消費電力評価を行った。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕ネットワーク、RT ミドルウェア、システム化、住宅

〔研究題目〕次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト／ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発／ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの研究開発

〔研究代表者〕比留川 博久（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕原 功、神徳 徹雄、安藤 慶昭、
金広 文男、中岡 慎一郎
（常勤職員6名、他5名）

〔研究内容〕

本研究では、次世代ロボットシステムの効率的かつ効

果的な研究開発環境を実現するために、さまざまなロボット知能化技術を RT コンポーネントとしてモジュール化し、これらを統合することで、次世代ロボットシステムの開発を効率化し得るロボット知能ソフトウェアプラットフォームの研究開発を行う。これにより次世代知能ロボットの研究開発の水平分業による効率化に資することを目的とする。

本年度は、下記の研究開発を行った。

RT コンポーネント開発支援機：

知能モジュール仕様記述方式、ロボットシステム仕様記述方式については、それぞれ、RT コンポーネントビルダ、RT システムエディタへの実装および、OMG における標準化を進めてきた。また、OMG で行われている DDC4RTC（RT コンポーネントに関する動的配置・設定に関する標準）の標準仕様策定作業においては、産総研が作成した一次提案仕様における、コンポーネント記述方式、システム構成の仕様記述方式として、これらの仕様記述方式を取り入れた。さらに組込システムへの対応として軽量 CORBA の安定化とドキュメント作成を行い、これを利用した C 言語版の RT コンポーネントを実装し、C 言語版 RT ミドルウェアの基本アーキテクチャの設計に着手した。

応用ソフトウェア支援機能：

多関節型ロボットの動作設計を効率的に開発、検証を行うための動作パターン設計ツールに対して必要な機能をプラグインとして作成する手法を教示し、ツールの基本機能に加えて各研究で必要となる追加の機能の開発とツールの検証と改良を進めた。移動動作設計ツール、動力学シミュレータに関してユーザからの要求に応じた改修、機能向上等の改修を行い、ドキュメント整備を行なった。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕RT ミドルウェア、次世代ロボット、開発プラットフォーム

〔研究題目〕次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト／ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発

〔研究代表者〕松本 吉央（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕松本 吉央、角 保志、阪口 健、
田中 秀幸、鈴木 夢見子（知能システム研究部門）、末廣 尚士
（常勤職員3名、他3名）

〔研究内容〕

本プロジェクトの目標は、ロボットシステムを構成する様々な知能モジュールを RT ミドルウェアに基づく共通インターフェースを備えた RTC として揃え、それによってそれぞれのコンソーシアムが作成したモジュールを他の研究体でも容易に再利用できるシステムを構築することである。本研究では、知能ロボット用ソフトウェ

アモジュール再利用性の実現を目的として、開発手法の検討、知能モジュールの検証試験、蓄積・提供、ならびに普及促進などの検討と実施を行う。

まず、ロボットの要素モジュールを再利用性の高い RTC として実現するために必要な RTC の仕様を具体的なロボット作業を例に検討し、その典型的な形態をリファレンス RTC として整理した。具体的には、移動機能、作業機能、対話機能を備えた典型的なロボットアプリケーションとして「来訪者受付システム」を設定し、そのうちの移動機能について、そのサービス要求仕様を決定し、モジュール群の構成およびモジュール間インターフェースの検討を行った。また、各研究体が開発した RTC の中から、上記移動系の要素として適切な機能、粒度、独立性をもった RTC を抽出し、インターフェースを共通化するために改訂した。また、既存の RTC を組み合わせるための RTC を新規作成した。これらの動作確認を、移動ロボットプラットフォーム（リファレンスハードウェア）を用いて実施し、また選定した RTC 群については仕様書を作成しプロジェクト HP において公開した。

また、双腕ロボットプラットフォームを用いた作業知能オープンソースの統合検証として、作業知能オープンソースソフトウェアの高度化とその普及促進を図ることを目的とした作業のための画像認識モジュールの開発、および双腕ロボットプラットフォームの構築を行った。画像認識モジュールとしては、日用品等のハンドリング対象物を認識するために、バーコード認識コンポーネント、テンプレートマッチングコンポーネント、および文字認識コンポーネントの開発を行った。双腕ロボットプラットフォームとしては、川田工業の HIRO2台（再利用センターおよび産総研での統合検証用）を購入し、そのうちの1台については安川電機製の全方位移動台車へ搭載する改造を施し、移動作業を行えるシステムとした。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ロボット、ソフトウェア、RT ミドルウェア、再利用性

【研究題目】次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト／作業知能（社会・生活分野）の開発／作業知能（社会・生活分野）の研究開発

【研究代表者】河井 良浩（知能システム研究部門）

【研究担当者】原田 研介、松坂 要佐、丸山 健一、川端 聡、高瀬 竜一、野崎 俊輔、吉見 隆、辻 徳生、FOISSOTTE Torea、北垣 高成、音田 弘、中村 晃、山野辺 夏樹（常勤職員9名、他5名）

【研究内容】

本研究では、施設内生活支援ロボットシステムに必用

な作業内容、作業対象及び作業環境の多様性を実現し、再利用可能な作業知能モジュールを開発することを目的に、日用品の手渡しや取り寄せなどの作業を支援する当該ロボットに必用な作業知能モジュール群（作業対象認識、作業対象物把持、音声コミュニケーション）の研究開発を実施する。

今年度は、各知能モジュールを他機関開発のモジュールとともに双腕移動型ロボット SmartPalV に統合し、施設内の居室を模擬した環境において人の曖昧な指示であっても、日用品を搬送できることを実証する。また、一部モジュールに関しては、オープンソースで提供する。

作業対象認識モジュール群の開発においては、複数の認識結果が得られた時にユーザが指定した任意の方向に従って結果を並び替える機能の追加など機能向上を行うとともに、オープンソース版の認識モジュールを新たに開発した。

作業対象物把持モジュール群の開発においては、ハンド RTC を多指ハンドだけではなくグリップ型のハンドにも対応し、様々な機能を有する把持計画ツールボックスの開発も新規に行った。

音声コミュニケーションモジュール群の開発においては、オープンソースの音声認識・音声合成・音声処理・対話制御モジュール等を開発し、一般に公開した。

各機関が開発した知能モジュール（計39個）を SmartPalV に統合し、施設を模擬した環境において、ベッド上の患者が音声や指差しで指示した物品をサイドテーブルから収納庫へ片付ける／ゴミ箱へ捨てる、収納庫から取り出しオーバーベッドテーブルの上または患者の掌に置く作業などで開発成果物の有効性を確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】RT コンポーネント、作業知能、3次元物体認識、把持動作計画、音声認識

【研究題目】新構造 FinFET による SRAM 技術の研究開発

【研究代表者】昌原 明植

（エレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】昌原 明植、遠藤 和彦、柳 永勲、松川 貴、大内 真一、坂本 邦博、塚田 順一（常勤職員5名、他1名）

【研究内容】

半導体の微細化が進むにつれて最初に動作限界の危機に直面すると考えられている半導体メモリ SRAM (Static Random Access Memory) の技術課題解決を目指し、微細化に伴う短チャネル効果に強い Fin 形状チャネルを有するトランジスタ (FinFET) に2つの独立ゲートを付与した新構造トランジスタ (4端子 FinFET) を開発する。さらに、4端子 FinFET のしきい値電圧制御を利用した新しい SRAM セル (Flex-Pass-Gate SRAM) が微細化しても安定して動作することを実証

し、本技術が次世代 SRAM 技術として有効なことを示す。

本年度は、30nm ゲート長4端子 FinFET で構成される Flex-Pass-Gate SRAM セルを作製し、Pass-Gate (PG) へのバイアス印加 (PG のしきい値電圧制御) により、セルの動作余裕が、提案通り向上することを確認した。また、Flex-Pass-Gate SRAM に新たな機能を付加することで、0.5V でも安定かつ高速に動作可能な SRAM を考案した。新たに付加した機能では、読み出し動作中に動的な PG のしきい値電圧制御を列単位で実施する。具体的には、読み出し開始時に初期値に設定された PG のしきい値電圧を徐々に下げていき、読み出しに成功した時点で初期値に戻すことにより、PG の特性ばらつきによってトレードオフする読み出し安定性と読み出し速度の最適化が可能となる。実デバイスによって効果を確認したところ、0.5V 動作時に、PG の特性ばらつきによって生ずる速度低下が300倍改善することが確認された。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ダブルゲートトランジスタ、FinFET、SRAM、メモリ、集積回路

【研究題目】ナノテク・先端部材実用化研究開発／水素拡散を制御した高信頼性絶縁膜の開発とフラッシュメモリへの応用

【研究代表者】柳 永勲 (エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】柳 永勲、昌原 明植、遠藤 和彦、松川 貴、堀川 剛、郭 若峰 (常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

フラッシュメモリの低電圧化を実現するため、電界集中が起きるような微細な3次元トンネル領域を持つ FinFET 構造のフラッシュメモリの開発を進めている。また、フラッシュメモリの信頼性向上のため、トンネル絶縁膜中にナノレベルの水素貯蔵層を埋め込み、酸化膜とシリコン界面の劣化を抑制することを目指している。平成22年度においては、微細な3次元チャネルを持つ FinFET フラッシュメモリの作製プロセスを開発し、作製した FinFET フラッシュメモリの正常なメモリ動作を確認した。また、メタルゲート FinFET 電気特性の瞬時加熱処理 (RTA) 温度依存性を調べ、メタルゲートの仕事関数を変えずにソース・ドレインの不純物活性化を最適化できる RTA 温度を実験的に抽出した。更に、微細な三角断面のトンネル領域を持つ浮遊ゲート型 MOS キャパシタの作製プロセスを開発し、浮遊ゲートと制御ゲート間の電流-電圧特性の評価を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】フラッシュメモリ、3次元チャネル、トンネル絶縁膜

【研究題目】省エネルギー革新技術開発事業／先導研究／ナノ積層型高熱伝導膜によるホットスポットフリーLSIの研究開発

【研究代表者】青柳 昌宏

(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】青柳 昌宏、加藤 史樹、井川 登

(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

ナノオーダー積層技術により高熱伝導多層膜を半導体 LSI デバイス上に直接形成することで、デバイス発熱部から放熱部までの熱抵抗を低減し、ホットスポットを含むデバイス動作温度の低温化とそれによるトランジスタリーク電流ロスの低減を実現することをめざす。高熱伝導多層膜の特性を効率良く利用する熱流路を考えて、チップ内、ならびに外部インターポーザ内へ多層膜を形成することにより、トランジスタ領域から発生する熱を効率よく外部に放出し、ホットスポット低減を図る。平成22年度は、高熱伝導多層膜によるデバイス温度の低減効果を実測により評価するために、放熱ピアと高熱伝導多層膜を組み込んだ MOS デバイスを含むホットスポット評価デバイスを設計試作した。評価デバイスにおいて、高熱伝導多層膜の形成後に、トランジスタが正常動作し、IV 特性の変化が小さいこと、リーク電流が増大しないことを確認し、高熱伝導多層膜が実デバイスに適用し得ることを実証した。空間分解能、時間分解能を高めた赤外線サーモグラフィによるホットスポット評価システムを構築し、高熱伝導多層膜のみによる非定常的な放熱性向上効果を検証した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】LSI デバイス、放熱、多層膜

【研究題目】省エネルギー革新技術開発事業／先導研究／強誘電体フラッシュメモリ基盤技術の研究開発

【研究代表者】酒井 滋樹

(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】酒井 滋樹、高橋 光恵、Le Hai Van、

Zhang Xizhen、Zhang Wei、巖 康

(常勤職員2名、他4名)

【研究内容】

目標

側壁保護膜、素子間絶縁膜を有し、側壁傾斜角81度、強誘電体膜厚200nm、ゲート長1 μm でメモリウィンドウ0.85V 以上の自己整合ゲート型 FeFET を開発する。室温、実測2日で良好なデータ保持特性を得る。ゲート長1 μm 64Kb Fe-NAND アレイ回路の試作を開始する。セルレベルで10⁸回書換え、6V・10 μs 消去・書込、室温、実測2日で良好なデータ保持特性を実証する。年度進捗状況

電子線露光によりゲートパターンを形成し、有磁場 ICP 高密度プラズマエッチング装置で自己整合ゲート構造のエッチングを行った。その後、P+イオン注入によりゲート自己整合的にソース・ドレイン領域を形成して n チャンネル型 FeFET を作製した。側壁保護膜を兼ねた素子間絶縁膜 SiO₂ をスパッタ法で 200nm 製膜した。ゲート構造をエッチングする際のハードマスク、反応性ガスおよびプラズマ条件を適正化した結果、200nm 厚の強誘電体膜、素子間絶縁膜付きの自己整合ゲート型 FeFET で、当初計画以上の、ゲート長 0.54 μ m、側壁傾斜角 85 度、メモリウィンドウ 0.99V、室温・実測 2 日で良好な保持特性を実現した。64Kb Fe-NAND アレイ回路 (L=1 μ m、自己整合ゲート) の作製に成功した他、セルレベルで 10⁸ 回書換えと 6V・10 μ s での消去・書込、および、室温、実測 2 日で良好なデータ保持特性を実現した。さらに、64Kb アレイ全セル評価にも成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】強誘電体不揮発メモリ

【研究題目】省エネルギー革新技術開発事業／先導研究／省エネ情報機器のための超並列バスによるヘテロジニアス・マルチチップ積層 Cool System の研究開発

【研究代表者】仲川 博 (エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】仲川 博、青柳 昌宏、菊地 克弥、居村 史人 (常勤職員 3 名、他 1 名)

【研究内容】

情報機器の製造・運用に関わる大規模なエネルギー削減を行うための基盤技術を確立することを目的として、超並列通信バスによるヘテロジニアス・マルチチップ積層 Cool System の LSI チップのスケラブルな積層により高集積化を可能とする基盤技術確立のため、超並列通信バスで接続するために必要となる微細接続電極の形成および接続技術と低容量貫通電極形成技術を開発する。平成 22 年度は 1000 個以上の 10 μ m 以下の微細接続電極をチップ中心部に形成する技術の高度化開発を主に行った。具体的には、本研究の超並列通信バス接続に必要な錐形状バンプのアレイ形成を実現するため、ナノ粒子堆積法で作製した金堆積膜の XRD 解析による膜質の評価と錐形状バンプの詳細な形成実験とシミュレーションにより、錐形状バンプの形成過程を調べた。その結果、超並列通信バスの接続に必要な 10 μ m の円錐バンプをアレイ状に形成する条件を確立し、これによるフリップチップ接合実験を進めた。フリップチップ接合時に、圧力分散効果によりチップ全面に均一に圧力が印加されて接合されたことが分かった。荷重は 1 バンプ当たり 6.25mN であり、接合温度も従来のフリップチップ接合で実施されている温度 300 $^{\circ}$ C の半分となる 150 $^{\circ}$ C であった。以上により、低温・低荷重のフリップチップ接合技術に目途を付けた。低容量貫通電極形成技術に関しては、LSI チップの超並

列通信バスに適用可能なシリコン貫通電極 (TSV: Through Silicon Via) 作製に必要な技術を有する複数の会社と協力してプロセスチェーンを構築した。TSV の試作について、TEOS ガス CVD 法による SiO₂ 絶縁膜の形成により、Si 深掘り孔の側壁、底面部へのコンフォーマル成膜を検証した。絶縁膜の断面 SEM 観察の結果、SiO₂ 絶縁膜の厚さが 0.2 μ m であった。この結果から、最終的に 50 μ m 長さの TSV を 7 本用いたチップ 8 層積層チップにおいて、総容量が 2pF 以下であることを検証した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】LSI デバイス、積層、シリコン貫通電極

【研究題目】バイオメトリクス認証におけるテンプレート保護技術に関する標準化

【研究代表者】井沼 学

(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】井沼 学、大塚 玲

(常勤職員 1 名、他 1 名)

【研究内容】

テンプレート保護技術とは、生体情報を変換あるいは暗号化したまま登録・認証を行い、万が一登録生体情報が漏洩した際には、変換パラメータや登録情報を更新して安全性を回復できる技術である。しかしながら、種々のテンプレート保護技術を客観的に評価可能な明確な安全性評価基準は未だ確立していない。本事業では、テンプレート保護技術の客観的な安全性評価指標を確立して、国産技術を他国に先駆けて評価し、客観的な評価を背景に国産技術の標準化を後押しすることを目的として、既存のテンプレート保護技術における安全性評価基準の調査・検討、評価用データベース構築に向けた調査と必要なデータ収集や実験等を行った。具体的には、既存技術の認証精度・安全性の評価基準の調査と標準規格提案の評価基準の検討を行った。また、来期以降の標準化提案の方向性を打ち出すための知見とするため、本事業に関連する国際標準化委員会や学界での活動・研究の現状と今後の方向性についてまとめた。さらに、標準化に向けた性能評価のためのバイオメトリクスデータベースを構築するため、データ構造のモデルに関する調査・検討を行った。とくに、ノイズモデルを考慮した高精度データベースによる性能評価技術の構築のための調査・実験として、主要なモダリティ (生体部位と取得方法) について通常精度の生体データ読取装置と高精細な読取装置を用いて生体データを採取し、高精細データの有用性や通常精度データで発生するノイズについて調査等を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】バイオメトリクス、テンプレート保護、キャンセルブル・バイオメトリクス、セキュリティ評価基準、国際標準化

【研究題目】エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発／サーバーの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャの開発／クラウド・コンピューティング技術の開発

【研究代表者】中田 秀基（情報技術研究部門）

【研究担当者】中田 秀基、工藤 知宏、高野 了成、小川 宏高、谷 村勇輔（常勤職員5名）

【研究内容】

昨今広くクラウドが用いられるようになりつつあり、このクラウドを運用するデータセンタの消費電力低減が大きな課題となっている。本研究では、データをそのデータが配置された場所で処理する「データ・アフィニティ処理」を、近年になって利用が可能になった高速な半導体ストレージに適用することによって、クラウド上で大容量データにアクセスするアプリケーションの実行に要する消費電力の低減を図る。

高速な半導体ストレージを持つ計算機を高速なネットワークで接続し、高速な並列処理を行うことで、データ処理に必要な計算機台数を低減し、消費電力を低減する。対象とするデータは、キーバリュースタイルの形で、各ノード上の半導体ストレージに保存する。この際に、キーの値によって保持するノードを分散する。キーの値を制御することで、各ノードへの負荷を均等にす。データに対する計算処理は、データが存在するノード上で行う。これによって、ネットワーク転送を排除し、効率的な並列処理を実現する。処理の結果も新たにキーバリュースタイルとしてストレージに書き出し、次段の処理を行う。このような構造をとると、中間結果がその都度ストレージに展開されるという欠点があるが、メモリキャッシュと高速な半導体ストレージを用いるため、ストレージに展開するオーバーヘッドは問題にならない。このデータ処理構造は、Googleの提唱するMapReduceを汎化したものであり、一括して処理するキーの集合を制御することでMapフェイズ、Reduceフェイズと同様の計算を表現することができる。

研究プロジェクトは平成21年度中盤から24年度までの予定で開始された。平成22年度は、平成21年度に作成したプロトタイプをベースに、MapReduceを実行する並列分散処理系を実装し、さらに、並列分散処理系の上で動作する専用の計算機言語の実装を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】クラウド、半導体ストレージ、並列分散計算、マップリデュース

【研究題目】グリーンネットワーク・システム技術研

究開発プロジェクト（グリーン IT プロジェクト）／エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発／データセンタのモデル設計と総合評価

【研究代表者】関口 智嗣、伊藤 智（情報技術研究部門）

【研究担当者】関口 智嗣、伊藤 智、児玉 祐悦、中田 秀基、小川 宏高、竹房 あつ子、広瀬 崇宏、中村 宏（常勤職員7名、他1名）

【研究内容】

データセンタの電力消費量削減が迫られている中、何をどう改善すれば、どのくらいの電力消費量削減効果が得られるか、把握することは容易ではない。データセンタを構成する設備（UPS、空調機など）および IT 機器（サーバ、ストレージ、ネットワークスイッチなど）をモデル化し、ハードウェアの改善に加え、運用による改善についても評価可能な指標を開発し、実測を踏まえて改善によって得られる効果の評価を行う。サーバのモデリングと指標の開発を筑波大学、データセンタのモデリングと指標の開発を産総研、設備や IT 機器の最適配置の検討を NTT コミュニケーションズ、開発成果の実証評価を NTT コミュニケーションズと産総研が共同で行う。

5年計画の3年目となる平成22年度は、グリーン IT プロジェクト立案時（2007年）のデータセンタの消費電力量を評価するために、データセンタを模したサーバ室を用意し、IT 機器および空調設備の電力消費量等を測定した。サーバ内のプロセッサ、メモリ、HDD、FAN による消費電力量の他、PSU による変換ロスの評価した。ストレージやネットワークスイッチについても、通常時および動作時の差を評価した。空調機については、IT 機器を動作させるために必要な電力を評価するために、プロセッサの温度をモニタしながら最小限の空調量の評価した。FAN の風量が少ないサーバの場合には、空調機からのフローを制御することで、空調機の稼働台数を増やさなくても十分な冷却が可能なことを示した。

また、これらの実測評価の経験から、サーバシステムおよびデータセンタの省エネ指標に対する改善方法を策定した。データセンタ内の電力消費量を、装置単位ではなく、機能単位に分解して指標を算出するものであり、抜熱機能として空調設備に IT 機器の FAN の消費電力量を加え、電力供給機能として電源設備に IT 機器の PSU 変換ロスを加え、IT 機器の残った部分、すなわちプロセッサ、メモリ、HDD などの消費電力量は、情報処理機能で消費する電力量と考える。これら機能毎の消費電力量で指標を算出することにより、公平で精緻な評価が可能となる。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】グリーン IT、データセンタ、省エネ指

標

〔研究題目〕グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト（グリーン IT プロジェクト）／②革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発／a）IT 社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究、c）社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価

〔研究代表者〕工藤 知宏（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕工藤 知宏、挾間 壽文、並木 周、来見田 淳也、高 明義、児玉 祐悦、小林 克志、中田 秀基、竹房 あつ子、高野 了成（常勤職員9名、他1名）

〔研究内容〕

本課題は、現在広く用いられているパケット交換網に加え、光のまま経路を切り替える光パス網やヘッダの単純なルックアップだけで経路切り替えを行うラベルスイッチ網などを組み合わせて省エネルギー型ネットワークを構成する手法と、そのようなネットワークを構築した場合の省エネルギー効果を調査・評価することを目的としている。NEDO からの委託研究であり、産総研・名古屋大・NEC が参加している。産総研は、情報量、光信号再生技術、アプリケーションからの情報によるルーティング切替方式の調査評価を担当しており、平成20年度から平成24年度までの5年間の実施予定である。

平成22年度は、光信号再生技術の最適化を検討、その効果を実験にて確認した。10Gb/s, RZ-OOK による光信号再生効果を実験にて確認し、本実験検討結果を論文誌 Optics Letters に投稿し採択となった。さらに、同実験系の安定性を改善し且つ43Gb/s, RZ-OOK の信号に適用したところ、目標の品質指標（Q-factor）3dB 以上の信号品質改善を達成した。この結果は、IEEE Photonics Technology Letters に掲載が決まっている。これらの結果をもとに光信号再生技術に係る消費電力の基礎データを取得することが可能となった。また、光2R/3R 技術調査としてシミュレーションによる DQPSK 光信号の調査を開始した。

さらに、アプリケーションとネットワーク選択手法でトラフィックの性質情報をネゴシエーションする RSVP をベースにした切替プロトコルと OpenFlow を実装した FPGA を用いたネットワークテストベッド GtrcNET-10を切替デバイスに用いた動的ネットワーク選択手法を開発した。また、これらを組み合わせてネットワーク切替のプロトタイプシステムを開発し、設計通りに動作することを確認した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕グリーン IT、ネットワーク、省エネルギー、ルーティング方式、光パス網

〔研究題目〕戦略的先端ロボット要素技術開発プロジ

ェクト、被災建造物内移動 RT システム（特殊環境用ロボット分野）、閉鎖空間内高速走行探査群ロボット

〔研究代表者〕野田 五十樹

（サービス工学研究センター）

〔研究担当者〕野田 五十樹、秋山 英久

（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、被災した建造物内での迅速かつ分散的な方法による情報伝達の高効率化と高精度化のため、迅速移動・センシング・自律性に優れた複数ロボットが被災建造物内を高速に走破・探査し情報収集を行うシステムの研究開発を目的としており、産総研はこのなかで、複数ロボットの連携を実現する GIS の開発を担当している。5年計画の5年目である平成22年度はこの GIS の性能を確認するため、ロボカップにおける実証実験や、立川消防訓練センターにおける消防士への実証デモを行った。

災害現場で複数台のロボットにより探査を進める場合、各々のロボット毎のローカル座標系を、ロボットの移動によるずれも含めて管理・修正していくことが必要となるが、それを、SLAM による自動修正および手動による微調整を行うことのできるビューワの開発を行い、修正結果を GIS へ書き戻す枠組みを完成させた。この機能は地震災害や事故現場での広域探査に有効であると考えられることから、地震災害を想定した実証としてロボカップ世界大会での実証実験、電車事故を想定した実証として立川消防訓練センターでのデモを通じ、カメラ等のロボットセンサが取得した周囲環境に関する情報を保持しつつ、活動のために必要な大量のデータの登録と参照がデータベース上において実時間で行えることを示した。これにより、本プロジェクトで予定された機能及び性能が実現されていることを確認でき、本プロジェクトの成果として災害救助ロボット用 GIS として DaRuMa が活用できることを示した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕災害救助、ロボット、センシングデータ、データベース、GIS、地理情報

〔研究題目〕戦略的国際標準化推進事業／標準化研究開発／MEMS における形状計測法に関する標準化

〔研究代表者〕池原 毅

（集積マイクロシステム研究センター）

〔研究担当者〕池原 毅（常勤職員1名）

〔研究内容〕

MEMS の幾何形状は、機械加工で作られる部品とは異なり、ウエットエッチングや深堀ドライエッチング技術によって立体的3次元構造体が形成されている。しかしながら、テーパがついたエッチング断面や、高アスペクト比を持つ溝構造の底面・壁面粗さ等、MEMS 構造

に適した幾何形状計測法や表示法の標準化は、ほとんど行われていない。そのため、外注試作時の形状の指定やできあがりの評価において、正確な形状情報の伝達が行われぬ可能性がある。本研究では、様々な測定方法のうち、触針式形状測定機により MEMS 形状を測定した場合、どのような測定項目が測定可能であるか、また、どのような精度の結果が得られるかを実験し、適用の妥当性について議論した。触針式形状測定機は表面性状の測定に広く用いられているとともに、薄膜製造の分野では薄膜エッジの段差を測定する「段差計」として一般的に用いられ、半導体分野の膜厚測定には欠かせない測定機となっている。本年度はドライエッチングで作製した、様々な高さを持つ36種類の標準試料（溝状 MEMS 構造体）を測定した。触針先端形状による高さ測定の可否を測定し、予測される計測限界と比較するとともに、高さ測定の再現性についても評価を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 MEMS、形状計測、エッチング、計測精度、断面プロファイル、標準化

【大項目名】 ナノテク・先端部材実用化研究開発

【中項目名】 ナノテク・先端部材実用化研究開発／高性能 AD 圧電膜とナノチューブラバーを用いたレーザ TV 用高安定光スキャナーの基盤技術開発

【研究代表者】 明渡 純（先進製造プロセス研究部門）

【研究担当者】 明渡 純、朴 載赫、朴 盈珪
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

AD 法を利用して Si や金属構造体上へ非鉛圧電材料などの高耐久圧電厚膜を形成し、耐衝撃性に優れ、高い共振周波数で長時間安定動作可能な高性能、高耐久性の圧電駆動式板波共鳴型高速光スキャナーを開発するとともに、ナノチューブ分散導電性ラバーを用いて、超低周波数で長時間安定動作可能な高性能、高耐久性の電磁駆動型樹脂ベース光スキャナーを開発し、ハイビジョン TV の解像度（SXGA クラス以上）に対応できるレーザ TV 用2次元光走査システムを実現する。

今年度は、超高速光スキャナーに関しては、金属材料・構造の最適化による光ビーム走査角度の向上に成功し、駆動電圧：20V 以下で、走査周波数：31kHz、走査角度：102度、走査精度：3nsec 以下を実現した。また、AD 法による非鉛系圧電体の微細結晶構造制御による高耐圧と薄膜化により、非鉛系圧電体を利用した高速光スキャナーの試作ができ、走査角度50度@24V、26kHz という概ね最終目標値のデバイス性能を実現した。

また、これら要素技術の成果をもとに、出口デバイスであるレーザーTV を試作、カラー動画投影に成功、60型テレビで輝度500cd/m²を実現するための消費電力で、

従来の省エネ型 LED-LC テレビに比べ約3分の1程度の40W 以下実現の可能性を確認、展示会等で多くの企業から注目を集めた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 光スキャナー、MEMS、非鉛、圧電、耐久性、メタルベース、レーザーテレビ、ラム波共鳴、エアロゾルデポジション法、カーボンナノチューブ

【大項目名】 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発

【中項目名】 次世代技術開発

【小項目名】 液相マイクロ波プロセスによる次世代高容量活物質の研究開発

【研究代表者】 木嶋 倫人

（先進製造プロセス研究部門）

【研究担当者】 木嶋 倫人、秋本 順二

（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

金属酸化物は微粒子化することにより高容量の負極活物質として機能することが知られている。これらの酸化物ナノ粒子は、インターカレーション反応を利用した従来の電極材料に比べ高容量であり、金属までの還元反応とそれに続く合金化反応を利用することにより高容量化が達成されている。マイクロ波加熱法は、従来の加熱法に比べ急速かつ均一な加熱が可能であることから、粒径分布が極めて小さいナノ粒子を合成することが可能である。本研究の目的は、液相マイクロ波プロセスをもちいて粒径分布が極めて小さいナノ粒子を合成することにより、高容量で可逆的に充放電可能な酸化物系負極材料を創成し、リチウム電池の高容量化を実現することである。

今年度は、液相マイクロ波プロセスをもちいて酸化鉄ナノ粒子と酸化錫ナノ粒子を合成し、その電池特性を評価した。酸化鉄ナノ粒子については、粒子サイズが最適化されたナノ粒子を電極中に高分散させることにより、初期容量が1270mAh/g であり、50サイクル後の容量維持率が70%の特性を得た。酸化錫ナノ粒子については、5nm の均一ナノ粒子を合成することに成功し、初期容量1670mAh/g で充放電可能であることを明らかにした。さらに今年度は、充放電機構を明らかにするために、ラマン分光法、メスバウアー分光法 X 線回折法等で分析評価を行い、充放電過程における金属の価数、結合状態、結晶構造変化に関する知見を得た。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 リチウムイオン電池材料、酸化物ナノ粒子、液相マイクロ波プロセス

【大項目名】 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発

【中項目名】 次世代技術開発

**[小項目名] 高圧合成法による次世代高容量正極材料
酸化物の材料設計**

[研究代表者] 間宮 幹人

(先進製造プロセス研究部門)

[研究担当者] 間宮 幹人、秋本 順二

(常勤職員2名、他1名)

[研究内容]

現在、自動車搭載用リチウム電池の研究が多くなされているが、実用化に向けては飛躍的な容量向上が必要とされている。そのため、従来技術の延長線上にない新たな部材提案が期待されている。本研究においては高圧合成法を用いることにより、従来より高密度な高圧相や制御が難しかった酸素量を定量的に制御することにより新たな正極物質の提供を目的としている。

平成22年度は、高圧相であるカルシウムフェライト型 LiMn_2O_4 の高電位化、高エネルギー密度化を目指し、マンガンサイトへの遷移金属元素置換を行い、作製条件、化学組成、そして Na/Li イオン置換条件の最適化を検討した。Ni 置換を施したカルシウムフェライト型 $\text{LiMn}_{2-x}\text{Ni}_x\text{O}_4$ で $x=0.2, 0.4$ 組成の単相試料を得た。電圧範囲4.8-3.0V でサイクル特性を調べたところ、20サイクル後でも可逆的に充放電可能であることが確認され、また、平均放電電位が上昇することが明らかとなった。 $x=0.2$ 組成では、初期放電容量393mAh/g、平均放電電位2.56V、エネルギー密度1007mWh/g、 $x=0.4$ 組成では初期放電容量483mAh/g、平均放電電位2.09V、エネルギー密度1012mWh/g であった。

さらに、高圧合成法等の適用により、新たな電極物質開発に取り組んだ結果、 Li-Cu-O 系、 Li-Ti-O 系にて新規結晶相を得ることができた。特に Li-Cu-O 系において、700Wh/kg を超えるエネルギー密度が得られることを見いだした。また、高圧合成で示された結晶構造の常圧合成の可能性を調べ、 Ru 含有酸化物において、カルシウムフェライト型構造が合成できることを明らかにした。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] リチウム二次電池、高圧合成、正極材料、マンガン酸化物、イオン交換合成法

[大項目名] 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発

[中項目名] 要素技術開発

[小項目名] 高容量・低コスト新規酸化物正極材料の研究開発

[研究代表者] 秋本 順二

(先進製造プロセス研究部門)

[研究担当者] 秋本 順二、木嶋 倫人

(常勤職員2名、他3名)

[研究内容]

次世代クリーンエネルギー自動車用リチウムイオン電

池の高エネルギー密度化・高出力密度化に資するため、低コストかつ資源的に豊富な元素 (Mn 、 Fe 、 Ti 等) を主体とする新規高容量酸化物正極材料を開発する。

平成22年度は、トンネル構造 $\text{Li}_{0.44+x}\text{MO}_2$ 系材料 ($\text{M}=\text{Mn}$ 、 Ti) については、元素添加することで化学組成の更なる最適化を行い、長寿命化のための充放電特性改善効果の検討を実施した。その結果、市販品試薬である Na_2CO_3 、 Mn_2O_3 、および添加元素である CuO を用いた Na 化合物作製と、 Na/Li イオン交換、リチウム挿入処理により Cu 置換体 $\text{Li}_{0.44+x}\text{Mn}_{1-y}\text{Cu}_y\text{O}_2$ の作製に成功した。これらの試料の充放電特性は、 Cu 置換量 $y=0.03$ 試料において、平均放電電位が3.70 V と改善され、また、50サイクル後の容量維持率も85%となり、無置換品の特性改善に Cu 置換が有効であることが明らかとなった。また、 $\text{Na}_x\text{Mn}_{1-y}\text{Ti}_y\text{O}_2$ について、今年度新たに導入した低温イオン交換処理装置を使用し、より低温での溶液中でのイオン交換合成を行い、作製された $\text{Li}_x\text{Mn}_{1-y}\text{Ti}_y\text{O}_2$ ($y=0.11$) 試料において、初期放電容量は332mAh/g が得られ、平均放電電位3.07V と3V 級ではあるものの、エネルギー密度1000mWh/g に達する初期特性が得られることが明らかとなり、本系も車載用リチウムイオン二次電池低コスト正極材料として取り組む価値があることがわかった。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] リチウム二次電池、正極材料、マンガン酸化物、イオン交換合成法

[研究題目] 革新的ノンフロン系断熱材技術開発プロジェクト／革新的断熱技術開発／発泡ポリマー＝シリカナノコンポジット断熱材および連続製造プロセスの開発

[研究代表者] 依田 智 (ナノシステム研究部門)

[研究担当者] 依田 智、古屋 武、大原 基広、大竹 勝人、高橋 智輝
(常勤職員2名、他3名)

[研究内容]

マイクロメートルサイズ以下の大きさをもつポリマーの発泡セル内部を、熱伝導率の低い低密度シリカで充填した構造を持つ発泡ポリマー＝シリカナノコンポジット断熱材の開発を行った。

・ポリマー／シリコンアルコキシド／超臨界二酸化炭素反応系の検討

ポリマー、シリコンアルコキシドおよび二酸化炭素 (CO_2) の三成分系について (a) 高圧相平衡観察および (b) scCO_2 中におけるゾルゲル反応の促進の検討を引き続き行った。(a) については、テトラメトキシシラン (TMOS)- CO_2 -ポリメタクリル酸メチル (PMMA) 系の相図を作成し、均一混合、構造形成に必要な反応器内の条件を推定した。またテトラエトキシシラン (TEOS) など他のアルコキシド種についても、デー

タの蓄積を行った。(b)については、ポリマーと低密度シリカの複合化において、両者の親和性が乏しく、導入量を増大しにくい、混練時の抵抗が大きい、等の問題について、TMOS-PMMA 混合物の利用を検討し、高温下での相状態等、押出成形機での利用を前提とした物性の評価を行った。

・連続製造プロセスの開発（産総研）

昨年度まで本項目を分担した事業者より、ポリマーの押出成型機をベースとした断熱材連続製造装置を引き継ぎ、装置の改良とプロセスの最適化を行った。対応混練トルクの増大、CO₂供給法の変更、巻取機構の追加などによって、吐出の安定化、発泡倍率の向上など、昨年度までと比べてプロセスの大幅な改善を達成し、熱伝導率0.028W/mK 程度の試料を安定に連続製造することができた。

・連続気泡型ポリマーフォーム含浸シリカエアロゲルの作成（産総研、東京理科大）

昨年度までに作成した、バッチプロセスを用いた超臨界乾燥法による表記断熱材の製造コストについて、過去の実験データ等を基にプラントの設計調査、製造コストの試算を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 断熱材・ナノコンポジット・発泡ポリマー・シリカエアロゲル・超臨界二酸化炭素

【研究題目】 省エネルギー革新技术開発事業／挑戦研究／チップ間信号伝送用マイクロ波発振素子の開発

【研究代表者】 今村 裕志（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 今村 裕志、荒井 礼子、塚原 宙、金子 智昭（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

近年の微細加工技術により、様々な回路ブロックをシングル・チップとして集積化することが可能となった。しかし、複雑なシステム LSI チップの開発は、開発コストの上昇、歩留の低下、製造コストの上昇、配線負荷による電力消費の上昇といった問題を抱えている。これらの問題を克服するためには、低消費電力な無線通信技術による3次元実装の実現が必要である。本研究ではLSI チップ間無線信号伝送の低消費電力化を実現するために、定量的なシミュレーションに基づいた超小型マイクロ波自励発振素子の解析を行い、その動作特性・動作限界を明らかにすることを目的とする。

今年度は、マイクロ波発振出力が固定層と自由層間の磁化の相対角度にどのように依存するのかについて詳細な解析を行った。その結果実験で観測されているマイクロ波発振出力の外部磁場依存性は、磁化の相対角の外部磁場による変化によって説明可能であることを示した。また、マイクロ波発振周波数の電極面積依存性に

いても解析を行った。その結果、実験で観測されるマイクロ波発振周波数が1次元モデルの解析から予想される発振周波数よりも1ケタ程度小さい理由は、ナノ狭帯領域に閉じ込められた磁壁の運動だけでなく、電極の磁化の運動も考慮することで説明可能であることを示した。さらに、実験で観測された MFM 像の解析も行い、観測された直径100nm 程度のリング状の MFM 像がナノ狭帯構造の磁荷に由来するものであることをシミュレーションと理論解析によって明らかにした。来年度はこれらの結果を発展させ、複数のナノ狭帯磁壁が位相を揃えてマイクロ波発振を行う条件を明らかにし、実験グループと共同で発振出力の増大を目指す。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マイクロ波、スピントロニクス、信号伝送

【研究題目】 水素貯蔵材料先端基盤研究事業／計算科学的手法に基づく水素吸蔵材料の特性評価とメカニズム解明に関する研究

【研究代表者】 小川 浩（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 小川 浩、長嶋 雲兵、西村 憲治、鈴木 机倫、Phung Bac（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

水素燃料電池車に搭載する高性能水素タンク実現のために、水素貯蔵材料のシミュレーション研究を行った。まず新しいカーボン材料である ZTC について、開発元である東北大多元研と共同で第一原理計算を行った。それにより ZTC 表面サイトにおける水素吸着エネルギーとそれらの間のバリア高を求め、室温付近でスピルオーバー水素が拡散できるパスを見出した。また高速な水素吸放出が期待できる金属ナノ粒子について、第一原理と古典分子動力学による計算を行った。その結果、20面体構造と面心立方構造での表面ポテンシャル曲線の違いや、水素吸蔵に伴う結晶欠陥生成の粒径依存性を明らかにした。これらの結果により、水素吸蔵材料高性能化への開発指針を得た。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 水素貯蔵材料、カーボン材料、ナノ粒子、第一原理計算、分子動力学

【研究題目】 エネルギー使用合理化技術戦略的開発／エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発／高効率高速輸送システムの研究開発

【研究代表者】 坂本 満

（サステナブルマテリアル研究部門）

【研究担当者】 坂本 満、斎藤 尚文、重松 一典

（サステナブルマテリアル研究部門）、佐藤 富雄（生産計測技術研究センター）（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

超軽量の地面効果浮上走行機体の研究開発を目的として、実機体の製造のための難燃性マグネシウム合金製形材用合金の開発、その形材化技術の開発、形材接合技術の開発を行い、実機体の試作を行う。

前年度までに、超軽量難燃性マグネシウム合金の開発、形材化技術の開発において、材料強度と熱間押出加工性の観点から、機体用高強度合金 AMX602合金の開発を行った。

平成22年度は、アルミニウムを8%~9%添加したより高強度型の難燃性マグネシウム合金の接合プロセスの最適化を行った。高強度型の難燃性合金はこれまでのAMX602合金に比べておよそ15%の強度向上が認められた。この合金の接合について摩擦攪拌接合を試み、接合特性の把握と接合プロセスの最適化を行った。接合部を評価したところ、すべての試料で母材破断であることを確認した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 難燃性マグネシウム合金、軽量合金、押出加工技術、接合技術、高効率輸送機器

【研究題目】 マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト

【研究代表者】 坂本 満

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 中村 守、坂本 満、斎藤 尚文、渡津 章、重松 一典 (サステナブルマテリアル研究部門)、古屋仲 茂樹、大矢 仁史、小山 和也、荷福 正治 (環境管理技術研究部門)、松崎 邦男、村越 庸一、清水 透、初鹿野 寛一 (先進製造プロセス研究部門) (常勤職員11名、他2名)

【研究内容】

本研究の目的は、マグネシウム合金高性能鍛造部材製造技術の基盤を構築することにある。また、マグネシウム合金のリサイクル技術に係る課題を抽出し、課題解決のための技術開発を行うとともに、リサイクルシステムの提案と安全性評価を行う。

鍛造技術に関しては、低コストである連続鍛造材を素材として、実用的な速度での鍛造を試みた。この場合、最初の30%程度を低速で鍛造し、その後は実用に近い100mm/Sで鍛造すると、不均質な鍛造組織が鍛造工程中に均質微細結晶粒組織へ変化し、大きな割れが入ることなく80%までの鍛造が可能であった。これは、最初の加工による結晶粒微細化で、素材の鍛造特性が向上するためと考えられる。このような素材組織の作りこみを考慮した新規鍛造プロセスの実用化の目処が立ち、高信頼性マグネシウム合金鍛造部材の開発が可能になると期待される。

また、Mg合金の競合相手であるAl合金にも熱間鍛造を模した高温圧縮試験を行い、高温圧縮後の試料の室温機械特性をMg合金高温圧縮材のそれと比較することで、Mg合金鍛造の優位性を調べた。高温圧縮後のMg合金ではAl合金と異なり高温圧縮中に動的再結晶による結晶粒微細化が生じた。このため、粒界すべりの誘発、非底面すべりの活性化、また結晶組織の再配列による転位密度の低下が生じて高温圧縮により室温伸びが向上する。このことはMg合金の熱間鍛造中の動的再結晶が、延性・強度の両面を改善するのに効果的であり、鍛造条件を適切に制御すれば、市販のAl合金鍛造部品を凌駕する特性をも付与できることを示唆する。また、Mg合金の動的再結晶による結晶粒微細化は双晶変形をも抑制し、Mg合金で問題となる異方性を、Al合金と比べても遜色ない程度にまで低減できる。

さらに鍛造データベースの充実化を図った。

リサイクル前処理技術(分離、精製)では、過熱水蒸気処理によって塗装不純物を除去したマグネシウム試験片(市中スクラップ模擬試料)について鍛造素材化が可能であることを明らかにするとともに、過熱水蒸気を用いたマグネシウム切削粉の脱脂プロセスが他方式と比較して高い経済性を有していることを確認した。市中スクラップの物理選別では、本研究で開発したレーザー3次元計測による物理選別技術を廃車シュレッダー処理で発生したマグネシウムスクラップに適用し、ハンドル芯と思われる棒状破砕片とその他の破砕片に分離すれば、それぞれAM60規格とAZ91D規格をほぼ満足することが分かった。さらに、これまでの知見をもとに作業現場で活用しやすい安全ガイドラインを策定した。

固体リサイクル材の鍛造素材化技術の開発では、AZ31板材スクラップとAZ31切削粉とを混合し、350℃で熱間プレスによりプリフォームを作製、350℃、押し比1:15で素材化した後、機械的特性と鍛造性の評価を行った。固体リサイクル材の室温での圧縮強度および降伏強度は、混合する切削粉の増加に伴い増加した。一方、破断伸びは切削粉の増加に伴い減少した。AZ31板材スクラップを用いた固体リサイクル材について断面減少率70%での後方押し試験を行った結果、523Kでは健全な成形が可能であり、鍛造用素材として有効であることが分かった。固体リサイクル材の諸特性に及ぼす混入物の影響評価では、耐久性の重要な指標の一つである金属疲労について、AZ31マグネシウム合金固体リサイクル材と未使用材(インゴットから同じ条件で作製した材料)を比較した。固体リサイクル材の疲労特性は未使用材に比べ悪かった。特に、低応力域でその傾向は顕著になった。組織観察の結果、リサイクル時に混入した酸化物が疲労特性の劣化をもたらすことがわかった。強加工(2回圧延)を施し混入酸化物を均一に分散させることにより、疲労特性の異方性を大幅に低減させることができた。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 マグネシウム合金鍛造、鍛造素材組織、高温圧縮試験、異方性、軽量化、輸送機器部材、家電部材、リサイクル、安全性評価

〔研究題目〕 希少金属代替材料開発プロジェクト／超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発

〔研究代表者〕 小林 慶三
(サステナブルマテリアル研究部門)

〔研究担当者〕 小林 慶三、尾崎 公洋、多田 周二、西尾 敏幸、三上 祐史、中山 博行、高木 健太、溝尻 瑞枝、森下 翔
(サステナブルマテリアル研究部門)、吉澤 友一、宮崎 広行、福島 学、日向 秀樹(先進製造プロセス研究部門)(常勤職員13名、他3名)

〔研究内容〕

本研究開発では超硬工具(切削工具)のタングステン使用原単位を30%以上低減するため、切削工具の基材部分をタングステン使用量の少ない材料に置きかえる「硬質材料のハイブリッド化」、及び工具の刃先近傍や表面以外について炭窒化チタンを主成分とする「複合構造硬質材料化」を図るための技術開発を行う。

本年度は、実用工具形状における刃先構成部であるセラミックスなどの硬質材料をタングステン含有量が従来の超硬合金に比べて40%低減した炭窒化チタン系硬質材料に接合する技術を開発した。接合した硬質材料部材が1000℃に加熱されても100MPa以上の接合強度を有するためのインサート材およびその配置技術などを開発した。また、接合部の残留応力の影響を少なくするため、インサート材の構造化に取り組み、短時間で高強度の接合を実現するための技術開発を行った。その結果、目標としていた短時間で高強度の接合を実現できた。また、さらなる短時間化を目指し、自動化や硬質材料への微細加工の基礎的な検討を行った。今後、本技術の接合メカニズムを詳細に調査することで、材料因子や形状因子を明らかとし、本プロセスの適用範囲を拡大することを目指す。また、超硬合金と炭窒化チタン系硬質材料の同時焼結による複合構造化では、両材料の界面組織を詳細に調べ、接合界面の制御技術を確立した。さらに炭窒化チタン系硬質材料の合金成分を調整することにより、焼結時の収縮挙動を制御し、焼結状態での寸法精度を改善することができた。これにより表面層が超硬合金で内部が炭窒化チタン系硬質材料である複合構造硬質材料を安定して焼結することができた。得られた焼結体は超硬合金層に残留圧縮応力が存在しており、耐チップング性が改善することが期待できる。また、炭窒化チタン系硬質材料の合成技術として乾式混合技術を開発し、廃棄物など

の発生が少ないプロセスで短時間に目的の合金を合成することに成功した。今後、得られた複合構造硬質切削工具を用いた切削試験を行うことで、本チップ構造の問題点について検討するとともに、目標のタングステン省使用化を達成する予定である。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 レア金属対策技術、省タングステン、切削工具、ハイブリッド切削工具、複合構造硬質切削工具、短時間接合、同時焼結、超硬合金、炭窒化チタン系硬質材料、サーメット

〔研究題目〕 希少金属代替材料開発プロジェクト／超硬工具向けタングステン代替材料開発

〔研究代表者〕 松本 章宏
(サステナブルマテリアル研究部門)

〔研究担当者〕 松本 章宏、加藤 清隆、下島 康嗣、細川 裕之、中尾 節男
(常勤職員5名、他1名)

〔研究内容〕

本プロジェクトは、希少金属の代替材料の開発、または使用量低減を目指すものでもあり、我が国の希少金属の中長期的な安定供給を確保することを目的としている。具体的には、超硬工具(切削工具、耐摩耗工具)のタングステン使用原単位を30%以上低減するため、WC基超硬合金に代わる硬質材料として有望な炭窒化チタン(Ti(C, N)基サーメット)について、新規サーメット基材の開発および新規サーメットを基材とした新規コーティング技術の開発を行い、切削工具および耐摩耗工具に適用するサーメット及びコーティング技術を開発することを目標とする。

産総研は「サーメット及びコーティングの基盤研究」を担当し、平成22年度は以下の成果が得られた。「サーメットの構造評価技術」では、加熱ホルダーを用いることにより、TEM内で炭化物とNiとの拡散過程、焼結過程をその場観察することに成功し、従来サーメットならびに開発サーメットの組織形成過程を実証することができた。「サーメットの濡れ性評価技術」では、装置改造により、これまで問題となっていた測定中の基材表面の酸化を抑制することに成功し、固溶体炭窒化物基材と各種遷移金属との精密な接触角測定を可能とした。「サーメットの成形性・焼結性評価技術」では、提案した成形助剤を用いてφ50mmの大型サーメット成形体の高速脱脂(200℃/h)に成功しサーメット金型への展開に貢献することができた。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 サーメット、切削工具、耐摩耗工具、構造評価、濡れ性評価、成形性評価

〔研究題目〕 国際標準共同研究開発事業：ナノ材料規

格等に関する標準化

〔研究代表者〕 水野 耕平（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 田中 充（副研究統括）、
水野 耕平、馬場 哲也、榎原 研正、
櫻井 博（計測標準研究部門）、
湯村 守雄、岡崎 俊也、斎藤 毅
（ナノチューブ応用研究センター）、
片浦 弘道（ナノテクノロジー研究部
門）（常勤職員9名）

〔研究内容〕

社会的に取り沙汰されている「ナノ材料のヒト・環境への安全性懸念」に対応するため、国際機関であるISO、OECDにおいて、互いに協調してナノ材料の特性評価・リスク評価試験方法の規格化や、代表的ナノ材料14物質について安全性評価試験が始められようとしている。このようなナノ材料の生物影響・環境影響のリスク試験ニーズに対応し、信頼性ある試験結果を保証し、ユーザー及び規制側が国際的にも相互に信頼のおける利用形態を共有するため、試験能力保証のためのリスク試験用標準物質を開発し、当該標準物質規格の国際標準案を作成する。本年度は粒径、比表面積、化学組成等の物理的・化学的特性評価のため測定法として、粉末 X 線回折、透過型電子顕微鏡、ガス吸着測定、ICP 発光分析、蛍光 X 線分析などの検討と測定を行った。さらに当該標準物質のコンセプトおよび製作法を国際標準案としてISO/TC229に提案し、作業原案の作成を進めた。

〔分野名〕 標準・計測、ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 ナノ粒子、国際標準、安全性

〔研究題目〕 戦略的国際標準化推進事業／標準化研究開発／小型ジャイロ MEMS デバイスの性能評価方法に関する標準化

〔研究代表者〕 桧野 良穂（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 桧野 良穂、大田 明博
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

小型ジャイロ MEMS デバイスは、携帯電話のカメラ機能、ナビゲーション機能、自動車のエアバッグシステム、スタビリティコントロール、カーナビゲーションシステム等に利用が始まっており、今後ますます市場が拡大すると言われている。しかし、性能評価の基準がないため、ユーザは製品開発に必要なジャイロの情報が入りできず、メーカは良い製品が市場において正当に評価されないという状況にある。そこで、本事業では、小型ジャイロの性能表示とその性能評価方法を規定し、市場で有効に機能するジャイロの性能に関するフレームワークを作成することが、本標準化の目的である。

本年は、小型ジャイロ MEMS デバイスが市場で有効に機能するために必要な性能パラメータを、標準化推進

委員会と連携して検討を行い、決定した。また、決定したパラメータのうち、「スケールファクタ」に関する性能評価方法について、測定基準となるレートテーブルの客観的な信頼性を担保するための方法を検討した。等分割平均法を用いた自己校正機能付きロータリーエンコーダを内蔵した角振動校正装置を開発し、測定基準となるレートテーブルに対して自己校正機能付きロータリーエンコーダを内蔵することで客観的な信頼性の確保が可能であることが確認された。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 ジャイロ、MEMS、角速度、レートテーブル、ロータリーエンコーダ

〔研究題目〕 革新的部材産業創出プログラム／超ハイブリッド材料技術開発（ナノレベル構造制御による相反機能材料技術開発）

〔研究代表者〕 馬場 哲也（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 竹歳 尚之、八木 貴志、山下 雄一郎、
Firoz Shakhawat
（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

超ハイブリッド材料開発に必要となる熱物性の計測、解析技術の開発と、そこから得られる計測・解析結果を材料開発グループに提供することにより、プロジェクトの推進を支援することを目標としている。昨年度に引き続き、周期加熱放射測温装置によるハイブリッド樹脂材料の面内及び厚さ方向の熱拡散率評価を実施するとともに、熱物性顕微鏡による各種ハイブリッド樹脂材料の熱浸透率分布評価を行った。さらに、超ハイブリッド組織内の熱の伝わりを可視化するための新しい計測技術の開発を行った。本開発技術では、超ハイブリッド材料の一点を微小な加熱レーザスポットで周期的に加熱し、その周囲に広がる温度振動の強度と周期の遅れの分布をマッピングして可視化を行う。このとき、加熱スポットからの温度振動の伝わりは材料の熱拡散率に依存するため、微小領域の熱拡散率の評価も可能である。開発技術を用いて、いくつかのバルク材料の評価を行ったところ、ガラスからシリコンまでの3桁近い熱拡散率の範囲に対して定量的な測定が行えることを確認した。本評価には0.1 mm²程度のサンプル面積があればよいため、今後ファイラー単体の熱拡散率の評価やハイブリッド樹脂内での熱伝搬の評価などに利用が期待される。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 熱物性、ハイブリッド材料

〔研究題目〕 革新的部材産業創出プログラム／超ハイブリッド材料技術開発（ナノレベル構造制御による相反機能材料技術開発）

〔研究代表者〕 山内 幸彦

（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】 本田 一匡、野中 秀彦、齋藤 直昭、鈴木 淳、藤原 幸雄、小池 正記、渡辺 一寿、安本 正人、池浦 広美、小川 博嗣、黒田 隆之助、鈴木 良一、木野村 淳、兼松 渉、柘植 明、西田 雅一、深谷 治彦、丸山 豊、後藤 義人、林 繁信、竹谷 敏、新澤 英之、相馬 洋之
(常勤職員23名、他1名)

【研究内容】

本テーマでは、超ハイブリッド材料を実現するための材料構造設計指針や、その構造を具現化するプロセス条件に関する情報を創出し、プロジェクトの基盤技術、材料開発グループに提供することを目標とする。

研究計画：

計測・解析技術を超ハイブリッド材料に適したものとするための装置の高度化を完了するとともに、プロジェクト開発材料を中心にナノ粒子等の表面修飾状態、分散状態、ナノ空孔の発生状態などの計測・解析を行い、材料開発プロセスや材料機能インフォマティクスが必要とするデータとして提供する。また、解析手法の開発の最終段階として、バリオグラム解析により材料構造のマルチスケールでの特徴付け（キャラクタリゼーション）を行う手法を確立する。

年度進捗状況：

光電子顕微鏡によるハイブリッド材料の分散状態の観察を様々な試料に適用するため、真空紫外線を励起光源とした光電子顕微鏡システムの高度化を行った。励起光源として He 放電管 ($h\nu=21.2\text{eV}$) を導入し、従来用いていた D2ランプ光源 ($h\nu<8\text{eV}$) では観察できなかった仕事関数が高い材料表面のイメージング取得を試み、当システムを用いて $1\mu\text{m}$ の空間分解能で観察できることを確認した。

陽電子消滅法によるナノ空孔解析では、高屈折率を目指したジルコニア分散有機材料の測定結果を対象に、逆ラプラス変換法を用いた解析を実施した。その結果、定性的には従来法による解析結果と同等の結果が得られ、本解析法が陽電子寿命の解析結果を直感的に理解するための有用な手法であることを明らかにした。

固体 NMR による表面修飾状態の計測では、計測・解析の対象を光学材料から熱伝導材料に拡大し、窒化ホウ素 (BN) 粒子の表面修飾状態について固体 NMR を用いて調べた。各種 NMR スペクトルの解析から、BN 粒子の超臨界水熱処理による化学結合状態や官能基の量の変化などを明らかにした。

材料機能インフォマティクスの開発においては、エポキシ基 BN 粒子分散放熱シートの粒子分散・配向性と熱伝導特性の関係を明らかにすることを目的に、BN 粒子含有率が60、70、80%の3種類の試料を樹脂包埋精密研磨し、光学顕微鏡により高分解能で観察して、その

100枚程度の観察像から試料全面の画像データを合成した。この画像を $100\mu\text{m}$ 角の領域に分割し、各領域について粒子-樹脂構造を特徴付けする代表長さおよび押出方向を基準とする方位角をバリオグラム分布から抽出した。その結果、BN 粒子の微視的分散状態よりむしろ数百ミクロン程度の2次的な配向構造がマクロな熱伝導特性に影響していることを明らかにした。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 超ハイブリッド材料、熱伝導、粒子分散、光電子顕微鏡、陽電子消滅法、ナノ空孔、逆ラプラス変換法、核磁気共鳴、表面修飾状態、官能基、バリオグラム分布

【研究題目】 戦略的国際標準化推進事業／標準化先導研究／SIMS（二次イオン質量分析法）装置のイオン検出器に関する標準化

【研究代表者】 野中 秀彦

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 野中 秀彦、鈴木 淳、藤原 幸雄

(常勤職員3名)

【研究内容】

主に半導体注入不純物の分析の有力な測定手法であった二次イオン質量分析 (SIMS) が、さらに高濃度化した不純物や多様な無機・有機材料分析に利用されるようになり、広い測定レンジに対する評価手法への対応の必要性が高まってきた。そのため、検出信号の定量化に関わる規格の確立に関する調査・検証を行い、多種多様な SIMS 装置で得られた測定データの相互比較が可能となり、かつ広い測定レンジに渡る迅速な定量分析が実現できるため、材料等の研究開発を加速し、我が国の先端産業の優位性維持に寄与することを目的とした。そのため、膜厚 $6\text{nm}\pm 5\text{nm}$ のボロンドープ層においてボロンのドーピング量を数桁にわたって段階的に変えたシリコンウエハ試料を作製し、SIMS 計測を実施した結果、ボロン (B) 濃度約 $2\times 10^5\text{cts/s}$ 以上において、同位体存在比で規格化された ^{11}B の信号強度曲線が ^{10}B の信号強度曲線の下方にずれることにより、検出器が飽和傾向を示すことを確認し、規格提案に適用することを検討している中間拡張死時間モデルによる感度校正モデルの検証に使用可能であることを確認した。また、SIMS の国際標準化動向調査のため、ISO/TC201/SC6 (平成22年10月) の北京会議にエキスパート候補者1名を派遣し、英国が拡張死時間モデルを使った ToF-SIMS 用の信号強度の線形性に関する規格を模索中であるなどの標準化の動向に関する情報を得た。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 SIMS、イオン検出器、ボロン、強度、飽和現象、感度校正、中間拡張死時間モデル、標準化

【研究題目】 マグネシウム地金・合金中酸素の分析方

法に関する標準化

【研究代表者】 柘植 明（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】 森川 久、山内 幸彦、兼松 渉、
阿知波 初美、村上 一乃
（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

本研究開発は、マグネシウム材料を取り扱う上で問題となる酸素含有量の分析方法について国際規格提案を行うことを目標としている（提案先：ISO/TC79/SC5）。本研究の骨子は、不活性ガス融解-赤外線検出法のマグネシウムに対応した分析条件を明らかにすることにある。この分析方法を国際標準の規格案にしていくために必要となる諸要素として、①試料のサンプリング方法、②共通試料の探索、③適用可能な合金の範囲、④適用可能な市販装置の範囲などが挙げられる。

平成22年度は①コアドリル採取した試料の分析値のバラツキが試料中の酸化物の偏在と相関する事を示すために、溶湯中介在物の評価法である「K-モールド法」との比較をおこなった。その結果、傾向として一致する結果が得られた。②提案後に予想される国際ラウンドロビンに対応可能な均質試料を求めて、酸化物分散強化合金の測定を試み、酸化物が均質に分散していると考えられる試料を用意した。③適用可能な合金の範囲の探索として本年度は、レアアースまたはケイ素含有のバルク状試料について、操作上の問題を調べた結果、問題なく測定できることがあきらかとなった。レアアースやケイ素の添加は酸素量を増大させるという情報があったが、今回測定した試料には特に酸素量の増加は見られなかった。④昨年のラウンドロビンテストから「印加電力-るつぼ温度」の関係が装置や使用するるつぼにより異なるという問題を解決するために、温度校正の方法を考案し2社の協力を得てテストしたところ、温度校正をおこなう事で各社とも測定が可能と成った。

また、5月にベルリンで行われた ISO/TC79/SC5の国際会議で「将来の提案課題」として技術内容の事前アナウンスを行った。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 マグネシウム地金、マグネシウム合金、
酸素分析、不活性ガス融解

②その他公益法人

【研究題目】 励起子サイエンス（有機太陽電池のためのバンドギャップサイエンス）

【研究代表者】 吉田 郵司（太陽光発電研究センター）

【研究担当者】 吉田 郵司、原 浩二郎、甲村 長利
（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

本研究では、次世代の太陽電池として期待されている有機薄膜太陽電池の高性能化に向けて、原理検証から高変換効率の達成まで行うものである。特に、半導体のバ

ンドギャップ理論からの理解を有機半導体に適用し、バンドギャップサイエンスとして確立する。研究項目として、励起子サイエンスの確立を分担している。

本年度は、本年度は、有機太陽電池の高効率化を目指して、励起子サイエンスの解明と新規材料設計の検討を行う為に、長波長域に光吸収を持つ材料を合成し、太陽電池デバイスの試作を行った。

材料の設計にあたっては、n型材料をフラーレンに固定して、p型材料のエネルギー準位、最高占有分子軌道（HOMO）および最低非占有分子軌道（LUMO）について、①長波長化の為にHOMO・LUMO gapを縮める、②LUMOの位置を4.5 eVより少し浅い4.0-4.2 eVに設定する、③HOMOを可能な限り深くする様に分子設計し、含窒素ヘテロ環であるベンゾピス（チアジアゾール）骨格【BBT】を導入した。

合成は、BBT骨格のジプロモ体を多段階的に合成し、その後右田-小杉-Stilleカップリング反応によって目的のBBT誘導体を合成した。精製は昇華法を繰り返すことにより、純度を高めた。測定の結果、HOMOは5.25eVであった。我々の所有するUV/vis測定装置が1000nmまでしか対応してなかったために測定できなかったが、1000nmを超える吸収をもつことが確認された。

BBT誘導体をp型材料として用いたp・n平面接合型太陽電池を作成した結果、暗電流の整流作用とAM1.5G下での発電を観測し太陽電池として機能することを確認した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 有機薄膜太陽電池、有機半導体、分子設計、長波長光吸収、バンドギャップ

【研究題目】 交互分子積層により結晶性を制御した高性能太陽電池の研究開発

【研究代表者】 當摩 哲也（太陽光発電研究センター）

【研究担当者】 當摩 哲也、周 英
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

研究目標と内容：

有機薄膜太陽電池に使用される有機半導体は、従来法による作製では有機半導体が凝集し、特性が大きく低下する。この解決手段として交互分子積層膜形成法を提案した。この手法により凝集性の高い半導体材料を導入しても凝集過程前に膜形成が完了するため、高品質の有機膜の作製が可能となる。交互積層のためp-n接合面積増大による光起電流増大とタンデム化による光起電圧上昇を達成でき、10%を超える変換効率が期待できる。

研究推移：

測定装置の立ち上げとして、反射高速電子回折（MCP-RHEED）と赤外反射吸収分光（IRRAS）付き有機半導体蒸着装置に、有機薄膜太陽電池作製装置の構

築としてデバイス作製が可能となるように、金属電極蒸着装置と大気暴露なしでハンドリング可能になるグローブボックスを増設した。基礎的な *in situ* 測定として、ZnPc、DBP と C60 の極薄膜の MCP-RHEED 測定とアシスト情報としての表面形状測定 (AFM) を行い、蒸着速度、蒸着基板温度、基板の種類 (ガラス、ITO、金など) の影響を検討した。デバイス構成は透明電極 ITO 上に 15nm 程度の ZnPc もしくは DBP を各種条件で製膜し、*n* 型半導体として 80nm C60 を同一条件で製膜し、上部電極として LiF/Al を用いた。15~20nm の極薄膜での検討では、基板温度加熱により、ZnPc の結晶性が向上し、それにあわせてあわせて太陽電池特性も向上した。しかし、150°C 程度の高温領域では、結晶性の向上とともに表面も大きく荒れてしまい、デバイス特性は大幅に低下することが分かった。平坦性の高いガラス基板上では結晶性が高く、表面の平坦性がひくい多結晶 ITO 上では結晶性が向上しないことがわかった。また、結晶の成長を *in situ* で測定したところ、膜厚 2nm までは多結晶性を示し、2~5nm では配向状態になり、5~40nm では単結晶に近いレベルの高配向状態になり、それ以上では表面の平坦性がかなり失われ、ZnPc の成長過程は膜厚により大きく変化することが分かった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】有機薄膜太陽電池、有機半導体、真空蒸着、共蒸着、バルクヘテロ、交互積層、*in situ* 測定、RHEED

【研究題目】CZTS 系薄膜太陽電池の欠陥・界面・粒界の評価および高性能化技術の開発

【研究代表者】仁木 栄

(太陽光発電工学研究センター)

【研究担当者】仁木 栄、石塚 尚吾 (常勤職員2名)

【研究内容】

目標:

CZTSSe ($\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S}_x\text{Se}_{1-x})_4$) 系薄膜太陽電池の結晶評価および高性能化のための新材料、新構造の探索を目標としている。本グループでは、同じくカルコゲナイト系材料である CIGSe ($\text{Cu}_2\text{InGaSe}_4$) 系薄膜太陽電池の実用化で実績があり、これらの技術を CZTSSe 系の開発に効果的に波及させることが可能である。

研究計画:

22年度は、結晶およびデバイス評価のために、CZTSSe 系薄膜の積層実験を行った。積層法は、CIGSe 系で実績ある多元蒸着法を用いて行った。原理は、Cu、Zn、Sn、Se 等の原料元素を高温状態で分子線化して供給・製膜するもので、供給量を精密に制御することが可能であり高性能化の有効な手法である。得られた薄膜層は、走査型電子線顕微鏡 (SEM)、X 線回折 (XRD)、X 線マイクロアナライザー (EPMA) 等により評価した。

基板はソーダ石灰ガラス (SLG) 上に Mo 膜を積層したものを適用した。製膜温度は 300~450°C、また各原料元素は同時供給 (同時蒸着法) している。現在の製膜条件下では、製膜速度 2~2.5 $\mu\text{m}/\text{時}$ 程度である。製膜した CZTSSe 薄膜層 (製膜温度 350°C および 400°C) の表面および断面の SEM 写真では、高温成長時において比較的大きな (~1 μm) グレインが観察された。表面モロロジーは、実績ある CIGSe 系と遜色なく良好である。また、X 線回折においては、観測されたピークは計算より予測されるピークとほぼ合致しており、良好な多結晶薄膜が得られたと判断している。EPMA による組成分析では、350°C サンプルにおいて Cu/(Zn+Sn) 比 ~0.95、Zn/Sn 比 ~0.74、400°C サンプルでは Cu/(Zn+Sn) 比 ~0.99、Zn/Sn 比 ~0.75 であった。2種サンプルでは各原料元素のセル温度は同一であることから、Cu/(Zn+Sn) 比の相違は高温製膜時の Zn、Sn の脱離傾向を反映していると考えられる。

年度進捗状況:

今年度はデバイス試作のために、構造およびプロセスの基礎検討も行った。構造は、SLG/Mo (p 型電極) 基板上に CZTSSe 光吸収層および CdS/ZnO 層を形成、*n* 型電極として Al を適用した。これより、膜剥離等のプロセス上の課題は散見されず、今後のデバイス化に適用可能と判断した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】薄膜太陽電池、CZTS、同時蒸着法、物性評価

【研究題目】無償譲渡に伴う同財産の使用状況の確認並びに NEDO への報告等

【研究代表者】菱川 善博 (太陽光発電研究センター)

【研究担当者】菱川 善博、大谷 謙仁、高島 工

(常勤職員3名)

【研究内容】

タイ国バンコク市の国立研究機関 NSTDA (National Science and Technology Development Agency) に無償譲渡され、NSTDA 内の SOLARTEC (Institute of Solar Technology Development) から、同市郊外の PTEC (Electrical and Electronic Products Testing Center) に移設された太陽電池屋外測定システムで計測された屋外気象データ、太陽電池の IV 特性等のデータの解析に関する状況の確認および NEDO への報告等に関する技術支援を実施した。2008年に計測系が Solartec から PTEC に移動した。得られたデータを元に気象データと PV データの相関、太陽電池種類による影響等の検討を今後実施する予定である。計測器の経時変化や故障等に対する性能維持が課題である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽電池

【研究題目】平成22年度剥離型フレキシブル用 CIGS

太陽電池の検討

〔研究代表者〕 石塚 尚吾（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 石塚 尚吾、仁木 栄
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

宇宙航空研究開発機構殿（以下 JAXA という）の委託「剥離型フレキシブル用 CIGS 太陽電池の検討（JX-PSPC-314316）」に基づき実施した。剥離層が形成された支持基板上の CIGS 太陽電池をリフトオフ技術によって引き剥がしフレキシブル太陽電池を作製する技術の検討を行った。

ベース基板上に形成した CIGS 太陽電池をリフトオフ技術によって引き剥がすことにより、フレキシブル太陽電池を作製する技術の検討を行った結果、リフトオフ層材料の形成条件を改善することで、リフトオフ技術によるフレキシブル CIGS 太陽電池の作製の可能性を見出すことができた。実際に、これまで小面積セルと比較的良好な変換効率を達成している。しかし、リフトオフ後の電気性能を測定したところ、リフトオフ層を用いない構造のセル（参照用試料）と比べ太陽電池特性の低下が確認された。特に短絡電流密度が大きく低下しており、リフトオフプロセス時の損傷（エッチャントによるダメージ。有効面積の減少）が考えられるため、リフトオフプロセスの条件の最適化検討が必要であると考えられる。

今回用いた新規リフトオフ層材料の製膜条件最適化を行い、デバイス化工程の歩留まりを向上させることで、再現性に優れたフレキシブルフィルム CIGS 太陽電池の製造法確立が期待される。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 フレキシブル、太陽電池、CIGS

〔研究題目〕 再生可能エネルギーの大規模導入を可能とする自律協調エネルギーマネジメントシステム

〔研究代表者〕 高島 工（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 高島 工、大谷 謙仁、大関 崇、
Joao Gari da Silva FONSECA Jr.
（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

本プロジェクトで扱った再生可能エネルギーの大規模導入を実現する自律協調エネルギーマネジメントシステムでは、広域における変動の平滑化効果（ならし効果）を考慮して予測される再生可能エネルギー供給量と、快適な空間の維持向上に必要なエネルギーサービス量を境界条件として、需要側建物の分散エネルギーマネジメントが自律・協調的に運用される。本研究では、エネルギーマネジメント等に必要な再生可能エネルギー供給量の変動予測に関する研究として、広域における「ならし効果」を考慮した太陽光発電の発電量予測技術開発を目的とした。

まず、天気予報および数値予報データを利用し、自己回帰およびサポートベクターマシンを利用した予測手法の開発を行った。全国約50箇所の日射量のデータを利用して予測誤差の検証を行い、2乗平均平方根誤差は0.10～0.20kW/m²となった。また、発電量予測として直接予測と間接予測について比較検討を行い、2乗平均平方根誤差の差は0.01kWh/kW 以下であり、極端な偏差がないことを示し基礎的な知見を得た。広域の発電量予測技術については、アップスケーリングについて基礎検討を行った。

ケーススタディとして、単地点の気象庁データを利用した場合と、全箇所を利用した場合の比較検討および方位角/傾斜角の設備情報の有無の検討を行い、全情報を利用した場合では、単地点データ利用と比較して約30%予測誤差が小さいことを確認できた。さらに、広域エリアによる誤差低減の可能性については、2地点間の無相関性の確認を行い、日量にて単地点の約4割程度誤差を低減できる可能性を示した。本研究を通じて、今後の技術開発課題の抽出を行うとともに、発電量予測誤差の誤差範囲が把握できたと考える。これら知見は、太陽光発電の大量導入を見据えた場合のエネルギーマネジメントや社会システムを考えるうえで、シミュレーション等の条件設定等に利用可能であり、環境政策への貢献が出来ると考えられる。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 太陽光発電、発電量予測、日射量予測、出力変動、エネルギーマネジメント

〔研究題目〕 太陽光発電システムにおける信頼性向上のための遠隔故障診断に関する技術開発

〔研究代表者〕 大関 崇（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 大関 崇、加藤 和彦（常勤職員2名）

〔研究内容〕

(1) 故障診断用分析手法の開発

故障診断用分析手法として、現状の故障モードの調査を踏まえて、自然現状、発電量低下、発電量停止事象について検出する手法の全体イメージを固めた。診断手法について、オンサイトでの気象センサを利用しないことを前提にして、従来の検出手法を包括して、発電量データのみを利用した電流/電圧低下の検出手法および気象庁データの利用した日射量推定、さらに計測データからの日影時間帯の抽出や GIS/CAD を利用した日影分析について検討を行い、全体システムを明確にした。また、このうち電流および電圧低下の検出手法については、従来手法では日影に依存しない検出手法が存在しないため、新たに開発を行った。具体的には、計測日射量データの代替として快晴日の理論日射量データを利用することで、電流低下および電圧低下を検出する手法の開発を行った。この新しく開発した、電流/電圧評価手法に関しては、既存の太陽光

発電システムの計測データを利用して、計測された電流、電圧を線形に低下させて検証を行った。検証の結果、正常状態と比較して各指標が一定の次期より低下していることの確認を行った。10%低下においては、年間を通して正常状態の最小値以下にあるため、絶対値での判定が一定程度可能であることを示唆した。また、正常との相対値比較を行うことでさらに明確な評価可能となることを示した。今後実証実験等から閾値の決定を行うこととした。

実証設備の構築として、ストリングごとに電流電圧測定、モジュール温度の測定をストリングごとに5か所、また日影計測用に小型日射計およびネットワークカメラの設置を行った。また、全天日射量、気温、風速など基本的な気象計測および故障モジュール確認用に赤外線カメラの設置を行った。故障模擬には、電流低下、電圧低下、直列抵抗の増加を模擬できる仕様とした。

(2) データ計測・送信ソフトのプロトタイプ開発

ユーザ側に設置する端末であるデータ計測・送信装置のソフトに通信部に関する仕様設計に着手した。共同研究先であるシャープ株式会社の既存のパワーコンディショナとモニタ装置を仕様をベースにして、1分値のデータサンプリングが取得可能な仕様書をまとめた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 太陽光発電、故障診断、不具合、モニタリング、太陽電池

【研究題目】 超低損失パワーデバイスの基盤構築

【研究代表者】 山崎 聡 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 山崎 聡、西澤 伸一、大串 秀世、大橋 弘通、小倉 政彦、加藤 宙光、竹内 大輔、牧野 俊晴、水落 憲和、小山 和博、松本 翼、フレデリックマルシエ (常勤職員5名、他7名)

【研究内容】

二酸化炭素排出抑制に大きな効果を持つ大幅な省エネルギーが実現できるパワーデバイスの候補として、ダイヤモンドの特異な物性である高密度ドーピング薄膜が示す低抵抗ホッピング伝導を利用した新概念の超低損失パワーデバイスを取り上げる。この超低損失パワーデバイス実現に必要なダイヤモンド特有の物性の物理的理解、その物性を利用した新しいデバイス物理の構築、材料プロセス・デバイス作製プロセスの問題点の抽出とその解決策を総合的に行い、超低損失パワーデバイスを提案・試作し、ダイヤモンドによる次世代パワーデバイスの基礎を構築する。

プロジェクトの初年度として、超低損失パワーデバイス開発のための、ダイヤモンド半導体基盤研究、新構造パワーデバイスの作製・解析とデバイス物理の構築のた

めの研究を全般的にスタートした。ダイヤモンド薄膜成長メカニズムの解明と高濃度ドーピング膜を用いたダイオードの電気的な理解に進展があった。次年度以降の円滑な研究遂行のための装置・スペース・人員の整備を行った。

【分野名】 環境・エネルギー分野

【キーワード】 パワーデバイス、ダイヤモンド、電子デバイス

【研究題目】 電子デバイス用超平坦性ダイヤモンド基板の自動切削研磨技術開発

【研究代表者】 小倉 政彦 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 小倉 政彦、山崎 聡、牧野 俊晴、竹内 大輔、加藤 宙光 (常勤職員5名)

【研究内容】

本研究課題は、平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業(経産省)におけるプロジェクトである(平成22~24年度予定)。ダイヤモンドはその並外れた物性から、次世代の革新的電子デバイスとして発光・パワー・耐環境・電子放出などの電子デバイスへの応用が強く期待され、研究開発が加速している。本研究開発では、電子デバイスに応用するために必須である、ダイヤモンド基板の超平坦性切削研磨において、大量生産とコストダウンに向けた切削研磨自動化の技術開発を行う。産総研では、今までの研究で培ってきた世界最高レベルの薄膜作製技術、特性評価技術を適用して課題を見出し、切削研磨技術開発にフィードバックする。平成22年度は、ダイヤモンド基板の自動研磨技術開発において、超平坦性切削研磨の第一ステップの自動化という目標をクリアした。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 切削研磨、ダイヤモンド、電子デバイス、半導体

【研究題目】 測位用擬似時計技術開発

【研究代表者】 岩田 敏彰 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 今江 理人、鈴山 智也、岩崎 晃、福島 聡、松沢 孝、齊藤 甲次朗、高橋 靖宏、町田 久美子 (職員3名、他6名)

【研究内容】

わが国独自の測位を目的とした平成22年9月11日度打ち上げの準天頂衛星初号機「みちびき」を用いて、搭載される原子時計に代わり、低コストで管理が容易な水晶発振器を搭載し、地上局に置いた原子時計を基準としてその時刻情報を送信することにより衛星の時刻管理を行う手法(擬似時計技術と呼ぶ)に関する研究を実施している。

平成22年度は実証実験を行う地上局におけるさまざまなインタフェース条件を考慮して、運用における課題の

抽出とその解決法、準天頂衛星打ち上げ後の初期機能確認試験、準天頂衛星を用いた実証実験を行った。

地上局でのインタフェース条件でもっとも課題となりそうなものとしては、コマンドやデータの時間遅れと不連続性であったが、いずれもインタフェース仕様書の規定よりも小さく、ほとんど問題がないことが確認された。初期機能確認試験では、搭載系・地上系とも実験で想定されている機能全てについて良好な状態であることが確認された。さらに、実証実験では、軌道とクロックオフセットの考え方に問題があることがわかり、その修正を行うことになった。また、NICTの時刻比較結果に対しては、1ns以下の同期精度で搭載水晶発振器を制御できる見通しが得られた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】測位衛星、時刻同期、原子時計、擬似時計技術、準天頂衛星

【研究題目】石炭によるケミカルルーピングプロセスの検討

【研究代表者】幡野 博之（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】幡野 博之、松田 聡、畑中 健志、麓 恵里（常勤職員4名）

【研究内容】

石炭によるケミカルルーピング技術開発を産官学で推進するための技術開発計画を策定することを目的とし、新たなプロジェクト提案につなげることを最終的な目標として、以下の内容の研究を実施した。

既往の化学ループ燃焼・ガス化プロセスの調査を行い、特徴の抽出を行う。既に取得してきたケミカルルーピングプロセス関連データを補強するため、格子酸素キャリア粒子の反応性について熱天秤等を使って検討する。流動特性を調べるため、流動床での粒子循環シミュレーションを、DEMを用いて検討を行う。石炭等を燃料とするケミカルルーピングガス化システムのFSを実施し、効率や最適なシステムについて検討する。

研究計画、年度進捗状況

石炭を用いる化学ループガス化／改質を想定し、酸化金属と炭化水素との反応について熱天秤を用いて実験的に検討し、ニッケルの反応性が高いことを再確認した。産総研で実施している酸化鉄触媒を用いた重質油の軽質化はヘマタイトとマグネタイトへの変換時に格子酸素が関与し、局所的に水素が生成すると見なせることから、反応温度が異なるものの同じ反応機構であることが確認できた。本プロセスは、反応塔が複数ある多塔システムであることから、酸化金属／金属粒子が複数の塔間で円滑に循環できるかを検討する必要がある。本研究ではDEMシミュレーションによってコールドモデル試験の一部省略が可能か実際に市販のシミュレータを用いてシミュレーションを行った。その結果、物性などについてチューニングが必要であるが、コールドモデルに先行し

て検討が可能であることを確認した。さらに、国内外の既発表化学ループガス化プロセスについてFSを実施した。その結果、産総研で提案しているガス化プロセスの効率が高いことが確認できた。二酸化炭素回収を行う前提で比較を行うと、通常の石炭燃焼やガス化プロセスより10ポイント程度高効率になることがわかり、また、天然ガスを用いたコンバインドサイクルで二酸化炭素回収を行う場合とほぼ同程度の効率になることも確認できた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】化学ループ、二酸化炭素回収、石炭、高効率発電

【研究題目】コールバンクの拡充

【研究代表者】山田 理（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】山田 理、中里 哲也、安田 肇、後反 克典、海保 守、中久喜 千亜紀、功刀 芳美（常勤職員3名、他4名）

【研究内容】

NEDOプロジェクト「ゼロエミッション石炭火力技術開発（旧名：戦略的炭ガス化・燃焼技術開発（STEP-CCT）ーゼロエミッション石炭火力基盤技術ー」の課題のもとに「コールバンク」を運営している。コールバンクは、日本で利用あるいは利用可能性のある世界の石炭を不活性ガス下で粉碎保存し、研究用試料として系統的なデータとともに提供する事業であり、石炭利用基盤技術開発（Brain-C）プログラム（平成7～17年度）により（財）石炭エネルギーセンターと産総研が構築した標準石炭試料供給システムを石炭研究の基礎をなす事業として継続的に拡充している。昨年度までに103炭種の標準石炭試料を作成し、研究開発のために研究機関に送り出してきた。

今年度は新規6炭種を受入れ、標準試料作成と分析データの取得を行った。これにより、年度末現在、米国炭10炭種、中国炭20炭種、豪州炭31炭種、インドネシア炭22炭種、ロシア炭7炭種、南アフリカ炭7炭種、ベトナム炭1炭種、カナダ炭3炭種、コロンビア炭2炭種、EU炭1炭種、日本炭5炭種の合計109種について、元素分析、工業分析、マセラル分析、灰の組成・性状分析等のデータベースを構築、関係試験研究機関のニーズに応じて標準石炭試料を配布した。

また今年度は、コールバンク保有炭のうち34炭種について微量成分分析を行い、取得済の63炭種と合わせ計97炭種の微量成分データをデータベース化した。微量成分分析に当たっては、ISO23380:2008「石炭中微量元素分析の選定方法」Annex Bに規定される産総研法（マイクロ波利用石炭前処理法と誘導結合プラズマ（ICP）法を組み合わせた、フッ酸を使用しない低環境負荷型の独自の石炭中微量元素成分の分析方法）を適用した。

【分野名】環境エネルギー

【キーワード】石炭、標準試料、微粉碎、不活性ガス保

存

【研究題目】アジア低炭素社会の構築に向けた緩和技術のコベネフィット研究

【研究代表者】 村田 晃伸 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 村田 晃伸、野村 昇、西尾 匡弘、
遠藤 栄一、時松 宏治、梁 建国
(常勤職員4名、他2名)

【研究内容】

現行のクリーン開発メカニズム (CDM) は二酸化炭素の排出低減に対象を限っており、大気汚染の改善などのローカルな環境に対する改善効果は評価の範囲外に置かれている。本研究は、ローカルな環境改善効果 (コベネフィット) を経済的に価値付けする手法であるコベネフィット分析に取り組み、アジア地域における緩和技術のローカル環境改善効果と、CDM などのオフセット・メカニズムを通じた緩和技術の普及に対するコベネフィットの影響を明らかにすることを目標としている。

(1) 緩和技術に関わる社会的認識についての調査・分析

緩和技術に対するコスト負担と技術受容性の評価方法に関する検討の一環として、大気汚染による健康被害回避の経済価値評価を主目的とした環境意識調査を、北京市の中心部において実施した。2010年11月上旬に予備調査を10サンプルについて行い調査票の妥当性を検討した後に、11月から2011年1月にかけて本調査を実施した。得られたデータの分析を行い健康被害回避に対する支払意志額を試算した。

(2) 新オフセット・メカニズムにおける緩和技術のコベネフィットを考慮した技術的経済的評価

コベネフィット分析のアジア地域における面的展開のため、ライフサイクル環境影響評価手法 (LIME) を高度化した。被害係数に関しては、温暖化も含めた環境外部性の暴露応答関係に最新の科学的知見を反映した。経済評価係数 (支払意志額) については、2011年2月に3地域 (北京、太原、デリー) を対象にインターネットによる予備的な社会調査を実施した。また、アジア全域および2050年までの将来時点に LIME を適用可能とするための方法を検討した。

(3) アジア地域におけるコベネフィットを考慮した緩和技術の導入分析

中国の主要電力網を対象とする電源計画モデルの目的関数に大気汚染物質排出削減のコベネフィットを含めることにより、コベネフィットを考慮した CDM の地域別、技術別ポテンシャルを評価できるよう手法を改良した。中国をホスト国とする先進的発電技術 CDM を想定して、排出クレジットだけを考慮する現行 CDM と、コベネフィットも考慮する CDM を比較し、コベネフィットが CDM のポテンシャルを拡大する可能性を示した。その他、クレジット価格モデルの開発、インドにおける2電力網最適電源開発モデルの

構築、を実施した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 クリーン開発メカニズム、アジア、コベネフィット、社会調査、エネルギーシステム分析

【研究題目】エンジン燃焼反応モデルの構築の一部

【研究代表者】 土屋 健太郎

(エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 土屋 健太郎 (常勤職員1名)

【研究内容】

サロゲート燃料の反応機構は数千から数万の反応素過程から構成され、このような大規模詳細反応機構を手作業で行うことは実際的ではなく、コンピュータによる反応機構の自動生成が必須である。このための自動生成プログラムが開発されているが、その適用範囲を広げるためには、燃料のタイプによる反応機構と速度定数予測の一般規則を明らかにする必要があり、実用燃料を構成する成分の各コンポーネントについて代表的な化学種を選択し詳細反応機構を構築する。実用燃料はこれらのコンポーネントの混合燃料であるので、コンポーネント単体燃料の反応機構のみならず、混合燃料の反応機構が必要になる。このためには各燃料コンポーネントから生成する化学種 (ラジカル) 間の反応 (クロス反応) を明らかにする必要がある。

クロス反応のトルエン側の化学種としては主にベンジルラジカルを候補とし、低分子量の不飽和炭化水素との反応を調べた。アセチレンとの反応の生成物はインデンと H 原子、アレンの場合は1-メチレンインデン+H 原子、ケテンの場合はインデン-1-オン+H 原子あるいはフェニルエチルラジカル+CO であることがわかった。また、低温側で生成するベンジルペルオキシラジカルはエチレンと反応して、フェニルメトキシラジカルとエチレンオキシドを生成することがわかった。さらに、クロス反応の検討とは別に、これまでに構築されている詳細反応モデルの中の低温酸化反応機構について、これまでのモデルに含まれていない $\text{PhCH}_2\text{OO} + \text{PhCH}_2 = \text{PhCH}_2\text{O} + \text{PhCH}_2\text{O}$, $\text{PhCO} + \text{O}_2 = \text{PhO} + \text{CO}_2$ の反応についても量子化学計算を行い、その必要性について検討を加えた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 燃焼、反応機構、モデリング、計算化学

【研究題目】高性能蓄電デバイス創製に向けた革新的基盤研究

【研究代表者】 周 豪慎 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 細野 英司、大久保 将史、北浦 弘和、
岡垣 淳、王 雅蓉、尉 海軍
(常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

中温領域においてイオン電導率とイオン拡散係数が著しく向上することを利用したリチウムイオン電池を開発する。平成22年度は、一部中温領域において、活物質、電解液の性能を調べ、更に、新型レドックスフロー電池や3元系正極活物質についても研究を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】中温領域、リチウムイオン電池、イオン電導率、イオン拡散係数

【研究題目】ゼロエミッションに向けたエネルギー社会システムの将来シナリオに関する検討

【研究代表者】西尾 匡弘（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】西尾 匡弘（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

地球温暖化時代に対して、2100年を目処に CO₂ゼロエミッション社会を目指したエネルギー科学の研究・教育を行う拠点を確立することが求められており、これまでもシナリオ構築に際して必要となる、エネルギーシナリオ検討の手法面ではグローバルな視点での将来のエネルギーシステムの総合的な考察における世界およびわが国の研究の現状について、ゼロエミッション実現シナリオに関しては、バイオマスエネルギーと炭素回収貯留（BECCS）を中心とした革新的エネルギー技術の開発、導入シナリオの検討作業を行ってきた。

本課題では、京都大学の GCOE 事業と協力して、昨年度までの検討作業を踏まえ、エネルギーシステムの環境影響の経済評価、特に、便益移転と費用便益分析に関する調査を実施した。また再生可能資源（バイオマス資源）と枯渇性資源（ウラン資源）の有効利用に関する環境や社会システムへの影響と適合性の統一的評価を目指したシナリオの検討に資するため、特にバイオエネルギーの CO₂回収・貯留（BECCS）や先進的原子力エネルギー、先進的太陽光発電などの、各種エネルギー技術データに関わるモデル入力データの整備作業と、その評価、およびエネルギーシナリオ検討作業を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ゼロエミッション、エネルギーシステム、エネルギーシナリオ

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

【研究代表者】西尾 匡弘（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】西尾 匡弘（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

これまでの経済システムは大量生産-消費-廃棄によって成り立ってきたが、その後「成長の限界」論、ブルントラント・レポートの「持続可能な発展」を経て、最近では低炭素・循環型社会推進へと、産業革命以降続いてきた経済システムの大幅な変革の必要性が謳われている。いずれ

も、エネルギー資源・環境の制約の中で、エネルギー技術の研究開発・実証・普及を行いつつ、環境を基盤として発展する新たな経済システムに変革するものである。

そのための「持続可能な発展」の経済学的研究が世界的に取り組み始めた。持続的発展の評価指標として、ピアスとアトキンソンによって提唱された「ジェニュイン・セイビング（GS）」が経済学的理論に準拠したものとして認識されている。しかしながら、我が国では GS に関する十分な学術研究の蓄積が少ない上に、政策形成の場での認知度は低い。このようなことから、GS を測度としてエネルギー資源・環境の制約下での持続的発展を目指した経済システムの到達方法や到達度に関する評価手法開発を研究することを目的とする。

本年度は、エネルギー技術、鉱産物資源、環境影響評価、土地利用、マクロ経済などを明示的に考慮した大規模シミュレーションモデルを用いて、GS の将来推計を行うための方法の検討と分析作業などを実施した。これにより、GS の定式化から推計するためのデータまで、当該モデルを用いて一貫して整えることができ、政策目標の設定に向けた基礎情報がまとめられる。得られた試算結果としては、人口成長率の減少や、技術進歩率の増大が、持続性向上に寄与することが明らかになった。こうした大規模シミュレーションモデルを活用することで、実際の市場価格ではなくシャドウプライスを用いる点や、温暖化抑制シナリオとの関係で、将来の持続性を評価可能にするなど、持続可能性の推計方法が大幅に改善することが期待される。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】持続可能性、ジェニュイン・セイビング、環境政策、経済指標

【研究題目】石炭および頁岩の元素分析

【研究代表者】鷹觜 利公（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】鷹觜 利公、丸山 一江
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

近年、地球温暖化問題への対応の一環から、化石燃料の中でも二酸化炭素の排出量が少ない天然ガスの需要が高まっている。そのため天然ガスの値段は上昇しており、今まで採算が合わなかったシェールガスも、非在来型天然ガスとして位置づけられている。このシェールガスの需要は、温暖化対策、埋蔵量、及びその取り扱いのし易さからも、今後さらに高まることが予想される。近年、シェールガス層に二酸化炭素を圧入し、シェールガスの増産と、温暖化ガスである二酸化炭素の地中貯留を同時に行う生産技術が検討されている。

一般に、シェール（頁岩）は珪素を主成分とした灰分と有機分で構成される。これまでの研究から、メタンと二酸化炭素は、有機分に良く吸着することがわかっている。そのため、有機分が多い頁岩ほど吸着量が多くなる

と考えられる。本研究では頁岩の灰分測定および石炭と頁岩の元素分析を行う。これらの結果から、頁岩中の有機分量と吸着量の相関と、石炭と頁岩の元素分析値と吸着量の相関を調べる。

実験方法として、プラスチック製試料管に石炭あるいは頁岩試料約1gを採取後、CHN分析計、およびCHNS分析計にて分析する。同じ試料について3回分析を行ない、その平均値を結果とする。その後データ処理して、各試料の炭素%、水素%、窒素%、硫黄%、酸素%（差分より）、および灰分%を決定する。

今年度は、石炭、頁岩13検体に対して上記の元素分析を計画通り実施し、その結果を報告した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】石炭、頁岩、元素分析、シェールガス、吸着

【研究題目】未利用森林資源のバイオオイル化等による小規模分散型・トータル利用システムの構築—ガス化合成ガス製造の実証—

【研究代表者】鈴木 善三（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】松岡 浩一、村上 高広
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

林野庁委託事業として、木材をオイル化処理した後の残渣分を燃料とし、ガス化させることによって、汎用性の高い高品位な液体燃料（DME、メタノールなど）をフレキシブルに製造できる技術の実証を目指す。ガス化装置として、流動層を利用した2重循環3塔型流動層ガス化炉を提案した。本装置の特徴として、熱分解炉、ガス化炉および燃焼炉が分離されており、珪砂およびタール吸収粒子がそれぞれ独立して循環し、珪砂の循環箇所には燃料を供給することにある。よって、反応後に生成するボトムアッシュと高価なタール吸収粒子とが混在しないため、タール吸収粒子の長寿命化が可能となる。本研究では、昨年度製作した10kg/d規模の2重循環3塔型流動層ガス化炉ホットモデル実験装置により、高い冷ガス効率を得られる条件（目標値：70%）を得ることを目的として実験を行った。結果として、高温での長時間の粒子循環運転やペレット化した燃料の供給に成功し、ガス化ガスを取得できた。しかし、装置を定常運転させるための改良設計に多大な時間を要したため、目標値を達成できる条件を明らかにすることは、今後の課題として実施する。さらに、本ガス化炉のランニングコストの削減を目的として、多孔質アルミナよりも安価な粒子（石灰石、ドロマイトなど）を用いて、同条件でのガス化性能の比較を行う方針を明らかにできた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、ガス化、流動層

【研究題目】コバルト含有多孔体触媒を用いるバイオ

マスからの化学原料合成

【研究代表者】白井 誠之（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】白井 誠之、日吉 範人、佐藤 修
（常勤職員3名）

【研究内容】

本研究では、バイオマスの構成成分を部分酸化し工業的に有用な化学物質に変換する触媒開発を行うものである。本年度はコバルトシッフ塩基を粘土層間に担持した触媒の調製方法を検討し、得られたコバルトシッフ塩基の担持構造を明らかにした。サレン錯体と酢酸コバルトから得られたコバルトシッフ塩基を、クロロホルム中で粘土と反応させることによりコバルトシッフ塩基含有粘土触媒を調製した。粘土としてモンモリロナイトを用いた。UV測定により、通常380nmと288nmに観測されるコバルトシッフ塩基由来のピーク（d-d遷移）が、コバルトシッフ塩基含有粘土触媒では482nmと337nmにシフトし、モンモリロナイトに担持することによりコバルトシッフ塩基の配位子とコバルト金属との相互作用が強くなっていることが示された。また、TG分析によりコバルトシッフ塩基は368℃で分解するのに対し、コバルトシッフ塩基含有粘土触媒では492℃まで安定であることが分かった。さらに、XAFS測定では、通常のコバルトシッフ塩基ではコバルト原子が配位子由来の4個の酸素原子と結合し四面体構造を有するのに対し、コバルトシッフ塩基含有粘土触媒ではコバルトが6個の酸素原子と結合した八面体構造を有すること、コバルト原子と結合している6個の酸素のうち4個はシッフ塩基由来であり残りの2個はモンモリロナイト層との結合（結合距離0.199nm）に由来することを明らかにした。以上より、コバルトシッフ塩基含有粘土触媒ではコバルトシッフ塩基がモンモリロナイト層間に挿入した構造を持つこと、モンモリロナイト層との相互作用によりコバルトシッフ塩基が安定化していることが分かった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、多孔体、触媒

【研究題目】高次ナノ構造・酵素を利用した迅速・高感度な農業センサの開発

【研究代表者】花岡 隆昌（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】花岡 隆昌、伊藤 徹二
（常勤職員2名）

【研究内容】

目標：

迅速・高感度が期待できる電気化学式の酵素センサを用いるためには、現状の電気化学式の酵素センサでは、生体物質である酵素の凝集や失活に起因する不安定性、酵素固定化担体が検出対象物質の拡散を阻害することによる反応効率の低下等により、センサの感度・応答速

度・精度等が著しく劣化してしまい、酵素本来の優れた特性を十分に引き出すことができない。

そのため、無数の規則的な微細孔を有し、物質拡散制限がない高次ナノ構造をもつ薄膜状の構造体に、酵素を高密度に固定化することで、酵素の安定性を高め、触媒としての優れた反応性を効率的に利用できるセンサを開発する。結果として高次構造体の微細孔径、均一性、規則性等を窒素吸着、XRD、あるいは SEM・TEM 観察等で評価しつつ、界面活性剤のアルキル鎖長、拡張剤の添加、前駆溶液調整条件などの制御を行うことで本年度の達成目標である「直径約13nm～14nm の大きさの無数の微細孔を壁面部分に有する、口径約200nm、長さ約50 μ m 程度の微細管の束から成る薄膜状の高次ナノ構造体」を再現性良く作製する技術を確立した。次に高次ナノ構造体の微細孔内に酵素（コリンエステラーゼ）を高密度で効率的に固定化する技術の確立を行った。その結果、酵素濃度に応じて担体への吸着量が増加、吸着量0.38wt%で飽和することを確認した。また、吸着酵素は担体から流出しないこと、酵素が安定に固定化され、バラツキも少ないことを確認した。固定化された酵素（コリンエステラーゼ）は、天然状態の酵素よりは活性が低い、十分なエステラーゼ活性を維持しており、固定化酵素は60日以上保存しても酵素活性を維持することを確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】多孔質材料、酵素、酵素センサ、

【研究題目】環境基準項目の無機物をターゲットとした現場判定用高感度ナノ薄膜試験紙の開発

【研究代表者】和久井 喜人（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】和久井 喜人（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は長岡技術科学大学が主委託先となって実施している環境研究・技術開発推進費によるプロジェクト「環境基準項目の無機物をターゲットとした現場判定用高感度ナノ薄膜試験紙の開発」の一環として再委託された。

本年度においては、機器分析を用いた試験紙のクロスチェックとして、サンプル溶液の pH や流速、量とターゲットの抽出率との関係を ICP-OES 及び ICP-MS を用いて評価し、定量的に膜にターゲットが捕捉されるように、反応条件の最適化を促し、また、検量線のクロスチェックを行った。

土壌汚染の原因として知られるカドミウムの試験紙への吸着を調査した結果、ICP-MS 並びに ICP-OES を対象とする濃度に合わせて適切に使い分けることにより、検出膜の性能評価を正確に実施可能であることが示された。すなわち、高濃度側では ICP-OES は精度が高く、

また、装置内にメモリー効果等を引き起こすことなくカドミウムの測定が可能であった。低濃度側では二重収束型 ICP-MS で分析が行われ、その有効性が示された。

試料膜を検液に浸漬する過程では、検液の濃度に検出可能な程の変化を引き起こさないことが示された。捕捉率は金属初濃度にも依存すると考えられるが、捕集されたカドミウムは1%前後と概算された。発色を利用した検出膜ならば特に問題はなく、使用後の試料溶液を他の分析に再利用することも可能と推定された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】微量有害元素、重金属、簡易測定、ナノ粒子、検出紙、膜濃縮、環境測定、眼視検出

【研究題目】R-BTP 吸着剤の性能評価研究

【研究代表者】和久井 喜人（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】和久井 喜人、林 拓道、鈴木 敏重、丹野 秀一、高橋 ヒロミ（常勤職員2名、他3名）

【研究内容】

本研究は、東北大学ラジオアイソトープセンターが主委託先となって実施している原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ「新規 R-BTP 吸着剤による簡素化 MA 分離プロセスの開発」の一環として再委託された。

疎水性複素環化合物である、CyHeptyl-BTP 及び新規合成された Tollyl-BTP を多孔質シリカゲルに担持して合成する吸着剤を用い、硝酸溶液から種々の希土類元素（La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Dy、Yb 等）のバッチ吸着及びカラム分離試験を実施した。さらに、溶媒抽出法も併用して吸着抽出機構を解明した。また、種々の温度条件下で硝酸溶液と接触させた後の R-BTP の分解溶出量及び性能変化を測定評価した。また、上記の硝酸溶液と接触させた後の吸着剤の熱分解挙動を測定し、吸着剤の熱的安定性を評価した。

硝酸濃度を変えた吸着試験では高レベル放射性廃液の酸濃度に近い3～4M に吸着の極大を示し、吸着剤としての有効性が示された。一方で前年度までに試験した isoHexyl-BTP に匹敵する吸着性は得られなかった。固体吸着系では硝酸が反応に関与していることが明らかとなった。溶媒抽出系では強酸中からの分配は低く、また、抽出化学種中には酸が含まれないことが推測された。種々の硝酸濃度で接触させた吸着剤について熱重量一示差熱分析を実施した結果、Tollyl-BTP ではこれまでの R-BTP 以上の安定性を有することが明らかとなった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】原子力、放射性廃棄物、希土類元素、吸着剤、イオン交換分離

【研究題目】ウォータージェットによるキチン系未利

用バイオマスの高度有効活用

【研究代表者】石川 一彦（バイオマス研究センター）

【研究担当者】上垣 浩一、川崎 一則

（健康工学研究部門）

（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

産業技術総合研究所で開発された超耐熱性酵素群とスギノマシンのウォータージェット技術を利用した湿式微粒化装置スターバーストとを組み合わせることにより、キチン系未利用バイオマスの高度有効活用技術を開発することを目的として研究を行った。

研究計画、開発項目として、キチン系バイオマスの粉碎（ナノファイバー化）に及ぼす要因を実験・解析し、それに特化した高性能チャンバーの開発を行い、超耐熱性キチナーゼ酵素を用いて加水分解反応（糖化）を行うことにより、N-アセチルグルコサミンの生産性向上の解析を、酵素反応および電子顕微鏡等を用いて行った。

スターバースト処理したキチンを超耐熱性キチナーゼ酵素を用いて加水分解反応（糖化）を行うことにより、N-アセチルグルコサミンの生産効率が未処理と比べて4倍以上向上させることに成功した。また、高濃度処理を可能とする装置改良に成功し、それにより、スターバースト処理回数は40回から5回へ、処理濃度は2wt. %から10wt. %へ向上させることに成功した。さらに、加水分解効率の評価から、ウォータージェットが結晶キチンに及ぼす影響の評価技術の確立に成功、さらには、種々のキチンサンプルに対する電子顕微鏡による観察解析技術を確立した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、糖化、キチン、粉碎、ウォータージェット

【研究題目】サトウキビ廃棄物からのエタノール生産研究

【研究代表者】坂西 欣也（バイオマス研究センター）

【研究担当者】遠藤 貴士、澤山 茂樹、矢野 伸一、

美濃輪 智朗、井上 誠一、李 承桓、

井上 宏之、松鹿 昭則、藤本 真司

（常勤職員9名、他7名）

【研究内容】

世界最大のサトウキビ生産国であるブラジルにおいて、バガス、茎葉などのサトウキビ廃棄物からエタノールを生産する技術を開発するための国際共同研究を行った。

前処理に関しては、炭酸ナトリウムを添加して一晩浸漬後、150℃で2時間水熱処理を行い、これを高速カッターミル処理し、最後に湿式ディスクミル処理を行うことにより、ボールミル粉碎と同等の糖化率（約80%）を得ることができた。またイオン性液体による前処理を検討し Emim Ac が一番効果的に酵素糖化性を向上させること、およびオゾン処理を行うことで、機械的解繊効率が

向上し、酵素糖化収率が向上することを見出した。

酵素糖化については湿式ディスクミル処理されたバガスについて、基質の高濃度化、および酵素添加量についての検討を行った。発酵については、サンタカタリーナ連邦大学が単離した工業用2倍体酵母について、産総研が開発したキシロース代謝系遺伝子の発現カセットを導入してキシロース発酵性を付与することに成功した。またキシロース代謝系遺伝子の発現カセットを複数のグルコーストランスポーター（HXT）欠損株に形質転換し、HXTのキシロース発酵能への効果を調べた。

プロセス統合とライフサイクルアセスメント解析に関しては、バガスやトラッシュの成分組成、検討される前処理・糖化・発酵などの反応条件・変換効率などを反映でき、濃縮・脱水まで含めたプロセス全体のマテリアル・エネルギー収支を算出できる化学プロセスシミュレータの構築を行った。またバガスを発電で利用した場合とエタノール生産で利用した場合の経済性について優劣分岐の観点から検討を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、エタノール、酵素糖化、エタノール発酵、遺伝子操作、システムシミュレーション、経済性評価

【研究題目】稲わら水熱・酵素糖化・エタノール発酵基盤技術の研究開発

【研究代表者】澤山 茂樹（バイオマス研究センター）

【研究担当者】矢野 伸一、滝村 修、井上 宏之、

松鹿 昭則、塚原 建一郎、遠藤 貴士、

井上 誠一、美濃輪 智朗、藤本 真司

（常勤職員9名、他2名）

【研究内容】

環境負荷が低く経済的で効率の高い、稲わらからのバイオエタノール製造技術の確立を研究目的として、稲わらからのバイオエタノール製造原価100円/L以下を達成する技術の開発を目標とする。

稲わらを脱リグニン処理することにより、酵素糖化前処理としての最適水熱処理温度を180℃（リグニン含有率13.9%（未処理稲わら））から140℃（リグニン含有率1.7%）にまで低温化できた。さらに酵素糖化後の単糖収率も向上し、含まれるグルカンの94.8%およびキシランの82.5%を単糖化できた。

稲わらをディスクミル処理した前処理物を炭素源として含む培地を用い、*Acremonium cellulolyticus* CF-2612株のジャー培養においてフラスコレベルと同等の酵素生産性を達成した。ヘミセルラーゼ生産菌 KIF125株による糖化酵素生産において、150U/g-C6のキシロシダーゼ生産性を達成した。*A.cellulolyticus* CF-2612株と KIF125株を用いた糖化実験で、組み合わせ効果がみられた。キシロース発酵が可能な酵母株について、稲わらを炭素源として得られた糖化液により増殖させることが

できた。

昨年までに作成した経済性シミュレーションをベースに、酵素添加量の効果について、酵素添加量増加によるコストアップと糖化率増加によるコストダウンとのトレードオフ関係を検討した。さらに、リン酸水熱前処理－酵素糖化（酵素量2 FPU/g－稲わら）の条件での物質収支とエネルギー収支から、エネルギー使用量4.7MJ/kg－稲わら、エタノール収率0.267L/kg－稲わら、エネルギー回収率42.8%の試算結果を得た。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、バイオエタノール、稲わら、メカノケミカル、微粉碎、酵素糖化、エタノール発酵、システムシミュレーション、経済性評価

【研究題目】サトウキビ廃棄物からのエタノール生産研究（第2年次）

【研究代表者】坂西 欣也（バイオマス研究センター）

【研究担当者】遠藤 貴士、澤山 茂樹、矢野 伸一、美濃輪 智朗、井上 誠一、李 承桓、井上 宏之、松鹿 昭則、藤本 真司（常勤職員9名、他7名）

【研究内容】

本事業は D3-104の研究に係るブラジルへの職員派遣およびブラジルからの研修員招へいに関する JICA 予算によるものである。平成22年6月にリオデジャネイロ連邦大学（UFRJ）において、サンタカタリーナ連邦大学（UFSC）の Stambuk 教授を含めて研究推進と研究成果を生かしたサトウキビ廃棄物からエタノールを生産するベンチプラントを UFRJ 構内に建設する件に関する協議、打ち合わせを行った。なおこの訪問時に、サンパウロ市に於いて、ブラジル日本商工会議所の会員企業を対象に産総研のバガス等からのエタノール生産技術の紹介を行い、将来のブラジルでの実用化に向けた現地日系企業との情報・意見交換を実施した。平成22年11月にはリオデジャネイロで Joint Coordinating Committee が開催され、事業の進捗状況の報告とこれを受けた今後の進め方について協議を行った。またこの訪問時には、ブラジルの酵素学会のシンポジウムに招待され、産総研の技術について発表を行った。招へいについては、平成22年12月に UFRJ の Bon 教授、UFSC の Stambuk 教授に産総研バイオマス研究センターに来所いただき、研究者との幅広い意見交換を行ったほか、5名のブラジルの研究者（JICA 集団研修による招へい者を含む）が延べ21カ月程度バイオマス研究センターに滞在して研究を行い、本プロジェクトの推進に貢献した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、エタノール、酵素糖化、エタノール発酵、遺伝子操作、システムシミュレーション、経済性評価

【研究題目】非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術

【研究代表者】葭村 雄二

（新燃料自動車技術研究センター）

【研究担当者】葭村 雄二、後藤 新一、濱田 秀昭、鳥羽 誠、小熊 光晴、村田 和久、杉本 義一、西嶋 昭生、望月 剛久、堀江 裕吉、佐村 秀夫（常勤職員6名、他5名）

【研究内容】

目標、研究計画、年度進捗状況

本研究では、タイとの国際共同研究の中で、非食糧系バイオマスとして注目されているジャトロファ果実の総合利用効率を高めるため、オイル留分からの高品質バイオディーゼル製造技術、並びにオイル抽出残渣の熱分解から得られるバイオオイルの輸送用燃料化技術の開発を行うと共に、各種バイオ燃料の燃焼特性、エンジン特性、排ガス特性等から新燃料の社会実装に向けた基盤を構築する。更に、タイ国研究者への技術指導等を通し、タイ国研究者の自立に向けた能力開発も併せて推進する。

本年度は、ジャトロファオイルからの高品質バイオディーゼル（BDF）の製造技術の中で、タイ国科学技術研究院（TISTR）に1.0ton/day規模のBDF製造パイロットプラントを設置した。同パイロットプラントはBDF製造ユニットとBDFアップグレーディングユニットからなり、東アジアサミット推奨BDF品質を満たすBDFを製造可能なように設計されている。産総研-TISTR 合同で同プラントの運転を行なった結果、製造されたジャトロファBDFが東アジアサミット推奨品質を満たすばかりでなく、更に厳しい品質が求められる世界燃料憲章（WWFC）ガイドライン品質をも満たすBDFを製造できることを実証した。搾油後のジャトロファ残渣からの急速熱分解によるバイオオイル製造技術の中では、小型及びベンチ規模の流動床型急速熱分解炉を設計し、熱分解実験を開始した。急速熱分解反応で得られるバイオオイル中の非水溶性成分（フェノール系化合物）はリグニン由来成分であり、単環芳香族系燃料へ転換するためには選択的に酸素を除去する必要がある。軽油脱硫用のCoMo系触媒やNiMo系触媒が利用可能であることを見出した。今度、水熱条件下、低硫黄条件下における触媒構造の安定性について検討予定である。一方、モデル含酸素化合物を用いた水素化脱酸素実験から、一部の非硫化物系触媒も有用であることも見出した。バイオオイルと石油系燃料の共処理（コプロセスング）技術の検討を行った結果、石油系燃料の種類（直留軽油や減圧軽油等）が水素化脱酸素活性や水素化脱硫活性に影響を及ぼすことが分かった。TISTRで製造された高品質ジャトロファBDFの自動車燃料適合性を実証するため、エンジン材料適合性、燃焼特性評価及びエン

ジン特性評価等の準備を行なった。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕非食糧系バイオマス、ジャトロファ、第二世代バイオ燃料、接触熱分解、バイオオイル、改質触媒、コプロセッシング、エンジン適合性、環境適合性

〔研究題目〕非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術

〔研究代表者〕葭村 雄二

(新燃料自動車技術研究センター)

〔研究担当者〕葭村 雄二、後藤 新一、濱田 秀昭、鳥羽 誠、小熊 光晴、村田 和久、杉本 義一、西嶋 昭生、望月 剛久、堀江 裕吉、佐村 秀夫
(常勤職員6名、他5名)

〔研究内容〕

目標、研究計画、年度進捗状況

本研究では、タイとの国際共同研究の中で、非食糧系バイオマスとして注目されている *Jatropha* 果実の総合利用効率を高めるため、オイル留分からの高品質バイオディーゼル製造技術、並びにオイル抽出残渣の熱分解から得られるバイオオイルの輸送用燃料化技術の開発を行うと共に、各種バイオ燃料の燃焼特性、エンジン特性、排ガス特性等から新燃料の社会実装に向けた基盤を構築する。更に、タイ国研究者への技術指導等を通し、タイ国研究者の自立に向けた能力開発も併せて推進する。

本年度は、ジャトロファオイルからの高品質バイオディーゼル (BDF) の製造技術の中で、1.0ton/day 規模の BDF 製造パイロットプラントを設計、タイ国科学技術研究院 (TISTR) に設置した。同パイロットプラントは BDF 製造ユニットと BDF アップグレーディングユニットからなり、東アジアサミット推奨 BDF 品質を満たす BDF を製造可能なように設計されている。産総研-TISTR 合同で同プラントの運転を実施し、原料の精製条件、運転条件および生成油組成の分析による評価方法の検討を行った結果、製造されたジャトロファ BDF が東アジアサミット推奨品質を満たすばかりでなく、更に厳しい品質が求められる世界燃料憲章 (WWFC) ガイドライン品質をも満たす BDF を製造できることを実証した。

タイ国研究者の人材育成として、日本側から11名 (うち産総研7名) の専門家派遣を行い、タイ側研究機関で技術指導を行うとともに、バイオディーゼルの高品質化、急速熱分解によるバイオオイル製造技術に関して3名のタイ側研究者を受け入れ、技術指導を行った。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕非食糧系バイオマス、ジャトロファ、第二世代バイオ燃料、接触熱分解、バイオオイル、改質触媒、コプロセッシング、

エンジン適合性、環境適合性

〔研究題目〕メソポーラスゼオライトの触媒への応用

〔研究代表者〕藤原 正浩

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕藤原 正浩、佐藤 葉子
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

ゼオライトはマイクロ孔 (細孔径2nm 以下の細孔) を持つ結晶性の固体材料であり、熱等に対して高い安定性を持つため石油化学や化成品合成の実用触媒やイオン交換材料等として、様々な実用分野や工業分野で利用されている。しかしながら、多くのゼオライトが極めて狭い細孔 (1nm 以下) のみを持つため、材料内部での物質拡散が著しく抑制され、その結果として触媒反応においては反応速度が制限される、吸着剤として用いる場合には「目詰まり」等の問題も指摘されている。そこで本共同研究では、日本側研究代表者の独自技術である特殊なゾルーゲル法を用いた有機無機複合材料を用いて、細孔径が2nm 以上のメソ細孔を有するゼオライト系材料の創出と、その触媒活性について研究した。日本側の上記の技術を応用してメソポーラスなゼオライト系触媒類を合成・分析し、インド側がその詳細な構造解析と触媒活性評価を行う形で研究を遂行した。

日本側研究代表者独自のゾルーゲル法を用いて期待される効果は、無機部がゼオライト系結晶に変換した後に有機部がなおも複合することで、有機部が除去された箇所にもメソ細孔が構築できるというものである。その結果、シリカ・チタニア/エポキシ樹脂ナノ複合体を用いることが有効であることがわかった。この試料を焼成処理したサンプルは、形状が特異なチタノシリケートとなり、液相における種々の酸化反応に対して有効な固体触媒となることが確認できた。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕ゼオライト、メソ多孔体、有機無機複合材料、ゾルーゲル法、触媒

〔研究題目〕液晶性半導体分子設計のためのディスコチック液晶の基礎研究

〔研究代表者〕清水 洋

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕清水 洋、物部 浩達、三宅 康雄
(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

π 電子共役系を分子中心に有するディスコチック液晶では、分子が積層し形成されるカラムナー相においてアモルファスシリコンに迫る高速の電荷移動度を示すものが見出されており、液晶性半導体として近年の有機エレクトロニクス分野において活発に研究されている。本研究では、中華人民共和国四川師範大学化学興材材料学院

趙可清教授を代表とする研究グループと共同で種々のディスプレイ液晶について、液晶状態における水素結合等の分子間相互作用による分子揺動の変化と観測される電荷輸送特性の相関について研究を行ない、新たな有機半導体の分子設計指針の確立を目指した。日本側は中国側の合成した試料について共同で液晶性を解明すると共に独自に電荷輸送特性を評価し、電荷移動度の高速化を目指した。本年度は3年目最終年度であり、これまでのまとめと今後の研究開発の展望に係る取り組みを行った。その結果、新たな系として通常6本以上必要な長鎖が3本でカラムナー液晶性を示すトルキセン誘導体がアモルファスシリコンに迫る高速電荷輸送液晶であることを見だし、ディスプレイ液晶性半導体の新たな分子設計概念を示すことができた。これにより、省エネルギー型低コスト精算が可能な塗布型薄膜太陽電池として変換効率が3%を越えるデバイスを作製可能にした新たなフタロシアニン液晶性半導体を開発に結実させることができた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 有機エレクトロニクス、液晶、有機半導体、電荷輸送

【研究題目】 構造の解析と設計及び触媒探索

【研究代表者】 秋田 知樹

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 秋田 知樹、香山 正憲、前田 泰、徐 強、桜井 宏昭、木内 正人、竹内 孝江、飯塚 泰雄、荒井 富士子、Sanjay Singh、大長 亜紀

(常勤職員6名、他5名)

【研究内容】

金微粒子触媒における触媒機能発現メカニズムを明らかにすることを旨として、金-酸化物担体の相互作用について調べた。Au/TiO₂系での水素分子の解離反応が接合界面で起きる可能性を示した表面科学実験の機構を解明するため、Au/TiO₂界面構造モデル上で、水素分子挙動の第一原理計算を行った。Au 表面、TiO₂表面、接合界面の様々な位置での吸着・解離挙動を探り、Au-O-Ti 構造を持つ接合界面周縁部で、水素分子の解離が起きやすい傾向が見られた。電子顕微鏡観察では Au/ZrO₂界面の構造について透過型電子顕微鏡、高角散乱環状暗視野走査透過電子顕微鏡 (HAADF-STEM) 観察を行い、界面において原子分解能の HAADF-STEM 像を得ることができた。また、多孔性配位高分子に金・銀コア・シェルナノ粒子を固定化することに初めて成功した。この多孔性配位高分子に固定化した金・銀コア・シェルナノ粒子は、NaBH₄による4-nitrophenol の還元反応に高い触媒活性を有することを見出した。Au/ZnS、Au/MoS₃を調製し、チオフェンの水素化脱硫 (HDS) 両反応の活性測定を行った。Au/ZnS において粒子径 2nm 以下の金クラスターとしての高分散担持が実現さ

れ、ZnS の H₂還元を促進し、チオフェンの水素化脱硫の活性サイトとして働くことがわかった。金ナノ粒子触媒を用いた加熱再生が可能なジベンゾチオフェン等有機硫黄化合物の吸着脱硫システムについて、カラムフロー式等の実用システムの検討に着手すると共に、他の硫黄系反応への応用展開として、H₂S の気相吸着酸化除去についても検討を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 微粒子、触媒、顕微鏡、表面・界面

【研究題目】 s-ブロック金属負極の dendrite 析出制御と表面観察

【研究代表者】 栄部 比夏里

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 栄部 比夏里、松本 一、竹内 友成、小池 伸二、佐野 光、中村 典子、山下 奈美子 (常勤職員4名、他3名)

【研究内容】

研究計画・目標：本研究の最終目的は、s-ブロック金属表面の改質を行うことにより、可逆性の高い溶解析出挙動を示す負極を得ることにある。3年目となる本年度には、前年度に開始した Li 析出溶解に適した電解質の選択とそれを用いた溶解析出挙動の調査と表面構築の検討を継続し、特に基板の影響を明らかにする。さらに走査型電子顕微鏡観察と X 線光電子分光等の表面分析に加えて、効率良く形態観察を行える実体顕微鏡を用いてマクロな析出形態観察を Li について行い手法を確立し、これらの手法を他のグループの検討結果にも適用する。

平成22年度進捗状況：前年度に環状4級アンモニウム-アミド系イオン液体にカーボネート系添加剤を使用した場合の析出形態改善効果を確認したが、セパレータの種類に左右されまた解体時にサンプルの流出などにより観察の妨害があった1)。そこで光学顕微鏡を用いて析出形態をその場観察し、電解質の種類と溶解析出挙動、電極表面状態の相関関係の調査を行った2)。前年度にビニレンカーボネート (VC) の添加効果を見出したが、必ずしもすべてのイオン液体で改善効果が見られなかった。還元安定性の高い N-methyl-N-propylpiperidinium bis(trifluoromethanesulfonyl) amide (PP13 [TFSA]) に3wt%の VC を添加した場合に球状析出を確認した。この場合のみ Li 析出後の交流インピーダンス測定などから、表面は電荷移動抵抗の大きな複雑な組成の皮膜に覆われていた。また低粘度・高導電率の電解質では dendrite 成長しやすい傾向がみられたが、必ずしも析出形態は電解質の動的特性に依存せず、電極表面の化学組成等に大きく影響を受けると考えられる。今後さらに電解質のベースとなるイオン液体の種類を増やし、析出形態制御の指針を確立する。マグネシウム金属負極のその場観察も着手し、析出条件などを検討中である。またマグネシウム金属電池としてデバイスが成立するには有望

な正極材料を見出す必要があり、マグネシウム負極と可逆に反応する電解液に対応した正極材料の検討を始め、候補電解液中で初回放電が可能な正極材料を見出しつつある。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リチウム、マグネシウム、リチウム電池、デンドライト抑制、表面状態、イオン液体

【研究題目】自然ナノ構造材料の開発とモジュール製造技術の構築

【研究代表者】舟橋 良次

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】舟橋 良次、松村 葉子

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

大規模太陽熱発電への応用に向け、高温～低温まで広い温度域で発電が可能な熱電システムの構築を試みた。赤道付近に分布するサンベルト地帯での大規模な太陽熱発電に注目が集まっている。このシステムは集熱により過熱蒸気を生成し、タービンにより発電するが、その過程で広い温度域に渡る廃熱が生じる。そこへメンテナンスが殆ど必要ない熱電発電システムが使用されれば、総合効率も向上できる。そのためには幅広い温度域で熱電発電が可能なシステムを構築しておく必要がある。そこで今年度は1000℃までの廃熱回収が可能な酸化モジュールと常温～200℃で使用可能なビスマス・テルルモジュールを用いたカスケードシステムの開発と評価を行った。カスケードモジュールは実験室レベルで受熱面積当たり約8kW/m²の出力密度を達成した。また、集熱部、カスケードモジュール、冷却部から構成されるユニットではガスバーナーを用いた実証試験では4kW/m²の出力密度を達成した。また、酸化物とビスマス・テルルの間の温度域(200～500℃)で耐酸化性に優れた材料の開発とそれを用いたモジュール試作を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】熱電変換、太陽熱利用

【研究題目】複雑系の計測評価技術—ニオイの計測—に関する調査研究

【研究代表者】木内 正人

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】木内 正人、下條 美千代

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

ニオイは、人の生活の安全を脅かす情報を含んでいる場合があり、人が集まる場所でニオイを分析することは、生活の安心にとって重要である。特に、微生物の代謝により放散する揮発性有機物質(MVOC)の検出は、感染症の予防や微生物腐食の防止に有用であると考えられ

るが、簡便で安価なMVOC分析装置は、現在のところ無い。MVOCの分析を行う安価な装置の開発を目指して、調査研究を行った。本調査研究の結果、質量数が50から170までのニオイ分子を1万倍に濃縮できる濃縮装置を開発することが、この分野に必要なことである。病気診断、カビの問題の早期発見、などの領域でニーズがある。イオン化方法、システム構築について検討を行った結果、新たな濃縮装置を開発して従来技術と組み合わせる方式が望ましいと考えるに至った。我々は、1000倍まで濃縮できる技術を開発しており、さらなる努力により、目標に到達することが期待できる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ニオイ計測、カビ、MVOC、質量分析

【研究題目】車載蓄電池の性能評価手法の技術開発

【研究代表者】小林 弘典

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】小林 弘典、鹿野 昌弘、小池 伸二、辰巳 国昭、栗山 信宏

(常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

本研究開発では、管理下走行試験および走行を模擬した電池単体での加速劣化試験によって劣化した車載蓄電池について内部分析を行い、電池構成材料を直接調べることで劣化要因を解明することを目的とする。今年度は、「定量化が期待できる分析及び解析手法の抽出」を開発目標として実施した。電池内部分析で定量化が期待できる手法(構造解析手法、分光測定手法等)について検討を開始したところ、J-Parcで測定した中性子回折データから正極活物質(LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O₂等)の構造中の原子の席占有率が精度良く決定されていること、Wien2k等を用いて第一原理計算することで得られた層状酸化コバルト酸リチウムのコバルト及び酸素のK吸収端のシュミレーションスペクトルが実測スペクトルを良く再現していることが確認された。また、車載蓄電池単体の加速劣化試験、電気化学的評価及び電池解体試験を実施するため、充放電試験設備及び電池解体試験設備を導入し、電池特性評価・解析方法及び車載蓄電池を安全に解体する手法について予備検討を実施した。以上のように、定量化が期待できる分析及び解析手法として中性子回折と電子構造解析を見出しており、今年度の目標を達成することができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】車載蓄電池、解体試験、量子ビーム

【研究題目】マイクロ燃料電池からの排気に係るより合理的な安全性評価試験方法のための基礎的検討

【研究代表者】宮崎 義憲

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】宮崎 義憲、山根 昌隆
(常勤職員2名)

【研究内容】

携帯電話機のような人体近傍で使用される機器に応用されたマイクロ燃料電池からの排気に係る国際的な安全性評価試験方法をより合理的なものに見直すための提案に資する実証的データの取得を目的とし、このような排気ガスがどのように拡散され呼吸空気質にいかなる影響を及ぼすかについて模擬排ガスならびに模擬発生源を用いて検討した。静穏雰囲気中で点源から排出(0.10L/min)される模擬排ガス(5000ppm エタノール)が口より5L/min で連続吸気している無発熱サーマルマネキン(TM)の口蓋内にどの程度の濃度で到達するか評価した。その結果、排出ガスの全量を吸引したとして50倍に希釈される計算(ガス混合が完全であれば、その場合の検出濃度は100ppm となる筈)であるのに対し、瞬間的には300ppm を超えるガスが検出される時もあった。10分間×24回繰り返し測定中、計4回で300ppm を超えた検出例が見られた。このように、現行国際標準に準拠の静穏な雰囲気内で測定する試験方法では測定の際ばらつきが大きく、かつ測定環境によってはかなり大きな瞬間的測定値を与えることが分かった。また、TM 体表面が33℃で発熱時のガス吸引濃度は無発熱時のその1/3程度の低濃度となった。実際に携帯電話機等を使用する場合は人体自己発熱による上昇気流や周囲環境中の微小気流等により静穏な雰囲気ではないと考えられ、これらの点による影響に関して今後より詳細な検討が必要と考えられる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】マイクロ燃料電池、排気、安全性、国際標準

【研究題目】畜産物における病原微生物のリスク低減技術の開発「放出選択的ドラッグデリバリーのための無機カプセル材料の研究開発」

【研究代表者】藤原 正浩
(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】藤原 正浩、塩川 久美
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究課題は、畜産物における病原微生物リスク低減のため、産総研独自の炭酸カルシウム等の無機マイクロカプセルへ病原微生物に対し高活性な薬剤類を封入し、家畜体内における放出選択性を持ったドラッグデリバリー技術を開発することを目的としている。病原微生物の排泄抑制に効果のある薬剤類の活性を保持したままカプセル粒子内へ導入できる手法等を確立し、畜産物における病原微生物に由来するリスクの実効性ある軽減を図る。炭酸カルシウムは鶏卵の殻の主成分で、鶏への摂取は

問題のない素材であり、人体へのリスクも肺中での蓄積性が低く、畜産分野におけるドラッグデリバリーに適した材料である。界面反応法では分子量の小さなタンパク質(リゾチーム等)は内包できないが、炭酸カルシウムの相転移法を用いるとインシュリンから抗体までの様々なタンパク質を内包することができるを見いだした。内包量は相転移の度合いに比例して増加する一方、ほとんど相転移が進行していない炭酸カルシウムにおいてもタンパク質は内包されていることもわかった。界面反応法、および相転移法により BSA を内包させた炭酸カルシウム・カプセルからのモデルタンパク質としての BSA の応答性放出挙動を評価した。その結果、結晶内に取り込まれていた BSA は迅速に放出されるが、相転移が十分に進行した炭酸カルシウムではクエン酸三ナトリウムとの反応は遅いため、BSA はゆっくりと放出されることがわかった。このように、炭酸カルシウムの相転移の度合いにより応答性放出の速度も制御できることが明らかとなった。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】食の安全、ドラッグデリバリーシステム、マイクロカプセル、畜産物

【研究題目】超高压法による高水素吸蔵材料の合成などに関する研究

【研究代表者】竹市 信彦
(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】竹市 信彦、栗山 信宏、清林 哲、北村 直之(常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

超高压合成法を用いることにより、通常の条件下では化合物等を形成しない系においても、化合物相や水素化物を合成することができる。本事業では、Mg-遷移金属-(アルカリ金属、軽金属、遷移金属)系に超高压合成法を適応することにより、新規 Mg 系水素化物を探索する。更に、超高压下という極限環境下において合成された新規物質の特性評価と放射光などを利用した新物質の精密構造解析、及び、水素貯蔵機構の解明を系統的に行い、高密度水素貯蔵材料の設計指針の確立を目的としている。

本年度は、Mg-Zr 系及び Mg-Zr-(Li, Na, K) 系に対して、超高压合成法を適応し新規水素化物の合成を試みた。Mg-Zr-H 系では、873K、8GPa の条件下で、FCC 構造を有する水素化物が合成される。本条件より、高温領域、若しくは、低圧領域の水素雰囲気では単斜晶系構造を有する水素化物を形成することを見出した。FCC 相及び単斜晶相ともに、可逆的に水素を吸蔵・放出することを確認している。

また、超高压合成法を適用することにより、Mg-Zr-アルカリ金属系でも水素化物が形成されることを見出した。Mg-Zr-Li-H 系では、Li 添加量に関わらず、単純な

FCC 構造を有する水素化物相が見出された。Mg-Zr-Na-H 系では、FCC 構造から超格子型 Ca_7Ge 構造に、結晶構造が変化することを見出した。Na よりもイオン半径の大きい K を添加すると、FCC 構造を有する水素化物が合成された。全ての Mg-Zr-アルカリ金属水素化物は、水素雰囲気での DSC 測定から、可逆的に水素吸蔵・放出することが示され、その水素放出温度は、添加したアルカリ金属のイオン半径が大きいほど低下する傾向を有していた。また、573K の PCT 測定の結果から、約4質量%の水素を可逆的に吸蔵・放出することが分かった。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 水素、超高压合成、水素貯蔵材料、放射光

[研究題目] 特殊材料ガスの理論最大充てん量の計算

[研究代表者] 緒方 雄二 (安全科学研究部門)

[研究担当者] 緒方 雄二、椎名 拓海、堀口 貞茲、江淵 輝雄 (常勤職員2名、他2名)

[研究内容]

半導体等の分野で使用する特殊材料ガスをシリンダー等の容器に高压ガス状態で充填するために、理論的な充填量を計算から推定した。研究では、特殊材料ガスの中で、三フッ化窒素、セレン化水素及びホスフィンについて、最新の物性データを用いてガス密度及び液密度を計算から推定し、高压ガス容器に充填可能な理論充填量を計算から求めた。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 高压ガス、特殊ガス、安全評価

[研究題目] 「水素燃料電池自動車等の海上輸送に関する調査研究」(HFCV 等海上輸送プロジェクト) 水素燃料電池自動車等の海上輸送に関する安全性確認実験

[研究代表者] 緒方 雄二 (安全科学研究部門)

[研究担当者] 緒方 雄二、椎名 拓海、堀口 貞茲、江淵 輝雄、内田 恵子 (常勤職員2名、他3名)

[研究内容]

高压水素ガスを充填する燃料電池車を自動車専用船で運搬する場合の安全性を検証するために、水素燃料電池自動車等を海上輸送する運搬船を実規模で模擬して、水素漏洩による水素の移流拡散実験を実施した。また、同時に CFD による水素漏洩拡散シミュレーション手法の妥当性を検証するために、可燃性ガス風洞内の通気速度分布および水素ガス濃度を計測した。可燃性ガス風洞を用いた実験では、安全性を検証するために、以下の4種類の実験を実施した。①通気速度計測実験、②低位置水素拡散実験、③放出形状による水素拡散実験、④垂れ壁切り欠き影響の検討実験

①の通気速度計測実験では、4台の微風速計を設置して各点での通気速度を計測した。通気速度計測では、可燃性ガス風洞中央断面の25cm 間隔で7箇所(計測点①床面から高さ175cm、計測点②高さ150cm、計測点③高さ125cm、計測点④高さ100cm、計測点⑤高さ75cm、計測点⑥高さ50cm、計測点⑦高さ25cm)で計測し、風洞内での通気速度分布を明らかにした。②および③の実験では、低位置漏洩、放出形状および垂れ壁の影響による風洞内での水素濃度分布状況を明らかにした。

実験結果から水素を低位置部から放出する場合は、水素の燃焼下限程度までしか、水素ガスが天井部に滞留しないことが判明した。また、0.1m/sec 程度の通気速度を確保できれば、水素が急速に拡散し、燃焼下限以下になることも判明した。さらに、天井部に設置された垂れ壁部に切り欠きがあると水素濃度の増加を抑制する効果が期待できることも示した。これらの実験結果から、低位置から水素漏洩しても燃焼限界濃度には達しにくいものと推定できる。しかし、水素の漏洩位置は50cm 程度(垂れ壁下65cm、床面から70cm)高くなると水素ガス濃度が急激に上昇し燃焼限界内に達してしまう。実際に燃料電池自動車では、水素ガスの漏洩位置が重要になると思われる。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 水素安全、拡散実験、可燃性ガス風洞、燃料電池、海上運搬

[研究題目] カーボンフットプリント関連データの作成・収集等

[研究代表者] 田原 聖隆 (安全科学研究部門)

[研究担当者] 田原 聖隆、本下 晶晴、玄地 裕、井原 智彦、河尻 耕太郎、工藤 祐揮、高田 亜佐子、尾上 俊雄、小林 光雄、城石 登、横田 真輝、池田 洋、村松 良二、松林 芳輝、平山 由希子、金 眞美、陳 玉蓮、岡田 哲男 (常勤職員6名、他12名)

[研究内容]

カーボンフットプリント算出する上で、検討対象となる範囲のインベントリデータを収集することは、必要不可欠である。これらの分析ではカーボンフットプリント実施者である企業がインベントリデータまたは温室効果ガスの排出原単位を収集し、評価が行われることが望ましいが、全てのデータを収集するためには、膨大な時間や労力を費やしてしまう場合や、不可能な場合がある。多種多様な製品のカーボンフットプリントを算定するには、一定の信頼性・品質を確保しつつも、汎用性・網羅性の高い CO_2 排出量原単位データベースが要求される。本年度は、平成22年度経済産業省カーボンフットプリント試行事業に利用可能な CO_2 排出量原単位データを、3回の外部専門家による検証を経て公開した。カーボンフ

ットプリントの HP (<http://www.cfp-japan.jp/>) にて公開したデータ数は約1,000データ（工業会提供100データ含む）で、公開情報シート（原単位表）と、各製品に入出力データ表、データ管理シートを添付することで利用者に作成方法などを示して透明性を確保している。また、アジア地域のデータ収集を実施して、企業が海外から購入している製品の評価も可能になるように、データ整備を開始した。加えてデータベースを所有している韓国のデータと日本のデータを比較して原単位の違いによるカーボンフットプリントの値への影響分析も行った。その結果、CO₂排出量原単位値の違いにより、大きな影響のある製品もあることが確認でき、今後、原単位の違いの要因を分析する必要があることが示唆された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】カーボンフットプリント、データベース、温暖化、見える化、LCA

【研究題目】事業者の自主的リスク評価・管理を支援する環境リスク評価ツールの開発

【研究代表者】林 彬勲（安全科学研究部門）

【研究担当者】林 彬勲、加茂 将史、内藤 航、山口 一彰、山田 千恵（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

リスクベース化学物質管理社会への時代転換の要請に応じるため、汎用性のある簡易なリスク評価ツールの社会的ニーズは高いが、国内外において十分には整備されていない。本研究では、既存のプロトタイプツール（Lin & Meng 2006）を基に、個体レベル（決定論的リスク評価）から、種の感受性分布や個体群影響による高度なリスク評価（確率論的なリスク評価）まで、利用者の様々なニーズに対応可能な最新の環境リスク評価ツールを開発する。この目標の実現に向けて、国内外の関連ツールレビューや業界ヒアリングを基にしたツール設計、ECOTOX 等のデータソースからのデータ収集・加工、およびツールのインターフェース作成等、一連の検討を行った。その結果、既存のプロトタイプツールから一新したβ版ツールを作成し、部門内の報告会でツール・デモンストレーションによる成果報告を行ったほか、成果に関する詳細な記述を記した成果報告書を社団法人日本化学工業協会に提出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】生態リスク、ユーザーフレンドリー、リスクベース化学物質管理

【研究題目】模擬粉末の飛散試験

【研究代表者】中山 良男（安全科学研究部門）

【研究担当者】中山 良男、松村 知治、若林 邦彦（常勤職員3名）

【研究内容】

建屋内部で爆破が発生したことを想定し、それに伴い放散される粉末が、通路、扉及び排気口等を通じて屋外に放出された場合に環境に及ぼす影響を評価するデータを得るため、野外において、これらを模擬した鋼鉄製のボックス（以下、「模擬工程室」という。）と L 字模擬ダクトからなる試験体を使用し、爆破試験を実施した。

今年度は模擬ダクトの出口に設置した HEPA フィルタの損傷を評価する試験と模擬工程室内に金属製容器に収納された模擬燃料粉末を設置し、爆破による模擬粉末の飛散試験を行った。以下に検討方法の概要を示す。

(1) HEPA フィルタ試験

模擬工程室の噴出口に接続された模擬ダクトの先端に HEPA フィルタを設置し、模擬工程室の中央に爆薬を配置し、爆薬量をパラメータとして爆破試験を行い、HEPA フィルタの高速度撮影、及び損傷の有無を確認した。また、模擬工程室内及び L 字形の模擬ダクトの圧力変化を計測した。

(2) 模擬燃料粉末の爆発飛散試験

模擬工程室の内部に、金属製容器に収納された模擬燃料粉末を配置し、その近傍に爆薬をセットする方法で爆破試験を行い、粉末の噴出量に与える容器の影響を検討した。模擬工程室内部に放散した試料は爆発後に回収し、粉末重量と容器の変形状況を計測した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】野外実験、模擬燃料、模擬工程室、火薬類、爆風、破壊、飛散

【研究題目】電動車両用充電設備の設置における問題とその解決策に関する研究

【研究代表者】工藤 祐揮（安全科学研究部門）

【研究担当者】工藤 祐揮、本瀬 良子、中山 英貴、堂脇 清志（東京理科大学）、山成 素子（東京理科大学）（常勤職員1名、他4名）

【研究内容】

低炭素社会づくりに向けて、交通部門では電動車両の大幅普及への期待が高まっているが、電動車両への転換は電池性能とコストの面で容易ではないと考えられる。電動車両の広範な普及実現には、郊外型大型商業施設や時間貸駐車場への充電設備設置だけでなく、家庭等での充電設備設置可能性に関して具体的な検討が必要である。本研究では電動車両の普及にあたって必要となる充電設備に着目し、電動車両の導入と普及に向けた充電インフラ側での問題点の抽出とその解決策の検討を行う。そのため、家庭の居住形態ごとに駐車場と電源電圧・契約電流の状況を調査し、電動車両の導入を想定する地域での自動車利用の実態を踏まえ、充電設備設置の可能性を明らかにする。また、電動車両普及時に想定される充電インフラ側からの技術的、制度的、社会的問題とその解決策の抽出と整理を行うとともに、電力系統への影響を含

めた社会システム全体での CO₂排出量削減可能性を推計する。

平成22年度は、道路交通センサス自動車起終点調査データおよび家庭での電力使用データの解析から、現在の自動車需要のうち電気自動車に代替可能な需要の割合を試算するとともに、電気自動車の導入による自動車走行段階での CO₂削減効果を推計した。また自動車走行段階に加えて自動車製造段階を含めた電気自動車のライフサイクル全体での CO₂排出量を、ライフサイクルインベントリ分析により算出した。さらに、電動車両の相次ぐ市販化・エコカー補助金実施による消費者の電動車両に対する選好の変化の解析を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】CO₂排出量、電動車両、充電設備、受容性、普及可能性

【研究題目】イオン交換樹脂の火災・爆発安全性に関する比較論的研究（V）

【研究代表者】岡田 賢（安全科学研究部門）

【研究担当者】岡田 賢、秋吉 美也子、松永 猛裕、佐藤 嘉彦（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

先進オリエントサイクルの研究開発が行われており、アクチニドの精密分離技術として3級ピリジン型樹脂を用いたイオン交換法が開発されている。本技術では塩酸、硝酸およびメタノールを溶媒として用いており、酸化剤と還元剤との混触となるため、潜在的な発火・爆発危険性がある。熱的安全性を定量的に把握することが必要不可欠である。(1) 断熱熱量計 ARC を用いた、硝酸型イオン交換樹脂、樹脂/硝酸、メタノール/硝酸、樹脂/メタノール/硝酸の温度・圧力測定 (2) 反応熱量計 CPA を用いた、メタノール/硝酸、メタノール/水、樹脂/水、樹脂/硝酸の2成分混合系について反応熱量測定を実施した。その結果、以下の点が明らかになった。

- ・ARC 測定において硝酸型樹脂、2成分混合系（樹脂/硝酸、メタノール/硝酸）、3成分混合系（樹脂/メタノール/硝酸、樹脂/メタノール/SHLLO-NO₃）では、樹脂/メタノール/SHLLO-NO₃混合物の発熱開始温度が70.6℃と最も低く、また、最終圧力が4.52MPa と最も高い値を示した。SHLLO-NO₃が含まれている3成分系では、発熱がより低温側から開始するとともに、温度・圧力上昇が大きくなるように影響を与える可能性があると考えられる。
- ・CPA 測定において80℃では、メタノール/8N 硝酸混合物と、メタノール/水混合物との差は約0.44W となった。これはメタノールと硝酸との反応による発熱である。また、80℃では、樹脂/水混合物と、樹脂/8N 硝酸混合物の熱流束はほぼ一致し、その差分は0となった。よって、樹脂/硝酸混合物は80℃での発熱は無い。

- ・硝酸型 IER/メタノール/硝酸の混合物は、断熱状況下では潜在的な発火危険性があるため実際の運転では温度、酸濃度、メタノール含有量に注意を払う必要がある。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】原子力安全、新再処理システム、工学的評価、熱的安全性

【研究題目】応用一般均衡分析・業種細分化拡張モデルの構築

【研究代表者】山崎 雅人（安全科学研究部門）

【研究担当者】山崎 雅人（常勤職員0名、他1名）

【研究内容】

環境省、環境経済の政策研究「国際排出量取引の国際リンクによる経済的影響に関する研究：応用一般均衡分析によるアプローチ」（代表上智大学・有村俊秀教授（委託元））では、国際産業連関表である GTAP（Global Trade Analysis Project）データを利用した多地域の応用一般均衡モデルを GAMS（General Algebraic Modeling System）上で構築し、排出量取引市場の国際間リンクの分析をしている。GTAP データは、貿易政策評価の応用一般均衡分析では標準的なデータとして広く利用されており、近年では温暖化対策の評価においても利用されている。しかし、温暖化対策を詳細に評価するためには、GTAP データにおけるエネルギー業種、エネルギー多消費業種をさらに詳細化する必要がある。本研究「応用一般均衡分析・業種細分化拡張モデルの構築」では、各国の産業連関表や貿易統計等のデータを利用し、GTAP データをより細かい業種分類にすることを目的とする。これによりエネルギー業種、エネルギー多消費業種への影響をより詳細に評価できるシミュレーションモデルの構築が可能となる。平成22年度は、GTAP データの分割手法の開発を行い、実際に日本、米国、中国の産業連関表と貿易統計データを用いて、GTAP データ上にはこれまで存在しなかったセメント部門とアルミニウム部門を GTAP データに組み込み、これらの業種に対する温暖化対策の影響をシミュレーション分析した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】GTAP データベース、地球温暖化対策の産業別影響評価、経済シミュレーション

【研究題目】ナトリウムカリウム化合物（NaK）の安全性評価業務

【研究代表者】松永 猛裕（安全科学研究部門）

【研究担当者】松永 猛裕（常勤職員1名）

【研究内容】

京都大学工学系研究科の放射実験室液体金属ループ室設置の NaK ループ装置の解体撤去中に発生した NaK

流出・発火事故は原因が不明であるため、専門的な立場で調査を請け負った。その結果、NaK は単純に空気を吹き込むだけでは過酸化物を生成せず、酸素濃度を低くするために空気をアルゴンで希釈し、水と反応させないように乾燥状態で長時間晒すと過酸化物が生成することがわかった。また、NaK 過酸化物単体の爆発性は低く、可燃物との混合で発火することはあるが爆発威力という点では小さいことが明らかになった。事故原因については、2つのシナリオを想定することができた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 ナトリウム-カリウム合金、発火・爆発危険性、アルカリ金属

【研究題目】 硝酸溶液からのロジウム抽出分離系開発

【研究代表者】 成田 弘一（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】 成田 弘一、高田 佳恵子
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

目標：

白金族金属の分離回収工程は、大企業では金属を塩素ガス/塩酸で浸出するため硝酸フリーで分離操作が行えるが、中小企業では依然として王水系（硝酸-塩酸）で処理を行っているところが多い。硝酸系は塩酸系に比べ、一般に白金族金属の抽出が困難であり、かつ抽出剤の劣化を早めることから、硝酸系において安定な抽出分離が行えるということは、新規抽出系の適用の場が格段に増加する。本研究では、イオン対型及び配位型のタイプの異なる2種類の抽出剤を混合した溶媒を使用することで、協同効果によるロジウム抽出率の向上を目指す。

研究計画：

アミン系、アミド系、スルフィド系、アミド-アミン系、スルフィド-アミド系といった、白金族金属に対し高い選択性を有し、かつ抽出タイプの異なる抽出剤を組み合わせた混合抽出剤により、硝酸溶液からのロジウムの抽出分離特性を調べる。硝酸溶液中のロジウム錯体及び有機溶液中のロジウム抽出錯体の構造解析を、大型放射光施設 SPring-8における X 線吸収微細構造（XAFS）法や、ロジウムの水相-有機相の二相間挙動解明、FT-IR 測定等により行う。

年度進捗状況：

3級アミン化合物（テトラ-*n*-オクチルアミン、TOA）とスルフィド含有ジアミド化合物（*N,N'*-ジメチル-*N,N'*-ジ-*n*-オクチル-チオジグリコールアミド、MOTDGA）の混合系が最も安定してロジウムを抽出できることが分かった。0.5mol/L TOA - 0.5mol/L MOTDGA 混合抽出剤によるロジウム抽出率は硝酸濃度7mol/L で70%を超える大きな値を示した。

XAFS 測定によるロジウムイオンの内圏構造解析の結果、硝酸濃度7mol/L 溶液中のロジウムイオンの周辺には硝酸イオンが存在しないことが示唆された。また、

0.5mol/L TOA - 0.5mol/L MOTDGA 混合抽出剤に、7mol/L 硝酸溶液からロジウムを抽出させた（抽出錯体）試料の測定では、MOTDGA のスルフィドが直接ロジウムに配位していることが分かった。FT-IR によるロジウム抽出錯体の測定結果からは、MOTDGA のカルボニル酸素の配位への関与が推測できた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 硝酸、ロジウム、溶媒抽出、混合抽出剤

【研究題目】 高感度遺伝子検出を実現する超分子電気化学センシングプローブ

【研究代表者】 青木 寛（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】 青木 寛、北島 明子
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

従来の遺伝子検出法では、測定対象である遺伝子（DNA、mRNA）に蛍光標識し、蛍光発光により目的の遺伝子の有無を判定するため、煩雑で時間の掛かる点が課題とされていた。この課題を克服するため、簡便・迅速な検出原理の構築に有利な電気化学測定法を基盤として、一次スクリーニング法の開発を目指した。そこで、測定系に何ら手を加える必要なしに高感度検出可能な、迅速で簡便な電気化学遺伝子センサの開発を行うため、超分子化学の概念に基づき、フェロセンのシクロデキストリンへの包接現象を利用するスイッチ機能を付与した遺伝子プローブを開発した。

本研究では、高感度遺伝子検出を目的とする新規機能性遺伝子プローブを開発するため、フェロセンを電気化学活性部位として有する新規核酸モノマーを開発した。また、耐熱・耐薬品性に優れたセラミックス基板を用いて、マイクロ電極アレイを作製した。従来、セラミック電極のセンサ利用の最適化に技術的課題があったが、これを克服することで、特定の遺伝子に対する電気化学的応答の観測に成功した。今後、本研究で得られた成果をさらに発展させ、遺伝子センサアレイチップとしての実用化・事業化を行う予定である。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 DNA、遺伝子、核酸塩基、センサ、電気化学分析

【研究題目】 活性酸素種の殺菌プロセスへの応用と評価モニタリング技術の開発

【研究代表者】 野田 和俊（環境管理技術研究部門）
（研究代表機関：岩崎電気（株））

【研究担当者】 野田 和俊、古川 聡子
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究では、プラズマ装置、エキシマ装置、オゾン発生装置など、活性酸素種を利用したあらゆる殺菌装置に対応可能で、かつリアルタイムで活性酸素種をモニタリ

ングできる水晶微小天秤（QCM）方式のモニタリングシステムと、それを搭載した殺菌装置の実用化である。本モニタリングシステムにより、従来の大型で複雑なモニタリングシステムでは困難であった、個々の殺菌プロセス装置毎への搭載を可能にするとともに、殺菌処理時の活性酸素種を精密に制御することを可能とし、殺菌処理の品質を大幅に向上させた小型で低コストの殺菌装置を実現する。

まず、活性酸素モニター用の QCM センサ開発として、現状比50%以上の感度向上を目指したセンサ開発を進め、実質2倍程度の感度向上が得られた。

次に、活性酸素検出モニターの開発として、モニター装置の発振回路部の試作を行い、従来他社製品と比して、1/30程度にまでサイズダウンすることができた。また、USB 接続可能な制御ソフトウェアの試作を行い、市販の PC にインストールすることで QCM センサの発振を監視、取得データを管理できるようになった。

活性酸素生成量のフィードバック制御では、フィードバック制御を可能にする多点式センサシステムの開発を行い、試作ソフトウェアによって最大9チャンネル同時データ取得（9センサのモニター）を可能にした。

活性酸素殺菌装置の開発とモニタリングシステム搭載評価では、UV ランプ方式活性酸素殺菌装置に有機薄膜付き活性酸素モニター（QCM センサ）を搭載した。当初、プロセス中の変動で QCM の共振周波数が変動する不具合が確認されたが、対策を施し、有機薄膜の純粋な質量減少量をモニターすることが可能であることを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】センサ、活性酸素、水晶振動子、ケミカルセンサ、プラズマ

【研究題目】織染加工工程において排出される新規な VOC 低減・回収技術の開発

【研究代表者】小原 ひとみ（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】小原 ひとみ、脇坂 昭弘
（常勤職員2名）

【研究内容】

エレクトロスプレーは、塗装（コーティング）、高分子材料合成、分析機器への試料導入用インターフェース等に広く応用され、最近では生活環境の浄化・除菌等にも用いられている。また、本プロジェクトでは、他の霧化方法に比べて極めて高効率である点に注目して、霧粒子表面で VOC を回収する試みが検討された。しかし、エレクトロスプレーのメカニズムに関しては不明な点が多く、物理・化学的な研究が望まれている。

そこで、エタノール、水、及び水-エタノール混合液体のエレクトロスプレーについて実験を行った。エレクトロスプレー現象の経験式によれば、例えば液滴径は溶液の流量と物性により決定され電圧（電界の強度）には

依存しないとされているが、ノズルに印加する電圧及びその極性、雰囲気ガス（窒素および酸素）が霧化効率に大きな影響を及ぼすことを見出した。また、生成した微小液滴のサイズ分布、スプレー時の電流値、励起状態窒素からの発光スペクトル、およびスプレー中に発生する雰囲気ガス由来の化学種の質量スペクトルの観測からメカニズムの検討を行った結果、VOC をはじめ各種環境負荷物質をエレクトロスプレーミストによって回収するためには、ガスと電子との反応性を考慮して、雰囲気ガス及びノズル-対極間電圧を最適化する必要があることがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】静電霧化、エレクトロスプレー、液滴、エタノール

【研究題目】1,4-ジオキサンの分解特性に関する研究開発

【研究代表者】高橋 信行（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】高橋 信行、清野 文雄
（常勤職員2名）

【研究内容】

1,4-ジオキサンに関する周辺情報および実態を調査するとともに、オゾン処理、紫外線照射、曝気、過酸化水素添加等の各単独法と、オゾンと紫外線照射の併用、オゾンと過酸化水素添加の併用による促進酸化法による1,4-ジオキサンの分解特性の把握を行った。

水環境中への排出に関する文献調査からは、水環境中への1,4-ジオキサンの排出量を減らすためには、当該物質を使用している工場や事業所等における排水中濃度のモニタリングが必要であるとともに、排出を低減化するための対策が必要であることがわかった。分解除去に関する文献調査からは、1,4-ジオキサンの分解除去は凝集処理、生物処理、活性炭吸着などの従来型の処理方法では十分に除去できないが、オゾンを用いた促進酸化法を含む各種促進酸化法では効率的に分解できることが確認された。また、非意図的な排出が指摘されている繊維工業関連の事業所排水に関する実態調査では、原水や生物処理後の放流水中での排出実態が確認された。排出実態の特徴として、排出されている場合の実測値には変動が認められること、また排出されている場合でも実測値はいずれも予想される排水基準値0.5mg/L 以下であることが確認できた。

分解特性の把握では、オゾン処理、紫外線照射、過酸化水素添加等の各単独法では、1,4-ジオキサンの元の構造はある程度分解されるが DOC は殆んど除去されないこと、曝気でも強度を大きくするとある程度の1,4-ジオキサンは揮散されることがわかった。一方、オゾンと紫外線照射の併用（O₃/UV）やオゾンと過酸化水素添加の併用（O₃/H₂O₂）などによる促進酸化法では、1,4-ジオキサンの分解効果が著しく促進されることがわかった。

すなわち、初期濃度150mg/L の場合には60～120分で完全に分解され、1,4-ジオキサンの分解と同時に DOC がしだいに減少した。以上のことから、オゾン処理単独および UV 照射単独と比較して、促進法では1,4-ジオキサンの分解効果が著しく促進されることが確認できた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】難分解性有害物質、1,4-ジオキサン、オゾン処理、促進酸化処理

【研究題目】SKYNET サイトにおけるエアロゾル直接観測のサンプリング・計測システムの統一（平成20年度地球観測技術等調査研究委託事業）

【研究代表者】兼保 直樹（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】兼保 直樹（常勤職員1名）

【研究内容】

委託最終年度に当たる本年度は、本事業で構築されたSKYNET インレットシステムによって得られたデータから、辺戸・福江での in-situ 単一散乱アルベドを導出した。積分型ネフェロメータの測定値からエアロゾル光散乱係数を導出するにあたって、まず、福江・辺戸における微小粒子領域のエアロゾルの粒径分布を、国立環境研究所の高見昭憲氏にご提供頂いたエアロゾルマス・スペクトルメータ（Aerodyne Q-AMS）の測定結果を log-normal 分布にフィットさせてモデル化した。このエアロゾルの複素屈折率として相対湿度50%での硫酸アンモニウム水溶液滴を仮定し $m=1.46-0.0i$ を用いて Mie 散乱計算を行い、TSI-3653および Radiance M903の積分角度より、それぞれの測定値の truncation error を求めた。

エアロゾル光散乱係数の計算に当たっては遠隔地など低濃度域でのエアロゾル光吸収整数の測定に多く使われている Particle/Soot Absorption Photometer (PSAP, Radiance Research) は、エアロゾルが捕集されるフィルターを1日に1～2回の頻度で人手により交換しなければならず、人が常駐していない福江・辺戸等のサイトで運用するのは、集中観測などの場合を除いては困難である。そこで、PSAP とほぼ同じ Integrating Plate 法を用いて black carbon 濃度を測定している Aethalometer 測定値に Coen et al. (2009) の補正を適応し、福江および辺戸のデータを処理した。以上より計算された2008年4月～2010年12月のエアロゾル光散乱係数・吸収係数より単一散乱アルベド（いずれも $\lambda=550\text{nm}$ ）を福江・辺戸それぞれについて計算した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】大気エアロゾル、ネットワーク観測、光学的特性、気候影響

【研究題目】大気環境物質のためのシームレス同化シ

ステム構築とその応用

【研究代表者】近藤 裕昭（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】近藤 裕昭（常勤研究者1名）

【研究内容】

次世代の全球大気モデルである正20面体格子非静力学モデル（NICAM）を利用して、気候変化の適応施策の作成に役立つ、二酸化炭素と大気汚染物質の同化と発生源推定（逆問題）を行う同化システムを開発する。このシステムを関東平野領域に適用して、温暖化・全球大気汚染・都市化の複合影響によって変化するメガシティー域（関東平野全域：東京都、埼玉県、千葉県、神奈川県、茨城県、群馬県、栃木県）の大気環境データの同化を行う。同時に、二酸化炭素の領域輸送を検討できる独立行政法人産業技術総合研究所領域物質輸送モデル（AIST-MM）とエアロゾルの領域型化学輸送を検討できる化学天気予報システム（CFORS/CMAQ）を併用することによって、同領域の長寿命温室効果ガス（二酸化炭素、メタン等）と、短寿命ガス（オゾン等）・エアロゾルについての発生源推定を試み、自治体への情報提供に資する。さらに、結合モデル相互比較計画（CMIP）や予測革新プロジェクトにおける将来気候実験結果についてシナリオ実験を行いメガシティー域への影響評価を行う。この目的のために、これまで開発してきた AIST-MM を GOSAT が観測を行った2011年1月7日を対象として動かし、結果を同時に行われた名古屋大学のゾンデ観測と比較した。またシンセシス・インバージョンモデル開発のため AIST-MM を東大気海洋研究所に提供した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】CO₂領域輸送モデル、逆問題解法

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

【研究代表者】近藤 裕昭（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】近藤 裕昭、井原 智彦
（安全科学研究部門）（常勤職員2名）

【研究内容】

標記テーマの④都市高温化による人間健康の影響評価を担当し、以下の研究を行った。

a. 健康影響評価のための社会調査

ピッツバーグ睡眠質問票や Chalder の疲労尺度をもとに開発された、毎日の睡眠の質や疲労の度合いを評価できる自記式の質問票を組み込んだ調査票を作成し、名古屋都市圏および比較対照群として東京都区部の住民それぞれ約500名を対象に、1月24日～2月4日にインターネット上で調査を実施した。その結果、名古屋都市圏では34.2%の住民が睡眠に問題があり、また13.8%の住民は疲労状態にあることがわかり、基礎的な健康状態と被害の状況を把握できた。この値は、同

じく調査で得られた東京における睡眠問題有症率40.4%、疲労有症率17.5%と比較して、やや低いこともわかった。なお、これらの調査は倫理委員会の許可の下、実施された。研究手法および結果について米国気象学会等で発表し、手法の認知を図るとともに情報の収集を行った。

b. 屋外環境と人間健康との関係解析

人間周辺環境を評価するための、適切な温度センサー設置位置を探索するため、風洞実験を実施した。その結果、背中にポールを背負うことが可能ならば、温度センサーをポール先端付近に設置することが、肩付近、帽子のつばや腰部に設置することよりも、体温の影響を受けにくく、望ましいことがわかった。ついで、この結果をもとに、都市部在住の住民に温度センサーを持たせて生活してもらい、気温と環境温度の関係を把握するための実験を実施した。実験を繰り返すことにより、より適切にデータが取得できるよう設置方法を改善した。

c. 街区を対象とした外気温熱環境モデルの改良

温熱4要素の地域的分布と健康影響との関連を分析し、健康影響の詳細な地域分布を評価できるプロトタイプモデルの中心部分をなす外気温熱環境モデルについて、新たに購入した計算機に街区温熱環境モデルおよびその境界条件を計算するモデルとこれらの計算に必要なデータ類を集め、モデル計算実施のためのシステムを構築した。また外気温熱環境モデルについて地中水分輸送モデルとして Noah LSM をベースとしたモデルを組みこみ、名古屋・多治見地区の土地利用分布等から両地区で想定される街区パラメータの範囲でパラメータを変化させる試算を行った。街区内の風通しにより温度・湿度の変化する傾向が概ね再現できた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】都市の睡眠障害、人間周辺環境、風洞実験、温熱環境モデル

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

【研究代表者】佐野 泰三（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】佐野 泰三、筒井 咲子、根岸 信彰、竹内 浩士（環境管理技術研究部門）
（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

平成18年度から開始された「可視光応答型光触媒の性能評価試験方法に関する標準化調査事業」では、NO_x、アセトアルデヒド、トルエン、ホルムアルデヒド等を試験用ガスとする可視光応答型光触媒の分解・除去性能の標準試験方法を開発している。平成22年度には、性能評価試験で用いる標準試料を産総研で一括して作製し、ベ

ンチマークテストを行った上で上記事業の各WGに標準試料とその基礎データを提供した。これにより性能評価試験の精度評価が容易になり、JIS原案作成が促進された。光源に関する検討では、試験に用いることのできる紫外線カットフィルターの選定を行うとともに、「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」で開発された可視光応答型光触媒の性能を複数の光源を用いて評価した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】酸化チタン光触媒、標準化、可視光応答型光触媒、トルエン、窒素酸化物

【研究題目】バイオマス由来溶媒を用いた使用済み電気電子機器からの資源回収とコークス炉原料化（外部資金（財）鉄鋼業環境保全技術開発基金）

【研究代表者】加茂 徹（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】加茂 徹、中尾 和久、鄒 卓喬
（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

杉とクレゾール混合溶媒（o-クレゾール、m-クレゾール、p-クレゾール）に硫酸を添加し、大気圧下200℃で加熱処理すると約60分で杉は完全に重質溶媒状生成物に転換された。軽質留分を除いた溶媒タールにエポキシ基板を入れ、250～300℃で60分間大気圧下で処理するとエポキシ樹脂は完全に溶けガラス繊維と銅配線および各電子素子が回収された。また、実際のパソコンから取り外したプリント基板を用いても、エポキシ樹脂が溶けガラス繊維や金属類が回収できることが確認された。さらにこの可溶化生成物を764℃で急速熱分解すると、クレゾール類を主生成物とする液体生成物が得られた。このプロセスでは、溶媒重質溶媒を製造する際に使用したクレゾールをエポキシ基板の可溶物生成物を熱分解することで再生できるため、外部から溶媒を補充する必要は無い。しかもすべての反応を大気圧下で操作できるために高価な高圧装置は不要であり、反応温度が高いために短時間でエポキシ基板を可溶化できる。可溶化生成物の熱分解で得られた液体生成物は、溶媒として再利用するだけでなく化学原材料あるいは燃料として利用することも可能である。

本法は、これまでほとんど利用できなかったリグニンなど廃棄系バイオマスをその特異な化学構造を生かして使用済み電子機器からの金属回収用溶媒として使用した後、化学原材料あるいはエネルギー原料として利用するもので、これまでに無い新しいバイオマスの利用法として注目されている。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リサイクル、可溶化、廃電子機器、熱硬化性樹脂、バイオマス、コークス

【研究題目】代替フロン加水分解反応速度再評価と

省エネルギー処理システムの提案

【研究代表者】 忽那 周三（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】 忽那 周三（常勤職員1名）

【研究内容】

ヒドロクロロフルオロカーボン類（HCFCs）は、成層圏オゾン層への影響のため国際的な規制により2020年または2030年までに放出量を全廃する必要がある。担当者らは主要な HCFCs である HCFC-22（ CHF_2Cl ）が80°Cにおいて容易に加水分解（OH⁻反応）し、その速度定数が文献値の10倍であることを昨年度までに見出した。本研究では、代表的な HCFCs の80°C付近の加水分解反応速度定数を実測により再評価し、加水分解反応性の高い HCFCs を対象物質として水中の吸着剤や触媒等を探索することにより、80°Cのような低温において水酸化ナトリウムなど広く工業的に使用されているアルカリ水を用いる、HCFCs の省エネルギー処理システムを提案する。

22年度は、ヘッドスペース装置を用いて、HCFC-124、HCFC-141b、HCFC-225ca、HCFC-225cb について80°Cにおける加水分解反応の速度定数と生成物、および速度定数を決定するために必要なヘンリー定数を測定した。80°Cにおけるヘンリー定数から水溶性の序列は、HCFC-22 > HCFC-141b > HCFC-124 > HCFC-225cb~HCFC-225ca であり、HCFC-225ca の水への溶解性は HCFC-22の約1/5であることがわかった。検討した水酸化ナトリウム濃度範囲（1~5mM）で HCFC-225ca のみ加水分解反応により濃度が減少した。気液分配を考慮して加水分解反応速度定数を求めた結果、HCFC-225ca は HCFC-22と同程度の加水分解反応活性を示すことがわかった。また、HCFC-225ca では HCFC-22の場合と異なり中間反応生成物が検出された。そのため、HCFC-225ca の加水分解反応について中間反応生成物の収率を下げる反応条件を探索することとした。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 代替フロン、ヒドロクロロフルオロカーボン、HCFC、加水分解、ヘッドスペース

【研究題目】 モデル触媒の in-situ 表面解析

【研究代表者】 藤谷 忠博（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】 藤谷 忠博、伊達 正和、中村 功
（常勤職員3名）

【研究内容】

Au/TiO₂触媒における触媒作用の発現機構を明らかにするため、TiO₂(110)単結晶上に粒子径を精密に制御した Au を蒸着した Au/TiO₂(110)モデル触媒表面を作製し、この表面を用いて一酸化炭素の酸化反応を行った。Au ナノ粒子担持触媒の特徴である一酸化炭素の低温酸化反応は、一酸化炭素と酸素の反応ガスのみでは全く進

行しないことがわかった。一方、水素を共存させることにより、一酸化炭素の低温酸化反応は著しく促進されることがわかった。水素の共存により反応中に水の生成が進行していることが明らかになったことから、一酸化炭素の酸化反応に対する水の共存効果について検討した。その結果、低温（320K 以下）における一酸化炭素の酸化反応には水の共存が必須であることが明らかとなった。これに対して、高温（320K 以上）での酸化反応には水は全く影響を与えなかった。さらに、Au/TiO₂(110)表面上での一酸化炭素の酸化反応に対する活性化エネルギーを調べた結果、320K を境に大きく変化することが示された。以上のことから、Au/TiO₂(110)表面上での一酸化炭素の酸化に対する反応メカニズムおよび活性サイトが320K 程度で変化することが考えられた。そこで、Au の粒子径を変化させて活性サイトについて検討した結果、一酸化炭素の酸化活性は、低温では Au-TiO₂接界面長に依存し、高温では Au の露出表面積に依存することが示された。これらの知見は、金触媒上での一酸化炭素の酸化反応における反応機構の解明に大きく貢献するものである。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 金触媒、表面化学、一酸化炭素の酸化、反応機構、触媒活性点

【研究題目】 化学的アプローチによるセルロースからの乳酸合成技術の顕在化

【研究代表者】 富永 健一（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】 富永 健一、森 敦、島田 茂、
佐藤 一彦（常勤職員3名、他4名）

【研究内容】

炭水化物系バイオマスから製造可能な化学品の中で、乳酸は、各種低環境負荷型製品の原料として高いポテンシャルを有している。従来乳酸は糖を原料とした発酵法により製造されてきたが、反応速度が遅く生産性が低いこと、また反応液の pH を維持するために塩基の添加を必要とし、生成物の分離に大きなエネルギーを要することが問題となっていた。本研究では、地球上に最も多く存在する非可食バイオマス資源であるセルロースからの化学プロセスによる乳酸合成を実現するための触媒技術の顕在化を目標としている。本年度は、昨年度開発した逆アルドール反応活性を持つ触媒系に、セルロース分解能を持つ触媒系を組み合わせることで、セルロースから直接乳酸エステルを合成することに成功した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 バイオマス、セルロース、乳酸、触媒

【研究題目】 磁性ナノ粒子固定型酸化オスミウム触媒の実用性の検証

【研究代表者】 藤田 賢一（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】 藤田 賢一、梅木 哲史

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

産業技術総合研究所では、磁石を近づけることにより触媒が吸い寄せられ、生成物から簡便かつ迅速に分離でき回収される、磁性ナノ粒子固定型酸化オスミウム触媒を開発し、本研究では化学品製造企業の本磁性触媒の使用意欲の喚起を図る目的で、種々のオレフィンを用いてジヒドロキシル化反応を行い、適用基質の広範性を実証した。

オレフィンとしてスチレン類縁体を用いジヒドロキシル化反応を行った。磁性ナノ粒子固定型酸化オスミウム触媒を2mol%用いて、含水アセトン中室温下でジヒドロキシル化反応を行ったところ、何れの場合も数時間で原料のオレフィンが消失し、良好な化学収率で対応するジオール体を得ることができた。これらの結果より、本触媒はスチレン系オレフィンに対し、良好な触媒活性を有することが分かった。

さらに、脂肪族オレフィンを用いジヒドロキシル化反応を行ったところ、全体的にスチレン類縁体に比べ反応時間がいくらか大きくなったものの、シクロヘキセンや4-フェニルブテンのジヒドロキシル化反応では、スチレン類縁体同様に数時間で反応は完結した。これらの結果より本磁性ナノ粒子固定型酸化オスミウム触媒は種々の骨格のオレフィンのジヒドロキシル化反応に有効であることが明らかになった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 触媒、酸化オスミウム、リサイクル

【研究題目】 ナノテク・先端部材実用化研究開発／マイクロ波による金属薄膜の形成及びそのパターン化技術の研究開発／導電性付与

【研究代表者】 竹内 和彦（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】 竹内 和彦、長畑 律子、原中 正行
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

マイクロ波加熱による金属ナノ粒子含有インキによる印刷パターン薄膜成長と導電性付与に必要な基盤技術を開発する。具体的には、以下の3つのサブテーマを検討した。

- (1) マイクロ波加熱特性の評価および加熱機構の解明：インキ材、基板、形成パターン等の誘電特性の測定・評価等を用い、反応条件下におけるマイクロ波加熱特性を評価し、加熱機構を明らかにする。今年度は複素誘電率測定装置をセットアップし、次いで Ag ペーストの誘電特性を測定し、複素誘電率が依存する各種ファクターを明らかにした。
- (2) 反応場の電磁波解析：フィルム加熱装置内およびパターン形成時のその場電磁波分布を明らかにする。今年度は、シミュレーションソフトを用い矩形アプリケーションの電磁波分布シミュレーションを行い、アプリケ

ータ中での電磁波分布や適切な試料の位置等に関する情報を得た。

- (3) フィルム加熱装置設計の基盤技術開発：金属導電パターン形成に必要なアプリケーション形状やマイクロ波波長、照射法、強度を最適化し、大面積用マイクロ波照射装置設計の指針を得る。今年度は、小型マイクロ波フィルム加熱装置を用い、Ag/有機フィルム系導電パターン形成に必要な反応条件の洗い出しを行うとともに、Ag ペーストを塗布したフィルムの予備的加熱実験を行い導電性金属パターンを形成させることができた。

【分野名】 ナノテク・製造

【キーワード】 マイクロ波加熱、導電パターン、ナノプリンティング

【研究題目】 グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発／化学品原料の転換・多様化を可能とする革新グリーン技術の開発／化学品原料の転換・多様化を可能とするマイクロ波革新グリーン技術の開発／マイクロ波化学プロセス基盤技術および糖由来ポリマーの高効率合成法の開発

【研究代表者】 竹内 和彦（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】 竹内 和彦、長畑 律子、飯田 洋、土井 芳子、斎藤 優子
(常勤職員2名、他3名)

【研究内容】

化石資源の価格高騰や枯渇化に対応し製造プロセスの効率の抜本的な向上を図るため、化学品原料を石油系から天然ガス等の気体原料や植物由来原料へ転換・多様化する革新的グリーンケミストリー技術を開発する。具体的には、マイクロ波を用いることによる、メタンの脱水素によるベンゼンの製造プロセスおよび植物性資源の利用するためのセルロースの分解・糖化とこれにより産生される糖からの機能性材料の高効率製造プロセスを開発する。この中で産総研は以下の項目を検討した。

- (1) マイクロ波を用いた化学プロセス技術に関する基盤研究：マイクロ波による物質の加熱過程を計測・解析し、加熱原理を明らかにする。具体的には、メタンからのベンゼン合成用触媒やバイオマス転換反応に用いる反応物および反応溶液の誘電特性やマイクロ波加熱特性を系統的に測定・評価し、プロセス設計の指針を得た。
- (2) 糖由来ポリマーの高効率合成法の開発：木質系バイオマスを分解して得られる糖から容易に変換・合成されるイソソルビドを原料とした機能性ポリマーを効率的に製造するマイクロ波合成プロセスを検討した。具体的には、イソソルビドを原料の一つとするポリエステルおよびポリカーボネートの新規合成法について検

討し、その結果分子量1万以上の高分子を数100g のスケールで60分以内に合成する高速かつ省エネルギー型の高効率製造法が開発できた。また合成したポリマーの熱特性や機械特性についても評価した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】マイクロ波化学、メタン、ベンゼン、バイオマス、セルロース、機能性高分子、バイオプラスチック

【研究題目】次世代型ヒートポンプシステム研究開発／デシカント・蒸気圧縮式ハイブリッド型ノンフロストヒートポンプの研究開発／吸着剤の水蒸気吸着／脱着特性の検討と最適な多孔質構造の提案

【研究代表者】遠藤 明（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】遠藤 明、根岸 秀之、下村 真理江、岡田 夏江（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

本研究開発では、東京大学との連携の下で、メソポーラスシリカを吸着材として使用したデシカントサイクルと、蒸気圧縮式冷凍サイクルのハイブリッドシステムにより、冬季におけるノンフロスト運転と、夏季におけるノンドレイン運転を可能とするノンフロストヒートポンプを開発する。デシカント材の平衡吸着量評価として、低温（5.5℃～7℃）時の平衡吸着量測定を行い、またデシカント材の設計として、氷点下においても着氷が起らない吸着材構造の提案を行う。

今年度は、細孔径が約3.8nm のメソポーラスシリカを合成し、その水蒸気吸着等温線の温度依存性を検討した。-10℃～25℃の範囲で吸着等温線を求め、いずれの試料も、氷点下において着氷を起こさないことを確認した。細孔径がある程度小さいシリンダー状の細孔であれば、氷点下においても着氷が起らないことを実証した。この結果は、細孔内に水を満たして相転移挙動を調べた過去の実験データとよく一致した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】メソポーラスシリカ、水蒸気吸着、ノンフロストデシカント

【研究題目】超高感度糖タンパク質評価システムによる培養段階の糖鎖品質可視化

【研究代表者】久野 敦（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】久野 敦、千葉 靖典、海野 幸子（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究は、実施者が開発してきた超高感度糖タンパク質評価システム・レクチンアレイを活用し、タンパク質医薬品の糖鎖品質を培養初期段階で可視化する試みから実用化のためのノウハウ構築までを目標とした。より具体的には、糖鎖レベルで良質な糖タンパク質製剤を生産

できる形質転換体のスクリーニングや、培養条件（培地、培養時間等）を最適化するという新規生産評価基軸を確立する。そのために、本研究ではわれわれが持つ研究シーズが、1) 対象糖タンパク質5ng 以下程度で糖鎖品質評価できるレクチンアレイ解析技術、2) 培養上清から対象タンパク質5～50ng 程度をエンリッチする前処理技術、であることを実証するための研究計画を立て、実施した。ヒト型糖鎖発現メタノール資化性酵母が生産するO結合型糖タンパク質を対象とし、培養液（100μL）中の目的タンパク質精製から、レクチンアレイによる糖鎖分析までを8.0時間で実施できるプロトコルを確立した。その糖鎖品質検出限界は0.1ng で、当初設定した5ng 検出を大きく感度が上回り、培養初期からの糖鎖品質モニタリング、短時間培養でのスクリーニングには十分な感度であった。IgG などN結合型糖タンパク質への応用も検証済みであり、今後この新規生産評価基軸を応用したタンパク質医薬品生産プロセス開発に発展していく。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】タンパク質医薬品、糖鎖、レクチン

【研究題目】酵母によるポンペ病酵素補充療法用治療薬の生産

【研究代表者】千葉 靖典（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】千葉 靖典、高岡 友紀、渡邊 徹（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

本研究では、*MNN4-I*遺伝子を過剰発現しマンノース-6-リン酸型糖鎖を多く付加できる *Ogataea minuta* 株にて酸性α-グルコシダーゼを発現させ、患者由来細胞や病態モデルマウスを利用してポンペ病の酵素補充療法用酵素としての評価を行なう。最終的には、酵母によるポンペ病の治療薬の大量生産と精製系を構築し、中国や韓国を含めてアジアでの臨床試験を行ない、オーファンドラッグとしての上市を目指すことを目的とする。またそのために必要な市場調査や開発動向などを調査し、起業化が可能かどうかを判断する。

今年度はポンペ病の酵素補充療法用酵素としての評価を行なうべく、*Ogataea minuta* 株での酸性α-グルコシダーゼの高発現系の検討を行ない、従来の発現量より10倍程度生産性を向上させることができた。また高リン酸化された糖鎖を含有する酸性α-グルコシダーゼを生産する株の構築を行ない、その株の培養上清からの酸性α-グルコシダーゼの調製法を確立した。震災による停電の影響により、細胞取り込みの定量解析を行なうことはできなかったが、細胞内への取り込みを定性的に確認することができた。また市場規模（患者規模）、オーファンドラッグ開発支援制度などの市場性調査を行ない、臨床開発に向けたアクションプランの策定を実施した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ポンペ病、酸性α-グルコシダーゼ、酵

素補充療法、酵母

【研究題目】プロサポシンによるファブリー病に対する酵素増強薬の開発

【研究代表者】千葉 靖典（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】千葉 靖典、渡邊 徹

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

遺伝性難病である幾つかのリソソーム病に対して、疾患責任酵素を遺伝子工学で産生し、その組み換え酵素を血管内に投与する酵素補充療法が導入された。しかし、酵素製剤の血中での不安定性、ターゲット臓器への取り込みの低さ、繰り返し投与によるアレルギー性有害副反応の発生や治療効果の減弱などが大きな問題となっている。

本プロジェクトでは、明治薬科大学の櫻庭均教授を代表研究者とし、分子設計により、従来の治療薬酵素よりも安定で、細胞内取り込みに優れ、アレルギー反応を起こし難い新規リソソーム病治療用酵素を開発する目的で研究を行なっている。

研究担当者らは分担部分である「プロサポシンによるファブリー病に対する酵素増強薬の開発」において、リソソーム病の中で最も発生頻度が高いファブリー病に対して、その疾患責任酵素である α -ガラクトシダーゼ（GLA）の活性化因子であるプロサポシンをCHO細胞において大量発現し、精製法を確立することを目的としている。今年度は、pEE14.4発現ベクターに組み込んだプロサポシン遺伝子をCHO細胞にトランスフェクションした。トランスフェクションしたCHO細胞を培養し、一過的なプロサポシンの発現を行なった。培養上清について、ウエスタンブロットング解析を行なったところ、培養上清に目的の分子量に相当するタンパク質の発現が確認された。

またメタノール資化性酵母 *Ogataea minuta* を用いたサポシン B(以下 SAPB)の生産系の開発を行った。SAPBの遺伝子配列を *O.minuta* のコドンに最適化し、メタノール誘導による発現を行った結果、培養上清中へのSAPBの発現が確認された。また *OmMNN4-1*非強制発現株で発現させたSAPBに比べ、強制発現を行った場合では、SAPB糖鎖のマンノース-6-リン酸含量が増加していることを明らかにした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ファブリー病、プロサポシン、酵素補充療法

【研究題目】病原性原虫によるTh1免疫回避機構の解明と糖鎖被覆リポソームワクチン評価技術の確立

【研究代表者】池原 譲（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】池原 譲、山口 高志、池原 早苗

（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

生物系特定産業技術研究支援センターの行う新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業より助成され、実施している。

当課題は、乳牛や黒毛ウシで感染が問題となっているタイレリア原虫 (*T. orientalis*) に対するワクチン技術の開発を目標とするもので、1)タイレリア原虫のP23抗原とMPSP抗原をワクチン抗原候補として、オリゴマンノース被覆リポソームにより投与した場合の感染防御の効果検討を実施している。さらに、タイレリア原虫の排除エフェクターがTh1細胞であることから、2)ワクチン投与後に誘導されるワクチン抗原に特異的なTh1免疫応答について、定量的に測定評価できる検査システムの構築を実施している。

今年度、タイレリア原虫のP23抗原とToMRP抗原についてエピトープマップし、免疫性をそれぞれのペプチドを同定して知財化した。この情報を元に、p23抗原、ToMRP抗原に特異的なTh1免疫応答を、定量的に測定評価できる検査システムを構築した。

MPSPとp23抗原の両方を使用した2価のOMLワクチン接種実験の評価では、抗原に特異的なTh1免疫応答が効果的に誘導される事、そして、誘導されたTh1免疫応答がタイレリア原虫の感染制御に有効である事を明らかにした。

OMLは、Th1免疫応答を作用できる次世代のワクチン技術で、タイレリア原虫感染症の制圧に効果的な手段になろうと考えている。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】糖鎖被覆リポソーム、細胞性免疫活性化ワクチン、評価技術、タイレリア原虫感染症

【研究題目】分裂酵母 *S.pombe* による脂肪酸の高効率生産システム技術開発

【研究代表者】植村 浩（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】植村 浩（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

我々はこれまでに出芽酵母株 *S. cerevisiae* での高度不飽和脂肪酸 (PUFA) の合成を目的に、 α リノレン酸やジホモガンマリノレン酸を合成する酵母の作製を行ってきた。現在、分裂酵母 *S. pombe* での脂質生産も検討しているが、出芽酵母同様、脂質蓄積量がそれほど多くない点が問題である。そこで、今回分裂酵母での脂質蓄積量の増加を最終目的に、分裂酵母のトリグリセリド (TG) リパーゼ遺伝子について解析を行った。

出芽酵母ではTGリパーゼとしてTgl13、Tgl14、Tgl15が知られており、これらの遺伝子破壊によりTG含量が増加することが報告されていた。既に分裂酵母 *S. pombe* においても全ゲノム配列決定されているため、

出芽酵母の TG リパーゼとのホモロジー解析を行ったところ、これらの遺伝子と非常に相同性の高い遺伝子として3遺伝子が分裂酵母に存在する事が明らかとなった。そこでこれらの遺伝子の破壊株を作製し、その機能を解析したところ、それぞれの単独破壊により TG 含量が野生株に比べ約1.4倍程度増加した。この結果より、これらの遺伝子が TG リパーゼ活性を持っていることが強く示唆された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】酵母、脂質、脂肪酸、トリグリセリド、リパーゼ

【研究題目】島しょ型ゼロエミッションエネルギーシステム構築事業

【研究代表者】高木 優（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】高木 優、光田 展隆（常勤職員2名）

【研究内容】

産総研が開発した新規分子育種法を用いてヤトロファの機能を改変し、沖縄地域の気象条件に対する耐候性の向上と、沖縄地域の環境下での格段の収量向上の行うため、既に産総研で作成した種々の転写因子に対するキメラリプレッサー発現体の T2植物体の種子を用い、それらの個別のラインにおける種子の油脂含量を、パルス NMR を用いて個別に測定する。このスクリーニングによって、油脂含量が有意に増加あるいは減少させるラインを見いだすことによって、油脂含量の制御に関わるキメラリプレッサーの同定を行う。また、産総研が所有するシロイヌナズナキメラリプレッサー発現植物を用いて、弱光、乾燥、塩それぞれのストレスを与え、耐性形質を示すラインのスクリーニングを行う。同定されたキメラリプレッサーに関しては、それぞれのストレスに対して耐性を持つことになったメカニズムを解析・検証する。さらに、産総研が所有するキメラリプレッサー発現体シロイヌナズナを用いて、ヤトロファの日長感受性や花成時期（花成時期制御、花成促進など）の人為的操作法の開発を行う。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】遺伝子組換え植物、機能性作物、遺伝子発現抑制

【研究題目】抗体医薬品等のバイオ医薬品の合理的開発のための医薬品開発支援技術の確立を目指した研究

【研究代表者】松村 健（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】松村 健、安野 理恵、福澤 徳徳、松尾 幸毅（常勤職員4名）

【研究内容】

目標：

植物の遺伝子組換え技術を用いてヒト用抗体の効率的な生産技術を開発する。

研究計画：

（H22年度計画）ヒト抗体遺伝子を単離・構造改変し、抗体を発現する遺伝子組換え植物体の作出を行う。これと並行して、植物ウイルスの一つである Tomato spotted wilt virus (TSWV) 由来のサイレンシングサブレッサーである NSs 遺伝子を単離、構造解析後、植物発現用遺伝子を構築する。

年度進捗状況：

植物で高効率にヒト抗体を生産させる系の開発モデルとして、3種類の抗ロタウイルスヒト抗体の遺伝子を L 鎖遺伝子と H 鎖遺伝子を同一ベクター上で、それぞれ標準的なエンハンサー-35S プロモーターと nos ターミナーターを用いた発現カセットに導入し、アグリバクテリウム LBA4404菌株の形質転換を行った。得られた形質転換菌株を用い、アグロインフィルトレーション法によるタバコ (*Nicotiana benthamiana*) への一過性発現を試みた結果、抗体遺伝子2-3E の発現がもっとも高かったため、以後の研究には2-3E 遺伝子を用いることとした。この遺伝子で、タバコの形質転換操作を行い、数十個体の再分化個体を得、その一部では2-3E 遺伝子の導入が確認できた。

一方、TSWV ゲノム RNA から、NSs をコードする遺伝子をクローニング、塩基配列を確認後、上記と同様、植物発現用遺伝子の構築を行った。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】遺伝子組換え植物、抗体、遺伝子発現抑制

【研究題目】リグニン合成およびストレス耐性を制御する転写因子の検索

【研究代表者】高木 優（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】高木 優、光田 展隆（常勤職員2名）

【研究内容】

リグニン生合成を制御する転写因子、高温、乾燥等の環境ストレス耐性に関連する転写因子をモデル植物であるシロイヌナズナにおいて産総研で開発したキメラリプレッサーを用いて探索同定し、それらの因子を用いて、リグニン含量を抑制した高消化性および環境ストレスに抵抗性を示す牧草・芝草＝スーパーグラスの開発を行う。さらに同定した転写因子のイネにおけるオーソログを探索し、イネにおける検証実験を行うと共に、トールフェスク、日本シバに共同研究グループに導入すべき遺伝子、コンストラクトの提供及び必要な情報の提供を行う。最終的には、リグニン含量が50%以上（イネにおいては20~30%）減少した遺伝子組換えシロイヌナズナおよびイネを作出し、それに伴って起きる代謝物の変化を明らかにする。また、シロイヌナズナ、イネにおいて野生株よりも環境ストレスに耐性を持つ植物を作出する。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】遺伝子組換え植物、機能性作物、遺伝子

発現抑制

〔研究題目〕花きの形質改変に特化した転写因子制御技術の開発とデータベースシステムの構築

〔研究代表者〕光田 展隆（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕光田 展隆、高木 優、大島 良美
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

目標：

プロモーターや遺伝子を自在に変更できるベクター系を開発し、新ベクター系の優位性をモデル実験植物シロイヌナズナにおいて実験的に検証する。シロイヌナズナ全遺伝子の基本情報および独自情報を集積したデータベースを構築する。花き植物におけるオルソログを容易に探索、同定できるシステムを開発する。他機関も含む本研究課題で得られたデータを容易に共有できるシステムを開発する。これらを統合した情報システムを構築、研究参画機関向けに公開する。

研究計画：

島根大学の中川氏らが開発したマルチサイトゲートウェイ・バイナリーベクターR4pGWB401/501などをベースにして CRES-T 法用に転写抑制ドメインを挿入する。このようにして開発した新ベクター系の優位性を検証するために、様々な転写因子についてシロイヌナズナでの効果を検証し、利用情報として各機関に提供する。転写因子を含むシロイヌナズナ全遺伝子の基本情報と、これまでに産総研が独自に集積してきた情報を統合した Web インターフェース方式のデータベースを構築する。また、本研究課題によって得られる成果を容易にサーバーに送信できる仕組みを整え、全参画機関がデータを共有できるシステムを構築する。

年度進捗状況：

より簡便かつ高効率に表現型を引き起こせるようにするためにゲートウェイ技術や HSP ターミネーターを利用した新ベクター系を開発し、それらの優位性を実験的に検証した。その結果、用途に応じて最適なベクターを選択できるシステムを開発できた。また、花きの改変に有用な新しいコンストラクトの探索を行い、花卉を増やしたり、表皮細胞の性質を部分的に変化させたりできるコンストラクトを開発した。また、目的形質を指標としたスクリーニングにより、稔性が低下したり花器の造形が大きく変化した多数の植物体を同定した。さらに、本プロジェクトで得た成果を新 FioreDB として一般公開を開始した。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕転写因子、花き植物、シロイヌナズナ、データベース、発現制御

〔テーマ題目〕共生細菌により昆虫が獲得する新規生物

機能の解明と制御への基盤研究

〔研究代表者〕深津 武馬（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕深津 武馬、古賀 隆一、安佛 尚志、二橋 亮、細川 貴弘、棚橋 薫彦、松浦 優、貝和 菜穂美、牧野 純子、菊地 わか奈（常勤職員4名、他6名）

〔研究内容〕

難培養性で機能解析が容易でないが、高等生物に顕著な生物活性を有しており、生物遺伝子資源として有望である共生細菌の高度な生物機能の解明と利用の観点から、多様な昆虫類の体内に存在する共生細菌について、高純度の共生細菌 DNA 標品を調製し、ショットガン塩基配列をおこない、全ゲノム塩基配列を決定して、培養を介さずに共生細菌の全遺伝子レパートリーおよび可能な生物機能を明らかにする。また、その形態や微生物学的実体、体内局在および感染動態などについて解明し、必要であれば新規微生物として記載をおこなう。今年度は以下のような成果を挙げた。

沖縄におけるサツマイモの大害虫であり、不妊虫放飼法の対象にもなっているイモゾウムシより *Nardonella* 属の共生細菌を同定した。さらにイモゾウムシの人工飼料飼育系を利用した抗生物質投与により、*Nardonella* 感染除去したイモゾウムシ系統の作出に成功し、この共生細菌がイモゾウムシの成長速度や体サイズに有益な影響を与えていることを証明した。

マメ科作物の害虫であるホソヘリカメムシ、マルカメムシ、そしてイネ等の害虫であるヒメナガカメムシにおいて、*laccase* 2 遺伝子の RNAi によりクチクラ硬化および着色が抑制され、死亡することを明らかにした。

クリの大害虫であるクリシギゾウムシの中腸に新規な共生器官を発見し、その細胞内に局在する新規な共生細菌を同定し、“*Candidatus Curculioniphilus buchneri*” の暫定学名を提唱した。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕昆虫共生細菌、ゲノム解析、新規生物機能

〔研究題目〕イネ転写因子キメラリプレッサーを用いた変異体の作出・評価および利用

〔研究代表者〕高木 優（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕高木 優、光田 展隆（常勤職員2名）

〔研究内容〕

転写因子の機能を簡便に抑制することができる CRES-T 法を利用してイネ転写因子の機能が抑制された組換えイネ系統の作出と特性評価を行う。CRES-T 法は、転写因子をキメラ転写抑制因子に変換した転写抑制遺伝子をイネで発現させ、対象とする転写因子遺伝子の機能欠損表現型と同様な表現型を誘導させるシステムである。これらキメラリプレッサーを発現する形質転換体イネを整備することによりイネの形質変化解析用リソ

ースを完成させる。その中で、グリーンソニアでは糖化率を向上させる形質に注目してスクリーニングを行う。これらにより、イネ生産量の増加、バイオ資源としての有用系統の単離を目的とする。リグノセルロースが次世代型バイオエネルギーとして注目されている。セルロースは極めて難解性の多糖類であり、糖を得るまでの効率化が課題である。またセルロースにリグニンが強固に結合しているためセルロース成分を取り出すためにはリグニンを除去する必要がある。そこで新規遺伝子サイレンシング技術である CRES-T 法を用い、リグニン含量が低く、且つ低分子化したセルロース成分を有するイネを作出し、その中から糖化効率の上昇したイネを探索する。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 遺伝子組換え植物、機能性作物、遺伝子発現抑制

【研究題目】 クラウドコンピューティングによるタンパク質間相互作用解析プラットフォームの開発

【研究代表者】 福井 一彦
(生命情報工学研究センター)

【研究担当者】 福井 一彦、山崎 智
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究の目的は、inSilico タンパク質間相互作用スクリーニングであり、計算機により網羅的にタンパク質同士の膨大な組み合わせについてドッキング計算を行い、データベースと連携させた相互作用解析を実施する。このような生命情報に関する解析システムを利用するには、高度なプログラム技術や情報通信機器の知識が必要とされ、一般ユーザには敷居が高く、なかなか使いづらいのが現状である。本開発では、一般ユーザにより使いやすい解析システムとするため、クラウドコンピューティング（計算リソースの確保として GRID 技術等を用いる）に向けたワークフロー形式によるバイオ解析ツール、ここでは主にタンパク質分子間相互作用のプラットフォーム化やデータベースの統合ミドルウェア開発を行う。

平成22年度は、タンパク質分子間相互作用の網羅的計算技術の利便性と効率性の向上を目指し、ソフトウェアやデータベースを組み合わせ高度なタンパク質間相互作用解析をより効率よく実現できるワークフローの開発を行った。またワークフローから昨年度開発した複数のデータベースを仮想化可能とするミドルウェアを用いて、構築された仮想 DB とドッキング計算の連携技術の開発を行い、タンパク質間相互作用解析とデータアクセスを連動させたクラウドコンピューティングによる解析プラットフォームの開発を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 クラウド、タンパク質間相互作用、仮想化

【研究題目】 RLCP 分類の拡張、相同反応解析システム及び酵素反応予測システムの開発、類似反応解析システムの構築

【研究代表者】 長野 希美
(生命情報工学研究センター)

【研究担当者】 長野 希美、加藤 毅、中条 裕子、大澤 文（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

目標：

本研究開発では、EzCatDB データベースにおける酵素反応分類（RLCP 分類）を網羅的に行うために、自動予測システムを構築する。機能未知のタンパク質（クエリ）に対して RLCP のクラスを予測するには、RLCP に収録されているクラス分類済みの全ての酵素と比較し、最も類似する酵素を選び出すことで行われる。研究計画：

共通の祖先蛋白質からの分岐進化した酵素が同じクラスの反応を担うことを相同反応という。進化的類縁関係がなく、全体構造が異なる酵素蛋白質同士でも、活性部位、触媒機構の類似性を有する場合がある。このように異なる祖先から収束進化した酵素が同じクラスの反応を担うことを類似反応という。これらの相同反応の予測方法と類似反応予測方法を個別に開発し、最終的に統合する予定であるが、今年度は第一段階として個別に開発を進めている。

年度進捗：本年度は、主に下記の研究開発を行った。

1. 相同反応解析：

相同反応を担う酵素の予測システムの構築：活性部位を考慮した配列解析システム

酵素データベース・EzCatDB に登録されている活性部位情報を用いて、配列データを基に、相同反応データ検索システムとして EzCat-BLAST という新しいツールを開発した。これは EzCatDB データベース中の配列と活性部位の一致度をウェブ上に表示するシステムであり、活性部位の保存度を表示する。保存度が1になった場合、クエリ配列は、ヒットした配列に対して完全に保存された活性部位残基を持つ。

2. 類似反応解析：

局所構造の比較によって活性部位を予測する際、従来は RMSD と呼ばれる原子間距離を単純に平均した尺度が用いられていた。本研究はここに機械学習技術を導入して高精度に活性部位予測を試みるものである。局所構造比較による活性部位予測を行う際、シングル・テンプレート予測やマルチプル・テンプレート予測と呼ばれる2種類の解析がある。これら2種類の解析のための算法を開発した。

局所部位が活性部位であるか予測するには、類似度／偏差の測定基準で計算する。標準的な測定基準としては、所謂、RMSD が使われている。RMSD は平均

二乗残差に平方根をとったものであるが、原子に重みづけせずに距離の平均をとっている (UMD)。本研究では重み付きの距離 (WMD) を提案する。もう一つのアプローチとして、DALI スコアを線形結合した値を類似度とする尺度も開発した (DSDS)。WMD の最適パラメータを自動計算するために計量学習アルゴリズム、DSDS の最適パラメータを学習するために正則化ロス最小化アルゴリズムを開発した。DSDS の機械学習の効果を確認するために、機械学習を用いない DALI スコアの平均 (MDS) とも比較した。

シングル・テンプレート予測、マルチプル・テンプレート予測のどちらの場合も、我々のアルゴリズムが従来法を有意に上回る性能向上が得られている。この予測アルゴリズムを基に、プロトタイプシステムを開発した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 酵素、タンパク質、データベース、酵素反応、配列、立体構造

[研究題目] グリッドコンピューティング環境による生体高分子複合体の認識メカニズム研究

[研究代表者] 浅井 潔 (生命情報工学研究センター)

[研究担当者] 浅井 潔、福井 一彦、
グロミハ マイケル、清水 佳奈
(常勤職員2名、他2名)

[研究内容]

本研究は、情報通信技術を利用した生命情報研究であり、日本とインドの研究拠点 (産業技術総合研究所 生命情報工学研究センター (CBRC)、インド工科大学デリー校 (IITD)、パラディダーゼン大学 (BARD)) をグリッド技術により繋ぐことで、これまで各々推進してきた生命情報に関する研究を二国間の特徴を活かし、協力・共同国際交流を通して促進させていくことを目的とする。具体的には、グリッドコンピューティング環境を整備したうえで、生体高分子複合体解析ソフトウェアの開発や大規模複合体シミュレーションを実施し、生体高分子複合体に関する研究を推進する。

平成22年度は構築したグリッド環境を利用することで、これまで両国間で開発したタンパク質複合体に関するソフトウェアをシームレスに利用し、タンパク質複合体解析を実施した。この研究では、タンパク質-タンパク質、タンパク質-DNA、タンパク質-RNA などの相互作用に着目して、配列解析や二次構造予測を行い立体構造解析、分子シミュレーション、残基間相互作用解析を通してタンパク質複合体認識メカニズムの研究を行った。

国際交流としては平成22年12月に当センター (福井チーム長、グロミハ研究員、清水研究員、根本研究員) から4名がインドに渡航し Jayaram 教授主催の第2回日印合同シンポジウムを IITD にて開催し口頭発表を行った。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] グリッド、タンパク質複合体、認識メカニズム、国際研究者交流

[研究題目] ミトコンドリアβバレル型外膜タンパク質の輸送と膜組み込み機構及びタンパク質相互作用の解明

[研究代表者] Paul Horton

(生命情報工学研究センター)

[研究担当者] Paul Horton、Wijaya Edward、傅 思
縉、深沢 嘉紀 (常勤職員1名、他3名)

[研究内容]

ミトコンドリア外膜蛋白質、取り分けβバレルタイプ (MBOMP) のミトコンドリアへの輸送、膜組み込みメカニズムと複合体形成についての新しい知見を得ることにある。具体的には膜組み込みシグナルに関する「βシグナル」の必要性と役割を明らかにすること、MBOMP が TOM 複合体に認識される為の MBOMP の配列または構造的特徴を見出すこと、各 MBOMP 膜貫通領域の位置と方向のモデル構築などを行い、現在ほとんど空白に近い MBOMP の局在化、構造と相互作用についての理解を得ることを目的とする。研究計画:

平成22年度では、MBOMP の数に関する研究において、膜組み込みシグナル (β-signal) の保存性と二次構造予測、ドメインアノテーション、独自に開発した MBOMP 予測ツールを組み合わせ、真核生物プロテオームに対し、新規 MBOMP の探索を行った。

MBOMP のインポートシグナルに関する研究においては、ミセル中のヒト VDAC-1の構造について、受容体に認識される MTS 領域の疎水性残基側鎖の配置と類似した構造領域の探索を行った。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] ミトコンドリア、プロテオーム、膜タンパク質

[研究題目] 確率的プロファイル比較法の実用化

[研究代表者] 本野 千恵

(生命情報工学研究センター)

[研究担当者] 本野 千恵、野口 保、富井 健太郎、
長野 希美、清水 佳奈
(常勤職員5名)

[研究内容]

研究目的:

JST BIRD の研究開発課題「タンパク質の構造・機能相互作用予測システムの開発と展開」(代表: 太田元規教授 (名大)) において、ヒトゲノムにコードされるタンパク質に適応可能なタンパク質立体構造予測法の開発と、構造・機能アノテーションデータベースの維持管理と拡張を行う。

研究手段：

タンパク質立体構造予測、タンパク質複合体の機能予測に関する研究開発を推進し、その成果をアノテーションシステムとして統合する。それをヒトゲノム由来の配列に適用し、結果をデータベース（SAHG: Structure Atlas of Human Genome）として構築、公開する。

方法論：

マルチドメイン構造をとる、長大な天然変性領域を保持する、等の高等生物由来のタンパク質に良くみられる特徴に配慮した立体構造予測法を開発する。それを基に、アポ体とホロ体を同時にモデリングするような構造予測パイプラインを完成させる。開発したパイプラインをタンパク質の立体構造・分子機能アノテーションシステムに統合する。

平成22年度進捗は以下の通り。

(1) タンパク質立体構造予測パイプラインの開発

前年度までに、高等生物由来のタンパク質に特化した立体構造予測法を研究し、開発した予測法をタンパク質の立体構造・分子機能アノテーションシステムに統合した（入力配列に対し BLAST・PSI-BLAST・FORTE による鑄型探索とアラインメント作成を行い、MODELLER でモデルを構築する）。さらに測精度向上のため、SWPPA（Smith-Waterman profile-profile alignment）と Probabilistic Profile profile alignmnet 法による鑄型同定の仕組みをパイプラインに追加した。

今年度は、開発した構造予測パイプラインをヒトゲノム由来全タンパク質配列24,878本に適用して、立体構造予測精度の向上を確認した。合計42,577モデルを作成し、その9%にあたる4,083個についてはアポ体とホロ体の同時モデリングを実施してタンパク質の動きをアニメーション表現した。9,057本の配列については2個以上のモデルが構築されており、少なくともヒトのタンパク質の1/3以上はマルチドメインタンパク質であった。3,650タンパク質については複合体モデリングも実施した。低分子リガンドとの結合が新規に予測されたタンパク質の中から PDZ ドメインに注目し、16種類のタンパク質と10種類のリガンドについて相互作用の検証実験系を作成した。これらについては NMR を利用した測定により評価を行っている。

(2) SAHG データベースの維持管理と拡張

これらの予測結果を表示するウェブ表示システムを搭載した SAHG データベースを構築し、<http://bird.cbrc.jp/sahg/>にて公開した。各タンパク質の詳細画面に、Refseq 配列に関する情報（外部データベースへのリンクを含む）、モデルの領域に関する情報、Jmol によるモデルの立体構造表示、リガンド結合・タンパク質複合体のインターフェース・酵素触媒部位予測、膜貫通領域予測、天然変性領域予測の結果を視覚的にまとめてある。立体構造予測モデルのた

めの鑄型とのアラインメントの表示、その予測モデルとタンパク質-タンパク質複合体予測モデルは PDB 形式でのダウンロードが可能とした。以上の研究結果を国際論文誌 Nucleic Acid Research 誌に発表した。プロジェクトは22年9月末に計画通り完了し、11月の実施機関による評価も終了した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タンパク質立体構造予測、ヒトゲノム、データベース、パイプライン

【大項目名】 超巨大データベース時代に向けた最高速データベースエンジンの開発と当該エンジンを核とする戦略的サービスの実証・評価

【中項目名】 超巨大サイバーフィジカルシステム基盤のための情報創発技術とその戦略的社会的展開

【研究代表者】 津田 宏治
（生命情報工学研究センター）

【研究担当者】 津田 宏治、森岡 涼子
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本課題の研究目標は、近年増加中の一般社会から得られるデータを処理する高速なアルゴリズムを開発し、それを基に有用な社会サービスを提供することにある。

平成22年度は、主に東京大学の経済学のチームとのコラボレーションを行い、産業連関表解析のためのアルゴリズムを開発、発表した。産業連関表は、多数の産業間での財・サービスの流れを表す表であり、5年に一度政府によって編纂されている。本研究では、産業連関表から、技術進歩に関する指標を抽出するため、情報幾何的分解という数理的方法を考案した。その結果、バブル崩壊、規制緩和などの重要なイベントを捉えることができた。また、ネット家計簿から、物価指標を推定するプロジェクトにも着手した。

【分野名】 情報科学

【キーワード】 サイバーフィジカルシステム、高速アルゴリズム、経済データ

【研究題目】 分担研究課題：高速シーケンサーデータの情報解析とアルゴリズムの開発

【研究代表者】 浅井 潔（生命情報工学研究センター）

【研究担当者】 浅井 潔（他1名）

【研究内容】

本研究は、超高速配列アライメント・small RNA を含む新規 non-coding RNA の同定・参照データベースに存在しない配列を決定する De novo assembly 法・全ゲノムメチレーション解析などエピゲノム領域における新規解析法等といった、高速塩基解読技術等の革新によってがんゲノム・エピゲノム解析を支援することを目的

とする。

研究方法：

高速シークエンサーからの塩基配列データの情報解析、特に参照ゲノムへのアラインメント技術を開発するため、ソーティング法によるクラスタリングなどの最新技術の応用の可能性について検討する。

また、塩基配列データの誤りを修正する手法、塩基配列データの圧縮手法など、情報解析に不可欠な手法を開発する。small RNA を含む新規 non-coding RNA の道程のため、RNA2次構造を考慮した配列情報解析技術を開発する。

研究成果：

1. 高速シークエンサーによるがん検体解析データを対象としたゲノム解析アルゴリズムの調査・検討・開発と検証

高速シークエンサーデータを参照データベースに高速・正確にアラインメントする手法を開発するため、LAST および SLIDESORT の高速シークエンサーデータへの適用について検討を行った。また、高速シークエンサーの配列データとクオリティスコアデータを効率的に圧縮する手法について研究し、国際会議で発表した。

2. 高速シークエンサーによる小分子 RNA を含む転写産物解析アルゴリズムの調査・検討・開発と検証

高速シークエンサーのリードから正確な発現量を推定するため、シークエンサーからの配列の正しさを確率的に評価する手法を開発し、国際会議で発表した。

さらに、新規 non-coding RNA の同定を行うための技術として、塩基配列アラインメントからの共通2次構造予測を高精度に行う手法および精度と感度のバランスの取れた RNA の2次構造予測手法を開発し、論文誌に発表した。また、これらの手法をより一般的に拡張する理論についても論文誌に発表した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 高速シークエンサー、non-coding RNA

【研究題目】 膜系1分子計測

【研究代表者】 久保 泰 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 久保 泰、福田 枝里子、下山 佳子、小林 寿珠子、Weiyang Cai (常勤職員2名、他3名)

【研究内容】

近年、イオンチャネルや受容体などの膜タンパク質の結晶構造解析が進められ、標的分子の静的な分子構造に基づく低分子化合物のドラッグデザインに有用な情報を提供している。本研究では、膜系受容体に Diffracted X-ray Tracking (DXT)法を適用して標的分子の動態制御による創薬という新しい研究分野を確立し、創薬基盤研究に資することを目標とする。

構造と活性相関の分子レベルでの研究蓄積が多くある

ニコチン性アセチルコリン受容体 (nAChR) を受容体とリガンドの相互作用時における分子動態を計測するモデルシステムとする。まず、nAChR の細胞外領域と相同性の高いアセチルコリン結合タンパク質 (AChBP) について、基板への結合配向や金ナノ結晶の結合場所の最適条件を決めるために、遺伝子工学的に種々のコンフォメーションの AChBP を調製する。それに金ナノ結晶を付加してリガンドとの相互作用を高輝度 X 線照射下でラウエ斑点を観測して動きを解析する。その後、膜受容体 nAChR の膜画分、あるいはそれから nAChR を可溶化したものを用いて、リガンドとの相互作用分子動態を計測する。

本年度は、N 末端側を His タグを介して基板固定し、C 末端側に金ナノ結晶を配した AChBP で新たな知見を得た。AChBP のアゴニストである ACh 存在下では約 10%のタンパク質が2.3度以上の回転をするのに対して、アンタゴニストである α -bungarotoxin 存在下ではわずか0.4%に減少した。一方、中心軸向きへの動きは α -bungarotoxin によりあまり阻害されないことが判明した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 1分子動態解析、ニコチン性アセチルコリン受容体、リガンド受容体チャネル、高輝度 X 線

【研究題目】 ラベル不要の高機能性バイオセンサシステムの開発

【研究代表者】 Penmetcha Kumar

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 Penmetcha Kumar、末永 恵美、

水野 洋、富永 淳二、

Subash C.B. Gopinath

(常勤職員2名、他11名)

【研究内容】

目標：

バイオセンサとは、生体関連物質を用いたセンサのことであり、その用途は広く、重要性は高い。しかし、計測には、通常、蛍光色素や放射性同位体等でラベルして利用するのが現状であり、煩雑な作業やコストがかかる等問題点が多い。これらの問題点を解消すべく、我々は DVD を導入し、化合物のディスク基板上への結合を光ディスクにおける信号の変化として捕らえることが可能となったので、ラベル不要バイオセンサとしての BioDVD の開発を行う。

計画：

DVD のプローブに使用するアプタマーやタンパク質分子を作製し、ディスク基板上への吸着、標的分子とのディスク上での結合、反射率の測定を行う。相互作用の測定は Biacore T100および NMR 装置を用いて行う。Bio-DVD メディア開発においては、スポット位置決め、

アドレス情報管理、耐久性、エラー等の問題を解決し、Bio-DVD 基板と膜構造の最適化を行う。Bio-DVD 信号解析部では、アドレス情報の管理手法を決定し、アドレス情報の記録・認識回路の構築を行う。

年度進捗状況：

作製した11種類のアプタマーは、いずれも高性能プローブとなることが確認された。標的分子との相互作用に関して BioDVD の評価を行い、Biacore T100装置と比較した結果は良好であった。また、アプタマーと標的分子との相互作用の構造は NMR 法によって明らかになった。BioDVD メディア・信号解析部開発では、新型ディスク構造を開発し、検出感度が2.5倍向上した。トラック信号の平均化処理は、20トラック程度で効果が現れ、100トラック平均化ではノイズは信号の10%以下まで減衰できた。相変化膜にアドレス情報を記録する方式を採用することにより、サンプルスポットの位置が目視でき、サンプル滴下が容易になった。プロトタイプ機作製に向けた開発は順調に進んでいる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 BioDVD、アプタマー、バイオセンサ

【研究題目】 ラベル不要の高機能性バイオセンサシステムの開発

【研究代表者】 富永 淳二

(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】 富永 淳二 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

光ディスクで用いられている高度な光学検出系をそのまま応用して、蛍光分子等のラベルを用いず、安価でかつ利用価値の高いバイオセンシングシステムを開発することを目標としている。平成22年度は、検体分子のDVD 光ディスク表面固定化に必要なアドレス情報の書き込み方法の最適化、アドレス管理部とスポッティングエリアの位置リンク、抗原抗体反応事後のリンスによるエラー低減等を中心に研究開発を行った。具体的には、トラッキングサーボ安定性と吸着反射率変化を向上させるために DVD 基板の研究開発を展開した。三種類のテスト・スタンパーを作製して、ポリカーボネート製のブランクディスクを成形した。この基板の上に BioDVD 多層薄膜構造を成膜した後、ディスク評価機でトラッキングエラーシグナルを比較して、最も安定にレーザービームをコントロール可能な条件を検討した。その結果から最適条件のディスクを作製して、最適な BioDVD 用基板を完成させた。また、BioDVD 上での RNA-タンパク質反応を行った後、水洗条件を検討したが構成膜の剥がれ等はなく、密着性には問題がないことを確認した。信号感度は RNA-タンパク質反応における水素イオン濃度に依存し、最適なイオン濃度が存在することもわかった。ピアコア製のプラズモンセンサーと同等の感度レベルが得られた。多品種、高速スポッティング手法ついで

では、プリンターヘッドの応用を検討し、吐出量20pl、吐出速度2,000回/秒において良好にディスクに吐出でき、かつディスク回転数6m/s においても溶液の固定化が十分可能であることを確認した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス、バイオ

【キーワード】 分子センサー、バイオセンサー

【研究題目】 RNA 末端合成プロセス装置の分子基盤

【研究代表者】 富田 耕造

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 富田 耕造、竹下 大二郎、永池 崇

(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

クラスIIポリ A 付加酵素の基質特異性を規定する分子メカニズム

本研究ではクラスIIに真正細菌由来のポリ A 付加酵素単体および ATP との複合体の X 線結晶構造解析を行い、構造を決定した。この構造をクラスII CCA 付加酵素の構造と比較、および生化学的解析を行うことにより、ポリ A 付加酵素のヌクレオチド特異性の分子基盤、クラスII酵素群の特異性の違いの分子基盤を明らかにした。

クラスIIポリ A 付加酵素の活性触媒ドメイン、ヌクレオチド結合部位の構造は CCA 付加酵素のそれと非常に似通っているが、ヌクレオチド結合部位内のヌクレオチド認識に関わるアミノ酸 (Asp, Arg) の構造が異なっていた。ポリ A 付加酵素ではこれらのアミノ酸が、活性部位の他のアミノ酸と分子内水素結合を形成し、ヌクレオチド結合部位が固い構造をとっていた。その結果、ヌクレオチド結合ポケットの形と大きさが ATP のみに適したものになっており、保存されたふたつのアミノ酸のうちひとつのアミノ酸 (Arg) のみがヌクレオチドの塩基認識に用いられていることが明らかになった。さらに、ポリ A 付加酵素の、固いヌクレオチド結合ポケット構造の維持は、ヌクレオチド結合ドメインと RNA 結合ドメインとの相互作用によることが示唆された。また、ポリ A 付加酵素の C 末端側領域が、CCA 付加酵素とは異なり一定の構造をとりえない RNA 結合部位であることを明らかにし、この領域は、ポリ A 付加酵素があらゆる RNA をプライマーとして用いて、RNA プライマーを RNA 合成過程において転移させる機能を有することを明らかにした。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 RNA、合成、複合体

【研究題目】 高感度 NMR システムの生体分子の応用測定法の開発

【研究代表者】 山崎 和彦

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 山崎 和彦、山崎 智子

(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

NMR 分光法の適用範囲拡大を目指し、タンパク質など生体高分子の関与する反応や立体構造の動的変化について詳細に解析するための測定法の開発を行う。今年度は、温度変化に伴うタンパク質の巻き戻り過程について、循環フロー系を用いた NMR 法により解析し、秒スケールの速度定数決定に成功した。反応温度に対する速度の依存性などの熱力学的性質を明らかにした。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 NMR 分光法、タンパク質、動的構造変化、変性

〔研究題目〕 超好熱性 *Thermococcales* 属古細菌のウイルス様脂質膜小胞体の分子機能とその形成機構の解明

〔研究代表者〕 松井 郁夫
(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 松井 郁夫、松井 えり子、平本 加奈
(常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

目標：

膜タンパク質ストマチンはイオンチャネルやトランスポーターの制御や、生体膜のラフトに局在し、高次多量体を形成することにより scaffolding (足場) タンパク質として生体膜小胞体形成への関与が報告された。そこで、コアドメインやパートナータンパク質の X 線構造と NMR 構造を明らかにした。しかし、カルボキシル末端の Coiled-coil 領域を介する多量体形成の分子機構の大部分は依然不明のままである。よって、ストマチン複合体を生体膜より単離し、それを構成する膜タンパク質メンバーを明らかにし、その scaffolding タンパク質として生体膜小胞体形成への分子機能を明らかにする。

研究計画：

膜小胞体からストマチン分子を単離精製する手法を確立する。また、ストマチン自身を分子プローブとして、タンパク質相互作用を利用し、*Thermococcales* 属菌の膜小胞から必要な相互作用相手を単離する新規手法の開発に着手する。また、ストマチンドメイン単位での脂質成分や会合分子との相互作用能を調べる。さらに、*Thermococcus kodakaraensis* で遺伝子ノックアウト変異株の造成を試みる。

年度進捗状況：

超好熱性 *Thermococcales* 属菌を95℃で培養し、その培養液上清より膜小胞を単離し、フランスのパリ11大学 Forterre 教授グループとの共同研究で、この膜小胞体に含まれる膜タンパク質を、質量分析法と日本側から提供したストマチン抗体を用いる免疫染色法で調べた。その結果、この膜小胞体中の膜タンパク質分子種の同定と、ストマチン分子の検出に成功した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 膜タンパク質、ストマチン、scaffolding タンパク質、膜小胞体

〔研究題目〕 電顕を用いた単粒子画像解析技術の開発による膜たんぱく質構造決定の促進

〔研究代表者〕 佐藤 主税
(バイオメディカル研究部門)

〔研究内容〕 佐藤 主税、三尾 和弘、川田 正晃、佐藤 真理 (常勤職員1名、他3名)

〔研究内容〕

目標：

単粒子解析法は、結晶を必要とせずかつ疎水的な膜タンパク質に適用できる構造決定法である。この方法では電子顕微鏡写真に微かに写った様々な向きの分子像から、情報学を頼りに3次元構造を求めてゆく。結晶を必要としない汎用性から、海外では急激な勢いで研究者が増えている。この方法は、本来は巨大で対称性の高いタンパク質の解析を得意とする。それを通常サイズのタンパク質に拡張するため、我々はスイスパーゼル大の研究者達と共同で、Neural Network などの柔らかな情報処理法を駆使して単粒子解析法を開発する。

研究計画：

日本側はスイス側と以下の研究を共同で行う。単粒子解析のための画像処理プログラム開発、イオンチャンネルタンパク質の精製法の開発、スイス側を中心とした STEM 技術開発。これらの開発は、それぞれが相互に連携して行われ、プロジェクト全体としての効率よい進展を目指す。本プロジェクトにより、この単粒子解析法をより広く膜たんぱく質の構造研究に適用可能にし、さらには創薬に用いられるようにするための密接な共同研究開発を行う。

年度進捗状況：

単粒子解析で高解像度の構造を得るには、初期の低分解能構造からスタートして、その投影像を参照画像として自動で画像を電子顕微鏡写真中から多数切り出して、そこから分解能を改善してゆく必要がある。そのため、日本側では非線形関数を用いた参照画像依存の自動拾い上げプログラムを開発した。また実際にさ熱を含んだ様々のセンサーとして働く TRP イオンチャンネルタンパク質を精製して、STEM で撮影し、その構造と質量の分布を詳細に解明した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 タンパク質構造、ナノテクノロジー、電子顕微鏡、画像解析

〔研究題目〕 シニョリン分子骨格を有する創薬リード探索用ライブラリの開発

〔研究代表者〕 本田 真也
(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 本田 真也 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

最小のタンパク質・シニョリンを合成した際に開発した分子設計技術を発展させ、有機化学合成が可能な小さい分子サイズでかつ固有で安定な立体構造を形成する分子群から構成される化合物ライブラリを構築する。化合物ライブラリから標的分子に対して結合活性を持った化合物が獲得されることを実証し、分子量の小さいバイオ医薬を開発するための創薬探索プラットフォーム技術を構築することを目指す。

平成22年度は、まず、分子計算、データベース解析等により、シニョリン分子骨格を有するアミノ酸配列をデザインした。これらの基本骨格は、すべて30アミノ酸以下で、各々構造形成を担う共通部位と標的認識を担う可変部位で構成されている。次いで、これに対応する遺伝子配列を設計した。この際、可変部位にストップコドンが出現する頻度を低減する手法を適用した。次いで、遺伝子工学的手法により、化学合成したオリゴ DNA を連結して人工遺伝子を合成し、これを cDNA ディスプレイ法用の発現ベクターに組み込むことで、基本骨格すべてについてライブラリを作成した。ライブラリの遺伝子群を混合状態のまま DNA 塩基配列解析を行い、共通部位が意図通りに合成されていることを確認した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ペプチド医薬、化合物ライブラリ、シニョリン、進化分子工学

〔研究題目〕 沖縄県産機能性素材を用いた発酵健康飲料の開発

〔研究代表者〕 丸山 進（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 丸山 進、市村 年昭
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、長寿県である沖縄県の伝統的食品素材のうち、1次スクリーニングでその機能性が確認されているものの、独特の風味が理由でほとんど活用されていない素材を対象に、適切な処理及び配合技術を開発し、複数の機能性を持ち風味の良い健康飲料を開発することを目的として行っている。沖縄産の種々の海藻について検討した結果、アナアオサのサーモリシン分解物から血圧降下作用の期待できる2残基のペプチドを7種類見出した。さらに、高血圧自然発症ラットへの経口投与試験でアナアオサの分解物に血圧降下作用のあることを明らかにし、アナアオサ分解物の健康飲料の素材としての有用性を確認した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 機能性食品、高血圧、海藻、亜熱帯生物資源

〔研究題目〕 マリンバイオ産業創出事業の一部

〔研究代表者〕 丸山 進（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 丸山 進、山中 晶子
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は沖縄の地域資源である亜熱帯性マリンバイオ資源の多様な活用を図るための研究事業の一部として行った。沖縄沿岸に生息する海藻と県内の加工工場から排出される未利用の海藻加工残渣について、メラニン生成抑制活性などの機能性について評価する研究を行い、ヒト皮膚3次元モデルにおいてヤハズグサ抽出物ブタノール層、ウスユキウチワ抽出物ブタノール層に明瞭なメラニン生成抑制活性のあることを確認した。また、ひじき熱水抽出物 HP20メタノール画分もヒト皮膚3次元モデルでメラニン生成を抑制することを確認した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 メラニン、化粧品、海藻、亜熱帯生物資源

〔研究題目〕 消化管免疫細胞の活性化と機能成熟機構の解明

〔研究代表者〕 辻 典子（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 辻 典子、閻 会敏
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

多糖は Toll 様受容体および C 型レクチンを介してミエロイド細胞を刺激し、T 細胞の分化成熟を誘導するが、経口投与による免疫制御メカニズムは未解明である。

BALB/c マウスの各臓器 CD11c⁺細胞（抗原提示細胞としてはたらく樹状細胞を主体とする）を分離し、qRT-PCR 法により C-タイプレクチンの発現を測定したところ、腸管、特にパイエル板 CD11c⁺細胞で dectin-1の発現が高いことがわかった。Dectin-1はβ-グルカンのレセプターとして同定されており、消化管免疫細胞がβ-グルカンに対して高い応答性を有していることが示唆された。そこでパイエル板 CD11c⁺細胞にβ-グルカンを添加し、24時間後に培養上清中のサイトカイン産生を ELISA 法で測定したところ、IL-10、TNF-α産生の有意な増強が観察された。次に、β-グルカンによるパイエル板樹状細胞機能の修飾が T 細胞分化へ及ぼす影響を調べるため、パイエル板由来 CD11c⁺細胞と卵白アルブミン特異的 CD4⁺T 細胞の共培養系において抗原存在下におけるβ-グルカンの影響を調べたところ、対照群に比べて IL-10産生性 T 細胞の分化が有意に促進された。IL-10産生性 T 細胞の有意な増強は、β-グルカンの経口投与後のパイエル板細胞の解析においても観察された。さらに、IL-10産生性制御性 T 細胞の分化増強メカニズムが in vivo 抗炎症性効果に反映されるかを確認することを目的として BALB/c マウスにβ-グルカンを1週間経口投与後に dextran sodium sulfate (DSS) で腸炎を誘導したところ、β-グルカン投与群において

は対照群と比較して体重減少、血便などの症状が軽減するなど顕著な抗炎症性効果が認められた。

本研究において、我々はβ-グルカン経口投与が腸管CD11c⁺細胞を刺激し、IL-10産生性制御性CD4⁺T細胞を誘導することを明らかにした。これらの細胞が腸炎の発症を予防することも示唆され、今後腸炎をはじめとする炎症性疾患の予防、治療における応用が期待される。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 消化管免疫、抗炎症、IL-10産生性制御性T細胞、β-グルカン、C-タイプレクチン、パイエル板、腸炎症性疾患

【研究題目】 クリーン開発メカニズム適用のためのパームオイル廃液（POME）の高効率の新規メタン発酵プロセスの創成

【研究代表者】 関口 勇地

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 関口 勇地（常勤職員1名）

【研究内容】

パームオイルは世界で最も多く生産されている食物油であるが、パームオイルを生産する際に大量に発生する廃水（Palm Oil Mill Effluent, POME: 2008年には10,800万 m³との試算）は、その96%が嫌気性ラグーン法によって処理されている。本研究ではPOME分解過程で嫌気性ラグーンから発生する温室効果ガス量およびPOMEの微生物による分解挙動を把握するために、マレーシアにある中規模なパームオイル工場の嫌気性ラグーンを対象とし、現地調査及び分子生物学的な手法によってこれらを解明することを試みた。サブテーマ2の「プロセスの安定化・効率化のための微生物群のコミュニティ解析・コントロール技術」では、処理プロセスの評価、診断に利用できる微生物定量技術を開発するため、分子量分画膜を用いることにより核酸と交雑したプローブと他のプローブを分画することを特徴とした核酸（rRNA等）定量法を開発した。本手法は、RNA抽出から解析までを約3時間で行える、プローブを同時に複数種用いられる、ハイスループット化が容易である等の特長を持ち、迅速・簡便な核酸定量法としての確立が期待された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 嫌気性廃水処理、パームオイル、微生物相解析、微生物定量技術

【研究題目】 タンパク質超高感度質量分析のための次世代微量サンプル導入システム

【研究代表者】 夏目 徹（バイオメディカル情報研究センター）

【研究担当者】 夏目 徹（常勤職員1名）

【研究内容】

平成16～19年度に実施した要素技術プログラムにおい

て、タンパク質の質量分析のサンプル導入技術を扱い、精密電鍍加工法と無発塵精密ロボット技術を組み合わせることによって、質量分析の感度とS/N比を飛躍的に向上させることに成功した。しかし、この技術は、クリーンルーム内で使用することを前提としている。その理由は、ミクロンレベルの流路が空気中のエアロゾル粒子により閉塞するとともに、環境由来の夾雑物質がノイズ源となり、且つサンプルのイオン化を阻害するためである。しかし、半導体工場なみのスーパークリーンルームを備えることは限られた研究施設でしか行えない。このことは、前プログラムでの要素技術の普及・一般化を図るための大きな障害となっている。

本プログラムでは、本技術の普及・一般化を目指し、システム全体を小規模なクリーン環境に格納するなどし、通常の実験環境で稼働可能なシステムを開発する事を目指している。

そのために、クリーンボックスと、環境由来のノイズの混入を防止する溶媒供給システム等の開発を行った。本年度は最終デザインを決定し検証研究を行った。その結果、スーパークリーンルーム中での稼働にほぼ準ずるノイズレベルと感度を達成するとともに、マイクロ流路の製作に金（Au）電鍍を採用する事により、メンテナンス性の向上にも成功した。

今年度は、プロトタイプを完成させ実サンプルを用いた検証研究を行い、当初目標とした数値目標を達成した。今後製作メーカーとともに産業化を目指している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 質量分析、微量解析、タンパク質、クリーンルーム

【研究題目】 質量分析計（MS）による多項目同時臨床検査技術の包括的開発に関する調査研究

【研究代表者】 五島 直樹（バイオメディカル情報研究センター）

【研究担当者】 五島 直樹（常勤職員1名）

【研究内容】

質量分析機の診断応用においては、マーカー候補の質量分析計（MS）による多検体評価法（MS評価法）が探索法に基づいていること、そのMS評価法がMS診断法のプロトタイプであること、さらにペプチドや血中の組織由来タンパク質断片を含む血中濃度 ng/mL以下の（従来の抗体を利用した評価法構築が困難な）マーカー候補タンパク質に対しても他の候補と同様の診断応用が可能であること、多項目同時定量分析が可能なことなど利点は多い。

したがって、本調査研究では、有効なMS評価法を迅速に構築するための基盤を整備し、既存の診断法と同等の診断能を持つこと、疾患特異的なタンパク質の翻訳後修飾（疾患特異的な切断等による分子量変化も含む）

の変化を診断に応用できること、血清以外で探索された疾患関連タンパク質を診断応用できることを示し、MS診断の具現性、可能性を実証することとした。

当機関では、ヒトタンパク質発現リソースをもとにコムギ無細胞タンパク質合成系によって標準化タンパク質のタンパク質合成を行ない、プレアルブミン、アポリポプロテインA-I、A-II、C-Iの発現、調製を行った。さらにアポリポプロテインA-Iに関しては同位体ラベルのタンパク質発現、精製に成功している。北里大学にて定量分析のための試料調製法ならびに質量分析の測定方法の開発を行ない、血清中の上記目的タンパク質の検出が高感度で可能になった。現在、疾患患者の血清中の本タンパク質および分解産物の検出を行ない、診断マーカーとしての可能性を明らかにしている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 診断マーカー、定量 MS、ペプチド、プレアルブミン、アポリポプロテイン

【研究題目】 自己抗体を活用した効率的な特定のがんの総合診断システムの開発

【研究代表者】 五島 直樹（バイオメディシナル情報研究センター）

【研究担当者】 五島 直樹、川上 和孝、小川 浩二（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

腫瘍からは多くのタンパク質が血液中に放出される。癌患者の免疫系はこれら腫瘍関連抗原（Tumor Associated Antigen：TAA）にたいして抗体（すなわち抗 TAA 自己抗体）を作り出す。このことに着目した Old らは1977年に悪性メラノーマ患者の血清と自己由来メラノーマ細胞表面抗原との反応を調べ、TAA および抗 TAA 自己抗体の存在を証明した。以来、世界中で数々の抗 TAA 自己抗体の検出が行われ、癌マーカーとしてのスクリーニングが行われてきた。しかし、決定的な癌マーカーとしての自己抗体は、まだ、検出されていない。その原因として、自己抗体スクリーニングのための抗原タンパク質の発現系に問題があったり、構造認識抗体を検出できる抗体解析系が十分に開発しておらず、網羅的自己抗体解析がなされていないことがあげられる。

本プロジェクトでは約2万種類のヒト抗原タンパク質（19,813 clones）の構造を保持したままで搭載したプロテイン・アクティブアレイにより血清または尿中の腫瘍関連抗原（Tumor-Associated Antigen: TAA）に対する自己抗体の探索と同定を行った。また、臨床データと検出された抗 TAA 自己抗体との関連を多変量解析し、肺癌および膀胱癌に特徴的な抗 TAA 自己抗体候補を絞り込んだ。その結果、約500個程度の抗原候補を得る事ができた。この中で肺腺がん初期の患者血清中の自己抗体を解析し、ステージ I で60%以上の患者に共通して検出される自己抗体を複数発見した。また、組織アレイを

用いて、これらの抗体の抗原タンパク質の局在を調べてみると、肺がん組織で高発現していることが確認された。

今後、様々ながん種において、初期がんで検出可能なマーカーとなる自己抗体を検出し、本アプローチの有効性を検証する予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 自己抗体、癌抗原、プロテインアレイ、プロテインチップ、肺がん、肺腺がん、臨床診断、がんマーカー、疾患マーカー

【研究題目】 研究成果最適展開支援事業（A-STEP）人の知覚・認知特性データに基づくカラーユニバーサルデザインのための文書診断・修正ツールの開発

【研究代表者】 坂本 隆（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 坂本 隆（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、シーズ技術として特許（特開2007-293832）に着目し、カラー文書を色覚障害者にとって見易い状態へ色修正するだけでなく、色覚健常者も考慮しながら色修正するソフトウェアを開発する。本シーズ技術は、人の知覚・認知特性をデータベース化し、これを利用しながら、最適な配色を決定する特徴があり、障害者と健常者を同時に考慮することが可能となる。多様な知覚・認知特性を考慮した柔軟な色修正を実現するためには、本シーズ技術が不可欠であるが、これを実行可能なソフトウェアは、これまで開発されたことがなかった。当該開発のためには、

(A) シーズ技術のプログラミング

(B) プログラムが参照する知覚・認知特性のデータベース化

(C) プログラムとデータベースの連動

が不可欠と考えられ、これらを達成することを目標（単年度）とする。

本研究の結果、(A) シーズ候補のプログラミングについては、カラー文書からの文字抽出、色覚障がい者に対する文字色の視認性判定、色修正による視認性改善、などを実現するプログラムの開発に成功した。また (B) プログラムが参照する知覚・認知特性のデータベース化については、知覚・認知特性データを XML データベース化して、これをソフトウェアの組み込みデータベースとしてプログラムを稼働させることに成功した。さらに (C) プログラムとデータベースの連動については、色覚障害者を対象とするユーザ評価を実施し、XML データベースを参照しながら色修正するアルゴリズムが有効に機能すること、および約97%の確率で視認性改善効果が得られること、などを確認した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 色覚、障害者、支援技術

〔研究題目〕脳内を縦横に結ぶ意思決定リンク

〔研究代表者〕小村 豊（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕小村 豊（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

我々は、日常生活において、度々、複数の選択肢から、ある一つのことを決定しなければならない。その過程において、私たちの心のなかには、「迷い」が生じる。本研究は、動物が意思決定課題を遂行しているときの、ニューロン活動を記録し、意思決定過程に関わる神経情報を、抽出することを目的とした。課題としては、複数の解釈が可能な視覚刺激を呈示し、トライアルごとに指示したキューによって、レバー行動を選択させることを、動物に要求した。その時の、視床枕のニューロン活動を記録すると、刺激が曖昧になればなるほど、もしくは、レバー行動が揺れれば揺れるほど、その発火強度が、漸減する応答パターンが認められた。また、ニューロン活動のゆらぎが、動物行動の何を予測できるのかという視点に立った解析から、意思決定の本質である「迷い」の神経基盤を抽出することができた。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕ニューロン、意思決定、行動選択

〔研究題目〕BMI を介した観察者間の知覚共有技術の開発

〔研究代表者〕林 隆介（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕林 隆介（常勤職員1名）

〔研究内容〕

脳と脳の間で視覚情報の伝達を行うブレイン・マシン・インターフェース技術の基礎研究として、本研究は、動物モデルを用いた実証実験を主眼としたシステムの開発を目指す。まず、一方の動物モデルから、マルチ微小電極を用いて神経活動を記録し、その神経活動から視覚体験を解読する。次に、解読した視覚情報を他方の動物モデルの神経にマルチ微小電極を介して電気刺激として入力する。この両者の視覚体験が一致することを心理物理学的手法で検証し、この結果をもって、システム開発の達成を評価する。これまでに、神経活動の多チャンネル同時記録を覚醒行動下の動物モデルから行うことに成功した。また、記録した神経活動から、モデル動物が見ている画像のカテゴリを分類する解析手法を研究した。この他、視覚体験の一致を評価する心理物理学的手法として、位相シフト運動を使った動画像刺激を開発した。この刺激は、2種類の動く画像から構成されており、観察中は、どちらか一方だけがランダムな時間間隔で交互に知覚される。そして、眼球運動を計測することにより、観察者がどちらの画像を見ているかを高い精度で判別できることが明らかになった。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕神経科学、ブレイン・マシン・インターフェース、視覚情報処理

〔研究題目〕大脳皮質への神経活動入力による機能回復促進

〔研究代表者〕肥後 範行（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕肥後 範行、山本 竜也、杉山 容子、野崎 展史（常勤職員1名、他3名）

〔研究内容〕

慢性脳電気刺激法による脳機能回復の可能性が報告されているが、機能回復に適した神経活動を入力することで、従来法より有効に回復を促進できる可能性がある。第一次運動野損傷後に神経活動入力を行うべき領域を確定するためには、機能代償にもっとも貢献している領域を知ることが必要である。これまでの PET を用いた脳機能イメージングの結果から、把握機能の回復の背景に、第一次運動野内の損傷周辺領域および運動前野腹側部に機能的再編成が生じていることが示された。第一次運動野損傷後に機能的再編成が生じた領域を不活性化した時の行動変化を観察することで、各領域の機能再編と、機能代償の因果関係を検証した。その結果、機能代償には損傷周辺領域の寄与が大きい、運動前野腹側部も手の巧緻動作の回復に部分的に寄与していることが示された。さらに回復過程で損傷周辺の第一次運動野および運動前野の機能地図（ICMS マップ）が変化するという報告がある。ただし ICMS マップがどのような生理・解剖学的実態に対応しているのかは必ずしも明確ではない。すなわち皮質損傷後の機能回復に伴う神経細胞の生理学的変化を理解するためには、ICMS マップと、実際に運動を遂行しているときの個々のニューロンの活動との関係を明らかにする必要がある。そこでマカサル（ニホンザル）を用いて運動野の ICMS マップを明らかにした後、上肢を用いた到達、把持、取得動作を行う時の神経活動を記録した。大部分のニューロンの活動は ICMS マップにおける体部位局在と一致した神経活動を示したことから、ICMS マップは生理条件下での随意運動にも関わっていると考えられる。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕リハビリテーション、霊長類、病態モデル、機能回復、神経可塑性

〔研究題目〕日印高温環境からの環境ゲノミクス手法による新規糖代謝関連遺伝子の単離と応用

〔研究代表者〕川崎 隆史（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕川崎 隆史（産総研）、藤森 一浩（産総研）、宮崎 健太郎（産総研）、河原林 裕（NEDO）、大島 敏久（九

州大学大学院、農学研究院)
(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

本共同研究では、生物資源の有効利用や二酸化炭素排出抑制に効果的なバイオマスの有効利用に貢献し得る耐熱性糖鎖分解酵素遺伝子の単離・応用を目指し、微生物の分離培養を経ず、直接環境中から精製した DNA から目的の遺伝子を探索する環境ゲノミクス手法を用いて新規糖鎖分解酵素の単離を試みた。Verma 氏が、我が国の高温暖環境土壌から精製した DNA を断片化し、大腸菌用ベクターに組み込んで構築したライブラリーを用い、バイオマス利用に重要である、植物細胞壁成分である β -1,4キシランの分解を担うキシラナーゼ活性を有する有用クローンの選択に取り組んだ。RBB-xylan を含む培地上にライブラリー・プラスミドを有する大腸菌を植菌し、D-キシロースの β -1,4結合切断による変色を指標としたスクリーニングを行い、目的とする活性を有するクローンを得た。同氏によるデリー大学および九州大学での解析により、そのクローンの塩基配列が決定され、遺伝子の発現プラスミドへの導入、大腸菌での発現、発現産物を用いた機能解析等を行った。その結果、耐熱性を有し、至適 pH がアルカリ性である新規有用酵素・遺伝子クローンを得る事ができた。キシランを含む多糖類は一般的にアルカリ性において水溶性が増すので、アルカリ性条件下で高い安定性、活性及び高い熱安定性を示す本酵素は産業的な有用性を有している。今後、本酵素を植物細胞壁処理等に用い、キシランを有効分解する事により、バイオマスの有効利用につなげたい。

また、インド側研究代表者 Satyanarayana 教授の来日および日本側分担者のインド訪問により、本酵素等有用酵素に関する重要な意見交換を行った。

【分野名】ライフサイエンス、環境・エネルギー

【キーワード】日印交流、環境ゲノミクス、耐熱性酵素、バイオマス、キシラナーゼ

【研究題目】始原生殖細胞を用いたニワトリ遺伝子導入の研究

【研究代表者】大石 勲 (健康工学研究部門)

【研究担当者】大石 勲、吉井 京子、小島 正己
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

目標：

ニワトリ遺伝子組換えはニワトリの品種改良やバイオリクター化などの可能性から農芸化学、食品化学、薬学、工学等の幅広い分野に応用性を有している。また、発生生物学のような基礎科学の分野にも大きな影響を及ぼしうる。本研究ではニワトリの始原生殖細胞を株化、培養し遺伝子改変を加えニワトリ生殖細胞に分化させようとする研究である。ニワトリには生殖系列に分化する ES 細胞は存在しておらず、培養可能な細胞として始原

生殖細胞が報告されているが、培養や遺伝子の改変は技術的に大きな困難を伴う事が知られている。一方、大型の遺伝子導入や相同組換えによる遺伝子改変など培養細胞株が必須な場合があるため、本研究ではニワトリ始原生殖細胞を用いた遺伝子改変技術の開発を試みる。

研究計画：

ニワトリ初期胚血液より始原生殖細胞を単離し、未分化状態を維持しながら培養を行い、遺伝子改変のちニワトリ生体内での生殖系列分化を試みる。

研究進捗状況：

これまでに外部の共同研究者と樹立したニワトリ始原生殖細胞株を培養し、高効率に大型遺伝子を安定導入する技術を開発した。50%、25%、12.5%のパーコール密度勾配を用いて始原生殖細胞株を遠心分離し、50%、25%の界面に集まる細胞に対してエレクトロポレーション法により遺伝子導入を行うと大型の遺伝子であっても高効率に遺伝子導入可能である事を見出した。これは一過性の導入であっても安定的な導入であっても同じような傾向を示し、密度勾配遠心の有用性が示唆された。現在本法を用いて樹立された遺伝子導入始原生殖細胞株の生殖系列分化能を検討する研究を実施中である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】抗体医薬、ニワトリ、遺伝子組換え

【研究題目】多粒子量子ドットの合成

【研究代表者】田口 隆久

【研究担当者】田口 隆久、細川 千絵、川崎 一則、安藤 昌儀、村瀬 至生、鈴木 真理子、大西 映里子、楊 萍、李 春亮
(常勤職員5名、他4名)

【研究内容】

改良スローバー法で複数個の疎水性 CdSe/ZnS 量子ドットをガラスナノビーズに分散させる技術の開発を、前年度に続き進めた。量子ドットの表面を、部分的に加水分解したアルコキシドにより保護、親水化し、加水分解の遅い別のアルコキシドで集合体のサイズを調節することで、多数個の CdSe/ZnS 量子ドットをガラスナノビーズに分散させることができた。直径50nm のガラスナノビーズの場合、25個程度の量子ドットを分散可能であり、市販のポリマーコート CdSe/ZnS 量子ドットに比べて約1桁高い輝度、2桁高い耐光性、緩衝液中で1桁少ないカドミウム溶出量、格段に軽微なブリンキングを示した。さらに、作製した CdSe/ZnS 量子ドット分散ガラスナノビーズは、食食作用で生きた培養神経細胞に導入することができた。前年度に細胞導入実験を行った InP/ZnS 量子ドット分散ガラスナノビーズに比べると、細胞内環境や希薄濃度 (10nM 程度) での発光輝度が高いため、単一粒子レベルでより明瞭に、神経細胞の蛍光イメージングを行うことに成功した。

一方、発光輝度を上げる別の方法として金属ナノ粒子

の局所電場効果を利用することが考えられる。そのために、まず、ゾルーゲル法を用いて直径10nm 程度の金ナノ粒子を、ガラス薄膜（厚み約25nm 以下）で覆う技術を開発した。アルコキシドの添加速度を変えてゾルーゲル反応速度を制御することで、1個の金ナノ粒子、あるいは線状に繋がった金ナノ粒子集合体をガラスコートした安定なナノビーズを作り分けることができた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 神経細胞、量子ドット、ガラス、蛍光、光計測、神経回路

【研究題目】 BDNF 機能障害仮説に基づいた難治性うつ病の診断・治療法の創出

【研究代表者】 小島 正己（健康工学研究部門）

【研究担当者】 小島 正己、上垣 浩一、田和 圭子、北畠 真子、広川 貴次、水井 利幸、熊ノ郷 晴子、原 とも子、加藤 耕一、延原 理幹（常勤職員5名、他5名）

【研究内容】

これまでに BDNF 機能障害マウスに、顕著な抑うつ行動、脳におけるセロトニン繊維密度の低下など、難治性うつ病モデルとして妥当性を示唆する幾つかの表現型を見出した。本年度は、抗うつ薬抵抗性に関する行動薬理実験を行った。つまり、抗うつ薬（fluoxetine など）単回投与後、あるいは連続投与後に行動試験を複数種類を行った。急性投与試験では、ヘテロ接合体は抗うつ薬反応性を示したが、ホモ接合体は抵抗性を示した。一方の連続投与後の行動試験においても、ヘテロ接合体は抗うつ薬反応性、ホモ接合体では抵抗性を示した。これらの行動薬理実験の結果は、変異マウスに見られる顕著な抑うつ行動およびセロトニン繊維の低密度化にも一致し、BDNF 機能障害と抗うつ薬抵抗性の関係を支持する。BDNF 機能障害マウスのスパイン形態についてゴルジ染色法を用いて定量的に解析を行ったところ、スパインヘッドの形態異常を見出された。proBDNF シグナル伝達に関しては、p75-RacGTPase を介したシグナルを神経細胞培養系により明らかにした。BDNF 機能障害マウスの抗うつ薬抵抗性に関する遺伝子を探索するために、DNA アレイ解析を行い、有意な変動を示す遺伝子を100個以上見出した。これらの遺伝子と抗うつ薬抵抗性の関連解析を現在進めている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 神経栄養因子、うつ病、行動

【研究題目】 レーザー誘起光集合による神経細胞内分子動態の時空間ダイナミクスの解明

【研究代表者】 細川 千絵（健康工学研究部門）

【研究担当者】 細川 千絵、植田 悠介、坂本 泰隆（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

神経は様々な機能分子の活動に応じて細胞ネットワークをダイナミックに変化させ、機能発現を行う生命システムである。本研究では、神経シナプスの局所領域に集光レーザービームの光集合を誘起し、単一シナプス動態を制御することにより、分子動態から細胞ネットワークに至る時空間ダイナミクスを解明することを目標としている。これまでに、神経細胞のシナプス領域に光ピンセット用レーザーを集光すると、光捕捉によりシナプス小胞群が集光スポット内に集合することを見出している。

今年度は、光捕捉による細胞内操作がシナプス伝達に与える影響を考察するため、従来の顕微鏡観察システムを改良し、神経細胞の単一シナプスの光捕捉と細胞ネットワークの活動電位の同時計測システム構築を行った。64個の微小電極を配置した多点電極皿上で細胞を培養し、顕微鏡下において任意の8点からの細胞外電位の記録を可能とした。また、蛍光相関分光測定により神経シナプス領域の運動特性が光捕捉力の増大に伴い束縛されることを明らかにし、光捕捉領域がプレシナプス領域であることを免疫染色法により確認することができた。以上の結果は、本手法により神経細胞内単一シナプスの操作が可能であることを明示しており、神経シナプス伝達制御への応用が期待される。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞操作、レーザー、神経回路網

【研究題目】 多孔質性電極中を利用した電気化学デバイス

【研究代表者】 清原 健司（健康工学研究部門）

【研究担当者】 清原 健司、塩山 洋、杉野 卓司、安積 欣志（常勤職員4名）

【研究内容】

多孔質電極においては平板電極では見られないような一次相転移が起こることを、我々は計算科学的研究によって理論的に発見した。電解質中に細孔径がイオン径と同程度の多孔質電極を置き、これに電圧をゼロから徐々に上げていくと、電圧が小さいときは多孔質電極にはほとんどイオンが吸着せず、多孔質電極には電流が流れない。ところが電圧がある値に達すると、突如として多孔質電極にイオンが吸着され、また電流が流れ始める。多孔質電極の一次相転移は、電気化学スイッチやイオン篩などの新しい電気化学デバイスの開発に応用できる可能性があり、多孔質電極の熱力学的振る舞いを明らかにするのが本研究の目的である。

本研究では、多孔質電極において一次相転移が起こる条件について理論的にさらに詳しく調べるとともに、この一次相転移が実際に起こることを実験的に検証した。理論的には、モンテカルロ法を用いて、イオン径を変えながら相転移が起こる電圧を調べた。実験的には、細孔径の小さい多孔質性の炭素材料を電極として、サイクリックボルタメトリを用いていくつかの電解質で電圧と蓄

電量の関係を調べた。

その結果、モンテカルロ法では一次相転移が起こる電圧はイオン径に固有であることなどが明らかになり、サイクリックボルタメトリでは一次相転移と見られるイオンの電極への吸脱着が確認された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 多孔質電極、モンテカルロ法、電気化学

【研究題目】 光分解性バイモダルナノパーティクルの開発と、がんの可視化と治療への応用

【研究代表者】 Biju Vasudevan Pillai
(健康工学研究部門)

【研究担当者】 Biju Vasudevan Pillai、
Edakkattuparambil Sidharthan Shibu、
三津 祐子 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

ナノ粒子を応用すると、高効率でがんの検出と治療を実現できる可能性があることが知られている。しかしそのサイズが大きいため、体内の必要な場所に輸送する効率、および使用後、体外へ排泄する効率が悪いことが問題となっている。本提案ではこれらの問題を解決するために光を駆使し、その場で光を用いて調製し、使用後は光分解できる新しい蛍光ナノ磁石を創製し、さらにこれをがんの選択的な可視化と治療に応用する。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ナノテクノロジー・材料・製造

【研究題目】 特徴のある糖質の機能を生かした健康バイオ産業の創出

【研究代表者】 仲山 賢一 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 仲山 賢一、安部 博子、藤田 康子
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

免疫系は疾病の原因となる病原体の排除を行うとともに、免疫系そのものの異常による疾病が存在するなど、疾病とは非常に密接な関係にあることから、免疫系の制御は人間の健康に重要なものと考えられる。この免疫系に対し、糖脂質は様々な影響を与える物質であることが既に知られている。このようなことから、免疫系の制御に関わる糖脂質は、人間の免疫系を正常な(健康な)状態に制御することが可能であると考えられるため、非常に広範囲な疾病に対する有効な物質であると期待される。我々は、未利用資源であるオリーブ種子などの糖脂質を抽出し、これを利用した機能性食品の開発や、医薬原料としての糖脂質の供給を目指し研究を行った。H22年度は精製糖脂質の大量調製を行った結果、充分量の精製品を得ることができた。この過程で、製品化をするために必要な粗抽出法の確立も行い、試作品作成に必要な糖脂質抽出液を得ることに成功した。また、少量得られた糖脂質精製品を用いて、炎症抑制効果のメカニズム

に関する実験を進めた結果、オリーブの糖脂質は好中球の遊走活性が高いため、マクロファージによる炎症性サイトカインの放出量を抑えていることが示唆された。以上より、製品化のために必要な、抽出法の確立と活性の根拠となるデータを得る事ができた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 糖脂質、オリーブ、免疫

【研究題目】 食品の安全性評価用ナノチップの作製とP450活性測定

【研究代表者】 中村 徳幸 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 中村 徳幸、達 吉郎、田和 圭子、
常 鋼、入江 隆、森 里織、
森垣 憲一 (常勤職員3名、他4名)

【研究内容】

食品中に残留している極微量の農薬、環境負荷化学物質および潜在的危険化学物質とシトクロム P450酵素との直接的な相互作用を超高感度に検出・評価することにより、現在までその毒性が明らかになっていない潜在的危険化学物質を含めた新たな食品の安全性評価用超高感度ナノセンサーを試作することが本研究の目標である。そのため、マイクロウェル中において酸素センサー層と固定化 P450を積層化したチップを用いて、多様な P450分子種の食品中化学物質に対する代謝活性を計測する技術を開発した。基板材料としてはシクロオレフィンポリマー (COP) を用い、NC 加工機でマイクロウェルを成形加工した。P450を固定化するマトリックスとしてアガロースゲルを用いることで、P450を基板表面に安定に固定化することが可能になった。酸素センサー/固定化 P450積層構造を用いて、23分子種のヒト P450による酵素反応を酸素センサーの蛍光増加として観測することに成功した。基質としては、変異原性が疑われる食品中化合物 (例: カプサイシン) を中心に約30種の物質を用いた。各化合物に対して23分子種の P450はそれぞれ異なる代謝活性を示し、化合物に対する各分子種の代謝活性パターンから化合物構造や毒性に関する情報を得られる可能性が示唆された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 酵素、シトクロム P450、センサー

【研究題目】 ナノピラー・ナノウォールによる1分子分離・解析技術の開発

【研究代表者】 吉田 康一 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 片岡 正俊、八代 聖基、山村 昌平、
阿部 佳織、石川 満、伊藤 民武、
M. S. Kiran (常勤職員6名、他2名)

【研究内容】

目標:

当部門では、馬場教授が分担するサブテーマの内、がん原発巣より超早期に血液中に分離する循環がん細胞

(CTC) の分離・分析技術開発、および急性腎障害マーカーで尿中に放出される極微量タンパク質、ミッドカインを高感度で検出・同定する技術開発を分担する。

研究計画：

CTC はがん転移の超早期診断に有効で、がん原発病巣除去手術後のがん転移の可能性に関して効果的な予知診断が可能になる。これを実現するため、当部門が有する一細胞レベルでの機能解析が可能な細胞チップを CTC 検出へ応用する。また、ミッドカインのような極微量タンパク質を非蛍光標識で検出・同定できる可能性を有する、表面増強ラマン分光 (SERS) の抗原抗体反応への応用を検証する。

年度進捗状況：

酸素プラズマ処理した直径105 μm のマイクロチャンバーを2万個有する細胞チップを利用して、チップ当たり約50万個の白血球の同時解析を15分で行うことが可能になった。さらに白血球と上皮細胞を染色法で識別することで、1/50万個の感度でがん細胞の特異的検出が可能になった。また、SERS 分光では、詳細な分子官能基の情報が得られるため抗原抗体反応などの分子間相互作用を SERS バンドの変化として超高感度に検出できる可能性がある。今回、抗原抗体反応のモデルとしてアルブミンとビリルビンとの結合反応に着目した。その結果、多くのアルブミンの SERS バンドがビリルビンと結合することによって消失することを発見した。この結果は、抗原抗体反応検出の可能性を示唆している。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 循環がん細胞、急性腎障害、がん転移、細胞チップ、表面増強ラマン散乱

【研究 題目】 嗅粘膜に含まれる神経幹細胞の解析

【研究代表者】 中村 徳幸 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 弓場 俊輔、服部 耕治、大西 弘恵、松本 朋弘、加藤 智崇 (常勤職員2名、他3名)

【研究 内容】

目標：

脊髄損傷に対して嗅粘膜を脊髄損傷部へ移植する再生医療は、臨床研究で一定の治療効果が得られているものの、有効に作用する要因が不明である。そこで、嗅粘膜内の環境下で、神経が再生される点に着目し、幹細胞と粘膜組織を共培養する基礎的実験でその要因を検証する。

研究計画：

幹細胞を用いて、嗅粘膜全体、嗅粘膜細胞、嗅粘膜液性因子、嗅粘膜足場のいずれが神経分化を促進するか、共培養するラット嗅粘膜組織を各要因に分けて検討する。

年度進捗状況：

嗅粘膜組織全体に神経分化誘導効果があるかどうかを検討するため、まず、マウス ES 細胞から Hunging drop 法によって胚様体を形成し、これにラット嗅粘膜

組織滲出液を加えて神経分化誘導実験を行った。計画のうち、まず嗅粘膜全体の効果を調べた。胚様体に出現する神経マーカーについて免疫組織化学的評価を行った結果では、統計学的有意差は見られなかったが、粘膜組織を加えた共培養条件下で神経分化効率が向上しているため、実験の例数を上げることで誘導効果が明確になる可能性も示唆された。一方で、実験の再現性を高めるため、実験毎に調整するラット粘膜上皮細胞の数を揃えることも含め、今後も引き続き実験条件を整える工夫が必要である。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 再生医療、脊髄損傷、ES 細胞

【研究 題目】 サイドチャネル攻撃への安全性評価手法の確立と PUF デバイスによるセキュリティシステムの構築

【研究代表者】 佐藤 証

(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】 佐藤 証、坂根 広史、片下 敏宏、堀 洋平 (常勤職員4名)

【研究 内容】

交通・流通系で急速に普及した非接触 IC カードなどに見られるように、LSI を利用した金銭情報や個人情報などを保管するシステムが社会基盤として広く普及している。これらセキュリティ LSI に保存される機密情報の窃取や LSI の偽造に対する脅威が高まっており、その防止技術の研究開発が急務となっている。セキュリティ LSI への主な物理的解析・攻撃手法としては、動作時の消費電力や電磁波などの漏えい情報を解析するサイドチャネル攻撃、LSI にスパイクノイズ等を印加して誤動作を誘起することで機密情報を窃取するフォールト攻撃、パッケージを開封し、内部を直接観測・改造する侵襲攻撃などが挙げられる。さらに、機密情報の窃取にとどまらず、回路パターンを解析複製した偽造 LSI の製造と悪用など、さまざまな脅威が存在する。耐タンパ性を指向したディペンダブル VLSI システム実現のためにはこれらの攻撃への対策が不可欠である。

本研究では、機密情報の観点でディペンダブルなセキュリティ LSI すなわち、上記の物理攻撃と偽造 LSI の製造に対する防御方法を備えた、耐タンパ LSI を実現するための技術開発を行い、以下の2項目の研究を主テーマとしている。

(1) 耐タンパ性能評価プラットフォーム

セキュリティ LSI の耐タンパ性能を評価する指針を提示するとともに、上記の様々な物理解析攻撃実験用の LSI ボードを開発し、評価試験環境を構築する。

(2) 偽造 LSI を識別する PUF を用いたセキュリティシステム IC カードなどの偽造複製防止対策として、各 LSI に固有の物理特性の差異を識別する PUF (Physically Unclonable Function) の回路設計・開

発を行うとともに、PUF と暗号技術を融合した新しいセキュリティシステムの提案を行う。

22年度は、第一の研究テーマに対して、23種類の暗号回路を実装した暗号 LSI を e-Shuttle 社の65nmCMOS スタンダードセルライブラリにより製造し、120個全ての LSI の正常動作を確認した。また電磁波解析攻撃実験を行うためのプラットフォームを構築し、市販及び試作磁界プローブによる比較実験を行い、試作プローブの高い性能が示された。

第二のテーマに対しては、従来曖昧であった PUF の性能評価の指針として、数学的に厳密に定義された Randomness、Steadiness、Correctness、Diffuseness、Uniqueness を導入し、SASEBO-GII の FPGA 上に実装した Arbiter PUF の性能評価を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】暗号モジュール、サイドチャネル攻撃、国際標準、安全性評価、ディペンダブル LSI、PUF、偽造防止

【研究題目】RFID とセンサネットワーク向け暗号基礎技術とそれを用いた構成要素の設計および安全性評価

【研究代表者】渡邊 創

(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】渡邊 創、古原 和邦、萩原 学、辛 星漢、Miodrag Mihaljevic、崔 洋 (常勤職員4名、他2名)

【研究内容】

本研究は、特に RFID などの単純なハードウェアのみの利用や、低電力消費といった要求条件おいての実現を、日印の研究者の交流を通じて行うことを目指している。プロジェクトの最終目標は、このような制限された環境において用いることのできる、基礎暗号技術や汎用部品の設計、およびにその安全性の評価を行うことである。

3年目に当たる本年度は以下のような活動を行った。7月には東京において、JST 日印交流プロジェクトのうち、本研究に関連の深い他の2つのプロジェクトとともに、JST-DST 共同ワークショップを開催し、3プロジェクトの日印研究者が参加し、各プロジェクトの共同研究成果を含む成果の紹介と議論を行った。前年度と同様、前述の2プロジェクトと連携を取り合い、インド側研究者が日本を訪問した際には自身以外の日本側機関を訪問させ、互いの研究についての意見交換を行うなど、各プロジェクトを超えた日印交流を進めることができた。12月には日本側研究者が、インドの暗号研究者が集結する学会開催直前のハイデラバードを訪問し、7月同様のワークショップを地元の研究者も参加させ開催した。共同研究成果としては、軽量暗号の安全性指標の有効性の提示、乱数や符号理論の組

み合わせによる効率的かつ安全な暗号の構成法等を論文発表することができた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】RFID、センサネットワーク、暗号、認証

【研究題目】安全性を保証する C 言語処理系 (Fail-Safe C) の実用化研究

【研究代表者】大岩 寛

(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】大岩 寛 (常勤職員1名)

【研究内容】

プログラミング言語の一つである C 言語は、現在においても最も主要なシステム記述言語として用いられているが、C 言語の設計はプログラムの誤り、特にメモリ上のデータの操作の誤りに対して非常に脆弱で、小さなプログラムの誤りがしばしばサーバ乗っ取り等の重大なセキュリティ脅威に繋がる。以前より研究開発を行ってきた Fail-Safe C は、ISO および JIS 規格に定義されている C 言語の仕様を完全に尊重しつつ、全てのメモリ操作に関して安全性を保証し、そのような誤りが確実に検出され安全に停止するようなプログラムにプログラムを変換するシステムで、既存のプログラムに適用することでその安全性を大きく高めることができる。

本研究題目は Fail-Safe C システムを実用化するにあたり、これまで以上に既存のプログラム環境との親和性を高め応用範囲を広げるための研究として外部企業と共同で受託したもので、新たな外部環境において Fail-Safe C を用いる際の整合性を確保するための「wrapper モジュール」を簡単に記述できるようにするシステムと、逆に既存のプログラムから Fail-Safe C を外部環境の一部として用いることができる「逆 wrapper 記述生成機能」の2つを構築することを目標とした。これらのシステムの設計に当たっては共通となる変換処理記述言語を新たに設計し、統一的な変換処理を自動的に行うことで、wrapper 自体の記述誤りを可能な限り事前に検出することができるよう工夫をした。

本年度1年の計画で、親和性向上のための処理系周辺の改良とあわせ当初の目標を達成した。引き続き当該処理系の実用化のため、研究体制の検討も含め研究開発を今後継続して行く。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ソフトウェア安全性、C 言語、言語処理系 (コンパイラ)

【研究題目】暗号と理論：計算機によって検証された安全性証明

【研究代表者】今井 秀樹

(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】今井 秀樹、花岡 悟一郎、大塚 玲、

Reynald Affeldt、David Nowak、
大岩 寛、古原 和邦、渡邊 創
(常勤職員7名、他1名)

【研究内容】

本研究は、セキュリティプロトコルの自動安全性証明法の研究および開発を、日仏の研究者の交流によって達成することを目的とする。具体的には日本側の暗号理論に基づくセキュリティ科学技術と、フランス側の論理学に基づいた計算機科学技術を組み合わせ、計算量理論上で厳密に定義された仮定に基づいて記号レベルで安全性証明を行うための、理論構築と技術開発を行う。

最終年度となった今年度は、フランス側メンバーとの共同研究成果が学術論文誌に掲載されるなど、着実に連携を進めることができた。論文発表では、具体的な暗号プロトコル(疑似乱数生成アルゴリズム)のアセンブリ言語実装に対する形式的な安全性証明を与えたもの、暗号理論における安全性証明手法を定理証明系の上で実現するための手法の提案など、実際のシステムへの適用報告や、証明自動化への大きな進歩が見られた。前年度日本で開催されたのと同様、本年度4月にはフランスにおいて、日本とフランスの研究者を中心としながら、当該分野の著名な研究者を講師として欧米各国から招待し、スプリングスクールおよびワークショップを開催した。スプリングスクールはフランスで毎年開催されているものとの共催で開催し、当該分野の研究者による他分野の研究者への講習を行った。後半のワークショップは、広く論文募集をし、査読を経て厳選された最新成果の発表の場とした。前回から1年を経て研究交流が進んだ結果の発表もあり、この分野の進歩が感じられる会となった。この交流により、日仏両研究チームの共著論文といった日仏の交流だけでなく、産総研と大学や企業との共著論文発表など、日本国内での交流も進めることができた。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 暗号、形式検証

【研究題目】 電力・電磁波解析攻撃向け評価プラットフォームの開発

【研究代表者】 佐藤 証
(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】 佐藤 証、片下 敏宏、堀 洋平、
菊地 克弥(常勤職員4名)

【研究内容】

本年度は、暗号回路の電力や電磁波から内部の機密情報を盗み出すサイドチャネル攻撃のメカニズムを解析し、LSI 設計段階でのサイドチャネル攻撃耐性評価を可能とするシミュレーションツールを開発することを目的としている。そのため、サイドチャネル攻撃実験の評価プラットフォームとサイドチャネル情報解析ツールを開発し、実装解析実験と同時に物理デバイスレベルのシミュレーションを行い、両社を比較検することで高性能なシミュ

レーションモデルの構築を行う具体的には下記の3項目について研究、開発を進める。

(1) 評価プラットフォームの開発

解析対象デバイスの様々な条件における消費電力、放射電磁波の計測を統一した環境で実施可能とする評価プラットフォームの構築を行う。また、近接磁場向け磁界プローブや制御・測定・解析ソフトウェアを開発する。

(2) 解析対象物の開発

解析対象となるデバイスに搭載する回路の開発し、LSI への実装やシミュレーション解析モデルの構築に利用する。

(3) 解析環境・モデルの評価

評価プラットフォームと磁界プローブによる消費電力・放射電磁波の測定と解析を実施し、評価環境の改良を行う。さらに、デバイスレベルのシミュレーションと実機の結果を比較し、サイドチャネル情報漏えいのメカニズムを解析し、シミュレーションモデルの性能を向上させる。

22年度は、評価プラットフォームの開発として、回路の書き換えが可能な LSI である FPGA および IC カードによる電磁波解析実験を可能とする評価ボード SASEBO-W の設計と試作を主に行った。ボード上に実装するインタフェース回路、PC からボードを制御するドライバやツールも合わせて開発したほか、IC カード上に OS と暗号ソフトウェアも実装することで様々な解析実験が行える環境を整えた。さらに、本ボードによる消費電力測定・電磁波測定を実施し、実証評価ボードとしての有効性を検証した。このほかに、専用暗号 LSI 開発に向けて AES 暗号回路の電力シミュレーションを実施し、ハッシュ関数 SHA-3候補アルゴリズム14種のコードを開発し性能評価を行った。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 サイドチャネル攻撃、磁界プローブ、電磁波解析攻撃、回路シミュレーション、IC カード、SHA-3

【研究題目】 プロトコル実装を対象とした形式検証と網羅的ブラックボックス検査の統合

【研究代表者】 柴山 悦哉
(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】 柴山 悦哉、須崎 有康、大岩 寛、
Reynald Affeldt、David Nowak、
飯島 賢吾、八木 豊志樹
(常勤職員4名、他3名)

【研究内容】

インターネットでは多くの通信プロトコルが使われているが、それらのプロトコルのソフトウェア実装が常に仕様を満たしているとは限らない。暗号通信プロトコルなどでは、実装の誤りが脆弱性につながる事例が報告さ

れている。このような誤りは、仕様自体に曖昧さが含まれるケースが多く、ソフトウェアを仕様通りに実装する技術も未熟であるために発生する。

そこで、この問題に対処するために、次の(1)-(3)を組み合わせる方式を考案した。(1) プロトコル仕様の曖昧さを排除するために形式仕様を記述し、(2) ソフトウェア実装のソースコードが利用できる場合には形式検証を実施し、(3) そうでない場合には、形式仕様からの網羅的テストケースの生成と仮想環境でのフォールトインジェクションを含むテスト実行を実施する。ただし、現在の技術では、長大なソースコードを対象に厳格な形式検証を実施するのは難しいため、(2) の適用対象は比較的短いコードとなる。

この方式を実現するために、今年度は次のような研究を行なった。(1) インターネット上のセキュアな通信のために必須と言っても良い TLS (Transport Layer Security) を実証実験の対象に選定し、その仕様の一部を定理証明支援系 Coq を用いて形式的に記述した。(2) 通信プロトコルのソフトウェア実装で最もよく用いられるプログラミング言語である C 言語に対し、Coq でモデル化可能なサブセットを設定した。そして、オープンソースの TLS 実装である PolarSSL のパケット処理部が、ソースコードを大きく書き換えることなく、このサブセットで記述できることを確認した。(3) TLS のプロトコルデータの仕様の一部について、形式記述に基づきデータ変換処理を生成する手法について、必要とされる機能を検討し実験を行った。また、テスト対象となるソフトウェア実装を仮想マシン環境上で動作させた時に、仮想マシンモニタの機能により仮想記憶管理部を監視する機構の開発を行なった。これにより、単純なブラックボックステストではなく、内部挙動に関する情報を活用したテストを行なうことが可能となる。今後、記述方式の改良、形式検証およびテストのためのツールの整備などを進めて行く予定である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】暗号通信プロトコル、形式仕様、形式検証、仮想化、ブラックボックステスト、フォールトインジェクション

【研究題目】セキュリティ回路の研究開発および磁界計測実験の実施

【研究代表者】佐藤 証
(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】佐藤 証、片下 敏宏、堀 洋平、
青柳 昌宏 (常勤職員4名)

【研究内容】

本研究開発は、電磁波計測技術を高度化し、LSI の偽造、改ざん、情報漏洩といった脅威に対するセキュリティ対策及び評価手法を確立するため、以下の4項目を研究テーマとする。

(1) 電磁波解析攻撃耐性評価技術の高度化

LSI の局所的な電磁波形を計測するため、高性能な磁界プローブを開発する。特に、LS プロセスによる直径数十 μm オーダーの微小磁界プローブと、レーザー干渉により高精度で暗号 LSI 上を走査するスキャナも開発し、サイドチャンネル攻撃の高度な評価手法を確立する。

(2) 不正に挿入された回路の検出

FPGA をメインターゲットに LSI の内部動作情報を盗み出す Trojan 回路を実験用に実装し、磁界計測によって不正回路が挿入された状態を検出するための技術開発を行う。

(3) 異常動作の検出

LSI の異常動作箇所を特定するために、磁界プローブとスキャナによって LSI の磁界強度マップを作成し、正常品との磁界マップの比較によって異常箇所を特定する技術の開発を行う。さらに、Trojan 回路によって熱暴走させられるような LSI 全体の異常な挙動を検出する技術の開発と同時に、正常品の LSI の信頼性の向上を目的として、電力や電磁波をモニターすることで劣化による挙動の大きな変化を検出し、LSI が故障する前に警告を発するなどの用途への応用も検討する。

(4) 偽造 LSI の非破壊検査

正規品 LSI の電磁波形のプロファイルを製造・検査時に取得しておき、流通経路で製品の電磁波形プロファイルと検査・比較することで、非破壊で偽物や不良品を検出する技術の開発を行う。また、この目的に特化して、プロセスに大きく依存した特徴的な電磁波形を発生する専用回路の開発や、電磁波形のプロファイルとマッチングのための信号処理アルゴリズムを検討する。

22年度は、LSI プロセスを用いた高性能プローブのピックアップコイルとアンプの設計および性能シミュレーションを行い、高精度スキャナは基本機構の制作を完了した。さらに、既開発の磁界プローブのシールド、コイル形状、AMP 電源低ノイズ化、インピーダンス整合等を検討し性能を向上させた。FPGA ボード制御、波形データ収集、電磁波解析ツールを開発し、サイドチャンネル攻撃実験を行った。Trojan 回路を挿入した AES 回路に対する攻撃実験や、AES を用いた真贋判定用電磁波強調回路の実験も進めた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】電磁波解析、磁界プローブ、模造 LSI、不正回路、誤動作、Trojan 回路、サイドチャンネル攻撃標準

【研究題目】金属/機能性酸化物複合デバイスの開発

【研究代表者】湯浅 新治
(ナノスピントロニクス研究センター)

〔研究担当者〕 久保田 均、福島 章雄、薬師寺 啓、
甲野藤 真（常勤職員4名）

〔研究内容〕

本プロジェクトでは、産学官の連携により高品質の酸化物薄膜を低い基板温度で大面積基板上に高効率に作製できる革新的成膜プロセスを開発し、それを用いて酸化物層と強磁性金属層を複合化した新機能デバイスの創生を目指している。具体的には、(1) スパッタ成膜プロセスの開発、(2) 電圧印加磁化反転技術の開発、(3) 不揮発性スイッチング素子の開発、の3項目について研究開発を行う。産総研グループは、22年度は不揮発性スイッチング素子の開発に取り組んだ。超高真空分子線エピタキシー技術を用いて金属酸化物を作製し、スピンフィルター素子構造の作製に成功した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 金属酸化物、スイッチング素子

〔研究題目〕 強磁性絶縁体超薄膜を用いた新規スピントロニクスデバイスの創製

〔研究代表者〕 長浜 太郎

（ナノスピントロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 長浜 太郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

これまでの既存のエレクトロニクス技術は電子の電荷という特性を用いてきた。しかし近年、電子のもう一つの内部自由度であるスピン自由度を利用して様々な機能実現しようというスピントロニクス技術が注目を集めている。このようなスピントロニクス素子の実現のためには、高効率にスピン偏極電流を生成することが必要不可欠である。代表的なスピントロニクス素子として強磁性トンネル接合（MTJ）があげられるが、MTJでは強磁性電極を用いることによってスピン偏極電流を生成している。本研究では、スピン偏極電流源として強磁性（またはフェリ磁性）絶縁体を用いたスピンフィルターと呼ばれるトンネル接合素子の実現を目指している。強磁性絶縁体ではトンネル障壁高さがスピンの方向に強く依存するため、スピンフィルター素子では高スピン偏極した電流を得ることが期待される。また、現在困難とされている半導体中へのスピン注入の実現の可能性も考えられる。実際のトンネル障壁材料としては、フェリ磁性絶縁体である NiFe_2O_4 を選定し、超高真空蒸着法および酸素ガスの導入による反応性蒸着法により、トンネル接合の作成を行った。下部電極には NiFe_2O_4 と格子整合性の良い Fe_3O_4 または TiN を用いた。基板は主に MgO (001) あるいは MgO (110) を用いた。高速電子線回折（RHEED）による構造評価により、最適な基板温度と酸素ガス圧を用いることによって良好なエピタキシャルトンネル接合を得ることに成功したことがわかった。しかし、蛍光 X 線分析（XRF）の測定により、作製された NiFe_2O_4 超薄膜は Ni 過剰な組成となっていることが

分かった。これは、蒸着の際に NiFe_2O_4 焼結ペレットの電子銃加熱を用いたために、Ni と Fe の蒸気圧の違いから最終的に形成された膜の組成が大きすぎてしまったものと考えられる。さらに磁気光学効果の測定によって、得られた NiFe_2O_4 超薄膜の磁気特性の評価を行った。その結果、 NiFe_2O_4 超薄膜が室温でフェリ磁性を示すには 4nm 程度の厚さが必要であることが分かった。またその磁化過程は非常になだらかであり、低磁場での磁場感度があまり良くないものであった。これは、 MgO 基板の格子定数は 0.42nm であり、 NiFe_2O_4 フェライトの格子定数 0.84nm の 2分の1であるため、構造的な逆位相界面が形成されるためと思われる。逆位相界面では磁気モーメント間の相互作用が反強磁性的であるため、スムーズな磁化反転プロセスが妨げられるという研究報告がなされている。作成した素子の磁気抵抗効果の測定を行ったところ、12%程度のトンネル磁気抵抗比を得ることができた。磁気抵抗比の NiFe_2O_4 膜厚変化は、磁気光学効果の膜厚変化の結果とよく一致した。また得られた抵抗変化はいわゆる負の磁気抵抗比であり、バンド計算から期待される抵抗変化と符号が一致することが確認された。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 スピントロニクス、強磁性トンネル接合、スピンフィルター

〔研究題目〕 光パルス合成による任意光電場波形生成とその計測

〔研究代表者〕 鳥塚 健二（光技術研究部門）

〔研究担当者〕 鳥塚 健二、吉富 大、高田 英行、
周 翔宇（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

光の究極的な制御とその応用をめざした「高強度光電界による電子操作技術の開拓」（JST CREST、テーマ代表：東京大学物性研究所）において、研究分担者として標記のテーマを担当している。本研究では、多波長位同期パルスのフーリエ合成による、電界波形の完全に制御された高強度任意波形レーザーの開発を主な目標として取り組んでいる。今年度は、以下の三項目の成果を得た。

(1) チタンサファイアレーザーとファイバレーザーシステムの高精度タイミング同期と長期安定化

多波長位同期パルスの一色であるチタンサファイアレーザーと、パラメトリック増幅用励起光源となるファイバレーザー発振器・増幅器システムとの、高精度な受動的タイミング同期を実現し、増幅や性能評価に必要な数時間レベルの長期安定化を行った。パラメトリック増幅点において、ジッターは42フェムト秒であり、パルス幅（1ピコ秒程度）に対して十分な高精度で同期できていることを確認した。

(2) 多色パラメトリック増幅による任意波形レーザーの

高強度化

上記のレーザーシステムを用いて、多色パラメトリック増幅を行い、850nmと637nmの2波長に対して、0.25μJのエネルギーまで増幅できた。パルス幅も300フェムト秒以下に再圧縮できた。現在、さらに波長1275nmのパルスにおいて、増幅を進めている。

(3) エンハンスメント共振器を用いたパラメトリック増幅

新しい高繰り返し増幅の方式開拓として、エンハンスメント共振器に励起光を蓄積して、パラメトリック増幅を行う方法を試みている。ファイバレーザーの第二高調波をエンハンスメント共振器に蓄積して、最大増強率43、最大内部パワー160Wを得た。

今後、多色パルスの高強度化を完了し、電界波形に依存した現象の観測を行う予定である。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 レーザー、超短パルス、フェムト秒、超高速現象

〔研究題目〕 偏波に基づく多光子間量子もつれ合い技術

〔研究代表者〕 吉澤 明男（光技術研究部門）

〔研究担当者〕 吉澤 明男、土田 英実、薛 迎紅
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

偏波に基づく多光子間量子もつれ合い技術の開発を研究項目に掲げ、通信波長帯での量子もつれによる多者間量子情報処理技術の開発及び実験検証を行う。具体的には、高品質な多光子間量子もつれ合い生成技術の確立、光ファイバ量子干渉計最適制御技術の確立、多者間量子情報処理の実験検証、などを行う。本年度は、経路内に擬似位相整合型ニオブ酸リチウム光導波路を備えた偏波ビームスプリッター付ファイバループ構成による偏波もつれ光子対源を2台使用して、パラメトリック下方変換による4光子もつれ状態の安定的な発生と量子もつれ交換実験を実施した。4光子同時計数測定結果を解析することで量子もつれ交換時の雑音がパラメトリック下方変換による偶発的な6光子同時発生に起因することを明らかにして交換率97.5%を実現した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 量子中継、量子もつれあい、光ファイバ、光子検出

〔研究題目〕 磁性酸化物系における遷移ダイナミクスの解明

〔研究代表者〕 岡本 博（光技術研究部門）

〔研究担当者〕 李 炳生（招聘研究員1名、他1名）

〔研究内容〕

強相関電子系に照射した場合、光強度の増加に伴いキャリアの再結合が高速化し、効率的キャリア注入が困

難となる。また、キャリア注入効果と温度効果を判別することも容易でない。これらの問題を解決するために、ペロブスカイト型遷移金属酸化物へテロ接合界面でのキャリア移動に注目し、キャリア生成層と強相関酸化物層からなるヘテロ構造を用いた光励起/電荷注入相制御を目指してきた。本年度は、まずフェムト秒分光測定により、チタン酸化物薄膜の光応答について詳細な測定を行い、チタン酸化物層内でのキャリアダイナミクスを明らかにした。次に、これまでに進めてきたマンガン酸化物Nd_{0.52}Sr_{0.48}MnO₃(NSMO)とSrTiO₃(STO)からなるヘテロ接合NSMO/STOについて、光照射後の電荷ダイナミクスとスピンドダイナミクスの温度依存性を測定した。また、NSMO単膜について同様な測定を行い、それらの結果をヘテロ接合の結果と比較することによって、ヘテロ接合におけるキャリア注入効果を評価した。

NSMO単膜では、光励起によって生じたキャリアは1ピコ秒以下で高速の再結合を起こす。光キャリア注入による磁化の変化は生じない。一方、NSMO/STOヘテロ接合において、STOを励起すると、時間分解能（200フェムト秒）と同程度の時間でSTOからNSMOへホールが注入されるが、ホールの寿命が単膜の場合に比べ増加するため、光照射後1ピコ秒以内にホール注入による磁化の増加が現れる。以上の結果から、酸化物ヘテロ接合における高速のホール注入が実証されるとともに、酸化物ヘテロ接合の利用が、光による磁化制御に有効な方法であることが明らかとなった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 光誘起相転移、遷移金属酸化物、強磁性、レーザー分光

〔研究題目〕 新しい高性能ポリマー半導体材料と印刷プロセスによるAM-TFTを基盤とするフレキシブルディスプレイの開発

〔研究代表者〕 長谷川 達生（光技術研究部門）

〔研究担当者〕 長谷川 達生、山田 寿一、堀内 佐智雄、熊井 玲児、松井 弘之、井川 光弘、千葉 亮輔
（常勤職員4名、他3名）

〔研究内容〕

本プロジェクトでは、印刷により製造されたフレキシブルなアクティブマトリックス・トランジスタアレイ（AM-TFT）の開発を最終目標として、広島大学・住友化学・大阪大学・産総研の4者の連携のもと、高性能ポリマー半導体の開発とデバイス高性能化に的を絞った研究開発を推進する。この中で産総研は、有機トランジスタの性能を最適化し安定化させるために不可欠となるポリマー半導体の電子輸送の研究とプロセス最適化の研究を担当する。プロジェクトの実質的な初年度にあたる平成22年度においては、電界誘起電子スピン共鳴（FIESR）測定を駆使することにより、ポリマー半導体の

キャリア輸送機構、特に、キャリア輸送のボトルネックとなる微視的原因の特定に取り組んだ。その結果、ボトルネックの原因として、グレイン間ポテンシャル障壁、及びキャリアをトラップする微量な異種分子を特定する手法の開発にそれぞれ成功し、これにより、ポリマー半導体のキャリア輸送の様相を明らかにすることに成功した。またこれら全ての評価解析の基盤となる高移動度有機トランジスタ材料の孤立分子の ESR 解析についても有用な知見を得た。さらに、ポリマー半導体の成膜性について検討を行った結果、PDMS 版で有機半導体溶液を挟みこむ新規な塗布法によって、高撥水性基板上にきわめて容易にポリマー半導体薄膜を成膜する手法の開発に成功した。以上により、ポリマー半導体のデバイス特性を高性能化し安定化するための足がかりが得られた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】有機半導体、ポリマー半導体、印刷エレクトロニクス、有機エレクトロニクス、電子スピン共鳴

【研究題目】超偏極技術で高感度化した MRI 装置の研究開発

【研究代表者】服部 峰之（光技術研究部門）

【研究担当者】服部 峰之、本間 一弘、小倉 卓哉、森居 隆史（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

目標：

本研究開発では、光ポンピング法による核スピン偏極技術を適用して、核磁気共鳴（NMR）信号を高感度化し、低磁場（0.01テスラ程度、信号の周波数は100kHz帯の超低周波）でも利用可能な NMR 検出回路および分光計システムを開発し、これに多重変調法と回転座標系に基づく信号検出システムを導入することによって、大型分析装置の典型である NMR/MRI 装置を、検出感度を劣化させずに軽量小型化することを目的とする。

研究計画：

連続フロー型超偏極希ガス生成導入技術、回転座標系 MRI 法のパルスシーケンスおよび分光計、磁場発生装置の小型化等の開発を行う。

年度進捗状況：

まず要素技術である、連続フロー型超偏極希ガス生成導入技術、回転座標系 MRI 法のパルスシーケンスおよび分光計、磁場発生装置の小型化等の開発を行い、次にそれらの要素技術を基に、低磁場（0.3テスラ）の動作実証機を製作し、磁場勾配法により位相エンコードを行い、MR 信号を取得し、一軸方向における回転座標系 MRI 法の基本動作を確認することに成功した。また、 ^{129}Xe から ^{13}C へ超偏極状態の移行について検討し、実験系を準備した。 ^{129}Xe から ^{13}C へ超偏極状態の移行は ^{129}Xe 以外での核種での MRI を可能にし、応用上、重要である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】MRI、NMR、スピン偏極、半導体レーザー

【研究題目】テラバイト時代に向けたポリマーによる三次元ベクトル波メモリ技術の実用化研究

【研究代表者】福田 隆史（光技術研究部門）

【研究担当者】福田 隆史、渡辺 歴、有本 英伸、古川 祐光、内田 江美、酒井 大輔（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

三次元ベクトル波の記録を行うには偏光感受性を有する材料の開発と媒体化技術の確立が必須である。また、媒体に光を露光する際に生じる屈折率変調構造についてその詳細（望ましくはダイナミクスも含め）を観察し、材料組成との相関を考察することが出来れば、記録材料の開発が大幅に効率化するものと期待される。そこで産業技術総合研究所では、新規の偏光感受性材料の開発、ならびに、高感度・高分解能な位相イメージング技術の開発に取り組んでいる。

平成22年度においては、従来知られていた偏光感受性材料の2500倍の性能指数を有する新規材料を軸選択的光反応モデルに基づいて見いだした。また、その媒体化を行い、405nm レーザーを用いた偏光と角度の同時多重記録用光学システムの構築を行った。その結果、偏光と角度の同時多重記録性の性能の確認に成功し、さらに、0.3mm 厚さの媒体に対して50角度多重記録を行い、その信号を読み出すことにも成功した。

位相イメージング技術については、デジタルホログラフィック顕微鏡を開発し、二光束干渉露光を施したフォトポリマー内における暗反応の進行、すなわち、屈折率変調構造の形成の時間発展についてデータを得ることに成功した。その結果、光照射直後に生じるフォトポリマー内部の屈折率変調構造は、励起光密度に依存して非線形的に変化を起こす一方で、十分時間が経過した後は照射光パターン（光強度の空間分布）に近い形に収束して行くと言うことが初めて明らかになった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】三次元ベクトル波記録、偏光感受性材料、軸選択的光反応モデル、偏光／角度多重記録、位相イメージング技術、暗反応ダイナミクス、デジタルホログラフィック顕微鏡

【研究題目】LIBWE 加工法を用いた硬脆透明材料用レーザー加工装置の研究開発

【研究代表者】新納 弘之（光技術研究部門）

【研究担当者】新納 弘之、佐藤 正健、奈良崎 愛子

(常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

目標

産総研によって独自に開発された LIBWE 加工法 (Laser-induced backside wet etching : レーザー誘起背面湿式加工法) は、レーザー光をよく吸収する色素溶液を加工対象に接触させた状態でレーザー光を照射し、色素溶液のアブレーションによって間接的に透明材料の表面を微細加工するレーザー加工法である。本研究開発の目的は、LIBWE 加工法に基づいた生産工程向けのレーザー加工装置を産学連携の取組みで開発することであり、当該研究成果のレーザー加工装置を使用すれば、産業応用展開が大幅に進展する。

研究計画

H22年度における産総研担当分は、実用ガラス基板に対して、レーザー波長355nm または532nm の色素溶液および照射条件の最適化条件の探索を行った。

年度進捗状況

研究開発は順調に進捗し、色素溶液および照射条件の最適化条件を見つけることができた。また、研究成果に基づいた特許出願を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】レーザー微細加工、ガラス材料表面加工、生産工程向け加工装置

【研究題目】光を用いた微小構造評価装置の高度化及び多機能化

【研究代表者】島 隆之 (光技術研究部門)

【研究担当者】島 隆之、桑原 正史、藤巻 真 (常勤職員3名)

【研究内容】

放送や公文書等の情報アーカイブ用途に、光ディスクは省電力や耐環境性の点で優れるが、記録容量がハードディスクなどに比べ低く、使い勝手が必ずしも良くない課題があった。従来技術では、直径12cm の光ディスクにおいて、容量で300ギガバイト未満の特性評価装置しかなかったが、本研究では多層化 (共焦点) と超解像の両技術を新たに導入することで、より高密度で微小な情報ピットを読み出し、評価可能な容量を500ギガバイト以上に向上させることを目標とする。

平成22年度は、装置開発に用いる大容量光ディスクの作製と評価を始めた。InSb や $\text{Sb}_{75}\text{Te}_{25}$ 等の超解像再生のための機能層材料は、記録再生用のレーザ光波長405nm に対する光透過性が低いいため多層化は容易でない。また追記型の光ディスクでは、機能層の他に記録層を設ける必要がある。このような課題を解決すべく、光透過性が高く、記録と超解像再生が一つの材料で実施可能な材料を探索し、その候補として酸化ゲルマニウム (GeO_x , $x < 2$) に着目した。 GeO_x の熱分解による記録と、生成した Ge による超解像再生を期待した。ZnS-

SiO_2 保護層/ GeO_x 層/ ZnS-SiO_2 保護層から成る三層構造を、間に樹脂層を介し、3回繰り返して形成したディスク試料を作製した。光入射側から最も奥側にある三層構造において、ブルーレイ光学系の解像限界よりやや短い115nm マークについて、搬送波対雑音比が約28dB の記録と再生を行うことに成功した。特性としてはまだ低いものの、超解像再生機能層の多層化実現に向けた第一歩の成果となった。光学計算上では少なくとも10回繰り返して形成してもそれぞれ記録再生できると予測され、ディスク作製技術の向上と特性改善に努めていく。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】光ディスク、情報記録、微小構造、光検出、大容量化

【研究題目】強相関量子科学

【研究代表者】長谷川 達生 (光技術研究部門)

【研究担当者】長谷川 達生、堀内 佐智雄、澤彰 仁、堤 潤也、浅沼 周太郎、鶴巻 厚 (常勤職員4名、他2名)

【研究内容】

本プロジェクトでは、強相関電子材料が有する多岐にわたる応用可能性の中から、多体電子系の相転移であるモット転移を用いた新しい電子デバイス (モットロニクスデバイス) の原理検証を行うことを目的とする。特に、「超高純度」と「超高電界」を基軸とした電界誘起界面モット転移の実験・理論研究を推進するとともに、有機物・酸化物による雛形デバイスを用いたデバイス実証実験に取り組む。平成22年度においては、電界により強相関酸化物の電子相を制御するモットトランジスタの基盤技術の開発と動作実証を目的に、温度変化により数桁にわたる抵抗変化をとまなう金属-絶縁体転移を示すペロブスカイト型ニッケル酸化物 NdNiO_3 をチャンネルとする電気二重層トランジスタを作製し、金属-絶縁体転移温度の電界制御に関する研究を行った。その結果、ゲートに $\pm 2.5\text{V}$ を印加し、 NdNiO_3 チャンネルに 1014cm^{-2} 以上のホールを蓄積することにより、金属-絶縁体転移温度を約40K、抵抗率を約1桁変化させることに成功し、モットトランジスタの基盤技術である電子相転移の電界制御を実現した。さらに、有機物関連では、強相関有機半導体における光起電力効果を明らかにするため、ドナーとアクセプターの二種の有機分子からなる強相関有機半導体・DBTTF-TCNQ 単結晶における励起子光起電力効果と励起子電荷解離について調べた。具体的には、有機半導体単結晶上に、高効率に正孔/電子の引出しが可能な分子性導体薄膜をそれぞれ陽極と陰極とするMIM型光起電力素子を開発し、界面電荷解離の様相を高分解能レーザー誘起光電流 (LBIC) 測定により詳細に調べた。その結果、作製した素子が顕著な整流性と近赤外域における光起電力効果を示すことを確認するとともに、デバイス内の光励起種の拡散長が、通常の単一成

分有機半導体よりも3桁以上長い20ミクロンに及び、光起電力デバイスを構成する上できわめて有利であることを明らかにした。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 強相関電子材料、モットロニクス、モットトランジスタ、酸化物、有機材料、金属-絶縁体転移

【研究 題目】 フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発

【研究代表者】 森 雅彦 (光技術研究部門)、堀川 剛 (ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】 榊原 陽一、岡野 誠、古屋 克己、亀井 利浩、青柳 昌宏、鈴木 基史、小森 和弘、山本 宗継、高橋 正志、平山 直紀、埜口 良二 (常勤職員10名、契約職員3名)

【研究 内容】

目標：

将来の情報通信機器の高性能化、小型化、省電力化、低コスト化に資することを目指し、CMOS プロセス技術を基にしたシリコンフォトニクス光集積回路プロセス基盤技術を構築するとともに、電子回路等の他のデバイス上に3次元光回路作成が可能な、アモルファスシリコン (a-Si) 光回路の基盤技術を開発する。

研究計画：

技術研究組合光電子融合基盤技術研究所と連携し、つくば西事業所スーパークリーンルーム産官学連携棟 (SCR 棟) の CMOS 技術を用い、光導波路、光デバイス製造及び光源実装等に適したプロセスを構築し、デバイス性能を実証するとともに、集積時の課題を抽出する。また、a-Si 光導波路の低損失化技術を開発、a-Si 膜厚制御技術、3次元光回路の鍵となる立体交差における損失・クロストーク特性のシミュレーションを行う。

研究進捗状況：

可変矩形電子線露光装置において、独自の矩形分解アルゴリズムの導入と多重露光手法適用により、ラインエッジラフネス2nm 以下、実効つなぎ精度10nm 以下、かつ線幅精度10nm 以下という高精度の光導波路パターンの露光技術を開発した。また、光変調器及び Ge 受光器について10GHz 超のデバイス性能を実現するプロセス構築を行った。これらを基に CMOS 技術により光機能素子の集積が可能であることを示した。一方、a-Si を用いた3次元光回路の基盤技術として、光導波路で1.2dB/cm の世界最高性能の導波損失を実現した。また、光干渉法により in situ で高精度に膜厚をモニターできるウェットエッチングを適応し、a-Si 膜厚を数 nm のレベルで制御することが可能な精密膜厚制御技術を開発した。更に、立体交差光導波路の計算機シミュレーションにより、400nm から600nm の層間隔で十分なクロス

トーク特性が得られることを明らかにし、3次元光配線の有効性を明らかにした。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 シリコンフォトニクス、アモルファスシリコン、電子線露光、ドライエッチング、ウェットエッチング、精密膜厚制御、細線導波路、低損失化、光変調器、受光器、光回路、大規模集積、立体交差光導波路、3次元光配線

【大 項目 名】 パラサイトヒューマンネットによる五感情報通信と環境センシング・行動誘導

【中 項目 名】 パラサイトヒューマン装着者の行動モデル獲得ならびにパラサイトヒューマン装着者による人の誘導に関する研究

【研究代表者】 大山 英明 (知能システム研究部門)

【研究担当者】 大山 英明、野田 五十樹 (サービス工学研究センター)、篠田 孝祐、城間 直司 (茨城大学) (常勤職員2名、他2名)

【研究 内容】

目標：

パラサイトヒューマン (PH) とは、人間が装着するウェアラブル・ロボットであり、視覚情報等の感覚刺激の適切な提示によって、装着者の行動を誘導することが可能である。CREST 研究領域「先進的統合センシング技術」の「パラサイトヒューマンネットによる五感情報通信と環境センシング・行動誘導」(代表：前田 太郎氏 (大阪大学)) では、専門家が、遠隔から PH 装着者を誘導して、応急措置を行うことや、PH 装着者への避難方向指示により、安全な避難を実現し、安全・安心を実現することを目指している。産総研ではシステム開発と評価を担当する。

研究計画：

(1) パラサイトヒューマン装着者の行動モデル獲得に関する研究

本テーマでは、PH 装着者の行動認識のための行動モデルを構築する。また、行動モデル検証のために小型ロボット操縦システムを構築する。

(2) パラサイトヒューマン装着者による人の誘導に関する研究

本テーマでは、センサネット等の情報を集積し、集団を安全に誘導するための PH 装着者への避難方向指示システムを開発する。

年度進捗状況：

(1) パラサイトヒューマン装着者の行動モデル獲得に関する研究

本年度は、拡張現実感技術を用いた遠隔行動誘導システム、ならびに、TV 電話を利用した行動誘導システムについて、応急措置の専門家の協力を得て、評価

実験を行った。専門家を含む PH 装着者の行動計測の準備を進めた。また、行動誘導やロボット操縦において、広視野を実現する HMD/プロジェクター複合表示システムを開発した。

(2) パラサイトヒューマン装着者による人の誘導に関する研究

本年度は、エージェントベースの避難誘導シミュレータに、現実の施設での観測データを組み込むための準備を行った。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 パラサイトヒューマン、テレグジスタンス、避難誘導、マルチエージェント

【研究題目】 実環境のオンライン情報構造化を用いたロボットの運動計画および実行に関する研究

【研究代表者】 吉田 英一（知能システム研究部門）

【研究担当者】 横井 一仁、金子 健二、原田 研介、金広 文男、森澤 光晴
（常勤職員5名、他12名）

【研究内容】

本研究の目的は、ロボットに複雑な実環境でダイナミックな動作能力を与えるため、センサ情報処理と環境情報の抽出を実時間でを行い、ロボットの運動を計画し実行する手法を構築することである。この目的のため、研究交流を通じて、日仏で相互補完的な共同研究を行った。

日仏による研究交流を通じ、センサ情報処理と環境情報の抽出を実時間でを行い、実世界で外乱があってもロバストに動作する技術を構築した。ヒューマノイドをプラットフォームとして用い、まず、動作中に外乱があった場合、力や加速度などのセンサ情報から外乱の力を推定する方法を構築した。これを用いて、動的な歩行動作を変更する手法を導出し、安定を確保するため、外乱の大小に応じて足の踏み出しを行うアルゴリズムを構築した。さらに、このように歩行中に急に足の軌道を変更しなければならなくなった場合などに、自己干渉を避けつつ実行可能な歩行軌道を導出する手法を開発した。本年度は、成果の発信に注力し、本研究により得られた成果を、日仏の研究者で共有するワークショップをつくばの産総研にて開催したほか、国際会議 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS 2010)、IEEE-RAS Int. Conf. on Humanoid Robots (Humanoids 2010)、日本ロボット学会学術講演会、French German Workshop on Humanoids and Legged Robots HLR 2011などの学会・講演会で研究成果を報告した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 運動計画、行動計画、ロボット、オンライン情報構造化

【研究題目】 NTC 設置カメラによる映像自動分析と

可視フィードバックを可能にするシステムの検討

【研究代表者】 大津 展之（フェロー）

【研究担当者】 小林 匠、吉川 文人、渡辺 顕司
（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

本受託研究は、National Training Center (NTC) の既設カメラで撮影されるスポーツ映像の自動分析と可視フィードバックを可能にする支援システムの構築に向けて、NTC を利用する様々なスポーツ競技への適用を視野にいれながら、体操競技に適した動き特徴の抽出及び競技動作の認識の要素技術を研究・開発し、スポーツ映像の自動分析・可視フィードバックシステムの実装可能性の検討を目的とする。

本研究では、特に体操競技の映像分析及び可視フィードバック支援システム構築において基本となる課題（ニーズ）に対して、①CHLAC 特徴と SVD を用いた技の違いによる分節化、②Directionally-grouped CHLAC 特徴を用いた動作の変化点の検出とそれに基づく技の同期、③CHLAC 特徴と PCA を用いた動作効率の評価、等の新しい統計的手法の適用可能性を検討した。実験においてこれら手法の有効性を示すことができ、さらに実際の可視フィードバックに役立つデータ提示様式も示すことができたため、本受託研究の当初の目標は達成できたといえる。その成果は、幾つかの査読付き国際会議論文やソフトウェア知財登録となっている。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 スポーツトレーニング支援、動作映像分析、可視化支援システム

【研究題目】 酸化物界面での電子相転移の制御を用いた新概念の酸化物エレクトロニクスの研究

【研究代表者】 井上 公（エレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 井上 公、伊藤 利充、富岡 泰秀
（常勤職員3名）

【研究内容】

本研究は「強相関電子系」と呼ばれる遷移金属酸化物が研究対象です。通常物質中では、電子は波として振る舞いますが、この酸化物中においては、電子が粒子としての性質も示すので様々な面白い相転移が出現します。これを電界で制御できれば、現在の半導体では不可能な新概念のエレクトロニクスが生み出されるでしょう。その基礎を作るのがこの研究の目標です。

平成22年度も、シンガポール側の共同研究者のグループに所属する大学院生が来日し、昨年度に引き続いて、無機と有機のハイブリッドゲート絶縁膜を開発する研究に取り組みました。これを介して強相関の遷移金属酸化物に電界を印加し、相転移を引き起こすというのが二年間の計画です。昨年度からの研究により、パリレンと

Ta₂O₅の積層膜をゲート絶縁膜に用いると、SrTiO₃単結晶をチャンネルに用いた FET で10¹³/cm²ものキャリアを誘起して、さらに室温で10Vs/cm²を超える移動度を得られることがわかりました(特願2010-208052)。今年度は特に低温での電流電圧特性の測定に取り組みました。残念ながらシンガポール側の遅れで極低温での測定はなりませんでしたが、10K までの測定には成功し、ドーパされたキャリアが低温で2次元金属的に振舞っていることを確認できました。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】強相関電子系、遷移金属酸化物、相転移、電界効果、ハイブリッドゲート絶縁膜

【研究題目】Flex Power FPGA チップのアーキテクチャ設計、回路設計、試作チップ設計、周辺ソフトウェアの開発

【研究代表者】小池 帆平

(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】日置 雅和、中川 格、関川 敏弘、堤 利幸(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

半導体の微細化に伴うマスクコストの上昇と半導体産業の成熟に伴う少量多品種生産への要求の高まりとともに、FPGA の重要性が増している。ところが、FPGA では、消費電力、特に漏れ電流による静的消費電力が大きな問題となっている。そこで、XMOS トランジスタを用いて回路各部のきめ細かなトランジスタのしきい値電圧調整を可能とすることで FPGA の電力消費問題を解決し、携帯機器などへと FPGA の応用分野を広げて、XMOS トランジスタのキラーアプリケーションを目指すのが Flex Power FPGA である。チップ全体を多数のしきい値制御領域に分割し、回路各部の消費電力をきめ細かに制御可能とした、既存半導体技術を用いた Flex Power FPGA 試作チップと、この試作 FPGA チップのための回路データを生成することのできる専用の CAD ソフトウェア群を開発してきており、その動作と消費電力削減効果を確認している。また、更なる消費電力削減効果を得るために、しきい値制御能力がより高い SOTB デバイスを用いた Flex Power FPGA 試作チップの開発も目指しており、そのための回路設計環境の構築も進めている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】FPGA、静的消費電力削減、動的しきい値最適化

【研究題目】2次元強相関系への超並列シミュレーションによるアプローチ

【研究代表者】柳澤 孝(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】柳澤 孝、長谷 泉、川畑 史郎、山地 邦彦、知崎 陽一、小田切 宏輔

(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

2次元強相関系への超並列シミュレーションの基盤開発を目標として、厳密に物理量を計算できる手法である量子モンテカルロ法の開発を行った。本年度は、昨年度に引き続きこの手法を使い、銅酸化物高温超伝導体のモデル(2次元ハバードモデル等)において、大規模計算を行った。超伝導相関関数および超伝導ペア感受率の計算を量子モンテカルロ法により行い、サイズ依存性を明らかにした。これらの物理量はバンドパラメータに大きく依存することを明らかにした。特に、バンドパラメータ t を最適化させることにより超伝導ペア感受率が急激に増大することを新たに見いだした。

強磁性絶縁体及び強磁性金属を介したジョセフソン接合の量子輸送及び巨視的量子現象に関する研究を行い、熱的0- π 相転移現象が発現することを理論的に明らかにした。また、固有ジョセフソン接合における協力的量子トンネル現象に関して理論的な解析を行い、量子トンネル脱出率の異常増大がキャパシティブ結合の結果生じることを明らかにし、実験結果を定性的に再現することに成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】強相関系、量子シミュレーション、新アルゴリズム、高温超伝導、固有ジョセフソン接合

【研究題目】鉄ヒ素系超伝導体の転移温度決定因子の解明と物質設計への適用

【研究代表者】永崎 洋(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】永崎 洋、伊豫 彰、鬼頭 聖、伊藤 利充、李 哲虎、富岡 康秀、竹下 直、熊井 玲児、松畑 洋文、石橋 章司、三宅 隆、Shirage Parasharam、木方 邦宏、中島 正道、石田 茂之、梁 田、石底 良一、島田 和江

(常勤職員11名、他7名)

【研究内容】

本研究課題は、鉄ヒ素系高温超伝導体研究における以下の中心課題に取り組み、明確な解答を引き出すことをその目的とする。(1)なぜ、鉄とヒ素の組み合わせが高温超伝導に最適か?、(2)高温超伝導を最適化するパラメータは何か?、(3)更なる転移温度の向上は可能か? 目的を達成するため、本申請グループが独自に開発した LnFeAsO_{1-y}系および良質の単結晶が育成可能な BaTM₂Pn₂系を主たる研究対象とし、高圧合成法を主とする純良単結晶・多結晶試料作製、多重極限(高圧、高磁場、低温)下をも含む輸送特性・磁気特性・X線回折・中性子回折等による多面的物性評価、第一原理計算に基づく実験結果の理論的解析および新物質探索指針の

提案の3手法を有機的に組み合わせることにより、対象物質に対する包括的な知見を得る。得られた情報を本に、本系の高圧超伝導機構解明を目指すと共に、より高い T_c を有する物質の開発を行う。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 超伝導、鉄ヒ素系、高圧合成、単結晶、多重極限下物性評価、第一原理計算

〔研究題目〕 鉄系超伝導体の低エネルギー放射光光電子分光

〔研究代表者〕 相浦 義弘

(エレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 相浦 義弘 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

母物質 $BaFe_2As_2$ および $SrFe_2As_2$ の kz 軸 (Γ -Z 方向) 周辺のバンド分散を、低エネルギー放射光角度分解光電子分光を用いて精密に決定した。高温常磁性相から低温反強磁性相に転移すると、 Γ および Z の鞍点が、占有側に現れることを観測した。これは、磁気構造転移とともに、 kz 軸周りのフェルミ面が大きく再構成され、そのトポロジーが転換することを示している。また、直線偏向放射光を用いた偶奇選択的角度分解光電子分光により、 Z 鞍点が偶対称バンドのみで構成されていることを明らかにした。これらの実験結果は、磁気構造転移を考慮した局所状態密度近似 (LDA) 計算の結果と定性的に一致する。また、これらの鞍点近傍の状態が、相転移のエネルギーに強く関与することを示唆している。

これまで、 $NdFeAsO_{1-\delta}$ 、 $Ba(Fe_{1-x}Co_x)_2As_2$ ($x=0, 0.11$) の非占有 Fe 3d 電子状態がフェルミ準位上約 $1eV$ に存在し、相関効果が1111系で弱く、122系で強くなっていることを明らかにしてきた。本年度、さらに相関効果が強いと予想される $Fe(Se, Te)$ 系の非占有 Fe 3d 電子状態を、 Fe 3p-3d 共鳴逆光電子分光を用いて決定した。 $Nd1111$ 及び $Ba122$ と比較して、やや高いフェルミ準位上約 $2eV$ 付近に非占有 Fe 3d 状態が位置することが示された。全ての組成について共鳴現象が観測されるとともに $Ba122$ 系と比較して共鳴の振幅が大きいことは、 $1111 \rightarrow 122 \rightarrow 11$ に従って電子相関が強くなることを示唆するものである。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 超伝導、電子構造、磁気構造転移

〔研究題目〕 高圧 NMR/NQR 実験技術の開発

〔研究代表者〕 竹下 直 (エレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 竹下 直 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

発見から3年余りを経過した鉄ヒ素系高温超伝導体は、その超伝導機構の解明、より高い超伝導転移温度の実現、ヒ素を用いない無毒化の可否、などの目標を掲げ活発な研究が現在も進行中である。これらの課題に対して実験

的見地からの直接的な示唆を与えうる核磁気共鳴 (NMR)、核四重極子共鳴 (NQR) 実験も行われたが、圧力下におけるこれらの実験手法は技術的に難しく、とくに高い圧力領域においての結果は乏しい。本研究課題においては、産総研で技術的な蓄積のあるキュービックアンビル型高圧装置を NMR/NQR 測定実験と組み合わせることで、10万気圧レベルにおける NMR/NQR 実験技術の開発を行い、特に $Ba_{1-x}K_xFe_2As_2$ に注目し鉄ヒ素系超伝導体において特徴的に現れる反強磁性相が圧力下でどのような振る舞いを示すのかについて、その微視的な状態を本研究手法により明らかにする事を目指している。

本年度は新しく製作した小型キュービックアンビル装置を用いて実際に圧力発生が可能であることを確認した。また、今後この装置を用いて高圧力下 NMR/NQR に進む前段階として、産総研において作成された単結晶 $Ba_{1-x}K_xFe_2As_2$ について、産総研の大型キュービックアンビル装置を用いて圧力下超伝導相図を作成した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 鉄ヒ素高温超伝導、核磁気共鳴 (NMR)、核四重極子共鳴 (NQR)、超高压力、キュービックアンビル型高圧装置

〔研究題目〕 多重秩序材料の情報通信技術への応用探索

〔研究代表者〕 田中 康資

(エレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 伊豫 彰、A.Sundaresan、寺田 教男、常盤 和靖、Shirage Parasharam

(常勤職員2名、他4名)

〔研究内容〕

本研究は、次世代の情報通信技術の基盤となる、多重秩序超伝導、マルチフェロイック材料の開発を軸とした理論研究、材料開発を推進している。具体的には、日印協力して新しいマルチフェロイック材料を開発する。日本側はさらに、渦糸状態を使った、多重秩序状態の統一的物理概念の構築を進めている。コンピューターの元となる論理を考え、それに適した薄膜材料の開発が可能かどうか検討している。インド側は新材料の構造解析、誘電率の測定、誘電的性質と磁氣的性質の関連を測定・解析を進めた。革新的デバイスへの展望が開ける今までにない巨視的量子状態を発現できる新しい材料の開発を行っている。

新たな展開としては、3バンド型多成分超伝導でカイラル超伝導の可能性を見出した。カイラル超伝導とは、右手系と左手系の超伝導が縮退していることを意味している。この右手、左手というのは、現実の空間での右手左手ではなく、超伝導の量子位相空間での右手左手である。単バンド超伝導においては、位相空間の右手左手は、電流の流れる向きとして、実空間と関連付けられる。一

方3バンド超伝導では、右手、左手と言っても、実電流は流れない。平成22年度は、カイラル超伝導について、実験的にわずかな兆候があることを認識するとともに、理論的にはかなり多くのカイラル超伝導体を実現する（またはしている）余地があることを示した。3バンド型カイラル超伝導は、右手、左手を明確に実験で示す方法が今のところ（理論的にも）ない。原理的には、位相差ソリトンと同じ方法が使えると考えているので、位相差ソリトンの実験的な確認方法の確立がここでも求められることになった。しかし、これは、裏を返せば、カイラル超伝導という、位相差ソリトンの実験方法の確認のための新たな題材を発見したことになり、今後の研究に大きな進展をもたらしてくれると確信している。カイラル超伝導自身の理論報告については、海外に一步後れをとった部分もあったことが後から判明したが、多バンド型多成分超伝導として、位相差ソリトンの延長線上にカイラル超伝導が位置づけている点など、海外グループとは根本的に異なる見方、銅酸化物高温超伝導体の擬ギャップ状態も睨んだ統一的な見方をしており、大局的に戦略を展開している。

研究成果を土台にして、日本の素粒子論・宇宙論関係の学会に働きかけ、材料科学と、素粒子論・宇宙論の融合への道筋をつけ、融合シンポジウム開催へと大きく前進した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ソリトン、多バンド型多成分超伝導、カイラル超伝導、トポロジ、非可換ゲージ場、多成分巨視的量子状態

【研究題目】Thin-Film SOI MOSFET の高精度回路設計技術の開発

【研究代表者】五十嵐 泰史

（エレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】五十嵐 泰史、柳原 昌志、大野 守史、田所 宏文、千葉 正、倪 威、坂本 邦博、昌原 明植、大内 真一、松川 貴、柳 永助、遠藤 和彦、福田 浩一（常勤職員13名）

【研究内容】

大規模集積回路（LSI）を構成するトランジスタ（MOSFET）は微細化とともに性能を向上させてきた。これまではシリコンウエハ上の平面に MOSFET を形成してきたが、今後は三次元構造の MOSFET である FinFET が主流になると予測されている。産総研では長年にわたり XMOS と呼ばれる FinFET について研究を続けている。本研究では、XMOS（FinFET）のロジック回路応用に関し、低消費電力と高速動作の両立と素子のばらつきの影響が出にくい動作を目指す。具体的には、素子構造の検討を行い、絞り込んだ構造で素子のモデリングを行い、回路設計の環境を構築し、XMOS の特徴

を活かした回路を開発する。

平成22年度は、従来のロジック回路の動作方式を調査して XMOS による実現の検討と、三次元半導体シミュレーションシステム（HyENEXSS）を用いた XMOS のシミュレーション環境の整備を行った。このシミュレーション環境を用いて、ロジック回路に適した素子構造を決定するための TEG 設計を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】半導体、XMOS、FinFET、ロジック回路

【研究題目】パワーデバイス用複合ウエーハの精密実装技術の開発

【研究代表者】板谷 太郎

（エレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】板谷 太郎（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

研究目的に関しては、パワーデバイス等の小口径ウエーハのハンドリング技術の向上による開発・生産の効率化と、ウエーハ寸法の大形化に柔軟に対応出来るハンドリング技術の確立を行い、製造プロセスの自動化によるスループットの向上を目的とした研究開発を行う。これらの目的を実現する研究手段として、小口径ウエーハを搬送シリコン基板に耐熱性樹脂であるポリイミドを用いて高精度に接合してプロセスを行い、プロセス終了後に剥離することで実現する。具体的には、ポリイミドを塗布したシリコン基板上に小口径ウエーハを設置し、真空中で加熱・加圧を行うことにより、小口径ウエーハの接着を行う。接着されたウエーハに関しては、各種半導体プロセスにおいて、回転等の機械的運動や、加熱処理による熱的負荷に対して剥離することなく安定したプロセスを行うことが可能となる。プロセス終了後に、剥離プロセスと裏面の洗浄によりプロセスを終了する。接合用ポリイミドのプロセス条件としては、基板に塗布できるようなポリイミドが溶剤に十分に可溶であり且つ、発泡剤が不溶性で分散が容易で、乾燥時に易揮発性であること。接合用ポリイミドの物性条件としては、ポリイミド樹脂のガラス転移温度 T_g （熱可塑温度）が接合温度（250℃）よりも低く、接合温度より高温な耐熱性を有することが要求される。発砲プロセスとしては、発砲プロセス温度が、接合温度よりも高温であることが必要である。接合・剥離の統合条件としては、250℃以上で接合、350℃以上で剥離が可能であり、剥離時にサポート基板（例えば8inch Si 基板）に接合・剥離用ポリイミド剤の付着がないことが必要である。平成22年度の研究開発においては、ポリイミド接着剤の組成と接着・剥離に関するプロセス開発を実施した。接着に関しては、接合・剥離用ポリイミドをスピコート法により塗布を行い、接合後に赤外線カメラによる評価を行った。気泡の混入しない良好な接着特性が得られていることが確認さ

れた。剥離に関しては、適当な剥離条件において剥離を実現し、プロセス用の小口径基板の裏面への付着を抑えた剥離を実現した。また、露光用プロセスでの評価試験を行い、3インチのシリコンカーバイド基板と8インチシリコン基板の接合を行い、ニコン製のi線露光装置（型式：NSR-i12D）において、搬送試験とフラットネス評価の試験を行い、露光に必要な基板特性が得られていることが確認された。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
【キーワード】接合、剥離、ポリイミド、露光

【研究題目】超伝導量子ビット集積化プロセスのための微細加工技術

【研究代表者】前澤 正明
(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】秋永 広幸、堀川 剛、塚原 雅宏、金子 晋久、福山 康弘
(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

超伝導量子ビット集積化技術において微小ジョセフソン接合作製のための主要技術であるアルミニウム薄膜の微細加工技術の開発を目指す。必要となる研究資源の最適配分を明らかにするためにプロセス全体構成の研究を行った。具体的には、プロセスフローを検討し、必要工程と使用装置を選定した。その結果、産総研スーパークリーンルーム施設を中核にしたプロセスインテグレーションにより、100nm以下の微細加工を実現する見通しを得た。さらに、アルミニウム薄膜微細加工のプロセス条件を明らかにするため、各プロセス工程の最適化の研究を行った。具体的には、電子ビーム描画露光（EBL）、反応性イオンエッチング（RIE）およびウエハー有機洗浄のプロセス条件を調べた。その結果、線幅90nm以下のアルミニウム細線の作製に成功した。さらに、ジョセフソン接合形成技術を開発するISTECと連携してアルミニウム接合テスト試料の作製に着手したが、3月11日の震災のため最後の数工程を残して中断した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
【キーワード】超伝導集積回路、量子計算、超伝導量子ビット、微小トンネル接合

【研究題目】SOI MPW ランの TGC 設計業務 一式

【研究代表者】五十嵐 泰史
(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】五十嵐 泰史、柳原 昌志、大野 守史、田所 宏文（他4名）

【研究内容】

FD-SOI は、シリコン酸化膜上に形成した50nm程度の薄いシリコン膜にデバイス（MOSFET など）を配置した構造を持つ。このため、耐放射線性が高いこと、低電圧動作が可能なこと、リーク電流を低減できることな

どの利点があり、次世代半導体デバイスとして研究開発が進められている。しかし、現時点では、FD-SOI に関する知見は一般的ではない。一方、産総研では継続的な研究開発の成果として、FD-SOI のデバイスおよび回路設計に関する技術的知見が蓄積されている。

本業務は、産総研の保有する FD-SOI に関する技術的知見を活用して試作サービス（MPW）を効率よく進めることが目的である。具体的には、回路設計者への設計支援、回路設計者の設計データの検証とフィードバック、設計データに基づく合成レイヤーの作成と妥当性検証などを行い回路設計者が所望するマスクデータを実現できた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
【キーワード】半導体、FD-SOI、MPW、設計支援

【研究題目】ICT による安全・安心を実現するためのテラヘルツ波技術の研究開発

【研究代表者】神代 暁（エレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】神代 暁、前澤 正明、山田 隆宏、菊池 健一（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

煙・煤・炎等により、試料採取が困難かつ赤外光・可視光の透過しにくい状況下における発生有害ガス濃度の遠隔検知を可能とする、可搬型テラヘルツ波分光器の開発を目標とする。本年度は、プロジェクト最終年度にあたり、昨年度までに開発した200-500GHz帯を1バンドでカバーする超伝導ミキサを、小型の4K機械式冷凍機に実装した可搬型受信器を開発するとともに、それを模擬火災現場での実証実験に供した。その結果、シアン化水素のスペクトルを燃焼源から5m程度離れた位置から検知することに成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、標準・計測

【キーワード】テラヘルツ、遠隔分光、ヘテロダイナミック分光、超伝導ミキサ、機械式冷凍機

【研究題目】150nm SOI-CMOS チップ試作に関する技術支援

【研究代表者】五十嵐 泰史
(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】五十嵐 泰史、柳原 昌志、大野 守史、田所 宏文、千葉 正、倪 威
(他6名)

【研究内容】

FD-SOI は、シリコン酸化膜上に形成した50nm程度の薄いシリコン膜にデバイス（MOSFET など）を配置した構造を持つ。このため、従来のバルクシリコン上のデバイスに比較して、低電圧動作が可能なこと、リーク電流を低減できることなどの利点をもつため、次世代半導体デバイスとして研究開発が進められている。従来の

バルクシリコンデバイスとは特性が異なるため、シミュレーションに用いるトランジスタモデルも、新たに開発する必要がある。FD-SOI は、将来実現される三次元構造の MOSFET である FinFET と同等の特性であり、FD-SOI のトランジスタモデル開発は今後の半導体デバイスの進展の要となる。

本研究は、トランジスタモデル開発のために FD-SOI の特性抽出用 TEG チップを試作するに当たり、技術情報の提供と技術コンサルティングを行うものである。産総研が保有する FD-SOI に関する技術的知見を活用して TEG 設計をサポートすることができた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】FD-SOI、TEG、設計支援

【研究題目】機能性酸化物を用いたナノ界面相転移デバイス開発

【研究代表者】秋永 広幸

(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】秋永 広幸、島 久

(ナノ電子デバイス研究センター)、

赤穂 博司

(強相関電子科学技術研究コア)

澤 彰仁、井上 公、佐藤 弘

(エレクトロニクス研究部門)

石橋 章司、寺倉 清之、織田 望、

橋本 保 (ナノシステム研究部門)

(常勤職員10名、他7名)

【研究内容】

目標：

半導体エレクトロニクスが持続的に発展していくためには、遷移金属酸化物など新材料の導入と、それらによって構成される界面を制御する技術の開発が必要不可欠となっている。本事業では、金属/絶縁性酸化膜の界面電子状態および強相関相転移の物性制御研究を通して、それらを利用した不揮発性スイッチングデバイス技術の開発を行う。より具体的には、下記の2課題を設定した。

1. 金属/遷移金属酸化物界面の電子状態制御

金属/絶縁性酸化膜の界面電子状態に関する学術的理解を徹底的に深める。その理解に基づいたデバイス機能実証として、電界あるいは電流で不揮発に極性反転可能な2端子デバイスを開発する。

2. 界面における強相関相転移を利用したスイッチ機能の開発

ゲート長を超微細化しても動作する界面電子相をチャンネルにした3端子型界面相転移スイッチデバイスを実現するための要素技術を開発し、そのデバイス動作を実証する。

年度進捗状況：

課題1に関して、当事業前半では、第一原理計算により、Pt/TiO₂系における界面の酸素組成とショットキー

障壁高さとの関連や酸素空孔形成エネルギーの界面からの距離依存性を明らかにした。酸素空孔の拡散の活性化エネルギーも評価した。その際、電子相関が酸素欠陥由来の電子状態の局在性に大きな影響を与える事が分かった。SrTiO₃の酸素欠陥でも電子相関の効果を調べ、従来の結果のばらつきの原因を解明した。ペロブスカイト酸化物系においては、CaMnO₃およびLaVO₃でエピタキシャル歪と磁気秩序の相対的安定性の関係等々を評価した。また、LaAlO₃/SrTiO₃超格子で誘電率分布を計算し、界面での非線形項の増強を確認した。さらに、RNiO₃ (R=Y, ランタノイド) の相制御に関わる知見を得るため、YNiO₃・NdNiO₃・LaNiO₃の磁気秩序の安定性を調べ、既存の実験・計算結果と矛盾のない結果を得た。電子相関の効果についても調べた。Pt/TiO₂/Pt 素子においては、整流特性を不揮発に変化可能であることを実証した。また、素子作製プロセス技術開発も併せて実施し、i線ステッパーを用いた素子の集積化を行った。

課題2に関して、当事業前半では、酸化物単結晶基板上に作製したMn酸化物、Ni酸化物の薄膜とAu、Ptなど仕事関数の深い金属との接界面でオーミック接触が得られていることを確認した。電界効果素子の開発に関しては、理論計算結果を援用して目標達成に向けた材料開発を行った。その結果に基づき、室温動作を期待できるペロブスカイト型Ni酸化物をチャンネルに用いることを目指して、薄膜作製条件の最適化と、輸送特性のキャリア濃度依存性を評価した。さらに、電界効果により高濃度のキャリア蓄積が可能なイオン液体を用いた電気二重層電界効果素子を作製し、ゲート電圧印加による電子相転移の制御に成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】機能性酸化物、界面相転移、第一原理計算、スイッチ素子、極微細加工

【研究題目】エピタキシャル相変化材料の合成と時間分解構造解析

【研究代表者】Fons Paul

(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】Fons Paul、Alexander Kolobov

(職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究は相変化メモリ材料のエピタキシャル結晶成長膜について、様々な光学特性に関する実験データを取得して三次元的な物性を理解し、応用目的に即した最適材料特性を導き出すことを目的とした。このために、日本、米国、ドイツの3カ国に亘る共同研究を行った。

本年度は主に3つの課題を実施した。第一に相変化材料Ge₂Sb₂Te₅ (GST) のエピタキシャル成長の最適化と物性評価を進めた。評価はGaSb (100) 基板上に成長させたGSTの構造解析とX線吸収分析を進め、歪みを観察した。GSTのエピタキシャル薄膜面内に歪みが発

生し、点欠陥と表面荒さが増加することが分かった。そのため、欠陥を少なくするための解決策として (111) 面 GaSb 基板上への成長技術を開発した。この新しい成長プロセスにより平坦な表面を得ることに成功した。また、結晶性をさらに良くするため、格子不整合がもともと少ない InAs (111) 基板への成長実験にも成功した。技術的に重要である Si (111) 基板上の $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ (GST) のエピタキシャル成長も実現した。

第二の課題は、エピタキシャル成長させた GST 薄膜をフェムト秒レーザー励起によって結晶とアモルファスの間でスイッチングさせる技術を開発することである。このスイッチング特性を実現するため、最初にアメリカのアルゴンヌ国立研究所の共通大型放射光設備 (Advanced Photon Source) にあるフェムト秒レーザーポンプ・X線プローブ実験装置で評価を進めた。この実験により、フェムト秒レーザーによる GST 薄膜のスイッチング条件を決定することができた。この実験結果をもとに、ドイツでフェムト秒レーザー (Coherent Legend Elite) を使って大面積のエピタキシャル成長 GST サンプルでの結晶-アモルファスのスイッチングに成功した。世界で初めてフェムト秒レーザー光によりエピタキシャル薄膜のアモルファス/エピタキシャル可逆的スイッチングが可能であることを示した。

第三には超格子の成長を行った。日本側では超格子素子を用いて、多結晶 GST 電気/光メモリ素子よりスイッチングスピードが大幅に早く、消費エネルギーを9割減らすことに成功した。ドイツ側では日本側が開発した超格子構造に基づいて MBE を利用して単結晶超格子構造を作製し、基本物理を調べた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】材料基礎特性、相変化メモリ、フェムト秒レーザー励起

【研究題目】高性能薄膜トランジスタおよびそれを用いた不揮発メモリ

【研究代表者】金山 敏彦
(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】金山 敏彦、内田 紀行
(常勤職員2名)

【研究内容】

本研究は、台湾 交通大学との共同研究に基づき、産総研で開発された新材料である、遷移金属を配列した非晶質シリコン薄膜が、特性の優れた非晶質半導体であることを利用して、高性能の薄膜トランジスタおよび不揮発メモリを実現することを目的とする。具体的には、産総研が上記薄膜の堆積方法の改良と膜質の改善を行い、台湾側がその材料を用いてトランジスタとメモリの試作と特性評価を行う。平成22年度は、薄膜トランジスタ (TFT) 試作用の遷移金属内包シリコンクラスター膜 (M@Si_n 膜) を作製する目的で、装置改造と成膜プロセ

スの最適化を行った。これまで、 M@Si_n 膜は、モノシラン (SiH_4) ガス中で遷移金属や遷移金属シリサイドターゲットをレーザーアブレーションすることで気相合成した M@Si_n を、ターゲットの対向位置にある固体基板に堆積することで作製してきた。ターゲットと固体基板が対向することで、ターゲットから発生するマイクロメーターサイズのパーティクルが M@Si_n 膜上に付着し、TFT の試作に影響がある。そこで、付着するゴミの量を低減するために、堆積基板をターゲット対向位置からその背面に移動する改良を行った。M 原子と SiH_4 分子との反応で形成された M@Si_n は、廻り込む形で固体基板上に堆積できるため、ターゲットから直進するゴミを堆積することなく M@Si_n 膜を形成することができた。さらに、 SiH_4 ガス流量や堆積基板温度の最適化を行い、Mo を用いた Mo@Si_n ($n=10-12$) 膜を作製するプロセスを確立し、石英基板上に Mo@Si_n 膜を堆積した試料を台湾チームに送付し、TFT の試作を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】半導体薄膜、薄膜トランジスタ、遷移金属シリサイド

【研究題目】グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発

【研究代表者】横山 直樹
(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】横山 直樹、金山 敏彦、手塚 勉、入沢 寿史、小田 穰、黒澤 悦男、太田 裕之、田邊 顕人、右田 真司、森田 行則、水林 亘、安田 哲二、宮田 典幸、森 貴洋、多田 哲也、前田 辰郎、内田 紀行、西澤 正泰、福田 浩一、昌原 明植、遠藤 和彦、松川 貴、柳永 勲、大内 真一、坂本 邦博、木曾 修、糸賀 賢郎、野尻 真士、畠 賢治、二葉 ドン、山田 健郎、桜井 俊介、小橋 和文、山田 真保、蓬田 美樹、中村 紘子、鎌田 文典、佐藤 信太郎、原田 直樹、近藤 大雄、伊藤 正勝、林 賢二郎、山田 綾香、中払 周、八木 克典、二瓶 瑞久、川端 章夫、佐藤 元伸、中野 美尚、高橋 慎、新谷 俊通、富永 淳二、Paul Fons、Alexander Kolobov、Jan Hinnerk Richter、小高 貴浩、森川 貴博 (常勤職員45名、他12名)

【研究内容】

LSI およびエレクトロニクス機器の消費電力を従来技術比で1/10-1/100に低減することを目標に、「低電圧動作 CMOS」「ナノカーボン材料の開発と応用」「バック

「低電圧動作 CMOS」の技術を5年間（平成21年度から25年度）で開発する。

「低電圧動作 CMOS」では、III-Vチャネルトランジスタの要素プロセス技術開発を行った。ALDで high-kゲート絶縁膜の製膜を開始するとともに、超薄膜・低抵抗な Ni-InGaAs 合金コンタクト層を開発した。新原理動作デバイス候補のトンネル FET (TFET) につき、ソース・ドレインの不純物プロファイルの急峻性が、低電圧動作化の鍵となる事が分かった。新原理構造のインパクトイオン化 MOS (IMOS) を提案し、低電圧特性を得るためのデバイス構造を明らかにした。

「ナノカーボン材料の開発と応用」では、カーボンナノチューブ (CNT) 成長前に触媒塗布した基板への微量の水分曝露で、半導体 CNT の選択的成長が示唆された。単層/数層のグラフェンの安定的形成手法として銅触媒使用がほぼ必須である事、グラフェンの真空アニールが特性向上に役立つ事、自然酸化されたアルミ蒸着膜や酸化シリコン蒸着膜がグラフェンの保護膜と成りえる事が分かった。CNT 縦方向配線を利用した ReRAM を試作して不揮発性スイッチング動作を確認した。

「バックエンドデバイス」では、第一原理計算で二種類の新規相変化材料を発見し、従来の材料に比べ1/10以下の動作電流を確認した。相変化材料の CVD を行うために、気相状態の原料のダイマー・ラジカル生成の可能性まで考慮し、各反応のエネルギレベルを算出した。新材料向けシステムの検討では、印加電圧パルス制御による高速化・多値化の可能性を見出した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】CMOS、ナノカーボン、バックエンドデバイス、TFET、IMOS、CNT、グラフェン、相変化

【研究題目】戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）「虐待などの意図的傷害予防のための情報収集技術及び活用技術」

【研究代表者】山中 龍宏（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】山中 龍宏、西田 佳史、本村 陽一、北村 光司、井上 美喜子、高野 太刀雄（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

本課題の目的は、「犯罪」を子どもの健康被害と位置づけ、個人の個別的問題ではなく、科学技術および社会システムの問題としてとらえ、子どもが受ける意図的な傷害行為 (intentional injury) を予防するための科学的なアプローチを実施することにある。具体的には、従来、子どもと接する各種の専門家に、客観的に判断し介入可能にするための、現場で利用できるデータや技術を提供し、現場での負担の軽減に寄与する。そのために、医療機関を中心に情報を収集・解析し、現場で使用でき

る形に加工し、また、社会実装のツールを開発し、その検証を行う。

事故による傷害と虐待による傷害のデータベース構築に関して、平成22年度は、昨年度から継続して、虐待診断技術の開発に不可欠な病院における意図的傷害事例のデータ収集を進めたい。平成22年度は、産業技術総合研究所に対して、国立成育医療研究センターからは虐待の相談依頼のあった症例数502件、大阪児童相談所からは虐待が疑われる事例81件、大阪医療センターからは受傷機転が明確な事例30件、長崎大学のグループからは169件の歯科外傷のデータの提供がなされ、データベース化を行った。また、千葉大学において、7件（うち6件が子供）の解剖時測定によって、骨の形状、硬度などを測定し、受傷に要する外力の大きさ等の分析を行うためにデータベース化を行った。

傷害の生体力学シミュレーション技術と鑑定支援ソフトウェア（物理的虐待診断技術）の開発に関しては、警察から提供されたデータと、大阪医療センターからは受傷機転が明確な事例30件を用いて、最も多発する頭部外傷の一つである乳児の急性硬膜下血腫のメカニズム解明と診断技術の開発を行った。本研究で開発した技術を適用し、警察に対して力学的鑑定協力を行った。うち1件は裁判所に証拠採用され、証人として証言した。この鑑定では、乳児の頭蓋内脳挙動を可視化できるダミーの開発を行い、開発したダミーを用いた実験で揺さぶり外力のみでも脳一頭蓋骨間に顕著な相対運動が生じ、その結果として架橋静脈破断による急性硬膜下血腫の発生の可能性を分析する技術を提供した。また、乳幼児揺さぶられ症候群で多くみられる眼底出血のシミュレーションの基礎技術として、眼球とその周囲を模した有限要素力学モデルを作成し、硝子体が眼底の組織におよぼし得る力学的作用と眼底出血との関連を解析した。また、窒息の再現シミュレーションに関しては、子ども（4歳11ヶ月男児）のCT画像をもとに、計算機モデルを作成した。

因果構造分析にもとづく傷害診断支援ソフトウェア（統計的虐待診断技術）の開発に関しては、これまで収集した傷害のデータを用いて、傷害部位、傷害状況、子どもの属性情報を入力することで、不慮の事故からの逸脱度を計算できる統計的虐待診断技術を開発し、メディアや国内の学会で発表を行った。

社会実装のための現場での実践・普及に関して以下の取り組みを行った。物理的虐待診断技術に関しては、警察への鑑定協力実績を蓄積した。これまでに累計7件の協力実績を蓄積し、今年度は、上述したように裁判所において証拠採用された事例もあった。また、警察への鑑定協力を促進するためのホームページを作成した。

統計的診断のためのアセスメントシートに関しては、平成21年度に引き続き、大阪市のグループとの連携し、大阪市のグループで作成している虐待アセスメントシートの作成と分析に技術協力し、医療機関で利用可能なア

セスメントシートを作成した。また、統計的虐待診断技術を、保育園や学校関係者へ周知し、その現場活用を促すためのホームページを作成した。プロジェクトの情報発信に関しては、2010年の7月と12月に当グループの主要メンバーの成果を発表するシンポジウムを開催し、各々100名程度の聴衆に対して講演を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】デジタルヒューマン、傷害データベース、統計数理、データマイニング、虐待対策、傷害予防、傷害サーベイランス技術、インパクトバイオメカニクス（生体衝突工学）

【研究題目】戦略的創造研究推進事業(CREST)

「事故予防のための日常行動センシングおよび計算論の基盤技術」

【研究代表者】西田 佳史（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】西田 佳史、山中 龍宏、本村 陽一、堀 俊夫、北村 光司、掛札 逸美、San Min Yoon、金 一雄（常勤職員4名、他4名）

【研究内容】

本研究の目的は、子どもの事故予防を目的に、①ユビキタスセンシングを用いた全空間的行動センシング技術と、インターネット型センシングを用いた事故現象センシング技術、②これらのセンシング技術によって収集された大規模な行動蓄積データに基づいてデータ駆動型モデルを構築する乳幼児行動モデリング技術、③構築した乳幼児行動の計算モデルを有用な社会応用サービスと連携させる技術を確認することにある。また、これらの技術を、要素技術としてだけでなく、次に述べる社会システム技術として、乳幼児の事故予防分野に応用し、実際的な成果をあげつつ、事故予防のためのセンシング技術および計算論の検証を行なう。

本プロジェクトでは、①一般家庭での事故予防のための実時間見守りセンシングサービス、②製造物の設計者向けの事故情報提示や人工物の危険部位提示サービス、③WEB等を利用した保護者向けの事故予防情報収集・提示サービスといった3つの社会応用シナリオ（社会応用システム）を想定し、各々の実装と検証を進める。平成21年度は、各要素技術の高度化だけでなく、3つの社会応用シナリオ実現に向けた社会応用サービスの具体化と、人間行動の計算論構築技術の開発を重点化して進める。平成22年度に得られた成果は、以下のとおりである。

1. 公園・保育園での子どもの行動センシングに基づく見守りサービスの研究

平成21年度までに開発してきたリスクアセスメントのための乳幼児生活行動シミュレータ技術と、大規模傷害データベースの応用例として、公園での子どもの

行動センシングに基づく見守りサービスを開発し、検証した。具体的には、生体シミュレーション（全身マルチボディモデル、頭部有限要素モデル）、身体地図機能を有する傷害サーベイランスに基づく傷害状況モデルと、製品の使われ方の画像データを画像解析することで日常行動のモデルを作成する機能とを統合することで、その環境で起こり得る危険を予測する技術を開発した。この技術は、ある事故や傷害に関して、病院を定点としてグローバルに集められた大規模データ（全体的・集合的な特徴を捉えたデータ）と、公園や学校などある特定の場所において物理的なセンサを用いた行動データ（ローカルで収集されたある環境の特徴を捉えた個別性の高いデータ）とを、数理・物理シミュレーション技術を用いて融合させ、グローバル現象とローカル現象までの階層的な構造全体を説明するモデルを構築したり、ローカルな操作変数を用いてグローバル現象を可制御化したり、グローバルな現象に基づく知見をある環境に適合（ローカライズ）させたりする技術へとつながる技術である。北九州市と協力して、一般の公園にカメラを設置し、開発したシステムの検証をおこなった。また、人体の3次元モデル、Suggestive contour法、Diffusion tensor fields法、Histogram of Gradientなどの画像処理を組み合わせた公園内の人物検出アルゴリズムを開発し、一方、あらかじめ事故データベースから作成した傷害発生状況モデルを使ってあらかじめ危険状況のリストを作成しておき、危険状況に合致する行動を検出し、その頻度分析する機能を実現した。

2. 製造物の設計者向けのリスクアセスメント支援サービスの研究

平成21年度までに開発してきた大規模傷害データベース、製品正規化コード体系、身体地図機能を有する事故サーベイランスによるWEBサービス技術、確率的因果構造モデリング技術の応用例として、製造物の設計者向けのリスクアセスメント支援サービスを開発する。製品安全のための新しいリスクアセスメント法として、事故情報や日常の使われ方データに基づくエビデンスベースド・リスクアセスメントを支援するサービスを開発した。具体的には、収集された4,238件の子どもの傷害データ、特に事故の状況が記された自由記述文に対してテキストマイニングを行った。より質の高い結果を得るため、自由記述の表記ゆれに対応する辞書（2,389語の「製品の種類」に対応する辞書・697語の「行動の種類」に対応する辞書）を構築した上でテキストマイニングを行った。傷害データにテキストマイニング技術を用いて、特に製品に対する動詞の係り受け関係を分析することによって、事故が起きた際にどのような製品に対してどのような行動がとられたのかという、製品・行動・事故の関係に関する知識が抽出可能となる。次に、傷害データのテキス

トマイニングによって得られた製品・行動・事故の関係性に関する知識を製品設計者等にも利用可能にするため、この解析結果に基づく検索システムを開発した。本検索システムでは、先述の事故発生時の製品と行動の係り受け関係データの他に、その事故の対象となった子どもの性別と年齢（0歳から19歳）、またその事故の種類（その他を含む全27種）の情報を加え、収集された全4,238件の子どもの傷害データに対してこれらの情報が検索可能である。なお検索対象となる製品と行動は、行動との係り受け関係が2件以上存在する205種類の製品と、それらの製品に対しての係り受け関係が2件以上存在する256種類の行動である。さらに製品に関しては、製品の種類名だけを検索項目にしまうと、メーカの設計製品が該当しない場合が考えられるため、その製品が持つ特徴（全75種類）でも記述し、製品特徴から起こり得る行動や事故を検索可能にした。

3. 学校環境でのリスクコミュニケーション技術

学校環境では、年間に120万件以上（保育所・幼稚園から高校）もの事故（5000円以上の治療が必要だった傷害）が発生しており、事故予防の強いニーズが存在する。一方、先生・生徒が毎年流入、流出するために、危険や事故データは活用されることなく消失する危険が高いという問題点がある。この問題点を解決するには、先生、保護者、生徒の間で事故情報を共有したり、安全学習に取り入れられるようにするリスクコミュニケーションのツールが必要である。そこで、本課題では、医療機関向けに開発してきた傷害サーベイランス技術を、一般の保育園や小学校でも活用できるようにした傷害データ共有システムを開発した。長崎県佐世保市の5か所の市立保育園における導入検証を行った。構築したシステムは、1)事故状況の時空間的記録機能、2)典型的事故パターン分析機能、3)事故状況キーワード及び時空間的検索機能、4)事故状況の個別施設への適合提示機能の4つの機能を有する。具体的には、事故情報を3次元空間上に記録し、典型的事故パターンを分類することで、多様な施設の特徴や目的に適合させて、個別施設で起こり得る事故パターンを提示することが可能である。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] デジタルヒューマン、日常行動理解技術、センサネットワーク、人間行動モデル、統計数理、傷害予防、傷害サーベイランス技術、行動シミュレーション、時空間モデリング技術、リスクアセスメント技術

[研究題目] 戦略的創造研究推進事業(CREST)

「実時間並列ディペンダブル OS とその分散ネットワークの研究」

[研究代表者] 加賀美 聡（デジタルヒューマン工学研究センター）

[研究担当者] 加賀美 聡、松井 俊浩、西脇 光一、Simon Thompson、石綿 陽一、梶田 秀司、金広 文男、安藤 慶昭、尹 祐根（常勤職員8名、他1名）

[研究内容]

ロボットなど多様な環境で運用される組み込みシステムにとって、想定外の使われ方をした場合や、さまざま機能を組み合わせたサービスを行った場合などに発生する仕様外のエラーは避けられない。また使っているうちに仕様が変わってきたり、ハードウェアやソフトウェアのバージョンが改変されることによりエラーが発生する可能性がある。そこでこのようなエラー時にもクリティカルな事故を起こさず、システムのダウンを最小限にし、発生した事故の原因を後から明らかにすると共に、効率的に PDCA のサイクルをまわすという、ディペンダビリティ向上の仕組みが重要となってくる。

本研究ではロボットを主たるターゲットとして、ディペンダビリティ向上の仕組みを持つ OS を開発することを目的とする。組み込みシステムのソフトウェアの特徴として、システムを利用する環境が多様であったり変化することにより、システムへの入力、要求される出力、組み込まれているソフトウェアの構成などが変わることや、ソフトウェアもハードウェアもアップデートが行われること、などが挙げられる。

本研究では、a)～c)の3つのディペンダブル機能を提供する OS を実現することを目的とする。a)カーネルおよびアプリケーションの異常をリアルタイムで検出し、分散ネットワークによりその異常をリアルタイムに伝達する機能、b)システムを安全に停止させる非常機能を保護する機能、c)カーネル、アプリケーション、デバイスドライバの何が悪かったかがログイングにより事後に解析可能な機能。

この目的を実現するために Linux に、1)実時間、2)AMP 機能を実現し、3)カーネルとユーザー空間アプリケーションの監視、非常機能の保護、およびログイング、に関わるコードを AMP 機能を利用して独立に実時間で実行する機能を開発した。

本年度は、ART-Linux の開発を継続し、Linux 2.6.24～2.6.34に対応する実時間機能、AMP 機能、実時間通信機能を持つ OS を開発した。本 OS は他の Linux ベースの実時間 OS よりも数倍から数十倍、実時間処理のジッターが少ないという特徴がある。

開発した OS を Sourceforge より一般公開し、これまでに約六千件のダウンロードがあった。開発した OS をヒューマノイドロボット HRP2、HRP3、HRP4や移動ロボット Pen2、Segway RMPなどで利用し、実証実験を行った。また開発した OS を搭載した組み込み用ボードが GRX から販売されている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】ロボット、ディペンダビリティ、実時間OS、ヒューマノイド、サービスロボット

【研究題目】シミュレーションコードのグリッド化
 【研究代表者】田中 良夫（情報技術研究部門）
 【研究担当者】田中 良夫、谷村 勇輔
 （常勤職員2名）

【研究内容】
 グリッド上で大規模アプリケーションを長時間実行するためには、動的に変わる資源の利用可能性や障害に対してアプリケーションの実行を動的に対応させるフレームワークの確立が必要である。本研究においては、本プロジェクトの参画機関である名工大グループにより開発された材料シミュレーションのナノスケール用およびマイクロ・メゾスケール用ハイブリッドコードのグリッド化を行ない、複数の高性能計算機が高速ネットワークで接続されたグリッド環境上で大規模ハイブリッドシミュレーションを長時間実行するための技術開発を行う。

平成22年度は、グリッド上の非均質な計算環境で効率よく実行する高性能計算技術として、近年急速に注目されている GPGPU（General Purpose Graphical Processing Unit）を利用した Coarse-Grained Particle（粗視化粒子、CGP）法の高速化に関する研究を行なった。具体的には、名工大グループが開発し、Fortranで記述された CGP-MD のハイブリッドコードを C 言語に移植し、さらに GPGPU 向けのプログラミング環境 CUDA 上に移植し、性能評価を行なった。GPGPU での高速化の対象となるのは、幅と高さがそれぞれ20のセルの計算であり、複数のセルでの計算を同時に処理することにより、相対的な並列化のオーバーヘッドを抑えて並列化効率を高めた。セルの計算以外の部分は GPU のホスト計算機の CPU 側で実行される。

評価実験により、NVIDIA Tesla C1060を利用することで Fortran で記述されたオリジナル版に比べ約28倍の高速化が確認された。さらに NVIDIA Tesla C2050の場合には、約36倍の高速化が達成された。今後さらに高速化を進めるためには、CPU 側で行なっている I/O 部分の最適化などが有効であると思われる。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】グリッド、GridRPC、GPGPU、連成シミュレーション

【研究題目】音楽デザイン転写・音響信号理解に基づくインタフェース
 【研究代表者】後藤 真孝（情報技術研究部門）
 【研究担当者】後藤 真孝、吉井 和佳、藤原 弘将、栗原 一貴、中野 倫靖、Matthias Mauch

（常勤職員5名、他1名）

【研究内容】
 本研究は、デジタル化された音楽が急増する現代において、それらの音楽が十分に利活用するための解決手段を提供し、一般のエンドユーザーによる新しい音楽の愉しみを創成することを目的としている。このために、音楽音響信号の分析理解技術によって既存の音楽のデザインを推定し、それを音楽制作や鑑賞に活用するための具体的な音インタフェースを考案し、ユーザーが実際に操作可能なインタフェースシステムとして実現する。

本プロジェクトの6年目（最終年度）である平成22年度は、平成21年度に引き続きプロジェクトの重点課題に挙げられている「歌唱デザイン」に関する研究に注力し、音楽において重要な要素である歌声、歌詞に着目した「歌声情報処理」に関する研究開発を様々な角度から進めた。その具体的な成果として、音楽制作における歌声の合成を支援するために、ユーザー歌唱の音高と音量だけでなく声色変化も真似る歌声合成パラメータを自動推定するシステム「VocaListener2」等を開発した。基礎研究としては、楽曲の混合音中の歌声の声質変換手法、階層ノンパラメトリックベイズモデルに基づく多重音解析手法の検討も進めた。また、他の重要な研究課題として、音楽家でないエンドユーザーが音楽をより一層楽しめる「能動的音楽鑑賞インタフェース」、「音楽理解力拡張インタフェース」に関する研究成果をまとめ、この我々の独自の研究アプローチの重要性と主要な成果に対する対外的認知度を学会の基調講演等によって高めた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】音楽情報処理、音響信号理解、音楽インタフェース

【研究題目】低消費電力を削減するグリッドデータセンター運用管理システムの研究
 【研究代表者】伊藤 智
 【研究担当者】伊藤 智、関口 智嗣、中田 秀基、竹房 あつ子、小川 宏高、広渕 崇宏
 （常勤職員6名）

【研究内容】
 データセンターにおける電力消費量の増大が大きな問題となっており、サーバのプロセッサが遊んでいたり、空調が効きすぎているなど、データセンターに潜む無駄を排除することで消費電力を削減する技術開発を行う。本研究は NEC との連携プロジェクトであり、産総研超低消費電力ユビキタスセンサ端末を産総研集積マイクロシステム研究センターが開発し、それを活用した社会実験と将来の電力需要予測を行う。NEC がデータセンターの設備的な観点から省電力化を進め、産総研情報技術研究部門が運用の観点から省電力化を進める。当部門では、使用するサーバにはなるべく多くの仕事を与え、使用しないサーバは電源を落とすことで電力消費量を削減

するグリッドデータセンター運用管理システムを開発する。

5年計画の3年目にあたる平成22年度は、昨年度に開発した運用管理システムを本格的に実装した。Web によるサービス提供を全て仮想サーバ上から提供することにし、仮想サーバは物理サーバ上に仮想環境を作って複数ホストする。なるべく少ない物理サーバで運用するが、CPU 負荷が高くなったら、停止していた物理サーバを起動し、いくつかの仮想マシンを移動する。負荷が減少したら、仮想マシンを集約して、不要となった物理サーバを停止する。サーバの電源を落とすにあたっては、ACPI の S3スリープモードを使うことにより、シャットダウンおよび起動を数秒で実施した。また、仮想マシンの移動には、我々が開発してきた高速マイグレーションを用いることで、迅速な仮想マシンの集約を可能とし、より柔軟な電力量管理が可能な運用管理システムを開発した。

省エネ運用シナリオを実践していくにあたり、電源のON/OFF を繰り返すことが、マシンの故障を誘発する可能性がある。そこで、破棄することが予定されているマシンを用いて、高負荷を与えた場合のマシンの故障率を評価する実験を実施した。2004年度に導入した AIST スーパークラスタの一部を活用し、電源に電流センサを、ラックのフロントとリアに温度センサを設置した。電源ON/OFF を繰り返す回数が多いと、故障を起こす確率が増えることを示すデータが得られたが、ON/OFF の回数を管理・制限することにより、故障発生率の増加を抑制することが可能であるとの見通しを得た。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】省エネ、データセンター、仮想化技術

【研究題目】3次元映像の解析

【研究代表者】依田 育士

【研究担当者】依田 育士、大西 正輝、黒嶋 智美、浅野 由紀子、楊 智喬、下寄 ゆり、宇佐美 敦志、高橋 勇佑、石崎 琢弥、若山 慎弥、福田 卓也、奥村 恒介、森田 華子（常勤職員2名、他11名）

【研究内容】

本研究は、患者のQOL（Quality of life）を向上させることを目的とし、救急車による搬入前の病院前治療から始まる救命救急を対象として、医療を医療従事者だけでなく一般市民も主体として取り込んだ「共有する医療」として実現することを目標に4年計画で研究を進めている。救命処置を要する患者は意識不明のことも多く、時間的制約から通常の「説明と同意」は例外視されてきた。医療を情報共有に基づく当事者間の納得を目指すプロセスとして、これを「共有する医療」と表現する。この病院内外を含む救急診療の過程において、医療者同士、医療者と患者・その家族の間、消防庁など外部機関との

間に起こる人の位置的關係とその会話を情報工学と社会学によって解析し、さらに説明と同意に役立てることを目的とする。そのために本研究は、医学・工学・社会学の異分野の研究機関が参画する共同研究として実施され、実施場所である東京医科大学、医療行為の3次元解析を行う産業技術総合研究所、さらに医療建築の研究を分担する工学院大学が連携して行う。

産業技術総合研究所が担当する3次元映像情報技術の研究は、救命救急センター内の初療室（ER）における救命活動時の医療者などの動線（移動軌跡）を主な対象とした、「動きの自動的な記録」に関する研究を、3次元ビジョン技術により実施する。これによって得られる動線情報と、社会学者による会話分析を組み合わせることにより、ER 内におけるチーム医療行為に関して様々な観点から解析を行う。この解析結果をもとに、診療チームの検討、研修医教育、診療の標準化の基本資料の作成を行う。これと同時に、患者とその家族に対して、画像情報を利用した説明方法に関する検討を進める。

4年計画の1年半～2年半に相当する平成22年度においては、ER 内においてステレオカメラを用いて取得した医療者等の動線と会話を融合させた分析を実現する本格的な解析ソフトウェアシステムを完成させた。この解析システムにより ER 内の治療から家族への説明まで、さらに次世代の ER 設計までを視野に入れた本格的な評価体制を確立した。また、ER 内の実際の動線から患者家族への看取りのシーンを多視点で再現するとともに、医師一家族間相互行為の分析から、構造的な仕組みによって死亡確認の場における家族参加が促されていることを明らかにした。さらに、東京医科大学病院と工学院大学が共同で取り組んでいる多数傷病者救助訓練において、大規模災害時等のトリアージ必要空間の解析をユビキタスステレオビジョンによって継続して実施した。災害医療現場における傷病者の治療優先順位を決定するトリアージ時の医療者の動き方や必要面積を取得可能とする手法の開発を継続して行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】チーム医療の解析、ステレオビジョン、救命救急、トリアージの解析、画像処理

【研究題目】安全と利便性を両立した空間見守りシステムアーキテクチャ

【研究代表者】車谷 浩一

【研究担当者】車谷 浩一、幸島 明男、河本 満、麻生 英樹、池田 剛、山本 晃、石橋 睦美、斉藤 美行（常勤職員4名、他4名）

【研究内容】

街角や展示会場のような公共空間においては、不慣れた場所での道案内や緊急時の避難誘導手段等の整備が生活の安全と利便性を向上する上で必要である。日常的に

活用される情報通信インフラストラクチャー上で環境や人の運動・身体状態のセンシングデータを取得し、総合的に解析することで、生活の安全・安心感を提供するような情報サービスシステムの実現を、本研究開発の目標とする。

具体的な対象空間としては、ショッピングモール・展示会場・美術館・街角のような公共空間を想定する。空間内の環境センシングや携帯デバイスによる人の運動・身体状態のモニタリングを行い、1) センサ情報の統合的解析結果を用いて屋内空間におけるユーザの位置・移動軌跡を推定し、通常時・緊急時の道案内・誘導・緊急情報の伝達を行う「屋内自律型ナビゲーションシステム」、2) 小型・軽量のモバイル生体センサを用いて、遠隔地からユーザの身体状態を見守れる「モバイル生体センシングシステム」の実現を目指す。本研究は、北海道大学との共同研究で、産業技術総合研究所は屋内自律型測位ならびにナビゲーションシステム、モバイル生体センシングシステムを担当し、北海道大学は環境側におけるユーザの位置推定システムを担当する。

平成22年度は6年計画の最終年度に当たり、1) に関しては、屋内空間におけるユーザ位置・軌跡の測位や環境の状態を計測するセンサネットワークを構成するために、無線センサネットワークの通信方式である IEEE 802.15.4 を用いた低消費電力のセンサーネットワークデバイスと、その上で動作する測位とセンサ情報の伝送を同時に実現するセンサネットワーク通信プロトコル、ならびに1～数 m の精度で測位が可能な屋内自律型測位システムを実現した。それを用いて、屋内空間において緊急事態の発生とその種類を無線センサネットワークで伝達し、ユーザの避難誘導を行うナビゲーションシステムを開発し、その動作を実サイトで検証した。これと並行して、2) に関して、携帯情報端末上で動作する、人の姿勢・動作を推定可能なモバイル生体センシングシステムを開発した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】無線センサネットワーク、測位、屋内ナビゲーション、空間見守り、生体見守り、マイクロフォンアレー

【研究題目】新世代ネットワークサービス基盤構築技術に関する研究開発 課題イ ネットワーク広域制御を利用するアプリケーションのためのフレームワーク技術

【研究代表者】中田 秀基 (情報技術研究部門)

【研究担当者】中田 秀基、工藤 知宏、竹房 あつ子、高野 了成 (常勤職員4名)

【研究内容】

ネットワークの高速化が進み、複数の拠点に分散した計算資源を連携させた利用が将来一般的になると期待されている。しかしアプリケーションによっては拠点間の

ネットワーク帯域の確保が必要な場合がある。オンデマンドに確保したネットワーク上でアプリケーションを動かすための環境の構築を目指す。本研究は KDDI 研究所と共同で受託しており、KDDI 研究所が高度なネットワーク予約機構の開発を行い、産総研がアプリケーション実行環境フレームワークの構築を行った。

アプリケーション実行環境フレームワークは、ごく普通のクラスタ環境で実行することを前提とした広域分散ユーザアプリケーションをプログラムを変更することなく計算機と光パスネットワークを同時に事前予約・確保する広域分散環境上で、実行可能にするものである。

本プロジェクトは平成20年度から22年度までの3年計画であった。平成20年度に設計を行い、平成21年度に実装を行い、平成22年度には実装を用いた実証実験を行った。

本フレームワークは、ネットワーク、計算資源を予約ベースで動的に確保し、その上でアプリケーションを実行する。アプリケーションの実行に先立ち、各ノード上で起動するアプリケーションプロセスの実行環境を、あらかじめ整備する。このために、計算機上でユーザプロセスを直接起動せず、パイロットジョブと呼ぶ、環境設定と、アプリケーション本体の実行を司るジョブを起動する。パイロットジョブは、仮想 OS やユニファイドファイルシステムを利用して、実行環境を整え、その中でユーザアプリケーションのプロセスを起動する。また、実行時に動的に定まるネットワークアドレスなどの情報やノード間通信に必要な暗号キーの交換なども、パイロットジョブが請け負う。

平成22年度には、われわれが別途課題エで開発したネットワークと計算機を同時に確保するシステムに、本フレームワークを統合し、資源予約、アプリケーション実行環境の動的構築、アプリケーションの実行までを、一気に実行するシステムを構築し、実証実験を行った。その結果、比較的短時間で仮想的なアプリケーション実行環境が構築できることを確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】グリッド、スケジューリング、事前予約、光パスネットワーク

【研究題目】ダイナミックネットワーク技術の研究開発 課題エ 大規模資源の管理・制御に関する研究

【研究代表者】田中 良夫

【研究担当者】田中 良夫、小島 功、工藤 知宏、児玉 祐悦、中田 秀基、竹房 あつ子、高野 了成 (常勤職員7名)

【研究内容】

高品位映像サービスや大規模科学技術計算など、ネットワーク、計算機、ストレージなど複数の資源を動的に組み合わせて利用することを期待する分散アプリケーション

ョンは多岐にわたるが、そのための技術が確立されておらず、実用には至っていない。本研究では、大量のネットワーク資源、ストレージ資源ならびに計算機資源を、管理組織の境界を超えて仮想化して提供する、スケーラブルな仮想インフラストラクチャー構築技術の研究開発を行う。具体的には、①複数の組織から提供される多数の資源の情報を管理する高機能分散資源レジストリ、②複数の管理組織にまたがって資源のモニタリングを行う分散モニタリングシステム、③複数の組織により提供される資源を束ねて仮想インフラストラクチャーとして提供し、資源の負荷状況に応じてその構成を動的に変更可能にする資源管理システム、の3つの要素技術の研究開発を行う。

上記3つの要素技術を開発し、それらを連携させて仮想インフラストラクチャーを構築する実証実験により、①10以上の複数管理組織から提供される10,000以上の資源の自動的な確保が実現可能である事、②負荷変動に対応した仮想インフラストラクチャーの形態の1システム単位時間（10分間）以内での変更が可能であること、③障害発生時にサービスを再構成し、復旧させる機能が実現されていること、を確認した。また、課題間連携を実現するインタフェースを実装し、その動作を実証実験により確認した。新世代ネットワークサービス基盤構築技術に関する研究課題の課題イと連携して、仮想インフラストラクチャー上でのアプリケーション実行およびモニタリングの実証実験に世界で初めて成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】グリッド、ダイナミックネットワーク、仮想インフラストラクチャー

【研究題目】新世代ネットワークサービス基盤構築技術に関する研究開発 課題ア ネットワークユーザを支援する計測技術～ネットワーク『見える化』の実現に向けて～

【研究代表者】小林 克志（情報技術研究部門）

【研究担当者】小林 克志（常勤職員1名）

【研究内容】

効率的なインターネットアプリケーションの実現には、通信経路の状況（回線容量、誤り率、位置情報など）の把握と、それに応じたアプリケーション端末側の最適な対応が不可欠である。一方、インターネットでは通信経路の状況を端末側に提供する枠組みは存在せず、端末は通信経路の状態を推定、これに基づいて自身の振る舞いを決定してきた。回線の広帯域化と無線の普及によるネットワーク基盤の多様化は、通信経路の状態の推定を一層困難としている。コンテンツ配信ではトラフィックの地理的な局所化による効率化が見込まれる一方で、通信経路の位置情報取得の困難さがこれを阻んでいる。これらの問題を解決するため、本研究では、通信経路の状況を端末側に提供する枠組み『ネットワークの見える

化』の実現に必要な技術開発をおこなった。

本研究の『見える化』は、送受信をおこなう端末および、通信経路上のルータの協業によって実現される。一方の端末は情報要求を送信データに重畳して送信、ルータは要求に基づいて自身の状況を通過データに上書き、もう一方の端末がこのデータを受信し、経路上の情報を得る。さらに、上述した基盤技術の実装に加えて、アプリケーションが内部情報を活用するための機構、サービス提供者、利用者の意向に沿った『見える化』の枠組みの技術開発をおこなった。

本研究は20年度から22年度までの3年間早稲田大学と共同で実施、産総研は『見える化』方式およびアプリケーションインタフェース（API）を、早稲田大学は『見える化』アプリケーションを分担した。20年度は、『見える化』基盤機能の実装、21年度はそれをアプリケーションが利用するためのAPIおよび、JGN2+への展開をおこなった。22年度は、『見える化』の恩恵がもっとも大きい携帯端末OS（Android）への実装および、それらをオープンソースとして配布を開始した。また、本研究の一環として、NICT-NSFが実施した日米将来ネットワークマッチング資金提供を受けて米国カーネギーメロン大学（CMU）との協業を実施し、CMUが提案する将来ネットワーク方式上で『見える化』スタックの活用を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】インターネット計測、クロスレイヤ

【研究題目】広域的情報共有と応援体制の確立（C）
情報システム連携の枠組み構築

【研究代表者】野田 五十樹（情報技術研究部門）

【研究担当者】野田 五十樹、下羅 弘樹
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究は、首都直下地震の減災に貢献すべく、首都圏内外の防災関係機関や企業などの数多くの組織による広域連携を円滑に行う枠組みの構築を目指しており、産総研はこの中で、事前、準備、対応、復旧・復興過程に対応できる情報共有プラットフォームを構築し、広域連携による応援体制を構築し、広域的危機管理・減災対策を検証することを目的としている。

5年計画の4年目である平成22年度は、前年度までに拡充してきた減災情報共有データベースとの連携をもとに、2010年12月の静岡県立総合病院での実証デモに参画し、DaRuMaによる広域連携の機能の確認を行った。デモにおいては、事前に山梨大学で行ったトリアージ訓練の結果を利用し、それを同時刻の災害と仮定して、広域連携を意識した訓練を支援した。また、川崎市や横浜市などの災害情報システムの現状を調査し、情報共有に必要な機能および運用方法の可能性を調査し、ガイドライン策定の基礎資料を作成した。さらには、平成23年3月11

日に発生した東日本大震災においては、これまで構築してきた情報共有の枠組みを活用し、通行実績情報およびそれに関連する交通情報を統合して表示するサービス（通れたマップサービス）を提供してきている。今後はこれらのシステム連携を円滑にするガイドラインを策定する。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】災害救助、情報共有システム、データベース

【研究題目】ULP ユビキタスセンサの開発

【研究代表者】前田 龍太郎

（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】前田 龍太郎、高橋 正春、伊藤 寿浩、
廣島 洋、松本 壮平、銘苺 春隆、
松本 純一、張 毅、松本 光崇、
藤本 淳（常勤職員9名、他1名）

【研究内容】

IT 機器の消費電力を無給電・非接触で測定する平均消費電力 $1\mu\text{W}$ レベルの無線センサ端末およびネットワークシステムを開発するため、次の研究項目を実施する。

- 1) 高効率超小型コイル開発
- 2) 超低消費電力専用回路開発
- 3) 超低消費電力無線センサ端末の開発
- 4) ネットワーク測定システムの開発
- 5) 社会実証実験の実験計画

平成21年度開発した高効率超小型コイル作製専用パターンニング装置を用い、高透磁率のパーマロイ芯材をエポキシ樹脂で被覆した表面に、銅メッキ微小コイル構造作製プロセスを開発し、コイル線幅約 $30\mu\text{m}$ 、コイル高さ $5\mu\text{m}$ 、ピッチ $40\mu\text{m}$ 、内径約 $630\mu\text{m}$ 、コイル長さ 8mm 、両端電極部 2mm 、コイル巻き数200の銅メッキ微小コイルを作製することができた。

また、平成21年度の電磁界シミュレーションを用いた高効率超小型コイルの設計結果に基づいて、電流検出部のプロトタイプ的设计、試作および誘導電圧の測定を行った。試作したデバイスでは、コイルの保持、検出感度、検出部の強度、使用便利性・安全性などを考慮した結果、検出部はコンセントの端部に入れ、コイルはその保持のため検出部の中央にコイルを位置させることにした。誘導電圧測定によって試作デバイスを評価した結果、誘導電圧は消費電力測定に利用できるレベルであり、開発した銅メッキ微小コイルを検出部に利用することで、高精度の測定が可能であることがわかった。

さらに、小型クランプ型コイルを用いたプロトタイプ無線電流センサ端末の改良を行って、10秒に1回の測定・データ送信で平均消費電力 $10\mu\text{W}$ が可能な端末を実現するとともに、携帯情報端末からもアクセス可能なネットワーク測定システムの試作を行った。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】マイクロコイル、ユビキタスセンサ端末、MEMS、センサネットワーク

【研究題目】超高速ナノインプリントリソグラフィー高スループット

【研究代表者】廣島 洋

（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】廣島 洋、高木 秀樹、銘苺 春隆、
尹 成圓、王 清、鈴木 健太
（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

超高速ナノインプリントリソグラフィー高スループットの研究においては、凝縮性ガスを利用したモールドへの樹脂の完全充填効果を検証し、スケーリングにより 20nm レベルでも有効に機能することを確認する。また、容積均一化モールドの充填に影響を与える因子を抽出し、モールド構造の最適化の指針を得る。ナノインプリントリソグラフィの高スループット化のボトルネックであるモールドへの樹脂充填時間を最小化するためのモールド構造を作製し、スループット100枚/時を実現する上で必要となる 0.1 秒以下の樹脂充填を実現し、モールド全域の充填が 20nm レベルにおいても完了可能であることを実証する。

インプリントされた残膜厚からペンタフルオロプロパン（PFPP）使用時の光硬化樹脂の粘度の低下が予見されていたが、開発したスピコート膜用の粘度測定装置により直接的に PFPP 導入時の粘度低下を測定し、光硬化樹脂 PAK-01はパターン無しモールドの場合、PFPP の導入により粘度が大気中の場合の $2/5$ に低下することが分かった。容積均一化モールドに関しては、粒度（補正の入れ方の細かさ）、数 10nm の微細パターンにおける容積補正に関して検討した。残膜の均一性は粒度にほとんど不感であるのに対し、充填時間は粒度に比例して長くなる傾向があることが分かり、高スループット化のためには小さい粒度を採用すべきであることが分かった。微細パターンの容積補正では基本のエッチングプロセスで使用する Cr ハードマスクを残したままレーザー描画によりマスクを重畳することで容積変調するプロセスを開発し、 50nm 程度のパターンに対しても容積均一化が図れることを示した。

PFPP ガスを利用する光ナノインプリントの微細パターンに対する適用性に関しては、 45nm のラインアンドスペース（L/S）パターンでの転写性を評価した。PFPP 中ではパターンにバブルが無く、 45nm の L/S パターンが均一に形成された。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】光ナノインプリント、インプリントリソグラフィ、次世代リソグラフィ、半導体製造技術

【研究題目】ネットワーク MEMS デバイスの開発

〔研究代表者〕伊藤 寿浩

(集積マイクロシステム研究センター)

〔研究担当者〕伊藤 寿浩、張 毅、小林 健、

岡田 浩尚、野上 大史

(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

動物の健康状態や行動を無線ネットワークでモニタするセンサでは、極めて低消費電力であることが求められるため、消費電力を限りなくゼロに近づけた加速度センサおよび温度センサを実現する。特に、MEMS 技術を利用し、加速度センサでは圧電素子による発電型センサ、温度センサではバイメタルによるスイッチ型センサを研究開発する。また、デジタル型出力とすることで、信号処理回路での電力消費も抑制する。さらに、端末の小型化と低消費電力化を行うため、センサからの信号処理と無線通信機能を有したカスタム LSI の開発を行うとともに、鶏用無線センサ端末の試作を行う。併せて、端末の通信時の低消費電力化を行うため、受信に必要な情報を低減した電文でも受信が可能な装置の開発を行う。

平成22年度は、超低消費電力温度センサの開発として、3D-MEMS ベースのバイモルフ構造の作製に必要な無電解 Ni メッキ膜の微細加工プロセスの開発を行った。このプロセスにより1.5 μm 厚の無電解 Ni メッキ膜において、アンダーカット比が1程度で10 μm 幅ラインの形成が可能であることを実証した。このプロセスは従来のフォトリソグラフィプロセスとの併用が可能であり、4inch ウェハでのプロセスも適用可能であることを示した。

超低消費電力加速度センサの開発では、前年度までに開発した加速度センサに対し、本年度は PZT 薄膜を用いた圧電 MEMS と CMOS インバータ、キャパシタからなる回路により、加速度を ON 状態の CMOS インバータの数でデジタル化することに成功した。

無線センサ端末の開発では、1.55V の小型ボタン電池で動作し、スタンバイ時の消費電力が0.5 μW 以下となる300MHz 帯での無線送信機能を備えたカスタム LSI の開発を行った。8mm \times 46mm \times 1.65mm のリジッド・フレキシブル基板(フレキシブル部:20mm)上に高効率小型ループアンテナを作りこみ、この基板上に開発したカスタム LSI や上記の MEMS センサを搭載した無線センサ端末の試作を行った。

受信機の開発では、通常数十 bit あるプリアンプルなどの電文の同期情報を2bit とした場合でも受信が可能な装置の開発を行い、その動作を確認した。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕MEMS、センサネットワーク、温度センサ、加速度センサ、発電デバイス、低消費電力

〔研究題目〕最先端研究開発支援プログラム マイク

ロシステム融合研究開発

〔研究代表者〕前田 龍太郎

(集積マイクロシステム研究センター)

〔研究担当者〕前田 龍太郎、高橋 正春、高木 秀樹、

小林 健、松本 壮平、岡田 浩尚、

Youn Sung-Won、澤田 篤昌、

亀井 利浩、張 毅、栗原 一真、

井上 朋也、松本 純一、高田 尚樹、

山本 泰之、Zhao Gang、

田中 久美子、Park Sang-Cheon、

橋本 はる代、伊賀 秀文

(常勤職員14名、他5名)

〔研究内容〕

MEMS と微細集積回路など異種要素を融合した、高付加価値なマイクロシステムの実現を目指し東北大学と協力して開発を進めている。東北大学では「ヘテロ集積化初期試作」、「試作コインランドリ」、「超並列電子線描画装置」をサブテーマとして実施し、「ヘテロ集積化量産試作」、「高効率 MEMS 融合製造技術」のサブテーマを産総研にて実施している。

「ヘテロ集積化量産試作」では、東北大学の「ヘテロ集積化初期試作」や産総研において開発する各種デバイスを、実際の民生機器に適用するための量産試作の場を提供する。平成22年度は、8インチウェハ対応の圧電薄膜形成用連続ゾルゲル装置をはじめとするプロセス装置、X 線回折装置などの分析装置、ダイボンダ、ワイヤーボンダなどの実装装置を導入した。これらの装置にて量産実証を行うデバイス候補として、ポイントオブケアマイクロ流体バイオチップ、過酸化水素製造用マイクロリアクタ、MEMS 粘性センサ、マイクロ静電気センサなどの開発を進めている。

「高効率 MEMS 融合製造技術」では、低ダメージ接合装置、大口径貫通配線基板のための貫通配線技術、微細型成形による製造技術など、様々なデバイスの集積化に必要な要素開発を進めた。貫通配線技術では、12インチウェハ対応の深掘りエッチング装置を立ち上げ、貫通エッチングプロセスを開発した。また、各種樹脂の微細成型技術により MEMS デバイスや実装用の配線パターンを作製する技術の開発に着手し、テストデバイスの試作を行った。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕ヘテロ集積化デバイス、MEMS、圧電材料、微細接合、微細成型

〔研究題目〕独立行政法人科学技術振興機構／研究成果最適展開支援事業(A-STEP) フィー
ジビリティスタディステージ探索タイプ
／優れた冷間成形性を示す Mg-Zn-Ca 合金
押し出し材の創製

〔研究代表者〕千野 靖正

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 千野 靖正

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

カルシウムを微量添加した Mg-Zn 合金 (Mg-1.5mass%Zn-0.1mass%Ca 合金) 押し出し材の機械的特性と組織・集合組織の関係を調査した。押し出し温度 300°C、押し出し比25で押し出しを実施した当該合金には、(0001) 面の一部が押し出し方向に対して30~40° 傾く、特異な集合組織が発現した。また、特異な集合組織を有する押し出し材は、アルミニウム合金 (5052-0合金) に匹敵する高い延性 (引張り伸び: 27%) を示した。当該合金が優れた延性を示したのは、特異な集合組織が発現した結果、底面<a>すべり及び {10-12} 双晶が等方的に作用できるようになったためである。

Electron Back Scattering Diffraction Pattern (EBSD) 法により押し出し材組織の結晶方位解析を行った結果、押し出し材に発現した集合組織が微量の希土類元素を添加したマグネシウム合金押し出し材に現れる<11-21>//ED 集合組織と同種であることが判明した。また、特異な集合組織の形成が、押し出しに伴う再結晶粒の生成と密接に関係することを明らかにした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マグネシウム合金、集合組織、機械的特性、押し出し、再結晶、カルシウム

【研究題目】 独立行政法人科学技術振興機構／研究成果最適展開支援事業 (A-STEP) フィージビリティスタディステージ探索タイプ／マグネシウム合金上への高耐食性超はっ水皮膜の開発

【研究代表者】 石崎 貴裕

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 石崎 貴裕 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究では、マグネシウム合金上へ超はっ水性の耐食性皮膜を形成させることを目的として研究開発を行った。緻密かつナノ・マイクロ凹凸構造を有する皮膜を形成するために、本研究では溶液プロセスによる2種類のアプローチを行った。1つめのアプローチでは、テフロン製の密閉容器内の超純水中にマグネシウム合金を浸漬し加熱処理することにより、表面に凹凸構造を有する皮膜を形成した。この皮膜の表面粗さ (Rrms) は、100nm 程度であった。本処理の特定条件において、この表面はナノ構造に基づく構造色を発現し、その色は処理時間に応じて変化することを見出した。2つめのアプローチとして、硝酸セリウム溶液にマグネシウム合金を20分間浸漬させることにより、ナノ・マイクロスケールの凹凸構造を有する酸化セリウム皮膜を形成した。この皮膜の表面粗さ (Rrms) は、120nm 程度であった。これらの2つ

のアプローチで作製された表面は、超はっ水表面を形成するための凹凸構造として有効である。これらの皮膜表面に疎水性のシラン系の有機単分子膜を熱 CVD 法により被覆した。被覆後の表面の水滴接触角の9点加重平均はいずれの皮膜表面においても152~157° になり、超はっ水性を示した。また、末端官能基にリン酸やカルボン酸を有する単分子膜を用いたはっ水処理を行った。いずれの単分子膜を用いても、その表面の水滴接触角は150° 以上になり、超はっ水性を示した。これらの超はっ水表面の水溶液中 (超純水、塩水、酸性およびアルカリ性溶液) での化学的安定性は原料の種類により異なり、化学的安定性の序列は、シラン>リン酸>カルボン酸であった。この結果から、シラン系有機単分子膜が耐食性向上のための原料として有効であることを明らかにした。これらの皮膜の耐食性を塩水噴霧試験およびポテンシオダイナミック分極測定を用いて評価した。いずれのサンプルにおいて、120 時間の塩水噴霧試験後の表面には腐食生成物の存在がほとんど認められず、腐食生成物の占有面積率は 0.1%以下 (レイティングナンバ 9 に相当) であった。ポテンシオダイナミック分極測定を行った結果、超純水処理したマグネシウム合金 AZ31 の腐食電位は、未処理のものと比較して約 200mV 貴な方向にシフトした。さらに、その腐食電流は 3 桁以上小さくなった。また、超はっ水処理したものの腐食電位は、未処理のものと比較して約 230mV 貴な方向にシフトし、その腐食電流は 4 桁近く低下した。腐食電位の貴な方向へのシフトは、腐食反応に関連するアノード反応を抑制することを示すものである。これらの結果は、これらの処理はマグネシウム合金の耐食性を大きく向上させることを示す。硝酸セリウム溶液処理したサンプルのポテンシオダイナミック分極曲線の測定を行った結果、超はっ水処理した AZ31 の腐食電位は、未処理のものと比較して約 500mV 貴な方向にシフトした。また、その腐食電流は 2 桁程度小さくなり、腐食反応に起因する反応速度が抑制されていることが明らかである。また、塩水への浸漬時間を増加させると、その腐食電位は卑な方向にシフトするが、その腐食電流は未処理のものよりも遙かに低い。この結果は、超はっ水処理が耐食性の向上に有効であることを示す。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マグネシウム合金、表面処理、耐食性、超はっ水、ナノ結晶、自己組織化単分子膜

【研究題目】 独立行政法人科学技術振興機構／研究成果最適展開支援事業 (A-STEP) フィージビリティスタディステージ探索タイプ／液晶-高分子のメゾ相分離制御による熱応答型日射制御窓材の大面积化

【研究代表者】 垣内田 洋

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】垣内田 洋 (常勤職員1名)

【研究内容】

液晶-高分子複合の標記の調光材料を実用的な窓材にするため重要となる、日射制御性能の向上と調光面サイズ拡大に取り組んだ。

日射制御性能に関しては、温度に対する透過率変化の幅を正透過成分で17%から50%にまで拡大した。素子の大面積化については、このタイプの素子で初めての150×150mm 基板で試作を行った。これらの課題を実現するためには、より低い照射強度での作製と低温での面内均一な調光性能が求められる。本研究では、露光時の面内温度分布を均一に制御し、露光温度で敏感に変わる液晶分子の配向を均一化した。また様々な原料組成探索で混合原料の露光時の粘度を抑え、さらに適切な基板配向処理を施すことで、より低い光照射強度でメゾ相分離構造が形成される条件を見出した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】液晶、光学異方性モノマー、光誘起相分離、調光窓材

【研究題目】独立行政法人科学技術振興機構／研究成果最適展開支援事業 (A-STEP) フィージビリティスタディステージ探索タイプ／希少金属レス準結晶型水素吸蔵合金の開発

【研究代表者】松本 章宏

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】松本 章宏、細川 裕之

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

水素の安全な貯蔵源として利用されている LaNi_5 は、水素吸蔵能の指標である H/M 値が低い ($H/M=1.2$) とともに、吸放出による微粉化が実用上の問題となっている。 Ti-Zr-Ni 系準結晶型水素吸蔵合金はより多量の水素を貯蔵でき ($H/M=1.6$)、微粉化しにくい特徴を有している。本合金の課題は水素の吸放出温度を下げることであり、本研究では Ni の他元素置換と準結晶安定化元素の複合添加による合金設計技術により、これを検討した。その結果、 $\text{Ti}_{45}\text{Zr}_{38}\text{Ni}_{17-x}\text{M}_x$ ($M=\text{Co, Fe}$, $x=5, 10, 17$) について、準結晶の安定性を明らかにすることができた。特に、 Y 添加が準結晶を安定化させる効果が大きいことがわかった。水素吸蔵放出 Ni を Fe に5mol%置換した $\text{Ti}_{45}\text{Zr}_{38}\text{Ni}_{12}\text{Fe}_5$ 試料は水素放出開始温度を約160K 低下させることができた。置換する Fe 量が多くなると準結晶が不安定化することが要因と考えられる。また、 Y 添加により水素吸蔵量を大きく改善できることが明らかとなった。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】準結晶、水素吸蔵合金

【研究題目】独立行政法人科学技術振興機構／研究成果最適展開支援事業 (A-STEP) フィージビリティスタディステージ探索タイプ／新規三元系セラミックス薄膜の低温合成技術の開発

【研究代表者】中尾 節男

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】中尾 節男 (常勤職員1名)

【研究内容】

実用化が特に期待されている固体高分子型燃料電池のセパレーター電極には、ステンレス (SUS316) に金メッキした物が使用されている。しかし、金は貴金属であり、価格や資源的な問題がある。特にカソード側では酸化状態にあり、金メッキを十分厚くする必要がある。高温酸素中において安定で、金属並みの導電性をもつ MAX 相セラミックス薄膜を使用できれば、価格や資源の問題が解決できる。セパレーター電極は薄いため変形を防ぐ必要があり、少なくとも500℃以下での成膜が要求される。そこで、金メッキ代替として MAX 相の一つである Ti_3SiC_2 薄膜を500℃以下の低温で合成する技術確立することを目標とし、以下の内容を実施した。

50%程度のターゲット元素のイオン化が期待できるアークガンと当所で開発した、イオン注入・照射が期待できるバイポーラ型パルス電源を組み合わせ、一つの真空チャンバーに組み込み、新たな薄膜合成装置を構築した。具体的には、既設の真空チャンバーを改良して、アークガンの取り付けフランジや高電圧パルス電圧が印加可能な基板ホルダーを設計製作した。また、基板バイアス電圧 (最大で-20kV) 等の成膜条件、および、熱処理温度、時間等の熱処理条件をパラメーターとして実験を行った。

基板バイアス電圧 (イオンの運動エネルギー) の効果を明らかにするため、その他の条件を一定として、基板バイアス電圧を0~-15kV までを変化させて成膜した。作成した膜の結晶化や構造を薄膜 X 線回折測定、顕微ラマン分光測定により評価した。その結果、X 線回折およびラマン分光において、結晶性の Ti_3SiC_2 に起因するパターンやスペクトルは観察されなかった。このことから、アークガンで作製した膜は、基板バイアス電圧にかかわらずアモルファス構造であることがわかった。スパッタを用いて成膜した場合、 TiC 微結晶と SiC アモルファス相に分離することが報告されているが、 TiC 微結晶に起因したブロードな回折ピークも観察されなかった。

基板バイアス電圧の効果が X 線回折測定で明確に現れない場合でも、熱処理温度が低温化する可能性がある。そこで、真空イメージ炉を用いた熱処理を行った。真空中500℃で熱処理を30分間行い、500℃以下で結晶化することができるかどうかを調べた。その結果、500℃で熱処理した試料においても、結晶に起因した X 線回折ピ

ークは見られず、アモルファス構造が維持されることがわかった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 3元系セラミックス、薄膜、アークガン、基板バイアス電圧、熱処理

〔研究題目〕 財団法人岐阜県研究開発財団／平成22年度地域イノベーションクラスタープログラム（都市エリア型）東濃西部エリア事業／「環境調和型セラミックス新産業の創出」に係る一部「光対応型の無機ナノ粒子の開発」に係る「環境調和型顔料・釉薬の開発」

〔研究代表者〕 杉山 豊彦

（サステナブルマテリアル研究部門）

〔研究担当者〕 杉山 豊彦、大橋 優喜、垣内田 洋、長江 肇、楠本 慶二（サステナブルマテリアル研究部門）、

森川 久（計測フロンティア研究部門）、砥綿 篤哉（先進製造プロセス研究部門）（常勤職員7名、他4名）

〔研究内容〕

環境調和型顔料・釉薬の開発として、無毒高安全性の顔料および釉薬の開発、さらに環境改善に有効な機能性釉薬の開発を行う。

陶磁器は、日常の使用においては、有害成分の溶出はなく、安全性は高い。しかし、表面に施す着色部分には、人体にとって極めて有害な Cd、Se、Pb、Cr、Co 等の金属酸化物が使用される場合がある。これらの有害成分は、埋め立て処分後、時間の経過とともに溶出され、環境や生物に影響を及ぼすため、これらの使用に関する規制が年々厳しくなっており、毒性の少ない成分を含有する顔料の開発が必要である。

本研究では、毒性のない Ta 系酸窒化物顔料の大量合成に向けた安全性の高い合成法を研究した。また、釉薬における有害元素の含有量の低減化と、釉薬への機能付与を研究した。

平成 23 年度においては、ペロブスカイト型 Ta 酸窒化物による一連の黄系統色の新規顔料と、その実用化に関する研究を行った。また、クロム等の有害元素を低減した釉薬について、光学的特性の解析を行い、日射反射率の入射角依存性を利用して省エネに有効な外壁用釉薬の開発を行った。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 環境適合、顔料、釉薬

〔研究題目〕 財団法人岐阜県研究開発財団／平成22年度地域イノベーションクラスタープログラム（都市エリア型）岐阜県南部エリア事業／「モノづくり技術と IT を活用

した高度医療機器の開発」の一部「耐穿刺性・潤滑性を有するカテーテルの開発」

〔研究代表者〕 穂積 篤

（サステナブルマテリアル研究部門）

〔研究担当者〕 穂積 篤、ダルトン・F・チェン

（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、高分子重合による薄膜形成技術（ポリマーブラシ状薄膜）や多層薄膜形成技術を応用して、耐穿刺性・潤滑性の優れたカテーテルを開発することを目標としている。

本年度は、上記を目指してこれまでに実施してきた、シリカ系薄膜の硬度を更に向上させるため、SiO₂マトリックス中への硬質ナノ粒子の高濃度、均一充填を実施した。具体的には、Polymethylvinylsiloxane (PMVS) を利用して、アルミナ (Al₂O₃) ナノ粒子表面に～2nmのPMVS膜を形成する技術を確立した。PMVS 液中に加熱処理したAl₂O₃ナノ粒子（～20wt. %）を添加し、攪拌処理したところ、高濃度であるにも関わらず、Al₂O₃ナノ粒子はPMVS液中に均一に分散することが確認された。このナノ粒子含有溶液にKarstedt触媒を添加し、ポリマー基材上にスピんキャストした。その後、更に、環状有機シラン (D₄^H) の蒸気と反応させ膜の架橋を促進させることにより、可とう性に優れたAl₂O₃ナノ粒子含有シリカ系薄膜が形成することを確認した。

さらに、新しい試みとして、陽極酸化によりアルミニウム表面に低温形成した Al₂O₃層をポリマー表面にラミネートする技術の開発を進めた。Al₂O₃層の形成により、ポリスチレン、アクリル基板の機械的強度が、熔融石英並みの硬度になることを確認した。また、Al₂O₃層をクラックフリーで形成できることがわかった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 耐穿刺性、潤滑性、カテーテル、低温形成、酸化シリコン (SiO₂)、アルミナナノ粒子

〔研究題目〕 財団法人青葉工学振興会／戦略的基盤技術高度化支援事業／優れた耐摩耗性と放熱特性を有する軽量化エンジン用シリンダーの開発

〔研究代表者〕 三輪 謙治

（サステナブルマテリアル研究部門）

〔研究担当者〕 三輪 謙治、田村 卓也、尾村 直紀、

村上 雄一朗（常勤職員4名）

〔研究内容〕

自動車やチェーンソー・芝刈り機等の機材は、環境問題・安全問題への対応から、軽量化が求められており、部品の素材についての見直しが進められている。特に、高品質を要求する汎用エンジンは、アルミニウム化まで

はできているが、それ以上の軽量化はできていない。今回、半凝固鑄造技術を用いて、新たなマグネシウム合金の開発を行い、耐クリープ特性、耐摩耗性を有する低コストな汎用エンジン部品の開発を行う。

本年度は、本プロジェクトで開発したマグネシウム合金を用いて半凝固鑄造にて製品（芝刈り機用シリンダー）を作製し、ゲート断面積が組織に及ぼす影響について検討を行った。また、本材料の高温引張り特性を測定するため、試験片作製条件の最適化を行った。ゲート断面積を大きくすると、湯流れ性は向上するが、初晶 α 粒子の分散性が低下し、数個の α 粒子が結合したような組織となることが分かった。高温引張り試験用の試験片の内部を X 線 CT を用いて観察したところ、ダイカスト品に比べて半凝固鑄造品では、湯境部分に鑄造欠陥が発生し易いことが分かった。この結果を基に湯境が生じにくい鑄造案および鑄造条件の開発を行い、鑄造欠陥の無い試験片を作製した。

[分野名] ナノテクノロジー・材料・製造、環境・エネルギー

[キーワード] 半凝固鑄造、マグネシウム合金、耐摩耗性、放熱性、エンジン、シリンダー

[研究題目] 財団法人福岡県産業・科学技術振興財団／戦略的基盤技術高度化支援事業／耐熱・難燃性マグネシウム合金鑄造によるパワートレイン耐熱部材の開発

[研究代表者] 坂本 満
(サステナブルマテリアル研究部門)

[研究担当者] 坂本 満 (サステナブルマテリアル研究部門)、柘植 明 (計測フロンティア研究部門) (常勤職員2名)

[研究内容]

本研究開発は、難燃化し耐熱性をあげたマグネシウム合金を用いてエンジン部材の鑄造による製造を目指すものである。鑄造工程においては、押湯、湯道などの部品以外の部分も発生し、それらは工場内で溶湯中に戻すインハウスリサイクルが必須である。このリサイクル段階で合金組成の変動と共に酸化物介在物の増加が懸念されることから、合金中の酸素量を把握し得る適正な品質管理技術を開発する。

平成22年度は前年度に実証した酸素分析手法を、開発合金の工程管理手法として適するように一層の迅速化・自動化（測定時間／検体の短縮）に向けての改善と、現場における測定の一層の迅速化・自動化（多検体への対応）を試みたところ、分析時間は前年までの1検体40分からおよそ30分へと大幅な短縮ができた。また、現場で発生するリターン材の再使用比率の向上のため、発光分光分析装置による不純物量の評価方法を検討し、不純物量の同定とその混入経路をほぼ確定し、溶湯の清浄化条件の検討を行い、アルミニウム合

金なみの経済的に十分なりターン材の再使用ができることを確認した。

[分野名] ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] 難燃性マグネシウム合金、耐熱合金、酸素分析、不活性ガス融解

[研究題目] 東北大学未来科学技術共同研究センター／希少金属代替材料開発プロジェクト／Nd-Fe-B 系磁石を代替する新規永久磁石の研究／複合場焼結技術による R-Fe-N 粉末の焼結

[研究代表者] 尾崎 公洋
(サステナブルマテリアル研究部門)

[研究担当者] 尾崎 公洋、高木 健太、中山 博行、小林 慶三 (常勤職員4名)

[研究内容]

ネオジム磁石は現在最も高い性能を有する磁石材料であるが、資源的にリスクの高い重希土類元素であるジスプロシウムを含んでいる。このような資源リスクを避けるため、ネオジム磁石に代わる高性能磁石の開発が望まれている。本研究では、ネオジム磁石を代替する高性能磁石を開発するための基礎的な研究として、「複合場焼結技術による R-Fe-N 粉末の焼結」をテーマに掲げ、新規高性能磁石の可能性を検討する。

今年度は、力場や電磁場などを組み合わせた複合場焼結技術を高度化し、難焼結粉末である R-Fe-N 磁石粉末への適用を行う。粉末の磁石特性を生かした緻密な焼結体を作製できる技術を開発し、高性能な焼結磁石を作製するための焼結技術の確立を目指す。焼結密度 85%以上、(BH) max で原材料磁石粉末特性の 85%以上、同じ粉末を使用したボンド磁石以上の性能を目標とする。

R-Fe-N 粉末をパルス通電焼結法によって緻密に焼結するための基本因子を明らかにするとともに、新規に導入した複合場焼結装置を使用して、高性能な焼結磁石を作製するための焼結因子や焼結条件を見出した。また、焼結を短時間にするための重要因子や焼結条件を明らかにした。さらに、緻密な焼結体を作製するためには、粉末の初期充填密度や充填性が重要であるため、粉末の粒度分布、形状などの因子が焼結性に及ぼす影響を調べた。

その結果、複合場焼結における R-Fe-N の高密度焼結体を作製するための適正な粉末状態を明らかにすることができた、目標をクリアする高密度および性能を有する等方性焼結磁石を作製することができた。

また、異方性 R-Fe-N 磁石の焼結にも取り組み、透過電子顕微鏡観察等を利用して、焼結による性能劣化の原因を明らかにした。

[分野名] ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] ネオジム磁石、ジスプロシウム、サマリウム、最大エネルギー積、通電焼結、低温焼結

〔研究題目〕福島県郡山地区木材木工工業団地協同組合／福島県森林整備加速化・林業再生基金事業／地域材利用開発事業／「乾燥・養生装置の開発」の一部「木材の温度ならびに水分変化履歴による木材物性の変化に関する研究」

〔研究代表者〕金山 公三
(サステナブルマテリアル研究部門)

〔研究担当者〕金山 公三、三木 恒久、杉元 宏行
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

木材の微細構造は、温度変化、含水率変化などによって非平衡状態となることを最近の我々の研究で明らかにしつつある。この微細構造変化の総和として、割れ、曲がり、物性値低下などが生じる。従って、木材の乾燥処理工程における温度と湿度の制御によって、木材の形状や材料特性が大きな影響を受ける。そこで、基礎的な検討として、温度の変化速度と非平衡状態の度合いの関連について、示差走査熱量分析を進めた。その結果、加熱による乾燥処理終了後の冷却速度によって微細構造の安定度合いが大きく異なることが確認された。また、吸着実験による細孔分布測定も行い、乾燥（熱処理）温度によって、木材内部の細孔分布が影響を受け、それらのサイズは水分子数個分に相当するオームストロング領域となることが分かった。次年度以降、温度ならびに湿度変化をより詳細に検討する予定である。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕木材、乾燥、熱処理、微細構造

〔研究題目〕福島県郡山地区木材木工工業団地協同組合／福島県森林整備加速化・林業再生基金事業／地域材利用開発事業／「間伐材、端材を利用した木育教育及びインテリア製品開発」の一部「木材製品の熱特性に関する研究」

〔研究代表者〕金山 公三
(サステナブルマテリアル研究部門)

〔研究担当者〕金山 公三、三木 恒久、杉元 宏行
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

木材製品の利用拡大のためには、健康面での安全性に加えて難燃性が重要である。そこで、各種処理と木材の難燃性をはじめとする熱特性との関係について検討を行った。今年度は、薬液含浸や塗装などの各種特性向上処理を施した木材の難燃性をコーンカロリメーターで測定し、処理方法と難燃特性との関係を調べた。また、難燃処理木材の利用に際しては、薬液溶脱の防止や木育の観点から表面着色の可能性があるため、着色塗料の促進劣化試験も行った。結果として、木材の部位（心材と辺

材）、難燃化処理薬液の種類、塗料の種類などによって、コーンカロリメーター試験における発熱速度や総発熱量がどのように変化し、また促進劣化試験における色変化がどのような値を示すのかの概要を把握した。これらの値に基づいて実験条件を絞り込み、来年度は詳細な検討を進める予定である。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕木材、難燃処理、熱特性、教育、間伐材

〔研究題目〕東広島商工会議所／戦略的基盤技術高度化支援事業／高機能難焼結性粉末を低温・短時間でニアネット成形する動的加圧機構を搭載した次世代パルス通電焼結技術の実用化開発

〔研究代表者〕中山 博行
(サステナブルマテリアル研究部門)

〔研究担当者〕中山 博行、小林 慶三、西尾 敏幸
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

粉末冶金技術が利用されている自動車の摺動部や燃焼室周りの部品、情報機器におけるターゲット材等は高機能化・軽量化・低コスト化が求められている。そこで、材料選択の多様性や高精度成形など粉末冶金の特長を生かして川下企業で要求される新構造・新機能部品の製造技術を開発する。具体的にはパルス通電焼結技術の知見をもとに高耐久性と加熱ロスが少ない金型と動的加圧機構を組み合わせ、難焼結材料を低温短時間で高サイクルでニアネット成形する新技術を開発する。

これまでに産総研で開発してきた耐熱性の超硬合金（WC-FeAl）をベースに発熱源となる高電気抵抗粉末を分散した複合材料を試作することができた。得られた複合材料に対して、通電時の発熱特性や機械的特性を明らかにすることができた。また、本複合材料により実際の金型形状を試作し、従来の超硬合金の加工プロセスにおける加工性を明らかにするとともに、加圧加熱時の変形挙動についても明らかにした。その結果、開発した複合材料は目的の高サイクルニアネット成形を実現できる金型として有望であることがわかった。さらに、本複合材料の表面に低反応性のセラミックスコーティング膜を形成したが、基材との密着性が弱いことがわかった。今後基材との密着性を改善するための技術改善を行っていく予定である。さらに、実際の黒鉛型や超硬合金型を用いた実測試験を行い、通電焼結時の温度分布や短時間焼結の可能性について検討した。その結果、短時間焼結ではプレス移動に合わせた通電が重要であり、通電状態をプレスの移動に従い制御することで安定した加熱が可能であることがわかった。また、輻射伝熱による型表面温度の低下は大きく、フェルト状の黒鉛などで覆うことが焼結温度の管理上重要であることも明らかとなった。鉄粉末を用いてパルス通電焼結を行ったところ、加圧力

を大きくすれば低温での焼結が可能であることがわかった。高サイクルを実現するためには、焼結温度を低下させることが有効であり、加圧力を高くするための周辺技術が重要であることがわかった。低温の焼結では組織が微細となることが期待され、強度の向上には有効であるが、一般的には靱性が低下する可能性があり、粉末界面をいかに強固に焼結できるかが課題になるものと考えられる。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 通電焼結、高サイクル、ニアネット成形、金型、WC-FeAl、硬質材料、超硬合金、コーティング、セラミックス、伝熱、低温焼結、加圧焼結

【研究 題 目】 財団法人名古屋産業科学研究所／戦略的基盤技術高度化支援事業／長期安定的な高速度加工が可能なハイブリッド小径ドリルの開発

【研究代表者】 細川 裕之
(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 細川 裕之、松本 章宏
(常勤職員2名)

【研究 内 容】

電気機器、自動車分野における多数のドリル小径加工の納期短縮、加工コスト削減を目指し、超硬合金製ドリルの高速度加工性と高速度鋼製ドリルの工具寿命安定性を併せ持つ超硬合金(WC-Co)／高速度鋼製ハイブリッド小径ドリルの研究開発を行う。本事業により超硬合金の大部分を高速度鋼に置き換えることができるため、レアメタルである W、Co の使用量削減にも効果的である。

本ドリルはろう材未使用による先端の超硬合金化で高接合強度を実現し、かつドリル形状最適化により、高速度鋼製ドリルの長寿命化と高速度加工を長期安定的に達成することを目標とする。

本年度は超硬合金と高速度鋼の直接接合技術の開発に取り組んだ。超硬合金(WC-Co)／高速度鋼は接合後に割れが生じる問題がある。そこで温度、保持時間などの接合条件の探索を行い、割れの生じない接合材料の作製に成功した。界面観察の結果、十分な接合が行われていた。本接合材料を用いて小径ドリルの試作を行い、ドリル形状への加工が可能であることが確認された。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 切削工具、接合技術、超硬合金、高速度鋼

【研究 題 目】 財団法人科学技術交流財団／地域イノベーション創出研究開発事業／薬効性と美肌効果を両立させた化粧品用ハイブリッドマイカの開発

【研究代表者】 高尾 泰正
(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 高尾 泰正 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

地球温暖化の進行やオゾンホール拡大にともない紫外線量が増加しており、皮膚疾患が増える傾向にある。これらに対応するため、紫外線防止効果やビタミン C 徐放などの薬効性と、高い透明感や滑沢性などの美肌効果を両立する薬効化粧品原料としてのハイブリッドマイカを、地域資源(愛知産マイカ)を用いて開発する。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 製造プロセス、低エントロピー化志向製造システム、エネルギー効率化、環境対応、医療・福祉

【研究 題 目】 DDS ナノ粒子の分子シミュレーションの研究開発

【研究代表者】 三上 益弘 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 三上 益弘、内丸 忠文、都築 誠二、篠田 渉、古明地 勇人、Dmitri Fedorov、三浦 俊明、森下 徹也、石田 豊和、西尾 憲吾、中村 壮伸、澤田 敏彦、高岩 大輔
(常勤職員10名、他3名)

【研究 内 容】

リポソームを用いた DDS 設計に利用できる DDS シミュレータを開発する。そのために、DDS ナノ粒子設計シミュレーション技術の研究開発、糖鎖とレクチンの分子間相互作用解析の研究開発、DDS シミュレータのシステム開発を実施する。

本年度は、各研究項目について下記の研究を実施した。

(a) DDS ナノ粒子設計シミュレーション技術の研究開発では、糖脂質鎖の定量的なシミュレーションを可能とするための力場開発を行うとともに、分子動力学シミュレーションで効率の良いサンプリングが困難な多糖脂質の分子配座と自由エネルギー解析を行った。さらにリポソームの解析では、粗視化モデルを用いた分子動力学シミュレーションによりリポソーム間相互作用と形成の解析を行い、分子種による相互作用の変化及びリポソーム形成における分子構造(分岐構造や分子鎖長などの因子)の役割を解明した。

(b) 糖鎖とレクチンの分子間相互作用解析の研究開発では、昨年度に開発した解析手法を P-selectin/シアリルルイス X 複合体に適用し、かつ糖鎖の荷電状態を変化させた系を考慮して合計4種類のセレクトリン-糖鎖複合体の糖鎖結合状態の解析を行ない、セレクトリンの基質認識の差異を明らかにした。また、インフルエンザ HA とシアロ糖鎖受容体の結合親和性を分子動力学シミュレーションと FMO 法で調べ、VN1194 H5及びその Gln192Arg 変異体の alpha 2-6糖鎖に対する結合特異

性を明らかにした。

(c) DDS シミュレータのシステム開発では、リポソーム、DDS ナノ粒子ビルダーを改良すると共に、システム全体のユーザーインターフェースの改善を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 レクチンと糖鎖の分子間相互作用解析、DDS ナノ粒子の血管内における流動解析、DDS ナノ粒子設計、マルチスケールシミュレーション技術

【研究題目】 GW 法に基づいた強相関電子系シミュレーション手法の開発と応用

【研究代表者】 三宅 隆 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 三宅 隆、品岡 寛、

Ferdi Aryasetiawan

(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

本研究プロジェクトでは、実際にはクーロン相互作用の効果の大きな現実物質（強相関電子物質）の物性を予測し、現象のメカニズムを解明する上で、汎用性が高く実用に耐える高精度計算手法を開発応用することをめざしている。密度汎関数法の局所密度近似など、従来の第一原理計算手法は、強相関電子系に対して多くの困難を抱えている。この困難を克服するために、私たちは3段階手法によるアルゴリズムを提唱し、東大、産総研、エコール・ポリテクニクの共同でこのプロジェクトを推進してきた。5年プロジェクトの前半では3段階手法の各要素、すなわち大域的電子状態計算と GW 計算、ダウンフォールディング法、低エネルギーソルバーについてそれぞれ個別の改良と、各要素の接続による統合的応用を試行し、研究期間の後半で要素を統合して広範な現実物質へ大規模に応用するという大局的な戦略を設定して進めてきた。平成22年度は、3段階手法を融合した方法をさらに高度化し、興味深いいくつかの物質群に対して、3段階手法を実際に適用する研究を展開した。特に、動的平均場法によって鉄系超伝導体の有効モデルを解いた結果、鉄系超伝導体の異なる物質群の物性の多様性の起源が、有効電子間相互作用の違いに帰着することを明らかにした。また、トポロジカル絶縁体などスピン軌道相互作用に起因した物理現象が広く注目を集めている。これらの物質群を扱うため、スピン軌道相互作用を考慮した GW プログラムを開発し、簡単なバルク物質でテスト計算を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 計算科学、電子相関

【研究題目】 第二世代カーボンナノチューブ創製とデバイス開発

【研究代表者】 片浦 弘道 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 片浦 弘道、榊原 陽一、藤井 俊治郎、

西出 大亮、劉 華平、黄 陽、

馮 叶、卜部 泰子

(常勤職員3名、他5名)

【研究内容】

カーボンナノチューブ (CNT) の持つ優れた電気特性により、CNT の電子デバイス応用が期待されている。近年の合成技術の革新により、高純度の CNT が得られるようになったが、CNT には金属型と半導体型の2種類が存在し、どちらか一方を選択的に合成する手法は未だに実現しておらず、電子デバイス応用への大きな障害となっている。本研究では、独自技術により CNT の金属・半導体分離を高度に実現し、さらに CNT の内側の空間に異種分子を挿入することにより、精密なキャリア制御の実現を目指す。我々は、分離され高度に電子状態を制御されたこの CNT を第二世代 CNT と呼ぶ。この第二世代 CNT を用いて、CNT でしか実現できない優れた特性を持つデバイスを開発する事が、本研究のメインテーマである。

本年度は、ゲルを用いた分離技術の改良により、金属と半導体に分離するだけでなく、半導体型 CNT をさらに構造で分離する技術を開発し、13種類の単一構造 CNT の分離に成功した。また、欠陥導入を抑えた分散技術とゲル分離技術を組み合わせる事で、高品質半導体 CNT を得ることに成功し、それを配向させた薄膜により、on/off 比 10^5 と移動度 $18\text{cm}^2/\text{Vs}$ を同時に満たす薄膜型トランジスタの試作に成功した。さらに分離原理解明に向けた取り組みとして、界面活性剤と CNT との相互作用に着目し、CNT 壁面の界面活性剤の種類を高感度で検出する技術を開発した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、分離精製、トランジスタ、センサー、分子内包

【研究題目】 シリコン系量子ナノメモリの開発

【研究代表者】 永宗 靖 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 永宗 靖、林 豊、上村 崇史、

阿部 益宏 (常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

従来のフラッシュメモリの問題点は、その書き込み電圧が20~25V と高い事に有る。通常のシリコンロジックは5V 以下の電圧で動作しており、書き込み電圧の高い電圧が突出している事が分かる。書き込み電圧は、酸化シリコン/シリコン界面の2次元電子ガスから、窒化シリコンメモリノードへ電子を注入する際、高い電圧で高い電界を誘起して、酸化シリコン膜のトンネルバリアを実効的に薄くし、電子が Fowler-Nordheim トンネルによりメモリノードに到達する為に必要である。2~3nm の酸化シリコン膜を電子が Fowler-Nordheim トンネルする為には 10^7V/m の電界が必要であり、その為には、印加電圧は20-25V が必要になる。本研究では、シリコ

ンナノワイヤを用いる事により、電界集中効果を用い、 $\sim 1/10$ の電圧で電子注入を可能にする事を目指す。ナノワイヤの柱状構造では、電界はほぼナノワイヤの逆数に比例して大きくなり、ナノワイヤが細いほど、同じ電圧では高い電界が得られる。本年度、本研究では、シリコンナノワイヤをエッチング、酸化により形成し、電極を形成してデバイス構造を作製する事に成功した。電気的特性評価は今後の予定である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造、デバイス

【キーワード】 シリコンナノワイヤ、トランジスタ、メモリ、単一電荷

【研究題目】 グラファイト複合構造体の基礎物性解明

【研究代表者】 大谷 実 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 大谷 実、中西 毅、
Nguyen Thanh Cuong
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

量子力学に立脚した計算機科学の手法を用いて、次世代半導体材料における新探究材料として注目を集めている、グラフェンを中心とするナノスケール炭素物質の基礎物性解明を行い、そこで得られた知見を基に現状におけるグラフェン、ナノスケール炭素材料のデバイス応用における問題点の指摘と、デバイス設計指針の提示を行う。同時に、次元性、形状、階層構造制御による新たな機能性ナノ炭素構造体の理論物質設計を行い、次世代半導体材料において、新たに目指すべき炭素ナノ材料設計、応用の指針を示す。本年度はグラフェンと絶縁膜 (SiO_2) の界面の電子状態の研究を行った。グラフェンに絶縁膜との相互作用によって約30meV のエネルギーギャップが開くことが明らかになった。また、ある種の積層構造を持ったグラファイト薄膜はその表面領域に磁気秩序が現れることが分かった。これはネットワークポロジリーが生み出す特異な物性であるが、グラファイト薄膜以外にもグラフェンナノリボンにおいても出現することが知られている。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 グラファイト薄膜、グラフェン、密度汎関数法

【研究題目】 新規ホウ素中性子捕捉療法用薬剤開発に向けた炭化ホウ素ナノ粒子の大量合成技術の確立

【研究代表者】 石川 善恵 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 石川 善恵、越崎 直人、永禮 三四郎、
馮 旗、中川 義信、森谷 真紀
(常勤職員1名、他5名)

【研究内容】

バッチ処理における B_4C の生成効率の向上に最適な

照射時間を検討し、従来よりも90分の1の照射時間で従来と同量の B_4C 粒子が得られる条件を見出した。この結果は短い照射時間でも B_4C が生成することが可能であり、検討を行っているフローシステムでのプロセスの可能性を裏付ける結果である。しかし、短時間で得られる B_4C 粒子の表面には薬剤化が必要となるグラファイト皮膜が十分な厚さを持っていない場合があることから、グラファイト皮膜を得るための条件の探索が必要であることがわかった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 炭化ホウ素、球状粒子、中性子捕捉療法

【研究題目】 ナノピラー・擬微小重力培養を用いた3次元ガン組織構築とドラッグスクリーニングへの応用検討

【研究代表者】 植村 壽公 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 植村 壽公、神郡 玲子
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

ガン研究のインビトロ研究は通常培養ディッシュ上で2次元培養を行うのが通常である。しかし、生体内ではガンは3次元組織を作っており、抗がん剤の作用機序の研究、ドラッグスクリーニングへの応用には2次元培養を用いた評価が不十分であり3次元培養の重要性が指摘されている。本研究では、RWV バイオリクターを用いて擬微小重力培養によるコラーゲン担体を用いた3次元ガン組織形成技術を確立した。ガン細胞としてはMG63細胞を用いた。ドラッグスクリーニングに用いるには、均質でアッセイに必要十分な細胞を含む細胞塊が100個以上同時に作製できる必要がある。その条件に適う材料として、検討した材料の中ではコラーゲン製スポンジテルダーミスが気孔径、強度、細胞の含侵性の観点から優れており、また、大きさとしては3mm ϕ \times 3mm が適当であると結論できた。その後の実験はテルダーミスの3mm ϕ \times 3mm の大きさのものを用いた。150個の組織を250cc ベセル内で構築した。本手法によれば、多数の均質な3次元ガン組織を同時に得ることができた。構築した癌組織を96孔プレートにいれ、ドキシルビシンなどの抗がん剤を用いアッセイしたところ、2次元培養によるガン細胞では得られない抗がん剤に対する応答特性を持つことを見出し、より生体に近いガン組織を用いたドラッグスクリーニングの可能性を見出した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ナノピラー、ドラッグスクリーニング、癌

【研究題目】 ナノコロイド触媒を用いたエッチングレスめっきプロセスによる成形回路部品の高性能化

【研究代表者】 堀内 伸 (ナノシステム研究部門)

〔研究担当者〕 堀内 伸、宮前 孝行、中尾 幸道、
伯川 秀樹（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

成形回路部品（MID）は、成形樹脂部品に立体的に直接回路を形成した部品である。本研究開発では、電子機器の小型化と高機能化に資する、エッチングレス無電解銅めっきプロセスによる新規 MID 製造技術の開発を行う。エッチングによる樹脂表面粗化なしに高密着性めっき膜を得ることにより、回路の微細化、金属膜表面の高平滑化が可能となり、デバイスの高集積化、高性能化がもたらされ、さらには環境負荷低減にも貢献することが期待される。

本研究の最終目的は、MID 用成形樹脂である無機フィラーを充填させた液晶ポリマー（LCP）、ナイロン、PET などに対し、現状のエッチングプロセスで得ることができるのは粘着強度である0.5N/mm 以上の密着性を得ることであり、また、エッチングレスプロセスに対応したレーザーパターニング方法を開発し、最小ライン&スペース100 μ m/100 μ m 加工精度を実現することである。

パラジウムナノコロイド触媒による無電解銅めっきに最適な樹脂素材として、LCP（液晶ポリマー）、ナイロン、PET を検討し、LCP がナノコロイド触媒によるめっき性の最もよい基材であることを見出した。LCP 成形樹脂試験片に対するパラジウムコロイドの高密度かつ均一な吸着を実現するためのコロイドの設計および合成を検討した。還元剤、保護剤を適切に選択することにより、LCP 基材へのエッチングレス無電解銅めっきが可能となり、さらにテープ剥離試験による剥がれの起こらない均一な銅めっきが可能となり、22年度の目標を達成した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 めっき、コロイド、電子回路

〔研究題目〕 真空封止技術を利用したモジュール運動型電子ペーパーの製造

〔研究代表者〕 川本 徹（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 川本 徹、田中 寿（常勤職員2名他）

〔研究内容〕

電子ペーパーは、表示切替時のみにエネルギーを必要とする、反射型ディスプレイであり、今後の情報通信機器における表示装置として、大きな成長が期待されている。中でもエレクトロクロミック効果を利用した電子ペーパーは、低コスト性と、高い反射率に特長があり、情報通信機器やカード上の小型ディスプレイ、屋外広告などの大型ディスプレイなどの用途が期待されている。

本研究においては、プルシアンブルー薄膜のエレクトロクロミック機能を利用した電子ペーパーを開発するため、素子構造や部材の最適化を行った。素子の耐久性向上にとって重要な、UV 硬化性封止剤を吟味し、電解質を汚染しない封止剤を用いることにより、色変化特性を

改善した。ゲル中の支持電解質濃度を調整することにより、製造コスト削減を実現した。素子への電極配線を改善することにより、素子の応答速度を劇的に向上させることができた。電解質を白色化するための顔料として、酸化チタンサブミクロン粒子を採用することにより、50万回の繰り返し動作後も特性が劣化しない素子を実現した。ITO 膜厚の最適化などにより、反射率、コントラスト比の向上を実現した。エレクトロクロミックディスプレイの耐候性を評価するシステムを構築した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 電子ペーパー、エレクトロクロミズム、ディスプレイ、プルシアンブルー

〔研究題目〕 マイクロ波加熱による誘電特性に関する研究(Ⅱ)

〔研究代表者〕 杉山 順一（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 杉山 順一（常勤職員1名）

〔研究内容〕

核燃料サイクルにおける脱硝転換工程では、原子力発電所からの使用済燃料を再利用する目的で、再処理溶液から MOX (UO_2+PuO_2) 原料粉末を得る操作を行っている。混合溶液の脱硝におけるマイクロ波の利用は、二次廃棄物発生の抑制、短時間で脱硝処理が完了、導波管を通じた遠隔エネルギー供給が可能などのメリットに加え、生成結晶が細かいなど、高密度ペレット製造に有利である。

マイクロ波エネルギーの利用効率をさらに高めるためには、照射条件や照射容器の形状を検討する必要がある。今年度は効果的な給電法を電磁場解析に基づいて進め、将来の燃料製造に向けた量産規模設備の最適化およびマイクロ波照射の効率化に貢献するための技術開発を行う。

はじめに硝酸金属塩モデルにおける硝酸の役割について検討した。空洞共振器を用いて電界損失と見なして測定したところ、導電損失が非常に大きく、また錯形成能が導電損失に影響を及ぼすことが示された。

次に、脱硝挙動を照射しながら観察する装置を用いて銅、コバルト、ニッケル金属塩溶液を加熱した。その結果、照射の経過に伴う脱硝工程の様子を目視することができた。また銅の脱硝がもっとも進行が大きいことが確認された。

以上より、将来に向けた量産規模設備を設計検討する際の、脱硝設備構造の最適化やマイクロ波照射の効率化に関する基礎的知見を得ることができた。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 マイクロ波、電磁界解析、脱硝反応、誘電特性、導電損失、MOX

〔研究題目〕 グローバル COE プログラム「材料イノベーションのための教育研究拠点」

〔研究代表者〕 水谷 亘（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 水谷 亘、塚越 清美、川本 徹
(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

国際的研究拠点の形成を目的とし、若手研究者の招聘と共用機器の整備を行っている。

2010年7月1日より7月31日の間、National Taiwan University (NTU)より研究者一名を招聘し、ナノ粒子化したプルシアンブルー(PB)の溶液を塗布した透明電極を用いて、電気化学的にPBの電荷を制御して色を変えるエレクトロクロミック素子の研究を行った。PB溶液をインクジェットで透明電極上にパターンニングする際に発生する膜厚の不均一性を改善した。

研究拠点として整備した多元蒸着可能な装置を用いて、韓国 Sungkyunkwan 大学から2010年7月26日から9月3日までサバティカルで産総研に滞在した教授一名とともに高分子有機 EL 素子の作製を行った。透明基板として別途企業と進めている共同研究で ITO を用いない塗布型の透明電極を用いて有機 EL 素子を作製し、その成果を、2010年11月3-5日、韓国ソウル大学で開催された Asian Conference on Organic Electronics において口頭発表した。また、その機会に Sungkyunkwan 大学を訪問し、セミナーを行った。

2011年1月31日より2月26日、韓国 Sungkyunkwan 大学の同教授の研究室より本プログラムで学生一名を招聘し、通常真空蒸着で作製する低分子型の有機 EL 素子を溶液化して塗布するプロセスで作製する研究を行った。塗布プロセスでは難しいとされる多層化の取りかかりとして、溶媒を変えて成膜した2層構造の素子、また、塗布型透明電極を用いた単層の素子を作製し、特性を計測、評価を行った。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 拠点化、人材育成、国際協力

〔研究題目〕 構成金属材料酸化皮膜の溶出・析出挙動把握に関する研究

〔研究代表者〕 陶 究 (ナノシステム研究部門)

〔研究担当者〕 陶 究 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究は、火力発電で経験豊富な超臨界圧水冷却法を用い、熱中性子炉より高出力密度である高速炉の利点を生かして、安全性と経済性に優れた大型スーパー高速炉の概念と特性を炉心設計と安全解析で明らかにすることを目的とした軽水冷却スーパー高速炉に関する研究開発に関するものである。開発上の重要課題である炉物理、伝熱流動、材料・冷却材相互作用の試験を行い基盤となるデータベースを構築することを最終目的としている。特に、材料・冷却材相互作用については、構成金属材料表面に形成が予想される酸化被膜の高温水中への溶出・析出挙動を評価するために溶解度の把握が不可欠となる。これに対して我々は、これまで高温高圧水中での金属酸

化物ナノ粒子合成プロセスの開発のために超臨界域を含む高温高圧水中での金属酸化物の溶解度計算を目的とし、平衡定数推算用の熱力学モデルの開発を進めてきた。そこで、これまでの経験と技術を生かし、超臨界圧下で常温から高温に至るまでの広範な密度条件において、基本となる金属酸化物である酸化第2鉄 (Fe_2O_3)、酸化第2クロム (Cr_2O_3)、酸化ニッケル (NiO) などの純水中への溶解度の推算システムを開発し、必要な溶解度データを提供した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 高温高圧水、金属酸化物、溶解度

〔研究題目〕 低加速高感度電子顕微鏡の開発とソフトマターの分子・原子レベル観察実験への応用

〔研究代表者〕 末永 和知

(ナノチューブ応用研究センター)

〔研究担当者〕 末永 和知、佐藤 雄太、劉 崢、
越野 雅至、Jin Chuanhong、
小林 春花、長谷川 琴音
(常勤職員5名、他2名)

〔研究内容〕

本研究では、有機分子・生体分子などソフトマターの直接観察を目指した低加速高感度電子顕微鏡技術の開発を行う。また、単分子の高分解能観察や高感度元素分析を実現するために低損傷・高効率検出を目指した各周辺技術の充実を図る。これまでに、低加速電子銃、収差補正機構などの電子顕微鏡高度化のための要素技術について設計・開発を進めてきた結果、平成20年度に新型冷陰極低加速電子銃および新方式球面収差補正装置を完成させ、平成21年度には、これらを搭載した一号試作機の稼動を開始した。現在は、本試作機を用いた基礎データ収集と各種の有機・無機ナノ材料に対する応用実験を実施中である。

また、新方式色収差補正機構の開発も順調に進んでおり、これを搭載した二号試作機の試運転が平成21年度に始まった。平成22-23年度には稼動を開始する予定である。引き続き、生体試料の固定法やその高分解能観察および薄膜結晶を用いた高分解能元素分析などの予備実験も順調に進んでいる。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 電子顕微鏡、収差補正技術、単分子イメージング

〔研究題目〕 分子内包によるカーボンナノチューブ機能材料の創製

〔研究代表者〕 岡崎 俊也

(ナノチューブ応用研究センター)

〔研究担当者〕 岡崎 俊也、高野 玲子、飯泉 陽子
(常勤職員1名、他2名)

[研究内容]

フラーレンなどの分子を内包した単層カーボンナノチューブ (SWCNT) は次世代分子エレクトロニクスを担う1次元ナノヘテロ構造として注目されているが、その電子構造変化のメカニズムの詳細は必ずしも明らかではなかった。本研究では、まず、発光などの分光分析法を同物質に適用することによって、分子内包による SWCNT 電子構造変化の基本メカニズムを明らかにし、さらに得られた知見を利用して SWCNT の高機能化を行うことを目標としている。最終年度である平成22年度は、これまでに得られた知見を応用し、以下のような研究成果を得た。

- ① SWCNT をテンプレートとして用いることで、 π 共役平面分子コロネンからなる1次元ナノ構造を構築することに成功した。興味深いことに、合成された1次元分子配列構造は3次元結晶のそれとは異なっており、配列構造の違いを反映した蛍光現象が観測された。また、同物質が蛍光プローブとして有用であることを、貪食細胞を用いた細胞実験により示した。この成果は、ナノカーボン・有機物ハイブリッド化が、イメージングなどの次世代医療診断に有用であることを示唆している。
- ② C_{60} がほぼ球形の「サッカーボール」分子であるのに対し、 C_{70} は楕円形の「ラグビーボール」形状を有している。そのような構造異方性を持つ分子は SWCNTs 内部で様々な配向をとることができると予想され、SWCNTs 電子構造に対しユニークな変化をもたらすと期待できる。そこで発光分光測定を C_{70} 内包 SWCNT に対して行ったところ、チューブ直径が約1.4nm において、 C_{70} は「横型」配列から「縦型」配列へその内包構造を変化させていることがわかった。それと同時に SWCNT は内包分子配向を敏感に感じ取り、その電子構造が変化することも明らかとなった。つまり、SWCNT の電子構造は内包分子の種類を変えることのみならず分子配向によっても制御することができることが示唆された。

[分野名] ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] 内包ナノチューブ、フラーレン、発光、分子プローブ

[研究題目] 自己組織プロセスにより創製された機能性・複合 CNT 素子による柔らかいナノ MEMS デバイス

[研究代表者] 畠 賢治

(ナノチューブ応用研究センター)

[研究担当者] 畠 賢治、湯村 守雄、山田 健郎、Futaba Don、小橋 和文、Subramaniam Chandramouli、Izadi-Najafabadi Ali、関口 貴子、田中 啓之、牧本 なつみ、山本 由貴、

山田 幸子 (常勤職員5名、他7名)

[研究内容]

CNT はその優れた物理・化学的特性のため、次世代デバイスのコア素材として期待されている。しかしながら、CNT デバイスを実用化するためには、所定の位置に所望の量の CNT を敷設し、かつ配向方向・形状を任意に制御して、多様かつ設計された機能を有する CNT デバイスを安定に再現性良く製造する技術が必須である。このような高度な構造制御が必要なため、CNT デバイスは、CNT を大量にバルク材料として使用する用途より、実用化ははるかに困難となっている。

本研究では、係る課題を解決し、CNT デバイスの礎を築く基盤製造技術の開発を目的とし、CNT シートを成長基板から取り出し、任意の基板に貼り付ける技術を開発した。その技術を元に、CNT の加工技術と組合せ CNT カンチレバーを作製し、その共振周波数が Si より高いことを見出した。また、CNT 構造体の光吸収特性の評価も行い、合成した CNT 構造体は、紫外光から遠赤外光までの非常に広い波長範囲(波長0.2 μm –200 μm)にわたって、高い光吸収率を有していることを見出した。

さらに、CNT の加工法をさらに進化させ、積層型 CNT 構造体を、Si 基板上やフレキシブル基板上に作製することに成功した。また、CNT と異材料とのインテグレーションに必要な、密度の異なる CNT 構造体の作製法を開発し、異なる密度を有する CNT 構造体を作製した。そして、フレキシブル CNT キャパシタ作製のため、CNT をキャパシタ電極として利用した場合の、電極特性評価も行った。

これらにより開発した CNT シートを取り出し、基板に貼り付ける技術を用い、伸縮可能な基板の上に高密度の配向 CNT を構築し、CNT を用いた新しい歪みセンサーを開発した。この歪みセンサーは、従来の歪みセンサーにない、大きな歪みを測定可能であり、さらに歪みに対する繰り返し耐久性や、良い応答性を有している。

[分野名] ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] カーボンナノチューブ、スーパーグロス、CNT-wafer、デバイス

[研究題目] ナノ結晶ダイヤモンド薄膜コーティングによる新材料創出

[研究代表者] 長谷川 雅考

(ナノチューブ応用研究センター)

[研究担当者] 長谷川 雅考、石原 正統、山田 貴壽、金 載浩、津川 和夫、川木 俊輔、古賀 義紀 (常勤職員4名、他3名)

[研究内容]

現在、パソコンや産業用機器の CPU などでは、低消費電力型電子デバイス用基板シリコン・オン・インシュレータ (SOI) が利用されている。ここではデバイスの集積度が上がるに従って、熱問題が大きな課題となって

いる。そこで、SOI の SiO₂絶縁体層を熱伝導性の高いナノ結晶ダイヤモンド薄膜で置き換えた、シリコン・オン・ダイヤモンド (SOD) を開発し、SOI の熱問題の解決に資する。

平成22年度の開発では、ナノ結晶ダイヤモンド薄膜層の熱放散特性を最大限利用するため、SiO₂保護層をぎりぎりまで薄くすることに取り組んだ。その結果、極薄SiO₂保護層上にナノ結晶ダイヤモンド層を形成し、膜厚均一性が±10%以下を達成、さらにこの膜の界面の断面 TEM 観察により、欠陥発生の抑制に有効であることを確認した。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノ結晶ダイヤモンド薄膜、マイクロプラズマ CVD、シリコン・オン・ダイヤモンド、熱伝導特性

【研究 題 目】 カーボンナノ材料の欠陥構造研究

【研究代表者】 末永 和知

(ナノチューブ応用研究センター)

【研究担当者】 末永 和知、佐藤 雄太、劉 崢、
越野 雅至、斎藤 毅、

Jin Chuanhong、新見 佳子

(常勤職員6名、他1名)

【研究 内 容】

本研究では、ナノチューブやグラフェンをはじめとするナノ炭素材料の照射損傷機構とそれによる欠陥構造を明らかとすることを目的とする。照射損傷による炭素材料の欠陥モデルの研究は、核融合炉壁材料の開発に重要な知見を与えるだけでなく、ナノチューブなど機能性材料に応用した場合、その物理的・化学性を積極的に変調できる可能性を持つ重要なテーマである。

具体的には、日本側では高分解能電子顕微鏡や高感度元素分析など独自の技術を用いて、欠陥構造を原子レベルで可視化するとともに、それらの欠陥が材料の物理化学的性質に及ぼす影響を実験により明らかにする。一方、フィンランド側では、モデル的な照射実験によってドーパント注入や格子欠陥の導入を行い、さらに理論的に構造計算や電子状態計算を実行し、日本側での実験結果との照合を行う。

本共同研究で日本とフィンランドが交流を通じて相互的に取り組むことで、核融合炉壁材料の開発に重要な基礎的知見の獲得や、カーボンナノチューブやグラフェンといった機能性電子デバイス材料の物理的・化学的特性制御に向けて理論かつ実験の両面から貢献できることになる。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 電子顕微鏡

【研究 題 目】 マイクロトランスファプレス加工システム

の開発

【研究代表者】 芦田 極 (先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 芦田 極、小倉 一郎、前川 仁
(常勤職員2名)

【研究 内 容】

産総研で開発したマイクロプレスをはじめ、一般のプレス加工では、帯状の板材を順送り搬送し最終的に製品を取り出す、「順送りプレス加工」という手法が用いられている。この加工法では製品以外の大部分が廃棄されるため、昨今の金属材料価格の高騰を受け、材料使用の効率化が求められている。そこで本研究では、あらかじめ製品大に切り出した部材を、プレス機の動作に同期して搬送する機構を試作し、材料使用の効率化を図る「トランスファプレス加工」をマイクロプレス機で実現する。最終的な目標：(1) マイクロ部品把持フィンガー、複雑形状部品のプレス加工に対応した「横置き」「反転」動作を行う搬送アームを試作し、毎分60回動作(成功率99%以上)を達成する。(2) フィンガーおよびアームを搭載した搬送テストベンチによる動作検証・評価を行い、把持エラー検出100%を達成する。これに対して平成22年度に得られた成果は以下の通り：実機搭載前に、把持検出用ひずみセンサを装着したプロトタイプフィンガーを試作、評価を行った。寸法17×3mm、厚み0.5mmのマイクロパーツを対象に、試料を把持した場合と把持しない場合のフィンガーひずみ量の相違から、試料把持検出が可能である目処を得た。横置き・反転動作をカム機構で実現するアームの構想に着手し、設計に取り掛かる段階に至った。さらに構想したアームと既存のステージシステムの連携により、円滑に複雑形状部品のプレス加工を行う目処を立てた。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マイクロプレス、マイクロファクトリ、オンデマンド製造、トランスファ

【研究 題 目】 SOFC 型リアクターでの電気化学デバイスのナノ構造制御プロセス開発

【研究代表者】 藤代 芳伸

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 藤代 芳伸、鈴木 俊男、浜本 孝一
(常勤職員3名、他1名)

【研究 内 容】

目標：

環境・エネルギー分野における、高性能でコンパクトなセラミック燃料電池や空気二次電池等の全固体型の蓄電池等の部材やその製造技術を開発するために、ロシア固体物理研究所より研究員を招聘し、連携し、機能性セラミック材料の電極ならびに電解質の集積モジュール化技術に関する先進製造プロセス技術の研究開発を目的とし、イオン伝導機能をベースとした SOFC 型の革新的な電気化学デバイスの試作・評価を行った。

研究計画：

招聘研究者と共に、機能性セラミック高イオン伝導部材の開発として、スラリーでのテープ成形や、物理スputta法での機能薄膜層の製造技術を開発し、さらに、多孔質かつ混合導電性の機能性セラミックス電極等と組合せた SOFC 型の電気化学デバイスを試作して、発電や蓄電等の新規エネルギーデバイスへ展開するセラミックス製造技術を検討する。

研究進捗状況：

高イオン伝導性の酸化物やリン酸系の電解質材料を製造し、セラミックスラリーを製造する事で、テープ成形での薄膜電解質部材を製造する技術を新たに開発した。さらに焼条件等でのセラミック組織の形成条件の最適化を行い、開発部材のインピーダンス測定等の電気化学特性での評価を行った。さらに、コバルト系、マンガン系、鉄系のペロブスカイト酸化物をコーティングした SOFC 型の電気化学デバイスを製造した。試作したコインセルは室温で150mAh/g 以上の高い蓄電容量を示し、SOFC 型の多孔質機能性セラミック電極と組合わせた新規のセラミック電池として展開が可能である事が分かった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 電気化学デバイス、イオン伝導セラミックス、薄膜、蓄電、インピーダンス評価、テープ成形、スラリー、構造制御

【研究題目】 環境負荷低減セラミックス成形用無機バインダー技術の研究開発

【研究代表者】 長岡 孝明
(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 長岡 孝明、北 英紀、堀田 裕司、
佐藤 公泰 (常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

セラミックス部材の原料となる高純度原料粉末はそれ自身では可塑性を持たないため、有機バインダーを添加して任意形状の成形と焼成までの形状保持を可能にしている。しかしながら、有機バインダーは焼成後に部材中に炭素、または灰分として残留すると特性に悪影響を及ぼすため、加熱分解して完全に除去しなければならない。さらに、加熱分解と排気ガス処理に大量の熱エネルギーを必要とする。有機バインダーの削減・減量化のために、焼成後にバインダーがセラミックス化する無機バインダーの開発が進められているが、その添加量は無視できず添加量の削減が求められている。以上の背景から、本研究ではこれまでの外部添加したバインダーを介した粒子間相互作用による可塑性発現ではなく、原料粒子表面を改質してその相互作用により可塑性が発現する環境負荷低減セラミックス成形用無機バインダー技術の確立を目指す。

平成22年度は、高純度アルミナ粒子を対象に粒子表面

の改質を試み、改質手法が表面性状に及ぼす効果を検討した。その結果、物理的及び化学的処理によりさまざまな表面性状を持つアルミナ粒子が得られることを示すとともに、最適条件下では表面改質相の相互作用によりアルミナ粒子に可塑性が発現することを明らかにした。この手法をアルミナ部材の作製に適用し、従来法よりも大幅に有機バインダー添加量を低減できることを示した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 環境負荷低減、セラミックス、可塑性、バインダー

【研究題目】 呼気中の微量ガスを迅速に定量解析するアレイ型マイクロガスセンサ

【研究代表者】 西堀 麻衣子
(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 西堀 麻衣子、申 ウソク、伊藤 敏雄、
松原 一郎、深見 麻衣、喜多 純一、
木下 太生 (常勤職員4名、他3名)

【研究内容】

呼気分析は最も有望な非侵襲性生体情報計測であるが、これまで簡便で迅速に呼気中のガス成分を検出する技術がなく、ガスクロマトグラフを用いる必要があった。本課題では、触媒燃焼熱を電圧に変換して出力する熱電式ガスセンサを基にアレイ型マイクロデバイスを新たに設計・作製すると共に、マイクロデバイス上に集積化するための CO および CH₄選択燃焼触媒を開発し、CO、CH₄、H₂濃度を迅速かつ選択的に計測できるマイクロガスセンサを開発する。

平成22年度は、アレイデバイス上に CO 燃焼触媒、CH₄燃焼触媒および H₂燃焼触媒を集積化することで、CO、CH₄および H₂検知を1チップで行うことを目的としたアレイ型センサを試作した。また、試作したアレイ型マイクロガスセンサをフロー評価装置に組み込み模擬ガスに対する応答試験を行うことで、CO、CH₄、H₂混合ガスに対する選択検知を確認した。さらに、試作したアレイ型センサの対環性試験を行った。その結果、CO および CH₄検知についてはさらなる高感度化が必要であり、デバイス上に集積化する触媒の高性能化が課題であることが分かった。また、対環性を評価するための温度サイクル試験では感度低下が見られており、安定性向上も今後の課題であることが分かった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 デバイス集積化用触媒、熱電変換、ガスセンサ、選択性、高感度化

【研究題目】 クリープ疲労試験に基づく劣化損傷評価技術の開発

【研究代表者】 鈴木 隆之
(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 鈴木 隆之、原田 祥久

(常勤職員2名)

【研究内容】

「もんじゅ」および実用炉で用いられる構造材料のクリープ・疲労試験を実施し、マイクロキャラクタリゼーションによる劣化損傷評価法を開発し、クリープ・疲労における劣化・損傷過程を解明することを目的とする。平成22年度は「もんじゅ」および実用炉の温度域でクリープ・疲労試験が可能となるよう、新たに高温環境保持装置を耐久性評価試験装置に取り付けた。また、SUS316FR 鋼母材、溶接材および高クロム鋼母材、溶接材を用いて550℃において試験を実施し、クリープ・疲労特性を取得した。さらに、主に SUS316FR 鋼母材、溶接材を対象に、クリープ・疲労試験により付与した劣化損傷のマイクロキャラクタリゼーションを原子間力顕微鏡観察、磁気力顕微鏡観察にて実施した。その結果、SUS316FR 鋼溶接部ではクリープ損傷の進行とともに、磁気特性が変化すること、溶接部の δ -フェライトの含有率はクリープ損傷とともに減少していくこと、その形態もネットワーク状から孤立状に変化することを見出し、磁気力顕微鏡を用いたマイクロキャラクタリゼーションによりクリープ・疲労劣化損傷を評価可能であることを示した。本研究の内容は、特別会計に関する法律（エネルギー対策特別会計）に基づく文部科学省からの受託研究として、平成22年度「もんじゅ」における高速増殖炉の実用化のための中核的研究開発において国立大学法人福井大学が受託し、産業技術総合研究所が国立大学法人福井大学から再委託を受けて実施した成果である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 高速増殖炉、オーステナイト系ステンレス鋼、高クロム鋼、クリープ疲労、磁気力顕微鏡、マイクロキャラクタリゼーション

【研究題目】 自動車車体駆動系&家電用、超大型中空AI合金LPD 鋳物の開発

【研究代表者】 岡根 利光

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 岡根 利光 (常勤職員1名)

【研究内容】

炭酸ガス排出規制が国際的に強化される中、日本における主たる排出源である自動車の燃費向上が急務とされている。車両の軽量化は動力源の変化に係わらず有効な手段であるため、各社が競って軽量化を進めている。

自動車・二輪の大型強度部品では、タンクフレーム、サスペンションメンバー等の複雑な曲面形状を有した中空構造品を、プレスや溶接無く一体成形する技術のニーズがある。大型ディスプレイに代表される家電品にも同様のニーズがあるが、適切な加工技術がないのが現状である。自動車用構造部材に対応できる鋳造技術では、高真空ハイプレッシャーダイカスト等が実用化されている

ものの、中子の使用が困難なため中空部品の製造は不可能である。

こうした川下産業のニーズに応えるため、新たな金型低圧鋳造技術を開発し、自動車の車体用、パワートレイン用、家電、IT 機器向けの、複雑・中空・大型部材の一体成形技術の開発を行った。鋳造装置の製作、大型バイクのタンクフレームの試作を行い、技術を完成させた。産業技術総合研究所においては、型内真空・流動凝固シミュレーション技術支援を分担した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 鋳造、輸送機械、家電、アルミニウム合金、薄肉化・複雑形状化・一体成形化

【研究題目】 マイクロ空間場によるナノ材料の超精密合成

【研究代表者】 前田 英明

(ナノテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 前田 英明、大柳 宏之、古屋 武、中村 浩之、宮崎 真佐也、山下 健一、上原 雅人 (常勤職員7名、他10名)

【研究内容】

本研究は、マイクロ空間化学合成技術、いわゆるマイクロリアクター技術をナノ粒子合成反応の精密解析ツールとして応用し、ナノ粒子生成過程を精査・解析することで、ナノ粒子利用時に要求される種々の付随的要件を満足するような最適合成ルートの選定指針確立と製造プロセスへの展開を目的とする。平成22年度は、以下の項目に関して検討した。

(1) in-situ 測定システムの設計と構築：

平成22年度はアンジュレタ放射光ビームによる励起ビームの高輝度化と新型シリンドリフトダイオード検出器による検出効率向上を組み合わせた高度化を行い、マイクロ空間の反応物質の蛍光 XAFS により、ナノ粒子反応初期過程の実時間観察を行った。EXAFS と UV-vis 分光から得られた反応キネティクスと構造情報（粒子径と密度）が一致する事を示し、CdSe ナノ粒子の表面修飾効果に適用した結果、ナノ粒子径および密度が添加される表面修飾濃度に強く依存することを見出した。

(2) 計算機シミュレーション技術の開発：

クラスタ生成から核発生、結晶成長にいたるナノ粒子成長過程の分子シミュレーション手法開発に向け、Cu (一元系) および CdSe (二元系) クラスタの安定構造計算を継続して実施し、動径分布関数などの計算 ((1) で利用) を可能にした。次に、界面活性剤などの溶媒環境がクラスタの安定構造に及ぼす影響をシミュレーションするため、Cu クラスタと界面活性剤を含む系の自動モデリングや自動計算手法の基礎部分を開発した。また、コンビナトリアル合成実験データに対するニューラルネットワーク (NN) を用いた解

析システムでは、データサンプリング手法の改善やアンサンブル学習を併用して解析能力を向上させた。さらに、アミン種を3種類変えた、合計3,400以上のコンビナトリアル合成実験データの解析を実施した。それぞれのアミン種において、構築したネットワークが蛍光ピーク波長などのナノ粒子特性に対する高い予測能力を持つことが明らかとなり、NN解析が有効であることを確認した。

(3) 各種材料合成：

平成21年度に開発したコンビナトリアル合成装置に反応系探索装置を設置し、Cu ナノ粒子をモデルとして反応系を探索した。100の反応系からの絞り込みを行い、最終的な反応系を4つに絞ることができた。更にマイクロリアクターにより温度や濃度比の最適化を行い、最終的には1ヶ月以内に粒子径約3nmの安定なCu ナノ粒子を得ることができた。さらに、このCu ナノ粒子を用いて膜化（焼結）試験を行ったところ、200℃以下で金属光沢を有する良導電性を示す膜が得られた。洗浄後、トルエンに分散させた溶液を焼結にすることによりCu膜が得られたが、焼結中の導電率の温度依存性を見たところ、180℃程度で電気抵抗が安定化し、200℃以下で焼結が終了したことが分かった。また、速度論効果に関しては、ZnSe および ZnS ナノ粒子を合成する際に、その昇温速度を制御することによって結晶相と形態を制御することが可能だった。さらに、平成22年度から新規の材料として、タンパク質の結晶化をターゲットとした研究に着手した。平成22年度はデバイスの設計・作製を行い、そのデバイスを用いて生成した微小液滴中でのモデルタンパク質の結晶化に成功し、現在その核発生・成長挙動の解析を進めているところである。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノ粒子、マイクロリアクター、
in-situ 測定

【研究題目】 応力発光体を用いた安全管理ネットワークシステムの創出

【研究代表者】 徐 超男(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】 徐 超男、上野 直広、山田 浩志、寺崎 正、福田 修、ト 楠、安達 芳雄、西久保 桂子、竹村 貴人、李 承周、小野 大輔、Li Chenshu、古賀 義人、川崎 悦子、林 玲子、百田 理恵、山口 ふじ子、松尾 修身、河野 陽子、末成 幸二、津山 美紀、河原 弘美、張 琳、郭 樹強、菊次 郁夫、二宮 正晴、Zhang Yan、有本 里美(常勤職員7名、他21名)

【研究内容】

本研究は、構造物全体の応力履歴・異常を独自の応力

発光デバイスによって包括的に監視し、重大事故につながる破壊や劣化を早期に予知・検出する新安全管理ネットワークシステムを創出することを目的としている。具体的には、「リアルタイム応力発光検出システム」、「応力履歴記録システム」の創出を行い、これらを「ネットワークの接続・統合」によって包括的な安全管理システムとし、実構造物での「実証試験」へと繋げていくものである。

これまでに、遠隔異常検出システムのハードウェアとソフトウェアを開発し、高 S/N 比を実現し、実構造物における遠隔異常検出に成功した。さらに応力履歴記録システムの最適化を行い、使用中の建物のひび割れに伴う応力履歴の記録ができることを実証した。自動的に発光計測・データ蓄積ができ、自動グラフ化が可能な全自動応力発光評価装置を構築し、様々な計測条件での応力発光データベースを効率的に蓄積することを可能にした。

今後は開発したシステムの最適化を図り、実構造物の安全管理に役立つ実証試験を更に進める。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 応力発光、可視化、センシング、非破壊計測、デバイス化、システム化

【研究題目】 筋電位信号による空気圧ハンドの動作研究

【研究代表者】 福田 修(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】 福田 修、金 宗煥、井上 雅洋
(常勤職員1名、契約職員2名)

【研究内容】

空気圧ハンドを制御出来るサイバネティック・インタフェースの開発、実証実験、および空気圧ハンドを制御出来るサイバネティック・インタフェースの改良について取り組んだ。この際、ハンドの有する15自由度の全ての動きを筋電位信号のみから推定することは困難と考え、あらかじめ典型的なハンドの動作をペトリネットによりモデル化してシステムに組み込んだ。ペトリネットの各状態は、空気圧アクチュエータの電磁弁群の ON/OFF のパターンと1対1に対応しており、筋電位信号の推定結果にしたがってペトリネットの状態を遷移することで、各関節に対応する電磁弁の ON/OFF を切り替えることができる。これにより、「握る」、「開く」といった大まかな動作推定のみから、5指の細やかな動きを効率よく制御することが可能になる。提案する制御方法の妥当性を検証するために、1名の前腕切断者と4名の健常者による検証実験を実施した。実験では典型的なハンド動作として、1. Spherical grasp、2. Power grip、3. Hook grip、4. Key grip、5. Precision grip を取り上げ、制御能力を確かめるとともに各動作についての推定精度の検証を行った。実験の結果から、提案手法の妥当性を確認することができた。また、具体的なアプリケーションとして鍵盤演奏の応用可能性を検討した結果、良好な動

作の遂行を確認できた。

今後は、推定精度を高めるための動作推定アルゴリズムの改良を検討するとともに、ハンドについても駆動機構を見直しながら、日常生活に最適な設計へと改善を図っていきたいと考えている。

【分野名】標準・計測

【キーワード】生体信号、モデリング、ニューラルネットワーク

【研究題目】超音波エコー動画像を利用した肉牛の脂肪交雑評価

【研究代表者】福田 修（生産計測技術研究センター）

【研究担当者】福田 修、鍋岡 奈津子

（常勤職員1名、契約職員1名）

【研究内容】

飼育中の肉牛の超音波エコー動画像から、脂肪交雑（BMS ナンバー）を高精度に推定することを目的として、動的画像情報を利用した自動判定プログラムを開発した。本プログラムは、画像の取り込み、解析範囲の指定、時系列テクスチャ解析、動的特徴量抽出、BMS ナンバー推定処理などの一連の作業を実施することができる。

提案手法の有効性を検証するために、最適化されたパラメータを用いて、得られた超音波画像の画質等の観点から選別された103頭の画像について BMS ナンバー推定実験を実施した。103頭の供試牛の BMS ナンバーは3から12の範囲内であり、その平均値は6.8、標準偏差は2.2であった。なお、推定結果の評価には、回帰式の汎化性を考慮に入れ、Cross validation 法の一種である Leave-one-out 法を用いた。提案手法により算出された推定値と実測値の相関係数は0.75（ $P < 0.01$ ）、平均推定誤差が1.09であった。この結果は、専門技術者と同等の優れた推定精度を有していると判断される。

今後は推定精度の向上と安定を目指すとともに、肉牛用に特化した超音波装置開発を含めたハードウェア面での整備を実施する予定である。

【分野名】標準・計測

【キーワード】超音波、脂肪交雑、評価

【研究題目】食の安全に貢献する高感度・迅速細菌検査システム

【研究代表者】大庭 英樹

（生産計測技術研究センター）

【研究担当者】大庭 英樹、松田 直樹

（常勤職員2名）

【研究内容】

食中毒リスクは社会不安の潜在的要因であり、その低減には、高感度、迅速、安価、簡便、かつ細菌の同定ができる画期的な測定方法やキットの開発と商品化が必要である。

本研究の目的は、上述の性能を満足する CdSe/ZnS/TiO₂複合微粒子を構築し、食品検査用の免疫クロマトシステムを構築することである。取り組むべき主な研究開発課題は、①：CdSe/ZnS 量子ドットを TiO₂被覆すること、②：細菌を捉える抗体分子を効率良く複合粒子（CdSe/ZnS/TiO₂）上へ固定化し、キットとして使用できるよう最適化を行う、③：簡単な近紫外線照射装置を作成し、検体を用いて感度的な見極めを行い、キットとしての最適化を図ることである。

平成22年度は CdSe/ZnS（蛍光波長：600.8nm、量子収率：49%）を出発原料として、当該原料の表面にシリカコートを行い、水溶性溶媒に分散性が良好（分散粒子径500nm 以下）で蛍光が確認できる粒子の作製条件を決定することを試みた。

その結果、目標とする分散性と蛍光を示すシリカコートした CdSe/ZnS 粒子を作製し、また作製条件の決定を達成することができた。今後は被覆されたシリカコート CdSe/ZnS に対してさらに TiO₂のコートを行うため、液相法での作製の検討を実施する。また、イムノクロマト法に用いられる粒子の標準的な分散粒子径（50nm 以下）を目標とし、さらなる改良検討を行う。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】量子ドット、酸化チタン、食品検査、複合微粒子、免疫クロマトシステム

【研究題目】低電圧パルス放電を用いた新規な菌類検査方法

【研究代表者】松田 直樹

（生産計測技術研究センター）

【研究担当者】松田 直樹（常勤職員1名）

【研究内容】

菌類や細胞の検査方法では、内包されている酵素等の化学反応によって特定の基質から別の化合物（代謝物質）を生成し、色変化等が生じる事を利用する。その際、「細胞膜を破壊し酵素をその機能を損なわずに取り出す」ことは非常に困難である。近年我々が開発した低電圧パルスを用いて菌類の細胞膜を破壊する方法（特願2010-230564）では菌類や細胞内に含まれる酵素やミトコンドリア等の内容物をそれらの機能を損なわずに高効率に細胞外に取り出すことが可能である。

本研究では最初に電解コンデンサとリレー回路を組み合わせ、1秒間に数十回の充放電が可能な装置を組み立てた。電解コンデンサに充電した電荷を用いて、溶液中で低電圧パルス放電を行うと、電極間に一瞬電圧が印可され、それに伴い電流が発生し数十ミリ秒程度で減衰した。

培養した大腸菌は液体培地を加えて希釈し、620nmの吸光度の測定結果が0.40になるように調整した。この調整した測定試料溶液中に大腸菌は 8×10^8 CFU/mL 存在していると考えられる。この大腸菌試料溶液の10mL

を分取してセル中に入れ、一定電圧で充電した低電圧パルスを印可し、620nmの吸光度の変化から X-gluc の反応を観察し、我々の開発した方法が細菌類の検査に有効である事を確認した。

〔分野名〕 標準・計測、ライフサイエンス

〔キーワード〕 低電圧パルス放電、菌類、検査、酵素活性

〔研究題目〕 非線形テクスチャ情報に基づく肥育牛の肉質評価システムの開発

〔研究代表者〕 福田 修（生産計測技術研究センター）

〔研究担当者〕 福田 修、鍋岡 奈津子

（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

畜産農家が生産する牛肉の品質を決定づける脂肪交雑値（BMS ナンバー）は出荷後に屠殺されて初めて判定される。この値を屠殺前の生体において推定することができれば、畜産農家は出荷時期および出荷先の調整やコストコントロールが可能となる。本研究は、超音波エコー装置を用いて、肥育中の生きた牛から BMS ナンバーを高精度で推定できる肉質評価システムを構築することを目的として、超音波エコー画像から得られる非線形テクスチャ特徴量を利用した推定手法について検討し、画像処理から肉質推定までの一連の解析を行うための自動判別プログラムを新規開発した。BMS ナンバー推定手法は、(1) テクスチャ特徴量の抽出処理、(2) 主成分分析処理、(3) ニューラルネットワークを利用した BMS ナンバー推定処理の3段階の処理から構成されている。解析領域は、枝肉において肉質判定を行う部位である胸最長筋（ロース芯）全体を含む4領域とした。

佐賀県および長崎県における肉牛の画像データを蓄積し、推定アルゴリズムの精度検証を行った結果、提案手法は優れた性能を有することが明らかとなった。また、現在、機種や測定方法などは各機関間で全く統一がなされておらず、測定者の経験値が判別結果に少なからず影響を及ぼすことが懸念されることから、超音波測定方法を統一し、推定精度を向上させるために、超音波測定マニュアルを製作した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 超音波、脂肪交雑、評価

〔研究題目〕 「応力発光ゴムセンサの開発」に関する研究開発

〔研究代表者〕 徐 超男（生産計測技術研究センター）

〔研究担当者〕 徐 超男、上野 直広、張 琳、

Zhang Yan、河野 陽子、有本 里美

（常勤職員2名、他4名）

〔研究内容〕

本研究では、応力発光体微粒子をゴム材料に分散し、従来技術では対応が困難であった大歪みや亀裂発生に対

応可能な、平面状応力発光型歪みセンサの開発を目的とする。

研究項目としてゴムマトリックスの選択、応力発光ゴムセンサの製作、応力発光ゴムセンサの評価を行い、10%以上の大歪み計測に成功した。ゴムマトリックスの選択では、粘度、硬さ、透明度の三つの特性に着目し、数種類のゴムを検討した結果、高透明のシリコンゴムをマトリックス材料として選定した。応力発光ゴムセンサの製作では、応力発光体微粒子の含有量、攪拌の方式、脱泡の時間、回数などの製作条件を探索し、最適条件を見出した。応力発光ゴムセンサの評価では、応力発光強度が応力と歪み速度の両方に比例するため、応力発光強度を検出することによって歪みを計測することが可能であることを明らかにした。また、ゴムの弾性率の異方性によって、同一の歪み量でも圧縮と引張で応力発光強度に差が生じることを明らかにした。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 応力発光、ゴム材料、センサ

〔研究題目〕 量子ドットによる高輝度 LED 用ナノ蛍光体の開発

〔研究代表者〕 中村 浩之

（生産計測技術研究センター）

〔研究担当者〕 中村 浩之、前田 英明、宮崎 真佐也、

山下 健一、上原 雅人

（常勤職員5名）

〔研究内容〕

本研究開発では、LED 用ナノ粒子蛍光体の表面改質のための改質条件を、より短時間で探索できるスクリーニングシステムを構築し、さらに、川下側企業が求める溶剤およびポリマーに対する量子ドットの安定分散を目指す。

ナノ粒子の表面改質は、多くのナノ粒子利用に際して必要になる、極めて重要かつ一般的技術である。しかし、表面改質に利用する分散剤が粒子の分散に及ぼす影響が複雑であったり、実際問題として分散剤自身の組成がはっきり開示されていないものが多数市販されていたりするため、多様なファクターの最適化が必要となる。そのため、粒子の分散は極めてノウハウ的であり、多くの試行錯誤を要するのが現状である。このようなナノ粒子表面改質を、多くのサンプルに対して異なる条件で同時に行う事ができ、さらにそれらを、迅速かつ適切に評価できれば、ナノ粒子の表面改質法のスクリーニングが可能になる。この観点から我々は、ナノ粒子利用のための表面改質条件スクリーニングを効率的に行う方法を確立し、実際に LED 用封止剤への蛍光ナノ粒子の分散を試みることとした。

平成22年度は、量子ドットの表面改質スクリーニングを行うために、微量のサンプルを異なる処理条件で多数同時に表面処理し、その分散性を評価する方法を開発し

た。さらに実際に表面改質条件のスクリーニング試験を行い、この方法の有効性を確認した。本研究で開発した方法を用いて、実際に川下企業が希望する溶媒への量子ドットの安定分散を達成した。また、目標の一つであった分散媒への1%の安定分散も達成した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】スクリーニング、ナノ粒子、表面処理、分散、迅速分析、LED

【研究題目】Yb 光格子時計の構築と精度評価・高精度周波数計測ネットワークの研究

【研究代表者】洪 鋒雷（計測標準研究部門）

【研究担当者】洪 鋒雷、安田 正美、今江 理人、藤井 靖久、大嶋 新一、稲場 肇、保坂 一元、雨宮 正樹、中嶋 善晶、赤松 大輔（常勤職員8名、他2名）

【研究内容】

Yb 光格子時計は、核スピンの $I = 1/2$ と小さいこと (^{171}Yb の場合)、室温の黒体輻射シフトが Sr 場合の半分などが挙げられ、より高性能な時計となる可能性を秘めている。また原子番号が $Z = 70$ と大きいものであり、Sr 光格子時計との比較により微細構造定数の時間変化の検証に用いることもできる。Yb 光格子時計の時計遷移分光実験及び絶対周波数計測に成功した後、光格子用レーザー安定化などの改善を行った。Yb 光格子時計の評価のために開発を行っている Sr 光格子時計については、波長 689 nm の外部共振器型半導体レーザーの狭線幅化を行った。その結果、レーザーの線幅を 100 Hz 以下にすることに成功し、Sr 光格子時計のスピン禁制遷移によるレーザー冷却（第2段冷却）用光源が完成した。高速制御可能な光周波数コムを開発し、その相対線幅や安定度を評価した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】光格子時計、光周波数コム、光周波数測定

【研究題目】次世代計測標準基盤構築に向けた時間周波数遠隔校正用端末装置の開発

【研究代表者】今江 理人（計測標準研究部門）

【研究担当者】今江 理人、藤井 靖久、鈴山 智也、宮本 祐介、川上 敏明、吉田 春雄、古川 博之（ベンチャー開発センター）（常勤職員2名、他6名）

【研究内容】

平成20年度までに NEDO 委託開発（計量器校正情報システム技術開発事業（e-trace プロジェクト））で培った GPS 衛星を仲介とした周波数遠隔校正技術をベースとして、より利便性の高く電子計測機器などに組込可能な超小型端末装置を主体としたベンチャー起業の可能性検証を行うことを目的とした課題である。

平成22年度は、当該課題を実現する上で、

- ①遠隔校正用小型端末装置の試作
- ②内蔵発振器の同期時間の短縮方法の検証
- ③データ通信系のバリアフリー化に関する試作を実施した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】時間周波数標準、GPS、遠隔校正

【研究題目】材料創成に資する動的その場解析のための X 線吸収測定装置

【研究代表者】小林 慶規（計測標準研究部門）

【研究担当者】小林 慶規、松林 行、平田 浩一（計測標準研究部門）、熊谷 俊弥、土屋 哲男（先進製造プロセス研究部門）、越崎 直人（ナノシステム研究部門）、鈴木 良一（計測フロンティア研究部門）、西嶋 昭生（常勤職員7名、他1名）

【研究内容】

放射光などの大型施設を用いずに材料のその場計測を可能とする X 線吸収測定装置開発に関する調査研究を行った。

カーボンナノ構造体を電子源とする冷陰極 X 線管にカーボンターゲットを組み合わせることで、1 keV 以上のエネルギー範囲において、X 線吸収測定に適した特性 X 線を全く含まない白色 X 線のみを発生できることがわかった。発生する白色 X 線強度の見積もりから、高強度化の可能性について検討した。

放射光を用いた X 線吸収測定により、発光材料や電極材料の状態分析において X 線吸収測定の有効性を確認した。新規 X 線源、X 線吸収分析に関する特許を2件出願するとともに、2件の論文発表を行った。

【分野名】標準・計測

【キーワード】X 線吸収測定、その場分析、材料分析、新規 X 線源

【研究題目】工業用中性子線源の簡易型キャリブレーションの開発

【研究代表者】原野 英樹（計測標準研究部門）

【研究担当者】原野 英樹、松本 哲郎、増田 明彦、西山 潤（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

^{252}Cf や $^{241}\text{Am-Be}$ のような中性子線源は、道路工事や鉄鋼分野など工業用に多くが利用されており、その管理は、現場の作業者に対する安全安心や、コンプライアンスの観点から大変重要である。線源の主たる特性である中性子放出率を知るためには、校正機関に依頼するか、大掛かりな装置や高度な放射線計測技術を必要とする。そこで、本研究では線源の中性子放出率を簡易的に校正

するための、キャリブレータを提案し、開発を行った。キャリブレータは、直方体のポリエチレン減速材、カドミウム中性子吸収材、2台の ^3He 比例計数管によって構成されている。中心には、中性子線源がセットできるようになっている。2台の ^3He 比例計数管は、それぞれ感度が異なるものを使用している。そのことによって、ダイナミックレンジが数 MBq～数 GBq の強度の線源に対応できるようにした。設計にあたっては、モンテカルロ計算コード MCNPX による計算を行い、形状を可能な限りコンパクトにし、可搬型の装置にすることができた。また、本装置で大きな問題になるのが、使用する場所によって外部の構造体で散乱した中性子が結果に及ぼす影響であるため、産総研中性子実験室を利用して、実験と計算の両面で検証を行った。その結果、Cf、Am-Be の2種類の線源について、いずれも1%以下の影響しか受けないことが分かった。最後に、産総研で値付けを行ったこのキャリブレータを日本アイソトープ協会の線源使用室に持っていき、Cf線源およびAm-Be線源について放出率測定を行った。別途 Cf線源、Am-Be線源について、産総研の中性子放出率標準でも校正を行った。その結果、不確かさ3～4%で一致した結果が得られることが分かった。

本装置によって、中性子線源使用現場において線源の強度を確認できるほか、事業所における日常的な線源管理に使用されることが期待される。さらには、改良によってより利用現場での利便性を追求することによって、成果のさらなる普及を図れるものと考えている。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 中性子標準、熱中性子、中性子線量、原子炉、高強度ビーム、校正

【研究題目】 ソフトイオン化質量分析のためのマスペクトルデータ解析ソフトウェアの開発

【研究代表者】 津越 敬寿（計測標準研究部門）

【研究担当者】 津越 敬寿（計測標準研究部門）
（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、戦略的基盤技術高度化事業支援事業「ソフトイオン化質量分析のためのマスペクトルデータ解析ソフトウェアの開発」の一部を産総研が分担実施し、迅速簡便な測定が可能ソフトイオン化質量分析装置・技術のために、データ解析手段を備えた組み込みソフトウェアの開発・実用化を目的としている。これは、リアルタイム計測も可能なソフトイオン化質量分析装置のデータ解析には、高速データ通信・処理が必要であり、それには分析装置の装置制御を行う組み込みソフトウェアにデータ解析機能までを実装させることが必要となるためである。

H22年度の研究開発目標は、有機化合物のスクリーニング分析技術として注目を集めているソフトイオン化質

量分析装置用の解析機能を備えた組み込みソフトウェアの開発を行なうことで、従来、複雑なマトリックス試料において分析精度の低下やデータ解析における測定者の主観的判断に頼っていた部分を改善し、適用用途・解析精度の向上を図ることである。

データ解析ソフトウェア開発（仕様設計、機能検証・評価）、データ解析技術研究に参画し、H22年度の開発目標を達成した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 質量分析、熱分析、発生ガス分析、示差熱-熱重量分析、イオン付着イオン化、光イオン化、多変量解析、主成分分析、クラスター分析、回帰分析、残差スペクトル解析

【研究題目】 リアルタイム発生ガス分析システムの開発

【研究代表者】 齋藤 直昭

（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】 齋藤 直昭

（計測フロンティア研究部門）、

津越 敬寿（計測標準研究部門）

（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究では、地域イノベーション創出研究開発事業「リアルタイム発生ガス分析システムの開発」の一部を産総研が分担実施し、迅速簡便な測定が可能であり、且つ、熱抽出による発生ガス性状を正確に反映したデータ出力が可能リアルタイム発生ガス分析システム（示差熱-熱重量/イオン付着イオン化-飛行時間型質量分析装置：TG-DTA/IA-TOFMS）開発とその用途技術の確立により、様々な分析シーンに利用できる迅速スクリーニング分析装置・技術の実用化を目的とした。

H22年度の研究開発目標は、コアとなる前年度試作装置について、イオン源の改良や試料導入機構の改良と増設、また具体的な応用例としての用途開発を行い、さらに、データ解析およびデータ統合表示とデータ管理のためのソフトウェア開発を行うことである。

試作装置のシステム仕様の検討と改良、具体的用途の開発として、樹脂試料の異同識別や熱成形時発生ガスのプロファイリング、その他各種の試料のデータ蓄積と解析、また同定技術の確認、データ処理技術の仕様決定とその検証や性能評価に参画し、H22年度の開発目標を達成した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 質量分析、熱分析、発生ガス分析、示差熱-熱重量分析、イオン付着イオン化

【研究題目】 試薬の FT-IR を用いた赤外吸収スペクト

ルの測定に関する研究

【研究代表者】衣笠 晋一（計測標準研究部門）

【研究担当者】衣笠 晋一、滝澤 祐子、齋藤 剛、
山路 俊樹、鍋島 真美、小野 千里、
浅井 こずえ（常勤職員3名、他4名）

【研究内容】

改訂 JIS で規定される試薬の赤外吸収スペクトルを測定するプロトコルを検討・開発するとともに、“有機化合物のスペクトルデータベース（SDBS）”の充実を図ることを目的として研究を行った。今年度は受託先から依頼された26品目すべてが、JIS 規格に掲載されている条件でスペクトル測定可能であることを評価し、その結果得られた26件のスペクトルを受託先に提出した。26品目のうち4品目（L-glutamic acid、4’-(dimethylamino) azobenzene-2-carboxylic acid、2,3-indolinedione、および phenol red）については、KBr 錠剤法による赤外吸収スペクトルを Web に公開した。他の22品目はすでに SDBS で公開済みであった。また、受託先を通じて、得られた赤外吸収スペクトルを改正 JIS 規格案に反映させることができた。

【分野名】標準・計測

【キーワード】赤外吸収スペクトル、スペクトルデータベース、試薬 JIS

【研究題目】量子情報処理プロジェクト「光格子時計の絶対周波数測定及び国際原子時計への貢献」

【研究代表者】洪 鋒雷（計測標準研究部門）

【研究担当者】洪 鋒雷、安田 正美、稲場 肇、
保坂 一元、赤松 大輔、中嶋 善晶
（常勤職員5名、他1名）

【研究内容】

近い将来光格子時計の周波数精度は、秒の定義であるセシウム原子時計を上回る可能性がある。セシウム原子時計の限界を打破し、光格子時計の優位性を明らかにするために、Yb 原子及び Sr 原子を用いた光格子時計の開発及び高度化を行った。具体的には、Yb 光格子時計においては観測する原子数の規格化を行った。その結果、Yb 原子の時計遷移信号の S/N が大幅に向上した。Yb 時計の光格子を作るレーザーの絶対周波数安定化を、光周波数コムを用いて行った。Sr 格子時計においては第2段レーザー冷却に成功し、極低温 Sr 冷却原子ガスを生成した。さらに、高速制御光周波数コムの開発を行った。具体的には、モード同期ファイバレーザーの共振器内に導波路型電気光学変調器を挿入することにより、光周波数コム共振器長の制御可能帯域を1.5 MHz 以上にすることができた。これにより、光コムの堅牢性が大幅に向上した。また、狭線幅安定化レーザーの開発を行うために、高速制御光周波数コムの基準として1 μ帯の超安定化レーザーを構築した。具体的には、1064 nm の高安

定光共振器を用いて1 μ帯の超安定化レーザーを作り、その線幅を高速制御光周波数コムを用いて578 nm 波長帯へ転送した。この新しい時計遷移励起用レーザーを用いて、Yb 原子の時計遷移の分光に成功した。1064 nm と578 nm のレーザーのビート線幅は3.5 Hz 以下であることを確認した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】光格子時計、光周波数コム、光周波数測定

【研究題目】形式的仕様記述を用いた高信頼ソフトウェア開発プロセスの研究とツール開発

【研究代表者】水口 大知（計測標準研究部門）

【研究担当者】水口 大知（常勤職員1名）

【研究内容】

戦略的基盤技術高度化支援事業からの再委託研究であり、H22年度は主に以下について実施した。

①形式的仕様記述手法であるイベント B および B メソッドの、組込みソフトウェアに対する適用実験を主導した。

②欧州における形式手法調査を主導した。

まず①適用実験においては、簡単な計測タイマの仕様書を例題として、イベント B および B メソッドの適用実験を実施した。適用実験の結果、以下の成果物を得た：

- ・要求仕様書
- ・リファインメント方針
- ・イベント B のモデル
- ・インバリエント抽出の観点
- ・B メソッドのモデル（インポートツリーおよび、イベント B からの変換の観点を含む）
- ・C 言語のソースコード（自動生成されたもの）

次年度はこれらの成果物を分析し、結果をモデリングおよびリファインメントのガイドラインとしてまとめる予定である。

次に②欧州調査においては、チューリッヒ工科大学、ClearSy 社およびデュッセルドルフ大学を訪問して、形式仕様記述の適用における技術課題について議論を行った。主な議題は以下の通りであった：

- ・モデリングの手順および技術習得方法
- ・インバリエント抽出方法
- ・自動コード生成におけるエラー回避方法
- ・モデルの構造化方法
- ・時間制約記述方法
- ・イベント B と B メソッドの使い分け

今回の訪問調査によって、イベント B および B メソッド適用の際の手順およびポイントを確認することができた。それと同時に形式手法ツール等の研究開発動向についても調査することができた。これらは次年度の研究開発において活用していく予定である。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 形式仕様記述、形式検証、形式手法、要件定義、ソフトウェア認証、ソフトウェア工学

〔研究題目〕 精密海水温度センサの評価技術の開発

〔研究代表者〕 丹波 純（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 丹波 純、山澤 一彰、
Januarius V. Widiatmo
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

独立行政法人 海洋研究開発機構（JAMSTEC）は地球環境観測のために、高精度な温度センサを用いて海水温度の測定を行っている。現在、外国製のセンサを用いているが、今後の詳細な観測のために、国産センサ開発と国内での高精度の校正技術の確立を目指している。JAMSTEC が試作した精密海水温度センサを、産総研が保有する温度の国家標準と比較測定を行うための機器の整備を行った。実際に評価を行った結果、0℃-35℃の範囲において、両者の差は±1.2 mK 以内であり、現段階での目標を達成できていることを確認した。また、JAMSTEC が開発を進める海水温度センサ用校正水槽について、ヒーターによる温度制御系を導入することにより、35℃から0℃までの校正に要する時間を、24時間から10時間に短縮させることに成功した。さらに、現在、JAMSTEC で使用している外国製温度センサを、産総研が保有する温度の国家標準と比較測定を行い、評価した結果、両者の差は±0.5 mK 以内であり、当該温度センサおよびそれにより得られる観測データの信頼性を確認した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 海水温度、水温センサ、校正、海洋観測

〔研究題目〕 先端計測分析機器用共通ソフトウェアプラットフォームの開発

〔研究代表者〕 林田 美咲（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 林田 美咲（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本課題は、最先端の計測分析機器を開発する際に、そのソフトウェアの開発効率を高めるとともに、開発したソフトウェアの資産化を容易にするための共通プラットフォームの開発を目的としている。本機関は、透過型電子顕微鏡（TEM）に関して機種やメーカーの違いを吸収し、開発者あるいはユーザーが行いたい電子顕微鏡の制御を行えるプラットフォームの開発を担当している。その開発には、現在機器開発の現場において欧米で広く使われている Labview を用いる予定である。

具体的には、既存のコンピューター制御の入っていない TEM において、その制御をすべてプラットフォーム上から行えるようにソフトウェアの開発を行う。また、

既存のコンピューターによる制御が行われている TEM に対しても並行して制御ソフトウェアの開発を行い、これら両方の TEM において共通して用いる事が出来る市販ソフトベースの TEM 用プラットフォームを大阪大学及び松浦電弘社と共同で開発する。

22年度は、本機関所有の TEM に一部改良を加え、マニュアル制御にしか対応していない部分をコンピューター制御可能にし、Labview で制御できる環境に整えた。また、TEM のレンズ系、ゴニオ、カメラの制御ソフトウェアの試作と動作確認を行った。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 透過型電子顕微鏡、ソフトウェア、プラットフォーム

〔研究題目〕 低温光共振器を用いた超高安定光源の開発

〔研究代表者〕 池上 健（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 池上 健、渡部 謙一、稲場 肇、
洪 鋒雷（常勤職員4名）

〔研究内容〕

産総研の超高安定共振器と光周波数コムを用いて、東大で開発される超高安定光源の評価を行う。

短期安定度に優れた低温サファイア共振器の11 GHz の共振周波数の周波数安定度を評価し、1秒の平均時間で 1×10^{-14} より良い周波数安定度であることを確認した。

周波数合成による安定度や雑音の劣化の評価を行い、1 GHz の信号では1秒の平均時間における周波数安定度として約 5×10^{-15} の周波数安定度を、また100 MHz の信号では、光コムのある実験室に同軸ケーブルで90 m 伝送したのちの、1秒における周波数安定度として 7×10^{-15} 、位相雑音としては離調周波数1 Hz において-125 dBc/Hz を得た。

周波数合成した1 GHz の基準信号を光コムのある実験室に伝送し、この1 GHz のマイクロ波信号を基準信号として光コムを繰り返し周波数とキャリア包絡線離調周波数を同期し、これを産総研が有する周波数安定化レーザーと比較することにより、マイクロ波から合成された光コムを評価した。繰り返し周波数123 MHz の光コムを用い、下記の図に示すように、平均時間1秒において約 4×10^{-14} の周波数安定度を得た。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 低温サファイア共振器、光コム、超高安定共振器、周波数安定化レーザー

〔研究題目〕 HFO1234yf混合冷媒の熱物性の測定

〔研究代表者〕 藤井 賢一（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 藤井 賢一、粥川 洋平、狩野 祐也、
赤坂 亮（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

NEDO「ノンフロン型省エネ冷凍空調システム開発」事業の「実用的な性能評価、安全基準の構築」のなかの「エアコン用低 GWP 混合冷媒の物性と LCCP 評価」では、温室効果が高い現在冷媒として使用されている代替フロン類のノンフロン化を図るために、ノンフロン冷媒や自動車関係で探索されている次世代冷媒として HFO1234yf を選び、これを主成分として HFC32、HFC125、HFC134a などを混合した2成分混合冷媒の熱物性の測定を行っている。平成22年度は、実験的測定として、既存の装置が対応していない温度・圧力および混合物への対応のため、新たに測定システムを開発した。純物質の PVT 性質に関しては、ダブルシンカー型磁気浮上密度計を利用しつつ、新たにシングルシンカー型の磁気浮上密度計を開発し、温度・圧力範囲の拡張と、混合物への対応を図った。さらに、磁気浮上密度計による測定のバックアップとして、小型のバーネット装置を作製し、気相域における PVTx 性質の測定を行った。気液平衡性質についても、測定範囲の拡張と測定の迅速化を目指し、新たに循環型の気液平衡性質測定装置を開発した。

音速については、球共鳴を利用した気体音速測定装置を利用し、純物質に関する気体の音速実測値を得るだけでなく、理想気体状態比熱 (C_p0) を導出し、状態方程式によるエンタルピー・エントロピーの計算の根拠となるデータの取得を目指した。

以上の測定によって得られたデータに基づき、サイクルのシミュレーション等に利用可能な数値計算ライブラリの基本となる、状態方程式の開発を行った。まず、HFO1234yf 純物質に関しては、ECS (拡張対応原理) モデルのパラメータを、新たに得られたデータを用いて最適化する一方で、固有パラメータの数が比較的少ないショートタームのヘルムホルツ型状態方程式を作成した。いずれの状態方程式も、報告されている HFO1234yf に関する実測値との比較では、良好な再現性が得られている。さらに本研究では、音速測定により得られた高精度な C_p0 値に基づき、状態方程式の理想気体部分を従来の推参値に基づくものから、より信頼性の高い係数に修正した。これにより、音速等の再現性も向上している。2成分系混合冷媒については、多流体モデルを用いた混合則を用い HFO1234yf+R32 に関する気液平衡性質測定データを用いてパラメータを最適化した。

本研究において開発した状態方程式に関し、パラメータ等の数値情報を含んだ係数ファイルを作成した。このファイルは、物性計算ソフトウェアである REFPROP に組み込むことにより、REFPROP の操作画面および、Excel や FORTRAN 等の外部プログラムから利用でき、サイクル計算等に幅広く応用が可能である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ヒートポンプ、混合冷媒、熱物性、PVT 性質、気液平衡性質、音速、状態方程式

【研究題目】「光コムを用いた空間絶対位置超精密計測装置の開発」の一部「大気揺らぎ補正法の開発」

【研究代表者】美濃島 薫 (計測標準研究部門)

【研究担当者】美濃島 薫、新井 薫
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

大気屈折率の自動補正のために、光コムレーザーによる長光路干渉計を構築し、高精度な空気屈折率分散の計測法を開発することを目標として研究を行った。そのために以下のことを実施した。開発したエルビウムドープ・モードロックファイバーレーザーによる、基本波 (中心波長1.5 μm) と、その第2高調波 (中心波長780 nm) において、各々において光路長差のあるアンバランス干渉計を構築し、異なるパルス間のコヒーレンスが存在することを確認した。光コムの繰り返し周波数によるパルス間隔の制御、および、キャリアエンベロップ位相制御と、干渉位相信号のコヒーレンス、及び、位相安定性との相関を評価し、隣り合うパルス間の干渉計において、安定性が各色の干渉縞信号0.5 μm 以下、2色の干渉位相差信号10 nm 以下となる安定な制御条件を見出した。

2色の光源が同一光路を通る長光路干渉計を構築し、気圧、気温、湿度の変動を測定して環境変動をモニタしながら、10時間連続測定を行った結果、測定された干渉縞の変動と、環境パラメータから計算される空気屈折率の環境変動による光路長変動が、各波長ともにそれぞれ0.1 ppm 以下で一致することを確認した。さらに、開発した手法を用いて2波長における干渉位相差を長期連続測定し、環境パラメータより計算された屈折率分散の変動との相関が1 ppm 以下で一致することを確認した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】光コム、光周波数コム、ファイバレーザ、空気揺らぎ、長さ計測

【研究題目】多孔質媒体中におけるガスハイドレートの自己保存性に関する研究

【研究代表者】竹谷 敏 (計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】竹谷 敏、後藤 義人
(常勤職員2名)

【研究内容】

細孔内でのガスハイドレートの安定性 (自己保存性) および経時変化に関し、マイクロレベルでの研究を可能にするための測定手法の開発を行うと共に、多孔質媒体中におけるガスハイドレートの分解過程における自己保存性について、その機構の解明することを目的とした。

土壌粒子を模した均一粒子径でサブミクロン～数百ミクロン径のガラスビーズ中にメタンハイドレートを生成し、粉末 X 線回折および熱量測定手法による細孔中の

ガスハイドレートの測定手法の最適化を行った。そのモデル試料を用いることにより、サブミクロン径のガラスビーズ中に形成されたメタンハイドレートでは、従来に報告がなされていたメタンハイドレートよりも、分解過程において、さらに高い動的な自己保存性が得られることを実験的に発見した。

X線回折と熱量測定の結果の比較検討から、これまでに測定例がほとんどなく未知の領域だった細孔中に存在するガスハイドレート試料に関し、結晶相～液相におけるマイクロレベルにおける分解現象の解釈が可能となった。この成果は、自然界に存在する天然ガスハイドレートの安定性評価においても新たな指針となりうるものである。

【分野名】標準・計測

【キーワード】X線回折、熱量測定、ガスハイドレート

【大項目名】戦略的国際科学技術協力推進事業（研究交流型）

【研究題目】高速過渡分光による有機太陽電池における電荷生成ダイナミクス計測：電荷生成から電荷収集まで

【研究代表者】加藤 隆二

（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】加藤 隆二、古部 昭広、矢口 かおり

（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

有機太陽電池は新しい光エネルギー変換デバイスとして期待されており、その高性能化に向けて、動作機構の解明が世界中で進められている。本プロジェクトでは、有機薄膜太陽電池の3つの基礎過程（励起子生成、電荷分離、電荷収集）の詳細について、新しい分光手法を駆使して明らかにすることを目標としている。

今年度は高感度分光手法の開発に主眼をおき、まず基本的な吸収分光計の感度の向上をめざし、装置開発と評価を行った。その結果、市販装置の10倍以上の高感度を達成し、ガラス基板上に単分子層以下の極薄膜について、吸収分光が可能になった。有機太陽電池の最も基本的な材料であるポリチオフェン系ポリマーについて系統的な計測を行い、電極とポリマーの相互作用や、ナノスケールでのポリマー構造について多くの知見を得る事に成功した。本技術はシンガポールで進めている時間分解ブリュースター角過渡分光と相補的な計測技術であり、来年度以降、同じ計測対象を用いて研究を展開する予定である。

電荷分離・収集過程を調べるために時間分解マイクロ波電導度（TRMC）法の高感度化を進めた。計測回路の最適化、計測アルゴリズムの最適化を行い、単分子膜レベルでの計測が可能になった。また、同時に有機太陽電池材料に適した計測セルデザインを行った。具体的には空気中の酸素や湿気によって分解反応が進行する太陽電池材料に対して、不活性ガス中での計測を可能とする

セルデザインを行い、試作した。

現在、シンガポール側で新たに開発した有機太陽電池用の新材料分子について、日本において各種分光計測を行い、評価を開始するために、予備的な測定を行い、準備を進めている。

【分野名】標準・計測

【キーワード】有機太陽電池、過渡分光、時間分解マイクロ波電導度法、励起子生成、電荷分離、電荷収集

【研究題目】「CNX 冷陰極 X線管」特有真空環境の最適化及びX線発生装置の開発

【研究代表者】鈴木 良一

（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】鈴木 良一、豊川 弘之

（常勤職員2名）

【研究内容】

針葉樹型のカーボンナノ構造体（CNX）の電子源を用いた X線源は、ヒーターやフィラメント無しに従来の熱電子放出型の電子源を用いた X線源と同程度あるいはそれ以上の X線を発生することができ、次世代の X線源として期待されている。この CNX 冷陰極 X線管を製造する際に、真空中で高電圧をかけて電子を出しながら熱処理やエージング処理を行う必要があるが、熱処理時にはガス放出、エージング時にはターゲットからのガス放出に加え X線も放出するため、特有な真空環境下での処理が必要となる。また、X線を発生するためには、高電圧を安全に印加できる機構が必要である。そこで本研究では、CNX 冷陰極 X線管の熱処理やエージング処理に最適な真空環境を実現する処理装置及び処理方法の開発を行った。特に今年度は、真空中でのエージング中に放電によって電子源が壊れてしまう事象を低減するため、印加電界のシミュレーションを行うとともに放電防止治具を作製し、装置に組み込んだ。その結果、従来の1.5倍以上の高電圧まで印加できるようになり、安定に X線管を製作できるようになった。

【分野名】標準・計測

【キーワード】カーボンナノ構造体、電子源、エックス線源、冷陰極、真空、熱処理

【研究題目】重点地域研究開発推進プログラム（育成研究）「活性酸素を利用したディーゼルパティキュレートセンサの開発」

【研究代表者】兼松 渉（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】西田 雅一、深谷 治彦、兼松 渉、大西 みよ子（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

本研究開発は、排ガス中の浮遊粒子状物質（パティキュレートマター：PM）濃度のその場計測が可能な全固体センサの実用化を最終的な目標とする。この PM セ

ンサはディーゼル車の排気マニホールド内に設置できるように小型サイズ化が必要で、センシング性能を持つことと、機械的な安定性などモジュールとしての信頼性を向上させることの両方が必要になる。平成22年度においては、昨年度に行った酸性プロトンに加えて、バルクの P_2O_7 ユニットの影響を直接的に調べるために、固体 ^{31}P MAS NMR や緩和時間 $T_1\rho$ の測定を合わせて行い、これらの核種の異なる固体 NMR の相関性の解析を行うことで SnP_2O_7 の挙動を調べた。

電解質を構成するピロリン酸スズ (SnP_2O_7) の 1H MAS NMR において、酸性プロトンの位置 (8–13ppm) にピークが出現していたが、バルクの SnP_2O_7 が空気中の湿気と反応することにより、これらのピークが高磁場シフトすることが確認された。この現象は ^{31}P MAS NMR でのモニタリングにより、フリーの H_3PO_4 の生成とさらなる H_2O の吸着によるものであることがわかった。この H_2O との反応は3価のドーパント (In^{3+} , Al^{3+}) を使用した際に特に顕著で、2価のドーパント (Mg^{2+}) では H_2O との反応はより穏和なものであり、空气中でより安定であることがわかった。一方、今年度新たに作製した電解質であるピロリン酸スズ (SnP_2O_7) の焼結体 $SnP_2O_7-SnO_2$ では、 1H MAS NMR や ^{31}P MAS NMR の結果から、空气中での H_2O の吸着はほとんどなく、バルクの SnP_2O_7 はより化学的に安定であることがわかった。さらに、 $SnP_2O_7-SnO_2$ 焼結体の硬度測定の結果から、 SnP_2O_7 やそのドーパントに比較して機械的に安定で、モジュールとしての信頼性も向上していることがわかった。今後、温度変化や不活性ガスパージによるプロトンやリンの挙動を調べることで、センシング性能のさらなる向上を目指す。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 ピロリン酸スズ、ドーパント、焼結体、プロトン導電性、固体 NMR

【研究題目】 原子力安全基盤調査研究
津波波源モデルの精度向上に関する研究

【研究代表者】 岡村 行信
(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】 岡村 行信、行谷 佑一、佐竹 健治
(東京大学)、上野 俊洋 (東京大学)、
谷岡 勇市郎 (北海道大学)、
Aditya R. Gusman (北海道大学)
(常勤職員2名、他4名)

【研究内容】

2005年宮城県沖の地震津波を対象に、津波波形インバージョン解析により、地震時の海底隆起・沈降量分布を推定した。この隆起・沈降量分布は非一様な形状であると仮定し、B-スプライン関数で表現することを試みた(モデル1)。また、断層面を仮定して非一様な断層すべり量も推定し、それから得られる隆起・沈降量分布も計

算した(モデル2)。モデル1とモデル2を比較すると、両者の隆起・沈降量の分布はおおむね良く似ていることがわかった。ただし完全には一致せず、隆起量はモデル2の方が大きく(モデル1の隆起量:約7cm、モデル2の隆起量:約4cm)、逆に沈降量はモデル1の方が大きい結果となった。

一方、波源分割の細かさに対して沿岸津波高さが受ける影響の程度についても検討を行った。まず2007年新潟県中越沖地震津波を例に、インバージョン解析から推定される非一様な断層すべり量分布を基にして、それよりも波源の分割数を小さくした場合の沿岸における津波高さを計算した。その結果、波源の分割数によらず全体的な津波高さの分布はおおむね同様の結果が得られた。しかしながら、波源の分割数が大きなモデルでは局所的に大きな津波高さが計算されるのに対し、波源の分割数が小さくなるとそれが表現されない結果となった。2003年十勝沖地震津波についても同様の検討を行った。これらを用いて、津波波形からインバージョン解析により非一様な波源モデルを推定する手法についてガイドラインを作成した。

【分野名】 地質

【キーワード】 新潟県中越沖地震、2003年十勝沖地震、津波シミュレーション、津波観測、地殻変動

【研究題目】 「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」 海域活構造の地形・地質調査

【研究代表者】 岡村 行信
(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】 岡村 行信、堀川 晴央、村上 文敏、
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

酒田沖隆起帯を横切る5測線を設け、浅層(海底下100m以浅)を対象とした高分解能音波探査を実施した。その結果、隆起帯の東縁に沿って活断層が存在することと、近年は隆起帯南部において断層活動がより活発であることが明らかになった。海底下にはいくつかの浸食面が認められ、その中の起伏に富んだ、明瞭な面には比高30m程度の変位が認められる。この面を最終氷期の浸食面と仮定し、その年代を1.8万年とすると、1.7m/千年という変位速度が見積もられるが、この推定の妥当性は、今後堆積物の採取と年代測定によって確認する必要がある。現在海底下に見られる地質構造と、上述の探査結果とを付き合わせると、本隆起帯を形成する断層の活動的な部分は時代によって異なっていることが示唆される。

【分野名】 地質

【キーワード】 ひずみ集中帯、酒田沖隆起帯、高分解能音波探査、海域活断層

【研究題目】 柏崎深部地震動観測サイト周辺の広域地

下構造調査—微動・自然地震動観測およびGPS観測の実施

【研究代表者】岡村 行信

(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】岡村 行信、吉見 雅行、堀川 晴央、北川 有一、松本 則夫、林田 拓巳
(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

本研究では新潟県南部地域の地震動予測の高度化のため、地震動・地殻変動の連続観測と微動の機動観測とを実施する。対象地域は、柏崎市から南魚沼市にかけての東西50km、南北15km程度の地域で、ここに地震動連続観測点14点、GPS連続観測点30点余りを設置する。本年度は、観測点選定、機器仕様決定、調査の現地説明等、観測点整備に向けての準備作業を実施した。

【分野名】地質

【キーワード】新潟県南部地域、活褶曲、地震動、地震観測、GPS観測、地殻変動、地下構造モデル

【研究題目】平成22年度 活断層の地震規模及び活動性評価の精度向上に関する検討

【研究代表者】吾妻 崇 (活断層評価研究チーム)

【研究担当者】吾妻 崇、宮下 由香里、近藤 久雄、谷口 薫 (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

内陸活断層から発生する地震の評価手法高度化に関する検討の一環として、従来の評価において具体的な方針の検討が今後も必要とされている課題のうち、1)近接した断層の連動破壊可能性、2)孤立した短い活断層で発生する地震、3)断層破砕物質を用いた活断層の活動性評価の3課題について検討を行うものである。平成22年12月から検討を開始し、1)については山田断層を、3)については岩国断層帯を対象とした現地調査を計画している。今年度は、山田断層と岩国断層帯におけるボーリング調査の着手、DEMデータの検討、および2)の孤立した短い活断層のリスト作成を実施した。

【分野名】地質

【キーワード】連動破壊、短い活断層、断層破砕物質、山田断層、岩国断層帯

【研究題目】上町断層帯における重点的調査観測

【研究代表者】吉岡 敏和 (活断層評価研究チーム)

【研究担当者】吉岡 敏和、近藤 久雄、吉見 雅行、堀川 晴央、木村 治夫、堤 浩之 (京都大学)、関口春子 (京大防災研)、浅野 公之 (京大防災研)
(常勤職員4名、他4名)

【研究内容】

本研究は、大阪府に位置する上町断層帯が活動した場

合に想定される地震災害の軽減を目指し、断層帯の地表付近の詳細な位置・形状、地下の震源断層形状、過去の活動履歴等の活断層基本情報の高度化と、震源域での強震動評価の高度化を目的に、京都大学と共同で実施しているもので、本年度は「活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査」および「動的断層モデル構築と強震動シミュレーション」について分担実施した。

1) 活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査：本サブテーマでは、上町断層帯の地表付近での詳細な断層位置と分布形状、及び変位量分布に関する文献調査を実施し、既存の活断層位置情報を整理した。さらに、航空レーザー測量 (LiDAR) による2mメッシュの詳細DEMを整備し、空中写真判読の結果を含めて、変動地形・活構造の分布について予察的に検討した。その結果、断層帯北部の淀川～大阪駅周辺では、断層帯に沿って隆起側に分布する砂州の形態が明瞭になり、分布西縁が上町断層帯を構成する桜川撓曲の位置とほぼ一致することが明らかになった。さらに、断層帯南部の大津川周辺では、従来の推定断層に沿って分布する段丘面に逆傾斜および変形が認められた。これは、H22年度に京都大学が実施した反射法地震探査による変形構造と調和的であり、大津川以南についても概ね海岸線に沿って上町断層帯が分布する可能性が示された。

2) 動的断層モデル構築と強震動シミュレーションの実施：本サブテーマでは、上町断層帯の地震動評価の高度化のため、動的断層モデルの構築と強震動シミュレーションを実施する。本年度は、上町断層帯の震源モデルの既往研究調査、丘陵部における大阪層群および火山灰層の3次元デジタルデータの整備、上町断層帯南部での地中レーダー (GPR) 探査、大阪府南部地域での微動アレイ探査を実施した。GPR探査では既存研究による坂本断層の推定位置周辺にて撓曲変形を示す断面を得た。微動アレイ探査では既存探査の空白域6地点にてレイリー波分散曲線を得て、地震基盤に至る堆積層の速度構造を推定した。

【分野名】地質

【キーワード】上町断層帯、変動地形、航空レーザー測量、地中レーダー探査、微動アレイ探査

【研究題目】「神縄・国府津-松田断層帯における重点的調査観測」浅海域での国府津-松田断層の活動様式の解明

【研究責任者】丸山 正 (活断層評価研究チーム)

【研究担当者】丸山 正、岡村 行信 (常勤職員2名)

【研究内容】

浅海域での国府津-松田断層および周辺の活構造の分布と活動様式を把握するため、小田原市早川から中郡大磯までの相模湾北西部に設けた17測線 (延べ測線長約

108km) でブーマーを音源とする高分解能マルチチャンネル音波探査を実施した。反射断面の解釈により、陸域で認定されている国府津-松田断層の走向延長部の沿岸部で同断層の存在を示唆する反射面の不連続が認められた。また、同断層上盤側に分布する二宮海底谷および大磯海脚北西部では、北東-南西方向に軸をもつ褶曲群が認められ、その一部には最終氷期に形成されたとみられる海脚頂部の海食台に背斜状の変形を示唆する反射パターンが認められた。ただし、推定された活構造沿いには上部更新統-完新統はほとんど分布しておらず、地層採取による後期更新世以降の活動性の定量的な評価は困難である。

【分野名】地質

【キーワード】国府津-松田断層帯、高分解能音波探査、海域活断層

【研究題目】震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性の研究

【研究代表者】佐藤 隆司 (地震素過程研究チーム)

【研究担当者】佐藤 隆司、雷 興林 (常勤職員2名)

【研究内容】

本研究は JST-JICA 地球規模課題対応国際科学技術協力事業「鉱山での地震被害低減のための観測研究」の一部を分担する。本事業は、南アフリカ金鉱山で発生する地震を地震計、歪計等を用いて極近傍で観測することにより、地震発生予測の高度化をはかり、地震発生過程解明および鉱山における地震被害低減に寄与することを目的とする。本分担課題では、震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性を室内実験で計測し、震源極近傍での他の様々な観測結果を解釈する際の基礎データとする。

鉱山でのボーリング作業は事業初年度である平成22年度から開始されたが、コア試料の日本への輸送は平成23年度から開始予定である。そのため本分担課題では、封圧制御用のシリンジポンプを導入し、コア試料の受け入れ態勢を整えた。

【分野名】地質

【キーワード】南アフリカ金鉱山、地震被害低減、岩石物性・破壊特性

【研究題目】CCS モニタリング技術高度化等の研究

【研究代表者】中尾 信典 (地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】中尾 信典、當舎 利行、菊地 恒夫、杉原 光彦、西 祐司、雷 興林、相馬 宣和、俣徠 正夫、加野 友紀、船津 貴弘、上原 真一、石戸 恒雄、内田 利弘、中島 善人、高倉 伸一、佐々木 宗建、宮越 昭暢、上田 匠、稲崎 富士 (常勤職員17名、他2名)

【研究内容】

CCS の早期実用化に向けては、共通・汎用性の高い技術基盤を確立することが必要であり、CCS を実施する際の安全性評価において重要なモニタリング技術高度化等の技術の確立が急務である。本研究開発では、CO₂ 地中貯留における長期挙動予測シミュレーションモデルの高精度化、弾性波探査を補完して定量的な圧入量評価をするための複合モニタリング手法の研究と、シール圧と岩石内部の粒子構造・浸透率の関係のモデル化および広域地下水流動に係る地下水データベースの調査に基づく CO₂ 移行性評価手法の研究を実施した。

1) 物理量変換プログラムによる地質モデルの高精度化
CO₂ 挙動予測に用いるシミュレーションモデル (地質モデル) のための、電磁気探査 (MT 法) データを合成する MT 法ポストプロセッサの開発・整備を行った。

2) CO₂ 複合モニタリング技術の開発

CO₂ 圧入において定量的な貯留量の評価を目指して、弾性波走時変化を利用する反射法地震探査と電気的な手法を組み合わせた複合モニタリング手法開発を、北海道天塩郡幌延町浜里の日本海に面した原野に150m の坑井を掘削して CO₂ の圧入実験を行い考察した。

3) 砂泥互層における CO₂ 移行性の評価

(i) 砂泥互層人工試料によるシール圧測定

粒径を制御した人工試料として、種々の粒径のシリカビーズを特定の割合で混合した焼結体試料を作製し、水飽和条件下で超臨界 CO₂ のシール圧および浸透率の測定を行った。

(ii) 砂泥互層内での化学的反応プロセスの評価

地化学反応が互層システムにおける CO₂ の挙動に及ぼす影響を明らかにするために、鉱物の溶解と二次鉱物の沈殿プロセスの評価を行った。

(iii) 広域地下水流動に係る地下水データベースの調査

広域・深部に適用可能な地下水流動系の区分と、実際の二酸化炭素圧入実験において確認された地下水環境変化、原子力基盤研究からの成果のフィードバック、既存の地下水データベースを活用した地下水流動シミュレーションの適用事例を報告した。

【分野名】環境・エネルギー、地質

【キーワード】CO₂ 地中貯留、長期挙動予測、シミュレーション、MT 法ポストプロセッサ、複合モニタリング、地震探査、電気探査、砂泥互層、シール圧、地化学反応、地下水流動

【研究題目】震源断層評価に係る地質構造調査の高度化に関する研究

【研究代表者】内田 利弘 (地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】横田 俊之、内田 利弘、光畑 裕司、神宮司 元治、山口 和雄、大熊 茂雄 (常勤職員6名)

〔研究内容〕

埼玉県の櫛挽断層を対象とし、物理探査を用いた調査法の高度化研究を実施している。断層近傍の2つのエリアで、浅層反射法・地中レーダによる適用実験を実施した。対象エリア1では、昨年度の CSAMT 法および AMT 法の結果より、北東側では低比抵抗ゾーンが北東に急傾斜して落ち込んでいる様子が把握されており、当初、この比抵抗の急変部は、既存の反射法結果との比較で、浅部の連続性の良い水平な反射面の下にある連続性の悪い傾斜反射面に対応すると解釈していた。その位置での今年度の P 波浅層反射法の結果より、この比抵抗急変部では、反射面が途切れていることが明らかにされた。これは、浅部を詳細に捉えることができる浅層反射法を実施した成果である。また、CSAMT 法および AMT 法と浅層反射法を組み合わせることで、断層などの地下構造解釈の精度が向上したという側面も重要な点である。S 波を用いた極浅層反射法では深度50m 程度まで撓曲に伴う反射面の変形・高まりを追跡することができた。地中レーダ探査は深度約2m に反射イベントを捉えたが、断層との関連は不明確であった。

対象エリア2では、P 波を用いた浅層反射法では、測線長が短く、連続性のある反射イベントの抽出は困難であったが、南西側にある北東傾斜の反射面と北東側の南西傾斜の反射面を検出することができた。また、発震点・受振点間隔を1m という短い間隔にした効果により、深度約10m という極浅部で反射面を捉えることが可能であった。S 波を用いた極浅層反射法では、表層部（深さが4m 程度まで）に北東傾斜のイベントが解釈された。このイベントの位置は、群列ボーリング程度のスケールで見た逆断層の出現位置と若干異なる。これを解釈すると、S 波を用いた極浅層反射法で捉えた極表層部の断層は、トレンチ調査で確認された逆断層の前縁に発達する副次断層を捉えたものと考えられる。地中レーダ探査では、トレンチ位置から数 m 離れた測線で取得された深度断面より、トレンチ調査で解釈された断層位置において反射面の不連続が見られることがわかった。断層より北東側においては、極表層部において複数の階段状の南西傾斜イベントが見られ、イベントの切れ目と断層の分岐構造の関係が予想される。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕震源断層評価、浅層反射法、地中レーダ

〔研究題目〕新規取得試料の微生物学的分析

〔研究代表者〕坂田 将（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕坂田 将、棚橋 学、吉岡 秀佳、竹内 美緒、眞弓 大介（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、東部南海トラフ海底堆積物中の微生物のメタン生成酸化活性と群集構造を調べることで、微

生物のメタン生成能力を評価し、メタンハイドレートの集積メカニズムの解明に貢献する。

本年度は、東部南海トラフにおけるボーリング調査に参加し、2箇所において掘削されたコア堆積物試料の中から、微生物のメタン生成酸化活性測定、群集解析、間隙水中の酢酸濃度分析のための試料を60箇所の深度から採取した。予察的に3箇所の深度の試料について、16S rRNA 遺伝子のクローン解析を行い、2つの試料から DNA を抽出することができ、それぞれのアーキアとバクテリアのクローンの群集構造を調べた。1つの試料からメタン生成菌である *Methanosarcinales* と *Methanomicrobiales* 属と相溶性の高い16S rRNA 遺伝子が検出された。採取されたコア試料から24試料を選択して、メタン生成活性評価のために¹⁴C-トレーサーを添加する培養と添加しない培養、メタン酸化活性評価のために通常のメタンを添加する培養と¹³C に富むメタンを添加する培養を開始した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕海洋ガスハイドレート、遺伝子解析、古細菌、メタン生成菌、メタン生成活性

〔研究題目〕磁鉄鉱と硫化鉱物を含有する岩石の電気的特性に関する研究

〔研究代表者〕高倉 伸一（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕高倉 伸一（常勤職員1名）

〔研究内容〕

研究の目的

斑岩銅鉱床や酸化鉄銅金鉱床などの非鉄金属鉱床探査では IP 法電気探査を用いることが多い。IP 異常が観測されたところで試錐をしても、これらターゲット鉱物が見つからないことがしばしばある。磁鉄鉱が存在する地域では、探査が失敗する恐れが高いと考えられる。

本研究では磁鉄鉱と硫化鉱物を含む岩石の電気的特性を調べ、それぞれの鉱物が電気的特性に及ぼす影響を解明することにより、スペクトル IP 法（複素比抵抗法）など詳細な IP 法を用いて磁鉄鉱と硫化鉱物を識別可能な方法を検討し、非鉄金属鉱床探査に経済的で有効な物理探査技術の開発を目的とする。

本研究は、1) 磁鉄鉱と硫化鉱物を含むサンプルの電気的特性の測定と2) 磁鉄鉱と硫化鉱物が分布するフィールドでの実証実験の二つのサブテーマからなる。初年度である平成22年度は以下のテーマを実施した。

- 1) 磁鉄鉱と硫化鉱物を含むサンプルの電気的特性の測定として、室内で試料の電気的特性を測定するシステムを構築し、磁鉄鉱を混合させた人工サンプルでテスト測定を行い、そのデータを解析するソフトウェアを開発した。
- 2) 磁鉄鉱と硫化鉱物が分布するフィールドにおける実証実験として、文献調査に基づき磁鉄鉱と硫化鉱物が共存するフィールドを選定し、次年度以降に実施予定

のフィールド調査の方法について検討した。

【分野名】地質

【キーワード】磁鉄鉱、硫化鉄物、鉄床評価、複素比抵抗、IP法、コール・コールモデル

【研究題目】メガデルタ監視技術に関するアジアにおけるネットワーク構築と人材育成

【研究代表者】齋藤 文紀（地質情報研究部門）

【研究担当者】齋藤 文紀、田村 亨、田中 明子、船引 彩子、金井 豊（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

アジアに数多く分布するメガデルタ（巨大デルタ）の環境保全や人材育成を目的として、日本、中国、ベトナム、タイの4ヶ国が参画し本課題を遂行している。各国の拠点機関は、日本が産業技術総合研究所、中国が中国海洋大学、ベトナムがベトナム科学技術院海洋環境資源研究所、タイがチュラロンコン大学である。平成22年度は、11月24日から11月29日にベトナムのハイフォンにおいて、ベトナム科学技術院海洋環境資源研究所がホストとなり、「沿岸侵食の監視と評価に関するセミナー」を実施した。セミナーは CCOP-DelSEA プロジェクトのセミナーと共同で開催し、12ヶ国から約50名が参加した。また6月20日から22日に中国青島の中国海洋大学において、「沿岸侵食のモニタリングと評価手法に関する公開セミナー」を実施し、約50名が参加した。これらに加えて、人材育成と共同研究を兼ねて、中国から4名、ベトナムから1名の研究者を約1～3週間産業技術総合研究所に招聘し、共同研究を行った。

中国との共同研究では、黄河デルタ、長江デルタ、黄海西部を対象に、第四紀後期の環境変遷、デルタへの人間活動の影響、近年のデルタの変化と海域への影響、東アジアから東南アジアの主要5大河川の運搬土砂量の研究などを行い、国際学術誌に投稿・発表を行った。ベトナムとの共同研究では、紅河デルタ南部の沿岸侵食の評価、メコンデルタの完新世の変遷などの研究を行い、成果の一部は国際学術誌から発表した。タイのチャオプラヤデルタでは、デルタの沿岸侵食評価と対策に貢献するため、堆積と侵食のモニタリング結果と数値解析結果を総合的に解析し、沿岸侵食の機構を明らかにして国際学術誌から発表した。

【分野名】地質

【キーワード】アジア、デルタ、環境変動、監視技術、沿岸侵食

【研究題目】里海に対する藻場の役割解明と藻場再生策の提言

【研究代表者】谷本 照己（沿岸海洋研究グループ）

【研究担当者】谷本 照己（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

里海として最適な藻場形態を検討するため、三津口湾日ノ浦海域においてアマモの刈り取り面積や形状を変えた新たな試験区を追加した。藻場に人手を加えたことによる生物生産、生物多様性に対する効果を検証するため、アマモを刈り取って藻場内に空間を設けた試験区と周辺の濃密アマモ場内において2010年春季、夏季および2011年冬季にダイバーと水中カメラによる生物生息状況を計測した。その結果、いずれの季節においても濃密アマモ場内よりアマモを刈り取った試験区において生物生息数が多いことが分かった。また、夏季に水中カメラを試験区内と濃密藻場内に設置して比較的長時間にわたって生物の生息状況を観察した結果によれば、濃密アマモ場内と比較してアマモを刈り取った試験区において4倍程度出現魚類が多いこと、および試験区入り口あたりでは数10倍以上の魚類が出現したことがわかった。これらのことから、アマモが生えている場所と生えていない場所が多様な形態で存在する空間に生物が集まりやすいことが明らかとなった。

【分野名】地質

【キーワード】里海、アマモ場、アマモ刈り取り、藻場分布、生物生産、生物多様性

【研究題目】CO₂増加が造礁サンゴおよび有孔虫類の石灰化に与える影響に関する研究

【研究代表者】鈴木 淳（地質情報研究部門）

【研究担当者】鈴木 淳、川幡 穂高、吉永 弓子、井上 麻夕里（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

サンゴや有孔虫類の石灰化量が海水の炭酸カルシウム飽和度、すなわち CO₂分圧あるいは pH に依存することがいくつかの種について報告されているが、わが国のサンゴ礁を代表する種については知見が十分でない。そこで、近未来に予想される CO₂分圧条件において、琉球列島に棲息するサンゴや有孔虫類の石灰化量の CO₂分圧依存性を明らかにすることを目的とした。二酸化炭素濃度の調整機能を持つ精密 CO₂制御システムを用いてサンゴ礁棲有孔虫2種の酸性化海水による影響試験を行った。海水の CO₂分圧の増加に伴い *Marginopora kudakajimensis* の石灰化量は単調な減少傾向を示し、一方、*Calcarina gaudichaudii* の殻重量は増加傾向を示した。海水中の CO₂濃度に対する二つの種の共生藻類の光合成特性の違いが、石灰化量の違いを引き起こしている可能性が示唆される。今回の発見は、海洋酸性化現象に対する海洋生物の反応の多様性を考える上で重要な知見である。

【分野名】地質

【キーワード】サンゴ、有孔虫、二酸化炭素、海洋酸性化、石灰化

【研究題目】「宝石サンゴの持続的利用のための資源

管理技術の開発のうち「宝石サンゴ骨軸の酸素及び炭素同位体の分析」

【研究代表者】鈴木 淳（地質情報研究部門）

【研究担当者】鈴木 淳（常勤職員1名）

【研究内容】

深海に生息する宝石サンゴは資源枯渇が懸念されており、国際取引規制の議論も起きている。しかし、宝石サンゴ類の成長率、繁殖期、資源量等の科学的知見がないため、規制の是非を判断することができない。宝石サンゴの資源の持続的利用のための管理計画や施策を提案するための基礎的なデータを得ることを目的として、本研究課題では、宝石サンゴ骨軸の酸素同位体等を分析することで、それらが生存していた期間の海洋環境を復元する。

宝石サンゴの一種シンカイサンゴ（小笠原諸島沖合産）の骨軸について、酸素・炭素同位体比およびマグネシウム／カルシウム比等を成長方向に分析した。酸素同位体比は採取地点の水温・塩分から予想される季節および長期的な変化幅を大きく超えた変動を示し、環境の時系列変動を記録しているとは考えにくい。また、同位体平衡点からの乖離も大きい。一方、宝石サンゴのマグネシウム／カルシウム比は水温指標として有用と思われる。

【分野名】地質

【キーワード】宝石サンゴ、骨軸、水温、酸素同位体比、マグネシウム／カルシウム比

【研究題目】小型高性能 MEMS アレイによる移動型重力探査システムの開発研究

【研究代表者】大熊 茂雄（地質情報研究部門）

【研究担当者】大熊 茂雄、駒澤 正夫、村田 泰章、内田 利弘（地圏資源環境研究部門）
（常勤職員4名）

【研究内容】

平成22年度科学技術試験研究委託事業「海洋資源の利用促進に向けた基盤ツール開発プログラム」の一部「小型高性能 MEMS アレイによる移動型重力探査システムの開発研究」（再委託業務）では、海底熱水鉱床の構造把握のための基盤ツールとなるシステムとして、小型で高性能の MEMS 素子加速度センサを用いた、海中移動型マルチアレイ方式による MEMS 重力探査システムの開発と、その解析手法の確立を目指す。平成22年度においては、21年度と素子の材質を変更し、新たな MEMS 素子の設計及び試作、MEMS 素子と動作のための電子回路の設計及び試作を行い、高感度化への問題点を抽出した。さらに MEMS センサを用いて海底熱水鉱床の重力探査に向けた利用技術の検討を行った。その詳細については、以下のとおり。

(1) 重力探査用 MEMS センサの設計開発研究

重力探査用の MEMS センサを開発するにあたり、再委託元及び他の再委託先と協力して、測定精度

0.1mgal 以下を念頭に、試作する MEMS のタイプを選定し、MEMS 素子及び動作のための電子回路より構成される MEMS センサの詳細設計を行った。さらに、国外における海上・空中重力計に関する動向調査の一環として、ニュージーランドワークショップ GeoNZ2010及び AGU2010秋季大会に参加し、重力探査に係わる発表や情報交換を行うなどして、国外における重力探査に関する研究の動向を把握した。国内開催の学会に参加し、昨年度調査した小笠原地域と沖縄地域の陸域の重力探査結果に係わる成果の発表を行った。

(2) 重力探査用 MEMS センサの試作研究

再委託元及び他の再委託先と協力して、詳細設計に基づき、MEMS センサの試作を行った。MEMS 素子及び動作のための電子回路を製作する MEMS 素子、電子回路とも、試作は試行錯誤によって行うため、設計と試作は密接に関連し試作の過程における性能評価と設計変更を繰り返しながら開発のための研究を進めた。試作した MEMS センサについて試験を行い、目標性能である0.1mgal を上回る性能に向けての改良点を検討し、量産化試作のための基礎資料とした。さらに、MEMS 重力計の実証試験が実施される予定地のひとつである曙ブレーキ株式会社のテストコースで重力測定を実施し、絶対重力値の数値把握を行った。この結果、当該地域は東に向かって重力が増加し、重力異常の差が3mGal を越え、MEMS 重力計の目標精度の10倍以上あり、また、地形が極めて平坦であることから、検定路線としては理想的であることが判った。

(3) MEMS センサ利用技術の検討

MEMS センサを用いて海底熱水鉱床のために重力探査に向けて、AUV や ROV への搭載方法や、測定・解析の方法など、全く新しいセンサである重力探査用 MEMS センサの利用技術について、再委託元及び他の再委託先と協力して、データ取得・データ処理の観点から検討した。

(4) 研究運営委員会の開催

重力探査用 MEMS センサの開発に際して、各分野の専門家からなる研究運営委員会を構成し、研究開発の進捗状況などについて議論し、研究進捗にフィードバックした。

【分野名】地質

【キーワード】重力、重力異常、重力計、加速度計、MEMS、MEMS アレイ、移動型重力探査システム

【研究題目】希少金属資源開発基盤推進整備事業

【研究代表者】浦井 稔（地質情報研究部門）

【研究担当者】浦井 稔、二宮 芳樹、脇田 浩二、川畑 大作、SAEPULOH Asep
（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

衛星リモートセンシングデータを用いた、鉱物探査に役立つグローバルな地質インデックスマップを作成するため、米国ネバダ州地域、カナダ Selwyn 地域、チリーアルゼンチン地域の3つのテスト地域（それぞれ100～200キロメートル四方程度の領域）について、ASTER-TIR データによる3つの地質インデックス、すなわち、石英指標（QI）、炭酸塩鉱物指標（CI）、苦鉄質指標（MI）のモザイク処理画像データを作成し、各地質インデックスの挙動について詳細な解析を実施した。さらにアフリカ大陸について上記の3つの地質インデックスを作成し、既存の地質図と比較して、鉱物探査への有効性を評価した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕リモートセンシング、衛星利用技術、地質インデックス、ASTER、希少金属、TIR、石英指標、炭酸塩鉱物指標、苦鉄質指標、鉱物マッピング

〔研究題目〕平成22年度希少金属資源開発推進基盤整備事業（グローバル・リモートセンシング利用資源解析強化事業）に係る再委託

〔研究代表者〕土田 聡

〔研究担当者〕土田 聡、松岡 昌志、山本 浩万、山本 直孝、児玉 信介（常勤職員5名）

〔研究内容〕

レアメタルは工業製品製造等に必須の鉱物資源であり、グローバルな資源獲得競争が激化するものと予想される。一方、我が国は、レアメタルの大消費国でありながら国内レアメタル資源に乏しく、その供給を海外からの輸入に依存しており、レアメタルの安定供給の確保が重要な政策課題である。

本事業では、レアメタル資源の代替供給地の早急な確保・安定供給確保に資することを目的に、リモートセンシングによる全球解析のためのプラットフォームの作成、全地球を調査対象としたレアメタルの賦存が期待される地域における集中的な衛星画像の解析、グローバル・リモートセンシング利用資源解析に係るシステム構築及びポテンシャルのあるレアメタル資源賦存有望地域の抽出・情報提供を行うものである。

産総研内では複数ユニットにまたがって研究開発を進めており、本部門では、ASTER データセット開発、および、資源・地質情報利用システムの開発を担っている。

H22年度、ASTER データセット開発については、アフリカ南部および南米域の ASTER/VNIR（可視近赤外放射計）データに基づく ASTER データのグローバルデータセット（独自技術による対象物認識がし易い天然色画像のモザイクマップ）を開発、Open Geospatial Consortium（OGC）が定める標準的な Web サービス

（WMS）で配信できるよう加工した。また、資源・地質情報利用システムの開発については、カタログ検索、地図操作など基本的な機能を実装、WMS や、標準的なデータ形式をサポートすることで、同様に標準的なサービスに対応した外部システムと相互利用できるようにした。コンテンツとして、本事業による ASTER および PALSAR のモザイクマップ、および既存調査情報に対応し、さらに、ユーザが作成したデータを共有するため、その登録・アクセス管理機能を開発した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕衛星画像、鉱物資源、資源開発、レアメタル、ASTER、PALSAR

〔研究題目〕平成21-22年度地下水流動解析モデルの総合的検証手法の検討（「幌延変動観測調査」）

〔研究代表者〕渡部 芳夫（深部地質環境研究コア）

〔研究担当者〕渡部 芳夫、関 陽児、伊藤 一誠、塚本 斉、杉原 光彦、富島 康夫、風早 康平、高橋 正明、森川 徳敏、佐藤 努、高橋 浩、金井 豊、上岡 晃、佐藤 功、内藤 一樹、鈴木 庸平（常勤職員16名）

〔研究内容〕

日本原子力研究開発機構（JAEA）幌延深地層研究センターおよびその周辺地域において、既に規制支援研究で実施した広域地下水流動解析結果を、新たに取得する実データを使って検証し、地下水流動の評価にかかわる技術的課題をとりまとめ、規制支援に必要な技術基盤を整備することを目標として実施した。

この目標へ向け、水文地質構造モデルの高度化のための解析手法の整備と、広域地下水流動概念モデルの構築のための地下水水質形成機構解明のための研究を行った。具体的には、以下の7項目を平成21-22年度の2カ年にわたり実施した。1) 観測孔（SAB-1）を利用した地下水の間隙水圧分布の連続モニタリングと原位置地下水の採取、2) 絶対重力計を併用したハイブリッド重力測定による立坑掘削に伴う浅層地下水状態変化の把握、3) 人工衛星搭載合成開口レーダーを用いた高精度の地表面形状計測による立坑掘削に伴う地表面変形の実態把握、4) 水理-力学連成による観測結果の解析と水文地質構造モデルの高度化手法の提示、5) 原位置地下水試料と周辺地下水試料の化学・同位体分析による地下水の起源と年代の検討、6) 原位置地下水試料を用いた地下水の生物化学的特性の検討、7) 地下水流動概念モデルのとりまとめと地下水流動解析結果との比較検討。

平成22年度は、上記7項目につき以下の内容を実施した。1) 観測井における地下水の間隙水圧鉛直分布の連続モニタリングの継続および3深度からの高品質な原位置地下水試料の採取、2) 幌延センター周辺における

1 μ Gal 精度の精密重力測定の実施および平成20、21年度測定結果との比較による重力変化の空間分布の把握、3) 平成20、21年度に引き続く RadeSAT2データの取得と3年間のデータ解析に基づく幌延センター近傍における mm オーダーの地表面変位の捕捉ならびに PALSARデータの継続的取得と広域の地表面変位解析、4) SAB-1における軸対象モデルを用いた立坑掘削に伴う水理-力学連成解析の実施と人工衛星データ解析結果との比較、5) SAB-1から採取した原位置地下水と周辺地表水の化学・同位体分析結果に基づく幌延地域の地下水流動概念モデルの検討ならびに手法により異なる地下水年代値の解釈、6) 地下水中に多量に含まれるメタンの同位体比測定に基づく成因と生成環境および微生物の関与についての検討、7) 地下水流動概念モデルの提示および地下水流動解析結果との相違点および相違理由の指摘。

【分野名】地質

【キーワード】地層処分の安全評価、地下水流動モデル、地下水モニタリング

3) その他の収入

【研究題目】細胞性粘菌リソースの整備と提供（細胞性粘菌標準株および変異株の収集、保存と提供）

【研究代表者】上田 太郎
(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】上田 太郎（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

基礎と応用の様々な分野でモデル生物として利用されている細胞性粘菌について、系統株と遺伝子及びそれに対応した変異株のリサーチリソースを収集整備し、保存・提供することによって当該生物を利用した研究の一層の発展を図る。ハプロイドで変異体を得やすい細胞性粘菌は代表種として多用されている *Dictyostelium discoideum* を中心に多くの変異体が産生されて研究に役立てられている。これらは国際コミュニティの支援を受けてコロンビア大学で設立されたストックセンターに系統株とともに収集され、保存・提供されてきたが、国内研究者には利用に不便があること、国内成果の一方的な流出が懸念されることなどから、一極支援に依存するのではなく、相互に補完しながらも国内で生産されたリソースを中心としてわが国でも収集・保存・提供する必要性が国内研究者のコミュニティで議論された。そこで当研究グループでは、文部科学省・ナショナルバイオリソースプロジェクトの支援を受け、国内の細胞性粘菌研究者が分散保存している細胞株を集中的に保存し、希望者に提供することで、モデル生物として様々な優れた性質をもつ細胞性粘菌の研究をさらに活性化することを目指す。また同じ目的から、細胞性粘菌を扱ったことがない研究者が新規に細胞性粘菌の研究に参入しやすい環境を整備し、必要に応じて、基本的な培養法や実験技法の指導を行うことも想定している。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】細胞性粘菌、株保存、提供

【研究題目】電子顕微鏡共用・研究支援プラットフォーム

【研究代表者】八瀬 清志（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】八瀬 清志、川崎 一則（バイオメディカル研究部門）、
吉澤 徳子（エネルギー技術研究部門）、
堀内 伸（ナノシステム研究部門）、
広瀬 恵子（健康工学研究部門）、
関口 勇地（バイオメディカル研究部門）、
松本 章宏（サステナブルマテリアル研究部門）、
田中 孝治（ユビキタスエネルギー研究部門）
(常勤職員8名、他9名)

【研究内容】

本事業は、産総研の「先端機器共用イノベーション

プラットフォーム（IBEC）」に属する共用電子顕微鏡制度「電子顕微鏡支援プロジェクト」（TEM 支援プロジェクト）が運営している装置とその周辺設備で平成21年度下期より1年間のフィージビリティ・スタディ（FS 研究）として実施したものである。TEM 支援プロジェクトは、産総研が独立行政法人化後の平成15年度より所内の共用制度として運営してきた体制をベースにし、さらに社会との共用を促進するための体制整備を行った。平成22年度上期（4～9月）は、専門分野を異にする研究職員8名に加え、共用促進リエゾン2名を配置し、事業普及とユーザー掘り起こしの活動を行った。さらに、施設共用技術指導研究員（TEM スペシャリスト）7名（契約職員5名、派遣職員2名）を配置し利用依頼への対応を行うとともに、技術研修によって技能の向上に取組み、本補助事業の推進を図った。国内各地の民間企業・大学・研究所等から多分野の利用を受け、技術相談および良好なデータの提供によって研究支援を実施した。平成22年度上期（4月～9月）は、前年度活動の問題点を分析し、広報活動で対象とする企業を前年度とは異なる分野・領域に広げて実施した。また、中小企業との接点の多い公設試験研究機関との情報交換等によって、中小企業への広報をも強化した。その結果、実績数を前年度より増やし、産業利用（トライアルユース含む）で50件の課題を採択し、これらに対する技術支援を行った。本事業において、企業を対象とした1利用単位を1試料とするトライアルユースの枠組みを設けており、平成22年度上期は3件の採択を行い、課題の支援等を行った。各トライアルユース課題につき利用成果報告書の提出を求め、個々の事後評価を実施した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】透過型電子顕微鏡、微細構造観察、元素分析

・科学技術総合推進費補助金

【研究題目】気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム／森と人が共生する SMART 工場モデル実証

【研究代表者】遠藤 貴士（バイオマス研究センター 水熱・成分分離チーム）

【研究担当者】美濃輪 智朗、李 承桓、柳下 立夫、
藤本 真司（常勤職員4名、他5名）

【研究内容】

本テーマは、岡山県を中核機関とした産官学の体制により、ヒノキ等の間伐材を原料として、ナノサイズの超微細繊維（ナノファイバー）を製造し樹脂等と複合化・成形加工することにより低コストでかつ物性に優れた複合材料の開発を目標としている。また、事業性についても経済性、環境性および社会受容性の観点から評価を実施する。

本年度は、スギおよびヒノキからのナノファイバー製造特性について評価した。製造方法としてはバイオエタノール製造のための前処理技術として構築した水熱メカノケミカル処理を適用して行った。その結果、ヒノキと比較してスギでは、ナノファイバーの生成効率が低く、理由としては組織内に沈積した樹脂等の成分が水の浸透性を阻害していることが考えられた。次に、ナノファイバー化処理の効率化を目的として、アルカリ処理とオゾン処理の効果について検討した。その結果、水酸化ナトリウムを少量添加して、水熱処理することにより効率的にナノファイバーが得られることが分かった。また、オゾン処理木粉では、未処理木粉と比較して1/7程度の処理時間でナノファイバーが得られることが分かった。

事業性評価については、本年度は初年度であり、各要素技術は開発中であるため、LCA 評価のための評価範囲（バウンダリー）の設定を行い、木材からのナノファイバーの連続生産における個別の要素技術について、経済性評価および社会システム評価に必要な項目抽出、森林組合等へのヒアリングを行った。設定バウンダリーおよび作成したバイオマス会計表を用いて120t/y 規模での GHG 排出量の算定と精密算定のための課題抽出を行った。

【分野名】環境・エネルギー

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

【研究題目】国際共同研究の推進 水と二酸化炭素を利用するサステイナブル触媒反応システム開発

【研究代表者】白井 誠之（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】白井 誠之、佐藤 修、山口 有朋、日吉 範人、佐藤 恭子、上田 明子、村上 由香（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

本開発では、バイオマスや有機系廃棄物の化学原料化、そして得られた化学物質を変換し工業的に重要な化合物へ変換する触媒システム開発を行うものである。特に有害な有機溶媒や無機酸を用いないで変換する触媒反応システムをインドの研究者の協力のもとに行う。具体的には、1) 二酸化炭素溶媒と固体触媒を利用する水素化反応、2) 高温水による未利用資源の化学原料化、3) 水と二酸化炭素を利用するバイオマス派生物の変換反応について検討する。本年度は、まず高温水と高圧二酸化炭素を用いる反応システムの構築を行い、以下の結果を得た。1) 超臨界二酸化炭素中でフルフリルアルコール水素化反応に高活性を示す担持パラジウム触媒を開発した。水素化速度に対する二酸化炭素圧力効果について明らかにした。2) セルロース及びセルロース製品を200℃以上の高温水でメタンや水素などの燃料ガスに変換できる担持ルテニ

ウム触媒を開発した。3) ソルビトールを250℃以上の高温水で処理することにより、アンヒドロソルビトール及びイソソルビドに変換できることを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水、二酸化炭素、固体触媒

【研究題目】国際共同研究の推進 タイにおける低炭素排出型エネルギー技術戦略シナリオ研究（太陽電池評価）

【研究代表者】仁木 栄

（太陽光発電工学研究センター）

【研究担当者】仁木 栄、松原 浩司、石塚 尚吾

（常勤職員3名）

【研究内容】

目標：

次世代の無機・有機ハイブリッド太陽電池用の材料創製とデバイス化を目指して日タイ共同で研究開発を行う。無機系太陽電池としては、高効率・低コストな薄膜太陽電池として期待が大きい CuInGaSe₂ (CIGS) 系太陽電池に着目し、タイ国の CIGS 太陽電池の研究開発をリードするチュラロンコン大学との研究協力によって、プロセスやデバイスの共通課題の抽出と、その解決手法の検討を行う。

研究計画：

平成21年度は、太陽電池性能の測定装置を評価するために、比較測定を行った。同一の CIGS 太陽電池をチュラロンコン大学と産総研でそれぞれ評価し、ほぼ同じ性能が得られた。平成22年度は太陽電池プロセスの評価に着手し、ガラス基板、Mo 裏面電極の相互評価を完了した。平成23年度は、CIGS 光吸収層と窓層の評価を行うことで、全太陽電池プロセスの評価を完了する予定である。

年度進捗状況：

平成22年度は太陽電池プロセスの評価に着手した。チュラロンコン大学から研究者を招聘して産総研において共同実験を行った。2研究機関で作製した Mo 裏面電極付きガラス基板の上に、産総研のプロセスを用いて CIGS 太陽電池を作製し、性能比較を行った。チュラロンコン大学で作製したガラス基板/Mo 裏面電極上の太陽電池では、効率の最高値は産総研のものと差がなかったが、素子間のばらつきが大きいことがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】薄膜太陽電池、CIGS、プロセス評価

【研究題目】タイにおける低炭素排出型エネルギー技術戦略シナリオ研究

【研究代表者】匂坂 正幸（安全科学研究部門）

【研究担当者】匂坂 正幸、工藤 祐揮、定道 有頂

（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

タイ国において低炭素排出型のエネルギーシナリオを作成するために、Japan-SEE (Sustainable Energy and Environment) Forum が Thai-SEE Forum のカウンターパートとなり、国際共同研究を推進する。特に本研究ではそれぞれの技術について個別に共同研究を行うのではなく、エネルギー需給シナリオ策定研究を統括的に実施しつつ、タイ国における重点課題に対して分科研究グループ (NOE) を構築し、それぞれが有機的な連携を図りながら共同研究を実施する。

平成22年度は、バイオマスエネルギーを対象として二酸化炭素の排出量を最小化するシステムの評価をライフサイクル的視点から行うためのモデル開発を行った。具体的には、データ入手ができた北タイ地域における土地利用・気象条件・地理条件に基づいて、①タイ国内で栽培が行われているバイオマス資源 (サトウキビ、キャッサバ、アカシア、ジャトロファ) の栽培可能面積と単収を推計し、②これらを用いて北タイのバイオマス生産ポテンシャルを算出し、③バイオマスエネルギー生産プラントに投入するバイオマス資源量の違いによるエネルギー生産効率の違いを考慮したエネルギー生産可能性を定量化可能なモデル開発を行った。さらに、このモデルを利用して算出したバイオエネルギー生産による二酸化炭素排出量と、この地域における既存の化石燃料のライフサイクルインベントリ分析の結果を比較することにより、バイオマスエネルギー利用による二酸化炭素排出削減量を算定した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】タイ、低炭素、エネルギーシナリオ、ライフサイクル、バイオマスエネルギー

【研究題目】先端融合領域イノベーション創出拠点の形成 光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点 (文部科学省)

【研究代表者】野間口 有 (理事長)

【研究担当者】石川 浩、並木 周、工藤 知宏、河島 整 他 (常勤職員44名、客員研究員2名、非常勤職員9名)

【研究内容】

映像情報を中心としてネットワークトラフィックが増大しており、対応してネットワーク機器の消費電力が急激に増大している。ネットワークを活用した効率的な社会インフラを構築するには、低消費エネルギーで大量の情報を処理することのできる新しいネットワーク技術が必要となる。この新しいネットワーク技術として、電力消費が少ない光スイッチを用いた回線交換型のネットワーク技術を開発する拠点を協働企業5社とともに形成している。具体的には、以下の三つの技術開発を行っている。第一のネットワークアプリケーションインターフェース技術では、ネットワーク資源とストレージ資源を統合管理するプロトタイプを開発した。第二はパソコンデ

ィショニング技術では、ネットワークのパスが変わった場合の伝送路の分散補償を行うために高速で分散を制御できるパラメトリック分散補償の技術を開発した。第三は、光パスネットワークで光パスを切り替えるシリコンフォトニクスを用いた光スイッチで、シリコン細線導波路型の干渉計構造による4×4のスイッチを開発した。平成22年8月には、これらの技術を総合して、NICT、NHK とも連携して、光パスネットワークの公開実証実験を行った。実験では、産総研の秋葉原事業所内に複数のサーバと視聴者からなる光パスネットワークを構築して、映像配信を行い、さらにNHKのスーパーハイビジョンのサーバを秋葉原に設置、NICTの回線を用いて、秋葉原-小金井間を往復させて、光パスネットワークで配信した。この実験によりこれまで開発してきた要素技術の有効性を確認、さらに、光パスネットワークでは、通常のルータを用いた場合に比べて、約1/10の低消費電力であることを実証した。また、伝送レートを上げることで1/1000までの省エネルギー化が可能性であることを示した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】光パス、省エネルギー、ネットワーク、シリコンフォトニクス、光スイッチ、可変分散補償

【研究題目】国際共同研究の推進 アジア GEO Grid イニシアチブ

【研究代表者】田中 良夫

【研究担当者】田中 良夫、関口 智嗣、小島 功、中村 良介、山本 浩万、前田 高尚、村山 昌平、Sarawut Ninsawat、亀井 秋秀、石戸谷 重之、水落 裕樹、田中 健太郎 (常勤7名、他5名)

【研究内容】

アジア地域においては地球環境保全や災害予防などの地球環境科学に対するニーズが高い。この状況において、地理的に散在し、現在は観測実施者ごとに非統一的に処理されている炭素排出・吸収源などの局所規模地上観測データを標準的プロトコルに基づき集約し、広域、全球を網羅する面的分布データとして、衛星観測やモデルとのスケールのギャップを埋める技術の開発が必要である。本研究においては、グリッド技術を用いてアジア諸国が保有するデータベースや計算機資源を共有する情報処理基盤を確立する。複数の環境観測的研究分野と情報技術研究分野の融合により、アジア地域における長期持続的かつ分野・地域横断的な環境観測情報の集約・統合・利用の推進と、地理情報システムに関する国際標準に貢献することを目指す。

平成22年度は、①地上観測データカタログサービスの研究開発、②統合検索システムの研究開発、③地上フラックス観測のモデルケース構築、の3つの項目について

研究開発を進めた。①においては、地上観測データのカタログ情報を地理情報システムの標準プロトコルである Sensor Observation Service (SOS) を用いて提供するカタログサービスの研究開発を行なった。②においては、統合検索システムに対する要求仕様をとりまとめ、外部仕様および内部仕様の策定およびプロトタイプ開発を行なった。③においては、上記①および②に対応し、アジア GEO Grid 基盤の開発に用いる地上観測のデータの整備と提供を行うと共に、GEO Grid システムと連携動作する観測サイト（現場）側情報システムのモデルケースの試作を開始した。

①～③の成果を統合して Live E! 広域センサネットワークによる地上観測温度データと Terra 衛星搭載 MODIS センサーによる衛星観測地表面温度データの統合検索、利用を可能とする情報処理基盤を構築して予備評価を行ない、開発技術の有効性を確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】グリッド、GEO Grid、フラックス、地球環境

【研究題目】文部科学省／科学技術総合推進費補助金／国際共同研究の推進 先進 Mg 合金開発に関する東アジア連携の構築

【研究代表者】坂本 満

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】佐藤 富雄

(生産計測技術研究センター)

(常勤職員2名)

【研究内容】

先進 Mg 合金の開発は、自動車等の軽量化技術に貢献し、アジア地域において緊急の課題とされている環境問題の解決に効果的な技術の一つである。我が国は Mg 合金開発に関しては先進的技術を有しているが、原料の安定的供給国、材料の大量使用国との連携なくして将来の展開は見込めない。本研究においては、東アジアにおける Mg 研究の拠点である大学・研究機関と相互補完的な共同研究を推進し、これらの研究活動を通して、先進 Mg 合金開発に対する持続的、戦略的かつ互恵的な国際連携の基盤を構築する。

本課題においては、先進 Mg 合金の高機能化と高度な利用技術として必須となる技術開発を行う。マグネシウム合金の最適組成制御及び加工組織制御による機械的特性の改善と塑性加工材の接合に関する基盤技術の確立を目指す。組成及び加工組織制御によるマグネシウム合金の機能性を最大限に発揮するための溶加材及び溶接技術の検討を通じて、高機能マグネシウム合金を構造体として広範に実用するための技術基盤を確立する。

平成22年度はマグネシウム合金の塑性加工材の溶融接合における継手効率を改善するための溶加材の材料開発を行った。難燃性マグネシウム合金 AMX602 (Mg-

6.0wt%Al-0.4wt%Mn-2.0wt%Ca) の熱間押出材の引張強度は265MPa であり、同組成の铸造材が180MPa 程度であるのに比較して高強度である。この高強度材に対して強度を損なわない新規の溶加材組成について検討し、粉末法によって作製した新規溶加材において、最高で継手効率99%の接合強度を達成した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】マグネシウム合金、組織制御、接合技術、溶加材、東アジア

【研究題目】重要課題解決型研究等の推進「統合化地下構造データベースの構築」

【研究代表者】木村 克己 (地質情報研究部門)

【研究担当者】木村 克己、水野 清秀、尾崎 正紀、高橋 学、村田 泰章、小松原 純子、根本 達也、納谷 友規、横倉 隆伸、長谷川 功、岡田 真介、船引 彩子、松島 紘子、康 義英、花島 裕樹、川上 源太郎 (北海道立地質研)、廣瀬 亘 (北海道立地質研)、大津 直 (北海道立地質研)、石原 与四郎 (福岡大) (常勤職員8名、他11名)

【研究内容】

本事業は、国土の地盤に関する貴重な知的財産であるボーリングデータについて、保管・利活用・公開を目的に、「地質情報データベースと地質モデルの構築」と「地質情報データベースネットワーク化に関する研究」の二つの課題で5年間実施する計画である。本年度は5年目の最終年度にあたり、データベース整備、モデル構築、地質標準整備、公開用およびボーリングデータ処理用のシステム開発について、以下のとおり、実施した。

(1) 地質情報データベースと地質モデルの構築

① 地質情報データベースの構築

北海道石狩平野の1/20万シームレス地質図作成、新潟・関東平野・石狩平野域で数値地質図とボーリングデータ・物理探査データとを統合して3次元地質モデルを作成・公表した。ボーリングデータベースの更新では、石狩低地帯、福岡平野、関東平野において資料の収集・整理・電子化を進め3000本の数値データを更新した。WEB で模式柱状図、地質標準ボーリングデータを公開した。関東地域の反射法地震探査・屈折法探査データの収集・整備を進め、反射法地震探査のメタデータベース化とその WEB 公開を行った。

② 地質標準と岩盤物性評価モデルの構築

関東平野の地下地質の標準情報整備として、既存ボーリングコア10本の解析、北海道でのボーリング調査とコア解析を実施し、標準層序を整備した。岩盤物性評価モデルの構築では、マイクロフォーカス

X線CTによりコア試料のS波速度深度依存性の定量化試験を実施し、堆積物のP/S波速度と空隙・密度の深度依存性のモデル化を行った。

- (2) 地質情報データベースネットワーク化に関する研究
3次元統合システムについて、3次元地質モデルの登録・管理・表示機能の強化、ボーリング解析機能の改良、外部システムとの連携機能、システムのソース公開用ドキュメント類の整備、ボーリング解析機能の改良を実施し、WEB公開を行った。ボーリングデータ処理システム（入力、土質名称変換、CSV変換、柱状図解析の各ツール）について、ツール間の連携機能とボーリング交換用データ ver3.0、windows7に対応できるように改良するとともに、利用マニュアルを添付して公開した。そして、各ツールのプログラムソースをオープンにし広く利用されるようにするために、これまで開発したプログラムのソース及びその設計書などのドキュメントを整備した。

【分野名】地質

【キーワード】地下地質、基準層序、ボーリングデータ、データベース、シームレス地質図、三元モデル、WMS、WFS、VRML、ウェブサーバ

・科学研究費補助金

【研究題目】亜鉛等重金属の存在形態を考慮した生態リスク評価手法の開発と適用に関する研究

【研究代表者】内藤 航（安全科学研究部門）

【研究担当者】内藤 航（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は、地域特異的な水質要因（例えば硬度、懸濁物濃度、pH）の違いを考慮して、亜鉛等重金属類の水生生物へのリスクを定量的に評価する技術の開発と現実的なリスク管理のあり方を提案することである。平成22年度は、亜鉛等重金属の汚染レベルが同程度であり、硬度や有機物濃度等の水質要因の異なる複数の地点（休廃止鉱山周辺と都市河川）において環境水のサンプリングをして、重金属類の濃度（生物利用可能量含む）と様々な水質項目の測定を行った。生物利用可能量の把握には、特殊な膜を通過できる形態の金属のみを測定する薄膜拡散勾配（DGT:diffusive gradient in thin films）法を用いた。水生生物への影響が懸念される亜鉛、銅、ニッケル、カドミウム、鉛を対象とした測定の結果、金属ごと、地点ごとに生物利用可能量に違いが見られた。休廃止鉱山と都市河川を比較すると、休廃止鉱山周辺の方が生物に取り込まれやすい化学形態で重金属が存在している可能性が高いことが示された。各金属の生物利用可能量と溶解有機炭素の関係より、重金属の生物利用性に対して水中に存在する有機物が重要な役割を果たしていることが確認された。重金属の中では、特に銅につい

て、その傾向が顕著に現れた。銅については、都市河川のように有機汚染度が高い河川において、生物利用性の評価がとくに重要であると考えられた。このような知見は、水質ごとに異なる重金属の生物利用可能量を考慮した生態リスク評価や管理の必要性を裏付けるものであり、日本の水域における重金属の生物利用可能量の評価手法の開発に資する貴重な情報である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】重金属、生態リスク、生物利用可能性、DGT

【研究題目】衣服・粒子への吸脱着を介した防虫剤用途の化学物質の動態解析及び曝露評価

【研究代表者】篠原 直秀（安全科学研究部門）

【研究担当者】篠原 直秀、落合 聖史
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

p-ジクロロベンゼンは、防虫剤として広く使用されており、室内でも高濃度に検出される家屋がある。この化学物質は吸着性が比較的高く、衣服の着用時に衣服から放散されて直接的に吸入曝露される可能性が考えられる。そのため、既存の室内空気中濃度に基づく曝露評価およびリスク評価は、これらの化学物質に対して妥当とはいえない。そこで本研究では、衣服および室内塵に吸着した化学物質の動態解析手法及び曝露評価手法を確立し、その結果と既存の有害性情報を併せてリスク評価を行うことを目的とした。

吸脱着試験用に組んだチャンバーの中に吸着の調査対象とする衣類を設置し、パーミエーターから発生させた一定濃度のp-ジクロロベンゼンをチャンバーに一定流量で導入した。約48時間後、同流量での純空気をチャンバー内へ導入した。この間、チャンバー出口側で排出される空気中のp-ジクロロベンゼンを一定時間ごとにTenaxチューブで捕集し、TD-GC/MSで分析した。出口側で測定した濃度を理論式にフィッティングさせ、吸脱着に関わるパラメーター（吸着速度定数や脱着速度定数等）を取得した。理論式としては、①基本式、②吸着残サイト項を追加した式、③内部拡散を考慮した式、④Freundlichの吸着等温式、⑤境膜理論に基づく式について検討した。

10種類の衣服について試験を行なった結果、いずれの衣服についても、ブランクと比べて明らかな吸着と脱着が確認された。繊維の種類では、綿と比べて化学繊維で高い吸着と低い脱着が確認された。今後、測定する繊維を増やし、また衣服を身につけている時の曝露濃度についての推定も行う予定である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】室内環境、動態解析、曝露評価

〔研究題目〕 起爆感度制御を目指したペンスリット爆薬の衝撃起爆機構の解明と起爆感度因子の特定

〔研究代表者〕 若林 邦彦（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 若林 邦彦（常勤職員1名）

〔研究内容〕

爆薬に代表されるような高エネルギー物質に衝撃を加えると起爆する現象（衝撃起爆現象）を分子反応のレベルで明らかにすることを目的とした研究を実施している。今年度は代表的な固体爆薬の一種であるペンスリット単結晶について研究を行いました。実験試料として使用するペンスリット単結晶の作製条件を最適化することによって、ほぼ理論密度の単結晶を再現性良く作製することが可能となった。この試料を用いて常温常圧下におけるラマン分光実験を行ったところ、約6ナノ秒の時間幅を持つ単パルス励起光照射によって S/N の良いラマンスペクトルを取得できることが確認された。この結果から、衝撃圧縮を受けたペンスリット単結晶爆薬が透明である限り、ラマン分光法によって圧縮領域内部の分子振動状態の変化を観測することができる見通しを得ることができた。また、ペンスリット単結晶内部を伝播する衝撃波とラマンスペクトル変化との相互作用を検討するために、レーザー誘起衝撃波によって衝撃圧縮された透明体の物質速度を精密に測定する手法の高度化を行った。この装置を用いてペンスリット単結晶を[110]軸方向に衝撃圧縮し屈折率測定を行ったところ、4～10万気圧の衝撃圧力下において屈折率は密度の一次関数で表現できること、圧縮領域が失透していないこと等が明らかとなった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 高エネルギー物質、レーザー誘起衝撃波、衝撃起爆機構、ラマン分光、ペンスリット爆薬

〔研究題目〕 重金属複合毒性予測モデルの構築及び生態影響評価手法の開発

〔研究代表者〕 加茂 将史（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 加茂 将史、
多田 満（国立環境研究所）、
永井 孝志（農業環境技術研究所）
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

重金属による生態リスクが懸念される汚染地域では、単一金属による汚染は希で、金属数種の複合汚染であることが多い。それら汚染地域の生態リスクを評価するには、複合暴露による生態影響を考慮する必要がある。本研究では、重金属の複合毒性を予測するモデルを構築し、モデルの予測力を毒性試験を行うことで検証した。金属の毒性は pH や硬度などの水質に依存することが知られている。水質に応じた毒性を予測するモデルに、Biotic Ligand Model がある。既存のモデルは単一金属の毒性

しか予測できない。本研究では、このモデルを理論的に発展させ、複合毒性を予測するよう拡張した。モデル変数は生物種ごとに異なるが、オオミジンコのモデル変数は先行研究により調べられている。この値を用い、オオミジンコにおける銅と亜鉛の複合毒性を予測したところ、毒性がより強まるという相乗効果が現れることが期待された。毒性試験でモデルの予測を検証したところ、おおむね一致する結果が得られた。今後、試験回数を増やし、予測の頑健性を確かめる。藻類においては、モデル変数が知られていないため、変数を推定するための試験を行った。今後、毒性試験結果に基づいて、変数を予測し、藻類における金属の複合毒性の予測、毒性試験による検証を行う予定である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 生態リスク評価、重金属、複合影響

〔研究題目〕 労働災害の発生制御を目指した、経済学（ゲーム理論）に基づくヒューマンエラー発生確率の定量化手法の開発とそのリスクアセスメントへの導入

〔研究代表者〕 牧野 良次（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 牧野 良次、和田 有司、和田 祐典、
松倉 邦夫（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、労働災害に関する危険性・有害性等の調査（リスクアセスメント）における災害発生確率の評価精度向上と労働災害による死傷者数の減少に貢献するため、経済学における最重要概念である「インセンティブ（誘因）」の考え方を理論的基礎として、ヒューマンエラー発生確率の定量化手法を開発することである。平成22年度では、「研究項目①新しい観点からの労働災害事例分析」として、事故事例データベースからヒューマンエラーに関連する212件の事故事例を抽出し、人的要因・組織要因に着目した上で、(a) 事故原因の概念モデルによる分類、(b) エラー内容による分類を行った。「研究項目②ヒューマンエラー発生メカニズムの経済学的分析」では、ヒューマンエラー発生メカニズム分析の一例として、「非正規雇用者は正規雇用者より労災に遭いやすいか？—企業マイクロデータを使った統計解析—」と題した研究を行った。統計分析では、従業員に占める非正規雇用者割合が多い企業ほど労働災害発生率が高との結果を得た。これは労働災害において「インセンティブ」という考え方を適用することの有効性を示すものである。「研究項目⑥国内外の政策動向の情報整理」では諸外国の労働安全衛生関連法規等を分析した。企業による利益の追求とコンフリクトを生じやすい労働安全衛生においては、労働者の安全確保のため、法律による規制は重要なインセンティブとなりうる。本研究では、各国（アメリカ、イギリス、中国、タイ、台湾、ブラジル、ベトナム、インド）の法律による規制が安全向上・

リスク低減にどう取り組んできたかを検討した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 労働災害、リスクアセスメント、経済学、インセンティブ

〔研究題目〕 有害物質管理・災害防止・資源回収の観点からの金属スクラップの発生・輸出状況の把握と適正管理方策

〔研究代表者〕 和田 有司（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 和田 有司、若倉 正英、和田 祐典、中島 農夫男（常勤職員1名、他3名）

〔研究内容〕

中国などへ輸出されてきた金属スクラップの一部が、有害物質や使用済み家電などの混入により返送される事例や、経済情勢の変化によって輸出が滞り国内で行き場を失う状況が生じている。貨物船や船積み現場では火災事故が発生して、環境と災害上の問題が懸念されている。このような金属スクラップについて、発生源・品目・組成調査や火災実験などを通じて、有害物質管理・防災・資源回収の実態を解明し、適正管理方策を提示することが本研究の目的である。産総研では安全管理情報提供システムの構築を担当した。

防災の観点では、金属スクラップの火災やその他の廃棄物火災、関連する設備や工程、物質による国内外の事故事例を収集し、産総研で開発した事故事例分析手法 PFA によって分析し、事故の直接的な原因や人的、組織的な間接要因、事故が進展した要因の抽出を試みた。

「金属スクラップの安全管理情報提供システム」では、金属スクラップ火災の再発防止に役立つ情報、ならびに、一般市民を含めた幅広い利用者に金属スクラップ火災に関する情報を提供するため、金属スクラップ火災 Q&A、金蔵スクラップ火災事例、関連事故 PFA 結果のページ、また、外部の「リレーショナル化学災害データベース」および「廃棄物および循環資源における安全情報システム」へのリンク、金属スクラップや廃棄物に関する法規制などへのリンクを集めたホームページを作成して公開した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 リレーショナル化学災害データベース (RISCAD)、事故分析手法 PFA、金属スクラップ、安全管理情報提供システム、廃棄物

〔研究題目〕 水蒸気を水素・酸素源とした重質油の脱硫技術の開発

〔研究代表者〕 麓 恵里（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕 麓 恵里（常勤職員1名）

〔研究内容〕

エネルギー需要が高まる中で、原油精製過程で副生する常圧・減圧残油等の重質油の有効利用技術の開発が求

められている。重質油は硫黄を多く含み、重質油を分解して有用な軽質油へ転換する際に硫黄の除去（脱硫）が必要である。一般に行われている水素化脱硫では高価な水素を使用するため、本研究では安価な水蒸気を水素・酸素源として利用する重質油の脱硫について検討した。

安価な酸化鉄系触媒を充填した固定層型流通式反応器へ常圧残油を供給し、窒素雰囲気下と水蒸気雰囲気下での結果を比較した。どちらの場合も常圧残油の重質成分は450～500℃、大気圧下で分解され、ガソリン、灯油、軽油等の軽質油が生成する。窒素雰囲気下での反応では硫化水素はほとんど生成しないが、水蒸気雰囲気下では硫化水素が生成し、原料に比べて分解油の硫黄含有量が低下した。また、窒素雰囲気下に比べて水蒸気雰囲気下での二酸化炭素の生成量が増加した。このことから、水蒸気由来の酸素と水素が生成物に組み込まれたと考えられる。本反応では、酸化鉄の格子酸素を介して水蒸気由来の酸素種と重質油とが反応して軽質化反応が起こる。このとき同時に生成する水蒸気由来の水素種が、常圧残油に含まれる硫黄化合物と触媒上で反応して硫化水素が生成し、分解油の硫黄濃度が低下したと考えられる。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 重質油、脱硫、水蒸気、酸化鉄触媒

〔研究題目〕 太陽光・風力発電大量導入のための直接負荷制御法に関する研究

〔研究代表者〕 近藤 潤次（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕 近藤 潤次（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標：

太陽光・風力発電は主に電力系統に連系して運転されるが、その発電出力は激しく変動することから、大量導入すると電力系統への悪影響が懸念される。本研究は、情報家電等が普及し、個別機器との情報通信が容易になるであろう将来を想定し、電力系統に繋がる負荷の消費電力を通信手段を用いて制御し、太陽光・風力発電の出力変動を系統全体で補わせることで、太陽光・風力発電の導入可能量を増大させる技術を確認する。

研究計画：

電力系統の需給バランスは短時間でも崩れると系統周波数が目標範囲を逸脱する。そこで、10秒程度毎には適切に制御しなければならないため、数十万台の負荷を双方向通信によりこの短周期毎に制御する手法を開発する。この手法の効果を数値計算により示す。また、提案手法に従い双方向通信により負荷を制御できる制御ボードを開発し、それを負荷に組み込んだ動作試験を行う。

年度進捗状況：

可制御負荷として今までは電熱ヒータを用いる電気温水器への適用を検討してきたが、CO₂冷媒ヒートポンプ式給湯機への適用に切り替えた。その理由は、COP=3以上が期待できる省エネ性から、今後の普及拡大が見込

まれるためである。系統周波数やヒートポンプ式給湯機の貯湯槽の蓄積熱エネルギーを計測し、かつ RS232C を用いた双方向通信により外部指令に基づきオン・オフ制御できる制御ボードを開発した。また本制御ボードを市販のヒートポンプ式給湯機に組み込み、運転試験を行った。その結果、系統周波数や蓄積熱エネルギーを十分な精度で計測でき、かつ外部からのオン・オフ指令により制御できることを確認した。ただし、電気温水器の場合と異なり応答性が遅いこと等のいくつかの未解決問題があるので、来年度の課題としたい。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽光発電、風力発電、出力変動、電力系統、周波数変動、直接負荷制御

【研究題目】YBCO 薄膜の磁束ピン止め研究のための制御されたナノ欠陥の作製

【研究代表者】Bagarinao Katherine
(エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】Bagarinao Katherine

【研究内容】

人工ピン法では、超電導薄膜の最大の臨界電流密度 J_c が得られるように、結晶欠陥の分布や密度を制御して薄膜中に導入することが原理的には可能であるが、実際には超電導マトリックス内部に導入された結晶欠陥の分布がランダムであり、かつ、その欠陥の寸法を制御することは困難である。一方、ナノテクノロジーにより、様々なナノ組織の作製の研究が進められている陽極酸化アルミナ (Anodic aluminum oxide, AAO) 自立膜は、孔の寸法と分布が決まっているので、人工ピンを導入するために利用可能な材料と考えられる。そこで22年度では、高温超電導酸化物薄膜 $YBa_2Cu_3O_y$ (YBCO) の上に多孔性 AAO 自立膜を配置し、次いで、アルゴンイオンミリングを行った。アルゴンイオンミリングにより、多孔性 AAO 自立膜の下にある YBCO 薄膜が、孔のパターンとほぼ同様なパターンでエッチングされ、YBCO 薄膜中にナノスケールの結晶欠陥が導入された。欠陥の存在について走査電子顕微鏡、原子間力顕微鏡、及び透過型電子顕微鏡観察で確認し、微細構造を詳細に調べた。AAO 自立膜を用いて YBCO 薄膜中に制御されたナノスケール欠陥を導入した初めての試みであり、結果として液体窒素温度 (77.3K) において薄膜の単位幅当りの臨界電流 (臨界面電流) を向上させることができた。特には欠陥の少ないフッ素フリー塗布熱分解 (MOD) 法の YBCO 薄膜中にナノスケールの欠陥が導入され、元の J_c 値と比較して大きく向上した。従来の重イオン照射より簡略な方法であり、かつ、人工ピンの分布や密度を正確に制御して薄膜中に導入することを可能である。また、AAO 自立膜が破壊されるまで何回も利用ができ、効率的な方法である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】高温超電導薄膜、臨界電流密度、人工ピン法、結晶欠陥、陽極酸化アルミナ

【研究題目】不凍タンパク質及び不凍合成高分子の凍結抑制メカニズムの解明

【研究代表者】稲田 孝明 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】稲田 孝明、平野 聡、小山 寿恵
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

不凍タンパク質 (AFP) や不凍合成高分子 (AFSP) は、平衡融解点以下で氷の結晶成長を完全に止めたり、また氷の再結晶を抑制したり核生成を抑制するなど、氷に対して特殊な効果を持つことで知られているが、それらの効果の統一的な理解は進んでいない。本研究は、AF(S)P の凍結抑制メカニズムの解明を目的としている。平成22年度は、氷核活性物質としてよう化銀の微粒子を使用して、AF(S)P がよう化銀の氷核活性に及ぼす影響を、W/O エマルジョンと顕微鏡観察を利用した核生成温度の測定によって調べた。その結果、AFP はよう化銀の氷核活性を完全に抑制し、水によう化銀が含まれる場合でも、氷の均質核生成温度に近い温度域まで水の過冷却を保てることがわかった。また、AFSP の一種であるポリビニルアルコールも AFP と同等の効果を持ち、よう化銀の氷核活性を完全に抑制することが確認できた。さらに、これまで AFSP として認識されていなかったいくつかの合成高分子についても、よう化銀の氷核活性を抑制する効果を確認することができた。氷核活性物質を排除した条件下で AF(S)P は氷の核生成に影響を及ぼさない結果も得られていることから、AF(S)P 分子の氷の結晶核への直接的な作用はないと考えられ、今回得られた結果は、AF(S)P 分子がよう化銀の表面に作用することによって氷の核生成を抑制していることを示唆している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】氷、核生成、タンパク質

【研究題目】スプライトに類似した実験室内放電における分枝形成機構の解明

【研究代表者】高橋 栄一 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】加藤 進 (常勤職員2名)

【研究内容】

近年、雷放電に伴い高層大気圏にスプライトと呼ばれる特徴的な分枝構造を有する放電が観測されている。有害ガスの分解に用いられているストリーマ放電等の過渡的な放電にも広く分枝構造が現れているが、それらの形成機構はいまだに良く分かっていない。従来の実験室で発生させているストリーマ放電は、針電極という極端に非一様な電界強度分布下において、初期プラズマ条件が明確に定義されない状態から放電が発生していた。一方、我々はスプライトに類似した構造を持つ放電を、平行平

板により形成した一様な電界中に UV レーザーにより初期電子を局所的に供給することで実験室内において再現した。本研究では、このスプライト類似放電において分枝形成機構を解明することを目的とする。本年度は、ストリーマ成長の様子を毎秒1億フレームの撮像が可能な超高速カメラを適用することによって始めて観測することができた。その結果、成長の様子が結晶成長現象における DLA 成長に類似していることや、ストリーマがカソードに到達すると同時にリターンストロークに転移し残りの分枝の発光が急激に減少するが、ストリーマ先端は伝播し続けることなどが明らかとなった。これらは分枝形成機構を検討するうえで重要な知見となることが期待される。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】スプライト、ストリーマ、分枝放電

【研究題目】鉄系超伝導体の強い電子-格子相互作用の研究

【研究代表者】李 哲虎（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】李 哲虎（常勤職員1名）

【研究内容】

2008年に新型超伝導体 $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ が発見されたのを契機に鉄系超伝導が一躍注目を浴びようになった。現在、超伝導転移温度は $T_c=56\text{K}$ にまで達しているが、この高い T_c を単純な BCS 理論で説明することは難しい。超伝導の発現機構解明に向けた研究が現在盛んに行われている。

本研究では主に中性子散乱を用いて、鉄系超伝導体の結晶構造及び素励起を調べることにより、超伝導の発現機構解明を目指している。我々は結晶構造解析を中性子回折により実施し、結晶構造と T_c の強い相関関係を見いだした。特に FeAs_4 四面体が正四面体に近づくほど T_c が高くなることを突き止めている。その他の結晶構造パラメータと超伝導の相関関係についても徐々に明らかになりつつある。本研究ではまた、中性子散乱実験に必要な大型単結晶を作製しており、これまでも多くの大型単結晶が中性子散乱実験に用いられてきた。これまでの研究により、鉄系超伝導体では結晶構造、磁性、軌道などが複雑に絡み合った結果超伝導が出現している可能性が高いことが明らかになってきた。現在、超伝導の機構解明に向けて、さらなる研究を進めているところである。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】超伝導、中性子散乱

【研究題目】高強度超短パルスレーザーによって駆動された電離波の構造と安定性に関する理論的研究

【研究代表者】加藤 進（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】加藤 進（常勤職員1名）

【研究内容】

高強度レーザーを用いた粒子加速や高速点火核融合では、レーザーとターゲットとの相互作用によって発生した大電流密度の高エネルギー電子ビームが中性媒質中を伝播する。この時に生成される電場によって中性媒質は急速に電離する。プラズマが生成されると、その分極によって静電場は遮蔽される。一方、プラズマが加熱されることにより、衝突過程による電離がすすむ。このような過程で、中性媒質からプラズマへの遷移過程で励起された電離波が、プラズマへの発展を支配し、最終的な粒子のエネルギー、量、品質を決定する大きな役割を担っている。本研究の目的は、このようなプラズマ生成すなわち電離過程に伴う複雑な現象を理解することである。

本研究では、高エネルギー電子の伝播と電離波を記述する運動論に基づいたモデルを構築し、シミュレーションによる電離波の構造、安定性、及びその高エネルギー電子伝播への影響を解明する。

高エネルギー電子ビームの中性媒質中での伝播は、それ自身が励起した電離波によって影響を受けるが、本研究ではプラズマを構成する電子を、電子ビームを構成する高エネルギー電子と媒質の電離によって生成された2次電子との二成分に分離し、高エネルギー電子ビーム成分は電離波によって受ける変形は小さいと仮定して、その変形成分を摂動として取り扱い、変形部分の時間発展は系全体に影響を及ぼさない近似を用いたモデルを構築した。また、このモデルの正当性を評価するため、電離過程を含んだ粒子コードによる電離波伝播のシミュレーションを行なった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】プラズマ、核融合、粒子加速、高エネルギー電子、原子・分子物理、電離過程、高強度レーザー

【研究題目】微細構造による蓄熱材の過冷却度制御の研究

【研究代表者】平野 聡（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】平野 聡（常勤職員1名）

【研究内容】

エネルギー有効利用の観点から、物質の相変化を利用して高密度かつ高有効熱エネルギー効率で蓄熱可能な技術の重要性が高まっている。相変化蓄熱材の過冷却度を能動的に制御できれば、貯蔵された熱の抽出が需要に応じて可能な高効率蓄熱・熱利用システムを実現することができる。そこで、相変化蓄熱材候補物質の固液臨界半径を推定した。

蓄熱材候補の有機化合物としてポリエチレングリコール（融点 57.1°C ）、D-スレイトール（融点 87.0°C ）を選定し、温度、固液平衡温度、凝固開始温度、粘性係数、融解熱、過冷却度、密度、固液界面自由エネルギーなどから、均一核生成理論による固液臨界半径を推定した。

各物質の密度、固液平衡温度、凝固開始温度、融解熱は、密度計や示差走査熱量計等で測定した。融液の粘性係数は回転粘度計で測定した。また、固液界面自由エネルギーは Turnbull による均一核生成頻度式から推定した。その結果、最大過冷却度から過冷却度1K までの臨界核半径は、ポリエチレングリコールが3nm~30nm 程度、D-スレイトールが1nm~100nm 程度になるものと推定された。過冷却度5 K における臨界核半径は、ポリエチレングリコールが6~7nm 程度、D-スレイトールが20~30nm 程度と推定され、発核制御にはこれらの程度のサイズにおける凝固特性に注目すればよいことがわかった。

高分子量のポリエチレングリコールや糖アルコールは給湯・暖房温度に適した安全な相変化蓄熱材として有望視されている。本研究結果は、カプセル型蓄熱材の最大過冷却度をナノオーダーの分子クラスターの発核によって制御できる可能性を示しており、相変化蓄熱材の過冷却制御、最適設計に有用な知見となる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】蓄熱、過冷却、固液

【研究題目】CO₂を作動媒体とする地中熱利用ヒートポンプの実験および数値解析による研究

【研究代表者】遠藤 尚樹（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】遠藤 尚樹、Seghouani Lotfi
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

二酸化炭素を作動媒体とするヒートポンプを地中熱の利用に応用する際に最も期待される点はヒートポンプの冷房モード時に作動媒体の状態が高压側で臨界点以下となることである。熱交換損失を小さくするために地中で直接凝縮する形式の熱交換器とすることが好ましいが、この直接凝縮形の地中熱交換器を効率良く使うためには、熱媒体の気相部分と液相部分が垂直方向に適切に分布することが必要である。

圧力が高い CO₂で実験を行う前に、圧力の低い R134a で液分布を把握するための実験装置を初年度の平成22年度に試作した。機器構成は圧縮機、プレート熱交換器、膨張弁、平滑銅管で地中熱交換器を模擬した熱交換器から成る。気液の分布は地中熱交換器の出口、入口の差圧を計測することにより推計することとした。また、これを目視で観測できるように、約5m の模擬地中熱交換器にはサイトグラスを10個取り付け50cm 毎に気相または液相の判別がつくようにした。

また、CO₂地中熱ヒートポンプの有効性を示すためのシミュレーションに着手した。地中での熱伝達の予測を行うためにボアホール内に U チューブ（直径1インチ）を埋め込んだタイプ、また、二重管熱交換器を埋め込んだタイプの地中熱交換器を想定した。検査対象は直径5m、深さ70m に設定し、初期テストとして数時間の熱

拡散のシミュレーションを行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】地中熱、ヒートポンプ、作動媒体、二酸化炭素、数値シミュレーション

【研究題目】強相関酸化物ヘテロ界面における新奇な界面電子状態の物理的機構に関する研究

【研究代表者】澤 彰仁（エレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】澤 彰仁、山田 浩之（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究では、界面のナノメートルオーダーの領域に特異な電子状態が誘起される強相関遷移金属酸化物のヘテロ界面について、真の界面電子物性・電子状態を解明することを目的に、典型的なモット絶縁体である LaMnO₃と SrMnO₃からなる強相関酸化物超格子を対象として、原子レベルで平坦なヘテロ界面を実現し、輸送特性や磁気特性などのマクロな物性と、X 線による構造解析や TEM、EELS によるミクロな構造および電子状態の測定を組み合わせることで、界面構造と電子物性の関係を解明する。また、様々な電子相を接合界面で競合させることにより、バルクには見られない特性を有した新しい機能界面の創製を目指す。

本年度は、放射光硬 X 線による共鳴散乱の結果から、原子レベルで平坦なヘテロ界面では、Mn の価数は LaMnO₃層と SrMnO₃層の境界でシャープに変化していることが確認され、界面の平坦性を改善すると、これまでに報告されているような界面での電荷移動はほとんど起こらないことが分かった。また、磁場を印加すると、Mn 価数の分布がわずかに変化することが確認され、このヘテロ界面で発現する巨大磁気抵抗効果は Mn 価数分布の変化が関与している可能性を見出した。STEM-EELS の実験に着手し、界面の平坦性が Mn 価数の分布や酸素欠損の生成などに影響を与えていることを示唆する結果が得られつつあり、今後、詳細な測定、解析を行う予定である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】強相関酸化物、強相関エレクトロニクス、超格子、巨大磁気抵抗

【研究題目】銅酸化物超伝導体の磁束量子ビットにおける量子コヒーレンスの研究

【研究代表者】柏谷 裕美

（エレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】柏谷 裕美（常勤職員1名）

【研究内容】

銅酸化物超伝導体は、量子ビット実現の有効な候補の一つであり、これまでは将来的な多ビット化への応用を念頭に、2番目にスイッチする second switch に関して着目し、先導的な実験を行ってきた[1]。本研究では、一つの接合がゼロ電圧状態から有限電圧状態にスイッチ

した際の他の接合への影響を調べることで、結合した多体に関する量子ダイナミクスの研究を行った。

固有ジョセフソン接合では、複数の接合が近接して存在するため、接合間には電氣的、磁氣的に結合が生じ、複数の量子力学系が相互作用を持ちながら運動する。実際の応用においてもこの結合をなくすことは不可能であり、量子力学系同士の相互作用がどのように起こるか検証する必要がある。接合間の電磁氣的な結合は、超伝導電極に対応する超伝導層によって電場、磁場がシールドされることにより弱まるが、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_{1.6}\text{La}_{0.4}\text{CuO}_{6\pm\delta}$ では超伝導層が CuO_2 面一層であることから、現実存在する最も強い電磁氣的な相互作用を有する接合列である。この接合を用いた結果、multi-junction switching という新しいタイプのスイッチングの観測に成功した。MJS とは、接合中の一部の接合が複数同時にスイッチする現象である。また、このスイッチング現象は、測定回路中に固有ジョセフソン接合と直列に接続した抵抗の値により制御できることが判明した。同時スイッチ現象は、固有ジョセフソン接合中の全ての接合が同時にスイッチする universal junction switching (UJS) も報告されているが、UJS で観測されていた escape rate の増大が観察されなかったことにより、UJS とは全く異なるダイナミクスであることも判明した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】銅酸化物超伝導体、量子ビット、巨視的量子トンネル

【研究題目】新しい電気磁気デバイスのための強相関ナノ界面磁性相の構築と制御

【研究代表者】山田 浩之

(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】山田 浩之 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究課題では、強相関電子系の界面において、電子状態や磁性の制御により、従来の半導体では実現しえない次世代デバイス機能を実現し、それを微視的に理解すること目標としている。昨年度は、強相関酸化物の界面・人工格子を集中的に探索し、 LaMnO_3 と SrMnO_3 の二物質からなる人工超格子の構築および高品質化に成功し、2原子層 (=0.8nm) 毎に積層した人工超格子 (L2S2超格子) において、固溶体の $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ バルクでは実現不可能な、磁場による金属・絶縁体スイッチング (超巨大磁気抵抗効果) の発現に成功した。本年度は、その発現機構を解明するため、L2S2超格子における界面の電子状態・磁性の評価を重点的に実施し、超格子界面の電子状態・磁性の評価に必要なさまざまな界面観測手法を確立するとともに、通常の半導体界面の類推では理解できない、強相関界面特有の現象を発見した。特に、高エネルギー加速器研究機構、東北大学などとの共同研究により、これまで困難と考えられていた中性子

散乱による薄膜の磁性評価について、磁性既知の単一成分薄膜を用いて、国内で初めて薄膜の磁性評価に成功した。これを基に L2S2超格子の中性子散乱を測定した結果、界面における磁化の相対的な方向が磁場により変化することを見出した。また、放射光を用いた共鳴 X 線散乱実験を実施し、界面のマンガンの電子状態を解析した結果、中性子散乱における磁場応答に対応して、磁場による電子状態の変調を観測した。これらの結果は、強相関界面における様々な電子状態の競合の存在を示しており、今後、強相関界面の機能設計指針となる重要な知見である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】強相関酸化物、人工格子、界面、磁気抵抗、中性子散乱、放射光

【研究題目】界面スピン顕微分析技術の開発と界面強磁性の直接解析

【研究代表者】甲野藤 真

(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】甲野藤 真 (常勤職員1名)

【研究内容】

薄膜界面で発現するスピン機能を活用した省電力メモリ・ロジックデバイス等の開発が積極的に進められている。界面スピン機能は界面内の局所スピン配列に支配されるため、これら次世代デバイスの開発研究においては、界面スピンの方向を実空間で直接評価するナノスピン計測技術が不可欠となる。本研究では、スピン偏極走査電子顕微法 (スピン偏極 SEM) を高度化し、界面の局所スピン分布を実空間で定量分析できる先端スピン計測技術の開発を目的とする。本年度は、前年度製作した超高真空パルスレーザー薄膜堆積装置とスピン偏極 SEM の機能を統合した複合分析システムを構築し、界面スピンの分析を実際に試みた。真空雰囲気の不純物レベルを低減することにより、試料表面への汚染吸着を抑制し、スピン方向の定量解析に十分な信号検出感度を確保することに成功した。いずれも強磁性を示さない LaMnO_3 および SrMnO_3 で構成したナノ接合の界面を計測したところ、強磁性スピンの分布像を取得することに成功した。スピンは界面内でドメインを形成しており、スピン方向は界面に平行かつ隣接ドメイン間で反平行であることを明らかにした。これらの結果は、開発した技術が界面のスピン分布を実空間で定量分析可能であることを実証するものである。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】表面・界面、スピントロニクス、電子顕微鏡

【研究題目】磁束量子を利用した量子交流電圧標準の研究

【研究代表者】前澤 正明

(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 平山 文紀、丸山 道隆、
 Gorwadkar Sucheta
 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

単一磁束量子デジタル／アナログ変換器と誘導分圧器を主構成要素とする量子交流電圧標準システムの開発を目標とする。デジタル／アナログ変換器の開発においては、前年度に引き続いて産総研／SRL 共通プロセスの高度化を進め、セルライブラリを開発した。これを用いて1ビットパルス密度変調方式の基本構成要素となる可変パルス数増倍回路の開発を行った。電気通信大学との共同研究によりセルベース方式で設計した8倍可変パルス数増倍回路を産総研／SRL 共通プロセスにより試作し、正常動作を確認した。さらに、必要回路素子量が少ない新回路方式を考案し、64倍可変パルス数増倍回路を設計、試作、評価し、正常動作の確認に成功した。この結果に基づき、12ビットデジタル／アナログ変換器を設計し、出力電圧波形精度を詳細に評価した。精度評価の課程において、デルタシグマ変調方式をマルチビット化する新変調方式を考案し、これによりさらに高い精度が期待できることを見出した。誘導分圧器の開発においては、誘導分圧器システムによる市販高精度電源の出力電圧とジョセフソン素子の出力電圧の比較では、デジタル／アナログ変換器の開発が予定より遅れたため、定量的誤差の測定には至らなかったが、フィルターなどの周辺回路を整備し交流インピーダンス標準に適用可能な高い精度を有するシステムの開発に成功した。一方、東京都市大学との連携で前述のマルチビットデルタシグマ変調方式の精度を定量的に計算し、交流電圧標準応用において画期的な精度向上が可能であることを明らかにし、動作原理実証実験のための測定機器などを整備した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 計測工学、超伝導回路、電圧標準

【研究題目】 高温超伝導体の電子状態における酸素同位体効果に関する角度分解光電子分光研究

【研究代表者】 相浦 義弘

(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 相浦 義弘 (常勤職員1名)

【研究内容】

従来の BCS 理論によると結晶中の原子の振動が「のり」として働き、電子のスピン向きが反平行 (スピン一重項) になるように電子対が形成され、銅酸化物高温超伝導体もまたスピン一重項の対称性を持つ超伝導体であることが知られている。しかし、銅酸化物系超伝導体の「のり」が、BCS 超伝導体と同様に原子の振動による「のり」であるのか、もしくは電子のスピンに由来する磁気的な新しい「のり」であるのかは、盛んな議論が

続いている。一方、ルテニウム酸化物超伝導体 (Sr_2RuO_4) は、電子のスピン向きが平行な電子対 (スピン三重項) を形成する非常にユニークな超伝導体として注目を集めている。銅酸化物系超伝導体を含む新しいタイプの超伝導がどのようなメカニズムで生じるのかを理解するために、ルテニウム酸化物超伝導体における電子と電子を結びつける「のり」の成分と強さを包括的に解明することが望まれる。

今年度、角度分解光電子分光の偏光特性によりルテニウム酸化物超伝導体の異なる運動状態にある電子を選択的に可視化することに成功した。面内の2次元的な電子構造にバンド構造の屈曲構造が観測され、その特徴的なエネルギーが中性子で示されていた結晶中の酸素の振動エネルギーと一致することから、ルテニウム酸化物超伝導体の「のり」の起源も結晶中の酸素原子の振動との結合によるものであることを明らかにした。この結果は、銅酸化物高温超伝導体 (スピン一重項) とともにルテニウム酸化物超伝導体 (スピン三重項) においても、「遷移金属の2次元的な電子状態」と「結晶中の酸素原子の振動」との強い相互作用がこれら層状遷移金属酸化物の超伝導発現機構に重要な役割を示唆するものである。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 超伝導、電子構造、格子振動

【研究題目】 マイクロレンズ一体型フィールドエミッタの構造最適化

【研究代表者】 長尾 昌善

(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 吉田 知也 (常勤職員2名)

【研究内容】

本研究の最終目的は電子顕微鏡や電子ビームリソグラフィに応用できるように、研究代表者が開発したマイクロレンズ一体型フィールドエミッタの構造を最適化することにある。本年度は、その最適なデバイス構造を形成するために、これまでに開発したマイクロレンズ一体型フィールドエミッタの作製方法を電極の成膜プロセスなどから根本的に改良し、電極の位置制御・開口径制御がより正確に行えるプロセスを開発することを目的とし、次の三点の成果を得た。

① エミッタ形状の最適化

5段以上のレンズ電極を形成するためには、エミッタを現状の $1\mu\text{m}$ から $3\mu\text{m}$ 程度へと大きくしなければいけない。当初、マスクを $3\mu\text{m}$ にするだけでよいと思われたが、実際に行ってみるとマスクを大きくしたために、エッチング時間が長くなり結果として結晶面の面方位に対するエッチング速度の違いが顕著に表れ、円錐形状ではなく、ピラミッド形状のエミッタとなってしまうことが明らかとなった。これを避けるために、(001) 面と (011) 面のエッチング速度を正確に測り、面方位による速度の比が1.08倍であることを明らかに

した。その違いをマスク設計に反映させ、円形のマスクではなく、概略八角形でなおかつ、中心から辺までの距離の比を1.08倍にすることで、円錐形の綺麗なエミッタが得られることが確認できた。

② 多段電極形成プロセスの構築

絶縁膜 (SiO_2) と電極膜を交互に成膜する必要があるが、 SiO_2 の厚さが $1\mu\text{m}$ 以上で5段以上の電極数になると薄膜の剥離が起り、電極が形成できない。そこで、 SiO_2 の成膜 (プラズマ CVD) 条件を根本から見直し絶縁膜の応力制御を行った。その結果、基板温度が高いほど、また、TEOS ガスの流量が小さいほど圧縮応力になり、膜の剥離が起きにくいことを見いだした。その結果7段の電極までは剥離が起きないことが確認できた。

③ 電極端の平滑化プロセスの構築

電極端は、エッチングによりラフネスが生じ、収差の原因を生む。Ar イオンを照射することで電極端をなめらかにすることができることを見いだした。イオンの照射条件を様々に変化させた結果、 $25\text{keV}\sim 75\text{keV}$ のエネルギーで 1×10^{16} 個/ cm^2 以上のイオンを照射すればラフネスを大幅に低減できることが確認できた。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 フィールドエミッタ、電界放出、マイクロレンズ、集束電極

【研究題目】 強相関遷移金属酸化物の酸素欠陥による電子物性変化と電場制御に関する研究

【研究代表者】 澤 彰仁 (エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 澤 彰仁 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、強相関遷移金属酸化物中の酸素欠陥の特性を理解することを目的に、酸素欠陥の生成およびその密度変化による強相関遷移金属酸化物の電子状態変化と、電場印加による強相関遷移金属酸化物中の酸素欠陥の移動機構の詳細を明らかにする。さらに、電場印加による酸素欠陥の電気化学的移動現象を利用して強相関遷移金属酸化物の界面電子状態の制御を実現し、電場により強相関遷移金属酸化物の輸送特性や磁気特性を大きく変調することを目指す。

本年度は、強相関酸化物解明の界面バンド構造を理解するため、Cu 酸化物や Mn 酸化物などの強相関酸化物/酸化物半導体の接合構造を作製し、光吸収測定、p-n 接合の C-V 測定、光電流などの測定を行った。その結果、強相関酸化物の界面バンド構造は通常の半導体モデルで理解できることが分かった。また、Mn 酸化物や Ni 酸化物などの強相関酸化物をチャンネルとする3端子素子を作製し、その動作特性を評価した結果、ゲート電圧印加による静電的なキャリアドーピングと電気化学的な酸素欠陥の生成・移動の2つの現象が存在することを

確認し、双方とも強相関酸化物のキャリア量を変化させる効果があることが分かった。後者は、2端子素子と同様に、強相関酸化物チャンネルに不可逆な抵抗変化を誘起できることが分かった。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 不揮発性メモリ、遷移金属酸化物、抵抗スイッチング

【研究題目】 p 波超伝導体における半整数磁束量子状態の観察

【研究代表者】 柏谷 聡 (エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 柏谷 聡、柏谷 裕美 (常勤職員2名)

【研究内容】

Sr_2RuO_4 (以下 SRO と略す) はカイラル内部自由度を有する超伝導として、半整数磁束量子の存在が許されるということは理論的には予言されているが、実験的な確認は現在までになされていない。そこで SRO 単体を用いた素子作成技術を確認し、SRO 単体による超伝導ループ内の磁束状態を SQUID の臨界電流の外部印加磁場の関するとして計測することにより、半整数磁束量子の形成を検証することを目指して実験を進めた。作成されたジョセフソン接合の輸送特性は、異常なヒステリシス構造を有するスイッチング特性を示し、この起源は印加電流とカイラルドメイン構造、エッジチャンネルとの相互作用の存在を示唆しているものと解釈された。さらに弱結合を2個含む超伝導ループ構造を作成し、SQUID としての動作の検証を行った。SQUID の臨界電流値はヒステリシスの無い I-V 特性を示したが、外部印加電流に対して周期的な臨界電流の変調構造は観測されず、外部印加電圧に応答していないという結果になった。これは弱結合における臨界電流値が磁束の量子化条件に対応しておらず、エッジ状態やカイラルドメインの影響を含めた解釈が必要で有ることが示唆される。今後さらに SQUID の作成および測定を進める必要がある。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 スピン3重項超伝導、半整数磁束量子、トポロジカル量子ビット

【研究題目】 圧力反応場を利用した超伝導体をはじめとする新規機能性材料の物質設計と実験的検証

【研究代表者】 鬼頭 聖 (エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 鬼頭 聖 (常勤職員1名)

【研究内容】

平成22年度は、平成21年度に引き続き LnFeAsO_{1-y} 超伝導体とる ZrCuSiAs 型結晶構造をとる化合物を中心に、データベース構築を進めた。またこれと並行して ZrCuSiAs 型結晶構造をとりうる化合物の系統性をまとめた。

この系統性を基に、 LnFeAsO_{1-y} 超伝導体の超伝導特

性を担う重要な役割であると考えられる Fe_2As_2 のとる擬二次元ネットワークに着目し、 ZrCuSiAs 型結晶構造をとる化合物の他、この擬二次元ネットワークを結晶構造中に有する類縁構造の ThCr_2Si_2 型結晶構造、類似のネットワークを有する Fe_2P 型、 Co_2Si 型結晶構造をとる化合物にも着目し、3d 遷移金属のみならず4d 遷移金属にも視野を広げて、新化合物探索を行った。

試料合成手法として、短時間で試料合成が可能な高压合成法を用い、効率よく試料合成を行うとともに、得られた試料を粉末 X 線回折法により相を同定し、単相化を行った。また単相化を行った試料は、磁化測定、電気抵抗測定により物性特性評価を行った。

その結果、平成21年度に見出した Co_2Si 型結晶構造をとる MgRuP 合成の再現性を確認するとともに、この新化合物に加えて1) Co_2Si 型結晶構造をとる化合物としては ZrRhAs 系新化合物、2) ZrCuSiAs 型結晶構造をとる化合物としては SrRuAsF 系新化合物を見出した。

1)、2)の化合物はいずれも10K 以上で金属的な伝導を示した。

しかしながら、2K 以上室温までの温度領域での磁化測定では、残念ながら超伝導転移に対応する反磁性は観測されなかった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】高压合成、金属間化合物、 MgRuP 、 ZrRhAs 、 SrRuAsF 、 Co_2Si 型結晶構造、 ZrCuSiAs 型結晶構造、鉄砒素系超伝導体

【研究題目】強相関酸化物強磁性トンネル接合の低電流スピン注入磁化反応機能の開拓

【研究代表者】佐藤 弘（先進パワーエレクトロニクス研究センター／エレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】佐藤 弘（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、低電流密度で動作するスピン注入磁化反転素子の開発を目標とする。スピン注入磁化反転の効率向上には、材料性能の向上、電極構造の最適化が重要である。電極材料には、スピン分極率がほぼ100%でハーフメタル特性を示す強相関酸化物磁性体を用い、電極構造の最適化を実際に作製した強相関酸化物磁性体電極をスピン SEM で直接観察・解析することにより進める。

最終目標であるスピン注入磁化反転素子の開発においては、効率的な動作のため、磁化方向制御可能な、微小接合の作製が求められている。この要求を満たすために、サブミクロン寸法素子を作製するための作製技術、電極内の磁化方向やその制御を評価する評価技術が重要である。平成22年度においては、平成21年度に引き続きこれら技術を開発するとともに、EDL 素子のマスクパター

ン構造を検討／素子構造を最適化し、デバイス劣化を抑えることに成功した。

来年度は、これらマスク技術を活かし、サブミクロン寸法に微細加工した $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ について、磁区構造の観察を行なう予定である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】強相関酸化物、ハーフメタル、磁性トンネル接合、スピン注入磁化反転、スピン SEM

【研究題目】強相関電子系の量子シミュレーションによる高温超伝導機構の研究

【研究代表者】柳澤 孝（エレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】柳澤 孝、長谷 泉、山地 邦彦（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

鉄ヒ素系新超伝導体のバンド構造を第一原理計算により計算した。鉄とヒ素原子が成す四面体の歪みと状態密度の関係を明らかにした。これにより、まだ臨界温度が上がる可能性があることを示した。鉄ヒ素系超伝導体において、超伝導のメカニズムを明らかにする上で同位体効果は重要であるが、鉄元素の同位体効果の係数は負になると報告されている。これに関しモデルを提案し、多バンドモデルにおける電子-格子相互作用と他の引力相互作用との競合の結果として、説明できることを示した。

高温超伝導の相図を明らかにするために、量子変分モンテカルロ法による大規模なシミュレーションを、ハバードモデルおよび d-p モデルに対して行った。Bi2212 等の高温超伝導体で報告されている特異な電荷秩序状態であるチェッカーボード状態が安定な領域を2次元ハバードモデルに対して変分モンテカルロ計算を行うことにより明らかにした。バンド構造を決める重なり積分 t 、 t' をパラメーターとして基底状態のエネルギーを計算し、Bi2212系の銅酸化物に対して得られているバンド構造を含むパラメーター領域でチェッカーボード状態が安定となることを示した。銅酸化物の高温超伝導体は、それぞれ化合物特有の物理的性質を示すが、バンドパラメーターやクーロン積分の大きさが物質ごとに依存するとして説明できることを示した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】二次元強相関系、量子シミュレーション、変分モンテカルロ法、第一原理計算、銅酸化物高温超伝導体、鉄系超伝導体、共存状態、チェッカーボード状態

【研究題目】難育成高温超伝導体大型単結晶の作製技術開発と直接手法による物性評価

【研究代表者】伊藤 利充

（エレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】伊藤 利充（常勤職員1名）

【研究内容】

研究代表者が開発した「レーザ加熱結晶育成技術」を用いて、重要性にも関わらず育成が困難な高温超伝導体大型結晶の育成を可能にし、大型化によって初めて可能となる直接測定により往年の課題を一気に解決することが目標である。難易度の特に高い高温超伝導体の中でも当該年度は $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ の結晶育成法を確立し、電子輸送特性などの物性を明らかにするという計画の下で研究を行った。この物質は $x=1/8$ 近傍でストライプ相が安定化し超伝導が抑制される（1/8異常と呼ばれる）という特徴をもつ。新開発技術により、課題となっていた育成方向に急峻な温度勾配を実現し、問題となっていた原料棒における不要な反応を抑制し、大型結晶を安定的に育成することに成功した。粉末 X 線回折からは不純物相は認められなかった。ラウエ写真では、明瞭なスポット・回折パターンが観測され、結晶性の良いことがわかる。開発を進めた結果、ほとんど報告例のない $x=1/8$ を超える Ba 濃度範囲にまで至る結晶育成を成功させた。電子輸送現象の研究から以下の特徴が明らかになった。 $x < 0.10$ （ストライプが存在しない領域）では電気抵抗の温度依存性に観測される磁場中の超伝導転移は扇状に広がるが、 $x > 0.10$ （ストライプが存在する領域）では、平行にシフトする。 $x > 0.10$ （ストライプが存在する領域）では、強磁場下の電気抵抗で $\log(T)$ の発散が見られた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】レーザ加熱結晶育成技術、難育成高温超伝導体、1/8異常

【研究題目】実用化に向けたニオブ系鉛フリー圧電セラミックスの創製

【研究代表者】王 瑞平（エレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】王 瑞平（常勤職員1名）

【研究内容】

近年、自然環境に対する保護意識の向上に伴い、電子部品における有害元素を排除する動きが活発となっている。本研究では、人体や環境に有害な鉛元素を含まず、性能的に実用化水準に達するニオブ系（(Na, K)NbO₃を母材とした固溶体）鉛フリー圧電セラミックスを開発することを目的とする。我々は、ニオブ系において、結晶構造制御により圧電特性の向上に最も有効である正方晶／菱面晶相境界（MPB）の形成に成功している。MPB 近傍の組成は圧電特性が優れ、鉛系圧電セラミックスに匹敵するが、圧電定数の温度特性・耐圧性の面で実用化水準になお及ばない。そこで、本研究では微量元素添加により局所構造及び強誘電ドメインを制御することにより優れた温度特性・耐圧性を有するニオブ系鉛フリー圧電セラミックスを開発することを目指した。平成22年度は、 $(1-x-y)(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5})\text{NbO}_3-x\text{ATiO}_3-y\text{BZrO}_3$ （NKN-AT-BZ）固溶体に対し、主に Y 及び Mn を A

= $\text{Bi}_{0.5}\text{K}_{0.5}$ 、B=Ba、 $x+y=0.08$ の NKN-BiKT-BZ 固溶体へ添加し、これら添加元素の NKN-BiKT-BZ 固溶体特性への影響を調べた。

NKN-BiKT-BZ 粉末を固相反応法で合成した。Y あるいは Mn の添加量は 0.25mol% である。無添加の NKN-BiKT-BZ 試料よりも Mn を添加した試料の電気機械結合定数 k_p 、圧電定数 d_{33} が向上した。走査型電子顕微鏡で Mn 添加により試料の粒子サイズが大きくなったことを見出した。これが Mn 添加した試料の k_p 、 d_{33} が向上した主な原因だと考えている。一方 Y を添加した試料は k_p 、 d_{33} が減少した。その原因はまだはっきり分かっていないが、添加量が最適でなかったことが原因の一つとして考えられる。以上の結果より、Mn は NKN-BiKT-BZ 系試料の圧電特性調整に有効であることが確認できた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】圧電セラミックス、鉛フリー、微量元素添加効果

【研究題目】赤外線を用いた安全なアスベスト廃棄物溶融処理に関する研究（k22098）

【研究代表者】池田 伸一

（エレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】池田 伸一、西村 博、梅山 規男、清水 哲也、間宮 豊治、高梨 宏一（常勤職員1名、他5名）

【研究内容】

本研究は、緊急の課題となっている、アスベスト含有廃棄物の処理について、赤外線集光加熱技術を用いて 1500°C 以上の高温環境で完全溶融することにより、安全でエネルギー効率の高いアスベスト処理方法と装置を3年の研究期間内に提案するものである。本研究開発最終年度である平成22年度は、過去2年間の結果を受けて、(1) スキャンロボットの設計、製作及び動作試験、(2) 集光加熱法によるアスベスト溶融処理試料の TEM 観察、(3) 2次元平面における集光加熱温度分布の材料依存性測定、(4) 新しい加熱手法（パイプ法）の開発（発明）を行った。特に(4)の成果は、現状の集光加熱による溶融処理速度を著しく改善する技術であり、今後のさらなる展開が期待できる。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】赤外線加熱、溶融処理、アスベスト無害化

【研究題目】アルキルフェノール類の立体選択的水素化法の開発

【研究代表者】日吉 範人（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】日吉 範人（常勤職員1名）

【研究内容】

アルキルフェノール類の水素化反応により得られるアルキルシクロヘキサノール類は香料原料として有用な化合物であり、工業的には担持貴金属触媒と有機溶媒を使用した液相水素化法で製造されている。本研究では、有機溶媒の代替として超臨界二酸化炭素を溶媒として利用し、香気の点から望まれるシス体のアルキルシクロヘキサノール類を高選択的に、かつ、低環境負荷で合成するための触媒開発を行った。すでに活性炭担持ロジウム触媒が超臨界二酸化炭素溶媒中での4-イソプロピルフェノール水素化反応に高活性であることを見出しており、さらに活性・選択性を向上させることを目的として、触媒への酸添加効果を調べた。活性炭担持ロジウム触媒に無機酸を添加することにより、得られる4-イソプロピルシクロヘキサノールのシス体の割合(=シス体/(シス体+トランス体))を、無添加の78%から88%まで向上させることに成功した。さらに、活性炭担持ロジウム触媒への酸添加により、反応完結までの時間を約2/3に短縮できた。反応速度解析を行い、酸添加により4-イソプロピルシクロヘキサノール中間体がシス体の4-イソプロピルシクロヘキサノールに水素化されるステップが促進されることを明らかにした。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 超臨界二酸化炭素、触媒、水素化、立体選択性

〔研究題目〕 CO₂ハイドレート蓄熱システムの開発に向けた基礎研究

〔研究代表者〕 牧野 貴至 (コンパクト化学システム研究センター)

〔研究担当者〕 牧野 貴至 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

CO₂ハイドレートを利用する省エネルギー・省スペースな蓄熱システムの開発を目指す。一般的にガスハイドレートの製造には高圧力環境が必要とされるため、高効率な蓄熱システムを構築するためには製造圧力が緩和されることが望ましい。そこで、本年度はガスハイドレートの平衡圧力を低圧側へシフトさせる補助剤として環状炭化水素に着目し、CO₂+補助剤ハイドレートの製造に要する圧力を測定した。一連の炭化水素を添加することにより、製造圧力を20%以下に緩和できることを明らかにした。一方、補助剤を添加した場合の融解エンタルピーを推算したところ、低圧力領域では補助剤無しの場合に劣るものの、高圧力領域では同等以上の熱エネルギーを貯蔵できることを見出した。すなわち、補助剤を添加することにより、製造圧力の緩和もしくは蓄熱量の向上につながるため、ガスのみを利用する場合よりも高効率な蓄熱システムを構築できると期待される。また、次年度の予備的試験として界面活性剤による水の過冷却抑制効果についても検討を行った。イオン性・非イオン性を問わず過冷却抑制に効果を発揮すること、中でも

アニオン性界面活性剤が特に優れた性能を発揮することを明らかにした。ガスハイドレート製造時に要する冷却エネルギーを削減できるため、界面活性剤の添加も高効率な蓄熱システムの構築に有効である。以上の本年度の研究成果から、環状炭化水素とアニオン性界面活性剤の添加により、製造環境の緩和(省エネルギー)と高融解エンタルピー(省スペース)を同時に達成できる可能性を示した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 蓄熱技術、ガスハイドレート、二酸化炭素、省エネルギー、省スペース、高圧相平衡

〔研究題目〕 膜型反応器とマイクロ波照射の融合による化学反応の高効率化

〔研究代表者〕 佐藤 剛一 (コンパクト化学システム研究センター)

〔研究担当者〕 佐藤 剛一、西岡 将輝、東 英生、夏井 真由美 (常勤職員2名、他2名)

〔研究内容〕

本研究は、ガス流通式の固体触媒反応をより効率よく進行させるため、膜型反応器とマイクロ波照射技術を組み合わせた新規な反応手法を提案し、その実現に向けた基礎研究を行うものである。特に、(1)膜触媒-ガス流通反応系へのマイクロ波照射による活性化(分子の吸着、脱離挙動などに特有な効果)、(2)マイクロ波選択加熱による反応管内の熱的非平衡状態の実現による活性の向上、に着目して研究を推進し、膜触媒反応へのマイクロ波照射効果を明らかにすると同時に、触媒反応制御法の新たな発展に繋げることを目的とする。

本年度は、前年度までの成果をベースとして、マイクロ波照射を膜型反応器に適用するにあたっての制御技術、マイクロ波照射効果の基礎的知見、さらに、マイクロ波照射による触媒反応効率化の実証について研究を推進した。制御技術としては、一般的な2.45GHzに加え2~6GHzのマイクロ波照射技術を構築した。これによって、マイクロ波の加熱モード(誘電加熱及び磁界を均一に発生させ膜表面に生ずる誘導電流を利用した磁界利用加熱)の違いや、周波数変化という、これまで着目されていなかったマイクロ波利用を可能とし、膜触媒反応の適用範囲を大きく広げることができた。膜触媒としてパラジウム金属膜や銀薄膜などを対照にガス分離、水素化反応、脱水素反応を実施し、各種金属膜の加熱挙動や、分離特性の違いなどマイクロ波照射効果についてデータを蓄積することができた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 固体触媒、膜触媒、マイクロ波、誘電加熱

〔研究題目〕 規則性2次元ナノポーラス材料を用いた揮発性芳香族化合物ガスセンサ用検知膜の創製

〔研究代表者〕 石井 亮 (コンパクト化学システム研究センター)

〔研究担当者〕 石井 亮、長縄 竜一 (環境管理技術研究部門) (常勤職員2名)

〔研究内容〕

目標:

本研究は、揮発性芳香族化合物 (以下、AVOC) 用ガスセンサにおいて求められる検知膜開発において、提案者が新規に合成した規則性2次元ナノポーラス材料を検知膜素材として適用し、感度向上に資する親 AVOC 的な細孔の設計構築と成膜による高集積化の課題を検討することにより、AVOC ガス用高感度検知膜を創製するための方法を確立する。

研究計画:

規則性2次元ナノポーラス材料からなる検知膜の AVOC ガス感度向上のため、(1)親 AVOC ガス官能基であるアミノフェニル部位の規則性2次元ナノポーラス材料細孔骨格への導入方法を確立し、(2)当該材料からなる均一膜形成条件の抽出と最適化に取り組む。

研究進捗状況:

(1)の課題については、アミノフェニル部位導入のための条件を抽出するため、種々のシランカップリング剤と前駆体無機層状化合物を用いた細孔骨格導入の検討を行った。具体的には、1結合官能基型シラン化合物 (例:メチルトリエトキシシラン) 及び2結合官能基型シラン化合物 (例:ビストリエトキシシリルエチレン) について合計7種類及び前駆体無機層状化合物としてカネマイト及びアイラライトを用いた。検討の結果、カネマイトについてはデラミネーション (層剥離) が進行し規則性細孔が形成せず、アイラライトについては用いたすべてのシラン化合物について好適に規則性細孔を形成することが分かった。今後はこのアイラライトを前駆体の候補に絞りアミノフェニル部位の細孔骨格導入を行う予定である。(2)の課題については、2次元ナノポーラス材料粒子をセンサ素子となる水晶振動子電極上に均一に担持する条件についてディップ法とキャスト法の両方を用いて比較検討した。その結果、キャスト法により電極表面に材料粒子がほぼ均一に担持された膜を形成することが分かった。また、得られた膜の AVOC ガス応答性は、電極表面との密着性に依存することが分かった。電極表面をシランカップリング剤で改質し材料粒子との密着性を向上させたところ、AVOC ガスであるトルエンガスについての応答性が向上した。最も良い条件での当該検知膜のセンサ感度は3ppm/Hz であり、今年度の目標値 (4ppm/Hz) を達成した。また、既存の高分子材料であるスチレンを用いて同様の実験を行ったところ感度は11ppm/Hz であり、規則性2次元ナノポーラス材

料からなる検知膜の優位性が明らかとなった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 AVOC、トルエン、ガスセンサ、多孔体、水晶振動子

〔研究題目〕 リサイクルプロセス構築のための高温水中でのモノマー類の熱安定性評価と基礎物性測定

〔研究代表者〕 佐藤 修 (コンパクト化学システム研究センター)

〔研究担当者〕 佐藤 修、増田 善雄 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

本研究では、高温水によるポリエステル樹脂のケミカルリサイクルプロセスの設計に必要な、反応条件下における原料モノマーの存在形態、平衡定数、熱安定性並びに微量副生物の検出確認、高温水への溶解度測定を行う。得られた知見を基にコンピューターシミュレーションによるエネルギー計算を行い、ケミカルリサイクルプロセス実用化のモデル提案を行う。

1) ポリマー及びモノマーの高温水中での安定性評価

ポリエステル樹脂のひとつであるポリブチレンテレフタレート (PBT) が、250~300℃の高温水中で分解し、化学原料として有用なテレフタル酸 (TPA) とテトラヒドロフラン (THF) が得られることを明らかにした。さらに、本反応系に原料モノマーである TPA を予め添加する条件で、PBT 加水分解の促進効果を検討した。その結果、PBT に対して重量比約2.4%の THF 添加、反応温度250℃、処理時間30分での TPA 回収率を、45%から60%まで高めることができた。また、PBT をほぼ完全に分解するのに必要な時間も120分から60分に短縮できることがわかった。上記のことから本分解反応では、回収目的物である原料モノマーの TPA を反応促進用の酸触媒として利用できることを確認した。

2) プロセスシミュレーション評価

実験から得られた PBT の分解挙動の知見を基に、地域分散処理を前提とした高温水を利用する PBT のケミカルリサイクルモデルを構築し (処理能力1000kg/日)、コンピューターシミュレーションによる基礎プロセス部分のエネルギー計算を行った。分解によって得られる THF が水と共沸するため、それに対応した共沸蒸留プロセスが必要となることがわかった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 シミュレーション工学、廃棄物再資源化、物性測定

〔研究題目〕 高効率フレキシブル色素増感太陽電池の作製と評価

〔研究代表者〕 蛭名 武雄 (コンパクト化学システム研

究センター)

〔研究担当者〕 蛭名 武雄、南條 弘、
Shanmugam Venkatachalam
(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

色素増感太陽電池の電池性能の向上を目的に酸化チタンのナノ構造を制御し、表面積の大きな酸化チタン薄膜を透明導電膜上に作製する手法の検討を行った。

1) 酸化チタンナノチューブ膜の作製

ガラス/透明導電膜/金属チタンフォイルから電気化学的陽極酸化を行い、さらに500℃で加熱処理することによりアナターゼ型酸化チタンナノチューブ集合体を作製した。さらに、得られた酸化チタンナノチューブ膜を用いた色素増感太陽電池の試作に成功した。変換効率は比較試料である酸化チタン (P25) から作製した膜が0.23に対し、0.85と高い値を示した。

2) 酸化チタンナノワイヤ膜の作製

チタン酸テトラ n-ブチル (TNB) を原料に水熱合成法により放射状に広がった酸化チタンナノワイヤ集合体 (平均太さ: 17nm、平均長さ: 4-6μm) を作製した。水熱合成時の溶液組成及び加熱温度により、酸化チタンナノワイヤ集合体の形状及び長さを制御できることが判明した。

本手法を応用するとガラス基板上などに多孔体、ナノロッド、ナノチューブなど種々の形状の酸化チタンナノ構造を形成可能である。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 色素増感太陽電池、酸化チタン、多孔体、ナノチューブ、ナノワイヤ、透明導電膜、粘土膜、陽極酸化、水熱合成

〔研究題目〕 木質材料の高機能化を可能とする超音波振動付加薬剤含浸・圧密技術の開発

〔研究代表者〕 三木 恒久
(サステナブルマテリアル研究部門)

〔研究担当者〕 三木 恒久 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、持続的利用が可能であり、大気中の二酸化炭素の固定も可能な木質バイオマスの「材料」としての利用拡大のために、木材・木質材料の高機能化を可能とする超音波付加含浸・圧密技術の開発を目指している。

そのための基礎的実験として、水注入時における超音波振動の効果について各種樹種 (スギ、ヒノキ、ブナ、キリ)、水温、雰囲気圧力の影響を検討した。その結果、30分までの水注入による重量増加量については、樹種の影響を大きく受けることが明らかになったが、超音波振動の効果はキリ以外の樹種に対して効果があった。すなわち、本実験の超音波振動条件 (125kHz まで) において、最大で10%程度の重量増加率の向上が認められた。一方で、重量増加率では判断することが難しい、木質細

胞壁内への拡散を伴う微細なレベルにおける薬液浸透について検討するために、ポリエチレングリコール (PEG、分子量1500) を用いた Thermoporosimetry を行った。その結果、PEG が細胞壁へ浸透することによる PEG の融点降下が熱量計により検知された。この現象に着目し、今後、薬液含浸処理への超音波振動の効果について検討する。また、熱量測定による木材の微細構造変化を検討するにあたり、動的熱容量の温度変化を把握することは、粘弾性挙動などと同様に有効な手段であることがわかった。これらの基礎的検討を踏まえると、良好な製品を創出するための薬液注入や圧密などの処理条件の導出が今後期待される。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 木質材料、微細構造変化、超音波振動、含浸処理、圧密加工

〔研究題目〕 粒子アセンブリ法によるフォトニック結晶テラヘルツレーザの創製

〔研究代表者〕 高木 健太
(サステナブルマテリアル研究部門)

〔研究担当者〕 高木 健太 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

3次元フォトニック結晶は電磁波を完全に閉じ込める (局在化) ことが可能であるため、結晶内部で電磁波を発生させれば、理論的には特定の周波数を局在させることができる。これをテラヘルツ波に適用できれば、これまで困難であったコヒーレントなテラヘルツ波の発振が期待できる。本プロジェクトでは、テラヘルツ波波長に対応する球形誘電体粒子から3次元フォトニック結晶を構築し、かつ、その結晶内部に発振素子を埋め込んだ構造を作製できる独自の粒子アセンブリ技術を開発し、これによるテラヘルツレーザの創製を目指す。

本年度は、目的結晶の前駆結晶となる欠陥導入型フォトニック結晶を作製するとともに、発振素子の結晶内への埋込みが可能で新規粒子配列装置の設計・製作を目指した。まず、高い Q 値を発現するフォトニック結晶の作製に必要と考えられる高精度な球形粒子を作製するため、オイルバス法による PE/セラミックス複合粒子を作製した。この粒子の直径精度は高くないものの、粒子アセンブリ法によりダイヤモンド格子フォトニック結晶に構築することできた。加えて、点欠陥を含む欠陥導入型結晶も作製できた。この欠陥に発振素子を埋め込むことにより目的構造が作製できるものと期待できる。ただし現状では粒径が大きい (400μm) ため、フォトニックバンドギャップが発振素子の発振下限周波数より低くなる。従ってバンドギャップの高周波数化が必要であり、数値解析の結果からこの発振下限周波数を満たすには 200μm 以下の小径粒子のアセンブリが必要であることが分かった。そこで、200μm 径粒子のアセンブリを行ったところ、ダイヤモンド格子結晶作製に成功した。しか

し、粒子間接合に用いたレーザーの焦点径が大きいため、アセンブリ中で粒子変形が過剰となり、安定的な結晶作製が困難であることが判明した。従って、新規の粒子配列装置を小焦点径の接合レーザーの導入を加えて再設計し、現在その製作を行っている。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 フォトニック結晶、テラヘルツ材料・素子、粒子アセンブリ

【研究題目】 パラジウム代替触媒を用いた調光ミラーの開発と光学スイッチング特性評価

【研究代表者】 田嶋 一樹

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 田嶋 一樹 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は新規窓材として優れた省エネルギー効果が期待できる調光ミラーガラスの技術開発に関して実施した。

調光ミラーガラスはマグネシウム系合金薄膜を用いた調光ミラー層中に電気的に水素イオンを出し入れすることにより、反射(鏡)状態⇄透明状態を可変する。この切り替えを利用することで窓ガラスに適用すると、太陽光の透過量を任意に制御できるために、特に夏季においては室内への熱の流入を効果的に遮ることで冷暖房負荷の大幅軽減が見込める。

当該デバイスの基本構造として円滑な水素イオン授受のために厚さ 4nm のパラジウム薄膜を使用している。実用化のためにはより高い普及効果や低コスト化の観点で高価で資源として乏しいパラジウム使用量削減ならびに代替材料を開発することが望ましい。

まず、前年度において、パラジウムの膜厚と当該デバイスの調光性能の関連性調査、ならびに銀など第2元素添加による使用量削減を行った。本年度はパラジウムを使用しない触媒層の開発を念頭に置き、種々材料の適用可能性について検討を行った。

一例として、ジルコニウム・ニッケル(Zr-Ni)系合金薄膜を使用したデバイスの作製を行った結果について説明する。Zr-Ni系合金薄膜は直流マグネトロンスパッタ法にて作製し、成膜時圧力や印加電力など諸条件の検討を行った。Zr-Ni適用によって光学スイッチング速度は多少遅くなるが、諸条件最適化によりパラジウム触媒使用デバイスと同様の光学スイッチング特性を示す作製方法を見出した。これらZr-Ni合金組成と光学スイッチング特性の関連性についても調査を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 薄膜、スパッタリング、調光ミラー、触媒、希少金属代替・省使用化

【研究題目】 チタン系酸窒化物を用いた新規熱電変換材料の開発

【研究代表者】 三上 祐史

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 三上 祐史 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、チタン系酸窒化物 TiO_xN_y の高い不定比性を利用して、ゼーベック効果が高い絶縁性の TiO_2 から、金属並みに導電性の高い TiN まで電気的特性を制御することによって、Ti系セラミックス材料において熱電性能を最大化するための材料設計指針を明らかにする。

まず、チタン系酸窒化物 TiO_xN_y の単相試料の作製方法について検討を行った。その結果、ナノサイズの TiO_2 粉末と TiN 粉末を出発原料とし、遊星型ボールミルにより十分に混合した粉末を、固相反応させることで TiO_xN_y 相を生成させることに成功した。固相反応には大気中の酸素との反応による酸化を防ぐために真空雰囲気適していることが分かった。加圧下で焼結を行う通電焼結法を用いることにより、相対密度90%以上の緻密な焼結体が得られた。また、 TiO_2 と TiN の混合比を制御することにより、酸化チタンに酸素欠損を導入した場合に生成するマグネリ相 Ti_nO_{2n-1} ($n=5\sim 9$) の結晶構造を有する試料が得られることが分かった。

作製した焼結体の熱電特性を評価した。酸化チタンのマグネリ相に窒素を導入した試料では、ゼーベック係数(S)が減少するものの、導電性(σ)が大幅に向上した。その結果、 n が小さくなるに従い導電性の向上効果により、パワーファクタ($S^2\sigma$)が向上した。また、結晶構造についてTEM観察を行ったところ、マグネリ相化により結晶構造に周期的な欠陥が導入されることが分かった。結晶構造へ欠陥が導入されたことによるフォノン散乱の効果により熱伝導率が大幅に低減した。これらの効果により、 TiO_2 や TiN に比べて飛躍的に高い熱電性能が得られた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 熱電変換材料、セラミックス、酸窒化チタン

【研究題目】 黄銅表面からの鉛ナノウィスカー自然発生現象の解明

【研究代表者】 孫 正明

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 孫 正明 (サステナブルマテリアル研究部門)、橋本 等 (東北産学官連携センター) (常勤職員2名)

【研究内容】

鉛を含有する種々の黄銅合金において、加工や研磨した表面から鉛のナノウィスカーが自然発生する現象がこれまでの研究で明らかになった。また、鉛含有量の多い合金系にはウィスカーが多く観察された。鉛ウィスカーが最も多く観察された合金に集中的に実験研究を進めた結果、異なる表面研磨などの加工処理を施した場合、表

面における残留応力はそれほど差が大きくなかったが、ウイスキーの発生状況は著しく異なることが分かった。そこで最終年度では、黄銅合金における低融点金属鉛の挙動を調べ、ウイスキーの発生メカニズムを解明することを行なった。また、ウイスキーの発生状況に及ぼす温度の影響も調べた。融点が室温近傍にある金属ガリウム (Ga) を含有する $\text{Cr}_2\text{GaC-Ga}$ 系モデル材料を用い、低融点金属ウイスキーの発生と物質移動・凝固などとの相互関係を調べたところ、金属 Ga が凝固過程に、 50°C 以上の過冷却現象を突き止めた。

また、走査型熱量分析 (DSC) を用い、黄銅 C3604 およびリン青銅 C5341 を熱分析した結果、加熱中にいずれの場合にも鉛の融解吸熱ピークが確認されたが、冷却中に明白な放熱ピークが見られなかった。この現象は繰り返し加熱・冷却過程で再現され、酸化等の非可逆現象から起因する可能性は排除された。これらの結果は銅合金の中にある鉛は過冷却状態にあり、ウイスキーの発生原因になっている可能性を示唆している。また、バフ研磨やエッチングした試料表面にウイスキーが発生しないため、予定した EBSP 法での分析が不能であった。なお、長時間 60°C の空気に晒されても、ウイスキーの発生には影響がなかった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 人間生活環境、Cu-Zn 合金、鉛毒性、応力、再結晶

【研究題目】 Mg-Zn-RE 合金の衝撃安全特性および破壊メカニズムの解明

【研究代表者】 千野 靖正

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 千野 靖正 (常勤職員1名)

【研究内容】

Mg-Zn-RE 合金圧延材の集合組織が機械的特性に及ぼす影響を調査するための基礎情報を得るために、Mg-1.5Zn-0.2Ce 合金 (質量%) 圧延材の集合組織形成メカニズムを調査した。本合金は、高温 (450°C 以上) で圧延すると底面が板幅方向に 35° 傾く特異な集合組織 (以後 TD-split texture と記載) を形成する。ここでは、高温で圧延した試料の熱処理前後の結晶方位分布を EBSD (Electron Back Scatter Diffraction Patterns) 法により評価した。

熱処理前の圧延材の組織には TD-split texture と同じ方位を有する粗大結晶粒が数多く確認された。また、粗大結晶粒内部には多くの双晶が観察された。一方、熱処理後の圧延材の組織には TD-split texture を形成する帯状結晶群が観察された。一連の測定結果より、TD-split texture の起源は圧延中に形成される粗大結晶粒であり、TD-split texture を形成する粗大結晶粒は、熱処理に伴い双晶を境界として分断され、結果として帯状結晶群を形成することが明らかとなった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マグネシウム合金、集合組織、成形性、圧延、再結晶、双晶

【研究題目】 巨大同位体効果にもとづくダイヤモンド半導体中のフォノンと電子物性に関する研究

【研究代表者】 渡邊 幸志

【研究担当者】 中島 信一 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

【研究内容】

本研究は、シリコンに比べて極めて大きな同位体効果が予想される同位体ダイヤモンドの合成に着目して、同位体半導体だけに出現する革新的な材料特性の獲得を目的とする、ダイヤモンドの材料基盤研究である。

本年度はホモ接合超格子としては世界初の超格子効果を目指すべく、ガス供給のタイミング制御により、同位体ダイヤモンド超格子の形成技術を飛躍的向上させることに成功し、積層幅 0.5nm 3200層、積層幅 1nm 1600層の極限制御を実現した。種々積層幅の超格子構造を CL 法により評価したところ、キャリア拡散長が約 $1\mu\text{m}$ にも到達していることがわかった。また、ラマン散乱実験では、一次ラマンストークス線のピーク付近に新たなピークが観測された。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 同位体、超格子、CVD ダイヤモンド

【研究題目】 モールドイングインソールによる歩行安定化メカニズムの解明

【研究代表者】 河内 まき子 (デジタルヒューマン工学研究センター)

【研究担当者】 河内 まき子、持丸 正明 (常勤職員2名)

【研究内容】

個人の足裏形状に対応したモールドイングインソールがコンフォートや安定感に影響を与えるメカニズムを明らかにすることを最終目標とする。インタビューの結果抽出された4つの主観的評価視点 (足裏への靴底接触による違和感、ヒールのぐらつき、靴内での足のすべり、足裏への体重分散) のうち、安定感に関連するのはヒールのぐらつき感と足裏への体重分散感であった。ヒールの形状 (ヒール高が同じでヒールの形状が異なる靴 A と B)、靴底形状 (アーチパッドの有無)、中敷の摩擦 (強弱) が異なる5つの靴条件で計測した足底圧、運動、床反力から取得した物理量を、安定感やコンフォートが異なる靴条件間で比較した結果、ヒールのぐらつき感やヒールの外倒れと、足裏への体重分散感や足裏の体重支持面積と有意な関係があった。したがって、歩行時の圧力集中の低減よりも、体重支持面積増加による足構造への負荷低減が、体重分散感の主な原因と思われる。

ヒールが外倒れしていると安定感は低いが、アーチパッドがあると、ない場合よりも安定感が高くなる。しかし、アーチパッドの有無によりヒールの外倒れには差がないことから、アーチパッドはヒールの外倒れを低減する効果を持たない。靴底形状が異なる靴条件でのバランスボード上でのバランス維持能力には差がないことから、アーチパッドにより足裏からの情報は増えても足の運動を制御しやすくなるわけではない。したがって、アーチパッドによる安定感やコンフォートの向上は、足裏での体重支持面積がふえ、足構造への負荷低減によると考えられる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 足、適合性、靴、バイオメカニクス

【研究題目】 高速度光源を用いたアクティブビジョンセンシングによる運動物体の形状解析

【研究代表者】 山崎 俊太郎 (デジタルヒューマン工学研究センター)

【研究担当者】 山崎 俊太郎 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、高速度カメラとデータプロジェクタを組み合わせて、高速度3次元形状計測システムを実現する。復元計算に GPGPU を用いることで、計測対象の全周形状を、実時間で獲得することを目指している。2年間の研究期間で、基礎的な技術の開発と、人体の運動機能解析を行う。初年度である平成22年度は、基礎的な技術として以下の3つを提案した。

第一に、プロジェクタとカメラの幾何校正を自動化する手法を開発した。従来法と異なり、特別な物体や手作業を一切必要とせず、構造化光の投影像だけを利用して、プロジェクタとカメラの内部行列、レンズ歪み、相対姿勢を推定する。本手法を用いると、計測システムを設置する以外の一切の事前の作業を省略できるため、システムの利便性を大きく向上している。

第二に、DLP プロジェクタの高周波ノイズを動的光源として利用することによって、複数の投影パターン光を短時間に高速度で投影する手法を提案した。10kHz以上の光源を用いて、1kHz で3次元計測することに成功し、着衣の変形、表情計測、手作業の計測などを行った。さらに、従来の低速度システム向けの技術を応用し、反射光の成分分離、照度差ステレオ、モノクロカメラのカラー化などを、高速度で実現した。

第三に、ハミングカラーコードという新しいカラーコードを提案し、単一の投影パターンを利用して3次元復元する方法を示した。第二の方法と異なり、カメラの撮影速度で3次元形状を計測できるため、Web カメラや携帯カメラなど、通常の低速度のカメラでも運動物体の3次元形状を計測できる。

上記の2つの3次元計測手法では、動的計画法を用いた

大域的な数値最適化を用いている。そこで、動的計画法を GPU で効率よく実行する並列計算アルゴリズムを提案し、最新の CPU を用いた計算法と比べて630倍以上の高速化を実現した。これによって、例えばハミングカラーコードを用いた計測システムでは、実時間(フレームレート30Hz 以上)で3次元復元を行うことに成功している。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 人体形状、人間計測、デジタルヒューマン

【研究題目】 “息づかい”のウェアラブル計測によるストレス被爆量の推定

【研究代表者】 三輪 洋靖 (デジタルヒューマン工学研究センター)

【研究担当者】 三輪 洋靖、中田 亨 (常勤職員2名)

【研究内容】

健康的な日常生活を送るためには、健康な肉体と健康な心の両方を保つ必要があるが、われわれは日常生活を通して様々なストレスを受けている。心理的なストレス(以下、ストレス)は、日々の生活の活力を失わせ、効率を下げるだけでなく、事故やヒューマンエラーの原因となっており、日常生活におけるストレスの計測・管理技術の実現が期待されている。そこで、本研究ではストレスマーカーとなる生理指標を計測できる軽量かつ小型なウェアラブルセンサの開発とストレスに対する生理反応のモデル化を目指している。

平成22年度は以下の2点に重点化し研究を進めた。

- (1) 統制環境下でのストレス反応計測・分析として、11名の被験者に対して実施したストレス負荷(暗算、鏡映描写)における生理反応計測実験について、心臓血管反応と唾液中内分泌反応であるコルチゾール濃度の分析を行った。その結果、心臓血管反応では心拍数(HR)、収縮期血圧(SBP)、拡張期血圧(DBP)、平均血圧(MAP)で有意差が認められ、ストレス期のほうが安静期、回復期よりも有意に高くなることが確認された。また、心拍出量(CO)では回復期よりもストレス期で有意に高く、全末梢抵抗(TPR)では有意差は確認できなかった。一方、唾液中コルチゾール反応については、有意差は認められなかった。単純に心臓血管反応とストレス課題の関係を結びつけることはできないが、急性ストレス負荷が与えられることによって心拍数をはじめとする心臓血管系指標が上昇することが確認でき、本実験条件では心臓血管反応は急性ストレスによる影響を受け、唾液中コルチゾール反応は影響を受けにくかったと考えられる。
- (2) 体内音計測システムの開発として、開発を継続してきた体内音計測装置について、5名の被験者に対して心電図、呼吸波形、体内音の同時計測実験を行い、体内音による心拍数・呼吸数同時計測の評価を行った。

その結果、心拍数および呼吸数の同時計測を行う計測部位として頸部が適当であることを明らかにした。また、体内音より心拍数・呼吸数が十分な計測精度で得られることを確認した。さらに、日常行動記録装置を整備し、日常生活環境下での被験者の生理反応および行動を計測可能とした。今後、日常生活環境下での評価実験や多様な種類のストレスとの関係を明らかにすることで、体内音計測システムによるストレス推定を目指す。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 生理信号計測、ストレス、体内音、呼吸

〔研究題目〕 歩行動作中の足部位置知覚特性—知覚している足の位置と実際の足の位置との誤差の評価

〔研究代表者〕 小林 吉之（デジタルヒューマン工学研究センター）

〔研究担当者〕 小林 吉之（常勤職員1名）

〔研究内容〕

転倒は、すべての年代の人にとって減少させたい日常生活上の事故である。人が転倒する最も主要な要因については、実際に転倒を経験した者に対するヒアリングやアンケート調査によって、年齢にかかわらず歩行中の『つまずき』であることが報告されている。著者らはこれまで、人が歩行中につまずき要因の一つとして考えられる、「知覚している足部の位置と実際の足部の位置との誤差」に着目してきた。これまでは主に左右方向の誤差に着目してきたが、歩行中のつまずきの観点からは垂直方向の知覚誤差も評価する必要があると考えられる。そこで本年度は歩行中に『つまずき』が生じる一因を解明するために、ヒトが歩行中に足部の高さをどの程度正確に知覚できているか、その特性を実験的に明らかにすることを目的とした。

実験の結果、足部（つま先）を持ち上げながら高さを合わせる条件と、足部（つま先）を下ろしながら高さを合わせる条件では結果が異なり、足部（つま先）を下ろしながら高さを合わせる条件では実際のつま先の位置の方が知覚されたつま先の位置よりも低くなる傾向が確認された。これらの現象は、人が姿勢を知覚する際に用いているとされている固有感覚（関節位置覚）の特徴で説明することができ、歩行中遊脚期のつま先の軌跡を踏まえると本研究で確認されたような誤差がつまずきの一因となっていると考えられた。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 人体形状、人間計測、デジタルヒューマン

〔研究題目〕 ナノチューブデバイスにおける量子輸送現象の理論

〔研究代表者〕 中西 毅（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 中西 毅、宮本 良之
（常勤職員2名、他0名）

〔研究内容〕

カーボンナノチューブは特異な伝導特性を持つ天然の量子細線である。電子の運動はディラック方程式で記述され、金属的ナノチューブの電子状態は線形の分散で特徴付けられる。電気伝導はバリスティックであり、フェブリ・ペロー振動、アハラノフ・ボーム効果など様々な量子干渉効果が理論的に予言され、また実験的に測定されている。ところが、一次元伝導体であるため、電極接合が電気伝導測定に与える影響は極めて重大である。また伝導チャンネルが少ないため、格子欠陥は電気伝導に大きな効果を及ぼす。一方 STM による欠陥周りの状態の詳細な測定により、特異な干渉効果が報告されている。

この研究では、ナノチューブと電極界面、格子欠陥さらには疑似エッジ状態の問題を中心に、ナノチューブの示す量子干渉効果など興味深く特異な伝導現象を理論的に解明し予言することを目標とする。次のテーマを中心的な研究目標として進めている。

- (1) ナノチューブにおける格子欠陥、欠陥列と電気伝導
- (2) 量子干渉現象における電極接合効果
- (3) 多層ナノチューブにおけるゲート電場効果

ところで、この研究は特定領域研究「カーボンナノチューブナノエレクトロニクス」（代表：水谷 孝、名古屋大学）の公募研究である。カーボン・ナノチューブ電極接合およびそれに密接に関連したグラフェンの電気伝導について本領域の研究者と連携しながらダイナミカルに研究が進捗している。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 カーボンナノチューブ、電気伝導、量子効果

〔研究題目〕 超分子単分子膜作製と刺激応答素子への応用

〔研究代表者〕 石田 敬雄（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 石田 敬雄、寺田 恵一
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

22年度は、錯体分子膜の電子移動能とそれを利用した液晶駆動、錯体分子膜への異種分子内包による機能創発について研究を行った。ITO 基板上に形成した Ru 錯体分子膜の電子移動能を電気化学および固体セルで測定し、 0.01 \AA^{-1} 程度の極めて低い値を持つことを見出した。このことは Ru 錯体分子膜が非常に高い電子移動能を持つことを示しており、シミュレーションと低温での導電性測定の結果、Ru 金属の存在が電子の飛び石となる「飛び石機構」による電子移動機構を提案した。またこの分子膜から生じる大きな電気化学電流を利用して、刺激応答素子への展開として液晶を1-2Vの低い電圧で動かすことに成功した。また Ru 錯体分子を絶縁分子膜中に自

己組織的にパターン化することで、錯体分子から流れる電気化学電流で対流を起こし、アバランシェ的なパターン形成に成功し、分子サイズを大きく超える創発機能を発現させることができた。これは高感度な刺激応答素子への第1歩となりえる。また Ru 錯体分子膜中にあるナノ空間に C60誘導体を取り込むことで、光照射時の量子収率やアクションスペクトルの形状を増強することに成功した。特に犠牲剤を入れた場合に光電流増感効果がより大きくなった。電流値は C60内包で400nm の光照射時で13倍の大きさとなった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 表面コーティング、分子素子、超分子、自己組織化

【研究題目】 自己組織化マイクロリンクルにおける欠陥構造の時空間制御

【研究代表者】 大園 拓哉 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 大園 拓哉 (常勤職員1名、他0名)

【研究内容】

シリコンゴム表面に密着する比較的硬い薄膜表面は側方応力下において固有な空間波長 (200nm-20um) を有するマイクロリンクル (シワ) が自発的に発生する。この微小スケールでのメカニカルな不安定性により形成した自発的凹凸構造は、パターンの鋳型、マイクロ流路、細胞の制御培養、光学材料などの幅広い応用が考えられる。本研究の目的は、マイクロリンクルのストライプ凹凸構造における不規則構造であるトポロジカル欠陥の時空間配置を外部応力で制御することである。まず等方的な平面圧縮場における複雑な迷路状の欠陥構造をそのストライプパターンの統計的性質を調べることを行った。

まず円筒状のシリコンゴム基板を用意し、その円形の平滑表面に対して金属薄膜を蒸着により形成する。この表面に等方圧縮を加えるために、光彩紋機構に基づいた等方圧縮装置を作製する。その後圧縮を加えることで迷路状の周期1 μ 程度のマイクロリンクル表面を得る。このパターンを光学顕微鏡にて観察し、電子画像を計算機に取り込み、解析を行う。解析はストライプ方向の空間相関について行った。その結果、ストライプ方向はそのストライプの向きに対して45度方向に対して優位は空間相関があることが見出された。この結果はすなわち、欠陥構造についても関連して同様な方向相関性があることの証拠であるが、その欠陥についての解析 (密度、欠陥の種類、欠陥の異方性極性、空間相関性など) は引き続き調査中であり、特徴を上手く抽出する評価法を検討中である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マイクロリンクル、トポロジカル欠陥、動的表面、自己組織化

【研究題目】 液晶系の3次元秩序構造に関する連続体シミュレーションによる研究

【研究代表者】 福田 順一 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 福田 順一 (常勤職員1名)

【研究内容】

(1) 強く閉じ込められたキラル液晶の欠陥構造

コレステリックブルー相と呼ばれる複雑な3次元配向秩序構造を示すキラル液晶を、セル厚がその単位格子の大きさ程度の薄いセルに閉じ込めた際に生じる秩序構造を、昨年度に引き続き連続体理論に基づく数値計算により調べた。温度、セル厚、および表面のアンカリング条件を変えることにより、様々な秩序構造を取ることを明らかにした。その例としては、他の凝縮系分野で注目を集めているスカーミオンという励起構造が形成する格子構造や、環状の線欠陥などが挙げられる。本研究により、液晶はこれまで知られているよりはるかに豊かな秩序構造を取ることを示したと言える。

(2) 高分子を導入することによるコレステリックブルー相の安定化

コレステリックブルー相中で高分子を重合させることにより高分子ネットワークを導入すると、その安定な温度範囲が著しく広がることが知られている。このことにより、コレステリックブルー相の応用研究が一気に広がることになった。しかしながら、「そもそもなぜ高分子ネットワークの導入によりコレステリックブルー相が安定化するのか」についての理論的な理解は十分とはいえない。本研究では、「液晶中の位相欠陥が高分子で置き換わることによる自由エネルギー利得が安定化の原因である」という仮説の妥当性を定量的に調べ、事実そのような考え方で、10%以下の高分子成分の導入で、コレステリックブルー相の安定な温度範囲が60K 以上に広がるという実験事実を説明できることを明らかにした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 液晶、シミュレーション、コレステリックブルー相、位相欠陥、液晶セル、スカーミオン

【研究題目】 創発化学の自己組織化的デザイン

【研究代表者】 山口 智彦 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 山口 智彦、西村 聡、真原 仁、鈴木 航祐 (常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

本研究では、分子ナノシステムの創発化学における自己組織化の役割を明らかにすることを目的とする。エントロピー生成を基軸に据え、自己組織化を熱力学的立場から一元的に捉える学理の充実を図るとともに、時空間的ゆらぎの下でのコロイド系の秩序化条件を実験的に探る。

本年度は、系自身の働きかけにより外部環境が揺らぐとともに系自身にもその影響がフィードバックされるような、入れ子になった次元反応拡散系についてさらに検討を進めた。3定常点をもつ反応拡散系では、系が安定定常点から不安定定常点に遷移しても不安定定常点が見かけ上安定に見えるという現象がしばしば観測される。解析の結果、この見掛けの安定性は、コヒーレンス・レゾナンスによる過渡的な創発現象である可能性が示唆された。ゆらぎがさらに発達すると系はカオス的なパターンを示すようになる。これは決定論的なゆらぎがカオスを誘起する興味深い創発現象である。

実験的検討に関しては、昨年度発見されたフラーレン微結晶によるラセン構造の創発を対象とした。当初発見されたラセン構造のサイズは数十ミクロンであったが、初期条件の工夫により、数 mm におよぶラセン配列の形成過程を直接観察することに成功した。これらのラセン構造はフラーレンの微結晶からなる対数ラセンで、動径方向に等比級数的な脱ぬれが生じていることを示している。この現象がメニスカス領域で起こることを踏まえ、数理モデルの構築を試みた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 自己組織化、分子デバイス、計算科学

【研究題目】 分子シミュレーションによる機能性有機材料溶液の非平衡自己組織化挙動の研究

【研究代表者】 米谷 慎 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 米谷 慎、山本 貴広 (常勤職員2名)

【研究内容】

本研究の目的である、自己組織化性を高度に取り入れた新規な溶液プロセスの探索を、分子論的シミュレーション手法を用いて行った。研究実施計画に沿って、まず、前年度実施した、それ自身液晶性を示す最も単純な誘導体である末端鎖長4の4-プロポキシ-安息香酸および溶質であるペンタセンについての分子モデリングとシミュレーションを基に、両者の混合溶液の解析を行った。具体的には、安息香酸誘導体液晶溶媒中のペンタセンの分子配向揺らぎについて分子シミュレーションを用いて検討した。その結果、上記液晶溶媒中のペンタセン分子の長軸配向が、溶媒である安息香酸液晶自身と同程度の配向揺らぎにより溶液全体のダイレクタ方向に配向した溶液構造を得た。次に、上記の混合溶液のせん断シア下の挙動の解析を行い、シアと液晶溶液中の分子配向の関係を調べた。その結果、溶液全体のダイレクターのせん断シア方向への配向に伴って、溶質ペンタセンの配向もせん断シア方向に配向する傾向がみられた。また、基板上薄膜状態におけるペンタセン結晶薄膜自身の結晶多形についても検討し、ペンタセン薄膜が溶液プロセス形成された場合の多形が、真空蒸着形成された場合と異なるメカニズムを分子シミュレーションによる解析

から提案した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 分子配向、液晶、シミュレーション、有機半導体、溶液プロセス

【研究題目】 マイクロチャネルを用いた高温高圧水溶液の全自動 pH 測定システムの開発

【研究代表者】 陶 究 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 陶 究 (常勤職員1名、他0名)

【研究内容】

高温高圧水とマイクロ空間の利用は、環境調和型の金属酸化物のナノ粒子の製造を可能とする。産業化において、所望の粒径や構造等を有するナノ粒子を設計するためには、溶解度を支配する pH が重要である。しかし、高温高圧という苛酷環境における pH 測定装置の開発は、温度圧力の厳密制御、耐食、耐温、耐圧、絶縁等の面で課題を多く残している。本研究では、マイクロチャネルを有する新規な構造の pH 測定用電気化学セルを開発するとともに、pH を全自動で測定するための汎用的かつ先駆的な測定システムの開発を最大の目的としている。

本年度は、マイクロチャネルを用いた改良型 pH 測定セルについて、昨年度までにまとめた指針に基づき新規な構造のセルを開発した。高温高圧水溶液との接液部がチタン製であるため高耐食性のチタニア皮膜の形成により従来のアルミナ製セルでは腐食により測定が困難だったアルカリ水溶液環境での測定が可能となった。さらに、セル自体の大きさが70mm×60mm×15mm、セル内の流路径が0.5mm であり、内容積が極めて小さい。そのため、セル内の温度分布を最小限にでき、溶液種、温度、圧力を短時間で変化させることが可能となった。なお、セルの小型化のために電極のシールおよび絶縁方法についても新たな構造を開発し導入した。また、温度、圧力、電位差、流量を測定しつつ個々のデータの安定性を個別に判断する機能を有し、温度、圧力、流量、溶液種を変化させて様々な条件での測定を連続的に実施可能な全自動 pH 測定のための制御システムを開発した。実際に、開発した制御システムを用いて塩酸水溶液や酢酸水溶液の測定を常温～400℃、常圧～45MPa の条件で実施し、その有用性を確認した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 pH、高温高圧水、マイクロ空間、有機酸、解離

【研究題目】 ゲルを用いた金属・半導体型カーボンナノチューブの分離原理の完全解明

【研究代表者】 田中 丈士 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 田中 丈士、浅野 敏
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

平成22年度は、前年度までに確立した再現性の高いゼ

ータ電位の測定法を用いて、分離した金属型カーボンナノチューブ (CNT) と半導体型 CNT のゼータ電位測定を行った。まず、高純度の金属型と半導体型の分離 CNT を複数段のカラム分離によって調製した。その後、CNT 自体のゼータ電位の情報を得るために、分離に用いたイオン性の界面活性剤を非イオン性の界面活性剤に置換した後にゼータ電位測定を行った。複数種類の非イオン性界面活性剤を試した結果、未分離 CNT、分離半導体型 CNT、分離金属型 CNT のゼータ電位に相関関係があることが判明した。この結果から、ゲルを用いた金属型・半導体型 CNT の分離において、金属型と半導体型の CNT のゼータ電位の差異が CNT と界面活性剤の相互作用に影響を与え、金属型と半導体型の CNT でゲルに対する吸着力が異なることとなり、結果的に金属型と半導体型の CNT が分離される可能性が示唆された。また、ゲルを用いた金属型と半導体型 CNT の分離機構について、ドイツのカッペス教授らのグループが主張するバンドルサイズの違い (金属型 CNT は孤立分散する一方で、半導体型 CNT はバンドルを形成し、それらがゲルの分子ふるい効果で分離されるというもの) でなく、ゲルに対する金属型 CNT と半導体型 CNT の選択的な相互作用 (半導体型 CNT が優先的に吸着し、金属型 CNT は吸着されない) によることを改めて確認し、論文を発表した。今後は、本研究で得られた結果を論文にまとめ、発表する予定である。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、金属、半導体、分離、ゲル

【研究題目】 新しい分子デバイスを目指したナノコンポジット熱起電力測定素子の開発

【研究代表者】 桐原 和大 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 桐原 和大 (常勤職員1名、他0名)

【研究内容】

本研究は、測定対象の分子に強電界などのストレスをかけずにその伝導性や電子構造を知る新しい分子デバイスとして、有機分子の熱起電力を測定する素子を構築することを目的とする。22年度は、サブミクロンのギャップ間隔の微細電極間に、有機分子を架橋するためのナノコンポジットの作製条件を探索した。金ナノ粒子と絶縁体マトリクスコンポジット薄膜を、スパッタリング法や、大気圧プラズマ堆積法などを用いて作製した。スパッタリング法では、十数 nm の粒径の金ナノ粒子が分散した薄膜を微細電極間に堆積出来た。歩留まりは悪いものの、ナノ粒子間隔は最小2nm 程度に出来た。しかし、当方で調製した有機分子を固定化しても、電流電圧特性に変化が見られなかった。ナノ粒子間隔をさらに小さくする必要のあることを示している。大気圧プラズマ堆積法は、比較的サイズの揃ったシングルナノ粒径のナノ粒子を孤立分散出来る手法であり、開発者の協力を得て、

ナノ粒子間隔をさらに縮める実験に取り組み、有機分子の測定の実現が近づいている。

前年度に確立した、微細電極加工技術及び、交流法によるナノ構造体の微小領域の熱起電力測定法が、様々な半導体ナノワイヤの熱電特性評価に適用できることが分かり、レーザーアブレーションで合成したボロンナノベルト構造体の1本の熱起電力と電気伝導率を測定することに成功した。その結果、ボロンナノベルトは従来の純ボロン結晶やアモルファスよりも高い熱電性能を持つことを見出した。これは、本研究課題によって完成した微細領域熱電計測システムにより、予想外の発展的な成果が得られたことを示し、今後様々なナノ構造体の計測に適用していく予定である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 分子デバイス、熱電変換、ナノ粒子、ナノコンポジット

【研究題目】 伸縮性と弾性を持つ高導電エラストマーナノコンポジット材料の開発

【研究代表者】 Li Yongjin (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 Li Yongjin (常勤職員1名、他0名)

【研究内容】

目標：

伸縮性のある電子回路に応用可能な高導電性を有する柔軟かつ伸縮自在な材料の開発を目標とする。

研究計画：以下の材料創製を行う。

- 1) 高導電エラストマーナノコンポジット材料の創製
- 2) イオン液体/CNT/導電性ポリマーの創製

年度進捗状況：

- 1) 高導電エラストマーナノコンポジット材料の創製

高せん断成形加工法によりエラストマー中に多層 CNT (MWNT) をナノ分散させたものをトルエン溶液とし、これを同じエラストマー表面にコーティングすることで、伸長性 (600%以上に伸びる) に富み、かつ柔らかい (200%ひずみからの回復ひずみが60%以下) 導電性ナノコンポジットを創製することに成功した。即ち、この手法で作製されたナノコンポジットにおいては MWNT がエラストマー中に比較的高充填化 (20重量%) されても、エラストマーとしての性能が低下するどころかエラストマーの性能をほぼ100%発揮しつつ、伸長させても高い導電性 (1S/cm 以上) が保持されることが分かった。

- 2) イオン液体/CNT/導電性ポリマーの創製

MWNT とイオン液体 (IL) の高い親和性を利用し、両者を機械的に混練することで二元系組成物 (IL-MWNT) を得た。さらに、この二元系組成物の導電性を向上させるために導電性ポリマー (PEDOT:PSS) を添加し、三元系導電性材料 (IL-MWNT/PEDOT:PSS) を得た。この三元系材料を対極に用いて色素増感型太陽電池を作製し、その特性を測定した

ところ、白金電極とほぼ同等の特性が得られた。今回開発した三元系材料は簡便なプロセスで作製できるので、白金に代替することができれば、省資源であるだけでなく、色素増感型太陽電池の低コスト化、大面積化にも貢献できると期待される。

【分野名】 ナノテク・材料・製造分野

【キーワード】 高せん断成形加工、表面コーティング、導電性、伸縮性、エラストマー、ナノコンポジット、カーボンナノチューブ、イオン液体、色素増感型太陽電池用対極材料

【研究題目】 再生医療のための遺伝子導入の空間的・時間的コントロール

【研究代表者】 大矢根 綾子 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 大矢根 綾子、荒木 裕子、鶴嶋 英夫 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

目標:

目的の場所の細胞内に意図したタイミングで遺伝子を導入する技術は、再生医療を行う上で重要である。本研究の最終目標は、細胞接着因子および DNA を担持させたアパタイト層 (CD-Ap 層) を利用して、遺伝子導入の空間的・時間的コントロールを行うための技術を確立することである。

研究計画:

当該年度においては、遺伝子導入の空間的コントロール技術として、目的の遺伝子を CD-Ap 層表面に接着した細胞に選択的に (場所特異的に) 導入することを検討する。

年度進捗状況:

Firefly Luciferase あるいは Renilla Luciferase の相補的遺伝子を含むプラスミドを担持させた2種類の CD-Ap 層を1つのウェル内で隣接させ、それぞれの層表面における2種類の遺伝子の導入効率 (培養細胞の Firefly Luciferase 活性および Renilla Luciferase 活性) を調べた。その結果、CD-Ap 層表面から溶出した DNA は同層表面に接着した細胞にのみ選択的に導入され、同じウェル内であっても同層外部の周辺細胞にはほとんど導入されないことを明らかにした。すなわち、CD-Ap 層表面における遺伝子導入システムにより、目的の遺伝子を目的の場所の細胞に選択的に導入できることを示した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造、ライフサイエンス

【キーワード】 アパタイト、接着因子、遺伝子導入、再生医療

【研究題目】 高温超伝導体・強磁性体ハイブリッド素子の量子輸送と量子ビットへの応用

【研究代表者】 川畑 史郎 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 川畑 史郎 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本提案においては、高温超伝導体と強磁性絶縁体からなる新奇な超伝導ハイブリッド素子の提唱を行い、コヒーレントな量子ビット実現のために不可欠なパイ接合が出現することを理論的に示す。そのために、エネルギーバンド構造を考慮したジョセフソン電流計算法を用いてパイ接合出現の条件を明らかにし、素子設計及び特性評価を行う。そして、新たな量子ビットの提案を行い高温領域で極めて長いコヒーレンス時間が期待できることを理論的に示す。本年度は高温超伝導体/強磁性絶縁体/高温超伝導体接合におけるジョセフソン電流を計算するためのプログラムを開発し、現実的構造 (エネルギーバンド、素子構造) を考慮した大規模数値計算を行った。その結果、パイ接合が出現するためにはエネルギーバンド構造の波数依存性が重要であることを明らかにした。そして、具体的な磁性酸化物材料においてパイ接合が出現することを示した。さらに、超伝導リングを用いて π 接合を実験的に検出する方法の提案も行った。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 強磁性絶縁体、スピントロニクス、ジョセフソン素子、高温超伝導体、酸化物エレクトロニクス、量子コンピュータ

【研究題目】 高次の電子-光子相互作用を考慮した光電子放出理論

【研究代表者】 荒井 礼子 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 荒井 礼子 (常勤職員1名)

【研究内容】

原子間共鳴光電子放出 (MARPE) は注目する元素 A の最近接原子 B を直接決定できる手法として注目されている。原子番号が近い元素が近接して存在する場合には特に有効である。しかしながらすべての系について共鳴現象が観測されるわけではなく、観測されるための条件は原子 B の局所的な対称性が重要であることが分かっている。また MARPE の理論計算を行うにあたって、輻射遮蔽が重要な役割を果たすことも分かっている。輻射遮蔽は高次の電子-光子相互作用で、内殻励起領域においては多くの場合、補正的に寄与すると考えられるが、MARPE は輻射遮蔽が直接的に引き起こす現象である。そのため MARPE を通して輻射遮蔽の基礎研究を推進することが効果的である。MARPE スペクトルの強度は(1)局所構造と(2)X線吸収に関わる因子に分けられ、本研究課題では(2)の部分について検討する。

この因子は X 線異常散乱因子と関係づけられる。これまでに、データベースとして提供されている異常散乱因子を取り入れた MARPE プログラムを作成した。MARPE の測定がなされている MnO について数値計算を行い、MARPE を生じない下層からの光電子放出の寄与を含めることで実測結果に近い計算結果を得た。ま

た、シミュレーション結果を改善するための方法を検討した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 光電子分光

【研究題目】 高集積ナノワイヤーの創製とその特異的・異方的電子状態の顕微偏光分光法による観測

【研究代表者】 小平 哲也 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 小平 哲也、池田 拓史、江島 丈雄、眞子 祥子、関川 智宏
(常勤職員2名、他3名)

【研究内容】

本研究の目的は高集積半導体ナノワイヤーを合成し、その異方的かつ特異な電子状態・構造を明らかにすることである。ナノワイヤーを高集積化する「容器」として多孔質結晶であるゼオライトを用い、異方性を有するナノワイヤーの特徴を考慮し、電子物性の解明に関しては内径1nm 弱の一次元細孔を有する AFI 型ゼオライト単結晶1個を用いる。光の電場と単結晶の方位との関係が重要な物性パラメータとなる。

研究期間の最終年度である平成22年度で、ついに長さ・太さがそれぞれ200、100 μm 超の平滑表面を有する単結晶合成に成功した。更に顕微分光装置の性能評価により、試料面にてわずか17 μm のビーム径にて透過率0.1%以下の信号検出感度を220–2000nm の広波長域に対して実現した。また消光比1:100以上の偏光度を同波長域に対して達成した。

本装置を用い、半導体セレン (Se) 及びアントラセン分子内包 AFI に対して偏光透過スペクトルを測定した。一次元細孔内で鎖状構造の Se は鎖と平行方向では結晶鎖状 Se と同様の光学特性であるが、鎖と垂直方向では非常に強い光励起状態に対する閉じ込めが見られた。アントラセンでは、分子のイオン化により可視～赤外域に分子配向方向に強く依存した光遷移が観測された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 半導体ナノワイヤー、ゼオライト単結晶、顕微分光技術

【研究題目】 微小活性種場と液相の界面を利用した難生成ナノ粒子の創製

【研究代表者】 越崎 直人 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 越崎 直人、中川 貴、川口 建二
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究では、従来液相法では生成不可能であった難生成ナノ粒子の作製技術を微小活性種場の利用により実現し、バイオ・医療分野での高度な利用を可能とするナノ粒子を提供することを目指してきた。これを実現するために、レーザーを使って室温・大気圧条件の液相中に微

小な高温・還元環境の場合(「微小活性種場」)を発生させて、その中あるいは液相との界面でナノ粒子合成反応を誘起させる方法を検討した。従来の液相レーザーアブレーション法(主として物理的なプロセスが関与)と比較して、特に本研究では弱いレーザー光照射によって誘起されるさまざまな反応プロセスを利用したナノ粒子合成プロセスの開発を目指して、集中的に取り組んできた。

その結果、レーザー光を集光照射せずに、非集光でナノ粒子分散液に照射することで、純鉄や純銅のサブミクロン球状粒子の創成が可能であることを明らかにした。この手法はさまざまな酸化物に対しても適用可能であり、これまでに酸化銅、酸化鉄、酸化タングステン、酸化亜鉛などのサブミクロン球状粒子の合成にも成功してきた。本手法では非集光のレーザー光照射を利用することからより多くの量のサブミクロン球状粒子の合成が可能であることもわかってきている。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 難生成ナノ粒子、液相レーザー照射、球状粒子

【研究題目】 形状基板によるエバネッセント光の空気伝播光変換技術の研究

【研究代表者】 王 学論 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 王 学論、小倉 睦郎
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

半導体材料内部の自然放出光は、半導体と空気との界面において光の全反射現象が存在するため、半導体内部に閉じ込められやすく、高い効率で空気中に取り出すことが非常に難しい。例えば、通常の平坦な基板上に形成した半導体発光材料では、全発光量の数%しか空気中に取り出すことができない。これは、発光ダイオードなど各種の半導体光デバイスの発光効率の向上を妨げる大きな要因の一つである。我々は、予め V 字型の溝形状加工を施した基板上に形成した微細な半導体リッジ構造において、リッジ構造の二つの傾斜面で全反射に伴い発生したエバネッセント光が波長より寸法の小さいリッジ頂上面で互いに干渉し、非常に高い効率で空気伝播光に変換される現象を発見した。本研究の目的は、光学的評価法を用いてこの現象の基本的性質を明らかにすることによって取り出し効率の更なる向上を目指すとともに、応用上重要な基板形状や材料系において同現象を発現させることを目的とする。平成22年度では、光の取出し効率をより正確に見積もるために、GaAs/AlGaAs リッジ構造のフォトルミネセンス発光強度の3次元空間分布測定を行った。その結果、低温では、発光はリッジストライプに垂直な面内においてリッジ平坦面の中心付近に強く局在されており、リッジストライプに水平な面内においては非常にブロードな分布を示していることが分かった。すなわち、3次元的に見て、発光はリッジストライプに

沿った細い帯の形を示していることになる。現在、発光強度の3次元空間分布測定結果に基づいた光取り出し効率の見積もりを進めている。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 発光ダイオード、取り出し効率、リッジ構造、エバネッセント光、干渉

【研究題目】 間葉系幹細胞への高効率量子ドット導入法と間葉系細胞・組織の分化過程に関する研究

【研究代表者】 植村 壽公（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 植村 壽公、ワダワレヌー、西 正統（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

培養骨移植モデルにおける移植細胞の挙動に関する研究
骨の再生医療の基礎となる間葉系幹細胞（MSCs）を用いた培養骨移植法の移植細胞に MSCs に Q-dot を導入し、移植後の細胞の挙動と骨形成を観察した。ラット骨髄 MSCs を採取し、モータリン抗体を用いた Q-dot 導入を行った。95%以上の効率で量子ドットが導入できた。トリプシン処理の後、多孔性セラミックス材料（ β -TCP）に播種し、Dexamethasone などを supplement として加えた骨芽細胞分化誘導培地で2週間培養し、rat 大腿骨の欠損モデルに移植した。移植後3週後、16週後に組織を採取し、切片を作製後、H&E 染色、オステオカルシン量などにより骨形成を確認した。3週、16週とも骨形成に量子ドットの導入、非導入による差は認められなかった。また、量子ドット導入細胞の数をカウントしたところ、その数が80%を超え、その周囲に新生骨が観察されることから移植細胞がほぼ骨再生に関与していることが分かった。

培養骨移植モデルを用いた量子ドットによる標識法のリスク評価

上記手法により培養骨を移植し8週間経過したラットの肝臓、腎臓、肺、精巣を採取、元素分析により量子ドットの成分であるカドミウム量を元素分析により測定したところ、天然に存在する量しか検出されなかった。つまり量子ドットはこれらの臓器に蓄積されなかった。また、組織化学的異常は観察されなかった。以上より、モータリンを用いた量子ドット導入による培養骨移植モデルでは、極めて効率的に移植細胞がモニターでき、かつ、ナノリスクは非常に低いことが分かった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 間葉系幹細胞、量子ドット、分化

【研究題目】 単分子膜形成技術の応用によるペロブスカイト蛍光体発光機構の解明

【研究代表者】 池上 敬一（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 池上 敬一（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究課題では、ペロブスカイト蛍光体の発光機構を探るため、ペロブスカイト蛍光体とその近傍に配置した色素との間のエネルギー移動による増感効果もしくは消光効果の有無を明らかにしようとしている。

この目的のため、ペロブスカイト蛍光体との間でエネルギー移動を起こさせる候補物質として、共役鎖長の異なる二種類のシアニン色素（カチオン性）について、長鎖アルキル基が導入されたものを用意して薄膜化の検討を行った。これら色素は純水上に展開するよりも、無機ナノシートの希薄懸濁液上に展開した場合の方が安定な単分子膜を形成することが分かった。すなわち、LB 法を用いれば、シアニン色素-無機ナノシートの単分子膜をペロブスカイト蛍光体上に堆積できる可能性が高いと判断できる。

また、既存設備である楕円鏡付 Xe ランプ300W を光源として有効活用する形で蛍光測定装置を組上げることが検討された。このランプは強力であるので回折格子で分光した後でも十分な蛍光励起能力を持つが、一方で熱や紫外線による分光器の劣化が懸念されたので、その問題に対応した特殊な分光器を導入した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 超薄膜、発光材料

【研究題目】 第一原理的固体光物性の提唱：分子性結晶の特徴づけとその光誘起相転移

【研究代表者】 下位 幸弘（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 下位 幸弘、岩野 薫（高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所）
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

分子性固体は、分子間に緊密に働く相互作用、つまり周りの分子が作る「環境場」のために、孤立した分子や溶液状態とは異なる、多彩で興味ある物性や現象を示す。1個の光子で数百個の分子の状態を変えることができる光誘起相転移はその好例である。本課題では、周りの分子が作る環境場を取り入れた第一原理計算により、光誘起相転移現象を中心に固体光物性を解明することが最終的な目標である。このために、我々が用いるアプローチでは、結晶構造から切り出したクラスターに対し第一原理的に電子状態を計算する。その際、クラスター内部の各原子の価数と自己無撞着になるように点電荷をクラスター周囲に配置することで、結晶状態により近い状況で計算する。このアプローチを、電子励起に伴う局所的な構造緩和を扱えるように発展させる。

平成22年度には、光誘起相転移物質である(EDO-TTF)₂PF₆の室温金属相に対して、上記の手法を用いた計算結果をとりまとめ、論文発表した。この研究において、この物質の金属相に対して「ダイマーモット状態」という新規描像を提出した。

また、励起状態におけるダイナミクスの研究を目指し

て、昨年度に着手した原子位置を緩和させる方法を深化させた。環境場として上記点電荷のクーロンポテンシャルに加え、レナードジョーンズ型の分子力場を導入し、(EDO-TTF)₂PF₆ 低温相の基底状態に対し、最適化構造と振動モードを計算した。この結果、実測の結晶構造に近い最適化構造が得られるとともに電子-分子振動結合について実験をほぼ再現することに成功した。さらに、最低励起状態において、構造緩和の様子についても予備的な計算を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 第一原理計算、分子性結晶、光誘起相転移、電子励起

【研究題目】 糖アルコール骨格をもつ液晶化合物の合成

【研究代表者】 秋山 陽久 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 秋山 陽久 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究課題においては、安価に入手可能な糖類を基盤とする、新しい液晶材料の可能性を吟味し、実用的な化合物群として提供するとともに、高分子量液晶材料の新たな合成指針を確立することを主たる目的としている。糖アルコールの複数の水酸基をすべてメソゲン性アルキルアゾベンゼン誘導体で置換して合成した新規化合物は、従来型の側鎖型高分子液晶と類似構造をもちながら単一分子で分子量分布が存在しないため、液晶性と糖アルコール誘導体のメソゲン性置換基数の相関を明らかにすることが可能である。実際に、側鎖の置換基数が2から8と増すことで液晶としての性質がより安定的に現れた。室温において粉末状態のこれらの化合物が紫外線の照射により液化することと、さらなる可視光線照射により再び固化することを見出しているが、本年度の詳細な転移挙動の検討から、一連の化合物群の中で結晶状態を示す化合物では光による転移が見られなかったことから、高次の液晶相、もしくは中間相が、この光相転移挙動に関係していることが示唆された。同じ糖アルコール骨格構造もつ電場応答性の材料に関しても研究を進めており、現在までに2種類の化合物について合成を行い液晶性の発現を確認しているが、高次の液晶相のみが出現することがわかった。これらの材料を2枚の透明電極間に挟み込んで電場応答性について検討したが、電場にたいする配向の応答はわずかであった。今後は、さらなる合成を行い一連の系統だったサンプルに対して調査を行う予定である

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 高分子合成、高分子構造・物性、合成化学、液晶

【研究題目】 光応答性自己組織体のフォトメカニカル効果・機構解明と展開

【研究代表者】 松澤 洋子 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 松澤 洋子、畑中 彩子、加藤 あづさ
(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

代表的な光反応性分子であるアゾベンゼンは、光幾何異性化反応によって分子構造や極性が大きく変化するので、機能材料創出に多く利用されている。本研究では、アゾベンゼンが光幾何異性化することによって励起されるマクロな構造変化、いわゆる「フォトメカニカル効果」に焦点を絞り、これまでに開発した微細な構造を有する自己組織体を用いて、光に高感度に応答して駆動する分子系を創出するための基盤技術確立を最終目標としている。本年度は、効果的にフォトメカニカル効果を発現する超構造の創製に向けて、分子設計の観点から検討を行った。微細構造の形成に関与するオリゴペプチド基を構成するアミノ酸を種々変えたもの(イソロイシン、フェニルアラニン、メチオニン、バリン等)を設計合成し、各種溶媒(ジメチルスルホキシド、ジメチルホルムアミド、ジオキサン、テトラヒドロフラン、メタノール、エタノール、水等)を用いて、組織化のし易さ等について詳細に調べた。結果、イソロイシン、フェニルアラニン、メチオニンを含むオリゴペプチド基が置換された化合物は、バリンで構成された化合物と比較して組織化できる溶媒の種類が非常に少ないことがわかった。さらにこれらの化合物で形成された組織体は、オリゴペプチド基の疎水基間に働く分子間相互作用が強く、フォトクロミック部位の光応答性をかなり妨げてしまうことがわかった。これらのことから、バリンを含むオリゴペプチド基が形成する自己組織化ネットワークが光応答性機能材料として最もふさわしいことがわかった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 自己組織化・光異性化・ペプチド・ゲル・相転移

【研究題目】 有機電解質におけるゲル化機構の解明と高機能材料化

【研究代表者】 吉田 勝 (研究ユニット名)

【研究担当者】 吉田 勝、長沢 順一 (常勤職員2名)

【研究内容】

当該研究の目的は、機能材料として新規な物質系である『ゲル形成能をもつ有機電解質(電解質ゲル化剤)』の自己組織化過程を詳細に解析することにより、その知見に基づいて新たな有用材料系を創出することを主たる目的としている。具体的には、電解質ゲル化剤の誘導体として、コアとなる主鎖ユニットおよび置換基を系統的に変えた種々の低分子モデル電解質化合物を作成し、その物性を明らかにすることで、さらに新たな構造の電解質ゲル化剤の設計・合成を行い、産業化に適した高機能化に寄与するものである。実際に、各種のモデル化合物を合成し、幾つかの誘導体については X 線結晶構造解

析に成功した。その結果、理論計算で予測されたアミドアニオン相互作用が結晶中で存在することを確認し、理論値と構造パラメーターを比較することができた。これにより、ゲル化のメカニズムおよび応力歪に対する自己修復の機構について重要な知見が得られた。また、従来の芳香環以外の脂肪族骨格の導入による新規構造の電解質ゲル化剤の合成により、各種のイオン液体に特異的に作用する電解質ゲル化剤の開発に成功した。これにより、従来の系に比べてより低濃度でかつ透明性の高いイオン液体ゲルの作製が可能となり、応用の可能性が広がった。また、光応答性を示す誘導体の調製も試み、その予備的な物性評価を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ゲル・電解質・自己修復・イオン液体

【研究題目】 電子顕微鏡による高分子接着機構の解析と接着制御

【研究代表者】 堀内 伸 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 堀内 伸 (常勤職員1名、他0名)

【研究内容】

高分子-高分子の接着において、界面での分子鎖からみ合いが重要な役割を果たすことが知られている。接着剥離表面を低加速 SEM により高分解能観察すると、分子鎖の一部の絡み合いにより形成された接着強度の低い界面のはく離により形成された表面に、太さが10~20nm の微細なフィブリルが形成することを見出した。異なるタイプのブロック共重合体を介在させた界面の接着剥離面を解析し、界面に形成される分子鎖絡み合いのトポロジカル構造の識別の可能性を検討した。PS-PMMA ブロック共重合体を界面に介在させた PS/PMMA 界面について、非対称ダブルビームカンチレバー法により、接着強度を測定し、はく離表面を低加速 SEM により観察したところ、ジブロック共重合体が界面に介在した系では、剥離面に形成するフィブリルはほぼ対称であるのに対し、トリブロック共重合体 (PMMA-*b*-PS-*b*-PMMA) では、PS 側から長いフィブリルが形成される。中間ブロックである PS は、界面で PS ホモポリマーと強固な絡み合いを形成し、一方、末端フリーな PMMA ブロックは、分子鎖引き抜きが起こりやすいことが示唆される。以上の実験事実により、弱い接着界面の剥離面に形成するナノフィブリルは分子鎖の絡み合い構造を反映していることが明らかになり、フラクトグラフィーによる界面での高分子鎖絡み合いに関する知見を得るための新しい手法となり得ることを実証した。さらに、高分子と金属との接着界面の解析にエネルギーフィルターTEM 法や TEM-レプリカ法を適用し、接着特性をナノレベルで解析する新しい手法の開発をおこなった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 接着、高分子、電子顕微鏡

【研究題目】 精密構造制御された Au-酸化物ハイブリッドナノ粒子の生成と触媒作用の研究

【研究代表者】 古賀 健司 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 古賀 健司、櫻井 宏昭、越崎 直人 (常勤職員3名、他0名)

【研究内容】

金のナノ粒子は、様々な酸化物表面上に担持されることによって、CO 酸化などの触媒特性を発現することが知られているが、金/酸化物界面構造や金ナノ粒子構造形態と触媒特性との相関に関する部分については、定量的なデータがほとんど存在していない。本研究では、触媒特性発現の本質に迫るべく、金-酸化物複合ナノ粒子のモデル構造を作成することによって研究を進めた。ガス中蒸発法により Cu-4at. %Au 合金ナノ粒子を気相中に生成し、気相中で熱酸化処理 (1100℃で約0.1秒間) を施すことによって、Au-Cu₂O 複合ナノ粒子を得た。高分解能電子顕微鏡観察から、Au ナノ粒子 (平均粒径4nm) と Cu₂O ナノ粒子 (平均粒径10nm) が非対称的に結合し、全体として「目玉」様の形態を示す粒子が非常に均一に構造制御されて生成していることがわかった。複合粒子中の Au と Cu₂O の結晶学的方位は完全に一致し、ミスフィット転位が皆無なヘテロ接合が実現されていた。このような試料の状態は、金ナノ粒子/酸化物接合のモデル系として非常に有用である。こうして得られた Au-Cu₂O 複合ナノ粒子について CO 酸化触媒活性を調べた結果、アルミナ担持金触媒などと同等の性能を示すことがわかった。今後は、Au と Cu₂O の体積比の変化等、種々の構造パラメータと触媒活性との相関を調べる予定である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノ粒子、触媒、構造制御

【研究題目】 第一原理計算による安全、低コスト元素を用いた透明伝導体の開発

【研究代表者】 中村 恒夫 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 中村 恒夫 ((常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、第一原理計算の立場からドーピングによる化学結合形成と電子物性発現の関係を明らかにし、稀少金属 (レアメタル) と同等の性質をもつ安全・低コストの代替物質の設計を目的としている。ITO に替わる透明電極材料の設計に焦点をあて、ニオブ元素 (Nb) ドープ・アナターゼ型酸化チタン薄膜 (TNO; Titanium Niobium Oxide) の電子状態計算とシミュレーションによる伝導性の解析を行っている。

分光測定などにより、隣接 Nb-Oi 構造 (Oi は格子間酸素) と Nb-VO 構造 (VO は酸素欠陥) の存在を仮定することは妥当であると考えられているが、本年度研究では、実際に Nb-VO 構造のバルク安定構造探索を系統的に行った。単純な規則的 Nb-VO 構造を第一原理計算

で評価すると、従来の報告とほぼ同じオーダーでの不安定性が見積もられた。そこで、不規則的な Nb-O 構造をもつ複合体の評価及び、そこから第一原理バンド計算が可能となるような単位格子構造モデルを抽出する為に、VO-Nb 相互作用、O-Ti 相互作用等2体相互作用ポテンシャル関数パラメータを第一原理計算から決定し、古典力学手法に簡約した大規模な構造探索を行う為のパラメーターセットを構築した。さらに、モデル構造でのバンド計算を行い、4配位の Nb と Ti 原子を含む電子構造由来のバンドから、Nb および Ti 原子の負への帯電と高伝導性の関係を明らかにした。また、線形応答理論による伝導度第一原理計算の理論的定式化も併せて行い、不純物系への適用への準備を進めている。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 元素戦略、第一原理計算、シミュレーション、透明電極

【研究題目】 ナノ粒子の高速結晶変態現象の解明とこれを利用した高感度センサ

【研究代表者】 越崎 直人 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 越崎 直人、石川 善恵
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究では、ナノ粒子特有の高速結晶変態現象の解明とこれを利用した高感度センサの開発を目指した基礎データの蓄積を目指して研究を進めた。この現象は、これまでのわれわれの研究成果である、サイズが20nm 以下の酸化コバルトナノ粒子を堆積させた膜がガス雰囲気によって Co_3O_4 と CoO の間で可逆的高速相変態を起こすという実験結果に基づいたものである。この場合、スピネル型の Co_3O_4 と NaCl 型の CoO という結晶構造類似性が低い2つの異なる構造間で現象であり、これまでほとんど研究されてこなかったものである。

そこで本研究では、この現象の本質をより深く理解するために、可逆的な相変態を高速に起こさせるため必要な条件(物質、サイズ、表面状態、分散状態)とそのメカニズムの解明を目指した研究に取り組んできた。特に、マイクロナノ階層構造と呼ばれる構造を酸化コバルトで作製することを試み、そのセンサ特性について検討した。まず、サブミクロンサイズの真球状ポリスチレンビーズを基板上に六方最密充填させて規則配列を作製し、この上にレーザーアブレーション法により、ナノ細孔をもつ酸化コバルトを蒸着して、マイクロナノ階層構造を作製した。その結果、このような構造は非常に大きなガスセンサ特性を持つことがわかり、しかもその応答特性は非常に速かった。また、このようなマイクロナノ階層構造薄膜は超親水性を示すこともわかった。通常の薄膜で得られたナノ粒子堆積膜よりも優れた機能特性を示すことから形態の効果が非常に大きいことがわかった。しかし、現状ではナノ粒子サイズを作り分けることが十

分できなかったため、この効果については今後の課題である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノ粒子、結晶構造変化、酸化コバルト

【研究題目】 カイラリティの揃った単層カーボンナノチューブ単電荷結合デバイスの開発

【研究代表者】 上村 崇史 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 上村 崇史 (他1名)

【研究内容】

単電子トランジスタは、微小な容量を持ち、単電荷検出感度のある電荷センサーとして応用が期待される。電子回路の集積度の向上による素子寸法の微細化により、究極的に、単電荷によるメモリデバイスや信号輸送デバイスが必要となる。単層カーボンナノチューブトランジスタの単電荷検出感度を利用し、単電荷メモリの読み出しや単電荷信号輸送デバイスの電荷カウント計(微小電流計)の実現を目指している。

これまでに単層カーボンナノチューブ-単電子トランジスタの作製とトンネル抵抗の大きさを変化させることにより、量子ドット内への電荷閉じ込め強度を変化させ、単電子トランジスタ特性と共鳴トンネルトランジスタ特性の可逆的な特性変化を示すことを見出した。この素子を用いて単電荷メモリと高速信号伝達動作を同時に実現できる可能性がある。また、単電子トランジスタ特性と共鳴トンネルトランジスタ特性の遷移領域において、近藤効果を観察した。これは、単層カーボンナノチューブ内の孤立電子と電極内の多数電子のスピン相関を示す。また、電荷閉じ込め強度を制御することにより、相関強度の制御を行った。この技術は、量子コンピュータにおける電子相関の精密な制御に応用できる可能性がある。

本年度は、単層カーボンナノチューブトランジスタに、トンネル可能な薄い絶縁膜と厚い絶縁膜をチャネル上に作製し、界面準位に単電荷を捕獲、放出することで単電荷メモリの動作を室温で実現した。新規素子構造作製のため、10nm のゲート長を制御性良く作製するプロセスを開発した。電荷数によって多値メモリとして動作する。低電圧動作、多値メモリ動作、高集積に寄与する微小構造のメモリである。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 スピン、量子効果、トランジスタ、トンネル効果、メモリ、単電荷、ナノチューブ

【研究題目】 磁性ナノ粒子材料の作製とその形態制御

【研究代表者】 川口 建二 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 川口 建二、シュフィオントウコフスカ
ジャネータ (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究は、液相レーザー照射法という新規なレーザー

プロセスを用いて、機能材料への展開が期待出来る磁性ナノ粒子の作製と形態制御を目指すものである。昨年までの成果を基に今年度は、2種類の混合原料を用い、磁性複合ナノ粒子のより高度な合成プロセスを目指した。照射光には、還元効果などで効率が低い Nd:YAG レーザーの3倍波 (355nm) を用いた。

同じ三価の鉄酸化物で構造が異なるヘマタイトとマグヘタイトの混合原料では、50mJ/pulse 程度の弱い照射強度でほぼ100%マグネタイトに還元され、さらに照射強度を増やすと還元度の高いウスタイトの組成が増す。組成制御の点ではマグネタイト原料のみの場合と大差無いが、粒径の均一性に改善が見られた。NiO とヘマタイトの混合原料の場合、レーザー照射によってマグネタイト、NiO、Ni の複合粒子が得られた。しかも、その磁化曲線は磁場中冷却でも無磁場中冷却でも変わらない大きさで、印加磁場と逆方向へシフトした磁気交換バイアスを示した。詳細は不明だが、Ni がマグネタイトが NiO と反強磁性的な界面結合をしている可能性が示唆される。

また、CuO とマグネタイトの混合原料を用いた場合には、マグネタイト、ウスタイト、CuO、Cu の4物質が混合した複合ナノ粒子が得られており、複数の原料を上手く組み合わせることで、多様な構成材料から成るナノ複合粒子が合成可能であるという成果が得られた。さらに、この複合粒子においても、1kOe を超える大きな磁気交換バイアスが観測されており、ハード磁気材料としての可能性を示した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 レーザープロセス、ナノ微粒子、磁性材料

【研究題目】 液相レーザープロセスにより調製したナノペーストを利用したマイクロパターン作製

【研究代表者】 越崎 直人
(ナノテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 越崎 直人、Xiangyou LI
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究では、今後ますます重要性が増してくるミクロン以下の精度の室温・大気圧環境下でのリソグラフィーを使わない直接パターン形成技術の開発を目指した研究に取り組んできた。レーザーマイクロクラディング法では、従来法と比較して、パターン精度や生成速度でメリットがある。本手法による更なるパターン精度向上には、ペースト中に含まれる原料粒子のサイズが最も重要な要素であり、現状の数 μm 以下の粒子が入ったペーストのナノサイズ分散粒子化が喫緊の課題であった。そこで、液相レーザーアブレーション法(液相中に設置した固体あるいは粉体ターゲットにレーザー光を照射してナ

ノ粒子を生成させる手法)に取り組み、ナノペーストとして期待される安定化剤フリーの金ナノ粒子などのナノペースト作製に必要な技術を検討してきた。

その結果、Au、Ag、Cu、Ptなどの貴金属やCなどのナノペーストの作製が可能であることはわかってきたが、その過程で炭素のナノ粒子が蛍光特性を示すことが明らかになってきた。その基本特性を明らかにするとともに、その最適化を図った。また、シリコンのサブミクロンサイズ球状粒子を生成する手法を新規に見いだした。これについては、その応用展開を図るために必要となる大量合成法についても検討し、実用的な量の作成が可能であることがわかった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 レーザー、パターン形成、ナノインク

【研究題目】 量子ドットマルチカラーラベリングによる間葉系幹細胞を用いたがん治療の基礎研究

【研究代表者】 植村 壽公 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 植村 壽公、Xiao-hui Long
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

間葉系幹細胞(MSCs; Mesenchymal stem cells)は、骨髄などに豊富に存在し、骨、軟骨、筋肉、脂肪などに分化する多能性幹細胞であり再生医療の細胞ソースとして期待され盛んに研究されている。最近、このMSCsとがん細胞の相互作用が注目を集めている。MSCsがガン化の起こっている組織部位にホーミングし、ガン細胞の機能を阻害するという研究報告が発表されたからである。MSCsの微小環境はガン細胞が増殖することを抑えるようなシグナルをガン細胞に発していると考えられるが、そのメカニズムは全く解明されていない。そこで、癌細胞に対する間葉系幹細胞の効果を調べるための3種のモデルシステムを確立した。

一つはMSCsを培養した培養液を用いた間接的な相互作用を調べる系、チャンバーを用いた間接的な相互作用を調べる系(フィルターにより両者は隔離されている)、直接接触による直接的相互作用を測定する系である。また、癌細胞として肝癌細胞(HepG2)、子宮がん(HeLa)由来樹立細胞株を用い、MSCsとして、ヒト骨髄由来間葉系幹細胞(hMSCs)を用いた。

以上のシステムを用いて、ガン細胞と間葉系幹細胞との相互作用に関する詳細な検討を進めている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 量子ドット、癌転移

【研究題目】 酸化ガリウム障壁層を用いた半導体へのスピン注入

【研究代表者】 齋藤 秀和

【研究担当者】 齋藤 秀和、峰野 祐輔、渡邊 克

(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

(研究目的)

強磁性金属から実用半導体材料への電氣的なスピン偏極電子の注入は、スピントランジスタなどの半導体スピンドバイス実現のための重要な基盤技術である。高スピン偏極電子を注入するためには、金属/半導体接合部をトンネル接合とする必要があることがわかっている。これまで、障壁層材料として AlO_x や MgO を用いて GaAs へのスピン注入実験が行われてきた。しかしながら、これまで高いスピン注入効率と電荷注入効率を兼ね備えた障壁層材料は見出されていない。すなわち、従来の障壁層材料は GaAs との界面で多量の界面準位が導入されるため、接合界面から大きな寄生電流が発生する。本研究では、 GaAs への高いスピン・電荷注入を実現する新障壁層材料の開発を行う。

(研究内容及び目標)

スピン偏極発光素子 (spin-LED) と呼ばれる強磁性/絶縁体/半導体量子井戸構造から構成される発光素子を作製し、発光特性を解析することにより注入電子のスピン偏極率および注入効率を評価する。通常のショットキー接合に匹敵する電子注入効率と理論から予想される数十%程度のスピン偏極率を目標とする。

(進捗状況)

これまで我々は、酸化ガリウム (GaO_x) という新材料を用いた $\text{Fe}/\text{GaO}_x/(\text{Al})\text{GaAs}$ spin-LED を用いて、電子の電荷注入効率およびスピン偏極率を見積った。その結果、 Fe/GaO_x 注入源はオーム性接合に匹敵する電荷注入効率と低温で高いスピン注入効率(スピン偏極率約40%)を兼ね備えることが明らかとなった。[Appl. Phys. Express 2, 083003 (2009), Appl. Phys. Lett. 96, 012501 (2010)]

そこで本年度は、 GaO_x の挿入層による電荷注入効率の増大機構を解明するために、 $\text{Fe}/\text{GaO}_x/\text{GaAs}$ から構成されるトンネル接合を作製し、 GaAs のショットキー接合高さを調べた。その結果、 GaO_x の挿入により GaAs のショットキー障壁が0.87eV から最大0.56eV まで抑制されていることが明らかになった。

[J. Appl. Phys. 109, 07C701 (2011)]

したがって、電荷注入効率の増大は、ショットキー障壁の抑制によるものであると結論された。また、参照実験として同様の素子を酸化マグネシウム (MgO) を用いて作製して調べたところ、逆にショットキー高さが増加する傾向が得られた。以上の結果より、 GaO_x が GaAs ベースのスピン注入のための重要な障壁層材料であることが示された。なお、酸化物層の挿入による GaAs のショットキー抑制は世界初の報告となる。

本研究テーマに関する外部資金(科学研究費補助金)は本年度で終了した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 スピントロニクス、スピントランジスタ、スピン注入

【研究題目】 配列ナノ空間物質を利用した次世代半導体デバイス

【研究代表者】 金山 敏彦

(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】 金山 敏彦、多田 哲也、宮崎 剛英、内田 紀行、松下 祐介、鮫島 健一郎
(常勤職員4名、他2名)

【研究内容】

本研究では、遷移金属を内包したシリコンクラスター (M@Si_n) を、固体基板上で凝集・配列することで半導体薄膜 (M@Si_n 膜) を作製し、局所的に M@Si_n 構造を持つことで発現する物性を活かした電子デバイス技術へ展開することを目標とする。 M@Si_n ($\text{M}=\text{Mo}, \text{W}, n=10-12$) をランダムに凝集した薄膜は、非晶質でありながら、局所的な電子状態が揃うことでキャリア移動度が高く、電界効果による伝導度変調が可能である。この非晶質 M@Si_n 膜を出発点に、配列化を試み膜質の高品質化を図る。平成22年度は、 Mo@Si_n ($n=8-12$) 膜の膜質を、熱処理により高品質化する方法を検討した。そのために、 Mo@Si_n 膜の熱処理 (400-650°C) に伴う、構造や電子状態の変化を、光吸収スペクトル、X線光電子分光、ラマン散乱分光を用いて解析した。その結果、熱処理温度の上昇に伴い、(1) Mo@Si_n 間に Si-Si 結合が形成され、膜中の Si ネットワークの結合が強くなり、結合角の分布が狭くなること、(2) 吸収端付近のギャップ内準位の状態密度が減少し、光学ギャップと電気抵抗率が増大することが確認され、 Mo@Si_n 膜の膜質が向上することが判明した。一方で、第一原理計算シミュレーションにより、ほとんどの遷移金属の場合で、 M@Si_n クラスタを単位構造とした凝集薄膜が形成でき、M が Si のダングリングボンドを終端していることを実証した。 M@Si_n 膜の振動状態を解析した結果、局所的に M@Si_n 構造を持つことで、200-400 cm^{-1} の振動数領域に、アモルファス Si とは異なる特徴的な振動モードが現れることが判明した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 遷移金属内包シリコンクラスター、クラスター凝集固体、配列構造制御、薄膜トランジスタ

【研究題目】 シリコンベース素子を用いたスピン注入効率の最適化

【研究代表者】 秋永 広幸

(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】 (常勤職員0名)

【研究内容】

目標:

スピントロニクスとシリコンテクノロジーとの融合を推進するため、シリコンベース素子を用いたスピン注入効率の最適化に焦点を絞り、

- (1) シリコンベース強磁性体の開発
- (2) 強磁性体金属/シリコンヘテロ構造におけるスピン偏極電子注入の実証
- (3) スピン流を用いたシリコンベースデバイス機能の実証

を目指して研究を行った。

年度進捗状況：

平成22年度は(2)及び(3)に関して研究を行った。

Si上のスピン源として平成21年度にスピン偏極度の評価を終えた γ -Fe₄Nについては、X線磁気円二色性(XMCD)特性から磁気モーメント M_S を算出した。 γ -Fe₄Nとの格子不整合率が0%のLAO(001)基板と、格子不整合率11%のMgO(001)基板上に、MBE法により、Au/(3nm)Fe₄N(10nm)/LAO(001)、Au(3nm)/Fe₄N(10nm)/MgO(001)をエピタキシャル成長した。磁気光学総和則の適用により M_S を算出した結果、Fe原子当たり約2.45 μ_B となった。成長基板の違いによる差が無いことから、 M_S の大きさは格子不整合率の大きさに依存しないといえる。また、この値は α -Feの2.2 μ_B に比べて十分に大きいことも明らかになった。

また、平成21年度に動作実証を行ったFe₃Si/CaF₂ヘテロ接合からなる強磁性共鳴トンネルダイオード(FM-RTD)においては、その電流電圧特性に見られる微分負性抵抗(NDR)の再現性が悪いという問題があった。この問題を、直径200nmの限られた領域のみにFM-RTDを成長するLocal-Epitaxy法による低温MBE法で解決した。さらに、量子井戸の膜厚を系統的に変えた試料を作製し、NDRが現れる電圧が、量子井戸膜厚 d の2乗に反比例するとの結果を得た。以上の結果から、得られたNDRは共鳴トンネルによるといえる。

【分野名】情報通信エレクトロニクス

【キーワード】スピンエレクトロニクス、磁性、半導体物性

【研究題目】シリコン表面上での原子層シリサイド半導体形成

【研究代表者】内田 紀行

(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】内田 紀行、松下 祐介

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究では、次世代ナノエレクトロニクスの材料として要求が高いグラフェンのような2次元的な原子層半導体を、現行のSiLSIプロセスへの適応を図るために、Si系の材料で形成することを目標とする。そのために、Si表面上に、遷移金属を内包したSiケージクラスター(M@Si_n)を配列し、原子層シリサイド半導体の形成を

試みた。平成22年度は、Si(100)-2x1表面にW@Si_n($n \sim 10$)膜を形成し超高真空中で500°Cの熱処理することで、Si基板/W@Si_n膜界面においてエピタキシャル層(厚さ1-2nm)の形成されることを高分解能透過型電子顕微鏡による観察で明らかにした。エピタキシャル層の格子面間隔は、Si基板と比較して100方向に約14%増大しており、Si格子面間にWが挟まれた構造であることを示唆している。電子エネルギー損失スペクトル(EELS)測定を行ない、プラズモンピークの解析を行ったところ、エピタキシャル層を含めたW@Si_n膜から、バルクSiよりも3.4eV高エネルギーシフトすることが確認された。これは、EELSによるSi-L₂₃吸収スペクトル、X線光電子分光(XPS)と第一原理計算シミュレーションの結果と合わせると、WとSiの間の d - p 混成によるバレンスバンド付近での状態密度変化に起因するものと考えられる。また、XPSによりエピタキシャル層の価電子帯エッジが、フェルミエネルギーより0.49eV低いところに観察され、Si表面上のW@Si_n層がエネルギーギャップをもつ半導体であることが判明した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】原子層シリサイド半導体、超薄膜

【研究題目】CNT-MFM探針を用いた微小磁区構造評価法と微弱磁気計測法の開発

【研究代表者】高野 史好

(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】高野 史好(常勤職員1名)

【研究内容】

磁気力顕微鏡(MFM)用カーボンナノチューブ(CNT)探針(以下、CNT-MFM探針)は、産総研で開発された高分解能(<10nm)探針である。従来型MFM探針と比べて、被観察体への磁氣的擾乱の影響が非常に小さく、被観察体が本来持っている磁区構造をより忠実に反映したMFM像を得ることができる。本研究は、当該探針を用いることにより得られるMFM観察像とマイクロ磁気シミュレーションとの直接的な比較・検討を通じて、微小磁区構造に対する精密なMFM評価技術を確認することを目的としている。本年度は、探針自体の磁区構造の検討と、磁氣的擾乱性を考慮したMFM磁気応答に関するシミュレーションを実施した。探針磁区構造に関しては、CNTチューブ径およびコート厚への依存性のシミュレーションから、CNT長手方向への一様磁化状態を実現するには、探針の臨界直径が存在することが分かった。この結果は、実験で得られた探針直径と解像度の関係からも示唆されており、CNT-MFM探針の設計指針の一つを得ることができた。また、MFM探針一試料間の磁氣的相互作用を詳細に調べるため、MFMシグナルの探針飽和磁束密度依存性を検討した。飽和磁束密度が小さい場合には、ピーク位置のシフトおよびシグナル幅の変化はほとんどみられないの対

し、それが大きい場合、コントラストが増加する反面、探針の吸引力により磁壁が引きずられ、シグナル幅がブロードになることがわかった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】磁気力顕微鏡 (MFM)、カーボンナノチューブ (CNT)、マイクロ磁気シミュレーション

【研究題目】In-situ リアルタイム分光法による有機極薄膜の電荷移動計測と制御

【研究代表者】安田 哲二
(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】安田 哲二 (常勤職員1名)

【研究内容】

リソグラフィ技術に立脚したトップダウンプロセスの限界を超えるために、分子の自己組織化を利用して固体表面にナノスケールの構造を形成する手法が数多く報告されてきた。基板上的分子の配列は、分子間力に加えて、基板-分子間の相互作用によって支配されるが、後者において電荷移動による分子の電子状態の変化は、分子の配列のみならず分子自身の特性 (伝導性、発光、反応性) をも変化させる重要な因子である。本研究の目標は、半導体表面上の所望のナノスケール領域に所望の荷電状態にある有機分子を自己組織的に配列させるために、分子-基板間の電荷移動を計測できる表面分光法を確立し、その制御法としてシリコン表面の原子層酸化層を利用する方法を確立することである。本研究は横浜国立大学の田中正俊教授が研究代表者を務め、産総研の安田は真空紫外反射率差分光 (RDS) の測定を主として担当する研究分担者として参加している。

平成22年度は、分子を整列させるテンプレートとしての有効性が期待される Si の高指数面の構造につき、その表面構造を真空紫外 RDS および赤外吸収分光により詳細に調べた。その結果、弗酸エッチングにより生成する水素終端 Si 表面の構造が、エッチング後に行う純水リンスの時間とともに変化する現象を見出した。具体的には、Si(311)表面では真空紫外 RDS の高エネルギー側での信号強度が純水リンス時間に伴い増大し、この時、赤外スペクトルにはステップ端の SiH_2 基に特徴的な吸収が現れた。このことは、純水リンスにより表面ラフネスが一原子層程度増加したことを示唆する。一方、Si(331)表面では、長時間リンスにより赤外スペクトルは Si(110)と一致するようになることから、ミクロな(110)ファセットが現れるように Si のエッチングが起きることが示唆される。このように、Si(113)や Si(331)などの高指数面は純水リンスによって大きく構造を変えるため、この上に酸化層を形成して有機極薄膜の構造制御のためのテンプレートとする場合には、純水リンス時間が重要な制御パラメータの一つであることが明らかとなった。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】シリコン表面、シリコン酸化膜、自己組織化、反射率差分光

【研究題目】スピン流とナノヘテロ構造調整班

【研究代表者】秋永 広幸
(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】秋永 広幸

【研究内容】

目標：

当調整班課題では、金属、半導体、酸化物等で校正構成されるナノヘテロ構造を用いて電荷流からスピン流を効率良く生成し、伝播させ、更に電荷流に再変換する新たな操作原理を探索し、その手法を確立することを目的とする。最終的には研究成果を基に、シリコンベース素子技術に統合されうるスピン流回路の実現を目指す。このためには独立に進行する4つの個別研究計画 (①金属ナノ構造を用いた「新しいスピン流生成・操作手法の探索」；②半導体ヘテロ構造を用いた「スピン軌道相互作用を用いたスピン流の電気的な検出と制御」；③「シリコンベース素子を用いたスピン注入効率の最適化」；④「ナノヘテロ構造におけるスピン注入とスピン蓄積の理論」) が有機的に結びついて相互に情報交換しながら進展する必要がある。このための支援体制を構築し、実際に研究進展に役立てることが本課題の目的である。

年度進捗状況：

平成22年度は最終年度であったので、以下のように「シリコンベース素子を用いたスピン注入効率の最適化」事業期間内の最終まとめを行った。スピントロニクスとシリコンテクノロジーとの融合を推進するため、シリコンベース素子を用いたスピン注入効率の最適化に焦点を絞り、(1) シリコンベース強磁性体の開発、(2) 強磁性体金属/シリコンヘテロ構造におけるスピン偏極電子注入の実証、を目指して研究を行った。(1)に関しては、イオン注入によって作製した $3\text{C}-(\text{Si},\text{Mn})\text{C}$ で強磁性を観測し、その起源が $\text{Mn}_3\text{Si}_2:\text{C}$ であることを明らかにした。(2)については、強磁性量子井戸内に形成される量子化準位をスピフィルターとして利用する $\text{CaF}_2/\text{Fe}_3\text{Si}/\text{CaF}_2$ 共鳴トンネルダイオード (Resonant Tunneling Diode: RTD) の作製に成功し、この電流電圧特性に再現性よく微分負性抵抗が現れる RTD 作製プロセスの開発、及び RTD 特性の評価を行った。また、強磁性窒化鉄 Fe_4N は、Si(100)との格子不整合率が小さく、高いスピン分極率をもつことが理論計算により示されていることから Si へのスピン源として期待されている。その強磁性窒化鉄 Fe_4N の良質な薄膜の作製に成功した。この Fe_4N については、まず、接触アンドレーフ反射法により、7.8[K]における伝導電子のスピン分極率が0.59であることを実験的に明らかにした。さらに、表面粗さの RMS 値が0.2nm 台という極めて平坦で良

質なエピタキシャル Fe₃N 膜を用いて、X 線磁気円二色性 (X-ray Magnetic Circular Dichroism: XMCD) による磁気特性の評価を行った。その結果、Fe の1原子あたりの磁気モーメントの値は、 α -Fe の値である2.2 μ B より大きく、2.4~2.5 μ B であって、理論計算から推察される値である2.59 μ B に近いことが実験的に明らかになった。

【分野名】情報通信エレクトロニクス

【キーワード】スピエレレクトロニクス、磁性、半導体物性

【研究題目】水熱粉碎前処理によるリグノセルロースの糖化特性

【研究代表者】美濃輪 智朗

(バイオマス研究センター)

【研究担当者】美濃輪 智朗、松村 幸彦 (広島大学)、吉田 拓也 (広島大学)

(常勤職員1名、他4名)

【研究内容】

リグノセルロースの糖化前処理として多くの研究開発が行われているが、本研究では、その中で水熱前処理と粉碎処理に注目して研究を行った。

本年度は、昨年度に試作した内容量800mL の水熱粉碎装置を用いて、バイオマススラリー量100g、バイオマス濃度5~15wt%、回転数0~300rpm、温度160~230℃、ボールサイズ3~10mm 径、ボール添加量0~1kg において運転を行い、水熱条件下でボールミル粉碎を行いながら前処理を行ない、引き続き、セルラーゼを用いて後段の酵素加水分解処理を行い、生成物である糖(グルコース)の定量を、高速液体クロマトグラフ(HPLC)を用いて行った。得られた結果を、セルラーゼで分解できないセルロース、セルラーゼで分解できるセルロース、グルコース、グルコースの過分解物からなる一次反応モデルで整理したところ、アレニウス式の頻度因子は回転数、質量濃度、ボール添加量、粉碎時間の影響を受けることが分かった。本提案プロセスの評価に関して、産総研で開発している既存の水熱・微粉碎前処理-酵素糖化プロセスをベースに、本提案プロセスを導入する効果と、最適なシステムを確認するため、プロセス設計に着手した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、酵素糖化、エタノール、水熱、粉碎、システムシミュレーション、経済性評価

【研究題目】湿式酸化による N、P 循環型バイオエタノール発酵システムの研究

【研究代表者】柳田 高志 (バイオマス研究センター)

【研究担当者】柳田 高志、藤本 真司、松村 幸彦 (広島大学)

(常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

本研究は、持続可能性の観点からバイオエタノール生産の発酵工程における資源循環を検討するものである。バイオエタノールの製造では、発酵微生物の生産は不可欠な工程であり、この微生物の生産工程では、菌体増殖に必要な窒素、リン、カリウム等の栄養素が投入されるが、一般的には、これらの栄養素はプロセス後段で回収されることなく、系外に排出されている。発酵後の菌体と発酵前の菌体の組成は基本的に同じであり、循環利用は可能である。ただし、循環させるためには、どのように栄養素を回収するかを検討する必要がある。発酵母は水分を多く含むため燃焼して栄養素を回収することは難しい。そこで、湿式酸化法の適用を検討することとした。湿式酸化処理物を利用し、酵母を生産することができれば、循環型の発酵システムを構築できる。

本研究では、バイオエタノール生産の発酵工程において湿式酸化工程を導入したリン、カリウム循環型の発酵システムの検討を行った。その結果、湿式酸化工程の導入は生産されるエタノールの発熱量の2.3%相当のプロセスエネルギーで十分にリン、カリウムを回収できると試算された。また、基質消費量の削減による経済性向上は大きく、湿式酸化工程導入の経済的優位性が明らかとなった。とくに、リンは近い将来に枯渇すると言われている貴重な資源であり、使用量の削減は重要である。さらに、リンは水質汚濁防止法の項目に挙げられているものであり、廃水処理の負荷を減らすことには着目すべきである。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、エタノール、湿式酸化、栄養塩、リサイクル

【研究題目】アクチンフィラメントの構造多型と機能分化

【研究代表者】上田 太郎

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】上田 太郎、長崎 晃、梅木 伸久、野口 太郎、中嶋 潤

(常勤職員2名、他3名)

【研究内容】

目標：

アクチンフィラメントは、真核細胞において多様かつきわめて重要な機能を果たしている。構造的には、アクチンフィラメントは一様ではなく、協同的な多型性を示すが、そうした構造多型の生理的機能は不明であった。われわれは、自然状態のアクチンフィラメントのらせんピッチは揺らいでおり、らせんピッチの長いフィラメントはミオシン II との親和性が増大する一方、コフィリンとの親和性が低下するのではないかと考えた。すなわち、フィラメントの構造多型が相互作用するアクチン結

合タンパク質を規定し、結果的にフィラメントの機能を規定するという考え方である。本研究は、この仮説の検証を試みるとともに、その生理的意義の解明を目指す。進捗状況：

上記仮説に基づけば、ミオシン II、コフィリンと大過剰のアクチンフィラメントを混合すると、ミオシン II が協同的に結合したフィラメントとコフィリンが協同的に結合したフィラメントが共存すると期待される（排他的な協同的結合）。そこで様々な実験条件で三者の混合を試みたところ、特にコフィリンとアクチンフィラメントをあらかじめ混合してからミオシン II を加えた場合に顕著な排他的な協同的結合が見られることが判明した。この結果はわれわれの仮説を支持するものである。一方細胞内では、張力が負荷されていると考えられるアクチンフィラメントにミオシン II が優先的に結合している様子が観察された。張力負荷はアクチンフィラメントのらせんピッチを長くすることが最近のシミュレーション研究により示されており、張力負荷→らせんピッチ伸長→ミオシン II 結合の増加→張力増加という正帰還ループの存在が示唆された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】細胞極性、メカノバイオロジー、協同的結合

【研究題目】3次元ナノ相分離膜構造と高感度分子認識能の動的解析

【研究代表者】佐藤 縁（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】佐藤 縁、吉岡 恭子、高橋 尚
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究では、生体分子を高感度に認識する部位を有する分子と、夾雑物などによる非特異的な吸着を抑えるための分子とで、複合単分子膜を構築し、高感度なタンパク質認識とその機構解明、センシングシステムへの利用などを検討してきている。昨年度に引き続いて、二糖（マルトシド）を有するアルカンチオール分子と、非特異的な吸着を抑制するためのアルカンチオール分子とでナノ相分離膜を作製し、コンカナバリン A (Con A) を高い親和性および低い非特異吸着性の効果により高感度に認識・検出できることを確認した。レクチンを認識する糖鎖が膜表面の5-10%程度に抑えた場合に著しく増大した事実を踏まえ、今回はラクトシドを新規糖鎖として採用し、疾病マーカーとして期待されるガレクチン類を高感度に認識する表面を作製した。ガレクチン類は、ヒトでは10種類程度のものが確認され、疾病との関連についても研究が開始されている。この中で、生物学的な研究でよく検討されているガレクチン3、4、8の3種類のものにつき、ガラクトシド末端のアルカンチオールと、非特異吸着抑制材料であるトリエチレングリコール末端のアルカンチオール分子とでナノ相分離膜を作製し、検出を

試みた。Con A の検出の場合と同様、糖鎖部分の存在割合が低い程、高感度認識に適することが確認された。3種類のガレクチンの場合、糖鎖部分が4-5%の存在割合の際、最高の吸着量を示すことを確認した。免疫手法を用いずに、1nM レベルの低濃度のガレクチン検出に成功できたが、引き続き、種類を区別した検出、応答の高感度化の研究について着手した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ソフト界面、自己組織化膜、分子認識、レクチン、糖、非特異吸着抑制、金、表面プラズモン共鳴、電気化学

【研究題目】ウイロイド RNA の組織間トラフィッキングを可能にする多様な変異に関する研究

【研究代表者】Penmetcha Kumar

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】Penmetcha Kumar

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

目標：

ウイロイドの感染は植物の細胞間トラフィッキングを通して進行する。我々は、キクわい化ウイロイド (CSVd) の *in vitro* 合成系を確立し、合成した CSVd が感染性をもつことを示してきた。本年度は、1) CSVd を用いてトラフィッキングを可能にする配列モチーフ解析、2) ウイロイド由来 small RNA のトラフィッキングに関する研究を行う。2) に関しては、CSVd 感染トマトと PSTVd 感染トマトを用いる。前者は病徴を現わさないが、後者は病徴を現わすので、両者の感染葉から抽出した small RNA の塩基配列を比較し、病徴との関連を調べる。

計画：

1) の実験では、ドメインに分類した CSVd のランダム変異体を作製して、キクの葉に接種する。感染葉より RNA を抽出して RT-PCR を行ない CSVd の cDNA の全長を得る。PCR 産物をクローニングして塩基配列を決定する。CSVd の塩基配列と比較し、トラフィッキングを可能にする変異体について解析する。2) の実験では、未感染トマト、CSVd 感染トマト、PSTVd 感染トマトを用いる。CSVd 感染トマトは病徴が現れないが、PSTVd 感染トマトは1ヶ月後に病徴を現わす。各トマトの葉を採取し、RNA を抽出し、精製を行う。small RNA のみを選択的に分離、濃縮し、これを鋳型に cDNA を作製する。テンプレート DNA とプライマーを用いて PCR 反応を行う。PCR 産物について deep sequencing を行い、small RNA 解析を行う。

年度進捗状況：

1) の実験では、今までに解析した塩基配列からは、変異は認められておらず、接種時のウイロイド濃度、お

よび接種後から RNA 抽出までの期間が重要である事が明らかになった。現在、期間を延長して実験を進めている。2) の実験では、deep sequencing の後に small RNA 解析を行った。CSVd 由来の small RNA は PSTVd 由来のものに比べ顕著に少なく、processing されたものと考えられ、CSVd 感染トマトが病徴を現わさないことと関連して興味を持たれる。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ウイルス、RNA、トラフィック、変異体

【研究題目】シナプス接続とシナプス小胞放出の可視化による機能的神経回路網の解明

【研究代表者】戸井 基道

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】戸井 基道、吉田 由美子

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

目標：

動物個体の脳や末梢神経系を形成する神経回路網において、各神経細胞によるシナプス接続パターンとその意義を理解することは、脳内の神経情報処理メカニズムを理解するための大きな手掛りとなる。しかしながら、実際に生体内の個々のシナプスがどの様に生体の情報処理に寄与しているのかを明確にした研究はほとんどない。そこで本研究では、モデル生物線虫を用いて、行動や学習に伴う神経活動を個々のシナプスレベルで解析する観察システムを構築し、個々のシナプス認識に関わる分子機構とその意義を理解することを目標とした。

研究計画：

味覚受容に関わる化学感覚神経と介在神経間のシナプス形成を制御する分子を特定する。そのシナプスの数・位置の変化が行動にどの様に影響するのかを調べ、情報処理における個々のシナプスの必要性を理解する。また、昨年度までに構築した特異的神経間のシナプス接続を可視化し、かつ単一シナプスの活動を計測するシステムを用いて、刺激に伴うシナプス活動を解析し、特異的神経間のシナプス形成機構とその意義を明らかにする。

年度進捗状況：

感覚神経のプレシナプス部位を可視化し、介在神経とのシナプスに相当する部位が特異的に消失した変異体を単離した。この変異体の原因遺伝子をポジショナルクローニングにより同定し、シナプス間隙に存在するマトリックスタンパク質の1つが2神経間のシナプス認識に関与している事を明らかにした。またこの変異体の走行性行動解析を行い、特異的シナプスの有無が塩受容の情報処理に大きく影響する事が確認できた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】脳神経、シナプス、可視化、モデル生物

【研究題目】アクチンフィラメントの協同的構造変化とハイパーモバイル水の機能解明

【研究代表者】上田 太郎

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】上田 太郎、ンゴウ・キエン

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

目標：

ATP 存在下でミオシンがアクチンフィラメントと相互作用すると、ミオシンモーター (S1とよぶ) 内部の棒状領域が角度変化し、力が発生するという説 (レバーアーム説) が有力である。しかし、S1との相互作用がアクチンフィラメントに長距離の協同的構造変化をひきおこし、これに伴ってフィラメント周囲のハイパーモバイル水 (HMW) が増大すると報告されている。そこで本研究では、HMW の変化を伴うアクチンフィラメントの協同的構造変化が力発生に関与する可能性を検討するため、その前提条件、すなわちこうした協同的構造変化が非対称的・一方向的 (つまり運動方向と関連する) であることの検証を目指す。一方われわれは、レバーアーム機構に不可欠であると想定されているアクチン表面の疎水性ミオシン結合領域をマスクしても運動性は損なわれないことを報告し、これがレバーアーム機構以外の運動機構の存在を示唆する一つの論拠となっている。そこでこの現象をより詳細に研究することを本研究の第二の目的とする。

進捗状況：

昨年度までに、S1結合によるアクチンフィラメントの協同的構造変化はフィラメントの B 端方向に進むことを示唆する予備的データを得ていた。しかし電子顕微鏡観察により、この結果は実験系のアーティファクトであることが判明した。そこで、測定感度は劣るもののアーティファクトが起こりにくい期待されるブロックコポリマー法を開発し、再度測定を行ったところ、協同的構造変化は P 端方向に伝播することが明らかとなった。

キメラタンパク質のホモポリマーの運動性に関しては、ホモポリマーの運動性を再現することはできたが、キメラタンパク質を高度に精製すると運動性が失われることが判明し、キメラタンパク質ホモポリマーの運動性は、精製標品に微量混在する正常アクチンの影響であることが示唆された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】蛋白質分子モーター、協同的構造変化

【研究題目】シグナル制御複合体の構造と細胞内局在の電子顕微鏡解析

【研究代表者】佐藤 主税

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】佐藤 主税、三尾 和弘、川田 正晃、

柳原 真佐子、間中 幸絵

(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

目標：

細胞・核内シグナル複合体の動態解析は、その機能を理解する上で不可欠である。本研究では複合体構造を、精製タンパク質の透過電子顕微鏡 (TEM) 画像から情報学的再構成により立体構造を導き出す単粒子解析法と、細胞を水溶液中で固定・ラベルするだけで複合体の局在を高分解能で決定する大気圧走査電子顕微鏡 (ASEM) を組み合わせて解析し、その機能を明らかにする。

研究計画：

単粒子解析の画像解析プログラムの精度を向上させ、不安定な複合体で完全会合体の割合がある程度低くとも、その構造が解明できる方法へと改良する。

シグナル制御を行うタンパク質複合体の機能を理解するためには、大気圧電子顕微鏡 ASEM によって細胞内での局在と離合集散とを高分解能で観察することが必要である。タンパク質3次元微小結晶を ASEM を用いて高分解能で観察することで、微小3次元結晶染色法を開発し、シグナル制御複合体のより良い3次元結晶化条件を ASEM を用いて探す。

年度進捗状況：

単粒子解析の画像解析プログラムの精度を向上させ、完全会合体の割合が低い不安定なチャンネル複合体でも、解析できる方法を開発した。この方法を用いて、実際に安定性が低い複合体である Orail を解析した。シグナル制御を行う複合体の多くは、動的に離合集散を繰り返し、細胞内での配置を換えながら機能する。これらの局在を観察するために、新たに開発した大気圧走査電子顕微鏡 (ASEM) を用いた水中免疫電顕法の開発に成功した。離合集散を繰り返す複合体である細胞骨格のチューブリン・Actin と、イオンチャンネル複合体における Ca 濃度センサーサブユニットである Stim1 の水中免疫電顕撮影に成功した。さらには、神経細胞を初代培養して観察することにも成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 シグナル伝達、分子複合体、電子顕微鏡、タンパク質構造、イオンチャンネル

【研究題目】 tRNA アンチコドンの転写後修飾における酵素反応機構の分子的基盤解明

【研究代表者】 沼田 倫征

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 沼田 倫征、大澤 拓生、沼田 英子
(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

古細菌 tRNA^{Ile2} のアンチコドン1文字目のシチジン (C34) はアグマチンで修飾され、2-アグマチニルシチジン (agm²C) へと変換されている。agm²C 修飾は、

tRNA^{Ile2} がイソロイシンコドンを認識する上で不可欠な転写後修飾であり、正しい蛋白質合成を保障するという重要な役割を担っている。本研究では、agm²C 修飾を触媒する酵素 TiaS (tRNA-agm²C synthetase) の構造機能解析を行った。TiaS は ATP 依存的に agm²C を合成する。まず、TiaS、tRNA^{Ile2}、ATP から成る三者複合体の結晶構造を決定し、立体構造に基づいた酵素および tRNA の変異体解析を行った。その結果、TiaS が、(1) 新規な ATP 加水分解モジュールを有すること、(2) 塩基配列特異的に tRNA^{Ile2} を認識すること、(3) ATP 結合部位から離れた位置で C34 を塩基特異的にトラップすることを明らかにした。さらに、TiaS、tRNA^{Ile2}、ATP アナログ、アグマチンから成る四者複合体の結晶構造を決定し、アグマチンの添加に伴い C34 が ATP の γ リン酸近傍に配置されることを明らかにした。この結果より、C34 は ATP によるリン酸化反応によって活性化されることが推定された。この反応モデルは、 $[\gamma^{32}\text{P}]$ ATP を用いた生化学的解析からも裏付けることができた。また、C34 がリン酸化により活性化された後、アグマチンがこのリン酸化反応中間体を求核攻撃することによって、agm²C が生成するという反応機構を提唱した。本研究から、(1) TiaS は C34 を活性部位から隔離した部位に一旦トラップすること、(2) その後、アグマチンの結合に伴って C34 を活性部位に送り込みリン酸化していることを明らかにした。これは、不安定なリン酸化反応中間体の蓄積を防止するシステムと考えられ、TiaS が agm²C の生合成を効率良く進める巧妙な仕組みを有していることが分かった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タンパク質、酵素、核酸、RNA、結晶構造解析

【研究題目】 環境浄化に関わる未培養微生物を生きたまま選択的に回収する技術の創成

【研究代表者】 関口 勇地

(バイオメディカル研究部門)

【研究内容】 関口 勇地 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究は、難培養微生物群の培養を可能にするための新規技術を創成し、その開発技術を環境工学分野で活用されている難培養微生物群に適用することにより、その機能を解明することを目的とした。具体的には、16S rRNA を標的とした Fluorescence in situ hybridization 法とコンビナトリアル・バイオエンジニアリング技術を組み合わせ、特定の微生物群のみを「生きたまま」選択的に回収する新規技術の開発を行うことを目的とした。また、本技術を嫌気性廃水処理汚泥の未培養・難培養微生物群に適用することを目指した。平成22年度は、以下の(1)~(3)の課題に取り組み、予定通りの成果が見られた。具体的には、(1) 難培養微生物の典型的な例である

Gemmatimonas 属細菌と KSB3門細菌（活性汚泥、嫌気性汚泥に存在）を利用し、本微生物群に対して特異的に結合するペプチドリガンドを、M13ファージを用いたファージ・ディスプレイ法で選別することを試みた。その結果、両細菌に対して特異性があると推定されるペプチドを選別することができる技術を確立することができた。

(2) 得られたペプチドを利用し、活性のある複合微生物群集から特定の微生物を生きのまま回収する技術の検討を行った。磁気ビーズ得られたペプチドを固定し、磁気を利用して特定微生物菌体を回収するなどの方法により、*Gemmatimonas* 菌体を生きのまま特異的に回収することが可能であることが示された。

(3) *Gemmatimonas* 属細菌と KSB3門細菌を対象とし、標的細菌に特異的な DNA プローブ（16S rRNA を標的）を作成、FISH 法とフローサイトメータを組み合わせて、本微生物を複合微生物群集中から選択的に回収する技術を確立した。以上の検討を通じ、ファージ・ディスプレイ法による菌体特異的ペプチドの選択と、それを利用した微生物の回収技術に関する基礎的検討と、その基盤技術の確立を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 未利用生物資源、未培養微生物、コンビナトリアルバイオエンジニアリング

【研究題目】 扁桃体ネットワークの動作機構と投射様式の同時可視化解析～嗅覚系を中心として～

【研究代表者】 梶原 利一
(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 梶原 利一（常勤職員1名）

【研究内容】

扁桃体皮質核が嗅覚系の支配を受けて、どのように機能しているのかを、基底外側核との神経連絡に着目し、明らかにする事を目的とした。そのために、まず、神経ネットワーク動作と神経投射様式の解析を容易にする新規単離脳実験系を完成させた。この系に、新たに開発した脳深部多点神経応答記録・解析システムを組み込み、嗅索刺激により活性化される扁桃体ネットワークの機能構造を解析した。その結果、嗅球から扁桃体皮質への二つの神経経路のうち、梨状皮質を介した経路は第 I/II 層上部に投射するが、嗅内皮質を介した経路については、第 III 層下部へ投射していることが判明した。また、繰り返し入力の影響を受けてシナプス電流の流入強度が顕著に増大する領域が第 II/III 層にある事も新たにわかった。更に、基底外側核の神経応答のピーク潜時は、皮質核の各層で惹起された神経応答の潜時よりも遅れていることから、嗅索刺激による神経興奮は皮質核を経由して基底外側核へ到達することが推測された。この情報の流れを解剖学的に検証する為、基底外側核への逆行性トレーサーの注入をモルモットの脳において行う為の実験プ

ロトコルの確立も試みた。本研究で目指したような嗅覚系ネットワークの機能構造に関する知見の蓄積は、たとえば、扁桃体や海馬に起因した精神疾患を、嗅覚異常により予見しようとする研究の基礎の確立という点において意義深いと考えられる。したがって、今回構築した単離脳実験システムは、とくに *in vivo* での計測が難しい後段の嗅覚系処理回路の研究を推し進める上で、極めて重要な役割を担うことが期待される。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 可視化技術、齧歯類、嗅覚、記憶学習、神経可塑性

【研究題目】 標識や分子マーカーの不要な電気化学 SNP 検出法の開発

【研究代表者】 加藤 大（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 加藤 大、小森谷 真百合
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

従来、標識や分子マーカーを必要とする DNA 中の一塩基多型 (SNPs) 計測を、DNA 中の各々の核酸塩基を同時に、識別、定量可能なナノカーボン薄膜電極を利用して、電気化学的に高感度に直接検出する簡便な方法を実現することを目的とする。平成22年度は、昨年度得られたナノカーボン薄膜表面の全核酸塩基に対する電極活性、ならびに DNA の直接計測に最適な DNA 鎖長に関する知見に基づき、実在の DNA 配列中からの非標識 SNP 計測へと展開した。具体的には以下の点を明らかにした。

1. 核酸塩基の高感度測定のためのナノカーボン膜表面の評価

更なる安定・高感度測定のために、活性化ナノカーボン電極を用いて DNA 酸化体の定量性を評価したところ、従来のカーボン材料 (GC 電極) に比べて極めて優れた検出限界 (3nM) と測定再現性 (C.V. 値 = 0.75% (n=12)) を得た。これは本ナノカーボンがその表面平坦性を損なうことなく活性化可能であり、その結果、表面への DNA 塩基の吸着を抑制できたためである。

2. 実在遺伝子に基づく塩基配列中の任意の SNP 部位の直接電気化学検出

安定に測定可能な DNA 試料を回収するため、ハイブリダイゼーション法と DNA 分解酵素を駆使して、目的の DNA 断片を抽出・回収し、電気化学計測を行った。具体的には、目的の配列と相補的なプローブ DNA と目的試料 (*p53* 遺伝子のオリゴヌクレオチド) を磁性ビーズ上で、ハイブリダイズさせた後、一本鎖特異的 DNA 分解酵素 (S1) を用いて、目的の配列部分 (*p53* 癌抑制遺伝子のコドン248等) を抽出・回収した。この溶液を、微小体積測定用セルに充てんし、SNPs 部位の直接計測を検証した。得られた計測法に

において、SNPs のバリエーションを検討したところ、コドン248の G→A、C→T 変異等の簡易検出が可能であった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ナノカーボン、DNA、一塩基多型 (SNP)、電極

〔研究題目〕 生細胞におけるホスホリパーゼ D の活性可視化と一分子計測による運動制御機構の解明

〔研究代表者〕 長崎 晃 (バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 長崎 晃 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

細胞運動は様々な素過程 (細胞極性、細胞骨格、細胞接着、細胞内小胞輸送等) によって高次に制御されていることが示されている。しかし、運動中における各素過程間のクロストークに関する包括的な理解は進んでいない。そこで我々は「各素過程間を統括制御する因子の同定」を進めるため、細胞性粘菌をモデル生物として細胞運動に関わる遺伝子群のゲノムワイドな探索を試みた。作成した変異体ライブラリーから、細胞運動能が低下した22クローン単離し、これらのサプレッサーの挿入変異領域を決定したところ、様々なカテゴリーに分類される遺伝子群が同定され、そのうちの一つはホスホリパーゼ D (PLD) 遺伝子に挿入変異が入っていた。PLD は細胞膜の主要構成成分であるホスファチジルコリンを加水分解し、様々な生理活性を有するホスファチジン酸 (PA) を生産する。近年、多くのヒト由来のガン細胞において PA が細胞運動を亢進させるという報告が相次いでおり、その悪性度と PLD 活性の上昇に相関があることが明らかになっている。

そこで本申請研究では細胞運動における PLD の役割を分子レベルで明らかにするために、細胞膜上における PLD の挙動および活性化状態を検出することを試みた。

PLD 活性化状態を可視化するために当初は FRET ベースのプロープ作成を目指した。これまでに、約150種以上のプロープ作成を試みたが、作成したプロープはどれもダイナミックレンジが小さく、汎用性の高いプロープ作成にはいたらなかった。そこで、全反射顕微鏡を用いてホスファチジン酸の一分子検出に切り替え、一分子観察を行うためのプロープとしてホスファチジン酸結合ドメインと GFP の融合タンパク質を作成し、細胞膜上におけるホスファチジン酸分布の画像化を試みた。

また、PLD は細胞膜の構成成分であるホスファチジルコリンを加水分解することで PA を産生する酵素である。このことから PLD は細胞膜上に局在化する必要がある。そこで細胞膜上における PLD の挙動を明らかにするために、全反射顕微鏡を用いて細胞膜上の GFP-PLD2 を観察した。本研究で昨年度に購入したオレンジレーザーの設置によりビデオレートにおける PLD と細

胞骨格系タンパク質との同時観測が可能となった。そこで前年度までに作成した Halo および GFP タグ融合タンパク質を発現するコンストラクトを用いて画像取得と解析を進めることで、細胞運動における PLD およびホスファチジン酸の空間的な分布と PLD の運動に伴う細胞骨格の再構築への関与を明らかとした。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 細胞運動、がん転移、イメージング、ホスホリパーゼ D

〔研究題目〕 ホヤ幼生末梢神経の誘導メカニズム

〔研究代表者〕 大塚 幸雄

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 大塚 幸雄 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

目標：

ホヤ初期発生過程における nodal シグナル伝達経路を解析し、ホヤ幼生末梢神経の誘導メカニズムを明らかにする。

研究計画：

Chordin、snail、Pax3/7はホヤ幼生末梢神経の前駆細胞に発現する nodal 標的因子である。これら3遺伝子の発現制御領域を単離・解析することで、ホヤ幼生末梢神経の誘導に関わる転写因子・シグナル因子を同定する。また、単離した Chordin、snail、Pax3/7の遺伝子発現制御領域をもとに、ホヤ幼生末梢神経に外来遺伝子を発現させるためのツール開発を行う。

年度進捗状況：

ci-chordin、ci-Pax3/7の遺伝子発現に必要な最小転写調節領域を同定するために、昨年度単離した約300bp の遺伝子発現制御領域について5'側及び3'側からディレクションコンストラクトを作成し、カタユウレイボヤ胚を用いたプロモーター解析を行った。その結果、ci-chordin については5'上流域の80bp に転写活性があり、ci-Pax3/7についてはイントロン内134bp に転写活性があることを明らかにした。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 神経誘導、シグナル伝達、転写制御

〔研究題目〕 網羅的変異データベースに基づく新規蛋白質設計法の開発

〔研究代表者〕 横田 亜紀子

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 横田 亜紀子 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

蛋白質は、多種多様な生物機能を担う生体高分子であり、蛋白質を自由自在に設計・制御することは、現代の生命科学における最重要課題の一つである。そして、蛋白質の確実な設計には、「蛋白質のアミノ酸配列」と「その構造、機能、安定性」の対応関係の調査が必要不

可欠である。本研究では、ジヒドロ葉酸還元酵素をモデル蛋白質とし、その網羅的変異データベースを用いることにより、汎用性・確実性の高い新規蛋白質設計法の確立を目指している。今年度は、特に保存度の高いサイトをピックアップして、その部位について、19種類の1アミノ酸置換変異体を網羅的に作製し、その活性や安定性、二次構造等の物性解析を行った。それにより、各蛋白質特性パラメータ（活性、安定性、基質あるいは補酵素特異性などに対する変異効果）と配列情報（保存度等）の関係、各蛋白質特性パラメータとアミノ酸特性（極性、サイズ等）の関係、などに関する情報の蓄積に成功した。これらは、アミノ酸配列（変異導入部位や置換するアミノ酸の種類）と蛋白質特性パラメータとの対応関係に関する経験則の抽出において、重要な知見であり、今後、蛋白質の設計法を開発していく上で、有効活用が期待される。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 蛋白質デザイン、酵素、変異解析、機能改変

【研究題目】 自律的にフォールドする短鎖セグメントを起点とした小型人工蛋白質のビルドアップ

【研究代表者】 渡邊 秀樹

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 渡邊 秀樹 (常勤職員1名)

【研究内容】

医学・工学分野では、既に多くの天然型タンパク質あるいは改変型タンパク質が利用されているが、本研究ではこれらの巨大分子の代替として機能する小型の人工タンパク質の設計創製技術を構築することを目的とする。人工タンパク質を新たに創製する上での技術的障壁の一つは、その配列空間の天文学的なまでの膨大さにある。そこで、これを克服する手段として、「セグメント単位での段階的伸長」と「自律的な構造規制要素の導入による進化の促進」の二点を基盤とするあらたな設計指針を考案した。このアイデアを具現化するために、ファージディスプレイによる分子進化工学的手法を活用し、標的として用いたモデルタンパク質に対する選択操作を段階的に行うことで、目的の機能を有した小型人工タンパク質の創製に成功した。取得した複数のクローンの機能と構造の解析から、作製した小型人工タンパク質は、標的として用いたモデルタンパク質に対して 10^{-9} ~ 10^{-8} の高親和性で結合し、導入した構造規制要素の介在により分子全体として天然型タンパク質様の安定な立体構造を形成していた。この結果は、作製した小型人工タンパク質が巨大分子の代替として機能するための基本的要件を満たしていることを示している。加えて、一般に化学架橋の無い非環状分子は低親和性でかつ安定な立体構造を形成しないことから、本手法は、ジスルフィド架橋の導

入が有効でない細胞質内などの還元条件下で機能する分子標的薬の開発や構造不安定性故に機能低下する既存ペプチドの高機能化の手段としても有効である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 人工タンパク質、ファージディスプレイ、進化分子工学

【研究題目】 FGF21による体内時計及び体温調節機構の解明

【研究代表者】 大石 勝隆

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 大石 勝隆 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標：

ケトン体ダイエット（低炭水化物食）による体内時計の位相前進作用に核内受容体 PPAR α （ α 型ペルオキシソーム増殖剤活性化受容体）が関与している可能性を検証する。

研究計画：

PPAR α のノックアウト（KO）マウスを用いて、ケトンダイエット負荷の体内時計に対する影響について検討を行った。

年度進捗状況：

1週間のケトンダイエット負荷は、フィブラートを投与した場合と同様、野生型マウスの肝臓において、PPAR α の典型的な転写ターゲット遺伝子である *Cyp4A10*や *FGF21*の mRNA 発現を顕著に誘導したが、PPAR α KO マウスにおいては、これらの発現誘導が顕著に抑制されていた。ケトンダイエット負荷の末梢時計に対する影響を検討するために、心臓と肝臓における時計遺伝子及び被時計制御遺伝子の発現を調べたところ、PPAR α KO マウスにおいても野生型マウスと同様に、日周発現の位相前進が認められた。行動リズムを規定している脳内中枢時計に対する影響を検討するために、行動リズムの測定を行ったところ、PPAR α KO マウスにおいても野生型マウスと同様に、活動開始時刻の前進が認められた。これらの結果は、ケトンダイエット負荷に伴う中枢時計及び末梢時計の位相前進には、PPAR α が必須では無い可能性を示している。AMPKの活性化やカロリー制限が時計の位相前進に関わっているとの報告もあることから、ケトンダイエット負荷やフィブラートの投与による飢餓状態が体内時計の位相前進に関わっているものと考えられるが、その分子機構の解明が期待される。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ケトン体ダイエット、体内時計、核内受容体

【研究題目】 RNA合成酵素複合体の機能構造解析

【研究代表者】 富田 耕造

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 富田 耕造、竹下 大二郎、永池 崇
(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

ウイルス由来 RNA 合成酵素 (Q β レプリカーゼ) の複合体形成分子メカニズム

Q β ウイルスは一本鎖の RNA をゲノムとして有するウイルスであり、Q β レプリケースによってその RNA ゲノムの複製・転写を行う。Q β レプリケースは Q β ウイルスゲノム RNA 上にコードされている RNA 依存的 RNA 合成酵素 (β サブユニット)、宿主由来の翻訳伸長因子 EF-Tu、EF-Ts、およびリボソームタンパク質 S1 から構成される。Q β レプリケースによる RNA 複製・転写活性には β サブユニットと宿主由来の翻訳因子 EF-Tu、EF-Ts とが三者複合体を形成することが必要であることが知られている。しかしながら、これらの翻訳因子の、翻訳伸長過程における確立した機能を越えた役割、すなわち、RNA 合成における役割は明らかにされていなかった。Q β レプリケースのコア複合体 (β サブユニット、宿主由来の翻訳伸長因子 EF-Tu、EF-Ts) の複合体形成分子機構を解明するために、コア複合体の X 線結晶構造解析を行い、構造を決定した。この解析から、EF-Tu、EF-Ts は β サブユニットと疎水的相互作用し、その結果、コア複合体の中の β サブユニットの活性触媒コアの構造が維持されていることが明らかになった。また、生化学的解析から、EF-Tu、EF-Ts と β サブユニットの相互作用は、コア複合体形成に必要であることを示し、EF-Tu、EF-Ts がシャペロン機能を有していることを明らかにした。鋳型 RNA、合成された RNA、付加されるヌクレオチドのコア複合体活性部位へのモデル構築から、ヌクレオチドおよび鋳型 RNA の活性部位へ通じるトンネルを同定した。また、このモデルから、コア複体内の EF-Tu が、RNA 合成のプロセッシングな RNA 伸長反応を促進する “Modulator” としての、翻訳過程での役割を越えた、新たな機能を有する可能性を提示した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 RNA、合成、複合体

【研究題目】 細胞内 mRNA の定量的分布解析と細胞への mRNA 導入技術の開発

【研究代表者】 中村 史 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 中村 史 (常勤職員1名)

【研究内容】

我々は、シリコン AFM 探針を集束イオンビームで加工し先鋭化した探針 (ナノニードル) を用いて、低侵襲に細胞への物質導入、または細胞内の物質を検出する技術の開発を行っている。昨年度までにおいて、ナノニードルを用いた生細胞内の mRNA 検出を試み、アミノシラン修飾を介してモレキュラービーコンを固定化したナ

ノニードルを用いて生細胞内において mRNA の検出が可能であることを報告した。しかしながら、この検出系において S/N 比が低い問題があった。より高い S/N 比での生細胞内 mRNA の検出を実現するために、自己集合単分子膜 (SAM) を介してモレキュラービーコンを固定化した金コートナノニードルの利用を検討した。

単結晶シリコンからなるナノニードルにクロム、及び金を順に蒸着し、金コートナノニードルを作製した。ピオチン修飾アルカンチオールを用いて金表面にピオチンが提示された SAM を形成後、表面にストレプトアビジン、次いでピオチン修飾モレキュラービーコンを固定化することで、モレキュラービーコン固定化金コートナノニードルを作製した。モレキュラービーコンは Human GAPDH mRNA を認識するものを使用した。AFM を用いてモレキュラービーコン固定化金コートナノニードルを培養2日目の HeLa 細胞に挿入し、共焦点レーザー走査型顕微鏡による金コートナノニードルの蛍光観察を行った。得られた蛍光像の蛍光強度を算出した結果、挿入前と比較して約9倍の蛍光強度の増大が観察された。これまでに既に報告したアミノシラン修飾を介したモレキュラービーコン固定化ナノニードルを細胞に挿入した場合、観察された蛍光強度の増大は約2倍であった。本結果により、金コートナノニードル上への SAM を介したモレキュラービーコンの固定化法を用いることにより、より高 S/N 比での細胞内 mRNA 検出が可能であることが示された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞操作、RNA 抽出、AFM、ナノニードル、タンパク質発現

【研究題目】 電子顕微鏡画像を用いたタンパク質構造変化の自動解析技術の開発

【研究代表者】 小椋 俊彦

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 小椋 俊彦 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標:

本研究は電子顕微鏡によりタンパク質を撮影し、この画像情報より3次元構造を構築する単粒子構造解析法の新しいアルゴリズム及び計測方法の開発を目的とする。タンパク質は、構造を変化させることで機能しているため、3次元的な構造変化を捉えることは極めて重要となる。本提案は、新たな画像情報処理アルゴリズムやより高コントラストかつ低ノイズの画像取得技術やシステムを開発することで、タンパク質の3次元構造変化を自動的に解析することを目標とする。

研究計画:

本年度は、電子顕微鏡画像から自動的に3次元構造を解析するアルゴリズムの開発とその高速化アルゴリズムの開発を行った。これまで購入した画像処理用ワークス

ーション5台を用いて、並列に動作可能なシミュレーティッドアニーリングを用いたアルゴリズムの分散処理化を進め、さらに、シミュレーティッドアニーリングによる構造変化画像のクラス分類法に関しても開発を行う。これと平行して、画像情報処理に用いる生物画像サンプルの電顕画像の取得を進め、これらの画像を新規の並列処理システムにより解析を行う。

年度進捗状況：

電顕画像の解析処理速度の向上を目指し、5台の画像処理用ワークステーションによる、並列分散処理化を行った。これにより、実験画像の解析処理速度が向上し、解析期間の短縮を可能とした。これに加えて、複数のステートを有するタンパク質画像の新たな解析方法として、シミュレーティッドアニーリングを用いた、各平均画像を自動的に分類するアルゴリズムを開発した。この方法を用いることで、自動的に様々な構造変化のクラス平均画像が生成され、それぞれの3次元構造をほぼ自動的に解析することが可能となった。さらに、これまでの研究の中で、画像のノイズ成分によるアーティファクトが解析処理において大きな影響を及ぼすことが示唆されており、出来るだけコントラストが高くノイズの少ない画像を得る方法が必須となっている。そのため、走査電子線を用いた新たな生物サンプルの観察方法の開発を行った。この方法では、生物サンプルを染色する事無く観察することが可能であり、かつ、生物サンプルの構造変化を捉えることも可能とした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】単粒子構造解析、画像処理、アルゴリズム、3次元構造解析

【研究題目】ナノカーボン薄膜電極を用いたメチル化DNA 定量デバイスの開発

【研究代表者】丹羽 修 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】丹羽 修、加藤 大
(常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

前年度、60mer の CpG 配列などの長いメチル化 DNA 分子をスパッタナノカーボン薄膜を利用した電気化学的な直接酸化（微分パルスボルタンメトリや矩形波ボルタンメトリ）によりメチル化率とメチルシトシンのピークの間で明確な正の相関が得られることを確認した。しかしながら、その電流値は、モノヌクレオチド測定の場合に比較し大幅に低下していることが分かった。そこで今年度は、メチル化したシトシンを含む配列を DNA 分解酵素により分解し、生成物を電気化学直接酸化で定量することにより、より精密で高感度なメチル化率の測定を試みた。メチル化の頻度が高い CpG 配列のシトシンのメチル化率をいくつか変えた試料を用意し、これを酵素分解処理し生成物をゲル電気泳動で解析したところ、泳動パターンより、ほぼモノヌクレオチドレベルに分解さ

れたことが確認された。そこで、生成物を電位窓が広い電子サイクロトロン共鳴 (ECR) スパッタカーボン薄膜電極により直接電気化学酸化によって定量すると、メチル化率とメチル化シトシンに基づく電流値の間に良い正の相関が得られた。また、その感度は、酵素による分解処理を行わない時に比較し、3倍以上も向上し、一塩基レベルの差も測定できることを確認した。一方、チップ上で微量試料を高感度に検出するため、ECR スパッタカーボン薄膜電極を利用した微小ディスクアレイ電極を開発した。本電極では、電流密度が通常サイズの電極に比べて約13倍向上し、金属電極に比べて生体分子の吸着による電流値の低下が1/15に低下し、メチル化率を電気化学的に高感度に検出できる見通しが得られた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】パッタ法、ナノカーボン膜、電気化学、DNA メチル化

【研究題目】エストロゲン様化学物質影響評価のための膜共役経路の解明

【研究代表者】木山 亮一

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】木山 亮一 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

エストロゲンは女性ホルモンとして、性分化、妊娠、性行動などに関わっている。本研究では、エストロゲンの細胞内シグナル伝達系に関して、膜受容体経路とは別の膜経路について注目し、様々な成長因子に対する膜受容体経路のシグナル伝達経路との共役経路を明らかにすることで、従来明らかにされた核内受容体経路だけでは説明できない化学物質による生理作用のメカニズムを明らかにすることを目標にしている。

平成22年度は以下の研究を行った。

- (1) エストロゲン応答遺伝子によるシグナルカスケードの同定 (平成21年度終了)
- (2) 化学物質を用いた膜共役系を含めた遺伝子応答のプロファイリング (平成21年度から継続)

ビスフェノール A に関して、受容体やシグナルメディエーターに対する阻害剤、さらに RNA 干渉法を用いてシグナル伝達を解析し、エストロゲン受容体によるジェノミック経路とは異なる GPR30受容体経路のシグナル伝達経路を見出した。

- (3) ラット脳の分化におけるエストロゲン応答シグナル伝達系の解析 (平成21年度から継続)

DNA チップ解析によって明らかになった *RhoGDI* と *PKCδ* 遺伝子について、抗体を用いてタンパク質レベルでラット脳 (特に脳下垂体視床下部) の性分化との関わりを検証した (日本医科大学と連携)。

- (4) 天然試料などの混合物を用いた遺伝子応答のプロファイリング (平成21年度から継続)

健康食品に使われている天然物について、シグナル

伝達経路に関して解析を行ない、エストロゲンシグナル伝達系との関わりについて解析を行った。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】エストロゲン、シグナル伝達、脳神経系、遺伝子発現プロファイリング、遺伝子機能

【研究題目】シナプス分子輸送の2光子吸収を用いた光標識による解析

【研究代表者】清末 和之
(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】清末 和之、亀山 仁彦
(常勤職員2名)

【研究内容】

目標：

シナプスの可塑性は“電気活動の履歴”が“蛋白質と構造の変化”として記憶される現象である。このシナプスを構成する蛋白質分子は自身の輸送と結合等の特質により自立的に集積、解離するが、この“記憶”に伴う、分子の挙動は不明である。シナプスには多種の蛋白質分子があるが、本研究ではシナプス可塑性の発現に重要な役割をもつリン酸化酵素 (CaMKII 等) に注目する。1つのスパインにあったリン酸化酵素を、光活性化により標識、追跡し、その分子の神経細胞内の挙動を明らかにする。この研究は、いわば、“記憶を持った分子”が神経細胞内でどのように振舞うのかを可視化することで、シナプス可塑性発現の入力特異性、および協同性の理解に繋がる基盤的研究となる。

計画：

(1) シナプス可塑性に関連するリン酸化酵素を光活性化 GFP (paGFP)、Dronpa 等のキメラ蛋白質としてコードするプラスミドを作成し神経細胞に安定に発現させる。(2) 光活性化するための光学系 (短パルスレーザーと観察用の光学系を組み合わせ、任意の場所を光活性化できる測定系の確立。(3) 任意のシナプスを活性化する方法の確立。作成した素材と計測技術の確立のもと、神経細胞内で、特定のシナプス部位に存在するリン酸化酵素の動態解析を行う。

結果：

(3) リン酸化酵素のシナプスでの動態測定。paGFP で標識した CaM キナーゼの動態を2光子励起法で光標識して明らかにした。解析の結果、スパインに繫留時間の半値は paGFP 単体で50ms 程度であるのに対して、paGFP-CaMKII は600s 程度であった。GFP は粒状で、特的結合相手を有しない分子とされているため、スパインの3次元的構造、及び細胞内骨格等細胞質の粘性特質に依存した拡散であると考えられる。これに対して、CaMKII は GFP の4桁ほど遅い。また、基質の一つであるグルタミン酸受容体のサブユニットの一つである GluR1は CaMKII よりも短い時間であった。これらの

事実は、活性化された CaMKII は、グルタミン酸受容体の入れ替わりより長い時間スパインに留まり、次々とグルタミン酸受容体を活性化することを示唆している。さらに、任意のシナプスに繫留されていた CaMKII が他のシナプスへ移動するかについて評価している。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】神経科学、脳・神経、光スイッチ、可視化

【研究題目】シナプス及びシナプス局在タンパクの動態解析

【研究代表者】海老原 達彦
(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】海老原 達彦、森田 美穂
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究では、可視化したシナプス局在タンパクを導入したトランスジェニックマウスを作製することで神経シナプスを安定して可視化することで、シナプスの経時変化や構造を解析することを目指している。

実験系によって必要とする発現系が異なり、生きたまま脳のシナプスを観察する場合は、前年度までに作製した cre-loxP を導入したマウスの胎児脳に、Cre 酵素 DNA を導入・発現させることで、海馬にて限定的にトランスジーンを発現させる。平成22年度は実際の観察系の構築及びシナプス観察を行い、蛍光タンパク種の異なるマウスの作製も行った。現段階で、作製したマウスは、すぐに経時観察に使用可能と考えている。震災ダメージを負った観察系の修理・再構築ができれば、海馬スライス培養から、解析を始めていきたい。

併行して、ポストシナプス可視化トランスジェニックマウスの海馬から神経細胞を一次培養し、大気圧走査電子顕微鏡 (ASEM) を用いて神経及びシナプス部位を解析した。日本電子と産総研にて開発された ASEM は、水中のサンプルを同一視野にて蛍光 (光頭) 及び、電子顕微鏡 (SEM) 観察が可能なシステムである。この結果、シナプスや成長円錐等神経細胞における細胞骨格タンパクの局在を精細に明らかに出来、チューブリンの樹状突起における螺旋構造やシナプス部位におけるアクチンチューブリンの棲み分け等を明らかに出来た。また、ASEM に用いるサンプルに最適な電子顕微鏡用の金属染色方法検討し、小胞体様の構造、色素胞、神経シナプスや成長円錐、細胞内骨格等の、最適な金属種及び組み合わせを得た。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】シナプス、可視化、2光子顕微鏡、大気圧走査電子顕微鏡

【研究題目】CUT-homeodomain 転写因子の DNA 結合におけるドメイン間相違と協同性

〔研究代表者〕 山崎 和彦
(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 山崎 和彦、山崎 智子
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

DNA 結合ドメインとして CUT ドメインとホメオドメインをもつ転写因子である SATB1 タンパク質と Cut/Cux/CDP タンパク質は、翻訳後修飾やプロテオシスによる部分切断の結果、DNA 結合活性や認識配列が変化する。本研究はその仕組みについて、構造生物学的手法によって詳細に解明することを目指す。今年度は、SATB1の CUT ドメインとホメオドメインによる DNA への結合に関して等温滴定熱量測定による熱力学定数の解析を行い、CUT ドメインとホメオドメインの両方が、1つの認識配列単位の DNA に対して、協同的に結合することを明らかにした。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 遺伝子発現、DNA 配列特異的認識、協同性、等温滴定熱量測定

〔研究題目〕 多種の血管新生因子を同時検出するための蛍光プローブの創製と医療診断への展開

〔研究代表者〕 鈴木 祥夫
(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 鈴木 祥夫 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本申請では、これまでに得られた知見を基に、癌細胞の増殖・転移に密接に関与する代表的な2種類の血管新生因子 (FGF と VEGF) を同時認識し、可視化イメージングを行うことが出来る新規蛍光分子プローブの設計・合成およびその性能評価を行う。

本年度は、VEGF 検出用蛍光分子プローブ及び FGF 検出用蛍光分子プローブ設計・合成および性能評価を中心に行った。それぞれの蛍光分子プローブの蛍光発色団は、これまでに開発したタンパク質検出用試薬を改良し、標的物質との疎水性相互作用による複合体形成によって強い蛍光発光を誘起する部位として4-(ジシアノメチレン)-2-メチル-4H-ピランを有するものおよびフルオレセイン誘導体とした。上記の蛍光発色団を、VEGF 検出用プローブでは、VEGF 受容体の VEGF 結合部位に導入した。また、FGF 検出用プローブでは、ヘパリンを導入した。これらの蛍光分子プローブが、それぞれ目的とするタンパク質を特異的に認識するかどうかを、蛍光光度法を用いて確認した。その結果、VEGF および FGF 添加前は、蛍光分子プローブからは微弱な蛍光が観察されたが、室温下、VEGF および FGF を添加すると、それぞれ目的のタンパク質と相互作用した時のみ、瞬時に蛍光強度の増加が確認された。検量線については、VEGF 濃度および FGF 濃度と蛍光強度との間には良好

な直線関係が成立した。また、VEGF 検出用蛍光プローブをナノピラーから構成される基板上に精密に固定化し、VEGF との相互作用を確認したところ、単に溶液状態に分散させた時および平坦な基板に固定化させた時よりも、5倍程度の検出感度の向上が確認された。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 タンパク質、蛍光分析、分子プローブ

〔研究題目〕 induced folding 機構の獲得を抗体の親和性成熟に学ぶ

〔研究代表者〕 古川 功治
(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 古川 功治、古川 安津子
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

C57BL/6マウスのハプテン、NP、に対する免疫応答で起こる抗体の親和性成熟を我々は精査してきた。最近我々はこの抗体の親和性成熟の過程で induced folding 機構を新たに獲得する成熟経路を見出した。この経路では抗原結合に伴う induced folding により得られた構造安定化エネルギーを抗原結合に活かし、高親和性を獲得していると考えられた。本研究では生体内で行われたこのような親和性成熟について経路に沿って分子基盤を精査していく。具体的には出発点のクローンから最終点のクローンへ到達するまでに導入された10個の変異導入のすべての組み合わせ (1024通り) の変異体を作製しフェージディスプレイによりスクリーニングすることで、induced folding のデザインを変異導入の順番を含めて議論できると考えた。22年度は引き続き変異体の作製を行った。前年度に完成した H 鎖と L 鎖の変異体の組み合わせることで1024通りすべての変異体を作製すべく発現ベクターの構築を行った。またここで得られた発現系の応用利用、抗原抗体反応の評価技術を用いた共同研究も行った。論文作成に至った。なお、これまでに作製した変異体の中で興味深いものについては既に滴定型熱量測定計を用いて抗原抗体反応を解析した。H 鎖との界面に位置する L 鎖上の変異導入が、親和性上昇をもたらす H 鎖の変異を活かすために必須であることが示唆された。これらについては X 線結晶構造解析にも着手している。今後 induced folding との関連にも興味を持たれる。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 抗体、蛋白質フォールディング、親和性成熟、安定性

〔研究題目〕 FGF 受容体の変異による骨・軟骨形成不全疾患発症メカニズムの分子レベルでの解析

〔研究代表者〕 浅田 眞弘
(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 浅田 眞弘、今村 亨、鈴木 理
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

繊維芽細胞増殖因子 (FGF) は受容体 (FGFR) と結合することで様々な生理活性を発揮する。この際、ヘパラン硫酸をはじめとするグリコサミノグリカン (GAG) の共存が必須であると考えられている。近年、先天性奇形である Apert 症候群に見られる FGFR2 の点突然変異によって、FGFR がヘパラン硫酸非依存的にリガンドと結合する例が報告され、FGFR の突然変異による受容体活性の亢進をヘパラン硫酸への依存性の消失で説明できる可能性が考えられた。本研究では、他の類似の疾患における FGFR の変異が三者 (リガンド、受容体、GAG) 複合体の形成や細胞内でのシグナル伝達に及ぼす影響を解析し、FGFR の変異がもたらす疾患の発症メカニズムを分子レベルで解明することを目的とした。

平成21年度には、複数の変異型の受容体遺伝子を構築し、これらを組換え体可溶性蛋白質として調製した。平成22年度は、これらを用いて、*in vitro* のリガンド結合試験を行った。その結果、変異を導入した型の FGFR は野生型の FGFR とは異なる挙動を示すことが明らかとなった。また、変異の部位や種類によっても、FGF 受容体としての機能が異なることが示された。

今後は、各変異受容体を発現する培養細胞を樹立し、リガンド特異的、GAG 依存的なシグナルの惹起を評価する予定である。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 繊維芽細胞増殖因子、先天性奇形、グリコサミノグリカン

〔研究題目〕 分子病態の解明と治療を目的としたディスフェルリン結合タンパク質に関する研究

〔研究代表者〕 松田 知栄
(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 松田 知栄 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

目標：

ディスフェルリンは病態の異なる2つの筋ジストロフィー (三好型遠位型筋ジストロフィー、肢帯型筋ジストロフィー2B 型) の責任遺伝子産物である。ディスフェルリンは骨格筋細胞膜の損傷部位においてカルシウム依存的にパッチを形成することから膜修復に関与することが示唆される。

ディスフェルリン欠損による筋ジストロフィーの分子病態を解明するために、細胞膜損傷・修復時におけるディスフェルリン、ディスフェルリン結合タンパク質の動態を培養細胞、アフリカツメガエル卵母細胞の系を用いて明らかにする。

年度進捗状況：

マウス骨格筋 (足底筋、FDB) に dysferlin-EGFP/pcDNA3.1 または mCherry-MG (ミツグミン) 53/pcDNA3.1 をエレクトロポレーション法で導入した。7 日後に FDB を単離し筋膜を剥離した whole muscle、あるいは FDB をコラゲナーゼ処理して分離した単一の筋繊維 (single myofiber) において導入した蛍光タンパク質が発現していることを蛍光顕微鏡で確認した。whole muscle、あるいは single myofiber の細胞膜に2光子レーザーで損傷を与え、膜損傷、修復過程の dysferlin-EGFP または mCherry-MG53 の分子挙動をリアルタイムで共焦点レーザー顕微鏡にて観察した。この結果、dysferlin は膜損傷部位に秒オーダーで損傷部位に凝集することを明らかにした。また、dysferlin 欠損症の患者型変異を導入した mutant dysferlin-EGFP も野生型と同様の分子挙動を示し、細胞膜損傷部位に凝集することを見出した。さらに、MG53 も dysferlin 同様に秒オーダーで損傷部位に凝集するが、その速度は dysferlin よりやや遅いことを見出した。現在、dysferlin-EGFP と mCherry-MG (ミツグミン) 53 を FDB において共発現させ、膜損傷、修復時の両者の分子挙動を同時にリアルタイムで解析することを試みている。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ディスフェルリン、筋ジストロフィー、MG53 (ミツグミン)

〔研究題目〕 ナトリウムチャネルの E3 領域をターゲットにしたペプチド系鎮痛剤の開発

〔研究代表者〕 稲垣 英利
(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 稲垣 英利、上野 悟、木本 光
(常勤職員1名、他2名)。

〔研究内容〕

本研究は、ナトリウムチャネル阻害ペプチド SKTX の誘導体ライブラリーを、哺乳類ナトリウムチャネル 1.3 (Nav1.3) の3番目の細胞外領域 (E3 領域) への結合を指標としてスクリーニングし、Nav1.3 の活性を特異的に阻害する SKTX ペプチド誘導体を開発することを目的とするものである。

平成22年度は前年度作製した SKTX の誘導体ライブラリーから、スクリーニングを行った。選択したペプチドの中には、対応する cDNA の中にストップコドンが挿入されたことが影響して、部分長のペプチドが含まれていた。そこで、スクリーニング作業と並行して、誘導体ライブラリーの一部を修正するとともに、完全長のペプチドのみを選択できるステップをスクリーニング操作の中にあらたに追加した。その結果、目的のイオンチャネルに結合するペプチド誘導体をいくつか選択することができた。さらに、ペプチド誘導体のイオンチャネルへの結合活性を定量化する目的で、得られたペプチドと蛍光

タンパク質の融合タンパク質を作製した。

今後、これらのペプチド誘導体のイオンチャネルへの結合活性を定量化するとともに、アフリカツメガエル卵母細胞を用いた電気生理学的手法を用いて、ペプチドの活性及び特異性を検討したい。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】Nav1.3、SKTX、ペプチド誘導体

【研究題目】人工細胞膜を目指した安定なナノ構造分子膜構築に関する研究

【研究代表者】澤口 隆博

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】澤口 隆博、田中 睦生

(常勤職員2名)

【研究内容】

本研究は、表面修飾材料として新規に開発したホスホリルコリン系分子を電極基板上に単分子膜形成させ、膜タンパクなどの生体分子を捕捉し安定に機能発現しうる、生体膜類似のナノ構造分子膜を構築することを目的としている。チオール基等を介した表面化学結合形成により電極上での膜構造の安定化を図り、膜の集積状態の解析、膜を介した物質移動や電子移動反応を解析する。また、ナノ構造分子膜への非変性的な吸着や捕捉により膜タンパクを導入し、膜タンパク機能の発現に必要な膜特性を詳細に検討する。

物理的、化学的な安定性を重視して新規に設計・開発したホスホリルコリン系分子によるナノ構造分子膜に関して、(1) 膜の基本特性、すなわち、膜の密度、物質透過性、電気化学特性等の評価、(2) 電気化学 STM による膜構造の分子レベル解析、(3) ホスホリルコリン部位の界面構造の解明、(4) 膜タンパクを補足し安定に機能発現しうる分子設計の検討を行う。これにより、膜タンパク等を補足するナノ構造分子膜の構築が可能であり、ホスホリルコリン系分子による人工細胞膜の構築を目指した研究展開を図る。

平成22年度は、原子的に平滑な Au および Pt 単結晶電極を高純度金属線の火炎溶融法により作製し、この単結晶電極 (111) 表面上にホスホリルコリン系分子による新規ナノ構造分子膜を構築して、膜としての基本特性の評価を行った。3-メルカプトプロピオン酸 (MPA)、デカンチオール (C10SH) の単分子膜、および、それらの2成分混合単分子膜と比較検討を行い、ホスホリルコリン・ナノ構造分子膜は表面の親水性が高いこと、膜密度が1/3程度低い表面構造であること等の基本特性が明らかになった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】構造・機能材料、機能性超薄膜、走査プローブ顕微鏡、自己組織化、表面・界面物性

【研究題目】低分子量 G タンパク質群のクロストークによる神経軸索伸張制御

【研究代表者】戸井 基道

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】戸井 基道、吉田 由美子

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

目標：

細胞の移動や神経回路網形成における軸索伸長には、外環境からの誘因あるいは反発をもたらすガイダンス分子特異的な細胞内の骨格制御が必要となる。本研究では、この細胞骨格制御に関わるキー因子である低分子量 G タンパク質「Rac」の新規エフェクターとして単離した RIN-1 タンパク質の機能解析を通して、このタンパク質を介した複数の低分子量 G タンパク質群間の活性化や空間的配置といった機能的クロストークの実態を明らかにする。

研究計画：

モデル生物線虫の *rin-1* 変異体を用い、その詳細な表現型解析と各 G タンパク質およびガイダンス分子受容体等の細胞内局在解析を行う。解析対象となる RIN-1、CED-10/Rac1、Rab-5、アクチン、ガイダンス分子受容体である UNC-40/DCC および SAX-3/Robo 等を蛍光タンパク質に融合させ、線虫神経細胞に発現させた形質転換体を作成する。これらの形質転換体を用いて、各タンパク質群の挙動を正常個体と突然変異体と比較する。年度進捗状況：

rin-1 変異体を単離し、様々な神経細胞移動や神経軸索伸長の表現型を解析したところ、ある細胞種で移動や軸索誘導が異常になっている事が明らかになった。遺伝学的解析を用いて、反発性因子 *slit* の下流で RIN-1 が機能していた事が分かった事から、*slit* の制御を受ける細胞で表現型の影響が現れると推測された。また、蛍光タンパク質を用いた局在解析の結果、*rin-1* 変異体において Rac や Rab-5、両ガイダンス分子の局在には顕著な異常は見られないが、アクチンの勾配分布が異常になる事が分かった。したがって、RIN-1 は反発性因子 *slit* のシグナルを受けて、細胞内に適切にアクチンの勾配を形成するために必要である事が明らかになった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】細胞移動、低分子量 G タンパク質、細胞骨格

【研究題目】休止期の毛包に高発現する細胞増殖因子は毛成長をどのように制御するか？

【研究代表者】今村 亨 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】今村 亨 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

目標：

本研究は研究代表者らが休止期の毛包に高発現するこ

とを発見した細胞増殖因子 FGFn について、その遺伝子ノックアウトマウスの表現型や毛包構成細胞に対する活性などのまだ解明されていない基礎的な問題を解決し、さらに FGF 関連分子を毛成長関連疾患の診断治療薬として臨床応用へと展開するための研究基盤を確立することを目標とする。

研究計画：

全体として以下の項目を研究する。1. Fgfn を皮膚特異的にノックアウトするマウスの安定的系統を樹立し、その毛成長表現型を解析する。2. 毛包構成細胞の増殖分化と *in vitro* 毛包形成への FGFn の影響を解析する。3. ヒトの脱毛症と FGFn の関連を解析する。

年度進捗状況：

平成22年度は皮膚特異的 Fgfn 遺伝子ノックアウトマウス（ホモ変異体）の安定的な系統を樹立すると共に、毛の成長表現型の解析に着手した。本研究で行う皮膚特異的な Fgfn 遺伝子ノックアウトは、Fgfn 遺伝子のエクソン3を loxP 配列で囲んだ（flox）アリルと、上皮細胞特異的な keratin 5プロモーターの制御下で発現される DNA リコンビナーゼ Cre の組み合わせによって達成される。このため、得られたマウスの flox/flox（ホモ）、+/flox（ヘテロ）、CreTG（+または-）の判定が重要である。この遺伝子型をサザンプロットにより決定する評価系を用いて、<ホモ、CreTG+>の個体を取得し、交配による繁殖、遺伝子型判定、を繰り返し行い、F6、F7世代まで取得し、表現型を非侵襲法で記録した。これと並行して、<ホモ、CreTG+>の若齢個体、成熟個体、加齢個体の一部から、それぞれ皮膚組織を採取し、皮膚と毛包の分子生物学的、生化学的、組織学的、免疫組織学的解析のための各種標本を作製した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 繊維芽細胞増殖因子、毛成長周期、毛包形態形成、組織幹細胞

【研究題目】 蜘蛛類毒腺の生理活性ペプチドの探索・解析および新規ペプチド創製の試み

【研究代表者】 木村 忠史

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 木村 忠史、久保 泰、中村 麻紗子

（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

目標：

毒産生生物の毒液には様々な生理活性ペプチドが含まれている。我々はこれまでに南米産タランチュラ毒腺から30個以上の新規生理活性ペプチドを発見している。本研究の目的は、更に多くの新規生理活性ペプチドを発見し、様々な細胞・脳神経機能研究などに適用できるペプチドライブラリーや低分子ケミカルライブラリーの基盤となることである。

研究計画：

南米産ローズヘアータランチュラの毒腺 cDNA ライブラリーから得た約9000個のクローンから約2000個を選択し DNA 配列を決定する。

年度進捗状況：

目標とする約2000個のクローンのうち約700個のクローンの配列を決定したところ、58個の生理活性ペプチドをコードするクローンを得、そのうち7個が新規のものであった。その後、より迅速に毒腺の生理活性ペプチドの cDNA 解析を進めるために、毒腺で発現している mRNA の次世代シーケンサーによる網羅的トランスクリプトーム解析を行うこととした。今回の解析ではランダムプライム法による均一化全長 cDNA ライブラリーを解析対象として総解析塩基数156M b のシーケンシングを行った。MIRA Assembler Version 2.9.45x1を用いたアセンブル解析では、1Kb 以上かつ5read 以上で定義される Large Contig が867個得られている。現在、詳細な解析を進めているところである。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タランチュラ、毒腺、cDNA ライブラリー、トランスクリプトーム、生理活性ペプチド、次世代シーケンス

【研究題目】 再生医学研究のための、新しいタイプの対物外位相差顕微鏡の研究開発

【研究代表者】 加藤 薫（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 加藤 薫、長崎 晃

（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

iPS 細胞や ES 細胞の再生医療への応用が期待されている。再生医療へ用いるには、無染色で、細胞の分化状態や生理活性を知る手法が必要である。本研究では、iPS 細胞や ES 細胞の核内部を直接観察し、核内の動きを直接観察出来る新しいタイプの顕微鏡開発を目指した。

ES 細胞の様な厚みのある細胞の核を顕微鏡観察するには、観察対象である細胞の「厚さ」、細胞内構造の「サイズ」と「屈折率」等の生体試料の光学的性質に応じて、光学部品の特性を設定する必要がある。しかし、現在の光学顕微鏡では、工場出荷時に一般的な最大公約数の観察対象を想定し、光学部品の特性が決められるため、幹細胞の可視化に適したものは必ずしも多くはない。そこで本研究では ES 細胞や、iPS 細胞など、発生工学で使われる細胞の可視化に適した、光学部品を置き替えた顕微鏡を作製した。

この顕微鏡により、核内のタンパク粒子を、高分解能で可視化することに成功した。さらに、無染色で細胞周期が同定できることを示した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 位相差、顕微鏡、可視化、細胞核

〔研究題目〕シリコン／希薄窒化物半導体ヘテロ複合の高品質化と薄型結晶シリコン太陽電池への応用

〔研究代表者〕坂田 功（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕坂田 功、Bibhu Prasad Swain
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、薄型結晶シリコン太陽電池の back-surface-field (BSF) 層に適した特性を有するシリコン／希薄窒化物半導体ヘテロ接合の技術的課題を解決し、高品質化を図ることを目標とする。希薄窒化物半導体としては GaPN を検討対象とする。具体的には、GaPN の窒素組成制御、GaPN 膜の n 型高濃度ドーピング、プラズマ源で発生した窒素を GaPN 膜に導入する際のイオンダメージの低減、GaPN 膜中の点欠陥とキャリア伝導機構の理解と制御、シリコン／GaPN ヘテロ接合のバンド不連続評価、試作した太陽電池特性による膜質評価などを行う。また、GeSi 基板と希薄窒化物半導体ヘテロ接合についても技術課題を明らかにする。

平成22年度は、GaPN 薄膜の分子線エピタキシー成長を継続し、GaPN 膜への n 型ドーピングを行った。ドーパントとしてシリコンを選び、フォトルミネッセンス測定、ショットキー接合を用いた容量－電圧測定から、ドーピングに伴う膜特性の変化、ドナーとしてのシリコンの活性度を検討した。シリコンの活性度が、窒素組成の増加に伴い急激に低下することを見出した。例えば、窒素組成1%では、活性度は5%であった。また、膜の深さ方向でシリコンの活性化率に分布があり、活性度が低い領域は絶縁膜に近い状態になるため、MIS-like な容量－電圧測定が観測される場合があることを見出した。高濃度ドーピングに必要な薄膜作成条件を検討し、必要な準備を完了したが、装置の不具合が生じ、シリコンを用いた GaPN 膜への高濃度 n 型ドーピングの実現には至らなかった。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕太陽電池、希薄窒化物半導体、ヘテロ接合

〔研究題目〕tRNA 揺らぎ塩基のカルボキシメチルアミノメチル化反応機構の構造機能解析

〔研究代表者〕大澤 拓生

（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕大澤 拓生、沼田 倫征
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

高度好熱菌 *Thermotoga maritima* 由来 MnmE を大量精製、結晶化し、その結晶構造を決定した。構造解析の結果、MnmE は三つのドメイン（N 末端ドメイン、ヘリカルドメイン、GTPase ドメイン）から構成されており、N 末端ドメインを介して二量体化することが明

らかとなった。立体構造の相同性から、MnmE の二量体化した N 末端ドメインの構造は、THF 結合モジュールと類似することが明らかとなった。構造を詳細に解析した結果、N 末端ドメイン同士が会合する分子境界付近に、深いクレフトが形成されており、そのクレフトに強い電子密度が観察された。N 末端ドメインが THF 結合モジュールと類似していること、さらに、カルボキシメチルアミノメチル化修飾には THF 誘導体が炭素源として利用されることから、この電子密度の正体がカルボキシメチルアミノメチル化修飾に利用される THF 化合物であることが推定された。そこで、質量分析法によって、MnmE に結合している物質を解析したところ、5, 10-メチレン THF 及びその分解産物である THF が検出された。これらの結果より、カルボキシメチルアミノメチル化修飾には5, 10-メチレン THF が基質として利用されることを示唆した。また、MnmE の結晶を5, 10-メチレン THF を含む溶液に浸潤させ、複合体の結晶構造を決定するとともに、*mnmE* 欠損大腸菌変異株を用いた *in vivo* 相補実験から、5, 10-メチレン THF 近傍に位置する保存されたリジン残基が、カルボキシメチルアミノメチル化修飾に不可欠であることを示した。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕タンパク質、酵素、核酸、RNA、結晶構造解析

〔研究題目〕オンチップスクリーニングと1細胞時系列イメージングによる細胞運動因子のキヌーム解析

〔研究代表者〕長崎 玲子

（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕藤田 聡史、長崎 玲子
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

細胞運動は、器官形成や免疫担当細胞の遊走・損傷治療などにおいて重要な役割を担うばかりでなく、悪性化した癌細胞の浸潤過程においてもその寄与が示唆されている。しかし細胞運動の制御過程は非常に複雑であるため、未だ完全な理解に至っていない。そこで本研究では、独自の技術である細胞運動評価チップを用いて全キナーゼ及びその調節因子群から細胞運動を調節する遺伝子の探索を行い、それらに対する蛍光プローブを用いて観察を行う。そして当該遺伝子が細胞運動のどの過程に影響をもたらすのかを明らかにし、それら情報のカタログ化を行うことを目的とした。

本年度は、1. ラットキナーゼ siRNA ライブラリーをプリントした細胞運動評価チップ（148枚）による全時系列画像の取得を完了した。さらに、2. Cell Voyager 解析ソフトを用いて1の時系列画像の数値化及び、その数値化データを用いて平均細胞運動速度を指標としたキヌーム解析を行った。その結果当該遺伝子に対

する siRNA が導入された際、49遺伝子において対照と比較して有意に細胞運動が抑制されることを見出した。また、3. 通常のトランスフェクション方法による予備的な2nd スクリーニングを行ったところ、26遺伝子において2と同様の抑制効果が確認され、うち22遺伝子において siRNA の導入による発現抑制効果が確認できた。現在、上記2nd スクリーニング結果のさらなる検証作業及び当該遺伝子のクローニングに着手している。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】細胞運動、トランスフェクションマイクロアレイ、時系列解析、癌細胞

【研究題目】クロマチンリモデリング制御複体の構造と機能の解析

【研究代表者】千田 俊哉（バイオメディシナル情報研究センター）

【研究担当者】千田 俊哉、赤井 祐介（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

クロマチンの基本構成要素であるヌクレオソームの破壊と再形成は、ヒストンの翻訳後修飾等のエピジェネティック情報の伝達に深く関わる生命現象である。本研究では、(1) 高分子量型のヒストンシャペロン CAF-1、HIRA 等と、これらの相互作用因子である CIA、ヒストン H3-H4等との複合体の立体構造を決定し、(2) 転写・複製時におけるエピジェネティック情報の伝達及び変換機構を解明することを目的としている。今年度は、HIRA、CAF-1の発現系・精製系の確立に力を注いだ。これまでに精製されていた HIRA は、ヒストン結合活性はあるものの溶液中で凝集体を作っており、結晶化には向かない。溶液内での凝集生成を抑えるために、ヒストン H3-H4複合体や HIRA と相互作用するヒストンシャペロン CIA とを大腸菌で共発現させ、複合体として精製したところ、HIRA 単独で発現させた場合に比べ、3倍程度の量の粗精製に成功した。CAF-1に関しては、p60サブユニットの大腸菌による発現、精製を試み、1L 培養液から数ミリグラムの精製タンパク質を精製可能な系を構築した。転写基本因子 TFIID 複合体に関しては、80L 培養から約70%の純度で17 μ g 程度の複合体を精製し、電子顕微鏡による負染色像から、予想される大きさの粒子が観察できた。また、TFIID のサブユニットである TAF6の大量発現、精製系を確立し、現在結晶化条件の検討を行っている。ヒストンシャペロン TAF-I β とヒストン H3-H4との複合体との結晶化にも成功し、4.8 Å の予備的回折データを得ることに成功した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】細胞核、転写反応、ヌクレオソーム、遺伝子発現、蛋白質立体構造解析

【研究題目】転移 RNA の硫黄修飾システムの解明

【研究代表者】嶋 直樹（バイオメディシナル情報研究センター）

【研究担当者】嶋 直樹（常勤職員1名）

【研究内容】

RNA は転写後にスプライシングや RNA 修飾などを経て成熟し、その本来の機能を発揮する。転移 RNA (tRNA) はコドンとアミノ酸を対応させる機能をこなすタンパク質合成系における中心的な分子であるが、この tRNA が機能するのに必要な硫黄化修飾がどう生合成されているかは未解明である。試験管内での再構成系により生合成のメカニズムを詳細に解析し、また細胞での解析から転写後修飾の機能を明らかにすることを目的とし研究を進めた。

高度好熱菌 (*Thermus thermophilus*) をモデルとして4つの組換えタンパク質 (SufS、TtuA、TtuB、TtuC) を用いて、システインの硫黄原子が tRNA に転移される反応系の改善を試みた。補酵素が結合した生合成因子の調製法を確立し、反応条件 (反応組成・温度など) の検討により90%以上という高効率で tRNA への硫黄転移が起こる系を構築することに成功した。これにより今後詳細な生化学的解析をおこなう基盤を固めることができた。

また好熱菌の細胞内で、生合成因子同士が共有結合することを見出していたが、真核生物のユビキチン化系と比較しながら反応機構・機能について解析した。真核生物の場合、この共有結合の代表的な機能はタンパク質分解であるが、好熱菌においては生合成因子の分解には関与していないことが示唆された。今後は硫黄修飾の生合成における役割を含め好熱菌における生物学的な意義について明らかにすることを目指す。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】タンパク質合成系、転移 RNA、RNA 修飾、タンパク質翻訳後修飾

【研究題目】FACT-ヒストン複合体の立体構造解析に基づいたヌクレオソーム構造変換機構の解明

【研究代表者】千田 俊哉（バイオメディシナル情報研究センター）

【研究担当者】千田 俊哉（常勤職員1名）

【研究内容】

真核細胞生物のゲノム DNA は、通常ヒストン蛋白質と複合体を形成している。この DNA-ヒストン複合体はヌクレオソームとよばれている。ヌクレオソーム構造は DNA に対する反応に阻害的に働くため、遺伝情報を DNA から転写する際には読み取り部位のヌクレオソーム構造をいったんほどき、転写反応後にヌクレオソーム構造を再構築する機構 (ヌクレオソーム構造変換) が必要である。FACT 蛋白質は、ヌクレオソーム構造変換の

際にヒストン H2A/H2B の集合と解離に関係していると考えられている。本研究ではヌクレオソーム構造変換反応中での FACT 蛋白質の役割を解明するために、FACT 蛋白質とヒストンとの複合体の X 線結晶構造解析を目指している。今年度は、FACT-ヒストン複合体の結晶化を目標に研究を進めた。FACT-ヒストン複合体の結晶化を試みたところ、幾つかの条件で結晶が得られたものの、全て結晶化溶液に含まれる低分子の結晶であった。結晶化の過程で、FACT とヒストンを混合すると沈殿が生じることがあるなど、試料の挙動が不安定であった。そこで、凝集体や沈殿がほとんど発生することなく複合体形成が可能な溶液条件を確立するために、種々の溶液中における凝集体発生を動的散乱法により評価し、FACT-ヒストン複合体形成に最適と思われる条件を見つけ出した。この結果を参考に複合体試料の調製を行い、さらなる結晶化条件のスクリーニングを行なっている。このような地道な努力を続けることで結晶化の成功につながると考えている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞核、転写反応、ヌクレオソーム、遺伝子発現、蛋白質立体構造解析

【研究題目】 プロテアソームの単粒子解析による構造研究

【研究代表者】 光岡 薫 (バイオメディシナル情報研究センター)

【研究担当者】 光岡 薫 (常勤職員1名)

【研究内容】

プロテアソームは、真核細胞の細胞質でタンパク質を分解する、大型のタンパク分解酵素複合体である。タンパク質を短いペプチド鎖に分解するが、そのペプチド鎖は再利用されるのみでなく、抗原提示などにも利用されるので、その分解のメカニズムの解明は非常に重要である。しかし、その26S の全体構造は原子モデルが得られるような分解能ではまだ明らかになっていない。本研究では、プロテアソームに関して低温電子顕微鏡法を用いた単粒子解析を行うことで、26S の全体構造やその分解基質結合構造を得ることを目的とする。それにより、ユビキチン鎖認識からタンパク質の分解まで、全体の分子メカニズムに関する構造的な基盤を明らかにすることができる。

今年度は、より安定な試料を得るため、化学架橋と密度勾配遠心を組み合わせた電子顕微鏡試料作製法 (GraFix) を検討し、グリセロールを含まない条件下で安定な試料が得られるようになった。現在、その試料を用いて、電子顕微鏡用 CMOS カメラを用いたデータ収集を進めており、これにより、効率的に再構成が行えるシステムを構築する。さらに、昨年度までに確立した極低温電子顕微鏡を用いた単粒子解析用の画像を効率的に収集する撮影条件などをまとめた総説を発表した。以上

の知見とシステム構築により、効率的に三次元再構成を行う条件が確立し、今後、効率的に構造解析を行うことが可能となる。今後、これを活かして、いろいろな状態のプロテアソームの立体構造を解析し、それらを比較することで、基質の認識とそれを活性部位へ輸送する機構の解明につなげる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 単粒子解析、プロテアソーム、生体高分子複合体、極低温電子顕微鏡

【研究題目】 核内低分子 RNA による遺伝子発現の多様性獲得機構の解明

【研究代表者】 廣瀬 哲郎 (バイオメディシナル情報研究センター)

【研究担当者】 廣瀬 哲郎 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、真核生物に広く存在し「ガイド RNA」としての機能を果たす snoRNA の機能に焦点を合わせて研究を実施している。特にこれまでに本グループで開発し、至適化を進めてきた化学修飾を施したアンチセンス・キメラオリゴヌクレオチドによる細胞核内 RNA ノックダウン法を用いて、未だ機能不明なヒトのオープン snoRNA (boxC/D 型、boxH/ACA 型) の標的 RNA を同定することを目指している。それによって、遺伝子発現の多様性獲得機構に核内低分子 RNA が、どのような役割を果たしているのかを明らかにすることを目的としている。本年度は、これまでに実施したヒトのオープン snoRNA のノックダウン細胞のトランスクリプトーム解析データから発現変動する遺伝子を複数選別した。さらに snoRNA のガイド配列との相補配列の有無などの情報を加味して、標的遺伝子候補を絞り込んだ。一方、細胞分画法によって取得した細胞核内構造体の精製画分の中に、snoRNA 前駆体が濃縮されていることを見出し、イントロン内から発現する snoRNA の新しい生合成段階の可能性が示唆された。また上記画分に濃縮される新規な非コード RNA 転写物も同定し、新たな機能性 RNA の可能性が示唆された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 核酸、RNA、遺伝子発現制御、遺伝子機能多様性、疾患

【研究題目】 遺伝子修復、組み換え、スプライシングをターゲットとする新規抗癌剤の探索研究

【研究代表者】 新家 一男 (バイオメディシナル情報研究センター)

【研究担当者】 新家 一男 (常勤職員1名)

【研究内容】

癌細胞では、癌抑制因子である p53が変異あるいは脱落していることが多く、そのために遺伝子の安定性が低

い。このため、癌細胞は常に遺伝子変異を繰り返しており、周囲へのストレスから逃れるような様々な耐性を獲得する。したがって、遺伝子修復を阻害する化合物は、癌細胞の抗腫瘍剤、放射線療法への感受性を増大させることが期待される。また、ほ乳類の遺伝子の転写から翻訳までには複雑なメカニズムが関与しており、スプライシングはその過程の一つである。遺伝子変異が頻繁に起こる癌細胞で、スプライシングを阻害する化合物は、癌細胞選択的に細胞死を誘導することが期待される。

平成22年度は、p27遺伝子のスプライシング阻害剤スクリーニングで得られた化合物について、生物活性の検討を行った。FD-895は現在臨床開発が進められている12員環マクロライド **pladienolide** の誘導体であり、抗菌活性などは示さず細胞毒性のみを特異的に発現する化合物として報告されていたが、その作用メカニズムは不明なままであった。本研究により、本化合物はスプライシング阻害を介して細胞毒性を発現することを明らかにした。他の興味ある化合物は、核酸誘導体である **toyocamycin** とマイコトキシンとして知られる **secalonic acid** であった。これらの化合物に関して種々の生物活性を検討したが、従来の経路の中にターゲットは見つからなかったが、元々報告されている阻害活性の他にスプライシング阻害活性が抗腫瘍活性の作用機序の一因として作用する興味ある結果が得られた。これらの化合物は、新たなスプライシング阻害剤開発のリード化合物となること、および未だ不明な点の多いスプライシング機構解明の優れた低分子プローブとなることが期待される。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】遺伝子修復、相同組換え、レポーターアッセイ、天然化合物、スクリーニング

【研究題目】物理化学的解析に適した高分子量型クロマチン因子群の大量発現系の開発

【研究代表者】千田 俊哉（バイオメディシナル情報研究センター）

【研究担当者】千田 俊哉（常勤職員1名）

【研究内容】

ヌクレオソームの構造変換因子としてヒストンシヤペロンと呼ばれる一群の因子が知られているが、物理化学的な解析の遅れから、ヌクレオソームの構造変換の分子機構については不明な点が多い。物理化学的な解析が進まない理由として、高純度なヒストンシヤペロンの大量調製が困難な点があげられる。一般的に高分子量の蛋白質は、昆虫細胞などの真核細胞を利用して大量発現を行なうことが多いが、発現させたヒストンシヤペロンと昆虫細胞由来のクロマチン因子群とが複合体を形成してしまい、最終的な収率が落ちてしまう。本研究では、真核生物の因子を含まないコリネ型細菌を用いたタンパク質発現系を開発し、上記の問題を解決することにした。今

年度は、大腸菌由来の **Tac** プロモータとコリネ型細菌由来の **CspB** プロモータを利用してヒストンシヤペロン **CIA** および **TAF-I β** の発現を試みた。その結果、**CIA** は **Tac** プロモータで、**TAF-I β** は **CspB** プロモータで発現可能であった。しかし菌体破碎の効率が低いため、発現タンパク質の回収率を下げている。そこで、菌体破碎のステップを必要としないタンパク質の分泌発現を試みたが、**CIA**、**TAF-I β** のいずれにおいても、分泌発現には至らなかった。問題解決の別法として、菌体破碎を容易にするペニシリン **G** 添加に応答するプロモータをタンパク質発現に利用し、組換えタンパク質発現と菌体破碎効率の向上を同時に実現する系を作り、ヒストンシヤペロンの発現を検討中である。今後は、これまでの結果を進展させ、コリネ型細菌を異種タンパク質発現に安定的に用いることができるように開発を続けたい。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】細胞核、ヌクレオソーム、ヒストンシヤペロン、大量発現、コリネ型細菌

【研究題目】新規安定同位体ラベル法を用いた高分子量創薬ターゲット蛋白質の構造機能解析法の開発

【研究代表者】竹内 恒（バイオメディシナル情報研究センター）

【研究担当者】竹内 恒（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は創薬ターゲットとなるような高分子量蛋白質およびその複合体を立体構造的に解析するための新たな **NMR** 測定法および試料調製法を開発することにある。膜蛋白質、酵素など生物学的に重要かつ創薬ターゲットとなるような蛋白質は分子量的に大きいものが多く、このような高分子量蛋白質を **NMR** 法により解析する場合、適切な安定同位体標識の導入と測定法の適用が不可欠である。そこで、本研究では一般的に¹³C 標識に用いられるグルコースに替わり、ピルビン酸等のアミノ酸前駆体を用いることで、高分子量蛋白質の解析に適した安定同位体標識条件を達成するとともに、標識条件にふさわしい水素核および炭素核測定法を開発することとした。

本年度は¹³C 標識に用いられるグルコースに替わりアミノ酸前駆体である2-¹³C ピルビン酸を用いた“¹³C-¹²C 交互標識法”と、我々が開発した¹³C・-¹³C・間を直接相関付ける“**CACA-TOCSY**法”を組み合わせた新たな水素核3重共鳴測定法：**hnCA-TOCSY-caNH**を開発した。本手法は、一般的に主鎖帰属に用いられる **HNCA** 実験と同様に **C**・核の化学シフトを利用して連鎖帰属を行うものであるが、**HNCA** 実験に比べて多くの鎖帰属情報が含まれることから、シグナルの縮重が激しい高分子量蛋白質の帰属において有効な手法となる。これと同時に **hNca-TOCSY-caNH**、**Hnca-TOCSY-caNH**を開発

し、HN(i)に対し $i-2$ から $i+2$ の窒素核あるいは水素核同士を直接関連付ける測定法の確立も行った。これらの測定法は他の手法で得ることのできない連鎖相関を与えることから独創的かつ重要な測定法である。

また上述の本手法をより高分子量の高分子量蛋白質へ適用するために、さらに高度な重水素化が必要であると考へ、ピルビン酸の3位メチルプロトンを重水素化する新たな手法を確立した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】創薬、高分子量蛋白質、立体構造解析、NMR 法、安定同位体標識、アミノ酸前駆体

【研究題目】顔認知他人種効果の生起因を探る—ストラテジー、処理効率、内部ノイズによる検討—

【研究代表者】永井 聖剛（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】永井 聖剛（常勤職員1名）

【研究内容】

これまで他人種効果を扱った研究では現象を記述的に報告したものが大半であり、その生起因をシステムティックに検討したものは見当たらない。本研究では顔認知における他人種効果について、顔情報処理のストリームにおける複数のステージを詳細に分析する。実験結果から、顔認知におけるストラテジー、処理効率性、内部ノイズに関して自人種顔弁別、他人種顔弁別間で比較し、他人種効果がどの処理ステージに起因するかを明らかにすることを目的とする。初年度に行った、予備の実験では Classification image 法によって顔のどの空間位置情報を用いているかという処理ストラテジーをピクセル単位で明らかにし、自人種、他人種顔弁別間に差異があるかを検討した。実験結果から、日本人被験者は外国人顔の弁別の際には目眉領域を強く利用し、日本人顔弁別では利用する箇所は一貫していないことが明らかとなった。本実験結果の解釈として、同人種の日本人顔の認知は簡単であるために、局所的な領域を手がかりとして認識可能であり、その結果、試行毎に異なる領域を手がかりとして弁別を行っていたものと考えられる。これに対し、外国人顔ではより広い領域を手がかりとして弁別を行う必要があり、安定したストラテジーをとったものと考えられる。そのため、CI 法で日本人顔弁別ではストラテジーを捉えることができなかったものと推測された。本年度は、反応一貫性分析を導入して反応決定に関わる内部ノイズを調べることにより、試行毎に異なるストラテジーを行ったか否かを検討する実験を行った。その結果、内部ノイズには一貫した差異が認められなかった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】顔情報処理、分類画像法、内部ノイズ、処理効率

【研究題目】顔画像の階層的情報処理の脳内メカニズムの解明

【研究代表者】菅生 康子（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】菅生 康子、松本 有央（常勤職員2名）

【研究内容】

我々は、顔を視覚刺激とした実験で、サル下側頭皮質の単一ニューロンが、まず大まかな分類情報（ヒトかサルか図形か）を処理し、それから詳細な分類情報（個体や表情）を処理していることを明らかにしてきた。本研究では下側頭皮質での顔画像の階層的情報処理の脳内メカニズムを解明することを目的とする。

モデル神経回路を用いたシミュレーションでは、視覚刺激の画像情報を低下させた場合、後期の持続的な応答の部分で刺激画像選択性が低下し、その結果、大まかな分類情報は保たれるが詳細な分類情報の量が低下することが予測されている。心理学的研究により顔を倒立呈示すると個体同定等の精度が低下することが知られている。そこで顔の情報を低下させる処理として顔を倒立して呈示する方法を用いた。複数の個体と表情からなるヒトとサルの顔画像を正立あるいは倒立の状態で400ミリ秒間呈示し、アカゲザルの下側頭皮質からニューロン活動を記録した。情報量解析を行った結果、大まかな分類と詳細な分類ともに情報量が低下したが、後期の持続的な応答が関連する詳細な分類情報のほうがより少なくなった。この結果は後期の持続的な応答が顔情報を低下させる操作でより影響を受けることを示している。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】顔情報処理、側頭葉、ニューロン

【研究題目】視知覚の「まとまり」を支える脳内ダイナミクス

【研究代表者】小村 豊（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】小村 豊（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

過去の分析的研究から、視覚刺激は、いったん、形、色、動きなどの視覚属性にしたがって、各々大脳新皮質の異なる領域で並列処理され、分散して表現されていることがわかった。では、分散表現された視覚特徴は、どのようにして再統合されているのか？本年度は、視覚系のなかでも、最も離れた情報、「色」と「動き」の統合を要する課題を導入した。動物には、赤・緑の「色」と、上・下向き「動き」という視覚情報を組み合わせたランダムドットを、テスト刺激として呈示し、あらかじめ、教示する Cue 刺激（赤または緑）の色のドットが動く向きを、パー反応（上向き：Right パー、下向き：Left パー）で報告させる。呈示するランダムドットを構成する各競合特徴（赤・緑と上・下向き）の合計を一定にし

たまま、その組み合わせ確率のみを変化させると、正解率は、シグモイド曲線にて、反応時間は線形回帰にて、フィットできた。以上の結果から、動物は、色または動きという単一の視覚特徴だけに注目しているのではなく、色と動きの両方の情報を使って知覚判断していることが、行動学的に担保できた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 視覚、色と動き、統合

【研究題目】 血液自身を潤滑液として回転浮上する長期使用可能な補助循環ポンプに関する研究開発

【研究代表者】 小阪 亮（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 小阪 亮（常勤職員1名）

【研究内容】

現在、開胸手術なしに生命維持を可能にする経皮的心肺補助装置（PCPS）や体外式膜型人工肺（ECMO）などの緊急医療で使用されている補助循環ポンプは、短期使用が前提である接触式の軸受を採用しているため、危機的状況を脱した後の固体接触で生じる軸受の磨耗による耐久性や、溶血や血栓形成などの血液適合性に課題が残っている。本研究では、長期耐久性と低溶血性、耐血栓性を有する補助循環ポンプを開発するため、ポンプに作用する流体力による軸推力をインペラの浮上に利用することで、血液自身を潤滑液として浮上回転する遠心血液ポンプを研究開発する。

平成22年度の実績は以下のとおりである。動圧ポンプのラジアル動圧軸受の評価を目的に、インペラのラジアル変位評価試験と溶血評価試験を実施した。評価対象としたモデルは、ラジアル動圧軸受を有するモデルと動圧軸受を持たないモデル、動圧軸受を持たないが軸受隙間の大きいモデルの合計3種類である。ラジアル変位計測試験では、X 軸用と Y 軸用の2つのレーザー変位計を用いて、人工心臓内を浮上回転しているインペラの位置を非接触で計測することで、溶血に影響を及ぼすラジアル方向の最小軸受隙間を求めた。また、溶血評価試験では、作動流体に牛血を用い、体外循環時の駆動条件で4時間駆動させたときの赤血球の壊れやすさを評価した。これらの試験の結果、ラジアル軸受で生じる溶血は最小軸受隙間と関連性を持つことがわかった。また、ラジアル動圧軸受を持つモデルでは、動圧軸受を持たないモデルよりも溶血特性に優れていることがわかった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 人工心臓、動圧軸受、流体力

【研究題目】 異なる感覚モダリティ間・属性間の時間比較を可能にする脳内情報処理機構の解明

【研究代表者】 藤崎 和香（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

ジー研究部門）

【研究担当者】 藤崎 和香（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は心理物理学の実験手法を用いて、物理的・生物学的な時間のずれや、誤対応、組み合わせの爆発といったさまざまな困難を乗り越えて、異なる感覚モダリティ間の時間比較を可能にしている人間の脳内情報処理機構を解明することを目的としている。研究成果から、物理的には時間がずれていても人間にはずれを感じさせないような、人に優しいマルチモーダルインターフェースの設計指針が得られることが期待される。

昨年度までの研究により、視覚、聴覚、触覚といった感覚モダリティ間の同期・非同期弁別の精度は感覚モダリティの組み合わせによって異なり、聴覚の組み合わせでは他のモダリティの組み合わせに比べて時間応答が良いことが明らかになっている（Fujisaki& Nishida, 2009, EBR）。平成22年度は、同期・非同期弁別課題以外の指標であるバインディング（対応付け）課題を用いても、聴覚の組み合わせの優位性が見られるかを検討した。バインディング（対応付け）課題とは、例えば赤と緑が時間交替する系列と、低い音と高い音が時間交替する系列を同時に提示し、赤のときに低い音、緑のときに高い音が提示されたか、もしくはその逆が提示されたかを判断するような課題である。同期・非同期弁別課題では、「いつ」というタイミング情報が得られれば「何」という内容の情報が得られなくても課題が可能であるが、バインディング（対応付け）課題では、「いつ」というタイミング情報と「何」という内容の情報の統合が不可欠である。本実験の結果、バインディング（対応付け）課題の時間限界は、感覚モダリティや属性の組み合わせに依存せず、どの組み合わせであっても約2-3Hz と共通になることを発見した（Fujisaki & Nishida, 2010, Proc Biol Sci）。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 マルチモダリティ、同時性判断、時間情報処理、時間バインディング

【研究題目】 顔情報処理における他人種効果：分類画像法と視線解析法を用いた検討

【研究代表者】 永井 聖剛（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 永井 聖剛（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では視線解析と分類画像法（classification image technique、図1参照。詳細は後述）を組み合わせ、自人種顔弁別、他人種顔弁別時の視覚情報処理特性を詳細に示すことにより、他人種効果の原因を明らかにすることを目的とする。具体的には、自人種顔、他人種顔弁別間で、視線分布に違いがみられるか、および、手がかりとする領域が違うかどうか（分類画像法により

画像ピクセル単位の高空間精度で解析)を明らかにすることを目的とした従来の一般的な研究手法では、例えば、顔画像が提示され個人弁別課題が与え、目と口のどちらを手がかりとして重みづけているかというように非常に大まかな顔情報処理ストラテジーを示すことしかできなかった。これに対して、本研究プロジェクトで用いている分類画像法を使えば、非常に詳細に分析することが可能となる。すなわち、顔のどの部分にどれくらい強く処理ウェイトをおくか、を画像ピクセル単位で明らかにすることができる。本研究では、この分類画像法の利点を用いて、顔情報処理の個人差を調べた。事前の予測では、白人種顔に比べて他人種顔認知成績が低下するのは、ストラテジーの差(顔のどの部分を用いて、顔弁別を行うのか)、内部ノイズの差(全く同一の刺激をみたときにも、被験者の反応が他人種顔弁別に一貫しないことが顕著になるのか)によって説明できるのではないかと予想された。実験の結果等、実験1において、白人種顔と他人種顔で明確なストラテジーの違いを示した被験者は1名ずつしかいなかった。先行研究においては、自閉症者と定型発達者で顔認知ストラテジーの違いを敏感に反映し、他人種効果の存在を示唆していたが、今回のプロジェクトではそれを確認するにはいたらなかった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 顔情報処理、分類画像法、内部ノイズ、処理効率

【研究題目】 側頭葉におけるカテゴリー化の神経機構の解明

【研究代表者】 松本 有央 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 松本 有央 (常勤職員1名)

【研究内容】

側頭葉でのカテゴリー化の神経機構がアトラクターネットワークの一種である連想記憶モデルに基づいているものと仮説を提唱し、それを実証するためにニューロン活動記録とデータ解析手法の開発を行う。側頭葉のニューロン集団による階層的カテゴリー化のような情報処理は、学習によって獲得された可能性がある。学習過程を調べるために、報酬によりカテゴリー境界を決め、その境界を変えたときの新たな境界を学習中のサル側頭葉のニューロン活動を記録する。本年度は、サルに次の行動課題を訓練した。サルはモニターの前に座り、レバーを握ると視覚刺激が400ms間現れる。刺激が消えた後に赤色の注視点が見え、色が緑に変わったらサルは1秒以内にレバーを放す。正しくレバーを放すことができればサルは報酬の水をもらえる。視覚刺激は白黒パターンやヒトとサルの顔画像を用いた。視覚刺激のセットは2カテゴリーに分けられ、カテゴリー1に属する刺激が提示されたときは、正しい行動をすれば報酬がもらえる。カテゴリー2の刺激が提示されたときは、たとえ正しく

レバーを放しても報酬をもらえない。例えば、カテゴリー1に属する刺激セットはヒトの顔画像で、カテゴリー2に属する刺激セットは、サルの顔画像である。その結果、報酬をもらえないカテゴリー2に属する刺激が提示された試行のエラー数が、報酬をもらえるカテゴリー1に属する刺激が提示された試行より多くなった。これの結果、サルはカテゴリー1とカテゴリー2に属する画像をカテゴリー分類できていることを示唆している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 カテゴリー分類、物体認知、下側頭葉、神経回路モデル

【研究題目】 脳波の位相同期性解析およびグラフ理論解析を用いた視覚的注意の評価手法の開発

【研究代表者】 武田 裕司 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 武田 裕司 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では新しい注意状態の評価手法の開発を目指している。これまでの研究から、脳波の位相同期性解析において、高 γ 帯域は受動的注意制御を、低 γ 帯域は能動的注意制御を反映している可能性が示唆されていた。そこで平成22年度は、先行手がかり課題、ストップシグナル課題、注意の瞬き課題などを用いた脳波計測実験を行い、課題特性と脳波の同期周波数との関係を検討した。中央実行系の強い能動的制御が必要とされるストップシグナル課題では、ストップシグナル反応時間が短い参加者と長い参加者の比較を行った(個人間比較)。その結果、SSRTが短い参加者では、標的提示から400-500ミリ秒後に低 γ 帯域の強い位相同期が観察された。また、能動的な抑制が見落としの主たる要因と考えられている注意の瞬き課題では、見落としが生じた試行と正答した試行の比較を行った(個人内試行間比較)。その結果、見落としが生じた試行では、RSVP提示中の低 γ 帯域において強い位相同期が観察された。これらの実験結果は、低 γ 帯域の位相同期が能動的注意制御に関与しているという仮説を支持している。その一方で、先行手がかり課題では仮説と一致しない結果が得られた。受動的注意制御が優勢とされる周辺手がかり課題と能動的注意制御が優勢とされる中心手がかり課題の比較を行った(個人内課題間比較)。その結果、手がかりの提示から300-500ms後に、低 γ 帯域では周辺手がかり課題の位相同期が強く、高 γ 帯域では両課題間に有意な差異は認められなかった。この結果は、仮説とは逆であり、同期の周波数帯域と注意制御様式との関係は当初想定していたほど単純なものではない可能性を示している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 注意、脳波、位相同期、グラフ理論

〔研究題目〕海馬バイディングの脳認知科学研究

〔研究代表者〕仁木 和久（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕仁木 和久（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、脳の情報統合機構として重要な働きを持ち、感覚から認知まで、普遍的な認知機能であるバイディングという重要な脳機能に注目する。特に、高次認知と記憶に関する機能を解明するため、海馬領域におけるバイディングの脳イメージング研究を本研究では目指す。このため、本研究の推進では、EEG と MRI の同時記録と解析により、バイディングの解明を可能にすることを狙う。また、脳の解剖学的結合データを収集し、計算論的モデル化に活かすことで、バイディングの脳認知科学モデル構築を目指す。

現在、EEG と MRI の同時記録実験系の構築では、GE 製の MRI 装置の TE や TR 時間精度のふらつきが原因となってノイズの削減が十分果たせないため、その対策をハードウェアおよびソフトの両面からはかっている。また、拡散テンソル MRI 計測と解析、および fMRI-ROI 解析により、脳イメージング手法により解剖学的・機能的な神経結合データ取得に取り組んだ。

以上のように、EEG と MRI の同時記録実験系の構築に努力し、改善を続け、今後の研究推進の目処をつけていたが、3月11日の東日本大震災の被害を受け、EEG と MRI の同時記録実験システムと、MRI 解析用サーバに重大な損害を受けた。MRI 自体は損傷を免れたが、EEG と MRI の同時記録実験システム、MRI 解析用サーバの早急な再構築が必要である。

〔分野名〕総合領域（情報学・認知科学）

〔キーワード〕海馬、知能、認知、MRI-EEG 同時記録、脳イメージング

〔研究題目〕公共空間において場所および方向を示す音案内の新しいデザイン方法

〔研究代表者〕佐藤 洋（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕佐藤 洋、関 喜一、倉片 憲治、柳 宗寛（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、現在用いられている駅などでの誘導鈴に代表される、公共空間において場所および方向を示す音響信号について新たなデザイン方法の提案を科学的知見に基づき行うことである。

まず、無響室において円周上に設置した多数のスピーカーより音響信号を提示したときの音の方向定位を様々な信号音及び様々な音環境条件で測定し、音響信号の方向指示性能の定量的評価を行った。その際、方向定位が得られる音量と不快度の関係について実験を行い、高調波成分の重要性について明らかにした。結果として、定

位性能が高い信号を用いて音量を低減する方が有効であることを示すことができた。また、近赤外分光法を用いてターゲット音の提示音圧レベルと暴露時間及び背景騒音レベルを変量として不快度測定を行った。その結果、背景騒音およびターゲット音の特性が測定結果に大きく影響することはなかった。さらに現存する場所及び方向を指示する音響信号について、アンケート調査および現場実測を行い、現状を調査した。その結果、方向がわかりやすい箇所では背景騒音レベルが明らかに低いが、方向がわかりにくい箇所では背景騒音レベルが必ずしも高いわけではなく、残響音の影響により方向がわかりにくくなっていることが明らかになった。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕誘導鈴、視覚障害者、音環境

〔研究題目〕変動する温熱環境が睡眠時の人体に及ぼす影響の評価技術の開発

〔研究代表者〕都築 和代（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕都築 和代、森 郁恵 甲斐田 幸佐（常勤職員3名）

〔研究内容〕

本研究では、夜間就寝時ならびに就寝前の温熱環境が睡眠時の人体の体温調節ならびに睡眠に及ぼす影響を解明することを目的とする。実生活場面における睡眠温熱環境の実態をシミュレートするため、昭和55年度の断熱性能基準を想定した住宅の6畳一間の寝室（3.64m×2.73m×2.20m）を、産業技術総合研究所つくば中央第6事業所6-11棟の231室にある人工気候室 B 室（5.32m×4.50m×2.70m）に設置し、実験環境とした。寝室の外部環境となる人工気候室 B 室は、「住宅事業建築主の判断の基準におけるエネルギー消費量計算法（（財）建築環境・省エネルギー機構）」で用いられる気象データ（IVb 地域、7月25日）の気温および相対湿度に設定した。実験準備ならびに一部就寝のため、人工気候室 A 室（4.00m×3.50m×2.70m）を気温27℃、相対湿度50%、気流0.2m/s 以下、放射温度は気温にほぼ等しく設定し、実験時には、第1夜を人工気候室 A 室にて就寝後、B 室において設置されたエアコンによる冷房2条件と冷房なしの合計3条件をランダムに被験者に割り当てた。被験者の睡眠深度、直腸温、皮膚温、衣服内温湿度、発汗量等を計測し、就寝前後でアンケートに答えてもらった。被験者は高齢女性8名であった。主な結果は、睡眠中の皮膚温は環境温の影響を大きく受け、冷房が切れるとともに皮膚温も上昇した。終夜の睡眠時間、入眠潜時、中途覚醒、睡眠効率等には有意な差を認めず、睡眠感や OSA 調査にも有意な差を認めなかった。起床時には温冷感でやや暖かい、やや不快となり、実生活場面における睡眠環境の再現と生理・心理反応への影響が明らかになり、起床時の温熱環境の重要性が明らかになった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 睡眠、温熱環境、変動、評価

【研究題目】 推論の複雑性に関する圏論的アプローチ

【研究代表者】 Phillips Steven (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 Phillips Steven、武田 裕司、麻生 英樹 (常勤職員3名)

【研究内容】

推論能力の違いを決定している要因について、これまでの作業記憶負荷に基づいた理論では結果を十分には説明できていない。これに対して、我々は圏論に基づいた新しいアプローチを考案し、課題関連次元の統合および分離(直積および直和)が重要であると提案した。本年度は実験的研究および理論的研究を行った。

実験的研究では、課題遂行中の脳波の位相同期性を解析し、そのデータに基づいて理論の検証を行った。実験参加者は妨害刺激の中に提示された標的的位置判断課題を遂行した。刺激は3次元(色、方位、周波数)の特徴で構成されており、標的を特定するのに必要な直積の次元数(production arity)を独立変数として操作した。刺激提示後200-250ms区間の前頭-頭頂間における低ガンマ帯域(22-34Hz)の位相同期性を解析した結果、直積の次元数(unary, binary, and ternary)の増加に伴って同期性がほぼ線形に高くなることが明らかになった。一方、高ガンマ帯域(36-56Hz)では直積の次元数の効果は認められなかった。これらの結果は、直積処理が高次な認知活動に関連しており、位相同期性を指標として評価可能であることを示している。

また、本研究では位相同期性解析のための統計手法の開発も行った。位相同期性解析では、膨大な数の多重比較が必要であるため、有意性検定の修正が困難であった。そこで、optimal discovery 手続きを発展させ、第一種過誤の危険率を維持したまま位相同期性解析の検出力を向上させる方法を提案した。さらに、理論的研究では、プルバックを用いて、課題関連次元に何らかの制約があるような場合にも適用できるように圏論的アプローチを拡張した。この拡張は次年度以降の実験的研究を進める上で重要であると考えられる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 推論、圏論(Category Theory)、直積の次元数、脳波、ガンマ帯域、位相同期性

【研究題目】 前頭葉からのトップダウン・コントロールに関わる脳外ネットワーク機能の解明

【研究代表者】 熊田 孝恒 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 熊田 孝恒、岩木 直 (健康工学研究部門) (常勤職員2名)

【研究内容】

本研究の目的は、前頭葉から他の皮質部位に対するトップダウン・コントロールに関わるネットワーク機能を解明することである。そのために、脳腫瘍患者の協力を得て、脳腫瘍患者の皮質間連絡線維の損傷の程度と、同時期に実施する認知課題の成績を比較することによって、課題遂行に関連する皮質間連絡線維を特定する。また、特定の皮質間連絡線維のみが損傷されている患者の課題遂行時の脳波の部位間の位相同期を調べることにより、部位間ネットワークの機能を解明する。

これまでの研究で、視覚刺激のある側面に注意を継続する課題、あるいは、それを切り替える課題で前頭葉の活動が見られること(fMRI研究)、および、前頭葉損傷患者では、それらの課題成績が低下することがわかっている(Kumada & Hayashi, 2006)。これらの課題では、(1)次元に注意する側面を「選択する」、(2)注意する側面を「切り替える」、(3)その側面に注意を「持続する」の3つの過程が関与する。本年度は、これらを1つの課題中の異なる結果パラメータによって、3つの機能を抽出するための課題を作成し、脳損傷患者約40名に実施した。また、損傷部位との対応を、損傷部位—行動マッピング法によって調べた。その結果、それぞれの機能に影響する脳の部位が抽出できた。つまり、注意に関わる3つの過程に前頭葉の異なる部位が関わること、また、これらのネットワークによって注意の機能が実現されていることが明らかになった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 注意機能、脳機能評価

【研究題目】 ノイズ刺激の追加による認知成績向上と適応的メンタルセット形成に関する研究

【研究代表者】 河原 純一郎 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 河原 純一郎 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、ノイズを追加したときに却って認知成績が向上するという、一見直感とは矛盾する現象を追求した。まず、ノイズを追加すると標的の同定率が向上するという結果と、逆に低下するという結果を追試によって確認した。さらに、その条件分析をすることで、ノイズ刺激追加が標的の同定成績を向上もしくは低下させる要因の特定を行った。実験事態では、注意の瞬き現象を利用して、第2標的の検出率が低下しているときにノイズ刺激を追加して呈示した。間接的に類似した条件を含む先行研究の比較に基づき、ノイズ刺激追加効果の出方を左右している要因を特定した。ノイズ刺激数を操作したところ、フレーム毎にノイズ刺激を単独で複数呈示することは標的の同定成績に大きな影響を与えないことがわかった。ノイズ呈示位置を操作したところ、ノイズ刺激周辺に呈示したときに標的の同定成績に大きな影響があった。標的位

置予測が最も大きく関与していた。標的位置が予測可能の場合、注意を焦点化することによってノイズを適切に抑制できることがノイズ追加による促進効果に関与していた。標的位置が予測不可能なときは、ノイズ追加による効果はなく、常に同定成績は悪化していた。最適な効果を生じるノイズ刺激の種類と強度を調べたところ、動的な刺激であること、かつパターンをもつ刺激であることが促進効果の生起に重要であることがわかった。これらの結果は、促進効果が確率的共振に起因している可能性を示唆していた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 視覚的検出／同定、メンタルセット

【研究題目】 推薦システムにおけるスタートアップ問題の転移学習による解消

【研究代表者】 神島 敏弘（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 神島 敏弘、赤穂 昭太郎
（常勤職員2名）

【研究内容】

推薦システム（recommender system）は、利用者の好むであろうアイテムや情報を予測し、それを利用者に提示するシステムである。

このシステムの問題の一つに、スタートアップ問題がある。推薦システムでは、利用者のいろいろなアイテムへの好みを提示した嗜好データを収集し、そのデータから、利用者の好みに合致したアイテムを推薦する。しかし、利用者が使い始めの時期には、嗜好データがまだ十分に集積されていないため、好みのパターンを正確に把握できず、適切な推薦ができない。

このスタートアップ問題に対処するため帰納転移や転移学習と呼ばれる技術を導入する。これは、これから解こうとする目標タスクに専用のデータが少ないので、類似した問題のデータを転用して目標タスク予測精度を向上させるものである。ここでは、内容ベースで他人のデータを、協調フィルタリングでは他のシステムのデータを転用することで精度向上をめざす。

本研究では、TrBagg 法とよぶ転移学習手法を開発した。TrBagg 法は、他の利用者のデータから幾つもの予測器を作り出し、その後、目的の利用者にあつたものを、目的利用者用のデータを用いて選び出す。ここで、従来は、各予測器を個別に取捨選択していたが、TrBagg 法では、予測器の集合全体での良さを考慮するようにすることで、負の転移問題が生じる現象を減らすことに成功した。

本年度は、パラメータの特性の分析など、アルゴリズムの詳細部分の改良を行った。

【分野名】 情報通信エレクトロニクス

【キーワード】 推薦システム、転移学習

【研究題目】 発達障害者の療育におけるゲーム性を応用した身体制御機能訓練用補助装置に関する研究

【研究代表者】 佐藤 滋（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 佐藤 滋、森川 治
（常勤職員2名、他3名）

【研究内容】

近年少なからぬ発達障害者が感覚の過敏性や、自分の身体コントロールの巧緻性に困難を持つことが知られるようになり、特に知的障害を伴わない自閉症等で、感覚の訓練や身体コントロール能力の練習が、社会性の困難の軽減にも役立つとの報告もあり、身体、知的、社会性の3機能が相互に関係しあって生活上の困難が軽減されるような訓練方法が存在する可能性がある。一方、ゲームは使用者のモチベーションを高めるのに適しており、特に、多動性・衝動性による困難に対し、ゲームのモチベーション効果を利用すべきである。ただし、不適切な使用を抑制し適切な使用に誘導することが特に重要なので、市販のゲーム機器やゲームソフトをそのまま利用すれば足りるものとは言えず、必要な機能とその実現方法を研究する必要がある。

本課題は以上の観点に基づく全く新たな研究課題である。初年度平成21年度に、訓練補助機器または訓練方法として対象とする動作としてまず基本的な姿勢の保持を最初の訓練項目とすべきで、常同行動などに配慮が必要なことがわかり、市販機器を一部利用して実現が可能な見通しが得られた。平成22年度はこれに基づき、分担機能において前年度の知見の要素を実際の学校教育場面で応用を試みながら、訓練方法ないし訓練機器としての試作設計を進め、2種類の訓練用ゲームソフトを試作した。最終年度には実際の適用を試みて評価を行うとともに、実用化に必要な機能の再検討と改良設計を行う予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 発達障害、リハビリテーション、福祉工学、教育工学、ゲーム

【研究題目】 プライバシー保護のための情報幾何的協調フィルタリング

【研究代表者】 赤穂 昭太郎（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 赤穂 昭太郎、神島 敏弘
（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究課題では、情報幾何的データ解析手法を用いて協調フィルタリングを行う手法の構築を行う研究を進めている。その際、近年重要となるプライバシー保護の観点を導入し、プライバシー情報に配慮した結果出力を行うおうとする点が特色である。

平成22年度は、まず情報幾何的データ解析につき、ベイズ的な定式化及び変分ベイズ法に基づく効率的アルゴリズムを開発した。次に、アルゴリズムのロバスト性についての研究を行った。情報空間の計量に基づいたロバスト回帰分析手法について考察を行い、単純な線形回帰の場合にその性質を調べ、得られる回帰超平面が必ず次元数と同じだけのサンプル点を含むことを示した。またそれらの定式化において、最適化問題が多峰性をもつため最適解を求めることが難しくなることがわかったが、最適化の分野で多項式目的関数の最適化を行う枠組みを併用することによって数値実験を行った結果、多項式時間で大域的最適化が可能であるとの予想を立てた。

一方、協調フィルタリングについては順序統計量の回帰に基づく効率的な協調フィルタリングアルゴリズムを開発した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 情報幾何、個人情報保護、多変量解析

〔研究題目〕 並列処理に基づく物体認識アルゴリズムに関する研究

〔研究代表者〕 市村 直幸（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 市村 直幸（常勤職員1名）

〔研究内容〕

平成22年度では、GPU（Graphics Processing Unit）を用いた局所不変特徴量抽出アルゴリズムの改良、および、そのアルゴリズムに基づくオンライン画像処理システムの構築を行った。特徴量抽出アルゴリズムは、局所領域の設定処理と記述子（特徴ベクトル）の計算から成る。従来のアルゴリズムの一問題点は、全計算時間の6割以上が記述子の計算に費やされていることであった。この問題が生じる要因の一つは、局所領域の大きさがそのスケールにより異なるため、記述子の計算が並列処理との適合性が高い局所演算から構成されにくいことであった。

上記の問題を解決するため、記述子の計算に方向マップと呼ばれるデータ構造を導入した。方向マップの導入により、記述子を構成する画像の輝度勾配の方向ヒストグラムの計算がより並列処理に適合したものとなる。具体的には、まず、輝度勾配の方向ヒストグラムにおいて離散化された輝度勾配毎に、輝度勾配の大きさを保持する2次元配列である方向マップを構成する。この方向マップに対し、ガウシアンフィルタを施し、局所的な輝度勾配の大きさの重み付き和を全面素に対して一括して求める。その重み付き和は、記述子を構成する方向ヒストグラムへの投票値である。よって、記述子の計算は、ガウシアンフィルタを施した方向マップをテーブルとする、投票値のテーブルピックアップにより実現できる。上記の操作は、ガウシアンフィルタとテーブルピックアップという、並列処理との適合性が高い処理から構成される

ため、GPUによる演算効率が向上することが期待された。実験の結果、対GPU比で約34倍（従来は約18倍）、従来のアルゴリズムのGPUによる実装と比べても約2～10倍の速度で特徴量抽出が可能なることを明らかにした。この結果は、並列処理に適合するような演算が行えるデータ構造を導入することの重要性を示すものとして、大きな意義があると考えている。さらに、方向マップを用いたアルゴリズムに基づき、オンライン画像処理システムを構築し、画像の解像度がQVGAの場合、毎秒約40フレームの速度で特徴量抽出が可能なることを示した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 画像認識、画像の対応付け、特徴抽出、並列処理、GPU

〔研究題目〕 訓練サンプル最適化による識別器の性能向上手法

〔研究代表者〕 西田 健次（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 西田 健次（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

サポート・ベクトル・マシン（SVM）などの識別手法とカーネル法に代表される非線形化手法の発展により、教師あり学習に基づく識別器の能力は大幅に向上し、本質的に識別可能な問題であるならば、訓練サンプルに対しては100%の識別率を実現することは難しいことではなくなってきた。しかし、未学習サンプルに対する識別能力（汎化性能）は、過学習などの問題もあり、その性能を向上することは、未だ難しい課題となっている。識別器の汎化性能を向上する手法の一つに、識別に本質的に関わる特徴を選択して訓練に用いる特徴選択手法が挙げられ、特徴選択を行った複数の識別器を組み合わせることで、高い汎化性能を実現することが可能であることが示されている。一方、訓練サンプルセットが、識別対象のモデルを上手く再現したものとなっていなくては、性能の良い識別器（および、特徴選択）を用いたとしても、最終的な識別性能は高いものとはならない。車両検出・追跡課題のように、膨大なサンプルの中から識別対象のモデルを再現する訓練サンプルセットを抽出すると、訓練サンプルセット自体が非常に大きなものとなる場合が多く、訓練サンプルセット全体で識別器の訓練を行った場合、非常に大きな計算量が必要となると同時に過学習による汎化性能の低下を招く可能性がある。大きな訓練サンプルセットから適切な訓練サンプルを選択し、小さな訓練サンプルで識別器を訓練することが出来れば、計算量の削減とともに、汎化性能の向上が期待できる。本研究では、訓練サンプルの一部をランダムに選択し、ランダムなパラメータを用いた弱い識別器を多数統合することにより、全訓練サンプルよりも遥かに少ない数の訓練サンプルで識別能力が高く、かつ、汎化性も高い識別器の構成手法を検討している。人工データによる評価

実験では、単一の SVM による識別器では、20,000 サンプルの訓練セットに対して4,000個のサポートベクターを必要としたが、提案手法によると100個から200個のサンプルを用いるだけで、同等の識別性能を持ち、汎化性に関してはより高い識別器が構成できることを示している。今後は、車両検出、追跡などの実応用への適用などを目指していく。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 パターン認識、識別器、SVM、汎化性

【研究題目】 高度な計測信頼性を実現する新型近赤外脳機能計測システムの開発

【研究代表者】 山田 亨（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 山田 亨、梅山 伸二、松田 圭司
（常勤職員3名）

【研究内容】

近赤外線脳機能計測法（fNIRS）は安全で簡便な脳機能計測手法である一方、頭皮血流などに起因する信号変動のため測定信頼性はそれほど確立されていない。本研究の目的は脳機能信号分離のために必要な諸技術を開発し、それらを実装した高精度化 fNIRS 測定・解析技術を実現することである。本年度は、固定不安定性を低減する独自開発のプローブを島津製作所製 OMM-3000に接合させて、一つの光源に対して異なる距離に検出器を配置する multidistance 型計測法（MD 法）を行える計測システムを完成させた。これを用いた人間工学実験を行い、ベースライン安定性の向上、体動等の影響の低減、脳機能信号の部位局在性向上を確認した。これに基づき島津製作所への MD 計測の技術移転を目標に共同研究契約を締結した。また、さらに詳細なデータ解析から、全身性の血流循環調節によって生じる血管容積変化と神経活動に伴う脳皮質での局所血流変化とは、fNIRS で観測されるオキシ、デオキシヘモグロビン変化量の間の相関が異なることを考察し、この性質から二つの成分を分離する手法を定式化した。MD 法との比較検証の結果、体位変化や呼吸変化による信号変動と、脳機能時の信号変動はそれぞれ異なる成分へと良好に分離されることが分かった。この手法は、fNIRS 市販装置に改変を加えずに MD 計測と同等の高い計測信頼性を実現する新たな有力な手段となる可能性を示している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 脳機能計測、近赤外線分光法、脳血流、表層血流、アーティファクト

【研究題目】 脳皮質神経カラム電気刺激による人工感覚の生成とその制御

【研究代表者】 高島 一郎（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 高島 一郎（常勤職員1名）

【研究内容】

脳の体性感覚野には体部位の局在的再現があるので、体性感覚野皮質を局所的に電気刺激すれば、四肢や体幹の狙った場所に局限して大雑把な感覚を惹起させることはそれほど困難ではない。しかし、次のステップとして、脳への電気刺激により“ザラザラ”や“ツルツル”といった繊細な触知覚を再現できるか？という話になると、これは現時点ではかなり難しい問題である。そこで本研究では、ラット一次体性感覚野皮質を対象とし、繊細な触知覚の再生に挑戦する。脳への電気刺激のパラメータを適切に制御し、脳に正確に感覚情報を入力するための基盤技術を確認することを本研究の目的とした。

本年度はまず、ラットの頬ヒゲに曲げ刺激を与え、その際に惹起される一次体性感覚野皮質応答を膜電位イメージング法により画像化した。結果、刺激を行った頬ヒゲに対応する皮質カラムの神経興奮応答と、それに引き続き、近傍皮質領域へ広がる神経興奮伝播が観測された。次に、頬ヒゲの刺激パラメータ（振幅と方向）を変化させて皮質応答の膜電位イメージングを行い、神経興奮活動の時空間パターンが刺激入力依存的に変化することを確認した。皮質応答の時空間パターン解析と計算機シミュレーションから、600 μm 離れた2点（望ましくは3点）の電気刺激により、触方向知覚の再生が可能となる見通しが得られた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 膜電位イメージング、触知覚

【研究題目】 微弱高周波電界による生体内計測技術

【研究代表者】 稗田 一郎（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 稗田 一郎（常勤職員1名）

【研究内容】

高度な医療・福祉機器は人類に大いに貢献しているが、その経済的負担は大きい。研究代表者は、医療・福祉に応用できる、簡便で安全な、電気・磁気による生体計測技術の開発を進めていて、健康管理のためのモニター装置などとしての実用化を目指している。

開発中の計測技術では、生体内の情報（誘電率分布等）が受信側プローブ側の信号強度の変化分として現れるが、この変化が小さいと二次元画像化等の処理のために十分な精度が得られない。これまでの実験装置は汎用の測定器（スペクトルアナライザ）が中心の構成のため、信号変化が数値シミュレーションとの比較では十分得られず、ノイズの影響も大きかった。また、測定プローブの間隔は20~30cm としてきたが、人の胴体の横断面を測る場合には、50cm 程の間隔が必要である。信号強度は距離の2乗に反比例して大きく低下するため間隔を広げると、条件はあっというまに厳しくなる。

測定精度と安定性の改善を図るため、デジタル式受信機（Software Defined Radio=SDR）を導入した。高速

A/D コンバータでデジタル化した信号をソフトウェアで構成した受信機で処理するため、用途に合った特殊な構成の受信機・測定器を柔軟かつ経済的に構成できる。通信の研究ばかりでなく、生体医用工学でも利用されはじめている。

SDR で構成した装置で測定を行ったところ、従来よりもノイズの少ない安定した信号が得られた。また、生体と誘電率が同等である水を満たしたファントムの測定を行ったところ、信号の変化が大きくなり、シミュレーションで得られる変化の割合と一致するようになった。これは、SDR の導入に合わせて、ハードウェアが簡素化され、不要な入出力の結合が減ったためと考えられる。さらに改良を進めて、実際に人を測定して二次元画像を描画するのに十分な精度を得たい。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 生体計測、誘電率、高周波電界、SDR

【研究題目】 超音波血管機能検査装置の高度化と血流依存性血管拡張機序の解明

【研究代表者】 新田 尚隆（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 新田 尚隆（常勤職員1名）

【研究内容】

血流依存性血管拡張（Flow-Mediated Dilation; FMD）は、血管壁上のずり応力を主たる刺激源として血管内皮細胞から一酸化窒素が産生され、それが血管壁内へ拡散して平滑筋弛緩が起これ、血管径が拡張する反応である。FMD 検査ではこの血管径拡張率（%FMD）が計測されるが、刺激源であるずり応力が未知であり、また他刺激因子の寄与も不明であるため、内皮機能を的確に評価できない問題があった。この問題を解決すべく、本研究では、FMD 検査装置を高度化して前記刺激因子を特定することにより、血流依存性血管拡張反応における機序解明のための知見を得ることを目標とする。

FMD 反応モデルにおいて%FMD に寄与する刺激因子を特定するためには、まず主たる刺激源であるずり応力の寄与度を明らかにする必要がある。そのため平成22年度は、FMD 検査装置にずり応力計算機能を付与して高度化し、血管径及びずり応力の計測精度改善のための信号処理アルゴリズム及びパラメータ選定について検討した。アルゴリズムの検証実験では、ウシ血液を模擬血管内に循環させて血管及び血流データを取得し、当該アルゴリズムによる処理を施して、血管径及びずり応力を算出した。これとは別に、レーザー変位計及び回転式粘度計を用いて模擬血管変位とずり速度-粘度曲線を求め、これより得られた血管径及びずり応力を真値として、前述のアルゴリズムによる処理結果と比較した。比較結果をアルゴリズム改良及び信号処理パラメータ選定にフィードバックし、計測結果が真値に近づくように最適化し

た。その結果、計測誤差の最小化が可能であった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 超音波、血管拡張、ずり応力

【研究題目】 選択反応時間タスクを用いた脳梗塞片麻痺の回復過程の解明

【研究代表者】 金子 秀和（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 金子 秀和（常勤職員1名）

【研究内容】

脳機能障害のリハビリテーション過程は、感覚や運動機能の再学習と密接に関連しており、リハビリテーション技術の高度化のためには脳の可塑性や学習過程の解明が欠かせない。我々は、脳梗塞後のリハビリテーション過程において、感覚学習期から運動学習期へと段階を経た学習過程が存在し、それに応じた適切な機能回復訓練法あるいは訓練時期が存在するのではないかと考えている。平成22年度は、健常ラットに選択反応時間タスクの逆転課題を学習させ、感覚運動連合学習が感覚学習期と運動学習期からなるかどうか検討した。

一般に利き手は感覚機能及び運動機能がもう一方の手に比べて優っている。したがって、利き手の方がタスクの獲得にかかる時間は短くなると考えられる。もしも、学習過程が感覚系から運動系へと移行していくならば、タスクの学習初期にみられる左右前肢の感覚機能の違いによる成績の差は、運動機能の違いによる成績の差よりも先に消失するはずである。そこで、健常ラットに左右前肢による選択反応時間タスクの逆転学習を行わせ、利き手の違いに着目して学習曲線を統計解析した。その結果、感覚系に関連した学習が運動系に関連した学習に先行しているのではないかと知見が得られた。

本研究成果は、一般の感覚運動連合学習において感覚系に関連した学習の上に運動系に関連した学習が成り立っていることを示唆するものである。リハビリテーション過程でも同様の現象が見られるとするならば、訓練の効率を改善するための重要な知見となるのではないかと考えている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 リハビリテーション、脳神経疾患、脳・神経、神経科学、動物

【研究題目】 運動中の血圧が加齢に伴って上昇するメカニズムの解明

【研究代表者】 小峰 秀彦（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 小峰 秀彦、横井 孝志、菅原 順（常勤職員3名）

【研究内容】

本研究の目的は、運動中の血圧が加齢に伴って上昇する現象について、運動中の動脈血圧反射に着目して、そ

のメカニズムを解明することである。これにより、高齢者が安全に運動するための運動プログラム構築に貢献することを旨とする。

今年度は、動脈血圧反射評価装置（頸部陰圧陽圧負荷装置）を製作し、装置の妥当性を検証した。頸部陰圧陽圧負荷装置は、ネックカラー、陰圧ポンプ、陽圧ポンプ、圧力調整弁、および圧力制御部で構成した。心電図 R 波をトリガーにして、+40mmHg～-80mmHg の圧力を任意時間（2-5秒間）、ネックカラー内に負荷することが可能であった。

次に、この装置を実際に用いて血圧反射を評価した。血圧反射の評価は、ベッド上仰臥位にて行った。心電図、連続血圧計（beat-by-beat）を記録し、ネックカラーに陰圧、陽圧を負荷した。約5秒間の陰圧を与えると、血圧反射応答としての心拍数低下、および血圧低下がみられた。逆に、約5秒間の陽圧を与えると、血圧反射応答としての心拍数上昇、および血圧上昇がみられた。+40mmHg、+40mmHg、+40mmHg、+40mmHg、+20mmHg、+10mmHg、0mmHg、10mmHg、20mmHg、40mmHg、60mmHg、80mmHg の連続圧力負荷を与えたところ、心拍数、血圧ともに圧力に応じて変化した。圧力変化に対する心拍数、血圧はシグモイド状の血圧反射応答曲線を描いた。以上の結果は、製作した頸部陰圧陽圧負荷装置を用いて動脈血圧反射を評価できることを示唆する。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 血圧、加齢、運動、動脈血圧反射

〔研究題目〕 定位行動の意思決定に関わる脳内機構の解明

〔研究代表者〕 長谷川 良平（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 長谷川 良平（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

眼球や頭部の運動などを伴う哺乳類の視覚的定位行動は、単なる感覚運動反射ではなく、意思決定に代表される高次の認知機能によって実現していると考えられている。霊長類を用いた研究では、大脳皮質および皮質下を含む複数の脳領域間の神経ネットワークがどのように眼球運動に関する意思決定を行っているか徐々に明らかになってきている。その一方で、定位行動には不可欠な頭部の運動に関する脳内神経機構については、まだ明らかになっていない。

そこで、本年度は、脳幹にある上丘が意思決定モデル課題遂行に関与する可能性を検討するため、上丘局所脳破壊モデルラットを作成し、視覚弁別課題遂行および自発走行への影響を調べた。3段階の難易度を設けた視覚弁別に基づく左右レバー選択課題をラットに訓練し、自由行動下での意思決定過程における行動特性を抽出した。課題学習後には、上丘一側を破壊し、課題に関連した行

動的的影響を調べた。破壊の前後で、課題正答率を比較した結果、難易度の低い課題条件では損傷の影響は少なく、反対に難易度の高い課題条件では損傷の影響は大きく、かつ訓練によって回復する事もなかった。

さらに、上丘部位による機能分布を明らかにするため、自発活動の指標とされる回転かご走行を学習させた個体の上丘を両側性に破壊し、自発活動に対する影響についても調べた。上丘前方部が損傷された場合には、走行量が増加傾向を示し、上丘後方部を損傷した場合の走行量は変化しないか減少傾向が見られた。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 定位行動、意思決定、上丘、ラット

〔研究題目〕 ポルフィリン類化合物の X 線増感作用に関する基礎的研究

〔研究代表者〕 高橋 淳子（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 高橋 淳子、三澤 雅樹、岩橋 均（常勤職員3名）

〔研究内容〕

これまでに、濃度（数 $\mu\text{g/ml}$ ）のプロトポルフィリンと数グレイの X 線照射処理により、光照射とは異なる活性酸素種が発生することを見いだした。また、培養細胞のコロニー形成能評価により細胞増殖能の阻害が促進され、さらに、マイクロアレイを用いた遺伝子発現解析によりリボソーム構成タンパク質の遺伝子群の発現が特異的に抑制されることから、ポルフィリン類化合物の X 線増感作用が確認された。ポルフィリン誘導体は腫瘍細胞親和性を有し光線力学的治療において既に臨床応用されている。そこで、ポルフィリン類化合物を X 線増感剤とした新規の深部低被曝悪性腫瘍の治療方法確立の基礎的研究を行う。本年度は増感効果を検証するための、担癌動物と増感効果評価の実験系の確立を行った。今後は、これを用いて増感効果を検証し、遺伝子発現解析により作用機序を解明して最適な治療方法の開発につなげる。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 X 線増感剤、遺伝子発現解析

〔研究題目〕 サル第一次運動野損傷後のトレーニングにより生じる神経システムの再構築

〔研究代表者〕 村田 弓

〔研究担当者〕 村田 弓、肥後 範行（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

脳卒中などで脳に損傷を受けて特定の機能が障害されても、失われた機能が回復することがある。その背景には神経回路の可塑的变化による代償機能が関わっていると考えられるが、メカニズムの理解は不十分である。本研究課題は、脳機能イメージングと薬理学的手法を用い

て脳損傷後の機能回復に関わる脳領域を明らかにすることを目的として行った。これまでの研究では、第一次運動野損傷後の運動機能回復過程には訓練を必要とする要素と訓練を必要としない要素の両方があり、特につまみ動作の回復に関しては損傷後の訓練が必要であることを明らかにしてきた。損傷後の訓練によるつまみ動作の回復には損傷を免れた脳領域による機能代償が関わっていると考えられる。第一次運動野損傷後の機能代償に関わる脳領域を明らかにするために、 $[^{15}\text{O}]-\text{H}_2\text{O}$ を用いた陽電子放出断層撮影 (PET) により損傷前後の脳活動の比較を行った。その結果、第一次運動野損傷後に把握機能が回復した時期に両側の運動前野腹側部の活動上昇が認められた。このことから、運動前野腹側部が第一次運動野損傷後の把握機能の回復に関わることが推察された。さらに運動前野腹側部がどの程度機能代償に関わるのかを明らかにするために、 GABA_A 受容体のアゴニストであるムシモールを用いて神経活動の抑制実験を行った。その結果、損傷前は動作手と対側半球の運動前野腹側部を抑制してもつまみ動作が可能であったのに対し、脳損傷後に回復した時期では損傷半球 (動作手と対側) の運動前野腹側部の抑制によって回復していたつまみ動作が困難となった。この結果から、損傷半球の運動前野腹側部が機能代償に関わることが示唆された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 リハビリテーション、霊長類、病態モデル、機能回復、神経可塑性

【研究題目】 雨天時の視覚障害者の歩行環境整備に関する研究

【研究代表者】 上田 麻理 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 上田 麻理
(日本学術振興会特別研究員1名)

【研究内容】

雨天時に生じる傘の降雨騒音は視覚障害者が普段手掛かりにしている聴覚情報の聴取妨害を引き起こし、交通事故等の危険性があることが問題となっている。そこで、本研究では傘の降雨騒音を低減し、歩行の安全を確保するための支援策を提案することを目的とした。今年度は、傘の雨滴衝撃音を低減させる傘の制振性に関する検討結果に基づき実際に傘の開発とその評価を行った。

傘の上層部にメッシュ生地を用いた二重構造傘の開発を行った。さらに、開発した傘の効果と使用感を検証し、視覚障害者が実際に使えるものであることを示すために、雨量を変化させた降雨騒音下において高親密度単語を用いた音声の聞き取りやすさに関する評価実験を行った。その結果、降雨量が10mm 程度のやや強い雨の場合は従来の傘に比べ単語理解度が30%程度上昇することを確認した。

降雨騒音低減傘の開発・使用感評価により、雨天時の

歩行環境において、視覚障害者がこれまで困難だった傘の降雨騒音下での音情報の取得が可能になった。この成果は、視覚障害者の雨天時の歩行環境の安全確保につながるものと言える。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 視覚障害者、歩行環境、雨天時、降雨騒音、音響情報

【研究題目】 視覚的注意の脳機能イメージングにおけるブートストラッピング

【研究代表者】 Phillips Steven (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 Phillips Steven、Archana Singh
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

脳イメージングデータに対して、よりふさわしい統計技術を開発することを目的とし、統計手法の開発を試みた。本年度は、脳イメージング研究の分野において適用されてきていない ODP 法 (Optimal discovery rate method) を取り上げ、脳波の位相同期値によるシミュレーションを行った。

ODP 法は false positives を固定したうえで、true positives の検出量が最大になるように設計された手法である。本研究では脳波同期値の検定統計量を推定するために、帰無仮説と対立仮説の確率密度が必要であった。シミュレーションを用いて ODP 法の特性や感度などを評価した結果、ODP 法は FDR の各水準において検出の「見逃し」を最小にすることが明らかになった。また、検出量が非常に少ない (15%以下) 場合を除いて、ODP 法は hFDR 法よりも高い検出力を持つことが示された。したがって、ODP 法は従来の手法よりも脳波位相同期値に対してより有効な解析手法であることが示唆された。

以上のように、脳部位間の関連性があるかどうかについて検討してきたが、その関連性のある脳部位間の因果関係については取り上げていない。そこで、脳部位間の因果関係を推論するための統計手法である Granger causality という手法に着目した。しかしながら、予備研究を行った結果、現在の Granger causality 法は脳波位相同期値に適用することができないことがわかった。したがって、今後はこの手法を脳波位相同期値に適用できるように改良し、さらなる検討を重ねていく予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 位相同期性分析、同期性、脳波、hierarchical False Discovery Rate、Optimal Discovery Procedure、視覚探索、多重比較問題

〔研究題目〕 界面反応計測に最適なプラズモニック結晶型基板の開発と赤外領域への拡張

〔研究代表者〕 八木 一三

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 八木 一三 (その他1名)

〔研究内容〕

電気化学環境下、特に腐食が起こりやすい酸性で貴電位印加状態、において安定な分光信号増強能を有する分光電気化学基板の製作を検討し、プラズモニック結晶基板のデザインとその評価を試みた。具体的には燃料電池電極触媒表面における反応の原子・分子レベルでの解析を目指している。当初、逆ピラミッドピット型プラズモニック結晶により、表面増強ラマン散乱 (SERS) 活性な基板を製作し、単分子層レベルの感度を有することを示すことができたが、白金を用いた SERS 活性基板の構築には至っていない。そこで、表面プラズモンポラリトン (SPP) の伝搬長が白金では非常に短いことを考慮し、金表面の SPP を白金に集約し、白金表面での増強を実現することを検討した。そのためにポリスチレン (PS) 球を鋳型とする球状セグメントボイド (SSV) 型のプラズモニック結晶を製作することにした。ラピッドコンベクションデポジション法により、金平面基板表面に直径600nm の PS 球単粒子層を構築し、その隙間を金メッキにより埋めることで種々の深さを有する Au-SSV 基板を製作した。引き続き PS 球を保持したまま、Pt 電析を行うことで Au ボイドの上部に Pt リムを構築した。Pt リムの有無やプローブ分子の導入法を変えながらラマン信号計測を行うことで、Au ボイド内の SPP を Pt リムに集約できることを明らかにした。

一方、プラズモニック結晶構造の裏面から赤外光を入射することで表面増強赤外吸収 (SEIRA) 分光用基板の製作についても検討していたが、スパッタで調製した Au 表面を電気二重層領域で繰り返しサイクルすることで SEIRA 活性が間便に得られることを明らかにでき、これを用いて Au 電極表面で酸素還元反応 (ORR) が起こっている、その場の界面構造を分子レベルで明らかにすることに成功した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 表面プラズモン、表面増強赤外吸収、表面増強ラマン散乱、プラズモニック結晶、*in situ* 測定、電気化学、MEMS/NEMS

〔研究題目〕 金微粒子触媒における微細構造と触媒機能に関する研究

〔研究代表者〕 秋田 知樹

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 秋田 知樹、真木野 美智子

(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

触媒の構造と活性の関係を明らかにすることを目的に、固定床流通式触媒活性測定装置を用いて、析出沈殿法で作製した電子顕微鏡観察用のモデル触媒試料の一酸化炭素の酸化反応における触媒活性の評価を行った。また、界面構造の検討として p 型半導性を示す酸化ニッケルを担体に用いて、金-酸化ニッケルモデル触媒を作製した。

多結晶酸化ニッケル基板を用いたモデル構造を作製し界面構造を詳細に観察した。高分解能 TEM 観察から金微粒子と酸化ニッケル基板結晶の方位関係を調べ、Au(111)[1-10]//NiO(111)[1-10]となる優先方位関係があることがわかった。特に高分解能透過型電子顕微鏡観察像の統計的な評価を行い、40%の金微粒子が上記の優先方位関係を持つことがわかり、Au(111)[1-10]//NiO(111)[-110]の方位を持つものを合わせると、60%以上となることがわかった。

また Au(111)-Ni(111)界面の原子配列について HAADF-STEM 観察を行い、界面の原子構造観察を行うことができた。

その結果、Au-Ni 原子層間の距離は0.32nm と Au-CeO₂ (0.28nm) などの場合と比較して大きな値を持つことがわかった。

このことから原子層間には酸素が存在することが示唆された。さらに、金アセチルナート錯体を用いた固相混合法でモデル触媒試料作製を試みた。

これにより活性測定に用いるモデル触媒と、結晶基板を用いたモデル試料を同一の方法で作製することが可能になった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 界面、電子顕微鏡、微粒子、触媒

〔研究題目〕 電極触媒のナノ界面研究

〔研究代表者〕 前田 泰

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 前田 泰 (常勤職員1名、他0名)

〔研究内容〕

燃料電池、特に低温で使用する固体高分子型燃料電池において、高性能電極触媒の開発は実用化に向けた重要な技術的課題である。その開発に向けた試みの一つとして微粒子化がある。これは、微粒子の量子サイズ効果を期待したものである。構造としては、白金微粒子などの触媒が導電性電極に分散・固定されたものになるが、この時ナノレベルでの接合界面の理解が必要不可欠となる。本研究では、貴金属微粒子を担持したモデル電極を対象として、走査プローブ顕微鏡による微粒子の電位と個/液界面での電気二重層の測定を行い、ナノ領域での電極/微粒子/溶液界面の性質を静電ポテンシャルによって整理することを試みる。

本年度は、Au 微粒子をグラファイトや酸化チタンに担持したモデル電極を対象として、超高真空走査プロー

ブ顕微鏡による2種類の測定 (LBH および KFM 測定) を実施した。LBH と KFM はともに表面電位を評価する手法であるが、LBH は高い空間分解能を有し、KFM は絶対値を測定できるという特徴を有する。詳細な解析の結果、それぞれの特徴を生かして使い分けることで、静電ポテンシャルを極めて精密に測定できることが明らかになった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 燃料電池、電極触媒、微粒子、表面電位、仕事関数、走査プローブ顕微鏡

【研究題目】 第一原理シミュレーションによる炭素系物質の脱水素化特性の研究

【研究代表者】 香山 正憲、坂本 (原田) 晶子
(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 坂本 (原田) 晶子、香山 正憲
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

ナノ構造化グラファイトはグラファイトを水素雰囲気中でミリング処理して得られる物質であり、多量の水素を吸蔵する可能性が報告されている。吸蔵された水素は温度700K および950K 付近の2種類の温度で放出され、このうち高温側の水素放出は試料中の炭素原子と共有結合した水素によるもの、低温側の水素放出は試料の欠陥構造中に弱く結合した水素によるものだと考えられているが、水素放出のミクロなメカニズムは明らかになっていない。そこで本研究では、第一原理分子動力学シミュレーションにより、水素放出のメカニズムを明らかにする。特に以下の点について検討する。①700K 付近及び950K 付近で放出される水素の起源と放出のメカニズム、②脱水素化過程において鉄原子が果たす役割、③吸蔵されている水素原子間の相互作用、④放出される CH₄などの起源。H22年度は、①、④等の課題に取り組み、高温域での CH₄放出などのメカニズムについて、グラフエッジの水素や炭化水素の第一原理分子動力学シミュレーションにより、詳細に検討した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 第一原理分子動力学法、水素吸蔵材料、グラファイト、グラフエッジ

【研究題目】 高性能窒素系化学水素貯蔵材料の研究

【研究代表者】 徐 強
(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 徐 強、Sanjay Kumar Singh
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

高い水素含有量を持ち、燃料電池用水素源として高い可能性を持つ水和ヒドラジンに注目し、水和ヒドラジンの触媒による選択的完全分解反応で、室温という温和な温度において、PtNi 及び IrNi 合金ナノ粒子触媒を用い

て制御可能な条件下で水素ガスを発生させることができることを見出した。PtNi, IrNi 二成分合金ナノ粒子触媒の組成を調節して、触媒活性・水素生成選択性評価を行ったところ、それぞれ100%水素選択率を示す組成領域を明らかにした。PtNi 合金ナノ粒子触媒では、Pt 含有量が7-34%の幅広い領域において、100%水素選択率を示す。IrNi 合金ナノ粒子触媒に関しては、Ir 含有量が5-10%の領域において、100%水素選択率を示す。放出ガスの体積測定のみならず、質量分析における H₂/N₂ 比 (2.0) 及びアンモニアに起因する¹⁵N NMR 信号がないことから、これらの条件下ではヒドラジンの完全分解反応 H₂NNH₂ → N₂+2H₂が選択的に進行していることが確認された。TEM 観察により、PtNi, IrNi ナノ粒子の平均粒径は約5nm である。XPS 測定により、それぞれ PtNi, IrNi の二成分合金ナノ粒子となっていることがわかった。これら合金ナノ粒子が高活性・高選択性を有することは、触媒表面に両成分とも存在し、完全分解・水素生成に有利なヒドラジン結合活性化に寄与していることを示している。水和ヒドラジンは、液体であるため移動型燃料タンクへの充填が容易であり、既存の液体燃料用供給・貯蔵インフラ設備が利用可能というメリットを有する。さらに完全分解によって水素と窒素に分解するため、生成物回収・再生が不要である。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 水素、燃料電池

【研究題目】 新しい水素貯蔵材料の研究

【研究代表者】 徐 強
(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 徐 強、Xiaojun Gu
(常勤職員 1名、他1名)

【研究内容】

フレームワークの相互貫通を防ぐのに有利な多連結金属クラスターとバルキな配位子を用いることによって、細孔径の大きなメソ孔金属錯体高分子 (MOF) (In₃O) (OH) (ADC)₂ (IN)₂ · 4 · 67H₂O (1) 及びそのアミン修飾体 (In₃O) (OH) (ADC)₂ (NH₂IN)₂ · 2.67H₂O (2) の合成に成功した。金属錯体高分子 (MOF) 1の細孔径は、最大で3.39nm となっており、大きな表面積を持ち、さらに高い水素吸蔵能を有する。また、アミン修飾によって、水素の吸蔵能が向上することが明らかになった。メソ細孔を有する金属錯体高分子を担体として用いて、メソ細孔内に内包・固定化した一連の金属ナノ粒子触媒を合成した。本触媒を用いて、高い水素含有量を有し、水素貯蔵材料として有望なギ酸の選択分解反応における活性評価を行った。その結果、金属錯体高分子 (MOF) 担持複合金属触媒及びアミン修飾金属錯体高分子 (MOF) 担持複合金属触媒はギ酸の脱水素・水素生成反応に高い触媒活性を示すことを見出した。一方、単金属のみを担持した触媒は触媒活性が著しく低いことが明

らかになった。この結果は、メソ細孔内に内包・固定化した異種金属間との協同効果を示している。本脱水素・水素発生反応によって、高い重量・体積密度の水素貯蔵が可能であり、且つ温和な反応条件下で、制御可能且つ効率よく水素を発生することができることが明らかになった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素、燃料電池

【研究題目】高性能水素貯蔵システムの研究

【研究代表者】徐 強

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】徐 強、Hai-Long Jiang

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

水素エネルギー社会の構築には、高効率水素貯蔵システムの確立が必要不可欠である。これまで、水素吸蔵合金、炭素、アラネート、リチウムイミド/アミド等各種水素貯蔵システムが検討されてきたが、重量・体積当たりの水素密度が低いこと、または反応速度、分離・回収技術等様々な問題が存在し、これら諸問題を克服する新しい水素貯蔵システムの確立が期待されている。本研究では、温和な条件下で水素を効率よく発生することができる高水素含有量を有する軽元素水素化合物に着目し、高機能水素発生触媒を開発することにより、高効率水素貯蔵システムの確立を目的としている。アンモニアボランは19.6wt%の水素含有量を持ち、有望な水素貯蔵材料の一つである。アンモニアボランの触媒による加水分解反応は室温において進行することができ、反応物である水及びアンモニアボランの使用量に対する水素ガスの発生量は7.8wt%に達する。各種金属触媒による水素発生速度と触媒種及び触媒の構造との関係について系統的検討を行った。さらに、貴金属を含まないコア・シェル金属ナノ粒子触媒を便利な一段で合成できることを見出し、アンモニアボランの加水分解反応に極めて高い触媒活性を示すことを明らかにした。本触媒は、貴金属を含まないため、高効率水素貯蔵システムの実現に不可欠な高活性触媒の低コスト化に繋がるものである。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素、燃料電池

【研究題目】分子間の特異的相互作用を有する液晶性半導体に関する研究

【研究代表者】清水 洋

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】清水 洋、スイス ジャンーモイゼ

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究は、プリンタブルエレクトロニクス等有機エレクトロニクスのデバイス用材料の開発に資するため、新

規イオン性液晶における電子的過程による電荷輸送挙動の解明及び液晶の自己組織化性による階層構造形成と電荷輸送特性に関する基盤研究を行った。前者では、スイス博士の学位研究の対象物質であったイミダゾリウム塩を持つイオン性液晶のキャリア移動度の特性評価によりイオン性液晶における電子伝導挙動を明らかにすることでイオン伝導と電子伝導の両電荷輸送機能を併せ持つ新たな材料の開発に繋がるような研究を行った。その結果、内在イオンが注入された電荷に対して局所的な相互作用を持ち、そのために光電流過渡波形が異常なものとなることを見いだした。一方、後者では有機薄膜太陽電池のイノベーションに必要とされている正負両電荷の分離と輸送を効率的に担う新たな階層構造の自発的形成に液晶性半導体がどの程度対応可能かどうかを研究した。特に対称性の高い分子配向構造を持つ双連続キュービック液晶相のキャリア移動度を計測した結果、これまで論争が続いていた、双連続キュービック相中での分子の配向秩序に関して、スメクチック液晶相の変形によるキュービック相の形成という有力な考え方を強く示唆する結果を得る事ができた。また、棒状液晶系の双連続キュービック相の初めてのドリフト移動度の挙動を同時に示した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】有機エレクトロニクス、液晶性半導体、電荷輸送

【研究題目】高性能水素貯蔵材料としての多孔質金属配位高分子の研究

【研究代表者】徐 強

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】徐 強、Ya-Qian Lan

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究では、多孔質金属配位高分子(MOF)化合物を有望な水素貯蔵材料として取り上げ、高性能可逆の水素貯蔵技術の確立を目的としている。新規多孔質金属配位高分子を合成するために、新しい配位子としてビスカルボキシフェノキシメチルプロパンジイルジベンゾイックアシド(L1)及びビスカルボキシナフタレンイルオキシメチルプロパンジイルジナフトイックアシド(L2)を合成した。 $Zn_4O(O_2C)_6$ を第二次構造単位(secondary building units, SBU)として、また、L1とL2を配位子として用いて、メソ細孔を有する二つの新しい金属配位高分子(1及び2)を合成した。単結晶X線構造解析の結果、この二つの多孔質金属配位高分子化合物は3方晶系構造を持ち、2種類のケージを有することがわかった。金属配位高分子化合物1では、大きなケージの細孔径は $2.7 \times 2.4 \text{ nm}^2$ 、小さいケージの細孔径は $1.4 \times 1.4 \text{ nm}^2$ となっており、溶媒アクセス可能体積はユニットセルの約80%である。一方、多孔質金属配位高分子化合物2では、大きなケージの細孔径は $3.5 \times 2.5 \text{ nm}^2$ 、小

さいケージの細孔径は $1.7 \times 1.7 \text{ nm}^2$ となっており、溶媒アクセス可能体積はユニットセルの約85%である。配位子の長さの増加にしたがって、化合物2は化合物1よりも大きなケージ及び溶媒アクセス可能体積を示す。さらに、これらの多孔質金属配位高分子化合物の水素吸着特性を明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素、燃料電池

【研究題目】高性能液相化学水素貯蔵材料の研究

【研究代表者】徐 強

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】徐 強、Mahendra Yadav

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

これまで報告されている化学的水素貯蔵材料の主なものは水素放出温度が高い上、固相材料であったため、自動車等の移動型供給先への充填や副生成物の回収・再生が困難であった。そのために、水素含有量が高く、温和な条件下で水素放出が可能で且つ移動型タンクへの充填が容易な液状の化学的水素貯蔵材料の開発が強く求められている。本研究では、液相化学的水素貯蔵材料を取り上げ、温和な条件下での水素発生触媒の開発を目的としている。高高いルイス塩基-ルイス酸同士が立体障害ゆえに互いに錯形成できないフラストレイティド・ルイスペア (Frustrated Lewis Pair, FLP) が、金属フリーの低コスト・環境調和型触媒として水素の解離のみならず、水素化物の活性化・水素放出にも活性を示す可能性が高い。クロロベンゼン中で $\text{P}(\text{tBu})_3$ と $\text{B}(\text{C}_6\text{F}_5)_3$ を用いて、フラストレイティド・ルイスペアとして $(\text{P}(\text{tBu})_3)/\text{B}(\text{C}_6\text{F}_5)_3$ を合成した。さらに、ブロモベンゼン中で、 $\text{P}(\text{Mes})_3$ と AlCl_3 を用いることによってフラストレイティド・ルイスペアとして $\text{P}(\text{Mes})_3/\text{AlCl}_3$ を合成した。これらのフラストレイティド・ルイスペアを用いて、高い水素含有量を持つ液相化学水素化物の分解・水素放出反応における触媒活性評価を行った。さらに、いくつかの異種金属を含む合金ナノ粒子触媒の触媒活性評価を行い、液相化学水素化物の分解・水素放出反応が温和な条件下で進行することができることを見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素、燃料電池

【研究題目】リチウムイオン電池材料の表面・界面の原子・電子レベル解析

【研究代表者】香山 正憲

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】香山 正憲、前田 泰、橘田 晃宜、田中 真悟、秋田 知樹、田中 孝治、吉川 純 (常勤職員6名、他1名)

【研究内容】

リチウムイオン電池の容量や出力、充放電速度、耐久性等を飛躍的に高めるためには、電極材料の表面や電極/電解質界面の微視的な構造や充放電過程での原子・電子挙動を解明し、確固とした設計指針を構築することが必要である。本研究では、性能を大きく支配する電極活物質の表面・界面、電解質/電極界面を取り上げ、電子顕微鏡観察、走査プローブ顕微鏡観察、第一原理計算の三つの手法の緊密な連携により、表面・界面の微視的な構造や Li の出入りに伴う原子・電子挙動、構造変化を明らかにする。具体的には、スピネル型チタン酸リチウムのバルクと表面について、電子顕微鏡観察と走査プローブ顕微鏡の両方を適用し、表面構造の詳細情報を得るとともに、第一原理計算による表面構造とバルク構造の解析を行っている。第一原理計算では、各種のリチウム遷移金属酸化物の原子・電子構造の密度汎関数理論による再現性の検討、電子線エネルギー損失スペクトル (EELS) の高精度シミュレーション手法を検討し、実験との比較検討を開始している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リチウムイオン電池、電子顕微鏡、走査プローブ顕微鏡、第一原理計算

【研究題目】メソポーラス材料を利用した酵素固定化法の最適化

【研究代表者】片岡 祥 (環境化学技術研究部門)

【研究担当者】片岡 祥 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、酵素反応を効果的に行うため、メソポーラス材料を担体として用いた酵素の固定化法を開発することを目的とする。メソポーラス材料とは、均一な細孔径 (2~30nm) を有するメソ孔が規則的に配列した材料であり、前駆体溶液に界面活性剤を添加することで合成される。メソポーラス材料の細孔径が、多くの酵素とほぼ同じ大きさであるため、メソポーラス材料への酵素の固定化が近年試みられている。しかし、メソポーラス材料の細孔径や表面性状によって、その固定化量、活性、耐久性が大きく変化することが分かっている。そこで、メソポーラス材料に表面修飾することで固定化量・活性の向上を試みた。リパーゼをメソポーラス材料に固定化した場合、メソポーラス材料を疎水化することでリパーゼ吸着量を大幅に増加することができた。得られた固定化酵素を用いて酢酸ニトロフェニルの加水分解反応や酢酸ビニルのエステル交換反応を行ったところ、高い酵素活性を維持していることが分かった。一方、グルタミン酸脱炭酸酵素をメソポーラス材料に固定化した場合、疎水化やアミノ化などの表面修飾による吸着量の増加はほとんどなかった。得られた固定化酵素を用いて、グルタミン酸脱炭酸反応を行ったところ、高い初期活性を持つが、時間とともに低下することが分かった。補酵素が流出したことが原因と考えられ、反応条件と固定化法につ

いての改善が必要である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 反応・分離工学、酵素、メソポーラス材料

〔研究題目〕 バイオプロセスを適用したリグニン誘導ケミカルからの有用物質生産

〔研究代表者〕 羽部 浩（環境化学技術研究部門）

〔研究担当者〕 羽部 浩（常勤職員1名）

〔研究内容〕

木材パルプ製造の8割を占めるクラフトパルプの製造過程で副生する有機性廃液「黒液」は、燃焼されバイオエネルギーとして利用されているが、パルプ製造時に必要なエネルギー量よりも多いため、余剰黒液の有効利用法の開発が求められている。そこで本研究では、微生物が持つ有機硫黄化合物の代謝能を上手く活用し、余剰バイオマスと考えられる黒液中の主成分であるジメチルスルフィド等から有用物質（含硫アミノ酸）を生産することでバイオマス有効利用技術の開発および新規バイオリファイナリー技術の構築を目的とする。黒液中には、糖やリグニン由来の芳香族、有機硫黄化合物等が含まれるが、そのうちジメチルスルフィド（DMS）は、1950年代に濃縮黒液から工業生産が行われたほど含有量が高い。黒液中の芳香族化合物や糖などを微生物増殖のための炭素源とし、同じく黒液の主要成分である DMS を硫黄源として、細菌が有する硫黄代謝に関与する酵素遺伝子群（硫酸飢餓応答遺伝子と呼ばれる1種のストレス応答遺伝子群）を効率よく発現させることにより、効率的な「廃棄物系バイオマスを原料とした含硫アミノ酸の生産」を行うことを目的とした。平成22年度は、含硫アミノ酸生産菌であるシュードモナス属細菌のメチオニン生合成系を強化する第一段階として、遺伝子破壊等の遺伝子工学的手法により、システイン合成の主流代謝酵素遺伝子である *cysK*、トレオニン生合成の *thrB* 破壊株および二重破壊株の作製に成功した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 廃棄物処理、有機硫黄化合物、バイオプロセス

〔研究題目〕 感性バイオセンサの開発（基盤 S）

〔研究代表者〕 野田 和俊（環境管理技術研究部門）
（研究代表機関：九州大学）

〔研究担当者〕 野田 和俊、古川 聡子
（職員1名、他1名）

〔研究内容〕

化学物質に由来する味と匂いに関して分子と人工受容膜とのナノレベル相互作用の構築とそのメカニズム解明、さらにこの結果に基づき、味・匂いの計測を可能とする感性バイオセンサの研究、開発を行うものである。

今年度は、水晶振動子の検知表面部分のナノサイズ化

を進め、その電極表面上で起こるメカニズムを中心に研究開発を進めた。ここでは特に、高感度検知可能な機能薄膜とした場合の検知手法について検討を行った。検知表面を加工した QCM 素子を専用の測定器を使用し、エタノール、アンモニア、酢酸、アセトン、アセトアルデヒドなどの匂いガスに対する各種有機ガス等に対する検知特性を求めた。さらに、人工嗅上皮チップによる電気化学センサと組み合わせた総合的な匂いセンシングシステムの検知特性を評価した。その結果、QCM による検知手法と人工嗅上皮チップによる電気化学センサを組み合わせることによって、選択性が向上することを明らかにした。今までの成果を踏まえて、選択性を得るために液相と薬剤を利用したハイブリッド検知手法の改良を進め、人工嗅上皮チップによる電気化学センサと組み合わせて総合的な匂いセンシングシステム構築を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 センサ、匂い、水晶振動子、ケミカルセンサ、MEMS

〔研究題目〕 健康影響が懸念される PM_{2.5}粒子状物質のわが国風上域での動態把握（文部科学省科学研究費補助金）

〔研究代表者〕 兼保 直樹（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 兼保 直樹（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、人体の健康に影響があると考えられる PM_{2.5}粒子状物質や粒子状有機物（主に PAH）、重金属類を対象として、東アジア起源のエアロゾルが国の都市域における大気汚染に対する影響の評価を目指している。福江島・辺戸・福岡において2009年4月～2010年に4月に測定された PM_{2.5}濃度の月平均値はきわめて近い値であり、九州北部の PM_{2.5}濃度を規定しているのは長距離輸送により生じた広域的な汚染場の状況であることを示している。フィルター捕集された PM_{2.5}中の炭素系粒子の濃度は、熱分離・光学補正法による透過光補正一有機炭素（TOT-OC）濃度は福岡で福江の1.3～1.4倍程度の濃度となっており、都市大気汚染による付加が明確に存在する。一方、透過光補正一元素炭素（TOT-EC）濃度では両地点の差が小さくなる。OC 中の有害成分のうち、2009年と2010年の春に福江島と福岡市で観測された PAHs、ベンゾ[a]ピレン（BaP）、および *n*-アルカンについては、福岡市における長距離輸送の寄与率の指標として福江島／福岡市の濃度比を調べたところ、福岡市で観測される PAHs、BaP、および *n*-アルカンのうち 0.31～0.67の成分が長距離輸送に由来するものと推定される。一方、より有害性が指摘されるキノン類は、福岡で測定される濃度はほとんどが長距離輸送由来であると示唆された。福江島にけるレーザー蒸発イオン化質量分析計による測定では、個別粒子中に含まれる PAHs のスペクトルを捉えることに成功した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】大気エアロゾル、PM2.5、長距離輸送、PAH、重金属、黒色炭素

【研究題目】固液界面での分子ダイナミクスに基づく電気化学的な自己報告型遺伝子検出デバイス

【研究代表者】青木 寛（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】青木 寛、北島 明子
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

ターゲット DNA の蛍光標識化が不要な簡便・迅速な遺伝子検出法を開発するため、固液界面での分子ダイナミクスに基づく分析対象の標識化を必要としない電気化学遺伝子センサの開発を目指した。ハイブリッド形成により自ら電気化学信号を発生させる（自己報告型）新規遺伝子プローブを設計・合成し、ラベル化およびマーカが不要という簡便性を満たしつつより高感度な遺伝子検出法へと展開させることを目的とした。

本年度は、昨年度開発したバルク溶液中での遺伝子検出を可能とする遺伝子プローブをさらに発展させ、センサ表面への固定化部位を有するアンカー標識遺伝子プローブの設計・合成を行った。さらに、遺伝子センサアレイチップへと集積化させることで、研究の一層の展開を図った。遺伝子センサアレイチップの開発では、蒸着した金薄膜をエッチングして作製したガラス基板および配線パターンを同時焼成して作製したセラミックス基板を比較・検討した。その結果、セラミックス基板はガラス基板と比較して耐熱性・耐薬品性に優れており、また集積化にも適していることが分かった。作製した微小電極アレイの金電極表面上に、微量の遺伝子プローブ溶液を塗布してプローブの固定化を行ったところ、複数の異なる微小遺伝子センサを高集積アレイ状に有する遺伝子センサアレイの構築に成功した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】DNA、遺伝子、核酸塩基、センサ、電気化学分析

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

【研究代表者】村山 昌平（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】近藤 裕昭、村山 昌平、石戸谷 重之
気象研究所：松枝 秀和、澤 庸介、
坪井 一寛（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

本研究では、レーザー光源を用いた赤外吸収法による観測現場で無人連続測定が可能な高精度 CO₂同位体連続観測手法の開発を目標とする。今年度は、装置の設計および使用する部品の選定作業を継続して行った。光源に

使用する分布帰還型（DFB）量子カスケードレーザの波長仕様を決定するために、HITRAN データベースを基に検討を進めるとともに、中赤外域（4.3μm 域）の CO₂吸収線付近の波長域で波長可変であり、波長幅が DFB レーザより広いチューナブル量子カスケードレーザを用い、MCT（HgCdTe）赤外検出器と組み合わせて実験を行った。その結果、CO₂の同位体測定のために適した波長を決定することができた。また、本装置で使用する測定セル部の設計を進め、高精度・高感度分析のために、セル内面について CO₂吸収線波長域（4.3μm 域）における光吸収ができるだけ小さい材質を選定して、吸収光路長を長く取れるように構造の検討を継続して行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】安定同位体比、連続測定、レーザー分光、炭素循環

【研究題目】分子制御による融合マテリアル形成の計算科学シミュレーション

【研究代表者】灘 浩樹（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】灘 浩樹（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、バイオミネラリゼーションに倣いそれを超える省エネルギー・省資源・低環境負荷材料「融合マテリアル」研究の理論的基盤を構築するために、有機分子の無機結晶成長制御に焦点を当てた計算科学研究を実施する。

タンパク質やペプチド、ポリマーなどの有機分子は無機結晶の成長を巧みに制御する機能を有しており、その機能は歯や骨、貝殻真珠層の形成に代表されるように、材料としても極めて優れた有機／無機複合体（バイオミネラル）を生み出す源となっている。このような生物による材料合成のしくみを人類が自在に応用することができれば、自然と調和して永続的に発展可能な材料調和社会の実現へ大きく前進するであろう。本研究では、バイオミネラル形成の一連の過程における初期過程“有機分子による無機結晶の成長制御”に焦点を当て、制御有機分子の構造および成長制御機構の解明に絞込んだ計算科学シミュレーション研究を実施する。

本年度は、バイオミネラリゼーションにおいて代表的な無機結晶である炭酸カルシウムカルサイトをとりあげ、その表面上における有機分子吸着構造を解析する計算科学研究に着手した。有機分子としてアスパラギン酸を主に取り上げた。これまでに、アスパラギン酸のカルサイト表面吸着構造に水が強く影響すること等がわかってきている。今後、有機分子吸着構造と成長制御機構との関係を明らかにするために、様々な有機分子に対する同様な研究のデータを蓄積していくことが必要である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】結晶成長、バイオミネラリゼーション、

計算科学

〔研究題目〕ロジウム抽出剤開発のための金属抽出挙動及び溶液錯体構造解析

(文部科学省 科学研究費補助金)

〔研究代表者〕成田 弘一 (環境管理技術研究部門)

〔研究担当者〕成田 弘一、田中 幹也、森作 員子
(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

目標：

ロジウムは産地が偏在しており非常に高価である。よって、ロジウム含有製品(自動車排ガス浄化触媒等)からのリサイクルは必須である。現在、白金族金属の分離精製は、塩酸溶液から溶媒抽出により分離する方法が主流であるが、他の白金族金属とは異なりロジウムに対し高分離性能を示す抽出剤は未だ皆無である。そこで本研究では、実用的なロジウム抽出剤の開発を目指す。

研究計画：

HSAB 則、サイズ効果などを考慮に入れた *N,N*-二置換アミド化合物の設計・合成、新規抽出剤による塩酸溶液からのロジウムの抽出分配測定、X 線吸収微細構造(XAFS)法などによる構造解析を進めながら最適な基本構造を探索し、さらに実用化へ向けた改良を行う。

年度進捗状況：

本年度は、抽出機構の解明を進めるために、3級アミンに *N,N*-二置換アミド基を1個導入した *N*-ジ-*n*-ヘキシル-(*N*-メチル-*N*-*n*-オクチル-エチルアミド)アミン(DHMOEAA)、2個導入した *N*-*n*-ヘキシル-ビス(*N*-メチル-*N*-*n*-オクチル-エチルアミド)アミン(HBMOEAA)、3個導入したトリス(*N*-メチル-*N*-*n*-オクチル-エチルアミド)アミン(TMOEAA)、及び比較としてトリ-*n*-オクチルアミン(TOA)を用いて塩酸の抽出を行った。得られた見かけの塩基性は、TOA > DHMOEAA > HBMOEAA ≈ TMOEAA となり、ロジウム抽出率の大きさ(TMOEAA > HBMOEAA > DHMOEAA >> TOA)とは異なる結果が得られた。また、*N*-*n*-ヘキシル-ビス(*N*-メチル-*N*-フェニル-エチルアミド)アミン(HBMPEAA)と塩化ロジウムとの単結晶を作成し X 線構造解析を行ったところ、HBMPEAA は三座でロジウムに配位しており、XAFS測定等で得られた溶液系錯体の構造(抽出剤が金属に配位していない)とは差異がみられた。また、HBMOEAA を用いると、実液に近い高濃度のロジウム溶液に対しても、抽出剤の約半分のモル濃度の金属を抽出可能であった。さらに、長期間(3か月以上)高濃度塩酸と接触し続けても抽出剤の劣化は見られなかった。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕ロジウム、塩酸、溶媒抽出、抽出剤、白金族金属

〔研究題目〕生理特性から捉える細菌群集の海洋物質循環過程における役割

〔研究代表者〕山田 奈海葉(環境管理技術研究部門)

〔研究担当者〕山田 奈海葉(常勤職員1名)

〔研究内容〕

海洋細菌(原核生物)群集は、様々な炭素含有基質の利用を通じて海洋炭素循環の駆動に深く関わっている。海洋原核生物には様々な種類が存在し、その生理特性や機能が異なるにも関わらず、多くの研究では、原核生物群集をひとまとめにして、物質循環過程への関わりを調べている。逆に、海洋原核生物が利用している基質の中味についても様ではない。本研究では、化学的性質が既知であるモデル基質を用いて培養実験を行い、生理特性の違いを指標とした、海洋原核生物のより詳細な物質循環過程への関わりを明らかにすることを目的とした。海洋原核生物の中には、有機物を基質として利用する従属栄養型のもの以外に、無機炭酸を基質として利用する独立栄養型のものが存在する。本研究では、昨年度までに開発した、モデル基質として重炭酸塩を用いる海洋原核生物の無機炭酸利用能測定手法を様々な海域・水深の原核生物群集に適用し、それらの海洋炭素循環過程における役割を調べた。この結果、検討を行った相模湾、相模湾沖、駿河湾沖、黒潮沖の4つの観測点における水深200~1500mの試料全てにおいて、無機炭酸利用能を持つ原核生物が、生体内へ取り込んだ無機炭酸の0.7~13倍の無機炭酸由来の炭素を溶存態有機物として多量に放出していることを確認することができた。このことから、無機炭酸利用能を持つ原核生物の物質循環過程への寄与が非常に大きいこと、その現象が様々な海域で普遍的に起こっていることが明らかになった。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕海洋物質循環、原核生物

〔研究題目〕海洋における真の密度測定

〔研究代表者〕鶴島 修夫(環境管理技術研究部門)

〔研究担当者〕鶴島 修夫(常勤職員1名)

〔研究内容〕

海水の密度測定法について、H22年度の検討により抽出された問題点等について、解決手法を確立することを目標に検討を行った。

- ・測定の安定性向上：サンプル導入容器としてプラスチックディスポジリングを用いていたが、容器からなんらかの物質が溶出する可能性があり、不適當であることが確認された。ガラス製シリンジではそのような現象はなく、高精度に測定出来る。サンプル導入ラインが密度計内の振動管に干渉し、密度測定値が安定しない場合があることがわかった。台座つきのバルブを用い、測定時にはサンプル導入ラインと密度計を切り離す事とした。
- ・溶存ガスの処理：海水の密度に対する溶存ガスの影響

について、シリンジを用いて海水中の溶存ガスを逃がして測定を行ったところ、有意な差が見られなかった。従って、通常の測定温度（20～25℃）まで試料温度を上げたとしても、影響は無いことが確認された。

- ・保存可能性のチェック：サンプル保存容器としてガラスバイアルやテフロンコーティングバイアルを用いて検討を行った。いずれも常温で長期保存を行った場合、ガラス成分がサンプルに溶出し、密度測定値に影響を与える可能性があることが示された。冷蔵保存の場合、いずれの瓶でも数ヶ月の保存が可能であったが、テフロンコーティングバイアルの方がガラス成分の溶出が少なく、より適当であることが示唆された。水銀添加した場合も冷蔵保存であれば良好な保存性が確認された。上記結果より、水銀を加えなくても通常の外洋レベルの海水であれば数ヶ月保存できることが示唆されているが、水銀添加が微量であれば密度測定値に影響を与えないため、生物活性の高い試料については一定の効果があるものと思われる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】海水、密度、標準化

【研究題目】シグナル・オン型電気化学センシング法による高感度遺伝子センサ

【研究代表者】青木 寛（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】青木 寛、北島 明子
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

従来の遺伝子検出法は、多大な時間や労力を要し定量性に欠ける問題があり、その根本的な原因はターゲットDNAの蛍光標識化が必要なことであった。これらの問題を解決し、簡便・迅速な高感度遺伝子検出法を提案するため、分析対象の標識化を必要とせず、さらにDNA認識に連動した酸化還元錯体の解離反応に基づくシグナル・オン型の電気化学遺伝子センサの開発を行ってきた。

本研究で開発した遺伝子プローブは、一本鎖時に柔軟な構造を有するDNA末端に電気化学信号発生団と抑制団とを取り付けた分子構造を有しており、ターゲット認識前・後において両団が内包錯体を形成・解離することで、信号が抑制・回復する仕組みを基盤とする。信号発生団としてフェロセン、抑制団としてβ-シクロデキストリンを有する22塩基DNAをプローブとして合成し、ハイブリッド形成によるフェロセン酸化還元信号の増加（シグナル・オン）が観測できた。また、遺伝子センサのデバイス化を行い、複数遺伝子の簡便・迅速な配列選択的な同時検出を可能とした。

このようにして、ターゲットのラベル化およびマーカ一添加が不要なシグナル・オン型の遺伝子検出システムを構築し、併せて簡便・迅速な一次スクリーニング技術としての遺伝子検出デバイスの開発を推進した。これらの成果は、学問的のみならず実用的にも意義深いと考え

られる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】DNA、遺伝子、核酸塩基、センサ、電気化学分析

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

【研究代表者】石戸谷 重之（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】石戸谷 重之（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、地球温暖化に対する森林生態系の応答を調べるため、森林内の大気中酸素（O₂）濃度と二酸化炭素（CO₂）濃度の観測から、陸上植物の呼吸、光合成量を分離して評価することを目指す。そのためO₂濃度の高精度連続観測装置を開発し、岐阜県高山森林内大気の観測に応用する。またチャンパー法によって採取した空気を分析し、葉や土壌呼吸による呼吸、光合成活動に伴うO₂:CO₂交換比を明らかにする。H22年度は、O₂濃度連続観測装置の開発を進めた。装置の検出器として燃料電池をセンサーとした差分燃料セル分析計を採用した。その高精度化には、空気試料が流れる配管内の圧力や温度の変化によるO₂とN₂の分別を防ぐことが必要となるため、高精度圧力計と流量制御バルブを用いてO₂センサー部を流れる空気試料の圧力を10⁻³Pa台で安定させる制御システムを製作した。またO₂センサー部の温度を10⁻²℃のオーダーで安定させるために分析計の断熱処理を行った。さらに、空気試料中に水蒸気が存在すると、水蒸気量の変動により空気のO₂分圧が微妙に変化し、高精度の測定ではその変化がO₂濃度の観測値に影響を及ぼしてしまうことから、分析計に流れる大気試料を露点-70℃以下に除湿し、水蒸気の影響を除去する装置の製作を進めている。本装置での測定は相対測定法であるため、O₂濃度の基準となる標準ガスが必要となる。そのためO₂濃度を調整した新たなO₂濃度標準ガスを製造した。

【分野名】

【キーワード】物質循環、気候変動、大気中酸素濃度、大気中二酸化炭素濃度、陸上植物、呼吸、光合成

【研究題目】複雑地形地におけるフラックス観測の代表性と広域化に関する研究

（文部科学省 科学研究費補助金）

【研究代表者】近藤 裕昭（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】近藤 裕昭、村山 昌平
（常勤職員2名）

【研究内容】

今年度は風洞実験、現地観測について以下のような結果を得た。

1. 風洞実験

21年度に平板上の面源として開発したエアーストーン板について放出量なるべく一様になるよう改良を加えた。この板を多数並べて2次元の山岳状に配置して拡散実験を行い、山岳の各部位におけるフラックス測定と平均濃度の計測をエタンガスをトレーサとして行った。エアーストーン板に流入させるトレーサーガスについて、圧力変化を考慮する必要がわかった。山岳の上流側と下流側でフラックスの測定値にやや乖離がみられ、上流側では角度補正後もフラックスが負の値となった。今後実験条件と結果について詳細に分析・検討を行う。また昨年度実施した金網キャノピーの風洞実験について、相当する葉面積指数を求めた。

2. 現地観測

風洞実験から示唆されたキャノピー上部での乱流発生について現地でも確認するため、タワーに2台の超音波風速計を付加し、計測を継続している。現在までに取得したデータを解析した結果、TKY サイトにおける観測値に現れる複雑地形の影響は、平均の上昇流が無視できないことであることがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】炭素循環、フラックス観測、風洞実験

【研究題目】西部北太平洋域における炭素同位体観測による黒色炭素粒子の発生源寄与・広域分布評価（文部科学省科学研究費補助金）

【研究代表者】兼保 直樹（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】兼保 直樹（常勤職員1名）

【研究内容】

長距離輸送される炭素系物質濃度が比較的高いと考えられる長崎県五島列島福江島においては、2009年10月より $PM_{2.5}$ 分級のエアロゾルを1週間の時間分解能で捕集を開始し、黒色炭素（BC）中の ^{14}C については2010年5月のものまで分析が進んだ。別途採取されている沖縄本島辺戸岬でエアロゾルの分析結果と比較すると、初冬季～春季までの結果では、モダンカーボン、すなわち植物体起源の炭素の割合（pMC）が25～35%と比較的一定している辺戸とは異なり、福江での pMC は24%以下と比較的低く状態からときおり35～45%と高くなる場合があり、間欠的にバイオマス燃焼の寄与を大きく受けていることがわかった。一方、BC 中の $\delta^{13}C$ については、分析条件を詰めてきたところ1週間の時間分解能でもほぼ問題なく分析可能であることがわかり、約5サンプルを分析したところで東日本大震災が発生し、分析が止まってしまっている。2010年5月初旬から6月中旬まで $\delta^{13}C$ は -26.0～-24.6‰とほぼ石炭燃焼と自動車排気ガスのフィンガープリントの中間に入ったものが多く、分析結果の妥当性を示唆している。

また、夏期の富士山頂において、付近の大気境界層起

源のエアロゾルと自由対流圏エアロゾルを狙って、 $PM_{2.5}$ 分級器付ハイボリューム・エアサンプラ2台を昼夜に分けて吸引を行い、2010年夏に関しては比較的良好なサンプルを得ることができた。さらに、大陸起源の気塊の輸送過程を調べるため、小笠原父島で実施している大気中ラドン濃度測定（冬季～春季のみ）の結果からは、BC とラドンの濃度ピークの出現は概ね一致するが、BC 濃度が上昇せずラドン濃度のみ上昇するイベントもときおり生じており、今後、数値モデルの解析と併せて発生源地域・輸送経路との関係について検討を行う予定である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】大気エアロゾル、長距離輸送、放射性炭素、黒色炭素、化石燃料燃焼、バイオマス燃焼

【研究題目】希少金属回収を目的とする廃小型電子機器の高度識別分離・選択粉碎システム

【研究代表者】古屋 仲茂樹（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】古屋 仲茂樹、小林 賢一郎

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

レーザー3次元解析法による識別分離法の検討では、前年度作成した廃小型家電の構成部品・素材データベースのうち携帯電話とデジタルカメラについてサンプル数を拡充した。また、1998年～2007年に掛けて製造されたNTT 社携帯電話製品51機種に使用されている Ta コンデンサの数を製造年代別に調査したところ、2005年以降機種に関わり無く使用数が急減していることが明らかになった。これらを混合した状態で中間処理することは、Ta の回収に向けて効率的とは言えない。そこで、本研究で開発したマルチニューラルネットワークを利用した識別アルゴリズムを適用した識別分離実験を行い、これらを製品レベルで選別可能であることを確認した。選択粉碎技術の検討では、レアメタルを含有する重要な部品である携帯電話プリント基板とリチウムイオン電池を対象に粉碎試験を実施した。その結果、携帯電話プリント基板を特定の衝撃式粉碎機を用いて破砕した場合、砕製物に含まれる配線板と電子部品類の粒度には顕著な違いが生じ高効率な選択破砕がなされること、目開き5mm篩いを用いることでこれらを簡単に分離可能でありこのときレアメタルや貴金属の大部分が5mm 以下の粒子群に濃集すること、さらに静電選別を行うことで Ta 品位を2.0wt%程度まで濃縮可能なことが分かった。また、リチウムイオン電池を対象とする場合は、焼成物を2軸圧縮せん断式破砕機と衝撃式破砕機を用いた2段階の破砕によって電極材、金属箔、筐体を構成する各種金属粒子に選択的に破砕が可能であり、砕製物の分級と磁力選別によって Co を回収率99.2%、品位49.2%で回収可能であることが分かった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 廃小型電子機器、リサイクル、レアメタル、粉碎、選別

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

〔研究代表者〕 灘 浩樹（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 灘 浩樹（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、寒冷圏生物の持つ水の結晶化を制御する特殊なタンパク質に注目し、タンパク質構造と発現する結晶化制御機能との関係を明らかにすることにより、それらタンパク質機能をヒントとした省エネルギー効率の高い冷凍技術や有機分子機能を利用した環境負荷物質の分離・回収技術など新しい環境・エネルギー技術の創成へつなげるためのシーズ発掘を目的とする。

本研究では、氷の核生成を著しく促進させるバクテリア氷核タンパク質および氷の結晶成長を著しく抑制する不凍タンパク質を主な研究の対象とする。これら二つのタンパク質はアミノ酸配列の特徴が類似しているものの、発現する機能は正反対である。本研究の期間内に、タンパク質構造の違いと発現する機能の違いとの関係を探り出すことを目指す。

本年度は、昨年度に引き続き、キサントモナス属のバクテリア氷核タンパク質による氷の成長速度異方性変化を実験により定量的に調べた。この成長速度異方性の変化は氷核タンパク質の原子配列構造特性を反映したものであることが確からしくなった。また本年度、昆虫不凍タンパク質による氷の成長抑制機構を調べる分子動力学シミュレーション研究を実施し、実験と定性的に一致する成長抑制効果を再現した。これらタンパク質の構造と発現する結晶化制御機能との違いをさらに深く追及していくことにより、水の結晶化を制御するための有機分子の構造条件が明らかとなり、さらに環境負荷物質など様々な物質分子の結晶化や分離・回収に対して分子機能を利用した技術を生み出すヒントが得られるものと期待される。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 氷核タンパク質、不凍タンパク質、結晶成長

〔研究題目〕 希土類抽出剤ブレード型樹脂を用いるクロマトグラフィーの構築と分離分子過程の解析

〔研究代表者〕 田崎 友衣子（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 田崎 友衣子（常勤職員1名）

〔研究内容〕

希土類金属元素は、他の金属にはない特殊な機能を発揮するため、最先端産業において広く利用されている。

近年、その用途と需要が拡大している中で、コスト面の理由から、使用済み製品からの希土類金属元素のリサイクルはほとんど行われず、希土類金属元素の供給は中国からの輸入に依存してきた。しかし、供給不安と価格高騰に直面している現在、希土類元素のリサイクルシステムの構築が課題である。

本研究では、リサイクルプロセスにおいて、低環境負荷・高効率の分離・回収法の確立に貢献することを目指して、抽出剤固定化ポリマーの開発に取り組んでいる。22年度は、ポリマー重合過程で抽出剤を取り込む固定化法に着目した。当該手法によって、希土類元素の分離・回収に最適なリン酸エステル系抽出剤をポリメタクリル酸メチルの多孔性粒子に内包できることを明らかにした。しかし、リン酸エステル系抽出剤は、他の金属イオン抽出剤に比べて水に対する溶解度が高いために、ポリマー相からの抽出剤の溶出が起り、吸着剤としての耐久性は含浸樹脂とほとんど変わらないと考えられる。そこで、粒子内部のみに抽出剤が存在する二層構造を有するポリマーを調製した。しかし、そのような構造の違いによる抽出剤溶出量に大差は認められなかった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 希土類元素、リン酸エステル系抽出剤、吸着剤、多孔性ポリマー

〔研究題目〕 熔融炭酸塩を用いた使用済み電子機器からのレアメタルの回収(外部資金)

〔研究代表者〕 加茂 徹（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 加茂 徹、小寺 洋一、中尾 和久、張 尚中（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

本研究グループでは、熔融混合炭酸塩を用いて使用済み電子機器の筐体、基板、配線等の有機成分をガス化することにより、効率よく金属やレアメタルを回収する技術を開発している。このプロセスの大きな特徴は、手作業で筐体や基板を解体し基板を微粉碎する工程が省かれるために非常に経済的であり、またこれまでほとんど有効利用されていない筐体や基板のプラスチックを水素へ転換してエネルギー源として利用できる点にある。

平成22年度は、実際のエポキシ基板およびフェノール基板を混合炭酸塩共存下で水蒸気ガス化し、これらのプラスチックの反応挙動を検討した。エポキシ基板やフェノール基板の水蒸気ガス化は、初期熱分解とチャーの水蒸気ガス化反応の2段階からなり、混合炭酸塩は初期熱分解および後段のガス化反応の両方を促進させていると考えられる。水素の生成速度の対数値は反応時間に対して直線的に減少し、その傾きから水蒸気ガス化反応速度や活性化エネルギーを求めた。固体の炭酸カリウムあるいは極微量の混合炭酸塩を用いると、炭酸塩によるガラス繊維の劣化を抑制しながらエポキシ基板の水蒸気ガス化を促進できることが分かった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 レアメタル、水蒸気ガス化、廃電子機器、炭酸塩、水素

〔研究題目〕 フェムト秒分光による界面電子移動反応におけるプラズモン増強効果の機構解明

〔研究代表者〕 古部 昭広

(計測フロンティア研究部門)

〔研究担当者〕 古部 昭広 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

金属ナノ構造に生成する局在プラズモンは、金属近接場に大きな電場を作り出し、効率的な反応、新たな反応を引き起こすことが理解されつつあり、多くの基礎・応用研究が進んでいる。

本研究実施者は、これまで、酸化チタンナノ微粒子上の金ナノ粒子を励起した際、50fs 以内に約30-100%の収率で、酸化チタンの伝導帯に電子移動反応が起こることを、過渡吸収測定から解明した。その後、金ナノ粒子間付近に生じる増強電場が金から酸化チタンへの電子移動反応に与える効果を、フェムト秒の過渡吸収分光により定量的・体系的に明らかにした。H22年度は、増強電場が他の反応系にあたる増強反応の機構理解を、素過程の解明から進めた。

具体的には、共同研究を通して、金属以外の増強電場の系として、金属酸化物 (ITO) ナノ粒子における電場増強効果を表面コート色素の2光子励起条件下でのフェムト秒過渡吸収を測定することによって評価した。ITO ナノ粒子が無いときに比べ30倍の信号増強が得られ、金属酸化物でも大きな電場増強が起こることを定量的に確かめた。また他の共同研究として、高強度フェムト秒パルスで励起された金ナノ粒子から電子が周りの水中に放出されることによって起こるクーロン爆発現象の実時間観察に成功した。本来の研究課題である金と酸化チタンの電荷分離過程において、その再結合時間が10-100ps スケールと速いことの原因を量子ドットと酸化チタンの系との比較から議論し、粒子同士の接触面積が大きいことが問題であることを提案した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 界面、プラズモン、過渡吸収、フェムト秒レーザー、電子移動、光電変換、ダイナミクス

〔研究題目〕 質量顕微鏡による高空間分解能分子動態解析

〔研究代表者〕 高橋 勝利

(計測フロンティア研究部門)

〔研究担当者〕 高橋 勝利 (常勤職員1名、他0名)

〔研究内容〕

本研究において開発を行う質量顕微鏡のベースになる顕微 MALDI-FTMS 装置は12T 超電導磁石に組み込ま

れていたが、このマグネットが使えなくなったため、これを隣の9.4T 超電導磁石の裏側に移動し、既存の9.4T-FTMS と切り替えて使用できるようにセットアップした。

顕微 MALDI-FTMS 装置では、装置内部の真空下に置いた薄切試料にビデオ顕微鏡下で小さく絞った紫外レーザー光をピンポイント照射して、生成したイオンを超高分解能・超高精度質量分析することが出来るが、これを質量顕微鏡として動作させるため、薄切試料を水平XY 方向に微小精密スキャンする必要がある。本年度、このためのハードウェア及びソフトウェアの改造を行った。試料ステージ位置をクロズドループ制御する「サーボモーターステージ」に改造し、試料の位置をサブミクロンオーダーで精密に制御できるようにした。また、レーザースポットの面積を劇的に縮小化するために原子間力顕微鏡プローブを利用するが、検出感度を大幅に向上させるためにプローブ制御システムを電氣的に他の部位と電気絶縁し、プローブ表面の電位を高電圧にフロートさせるための装置改造を実施した。

この他、植物組織を凍結下でサブミクロンの厚みに薄切するための凍結マイクロームシステムを導入し、質量顕微鏡測定に適した試料調整法に関する研究を開始した。以上のとおり、本年度は、質量顕微鏡装置実現に向けてのハードウェア・ソフトウェア開発及び凍結マイクロームによる薄切試料作製及びマトリクス噴霧条件の詳細な検討を行う環境整備を実施した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 Imaging MS、MALDI-MS、組織切片、紫外パルスレーザー

〔研究題目〕 位相制御レーザーによる固体表面粒子放出現象の量子制御

〔研究代表者〕 大村 英樹

(計測フロンティア研究部門)

〔研究担当者〕 大村 英樹 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

レーザー光を用いて物質の量子状態や量子ダイナミクスを直接操作し、物性や機能を制御しようとする量子制御 (またはコヒーレント制御) に関する研究が近年精力的に行われている。研究代表者は波長の異なるフェムト秒光パルスを重ね合わせ、その相対位相を精密に制御した位相制御光による異方的トンネルイオン化とそれに基づいた分子配向制御を世界に先駆けて実現し、位相制御光と気体分子との相互作用は位相に強く依存する多彩な量子現象を示すことを明らかにした。位相制御光は従来の光とは本質的に異なった性質を持っているため、光の位相に関わる新しい量子現象の観測、さらに位相制御光を用いた物質制御の新しい方法論を提示できる可能性がある。

本研究課題の目的は、位相制御光と物質との相互作用

による量子現象の探索をこれまでの気体分子から固体表面に展開することである。具体的には以下のとおりである。(1) 位相制御光と固体表面および固体表面に担持された分子との相互作用によって引き起こされる量子効果を系統的に探索・分類し、総合的な理解をする。特に、十分に解明されていないフェムト秒パルスによるレーザーアブレーションのメカニズム解明を目指す。(2) 位相制御光を用いた新しい方法論に基づく極限計測手法として、位相制御レーザー支援電界イオン顕微鏡のプロトタイプの試作を行う。

H22年度は、H21年度に作製した電界イオン顕微鏡を使用して、タングステン探針からのレーザー誘起電界蒸発現象の観測および位相制御レーザーパルスによる固体粒子放出現象の制御の実験を行った。その結果、位相制御レーザーパルスによる顕著な位相効果は観測されず、実験を行った条件では、レーザー誘起電界蒸発現象は光電場ではなくレーザーによる局所過熱効果であることが示唆された。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 量子制御、コヒーレント制御、位相制御レーザーパルス

【研究題目】 溶液ジェット法による糖薄膜の製膜と真空紫外円二色性データベースの構築

【研究代表者】 田中 真人

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 田中 真人 (常勤職員1名)

【研究内容】

糖・糖鎖はその重要性にも関わらず、その構造情報を得る手段は限られている。本研究は真空紫外円二色性計測による糖鎖構造解析の実用化を将来目標としており、まずその基礎として単糖など比較的容易に入手可能な様々な糖試料の真空紫外円二色性スペクトル計測とそれに先立つ糖薄膜試料作製装置開発や真空紫外円二色性計測装置開発等を行うものである。本研究の遂行を将来的には円二色性計測による糖鎖の分子構造解析へとつなげていき、糖鎖の構造解明による各種疾病の予防や治療・製薬開発などへ貢献していきたいと考えている。

円二色性による構造解析には広い波長範囲における測定が必須であるが、薄膜試料は溶媒の吸収・取り扱いの容易さなどから最も適した試料形態といえる。本年度は前年度までに開発した溶液ジェット法等による糖薄膜作製装置や高感度真空紫外円二色性スペクトル計測装置などを活用して、糖薄膜試料の真空紫外円二色性計測を進めてきた。

例えば最も一般的な糖であるグルコース薄膜の作製と、その α 体、 β 体の薄膜の波長140nmまでの真空紫外円二色性スペクトルの計測などに成功した。円二色性スペクトルの試料の面内・面外回転角度依存性を測定することで、本試料において直線異方性の影響を排除した。測

定の結果、グルコース薄膜の真空紫外域での光吸収は α 体、 β 体といったアノマー間での違いはほとんど見られないが、円二色性スペクトルは大きく異なる形状を示していることがわかった。アノマー間の分子構造の差異は一部の水酸基の位置が主であることから、真空紫外円二色性スペクトルはこのような糖の僅かな構造の変化に敏感に応答することを如実に示している。

また単糖だけでなく β シクロデキストリンと呼ばれる α -D-グルコースが7個環状に結合した糖の薄膜作製とその真空紫外円二色性スペクトルの測定にも成功し、グルコース間の結合によって、円二色性スペクトルがどのように変化するかなどを調べた。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 円二色性測定、糖、真空紫外線、キラリティ、構造解析、放射光、薄膜

【研究題目】 超伝導ナノストリップライン分子検出器による巨大分子質量分析

【研究代表者】 大久保 雅隆

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 大久保 雅隆、志岐 成友、浮辺 雅宏、鈴木 宏治 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

我々は、超伝導体を厚み数10nm、幅1 μ m以下のナノサイズにすると、イオンの衝突を高感度、高速で検出できることを明らかにしている。平成22年度は、この超伝導ナノストリップ検出器を質量分析に応用し、バイアス電流を変化させることにより、イオンの価数識別が可能なることを明らかにした。質量分析は、イオンの質量/電荷数比 (m/z) にしたがってイオンを分離する手法と定義されている。このため、 m/z が同じで電荷数比が異なるイオン (例えば、 m/z が14の N^+ と N^{2+} 、 m/z が14,307のリゾチーム単量体1価イオンと2量体2価イオン) を区別することができない。

質量分析では、イオンの運動エネルギーは加速電圧 $V \times$ イオンの電荷数 z に比例する。バイアス電流の値を変えることにより、検出可能な運動エネルギーの下限値を制御できることを明らかにした。異なるバイアス電流で測定した質量スペクトルを差し引くことにより、特定の電荷数のイオン強度を求めることができ、観測される質量ピークがどの質量 m に対応するか、一意に決定できるようになった。さらに、この能力と飛行時間型質量分析において、高い質量分解能を得るために必要なナノ秒の応答速度を実現した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 質量分析、ナノ構造、超伝導デバイス、極低温

【研究題目】 レーザーコンプトン準単色X線マルチパルスの生成と動的医用イメージングへの

応用

【研究代表者】山田 家和勝

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】山田 家和勝、豊川 弘之、
黒田 隆之助、安本 正人、関口 広美、
小池 正記、青山 隆彦、福山 直人

(常勤職員6名、他2名)

【研究内容】

X線医用イメージングで一般に用いられる X線管球に対して、単色性、エネルギー可変性、短パルス性、可干渉性等に高い優位性を持つ小型のレーザーコンプトン散乱 (Laser Compton Scattering; LCS) X線発生装置の高性能化と、その微小血管造影や、コントラストのつき難い軟組織の低被曝・高精細イメージングへの適用可能性を検証するための基礎研究を行った。具体的には LCS-X線の収量増加のため、フォトカソード RF電子銃を有する小型リニアックに Cs₂Te 半導体カソードを導入して100パンチ大電流電子ビームの発生とその高エネルギー加速を実現するとともに、マルチパルス・レーザーコンプトン散乱実験用再生増幅型 Ti:Sa レーザー共振器の設計と、その実現のための要素技術開発を行った。またこれと並行して、LCS-X線発生装置をシングルパルスモードで動作させ、生体試料の実時間撮影に成功するとともに、人体ファントムを用いて LCS-X線によるイメージング手法の低被曝性を確認した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】小型電子加速器、高出力レーザー、レーザーコンプトン散乱、単色 X線、放射線、線量測定・評価、医用・生体画像

【研究題目】大気陽電子顕微鏡の開発

【研究代表者】大島 永康

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】大島 永康、鈴木 良一、
B. O'Rourke、黒田 隆之助

(常勤職員4名)

【研究内容】

高強度の陽電子集束ビームを用いて大気中に設置した試料の極微欠陥を評価する装置 (大気陽電子顕微鏡) の要素技術の開発研究を行っている。真空環境で生成した陽電子ビームを大気中に高効率で取り出すために、ビームを遮断しにくい薄膜を用いて真空窓を開発した。真空窓の材料として厚み30-500nmの SiN 薄膜を準備し、これらの真空保持テストを行った。この結果、窓領域が 0.5-1mm 角程度であれば、1気圧差を保持できることが分かり、真空窓材として実用上問題ないことを明らかにした。

陽電子ビーム (ビーム径: 100μメートル) を1-25 keV 程度にまで静電加速管で加速し、真空窓を通して大気に取り出す実験を行った。真空窓の直後には、シリ

コン酸化膜試料 (膜厚: 100nm、500nm) を設置し、陽電子寿命測定を試みた。実験の結果、膜厚30nmの SiN 真空窓を用いた場合、2keVの陽電子は50%程度の割合で大気側に取り出せることが明らかとなった。また、2.6keVの陽電子は、70%程度の割合で100nm厚の酸化膜内に止めることができることが明らかとなった。現在、陽電子ビームの窓材の透過割合やビーム発散角について、実験結果とシミュレーション計算を用いての詳細な評価を行っている。

試料への陽電子ビームの打ち込み深さを変えるために、高周波加速空洞を用いたビーム加速システムについての開発を進めている。高周波加速空洞に関しては、同軸型高周波共振空洞 (共振周波数500MHz) をシミュレーション計算を元に設計しアルミ材で試作した。試作した空洞の高周波特性の測定をネットワークアナライザ等を用いて行い、計算とほぼ一致する結果が得られることが確認できた。加速空洞の高周波特性を向上するために、純銅製の空洞を製作する予定である。

【分野名】標準・計測

【キーワード】陽電子、顕微鏡、ビーム大気取り出し

【研究題目】準単色 LCS-X線と標的指向性 DDS を組み合わせた相乗的癌治療効果に関する研究

【研究代表者】小池 正記

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】小池 正記、黒田 隆之助、三浦 永祐、
鶴島 英夫 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

本研究は、将来の低侵襲の新たな癌治療システムの構築を目指し、薬剤と X線の相乗効果を利用した癌治療法の開発を行うことを目的とする。高繰返し再生増幅器型レーザー共振器とマルチパルス電子ビームを用いた、マルチパルス・レーザーコンプトン散乱による高収量の (準) 単色 X線源を開発する。さらには金コロイドや白金抗癌剤 (シスプラチン) などの重金属を内包し、癌細胞に集積させる標的指向性 (アクティブターゲティング) Drug Delivery System (AT-DDS) を開発する。それらを融合させ、重金属の吸収端近傍を狙った (準) 単色 X線 (約20keV) を用いたピンポイント集光照射により、擬似的なブラッグピークを形成し、癌細胞へのエネルギー付与を高め、薬剤との相乗効果を生み出す原理実証を行う。

準単色 LCS-X線源の開発に関しては、悪性腫瘍細胞への単色 X線照を実現するため、レーザーコンプトン散乱 (LCS) X線収量の増強は不可欠で有り、10Hz 以上の高繰返しのマルチパルス LCS-X線を生成する必要がある。このため H22年度は、Ti:sapphire 結晶ベースの再生増幅型エネルギー蓄積レーザー共振器の開発を行った。再生増幅器へ導入する種光生成用の各モジュール

製作を行い、加速器に同期した種パルス列を生成した。種光を蓄積するための共振器は、共振器長 $L=3.8\text{m}$ において繰り返し 10Hz での自己発振を達成し、種光を導入することで、パルスの増幅蓄積が行える見通しである。また、パルスエネルギー増強を更に効率化するため、パルスの伸張と圧縮を一つの共振器内で行える構造を提案し、同時に高繰返し化が可能な Yb:YAG 結晶を用いた高平均出力化技術の可能性調査を行い、その有用性を確認した。

金コロイドを添加した悪性腫瘍細胞に対する X 線照射の研究に関しては、まず、U251MG 悪性脳腫瘍細胞の培養液に金コロイド（粒子径 8nm ）を最終濃度 15 、 30 、 $45 \cdot \text{g/mL}$ 濃度で添加して 24 時間培養した。これに低エネルギーレベルの X 線を照射してコロニーフォーミングアッセイを施行した。 8Gy 照射、金コロイド $30 \cdot \text{g/mL}$ で悪性脳腫瘍細胞の生き残りコロニー数は、コントロール群（金コロイド添加しなで X 線照射した群）と比較して 10 分の 1 に低下した。金粒子が細胞表面および内部に存在している場合、金の吸収率のよい低エネルギー X 線を照射すると、放射線の抗腫瘍効果が増強されることが確認された。この増強効果を得るための金濃度は、培養液中の濃度で 15 – $30 \cdot \text{g/mL}$ 程度であると考えられる。照射 X 線を単色化して金の吸収率のよいエネルギーレベルに限局すれば、更なる増強効果も得られるものと思われる。

【分野名】標準・計測

【キーワード】レーザーコンプトン散乱、単色 X 線源、標的指向性 DDS、金コロイド、相乗的癌治療効果

【研究題目】加速器を用いた光子誘起陽電子消滅法による非破壊材料評価法の開発

【研究代表者】豊川 弘之

（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】豊川 弘之、榊 浩司

（常勤職員 2 名、他 0 名）

【研究内容】

高温・高圧や、真空、溶液中など、特殊な環境下にある材料の健全性を実環境で評価することは、構造体や原子炉構造材の経年劣化や余寿命を評価する上で重要な課題である。本研究では、材料破壊に繋がるとされる、空孔型格子欠陥や空孔クラスター、あるいは不純物等の生成量を特殊環境下で遠隔・非破壊かつ、その場で測定する手法を開発すること、および本手法を用いて材料の健全性について新たな知見を得ることを目的とする。測定手法としては、電子加速器を用いて発生した高エネルギー光子ビームによる、光子誘起陽電子消滅法という非破壊分析手法を新たに開発する。

今年度は、LCS 光子ビームの安定発生に関する装置改良を行い、陽電子消滅ガンマ線のスペクトル先鋭度

(S パラメータ)を画像として可視化するシステムを構築した。これによって S パラメータの二次元可視化が可能であることを確認した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】加速器、ガンマ線、光子誘起陽電子消滅法、レーザーコンプトン散乱、水素

【研究題目】超低エネルギーイオン注入によるシリコン半導体極浅接合形成実用化技術の開発

【研究代表者】山本 和弘

（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】山本 和弘（常勤職員 1 名）

【研究内容】

シリコン半導体デバイスの高集積化に伴い 2014 年にはドーパント層の厚さはおよそ 10nm になるとされている。従来の高エネルギーイオン注入法ではシリコン結晶中に多量の原子空孔および格子間原子がなだれ現象的に形成されてしまい、ターゲットであるシリコン半導体の結晶性が著しく劣化する。結晶性の回復と導入したドーパントの活性化のためには熱処理が必要であるが、ドーパントの拡散が生じてしまい 10nm 以下の極浅ドーピング層の形成が困難となる。本研究では、上記問題を解決するために 1keV 以下の超低エネルギーボロンイオンを用いた超低エネルギーイオン注入実用化技術の開発を行った。 SiO_2 保護膜（厚さ約 1nm ）を有するシリコン（ 100 ）基板表面にボロンイオンを照射した。室温で 30 – 500eV のエネルギーでイオン照射を行い、その後真空を破る事無く超高真空中で 800°C 、 30 分のアニールを行った。イオンドーズ量はイオン電流密度と照射時間により制御した。 300eV でイオン注入して熱処理した後の試料のシート抵抗は約 $4\text{k}\Omega/\square$ であり、移動度は約 $90\text{cm}^2/\text{Vs}$ を示した。 300eV のイオン注入を行った試料の断面 TEM 観察からシリコン結晶格子が明瞭に観察され、注入層のダメージが 800°C のアニールにより回復していることがわかった。これは高エネルギーイオン注入後の熱処理と比較して低い温度であるが、超低エネルギーイオン注入ではシリコン結晶へのダメージが小さいためと思われる。また SIMS 分析の結果、ボロンの導入深さはエネルギーにより良好に制御可能であり、 300eV のイオン注入で 15nm 、 30eV のイオン注入で 5nm であった。

【分野名】標準・計測

【キーワード】イオン注入、シリコン、ボロン、超低エネルギー、極浅接合

【研究題目】デュアルピーク FBG センシングシステムの開発

【研究代表者】津田 浩（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】津田 浩（常勤職員 1 名）

【研究内容】

構造物の欠陥や異常を超音波を利用して検出する手法

がある。FBG センサは電磁波障害を受けないことや多重化可能といった特徴から、超音波検出センサとして従来用いられてきた圧電素子に替わることが期待されている。これまでに提案された FBG 超音波検出システムはシステムが高価、または大型であることから普及には至っていない。そこで本研究では小型・軽量で安価な FBG をセンサとして超音波検出システムを開発することを目的とした。

初年度までにファイバ・レーザを光源とする超音波検出感度を高めたシステムを開発した。さらに同システムを用いて材料の微視破壊時に発生するアコースティック・エミッションの検出が可能であることを実証した。二年目においては超音波検出感度を最大にするためのシステムの最適化を行い、システム中の光カップラの分岐比が超音波検出感度に及ぼす影響を評価した。また従来システムとの超音波検出感度の比較を行い、ファイバ・レーザシステムが広帯域光源を利用したシステムよりも高感度であることを実証した。さらに従来、FBG を用いた超音波計測では困難であったひずみ変動下においてもファイバ・レーザシステムを用いて超音波が検出可能なことを実証した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 光ファイバセンサ、超音波、アコースティック・エミッション、非破壊検査、構造体診断

【研究題目】 表面脱離有機分子の新規ソフトイオン化法の開発：高感度イメージング質量分析への展開

【研究代表者】 藤原 幸雄

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 藤原 幸雄 (常勤職員1名)

【研究内容】

二次イオン質量分析 (Secondary Ion Mass Spectrometry: SIMS) は、イメージング質量分析における有力な手法の一つである。特に、クラスターイオンを一次イオンビームとして用いることで、有機材料等を構成する大きな分子も検出できるようになり、半導体産業のみならず、化学分野等においても、SIMS の応用範囲が広がっている。

SIMS 法における大きな課題の一つは、試料分子のイオン化率の向上である。一般的に、イオンビーム照射によって試料表面から脱離する粒子の殆どは、二次イオンではなく電気的に中性な原子や分子である。特に有機分子の場合には、電子衝撃を用いる電子イオン化やレーザ照射による光イオン化では、分子の解離が問題となるため、有機分子をソフトにイオン化する新しい技術が必要となる。

一般的に、有機分子等の質量分析においては、外部からイオンを付加する手法がソフトなイオン化法として知

られている。例えば、有機分子に1個のプロトンを付加することでフラグメントを抑制したイオン化が可能となる。

そこで本研究では、試料分子の二次イオン化率を増大させるため、プロトン等のイオンを付加する手法を応用する研究開発を進めている。具体的には、水素や炭化水素等を含有する多価の帯電液滴を分析試料表面に照射することにより、二次イオン化率の向上を目指している。今年度は、実験装置を構築し、水素等を含有する液体に高電圧を印加して多価の帯電液滴を生成し、各種パラメータ依存性を調べ、二次イオン化実験に必要な電流量を生成できることを確認した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 表面分析、イメージング質量分析、イオン化

【研究題目】 錯体水素化物のリチウムイオン伝導圧力依存と構造の相関による伝導パス形成因子の解明

【研究代表者】 山脇 浩 (計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 山脇 浩、藤久 裕司、中野 智志
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

Li 系錯体水素化物は、水素貯蔵材料として長年研究されてきた一方で、近年 高い Li イオン伝導性を示すことが見出され固体電解質としても注目されている。本研究では、LiBH₄をはじめとする Li 系錯体水素化物に関して、温度・圧力により出現する様々な結晶相に対して各相のイオン伝導度を調べ、振動分光によるイオンの振動状態、粉末X線回折による構造変化などを明らかにし、イオン伝導度と構造との相関関係を解明することを目的とした。

今年度は、ラマン分光により300°C、20GPa の温度圧力範囲における LiBH₄の温度-圧力相図を確認し、I-V 相境界を実験的に確認し負の傾きをもつことを確かめた。IV 相の存在が示唆されていた領域では I 相と III 相が共存するのみだった。室温での粉末 X 線回折により、V 相出現の前に準安定な V' 相が現れ、その構造も明らかにした。高压セル用ヒーター付きホルダーを改良することで300°C程度までの高温高压 X 線回折実験を高エネ放射光施設で行うことを可能とし、LiBH₄の粉末 X 線データを PF BL-18C において測定を開始した。510K における LiBH₄ V 相の体積変化を求め、同じ圧力下でも室温 III 相と比べてモル体積が大きいという結果が得られている。ダイヤモンドアンビル高压セルによる LiBH₄の高压下でのインピーダンス測定により、高温 I 相におけるイオン伝導度の圧力依存性測定を行い、圧力と共にイオン伝導度が低下し、III 相への転移に伴いさらに1桁伝導度が低下することを明らかにした。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 リチウムイオン伝導、錯体水素化物、粉末 X 線回折、ラマン分光、温度圧力相図

【研究題目】 振動子による二種混合気体の粘性計測
 【研究代表者】 黒河 明（計測フロンティア研究部門）
 【研究担当者】 黒河 明（常勤職員1名）
 【研究内容】

本研究は、気体中で振動するカンチレバーの共振周波数(F_0)・共振インピーダンス(Z_0)がその気体の粘性・圧力と相関があることを利用し、 F_0 や Z_0 の測定を行って気体粘性を測定する手法の開発を行う。この計測手法の特徴は、被測定気体の圧力変動の影響を受けることなく粘性を計測することができることにある。

本年度の成果を以下に示す。

1. カンチレバーの F_0 や Z_0 を安定に測定する計測装置を開発した。
 高精度測定を行うため、振動子として温度係数の小さな石英を用いること、石英から振動子を切り出す方位を検討し常温付近での共振周波数の温度係数が小さくなるようにすること、振動子および発振器回路付近の温度変動を $1/100^\circ\text{C}$ 以下となるように制御すること、被測定ガスの温度を $1/10^\circ\text{C}$ 単位で管理することを行い、実現に成功した。
2. 開発した装置を用いて各種気体（アルゴン、ネオン、酸素、窒素）について測定を行った。
3. 上記で測定したデータから各気体の粘性を算出する方法を見いだすことに成功した。
 - (1) ネオンの粘性測定が可能となった。
 従来からの Z_0 の圧力依存性の測定から粘性を評価する手法では、ネオンの粘性が評価できなかった。これはネオンが分子量が小さい割に粘性が大きいという特質があり、圧力によっては他の気体との識別ができない場合があった。本手法によりネオンガスを他の気体と明瞭に分離して粘性計測ができる。
 - (2) 本解析手法では、気体の圧力計を必要がない。すなわちカンチレバー単体で気体の粘性を計測できることを見いだした。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 気体、粘性計測、振動子

【研究題目】 複合材料の超音波非接触映像化探傷技術に関する研究

【研究代表者】 卜部 啓（計測フロンティア研究部門）
 【研究担当者】 卜部 啓（常勤職員1名）
 【研究内容】

炭素繊維強化プラスチック（CFRP）に代表される繊維強化複合材料は、宇宙・航空機等の構造材料としての利用進展とともに内部欠陥検出の必要性が高まっており、その代表的な手法として超音波探傷がある。本研究は、

レーザー励起と空中（空気伝搬）探触子受信を用いて、繊維強化複合材料に適した非接触超音波映像化探傷技術の開発を行う。これにより「非接触」「解釈容易」「広域探傷」「簡便」を実現して従来の超音波による複合材料探傷の問題点を解決し、複合材料構造体の安全性・信頼性向上と保守コスト低減に資する。

平成22年度は、CFRPの繊維配向がレーザーによる励起特性及び空中受信に与える影響を実験的に調べた。そして、励起振幅に試験体の表層の繊維配向が大きく影響すること、受信信号極大となる最適な受信角（臨界角）に繊維配向が影響すること、及びこの臨界角が試験体の板波モードに対応しており受信角の適切な選択により複数の板波モードを分離して映像化可能であることを明らかにした。また、レーザーの照射条件を最適化する目的で、レーザーのビーム径及びエネルギーと、試験体の損傷及び励起超音波振幅との関係について調べた。その結果、試験体の損傷を抑制しつつ大きな受信振幅を得るためにはビーム径を大きく取る方が望ましいことが明らかになったが、これにより分解能低下が予想されるので、必要な分解能や検出目標とする欠陥に応じたレーザー照射条件の最適な設定について今後更に研究を行う。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 非破壊検査、超音波、映像化、非接触、空気伝搬超音波、レーザー、板波、繊維強化複合材料、CFRP

【研究題目】 光コムを用いた広帯域光学特性計測技術の開発

【研究代表者】 粥川 洋平（計測標準研究部門）
 【研究担当者】 粥川 洋平（常勤職員1名）
 【研究内容】

液体の濃度指標や、光学材料の特性評価などにおいて、屈折率の正確な計測は極めて重要であり、多波長での測定ニーズも増えている。本研究では、近年光周波数のものさしとして注目されている光周波数コムを用い、広帯域における屈折率を高精度に測定する手法を開発することを目指している。具体的には、光周波数の広がり数が数百 THz にわたる超広帯域の光源を用意し、この光を、測定対象である媒質中で多重反射させ、透過スペクトルを解析することにより、広帯域にわたる屈折率を一度に求める。

二年度目である本年度は、広帯域光源に深刻な故障が発生し、その修理に数カ月を要したため半年の研究期間延長を行った。光源と並ぶ重要な計測手段である分光計測のための光スペクトラムアナライザを選定（延長期間中に導入完了の予定）したほか、ファブリペロー・エタロンを新たに製作した。今後、光源と分光計を組み合わせ、広帯域屈折率測定を実施していく。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 屈折率、光周波数コム、ファブリペロー

干渉計、光学特性評価

【研究題目】液体中の分子を右へ左へ自在に動かす技術～ソーレー・マスドライバーの開発

【研究代表者】 山本 泰之（計測標準研究部門）

【研究担当者】 山本 泰之（常勤職員1名）

【研究内容】

液体中の溶質分子をソーレー効果を用いてマニピュレーションする技術を実現するため、研究開発を行った。

最適な実験条件を導くための数値シミュレーションを実施し、2次元平面上で局所的な高濃度領域を形成することができる加熱形状について検討を行った。屈曲点をもつ温度分布を、数 $\mu\text{m/s}$ ～数十 $\mu\text{m/s}$ という非常に遅い速度で動かすと、特に高い効果があることを見出した。

このような効果を実証するため、厚み10 μm のガラスセルにアガロースゲルを充填し電気泳動でタンパク質を観察領域に導入し、近赤外線レーザーを用いて、屈曲点を持つ温度パターンを入射して、ソーレー効果による分子輸送の実験を行った。タンパク分子には蛍光分子を修飾し、その移動を高感度カメラで検出した。実験装置の健全性確認のため、赤外線レーザーによる加熱パターンを位相差干渉計で測定した。最高点で10 K 程度の温度上昇を引き起こせることを確認した。次に、ソーレー効果による分子輸送効果を実証するため、タンパク質のゲル溶液を用いて実験を行った。直線状の温度分布を用いた実験では、濃度上昇の効果は、計算よりも少ないものの、温度分布の移動速度による効果はほぼ理論と一致し、タンパク質のゲル溶液中でのソーレー効果による分子輸送を確認した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マイクロマシン、タンパク質、マニピュレーション、一分子

【研究題目】バイアル抽出法の開発及び微量分析への応用

【研究代表者】 川口 研（計測標準研究部門）

【研究担当者】 川口 研（常勤職員1名）

【研究内容】

新規前処理法であるバイアル抽出法のデバイスの開発を行った。本年度は、バイアル抽出法に適用できる抽出媒体として、様々なポリマーの合成を試みた。実際には、極性化合物の抽出をターゲットとして、フェニル基を含有するポリジメチルシロキサン（PDMS）、ポリメタクリレート、スチレン-ジビニルベンゼン共重合体、高密度 PDMS などを検討した。フェニル基を含有した PDMS は、ガラス面へのコーティングは良好であったが、ポリマー自体の強度に問題があり、今後は、高密度 PDMS にフェニル基を導入することで、問題の克服が可能であると示唆された。

これまでに開発したバイアル抽出法を用いて、環境試

料中の分析対象物質の高感度測定法を検討した。実際には、水試料中のビスフェノール A 測定に応用した。ビスフェノール A は、フェノール性の水酸基を有しているため、そのままでは極性が高く良好な抽出が行えないため、無水酢酸を用いた *in situ* 誘導体化法を試みた。また、抽出した分析対象物質は、有機溶媒（メタノール）で逆抽出し、大量注入-GC/MS により測定した。バイアル抽出法の抽出時間及び逆抽出時間は、それぞれ15分及び10分で、ほぼ一定のレスポンスが得られた。既存の方法であるスターバー抽出法（SBSE）では、抽出時間及び逆抽出時間は、60分及び15分であったため、前処理時間を1/3～1/4に短縮することができた。また、本法の検出下限（LOD）は、5 ng/mL であり、誘導体化を行わない場合と比較して約100倍の高感度化が達成された。以上の結果から、本法が環境分析にも応用可能であることが示された。

本研究で開発されたバイアル抽出法は、半自動化が可能であり、簡便に効率よく分析対象物質を抽出する手法であり、様々な分析に応用できると期待される。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 バイアル抽出法、分析技術、試料前処理、抽出デバイス、高感度分析

【研究題目】浮遊粒子状物質の粒径分布、濃度、元素組成のオンライン・リアルタイム分析法の開発

【研究代表者】 大畑 昌輝（計測標準研究部門）

【研究担当者】 大畑 昌輝（常勤職員1名）

【研究内容】

目標：生活環境空気中や燃焼煙中に存在する浮遊粒子状物質（SPM）の粒径分布、濃度、元素組成を同時に且つリアルタイムに計測することのできる「リアルタイム SPM 分析法」を開発する。

研究計画：SPM の粒径分布および濃度を同時に計測することのできる「パーティクルカウンタ」と、SPM の直接多元素同時分析を行うことができる「ガス交換器／ICP-TOFMS」法（研究代表者が世界で初めて開発）を組み合わせた、「リアルタイム SPM 分析法（直列型または並列型）」の開発を試みる。

研究進捗状況：直列型に関しては、採用したパーティクルカウンタの粒子検出感度が高かったことから、希釈器を併用する必要があったため研究を断念した。並列型については、ハンドヘルド型光散乱式パーティクルカウンタを採用した。構築した分析系の操作条件の調整に苦労したものの、SPM 粒径、SPM 濃度、SPM 中の元素の同時検出に成功した。今後の課題は如何にして定量分析を行うかである。そのためには標準物質（固体）が必要であるので、標準物質を気中分散させるためにレーザーアブレーション（LA）法を採用し、並列型リアルタイム SPM 分析法に応用した。予備検討ではあるが、

LA 法から発生した SPM 粒径、SPM 濃度、および SPM 中の元素の同時検出に成功した。今後は SPM 粒径および SPM 濃度と元素信号強度の相関を検討し、定量分析法の確立を目指したい。

【分野名】標準・計測

【キーワード】環境分析、計測工学、分析科学

【研究題目】微量必須元素の網羅的解析のための細胞内多元素同時計測法の開発

【研究代表者】稲垣 和三（計測標準研究部門）

【研究担当者】稲垣 和三（常勤職員1名）

【研究内容】

細胞の個体発生及び分化・増殖過程における微量元素の機能解析では、単一元素の動態解析だけでなく、拮抗作用等の様々な元素間相互作用の機構解明が重要研究課題である。しかしながら現段階では、細胞レベルでの高感度多元素同時計測技術が確立されていないため、それら研究課題の進展が大幅に遅れているのが現状である。本研究では、細胞内外の多元素動態及び相互作用の網羅的解析を可能とする細胞内多元素同時計測技術の開発を目的とし、ICP 飛行時間型質量分析装置（ICP-TOFMS）用の細胞直接導入インターフェースを新規開発し、高速スキャニング計測による細胞中微量元素の高感度多元素同時計測技術について検討した。細胞直接導入インターフェースは、当研究室で開発した ICP-MS 用高効率試料導入インターフェース AIF-01を基盤として開発した。

噴霧器（ネブライザー）及びシリンダー型気化室構造を細胞直接導入用に改良設計した結果、プラズマへの高効率細胞直接導入が可能となった。酵母細胞分散液を用い、ICP-TOFMS の測定条件を検討した結果、時間分解能10 ms 以下において酵母細胞中元素を高感度計測できることを確認した。また、セルカウンターによる細胞個数/mL 概算値を基に希釈調製した酵母分散液に関して、レーザー回折式粒度分布計測を行って分散液中の酵母の粒度分布及びネブライザー噴霧後の液滴粒度分布を比較し、噴霧液滴あたり含まれる酵母数がほぼ1つ以下であることを確認し、細胞直接導入/ICP-TOFMS により高速スキャニング計測した結果、単一酵母細胞中 Mg、P、Ca、Fe、Cu、Zn の高感度計測が可能であった。

【分野名】標準・計測

【キーワード】細胞・組織、微量元素、多元素計測

【研究題目】ナノ粒子の比熱容量測定による低次元デバイ理論の実験的検証

【研究代表者】阿部 陽香（計測標準研究部門）

【研究担当者】阿部 陽香（常勤職員1名）

【研究内容】

近年、ナノ材料の形状・構造制御技術の向上により、

金属、磁性材料、セラミックス等のナノ粒子がさかんに開発され、その用途はますます拡大しつつある。一方、ナノ粒子に対する物理的又は化学的特性はバルク材料とは異なることが指摘されているが、その評価は研究途上の段階にある。本研究の目的は、ナノ粒子の熱的性質に着目し、重要な熱物性値の一つである比熱容量の精密測定を行なうことにより、0次元系での比熱容量の振る舞いを明らかにすることである。これは、低温における低次元デバイ理論への実験的見地を与えると期待される。

平成22年度は、主に、測定試料の選定、小型試料セルの設計・試作、比熱容量計測システムの整備を行なった。測定試料に関しては、ナノ粒子をある程度まとめて測定することを考慮し、粒径のばらつきが少なく、粒度分布が既知である微粒子粒径標準物質を選定した。選定材料は、NIST の金ナノ粒子標準物質（RM8011(直径10 nm)、RM8012(直径30 nm)、RM8013(直径60 nm)) 等である。また、微小な熱容量を検出するためには、熱容量測定のベースとなる試料セル自体の熱容量をいかに抑えるか、ということが課題となる。そこで、既存の試料セルよりも質量が1/6程度である小型セルを試作した。計測システムについては、PID 制御とリアルタイム自動制御を盛り込んだ測定用プログラムを製作し、測定の簡便化、高度化を実現した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】熱物性、ナノ粒子、断熱型熱量計

【研究題目】究極の交流電圧発生を目指したジョセフソン電圧標準の研究

【研究代表者】丸山 道隆（計測標準研究部門）

【研究担当者】丸山 道隆（常勤職員1名）

【研究内容】

交流電圧の基準となる理想的な交流電圧波形の発生を目指し、現在開発中のプログラブルジョセフソン交流電圧標準（ACPJVS）システムの詳細な評価を行った。このシステムでは、これまで0.1 Hz から2 kHz までの周波数で振幅約4 V までのステップ近似された交流波形の生成に成功しているが、トランジェントエラーと呼ばれる過渡現象が課題の一つになっている。平成22年度は現行システムにおけるトランジェントエラーの大きさを定量的に調べるため、デジタルボルトメータ（DVM）を用いたサンプリング手法による測定を試みた。ここで、信号周波数は約1 kHz とし、DVM のアパーチャ時間は、信号波形の1ステップ幅（約16 us）より十分小さい2 us とした。ACPJVS 用バイアス制御回路と DVM との間で同期測定を行った結果、トランジェント幅の大きさに周期的な変化が見られ、信号波形のステップ位置に依存することが分かった。また、トランジェントの微分波形から、トランジェント波形が主ピークと、その前に位置する急峻なピーク、およびその後ろに位置するリングングとから構成されていることが分かった。これらの結

果から、現行システムにおけるトランジェントエラーの原因として、バイアス制御回路のスイッチ時間、バイアス配線の帯域、およびデジタル/アナログ変換時のグリッチ等に起因していることが推測される。今回得られた最大トランジェント幅は、主ピークで2.0 us 以下、リングングを含めても3.8 us 以下の大きさで、サンプリングモード測定においては現行システムでも十分な能力をもつことが示された。今後は、今回得られた指針をもとに、サンプリング測定の最適化を行うとともに、より高精度な実効値測定を行うため、配線の広帯域化やバイアス回路の高速化などによるトランジェントエラーの低減を目指す。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 超精密計測、電子デバイス、超伝導素子、ジョセフソン効果、交流電圧

〔研究題目〕 ジョセフソン効果と量子ホール効果を基準とした熱力学温度測定技術の開発

〔研究代表者〕 浦野 千春（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 浦野 千春、丸山 道隆、金子 晋久、大江 武彦、堂前 篤志、福山 康弘、山澤 一彰、丹波 純（常勤職員8名）

〔研究内容〕

本研究の究極的な目標は世界最高精度を持った量子電気標準をベースとしたボルツマン定数の決定および任意温度における雑音温度計の確立である。基礎物理定数の決定においては異なる手法によって求められた値が互いに不確かさの範囲内で一致することを示すことが極めて重要である。異なる機関で同じ方法によって求められた値がともに不確かさの範囲内で一致することを見ることも同様に重要である。本研究の第一段階では水の三重点に設置された雑音温度計の雑音スペクトルをジョセフソン任意波形発生器によって発生したほぼ同じ大きさのパワースペクトル密度を持つ擬似雑音を基準として測定し、ナイキスト定理 ($S_V = 4k_B TR$) より k_B を決定することを試みる。この際、抵抗温度計の抵抗値は量子化ホール抵抗標準を基準として精密に測定する。

k_B の決定後は室温付近の熱力学温度計測、すなわち、ナイキストの定理から T を測定することにフォーカスする。具体的にはガリウムの融点温度（現行の1990年国際温度目盛（ITS-90）では302.9146 K と定義されている）において25 ppm の不確かさを目指す。さらに、この究極の温度計を用いて室温付近の熱力学温度 T と ITS-90との差異 ($T - T_{90}$) の再評価を行う計画である。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 ジョセフソン効果、量子ホール効果、ボルツマン定数、SI 単位

〔研究題目〕 熱中性子ビームを利用した中性子線量計の2次元微分校正法の開発

〔研究代表者〕 原野 英樹（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 原野 英樹、松本 哲郎、増田 明彦、西山 潤、瓜谷 章
（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では日本原子力開発機構研究3号炉（JRR-3M）即発ガンマ線分析装置で得られる高強度熱中性子ビームを用いて中性子線量計を校正する新しい方法を開発する。産総研で現在運用している黒鉛パイルと Am-Be 中性子源による熱中性子標準場では高い安定性が得られるが、線量率は約3 $\mu\text{Sv/h}$ であり線量計の校正に必要な1 mSv の線量照射に約2週間を要している。一方、JRR-3M からの熱中性子ビームを利用すれば0.3 mSv/h 以上の線量率が得られ3時間程度で照射が可能になる。また新しい校正法では、中性子のエネルギー分布、線量計の応答を2次元で同時測定し、任意のエネルギー分布に対する線量校正を可能にする画期的なものである。2009年度までに、校正に使用する熱中性子ビームのスペクトルやフラックス情報など特性評価を行った。2010年度は、本研究実施の最終年度である。 ^3He 比例計数管と富士電機製電子式中性子個人線量計に本校正法を適用する実験的デモンストレーションを行った。 ^3He 比例計数管に対する校正では、0.5 eV 以下の熱中性子領域において、連続的な応答曲線を得ることができた。 ^3He 比例計数管の熱中性子領域の応答曲線は、 $^3\text{He}(n, p)$ 反応断面積曲線と相似の関係になるという想定通りの結果が得られ、本研究で開発した校正法の確かさを示すことができた。さらに、電子式個人線量計に対しても本校正法を適用し、熱中性子領域の応答曲線を得ることができた。今後、本研究は黒鉛パイルによる熱中性子校正法と組み合わせ、より高度な校正法に応用されていくものと期待される。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 中性子標準、熱中性子、中性子線量、原子炉、高強度ビーム、校正

〔研究題目〕 強力水中超音波音場計測技術開発に関する研究

〔研究代表者〕 菊池 恒男（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 菊池 恒男、内田 武吉
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究では、強力水中超音波の音場計測技術の開発を目的として、強力水中超音波音場計測用デバイス開発、強力水中超音波パワー計測技術開発、キャピテーション発生量計測技術開発等を総合的に行った。

強力水中超音波音場計測デバイスの開発については、水熱 PZT 圧電多結晶膜の表面を50 μm の Ti 基板で覆った強力水中超音波用ハイドロホンを試作した。超音波洗浄機の水槽内の強力超音波音場内で耐久実験を行った

結果、表面が電極の水熱ハイドロホンより2時間以上長く、超音波信号を受信する事ができた。

強力水中超音波パワー計測技術の開発では、水槽壁面で超音波を全反射させることと、熱的ロスを軽減することを目的として、壁と底面に10 mmの空気層を設けた新しいカロリメトリ用水槽を試作した。この水槽を用いたカロリメトリ法により100 W超の超音波パワー測定が可能であることを実証した。さらに、5 W~25 Wの範囲で、カロリメトリ法と天秤法による超音波パワー測定値を比較した結果、カロリメトリ法による測定値が、天秤法による測定値より系統的に大きいことを明らかにした。

超音波医療やソノケミストリ（音響化学）応用の研究開発で不可欠な、キャピテーション発生量計測技術に関する研究では、キャピテーションの既存の評価方法であるソノケミカルミネッセンスと KI 溶液定量法を用いて、キャピテーションから発生する（Broadband integrated voltage=BIV）の定性的な評価を行った。その結果、キャピテーションの既存の評価方法と BIV の間には、正の相関がある事を明らかにした。また、水槽内の音圧と BIV の分布を測定し、音圧と BIV のピーク位置が一致しないことを明らかにした。

【分野名】標準・計測

【キーワード】強力水中超音波、水熱合成法、カロリメトリ法、キャピテーション、超音波パワー、天秤法、医用超音波、ソノケミストリ

【研究題目】光コムを用いたカスケード型コヒーレントリンクによるサブ波長精度の絶対距離計の研究

【研究代表者】美濃島 薫（計測標準研究部門）

【研究担当者】美濃島 薫、稲場 肇、岩本 裕
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究では、安定で高品位なファイバレーザによる光コム（櫛型の光周波数モード列）を用いた、マイクロ波から光周波数までのダイナミックレンジの広い絶対周波数基準を構築し、周波数軸と時間軸の位相やタイミングを自在に操作することによって、任意の距離を高精度に絶対測定する技術原理を実証することを目的としている。

上記の研究目的達成のために、本年度は以下の研究項目を実施した。

まず、昨年度に開発した高繰り返し、高強度のエルビウム添加モード同期ファイバレーザにおいて、高非線形ファイバ、及びフォトニック結晶ファイバを用いて1オクターブ以上にスペクトル拡大された光コムを発生させた。また、高非線形ファイバにより発生させた1-2 μm帯の広帯域コムを利用し、1f-2f干渉計を構築し

てキャリア・エンベロープ・オフセット周波数信号の検出・位相同期を行った。 f_{rep} の位相同期、周波数標準の基準信号への適用により、絶対値が付与された光コムを実現した。

次に、ファイバレーザによるコムのコム間隔（繰り返し周波数）を安定に制御しながら、両者の間に周波数差を与える非同期制御システムの開発を行った。基本特性の評価を行い、2台のファイバコム間のタイミングジッターが、300 fs以下であることを確認した。本システムの応用例として、テラヘルツ・コムのスペクトル計測に適用し、詳細なスペクトルを取得することに成功した。

最後に、開発したモード同期ファイバレーザによる光コムを用いて、モードどうしのコヒーレンスを生かした干渉位相信号を利用した距離信号の検出手段を開発した。干渉（ビート）位相信号検出の高精度化のために、コム間隔周波数を制御して、高周波ビート信号を低周波数にビートダウンして検出する手法を開発した。実際に、測定光路長を変化させて、本手法による位相検出の原理確認を行い、距離信号が取得できることを確認した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】光周波数コム、干渉計測、光シンセサイザ

【研究題目】MEMS技術を用いた粘性センサ（ η -MEMS）の開発

【研究代表者】藤井 賢一（計測標準研究部門）

【研究担当者】藤井 賢一、山本 泰之、松本 壮平、黒田 雅治、藪野 浩司
（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

日本学術振興会科学研究費補助金の基盤研究（B）では、MEMS技術を用いて超小型の粘性センサを実現するための研究開発を行っている。平成22年度は、MEMS構造の製作方法がほぼ確立し、非線形振動理論による粘度測定原理の実証に成功するなどの成果が得られた。

具体的には次の成果が得られた。

基本構造の製作方法に関しては、シリコン基板に、深堀反応性イオンエッチング装置で両面から構造を作製するプロセスレシピの開発を進め、基本構造の作成方法を確立することができた。製作した基本構造チップを用いて、テストシステムで性能評価を行い、粘性による特性の変化が発生することを確認した。また、系統効果等が大幅に削減される新しい構造に関して、原理確認のためのモックアップを製作し、検証実験を行い、粘度の算出が可能であることを実証した。

自励振動による粘度測定原理の検証に関しては、片持ち梁を用いた実験装置を用いて、数種類の粘度の異なる液体の測定を行い、他の粘度計の測定値との比較を行っ

た。その結果、およそ10 %程度の偏差で、粘度の測定が可能であることを確認した。また、自励発振の制御理論を組み込んだ制御システムを製作し、市販の振動方式粘度計に組み込み、非線形振動理論による粘度測定を行い、粘度の測定が可能であることを実証した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】粘性率、粘度、センサ、MEMS、微細化、シリコン、非線形振動

【研究題目】線量絶対測定による医療用密封小線源からの放射線量の方向依存性の研究

【研究代表者】柚木 彰

【研究担当者】柚木 彰、海野 泰裕、佐藤 泰
(常勤職員3名)

【研究内容】

前立腺がんの放射線治療に用いられる、よう素125密封小線源について、線量測定の精度向上を目指して、線量の方向特性の精密測定を実現するための研究を進めている。平成22年度は線源の個体差を含めた線量測定精度の向上と、その評価を行った。線源を水平面に倒したまま回転させて、方向依存性を評価できる測定ジグを製作し、線源が上下反対になることによる線量分布の変化を抑制した。また、任意の評価角度において線源長軸回りに線源が常時回転できるように工夫した回転駆動装置を追加した。これらにより、線源装着に伴う再現性を改善し、線源の長軸周りの線量分布を平均化することが可能となった。さらに、線源と治具の区画を分けることにより、空気中における散乱光子の測定への影響を抑制した。この散乱項を含め10項目程度に細分化した補正項の評価を進めるとともに、線量測定に係わる不確かさ要因を15項目程度まで抽出しその影響を評価した。そして、主な不確かさ要因が、微小電流測定、アパチャー径サイズ、並びに線源設置距離及び光子エネルギースペクトル評価に基づくアルミフィルター内での減弱補正の不確かさであることを確認した。これらの結果に基づき測定精度の向上を目指し、微小電流測定環境の改善、アパチャー径の精密測定、線源位置設定の精度向上、アルミフィルターの高純度化およびエネルギースペクトルの再評価を進めた結果、線量絶対測定による線量の方向依存性の測定不確かさの見積もり値を、世界のトップレベルである、2 %程度にまで小さくすることが可能となった。

【分野名】標準・計測

【キーワード】放射線、放射線治療、線量、絶対測定、密封小線源

【研究題目】放射線源を利用した高性能微弱光源による発光溶液の新領域応用に関する研究

【研究代表者】原野 英樹 (計測標準研究部門)

【研究担当者】松本 哲郎、丹羽 一樹、原野 英樹、増田 明彦 (常勤職員4名)

【研究内容】

ルミノメータのような微弱光を測定する機器はアレルギー検査など様々な領域で利用されている。また、近年、発光溶液を生体に適用することによる医療診断など新しい技術が開発されてきている。これらに利用される光は、通常の生活で利用される光に比べてとても弱く、利用される機器の光検出器に適用できる標準・基準が存在しない。そこで、シンチレータに放射線源を組み合わせることにより発生するシンチレーション光を用いて標準とするための研究を行う。鉛遮蔽体を組上げ、6インチ積分球を遮蔽体内にセットできるようにした。さらに、積分球の中心にシンチレータを設置し、下部の窓に370 kBqの Co-60や Cs-137チェックソースを設置した。シンチレータを設置するために、積分球の中心には、シンチレータを置くためのアクリル板を取り付けた。上部の窓には、10 mm 直径の光電子増倍管を設置する体系を作り、放射線計測の観点から光源特性を把握した。生化学分野での実証研究として、発行反応測定装置の校正技術開発を行う目的で、実際に発光色が異なる蛍光酵素ルシフェラーゼのスペクトルを絶対定量できるように発光測定装置ルミノメータの絶対感度を校正した。さらに、量子収率を測定し、発光スペクトルとの相関があることを見出した。また、ルミノメータの絶対感度の校正を比較試験により実施するための検討を行った。発光反応溶液を用いた予備実験によりばらつきが0.3 %CV で校正できることが確かめられた。この結果は、今後放射線源を用いた光源による校正結果と比較されることになる。

【分野名】標準・計測

【キーワード】放射線源、微弱光、シンチレータ、光検出器

【研究題目】分子特異的要素を指標としたタンパク質・核酸の高感度分析法の開発

【研究代表者】高津 章子 (計測標準研究部門)

【研究担当者】高津 章子、稲垣 和三、藤井 紳一郎
(常勤職員3名)

【研究内容】

本研究では、“分子特異的要素を指標とする計測”を可能とすることで、対象分子そのものから得られる測定データを単純化し、タンパク質・核酸の分析の高感度、高精度及び高確度化を実現することを目的とする。平成22年度は、前年度に引き続き、キャピラリー液体クロマトグラフィーやキャピラリー電気泳動 (CE) などのナノ・マイクロ分離技術と誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS) を結合するための全量消費型高効率フォーカス試料導入インターフェースの開発を進めた。ネブライザー先端のテーパ部分の構造などをさらに最適化することにより、試料導入効率を高めることが可能であることがわかり、分析感度も向上させることができた。また、本インターフェースを利用して CE と ICP-MS を

接続した分析システムを構築し、リンを指標とする核酸の高精度定量に応用した。本インターフェースを用いることにより、ゾーン電気泳動やミセル動電クロマトグラフィーに加えて、ゲル充填キャピラリー電気泳動と ICP-MS の接続も可能であった。本分析システムを用いて、DNA の分子量マーカーを測定したところ、高分子である核酸分子を分子構造を維持したまま分離し、分子量ごとにリンイオンを用いて検出・定量することに成功した。これまでに、ゲル電気泳動と ICP-MS による DNA 分析は報告されているが、キャピラリー電気泳動で実現した例は無く、新規手法として国際学会で報告し、注目を集めた。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 誘導結合プラズマ質量分析、核酸、タンパク質、液体クロマトグラフィー、キャピラリー電気泳動

【研究題目】 ICP プラズマ分析における分析感度の化学形態依存性機構の解明と環境分析への適用

【研究代表者】 成川 知弘 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 成川 知弘、黒岩 貴芳、千葉 光一 (常勤職員3名)

【研究内容】

環境中におけるひ素は様々な化学形態で存在し、人体への毒性はその化学形態に依存する。さらに、分析時には化学形態に依存する分析感度差などが懸念されている。本件では、これまでに高純度のひ素化合物試薬を純度評価し、さらにその調製溶液中のひ素濃度を SI トレーサブルな分析を行うことで化学形態とその濃度決定を行った。そこで、厳密に濃度決定した溶液を用いて、化学形態に依存する分析挙動と感度差などを検討し、その原因を検討した。

無機ひ素化合物である As(III) および As(V) において ICP プラズマ分析の際に観測される分析感度差を検討した。この現象については、既に IMF 効果が関与していることを明確にしているが、さらに詳細な条件と挙動を検討することで、IMF 効果が起こる原因を特定した。また、実験中にさらなる要因箇所を発見し、その現象を明確にした。As(III) と As(V) の分析感度差を引き起こす要因は、試料導入部と ICP プラズマ内の大きな2つの要因に大別されることを明らかにした。また、ひ素と同様に2つの酸化数を有するセレンについても検討を行い、セレンでは同様な効果が起こらないことを確認した。

一方、実分析でリスク評価を正しく行うには、前処理を含めた妥当性の確認が必要である。また、精確分析を行うためには一次標準測定法となる同位体希釈分析などが重要となる。そこで、濃度決定した DMAA 溶液を基準に同位体ラベル化した DMAA 試薬の濃度を決定し、同位体希釈 ICP-MS を実試料へ適用した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 ICP プラズマ分析、化学形態分析、環境分析

【研究題目】 高安定原子時計のための冷却原子とイオンの相互作用の研究

【研究代表者】 渡部 謙一 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 渡部 謙一、高見澤 昭文、保坂 一元 (常勤職員3名)

【研究内容】

冷却原子とイオンの相互作用によるイオン冷却と状態選択・状態検出を採用した、従来の水素メーザーなどに置き換わる全く新しい実用原子時計の開発を行う。Rb 冷却原子を光ポンピングするための光源として、1590 nm DFB レーザーよりファイバー結合導波路型の非線形光学結晶を用いて第2高調波の795 nm (Rb D1線) を発生する方式を採用し、1590 nm の入力約4 mW で795 nm の出力約10 μW を得た。多数のイオンを軸上にトラップできるリニアトラップおよびそれを収納するための真空槽の改良として、イオントラップ用電極の長さを調整し、イオンとの荷電交換によりイオン化された原子を検出するための二次電子増倍器、および原子とイオンのスピン交換を観測するためのレーザーをイオントラップ用電極の後方に配置する構造とした。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 時間周波数、原子時計、イオントラップ

【研究題目】 高速クラスターイオン照射による非線形的2次イオン強度増大効果の解明

【研究代表者】 平田 浩一 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 平田 浩一 (常勤職員1名)

【研究内容】

クラスターイオン照射と重イオン照射による2次イオン生成強度比較実験を行うとともにクラスタービームパルス化装置の実験、負2次イオン電流を直接測定する装置の作成を行った。2次イオン生成強度測定に関しては、これまで実施している C₈イオンおよび Mo イオンに加え、C₄イオンおよび C₄ とほぼ同じ質量を持つ Ti イオンを、有機系高分子薄膜ターゲットを中心に照射し、各ターゲットから放出される特徴的な2次イオン種強度を測定した。有機系材料へのクラスターイオン照射では、1インパクトで多くの2次イオンが放出されるため、このため、この様な状況下でも正確なスペクトルを得ることができる2次イオン計数システムを構築し、論文としても発表した。パルス化装置の予備実験を行い、電極とスリット間の距離を調整することによりパルス幅が短くなる見通しが得られた。負2次イオン電流測定する装置に関しては、負2次粒子から負2次イオンを選別するため、磁場により2次電子を除去する機構を作成し、負2次イオン電流を直接測定できるようにした。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 クラスタ、2次イオン分析

〔研究題目〕 新たな放射能絶対測定法を用いた PET 装置の定量性向上に関する研究

〔研究代表者〕 佐藤 泰（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 佐藤 泰（計測標準研究部門）、
村山 秀雄（放射線医学総合研究所）、
織田 圭一（健康長寿医療センター研究所）（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

陽電子放出断層撮影装置（以下、PET）は、定量性の高い画像診断装置および分子イメージング装置として考えられているが、相対測定を行っているため、定量性の精度が不十分なままである。そこで、本研究開発では、新たな放射能絶対測定法を確立し、精度の高い画像測定を行う基盤を確立することを目的とする。

本年度は、PET装置を簡素化したモデルであるシンチレータ検出器アレイについて、新たな放射能絶対測定法の検証を数値計算により行い、シンチレータを変えても、本手法によって、放射能絶対測定が可能であることを確認した。また、昨年度製作された放射線検出器集合体部である放射線検出器集合体付光電子増倍管の出力信号特性の評価を引き続き行うと共に、出力信号を信号処理回路に導入して、同時計数を行いつつ、消滅放射線とγ線を弁別して測定することが可能であることを確認した。

PET装置の校正を、より発展させ、PET装置、ウェルカウンタ、核医学用電離箱のクロスキャリブレーション手法、及び、そのための標準線源校正装置を考案した。本手法は、絶対測定により線源校正された密封点線源と、新たな絶対測定法により線源校正された溶液線源を用いて、クロスキャリブレーションをおこなう手法である。

これに加え、DOI-PET装置や市販PET装置での放射能絶対測定に関する予備的検討を引き続き行った。

今後の本研究開発の進展により、多施設間による診断画像の比較を高精度に行うことで、より精密な画像診断が可能になると期待されることに加え、核医学研究、生物科学研究における計測基盤の向上にも資することができる。と期待される。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 放射線、陽電子放射断層撮影装置、放射能絶対測定、シンチレーション検出器、点線源

〔研究題目〕 低熱雑音光共振器を用いた超安定化レーザーの開発

〔研究代表者〕 保坂 一元（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 保坂 一元、稲場 肇、渡部 謙一（常勤職員3名）

〔研究内容〕

本研究では、光格子時計における時計遷移励起用レーザーの線幅狭窄化実証のため、熱雑音の極めて少ない新型光共振器を用いた超安定化レーザーを開発する。目標とする周波数安定度は平均時間1秒において 10^{-17} 台で、世界最高の周波数安定度の達成を目指す。現在、周波数安定度の限界を与えている光共振器の熱雑音を抑制する方法として、先ず、鏡の基材として機械的 Q 値の高い熔融石英を用い、長い共振器を採用する。この時に、新たに問題になる、熱膨張及び振動による影響を最小にするため、新しいスペーサー材料を開発する。

これまで、超高フィネス光共振器のスペーサー材料として用いられてきた ULE ガラスに変わる新しい材料を評価するために、試験用の光共振器、および、レーザー周波数安定化のためのシステムを製作した。レーザー光源は、周波数安定度の高い Nd:YAG レーザー（波長 1064 nm）を用いた。また、新しい材料の熱膨張係数の温度依存性を評価するために、光共振器を約 7 °C から 40 °C までの範囲で温度調整できるよう、チラーとヒーターを組み合わせた温度調整システムを構築した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 光格子時計、光共振器、超安定化レーザー

〔研究題目〕 光一分子強結合場におけるプラズモン増強非線形光学応答・光化学反応の定量評価法開発

〔研究代表者〕 伊藤 民武（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 伊藤 民武（常勤職員1名、他0名）

〔研究内容〕

本研究の目標は電磁場増強理論で表面増強ラマン散乱（SERS）と表面増強ハイパーラマン散乱（SEHRS）の発現機構を定量的に検証することである。この電磁場増強理論では、金属形状がプラズモン共鳴を規定し、プラズモン共鳴の光子状態密度向上効果によって SERS と SEHRS の増強因子が決まる。この理論の因果関係を実験で検証するには SERS と SEHRS を引き起こしている金属形状、その金属形状による共鳴、その共鳴による増強との間の因果関係を実験で実証する必要がある。SERS については銀ナノ粒子2量体を走査型電子顕微鏡（SEM）測定し、その構造を境界条件として FDTD (Finite-difference time-domain) 計算手法を用いて光子状態密度向上効果を計算した。そして、その計算結果に基づいて SERS と SEHRS スペクトルを電磁場増強理論で再現した。再現の結果、電磁場増強理論を用い SERS が定量的に再現できることと SEHRS スペクトルのプラズモン共鳴による変調が説明できることを明らかにした。これらの結果を応用して SERS 発現を最適化した。そして生体分子（糖尿病指標分子、酵母菌表面分子、大腸菌表面分子、ピロリ菌表面分子）の SERS 検出の研究を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 銀ナノ粒子2量体、プラズモン、表面増強ラマン散乱 (SERS)、表面増強ハイパーラマン散乱 (SEHRS)

【研究題目】 重度難聴者用の新型補聴器の開発のための骨導超音波知覚メカニズムの解明

【研究代表者】 中川 誠司 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 中川 誠司、保手浜 拓也、伊藤 一仁 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

重度難聴者でもあっても骨導超音波であれば比較的容易に知覚することができる。申請者らはこの現象を利用した重度難聴者用の新型補聴器の開発に取り組んでいるが、骨導超音波の神経生理メカニズムには未解明の部分が多く、確固たる補聴器適用基準や最適化指針、安全基準は存在しない。本提案課題では、補聴器開発や適用基準・安全基準に有用な知見を得ることを目的として、ヒトを対象とした電気生理計測、心理物理計測、音響物理計測などに取り組んだ。

聴覚末梢機能を反映する蝸電図、脳幹～皮質機能を反映する聴性脳幹反応および聴性中間潜時反応の計測を行い、聴覚神経伝導路各部の骨導超音波知覚への関与を評価した。その結果、骨導超音波に対しても、気導可聴音と同様の聴性脳幹反応、聴性中間潜時反応が観察された。また、蝸電図計測では明瞭な蝸牛神経複合活動電位 (AP) が観察されたものの、有毛細胞のイオン電流を反映する蝸牛マイクロホン電位 (CM)、基底膜振動を反映する加重電位 (SP) は観察されなかった。骨導超音波知覚にも蝸牛が関与しているものの、蝸牛内で行われている処理には特異性がある可能性を示している。

また、心理物理計測によって10-35kHz までの骨導音波刺激によるラウドネス特性を推定した。心理物理計測を実施した。閾値は13kHz 付近から上昇するものの、およそ20kHz でその上昇が飽和した。10kHz 以上で骨導音知覚のメカニズムに質的な変化が生じ、20kHz 以上では周波数選択性がなくなることを示唆している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 骨導超音波、神経生理メカニズム、脳波、蝸電図、ラウドネス特性

【研究題目】 精神疲労の客観的評価手法の確立と精神的健康の増進

【研究代表者】 七里 元督 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 七里 元督 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究計画の初年度である22年度には、動物に対する精神的ストレス負荷を行い、脂質酸化生成物の測定解析を行った。具体的には非運動性のストレスによる胃粘膜障害のモデルとして使用される水浸拘束をマウスに対し

て負荷した。結果、水浸拘束負荷を行ったマウスでは、行わなかったマウスと比較して、血漿中の脂質酸化生成物が有意に増加することを見出した。脂質酸化生成物は活性酸素種による非特異的な酸化によって生成されるだけでなく、酵素的酸化によっても生成されることが知られている。そこで血液中の mRNA を精製し脂質酸化に関連する酵素の発現変動の解析を行ったところ、水浸拘束負荷によって脂質酸化酵素の mRNA レベルでの発現亢進が確認された。以上のことから、水浸拘束をマウスに負荷することによって、血液中の脂質酸化酵素の発現が亢進し、その結果として脂質酸化物の生成が増加したことが考えられる。現在、脂質酸化酵素の発現に関して詳細を解析している。

また、ストレス環境下における不安行動に異常を持つことが知られている Ts65Dn マウスを用いて、中枢神経の酸化傷害を抗酸化物質で抑制することで行動異常を改善できるかを検討した。Ts65Dn マウスでは海馬における脂質酸化生成物の増加、海馬神経細胞数の減少および行動異常を認めた。本マウスに胎児期から継続してビタミン E (抗酸化ビタミン) を長期間投与することによって、海馬における脂質酸化生成物を抑制し、海馬の神経細胞数を改善できることを見出した。また、ストレス環境下での行動異常にも改善を認めた。以上の研究結果を *Free Radical Biology & Medicine* 誌にて発表した。

【分野名】 バイオマーカー・酸化ストレス・疲労

【キーワード】 精神疲労、脂質酸化生成物

【研究題目】 操作行動による視空間知覚の変容過程の解明

【研究代表者】 梅村 浩之 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 梅村 浩之 (常勤職員1名)

【研究内容】

研究成果の概要：

違和感のないヴァーチャル・リアリティ (VR) の呈示や、よりよいインターフェースの提供のためには、運動・操作行動とこれらの行動に伴う認知過程を実験的に検討し、その過程をモデル化する必要がある。この目的のため、本研究では操作している (身体的な) 位置と、CG 画面でのポインタの位置関係を操作できる装置において、被験者に力覚呈示装置のスタイラスを通じた力覚 (反発・牽引) と視覚運動情報 (凸・凹) を同時に与え、これにより CG と操作インターフェースの関係において、自己がバーチャルな物体に関与する上での位置の一致性及び、自ら画面内の物体に働きかける能動性が奥行き視覚判断 (凸に見えたか凹に見えたか) にどのような影響を与えるかについての検討を行った。

前年度に受動的に力覚及び視覚変化情報が与えられる事態 (受動事態) を用いて位置の影響の検討を行ったため、本年度は、自ら生成するスタイラスの操作 (同時に弾性をシミュレートする力覚も与えられた) に連動して

視覚情報が変化する事態（能動事態）と、前年度同様の受動事態を比較した。その結果、受動事態においては力覚情報の示す方向へ視覚的奥行き知覚は変化を受けたが、能動的に変形させたときには力覚情報は、操作とCGの位置関係に関わらず視覚判断に影響を与えなかった。これらの結果は多感覚の統合における予測の関与の重要性、つまり能動的な条件では自らの生成する変化を予測することができるため、視覚画像変化における予測からのズレを検出しやすいこと、を示していると考えられる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 3次元知覚、バーチャルリアリティ、操作

【研究題目】 聴覚補助器による音声コミュニケーション能力を評価する尺度の開発

【研究代表者】 籠宮 隆之（健康工学研究部門）

【研究担当者】 籠宮 隆之（常勤職員0名、他1名）

【研究内容】

音声言語では、言葉の意味以外にも、話者の意図や態度、発話者が誰であるか、などの様々な情報を伝達している。例えば、「そうですか」という発話は、発話の仕方により「あいづち」「疑念」「感心」など、伝える意図を変えることができる。また、話し声を聞けば、知らない人の声でも、性別や年齢など、話者がどのような人物であるかを概ね推定できる。このような非言語・パラ言語情報は円滑な音声コミュニケーションを行うためには不可欠な情報であり、補聴器や人工内耳などの聴覚補助器を利用しているユーザにとっても、聴覚補助器に伝達してもらいたい情報である。しかし、これまで広く用いられている聴覚補助器の評価法では、単音が正しく伝わるか、単語の聞き取りができるか、などに着目されており、上記のような非言語・パラ言語情報については着目されてこなかった。そこで、本研究では、聴覚補助器による非言語・パラ言語情報伝達性能を評価するための方法を確立することを目的とした。

本年度は、話者識別情報の伝達性能評価法の確立にむけ、話者識別情報伝達性能テストのプロトタイプを構築した。また、パラ言語情報の伝達性能評価法の確立にむけ、予備調査的なテストセットを用いて音声聴取実験を試行した。また、このテストセットを用いて、産総研健康工学研究部門で開発している骨導超音波補聴器の性能評価を行った。さらに、聴覚補助器として実用化されている人工内耳のシミュレータの性能と比較し、それぞれの評価テストで骨導超音波補聴器と人工内耳との性能差を表現できるか検討した。その結果、1) 骨導超音波補聴器の話者識別情報伝達性能は人工内耳よりも優れている、2) これまで知られていなかった骨導超音波補聴器の問題点が明らかになった、3) 各聴覚補助器の性能をより分かりやすく説明することが可能となった、などの結果が得られた。これは、本研究の成果により、聴覚補

助器のユーザにとって有益な情報を得られることを示している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 補聴器、音声知覚、心理実験、話者識別、パラ言語情報

【研究題目】 長期間の日常生活の生理計測に基づく個人適合型ストレス評価手法の開発

【研究代表者】 吉野 公三（健康工学研究部門）

【研究担当者】 吉野 公三（常勤職員1名）

【研究内容】

昨年度に計測した長期間（2ヶ月間）にわたる日常生活の心拍変動データ、身体加速度データ、心理的緊張感の連続計測データを用いて、心拍変動を用いた心理的緊張感評価方法を各個人毎に最適化した。心理的緊張感の回答時刻から512秒前までの間の心拍変動データから各種心拍変動指標値を算出した。ただし、身体活動の影響を取り除くために、平均身体加速度が30mG未満の場合を解析対象とした。また、サーカディアンリズムの影響を取り除くために、心理的緊張感の点数と心拍変動指標値の両方について、同じ時間帯の参照値からの差分（ Δ 緊張感、 Δ 心拍変動指標値）を計算した。さらに、 Δ 心拍変動指標値のデータの主成分得点を計算し、これを説明変数として、 Δ 緊張感を算出する重回帰モデルを構築した。データを5-fold cross validation法に基づいて、学習用と非学習用に分けた。学習用データを用いて、各個人毎に、重回帰モデル式のパラメータの値を決定し、その最適化したモデルに対して、非学習用データを用いて、モデルの汎化能力を各個人毎に調べた。その結果、 Δ 緊張感の測定値と推定値の相関係数の被験者間平均値は学習データで0.51であり、学習に用いていないデータで0.42であった。さらに、学習データの相関係数が0.5以上であった被験者の学習に用いていないデータの相関係数の平均値は0.50であった。以上から、長期間にわたる生理心理計測データを用いて、心拍変動を用いた心理的緊張感評価方法を各個人毎に最適化することにより、心理的緊張感の推定能力が向上することが明らかとなった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 生理計測、心理、日常生活、心拍、気分、人間、ストレス、ライフログ、感情

【研究題目】 共鳴レーザー光を利用した細胞内ナノマニピュレーション

【研究代表者】 細川 千絵（健康工学研究部門）

【研究担当者】 細川 千絵（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、従来の光ピンセット技術に共鳴レーザー光を組み合わせることで、細胞内の分子動態を選択的にマニピュレーション可能な技術を開発する。培養神

神経細胞表面や細胞内で機能・発現する神経情報伝達分子の拡散や反応、会合特性を近赤外レーザービームと共鳴レーザー光との同時照射により誘起される光捕捉ポテンシャルにより局所的に制御し、細胞内や細胞表面の特定分子のナノマニピュレーションを実現することを目標としている。今年度は、非共鳴レーザー光と共鳴レーザー光を同時照射する顕微分光システムの構築のため、現有装置を改良し、倒立顕微鏡に非共鳴レーザーである近赤外レーザーおよび共鳴レーザーであるアルゴンイオンレーザーを導入する顕微鏡システムを作製した。構築した顕微分光システムの特性評価のため、蛍光色素を含有したポリスチレンナノ粒子水分散液を用い、共鳴レーザー光および非共鳴レーザー光照射開始直後からの捕捉粒子の蛍光相関分光測定を行い、ナノ粒子の光捕捉が共鳴レーザー照射時に増強されることを確認した。さらに、神経細胞表面の特定分子のナノマニピュレーションを実現するため、神経細胞表面の受容体や接着分子等を対象として蛍光染色の検討を開始した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 光ピンセット、神経細胞、共鳴効果

【研究題目】 感染症診断を目指した細胞チップデバイスの構築

【研究代表者】 山村 昌平 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 山村 昌平、八代 聖基、片岡 正俊 (常勤職員3名)

【研究内容】

目標：

寄生虫感染症であるマラリアの診断方法としては、原虫感染した赤血球の顕微鏡観察が主流であり、その他にPCR法やイムノクロマト法があるが、感度、検出時間、操作性に問題がある。そこで本研究では、既存の診断法では不可能であった自覚症状のない段階で極めて早期に、高感度、短時間に診断するため、100万個の赤血球を均一に配置し、その中からマラリア感染赤血球を迅速かつ高感度に検出できる超集積型の細胞チップの開発を目標とする。

研究計画：

微細加工技術であるフォトリソグラフィ技術を用いて、マイクロアレイチップを作製する。その際に、マイクロチャンバーの直径、深さなどの条件検討を行い、マイクロアレイに展開できる細胞数の制御を行う。また、チップの表面処理などを行うことによって、細胞の吸着性や展開効率の最適化を図る。以上の条件をもとに、赤血球の均一でかつ、単一層での高集積化配置を目指す。年度進捗状況：

細胞チップは、ナノリソグラフィ技術であるLIGAプロセスを用いて、直径100 μm のマイクロチャンバーが約2万個集積化されたポリスチレン製マイクロアレイチップを作製した。細胞チップの表面は、反応性イオン

エッチング(RIE)装置を用いて親水化処理を行い、チップデザイン、赤血球濃度の条件と併せて、赤血球の配置条件の最適化を行った。その結果、1枚のチップ上で、270万個以上の赤血球を均一かつ単一層に配置することに成功した。これによって、270万個の赤血球をマイクロアレイスキャナーによって約15分間で検出できたことから、マラリアの迅速診断法になり得ることが期待される。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞チップ、マイクロアレイ、単一細胞解析、ハイスループットスクリーニング、感染症、マラリア

【研究題目】 人工ナノレセプター粒子を用いたアルツハイマー病早期診断非標識検知チップの開発

【研究代表者】 瀧脇 雄介 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 瀧脇 雄介 (常勤職員1名)

【研究内容】

局在プラズモン応答(LSPR)を利用し、人工ナノレセプター上でバイオマーカーを高特異的に検出する事を目標とする。

金キャップナノ構造チップを作製するために、金基板表面へ粒径100nmのシリカ微粒子を展開し、LSPR応答により粒子密度の制御を検討した。その結果、展開させるナノ粒子が増加するにつれ、粒子の密度制御が困難になったため、スループットにナノ構造体を作製できない事が分かった。そこで改善策として、ナノインプリンティング法により金キャップナノ構造体を作製したところ、最高で50nmの解像度を有するチップの作製に成功した。これにより、センシング面積を広くする事ができ、かつ高スループット量産も可能なチップ作製が可能になった。

次に、本チップを用いてアルツハイマー病のバイオマーカーであるタウ蛋白の吸着評価を行ったところ、残存する僅かな非特異的吸着がLSPRの光学現象を干渉し、効果判定のバラつき低減に満足なS/Nを得られなかった。この問題を改善するアプローチとして、ビスフェノールA(BPA)を用いて吸着評価の比較を行い、タウ蛋白の吸着メカニズムの問題点を抽出した。その結果、タウ蛋白の帯電量が大きな影響を与えている事が示唆された。また、分子インプリンティング界面ヘシームレスに非特異的吸着抑制ポリマー(poly-3MAM3AP)を供給でき、満足なS/Nを得る事が可能な新しい界面の作製法を検討した。その結果、合成したpoly-3MAM3APの高分子電解質の性質を利用する事で、非特異的吸着を大幅に抑制できるだけでなく、帯電量が大きいタンパク質も、高選択的に認識できる事が分かった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノ材料、マイクロナノデバイス、非標

識、アルツハイマー、チップ

(併任) (常勤職員3名、他5名)

【研究題目】 マイクロウェルによる微小分割を用いた細胞単離に基づく一細胞 PCR 用ディスクの開発

【研究代表者】 永井 秀典 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 永井 秀典、岡本 香織
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

目標:

診療現場での癌など各種疾患の早期診断を目指して、既存の大型で高価なセルソーターを利用せず、小型化が容易な遠心力による送液と簡便な微小分割による細胞単離を組み合わせて、正常細胞群に僅かに混在する病変細胞を高感度に検出可能な一細胞 PCR 用ディスクの開発を目的とする。

研究計画:

ディスク中央から外周部に向かって螺旋状もしくはジグザグ状に形成した微小流路に沿って、ポケット型のマイクロウェルを多数個、周期的に外周側に配置させた構造のマイクロウェルアレイを設計・製作し、中心側の流路末端から導入した細胞懸濁液が正確に測りとられてながら分配されていく条件を検討する。特に微小分割において細胞を単離する場合、その分配はポアソン分布に従うため、細胞懸濁液に含まれる細胞が全てのウェルに均等に分配されるためには、微小流路の上流と下流にて細胞の濃度が一定でなければならないため、細胞懸濁液の粘性や流路表面との接触角を考慮したデザインや材質の最適化を図る。

年度進捗状況:

微小分割を用いた細胞単離の条件検討のため、ディスク中央から外周部に向かってジグザグ状に形成した微小流路に沿って、マイクロウェルを約2,700個、周期的に外周側に配置させた構造のマイクロウェルアレイを作製した。マイクロウェルの形状を楕円形状とすることにより、上流から下流まで細胞がスムーズに流れることにより、上流側で細胞が過剰にトラップされず、一定の密度で流路出口まで流れる細胞単離に最適なデザインを実現した。これにより、大腸菌やサルモネラ菌について、遠心制御のみで多数の細胞を同時に単離出来ることを顕微鏡観察により確認するとともに、その分布がポアソン分布に従うことを確認した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 マイクロウェル、単一細胞、PCR、微小分割

【研究題目】 嗅覚情報を用いた危険検知用人工の鼻センサシステムに関する研究

【研究代表者】 佐藤 孝明 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 佐藤 孝明、川崎 隆史、廣野 順三

【研究内容】

匂いは、ヒトや動物の危険察知や生活向上に大きな影響を与えており、匂いを生物学的に意味付ける嗅覚情報センシングが可能になれば、危険成分、犯人捜査、体臭変化からの疾病発症予告、自動食品加工管理などを行う多様なロボットや嗅覚情報関連機器・技術の開発が実現されると期待される。本課題では、一千種から数種の嗅覚受容体を選び、培養細胞センサ化し、嗅覚情報を抽出する人工の鼻センサ要素システムを試作する。また、嗅覚受容体を改変し対象の危険物成分を検知するセンサ開発を目指す。本年度の進捗は以下の通り。

- 1) 培養細胞の人工の鼻センサ化: 同一の嗅覚受容体をキメラ G タンパク質とシャペロン2種との共発現させた HEK293培養細胞を格子状に配置し培養するマイクロウェルを試作した。このマイクロウェルに発現させた3種の嗅覚受容体の匂い応答性を Ca イメージングで調べ、嗅覚の特性と比較した。その結果、一過性発現では培養皿で8割の細胞が応答する発現条件でも、マイクロウェルでは受容体発現が不十分になる場合が多いことが明らかとなった。解決方法を検討し、次年度試みる予定である。
- 2) 受容体信号の feedforward 抑制系および要素情報形成への寄与の評価: ΔD マウス3匹を用いて追加実験を行い、10カ月で5種の匂い識別データを収集した。得られた結果は以前のデータと異なる傾向を示し、さらに3匹での追加実験での確認が必要となった。また、6種類目の識別と2成分系の実験も次年度行う。
- 3) マウス高感度受容体導入メダカ作成: 遺伝子組換え技術を用いてマウス高感度受容体導入メダカ作成をするために、導入遺伝子をデザインした。また、希望する応答性を有す受容体の設計法を検討するため、HEK293細胞において変異受容体の応答変化を確認した。抗体免疫染色により、受容体の機能発現に必要な膜移行が起きていることを確認する系を構築した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 情報センシング、匂い、生体機能利用、細胞アレイ、分子認識、感覚センサシステム

【研究題目】 生活習慣病の早期診断を目的とした新規バイオマーカーの生理的意義解明

【研究代表者】 吉田 康一 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 吉田 康一、七里 元督、赤澤 陽子、梅野 彩 (常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

本研究においてバイオマーカーとして提案している脂質酸化生成物(ヒドロキシコレステロールおよびヒドロキシリノール酸)は、疫学的研究のもと生活習慣病などの早期診断に有望であると考えているが、これら生成物

の生理的意義は未だ解明されていない。これらが原因物質かそれとも結果の反映であるのかを解明し、疾患の早期診断における実用性をより明確に示すことを目標としている。

平成22年度は、培養細胞と実験動物を用いて、脂質酸化物およびその前駆体（過酸化物、カルボニル体）の細胞応答解析を行った。培養細胞（主に上皮角化細胞 HaCat）を用いて各化合物の細胞毒性および細胞保護作用を評価した。また、アルツハイマー病およびダウン症モデル動物（Ts65Dn マウス）における中枢神経の酸化傷害と行動異常に対するビタミン E の効能評価を行った。Ts65Dn マウスは野生型マウスと比較して、海馬における脂質酸化生成物の増加と海馬神経細胞数の減少および行動異常を認めた。本マウスへ胎児期からの継続的なビタミン E 投与は、海馬における脂質酸化物の抑制と神経細胞数の回復により、行動異常の改善効果を示した。脳内の脂質酸化物上昇は、神経障害を介した行動異常の一因となることを明らかとした。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 生活習慣病、バイオマーカー、脂質酸化物、早期診断

【研究題目】 レーザによる任意組織における発癌モデル開発

【研究代表者】 弓場 俊輔（健康工学研究部門）

【研究担当者】 弓場 俊輔、出口 友則、川崎 隆史、上崎 頼子、静間 和子
（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

目標：

研究代表者が世界で唯一の新技术として開発に成功した赤外レーザー誘起遺伝子発現操作（IR-LEGO）法を、メダカに適用し、任意組織における発癌を誘起する。これにより、細胞レベルの空間分解能をもった生体イメージングから発癌メカニズムの研究のみならず、抗癌剤等の候補物質のスクリーニングにも寄与する発癌モデルの開発を目指す。

研究計画：

IR-LEGO 法によって、臓器構成細胞に癌関連遺伝子を強制発現させ、各種臓器における発癌モデルメダカを作製する。一方、蛍光タンパク質遺伝子の導入によって血管・リンパ管を可視化した系統も同時に作製し、発癌モデル系統との交配系統も作製する。この交配個体を用いて、発癌過程や固形癌における脈管新生・転移過程等について解析する。

年度進捗状況：

任意の細胞を標的に赤外レーザーを照射し、標的細胞を起源とする癌を発生させるが、標的の細胞種を予め特定しておく重要性から、その細胞の可視化も考えた。特定臓器癌の起源と考えられる細胞に特異的なマーカー遺伝

子について、メダカゲノムデータベースよりマウスホモログのアミノ酸配列データを元に BLAST 検索した。予測配列に特異的なプライマーを用いた RT-PCR によりクローニングしたメダカホモログの配列を決定した。さらに、クローニングした部分配列から RNA プローブを作製し、in situ ハイブリダイゼーション法で特定臓器での発現を確認した。一方、血管可視化のため、血管内皮細胞分化マーカーである遺伝子群を含む BAC クローンをデータベースより見出し、NBRP より入手した。現在、それら遺伝子のプロモーター領域のクローニングに着手したところである。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 癌、病理学、顕微鏡システム、創薬スクリーニング

【研究題目】 周期構造・高屈折率無機界面を有する高感度バイオチップの研究

【研究代表者】 田和 圭子（健康工学研究部門）

【研究担当者】 田和 圭子、田中 茜、笹川知 里
（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

臨床診断チップ開発を目指した高感度バイオセンシング技術の開発においては、マーカーの高感度検出技術とマーカー認識抗体をチップに高密度配列させる技術の両方が必要である。本研究では、産総研の周期構造基板（＝プラズモニク基板）を利用した高感度蛍光計測技術と、共同研究者である東北大学大学院工学研究科の梅津光央准教授の ZnO 表面に特異的に結合する抗体断片を利用した抗体固定化技術の異分野融合によって、簡単な装置および操作でマーカータンパク質の高感度検出を行うことを目標としている。

1) 抗酸化亜鉛-抗 Green Fluorescent Protein (ZnO-GFP) 二重特異性抗体を固定化したチップによる GFP センシング

基板構造のおよび成膜条件を検討した結果、銀と酸化亜鉛を成膜したピッチ480nm の周期構造を作製することにより、マーカータンパク質 green fluorescent protein (GFP) からの蛍光増強度を向上させることができた。このプラズモニクチップ上では、従来よりも GFP を高感度 (10pM 以下) かつ迅速 (10分) に検出することに成功した。

2) 腫瘍マーカーセンシング

腫瘍マーカーを認識する部位と ZnO を認識する部位をもつ二重特異性抗体を用い、ピッチ350nm のプラズモニクチップで、腫瘍マーカーEGFR の高感度検出に取り組んだ。二重特異性抗体の濃度を大きくすることにより、EGFR を低濃度まで検出できることがわかり、その結果、10分で700fM の検出に成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

〔キーワード〕 バイオセンシング、腫瘍マーカー、プラズモン、周期構造、高感度検出

〔研究題目〕 表面増強ラマン活性ナノ粒子による単一細胞表面タンパク質のイメージング

〔研究代表者〕 石川 満 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 石川 満、伊藤 民武、安部 博子、M. S. Kiran (常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

目標：

通常の顕微鏡ラマン分光法では感度が低く測定時間が長いという問題を克服するために表面増強ラマン散乱 (SERS: Surface Enhanced Raman Scattering) に着目した。SERS は、分子が金あるいは銀ナノ粒子表面に吸着することによって、分子のラマン散乱断面積が $\sim 10^{10}$ 倍増強される現象である。この SERS の特長を生かして、通常のラマン分光では \sim 数分要していた測定時間を、1秒以下に短縮して、分裂酵母細胞をモデル系として細胞膜表面における生体分子の発現の変化を実時間で観測し、同定する。

研究計画：

観測された SERS スペクトルはタンパク質に由来するという予備実験の結果を踏まえ、H22年度は以下の手順でこのタンパク質を同定する。細胞表面の洗浄、特定の構造を分解する酵素処理、遺伝子操作を用いて調製した特定のタンパク質の発現を制御した変異酵母細胞を用い、SERS 活性の有無を比較する。

年度進捗状況：

酵母細胞に以下の処理を施した：(a) 界面活性剤 (0.1% SDS、沸騰、10分)、細胞壁を構成する (b) ベータ1,6グルカンおよび (c) ベータ1,3グルカンを分解する酵素、(d) 酸 (5% フッ化水素酸、25 $^{\circ}$ C、3時間)、(e) アルカリ (50mM 水酸化ナトリウム、37 $^{\circ}$ C、3時間) による各処理。その結果、処理 (c) と (e) で SERS 活性が消失した。この結果から、あるタンパク質が SERS 活性を与える可能性が明らかになった。さらに、同タンパク質が過剰発現する変異酵母を用いた同タンパク質発現量の定量、同タンパク質の抗体を用いたウェスタンブロット解析からこのタンパク質を同定した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 分裂酵母、細胞周期、ナノ粒子、細胞表面、タンパク質

〔研究題目〕 光トラップポテンシャル場の動的形成による非接触マイクロ操作の研究

〔研究代表者〕 田中 芳夫 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 田中 芳夫 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究は、光学顕微鏡下の様々な形状と光学的性質を有する物質を対象に、実時間画像処理による被操作対象

物の特徴認識技術とレーザー光の照射により形成される光トラップポテンシャル場分布の実時間制御により、非接触で被操作対象物の3次元姿勢や位置を高精度かつ動的に制御するための基盤技術を開発することを目的とし、レーザー光を利用する非接触マイクロ操作技術の汎用化と確立を目指す。本年度得られた主な成果は以下のとおりである。

- (1) 特徴認識アルゴリズムの開発：ハフ変換を利用した球状微粒子認識アルゴリズムを用いて顕微鏡下の全微粒子の中心座標と微粒子径を実時間で同定し、その後空間光変調素子 (SLM) を制御することで、一般化位相コントラスト (GPC) 法により同定した微粒子径と同サイズの円状の高コントラストレーザー光パターンを認識した微粒子位置に実時間で複数作れる GPC 光ピンセット系を試作し、基本性能の動作確認と有効性の検証を行った。
- (2) 時間・空間分布制御による球状物の複数同時操作・配置：昨年度まで用いていた時分割走査法と、項目 (1) の GPC 法の2種類のマルチビーム光ピンセット法が併用できるハイブリッドシステムの実現可能性の検討を行った。その結果、GPC 法を用いて顕微鏡下に円状高コントラストレーザー光パターンを格子状に多数配置し、その格子状の光トラップ場ヘミラー走査によるレーザー光焦点位置の制御で捕捉した微粒子を1個ずつ運搬することで、従来の時分割走査法では一度に捕捉・配置できる微粒子数が16個程度であったのが、数十個へと大幅に改善できることなど、その有効性を明らかにした。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 光ピンセット、マイクロ操作、画像処理

〔研究題目〕 古細菌におけるチオレドキシシン系抗酸化システムの解明

〔研究代表者〕 中村 努 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 中村 努 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

細胞の抗酸化機構を進化の観点から理解し、同時に熱に安定な抗酸化タンパク質の産業利用を目指すため、超好熱性古細菌由来の抗酸化タンパク質の反応機構の解析を行っている。特に、超好熱性古細菌としては例外的に好気性である *Aeropyrum pernix* K1 からペルオキシレドキシシン (Peroxiredoxin, Prx) とスーパーオキシドデイスムターゼ (Superoxide dismutase, SOD) を対象とした。

Prx は反応中心システインのチオール基が近傍のヒスチジン側鎖の構造変化をともなって過酸化水素を還元する。この過程で、スルフラン型の超原子価硫黄化合物が生成する。このことは X 線結晶解析によって明らかにしたものであるが、この手法は水素原子を観測できないという限界がある。今年度は、その点を克服するために

中性子解析を目指し、そのために必要な大型結晶の作製法を開発した。大容量のドロップで目的外の結晶核を除くという方法で、2mm 大の結晶を得て、その結晶からは中性子回折を観測することができた。

A. pernix の SOD は、鉄とマンガンの両方をコファクターとして利用できる cambialistic SOD である。しかし、金属の違いにより酵素活性は約20倍異なる (Mn > Fe)。今年度は、構造解析によりそのメカニズムを明らかにした。SOD のコファクター金属にはアスパラギン酸・ヒスチジンとともに水分子が配位しているが、Fe-SOD では配位した水によって基質結合が阻害されていることが示唆された。また、Fe-SOD で見られるわずかな構造変化から、鉄結合状態では過酸化水素による生成物阻害と類似した現象が起こっていることが示唆された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】活性酸素、超好熱性古細菌

【研究題目】抗菌ペプチドの細菌外膜への結合機構の単一分子感度解析に基づく高活性抗菌剤の開発

【研究代表者】福岡 聡 (健康工学研究部門)

【研究担当者】福岡 聡、伊藤 民武

【研究内容】

本研究では抗敗血症性の高活性抗菌剤開発を推進する。細菌表層複合糖の物理化学的なマクロ解析、及び、単一分子計測技術を応用し、生きた細胞の表層その場計測で定量的に評価する。細菌の生物活性発現複合糖のリポ多糖及びその脂質部分リポド A を用いる。抗菌作用を示すマガニン2や NK-リシンとそのアミノ酸の部分置換ペプチドや細菌表層結合性の生体関連物質を作用させたときの、膜物性及び生物活性への影響を検討し、活性抑制の指針を得る。

平成22年度は、マガニン2のグリシン残基など一部のアミノ酸を、疎水性アミノ酸のバリンなどに置換したペプチドが、リポ多糖やリポド A に結合したときの相転移挙動や膜表面の電気状態変化を、各種分光スペクトルの測定や熱分析などにより調べた。また、胆汁酸類による機能変化を同様に検討した。表面増強ラマン分光法 (SERS) や局在表面プラズモン共鳴法 (LSPR) などによるレーザ散乱分光に関しては、スペクトル測定用の金属微粒子凝集体-顕微分光システムを構築した。

その結果、アミノ酸の一部をバリンで置換したペプチドをリポド A に作用させた場合には、膜結合性が高く膜物性が変化した。リポ多糖の生物活性は、ペプチド類の結合により抑制された。一方、胆汁酸類では逆に向上した。このことから、細菌外膜との相互作用変化によって生物活性の抑制・向上が制御可能と示唆された。金属微粒子を用いた高感度測定では、増強光電場の持続時間を計測可能なレベルに近い値にまで改善するなど、基礎デ

ータの蓄積が進んでいる。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】リポ多糖、リポド A、抗菌ペプチド、胆汁酸、表面増強ラマン、単一分子解析

【研究題目】顕微イメージング・エリプソメーターの開発

【研究代表者】大槻 莊一 (健康工学研究部門)

【研究担当者】大槻 莊一 (常勤職員1名)

【研究内容】

デバイスや細胞の表面構造を0.5 μm 以下の水平分解能および0.1nm 以下の深さ分解能で非標識かつ定量的にイメージングを行うことを目標とする。H22年度は、円錐状プリズムを用いて発生させたリング光を測定光とする顕微イメージング・エリプソメーターを構築し、測定を実施した。さらに、入射側光学系にマスクを設置することにより方位角の対称性を解消するとともに、1対のコーン型ミラーからなるズーム機構を設計・試作し、測定結果に与える影響を評価した。

分光した白色光を用いて照明を行う顕微光学系を製作したが、伝送用光ファイバのコア径を0.2mm 以下にすると、十分な光強度が得られないことが判明した。そこで、光源としてレーザーダイオードを用い、焦点を正確に調節することにより CCD の画像に現れるスペckルノイズをほぼ消失させ、測定に十分な光強度で入射角の明確な照明を実現した。次に、能動素子として液晶可変位相遅延子を用いた顕微イメージング・エリプソメーターを構築し、試料として用いたシリコン基板表面における偏光解析パラメーターの分布を求めた。これらの分布には強い干渉縞が現れていたが、ビームスプリッターをキューブ型からプレート型に変更することにより、干渉縞を消失させた。また、円錐状プリズムに並行光を入射しレンズで集光することにより、リング状収縮光の発生を確認した。さらに、コーン型外側ミラーに対し、内側ミラーを対物レンズと共に機械的に駆動するズーム機構を製作した。このズーム機構を通してリング状収束光を対物レンズに入射し、試料からの反射光が対物レンズとズーム機構を通り、リング状収束光として射出することを確認した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】デバイス、細胞、表面構造、顕微鏡

【研究題目】生物発光長期イメージングによる時計タンパク質の核-細胞質間シャトル機構解析

【研究代表者】中島 芳浩 (健康工学研究部門)

【研究担当者】中島 芳浩 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、発光タンパク質を用い、発光イメージングテクニックを駆使することで、既存の技術では困難で

あった24時間周期で起こる時刻依存的な時計タンパク質の核一細胞質間シャトルの分子機構を解明することを目的とする。H22年度は独自に開発した高発光強度型緑色発光タンパク質 ELuc が時計遺伝子 Bmal1のプロモーターの制御下で発現・発光する組換えマウス (Bmal1-ELuc) を作出し、視交叉上核のスライス培養における長期発光イメージングを行った。その結果、ELuc を用いることにより、従来のホタルルシフェラーゼを導入した視交叉上核スライス培養での発光イメージングよりも時間分解能が5倍以上高いイメージングが可能であることを明らかにした。続いて、Bmal1と逆位相で発現することが知られている時計遺伝子 Per2のプロモーターの制御下で赤色発光タンパク質が発現する組換えマウス (Per2-SLR2) を作出し、Bmal1-ELuc との掛け合わせにより、Bmal1プロモーター及び Per2プロモーターの制御下で緑色及び赤色発光タンパク質が各々発現するデュアルカラーマウスを世界に先駆けて樹立した (Noguchi et al., *Biochemistry*, **49**, 8053, 2010)。色分離計測法により中枢及び末梢組織における各々の発現変動を同時に測定、Bmal1及び Per2は各組織においてほぼ完全に逆位相の発現を示すが、それらの周期及び位相は組織特異性を示すことを明らかにした。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ルシフェラーゼ、発光イメージング、概日リズム

【研究題目】 BDNF プロドメインの新しい生理作用に関する構造生物学と神経生理学の融合研究

【研究代表者】 小島 正己 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 小島 正己、上垣 浩一
(常勤職員2名)

【研究内容】

電気生理学的手法を用いた BDNF プロドメイン (BDNF pro-peptide) の機能解析を行うことを目標とする。BDNF は LTP を促進し LTD を抑制する。一方、proBDNF は LTD を促進しスパイン密度を低下させることを我々は見出している。これらの結果から、BDNF 依存的なシナプス可塑性において、BDNF プロドメイン (BDNF pro-peptide) も生理作用を発揮する可能性が推察される。本年度は、1) BDNF プロドメイン単独処理による basal synaptic transmission への効果について検証した。つまり、昨年度見出した BDNF pro-peptide の LTD 促進効果の分子メカニズムについて電気生理学および細胞イメージングの解析を行った。その結果、BDNF pro-peptide の LTD には p75受容体が必要であることが、p75受容体アンタゴニスト REX、p75 ノックアウトマウスを用いた研究から見出された。このような BDNF pro-peptide について、AMPA 受容体の表面レベルに対する効果をイメージング解析した。その

結果、BDNF pro-peptide で処理した細胞では、NMDA 添加により促進される AMPA 受容体の表面レベルに影響した。以上の結果から、BDNF pro-peptide の LTD 促進作用は p75受容体を介していること、LTD メカニズムである AMPA 受容体の調節に関与することが示唆された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ペプチド、神経伝達、神経細胞

【研究題目】 海藻生長促進微生物群集の解明及び海藻と微生物共存系による水圏環境浄化に関する研究

【研究代表者】 垣田 浩孝 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 垣田 浩孝 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標：

海藻バイオフィルターへの導入海藻の供給技術開発として本研究を行う。海藻の栄養塩吸収機能を活用した水圏健康リスク因子削減技術を進展させるために、海藻付着共存微生物群集を解明し、海藻付着共存微生物群集と海藻を人工的に共存させた再構成共存系での培養により海藻収量の増加を試みる。

研究計画：

H22年度は、海藻バイオフィルターへ導入可能な海藻の単藻培養株の作成、非成熟株の継続培養、海藻の付着共存微生物の検索を実施する。

研究進捗状況：

天然海藻試料、培養海藻試料、海藻採取域の環境海水をそれぞれ滅菌人工海水で適宜10倍希釈し、寒天培地に添加し、20℃で14日間培養した。培養後、寒天培地中のコロニー数100程度の平板を選定し、各寒天平板の生菌数 (微生物数) カウント及び微生物の形態・色素でグループ分けを行った。培養平板上に優勢に生育した集落を釣菌して分離微生物とした。培養海藻試料を添加した寒天培地には黄色や橙色のコロニーが観察され、その性状より *Flavobacterium / Cytophaga* sp.と推定できた。天然海藻試料、培養海藻試料、海藻採取域の環境海水中の微生物群集は同じでないことを示した。このことは海藻付着共存する微生物群集が環境海水中の微生物群集と異なっていることを示唆する点で意義のある結果である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 健康リスク削減、水圏、海藻

【研究題目】 多孔性無機陰イオン交換体の細孔制御及び過塩素酸イオンの選択的捕捉技術に関する研究

【研究代表者】 榎田 洋二 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 榎田 洋二 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、過塩素酸イオンを選択的に吸着する多孔

性鉄系水酸化物の開発のために、細孔の縦方向の $\text{Fe}(\text{OH})_6$ 八面体の連結数を m 、横方向を n として $[m \times n]$ と表記した場合に、 $[2 \times 3]$ または $[3 \times 3]$ の細孔構造を持ち、かつ、陰イオン交換性を有する新規多孔体の合成を目指す。平成22年度においては、既知の $[2 \times 2]$ トンネル構造を持つ鉄系水酸化物（アカガナイト）の合成条件を変えて新規な多孔体の合成を試みるとともに、イオン交換性を持たない層状鉄系水酸化物（レピドクロサイト）にイオン交換性を付与する方法、透過電子顕微鏡による細孔構造の観察法について検討した。

塩化鉄の加水分解により合成されるアカガナイトの原料に硫酸鉄や硝酸鉄を用いたり、反応溶液の反応温度やpHを変えて合成したが、 $[2 \times 3]$ や $[3 \times 3]$ の細孔構造は形成しなかった。一方、イオン交換性を持たないレピドクロサイトの原料となる塩化鉄の一部をオキシ塩化ジルコニウムに変えて合成したサンプルは、溶液中において過塩素酸イオン、リン酸イオン、臭素イオン、硝酸イオン、硫酸イオンを吸着することがわかった。ジルコニウムの含有量が高いほど陰イオンの吸着量が高く、特に、リン酸イオンに対しては 1mmol/g 以上の吸着量を示した。透過電子顕微鏡による細孔構造の観察方法の検討は、合成アカガナイトを用いて行った。合成アカガナイトは長さ $100\sim 200\text{nm}$ 、幅 $10\sim 20\text{nm}$ のロッド状粒子であり、透過電子顕微鏡内でサンプルを傾斜して粒子の長軸方向から観察することで細孔の構造を観察できることを確認した。また、観察時の電子線照射に伴う結晶構造の崩壊はなかった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】無機イオン交換体、多孔質材料、有害イオン除去、過塩素酸イオン、透過電子顕微鏡

【研究題目】不溶性セルロース分解をめざした耐熱性人工酵素創製に関する基盤研究

【研究代表者】上垣 浩一（健康工学研究部門）

【研究担当者】上垣 浩一（常勤職員1名）

【研究内容】

近年、トウモロコシ等、食物の持つ糖を利用した発酵法でのエタノール生産（バイオエタノール生産）が注目を集めている。しかし、食物を利用する限り、食糧問題とエネルギー生産のバランスをどう調整するかという問題が生じてくる。そこで食物と競合しない木質系バイオマス（廃材等）を利用し、糖を生産することができれば、バイオマス利用の促進に大きな弾みをつけることができる。そのためには、硬い結晶構造をもつセルロースを主成分とする木質系バイオマスを高速で分解することのできる、強力な酵素セルラーゼの開発が渴望されている。既に研究代表者らは、木質系バイオマスの酵素的分解に利用可能な有用超耐熱性セルラーゼを開発することを目標に、*Pyrococcus horikoshi*由来の超耐熱性セルラーゼ

の触媒ドメインと他の好熱性古細菌（*Pyrococcus furiosus*）由来の糖分解酵素キチナーゼが持つ基質吸着ドメインとの融合化を行い、不溶性基質に強い活性を持たせたセルラーゼの高機能化研究を行っている。本年度ではこの融合セルラーゼをさらに高機能化させる指針を得るため、両ドメインをつなぐリンカーの長さに着目し耐熱性キチナーゼ由来のリンカーの長さを変化させた変異体を複数作製し、野生型（耐熱セルラーゼの触媒ドメインのみ）と活性の違いを検討した。活性はソモギーネルソン法を用いた。解析の結果、リンカー長の延伸と共に活性は増加したが30アミノ酸以上になると逆に活性は低下する場合がみられ、最適なリンカー長は10から30アミノ酸程度である事が明らかとなった。活性の増加は最大で約3倍まであげることができた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】人工酵素、セルロース、バイオマス

【研究題目】Wnt/Ror2シグナルと細胞応答、組織形成機構の解析

【研究代表者】大石 勲（健康工学研究部門）

【研究担当者】大石勲（常勤職員1名）

【研究内容】

目標：

Wntシグナル伝達は様々な生体応答に必須のシグナル伝達である。Wntシグナルは多岐に渡る複雑なシグナル伝達系であり、受容体型チロシンキナーゼRor2はWntシグナル伝達因子の一つである。本研究ではWntシグナル伝達機構をRor2を中心に解析する。

研究計画：

ゼブラフィッシュを用い、Ror2をはじめとするWntシグナル関連分子の機能促進、抑制を中心に生体における構成要素の役割を明らかにする。

研究進捗状況：

ゼブラフィッシュRor2をモルフォリノアンチセンスオリゴにより抑制すると後局側のWntシグナルの顕著な活性化が認められる。一方、中脳領域におけるWntシグナルは減弱するが、組織形成不全の可能性が残される。また、興味深いことにRor2の抑制に伴いほぼ半数の個体で左右形成の異常が認められた。Ror2の抑制個体のクッパー胞内では一次繊毛形成の異常が認められ、数の減少や形成不全がおこり、Ror2/Wntシグナルがどのように一次繊毛形成に関わるか興味を持たれる。また、Wntシグナルの制御に関わるクロマチン因子HMGB1,2と形態形成について解析を行った。Ror2とは逆にHMGB1,2の抑制によりWntシグナルの顕著な抑制が認められる。更に、HMGB1,2の抑制により体軸形成の異常や付属肢の形成不全が認められる。付属肢の形成不全についてはノックアウトマウスの解析からshhシグナルを介したメカニズムを見出した。ゼブラフ

イッシュにおいても shh の発現領域の現象が認められ、広く哺乳類の付属肢形成に関わるシグナル系と考えられる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ゼブラフィッシュ、形態形成、シグナル伝達

【研究題目】 ムチン型糖蛋白質による微絨毛形成機構と細胞接着におよぼす機能の解析

【研究代表者】 立花 宏一（健康工学研究部門）

【研究担当者】 立花 宏一（常勤職員1名）

【研究内容】

目標：

CD43等の細胞表面ムチン型糖蛋白質による微絨毛形成のメカニズムを分子細胞生物学的手法により明らかにすると共に、これらの糖蛋白質による細胞接着制御機構を明らかにする。

研究計画：

CD43などの細胞表面ムチン型糖蛋白質をヒト胎児腎臓由来細胞株 HEK293T に発現させると細胞表面に微絨毛（マイクロブライ）を形成すると共に細胞の球状化を引き起こし、また、細胞接着を抑制することを発見している。微絨毛形成や細胞接着阻害に必要な CD43等ムチン型糖蛋白質のドメインを明らかにすると共に、細胞内シグナル伝達の変化を解析することで、ムチン型糖蛋白質の機能発現メカニズムを明らかにする。

年度進捗状況：

本年度は CD43欠失ミュータントを用いた解析より CD43の細胞外ドメイン+膜貫通ドメインが上記機能に必要な十分であること、CD43発現により細胞骨格蛋白質 ERM の C 末 Thr リン酸化が顕著に増加することを明らかにした。CD43細胞外ドメインは細胞接着阻害作用を有することから、細胞接着阻害により誘導された ERM 蛋白質リン酸化により微絨毛形成・細胞球状化を起こしているのではないかと考えた。そこで、CD43発現以外の方法で細胞接着を阻害したところ、ERM 蛋白質リン酸化が検出され、このリン酸化は細胞再接着により抑制された。これらの結果より、細胞接着が阻害されると何らかの機序で ERM 蛋白質リン酸化等微絨毛形成や細胞球状化に必要なシグナルが惹起されることが明らかになった。この結果は論文（Cell Adhesion & Migration 5:119-32, 2011）に発表している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 微絨毛、ムチン型糖蛋白質、細胞接着

【研究題目】 細胞操作技術を目指したケージドペプチドの合成

【研究代表者】 達 吉郎（健康工学研究部門）

【研究担当者】 達 吉郎（常勤職員1名）

【研究内容】

ケージドペプチドは、光解離性保護基を生理活性ペプチドに導入したペプチド誘導体であり、生理活性が遮蔽されている状態にあるが、紫外光照射により、保護基を脱離させ、活性な構造のペプチドを生成することができる。光で生理活性ペプチドの濃度を瞬間的に任意の部位で上昇させることができることから、神経伝達や細胞内情報伝達のような速く且つ部位特異的な生命現象の解明に有用と期待されている。ペプチドへ光解離性保護基が導入できる部位は、親水性アミノ酸の側鎖、両末端、アミド、に限られる。これまでの構造生物学的な知見からは、ペプチドとその相手蛋白質（レセプターや酵素等）との相互作用は、側鎖や主鎖アミドが関与しているものが多く知られており、これらの部位への「汎用な導入法の確立」が望まれる。まず、ペプチドの主鎖アミドへの光解離性保護基（2-ニトロベンジル基）の導入法を検討した。アミノ酸のアミノ基にニトロベンジル基を導入した場合、グリシン以外のアミノ酸ではアシル化は固相上では困難であったが、アミノ酸間のアミド結合にニトロベンジル基をもつジペプチドのビルディングブロックを液相法で合成し、これを固相合成へ利用することにより、バリンやイソロイシン等の嵩高いアミノ酸の主鎖アミドにもニトロベンジル基を導入することができることを確認した。この方法は、βアミロイドペプチドのフラグメントペプチドの合成に適用したところ、ランダムコイル構造のペプチドが得られた。この方法は、ケージドペプチドのほか、Difficult Sequence の配列のペプチドの合成にも有用であると考えられる。また、細胞機能を制御する系として、NSF-GluR2結合阻害ペプチドに光解離性保護基をもつケージドペプチドの分子設計を行い、側鎖にニトロベンジル基をもつケージドペプチドの合成を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ケージド化合物、ペプチド

【研究題目】 運動-視覚神経ダイナミクスの脳機能関連モデルによる「操作感」の評価

【研究代表者】 岩木 直（健康工学研究部門）

【研究担当者】 岩木 直、梅村 浩之
（常勤職員2名、他 名）

【研究内容】

目標：

仮想（Virtual reality: VR）空間内での操作行動にともなう視覚フィードバックをパラメトリックに制御した条件下で行動指標の計測とともに非侵襲脳機能計測を行い、主観的な操作感の変化が運動-感覚連関にどのように反映されるのか、高精度な脳活動ダイナミクス解析技術と脳領域間の相互作用を解析する技術を用いて統合的に理解することを目標とする。

研究計画：

ジョイスティックを利用した、コンピュータ画面の操

作・観察課題を行い、所要時間や失敗数のパフォーマンスや内観などを収集するとともに、MEG および fMRI データの計測を行い、主観的な操作感と相関して変化する脳活動成分を抽出する。

年度進捗状況：

被験者に fMRI スキャナ内で、ジョイスティックを用いて画面上に現れる目標を追跡するターゲット追跡実験を課し、脳活動を計測するとともに、ターゲット追跡中のジョイスティック操作による画面上の目標追跡におけるコンピュータインターフェースの操作しやすさに関する主観評価値の計測を行った。この結果、「操作感」の主観評価値と、右側頭・頭頂接合部 (temporo-parietal junction: TPJ) の活動が、高い相関をもつことを示唆する結果を得た。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 操作感、非侵襲脳活動計測、fMRI、側頭・頭頂接合部、バーチャルリアリティ

【研究題目】 輝度の時間的変動を伴う光環境の心理学的および生理学的評価に関する研究

【研究代表者】 岡本 洋輔 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 岡本 洋輔 (常勤職員0名、他1名)

【研究内容】

複数の周波数成分を含む点滅光刺激 (例、振幅変調点滅光) に対しては、刺激の周波数成分には含まれない、輝度の時間変動のエンベロープに対応した周期性が知覚されるが、その知覚メカニズムの詳細は不明である。本年度は、前年度までに行なった研究の結果を基に、エンベロープ知覚メカニズムについての考察を行なった。

これまで、振幅変調点滅光のエンベロープはキャリア周波数の増大に伴って検出されにくくなることを明らかにした。この結果から、人間の視覚系に存在するローパス特性を持つ低時間周波数チャンネルとバンドパス特性を持つ高時間周波数チャンネルのうち、いずれかによって振幅変調点滅光のキャリア成分が減少したのちに、エンベロープ成分が生成されていると考えられる。また、振幅変調点滅光のエンベロープに対する脳磁界反応は、低周波域における周波数増加に伴う反応の増大は認められなかったことから、エンベロープ成分は高時間周波数チャンネルの低域からピーク感度周波数にかけての感度上昇の影響を受けないことが示唆される。従って、エンベロープ情報は高時間周波数チャンネルを通過しないと考えることができる。さらに、振幅変調点滅光のエンベロープに対しては、キャリア周波数 (高周波数) よりもエンベロープ周波数 (低周波数) に順応した場合に順応効果が大きいことが明らかとなった。これは、エンベロープ情報は低時間周波数チャンネルで処理されていることを示している。以上から、振幅変調点滅光のキャリア信号が高時間周波数チャンネルで処理された後にエンベロープ情報が抽出され、さらに抽出されたエンベロープは低時間周波数

チャンネルでの処理を受けていると考えることができる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 光環境、点滅光、知覚メカニズム

【研究題目】 ハロモナス菌を用いた BDF 廃グリセロール利活用によるバイオプラスチック PHA 生産 (K22040)

【研究代表者】 河田 悦和 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 河田 悦和、竹田 さほり、川崎 典起、黒岩 愛、清水 瑠理子 (常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

再生可能エネルギーとして油脂を原料に製造されるバイオディーゼル BDF は、現在はアルカリ触媒とメタノールを用いる手法で主に生産され、製造に伴って生じる廃グリセロールの利用拡大が望まれている。一方、持続可能社会の構築を目指す上で、化成品のバイオベース化も必須であり、なかでもプラスチック原料の再生可能資源への転換は喫緊の課題である。我々は、*Halomonas* sp. KM-1株を用いて、高効率、低コストに、余剰の廃グリセロールを処理し、PHA 等を生産することにより、持続可能型社会に資することを目的に研究を実施した。*Halomonas* sp. KM-1による廃グリセロール処理は、高塩高アルカリ環境ゆえ他の菌の混入がなく、滅菌に伴うエネルギー使用が不要な省エネルギー性、炭素源をグリセロールのみならず C5糖(キシロース、アラビノース)、さらには木材糖化液も利用できる汎用性、生産物が菌体内にバイオプラスチック PHA、菌体外に α -ケトグルタル酸をそれぞれ培地の数%生産できる生産性など日本発のホワイトバイオテクノロジーインフラとして利用できる潜在的な能力を秘めたシステムとなったことが明らかになり、将来は海洋バイオマスを含む様々な炭素源を利用し、バイオマスベースの社会形成の礎となる可能性が示された。

【分野名】 バイオテクノロジー

【キーワード】 廃棄物再資源化、グリセロール、バイオディーゼル (BDF)、バイオプラスチック (PHA, PHB)

【研究題目】 バイオリソグラフィ手法の開発と表面加工への展開

【研究代表者】 吉川 佳広 (光技術研究部門)

【研究担当者】 吉川 佳広 (常勤職員1名)

【研究内容】

自己組織化に基づく機能性ナノマテリアルが種々合成されつつあるが、それらを効率的かつ機能的に使用するためには、基板上に合目的に集積化する必要性がある。本研究では、高分子のナノ規則パターンを作製し、それに続くバイオリソグラフィで酵素分解加工を行うことで、ナノマテリアルを集積化するためのナノパターン構

造を構築することを目的とした。

生分解性高分子の一つであるポリ(ϵ -カプロラクトン) (PCL) を使用して、ナノパターンを作製した。スピんキャストにより PCL 薄膜を高配向グラファイト上に調製した。熔融—結晶化した後に、走査型プローブ顕微鏡で表面形態を観察した。長さが200nm~1 μ m の結晶がお互いに60度の角度で配列した縞状パターンが形成された。この縞の長さは、PCL の分子量である程度制御できることがわかった。すなわち、分子量が低いほど持続長が長くなることがわかった。

次いで、凹凸形状の異なるパターンの作製のため、酵素によるバイオリソグラフィ加工を行った。具体的には、PCL を分解できるリパーゼを特定領域に塗布し、分解加工を行った。その結果、非晶領域が優先的に分解され、結晶領域が残存した。このパターンにナノマテリアルを集積化するため、化学修飾した金ナノ粒子をスピんキャストした。すると驚くことに、酵素分解で形成された凹部ではなく、残存した結晶領域の上だけに金ナノ微粒子が配列することがわかった。このように、高分子材料の自己組織化および酵素分解という省エネルギー手法で、金ナノ粒子を特定領域に集積化することに成功した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 酵素分解、生分解性高分子、走査型プローブ顕微鏡、酵素、ソフトマテリアル

【研究題目】 多波長コヒーレント合成による高繰り返し極短光パルス発生の研究

【研究代表者】 吉富 大 (光技術研究部門)

【研究担当者】 吉富 大 (常勤職員1名)

【研究内容】

光化学反応の初期過程などの超高速現象を解明する超高速プローブとして、極短光パルスは重要性を増している。本研究では、100MHz 程度の高繰り返しで未踏の4フェムト秒以下の極短パルスを発生することを目的とし、3種類の異なる帯域のレーザー光のタイミング及び光波位相を高精度に同期制御し、合成する技術を確立し、波長600nm~1400nm に渡るコヒーレントな超広帯域光を発生させ、全帯域で分散補償を行うことにより、単一レーザー帯域の壁を超える極短光パルスの発生を実現する。これまでに、チタンサファイアレーザー (中心波長800nm) 及びクロムフォーステライトレーザー (中心波長1250nm) の2種類のレーザーのタイミングと位相を0.1フェムト秒という世界最高の精度で同期制御することに成功している。今年度は、この2つのレーザーの波長領域の中間に位置する Yb ファイバレーザー (中心波長1040nm) をさらに追加して、切れ目のない広帯域光を実現するために、チタンサファイアレーザーと Yb ファイバレーザーの間の高精度なタイミング同期を試みた。低ジッターで安定性に優れた光の相互位相変調を利用す

る受動的方法を用いた。タイミングジッターは1.4フェムト秒であり、非常に低ジッターのタイミング同期を達成することができた。また、8時間以上にわたる長時間安定性を確認することができた。今後は、位相同期を行うことにより、超広帯域光を実現し、極短光パルス発生をめざす。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 レーザー、超短パルス、フェムト秒、超高速現象

【研究題目】 ディスコチック液晶相を示す光応答性蝶番分子の創製と液晶相の光制御

【研究代表者】 則包 恭央 (光技術研究部門)

【研究担当者】 則包 恭央 (常勤職員1名)

【研究内容】

高度情報化社会において、情報の伝送、処理および記録に光技術が多く用いられるが、その中で分子の配向状態を制御することによって、光の特性を操ることのできる液晶は、有用な材料として期待されている。ディスコチック相を示す液晶化合物は、一般的に円盤状の形をしており、次世代プリンタブルエレクトロニクスの基盤材料として盛んに研究されている。液晶材料に関する様々な物性は、一般的に液晶分子の配向状態に起因することから、液晶分子の配向状態を光刺激によって液晶相を自在に制御することができれば、種々の有機電子・光学材料の実現が期待される。しかし、ディスコチック液晶の光による相転移の実現例はこれまでに報告されていない。そこで本研究では、液晶核の構造変化を利用したディスコチック液晶相の光スイッチングを世界に先駆けて達成するために、光応答性を有する新しいディスコチック液晶化合物の探索を行った。その結果、新たに合成した大環状アゾベンゼンが、光照射により液晶状態と液体状態を可逆的に相転移させることが可能であることを明らかにした。加えて、本研究で得られた化合物の結晶状態に光を照射することによって、加熱することなく液体状態に相転移が可能であり、さらに液体状態は、加熱によって元の結晶状態に戻す事が可能であることを発見した。本研究で開発した有機材料は、光と熱によって可逆的に何度でも固体と液体の間の相転移を繰り返す事が可能であることを見出した。本成果は、新しいフォトレジスト材料や、光で粘着性が変化する接着剤等への応用が考えられ、広い産業分野への波及効果が期待される。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 液晶、光応答性材料、超分子化学

【研究題目】 電界誘起電子スピん共鳴法による有機トランジスタ界面トラップ準位の微視的起源の同定

【研究代表者】 長谷川 達生 (光技術研究部門)

【研究担当者】 長谷川 達生、山田 寿一、松井 弘之

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本年度は、有機トランジスタ内でキャリアを局在化させる機構を明らかにするため、電界誘起 ESR 法を駆使した以下の研究に取り組んだ。第1に、電界誘起 ESR 法によりトラップ準位の数密度を評価・解析する手法を確立するため、薄膜トランジスタ (TFT) を10枚程度重ね合わせて電界誘起 ESR 信号強度を増強し、これにより従来に比べ3~5倍程度 S/N 比を向上させることに成功した。第2に、前記測定法を利用し、低温でペンタセン TFT の電界誘起 ESR スペクトルを異なるゲート電圧 (キャリア数) のもとで精密測定し、そのスペクトル解析によりトラップ状態密度分布を評価した。その結果、ペンタセン TFT のトラップ準位分布はいずれのゲート電圧においても離散的な深いトラップ準位 (広がりには1.5分子程度と5分子程度の2種) と、連続的な浅いトラップ準位 (6~20分子にわたる分布) からなっており、キャリア数増加とともに深い準位はそれほど変化しない一方で、連続的な浅いトラップ準位の密度増加と、より浅い準位の充填が見られることが分かった。以上の結果は理論的な予想と一致しており、電界誘起 ESR スペクトルの解析に高い信頼性があることを確認することに成功した。第3に、同様の解析を別種の有機半導体である DNTT からなる薄膜トランジスタに対して行い、ペンタセン TFT の場合と類似した離散的な深いトラップ準位 (広がりには3.3分子程度と11分子程度の二種) と、連続的な準位 (5~40分子に渡る分布) からなることを見出した。以上から、電界誘起 ESR 法による有機トランジスタの界面トラップ状態密度分布の評価・解析法の確立と、これを用いて有機トランジスタに共通して存在する弱く局在したトラップ準位の存在を明らかにすることに成功した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 有機トランジスタ、電子スピン共鳴、有機半導体、界面、薄膜、キャリアトラップ

【研究題目】 有機半導体マイクロレーザーの作製と発振特性の研究

【研究代表者】 佐々木 史雄 (光技術研究部門)

【研究担当者】 佐々木 史雄 (常勤職員1名)

【研究内容】

室温での光学特性、伝導特性共に優れた性能を持つ結晶性有機半導体材料 (チオフェン/フェニレン) コオリゴマー (TPCO) を発光波長の数倍程度の共振器サイズまで微細加工を施し、少ないキャリア注入でレーザー発振が得られるような微小共振器と電流注入デバイス構造とを両立させる有機結晶薄膜作製技術と加工プロセスを開発する。TPCO 系有機半導体の内、p 型である BP1T という材料で1 μ m 級の微小共振器の作製に成功し、光

励起での発振閾値をバルク薄膜部の2%まで低減することが実現できていた。本年度は同様の手法を用い、TPCO 系有機半導体の内、n 型である AC5-CF3 という材料で、やはり同様にバルク薄膜部の10%までの閾値低減に成功した。しかしながら、n 型である AC5-CF3 膜ではバルク薄膜部での発振閾値自身がまだ不十分であることが判明しつつある。現状 p-n 接合を有した有機 EL デバイスを試作して電流注入での発光も観測できる所までこぎ着けたが、まだ注入特性は非常に低く、n 型薄膜の特性が光学特性と伝導特性の向上を妨げている事が判明した。また、p 型微小共振器における共振器モードの測定と電磁界計算との比較から、BP1T における有効屈折率などの光学特性が数値的に明らかになりつつある。この結果を用いて2%の発振閾値低減の結果を評価すると、誘導放出増大効果が明らかにあることが分かってきた。これらの解析を進めると同時に、p-n 接合による電流注入性の向上を来年度以降、重点的に進めていく予定である。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 有機半導体レーザー、微小共振器、(チオフェン/フェニレン) コオリゴマー

【研究題目】 構造柔軟性と安定動作を両立した有機デバイス実現に向けた半導体内回転部位密度の設計

【研究代表者】 末森 浩司 (光技術研究部門)

【研究担当者】 末森 浩司 (常勤職員1名)

【研究内容】

フレキシブル半導体として期待の高い有機半導体は、分子中の C-C 単結合などの回転を通じて、分子のコンフォメーション変化が起き得る。こうしたコンフォメーション変化が、デバイスの駆動中に引き起こされた場合、出力電流がそれに影響を受け、結果として、出力不安定性を引き起こしてしまう可能性がある。有機半導体材料中のダイポールは、印可電界と相互作用し、デバイス駆動中のコンフォメーション変化の原因となる。高安定動作する有機半導体材料創出のためには、こうした、材料構造変化を引き起こす要因とデバイス動作安定性との相関関係の解明が必要となる。このような観点から、本研究では、代表的な有機半導体の1つである polydioctylfluorene-bithiophene (F8T2) 分子中に臭素を導入することで、分子中にダイポールを持たせた材料に関して、その電流安定性を検証した。その結果、分子中に臭素を導入した場合は、材料に電圧を印可した直後から、およそ0.1秒程度の時間スケールで、出力電流の減衰が観測された。臭素原子を1500ppm 導入した場合、電圧印可後0.1秒での電流値は、初期電流値に対して、4割程度の値に減衰し、微量のダイポールでも、大きな不安定化要因となることが明らかとなった。また、この減衰曲線は、stretched exponential 関数でフィッティン

ができることが明らかとなった。これは、臭素導入によって生じたダイポールが、電圧印可を引き金として、0.1秒程度の時間スケールでキャリヤトラップを形成し、その結果、電流不安定性が引き起こされたことを示唆している。これらの知見は、高安定かつ高性能な有機半導体材料の開発に対して、有用である。

【分野名】機能材料・デバイス

【キーワード】高分子半導体、コンフォメーション変化、電流安定性、単結合、ダイポール

【研究題目】分離プロセスにおけるゼオライト膜劣化機構のマルチスケール解明

【研究代表者】井上 朋也

(集積マイクロシステム研究センター)

【研究担当者】井上 朋也、長谷川 泰久 (コンパクト化学システム研究センター)、長瀬 多加子 (コンパクト化学システム研究センター)、清住 嘉道 (コンパクト化学システム研究センター)

(常勤職員4名)

【研究内容】

目標

本研究では、脱水用途の親水性ゼオライト膜ならびに脱アルコール用途の疎水性ゼオライト膜について、それらの劣化要因を膜を構成するゼオライト結晶の変性といった原子・分子レベルにまでさかのぼって把握するため、膜の分離性能劣化のメカニズムをゼオライト結晶変性の速度論に、さらに変性の空間分布を加味した速度論として理解することを目標とする。

研究計画

- ・親水性ゼオライト膜の劣化に関する、現象論的速度式導出
- ・疎水性ゼオライト膜の劣化に関する、現象論的速度論導出
- ・パームポロメトリー装置改造
- ・ゼオライト結晶変性モデルの構築

年度進捗状況

今年度はとくに、我々の研究グループで開発した脱水用途の新規親水性ゼオライト膜 (マーリノア意図膜、MER) についてイオン交換の効果を検討し、ゼオライトケージ中のカチオンのサイズとゼオライト膜の性能、ならびに劣化挙動との相関を整理した。具体的には、はじめにカリウムイオンを用いて MER 膜を調整し、のちにイオン交換法により Mg、Ca、Sr、Ba 等のカチオンを導入してゼオライト膜を調整した。のち浸透気化法 (パーバレーション) 法により水=アルコールの溶液から脱水を行うことでゼオライト膜の分離能ならびに透過流束の評価を行った。その結果、カチオンイオンのサイズが小さくなることによって流束が増大することがわかった。さらに、酸を共存させた場合の劣化挙動との

定量的な相関については検討中である。

【分野名】工学—プロセス工学—化工物性・移動操作・単位操作

【キーワード】膜分離・劣化メカニズム・ゼオライト

【研究題目】隠れ部分群問題に対する効率的量子アルゴリズムの構築可能性の分析

【研究代表者】縫田 光司

(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】縫田 光司 (常勤職員1名)

【研究内容】

RSA 暗号など現在標準的に用いられている暗号方式の多くが、将来的に量子コンピュータが実用化された際に破られてしまうという1990年代半ばの研究結果を受け、仮に量子コンピュータが実用化されても安全性が損なわれない暗号方式の実現が近年の情報セキュリティ分野における主要な研究課題の一つとなっている。その目標へ貢献する研究分野の一つが、量子コンピュータが実用化された際に発揮し得る計算性能を明らかにするための量子アルゴリズム分野である。一方、量子コンピュータは既存の暗号方式への潜在的脅威となるだけでなく、より安全な暗号方式を構築するための道具にもなり得るという別の研究成果も知られている。量子コンピュータのとり得る計算性能を明らかにすることで、暗号方式への攻撃の予防と新たな暗号方式の開発という両面から未来の情報化社会の安全性確保に貢献することができる。この量子アルゴリズム分野における現在の主要な未解決問題の一つが、本研究の対象である「隠れ部分群問題」である。本研究では、この隠れ部分群問題が量子コンピュータにとってどの程度計算困難な問題であるか、数的手法によって明らかにすることを目的とする。

平成22年度は、本問題に関する既存の研究成果や研究動向の調査に加え、量子計算機の最小記憶素子の候補と考えられている2準位量子系 (キュービット) の満たすべき性質について研究を行い、ある物理系がキュービットとして振舞うための必要充分条件を、その物理系が満たすべき物理原理の族として与えることに成功した。また、昨年度までの研究成果のうち、国際論文誌での発表を行っていなかった二つの研究成果について、物理学分野の主要国際論文誌において論文公表を行った。以上の成果を踏まえた隠れ部分群問題に対するアプローチは現在も継続中であり、研究最終年度となる平成23年度中には研究成果の投稿を行えるものと見込んでいる。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】量子情報セキュリティ、量子アルゴリズム、量子情報理論

【研究題目】分離論理による現実的なプログラムの形式的証明

【研究代表者】Affeldt Reynald

(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】 Affeldt Reynald (常勤職員1名)

【研究内容】

組込みシステムの普及に伴い、低レベルプログラムの安全性の保証に対する重要性が高まっている。国際規格において、最も厳密な評価保証レベルは形式検証である。しかし、大規模なプログラムの形式検証は技術的にまだ大変な作業であるため、一般的に使われていない。本研究の目的は、この現状の改善として使い易いプログラムの形式検証の環境を実現することである。昨年度は定理証明支援器 Coq に基づく環境の整備とアセンブリプログラムへの応用を行い、今年度は応用できるプログラムを増やすため、その環境の改善と C 言語の現実的なサポートの拡張をした。

形式検証の環境の改善として、プログラムの形式モデルから実行可能なコードの生成の方式を提案し、アセンブリプログラムに対して実験が成功した。また、モジュールの導入によって、他の言語のサポートができるようになり、符号付き多倍長整数演算の開発によって、応用できるアセンブリプログラムも増やせた。

上記の改善を踏まえ、C 言語の現実的なサポートの拡張をした。その C 言語のモデルは再帰的データを許容する構造体のレイアウトと、動的メモリ割当を含むため、現実的であり、その結果、例えば、C 言語とアセンブリを組み合わせる低レベルプログラムの検証が可能になる。また、C プログラムの形式検証ができるように、適切な分離論理を開発し、古典的なリストアルゴリズムで有効性の確認を行った。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 形式手法、定理証明支援器、分離論理、アセンブリ、C 言語

【研究題目】 完全準同型ファンクショナル暗号の実現に向けた挑戦的研究

【研究代表者】 Nuttapong Attrapadung

(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】 Nuttapong Attrapadung

(常勤職員1名)

【研究内容】

本研究の目的はクラウドコンピューティングにおけるセキュリティソリューションとなる暗号方式を提案することにある。クラウドセキュリティでは、(1)クラウド上のデータベース管理と、(2)クラウド上のデータ処理時のプライバシーが主な課題である。しかし、クラウドプロバイダーの信頼性を仮定せず、かつ、プライベートクラウドを利用しない状況での解決方法はまだ提案されていない。本研究はこのような状況においても安全なシステムを考案する。具体的な目的は、高度なアクセス制御機能を持ち、かつ暗号化されたデータを復号せずに機密性を維持したまま処理ができる「完全準同型ファンク

ショナル暗号」を提案することにある。

初年度では、目的である「完全準同型ファンクショナル暗号」の構成に向けて、ベースになる理論を二つの結果で示した。一つ目の結果は研究実施計画の【B1】安全性の定義、モデル、および分析に関する研究である。主な成果は強い安全性をもつファンクショナル暗号方式を提案した。具体的には、楕円曲線上の「ペアリング」を用いて方式を設計し、強い安全性モデルである Adaptive security で安全性証明を考案した。この成果は PKC2010 (International Conference on Public Key Cryptography) という国際学会で発表した。二つ目の結果は研究実施計画の【C1】実用性の高いファンクショナル暗号に関する研究である。成果の内容としてはファンクショナル暗号方式の一つの例である属性ベース暗号の効率の良い方式の構成法を提案した。この方式の特徴はファンクショナル暗号の高機能性を落とすことなく、方式の暗号文サイズが小さくすることが可能となった。これにより提案の暗号方式を効率よく実現することが可能となる。この結果は PKC2011 という国際学会で発表した。その他に、研究実施計画の【A1】構成法のアプローチに関する研究について、楕円曲線上の「ペアリング」に基づく暗号方式を用いて、目的の性質である準同型性が得られやすい「格子」ベース暗号を構成するという計画であったが、この手法は理論的に困難であることが分かった。解決法としては、別の数学構想を用いることにするか、あるいは楕円曲線上の「ペアリング」のままで限定的な準同型ファンクショナル暗号を構成することである。これについては引き続き今年度で研究を行う予定である。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 暗号、情報セキュリティ、クラウド

【研究題目】 よりよい効率性と厳密な安全性証明を有する新しいパスワード認証方式に関する研究開発

【研究代表者】 辛 星漢

(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】 辛 星漢 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、実世界でもっともよく使われている暗号学的な認証方式に係るものであり、その中でも短いパスワードだけを使って相互認証と安全な通信路を確立するパスワード認証方式をターゲットにしている。本研究の目的は、既存のパスワード認証方式を理論的に分析した上、もっとも効率がよくかつ厳密な安全性証明ができる新しいパスワード認証方式を提案し、国際標準団体がその認証方式の標準化活動を行うことである。

平成22年度の主な研究成果の一つとして、国際標準団体 IEEE P1363.2へ提出されたパスワード認証方式と IEEE Communications Letters へ載録されたパスワード

ド認証方式を徹底的に分析し、それらの方式が実際には安全ではないことを証明し、その結果を国際学術誌へ掲載した。また、既存のパスワード認証方式とは全く違うアプローチでよりよい効率と厳密な安全性証明を有するパスワード認証方式を提案した。そして、研究開発した新しいパスワード認証方式の I-D (Internet-Draft) を国際標準団体 IETF の IPsecME (IP Security Maintenance and Extensions) WG へ提出し、現在 IESG (Internet Engineering Steering Group) LC (Last Call) になっている。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 パスワード認証、効率性、証明可能な安全性

【研究題目】 個々の LDPC 符号が持つ正確な誤り訂正性能評価法の研究

【研究代表者】 萩原 学

(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】 萩原 学 (常勤職員1名)

【研究内容】

研究目的：

低密度パリティ検査符号 (LDPC 符号) を用いた通信における、送信語と受信語の一致率 (以下、訂正成功率) を短時間で正確に導く手法の創出。

研究背景：

LDPC 符号はシャノンの通信路限界に接近する符号として学術的価値が高いだけでなく、通信機器の国際標準に選出される実用的価値の高い符号でもある。従来の訂正成功率の導出法は計算機シミュレーションによる統計的計算である為、誤差などの要因から正確な評価ができない。また、シミュレーションに多大な時間 (コスト) が必要となる。訂正成功率を評価する自明な方法は、起こり得る全ての誤りパターンを復号器に代入し、復号が成功する誤りパターンの生起確率を求めれば良いが、この方法では全ての誤りパターンを代入するコストを必要とし、誤りパターンの多い状況では実行できない。

進捗状況：

復号アルゴリズムの入力値の制限により訂正成功率を数学的に綺麗に表示する方法を発見した。この発見は、従来では莫大なコストが必要とされたシミュレーションが不要になったことを意味する。これは一つ目のブレークスルーと言える。付加的な結果として、入力値を制限すると、従来選ばれていた入力値よりも訂正成功率が向上する例を得た。

更に、誤りパターンとシンδροームとの関連を発見した。この発見は、シンδροームを介して復号成功パターンを探すコストの著しい削減を意味する。これが二つ目のブレークスルーと言える。例) [3, 11, 11]array 型符号に対するコスト：この符号の符号長は121であり、ナイーブな方法のコストは $2^{\text{符号長}}=2^{121}$ 。他方、シンドロー

ムに着目したコストは 2^{31} 。前者は、現実的に不可能なコストを表し、後者は現実的に容易なコストを表す。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 デバイス開発の低コスト化、通信・デバイス・回路の信頼性評価、誤り訂正符号、LDPC 符号、低密度パリティ検査符号

【研究題目】 暗号ソフトウェアの実装に対するセキュリティ検証

【研究代表者】 Nowak David

(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】 Nowak David (常勤職員1名)

【研究内容】

暗号プリミティブはセキュリティソフトウェアの基礎部品であり、これらの部品に脆弱性があるとソフトウェア全体の安全性が満たされなくなる。このプロジェクトは最新の論理検証技術を用いて安全性の証明された暗号プリミティブ実装を得ることを目標としている。安全性証明の手法として、暗号学者が数理的アルゴリズムの証明に用いているゲームに基づく定式化を元に、現実的な低レベルコードに適用を目指す。

無限の時間があれば解読可能な暗号プリミティブが現実的な攻撃者に対して頑強であることを示すためには攻撃の実行時間を鍵長などの多項式時間によって制限する形で定式化を行うが、チューリングマシンなどの実装の詳細なモデルを対象に実行手順数をカウントすると極めて煩雑になる。我々はプログラミング言語による記述を複雑度と結びつける間接的な手法を用い、実行モデルに依存しない結果を得る。

本年度はまず Yu Zhang との協力の下で、彼の以前開発した確率的多項式時間プログラムに対する識別不能性の解析証明システム CSLR にさらに拡張を加え、これを用いた暗号プリミティブの安全性証明を行うことができた。また、Sylvain Heraud との協力の下、多項式時間関数の計算量の構文的処理による分類の手法について研究を行った。この研究では Cobham による計算量上限の一部の手動証明を要する計算量分類手法と、Bellantoni および Cook による文法制約のみからなる手法の間の関係について、帰結の証明全体を構造的に定式化ことで、より詳細な計算クラス上限の導出を行うことができるようになった。また、実際の計算機上で用いられるビット表現数の取り扱いも導入し、将来的にこの技術を暗号実装の安全性証明に用いることを想定している。現在、この定式化を元に多項式時間関数のライブラリを整備し、将来より大きく複雑な関数の実装に再利用できるようにする準備を進めている。これらの研究成果は国際会議で発表済み・発表予定となっている。

【分野名】 情報・エレクトロニクス

【キーワード】 セキュリティ、形式検証、計算量

〔研究題目〕情報漏洩に強く実用的な検索可能公開鍵暗号方式に関する研究

〔研究代表者〕 崔 洋

(情報セキュリティ研究センター)

〔研究担当者〕 崔 洋 (契約職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、大規模データベースのサービスの提供における管理者の不注意による情報漏洩や管理者自身の内部犯行に対処する耐情報漏洩、かつ実用に検索可能公開鍵暗号方式を提案する。今年度は暗号の安全性、効率性を理論面と実装面から評価することを中心に研究を行い、以下のような成果を挙げることができた。本課題でこれまで研究してきた符号理論ベースの公開鍵暗号構成法を改良、応用することで、既存方式よりもプライバシーを高めた方式を提案することに成功した。さらに、同手法を現実実装した際の計算時間や使用メモリ効率、方式への攻撃に対する安全性等の評価を行った。また実用性の観点から、計算資源が制限された環境での暗号化や認証法についても考察を行い、プライバシーを考慮した個別化公開鍵暗号方式の新たなモードの提案、中間者攻撃に対して安全な軽量認証方式の提案を行った。本年度の研究成果を基礎として情報システムを構築することにより、最強の安全性を持ちつつ効率の良い情報漏洩対策が実現できると期待される。

〔分野名〕 暗号・認証

〔キーワード〕 耐情報漏洩、実用的な検索可能公開鍵暗号方式、確定論的な暗号

〔研究題目〕有用な付加機能をもつ電子認証技術に関する研究

〔研究代表者〕 花岡 悟一郎

(情報セキュリティ研究センター)

〔研究担当者〕 花岡 悟一郎、Jacob Schuldt

(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

非常に多くの電子情報システムにおいて、データの安全性を確保するための極めて重要な要素技術として、すでに電子署名の活用が広くなされている。しかし、従来の電子署名の機能は必ずしも十分ではなく、情報システムの高度化に伴い、有用な付加機能や、それに付随したより高度な安全性がなおも求められている。本研究においては、そのような社会的要望に応えることを主たる目的とする。より詳しくは、将来における実用的情報システムで要求されると考えられる有用な付加機能を持ち、なおかつ、安全で効率的な実用的電子署名の設計を行う。また、ここで得られた知見を活用し、それを電子署名以外の暗号技術（たとえば、(非)対話証明など）にも適用し、さまざまな実用的暗号技術の研究および開発を行うものとする。またさらに、従来の電子署名が提供する基本的機能についても、それをより効率的に、なおかつ、

より安全に実現するための設計手法およびその基盤的理論の構築を行う。これにより、従来の電子署名はもちろんのこと、既存の付加機能つき電子署名や、将来において提案がなされるような方式についても一般的に効率化を行うことが可能になるものと期待できる。また、さらに、付加機能つき電子署名や、それと関連する暗号技術の設計に関し、有用な構成要素となる他の原始的暗号プリミティブについても同様に研究および開発を行っていくものとする。これにより、電子署名だけでなく公開鍵暗号技術一般に対する効率化に寄与することができる。

本年度においては、研究計画書記載の内容に従い、制限された検証可能性をもつある種の付加機能付き電子署名方式についての研究を行った。より詳細には、本研究においては新たな電子署名方式の提案を行い、また、これらの電子署名方式を用いることにより、ある指定された第三者機関、署名者、もしくは、元来の受信者のいずれかが、電子署名の検証者を指定することが可能となることを示した。本研究において提案された手法は、利用者のプライバシーを保護する必要のある多数の情報システムにおいて、極めて有用な構成要素となることが期待される。また、その他、本研究により提案がなされたオンライン転送不可署名方式は、従来技術と異なり、オンライン攻撃と呼ばれる極めて強力な攻撃モデルにおいても安全性が保証可能であり、なおかつ、上記のような検証者の指定も柔軟に行うことができる。さらに、本研究においては、否認不可署名の安全性をさらに強化した新たな電子署名技術である *nominative* 署名について研究を行い、証明可能安全性をもつ初めての方式の設計を行った。この成果は、次年度においてさらに改良を行っていくことを検討している。これらの成果は、英文査読誌、国際会議、国内研究会などにおいて発表がなされている。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 電子署名、認証方式、証明可能安全性、付加機能

〔研究題目〕仮想計算機の遠隔ライブマイグレーションに関する研究

〔研究代表者〕 広渕 崇宏 (情報技術研究部門)

〔研究担当者〕 広渕 崇宏 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

我々は、仮想計算機 (VM) の動的再配置を、遠隔拠点に対して透過的かつ効率的に実現することを目指している。VM の再配置によって、データセンタの負荷を拠点横断的に分散させ、サービス継続性を高めて稼働効率を向上できる。本研究では、VM を再配置する際のデータ転送手法を改良して、ネットワーク遅延をとまなう WAN 環境でも効率的な VM 再配置を可能とする機構を開発している。

平成22年度は第一に、平成21年度に引き続いて仮想ディスクの透過的な遅延再配置機構の開発を進めた。これ

は、重要なディスク領域のみ先に移動先にコピーし、その他の領域はあとからコピーすることで、VMの再配置時間を短縮するものである。本年度は、オープンソースで公開中の実装を改良しプログラムの安定性を向上させた。これにより、複数の企業から問い合わせを受け、特に、我々の実装を用いてデータセンタ・サービスを構築した企業からは、開発に対して支援およびフィードバックを得た。また、この技術を高く評価した海外研究機関から、広域 VM 移動に関する共同実験の打診を受けた。

第二に、平成21年度に引き続き仮想メモリに対する再配置機構の開発を進めた。必要なメモリ領域のみ移動先にコピーして VM の実行ホストを切り替え、その後残りのメモリ領域をコピーすることで、実行ホストの切り替えを1秒以内で実現可能にした。実装の開発を進め、さらに実環境を想定した評価実験を行った。この技術を仮想化データセンタで用いると、消費電力を抑制しつつ高いレベルの性能保証が可能になることが確認できた。国内外の会議で研究報告を行い、特に国際会議 CCGrid2010において最優秀デモンストレーション賞を獲得した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】仮想計算機、ストレージ、マイグレーション、広域分散環境、データセンタ

【研究題目】複数組織の多様な資源を予約に基づき同時確保するスケジューリング手法の開発

【研究代表者】竹房 あつ子（情報技術研究部門）

【研究担当者】竹房 あつ子（常勤職員1名）

【研究内容】

管理組織の異なるネットワークや計算機などの多様な資源を用い、性能が保証された分散実行環境を構築するには、分散する計算機とその間のネットワークを同時に割り当てるコアロケーションが課題となる。本研究では、(1)予約に基づきネットワークと計算資源のコアロケーション手法の提案、(2)評価シミュレータの開発と提案手法の評価、(3)実システムへの応用を行う。2年計画の2年目である H22年度は、(1)、(2)昨年度提案・評価した整数計画問題にモデル化したネットワークと計算機を同時確保するスケジューリング手法の改良と、(3)実システムへの応用を行った。

スケジューリング手法の改良では、多種資源とその属性情報を考慮した手法を提案した。分散環境におけるデータインテンシブ計算の重要性が多分野において高まっているが、データインテンシブ計算で安定した実効性能を得るには、ネットワーク、計算機、ストレージを含めた資源とデータの所在を含むこれらの資源の属性情報を考慮したスケジューリング手法が必要となる。よって、既発表手法を拡張して整数計画モデルに新たな制約を加えることで、属性情報を考慮した多種資源の同時割り当てを可能にした。また、利用する計算機等の資源の一部

をユーザが明示的に指定できるようにした。シミュレーションによる評価を行い、資源の一部をユーザが指定する場合は31.7msec と高速に処理でき、属性指定がある場合も100msec 程度と属性指定がない場合と同様に処理できることが分かり、提案手法の実用性が示された。

実システムへの応用では、我々が開発している資源管理フレームワーク GridARS へ提案手法を組み込み、GLIF2010および SC10において2ネットワークドメイン、4計算ドメイン環境で実証実験を行った。GridARS は、マルチドメイン環境で多種資源の確保、仮想情報基盤の構築、モニタリングを行うシステムソフトウェアである（GridARS システムの開発は、情報通信研究機構（NICT）の委託研究「ダイナミックネットワーク技術の研究開発」、「新世代ネットワークサービス基盤構築技術に関する研究開発」の助成を受けたものである）。実験により、提案手法により適切な予約プランを作成し、資源確保に適用できることを示した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】グリッド、ネットワーク、スケジューリング

【研究題目】3次元時空間データからの統計的特徴抽出に関する研究

【研究代表者】小林 匠（情報技術研究部門）

【研究担当者】小林 匠（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、近年増加しているコンテンツである静止画・動画や立体を表わすボリュームデータから認識等に有効な特徴を抽出する技術を提案する。

H22年度は、画像認識において有効な性能を示す従来の Bag-of-Features (BoF) 法に対して、局所共起の概念を導入し拡張した Bag-of-Cocurrence-Features 法を提案した。BoF 法は画像内で抽出する局所特徴量を量子化し、その生起頻度を測る。提案法では単純な生起頻度に留まらず、近傍局所点との共起頻度を測ることで、対象認識において重要となる対象部位の相対的位置関係までも特徴量として抽出することができ、認識性能を大幅に向上させることができる。さらに、時空間データからの特徴抽出手法として、木構造に基づく局所共起特徴抽出法を開発した。上述の共起特徴量では、用いる共起パターン（どの程度の近傍で、何点の共起に注目するか等）を事前に人手で規定する必要があった。そこで、そのような恣意性を排除し、データに基づくより有効な特徴を抽出するため、特徴抽出のための共起パターンを学習により獲得する。一般に共起性は各事象を対等に扱うが、各共起パターン間での部分的重複を考慮すると、共起パターンは木構造を用いて記述することが可能である。ここでは共起を表す木構造を判別的観点から最適化する逐次的学習法を開発した。ここでの共起木はルートからリーフへと成長し、適応的に最適な深さと幅が得られる。

これを動画像認識へ適用したところ、従来の動作特徴量と比較して良好な性能が得られた。さらに得られた共起木構造を見ると、その多くが3点や4点共起（木の深さが3か4）を示すことが分かった。これはあまりに多くの点との共起では汎化性が落ち、比較的少ない3点程度の共起が認識には有効であることを示しており、興味深い結果である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】パターン認識、特徴抽出、時空間データ、画像認識、動画像認識、3次元形状認識

【研究題目】音圧差検出と認識の双方向処理に基づく移動ロボットに適した音環境理解の研究

【研究代表者】佐々木 洋子（情報技術研究部門）

【研究担当者】佐々木 洋子（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、走行中のロボットが「知っている音には気づける」機能の実現を目指している。本プロジェクトの1年目である平成22年度は、(1)方位角・仰角の2次元に高精度音源定位可能なマイクロホンアレイの開発、(2)一連の音響信号から「どの部分が何の音か」を理解する機能、の2テーマに取り組んだ。

(1)については、ビームフォーミング時の指向特性を定量評価することで最適なマイクロホン配置設計法を提案し、車輪型ロボットに搭載可能な直径350mm、64チャンネルの球形マイクロホンアレイを開発した。方位角・仰角の2次元方向に対し全方位に高感度な指向特性を持ち、走行中のロボットから複数の音源を高精度に定位・分離可能である。開発したアレイを屋外自律走行ロボット Segway RMT200 に搭載し、移動しながら同時に2音源を誤差6deg 以下で定位可能であることを確認した。

(2)については、日常環境中の音をモデル化するひとつのアプローチとして、人の声以外にも音楽や物音等、様々な音を含み、Web 上で日々更新される大規模な音データであるポッドキャストを対象とし、継続的に更新可能な音識別モデル構築の枠組みを提案した。提案法はコンピュータによる認識誤りを、ポッドキャストを視聴するユーザに訂正してもらうことでデータを蓄積し、未知の条件が多い実環境の音へ対応できる柔軟なモデルを構築可能であることが特徴である。一連の音響信号から、音楽・人の声・その他の音、といった音の種類を識別する手法と、ユーザが視聴しながら訂正可能なインタフェースを開発し、蓄積したデータを用いた追加学習により音識別性能が向上することを確認した。

【分野名】情報通信

【キーワード】マイクロホンアレイ、音源定位、音源分離、環境音識別

【研究題目】不均質なペタバイト級時空間センサデータ統合利用基盤

【研究代表者】小島 功（情報技術研究部門）

【研究担当者】小島 功、的野 晃整、

Stenven Lynden

（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究は産総研を代表として、筑波大、静岡大と共同で行っているもので、時間的・空間的に「不均質」なデータ、特にペタバイト級の大規模なセンサデータを対象とした、情報統合と利用基盤を実現するための研究開発である。特に、産総研 GEO Grid プロジェクトでの知見である、「時間・空間軸を共有しうる情報源にも関わらず、その解像度、発生時間間隔などが大きく異なると統合が困難」という、情報の「不均質さ」から生じる問題を扱っている点が特徴で、異種の情報の効果的連携と、大量データの効果的な管理技術によりこの問題を解決する。平成22年度は最終年度として以下のように研究をまとめた。

1) 不均質なデータ統合基盤としては、全文検索に基づく分散メタデータ統合検索基盤を開発し、産総研の GEO Grid における ASTER メタデータ検索システムとして約200万弱シーンの検索システムを構築し、利用者に提供して実用性の高いサービスとして完成させた。サービス連携フレームワークについては、HTML5の技術を用いたマッシュアップのフレームワークを開発し、既存の Web アプリケーションの変更なしに連携を可能にした。あわせて HTML5の並列表示を研究開発し16モニタまでの表示処理を可能にした。

2) 衛星画像と Web 情報の連携については、Wikipedia などの Web 情報を検索の基点として衛星画像を検索、高精細で表示する可視化技術と、衛星画像から差分を抽出し、その時空間的な領域をイベントとして Web のテキスト情報を結び付け、起こった事象の把握を行うストリーム処理技術、のそれぞれについて改良を行うと共に、これらが相互に連携できる技術であることを示した。個別の技術については、イベント検出において標高補正の精度を上げて適合性を高める等の改良を行い、大規模新築建造物の発見を可能にした。

3) 応用についてはマルチディスプレイを使ったモザイク表示等の新たな応用をまとめた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】衛星画像、センサ、メタデータ、異種データ統合

【研究題目】柔軟物連続操作のための視覚認識とアクションの双方向運動に関する研究

【研究代表者】喜多 泰代（情報技術研究部門）

【研究担当者】喜多 泰代、喜多 伸之、植芝 俊夫、

金広 文男（常勤職員4名）

【研究内容】

本研究は、ロボットが操作中に形状を大きく変化させ

る衣類のような柔軟物を視覚的に認識し、自然に扱うことを可能とし、将来的に、高齢者や要介護者の日常生活支援に役立てることを目指す。

本研究期間内では、「アクション情報に基づいたよりロバストな認識」、「認識結果に基づいたより適切なアクション」の相互連動に着目し、柔軟物を確実に連続操作できる基盤技術の確立を目指す。昨年度まで行っていた前身プロジェクトの成果である、空中で把持された衣類の状態を自動推定する技術を発展させ、現実的に有用なタスクの一連動作を実現するステップとなる。

平成22年度は、4年計画の初年度である。これまでの実験を通じ、現状のヒューマノイドのアーム機構では動作の制約が大きく、衣類の状態に応じて多種多様なハンドの位置・姿勢が必要とされる衣類ハンドリングに十分な動きが実現できない問題点が明らかになっている。このため、まず、得られた知見を基にアームのハード面での改良を行い、可能動作の拡大を行った。さらに、ヒューマノイドの可動範囲、自己干渉といった物理的制約を線形拘束条件として表し、視覚認識モジュールが提示する理想的な把持位置・姿勢との誤差をそれらの拘束条件下で最小化するハンドの動作計画の定式化を行い、理想に極力近くかつ実現可能な動作計画の自動算出手法を開発した。これにより、視覚モジュールとアクチュエータのより密接な連携が可能となり、より複雑な自動ハンドリングが行えるようになった。こうした状況を活用し、机上に任意形状で置かれた衣類を適切に持ち上げ、その縁を把持する連続動作を頑健に行うことを実現した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 コンピュータビジョン、ロボット

【研究題目】 音響的状況認識に基づく高齢者見守り技術の研究

【研究代表者】 児島 宏明 (情報技術研究部門)

【研究担当者】 児島 宏明、佐土原 健、佐宗 晃、
橋本 泰治 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

独居高齢者の安全な生活を支援するために、音響的なセンサに基づく見守り技術の研究開発を行い、その有効性を検証することが、本研究の目的である。見守りシステムとしての音響センサには、カメラ等のセンサデバイスに比べて比較的低コストで広範囲をカバーでき、デバイスの装着なしに豊富な情報が得られるなど、多くの利点がある。それを実現するための手法として、日常生活における音響イベントを独自の符号に変換し、それに音源の位置情報を加えた時系列パターンからのデータマイニングにより、生活状況の異常を推定するアプローチで研究を進めている。そのうち平成22年度は、3年計画の初年度として次のような研究を行った。音響的情報を高精度に抽出するために、マイクロホンアレイを用いた音響センサを設計し装置を試作した。これを用いて白色雑

音等を対象に評価実験を行い、音源到来方向の推定が高精度に実現できることを確認した。また、センサから得られた音響信号から見守りに関連する音響イベントを抽出するために、一般的な音響イベントを符号系として表現するための記述方式を設計し、それを認識するための音響モデルを既存データベースからの学習によって構築するとともに、新たに模擬生活音を収録して認識実験を行い認識手法の有効性を確認した。また、音響イベントの時系列パターンから異常状態などを検出するために、符号間距離行列の設計とパターン変化抽出アルゴリズム等の開発を行い、音声データや生活行動データを用いて有効性を評価した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 音響センサ、環境音認識、データマイニング、異常検出、見守り

【研究題目】 並行システムの高信頼自動検証ツールに関する研究

【研究代表者】 磯部 祥尚 (情報技術研究部門)

【研究担当者】 磯部 祥尚 (常勤職員1名)

【研究内容】

近年、並行システムの動作を解析するために定理証明器やモデル検査器が利用されている。本研究の目的は並行システムの開発支援であり、目標は並行システム解析ツール CONPASU の開発である。CONPASU は並行システムの設計図 (並行システム全体の構造と各コンポーネントの動作) からその全体の動作を静的に自動解析するツールであり、定理証明器の特長 (記号処理) とモデル検査器の特長 (自動検査) の両方をもつ。本研究は3年計画であり、最終年度である平成22年度は主に状態数削減法の検討とその実装を行った。以下、年度の前半と後半に分けて説明する。

平成22年度前半では、弱双模倣等価性と呼ばれる振舞いの等しさを保存するように、観測できない内部動作をバイパスする状態数削減法を考案し、その方法を CONPASU のプロトタイプに実装してその有効性を示した (例: 記号処理をしないと変域 [0, 24] で状態数 10, 944 になる動作を、CONPASU では無限の変域でも状態数8で表現可能)。また、CONPASU では興味あるチャンネルに着目した部分的な動作を自動生成できるなど、既存ツールにはない結果を得ることもできた。その成果を査読付きワークショップ (FOSE2010) で発表した。

平成22年度後半では、弱双模倣等価性の代わりに失敗等価性を採用することによって、さらなる状態数の削減、特に非決定性を含む条件付き内部動作のバイパスを可能にした。一度得られたバイパス可能な遷移の探索結果を、繰り返し再利用して状態数を削減できるようにしたこと本方法で工夫した点の一つである。この失敗等価性を保存する状態数削減法を解析ツール CONPASU に実装し (Java, 6, 000行程度)、データ転送の例に適用して

その有効性を示した。その成果を国際会議（CPA 2011）で発表した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】並行システム、検証、プロセス代数、定理証明器、モデル検査器、記号処理

【研究題目】マルチエージェントの学習過程に注目した系安定化・全体最適化に関する研究

【研究代表者】野田 五十樹（情報技術研究部門）

【研究担当者】野田 五十樹、山下 倫央
（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究では、社会システム等の安定化・全体最適化を実現することを目指して、複数のエージェントの学習過程の相互作用に着目し、エージェント学習の不感度と不均質度を制御する学習パラメータを調整する手法を確立することを目的とする。3年計画の2年目である平成22年度は、これまで開発を進めてきた RASP（Recursive Adaptaion of Stepsize Parameter）などの手法について、高速化などの改良行い、適用範囲の拡大を行った。

多数のエージェントの集団により構成される系では、個々のエージェントの知的な適応がかえって系の挙動を不安定にし、個々のエージェントのパフォーマンスを低下させる場合があることが知られている。本研究では学習を制御するパラメータ等と系や環境の安定性の関係を洗い出すことで、この問題を解決することを目指している。RASPは、強化学習のステップサイズパラメータを周りの環境に合わせて予測誤差を最小化するように調整する方法をとっている。本年度はこれの高速化のため、従来の漸近的な最小化でなく、2次関数による近似に基づくニュートン法を適用し、高速にステップサイズを調整する方法として定式化した。特に、資源共有問題などにおいて相互の挙動でエージェントの利得が大きく変化する環境に対し、適応の高速性が効果的に働くことを、いくつかの実験で確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】マルチエージェント、機械学習、全体最適化・安定化、社会シミュレーション、安全安心

【研究題目】確率統計的手法による焦電センサ出力の周波数特微量を利用した測位システムの研究開発

【研究代表者】河本 満（情報技術研究部門）

【研究担当者】河本 満、幸島 明男、車谷 浩一
（常勤職員3名）

【研究内容】

本研究では、熱源をもった生体、例えば、人間や動物などに対する環境側測位を取り扱い、環境側に設置するセンサとして、赤外線センサの1つである焦電センサを

用いて、焦電センサの出力を利用した a) 発信機を付随せず、b) 暗闇の中でも動作し、c) 音の発生、非発生に関係なく、d) プライバシー侵害の問題を全く考慮しない測位方法を提案し、その提案手法を基に新しい測位システムの構築を実現する。3年計画の1年目にあたる平成22年度は、1. 計測環境の整備、2. 焦電センサ出力による測位対象の検出法の提案を目標にし、研究を実施した。計測環境の整備として、焦電センサを4個利用して焦電センサアレイを作製し、焦電センサアレイからデータが取得できるシステムを構築した。システムの構成は焦電センサアレイ、A/D 変換器が付随するマイクロコントローラ（PIC）、データ解析用 PC サーバからなり、処理の流れは、焦電センサアレイから得られたデータは A/D 変換器を介して PIC に取り込まれ、取り込んだデータは位置推定解析を行うために、Bluetooth を通して PC サーバに送られる。このとき、PC サーバではデータ解析を行い、熱源の位置推定を行う。開発した焦電センサアレイの特徴は、従来の焦電センサは熱源のあるなしを判別できるのみであったのを、熱源の移動方向の推定にも利用可能に拡張したところにある。移動方向の推定に関するアルゴリズムは、焦電センサアレイを構成している4つの焦電センサの検出領域を重ねて、アレイ自体の検出範囲を9つに分割し、分割した9つの領域と一対一に対応する反応をパターン処理で認識することによって、熱源の位置や移動方向を推定するアルゴリズムとなっている。ここで、パターン認識処理では、焦電センサアレイの出力から得られる周波数領域の特微量（パワー）を利用している。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ユビキタスコンピューティング、確率推論、確率解析、センサネットワーク、焦電センサ、焦電センサアレイ、移動方向推定、位置測位

【研究題目】大規模科学技術データのための分析データベースシステム研究開発

【研究代表者】油井 誠（情報技術研究部門）

【研究担当者】油井 誠（常勤職員1名）

【研究内容】

天文学、生命科学、地質といった科学技術分野で、国際的な情報共有が進んでおり、科学者が大規模データから有益な知識を得るためには、テラ～ペタバイト級の科学技術データを扱うことが可能な分析データベースシステムの整備が急務である。

本研究では、平成22年度～平成23年度の二年計画でテラ～ペタバイト級の科学技術データを扱うためのデータ分析基盤を開発する。特に、平成23年度までの目標として、科学技術データを適用対象として地理情報処理プロジェクトへ最終的に開発成果を適用することを目指している。

平成22年度は、ジオメトリ演算をサポートする関係データベース MonetDB を無共有並列型の並列データベースに拡張することで、地理情報データのデータ量の増加に対してスケール可能なシステム基盤を開発した。

現時点の成果として、33台の無共有型の計算機クラスタ環境におけるデータウェアハウスの標準性能指標 TPC-H (スケールファクタ=100) の評価において、競合システム Hadoop/Hive に対して顕著な性能面での優越 (最大22.3倍、平均8.97倍) があることを確認した。鍵となるのは、ジョイン演算処理時の適応的なデータ交換を低減して、データ並列の問合せ処理を可能としたことであり、これを実現したデータ分割配置手法を新規に開発して特許申請をおこなった。

また、最終的な目標である分野融合プロジェクトへの適用に向けて、産業技術総合研究所の地球観測グリッド研究グループが参加する月周回衛星「かがや」のスペクトルデータの解析に本研究の成果を適用することを目指して、地理情報処理の予備的な評価をおこなった。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 データベース管理システム、並列データベースシステム、e サイエンス、並列分散処理

【研究 題目】 誘電体バリア放電誘起噴流の高速化メカニズム解明に関する研究

【研究代表者】 瀬川 武彦

(新燃料自動車技術研究センター)

【研究担当者】 瀬川 武彦 (常勤職員1名)

【研究 内容】

空力特性の向上、微粒子の計測、排ガス処理といった自動車技術の高度化を可能にする能動流体制御素子として、プラズマアクチュエータから誘起される噴流の高速化条件を見出すための研究開発を行った。異なる膜厚を有するポリイミドを絶縁層とするプラズマアクチュエータを試作し、常温常圧下での電気容量や電界強度分布の変化が誘電体バリア放電や誘起噴流の生成に与える影響を解析した結果、誘起噴流高速化に最適な電圧立ち上がり速度が存在することが明らかになった。また、常圧下において温度雰囲気20℃から200℃の範囲で噴流の挙動を可視化した結果、温度上昇に伴う絶縁材の誘電率上昇により、誘起噴流速度が減速する傾向があることが明らかになった。そこで、新たにイオンプレーティングを導入して薄膜の耐熱ガラス表裏両面にプラズマアクチュエータ用電極を設置し、高温場駆動用プラズマアクチュエータの開発を開始した。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 能動流体制御、プラズマアクチュエータ、誘電体バリア放電

【研究 題目】 ユビキタス性を持つ革新的な応力発光ナノ光源の開発

【研究代表者】 寺崎 正 (生産計測技術研究センター)

【研究担当者】 寺崎 正、山田 浩志、徐 超男
(常勤職員3名)

【研究 内容】

本提案の内容は、【生体内に導入でき、使用できる革新的なユビキタス光源】を提供することである。達成には、生体にも導入できる光源の開発と、“その場”発光させる手段を開発すれば良い。その為の具体的な手段として、以下2つの研究を行った。

【1】 生体透過性の高い赤外～近赤外 (600-900nm) 発光型応力発光体の開発

具体的には、既に赤色・近赤外領域に発光を有する蛍光材料 $ZnS:Mn, Te$ (>600nm)、残光材料 ($Ca_{0.2}Zn_{0.9}Mg_{0.9}Si_2O_6$ ($Eu^{2+}, Dy^{3+}, Mn^{2+}$), $MgSiO$ ($Eu^{2+}, Dy^{3+}, Mn^{2+}$) 700nm 付近) の組成を中心に検討を行った。更に、現在最も発光輝度が高い応力発光体 $SrAl_2O_4:Eu$ に発光中心金属として、 Mn, Nd を導入した結果、760nm より長波長領域に強い応力発光を示す新規応力発光体の開発に成功した。更に、高感度 CCD カメラを用いる事で、応力発光による応力分布の可視化が可能な事を見出し、目標を達成した。

【2】 超音波刺激による発光の検討と情報のデータベース (DB) 化

生体内の“その場”で光源を発光させる手段の確立が目的である。更に、ユビキタス光源を提供する準備を整えるため、【どのような刺激】を与えれば、【何カンデラの光源】になりうるか? の観点から情報の DB 化を行い、取扱説明書に相当する情報を取得する。

平成22年度は、最も発光輝度の高い緑色応力発光体 ($SrAl_2O_4:Eu$) を先行的に使用して、顕微鏡下、本予算にて購入した高感度高速 CCD カメラシステムを使用する事で、分散させた単一粒子からの応力発光、超音波時照射時の応力発光を得る事に成功した。これにより、DB 作成に使用するシステムの完成という、当初の目標を達成した。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 応力発光体、ユビキタス光源、超音波、ナノ粒子

【研究 題目】 生体信号制御型義肢エージェントの開発と強化学習による動作獲得

【研究代表者】 福田 修 (生産計測技術研究センター)

【研究担当者】 福田 修、福元 清剛
(常勤職員1名、契約職員1名)

【研究 内容】

本研究の目的は、上肢切断者が失った腕の機能をメカトロニクス技術により再現することであり、切断者が使用する電動動力義肢とその制御システムに関して検討を

行うものである。平成22年度は、2009年度に構築した仮想義肢制御システムに筋電位信号に基づくインタフェースを組み合わせたとともに、エージェントの自律制御プログラムについても、埋め込み知能型の自動制御アルゴリズムを導入し、システムの動作検証と操作実験を行った。このシステムでは、操作者の筋電位信号のみならず、操作者の上肢に装着した3次元位置センサから上肢の姿勢情報を取得し、制御に組み合わせることが可能である。

健常者5名について「把持動作」を対象として、筋電位による操作性に関する検証実験を実施した。操作時間、把持の成功率、アプローチ軌道、積分筋電値、主観評価などのパラメータを解析した結果、自律的な制御機能を搭載することで、操作性が著しく向上できることが明らかになった。また、将来的に未知対象物への動作の柔軟性・多様性を実現するために、強化学習を利用した義肢エージェントの動作獲得についても検討を行った。計算機上でシミュレーションを実施した結果、学習アルゴリズムが正しく動作することを確認した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】生体信号、モデリング、ニューラルネットワーク

【研究題目】スラブ光導波路分光法を用いたタンパク質の電子移動反応のその場測定

【研究代表者】松田 直樹

(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】松田 直樹 (常勤職員1名)

【研究内容】

「タンパク質の電気化学」は30年間以上にわたり世界中で盛んに研究されてきたがいまだに不明な点が多く、電極に固定化したチトクローム *c* (cytochrome *c*: 以下 Cyt. *c* と略す) 等のタンパク質が電子移動反応を行わない理由として、①タンパク質の機能は高次構造と密接に関連しており、吸着に伴う構造変化で活性が失われた、②ヘムポケットに存在する反応中心が電子移動反応を行うため、Cyt. *c* がヘムポケットの開口部を電極に向くような配向が必要である、等の説明がなされていた。そのため電極表面を修飾し配向制御を行う、あるいは電解質溶液内にプロモーター等の触媒分子を共存させ電子移動反応を活性化する等の工夫が行われてきた。

一方、我々は世界に先駆けて紫外～可視領域 (230～900nm) の光を同時に透過することが可能なスラブ光導波路 (slab optical waveguide: 以下 SOWG と略す) 分光法を開発し、固液界面に極微量だけ吸着している物質の吸収スペクトルをその場測定し、吸着種の同定やその吸着状態を明らかにしてきた。

時間分解 ITO-SOWG 分光法を開発し、ITO 電極上にチトクローム *c* を吸着させ、ITO 電極にパルスポテンシャルステップを印加し、酸化体と還元体を交互に生成させながら2ミリ秒ごとに吸収スペクトルの連続測定を

行った。得られた吸収スペクトルでの時間依存吸収強度変化から時定数を求めたところ、チトクローム *c* と ITO 電極間の電子移動反応は10ミリ秒程度で終了しており、速度定数は $k=100[\text{s}^{-1}]$ と概算された。

【分野名】標準・計測、ライフサイエンス

【キーワード】スラブ光導波路分光法、タンパク質、電子移動反応、ITO 電極、分子活性、時間分解分光法

【研究題目】量子切断効果を利用した近赤外応力発光体の開発とその物性解明

【研究代表者】山田 浩志

(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】山田 浩志、徐 超男、寺崎 正、

寺澤 佑仁、上村 直

(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

本研究は、量子切断効果を利用して既存もしくは新規の応力発光体の発光波長を紫外・可視光から近赤外光へダウンコンバージョンすることにより、近赤外発光を有する新しい応力発光体を実現させること、およびその発光機構を解明することを目的とする。

平成22年度は、材料開発と近赤外応力発光・蛍光特性の評価装置の開発に力点を置いて研究を進めた。

材料開発に関しては、これまで開発してきた応力発光体の中で実用材料として期待されている $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ を選択し、これにダウンコンバージョンを担う様々な希土類イオンを微量添加することにより近赤外応力発光の有無を評価した。近赤外応力発光を評価するために、新たに既存の応力発光評価装置の光検出部を近赤外用の光電子倍增管 (PMT) に交換し、PMT の前に可視光のカットフィルターを挿入することにより、近赤外成分のみの応力発光強度測定を可能とした。共添加した希土類イオンの中で Er^{3+} 、 Nd^{3+} を微量添加した試料において応力発光信号が計測出来た。それぞれのイオンの蛍光ピーク波長は1550nm、900nm 近傍にあることから観測された近赤外応力発光は蛍光と同様なピークを有するものと考えられる。また SrAl_2O_4 に Er^{3+} のみ、 Nd^{3+} のみを添加した試料は、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ の蛍光ピーク (520nm) 近傍に大きな吸収ピークを有しており、実際 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ 、 Er^{3+} および $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ 、 Nd^{3+} の可視光領域の蛍光スペクトルを測定すると、ちょうどそれぞれのイオンの吸光ピークにあたる520nm 近傍にディップを有する蛍光ピークを観測した。これらの測定結果は、 Eu^{2+} イオンに吸収されたエネルギーがそれぞれのイオン (Er^{3+} 、 Nd^{3+}) にエネルギー共鳴伝搬されたために起こったものと推測される。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】非破壊検査技術、力学センサ、応力発光体、近赤外発光、ダウンコンバージョン

〔研究題目〕 酵素の安定性を向上させる固定化技術の開発とマイクロリアクターへの応用

〔研究代表者〕 宮崎 真佐也

(生産計測技術研究センター)

〔研究担当者〕 宮崎 真佐也、山口 浩、奥村 奈津子
(常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

本研究では、酵素とポリリジンなどカチオン性ポリマーの複合体を分子間架橋することによりマイクロチャンネル表面に酵素を固定化する我々独自の技術を応用し、様々なポリエチレングリコール (PEG) 化ポリマーと酵素の複合体を形成させ架橋することにより、酵素の活性を損なわずに安定性を高める酵素固定化技術の開発を行うとともに、酵素反応マイクロ化学プロセスの構築に応用する。平成22年度は、酵素固定化マイクロリアクター技術を用いて、ターゲットであるプロスタグランジン合成のためのタンデム反応技術の確立を行った。PEG 化ポリマーもしくはポリリジンとグルタルアルデヒド・パラホルムアルデヒドを用いた酵素架橋凝集法によりシクロオキシゲナーゼおよび各プロスタグランジン合成酵素を固定化したマイクロリアクターを作製した。各酵素固定化マイクロリアクターは、架橋反応による失活は見られず、酵素活性を保持していた。また、溶液状態の酵素よりも優れた熱安定性を示し、室温での長期間の連続使用が可能であった。これらのマイクロリアクターをタンデムに連結してアラキドン酸の溶液を流通させ、反応を行ったところ、目的物である各種プロスタグランジンの生成を確認した。溶液状態の酵素を用いることによりマクロスケールで反応を行った場合は、2段階反応が困難であったが、このマイクロリアクターを用いた反応条件のさらなる最適化を進めることにより、目的物を純度よく生成させることに成功した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 マイクロ・ナノ化学、マイクロリアクター、酵素反応、固定化触媒、安定化

〔研究題目〕 共生細菌による宿主昆虫の体色変化：隠蔽色に関わる共生の分子基盤の解明

〔研究代表者〕 深津 武馬

(生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 深津 武馬、古賀 隆一
(常勤職員2名)

〔研究内容〕

アブラムシ体色を変化させる共生細菌のゲノム解析、アブラムシ体色を構成する色素の解析、共生細菌の感染にともなう宿主アブラムシの遺伝子発現解析、関連候補遺伝子の機能解析、共生細菌感染及び体色変化がアブラムシの生理や生態に与える影響の解析などを通じて、共生細菌による体色変化という生物現象を徹底的に解明し、理解することをめざす。今年度は以下のような成果

を挙げた。

ヨーロッパの野外集団由来のアブラムシ系統を収集したところ、緑色の母虫か赤色の幼虫を産む系統が複数得られた。これらの系統の幼虫は成長するにつれて体色が赤から緑に変化し、4令幼虫から成虫に至ると完全に緑色になった。これらのアブラムシ系統の共生細菌叢を調べたところ、必須共生細菌 *Buchnera* 以外に2種類の共生細菌が感染していることがわかった。1つは既知の共生細菌 *Hamiltonella* もしくは *Serratia* で、いずれかが感染していた。さらに、アブラムシからは未知の *Rickettsiella* 属の共生細菌が共感染していた。ヨーロッパのアブラムシ集団由来の353個体について調べたところ、28個体 (7.9%) が *Rickettsiella* に感染しており、自然界における広範な分布が判明した。*Rickettsiella* に感染したアブラムシから体液を採取して、感染していない系統に微小注入し、その子孫を個別に飼育して、遺伝的背景が同一でありながら *Rickettsiella* 感染/非感染のみが異なるアブラムシ系統を多数作成した。すると、*Rickettsiella* に感染させた赤色系統のアブラムシは、すべて体色が緑色になった。一方、もともと緑色だった系統に *Rickettsiella* を感染させても特段の変化は見られなかった。3系統のアブラムシについて *Rickettsiella* 感染個体と非感染個体を作成して、体重、成長速度、産子数、寿命を比較したが、ほとんど有意な違いは見られなかった。すなわち、この *Rickettsiella* は特に宿主アブラムシに悪影響を与えることなく、赤色の体色を緑色に変えることが判明した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 昆虫共生細菌、ゲノム解析、新規生物機能

〔研究題目〕 共生細菌による宿主昆虫の生殖操作の分子機構の解明

〔研究代表者〕 安佛 尚志 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 安佛 尚志 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

ショウジョウバエと、その共生細菌で「雄殺し」という生殖操作をおこなうスピロプラズマからなる共生系をモデル実験系とし、スピロプラズマのファージの共生関連遺伝子とその機能や、宿主側の免疫系遺伝子の発現と共生との関連について明らかにすることを目的に研究を遂行した。

3系統のスピロプラズマ (*Drosophila nebulosa* 由来の雄殺しスピロプラズマ NSRO 系統、NSRO 系統の突然変異体で雄を殺さない NSRO-A 系統、キイロショウジョウバエ *D. melanogaster* 由来の雄殺しスピロプラズマ MSRO 系統) のファージ (それぞれ *spv1*、*spv1-A*、*spv1-M* とする) のゲノム精製、ショットガンシーケンスとアセンブルをおこない、それぞれ予想される全長にほぼ等しい19,019bp、18,372bp、19,052bp の結合

配列を得た。相同性検索により、*Spiroplasma citri* (及びそのファージ) や雄殺しスピロプラズマの既知の遺伝子と高い相同性を示す配列が見つかった。その中には *S. citri* において昆虫との相互作用に関わっている *P58* 遺伝子ファミリー (*P58*, *P12*, *P18*, *P54*, *P123*) が含まれており、この共生系において、ファージが宿主-共生体間相互作用に重要な役割を果たしている可能性が示唆された。その他には、スピロプラズマのファージの組換えタンパク質 (*recT*) 遺伝子、機能未知の遺伝子が見つかった。3系統のファージの間で、高い相同性を示した既知遺伝子のレパートリーはほぼ一致していた。

また、宿主昆虫の免疫機構とスピロプラズマ感染に関する研究成果をまとめて論文発表をおこなった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 昆虫内部共生、共生細菌、雄殺し、ファージ、ゲノム、免疫

【研究題目】 木質形成過程における転写制御ネットワークの解明

【研究代表者】 光田 展隆 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 光田 展隆 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標:

木質は草本植物にも多量に含まれる地上最大のバイオマスであり近年注目を集めている。木質形成を制御する遺伝子については長年明らかではなかったが、近年研究代表者らによって、シロイヌナズナから鍵となる転写因子群 NST1、NST2、NST3が同定された。本研究ではNST転写因子群がいかにして発現されるのかを、果実鞘に着目して解明する一方、下流を構成する遺伝子制御ネットワークも明らかにし、木質を形成するに至る全過程をシステムとして包括的に理解する。

研究計画:

本研究では研究代表者が独自に単離した木質形成のキーファクターNST1-3転写因子の上流、下流を探索し、植物における木質形成過程の全容を明らかにする。上流因子の探索は、組織アイデンティティの確立メカニズムがよく理解されている果実鞘を中心に行い、組織アイデンティティが確立した後どのようにしてNST転写因子が発現誘導されるのかを解明する。下流因子の探索は、最たる木質形成部位である花茎、胚軸を中心に行い、下流で働く可能性がある有望転写因子の探索、検証および、木質の構成要素の合成を司る酵素類の遺伝子群を直接制御する転写因子の探索を行う。

年度進捗状況:

木質形成過程を制御するマスター転写因子 NST1、NST3の下流で働いている転写制御因子を同定するため、NST3プロモーターで発現させたときに *nst1-1 nst3-1* 変異体の表現型を回復させることができる因子の探索を行い、複数の MYB 型、NAC 型転写因子を候補として

同定した。これらの変異体や遺伝子操作を行った形質転換植物を作成したところ一部において木質形成に異常がみられることが分かった。今後さらに詳細な遺伝子解析を行う予定である。また、木質形成に関与する酵素類などを直接制御する転写因子を同定するために、転写因子だけから成るライブラリーを用いて行う改良酵母ワンハイブリッド法を開発した。さらに96穴プレートを用いて、個別にハイスループットに相互作用を検証する実験系の開発を行った。これまでに、本法を利用して木質形成に関与する遺伝子のプロモーター領域に結合する転写制御因子を網羅的にスクリーニングし多数の候補因子を得た。今後はこれら候補因子の詳細な機能解析を実施していく予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 転写因子、木質、シロイヌナズナ、バイオマス、転写制御ネットワーク、システムバイオロジー

【研究題目】 社会性アブラムシにおける階級分化・分業を制御する分子基盤の解明

【研究代表者】 杓掛 磨也子 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 杓掛 磨也子 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究課題は、生態から分子までの幅広いアプローチが可能な社会性アブラムシを対象に、兵隊または兵隊分化途中の個体で特異的(または亢進的)に発現する遺伝子群を網羅的に同定し、さらに発現・機能解析をおこなうことにより、兵隊分化および生物機能に関わる分子基盤を解明するものである。

昨年度までに、ハクウンボクハナフシアブラムシの兵隊と普通個体間で cDNA サブトラクションをおこない、約500クローンの兵隊特異的発現遺伝子候補を得た(ただし、すでに論文発表されている攻撃毒カテプシン B プロテアーゼ遺伝子は除いてある)。クローン数の多かった順に整理したところ、チトクローム P450、セリンプロテアーゼインヒビター、幼若ホルモン分解酵素などに高い相同性を示す遺伝子や、既知遺伝子に相同性を示さない新規遺伝子が選別されてきたことが明らかになった。これらの遺伝子が、実際に兵隊において発現が亢進しているかどうかを調べるため、定量的 RT-PCR をおこなった。その結果、調べた5つの遺伝子のうち4遺伝子において、兵隊における発現量が普通幼虫に比べて5倍から15倍程度上昇していることが明らかになった。特に、水上町から得られたコロニーにおいては、兵隊での幼若ホルモン分解酵素 (JH esterase) 遺伝子の発現量が普通幼虫の約500倍と顕著に高くなっていることがわかった。この結果は、幼若ホルモンによる制御が、他の社会性昆虫と同様に、兵隊アブラムシの分化または機能に関与している可能性を示唆するものである。今後は、これまでに得られた候補遺伝子の発現組織解析、兵隊体内の

幼若ホルモン濃度の測定、人工飼料飼育系を用いた幼若ホルモンによる兵隊分化誘導系の確立について検討する予定である。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 社会性昆虫、兵隊アブラムシ、階級分化、社会行動

〔研究題目〕 生体内の糖化修飾タンパク質を利用した、食事による糖尿病予防効果の評価法の確立

〔研究代表者〕 奥田 徹哉（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 奥田 徹哉（常勤職員1名）

〔研究内容〕

現在の日本では糖尿病の発症率が高まっており、緊急の対策が必要とされている。本研究では、糖尿病発症の原因である高血糖が惹起する、細胞内タンパク質の O-GlcNAc 修飾に着目し、これを指標として用いることで、食品が有する糖尿病予防効果の評価する方法を新規に開発する。具体的には、生体試料中の O-GlcNAc 修飾タンパク質の定量的分析法を確立し、食事による O-GlcNAc 修飾レベルへの影響について高血糖モデルマウスを用いて評価する。本方法により、既存の栄養指標では不可能な、直接的な体内への影響を考慮した新規な栄養指標の開発が可能となる。本年度は、マウスの組織中に含まれる O-GlcNAc 修飾タンパク質を精製・抽出する方法を確立し、調製した試料を用いて組織中の O-GlcNAc 修飾タンパク質の含有量を評価するための ELISA 法の開発に成功した。開発した手法の精度について、様々な組織より調製した試料を用いて検証したところ、O-GlcNAc 修飾タンパク質の含有量は各組織において大きく異なるが明らかとなり、結果として確立した手法が十分な感度を有することを確認した。また手法の確立と平行して、栄養成分の摂取量制限により血糖値を慢性的に高低にコントロールできる新規な糖尿病の病態モデルマウスの確立について検討し、飼育条件や評価方法について条件検討した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 糖尿病、バイオマーカー、糖タンパク質、栄養学、食品

〔研究題目〕 細胞内共生系における共生細菌置換の生理的・分子的背景の解析

〔研究代表者〕 古賀 隆一（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 古賀 隆一（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究課題では、アブラムシの細胞内共生系において、宿主の生存繁殖に必須な一次共生細菌の欠損を宿主に必須でない二次共生細菌 *Serratia symbiotica* が不完全ながら補えるという現象を、細胞内共生系進化における共生体置換のモデルとしてとらえ、なぜこの共生細菌

がこのような機能を果たしうるのか、逆になぜ完全に代替することができないかを生理・遺伝子発現レベルで解析、宿主や共生細菌ゲノム情報を駆使して遺伝子レベルの変化にまで帰着させることを目指している。今年度は、選択的除去法と人工感染法を用いて、異なった遺伝的背景を持つが同じ由来の *S. symbiotica* に感染している系統を作出した。次いで、これらの系統の一部について宿主アブラムシの成長に伴う *S. symbiotica* の感染動態を定量的 PCR と蛍光 in situ ハイブリダイゼーション法によって解析した。その結果、本菌の感染量が人工感染系統において約10倍程度に有意に増大し、その体内局在も乱れるが、個体ごとに非常にばらつきがあることを明らかにした。この結果は、*S. symbiotica* を元々保有するアブラムシ系統においては、宿主と共生細菌との間で何らかの適応があることを示唆している。また、次年度以降に予定していた宿主免疫機構と共生細菌体内密度、共生細菌の生物学的機能との相関の解析の一部を行った。その結果、免疫関係遺伝子の一部が *S. symbiotica* の感染に伴って変化するが、系統によっては逆の反応を示すなど、その程度は宿主アブラムシの系統によって大幅に異なることが分かった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 エンドウヒゲナガアブラムシ、二次共生細菌、メタボローム、人工感染、定量的 RT-

〔研究題目〕 昆虫-細菌共生系における遺伝的基盤の解明

〔研究代表者〕 菊池 義智（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 菊池 義智（常勤職員1名）

〔研究内容〕

多くの農業害虫はその体内に共生細菌を保持しており、緊密な相互作用を行っている。これら共生細菌は、食物（木質）の分解や栄養補償を行うなど、宿主の栄養代謝において極めて重要な役割を果たしている。これら共生細菌を制御することで被害の低減や害虫の成長・繁殖抑制を図りうると考えられるが、その研究はほとんどなされていない。本研究では、ホソヘリカメムシとその *Burkholderia* 共生細菌をモデル系として、昆虫-共生細菌間に見られる緊密な相互作用の遺伝的基盤を明らかにし、新たな害虫制御法の開発に資することを目的としている。研究初年度に当たる本年度は、(1)トランスポゾン挿入変異株の大規模スクリーニングと運動性不全株（鞭毛形成不全株）の取得、(2)Signature-tagged mutagenesis (STM) の *Burkholderia* 共生細菌への適用、(3) *Burkholderia* 共生細菌の多様性解析を行った。(1)に関しては約3000のトランスポゾン変異株をスクリーニングし、7株の鞭毛形成不全株の取得に成功した。今後もさらにスクリーニングを続けるとともに、得られた変異株についてトランスポゾンで破壊された遺伝子を

特定し、カメムシへの定着に与えるインパクトを調査する予定である。また、鞭毛形成不全株の更なる取得を行う。(2)のSTMについては *Burkholderia* 共生細菌への適用が成功しておらず、引き続きその確立を目指し研究を続ける。(3)の *Burkholderia* 共生細菌の多様性解析に関しては、120種あまりの日本産カメムシ類を調査し、その共生細菌をキャラクタリゼーションし、約30%が *Burkholderia* に感染していることを明らかにした。共生細菌の多様性解析に関しては結果をまとめ論文として発表することができた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 応用動物、昆虫、微生物、共生微生物、細菌

【研究題目】 微生物センサーを利用した新規スクリーニング法の開発

【研究代表者】 内山 拓 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 内山 拓 (常勤職員1名)

【研究内容】

我々は酵素の活性スクリーニング法、PIGEX (Product Induced Gene Expression) 法を考案し、その有効性を報告している。当該手法は、特定の化合物をマーカー遺伝子の発現で検知可能な微生物センサーを用いることで、陽性クローンをスクリーニングする手法である。本研究においては、PIGEX 法にゲルマイクロドロップ法とフローサイトメーターによるソーティングを組み合わせて、当該手法を高速化させることを試みている。今回モデル系として、微生物センサーとして安息香酸に反応し緑色蛍光タンパク質 (GFP) を発現する大腸菌のクローンと、陽性クローンとして安息香酸アミドを安息香酸に変換する大腸菌のクローンを用意した。これらを安息香酸アミドとアガロースを含む培地中に混合し、混合液を多孔質ガラス膜に通して Water/oil エマルジョン化させ、微生物センサーと陽性クローンを同時に封入したゲルマイクロドロップを作成した。ゲルマイクロドロップ内で大腸菌のクローンを培養し、その後フローサイトメーターを用いて、GFP の蛍光が認められたゲルマイクロドロップを回収した。これを、蛍光顕微鏡を用いて観察すると、陽性クローンの変換活性により生じた安息香酸を、微生物センサーが検知し GFP を発現しているところが観察された。一方、ゲルマイクロドロップ内で増殖させた大腸菌のクローンは、非常に生存率が低いことが明らかとなった。そこでゲルマイクロドロップをアガラーゼにより消化し、閉じ込められていた大腸菌のクローンを外に取り出してやることにより、生存率を高めることに成功した。以上の結果から、PIGEX 法にゲルマイクロドロップ法とフローサイトメーターを組み合わせて、高速化が期待できることが明らかとなった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ハイスループットスクリーニング、ゲルマイクロドロップ、産業用酵素

【研究題目】 ユビキチン化によるシロイヌナズナ概日時計制御機構の解析

【研究代表者】 藤原 すみれ (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 藤原 すみれ (常勤職員1名)

【研究内容】

目標:

概日時計が正確に約24時間周期のリズムを生み出すことは、高等植物が環境や季節の変化に適応しながら生存して行くうえで必須である。本研究では、高等植物シロイヌナズナにおいて概日時計が制御する現象や時計本体の制御機構とタンパク質のユビキチン化修飾およびユビキチン様修飾の関係を解析することにより、タンパク質レベルでの時計制御の新規のメカニズムを発見すること、また、概日時計が関わる生理現象の制御とタンパク質ユビキチン化の新規の関係を発見しその仕組みを解明することを目的として研究を行った。

研究計画:

ユビキチン化による制御を受けることが示唆されている時計制御関連遺伝子のうち、転写制御に関わる可能性のある因子に関して、その機能欠損株、過剰発現体、リプレッションドメインを付加した過剰発現体 [Chimeric REpressor Gene-Silencing Technology (CRES-T) 系統] の表現型の解析などを行い、その機能の解明を目指した。

年度進捗状況:

ユビキチンリガーゼやユビキチン化による分解を受けると考えられる概日時計制御関連のタンパク質のうち、転写制御に関与すると考えられるものに関して、当該タンパク質の CRES-T 系統や過剰発現体、機能欠損株の解析などから、転写制御因子としての機能を検証した結果、概日時計関連因子が関わりとされる葉柄や胚軸などの器官伸長制御に関して新規の制御機構が存在する可能性を発見した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 シロイヌナズナ、概日時計、ユビキチン化

【研究題目】 インテグロン・ジーンカセットメタゲノム解析の基盤整備とその有効性評価

【研究代表者】 丸山 明彦 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 エルセイド ホサム、久留主 泰朗、三谷 恭雄、丸山 明彦 (常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

微生物が保有するインテグロン・ジーンカセット (IGC) 部位に着目し、多種多様な微生物が混在する環境試料を対象に効率的な機能遺伝子探索手法 (IGC メ

タグノム解析手法)として確立する基盤整備を行う。これまで全く未解明な極限環境試料や汚染環境試料等を対象とし、この IGC システムの普遍性や特徴、見出された機能遺伝子や発現産物の特徴、有用性等を調べ、その科学的意義や応用の可能性について評価することを目的とした。本年度は、これまでの成果公表作業に併行し、北米西海岸沖海底掘削コア試料の DNA 解析を進めた。その結果、IGC システムの中心的役割を担うインテグレーション遺伝子の解析では、見出した約30系統群の全てが新規と判明。GC 領域の解析では、疑似配列を除き50以上のカセットの検出に成功、酸化還元関連酵素等遺伝子に富んでいることを明らかにした。この他、メタンの生成や酸化に係る酵素、炭水化物分解酵素などの遺伝子も見出した。また、前年度までに見出した GC 領域由来の遺伝子を対象に発現実験に取組んだ。その結果、ハロゲンナーゼ様遺伝子等で目的蛋白質発現に成功した。これらのことから、本手法は、広く自然環境微生物試料の解析に有効であり、薬剤耐性遺伝子の動態解明のみでなく、微生物の適応・進化過程の解明や今後の環境遺伝子利用にとっても有益であると考えられた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】微生物、メタゲノム、極限環境

【研究題目】地下圏内メタン生成・消費活動に関わる未知微生物群の分離培養と動態解析ツールの開発

【研究代表者】鎌形 洋一 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】鎌形 洋一、坂田 将、吉岡 秀佳、竹内 美緒、鈴木 庸平 (常勤職員5名、他3名)

【研究内容】

本研究課題はこれまで実体が明らかになっていないメタン生成古細菌ならびにメタン酸化微生物の集積、それに続く分離培養ならびに動態解析にある。地下圏におけるメタン生成活動に係わるメタン生成古細菌の分離培養を水素を低濃度で供給可能な酢酸資化性水素発生型微生物との共培養法によって試みたところ、天然ガス産生地下圏試料から水素発生型発酵性微生物と強固な共生関係を構築しながら生育するメタン生成古細菌の単離に成功、さらにはサンガー法を用い本メタン生成古細菌の全ゲノム配列決定を行った。本菌は地下圏で広く存在が知られている微生物であり、生育温度特性、メタン生成最終基幹酵素、16S rRNA 遺伝子の系統的な位置から極めて特異的なメタン菌であることを明らかにした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】微生物群集、メタン生成古細菌、地下圏、海洋圏、分子系統解析、水素、メタン、共生微生物

【研究題目】新規発光プローブの探索を目指した発光

生物調査

【研究代表者】近江谷 克裕 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】近江谷 克裕、三谷 恭雄 (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

新規の生物発光系発光・蛍光プローブを探索するため、世界の発光生物を収集、物質レベルのデータベース化を実施した。

本年度は、1) 2010年8月、日本側から近江谷、大場 (研究協力者・産総研客員研究員) が、中国側から Andy Liang、Li 研究員や大学院生の総勢5名が参加、四川省西部から雲南省北部にかけてのチベット台地にて星虫及び発光甲虫の調査を行った。発光甲虫の棲息地、棲息状況、生態などを詳細に調査した。得られたサンプルは近江谷が持ち帰り、組織標本を作製併せてサンプルを保存した。現在、日本国内にて遺伝子の抽出等を行っている。特にシャングリア周辺の3500m の高地で3種のホタルを世界で初めて同時に収集した。2) 発光サメの野外調査: 2010年7月6-11日までノルウェー王国ベルゲン大学海洋研究所にて、ベルギー王国ルーベン大学の Jerome Mallefet 教授のグループ (大学院生2名) と合同で、産業技術総合研究所近江谷、三谷研究員が参加して発光サメの採取、生態・発光観察、及び発光部位の採集を行った。一部は DNA として採取、日本に持ち帰り、現在、発光酵素のクローニングを実施中である。3) 2011年2月22日-3月2日までブラジル国ソロカバ市の国立サンカルロ大学ソロカバ校の Vadim Viviani 教授のラボを訪問、飼育中の各種ブラジル産発光甲虫類を観察、飼育法などの情報収集を行った。さらにソロカバ市近郊の大西洋亜熱帯雨林にて発光甲虫の採取、観察を行った。日本側より近江谷が参加、今後の共同調査研究の方針を確認した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】発光生物、ルシフェリン、ルシフェラーゼ、発光甲虫、発光ヒトデ、発光魚

【研究題目】低温性担子菌類の環境適応と種内分化に関する研究

【研究代表者】星野 保 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】星野 保、吉宗 一晃 (常勤職員2名)

【研究内容】

雪腐病菌は、積雪環境下で越冬性作物に対して病原性を示す糸状菌の総称である。このため分類学的には卵菌類・子囊菌類・担子菌類の多岐にわたる。本研究ではこれまでに雪腐病菌の環境適応能およびその機構は、分類群により異なることを明らかとしてきた。さらに極地より採集した雪腐病菌以外の低温適応菌類に研究対象を広げ検討を行った結果、これまでに卵菌類は凍結により菌糸が容易に死滅し、耐久性細胞のみ凍結耐性を有すると考えたが、南極産卵菌類フハイカビ *Pythium* では菌糸

が凍結により死滅しない菌株が存在することを明らかにした。これらの菌株は宿主植物細胞内に進入することにより、さらに凍結耐性が上昇する可能性がある。また、凍結により生育を抑制される菌類は、幅広い分類群で収斂進化による多様な不凍タンパク質を細胞外に分泌することを見出してきた。南極産サカゲツボカビ類の未同定種1菌株より見出した不凍活性は、細胞内でのみその活性が確認され、容菌以外に細胞外に分泌されることは無かった。この菌株の生産する不凍タンパク質は、生化学的・免疫学的性質が既知の不凍タンパク質と異なることから、新規分子である可能性が高い。これらの結果から菌類は様々な門レベルで環境適応機構は大きく異なり、さらに種レベルでその環境適応能大きな差が有ることを明らかにした。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 菌類、種内分化、環境適応

【研究題目】 微生物由来不凍タンパク質の構築原理と分子進化の解明

【研究代表者】 近藤 英昌（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 近藤 英昌、津田 栄、西宮 佳志、星野 保（常勤職員4名）

【研究内容】

目的：

不凍タンパク質は寒冷地に生息する生物が発現するタンパク質であり、氷結晶に特異的に結合しその成長を阻害する性質を持つ。本研究では、菌類、珪藻類、バクテリアなどの微生物に共通して発現している新規な不凍タンパク質に着目し、X線結晶構造解析及び機能解析を行うことによって氷結晶結合機構を解明するとともに、本不凍タンパク質ファミリーの分子進化に関する知見を得ることを目的とする。

年度進捗状況：

好冷性バクテリア (*Colwellia* sp) 由来不凍タンパク質は、好冷性担子菌イシカリガマホタケ由来不凍タンパク質とアミノ酸配列の相同性が高く、共通した骨格構造を有していると考えられている。バクテリア不凍タンパク質の活性を詳細に解析した結果、イシカリガマホタケ不凍タンパク質比べて非常に強力であり、氷結晶への結合様式が異なることが明らかになった。このことからそれぞれの不凍タンパク質の分子表面に位置する残基のうち、アミノ酸配列の相同性の低い部位が不凍活性へ関与する部位であることが示唆された。また、一つの微生物には、アミノ酸配列にわずかに差異がある不凍タンパク質のアイソフォームが多種類存在することが知られている。本年度はイシカリガマホタケ不凍タンパク質の複数のアイソフォームを遺伝子組換えタンパク質として取得し、詳細な機能解析を行った。その結果、これらアイソフォーム間にも不凍活性と氷結晶への特異性に大きな差異があることが明らかになった。以上のことから、好冷

性微生物に由来する不凍タンパク質には、不凍タンパク質の基本的な性質の発現に寄与する共通した分子骨格構造が存在し、局所的なアミノ酸の置換によって生育環境に応じた不凍機能を特化させている可能性が示唆された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 不凍タンパク質、タンパク質結晶学、構造生物学、機能性タンパク質

【研究題目】 DNA 架橋化試薬の開発と、その応用に関する研究

【研究代表者】 小松 康雄（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 小松 康雄（常勤職員1名）

【研究内容】

目標、および研究計画：

2本鎖 DNA 間を架橋する新しい試薬を開発し、DNA によって作製される様々な構造体の安定化に利用する。年度進捗状況：

昨年度までに開発した DNA 架橋化試薬に関し、架橋部位の構造とその安定化に関する実験を中心に行った。初めに架橋化 DNA の架橋部位の構造を決定するため、架橋化 DNA を2種類の核酸分解酵素 (Nuclease P1, snake venom phosphodiesterase) によって完全分解し、逆相 HPLC によって分析した。得られた未知溶出物を解析した結果、2分子のデオキシリボースが1分子の架橋化試薬に結合した構造が架橋部位であることを明らかにした。また、この架橋部位には試薬と糖との共有結合の様式に応じて3種類の幾何異性体が存在し、それらは還元反応によって1種類の構造に収束できることも見出した。また、還元前の架橋化 DNA の化学的安定性を調べたところ、中性条件では90℃に加熱しても架橋化 DNA は安定であったが、pH4と pH9で加熱した場合には DNA 鎖が架橋部位で切断されることが明らかになり、架橋部位を還元して安定化することが必要であることが示唆された。

そこで架橋部位の還元に必要な条件を調べたところ、本架橋化構造の還元には酸性条件下、高濃度の還元剤が必要であり、より緩和な還元条件で還元される新しい構造が必要であると考えた。そこで、新たな架橋化試薬を合成して DNA の架橋化反応と架橋部位の還元条件を調べたところ、新試薬では DNA の架橋化効率は大きく低下するものの、より中性に近い緩和な条件で架橋部位が還元可能であることを確認した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 遺伝子解析、標識化試薬、分子間相互作用、核酸化学

【研究題目】 メタンハイドレート成因解明をめざした生物学的メタン生成とハイドレート形成の再現

【研究代表者】 鎌形 洋一（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】鎌形 洋一（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

本研究では生物的メタン生成を高压下で起こす事が可能か否か、さらには生物的メタン生成とメタンハイドレートを同一の高压容器内で起こす事が可能か否か、を検証することによって、生物学的メタン生成ならびにメタンハイドレート形成を実験室的に再現することを試み、メタンハイドレートの成因解明をめざすものである。中度高温性水素資化性メタン生成古細菌としては *Methanothermobacter thermautotrophicus* を用い、培養はメタンハイドレート生成実験用カラム状高压容器を用いた。本容器に上記微生物を充填、シリジポンプにより圧力容器内部の圧力を保持しながら上述した微生物群の培養液ならびに基質を注入する方法で高压培養実験を試みた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】微生物群集、メタン生成古細菌、地下圏、海洋圏、分子系統解析、水素、メタン

【研究題目】昆虫ホルモンを介した内部共生微生物の調節機構

【研究代表者】二橋 亮（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】二橋 亮（常勤職員1名）

【研究内容】

非常に多くの生物が、微生物を体内に共生させている。この「内部共生」という現象は、多くの昆虫にとって生存に必須だけでなく、宿主の体色変化や食性の変化、害虫化などさまざまな面で機能していることが近年の研究から明らかになってきた。しかしながら、宿主と共生細菌との相互作用に関わる機構はほとんど明らかになっていなかった。本研究では、共生細菌の発生過程における挙動と宿主ホルモン、栄養状態の関係、および共生細菌が宿主体色に及ぼす影響を複数の昆虫で評価する。同時に、EST データベースの構築から、これまでほとんど知られていない共生関係に関与する具体的な遺伝子の同定を目指すものである。平成22年度の研究結果から、①半翅目昆虫においては、脱皮ホルモンによって引き起こされる絶食状態が、共生細菌の存在量の変化の直接的な原因となっている可能性が高いこと、②共生細菌が感染する中腸の EST データベースの解析から、感染個体では、共生器官において、機能未知の分泌蛋白質や、酵素類のクローン数が特異的に増加していること、逆に非感染個体では、予想に反して抗菌ペプチドの発現量が多いこと、③メラニン合成に関わる遺伝子が実際にクチクラの着色と関連した発現を示すことを明らかにした。特に③では、半翅目昆虫で広く RNAi 法を用いた機能阻害が有効であることが確認されたことから、共生に関わる宿主側の遺伝子の機能解析が、今後可能になった。また、今回の共生細菌の感染に関わる新規遺伝子の単離と機能解析系の確立により、今後、共生細菌と宿主の相互

作用の分子基盤の解明が飛躍的に進むと考えられる。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】共生細菌、昆虫ホルモン、栄養条件、体色変化

【研究題目】陸上地下圏メタン動態に関与する新規な嫌気呼吸未培養細菌の探索と分離培養

【研究代表者】堀 知行（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】堀 知行（他1名）

【研究内容】

近年、分子生態学的手法や安定同位体追跡技術を組み合わせることで、未知環境微生物の役割と分布が明らかになりつつある。我々はこれまでにメタン産生抑制に関わる新規な微生物群を系統的に同定してきた。本研究では、これらの実体が未だに明らかでない中核的微生物群を分子生態学的手法によって探索し、さらに独自の分離培養法を用いることでそれらの微生物集積系を取得することを目的とした。本年度は、陸上土壌圏において嫌気呼吸能を持つ未知真核微生物の探索を行った。有機酸混合物を電子供与体および各種無機酸化物（硝酸、硫酸、鉄）を電子受容体として用い、水田または森林土壌を嫌氣的に培養した。その結果、水田土壌の酸化物添加区において著しい有機酸分解とガス生成抑制が観察され、一方で森林土壌の酸化物添加区では有機酸分解が比較的緩やかであった。培養土壌から全 RNA を抽出し、18S rRNA を標的とした RT-PCR 解析を行ったところ、水田土壌の鉄添加区、森林土壌の硝酸・鉄添加区で遺伝子発現が観察された。これらの事象は、嫌気土壌で新規な真核微生物群が嫌気呼吸代謝に関与していることを強く示唆するものである。現在、18S rRNA の遺伝子配列解読やメタトランスクリプトーム解析を進めている。上述の分子生態学的研究に加え、土壌圏において酢酸利用性メタン生成菌と基質競合関係にある鉄還元細菌の分離培養実験を行った。具体的には、湿原・水田・森林土壌、海底コアを微生物接種源として、様々な結晶性酸化鉄を電子受容体に用いた集積培養を開始した。現在までのところ、特に水田および森林土壌を接種源とした培養試験において、結晶性酸化鉄を還元する集積培養系が得られている。今後、これらの鉄還元細菌を純粋分離すべく培養試験を継続してゆく。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】微生物群集、分子生態学的手法、メタン動態

【研究題目】マイクロ波技術を活用した糖鎖修飾反応研究と、新規創薬シーズ創製への展開

【研究代表者】清水 弘樹（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】清水 弘樹、Santosh L. GAONKAR（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究では、マイクロ波による合成の迅速化、簡略化

の利点を利用し、生理活性物質のライブラリ合成研究をすすめた。特に、糖鎖の持つ「水溶性」、「保湿性」、また薬品等の「体内吸収性の向上」や「患部への選択的輸送」といった機能に着目し、生理活性物質に糖鎖を修飾させて物質が本来有する機能の他に新たな機能を付加させる基盤研究を進めた。そして長期的な目標として、薬効を有するが溶解性や毒性のために新薬とならなかった化合物の再新薬化検討、あるいはすでに薬効が知られている化合物のより高活性誘導化という、新しい糖鎖化合物の利用法による新しい創薬開発戦略への展開を目指している。

昨年度は、糖尿病治療薬であるヘテロサイクル化合物の Rosiglitazone (商品名 Avandia, GlaxoSmithKline) の合成について、全5工程のうち4工程でマイクロ波を利用した迅速化、収率向上、カラム精製や危険試薬使用の回避という、プロセス合成向きの改良合成手法の確立に成功した。また、マイクロ波を利用した合成迅速化の利点を生かして、抗菌活性など様々な薬理活性が知られているオキサゾリジン類30種類以上の化合物ライブラリの調製をおこなった。

今年度は、引き続きマイクロ波による合成迅速化の利点を生かし、様々な生理活性発現が期待されるヘテロサイクル化合物ライブラリの合成研究をおこなった。非ステロイド性抗炎症薬 (NSAIDs) 系の Diclofenac (商品名 ボルタレン、ノバルティスなど) 誘導体であるジクロフェナク糖鎖ヒドラゾンライブラリの合成のほか、Rosiglitazone の5員環ヘテロサイクル部をイソオキサゾリン、イソオキサゾール、オキサジアゾール誘導体としたライブラリ合成、2置換トリアゾールライブラリ合成研究などを進め、成果を得た。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 マイクロ波、プロセス合成、ライブラリ合成、創薬、糖尿病、ヘテロサイクル

【研究題目】 酵母の不飽和脂肪酸類の代謝制御に関する分子生物学、分子遺伝学的研究

【研究代表者】 植村 浩 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 植村 浩、Roman Holic
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

微生物や酵素を利用したバイオプロセスは、化学プロセスに比べて反応の選択性が極めて高く、高付加価値化合物の効率的な生産が可能であり、製造プロセスの省エネルギー化、環境負荷の軽減が可能となる。しかし、そのためには微生物の機構を解明し、生物の持つ機能を有効に活用する技術を開発する必要がある。上記の観点から我々は、タンパク質発現・代謝・物質生産に関するこれまでの多くの学問的蓄積が有る酵母細胞を用いて、健康維持に重要な希少高度不飽和脂肪酸や、バイオ燃料や化成品原料となる化合物を高効率生産するバイオプロセ

ス技術の開発を目指している。

我々は、必須脂肪酸であるリノール酸と α -リノレン酸、また自然界での資源が限られており抗炎症作用のあるジホモリノレン酸 (DGLA) を前駆体となる脂肪酸を培地に加えずにグルコースを炭素源として酵母を培養するだけで生産することに初めて成功している。現在、分裂酵母 *S. pombe* での脂質生産も検討しているが、出芽酵母同様、脂質蓄積量がそれほど高くないので、まず酵母細胞での脂質蓄積能を向上させることを試みた。酵母において脂肪は主に中性脂肪 (トリグリセリド、TG) の形で蓄積される。そこでこの TG を合成する最終段階の酵素であるジグリセリドアシルトランフェラーゼを高発現させた。その結果、乾燥細胞重量当たりの脂肪酸含量をコントロール株に比べて増加させることができた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 酵母、脂質、脂肪酸、トリグリセリド、ジグリセリドアシルトランフェラーゼ

【研究題目】 In-SILICO 創薬のための機械学習を用いた生理活性配座予測

【研究代表者】 津田 宏治

(生命情報工学研究センター)

【研究担当者】 津田 宏治 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究の目標は、タンパク質に結合するリガンドの配座が複数ある場合に機械学習技術を用いて効率よく最適な配座を推定することにある。また、リガンドが結合する相手であるタンパク質のポケットに関する推論処理を行うことも目的としている。ここで問題となるのは、一つのリガンドが取り得る配座の数が、百万を超えるほど多数になるという点である。最適配座の予測を、ガウシアンプロセスなどを用いて行う際には、まず類似した配座をつないだ類似度ネットワークを作成する必要がある。これを、通常の距離計算によって行おうとすると、配座数の2乗の時間がかかってしまい、のべ数週間以上の計算時間を必要とする。

平成22年度は、前年度から引き続き、高速検索アルゴリズム SketchSort の実装と、論文執筆を行った。また、PubChem の全化学化合物への適用を行って、Molecular Informatics 誌に発表した。さらに、SketchSort によって実際に得られた数千万個を超える類似ポケットペアのデータベース Possum を構築した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 配座予測、計算創薬、タンパク質

【研究題目】 MAFFT アルゴリズムの拡張による RNA およびタンパク質の構造多重アライメント

【研究代表者】 加藤 和貴

(生命情報工学研究センター)

【研究担当者】加藤 和貴 (他1名)

【研究内容】

多重アラインメントは、基本的な配列解析技術の一つであり広い応用範囲をもつ。系統樹推定、遠縁な配列の検出、タンパク質の活性部位の予測などに用いられる。本研究の目的は、研究代表者がこれまでに開発した配列多重アラインメントプログラム MAFFT を拡張して、タンパク質および RNA の構造情報を利用した多重アラインメントを計算可能にすること、および、計算サービスを拡充してプログラムの普及を図ることである。進捗状況は以下の通りである。

- 1) タンパク質立体構造と配列から構造-配列多重アラインメントを計算する方法として、研究代表者によるプログラム MAFFT と構造アラインメントプログラム ASH を組み合わせることを試みた。ASH の開発者である Daron M. Standley 博士らとの共同研究として行った。一般に、与えられた配列のホモログの情報を加えるとアラインメントの正確さは向上する。構造配列アラインメントを計算する際にもホモログの選択方法は重要であり、適切な選択方法を検討中である。現時点までの成果に基づく計算サービスを大阪大学において開始した。
- 2) MAFFT プログラムを並列計算に対応させた。近年普及してきている、メモリを共有する複数コアをもつ PC 上で並列的に動作するバージョンを開発した。POSIX Threads ライブラリを用いた。数コア程度の規模の並列計算に適した計算手法を比較検討し、結果を *Bioinformatics* 誌において報告した。
- 3) プログラム配布と計算サービスのための計算機を当センターに設置した。このサーバにおける配列アラインメント実行回数は、約1万回/月である。ユーザの分布は、ヨーロッパ39%、南北アメリカ33%、アジア23%、その他5%である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】多重配列アラインメント、ソフトウェア、タンパク質

【研究題目】嗅覚システムの統合的理解を目指した研究

【研究代表者】諏訪 牧子

(生命情報工学研究センター)

【研究担当者】諏訪 牧子、藤渕 航、杉原 稔、百石 弘人 (常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

1. 目標、計画

嗅覚システムの統合的理解を目指す。平成20年度～平成21年度までに作成した手法を改良すると共に、集積した匂い分子-受容体-細胞-匂い地図-ゲノム構造のデータ間をリンクし、これらの因果関係を解析で

きる総合データベースを構築する。以下はその詳細である。

2. 年度進捗

- 1) リガンドに対する嗅覚受容体応答予測：GPCR 配列全体の統計解析と立体構造の安定性計算から、受容体内部の水素結合ネットワークの流れに変化を与える位置などが、GPCR 活性化に関連するホットスポットであると示唆した (J. Phys. Chem. 誌に発表)。嗅覚受容体に限ると、TM6中に60%以上の保存度の残基が、他の GPCR に比べより多く存在した。また他の GPCR 全体でシグナル伝達の起点と考えられる Trp (TM6) の代わりに、特有用な芳香残基 (Tyr 2個と Phe 1個) があり、これらがシグナル伝達に寄与する可能性を示唆した。これらのホットスポットとリガンド結合部位の残基、匂い物質の構造特徴量を基に前年度作製した方法 (2-way prediction) を改良し、嗅覚受容体と匂い分子との関係性 (*Sci. Signal* 2009) に応用したところ、既知の関係性を90%近くの高精度で再現できた。
- 2) 嗅覚受容体遺伝子クラスター、制御領域、リガンド結合領域の同定：前年度のマウスゲノムと同様、機械学習手法 (SVM) により、ヒトゲノム配列上の嗅覚受容体のクラスターを120個同定した。また制御領域、リガンド結合部位を網羅的に同定し位置付けた。匂い分子結合領域が類似した遺伝子同士は、高密度クラスター内で、マウスの場合と同様に複数のサブクラスターに分かれた。
- 3) 総合解析データベース構築：マウス及びヒトの嗅覚遺伝子に対し、階層的な情報を付与して整理した。受容体階層についてはマウス嗅覚受容体 (1162遺伝子+110偽遺伝子)、ヒト嗅覚受容体 (444遺伝子配列+315偽遺伝子) を収納した。そのうち完全長の配列を用いて多重アラインメントを行い、保存残基や匂い分子結合部位などを整理した。ゲノム階層については嗅覚受容体のゲノム配列上の座標、遺伝子クラスター情報、遺伝子制御領域情報などを整理した。また匂い分子階層、嗅細胞階層、匂い地図階層については、既知データの情報と対応づけた。これらを既に開発済みの SEVENS データベース：<http://sevens.cbrc.jp> に実装中である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ヒトゲノム、マウスゲノム、嗅覚受容体、匂い分子、機械学習、シグナル伝達、2way-prediction 法、総合解析データベース

【研究題目】細胞分化の人工誘導経路を短時間で最適化する方法の研究

【研究代表者】藤渕 航 (生命情報工学研究センター)

【研究担当者】藤渕 航、三宅 正人、千葉 啓和、

田中 卓（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

バイオインフォマティクスの研究者が公共の遺伝子発現データから、間葉系幹細胞、脂肪細胞、骨芽細胞、軟骨細胞、繊維芽細胞などを含むデータを取得して細胞分化DBの作製を行った。これらのデータから脂肪細胞分化を誘導すると見込まれる転写因子を取り出すため、デジタルディファレンシャルディスプレイ法を用いて転写因子候補100個をリストアップした。一方、実験研究者は間葉系幹細胞を購入して培養し、これに様々なsiRNAを自由に導入する系を確立した。また脂肪細胞への分化を確認するためオイルレッドによる油滴を画像解析する予定であったが、同時にPPAR γ その他数種類の脂肪細胞マーカー遺伝子の発現により分化の程度をRT-PCR法で確認する系を確立した。この系において候補遺伝子の上位30個から、脂肪細胞への分化を促進する誘導剤と同等の作用を持つ見込みのある遺伝子10個を抜き出し、これらを組み合わせて探索を行ったところ、これまで未報告の強い誘導作用を持つ遺伝子の組み合わせが見つかってきたため、国際学会で発表を行った。これは本研究の目的である細胞分化誘導経路の高速化をバイオインフォマティクスによって実現できることを示したよい例であり、得られた知見から転写因子の役割の違いを類推することまでも可能となることが示唆された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞分化、バイオインフォマティクス、組み合わせ探索、siRNA、転写因子

【研究題目】 コンピュータシミュレーションを利用した小分子機能性RNAの構造及び作用機構の解明

【研究代表者】 山崎 智（生命情報工学研究センター）

【研究担当者】 山崎 智（他1名）

【研究内容】

短いRNA分子がmRNAの翻訳抑制やmRNAの分解という機能を持つ例が、細菌・ウイルスからヒトに至まで多くの生物種で存在することが明らかになっている。この機構はウイルスでは増殖・感染に重要な役割をもつ機構、またヒトをはじめとした高等な生物種ではウイルスなどに対する防御機構であると考えられている。この機構を解明し、我々の健康に生かすためには、小分子RNAの立体構造を知ることがまず不可欠であるが、現在までに得られている立体構造は少なく、また機構の過程を追うための情報も実験で得るのは難しい。本研究は、コンピュータを用いたRNAの立体構造予測手法を開発し、その機構の解明を目的とする。

平成22年度においてはまず、既知のRNA立体構造群から得られるRNA断片構造を体系化・データベース化する事を目指した。その断片構造データベースの普遍性・可用性を示すために、その断片構造データベースを

利用した、RNA立体構造予測プログラムの開発も並行して進めた。ここで開発した手法は、一般にfragment assemblyと呼ばれる手法に類似するものであるが、(1) assemblyに用いるfragment（断片）構造は、RNAの二次構造に基づくものであること、(2) Metropolis Monte Carlo法をいくつかのRNA構造評価関数と共に用いる事で、様々な立体構造を試行・評価しうる手法であること、(3) 一定の条件を満たすqueryについては従来法よりも高速かつ高精度に予測が可能であるということ、という点において大きな新規性を示す事が出来た。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 RNA、三次構造予測、モンテカルロ・シミュレーション

【研究題目】 分子進化的観点に基づいた天然変性タンパク質の解析及び分類法の開発

【研究代表者】 廣瀬 修一

（生命情報工学研究センター）

【研究担当者】 廣瀬 修一（他1名）

【研究内容】

本研究では、生理条件下において特定の立体構造が欠如している天然変性タンパク質に見られる固有の特徴を明らかにすることを目的としている。これまでに、天然変性領域の保存性に関する報告が存在するが、それほど多くの議論がなされていない。そこでH22年度本研究では、分子進化的観点に着目し、進化系統樹に基づいて天然変性タンパク質が進化の過程でどのような変遷をへてきたかを解析した。

まず、NCBIのGenome Projectから代表生物としてゲノムが解読されている生物57種（古細菌12種、真正細菌15種、真核生物30種）を選定し、SSU-rRNA系統解析により進化系統樹を作成した。次に、天然変性領域データベースであるDisProtから天然変性領域割合が100%である65配列を選択し、これを天然変性タンパク質データセットとした。全65配列に対して、代表生物ゲノムからオーソログタンパク質の同定し、複数の天然変性領域予測法（POODLE-L）を実行することにより天然変性領域を見積もった後、これらの結果を進化系統樹上にプロットとした。その後、進化系統樹上でのオーソログタンパク質の分布、および天然変性領域割合の変化の2点から天然変性タンパク質の進化上での変遷を解析した。

解析の結果、多くの天然変性タンパク質のオーソログが、真核生物、特に高等生物にのみ分布していた。

また、進化の過程において、天然変性領域割合が大きく変化するタンパク質は存在しなかった。つまり、天然変性タンパク質は、進化の過程において、構造を持つタンパク質から変化してきたものではないと推定される。これは新規な知見であり、天然変性タンパク質の理解に

貢献するものと考えられる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 分子進化、天然変性領域、進化系統樹

【研究題目】 ギガシーケンスデータの高速解析技術の開発

【研究代表者】 清水 佳奈

(生命情報工学研究センター)

【研究担当者】 清水 佳奈 (常勤職員1名)

【研究内容】

国内外で普及が拡大しているギガシーケンサーは、比較的多くのエラーを含む、短い断片配列(リード)を大量に出力する。このため現状では、従来型で用いられてきた配列解析技術のほとんどが適用できず、リードの持つ膨大な情報量の多くを生物学的な価値に還元できていない。本研究では、解析に必要な情報量を落とすことなく、効果的に解析対象を絞り込むことを目的として、大量のリードを高速にクラスタリングするアルゴリズムを開発する。これにより、複雑だが有用な解析技術も適用可能となり、得られる生物学的な情報量が飛躍的に増すと期待できる。

今年度は、ギガシーケンスデータの特徴を十分検討し、研究の基礎となるアルゴリズムの開発に注力した。具体的には、大量のギガシーケンスデータから類似のペアを超高速に列挙するアルゴリズム(SlideSort)を考案した。SlideSortは、編集距離による検索を行うが、通常編集距離に加え、生物配列の比較に重要なギャップ開始、伸長コストも考慮することができる。従来手法と比較して数十～数千倍の速度を達成した。考案したアルゴリズムを実装し、スタンドアロンプログラム、及びC++言語用のライブラリを公開した。また、考案したアルゴリズムの応用例として、大量のギガシーケンスデータから高速に最小全域木を構築するプログラムの開発も行った。最小全域木の構築では短連結法によるクラスタリングと同じ結果が得られるため、ギガシーケンスデータの解析に直接役立つ。開発したプログラムは、隣接行列を保持せず、逐次形状を更新しながら全域木を構築するため、メモリを大量に消費しない。リード数1000万の実データに対して計算を行ったところ、3G程度のメモリを用いて10分以内に最小全域木を構築することができた。類似ペア検索の応用範囲は広く、上記に述べたクラスタリングの他にも、共通パターンの発見、アセンブリの効率化などに役立つと期待される。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ギガシーケンスデータ、類似配列検索、編集距離、最小全域木、ショートリード

【研究題目】 ミトコンドリアβ型外膜タンパク質の輸送と外膜組み込み機構解明に向けての研究

研究

【研究代表者】 今井 賢一郎

(生命情報工学研究センター)

【研究担当者】 今井 賢一郎 (他1名)

【研究内容】

ミトコンドリアβ型外膜タンパク質(MBOMP)のミトコンドリアへの輸送、外膜への組み込み機構の解明は、ミトコンドリアの機能理解において重要な問題であるだけでなく、創薬においても重要である。そこで、本研究では、MBOMPの輸送、外膜への組み込み機構について、1)外膜組み込みシグナル(βシグナル)によってコントロールされないMBOMPは存在しないのか、2)MBOMPのミトコンドリアへの輸送シグナルはどこにあるのか、3)MBOMPが外膜に組み込まれる際、βシグナルはどのように認識されているのかという未解決問題の解決のため、βシグナルを持たないMBOMPの探索、MBOMPの輸送シグナルの探索、MBOMPの外膜組み込み装置SAM複合体の構造モデリングを行うことを目的としている。

平成22年度は、βシグナルを持たないMBOMPをアミノ酸配列から予測できるパイプラインを開発し、酵母、シロイヌナズナプロテオームについてβシグナルを持たないMBOMPの網羅的探索を行った。酵母では、βシグナルを持たないMBOMPは存在しないことがわかった。また、シロイヌナズナでは、13個の新規βシグナルを持たないMBOMP候補が見つかったが、多くは、葉緑体の新規BOMPだと考えられる。これらの研究結果は、BMC Genomicsにおいて発表した。

平成23年度は、MBOMPの輸送シグナルの探索のため、ミトコンドリア由来のオルガネラであるマイトソームのBOMPに注目している。特に赤痢アメーバのマイトソームでは、MBOMPホモログを持つものの、ミトコンドリアとは異なるBOMPの輸送機構をもっていると考えられる。そこで、ミトコンドリアとマイトソームのBOMP間において、アミノ酸保存性解析や構造モデリングを用いた配列および構造レベルでの比較から、輸送シグナルの探索を行っている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ミトコンドリア、β型外膜タンパク質、タンパク質輸送、プロテオーム解析

【研究題目】 紫外光照射下における蛍光体酸化物薄膜の室温結晶成長

【研究代表者】 中島 智彦

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 中島 智彦 (常勤職員1名)

【研究内容】

蛍光体 AVO_3 (A:K, Rb, Cs)及び $Zn_3V_2O_8$ についてエキシマランプを用いた塗布光照射法によって室温大気中にて結晶化させることを明らかにし、様々な材料への

室温製膜展開を検討した。種々の酸化物について検討した結果 $Zn_3V_2O_8$ のバルク体結晶化温度（750度程度）を超える材料についてはこれまでのところエキシマランプのみで結晶化させることが困難であった。そのためエキシマランプ・レーザー照射による結晶化メカニズムを再検討した結果、室温結晶化を促進するためには前駆体膜中に結晶成長核を予め導入することによって結晶成長速度を劇的に向上させることが不可欠であるという結論に至った。そこで蛍光体の母物質となる半導体酸化物材料について次の実験を行った。(1)塗布光照射法によって簡便に作製可能な配向膜を作製し、その上部に形成した種々の酸化物前駆体に室温でレーザー照射を行う。(2)前駆体膜中に当該酸化物のナノ粒子を導入しエキシマレーザーを室温で照射する。その結果、いずれの場合においても室温で結晶化が促進され、前駆体に結晶核を導入しない場合と比べて極めて速やかに結晶化が進むことが明らかになった。以上のように、エキシマランプ、レーザーを用いて極めて多くの材料について室温で結晶化を促進し、良質な結晶化膜を作製可能であることを明らかにした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 光MOD法、蛍光体薄膜、室温製膜技術、フレキシブル材料

【研究題目】 精密温度制御を用いた共晶複合セラミックスの組織制御による高温極限環境用材料の創製

【研究代表者】 堀田 幹則
(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 堀田 幹則 (常勤職員1名)

【研究内容】

地球環境問題の観点から、エネルギー機器関連の CO_2 排出量削減がより一層求められる。それらの高性能化・高効率化を達成するため、高融点を有する SiC などの炭化物や ZrB_2 などのホウ化物を始めとした非酸化物を複合化させた超高温セラミックス材料の開発が行われている。

本研究では、ラメラ組織を有する非酸化物共晶セラミックス粉末を用いて、焼結助剤無添加で難焼結性物質同士を焼結させ、高純度で、高硬度、高耐熱性、高耐食性を有する緻密な共晶複合セラミックスの創製を行い、その粉末焼結法による精密温度制御を駆使したラメラ組織と三次元構造の制御を施すことによって、高強度化と高靱性化を同時に達成させることで、過酷な極限環境に耐えうる超高温セラミックス材料の創製を目的とする。

平成22年度は、 ZrB_2 -SiC 二元共晶系において、アーク溶解法を用いてラメラ組織を有する ZrB_2 -SiC 共晶体を合成し、得られた共晶体を粉砕し分級することで ZrB_2 -SiC 共晶粉末を作製した。これを原料粉末として放電プラズマ焼結法で ZrB_2 -SiC 共晶粉末を焼結させる

ことで、ラメラ組織を有する緻密な ZrB_2 -SiC 共晶複合セラミックスの作製が可能であることを明らかとした。なお、 ZrB_2 -SiC 混合粉末と比較して、共晶粉末の方がより低温で緻密化が達成した。共晶粉末から得られた ZrB_2 -SiC 共晶複合セラミックスの硬さは16GPaを示し、混合粉末から得られた複合セラミックスよりも低い値となった。一方、破壊靱性は、混合粉末よりも共晶粉末から得られた複合セラミックスの方が高くなり、その値は $3.6MPa \cdot m^{1/2}$ を示した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 セラミックス、非酸化物、共晶、粉末合成、焼結、微細構造制御

【研究題目】 光化学修飾法による硫黄官能基化ダイヤモンド粉末の作製及び生体分子固定に関する研究

【研究代表者】 中村 挙子
(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 中村 挙子、大花 継頼
(常勤職員2名)

【研究内容】

光化学修飾法を利用することにより、ダイヤモンド粉末表面へリンカー鎖を介さずに直接硫黄官能基を修飾し、基材であるダイヤモンドの特性を保持しつつ、新規特性を付与することを目的とする。

当該年度においては、既に作製に成功している硫黄官能基化ダイヤモンド粉末を用いた DNA など生体分子固定への応用、さらに DNA 固定ダイヤモンド粉末について、特異的な遺伝子配列の検出への応用について検討した。

具体的には、硫黄官能基を介した金ナノ粒子担持ダイヤモンド粉末表面上にチオール化一本鎖 DNA (S1: HS- C_6H_{12} -T15-GC TTA TCG AGC TTT CG) を作用させた。さらに生体分子修飾ダイヤモンド粉末へ蛍光標識されたターゲット DNA (Cy1: 5'-Cy5 CG AAA GCT CGA TAA GC-3') を作用させ、固定化反応後に蛍光顕微鏡観察を行ったところ、ダイヤモンド粉末表面のみでターゲット DNA との二重鎖形成が起こることにより、修飾ダイヤモンド粉末から蛍光発光が観察された。本結果により、生体分子修飾ダイヤモンド粉末がプローブ DNA として機能することを明らかにした。また、プローブ DNA S1固定ダイヤモンド粉末にミスマッチ DNA (Cy2: 5'-Cy5 CG ATT GCT CCT TAA GC-3') を作用させたところ、ターゲット DNA との二重鎖形成が起こらないため、修飾ダイヤモンド粉末からは蛍光発光が観察されなかった。以上の結果より、官能基化ダイヤモンド粉末が特異的な遺伝子配列検出への応用が可能であることが明らかとなった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ダイヤモンド粉末、光化学修飾、硫黄官

能基、金ナノ粒子、DNA 固定

〔研究題目〕 先進磁気センサを用いた複雑形状き裂の非破壊評価・解析システムの構築

〔研究代表者〕 鈴木 隆之

(先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 鈴木 隆之、笹本 明、西村 良弘

(常勤職員3名)

〔研究内容〕

従来の磁気センサと比較し優れた感度を有するフラックスゲートセンサのような先進磁気センサを用いて、複雑形状欠陥やき裂の寸法、形状の評価が可能な非破壊評価・解析システムを構築することを目的としている。

平成22年度はフラックスゲートセンサを用いた非破壊評価装置の整備・開発を継続した。複数のセンサを用いた場合の相互干渉の影響を明らかにするとともに、計測箇所を様々に設定できるよう高度化を行った。また、軟鋼材を対象に、平板上の表面欠陥に加えて、円筒上やねじ上の表面欠陥についてもフラックスゲートセンサにより漏洩磁束密度を計測し、欠陥と漏洩磁束密度との関係を求めた。その結果、これらの複雑形状欠陥の場合においても、欠陥近傍では欠陥に起因する漏洩磁束密度の変化を十分に計測できることを示した。さらに、順・逆解析プログラムの開発を進め、Tikhonov の正則化法等を用いて、円筒上の表面欠陥に関しても、計測された漏洩磁束密度から欠陥形状を求めることが可能となった。これらをまとめ、フラックスゲートセンサを用いた非破壊評価装置と順・逆解析プログラムとからなる複雑形状欠陥やき裂の寸法、形状の評価が可能な非破壊損傷評価・解析システムを構築した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー、材料、製造

〔キーワード〕 機械材料・材料力学、磁性、長寿命化、非破壊検査、欠陥

〔研究題目〕 トライボケミカル反応を利用した自動車排気ガス浄化に役立つ低摩擦・低摩耗材料の開発

〔研究代表者〕 村上 敬 (先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 村上 敬 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

1997年の京都議定書以来、国内外では CO₂排出量低減が大きな課題となっている。ここで自動車エンジンから取り出される仕事の25~40%は摩擦によって失われており、自動車エンジン摺動部品の低摩擦化・耐摩耗性改善は CO₂排出量低減に大きく貢献すると考えられる。

平成22年度は前年度エタノール中で Fe₇Mo₆基金合金より低摩擦の得られた Fe-Si 系合金について、Si の割合 (Fe₂Si、Fe₃Si₃、FeSi、α FeSi₂、β FeSi₂などを作製) や焼結条件などを変えた場合の摩擦・摩耗特性の変化について調べ、Si 濃度が高い α FeSi₂、β FeSi₂の摩

擦係数が最も低く安定 (0.1程度) になることを明らかにした。特に摩擦試験開始直後に0.06程度まで摩擦が下がることを確認した。この摩擦試験開始直後の低摩擦現象の原因は確認中であるが、この原因が明らかになれば、さらなる低摩擦材料の開発につながると考えられる。また前年度減圧プラズマ溶射により低摩擦・低摩耗な多孔質 Fe-Mo 系合金被膜が形成可能であることを明らかにした点について、溶射電流の大小によって異なる構成相 (Fe₇Mo₆相、FeMo 相、準安定 BCC 相) の摩擦・摩耗特性に対する影響及び熱的安定性を調べた。その結果、構成相が異なることで摩擦・摩耗特性はほとんど変わらないことがわかった。またプラズマ溶射で形成される準安定 BCC 構造の Fe-42at%Mo 合金被膜は600℃以上まで安定であることもわかった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 トライボロジー、表面・界面物性、材料加工・処理、エネルギー効率化、環境対応

〔研究題目〕 気泡核生成制御による超音波化学反応の高効率化に関する研究

〔研究代表者〕 辻内 亨 (先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 辻内 亨 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

パルス超音波と気泡核生成サイト供給のための粒子添加を組み合わせることで超音波化学反応の高効率化を図るとともに、高音圧振幅下で発生する反応効率低下やアルコール添加による高効率反応の機構解明を主な目的とする。アルコールは溶液中の超音波による気泡核生成に影響を与える物質の一つであり、今回、溶液中の超音波による核生成に溶存気体濃度が与える影響を、アルコール添加条件下での音響発光測定により検討した。261kHz 超音波を水溶液に照射し、溶存気体濃度が音響発光強度に与える影響について、超音波パワーや揮発性であるエタノールの添加濃度を変えて検討をおこなった。その結果、比較的低い投入パワーでかつ高い気体濃度の場合、低濃度のアルコールを添加した水溶液は純水の時より高い発光強度を示すことを明らかにした。この、エタノール添加の純水に対する発光強度増強効果は、超音波の照射時間が経過するとともに減少した。この理由は、照射時間経過とともに純水での発光強度は上昇する一方、エタノール添加水溶液では発光強度はほぼ一定あるいはわずかな減少を示していたためと考察した。また、比較的低い投入パワーでは、純水時もエタノール添加時とともに、水溶液から少量の脱ガスを行うことは高い発光強度をもたらすことがわかった。さらに、エタノール添加により脱ガスは純水の場合よりも促進されることが明らかになった。この原因としてはヒドロカーボンの気泡内蓄積や精留拡散の促進が考えられる。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 超音波、気泡核、キャビテーション気泡、超音波化学反応、アルコール、脱ガス、飽和

〔研究題目〕 超音波によるマイクロ流路中の微小物体の非接触操作技術の開発

〔研究代表者〕 小塚 晃透
(先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 小塚 晃透、安井 久一、畑中 信一
(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

本研究の目的は、マイクロ流路中を媒質と共に流れる微小物体（固体粒子、気泡等）を、超音波の定在波音場を用いて、非接触で捕捉、操作するための技術を開発することである。

横50mm×縦50mm×厚さ5mm のガラス板の中央に、幅1mm×長さ50mm×深さ1mm の流路（溝）を加工したものを基本形とし、流路中央に幾何学模様の溜まり場（直径5mm の円形、半円形、一辺5mm の三角形等、深さはいずれも1mm）を付加した。アルミナ粒子の懸濁液を溜まり場中に投入し、ガラス板の端に密着させたPZT 振動子より4.5MHz の超音波を照射した際の、溜まり場中の粒子の挙動を調べた。粒子の濃度が薄い状態では溜まり場中の粒子が幾何学模様に凝集し、定在波の音圧の節に捕捉されることが確認された。また、粒子濃度が濃い状態では、粒子が PZT 振動子から離れる方向に移動する現象がみられた。これは粒子が超音波の伝搬を遮るために定在波が生成できず、超音波の進行波の音響放射圧により粒子が音波の伝搬方向に押されるためと考えられる。

三角形の溜まり場において、音源の位置に関わらずに、三角形の底辺から頂点に向かう方向に粒子が移動する現象が見られた。そこで、三つ叉に分岐する T 字型流路の分岐点に三角形を配置し、流路の一端から懸濁液を投入し、固体粒子を排出する出口を選択することを試みた。粒子の濃度が濃い場合、粒子は三角形の頂点側の出口から排出された。また薄い場合でも周波数をスイープさせることで粒子を移動させて、三角形の頂点から排出することが可能となった。すなわち、超音波を用いて固体粒子を特定の出口に誘導することが可能となった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 超音波、マイクロ流路、粒子、音響放射圧、非接触、マニピュレーション

〔研究題目〕 表面科学的手法を用いた、糸状菌が認識する表面特性に関する研究

〔研究代表者〕 三宅 晃司
(先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 三宅 晃司、中野 美紀
(常勤職員2名)

〔研究内容〕

これまで *M. grisea* などの一部の糸状菌では発芽菌糸が付着した固体の表面特性にตอบสนองして、発芽菌糸先端から器官を分化が誘導されることが知られている。しかしながら、表面のどのような特性が菌の器官分化を誘導するかは未だに明らかになっていない。そこで、本年度は表面特性として表面の硬さと濡れ性の組み合わせを検討することにより、*M. grisea* の器官分化に与える、表面特性の影響を明らかにすることを目的とした。

モデル表面として自己組織化単分子膜によって4種類の官能基で修飾した表面を用いた。基板としては、機械的特性の異なる2種類の基板を用いた。これらの材料の機械的特性とその表面の化学的特性を制御した基板上で、*M. grisea* の器官分化を観察した。その結果、単純に表面の疎水性、親水性といった濡れ性だけではなく、表面の官能基の種類やその分布が菌糸先端での器官分化の誘導に強く関与していることを明らかにした。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 *M. grisea*、器官分化、濡れ性、自己組織化膜

〔研究題目〕 低原子価チタンを含むバリウムチタン酸化物の合成と結晶構造、物性

〔研究代表者〕 片岡 邦光
(先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 片岡 邦光、秋本 順二
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

低原子価チタンを含むチタン酸化物は、特殊な物性を有する化合物が多数報告されている。しかしながら、これらの物質群の中で、バリウムチタン酸化物については、微小な単結晶試料または多結晶試料を用いた結晶構造解析の研究が行われているが、基礎物性や電子状態などは全く知られておらず、また合成法も確立されていない。このバリウムチタン酸化物についても、他の低原子価チタンを含む化合物と同様に電子伝導、磁性に興味深い物性が観測される可能性が高い。

これまで報告されてきた低原子価チタン含むバリウムチタン酸化物の合成条件を検討・精査することで、金属容器とアルゴンガス雰囲気を用いた還元雰囲気合成により数種類の化合物の合成に成功する共に、その結晶構造を粉末または単結晶 X 線回折により詳細に再検討し、理論計算による電子状態を明らかにした。また四端子法、スクイドを用いて電子伝導、磁性を評価した結果、当初の予想通り特異な物性を示した。また結晶構造に注目して、同結晶構造を有する新規アルカリチタン酸化物の合成を検討した結果、新規トンネル型構造を有するアルカリチタン酸化物の合成に成功し、粉末 X 線/中性子回折や NMR、理論計算などを利用して詳細な結晶構造を明らかにした。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】バリウムチタン酸化物、アルカリチタン酸化物、結晶構造解析、第一原理計算

【研究題目】電気化学成膜法による誘電体ナノキューブの3次元集積に関する研究

【研究代表者】加藤 一実
(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】加藤 一実、Dewei Chu
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

BaTiO₃のような誘電材料は低損失で温度安定性に優れ、衛星通信用リゾネータやフィルタ、および多様なキャパシタ素子として広く応用されている。そのため、誘電体ナノクリスタルのサイズや形の精密制御や、その自己集積化を利用したテーラードナノ構造の形成に関する技術開発は、誘電素子をボトムアップ製造するための基盤技術として重要である。

水溶液から BaTiO₃ ナノクリスタルを合成するために、前駆体を検討した。適切な出発原料を注意深く選択し、反応条件を詳細に調節した。(NH₄)₃TiF₆は安定な錯体であり、H₃BO₃の添加と電位/電流の調節によって、その加水分解速度を制御することができる。最初に BaTiOF₄ ナノロッドアレイを合成するための手法を検討した。BaTiOF₄はバリウムとチタンを1:1の化学量論比で含み、固体構造は八面体的に配位したバリウム原子と八面体配位したチタン原子からなり、この配位構造は BaTiO₃ のペロブスカイト構造における原子配置とよく一致していた。合成条件を最適化した結果、平均直径 230nm の結晶性 BaTiOF₄ ナノロッドが形成することが分かったが、焼成後に BaF₂ に結晶化することが分かった。

次に、TiCl₄ や水溶性チタン錯体などの前駆体を検討した。生成物の形態は、前駆体、合成温度、pH 値、印加電流に依存した。特に、水溶性チタン錯体を用いると、高電位ではマイクロチューブのような生成物が得られ、硝酸共存下では平均サイズ 200nm の BaTiO₃ ナノキューブを合成することができた。既報告の文献調査に基づくと、100℃以下の低温において、電気化学的成膜法により BaTiO₃ ナノキューブを合成した例は初めてであることが分かった。このように、狭いサイズ分布をした立方晶系 BaTiO₃ ナノキューブを、水溶液から段階で低温で合成するための手法ならびに合成条件を見出すことができた。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】チタン酸バリウム、ナノキューブ、電気化学的成膜法、前駆体構造

【研究題目】有機色素太陽電池の高効率化を目指した機能性有機色素分子の開発研究

【研究代表者】甲村 長利 (太陽光発電研究センター)

【研究担当者】甲村 長利、楮山 真吾、植村 由
(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

これまで色素増感太陽電池に用いる増感色素として、オリゴチオフェンに種々の長さのアルキル基や酸素原子を導入したカルバゾール系有機色素を開発し、それらを用いた太陽電池セルを作製し光電変換特性を詳細に調べてきた。今回、オリゴチオフェン上のアルキル基をヘキシル基に固定し、オリゴヘキシルチオフェン電子伝達系に適したドナー骨格を探索する目的で、種々の異なるドナーを持つオリゴチオフェン系有機色素の合成を行った。用いたドナー骨格は、N-エチルインドリン、N-アセチルインドリン、N-アニシルインドリン、N-エチルインドールおよび N-アニシルカルバゾールを用いた。これらの色素群を合成し、それぞれを用いて太陽電池セルを作製し光電変換特性を評価した。その結果、比較的ドナー性が高いと考えられる色素を用いた場合においては予想に反して光電変換効率は低下し、興味深いことに、チオフェンに伸長に伴って変換効率の低下が認められた。それは、インドリンやインドールをドナーとする色素の酸化チタンへの吸着量が少ないことが原因であることがわかった。吸着量が低下すると、アルキル基による電子の再結合抑制作用が効果的に働かなくなり、電子寿命や開放電圧が低下する。比較的ドナー性が低い N-アニシルカルバゾールが最も高性能の色素であることが判明し、オリゴチオフェンを電子伝達系として用いる場合における最適なドナー-アクセプターの組み合わせがあることがわかった。

また前年度報告した色素 (MK-24、25) および既存の色素 (MK-2) を用いて固体型色素増感太陽電池の作製を行った。セルの構造は電解液の代わりに高分子電解層を用いるもので、アルキル基の長さの違いによる光電変換特性の比較を行った。その結果、アルキル基が短い色素 (MK-24) は高い色素吸着密度により高分子電解層の光電解重合を促進し、ヘキシル基やドデシル基を持つ色素に比べ高い光電変換効率を示すことがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】色素増感太陽電池、有機色素、オリゴチオフェン、HOMO-LUMO レベル、光電変換効率、電子ドナー部位、固体型色素増感太陽電池、光電解重合

【研究題目】人とかがわる共生型ロボットのためのロボットの適応的要素行動

【研究代表者】松本 吉央 (知能システム研究部門)

【研究担当者】松本 吉央、脇田 優仁、吉川 雅博
(知能システム研究部門)、
石黒 浩、中村 泰 (大阪大学)、
住谷 昌彦 (東京大学)

(常勤職員2名、他4名)

【研究内容】

本研究の目的は、アンドロイドや人間型ロボットが人の話を聞く際の“うなずき”や“微笑み”などのしぐさを、ゆらぎの概念を取り入れながら周囲の人間と同期させ、ロボットやアンドロイドとのコミュニケーションにおいて人間が感じる満足度や安心感を向上させることである。22年度は、これまでの研究成果を踏まえながら、本学術領域「ロボット共生学」全体の目標である「ロボットによるよい聞き手の実現」へ向けて以下の研究を行った。

(1) アンドロイド実験プラットフォームの開発

アンドロイドFを利用した病院の陪席実験などを行うための動作システム、および操作インターフェースの開発を行った。ロボットの動作生成手法としては(1)オペレータが画面上で動きを指定する GUI を用いたもの、(2)オペレータ/対話相手の顔・頭部の動きを画像により計測してロボットの動きを生成するもの、(3)ロボットが自律的に確率的な動きを生成するもの、の3種類を実装した。また、これに加えて音声処理として(4)マイクロホンアレイを用いた音源定位により話者の位置を検出し視線を向ける機能と、(5)声質変換(ボイスチェンジ)機能により男性がアンドロイドを通してオンラインで発話する機能、を実装した。

(2) 病院での実証実験

アンドロイドを診察に陪席させ、患者に同調させてうなずきや笑顔を表出することにより、患者の診察に対する満足度を上げることができると、いう効果を検証するために、大阪大学附属病院、および東京大学附属病院の麻酔科外来診察室において、それぞれ約1ヶ月の実証実験を行った。その結果、アンドロイドが患者に同調した場合と医師に同調した場合の心理的提供の違いや、年齢層や性別によるアンドロイドへの印象の違いが明らかになった。また、高齢者の認知症予防活動「ほのぼの研究所」や発達障害児の支援に関する研究会などでもアンドロイドのデモンストレーションを行い、高齢者・障害者のコミュニケーション支援に向けた検討を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ロボット、アンドロイド、人間共存、存在感

【研究題目】超高速3次元形状計測センサの開発および応用の研究

【研究代表者】佐川 立昌(知能システム研究部門)

【研究担当者】佐川 立昌、川崎 洋、古川 亮
(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

本提案の目的は、高速・超高速な形状計測センサの開

発および、計測した形状データを用いた応用の研究を行うことである。平成22年度における研究では、まず、複数のデバイスを利用した、広範囲な計測手法の開発を行った。初期実施計画に記されていない発展として、平成21年度の研究で、複数のカメラ、プロジェクタを利用した形状計測の可能性が示された。本年度はこの手法を拡張し、観測対象の周囲にカメラとプロジェクタを配置し、高速移動物体に対して全周囲形状の計測を行う方法の研究開発を行った。この研究は、国内会議MIRU2010において最優秀論文候補となり、国際会議PSIVT2010において最優秀論文を受賞した。また、これまで可視光を投影するプロジェクタを用いてパターンを投影したのに対し、赤外光を用いてパターン投影を行うプロジェクタの設計と試作を行い、赤外光を用いて形状計測を行うシステムの研究開発を行った。これにより、可視光のテクスチャの撮影と形状計測を同時に行うことが可能となった。この研究について、国際会議における採録が決定しており、2011年に国外・国内で発表を行う予定である。さらに、これまでの研究においてはワンショット形状計測法として、単一の画像から形状復元を行ったが、時系列に連続して得られる画像に対し、形状変化の連続性を導入して形状復元の安定化を図る研究を行った。また、ワンショット形状計測法では撮影のフレームレートと比べて、形状復元の計算に時間がかかっていた。そこでアルゴリズムとその実装を見直し、計算速度の向上を目指す研究開発を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】高速3次元形状計測、ワンショット形状計測、全周形状計測

【研究題目】組立作業教示のための作業特徴量の抽出と制御方策切り替え条件のモデル化

【研究代表者】山野辺 夏樹(知能システム研究部門)

【研究担当者】山野辺 夏樹(常勤職員1名)

【研究内容】

少子高齢化による労働力不足を背景に、現在は人手に頼っているような複雑な組立作業の自動化に対する要求は高まっている。本研究では、人の持つ高度な組立技能をロボットに実現することを目標とし、作業状態に応じて制御方策の切り替えを行うような複雑な組立動作を生成するための方法論を示す。本研究は平成20年度より開始されたものであり、当該研究期間においては、対象物の一部に柔らかさが存在する組立作業である乾電池装填作業を対象として以下の項目を実施した。

1. 対象物の構造に基づく組立作業の表現

制御方策と対応づけて作業状態を表現できるよう、対象物の拘束関係や可動方向、コンプライアンス(柔らかさ)の配置関係といった対象物の構造に着目し、これらの組み合わせとして組立作業を表現した。各構造表現に動作を対応づけることができ、それにより作

業全体の大まかな戦略を構築することが可能となる。

2. 人の実演データに基づく組立動作の解析と制御方策の獲得

実演作業時の手先のダイナミクスの変化を力制御パラメータの時系列データとして推定し、そのデータを基に、作業中に実現されている複数の制御方策とそれに対応する作業状態のモデル化を、確率モデルを用いて実現した。

3. 上記2項目に基づくロボットの組立動作の生成

実演データから得られた制御方策と、対象物の構造に基づく作業戦略とを対応付けることにより、各作業状態で考慮すべきパラメータならびに制御方策の切り替え条件の選定が可能となる。当該研究期間では対象作業をロボット実機で実現し、生成した組立動作の有用性を示した。

今後は作業事例を増やし、動作生成の自動化についても検討していきたいと考えている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 知能ロボティクス、技能解析、マニピュレーション

【研究題目】 被介護者・介護者の会話の観察に基づき適切な作業支援を行う介護支援ロボットの開発

【研究代表者】 松坂 要佐 (知能システム研究部門)

【研究担当者】 松坂 要佐 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、介護場面において介護者を補助するロボットの知的能力を向上させ、より効率の良い作業支援を実現しようというものである。介護の場面においては、介護者が二人一組で作業を行なうことが基本であり、ロボットを導入した以後においても、一人の介護者（以降、主介護者と呼ぶ）が被介護者の体を抑えつつ、ロボットの操作を担当するもう一人の介護者（以降、複介護者）が被介護者の体を持ち上げるという二人一組での作業が基本であり、これまで2人以上の被介護者を確保することが難しい一般家庭においては、ロボット技術が使われることは少なかった。本研究の目的は、ロボットの知能化を推し進めることで、これまでその操作を担当していた複介護者の存在を不要にする技術を開発することである。

一人での作業を支援するに当たり、音声認識によるロボット操作は有効なインターフェース技術の一つである。しかし現状の音声認識では、100%の認識率を得ることは難しい。音声による緊急停止ボタンに相当する命令を「緊急停止命令」と呼ぶが、確実な停止を実現することは難しかった。実用的な方法として大声による発話を緊急停止命令として検出する方法を実装した。大声による緊急停止は、一定レベル以上の強さの音が入力された条件で駆動されるルールをルールエンジン上で最も優先度

の高いルールとして定義する。この機能の実装により、音声認識が誤認識した場合でも、ロボットの動作を確実に停止することができることを確認した。

介護者は介護作業の中でロボットに対する命令以外の発話も行なう。このような発話はロボットへの命令として誤認識されることが多く、誤動作の原因となっていた。ここで、画像処理により介護者がロボットに顔を向けて発話した内容のみを命令として解釈するシステムを作成した。この機能の実装により、命令以外の発話の大部分が棄却されることを確認したが、その一方で、時折ロボットに向けられた命令も棄却されてしまう問題も生じた。

上記問題に対処する第二の方法として、ロボットに対する命令以外の発話を介護者・被介護者間の会話の文脈を用いて棄却する方法の有効性を実験によって確認した。被験者の安全性確保の観点からロボットシミュレータを用意し、ボタン操作条件、音声操作（文脈非考慮）条件、音声操作（文脈考慮）条件における15人規模の模擬操作データを収録した。模擬操作データの解析の結果、介護者・被介護者間の文脈を考慮した方がより効率が良い作業ができると同時に、介護者が機器を扱っているということを強く意識する必要がない点、自然な文脈で機器が操作できるため誤操作が少ない点の2点において有効であることが明らかになった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 介護ロボット、会話システム、人工知能

【研究題目】 RT ミドルウェア技術をベースとしたロボットシステム統合のためのプログラム言語

【研究代表者】 Biggs Geoffrey

(知能システム研究部門)

【研究担当者】 Biggs Geoffrey (他1名)

【研究内容】

ロボット用ソフトウェアのモジュール化を推進するRT ミドルウェア技術をベースに、システム統合手法を研究することを目的として、RT ミドルウェア (OpenRTM-aist) の Erlang 版を研究開発した。システムの複雑化が進むに連れて、顧客の要望を満たすシステムを柔軟に構築するための枠組みや支援ツールが存在しないことが問題となっている。一方、通信分野では、Erlang 言語を使った“supervision tree”というコア技術が分散システム管理に導入され、実績を持っている。既開発の RT ミドルウェアの他言語版 (C++, Java, Python) との相互運用性を持ち、Erlang がもつネイティブの分散実行機能も同時に利用出来るように通信機能を拡張した Erlang 版 (OpenRTM-erlang) を開発して公開した。また、Erlang のスーパービジョンツリー技術を導入することで、エラー処理を備えたコンポーネントマネージャを開発した。国際的なソフトウェア標準化団体である OMG において、システム構成を実行時に変

更可能にするための枠組みとなる標準公募（DDC4RTC RFP）に対して、このスーパービジョンツリーの概念を柔軟なエラー処理を実現する枠組みとして提案できた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】ソフトウェア開発効率化・安定化、知能ロボティクス、知能機械、分散システム管理、RTミドルウェア、システム統合

【研究題目】不確かなクラスラベルを持つデータの解析手法に関する研究

【研究代表者】渡辺 颯司（大津フェロー室）
 【研究担当者】渡辺 颯司（他1名）
 【研究内容】

近年、機械学習の手法を用いて多量計測データを定量的に解析（類別・識別）する方法が提案されている。しかし、（特に生物学分野などの）自然科学分野のデータは、（不確実な）現象を計測しているため、人手による制御が困難であり、文献などの事前知識に基づき付与されるクラスラベルが必ずしも真のラベルを表現していないという問題がある。そこで本研究では、学習データにおけるクラスラベルの不確実性をも考慮に入れた（新たな）識別手法を提案し、実測データに適用することでデータ解析の質的進展に資する。

平成22年度では、ラベルの不確実性を考慮した識別手法の検討を計画しており、この研究計画に沿って、学習データにおけるクラスラベルの不確実性をも考慮し、未知データのクラスラベルの確からしさ（確信度）を推定する手法を提案した。提案手法は、査読付き国際会議である ICONIP2010 に採録された。

提案手法は、半教師あり学習手法の枠組みで数量化 IV 類に着目し、ラベル値の表現にロジスティック関数を導入することで、ラベル値を事後確率として推定している点に新規性がある。ロジスティック回帰で推定する事後確率および数量化 IV 類で推定するラベル値を確信度と捉え、これらの手法と提案手法の識別性能などをレポジトリデータセットに対する実験で比較したところ、提案手法は、ロジスティック回帰および数量化 IV 類よりも信頼性の高い確信度を推定することが出来た。

本研究成果の意義は、確かなクラスラベルを持つ少数の学習データを用いて、ラベルなしデータの帰属するクラスとクラスラベルの確信度を同時に推定することが出来る手法を提案したことであり、不確実なクラスラベルを持つデータの（新しい）パターン認識的解析手法を確立する上で、重要な研究成果を出したと言える。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】ロジスティック回帰、数量化 IV 類、半教師あり機械学習手法

【研究題目】半構造化環境を利用したロボットの自律

的環境モデル構築とタスクプランニング

【研究代表者】田中 秀幸（知能システム研究部門）
 【研究担当者】田中 秀幸（他1名）
 【研究内容】

本課題では、ロボット用のインフラ整備が部分的に行われた「半構造化環境」における環境モデリングとタスクプランニングの技術を研究し、サービスロボットの自律性および実用性の向上を目指す。本年度の成果は主に下記の3つである。(1)非構造化領域のモデル化を利用した生活支援ロボットアプリケーションの開発：視覚マーカによる構造化環境を利用した生活支援アームのシステムを拡張し、非構造化物である人間の顔を対象に、自動で飲み物のカップをユーザの口元に運ぶシステムを開発した。ここでは、顔認識技術を応用し、検出したユーザの顔の ID と位置・姿勢を利用することで、構造化物と同様の扱いができることを示し、その有用性を示すことができた。(2)より高精度な環境構造化のための視覚マーカの開発：レンチキュラーレンズと縞模様パターンを用いることで、角度検出に関して従来の平面視覚マーカより20倍ほどの精度と安定性をもつ新しい視覚マーカを開発した。また、このマーカを活用し、ハンドカメラを装着したロボットアームと操作対象物体との自動位置合わせを行うことで、より広範囲なロボット初期位置からでも自動物体操作が可能となることを実証した。(3)人間-ロボット間で共有可能なモデルを記述する手法の研究：人間の生活全般を記述する共通言語として WHO で採択されている ICF（国際生活機能分類）を利用することで、人間の生活と支援ロボットの機能をリンクさせる手法を検討した。これにより、今後の課題として、オントロジー工学を利用した ICF の整理と、ロボットの機能の記述、および生活環境・作業環境のモデル化・記述法の開発が必要であることを明らかにした。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】サービスロボット・環境知能化・環境構造化

【研究題目】全方位医療用内視鏡を用いた全天球視野映像の研究開発

【研究代表者】佐川 立昌（知能システム研究部門）
 【研究担当者】佐川 立昌（常勤職員1名）
 【研究内容】

本研究の目的は、全方位内視鏡を用いて、死角の無い映像（＝全天球視野）を表示する方法を開発することである。全方位内視鏡は前方、後方の両方の視野が得られるが、凸面鏡の裏側などに観察できない死角が存在する。死角部分の映像を前後の映像から推定することによって、死角のない全天球視野を持つ映像を生成する。すなわち、時系列的に得られた複数の画像から全天球視野を生成することになる。複数の画像から全天球視野画像を生成する際、死角部分境界に画像の不連続などの誤差が発生す

ることが多い。そこで撮影した腸管の形状を得ることによって、そのような誤差を少なくすることを目指す。本年度は、2つのアプローチで腸管の形状を取得する方法について研究を行った。第1の方法は、腸管映像内の特徴点を時系列的に追跡することによって、カメラの動きと腸管形状を復元する方法である。第2の方法は、パターン光を投影する光源を内視鏡先端に取り付け、そのパターン光を内視鏡のカメラで観測することによって形状を得る方法である。第1の方法について、腸管画像において襞の連続性を利用して襞を強調した後、その襞の上の特徴点を検出し、特徴点を中心として襞を挟むようにセルを配置した HOG 特徴量を用いて対応づけを行う手法を提案した。この提案手法について、国内会議における研究発表および投稿論文において誌上発表を行った。第2の方法について、内視鏡先端に取り付けられる小さな光源を開発するため、内視鏡先端に取り付け可能な小さなレンズと、レンズ投影面に収まる微細なパターンを用いて、パターン投影が可能かについて予備実験を行い、このアプローチが可能であることを確かめた。今後このアプローチを実現する実験システムを構築する予定である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】内視鏡映像、全方位、形状モデリング

【研究題目】重時空間スケールで適応する多自由度ロボットのノンストップ運動計画

【研究代表者】吉田 英一（知能システム研究部門）

【研究担当者】金広 文男、原田 研介、
Jean-Paul Laumanod (LAAS-CNRS)、
Oussama Kanoun (LAAS-CNRS)
(常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

本研究では、従来研究におけるロボット運動計画機能を拡張し、計画した運動を多重時間・空間スケールで変化する環境に適応させる機構を導入して、ノンストップで機能する多自由度ロボットの運動計画システムを確立する。

平成22年度は、検出された環境変化に適したスケールで時間的・空間的適応を行う機構を構築した。まず、空間的な適応では、経路の再計画と変形の効率的な統合により、予期しない障害物により実行中の軌道の実行が不可能となった場合、ロードマップを用いた再計画手法による大域的な経路計画能力と経路変形の高い応答性の両方の利点を活用できるオンライン経路再計画手法を構築した。これにより、状況に応じて適切な手法を適用して滑らかな干渉回避を行う枠組みを新たに構成した。時間的な適応としては、微視的時間スケールで経路のトポロジーを大きく変化させずに移動できる範囲である「実行可能軌道集合」を、軌道長を増加させずに変形が可能な場合のみ、局所的変形により軌道を伸縮する形で陰に表

現し、応答性の高い適応動作を実現した。経路変形の計算は、干渉回避方向をロボットのヤコビ行列の逆行列を用いずに求めることで高速に行うことができる上、ロードマップを用いる経路の再計画は必要がない限り呼び出されないため、ロードマップもコンパクトに維持することも可能である。作業空間上のエンドエフェクタの目標位置を支配自由度、またロボットのコンフィギュレーション空間を詳細自由度と捉え、これらを、微小動作を表現するヤコビ行列により結びつける階層的なロードマップを構築し、環境変化に応じてノンストップで動作する運動計画器のプロトタイプを実装した。冗長マニピュレータを用いたシミュレーションで有効性を検証した。成果の一部を報告した論文がロボット工学分野の著名誌の一つ Int. J. on Robotics Research に採択された。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】運動計画、多自由度ロボット、時間・空間適応

【研究題目】キャスト作業システムを用いた器用な遠隔物体操作に関する研究

【研究代表者】有隅 仁（知能システム研究部門）

【研究担当者】有隅 仁、武田 行生、中坊 嘉宏
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究では、大規模空間における物体搬送に着目し、遠方や近づきにくい場所の物体を素早く捕獲・回収する、キャストに基づく器用な物体操作方法を明らかにし、システムを構築して実験的検討を加え、遠隔物体の搬送作業を実現することを目標とする。本年度では、目標運動を実現するためのワイヤ張力制御法ならびにグリップの空中移動制御法を明らかにする。また、装置を開発し、実機による本手法の有効性を検証する。

- (1) グリップの微小な位置・姿勢の制御を行う高精度微小張力制御とグリップの速度・姿勢を急激に変化させる衝撃的大張力制御を実現する方法を検討した。具体的には、トルクを制御可能なヒステリシスブレーキに取り付けたバーにワイヤを引っ掛け、回転中のバーとワイヤの接触位置を制御可能とする、2入力張力制御機構を試作し、理論および実験を通して各入力だけでは実現できない広いレンジの張力制御ができることを確認した。一方、高精度微小張力制御に関しては、ブレーキのコギングにより安定な最小張力制御域が制限されることが問題となり、これを改善するために、ワイヤの繰り出し経路上にブレーキを設置し、その先に設置した、伸びがアクチュエータにより制御されるばねで支持されたプーリーにワイヤを通し、ブレーキの固定・解放の2状態とばねの伸びを制御量とする、新たな張力制御機構を考案し、設計・試作を行った。
- (2) 物体を目標位置、姿勢、速度で把握するために、グリップが物体へ接近するときの最終的な運動状態と目

標状態との距離を表す評価関数を最小とする投擲角度・角速度ならびにワイヤ張力に関する制御変数を最適化手法により導出するアルゴリズムを開発した。また、把持物体を遠方から回収するための動作を実現するために、アームのスイング時の反動ならびにワイヤの巻き取りの協調動作を繰り返すことにより、断続的に運動エネルギーを与えて物体を空中移動させる方法を提案した。さらに、ワイヤの仮想的な引っ張り剛性を変化させる機構を開発した。実験をにより提案手法を用いた物体の回収動作を実現した。

- (3) グリッパの3次元空間運動を測定するために、2台の高速度カメラにより物体上に設置したマーカの位置をトラッキングすることによって、最大3m の距離を移動する物体の位置と姿勢を1msec 毎に計測するシステムを構築した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 マニピュレーション、動力学、ワイヤ駆動、最適化法、視覚フィードバック制御

【研究題目】 非周期歩容および物体操作を同時に実現する、多点接触を伴う全身運動の計画

【研究代表者】 Kheddar Abderrahmane
(知能システム研究部門)

【研究担当者】 吉田 英一、原田 研介、
Bouyarmane Karim
(常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

本研究では、これまでのヒューマノイドロボットに対する非周期的な接触動作計画器を拡張して、仮想世界でのデジタルアバターや実世界でのロボットなどの動作主体による、接触を含む操作と非周期的な運動とを組み合わせた複雑な全身動作を実現するため、統合的な接触動作計画の枠組みを提案する。

平成22年度は、(1) 接触動作計画の機能の高度化に加え、(2) 多点接触の操作と非周期的動作の統合、(3) ダイナミックな動作の生成を目標とした。そのうち、主に課題(1)について大きな進展が得られた。まず、環境に存在する多関節ロボット、固定・可動物体など全てを共通の構造とそれらの接触状態の遷移を数学的に表現することで、多点接触の操作・非周期的動作を、接触状態の遷移として一般的にモデル化する手法を導出した。さらに、これまでの手法ではモデル化されていなかった物体の把持の際に生ずる双方向的な接触も含む形での拡張を行った。この結果を用いて、複数の接触点の制約を満足する動作主体の全身姿勢を、最適化手法を適用して導出する逆運動学を構築し、計画手法の基礎を確立した。さらに、課題(2)では、(1)の接触遷移動作の一般的なモデル化を利用して、動作主体による移動動作と物体操作を同時に表現するための基礎となる数学的表現手法を構成した。課題(3)に関しては、全身動作軌道のスプライン

曲線表現とこれを用いた連続的な制約を含む軌道最適化問題の定式化に関する基礎的な解析を行い、次年度以降の動的動作の生成手法構築への道筋をつけた。関連論文が、ヒューマノイド関連では最大の国際学会 Humanoids 2010で学会最優秀論文候補となった。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 アニメーション、デジタルヒューマン、ヒューマノイド、モーションプランニング、接触動作計画

【研究題目】 UML モデリングによる人と共存するロボットの安全設計と評価方法の研究

【研究代表者】 中坊 嘉宏 (知能システム研究部門)

【研究担当者】 中坊 嘉宏 (常勤職員1名)

【研究内容】

UML モデリングによる安全システムの設計、評価手法を確立し、ロボットの安全に関わるセンサ、処理系、ネットワーク等の様々な内部モジュールやシステムの設計、評価を可能にする。また UML モデルを安全関連一般に適用し、基礎的な手法概念を確立する。これにより、人と共存するサービスロボットやセル生産ロボット等の開発に必要な、安全性評価や規格等への適合設計が容易に行える手法を実現する。

今年度は、ISO 機械安全規格および IEC 機能安全規格で規定されるリスクアセスメントの方法について、ロボットシステムモデルと開発プロセスの両方を含む UML メタモデルを開発した。またつくばチャレンジ 2010プロジェクトにおける人共存自律移動型ロボットの開発に際し、リスクアセスメントメタモデルの適用を試み、モデルベースシステム開発の重要性を明らかにした。さらに開発したモデルにつき、OMG での標準策定作業を開始して、研究代表者が主担当となり、機械安全のみならず、広く一般的な様々な分野でのリスクのアセスメントについて、リスクのモデルとそのアセスメントプロセスのモデル化を行うこととなった。またモデルの標準策定作業において、機械安全以外に、鉄道安全、自動車安全等の他の安全分野、およびセキュリティリスクなどの安全以外の分野からのリスク同定に関する情報収集を行った。一方、明らかにしたモデルベース開発について、従来の工場や産業分野むけではなく、消費者向けの安全をキーワードにリスクアセスメントの重要性を明らかにし、そこでベースとなる本研究結果の UML メタモデルの重要性を明らかにした。これを IPA 主催のセミナー等で提案し、普及につとめた。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 国際安全規格、リスクアセスメント、UML モデル、サービスロボット

【研究題目】 足関節他動運動訓練機器が末梢組織の循環状態に与える影響に関する研究

〔研究代表者〕 本間 敬子 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 本間 敬子、薄葉 眞理子
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究では、足関節を対象として、他動運動訓練機器の適用が末梢組織の循環状態に与える影響を実験的に解明することを目的としている。

本年度は、脳血管疾患罹患経験を有し、片まひの後遺症がある被験者の協力を得て、末梢循環状態に関連すると予想される生体信号について、日常生活における時系列変化に関する計測実験を行った。計測実験は、被験者の日常生活空間である老人保健施設において実施し、下肢の皮膚表面温、組織血流量、血中酸素飽和度等の生体信号を計測した。計測の結果は以下の通りである。計測期間を通じて室温はゆるやかな上昇が見られたのに対し、被験者の皮膚表面温は左右いずれも低下する傾向を示し、左右の差は認められなかった。組織血流量については、健側では時間の経過とともに増加の傾向を示したが、患側では減少の傾向を示した。血中酸素飽和度については、患側が健側より低い傾向を示した。足部の周径については、計測を行っていない日のほぼ同時時間帯と比較して、両側で周径が増加したが、特に患側の増加率が大きかった。以上をまとめると、組織血流量や血中酸素飽和度については、患側下肢の循環状態の低下に関連すると考えられる事象が認められた。一方、皮膚表面温については、下肢循環状態の変化との関連性は低いと考えられた。他動運動訓練機器の適用が末梢組織の循環状態に与える影響を評価するために、こうした結果を踏まえて生体信号間の重み付けを行う必要があるという結論が得られた。研究期間を通じて得られた成果のとりまとめを行った。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 足関節、関節可動域訓練装置、末梢循環状態

〔研究題目〕 グラフオートマトンにおける自己組織原理の研究

〔研究代表者〕 富田 康治 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 富田 康治、黒河 治久
(常勤職員2名)

〔研究内容〕

グラフオートマトンは、構造を変化させるルールと、ルールの適用を制約する構造との間の相互作用を記述する数理モデルである。これは静的な格子構造の上での格子点における状態変化を扱うセルオートマトンを、動的なグラフ構造に拡張したものといえ、より豊かな表現力をもつ。ここでは、各ノードが内部状態をもち、他の3個のノードと隣接するように制限されたグラフ構造を想定している。また、各ノードに接続しているリンク間に循環順序を仮定する。今年度は、単純な場合におけるグラフオートマトンの自己組織的な振る舞いとしてクラス

タリングに関する数理的検討を行った。クラスタ間の相互作用を検討することは、階層的な自己組織化のために、グラフの発展過程をメゾスコピックに捉える点で重要であると考えられる。ここでは、同一の内部状態をもつ極大連結ノード集合を一つのクラスタとする。グラフの発展は、任意に選択したリンクに対してルールを適用することを繰り返すことにより行われる。ただし、各ノードの取り得る内部状態は2状態とし、ノード数を増減させないルール2種類を想定する。これらのルールは、局所的なノードの配置によって、クラスタ数に対して異なる影響を及ぼす。それぞれのルールについて、ノード数12から1140までのいくつかの初期グラフからの発展過程をシミュレートし、一方のルールではクラスタ数は増加、他方では減少していくことがわかった。ただし、初期状態の影響や得られるグローバルな構造については今後さらに検討が必要である。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 グラフ、セルオートマトン、自己組織化、複雑系、動的ネットワーク

〔研究題目〕 無人ヘリコプタによる3次元視覚観測システムの研究

〔研究代表者〕 森川 泰 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 森川 泰、富田 文明
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究では、複数台のカメラで距離計測をするステレオカメラを搭載した自律型無人ヘリコプタシステムを開発し、無人ヘリコプタにより移動してステレオカメラで複数位置から撮影した画像データから遠距離の対象物の高精度な3次元データを構築するラージスケールステレオ法のアルゴリズムに関する研究することを目的としている。

無人ヘリコプタに関しては、小型の電動ラジコンヘリコプタに制御用コンピュータやセンサ、ステレオカメラなどを搭載して自律型無人ヘリコプタを製作し、その動作確認を行った。この無人ヘリコプタには、自動操縦と手動操縦を切り換えられる様に制御信号切換装置を新たに開発し搭載している。これを操縦システムに組み込むことにより、自動操縦と手動操縦をいつでも瞬時に切り換えることが出来、操舵信号などをモニターしたり、記録したりすることが出来る。

ステレオビジョンに関しては、無人ヘリコプタに搭載する基線長(カメラ間距離)の短いステレオカメラに関する研究開発を中心とした。ステレオ法による距離計測には事前にターゲットの特徴(形状など)を指定、教示する必要がある。それには、予めターゲットの幾何モデルを用意する方法と、観測データからターゲットをGUIで指定しモデルを自動構築する方法がある。更にターゲットを探索する場合にはGPSによるラフな位置

情報を与えるが、ターゲットの距離測定の要求誤差に基づいて、ヘリコプタの高度と方向を決定し、ターゲットを認識（発見）する為の最適なモデルの分解能と種類（テクスチャー、シェイディング、境界線）に応じた処理方法等を決定する必要がある。以上の問題を解決するアルゴリズムを検討した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】無人航空機、無人ヘリコプタ、飛行制御、ステレオビジョン、3次元計測

【研究題目】想定状況データと現実状況データの融合による状況依存な嗜好モデリング

【研究代表者】麻生 英樹（知能システム研究部門）

【研究担当者】麻生 英樹（常勤職員1名）

【研究内容】

個人の嗜好に適応したインタフェースを実現するためには、ユーザの嗜好の統計的モデルを構築する必要がある。モデル構築に用いるデータをアンケートで採取する際には、様々な状況を被験者に想定させて回答を得ることが行われているが、そうした想定状況下で得られるデータは現実状況下で得られるデータと異なっている可能性がある。本研究項目では、この差異の統計的な構造を明らかにし、想定状況下で採取された大量のデータと現実状況下で採取された少量のデータを組み合わせ、より精度の良い嗜好モデルを得る方法を確立することを目的とした研究を行っている。三年目（最終年度）である平成22年度には、食事嗜好に関するアンケートデータの解析結果をとりまとめ、想定状況と現実状況での嗜好の分布の異なり方について国際会議（International Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization, UMAP2010）にて発表した。2）階層ベイズモデリングを用いた状況依存な嗜好のモデル化を提案し、上記のデータおよび映画嗜好データに適用して有効性を検証した。さらに、想定状況下のモデルと現実状況下のモデルを階層的に融合させるモデル適応方式も提案し、上記の食事嗜好データに適用して有効であることを検証した。これらの成果について、国際ワークショップ（Workshop on Context-Aware Recommender Systems 2010）等において発表した。3年間にわたる研究の主要な成果として、当初目標どおり想定状況下での嗜好と現実状況下での嗜好の統計的な差を明らかにするとともに、想定状況データと現実状況データを組み合わせるモデル適応方式について、階層ベイズモデリングが有効であることを示すことができた。収集した食事嗜好データは状況依存な嗜好モデル研究用に公開する準備を進めている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ユーザインタフェース、個人適応、機械学習、嗜好モデリング

【研究題目】腕から計測可能な多種生体信号を用いた手の動作意図の推定手法の開発

【研究代表者】吉川 雅博（知能システム研究部門）

【研究担当者】吉川 雅博（他1名）

【研究内容】

手の動作意図を推定する技術は、手の動作を機械に伝達するヒューマンインタフェースの核となる技術である。本研究では、腕から計測可能な筋電位・筋音・筋の隆起度などの多種の生体信号を相互補完的に組み合わせた情報に基づいて詳細な動作単位で動作推定を行うことで、手の複数の動作意図を精度よく安定的に推定する手法の開発を行っている。本手法は人間と機械を結びつけるための基盤技術として広範囲に応用でき、障害者に対しては電動義手や環境制御装置、リハビリテーションへの応用など、QOL 向上に資する技術を提供できる。健常者に対しては、ロボットの遠隔操作、バーチャルリアリティなど、自然で直感的な操作用インタフェースを提供できる。本年度は、本研究を実施するための基盤となる、多種生体信号の計測システムの構築および、本手法を基に推定した動作の精度を比較検証するためのモーションキャプチャシステムの構築を行い、複数の生体信号から動作認識を行うアプリケーションを開発した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ヒューマンインタフェース、動作推定、生体信号

【研究題目】Self-organizing Mechanical Systems

【研究代表者】黒河 治久（知能システム研究部門）

【研究担当者】黒河 治久（常勤職員1名）

【研究内容】

今日の機械システム設計には、システムの大規模化・複雑化に伴う様々な問題がある。従来の方法論である還元論に替わるものとして、わが国を発祥とする自律分散システムの設計哲学が提唱されている。自己組織機械システムは、自律分散システムを基盤として、モジュラーロボットや、生物システムやマイクロ・ナノ領域での機械システムなどへと研究の発展を見せている。わが国を発祥とする自律分散システムの「こころ」にふれることのできる書物として、多分野の学生や研究者にわかりやすくかつ体系的な情報を提供し、異なる文化的背景をもつ諸外国にも認知させ、さらに発展させることが本書の刊行の目的である。

自己組織機械システムとは、生物のように多数の自律的要素によって構成され、要素間の結合を動的に再構成したり、要素群を協調的に動かすことによって、全体の構造や運動を作り出す機械システムである。従来の機械システムがトップダウンに設計されるのに対して、自己組織機械システムでは、要素のレベルの設計とそれらの間の協調の仕組みを作りこむことによって、ボトムアップに機能を発現させる。このようなシステムは、柔軟

性、多様性において優れており、従来の方法論では実現が難しい耐故障性と拡張性を備えることができるものと期待されている。本書は、このような自己組織機械システムの設計論を主題として、その核となる自律分散システムの概念をていねいに説明するとともに、その実現例として、モジュラーロボットのハードウェア、理論、アルゴリズム、プログラムについて、多数の研究例を示しながら解説したものである。

本年度は、日本語から英語への翻訳を完了した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】自己組織、モジュラーロボット、自律分散システム

【研究題目】動的環境における視覚情報に適応的なパーティクル・フィルタを用いた SLAM 手法

【研究代表者】横井 一仁（知能システム研究部門）

【研究担当者】横井 一仁、Nosan KWAK

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

人間型ロボットにより高精細な3次元マップを高速に構築することは非常に挑戦的な課題である。なぜなら、人間型ロボットが歩行をしている限り、足裏と床面との接触の際の振動により視覚映像がぶれるからである。また、人間型ロボットが歩行する環境には、視覚的な特徴が豊富なものから乏しいものまで様々なものの存在が想定される。

このような人間型ロボットの歩行による影響を最小限に抑えるために、環境の視覚によるマッピングに関して、任意の画像から3次元データを抽出するタイミングを決定する新たなスケジューリング手法を構築した。これは、人間型ロボットの脚が着地するタイミングを、足部の力覚センサの値の変動から検出し、着地衝撃による振動が収まったタイミングで画像を取得するものである。さらに、Visual odometry 手法を同時に実行することで、ロボットの姿勢の推定を行う。開発した環境マッピング手法を人間型ロボット HRP-2に搭載し実験を行い良好な結果を得た。

人間型ロボットを用いた実験を行う中で、ドアを開けるという動作を対象として、人間型ロボットの視覚認識と把持動作を統合する新たな手法を考案した。ドアを開けるには、ドアノブを精度よく認識することが必要であるが、視覚認識では限界があった。この問題を、視覚認識誤差を考慮して把持動作を計画し、ドアノブの検出に力覚センサのデータも用いることにより解決した。これにより、人間型ロボットは、ドアを認識し、近づき、ドアを開けるといった一連の動作をオンラインで実行できるようになった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】国際研究者交流、人間型ロボット、視覚

認識、環境マッピング

【研究題目】人間型ロボット動作の最適化に関する研究

【研究代表者】吉田 英一（知能システム研究部門）

【研究担当者】Wael Suleiman（他1名）

【研究内容】

本研究では、ロボットの運動に関する最適化理論の新規な展開を目指すとともに、これを人間型ロボットの運動に適用することにより、その運動機能と作業機能を向上させることとする。

平成22年度は、倒立振り子モデルに2次システムのモデルを適用した人間型ロボットのオンライン歩行パターン生成手法のコントローラを構築した。従来研究で用いられていた、実際のロボットとの質量分布の差異を吸収する補償器を用いずに直接分布質量系を2次システムでモデル化し、動的に安定な2足歩行動作を導出した。昨年度構築した、非線形の2次システムに対して最適化手法を適用して目的軌道に追従する動的歩行動作をオフラインで導出する基本アルゴリズムを拡張し、現在の状態の近傍での2次システムの線形化を用いたオンラインで歩行動作を生成する手法を導出した。

また、最適化手法の別の適用例として、人間型ロボットの実行可能性を考慮したオンライン動作パターン生成についても研究を行った。入力された歩行経路が、ロボットの脚や足どうしの干渉のため実行不可能な場合があるが、事前にこれらをすべて指定することは難しい。そこで、これらの干渉回避を最適化問題の制約として考慮し、これを2足歩行の遊脚軌道など緩和可能な他の制約より優先して、高速な線形最適化手法に適用することで、オンラインで実行可能な歩行動作を生成する手法を構成した。

上記で構築した制御手法を、ヒューマノイドロボットプラットフォーム HRP-2、人間の外観に近い形で設計されたヒューマノイドロボット HRP-4C 上で安定して動作することを確認し、有効性を検証した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】最適化、時間パラメータ決定、ロボット工学、ヒューマノイド

【研究題目】ヒューマノイドロボットのための視覚探索と物体操作に基づく能動全身動作生成

【研究代表者】吉田 英一（知能システム研究部門）

【研究担当者】Claire Dune（他1名）

【研究内容】

本研究では、ヒューマノイドロボットのための視覚探索と物体操作に基づく能動全身運動生成手法を確立することを目的とする。

平成22年度は、視覚情報を用いてオンラインで修正しながら目的とする動的な動作を生成する手法を構成した。

フランスの研究機関 INRIA と協力し、視覚に基づくヒューマノイドロボットに適用可能な3次元トラッキングシステムを構築した。カメラはヒューマノイドロボットの頭部に設置されているため、ロボットの歩行中の画像の左右の揺れや、足を着地した際のインパクトなどの外乱によりトラッキングが失敗する場合もある。インパクトなどによる高周波外乱は、カルマンフィルタを用いることにより平滑化する手法を構成し、実機によりその効果を確認した。さらに、視覚フィードバックを歩行制御に用いる手法を構築した。ヒューマノイドの制御には、実時間歩行パターン生成器を用いており、その入力ロボットの重心の並進速度・角速度（平面3自由度）である。上記トラッキングシステムを利用して、既知の物体を追跡して自己位置を測定するとともに、歩行パターン生成器が出力する左右方向の揺れを含む重心軌道を参照軌道として、視覚フィードバックにより歩行誤差をオンラインで修正する制御手法を導出した。ヒューマノイドロボット HRP-2を用い、構築した制御手法を適用して8m 四方の正方形の頂点の間を歩行する実機実験を行った。その結果、視覚フィードバックを行わない場合（並進・回転誤差60cm, 0.5rad）よりも格段に精度良く歩行位置を制御でき（並進・回転誤差15cm, 0.1rad）、手法の有効性が確認された。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】視覚フィードバック、ロボット工学、ヒューマノイド、歩行制御

【研究題目】インパクトを含む3次元非周期・多点接触動作の実時間生成

【研究代表者】吉田 英一（知能システム研究部門）

【研究担当者】Sebastien Lengagne（他1名）

【研究内容】

本研究では、人間型ロボットのような多数の自由度を持つロボットが移動できる領域を拡張するため、必要に応じて環境との多数の点で接触してロボットの体を支え、またその接触の際のインパクトも考慮して、非周期的かつダイナミックな全身動作を高速にオンラインで生成する手法を明らかにすることを目的としている。

平成22年度は、これまでの研究では避けられていた環境との接触を積極的に利用する動作を生成するため、ロボットの関節軌道を区間多項式スプライン曲線で表現し、最適化手法を適用する手法を新たに構築した。まず、連続的な等式・不等式制約も多項式で近似し、その極値の範囲を推定する方法を提案した。次に、多点接触に起因する接触力の不静定性を解決するため、最適化パラメータのみに依存する接触力の解析解を求める方法を導出した。これにより、多点接触に係る幾何的・力学的な制約を満たし、かつ関節トルク制限などの力学的な制約も考慮したうえで、エネルギー消費などの評価関数を最適化する動的な動作を生成することが可能となった。導

出した動的なさまざまな動作を、30関節以上を持つヒューマノイドロボット HRP-2に適用し、その有効性を検証した。従来研究での静的に安定な姿勢のみを用いた手法では非常に時間がかかっていた、机に手をついた着席動作や机の下に物を置くリーチング動作を、提案手法により自然かつ滑らかな動的動作で作業時間を大幅に短縮できることを示した。本研究の成果は、IROS 2010、Humanoids 2010で発表したほか、Thomson Reuters、New Scientist で報道されるなど、注目を集めている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】接触動作計画、インパクト、ロボット工学、ダイナミクス、区間解析

【研究題目】高精度で定量的な海水準変動を行うための微化石データベース構築

【研究代表者】澤井 祐紀

（活断層・地震研究センター）

【研究担当者】澤井 祐紀（常勤職員1名）

【研究内容】

古生物学的なアプローチを用いて過去の地震に関係した地殻変動を検出するためには、現生と化石の群集の客観的な比較を行わなくてはならない。本研究は、科学研究費補助金（若手研究（B））の一環として、現生における微化石群集を調べ、客観的・定量的な海水準変動復元の研究に資するデータを提供することを目的としている。平成22年度は、地形図などから選び出した16地域において生態調査を行った。具体的には、北海道厚岸町（78地点）、千葉県木更津市（15地点）、三重県鳥羽市（春尻川河口干潟で10地点、苔ヶ瀬河口干潟で33地点）、愛知県美浜町（上野間地域で13地点、奥田地域で10地点、上村地域で20地点、時志地域で8地点）、山口県山口市周辺（新地海岸（阿知須）で10地点、秋穂二島で10地点、秋穂湾で10地点）、山口県下関市の干潟（20地点）、福岡県糸島市（引津湾で13地点、船越湾で8地点）、佐賀県伊万里市（釘島周辺で16地点、東山代町で13地点）において表層堆積物の採取を行った。採取した試料に含まれる珪藻群集を光学顕微鏡下で観察し、少なくとも500個体ずつ同定・計数した。以上の結果、厚岸町では *Diploneis decipiens* var. *parallela* や *Navicula salinarum* などの分布を押さえることができた。また、昨年度の調査で特に重要と考えられた *Pseudopodosira kosugii* の生育帯をより詳しく知ることができた。これらのカウント結果を元に成準対応分析を行った結果、環境要因（特に、標高）と珪藻種との関係を知ることができた。

【分野名】地質

【キーワード】海水準変動、層位・古生物学、生態、環境変動

【研究題目】日本の活構造研究—特に断層形状と地表

地震断層の関係および新たな年代測定の導入

【研究代表者】吾妻 崇（活断層・地震研究センター）

【研究担当者】吾妻 崇、Schlagenhauf Aloe
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

既存文献および(独)産業技術総合研究所が公開している活断層データベースを用い、日本で発生した18の内陸地震（横ずれ断層による地震9事例と逆断層による地震9事例）に伴う地表地震断層の断層位置を抽出した。基図として、国土地理院が公開している10m DEMを用い、地理情報システムで地形陰影図を作成し、そのうえで活断層の位置を表示した。これらの地震によって生じた地表地震断層の位置を地理情報システム上で編集し、20万分の1シームレス地質図や気象庁の一元化震源データと重ね合わせ、断層面の地下形状をモデル化した。地表地震断層に近接して分布する活断層の位置については、活断層データベースや各種文献資料を参照するとともに、独自に空中写真を用いて地形判読を行なって確認した。

【分野名】地質

【キーワード】活構造、地表地震断層、断層形状、数値標高モデル、地理情報システム

【研究題目】陸域における微生物による嫌氣的メタン酸化プロセスの解明

【研究代表者】竹内 美緒（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】竹内 美緒（常勤職員1名）

【研究内容】

これまでに嫌氣的メタン酸化活性が確認されている関東平野の沖積層試料を用いて、詳細な遺伝子解析を実施した。その結果、嫌氣的メタン酸化に関わる *mcrA* 遺伝子については、海域に生息する嫌氣的メタン酸化古細菌（ANME）の *mcrA* 遺伝子に近縁であるが、異なるクラスターを形成する遺伝子（アミノ酸相同性60-65%）が発見され、海域の ANME とは異なる ANME が陸域に存在する新たな証拠が得られた。また、海域での嫌氣的メタン酸化には *Desulfosarcina/Desulfococcus* 等の硫酸還元菌が関与していることが知られていることから、硫酸還元に関わる *dsrA* 遺伝子の解析を行った。その結果、*Desulfosarcina/Desulfococcus* に由来する *dsrA* 遺伝子は検出されず、DSR-I クラスターに属するものが検出された。この結果より、嫌氣的メタン酸化のメカニズムも海域と陸域で異なる可能性が示唆された。

【分野名】地質

【キーワード】陸域地下圏、嫌氣的メタン酸化、ANME、*mcrA*

【研究題目】重希土類元素およびインジウムの濃集機構と資源ポテンシャル評価の研究

【研究代表者】渡辺 寧（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】渡辺 寧、村上 浩康、実松 健造、星野 美保子、松枝 大治、吉田 武義、水田 敏夫、石山 大三、清水 正明、木村 純一、渡邊 公一郎、今井 亮、浦辺 徹郎、鹿園 直建、林 謙一郎
（常勤職員4名、他11名）

【研究内容】

本年度は平成19年度から21年度に実施した調査・研究の成果取りまとめを実施した。当初は東京でシンポジウムを開催する予定であったが、研究成果の幅広い普及のため国際学会である Society of Economic Geologists の協賛を受け、2010年11月1日にデンバーで開催された米国地質学会でのトピックセッション「Critical Metals (REE, In, Te, Nb, Ta, Ga, Li, etc.) for the New Energy Future」(コンビーナー：渡辺 寧・Murray Hitzman)を企画・実行し、そのセッションの中で当研究課題の研究発表7件を行った。このセッションは米国地質学会の中でも大きく注目され、米国のマスコミにその内容が広く報道された。さらに2010年8月にはスロベニアで行われた永久磁石学会で当課題研究の報告を行った。2011年2月に南アフリカ共和国で当研究に協力した機関との研究公表に関する最終打ち合わせを行い、同年3月にはスイス、ジュネーブ大学において当課題の研究発表を行った。当課題の成果を広く一般に普及するため、株式会社ニュートンプレスの発行する商業誌「ニュートン」において「レアメタル・レアアース」特集（2011年3月号）の編集に協力し、レアアースおよびインジウムについてのこれまでの研究成果を発表した。

【分野名】地質

【キーワード】鉱物資源、重希土類、インジウム

【研究題目】急激な気候変動に対する海底扇状地の発達と二酸化炭素固定能力の応答の評価

【研究代表者】中嶋 健（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】中嶋 健（常勤職員1名）

【研究内容】

南海トラフ外側の四国海盆で実施された IODP 第322次研究航海の Site C0011および C0012において掘削された紀伊半島沖四国海盆の20-5Ma にわたる地層試料の砂粒鉱物組成分析、花粉化石分析、有機炭素分析、火山灰分析および FT 年代測定を行い、堆積物の後背地と推定される西南日本の発達史と気候変動史の解明を試みた。Site C0011および C0012の下部の Unit V とされていた地層の FT 年代は、前者が約15Ma、後者が13.2Ma を示すことと音波探査層序の見直しにより、C0012には Unit V が分布しないことが明らかになり、層序と対比の改訂を行った。また、Unit IV のタービダイト砂岩および Unit V の火山砕屑性タービダイト砂岩の鉱物組成分析の結果、これらの砂岩の起源が熊野酸性岩に由来することが示唆され、15Ma 頃の紀伊半島の隆起を反映し

ている可能性がある。Unit II の上部の凝灰質砂岩の鉱物組成は、特徴的な鉱物組み合わせを示し、後期中新世の伊豆背弧での酸性火山活動との関連などいくつかの可能性が考えられる。Site C0012の Unit I から Unit V の主として半遠洋性泥岩の花粉化石分析の結果、下位から I-IV の四つの花粉化石帯に区分された。Unit V-III に相当する中期中新世から後期中新世初期の I-III 帯では暖温帯性の古植生が推定される。Unit I および II に相当する IV 帯ではツガ属の産出が増加し、後期中新世の気候の冷温化が推定される。花粉化石群集には全体に熱帯-亜熱帯性の分類群は含まれず、西南日本の主に低地-低山地起源と考えて矛盾はないが、日本の陸域や坑井の試料に比べて花粉化石量が一桁以上少ない特徴を持つ。これらの花粉化石群集の特徴は、堆積時の掘削地点の古地理や西南日本の古気候を考える上で重要な資料となりうる。

【分野名】地質

【キーワード】気候変動、タービダイト、花粉化石

【研究題目】製鋼スラグと腐植物質による生態系修復技術の受容性と環境リスクの総合評価

【研究代表者】駒井 武（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】駒井 武、川辺 能成、竹内 美緒、原 淳子、福嶋 正巳、山本 光夫、肴倉 宏史（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

自然環境における腐植酸鉄形成との関連性、環境微生物群に有効な炭素源の選定ならびに環境微生物、有機炭素および製鋼スラグとの相互作用について検討した。その結果、河川堆積物中の腐植酸鉄が多い地点において、そこに棲息する微生物群の鉄還元活性が高くなっており、腐植酸鉄の形成に棲息する微生物群が深く関与することが示唆された。また、鉄還元細菌の活性を高める炭素源としてグルコースおよび樹木腐植物質が有用であった。特に樹木腐植物質は廃材を利用しており、資材の有効利用という観点からも、本腐植物質を利用する意義は大きいものといえる。さらに腐植物質を添加することにより2価鉄の溶出が促進された。その場合、溶液中の鉄の約80%以上が Fe²⁺と高濃度で2価鉄を維持することが可能であった。以上の結果から自然環境における腐植酸鉄形成には棲息する微生物群が深く関与しているものと推測された。したがって、適切な製鋼スラグと腐植物質を環境中に供与することにより、鉄還元細菌などの環境微生物の活性が高まり、鉄溶出がさらに促進され、生態系修復に大きく寄与する可能性が示唆された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】土壌汚染、微生物、腐植物質、スラグ、環境影響

【研究題目】不均質な地質構造をもつ岩盤中でのダイク発達メカニズムの解明

【研究代表者】下司 信夫（地質情報研究部門）

【研究担当者】下司 信夫（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、火山体内部におけるマグマの貫入メカニズムのより高度な理解のために、ダイクの発達に対する地質構造の不均質性の影響を明らかにすることを目標とする。本研究では、三宅島火山をはじめとする侵食あるいは構造的な破壊によって火山体の内部が露出している火山において野外調査を実施し、ダイクの鉛直方向および水平方向の構造に関するデータを取得し、力学的解析と合わせてダイク発達に対する母岩構造の影響を評価する。本年度は三宅島火山の2000年カルデラ壁に露出する100以上のダイクの野外調査を継続し、高精度のダイク画像の解析によってダイクの鉛直方向の構造、とくにダイクの厚さの変化に関するデータを解析した。ダイクの厚さと周辺の母岩の構成物質を合わせて解析した結果、ダイクの厚さは強度の大きな溶岩流や貫入岩体といった母岩中では、より強度の小さい火砕岩等の母岩に比べて有意に小さいことが明らかになった。岩脈構造と母岩岩相の関係を解析することにより、力学的に不均質な層状構造を持つ母岩中でのダイクの上昇過程を三次元的に復元することに成功した。また、ダイクの2次元形状と母岩の物性から、ダイク内部を満たしていたマグマの過剰圧を解析的に求める手法を開発し、三宅島のダイクに対して適用した結果、三宅島のダイクの定置時の過剰圧を推定することに成功した。さらに、ここで求めたダイクの過剰圧とダイクの形状を用いて、母岩の物性構造を仮定した有限要素法解析を行い、ダイクの厚さの変化に対する母岩物性の影響を定量的に評価した。

【分野名】地質

【キーワード】火山、噴火、マグマ、テクトニクス、地質構造

【研究題目】石灰質微化石の微小領域安定同位体研究：新しい環境変動シグナルの検出を目指して

【研究代表者】石村 豊穂（地質情報研究部門）

【研究担当者】石村 豊穂（他1名）

【研究内容】

本研究の目的は、微小領域の炭酸塩安定同位体分析を活用して新たな研究対象を用いた研究を積極的に推進すると同時に、新規環境評価指標構築に向けた応用研究を推進することである。

本年度は日本周辺海域で産出する代表的な底生有孔虫殻の安定同位体組成を個別に分析し、生態情報や生息場の環境因子との相関を検討して古環境復元に有用な有孔虫種を選定した。特に前年度から分析しているオホーツク海表層試料の検討結果も踏まえ、微小領域の安定同位

体定量の有用性を提言し、実際の堆積物試料へ応用方法を検討した。

これまでの炭酸塩安定同位体比研究では、生物学的な要因による同位体値の非平衡 (vital effect) により、分析データの解釈が困難である場合があった。一方、炭酸塩試料を大量分析した時には平均化されて見えなかった同位体組成の不均質性と vital effect の傾向を、本研究で用いている高精度・高感度の分析法を駆使することによって解明できると推測した。

今年度得られた各種底生有孔虫の安定同位体組成から、vital effect の単純化が可能であること、同時に、その特性を利用することで底層水化学組成の正確な推定が可能であることがわかってきた。これは、周辺水化学データの無い堆積物試料に対しても応用が可能で、過去～現在の海洋の正確な化学組成推定へとつながる。

さらに今年度は、微量炭酸塩安定同位体分析を用いて、浮遊性有孔虫・魚類の耳石などを研究対象とした国内外の研究機関との新規共同研究も開始し、新たな環境指標を構築の基礎となる新知見を得ている。

【分 野 名】地質

【キーワード】酸素炭素安定同位体比、有孔虫、環境指標、炭酸塩、CO₂

【研究 題 目】沖縄周辺海域における最終氷期以降の中・深層環境

【研究代表者】板木 拓也 (地質情報研究部門)

【研究担当者】板木 拓也 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

北太平洋の水深400～800m 付近には、北半球高緯度を起源とした中層水 (北太平洋中層水) が広く分布しており、その消長は気候変動に敏感に反応している。本研究の目的は、この水塊の南限域にあたる沖縄周辺海域から採取された海底コア (柱状堆積物試料) を詳細に分析することで、この海域の中・深層環境の変遷に関する理解を得ることである。

昨年度に実施した調査において、沖縄本島東方海域の水深1,200m 付近から採取されたコア GH08-2004が最終氷期 (約2万年前) 以降の堆積物を連続的に記録しており、高分解能の古環境研究に有望であることが明らかにされている。このコアについて深海環境の指標となる微化石群集 (放散虫)、底生有孔虫の酸素・炭素同位体比の分析を行った結果、これらの組成の著しい変化が最終氷期から完新世にかけての遷移期において認められた。このことは、氷期の終焉した時期の深海環境が現在とは異なっていた事を示唆している。このような深海環境の変化は、中深層の海洋循環や表層からの有機物供給量を反映しやすい事から、それぞれの影響を評価するために、浮遊性・底生有孔虫の放射性炭素年代と有機物量の分析を実施中である。また、様々な水深の比較研究を目的として、東シナ海の水深400～1,800m 付近から計6本のコ

アを採取し、放射性炭素年代の測定を実施した。

【分 野 名】地質

【キーワード】古環境、海洋循環、微化石、放散虫、年代測定

【研究 題 目】古地図および堆積物を利用した高分解能火山地質学の構築

【研究代表者】及川 輝樹 (地質情報研究部門)

【研究担当者】及川 輝樹 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究は、古地図と堆積物を利用した火山活動史構築法の開発を目的とする研究である。噴煙の画かれた古地図のカタログづくりと噴煙の画かれた火山の噴煙史と火山活動史の関係を、地質調査を併用して明らかにする。本年度は、東日本の古地図および火山地質の調査、特に北海道 (蝦夷) の古地図とそれらに噴煙が描かれている火山について行なった。古地図の調査は、デジタルアーカイブとして公開されているもの及び各図書館等に収蔵されているものについて閲覧し調査を行った。調査の結果、古地図に噴気・噴煙が描かれた火山は以下のものである、恵山、北海道駒ヶ岳、有珠山、渡島 (松前) 大島、渡島 (松前) 小島、イワオヌプリ (ニセコ)、雄阿寒、雌阿寒、羅臼岳 (知床)、択捉焼山、茂世路岳。さらに、道南の噴気・噴煙が描かれたこれら火山については現地調査を行い、その記述についての信憑性の調査を行った。その結果、渡島小島については、実際に噴気・噴煙が上がっていたかは疑わしいことが明らかになった。その一方、イワオヌプリに関しては、江戸時代の噴火記録や噴気の記録は無いもの、最近まで噴気をあげていたと思われる多数の噴気孔の痕跡や水蒸気爆発テフラなどが発見された。

【分 野 名】地質

【キーワード】火山、古地図、噴煙、噴火史、北海道

【研究 題 目】地震発生サイクルの揺らぎを考慮した B 級活断層の地震の再来間隔の算出に関する研究

【研究代表者】中村 洋介 (地質情報研究部門)

【研究担当者】中村 洋介 (他1名)

【研究 内 容】

本研究は B 級活断層 (平均変位速度0.1-1.0mm/yr) を対象として、活断層が引き起こす巨大地震の時間・空間の変遷を検証し、その上で活断層の平均変位速度ならびに地震1回当たりの変位量 (単位変位量) の算出を行い、これらと巨大地震の再来間隔ならびに活断層の活動区分などとの関係について調査した。我が国に分布する活断層の中には最近20万年の間に平均変位速度がほぼ一定である断層の他に、ある時期を境にして平均変位速度が変わっている断層がある」という仮説をたてて、まずはその仮説の検証を行った。さらに、活断層の活動性評

価ならびに地震1回辺りの変位量（単位変位量）の算出を行い、これらと大地震の再来間隔ならびに活断層の活動区分などとの関係について考察することを目的とした。その結果、北陸地方の活断層（魚津断層、森本―富樫断層）では地震の再来間隔に揺らぎが認められる可能性が高いことが判明したのに対し、深谷断層ならびに山形盆地断層では最近数万年間に限ってはほぼ等間隔で地震を発生させている可能性が高いことが判明した。今後は比較対象として調査を始めている九州北部の活断層やこれから調査を予定している東北地方の活断層（千屋断層、庄内平野東縁断層）などのデータを蓄積し、地震の再来間隔の揺らぎがどのような条件で発生するのかを解明していきたいと考えている。

【分野名】地質

【キーワード】活断層、地震の再来間隔、平均変位速度、単位変位量

【研究題目】造礁サンゴの骨格形成と環境情報を記録するメカニズムに関する研究

【研究代表者】鈴木 淳（地質情報研究部門）

【研究担当者】鈴木 淳、岡井 貴司、石村 豊徳、川幡 穂高、高森 佳奈（常勤職員2名、他3名）

【研究内容】

サンゴの炭酸塩骨格の化学組成は、古気候を推定する間接指標として広く用いられている。しかし、その記録プロセスには生物が介在するため、これまで十分に考慮されてこなかった環境-生物間相互作用に起因する「推定の不安定性」が存在する。本研究では、管理された環境で現生のサンゴを飼育して、環境と骨格組成について正確な関係式を構築するとともに、西太平洋各地から採取されたサンゴ試料を活用して、1950年以前の海洋の水温塩分変動を復元する。本年度は、石垣島およびフィリピン東岸より採取された試料について重点的に酸素同位体比およびストロンチウム/カルシウム比分析を進めた。この結果、石垣島のサンゴ記録から、20世紀初頭の低水温現象が見出されるとともに、これらのサンゴ骨格が冬モンスーンの強弱をよく記録していることが明らかになった。さらに、太平洋数十年変動に対応した気候のレジームシフトの存在について解析を行なった。

【分野名】地質

【キーワード】サンゴ、骨格、水温、酸素同位体比、ストロンチウム

【研究題目】過去4千万年間の古地磁気強度変動：地磁気逆転頻度と地磁気強度の関係の解明

【研究代表者】山崎 俊嗣（地質情報研究部門）

【研究担当者】山崎 俊嗣、山本 裕二、苅谷 恵美（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

統合国際深海掘削計画（IODP） Expedition 320/321において東部赤道太平洋の Site U1331、U1332、U1333、U1335で掘削された海底堆積物コアを用いて、中期始新世から前期中新世（約4200万年前～2000万年前）の相対古地磁気強度変動を明らかにすることを目標とする。この時代は地磁気逆転頻度が増加する時期であり、古地磁気強度変動の連続記録を得ることができれば、地磁気逆転頻度と地磁気強度の関係を明らかにできると考えられる。また、これまでに得られている過去300万年間の連続的な古地磁気強度変動記録を、過去7-800万年前（後期中新世）まで遡ることを目指す。今年度は、Site U1331、U1332のコアから採取された約100本の u-channel 試料について、1cm 間隔で磁化率測定、自然残留磁化（NRM）測定と段階交流消磁、非履歴性残留磁化（ARM）、等温残留磁化（IRM）の着磁とそれらの段階交流消磁を行った。得られた古地磁気方位から、船上での半割コアを用いた予察的な測定で得られていた始新世―漸新世の古地磁気層序を精密化することができた。次に、NRM 強度を IRM 強度で規格化することにより、規格化残留磁化強度を求めた。堆積物に含まれる磁性鉱物間の磁気相互作用の強さを示すパラメータである ARM/IRM 比から、堆積物コアを磁氣的に均質な年代区間に区分し、各区間内において、規格化残留磁化強度の変化を相対古地磁気強度変動と解釈した。このうち、28～34Ma の区間について Site U1331、U1332の変動曲線を比較したところ、数万年～数十万年のスケールの変動がよく一致した。

【分野名】地質

【キーワード】古地磁気強度、IODP、始新世、漸新世

【研究題目】火山ガス観測に基づく継続的噴煙活動火山の噴火・活動推移過程の解明

【研究代表者】篠原 宏志（地質情報研究部門）

【研究担当者】篠原 宏志（常勤職員1名）

【研究内容】

継続的な噴煙活動を行っている火山において噴煙組成（火山ガス組成）の繰り返し観測および連続観測を実施し、火山ガス組成の変動から、火山ガス放出過程を明らかにし、噴火・脱ガス機構をモデル化するとともに活動推移過程を明らかにする必要がある。そのため、携帯型の Multi-GAS（多成分センサーを用いた噴煙観測装置）を改良し、毎日定時に外気を吸引し、その中の H₂O、CO₂、SO₂、H₂S 及び H₂濃度を測定することにより、火山ガス組成の推定を行うための装置の設計を行い、連続噴煙組成観測装置を作成し、浅間山山頂火口縁の二カ所に設置し観測を開始した。

阿蘇山において、携帯型の Multi-GAS（多成分センサーを用いた噴煙観測装置）およびアルカリフィルターによる繰り返し観測を実施し、阿蘇山の火山ガス放出活動の評価を行い、その結果に基づき地下の熱水系にお

る高温噴気と火口湖から放出される火口湖ガスの分別過程のモデル化を行った。

【分野名】地質

【キーワード】火山、噴火、火山ガス、噴煙、活動推移

【研究題目】第四紀における円石藻・珪藻間のブルーム形成戦略の相互的進化過程の解明

【研究代表者】田中 裕一郎（地質情報研究部門）

【研究担当者】田中 裕一郎（常勤職員1名）

【研究内容】

円石藻と珪藻は、海洋一次生産量の約60%近くを担い、ブルーム（大增殖）を形成し、海洋生態系へ大きな影響を与えることから現在及び過去の海洋環境指標として重要な役割を果たしている。しかしながら、円石藻と珪藻の生息環境に関する研究は個別に行われ、現在及び過去の海洋環境の急激な変化に伴う両藻類間の生態的地位（ニッチ）に関する相互関係は、ほとんど明らかにされていない。そこで、本研究では、円石藻と珪藻のブルーム形成とその遷移機構に焦点をあてて、まず、円石藻・珪藻の経年変動と海洋環境変動との関係を明らかにするために、親潮域・親潮沿岸域でのセジメントトラップ試料について解析を行った。その結果、春季と秋季に円石藻のピークが認められるが、その優勢種が異なっていることが判明した。さらに、珪藻種も春季と秋季の形成種が異なっており、両タクサの変動に栄養塩の影響があることが判明した。

【分野名】地質

【キーワード】環境、沿岸海洋、円石藻、珪藻、海洋生態系

【研究題目】カルデラ噴火機構とマグマ溜まりの発泡プロセスに関する研究

【研究代表者】斎藤 元治（地質情報研究部門）

【研究担当者】斎藤 元治、森下 祐一、川辺 禎久、東宮 昭彦（常勤職員4名）

【研究内容】

火山観測に基づくカルデラ噴火の予知や推移予測を行うためには、カルデラ噴火の噴火機構を理解する必要がある。噴火の引き金として予想されているプロセスは、マグマ溜まり内の揮発性成分（主として、水、二酸化炭素、硫黄）の濃集と発泡である。本研究の目的は、「メルト包有物」という微小な岩石試料を用いて、後期第四紀に国内で起きた巨大カルデラ噴火のマグマの揮発性成分濃度を決定し、マグマ溜まり内の揮発性成分の濃集と発泡がカルデラ噴火で果たした役割を定量的に検証することである。

今年度は、6つの巨大カルデラ噴火（鬼界葛原、鬼界アカホヤ、始良、阿多、阿蘇3、阿蘇4）を研究対象とした。阿蘇3および阿蘇4カルデラ噴火試料の蛍光X線分析を行い、噴火マグマの主成分元素組成を決定した。鬼界

葛原、鬼界アカホヤ、始良、阿多カルデラ噴火試料について、メルト包有物の電子線マイクロアナライザーおよび二次イオン質量分析のための試料調整（鉱物分離、メルト包有物のマウントと研磨等）を実施した。その結果、鬼界葛原34個、鬼界アカホヤ232個、始良40個、阿多28個のメルト包有物が分析可能な状態になった。鬼界アカホヤ噴火マグマ溜まりに関するこれまでの研究成果を日本語および英語の Web ページとしてまとめ、所属研究機関のホームページの一部として公開した。

【分野名】地質

【キーワード】火山、カルデラ噴火、マグマ溜まり、メルト包有物、揮発性成分濃度、二次イオン質量分析

【研究題目】地中レーダーを用いた巨大津波痕跡のイメージング技術の開発

【研究代表者】七山 太（地質情報研究部門）

【研究担当者】七山 太、吉川 秀樹、渡辺 和明（常勤職員3名）

【研究内容】

我々の GPR 探査研究の目的は沿岸低地の浅層地下構造を実験的にイメージングし、この地に残された地震痕跡や津波痕跡調査への GPR の応用の可能性を検証することにある。平成22年11月、根室市の第一産業（株）の協力を得て、南部沼西部、根室市桂木地区にある採石場において幅100m、深さ5m のメガトレンチを掘削する機会を得た。この壁面を利用して、GPR 探査実験を実施した。メガトレンチの沖積基底は標高-2m であり、基盤の根室層群を貝殻遺骸混じりの海進礫層が覆っている。その上位に外浜-海浜相の砂層が覆い、その上位に約2.2m の泥炭が発達していた。この泥炭中に6層の火山灰と14層の津波堆積物（NS1~NS14）を確認することが出来た。今回の探査実験には、カナダ Sensors & Software 社の pulseEKK0100を200 MHz の送受信アンテナを使用した。また、シールドタイプである Noggin 250 MHz も使用し、両者の解像度の比較に用いた。メガトレンチ壁面を利用して、湿原上面と NS13上位のテラス面からの GPR イメージを試み両者を比較した。後者の記録の透過深度は Noggin 250MHz で5m であった。pulseEKK0100（200MHz）では8m に達し、目標の海進面まで到達した。特に後者では10~20cm オーダーで NS13層下位の前浜相の堆積構造が明瞭に解析できた。この記録には土石流堆積物の存在を示唆する音波散乱も認められる。NS13層の上下境界も明確に捕らえられており、連続的に追跡できている。よって厚層の津波堆積物の検出はこの種の GPR 探査で十分可能であることを証明できた。湿原上面からとった記録は後者ほど鮮明ではないが、前浜相の堆積構造は解読できた。

【分野名】地質

【キーワード】海面変動、津波堆積物、沿岸湿原、地球

環境、地中レーダー

【研究題目】大規模軽石噴火をもたらすマグマ溜まりの条件

【研究代表者】 東宮 昭彦 (地質情報研究部門)

【研究担当者】 東宮 昭彦 (常勤職員1名)

【研究内容】

大規模軽石噴火がどのような条件下で起こるのか、特に噴火直前のマグマ溜まりで何が起きているのかを解明するため、3つの噴火（北海道駒ヶ岳1640年、有珠山1663年、樽前山1667年）を例として岩石学的分析を進めている。

平成22年度も引き続き、樽前山1667年噴火および北海道駒ヶ岳1640年噴火の噴出物の岩石学的観察・分析を実施した。主に電子線マイクロアナライザによって斑晶鉱物の化学分析・組織観察等を行った。北海道駒ヶ岳1640年噴出物は、斑晶の累帯構造や斑晶量などの岩石学的特徴に関し、樽前山1667年噴火と多くの共通点を持つことが去年度までに明らかになっている。特徴的なのは、各噴火の最初期に、既存の低温マグマ溜まりに新たな高温マグマが注入して生成した、混合マグマが噴出している点である。しかし、磁鉄鉱斑晶の組成や累帯構造などを詳しく調べた結果、両噴火では噴火直前のマグマプロセスに違いのあることが分かった。すなわち、樽前山1667年噴火の最初期噴出物の磁鉄鉱斑晶コア組成は最盛期噴出物と異なっていたのに対し、北海道駒ヶ岳1640年噴火では最初期と最盛期とで磁鉄鉱斑晶コア組成が共通であった。このことは、樽前山では最初期噴出物をもたらした混合マグマが噴火前に再均質化する時間が十分あったのに対し、北海道駒ヶ岳ではその時間がなかったことを意味する。すなわち、高温マグマの注入から噴火開始までのタイムラグが、樽前山よりも北海道駒ヶ岳のほうが短かった、ということが明らかになった。このタイムラグを、磁鉄鉱斑晶の累帯構造が元素拡散でできたとして拡散時間から見積ると、樽前山で数年以上、北海道駒ヶ岳で数ヶ月以内、と考えられた。北海道駒ヶ岳の最初期マグマは無斑晶質であり、樽前山の最初期よりも流動性が高かったことが、高温マグマ注入から短期間で噴火に至った原因と推定される。

【分野名】 地質

【キーワード】 火山、軽石噴火、マグマ溜まり、高温高压岩石融解実験

【研究題目】フィリピン海プレート創成過程復元と島弧創成メカニズムの解明

【研究代表者】 石塚 治 (地質情報研究部門)

【研究担当者】 石塚 治、山崎 俊嗣 (常勤職員2名)

【研究内容】

西フィリピン海盆南部及びパラオ海盆は、フィリピン

海プレートで最も古い部分の一つで、既存データがほぼ皆無であった。この海域の拡大形成史、火成活動史を理解することは、伊豆小笠原マリアナ島弧におけるプレート沈み込み開始を決定づける要因（どのような状況で沈み込みが開始されて、島弧形成にいたるのか）や、沈み込み開始時のマグマの化学的特徴の成因の解明、さらに初期島弧地殻構造の解釈の上で必要不可欠である。このため我々は、南部フィリピン海のテクトニクス復元を主目的とする調査航海を2010年10月下旬から約3週間実施した。航海では海底岩石試料採取、海底地形、地磁気航走観測を行った。その結果、パラオ海盆と西フィリピン海盆の拡大方向及び様式が異なることが明らかになった。また、両海盆の境界をなすフラクチャーゾーンの海底地形の特徴から、これまでの見解と異なり、両海盆は同時期に拡大していた可能性が出てきた。

海盆地から採取された試料は、その化学的特徴から、海洋地殻上部を構成する玄武岩であることが明らかになった。これは、これらの岩石の年代決定と地磁気異常データの解釈により、海盆の形成時期、拡大形成史を解明できることを示している。

今回の航海では、パラオ海盆東縁をなす、九州パラオ海嶺（古伊豆小笠原弧）の基盤岩の採取も実施した。その結果、驚くべきことに変成岩類を得た。これは、伊豆小笠原弧がこれまで考えられてきたような単純な海洋性島弧ではない可能性を提起する重要な結果である。調査船下船後、パラオ諸島の移動履歴から、フィリピン海プレートの運動を復元する目的で、パラオ諸島陸上部での古地磁気および年代決定用試料の採取を実施、現在分析中である。

以上今年度は、伊豆小笠原マリアナ島弧形成にいたるプレート沈み込み開始期のフィリピン海プレートのテクトニクスを検討する上で、非常に貴重な試料、データの取得に成功した。

【分野名】 地質

【キーワード】 フィリピン海プレート、島弧創成、化学分析

【研究題目】縞状堆積物を用いた浮遊性海生珪藻類の進化過程の高分解能解析

【研究代表者】 柳沢 幸夫 (地質情報研究部門)

【研究担当者】 柳沢 幸夫、渡辺 真人 (常勤職員2名)

【研究内容】

本研究の目的は、浮遊性海生珪藻類の進化的出現・絶滅現象を、年縞状堆積物の特性を生かして約1年単位での高時間分解能で解析し、進化の「瞬間」を捉え、そこでいかなる進化現象が起こったかを明らかにすることである。研究の初年度にあたる本年度は、研究担当者らの研究により詳細な進化系統の判明している珪藻の *Denticulopsis* 属のうち、その最後の種である

Denticulopsis katayamae の絶滅層準（約850万年前）をターゲットとして、新潟県佐渡市に分布する中新統中山層の縞状珪藻質堆積物を対象として調査した。その結果、中山層の下部に対象とした層準を見だし、試料採取と分析を3回繰り返して、進化層準を2cm 間隔区間まで絞り込むことができた。そして、その部分を含む厚さ12cm をブロックとして切り出して持ち帰り、詳細な分析のための下準備をした。今後、持ち帰ったブロックを粘着テープの特性を利用した「はぎ取り法」を用いて分析する予定である。なお、さらに研究を広げるために、新潟県胎内地域及び茨城県常磐地域で分析可能な縞状堆積物を探索し、ある程度研究に使用可能な縞状堆積物を見出すことができた。

【分野名】地質

【キーワード】古生物学、珪藻、進化

【研究題目】前期ペルム紀スーパーブルームと礁生物群集・海洋環境の応答に関する研究

【研究代表者】中澤 努（地質情報研究部門）

【研究担当者】中澤 努（常勤職員1名）

【研究内容】

パンサラッサ海域下でスーパーブルーム活動が認められ、さらに地球規模での気候期転換があったとされる前期ペルム紀の環境変動・礁生物群集変遷を明らかにする目的で、その連続記録が保存されていると考えられるパンサラッサ海洋島石灰岩のコア掘削採取を行った。掘削は、秋吉台真名ヶ岳付近で平成18年度に実施した GS-MN-1（真名ヶ岳コア：掘削長100m）の孔を用いて、孔底から150m（孔口から深度100~250m）掘進した。回収率はほぼ100%で、良好なコア試料を採取できた。予察的な観察では複数の層準で陸上露出を示唆する黒色石灰岩やペンダントセメントが認められた。またコア上部の層準に干潟堆積物が卓越することが明らかになった。本コア試料については次年度以降に詳細な堆積学的検討及び地球化学的検討を実施する予定である。また前期ペルム紀パンサラッサ海洋島の礁生物群集について、既存文献調査および独自の野外調査により得たデータをコンパイルし、この時期に礁生物群集がやや冷温な環境を特徴づける石灰藻類卓越群集から温暖環境を示唆する海綿類卓越群集へと変化したことを明らかにした。このような礁生物群集の変化は、ゴンドワナ氷床が縮小することで氷室期が終焉し、地球規模で温暖化が進み温室期へと変化したことによると考えられる。

【分野名】地質

【キーワード】石灰岩、パンサラッサ、海洋環境、ペルム紀

【研究題目】鉄マンガングラスタのヨウ素129による超新星爆発確認と古地磁気層序による年代推定

【研究代表者】小田 啓邦（地質情報研究部門）

【研究担当者】小田 啓邦、臼井 朗（高知大学）
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究は、海底の鉄マンガングラスタ中のヨウ素129により超新星爆発の痕跡を確認し、SQUID 顕微鏡を用いた極微細古地磁気層序により年代を推定することを目的とする。超新星爆発で放出される γ 線は宇宙線の源と考えられ、超新星爆発が地球近傍で起これば、強い γ 線とそれに伴うオゾン層破壊が地球環境と生物進化に影響を与える。赤道太平洋海底の鉄マンガングラスタから超新星爆発起源と思われる ^{60}Fe （半減期1.5Myr）が検出されている（Knie et al., 2004）。超新星爆発起源核種には $^{129}\text{I} \cdot ^{60}\text{Fe} \cdot ^{26}\text{Al}$ 等があるが、本研究ではヨウ素129（半減期15.7Myr）の測定により超新星爆発の痕跡をとらえる。

SQUID 顕微鏡を用いて北西太平洋の鉄マンガングラスタ試料への古地磁気層序を適用し、成長速度を5.1mm/Myr と推定し、 $^{10}\text{Be}/^{9}\text{Be}$ による成長速度（6.0mm/Myr）と整合的と判明した。本成果を欧文誌 *Geology* に出版を行い（Oda et al., 2011）、プレス発表を行った（http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2011/pr20110228/pr20110228.html）。また、低温磁性分析を進めたが、常温で磁性を持つのは単磁区-多磁区粒子のチタン磁鉄鉱、低温で磁性を持つのはキュリー温度（ネール温度）が55K のイルメナイトと5-15K の未知の磁性相と考えられる。さらに、マイクロフォーカス X 線 CT 装置にて2cm 角の立方体試料の3次元断面画像を撮像し、成長縞の3次元的な広がりをとらえることができた。

【分野名】地質

【キーワード】鉄マンガングラスタ、超新星爆発、古地磁気層序、SQUID 顕微鏡、ヨウ素129

【研究題目】北日本における第四紀後期の山麓斜面および河成段丘の高精度地形面編年

【研究代表者】近藤 玲介（地質情報研究部門）

【研究担当者】近藤 玲介（他1名）

【研究内容】

本研究の目的は、北日本に分布する周氷河性斜面地形と下流域に存在する河成段丘の地形発達史と、陸域における中期更新世以降の古環境を推定することである。しかし、周氷河性の堆積物や、北海道の段丘堆積物およびその被覆層からは年代資料が発見されることはまれであることや、放射性炭素年代測定法の適用限界が約5万年前までであるという問題がある。したがって、高分解能な地形面編年を行うために、堆積物から直接年代値を得ることが可能であるルミネッセンス年代測定法を適用する。

氷期中に永久凍土が分布していた北海道北部においては、氷期-間氷期サイクルと河川地形発達の関係や古環

境について議論を行うために、周辺に周氷河性斜面堆積物が厚く分布する地点で野外調査を行うとともに2本の機械式ボーリングを行った。本掘削では、①沖積層に埋没した谷地形の把握をおこない、②最終間氷期以前に堆積したと考えられる海成段丘堆積物直下の河川性～湿地性堆積物を採取した。氷期中、より温暖であった北海道南部の遊楽部川周辺においては、野外調査によって河成段丘堆積物の記載をおこなった。

ルミネッセンス年代測定の結果、北海道北部におけるコア掘削地点周辺の周氷河性斜面堆積物は、主に河成／海成段丘堆積物を母材としており、約2万年前に堆積したことが明らかとなった。北海道南部の遊楽部川中下流の河成段丘は、高位、中位、低位面に分類された。今後、年代試料とコア試料の分析を進めるとともに上流域の斜面地形の野外調査を行い、古環境と地形発達の詳細な推定を行う予定である。

【分野名】地質

【キーワード】北海道、氷期、斜面堆積物、河成段丘、ルミネッセンス年代測定

【研究題目】Fluid mud 堆積物における粘土ファブリックの形成メカニズムの解明

【研究代表者】西田 尚央（地質情報研究部門）

【研究担当者】西田 尚央（他1名）

【研究内容】

本研究は、fluid mud に相当する高濃度の泥質流体による泥質堆積物の粘土ファブリックについて、室内実験および野外調査に基づいてその形成メカニズムを検討する。また、粘土ファブリックの観察を行うための未固結含水試料の乾燥手法の評価を合わせて行う。これらの検討によって、地層中に認められる泥質堆積物の堆積プロセス、あるいは堆積環境のより高精度の復元を可能とする、新たなツールとしての粘土ファブリックの有効性の確立をめざすものである。

H22年度は、主に含水試料の乾燥法の評価を行った。すなわち、SEM を用いた未固結含水泥質堆積物の粘土ファブリックの観察では、従来、乾燥処理が行われることが多い。そこで、試料の含水率に注目し、乾燥法による SEM 観察像の特徴について比較検討した。特に、(1) 試料を冷凍庫で凍結させた後に真空凍結乾燥機を用いる乾燥法、(2) 食品の冷凍用に開発された Cell Alive System（株式会社アビー）により急速凍結させた後に、真空凍結乾燥機を用いる乾燥法、(3) 試料中の水をアルコールと置換させた後に液体窒素で凍結させ、簡易真空凍結乾燥装置を用いる乾燥法、(4) オープンを用いた乾燥法を対象とした。その結果、(1)と(2)の凍結乾燥法を用いた場合、凍結時の氷の結晶の発達にともなう構造が認められ、初生的構造の観察は困難と考えられる。(3)のアルコール置換法を用いた場合、従来のモデルと類似する粘土粒子の面一端および端一端接触が顕著に認めら

れた。(4)のオープン乾燥法を用いた場合、アルコール置換法に比べて粘土粒子の面一端接触が多く認められた。したがって、アルコール置換法が試料の状態によらず最も有効と考えられる。また、オープン乾燥法は、粘土粒子の配列の定性的特徴を読み取ることは可能と考えられる。

【分野名】地質

【キーワード】粘土ファブリック、アルコール置換、凍結乾燥、泥質堆積物の堆積プロセス

【研究題目】新規ヒト内在性レクチン探索と機能解析

【研究代表者】平林 淳（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】舘野 浩章、福村 美帆子
（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

ヒトではこれまでに約100種類のレクチンが同定され、C-type、siglec、galectin、P-type、R-type、M-type、L-type、calnexin、ficolin、chitinase-like、F-box lectin、intelectin など約10種類のファミリーに分類されているが、その全貌把握とは言いがたく、個々のレクチンに対する機能解析も、一部を除いては不十分なものが多い。また機能解明への大きな手掛かりとなる糖鎖との相互作用データに関しても、解析手法が統一されていないため、レクチン間の糖鎖結合特性を系統的に比較する事が困難である。これらの理由から、ヒト体内における糖鎖-レクチン間の相互作用、及びそれを介した情報伝達機構は未だ十分に理解されていない。バイオインフォマティクスを利用して、ヒトのゲノム配列を対象としたデータマイニングを実行したところ、現在知られているヒト内在性レクチンをはるかに上回る数のレクチン候補遺伝子が存在することが示唆された。そこで本研究では、(1)ヒトゲノムから抽出されたこれらレクチン候補遺伝子を選別・発現し、糖鎖結合活性を糖鎖複合体アレイでスクリーニングする、(2)機能解析の一端として結合定数を含めた詳細な糖鎖結合特異性を明らかにする、(3)結合パートナーの同定と作用機序の解明を行う、ことにより糖鎖機能をより深く理解し、糖鎖認識をキーワードとした新たな医工学シーズを見出すことを目的として研究を行った。現在まで複数の新規レクチンの同定に至っているが、その中でジャッカリン関連レクチン様ドメインを有する ZG16がマンノースに結合性を示す新規レクチンであることが判明した。本年度、この新規レクチンの糖鎖結合特異性と親和性を、糖鎖複合体アレイとフロントラル・アフィニティクロマトグラフィー（FAC）で詳細に解析した結果、ZG16は高密度マンノースに特異的に結合することが示された。事実、ZG16は細胞表面にマンノースを高密度に提示する各種真菌に結合した。また、リアルタイム PCR で解析した結果、ZG16の mRNA は、肝臓、膵臓、小腸に局在することがわかった。さらに、抗 ZG16抗体を作製し ZG16の組

織分布を調べたところ、本レクチンは上部から下部に至る消化器系の外分泌系の細胞に局在していることが分かった。以上の結果、本レクチンはヒトを含む哺乳動物において真菌に対する何らかの生体防御機能を有することが推測された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 糖鎖、レクチン

【研究題目】 糖鎖バイオマーカー探索を目的とした新規シアロ糖ペプチドエンリッチメント法の開発

【研究代表者】 亀山 昭彦（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】 亀山 昭彦（常勤職員1名）

【研究内容】

糖鎖はバイオマーカー探索のターゲットとして期待されている。シアル酸を有する糖タンパク質にフォーカスしたマーカー探索のアプローチは、これまでの知見から極めて有望である。しかし、現在のところ良い方法がない。研究代表者は、これまでの別の研究においてカルボン酸を高効率にアミド化する手法を開発した。また、樹脂などに固相化された糖ペプチドの N-グリカン N-グリカナーゼによりはずせる事が知られている。この二つの事実に基づいて、糖タンパク質糖鎖の非還元末端に存在するシアル酸を介した新規なシアロ糖タンパク質の濃縮・分離法（Glycan Tail Immobilization 法）を考案した。本研究では、それを実現するための研究およびそれを応用したバイオマーカー探索手法の開発を行っている。これまでの研究からシアル酸のカルボキシル基と固相担体のヒドラジド基を結合させる当初の案は、エンリッチメントに利用できるほど高効率ではないことが判明した。そこで、平成22年度は、アルデヒドとオキシアミンの反応によるオキシム形成を軸にした固相担体とのカップリング方法の開発を進めた。シアル酸のカルボキシル基に化学修飾によりオキシアミンを導入し、それをアルデヒドを有する固相担体に結合させるという方針で検討した。そのためのリンカーとして、オキシアミンがフタロイル基で保護された4-アミノブチルオキシアミンを設計し、合成した。N-Boc-4-aminobutanol を出発物質として、N-ヒドロキシフタルイミドをミツノブ反応により縮合させ、その後、Boc 基をトリフルオロ酢酸で除去した。今後、得られたブチルアミン誘導体をシアル酸のカルボン酸にアミド結合によりカップリングさせ、最後にヒドラジド水和物でフタロイル基を脱保護することにより、シアル酸にオキシアミンを導入できると考えている。一方で、このリンカーをシアル酸を有する糖ペプチドに応用して、シアロ糖ペプチドを固相担体にエンリッチする研究を進めた。まず、モデルとしてのシアロ糖タンパク質としてウシフェツインをトリプシン消化し、セファロースにて糖ペプチドを濃縮した。ペプチドのアミノ酸残基のカルボン酸をアセトヒドラジドで修飾

した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 バイオマーカー、糖鎖、質量分析

【研究題目】 シアル化糖鎖を介した癌の免疫制御メカニズムの解明と利用技術の開発

【研究代表者】 池原 譲（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】 池原 譲（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、「糖鎖を介した免疫応答の解析とその介入技術開発」を目標としている。このため、1) シアル酸被覆リポソームを用いて、シアル酸を発現するがんが腫瘍免疫を回避して進展する免疫学的メカニズムを明らかにする事、そして観察される病理像をヒントにすることで、2) 新しい減感作療法の技術シーズを構築し、アレルギーや自己免疫疾患への適応可能性を探索することを進めている。

リポソームは、各種シアル酸を初めとする糖鎖で被覆し、そしてその中に、卵白アルブミン（OVA）をモデル抗原として封入して、マウスへ投与した。投与後に誘導されて来る T 細胞の特性を検討したところ、フォスファチジルセリンやマンノトリスで被覆したリポソームを使用した場合に比べて、シアル酸被覆リポソームの使用では、OVA に反応して IL-10、IL-4、TGF β を産生する T 細胞が、有為に多く検出された。このことは、シアル酸被覆リポソームが、自己免疫等で活性化している免疫を特異的に制御・抑制する上で、利用可能であろう事を示唆することから、疾患モデルマウスでその可能性の検討を進めている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 がんの腹腔進展、癌関連糖鎖マーカー、sTn 抗原、腫瘍免疫、抑制メカニズム

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

【研究代表者】 大久保 将史

（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 大久保 将史（常勤職員1名）

【研究内容】

省エネルギー・地球温暖化対策に資する分散型エネルギーネットワーク構築のキーテクノロジーである高性能2次電池として、リチウムイオン2次電池の高性能化が期待されている。本研究では、既存の正極材料では得られない電極特性の発現を目指し、高性能リチウムイオン2次電池の実現を目指す。特に、シアノ基で架橋された多孔性配位錯体を正極材料として応用する。

平成22年度においては、シアノ基で架橋された多孔性配位錯体における欠陥生成のメカニズムに着目し、多数の欠陥を含む材料においては、充放電容量が極めて低く

なり実用に供せないことが明らかとなった。そこで、合成プロセスを新規に開発し、30%以上の欠陥を含む材料について、欠陥量を7%にまで減らすことに成功した。本手法により得られた欠損生成を抑制したシアノ基で架橋された多孔性配位錯体は、200mAh/g という非常に大きな充放電容量を示し、既存の電極材料に比肩する重量エネルギー密度が得られることが分かった。また、充放電メカニズムについても電子状態、構造状態から詳細に検討し、電気化学反応機構を明らかにした。一方で、電子伝導性や充放電サイクル特性等の課題が明らかとなり、今後の改善が期待される結果となった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リチウムイオン2次電池、正極材料、ナノ材料

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

【研究代表者】加藤 宙光（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】加藤 宙光（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

今世紀半ばに顕著化するエネルギー資源の枯渇やCO₂削減に代表される地球温暖化防止対策のもとで、現在の高度情報化社会を持続発展させるためには需要側での大幅な省エネルギー化が要求され、ワイドバンドギャップ半導体を用いた革新的パワーデバイスの導入が余儀なくされる。

本助成事業では、ワイドバンドギャップ、単元素共有結合半導体、高熱伝導率、高飽和ドリフト移動度を有するダイヤモンド半導体に着目し、代表者がこれまで構築してきたn型ダイヤモンド半導体の低抵抗化技術ならびに低抵抗コンタクト技術を用いて、ダイヤモンド半導体を用いた高耐圧スイッチング素子を創出し、動作実証及び性能評価を行っている。また一連の先導的研究を通して、実用化におけるベンチマークを築くことを目標としている。

これまで確立してきたn型ダイヤモンド半導体の低抵抗化技術を集約させることで、室温にてバイポーラトランジスタ動作の確認に成功した。ベースn型層の比抵抗や接触抵抗などのシリーズ抵抗を低減させたことによる少数キャリア注入の促進が鍵となる。面内での歩留まりは比較的高く70%程度であり、再現性および信頼性の高いデバイスが構築できている。更なる特性改善を目指し、ベースn層の膜厚およびリン濃度の緻密な制御が今後の課題である。ダイヤモンド半導体を用いた高耐圧電力変換機の実現に向けた大きな第一歩と考えている。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ダイヤモンド、半導体、リンドーピング、バイポーラトランジスタ

【研究題目】水銀フリー殺菌源のためのダイオード型低エネルギー電子源の開発

【研究代表者】竹内 大輔（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】竹内 大輔（常勤職員1名）

【研究内容】

殺菌に対する需要は近年ますます高まっているが、安全や環境に悪影響のない手法の要求も同時に高まっている。これらを満たす殺菌源として紫外線と活性酸素が注目されているが、従来は放電灯を用いた大型装置が主流であり、家庭やオフィス、医療現場などのエンドユースへの導入を可能とする小型の固体殺菌源素子はなかった。

我々は、低エネルギー電子により、活性酸素の生成が可能であることに着目し、ダイヤモンド半導体ダイオードによって、室温で数eV以下の低エネルギー電子放出が、原理的に可能であることを実証した。これは、(1)ダイヤモンド水素終端表面で電子親和力が負となる性質（負性電子親和力）が得られること、(2)その表面に供給する電子をダイオードのオン状態で得られること、による。1つのダイオード素子により、深紫外線発光による殺菌に加えて活性酸素による殺菌効果が得られる高効率な水銀フリー固体殺菌源が期待できる。

本年度は、これまでの知見を基に、pn素子より高性能化が容易なpin接合型ダイオードの開発に着手した。高品質なi形層を用い、室温で1mA以上で安定に電流を流す素子を製作した。電子放出面として最適と考えられる最上面に、p形、n形を用意する二種類の構造があるが、pin素子ではいずれの場合でも、室温で電子放出電流1-10 μ A（量子効率0.02-0.18%）を得ることができたことがわかった。ダイヤモンドNEA表面を利用する電子源としてpin接合型ダイオードは有望な素子構造であることを明らかにした。i形層において自由励起子の高密度化が生じ、それが大電流安定化に重要な役割を果たしていると考えられた。この素子を用いて80pAの大気中への電子放出を観測した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】電子源、ダイヤモンド、負性電子親和力、低エネルギー、ダイオード、活性酸素、紫外線

【研究題目】しきい値可変型FinFETによる極低消費電力アナログ回路の開発

【研究代表者】大内 真一

（エレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】大内 真一、松川 貴（常勤職員2名）

【研究内容】

電源電圧低減が困難なアナログ回路にしきい値可変型FinFETを導入することで、当該回路の低電源電圧化による極低消費電力化、高性能化、更にはデジタル・アナログ混載による低コスト化を目指す。具体的には、しきい値可変型FinFETが導入された提案型低電圧演算

増幅器及び比較器を試作し、動作電圧0.7Vでの動作実証を行うことが、本研究の目的である。

前年度までに行った検討の結果、電源電圧0.7Vでの動作が可能であることが示唆されている。本年度は、この設計を完了し、試作・評価を実施した。試作の結果、差動増幅回路の基本動作が電源電圧0.7Vで可能であることが確認された。また、これを用いた比較器、演算増幅器の基本動作も確認された。

まず、作製した演算増幅器は、入力電圧範囲が Rail-To-Rail となったことによって、0.7V 動作時に CMR(Common-Mode Range)が0-0.55V と広く取れていることが確認された。これに対し、比較対象として作製した通常型の演算増幅器は、0.7V 動作時に実現された CMR は0.25-0.5V にとどまり、本技術は比較対象に対して、低電圧動作時に2倍の CMR を達成したことになる。これは、本技術が低電圧動作時に性能を向上可能であることを示している。

一方、作製した比較器は、電源電圧0.7V 動作時に、しきい値電圧初期値の上下で共に同等の比較速度で動作することが確認された。すなわち、比較器においても、低電圧動作時に入力電圧範囲を大幅に拡大することができた。

研究成果発表としては、本年度9月の IEEE CICC (Custom Integrated Circuit Conference) にて、演算増幅器の設計について発表を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】FinFET、演算増幅器、比較器、低電圧動作、システムオンチップ (SoC)

【研究題目】酸化物交流電界発光原理の探求と素子開発

【研究代表者】高島 浩 (エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】高島 浩 (常勤職員1名)

【研究内容】

化学的安定性に優れ、結晶構造が単純なペロブスカイト型酸化物に着目し、単結晶基板上へのエピタキシャル蛍光体薄膜を得た。さらに二重絶縁構造を有すペロブスカイト型酸化物薄膜 EL 素子で顕著な赤色発光を得ることに成功した。近年、金属酸化物による蛍光体開発が盛んに行われ、ペロブスカイト型酸化物 $\text{CaTiO}_3:\text{Bi}$ 系で白色に近い蛍光特性が得られることが報告された。この材料を用いて薄膜 EL で白色発光を得ることを目的とし、エピタキシャル薄膜を作製し、作製条件、結晶性と蛍光特性を調べた。固相反応法によって作製された $\text{CaTiO}_3:\text{Bi}$ をターゲットとし、ArF エキシマレーザーによるパルスレーザー成膜 (PLD) 法によって、 SrTiO_3 (001) 基板上に薄膜成長を行った。成長雰囲気は、基板加熱温度600℃固定とし、酸素圧10mTorr、100mTorr、700mTorr の3種で成長を行った。結晶性の評価には X 線回折および RHEED を用いた。酸素圧

700mTorr、600℃で成膜した試料の X 線回折結果では、全てのピークが指数付けされ、不純物ピークがないことを確認した。また、 SrTiO_3 (002)/ $\text{CaTiO}_3:\text{Bi}$ (002)では、ピークスプリットが観測され、基板材料と薄膜材料がクリアに同定できることが分かった。各 as-grown 試料の蛍光特性を調べたところ、明確な蛍光特性は得られなかったが、それらに対し大気中1000℃で熱処理を行ったところ、700mTorr で成長した試料において530nm 付近にブロードなピークが観測された。これは Bi^{3+} の sp 遷移に起因するものと考えられる。バルク材料と同様の蛍光特性を得るためには、酸素圧700mTorr の雰囲気で作製した後、1000℃で大気中熱処理が必要であることが分かった。この結果、演色性に優れた白色蛍光薄膜の開発に成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】無機 EL、ペロブスカイト型酸化物、薄膜

【研究題目】ゼオライトを用いたタンパク質リフォールディング法の確立

【研究代表者】富樫 秀彰 (コンパクト化学システム研究センター)

【研究担当者】池田 拓史、富樫 秀彰、奈良 貴幸、関川 千里 (常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

大腸菌などで生産された組換えタンパク質は不溶性のタンパク質へと変化してしまう場合が多いが、その不溶性タンパク質を変性させた後に再び巻き戻すことによって活性型のタンパク質として再生可能な場合がある。その手法は「タンパク質のリフォールディング技術」と呼ばれ、タンパク質の大量生産につながる技術として期待されている。本研究は、 β 型ゼオライトをタンパク質吸着担体として用いる新たなリフォールディング法の確立を目標としている。本年度は、昨年度までの知見に基づき、ゼオライト担体からのタンパク質の溶出条件を整理し、最適化の指針をまとめた。また、タンパク質のリフォールディングに最適な条件を迅速かつ効率的にスクリーニングするシステムの実証を継続し、完成形を得た。

本年度は最終年度にあたり、焼結による粒状化が不可能なゼオライトを粒状化するために適用した、バインダーを用いた造粒法の最適化を推し進めた。バインダーの選定や造粒方法を各種検討し、最も好ましい性能を有する造粒法を選定した。当該試料について、粒状特性の評価を行うと共に、カラムを構成し、流通法によるリフォールディング法の特性を評価した。カラムとして用いることで大規模なリフォールディングにも対応できる装置のプロトタイプを構成し、装置性能の評価を継続して行った。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ゼオライト、タンパク質生産

〔研究題目〕産業技術研究助成事業／高効率成膜プロセスを用いた機能性酸化薄膜の開発および調光ミラーデバイスへの応用と優れた耐環境性能を有する構造開発

〔研究代表者〕田嶋 一樹
(サステナブルマテリアル研究部門)

〔研究担当者〕田嶋 一樹 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

調光ミラーデバイスは電氣的に反射(鏡)状態と透明状態を可変できるため複層ガラスあるいは遮熱フィルムへの応用により優れた省エネルギー効果を期待できる。本研究では、当該デバイスの実用化のため特に生産性を律速する機能性酸化薄膜の省使用化および代替材料技術開発を行い、生産性に優れた新規の高効率成膜プロセスを適用する。さらに使用環境に対する適合性を調査し、優れた耐環境性能を有するデバイス構造の開発を行う。以上に関連した本年度の主な成果は以下の通りである。

① 酸化物系薄膜材料の省使用化技術・代替材料開発

材料の省使用化技術開発の一貫として各酸化物層の膜厚削減に主眼を置き、様々な条件下で当該デバイスの作製を行うことで調光特性と関連付け検討を行った。

それら結果から酸化タンタル薄膜の膜厚を初期デバイスより70%以上削減してもほぼ同程度の特性が得られ、さらに成膜プロセス時間も1/6程度になった。加えて、新規酸化物系薄膜材料の適用による調光性能向上技術開発も行った。

次年度は新規成膜方法の適用により高効率デバイス作製方法の探索を行う予定である。

② 調光ミラーデバイスの環境性能把握による耐環境性能の向上に資する構造開発

JIS規格に準拠した恒温恒湿槽を用いて加速試験的に種々環境における当該デバイスの環境性能を調査した。当該デバイスの性能劣化は表面マグネシウム基金属層の酸化および水酸化に関連し、特にマグネシウムは酸化物および水酸化物の混合状態が保持条件下において異なることを見出した。幅広い条件下で環境劣化を緩和するため種々材料を保護層としてデバイスに適用した。温度20～40度、湿度40～60%の範囲、加えてより過酷な温度50度、湿度80%でも動作するデバイスを作製した。今年度成果による当該デバイスの調光性能誤差20%以内であり、1年経過後も動作を確認した。

次年度は太陽光線(紫外線)照射による影響も調査し、劣化抑制方法に関して詳細検討を行う予定である。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕薄膜、スパッタリング、調光ミラー、加速試験、耐環境性能、保護層、希少金属省使用化

〔研究題目〕産業技術研究助成事業(国際分野)／調光ミラー複層ガラスの省

エネルギー効果の評価手法の開発、及び省エネルギー効果を最大にするように光学特性を最適化した調光ミラーの作製

〔研究代表者〕山田 保誠
(サステナブルマテリアル研究部門)

〔研究担当者〕山田 保誠 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、スウェーデン・ウプサラ大学と国際共同研究を行うことで、透明な状態と鏡の状態を自由にスイッチングすることのできる「調光ミラー」を用いた複層ガラスの省エネルギー効果を評価する技術を開発する。本年度の成果は以下の通りである。

① 透明時にはほぼ無色化でき、且つ可視光透過率の高い調光ミラーの開発

技術移転を促進するため、80mm×80mm サイズの大型のガラス基板上(これまでは30mm×30mm)に調光ミラーが作製できるように成膜装置を改造し、この装置を用いて膜厚約80nmのMg-Ca合金層と約4nmのPd層からなる調光ミラーを作製した。as-depo状態の試料は金属光沢を示す鏡状態であり、この試料に水素を4%含むアルゴンガスを曝すと鏡状態から透明状態に光学特性が変化した。透明状態では、30mm×30mmサイズの調光ミラー同様、ほぼ無色で且つ、可視光透過率が高かった。この成果をプレス発表した。

② 波長250nm～1700nm間のMg-Ni、Mg-Ti、Mg-Ca合金の鏡(金属)状態及び透明(水素化物)状態における光学定数

日射熱取得率の太陽光入射角依存性を見積もるのに必要となるMg-Ni、Mg-Ti、Mg-Ca合金の鏡(金属)状態及び透明(水素化物)状態における光学定数を分光エリプソメータを用いて見積もった。すべてのMg合金水素化物の屈折率は2.2前後であった。他方、消光係数はMg-Ca水素化物のそれは波長依存性があり、Ca組成が低いときに非常に小さい値を示したが、増加するにつれて増加した。ただし、Mg-Ti合金水素化物のそれよりは小さい値を取った。Mg-Ti合金水素化物の消光係数も波長にはあまり依存しなかった。Mg-Ni合金水素化物は600nm以下になる急激に増加し、450nm以下では一番大きな値を示した。この傾向は水素化物の透明状態の透過率と色目と一致した。

③ 調光ミラー複層ガラスの省エネルギー効果をシミュレーションするソフトウェアの開発

ウプサラ大学で開発した“WinSel”と市販の“VIP+”を光学特性が変えられる調光ミラー複層ガラスに対応するため、最も省エネルギー効果が高いと考えられる状態および昼間の光の眩しさを低減する観点からの状態を想定し、さらに時間ごとに状態を変化させられるように改良して、名古屋の気象

条件 (Meteonorm を使って計算したもの) を使い、その省エネルギー効果を試算した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 調光ミラー、分光エリプソメータ、省エネルギー効果、コンピューターシミュレーション

【研究題目】 高品質半導体ダイヤモンドによる耐環境低損失パワーデバイスの開発 (外部資金)

【研究代表者】 梅澤 仁 (ダイヤモンド研究ラボ)

【研究担当者】 加藤 有香子 (常勤職員2名)

【研究内容】

ダイヤモンドパワーデバイスは、高温での長期安定な低損失・高出力動作などの特長により、他材料に対して優位性がある。Ib型に分類される(001)単結晶ダイヤモンドは、窒素混入により半絶縁性を示すため、デバイス構造に制限があるものの、比較的安価で高品質かつ大きなウェハが入手可能である。本研究では、要素技術開発により、Ib型半絶縁性ダイヤモンドを用いた積層エピ構造(p-/p+/Ib)を用いた擬似縦型構造によるダイヤモンドショットキーダイオードを試作し、パワーデバイスとしての基本特性を評価している。本年度は、動作温度上昇によるオン抵抗の変動を解析した。擬似縦型構造ではp+層での電流経路が横方向となるため、寄生抵抗が高くなるが、250℃動作における1A級のダイオードであれば、十分に実用的な電流密度が得られる事が示され、さらに複雑な解析モデルを用いなくとも解析式によって素子抵抗を予測できることを示した。また、擬似縦型構造における漏れ電流とデバイス中の欠陥密度の相関評価を行ったところ、特定のエピ貫通欠陥の混入で、漏れ電流の増大により最大5%程度の耐電圧の劣化が発生することがわかった。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ダイヤモンド、パワーデバイス

【研究題目】 自己組織化マイクロリンクルを利用した微小体積液体のマニピュレーション

【研究代表者】 大園 拓哉 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 大園 拓哉、物部 浩達 (常勤職員2名、他0名)

【研究内容】

シリコンゴム表面に密着する比較的硬い薄膜表面は側方応力下において固有な空間波長(200nm-20um)を有するマイクロリンクル(シワ)が自発的に発生する。この微小スケールでのメカニカルな不安定性により形成した自発的凹凸構造は、パターンの鋳型、マイクロ流路、細胞の制御培養、光学材料などの幅広い応用が考えられる。本研究の目的は、マイクロリンクルの溝を大気開放型毛細管として利用することで微量の液体のパター

ン化や操作である。マイクロリンクルの微細形状は外部からの応力刺激に対して、可逆的に応答し、その溝の深さや、方向が制御できることが分かっている。

柔らかい弾性体基板であるシリコンゴムの清浄表面上に様々な高分子材料で硬い層を形成させ、応力下でマイクロリンクルを発生させる。さらに、外部応力によって凹凸構造を変形させることで、表面に載せた様々な液体に対して毛細管力を発生させ、液体が溝に浸透していく現象を見つけ、さらにその液体形状を変形させる技術を確認した。今後さらに研究を進めることで、新しいプリンタブルエレクトロニクスへ応用できるパターンニング方法や、バイオセンサーや微小反応場として応用可能なマイクロ流路技術として利用が見込まれる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マイクロリンクル、微小液体操作、パターンニング、自己組織化

【研究題目】 革新的な光取出し技術を利用した AlGaInP 高効率発光ダイオード

【研究代表者】 王 学論 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 王 学論、Hao Guo-Dong (常勤職員1名、契約職員1名)

【研究内容】

AlGaInPを材料に用いた赤・黄色発光ダイオードは、交通信号機や液晶パネルのバックライト、車載ランプ、植物工場の光源などの様々な分野で利用されており、InGaN系デバイスと並んで最も重要な可視光発光ダイオードである。しかし、AlGaInPの屈折率がInGaNより大きいため、界面での光の全反射現象が強く、50%を超える光取出し効率の実現が困難である。我々はV字型の溝を持つ半導体基板上に形成した微細な半導体リッジ構造の自然放出光はエバネッセント光の干渉効果によって非常に高い効率で空気中に放出される現象を発見した。本研究の目的は、この技術を利用し、光の取り出し効率が従来より5割以上高いAlGaInP系赤・黄色発光ダイオードを実現することである。平成22年度では、平成21年度で確立したGa_{0.5}In_{0.5}Pリッジ構造の作製条件をもとにして、AlGaInP/GaInP量子井戸リッジ構造の作製を行った。この場合、SiO₂選択成長マスク上への多結晶の析出が見られたものの、エバネッセント光の干渉効果の発現に必要なサイズおよび表面平坦性を有するリッジ構造の作製が可能であることが判明した。得られたリッジ構造の光学特性をフォトルミネセンス法で評価したところ、室温での発光強度は平坦基板に成長した同様な試料に比べて10程度強く、光の取り出し効率が10倍程度向上されたことが分かった。さらに、発光強度の空間分布測定により、上記リッジ構造においてエバネッセント光の干渉現象が発現していることが確認された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 発光ダイオード、AlGaInP、取り出し

効率、リッジ構造、エバネッセント光、結合

【研究題目】 シグナル物質担持アパタイトによる多重感染防止システムを備えた経皮デバイスの開発

【研究代表者】 大矢根 綾子（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 大矢根 綾子、十河 友、王 秀鵬、伊藤 敦夫、田辺 公三、六崎 裕高（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

目標：

本研究の最終目標は、高分子及び金属材料表面にシグナル物質担持アパタイト層を形成させることにより、細菌感染を防止する機能を有する経皮デバイスを開発するための指針を得ることである。シグナル物質としては、接着因子、成長因子、及び抗菌剤から選ばれる1種以上のシグナル物質を用いる。

研究計画：

当該年度においては、前年度までの研究により最適化された処理条件を用いて、複数のシグナル物質を経皮デバイス表面に担持させるための手法を検討する。また、シグナル物質の複合担持による効果をウサギ *in vivo* 実験により検証する。さらに、前年度までに確立した品質評価法を用い、シグナル物質担持経皮デバイスの品質管理、ならびに製造プロトコールについて検討を行う。年度進捗状況：前年度までの研究により最適化された処理条件を用いて、セフェム系抗菌薬であるセファゾリンおよび線維芽細胞増殖因子（FGF-2）を、経皮デバイスの挿入部近傍で同時に作用させるシステムを構築した。ウサギ *in vivo* 実験の結果、上記シグナル物質の複合担持による感染率低減効果を示すことができた。また、FGF-2の生理活性保持・品質管理に有効な FGF-2担持アパタイト層の形成条件について検討し、製造プロトコールを改良するとともに、エンドトキシン等の発熱性物質の混入を排除する新たな製造プロトコールを策定した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造、ライフサイエンス

【キーワード】 アパタイト、シグナル物質、成長因子、FGF-2、過飽和溶液、ナノコンポジット、経皮デバイス

【研究題目】 カーボンナノチューブの金属・半導体型大規模分離技術の開発

【研究代表者】 田中 丈士（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 田中 丈士（常勤職員1名）

【研究内容】

本年度の当該研究実施期間は4月～5月の2ヶ月間であった。これまでに得られた分離条件からさらに高純度で効率の良い分離条件の探索を行った。その結果、溶出に

用いる界面活性剤の濃度を連続的に変化させることにより、分離純度の向上と、さらには金属型と半導体型のカーボンナノチューブ（CNT）の分離に加え、半導体型CNTの直径の違いによる分離を達成することに成功した。また一方で、吸着したCNTを溶出する条件を探索し、これまでと全く異なる溶出条件を見出した。本研究プロジェクトは中間審査を通過することができたが、経産省による大型のプロジェクトの中で本分離の研究開発を推進することとなった。したがって、中間審査後に継続して研究を行う予定であった本研究プロジェクトは、発展的辞退という形をとって終了することとなった。これまでの研究成果を整理し、最終報告書としてまとめた。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、金属、半導体、分離

【研究題目】 金属錯体ナノ粒子インクと多様な印刷・製膜技術による新機能エレクトロクロミック素子の創製

【研究代表者】 川本 徹（ナノテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 川本 徹、田中 寿（常勤職員2名）

【研究内容】

プルシアンブルー（PB）型錯体ナノ粒子のエレクトロクロミック特性を利用し、液体電解質を具備する表示装置、調光装置の開発を実施した。PB型錯体 $M_x[Fe(CN)_6]_y$ は、光学的、磁性的、電気化学的に外部刺激応答性を示し、工学的応用にとって興味深い物質である。我々は、PBのエレクトロクロミック特性に注目し、そのデバイス化の検討を行っている。PBをナノ粒子化して水中に安定分散させることで水溶性インクを作製し、塗布法や印刷法を適用して、これまでにない機能を有するデバイスの実現を目指した。

今年度は、PB薄膜とその類縁体（鉄をNi等他の金属に置換したもの）の薄膜を多層化することにより、各層が独立に色変化する多色表示を実現した。さらに、大面積素子として、A4サイズの色可変素子を試作した。この場合、ナノ粒子薄膜はバーコート法によって作製し、電解質層には白色顔料を混合させたゲル状の電解質を塗布で形成した。この素子は、電圧印加により白色～青色の色変化を示す。このように、塗布による作成を導入することで、大面積化も可能であることを示した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 金属錯体、ナノ粒子、エレクトロクロミック、電気化学、バーコート

【研究題目】 蛍光消光現象を利用した革新的な遺伝子定量技術の開発と微生物産業利用における安全性評価・リスク管理への応用

【研究代表者】 野田 尚宏

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 野田 尚宏、関口 勇地

(常勤職員2名)

〔研究内容〕

微生物の産業利用においては利用しようとする微生物の挙動を追跡し、その安全性評価・リスク管理を行うことが極めて重要である。本研究では微生物の挙動を迅速・簡便・ハイスループットに解析できる新規遺伝子定量技術 (Alternately Binding probe Competitive : ABC法) の開発を行った。

Helicase-dependent amplification (HDA) 法とは、PCRのように2つのプライマーを使用し、helicaseの活性を用いて2本鎖核酸の解離を行い、等温増幅を行うというシステムであり、次世代の等温増幅法として注目を集めている。HDA法での簡便で定量的な遺伝子検出法の確立を目指して、ABC法とHDA法を組み合わせたABC-HDA法の開発および改良を行った。等温遺伝子増幅法の一つである Helicase-dependent amplification (HDA) 法と ABC法を組み合わせた遺伝子定量法ABC-HDA法を環境中の感染性因子の検出・定量に適用した。対象としたのはノロウイルス、クリプトスポリジウム・ジアルジアの3種類である。様々な条件検討の結果、ABC-HDA法によりノロウイルスを検出・定量することが可能なアッセイ系の構築に成功した。ABC法の蛍光プローブに関するコストの低減化を目指して、ジョイント DNA という新しい概念のプローブをABC法に導入した。その結果、1種類の蛍光プローブと標的遺伝子配列に応じたジョイント DNA を組み合わせることで蛍光プローブ配列の一元化に成功した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 微生物産業利用、環境微生物、遺伝子定量、DNA

〔研究題目〕 化学増幅を用いた携帯可能な超高感度診断チップの開発

〔研究代表者〕 栗田 僚二

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 栗田 僚二、新井 久美

(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

計画に従い、小型電気化学測定器の2次試作を行った。昨年度の1次試作品の超小型化を維持しつつ、ノイズレベルを1/10以下にすることに成功した。このノイズレベルの低下は、目的分子を高い S/N 比で測定するために極めて重要である。2次試作した電子基板を収納するポリアセタール製ケースも試作し、幅74mm、高さ29mm、奥行き11mm (USB 接続及び電極接続の配線部含まず) の超小型かつ高感度電気化学測定器を実現した。また、同時に本機の制御及びデータ解析用のソフトウェアの開発も行った。これらの成果は、特許出願した。

また、DNA のメチル化を位置選択的に極めて簡便に検出可能な免疫測定法を開発した。各塩基への選択性や、隣接塩基の影響など詳細な検討を進めたところ、メチルシトシンに高い特異性を示し、他の塩基 (非メチル化シトシン、アデニン、グアニン、チミン) の影響を受けずに選択性良く検出可能であることが分かった。また、測定感度を調べたところ、メチルシトシンの量に依存した良好な検量線を得ることができた、検出限界も1pmolと高い感度を示した。さらにこれをチップ上で計測するためのマイクロデバイスの開発を開始した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 電気化学、メチルシトシン、イムノアッセイ

〔研究題目〕 曲がり管を利用した超小型質量流量計の開発

〔研究代表者〕 小阪 亮 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

〔研究担当者〕 小阪 亮 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

人工心臓を適用された患者の生理状態や人工心臓の駆動状態を管理するためには、血流量を計測することが重要である。現在、人工心臓の血流量を計測するためには、超音波や電磁力を利用した市販の流量計が使用されているが、計測方法が複雑で機器が大型である。また、ポンプの消費電力から流量を推定する流量推定法は、血液粘性の影響を受け誤差が生じてしまう。また、本手法は、ポンプの消費電力と流量に相関の無い軸流型ポンプでは適用困難である。そこで、本課題では、血液粘性や人工心臓のポンプ特性の影響を受けない質量流量に着目し、体内埋め込み型人工心臓に使用される曲がり管をセンサとして利用した質量流量計を研究開発する。

平成22年度の実績は以下のとおりである。(1) 体循環系を模擬した閉鎖回路を構築し、作動流体の粘度変化と外力による計測誤差を評価した。その結果、いずれの場合も生体内で生じると考えられる変化の範囲内では、大きな計測誤差は生じなかった。(2) 質量流量計の計測性能を評価するため、血液と同粘度のグリセリン水溶液を作動流体として使用し、一週間の安定性能を評価した。その結果、一週間の計測誤差は約10%以内と、流量計として問題ない安定性能を確認することが出来た。(3) 質量流量計を産業用流量計として応用するため、微小流量の基礎試験を実施した。その結果、20ml/min の微小流量も計測可能であることがわかった。

本結果から、曲がり管を用いた質量流量計は市販流量計とほぼ同等の計測性能を有することが確認出来た。また、産業用微小流量計としての応用も期待できることがわかった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 質量流量、流量計、人工心臓

〔研究題目〕環境先進型界面活性剤の製造・利用技術の高度化

〔研究代表者〕森田 友岳（環境化学技術研究部門）

〔研究担当者〕森田 友岳、羽部 浩（常勤職員2名）

〔研究内容〕

微生物がバイオマス資源から生産する種々の界面活性物質（バイオサーファクタント、MEL）は、多様な機能と環境適合性を兼ね備えており、新しい環境先進型界面活性剤として、幅広い産業利用が期待されている。一方、これらのバイオベース材料の実用化には、製造コストの低下と、構造・機能の多様化が必須の課題となっている。本研究では、遺伝子組換え技術と界面工学的手法を融合して、MEL の機能性材料（化粧品等）としての実用化を進め、環境先進型界面活性剤の利用・普及を目指した。

本年度は、遺伝子組換えによる MEL 製造技術の高度化を推進するため、MEL 生産菌の遺伝子組換え基盤技術の改良を継続し、ゲノム解析も実施した。また、新規 MEL 生産菌の取得および生産条件の最適化に取り組み、生産収率の向上と構造・機能の多様化を目指した。さらに、MEL 化粧品の販売・普及を目指して、用途開拓を拡大した。研究の進捗は以下の通りである。

- ① MEL 生産酵母のゲノム解析を行い MEL 生合成関連遺伝子の網羅的な取得に着手した。また、MEL 生産酵母の遺伝子破壊株の創出に初めて成功した。
- ② さらに、新規な MEL 生産酵母を環境中から取得し、MEL 生産条件を最適化することで、MEL 生産効率の向上を達成した。
- ③ 脂肪酸の構造やアセチル化の異なる各種 MEL 同族体の物性・機能を継続的に解析して、実用化に必要な界面化学的な特性を蓄積した。さらに、三次元皮膚モデルや培養細胞を用いたスキンケアおよびヘアケア剤としての特性を系統的に検証し、MEL の用途拡大に貢献した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕バイオサーファクタント、界面活性剤、バイオベース材料、バイオプロセス

〔研究題目〕グリセリン誘導体を基幹ブロックとした高機能化学品生産プロセスの開発

〔研究代表者〕羽部 浩（環境化学技術研究部門）

〔研究担当者〕羽部 浩、福岡徳馬（常勤職員2名）

〔研究内容〕

石油資源だけに依存しない原料転換政策として、あるいは CO₂排出削減等の地球環境問題に対応する新たな技術的概念としてバイオマスを原料としたバイオリファイナリーが注目されている。バイオマスを燃料として利用する技術の中でも、軽油代替のエコ燃料としてバイオディーゼル燃料の生産量が欧州を中心に飛躍的に増加している。一般的にバイオディーゼル燃料は、植物油脂や廃食用油にメタノールを反応させエステル交換反応を行

うことで製造され、必ず原料油脂の1割程度グリセリンが副生し余剰となっているが、多くの場合は廃棄物として処理されているのが現状である。そこで本研究では、新たな副生グリセリン有効利用法の開発を目的として、グリセリンを原料とした高機能化学品製造プロセスの開発を行った。平成22年度は、高機能性を有するグリセリン誘導体である「D-グリセリン酸」の微生物生産プロセスにおいて、微生物触媒を分子レベルで改良することにより、グリセリン酸以外の目的外生産物を副生しないようなバイオプロセスの開発を試みた。その結果、グルコノバクターに属する酢酸菌の遺伝子改良菌株を用いてジヒドロキシアセトン副生せずにグリセリン酸を生産させることに成功した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕廃棄物処理、バイオリファイナリー、バイオプロセス

〔研究題目〕電場印加液相プロセスによる規則性メソ多孔体の三次元集積化・高機能モジュール化技術の開発

〔研究代表者〕遠藤 明（環境化学技術研究部門）

〔研究担当者〕遠藤 明、根岸 秀之、岡田 夏江（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、厚膜形成に適した性状の規則性メソ多孔体粉末の開発と、それをコロイド法と電場を協調させた泳動電着法により、複雑形状の基板の上に100μm以上の厚さに堆積・固定化する技術を開発し、メソ多孔体の吸着モジュール化技術を確立することを目的としている。

今年度は最終年度で、デシカント空調システムの除湿・加湿エレメント用熱交換フィンや、吸着ローターを想定した検討として、アルミニウムハニカム上へ電着膜作製を検討し、均一な製膜を行う方法を確立した。また、添加するバインダーとして、TEOS および PVB を検討し、膜強度の向上を図った。

作製したメソポーラスシリカ電着膜の窒素および水蒸気吸着特性や機械的強度を検討し、PVB 添加の電着膜は非常に機械的強度が大きいことがわかった。吸着量については、TEOS 添加およびバインダー無添加のものと比較して吸着量は若干低下したが、吸脱着サイクル試験から、長期にわたって安定な除湿能力を示し、低温排熱用デシカントシステムの吸着モジュール作製法としての有用性が示された。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕泳動電着、規則性メソ多孔体、吸着モジュール

〔研究題目〕耐熱性・耐衝撃性に優れたバイオベース ABS 代替材料の開発とリサイクル特性評価

〔研究代表者〕大石 晃広（環境化学技術研究部門）

〔研究担当者〕川崎 典起、飯田 洋
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

自動車用材料として使用されている主要な樹脂の中から ABS 樹脂に注目し、3種類の単量体からなるベース材料をバイオ由来・転換原料に置き換えた新規共重合体樹脂を合成し、耐熱性・耐衝撃性に優れた材料を開発する。

耐衝撃性材料の開発では、PLA にブチレンサクシネート (BS) ユニットの組み込んだ BL 成分系共重合体であるランダムマルチブロックコポリマー (block-PBSLA) について、末端を制御した分子量の異なる種々のプレポリマーのブロック共重合体を合成しシャルピー衝撃値が、block-PBSLA80L で16.3kJ/m²とラクチド成分が多い材料で衝撃性に優れた材料が開発できた。その破断伸びについては、685%の値を示し、PBS に近い値を示した。

再生フィルム (PBES) によるリサイクル性能評価では、引っ張り試験による結果から、柔軟性が失われていることが示唆された。

耐熱性材料としてのポリアミド4 (PA4) において、ピカット軟化点236度、ガラス転位温度78度、引っ張り強度40MPa、荷重たわみ温度185度 (0.45MPa)、曲げ応力132MPa という物性値が得られた。3分岐型 PA4とポリアミド6 (PA6) との各種重量割合でのブレンド材料について溶媒キャスト法によりフィルムを作成し、DSC、TG-DTA の測定を行った。DSC の解析の結果、PA4の融点は PA6をブレンドしてもほぼ変化はなかった。融解熱の比は、PA4/PA6ブレンドの割合とほぼ対応していることから、PA4と PA6との相溶性は低いことがわかった。一方、PA6をブレンドすることにより、熱分解温度が高くなる傾向が認められ、PA4の熱分解温度の改善に PA6とのブレンドが有効であることが示唆された。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕バイオベースポリマー、生分解性、リサイクル

〔研究題目〕マイクロ波を駆動源とするバイオベースポリマーの高効率製造技術開発

〔研究代表者〕長畑 律子（環境化学技術研究部門）

〔研究担当者〕長畑 律子、中村 考志
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

化学合成系のバイオベースプラスチックとしては、ポリエステル樹脂のみが現段階で実用化されている。全てまたは一部の原料に石油を用いないためにグリーンプロダクツの代表格に取り扱われるが、ポリエステルの製造には、石油系、バイオマス系を問わず、多段階・高温・

長時間反応が必要なため、実は石油に依存したプロセスエネルギーを多量に要し、ハロゲン化原料や溶媒を使用することも多い。2000年代に入って、いくつかの新触媒系による高効率製造法が報告されてきてはいるが、依然10時間以上の長時間を要するため、シンプルであるのみではなく、経済的、環境調和的、かつ迅速な製造法の開発が産業界から望まれている。

マイクロ波は従来のヒーターやスチームとは異なり、物体を伝熱によらず内部から高速かつ均一に加熱できるという特長を有している。我々は、ポリエステル合成の基本反応である重縮合が、マイクロ波をよく吸収する基質および脱離成分が主に関与する反応であることに着目し、脂肪族ポリエステル合成の加熱にマイクロ波を用いることを着想した。

本年度は、バイオベースポリマー以外のポリエステル系樹脂（例えば、ポリエチレンテレフタレート等）に研究対象を広げ、本技術の波及可能性を探った。フタル酸系ポリエステルの直接脱水法および2段重合法（エステル化→脱グリコール）に対し、前年度までに蓄積した技術を応用展開し複数グレードのポリマーを合成した。この試料について提供・評価先候補を検討した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕ポリエステル、バイオベースポリマー、マイクロ波合成、誘電損失

〔研究題目〕低コスト省エネルギー型太陽電池用 Si 製造方法の開発 (NEDO 助成金)

〔研究代表者〕大石 哲雄（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕小山 和也、大石 哲雄
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

太陽電池の急速な普及により太陽電池用高純度シリコンの供給は不足しつつあり、価格も高騰している。しかし、Siemens 法に代表される現行の高純度シリコン製造プロセスは、非常に高純度なシリコンを得られる反面、複雑かつエネルギー多消費であり、コストも高いなどの問題を抱えている。そのため、太陽電池用シリコンを低コストかつ省エネルギー的に製造するプロセスの開発が必要とされている。そこで我々は、Al-Si 液体合金と熔融塩電解を利用した新しいプロセスを考案し、その実現可能性を検討する研究を行っている。これは、①高純度シリカ (SiO₂) を原材料として熔融塩 (電解浴) に投入し、陰極として用いる Al-Si 液体合金上でシリコンに還元して採取する、②シリコン濃度の上がった Al-Si 合金を取り出し、所定の温度に保つことでシリコンを析出させる、③シリコンが析出してシリコン濃度が下がった Al-Si 合金を電解に戻して再度陰極として使用するというものであり、従来の Siemens 法に比べて消費エネルギーおよびコストの大幅な削減が期待できる。

平成22年度においては、昨年度までの検討結果をもと

に比較的長時間の安定した電解を実現するとともに、一部の不純物について電解中の挙動を把握した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 太陽電池、高純度シリコン、熔融塩、電解

〔研究題目〕 高真空中におけるイオン液体のエレクトロスプレーを用いた正負両極性を選択可能な高収束性クラスターイオンビーム源の開発ならびに二次イオン質量分析(SIMS)への展開

〔研究代表者〕 藤原 幸雄

(計測フロンティア研究部門)

〔研究担当者〕 藤原 幸雄 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

近年、クラスターイオンを二次イオン質量分析(Secondary Ion Mass Spectrometry: SIMS)における一次イオンビームとして用いることで、高精度かつ高感度なSIMS分析が可能となることがわかり、 Au_3^+ (分子量591u)や C_{60}^+ (分子量720u)などを用いたCluster SIMSに大きな関心が集まっている。

クラスターイオンビーム照射の特徴を一層顕在化させるためには、より原子数が多く、より大きいクラスターイオンを利用することが望ましい。また、マイナスの電荷を有する負イオンビームは、分析試料が絶縁性材料の場合であっても、深刻な問題となるチャージアップが発生しないことが知られており、マイナス電荷を有するクラスターイオンビーム技術の開発が求められている。

本研究は、“イオン液体”を用いた新コンセプトのクラスターイオンビーム源の研究開発を行うものである。イオン液体は、真空中でも蒸発せず、またイオン性であるため、高真空中においてもエレクトロスプレー法により正イオンならびに負イオンの巨大クラスターイオンビームを集束性良く生成でき、イオン源のコンパクト化も可能となるものと期待される。

今年度は、高真空中において生成されたクラスターイオンの質量電荷比を評価する実験を実施した。得られた実験結果から、質量電荷比が大きく異なる2種類のクラスターイオンが混在していることが明らかとなった。このため、イオンビーム源として応用する場合には、質量分離機構が必要と考えられる。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 SIMS、クラスター、イオンビーム

〔研究題目〕 単純形体に基づくピッチマスターゲージとそのナノレベル測定技術の開発

〔研究代表者〕 大澤 尊光 (計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 大澤 尊光、佐藤 理、近藤 余範
(計測標準研究部門)、
小森 雅晴 (京都大学)

(常勤職員2名、他2名)

〔研究内容〕

自動車をはじめ、風力発電装置、航空機、船舶等、様々な分野で使用されている歯車等の回転体用の円ピッチ測定を対象として、国家標準レベルから生産現場レベルまでの技術的欠落のないナノ精度ピッチ保証体系の構築を目指し、以下のような研究開発を実施する。

- ① 高精度に製作可能な単純形体(球・円筒・平面等)に着目したピッチ標準器(ピッチマスターゲージ)の開発、
- ② 角度標準技術である等分割平均法とレーザ干渉による高精度距離測定法を組み合わせたピッチマスターゲージのナノ精度測定技術の開発、
- ③ ピッチマスターゲージを用いた生産現場用測定機の高精度検査・校正法の開発、
- ④ ピッチ測定用の小型・高精度検出器の開発を行う。

平成21年度までに球、円筒、平面を利用した4種類のピッチマスターゲージの開発、製作したピッチマスターゲージを歯車測定機評価に使用した場合の誤差要因の解析、実際の測定に基づく評価法の検証を実施した。H22年度は、現場での利用性を向上させるため、センター付きのピッチマスターゲージを製作し、センター取り付け誤差を含めた測定機のピッチ測定誤差を検証できることを確認した。さらに、光学式角度センサによるピッチ校正システムを完成し、システムの有効性を確認した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 歯車、ピッチ、精密測定、トレーサビリティ

〔研究題目〕 光通電ハイブリッド・パルス加熱法による高速多重物性測定装置の実用化開発

〔研究代表者〕 渡辺 博道 (計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 渡辺 博道、山下 雄一郎
(常勤職員2名)

〔研究内容〕

高温機器の設計や材料開発に必要な200~3000℃超における固体の複数の熱物性値を同時測定する装置を開発することを目標とする。本装置は、通電加熱とパルス光加熱を高速制御して試料を物性測定の際に必要な境界条件(温度・熱流環境)に瞬間的に保持すると共に試料の温度、電流、電圧、形状、光学特性を同時測定することで熱伝導率、熱拡散率、比熱、全放射率、分光放射率、電気抵抗率、熱膨張率を同時測定する。測定を1秒以内で終了させ、試料汚染を回避できると共に測定効率を画期的に向上させることを目指す。

H22年度は、フィードバック制御パルス通電加熱技術と高速画像処理技術を利用した高速・高温熱膨張率測定法、カーボンナノチューブ配向集合体を利用した平面黒体及に分離型熱電対を開発した。開発した熱膨張率測定法により、12種類の金属の熱膨張測定を行った結果、推

奨値と比較して5 %以内の良い一致を確認しており、目標とする測定精度を達成した。開発した平面黒体の放射率は0.97以上であり、3000 °C以上での使用が可能であることを実験的に確認した。また、開発した分離型熱電対は、従来の試料にスポット溶接した熱電対により温度を測定する場合とほぼ同様の正確さで測定できることを確認した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 熱物性、金属、炭素材料、フラッシュ法、熱量法

【研究題目】 エンジンの潤滑油粘性モニタリングや流体プラントの多点プロセス粘性計測を実現する超小型粘性 MEMS センサの開発

【研究代表者】 山本 泰之（計測標準研究部門）

【研究担当者】 山本 泰之、松本 壮平（集積マイクロシステム研究センター）（常勤職員2名）

【研究内容】

粘性センサの産業化を目指して、簡易的な構造の MEMS センサの開発を進めている。

平成22年度は、モックアップによる原理確認を行い、その結果に基づいて MEMS 構造の作成を行って、MEMS センサの基本構造の製作に成功した。具体的には次の成果が得られた。

渦巻き構造を並進運動させて粘性を計測する原理の確認のため、モックアップを製作して、原理検証実験を行った。結果的に粘度の算出が可能であることが判明し、粘度測定の基本原理が確認された。

シリコンウェーハに、DeepRIE 装置で幅40 μm の溝を貫通させる製作プロセスの開発を進め、条件両面から構造を作製するプロセスレシピの開発を進め、基本構造の作成方法を確立することができた。基本構造のチップを用いて、変位をレーザー変位計で計測することができるテスト装置で、粘度測定が可能であるか検証した。粘性の変化によって、周波数スペクトルが変化することが確認できたが、粘度の算出まではいかなかった。

将来の実用化に向けて、MEMS チップを保持するホルダーの製作を開始した。ピエゾユニットを内蔵し、MEMS チップを保持することにできるホルダーを設計、製作し、実際に機能を果たすことを確認した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 粘度、粘性率、センサ、MEMS、マイクロマシン、プロセス粘度計

【研究題目】 骨導超音波知覚を利用した重度難聴者のための新型補聴器の実用化開発

【研究代表者】 中川 誠司（健康工学研究部門）

【研究担当者】 中川 誠司、籠宮 隆之、江村 伯夫、大久保 裕子、神原文（常勤職員1名、他4名）

【研究内容】

従来の補聴器を使用しても聴覚を回復することができない重度難聴者は、日本国内に約85000人存在するといわれている。重度難聴者に残された聴力回復のための唯一の手段は人工内耳であるが、皮下への埋め込みを必要とするうえ、必ずしも十分な性能を有しているとは言えない。一方、骨導（骨伝導）にて呈示された周波数20 kHz 以上の高周波音（骨導超音波）であれば、聴覚健全者はもとより、重度感音性難聴者であっても知覚することができる。本研究では、骨導超音波知覚を利用した重度難聴者用の新型補聴器（骨導超音波補聴器）に実用的な性能を持たせることを目的として、各部の最適化や、安全基準・適用基準策定のための検討に取り組んだ。

重度難聴者を対象とした聴取試験および長期モニタリングの結果から、訓練された一部の重度難聴者は骨導超音波補聴器を用いて簡単な会話が可能であること、話者情報・発話意図といったパラ言語情報の伝達において実用的な性能を有すること、耳鳴遮蔽効果があることが確認された。重度難聴者からは「読話の補助として非常に有用である」という意見も多く寄せられた。また、頭部振動特性の評価に取り組み、骨導超音波のレベル推定に有用な知見を得た。さらに、骨導超音波知覚の末梢メカニズムの解明に関する成果から、骨導超音波補聴器の適用基準について提言を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 重度難聴、補聴器、骨導超音波、明瞭度

【研究題目】 ニワトリ卵を用いた有用蛋白質大量生産法の基盤技術の開発

【研究代表者】 大石 勲（健康工学研究部門）

【研究担当者】 大石 勲、吉井 京子、小島 正己（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

目標：

抗体医薬は、市場のニーズが高く今後の需要の増加も見込まれるが、蛋白質生産のコストが大きな問題となっている。ニワトリ卵は高純度の蛋白質を含み、親鳥の飼育も平易なため、有用蛋白質を安価に製造するバイオリアクターとして期待されているが、実用化に向けての課題も多い。本研究では抗体医薬等の有用蛋白質を効率よく卵に蓄積しうるトランスジェニックニワトリの開発を目指した基盤技術の開発を行なう。

研究計画：

ニワトリ卵管特異的に医療用抗体分子を高効率に発現する制御系の開発、検証を行なうとともに、制御系を実際に搭載したトランスジェニックニワトリの樹立に向けた研究を実施する。

研究進捗状況：

Cre-loxP 部位特異的組換え系を活用した抗体医薬高

発現系が構築されたので、これをニワトリに導入する研究を行った。抗体医薬高発現系を導入した組換え細胞を初期胚に移殖し、生殖巣キメラを作製した。

移殖細胞は生殖隆起に集積し、その後性腺や精巣特異的に集積する事が組織学的解析や分子生物学的解析から明らかとなり、生殖巣キメラヒヨコの樹立に成功したと判断される。現在ヒヨコを孵化後飼育し、性成熟を待つて生殖系列キメラニワトリの樹立が達成されたか否かを判定する予定でいる。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 抗体医薬、ニワトリ、遺伝子組換え

〔研究題目〕 ヒト型糖鎖を均一に有する組換え糖タンパク質を高効率に生産する代替宿主としての酵母株の開発

〔研究代表者〕 安部 博子（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 富本 和也（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

目標：

高価なバイオ医薬の原料となる糖タンパク質を安全かつ安価に提供するだけでなく、低抗原化と薬効の向上を目指して、生体内と同じ糖鎖もしくは高機能化できる糖鎖構造を均一に持った糖タンパク質を高効率に生産する出芽酵母株を開発する。

平成22年度はすでに開発済みのヒトの高マンノース型糖鎖付加（Man8GlcNAc2:M8）タンパク質を高効率に生産する酵母（YAB100および YAB101）にさらなる遺伝子改変を加えることによってヒトの複合型糖鎖中間体（Man5GlcNAc2:M5）を生産できる酵母株の開発を目指した。A. *saitoi* の $\alpha 1, 2$ -マンノシダーゼをコードする *msdS* 遺伝子を出芽酵母ゴルジ体に局在できるように、 $\alpha 1, 2$ -マンノシダーゼの N 末端側に出芽酵母のゴルジ体局在化配列を連結した融合遺伝子を作成し、開発の高マンノース型糖鎖生産株である YAB100、YAB101 株のゲノムにインテグレーションした。この遺伝子改変株（YFY20）において、 $\alpha 1, 2$ -マンノシダーゼ遺伝子の発現を確認した後、マンナン N-結合型糖鎖を PA 化（蛍光ラベル）後、HPLC を用いて解析した結果、本株では M5糖鎖が主糖鎖であることが分かった。さらに M5糖鎖種の割合を高めるために酵母の培養方法を検討した。 $\alpha 1, 2$ -マンノシダーゼ遺伝子が常に高効率に発現するように培養した結果、M5糖鎖の割合が約68%に増加した。以上から、グルコース添加しながら3日間培養することによって、M5糖鎖の割合を高めることができることが分かった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 糖鎖、酵母、バイオ医薬品

〔研究題目〕 DNA 伸長合成反応のリアルタイム1分子検出による高速 DNA1分子シーケンス技

術の研究開発

〔研究代表者〕 平野 研（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 平野 研（常勤職員1名）

〔研究内容〕

来るべきゲノム医療では、個々人のゲノム情報を解析することで罹患可能性を科学的に高い確率で予測し、がん等疾患の予防のためのリスク把握と自己管理が将来的に実現できると考えられている。そのためには個々人のゲノムを高速にかつ安価に取得できる、従来にはない DNA シーケンサーの革新的開発が求められる。そこで、本申請研究では、DNA ポリメラーゼが伸長合成反応時に取り込む蛍光標識された塩基をその順番でリアルタイムに識別し、DNA1分子から超高速に DNA シーケンスを行う手法を確立し、将来的に装置実用化を行うための布石を構築することを目標としている。

シグナルの高感度・高コントラスト検出では、研究計画に従い、超高感度 EM-CCD カメラシステムを1台導入し、微弱1分子蛍光の高感度検出と高コントラストの画像取得をステージ I で購入済みの EM-CCD カメラと同期して確立を行った。これにより、システム全体を完全に超高感度検出・リアルタイム同期検出が可能な4種類の蛍光色素1分子をリアルタイムに同時に検出できる全反射顕微鏡を構築できた。

DNA ポリメラーゼ（Pol）の機能解析では、現在見出されている Pol 以外の有能な蛍光 dNTP 取込み活性を有する Pol を取得するため、改変された DNA ポリメラーゼの中から蛍光標識 dNTP の取込み活性に関する機能解析とスクリーニングを行い、評価を行った。現在見出されている Pol 以外のポリメラーゼも発現・精製を行い、活性を評価したが、現在見出されている Pol に勝る蛍光標識 dNTP 取込み活性は示さなかった。また、DNA ポリメラーゼに至適な温度で DNA1分子シーケンスを行うための温度制御機構を完成させ、これにより酵素の至適温度での計測が可能となった。

並列化処理の基礎的実証として、その基礎的検討のために DNA 分子を基板にパターンニング・固定するための基板のコーティング方法や固定化方法について検討を行い、基礎的知見を得ることができ、また特許を1件出願した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ゲノム解析、DNA シーケンス、1分子計測、DNA ポリメラーゼ、テーラーメイド医療、遺伝子

〔研究題目〕 新型インフルエンザウイルスの高感度その場分析装置の開発

〔研究代表者〕 栗津 浩一（光技術研究部門）

〔研究担当者〕 栗津 浩一、藤巻 真、

Subash C.B. Gopinatha

（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

装置開発としては、中間目標で試作した装置を用いた実証試験を通じて、更なる小型化可能な光学系を設計して、携帯電話サイズのセンサーを設計、製作する。検出対象側の目標については、HのみでなくN（ノイラミニダーゼ）に関しても識別可能となる目処をたてる。現在流行しているH1とH3は感染を繰り返す度に遺伝子の変異を起こすので、同じH1とかH3であっても抗体結合部位のアミノ酸組成が微妙に変化して、モノクローナル抗体に付かなくなる可能性がある。すなわち、その変異に合った抗体を毎年作成してアップデートしていかないと、装置として販売するにはユーザーの要求に追いつかないかもしれない。抗体の結合部位を変異の少ない部位に設定する、あるいは変異の影響を最小限にする方法を開発する。現在の装置は70cm×70cmのサイズとなっている。しかし、装置の大部分を占めているゴニオメータが不要となるので、中間評価までにはノート型パソコンサイズ(30cm×20cm程度)の装置を設計、試作する。検出感度に関しては、ストレプトアビジンの検出の実績から、pMオーダーのインフルエンザウイルスの検出を目指す。表面の反応サイトはあと1桁増加させることが可能であるので、感度的には、まださらにあと1桁上昇できると考えている。またモノクローナルな抗体を用いて、インフルエンザA型のH5、H1、H3、H2、H7、H9型とB型の全7種類の同時、一括分析を始める。早期識別ということに重点を置くので、Hの判別だけであれば、中間目標としては十分である。つまりヒトヒト感染しているH1かH3以外のウイルスが検出されれば、全て新型インフルエンザということになる。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、エネルギー

【キーワード】亜種インフルエンザ、センサー、抗原抗体反応

【研究題目】ピコリットル微小液滴反応場を利用した低分子系有機薄膜デバイスプロセスの開発

【研究代表者】長谷川 達生（光技術研究部門）

【研究担当者】長谷川 達生、山田 寿一、熊井 玲児、堤 潤也、峯廻 洋美、松井 弘之、千葉 亮輔（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

現在の半導体工場や大型パネルディスプレイ工場では、デバイス形成のため、多量のエネルギー投入を要する真空プロセスが用いられている。本研究では、真空プロセスを用いることなく高度な有機デバイスを製造する技術基盤を確立することを目的として、異質な微小液滴どうしを組み合わせ液体中に反応場を構築することにより、従来問題となってきた材料の凝集化を回避し、均質性に優れた低分子系有機半導体薄膜を得る新しい液体プロセ

スの開発を行う。平成22年度は、単一成分低分子系有機半導体材料を対象とした均質薄膜形成技術の開発に集中的に取り組んだ。これまでに開発したダブルショット・インクジェット法に「貧溶媒添加法」の概念を取り入れ、有機半導体を高濃度に溶かす良溶媒に溶解させたインクによる微小液滴と、ほとんど溶かさない貧溶媒によるインクによる微小液滴をそれぞれ基板上に滴下し混合することによって、液滴内の材料析出反応を制御する方法を検討した。その結果、5種の有機半導体材料についてきわめて均質性が高い半導体薄膜を構築することに成功した。また結晶性の高いある種の有機半導体について、基板上に施す親水パターン形状に工夫を加えることで、薄膜のほぼ全領域が単一の単結晶からなる単結晶薄膜を形成させる方法の開発に成功した。さらに得られた有機半導体単結晶薄膜を用いた薄膜トランジスタを作製したところ、 $31\text{cm}^2/\text{Vs}$ に及ぶきわめて高いキャリア移動度が得られることが明らかになった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】印刷技術、有機エレクトロニクス、インクジェット法

【研究題目】フォトリソグラフィを用いた超小型光クロスコネクタの開発研究

【研究代表者】山本 宗継（光技術研究部門）

【研究担当者】山本 宗継、岡野 誠（常勤職員2名）

【研究内容】

＜目的＞

光通信／光インタコネクタにおける高速ルーティングには電気－光の相互変換を必要としない光クロスコネクタスイッチが不可欠である。加入者側に近い領域、チップ間・チップ内光インタコネクタに使用するためには光クロスコネクタスイッチの小型・集積化が不可欠であり、フォトリソグラフィを用いて小型集積可能な光スイッチアレイの実現を目指す。

＜昨年度までの実績＞

厚さ222nmのGaAs薄膜上にフォトリソグラフィ方向性結合器スイッチ（長さ$5\mu\text{m}$）、GaAs細線導波路、フォトリソグラフィ導波路およびマイクロヒーターからなる光スイッチを2段縦続接続し、波長1.55 μm 帯の光を消費電力10mW以下、動作速度約5 μs での光路切り替え動作を実現した。

＜年度進捗状況（H22年5月終了）＞

Si光回路への展開を目的とし、SOIウエハ上でのフォトリソグラフィ方向性結合器スイッチ構造の数値設計、最適化を行った。また、SOIウエハを用いた試作に着手した。

【分野名】情報エレクトロニクス分野

【キーワード】光スイッチ、フォトリソグラフィ結晶、光集積回路、光インタコネクタ

〔研究題目〕高性能なプリンタブル n 型有機薄膜トランジスタの開発と有機 CMOS への応用

〔研究代表者〕近松 真之（光技術研究部門）

〔研究担当者〕近松 真之、堀井 美徳、名子屋 俊介、菅沼 直俊（常勤職員1名、他3名）

〔研究内容〕

p 型に比べて開発の遅れているプリンタブル n 型有機薄膜トランジスタ（TFT）の高性能化、安定性の向上を目指し、実用化に向けた研究を行っている。また、p 型と n 型を組み合わせることで有機 CMOS を作製し、論理回路としての応用も検討している。

今年度は、スタンプ法により有機 TFT および CMOS インバータを試作した。インバータのゲインは73と良好な反転特性を示した。これにより同一基板上に p 型および n 型を作製できた。また、ポリマー絶縁膜上でも良好な特性が得られることを確認できたため、プラスチック基板上でもスタンプ法により CMOS インバータを作製した所、特性に関しても良好な反転特性が観測された。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕有機トランジスタ、n 型有機半導体、塗布プロセス、フラーレン

〔研究題目〕フレキシブル実装のための金属インク直描パターン比熱的焼結技術の開発

〔研究代表者〕吉田 学（光技術研究部門）

〔研究担当者〕吉田 学、末森 浩司（常勤職員2名）

〔研究内容〕

我々はプラスチックフィルム上に安価な金属電極や配線をスクリーン印刷などの印刷法で形成する方法の研究開発を行なっている。従来、金属ペーストを印刷し低抵抗率化するためには高温焼成することが必要であったが、我々の加圧焼成法を用いることにより150℃以下で低抵抗率の金属パターンを作製することに成功している。この加圧焼成法は二種の金属を混合したペーストにも適応可能であり、金属パターンの様々なパラメータを制御することができる。例えば、全印刷ダイオードや太陽電池、エレクトロルミネッセンス素子等を生産するには、電極の仕事関数の制御が不可欠であるにもかかわらず、今までに印刷電極での仕事関数制御について議論されてこなかったが、我々の加圧焼成法を二種混合金属ペーストに適用することにより仕事関数の制御が可能になることを見出した。実際に、銅と亜鉛を混合した金属ペーストを用いて印刷電極を作製し、加圧焼成処理を施したところ、銅と亜鉛の混合比の調整により、仕事関数を3.8eV～5.0eVまで制御できることを確認した。銅や亜鉛は比較的低価格の金属であるため、大面積フレキシブルデバイスの印刷形成等への応用が期待される。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕印刷デバイス、フレキシブルデバイス、印刷金属配線、低温焼成技術

〔研究題目〕新規マイクロ化学合成・ガス拡散型リアクター（MC-GDR）により爆発雰囲気完全に制御し、ナンバリングバックアップにより生産性を強化した、水素および空気（酸素）の直接反応によるオンサイト過酸化水素合成プロセスのプロトタイプの開発

〔研究代表者〕井上 朋也

（集積マイクロシステム研究センター）

〔研究担当者〕井上 朋也・大瀧 憲一郎

（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

目標

安価かつ高品位の過酸化水素を供給できるオンサイト製造プロセスについて、マイクロ化学合成技術に立脚してプロトタイプを開発する。過酸化水素製造プロセスには水素および空気の直接反応プロセスを採用する。爆発リスクを著しく低減する観点から新規にマイクロ化学合成・ガス拡散型リアクター（以下 MC-GDR）を提案・製作する。さらに、MC-GDR の50～200倍へのナンバリングアップ技術を確立する。

研究計画

今年度は、2次元方向に固定床を並列化した、10-20倍ナンバリングアップ技術を確立する。ならびに、3次元方向のナンバリングアップ（パイルアップ）のための要素技術を確立する。

年度進捗状況

ナンバリングアップに当たり気液混相流を各固定床マイクロチャンネルへ分配するための圧力損失を補償することを着想した。エッチングと機械加工を併用し、それぞれガス流通路と液流通／固定床部を加工することにより、MC-TMR の製作に成功した。MC-TMR を用いることで、10気圧で10重量パーセントを超える過酸化水素製造が可能になった。水素に対する収率も、定常的に10%を超えており、気液混相反応が効率よく行われていることが示唆されている。この成功の要因は、一つにはTMR のデザインにより、マイクロ固定床内の気液混相流が、理想的なトリクルフロー条件に保たれていること、さらに気液の分配が均等に行われることで生産性が見込まれたナンバリングアップ分向上したことによる。

もう1点の成功要因は、触媒の選択である。昨年度はもっぱら Pd/Al₂O₃触媒を用いてきたが、今年度は民間企業との共同研究の結果 Pd/TiO₂および Pd-Au/TiO₂触媒を中心に用いることとした。本触媒では過酸化水素の水素化分解が抑制された結果、過酸化水素の高濃度の蓄積が可能となった。これらの成果に基づき、平成22年9

月14日に共同研究先（三菱ガス化学株式会社）と共同でプレスリリースを行ったところ、業界紙（化学工業日報）1面に掲載されるなど反響を呼んだ。

【分 野 名】 製造技術－生産プロセスの環境負荷最小化・安全化に係る技術

【キーワード】 マイクロリアクター・ナンバリングアップ・水素および空気（酸素）の直接反応プロセス・過酸化水素

【研究 題目】 微弱電磁波による異常状態判定システムの開発と応用

【研究代表者】 鍛冶 良作（情報技術研究部門）

【研究担当者】 鍛冶 良作（常勤職員1名）

【研究 内容】

目標

私生活の「安心・安全」向上のために、転倒等の事故の自動検出技術を開発する。寝室や洗面所等での転倒を検出するには、カメラを用いるとプライバシーの侵害に該当することが問題であり、個人情報を取得せずに人の状態を判別する技術が必要である。そのため、本研究では、RFID タグが出す微弱電磁波の強度変化を利用して人の状態を判定する技術を開発することを目的とする。目標として RFID タグシステムを利用した人の転倒状態を判別する情報処理システムの構築を平成23年度までに達成する。

4年計画の3年目である平成22年度は以下の三項目を実施した。1. センサデータの分析結果の介護士への提供方法の確立、2. 電磁界測定装置を天井に設置した場合の人の状態を弁別することが可能な電磁界分布を形成する手法の構築、3. 防犯分野の技術シーズ調査と防犯向けプログラムの検討。

実施内容

1. 特別養護老人ホームに設置した RFID センサのデータの分析結果を現場の介護士の方々に参照して頂くための WEB コンテンツを作成した。これらを当該施設の安全委員会での情報交換に活用し、介護の補助として有効な事象の切り出しを試み、7篇の報告書としてまとめた。論文を執筆中。
2. 老人ホームでは事故予防のため、床に物を設置することが許されないため、電磁界測定装置を天井付近に設置し、人の就寝状態、トイレの使用状態を弁別することに成功した。特許に必要なデータを取り、内容を検討中。
3. 防犯分野の技術シーズ調査を行い、必要事項を項目毎に整理した。既開発済の動体検知プログラムを倉庫への不審行動記録用に使い、倉庫への装置の設置、データ収集実験を開始した。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 RFID タグシステム、動体検知、状態検知、介護、防犯、環境電磁場

【研究 題目】 ステレオビジョンとシミュレーション技術の統合による大型複合施設での人流解析と新しいサービスモデルの創出

【研究代表者】 大西 正輝（情報技術研究部門）

【研究担当者】 大西 正輝、山下 倫央、副田 俊介（常勤職員2名、他1名）

【研究 内容】

ステレオビジョンを用いた画像認識に基づく人の追跡技術と人流シミュレーション技術を統合することで、人流解析によるマーケティング支援や避難誘導支援を行うことを目的としている。4年間で(1)ステレオビジョンシステムによる動線取得・解析技術の構築、(2)実動線データを利用した施設全体の人流解析技術の構築、さらには(3)人流解析を利用したマーケティング支援や避難誘導支援などのサービス創出を行う。4年計画の2年目にあたる平成22年度は(1)に関して、過去にステレオビジョンを用いて撮影していた避難訓練の動線を解析することによって避難シミュレータに用いる歩行者パラメータの推定を行った。そして避難シミュレータの算出する避難時間の推定誤差は従来パラメータを使用した結果の1/4以下になることを確認した。また、(2)に関しては、これまでの施設内での避難シミュレータを拡張することで10万人規模の街区における人流シミュレーションを可能にした。特に、千代田区や渋谷駅周辺の大規模な混雑した環境においても避難シミュレーションが可能であることを確認した。最後に、(3)に関しては、施設管理者に避難誘導支援に関する新しいサービスを提供するために、災害時の避難誘導方法によって避難時間がどのように変化するかを可視化するアプリケーションを作成した。適切な誘導を行うことで避難訓練時の誘導方法と比べて半分以下の時間で避難を完了させることができることや、避難時には非常階段を用いることが極めて有効であることなどの知見を得ることができた。これらの研究成果は平成22年10月5日から5日にわたって開催された CEATEC JAPAN において“人流解析によるマーケティング支援と避難誘導支援”というタイトルで出展し、平成23年1月17日に開催された千代田区帰宅困難者避難訓練において“人流解析に基づく避難誘導計画の立案支援”というタイトルで出展するなど、成果の普及にも努めた。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 人流解析、人流シミュレーション、マーケティング支援、避難誘導支援

【研究 題目】 カルコパイライト型半導体による Cd フリー蛍光標識の開発

【研究代表者】 上原 雅人

（生産計測技術研究センター）

【研究担当者】 上原 雅人（常勤職員1名）

【研究 内容】

半導体ナノ粒子は、退色性、蛍光強度、単色励起多色発光など、ライフサイエンスにおける蛍光標識として、優位な特性を有している。しかし、市販の半導体標識は、RoHS等の法規制の対象であるCdを含んでおり、生産および取り扱いに難点がある。我々は、これまでにCdを含まない半導体として、カルコパイライト型蛍光ナノ粒子の合成に成功した。本研究では、同材料による蛍光標識の開発を目的とし、他の材料との複合化による発光強度（蛍光量子収率）の向上を図っている。平成22年度は、量子収率向上を目的とした複合化のためのZnSナノ粒子の構造制御技術に関する研究を行った。その結果、球状ナノ粒子とナノロッドを同じ原料溶液から製造する方法を見出した。さらに、これらはバンド端発光を示す良質なナノ粒子であることが確認できており、今後の高品質化ばかりでなく、他の光学デバイス等への利用が期待できるようになった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造、標準・計測

【キーワード】 ナノ粒子、生体標識、蛍光体、半導体

【研究題目】 マイクロ流体の特殊な流れとその操作性を利用した自発的会合体の精密調製と製剤技術への展開

【研究代表者】 山下 健一
(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】 山下 健一、Maria Portia B. 永田、
崎山 明恵(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

前年度までに、リポソームを層流環境下に置き、そこに超音波を照射することで、均一性高い大きさに再構成させるという基本プロセスを見出していた。平成22年度は、このようなリポソームへの薬剤内包化と、その細胞への送達効率に関する評価を行った。薬剤内包化を、上記リポソームの大きさ均一化工程と同時に行うことで、蛍光性色素を用いた標準的な内包化率評価法によって、従来法の約2倍となる60-70%程度の内包化率を達成した。また、ルシフェラーゼを発現する遺伝子を組み込んだDNAを、本技術で均一化したリポソームに内包化し、細胞へ送達したところ、市販の遺伝子送達試薬と同等か、それ以上の性能を発揮した。少ないDNA量では市販品と同等程度であったが、多くの量のDNAを同時に多数の細胞へ送達しようとした際に、送達量が飽和に達せず、効率よく送達可能であった。これは、言い換えれば、「作業」の効率化、という新たな性能を意味する。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 マイクロリアクター、リポソーム、層流

【研究題目】 運動を検知して駆動する革新的な自立型光触媒システムの創製

【研究代表者】 寺崎 正(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】 寺崎 正、山田 浩志、徐 超男
(常勤職員3名)

【研究内容】

平成22年度の計画は、系の最適化による高効率化・実用化の観点、研究期間の観点から、基本的には前年21年度と同様、以下4課題に関して検討することを計画していた。特に、最も効率の良い材料系に絞り最適化を行なうこと、大量合成の結論を得ること、次に繋がる実用・実効性に向けた情報(キラーアプリなど)を得ること、に研究の重心を移動させることを計画していた。4課題に関する成果を、以下に記す。

- ① 大量合成法の検討：前年同様、実験室レベルにおいてスケールアップさせた合成品に関しては安定的な供給が可能である。しかし、工業的に連続的な焼成に関しては、雰囲気、温度条件の均一性の観点から、現時点では難しいという結論に至っており、その点に変更はない。
- ② 紫外(～青色)発光性応力発光体の開発：耐水性、発光色の観点から検討を行ったところ、 $\text{Sr}_2\text{SiO}_4:\text{Eu}, \text{Dy}$ において目視可能な応力発光(560nm)を得ることに成功し、その特性評価を行った。
- ③ 近接固定化：酸化チタンに対する発光色の最適化として、これまでの緑色応力発光体($\text{SrAl}_2\text{O}_7:\text{Eu}$)だけでなく、青色($\text{CaYAl}_3\text{O}_7:\text{Eu}$)、紫外($\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{HoCe}$)発光型(応力発光体本予算で開発)と酸化チタン光触媒(MPT623)の複合体作製に成功した。
- ④ システムの評価：本システムのキラーアプリを考えた場合、光が届かない生体内部での利用がある。しかし、その為には、生体にとって非破壊・非侵襲刺激に対して発光する事、更には本システムが駆動することを確認することが必要である。そこで上記の力学刺激として、超音波(37kHz)を利用し、発光評価を行ったところ、超音波出力に応じた発光を示すことが明らかになった。応力発光粒子のサイズは10nm～10 μm と制御可能な事を考慮すると、応力発光体は、例え生体の中であっても持ちこめて使用可能な“ユビキタス光源”になると言える。更に、青色応力発光体($\text{CaYAl}_3\text{O}_7:\text{Eu}$)が、生体イメージングに使用する蛍光色素に対する励起光源として機能することを実証した。このことは、本システムとも共通する【応力発光体】の光源としての利用が可能であることを示唆している。

また、③で作製した応力発光体-酸化チタン複合体に関して性能評価を行った所、超音波照射に伴った応力発光を誘起することで、色素の退色が可能であることを見出した。このことは、本プロジェクトで目標としていた、運動を検知して駆動可能な光触媒システムの駆動を実現した結果と考えている。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 応力発光体、光触媒、ユビキタス光源、

超音波、ナノ粒子

〔研究題目〕 故障解析用レーザ IC 開封技術及び開封装置の開発

〔研究代表者〕 栗田 恒雄

(先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 栗田 恒雄、笠島 永吉、小倉 一郎、前川 仁 (常勤職員4名)

〔研究内容〕

IC の故障解析のため、同一光源を用いた IC モールドレーザ加工計測技術を開発する。除去面に加工用レーザの強度を弱めた計測用レーザを照射し、その反射光と照射したレーザの射出光をセンサで測定、そのデータを処理することにより、IC チップ面におけるモールド除去量の制御を行う。従来的高温強酸加工に対し本技術はドライ高速加工を実現する。また同一光源で加工、計測を行うため、加工 (計測) 位置のずれが無い、同一光源、同一光学系を用いるため加工装置がシンプル、小型、軽量となる特徴を持つ。これまでに、レーザ加工計測システムのプロトタイプを構築し、同システムを用いて残留モールド厚と計測光量の関係を導出し、計測値の変化する残留モールド厚が100 μm 以下であれば、計測結果を反映させ、残留モールドをフィードバック除去加工するシステムを実現する目処を得た。本年度は回路からの表面反射光を計測し、スキャン加工を実現するシステムを構築し、実用に向けた最終的な完成形を構築することに成功した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 レーザ加工、複合加工、微細加工、IC、開封、モールド

〔研究題目〕 ナノ結晶による低熱伝導率化を利用したシート状熱電発電モジュールの開発

〔研究代表者〕 馬場 創 (先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 馬場 創、佐藤 宏司、舟橋 良次、黄 蘭、吉川 陽子 (常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

世の中の廃熱の半分を占める150 $^{\circ}\text{C}$ 以下の廃熱を効率よく回収して電力に変換するニーズに応えるために、本研究では常温で緻密な結晶性厚膜形成が可能なエアロゾルデポジション法 (AD 法) でフレキシブル基材上に高性能熱電厚膜を形成し、150 $^{\circ}\text{C}$ 以下の排熱で発電できるシート状熱電発電モジュールを開発する。本年度は AD 法でガラス基板から剥離することなく700 $\mu\text{m}/\text{min}$ の成膜速度で熱電厚膜 (AD 膜) を成膜することに成功した。AD 膜の熱伝導率を同じ原料粉末を用いた焼結体と比較した結果、76%低い0.23W/mK の値が得られた。これはすなわち76%の熱電特性向上に寄与する。AD 膜は成膜後、膜表面を研磨しても基板から剥がれることな

く基板に強固に密着しており、研磨した膜表面は鏡のような金属光沢を有していた。また、AD 膜の膜密度はパルス通電焼結体と同程度であることも明らかにした。AD 膜と焼結体の電気特性を比較した結果、どちらも開放電圧は同程度であり、ゼーベック係数も同程度であることを明らかにした。現状、AD 膜の導電率は、焼結体より1桁程度小さく、AD 法によって膜内に導入された結晶粒界や各種欠陥が、フォノンだけでなく、電子にも影響を与えていることが分かった。しかし、原料粉末の前処理や AD 法の成膜条件を制御することで導電率の改善が可能であることを明らかにした。さらに厚さ0.175mm や0.0030mm と薄く、比較的フレキシブル性があるガラス基板上への AD 成膜を行い、10対の p 型素子と n 型素子をガラス基板面内に直列接続した熱電変換モジュールの試作に成功した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 熱電変換、厚膜形成、熱伝導率、エアロゾルデポジション

〔研究題目〕 ハルミン類縁体またはアセロゲニン類縁体を担持した高齢者対応整形外科医療デバイスの研究開発

〔研究代表者〕 稲垣 雅彦

(先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 加藤 且也、永田 夫久江、稲垣 雅彦、禹 濟泰、車 炳允 (常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

本研究は、骨再生能を有する低分子化合物 (化学シグナル) を利用して骨粗鬆症に対応可能な人工骨・人工関節などの高齢者対応医療デバイスを開発することを目標としている。骨再生能を有する化学シグナルを包含した担体と、組織の形成を促す表面/内部構造を有するインプラントとを組み合わせることで有効成分の骨再生能を有効に引き出す必要があるが、組織が効率よく形成され、有効成分の骨再生能の発現を高める表面構造の探索を行うとともに骨再生能を有する化学シグナルを安定に包含、徐放する担体の開発を行う。

平成22年度においては、骨形成促進作用を有する化学シグナルを包含した担体の徐放特性を溶出する化学シグナル量を UV-vis スペクトル測定により評価した。ポリマーの加水分解挙動に依存して化学シグナルが徐放されることを明らかにした。骨粗鬆症モデルマウスへの化学シグナルの投与実験において、平均的な Sham 群と比較し、骨粗鬆モデル群において海綿骨の骨密度の低下が観察された。 μCT 測定の結果より化学シグナル投与群においては骨粗鬆モデル群に較べ海綿骨の骨量の増加が観察され、化学シグナルの投与により骨粗鬆モデル下で骨量を著しく増大させることを明らかにした。また実験で使用した与量の範囲では急性毒性や重篤な臓器障害を

引き起こさないことが示唆された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 整形外科用医療デバイス、骨再生、除放
担体、エレクトロスピンニング

【研究題目】 超高感度糖タンパク質評価システムによる培養段階の糖鎖品質可視化

【研究代表者】 久野 敦（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】 久野 敦、千葉 靖典、海野 幸子
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究は、実施者が開発してきた超高感度糖タンパク質評価システム・レクチンアレイを活用し、タンパク質医薬品の糖鎖品質を培養初期段階で可視化する試みから実用化のためのノウハウ構築までを目標とした。より具体的には、糖鎖レベルで良質な糖タンパク質製剤を生産できる形質転換体のスクリーニングや、培養条件（培地、培養時間等）を最適化するという新規生産評価基軸を確立する。そのために、本研究ではわれわれが持つ研究シーズが、1）対象糖タンパク質5ng 以下程度で糖鎖品質評価できるレクチンアレイ解析技術、2）培養上清から対象タンパク質5～50ng 程度をエンリッチする前処理技術、であることを実証するための研究計画を立て、実施した。ヒト型糖鎖発現メタノール資化性酵母が生産するO 結合型糖タンパク質を対象とし、培養液（100μL）中の目的タンパク質精製から、レクチンアレイによる糖鎖分析までを8.0時間で実施できるプロトコルを確立した。その糖鎖品質検出限界は0.1ng で、当初設定した5ng 検出を大きく感度が上回り、培養初期からの糖鎖品質モニタリング、短時間培養でのスクリーニングには十分な感度であった。IgG など N 結合型糖タンパク質への応用も検証済みであり、今後この新規生産評価基軸を応用したタンパク質医薬品生産プロセス開発に発展していく。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タンパク質医薬品、糖鎖、レクチン

【研究題目】 3次元表示デバイスの高性能化・高解像度化に関する研究

【研究代表者】 島田 悟（光技術研究部門）

【研究担当者】 島田 悟、欠端 雅之、李 成竺
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

平成22年度計画

空間描画装置については、光源、光学系の最適化を進め、よりいっそうの表示性能向上を図るとともに、制御系、コンテンツとの調整を進める。室内型3次元表示装置についても装置性能の向上に努める。

平成22年度実績

空間描画装置の光源として新規レーザーの導入を進めるとともに、新たな光学系の設計・製造をおこなった。

室内型3次元表示装置の新規3次元スクリーンの製作、光学系等の改良を行い、2号機となる室内型3次元表示装置の開発に成功し、国内外の展示会にて実機による3D コンテンツのデモ展示を行った。

平成23年度計画

エリオ、慶応大学と共同で下記の項目について研究を進める。前年度に引き続き、空中表示3次元デバイスの焦点距離の延伸を目的にした最後の開発を行う。具体的には、焦点距離10m レベルの空中表示デバイスの実現を目指し、レーザー装置と光学系の調整を行う。また、国内外の展示会への出展を考慮した体制を整える。

閉鎖型3D ディスプレイは高精細な3次元画像の表示を目指し、媒質中での発光点生成現象の詳細な検討を継続する。これまでに得られた知見を元に、3次元スクリーンとしての媒質の設計・製作に取り組む。さらに、レーザー光源の性能評価も合わせて行い、多点化・高精細化の研究を行う。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 空間描画装置、3D ディスプレイ

【研究題目】 厚生労働省 科学研究費補助金 肝炎等克服緊急対策研究事業

「ジェノミックス技術を用いたウイルス性肝炎に対する新規診断・治療法の開発」

【研究代表者】 堀本 勝久

（生命情報工学研究センター）

【研究担当者】 堀本 勝久（常勤職員1名）

【研究内容】

グラフィカル連鎖モデルに基づく統計的なネットワーク解析手法を肝硬変及び肝がん細胞において計測されたデータについて適用し、肝がん進展の要因となるネットワーク候補群を同定することで、疾患機序の解明のための実験支援を行うことを目的とした。そのために、グラフィカル連鎖モデル及び経路整合性アルゴリズムに基づくネットワーク推定法を肝がんについて計測されたデータに適用し、遺伝子間の関連性をグラフ表現する。

既開発のグラフィカル連鎖モデルに基づくネットワーク推定法を、経路整合性アルゴリズムに基づく推定法と組み合わせることで、クラスター間の関係性から遺伝子間の関係性を推定する方法に改良した。肝硬変及び肝がん細胞において計測されたデータに適用し進展要因遺伝子ネットワーク群を同定することに成功した。

従来、グラフィカル連鎖モデルに基づく推定法では定性的な進展要因遺伝子群の推定のみ可能であったが、経路整合性アルゴリズムの適用により、遺伝子群の推定が可能になった。具体的な要因遺伝子ネットワーク候補の推定により、推定結果の実験的検証が可能となり、より具体的な実験支援が実現できた。

グラフィカル連鎖モデルに基づく統計的なネットワー

ク解析手法を、ネットワーク表現に部分について改良し、肝がん進展の要因となるネットワーク候補群を可視化することで、疾患機序の解明のための実験支援を実施。

〔分 野 名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 疾患ネットワーク、遺伝子発現制御、細胞状態変化

〔研究 題目〕 厚生労働省 科学研究費補助金 肝炎等克服緊急対策研究事業

「確率推論型アルゴリズムに対するヒト胚性幹細胞試験データ適用法の標準化」

〔研究代表者〕 藤 渕 航 (生命情報工学研究センター)

〔研究担当者〕 藤 渕 航 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

1) 化合物やタンパク質の構造を特徴とするサポートベクターマシンの開発

論文から GPCR タンパク質と結合する化合物を抽出しまとめた対応表を作成した。化合物の構造式から共通に存在する構造パターンを全て抜き出した。また、GPCR タンパク質からリガンド結合部位のアミノ酸配列をアライメントし、重要な10~20残基長を抜き出した。この構造パターンおよびアミノ酸配列を特徴として、GPCR と化合物の対応をカーネルサポートベクターマシンで予測した。その結果、同じ GPCR に結合する化合物や同じ化合物に結合する GPCR がある程度わかっているデータで学習させた場合に GPCR と結合するテスト化合物は93%、テスト GPCR は97%もの高い精度が得られた。

さらに、結合する化合物も GPCR も全く例がないデータで学習させた場合でも72%の精度が得られた。

2) 化合物の遺伝子ネットワークを利用した高性能毒性影響予測法の開発

15種類の毒性物質をヒト ES 細胞に濃度を変えて暴露した場合の遺伝子発現データを用いて毒性をサポートベクターマシンで予測した。その結果、遺伝子ネットワークを用いて予測した法が予測しない場合に比べて予測精度が高くなる傾向が見られた。

〔分 野 名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 環境毒性、ES 細胞、神経発達、遺伝子発現情報、ベイジアンネットワーク、機械学習

〔研究 題目〕 冷却フリー・大出力ダイヤモンドパワーデバイスの研究開発

〔研究代表者〕 鹿田 真一

〔研究担当者〕 梅澤 仁、永瀬 成範、加藤 有香子、渡邊 幸志、茶谷原 昭義

〔研究 内容〕

本研究では、ダイヤモンドパワーデバイスに期待されている高耐圧用途に加え、“高温で高電流密度が可能な

こと”に着目して、電気自動車・電車など需要の多い中耐圧用途で、自己発熱温度で動作し強制冷却システムを不要とする「冷却フリー・大出力パワーデバイス」を実現するための先駆け研究を実施している。本年度は下記の研究を行った。

- ・実用縦型構造プロセス開発、高耐圧化構造のシミュレーションによる設計を実施。
- ・高電流密度デバイス実現のためのドリフト層の設計に見合うドーピング実験を実施。
- ・耐熱高耐圧パッケージ設計試作。高温における動作特性を評価するために、デバイスをパッケージに実装した状態において電圧・電流などの状態量を測定するための方法・条件等について実験的に検討を行った。

これに対して、主な研究成果は下記のとおり。

- ・高温下で絶縁性能を維持するため、耐熱性を持つ封止材を適用することで常圧かつ溶接不要の実装を実現した。
- ・スイッチング動作特性評価系を構築し、室温でのスイッチング動作の検証を行った。

〔分 野 名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 ダイヤモンド、パワーデバイス

〔研究 題目〕 ASEAN諸国における角度標準技術の高度化と国際比較の確立に関する研究

〔研究代表者〕 渡部 司 (計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 Anusorn Tonmueanwai (タイ)、Watcharin Samit (タイ)、Ketsaya Vacharanukul (タイ)、Agustinus Praba Drijarkara (インドネシア) (常勤職員1名、他4名)

〔研究 内容〕

各国の角度の国家標準装置は校正原理が異なるだけでなく、校正対象の角度計測器が異なり統一性が無い。このことが角度標準のグローバルな相互承認の確立への障壁となっている。当該研究の目的は共通の自己校正方式に基づく自己校正機能付きロータリテーブルの開発を共同で行い、各国の異なる校正原理を持つ装置をユニバーサルな立場で精度評価するとともに、角度標準の相互承認を高度化するため、社会ニーズにあった新しい国際比較を ASEAN 諸国が先導的に行う。

開発したインドネシア・タイ用の自己校正機能付きロータリテーブルをそれぞれの研究所に設置し、それぞれの研究所が所有する異なる校正原理を持つロータリエンコーダ、オートコリメータ、多面鏡、水準器等の校正装置による校正結果と当該装置による校正結果との精度評価を行った。ロータリエンコーダとオートコリメータは0.08秒、多面鏡と水準器は0.1秒程度で角度校正できる精度を達成していることを確認した。

〔分 野 名〕 標準・計測

【キーワード】長さ計測、角度、技術移転、計測技術

【研究題目】FEP 解析を応用した火山噴火の想定シナリオ作成手法の高度化

【研究代表者】下司 信夫（地質情報研究部門）

【研究担当者】下司 信夫、及川 輝樹

（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究は、噴火シナリオの作成にあたって、過去の経験則だけにとどまらず火山学的により客観的で正確な噴火推移予測の手法を開発することを目標とする。本研究の目標は、ある物理プロセスで説明できる二つの火山現象の組み合わせを、FEP 解析手法を用いて統合することにより、実際の噴火プロセスを物理過程の連鎖として説明することである。そのために、それぞれの噴火前駆現象が次のどのような事象にどのようなプロセスを経て繋がってゆき、最終的に地上の噴火に至ったのかを火山学的な知見から解析し、最終的には、噴火前駆現象である地下の活動を捉えた時点で、そこから可能性のある事象の連鎖とその結果を抽出できるツールとして完成させることを目標とする。本年度は、実際の例として伊豆諸島のいくつかの火山噴火の事例を抽出し、それらの噴火事例において噴火間の静穏期から異常の発生、マグマの上昇過程をへて噴火の発生までの観測事象の整理を行い、それらの間をつなぐ物理プロセスを推定することを行った。これらの事象の組み合わせを FEP 解析することにより、ある限定された火山噴火に至るプロセスを、地下におけるマグマの移動と上昇過程で説明することに成功した。玄武岩質火山の代表的な噴火として三宅島2000年噴火を例にして、実際に発生した噴火のプロセスを FEP 解析で再現できるかどうかを試験した。

【分野名】地質

【キーワード】火山、噴火、シナリオ、防災、

FEP 解析

【研究題目】革新的部材産業創出プログラム／新産業創造高度部材基盤技術開発／マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト

【研究代表者】古屋仲 茂樹（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】古屋仲 茂樹、小山 和也、荷福 正治、藤木 由美子、小林 賢一郎、山本 剛義（常勤職員2名、他4名）

【研究内容】

過熱水蒸気を用いた不純物除去技術では、塗装仕様が異なる8種の電子機器筐体の模擬試験片（AZ91D）のいずれについても、過熱水蒸気処理によって塗料を下地から分離可能であり、塗装不純物を除去したこれら試験片について、鍛造素材化可能なことを明らかにした。過熱水蒸気を用いたマグネシウム切削粉の脱脂プロセスのコスト試算を行い他方式と比較して高い経済性を有している

ことを確認した。市中スクラップの物理選別では、廃車シュレッダー処理で発生したマグネシウムスクラップの元素組成を調査したところ、AZ 系と AM 系のものに大別できることが分かった。こうしたスクラップに対して、本研究で開発したレーザー3次元計測による物理選別技術を適用し、ハンドル芯と思われる棒状破砕片とその他の破砕片に分離すれば、それぞれ AM60 規格と AZ91D 規格をほぼ満足することが分かった。湿式法による無機不純物除去では、Cu と Ni の選択的除去の可能性がある溶液系について溶解速度を検討した結果、Cu については、めっき等の薄膜について十分に適用可能なこと、Ni については、めっき等の薄膜についても相当に時間がかかること、ステンレス中の Ni の除去については適用が難しいことが分かった。

単体分離及びハンドリングの安全性評価では、電磁波測定による着火性火花の基礎的検知方法について検討し、着火性火花形成検知システムおよびこれを具体化するための設計基礎となる着火性火花形成検知システムフロー図を作成した。また、マグネシウム粉塵爆発災害防止対策の一環として、雰囲気酸素濃度制御、マグネシウム粉塵の爆発強度、静電気発生対策等について総合的に検討するとともに、これまでに得られた知見をもとに、爆発特性、具体的な爆発災害防止対策など考慮し、作業現場で活用しやすい安全ガイドラインを策定した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】マグネシウム、リサイクル、不純物除去、分離・精製、安全性評価

【研究題目】アイヌ遺跡分布地域における巨大津波痕跡の非破壊イメージング探査実験

【研究代表者】七山 太（地質情報研究部門）

【研究担当者】七山 太（常勤職員1名）

【研究内容】

根室市南部沼地域の調査は根室市人と自然の資料館（担当者：猪熊樹人氏）と共同で実施した。調査に先立って、根室市内のアイヌ遺跡の分布状況を猪熊氏と整理し直してみると、太平洋側よりもオホーツク海（根室海峡）側に住居が偏在することが明確となった。これは当時のアイヌ人が当地で津波を意識して生活していたことを暗示している。しかし、冬季はオホーツク海側が流氷で覆われ船が出せないため、漁を行う為に流氷の来ない太平洋側にも狩猟小屋（シャシ）を作っていたと推測した。11月の湿原表面が乾燥した時期を狙って、根室市南部沼湿原において探査実験を試みた。その結果、100 MHz、200MHz では6~7m 程度のイメージングが出来、現在の湿原表層を覆う泥炭層（層厚1~3m）、さらにその下位の海浜層も読み取ることができた。さらに、泥炭層を透過し地表から下位の前浜-上部外浜堆積物の堆積構造のイメージングに成功した。これにより、汀線の後退によって湿原環境が広がっていった過程が明確に読み

取れた。泥炭層相当層では、複数の反射面が認められた。今回は明確な成果があげられなかったが、今後も探査実験を数多く実施することによって考古遺跡と巨大地震津波との関係が明確にすることが出来るかも知れない。なお、メガトレンチで作成された大型剥ぎ取りは、地域の津波防災教育に大きく貢献できると考え、根室市歴史と自然の資料館、厚岸町海事記念館、ならびに日本地学教育学会に寄贈した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕アイヌ遺跡、根室市、湿原、巨大津波痕跡

〔研究題目〕インド、ゴダバリデルタの完新世における環境変遷の研究

〔研究代表者〕齋藤 文紀（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕齋藤 文紀（常勤職員1名）

〔研究内容〕

インド東部海岸のゴダバリデルタについて、アンドラ大学のナゲシュワラ・ラオ教授と共同で、アンドラ大学が採取したボーリングコアの解析を行った。今回採取と解析を行ったボーリング地点は、ゴダバリデルタの中央部の浜堤の発達した Vilasavilli (VV) で、従来の報告では第2ステージ、デルタロープ④と⑤の境界にあたる。今回得られた VV コアの解析から、デルタフロントが、2.6千年前に通過したこと、既報の年代値と比べると、おおよそ5km/500年の速度で急速にデルタが前進していたことが明らかとなった。また VV 地点では約9千年前から海成層が堆積を始め、その下位には40500年の放射性炭素年代を示す貝殻を有する更新統が分布していることが明らかとなり、今回の調査によって初めて、完新統の基底深度や更新統の存在が年代値から初めて示された。デルタフロントの砂層の下位には、約9千年前から約3千年前までに堆積した10m を超える厚さの泥（プロデルタ/陸棚）が分布している。植物片を多く含み、色調も非常に暗い灰色から黒色を呈することから、有機物が多いことが予想される。デルタフロント堆積物にも多量の植物片が含まれていたことから、有機物を多量に含んだ層相が、陸域における浜堤の発達とともに、波浪卓越型のデルタの特徴といえるかもしれない。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕インド、ゴダバリデルタ、デルタ、環境変動、完新世

〔研究題目〕オフリッジ火山から高速拡大海嶺のモホ遷移帯マグマプロセスを探る

〔研究代表者〕石塚 治（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕石塚 治（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、日米の協力のもとに双方が観測を展開し、東太平洋海膨14°S 付近の巨大溶岩原を中心とし

たオフリッジ単成火山群を対象として産状観察、主要・微量元素および同位体組成分析、年代測定及び電気伝導度構造探査を行い、オフリッジ火山群の1) 産状と定置過程、2) 岩石学的・地球化学的特徴とオフリッジマグマの成因、3) 給源マグマ溜りの分布と規模、4) 脆性地殻の歪みの時空分布を明らかにすることである。これらに基づいて、高速拡大海嶺のマグマ供給系及びマグマ生成過程においてモホ遷移帯が果たす役割を解明するとともに、海洋地殻形成とプレート拡大過程の定量的理解を目指す。

今年度は調査航海が採択されなかったため、文献調査を行い、来年度調査航海提案の準備を行った。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕オフリッジ火山、高速拡大海嶺、モホ遷移帯

〔研究題目〕コケムシ骨格を利用した新たな古海洋環境復元指標の開発

〔研究代表者〕町山 栄章（海洋研究開発機構）

〔研究担当者〕町山 栄章（海洋研究開発機構）、
兼子 尚知、石村 豊徳
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

コケムシ動物は、真体腔をもつ原口動物の一門で、個虫が無性出芽して多数集合することにより、固着性の群体を形成する。特に唇口目コケムシの個虫（虫室）の大きさは、それが出芽した時の水温と逆相関の関係にあり、同一群体内における虫室の大きさの変異を解析することで、群体が成長した期間における海水温の平均年較差が算出できるとされる（これを MART 指標と呼ぶ）。MART 指標は、分析データの地域的な偏りや骨格形態（虫室）計測の問題、コケムシ動物そのものの生態や生活環などの情報が不足しているために、その信頼性と汎用性の問題が残されている。本研究では同位体地球化学の側面から MART 指標の検証を行い、コケムシ骨格を新たな海洋環境指標として確立することを目指す。

国内沿岸の広い緯度範囲で MART 指標を検証するため、平成21年度の熱帯域（沖縄県八重山諸島の石西礁湖）での試料採取に引き続き、平成22年度は温帯域に分布するコケムシ試料として、静岡県沼津市に位置する大瀬崎の水深約5～24m 付近にて試料採取を実施した。5地点からコケムシ群体試料を採取し、それらの分類を行った。また、前年度に実施した大瀬崎産のコケムシ群体の MART 指標分析結果から、夏・冬という水温が極大・極小となる時期を経っていない群体である（すなわち年較差情報を有していない）ことが予想されたため、人工的な付着基盤を調査地点に設置してコケムシを成長させる定点観測を開始した。あわせて、前年に試験的に設置していた付着基盤を回収してコケムシ群体を観察した結果、この人工的な付着基盤がコケムシ群体の成長過程

の解析に有効であることが検証され、本研究におけるMART 指標分析に活用できることがわかった。一方、虫室計測の問題を解決するために、マイクロフォーカス X 線 CT スキャナーを用いた三次元群体骨格画像データを取得し、その検証を行った。

【分野名】地質

【キーワード】古海洋、古環境、酸素同位体、炭素同位体

【研究題目】シアル化糖鎖を介した癌の免疫制御メカニズムの解明と利用技術の開発

【研究代表者】池原 譲 (糖鎖医工学研究センター)

【研究担当者】池原 譲 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、「糖鎖を介した免疫応答の解析とその介入技術開発」を目標としている。このため、1) シアル酸被覆リポソームを用いて、シアル酸を発現するがんが腫瘍免疫を回避して進展する免疫学的メカニズムを明らかにする事、そして観察される病理像をヒントにすることで、2) 新しい減感作療法の技術シーズを構築し、アレルギーや自己免疫疾患への適応可能性を探索することを進めている。

リポソームは、各種シアル酸を初めとする糖鎖で被覆し、そしてその中に、卵白アルブミン (OVA) をモデル抗原として封入して、マウスへ投与した。投与後に誘導されて来る T 細胞の特性を検討したところ、フォスファチジルセリンやマンノトリスで被覆したリポソームを使用した場合に比べて、シアル酸被覆リポソームの使用では、OVA に反応して IL-10、IL-4、TGF β を産生する T 細胞が、有為に多く検出された。このことは、シアル酸被覆リポソームが、自己免疫等で活性化している免疫を特異的に制御・抑制する上で、利用可能であろう事を示唆することから、疾患モデルマウスでその可能性の検討を進めている。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】がんの腹腔進展、癌関連糖鎖マーカー、sTn 抗原、腫瘍免疫、抑制メカニズム

【研究題目】ストレスとサンゴ礁の歴史的变化

【研究代表者】鈴木 淳 (地質情報研究部門)

【研究担当者】鈴木 淳、井上 麻夕里
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

地球温暖化、人間居住史、都市化や農林畜産業の構造変化に伴う変化に着目し、数十から数百年で、ストレス要因 (温暖化による水温上昇、海洋酸性化、陸源負荷等) の過去からの変遷とサンゴ礁の状態 (サンゴ分布の変化、断片化等) を復元し、人-サンゴ礁共生・共存系の変遷・崩壊過程とその要因を明らかにすることが本研究課題の目的である。重点的な研究対象地域に選定され

た沖縄県石垣島産の試料に加え、インドネシア・ジャカルタ湾の沖合セリブ諸島から得られた試料について、酸素同位体比分析を進め、水温及び降水量との関係を検討するとともに、汚染しようとなる元素探索を目的として、誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS) により分析された重金属濃度の変遷について検討した。

【分野名】地質

【キーワード】サンゴ、骨格、水温、ストレス

【研究題目】ダム湖柱状堆積物の化学分析によるアオコ発生機構の解明

【研究代表者】田林 雄 (地質情報研究部門)

【研究担当者】田林 雄 (契約職員1名)

【研究内容】

一般に、アオコは栄養塩負荷が大きな湖沼等において発生するが、流域の土地利用で森林が卓越し、宅地や農地などがほとんどないダム湖においても近年、アオコの発生が報告されるようになった。関東地方のダムでこうした事例が散見され、アオコの発生の原因の1つとして、都市から排出された窒素酸化物がダムサイトに多く輸送されていることが考えられる。アオコの発生要因は流域への栄養塩負荷と密接な関係を持ち、湖沼の底質には湖水の栄養塩状態やアオコの存在量を時間情報とともに保存されるため、湖沼の底質からアオコの発生機構を復元できると考えられる。平成22年度において埼玉県秩父市浦山ダムの底質の柱状試料の採取を行い、水平に切り出し、それぞれの試料のリン・窒素・炭素・植物由来光合成色素 (アオコの定量化) の測定および鉛年代測定を行った。分析の結果から、堆積物中のリン・窒素・炭素の値が上昇し、栄養塩の条件が整った結果としてアオコが多く発生するようになったことが考えられた。一方で、大気降下物として窒素化合物の負荷量が増加したとしても、リンや炭素が増加した理由についてはさらに検討する必要がある。ダム湖の底質は含水率が高いために流れやすく、堆積環境を崩さずにサンプリングをするのが非常に困難であった。今後よりよいサンプリングには、流動性の高い泥をサンプラーに保持しうる気密性の高い柱状試料採取装置や、試料の周辺部を凍結させてサンプリングを行う装置などの導入が必要となる。

【分野名】地質

【キーワード】ダム湖、リン、炭素、窒素、植物由来光合成色素

【研究題目】ナノ・ゴールドの探索—探査・探鉱・選鉱製錬への貢献

【研究代表者】森下 祐一 (地質情報研究部門)

【研究担当者】森下 祐一、上野 宏共
(千葉科学大学)、
島田 允堯 (九州大学)、
島田 和彦 (九州大学)

(常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

金の世界的な需要は今後とも高水準で推移すると考えられ、未利用鉱物、特に硫化鉱物中に潜在するいわゆる invisible gold や低品位鉱の効果的な処理による金回収の必要性が急速に高まっている。本研究では、「見えない金」を、大型二次イオン質量分析装置 (SIMS) を用いて高感度で定量分析し、金の存在状態を解明することを目的とする。この成果は、金鉱床の探査・採鉱に新たな指針を提供するだけでなく、実収率向上のための選鉱・製錬上の知見を提供するものと期待される。一方、同位体分析に基づき鉱床成因の解明研究も行う。

計画2年目の今年度は赤石鉱山の高品位鉱石から薄片を作成し、SIMS 分析に備えた。また、菱刈鉱山の方解石に富む鉱石の炭素・酸素同位体比を測定した。同鉱山からの方解石産出は稀であるが、開発初期に行われた坑外試錐コアには方解石が見られ、この炭素・酸素同位体比は鉱化時の情報を保持しているものと考え、注目している。鉱床の生成時には方解石は広く分布していたと考えられるが、その後の熱水活動により溶解して現在の坑内ではほとんど見られない。今回、鉱脈内に産する方解石含有鉱石を生成バンド毎に切り出してそれぞれの炭素・酸素同位体比を測定した。この同位体比測定値と大分県野矢の金鉱脈から採取した方解石の炭素・酸素同位体比を比較し、鉱床成因の相違を同位体比に対比させて検討した。

【分野名】 地質

【キーワード】 二次イオン質量分析装置、SIMS、炭素・酸素同位体比、金鉱床、菱刈鉱山

【研究題目】 ナノテクノロジープログラム／カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト

【研究代表者】 荒川 公平 (日本ゼオン株式会社)

【研究担当者】 飯島 澄男、湯村 守雄、畠 賢治、Futaba Don、山田 健郎、児玉 昌也、吉澤 徳子、佐藤 潤一、何 金萍、木村 寛恵、ALVAREZ NOE、江 偉宏、山田 方根
(常勤職員7名、他6名)

【研究内容】

本プロジェクトは、従来の活性炭を電極に用いたキャパシタの代わりに、カーボンナノチューブを用いた高性能キャパシタを開発するために、スーパーグロース合成手法を用いてカーボンナノチューブ量産化技術およびキャパシタ製造技術を確認することが目的である。この目標を達成するため、カーボンナノチューブ量産化技術に関する基礎的研究を行い、以下の五つの開発項目を行った。

① 触媒・助触媒・基板の研究

基板長期再利用試験システムを用いて基板の長期寿命試験を実施し、基板の再利用プロセスの開発、基板の変形防止技術の開発に成功した。また、湿潤触媒、湿潤助触媒の改良を行い、基板再利用まで含めたプロセスに最適な安定・均一な塗布技術開発に成功し、A4サイズ基板での均一成長に成功した。

② 大面積化カーボンナノチューブ合成技術の研究

流体シミュレーションを用いてスーパーグロース大面積 CVD 合成装置検討システムのガス供給系を再設計し、A4基板よりさらに大面積の CNT 成長技術を開発する。

装置改良により生産量を向上させた。

スーパーグロース法の連続合成に適した、かつ量産機に適した金属材料を用いて、連続合成検討システム (連続炉) の炉壁およびガス供給シャワー等を構成し、金属製連続炉での安定的連続生産を目指した。

③ 長尺化・高効率カーボンナノチューブ合成技術の研究

エチレン以外のカーボンナノチューブを合成できる炭素原料の探索を行った。結果として、品質は異なるものの、どの炭素源を用いても同じ単層 CNT (密度、直径) が合成できることが分かった。また、温度及び炭素導入量の最適化、炭素源としてのブタン利用、及び層流ダブルシャワーの組合せにより、収量 $10\text{mg}/\text{cm}^2$ 、比表面積 $800\text{mg}/\text{cm}^2$ を達成した。

④ 構造制御カーボンナノチューブ合成技術の研究

単層 CNT の直径分布を、FT-IR を用い簡便に評価する手法を確立した。また単層 CNT の純度 (単位重量当たりの純度) を、窒素吸着等温線からの外部比表面積の解析により、簡便に評価する手法を確立した。これらの技術を組み合わせて、スーパーグロース単層の想定スペックシートを提案した。

⑤ キャパシタ最適カーボンナノチューブ探索及び合成技術の研究

カーボンナノチューブの直径がキャパシタの性能にどの程度影響するか、具体的には、より細かいカーボンナノチューブの合成技術の研究を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、スーパーグロース、カーボンナノチューブ状構造体、キャパシタ

【研究題目】 ミリ波・サブミリ波領域の S パラメータ測定の国際標準化に向けた評価技術研究開発

【研究代表者】 堀部 雅弘 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 堀部 雅弘 (常勤職員1名)

【研究内容】

標準器を用いたミリ波・サブミリ波帯ベクトルネットワークアナライザ (VNA) の校正及び測定確度評価方

法について開発を進めた。新規構造の同軸オフセットオープン終端器群を用いた VNA 評価技術を開発した。不確かさは、従来のスルー・リフレクト・ライン (TRL) 法に比べ同等以上の測定確度を実現できた。標準器の評価は導体の内径外径寸法から決まる特性インピーダンスと長さから伝送線路理論に基づき算出し、高周波電気抵抗率から、終端器群の不確かさを決定している。今後は、校正方法をさらに改良し、広帯域化、高周波化を進める。

導波管については、電磁波が伝搬する導波路の形状が高周波特性を決定するためには、導波管開口部の評価が基本となる。さらに、導波路の伝搬方向の寸法均一性、導波路壁面の凹凸、コーナーの丸みや接続部近傍の形状などは反射特性へ影響するため、導波管の特性の決定には不可欠であり、実施してきた。その結果、入手可能な既存製品では不均一性が大きく、VNA 評価のための基準器としては適さないため、別途試作した。さらに、既存の導波管フランジでは、寸法考査が大きいため、測定の再現性が悪く、こちらにも基準器向けに別途開発した。その結果、330 GHz の導波管(開口部が864 μm x 432 μm)において、再現性が1ケタ向上した。次年度以降、さらなる小開口導波管の寸法評価とそれらを用いた VNA 評価の高確度化について研究開発を実施する。

【分野名】標準・計測

【キーワード】ベクトルネットワークアナライザ評価技術、導波管伝送特性、国際標準化

【研究題目】レーザフラッシュ法による固体材料のインヒレントな熱拡散率測定方法の確立および国際的ガイドラインの提案

【研究代表者】阿子島 めぐみ(計測標準研究部門)

【研究担当者】阿子島 めぐみ、阿部 陽香
(常勤職員2名)

【研究内容】

熱対策・熱利用の観点から、固体材料の熱拡散率・熱伝導率に対し、より信頼性の高い値が求められている。現状の熱物性値実用測定装置や測定規格は、経験的でプロセス的な内容であり、そのニーズには対応していない。本研究では、日本(産総研)とフランスの計量標準研究所(Laboratoire national de metrologie et d'essais, LNE)の共同研究チームにより、レーザフラッシュ法(以下、LF法)を用いてインヒレントな熱拡散率・熱伝導率を絶対測定する技術を確立することが目的であり、その測定手順や不確かさ評価のガイドラインを作成して、産業界へ波及させるとともに、同分野の計量標準や標準化における日本の先導力および欧州との協働関係の強化を図ることが目標である。本プロジェクトは平成20年1月1日に開始し、平成22年秋の中間審査を経て、平成24年12月31日までの研究期間が確定した。今年度は、産総研が提案している LF 法によるインヒレントな熱拡散率測定手順を用いて、数種類の材料について

の測定を行い、2機関で一致する結果を得て、この手順の有効性を確認した。産総研では、特に、LF法測定装置の最適化とガイドラインとしての文書案の作成を進めた。同分野の計量標準コミュニティへガイドラインを提案するための基盤を固めた。熱伝導率を議論する際に必要になる比熱容量の測定技術の高度化を進めた。遮熱コーティングの層状の試料の熱拡散率測定方法の検討を行った。

【分野名】標準・計測

【キーワード】熱拡散率、材料評価、標準化

【研究題目】宇宙線層序学の開拓

【研究代表者】堀内 一穂(弘前大学)

【研究担当者】小田 啓邦、山崎 俊嗣
(常勤職員2名)

【研究内容】

ブルン松山地球磁場逆転境界およびブルン正磁極期の地磁気エクスカージョンのうち Laschamp excursion と Iceland Basin excursion における地球磁場強度変化および磁場の形の変化について文献調査を行った。これらによると地球磁場逆転を起こすか、地磁気エクスカージョンで終わるかの違いは、非双極子成分が双極子成分のエネルギーを上回るかどうかで決まるということである。これらは、最近のダイナモシミュレーションの結果とも整合的である。しかし、いずれの磁場発展モデルについてもデータの分布に偏りがあり、正しい磁場変化の理解には地点数を増やす必要があるが、特に Iceland Basin excursion は偏りが激しいので今後の改善が望まれる。

過去約200万年間の古地球磁場強度変動について、これまでの研究のレビューを行った。海底堆積物の残留磁化獲得過程に未だ不明の点が多いため、堆積物から求められている相対古地磁気強度を宇宙線生成核種の生成率に応用するためには、以下のような問題点がある。

(1) 堆積物の磁化強度が地球磁場の強さと線形の関係になく、磁場が強いと飽和する傾向にある可能性、(2) 堆積残留磁化獲得過程でのローパスフィルター効果により、Sint-2000、PISO-1500等の変動曲線の振幅は、過小評価されていること、(3) 堆積物の岩相変化に起因する変動が混入している可能性。

【分野名】地質

【キーワード】宇宙線生成核種、古地磁気強度、地磁気逆転、地磁気エクスカージョン

【研究題目】沿岸防災基盤としてのサンゴ礁地形とその構造に関する研究

【研究代表者】鈴木 淳(地質情報研究部門)

【研究担当者】鈴木 淳、長尾 正之(常勤職員2名)

【研究内容】

温暖化時代の海面上昇の基で、あるいは台風や津波などの災害に対して熱帯・亜熱帯島嶼の住民・社会基盤の

安全を維持するため、サンゴ礁の地形および堆積構造を防災基盤として評価することを目指した研究である。

サンゴ礁の礁縁から外洋側にかけての礁斜面の地形は具体的に提示されることが少ない。サンゴ礁の外洋側には縁脚縁溝系のように、シングルビーム測深による二次元の断面図では表現できない地形が多く存在する。そこで、沖縄・久米島南部のサンゴ礁を対象にワイドバンドマルチビーム測深機を用いてこれらの地形の高解像度マッピングを行い、デジタル三次元図として可視化を行なった。また、礁原から外洋側礁斜面に至る広範囲の堆積構造中におけるマリンセメントの形成場を明らかにする目的で、統合国際深海掘削計画第325次航海でグレートバリアリーフから採取された試料について、粉末X線解析および酸素同位体比分析を行い、続成状況の評価を試みた。

【分野名】地質

【キーワード】環礁、サンゴ、骨格、酸素同位体比、久米島、礁斜面

【研究題目】音響機器・自律型水中環境観測ロボットによる潮汐卓越型海域の泥粒子堆積過程の解明

【研究代表者】秋元 和實（熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター）

【研究担当者】七山 太（常勤職員1名）

【研究内容】

最近の世界の観測事例によれば、沿岸域における泥粒子の堆積過程は、我々地質学者が予想していた程シンプルではなく、沈積後、浮泥（fluid mud）として波浪、潮流流や重力流によって頻繁に再動し、最終的に泥層として定置することが分かってきている。しかし、泥の沈殿－拡散－堆積に密接に関係する泥粒子の形態・密度など物理的特性の変化には多くの未解明な事象が存在する。これらの問題を解決するために、我々は音響機器および自律型水中環境モニタリングロボット（以下、AUV）による現地観測により、短時間に、高精度・高分解能で、かつ連続した泥粒子の挙動に関する情報を収集し、あわせて、泥粒子を直接分析して浮泥の実態を解明することを企画する。さらに、これと同時に泥質堆積物の柱状試料を海底から採取して、浮泥と泥層の泥粒子のファブリックや物性の相違を定量的に検討することを企画した。平成22年度は、音響による精密地形解析、過去の測量結果との比較および堆積速度資料による地形変遷解析を基に、諫早湾内外で、泥質堆積物の3次元分布を捉える探査実験を試みた。しかし、大浦沖での実験途中でAUVの漏水故障が発覚し、修理のため作業は来年度順延されることになった。

【分野名】地質

【キーワード】浮泥、有明海、地球環境、自律型水中環境モニタリングロボット

【研究題目】加速器質量分析法を用いた極微量放射性核種分析による地球環境動態研究手法の確立

【研究代表者】笹 公和（筑波大学）

【研究担当者】戸崎 裕貴（契約職員1名）

【研究内容】

本研究では、環境中に極微量に存在する長半減期放射性核種に関して、高感度に測定可能な加速器質量分析法（AMS）を用いることにより、トレーサーとして新たな環境動態研究手法を確立することを目的としている。当研究所の上記担当者は、研究分担者として核実験起源の ^{36}Cl を用いた地下水の滞留時間推定法の開発を担当している。本年度は、昨年度までに得られた成果の公表を中心に行った。

千葉県の上野川流域の台地－低地系の地下水では、 $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 比（同位体比）は低地部において天然レベルの低い値を示し、対照的に台地部では核実験の影響を示す高い値が得られた。これは ^3H を用いた先行研究の結果とも整合的である。低地部での低い $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 比は、核実験以前に涵養された地下水が依然として存在していることを示唆し、当該地域の地下水流動系の滞留時間は50年以上と推定された。このことは、比較的若い地下水のトレーサーとして ^{36}Cl が有効であることを示している。

これを踏まえ、核実験起源の ^{36}Cl を用いた滞留時間推定法を提案し、富士山周辺の湧水に対して適用した。酸素・水素安定同位体比と化学組成から湧水の区分を行った上で滞留時間を推定した結果、その空間分布は ^3H や $^3\text{H}/^3\text{He}$ 法による過去の推定結果と概ね矛盾しなかった。これにより、本手法の基本的な妥当性が示された一方で、全体としては過大な滞留時間が推定される傾向があり、降水の Cl 濃度やバックグラウンドの $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 比など、涵養域の条件設定が推定結果に大きく影響することが示唆された。

【分野名】地質

【キーワード】加速器質量分析法（AMS）、 ^{36}Cl 、トレーサー、地下水、滞留時間

【研究題目】火山ガスおよび降灰観測による噴火活動の把握

【研究代表者】篠原 宏志（地質情報研究部門）

【研究担当者】篠原 宏志、古川 竜太、宮城 磯治、田中 明子、中野 俊、及川 輝樹、下司 信夫、川辺 禎久、星住 英夫（常勤職員9名）

【研究内容】

平成23年1月26日に霧島山新燃岳においてサブプリニ式噴火が発生し、以後噴火活動が継続した。このような状況において、火山活動状況・実態の把握を行い、推移を予測することが必要である。本研究では無人機観測による火山ガス組成把握を行うとともに、固定での連続

観測により噴煙組成の変動を検出する。また降灰状況を迅速・正確に把握するためリアルタイム火山灰観測装置を設置し、降灰状況の変動を検出する。

無人飛行機に携帯型の多成分ガスアナライザーシステム (Multi-GAS) を搭載し、新燃岳上空噴煙中の飛行観測を行い、SO₂濃度最大0.7ppm の噴煙を検出し、火山ガスの SO₂/H₂S 比が約9であることが把握された。火山ガス組成変動の検出を目的とした、Multi-GAS を用いた自立型連続観測装置の設計を行った。降灰状況をリアルタイムに把握するために、花粉センサー、重量計、カメラ等を備え、携帯電話経由でデータを自動配信するリアルタイム火山灰観測装置の設計を行った。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕霧島山、新燃岳、噴火、火山灰、火山ガス

〔研究題目〕火山重力流に関する流動機構及び国際火山データベースの研究

〔研究代表者〕宝田 晋治

(シームレス地質情報研究グループ)

〔研究担当者〕宝田 晋治、オードレイ・デルカン

(トリニティ大学)

(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

火山体の巨大崩壊で発生する岩屑なだれの流動機構の解明及び、国際火山データベースの推進を実施した。浅間、磐梯、那須、八ヶ岳火山において、野外調査を実施し、堆積物内部の変形構造、流走距離による岩相変化を明らかにした。また、基質中に含まれる各種粒子を走査電子顕微鏡で詳細に調べ、マイクロクラック、貝殻状割れ目、うろこ状割れ目、溝状構造など特徴的な構造を多数見いだした。これらの構造は、岩屑なだれの流走中に強い剪断変形や摩耗が起こっていたことを示唆している。また、マイクロクラックや堆積物のジグソークラックのフラクタル次元解析を実施した。岩屑なだれの流動機構の解明は、今後の火山災害の軽減のためのシミュレーション等で活用される予定である。

また、国際火山データベースプロジェクト (GVM、VOGRIPA) のため、日本に分布する岩屑なだれ堆積物の諸特徴をとりまとめ、各種の解析を進めた。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕火山、重力流、岩屑なだれ、流動機構、データベース

〔研究題目〕霞ヶ浦沿岸花室川流域の旧石器文化の研究

〔研究代表者〕中島 礼 (地質情報研究部門)

〔研究担当者〕中島 礼 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

茨城県つくば市と土浦市を霞ヶ浦にむかって流れる花

室川の中流域では、ナウマンゾウをはじめとする大型哺乳類化石や植物化石が多数産出することが知られている。この産出層は、桜川段丘堆積物相当層である緩斜面堆積物で、3万年前後の年代とされている。1万年より前の時代は旧石器時代とよばれ、花室川流域では旧石器時代の遺跡が数多く報告されており、かねてより旧石器時代の人類と大型哺乳類との関連が議論されていた。最近になって花室川より、ナウマンゾウ臼歯化石と旧石器が転石として採集され、また海生哺乳類であるニホンアシカ化石が見つかり、放射性炭素年代で約28,000年という値が測定された。そこで本研究では、花室川流域における旧石器時代の人類と大型哺乳類の関連、当時の気候などを復元する総合研究を行うこととした。

2年目である22年度は、花室川の堤内地において露頭調査とトレンチ掘削を行った。露頭調査においては、詳細なスケッチと堆積構造の記載を行うことで、河川成堆積物が前進して堆積する様子が明らかとなった。ナウマンゾウ化石や旧石器などは当時の河川に転石として入り込んだものと考えられた。また、河川成堆積物の泥炭層からは10層程度の火山灰層が発見され、それらの構成鉱物を分析した結果、約3万年前から1.5万年前にかけて降下した火山灰層であることが明らかとなった。この成果は関東周辺の火山灰層序を編むためにも貴重なデータとなり、より高精度な降下年代を決定することが可能となる。今後は、さらなるトレンチ掘削を行うことで旧石器時代の花室川における環境変遷や気候について解析していく予定である。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕旧石器時代、哺乳類化石、霞ヶ浦、古環境

〔研究題目〕隔測計測を活用した海底堆積ごみの面的分布の把握方法

〔研究代表者〕長尾 正之 (地質情報研究部門)

〔研究担当者〕長尾 正之、古島 靖夫、橋本 英資、鈴木 淳 (常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

海底ごみは、人目に触れることがあまりないが、漁業を妨げ、生態系環境を悪化させるなど多くの問題を持つ。生活起源と推定されるごみが海底ごみの大半を占めるが、その分布や発生・堆積・移動の過程には未知な部分がまだ多い。本研究では、音響を使った海底探査装置を用いて、高解像度で広範囲な調査が可能な海底ごみのマッピングを可能とする研究を行う。

本年度は予備実験として、岡山大学が科研費で導入した浅海域用ワイドバンドマルチビーム測深機を利用し、防衛大学校走水海技訓練場内およびその周辺海域の測深データを取得した。測深データから作成した水平解像度10cm の海底地形からは、防波堤被覆ブロックの形状や海底人工物の形状がはっきりと識別できた。以上の結果

から、浅海域用ワイドバンドマルチビーム測深機は、特徴のある形状や十分な大きさを持つ人工物の識別できる能力を有すると考えられた。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕海底ごみ、海洋ごみ、浅海域、海底探査装置、ワイドバンドマルチビーム測深機

〔研究題目〕活断層帯におけるセグメンテーションと最大地震規模に関する推定手法の検討

〔研究代表者〕栗田 泰夫

(活断層・地震研究センター)

〔研究担当者〕栗田 泰夫、加瀬 祐子、近藤 久雄、谷口 薫(常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

本研究は、原子力安全基盤機構における新しい震源断層の調査手法を検討することを目的とした事業の中において、応用地質(株)が実施した内陸の活断層調査に基づく震源断層評価手法の検討の一環として、一部範囲の業務について役務委託を受けて実施している。なお、本研究の実施期間は平成20～22年度の3カ年度にまたがっている。

平成22年度には、これまでにデータを収集・検討した長さ10-400kmの地震断層について、セグメント区分した場合のスケリング則を解析した。その結果、セグメント区分された断層では断層タイプや成熟度によって断層長と変位量の比例関係に若干の違いがあることが明確になった。また、横ずれ断層のセグメント間の連動破壊においては、ステップ幅が2-3km以上の場合は破壊が停止するものの、幅が狭い場合は、15-20km程度のステップオーバーやギャップを破壊が乗り越えられる事例が確認された。

断層破壊の動力学的シミュレーションにおいては、平行な2つの高角逆断層の連動性について、断層の走向と最大水平圧縮応力のなす角度、セグメント境界の規模と形状、および破壊の伝播方向を変えて、数値実験により検討した。この結果、純粋な逆断層の場合、連動のしやすさは主に断層間距離に依存し、断層間距離が長いほど連動しにくいこと、また、1枚目の断層が破壊することによって生じる応力変化により、断層の傾斜方向にステップする場合の方がやや連動しやすい傾向にあることがわかった。しかし、横ずれ成分を伴う場合には、断層の傾斜方向とステップの方向との両方の影響を受けるため、連動性の傾向はセグメントの位置関係により複雑に変化した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地震断層、セグメンテーション、スケリング則、連動破壊、断層の動的破壊

〔研究題目〕活褶曲地帯における地震に伴う斜面変動と地形発達過程に関する研究

〔研究代表者〕小荒井 衛(国土地理院地理地殻活動研究センター)

〔研究担当者〕中埜 貴元、岡谷 隆基、黒木 貴一、小松原 琢(常勤職員1名、他4名)

〔研究内容〕

2004年中越地震と2007年中越沖地震の地殻変動域を対象として、地形発達史的観点から地震に伴う斜面変動の発生場が準備される過程と、それに対する地殻変動の寄与について検討する。

上記2地震では多くの斜面変動が生じたが、特に中越地震では谷壁斜面の比高が大きな芋川中流部で大規模な深層地すべり運動が多く発生した一方、谷壁斜面の比高が小さな芋川上流部や朝日川・屋柄川上流部では地すべり運動は比較的少なかった。これが示唆するように、活褶曲地帯の斜面変動には、起伏量や斜面の比高などを介して地殻変動が密接に関係している可能性が高い。本研究では、①地殻変動と基準面高度変化、②地すべり運動発生場とそうでない場の斜面微地形と表層地質、③斜面変動に関わる地計量と基盤地質構造、④最近の地震に伴う斜面変動、の4項目とそれらの関係を明らかにし、地震時-地震間サイクルにおける斜面地形発達過程と、そこに地殻変動が与える役割を明らかにする基礎資料を提示する。

2010年度には芋川流域の河成段丘のテフラによる編年と2mメッシュDEMと空中写真による微地形分類を行った。その結果、芋川流域では約1万年間以内に30mもの下刻が進み特に芋川本流沿いで起伏が増大したこと、2004年中越地震では地すべり地形の両端部が谷によって大きく削られている場所で深層地すべりが多発したことなどが明らかとなった。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地震、地形、地すべり、斜面、地殻変動

〔研究題目〕巨大地震断層の力学的・水理学的特性の解明

〔研究代表者〕金川 久一(千葉大学)

〔研究担当者〕金川 久一(千葉大学)、堤 昭人(京都大学)、高橋 美紀、廣瀬 丈洋(JAMSTEC)(常勤職員1名、他3名)

〔研究内容〕

今年度は南海トラフ付加体浅部から採取された泥岩試料の微細構造観察と破壊・摩擦・透水実験を行い、以下の成果を得た。1)付加体の泥岩にはタービダイト起源の泥岩と半遠洋性泥岩の2種類あり、前者は石英や長石などの碎屑粒子に富み、淘汰が悪く孔隙が多く、一方後者は石英や長石などの碎屑粒子に乏しく、スメクタイトなどの粘土鉱物に富み、細粒均質で孔隙が少ない。2)室温、試料原位置の圧力・間隙圧に相当する封圧36-38MPa、間隙圧28-29MPaでは、タービダイト起源の泥岩は破壊

強度が約20MPa と比較的大きく急激な応力降下を伴って破壊したが、半遠洋性泥岩は破壊強度が14.5MPa と比較的小さくゆっくりとした応力降下が起こった。また、タービダイト起源の泥岩の浸透率は 10^{-19}m^2 オーダーと比較的大きく、一方半遠洋性泥岩の浸透率は 10^{-20}m^2 とオーダー比較的小さかった。(産総研・高橋担当) 3)室温・大気圧・含水条件において、1cm/s以下の低～中変位速度ではタービダイト起源の泥岩は摩擦強度が比較的大きく(摩擦係数約0.4-0.5)速度弱化を示すのに対し、半遠洋性泥岩は摩擦強度が比較的小さく(摩擦係数約0.3-0.4)速度強化を示した。一方1cm/s以上の高変位速度では両者の摩擦強度に有意な差がなくなり、両者とも顕著な速度弱化を示した。4)以上のようにタービダイト起源の泥岩と半遠洋性泥岩は、力学的性質、水理学的性質ともに大きく異なることが明らかとなった。従って、両者を母岩とする付加体内部の断層の挙動にも大きな相違が予想される。また、京都大学の既存の回転剪断試験機に高温高压容器を付加し、最高温度300℃、最大封圧150MPaの条件での回転剪断試験が可能になった。来年度に調整と試運転を行い、掘削試料の原位置条件における中～高速摩擦実験に使用する予定である。

【分野名】地質

【キーワード】南海トラフ、付加帯、泥岩、破壊強度、浸透率、剪断試験

【研究題目】巨大津波の発生原因を探る～スマトラ北西沖巨大津波発生メカニズムに関する仮説の検証

【研究代表者】平田 賢治

(気象庁気象研究所地震火山研究部)

【研究担当者】平田 賢治、弘瀬 冬樹(気象庁気象研究所地震火山研究部)、

荒井 晃作(常勤職員1名)、

徳山 英一(東京大学大気海洋研究所)

木下 正高(海洋研究開発機構)

【研究内容】

2004年スマトラ沖地震(M9.2)による巨大津波の発生メカニズムについて5つの仮説が提案されているが未だ決着していない。本研究は、現場海域の調査と津波数値モデリングに基づき、最新の仮説の検証作業を通じて、この巨大津波の発生様式を明らかにすることを目的とする。

平成22年度は、10月から11月にかけて、(独)海洋研究開発機構の学術研究船「白鳳丸」に48chの反射法地震探査システムなどを搭載し、2004年12月の巨大津波の発生領域で反射法地震探査を実施するとともに、船体固定の3.5kHzのサブボトムプロファイラー(SBP)を用いた海底表層の地層探査を行った。海底地形調査によって、スマトラ北西沖外縁隆起帯の中央付近に明瞭なリニアメントを発見したが、その周辺のマルチチャンネル反

射法地震探査と地層探査によって海底下の地質構造に関する断面を得ることができた。今後、解析を進め、当該リニアメントが分岐断層であることが確認されるとともに、当該分岐断層の(音響地質学的な)最新活動時期が解明されることが期待される。

【分野名】地質

【キーワード】津波、地震、スマトラ島沖、音波探査、地殻変動

【研究題目】現世および化石カキ礁の形成過程から解明する古環境とカキ類の古生態変遷

【研究代表者】安藤 寿男(茨城大学理学部)

【研究担当者】七山 太(常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、白亜紀から現在に至る汽水域にしばしば発達する汽水生二枚貝カキ類の生物礁を対象にして、古生物学・堆積学・古環境学の複合的な新しい視点から、カキ類の進化や古生態変遷、そしてカキ礁の発達様式や海面変動との関係をモデル化することを目的として、本研究計画を開始した。しかし、地質時代のカキ礁の生成過程をモデル化するためには、礁の成長速度や海面変動の効果が明確な現世カキ礁のデータが必要である。そこで、過去1万年間の縄文海進時に成立したことが明確な北海道厚岸湖のカキ礁を選定して、ボーリングコアや音波探査記録などからカキ礁の発達様式を時空間的に解析し、コアの地球化学的な古環境指標を抽出して、その古環境変遷を定量的に解明することを考えた。厚岸湖のカキ礁は縄文時代前期に発達し始め現在に至ったと考えられており、縄文海進期による海面上昇をキャッチアップする形態で発達したことが予想できる。今年度は初年度であり、採択後の時間が半年程しか無かったため、文献調査と既存の厚岸湖周辺のボーリングデータの収集を集中的に行い、掘削調査と音波探査を含めた今後の調査予定の検討を行った。また、来年度以降の調査のために、関係市町村や漁協の交渉を行った。

【分野名】地質

【キーワード】カキ礁、厚岸湖、完新世、古生態学、古環境学、ボーリングコア、音波探査

【研究題目】広域地質情報発信のための分散共有型WebGIS3次元地質モデリングシステムの構築

【研究代表者】升本 眞二(大阪市立大学)

【研究担当者】升本 眞二(大阪市立大学)、

Venkatesh Raghavan(大阪市立大学)、

根本 達也(大阪市立大学)、

野々垣 進(契約職員1名、他3名)

【研究内容】

本研究の目的は、3次元地質情報を発信するために開発した「Web-GISによる3次元地質モデリングシステム

のプロトタイプシステム」を基本として、データやモデルを分散して開発でき、かつ、それらを相互に共有・活用できる新しいシステムを構築することである。新システムの構築には、(1)分散・共有に必要な3次元地質モデルの基本要素の確立、(2)複数のデータやモデルの相互利用を可能とする理論・アルゴリズムの開発、(3)基本要素の分散開発・共有を可能にする分散型データベースの構築、(4)分散するデータを用いたモデルの構築・発信、および、分散するモデルの結合・相互利用などが必要である。

本年度は、モデリングに必要な全データをモデリングの流れという面から整理した。その結果、5つの基本要素を確立した。加えて、3次元地質モデルの基本要素の相互関係を「共有」・「抱合」・「矛盾」などの関係に分類し、各関係における基本要素の処理方法を検討した。システムの実証実験を行うための基礎として、現有のシステム1台に加え、新たに3台のサーバを導入した。それぞれのサーバにおいてプロトタイプシステムを構築し、分散型データベース構築のためのシステム環境を整備した。さらに、基本要素の分散開発・共有に必要なソフトウェアの比較・検討を行った。その結果、ミドルウェア pgpool-II をデータ管理モジュール PostgreSQL に適用することで、パラレルクエリなどが可能になることを確認した。

【分野名】地質

【キーワード】地質情報、3次元地質モデル、Web-GIS、データベース

【研究題目】広帯域観測データの精密解析に基づくゆっくり地震の物理過程解明

【研究代表者】井出 哲（東京大学）

【研究担当者】井出 哲（東京大学）、廣瀬 仁（防災科学技術研究所）、今西 和俊（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

近年発見されたゆっくり地震の性質を明らかにするためには、地震データから地殻変動データまで含めた総合的な解析が必要である。今年度は普通の地震とゆっくり地震の震源特性を比較するために、サンアンドレアス断層沿いで発生している通常地震の震源パラメータを高精度で推定した。極微小地震まで含めて解析し、少なくともマグニチュード-1以上の地震に関しては応力降下量一定を基礎としたスケーリング則が成り立つことを示した。なお、本研究課題は、科学研究費補助金・基盤研究(B)（研究代表者・井出哲（東京大学））の研究分担者として行っている課題である。

【分野名】地質

【キーワード】広帯域地震計、ゆっくり地震、臨時観測

【研究題目】高精度変動地形・地質調査による巨大地震断層の活動履歴の解明

【研究代表者】池原 研（地質情報研究部門）

【研究担当者】池原 研（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、南海トラフ沿いを中心とする海域において、海底堆積物中に残された地震発生の記録から過去の巨大地震の発生履歴を解明することを目標とする。本年度は本科研究費課題に関連して実施された白鳳丸によるKH-10-3航海に乗船し、熊野～御前崎沖南海トラフ海溝陸側斜面・前弧海盆地と相模湾の調査を行った。この航海で採取された堆積物の中から、特に熊野トラフ海溝陸側斜面から採取された2004年紀伊半島沖地震によるタービダイトの解析と年代測定を行い、このタービダイトが近傍の斜面の崩壊によって形成されたこと、地震後の高濁度底層水の形成と密接に関係していることを明らかにし、堆積モデルを作成するとともに、この堆積に対して海底地形が大きく規制していることを明らかにした。また、相模湾西部における伊豆東方沖地震による混濁流の発生と地層記録としてのタービダイトの堆積の関係について検討し、全ての混濁流がタービダイトとして残されていないことを結論づけた。

【分野名】地質

【キーワード】海底堆積物、地震、タービダイト、海底掘削計画、海底地すべり

【研究題目】最終氷期最寒冷期の中部～西南日本のレフュージアにおける生物群の分布様式

【研究代表者】水野 清秀（地質情報研究部門）

【研究担当者】水野 清秀（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は、最終氷期最寒冷期の植物化石・昆虫化石の分析などから、現在までの生物群集の空間分布の変遷、レフュージアの位置を復元することである。担当者の役割は、全国に広く分布する始良 Tn テフラ（約2.6～2.9万年前）を年代指標としてその前後の層準の泥炭層から大型植物化石、花粉化石などを採取し正確な年代を明らかにすると共に、比較のためのより古い泥炭層の年代をテフラの対比などを用いて求めることである。平成22年度は、宮崎平野西部に分布する泥炭層の層準の再検討と広島県西条盆地、神奈川県小田原市などでの始良 Tn テフラ前後の泥炭層の探索を行った。宮崎平野西部、野尻町に分布する入戸火砕流（始良 Tn テフラ）下位の泥炭層中のテフラのうち、火山ガラスの屈折率が高いテフラは、その化学組成から阿蘇火山起源の草千里ヶ浜テフラ（約3.1万年前）と推定された。その前後のテフラは、始良深港及び始良大塚テフラと推定され、泥炭層の下限の年代は約3.2万年前であると考えられた。類似した層準のテフラを挟む有機質土壌は、鹿児島湾北岸地域にもみられた。広島県東広島市の西条盆地に分布す

る低段丘堆積物から厚さ約90cmの泥炭層を見出した。近傍の露頭では段丘面直下に始良 Tn テフラがあったことから、この泥炭層はそのテフラ直下の層準にあると推定された。なお、この泥炭層の植物群集については、共同研究者によって調査中である。また、神奈川県小田原市や秦野市内で文献などからかつて泥炭層があったとされた地域を調査したが、それらの露頭はすでに消滅していた。

【分野名】地質

【キーワード】気候変動、植物地理、最終氷期、レフュージア、始良 Tn テフラ

【研究題目】最先端研究開発支援プログラム マイクロシステム融合研究開発／ヘテロ集積化量産試作

【研究代表者】小林 健

(ネットワーク MEMS 研究チーム)

【研究担当者】小林 健、亀井 利浩、井上 朋也、松本 壮平、山本 泰之(計測標準)、張 毅、岡田 浩尚、Zhao Gang、伊賀 秀文、牧本 なつみ、田中 久美子(常勤職員7名、他4名)

【研究内容】

ヘテロ集積化量産試作では、12インチウエハが使用可能な量産試作設備を整備し、産総研や東北大学にて初期試作を行ってきたヘテロ集積化デバイスの量産試作を行う。本年度量産試作設備の整備、及びヘテロ集積化デバイスの設計と原理検証を行った。

量産試作設備についてはプロセス装置として8インチウエハ対応の圧電薄膜形成用連続ゾルゲル装置、アッシング装置、評価装置として X 線回折装置、ラマン分光装置、蛍光 X 線分析装置を導入した。また、初期試作、量産試作さまざまなステージのヘテロ集積化デバイスの実装に対応するために、マニュアル、オートのダイボンダ、ワイヤーボンダをそれぞれ導入した。

ポイントオブケアマイクロ流体パイオチップ、過酸化水素製造用マイクロリアクタ、MEMS 粘性センサ、マイクロ静電気センサ、動物モニタリング用圧電加速度センサ、キャピティウエハプロセスについて、光波、流体、電気回路、構造、電磁界シミュレーションを活用して基本設計を行った。設計の妥当性を検証するために既存の4インチラインを用いて原理試作を行った。

上記ヘテロ集積化デバイスのうち、マイクロ静電気センサの原理試作において、アクチュエータ、センサとして用いる PZT 薄膜の圧電特性についてプロセスの進行に伴う変化、およびその面内ばらつきについて強誘電特性評価装置を用いて評価した。プロセス完了後の特性は上部電極エッチング後の70%程度、また面内ばらつきは±12%程度であることが分かった。特性低下のプロセスが下部電極のドライエッチング時に最も著しいことが明

らかになった。金パッド形成プロセスを追加しても圧電特性には影響がないことを確認した。

【分野名】ナノテク・製造

【キーワード】ヘテロ集積化デバイス、MEMS、パイオチップ、マイクロリアクタ、粘性センサ、静電気センサ、動物モニタリング、キャピティウエハ

【研究題目】産業技術研究助成事業(若手グラント)／短尺カーボンナノチューブの創製とCNTトランジスタへの展開

【研究代表者】齋藤 毅

(ナノチューブ応用研究センター)

【研究担当者】齋藤 毅、大森 滋和

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

カーボンナノチューブ(CNT)を切断することは、炭素-炭素結合で構成される強固なグラフェンネットワーク構造を切断することに他ならず、切断はおろか格子欠陥を導入することも困難であるが、酸化性の強い酸処理などによる過度な切断反応ではCNTの優れた特性の起源である電子構造までも深刻なダメージを受けてしまい、デバイス応用に不適となってしまう。本研究ではCNT自身の反応性を制御でき、少なくともグラフェンネットワークになるべく欠陥を導入しない切断や長さ分級の技術開発を行い、CNTトランジスタへの展開を目指している。平成22年度には下記の研究項目に関して研究を行った。

・CNTの長さ分級技術に関する検討

デバイスのプロセスルールが10 μm のオーダーである印刷型SWCNTトランジスタにおいては500nm~1 μm の範囲で長さのそろった短尺SWCNTが用いられる。従ってSWCNTの短尺化技術のみならず、短尺化されたSWCNTを精密なサイズに分級する技術開発が求められる。これまでサイズ排除クロマトグラフィーや遠心分離、電気泳動法などのSWCNTの長さ分級法が報告されてきているが、いずれも500nm以上の長いナノチューブに対しては適応できないという問題があった。さらに、いずれの方法もバッチプロセスを必要としておりマスケールの拡張性に問題があった。

そこで我々は平成21年度より、連続処理が適応可能なフィルタレーションによるSWCNTの長さ分級法に着目し、クロスフローフィルタレーションを利用したSWCNTの長さ分級技術開発を行っている。平成22年度は細孔径1.0、0.45、0.2 μm の3種類のメンブレンフィルタを用いて多段階クロスフローフィルタレーションプロセスを開発し、細孔径に対応して平均長さの異なるSWCNTに分級することに成功したことを報告した。また、SWCNTのフィルタレーションメカニズムを考察し、CMCやBrijといったポリマー系の界面活性剤を

用いることによって本方法が有効となることも明らかになった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 ナノチューブ、CVD、印刷技術、トランジスタ

〔研究題目〕 重金属汚染土壌のマッピングと要因識別に関する研究

〔研究代表者〕 丸茂 克美（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 丸茂 克美（常勤職員1名）

〔研究内容〕

重金属汚染土壌のマッピングのため、可搬型蛍光 X 線分析装置を埼玉県の秩父金属鉱山地帯に運び、河川堆積の現場分析を行い、重金属の分布様式を把握するとともに、重金属の分布様式を支配する要因を識別する技術の開発を行った。河川の中州部分に堆積している川砂を蛍光 X 線分析した結果、高濃度の砒素や鉛が含まれることが確認された。この河川の上流には秩父金属鉱山の坑道跡地があることから、これらの砒素や鉛はすでに廃鉱となった秩父金属鉱山のズリが河川に運ばれ、中州に堆積したものであると考えられる。

また、鉱山周辺の岩石を採取し、蛍光 X 線分析した結果、岩石中にも砒素が数100～数1,000mg/kg 含まれることが判明した。従って、河川中の砒素の一部はこうした岩石中に含まれる砒素鉱物に起因すると考えられる。

さらに、河川水中の砒素濃度をストリッピングボルタンメトリーを用いて測定した結果、砒素が河川水に含まれることが判明した。現場での蛍光 X 線分析による川砂分析とストリッピングボルタンメトリーによる水質分析は鉱山開発に起因する砒素汚染の実態把握を行う上で有効である。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 土壌汚染、砒素、河川堆積物、蛍光 X 線分析、ストリッピングボルタンメトリー

〔研究題目〕 植物機能を活用した高度モノ作り基盤技術開発／植物利用高付加価値物質製造基盤技術開発「植物型糖鎖修飾を抑制した植物作出技術開発

〔研究代表者〕 新聞 陽一（糖鎖医工学研究センター）

〔研究担当者〕 新聞 陽一、横尾 岳彦、齋藤 扶美恵、地神 芳文（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

植物を宿主とする有用物質の組換え生産は、その生産コストが動物細胞等と比較して安価なこと、植物は収穫も容易であること、植物が酵母等の代替宿主よりヒトに近い翻訳後修飾の一種 *N*-結合型糖鎖構造を持つこと等から注目されている。しかしながら、もう一つの翻訳後修飾である植物特異的な *O*-結合型糖鎖修飾に関しての

現在までの知見は限られている。そこで、植物特異的な *O*-結合型糖鎖修飾付加機構の解析を進め、植物における有用物質生産の基盤となる、外来有用タンパク質への植物型糖鎖修飾を抑制した植物を作出する技術を開発することを目的としている。

高等植物培養細胞の抽出液中にペプチドのセリン残基へのガラクトース転移酵素活性の測定に成功したが、この酵素は精製が困難であったため、同様の酵素活性を持つことを確認した単細胞緑色植物であるクラミドモナスで精製を進め、セリン残基へのガラクトース転移酵素（SGT）タンパク質のバンドを特定した。バンドからタンパク質を回収し、MS/MS 解析によりアミノ酸配列を決定し、クラミドモナスの SGT をコードする遺伝子をクローニングした。シロイヌナズナおよびタバコなど高等植物にも相同遺伝子が存在し、酵母細胞において発現させて酵素活性を測定したところ、いずれも強い SGT 活性が認められたことから、SGT 遺伝子であることが証明できたので、SGT1 と命名した。SGT1 遺伝子によりコードされた SGT 酵素は、UDP-ガラクトースを供与体基質とし、ペプチドのセリン残基を受容体基質として、 α ガラクトースを転移する活性を持つことを確認した。

SGT1 遺伝子は、単細胞緑藻から高等植物まで広く存在しているが、細菌、真菌、動物には類似の遺伝子はなく、植物特異的な新規な糖転移酵素遺伝子ファミリーであることが明らかになった。シロイヌナズナにおいて、SGT1 遺伝子のホモザイガスの T-DNA 挿入変異株は、植物体の成長や形状に異常は見られず、SGT 活性を測定したところ検出限界以下であり、また、細胞壁中の α ガラクトースの量も半分以下に減少していることを確認した。タバコにおいて RNAi によっても同様の結果を得たことから、本遺伝子が植物に特異的なセリン残基への *O*-結合型糖鎖付加を担っていることが明らかになったとともに、SGT1 遺伝子抑制株は、植物を宿主としたヒト・動物由来タンパク質の生産宿主として利用できる可能性を示すことができた。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 糖鎖、植物、生産技術、宿主、バイオ医薬、糖転移酵素

〔研究題目〕 新潟・福島県境付近に分布する構造区未定地質帯に関する研究

〔研究代表者〕 野田 篤（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 野田 篤（常勤職員1名）、壺井 基裕（関西学院大学）

〔研究内容〕

新潟県と福島県の県境付近に存在する構造区未定の地質帯は、日本列島の地質構造発達史を理解する上に重要な地域であるにもかかわらず、その詳細については依然不明な点が多く残されている。この地域の地質を明らか

にすることは、東西日本における地質帯の比較に有効であり、日本列島の中古生界の古地理復元や日本列島形成史の解明に貢献できる。平成22年度は、福島県南西部に位置する檜枝岐村周辺に注目し、構造区分未定の地層または足尾帯構成岩類を対象として地質調査を実施した。その結果、本地域に分布する地層の大部分は足尾帯相当の付加コンプレックスであることが分かった。また、砂岩・泥岩を主体とし、珪長質凝灰岩や苦鉄質火山岩・斑れい岩を含む地層は、西南日本の下部～中部ペルム系整然相と対比できた。この整然相は、構造的には付加体中にとりこまれた岩塊である可能性がある。さらに、付加体中に分布する片麻状を呈する変斑れい岩の小岩体群は、玄武岩をとまなうこと、その化学組成が海洋底玄武岩または島弧玄武岩の性質に近いことから、海洋性地殻または後に貫入した岩体であると推定される。斑れい岩の性質については、今後さらに検討を加える予定である。以上のことから、檜枝岐地域に分布する構造区未定の中-古生層は、多くは足尾帯相当のジュラ紀の付加体であり、その中にペルム系に対比される整然相が取り込まれていると考えられる。

【分野名】地質

【キーワード】地質、中生代、付加体、地質構造

【研究題目】新規ヒト内在性レクチン探索と機能解析

【研究代表者】平林 淳（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】舘野 浩章、福村 美帆子

（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

ヒトではこれまでに約100種類のレクチンが同定され、C-type、siglec、galectin、P-type、R-type、M-type、L-type、calnexin、ficolins、chitinase-like、F-box lectin、intelectin など約10種類のファミリーに分類されているが、その全貌把握とは言いがたく、個々のレクチンに対する機能解析も、一部を除いては不十分なものが多い。また機能解明への大きな手掛かりとなる糖鎖との相互作用データに関しても、解析手法が統一されていないため、レクチン間の糖鎖結合特性を系統的に比較する事が困難である。これらの理由から、ヒト体内における糖鎖-レクチン間の相互作用、及びそれを介した情報伝達機構は未だ十分に理解されていない。バイオインフォマティクスを利用して、ヒトのゲノム配列を対象としたデータマイニングを実行したところ、現在知られているヒト内在性レクチンをはるかに上回る数のレクチン候補遺伝子が存在することが示唆された。そこで本研究では、(1)ヒトゲノムから抽出されたこれらレクチン候補遺伝子を選別・発現し、糖鎖結合活性を糖鎖複合体アレイでスクリーニングする、(2)機能解析の一端として結合定数を含めた詳細な糖鎖結合特異性を明らかにする、(3)結合パートナーの同定と作用機序の解明を行う、ことにより糖鎖機能をより深く理解し、糖鎖認識をキー

ワードとした新たな医工学シーズを見出すことを目的として研究を行った。現在まで複数の新規レクチンの同定に至っているが、その中でジャッカリン関連レクチン様ドメインを有する ZG16がマンノースに結合性を示す新規レクチンであることが判明した。本年度、この新規レクチンの糖鎖結合特異性と親和性を、糖鎖複合体アレイとフロントラル・アフィニティクロマトグラフィー（FAC）で詳細に解析した結果、ZG16は高密度マンノースに特異的に結合することが示された。事実、ZG16は細胞表面にマンノースを高密度に提示する各種真菌に結合した。また、リアルタイム PCR で解析した結果、ZG16の mRNA は、肝臓、膵臓、小腸に局在することがわかった。さらに、抗 ZG16抗体を作製し ZG16の組織分布を調べたところ、本レクチンは上部から下部に至る消化器系の外分泌系の細胞に局在していることがわかった。以上の結果、本レクチンはヒトを含む哺乳動物において真菌に対する何らかの生体防御機能を有することが推測された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】糖鎖、レクチン

【研究題目】全国の教室に露頭を届ける「地質宅配便計画」

【研究代表者】植木 岳雪（地質情報研究部門）

【研究担当者】植木 岳雪（地質情報研究部門）
（常勤職員1名）

【研究内容】

今年度は3年計画の1年目にあたり、地層のはぎ取り標本の作成方法の習熟と典型的なはぎ取り標本の収集を目指して、茨城県水戸地域および青森県八甲田地域で、更新世の海成堆積物・火砕流堆積物のはぎ取り標本を作成した。また、はぎ取り標本を用いた授業実践についても検討した。

【分野名】地質

【キーワード】地学教育、学校教育、地層、はぎ取り標本

【研究題目】全国地質 Sr 同位体比マッピング
—古代における“もの”の移動の解明に向けて—

【研究代表者】南 雅代（名古屋大学）

【研究担当者】南 雅代（名古屋大学）、
浅原 良浩（名古屋大学）、
宮田 佳樹（名古屋大学）、太田 充恒
（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

遺跡から出土した人の歯のストロンチウム（Sr）同位体比を測定することにより、その遺跡に埋葬されている人の生まれた地域（地質）を推定することが可能であり、古代人の移住に関する知見を得ることができる。

Sr 同位体比を用いた“もの”の移動の解明は、遺跡から出土する木製遺物、土器等にも応用可能である。この研究を行うにあたっては、地質の Sr 同位体比が既知であることが前提となるが、全国レベルの Sr 同位体比分布図は残念ながら存在しない。そこで本研究では、Sr 同位体比を用いた研究の基礎データベースとなる全国版地質 Sr 同位体比マップを完成することを第1の目的とする。また、この地質 Sr 同位体比マップを用いて、渡来人の痕跡のある遺跡に埋葬されている“もの”を分析し、Sr 同位体比が渡来か否かの判定に使えるかどうかを検討することを第2の目的とする。本年度は、九州、四国、中国、近畿地域の地質 Sr 同位体比マッピングを行った。地質標準試料（堆積物シリーズ全12試料）中の、Rb, Sr を含む39元素の元素存在形態分析を行った。その結果、Rb などのアルカリ元素は極めて安定な形態で堆積物中に存在しているのに対し、Sr などのアルカリ土類元素は全量に対して10-40%ほどが、極めて不安定な形態（主として粒子表面に吸着した状態）で存在していることが明らかになった。

【分野名】地質

【キーワード】地球化学図、バックグラウンド、Sr 同位体比、同位体分布

【研究題目】走査型 ESR 顕微鏡による非破壊コア分析の開発

【研究代表者】今井 登（地質情報研究部門）

【研究担当者】今井 登、福地 龍郎
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

野島断層沿いで発見されたシュードタキライトと断層ガウジから採取した試料を用いて走査型 ESR 顕微鏡による解析を行った。二次元 ESR 測定では、穴あきキャビティ（空洞共振器）を使用し、ピンホールやスリットから漏れてきたマイクロ波を試料の微小領域に当て、その吸収量を計測した。マイクロ波を走査する代わりに、試料を X-Y ステージで移動することにより、二次元 ESR の画像を得た。試料は平板状にカットした試料片をダイヤモンドペーストで磨いたものを使用した。

野島断層沿いに分布する黒色断層ガウジ及びシュードタキライト試料を二次元 ESR で測定した。スキャン幅は0.5mm、スキャンスピードは10秒/掃引、掃引磁場0~800mT で行った。その結果、断層摩擦熱によりフェリ磁性鉱物が生成し、それに伴い FMR 信号及び磁化率が増大し断層摩擦発熱量が高かったことが分かった。高画像強度の部分では、マグヘマタイト起源の FMR 信号の他に、未知の FMR 信号も検出された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ESR、VMS、断層、年代、元素分析

【研究題目】地殻流体の発生と移動のダイナミクス

【研究代表者】風早 康平（地質情報研究部門）

【研究担当者】風早 康平（常勤職員1名）

【研究内容】

Hi-net 地震観測網等により観測された深部低周波地震分布の特徴を明らかにするため、1) 日本列島に分布する深層地下水のフィールド調査・試料採取（50 温泉）および 100 カ所の温泉水の分析。2) 水質解析による深層地下水の広域分布の特徴および地質構造、地震活動等との関連性の検討、および、3) 日本列島の温泉水の特徴マップ（試作版）の作成を行った。

地震に関係する熱水の情報を得るため、震源周辺の地下水データを調査し、その化学・同位体組成等に関する特徴をまとめた。関係すると考えられる水は、Li/Cl 比が高い特徴を持ち、その広域的な分布域は火山列のみならず、大規模構造線沿いにもみられる。また、ヘリウム同位体比の広域分布についても、同様の特徴がみられた。これらの地下水は遊離炭酸ガスを付随する塩水であることが多いのも特徴であるといえる。いずれもスラブに起源を持つ熱水に関連している可能性がある。

【分野名】地質

【キーワード】深部低周波地震、塩水、遊離炭酸ガス、同位体比、スラブ起源熱水

【研究題目】地球の水の起源と深部循環の解明に向けた NAM の水素同位体測定法の開発

【研究代表者】中村 美千彦（東北大学）

【研究担当者】宮城 磯治（常勤職員1名）

【研究内容】

地球内の水はマグマの発生やマントル対流に影響を与える要因のひとつである。地球内の水の起源に関するモデルでは、水素同位体組成が最も重要な制約の一つとなっている。近年、高圧下ではいわゆる無水鉱物（NAM）にも数千 ppm~数 wt%の水が固溶し得ることが明らかになり、地球深部には最大では海水にも匹敵する量の水が存在する可能性が指摘されている。一方、天然の深部物質試料中にも数百 ppm 以上の水が含まれていることが明らかになりつつあり、しかも報告例は少ないものの、その同位体組成は想定されていた値（-80%程度）よりも数十%も軽い。つまり、全地球の水の同位体組成は従来考えられていたよりも軽く、地球の水の起源が見直される可能性がある。そこで本研究は、従来の鉱物中の水素抽出手法を技術的に改良し、NAM 中のごく低濃度の水素同位体組成分析手法を確立することによって、深地圏の水の循環と地球の水の起源の研究に新展開をもたらすことを目指す。本年度は、NAM 分析用の水素の抽出精製真空ラインにおいて水を水素に還元する際の同位体分別、いわゆるメモリー効果の原因解明のために、金属亜鉛を用いた水の還元操作の温度に関する考察を行なった。また、NAM のようにごく少量の水

を真空装置で脱水する際に大きな問題となる、鉱物内部に存在する水と鉱物表面に付着した空気中の水とを区別して採取する手法を改善するため、含水鉱物（角閃石）を真空中で段階的に加熱した際に放出される水の量と水素同位体比についてこれまでに得られた実験結果を用いた考察を行なった。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕マグマ、水、水素、水素同位体比、NAM

〔研究題目〕地球表層システムにおける海洋酸性化と生物大量絶滅

〔研究代表者〕鈴木 淳（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕鈴木 淳、川幡 穂高
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

二酸化炭素は酸性気体なので、人為起源二酸化炭素の放出は、地球温暖化と共に海洋酸性化をもたらし、新たな地球環境問題として注目されている。これは、海洋の炭酸塩殻をもつ生物群に損傷を与えるとともに、5500万年前と同様、深海底での大量絶滅を引き起こすと危惧される。そこで、生物の応答を精密飼育実験で明らかにすると共に、「大量絶滅海洋酸性化説」の適否を検証する。また、中和機能がある陸の風化過程の実態を明らかにし、海水のpHを支配する地球システムと将来の生物圏への影響を考察する。

海洋石灰化生物として、亜熱帯域の翼足類に注目し、酸性化海水による曝露実験を行い、殻構造の変化について検討した。翼足類の殻はあられ石からなり、表面構造は海水のpH条件に敏感である。沖縄周辺海域の遺骸群集の産状も海水のpHに影響されていることが明らかになった。大陸は風化の場であり、大量の二酸化炭素が大気から陸水に移行する場所と考えられているが、具体的な炭素フローについては不明な部分が多い。そこで、バングラデシュに赴き、ガンジス川、ブラマプトラ川、メグナ川にて河川水を採取して炭酸系緒量を分析し、陸から海にもたらされる炭素量の評価を試みた。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕イケチョウガイ、霞ヶ浦、水温、酸素同位体比、あられ石

〔研究題目〕地質情報整備に関する研究

〔研究代表者〕高橋 浩（地質分野研究企画室）

〔研究担当者〕高橋 浩、二宮 芳樹、高橋 裕平、
宮崎 一博、西岡 芳晴、宮下 由香里、
青矢 睦月、古宇田 亮一
（常勤職員8名）

〔研究内容〕

マダガスカル国鉱業振興のための地質・鉱物資源情報整備調査として住鉱資源（株）が実施しているマダガス

カル南部地域の既刊10万分の1地質図幅8葉改訂について、地質情報研究部門の研究者を中心に共同研究を行っている。2010年1月に予察調査を行った後、高橋 浩、宮下 由香里、青矢睦月の3名が2010年7月16日～8月10日の日程でマダガスカル南部のベトロカ及びベキリー周辺の野外地質調査を実施し地質の概要を把握するとともに岩石試料を採取し、岩石薄片を作成し顕微鏡下での観察を行った。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地質図、マダガスカル、JICA、PGRM、汎アフリカ変動、先カンブリア紀

〔研究題目〕中央構造線の連続コアによる断層帯内部構造解析

〔研究代表者〕重松 紀生（地震素過程研究チーム）

〔研究担当者〕重松 紀生、高橋 美紀、藤本 光一郎
（東京学芸大学）、ウォリス・サイモン
（名古屋大学）（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

産総研が2007年度～2008年度にかけて建設した、松阪飯高観測点（以下ITA）で得られたボーリングコアは深度473.9mで領家帯と三波川帯の岩石境界である中央構造線（MTL）を貫いている。このコアの解析を目的に採択された科学研究費補助金による研究である。MTLを貫通するボーリングコアと地表露頭の観察と解析を合わせることによって、1)断層帯内部構造、2)MTLの履歴、3)断層深部の歪集中や内陸大地震発生との関わりを解明することを目的とした。平成22年度は最終年度であり、これまでの解析結果のうち不足していた部分を補足し、また成果を総括し論文としてまとめるとともに、学会発表を行った。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕中央構造線、断層帯内部構造、柱状図、変形の重複、変形条件

〔研究題目〕超音波を用いた藻場分布測定に関する研究

〔研究代表者〕谷本 照己（沿岸海洋研究グループ）

〔研究担当者〕谷本 照己、橋本 英資
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

温排水影響調査における海藻調査の高度化、合理化を図るため、超音波を用いて遠隔的に海藻類の有無を判定し分布を解析図化する簡易型の藻場分布計測システムの構築と愛媛県伊方沖海域における藻場分布の季節変化について継続して検討した。2010年5月と8月に伊方沖海域において簡易型の超音波底質解析装置を用いた現地試験を行い、超音波の一次と二次反射強度の関係から海藻の有無等の海底状況をリアルタイムで判定できることを確認すると共に、GPS データを同時に取り込むことによ

ってパソコン地図上に判定結果を表示することができた。本装置により、2010年度における伊方沖海域の広域藻場分布状況および有寿来マウンドと町見マウンド周辺海域における詳細な藻場分布およびその季節変化を明らかにした。

【分野名】地質

【キーワード】藻場分布、超音波、遠隔計測、クロメ

【研究題目】土壤中の鉛及びほう素の簡易分析手法開発に関する研究

【研究代表者】丸茂 克美（地質情報研究部門）

【研究担当者】丸茂 克美（常勤職員1名）

【研究内容】

蛍光 X 線分析法は土壤中に含まれる鉛の迅速分析をする有効な手段であるが、土壤中の鉛含有粒子径が大きく、X 線が鉛含有物質を貫通することができない場合には、鉛の定量分析が困難となる。そのため、鉛含有粒子の粒子径を変えて鉛の特性 X 線強度がどのように変化するかを調べる目的で、平均粒子径0.1mm の方鉛鉱微粉末粒子と石英粒子の混合比率を変化させて作成した混合物や、平均粒子径0.2mm の方鉛鉱粗粉末粒子と石英粒子の混合比率を変化させて作成した混合物を調査して鉛の特性 X 線の強度を測定し、様々な鉛含有量を有する日本分析化学会標準試料の鉛の特性 X 線の強度と比較した。

その結果、鉛含有量が同じ方鉛鉱粗粉末粒子と石英粒子の混合物と、方鉛鉱微粉末粒子と石英粒子の混合物の鉛の特性 X 線の強度を比べた結果、方鉛鉱微粉末粒子の鉛の特性 X 線強度に比べ、方鉛鉱粗粉末粒子の鉛の特性 X 線強度が5分の1以下であることが判明した。また、鉛含有量が同じ方鉛鉱微粉末粒子と石英粒子の混合物の鉛の特性 X 線強度と、日本分析化学会標準試料の鉛の特性 X 線強度を比べた結果、日本分析化学会標準試料を比べ、方鉛鉱微粉末粒子では、鉛の特性 X 線強度が6分の1以下であることが判明した。従って、土壤中の鉛含有量を蛍光 X 線分析法で調べる場合には、分析対象土壌試料中の鉛含有粒子の粒子径と、検量線作成に用いる標準試料中の鉛含有粒子の粒子径が同じ程度である必要があることが判明した。

鉛に汚染された土壌の中には、蛍光 X 線分析法で得られた鉛含有量値の方が、1M 塩酸溶出量よりも少ないものが存在するが、この原因としては鉛含有粒子の粒子径が大きいため、X 線が貫通出来ず、日本分析化学会標準試料を用いて作成した検量線を用いた場合、鉛含有量値が低く出てしまうためと考えられる。

【分野名】地質

【キーワード】鉛汚染土壌、蛍光 X 線分析法、方鉛鉱、土壌分析用標準試料、検量線

【研究題目】東アジアにおけるバイオディーゼル燃料の基準調和

【研究代表者】後藤 新一

（新燃料自動車技術研究センター）

【研究担当者】後藤 新一、小熊 光晴、葭村 雄二

（常勤職員2名、その他1名）

【研究内容】

平成19年度に ERIA（東アジア・アセアン経済研究センター）Energy Project の一つとしてワーキンググループ “Benchmarking of Biodiesel Fuel Standardization in East Asia” を立ち上げ、良質なバイオディーゼル燃料の流通を目指した各国の標準化支援と基準調和活動を行っている。平成22年度も事業のワーキンググループ運営を継続した。同地域における良質なバイオディーゼル燃料流通に資する情報をまとめた「EAS-ERIA Biodiesel Fuel TradeHandbook: 2010」を発刊した。同ハンドブックは ERIA ウェブサイトより PDF 版のダウンロードが可能である。

（<http://www.eria.org/publications/others.html>）

また、これまでの成果を如何に実市場での品質管理に反映していくかという大きな目標を掲げ、各国の分析方法や品質管理手法の比較、および各国におけるバイオディーゼル燃料分析実施機関（ラボ）のリストアップ作業など、次のステップに着手している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】東アジア、アセアン、ERIA、バイオディーゼル燃料、BDF、FAME、脂肪酸メチルエステル、酸価安定性、ハンドブック

【研究題目】洞窟性微小二枚貝の同位体比と微量元素分析に基づく生活史戦略の進化と気候変動の解明

【研究代表者】石村 豊穂（地質情報研究部門）

【研究担当者】石村 豊穂（派遣職員1名）

【研究内容】

本研究は、静岡大学との共同研究（研究代表者・北村晃寿）であり、貧栄養化に対する適応戦略と気候への太陽活動の影響を洞窟性微小二枚貝の化石試料から解明することを目的としている。そのために、生貝の追跡調査を行ない、成長時期の判明した部分の酸素同位体比と人 Mg/Ca 比を測定して水温換算式を確立する。さらに7,000年間に及ぶ化石試料を対象に、成長方向に沿って酸素同位体比と Mg/Ca 比を連続測定し、水温換算式から水温の季節変動と成長パターンを復元する。形態と成長パターンを比較して貧栄養化に対する適応戦略を解明し、水温データから夏期モンスーンと冬期モンスーンのそれぞれについて、太陽活動変動との関連性を明らかにする。

研究担当者は最近開発したナノグラムオーターの試料

でも測定可能な連続フロー型質量分析法を用いて、二枚貝の成長に伴う酸素同位体比の変化を明らかにし、環境水温換算式を産出する基礎データの検討をおこなった。

【分野名】地質

【キーワード】酸素炭素安定同位体比、微量分析、環境指標、炭酸塩、CO₂

【研究題目】内視鏡下手術支援システムの研究開発

【研究代表者】樋口 哲也（情報技術研究部門）

【研究担当者】村川 正宏、坂無 英徳、岩田 昌也、樋口 哲也、坂部 史生、栗原 司、柳澤 孝文（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

手術戦略ヘッドクォータ技術に求められる重要な機能の一つとして、ビデオ等の術室情報からの重要点抽出がある。これは、手術映像は10時間以上記録されることがあり、かつカメラの台数も10台に及ぶこともあるため、1回の手術で膨大なデータ量が保存されるためである。そこで本研究では、CHLACを用いて通常シーンを学習し、そこからの逸脱として自動的に重要点を抽出する方法を開発する。抽出した重要度から、重要なシーンほど高品質に、そうでないシーンは低品質に保存することで手術映像全体のデータ量を削減することが可能となる。さらに高品質に保存されたシーンにしおりを付与することで、事後チェックの手間を大幅に低減する。本研究は東京女子医大と共同で行っており、平成22年度は5年計画の4年目にあたる。

平成22年度は、平成21年度に開発した CHLAC 特徴量を用いたオンライン型動画内容分析システムについて実際の手術映像を用いて重要点検出の正答率を評価するとともに、イベントサーバとネットワーク接続し抽出した重要点情報を送信できるシステムとして拡張した。まず重要点検出の正答率に関しては、東京女子医大から提供をうけた8.5時間の脳外科手術映像を用いて評価を行ったところ、目視の結果検出すべきと思われるトラブル・イベントシーンの約78%の秒数を重要点として検出することができた。検出することができなかった残りの約22%についても原因を考察し改善できる見通しを得ている。誤って重要点として検出した秒数は手術映像全体（8.5時間）の約0.7%と、非常に小さい値であり実用上は問題ないレベルと思われる。

システムの拡張に関しては、Open IGT Link 接続ライブラリを開発し、低レベルログ（CHLAC 特徴量）保存機能および高レベルログ（重要点検出結果）のネットワーク出力機能を実装した。この開発したライブラリを用いることで、他のさまざまなセンサ情報とあわせてイベントサーバに重要点情報を蓄積可能となる。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】手術映像、データ圧縮、CHLAC

【研究題目】熱水性鉱床におけるインジウムの濃集機構の解明

【研究代表者】清水 徹（地質情報研究部門）

【研究担当者】清水 徹、森下 祐一（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究の目標は、インジウムを運搬した鉱化熱水の温度・塩濃度および硫黄種の起源を明らかにし、インジウム濃集機構を物理化学的に解明することである。平成22年度（3年実施計画の最終年度）は、初年度の基礎的な記載情報（顕微鏡による鉱物組織観察結果など）を基に、豊羽重金属鉱床の主要なインジウム含有鉱物であるインジウム閃亜鉛鉱（IBS）、及びインジウムを含まない閃亜鉛鉱（IFS）の硫黄同位体比測定を行い、インジウムを運搬した熱水の硫黄種及び起源を推定した。測定結果は、IBS および IFS でそれぞれ5.6～5.8‰および4.8～5.4‰であり、成因的違いを論ずるに有質な差は無い。すなわちインジウムの濃集の有無に関わりなく、硫黄種は還元硫黄種（硫化水素）を主体とし、その硫黄の起源は島弧マグマであることがわかった。一方、平成21年度の X 線マイクロアナライザー（EPMA）による元素分析結果及び赤外線顕微鏡による流体包有物均質化温度測定結果をまとめ、国際学会誌に論文投稿した。

以上3年間の研究結果をまとめた結果、インジウムの濃集機構の特性を以下の様に明らかにした。豊羽鉱床においては島弧マグマ起源の硫黄種を含んだ熱水（温度：273～288℃、硫黄ガス分圧：10^{-12.0}～10^{-10.8} atm）から、インジウムは閃亜鉛鉱中に最大8.3wt%取り込まれて晶出した。さらに熱水温度データを従来研究温度データと比較した結果、熱水性鉱床の一般的なインジウム鉱化作用の最低温度は、270～290℃の範囲と見積った。本温度情報はインジウム鉱床成因を議論する上で特に重要であり、同鉱床の探査指針作成に役立つ。

【分野名】地質

【キーワード】インジウム、熱水性鉱床、豊羽鉱床、閃亜鉛鉱、EPMA 分析、流体包有物、均質化温度、硫黄同位体比、島弧マグマ、鉱床探査

【研究題目】粘土ファブリックの保存ポテンシャルの解明

【研究代表者】西田 尚央（地質情報研究部門）

【研究担当者】西田 尚央（他1名）

【研究内容】

高濃度の泥質流体 fluid mud の堆積によって形成される泥質堆積物は、特徴的な粘土ファブリックが発達することが明らかとなってきた。このような粘土ファブリックに注目した検討は、薄い堆積物や少量のコア試料など、肉眼的観察が十分に行えない場合にこれを補う有効な手段の1つとなる。しかし、従来、粘土ファブリックの特徴が泥質堆積物の形成後にどの程度保存されるかという

点について、必ずしも十分に理解されていない。

本研究では、現世堆積物および異なる年代に形成された地層を対象として、初生的な粘土ファブリックの変化について検討した。すなわち、現世六角川エスチュアリーおよび上部更新統木下層、中部更新統市宿層、下部漸新統本城層に認められる泥質堆積物を例に、粘土ファブリックの特徴について検討を行った。特に、肉眼的に観察される岩相の特徴から fluid mud 堆積物と解釈されるものを対象とした。その結果、木下層ならびに市宿層の fluid mud 堆積物は、現世六角川エスチュアリーのものと比較して一部で続成作用の影響があるものの、粒状構造の発達認められる点で共通する。一方、漸新統本城層の fluid mud 堆積物は、一部で粒状構造の発達が認められるものの、全体としては粘土粒子が層理面と平行な方向に配列する傾向を示す。したがって、沿岸堆積環境で形成された地層に挟在する泥質堆積物の粘土ファブリックは、地層の形成年代のみを考慮した場合、第四紀の地層では堆積プロセスを反映した初生的な特徴が維持されていると考えられる。一方、第四紀より古い地層では、続成作用の影響を受けることによって粘土粒子が再配列し、初生的な粘土ファブリックの特徴が認められない場合があると考えられる。

【分野名】地質

【キーワード】粘土ファブリック、fluid mud、続成作用、泥質堆積物の堆積プロセス

【研究題目】廃油脂類を原料とした動脈静脈連携型の次世代バイオディーゼル燃料製造技術の開発と評価

【研究代表者】鳥羽 誠

(新燃料自動車技術研究センター)

【研究担当者】鳥羽 誠、葭村 雄二

(常勤職員2名)

【研究内容】

目標、研究計画、年度進捗状況

本研究では、廃油脂類からの次世代バイオディーゼル燃料化を目的として廃油脂類の水素化脱酸素処理を行い、触媒の金属種のスクリーニングによる脱酸素挙動の解明、原料油性状による影響を調べ、得られた燃料品質の評価により最適な反応条件を見出すための検討を行った。本年度の進捗状況は以下の通り。

ニッケル-タングステン硫化物触媒を用いて、固定床流通式反応装置による低品位廃油脂類の水素化脱酸素反応を検討した。油状トラップグリースは、廃食用油の水素化脱酸素反応と同様に安定した脱酸素活性を示し、80時間における含酸素化合物残存率は、廃食用油水素化脱酸素反応の0.3%に対して、油状トラップグリースの場合は2.4%となり、わずかに脱酸素活性は低下した。廃食用油に10~20wt%泥状トラップグリースを混合して反応を行った場合も安定した脱酸素活性を示し、80時間

における含酸素化合物残存率は、廃食用油水素化脱酸素反応の0.3%に対して、10wt%泥状トラップグリース混合の場合は0.3%、20wt%混合の場合は0.4%となり、ほぼ同等の活性を維持することがわかった。泥状トラップグリース20wt%混合油の酸価は18.44mgKOH/gであり、脂肪酸メチルエステル型バイオディーゼルの原料として利用できない低品位原料からも次世代バイオディーゼル燃料の製造が可能であることがわかった。

水素化脱酸素反応により得られる炭化水素生成油の低温流動性向上を目的に、ゼオライト担持貴金属触媒により異性化を行ったところ、原料油(流動点16℃)に対し異性化生成油(流動点-1℃)で、低分子量炭化水素への分解と重合による高分子量炭化水素生成を抑制しつつ、異性化を進行させ、低温流動性を向上させることが可能であることを見いだした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】第二世代バイオディーゼル、廃油脂、水素化脱酸素

【研究題目】氷期に背弧にサンゴ礁はあったのか？

—北限域サンゴ礁生態系の海洋変動との呼応—

【研究代表者】松田 博貴

(熊本大学大学院自然科学研究科)

【研究担当者】松田 博貴(熊本大学大学院自然科学研究科)、荒井 晃作、井上 卓彦

(常勤職員2名)、

町山 栄章(海洋研究開発機構)

【研究内容】

本研究は、氷期・間氷期サイクルにおける琉球列島の前弧側と背弧側でのサンゴ礁生態系を比較し、特に低海水準期における黒潮流路変化や強弱、塩分・水温・陸源性物質の供給などの海洋変動に対するサンゴ礁北限周辺海域でのサンゴ礁生態系の応答とその要因を解明することを目的としている。琉球列島前弧側でのこれまでの研究成果と比較して、琉球列島背弧側の第四紀低海水準期(氷期)におけるサンゴ礁堆積物の発達状況や造礁生物の特徴・種多様性・種構成、礁性堆積物の特徴、ならびにその規制要因について検討する。

H23年度は、現世サンゴ礁北限周辺域にあたるトカラ列島小宝島東方沖水深40~200m 付近の島棚および島棚斜面上部において、小型船舶を用いて、ブーマー音波探査装置による表層礁性堆積物の分布・構造調査、測深器による海底微地形調査、小型 ROV による潜航調査を実施した。調査の結果、小宝島東~南東方の水深100m~120m の島棚域において礁地形が見出された。ROV により海底観察の結果、これらはマウンド状の礁岩であることが判明した。また少数ではあるが、マイクロアトール状の形態を示す塊状サンゴも認められることが明らかとなった。以上のことから、これらの礁岩は、かつての

サンゴ礁、あるいは造礁サンゴの分布を示すもので、これらの分布深度、周辺の隆起速度を考慮すると、最終氷期（約20,000年前）に形成された可能性が高い。このことは、琉球列島域における現在のサンゴ礁北限域近傍において、氷期にあっても背弧側にサンゴ礁が存在していた可能性を示唆し、氷期における黒潮の流路に関して、新たな情報をもたらすものと考えられる。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕サンゴ礁、古海洋、黒潮、音波探査、潜水調査

〔研究題目〕物理気相蒸着法により作成したガス吸着膜の特性（基盤C）

〔研究代表者〕野田 和俊（環境管理技術研究部門）
（研究代表機関：金沢大学）

〔研究担当者〕野田 和俊（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、高周波スパッタリングやプラズマ支援真空蒸着法などの物理気相蒸着法（PVD）法により有機薄膜を水晶振動子上に形成し、微量濃度のガス分子の吸着性や原子状酸素などとの反応性を調べ、有機薄膜の吸着現象や反応メカニズムを解明すると共に、微量濃度の揮発性有機化合物（VOC）ガスや酸化性活性化学種などの検知用センサを開発することを目的としている。ここでは、水晶振動子を利用した検知法（QCM）を応用し、QCMの電極上に高周波スパッタリングやプラズマ支援真空蒸着法により形成した有機薄膜を形成し、微量濃度のガス分子の吸着性や、原子状酸素などの反応性を検討した。

今年度は、水晶振動子上に高周波スパッタリング法による高分子薄膜を形成し、薄膜の有無によるガス吸着特性の変化と、スパッタリングガスの種類や薄膜の膜厚が吸着性に与える影響について評価を行った。特に、PTFE膜に対する検知感度、応答性などの検知特性について調査した。

その結果、スパッタ成膜したものが他の成膜法を利用したものと比較して、良好な結果が得られた。検知対象物質の吸着量は、薄膜の膜厚や表面粗さに左右されることから、引き続き表面形状による検知特性評価を行う。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕センサ、スパッタリング、水晶振動子、ケミカルセンサ、プラズマ

〔研究題目〕平成21年度変動地形に基づく伏在断層評価手法の高度化

〔研究代表者〕吾妻 崇（活断層評価研究チーム）

〔研究担当者〕吾妻 崇、林 舟、宮下 由香里、岡村 行信、木村 治夫、丸山 正
（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

伏在断層の評価手法高度化にかかる検討の最終年度として、21年度に設定した課題の実施と3年間に実施した課題の全体的なとりまとめを行なった。21年度課題として、横ずれ断層については、1)航空レーザー測量データによる活断層定量評価の検討、2)横ずれ断層端部における高精度地形測量に基づく断層端部位置推定の検討、3)断層破砕物質を用いた活断層の活動性評価の検討を、縦ずれ断層については4)三次元地質構造に基づいた震源断層モデル構築手法の検討、5)山地内に延長する不明瞭な逆断層の検出限界の検討を実施し、成果をまとめた。また、本課題の3年間のとりまとめとして、これまでに実施した各課題の整理とそれぞれの有効性について集約した報告書を作成した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕伏在断層、評価手法、航空レーザー測量、トレンチ調査、断層破砕物質、断層関連褶曲、3次元バランス断面法

〔研究題目〕北極海の高氷激減—海洋生態系へのインパクト

〔研究代表者〕田中 裕一郎（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕田中 裕一郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

近年、北極海における高氷融解が予想以上に早く進行しているが、それに伴って海洋生態系がどのような影響を被るのか明らかになっていない。本研究では、海洋観測や衛星観測によって、高氷減少に伴う北極海の環境変化を捉え、海洋生物はどう応答するかを解明するために、動・植物プランクトンの生理・機能変化、経年変化（季節変化）の、解析を行う。平成22年度は、海洋調査船「みらい」による北極航海において、海洋表層での生物起源粒子の季節変化及び鉛直・水平方向のフラックス変化を解明するために、北極海シベリア沖の2つの観測地点において、中層・深層の2層にセジメントトラップ係留系を設置した。また、北極海に通ずるベーリング海の円石藻ブルーム種の *Emiliana huxleyi* の形態変化を解析し、北大西洋でブルームを形成する形態と類似していることが判明した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地球温暖化、北極海、海洋生態系、海洋観測、円石藻

〔研究題目〕本州中部日本海側山地の亜高山・高山域における最終氷期以降の植物群・環境変遷史

〔研究代表者〕植木 岳雪（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕植木 岳雪（地質情報研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

今年度は3年計画の2年目にあたり、中部山岳地域にお

ける最終氷期の植生の変化と古環境の復元を目指して、長野県北部の上部更新統の野外調査とボーリングコアの解析を行った。ボーリングコアに挟まれるテフラの対比および¹⁴C年代測定については継続中である。また、12月に開催されたシンポジウムで、長野県北部の植物化石を産出する上部更新統のレビューを行った。

【分 野 名】地質

【キーワード】植生、最終氷期、更新統、古環境

2. 事業組織・本部組織業務

産総研発足時に、旧工業技術院傘下の各研究所等に分散していた研究関連業務、管理業務等を可能な限り集中し、研究開発を支援する業務を担う「研究関連・管理部門等」を設置した。電子化・ネットワークを活用した事務処理により各業務の効率化・迅速化を図り、無駄のない業務運営を行っている。また、各業務の実績と運営状況を常に把握し、評価結果、社会状況を踏まえた経営判断により、コンプライアンス対応体制や産学官連携体制の強化、個人情報保護のための体制整備等最適な体制に向けて不断の見直しを行っている。

平成22年10月に組織及び業務体制の見直しを行い、研究開発の支援業務に携わる従前の「研究関連・管理部門等」から、より効率的かつ質の高い研究支援体制（「事業組織」及び「本部組織」）へ変更した。

(1) 事業組織

「研究関連・管理部門等」に集中処理していた業務の一部を、現場で判断し、迅速に執行すべく、一体的かつ自律した業務執行体制を確立した。具体的には、「事業組織」のトップ（「管理監」、「地域センター所長」）の下に、「研究業務推進部」又は「研究業務推進室」を配置するとともに、地域センターにおいては、所長の下に、「産学官連携センター」を配置した。

【事業組織】

- ・ 東京本部
- ・ 北海道センター
- ・ 東北センター
- ・ つくばセンター（つくば中央第一事業所、つくば中央第二事業所、つくば中央第三事業所、つくば中央第四事業所、つくば中央第五事業所、つくば中央第六事業所、つくば中央第七事業所、つくば西事業所、つくば東事業所）
- ・ 臨海副都心センター
- ・ 中部センター
- ・ 関西センター
- ・ 中国センター
- ・ 四国センター
- ・ 九州センター

< 凡 例 >

地域拠点名 (English Name)

所在地：住所

代表窓口：TEL：、FAX：

人 員：常勤職員数（研究職員数）

概 要：部門概要

機構図

(3/31現在の役職者名)

1) 東京本部 (AIST Tokyo Headquarters)

所在地：〒100-8921 東京都千代田区霞が関1-3-1

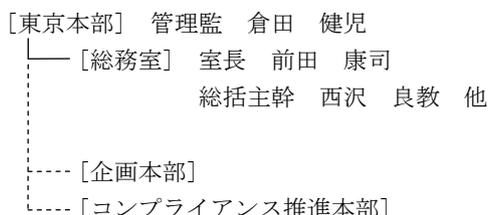
代表窓口：TEL：03-5501-0900

人員：79名(33名)

概要：

産業技術総合研究所は、それぞれの地理的な特長を生かした活動を行い効率的な運営を行っている。東京本部を行政との接点、情報収集、広報活動の拠点として産総研の機動的な活動に有効に活用するとともに、研究現場と隣接して配置され、産学官連携、国際、研究業務推進等の効率的な組織運営を行っているつくばセンターをはじめとする他の事業組織等とテレビ会議システムの活用等により、有機的・効率的連携を図っている。

機構図 (2011/3/31現在)



総務室 (General Affairs Office)

(東京本部)

概要：

東京本部における職員等の勤務・服務管理、文書管理、安全衛生管理、施設管理等定常的な庶務業務を行うとともに、役員秘書業務及び官庁との事務連絡等の業務を行っている。

2) 北海道センター (AIST Hokkaido)

所在地：〒062-8517 札幌市豊平区月寒東2条17丁目2-1

代表窓口：TEL：011-857-8400、FAX：011-857-8900

サイト：札幌大通りサイト

(住所：〒060-0042 札幌市中央区大通西5丁目8

TEL：011-219-3359、FAX：011-219-3351)

人員：70名(51名)

概要：

産業技術総合研究所北海道センターは、地域における中核研究機関として、「バイオテクノロジーを使ったもの作り」を研究目標とする生物プロセス研究部門を中心とした研究拠点の構築とともに、北海道経済産業局が推進する「北海道スーパークラスター振興戦略」と連携して、北海道バイオ産業の活性化や、新産業創出に資するための地域連携拠点の構築を目指して

いる。

また、メタンハイドレート研究センターは、将来のエネルギー資源として注目を浴びているメタンハイドレート資源の利活用を目指すナショナルプロジェクトの中心的な役割を担っている。

特に生物プロセス研究部門では、遺伝子組換え植物や微生物によるバイオプロセスの開発、高機能タンパク質等の生産を目的とした研究を推進しており、「完全密閉型植物工場システム」では、企業・大学等外部機関と連携して、植物によるイヌインターフェロン等の動物用医薬原料製造プロセスの確立への展開および微生物を利用した環境浄化・保全技術の実用化に関する研究開発を進めた。

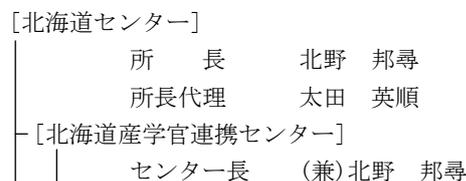
産学官連携・地域連携拠点の強化として、北海道大学、室蘭工業大学、北見工業大学、帯広畜産大学、公設・独法研究機関、経済産業局、自治体、経済団体等22機関と協力して企業等の技術相談に対するワンストップサービスを行うなど、企業の技術開発、新事業創出のための各種相談、セミナー・交流会等の人的交流を促進する場である札幌大通サテライトを中心に、産業界と産総研・研究ユニットとの連携の強化を図った。平成22年度のサテライトの利用者数は約4,100人、技術相談の件数は約310件であった。

当センターでは、産総研の技術シーズに基づく起業、産総研の技術ポテンシャルを活用したバイオベンチャーの支援を目的に「バイオベンチャー育成センター」を独自に設置しており、入居ベンチャー企業に対し、研究支援はもちろんのこと、全国規模のマッチング事業に共に出展し、販路開拓やマッチングなど、ビジネス支援を実施している。

さらに、専門学校生を技術研修員として受け入れ、バイオ技術者としての技術・資質の向上を図る「バイオテクニシャン育成事業」を実施しており、平成22年度は4名の研修生の受入を行った。

広報業務として、約360名の見学者の受入、各種展示会やイベントへの出展を行った。一般公開を8月に開催し、前年並の1,000名が来場した。本格研究ワークショップは、「農業、食、健康と[バイオものづくり]」をテーマに開催した。生物プロセス研究部門の成果を発表すると共に、北海道の産業競争力強化について、経済産業省、北海道庁の関係者とパネルディスカッションを行った。

機構図 (2011/3/31現在)



産学官連携イノベーションコーディネータ
(兼)太田 英順、千葉 繁生
総括主幹 中川 充、永石 博志、
滝田 哲雄

〔北海道研究業務推進室〕

室長 根本 輝利

総括主幹 中川 啓子、横田 久美子

〔生物プロセス研究部門〕

〔メタンハイドレート研究センター〕

3) 東北センター (AIST Tohoku)

所在地：〒983-8551 仙台市宮城野区苫竹4-2-1

代表窓口：TEL:022-237-5211、FAX：022-236-6839

(サイト)

仙台青葉サイト (東北サテライト)

〒980-0811 仙台市青葉区一番町4-7-17

TEL：022-726-6030、FAX：022-224-3425

人員：42名 (30名)

概要：

産業技術総合研究所東北センターは、東北経済産業局が推進する産業クラスター計画「TOHOKU ものづくりコリドー」と連携しながら地域産業の振興に向けて、東北地域における研究拠点および連携拠点として、先端的な低環境負荷型化学プロセス分野の COE 化を目指すとともに、東北6県の公設研との連携を基軸にした広域連携のハブ機能としての役割を果たしている。

当センターには、環境負荷の小さい機能性材料の開発と低環境負荷かつ省エネルギー型の化学プロセス技術の開発研究を集中的に実施し、これらの新素材・化学プロセスのシステム化を目指す「コンパクト化学システム研究センター」が置かれている。また、当センターの研究成果をもとに化学産業分野におけるエネルギー多消費型化学プロセスから省エネルギー・省資源・低環境負荷型化学プロセスへの革新的転換を目指した技術開発と、実用化及び新しい産業創出を目的として「グリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム (GIC)」を組織し、産学官連携活動による産業ニーズと研究シーズのマッチングの促進を図っている。GIC には企業会員70社が参加している。具体的な活動としては、隔月にシーズ毎の講演会を開催し、研究情報の交流促進に努めており、その結果、会員企業との共同研究は31件に達し、研究ユニットのシーズを核とした関連企業との連携強化が図られている。さらに、特に当センターが開発した粘土膜系新素材「クレースト®」の実用化に向けた取り組みを促進する新しいコンソーシアム「Clayteam」を平成22年5月20日に立ち上げた。企業会員48社の参画により具体的な製品づくりを積極的に進めている。これらに加えて、東北地域のものづくり産業基盤を支える各種計測技術に

関する産学官連携組織として、東北分析・計測科学技術コンソーシアム (TCAST) を組織し、計測関連技術力の向上に向けた活動を行っている。

また外部研究機関との共同研究、受託・委託研究、技術研修、研究助成金等に係わる契約業務、JSPS 等によるフェローシップや研究交流 (派遣・招へい) 等の手続きの円滑化、さらには質の高い特許取得のための弁理士相談を積極的に推進した。

さらに、平成21年度に終了した「地域イノベーション創出共同体形成事業」の後継事業として平成22年度に実施された「地域イノベーション・ネットワーク会議」の参画機関として、大学や公設研等による広域ネットワークの形成及び各研究機関が保有する研究開発資源情報をデータベース化を通して広域的相互活用環境を提供した。上記の活用をもとに、産総研東北サテライトに事務局を置く産技連東北地域部会とも連携し、県域を越えた企業への技術支援体制を継続強化している。

主な成果普及活動として、8月に東北センター一般公開を開催し540名の来場者が訪れ、10月には産学官連携フェア2010みやぎ、エコプロダクツ東北2010等を経済団体等と共催し、研究成果の紹介や技術相談を通して成果普及に努めた。

高温高压実験室、防塵室、除振室を備えた東北産学官連携研究棟 (とうほく OSL) では、平成22年度末で、32実験・研究室が使用され、東北地域における新たな産業技術創生のための研究開発が行われている。

市内連携オフィスとして設置している東北サテライトでは、産技連東北地域部会事務局、東北航空宇宙産業研究会事務局として、公設試験研究機関・大学・企業との連携業務の中核として活動するとともに、産総研全体の新しい研究成果を東北地域産業界に発信する「新技術セミナー」をほぼ毎月開催した。また、技術相談業務を東北各地で実施する「東北巡回サテライト」を各県の公設試験研究機関の協力のもと東北6県の主要都市で開催するなど、連携活動を強化した。

業務報告データ：

○刊行物

名称 (Vol. No.)	刊行区分	発行部数
産総研東北 Newsletter No. 31~33	季刊	900部/回

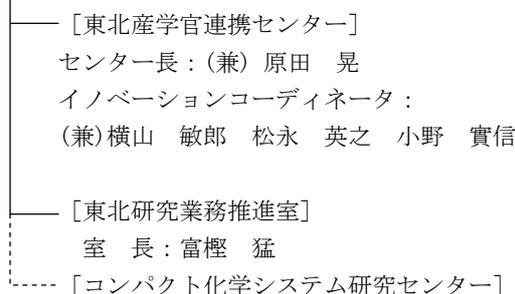
○主な行事 (主催・共催・協賛)

開催年月日	名称
22. 4. 27	平成22年度 GIC 総会および特別講演会
22. 5. 26	産業技術連携推進会議 東北地域部会総会・幹事会

22. 6. 5	科学・技術フェスタ in 京都ー平成22年度産学官連携推進会議ー
22. 6. 25～26	TCAST 分析科学技術交流セミナー2010
22. 6. 29	平成22年度 GIC 第20回研修セミナー
22. 7. 7	産学官交流のつどい
22. 7. 11	学都「仙台・宮城」サイエンスデイ2010
22. 7. 28	東北大・産総研 連携公開講演会
22. 8. 4～5	TCAST 基礎技術講習会
22. 8. 6	平成22年度 GIC 第21回研修セミナー & 触媒学会バイオマス変換触媒研究会 合同セミナー
22. 8. 21	独立行政法人産業技術総合研究所東北センター 一般公開
22. 8. 31	東北巡回サテライト
22. 9. 3	特許活用セミナー
22. 9. 10	東北航空宇宙産業研究会総会・講演会
22. 9. 28	東北巡回サテライト
22. 9. 30	東北巡回サテライト
22. 10. 14～15	産総研オープンラボ
22. 10. 14～16	エコプロダクツ東北2010
22. 10. 18	産学官連携フェア2010
22. 10. 26	平成22年度 GIC 第22回研修セミナー
22. 11. 9～10	産業技術連携推進会議 秋季合同分科会本会議
22. 11. 11	産総研・第1回新技術セミナー
22. 11. 15～16	TACST 統計分析演習セミナー
22. 11. 25～26	知的財産権セミナー
22. 12. 6～8	仙台国際フォーラム2010
22. 12. 7	MEMS パークコンソーシアム/GIC 合同セミナー
22. 12. 9	産総研・第2回新技術セミナー
22. 12. 10～15	デザインウィーク in せんだい2010
23. 1. 19	産総研・第3回新技術セミナー
23. 2. 14	本格研究ワークショップ
23. 2. 15	東北航空宇宙産業広域連携フォーラム2010
23. 2. 18	TCAST 総会・講演会・研究会
23. 2. 22	平成22年度 GIC 総会および特別講演会
23. 2. 25	産総研・第4回新技術セミナー

機構図 (2011/3/31現在)

所 長：原田 晃
所長代理：横山 敏郎



4) つくばセンター (AIST Tsukuba)

所在地：〒305-8561 茨城県つくば市東1-1-1

人 員：2,313名 (1,820名)

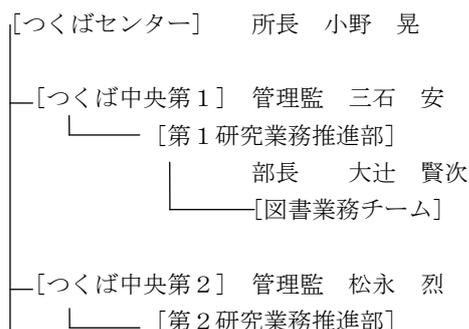
概 要：

産総研つくばセンターは、産総研全体の研究機能の中核として、およそ70パーセントの施設や研究者が集積した大規模研究拠点である。その特徴を生かし、幅広い研究分野をカバーするとともに、分野を融合した、これまでにない新規研究分野の創出を目指している。また、それらの研究ユニットとともに本部組織・事業組織の大部分が集中配置され、東京本部及びつくば本部との密な連携によって、産総研の中核を担う役割を持っている。

つくばセンターは、全国に展開する地域センターと連携して、また、その立地する茨城県やつくば市そして首都圏の大学・研究機関・民間企業とも密接な連携を進め、研究人材の供給や研究成果の移転を促進する役割を果している。地域から国際社会までを視野に入れて、社会や産業界が直面している困難な問題について、科学技術の立場から解決策を提供している。

つくばセンターは、つくば地域に展開する最大規模の研究所の一つとして、地域の環境と安全への取り組みも行っている。

機構図 (2011/3/31現在)



部長 伊東 一明	--[地質情報研究部門]
	--[環境管理技術研究部門]
[つくば中央第3] 管理監 田中 充	--[環境化学技術研究部門]
└─── [第3研究業務推進室]	--[エネルギー技術研究部門]
室長 宮本 晃之	--[情報技術研究部門]
	--[安全科学研究部門]
[つくば中央第4] 管理監 三石 安	--[生物プロセス研究部門]
└─── [第4研究業務推進室]	--[バイオメディカル研究部門]
室長 吉川 正	--[ヒューマンライフテクノロジー研究部門]
	--[ナノシステム研究部門]
[つくば中央第5] 管理監 中岩 勝	--[ダイヤモンド研究ラボ]
└─── [第5研究業務推進部]	--[環境・エネルギー分野研究企画室]
部長 渡邊 修治	--[ライフサイエンス分野研究企画室]
[つくば中央第6] 管理監 松岡 克典	--[情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室]
└─── [第6研究業務推進室]	--[ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室]
室長 小松崎 実	--[地質分野研究企画室]
	--[標準・計測分野研究企画室]
[つくば中央第7] 管理監 佃 栄吉	--[特許生物寄託センター]
└─── [第7研究業務推進室]	--[地質調査情報センター]
室長 竹原 淳一	--[地質標本館]
	--[計量標準管理センター]
[つくば西] 管理監 矢部 彰	--[企画本部]
└─── [西研究業務推進部]	--[コンプライアンス推進本部]
部長 宮入 豊	--[イノベーション推進本部]
	[イノベーション推進企画部]
[つくば東] 管理監 清水 敏美	[知的財産部]
└─── [東研究業務推進室]	[産学官連携推進部]
室長 黒羽 義雄	[国際部]
	[ベンチャー開発部]
--[太陽光発電研究センター]	[国際標準推進部]
--[情報セキュリティ研究センター]	[つくばイノベーションアリーナ推進部]
--[水素材料先端科学研究センター]	[イノベーションスクール]
--[糖鎖医工学研究センター]	--[研究環境安全本部]
--[新燃料自動車技術研究センター]	[研究環境安全企画部]
--[ナノ電子デバイス研究センター]	[環境安全管理部]
--[ナノチューブ応用研究センター]	[研究環境整備部]
--[ネットワークフォトニクス研究センター]	[情報環境基盤部]
--[活断層・地震研究センター]	--[総務本部]
--[メタンハイドレート研究センター]	[人事部]
--[幹細胞工学研究センター]	[財務部]
--[ナノスピントロニクス研究センター]	[男女共同参画室]
--[集積マイクロシステム研究センター]	[業務推進企画室]
--[先進パワーエレクトロニクス研究センター]	--[評価部]
--[サービス工学研究センター]	--[広報部]
--[計測標準研究部門]	
--[地圏資源環境研究部門]	
--[知能システム研究部門]	
--[エレクトロニクス研究部門]	
--[光技術研究部門]	
--[計測フロンティア研究部門]	
--[先進製造プロセス研究部門]	
	研究業務推進部室
	(General Affairs Division/Office)
	(つくば中央第1、つくば中央第2、つくば中央第3、つくば中央第4、つくば中央第5、つくば中央第6、つくば中央第7、つくば西、つくば東)

概要：

つくばセンターの各事業所研究業務推進部室は、研究支援業務、事業所職員等の勤務・サービス管理、庁舎の維持管理、安全で快適な研究環境を確保するための安全・衛生管理業務、研究施設等の整備・維持管理業務、物品の調達・管理等の会計業務を主な業務としている。

これらの業務は、職員等の規律の遵守とサービス支援の日常生活に密着しており、迅速な業務応対を行い効率的な組織運営を図っている。

図書業務チーム (Library Office)

(つくば中央第1、つくば中央第2、つくば中央第3、つくば中央第5、つくば中央第6、つくば中央第7、つくば東、つくば西)

概要：

研究活動を行うために不可欠な情報源である学術雑誌の収集・管理、文献情報の提供、各図書室の運営、各図書室からの図書情報の一元管理を行う。オンラインジャーナルによるサービスの提供、文献データベースの利用促進ならびに所蔵データの整理・統一を推進する。

5) 臨海副都心センター
(AIST Tokyo Waterfront)

所在地：〒135-0064 東京都江東区青海二丁目3番地26号

人員：84名 (65名)

概要：

産業技術総合研究所臨海副都心センターは、文部科学省及び経済産業省の連携協力によって整備された国際研究交流大学村に、産学官連携の役割を担う研究拠点として、平成13年4月1日に設置された。当センターは国内外産学官各分野の一線級研究者による多様な研究に対応できるフレキシビリティの高い空間を設けている。

平成17年4月からは、産学官連携の研究拠点を拡張し、新たにバイオテクノロジーと情報工学の融合研究のための施設として、バイオ・IT 融合研究施設の運用を開始し、技術者等の人材育成から最先端の研究開発まで積極的な事業活動を展開している。

そして8つの研究ユニット（生命情報工学研究センター、バイオメディカル情報研究センター、デジタルヒューマン工学研究センター、サービス工学研究センター、社会知能技術研究ラボ、バイオメディカル研究部門、情報技術研究部門、ユビキタスエネルギー研究部門）が、新産業の創出や市場拡大につながる独創的かつ先端的技術シーズの研究開発とともに国内外の研究者との交流や研究成果の情報交換を行っている。

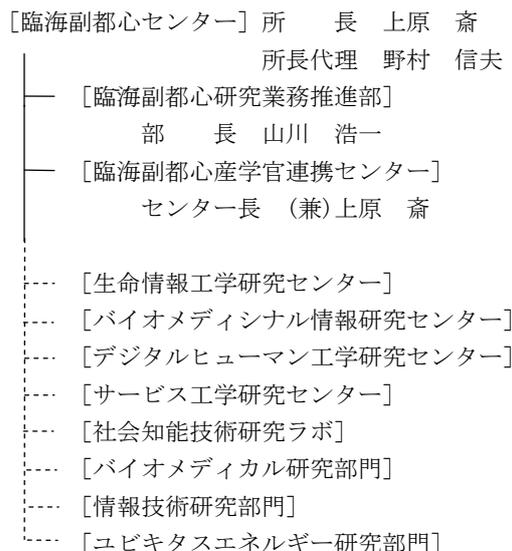
当センターへは、平成22年度に内外の大学・企業・

政府関係者等約470名が視察に訪れており、国際的な産学官による研究交流拠点としての役割を果たしている。

平成22年度における外部機関と行った連携研究は、共同研究119件、受託研究25件、委託研究8件である。

また、展示コーナーの休日特別公開を国際研究交流大学村を舞台に開催された、サイエンス・アゴラ2010開催に合わせて実施するなどの広報活動を行っている。

機構図 (2011/3/31現在)



6) 中部センター (AIST Chubu)

所在地：〒463-8560

名古屋市守山区大字下志段味字穴ヶ洞2266-98

代表窓口：TEL:052-736-7000、FAX:052-736-7400

サイト：瀬戸サイト：〒489-0884瀬戸市西茨町110番地

TEL：0561-82-2141

名古屋駅前サイト：〒450-0002名古屋市中村区

名駅4丁目4-38

TEL：052-583-6454

人員：148名 (120名)

概要：

産業技術総合研究所中部センターは、ものづくり産業が高度に集積した中部地域における研究開発ゾーンの一つである「なごやサイエンスパーク」に立地し、その中核的研究機関となっている。当センターは、地域における伝統的なものづくりである窯業や機械・金属に関わる技術の開発を出発点として発展し、ファインセラミックスや金属などの工業材料の創製・部材化とそのプロセス技術を軸として研究開発を行い、新産業の創生と産業競争力強化に寄与してきている。当センターは、現在、先進製造プロセス研究部門、サステナブルマテリアル研究部門及び計測フロンティア研究

部門を擁し、持続的発展可能な社会の構築に貢献できる産業技術を確立するため、材料・プロセス・計測評価技術に関わる高度な研究を展開している。また、中部における産業政策の展開に貢献するため、中小企業のものづくり基盤技術の高度化支援事業等に協力・支援するとともに、地域の企業・大学・公設研と連携し、各種研究開発事業への提案を行っている。

連携・協力提携協定を締結した名古屋大学および名古屋工業大学それぞれと連携協議会を開催すると共に、連携強化のため技術交流会や共同研究構築のためのFS調査研究を実施した。地域の公設試験研究機関とは産業技術連携推進会議の活動を通じ、産総研を中核とした連携を構築するための活動を展開した。中部地域における産学官連携に携わる機関が活動拠点を共同で運営することにより、当地域のイノベーションの創出基盤の強化に資することを目的として、平成20年度に関係の7機関（平成22年度より8機関）により設置した「名古屋駅前イノベーションハブ」を活用し、ワンストップサービスが可能な企業向けの技術相談事業を実施するとともに、各種イベントを開催した。平成22年度の代表的な活動状況を以下に示す。

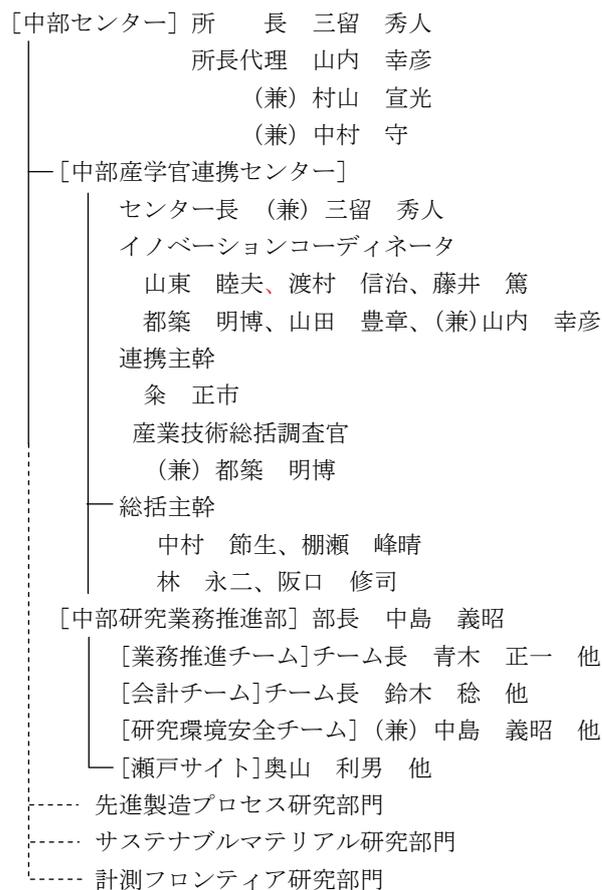
中部センター所属の3研究ユニットと合同で中部センター研究発表会・オープンラボを開催し、35件の研究発表と9件の研究現場紹介を行った。研究発表会には昨年度より多い317名の、オープンラボには158名の参加者があり、中部センターの研究動向をアピールした。また「メッセナゴヤ2010」（来場者42,979名）において、産総研中部センターならびに中部地域の公設試験研究機関が各機関の紹介やシーズ・連携成果等の展示を合同で行う「中部地域公設研テクノフェア2010」を開催した。北陸地域でのシーズ発信活動として富山市で技術普及講演会（参加者56名）を開催した。産総研の技術シーズを定期的に発信する技術シーズ発表会と中小企業の製造効率向上に貢献するものづくり支援ツール普及セミナーを本年度から開始し、それぞれ180名、260名の参加を得た。科学技術の啓蒙活動として8月に一般公開を開催した（参加者1,600名）。これらの行事以外に、本年度の延べ見学者は334名に達している。

知的財産権の取得を積極的に推進し、国内特許69件、外国特許28件を出願した。技術相談件数は440件あった。

産業界をはじめとする外部機関との連携も積極的に展開し、共同研究221件、委託研究5件、受託研究26件を行った。大学とは、連携大学院の拡充強化に努め、9大学（名古屋工業大学、岐阜大学、大同大学、名城大学、中部大学、愛知工業大学、長岡技術科学大学、上智大学、北海道大学）に11名の教授と3名の准教授が就任している。本年度から愛知県が開始した「知の拠点」重点研究プロジェクト（平成22年度は予備研

究）に、中部センターからも16名の研究者が加わり、「低環境負荷型次世代ナノ・マイクロ加工技術の開発」と「超早期診断技術開発プロジェクト」に取り組んだ。また、平成22年度は、戦略的基盤技術高度化支援事業3テーマ、ものづくり中小企業製品開発等支援補助金1テーマ、地域産学官連携科学技術振興事業2テーマに参加した。

機構図(2011/3/31現在)



7) 関西センター (AIST Kansai)

所在地：〒563-8577 大阪府池田市緑丘1-8-31

代表窓口：TEL：072-751-9601、FAX：072-754-1939

サイト：

尼崎支所：〒661-0974 兵庫県尼崎市若王寺3-11-46

TEL：06-6494-7854

人員：176名（142名）

概要：

産業技術総合研究所関西センターは、旧大阪工業技術研究所、旧電子技術総合研究所大阪ライフエレクトロニクス研究センター、旧計量研究所大阪計測システムセンター、旧地質調査所大阪地域地質センターの4所を母体としている。

現在、当センターには、1研究ラボ（ダイヤモンド

研究ラボ)、2研究部門(健康工学研究部門、ユビキタスエネルギー研究部門)、1総合センター(計量標準総合センター)及び関西産学官連携センター内の1連携研究体が置かれている。

関西センターは、持続的発展可能な社会の実現、産業競争力の強化、地域産業の発展への貢献を目指し、健康な暮らしを支える技術、豊かな暮らしを創る技術、安心・安全な暮らしを守る技術の生活に密着する研究開発を推進している。

関西地域は、産業界とアカデミアが集積し産学官連携が組みやすい構造にある。この特徴を活かし、産総研の研究ポテンシャルを地域産業の振興に役立たせる連携活動も積極的に展開している。

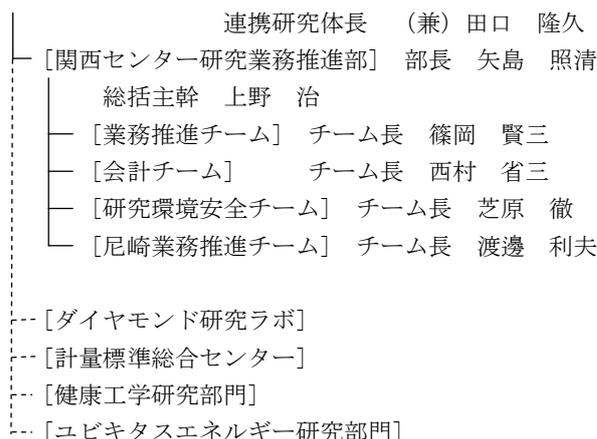
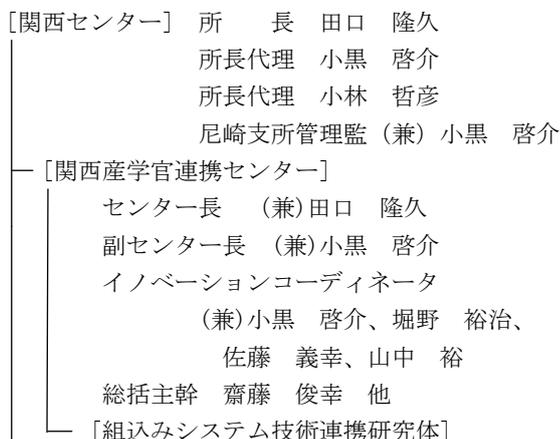
近畿経済産業局をはじめ、企業、大学、公的研究機関、自治体、企業団体や研究開発支援団体などとの交流・連携を深めている。

産総研の研究活動を紹介するため、「本格研究ワークショップ(関西)」(大阪市)、「第6回 UBIQEN フォーラムー環境・エネルギー技術への展開ー」(大阪市)、「次世代ナノテクフォーラム」/「プリンテッドエレクトロニクス講演会」(豊中市)、「クリーンエネルギー先進ナノ材料に関する第一回国際シンポジウム」(池田市)、AIST 関西懇話会(計3回:池田市、大阪市、奈良市)等を開催した。

連携業務の平成21年度実績(共同研究208件、技術研修118件、受託研究40件、国内特許出願(単願41件、共願65件)、外国特許出願(単願29件、共願43件))は活発な産学官連携の実態が表われている。

また、科学技術の啓蒙普及を主眼に開催した研究所一般公開(尼崎7月29日、291名)、池田市教育特区事業による市内小学校への科学教室や、全国の科学館や地方自治体等の要請による科学教室を実施した。毎回多数の参加者を得ており関西センターに寄せられている期待は大きい。

機構図(2011/3/31現在)



組込みシステム技術連携研究体

(Collaborative Research Team for Verification and Specification)

連携研究体長:(兼) 田口 隆久

(関西センター)

概要:

22年度計画

平成19年度補正予算により関西センターに組込みシステム検証に関する先端技術の研究施設をもうけることとなり、検証向きクラスターシステムを導入した。これをきっかけに同施設の運用とそれに伴う技術移転、および関連人材養成を目的に当連携研究体が発足した。平成22年度は、クラスターシステムの本運用を開始し、検証技術の適用と普及を加速すると共に、関西経済連合会組込みシステム産業振興機構との共同研究によって活動領域を拡大する。大規模並列記号処理によるモデル検査器や SAT solver の開発研究、シミュレーションによるシステム検証とその形式手法による支援によって実際の組込みシステムの検証を行う。組込みシステム産業振興機構との共催による組込みシステムアーキテクトの人材養成プログラム(組込み適塾)を開催し、また機構の交流サロン、セミナーと連携して先端技術を産業界に紹介し、技術交流を図る。

22年度成果

昨年度より試験運用を行っていたクラスターシステムの本運用を開始した。産学より8者の施設利用があり、前年度より2件増となった。主な成果としては、企業で開発している実システム仕様の大規模なテスト実行があげられる。またクラスター資源の一部を使用して web ベースでモデル検査を行えるアプリケーションを稼働した。クラスターシステムの能力に触れる機会が増えることにより、今後の利用促進につながると思われる。クラスターシステムの操作とモデル検査の基礎を紹介する講習会を企画し、二度開催した(内一回は東日本地震の影響で延期)。一方でクラスターシステムの自立運営をめざして運営体制を検討した。施設使用料体系を定めて23年初頭より各利用案件に適

用を始めている。

7月から8月にかけて組込み適塾のシステムアーキテクトコースを開催した。23科目のコースに対して国内の大学・産業界から講師を招聘（産総研の研究員2名を含む）し、23名の高度人材を育成した。その全員がコースを修了して修了証を得た。また、実践演習としてリファクタリングのコースを6日間、実践的モデル検査のコースを3日間、クラス設計のコースを6日間開催し、合計で13名の受講者が参加した。その全員がコースを修了した。上記各コースの受講者、受講者の派遣元企業、関西経済連合会など内外で評価が高く、平成23年度以降も同様の形で人材育成活動を発展させていく計画である。

8) 中国センター (AIST Chugoku)

所在地：〒739-0046 広島県東広島市鏡山3-11-32
TEL：082-420-8230、FAX：082-423-7820
人員：33名（23名）
概要：

産業技術総合研究所中国センターは、中国地域における中核的な研究拠点として活動を展開しており、バイオマス研究センターでは木質系バイオマスからの液体燃料製造技術を中心としたエネルギー技術の研究開発を、地質情報研究部門沿岸海洋研究グループでは瀬戸内海などの沿岸・閉鎖性水域の環境修復のための研究を進めている。また産総研の中国地域におけるイノベーションハブ基地として、技術相談、中小企業支援に注力するとともに、大学、公設研との連携を推進している。

バイオマス研究センターでは、木質系バイオマスから糖化・発酵によってバイオエタノールを、ガス化・触媒合成によって BTL 軽油を製造するプロセスの開発に取り組んでおり、それぞれ投入するエネルギーに対して生成するエネルギーの比を1.5以上とする目途をつけた。また、研究成果を実用化するため、両プロセスについてベンチスケールの一貫プラントを設置し、木質チップからバイオエタノール及び BTL 軽油を製造するプロセスの効率化、低コスト化につなげるための評価研究も実施した。

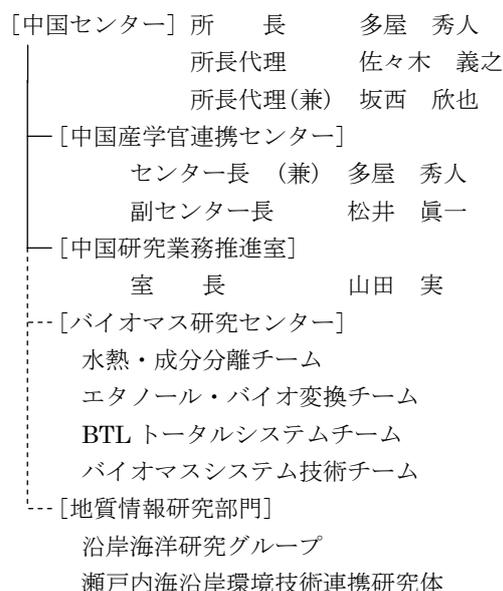
沿岸海洋研究グループでは、瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体を軸に現地観測、水理模型実験、数値シミュレーション等の手法並びに阿賀臨海実験施設（呉市阿賀）を活用し、流況改善やアマモ場再生による沿岸域環境修復と環境評価の技術開発を推進した。

中国産学官連携センターでは、中国経済産業局や中国地域の公設研と連携して、地域産業の活性化を支援するために、産業技術連携推進会議中国部会、中国地域産総研技術セミナー、中四国地域公設試験研究機関研究者合同研修会を開催し、さらには中国5県公設研

開放機器データベースを開設した。また地域イノベーション創出共同体形成事業を公設研との共同研究で継続し、設置機器の利活用を図った。さらに、「バイオ分野」、「EMC 分野」の測定・分析マニュアルを更新・改訂するとともに、新たに「プラズマ表面処理分野」の技術マニュアルを作成して、中国センターホームページに公開し地域産業活性化を支援した。

最後に、移転後初のイベントとして広島中央サイエンスパーク施設公開に合わせて研究紹介を兼ねた一般公開を10月に開催し、多数の来場者を迎えた。

機構図（2011/3/31現在）



9) 四国センター (AIST Shikoku)

所在地：〒761-0395 香川県高松市林町2217番地14号
代表窓口：TEL(087)869-3511、FAX(087)869-3553
人員：34名（25名）
概要：

産業技術総合研究所四国センターは、'94.7月に香川県が技術・情報・文化の複合拠点として旧高松空港跡地に整備した「香川インテリジェントパーク」内に立地し、「研究拠点」として健康工学研究部門の研究成果や技術を活用した「健康関連産業の創生」に取り組むとともに、「連携拠点」として全産総研のポテンシャルを活用したものづくり基盤技術力の向上および先端技術の導入による「ものづくり産業の競争力強化」に取り組んでいる。

健康工学研究部門（平成22年4月1日設立 研究拠点：四国センター、関西センター）は「人間の健康状態を計測・評価し、その活動を支援するため、先端的なバイオ技術と材料システム開発技術を融合し、健康な生活の実現に寄与する技術を確立する」ことをミッ

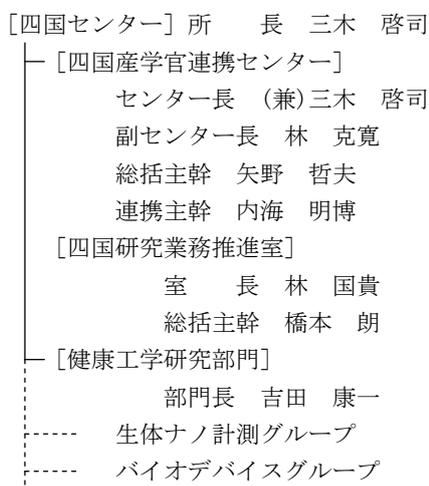
ションとし、四国センターでは特に、1)バイオマーカーの機能解析・同定とその検知デバイス技術開発、2)健康リスク計測・評価とリスクモニタリング技術の開発を戦略課題として、境界型糖尿病マーカー、酸化ストレスマーカー、炎症性糖脂質マーカーなどの探索と疾患予知診断のためのバイオデバイス開発、および感染症の超早期診断機器の開発などに取り組んでいる。

「連携拠点」の活動としては、企業を組織化した四国工業研究会やイノベーションコーディネータ等による個別企業との対話を重視した健康ものづくり研究会活動、産総研研究者等を招聘し、企業への技術支援・競争資金獲得のためのプロジェクトマーケティング、公設研等が持つ強み技術を「技術の可視化」として冊子化、地域イノベーション創出共同体事業で作成した技術マニュアル（5軸加工、食品等機能性成分分析、アクセス件数：各1万件以上/月）の活用、産総研と経済局・自治体との情報共有を主とした連絡会議に加え産業支援機関などの支援ツールのすり合わせにより企業の多様なニーズに応える四国地域イノベーション創出協議会への参加、人材育成事業として中国地域と連携し公設研研究者合同研修会の開催などにより産学官連携ネットワーク維持と発展を図った。

22年度初めての試みとして四国の6大学（連携協定締結大学：徳島大、鳴門教育大、香川大、愛媛大、高知大、高知工科大）と産総研が協働し“四国まるごと「食と健康」イノベーション2010”を実施し、「食と健康」をテーマに研究シーズや成果発表等の共同発信、企業向け技術相談等のワンストップサービスの提供を試行し、また活動の一環として、産総研本格研究ワークショップを開催し広域研究プラットフォームづくりに向けた議論をスタートさせた。

その他 共同研究47件、受託研究8件、技術研修11件、一般公開（445名）、見学受入れ（10団体64名）、セミナー開催回数7件。

 機構図（2011/3/31現在）



- 健康リスク削減技術グループ
- バイオマーカー解析グループ
- ストレス応答研究グループ
- ストレス計測評価研究グループ
- セルダイナミクス研究グループ
- 人工細胞研究グループ
- 先端融合テーマ探索グループ
- 細胞分子機能研究グループ
- バイオインターフェース研究グループ
- 暮らし情報工学グループ
- 組織・再生工学研究グループ
- ゲノムインテリジェンス研究グループ

10) 九州センター（AIST Kyushu）

 所在地：〒841-0052 佐賀県鳥栖市宿町807-1

代表窓口：TEL：0942-81-3600、FAX：0942-81-3690

福岡サイト：〒812-0038 福岡市博多区祇園町4番2号

博多祇園 BLDG. 3F

TEL：092-282-0283、FAX：092-282-0281

直方サイト：〒822-0002 福岡県直方市頓野1541

TEL：0949-26-5511、FAX：0949-26-5518

福岡西支所：〒819-0395 福岡市西区元岡744

TEL：092-802-0260、FAX：092-802-0259

人 員：52名（37名）

概 要：

産業技術総合研究所九州センターは、九州地域におけるオール産総研の窓口として、「研究拠点」と「連携拠点」の二つの機能を活かすための研究開発に取り組んでいる。

九州は半導体、自動車関連分野における製造業の集積地であることから、「研究拠点」として二つの研究センターを設置している。ひとつは、「マイスター制度」を導入し、半導体産業などの生産現場における品質・生産性の向上、環境保全など新たな計測技術をオンタイムで提供することを目指す「生産計測技術研究センター」であり、鳥栖市の九州センター内に設置している。もう一つは、水素エネルギー社会構築に向けた水素の安全利用技術を確立しつつ、大容量の水素のコンパクトな輸送・貯蔵を実現するための基礎的・科学的知見の深化を目的とする「水素材料先端科学研究センター」であり、九州大学との密接な連携の下、福岡市の同大学伊都キャンパス内（福岡西支所）に設置している。「連携拠点」として、10月に「太陽電池モジュール信頼性評価連携研究体」を設立し、太陽電池モジュール信頼性評価のための産学官連携拠点形成を目指している。また、「連携拠点」としての活動では、福岡サイトにおいて、毎月第二金曜日に中小企業基盤整備機構九州支部、九州経済産業局の3者共同主催による「産学官交流研究会 博多セミナー」を開催し、

産学官の連携・情報交換を行っている。さらに、中小製造業 IT 化支援ソフト基盤「MZ プラットフォーム」

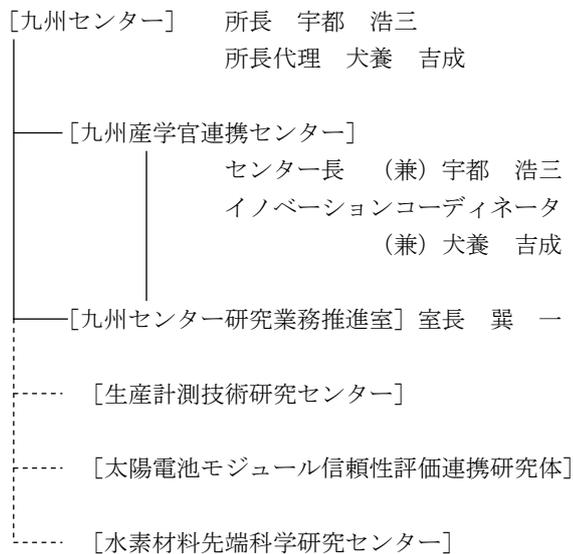
(MZPF) 導入促進セミナーや講習会を九州・沖縄各県で開催し、MZPF の導入や研究会への積極的な参加を企業に働きかけている。既に、福岡、長崎、佐賀、熊本県では MZPF 導入ビジネスが成立し、会員企業の拡大が進んでいる（会員企業数：3/31現在、122）。

8月には、九州センターを一般公開し、科学の楽しさや不思議さを体験させる機会を提供した（来場者：936名）。「北九州学術研究都市第10回産学連携フェア」では、九州センターの研究成果をパネル展示するとともに、「ものづくり向上 IT 化セミナー」を開催し、MZPF の導入事例紹介等を行った。（参加者：49名）。

11月には「産総研テクノショップ in 九州」を熊本市で開催し（参加者：57名）、地元企業との意見交換会や技術相談も行き、オール産総研の技術活用を企業に広報した。2月には、「産総研本格ワークショップ in 九州」を福岡市で開催し、併せて九州センターの研究成果のポスター展示も行った（参加者：135名）。

その他、9月に九州・沖縄地域公設試&産総研活用フォーラム（参加者：150名）を北九州市で開催した。また、産総研コンソーシアム「実環境計測・診断システム協議会」が主催する講演会、出前シンポジウムおよびその傘下の研究会による講演会を13回開催した。

 機構図（2011/3/31現在）



◆図書蔵書数

蔵書

平成22年度末

センター・事業所	区分	単行本					雑誌					
		22年度受入数(冊)				総蔵書数 (冊)	22年度受入数(冊)				製本冊数 (冊)	総蔵書数 (冊)
		購入	寄贈	除籍	計		購入	寄贈	除籍	計		
北海道センター	外国	0	57	0	57	1,338	100	322	△ 3	419	103	15,684
	国内	0	158	△ 3	155	4,131	44	120	△ 10	154	149	7,724
	計	0	215	△ 3	212	5,469	144	442	△ 13	573	252	23,408
東北センター	外国	1	81	0	82	514	221	0	0	221	221	6,365
	国内	0	267	0	267	2,379	127	322	0	449	127	2,621
	計	1	348	0	349	2,893	348	322	0	670	348	8,986
つくばセンター												
第2事業所	外国	123	214	△ 50	287	67,752	837	3	0	840	837	49,126
	国内	2	235	△ 50	187	67,834	101	7	0	108	101	10,751
	計	125	449	△ 100	474	135,586	938	10	0	948	0	59,877
第3事業所	外国	2	33	0	35	2,791	151	0	0	151	123	7,570
	国内	0	50	0	50	4,532	86	0	0	86	86	4,423
	計	2	83	0	85	7,323	237	0	0	237	209	11,993
第5事業所	外国	84	82	0	166	24,345	1,159	0	0	1,159	1,126	58,952
	国内	41	203	0	244	15,708	209	75	0	284	278	17,689
	計	125	285	0	410	40,053	1,368	75	0	1,443	0	76,641
第6事業所	外国	45	119	0	164	8,016	926	105	0	1,031	1,023	33,306
	国内	27	161	0	188	10,261	194	31	0	225	225	12,897
	計	72	280	0	352	18,277	1,120	136	0	1,256	1,248	46,203
第7事業所	外国	59	92	0	151	17,758	590	0	0	590	590	49,985
	国内	0	197	△ 3	194	13,779	75	0	0	75	75	19,227
	計	59	289	△ 3	345	31,537	665	0	0	665	665	69,212
東事業所	外国	256	23	△ 1	278	16,159	464	0	△ 3	461	460	39,663
	国内	255	75	0	330	13,070	242	0	0	242	209	9,137
	計	511	98	△ 1	608	29,229	706	0	△ 3	703	669	48,800
西事業所	外国	8	114	0	122	8,287	306	0	0	306	306	23,121
	国内	11	313	0	324	9,578	342	1	0	343	342	10,594
	計	19	427	0	446	17,865	648	1	0	649	648	33,715
中部センター	外国	3	287	0	290	7,236	119	0	0	119	119	44,605
	国内	0	247	0	247	9,749	92	12	0	104	104	11,969
	計	3	534	0	537	16,985	211	12	0	223	0	56,574
関西センター	外国	20	183	0	203	10,538	416	32	△ 1,106	△ 658	448	35,277
	国内	11	237	△ 11	237	8,379	36	41	0	77	77	9,944
	計	31	420	△ 11	440	18,917	452	73	△ 1,106	△ 581	0	45,221
中国センター	外国	12	0	0	12	1,454	164	0	0	164	138	5,560
	国内	119	0	0	119	3,287	107	0	0	107	105	2,836
	計	131	0	0	131	4,741	271	0	0	271	243	8,396
四国センター	外国	0	3	0	3	1,444	56	0	0	56	57	4,471
	国内	0	50	0	50	2,841	74	0	0	74	74	1,442
	計	0	53	0	53	4,285	130	0	0	130	0	5,913
九州センター	外国	0	41	△ 693	△ 652	2,174	193	0	△ 1,722	△ 1,529	193	14,851
	国内	0	219	△ 437	△ 218	5,199	142	0	△ 7,208	△ 7,066	142	7,169
	計	0	260	△ 1,130	△ 870	7,373	335	0	△ 8,930	△ 8,595	0	22,020
産総研 合計	外国	613	1,329	△ 744	1,198	169,806	5,702	462	△ 2,834	3,330	5,744	388,536
	国内	466	2,412	△ 504	2,374	170,727	1,871	609	△ 7,218	△ 4,738	2,094	128,423
	計	1,079	3,741	△ 1,248	3,572	340,533	7,573	1,071	△ 10,052	△ 1,408	7,838	516,959

※関西センターには尼崎事業所の蔵書の一部も含む

(2) 本部組織

研究の円滑な実施と社会への還元を、より効率的・効果的に支援すべく、「研究関連・管理部門等」のうち15部署を3本部に統合・スリム化等を行った。具体的には、産学官連携に関連する業務を総合的かつ横断的に実施する「イノベーション推進本部」、施設の維持・管理に関連する業務を一体的に実施する「研究環境安全本部」、事業所等の研究支援業務を統括する「総務本部」を設置した。

【本部組織】

- ・企画本部
- ・コンプライアンス推進本部
- ・イノベーション推進本部
- ・研究環境安全本部
- ・総務本部
- ・評価部
- ・広報部

< 凡 例 >

本部・事業組織名（英語名）

所在地：つくば中央第×、△△センター

人員：常勤職員数（研究職員数）

概要：部門概要

機構図（2011/3/31現在の役職者名）

××室（英語名）

（つくば中央第○）

概要：業務内容

△△室（英語名）

（△△センター）

概要：業務内容

業務報告データ

1) 企画本部 (Planning Headquarters)

所在地：東京本部、つくば中央第2

人員：67名 (40名)

概要：

企画本部は、理事長を補佐し、研究所の総合的な経営方針の企画及び立案、研究所の業務の実施に係る総合調整並びに業務合理化の推進等に係る業務を行っている。

具体的には、理事長の執務補佐を行うとともに、研究所の経営企画業務として、経済産業省と密接なコミュニケーションをとりつつ、法人運営全体に係わる企画調整、経営方針の企画立案、中期計画及び年度計画の取りまとめ、研究資源の配分、研究センター・研究部門・研究ラボの新設及び改廃案の策定等を行っている。研究企画業務として、研究方針の企画立案、研究戦略の策定、分野融合による重点研究テーマの設定、研究スペースの調整、研究計画の取りまとめ等を行っている。

また、国会、経済産業省、総合科学技術会議や独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構等の外部機関への総括的な対応を担っている。

機構図 (2011/3/31現在)

【企画本部】

企画本部長	脇本 真也
企画副本部長	倉田 健児
	鳥山 素弘
	鳥田 広道
審議役	二タ村 森
総括企画主幹	濱川 聡
	堀口 光
	中村 安宏
	須田 洋幸
	上田 満治
	羽鳥 浩章
	中野 隆志
	前崎 雄彦
総括主幹	松崎 一秀
	中村 浩一郎

【特別事業推進室】 室長 堀口 光

【産業技術調査室】 室長 鳥山 素弘

特別事業推進室 (Special Project Promotion Office)

概要：

特別事業推進室は、研究所の特別事業として推進する建設物及び連携研究等の総合調整に関する業務を行っている。

産業技術調査室

(Industrial Technology Research Office)

概要：

産業技術調査室は、研究所の研究戦略策定に資する産業技術に関する調査、図書等の利用並びに図書室の運営及び管理に関する企画及び立案並びに総合調整に関する業務を行っている。また、産業技術に係る情報の収集、分析、調査及び研究に関する業務を行っている。

2) コンプライアンス推進本部

(Compliance Headquarters)

所在地：東京本部、つくば中央第1

人員：22名 (3名)

概要：

当本部は、「研究所のコンプライアンスの推進及び内部統制に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整並びに研究所の業務の監査に関する業務を行う」(産総研組織規程第6条の2)の規定に基づき、産総研における各部署や職員等のコンプライアンスに関する取組みを支援するとともに、リスク管理の最終責任部署として関連部門等と連携を図りながら、研究所運営の効率化及び社会からの信頼に応える組織の構築を推進している。

当本部の平成22年度の主な活動は以下のとおりである。

1. 各部門等及び組織全体としてのリスク管理活動の向上
2. 参加型によるコンプライアンスの周知徹底
3. リスク管理体制の検討及び強化

1. については、リスク管理の PDCA サイクルを遂行し、研究ユニット、地域センター及び研究関連・管理部門において、年2回のリスク管理活動プランの策定とその自己評価を実施した。

また、ヒアリング中心の内部監査から、個別の業務に係る内在リスクの管理状況及び残存リスクの把握と、研究等の現場における対応状況及び課題の抽出を中心とする監査に重点を移し、リスク管理活動のモニタリングの効果を高めた。

2. については、全職員等のコンプライアンスに対する意識向上に向けた当本部の活動が押しつけとにならないよう、参加型コンプライアンスの推進を意識して活動を展開した。具体的には、「コンプライアンス」の講義資料及び講義内容について、最近の事例等を盛り込むなどの全体的な見直しやeラーニングによるコンプライアンス研修を実施した。また、「コンプライアンスに関するセルフチェック」を年2回実施して基本的な考え方の再認識を促し、実施後には、職員より積極的に意見を出してもらい、改訂を行った。

3. については、リスク管理委員会において、部門

等が取り組んだリスク管理活動や、リスク顕在化事例を報告した。この結果、委員からの意見や助言を踏まえて、各研究関連・管理部門におけるポジション整備や、行動者目線での原因究明などリスク顕在化対策を強化した。

 機構図（2011/3/31現在）

[コンプライアンス推進本部]

本部長 (兼) 小野 晃
 副本部長 (兼) 河津 司
 総括企画主幹 白田 良幸
 齋藤 直昭
 (兼) 堀口 光

[法務企画室] 室長 鈴木 光男 他

[情報公開・個人情報保護推進室]
 室長 玉上 康弘 他

[リスク管理室] 室長 菊池 正寛 他

[監査室] 室長 杉田 実 他

 法務企画室 (Legal Planning Office)

(東京本部)

概要:

法務企画室の業務は、(1)不服審査及び訴訟に係る業務、(2)規程類の整備、(3)法律相談、(4)内部通報制度に関すること、(5)利益相反マネジメントである。

情報公開・個人情報保護推進室

(Information Disclosure and Personal Information Protection Promotion Office)

(東京本部、つくば中央第1、地域センター)

概要:

情報公開・個人情報保護推進室の業務は、(1)研究所の情報公開及び個人情報保護に関する基本方針の企画・立案・総合調整、(2)情報公開及び個人情報の開示実施等、(3)研究所の情報の公開、提供及び個人情報保護の推進である。

リスク管理室 (Risk Management Office)

(東京本部)

概要:

リスク管理室の業務は、研究所における研究活動や一般業務を阻害する要因を“リスク”と捉え、適切なリスク管理による業務内容の高度化と研究所運営の効率化に向けて、(1)研究所全体のリスク管理のとりまとめ及び組織横断的なリスクの管理・対策に係る企画立案・総合調整、(2)研究所におけるリスクの定量的な評価の実施、重大リスク(優先的に取り組むべきリスク)の掌握、(3)過去の失敗事例やリスク評価の結

果に立脚した重大リスクの低減策の策定、(4)事故・事件等の危機に対応し、被害を最小限に留める対策、(5)適切なコミュニケーション(情報提供・公表等)による信頼の維持・確保に向けた各部門等との調整、(6)リスク管理委員会の事務局に係る業務の実施である。

監査室 (Audit Office)

(東京本部)

概要:

監査室の業務は、(1)研究所の業務の執行状況を正確に把握して適切な助言及び勧告を行うことにより、内部統制システムの充実及び改善を図り、業務の適正かつ効率化及び業務の透明性の確保等に寄与することを目的とした内部監査業務、(2)会計検査院法第22条第5号に基づく会計検査院による会計実地検査及び独立行政法人通則法(以下「通則法」という。)第39条の規定に基づく会計監査人の監査、その他の外部機関の検査及び監査への対応に関する業務、(3)研究所の財務内容等の監査を含む業務の能率的かつ効果的な運営を確保することを目的とした通則法第19条第4項に基づく監事の監査業務の支援に関する業務の実施である。

 業務報告データ

平成22年度監査室業務内容

(1) 内部監査業務

内部監査では、会計処理の正確性・合規性等の観点の「財務監査」、業務執行の適法性・事務処理の効率性等の観点での「業務監査」及び、法令・規程等の遵守の観点の「コンプライアンス監査」を実施するとともに、フォローアップ監査を実施した。具体的には、平成22年度内部監査年度計画書に基づき、研究所の内部組織である研究推進組織、事業組織及び本部組織における、組織運営に係る内部統制の状況の監査を実施した。

(2) 外部の検査及び監査に対する対応業務

① 会計検査院に係る対応

会計実地検査は、つくば本部3回(7月20日～23日、7月30日、平成23年2月8日～10日)、臨海副都心センター1回(平成23年2月7日)、中部センター1回(平成23年1月17日～19日)、関西センター1回(12月20日～22日)が実施され、被対象部門等との調整を行い対応した。

② 会計監査人に係る対応

会計監査人の候補者を経済産業大臣に推薦し選任された。これを受けて、監査法人が行う監査の実施状況について報告を受けるとともに、監事監査及び内部監査との連携を図った。

3) イノベーション推進本部
(Research and Innovation Promotion
Headquarters)

人員：21名 (21名)

概要：

産総研は、オープンイノベーションハブ機能の強化に対応する組織再編を2010年10月に行い、新たに「イノベーション推進本部」を発足させた。これにより、これまで独立して行っていた産学官連携、知的財産の活用、国際標準の推進、ベンチャー創出・支援、国際化などの業務を一体的かつ密接に連携して実施する体制に改め、イノベーション推進業務を一元的なマネジメントの下、総合的かつ横断的に執行する。また、産学官が結集する研究拠点を整備し、研究開発に加えて評価や標準化を見据えた産総研の「人」と「場」を活用する連携を推進している。

さらに、企業や大学などの外部機関とのインターフェースとなって連携コーディネーションを担う「上席イノベーションコーディネータ」、「イノベーションコーディネータ」、それらを補佐する「連携主幹」を配置し、本部、研究分野、研究ユニットが一体となって外部との連携を推進する体制とした。

当本部はこの体制の下、産業技術に関する産業界や社会からの多様なニーズを迅速かつ的確に捉え、有望な技術シーズの発掘と育成、研究開発プロジェクトの企画立案と推進・支援、さらには中小企業支援や新産業の創出を行う。

機構図 (2011/3/31現在)

[イノベーション推進本部]

- 本部長 瀬戸 政宏
- 上席イノベーションコーディネータ
 - 松木 則夫
 - 景山 晃
- イノベーションコーディネータ
 - 元吉 文男
 - 伊藤 日出男
 - 森 和男
 - 高井 一也
 - 小高 正人
 - 綾 信博
 - 古宇田 亮一
 - 横地 俊弘
 - 名川 吉信
 - 永壽 伴章
 - 古沢 清孝
 - 広瀬 正起
 - 甲田 壽男

- 山中 忠衛
- 手塚 敏幸
- 池田 喜一
- 鈴木 英一
- 鈴木 克弘
- 齊藤 敬三

— 連携主幹

- 南條 弘
- 吉田 晴男
- 泉 和雄
- 橋本 亮一
- 北川 良一
- 福山 誠司
- 増岡 登志夫
- 大久保 泰邦
- 児玉 泰治
- 渡辺 一寿

— イノベーション推進企画部

— 知的財産部

— 産学官連携推進部

— 国際部

— ベンチャー開発部

— 国際標準推進部

— つくばイノベーションアリーナ推進部

— イノベーションスクール

①【イノベーション推進企画部】

(Planning Division)

所在地：つくば中央第2

人員：20名 (10名)

概要：

イノベーション推進本部の総合調整部署として、知的財産部、産学官連携推進部、国際部、ベンチャー開発部、国際標準推進部、つくばイノベーションアリーナ推進部及びイノベーションスクールを総括し、イノベーションの創出及び推進のための戦略策定、企画及び立案、プロジェクト等の推進を行っている。また、技術研究組合に関する制度運営、総合調整により、オープンイノベーションハブ機能の推進、地域センターにおける総合調整、研究情報に係るデータベースの整備・調査等において、イノベーションを創出するためのプラットフォームを整備している。

イノベーション推進企画部の主な活動は、次の通りである。

- ・「産総研研究戦略」において、第2部（イノベーション推進戦略）を策定した。
- ・本格研究ワークショップを全地域拠点で開催、理事長をはじめとする経営層・研究者と地域の産業、行

政との双方向で本格研究の理念・方法論の情報発信、地域との共有化を実現した。

- ・14の技術研究組合に参画し、16の大型外部資金プロジェクトを推進した。
- ・大型連携プロジェクトの推進（産業変革研究イニシアティブ）として、「SiC パワーデバイス量産試作研究およびシステム応用実証」を実施した。
- ・外部資金による研究開発と研究戦略/中期計画、資金、人材、成果発表との関係づけを登録・収集する研究テーマデータベースにより、研究者の研究開発への寄与、貢献を把握できるシステムを構築した。

機構図（2011/3/31現在）

[イノベーション推進企画部]

— 部長	四元 弘毅
— 研究参与	田中 芳夫
— 審議役	向坪 均
— 総括企画主幹	(兼) 渡邊 政嘉
	渡利 広司
	谷口 正樹
	(兼) 坂本 邦博
— 総括主幹	田崎 英弘
	吉原 公一
	白井 憲一
	佐脇 政孝
	濱崎 陽一

②【知的財産部】

(Intellectual Property Division)

所在地：つくば中央第2

人員：20名（1名）

概要：

産総研の研究成果を社会に普及させることにより、経済及び産業の発展に貢献していくことは、産総研の大きな使命である。このため、知的財産部においては、研究成果が技術移転につながるよう知的財産権を戦略的に取得し、適切に維持・管理すると共に、産総研所有の知的財産を広く一般に紹介し、技術移転マネージャーが中心となり、技術移転を強力に推進している。

また、研究者を始めとする職員に対して研修や説明会を開催することにより、研究開発等において知的財産権を強く意識するよう促しているほか、内部弁理士や技術移転マネージャーを活用し、産総研内外の知的財産に関する各種ニーズに対応している。さらには、ベンチャー開発センターとの連携により、産総研発ベンチャーへの知的財産に関する支援も行っている。

機構図（2011/3/31現在）

[知的財産部]

— 部長	桂 正憲
— 審議役	渡部 陽介
— [知的財産企画室]	室長 菅野 智子
	総括主幹 本多 義一
— [知的財産管理室]	室長(兼) 渡部 陽介
— [技術移転室]	室長(兼) 高井 一也

知的財産企画室

(Planning Office)

(つくば中央第2)

概要：

産総研の知的財産に関する企画及び立案並びに総合調整を行うとともに、知的財産に係る各種業務を行うことで、産総研職員の知財マインドの向上及び産総研研究成果の技術移転を推進している。

具体的には、秘密保持契約等の交渉及び締結事務、発明者補償金に関する業務、知的財産に関する研修企画業務、共同研究契約や技術研究組合の知財関連規程等に関する支援業務等、知的財産に関する業務を幅広く行っている。

知的財産管理室

(Intellectual Property Administration Office)

(つくば中央第2)

概要：

内外弁理士と連携しながら、研究ユニットにおいて発生した発明を特許庁へ速やかに出願し、適切な知的財産化の対応と、権利満了までの管理を行うと共に、予算の範囲内において有効な外国出願を行っている。

具体的には、産総研単独出願において研究者が内部弁理士に特許相談（リエゾン）を受けられるように調整を行い、外部機関との共同発明の場合は、共同で出願するための契約締結等の調整、登録査定（権利化）後は権利存続中の維持年金管理業務を行っている。

また、研究ユニットへの知財関係の窓口として、知財関連情報の提供や各種調査への対応、知財全般に関する相談業務を行っている。その他、特許出願レビューや特許審査委員会の事務局、出願案件の情報管理、出願関係予算の管理、外部弁理士事務所との契約締結業務を行っている。

技術移転室 (Technology Licensing Office)

(つくば中央第2)

概要：

産総研の研究成果を社会に普及するため、保有する知的財産のライセンス等の技術移転を推進している。

具体的には、研究成果の産業化に向けた技術移転

戦略の構築、産業界における技術ニーズおよび事業化戦略の動向等に関する情報の収集、マーケティング活動、ライセンス交渉および契約締結、ライセンス収入の徴収・管理、産総研技術移転ベンチャーへの知的財産に関する支援等に関する業務を行っている。

産総研平成22年度特許関連統計

国内特許	出願件数	817件
	登録件数	918件
国外特許	出願件数	214件
	登録件数	242件
実施 (国内+国外)	実施契約件数	765件
	技術移転収入	288百万円

平成22年度ユニット別出願件数（届出時のユニット名）

研究ユニット	22年度国内出願件数			22年度外国出願件数			22年度外国基礎出願件数		
	単	共	計	単	共	計	単	共	計
太陽光発電研究センター	6	18	24	0	5	5	0	4	4
情報セキュリティ研究センター	3	2	5	3	0	3	3	0	3
バイオマス研究センター	2	6	8	0	1	1	0	1	1
水素材料先端科学研究センター	0	1	1	2	0	2	2	0	2
糖鎖医工学研究センター	9	7	16	3	3	6	3	3	6
新燃料自動車技術研究センター	2	4	6	1	1	2	1	1	2
生命情報工学研究センター	1	9	10	0	0	0	0	0	0
生産計測技術研究センター	13	3	16	1	4	5	1	1	2
バイオメディシナル情報研究センター	0	0	0	2	3	5	1	2	3
ナノ電子デバイス研究センター	15	5	20	1	5	6	1	3	4
ナノチューブ応用研究センター	24	10	34	13	3	16	10	3	13
ネットワークフォトンクス研究センター	6	3	9	0	2	2	0	1	1
サービス工学研究センター	2	2	4	1	1	2	1	1	2
メタンハイドレート研究センター	0	4	4	0	0	0	0	0	0
活断層・地震研究センター	0	0	0	3	0	3	3	0	3
幹細胞工学研究センター	4	2	6	1	0	1	0	0	0
集積マイクロシステム研究センター	1	9	10	1	3	4	1	3	4
コンパクト化学システム研究センター	20	25	45	2	0	2	2	0	2
先進パワーエレクトロニクス研究センター	4	12	16	0	7	7	0	2	2
デジタルヒューマン工学研究センター	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ナノスピントロニクス研究センター	0	3	3	0	0	0	0	0	0
計測標準研究部門	25	5	30	2	2	4	2	2	4
地圏資源環境研究部門	1	2	3	0	0	0	0	0	0
知能システム研究部門	14	1	15	0	1	1	0	1	1
エレクトロニクス研究部門	16	14	30	6	12	18	6	9	15
光技術研究部門	19	6	25	2	4	6	2	4	6
計測フロンティア研究部門	7	8	15	2	1	3	2	1	3
ユビキタスエネルギー研究部門	13	51	64	3	16	19	3	11	14
先進製造プロセス研究部門	28	45	73	12	11	23	11	8	19
サステナブルマテリアル研究部門	21	16	37	2	1	3	2	1	3
地質情報研究部門	1	0	1	0	0	0	0	0	0
環境管理技術研究部門	9	14	23	4	1	5	4	1	5
環境化学技術研究部門	25	21	46	2	12	14	2	8	10
エネルギー技術研究部門	27	14	41	1	6	7	1	4	5
情報技術研究部門	10	5	15	2	1	3	2	1	3
安全科学研究部門	0	1	1	0	1	1	0	1	1
健康工学研究部門	26	7	33	3	1	4	3	1	4
生物プロセス研究部門	9	5	14	3	4	7	3	4	7
バイオメディカル研究部門	24	9	33	6	5	11	6	5	11
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	10	3	13	0	0	0	0	0	0
ナノシステム研究部門	30	25	55	7	1	8	7	1	8

研究ユニット	22年度国内出願件数			22年度外国出願件数			22年度外国基礎出願件数		
	単	共	計	単	共	計	単	共	計
社会知能技術研究ラボ	0	0	0	1	0	1	1	0	1
ダイヤモンド研究ラボ	2	0	2	0	1	1	0	1	1
フェロー	2	0	2	0	0	0	0	0	0
関西センター	2	1	3	1	1	2	1	1	2
中部センター	0	1	1	0	0	0	0	0	0
その他	5	0	5	1	0	1	1	0	1
合計	438	379	817	94	120	214	88	90	178

③【産学官連携推進部】

(Collaboration Promotion Division)

所在地：つくば中央第2

人 員：39名（6名）

概 要：

産総研の使命である、国の安全・安心の確保及び産業競争力の強化に資する研究の促進、さらには新産業創出への貢献を実現するため、産学官連携推進部は、産学官連携の円滑な推進に資する企画・立案・制度の効率的運用に努めるとともに、研究ユニットと産業界等との「対話とコミットメント」を促進し産業戦略とともに創造していく。

産学官連携推進部の組織を図1に示す。

機構図（2011/3/31現在）

[産学官連携推進部]

部 長 松木 則夫
次 長 永壽 伴章
次 長 向坪 均

[連携企画室]	室長	谷口 正樹
	総括主幹	吉原 公一
	総括主幹	白井 憲一
[産学・地域連携室]	室長	清水 聖幸
	総括主幹	久場 康良
[関東産学官連携推進室]	室長	森 和男
	総括主幹	小川 博文
	総括主幹	松本 成司
[プロジェクト支援室]	室長	草間 常夫
[共同研究支援室]	室長	河合 健二
	総括主幹	齋藤 誠
[検査管理室]	室長	小林 良三

連携企画室

(Collaboration Promotion Division Planning Office)

(つくば中央第2)

概 要：

産総研の産学官連携活動全般について企画・立案を

行うとともに、地域産学官連携センターも含めた産学官連携推進部全体の業務を円滑に推進させることを任務としている。中でも、産学官連携に関するさまざまな制度や活動の方針の企画・策定、事業予算や政策的支援予算の管理・運用、他の技術移転担当部署との連携活動の総合的な調整を行う。

産学・地域連携室

(Collaboration Promotion Division Corporate, Academic and Regional Collaboration Office)

(つくば中央第2)

概 要：

地域技術施策の立案・調整業務、中小企業との共同研究の推進、技術相談窓口業務、産業技術連携推進会議事務局として産総研と公設試験研究機関とのネットワークの構築・強化に係る業務等を実施している。

地域連携を推進するための事業として、地域センターによる地域発イノベーション創出を目指し、地域ニーズの高い研究開発テーマについて、地域間連携プロジェクトを実施している。

産業技術連携推進会議事務局業務では、産総研と公設試験研究機関によるプロジェクト共同提案へ向けた取組として研究連携支援事業や研究会として持ち回り計測や依頼試験等の計測値に関する公設試験連携のための技術向上支援事業を開始している。

さらに、地域・中小企業ニーズを取り込み、産総研の技術を活用して製品化を目指して、公設試験研究機関・中小企業と共同で研究開発を実施する地域産業活性化支援事業を行っている。

また、中小企業と共同研究を推進するための事業として、研究開発規模が数千万円から億円レベルでプロジェクト化が必要な共同研究の提案を支援するための取組（中小企業共同研究スタートアップ事業）を実施している。

関東産学官連携推進室

(Collaboration Promotion Division Kanto Collaboration Office)

(つくば中央第2)

概要：

関東甲信越静地域における、産業支援機関・団体等との連携ネットワークの構築・強化を行うとともに、域内の技術開発力を持つ中堅・中小企業等を発掘・育成し、技術開発支援を行うことにより、共同研究等の技術移転を促進する。

相談窓口の設置及び不正使用等に係る通報窓口を設置している。

プロジェクト支援室

(Collaboration Promotion Division National Project Support Office)

(つくば中央第2)

概要：

産総研における研究成果の普及、技術移転等を図るための受託研究及び請負研究並びに産総研から他機関への委託研究に係る契約事務等の業務を行うとともに、受託研究及び研究助成金等外部からの研究資金受入のための支援業務を行っている。また、外部からの現金、研究装置等の寄付受入に関する業務を行っている。

共同研究支援室

(Collaboration Promotion Division Collaborative Research Support Office)

(つくば中央第2)

概要：

産総研における外部機関との連携、技術移転等を図るための共同研究に係る業務、産業技術力向上のための外来研究員制度に基づく外部有識者受入業務、技術ポテンシャルを活用した技術研修制度に基づく外部人材の受入業務、人的ポテンシャルを活用した連携大学院制度による学生指導、各種学協会・委員会への委員就任、依頼・受託出張等職員の派遣に関する業務を行っている。また、他機関との連携を推進するための連携研究体及び産総研コンソーシアム設立支援等の業務を行っている。

なお、平成22年度からは産総研の「人」と「場」を活用した産学官連携活動を推進するため、技術研究組合からの研究員等の受入及び技術研究組合事業に参加する職員に係る業務を行っている。

検査管理室

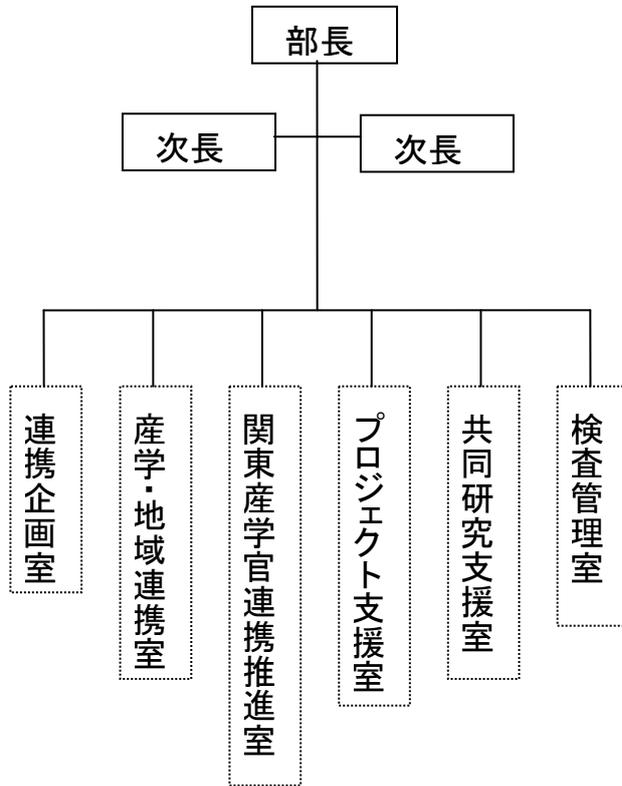
(Collaboration Promotion Division Inspection and Administration Office)

(つくば中央第2)

概要：

受託研究等外部研究資金について、その適正な執行を確保するため、職員説明会の開催、自主点検等の実施を通じ、職員に対するコンプライアンスの向上に努めている。また、組織内外からの外部研究資金に係る

図1. 産学官連携推進部の組織



事業組織・本部組織業務

1) 共同研究

企業、大学や公設研究所などと産総研が、共通のテーマについて対等な立場で共同して研究を行う制度である。

共同研究ユニット別件数一覧

平成23年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
太陽光発電研究センター	環境・エネルギー	2004.04.01～2011.03.31	16	3	89	22	2	132
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～	12	1	8	2	1	24
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～	14	1	18	7	7	47
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～	5	1	1			7
糖鎖工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	8	3	6		3	20
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～	6	2	22	5		35
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	6	4	9	3	2	24
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～	23	7	18	18	3	69
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	18	5	11	1		35
ナノ電子デバイス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～2011.03.31	11	4	31	5	1	52
バイオメディカル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～	10	9	5	6	2	32
ネットワークフォニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	3	3	6	2		14
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	13		3			16
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	5	1			3	9
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	13	1	4	6		24
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～			8	4		12
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	5	2	5			12
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	3	6	31	6	1	47
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	8	6	14	9		37
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	11	2	21	5	1	40
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	11	5	38	20	8	82
小計			201	66	348	121	34	770
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～	34	31	61	46	23	195
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	14	8	25	12	4	63
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	22	11	17	22	2	74
エレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31	28	14	18	39	4	103
光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31	29	3	68	21	3	124
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～	33	21	23	22	2	101
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	23	3	50	23		99
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	37	8	68	46	8	167
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	27	9	50	48	8	142
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	5	3	3	3	3	17
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	21	13	28	35	5	102
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	10	3	36	7	4	60
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	49	10	55	20	2	136
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	13	8	25	8	1	55
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	16	4	24	9	1	54
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	36	7	35	20	3	101
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	41	11	24	23	6	105
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	37	24	24	29	4	118
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	49	9	26	20	16	120
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	35	7	26	28	2	98
小計			559	207	686	481	101	2,034
社会知能技術研究ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～	3		4		5	12
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	5	4	3	5	1	18
小計			8	4	7	5	6	30
フェロー、関連・管理部門等	その他		2		2		2	6
計			770	277	1,043	607	143	2,840

※国内案件のみ

産業技術総合研究所

2) 委託研究

産総研で研究するより、産総研以外の者（大学、企業等）に委託した方が、研究の効率性や経済性が期待出来る場合に、産総研以外の者に委託する制度である。

委託研究ユニット別件数一覧

平成23年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
			件数	件数	件数	件数	件数	件数
太陽光発電研究センター	環境・エネルギー	2004.04.01～2011.03.31						
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～				1		1
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～	1	1				2
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～						
糖鎖工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～						
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～						
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～						
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～				1		1
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～						
ナノ電子デバイス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～2011.03.31	10	2				12
バイオメディカル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～		1		2		3
ネットワークフォトン研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～						
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	2	2	4	4		12
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	5	3				8
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～						
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	1					1
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～						
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	2	1				3
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～						
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～			1			1
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～						
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～	1	3	2	2	1	9
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	14	2	2	2	2	22
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～						
エレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31	1					1
光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31						
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～						
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	2					2
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	1					1
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	4	1				5
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	7	3				10
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	2					2
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	2					2
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	4					4
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	8	2				10
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	4	1		1		6
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	1				2
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	1				1	2
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	2				1	3
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	1					1
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～						
社会知能技術研究ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～	3					3
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～						
フェロー、関連・管理部門等	その他							
		計	79	23	9	13	5	129

※国内案件のみ

3) 受託研究

企業、法人など他機関から産総研に研究を委託する制度である。その成果は委託元で活用できる。委託元の研究者を外来研究員として受け入れることも可能である。

受託研究ユニット別件数一覧

平成23年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
			件数	件数	件数	件数	件数	件数
太陽光発電研究センター	環境・エネルギー	2004.04.01～2011.03.31	2	10	4	2	0	18
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～	1	7	0	1	2	11
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～	0	5	2	0	2	9
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～	0	0	0	0	2	2
糖鎖工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	1	6	0	0	2	9
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～	0	5	1	1	2	9
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	0	8	0	0	2	10
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～	0	10	4	1	0	15
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	0	7	0	0	2	9
ナノ電子デバイス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～2011.03.31	0	7	1	0	3	11
バイオメディカル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～	1	3	0	0	0	4
ネットワークフォトン研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	0	1	0	0	2	3
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	0	0	0	0	2	2
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	2	3	0	0	2	7
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	0	5	0	0	0	5
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	0	3	0	1	1	5
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	0	3	0	0	0	3
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	0	4	1	1	1	7
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	0	4	0	0	0	4
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	0	3	2	1	0	6
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	2	4	0	4	0	10
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～	4	15	3	9	15	46
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	0	6	6	4	11	27
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	0	10	0	4	1	15
エレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31	0	19	4	3	0	26
光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31	1	12	0	6	4	23
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～	1	9	5	5	4	24
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	1	19	2	2	1	25
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	2	11	2	9	2	26
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	1	13	2	1	3	20
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	2	6	0	0	7	15
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	3	8	3	2	8	24
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	3	14	1	0	1	19
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	3	22	8	6	9	48
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	1	14	2	1	5	23
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	2	11	2	5	2	22
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	0	7	3	0	3	13
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	12	0	5	5	23
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	0	14	1	1	4	20
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	2	13	2	4	2	23
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	2	22	2	5	3	34
社会知能技術研究ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～	0	0	0	0	1	1
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	0	1	0	1	1	3
フェロー、関連・管理部門等	その他		0	9	0	0	3	12
		計	38	365	63	85	120	671

※国内案件のみ

産業技術総合研究所

4) 請負研究

受託研究によることができない研究を他機関からの依頼に応じて産総研が行うものであり、その経費は依頼者に負担していただく。

請負研究ユニット別件数一覧

平成23年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
			件数	件数	件数	件数	件数	件数
太陽光発電研究センター	環境・エネルギー	2004.04.01～2011.03.31						
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～						
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～						
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～						
糖鎖工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～						
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～			1			1
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～						
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～						
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～						
ナノ電子デバイス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～2011.03.31						
バイオメディカル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～						
ネットワークフォトンクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～						
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～						
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～		3	1			4
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～						
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	1					1
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～						
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～				1	1	2
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～						
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～						
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～						
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～			3	1		4
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～			1	1		2
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～						
エレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31	1	1	1			3
光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31						
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～						
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～						
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～						
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～						
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～						
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	1					1
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～						
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	3	1	2	2		8
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～						
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	1	1			3	5
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～				1		1
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～				3		3
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～						
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～						
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～				1		1
社会知能技術研究ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～						
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～						
フェロー、関連・管理部門等	その他							
		計	7	6	9	10	4	36

※国内案件のみ

事業組織・本部組織業務

5) 技術研修

外部機関等の研究者、技術者を産総研が受け入れ、産総研の技術ポテンシャルを基に研修を行う制度である。

技術研修ユニット別人数一覧

平成23年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
太陽光発電研究センター	環境・エネルギー	2004.04.01～2011.03.31	31	1	2	3		37
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～	4					4
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～	9		6	3	1	19
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～	95					95
糖鎖医学工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	5			2		7
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～	4					4
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	24		11	3		38
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～	21		1	1		23
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	7	2	1			10
ナノ電子デバイス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～2011.03.31	51	3	13	5		72
バイオメディカル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～	13		1			14
ネットワークフォトン研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	6					6
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	15			1		16
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	5				1	6
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	11					11
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	9					9
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	8					8
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	31			1		32
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	21		1			22
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	2		3			5
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	29		2	1		32
小計			401	6	41	20	2	470
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～	18	6	4	3	1	32
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	4		2		1	7
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	16			2		18
エレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31	53	1	9			63
光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31	52		3	2	1	58
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～	20	1	4	3		28
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	35		9	6	1	51
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	61			4	1	66
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	13	1		1	1	16
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	12					12
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	30		1	4		35
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	28		2		1	31
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	57		4			61
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	22		1	1		24
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	21				1	22
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	39	1		1		41
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	60			2	1	63
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	70				4	74
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	67	1	1	1	1	71
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	22	1	1			24
小計			700	12	41	30	14	797
社会知能技術研究ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～	1					1
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	1				1	2
小計			2	0	0	0	1	3
フェロー、関連・管理部門等	その他		24				1	25
計			1,127	18	82	50	18	1,295

※国内案件のみ

産業技術総合研究所

6) 外来研究員

外部機関等の研究者等が産総研において研究を行う際に研究員として受け入れる制度である。

外来研究員ユニット別人数一覧

平成23年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
太陽光発電研究センター	環境・エネルギー	2004.04.01～2011.03.31	2				1	3
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～	1		1	1	2	5
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～	1	8		1	3	13
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～	54		3			57
糖鎖工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	2					2
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～	8	11	1		3	23
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	10	1	1		3	15
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～	4		4	1	2	11
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	7		1		4	12
ナノ電子デバイス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～2011.03.31	30	10	34	22	6	102
バイオメディカル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～	1			1	2	4
ネットワークフォニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	2					2
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	7		2		1	10
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	16	9			1	26
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	6	1	1		4	12
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	5			2		7
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	1		1			2
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	10	1	1		7	19
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	8	1			2	11
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	4	3	11	1	2	21
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	9		2	1		12
小計			188	45	63	30	43	369
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～	3	3			18	24
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	8	3	8	1	10	30
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	17	2		1	10	30
エレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31	15	5	2	3	10	35
光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31	19	6	5	1	12	43
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～	2				3	5
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	13	3			8	24
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	13	3	1	3	17	37
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	4	1			3	8
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	49	6	1	3	25	84
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	8	3		1	9	21
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	2	2		2	3	9
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	28	9	7	5	26	75
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	8	5			11	24
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	12	3		1	6	22
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	43	7		1	18	69
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	10	2	3	5	7	27
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	6	2		6	12	26
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	39	6	3	3	13	64
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	29	4	3	3	13	52
小計			328	75	33	39	234	709
社会知能技術研究ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～	3		2		3	8
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～		2			1	3
小計			3	2	2	0	4	11
フェロー、関連・管理部門等	その他		4	1			11	16
計			523	123	98	69	292	1,105

※国内案件のみ

7) 連携大学院

大学と産総研が協定を結び、産総研研究者が大学から連携大学院教官の発令を受け、大学院生を技術研修生として受け入れ、研究指導等を行う。この制度による大学院生には被指導者であると同時に研究協力者としての側面があり、産総研にとっても研究促進を図ることができる。

(参考：大学院設置基準「第13条第2項 大学院は、教育上有益と認めるときは、学生が他の大学院又は研究所等において必要な研究指導を受ける事を認めることができる。(後略)」)

○連携大学院派遣教員ユニット別人数一覧

平成23年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	派遣教員数			
			国公立大学	国公立大学	私立大学	私立大学
			教授	准教授	教授	准教授
太陽光発電研究センター	環境・エネルギー	2004.04.01～2011.03.31	4	3	1	0
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～	0	0	1	1
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～	0	0	0	0
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～	0	0	1	0
糖鎖医学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	1	1	0	0
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～	0	1	0	0
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	2	9	5	5
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～	7	5	0	0
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	3	2	0	0
ナノ電子デバイス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～2011.03.31	0	0	1	0
バイオメディカル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～	3	5	0	0
ネットワークフォトン研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	0	0	1	0
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	0	0	0	0
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	0	1	1	0
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	0	1	0	0
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	0	1	0	0
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	1	0	0	0
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	0	2	0	2
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	3	0	1	0
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	1	0	2	0
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	0	0	7	0
小計			25	31	21	8
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～	3	1	3	0
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	1	2	0	0
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	5	0	2	1
エレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31	1	0	9	1
光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31	2	0	5	0
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～	1	1	4	0
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	4	3	2	0
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	5	3	12	0
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	2	0	2	0
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	3	2	0	0
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	3	1	1	0
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	5	2	5	0
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	8	1	6	1
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	8	8	3	0
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	0	1	0	1
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	2	0	4	1
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	11	5	3	1
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	8	5	1	0
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	6	6	2	1
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	4	2	6	2
小計			82	43	70	9
社会知能技術研究ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～	1	2	1	0
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	0	0	1	0
小計			1	2	2	0
フェロー、関連・管理部門等	その他		16	0	6	1

産業技術総合研究所

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	派遣教員数			
			国公立大学	国公立大学	私立大学	私立大学
			教授	准教授	教授	准教授
計			124	76	99	18

(注) 教授、准教授以外の役職で登録されている場合は准教授とする

○連携大学院派遣教員一覧

平成23年3月31日現在

No.	地域	国公立の別	大学名	学科名	派遣教員数	
					教授	准教授
1	北海道	国立	北海道大学	理学院	0	0
			北海道大学	農学院	3	1
			北海道大学	工学研究科	0	0
			北海道大学	生命科学院	2	2
			北海道大学	総合化学院	0	2
2	東北	国立	東北大学	理学研究科	0	3
			東北大学	環境科学研究科	1	1
3	東北	国立	山形大学	理工学研究科	0	0
4	関東	国立	茨城大学	理工学研究科	2	0
5	関東	国立	東京工業大学	総合理工学研究科	4	1
			東京工業大学	理工学研究科	3	0
6	関東	国立	東京農工大学	工学府	3	0
7	関東	国立	東京医科歯科大学	生命情報科学教育部	0	7
8	関東	公立	首都大学東京	理工学研究科	8	4
9	関東	国立	宇都宮大学	工学研究科	2	0
10	関東	国立	群馬大学	工学研究科	1	1
11	関東	国立	筑波大学	システム情報工学研究科	14	7
			筑波大学	人間総合科学研究科	3	3
			筑波大学	数理物質科学研究科	10	5
			筑波大学	生命環境科学研究科	6	5
12	関東	国立	千葉大学	理学研究科	1	0
13	関東	国立	横浜国立大学	環境情報学府・環境情報研究院	0	0
14	関東	国立	長岡技術科学大学	工学研究科	4	2
15	関東	国立	静岡大学		0	0
16	関東	国立	電気通信大学	電気通信学部	0	0
17	関東	国立	埼玉大学	理工学研究科	11	1
18	関東	国立	東京大学	新領域創成科学研究科	1	6
19	関東	国立	信州大学	総合工学系研究科	6	0
20	関東	国立	お茶の水女子大学	人間文化創成科学研究科	1	1
21	中部	国立	名古屋工業大学	工学研究科	1	1
22	中部	国立	岐阜大学	工学研究科	3	0
			岐阜大学	連合創薬医療情報研究科	2	0
23	中部	国立	金沢大学	自然科学研究科	2	1
24	中部	国立	北陸先端科学技術大学院大学	マテリアルサイエンス研究科	3	3
			北陸先端科学技術大学院大学	情報科学研究科	0	2
			北陸先端科学技術大学院大学	知識科学研究科	1	2
25	関西	国立	福井大学	工学研究科	0	0
26	関西	国立	京都工芸繊維大学	工芸科学研究科	0	1
27	関西	国立	大阪大学	理学研究科	2	1
28	関西	公立	大阪府立大学	工学研究科	0	0
29	関西	国立	奈良先端科学技術大学院大学	情報科学研究科	3	2
30	関西	国立	神戸大学	工学研究科	4	3
			神戸大学	人間発達環境学研究科	1	1
			神戸大学	理学研究科	1	0
31	関西	公立	兵庫県立大学	工学研究科	0	0
32	関西	国立	和歌山大学	システム工学研究科	1	0
33	中国	国立	広島大学	工学研究科	2	0
34	中国	国立	山口大学	理工学研究科	0	0
35	四国	国立	徳島大学	ソシオテクノサイエンス研究部	1	1
36	四国	国立	香川大学	農学研究科	2	1
37	九州	国立	九州大学	総合理工学府	2	2
38	九州	国立	熊本大学	自然科学研究科	0	0
39	九州	国立	佐賀大学	工学系研究科	4	2
40	九州	国立	鹿児島大学	理工学研究科	3	0
41	九州	公立	北九州市立大学	国際環境工学研究科	0	1
			国公立大学小計		124	76
42	東北	私立	東北学院大学	工学研究科	5	0
43	関東	私立	東京理科大学	基礎工学研究科	1	2
			東京理科大学	理学研究科	3	0
			東京理科大学	理工学研究科	22	4
44	関東	私立	東京電機大学	先端科学技術研究科・工学研究科	3	0

事業組織・本部組織業務

No.	地域	国公立の別	大学名	学科名	派遣教員数	
					教授	准教授
45	関東	私立	芝浦工業大学	工学研究科	3	0
46	関東	私立	日本大学	工学研究科	5	0
			日本大学	理工学研究科	1	0
47	関東	私立	上智大学	理工学研究科	1	0
48	関東	私立	東邦大学	理学研究科	6	0
49	関東	私立	立教大学	理学研究科	3	2
50	関東	私立	千葉工業大学	工学研究科	3	0
51	関東	私立	神奈川工科大学	工学研究科	10	0
52	関東	私立	湘南工科大学		0	0
53	関東	私立	青山学院大学	理工学研究科	1	2
54	関東	私立	早稲田大学	理工学術院	4	6
55	関東	私立	東京都市大学	工学研究科	1	1
56	関東	私立	明治大学	理工学研究科	3	0
57	関東	私立	東海大学	開発工学研究科	0	0
58	中部	私立	大同大学	工学研究科	1	0
59	中部	私立	名城大学	理工学研究科	1	0
60	中部	私立	中部大学	工学研究科	2	0
61	中部	私立	愛知工業大学	工学研究科	2	0
62	中部	私立	金沢工業大学	工学研究科	10	0
63	関西	私立	立命館大学	理工学研究科	3	0
64	関西	私立	同志社大学	工学研究科	2	0
65	関西	私立	大阪電気通信大学	工学研究科	0	0
66	関西	私立	関西学院大学	理工学研究科	3	1
私立大学小計					99	18
合計					223	94

(注) 教授、准教授以外の役職で登録されている場合は准教授とする

8) 技術相談

産業技術総合研究所が蓄積してきた技術ポテンシャルを基に、民間企業、公設試験研究機関等からの技術相談を受ける。

1) 平成22年度「技術相談届け出システム」に入力された件数： 4781件 (内GSJ 872件)

2) 拠点件数

拠点名	相談件数
北海道センター	157
東北センター	125
つくばセンター	3217
東京センター	75
臨海副都心センター	69
中部センター	440
関西センター	314
中国センター	108
四国センター	207
九州センター	241
上記の合計	4953
相談件数	4781

一相談で複数拠点にまたがる案件は、複数カウントされるため正味の相談件数より大きくなっている。

3) 相談者の分類

相談者の分類	全体件数	全体%	GSJ以外 件数	GSJ以外 %	GSJ 件数	GSJ %
大企業	1308	27.4%	1258	32.2%	50	5.7%
中小企業	1878	39.3%	1737	44.4%	141	16.2%
教育機関	321	6.7%	251	6.4%	70	8.0%
公的機関	535	11.2%	412	10.5%	123	14.1%
出版放送マスコミ	145	3.0%	22	0.6%	123	14.1%
個人	416	8.7%	80	2.0%	336	38.5%
外国	100	2.1%	81	2.1%	19	2.2%
その他	78	1.6%	68	1.7%	10	1.1%
合計	4781	100.0%	3909	100.0%	872	100.0%

4) 分野別問い合わせ件数

ライフサイエンス	532
通信・情報	234
ナノテク・材料・製造	1513
環境・エネルギー	833
地質・海洋	872
標準・計測	551
その他	246
合計	4781

事業組織・本部組織業務

9) 依頼出張・受託出張

外部機関からの要請により、研究打ち合わせ、調査、講演等のために、職員が出張する制度である。

依頼・受託出張ユニット別人数一覧

平成23年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計	
太陽光発電研究センター	環境・エネルギー	2004.04.01～2011.03.31	6	2	1		1	10	
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～	4					4	
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～	13	17		2	2	34	
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～							
糖鎖医学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	4	5			5	14	
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～		6				6	
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	7	2	2	1	1	13	
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～	5					5	
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	9					9	
ナノ電子デバイス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～2011.03.31	2	2		1	1	6	
バイオメディカル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～	12	9			1	22	
ネットワークフォニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	2					2	
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	1					1	
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	23	3			18	44	
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	1				2	
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	2				1	3	
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～							
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	1	4				5	
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	1					1	
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	1	1			1	3	
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	2	3	1		1	7	
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～	16	13		3	15	47	
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	8	15			5	28	
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	2	5		1	2	10	
エレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31	9				1	10	
光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31	10	5			1	16	
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～	10	2			1	13	
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	19	16	1		14	50	
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	4				2	6	
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	1	10		3	1	15	
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	38	27		2	27	94	
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	9	4		3		16	
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～		1	2		3	6	
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	36	7				43	
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	13	3			5	21	
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	7	4	4		2	17	
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	25	4	3			32	
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	6	4		1	3	14	
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	6	1			1	8	
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	7	1			3	11	
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	22	11			5	38	
社会知能技術研究ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～							
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～		2				2	
フェロー、関連・管理部門等	その他		14	5			14	33	
			計	358	195	14	17	137	721

※国内案件のみ

産業技術総合研究所

10) 委員の委嘱

産総研の職員が外部の委員等に就任し、必要とされる情報、アドバイス等の提供を行う。

委員の委嘱ユニット別人数一覧

平成23年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計	
太陽光発電研究センター	環境・エネルギー	2004.04.01～2011.03.31	5	22	5	1	5	38	
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～	14	23	1	3	9	50	
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～	3	6	5	3	4	21	
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～				1		1	
糖鎖医学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	6	4				10	
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～	2	28		2	7	39	
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	3	6			8	17	
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～		15			6	21	
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～		7				7	
ナノ電子デバイス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～2011.03.31	3	13			6	22	
バイオメディカル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～	4	4				8	
ネットワークフォニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	1	11	1		2	15	
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	1	1			7	9	
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	4	23			29	56	
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～		3			7	10	
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	2	8	6	1	7	24	
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～					1	1	
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	2	12	1		8	23	
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	3	24			6	33	
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～		8				8	
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	1	8			1	10	
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～	4	542	3	1	93	643	
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	3	83	5	4	112	207	
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	8	74	1		16	99	
エレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31	5	34			8	47	
光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～2011.03.31	7	46			15	68	
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～	9	46	1		23	79	
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	9	84		1	30	124	
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	14	124		1	33	172	
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	5	63		3	22	93	
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	8	82		1	96	187	
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	3	44	2	3	25	77	
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	3	22	1	3	23	52	
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	6	132	4	2	59	203	
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	8	66		1	17	92	
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	3	36	7		60	106	
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	8	94	3		42	147	
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	7	25	1		10	43	
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	7	10			7	24	
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	8	21		3	21	53	
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	13	28		1	21	63	
社会知能技術研究ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～	1	2				3	
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～		6				6	
フェロー、関連・管理部門等	その他		32	269	8	8	219	536	
			計	225	2,159	55	43	1,065	3,547

※国内案件のみ

11) 産業技術連携推進会議

約95の公設試験研究機関（支所を含む）並びに産総研との協力体制を強化し、これらの機関が持つ技術開発力及び技術指導力をできる限り有効に発現させることにより、機関相互の試験研究を効果的に推進して、産業技術の向上を図り、我が国の産業の発展に貢献するために、産業技術連携推進会議を設置し運営している。

平成19年度4月には本会議の組織改正を図り、技術分野を6部会に再編するとともに、新たに地域部会（事務局：地域産学官連携センター）を設置し産業技術関連情報の相互提供、戦略の検討、活動状況及び活動成果の情報発信等を行っている。

また、経済産業局ブロックごとに設置されている地域産業技術連携推進会議とも協力して地域関連施策の連携強化を図っている。

産業技術連携推進会議開催実績

平成23年3月31日現在

部会等名称		開催回数
総 会		1
企画調整委員会		1
技 術 部 会	ライフサイエンス部会	5
	情報通信・エレクトロニクス部会	8
	ナノテクノロジー・材料部会	30
	製造プロセス部会	9
	環境・エネルギー部会	6
	知的基盤部会	13
地 域 部 会	北海道地域部会	12
	東北地域部会	18
	関東甲信越静地域部会	10
	東海北陸地域部会	8
	近畿地域部会	12
	中国地域部会	9
	四国地域部会	10
地 域 産 技 連	九州・沖縄地域部会	12
	北海道地域産業技術連携推進会議	1
	東北地域産業技術連携推進会議	0
	関東甲信越静地域産業技術連携推進会議	1
	東海北陸地域産業技術連携推進会議	1
	近畿地域産業技術連携推進会議	8
	中国地域産業技術連携推進会議	2
	四国地域産業技術連携推進会議	4
九州・沖縄地域産業技術連携推進会議	7	
合 計		188

④【国際部】

(International Affairs Division)

所在地：つくば中央第2

人員：17名（6名）

概要：

- 1) 海外研究機関との継続的・安定的な友好関係を礎として、先進的研究機関と相互補完的研究協力を、アジアを中心とした相互互恵的なパートナーシップを推進。
- 2) 環境・エネルギー分野において、米国エネルギー省傘下の10研究機関との17の研究テーマについて研究協力を本格的に開始。また、タイ国との7回目のワークショップを開催するなど、アジア諸国との研究協力を推進。また、政策要請に基づき、非食糧系バイオマス資源の燃料エネルギーとしての利活用を促進するためにバイオマス・アジアを推進。
- 3) 外国人研究者が言語、文化、習慣の違いに起因する不自由さを感じずに研究に専念できるよう生活環境整備を推進。
- 4) 海外からの視察・見学を積極的に受けることにより、産総研の国際的知名度の向上を図った。また、海外ミッション等への参加や海外の展示会への出席を積極的に行い、科学技術外交の観点からも産総研の知名度を高めた。
- 5) 海外への技術の提供ならびに貨物の輸出に関し、法令順守の徹底を図るため様々な取り組みを継続し、法令順守にかかる国の政策に積極的に貢献。また、海外での危機管理については、海外の危機発生時に出張等している研究者に対し、様々な情報を提供し、リスク回避に貢献。

機構図（2011/3/31現在）

[国際部]

部長	作田 宏一
次長	宮崎 芳徳
部総括	谷川原 久明
部総括	櫻庭 昭義
総括主幹	山田 理
総括主幹	橋本 佳三
総括主幹	カザウイ サイ

[国際協力室]

室長	前田 恒昭
総括主幹	荻草 昭治
総括主幹	村井 保夫

[安全保障貿易管理室]

室長	(兼) 櫻庭 昭義
----	-----------

国際関係室 (International Relations Office)

(つくば中央第2)

概要：

海外の研究機関等と産総研の間で連携及び研究協力を推進するための包括的研究協力覚書の締結及び、海外研究機関等と研究ユニットが実施する共同研究・受託研究等の研究契約関連業務を実施。また、研究ユニットが海外機関等と研究協力を推進し、具体的な共同研究への発展を促すための個別研究協力覚書の締結を支援。2010年10月より国際協力室に編制替え。

国際交流推進室 (International Cooperation Office)

(つくば中央第2)

概要：

産総研の国際的な人材交流や人材育成・ネットワーク化を推進するための各種の業務を行い、産総研の国際的な研究活動を推進。具体的な業務は以下のとおり。

- 1) 産総研フェローシップ（派遣・招へい）制度の運営等、国際的な人材育成・ネットワーク化の推進。
- 2) 産総研研究者の海外派遣及び海外研究者の招へいに関する諸手続きによる国際研究交流活動の支援。
- 3) 外部の派遣・招へい制度への応募に関する諸手続きによる国際研究交流活動の支援。
- 4) 外国人研究者の生活支援等業務実施及び研究活動支援のための活動拠点室である産総研インターナショナルセンター（AIST International Center (AIC)）の運営。
- 5) 国際研究活動の支援の一環としての海外危機管理業務の実施。
- 6) 技術移転業務として、国際協力機構等からの研修生の受け入れや海外への技術協力に係る業務の実施。2010年10月より国際協力室に編制替え。

国際協力室 (International Cooperation Office)

(つくば中央第2)

概要：

国際関係室と国際交流推進室の業務のうち、包括的研究協力覚書、個別研究覚書等、対外的な国際研究協力に関わる連携推進業務、国際的な人材交流を推進する為に産総研フェローシップ事業、米国インターンシップ事業の運用及び研究者の招聘・派遣制度による交流支援、国際的な人材育成等を通じての研究活動支援を引き継ぎ推進している。また、産総研を訪問する海外の要人向け見学対応、理事長・理事の海外訪問、海外機関とのワークショップ開催、国際情報の入手と発信、米国国立研究機関との研究協力プロジェクト支援等を推進。

研究セキュリティ管理部 (Research Security Control Division) 2010年10月より安全保障貿易管理室に編制替え。

安全保障貿易管理室 (Security Export Control Office)

(つくば中央第2)

概要:

外国為替及び外国貿易法を確実に実施するため、産総研の安全保障輸出管理を的確に実施するとともに、産総研共同研究や人的交流で関係の深い大学での輸出管理体制整備への協力を実施。

具体的には、

- 1) 管理部門や地域センターでの輸出管理に関する研修の実施。
 - 2) 地域センターでの研修に併せて、地方の主要大学を訪問し、産総研の輸出管理を説明するとともに、各大学の取組状況を聴取。
 - 3) 産総研の安全保障輸出管理規程・要領に基づき、輸出管理業務を的確に実施できるように、研究ユニット等への関連法規の周知、研修、具体的輸出案件の審査、相談、輸出指導、監査等を実施。
 - 4) 産総研での外部人材受け入れに関し、外部人材の事前登録業務を実施。
-

1) 海外出張

職員の海外出張は、「独立行政法人産業技術総合研究所旅費規程」（13規程第42号）に基づき、独立行政法人産業技術総合研究所における試験研究等の推進を目的として自ら行う出張と「独立行政法人産業技術総合研究所依頼出張規程」（19規程第13号）により外部機関から依頼を受けて行う出張に大別される。平成22年度は、出張者総数（国・地域別）は、3,785名、実出張者数（組織別）は、3,453名。分類のカテゴリーは、以下のとおり。

産総研予算による出張…運営費交付金等を原資とし産総研自らが行う出張

依頼出張…外部機関からの依頼による出張。依頼元は、公益法人、民間企業、海外の大学・研究機関等。

文科省科研費による出張…文部科学省科学研究費補助金により行う出張

表1 平成22年度外国出張者数（国・地域別）

国・地域名	人数（人） 計	1. 産総研予算による出張	2. 依頼出張	3. 文科省科研費による出張
インド	47	42	3	2
インドネシア	76	67	9	
カンボジア	3	2	1	
シンガポール	63	53	6	4
タイ	149	140	7	2
パキスタン	2		2	
フィリピン	8	6	2	
ブルネイ	2		2	
ベトナム	49	39	6	4
マレーシア	43	31	8	4
バングラデシュ	1			1
モンゴル	8	6	1	1
ラオス	4	3	1	
韓国	295	249	31	15
中国	300	251	30	19
台湾	114	92	14	8
日本（海外在住）	11	11		
オーストラリア	91	66	11	14
サモア	1		1	
ニュージーランド	22	20	2	
米国	1128	982	45	101
アルゼンチン	11	9	1	1
グリーンランド	1	1		
カナダ	104	88	2	14
コスタリカ	1	1		
チリ	5	4	1	
プエルトリコ	2	2		
ブラジル	18	17		1
マケドニア	2	2		
マルタ	2	1		1
メキシコ	18	13	5	
モナコ	1	1		
アイルランド	4	3		1
イタリア	118	103	4	11
ウクライナ	1		1	
英国	96	78	7	11
エストニア	1	1		
オーストリア	36	33	1	2
オランダ	58	51	3	4
ギリシャ	14	11		3
クロアチア	5	4		1
サイプラス（キプロス）	2	1		1
スイス	69	50	13	6

事業組織・本部組織業務

人数（人） 国・地域名	計	1. 産総研予算による出張	2. 依頼出張	3. 文科省科研費による出張
スウェーデン	35	32	2	1
スペイン	63	51	3	9
スロバキア	3	3		
スロベニア	18	15	1	2
チェコ	18	17		1
デンマーク	30	24	3	3
ドイツ	183	155	12	16
ノルウェー	32	28	2	2
ハンガリー	27	24	1	2
フィンランド	37	33	2	2
フランス	192	160	20	12
ブルガリア	1	1		
ベルギー	39	33	5	1
ポーランド	18	14		4
ポルトガル	13	13		
チュニジア	1			1
バハレーン	1	1		
ルーマニア	3	3		
ロシア	27	22	5	
アラブ首長国連邦	2	2		
アルジェリア	1		1	
イスラエル	6	5		1
エジプト	4	3	1	
パラオ	3	2		1
ケニア	1			1
サウジアラビア	3	2	1	
トルコ	26	20	2	4
ナミビア	1		1	
マダガスカル	3	3		
北マリアナ連邦	1	1		
南アフリカ	6	4	1	1
ヨルダン	1		1	
合 計	3,785	3,205	284	296

※1つの出張で数カ国またがる場合には、それぞれの国にカウントしております。

表2 平成22年度外国出張者数（組織別）

組織別	人数（人）	計	1. 産総研 予算による 出張	2. 依頼出張	3. 文科省科 研費による 出張
理事長、理事、フェロー、顧問		56	54	1	1
研究ユニット		3,152	2,662	228	262
研究センター		834	718	62	54
研究部門		2,294	1,921	166	207
研究ラボ		24	23		1
本部組織		134	117	13	4
地域センター		38	32	5	1
その他		73	61	10	2
合 計		3,453	2,926	257	270

表3 出張目的別出張者数（複数申告）

目的	人数（人）	計	1. 産総研 予算による 出張	2. 依頼出張	3. 文科省科 研費による 出張
国際会議・学会等		2,595	2,205	156	234
動向調査		192	172	10	10
実地調査		127	102	18	7
在外研究		65	57	5	3
共同研究		288	241	32	15
技術協力		31	20	11	
交渉折衝		43	41	2	
在外研修		2	1	1	
その他		110	87	22	1
合 計		3,453	2,926	257	270

【各区分の定義】

- 国際会議・学会等：国際会議や学会への参加
 動向調査：海外の大学・研究所・企業等を訪問し、動向を調査
 実地調査：地質調査等の野外における調査
 在外研究：海外の大学・研究所等における研究
 共同研究：海外の大学・研究所等との共同研究の実施
 技術協力：JICA 専門家等として、海外機関における技術協力
 交渉折衝：海外の大学・研究所等における交渉、折衝
 在外研修：海外の大学・研究所等における研修
 そ の 他：上記に属しないもの

2) 外国人研究者受入

産業技術総合研究所における試験研究等の推進を目的として、「独立行政法人産業技術総合研究所外来研究員規程」(16規程第4号)に基づき、海外の研究機関、大学等からの研究者の受入れを実施している。平成22年度は、166名を受け入れた。主な区分けは、表4の注のとおり。

表4 平成22年度外国人研究者受入実績(制度別)

受入制度	受入人数
外国人外来研究員 (内 JSPSフェロー28人)	154
その他	12
合計	166

※ 新規受入分、滞在6日以上

【各区分の定義】

- ・ 外来研究員：産総研以外の者であって、自己の知見、経験等を活かし研究の推進に協力するために行う研究、調査、指導、助言等を行う者で原則として5年以上研究に従事した者をいう。
- ・ JSPSフェロー：JSPSフェロースhipにより来日している外国人外来研究員
- ・ その他：上記以外の外来研究員

表5 平成22年度外国人研究者受入実績(国・地域別)

国・地域別	人数	合計
アジア地域		
インド		9
インドネシア		2
韓国		13
タイ		7
台湾		7
中国		35
ベトナム		8
バングラデシュ		1
香港		2
マレーシア		3
モンゴル		1
オーストラリア		2
米州地域		
米国		9
カナダ		3
ブラジル		3
アルゼンチン		1
メキシコ		1
ヨーロッパ地域		
アゼルバイジャン		5
イタリア		5
オランダ		1
英国		4
ギリシャ		2
スウェーデン		1
スペイン		2
スロバキア		3
デンマーク		2
ドイツ		4
フィンランド		4
フランス		15
ポーランド		3

産業技術総合研究所

国・地域別	人数	合計
ロシア		3
ルーマニア		1
エストニア		1
その他の地域		
トルコ		2
ナイジェリア		1
合計		166

表6 平成22年度外国人研究者受入実績（組織別）

組織別	人数	合計	外来研究員	その他
活断層・地震研究センター		9	9	
メタンハイドレート研究センター				
太陽光発電研究センター		1	1	
情報セキュリティ研究センター		1	1	
バイオマス研究センター		3	3	
水素材料先端科学研究センター				
糖鎖医工学研究センター		2	2	
新燃料自動車技術研究センター		1	1	
生命情報工学研究センター		3	3	
生産計測技術研究センター		1	1	
バイオメディシナル情報研究センター				
ナノ電子デバイス研究センター		1	1	
ナノチューブ応用研究センター		1	1	
ネットワークフォトンクス研究センター				
サービス工学研究センター		3		3
先進パワーエレクトロニクス研究センター				
コンパクト化学システム研究センター		1	1	
集積マイクロシステム研究センター				
ナノスピントロニクス研究センター		2	1	1
デジタルヒューマン工学研究センター				
幹細胞工学研究センター				
計測標準研究部門		19	18	1
地圏資源環境研究部門		6	6	
知能システム研究部門		10	10	
エレクトロニクス研究部門		11	11	
光技術研究部門		1	1	
計測フロンティア研究部門		5	4	1
ユビキタスエネルギー研究部門		5	5	
先進製造プロセス研究部門		9	7	2
サステナブルマテリアル研究部門				
地質情報研究部門		18	17	1
環境管理技術研究部門		8	7	1
環境化学技術研究部門		5	4	1
エネルギー技術研究部門		6	6	
情報技術研究部門		1	1	
安全科学研究部門				
ナノシステム研究部門		18	18	
ヒューマンライフテクノロジー研究部門		2	2	
バイオメディカル研究部門		3	3	
生物プロセス研究部門		6	5	1
健康工学研究部門		3	3	
社会知能技術研究ラボ				
ダイヤモンド研究ラボ				

事業組織・本部組織業務

組織別	人数	合計	外来研究員	その他
計量標準管理センター				
地質調査情報センター				
関西産学官連携センターバイオベースポリマー連携研究体	1	1	1	
合 計		166	154	12

3) 技術研修

「独立行政法人産業技術総合研究所技術研修規程」(13規程第23号；最終改正 19規程第12号)に則り、外国の企業及び大学等から派遣された者に対して研究所が蓄積してきた技術ポテンシャルを基に、産業科学技術の発展及び継承を図るために技術研修を実施している。

また、(独)国際協力機構(JICA)や(独)日本学術振興会(JSPS)、(社)科学技術国際交流センター(JISTEC)、日欧産業協力センターからの依頼により、JICA 集団研修、個別研修、JSPS サマープログラム研修、ウインターインスティテュートプログラム研修やヴルカヌス・イン・ジャパン プログラム研修を実施している。

平成22年度は、6日以上滞在の技術研修員受入数は75名、5日以下 0名の総数 75名を受け入れた。

(平成21年度から継続滞在[6日以上滞在16名]を含むと、91名となる。)

表7 平成22年度 外国人技術研修受入実績(制度別)

制 度	6日以上	5日以下	計
技術研修(JICA/サマー/ウインター 研修以外)	45		45
サマープログラム研修	4		4
ウインターインスティテュート研修	12		12
JICA 個別研修	4		4
JICA 集団研修/国別特設	10		10
「バイオマス有効利用技術」	(2)		(2)
「法定計量分野の社会・産業基盤整備」	(8)		(8)
小 計	75		75

平成21年度からの継続

JICA 集団研修 「バイオマス有効利用技術」	3		3
JICA 集団研修 「産業・社会的基盤技術」	3		3
技術研修	10		10
小 計	16		16

合 計

91

91

表8 平成22年度 外国人技術研修受入実績(組織別) (6日以上滞在)

組織別	人数(人)	計	JICA	ウインター インスティテュート	サマープログラム	技術研修
バイオマス研究センター		4	2			2
新燃料自動車技術研究センター		2		1		1
メタンハイドレート研究センター		1		1		
太陽光発電研究センター		3				3
ユビキタスエネルギー研究部門		1			1	
環境管理技術研究部門		3				3
環境化学技術研究部門		1				1
エネルギー技術研究部門		1		1		
生物プロセス研究部門		4			1	3
バイオメディカル研究部門		2		1	1	
情報セキュリティ研究センター		1				1
ネットワークフォトニクス研究センター		1		1		
デジタルヒューマン工学研究センター		1		1		
ナノスピントロニクス研究センター		1				1
エレクトロニクス研究部門		6				6
光技術研究部門		1		1		
知能システム研究部門		12			1	11
情報技術研究部門		3		2		1
ナノ電子デバイス研究センター		1		1		
ナノシステム研究部門		1				1
先進製造プロセス研究部門		4	4			
計測標準研究部門		10		2		8

事業組織・本部組織業務

組織別	人数（人）	計	JICA	ウインター インスティテュート	サマープログラム	技術研修
計量標準管理センター		8	8			
活断層・地震研究センター		1				1
地圏資源環境研究部門		1				1
地質情報研究部門		1				1
計		75	14	12	4	45

表9 平成22年度 外国人技術研修 国・地域別受入れ一覧表（6日以上滞在）

国・地域別	人数（人）	受入人数	JICA	ウインター インスティテュート	サマープログラム	技術研修
アジア・大洋州地域						
インドネシア		2	2			
インド		1				1
韓国		23		12		11
タイ		7	1			6
中国		5				5
バングラデシュ		1	1			
フィリピン		3	2			1
ベトナム		1	1			
香港		3				3
台湾		3				3
マレーシア		1				1
ソロモン諸島		1	1			
米州地域						
ブラジル		1	1			
米国		2			2	
カナダ		1			1	
メキシコ		4	4			
ヨーロッパ地域						
フランス		15			1	14
その他の地域						
ヨルダン		1	1			
合計		75	14	12	4	45

表10-1 平成22年度 外国人技術研修受入実績（組織別；平成21年度からの継続；6日以上滞在）

組織別	人数（人）	計	JICA	技術研修
バイオマス研究センター		1	1	
新燃料自動車技術研究センター		1	1	
コンパクト化学システム研究センター		1	1	
ユビキタスエネルギー研究部門		1	1	
環境化学技術研究部門		1		1
生物プロセス研究部門		1		1
エレクトロニクス研究部門		1		1
光技術研究部門		1		1
知能システム研究部門		4	1	3
情報技術研究部門		1		1
ナノシステム研究部門		2		2
地圏資源環境研究部門		1	1	
計		16	6	10

表10-2 平成22年度 外国人技術研修国・地域別受入れ一覧表（平成21年度からの継続；6日以上滞在）

国・地域別	人数(人)	受入人数	JICA	技術研修
アジア地域				
タイ		1	1	
韓国		1		1
パキスタン		1	1	
バングラデシュ		2	2	
ベトナム		1	1	
米州地域				
ヨーロッパ地域				
イタリア		1		1
スペイン		2		2
フランス		3		3
スウェーデン		1		1
ポーランド		1		1
リトアニア		1		1
その他の地域				
ケニア		1	1	
合計		16	6	10

4) 外国機関等との覚書・契約等

外国機関との研究協力を推進するに当たり、研究協力覚書を締結。研究協力覚書は、産総研全体として諸外国の主要研究機関との連携強化を目指して戦略的に締結する包括的研究協力覚書、個別研究分野での研究協力促進を目的とする個別研究協力覚書の2種類がある。平成22年度に有効な包括的研究協力覚書、個別研究協力覚書の実績は表11、12のとおりである。

平成22年度は、包括的研究協力覚書では、インドネシア技術評価応用庁（BPPT）、ニューヨーク州立大学ナノスケール理工学部（CNSE）、フランス原子力代替エネルギー庁（CEA）、ベルギーIMEC インターナショナル、モンゴル鉱物資源・エネルギー省（MMRE）との間で、新たに5件の締結を行った。また、ベトナム科学技術院（VAST）、シンガポール科学技術研究局（A*STAR）、フィンランド技術研究センター（VTT）との間で、3件の更新を行った。

個別研究協力覚書では、台湾成功大学と新たに締結を行い、カナダ国立ナノテクノロジー研究所（NINT）と更新を行った。

表11 外国機関等との包括的研究協力覚書

国・地域名	機関名
アジア・大洋州地域	
インド	科学技術省バイオテクノロジー局（DBT: Department of Biotechnology） 科学技術省科学産業研究機構（CSIR: Council of Scientific and Industrial Research）
中国	中国科学院（CAS: Chinese Academy of Sciences）
台湾	工業技術研究院（ITRI: The Industrial Technology Research Institute）
韓国	韓国産業技術研究会 （ISTK: Korea Research Council for Industrial Science and Technology）
インドネシア	インドネシア技術評価応用庁 （BPPT: Agency for the Assessment and Application of Technology）*
マレーシア	マレーシア標準・工業研究所（SIRIM Berhad）
ベトナム	ベトナム科学技術院（VAST: Vietnamese Academy of Science and Technology）
タイ	国家科学技術開発庁 （NSTDA: National Science and Technology Development Agency）
	タイ科学技術研究院 （TISTR: Thailand Institute of Scientific and Technological Research）
シンガポール	科学技術研究局（A*STAR: Agency for Science, Technology and Research）
オーストラリア	連邦科学産業研究機構 （CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization）
モンゴル・日本	モンゴル鉱物資源・エネルギー省（MMRE: The Ministry of Mineral Resources and Energy in Mongolia）、独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC: Japan Oil, Gas and Metals National Corporation）*
米州地域	
米国	国立標準技術研究所 （NIST: The National Institute of Standards and Technology）
	ローレンス・バークレー国立研究所 （LBNL: Lawrence Berkeley National Laboratory）
	国立再生可能エネルギー研究所 （NREL: The National Renewable Energy Laboratory）
	ロスアラモス国立研究所（LANL: Los Alamos National Laboratory）
	ローレンス・リバモア国立研究所 （LLNL: Lawrence Livermore National Laboratory）
	サンディア国立研究所（SNL: Sandia National Laboratories）
米国	ニューヨーク州立大学ナノスケール理工学部 （CNSE: College of Nanoscale Science and Engineering of the University at Albany - State University of New York）*
ヨーロッパ地域	

国・地域名	機関名
ノルウェー	ノルウェー科学技術大学 (NTNU: Norwegian University of Science and Technology)
	エネルギー技術研究所 (IFE: Institute for Energy Technology)
	ノルウェー産業科学技術研究所 (SINTEF: The Foundation for Scientific and Industrial Research at the Norwegian Institute of Technology)
フィンランド	フィンランド技術研究センター (VTT: The Technical Research Centre of Finland)
フランス	国立科学研究センター (CNRS: Centre National de la Recherche Scientifique)
	原子力代替エネルギー庁 (CEA: Commissariat a l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives) *
ドイツ	ヘルムホルツ協会 (Helmholtz Association of German Research Centres)
	カールスルーエ技術研究所 (Karlsruhe Institute of Technology)
	ユーリッヒ研究センター (Forschungszentrum Jülich GmbH)
ベルギー	IMEC インターナショナル (IMEC: Inter-University Microelectronics Center International) *
その他の地域	
南アフリカ共和国・日本	南アフリカ共和国地球科学評議員会 (CGS: Council for Geosciences of the Republic of South Africa)、石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC: Japan Oil, Gas and Metals National Corporation)

注) 平成22年度に有効な包括的研究協力覚書。*印は22年度新規締結分。

表12 外国機関等との個別研究協力覚書

国・地域名	機関名	ユニット名
アジア・大洋州地域		
インドネシア	技術評価応用庁 (BPPT: Agency for the Assessment and Application of Technology)	バイオマス研究センター
オーストラリア	オーストラリア国立計量研究所 (NMI: National Measurement Institute, Australia)	計量標準総合センター
タイ	タイ国立計量研究所 (NIMT: National Institute of Metrology, Thailand)	計量標準総合センター
	鉱物資源局 (DMR: Department of Mineral Resource, Ministry of Natural Resources and Environment)	地質調査総合センター
モンゴル	モンゴル鉱物資源石油管理庁 (MRPAM: Geological Department of Mineral Resources and Petroleum Authority of Mongolia)	地質調査総合センター
韓国	韓国エネルギー研究所 (KIER: Korea Institute of Energy Research)	太陽光発電研究センター
	高麗大学 (Korea University)	健康工学研究部門
	韓国標準科学研究院 (KRISS: Korea Research Institute of Standards and Sciences)	計測標準総合センター
	韓国技術標準院 (KATS: The Korean Agency for Technology and Standards)	計測標準総合センター
	延世大学 (Yonsei University)	ナノシステム研究部門
韓国	韓国地質資源研究院 (KIGAM: Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources)	地質調査総合センター
	韓国電子通信研究院 (ETRI: Electronics and Telecommunications Research Institute)	知能システム研究部門
台湾	工業技術研究院 (ITRI: The Industrial Technology Research Institute)	太陽光発電研究センター
	国立成功大学 (Disaster Prevention Research Center, National Cheng Kung University) *	活断層・地震研究センター
中国	中国地質調査局 (CGS: China Geological Survey)	地質調査総合センター
	中国計量科学研究院 (NIM: The National Institute of Metrology of the People's Republic China)	計量標準総合センター

事業組織・本部組織業務

国・地域名	機関名	ユニット名
中国・韓国	中国計量科学研究院（NIM: The National Institute of Metrology of the People's Republic of China）、 韓国標準科学研究院（KRISS: the Korea Research Institute of Standards and Science）	計量標準総合センター
日本・マレーシア	九州工業大学、マレーシアプトラ大学（Kyushu Institute of Technology, University Putra Malaysia）	バイオマス研究センター
米州地域		
カナダ	カナダ国立研究機構 国立ナノテクノロジー研究所 （NINT: National Institute for Nanotechnology, National Research Council of Canada）	ナノシステム研究部門
ブラジル	国立工業度量衡・品質規格院（INMETRO: National Institute of Metrology, Standardization and Industrial Quality）	計量標準総合センター
米国	国立標準技術研究所（NIST: The National Institute of Standards and Technology）	計量標準総合センター
	ロスアラモス国立研究所（LANL: Los Alamos National Laboratory）、 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO: New Energy and Industrial Technology Development Organization）	エネルギー技術研究部門
ヨーロッパ地域		
オーストリア	オーストリア地質調査所 （GBA: The Geological Survey of Austria）	地質情報研究部門
	ヨハネスケプラー大学（Johannes Kepler University Linz）	生命情報工学研究センター
ドイツ	カールスルーエ技術研究所 （Karlsruhe Institute of Technology）	安全科学研究部門
	ドイツ物理工学研究所 （PTB: Physikalisch-Technische Bundesanstalt）	計量標準総合センター
オランダ	オランダ計量研究所（NMI Certin B.V.）	計量標準総合センター
ベルギー	ゲント大学（Ghent University）	糖鎖医工学研究センター
ロシア	ロシア計量試験科学研究所 （VNIIMS : Russian Scientific-Research Institute for Metrological Service of Gosstandart of Russia）	計量標準総合センター
その他の地域		
トルコ	トルコ共和国鉱物資源調査開発総局 （The General Directorate of Mineral Research and Exploration of the Republic of Turkey）	地質調査総合センター

注) 平成22年度に有効な個別研究協力覚書。 *印は22年度新規締結分。

5) その他の連携活動

表13 国際シンポジウム等開催（国際部扱い）

国際シンポジウム等名称	開催場所	開催期間	備考
ハノーバー・メッセ2010	ハノーバー（ドイツ）	2010年 4月19日～23日	出展
日米研究協力ワークショップ	アルバカーキ(米国)	2010年 6月 2日～ 4日	共催
ベトナム VAST-AIST セミナー	ハノイ（ベトナム）	2010年 6月15日	主催
ノルウェー SINTEF、再生可能エネルギーに関するワークショップ	つくば（日本）	2010年 6月28日	主催
ドイツ カールスルーエ技術研究所、技術移転に関するワークショップ	つくば（日本）	2010年 9月14日	主催
第7回 日タイ連携ワークショップ2010	サイエンスパーク（タイ）	2010年11月15日～16日	主催
第7回 バイオマス・アジアワークショップ	ジャカルタ（インドネシア）	2010年11月29日 ～12月1日	主催
第4回 インド科学技術省バイオテクノロジー局（DBT）とのワークショップ	デリー（インド）	2010年12月13日～14日	主催
ノルウェー NTNU、SINTEF、未来のエネルギーシステムに関するワークショップ	トロンハイム（ノルウェー）	2011年 1月25日～26日	主催
インドネシア BPPT-AIST 研究ワークショップ	ジャカルタ（インドネシア）	2011年 2月24日	主催

※ 研究ユニット等が主催し国際部が関与しない国際会議等のうち、重要なものは下記URLにて紹介されております。
http://www.aist.go.jp/db_j/list/l_event_old_event_main.html

表14 平成22年度主な外国要人來訪

国名・機関名・役職	来訪者
ベトナム科学技術院副院長	デュオン・ゴク・ハイ
ロシア連邦院副議長	ニコラエフ, M.E.
韓国元産業資源部長官	シン・コックファン
フランス国立科学研究センター総裁	アラン・フックス
国際度量衡局局長	アンドリュウ・ワラード
米国国立標準技術研究所所長	パトリック・ギャラガー
米国ロスアラモス国立研究所副所長	テリー・ウォランス
ノルウェー産業科学技術研究所マテリアルズアンドケミストリー部門長	トシュタイン・ホーバルグ
韓国知識経済部R&D戦略企画団団長	フアン・チャンギョ
タイ国家科学技術開発庁長官	タウィサック・コアナンタクル
中国大連市市長	李万才
インドネシア技術評価応用庁議長	マルサン・アジス・イスカンダル
スーダン科学技術大臣	エイサ・ボシュラ・ハミッド
ベルギーIMECインターナショナル総裁	ルク・バン・デン・フープ
台湾工業技術研究院会長	蔡清彦
タイ科学技術研究院院長	カセムスリ・ホームチェアン
シンガポール科学技術研究局長官	リム・チュアン・ポー
韓国科学技術企画評価院院長	イ・ジョンジュン
ドイツヘルムホルツ協会理事長	ユルゲン・ムリネック
ノルウェー研究・高等教育大臣	トーラ・オースラン
チェコ科学アカデミー総裁	イジー・ドラホシュ
フランスMINATEC所長	ジャン-シャルル・ギベール

※ 公式訪問 全123件

⑤【ベンチャー開発部】

(AIST Division for Start-ups)

所在地：つくば中央第二

人員：10名（3名）

概要：

2010年10月1日、イノベーション推進本部の発足に伴い、「ベンチャー開発センター」から「イノベーション推進本部ベンチャー開発部」へと組織を変更し、2011年1月1日には事業所を秋葉原からつくば第2に移した。

「スタートアップ開発戦略タスクフォース」（以下、タスクフォース）によるベンチャー創出、および技術移転措置によるベンチャー企業支援を柱に、より成功確率の高いベンチャーの創出・支援に注力した。また研修の実施、成果普及のための情報発信、他機関との連携などにも力を入れた。

1. ベンチャー創出・支援の実践

2010年度には、新規3件を含めて9件のタスクフォースを設置し、ビジネスプランの策定や各種展示会への出展支援など、ベンチャー創業に向けた技術開発等の集中的な取組みを行った。また年度末にはタスクフォース成果報告会を開催し、内外に向けて成果報告や情報発信を行った。2010年度にタスクフォース（以前に実施したものを含む）から創出したベンチャーは4社であった。また、創業に関心を有する研究者の人材育成の一環として、ビジネスプラン作成のための研修や各種セミナーを企画・開催した。

法務・経営・財務等各種専門家と12件の請負契約のもと、起業家及び既存ベンチャーに専門家相談の場を提供した。5社について、会社定款認証や会社設立登記手続きなどの代行業務を行った。

6社に対して産総研技術移転ベンチャーの称号を付与するとともに、知的財産権の独占的実施権許諾や施設等の使用許可等の技術移転促進措置を実施した。さらに、創出したベンチャー間の交流促進、およびベンチャー支援機関等関係者とのネットワーク構築・連携のため、「AIST スタートアップスクラブ」を開催した。

2010年度末までに創出された産総研技術移転ベンチャーは累計108社となった。

機構図（2011/3/31現在）

[ベンチャー開発部]

— 部長 河野 満男
 — 次長 岩崎 孝志
 — スタートアップ・アドバイザー
 藤田 和博
 高橋 通

富士岡 芳樹

古川 博之

平林 隆

竹生 一行

— [開発企画室] 室長 酒井 夏子

— [ベンチャー支援室] 室長 松本 卓

スタートアップ・アドバイザー（Start-up Advisor）

（つくば中央第2）

概要：

産総研内のベンチャー化に適した技術シーズの発掘とともに、タスクフォースを統括し、ベンチャー創業に向けて必要な追加的研究開発やビジネスプランの作成等を行う。必要に応じて、産総研の職を離れ、創業後の企業経営に参画する。

開発企画室（Planning office）

（つくば中央第2）

概要：

ベンチャー開発部の活動計画を企画立案するとともに、活動における諸問題について産総研内外との調整を行う。また、部予算の管理を行うとともに、タスクフォースの運営管理に関する事務を行う。また、ハイテクベンチャーの創出を担うイノベーションプラットフォーム化に向けて組織改革や制度改革を推進するとともに、産総研内部の人材育成や意識改革を図るために、ベンチャー創出に関する職員向け研修やセミナーの企画・運営、さらに、成果の発信のための広報活動を行う。

ベンチャー支援室（Office of business development）

（つくば中央第2）

概要：

研究者からのベンチャー起業相談に対して、関連部署と連携して創業のためのオーダーメイド・サービスを提供する。インキュベーション・マネージャーの資格を有する職員が、研究者からの創業に関する各種の相談に応じるほか、会社の設立にあたって、設立事務代行などの支援を行う。さらに、産総研ベンチャー技術移転促進措置実施規程に基づく称号付与及び技術移転促進措置に関する事務を行う。

2010年度実績

○スタートアップ開発戦略タスクフォース

・ベンチャー創出・支援研究事業 7件

新規採択 3件

継続案件 4件

・カーブアウト事業 1件

新規採択 0件

継続案件 1件

- ・ベンチャー支援任用 1件
継続案件 1件
- ベンチャー支援室が受けた創業関連相談件数
73件
- 会社設立等代行業務の実施数
5件
- 産総研技術移転ベンチャー
 - ・産総研技術移転ベンチャー企業数
新規 6社（累計108社）
 - ・支援期間中ベンチャー企業数
33社（2011年3月31日現在）
 - ・産総研技術移転ベンチャーのうち、スタートアップ開
発戦略タスクフォース発ベンチャー企業数
新規 4社（累計40社）
 - 内訳 新規創業4社（累計33社）
（表1の「TF 案件」4社）

表1 2010年度に称号付与した産総研技術移転ベンチャー一覧

	企業名	称号付与年月日	創出元研究ユニット	備考
1	(株)D3基盤技術	2010/04/28	知能システム研究部門	TF 案件
2	(株)TES ニューエナジー	2010/06/01	ユビキタスエネルギー研究部門	TF 案件
3	BURSEC(株)	2010/07/29	情報セキュリティ研究センター	TF 案件
4	(株)旬材ソリューションズ	2010/09/01	サービス工学研究センター	
5	フリッカーヘルスマネジメント(株)	2010/09/30	健康工学研究部門	TF 案件
6	Wafer Integration(株)	2011/02/07	エレクトロニクス研究部門	

- 研修
 - ・「ベンチャー創業に関心を有する研究者向けビジネスプラン作成演習」(1泊2日)
実施回数：1回（19名が受講）
 - ・「ベンチャー創業に関心を有する研究者向けアラカルトセミナー」(1回あたり2時間)
実施回数：4回（4回合計で72名が参加）
 - ・新規採用職員のための研修（15分）
実施回数：1回（能力開発部門による「2010年度第1回新規採用職員研修」の一部として実施）
- ベンチャー開発部の主催イベント
 - ・2010年度第1回 AIST スタートアップスクラブ
2010年7月26日開催
会場：秋葉原ダイビル11階
秋葉原事業所大会議室(2)
参加者数：75名
 - ・第6回タスクフォース成果報告会
2011年2月9日開催
会場：秋葉原ダイビル5階 5B 会議室
参加者数：97名
- 展示会・見本市への出展
 1. SBS 16th Annual Conference & Exhibition
開催期間：2010年4月11日～15日
開催場所：Phoenix, AZ USA
 2. イノベーション・ジャパン2010—大学見本市
開催期間：2010年9月29日～10月1日
開催場所：東京国際フォーラム
 3. 産総研オープンラボ2010
開催期間：2010年10月14日～15日
開催場所：産総研つくばセンター
 4. 産業交流展2010
開催期間：2010年11月10日～12日
開催場所：東京ビッグサイト
 5. Asian Venture Capital Network Forum
開催期間：2010年11月24日～25日
開催場所：東京国際交流間 プラザ平成
 6. INTERMEASURE 2010
開催期間：2010年11月24日～26日
開催場所：東京ビッグサイト
 7. 第3回つくば産産学連携促進市 in アキバ
開催期間：2011年2月8日
開催場所：秋葉原コンベンションホール
(秋葉原ダイビル2階)

⑥【国際標準推進部】
(International Standards Promotion Division)

所在地：つくば中央第2

人員：8名（4名）

概要：

産総研の研究ポテンシャルを活用した標準化研究開発を実施することにより、標準化に貢献し、もって我が国の産業競争力強化や安心・安全な社会の実現に貢献する各種活動を行っている。

産学官連携推進部門工業標準部を改組し、平成22年4月に理事長直轄の国際標準推進部として発足。同年9月の組織再編により、イノベーション推進本部下へ移行した。

国際標準推進部の発足にあわせ、産総研が研究開発と標準化を一体的に推進するための大枠の活動方針の方向性を議論する「標準化戦略会議」を設置し、検討を進めている。また、標準化戦略会議での議論を踏まえて、標準化・認証に係る内外の機関・分野の戦略課題の調査・分析に基づく産総研の国際標準推進の活動方針の検討とその活動実施を推進する「標準化・認証検討委員会」を設置した。

標準化を目的とした研究開発は、標準化研究として実施され、社会ニーズや行政からの要請を受けて交付金によって行う「標準基盤研究」、経済産業省からの委託を受けて行う「社会環境整備・産業競争力強化型規格開発事業」、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構が実施する「戦略的国際標準化推進事業」などの事業として行っている。これら研究開発の成果は、国内標準（JIS）、国際標準（ISO、IEC）などの公共財として世の中に出され、社会に貢献する。

また、「くらしと JIS センター」を運営・管理し、(独)製品評価技術基盤機構と高齢者・障害者に配慮した標準化のための共同事業の実施を推進する。常設展示室「JIS パビリオン」は、産総研の研究成果を紹介する常設展示施設「サイエンス・スクエアつくば」に統合し、利用者の利便性向上を図るとともに、引き続き標準化意義や産総研の取り組みを広く広報している。

機構図（2011/3/31現在）

〔国際標準推進部〕

	部長	松田 宏雄
	審議役	瀬田 勝男
	部総括	鬼東 忠人
—	〔標準企画室〕	室長 竹歳 尚之
—	〔標準化推進室〕	室長 大曾根 均
—	〔試験システム開発支援室〕	室長 黒岩 貴芳

標準企画室 (Standards Planning Office)

(つくば中央第2)

概要：

標準に関する企画及び立案、総合調整に関する業務、標準化戦略会議および標準化認証検討委員会の事務局、研究ユニットの標準化計画策定並びに進捗・成果のフォローアップ、コンソーシアム活動の推進に係る企画調整、産業界標準化戦略調査並びに世界・アジア標準化戦略策定支援を行っている。

標準化推進室 (Standardization Promotion Office)

(つくば中央第2)

概要：

ナノテク標準化活動等の国際標準化活動に関する支援・事務局業務、RIO-DB の整備管理、産総研 JIS 等・規格文書の管理と発信、標準化普及の為の広報活動、くらしと JIS センター運営業務を行っている。

試験システム開発支援室

(Testing System Cooperation Office)

(つくば中央第2)

概要：

実証された試験サービス支援に関する業務、品質保証支援、適合性評価結果の相互承認支援、認証・認定適用指針作成支援とその管理、認証ビジネスの展開に関する技術調査、認証・認定機関との事務連携調整、依頼試験等の受付等に係る業務を行っている。

① 工業標準化と国際標準化の概要

標準化とは、「自由に放置すれば、多様化、複雑化、無秩序化する事柄を少数化、単純化、秩序化すること」である。標準（＝規格）は、標準化によって制定される取決めであり、一般的に、強制的ではなく、任意のものである。

工業標準化とは、工業分野における標準化のことであり、我が国では、国が定める工業標準としてとして日本工業規格（JIS）が制定されている。

また、国際標準とは、製品の品質、性能、安全性、寸法、試験方法などに関する国際的な取極めのことである。国際市場において円滑に経済取引を行っていくには、相互理解、互換性の確保、消費者利益の確保などを図ることが重要であり、いずれが保証されなくても取引上大きな障害となるほか、新技術・製品の国際的普及のためにも、技術内容が国際的に理解できる形で共有されていることが重要であることから、国際標準化への取り組みは極めて重要である。

② 標準化研究制度の概要

産業競争力強化の必要性が高まる中、研究開発成

果の普及促進の観点から、研究開発と標準化との連携が重要な課題となっている。このような背景の下、産総研は、所を挙げて標準化に取り組むこととしている。

このため、産総研の研究開発成果を標準化を通じて普及するために必要な研究、及び、経済産業省等行政からの要請に対応した標準化のために必要な研究を実施している。

標準化研究は、日本工業規格（JIS）、国際規格（ISO・IEC）、国際的フォーラム等への提案を直接の目標として掲げるものであり、現在、主に下記の3つの制度を実施・活用している。

イ 標準基盤研究

産総研の研究開発成果の普及に資するため、社会ニーズ及び行政からの要請を反映しつつ、工業標準（JIS、ISO、IEC、国際的なフォーラム等の規格）の素案を作成することを目的とした研究を行う制度。

研究実施者は、当該研究テーマについて、工業標準化の前提となる基礎的データ等の関連情報の収集・蓄積・体系化や、試験評価方法の確立の基礎となる評価データの取得・分析等を行いつつ、JIS や ISO、IEC、国際的なフォーラム等への国

際提案の素案を作成する。なお、各研究テーマの研究期間は原則として1～3年。

ロ 社会環境整備・産業競争力強化型規格開発事業
環境問題の解決など社会的課題の解決を促進し、我が国産業の国際競争力を強化していく上で、標準化は大きな役割を担っていることを踏まえ、「国際標準化アクションプラン」を策定し、積極的に国際標準化活動を推進するとともに、社会ニーズ等を踏まえた日本工業規格（JIS）の制定・改正を着実に進めることを目的として経済産業省が実施する委託事業。

ハ （独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）戦略的国際標準化推進事業（標準化研究開発、標準化先導研究）

市場のグローバル化が進む中、国際標準化に向けた研究開発等を実施し、我が国の研究開発成果を国際市場に繋げることで、その普及と我が国の産業競争力の強化を図ることを目的としてNEDO が実施している委託事業。

国際標準 (ISO、IEC) 提案実績一覧

平成23年3月31日

No.	規格番号等	名称	提案	提案者	所属ユニット	研究名	標準発行機関等
1	ISO/CD16620	Plastic-Determination of the biomass carbon ratio in plastic product and its components プラスチック-プラスチック製品及びその構成物のバイオマス炭素含有率の求め方	H22. 4	国岡 正雄 船橋 正弘	環境化学技術 研究部門	H18 石特：委託費（化成品における非石油資源である再生可能原料利用率測定方法の標準化） H19-21 標準基盤研究（バイオマス炭素含有率の測定法の標準化）	ISO/TC61（プラスチック） /SC5（物理化学的性質） /WG22（生分解性）
2	ISO/IEC NP XXXXX	Voice Command Part 1 : Framework and general guidance 情報技術 —ユーザインタフェース—音声命令—第1部：枠組みと一般指針	H22. 4	関 喜一	ヒューマンライ フテクノロジー 研究部門	感覚・認知機能に関わるアクセシブルデザインの研究	ISO/IEC/JTC1（情報技術） /SC35（ユーザインタフェース）
3	ISO/IEC NP XXXXX	Voice Command Part 4 : Management of voice command registration. 情報技術 —ユーザインタフェース—音声命令—第4部：音声命令の登録管理	H22. 4	関 喜一	ヒューマンライ フテクノロジー 研究部門	感覚・認知機能に関わるアクセシブルデザインの研究	ISO/IEC/JTC1（情報技術） /SC35（ユーザインタフェース） /WG5（ボイスコマンド）
4	ISOXXXX X	Non-destructive testing - Infrared thermographic testing - General principles 非破壊試験—赤外線サーモグラフィ試験—通則（TC135）	H22. 4	兵藤 行志	ヒューマンライ フテクノロジー 研究部門	H20～22 標準基盤研究（赤外線サーモグラフィを用いた整形外科デバイスの力学的適合性試験方法）	ISO/TC135（非破壊試験） /SC8（赤外線サーモグラフィ試験）
5	ISO/NP 9241-391	Ergonomics of Human System Interaction -- Part 391: Requirements, analysis and compliance test methods for the reduction of photosensitive seizures 人間とシステムのインタラクション 第391部 光感受性発作を抑制するための基本要素事項、計測法及び適合性試験方法	H22. 4	氏家 弘裕 渡邊 洋	ヒューマンライ フテクノロジー 研究部門	H20～22 標準基盤研究（映像の生体安全性に基づく安全基準の国際標準化）	ISO/TC159（人間工学） /SC4（人間とシステムのインタラクション）
6	ISO/AWI 16613	Ergonomics- Accessible design - Sound pressure levels of spoken announcements for products and public address systems 人間工学—アクセシブルデザイン規格—製品及び案内放送による音声ガイドの音圧レベル	H22. 4	佐藤 洋 倉片 憲治	ヒューマンライ フテクノロジー 研究部門	H17～19 標準基盤研究（人間特性データ解析） H21～23 国際標準共同研究開発事業（アクセシブルデザインの体系的技術に関する標準化）	ISO/TC159（人間工学） /SC5（物理的環境の人間計測） /WG5（特別な配慮を必要とする人々のための環境）
7	ISO/PWI 16063-44	Methods for the calibration of vibration and shock transducers, Calibration of hand held accelerometer calibrator 振動及び衝撃トランスデューサの校正方法・第44部手持ち振動校正装置の校正法	H22. 9	臼田 孝	計測標準研究部 門	H13～ 手持ち式振動加速度計校正装置：運営費交付金・振動加速度標準の開発と供給	ISO/TC108（機械振動及び衝撃） SC3（振動・衝撃測定器）
8	OMG	Robotic Interaction Service (RoIS) Framework インタラクションサービス	H22. 11	神徳 徹雄	知能システム研 究部門	H21～23 標準基盤研究（ロボット用位置・測位情報標準の研究）	OMG (Object Management Group) /Robotics Doman Task Force
9	OMG	Dynamic Deployment and Configuration for Robotic Technology Component (DDC4RTC) RTC の動的構成	H22. 11	神徳 徹雄	知能システム研 究部門	H21～23 標準基盤研究（ロボット用位置・測位情報標準の研究）	OMG (Object Management Group) /Robotics Doman Task Force
10	IEC62282-7-2	Fuel cell technologies- Part7-2:Single cell/stack-performance test methods for solid oxide fuel cells (SOFC) 固体酸化燃料電池単セル及びスタックに対する発電性能試験方法	H23. 1	嘉藤 徹	エネルギー技術 研究部門	H19～21 国際標準共同研究開発事業（SOFC 単位セルアッセンブリー試験方法に関する標準化）	IEC/TC105

産業技術総合研究所

国内標準（JIS、TS）提案実績一覧

平成23年3月31日現在

No.	TR/JIS 規格番号	名 称	経済省提出	提案者名	所属ユニット	研究名
1	JIS T 7404-3	生体活性バイオセラミックス-第3部 溶解速度 試験方法	H22. 4	伊藤 敦夫	ヒューマンライ フテクノロジー 研究部門	H20～22 標準基盤研究（再生医 療材料の in vitro 吸収 性評価法国際標準形成 に関する研究）
2	JIS S 4803	たばこライター及び多目的ライター ー操作力 による幼児対策（チャイルドレジスタンス機 能）安全仕様	H22. 6	持丸 正明	デジタルヒュー マン工学研究セ ンター	H21～23 国際標準共同研究開発 事業（アクセシブルデ ザインの体系的技術に 関する国際標準化）
3	改正 JIS S 0013	高齢者・障害者配慮設計指針ー消費生活製品の 報知音	H22. 6	倉片 憲治	ヒューマンライ フテクノロジー 研究部門	H21～23 国際標準共同研究開発 事業（アクセシブルデ ザインの体系的技術に 関する国際標準化）
4	JIS S 0052	高齢者・障害者配慮設計指針ー触覚情報表示ー 触知図形の設計方法	H22. 7	佐川 賢 伊藤 納奈	ヒューマンライ フテクノロジー 研究部門	H18～21 健康安心プログラム 再生医療評価研究開発 事業（NEDO）
5	TR X XXXX	間葉系幹細胞 p16遺伝子メチルの解析方法	H22. 8	廣瀬 志弘	ヒューマンライ フテクノロジー 研究部門	H18～21 健康安心プログラム 再生医療評価研究開発 事業（NEDO）
6	TR X XXXX	拡散テンソル磁気共鳴画像による関節軟骨の in vivo 構造評価方法	H22. 8	廣瀬 志弘	ヒューマンライ フテクノロジー 研究部門	H18～21 健康安心プログラム 再生医療評価研究開発 事業（NEDO）
7	改正 JIS B 7552	液体用流量計の校正方法および試験方法	H22. 8	寺尾 吉哉	計測標準研究部 門	H20～21 標準基盤研究（JCSS 流量計による流量計校 正方法に関する研究）
8	JIS Z 8791	ホログラムの回折効率及び関連する光学特性の 測定方法	H22. 8	福田 隆史	光技術研究部門	H18～19 標準基盤研究（ホログ ラム記録材料の光学的 特性測定方法）
9	JIS Z 8792	ホログラムの記録特性測定方法	H22. 8	福田 隆史	光技術研究部門	H18～19 標準基盤研究（ホログ ラム記録材料の光学的 特性測定方法）
10	JIS K 0450-70-10	工業用水・工場排水中のペルフルオロオクタン スルホン酸及びペルフルオロオクタン酸の試験 方法	H22. 11	山下 信義	環境管理技術研 究部門	H21 標準基盤研究（PFOS 分析法の JIS 化と関連 物質分析法の国際標準 化に関する研究）
11	JIS X 8341-7	高齢者・障害者等配慮設計指針ー情報通信にお ける機器，ソフトウェア及びサービスー第 xx 部：アクセシビリティ設定（旧名称：情報機器 におけるアクセシビリティ設定のためのアクセ シブルなユーザインタフェース（ISO24786の翻 訳 JIS）	H23. 1	関 喜一	ヒューマンライ フテクノロジー 研究部門	
12	TS Z 0029	真空技術ー真空計ー真空計の校正値の不確かさ 評価	H23. 1	秋道 齊	計測標準研究部 門	

⑦【つくばイノベーションアリーナ推進部】

(Tsukuba Innovation Arena Promotion Division)

所在地：つくば中央第2

人員：18名（7名）

概要：

つくばイノベーションアリーナ推進部は、つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点（TIA-nano）の形成を通じて、産総研のミッションである「21世紀型課題の解決」、「オープンイノベーションのハブ機能の強化」をその業務としている。

TIA-nano は世界水準の先端ナノテク研究設備・人材が集積するつくばにおいて、内閣府、文部科学省及び経済産業省からの支援を得て、産総研、物質・材料研究機構及び筑波大学が中核となり、産業界が加わって、世界的なナノテクノロジー研究・教育拠点構築を目指すものであり、2009年6月に中核機関の代表者等による共同宣言が行われた。

つくばイノベーションアリーナ推進部は、TIA-nano の活動の中で、中核機関で構成される事務局の中心的な役割を果たしている。また、最先端研究開発支援プログラムの研究支援担当機関としての機能、IBECセンターの運営などを行っている。

1. TIA-nano の組織体制を構築

TIA-nano の理念実現に向け、最高意思決定機関として運営最高会議、実務的な拠点運営及び全体調整を担う運営会議及び事務局からなる組織体制を構築した。また、TIA-nano の各コア研究領域等において産学官関係者が実務的な検討を行う8つの作業部会（WG）を設置し、活動を本格化させた。

2. TIA-nano の中期計画の策定

2010年度～2014年度までの5年間の第1期とするTIA-nano 中期計画を策定し、「先端ものづくり国家としてのわが国の繁栄と世界的な課題解決に貢献するナノテクノロジー拠点の形成」をスタートさせた。

3. コア研究領域とコアインフラの運営

TIA-nano を構成する各コア研究領域とコアインフラにおいて、研究成果の実用化と拠点整備を促進するための効率的な運営に向けた枠組みを構築した。

4. 最先端研究開発支援プログラムの研究支援担当機関として、中心研究者を支える体制を整えとともに、成果の公開活動として国際シンポジウムを開催した。

5. 外部公開6チームに、内部共用を行う2チームを加えた IBEC センターを組織化し、内外の利用者に多様なサービスが提供できる体制を作り上げた。

6. 海外の主要なナノテク拠点である IMEC 等と MoU 締結し、締結先との間でワークショップを開催した。

7. 各種展示会への出展、学術誌における TIA-nano 関連記事の投稿、パンフレット・ホームページの公開及び TIA 紹介ビデオの作製等、幅広い広報活動を行った。

機構図(2011/3/31現在)

[つくばイノベーションアリーナ推進部]

部長	渡邊 政嘉
審議役	岩田 普
審議役	岡田 道哉
審議役	関 芳明

[TIA 企画室]

室長	坂本 邦博
総括主幹	小笠原 敦

[IBEC センター]

センター長	川口 建二
-------	-------

TIA 企画室 (TIA Promotion Office)

(つくば中央第2)

概要：

担当業務は次のとおりである。

1. つくばイノベーションアリーナの推進に関する基本方針の企画及び立案並びに総合調整。
2. つくばイノベーションアリーナの推進に関する情報の収集、分析及び調査。

IBEC センター (IBEC Center)

(つくば中央第2他)

概要：

担当業務は次のとおりである。

1. IBEC センターの運営の基本方針の企画及び立案並びに総合調整。
2. 研究用品の依頼試作及び工作並びに依頼分析。

⑧【イノベーションスクール】

(Innovation School)

所在地：つくば中央第2、つくばセンター

概要：

産総研イノベーションスクール制度は、産総研特別研究員および産総研にて技術研修を行う博士課程の学生を対象として、特定の専門分野について科学的・技術的な知見を有しつつ、より広い視野を持ち、異なる分野の専門家と協力するコミュニケーション能力や協調性を有する人材の輩出を目指す事業である。「産総研イノベーションスクール制度」では、本格研究に関する講義、本格研究実践のためのツールを用いた研修、キャリアカウンセリング、産総研の人材育成に協力的

ただける企業との間で行われる実践的な **On the Job training (OJT)** などのカリキュラムを通じて、企業等で即戦力として活躍できる人材を輩出させ、社会的なニーズと有用な人材のミスマッチを解消していくことに寄与していくことを目的とする。

具体的に、イノベーションスクールは、次の業務を行う。

- ・イノベーションスクールの運営の基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関すること
- ・その他イノベーションスクールの運営等に関すること

平成22年度の活動の概要

- ・イノベーションスクールの運営の基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関すること

平成22年度四期生講義を博士研究員2クラスと博士課程学生2クラスの計4クラス開講し、マナー・コミュニケーション研修や標準化と研究、知的財産と研究、環境・エネルギー研究、中小・中堅企業の研究経営、公的研究機関の研究戦略・研究経営、経済産業省の人材育成政策、企業の研究開発、構成学輪講などについて講義し、研究発表会を行った。

また、企業 OJT 受け入れ実績のある企業40社に対して産総研イノベーションスクール制度に関するヒアリング調査を実施した。

- ・その他イノベーションスクールの運営等に関すること

平成22年度四期生講義をまとめた受講者による受講レポートや構成学輪講・研究発表レポート、企業 OJT 参加報告書をまとめた。また、イベントとしてオープンラボに参加した。

機構図 (2011/3/31現在)

[イノベーションスクール]

—	イノベーションスクール長	小野 晃
—	副スクール長	瀬戸 政宏
—	副スクール長	景山 晃
—	事務局長	羽鳥 浩章

出版物・プレス発表等業務報告データ

【広報誌「産総研 TODAY」】 (かっこ内は掲載年・月)

- ・平成21年度 産総研イノベーションスクール修了式～第二期生・第三期生 (2010. 05)
- ・シリーズ：産総研イノベーションスクール (第1回) 「若手博士人材の育成と期待」 ～小野 晃 (スクール長・副理事長) (2010. 06)
- ・シリーズ：産総研イノベーションスクール (第2回) 「ポストクと本格研究」 ～小野 晃 (スク

ール長・副理事長) (2010. 07)

- ・シリーズ：産総研イノベーションスクール (第3回) 企業研修と就業状況～金沢 康夫、坪田 年 (2010. 08)
- ・シリーズ：産総研イノベーションスクール (第3回) 「座談会：産総研イノベーションスクールを体験して 2期生・3期生からのメッセージ」 (2010. 08)
- ・平成22年度「産総研イノベーションスクール」の開校～第四期生 (2010. 10)

【プレス発表等】 (かっこ内は発表日)

- ・中期計画 I. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項 4. 「知恵」と「人材」を結集した研究開発体制の構築 (3) 若手研究者のキャリアパス支援及び研究人材の交流推進
- ・中期計画 II. 業務運営の効率化に関する事項 2. 研究活動の高度化のための取組 (1) 研究組織及び事業の機動的な見直し、外部からの研究評価の充実 (2010. 03. 29)
- ・産総研レポート 社会性報告 人材育成への取り組み イノベーションスクール「産業界で活躍できるポストクの育成を行っています」 (2010. 09. 30)

4) 研究環境安全本部

(Research Environment and Safety Headquarters)

①【研究環境安全企画部】

(Research Environment and Safety Planning Division)

所在地：つくば中央第1

人員：4名 (1名)

概要：

研究環境安全企画部は、安心・安全で良好な研究環境を持続的に提供することを目的として、研究環境安全本部傘下各部との有機的連携の下に、研究環境安全に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整等を通じて、産総研としてふさわしい研究環境の創出及び環境負荷低減に向けたエネルギーの有効活用の促進に関する業務を行っている。

機構図 (2011/3/31現在)

[研究環境安全企画部]

部長 久保田 喜嗣
次長 扇谷 悟 他

平成22年度の主な活動

1. 省エネルギー及び地球温暖化対策
産総研全体のエネルギー消費、温室効果ガス排出に

ついて設備及び機器毎に定量的に把握を行い、実情分析を行う取り組みを推進した。また、クリーンルーム等の省エネチューニング及びバルブ等設備の断熱処理による省エネ対策を講じるとともに、一部施設の熱源機器等を高効率機器へ更新することなどにより、前年度から5.6%のエネルギー使用量を削減した。

2. その他

1) 研究環境安全委員会の設置に関する検討

施設整備のオーバースペックを抑制すること並びに安全・セキュリティを確保することなどを目的として、一定規模以上の施設整備の事前審査を行う「研究環境安全委員会」の設置に関する具体案をまとめた。

2) 研究環境安全本部連絡会の開催

平成22年10月に研究環境安全本部が発足したことを受けて、本部を構成する各部門の情報共有及び業務の有機的連携を図ることを目的として、定例の連絡会を毎週開催し、懸案事項の検討や業務の進捗状況の確認等を行った。

②【環境安全管理部】

(Safety and Environmental Management Division)

所在地：つくば中央第1

人員：21名（10名）

概要：

環境安全管理部は、研究所の環境及び安全衛生の管理並びに防災対策等に係る業務を行っている。環境及び安全管理は、産総研で働く職員のみならず周辺住民の環境及び安全にも関わる重要な事柄である。また、産総研自体にとっても生命線であり、あらゆる種類の事業の前提となる最優先事項であると位置付けている。

環境安全管理部は、産総研環境安全憲章に記載された基本的活動理念を実現、遂行するために、他の関連部門との密接な協力のもと、安全で快適な研究環境を創出し、これを確保することを最上の活動目的としている。この目的を実現するため、安全ガイドラインやマニュアル等の整備と普及、環境安全関連の施設及び設備整備と改善等のハード及びソフト両面での積極的活動を行うとともに、環境影響低減化に向けた活動及び事故発生数抑制のため全職員の環境安全に対する意識の向上を図る活動を重点的に行っている。

機構図（2011/3/31現在）

[環境安全管理部]

部長 飯田 光明
次長 米田 理史
部総括 関河 敏行
総括主幹 野神 貴嗣

総括主幹 飯田 和治

[安全衛生管理室]

室長 横須賀 三泰
総括主幹 森本 研吾
総括主幹 白波瀬 雅明 他

[施設環境管理室]

室長 望月 経博 他

[ライフサイエンス実験管理室]

室長 大和田 一雄
(兼) 飯田 和治
総括主幹 細矢 博行
総括主幹 竹内 晴彦 他

[放射線管理室]

室長 工藤 勝久
室長代理 吉成 幸一 他

平成22年度の主な活動

1. 安全衛生管理体制の水準向上及び維持

1) 安全衛生管理体制の強化等

- ・安全衛生委員会（各事業所月1回）及びユニット長巡視（年2回）の立会い、指導を行った。
- ・グループ/チーム安全衛生会議（最低月1回）の実施状況の把握及び徹底を行った。
- ・高圧ガス、危険薬品等安全講習会、契約職員研修を実施した。
- ・巡視月間テーマの設定を行い、巡視のマンネリ化対策を行った。
- ・安全ガイドラインの改訂を行った。
- ・資格取得講習会や安全講習会の企画及び開催を行った。

2) 環境安全マネジメントシステム（ESMS）

- ・環境安全マネジメントシステムについては、事業所単位で実施する内部監査の支援を行った。また、全国の安全衛生管理担当者を対象に環境安全マネジメント研修を実施した。

3) 事故防止活動

- ・全国総括安全衛生管理者補佐会議（月1回）を開催し、事故ヒヤリハット報告及び環境安全に関する各種情報等の周知を行った。
- ・全国安全衛生管理担当者会議（年2回）を開催し、安全衛生に関する意見交換及び放射線測定器の使用訓練等を行った。
- ・全国の地域センター所長及び管理監とTV会議による安全管理報告会（毎朝）を実施した。また、報告事項を毎月取りまとめ、各事業所の事業所会議等を経由して研究ユニットへ周知した。

2. 環境影響低減化活動
- ・環境配慮の取組み及び実績について、環境報告書に社会性報告を追加した、「産総研レポート2010—社会・環境報告」として公表した。
 - ・環境法改正情報の周知及び各地域センターにおける環境関連条例等の情報提供を行った。
 - ・法令に基づく特定施設等の届出を行った。
 - ・廃棄物処理を委託している中間処理場及び最終処分場の現地調査を実施した。
 - ・東日本大震災の被災による環境影響を防止するため、研究廃水排水管や排ガス処理装置等の被災状況の調査を実施した。(つくばセンター、東北センター)

3. 個別事項の法令遵守並びに施設、設備及びシステムの整備、運用

環境や化学物質等の関連法規を遵守するため、危険物、高圧ガス、ライフサイエンス実験、放射線管理等の個別事項の管理監督、薬品・ボンベのデータベースによる管理を実施した。

1) 化学物質管理

- ・薬品ボンベ管理システムを用いて、消防法、高圧ガス保安法等の法令遵守状況を監視し、管理状況について各事業所の総括安全衛生管理者あてに報告を行った。
- ・薬品取扱責任者をユニットに配置することにより、法改正情報の周知、危険薬品の減量化等の薬品管理体制の強化を図った。

2) ライフサイエンス実験管理

- ・ライフサイエンス実験の倫理面及び安全面から実験計画を審議する7つの委員会の運営を行うとともに、ヒト由来試料実験、組換え DNA 実験、動物実験及び生物剤毒素使用実験現場の実地調査を実施した。
- ・情報系人間工学の実験計画を審議するための委員会設置について検討を開始した。
- ・組換え DNA 実験、動物実験の従事者向け教育訓練(2回)及びヒト由来試料実験、人間工学実験、医学工学応用実験の従事者向け教育訓練(1回)を実施した。
- ・組換え DNA 実験及び動物実験の従事者の利便性を図るため、教育訓練に日本語版及び英語版による「e-ラーニング」システムの運用を開始した。

3) 放射線管理

- ・つくばセンターで運用してきた放射線業務従事者の一元管理システムを地域センターにも拡大することにより、産総研における一元管理を開始した。
- ・各事業所における放射線管理体制を強化するため、放射性物質の使用及び管理に関する法令遵守状況の現地調査を本年度から開始した。
- ・複数の事業所で保管管理のみを行っている核燃料物質について、約80%の集約を実施した。

4) ナノ材料ばく露防止対策

- ・昨年度に制定した「ナノ材料ばく露防止のためのガイドライン」及び「ナノ材料管理要領」に基づきナノ材料取扱業務の届出提出の確認を行った。

4. セキュリティ対策

- ・セキュリティ区分点における立ち入り制限の表示等を行った。

5. 防災及び地震対策

- ・東日本大震災の被災により、つくばセンター中央災害対策本部を設置し、事務局業務を行った。
- ・防災用備品、消耗品、食料など備蓄品の補充を行った。

③【研究環境整備部】

(Research Facilities Division)

所在地：つくば中央第1

人員：32名

概要：

研究環境整備部は、施設及び設備の整備計画、建設、及び、それらに必要な各種データ等の一元的管理を行っている。

これらの業務を遂行するため、施設計画推進室、施設基盤情報室、建設室を配置している。

産業技術総合研究所の活動基盤となる施設・設備の整備を行い、創造的で効率的な研究の実施に必要な技術支援を推進し、もって競争力ある研究環境を創出することを部のミッションとしている。

機構図 (2011/3/31現在)

[研究環境整備部]

部長 上野 俊夫
次長 池田 正樹
部総括 塩釜 士郎

[施設計画推進室]

室長 石塚 徹
総括主幹 伊藤 光二 他

[施設基盤情報室]

室長 菊地 義男 他

[建設室]

室長 渡辺 光夫
総括主幹 小野 一洋
総括主幹 河田 秋澄
総括主幹 信戸 均 他

平成22年度の主な活動

1. 施設及び設備の整備計画に関する業務

- ・研究環境整備に係る業務の企画及び立案並びに総合調整を行い、施設及び設備の第3期中期施設整備計画骨子を策定した。
- ・施設及び設備に係る法令、規程その他遵守すべき事項の周知徹底を行った。
- ・耐震化計画に基づく改修工事及び計画の変更検討を行った。
- ・石綿含有吹き付け材除去計画に基づく除去工事、劣化状況調査、室内環境測定を実施した。
- ・産総研施設設計基準等の見直しを実施した。
- ・工事及び工事関連役務の提供等の契約業務を行った。

2. 施設及び設備に係るデータの管理・分析

- ・施設設備の維持・管理・運営に必要な各種データ等を、一元的に管理した。
- ・産総研における施設設備の経済的かつ効果的な施設整備、利用者の利便性向上、業務効率化を推進させるための、情報の総合的な集積・管理・分析を行った。

3. 施設及び設備の整備事業の実施

- ・施設整備費補助金事業、ユニットからの依頼工事事業、消費税還付金、目的積立金事業における工事の設計・積算・監督・監理・検査を行い、また、各事業予算の執行管理を行った。
- ・建築許可など工事に係る各種申請業務を行った。
- ・各事業所、地域センターからの営繕業務にかかる相談業務を行った。

施設の整備（平成22年度に産総研資産になった主なもの）

○老朽化対策

a) 建物構造部改修

1. 目的

耐震性が低い建物の構造部を補強するとともに、老朽化改修を行った。

2. 整備費用 10億円（平成20・21・22年度施設整備費補助金）

工事発注・設計・監理	産業技術総合研究所 研究環境安全本部 研究環境整備部		
工事件名	設計	施工	工期
つくば中央5-2棟耐震改修工事	株式会社金丸建築事務所 (設計)	飛島建設株式会社	平成20年12月9日～ 平成22年12月24日

b) 建築設備改修

1. 目的

爆発実験施設の老朽化改修を行った。

2. 整備費用 2.3億円（平成20・21・22年度施設整備費補助金）

工事発注・設計・監理	産業技術総合研究所 研究環境安全本部 研究環境整備部		
工事件名	設計・監理	施工	工期
つくば中央5-2C棟他改修 (建築) 工事	株式会社綜企画設計 (設計)・(監理) オリジナル設計株式会社 (変更設計)	飛島建設株式会社	平成21年12月21日～ 平成22年11月30日

c) 耐震化改修

1. 目的

耐震性が低い建物の構造部を補強するとともに、老朽化改修を行った。

2. 整備費用 6.9億円（平成20・21・22年度施設整備費補助金）

工事発注・設計・監理	産業技術総合研究所 研究環境安全本部 研究環境整備部		
工事件名	設計・監理	施工	工期
関西センター事務庁舎耐震改修 (建築) 工事	株式会社上坂設計 (設計)	青木あすなろ建設 株式会社	平成22年3月31日～ 平成23年1月31日
関西センター事務庁舎耐震改修 (電気設備) 工事	株式会社傳設計 (監理)・(変更設計)	浅海電気株式会社	平成22年3月30日～ 平成23年1月31日

産業技術総合研究所

工事発注・設計・監理	産業技術総合研究所 研究環境安全本部 研究環境整備部		
工事件名	設計・監理	施工	工期
関西センター事務庁舎耐震改修 (機械設備) 工事		三建設備工業株式会社	平成22年3月30日～ 平成23年1月31日

d) 空調設備改修

1. 目的

老朽化が著しい空調機本体、温度及び湿度制御を行う空調用自動制御設備、配管系の改修を行った。

2. 整備費用 2億円 (平成20・21・22年度施設整備費補助金)

工事発注・設計・監理	産業技術総合研究所 研究環境安全本部 研究環境整備部		
工事件名	設計・監理	施工	工期
つくば中央2-1B棟他機械設備 (空調) 改修その他工事	株式会社荒井設計 (設計) 株式会社現代空調研究所 (変更設計) 日和エンジニアリング 株式会社 (監理)	株式会社中電工	平成22年3月24日～ 平成22年12月22日

e) 電力関連設備改修

1. 目的

老朽化が著しい非常用自家発電設備の機能維持のための改修を行った。

2. 整備費用 2.9億円 (平成21・22年度施設整備費補助金)

工事発注・設計・監理	産業技術総合研究所 研究環境安全本部 研究環境整備部		
工事件名	設計・監理	施工	工期
つくば中央 BC エネルギーセンター 自家発電設備改修その他工事	—	株式会社中電工	平成21年9月1日～ 平成22年6月30日
つくば中央2-1棟自家発電設備 改修その他工事	—	浅海電気株式会社	平成21年8月31日～ 平成22年6月30日

○高度化対策

a) ナノテク拠点整備

1. 目的

低炭素社会の実現に向けたナノテク世界研究拠点形成のための研究施設整備を行った。

2. 整備費用 17.3億円 (平成21・22年度施設整備費補助金)

工事発注・設計・監理	産業技術総合研究所 研究環境安全本部 研究環境整備部		
工事件名	設計・監理	施工	工期
つくば東-3D棟クリーンルーム 設置工事	株式会社総合設備計画 (設計)・(監理)	新日本空調株式会社	平成22年6月23日～ 平成22年10月29日
つくば中央5-8棟 CNT 量産施設 整備その他工事	—	新菱冷熱工業株式会 社	平成22年3月30日～ 平成22年12月28日
つくば中央5-8A棟他特殊ガス 供給設備他改修その他工事	株式会社綜企画設計 (設計)	新菱冷熱工業株式会 社	平成22年7月16日～ 平成22年12月28日
つくば西-5D棟 SiC エピタキ シャル装置用実験室設置工事	—	株式会社日立プラン トテクノロジー	平成22年2月18日～ 平成22年7月20日
つくば西-5D棟 SiC エピタキ シャル装置用特殊ガス配管工事	—	高砂熱学工業株式会 社	平成22年2月17日～ 平成22年7月12日

b) 太陽電池モジュール信頼性評価施設整備

1. 目的

信頼性評価のため、加速評価試験施設、ばく露試験施設等の整備を行った。

2. 整備費用 2.8億円（平成21・22年度施設整備費補助金）

工事発注・設計・監理	産業技術総合研究所	研究環境安全本部	研究環境整備部
工事件名	設計・監理	施工	工期
太陽電池モジュール信頼性評価施設改修工事	株式会社日本設計 (設計)・(監理)	株式会社九電工	平成22年5月31日～ 平成22年9月30日

○新営棟建設

1. 目的

介護者支援、移動支援等の生活支援ロボットの安全性評価手法等を開発するための研究拠点の整備を行った。

2. 整備費用 6億円（平成21・22年度施設整備費補助金）

工事発注・設計・監理	産業技術総合研究所	研究環境安全本部	研究環境整備部
工事件名	設計・監理	施工	工期
生活支援ロボット安全研究棟（仮称）建設工事	—	株式会社間組	平成21年12月1日～ 平成22年11月30日

④【情報環境基盤部】

(Intelligent Information Infrastructure Division)

所在地：つくば中央第1、先端情報計算センター棟

人員：19名（4名）

概要：

情報環境基盤部は、我が国有数の情報技術に関する研究を行っている産総研の特長を最大限に活かし、最先端の技術の知見を用いて、全所的な情報ネットワークの構築・管理、情報セキュリティポリシーの運用、及び基幹業務システムの構築・管理・支援を実施している。また、産総研の情報基盤の高度化を図り、より生産的な研究活動と円滑で効率的な業務推進を支援する役割を担っている。

機構図（2011/3/31現在）

[情報環境基盤部]

部長 坂上 勝彦

次長 久野 巧

（総括チーム長）宮本 哲

（情報セキュリティチーム長）鈴木 智行

（情報ネットワークチーム長）（兼）久野 巧

（イントラ基盤チーム長）田沼 弘次

（業務システム管理チーム長）池田 勉 他

平成22年度の主な活動

総括チーム、情報セキュリティチーム、情報ネットワークチーム、イントラ基盤チーム、業務システム管理チームの5チーム体制で、下記の業務を実施した。また、次期情報システム研究開発推進室の業務を積極的に支援し、次期情報システムの開発に寄与した。

1. 情報セキュリティの向上

改訂情報セキュリティポリシーの円滑な普及に向けた取組（情報セキュリティ研修コンテンツを策定し、

全職員に向けた集合研修、Web研修）を実施した。2009年度情報セキュリティ監査において指摘された事項について、改善状況の確認監査を実施し、全て改善されていることを確認した。また、情報環境基盤部が管理・運営する基盤情報システムのソフトウェア管理、データ管理方法を対象とした情報システム監査及び公開サーバの脆弱性診断を実施した。

2. 産総研情報通信ネットワークの構築、運用、保守、管理

老朽化した電話システムを更新し、内線通話データの流れる産総研ネットワークや構内電話交換機に障害が発生しても通信事業者の携帯電話網による通話やショートメッセージ通信が維持できる機能等、可用性が高く安定的運用が可能な電話システムを実現した。AIST-WAN を含む全所的な情報ネットワーク AIST-LAN を安定的に運用し、研究所共通の業務用公式WEBサーバ及びメールサーバを安定稼働させた。

3. 基幹業務システムの運用、保守、管理

2009年に導入した新情報システムの特性を生かし、2010年10月の組織再編に伴うシステム改修を効率的に実施した。業務効率化を図るため、16の業務システムに所要の改修を加えるとともに、コンテンツの見直しを行い、目的とする情報にたどり着きやすくするなどシステム全体の利便性を向上させる工夫を図った。

⑤【情報化統括責任者】

(Chief Information Officer)

所在地：つくば中央第2他

概要：

情報化統括責任者（CIO）は、産総研の情報化戦略の企画及び立案並びに研究所の情報化に関する業務の統括をミッションとしている。そのため、(1) 電子行政推進国・独立行政法人等協議会を通じて、情報化に関して政府との調整を行うこと、(2) 産総研の情報化

戦略委員会を主宰して、情報化戦略及び情報化に関する重要事項を審議し、情報化関連予算の調整、情報システムによる業務効率化・高度化を行うこと等を実施している。

機構図 (2011/3/31現在)

情報化統括責任者 (兼) 矢部 彰
 情報化統括責任者補佐 (兼) 坂上 勝彦
 (兼) 久野 巧
 (兼) 久保田 喜嗣

平成22年度の主な活動

情報化戦略委員会を1回開催して、次期情報システム開発の総括を行い、電話システム更新に伴う電話配付台数や利用者負担額を決定した。

5) 総務本部 (General Affairs Headquarters)

①【人事部】

(Human Resource Division)

所在地：つくば中央第1、つくば中央第2、つくば中央第4

人員：61名 (5名)

概要：

人事部は、研究所の人事、労務、福利厚生に係る業務を実施している。

機構図 (2011/3/31現在)

[人事部]

部長 福岡 徹
 審議役 八木 康之
 片桐 清
 大嶋 新一
 部総括 小池 英樹
 鈴木 浩一

— [人事室] 室長 五十嵐 光教 他
 — [勤労室] 室長 吉岡 有二 他
 — [人材開発企画室] 室長 田中 裕一郎 他
 — [バリアフリー推進室] 室長 関根 英二 他
 — [厚生室] 室長(兼) 小池 英樹 他
 — [健康管理室] 室長 星野 春次 他

人事室 (Personnel Office)

(つくば中央第2)

概要：

- ① 役職員の任用に関すること。
- ② 個人評価制度の構築、実施に関すること。

③ 給与の支給に関すること。

④ 人件費の把握、見直しに関すること。

⑤ 兼業の許可に関すること。

⑥ 栄典及び表彰に関すること。

勤労室 (Staff Office)

(つくば中央第2)

概要：

- ① 職員等の労働条件の基準に関すること。
- ② 労使関係に係る総合調整に関すること。
- ③ 服務規律に関すること。
- ④ 役職員等の懲戒等に関すること。

人材開発企画室 (Human Resources Development Planning Office)

(つくば中央第2)

概要：

- ① キャリアパス開発及び研修企画に関すること。
- ② 職員等の研修 (計量研修センター及びイノベーションスクールの所掌に属するものを除く) の実施に関すること。
- ③ その他人材開発に関すること。

バリアフリー推進室 (Barrier-free Promotion Office)

(つくば中央第2、つくば中央第4)

概要：

- ① 障害者の雇用促進に関すること

厚生室 (Welfare Office)

(つくば中央第2)

概要：

- ① 役職員等の福利厚生に関すること。
- ② 役職員等の災害補償に関すること。
- ③ 宿舎に関すること。
- ④ 職員等の退職の相談に関すること。
- ⑤ 経済産業省共済組合に関すること。
- ⑥ 職員等の社会保険事務に関すること。

健康管理室 (Healthcare Office)

(つくば中央第1)

概要：

- ① 役職員等の健康管理及び保健指導に関すること。
- ② 職員等のメンタルヘルスに関すること。
- ③ 産業医に係る業務に関すること。

業務報告データ

年度特記事項

1. 平成22年度採用実績

- ① 事務職員 17名
- ② 研究職員 (パーマネント) 13名

③	〃	(招聘型任期付)	4名
④	〃	(産業技術人材育成型任期付)	55名
⑤	〃	(研究テーマ型任期付)	11名
計			100名

2. 平成22年度研修実績

	コース	実施回数	受講者数
①職員等基礎研修 (e-ラーニング)	1	1回	150名
②階層別研修	10	11回	364名
③プロフェッショナル研修	8	57回	674名
合計	19	69回	1,188名

②【財務部】

(Financial Affairs Division)

所在地：つくば中央第2

人員：43名

概要：

財務部は、独立行政法人の趣旨に則り、研究支援の高度化及び組織運営の高度化を、財務及び会計に係る諸施策を通じて実現することにより、産総研ミッションの遂行に寄与することとしている。

なお、財務及び会計に係るコンプライアンスとリスク管理を適切に行いつつ支援業務を遂行するため「財務室、制度・審査室、経理室及び調達室」を配置している。

<平成22年度活動トピックス>

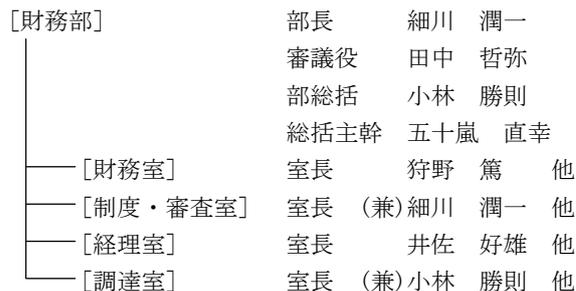
○財務及び会計に関する業務の各事業所への分散配置

「第3期中期目標期間における組織及び業務体制のあり方」に基づき、平成22年10月1日に財務会計部門は総務本部に設置される財務部に改組され、調達業務、立替払業務及び財産管理業務等、一部の業務を各事業所に分散配置し、地域センターにおける会計組織とともに、財務及び会計に関する業務を実施。

○研究活動のフルコスト情報の作成及び平成21年度財務諸表解説の作成・公表

「産総研における管理会計の運用方針」に基づき、経営管理者の資源配分等の経営判断に資することを目的とし、コストを直接費と直接費以外に区分し研究ユニット別に算出した「研究活動のフルコスト情報」を作成した。また、経営管理者への会計制度、執行体制及び決算内容等の説明とともに、公的機関として外部への財務会計情報の開示を充実させるため「平成21年度財務諸表解説」を作成し、公式HPに公表した。

機構図 (2011/3/31現在)



財務室 (Finance Office)

(つくば中央第2)

概要：

財務及び会計に係る業務の企画及び立案並びに総合調整、予算のとりまとめ、予算の分野別情報の管理、余裕金の運用、資金の借入及び償還、年度計画に基づく実行予算の配賦の計画及び示達、予算の執行管理、財務及び会計に係る業務であって、他の所掌に属しないものに関する業務を行っている。

○収入件数 約7,300件、収入金額 約970億円。

制度・審査室 (Finance System Management and Monitoring Office)

(つくば中央第2)

概要：

財務及び会計に係る制度の整備、運用及び推進並びに財務及び会計に係る業務の審査、財務分析に関する業務を行っている。

経理室 (Accounting Office)

(つくば中央第2)

概要：

資金計画、決算、金銭の支払、出納及び保管、税務、計算証明、財務会計システムの管理、有形固定資産の管理 (他の所掌に属するものを除く。)、借地権の取得及び管理に関する業務を行っている。

○支払件数 約15万件、支払金額 約1,081億円。

○旅費件数 約8万7千件、支払金額 約26億円。

調達室 (Procurement Office)

(つくば中央第1)

概要：

物件の調達、物件の売払及び賃貸等の契約、役務の提供等の契約、調達物品等の市場調査、競争参加者の資格審査、調達業務の調整、政府調達に係る協定に基づく調達公告等の官報掲載、物件の調達等に係る監督及び検査、共通在庫消耗品の払出及び在庫管理に関する業務を行っている。

○全契約件数 約95,000件

○政府調達協定の対象案件数 154件、約169億円

○インターネット調達

単価契約を締結している電子購買業者の電子購買サイト上で、商品検索・注文を行い、翌日又は翌々日には指定場所まで納品され、支払は毎月一括というスキームのインターネット調達を運用している。オフィス用品（約34,000品目）、理化学用品（全般）、電子部品（約72,000品目）、試薬類（全メーカー）、書籍（全般）、雑貨（約141,000品目）の物品が調達可能。利用件数約3.9万件、利用金額約5.6億円。

○グリーン購入法の適用

「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律」に基づき、産総研として、平成22年度における「環境物品等の調達の推進を図るための方針」を定め、実施してきたところ。

○つくばセンターにおける共通在庫消耗品センターの運営

つくば中央第3事業所で運営。品目数は約710。

③【男女共同参画室】

(AIST Gender Equality Office)

所在地：つくば中央第2

人員：3名（2名）

概要：

男女共同参画室は、性別にかかわらず能力を発揮できる環境実現を目指し、所内システムの改善や職場環境の整備を進めるため、男女共同参画の推進に係る以下の業務を行う。

- ・基本方針の企画及び立案並びに総合調整
- ・啓発及び広報
- ・女性職員の採用拡大の支援
- ・キャリア形成の支援及び勤務環境整備支援

【平成22年度の主な活動】

男女共同参画の基本方針を示す「第3期中期目標期間（平成22-26年度）における男女共同参画の推進策」を新たに策定し、職員の多様な属性（性別、年齢、国籍等）がもたらす価値・発想を活用する多様性活用（ダイバーシティ）を目指して以下の6つのアクションプランを定めた。

- ・多様性活用（ダイバーシティ）意識の啓発・浸透
- ・女性研究者及び外国人研究者の積極的な採用・活用
- ・キャリア形成における共同参画のための方策
- ・仕事と生活の調和のための支援
- ・国、自治体及び他の研究教育機関等との連携
- ・多様性活用（ダイバーシティ）の総合推進

●多様性活用（ダイバーシティ）意識の啓発・浸透
新たに策定した男女共同参画の推進策を、公式ウェブサイト公開及び冊子配布にて産総研内外に情報発信

した。

●女性研究者及び外国人研究者の積極的な採用・活用
第3期中期計画に定めた「第3期中期目標期間終了時までに女性研究職員採用比率15%以上」とする目標に向け、女性研究職員を積極的に募集するための勧誘と広報を行った。

●キャリア形成における共同参画のための方策

キャリアカウンセリング、ロールモデルとの懇談会、エンカレッジングセミナーを実施した。

●仕事と生活の調和のための支援

出産機会逸失防止のための環境整備などを目指す次世代育成支援行動計画（平成23-24年度）を新たに策定した。また、育児・介護支援に関する情報発信や情報交換の場の維持管理とともに、介護に関する勉強会を開催した。

●国、自治体及び他の研究教育機関等との連携

産総研設立のコンソーシアム「ダイバーシティ・サポート・オフィス」の主な活動を女性研究者支援から男女共同参画推進へと発展させるとともに、懇話会やニューズレターを通して参加機関同士の情報共有の充実を図った。

●多様性活用（ダイバーシティ）の総合推進

科学技術振興調整費プログラム「女性研究者支援モデル育成」の産総研課題「女性研究者グローバルエンカレッジング」（平成19-21年度）における取組の事後評価として最高評価であるS評価を受けた。

機構図（2011/3/31現在）

室長 澤田 美智子

業務報告データ

【出版物】

「産業技術総合研究所第3期中期目標期間における男女共同参画の推進策」

AIST10-X00010

④【業務推進企画室】

(General Affairs Planning Office)

所在地：つくば中央第1

人員：6名

概要：

業務推進企画室は、研究支援事務業務の企画・立案・総合調整、つくば本部における役員秘書業務、つくば本部において理事長が主宰する会議の庶務、文書・公印管理、職員等の勤務・サービス管理、外国人研究者の支援及び産総研インターナショナルセンターに関する業務、職員の外国派遣の渡航手続きに関する業務を主な業務としている。

 機構図 (2011/3/31現在)

[業務推進企画室] 室長 金田 孝雄

6) 評価部 (Evaluation Division)

所在地：つくば中央第2

人員：20名 (17名)

概要：

評価部のミッションは、①研究ユニット及び研究関連等業務の活動の活性化・向上を促すこと、②評価結果を経営判断に活用し自己改革に適切に反映すること、③評価結果を公開して透明性の確保と国民の理解を促し説明責任を果たすことである。

評価結果は理事長に報告されると共に、社会や国民への説明責任と併せて、産総研の活動についてより広い理解が得られるよう、評価報告書として刊行される。

1. 研究ユニット評価

第2期中期目標期間から導入したイノベーションの創出に資することを重視した「アウトカムの視点からの評価」を引き続き継続し、外部委員による評価のさらなる充実、評価内容の見直し等の改善を行い、研究ユニット評価を実施した。

研究ユニット毎に研究ユニット評価委員会（外部委員と内部委員で構成）を設置して、研究ユニット評価及び研究ユニット評価フォローアップを行った。外部委員は延べ244名、内部委員は延べ58名であった。

1) 研究ユニット評価

「研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ」、「ユニット戦略課題毎のロードマップ・アウトプット」、「イノベーション推進への取り組み」、「研究ユニット運営の取り組み」について評価を行い、評点とコメントによる評価を実施した。本評価は隔年度実施であり、本年度は29研究ユニットを対象とした。

2) 研究ユニット評価フォローアップ

研究ユニット評価を実施しない年度には評価委員との「意見交換」あるいは「開始時意見交換会」を実施し、研究ユニット評価の信頼性の向上を図るとともに、評価委員の評価対象の把握と理解の機会の拡大を図った。本年度は13研究ユニットを対象とした。

2. 研究ユニット活動総括・提言

外部委員からの評価を強化した研究ユニット評価の結果等に基づき今後の研究、組織のあり方を提言する「研究ユニット活動総括・提言委員会」を実施した。本年度は2研究ユニットを対象とした。

3. 研究関連等業務活動評価

研究関連等業務活動評価委員会において、第3期中期目標期間では、1) 地域活性化に係わる業務、2) イノベーション推進、産業人材育成等に係わる業務を対象に評価を行う。

本年度は、イノベーション推進本部と各地域センター等における地域活性化に係る業務を対象に評価を実施した。

 機構図 (2011/3/31現在)

評価部 部長 (兼) 上田 完次
 首席評価役 赤穂 博司、阿部 修治、
 岡路 正博、久保 泰、
 富樫 茂子、濱 純
 次長 大井 健太
 審議役 遠藤 秀典、手塚 明
 室長 (兼) 手塚 明、鈴木 理

 評価企画室 (Evaluation Planning Office)

(つくば中央第2)

概要：

評価に係る業務の企画及び立案並びに総合調整に関する業務を行う。研究推進に係る活動以外の評価に関する業務を行う。評価に係る業務であって、他の所掌に属しないものに関する業務を行う。

 研究評価推進室 (Research Evaluation Office)

(つくば中央第2)

概要：

研究推進に係る活動の評価に関する業務を行う。

 業務報告データ

平成21年度研究ユニット評価報告書 (平成22年4月)

平成21年度研究関連・管理部門等活動評価結果報告書
 (平成22年4月)

第2期中期目標期間 研究ユニット評価報告書 (平成22年4月)

*産総研公式ホームページから閲覧可能

(<http://unit.aist.go.jp/eval/ci/report.html>)

7) 広報部 (Public Relations Department)

所在地：つくば中央第2、つくば中央第1

人員：22名 (3名)

概要：

広報部は、産業技術や国民生活の向上に貢献することを目的として、報道発表、ホームページ、広報誌、パンフレット、所内公開、イベント出展等の広報活動を通じ、広く国民に対して研究所の研究成果を分かり

やすい情報として提供している。

ントへの出展、見学対応などの業務を行っている。

2010年10月1日の組織改編に伴い、CC 推進室及び e 広報室並びに出版室を広報制作室へ改編し、広報業務室及び展示業務室をそれぞれ報道室、科学・技術コミュニケーション室へと名称変更を行った。なお、地質標本館は広報部から地質研究分野へ改編した。

機構図 (2011/3/31現在)

[広報部] 部長 (兼) 瀬戸 政宏
次長 並木 壯壽
審議役 石井 武政
総括主幹 下村 正樹
総括主幹 梶原 茂
総括主幹 馬場 正行
[広報企画室] 室長 助川 友之 他
[報道室] 室長 亀卦川 広之 他
[広報制作室] 室長 藤田 茂 他
[科学・技術コミュニケーション室]
室長 田中 伸一 他

広報企画室 (Public Relations Planning Office)

(つくば中央第2)

概要:

広報企画室は、広報の基本方針の企画・立案、並びに広報部の業務を総括している。

報道室 (Media Relations Office)

(つくば中央第2)

概要:

報道室は、報道発表を中心にマスメディア対象の広報活動に関する業務を行っている。

広報制作室 (Website and Publication Office)

(つくば中央第2)

概要:

広報制作室は、コーポレートアイデンティティの活用とコーポレートコミュニケーションの企画及び推進、情報ネットワークを用いた研究成果の発信、データベースを用いた研究成果の提供、広報誌・刊行物その他印刷物の編集や発行及び頒布、映像及び広報のための画像の制作に関する業務を行っている。

科学・技術コミュニケーション室

(Science Communication Office)

(つくば中央第2、つくば中央第1)

概要:

科学・技術コミュニケーション室は、つくばセンターに設置された常設展示施設「サイエンス・スクエアつくば」の運営、所内公開等の企画・運営、外部イベ

1) 報道関係

平成22年度プレス発表件数（ユニット別）

所 属 名	発表件数
企画本部	1
イノベーション推進室	3
つくばイノベーションアリーナ推進室	2
太陽光発電研究センター	1
バイオマス研究センター	1
水素材料先端科学研究センター	1
生産計測技術研究センター	1
バイオメディシナル情報研究センター	1
ナノ電子デバイス研究センター	3
ナノチューブ応用研究センター	5
ネットワークフォトンクス研究センター	1
コンパクト化学システム研究センター	2
ナノスピントロニクス研究センター	1
幹細胞工学研究センター	1
集積マイクロシステム研究センター	1
知能システム研究部門	4
エレクトロニクス研究部門	4
光技術研究部門	2
先進製造プロセス研究部門	5
サステナブルマテリアル研究部門	3
地質情報研究部門	3
環境化学技術研究部門	1
エネルギー技術研究部門	3
情報技術研究部門	5
バイオメディカル研究部門	1
健康工学研究部門	1
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	3
ナノシステム研究部門	4
生物プロセス研究部門	3
ダイヤモンド研究ラボ	1
サービス工学研究センター	1
産学官連携推進部	1
国際部	1
関西センター	1
地質調査総合センター	2
総計	75

※発表件数は70件。

産業技術総合研究所

平成22年度取材対応件数（所属別）

所属名	発表
理事	11
研究コーディネータ	2
顧問	1
企画本部	7
評価部	1
男女共同参画室	2
イノベーション推進室	7
広報部	12
つくばイノベーションアリーナ推進室	1
国際標準推進部	1
太陽光発電研究センター	40
情報セキュリティ研究センター	27
バイオマス研究センター	4
水素材料先端科学研究センター	3
糖鎖医工学研究センター	2
新燃料自動車技術研究センター	5
生産計測技術研究センター	5
バイオメディシナル情報研究センター	3
ナノ電子デバイス研究センター	5
ナノチューブ応用研究センター	16
ネットワークフォトニクス研究センター	1
活断層・地震研究センター	84
メタンハイドレート研究センター	13
コンパクト化学システム研究センター	2
ナノスピントロニクス研究センター	2
幹細胞工学研究センター	12
デジタルヒューマン工学研究センター	56
集積マイクロシステム研究センター	9
先進パワーエレクトロニクス研究センター	7
計測標準研究部門	17
地圏資源環境研究部門	45
知能システム研究部門	113
エレクトロニクス研究部門	4
光技術研究部門	13
計測フロンティア研究部門	1
ユビキタスエネルギー研究部門	11
先進製造プロセス研究部門	23
サステナブルマテリアル研究部門	35
地質情報研究部門	120
環境管理技術研究部門	28
環境化学技術研究部門	6
エネルギー技術研究部門	15
情報技術研究部門	33
安全科学研究部門	14

所属名	発表
バイオメディカル研究部門	16
健康工学研究部門	16
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	74
ナノシステム研究部門	8
生物プロセス研究部門	14
社会知能技術研究ラボ	4
ダイヤモンド研究ラボ	6
名誉フェロー	2
フェロー	2
地質分野研究企画室	13
地質標本館	12
地質調査情報センター	18
計量標準管理センター	2
ベンチャー開発センター	1
サービス工学研究センター	14
イノベーション推進本部	1
イノベーション推進企画部	1
ベンチャー開発部	2
つくばイノベーションアリーナ推進部	3
産学官連携推進部門	53
国際部門	1
人事部	2
北海道センター	2
東北センター	3
中部センター	1
関西センター	12
中国センター	4
九州センター	3
総 計	1,106

平成22年度マスコミ等報道数

媒体名		件数
新聞	朝日新聞	88
	読売新聞	68
	毎日新聞	60
	産経新聞	37
	日本経済新聞	128
	日刊工業新聞	449
	フジサンケイ ビジネスアイ	70
	日経産業新聞	178
	化学工業日報	172
	科学新聞	65
	他	791
	計	2,106
	雑誌等	
TV/ラジオ	NHK	110
	民放 他	157
	計	267
WEB その他		1238
合計		3,956

産業技術総合研究所

2) 主催行事等

平成22年度講演会等実施一覧

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
1	2010. 4. 7	計算機言語談話会 (CLC) 4月第1回	組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研関西センター 一尾崎支所
2	2010. 4. 9	「JPCA Show/ラージエレクトロニクスショー2010/2010マイクロエレクトロニクスショー/JISSO PROTEC2010」	(社)日本電子回路工業会	主催	東京都	東京ビッグサイト
3	2010. 4. 9	第95回産学官交流研究会 博多セミナー (二金会)	産総研九州センター、中小機構九州支部、九州経済産業局	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構 九州支部
4	2010. 4. 10	日本音響学会関西支部聴覚基礎理論談話会 2010年第2回例会	日本音響学会関西支部	主催	大阪府	産総研関西センター
5	2010. 4. 13	計算機言語談話会 (CLC) 4月第2回	組込みシステム技術連携研究体	協力	兵庫県	産総研関西センター 一尾崎支所
6	2010. 4. 16	第4回超音波霧化分離シンポジウム	超音波霧化分離研究会	主催	東京都	産総研臨海副都心センター
7	2010. 4. 16	産総研ライフサイエンス分野シンポジウム～第3期の新展開と幹細胞工学新研究センターの発足～	産総研	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
8	2010. 4. 22	計算機言語談話会 (CLC) 4月第3回	組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研関西センター 一尾崎支所
9	2010. 5. 9	【ジオネットワークつくば】主催『第12回サイエンスカフェ』	ジオネットワークつくば	後援	茨城県	産総研つくばセンター中央
10	2010. 5. 14	第96回産学官交流研究会 博多セミナー (二金会)	産総研九州センター、中小機構九州支部、九州経済産業局	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構 九州支部
11	2010. 5. 20～2011. 3. 31	次世代医療システム産業化フォーラム2010	大阪商工会議所	主催	大阪府	大阪商工会議所他
12	2010. 5. 22	日本音響学会関西支部聴覚基礎理論談話会 2010年第3回例会	日本音響学会関西支部	主催	大阪府	産総研関西センター
13	2010. 5. 26	第10回国際計量標準シンポジウムイノベーションを生み出す計量標準	産総研計量標準総合センター	共催	東京都	秋葉原コンベンションホール
14	2010. 5. 27～2010. 5. 28	日本リモートセンシング学会第48回(平成22年度春季)学術講演会	日本リモートセンシング学会	共催	茨城県	産総研つくばセンター中央
15	2010. 6. 4	極限環境生物学会 第11回シンポジウム	極限環境生物学会	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
16	2010. 6. 9～2010. 6. 11	8th APMP/TCQM GAS CRM Workshop 第8回アジア太平洋計量プログラム/物質質量技術諮問委員会ガス認証標準物質ワークショップ	APMP/TCQM 及び NMIJ (アジア太平洋計量プログラム/物質質量技術諮問委員会 及び NMIJ)	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
17	2010. 6. 10	計算機言語談話会 (CLC) 6月第1回	組込みシステム技術連携研究体	共催	兵庫県	関西センター一尾崎支所
18	2010. 6. 11	第27回産総研・技術情報セミナー「学会が進める人材育成事業」	産総研企画本部 産業技術調査室	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
19	2010. 6. 11	神奈川県立柏陽高等学校 2010年度科学と文化「サイエンスワークショップ」	神奈川県立柏陽高等学校 2010年度科学と文化「サイエンスワークショップ」	主催	神奈川県	神奈川県立柏陽高等学校
20	2010. 6. 11	第97回産学官交流研究会 博多セミナー (二金会)	産総研九州センター、中小機構九州支部、九州経済産業局	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構 九州支部
21	2010. 6. 18	つくば発イノベーション第12回講演会	産総研	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
22	2010. 6. 18	GLIT 勉強会「バイオ医薬品～バイオ医薬品開発に付随する糖鎖合成、解析技術課題について考える～」	糖鎖産業技術フォーラム(産総研・(財)バイオインダストリー協会)、大阪医薬品協会、(財)千里ライフサイエンス振興財団	主催	大阪府	千里ライフサイエンスセンター
23	2010. 6. 25	産総研 新中国センター開所記念バイオマス技術講演会	産総研中国センター	主催	広島県	広島テクノプラザ
24	2010. 6. 26	日本音響学会関西支部聴覚基礎理論談話会 2010年第4回例会	日本音響学会関西支部	主催	大阪府	産総研関西センター
25	2010. 7. 2	計算機言語談話会 (CLC) 7月第1回	組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研関西センター 一尾崎支所

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
26	2010.7.7	「おかやま電気関連技術研究会」 第1回研究会	(財)岡山県産業振興財団	主催	岡山県	岡山ロイヤルホテル
27	2010.7.8	実環境計測・診断システム協議会平成22年度総会・講演会	実環境計測・診断システム協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州支部
28	2010.7.9	第98回産学官交流研究会 博多セミナー (二金会)	産総研九州センター、中小機構九州支部、九州経済産業局	共催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州支部
29	2010.7.14~2010.7.16	ICCHP2010国際会議 ICCHP2010	ICCHP2010 (12th International Conference on Computers Helping People with Special Needs) AIST - National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan	主催	オーストリア	Vienna University of Technology, Austria
30	2010.7.14	計算機言語談話会 (CLC) 7月第2回	組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研関西センター 尼崎支所
31	2010.7.21~2011.7.21	実験教室 (神奈川県立柏陽高校)	産総研メタンハイドレート研究センター	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
32	2010.7.26	第5回ガスハイドレート産業創出イノベーション講演会第4回研究アライアンス講演会 合同開催	産総研メタンハイドレート研究センター	共催	東京都	産総研臨海副都心センター
33	2010.7.28	東北大学-産総研 連携公開講演会- 知の融合による新技術を産業界へ	産総研	主催	東京都	富士ソフトアキバプラザ
34	2010.8.1~2010.8.7	機械の日・機械週間	(社)日本機械学会	共同主催	愛知県	トヨタテクノミュージアム産業技術記念館
35	2010.8.2	AIST 計測・診断システム研究協議会第4回精密加工プロセス研究会講演会	AIST 計測・診断システム研究協議会 精密加工プロセス研究会	主催	福岡県	九州大学伊都キャンパス
36	2010.8.6	第14回 NMR マイクロイメージング研究会	NMR マイクロイメージング研究会	主催	東京都	東京海洋大学品川キャンパス
37	2010.8.6	第99回産学官交流研究会 博多セミナー (二金会)	産総研九州センター、中小企業九州支部、九州経済産業局	後援	福岡県	中小企業基盤整備機構九州支部
38	2010.8.7	日本音響学会関西支部聴覚基礎理論談話会 2010年第5回例会	日本音響学会関西支部	主催	大阪府	産総研関西センター
39	2010.8.9	AIST 計測・診断システム研究協議会第5回プラズマ技術研究会講演会	AIST 計測・診断システム研究協議会プラズマ技術研究会	主催	佐賀県	武雄温泉 湯元荘 東洋館
40	2010.8.19	計算機言語談話会 (CLC) 8月第1回	組込みシステム技術連携研究体	共催	兵庫県	産総研関西センター 尼崎支所
41	2010.8.23	ライフサイエンス分野における特許審査基準セミナー	広域関東圏知的財産戦略本部 (関東経済産業局)、特許庁	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
42	2010.8.24	産総研ものづくり支援ツール普及セミナー-in 名古屋-第1回 ものづくり支援ツールの概要、利用法-	産総研先進製造プロセス研究部門ものづくり支援ツール研究班中部産学官連携センター ものづくり基盤技術支援室	主催	愛知県	愛知県産業労働センター (ウインクあいち)
43	2010.8.25	産総研講演会「セラミックス分散系の科学」	産総研先進製造プロセス研究部門	共催	愛知県	名古屋駅前イノベーションハブ
44	2010.8.25	実験教室 (神奈川県立生田高校)	産総研メタンハイドレート研究センター	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
45	2010.8.27	「とっとりバイオフロンティア事業」第二回シンポジウム-ヒト人工染色体と多色発光技術の出会いによる無限の可能性-	鳥取大学、鳥取県、産総研、(財)鳥取県産業振興機構	共同主催	東京都	キャンパス・イノベーション・センター東京
46	2010.8.27	九州大学最先端有機光エレクトロニクス研究センター (OPERA) 第1回産学官交流セミナーAIST 計測・診断システム研究協議会第4回有機エレクトロニクス研究会講演会	AIST 計測・診断システム研究協議会有機エレクトロニクス研究会	後援	福岡県	福岡市産学官連携交流センター
47	2010.8.30~2010.8.31	The 1st Japan-China-Korea joint seminar on MEMS/NEMS	AISTKyushu University National Institute of Ibaraki University	主催	北海道	札幌コンベンションセンター
48	2010.8.30~2010.9.1	(平成22年度) 第6回九州・沖縄地域公設試及び産総研研究者合同研修会	産総研九州センター産学官連携センター	主催	佐賀県	産総研九州センター
49	2010.8.31	平成22年度 産総研 環境・エネルギーシンポジウム シリーズ1 「温室効果気体の動態解明とその管理のための技術をめざして」	産総研	共同主催	東京都	日本科学未来館 未来館ホール

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
50	2010. 8. 31	平成22年度 環境・エネルギーシンポジウムシリーズ1 「温室効果気体の動態解明とその管理のための技術をめざして」	産総研	主催	東京都	日本科学未来館 みらい CAN ホール
51	2010. 9. 2	第5回メタンハイドレート研究アライアンス講演会	産総研メタンハイドレート研究センター	主催	北海道	産総研北海道センター
52	2010. 9. 3	GLITセミナーin 分析展2010-JAIMA コンファレンス「糖鎖規格によるバイオ医薬品の行方：バイオベクターは新薬になりうるか？」	(社)日本分析機器工業会(イベント主催) / 糖鎖産業技術フォーラム(セミナー主催)	後援	千葉県	幕張メッセ 国際会議場
53	2010. 9. 3	第28回産総研・技術情報セミナー 「1980年頃からの科学技術政策の変遷と製品事例から考える標準化戦略や規制適正化」	産総研企画本部 産業技術調査室	共催	茨城県	産総研つくばセンター中央
54	2010. 9. 10	第100産学官交流研究会 博多セミナー(二金会)	産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州支部、九州経済産業局	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構 九州支部
55	2010. 9. 29	第28回バイオテクノロジーシンポジウム	バイオテクノロジー開発技術研究組合	主催	神奈川県	パシフィコ横浜
56	2010. 9. 29	第5回糖鎖産業技術フォーラム(GLIT) in Bio Japan 2010『真に役立つバイオマーカーを見い出せ：量的変化より質的变化の追跡』	糖鎖産業技術フォーラム(GLIT)	主催	神奈川県	パシフィコ横浜
57	2010. 10. 2	夢大学 in 工学部2010	富山大学工学部 夢大学実行委員会	主催	富山県	富山大学工学部
58	2010. 10. 4	文科省スーパーサイエンスハイスクール(SSH)	産総研メタンハイドレート研究センター	主催	北海道	産総研北海道センター
59	2010. 10. 8	101回産学官交流研究会 博多セミナー(二金会)	産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州支部、九州経済産業局	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構 九州支部
60	2010. 10. 9	日本音響学会関西支部聴覚基礎理論 談話会 2010年第7回例会	日本音響学会関西支部	共催	大阪府	産総研関西センター
61	2010. 10. 13	インテリア研究所技術講習会 木材 利用技術 研究情報セミナー	産総研中部センター木質材料組織制御研究グループ福岡県工業技術センターインテリア研究所	後援	福岡県	インテリア研究所
62	2010. 10. 22	第29回産総研・技術情報セミナー	産総研企画本部 産業技術調査室	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
63	2010. 10. 25	つくば発イノベーション第13回講演会	産総研	共催	茨城県	産総研つくばセンター中央
64	2010. 10. 25	中国地域産総研技術セミナーin 広島	産総研中国センター、広島県立総合技術研究所食品工業技術センター、(公財)ひろしま産業振興機構、(財)鳥取県産業振興機構、(財)しまね産業振興財団、(財)やまぐち産業振興財団	主催	広島県	広島ガーデンパレス
65	2010. 10. 26	GIC 第22回研修セミナー	産総研グリーンプロセスイノベーションコンソーシアム(GIC)	共催	宮城県	産総研東北センター
66	2010. 10. 28	廃ブラウン管ガラスからの鉛拡散評価シンポジウム-産総研 環境・エネルギー分野 シンポジウム№2-	産総研後援	主催	東京都	秋葉原 UDX ビル 南ウィング
67	2010. 10. 28	夢体験「体験講座」	産総研メタンハイドレート研究センター	主催	茨城県	龍ヶ崎市立長山中学校
68	2010. 10. 28	北九州学術研究都市第10回産学連携 フェア「ものづくり力 IT 化セミナー」	産総研	主催	福岡県	北九州学術研究都市 産学連携センター
69	2010. 10. 29	JBIC2010プロジェクト研究成果報告会	(社)バイオ産業情報化コンソーシアム	主催	東京都	東京コンファレンスセンター品川
70	2010. 11. 1	産総研本格研究ワークショップ(関西センター)	産総研	主催	大阪府	(財)大阪科学技術センター
71	2010. 11. 2	“京都発、新産業・新技術の創出をめざして” 京都産学公連携フォーラム2010	京都工芸繊維大学、京都産業大学、京都大学、京都府、京都市、京都商工会議所、(社)京都工業会 他	主催	京都府	京都工業会館
72	2010. 11. 4~2010. 11. 5	第4回「超高速フォトニクスシンポジウム」	産総研、情報通信研究機構、東北大学電気通信研究所、早稲田大学	後援	東京都	早稲田大学西早稲田キャンパス63号館

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
73	2010.11.5	AIST 計測・診断システム研究協議会 第6回プラズマ技術研究会講演会	AIST 計測・診断システム研究協議会 第6回プラズマ技術研究会	主催	大分県	日田ひなの里 「山陽館」
74	2010.11.6	第5回産業用酵素シンポジウム	長浜バイオ大学主催第5回産業用酵 素シンポジウム	主催	滋賀県	長浜バイオ大学
75	2010.11.8	国際ナノワークショップ in 長野	(財)長野県テクノ財団	主催	長野県	ホテルメトロポリ タン長野
76	2010.11.8	産総研本格研究ワークショップ in 中 部－先進材料プロセスのグリーンイ ノベーション	産総研中部センター	協賛	愛知県	名鉄ニューグランド ホテル
77	2010.11.12	AIST 計測・診断システム研究協議会 第5回精密加工プロセス研究会講演会	AIST 計測・診断システム研究協議会 第5回精密加工プロセス研究会	主催	福岡県	福岡県中小企業振 興センター
78	2010.11.12	102回産学官交流研究会 博多セミナ ー (二金会)	産総研九州センター、中小企業基盤 整備機構九州支部九州経済産業局	主催	福岡県	中小企業基盤整備 機構 九州支部
79	2010.11.12	中四国環境ビジネスネット (B-net) フォーラム2010	岡山県、(財)岡山県産業振興財団	共同 主催	岡山県	岡山ロイヤルホテル
80	2010.11.15	計算機言語談話会 (CLC) 11月第1回	組込みシステム技術連携研究体	後援	兵庫県	産総研関西センタ ー尼崎支所
81	2010.11.16	GSJ 第16回シンポジウム「20万分の1 地質図幅全国完備記念シンポジウム- 全国完備後の次世代シームレス地質 図を目指して-」	産総研地質調査総合センター (GSJ)	後援	東京都	秋葉原コンベンシ ョンセンター
82	2010.11.16～2010.11.18	第27回太陽光発電システムシンポジ ウム	一般社団法人太陽光発電協会	主催	東京都	両国 KFC ホール
83	2010.11.17	産総研テクノショップ in 九州	セミコンフォレスト推進会議	共催	熊本県	KKR ホテル熊本 (城影の間)
84	2010.11.19	「平成22年度自動車用軽量部材研究 会講演会 in 広島」	産総研中国センター	主催	広島県	広島マツダビル
85	2010.11.24～2010.11.25	第32回風力エネルギー利用シンポジ ウム	日本風力エネルギー協会	主催	東京都	科学技術館
86	2010.11.25	NMIJ 法定計量セミナー－法定計量 における計量器規制の最新動向－	産総研計量標準総合センター	後援	東京都	東京ビックサイト
87	2010.11.26	NMIJ 計量標準セミナー－計量標準 整備の最新の取り組み－	産総研計量標準総合センター	主催	東京都	東京ビックサイト
88	2010.11.29	産総研関西センター研究講演会第6回 UBIQEN フォーラム グリーン・フ ォトニクス－環境・エネルギー技術 への展開－	産総研関西センター	後援	大阪府	梅田スカイビル スペース36
89	2010.12.1	第1回「食品加工技術高度化 WG」講演 会第1回「食品・バイオテクノロジー 技術研究会」講演会	産技連 研究連携支援事業計測・診 断システム研究協議会「食品加工技 術高度化 WG」「食品・バイオテ クノロジー技術研究会」	主催	福岡県	中小企業基盤整備 機構 九州支部
90	2010.12.1	中国地域産総研技術セミナー in 島根	産総研、中国経済産業局、島根県、 (財)しまね産業振興財団	主催	島根県	テクノアークしま ね
91	2010.12.2	平成22年度 KICC 第1回インスペク ション技術研究会講演会	KICC・インスペクション技術研究 会	主催	福岡県	八重洲博多ビル
92	2010.12.2	第二回メタンハイドレート総合シン ポジウム	産総研メタンハイドレート研究セン ター	主催	東京都	産総研臨海副都心 センター
93	2010.12.6	産総研 本格研究ワークショップ in 九州	産総研	主催	福岡県	ホテル日航福岡
94	2010.12.7	太陽電池モジュール評価設備完成記 念講演会	産総研九州センター太陽光発電研究 センター	主催	佐賀県	産総研九州センタ ー
95	2010.12.7	仙台マイクロナノ国際フォーラム 2010	東北大学、フラウンホーファー研究 機構、フラウンホーファーに本代表 部、産総研 GIC、MEMSPC、仙台 市	主催	宮城県	仙台サンプラザ
96	2010.12.9～2010.12.10	第4回つくば国際コーティングシンポ ジウム 4th Tsukuba International Coatings Symposium 2010	物質・材料研究機構産総研	共催	茨城県	物質・材料研究機 構千現地区
97	2010.12.9	The 蓄電池 FORUM in 関西	経済産業省 近畿経済産業局	共催	大阪府	追手門学院大阪城 スクエア 大手前 ホール
98	2010.12.10	第3回 Clayteam セミナー	産総研コンパクト化学システム研究 センター	共同 主催	東京都	秋葉原ダイビル

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
99	2010.12.13	第4回名古屋駅前イノベーションハブ技術シーズ発表会	産総研中部センター	主催	愛知県	名古屋駅前イノベーションハブ
100	2010.12.14	地域イノベーション創出共同体形成事業 広域関東圏合同成果発表会	広域関東圏イノベーション創出促進協議会	協力	東京都	秋葉原ダイビルカンファレンスフロア
101	2010.12.15～2010.12.17	2nd International Symposium on Thermal Design and Thermophysical Property for Electronics and Energy (e-Therm 2010) エレクトロニクスとエネルギー分野の熱設計と熱物性に関する第2回国際シンポジウム	産総研計測標準研究部門	後援	茨城県	産総研つくばセンター中央
102	2010.12.15	「中国地域産総研技術セミナー in 岡山」	産総研、岡山県工業技術センター、中国経済産業局(財)岡山県産業振興財団	主催	岡山県	岡山県工業技術センター
103	2010.12.17	第103回産学官交流研究会 博多セミナー(二金会)	産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州支部九州経済産業局	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州支部
104	2010.12.18	日本音響学会関西支部聴覚基礎理論談話会 2010年第8回例会	日本音響学会関西支部	主催	大阪府	産総研関西センター
105	2011.1.7	かがわ糖質バイオフォーラム第3回複合糖質研究会シンポジウム	かがわ糖質バイオフォーラム複合糖質研究会、(財)かがわ産業支援財団	主催	香川県	サンポートホール高松
106	2011.1.11	第24回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム(JSR11) サテライトシンポジウム「生命現象のX-ray microscopy forum、SPRING-8 マイクロ・ナノイメージングと生体機能研究会、PF 位相計測ユーザーグループ、産総研」	X-ray microscopy forum、SPRING-8 マイクロ・ナノイメージングと生体機能研究会、PF 位相計測ユーザーグループ、産総研	主催	茨城県	文部科学省研究交流センター
107	2011.1.11	第6回ガスハイドレート産業創出イノベーション講演会	産総研メタンハイドレート研究センター	主催	東京都	産総研臨海副都心センター
108	2011.1.12	ダイヤモンドパワーデバイス研究交流会	産総研ダイヤモンド研究ラボ	主催	神奈川県	川崎ラウンドクロス
109	2011.1.14	第104回産学官交流研究会 博多セミナー(二金会)	産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州支部九州経済産業局	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州支部
110	2011.1.17	NMIJ-CMS シンポジウム「低炭素社会に向けた計量計測の取組み」	産総研計量標準総合センター(NMIJ/AIST)	主催	東京都	東京国際フォーラムホール
111	2011.1.19	第3回産総研・新技術セミナー	産総研東北センター	主催	宮城県	東北サテライト
112	2011.1.20	平成22年度「霧化分離フォーラム」	四国経済産業局、(財)四国産業・技術振興センター	主催	香川県	ホテルニューフロンティア
113	2011.1.24	第13回連携大学院産学官交流セミナー	佐賀大学、産総研九州センター	共催	佐賀県	佐賀大学大学院工学系6号館
114	2011.1.25	第2回次世代ユビキタス・パワーエレクトロニクスのための信頼性科学	北九州市	主催	東京都	発明会館ホール
115	2011.1.25	計測フロンティア研究部門 第7回シンポジウム	産総研計測フロンティア研究部門	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
116	2011.1.27～2011.1.28	計量標準総合センター2010年度成果発表会	産総研計量標準総合センター(NMIJ)	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
117	2011.1.31	産総研 本格研究ワークショップ in 岡山	産総研	共催	岡山県	ホテルグランヴィア岡山
118	2011.2.4	希望ある健康高齢化社会の実現に向けて「予防・介護・リハビリ科学・技術の高度事業化」発表交流会	京都市、(財)京都高度技術研究所、京都バイオ産業技術フォーラム	主催	京都府	京都市サーチパーク 西地区4号館バズホール
119	2011.2.7	「中国地域産総研技術セミナー in 鳥取」	産総研、地方独立行政法人 鳥取県産業技術センター、中国経済産業局	主催	鳥取県	米子コンベンションセンター [ビッグシップ]
120	2011.2.7	計算機言語談話会(CLC)2月第1回	組込みシステム技術連携研究体	共催	兵庫県	産総研関西センター一尾崎支所
121	2011.2.8	四国地域太陽電池フォーラム「活動成果と交流会～四国から太陽電池産業の創出～」	(財)四国産業・技術振興センター	共催	香川県	リーガホテルゼスト高松
122	2011.2.9	International Workshop on Green Devices and Micro Systems (GDMS2011)	(財)マイクロマシンセンター BEANS 研究所 G デバイスセンター、産総研集積マイクロシステム研究センター	共同主催	茨城県	産総研つくばセンター中央・東
123	2011.2.9～2011.2.10	International Symposium on Integrated Microsystems (ISIM2011)	東北大学マイクロシステム融合研究開発センター、産総研集積マイクロシステム研究センター	主催	茨城県	エポカルつくば、産総研つくばセンター東

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
124	2011.2.10	第105回産学官交流研究会 博多セミナー (二金会)	産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州支部九州経済産業局	後援	福岡県	中小企業基盤整備機構九州支部
125	2011.2.14	平成22年度産総研本格研究ワークショップ in 東北『東北地域のオープンイノベーションにおける試験研究機関の役割』	産総研東北センター	主催	宮城県	仙台ガーデンパレス
126	2011.2.15	東北航空宇宙産業広域連携フォーラム2010	産業技術連携推進会議 東北地域部会 東北航空宇宙産業研究会	主催	宮城県	仙台ガーデンパレス
127	2011.2.16	AIST 計測・診断システム研究協議会第6回精密加工プロセス研究会講演会	AIST 計測・診断システム研究協議会精密加工プロセス研究会	主催	福岡県	八重洲博多ビル
128	2011.2.17	ナノエレクトロニクス技術フォーラム	(社)電子情報技術産業協会	主催	東京都	東京ビッグサイト
129	2011.2.17	計測標準フォーラム第8回講演会	産総研計量標準総合センター (NMIJ)	共同主催	東京都	日本科学未来館 みらい CAN ホール
130	2011.2.18	公開研究会・SSH 研究成果発表会	産総研メタンハイドレート研究センター	主催	奈良県	奈良女子大学附属 中等教育学校
131	2011.2.21	つくば発イノベーション第14回講演会	産総研	後援	茨城県	産総研つくばセンター中央
132	2011.2.23	産総研ものづくり支援ツール普及セミナー in 四国 ー「鋳造テンプレート」利用講習ー	産総研四国センター	主催	愛媛県	愛媛県物産会館
133	2011.2.24	第2回「食品加工技術高度化 WG」講演会 第2回「食品・バイオテクノロジー技術高度化 WG」「食品・バイオテクノロジー研究会」講演会	産総研 研究連携支援事業計測・診断システム研究協議会「食品加工技術高度化 WG」「食品・バイオテクノロジー研究会」	共催	熊本県	KKR ホテル熊本
134	2011.2.24	第4回 Clayteam セミナー Symposium on Advanced Composite Materials	産総研コンパクト化学システム研究センター	主催	宮城県	仙台市情報・産業プラザ
135	2011.2.24	産総研ものづくり支援ツール普及セミナー in 四国 ー「熱処理テンプレート」利用講習ー	(財)東予産業創造センター	主催	愛媛県	(財)東予産業創造センター
136	2011.2.24	平成22年度「第1回次世代バイオナノ研究会」	四国工業研究会次世代バイオナノ研究会、産総研健康工学研究部門、産学業技術総合研究所四国産学官連携センター	共催	香川県	アルファあなぶき ホール
137	2011.2.24	AIST 計測・診断システム研究協議会第7回プラズマ技術研究会	AIST 計測・診断システム研究協議会プラズマ技術研究会	共催	福岡県	八重洲博多ビル
138	2011.2.25	第4回産総研・新技術セミナー	産総研東北センター	主催	宮城県	産総研東北サテライト
139	2011.2.28	第17回地質調査総合センターシンポジウム 地質地盤情報の法整備を目指して	産総研地質調査総合センター、地質地盤情報協議会	共同主催	東京都	東京大学 小柴ホール
140	2011.3.1	平成22年度 KICC 第2回インスペクション技術研究会講演会	KICC・インスペクション技術研究会	主催	熊本県	KKR ホテル熊本
141	2011.3.2	第1回ミニマル3DIC 開発コアメンバー検討会	産総研九州産学官連携センター	共催	福岡県	八重洲博多ビル
142	2011.3.4	四国マイクロ波プロセス研究会 (SIMPI) 第8回フォーラム	四国マイクロ波プロセス研究会 (SIMPI)	共催	香川県	産総研四国センター
143	2011.3.4	ワークショップ「無機複合プラスチック・無機/有機ハイブリッド材料の研究開発動向 一次世代自動車、医療部材への応用を目指して」	産総研中部センター	後援	愛知県	愛知県産業労働センター
144	2011.3.8~2011.3.10	クリーンエネルギー先進ナノ材料に関する第1回国際シンポジウム	産総研、(独)日本学術振興会	主催	大阪府	産総研関西センター
145	2011.3.8	深海底地盤におけるメタンハイドレートの資源開発及び二酸化炭素貯留研究セミナー	山口大学研究推進体	共催	山口県	山口大学
146	2011.3.9~2011.3.11	第6回 新エネルギー技術シンポジウム	産総研、エネルギー技術研究部門筑波大学大学院 システム情報工学研究科	協力	茨城県	産総研つくばセンター中央
147	2011.3.11	第106回産学官交流研究会 博多セミナー (二金会)	産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州支部九州経済産業局	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州支部

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
148	2011. 3. 15	文部科学省 地域イノベーションクラスタープログラム（都市エリア）【高松エリア】～特徴ある糖質の機能を生かした健康バイオ産業の創出～「研究・事業化」成果報告会	香川県、(財)かがわ産業支援財団	主催	香川県	かがわ国際会議場
149	2011. 3. 17	計算機言語談話会（CLC）3月第2回	組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研関西センター －尼崎支所
150	2011. 3. 18	名古屋駅前イノベーションハブオフィス移転1周年記念講演会	名古屋駅前イノベーションハブ運営協議会	後援	愛知県	愛知県産業労働センター（ウインクあいち）
151	2011. 3. 22	計算機言語談話会（CLC）3月第3回	組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研関西センター －尼崎支所
152	2011. 3. 23	産総研シンポジウム「革新的医療・福祉機器とソフトウェア」－当事者重視の医療・福祉機器デザインへ向けて－	産総研健康工学研究部門、産総研ヒューマンライフテクノロジー研究部門、産総研関西センター	主催	大阪府	追手門学院 大阪城スクエア
153	2011. 3. 23	SAGA テクノ2011～産学官連携技術交流会～	佐賀県、佐賀県コーディネーター連絡会議（国立大学法人佐賀大学、国立大学法人九州大学、産総研九州センター、(財)佐賀県地域産業支援センター、佐賀県工業技術センター、佐賀県産業技術センター）	共催	佐賀県	産総研九州センター
154	2011. 3. 28	「ナノテクノロジーによる次世代CFRP開発」シンポジウム	産総研中部センター	後援	愛知県	愛知県産業労働センター（ウインクあいち）
155	2011. 3. 30	大阪大学－産総研 連携シンポジウムライフサイエンスとロボティクス融合技術による新産業創成	大阪大学、産総研	共同主催	大阪府	ブリーゼプラザ
156	2011. 3. 31	計算機言語談話会（CLC）3月第4回	組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研関西センター －尼崎支所

事業組織・本部組織業務

1. 主催行事（共同主催を含む）

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
1	2010. 4. 18～2010. 4. 21	CICMT2010	CICMT2010 事務局	共催	千葉県	海外職業訓練協会 研修施設
2	2010. 4. 18	科学技術週間特別イベント 「なぜ？とふしぎ！を見つけにいこう」	産総研広報部	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
3	2010. 4. 21～2010. 4. 23	第9回国際医薬品原料・中間体展 (CPhI Japan 2010)	CMP ビジネスメディア(株)および (株)化学工業日報社	主催	東京都	東京ビッグサイト
4	2010. 4. 22～2010. 4. 23	2010年産業技術総合研究所中部センター 研究発表会	産総研中部センター	主催	愛知県	産総研中部センター
5	2010. 4. 22	2010年度第1回講演会 『ものづくりイノベーション』	(社)自動車技術会関東支部	主催	神奈川県	株式会社小野測器 本社ビル
6	2010. 4. 22～2010. 4. 23	産業技術総合研究所中部センター オープンラボ2010	産総研中部センター	主催	愛知県	産総研中部センター
7	2010. 4. 23	第21回産総研サイエンスカフェ 「自然界の燃える氷 メタンハイドレート」	産総研広報部・産総研メタンハイドレート 研究センター	主催	茨城県	カフェ ベルガ
8	2010. 4. 27	GIC22年度総会及び特別講演会	産総研グリーンプロセスイノベーション コンソーシアム (GIC)	主催	宮城県	産総研東北センター
9	2010. 5. 13～2010. 5. 14	日本膜学会第32年会	日本膜学会	共催	東京都	産総研臨海副都心 センター
10	2010. 5. 17	ジオネットワークつくば第5回野外 観察「フィールドサーバ組み立て・ 設置体験」	ジオネットワークつくば	主催	茨城県	筑波山周辺
11	2010. 5. 20	Clayteam 設立総会及び 第1回 Clayteam セミナー	産総研コンパクト化学システム研究 センター	主催	東京都	中野サンプラザ
12	2010. 6. 3～2010. 6. 4	平成22年度「バイオマス夏の学校」	日本エネルギー学会バイオマス部会	共催	広島県	産総研中国センター
13	2010. 6. 5	科学・技術フェスタ in 京都 ー平成22年度産学官連携推進会議ー	内閣府、総務省、文部科学省、厚生 労働省、農林水産省、経済産業省、 国土交通省、環境省、日本経済団体 連合会、日本学術会議、科学技術振 興機構、新エネルギー・産業技術総 合開発機構、情報通信研究機構、日 本学術振興会、理化学研究所、産総 研、物質・材料研究機構、日本原子 力研究開発機構、工業所有権情報・ 研修館、宇宙航空研究開発機構、海 洋研究開発機構	主催	京都府	国立京都国際会館
14	2010. 6. 9	第1回名古屋駅前イノベーションハブ 技術シーズ発表会	産総研	主催	愛知県	愛知県産業労働セ ンター
15	2010. 6. 9	第1回名古屋駅前イノベーションハブ 技術シーズ発表会 第2回 産総研マグネシウムシンポジ ウム	産総研中部センター・サステナブル マテリアル研究部門	主催	愛知県	愛知県産業労働技 術センター ウィ ンクあいち
16	2010. 6. 25	ジオネットワークつくば第13回サイ エンスカフェ 「川の魚、田んぼの魚 ～河川の生 き物にとって大切な水田地域」	ジオネットワークつくば	主催	茨城県	エキスポセンター 内 レストラン滝
17	2010. 6. 25	独立行政法人産業技術総合研究所新 中国センター 開所記念事業	産総研中国センター	主催	広島県	産総研中国センタ ー
18	2010. 6. 25	第22回産総研サイエンスカフェ「環 境を数字にする 都市ヒートアイラ ンドについて語ろう」	産総研広報部	主催	茨城県	カフェ ベルガ
19	2010. 6. 27～2010. 7. 2	再生可能エネルギー2010国際会議 (併設展) 第5回新エネルギー世界展 示会	再生可能エネルギー2010国際会議組 織委員会	共催	神奈川県	パシフィコ横浜
20	2010. 6. 27	日本福祉のまちづくり学会 音サイ ンポジウム	日本福祉のまちづくり学会、情報障 害特別研究委員会、慶應義塾大学日 吉心理学教室、交通エコロジー・モ ビリティ財団、日本サインデザイン 協会、産総研	共催	東京都	産総研臨海副都心 センター
21	2010. 6. 29	GIC 第20回研修セミナー	産総研グリーンプロセスイノベー ションコンソーシアム (GIC)	主催	宮城県	産総研東北センタ ー

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
22	2010. 6. 30～2010. 8. 30	2010年度組込み適塾	(社)関西経済連合会 組込みソフト産業推進会議、産総研関西センター	主催	大阪府	産総研関西センター
23	2010. 6. 30	第一回つくばイノベーションアリーナ (TIA) 公開シンポジウム	TIA・nano 事務局 (産総研 (AIST)、物質・材料研究機構 (NIMS)、筑波大学、日本経済団体連合会)	共同主催	東京都	経団連会館
24	2010. 7. 1	再生可能エネルギー2010国際会議 > スペシャルセッション > AIST Session『エネルギー技術研究における国際研究協力の役割』 (英文名) Renewable Energy 2010 > Special Session > AIST Session"Role of International Collaboration in Energy R&D"	産総研	主催	神奈川県	パシフィコ横浜会議センター
25	2010. 7. 7	セミナーin なごやサイエンスパーク	産総研中部センター、(財)名古屋都市振興公社 研究推進部、(独)中小企業基盤整備機構、クリエイション・コア名古屋	主催	愛知県	名古屋サイエンス交流プラザ
26	2010. 7. 10	2008江戸川大学前期出前講座 (4月～9月) 産業技術総合研究所教養講座 最先端研究開発の現場 ～4人の研究者～機能性材料の開発を目指して～	産総研	主催	千葉県	ライフガーデン流山おおたかの森
27	2010. 7. 24	平成22年度一般公開 (つくばセンター)	産総研	主催	茨城県	産総研つくばセンター
28	2010. 7. 25	ジオネットワークつくば主催 第14回サイエンスカフェ (for kids) 「チョウと仲良くなるには」農業生物資源研究所 井上 A. 尚	ジオネットワークつくば	主催	茨城県	つくばエキスポセンター
29	2010. 7. 28～2010. 7. 30	CBRC2010 - 2010年度生命情報工学研究センターワークショップ開催のご案内ポスター発表募集のご案内	産総研生命情報工学研究センター CBRC2010実行委員会	主催	東京都	産総研臨海副都心センター
30	2010. 7. 29	産業技術総合研究所 関西センター一般公開	産総研関西センター	主催	兵庫県	産総研関西センター 尼崎支所
31	2010. 7. 30	ライフサイエンス分野における先端分析計測機器技術の開発と応用～第3回バイオ計測・試薬研究会講演会～	(財)京都高度技術研究所、バイオ計測・試薬研究会	共催	京都府	京都市ササケパーク東地区1号館
32	2010. 8. 6	GIC&触媒学会バイオマス変換触媒研究会合同セミナー	GIC及び触媒学会	主催	宮城県	産総研東北センター
33	2010. 8. 7	産業技術総合研究所中部センター一般公開 (なごや・サイエンス・ひろば)	産総研中部センター	主催	愛知県	なごやサイエンスパーク
34	2010. 8. 9～2010. 8. 10	第6回「産業技術総合研究所 太陽光研究センター 成果報告会」	産総研太陽光発電研究センター	主催	茨城県	つくば国際会議場
35	2010. 8. 21	地質標本館 地球何でも相談	産総研地質標本館	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
36	2010. 8. 21	九州センター一般公開	産総研九州センター	主催	佐賀県	産総研九州センター
37	2010. 8. 23	第2回 名古屋駅前イノベーションハブ技術シーズ発表会	産総研中部センター	主催	愛知県	名古屋駅前イノベーションハブ
38	2010. 8. 25	第3回「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」シンポジウム	産総研	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
39	2010. 8. 25～2010. 9. 28	組込み適塾 実践演習編 実践クラス 設計演習 (アンドロイド)	組込みシステム産業振興機構産総研	主催	大阪府	産総研関西センター
40	2010. 8. 25	産業技術総合研究所四国センター一般公開	産総研四国センター	主催	香川県	産総研四国センター
41	2010. 8. 26～2010. 8. 27	四国及び中国地域公設試験研究機関研修者合同研修会	産総研中国センター、産総研四国センター	主催	広島県	広島テクノプラザ
42	2010. 8. 28	ジオネットワークつくば主催 第15回サイエンスカフェ (for kids) 「大昔つくばにゾウがいたって本当？」	ジオネットワークつくば	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
43	2010.9.1～2010.9.3	組込み適塾 実践演習編 実践的モデル検査	組込みシステム産業振興機構産総研	主催	大阪府	産総研関西センター
44	2010.9.1	四国食品健康フォーラム2010	四国経済産業局、(財)四国産業・技術振興センター	共催	愛媛県	松山市総合コミュニケーションセンター
45	2010.9.1	第25回 NMIJ セミナー「確かな分析に必要な標準物質」(JAIMA コンプレックス)	産総研計量標準総合センター	主催	千葉県	幕張メッセ 国際会議場
46	2010.9.3	第23回産総研サイエンスカフェ「花火を科学する 花火の原理とさらなる進化の可能性」	産総研広報部	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
47	2010.9.4～2010.9.7	第34回日本磁気学会学術講演会	(社)日本磁気学会	共催	茨城県	つくば国際会議場
48	2010.9.6～2010.9.9	第54回粘土科学討論会	日本粘土学会	共催	愛知県	IB情報館
49	2010.9.9	第12回溶接・表面改質フォーラム「レーザものづくりー加工技術と新しい活用法」	溶接・表面改質フォーラム、一般財団法人レーザプラットフォーム協議会	共催	香川県	サンポートホール高松
50	2010.9.10～2010.10.15	組込み適塾 実践演習編 リバースエンジニアリング&リファクタリング	組込みシステム産業振興機構産総研	主催	大阪府	産総研関西センター
51	2010.9.14～2010.9.16	Ninth Japan-Taiwan International Workshop on Hydrological and Geochemical Research for Earthquake Prediction (水文学的・地球化学的手法による地震予知研究についての第9回日台国際ワークショップ)	産総研活断層・地震研究センター	主催	茨城県	産総研つくばセンター
52	2010.9.14	第2回 clayteam セミナー	産総研コンパクト化学システム研究センター 先進機能材料チーム	主催	宮城県	産総研東北センター
53	2010.9.16～2010.9.17	産総研ものづくり支援ツール普及セミナーin名古屋 ー第2回「MZ プラットフォーム」利用講習ー	産総研先進製造プロセス研究部門ものづくり支援ツール研究班中部産学官連携センター ものづくり基盤技術支援室	主催	愛知県	愛知県産業労働センター (ウインクあいち)
54	2010.9.19～2010.9.21	G空間 EXPO	G空間 EXPO 実行委員会	主催	神奈川県	パシフィコ横浜
55	2010.9.25	ジオネットワークつくば第6回野外観察会 「筑波山のおいしい水はどこにある？」	ジオネットワークつくば	主催	茨城県	筑波山
56	2010.9.27	産総研「本格研究ワークショップ in 四国」	産総研	主催	香川県	ホテルニューフロンティア
57	2010.10.5	第3回名古屋駅前イノベーションハブ技術シーズ発表会	産総研中部センター	主催	愛知県	名古屋駅前イノベーションハブ
58	2010.10.5	シンポジウム「ライフサイエンスの未来へー10年先のデータベースを考えるー」	大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構ライフサイエンス統合データベースセンター、(独)医薬基盤研究所、(独)農業生物資源研究所産総研、バイオメディシナル情報研究センター	共同主催	東京都	東京大学本郷キャンパス浅野地区構内 武田ホール
59	2010.10.6	2010年度第6回講演会『グリーンイノベーションを支える産総研の設計・製造技術研究開発の最前線』	(社)自動車技術会関東支部	主催	茨城県	産総研つくばセンター東
60	2010.10.7	第1回「革新的耐食・耐摩耗性コーティング技術開発」会議	産総研中国センター	主催	広島県	広島ガーデンパレス
61	2010.10.14～2010.10.15	産総研オープンラボ	産総研	主催	茨城県	産総研つくばセンター
62	2010.10.16	野外地質観察会「恐竜時代の地層を見てみよう！」	産総研	主催	福島県	いわき市アンモナイトセンター 等
63	2010.10.17	ジオネットワークつくば主催第7回野外観察会「園内で見える筑波山の植物」及び「水草を守る」	ジオネットワークつくば	主催	茨城県	国立科学博物館筑波実験植物園
64	2010.10.18	「産学官連携フェア2010みやぎー研究成果発表・交流の集いー」	(財)みやぎ産業振興機構	共催	宮城県	仙台国際センター
65	2010.10.18	第5回産総研レアメタルシンポジウム	産総研レアメタルタスクフォース	主催	東京都	石垣記念ホール
66	2010.10.20	計測フロンティア研究部門 第22回公開セミナー「超伝導検出器により拓かれる次世代分析技術」	産総研計測フロンティア研究部門	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
67	2010.10.22	産総研ものづくり支援ツール普及セミナーin名古屋ー 第3回 「鍛造テンプレート」利用講習ー	産総研先進製造プロセス研究部門ものづくり支援ツール研究班中部産学官連携センター ものづくり基盤技術支援室	主催	愛知県	愛知県産業労働センター(ウインクあいち)
68	2010.10.25	平成22年度中国地域産業技術連携推進会議 バイオ分科会	産総研中国センター	主催	広島県	広島ガーデンパレス
69	2010.10.26	計測フロンティア研究部門 第23回公開セミナー「材料リサイクルと先端計測・解析技術」	産総研計測フロンティア研究部門	主催	愛知県	ミッドランドホール
70	2010.10.27～2010.10.30	中部地域公設研テクノフェア2010	産総研中部センター	主催	愛知県	名古屋国際展示場(ポートメッセなごや)
71	2010.10.27	第24回産総研サイエンスカフェ「音楽情報処理研究が可能にする 未来の音楽のたのしみかた」	産総研広報部	主催	茨城県	カフェ ベルガ
72	2010.10.29	広島中央サイエンスパーク 施設公開 2010	広島中央サイエンスパーク研究交流推進協議会	共同主催	広島県	産総研中国センター 他、広島中央サイエンスパーク内各施設
73	2010.10.29	ジオネットワークつくば第16回サイエンスカフェ主催「育まれるにの快不快」	ジオネットワークつくば	主催	茨城県	つくばエキスポセンター内 レストラン滝
74	2010.11.6	ジオネットワークつくば主催第17回サイエンスカフェ 土木の日スペシャル「地すべり災害」って何だろう?	ジオネットワークつくば	主催	茨城県	土木研究所
75	2010.11.7	科学博物館でルビーができる!?	(財)東予産業創造センター	共催	愛媛県	愛媛県総合科学博物館
76	2010.11.11	産総研・新技術セミナー	産総研東北センター	主催	宮城県	東北サテライト
77	2010.11.13	ワークショップ「ナノカーボン材料によるレアメタル対策技術の新展開」	産総研	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
78	2010.11.16～2011.1.30	地質標本館 秋の特別展「イーハトーブの石たちー宮沢賢治の地的世界ー」	産総研地質標本館	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
79	2010.11.17	NEDO 技術フォーラム in 四国(2010)～食と健康を支える技術開発～	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構関西支部	共催	香川県	サンポートホール高松
80	2010.11.18～2010.11.19	第3回 Technology Policy JAM 開催のお知らせ	産総研イノベーション推進本部	主催	東京都	産総研秋葉原サイト
81	2010.11.18～2010.11.19	つくばチャレンジ2010	(財)ニューテクノロジー振興財団	共催	茨城県	つくば中央公園周辺
82	2010.11.19～2010.11.21	第31回全日本マイクロマウス大会	(財)ニューテクノロジー振興財団	共催	茨城県	つくばカピオ
83	2010.11.19	産総研ものづくり支援ツール普及セミナーin名古屋ー 第4回 「熱処理テンプレート」利用講習ー	産総研先進製造プロセス研究部門ものづくり支援ツール研究班中部産学官連携センター ものづくり基盤技術支援室	主催	愛知県	愛知県産業労働センター(ウインクあいち)
84	2010.11.25～2010.11.26	産業技術連携推進会議平成22年度知的基盤部会総会及び分析分科会年会	産業技術連携推進会議及び産総研	共催	岡山県	メルパルク岡山
85	2010.11.27	地質標本館 秋の特別展関連イベント「朗読会「楢ノ木大学士(ならのきだいがくし)の野宿」 第一夜「火山」	産総研地質標本館	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
86	2010.12.2	平成22年度 産総研 環境・エネルギーシンポジウムシリーズ3エネルギー技術シンポジウム2010特集「グリーン・イノベーションにおける高効率エネルギー機器・システム開発」	産総研エネルギー技術研究部門	主催	東京都	東京国際交流館 プラザ平成 国際交流会議場
87	2010.12.6～2010.12.7	第36回(2010年)感覚代行シンポジウム	感覚代行研究会	共催	東京都	産総研臨海副都心センター

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
88	2010.12.7	第9回地圏資源環境研究部門成果報告会	産総研地圏資源環境研究部門	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
89	2010.12.9	第2回産総研・新技術セミナー	産総研東北センター	主催	宮城県	東北サテライト
90	2010.12.9～2010.12.10	ジェロンテクノロジーフォーラム2010	産総研10日午前 特別講演会 主催 9日ワークショップ及び10日午後研究発表会は国際ジェロンテクノロジー学会 (International Society for Gerontechnology; ISG) と産総研の共催	主催	東京都	産総研臨海副都心センター
91	2010.12.10	第25回産総研サイエンスカフェ「快適3D ライフのすごしかた 立体視の仕組みから安全快適基準まで」	産総研広報部	主催	茨城県	カフェ ベルガ
92	2010.12.10	シンポジウム「新材料で構成する快適建築空間－アドバンストパッシブという考え方－」	環境ハーモニック建築部材研究会、サステナブルマテリアル研究部門	主催	東京都	三会堂ビル石垣記念ホール
93	2010.12.14	「平成22年度バイオマスマテリアル利用研究会講演会 in 岡山」	産総研中国センター	主催	岡山県	ピュアリティまきび
94	2010.12.15	2010年 半導体 MIRAI プロジェクト成果報告会	半導体 MIRAI プロジェクト、産総研、ナノ電子デバイス研究センター (NIRC)、(株)半導体先端テクノロジー (Selete)、技術研究組合極端紫外線露光システム技術開発機構 (EUV)、(株)東芝	共同主催	茨城県	つくば国際会議場
95	2010.12.15	平成22年度 中国地域産業技術連携推進会議 EMC 分科会	産総研中国センター	主催	岡山県	岡山県工業技術センター
96	2010.12.17	産総研ものづくり支援ツール普及セミナーin 名古屋－ 第5回 「鋳造テンプレート」利用講習－	産総研先進製造プロセス研究部門 ものづくり支援ツール研究班中部産学官連携センター ものづくり基盤技術支援室	主催	愛知県	愛知県産業労働センター (ウインクあいち)
97	2010.12.24～2010.12.25	SAT10周年記念 TX テクノロジー・ショーケース in つくば	(財)茨城県科学技術振興財団 つくばサイエンス・アカデミー	共催	茨城県	つくば国際会議場
98	2011.1.14	ジオネットワークつくば主催第19回サイエンスカフェ「花室川と環境教育～生徒と歩んだ15年～」	ジオネットワークつくば	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
99	2011.1.19	平成22年度産技連研究連携支援事業「革新的耐食・耐摩耗性コーティング技術開発」第2回会議	産総研中国センター	主催	広島県	広島ガーデンパレス
100	2011.1.21	産総研ものづくり支援ツール普及セミナーin 名古屋－ 第6回 切削加工 (データベース利用法・トピックス等)－	先進製造プロセス研究部門 ものづくり支援ツール研究班中部産学官連携センター ものづくり基盤技術支援室	主催	愛知県	愛知県産業労働センター (ウインクあいち)
101	2011.1.26	平成22年度モノ作りセミナー「研究開発資金へのチャレンジ」及び個別相談会	(独)中小企業基盤整備機構中国支部	共催	広島県	(独)中小企業基盤整備機構中国支部
102	2011.2.1～2011.2.2	第10回産総研・産技連 LS-BT 合同発表会	産総研産業技術連携推進会議 ライフサイエンス部会 バイオテクノロジー分科会	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
103	2011.2.2	「さつき」無料講習会	組込みシステム産業振興機構関西産学官連携センター 組込みシステム技術連携研究体	主催	大阪府	産総研つくばセンター中央
104	2011.2.4	産総研ものづくり支援ツール普及セミナーin 名古屋－ 第7回 産総研の溶接作業標準から学ぶ各種材料の溶接－	産総研、名古屋市工業研究所	主催	愛知県	名古屋市工業研究所
105	2011.2.6	第2回 地質標本館カフェ「レプリカで化石の研究？」	産総研地質標本館	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
106	2011.2.7	平成22年度 中国地域産業技術連携推進会議プラズマ・表面処理分科会	産総研中国センター	主催	鳥取県	米子コンベンションセンター
107	2011.2.8	第4回つくば産産学連携促進市 in アキバ	つくば市	共催	東京都	秋葉原ダイビル
108	2011.2.8	平成22年度 産総研 環境・エネルギーシンポジウムシリーズ4「21世紀の化学反応とプロセス－産学官連携による新たな展開－」	産総研	主催	茨城県	つくばカピオ

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
109	2011. 2. 14	第5回名古屋駅前イノベーションハブ技術シーズ発表会	産総研中部センター	主催	愛知県	名古屋駅前イノベーションハブ
110	2011. 2. 16～2011. 2. 18	第10回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議 (nano tech 2011)	nano tech 実行委員会	主催	東京都	東京ビッグサイト
111	2011. 2. 16	サステナブルナノマニュファクチャリング シンポジウム ～ナノ成膜とナノ粒子プロセス～	産総研ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室	主催	東京都	東京ビッグサイト
112	2011. 2. 19～2011. 2. 20	産総研キャラバン2011やまなし	産総研	主催	山梨県	山梨県立科学館
113	2011. 2. 21	産総研研究講演会 in 中部	産総研中部センター	主催	愛知県	愛知県産業労働センター (ウインクあいち)
114	2011. 2. 22	第14回光技術シンポジウム「次世代光ネットワークデバイス」～コアから機器内まで～	産総研光技術研究部門、(財)光産業振興協会	共同主催	東京都	臨海副都心センター
115	2011. 2. 23	次世代ナノテックフォーラム ナノテック展示・講演会 ー地場産業を支えるナノテクノロジーー プリンテッドエレクトロニクス (PE) 講演会 ～関西プリンテッドエレクトロニクス技術最前線～	産総研関西センター、近畿経済産業局、産技連近畿部会ナノテクノロジー一分科会	主催	大阪府	千里ライフサイエンスセンター
116	2011. 2. 25～2011. 2. 26	International Symposium on Engineering Neo-Biomimetics II- Soft Nanomaterials and Soft Robotics- エンジニアリング・ネオバイオミメティクス II-ソフト・ナノマテリアル&ソフト・ロボティクスー	産総研5大学附置研究所アライアンスー東北大学多元物質科学研究所・原子分子材料高等研究機構ー北海道大学電子科学研究所ー九州大学先端物質化学研究所ー大阪大学産業科学技術研究所ー東京工業大学資源化学研究所、(独)物質・材料研究機構バイオミメティクス研究会	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
117	2011. 2. 25	第26回産総研サイエンスカフェ「シリコン球で定義する kg キログラム原器からアボガドロ定数 N_A へ」	産総研広報部	主催	茨城県	カフェ ベルガ
118	2011. 2. 26	つくばサイエンスツアーパス	産総研メタンハイドレート研究センター	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央
119	2011. 2. 28	化学物質の安全管理に関するシンポジウム ー化学物質のリスク評価と今後の課題ー	内閣府、厚生労働省、経済産業省、国土交通省、環境省、(独)製品評価技術基盤機構、(独)産業技術総合研究所、(独)土木研究所、(独)国立環境研究所	共催	東京都	三井共用会議所
120	2011. 3. 1	水素貯蔵材料フォーラム2011	産総研水素貯蔵材料先端基盤研究事業	主催	東京都	東京国際交流館
121	2011. 3. 2	第3回産総研ナノシステム連携促進フォーラム～企業との連携によるナノシステムの産業化をめざして～	産総研ナノシステム研究部門	主催	東京都	化学会館
122	2011. 3. 3	デジタルヒューマン・シンポジウム2011	産総研デジタルヒューマン工学研究センター	主催	東京都	日本科学未来館
123	2011. 3. 4	いばらき圏央道産業交流フォーラム in AKIBA	茨城県圏央道沿線地域産業・交流活性化協議会	共催	東京都	秋葉原ダイビル
124	2011. 3. 8	GEO Grid 成果報告会2011	産総研	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
125	2011. 3. 9	産業技術総合研究所 技術普及講演会	産総研中部センター、(財)北陸産業活性化センター	主催	富山県	アーバンプレイス
126	2011. 3. 14	計算機言語談話会 (CLC) 3月第1回	組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研関西センター尼崎支所
127	2011. 3. 28	産総研 サービス工学シンポジウム「最先端のサービス工学基盤技術と活用事例」	産総研サービス工学研究センター	主催	東京都	日本科学未来館みらい CAN ホール

2. その他参加行事

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
1	2010.4.1～2011.3.31	2010キャンパスベンチャーグランプリ四国	キャンパスベンチャーグランプリ四国実行委員会	後援	大阪府	日刊工業新聞社大阪支社 CVG四国事務局
2	2010.4.1～2011.3.31	平成22年度中国地域公設試験研究機関功績者表彰事業	(財)ちゅうごく産業創造センター	後援	指定なし	
3	2010.4.6～2011.2.27	『先端技術館@TEPIA』	(財)機械産業事業財団	協力	東京都	TEPIA
4	2010.4.26	「第8回 全日本 学生フォーミュラ大会ーものづくり・デザインコンペティションー」	(社)自動車技術会	協賛	静岡県	小笠山総合運動公園
5	2010.5.15～2010.5.16	第71回分析化学討論会付設展示	日本分析化学会	出展	島根県	島根大学松江キャンパス
6	2010.5.16	「環境リーダー教育シンポジウム」	東北大学大学院環境科学研究科	後援	宮城県	ホテルメトロポリタン仙台
7	2010.5.23～2010.5.28	日本地球惑星科学連合2010年大会	一般社団法人 日本地球惑星科学連合	後援	千葉県	幕張メッセ
8	2010.5.23～2010.8.23	多摩六都科学館 『ロクト・ロボットパーク』	多摩六都科学館	出展	東京都	多摩六都科学館
9	2010.5.26～2010.5.28	中小企業総合展2010 in kansai	(独)中小企業基盤整備機構	後援	大阪府	インテックス大阪6号店
10	2010.5.27～2010.5.30	技研公開2010	NHK放送技術研究所	協力	東京都	NHK放送技術研究所
11	2010.5.29～2010.5.30	第13回マリンバイオテクノロジー学会	第13回マリンバイオテクノロジー学会	後援	広島県	広島大学 生物生産学部
12	2010.6.1～2011.3.31	板橋製品技術大賞	東京都板橋区	協力	東京都	板橋区役所
13	2010.6.2～2010.6.4	JPCA Show 2010第40回国際電子回路産業展	(社)日本電子回路工業会	後援	東京都	東京ビックサイト
14	2010.6.4	日本ゾルゲル学会第7回セミナー 【ゾルゲル法を利用した無機-有機ハイブリッドマテリアルの新展開】	日本ゾルゲル学会	協賛	東京都	早稲田大学西早稲田キャンパス
15	2010.6.13～2010.6.16	ロボティクス・メカトロニクス講演会2010	(社)日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門	協賛	北海道	旭川大雪アリーナ
16	2010.6.16～2010.6.18	スマートグリッド展2010	株式会社 日刊工業新聞社	後援	東京都	東京ビックサイト
17	2010.6.24～2010.6.25	産学連携学会第8回大会	特定非営利活動法人産学連携学会	後援	北海道	ロワジールホテル函館
18	2010.6.24～2010.6.26	福岡ナノテクNOW2010	福岡ナノテク推進会議(メンバーの一員)	出展	福岡県	西日本総合展示場
19	2010.6.30～2010.7.2	PV Japan 2010 ー太陽光発電に関する総合イベントー	一般社団法人 太陽光発電協会有限公司 セミ・ジャパン	協賛	神奈川県	パシフィコ横浜
20	2010.6.30～2010.7.2	第9回国際バイオEXPO	リード エグジジション ジャパン株式会社	出展	東京都	東京ビックサイト
21	2010.6.30～2010.7.2	新エネルギー国際展示会	再生可能エネルギー協議会	出展	神奈川県	パシフィコ横浜
22	2010.7.2	IPABセミナー/Gfarm Workshop 2010	特定非営利活動法人 並列生物情報処理イニシアティブ	協賛	東京都	東京工業大学 蔵前会館
23	2010.7.7	第26回 産学官交流のつどい	福島県中小企業団体中央会、福島県電子機械工業会	後援	福島県	コラッセふくしま
24	2010.7.11	学都「仙台・宮城」サイエンスデイ	NPO法人 natural scienc	後援	宮城県	東北大学川内北キャンパス
25	2010.7.14～2010.7.16	電気自動車開発技術展2010	電気自動車開発技術展実行委員会	協賛	神奈川県	パシフィコ横浜
26	2010.7.14～2010.7.16	スマートグリッドフェア2010	クリーン発電&スマートグリッドフェア実行委員会	協賛・出展	神奈川県	パシフィコ横浜
27	2010.7.15	「蓄熱月間」キャンペーン「第13回蓄熱のつどい」	(財)ヒートポンプ・蓄熱センター	後援	東京都	ホテルニューオータニ
28	2010.7.17～2010.8.31	「特別展『万華鏡～光のサイエンスアート』」	(財)つくば科学万博記念財団	出展・協力	茨城県	つくばエキスポセンター
29	2010.7.17～2010.7.22	アクロス福岡・夏休み子ども企画「サイエンス体験フェスタ」	(財)アクロス福岡	出展	福岡県	アクロス福岡
30	2010.7.17～2010.7.18	サイエンスフェスタin秋葉原「産業技術総合研究所」	つくばエクスプレス	出展	東京都	TX秋葉原駅構内
31	2010.7.20～2011.2.28	機器分析手法技術の実務講習会	京都市、(財)京都高度技術研究所	後援	京都府	京都市産業技術研究所工業技術センター
32	2010.7.21～2010.7.22	第4回ビジネスマッチングフェア in Hamamatsu 2010	浜松商工会議所	後援	静岡県	浜松市総合産業展示館

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
33	2010. 7. 29～2010. 7. 30	日本ゾルゲル学会第8回討論会	日本ゾルゲル学会	協賛	愛知県	名古屋大学東山キャンパス
34	2010. 8. 7～2010. 8. 22	科学技術館 2010年夏休み特別展「いきものから学ぶロボット展」	(財)日本科学技術振興財団・科学技術館	協力	東京都	科学技術館
35	2010. 8. 17～2010. 8. 23	四国地域太陽電池フォーラム「キックオフセミナー」	(財)四国産業・技術振興センター	後援	徳島県、高知県、愛媛県、香川県	徳島グランヴィリオホテル、サウスブリーズホテル、ホテルJALシティ松山、ホテルニューフロンティア
36	2010. 8. 19	それゆけ！たいけん！ドキドキッズ講座「紫外線ビーズでストラップを作ろう！」	仙台市中山市民センター	出展	宮城県	仙台市中山市民センター
37	2010. 8. 21～2010. 8. 22	ふしぎと遊ぼう！青少年のための科学の祭典2010大阪大会サイエンス・フェスタ	「青少年のための科学の祭典」大阪大会実行委員会、日本科学技術振興財団・科学技術館、日本物理教育学会近畿支部、日本物理学会大阪支部、大阪市教育委員会・大阪府立科学館、関西サイエンス・フォーラム、読売新聞大阪本社、大阪科学振興協会特別協力：ハービスHALL、産総研関西センター	協力	大阪府	ハービス・ホール
38	2010. 8. 23	プレス発表に伴う成果発表会「認知症者の自立行動を促す情報支援ロボットを開発－独居認知症者の生活場面での実証に成功－」	国立障害者リハビリテーションセンター研究所	協力	東京都	厚生労働省中央合同庁舎
39	2010. 8. 27	「フォーマルメソッド普及促進セミナー2010in札幌」	経済産業省 北海道経済産業局	後援	北海道	ホテルニューオータニ札幌
40	2010. 9. 1～2010. 9. 3	分析展2010・科学機器展2010 合同展示会	(社)日本分析機器工業会日本科学機器団体連合会	後援	千葉県	幕張メッセ
41	2010. 9. 1～2010. 10. 31	第9回キャンパスベンチャーグランプリ中国	キャンパスベンチャーグランプリ中国実行委員会	後援	広島県	リーガロイヤルホテル広島
42	2010. 9. 1～2010. 10. 31	第6回キャンパスベンチャーグランプリ東北	キャンパスベンチャーグランプリ東北実行委員会	後援	宮城県	ホテルメトロポリタン仙台
43	2010. 9. 8	イノベーションシンポジウム「水資源の創造と水ビジネスの可能性」	(財)ちゅうごく産業創造センター	後援	広島県	ホテルセンチュリー21広島
44	2010. 9. 9	“知”と“地”の協奏 地域貢献をめざす高知発の科学技術～JSTイノベーションサテライト高知 研究成果報告会～	(独)科学技術振興機構JSTイノベーションサテライト高知	後援	高知県	高知新阪急ホテル
45	2010. 9. 13	第24回日本高齢者大会in水戸	第24回日本高齢者大会in水戸実行委員会	出展	茨城県	茨城大学
46	2010. 9. 14	かがわ糖質バイオフォーラム希少糖食品開発シンポジウム	かがわ糖質バイオフォーラム希少糖食品開発研究会、(財)かがわ産業支援財団	後援	香川県	かがわ国際会議場
47	2010. 9. 15～2010. 9. 17	日本分析化学会第59年会付設機器・カタログ展示会	日本分析化学会	出展	宮城県	東北大学川内北キャンパス
48	2010. 9. 24	地質リスクマネジメント事例研究発表会	(社)全国地質調査業協会連合会	協賛	東京都	飯田橋レインボーホール
49	2010. 9. 29	第2回東四国健康バイオセミナー	(財)かがわ産業支援財団	後援	香川県	小豆島町役場
50	2010. 9. 29～2010. 10. 1	ノベーション・ジャパン2010－大学見本市－	(独)科学技術振興機構、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	出展	東京都	東京国際フォーラム
51	2010. 9. 29～2010. 10. 1	バイオジャパン2010－World Business Forum－“バイオ産業新生の時 オープンイノベーションの波に乗り遅れるな”	バイオジャパン組織委員会	後援	神奈川県	パシフィコ横浜
52	2010. 10. 1	平成22年度 ニュービジネス助成金	株式会社池田泉州銀行	後援	大阪府	株式会社自然総研、ニュービジネス目利き委員会
53	2010. 10. 3～2010. 10. 5	「科学技術と人類の未来に関する国際フォーラム」第7回年次総会	特定非営利活動法人 STSフォーラム	後援	京都府	国立京都国際会館

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
54	2010.10.5～2010.10.9	CEATEC JAPAN 2010 シーテック ジャパン 2010 (Combined Exhibition of Advanced Technologies)	CEATEC JAPAN 実施協議会一般 (社)情報通信ネットワーク産業協 (CIAJ) (社)電子情報技術産業協 会 (JEITA) (社)コンピュータソ フトウェア協会 (CSAJ)	出展	千葉県	幕張メッセ
55	2010.10.6～2010.10.8	計測展 2010 OSAKA	(社)日本電気計測器工業会	協賛	大阪府	大阪国際会議場 グ ランキューブ大阪
56	2010.10.8～2010.10.9	平成22年度岩手県工業技術センター 一般公開	地方行政独立法人 岩手県工業技 術センター	出展	岩手県	岩手県工業技術セ ンター
57	2010.10.8～2010.10.9	平成22年度 地方独立行政法人 岩 手県工業技術センター一般公開	地方独立行政法人 岩手県工業技 術センター	協力	岩手県	地方(独)岩手県工 業技術センター
58	2010.10.8～2010.10.9	SAGAドリームファクトリー2010 “超”躍する佐賀の企業展	佐賀県新産業課	出展	佐賀県	市村記念体育館
59	2010.10.9～2011.1.10	第50回企画展 筑波山 ブナとガマと 岩と	ミュージアムパーク 茨城県自然 博物館	協力	茨城県	ミュージアムパー ク 茨城県自然博 物館
60	2010.10.9～2010.10.10	第10回まるだし尾花沢ふれあい祭	尾花沢市商工会	出展	山形県	尾花沢市文化体育 施設
61	2010.10.9～2010.10.10	第7回つくば産業フェア	つくば市・つくば市商工会	協力	茨城県	つくばカピオ
62	2010.10.14～2010.10.16	Techno Ocean 2010	テクノオーシャンネットワーク	後援	兵庫県	神戸国際会議場
63	2010.10.14～2010.10.16	徳島ビジネスチャレンジメッセ2010	徳島ビジネスチャレンジメッセ実 行委員会	出展	徳島県	アスティとくしま
64	2010.10.14～2010.10.16	エコプロダクツ東北2010	特定非営利活動法人環境会議所東 北	協賛	宮城県	夢メッセみやぎ
65	2010.10.18	東北大学イノベーションフェア 2010in仙台	国立大学法人東北大学	後援	宮城県	仙台国際センター
66	2010.10.21～2010.10.22	北陸技術テクノフェア2010	北陸技術交流テクノフェア2010実 行委員会	後援	福井県	福井県産業会館
67	2010.10.22～2010.10.23	建築設備展2010「みんなでECOを考 えよう」	一般財団法人 香川県設備設計事 務所協会	後援	香川県	サンメッセ香川 大展示場
68	2010.10.22～2010.10.23	府中工業技術展 (ふちゅうテクノフ ェア)	府中市	出展	東京都	府中市市民会館
69	2010.10.22～2010.10.23	第21回府中市工業技術展	府中市 むさし府中商工会議所	出展	東京都	府中市市民会館
70	2010.10.27～2010.10.29	第10回産学連携フェア	北九州学術研究都市産学連携フェ ア実行委員会(財)北九州産業学術 推進機構 (FAIS)	出展	福岡県	北九州学術研究都 市
71	2010.10.29～2010.10.30	第48回全国繊維技術交流プラザ	全国繊維工業技術協会	後援	大阪府	テクスピア大阪
72	2010.10.29	NEDO技術フォーラムin近畿2010 ～ライフサイエンス研究開発の最新 動向～	NEDO関西支部	協賛	大阪府	大阪産業創造館
73	2010.10.30～2010.10.31	つくば環境フェスティバル2010	つくば市、つくば環境フェスティ バル実行委員会	その他	茨城県	つくばカピオ 北 側広場
74	2010.10.30～2010.10.31	つくば科学フェスティバル	つくば市	出展	茨城県	つくばカピオ
75	2010.11.1～2010.11.3	第23回国際超電導シンポジウム (ISS2010)	(財)国際超電導産業技術研究セン ター	後援	茨城県	つくば国際会議場
76	2010.11.4	「シンポジウム 新しいエネルギー のものさし エクセルギー」	(社)日本電気協会新聞部 (電気新 聞)	後援	東京都	経団連ホール
77	2010.11.6～2010.11.7	あいち青少年少女創意くふう展2010	名古屋商工会議所	後援	愛知県	トヨタテクノミ ュージアム 産業技 術記念館
78	2010.11.10～2010.11.12	中小企業総合展2010in Tokyo	(独)中小企業基盤整備機構	後援	東京都	東京ビッグサイト
79	2010.11.10	第41回ナノビズマッチ (NBM)	一般(社)ナノテクノロジービジネ ス推進協議会	協賛	東京都	日本貿易推進機構
80	2010.11.11～2010.11.12	ビジネスEXPO「第24回北海道 技 術・ビジネス交流会」	北海道 技術・ビジネス交流会実 行委員会	後援	北海道	アクセスサッポロ
81	2010.11.11	第4回技術シーズ発表会in四国	(独)科学技術振興会、JSTイノ ベーションサテライト高知	後援	高知県	高知県工業技術セ ンター
82	2010.11.11～2010.11.12	全地連技術フォーラム2010	(社)全国地質調査業協会連合会	協賛	沖縄県	沖縄ハーバービ ューホテル
83	2010.11.11～2010.11.13	第12回西日本国際福祉機器展	西日本国際福祉機器展実行委員会 (財)西日本産業貿易コンベンシ ョン協会	出展	福岡県	西日本総合展示場 新館
84	2010.11.11～2010.11.12	第24回北海道技術・ビジネス交流会	札幌市	協賛	北海道	アクセス札幌
85	2010.11.12	「中四国環境ビジネスネット (B- net) フォーラム2010」	(財)岡山県産業振興財団	後援	岡山県	岡山ロイヤルホテ ル

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
86	2010.11.14~2010.11.18	第3回国際セラミックス会議	(社)日本セラミックス協会	協賛	大阪府	大阪国際会議場 (グランキューブ大阪)
87	2010.11.16	日本・アイスランド地熱エネルギーフォーラム	アイスランド大使館	後援	東京都	国連大学 ウ・タントホール
88	2010.11.17~2010.11.18	産学官連携“関西活性化”フェア	橿池田泉州ホールディングス、橿池田泉州銀行	出展	大阪府	マイドームおおさか
89	2010.11.18~2010.11.19	バイオマスエキスポ2010	バイオマスエキスポ2010実行委員会	後援	東京都	東京ビッグサイト
90	2010.11.18	第6回日独産業フォーラム2010	ドイツ貿易・投資振興機関	後援	東京都	ホテルオークラ東京
91	2010.11.19~2010.11.21	サイエンスアゴラ2010	(独)科学技術振興機構	後援	東京都	国際研究交流大学村
92	2010.11.19	第6回バイオ計測プロジェクト/第4回バイオ計測・試薬研究会 「健食同源に繋がる食の安全安心科学・技術の更なる発展を目指して」 発表交流会	(財)京都高度技術研究所、京都市、京都バイオ産業技術フォーラム、バイオ計測・試薬研究会	後援	兵庫県	神戸商工会議所会館
93	2010.11.22	かがわ糖質バイオフォーラム第2回機能糖鎖研究会シンポジウム	(財)かがわ産業支援財団技術振興部 糖質バイオプロジェクトチーム	後援	香川県	サンメッセ香川
94	2010.11.22	日本NCSLI第19回技術フォーラム	非営利団体日本NCSLI	後援	東京都	東京都大田区産業プラザPio
95	2010.11.24~2010.11.26	INTERMEASURE2010 (第24回国際計量計測展)	(社)日本計量機器工業連合会	後援	東京都	東京ビッグサイト
96	2010.11.24~2010.11.26	日本地熱学会平成22年学術講演会	日本地熱学会	協賛	茨城県	文部科学省研究交流センター
97	2010.11.25~2010.11.26	アジア光触媒標準化会議Committee of Asian Standardization for Photocatalytic Material and Product (CASP)	(社)日本フインセラミックス協会	後援	東京都	メルパルク東京
98	2010.11.28	青少年のための科学の祭典・鹿行地区大会 潮来会場	青少年のための科学の祭典・鹿行地区大会 実行委員会	出展	茨城県	潮来第一中学校
99	2010.11.29~2010.11.30	平成22年度イノベーションコーディネータ表彰	(独)科学技術振興機構	後援	静岡県	静岡県・浜松市
100	2010.11.30	「コア企業ビジネスマッチング」	(財)四国産業・技術振興センター	後援	香川県	サンメッセ香川
101	2010.12.1~2010.12.3	国際粉体工業展東京2010	(社)日本粉体工業技術協会	後援	東京都	東京ビッグサイト
102	2010.12.1~2010.12.3	セミコンジャパン2010	SEMIジャパン	出展	千葉県	幕張メッセ
103	2010.12.3	IPABシンポジウム	NPO法人 並列生物情報処理イニシアティブ	協賛	東京都	東京工業大学 蔵前会館
104	2010.12.7	知財ビジネスマッチングフェア2010	特許庁、近畿経済産業局、近畿知財戦略本部	出展	大阪府	マイドームおおさか
105	2010.12.9	かがわ糖質バイオフォーラム第3回シンポジウム 「特徴ある糖質の機能を生かした健康バイオ産業の創出に向けて」	(財)かがわ産業支援財団	後援	香川県	かがわ国際会議場
106	2010.12.9	CCSテクニカルワークショップ ~CO ₂ 挙動モニタリング技術~	(財)地球環境産業技術研究機構	後援	京都府	ホテルグランヴィア京都
107	2010.12.9	「第4回大学等の研究シーズ発表会」	(独)科学技術振興機構JSTイノベーションサテライト徳島	後援	香川県	サンメッセ香川
108	2010.12.10	先端加工技術講演会「医療分野における加工技術の最前線」	(財)先端加工機械技術振興協会	後援	東京都	東京工業大学 神田キャンパス
109	2010.12.10~2010.12.15	デザインウィークinせんだい2010	デザインウィークinせんだい実行委員会	出展	宮城県	せんだいメディアテーク
110	2010.12.12	第4回つくば3Eフォーラム会議	国立大学法人筑波大学つくば3Eフォーラム事務局	後援	茨城県	筑波大学 大会会館
111	2010.12.17~2010.12.19	スポーツサイエンス・テクノロジー2010	スポーツサイエンス・テクノロジー実行委員会	後援	東京都	東京ビッグサイト
112	2010.12.18	HCC研究会 2010年第2回見学会	HCC研究会	協力	大阪府	産総研関西センター
113	2010.12.19	きのくにロボットフェスティバル2010	きのくにロボットフェスティバル実行委員会・和歌山県・和歌山県教育委員会・御坊市・御坊市教育委員会・御坊商工会議所・和歌山工業高等専門学校・和歌山工業高等専門学校産官学技術交流会	出展	和歌山県	御坊市立体育館

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
114	2010.12.23~2010.12.25	第11回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会	(社)計測自動制御学会システムインテグレーション部門	協賛	宮城県	東北大学 川内キャンパス
115	2010.12.26	第3回TSUKUBA 福祉機器展	株式会社 幸和義肢研究所	出展	茨城県	つくばカピオ
116	2010.12.26	第3回TSUKUBA 福祉機器展	株式会社 幸和義肢研究所	出展	茨城県	つくばカピオ
117	2011.1.12~2011.1.21	STEPものづくりセミナー2011	(社)日本機械工業連合会、(財)四国産業・技術振興センター	後援	高知県	サウスブリーズホテル 他
118	2011.1.20	ものづくり関連技術に関するセミナー&個別相談会	(株)伊予銀行、(財)日本宇宙フォーラム	後援	愛媛県	伊予銀行本館
119	2011.1.21	広島市立大学リエゾンフェスタ2010・産学公連携セミナー～情報理工学を核とした産学公連携～	公立大学法人広島市立大学、広島市	後援	広島県	広島市まちづくり市民交流プラザ
120	2011.1.25	第3回 技能継承フォーラム (理研シンポジウム:「ものづくり技能継承の現状と展望」)	(独)理化学研究所	協賛	埼玉県	(独)理化学研究所 和光研究所
121	2011.1.27	「中小企業総合展2011 in kansai」	(独)中小企業基盤整備機構	後援	大阪府	インテックス大阪 6号館
122	2011.2.7	「新物質・エネルギー創成」次世代スパコン産官学連携シンポジウムー計算シュミレーションの新たな産業応用への展望ー	東京大学 物性研究所 物質設計評価施設cmsi (計算物質科学イニシアティブ)	協力	東京都	秋葉原コンベンションホール
123	2011.2.8	平成22年度第3回茨城県特別支援学校定例教頭会及び研究協議会	茨城県特別支援学校教頭会	協力	茨城県	産総研
124	2011.2.11~2011.2.13	つくばSF・コミックフェスタ 2011「市内研究所特別展」	つくばコミュニティ放送株式会社	協力	茨城県	つくばセンタービル内インフォメーションセンター
125	2011.2.14	四国地域コア技術連携・交流会	四国経済産業局、(財)四国産業・技術振興センター	後援	香川県	サンメッセ香川
126	2011.2.16	第5回企業情報交換会ーいわて・みやぎ技術・情報交流フェア2011ー	(財)岩手県南技術研究センター、一関会議所ほか	後援	岩手県	バリーノホテルー関
127	2011.2.16	Japan Venture Awards 2011 (JVA2011)	(独)中小企業基盤整備機構	後援	東京都	六本木アカデミーヒルズ
128	2011.2.16~2011.2.18	ナノバイオ Expo 2011	ナノバイオExpo 実行委員会	後援	東京都	東京ビッグサイト
129	2011.2.16~2011.2.18	第2回国際水ソリューション総合展	InterAqua事務局	協力	東京都	東京ビッグサイト
130	2011.2.16~2011.2.18	nano tech 2011 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議	nano tech 実行委員会	後援	東京都	東京国際展示場
131	2011.2.18	第42回ナノビズマッチ	第42回ナノビズマッチ	協賛	東京都	東京ビッグサイト
132	2011.2.21	産学官連携フォーラム2011「新世代全固体ポリマーリチウム二次電池の開発と高度部材イノベーションへの展開」	三重県、(財)三重県産業支援センター	後援	三重県	ホテルグリーンパーク津
133	2011.2.22	産学官連携推進大会2011 in 北大阪～蓄積された創造を具体的実用へ～	摂津水都信用金庫、(株)大阪彩都総合研究所、北大阪地域活性化協議会	協力	大阪府	グランキューブ大阪
134	2011.3.1~2011.3.2	次世代モビリティ国際フォーラム・中部2011	経済産業省 中部経済産業局	後援	愛知県	名古屋国際会議場
135	2011.3.1	第6回徳島文理大学技術交流会	徳島文理大学	出展	香川県	徳島文理大学 香川キャンパス 研究センター
136	2011.3.3~2011.3.5	第4回としまものづくりメッセ	としまものづくりメッセ実行委員会	後援	東京都	サンシャインシティ展示場ホール
137	2011.3.4	元素戦略/希少金属代替材料開発<第5回シンポジウム>	(独)科学技術振興機構	後援	東京都	笹川記念会館国際ホール
138	2011.3.4	計算物質科学イニシアティブ産官学連続研究会～企業における材料開発のためのシュミレーションと産学連携～	東京大学 物性研究所 物性設計評価施設cmsi (計算物質科学イニシアティブ)	協力	東京都	秋葉原ダイビル
139	2011.3.8	G空間プロジェクト実証実験報告会	(財)日本情報処理開発協会	後援	神奈川県	日石横浜ホール
140	2011.3.10	Femmes@Tokyo	朝日新聞社、フランス大使館	出展	東京都	朝日ホール
141	2011.3.11	スマートグリッド展2010	日刊工業新聞社	出展	東京都	東京ビッグサイト
142	2011.3.23	健康ビジネスマッチング	えひめ健康ビジネス研究会	出展	愛媛県	アイテムえひめ

3) 見 学

平成22年度見学視察対応数（ユニット別）

部 署	総 計
太陽光発電研究センター	98
情報セキュリティ研究センター	26
バイオマス研究センター	36
水素材料先端科学研究センター	78
糖鎖医工学研究センター	23
新燃料自動車技術研究センター	41
生命情報工学研究センター	5
生産計測技術研究センター	69
バイオメディシナル情報研究センター	34
ナノ電子デバイス研究センター	65
ナノチューブ応用研究センター	39
ネットワークフォトニクス研究センター	2
活断層・地震研究センター	17
メタンハイドレート研究センター	61
コンパクト化学システム研究センター	25
ナノスピントロニクス研究センター	9
幹細胞工学研究センター	23
デジタルヒューマン工学研究センター	49
集積マイクロシステム研究センター	61
先進パワーエレクトロニクス研究センター	31
サービス工学研究センター	8
計測標準研究部門	253
地圏資源環境研究部門	14
知能システム研究部門	383
エレクトロニクス研究部門	32
光技術研究部門	36
脳神経情報研究部門	2
計測フロンティア研究部門	31
ユビキタスエネルギー研究部門	66
先進製造プロセス研究部門	190
サステナブルマテリアル研究部門	48
地質情報研究部門	22
環境管理技術研究部門	74
環境化学技術研究部門	43
エネルギー技術研究部門	115
情報技術研究部門	57
安全科学研究部門	36
バイオメディカル研究部門	35
健康工学研究部門	109
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	216
電子光技術研究部門	1
ナノシステム研究部門	72
生物プロセス研究部門	26
ナノエレクトロニクス研究部門	1
ダイヤモンド研究ラボ	20
特許生物寄託センター	24
地質調査情報センター	6
計量標準管理センター	41
研究コーディネータ	30
ライフサイエンス分野研究企画室	8
情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室（情報通信・エレクトロニクス分野含む）	18

事業組織・本部組織業務

部 署	総 計
ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室（情報通信・エレクトロニクス分野含む）	18
環境・エネルギー分野研究企画室（環境・エネルギー分野含む）	22
地質分野研究企画室（地質分野含む）	7
標準・計測分野研究企画室（標準・計測分野含む）	4
企画本部（理事等含む）	333
コンプライアンス推進本部	3
イノベーション推進本部 （イノベーション推進室、知的財産部門、産学官連携推進部門、国際部門、つくばイノベーションアリーナ推進室、含む）	561
研究環境安全本部（研究環境整備部門含む）	15
総務本部 （研究業務推進部門、能力開発部門含む）	27
評価部	3
広報部	197
地質標本館	184
広報部 サイエンス・スクエア つくば	488
北海道センター	15
東北センター	11
つくばセンター	7
東京本部	2
臨海副都心センター	17
中部センター	30
関西センター	71
中国センター	33
四国センター	7
九州センター	10
所属なし	1
総 計	4,875

Ⅲ. 資 料

Ⅲ. 資 料

従来の工業技術院年報で大部分を占めていた研究発表、特許登録などのデータは、産業技術総合研究所年報からは、研究ユニット別の成果等にて記載している。これらのデータは、産業技術総合研究所公式ホームページ (<http://www.aist.go.jp/>) データベースにて提供されている。

資料

1. 研究発表

組織名 (合計)	誌上	口頭	著書	地球	計量	ソフト	DB	イベント	プレス	合計
理事 (4)	1	3	0	0	0	0	0	0	0	4
コンプライアンス推進本部 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
監事 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
研究コーディネータ (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
産業技術アーキテクト (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
顧問 (8)	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8
最高顧問 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
参事 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
企画本部 (17)	5	11	1	0	0	0	0	0	0	17
評価部 (10)	2	6	2	0	0	0	0	0	0	10
環境安全管理部 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
業務推進本部 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
男女共同参画室 (3)	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3
イノベーション推進室 (18)	8	10	0	0	0	0	0	0	0	18
広報部 (38)	3	4	0	0	0	0	5	26	0	38
特許生物寄託センター (11)	2	9	0	0	0	0	0	0	0	11
つくばイノベーションアリーナ推進室 (4)	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4
国際標準推進部 (1)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
太陽光発電研究センター (220)	69	127	13	0	9	0	0	2	0	220
情報セキュリティ研究センター (232)	107	115	2	0	0	0	0	8	0	232
バイオマス研究センター (149)	56	90	3	0	0	0	0	0	0	149
水素材料先端科学研究センター (139)	65	74	0	0	0	0	0	0	0	139
糖鎖医学研究センター (172)	34	133	3	0	0	0	0	1	1	172
新燃料自動車技術研究センター (126)	46	73	3	0	0	0	0	4	0	126
生命情報工学研究センター (203)	79	116	4	0	0	1	0	3	0	203
生産計測技術研究センター (189)	44	125	6	0	0	0	0	13	1	189
バイオメディシナル情報研究センター (223)	84	134	4	0	0	0	0	0	1	223
ナノ電子デバイス研究センター (204)	68	129	3	0	0	0	0	0	4	204
ナノチューブ応用研究センター (273)	70	189	5	0	0	0	0	4	5	273
ネットワークフォトンクス研究センター (133)	56	74	0	0	0	0	0	2	1	133
活断層・地震研究センター (251)	44	160	16	18	0	0	0	13	0	251
メタンハイドレート研究センター (101)	29	72	0	0	0	0	0	0	0	101
コンパクト化学システム研究センター (211)	52	144	2	0	0	0	0	10	3	211
ナノスピントロニクス研究センター (77)	17	54	3	0	0	0	0	1	2	77
幹細胞工学研究センター (98)	30	63	2	0	0	0	0	1	2	98
デジタルヒューマン工学研究センター (221)	102	113	2	0	0	0	0	4	0	221
集積マイクロシステム研究センター (217)	84	125	4	0	0	0	0	3	1	217
先進パワーエレクトロニクス研究センター (82)	12	67	2	0	0	0	0	1	0	82
計測標準研究部門 (1474)	418	730	24	0	253	0	0	47	2	1,474
地圏資源環境研究部門 (684)	187	403	68	5	0	2	0	19	0	684
知能システム研究部門 (409)	150	223	10	0	0	0	0	22	4	409
エレクトロニクス研究部門 (416)	154	240	7	0	0	0	0	8	7	416
光技術研究部門 (471)	162	288	5	0	2	0	0	12	2	471
計測フロンティア研究部門 (435)	107	306	4	0	0	0	0	18	0	435
ユビキタスエネルギー研究部門 (576)	125	413	20	0	0	1	0	17	0	576
先進製造プロセス研究部門 (1031)	325	645	29	0	0	0	0	26	6	1,031
サステナブルマテリアル研究部門 (444)	164	233	13	0	3	0	3	25	3	444
地質情報研究部門 (876)	219	438	62	102	0	0	3	50	2	876
環境管理技術研究部門 (468)	150	275	28	0	3	0	0	10	2	468
環境化学技術研究部門 (412)	100	270	15	0	15	0	0	10	2	412
エネルギー技術研究部門 (948)	339	573	18	0	3	0	0	8	7	948
情報技術研究部門 (497)	215	258	6	0	1	0	0	15	2	497
安全科学研究部門 (410)	132	237	28	0	0	2	6	5	0	410
バイオメディカル研究部門 (413)	115	283	9	0	0	0	0	5	1	413
健康工学研究部門 (554)	211	309	14	0	0	3	0	15	2	554
ヒューマンライフテクノロジー研究部門 (589)	210	338	19	0	6	0	0	14	2	589
ナノシステム研究部門 (1061)	227	775	17	0	1	0	0	37	4	1,061
生物プロセス研究部門 (381)	84	272	13	0	0	0	0	8	4	381
社会知能技術研究ラボ (66)	19	43	2	0	0	0	0	2	0	66
ダイヤモンド研究ラボ (74)	24	47	0	0	0	0	0	3	0	74
アジア・バイオマスエネルギー研究コア (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

産業技術総合研究所

組織名 (合計)	誌上	口頭	著書	地球	計量	ソフト	DB	イベント	プレス	合計
爆発安全研究コア (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
深部地質環境研究コア (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
強相関電子科学技術研究コア (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
情報化統括責任者 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
名誉フェロー (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
フェロー (19)	8	11	0	0	0	0	0	0	0	19
ライフサイエンス分野 (7)	2	5	0	0	0	0	0	0	0	7
ライフサイエンス分野研究企画室 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
情報通信・エレクトロニクス分野 (7)	1	6	0	0	0	0	0	0	0	7
情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室 (2)	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
ナノテクノロジー・材料・製造分野 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室 (4)	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
環境・エネルギー分野 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
環境・エネルギー分野研究企画室 (1)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
地質分野 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
地質分野研究企画室 (28)	4	4	15	4	0	0	0	1	0	28
地質標本館 (57)	12	9	4	12	0	0	1	19	0	57
標準・計測分野 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
標準・計測分野研究企画室 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
先端情報計算センター (1)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
地質調査情報センター (18)	2	5	2	1	0	0	0	8	0	18
計量標準管理センター (38)	6	3	3	0	23	0	0	3	0	38
ベンチャー開発センター (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
サービス工学研究センター (238)	120	104	9	0	0	0	0	3	2	238
イノベーションスクール (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
イノベーション推進本部 (6)	2	4	0	0	0	0	0	0	0	6
イノベーション推進企画部 (5)	2	3	0	0	0	0	0	0	0	5
知的財産部 (1)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
産学官連携推進部 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
国際部 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ベンチャー開発部 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
つくばイノベーションアリーナ推進部 (1)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
産学官連携推進部門 (26)	9	11	1	0	0	0	0	5	0	26
国際部門 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
知的財産部門 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
研究環境安全本部 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
研究環境安全企画部 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
研究環境整備部 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
情報環境基盤部 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
研究業務推進部門 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
能力開発部門 (10)	1	9	0	0	0	0	0	0	0	10
財務会計部門 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
研究環境整備部門 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
総務本部 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
人事部 (1)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
財務部 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
業務推進企画室 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
つくばセンター (10)	3	6	1	0	0	0	0	0	0	10
東京本部 (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
北海道センター (2)	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
東北センター (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
臨海副都心センター (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中部センター (2)	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
関西センター (16)	1	6	0	0	0	0	0	9	0	16
中国センター (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
四国センター (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
九州センター (1)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
地質調査総合センター (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計量標準総合センター (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
総計	5,195	10,017	529	142	319	9	18	521	75	16,825

資料

2. 兼 業

平成22年度兼業一覧

所属\依頼元	教育機関	国・地方	公益法人	民間企業	総計
太陽光発電研究センター	4	1	11	1	17
システム検証研究センター				1	1
健康工学研究センター	4	1	1		6
情報セキュリティ研究センター	4	5	7	4(1)	20(1)
バイオマス研究センター	5			1	6
デジタルものづくり研究センター			1	1	2
糖鎖医工学研究センター	1		3		4
新燃料自動車技術研究センター	1		1	1	3
生命情報工学研究センター	9		7	1	17
生産計測技術研究センター			1	(1)	1(1)
バイオメディカル情報研究センター	5	4	3		12
ナノ電子デバイス研究センター	3		4		7
ナノチューブ応用研究センター	1			1	2
ネットワークフォトニクス研究センター	4		1	1	6
サービス工学研究センター	4		5	6(3)	15(3)
活断層・地震研究センター	1	1	7		9
幹細胞工学研究センター	3		3		6
集積マイクロシステム研究センター	2				2
コンパクト化学システム研究センター	3	1	5	2(1)	11(1)
先進パワーエレクトロニクス研究センター	1		1	1	3
デジタルヒューマン工学研究センター	7	2	5	(2)	14(2)
計測標準研究部門	17	5	13		35
地圏資源環境研究部門	7	5	12	1	25
知能システム研究部門	31	7	10	7(4)	55(4)
エレクトロニクス研究部門	3	8	5	11(2)	27(2)
光技術研究部門	8	4	8	(3)	20(3)
計測フロンティア研究部門	5		6	1	12
ユビキタスエネルギー研究部門	7	5	10	3(1)	25(1)
先進製造プロセス研究部門	22	12	15	10(2)	59(2)
サステナブルマテリアル研究部門	9	4	7	4(1)	24(1)
地質情報研究部門	10	4	9	(1)	23(1)
環境管理技術研究部門	12	10	46	10	78
環境化学技術研究部門	7	2	6	5	20
エネルギー技術研究部門	14	7	37	10(1)	68(1)
情報技術研究部門	16	10	14	11(3)	51(3)
安全科学研究部門	19	13	19	14	65
健康工学研究部門	11	7	9	3(2)	30(2)
生物プロセス研究部門	14	6	13	4(1)	37(1)
バイオメディカル研究部門	20	6	30	8(1)	64(1)
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	38	4	25	4(2)	71(2)
ナノシステム研究部門	27	6	17	2(3)	52(3)
社会知能技術研究ラボ	4	1	4	1	10
ダイヤモンド研究ラボ	1		1		2
地域センター	3	8	19	7(1)	37(1)
本部組織・事業組織・その他	30	33	36	11(1)	110(1)
合計	397	182	437	148(37)	1164(37)

() 内は役員兼業の数を示している

3. 中期目標

独立行政法人産業技術総合研究所（以下、「産総研」という。）は、平成13年4月に旧工業技術院の研究所等16の機関を統合し、一つの独立行政法人として発足した。その後、平成17年4月に非公務員型独立行政法人に移行した。

上記の措置の実施により、多岐にわたる分野の研究者集団の融合が進められるとともに、柔軟で機動的な組織運営や予算執行、産業界、大学との人材交流等が可能となった。

現下の産業技術を巡る状況を見れば、地球温暖化、少子高齢化といった地球規模の課題が顕在化する中で、こうした課題の解決の鍵として、戦略的なイノベーションを推進し、それにより新たな需要を創造することが重要となっている。政府は、今後10年間を見据えて新たな成長戦略を策定・実行し、我が国の強みを活かした「課題解決型国家」を実現することとしている。そのため世界をリードする「グリーン・イノベーション」、「ライフ・イノベーション」などを迅速に推進し、課題の解決とともに、アジアと連携した成長を実現していくこととしている。また、産総研はこれまで以上に機動的かつ効率的な業務運営を実現し、民間では困難な研究開発活動を一層効果的に実施することが求められている。

このような状況の下、イノベーションによる課題解決と新たな成長の実現に向けて、産総研の業務である鉱工業の科学技術に関する研究開発等の重要性は高まっており、なかでも、基礎的な研究と開発的な研究との間をつなぐ橋渡し研究の意義は一層増している。第1期中期目標期間（平成13～16年度）及び第2期中期目標期間（平成17～21年度）における実績を踏まえつつ、第3期中期目標期間においては、こうした観点から産総研が業務や組織のさらなる見直しと重点化を進め、経済と環境の両立、国民生活向上等への研究開発による貢献、新たなイノベーションシステムの構築、イノベティブな人材養成の推進、新時代の産業基盤の整備等、国際的な展開も含めた新たなイノベーションを創出していくための活動を戦略的かつ効率的に実施すること等を通じ、世界トップに立つ研究機関を目指していくことが期待される。

I. 中期目標の期間

産総研の平成22年度から始まる第3期における中期目標の期間は、5年（平成22年4月～平成27年3月）とする。

II. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上

1. 「課題解決型国家」の実現に向けた研究開発の重点分野

- (1) 世界をリードする「グリーン・イノベーション」、「ライフ・イノベーション」の推進
- ・グリーン・イノベーションについて、太陽光発電、蓄

電池、次世代自動車、ナノ材料、情報通信システムの低消費電力化等の技術開発を加速化する。また、第3期中期目標期間中に実用化の可能性が高い技術について、重点的に取り組む。太陽光発電等の新規技術の性能や信頼性に係る評価技術の開発を推進する。

- ・ライフ・イノベーションについて、産総研の有する高度なものづくり技術を最大限に活用し、創薬、再生医療、遠隔医療システム、介護・福祉ロボット等の技術開発を推進する。また、ロボットの性能・安全性評価技術を重点的に開発する。
 - ・上記の技術開発においては、要素技術の開発にとどまらず、技術のシステム化及びその社会への導入のために必要な研究開発もあわせて推進する。
- (2) 他国の追従を許さない先端技術開発の推進
- ・産業競争力の維持、強化のために必要な情報通信技術、材料・部材技術、製造プロセス技術等に関する革新的な技術開発を行う。

2. 地域活性化の中核としての機能強化

(1) 地域経済の競争力を支える最高水準の研究開発の推進

- ・地域センターは、バイオものづくり、蓄電池等地域の産業集積等を踏まえて研究分野を重点化し、国内最高水準の研究開発を推進する。
- ・地域センターは、各地域で重点化した分野において、企業の研究人材を積極的に受け入れ、共同研究を効率的に推進する。

(2) 中小企業への技術支援・人材育成の強化

- ・中小企業が行う研究開発から生まれた製品の実証試験・性能評価等を支援し、その事業化を促進する。そのため、産総研の設備等の供用、公設試験研究機関等との連携等を積極的に行う。
- ・中小企業との共同研究、技術相談等の件数を増大させる。
- ・共同研究を通じて、中小企業の研究者を積極的に受け入れる。また、技術研修等を通じ、先端的な技術開発等に対応できる中小企業の人材の育成を推進する。

3. 産業や社会の「安全・安心」を支える基盤の整備

(1) 国家計量標準の高度化及び地質情報の戦略的整備

- ・ナノスケール等の高度な計測ニーズや新素材の安全性評価等に応えるため、計量標準の高度化、新規標準物質の提供等を行う。
- ・資源エネルギーの安定供給の確保、防災等のため、地質調査を行うとともに、従来に比してより詳細な地質図の作成等を行う。

(2) 新規技術の性能及び安全性の評価機能の充実

- ・研究開発によって得られた新規技術の社会への普及に不可欠な性能及び安全性の評価について、民間企業と

- のコンソーシアム等を活用しつつ、評価技術の開発、基準の作成を推進する。そのため、産総研内に性能及び安全性評価の推進を主務とする組織を設置する。
- ・開発した性能及び安全性評価技術の標準化を進めるとともに、蓄積した技術や知見等について民間認証機関への移転を推進する。
 - ・環境配慮素材の物性等の性能・安全性のデータベースの整備を推進する。
- (3) 研究開発成果の戦略的な国際標準化、アジアへの展開
- ・研究開発プロジェクトの企画の段階から、標準化を見据えたものとし、国際標準化の提案を拡大する。我が国の提案の実現に向け、国際標準化を検討する国際会議等への専門家の派遣数を拡大する。
 - ・環境技術やその性能、信頼性に係る評価技術等の分野について、アジア諸国等の評価機関等との技術協力を行うとともに、可能な分野において国際標準化に向けた共同作業を行う。

4. 「知恵」と「人材」を結集した研究開発体制の構築

(1) 産学官が結集して行う研究開発の推進

- ・ナノテクノロジー、太陽光発電、蓄電池、ロボット等の分野において、つくばセンターや地域センターの研究環境を整備すること等を通じて産業界、大学及び公的研究機関の多様な人材を結集し、世界をリードする研究開発を推進する。あわせて、施設や設備の外部利用、共同研究時の知的財産の保有に関するルール作り等を行う。
- ・世界トップに立つ研究機関を目指し、論文数の拡大を推進するとともに、その論文の被引用数に基づく世界ランキングの向上を実現する。

(2) 戦略的分野における国際協力の推進

- ・燃料電池、バイオ燃料の技術等のクリーン・エネルギー技術分野における米国の国立研究所との間の共同研究等を推進し、国際的な人材交流、研究テーマの拡大を実施する。
- ・バイオマス等において、アジア諸国等の研究機関との間で、現地における実証、性能評価に関する研究協力等を拡大する。

(3) 若手研究者のキャリアパス支援及び研究人材の交流推進

- ・産総研を通じてポストドク等の研究人材を共同研究の相手先企業に派遣すること等により、若手研究者の能力向上や就職の機会を拡大する。
- ・企業の研究人材の受入れや産総研研究者の企業への派遣等、人材交流を拡大する。

5. 研究開発成果の社会への普及

(1) 知的財産の重点的な取得と企業への移転

- ・産総研として取得し管理すべき知的財産の対象を重点

化するため、知的財産の取得や管理に係る方針を策定する。

- ・円滑な技術移転を実現するため、知的財産権の対価の柔軟化など、管理体制等を見直す。
- (2) 研究開発成果を活用したベンチャー創出支援
- ・産総研の研究成果だけでなく、大学、他の研究機関等の成果を組み合わせた事業創出を支援する。事業の円滑な発展のため、産総研職員の企業における兼業等を促進する。
- (3) 企業や一般国民との直接対話を通じた広報の強化
- ・オープンラボ等を通じた積極的な広報により、研究者や国民に対し産総研の成果を直接アピールする機会を拡大し、認知度を高める。

6. その他

- ・特許庁からの委託による特許生物株の寄託や分譲等の業務等を産業界のニーズや安全性に配慮しつつ効率的に遂行する。
- ・上記1～5を踏まえ、下記分野について、それぞれ別表に示した具体的な技術開発を進める。

鉱工業の科学技術 【別表1】

地質の調査 【別表2】

計量の標準 【別表3】

III. 業務運営の効率化

1. 業務運営の抜本的効率化

(1) 管理費、総人件費等の削減・見直し

- ・運営費交付金を充当して行う事業は、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、一般管理費は毎年度3%以上を削減し、業務費は毎年度1%以上を削減する。
 - ・総人件費は、「簡素で効率的な政府を実現するための行政改革の推進に関する法律」（平成18年法律第47号）等に基づき、平成18年度から5年間で5%以上を基本とする削減等の取組を引き続き実施するとともに、「経済財政運営と構造改革に関する基本方針2006」（平成18年7月7日閣議決定）に基づき、人件費改革の取組を平成23年度まで継続する。
 - ・一般管理費、諸手当及び法定外福利費について、適正な水準であるか等を含め、不断の確認を行い改善する。
 - ・施設管理業務等について、アウトソーシングを推進し、包括契約や複数年度契約の導入等により一層効率化を進める。
 - ・独立行政法人を対象とした横断的な見直しについては、随時適切に対応する。
- (2) 契約状況の点検・見直し
- ・「独立行政法人の契約状況の点検・見直しについて」（平成21年11月17日閣議決定）に基づき、契約を徹底的に見直す。
 - ・一者応札及び100%落札率の削減等について有識者の

意見を踏まえた改善を実施する。

2. 研究活動の高度化のための取組

(1) 研究組織及び事業の機動的な見直し、外部からの研究評価の充実

- ・外部からの研究評価の結果等を踏まえ、研究組織の改廃等を機動的に実施する。また、研究評価の充実に向け、評価者が研究内容を適切に把握できるように、研究者との意見交換等の機会を拡大する。
- ・「産総研研究戦略」を策定し、研究の重点分野、政策との関係、他の機関との連携強化のための取組等を明らかにし、研究成果の目標等を具体的かつ定量的に示す。
- ・地域センター、産総研イノベーションスクール、専門技術者育成事業、ベンチャー開発センターについては、その成果について確認を行い、最大限の効果が得られるよう改善する。

(2) 研究機器や設備の効率的な整備と活用

- ・新たな事業所等の設置等については、その必要性や経費の節減に十分配慮する。
- ・研究機器や設備の配置の機動的見直し、外部の者への利用機会の拡大を進める。

3. 職員が能力を最大限発揮するための取組

(1) 女性や外国人を含む優秀かつ多様な人材の確保及び育成

- ・中長期的な人材の確保及び育成に関する人事戦略を新たに策定する。橋渡し研究等を効果的に実施するため、技術マネージャーの育成など多様なキャリアパスを確立する。
- ・女性研究者の比率を高めるとともに、外国人研究者の受入れを進める。また、定年により産総研を退職する人材の活用を図る。

(2) 職員の能力、職責及び実績の適切な評価

- ・職員の評価について、研究活動のみならず、産総研のその他の業務への貢献等を適切に考慮する。

4. 国民からの信頼の確保・向上

(1) コンプライアンスの推進

- ・法令遵守を更に徹底するとともに、役職員のコンプライアンスに関する意識向上のための活動を通じ、産総研の社会的信頼性の維持及び向上を図る。
- ・国民の信頼確保の観点から、情報の公開及び個人情報保護に適正に対応する。

(2) 安全衛生及び周辺環境への配慮

- ・事故及び災害の未然防止等の安全確保策を推進するとともに、職員の健康に配慮することにより、職員が安心して職務に専念できる職場環境づくりを進める。
- ・研究活動に伴い周辺環境に影響が生じないように、適切な対応を進めるとともに、エネルギーの有効利用の促

進に取り組む。

IV. 財務内容の改善に関する事項

(1) 運営費交付金及び外部資金の効果的な使用

- ・運営費交付金を充当して行う事業については、「Ⅲ. 業務運営の効率化に関する事項」で定めた事項に配慮した中期計画の予算を作成し、効率的に運営する。
- ・外部資金の獲得に際して、産総研業務との関係性の審査を行う。また、外部資金を用いた研究活動について、他の研究活動とのバランスが確保できるよう適切に実施する。

(2) 共同研究等を通じた自己収入の増加

- ・共同研究を通じた民間の研究資金の受入れ、特許使用料、施設利用料等の拡大を進める。

別表1 鉱工業の科学技術

I. グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進

二酸化炭素等の温室効果ガス排出量を削減しつつ、資源・エネルギーの安定供給及び確保を図るグリーン・イノベーションを推進するため、再生可能エネルギーの導入拡大技術、エネルギー供給システムの高度化、運輸、民生、産業部門等における省エネルギーに資する革新的技術開発を行う。また、資源の確保と有効利用とともに、グリーン・イノベーションを支える材料及びデバイスの開発、産業の環境負荷低減や安全性の評価及び管理技術、廃棄物等の発生抑制技術と適正処理技術の開発を行う。

1. 再生可能エネルギーの導入拡大技術の開発

低炭素社会の実現に向け、再生可能エネルギー（太陽光発電、バイオマス、風力、地熱等）の有効利用のための技術開発を行う。また、変動を伴う自然エネルギーを利用するための高効率なエネルギーマネジメントシステムの開発を行う。

1-(1) 太陽光発電の効率、信頼性の向上技術

我が国の再生可能エネルギー拡大の大宗を担う太陽光発電の利用拡大のために、発電効率と信頼性の向上のための技術の開発を行う。

1-(2) 多様な再生可能エネルギーの有効利用技術

多様な再生可能エネルギーの利用を拡大するため、バイオマス、風力、地熱資源等を有効に利用する技術の開発を行う。

1-(3) 高効率なエネルギーマネジメントシステム

出力変動の大きな自然エネルギーの大量かつ高効率な利用を可能とするエネルギーマネジメントシステム技術及びそのために必要な要素技術の開発を行う。

2. 省エネルギーによる低炭素化技術の開発

省エネルギー推進による低炭素社会の実現のため、

- 運輸システムの高度化、住宅、ビル、工場の省エネルギー技術及び情報通信の省エネルギー技術の開発を行う。
- 2-(1) 運輸システムの省エネルギー技術
 輸送機械の二酸化炭素排出量の低減に貢献するため、安全かつ低コストで高エネルギー密度化を実現する電池材料、燃料電池自動車用素子貯蔵技術、輸送機器の軽量化技術、自動車エンジンシステムの高度化技術、市街地移動システム技術の開発を行う。
- 2-(2) 住宅、ビル、工場の省エネルギー技術
 戸建て住宅等の電力設備を効率的に運用し、省エネルギーを実現する電力マネジメント技術の開発を行うとともに、分散型蓄電デバイスの高エネルギー密度化、定置用燃料電池の高効率化技術の開発を行う。また、未利用熱エネルギーの高度利用技術、省エネルギー性能に優れた建築部材及び家電部材の開発を行う。
- 2-(3) 情報通信の省エネルギー技術
 情報通信機器の省エネルギーに貢献するため、電子デバイス、入出力機器の省エネルギー化技術の開発を行う。また、大容量情報伝送技術、情報処理システムの高効率化技術の開発を行う。
3. 資源の確保と高度利用技術の開発
 物質循環型の社会を実現するため、バイオマスからの化学品等の製造技術の開発を行う。また、枯渇性資源の最大活用のために未利用化石資源であるメタンハイドレートの利用技術、石炭の高度利用技術、鉱物資源（レアメタル等）の省使用化、再生及び代替に関する技術の開発を行う。
- 3-(1) バイオマスの利用拡大
 バイオマスから、化学品等を製造するプロセス技術の開発を行う。
- 3-(2) 化石資源の開発技術と高度利用技術
 メタンハイドレートから天然ガスを生産するための技術開発及び石炭ガス化プロセス等にかかわる基盤技術の開発を行う。
- 3-(3) 資源の有効利用技術及び代替技術
 レアメタル等の資源確保に資するため、ライフサイクルを考慮した物質循環評価技術の開発を行うとともに、廃棄物及び未利用資源からレアメタル等を効率的に分別及び回収する技術、レアメタル等の有効利用技術及び代替技術の開発を行う。また、レアメタル等の陸域鉱床探査と資源ポテンシャル評価、海底鉱物資源調査、大陸棚画定に係る国連審査のフォローアップを行う。
4. グリーン・イノベーションの核となる材料、デバイスの開発
 革新的材料、デバイス創成のため、ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材、ナノチューブ、炭素系材料の量産化と産業化技術の開発を行う。また、グリーン・イノベーションの実現に必要な電子デバイスの高機能化技術及び高付加価値化技術の開発を行う。材料、デバイスの効果的かつ効率的な開発のためのプラットフォームを整備してオープンイノベーションを推進する。
- 4-(1) ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材
 ナノスケールの特異な物性を利用して機能を発現する新しい材料、多機能部材や革新的光、電子デバイス、高予測性シミュレーション技術の開発を行う。
- 4-(2) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用
 従来材料より優れた様々な特性を有し産業化が期待されるカーボンナノチューブの大量生産技術の開発を行うとともに、透明導電膜、太陽電池、薄膜トランジスタへの応用技術の開発を行う。また、有機ナノチューブ、ダイヤモンド等の合成技術及び利用技術の開発を行う。
- 4-(3) ナノエレクトロニクスオープンイノベーションの推進
 高付加価値デバイスの効率的、効果的な技術開発のため、ナノエレクトロニクスオープンイノベーションのためのプラットフォームを整備し、オープンイノベーションを推進する。また、高性能かつ高機能なナノスケールの光、電子デバイスの開発を行う。
5. 産業の環境負荷低減技術の開発
 産業の環境への負荷を最小限にするため、機械加工、化学、バイオ等の各種製造プロセスの効率化技術の開発を行うとともに、環境保全技術の開発を行う。
- 5-(1) 製造技術の低コスト化、高効率化、低環境負荷の推進
 製造技術の低コスト化、高効率化及び低環境負荷を実現するための、革新的製造技術であるミニマルマニュファクチャリングの開発を行う。また、レーザー加工技術による高効率なオンデマンド技術の開発を行う。
- 5-(2) グリーンサステナブルケミストリーの推進
 酸化技術、触媒技術、膜分離技術、ナノ空孔技術、マイクロリアクター技術、特異的反応場利用技術等を用いた環境負荷の少ない製造プロセス技術の開発を行う。
- 5-(3) バイオプロセス活用による高効率な高品質物質の生産技術
 微生物や酵素を利用したバイオプロセス技術の開発を行う。特に、微生物資源や有用遺伝子の探索と機能解明、生体高分子や生体システムの高度化、遺伝子組換え植物産出技術と植物工場システムの開発を行う。
- 5-(4) 省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム製造技術
 センサ、光通信、医療・バイオ、自動車など多様な分野に適用が期待される小型、高精度で省エネルギー

性に優れたマイクロ電子機械システムの低コストな大面積製造技術の開発を行う。

5-(5) 環境負荷低減技術、修復技術

産業活動に伴って発生した環境負荷物質について、選択的吸着技術、触媒技術等を活用した浄化技術及び自然浄化機能を利用した環境修復技術の開発を行う。

6. 持続発展可能な社会に向けたエネルギー評価技術、安全性評価及び管理技術並びに環境計測及び評価技術の開発

二酸化炭素削減のための技術と取組の評価手法を開発するとともに、その開発及び技術の導入シナリオ並びに二酸化炭素削減ポテンシャルを明らかにし、技術開発、施策等の分析と評価を行う。また、産業活動における安全性を向上させるため、先端科学技術、生産活動、化学物質の安全性と環境の評価技術の開発を行う。

6-(1) 革新的なエネルギーシステムの分析、評価

二酸化炭素の回収貯留、水素を媒体としたエネルギーシステム等、革新的なエネルギーシステムの関連技術について、開発や導入シナリオの分析と評価を行う。

6-(2) 持続発展可能な社会と産業システムの分析

様々な二酸化炭素削減のための技術と試みについて、原単位や消費者の行動等を解析して二酸化炭素削減率の定量化を行い、それら方策の削減ポテンシャルを明らかにし、技術開発、技術のシステム化、市場システムの分析と評価を行う。

6-(3) 先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法

先端科学技術の実用化と製品化のために必要となる安全性評価手法を開発する。特に、カーボンナノチューブ等の工業ナノ材料について、有害性評価、ばく露評価及びリスク評価手法を開発する。

6-(4) 産業保安のための安全性評価技術、安全管理技術

事故事例情報をデータベース化するとともに、産業保安のための安全性評価、安全管理技術の開発を行う。

6-(5) 化学物質の最適管理手法の確立

化学物質のリスク評価と安全管理技術、発火と爆発危険性の評価技術の開発を行う。

6-(6) 環境の計測技術、生体及び環境の評価技術

産業活動に伴って発生した環境負荷物質等の計測技術、生体影響評価技術、環境影響評価技術の開発を行う。

II. ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進

国民が安心して暮らすことができる社会を実現し、ライフ・イノベーションを推進するために必要な安全・安心、健康に貢献する研究開発を推進する。具体的には創薬技術や医療診断技術の開発、人の健康状態

を評価する計測技術、情報通信（IT、センサ）やロボット技術による身体の負担軽減や介護支援技術等の開発を行う。

1. 先進的、総合的な創薬技術、医療技術の開発

健康長寿社会のニーズに応えるため、創薬技術及び医療診断技術を含む先進的な医療支援技術の開発を行う。

1-(1) 細胞操作及び生体材料に関する技術の応用による医療支援技術

再生医療等の先進医療支援技術を確立するための基盤となる細胞操作技術及び生体材料技術や診断機器の開発を行う。

1-(2) 生体分子の機能分析及び解析に関する技術

医療支援技術として、生体分子の機能分析及び解析技術と、それらの技術に基づく創薬技術の開発を行う。

1-(3) 情報処理と生物解析の連携による創薬支援技術や診断技術

ヒトの遺伝子、RNA、タンパク質、糖鎖情報等のバイオデータベースを整備するとともに、医薬品開発のため、それら情報の利用技術の開発を行う。

2. 健康な生き方を実現する技術の開発

心身共に健康な社会生活を実現するための基盤となる人の生理、心理及び行動の測定技術、生体情報の計測技術及び評価技術並びにそれぞれの人の健康状態に合わせた社会生活を実現するための支援技術の開発を行う。

2-(1) 人の機能と活動の高度計測技術

人の健康状態を把握するための基盤となる生理、心理及び行動の測定技術並びに測定装置の開発を行うとともに、標準化に取り組む。

2-(2) 生体情報に基づく健康状態の評価技術

人の健康状態を評価するための生体情報の計測及び評価技術の開発を行うとともに、標準化に向けてデータベースを構築する。

2-(3) 健康の回復と健康生活を実現する技術

人の健康状態に合わせた社会生活を実現するため、介護、医療等の負担の軽減、心身機能の回復、心身活動能力の補助のための技術の開発を行う。

3. 生活安全のための技術開発

高齢化社会の到来に対応した事故防止、生活支援のため、情報通信及びロボット技術を活用した安全な社会生活支援技術の開発を行う。

3-(1) ITによる生活安全技術

安全な社会生活の実現をIT技術で支援するため、センサを用いた人や生活環境のモニタリングシステム、消費者情報保護のための情報セキュリティ技術の開発を行う。

3-(2) 生活支援ロボットの安全の確立

生活支援ロボットを実環境で安全に動作させるため必要となる安全性の評価技術の開発を行う。

III. 他国の追従を許さない先端技術開発の推進

我が国の産業競争力を維持していくため、先端的な情報通信産業や製造業の創出につながる材料、デバイス、システム技術の開発を行う。また、サービス生産性の向上と新サービスの創出を目指して、情報技術、機械技術の開発を行う。

1. 高度な情報通信社会を支えるデバイス、システム技術の開発

情報通信の高度化のための、光、電子デバイスの高機能化及び高付加価値化技術の開発を行う。また、IT 活用による製造技術及びシステム技術の高効率化及び高機能化に取り組む。

1-(1) デバイスの高機能化と高付加価値化技術

更なる微細化を実現する革新的電子デバイス、大容量光送受信を可能とする超小型全光スイッチ、情報入出力機器のフレキシブル化と小型軽量化を実現する高性能光入出力素子の技術開発を行う。また、電子デバイスの構造、物性及び新機能予測を行うシミュレーションシステムの開発を行う。

1-(2) IT 活用によるシステムの高効率化及び高機能化

IT を利用したシステムの高機能化に取り組む。特に、産業用ロボット知能化技術、人間機能シミュレーション技術等の開発を行う。

1-(3) ナノエレクトロニクスオープンイノベーションの推進（I-4-(3)を再掲）

高付加価値デバイスの効率的、効果的な技術開発のため、ナノエレクトロニクスオープンイノベーションのためのプラットフォームを整備し、オープンイノベーションを推進する。また、高性能かつ高機能なナノスケールの光、電子デバイスの開発を行う。

2. イノベーションの核となる材料とシステムの開発

革新的な材料、システムを創成するため、ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材ナノカーボン材料の量産化技術、マイクロ電子機械システムの開発を行う。

2-(1) ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材（I-4-(1)を再掲）

ナノスケールの特異な物性を利用して機能を発現する新しい材料、多機能部材や革新的光、電子デバイス、高予測性シミュレーション技術の開発を行う。

2-(2) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用（I-4-(2)を再掲）

従来材料より優れた様々な特性を有し産業化が期待されるカーボンナノチューブの大量生産技術の開発を

行うとともに、透明導電膜、太陽電池、薄膜トランジスタへの応用技術の開発を行う。また、有機ナノチューブ、ダイヤモンド等の合成技術及び利用技術の開発を行う。

2-(3) 省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム製造技術（I-5-(4)を再掲）

センサ、光通信、医療・バイオ、自動車など多様な分野に適用が期待される小型、高精度で省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システムの低コストな大面積製造技術の開発を行う。

3. 情報通信基盤を利用したサービス生産性の向上と新サービスの創出への貢献

我が国のサービス産業の生産性向上と新サービスの創出を目指してサービスプロセスを変革する情報技術、機械技術の開発を行う。

3-(1) 科学的手法に基づくサービス生産性の向上

サービスの生産性を向上させるため、現場の情報から利用者行動をシミュレーションし、サービス設計を支援するサービス工学基盤技術の開発を行う。

3-(2) 高度情報サービスプラットフォームの構築

サービスの生産性を向上させるためのクラウド型等の情報プラットフォーム技術の開発を行う。

3-(3) サービスの省力化のためのロボット化（機械化）技術

サービス産業へのロボット導入に当たって必要となるロボットの自律移動技術や、ロボットによる物体の把持技術、ロボットと人とのインタラクション技術の開発を行う。

3-(4) 技術融合による新サービスの創出

既存の技術を融合することによる新サービス創出に取り組む。メディア処理とウェブでのインタラクションを融合したコンテンツサービスの創出、情報技術と災害軽減、危機管理、環境保全、資源探査などの技術を融合した地理空間情報サービスの創出、メディア技術とロボット技術を融合した人間動作の模擬技術の創出に取り組む。

3-(5) 情報基盤における安全性や信頼性の確立

IC カード等のハードウェアや基幹ソフトウェア等の情報システムのセキュリティ対策技術、信頼性検証技術など情報基盤の安全性評価技術の開発を行う。

IV. イノベーションの実現を支える計測技術の開発、評価基盤の整備

広範囲にわたる産業活動を横断的及び共通的に支援するため、基盤的、先端計測技術の開発を行うとともに、得られた知見を戦略的にデータベース化し、また、試験評価方法の標準化により評価基盤を構築する。

1. 技術革新、生産性向上及び産業の安全基盤の確立の

ための計測基盤技術

産業活動を支援するためのツールとなる計測評価技術、先端計測及び分析機器の開発を行うとともに、それらの標準化を推進する。また、計測技術を発展、統合させて、生産性向上をもたらす課題解決策（ソリューション）として生産現場に提供する。

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

材料、部材及び構造物における損傷、劣化現象等の安全性及び信頼性の評価にかかわる計測技術の研究開発を行うとともに、産業界に提供する。特に、有機、生体関連ナノ物質の状態計測技術、ナノ材料プロセスにおける構造と機能計測及び総合解析技術の開発を行う。

1-(2) 先端計測技術及び分析機器の開発

新たな産業技術の創出と発展を促進するため、材料評価、デバイス、システム評価のための先端的計測技術及び分析機器に関する研究開発を行うとともに、それらの標準化を推進する。

1-(3) 生産性向上をもたらす計測ソリューションの開発と提供

産業界における製品の品質と生産性の向上の基盤となる生産計測技術の開発を行い、計測にかかわる総合的な課題解決策を提供する。

2. 知的基盤としてのデータベースの構築と活用

先端産業技術の開発と社会の安全・安心のための基盤となる重要な計測評価データを蓄積し、データベースとして産業界と社会に提供する。

2-(1) 標準化を支援するデータベース

標準化を支援し、産業技術の基盤となる物質のスペクトル、熱物性等のデータベースを構築し、提供する。

2-(2) 資源等の有効利用を支援するデータベース

資源等の有効利用を支援するために必要な地質、環境、地図情報などをデータベース化し、利用しやすい形で提供する。

2-(3) 社会の持続的な発展を支援するデータベース

環境・エネルギー技術、社会の安全・安心及びものづくりの基盤となる重要なデータを集積し、データベースとして提供する。

3. 基準認証技術の開発と標準化

材料、製品、サービスの商取引に必要な適合性評価技術の開発を行うとともに、民間における適合性評価事業の育成を推進する。

3-(1) 適合性評価技術

新技術の事業化を促進するため、民間では困難な性能や安全性に関する実証に取り組む。また、新規の素材、製品、サービス等の社会普及を促進するため、商取引、規制において求められる性能、安全性等に関する

適合性評価技術を開発し、そのような評価技術の民間移転に積極的に取り組み、民間による適合性評価機能の強化を図る。

別表2 地質の調査（地質情報の整備による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）

地殻変動が活発な地域に位置する我が国において、安全かつ安心な産業活動や社会生活を実現し、持続的発展が可能な社会の実現に貢献するために、国土及び周辺地域の地質に関する状況を適切に把握し、これに応じ必要な対応を行うことが求められている。このため、国土及び周辺地域の地質情報の整備と供給、地質情報による産業技術基盤、社会安全基盤の確保に関する研究開発を行う。また、地質の調査に関する国際活動において協力をを行う。

1. 国土及び周辺地域の地質基盤情報の整備と利用拡大

国土と周辺地域において地質の調査、研究を実施し、地質情報の整備を行うとともに、衛星情報の高度化及び高精度化に関する研究を行う。また、地質の調査、研究の成果を社会に普及するための体制を整備する。

1-(1) 陸域・海域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化

地質の調査に関する研究手法と技術の高度化を進め、これらの知見も活用し、長期的な計画に基づき、国土の地質情報基盤である地質図、海洋地質図、重力図及び空中磁気図の作成及び改訂を行う。また、国土の地球科学基本図等データベースを整備し、それら情報の信頼性と精度を向上させるとともに、利便性の向上を図り、地質情報の標準化を行う。

1-(2) 都市域及び沿岸域の地質調査研究と地質情報及び環境情報の整備

地質図が整備されていない都市平野部及び沿岸域の地質について、調査、研究を行うとともに、地質情報及び環境情報を整備する。

1-(3) 衛星画像情報及び地質情報の統合化と利用拡大

自然災害、資源探査、地球温暖化、水循環等に関する地球観測の一環として、地質に関する衛星情報を整備するとともに、それら情報の利用拡大のための研究を行う。

2. 地圏の環境と資源に係る評価技術の開発

国土利用の促進、資源開発及び高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全性の確保を目的とした地質の調査、研究を行う。

2-(1) 地圏の環境の保全と利用のための評価技術の開発

土壌汚染、二酸化炭素地中貯留及び地層処分について、地圏の環境の保全と適切な利用にかかわる評価技術の開発を行うとともに、その普及に努める。

2-(2) 地圏の資源のポテンシャル評価

陸海域の、鉱物資源、燃料資源、地下水資源及び地熱資源に関するポテンシャル評価を行う。

2-(3) 放射性廃棄物処分の安全規制のための地質環境評価技術の開発

高レベル放射性廃棄物の地層処分事業の安全規制に係る国の施策に資するため、地質現象の長期変動及び地質環境の隔離性能に関する地質学的、水文地質学的知見を技術情報としてとりまとめるとともに、長期的視点から地層処分の安全規制への技術的支援を行う。

3. 地質災害の将来予測と評価技術の開発

地震、火山等の自然災害による被害の軽減のため、活断層、地震発生や火山噴火のメカニズム及び地下水位の変動などに関する調査、研究を行う。

3-(1) 活断層調査、地震観測等による地震予測の高精度化

活断層について活動履歴の調査を行い、活断層の活動性評価を実施するとともに、地震災害の予測手法を開発する。また、海溝型地震と巨大津波の予測手法を高度化するための調査、研究を行う。

3-(2) 火山噴火推移予測の高精度化

火山噴火予知及び火山防災のための火山情報を提供するため、火山の噴火活動履歴及び噴火メカニズムについて調査、研究を行う。

4. 地質情報の提供、普及

社会のニーズに的確に応じ、地質情報を活用しやすい情報、媒体で提供、普及する。

4-(1) 地質情報の提供、普及

地質の調査に係る研究成果を社会に普及するため、地質図類、報告書等を出版するとともに、電子媒体やウェブによる地質情報の普及体制を整備し、地質標本館の有効活用を図る。また、地方公共団体及び民間における地質情報を活用する取組に対し支援を行う。

4-(2) 緊急地質調査、研究の実施

地震、火山噴火をはじめとする自然災害発生に際して、社会的な要請等に機動的に対応して緊急の調査、研究を行うとともに、必要な関連情報の発信を行う。

5. 国際研究協力の強化、推進

地質に関する各種の国際組織及び国際研究計画に参画するとともに、産総研が有する知見を活かし、国際的な研究協力を積極的に行う。

5-(1) 国際研究協力の強化、推進

アジア、アフリカ、南米地域を中心とした地質に関する各種の国際研究協力を積極的に推進する。

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

産業、通商、社会で必要とされる試験、検査や分析の結果に国際同等性を証明する技術的根拠を与え、先端技術開発や産業化の基盤となる計量の標準を整備するとともに、計量法で規定されている法定計量業務を的確に行うことにより、我が国経済活動の国際市場での円滑な発展、国内産業の競争力の維持、強化と新規産業の創出の支援、グリーン・イノベーション及びライフ・イノベーションの実現に貢献する。

1. 新たな国家計量標準の整備

我が国経済及び産業の発展、あらゆる計測の信頼性を産業と社会が共有するために信頼性の源となる国家計量標準を引き続き開発、整備するとともに、新たな計量標準については迅速に供給する。特に、環境への負荷低減（低炭素社会の実現、物質循環型社会の実現）、国民生活の安心・安全社会の実現、健康長寿社会の実現、技術革新による次世代産業の推進、及び国際通商の円滑な実施を支える国家計量標準については、産業界や社会の要請に即応して整備し、多様な供給の要請に対して柔軟に対応する。

1-(1) グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

グリーン・イノベーションの推進に必要な計量標準を早急に開発、整備し、供給する。

1-(2) ライフ・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

ライフ・イノベーションの実現に向け、先進医療機器の開発に必要な計量標準を開発・整備、供給する。また、食品の安全性や生活環境の健全性確保に資するため、食品分析に係る計量標準、有害化学物質の計量標準を開発、整備、供給する。

1-(3) 産業の国際展開を支える計量標準の整備

我が国産業の国際通商を円滑に行うために必要な計量標準を開発、整備、供給する。また、代表的な技術革新分野において、基盤的計量標準を開発、整備、供給する。

2. 国家計量標準の高度化

我が国のイノベーション基盤を強化するため、国家計量標準を確実に維持、供給するとともにその高度化、合理化、校正事業者の認定審査の支援、計量トレーサビリティ体系の高度化と合理化を行う。

2-(1) 国家計量標準の維持、供給

国家計量標準を維持管理し、校正サービス、標準物質等の供給、品質システムの運用を行う。

2-(2) 国家計量標準の高度化、合理化

より高度な技術ニーズ及び社会ニーズに対応するため、特に省エネ技術の推進、産業現場計測器の信頼性

確保及び中小企業の技術開発力の向上を支援する計量標準について、その高度化、合理化を行う。

2-(3) 計量標準政策に関する調査と技術支援

計量トレーサビリティ体系の設計、維持運用について調査を行い、政府の知的基盤の整備に関する技術支援を行う。

2-(4) 計量標準供給制度への技術支援

JCSS（計量法に基づく校正事業者登録制度）を主体とする計量標準供給制度の運用に関する技術支援を行う。

2-(5) 計量トレーサビリティ体系の高度化、合理化

利用者が信頼性、コスト、迅速性及び効率性の観点から最適な手段により計量トレーサビリティを確保できるように、技術開発の実施と運用方法の拡充を行い、計量トレーサビリティ体系の高度化と合理化を図る。

3. 法定計量業務の実施と関連する工業標準化の推進

法定計量業務を適正に実施し、計量行政を支援するとともに、経済のグローバル化に対応した計量器の適合性評価システムの整備、普及を促進する。

3-(1) 法定計量業務の実施と法定計量政策の支援

特定計量器に関する試験検査業務を国際標準の品質管理の下、適正に実施し、特定計量器の製造技術及び利用技術の調査などを通じ計量行政への支援を行う。

3-(2) 適合性評価技術の開発と工業標準化への取組

特定計量器についての新たな適合性評価技術を開発、整備する。また、一般計測及び分析器についても評価技術を開発し、測定手続の基準、試験規格の確立と普及を図る。

4. 国際計量標準への貢献

計量標準、法定計量に関連する国際活動に主導的に参画し、我が国の技術を反映した計量システムを諸外国に積極的に普及させるとともに、メートル条約と法定計量機関を設立する条約のメンバー国と協調して国際計量標準への寄与に努める。また、先進的な計量トレーサビリティ体系の構築に努める。

4-(1) 次世代計量標準の開発

次世代の計量標準を世界に先駆けて開発し、国際計量標準の構築において優位性を確保するとともに、我が国の優れた標準技術を国際標準に反映させ、また、先端技術開発を支援する。

4-(2) 計量標準におけるグローバルな競争と協調

国際的計量組織の一員として、国家計量標準の同等性に関する国際相互承認体制（MRA）及び計量器の技術基準の同等性に関する国際相互受入れ取決め（MAA）を発展するよう促していく。また、開発途上国が、通商の基盤となる自国の計量標準を確立できるよう支援をしていく。

4-(3) 計量標準分野における校正、法定計量分野におけ

る適合性評価の国際協力の展開

二国間の MOU（技術協力覚書）の締結、維持により、製品の認証に必要な計量標準の同等性を確保し、特定の計量器における適合性評価結果の受入れを可能にするための国際協力を行う。

5. 計量の教習と人材の育成

法定計量業務に対応できるよう、国内の法定計量技術者の技術力向上を図るとともに、公的機関、産業界及び開発途上諸国の計量技術者を育成する。

5-(1) 計量の教習

法定計量の技術を教習して、国内の法定計量技術者の計量技術レベルの向上を図る。

5-(2) 計量の研修と計量技術者の育成

公的機関、産業界及びアジア諸国の技術者を対象として、人材育成プログラムや資料を作成するとともに、研修を行い、計量技術者を育成する。

4. 中期計画・年度計画

独立行政法人通則法第31条第1項に基づき、独立行政法人産業技術総合研究所の平成22年度の事業運営に関する計画（以下、年度計画）を次のように定める。

I. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項

1. 「課題解決型国家」の実現に向けた研究開発の重点分野

(1) 世界をリードする「グリーン・イノベーション」、「ライフ・イノベーション」の推進

【中期計画（参考）】

（戦略的な研究企画及び研究資源配分の重点化）

・グリーン・イノベーションの推進のため、太陽光発電、次世代自動車、ナノ材料、情報通信の省エネルギー化等の技術開発を加速化する。太陽光発電技術については、大幅な性能向上と低コスト化を目指し、薄膜シリコン等の太陽電池デバイス材料の効率を相対値で10%向上させるとともに、太陽光発電システム普及のための基盤となる基準セル校正技術、性能・信頼性評価技術等を開発し、それらを産業界に供給する。

次世代自動車普及の鍵となる蓄電池について、安全・低コストを兼ね備えた高エネルギー密度（単電池で250Wh/kg以上）を設計可能な電池機能材料（正極材料、負極材料等）を開発する。また、燃料電池自動車用酸素貯蔵技術として、高い貯蔵量（5重量%）と優れた繰り返し特性を有する材料の設計技術を開発する。部材、部品の軽量化や低消費電力デバイス等への応用が可能なカーボンナノチューブについて、キログラム単位で単層カーボンナノチューブのサンプル提供が可能な600g/日の生産規模の量産技術を開発し、キャパシタ、炭素繊維、太陽電池等へ応用する。

情報通信機器の省エネルギー（記憶素子の置き換えによりパソコンの待機電力を約1/5に削減）を可能とする不揮発性メモリ（電源オフでのメモリ保存）技術を開発する。

《平成22年度計画》

・新規シリコンゲルマニウム薄膜太陽電池等の効率を相対値で2%以上向上させるとともに、新型太陽電池について評価技術の確立に向けた取り組みを維持し、一次及び二次基準セル、基準モジュールの校正を産業界に供給する。

・電極材料の高エネルギー密度化をさらに進めるため、正極材料についてはLiを多く含み、Fe, Mn, Tiを主体とする酸化物正極の合成条件を最適化するとともに、新規シリコン系負極を開発する。

・放射光 X 線を活用した、水素吸蔵・放出過程の構造変化の観測に着手するとともに、陽電子消滅、核磁気共鳴および透過電子顕微鏡の各手法について、「その場観察」手法の開発を進める。

・スーパーグロース法に基づく、パイロットプラントの設置・立ち上げを行う。合成技術の高度制御を目指し、配向性の制御技術、高品質 CNT 合成技術を開発する。また、スーパーグロース CNT を用いた、高性能キャパシタ等をはじめ各種の用途開発を推進する。

・DRAM や SRAM の置き換えを狙った不揮発性メモリ・スピン RAM の記憶素子である垂直磁化 MTJ 素子で200%以上の MR 比を実現する。

【中期計画（参考）】

・ライフ・イノベーションの推進のため、先進的、総合的な創薬支援、医療支援、遠隔医療支援、介護・福祉ロボット等の技術開発を推進する。創薬、再生医療技術については、創薬過程の高速化や再生医療基盤整備のために、iPS 細胞の作製効率を10倍程度（現行1%から10%程度に）に引き上げる技術を開発する。遠隔医療システムについては、遠隔地から指導可能な手術手技研修システムを開発し、低侵襲治療機器に即したトレーニングシステムに適用する。

介護及び福祉のための生活支援ロボットについては、製品化に不可欠な実環境下での安全の確立を目指して、ロボットの新しい安全基準を構築し、ロボットを安全に動作させる際に必要な基盤技術として15種類以上の日常生活用品を対象とした物体把持技術等を開発する。《平成22年度計画》

・再生医療支援技術に関して、新たな因子の探索などにより、安全で従来の10倍程度の効率の iPS 細胞作製技術の開発を進める。

・遠隔医療システムに関して、遠隔地間での手術手技を研修可能にするシステムの基盤技術、低侵襲治療支援技術、軽負荷医療支援技術の基盤技術の開発を推進する。

・ロボットの安全性を検証するためのリスクアセスメント等、安全設計を行うための技術開発を行うとともに、それらの国際標準化活動を行う。

・生活空間のような複雑な環境下で人の把持動作のデータ収集を行い、物体の幾何形状および配置関係に基づく物体把持のモデル化を行う。

【中期計画（参考）】

・技術のシステム化としては、電力エネルギーの高効率利用のための低損失高耐圧なパワーデバイス技術等と再生可能エネルギー利用機器とを組み合わせ安定した電力を供給するためのネットワークの設計及び評価、マネジメントの技術等の開発を行う。また、早期の社会導入を目指して、数十戸規模の住宅を対象とした実証研究を行う。

《平成22年度計画》

・複数住宅において同時に計測した電力等の需要を対象に、季節性等を比較し得るデータベースを構築する。

また、柱上変圧器下流の複数住宅を対象として、配電系統、分散型機器、蓄エネルギー機器を含む運用・計画・評価モデルのプロトタイプを開発する。

(2) 他国の追従を許さない先端的技術開発の推進

【中期計画（参考）】

- ・デバイス材料のナノ構造の最適化により、省エネルギー型ランプの光源となる光取出し効率80%以上の超高効率な赤色及び黄色発光ダイオードを開発する。

《平成22年度計画》

- ・エバネッセント光の干渉に必要な AlGaInP 系リッジ構造の作製技術を確認し、顕微測定を含むフォトルミネセンスなどの光学的手法を用いて、エバネッセント光の干渉現象の実証を行う。

【中期計画（参考）】

- ・マイクロ電子機械システム（MEMS）製造技術により超小型の通信機能付き電力エネルギーセンサチップを試作し、電力エネルギー制御の最適化によりクリーンルーム等の製造現場の消費エネルギーを10%削減するシステム技術の開発を行う。

《平成22年度計画》

- ・ナノ構造を持つ機能膜を MEMS 流体デバイスに集積するプロセス技術を開発する。また、低消費電力イベントドリブン型無線センサ端末用カスタム高周波 IC と、それを用いたプロトタイプ端末の試作を行う。MEMS 用クリーンルームおよび製造装置の消費エネルギーを一括でモニタリングするシステムの試作を行う。

2. 地域活性化の中核としての機能強化

(1) 地域経済の競争力を支える最高水準の研究開発の推進

【中期計画（参考）】

- ・各地域センターは、北海道センターの完全密閉型遺伝子組換え工場等を利用したバイオものづくり技術や関西センターの蓄電池関連材料の評価技術等に基づくユビキタス社会のための材料技術、エネルギー技術などのように、地域の産業集積、技術的特性に基づいた地域ニーズ等を踏まえて、研究分野を重点化し、地域経済の競争力を支える最高水準の研究開発を推進する。

《平成22年度計画》

- ・地域経済産業局、地域産業界との意見交換を実施し、地域ニーズ（地域の産業集積や技術的特性）や地域産業政策に基づく地域特性を把握して、地域ごとの地域事業計画と第3期期間中の地域展開のロードマップを策定し、最高水準の研究開発を実施する。

【中期計画（参考）】

- ・各地域センターは、各地域の特徴を活かした分野にお

いて、大学、公設試験研究機関等と連携して、企業の研究人材を積極的に受け入れ、最先端設備の供用やノウハウを活かした共同研究等を実施し、国際水準の研究開発成果を地域産業へ橋渡しすることにより、地域の活性化に貢献する。

《平成22年度計画》

- ・各地域の産学官連携センターは、経済産業局や地方自治体、商工会議所等との協力のもと、地域中小企業等への総合的な支援体制として公設試験研究機関、大学、産業支援機関等と形成した産学官連携ネットワークの維持と展開を図る。
- ・地域センターの有する技術分野については地域企業の人材を積極的に受け入れ、最先端設備の供用やノウハウを活かした共同研究を実施し、実用化を目指した研究開発や実践的な人材育成等に貢献する。

(2) 中小企業への技術支援・人材育成の強化

【中期計画（参考）】

- ・各地域センターは、公設試験研究機関等と連携し、中小企業との共同研究等に加えて、最先端設備の供用やノウハウ等を活かした実証試験・性能評価等による中小企業の製品への信頼性の付与等の技術支援、技術開発情報の提供等を行い、中小企業の技術シーズの実用化を推進する。

《平成22年度計画》

- ・地域産業活性化支援事業等を活用し、公設試験研究機関と連携して、中小企業への技術移転と製品開発への適用を図ると共に、中小企業の有望な技術シーズの育成と実用化を支援するために、保有する先端機器を供用して、中小企業との共同研究や委託研究、技術研修等を積極的に行い、中小企業の製品の検証試験・性能評価を実施する。
- ・また、公設試験研究機関等と分担し、中小企業にノウハウや製品動向にかかわる技術情報を提供することで、中小企業の技術シーズの実用化を推進する。
- ・技術開発情報については、産総研での技術研修はもちろん、行政や産業界と連携した技術セミナー等の開催により、地域企業に提供する。

【中期計画（参考）】

- ・産総研と公設試験研究機関等で構成する産業技術連携推進会議等を活用して、地域企業ニーズに基づく中小企業、公設試験研究機関及び産総研の新たな共同研究の形成や、研究成果移転や機器の相互利用促進のための研究会の設置等により中小企業技術支援体制の充実を図る。

《平成22年度計画》

- ・産技連地域部会では、地域経済の現状を踏まえたプロジェクトの共同提案等の取り組みを強化すると共に、開放機器の相互利用促進方策等の検討を進め、地域経

済の活性化と再生に向け一層寄与することを目指す。

- 産技術連技術部会は公設試の技術レベルの向上を図るため研究会や研修会活動を引き続き実施すると共に、地域部会の活動を支援し、地域中小企業の活性化やイノベーションの創出に寄与する。

【中期計画（参考）】

- 共同研究や技術研修等の活動を通じて、地域の産業界の研究人材を受け入れ、基盤的な研究活動等を共同で実施し、産業化への橋渡し研究に活躍できる人材育成を行う。

《平成22年度計画》

- 中小企業基盤整備機構や大学等他機関との連携を強化し、産学官連携機能の強化や技術相談窓口等を交流の場とした各種プロジェクトの立ち上げ支援や技術相談、セミナー開催などを通じて人材育成を行う。
- つくばセンターを含めた全産総研が支援して産総研の技術シーズと中小企業の技術ニーズとのマッチングに努め、技術研修や共同研究等による課題解決を通じた中小企業の人材育成を行う。

【中期計画（参考）】

- 産総研が地域におけるハブとなり、地域を巻き込んだ産学官連携の中核となって研究開発を推進することにより、第3期中期目標期間中に3,000件以上の中小企業との共同研究等を実施するとともに、10,000件以上の技術相談を実施する。

《平成22年度計画》

- つくばセンターと各地域センターを合わせた中小企業との共同研究件数、技術相談件数について第2期期間中の年平均（それぞれ560件、1800件）を上回ることを目指す。
- 特に技術相談については、これまでの相談内容を分析し、相談内容の充実、相談件数の増加方策について検討する。

3. 産業・社会の「安全・安心」を支える基盤の整備

(1) 国家計量標準の高度化及び地質情報の戦略的整備

【中期計画（参考）】

- 我が国の技術革新や先端産業の国際競争力を支え、また新素材、新製品の安全性や信頼性を評価する基盤として必要な計量標準62種類を新たに開発し、供給を開始する。また、第1期、第2期を通じて開発した計量標準約530種類を維持、供給するとともに、産業現場のニーズに応える高度化、合理化を進め、トレーサビリティの普及を促進する。

《平成22年度計画》

- 新たに9種類以上の計量標準を開発する。また、既存の計量標準のうち12種類以上の標準に関して、供給範囲の拡大や不確かさ低減等の高度化を行う。

【中期計画（参考）】

- 国土と周辺域において地質の調査を実施し、国土の基本情報として社会の要請に応えた地球科学基本図の作成及び関連情報の整備を行う。具体的には資源エネルギーの安定確保、防災等に資するため、従来に比して電子化などにより利便性を高めた各種地質図や活断層及び活火山などのデータベース等を整備、供給する。また、第3期中期目標期間中に5万分の1地質図幅を計20図幅作成する。

《平成22年度計画》

- 国土と周辺域において地質の調査を実施し、国土の基本情報として社会の要請に応えた地球科学基本図の作成及び関連情報の整備を行う。各種地質図や活断層及び活火山などのデータベース等を整備、供給すると共に、その利便性を高めるための研究開発を行う。都市基盤整備及び防災等の観点から早急に地質情報の整備が必要な地域等の地質調査を実施し、5万分の1地質図幅の作成に着手する。

(2) 新規技術の性能及び安全性の評価機能の充実

【中期計画（参考）】

- 新たに生み出された製品やサービスに対して、その性能や安全性を客観的に評価する計測、評価及び分析技術を開発し、試験方法、試験装置及び規格等の作成を通じて普及させる。その際、企業及び業界団体や、基準認証関係機関とコンソーシアムを形成し、開発、作成、普及を加速する。また、国際標準化活動をコンソーシアム活動に反映するために、それぞれのプロジェクトを横断的に管理する組織を平成22年度中に産総研に設置して、基準認証関係機関との連携を促進し、効果的な標準化活動を推進する。

《平成22年度計画》

- 研究成果である規格を普及させるため、その性能や安全性を客観的に評価する計測・評価・分析技術を開発し、市場拡大及び産業競争力強化に資する機能を持つ、国際標準化活動を反映した組織・体制作りを支援する。標準化活動を横断的に管理する組織を新たに設置し、規格の作成と標準化を推進する体制を構築する。

【中期計画（参考）】

- 我が国の認証体制を強化するために、新たな技術に対する試験法及び評価方法の標準化を推進し、人材育成などにより技術の民間移転を推進する。

《平成22年度計画》

- 国際標準化された技術について実証試験サービスの実施を支援し、標準化技術の民間移転を支援する。新たな技術に対する試験法及び評価方法の標準化について7件の標準化を推進する。また、太陽光発電セルの校正業務について民間機関への移転を進める。

【中期計画（参考）】

- ・性能・安全性評価のために必要な知的基盤として、信頼性が明示された材料特性等のデータベースの整備、供給を推進する。
- 《平成22年度計画》
- ・標準化の推進、災害事例の共有、ものづくり支援等のための各種データベースについて、信頼性の評価されたデータを新たに追加して公開する。

(3) 研究開発成果の戦略的な国際標準化、アジアへの展開

【中期計画（参考）】

- ・我が国の産業競争力の向上のため、標準化が求められる技術については、その研究開発の開始に際して、あらかじめ標準化することを前提として計画的に実施するなど、国際及び国内標準化を重視した取組を行う。
- 《平成22年度計画》
- ・「産総研工業標準化ポリシー」に基づいて、産業界や社会的ニーズ、行政からの要請に対応する「標準基盤研究」を推進する。日本工業標準調査会（JISC）、国際標準化機構（ISO）、国際電気標準会議（IEC）及び国際フォーラムなどに積極的に参画し、産総研のノウハウ、データベース等研究成果を活用した標準化に取り組み、我が国産業界の国際標準獲得を支援する。
 - ・ナノテクノロジー分野の国際標準化活動を主導するため、ISO/TC229ナノテクノロジー国内審議団体を引き受ける。
 - ・HP等を活用し、閲覧者に標準化活動を理解していただくと共に産総研の実施している研究成果に基づいた標準化事業について、JISパビリオン来場者などに理解いただくための広報活動を行う。
 - ・所内研究者及び産業界の標準関係者に国際標準化活動に理解を求め、協力体制の構築が円滑に行えるよう国際標準化セミナーを行う。
 - ・標準化活動が評価されるよう評価者への啓蒙活動など展開する。

【中期計画（参考）】

- ・国際標準化を検討する国際会議への派遣等を前提とした、国際標準化活動における第3期中期目標期間終了時までのエキスパート登録数は、100名以上を目標とする。
- 《平成22年度計画》
- ・国際会議における議長、幹事、コンビーナ及びエキスパート（プロジェクトリーダーを含む）を積極的に引き受ける。

【中期計画（参考）】

- ・バイオマス燃料の品質評価等の標準及び適合性評価技術のアジア諸国での円滑な定着等、アジア諸国との研

究協力、標準化に向けた共同作業を推進する。

《平成22年度計画》

- ・東アジア・アセアン経済研究センター（ERIA）のエネルギープロジェクト事業の一環として、東アジア各国の研究者と連携して、東アジアにおけるバイオ燃料の標準化の研究、バイオマス利活用の持続性評価の標準手法の研究を行う。

【中期計画（参考）】

- ・国際標準化を計画的に推進することにより産総研の成果を基とした国内提案も含めた標準化の第3期中期目標期間中の素案作成数は、100件以上、うちアジア諸国との共同で15件以上を目標とする。
- 《平成22年度計画》
- ・我が国の標準化活動を促進するため、欧米諸国並の連携・体制をアジア諸国と構築するための諸協力を実施する。
 - ・規格素案作成のため、経済産業省「社会環境整備・産業競争力強化型規格開発事業」、NEDO「国際標準提案型研究事業」など標準化推進事業の受託研究拡大を図る。

4. 「知恵」と「人材」を結集した研究開発体制の構築

(1) 産学官が結集して行う研究開発の推進

【中期計画（参考）】

- ・産総研のインフラをコアにして、産業界、大学及び公的研究機関の多様な人材や研究施設等を集約した最先端のナノテク拠点を構築し、既存電子デバイスの基本的限界を打破し、微細化や低消費電力化をもたらす高性能、高機能なナノスケールの電子、光デバイスの開発を行う。
- 《平成22年度計画》
- ・産総研が保有する最先端のナノテクノロジー研究設備を活用し、集積デバイス実証評価ラインを利用した革新的なデバイスのプロトタイプ試作サービスを提供する。

【中期計画（参考）】

- ・太陽光発電では我が国唯一の一次基準太陽電池セルの校正機関としての知見を生かし、大規模フィールドテストや屋外評価技術等の拠点化を行い、実用化に必要な研究開発を加速する。
- 《平成22年度計画》
- ・新型太陽電池について評価技術の確立に向けた取り組みを維持するとともに、高効率太陽電池の屋内外比較評価に関し、日米で共同研究を開始する。

【中期計画（参考）】

- ・革新的な電池材料や評価技術の開発を行うための拠点を、材料分野において世界的なシェアを有する国内複

数企業を結集し、構築する。

《平成22年度計画》

- ・国内材料メーカー等と連携し、電池材料やその評価技術の開発に向けた取り組みを開始する。

【中期計画（参考）】

- ・生活支援ロボットでは世界初となるロボットの新しい安全基準を構築し、実証試験を行うための拠点を構築する。

《平成22年度計画》

- ・ロボット技術開発に関しては、企業と連携してソフトとハードの標準化と安全性評価の確立を目指す。

【中期計画（参考）】

- ・施設や設備の外部利用を促進することで効率的に成果を生み出す制度を構築する。共同研究時の知的財産の保有に関して、技術移転、製品化等を促進するためのルール作り等を行う。

《平成22年度計画》

- ・産総研の研究施設・設備を有効活用した産業界との研究開発を推進することで、我が国の研究開発力を強化するとともに、企業等が実用化を推進するために必要な知的財産の保有・活用に関するルールを整備する。

【中期計画（参考）】

- ・省庁間の壁を超えて、我が国の研究開発能力を結集した研究成果の実用化・製品化の取組における中核的な結節点としての機能の発揮について積極的に検討する。その際、国費により研究開発を行っている研究開発独立行政法人などとの連携を図ることにより、国費による研究開発のより効果的な研究開発体制構築や成果の実用化や製品化に向けた取組の強化をも目指す。

《平成22年度計画》

- ・つくばにおいて我が国および人類社会の繁栄に貢献できるナノテク拠点を形成するために、産総研のナノテクノロジー関連研究ポテンシャルを活用し、省庁間を越えた研究・教育両面に亘る統合的な研究拠点の構築を目指す。また、当該拠点を活用した産業界等との連携による研究開発プロジェクトを効率的に推進する体制を整備することで、研究成果の実用化、製品化を目指す。

【中期計画（参考）】

- ・これにより、産総研の「人」又は産総研という「場」を活用する形で実施される外部資金による研究規模が、第3期中期目標期間終了時までに産総研運営費交付金の50%以上となることを目指す。

《平成22年度計画》

- ・「人」や「場」等の産総研のリソースを活用した共同研究及び、受託研究並びに技術研修等を推進し、外部

資金による研究規模の拡大に努める。また、産総研のリソースを利用した研究がより容易に且つ柔軟に行われるよう、共同研究、受託研究並びに技術研修制度等の連携制度の見直しを図る。

【中期計画（参考）】

- ・世界トップに立つ研究機関を目指すべく、年間論文総数で5,000報以上を目指すとともに、論文の被引用数における世界ランキングにおける順位の維持向上を図る。

《平成22年度計画》

- ・産総研の研究成果を社会へ還元するため、また、国際的な研究機関としての成果発信水準を確保するために、産総研全体の論文発信量については、年間論文総数で5,000報以上を目指す。

(2) 戦略的分野における国際協力の推進

【中期計画（参考）】

- ・世界各国の研究情勢の把握と有力研究機関との有機的連携に基づき、効率的かつ効果的に研究開発を実施するとともに、国際的研究競争力強化のための研究者海外派遣、研究者招へいによる人材交流を促進する。

《平成22年度計画》

- ・持続発展可能な地球社会実現のため、世界各国の有力研究機関と包括的研究協力覚書（MOU）等を通じてグローバルネットワークを形成し、国際共同研究、ワークショップ・セミナー、研究員派遣招へい等の人材交流、ミッション等の相互訪問などにより効率的・効果的な研究協力を推進する。
- ・産総研フェロウシップ制度等を活用して、産総研研究者の海外研究機関への派遣および海外の連携研究機関の研究者の招へいなど、戦略的な国際的人材交流を推進し、世界的視野を持った国際競争力のある人材の養成、海外の優秀な研究者の育成および活用、研究者ネットワークの構築に努める。
- ・国際的な人材交流の促進策として、派遣する若手研究者および招へいする外国人研究者並びにそのホスト研究者のサポートを推進。具体的には、日常的な英語による相談対応をはじめとして、外国人研究者の環境整備（産総研の規則等の英文化等）を促進する。
- ・また、経済産業省、内閣府、外務省、各国大使館等との積極的連携により、国際的産業技術動向の把握、産総研の研究活動の積極的アピールなど科学技術外交に貢献するとともに産総研の国際的プレゼンスの向上に努める。

【中期計画（参考）】

- ・特に、低炭素社会実現のため、クリーン・エネルギー技術分野で再生可能エネルギー研究所をはじめとする米国国立研究所と密接に連携し、燃料電池、バイオマ

ス燃料等再生可能エネルギー関連技術、省エネルギー材料、デバイス技術等に関する共同研究、研究者の派遣及び受入れ、ワークショップの開催等による新たな研究テーマの発掘などの協力を拡大、加速する。

《平成22年度計画》

- ・米国との連携では、包括的 MOU を締結したエネルギー省傘下の5研究所との環境・エネルギー分野を中心とした研究協力の推進、特に研究者の長期派遣等を通じた共同研究の本格化や、合同ワークショップの開催や相互訪問等による情報交換を活発化し、新たな研究協力案件の発掘を図る。
- ・また、環境・エネルギー分野の将来を担う若手研究者を養成するための米国研修生受入事業（AIST インターンシップ）については、ニューメキシコ州を中心に募集対象の拡大を検討する等、発展的な展開を図る。

【中期計画（参考）】

- ・また、マレーシア標準工業研究所、タイ国家科学技術開発庁、南アフリカ地質調査所、ブラジルリオデジャネイロ連邦大学などのアジア・BRICs 諸国等の代表的研究機関との相互互惠的パートナーシップにより、バイオマス利活用、クリーンコール技術、医工学技術、環境浄化技術、レアメタル資源評価等を中心に現地における実証、性能評価を含む研究協力を推進し、アジア・BRICs 諸国等における課題解決に貢献する。

《平成22年度計画》

- ・成長発展するアジア諸国などの活力を産総研の研究活動に活用するため、各国の公的研究機関との相互互惠的パートナーシップに基づく連携を推進する。
- ・タイ国家科学技術開発庁（NSTDA）とは、「非食料系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術」の共同研究を含めた包括的な研究協力を推進する。
- ・韓国産業技術研究会（ISTK）とは、緊密な情報交換を行い、傘下の研究機関を含めた再編成の動向を把握すると共に、積極的な相互訪問を含め協力関係の一層の強化を図る。
- ・マレーシア標準・工業研究所（SIRIM）とはバイオ燃料製造、バイオマス利活用の持続性評価とそれらの標準化を含むバイオマス利活用研究をはじめ、医用マテリアル、計測標準の分野の研究協力を推進する。また、プトラ大学、九州工業大学を含めた相互連携の強化を図る。
- ・中国科学院（CAS）とは、包括研究協力覚書を知財保護を重視しつつ一層発展させ、環境・エネルギー分野を中心に、クリーンコールテクノロジー、排ガス触媒などの具体的な研究協力を図る。
- ・南アフリカとは、地質調査所（CGS）とのレアメタル資源評価等の研究協力を推進すると共に、科学産業技術研究所（CSIR）とのクリーンコール分野での研究交流を開始する。

- ・ブラジルリオデジャネイロ連邦大学とは、引き続きバイオエタノール製造技術に関する研究協力を推進する。

【中期計画（参考）】

- ・さらに、仏国立科学研究センター、ノルウェー産業科学技術研究所など欧州の先進研究機関とロボティクス、環境・エネルギー技術、製造技術等での連携、その他新興国等も含む協力を推進する。

《平成22年度計画》

- ・欧州との連携では、連携実績のある公的機関との個別具体的共同研究、若手研究者を中心とした人的交流の充実を推進する。EU と日本の研究協力協定が締結されたことを受け、産総研の EU・FP7への参加の可能性を追求する。
- ・特に、フランス国立科学研究センター（CNRS）とのロボティクスに関する連携研究体（ジョイントラボ）のため、競争的研究資金のさらなる獲得を目指し、共同研究の一段の発展を図る。また、バイオの分野での連携について協議を進める。
- ・また、ノルウェー産業科学技術研究所（SINTEF）およびノルウェー科学技術大学（NTNU）と、主にエネルギー分野、ナノテク・ものづくり分野における研究協力を推進する。

【中期計画（参考）】

- ・以上の実現のため、第3期中期目標期間中において包括研究協力覚書機関との研究ワークショップ等を計50回以上開催する。

《平成22年度計画》

- ・米国 DOE 傘下研究所との環境・エネルギー技術協力に関するワークショップを開催するとともに、包括研究覚書機関との間で包括的ワークショップにとどまらず特定分野でのワークショップ等を積極的に開催する。合計で8回以上のワークショップ等の開催を目指す。

- (3) 若手研究者のキャリアパス支援及び研究人材の交流推進

【中期計画（参考）】

- ・産総研イノベーションスクールにおいて、本格研究に関する講義、研究実践のためのツールを用いた研修、産総研と関連のある企業での OJT 等を通じて、基礎的研究を製品化まで橋渡しできるイノベティブな博士研究者等を育成し、社会に輩出する。また、専門技術者育成事業、連携大学院制度等により、我が国の産業技術の向上に資することができる人材を輩出する。

《平成22年度計画》

- ・産総研イノベーションスクールにおいては、第4期生の受入を行い育成を行うとともに、第1期から第3期までの修了者の進路等について追跡調査を行い、必要に応じてスクールシステムの見直しを行う。専門技術者

育成事業については、引き続き80人規模での育成を行うとともに、育成修了者の進路の追跡調査を行う。

【中期計画（参考）】

- ・イノベーションスクールについては、ノウハウを社会に広く普及するため、大学等のポストドクや博士課程の学生を受け入れるなど、他機関とも連携して博士研究者の育成を行っていく。

《平成22年度計画》

- ・平成22年度からの新たな取り組みとして、連携大学院制度等で産総研に所属する大学院生や他機関に所属するポストドクなどを対象に、イノベーションスクールの研修プログラムを提供する試みを開始する。

【中期計画（参考）】

- ・外部研究員の受け入れ及び産総研研究員の外部派遣などにより、研究水準の向上及び研究成果の産業界への円滑な移転等を推進する。

《平成22年度計画》

- ・共同研究制度及び外来研究員制度、並びに技術研修等の制度を活用した外部人材の受入を推進し、産業界及び学生等の研究水準の向上と研究成果の効率的な移転に努める。また、共同研究制度や連携大学院制度、委員の委嘱等による人材の相互交流を積極的に実施するとともに、更なる相互交流促進の方策を検討する。

【中期計画（参考）】

- ・第3期中期目標期間終了時まで、民間企業、大学等への人材供給や外部からの受け入れ5,000名以上を目指す。

《平成22年度計画》

- ・技術研修制度、外来研究員制度、人材移籍型共同研究制度、等による人材受入や、技術研究組合との連携による人材供給、人材受入等、民間企業、大学等外部との人材交流を推進する。また、委員の委嘱制度による外部機関への協力及び兼業制度を活用した民間企業、大学との人材交流の推進を図る。あわせて、人材交流の推進につながる方策も検討する。

5. 研究開発成果の社会への普及

(1) 知的財産の重点的な取得と企業への移転

【中期計画（参考）】

- ・産総研の技術を有効に社会普及させるために、産総研として取得し管理すべき知的財産権に関する方針を平成22年度中に策定し、コアとなる技術に加え、その周辺技術や応用技術についても戦略的に特許を取得することで効果的に技術移転を行う。また、成果の民間等への移転のために外部の技術移転機関（TLO）を活用していたが、第3期中期計画開始に合わせて産総研内部に技術移転機能を取り込むことで関連部署との連

携を強化し、より効果的に技術移転を行うことのできる体制を構築する。

《平成22年度計画》

- ・産総研として取得し管理すべき知的財産権に関する方針を平成22年度中に策定し、研究者等に周知・徹底を図り、戦略的に特許を取得する。また、技術移転機能を内部化し、関連部署との連携体制を構築する。

【中期計画（参考）】

- ・研究成果の社会還元を積極的に推進するため、成果移転対価の受領方法を柔軟化することで、技術移転の一層の推進を目指す。また、金銭以外の財産での受領の際には、審査委員会等を設置し妥当性等を事前に審査することで適切な運営に努める。

《平成22年度計画》

- ・研究成果を企業等に移転する対価として金銭以外の財産でも受領できるようにすることで、企業等の研究開発及び製品化等を推進する財務的配慮、産業界への技術移転の活性化等を推進する。さらに、金銭以外の財産を適正に評価等する審査委員会等において、受領の必要性・妥当性を審査し、財務基盤の安定性を確保する。

【中期計画（参考）】

- ・第3期中期目標期間終了時まで800件以上の実施契約件数を目指す。

《平成22年度計画》

- ・技術移転機能を内部化することで、関連部署との連携を強め、効果的に技術移転を行う。

(2) 研究開発成果を活用したベンチャー創出支援

【中期計画（参考）】

- ・競争力あるベンチャー創出のため、大学等他機関の研究成果も積極的に活用し、加えて産総研のポテンシャルをもって事業化を支援する取り組みを行う。また、職員のベンチャー企業への兼業の促進及び共同研究の推進等産総研との連携強化並びに外部のベンチャー支援機関との緊密な連携を通じて、内外の研究成果を産総研のベンチャー創出、育成及び支援を経て事業化する独自のモデルを構築し発展させる。

《平成22年度計画》

- ・産総研内外の人材および技術を産総研のポテンシャルをもって事業化支援する「ベンチャー創出・支援研究事業」「ベンチャー支援任用制度」「産総研カーブアウト事業」について、外部支援機関との連携も含めた応募方式、採択基準、運営方法の見直しを行う。また、外部機関によるベンチャー創出プロジェクトの応募・遂行の支援を促進するための方針策定を行う。
- ・ベンチャー創出による事業化が適当な研究成果に対し、事業化のリスクとなりうる先行技術調査、特許調査を

行うことにより、ベンチャー事業化に適した知財戦略を策定して知財強化を行うとともに、市場調査、見本市・展示会出展等によるマーケティング調査活動を行い、製品・サービスへの開発促進へフィードバックすると共にビジネスプラン策定・検証を行うことで、より成功確率の高いベンチャー創出を促進する。また、このような創出活動に適した職能を有した人材育成計画の策定を行い、研修を企画、遂行する。

- ・産総研研究者によるベンチャー創業を迅速かつ円滑に進めるため相談窓口を設けて対応するとともに、会社設立のために必要となる業務を代行する等によりその事務負担の軽減を図る。また、併せて、創業するベンチャーに対し、ベンチャー技術移転促進措置実施規程に基づき、技術移転促進措置並びに称号付与を行う。
- ・創業後のベンチャーからヒアリング等を実施し、その経営状況や事業化の状況等の把握に努めるとともに事業化にあたっての課題等についてその解決を図るべく取組を行う。また、当該課題解決等の一環として法務、経営、税務、知的財産等専門家と顧問契約を行う等外部知見の活用を図る。
- ・産総研ベンチャーによる事業化を推進するため、ベンチャーの相互交流の促進、企業間の協業、連携を図るためスタートアップスクラブを開催するとともに、中小企業基盤整備機構やベンチャーキャピタル等ベンチャー支援機関との連携を図る。さらに、産総研ベンチャーによる事業化を加速させるため、産総研との間で共同研究等の連携が図られるよう関係部署による連携のもとその課題整理や解決方法等の検討に着手する。

【中期計画（参考）】

- ・また、ベンチャー企業からの収入を増加させるため、成果移転の対価として金銭以外の財産での受領の可能性を検討する。なお、その対価の受領にあたっては審査委員会等を設置し妥当性等を事前に審査することで適切な運営に努める。

《平成22年度計画》

- ・ベンチャー企業からの収入を増加させる方法としての成果移転の対価としての株式等の取得について、所内関係部署との連携のもとその実現を図るための体制整備や取得に協力する。また、当該制度利用者として期待される産総研ベンチャーに対し、当該制度の周知を図る等により制度の利用を促進する。

(3) 企業や一般国民との直接対話を通じた広報の強化

【中期計画（参考）】

- ・報道機関等を通じた情報発信を積極的に実施するとともに、サイエンスカフェ、出前講座、実験教室等の国民との対話型活動も充実させる。一般国民が手軽に産総研を知ることができる有効な手段の一つであるホームページの抜本的な改善を始め、広報誌、メールマガ

ジン等の様々な広報手段を活用し、効率的かつ効果的な広報活動を推進する。

《平成22年度計画》

- ・プレス発表は、記者へより伝わるように、できるかぎり平易な文章で資料を作成する。取材は、目的を適確に把握したうえで、迅速かつ丁寧に対応をする。
- ・マスメディアの関心を集める産総研に関わる情報素材を幅広く収集する。地域センターの情報についても、新たに地域担当を置き、各地域センターの担当者と連携して収集に努める。収集した情報素材は、マスメディアへの積極的な提供や、記者との意見交換会などで提供し、産総研の活動が報道される機会を増やすことに努める。
- ・一般市民・青少年の科学・技術への興味や理解増進を目的とし、対話型の広報活動である「サイエンスカフェ」では、興味をひく話題により定期的に開催し、「出前講座」、「実験教室」では、外部への積極的な宣伝活動のもと実施機会を増やす。
- ・つくばセンターや地域センターが一体となって、研究成果をわかりやすく伝え科学・技術の楽しさを体験できる一般公開の実施や、外部機関と連携した出展等を実施して、より多くの来場者に来ていただくような企画に工夫し、産総研への理解増進を図る。
- ・産業界への産総研の理解・認知度を向上させるために、産総研の研究室を公開し、研究者が自ら研究成果を説明するオープンラボを研究ユニットや関係部門が一体となって開催する。
- ・最新の研究成果情報や経営情報などを高い速報性をもって発信するとともに、外部が求める情報へたどり着きやすくするために改善して、サービスの向上を図る。
- ・広報誌を毎月定期的に発行し、研究成果情報や経営情報などを所外へわかりやすく伝える。その他の印刷物については、読者層を意識して編集し発行する。これらの出版活動により、一般市民の産総研への更なる理解促進に努める。
- ・学術誌「Synthesiology」は、更なる知名度の向上を図るため、所外へのPR活動を行い、所外からの投稿論文を増加させる。
- ・常設展示施設「サイエンス・スクエアつくば」では、一部の展示物を見直し、産総研の最新の研究成果を紹介して理解促進に努める。また、科学技術週間に合わせて実験ショー・工作コーナーを開催する。
- ・常設展示施設「地質標本館」では、来場者の興味を引く特別展の開催や体験型学習・イベントを実施して、産総研の地質分野の理解促進や、科学館、科学系博物館などと協力した移動地質標本館の実施、更に学校教育関係者と連携し、若年層の自然学観育成や地球科学への理解増進に努める。併せて、外部機関や市民からの問い合わせに積極的に応えるため、地質相談所を窓口として地質情報の普及促進を図る。

- ・職員の産総研への帰属意識向上と産総研の知名度を高めるため、「産総研 CI」を多方面で活用するとともに、各種印刷物等の視覚的質の向上を図るため、所内の他分門にデザインの提供、助言等を行う。
- ・広報戦略や広報活動への助言を求めため、外部有識者で構成する「広報委員会」を開催し、その結果を効率的・効果的な広報活動に反映させる。

【中期計画（参考）】

- ・一般公開やオープンラボ、産総研キャラバン、サイエンスカフェ、出前講座、実験教室などは第3期中期目標期間中に200回以上開催する。

《平成22年度計画》

- ・一般公開やオープンラボ、産総研キャラバン、サイエンスカフェ、出前講座、実験教室などを40回以上開催する。

6. その他

【中期計画（参考）】

- ・産業界への貢献を目的に特許庁からの委託を受け、産業界のニーズや各種法令の遵守、安全性の確保等に配慮した寄託、保管及び分譲体制の高度化を図り、特許生物の寄託に関する業務を適切かつ円滑に行うとともに、ブダペスト条約に基づき世界知的所有権機関（WIPO）により認定された国際寄託業務等を行う。これらの業務を行う上で必要な技術課題の克服を図る。

《平成22年度計画》

- ・特許庁からの委託を受け、また、ブダペスト条約に基づく国際寄託当局として、各種法令や規程・要領類を遵守しつつ、寄託業務を適切に行う。
- ・安全管理体制や緊急時対応の強化に努めるとともに、寄託動向を踏まえた業務の高度化や効率化、補完体制の整備、サービスの向上等に取り組む。
- ・過去に受託した1,500株の遺伝子解析を行い安全度レベルを判定するなど、保管株取扱業務の適正化をさらに進める。保管終了株については利用に向けた取組を行う。
- ・微生物の培養・保存技術や動物細胞、微細藻類、種子等の保存・検査技術の開発を行うなど、寄託業務支援のための調査・研究を行う。

【中期計画（参考）】

- ・上記、1～5を踏まえ、下記の分野について、それぞれ別表に示した具体的な技術開発を進める。

鉱工業の科学技術【別表1】

地質の調査【別表2】

計量の標準【別表3】

《平成22年度計画》

- ・上記、1～5を踏まえ、下記の分野について、それぞれ別表に示した具体的な技術開発を進める。

鉱工業の科学技術【別表1】

地質の調査【別表2】

計量の標準【別表3】

II. 業務運営の効率化に関する事項

1. 業務運営の抜本的効率化

(1) 管理費、総人件費等の削減・見直し

【中期計画（参考）】

- ・運営費交付金事業のうち一般管理費については、新規に追加されるもの、拡充分等は除き、毎年度、平均で3%以上の削減を行う。また、一般管理費を除く業務経費について、毎年度、平均で1%以上の効率化を達成する。

《平成22年度計画》

- ・運営費交付金事業のうち一般管理費については、新規に追加されるもの、拡充分等は除き、前年度比3%以上の削減を目指す。また、一般管理費を除く業務経費について、前年度比3%以上の効率化を目指す。

【中期計画（参考）】

- ・総人件費については、「簡素で効率的な政府を実現するための行政改革の推進に関する法律（平成18年法律第47号）」及び「経済財政運営と構造改革に関する基本方針2006（平成18年7月7日閣議決定）」に基づき、運営費交付金に係る人件費（A分類）を平成22年度までに平成17年度比5%以上削減し、平成23年度においても引き続き削減等の取組を行う。

《平成22年度計画》

- ・総人件費については、「簡素で効率的な政府を実現するための行政改革の推進に関する法律（平成18年法律第47号）」及び「経済財政運営と構造改革に関する基本方針2006（平成18年7月7日閣議決定）」に基づき、運営費交付金に係る人件費（A分類）を平成22年度までに平成17年度比5%以上削減する。

【中期計画（参考）】

- ・給与水準については、目標水準及び目標期限を設定してその適正化に計画的に取り組んでいるところであるが、引き続き着実にその取組を進めるとともに、その検証結果や取組状況を公表するものとする。

《平成22年度計画》

- ・平成22年度も引き続き着実かつ計画的に適正化の取組を進めるとともに、その検証結果や取組状況を公表する。

【中期計画（参考）】

- ・研究支援業務のコスト構造を見直し、管理費の削減に取り組む。また、諸手当及び法定外福利費については、国及び他の独法等との比較において適正な水準であるかの検証等を行う。

《平成22年度計画》

- ・研究支援業務の予算ヒアリングを通じた、各部門の業務内容等の見直しにより、より効率的な実施体制の整備を図り、コスト構造見直し、管理費の削減に積極的に取り組む。
- ・諸手当については、通勤手当の支給限度額を国の基準（一般職の職員の給与に関する法律（昭和25年法律第95号））にあわせるよう見直す。
- ・法定外福利費については、国及び他の独法等との比較において適正な水準であるかの検証を行い、適宜適切な水準に見直す。

【中期計画（参考）】

- ・研修、施設管理業務などの外部に委託の方がより効率的な業務については引き続きアウトソーシングを進める一方、既にアウトソーシングを行っている業務については、内部で実施した方がより効率的な場合は内部化し、また、包括契約や複数年度契約の導入等、より効率的かつ最適な方法を検討し、業務の一層の効率化を進める。なお、これらの検討に当たっては、市場化テストの導入可能性についても検討を行う。

《平成22年度計画》

- ・研修業務のアウトソーシングについては、推進チームを設置するなどの準備を進め、平成23度からの導入に向けて契約手続きに着手する。また、施設整備業務については、包括契約や複数年度契約による契約締結事務の効率化を図るとともに、品質確保と契約の透明性を高める観点から総合評価方式の導入に向けた評価項目及び評価基準の設定など標準的な手続きの整備を進める。
- ・市場化テストの検討に関しては、既に外部委託されている業務を含め、複数年度契約や包括契約（大括り化）による効率化の可能性を検討する。

【中期計画（参考）】

- ・研究支援業務については、より効率的かつ質の高い支援が可能となるような体制の見直しを行うとともに、効率的な時間活用の徹底及びマネジメント体制の強化による効率化を進める。

《平成22年度計画》

- ・研究現場との密な連携を図り、効率的かつ質の高い支援を行うために、本部及び事業所ごとの業務実施体制のあり方について検討を進める。
- ・ノー残業デーの徹底と、フレキシブルタイムの短縮、会議の効率的な運営、的確な業務の工程管理の実施等により労働時間の縮減に努める。また、部門内、室内においてコミュニケーションの促進を図り、業務の見える化を徹底することにより業務執行における品質の向上を図る。

【中期計画（参考）】

- ・所内リサイクル物品情報システムを活用した研究機器等の所内リユースの取り組みにおいて、第3期中期目標期間終了時までに年間600件以上の再利用を目指す。
- 《平成22年度計画》
- ・新規採用職員及びユニット事務スタッフ向けの財務会計制度説明会において所内リユースの周知・啓発を図り、リサイクル物品情報システムを活用した所内リユースを推進する。

【中期計画（参考）】

- ・独立行政法人を対象とした横断的な見直しについては、随時適切に対応する。
- 《平成22年度計画》
- ・独立行政法人を対象とした横断的な見直しについては、随時適切に対応する。

(2) 契約状況の点検・見直し

【中期計画（参考）】

- ・「独立行政法人の契約状況の点検・見直しについて」（平成21年11月17日閣議決定）に基づき、競争性のない随意契約の見直しを更に徹底して行うとともに、一般競争入札等（競争入札及び企画競争・公募をいい、競争性のない随意契約は含まない。以下同じ。）についても、真に競争性が確保されているか、点検・検証を行い、契約の適正化を推進し、業務運営の効率化を図る。
- ・一者応札及び100%落札率の割合を少なくするため、適切な公告期間の設定等により競争性を確保し、競争性が働くような入札方法の見直しを図る。

《平成22年度計画》

- ・産総研の「行政支出見直し計画」、「1者応札、1者応募に係る改善策」、及び契約監視委員会での点検・見直しによる指摘事項等を踏まえ、契約の適正化を推進するため、以下の取り組みを行う。

①適切な公告期間の設定

- ・事業者が余裕をもって計画的に提案を行えるよう、事業内容に応じて適切な公告期間を設けるとともに、可能な限り説明会を実施し、説明会から提案締め切りまでの期間を十分に確保する。

②適切な調達情報の提供

- ・入札ないし公募公告に、仕様概要、関係資料の提出期限等、事業者が参加するために必要な情報を拡充する。
- ・調達情報をより多くの事業者に行き渡らせるため、産総研入札公告掲載ページへのリンクの設置を依頼する等、他機関との連携を推進する。
- ・その他、調達計画の公表等、事業者への事前の情報提供を行う。

③適切な仕様書の作成

- ・仕様書の作成にあたっては、業務遂行上必要最低限の機能や条件を提示する。
- ・事業の実施方法等、事業者の提案を受けることでより良い事業の実施が可能となる事項については抽象的な記載とし、可能な限り、関連情報を提供する公募説明会を開催する。

④適切な事業期間の設定

- ・開札日から役務等の履行開始日までの期間を契約対象の業務内容に応じて確保する等、人員の配置が困難であったり、キャッシュフローの余力のない、比較的規模の小さい事業者も競争に参加できるよう取り組む。

⑤その他

- ・他機関における「契約監視委員会に関する公表事項」等の情報を収集及び分析し、当所においても取り組み可能な事例については積極的に取り入れる。
- ・以上のほか、入札辞退理由等を活用し、引き続き、実質的な競争性を阻害している要因を把握し、改善を図る。

【中期計画（参考）】

- ・産総研内「契約審査委員会」において、政府調達の適用を受けることとなる物品等又は特定役務の仕様書、契約方式、技術審査等に関する審査を行っているが、第3期中期計画期間においては、審査対象範囲の拡大や審査内容の拡充に関する新たな取り組みを行う。
- 《平成22年度計画》

⑥契約審査委員会における審査内容等の拡充

- ・所内「契約審査委員会」における審査対象範囲を見直すとともに、技術的な見地から要求仕様の審査を拡充する。

【中期計画（参考）】

- ・また、契約審査体制のより一層の厳格化を図るため、法人外部から採用する技術の専門家を契約審査に関与させ、調達請求者が要求する仕様内容・調達手段についての技術的妥当性の検討を充実強化する。
- 《平成22年度計画》

⑦契約審査体制のより一層の厳格化

- ・法人外部から採用する技術の専門家を日々の契約審査に関与させ、調達請求者が要求する仕様内容・調達手段についての技術的妥当性の検討を充実強化する。

2. 研究活動の高度化のための取組

(1) 研究組織及び事業の機動的な見直し、外部からの研究評価の充実

【中期計画（参考）】

- ・外部からの評価結果や社会的ニーズ等を踏まえ、研究領域ごとに戦略的、効果的に研究を遂行するため、機動的に組織体制の見直し、組織の改廃や新設を行う。
- 《平成22年度計画》

- ・研究ユニットの成果評価結果や社会貢献への取り組み状況、外部環境変化等を踏まえ、研究ユニットのミッション達成度、研究開発の有効性、優位性等、今後の研究及び組織のあり方の判断に資する評価を行う。また、この評価結果等を踏まえて、機動的な組織体制の見直し並びに組織の改廃及び新設を図る。

【中期計画（参考）】

- ・実用化や製品化までの研究開発期間の短縮を図るためにも、自前主義にとらわれることなく、共同研究等により、海外を含め大学、他の研究機関や民間企業等の人材、知見、ノウハウ等をより積極的に活用する。

《平成22年度計画》

- ・新たな技術開発による新産業の創出を図るために、産総研の技術シーズを国内外へ発信し、民間企業、他の研究機関との共同研究等を機動的かつ集中的に推進する。

【中期計画（参考）】

- ・産総研が取り組む必要がある研究開発について、政策との関係や他との連携強化に実効的な措置や取組を明らかにしつつ、経済産業省の関係課室と意見交換を行いながら具体的な技術目標を明示した「産総研研究戦略」を策定し実行する。その際、更なる選択と集中を図り、実用化や製品化という目標を明確に設定した研究開発への重点化を図る。

《平成22年度計画》

- ・中期計画の達成、連携の方策、および技術分野の視点から第3期中期計画への取組を具体的に示した「産総研研究戦略」を策定する。

【中期計画（参考）】

- ・萌芽的な基礎的研究についても一定の関与をしつつ、産業変革を促すような革新的、独創的な研究課題を実施する形で重点化を図り「産総研研究戦略」に位置づける。

《平成22年度計画》

- ・「産総研研究戦略」の策定においては、中期計画期中のみならず、長期的視点での技術動向を踏まえたロードマップ等を提示し、産業化と共に萌芽的、基盤的な研究課題を提示する。

【中期計画（参考）】

- ・「I.2. (1) 地域経済の競争力を支える最高水準の研究開発」において掲げた地域センターの取り組みの成果に関しては検証を行い、第3期中期計画期間中にその検証結果を公開するとともに、検証の結果を踏まえて各地域センターが一様に同一の機能を担うことを前提とせず、各地域センターの所在する地域の特性に応じて各地域センターが果たす機能の大胆な見直しを行い、産

総研の研究開発戦略における地域センターの役割を検討する。具体的には、地域センターが有している、地域特性を活かした技術開発や地域における科学技術拠点群形成のための先端研究開発等の活動により発揮される研究機能と地域産業政策や地域産学官をつなぐ活動により発揮される地域連携機能を活かした取り組みについて、地域産業への技術移転、成果普及を通じて地域産業の振興や新産業の創出に寄与、貢献しているか、あるいはそれらが確実に見込まれる状況になっているか、地域の大学及び企業等を巻き込んで産学官の緊密な連携やオープンイノベーションの推進を実現できているか、大学と企業をつなぐ役割や地域の中小企業等の技術開発や製品化の取り組みに寄与、貢献しているか、といった視点から総合的に検証し、その検証結果を踏まえて各地域センターが有する研究機能と連携機能を発揮する活動とリソース配分の見直しを行い、地域活性化の中核としての機能強化を図る。

また、地域センターに所属する事業所及びサイトについては、研究機能と連携機能の観点から、共同研究等の設立目的終了時又は利活用状況が低下した時点において、その事業の必要性を検証し、不要と判断された場合は速やかに閉鎖する。

《平成22年度計画》

- ・地域経済産業局、地域産業界との意見交換を実施し、地域ニーズ（地域の産業集積や技術的特性）や地域産業政策に基づく地域特性を把握して、地域ごとの地域事業計画と第3期期間中の地域展開のロードマップを策定し、最高水準の研究開発を実施する。【再掲】
- ・各地域センターで取りまとめた地域展開のロードマップに対応した各地域センターの研究機能、連携機能の業務内容について、地域産業への技術移転、成果普及を通じて地域産業の振興や新産業の創出に寄与、貢献しているか、あるいはそれらが確実に見込まれる状況になっているか、地域の大学及び企業等を巻き込んで産学官の緊密な連携やオープンイノベーションの推進を実現できているか、大学と企業をつなぐ役割や地域の中小企業等の技術開発や製品化の取り組みに寄与、貢献しているか、といった視点から総合的に進捗状況の評価する。

【中期計画（参考）】

- ・産総研イノベーションスクール（平成20年度開始）及び専門技術者育成事業（平成17年度開始）については、第3期中期目標期間中において、育成期間終了後の進路等、育成人材の追跡調査等によって成果を把握して、現行の事業の有効性を検証し、その継続の要否も含めた見直しを行うものとする。

《平成22年度計画》

- ・産総研イノベーションスクールならびに専門技術者育成事業については、育成修了者の進路の追跡調査を行

い、事業評価のためのデータの集積を行う。

【中期計画（参考）】

- ・ベンチャー開発センターについては、第3期中期目標期間中において、創出ベンチャー企業の業績や動向を把握し、それまでの取組における成果及び問題点並びに制度上のあい路等を厳格に検証し、その結果を公表するとともに、当該検証結果を踏まえ、事業の存続の要否も含めた見直しを行う。具体的には、産総研発ベンチャーの創出、育成及び支援に関する施策について、創出企業が成功に至った例、失敗した例の両方について、技術シーズ発掘からビジネスプラン策定や検証を経て創業に至るまでの過程における各施策の有効性について検証し、検証結果を踏まえた見直しを行うとともに、有効性の高いものと認められ引き続き実施する施策については外部の研究開発機関等へ知見やノウハウを広く公開、共有する。

《平成22年度計画》

- ・ベンチャー開発センターが行うベンチャーの創出・育成・支援に関する施策の成果および問題点、制度上の隘路を厳格に検証するために有効と考えられる検証対象および検討手法の選定を行う。必要に応じて第三者による分析・評価を活用して公正な検討となるよう努める。

【中期計画（参考）】

- ・研究評価の質を向上するため、現場見学会の開催や事前説明等の充実により、評価者が評価対象を把握、理解する機会を拡大する。

《平成22年度計画》

- ・第3期初年度であることを踏まえ、外部の評価委員への事前説明において、これまでも行っている評価システムの説明に加え、産総研の第3期中期計画や研究ユニットの特徴等についても情報を提供する。また、研究ユニットの成果物等について恒常的に情報提供する取り組みを開始する。
- ・成果評価委員会の実施方法を見直し、現場見学会の開催、ポスターセッションの開催、十分な討議時間を設ける等、評価者が評価対象の理解を深めるための取り組みの推奨を開始する。
- ・外部評価者の指摘事項等をフォローアップする枠組みを策定し、評価者に改善状況に関する情報を提供する取り組みを試行する。
- ・研究ユニットの成果をより客観的に把握し評価者に提供するため、研究テーマデータベースの評価への活用方法を検討する。また、研究ユニットの位置付けの把握や、多様な内外顧客の声の収集、分析を行うとともに、これらを活用する仕組みを検討し、試行を開始する。

【中期計画（参考）】

- ・産総研ミッションに即した、より客観的かつ適切な評価軸へ見直しを行い、アウトカムの視点からの評価を充実させる。また、研究成果創出の最大化ならびに成果の社会還元に繋げるため、PDCA サイクルによる継続的な自己改革へ評価結果を適切に反映させる。

《平成22年度計画》

- ・研究開発やイノベーション創出に向けた取り組みを、産総研ミッションに照らして適切かつ客観的に評価するための評価軸や評価プロセスを策定する。また、新たな評価要領を定め、それに沿って研究ユニット評価を実施する。
- ・研究支援部門等の評価について、イノベーション推進、人材育成、地域産業政策への貢献など業務単位で評価するための新たな枠組みを策定する。
- ・評価結果、調査結果をとりまとめるとともに課題を抽出し、関係部署、経営層に報告し、自己改革に適切に反映するための取り組みを充実させる。
- ・評価制度の見直しに当たっては、国内外の評価制度等の調査及び分析結果と、現状の課題とを照らし合わせて行っていく。

【中期計画（参考）】

- ・平成22年度末までに秋葉原事業所を廃止し、職員の配置を見直すとともに、業務の効率化を図る。

《平成22年度計画》

- ・平成22年度末までに秋葉原事業所を廃止し、職員の配置を見直すとともに、業務の効率化を図る。

(2) 研究機器や設備の効率的な整備と活用

【中期計画（参考）】

- ・新たな事業所やサイト等の研究拠点を設置する場合は、現状の基幹設備状況や拠点設備等の汎用性を踏まえるとともに、省エネルギーの推進、類似の研究領域に係る施設を極力近接して配置するなど経済性、効率性を考慮した施設整備に努める。研究開発の進ちよく状況に応じて、無駄なく必要な研究スペース等を確保するものとする。また、研究開発の終了時には、施設の有効活用のための検討を行い、その上で施設の廃止又は不用資産の処分が適切と判断された場合は速やかに実施する。

《平成22年度計画》

- ・新たな研究拠点を設置する際は既存拠点との合理性を検討し、施設の設計と設備の導入においては汎用性の高い機器とレイアウトとなるよう設計する。また、新たに設置する設備機器類については、高い省エネ性能を有するトップランナー機器を積極的に導入するとともに、効率的な空調制御システムの導入など、更なる省エネルギーの推進を図る。
- ・長期施設整備計画（マスタープラン）に基づき、より具体的な施設整備を計画するため、第3期中に実施す

べき施設整備について中期施設整備計画として策定する。

- ・ランニングコストの低減を図るため、集約化による経済性、効率性の観点からスクラップ&ビルドの対象となる建物を選別するなどの施設整備計画案を検討する。また、利用効率の悪い施設については、他のスペースとの入れ替えを行うなどの調整を図り、一部閉鎖を含めた検討を行う。
- ・効率的な研究スペースの確保及びスペースの有効活用のため、定期的に配分審査を実施する。
- ・研究スペースの配分に際しては、効率的な配置及び類似の研究領域の集約化をふまえた配分とする。また、研究開発の終了時には、スペースの返納を促進し、既存設備の有効活用をふまえた再配置を検討する。

【中期計画（参考）】

- ・産総研が保有する研究人材及び研究開発で活用する最先端の研究機器、設備等を社会と共有するための拠点（先端機器共用イノベーションプラットフォーム）の体制整備を行うとともに公開設備の範囲の拡大を行う。

《平成22年度計画》

- ・産総研の研究機器・設備等を有効に活用するための外部開放体制を整備することで、所内共有及び外部開放の研究機器等の拡充を行う。

3. 職員が能力を最大限発揮するための取組

- (1) 女性や外国人を含む優秀かつ多様な人材の確保及び育成

【中期計画（参考）】

- ・研究職については、研究活動に活力を与える任期付研究職員制度を持続的に発展させるために、多様な人材の確保に配慮しつつ、若手研究員の採用を促進する新たな制度を導入するなど、採用制度の見直しを行う。
- 《平成22年度計画》
- ・研究職の採用については、より優秀な若手研究者の確保に向けて新たな採用制度を検討し、年度内の組織決定を目指す。

【中期計画（参考）】

- ・事務職については、産総研で求める人物像及び専門性を明確にした上で採用活動を実施し、優秀な人材確保に努める。また、特別な専門知識を必要とする特定の業務については、民間経験等を有する者の中途採用を積極的に推進する。

《平成22年度計画》

- ・事務職の採用にあたっては、各部署における専門性を必要とする業務を人事ヒアリングを活用して調査し、組織が必要な人材をより明確にする。そのうえで、全国の主要大学等で就職説明会や効果が期待できる企業合同説明会に積極的に参加することにより、採用応募

への勧誘と広報を行い、多様で優れた人材の確保に努める。

- ・同様に各部署における即戦力を必要とする業務を把握し、専門性の高い業務への中途採用に柔軟に対応する。

【中期計画（参考）】

- ・定年により産総研を退職する人材については、関係法令を踏まえて、第2期に引き続き再雇用を行っていく。《平成22年度計画》
- ・第2期に引き続き、高齢者等の雇用の安定等に関する法律を踏まえ、シニアスタッフ制度を活用して、定年により退職する人材の再雇用を行う。平成25年度から予定されている退職共済年金の報酬比例部分に係る支給開始年齢の引き上げに対応するため、制度の見直し等の検討に着手する。

【中期計画（参考）】

- ・人材の競争性、流動性、及び多様性をより一層高めるとともに、最適な研究者の構成、知財戦略の推進やベンチャー創出あるいは研究マネジメント等の分野における専門的な人材の活用を図るため、第3期中期目標期間において、第2期中期目標期間にまとめた人材開発戦略会議の報告の内容を具体化しつつ、新たな中長期的な人事戦略としてまとめる。また、それに応じた人事システム、研究者の評価システムやキャリアパスの見直しを行うものとする。

《平成22年度計画》

- ・第2期中期目標期間にまとめた人材開発戦略会議の報告内容の具体化を検討するチームを編成し、人材の競争性、流動性及び多様性をより一層高めるための人事戦略の策定に向けた検討に着手する。

【中期計画（参考）】

- ・男女や国籍などの別にかかわらず個人の能力を存分に発揮できる環境の実現を目指し、共同参画を推進する。研究系の全採用者に占める女性の比率について第3期中期目標期間終了時までに第2期実績を上回る15%以上を確保し、更なる向上を目指す。また、外国人研究者の採用については、研究セキュリティをはじめコンプライアンスの観点に留意しつつ、積極的な採用に努める。

《平成22年度計画》

- ・第2期中期目標期間に取り組んだ男女共同参画推進の実績を踏まえ、第3期においても、男女共同参画意識の啓発及び浸透、産業技術分野で参画が遅れている女性の活用、ワーク・ライフ・バランス支援などの取り組みをさらに強化するため、男女共同参画の推進策を策定し、実施する。女性研究職をターゲットとしたリクルート活動など、採用応募への勧誘と広報を行い、女性研究者採用比率の向上を目指す。外国人研究者の

採用について、積極的な採用に努める。

- ・国、自治体及び他の研究教育機関等との連携関係を維持、発展していくことで、男女共同参画に関する取り組みの波及効果を高める。

【中期計画（参考）】

- ・高度に専門化された研究職の能力向上に重要な要素は、意識啓発と優秀な研究マネージャによる指導であり、意識啓発や自己開発スキルに重点をおいた研修を契機として自己研鑽や OJT を通じた研究能力の一層の向上を図る。研究開発マネジメント能力を高めるためには、研修での意識啓発やスキル蓄積に加えて新たなキャリアを積極的に経験させるなどの取組を行う。

《平成22年度計画》

- ・階層別研修の、若手研究職員研修、中堅研究職員研修、マネジメント研修の一連の流れにおいて、一貫した意識啓発を行い、研究職に向けたより効果的で体系的な研修体系を追求する。特に、研究職のマネジメント能力向上の観点からは、研究関連管理部門等における勤務経験をさらに有効にキャリア開拓に活用する仕組みを検討する。

【中期計画（参考）】

- ・研究支援業務における業務の専門性の深化に対応して、職員の専門性の蓄積を図るための研修（知財、ベンチャー、産学官、財務、能力開発など）やスキルアップのための研修（簿記、民法など）などを実施する。また、実際の産学官連携活動等の場での若手職員の OJT など、産業界との連携を牽引できる人材育成の仕組みを構築し、産学官連携、国際標準化、知財管理等をマネージすることができる人材の育成に努める。

《平成22年度計画》

- ・産学官連携、国際標準化、知財展開等を行う部署での若手職員の OJT など、産業界との連携を牽引できる人材の育成を行うための仕組みを検討する。
- ・プロフェッショナル研修の体系において、(1) 管理関連部門の専門性に対応するエキスパート研修（知財、ベンチャー、産学官、財務、能力開発など）を継続して実施する、(2) また簿記、民法、英語などを対象とするスキルアップ・自己研修を実施する、(3) 専門性向上に役立つ補助教材の貸し出しを行う。

【中期計画（参考）】

- ・複数の研究成果を統合して「製品化」につなげる人材の育成においては、職種の違いなく広範な育成研修を実施し、意識啓発とスキルアップを図る。

《平成22年度計画》

- ・必要な階層に対しては階層別研修において、特に「製品化」に向けた意識啓発に対応する内容を盛り込む。また、エキスパート研修においては、職種や階層の別

なく、製品化研究やイノベーション推進のうえでのスキルアップに役立つ「産学官」、「知財」、「ベンチャー」の研修の受講を広く推奨する。

【中期計画（参考）】

- ・職員の専門性向上のため、内部での研修、外部への出向研修を積極的に実施し、毎年度300名以上の職員が研修を受講するよう努める。

《平成22年度計画》

- ・内部の研修制度に基づくエキスパート研修、スキルアップ自己研修（一部）、他省庁研修ならびに派遣研修に加え、外部への出向研修も含め、延べ受講者数が300名を超えるよう努める。

【中期計画（参考）】

- ・共同研究や技術研修の実施に伴う外部研究員の受け入れ及び産総研研究員の外部派遣などにより、外部人材との交流を通じた研究水準の向上及び研究成果の産業界への円滑な移転を推進するとともに、産業界や学会との人事交流並びに兼業も含む産総研からの人材の派遣等も実施する。

《平成22年度計画》

- ・共同研究制度及び外来研究員制度、並びに技術研修等の制度を活用した外部人材の受入を推進し、産業界及び学生等の研究水準の向上と研究成果の効率的な移転に努める。また、共同研究制度や連携大学院制度、委員の委嘱、兼業等の制度を活用した人材の相互交流を積極的に実施する。
- ・職員の兼業に関しては、兼業等規程などに照らし、コンプライアンスに基づく事後チェックを行うなど、適正に運用しつつ、兼業制度を推進する。

(2) 職員の能力、職責及び実績の適切な評価

【中期計画（参考）】

- ・個人評価制度については、産総研のパフォーマンス向上に向けた職員の意欲を更に高めることを目的として、評価者と被評価者間のコミュニケーションを一層促進し、産総研ミッションを反映した中長期的視点を含んだ職員個々人の目標設定とその達成へのきめ細かな助言などを通じた効果的な活用を図る。研究活動のみならず成果普及活動を含めた産総研のミッション実現への貢献度や、職務遂行能力等を発揮した研究や業務運営の円滑化への貢献度等をより適切に評価できるよう見直しを行う。

《平成22年度計画》

- ・個人評価制度の仕組みの中で、評価者・被評価者間で中長期的視点に立ったキャリアのロードマップについての意思疎通を図る仕組みを導入し、個人のキャリアパスへの反映やパフォーマンス向上により効果的な活用を図る。短期評価においては、年間研究・業務計画書

に中長期的方針の欄を設け、中長期的な展開と各年度ごとの年間計画の位置づけを明確化する。長期評価においては、職員のモチベーションの低下につながらないよう意思疎通の促進と対象者選定プロセスの変更を検討する。

【中期計画（参考）】

- ・職員の職種や業務の性格等を勘案した上で、個人評価結果を業績手当や昇格等に、より適切に反映させるよう適宜見直しを行うとともに、職責手当の見直しを含め、職員の能力、職責及び実績をこれまで以上に給与に適切に反映するように検討する。

《平成22年度計画》

- ・職責手当、業績手当及び昇格等については、それぞれの財源等の見直しを含め、職員の能力・職責・実績をより適切に反映する仕組みの検討に着手する。

4. 国民からの信頼の確保・向上

(1) コンプライアンスの推進

【中期計画（参考）】

- ・定期的な研修及びセルフチェック等の実施を通して、参加型コンプライアンスを推進し、役職員等の意識向上を図るとともに、リスク管理活動などの取組みにおいて、PDCA サイクルを有効に機能させることにより、全所的なコンプライアンスの徹底を図る。

《平成22年度計画》

- ・全職員等のコンプライアンスに対する意識向上に向け、職員等研修、セルフチェックの実施等によって参加型コンプライアンスの推進を図る。
- ・規程類のスリム化を図るとともに、職員等が理解しやすい規程類の作成に努める。
- ・役職員が安心して産学官連携活動に取り組めるよう、利益相反マネジメントを実施する。
- ・各部門等におけるリスク管理活動プランの策定及び自己評価等を通じ、リスク管理のPDCAを着実に遂行するとともに、必要に応じてPDCA サイクルを最適化し、組織的なリスク管理能力の向上を図る。
- ・内部監査等を通じ、リスクの把握に努める。また、監査結果を遅滞なくフィードバックし、見直しを行うことにより、業務プロセスの適正化、並びに産総研の経営安定化を図る。
- ・安全保障輸出管理の観点では、「外国為替及び外国貿易法」の一部改正が行われた事に伴い、その改正点を所内に周知徹底する。具体的には、新人研修や研究ユニット等への勉強会・研修会、ニューズレター等を通して実施する。また、大学等外部からの問い合わせについては、社会的貢献の立場で協力する。

【中期計画（参考）】

- ・産総研の諸活動の社会への説明責任を的確に果たすた

め、保有する情報の提供の施策に関する充実を図るとともに、開示請求への適切かつ迅速な対応を行う。また、個人の権利、利益を保護するため、産総研における個人情報の適正な取扱いをより一層推進するとともに、個人情報の開示請求等に適切かつ迅速に対応する。情報セキュリティポリシーの適正な運用を継続維持し、セキュリティや利便性の高いシステムの構築を目指す。《平成22年度計画》

- ・情報公開窓口の円滑な運用を行うとともに、開示請求及び問い合わせ等に適切に対応する。
- ・ホームページを活用した法令に基づく公表事項等の情報提供について、最新の情報を掲載するとともに、情報公開窓口施設における研究成果資料の整備等を引き続き行い、情報提供の一層の推進を図る。
- ・個人情報保護窓口及び苦情相談窓口の円滑な運用を行うとともに、開示請求等に適切に対応する。
- ・また、個人情報に関する規程やガイドライン等の理解をより効果的に促進するため、個人情報保護ハンドブックの改訂を行う。
- ・先端情報計算センターにおいては、情報セキュリティポリシーの適正な運用を継続維持し、業務遂行に必要なセキュリティ水準の向上と対策を効果的、効率的に実施する。また、セキュリティや利便性の高いシステムの構築のため、産総研ネットワーク障害時の可用性確保及び業務システムの改修を行う。

(2) 安全衛生及び周辺環境への配慮

【中期計画（参考）】

- ・事故及び災害等の発生を未然に防止するため、PDCAサイクルによる継続的な安全管理活動を推進するとともに、安全衛生管理体制の維持強化を図り、業務を安全かつ円滑に遂行できる快適な職場環境づくりを進める。

《平成22年度計画》

- ・事故及び災害等の発生を未然に防止するため、「環境安全マネジメントシステム」の運用を継続的に推進する。特に、事故の再発防止策やヒヤリハット報告から得られる有用な情報をとりまとめ、各事業所へ水平展開し、事故件数の低減及び人的被害の最小化を図るとともに、安全教育のための教材の充実を進める。
- ・ライフサイエンス実験管理センターにおいては、関連する7つの倫理及び安全委員会を着実に運営するとともに、ヒト由来試料使用実験、組換え DNA 実験、動物実験、生物剤毒素使用実験については実験現場の実地調査ならびに教育訓練を継続して実施し、倫理、安全性の確保を図る。特に組換え DNA 実験並びに動物実験については e-ラーニングシステムの運用を開始し、研究者の利便性と教育訓練の効率化を図る。
- ・放射線管理センターにおいては、放射線業務従事者および放射性物質の一元管理体制の基盤整備を地域セン

ターにも拡大するとともに、多数の事業所に保管管理されている核燃料物質の集約化を図り、産総研における放射線管理体制の強化および効率化を推進する。

【中期計画（参考）】

- ・研究活動に伴い周辺環境に影響が生じないよう、PDCA サイクルによる環境配慮活動を推進するとともに、活動の成果等を環境報告書として取りまとめ毎年公表する。

《平成22年度計画》

- ・環境配慮活動を推進するため「環境安全マネジメントシステム」の運用を推進するとともに、運用上の課題等を抽出し改善を図る。また、前年度の環境負荷低減の取組や成果について環境報告書として公表する。

【中期計画（参考）】

- ・産総研全体としてのエネルギー消費、温室効果ガス排出についての実情分析を行い、現状を定量的に把握する。当該分析結果を活用し、エネルギー多消費型施設及び設備の省エネルギー化を推進するとともに、高効率の機器を積極的に導入することにより、エネルギーの削減を図る。

《平成22年度計画》

- ・産総研全体のエネルギー消費、温室効果ガス排出についての実情分析を行うため、設備及び機器毎に定量的に把握する。また、大幅なエネルギー削減が期待できるクリーンルームや恒温恒湿室などのエネルギー多消費型施設及び設備を中心とした省エネチューニングや共有による集約化を行い、エネルギーの削減を推進する。併せて、老朽化対策などの施設整備に際しては、引き続き積極的な高効率機器の導入を行い、エネルギーの削減を図る。

III. 財務内容の改善に関する事項

1. 予算（人件費の見積もりを含む）【別表4】

【中期計画（参考）】

（参考）

[運営費交付金の算定ルール]

毎年度の運営費交付金（G(y)）については、以下の数式により決定する。

G(y)（運営費交付金）

$$= \{ \{ (Aa(y-1) - \delta a(y-1)) \times \beta + (Ab(y-1) \times \epsilon) \} \times \alpha a + \delta a(y) \} + \{ \{ (Ba(y-1) - \delta b(y-1)) \times \beta + (Bb(y-1) \times \epsilon) \} \times \alpha b \times \gamma + \delta b(y) \} - C$$

- ・G(y)は当該年度における運営費交付金額。
- ・Aa(y-1)は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費※のうち一般管理費相当分のA分類人件費相当分以外の分。

- ・ $Ab(y-1)$ は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費※のうち一般管理費相当分の A 分類人件費相当分。
- ・ $Ba(y-1)$ は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費※のうち業務経費相当分の A 分類人件費相当分以外の分。
- ・ $Bb(y-1)$ は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費※のうち業務経費相当分の A 分類人件費相当分。
- ・ C は、当該年度における自己収入（受取利息等）見込額。

※ 運営費交付金対象事業に係る経費とは、運営費交付金及び自己収入（受取利息等）によりまかなわれる事業である。

- ・ αa 、 αb 、 β 、 γ 、 ε については、以下の諸点を勘案した上で、各年度の予算編成過程において、当該年度における具体的な係数値を決定する。
 αa （一般管理費の効率化係数）：毎年度、平均で前年度比3%以上の削減を達成する。
 αb （業務経費の効率化係数）：毎年度、平均で前年度比1%以上の効率化を達成する。
 β （消費者物価指数）：前年度における実績値を使用する。
 γ （政策係数）：法人の研究進捗状況や財務状況、新たな政策ニーズや技術シーズへの対応の必要性、独立行政法人評価委員会による評価等を総合的に勘案し、具体的な伸び率を決定する。
- ・ $\delta a(y)$ 、 $\delta b(y)$ については、新規施設の竣工に伴う移転、法令改正に伴い必要となる措置、事故の発生等の事由により、特定の年度に一時的に発生する資金需要について必要に応じ計上する。 $\delta a(y-1)$ 、 $\delta b(y-1)$ は、直前の年度における $\delta a(y)$ 、 $\delta b(y)$ 。
- ・ ε （人件費調整係数）

2. 収支計画【別表5】

(1) 運営費交付金及び外部資金の効果的な使用

【中期計画（参考）】

- ・ 産総研の限られたリソースを有効に活用し、相対的に優先度が低い研究プロジェクトにリソースを割くことがないよう、外部資金の獲得に際しての審査に当たっては、以下の点に留意するものとする。
- ① 外部資金の獲得に当たっては、それによる研究開発と実施中の研究開発プロジェクト等との関係・位置付けを明確にするとともに、産総研のミッションに照らして、産総研として真に優先的、重点的に取り組むべき研究開発とする。
- ② 特定の研究者に過剰に資金が集中することや他の研究開発課題の進捗よくに悪影響を与えることがないように研究者の時間配分を的確に把握、管理する。

《平成22年度計画》

- ・ 平成22年度においては、外部資金で行う研究開発が産総研のミッションに照らして、優先的、重点的に取り組むべきものになるよう、外部資金獲得に際しての審査を継続して行うとともに、研究者の研究開発への取り組み状況を把握・管理するシステムを検討する。

【中期計画（参考）】

- ・ 外部資金による研究開発が産総研の研究開発活動にどのように寄与、貢献しているのか、個々の外部資金の性格に応じて、その有効性を定期的に検証し、その結果を踏まえ、外部資金の獲得による研究開発の在り方について、一層の効率化、重点化の観点から、所要の見直しを行うものとする。

《平成22年度計画》

- ・ 平成22年度においては、外部資金による研究開発が産総研の研究開発活動にどのように寄与、貢献しているのか、個々の外部資金の性格に応じて、その有効性を定期的に検証するシステムを検討する。

【中期計画（参考）】

- ・ 産総研の事業について、個々の目的や性格に照らして、運営費交付金で行う研究と外部資金で行う研究との研究戦略上の位置づけを一層明確化するとともに、民間企業における自社内研究テーマと産総研に期待する共同研究ニーズの的確な把握のための体制整備等を行う。

《平成22年度計画》

- ・ 平成22年度においては、個々の目的や性格に照らして、運営費交付金で行う研究と外部資金で行う研究との研究戦略上の位置づけの一層の明確化を目指し、研究戦略と各研究テーマの関連性を把握管理できるシステムを検討する。

【中期計画（参考）】

- ・ 大型の外部資金の獲得に当たっては内部の人材を広く集積させる組織体制を構築し、所内のプロジェクト責任者を中心として体制を組む。また、外部資金の獲得の際には、特に民間資金の場合は産総研のこれまでの投入資源を踏まえてユニット内で決定する。

《平成22年度計画》

- ・ 平成22年度においても、プロジェクト責任者を中心とした体制により大型の外部資金の獲得に努めるとともに、民間資金については、各ユニットにおいてこれまでの投入資源を踏まえつつ獲得を図る。

(2) 共同研究等を通じた自己収入の増加

【中期計画（参考）】

- ・ 企業との共同研究などの促進のための外部資金の獲得に対するインセンティブ、国益に沿った形での海外からの資金獲得、研究施設の外部利用等の際の受益者負担の一層の適正化等の検討を行う。

《平成22年度計画》

- ・「人」や「場」等の産総研のリソースを活用する形で実施される外部資金による研究規模の拡大を図るため、企業との共同研究などの促進のための外部資金の獲得に対するインセンティブ制度の改善を図る。また、国益に沿った海外からの資金の受入及び研究施設の外部利用等の際の受益者負担に係る制度改善等の一層の適正化に向けた検討を実施する。

【中期計画（参考）】

- ・産総研として取得し管理すべき知的財産権に関する方針を策定し、コアとなる技術に加え、その周辺技術や応用技術についても戦略的に特許を取得することで効果的に技術移転を行う。また、成果移転対価の受領方法を柔軟化する。

《平成22年度計画》

- ・産業界への技術移転を活性化するために、研究成果の移転の対価として金銭以外の財産でも受領できるように規定整備等を行う。

【中期計画（参考）】

- ・オープンイノベーションの促進、共同研究等連携による地域発イノベーション創出を目指したコーディネーション活動の全国規模での展開、強化を通じた取組も行う。

《平成22年度計画》

- ・つくばと地域センターに配置した産学官連携コーディネータの全国的なネットワーク機能の活用と、産総研研究者と企業、大学、公設研等との有機的な結合を図り、産学官連携共同研究施設（オープンスペースラボ）等と共同研究制度等の産学官連携制度の活用により、オープンイノベーションを促進する。

【中期計画（参考）】

- ・技術相談、技術研修にあたっては、受益者負担の観点から制度の見直しを行う。

《平成22年度計画》

- ・オープンイノベーションの促進とあわせて、産業技術連携推進会議を活用した各地域の技術的共通課題の抽出と、地域産業界を巻き込んだ調査研究を全国規模で展開・強化し、地域発イノベーションの創出を目指す。
- ・技術相談及び技術研修の実施について、受益者負担の観点から課金制度等に関する検討チームを設置し、検討を開始する。

【中期計画（参考）】

- ・このように従来以上の外部資金獲得可能性を検討し、外部資金の一層の獲得を進める。

《平成22年度計画》

- ・「人」や「場」等の産総研のリソースを提供すること

で、外部資金による研究規模の拡大を目指す。また、資金提供型共同研究、受託研究、技術研修等の制度について、柔軟性の向上とともに受益者負担の観点も踏まえ見直しを行う。

3. 資金計画【別表6】

IV. 短期借入金の限度額

【中期計画（参考）】

（第3期：19,220,000,000円）

想定される理由：年度当初における国からの運営費交付金の受け入れが最大3ヶ月遅延した場合における産総研職員への人件費の遅配及び産総研の事業費支払い遅延を回避する。

《平成22年度計画》

・なし

V. 重要な財産の譲渡・担保計画

【中期計画（参考）】

次の不要資産を処分する。

- ・九州センター直方サイトの土地（福岡県直方市、22,907m²）及び建物

《平成22年度計画》

- ・九州センター直方サイトの土地（福岡県直方市、22,907 m²）及び建物を処分する。

VI. 剰余金の使途

【中期計画（参考）】

剰余金が発生した時の使途は以下の通りとする。

- ・用地の取得
- ・施設の新営、増改築及び改修
- ・任期付職員の新規雇用 等

《平成22年度計画》

- ・剰余金が発生した時の使途は以下の通りとする。
- ・用地の取得
- ・施設の新営、増改築及び改修
- ・任期付職員の新規雇用 等

VII. その他業務運営に関する重要事項

1. 施設及び設備に関する計画

【中期計画（参考）】

- ・施設整備に際しては、長期的な展望に基づき、安全で良好な研究環境の構築、ライフサイクルコストの低減、投資効果と資産の活用最適性に配慮した整備を計画的に実施する。

施設・設備の内容	予定額	財源
・電力関連設備改修 ・給排水関連設備改修 ・排ガス処理設備改修 ・外壁建具改修	総額 172.91億円	施設整備費補助金

<ul style="list-style-type: none"> ・空調設備改修 ・廃水処理設備改修 ・高圧ガス設備改修 ・エレベーター設備改修 ・その他の鉱工業の科学技術に関する研究及び開発、地質の調査、計量の標準、技術の指導、成果の普及等の推進に必要な施設・設備 		
--	--	--

(注) 中期目標期間を越える債務負担については、当該債務負担行為の必要性及び資金計画への影響を勘案し、合理的と判断されるものについて行う。

《平成22年度計画》

①【平成20年度施設整備費補助金（1次補正）繰り越し分】

・老朽化対策として、爆発実験施設改修の整備事業について、引き続き実施する。総額3.0億円

②【平成20年度施設整備費補助金（2次補正）繰り越し分】

・老朽化対策として、空調設備改修などの整備事業について、引き続き実施する。総額17.1億円

③【平成21年度施設整備費補助金（当初）繰り越し分】

・老朽化対策として、空調設備改修の整備事業について、引き続き実施する。総額14.0億円
 ・老朽化対策として、耐震化改修の整備事業を引き続き実施する。

つくばセンター

第5事業所（平成20、21、22年度の3ヵ年国庫債務負担行為：21年度分として総額4.2億円）

第5事業所、西事業所（平成21、22、23年度の3ヵ年国庫債務負担行為：21年度分として総額9.4億円）

④【平成21年度施設整備費補助金（1次補正）繰り越し分】

・新棟建設費として、生活支援ロボット安全研究拠点の整備事業を引き続き実施する。総額4.1億円
 ・高度化改修（ナノテク拠点整備、蓄電池評価研究センター拠点整備、太陽電池モジュール信頼性評価施設）の整備事業を引き続き実施する。総額93.8億円
 ・老朽化対策として、電力関連設備改修について、計画どおり実施する。総額1.7億円

⑤【平成22年度施設整備費補助金（当初）】

・老朽化対策として、耐震化改修の整備事業を引き続き実施する。

つくばセンター

第5事業所（平成20、21、22年度の3ヵ年国庫債務負担行為：22年度分として総額2.0億円）

第5事業所、西事業所（平成21、22、23年度の3ヵ年国庫債務負担行為：22年度分として総額11.2億円）

2. 人事に関する計画

【中期計画（参考）】

・第3期中期目標期間において、第2期中期目標期間にまとめた人材開発戦略会議の報告の内容を具体化しつつ、新たな中長期的な人事戦略とし、人材の競争性、流動性及び多様性をより一層高めるとともに、研究マネジメント等様々な分野における専門的な人材の確保、育成に取り組む。

《平成22年度計画》

・第2期中期目標期間にまとめた人材開発戦略会議の報告内容の具体化を検討するチームを編成し、人材の競争性、流動性及び多様性をより一層高めるための人事戦略の策定に向けた検討に着手する。【再掲】

【中期計画（参考）】

・研究職はより若手の研究者、事務職は求める専門性の視点での採用を検討、推進する。また、女性研究者や外国人研究者の採用も積極的に行う。

《平成22年度計画》

・研究職の採用については、より優秀な若手研究者の確保に向けて新たな採用制度を検討し、年度内の組織決定を目指す。
 ・女性研究職をターゲットとしたリクルート活動など、採用応募への勧誘と広報を行い、女性研究者採用比率の向上を目指す。外国人研究者の採用について、積極的な採用に努める。【再掲】

【中期計画（参考）】

・また、研究職個々人の研究開発能力の向上とともに、研究開発マネジメントの人材を育成し、事務職においては専門性の蓄積を重視した人事ローテーションを実施することにより専門家人材を育成する。

《平成22年度計画》

・事務職については、人事ヒアリング等を活用し、より専門性の蓄積を意識した人事配置を実践していく。

【中期計画（参考）】

(参考1)

期初の常勤職員数 3,190人

期末の常勤職員数の見積もり：期初と同程度の範囲で人件費5%削減計画を踏まえ弾力的に対応する。

※任期付職員については、受託業務等の規模や研究開発力強化法の趣旨に則って必要人員の追加が有り得る。

(参考2) 第3期中期目標期間中の人件費総額

中期目標期間中の総人件費改革対象の常勤役職員の人件費総額見込み：138,236百万円

なお、総人件費改革対象の常勤役職員の人件費総額見込みと総人件費改革の取組の削減対象外となる受託

研究費等により雇用される任期付研究員の人件費との合計額は142,077百万円である。(受託業務等の獲得状況により増減があり得る。)

ただし、上記の額は、役員報酬並びに職員基本給、職員諸手当、超過勤務手当、退職者給与及び国際機関派遣職員給与に相当する範囲の費用である。

3. 積立金の処分に関する事項

【中期計画（参考）】

なし

《平成22年度計画》

・なし

別表1 鉱工業の科学技術

I. グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進

【中期計画（参考）】

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

1. 再生可能エネルギーの導入拡大技術の開発

【中期計画（参考）】

再生可能エネルギーは枯渇の心配がなく、低炭素社会の構築に向けて導入拡大が特に必要とされるエネルギーである。このため、再生可能エネルギー（太陽光、バイオマス、風力、地熱等）を最大限有効利用するための技術の開発を行う。また、再生可能エネルギーの需要と供給を調整し、末端最終ユーザーへの安定供給を行うために必要なエネルギー貯蔵、パワーエレクトロニクス、エネルギーネットワークにおける統合制御技術の開発を行う。

1-(1) 太陽光発電の効率、信頼性の向上技術

【中期計画（参考）】

太陽光発電技術に関して、共通基盤技術及び長寿命化や発電効率の向上等に関する技術の開発を行う。具体的には、太陽光発電普及に不可欠な基準セル校正技術、評価技術、診断技術等の基盤技術開発を行い、中立機関としてその技術を産業界に提供するとともに、標準化に向けた活動を行う。また、長寿命化、高信頼性化のために

構成部材、システム技術等の開発を行うとともに寿命の検証のための評価技術の開発を行う。

1-(1)-① 太陽光発電の共通基盤技術の開発及び標準化(IV-3-(1)-②へ再掲)

【中期計画（参考）】

・太陽光発電システム普及のための基盤となる基準セル校正技術、高精度性能評価技術、屋外性能評価技術、信頼性評価技術、システム評価技術、システム故障診断技術等を開発し、それらを産業界に供給する。性能評価の繰り返し精度を1%以下に向上させる。

《平成22年度計画》

・一次及び二次基準セル、基準モジュールの校正を産業界に供給する。新型太陽電池について評価技術の確立に向けた取り組みを維持する。超高効率革新型太陽電池の屋内外比較評価を日米で共同して行う。関連するJISならびにIEC規格の策定に引き続き参画する。

1-(1)-② 太陽光発電の長寿命化及び高信頼性化

【中期計画（参考）】

・太陽光発電システムの寿命及び信頼性の向上のために、太陽電池モジュール構成部材、システム構成部材、システム運用技術等を開発する。新規部材を用いること等により、太陽電池モジュールの寿命を現行の20年から30年に向上させるとともに、それを検証するための加速試験法等の評価技術を開発する。

《平成22年度計画》

・新規モジュール部材を太陽電池パネルに適用し、IECで規定された信頼性試験を行い、その適合性を評価するとともに、劣化するものについては劣化要因を企業と共同で明らかにする。既存モジュールの加速試験を行い劣化要因を抽出する。

1-(1)-③ 太陽光発電の高効率化

【中期計画（参考）】

・太陽光発電システムの低コスト化に直結する発電効率の大幅な向上を目指し、結晶シリコン、薄膜シリコン、化合物薄膜、有機材料、それぞれの太陽電池デバイス材料の性能に関して、相対値で10%以上の効率向上のため、表面再結合の抑制と高度光閉じ込めにより、安定で高性能な新材料や、それを用いた多接合デバイスを開発する。

《平成22年度計画》

・化合物薄膜フレキシブル太陽電池の実用化に向けた産学官連携を強化する。薄膜シリコンオールジャパン開発体制を構築し、産総研がハブとして高効率低コスト化に向けた開発に着手する。新規シリコンゲルマニウム薄膜太陽電池等の効率を相対値で2%以上向上させる。有機太陽電池の劣化要因を解明し、耐久性を向上させる。

1-(2) 多様な再生可能エネルギーの有効利用技術

【中期計画（参考）】

温暖化防止や新たなエネルギー源の確保のため、バイオマス資源、風力、地熱及び次世代太陽光利用等、多様な再生可能エネルギーの利用に必要となる要素技術、評価技術等の開発を行う。

具体的には、非食料バイオマス資源を原料とする燃料製造技術、高品質化技術等の開発を行う。また、我が国の気象条件を考慮した、安全性や信頼性に優れた風力発電のための技術の開発を行う。地熱資源開発のための評価技術、特に低温地熱資源のポテンシャル評価技術の開発を行い、地熱発電及び地中熱利用システムの開発普及に寄与する。さらに、多様な再生可能エネルギーについての情報を収集し、必要に応じて新たな技術の開発に着手する。

1-(2)-① バイオマスからの液体燃料製造及び利用技術の開発（I-3-(1)-④へ再掲）

【中期計画（参考）】

・バイオ燃料製造技術の早期実用化を目指して、高効率バイオ変換（酵素糖化、発酵）技術、熱化学変換（ガス化、触媒合成）技術、及びトータルバイオマス利用評価技術を開発する。特に、エネルギー収支2.0（産出エネルギー／投入エネルギー）以上の高効率バイオ燃料製造プロセスの基盤技術を開発する。

油脂系バイオマスの化学変換（触媒存在下の熱分解や水素化処理及びそれらの組み合わせ処理）により、低酸素の自動車用炭化水素系燃料（重量比酸素分0.1%未満）を製造する第2世代バイオ燃料製造技術を開発する。また、東アジアサミット推奨及び世界燃料憲章提案の脂肪酸メチルエステル型バイオディーゼル燃料（BDF）品質を満たすために、第1世代 BDF の高品質化技術（酸化安定性10h 以上）等を開発する。同時に、市場導入に必要な燃料品質等の国内外の標準化を行う。

《平成22年度計画》

- ・木質バイオマス等の低エネルギー非硫酸処理・酵素糖化・エタノール発酵の一貫プロセス、及びガス化・ガスクリーニング・FT 触媒合成による BTL トータルプロセスのエネルギー効率システム評価によりエネルギー収支1.5以上の高効率バイオ燃料製造プロセスを明示する。
- ・油脂系バイオマスから熱分解油を製造するための触媒の探索を行うと共に、熱分解生成油の酸素分低減（酸素分<1%）等のアップグレーディング用 Mo 系触媒技術の開発を行う。また、第1世代の脂肪酸メチルエステル型 BDF を高品質化するため、BDF の部分水素化処理技術を構築すると共に、金属残留量低減用吸着剤の探索を行う。
- ・市場導入に必要な燃料品質等の国内外の標準化を推進

する。平成22年度においては以下を実施する。

- 1) 東アジア地域における良質なバイオディーゼル燃料の流通を目指し、実市場での燃料品質管理方法の検討と Biodiesel Fuel Trade Handbook の発刊を行うとともに、当該諸国技術者の受入を継続しバイオ燃料の品質評価に従事可能な技術者を育成する。
- 2) ガソリン混合用エタノールの JIS 規格案の作成に資する品質計測方法の提案および ISO/TC28/SC7等への議論に必要な試験データを提供する。

1-(2)-② 風力発電の高度化と信頼性向上

【中期計画（参考）】

・我が国の厳しい気象や風特性を反映した風特性モデルを開発し、安全性と信頼性に優れた普遍的な風車技術基準を IEC 国際標準として提案する。また、高度な風洞実験やシミュレーション技術を援用することにより、風速のリモートセンシング技術の精度と信頼性を向上させ、超大形風車ウィンドファームの発電量を数パーセント以下の不確かさで評価する技術を開発する。

《平成22年度計画》

・複雑地形における高所（50m 以上）の信頼性の高い風計測データを詳細に解析し、風洞実験、CFD シミュレーション解析結果を統合することによって、普遍的な複雑地形風特性モデルを開発・検証する。さらに「複雑地形風特性モデル」の開発・検証を、新たに「複雑地形・台風要因極値風特性モデル」の開発・検証として発展させ、我が国の厳しい風特性・気象条件を包含した普遍的な風特性モデルを開発する。また、CFD シミュレーション・風洞実験技術を援用した複雑地形における風速のリモートセンシング計測誤差補正手法を研究開発し、実際の複雑地形における計測によってその手法の検証を行う。

1-(2)-③ 地熱資源のポテンシャル評価（別表2-2-(2)-②の一部を再掲）

【中期計画（参考）】

・再生可能エネルギーとして重要な地熱資源の資源ポテンシャルを地理情報システムによって高精度で評価し、全国の開発候補地を系統的に抽出する。また、地熱開発促進にむけて地熱利用と温泉保全の両立を図るため、温泉発電技術や貯留層探査評価技術を含む地熱技術を開発する。さらに、地中熱利用のため、平野部等の地下温度構造及び地下水流動モデルを構築する。

《平成22年度計画》

・全国の開発候補地を系統的に抽出するため、従来よりさらに高精度で地熱資源ポテンシャルを評価するための地理情報システムの構築に着手する。また、地熱開発促進にむけて地熱利用と温泉保全の両立を図るため、中低温熱水系資源については、温泉発電のためのスケール抑制技術等の研究を行い、高温熱水系資源につい

ては、地熱発電と温泉との共生を可能にする地熱貯留層管理システムの研究を行う。

- ・地中熱の利用促進のため、全国の3平野（石狩、関東、筑紫）を対象に地下温度構造および地下水流動モデリングを開始する。また、地中熱のポテンシャル評価や環境影響評価に必要な地下の熱物性構造調査手法の開発に着手する。

1-(2)-④ 次世代型太陽光エネルギー利用技術

【中期計画（参考）】

- ・太陽光エネルギーを直接利用した水の分解により水素を製造する、可視光応答性の光触媒や光電極による分解プロセスの効率向上を目的とした、光電気化学反応技術を開発する。また、人工光合成システムの経済性や実現可能性を検証する。

色素増感太陽電池の高性能化と耐久性向上を目的として、増感色素や半導体電極、電解質、対極、封止材、セル構造等の改良を図る。色素増感太陽電池の早期実用化への貢献を目指し、新規色素や半導体を30種類以上開発し、データベース化する。

《平成22年度計画》

- ・多孔質半導体光電極に用いる新規可視光応答性半導体を高速スクリーニング装置で探索し、その効率向上を検討する。また、光触媒-電解ハイブリッドシステムに用いる半導体光触媒の高効率化および新規レドックス媒体の探索を行う。
- ・色素増感太陽電池の信頼性向上のために耐久性に優れた封止技術を開発する。データベース構築と効率向上のために、新規ルテニウム錯体色素を複数合成して電池特性データを取得する。計算科学を用いて既存の色素の様々な物性予測値をデータベースに反映させる。

1-(3) 高効率なエネルギーマネジメントシステム

【中期計画（参考）】

自然エネルギーの導入拡大等による出力変動を吸収して安定した電力を供給するための技術の開発を行う。具体的には、エネルギー貯蔵技術、パワーエレクトロニクス技術、情報通信技術等を活用して、地域の電力網における電力供給を安定させるためのエネルギーネットワーク技術の開発を行う。また、高効率電力ネットワークシステムに必要な電力変換器の高効率化と高密度化を実現する素子の開発を行うとともに、その量産化、集積化及び信頼性向上に必要な技術の開発を行う。

1-(3)-① エネルギーネットワーク技術の開発（I-2-(2)-①へ一部再掲）

【中期計画（参考）】

- ・太陽電池等の再生可能エネルギー機器が高密度に導入された住宅地域のエネルギーネットワークを設計、評価する技術及びネットワークを効率的に運用するため

のマネジメント技術を開発する。数百戸規模の住宅における実用化を目指して、数十戸規模の住宅を対象とした研究を行う。また、電力系統の再生可能エネルギー発電受入れ可能量を大幅に拡大するための負荷制御技術等を、試作器の開発等により実証する。

電力計に内蔵される電力線通信機器（PLC）を開発し、家電や太陽光発電装置等との通信、制御を実現することにより、PLCによるエネルギーマネジメントの有効性を実証する。また、発電システム効率の5%向上を図るため、太陽光発電パネルのメンテナンス時期と故障を検知し、パネル単位での制御を可能にする直流用PLCを開発する。

《平成22年度計画》

- ・通信により直接制御可能な給湯器の開発を進める。一定地域に導入された太陽光発電の面的な出力予測手法について基礎的な検討を行う。柱上変圧器下流の複数住宅を対象として、配電系統、分散型機器、蓄エネルギー機器を含む運用・計画・評価モデルのプロトタイプを開発する。
- ・試作した電力線通信機器（PLC）を用いて、太陽光発電装置（パワーコンディショナー）等での耐雑音性の検証を行う。また直流用PLCの研究開発においては、基本通信方式を確立し、試作機を作成する。

1-(3)-② 電力変換エレクトロニクス技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・電力エネルギーの高効率利用を可能とするSiCやGaN等の新規半導体材料を用いた高性能パワー素子モジュール及びそれらを用いた電力変換エレクトロニクス技術を開発する。具体的には、SiC、GaN素子の普及に必要な低コスト大口径高品質ウェハ製造技術、高信頼でより低損失高耐圧なパワー素子技術とその量産化技術（50A級素子歩留まり70%）、高機能を実現する10素子規模の集積化技術、200～250℃の高温実装技術や、25～30W/cm³の高出力パワー密度化技術を統合した回路設計、製作技術を開発する。

省エネルギーに効果的な次世代ダイヤモンドパワーデバイスの実用化を目指して、結晶欠陥評価技術の高度化により低欠陥高品質エピタキシャル膜の製造技術を開発する。また、実用的な縦型構造を有し、低損失かつ冷却フリーで250℃において動作するパワーダイオードを開発する。

《平成22年度計画》

- ・SiCやGaN等を用いた高性能パワー素子およびそれらを用いた電力変換器技術を開発する。
 - 1) 新規結晶成長法および大口径化技術開発のための装置環境整備を行う。
 - 2) RonA $\leq 3\text{m}\Omega\text{cm}^2$ （電流量1A以上）のSiC-UMOS開発を行うとともに、1kV級SiCダイオードの量産を開始する。

3) GaN 双方向スイッチを用いた回路設計技術を開発する。

4) 200～250℃級の高温実装や熱マネジメントの基本技術を開発する。

- ・実用的な縦型構造ダイオードのプロセスを完成させ、500A/cm²の高電流密度ダイオードの試作を行う。X線トポグラフィやカソードルミネッセンス等により欠陥の二次元マッピング評価を可能にする。

2. 省エネルギーによる低炭素化技術の開発

【中期計画（参考）】

省エネルギーによる温室効果ガス削減は、再生可能エネルギー導入に比べて、直接的かつ早期の効果が期待されている。運輸部門での省エネルギーのため、自動車等輸送機器の効率向上のための技術及び中心市街地での搭乗移動や物流搬送等を動的に行うための技術の開発を行う。また、民生部門での省エネルギーのため、戸建て住宅等のエネルギーを効率的に運用するマネジメントシステムの開発とともに、高性能蓄電デバイス、燃料電池、省エネルギー部材の開発を行う。さらに、将来のエネルギー消費増加の要因になることが懸念される情報通信にかかわる省エネルギーのため、電子デバイス、集積回路、ディスプレイ、入出力機器、光ネットワークの高機能化と省エネルギー技術の開発を行う。

2-(1) 運輸システムの省エネルギー技術

【中期計画（参考）】

運輸部門での省エネルギーによる温室効果ガス削減に貢献するため、次世代自動車等輸送機器のエネルギー貯蔵、高効率化技術や新たな運輸システム技術の開発を行う。具体的には、次世代自動車用蓄電デバイスの高性能化、低コスト化につながる材料の開発を行う。燃料電池自動車用に、燃料電池の低コスト化、耐久性の向上に必要な先端的部材の開発と反応解析、信頼性試験等の技術開発を行うとともに、安全な高圧水素貯蔵システムの開発を行う。輸送機器の軽量化のための軽量合金の高性能部材化に向けた総合的な技術開発、低燃費と同時に排気ガス規制を満たす自動車のエンジンシステム高度化技術の開発を行う。上記の輸送機器の効率向上に加えて、運輸システム全体の省エネルギー化のため、情報通信機器を用いた市街地移動システムに関する技術の開発を行う。

2-(1)-① 次世代自動車用高エネルギー密度蓄電デバイスの開発 (IV-1-(1)-④へ一部再掲)

【中期計画（参考）】

- ・電気自動車やプラグインハイブリッド自動車等の次世代自動車普及の鍵となる蓄電池について、安全と低コストを兼ね備えた高エネルギー密度電池（単電池で250Wh/kg以上）の設計可能な電池機能材料（正極材料、負極材料等）を開発する。また、革新型蓄電池系

（空気電池等）の実用可能性を見極めるための性能評価を行う。さらに、未確立である蓄電池の寿命検知と診断解析技術の確立を目指し、電池の寿命に最も影響を及ぼす電池材料の劣化因子を確定する。

新規の蓄電池構成材料の開発を加速するため、材料を共通的に評価、解析する技術を開発する。

エネルギー密度500Wh/kg以上の革新型蓄電池の開発を目指し、ハイブリッド電解質を利用した二次電池の固体電解質の耐久性を向上させる。さらに、安全性に優れた準固体型及び全固体型のリチウム-空気電池を開発し、単セルでの動作を実証する。

《平成22年度計画》

- ・電極材料の高エネルギー密度化をさらに進めるため、正極材料についてはLiを多く含み、Fe, Mn, Tiを主体とする酸化物正極の合成条件を最適化し、高電圧・高容量・低不可逆容量を発現する材料を見出すとともに、硫黄系材料では複合材料中の硫黄の利用率向上を目指す。負極材料については熱的安定性の高いイオン液体中でのLi, Mgの析出形態改善を進め、効率の改善による電池試作時のエネルギー密度向上を図る。さらに、従来の黒鉛系材料に比べて5倍以上の容量で、急速充電時の短絡がなく、かつ、300サイクル以上の寿命を有する新規シリコン系負極を開発する。また、空気電池における空気極の過電圧低減に取り組む。
- ・出力・高エネルギー密度の要求されるプラグインハイブリッド自動車仕様を模した小容量モデルセルについて、温度・SOC等に起因する劣化挙動を、電池を解体することで定量的な解析を行う。また、電極材料を表面被覆等により改質することで、その劣化抑制効果の検討を進める。小容量セルについて、電池の濫用時を想定した環境での反応生成物の評価を行う。
- ・電池の要素ごとの構成材料、すなわち電極（活物質、導電助剤、結着剤、集電体等）、電解質（支持塩、溶媒等）、セパレーター等についての使用材料および構成比を規定した標準構成モデルを少なくとも1種類策定するとともに、電極に関わる材料については、相対評価を可能とする電極製造条件を探索・検討する。この際、材料を電極活物質として評価結果は材料メーカーにフィードバックし、材料改良指針の立案に資する。また、主要電池メーカー製品分析（ベンチマーキング）を行う。
- ・新規蓄電池の開発においては、エネルギー密度で500Wh/kgを実現するため、ハイブリッド電解質に使用している固体電解質の性能アップや電解液のリサイクルや構造の最適化など改質技術を検討する。

2-(1)-② 燃料電池自動車用水素貯蔵技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・水素貯蔵材料の開発を目的として、構造解析技術、特に水素吸蔵状態を「その場観察」できる手法（「その

場」X線・中性子回折、陽電子消滅、核磁気共鳴等）を開発する。この技術を用いて、材料の水素貯蔵特性と反応機構を解明し、得られた知見から、高い貯蔵密度（重量比5%、50g/リットル）と優れた繰り返し特性を有する材料の設計技術を開発する。

安全な高圧水素利用システムを開発するため、水素材料強度データベース及び水素破面と組織データベースを構築する。また、燃料電池車や水素ステーションの高圧水素容器開発指針、水素輸送技術開発指針を関連業界に提案し、評価設計手法、及び実証実験手法を開発する。さらに、水素関連機器の開発促進と安全性向上に寄与するために、水素と高分子材料の関係や水素とトライボロジーの関係を解明するとともに、その利用普及を進めるため、水素基礎物性データベースを構築する。

《平成22年度計画》

- ・国内外の中性子実験機関との共同研究により、「その場」中性子回折測定を実施するとともに、より質の高いデータを得るための測定環境・実験条件の改良点を検討する。放射光 X 線を活用した、水素吸蔵・放出過程の構造変化の観測に着手する。陽電子消滅、核磁気共鳴および透過電子顕微鏡の各手法について、「その場観察」手法の開発を進める。これらの手法を用いて、V 系材料、Mg 系材料などの構造解析を進める。
- ・燃料電池車や水素ステーションの高圧水素容器開発指針を提案するために、高圧水素ガス曝露したオーステナイト系ステンレス鋼などの疲労試験を行い、強度データベースを構築するとともに、バネの疲労強度評価や燃料電池自動車用高圧水素容器の振動解析を進める。また、水素曝露によるゴム材料物性やゴム材料化学構造への影響の評価を行い、充てん材を含むゴム組成開発の方針を確立するとともに、水素中評価試験機により実部材の摩擦摩耗データなどを取得し、水素中トライボロジーのデータベース（トライボアトラス）として整理する。さらに、高圧水素領域（100MPa、500℃まで）での、PVT データ、粘性係数、熱伝導率の測定を行い、水素熱物性データベースシステムを拡張する。
- ・水素関連機器の安全性向上に資するために、酸化物の電氣的性質と圧力との関係を明らかにし、高圧水素貯蔵容器用圧力センサの設計指針を示す。また、走査プローブ顕微鏡（SPM）等を用いた原子・分子レベルの観察技術を用いて、酸化物および金属材料表面の微小領域における吸着水素の材料物性への影響について解明を進める。

2-(1)-③ 軽量合金による輸送機器の軽量化技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・省エネルギーに有効な輸送機器の軽量化を可能にするため、マグネシウム等の軽量合金の特性向上を図ると

ともに、金属材料の耐食性試験（JISZ2371）を基に規定される塩水噴霧／高温乾燥／高温湿潤の複合サイクル試験において300時間以上耐久可能な低コスト表面処理技術を開発する。また、強度と剛性を低下させずに常温プレス加工性を改善し、高い比強度（引張り強さ／比重：160MPa 以上）とアルミニウム合金並みの成形性を示すマグネシウム合金圧延材を開発する。《平成22年度計画》

- ・実用マグネシウム合金を対象として、塩水噴霧／高温乾燥／高温湿潤の実用複合サイクル試験において、120時間以上の耐久性能と、JIS の A5サイズでの膜質均一性を有する低コスト表面処理技術を開発する。市販マグネシウム合金（AZ31合金）を対象とし、汎用圧延機（等速圧延機）により、優れた成形性（エリクセン値8.0を超える値）と優れた強度（引張り強度240MPa 以上：比強度134MPa 以上）を発現する組織制御プロセスを開発する。輸送機器の軽量化に寄与するマグネシウム合金素材の組織制御による高機能化及び2次加工等の基盤技術を整備する。

2-(1)-④ 自動車エンジンシステムの高度化技術

【中期計画（参考）】

- ・新たな排出ガス規制値を満たしつつ、燃費の向上を目指し、新燃料と駆動システムの最適化、燃焼制御技術の向上、排出ガス浄化技術の高度化により、超低環境負荷ディーゼルエンジンシステム、及びこれらを評価する計測技術を開発する。また、低品質燃料から低硫黄・低芳香族燃料（硫黄分1~2ppm 未満）や高 H/C（水素／炭素原子比）の高品質燃料を製造する技術等を開発し、市場導入に必要な燃料品質等の評価を行う。《平成22年度計画》
- ・超低環境負荷ディーゼルエンジンシステム、及びこれらを評価する計測技術を開発する。平成22年度においては以下を実施する。
 - 1) エンジン実験や数値計算シミュレーションによりディーゼルエンジンの各種効率や損失の解析を行い、正味熱効率の向上に対する寄与度解明に着手する。具体的には CO や HC 排出増加による燃焼効率、燃料噴射の高圧化による機械損失、大量 EGR による理論熱効率などに関して、その対象を従来燃料から新燃料まで拡大し解析を進める。
 - 2) 新燃料の国内外標準化に資する燃料性状の分析・計測評価技術の確立と、燃料性状がエンジン性能に及ぼす影響の解明を行う。
 - 3) ディーゼル特殊自動車に関して、燃料由来還元剤を用いる NOx 還元触媒の改良、およびこれと尿素を用いる触媒の多機能一体型コンバータへの複合搭載により、NOx 除去性能の向上、尿素使用量の低減などを行う。
- ・石油系低品質燃料から低硫黄（S<1~2ppm）・低芳香

族燃料を製造する水素化精製技術を構築するため、S<10ppm 軽油製造用に開発した CoMo 系脱硫触媒の高温耐久性を強化し、長寿命化を図る。また、非石油系の油脂系廃棄物等の低品質燃料から高 H/C の高品質燃料を製造するための硫化物系触媒を開発する。

2-(1)-⑤ 市街地移動システム技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・低炭素社会実現に貢献する都市計画の1つであるコンパクトシティ構想に貢献するための技術として、中心市街地での搭乗移動や物流搬送等を自律的に行うための研究開発を行う。具体的には、パーソナルモビリティによる市街地における長距離自律走行（3km 以上）と協調に基づく高効率化、施設等で試験運用可能なレベルの自律・協調搬送システム、高効率な搬送経路計画のための市街地等広範囲環境情報取得技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・自律走行車いす等の移動支援システムを対象に以下の研究開発を行う。
 - 1) 市街地屋外環境における自律走行を高信頼に行うための技術を開発し、自律走行車いすによる1.5km 以上の自律走行を実現する。
 - 2) 協調走行に関する技術を開発し、複数の移動支援システムによる時速2km/h 以上の協調走行を実現する。
 - 3) 広域センサネットワークを利用することにより、1.5km 以上の走行ルート周辺の地図情報の自動取得を行う技術を開発する。

2-(2) 住宅、ビル、工場の省エネルギー技術

【中期計画（参考）】

民生部門での温室効果ガス削減に貢献するため、住宅、ビル、工場等での省エネルギー技術の開発を行う。具体的には、戸建て住宅等におけるエネルギーの負荷平準化に不可欠なエネルギーマネジメントシステム、蓄電デバイスである二次電池及びキャパシタの高エネルギー密度化技術の開発を行う。また、定置用燃料電池の耐久性と信頼性の向上に資する基盤技術と、燃料多様化、高効率・低コスト化のための新規材料、評価技術の開発を行う。未利用熱エネルギーの有効利用のため、熱電発電システムの発電効率、信頼性の向上や長寿命化のための材料技術の開発を行うとともに、材料及び発電モジュールの評価方法や寿命予測手法の開発を行う。加えて、省エネルギーと快適性の両立を目的とした調光窓材、外壁材等の建築部材及び家電部材の開発を行う。

2-(2)-① エネルギーマネジメントシステムのための技術開発（I-1-(3)-①を一部再掲）

【中期計画（参考）】

- ・戸建て住宅に関して二酸化炭素削減率20%の達成を目

標として、戸別・集合住宅又はビル・地域単位でのエネルギーを効率的に運用するためのエネルギーマネジメント技術を開発する。重要な要素技術として、負荷平準化に不可欠な高エネルギー密度化を可能とする蓄電デバイス（二次電池で250Wh/kg、キャパシタで18Wh/kg）を開発する。また、電力マネジメントに必須の電力変換器について、高密度化、耐高温化のためのダイヤモンド半導体等新材料を含む電力変換デバイスを開発する。

電力計に内蔵される電力線通信機器（PLC）を開発し、家電や太陽光発電装置等との通信、制御を実現することにより、PLC によるエネルギーマネジメントの有効性を実証する。また、発電システム効率の5%向上を図るため、太陽光発電パネルのメンテナンス時期と故障を検知し、パネル単位での制御を可能にする直流用 PLC を開発する。

《平成22年度計画》

- ・複数住宅において同時に計測した電力、ガス等の需要を対象に、季節性等を比較し得るデータベースを構築する。柱上変圧器下流の複数住宅を対象として、配電系統、分散型機器、蓄エネルギー機器を含む運用・計画・評価モデルのプロトタイプを開発する。再生可能エネルギーの自家消費の最大化を図る住宅用蓄電デバイス運用技術の開発に取り組む。
- ・蓄電デバイスの開発においては、二次電池で250Wh/kg、キャパシタで18Wh/kg を超えるセルを実現するための電極材料改質技術を検討する。
- ・電力マネジメントに必要な電力変換器について高密度化・高温化のため、ダイヤモンド半導体などの新材料を含めた電力変換デバイスの基礎技術、新規デバイスの開発に取り組む。また、高密度電力変換デバイスの信頼性・統合設計技術の開発に着手する。
- ・試作した電力線通信機器（PLC）を用いて、太陽光発電装置（パワーコンディショナー）等での耐雑音性の検証を行う。また直流用 PLC の研究開発においては、基本通信方式を確立し、試作機を作成する。

2-(2)-② 燃料電池による高効率エネルギー利用技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・固体酸化物形燃料電池（SOFC）の高耐久性、高信頼性（電圧劣化率10%/40,000h、250回のサイクル）に資するため、ppm レベルの不純物による劣化現象及び機構を解明し、その対策技術を開発する。また、燃料多様化、高効率・低コスト化のための新規材料、評価技術を開発する。50%を超える発電効率を目指し、90%以上まで燃料利用率を向上させる技術、排熱有効利用技術等の要素技術を開発する。また、SOFC システムからの二酸化炭素回収システムと SOFC を組み合わせたゼロエミ

ッションシステムの性能を評価する。

家庭用燃料電池コージェネレーションの普及のために固体高分子形燃料電池の大幅な低コスト化と高耐久化の両立を目指し、白金使用量を1/10に低減できる電極材料技術を開発する。さらに、アルコールを燃料とするダイレクト燃料電池へ展開できる材料系を開発する。大きな熱需要が見込まれる建物を対象として、高効率な水素製造技術、貯蔵技術、供給技術、燃料電池等からなるシステムを開発する。

《平成22年度計画》

- ・発電効率の向上について排熱利用、残留燃料利用別に向上方法と開発課題を整理する。また、熱発電と小型 SOFC を組み合わせた場合について効率向上予測を行う。さらに SOFC からの炭酸ガス回収について各種炭酸ガス回収技術の SOFC との適合性を調査する。
 - ・固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の耐久性・信頼性向上のため、スタックメーカーにて耐久試験したサンプルの劣化要因を解明する。不純物、物質輸送が関わる現象については、理想界面での拡散実験、熱力学平衡計算などにより、反応性を検討して長期運転時の劣化予測のための基礎データを蓄積する。部材界面での不純物蓄積を、2次イオン質量分析計 (SIMS) を適用して ppm レベルで検出し、電圧劣化率0.3%/1000h を達成するための基礎データを集積する。
 - ・高電位での耐酸化性を格段に向上可能な新規酸化物担体の研究開発を行い、担持した白金触媒粒径と触媒活性・安定性の関係について明らかにするとともに、インピーダンスを用いた触媒層解析手法を確立する。ロジウムポルフィリン錯体を白金ルテニウム触媒と効果的に複合化することにより白金ルテニウム触媒の高濃度 CO に対する耐性を高め、2%CO の存在下でも 250mV (vs. RHE) 以下で水素酸化可能な耐 CO アノード触媒を開発する。液体燃料を使用するダイレクト燃料電池を開発するため、次亜リン酸やグルコースを燃料として利用する可能性を調べる。
 - ・高純度水素供給システムのために、160℃程度での CO シフト反応に適する貴金属-CeO₂系触媒について、貴金属量低減につながることを期待される系を選別する。また、水素貯蔵量6.0wt%を超える新規高密度水素化物の探索のために、数百度-数 GPa の高温高压水素雰囲気下においてマグネシウム-遷移金属系水素貯蔵材料の合成を検討する。
 - ・大きな熱需要が見込まれる建物を対象として、純水素をエネルギー媒体とする高効率な水素製造技術、貯蔵技術、供給技術および燃料電池等からなる統合型水素利用システムを開発を行う。
- 1) 実験と数値解析により水素吸蔵合金タンク貯蔵システムの高効率化、大規模化に向けた設計指針を得る。
 - 2) 水電解・燃料電池一体型セルの構造最適化に向けた

実験的検証を行う。

- 3) 新たな液体水素貯蔵管理技術として、音波を利用した液量計測法の有効性を検証する。
- 4) 再生可能エネルギー (特に PV) の大幅導入に貢献できる水素システムの検討を行う。

2-(2)-③ 未利用熱エネルギーの高度利用技術の開発

【中期計画 (参考)】

- ・熱発電システムの経済性の改善に資する発電効率向上や高耐久、長寿命化のための材料技術を開発する。例えば、発電効率13%以上の実現に必要な要素技術を開発するとともに、材料及び発電モジュールの評価方法や寿命予測手法を開発する。未利用熱から80~200℃の高温水や蒸気を成績係数 (COP) 3以上の効率で生成し、需要に適應した供給を可能とするシステムを目指し、作動媒体の圧縮作用と吸収作用を併用するヒートポンプ技術やカプセル型の潜熱蓄熱及び熱輸送技術を開発する。また、常温近傍で COP5以上の冷暖房及び給湯を可能とする直形式の地中熱交換の基盤技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・熱発電モジュールの発電効率向上のため、金属ニクタイト、金属カルコゲナイド等の新材料開発や、材料組織のナノ構造制御等により材料性能の向上を図る。発電モジュールの耐久性評価のため、長期試験用評価システムの設計・試作を行う。発電特性評価装置を有効に活用し、計測方法の標準化に資する種々の発電モジュールの評価を実施する。
- ・循環温水の加温や、低質蒸気等の未利用熱から120℃程度までの高温水や蒸気を生成するための新規サイクルや蒸気圧縮機の検討、生成させた高温水や蒸気を需要に応じて供給可能とするための樹脂カプセル型蓄熱体の耐熱化方法の検討を行う。また、地中での冷媒の直接膨張/凝縮熱交換特性に及ぼす冷媒量や冷媒圧力の影響を実験的に明らかにする。

2-(2)-④ 省エネルギー型建築部材及び家電部材の開発

【中期計画 (参考)】

- ・省エネルギーと快適性の両立を目的とした建築部材を開発する。具体的には、調光窓材、木質材料、調湿材料、外壁材等の機能向上を図るとともに、実使用環境での省エネルギー性能評価データを蓄積する。調湿材料については、相対湿度60%前後での吸放湿挙動に優れた材料を内装建材に応用する技術、調光窓材については、透明/鏡状態のスイッチングに対する耐久性を10,000回以上 (1日当たりの透明/鏡状態のスイッチングを1回とした場合、20年以上に相当) にする技術を開発する。照明の省エネルギー化による希土類蛍光ランプの需要増に対応し、Tb (テルビウム)、Eu (ユウロピウ

ム)の使用量を40%低減するため、ランプの光利用効率を30%向上させるガラス部材や蛍光体の使用量を10%低減できる3波長蛍光体の分離、再利用技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・調光窓材については、実用化を図る上で障害となっている耐久性等の諸問題の解決を目指す技術の開発を行う。木質材料では、木質建材普及に必要な各種物性向上を目指し、熱処理等による分子から細胞レベルまでの構造制御技術の開発を行う。調湿材料については、新たに開発した新規吸着材料を内装建材に応用することを目的として、省エネルギー性能等の改善効果を検討する上で必要な基礎物性の評価を行う。保水建材等屋外での使用を想定した部材では、実証試験と実用化試験を継続するとともに、耐久性等部材の高性能化を図る。
- ・ランプの光利用効率を30%以上向上させるガラス部材の開発を目的として、発光シリカの高輝度化を図り、ランプ中での特性を高速評価法で検証し、問題点の解決に目途をつける。また、ガラス管表面加工技術については、従来のガラス管より光取り出し効率が5%以上向上する皮膜を開発する。さらに、混合蛍光体の分離回収及び再利用により使用量を10%低減するために、ハロリン酸と3波長蛍光体が分離可能な磁気力選別技術を開発する。

2-(3) 情報通信の省エネルギー技術

【中期計画（参考）】

エネルギー消費の増加要因となることが懸念される情報通信の省エネルギー技術の開発を行う。具体的には、電子デバイス及び集積回路の省エネルギー技術、ディスプレイ及び入出力機器の高機能化と省エネルギーのための複合構造光学素子等の技術開発を行う。また、大容量情報伝送の省エネルギー化のための光ネットワーク技術の開発や、情報処理システムの省エネルギー化に資するソフトウェア制御技術の開発を行う。特に、コンピュータの待機電力を1/5に削減可能な不揮発性メモリ技術や既存のネットワークルータと比べてスループットあたり3桁消費電力の低い光パスネットワークによる伝送技術の開発を行う。

2-(3)-① 電子デバイス及び集積回路の省エネルギー化

【中期計画（参考）】

- ・情報通信機器を構成する集積回路デバイスの低消費電力化技術を開発する。具体的には、処理待ち時間に情報を保持するために必要な電力が1/10以下となるSRAM、1V以下で動作可能なアナログ回路、データセンタのストレージ用強誘電体フラッシュメモリ、無線ネットワーク用途のモノリシック集積デバイス等を開発するとともに、3次元LSI積層実装技術を活用し

た超並列バス・マルチコアアーキテクチャーと高熱伝導構造の採用による低消費電力LSI実装システムを開発する。

コンピュータの待機電力を1/5に削減可能にするために、スピントロニクスとナノテクノロジーを融合したナノスピントロニクス技術を用い、DRAMやSRAMの置き換えを可能とする不揮発性メモリ技術を開発する。

コンピュータの消費電力を削減するために、半導体ロジックの動作電圧を0.5V以下に、不揮発性メモリの書き込みエネルギーをビット当たり0.5nJ以下に低減させることを目指して、ナノレベルの新デバイス技術及び計測技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・低消費電力集積回路の作製技術を高度化し、ゲート長20nm級XMOS作製プロセスを構築するとともに、特性ばらつきに関する知見集積を行う。また、低消費電力SRAMおよびアナログ回路実現に向け、集積化技術構築、ならびに周辺回路も含めたプロトタイプ集積回路試作を行う。
- ・強誘電体フラッシュメモリのための強誘電体ゲートFET(FeFET)の微細化・集積化技術を研究し、200nm厚の強誘電体膜と素子間絶縁膜を具備した0.85V以上のメモリウィンドウおよび加工面傾斜角が81度以上のゲートを有するFeFETを開発する。また、電子ビーム露光技術を用いてゲート長0.3μm以下のFeFET作製を開始する。
- ・無線ネットワーク用途のモノリシック集積デバイスについて、デバイスメーカーへ技術移転可能なレベルの高品質化合物半導体デバイスをシリコン基板上にモノリシックに形成する新技術を開発する。
- ・クロック周波数の低減と高度な並列処理を目指した超並列バス・マルチコアアーキテクチャーと高熱伝導ヒートスプレッド構造の採用によって高密度デバイス集積を具現化できる3次元LSI積層実装をコア技術とした低消費電力LSI実装システムの開発を進める。
- ・DRAMやSRAMの置き換えを狙った不揮発性メモリ・スピンRAMの記憶素子である垂直磁化MTJ素子の性能を向上させる。高い垂直磁気異方性を有しながら飽和磁化の低い参照層材料の開発を行う。また、記憶層として異方性分散の小さい新規規則合金の開発を行う。さらに、低飽和磁化・高TMRのための界面層の開発を行い、垂直磁化MTJ素子で200%以上のMR比を実現する。
- ・従来の半導体ロジックの低電圧限界を打破するために、新動作原理トランジスタの提案を行い、シミュレーションあるいはデバイス試作を通じて、低電圧化に向けた開発指針を得る。
- ・半導体ロジックの消費電力削減のための基本技術として、希土類金属を含む高誘電率酸化物薄膜をトランジ

スタのゲート絶縁膜として量産化可能な手法により形成するプロセスを開発する。

- ・超格子構造からなる相変化材料の形成条件を最適化して、1.0nJ以下の動作エネルギーで不揮発性メモリを動作させる。
- ・低消費電力ナノデバイス開発のために、機能性酸化物のデバイスプロセス技術を開発する。具体的には金属酸化物における電界による酸素イオン制御の手法を用いたデバイスプロセス技術を開発し、0.5 μm レベルの微細素子で不揮発性抵抗スイッチ効果を実証する。

2-(3)-② ディスプレイ及び入出力機器の省エネルギー化

【中期計画（参考）】

- ・ディスプレイ及び入出力素子作製技術の高度化のための省資源、低消費電力製造プロセスとして、ナノプリント、ナノモールド法等のデバイスの低温形成、印刷形成技術を開発する。これを用いて、10 cm^2/Vs 以上の電荷移動度を有する塗布形成半導体、150 $^{\circ}\text{C}$ 以下の低温焼結で7MV/cm以上の絶縁耐圧を示す塗布形成絶縁層及び10 $^{-6}\Omega\text{cm}$ 台の抵抗率を示す塗布形成導電材料の開発や、大面積バタニング技術の開発により、超低消費電力（1インチあたり1W以下）薄型軽量ディスプレイの実現を可能にする技術や印刷光エレクトロニクス素子を開発するとともに、情報家電の小型、省エネルギー化に向けた複合構造光学素子を開発する。

《平成22年度計画》

- ・次世代ディスプレイ・入出力素子の要素技術開発として以下の技術開発を行う。
 - 1) 移動度5 cm^2/Vs 以上を発現する薄膜トランジスタ用の無機半導体薄膜を、150 $^{\circ}\text{C}$ 以下の加工温度で印刷形成することを可能にする低温焼成技術を開発する。
 - 2) 大画面ディスプレイの製造技術の開発において、カソード電極形成技術として、プロセス損傷度の解析を可能にする評価技術の開発を行うとともに、プロセス損傷度が5%以下となる低損傷作製技術を開発する。また、複数組成の有機成膜を0.01nm/sec以上の分解能でin situ組成解析が可能となる評価技術を開発する。
 - 3) 大面積薄膜デバイス用の塗布型絶縁膜作製技術として、PETフィルム上に絶縁耐圧7MV/cm以上の性能を発揮する薄膜トランジスタ用ゲート絶縁膜作製技術を開発する。
- ・低消費電力ディスプレイ用光源として白色偏光EL素子を開発し、分散色素の検討により白色度を向上させる。
- ・低エネルギー消費の光学素子製造のために、屈伏点温度450 $^{\circ}\text{C}$ 以下、屈折率1.8以上、400nmにおける透過率80%以上のナノインプリント用光学ガラスを開発す

る。

2-(3)-③ 光ネットワークによる情報通信の省エネルギー化（Ⅲ-1-(1)-③へ再掲）

【中期計画（参考）】

- ・高精細映像等の巨大コンテンツを伝送させる光ネットワークを実現するために、既存のネットワークルータに比べてスループットあたり3桁低い消費電力でルーティングを行う光パスネットワーク技術を開発する。具体的には、ルートを切り替えるシリコンフォトニクス、ガラス導波路技術を用いた大規模光スイッチ、伝送路を最適化する技術、及び光パスシステム化技術を開発する。また、1Tb/s以上の大伝送容量化を目指して、多値位相変調や偏波多重を含む超高速光多重化のためのデバイス及び光信号処理技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・光パスネットワークに向けて、4 \times 4のシリコンフォトニクス光スイッチ、ならびにガラス導波路を用いた波長選択性スイッチのプロトタイプを開発する。さらに、光パラメトリック効果を用いた分散補償装置のモジュール化を行う。これらの成果をベースに小規模光パスネットワークの実証デモ実験を行う。超大容量伝送に向けては、サブバンド間遷移超高速位相変調素子をハイブリッド集積した小型の超高速全光スイッチを実現すると同時にモノリシック集積に向けた基礎検討を進める。加えて、空間光学型のサブバンド間遷移超高速全光スイッチを用いて、172Gb/sでスーパーハイビジョンの送受実験を行う。
- ・超高速光多重化のための光信号処理技術として、オンオフ変調から4値位相変調のフォーマット変換を実現する。

2-(3)-④ ソフトウェア制御による情報処理システムの省エネルギー化

【中期計画（参考）】

- ・情報処理システムで用いられる計算機、ストレージ、ネットワーク等の資源について、ミドルウェア技術によりエネルギー指標に基づく資源の選択を実現し、物理資源の利用効率を向上させ、30%の消費電力削減を目指す。利用者の利便性を損なうことなく省エネルギーを実現するため、その時々々の需要や環境に応じてエネルギー消費の小さな資源を使う等、資源の選択や利用法の最適化を行うミドルウェア技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・アイドル状態の仮想マシンを待機専用サーバにプールする機構の実現、負荷に応じてプールから取り出したサーバを稼働状態にする機構の実現、および、従来の運用方法と比べて消費電力が低下していることを評価する。ストレージおよびネットワークのリソースについては、要素機能として、資源の選択、割り当てを行

うミドルウェアを開発し、翌年以降の指標に基づく選択、利用効率の向上や最適化を実現するための基礎とする。

3. 資源の確保と高度利用技術の開発

【中期計画（参考）】

物質循環型社会の実現のためには、炭素資源、鉱物資源等、多様な資源の確保とその有効利用が不可欠である。そのため、バイオマス資源等、再生可能資源を原料とする化学品及び燃料製造プロセスの構築に向けて、バイオ変換、化学変換、分離精製等の技術の高度化を図る。また、化石資源（石炭、メタンハイドレート等）や鉱物資源（レアメタル、貴金属等）等、枯渇性資源を高度に利用する技術や省使用化技術、リサイクル技術、代替技術等の開発を行う。

3-(1) バイオマスの利用拡大

【中期計画（参考）】

化学品製造等において、石油に代表される枯渇性資源ではなく再生可能資源を効果的に活用するための技術の開発を行う。具体的には、バイオマスを原料とする機能性化学品及び燃料製造プロセスの拡大に必要な酵素や微生物等によるバイオ変換、触媒による化学変換、分離精製、熱化学変換（ガス化、触媒合成）等の基盤技術と高度化技術の開発を行う。また、全体プロセスの設計と燃料品質等の標準化の提案を行う。

3-(1)-① バイオマスを利用する材料及びプロセス技術

【中期計画（参考）】

- ・バイオマスから、酵素や微生物等によるバイオ変換や触媒による化学変換と分離、精製、濃縮技術等を用い、基幹化学物質やグリセリン誘導体等の機能性化学品を効率よく生産するプロセス技術を開発する。特に、グリセリン利用においては、変換効率70%以上の技術を開発する。また、製品中のバイオマス由来の炭素が含まれている割合を認証するための評価方法を開発し、国際標準規格策定に向けた提案を行う。さらに、バイオエタノール等の再生可能資源由来物質を原料として低級炭化水素や芳香族等を生産するバイオリアファイナリーについて、要素技術及びプロセス技術を開発する。《平成22年度計画》
- ・微生物の育種及び培養技術による、機能性バイオ素材の効率的な生産系の開発を進めるとともに、機能性化学品への用途開拓を行い、特にグリセリン誘導体の製造開発では、副生物の少ない新規微生物触媒の探索及び育種を行う。また、低濃度ブタノールを高度に濃縮できる膜の開発を行い、製膜条件を最適化する。
- ・非可食炭水化物系バイオマスの化学変換による高効率な機能性化学品合成を実現するために、微結晶セルロースをモデル原料として、C3及び C5カルボン酸化合

物を収率50%以上で合成することが可能な触媒系を開発する。

- ・バイオエタノールからプロピレン等のオレフィンを製造するための触媒システム及び反応システムの開発について、ベンチプロセス設計のための基礎データを取得する。また、ベンチプロセスで使用する高性能な触媒を開発するため、ZSM-5ゼオライト系触媒の改良を行う。
- ・バイオマス原料、特に農林業系廃棄物、非可食性植物原料、繊維系廃棄物等から、種々の化学反応、マイクロ波反応、光化学反応等を用いて、省エネ型プロセスで高分子材料に関連した機能性化学品の製造を検討する。また、高分子材料複合体のバイオマス由来度の測定方法について検討する。

3-(1)-② 微生物資源や有用遺伝子の探索と機能解明（I-5-(3)-①を再掲）

【中期計画（参考）】

- ・未知微生物等の遺伝資源や環境ゲノム情報、機能の高度な解析により、バイオ変換において従来にない特徴を有する有用な酵素遺伝子を10種以上取得する等、酵素、微生物を用いた実用的な高効率変換基盤技術を開発する。《平成22年度計画》
 - ・リグノセルロース系バイオマスの高度利用、ファインケミカルズの合成に資する酵素の取得を目指し、高感度なスクリーニング技術を開発するとともに、未知微生物・環境ゲノムを主対象としてスクリーニングする。
 - ・酵母による機能性脂質生産系において、脂質合成酵素 DGAT の活性制御など脂質生産性の向上や代謝に関わる因子の開発を行うとともに、バイオマス由来の油脂からの高付加価値化合物生産系を酵母に構築するために、高度不飽和脂肪酸生産に関わる因子の開発を行う。また、バイオマスから得られる物質の有効活用を推進するために、生分解性を有する新規機能性高分子の合成について検討する。
 - ・非可食バイオマスをバイオ燃料に変換するバイオプロセスに利用可能な有用微生物や酵素を取得するため、セルロース分解に利用するセルラーゼや分解促進因子の探索を開始する。
 - ・大規模メタゲノム配列データから酵素を中核とした高機能遺伝子の推定を行う研究を推進する。具体的にはマリンメタゲノム、土壌メタゲノムなど豊富な天然資源ゲノム配列からデータの特性に合わせた自動配列解析パイプラインの構築を開始する。
 - ・麹菌2次代謝関連遺伝子の網羅的予測と発現情報解析から、予測2次代謝遺伝子の機能解析のための基盤技術を開発する。
- 1) 麹菌ゲノムから2次代謝関連遺伝子を網羅的に予測する。

2) 予測遺伝子の発現情報解析を行い、遺伝子制御ネットワークを推定する。

・極限環境微生物より産業上有用な機能探索を行う。

1) 極地産菌類より凍結耐性の高い、あるいは凍結状態で増殖可能な菌類の探索を行い、その生理的機構を明らかにする。

2) 南極産菌類の低温増殖性を利用した廃水処理を検証する。

3) 耐塩性酵素の立体構造を明らかにし、その構造ホモログで食塩感受性酵素のものと比較することで、酵素の耐塩性付与技術を検討する。

・共生微生物のゲノム情報に基づいて、害虫化、植物適応などの生物機能を担う分子基盤を解明する。

3-(1)-③ 生体高分子や生体システムの高機能化によるバイオプロセスの高度化 (I-5-(3)-②を再掲)

【中期計画 (参考)】

・バイオプロセスに有用な生体高分子の高機能化を行うとともに、生物情報解析技術や培養、代謝工学を利用して、機能性タンパク質、化学原料物質としての低分子化合物等を、従来よりも高品質で効率よく生産するプロセス技術を開発する。

《平成22年度計画》

・遺伝子工学技術を活用し、宿主となる酵母のバイオプロセスの改変を行なうと共に、糖ヌクレオチドや有用糖タンパク質の大量発現技術を開発し、医療用生物製剤の原料となる物質の生産を安価で高効率に行なう生産技術を開発する。

・真菌などが生産する生理活性物質など有用代謝物質の生産に関連する遺伝子および代謝パスウェイを同定し、応用する方法の開発を開始する。有用物質のスクリーニング、代謝化合物の同定を行うとともに、有用物質の生産と相関して制御される遺伝子群の発現情報から、ゲノム科学により、生産に関連する酵素、輸送体、転写因子などの遺伝子の同定を目指す。

・高温下でバイオマスを糖化することを目的に、従来の酵素に比べ、2倍程度の分解活性を持つ耐熱性糖質分解酵素創製に資する方法論、および、完全糖化のための基盤技術の開発を行う。

・木質系バイオマスの水熱反応において、完全可溶化と特定成分の選択的抽出条件を検索する。完全可溶化に関しては、固体残渣収率と線速度との関係を明らかにする。抽出条件設定では、最適温度プロファイル (昇温速度および保持温度) の探索を行う。

・希少性の高い細胞を高品質保存する為の研究を行う。具体的には細胞保護効果の高い複数のペプチドをグラムオーダーで大量生産し高級家畜受精卵などの細胞に対する保護効果を解析する。

・相補的な2本鎖 DNA 間を架橋する新規な低分子化合物を開発し、高温下においても2本鎖構造を保持する

DNA 分子を構築する。この DNA の架橋化反応によって、酵素の基板への固定化や新規な導電性材料としての DNA の可能性を調べる。

・アンチセンス RNA を含む遺伝子工学的手法を用いて代謝経路改変を施した高機能化微生物を創出し、有機酸や中鎖アルコール類の発酵生産に必要な基盤情報の取得を行う。またロドコッカス属放線菌より同定された抗菌物質についてその生合成経路の解析と組換え微生物による生産系構築を検討する。

・酵母低温発現系を用いた分泌タンパク質発現系の高度化を目指し、分泌タンパク質生産向上に必要な因子・条件の探索を行う。

・開発したペプチド合成仕様マイクロ波利用合成装置を利用して、ペプチドの化学合成、薬剤のプロセス合成、創薬シーズライブラリの効率合成研究をすすめる。また、糖関連研究として、マイクロ波を利用した糖鎖含有創薬シーズライブラリの調製研究や、糖転移酵素を利用したシアル酸やフコースといった機能性単糖を複数保持した多機能糖鎖の効率合成研究をすすめる。合成した化合物群はその活性試験をおこない、機能探索をすすめる。

3-(1)-④ バイオマスからの液体燃料製造及び利用技術の開発 (I-1-(2)-①を再掲)

【中期計画 (参考)】

・バイオ燃料製造技術の早期実用化を目指して、高効率バイオ変換 (酵素糖化、発酵) 技術、熱化学変換 (ガス化、触媒合成) 技術、及びトータルバイオマス利用評価技術を開発する。特に、エネルギー収支2.0 (産出エネルギー/投入エネルギー) 以上の高効率バイオ燃料製造プロセスの基盤技術を開発する。

油脂系バイオマスの化学変換 (触媒存在下の熱分解や水素化処理、及びそれらの組み合わせ処理) により、低酸素の自動車用炭化水素系燃料 (重量比酸素分0.1%未満) を製造する第2世代バイオ燃料製造技術を開発する。また、東アジアサミット推奨及び世界燃料憲章提案の脂肪酸メチルエステル型バイオディーゼル燃料 (BDF) 品質を満たすために、第1世代 BDF の高品質化技術 (酸化安定性10h 以上) 等を開発する。同時に、市場導入に必要な燃料品質等の国内外の標準化を行う。

《平成22年度計画》

・木質バイオマス等の低エネルギー非硫酸処理・酵素糖化・エタノール発酵の一貫プロセス、及びガス化・ガスクリーニング・FT 触媒合成による BTL トータルプロセスのエネルギー効率システム評価によりエネルギー収支1.5以上の高効率バイオ燃料製造プロセスを明示する。

・油脂系バイオマスから熱分解油を製造するための触媒の探索を行うと共に、熱分解生成油の酸素分低減 (酸

素分<1%)等のアップグレーディング用 Mo 系触媒技術の開発を行う。また、第1世代の脂肪酸メチルエステル型 BDF を高品質化するため、BDF の部分水素化処理技術を構築すると共に、金属残留量低減用吸着剤の探索を行う。

- ・市場導入に必要な燃料品質等の国内外の標準化を推進する。平成22年度においては以下を実施する。
- 1) 東アジア地域における良質なバイオディーゼル燃料の流通を目指し、実市場での燃料品質管理方法の検討と Biodiesel Fuel Trade Handbook の発刊を行うとともに、当該諸国技術者の受入を継続しバイオ燃料の品質評価に従事可能な技術者を育成する。
- 2) ガソリン混合用エタノールの JIS 規格案の作成に資する品質計測方法の提案および ISO/TC28/SC7等への議論に必要な試験データを提供する。

3-(2) 化石資源の開発技術と高度利用技術

【中期計画（参考）】

天然ガスや石炭等の化石資源の確保と高度な転換、利用に資する技術の開発を行う。具体的には、将来の天然ガス資源として期待されているメタンハイドレートから天然ガスを効率的に生産するため、分解採取手法の高度化等の技術開発を行う。また、引き続き世界の主力エネルギー源の一つである石炭の有効利用のため、次世代石炭ガス化プロセス等にかかわる基盤技術の開発を行う。

3-(2)-① メタンハイドレートからの天然ガス生産技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・我が国周辺海域等に賦存し、将来の天然ガス資源として期待されているメタンハイドレートから安定かつ大量に天然ガスを生産する分解採取手法を開発する。このため、分解採取手法の高度化、想定される生産障害の評価、メタンハイドレート貯留層モデルの構築、生産時の地層挙動の評価及び生産挙動を予測するシミュレータ等を開発する。メタンハイドレート貯留層特性に応じた天然ガス生産手法を最適化するため、室内産出試験設備等によりフィールドへの適用性を評価する。《平成22年度計画》
- ・貯留層特性に応じて生産量を最大化させる生産手法・生産条件を評価する。
- 1) 坑底圧を3MPa 以下とする強減圧生産法について生産量を最大化する減圧度と貯留層特性の関係を導出する。
- 2) 通電加熱法のフィールド適用性と回収率を解析する。
- 3) サイクリック減圧法の長期的な生産性を解析し、その回収率に対する効果を評価する。
- ・生産過程における流動障害について実験的に解析し、評価する。
- 1) 生産時の細粒砂移流による流動障害についてモデル

式を開発する。

- 2) 坑井内でメタンハイドレートが再生成し流動障害を起こす要因を解析し、評価する。
- 3) 坑井内における気固液三相流動解析技術を開発する。
- 4) 圧密による流動障害について、貯留層の砂粒径の影響を評価する。
- ・海域のメタンハイドレート貯留層モデルを構築する。
- 1) 断層の浸透性、力学特性について実験的に解析し、評価する。
- 2) 基礎試錐コア試験結果を用いて、CMR 検層解析式を改良する。
- 3) 生産時の貯留層の相対浸透率について実験的な解析と評価を行う。
- 4) 生産時の貯留層の熱伝導率について実験的な解析と評価を行う。
- ・フィールドにおける生産性・生産挙動と地層変形を評価可能なシミュレーション技術を開発する。
- 1) 解析精度を大きく損なわずにフィールドスケールの生産性を解析するアップスケーリング手法を開発する。
- 2) 坑井と地層境界の接触面強度と坑井への応力の関係を解析し、安定な生産のための坑井仕上げ条件を整理する。
- 3) 生産時の坑井にかかる応力に関して実験的に検証し、地層変形シミュレータの精度を向上させる。

3-(2)-② 次世代ガス化プロセスの基盤技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・高効率な石炭低温水蒸気ガス化方式により、ガス化温度900℃以下でも、冷ガス効率80%以上を可能とする低温ガス化装置を開発する。さらに、低温ガス化プロセスを利用し、無灰炭や低灰分炭の特性を生かし、 H_2/CO 比を1~3の範囲で任意に調整し化学原料等に用いる技術を開発する。また、石炭利用プロセスにおける石炭中の有害微量元素類の挙動を調べるための分析手法を開発し、標準化手法を提案する。《平成22年度計画》
- ・連続式触媒ガス化装置を用いた無灰炭のガス化反応が、効率的に進行するためのガス化炉を設計する。ガス化炉を用いたコールドモデルでの流動試験を実施し、効率的に流動が起こるガス化炉に改良する。
- ・ダウン形式を模した迅速熱分解炉を併設した2塔循環連続石炭ガス化装置により、石炭の連続ガス化を行う。熱分解炉を併設しない従来型のガス化装置での実験結果と比較し、熱分解とガス化を分離することにより、熱分解生成物である水素およびタールのチャーガス化への阻害作用低減効果を定量的に明らかにする。また、最適な熱分解条件を明らかにする。大型コールドモデルにより粒子循環量 $350kg/m^2s$ を達成できる粒子循環機構を開発する。また、ダウンに設置する熱分解炉入り口の粒子分散器での粒子分散が最大とな

る形状を明らかにする。

3-(3) 資源の有効利用技術及び代替技術

【中期計画（参考）】

偏在性による供給不安定性が懸念されているレアメタル等を有効利用するための技術及び資源の省使用、代替材料技術の開発を行う。具体的には、レアメタル等の資源確保と同時に有害金属類のリスク管理に資するため、ライフサイクルを考慮した物質循環フローモデルを構築する。また、廃棄物及び未利用資源からレアメタル等を効率的に分別、回収する技術の開発を行う。省使用化、代替材料技術として、タングステン使用量を30%低減する硬質材料製造技術の開発を行う。また、レアメタル等の鉱床探査とリモートセンシング技術を用いた資源ポテンシャル評価を行う。

3-(3)-① マテリアルフロー解析

【中期計画（参考）】

- 有害金属類のリスク管理やレアメタル等の資源確保に係る政策に資するため、国内外での生産や廃棄、リサイクルを含む、ライフサイクルを考慮した物質循環フローモデルを開発する。具体的には、有害性と資源性を持つ代表的な物質である鉛を対象に、アジア地域を対象としてフローモデルを開発する。次に、鉛において開発した手法やモデルを基礎として、他のレアメタル等へ展開する。

《平成22年度計画》

- 東アジア諸国を対象とした鉛製品の移動と排出量を推計し、欧米等の既存推計結果も利用して、海外における鉛移動量・排出量を把握する。また、これまで実施した日本国内での事業所および周辺環境の観測調査の結果を解析して、鉛のバックグラウンドの環境中への影響を評価する。さらに、海外調査で得た情報を考慮して、多国間の応用一般均衡モデルを構築し、政策シナリオごとに物質フローのシミュレーションを実施する。

3-(3)-② レアメタル等金属や化成品の有効利用、リサイクル、代替技術の開発

【中期計画（参考）】

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

先端産業に不可欠なレアメタル等の省使用化、代替技術を開発する。具体的には、界面制御や相制御により、レアメタル国家備蓄9鉱種の1つであるタングステン使

用量を30%低減する硬質材料の製造技術、ディーゼル自動車排ガス浄化用触媒の白金使用量削減技術や重希土類を含まない磁性材料の製造技術等を開発する。

《平成22年度計画》

- 蛍光灯から希土類粉体を回収するためのシステムを提案するとともに、希少金属を含む小型電子機器の本体や基板等の部品類をセンシング選別するためのデータベースを開発する。また、回収金属の高付加価値化技術として、合成した合金粉の組成と、代表的な元素の粒径等制御因子を調べる。
- 焙焼-浸出-溶媒抽出による希土類磁石からの希土類の選択分離法を開発する。また白金族金属の分離に関して、協同抽出系を利用して抽出速度及び抽出率向上を図る。さらに溶融塩を用いた新しい希土類金属分離プロセスについて、分離効率を定量的に評価できる実験条件を確立する。
- リサイクルにおけるプラスチックの利用率を向上させる精密反応技術を開発するため、エポキシ樹脂の水蒸気ガス化やポリエチレンの熱分解ガス化反応に対する共存物質の影響を検討する。
- タングステン使用量を低減するため、新規な硬質材料の設計技術および成形技術、異材接合技術を開発する。白金使用量低減に向けて、酸化触媒性能への添加物、担体構造の影響およびスス燃焼時の触媒作用機構を解明するとともに、白金族分散技術を開発する。また、重希土を含まない Sm 系磁性材料の高密度成形技術を開発する。さらにコモンメタルを活用してコバルトやニッケルの機能を代替した熱電材料、発熱材料、硬質材料を開発する。

3-(3)-③ レアメタル等の鉱床探査と資源ポテンシャル評価（別表2-2-(2)-①を一部再掲）

【中期計画（参考）】

- 微小領域分析や同位体分析等の手法を用いた鉱物資源の成因や探査法に関する研究、リモートセンシング技術等を用いて、レアメタル等の鉱床の資源ポテンシャル評価を南アフリカ、アジア等で実施し、具体的開発に連結しうる鉱床を各地域から抽出する。

海洋底資源の調査研究については、海洋基本計画に則り、探査法開発、海底鉱物資源の分布や成因に関する調査研究を実施するほか、海洋域における我が国の権益を確保するため、大陸棚画定に係る国連審査を科学的データの補充等によりフォローアップする。

《平成22年度計画》

- レアメタル等鉱物資源ポテンシャル評価のための研究を行う。
- 1) 南部アフリカ、南米、中央アジア、東南アジア等で希土類元素やリチウムを中心としたレアメタル鉱床の資源ポテンシャル評価を実施するとともに、衛星画像と地表踏査結果の対比によるデータの検証作業を行う。

さらに、希土類鉱床開発に向けた希土類元素の存在形態、希土類鉱物の産状に関する調査、研究を実施する。

- 2) 選鉱残渣からのレアメタル抽出技術確立のために、選鉱残渣の鉱物学的評価を複数の鉱床で実施する。
 - 3) 国際会議等によりレアメタルの資源開発動向を把握し、今後供給が不安定化する可能性のあるレアメタルの抽出、資源の安定供給確保のための方策を検討する。
 - 4) 産総研レアメタルタスクフォースの活動の一環として、展示会、講演会などを分担する。
- ・南アフリカ等におけるプラチナ含有鉱石の高感度微小領域分析法を開発する。また、同位体分析等に基づき国内の金鉱床生成モデルを提出し、インジウム含有鉱物について、赤外線顕微鏡観察や流体包有物実験等に基づきレアメタル濃集モデルを提出する。一方、海洋底資源の調査研究での活用を目指し、高分解能型マルチコレクターICP-MSによる同位体比分析法を開発する。また、大陸棚画定に係る国連審査のフォローアップのため、審査対応部会での任務を遂行するとともに必要に応じて科学的データの補充等を行う。

4. グリーン・イノベーションの核となる材料、デバイスの開発

【中期計画（参考）】

部材、部品の軽量化や低消費電力化等による着実な省エネルギー化とともに次世代のグリーン・イノベーションを目的として、従来にない機能や特徴を持つ革新的材料及びデバイスの開発を行う。具体的には、ナノレベルで機能発現する新規材料や多機能部材の開発を行う。また、部品、部材の軽量化や新機能の創出が期待される炭素系新材料の産業化を目指した量産化技術の開発と応用を行う。さらに、ナノテクノロジーを駆使して、電子デバイスの高機能化・高付加価値化技術の開発を行う。ナノエレクトロニクス等の材料及びデバイス研究開発に必要な最先端機器共有施設を整備し、効率的、効果的なオープンイノベーションプラットフォームとして活用する。

4-(1) ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材 (Ⅲ-2-(1)へ再掲)

【中期計画（参考）】

省エネルギーやグリーン・イノベーションに貢献する材料開発を通じてナノテクノロジー産業を強化するために、ナノレベルで機能発現する新規材料及び多機能部材の開発、ソフトマテリアルのナノ空間と表面の機能合成技術や自己組織化技術を基にした省エネルギー型機能性部材の開発を行う。また、新規無機材料や、有機・無機材料のハイブリッド化等によってもたらされるナノ材料の開発を行う。さらに、革新的な光、電子デバイスを実現するナノ構造を開発するとともにこれらの開発を支援する高予測性シミュレーション技術の開発を行う。

4-(1)-① ソフトマテリアルを基にした省エネルギー型機能性部材の開発

【中期計画（参考）】

- ・調光部材、情報機能部材、エネルギー変換部材等の省エネルギー型機能性部材への応用を目指して、光応答性分子、超分子、液晶、高分子、ゲル、コロイド等のソフトマテリアルのナノ空間と表面の機能合成技術、及びナノメートルからミリメートルに至る階層を越えた自己組織化技術を統合的に開発する。

《平成22年度計画》

- ・液晶系デバイスの開発：動的制御を主眼に新たな液晶ベースの有機半導体の開発および赤外光照射場における良好なスループットを確保した配向ドメイン作製手法の開発等に取り組む。
- ・スマート分子システムの開発：光刺激による繰り返し脱着を可能とする再生可能 CNT 分散剤の開発や、刺激応答性共役高分子を利用した省エネ調光部材の開発とスマート分子システムの基礎物性の解明を行う。
- ・バイオミメティックヘテロ接合の開発：新規ナノゲルの開発に取り組むとともに、ゲル内におけるバイオミネラリゼーションのメカニズムの解明、ソフトマテリアル/液体界面近傍における界面電気2重層分極現象の解明等を行う。
- ・機能界面設計技術の開発：二色 SFG を用いた高分子系 EL における電極/高分子界面の計測と界面挿入層の効果の検証、表面や界面に拘束された高分子鎖の三次元構造解明技術の開発、新規センシングシステムの開発等を行う。
- ・統合プラットフォームの開発：液晶溶媒を用いた溶液プロセスによる分子配向制御技術のポテンシャルを検討し、塗布プロセス応用への可能性を探る。ソフトマテリアルの非平衡挙動、自己組織化による構造形成と階層形成に関する理解を理論・シミュレーションにより深め、新規プロセス・デバイス応用への理論的なプラットフォームの構築に資する。

4-(1)-② 高付加価値ナノ粒子製造とその応用技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・ナノ粒子の製造技術や機能及び構造計測技術の高度化を図ることにより、省エネルギー電気化学応答性部材、高性能プリンタブルデバイスインク、低環境負荷表面コーティング部材、高性能ナノコンポジット部材等の高付加価値ナノ粒子応用部材を開発する。

《平成22年度計画》

- ・調光ガラス等のエレクトロクロミック素子の対極として利用される、酸化・還元での色変化が少ない、プリンタブルな電気化学応答性ナノ粒子を開発する。
- ・低環境負荷プロセスによって合成した機能性ナノ粒子のコーティング化を図り、高感度な光触媒や太陽光発

電素子等の応用部材を開発する。

- ・新規概念に基づく高導電性ポリマーナノコンポジットを開発する。

4-(1)-③ 無機・有機ナノ材料の適材配置による多機能部材の開発

【中期計画（参考）】

- ・セラミックス、金属、ポリマー、シリコン等の異種材料の接合及び融合化と適材配置により、従来比で無機粉末量1/2、熱伝導率同等以上、耐劣化性付与の無機複合プラスチック部材、ハイブリッドセンサ部材、数ppmの検知下限で水素、メタン、一酸化炭素等をガスクロマトグラフなしで一度に計測可能なマルチセンサ部材等の多機能部材を開発する。このために必要な製造基盤技術として、ナノ構造を変えることなくナノからマクロにつなぐ異種材料のマルチスケール接合及び融合化技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・低無機粉末量の高熱伝導性複合プラスチック部材の開発に必要な構造制御技術の検討、及びマルチセンサ部材の開発に不可欠な高温駆動アレイ型デバイスを作製し、水素、メタン、一酸化炭素の検知を確認する。また、ナノ構造を変えることなくナノからマクロにつなぐ異種材料のマルチスケール接合・融合化技術の確立を目指し、基本プロセスに必要な技術の抽出を行う。具体的には、熱、光、超音波、マイクロ波などの外部場によるナノレベルでの異種材料間の架橋反応、該当反応を促進する官能基種の検討、材料の表面改質の検討など接合プロセスに必要な要素技術を明確化し、融合化のための検討を開始する。

4-(1)-④ ナノ構造を利用した革新的デバイス材料の開発

【中期計画（参考）】

- ・ナノギャップ電極間で生じる不揮発性メモリ動作を基に、ナノギャップ構造の最適化と高密度化により、既存の不揮発性メモリを凌駕する性能（速度、集積度）を実証する。また、ナノ構造に起因するエバネッセント光-伝搬光変換技術を基に、ナノ構造の最適化により、超高効率な赤色及び黄色発光ダイオード（光取り出し効率80%以上）を開発する。

《平成22年度計画》

- ・ナノギャップ電極によるメモリー動作に関して、動作時の挙動を高速（サブGHz台）で測定することにより最適な駆動条件を探索する。発光ダイオード開発では、エバネッセント光の干渉に必要なAlGaInP系リッジ構造の作製技術を確立し、顕微測定を含むフォトルミネセンスなどの光学的手法を用いて、エバネッセント光の干渉現象の実証を行う。また、さらに微小な領域の評価のために走査型近接場光学顕微鏡を開発し、

サブミクロンレベルの空間分解性能検証を行うとともに、微弱光高精度測定に向けて、カーボンナノチューブを利用した高感度光センサの開発を進め、波長・温度等に対する特性評価を行う。

4-(1)-⑤ 材料、デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・ナノスケールの現象を解明、利用することにより、新材料及び新デバイスの創製、新プロセス探索等に貢献するシミュレーション技術を開発する。このために、大規模化、高速化のみならず、電子状態、非平衡過程、自由エネルギー計算等における高精度化を達成して、シミュレーションによる予測性を高める。

《平成22年度計画》

- ・有機物・シリコン・機能性酸化物材料などを用いた新規デバイス開発を支援するために、接合界面やナノワイヤーなどの電子状態、伝導特性、誘電特性などのシミュレーション研究を行うと同時に、それらの研究に必要な第一原理シミュレーション・ソフトウェアの整備をさらに進める。本年度はこれらの研究の内、特に有機強誘電体の研究については、磁性と自発分極の関係を明らかにする。
- ・燃料電池の実用化・リチウムイオン2次電池の高容量化に向けて、金属・半導体・酸化物/溶媒界面の電気化学反応、高分子電解質膜内のプロトン伝導、などの解析を行う。同時に水素貯蔵材料のシミュレーション研究を行い、吸蔵特性を解析する。本年度はこれらの研究の内、特にリチウムイオン2次電池における負極と有機溶媒界面におけるリチウムイオンの挙動等を明らかにする。
- ・生体・分子機能の解析と予測のため、分子間相互作用の精密計算とそれに基づくモデリング技術の高度化、また自由エネルギー計算の高精度化を行い、生体・化学反応機構の解析、分子認識機構の解析、脂質膜の安定性解析などに適用する。本年度はこれらの研究の内、特に脂質膜の研究については、DDS（薬剤配送システム）キャリアとして有力なリポソームの安定性に対する脂質組成の影響を解明する。
- ・エレクトロニクス、エネルギー、バイオの3分野の研究を支えるシミュレーション基盤を多機能化する為に、シミュレーション基礎理論開発研究と大規模電子状態理論・プログラム開発研究（FEMTECK、FMO）を行う。本年度はこれらの研究の内、非弾性伝導理論と大規模電子状態計算の融合化実装研究を中心とした研究活動を行い、非弾性散乱計算の現実系への適用の道を開く。
- ・ナノ構造・界面に関するシミュレーション・理論解析技術を向上させ、高効率な光・電子デバイスを実現するための機能設計と特性解析を行う。また、プロセス

側からの材料設計を目指し、半導体リソグラフィプロセスにおける高分子薄膜プロセスシミュレーションモデルの開発を進め、各プロセスにおけるレジストポリマー材料の解析を行う。

4-(2) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用 (Ⅲ-2-(2)へ再掲)

【中期計画(参考)】

部材、部品の軽量化や低消費電力デバイス等への応用が可能なナノチューブや炭素系材料の開発を行うとともに、これらの材料を産業に結びつけるために必要な技術の開発を行う。具体的には、カーボンナノチューブ(CNT)の用途開発と大量合成及び精製技術の開発を行う。また、グラフェンを用いたデバイスの実現を目指して、高品質グラフェンの大量合成法の開発を行う。有機ナノチューブの合成法高度化と用途開発を行う。パワーデバイスへの応用を目指して大型かつ単結晶のダイヤモンドウェハ合成技術の開発を行う。

4-(2)-① ナノチューブ系材料の創製とその実用化及び産業化技術の開発

【中期計画(参考)】

- ・カーボンナノチューブ(CNT)の特性を活かした用途開発を行うとともに産業応用を実現する上で重要な低コスト大量生産技術(600g/日)や分離精製技術(金属型、半導体型ともに、分離純度:95%以上;収率:80%以上)等を開発し、キャパシタ、炭素繊維、透明導電膜、太陽電池、薄膜トランジスタ等へ応用する。また、ポストシリコンとして有望なグラフェンを用いたデバイスを目指して、高品質グラフェンの大量合成技術を開発する。さらに、有機ナノチューブ等の合成法の高度化と用途開発を行う。

《平成22年度計画》

- ・スーパーグロース法に基づく、パイロットプラントの設置・立ち上げを行う。合成技術の高度制御を目指し、配向性の制御技術、高品質CNT合成技術を開発する。また、スーパーグロースCNTを用いた、高性能キャパシタ、伸縮性センサー、ゴム状部材等の用途開発を推進する。また、SWCNTの電子デバイス実用化を実現するために、デバイス特性を向上させる精密構造制御技術や印刷プロセス技術、金属半導体分離技術等の研究開発を行う。成膜や紡糸など革新的SWCNT材料加工プロセス確立を目指して直接SWCNT加工装置を開発する。ISOにおけるSWCNT評価技術の国際標準化に貢献する。
- ・様々な種類の機能性分子からなる1次元ナノ構造体をカーボンナノチューブ内部に構築し、分光法などによる基礎物性解明をおこなう。また、それらのバイオ、エレクトロニクス応用研究をおこなう。バイオ応用では、内包物質をマーカーとして用いて、カーボンナノ

チューブの生体内での挙動を明らかにする。また、有機ナノチューブ材料をはじめとする分子組織化材料である安心・安全なボトムアップ型有機ナノ材料の実用化を目標に、合成法の高度化を実施し、異分野との融合を図りつつ、積極的に産学官連携を推進することで用途開発を行う。

- ・熱CVDおよびマイクロ波プラズマCVDによるグラフェンの合成技術の開発を行う。熱CVDは1cm角の大面积単層グラフェン膜の形成を目標とする。またマイクロ波プラズマCVDでは大面积グラフェン透明導電膜形成を目標とする。
- ・単層CNTを金属型と半導体型に高純度かつ大量に分離する技術の確立に向けて、基盤技術開発を行う。ゲルカラムを用いた分離法を改善し、半導体純度95%以上、金属純度90%以上を様々な合成法のCNTに対して達成する分離条件を確立する。また、分離の前処理としてのCNTの孤立分散処理において、CNTへの欠陥導入を低減させる分散処理法を開発し、ラマン散乱スペクトルで、G/D比が140以上でかつ良好に孤立分散しているCNT分散液を実現する。さらに、これらの技術を融合し、欠陥導入を低く抑えた状態で、CNTの金属・半導体分離を高純度で実現する。こうして得られた低欠陥半導体型CNTを用いて、薄膜トランジスタを試作し、性能試験を行う。

4-(2)-② 単結晶ダイヤモンドの合成及び応用技術の開発

【中期計画(参考)】

- ・次世代パワーデバイス用ウェハ等への応用を目指して、単結晶ダイヤモンドの成長技術及び結晶欠陥評価等の技術を利用した低欠陥2インチ接合ウェハ製造技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・CVD単結晶ダイヤモンドの成長・加工条件の精査を行うとともに、接合前の単結晶片の精密オフ角制御など接合技術の向上によって、接合部におけるキラ欠陥を低減し、1個/cm²以下を目指す。

4-(3) ナノエレクトロニクスのオープンイノベーションの推進(Ⅲ-1-(3)へ再掲)

【中期計画(参考)】

次世代産業の源泉であるナノエレクトロニクス技術による高付加価値デバイスの効率的、効果的な技術開発のために、つくばナノエレクトロニクス拠点を利用したオープンイノベーションを推進する。つくばナノエレクトロニクス拠点において、高性能、高機能なナノスケールの電子、光デバイスの開発を行うとともに、最先端機器共用施設として外部からの利用制度を整備することにより、産学官連携の共通プラットフォームとしての活用を行う。

4-(3)-① ナノスケールロジック・メモリデバイスの研究開発

【中期計画（参考）】

- ・極微細 CMOS の電流駆動力向上やメモリの高速低電圧化、集積可能性検証を対象に、構造、材料、プロセス技術及び関連計測技術を体系的に開発する。これによって、産業界との連携を促進し、既存技術の様々な基本的限界を打破できる新技術を5つ以上、創出する。《平成22年度計画》
- ・CMOS 極微細化による電流駆動力向上に向けて、極微細であっても高い電流制御性を有するナノワイヤ型トランジスタの開発を行う。特に、ショットキー障壁型メタルソースドレイン、メタルゲート電極、高誘電率ゲート絶縁膜の開発を進め、これらの新材料を取り入れたナノワイヤトランジスタの動作を実証する。
- ・極微細トランジスタの高性能化に必要な、立体ゲート電極プロセスを開発する。具体的には、CVD、ALD などの高被覆堆積手法を用い、ゲート配線の抵抗を従来のスパッタなどを用いた場合の1/2以下に低減できるゲート電極プロセスを構築し、デバイス作製に適用する。
- ・ナノスケールロジックデバイスの電流駆動力向上のために、高キャリア移動度を持つ III-V 族半導体チャネルについて、MOS 界面高品質化と EOT スケーリングを同時に可能にする材料・プロセス技術を開発する。さらに、上記の技術を Si プラットフォームへ統合して MOSFET の電子移動度を向上させるための指針を、明らかにする。
- ・不揮発性ロジック及びメモリの集積可能性検証を目的として、機能性酸化物を用いた不揮発性抵抗変化メモリの信頼性評価を、200ミリウェーハレベルで行う技術を開発する。また、不揮発性抵抗スイッチ効果を示す機能性酸化物薄膜を、300ミリウェーハ量産に適した手法により形成するプロセス設計を行う。

4-(3)-② ナノフォトニクスデバイスの研究開発

【中期計画（参考）】

- ・LSI チップ間光インターコネクションにおいて 10Tbps/cm^2 以上の情報伝送密度を実現するために、半導体ナノ構造作成技術を用いて、微小光デバイス、光集積回路及び光、電子集積技術を開発する。また、3次元光回路を実現するために、多層光配線、電子回路との集積が可能なパッシブ及びアクティブ光デバイス、それらの実装技術を開発する。《平成22年度計画》
- ・半導体ナノ構造作製技術を用いて、以下の技術を開発する。
 - 1) 化合物半導体フォトニック結晶微小光源・Si 細線導波路結合構造に関して、Q 値5000、光取り出し効率50%を目指した構造設計を実施する。熱光学効果フ

ォトニック結晶スイッチを SOI シリコン光回路上で実現する。また、キャリア制御型光変調器のためのシリコン細線プロセス技術を開発する。

- 2) 微小発光デバイスを実現するために、 $125\mu\text{m}^2$ の素子サイズの微小光閉じ込め構造を実現し、さらに低消費電力動作を実現するため微小電流注入構造を実現し、レーザ発振を確認する。また、光集積回路の光スイッチとして重要な半導体増幅器の試作を行う。
 - ・3次元光配線可能なアモルファスシリコン光導波路およびハイブリッド光デバイスとして以下の開発を行う。
 - 1) アモルファスシリコンの蒸着・研磨・リソグラフィ技術開発、電磁界シミュレーションによる解析的検討を行い、3次元光回路を試作する。
 - 2) 有機結晶レーザー開発において、1ミクロン級のマイクロディスクなどの微小共振器と電流注入型デバイスとの両立を目指した設計・作製プロセスを開発する。

4-(3)-③ オープンイノベーションプラットフォームの構築

【中期計画（参考）】

- ・産業競争力強化と新産業技術創出に貢献するため、ナノエレクトロニクス等の研究開発に必要な最先端機器共用施設を整備し、産総研外部から利用可能な仕組みを整えるとともに、コンサルティングや人材育成等も含めた横断的かつ総合的支援制度を推進する。当該施設の運転経費に対して10%以上の民間資金等外部資金の導入を達成する。《平成22年度計画》

《平成22年度計画》

- ・産総研ナノプロセッシング施設 (AIST-NPF) を窓口とした先端機器共用イノベーションプラットフォーム (IBEC-IP) の拡充・整備を実施する。研究支援インフラを産総研内外・産学公の研究者に公開する拠点とネットワークを形成し、コンサルティングや産業科学技術人材育成等も含めた横断的かつ総合的支援制度を構築する。より具体的には、IBEC-IP 参画施設の外部利用率向上と課金制度の改訂を行う。
- ・シリコンフォトニクス研究に向けたプラットフォームの基盤技術としてシリコン導波路技術を確立する。具体的には、電子線直描技術を含めた CMOS プロセス技術を光集積回路向けに高度化し、ラフネス2nm 以下の高品位シリコン導波路形成プロセスを確立し、外部研究機関と連携したシリコンフォトニクス研究に適用する。

5. 産業の環境負荷低減技術の開発

【中期計画（参考）】

産業分野での省エネルギー、低環境負荷を実現するためには各産業の製造プロセス革新が必要である。そのため、最小の資源かつ最小のエネルギー投入で高機能材料、部材、モジュール等を製造する革新的製造技術（ミニマ

ルマニュファクチャリング)、化学品等の製造プロセスにおける製造効率の向上、環境負荷物質排出の極小化、分離プロセスの省エネルギー化を目指すグリーンサステナブルケミストリー技術の開発を行う。また従来の化学プロセスに比べ、高付加価値化合物の効率的な生産が可能なバイオプロセス活用技術、小型、高精度で省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム (Micro Electro Mechanical Systems : MEMS) の開発を行う。さらに、様々な産業活動に伴い発生した環境負荷物質の低減及び修復に関する技術の開発を行う。

5-(1) 製造技術の低コスト化、高効率化、低環境負荷の推進

【中期計画 (参考)】

製造プロセスの省エネルギー、低環境負荷に貢献する革新的製造技術であるミニマルマニュファクチャリングの開発を行う。具体的には、多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術、セラミック部材と表面加工技術を用いた省エネルギー製造技術及び希少資源の使用量を少なくしたエネルギー部材とモジュールの製造技術の開発を行う。また、高効率オンデマンド技術の一つとして、炭素繊維等の難加工材料の加工が可能となるレーザー加工技術の開発を行う。さらに、機械やシステムの製品設計及び概念設計支援技術の開発を行うとともに、ものづくり現場の技能の可視化等による付加価値の高い製造技術の開発を行う。

5-(1)-① 多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発

【中期計画 (参考)】

- ・デバイス製造に要する資源及びエネルギー消費量を30%削減するために、必要な時に必要な量だけの生産が可能で、かつ多品種変量生産に対応できる製造基盤技術を開発する。また、ナノ材料を超微粒子化、溶液化し、それらを迅速に直接パターンニングするオンデマンド製造技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・高速オンデマンド微細パターン形成技術では、将来の大面積化への対応を念頭に、そのコア技術となるレーザー援用 IJ、AD 法、光 MOD などのソース原料 (ナノインク、ナノ粒子) 及び装置要素技術の開発を行う。また、環境対応部材のオンデマンド成形技術では、成形に適した素材の開発を行う。さらに、次世代オンデマンドマイクロファクトリ技術では、リペア部品のオンデマンド製造に必要なマイクロファクトリ要素技術 (3D 形状計測、機械加工、成形加工、コーティング) を開発する。
- ・省資源・省エネルギーの高効率溶液合成塗布プロセスに着目し、難溶解材料の溶解や超微粒子等のその場生成により、非平衡・準安定状態のまま材料をダイレク

トにパターンニングする究極的なオンデマンド製造技術の基盤構築を目指す。

- ・多品種変量生産に対応するミニマルファブに関する研究開発を行う。具体的には、ハーフィンチウエハ対応で、外径30cm 規格のミニマルウエハ洗浄装置、ミニマル露光装置およびミニマル搬送システムの開発を行う。また、ミニマルファブの具体的な仕様の策定を行う。

5-(1)-② 高性能セラミック部材と表面加工技術を用いた省エネルギー製造技術の開発

【中期計画 (参考)】

- ・製造産業における生産からリサイクルに至るプロセス全体の省エネルギー化を図るために、断熱性等の機能を2倍以上とした革新的セラミック部材等の製造技術、及び機器及びシステムの摩擦損失を20%以上低減させる表面加工技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・中空ユニットを基本とした断熱構造の構築に向けて、伝熱を抑制する壁面形態や蓄熱機能の研究、並びに断熱多孔体製造プロセスの開発を行う。また、摩擦低減に向けて、成膜方法、およびナノストライプを構成する材料の組合せと幾何形状、添加剤の作用機構について実験的検討を進める。さらに、これらの開発要素プロセスの省エネルギー性の評価を進める。

5-(1)-③ 資源生産性を考慮したエネルギー部材とモジュールの製造技術の開発

【中期計画 (参考)】

- ・固体酸化物形燃料電池や蓄電池用の高性能材料、部材及びモジュールを創製するため、希少資源の使用量を少なくし、従来に比べて1/2以下の体積や重量で同等以上の性能を実現する高度集積化製造技術や高スループット製造技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・固体酸化物形燃料電池や蓄電池部材の製造技術として、スラリー塗布技術やエアロゾルデポジション (AD) 法等を活用する構造制御や素材製造技術を検討し、部材・モジュールの製造技術での集積化が可能な、省資源かつ高性能化プロセス技術を開発する。さらに、超電導素子製造に向けた部材の配向厚膜技術や、触媒燃焼型熱電発電モジュールの素子製造プロセス開発等を進める。

5-(1)-④ レーザー加工による製造の高効率化

【中期計画 (参考)】

- ・自動車製造工程等に適用できるタクトタイム1分以内を実現する炭素繊維強化複合材料等のレーザー加工技術の開発、及び従来のフォトリソグラフィ法等の微細加工技術に比較して30%以上の省工程・省部品化

処理が可能なオンデマンド加工技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・炭素繊維強化複合材料の高品位・高速のレーザー加工技術に関して、切断・接合プロセス制御因子把握の基礎検討を行うとともに、レーザー誘起背面湿式加工法等を駆使したオンデマンド加工における省工程・省部品化処理の基礎技術開発を行う。

5-(1)-⑤ 製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・機械やシステムの基本設計に必要とされる候補材料の加工に対する信頼性、機械寿命、リサイクル性を予測するために、実際の運用を想定した評価試験と計算工学手法を融合したトータルデザイン支援技術を開発する。企業における有効事例を3業種以上構築する。

《平成22年度計画》

- ・設計上流段階での支援技術の開発に向け、ハードおよびソフトに関する課題の抽出研究を行う。難加工材の成形のための加工速度、負荷、型表面性状等の因子の変形への影響の解明に取り組みつつ、実部材で見られる複雑な欠陥の非破壊評価、および欠陥を有する部材の寿命予測のための解析に着手する。これらに関連づけて、設計上流段階で製品機能や寿命等を見通す設計支援ツール提案を行うための基盤を築く。さらに、企業ニーズの把握を進めるとともに、これらに基づいたコミュニケーション支援ソフトの作成に着手する。

5-(1)-⑥ 現場の可視化による付加価値の高い製造技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・製造プロセスの高度化及びそれを支える技能を継承するために、ものづくり現場の技能を可視化する技術、利便性の高い製造情報の共有技術、高効率かつ低環境負荷な加工技術を開発する。成果を企業に導入し、顕著な効果がある事例を50件構築する。

《平成22年度計画》

- ・企業における製造情報共有環境の整備を推進するため、製造現場のハードウェアと製造情報の連携機能を簡便に構築する技術を開発し、MZ プラットフォームの機能として実装する。また製造プロセスの高度化とそれを支える技能の継承のために、高効率・低環境負荷を目指した加工技術の基礎研究を基に加工テンプレートの機能強化と汎用化を進め、加工技術データベースと併せて企業への導入を促進する。さらにものづくり現場においてデータの収集・処理・作業への適切な提示といった一連の機能を有する製造工程の可視化装置を開発する。

5-(2) グリーンサステナブルケミストリーの推進

【中期計画（参考）】

各種産業の基幹となる高付加価値化学品等の持続的な生産、供給を実現するため、製造効率の向上、環境負荷物質排出の極小化、分離プロセスの省エネルギー化等を実現するプロセス技術の開発を行う。具体的には、精密合成技術、膜分離技術、ナノ空孔技術、マイクロリアクター技術、特異的反応場利用技術等の開発を行う。

5-(2)-① 環境負荷物質の排出を極小化する反応、プロセス技術

【中期計画（参考）】

- ・酸化技術、触媒技術、錯体・ヘテロ原子技術、ナノ空孔技術、電磁波技術等を用いることにより環境負荷物質排出を極小化し、機能性高分子材料、電子材料、医薬中間体、フッ素材料等を合成するプロセス技術を開発する。特に、反応率80%以上、選択率90%以上で目的製品を得ることができる過酸化水素酸化プロセス技術を開発する。また、触媒開発においては、触媒の使用原単位を現行製造法の20%以下にする技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・過酸化水素酸化プロセス技術開発について、多官能、高分子量等の特性を有する基質に対して、反応率70%以上、選択率80%以上で目的物が得られる触媒探索を行う。また、イリジウム原料としてハロゲン化イリジウムを使用しない有機 EL 燐光材料の新合成法など、機能性材料のクリーンな合成法を開発する。
- ・銅やニッケル触媒を開発して、アルケニルリン類や P-P 結合 P-O-P 結合を有する機能性リン類の高効率製造法を開発する。特に活性中間体の同定や機構的な解明を行う。また、立体特異的な反応を開発して、光学活性なリン類の高効率合成を目指す。さらに、リンの高分子への導入を試み、得られる機能性リン高分子材料の金属抽出能などについて検討する。電磁波技術の化学反応への利用を検討し、固体酸触媒との組み合わせで含酸素系機能性化学品の高効率製造法の開発を目指す。
- ・ナノ空孔担体への活性金属の固定化等により、電子材料等の合成における触媒の使用原単位を現行製造法の50%以下にする技術を開発するとともに、ナノ空孔反応場利用技術の体系化を進める。
- ・発泡剤及び新規冷媒化合物の評価と開発について、フッ素化合物の効率的な合成法や大気中分解生成物に関する検討を行うとともに、これらフッ素材料開発に必要な評価手法の開発や温暖化評価、燃焼性評価等を行う。

5-(2)-② 化学プロセスの省エネルギー化を可能とする分離技術

【中期計画（参考）】

- ・化学プロセスの省エネルギー化の実現に資する膜分離、吸着分離等の技術を開発する。具体的には、膜性能の向上、膜モジュール技術の開発、膜分離プロセスの設計を進めることにより、蒸留等を用いた現行プロセスの消費エネルギーを50%削減できる膜分離技術を開発する。また、ナノ多孔質材料の細孔表面の修飾や有機材料等との複合化、細孔の配向性制御、吸着特性評価等の技術を開発し、従来比25%以上の省エネルギー化が可能な産業分野用吸着分離プロセスを開発する。

《平成22年度計画》

- ・箔状金属膜からなる水素精製用積層型膜モジュールの気密性を一層向上させるために、モジュール構造を改良しその効果を実証する。また、無機薄膜の気体透過特性の評価及び解析方法を開発し、これを厚さ10マイクロメートルの箔状パラジウム膜の水素透過に適用し、その有効性を検証する。さらに、化学原料の脱水精製用途に向けた耐薬品性を有する新規分子ふるい無機膜を開発し、その膜性能の向上を図る。
- ・省エネ化を可能とする吸着剤の合成及びプロセス構築について、低温での水蒸気吸着特性評価方法及び湿度除去が可能となる吸着剤の最適構造の検討、汚泥の削減を目的とした高性能ほう素吸着剤の設計と合成、バイオマスエタノールからポリプロピレンを合成するプロセスにおける硫黄成分除去のための吸着剤の設計と合成を行う。また、吸着剤のモジュール化手法についても検討を開始する。

5-(2)-③ コンパクトな化学プロセスを実現する技術

【中期計画（参考）】

- ・高温高压エンジニアリング技術、マイクロリアクター技術、膜技術、特異的反応場利用技術等を用い、有機溶媒の使用を抑制したプロセスや、適量分散型で短時間に物質を製造できるプロセス技術を開発する。特に、機能性化学品を合成する水素化反応において、有機溶媒を用いず、従来法に比べ150%以上の反応効率を達成する。

《平成22年度計画》

- ・水を溶媒として利用する水素化反応において、香料原料等となる α -アリアルアルコールを製造する金属触媒の開発を行い、従来法に比較して110%以上の反応速度を達成する。

5-(3) バイオプロセス活用による高効率な高品質物質の生産技術

【中期計画（参考）】

微生物や酵素を利用したバイオプロセスは、化学プロセスに比べて反応の選択性が極めて高く、高付加価値化合物の効率的な生産が可能である。バイオプロセスの広範な活用とバイオものづくり研究の展開のため、微生物資源や有用遺伝子の探索と機能解明、生体高分子の高機

能化とバイオプロセスの高度化技術、設計技術及び遺伝子組換え植物の作出技術の開発と密閉式遺伝子組み換え植物生産システムの実用化を行う。

5-(3)-① 微生物資源や有用遺伝子の探索と機能解明（I-3-(1)-②へ再掲）

【中期計画（参考）】

- ・未知微生物等の遺伝資源や環境ゲノム情報、機能の高度な解析により、バイオ変換において従来にない特徴を有する有用な酵素遺伝子を10種以上取得する等、酵素、微生物を用いた実用的な高効率変換基盤技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・リグノセルロース系バイオマスの高度利用、ファインケミカルズの合成に資する酵素の取得を目指し、高感度なスクリーニング技術を開発するとともに、未知微生物・環境ゲノムを主対象としてスクリーニングする。
- ・酵母による機能性脂質生産系において、脂質合成酵素DGATの活性制御など脂質生産性の向上や代謝に関わる因子の開発を行うとともに、バイオマス由来の油脂からの高付加価値化合物生産系を酵母に構築するために、高度不飽和脂肪酸生産に関わる因子の開発を行う。また、バイオマスから得られる物質の有効活用を推進するために、生分解性などを有する新規機能性高分子の合成について検討する。
- ・非食バイオマスをバイオ燃料に変換するバイオプロセスに利用可能な有用微生物や酵素を取得するため、セルロース分解に利用するセルラーゼや分解促進因子の探索を開始する。
- ・大規模メタゲノム配列データから酵素を中核とした高機能遺伝子の推定を行う研究を推進する。具体的にはマリンメタゲノム、土壌メタゲノムなど豊富な天然資源ゲノム配列からデータの特性に合わせた自動配列解析パイプラインの構築を開始する。
- ・麹菌2次代謝関連遺伝子の網羅的予測と発現情報解析から、予測2次代謝関連遺伝子の機能解析のための基盤技術を開発する：
 - 1) 麹菌ゲノムから2次代謝関連遺伝子を網羅的に予測する。
 - 2) 予測遺伝子の発現情報解析を行い、遺伝子制御ネットワークを推定する。
- ・極限環境微生物より産業上有用な機能探索を行う。
 - 1) 極地産菌類より凍結耐性の高いあるいは凍結状態で増殖可能な菌類の探索を行い、その生理的機構を明らかにする。
 - 2) 南極産菌類の低温増殖性を利用した廃水処理を検証する。
 - 3) 耐塩性酵素の立体構造を明らかにし、その構造ホモログで食塩感受性酵素のものと比較することで、酵素の耐塩性付与技術を検討する。

- ・共生微生物のゲノム情報に基づいて、害虫化、植物適応などの生物機能を担う分子基盤を解明する。

5-(3)-② 生体高分子や生体システムの高機能化によるバイオプロセスの高度化（I-3-(1)-③へ再掲）

【中期計画（参考）】

- ・バイオプロセスに有用な生体高分子の高機能化を行うとともに、生物情報解析技術や培養、代謝工学を利用して、機能性タンパク質、化学原料物質としての低分子化合物等を、従来よりも高品質で効率よく生産するプロセス技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・遺伝子工学技術を活用し、宿主となる酵母のバイオプロセスの改変を行なうと共に、糖ヌクレオチドや有用糖タンパク質の大量発現技術を開発し、医療用生物製剤の原料となる物質の生産を安価で高効率に行なう生産技術を開発する。
- ・真菌などが生産する生理活性物質など有用代謝物質の生産に関連する遺伝子および代謝パスウェイを同定し、応用する方法の開発を開始する。有用物質のスクリーニング、代謝化合物の同定を行うとともに、有用物質の生産と相関して制御される遺伝子群の発現情報から、ゲノム科学により、生産に関連する酵素、輸送体、転写因子などの遺伝子の同定を目指す。
- ・高温下でバイオマスを糖化することを目的に、従来の酵素に比べ、2倍程度の分解活性を持つ耐熱性糖質分解酵素創製に資する方法論、および、完全糖化のための基盤技術の開発を行う。
- ・木質系バイオマスの水熱反応において、完全可溶化と特定成分の選択的抽出条件を検索する。完全可溶化に関しては、固体残渣収率と線速度との関係を明らかにする。抽出条件設定では、最適温度プロファイル（昇温速度および保持温度）の探索を行う。
- ・希少性の高い細胞を高品質保存する為の研究を行う。具体的には細胞保護効果の高い複数のペプチドをグラムオーダーで大量生産し高級家畜受精卵などの細胞に対する保護効果を解析する。
- ・相補的な2本鎖 DNA 間を架橋する新規な低分子化合物を開発し、高温下においても2本鎖構造を保持するDNA分子を構築する。このDNAの架橋化反応によって、酵素の基板への固定化や新規な導電性材料としてのDNAの可能性を調べる。
- ・アンチセンス RNA を含む遺伝子工学的手法を用いて代謝経路改変を施した高機能化微生物を創出し、有機酸や中鎖アルコール類の発酵生産に必要な基盤情報の取得を行う。またロドコッカス属放線菌より同定された抗菌物質についてその生合成経路の解析と組換え微生物による生産系構築を検討する。
- ・酵母低温発現系を用いた分泌タンパク質発現系の高度化を目指し、分泌タンパク質生産向上に必要な因子・

条件の探索を行う。

- ・開発したペプチド合成仕様マイクロ波利用合成装置を利用して、ペプチドの化学合成、薬剤のプロセス合成、創薬シーズライブラリの効率合成研究をすすめる。また、糖関連研究として、マイクロ波を利用した糖鎖含有創薬シーズライブラリの調製研究や、糖転移酵素を利用したシアル酸やフコースといった機能性単糖を複数保持した多機能糖鎖の効率合成研究をすすめる。合成した化合物群はその活性試験を行い、機能探索をすすめる。

5-(3)-③ 遺伝子組換え植物作出技術と生産システムの開発

【中期計画（参考）】

- ・植物生産システム等のグリーンバイオ産業基盤を構築し、実用化に目処をつける。そのために、遺伝子組換え技術により植物の持つ物質生産機能を高めるとともに、転写制御因子の改変体モデル植物を全因子の90%程度（従来は25%程度）について作成して解析すること等により、新たな機能を付与する技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・モデル植物であるシロイヌナズナとイネの転写制御因子の改変体モデル植物の解析から得られる有用因子を用いてイネ、ダイズ、ナタネ、ポプラおよび花き等の産業上重要な植物の改良を分子育種法を用いて行い、環境浄化、バイオマス、バイオ燃料生産に適した植物の作出を目指す。

- 1) サイレンシングサプレッサーと植物ウイルスベクターの活用により、有用物質の発現量を2倍以上増加させる技術の開発
- 2) 植物工場内で LED 等を用いた異なる光波長環境下を構築し、植物体生育量と有用物質の生産量の解析を行う。

5-(4) 省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム製造技術（III-2-(3)へ再掲）

【中期計画（参考）】

産業分野の省エネルギー化や環境負荷低減に貢献するマイクロ電子機械システム（MEMS）製造技術の開発を行う。具体的には、高機能な MEMS を安価に生産するための大面積製造技術の開発を行う。また、バイオ、化学、エネルギーといった異分野の MEMS デバイスを融合及び集積化する製造技術の開発を行う。さらに、安全・安心や省エネルギー社会実現に貢献する MEMS デバイスを利用したユビキタスシステムの開発を行う。

5-(4)-① 高集積、大面積製造技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・高機能で安価かつ大面積での MEMS 製造技術を開発する。具体的には、100nm より微細な3次元構造体を

メートル級の大きさにわたり、低コストかつ低環境負荷でレジストや金属メッキ構造体、多結晶シリコン材料等を用いて MEMS を量産するための基盤技術を開発する。

《平成22年度計画》

- MEMS 研究開発拠点の整備を進める。具体的には、新規クリーンルームと8インチウェハによる MEMS 製造ラインを整備し、テストデバイスを作製することにより検証を行う。大面積デバイス製造のためのリールツーリールインプリント装置を開発し、繊維状基材への微細パターン転写特性の検討を開始する。大面積への展開が行える様に、低圧力でもプロセスの信頼性が確保できるスケラブルな光ナノインプリント技術の開発を進める。

5-(4)-② ユビキタス電子機械システム技術の開発

【中期計画（参考）】

- 安全・安心や省エネルギー社会に資するユビキタスマイクロシステムの実現のために、バイオ、化学、エネルギー等異分野のデバイスを融合、集積化した MEMS デバイスを製造するための技術及び低消費電力かつ低コストな MEMS コンポーネント製造技術を開発する。具体的には、数ミリメートル角以内の通信機能付きセンサチップを試作し、オフィス、クリーンルーム等の製造現場の消費エネルギーを10%削減するためのシステム技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ナノ構造を持つ機能膜を MEMS 流体デバイスに集積するプロセス技術を開発する。また、低消費電力イベントドリブン型無線センサ端末用カスタム高周波 IC と、それを用いたプロトタイプ端末の試作を行う。MEMS 用クリーンルームおよび製造装置の消費エネルギーを一括でモニタリングするシステムの試作を行う。

5-(5) 環境負荷低減技術、修復技術

【中期計画（参考）】

各種産業プロセスから発生した環境負荷物質の高効率処理及び浄化と環境修復に貢献する技術の開発を行う。具体的には、水や大気等に含まれる微量重金属や残留性有機汚染物質（POPs）等、低濃度の環境負荷物質を高効率に処理可能な選択的吸着技術、触媒技術の開発を行う。また、太陽光、植物や微生物等の自然界の能力を利用、強化し、低濃度広域汚染サイトや複合汚染サイトにも適用できる高効率、低コストな浄化、修復技術の開発を行う。

5-(5)-① 環境負荷低減を目指した浄化技術の開発

【中期計画（参考）】

- 水や大気に含まれる低濃度の環境負荷物質を、従来比

で最大4倍の総合処理効率（処理能力／エネルギー消費）で処理可能な浄化技術を開発する。具体的には、ナノ空間材料や特殊反応場を利用した選択的吸着技術、触媒技術等を活用して、反応選択性や効率の向上を図る。また、残留性有機汚染物質（POPs）等難分解性物質を焼却によらずに完全に無機化できる反応技術、さらには有価物への変換技術を開発する。

《平成22年度計画》

- 特殊反応場を利用した触媒による VOC 分解反応については、オゾンを利用して反応温度の低い条件で活性の高い触媒の開発を行う。同時に、各種材料の特性を整理し、VOC 転化率、CO₂ 選択率、エネルギー効率の改善に必要な因子を明らかにする。
- 水中の低濃度環境負荷物質の浄化技術に関して、ナノシート・環状分子を用いた選択的吸着剤を開発するとともに、ナノ気泡等の特殊反応場の利用により浄化効率の改善を図る。
- 反応効率向上を目指した光触媒の開発を目的として種々の光触媒の過酸化水素の生成能力を調査し、光触媒特性と過酸化水素生成能の関係を明らかにする。また、新規光触媒材料の開発では、有機半導体の構造制御技術を開発し、可視光応答性を高めた材料を開発を進める。
- 難分解性の有機フッ素化合物（ \cdot -H ペルフルオロ酸類、ペルフルオロスルホン酸ポリマー等）を、熱水反応や光化学反応でフッ化物イオンまで分解する反応手法を開発する。

5-(5)-② 自然浄化能の強化による環境修復技術の開発

【中期計画（参考）】

- 太陽光や植物、微生物等の自然界が有する環境浄化能力を促進、拡大強化することにより、環境負荷が少なく、オンサイトでも利用可能な土壌、水、空気的环境修復技術を開発する。例えば、これまで困難であった低濃度広域汚染サイトや複合汚染サイトの低環境負荷型浄化、修復を可能とするために、既存法に比べて除去コストを1/4に縮減する浄化技術を開発する。

《平成22年度計画》

- 太陽光励起による土壌中 VOC の処理の可能性を検討するため、予備実験およびそれに基づくシステム設計を開始する。また、水中有害化学物質の太陽光処理システム設計に向けた反応性評価及び装置開発を行う。
- 鉛を蓄積する植物の新たな選抜及び栽培方法の確立を進めるとともに、これまでに獲得したカドミウム吸収能力が高く、環境耐性が高い植物の処理能力を評価する。また、疎水性有機汚染物質移動促進剤について、その効果を評価するとともに、植物による疎水性有機汚染物質の吸収促進効果について検討する。
- VOC 汚染環境のバイオレメディエーション（バイオオーグメンテーション）を想定し、投入菌株の環境生

態系影響評価のための遺伝子マーカーの探索を行う。
さらに、その遺伝子マーカーを汚染環境中で定量的に検出できる計測技術の開発を行う。

- ・石油流出事故を想定した模擬石油汚染実験・評価系の整備を進め、分散剤や栄養剤、特定微生物等を用いた積極的な浄化手法の有効性評価に適用する。これまでに見出した上記特定微生物の候補については、性状解析等を行い、その貢献度を分子・細胞レベルで計測し評価する。

6. 持続発展可能な社会に向けたエネルギー評価技術、安全性評価及び管理技術並びに環境計測及び評価技術の開発

【中期計画（参考）】

グリーン・イノベーションにより持続可能社会を構築するためには、エネルギー技術をはじめ、科学と産業にかかわる安全性、環境影響等を正しく評価することが必要である。そのため、エネルギー関連技術にかかわるシナリオ等の評価を行うとともに、二酸化炭素削減のための技術及び取組の評価手法の開発を行い、二酸化炭素削減ポテンシャルを定量化する。また、産業活動における安全性を向上させるために、ナノ材料に代表される新材料のリスク評価及び管理技術の開発、産業事故防止のための安全性評価及び管理技術、化学物質の最適管理手法の開発を行う。さらに、環境負荷物質のスクリーニング、計測技術の開発と物質循環過程解明を通じた総合的な環境影響評価技術の開発を行う。

6-(1) 革新的なエネルギーシステムの分析、評価

【中期計画（参考）】

- ・持続可能な社会の構築に必要な革新的エネルギー関連技術にかかわるシナリオの分析、評価を行う。具体的には、環境と資源の制約を考慮し、二酸化炭素の回収貯留や水素を媒体としたエネルギーシステム等の開発及び導入に関するシナリオの分析、評価を行う。さらに、国際的な連携を念頭にいた国内外技術開発ロードマップや新規技術の適用性評価及び技術導入シナリオの策定を行う。

《平成22年度計画》

- ・環境や資源の制約を念頭に置いた、国内外の革新的エネルギー関連技術の開発および普及にかかる中長期的なシナリオを調査・把握する。それらシナリオ中で取り上げられる各種技術の定量的なポテンシャル評価手法を提示する。横断的技術として、CO₂の回収貯留技術および水素利用技術等を取り上げ、各種技術との連携の可能性をモデル試算等により検証する。また、各種国際機関との連携を図るための活動を実施する。

6-(2) 持続発展可能な社会と産業システムの分析

【中期計画（参考）】

二酸化炭素の削減や環境負荷低減のための様々な方策を評価する手法の開発を行う。具体的には、実態調査等に基づく、温室効果ガス排出原単位のデータ作成や消費者の行動等を解析し、削減率の定量化を行う。また、最適な社会と産業システムの設計を目指して、これら方策の削減ポテンシャルを明らかにし、持続可能な社会の構築に資する技術開発、技術のシステム化、市場システムの分析と評価を行う。

6-(2)-① サステナブルシステム及び技術評価

【中期計画（参考）】

- ・最適な社会と産業システムの設計を目指し、持続可能な社会に向けた各種の取組に対し、資源性、経済性、社会受容性等の観点から技術評価を行い、これらの環境負荷削減量を定量化する。

《平成22年度計画》

- ・電気自動車やバイオ燃料など、環境負荷削減が期待される技術について、消費者受容性調査による普及可能性を検討し、その結果に基づくライフサイクルでの資源消費を含む環境影響評価とコスト分析を実施する。

6-(2)-② 持続性指標の活用による低炭素社会システムの評価

【中期計画（参考）】

- ・CO₂見える化等の指標を、消費者や企業の低炭素行動に結びつけるための手法を開発する。具体的には、カーボンフットプリント等の施策に関して、原単位データを作成するとともに、消費者の受容性や低炭素行動等を解析し、その二酸化炭素削減ポテンシャルを定量化する。

《平成22年度計画》

- ・カーボンフットプリント試事業に用いる国内データベースを拡張する。また、アジア地域を中心とした海外のインベントリデータをケーススタディを通じて収集する。さらに、環境負荷の表示による購買行動の変化の解析と二酸化炭素削減効果を定量化する。

6-(3) 先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法

【中期計画（参考）】

- ・今後新規に開発される先端科学技術に応用可能な安全管理体系の構築を目指して、ナノ材料のリスク評価及び管理手法の開発を行う。具体的には、新規技術の研究開発から製品化に至るプロセスに安全性評価を統合するための方策の開発を行う。適用事例として、カーボンナノチューブ等の工業ナノ材料について、有害性評価手法やばく露の計測及び予測評価手法の開発を行う。また、物理化学的特性やリスク評価結果を総合し、研究段階に応じたリスク管理指針を確立する。

《平成22年度計画》

- ・カーボンナノチューブ、ナノスケール二酸化チタン、フラーレンについて、これまで実施してきた有害性試験の結果や文献情報を解析して作業環境管理のための目安濃度を提案するとともに、作業環境での現場計測や模擬排出試験の結果に基づく暴露評価と組み合わせることにより、リスク評価書を作成する。また、イノベーション推進のためのナノリスク評価のあり方について検討する。
- ・多様な有害性評価試験で使用可能なナノ材料の分散液調製法を確立する。共存物質等の環境因子が気中ナノ粒子の挙動に与える影響を解析し、発生源近傍における動態予測への適用を図る。
- ・ナノ材料研究開発におけるリスク管理を目指し、リスク情報の収集と分析を行うとともに、予備的リスク評価に必要な試料調製、特性評価、有害性評価の手法を開拓する。

6-(4) 産業保安のための安全性評価技術、安全管理技術 【中期計画（参考）】

- ・産業活動における安全性を向上させるために、産業事故の原因究明に関する研究を行う。さらに、過去に起きた事故の情報収集とデータベース化を行うとともに、事故を未然に防ぐための安全文化（ヒューマンファクターや組織要因等）を醸成するための手法の開発を行う。具体的には、火薬類のフィジカルリスク低減や新型火薬庫に関する安全性評価の研究を行うとともに、爆発反応や衝撃波を衝撃圧縮に応用する研究を行う。また、実際の化学プラント等の事業所への適用を目指して、化学プラント等の産業事故データベースの作成と事故の分析を通して、事業所の持つ保安基盤技術とそれを支える安全文化からなる保安力の評価手法の開発を行う。

《平成22年度計画》

- ・火薬類のフィジカルリスク評価の研究では、地下空間内での火薬類の爆発現象で発生する衝撃波、飛散物および地盤振動の発生メカニズムを解明するために、室内実験および小規模野外実験を行う。また、火薬類の爆発破壊現象に数値シミュレーション手法を適用するために、流体連成解析コードを高度化する。産業保安研究では、化学プラント等で発生した事故情報をデータベース化するとともに、事故の分析結果をもとに、事故の原因と保安力評価項目との関係、すなわち、事故に結びつく安全文化や保安基盤技術の評価項目を明らかにする。

6-(5) 化学物質の最適管理手法の確立

【中期計画（参考）】

ある化学物質によるリスクを下げることで、別の化学物質によるリスクが増加する（リスクトレードオフ）事例に対応するため、化学物質の有害性、ばく露、

対策の効果等を事前に予測するための技術の開発を行う。具体的には、化学物質の最適管理のための意思決定に資するため、多数のリスク因子を同時に考慮することを可能とするリスクトレードオフ評価手法を確立する。また、化学物質の発火及び爆発危険性評価技術の開発を行い、基準の作成等を行う。

6-(5)-① リスクトレードオフを考慮した評価及び管理手法の開発

【中期計画（参考）】

- ・社会全体のリスクを適切に管理することを目的として、排出量推計、環境動態及びばく露モデリング、有害性推論、リスク比較等の要素技術を開発し、リスクトレードオフ評価及び管理手法を開発する。また、具体的な用途群へ適用する。

《平成22年度計画》

- ・溶剤・溶媒と金属類の用途群について、塗装や精錬など代表的な発生源における排出実態を調査し、代表的な工程における排出量推計手法を開発する。また、溶剤・溶媒で用いられる揮発性有機化合物へ適用可能な大気モデル及び室内モデルと、金属等の難分解性の化学物質に適用可能な河川・内湾及び媒体間移行暴露モデルを開発する。さらに、両用途群の近年の物質の代替状況を把握した上で、リスクトレードオフ解析を対象とする代替シナリオを決定し、対象物質のリスクトレードオフ解析に必要な既存データを収集し、社会経済分析を含めたリスクトレードオフ解析に着手する。

6-(5)-② 爆発性化学物質の安全管理技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・化学物質の発火及び爆発危険性の現象解明、危険性評価技術の開発、安全な取り扱い技術の基準作成等を行う。

《平成22年度計画》

- ・化学物質の発火・爆発危険性の現象解明、危険性評価技術の開発、安全な取り扱い技術の基準作成を実施する。特に危険性が明らかでない三塩化窒素、テトラヒドロフラン過酸化物、ナトリウムカリウム合金過酸化物等の爆発性を詳細に調べる。また、ナノ材料の粉塵爆発性について評価手法を検討する。

6-(6) 環境の計測技術、生体及び環境の評価技術

【中期計画（参考）】

産業活動に伴って発生する環境負荷物質のスクリーニング技術及び計測技術の開発を行う。また、環境修復技術に必要な物質循環過程を解明し、総合的な環境影響評価技術の開発を行う。具体的には、製品及び産業プロセスにおける有害物質の計測手法や環境修復技術に必要な環境微生物の迅速検出法等の開発を行う。産業活動によって直接又は間接的に発生する温室効果ガス等が、生物

多様性や生態系内貯留等の環境へ与える影響を評価する技術の開発を行う。

6-(6)-① 環境負荷物質及び環境浄化能の計測手法の開発

【中期計画（参考）】

- ・化学物質や重金属の国際規制に対応するため、製品及び産業プロセスにおける有害物質の迅速検出法を開発し、標準化を行う。また、生物応答に基づく有害性のスクリーニング技術を開発する。さらに、環境修復技術に必要な、分析効率（スピード、コスト、労力）を現状比5倍以上に向上させた環境微生物の迅速検出法を開発する。

《平成22年度計画》

- ・有害試薬を使わない重金属類モニタリング法として、ヒ素を検出限界5ppb で30分間で測定可能なオンライン連続監視システムのプロトタイプを構築する。また、環境負荷として重要な石炭中微量重金属の分析法の国際標準化に向けて、産総研コールバンクの10種類以上の石炭について分析データを蓄積する。
- ・オンサイト型計測法として土壌・地下水の重金属や環境基準濃度レベルの VOC が測定可能な高感度水晶振動子センサを開発する。また、水晶振動子センサの応答速度を向上させるため、センサ界面における抗体の化学物質への応答速度を解析することによってセンサ界面と抗体固定化条件の最適化を図る。
- ・測定対象遺伝子の存在により自ら電気信号を発現する遺伝子プローブの高性能化と、それらのプローブ等を集積化するための二次元微量液体ハンドリングデバイスの構築を行う。また、性ホルモン様化学物質の生体への影響を計測するための生物発光プローブの改良を行い、測定感度向上を図る。
- ・複雑なマトリックスからなる環境試料から検出対象菌を簡便に分離して微生物分析に供するための新たな前処理技術を探索する。また、環境微生物の MALDI-MS を利用した迅速識別法の汎用性を高めるために、マススペクトルのデータベース充実を図る。

6-(6)-② 産業活動の環境影響評価

【中期計画（参考）】

- ・地域、地球環境に対する産業活動の影響を適確に評価するため、温室効果ガス、エアロゾル、有害化学物質、生物多様性及び微生物活動の測定並びに吸収及び発生源推定の誤差を現状の50%以下とする技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・赤外分光法を用いた温室効果気体複数成分の同時連続測定装置の開発を進め、メタン濃度の高精度化のための改良を行う。また NOAA が推定した二酸化炭素の放出・吸収源推定値(カーボントラッカー)を、2007年と2008年の上空濃度観測を用いた逆問題解析によって

高精度化する手法の開発に着手する。さらに九州北部地域のエアロゾル観測と解析を実施し2010年の国外排出物質が国内のエアロゾルに及ぼす影響を推定する。

6-(6)-③ 二酸化炭素貯留技術の環境影響評価（一部、別表2-2-(1)-②を再掲）

【中期計画（参考）】

- ・二酸化炭素の海底下地層貯留技術や海洋中深層隔離に必要な環境影響評価のため、二酸化炭素の漏洩や注入を想定した室内実験等により、微生物活性や炭素等の親生物元素の挙動等、物質循環の駆動にかかわる過程へ与える影響について評価手法を開発する。

早期実用化を目指して、二酸化炭素地中貯留において、二酸化炭素の安全かつ長期間にわたる貯留を保証するための技術を開発する。大規模二酸化炭素地中貯留については、複数の物理探査手法を組み合わせた効率的なモニタリング技術の開発、二酸化炭素の長期挙動予測に不可欠である地下モデルの作成や精緻化を支援する技術及び長期間にわたる地層内での二酸化炭素の安定性を評価する技術を開発する。

圧入終了後における長期間監視のための費用対効果の高いモニタリング技術や、我が国での実用化に当たって考慮すべき断層等の地質構造に対応した地下モデリング技術を開発するとともに、二酸化炭素が地中に貯留されるメカニズムの定量的解析や、各地における貯留ポテンシャル評価等の基盤技術を開発する。また、安全性評価技術の開発と中小規模排出源からの排出に対応した地中貯留の基礎研究を実施する。

《平成22年度計画》

- ・二酸化炭素の漏洩による海底堆積物への影響を把握するため、堆積物のアナログ試料を用いた室内実験を行い、高濃度二酸化炭素を含む海水との反応による溶解促進などにより変化する物質の種類と量および微生物活性に関わるパラメータを評価する。
- ・二酸化炭素の安全長期間にわたる貯留のための研究を行う。

1) モニタリング手法の開発として、小規模野外実験に基づき異なる手法のモニタリングのデータ解析技術の検討を行うとともに、長期挙動予測に資する地質モデル精緻化を支援するため、電気・電磁気モニタリングに係る物理量変換プログラムやシミュレーションの整備を行う。また、長期間にわたる地層内での二酸化炭素の安定性を評価するための基礎データを室内実験等により取得する。

2) 費用対効果の高いモニタリング技術の研究開発として、手法の選定、実証実験サイトでの観測準備を行う。断層モデリング手法の研究開発として、国内外の二酸化炭素自然湧出地点を選定し、岩石サンプルの力学特性検討等のデータ収集及び整理を行う。

3) 安全性評価技術及び中小規模地中貯留技術について

は、基礎的なデータの収集及び国内外の動向調査とFSを開始する。

6-(6)-④ 生態系による二酸化炭素固定能評価

【中期計画（参考）】

・環境影響を最小限に抑えた、生態系内炭素貯留を可能とする、森林や海域内生態系の炭素固定メカニズムの解明とその強化方法、モニタリング及び環境影響評価技術を開発する。

《平成22年度計画》

・陸域における炭素固定メカニズムを強化する可能性を探るため、国内外の森林炭素収支モニタリングサイトにおける観測と統合化データベースがリアルタイムで連携した環境情報システムの構築を開始する。森林生態系の光合成・呼吸量の分離評価による炭素固定メカニズム解明を目指し、現場観測に適した酸素濃度およびCO₂安定同位体の高精度連続測定装置の開発を開始する。

・海洋の生物生産による二酸化炭素固定ポテンシャルを評価するため、太平洋域の海洋二酸化炭素データベースを用いた統計解析を行い、海域毎の生物生産等による二酸化炭素変動量とその季節変化を明らかにする。

II. ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進

【中期計画（参考）】

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

1. 先進的、総合的な創薬技術、医療技術の開発

【中期計画（参考）】

国民の健康のために、疾病の予防や早期診断、早期治療、個の医療の充実が求められている。これらの課題を解決するため、細胞操作及び生体材料技術を応用した再生医療技術や先端医療支援技術、医療機器技術等の開発を行う。また、有用な新規バイオマーカーを利用して疾病の予防や早期診断を行うため生体分子の機能分析及び解析技術等の開発を行う。さらに、情報処理と生物解析の連携、融合により、安全性を保ちつつ開発コスト低減に資する高効率創薬技術の開発を行う。

1-(1) 細胞操作及び生体材料に関する技術の応用による医療支援技術

【中期計画（参考）】

組織や臓器等の機能を根本的に回復する医療技術である再生医療に資する細胞操作技術、人工臓器等に用いる材料技術や、治療の安全や効果の向上に資する医療機器にかかわる技術の開発を行う。また、これらの先端医療支援技術等の実用化に向けた基盤整備を行う。特に、安定かつ性質が揃った細胞の供給に資するiPS細胞の作製効率を従来の約10倍（現状1%以下を10%程度）に向上させる技術の開発を行う。

1-(1)-① 幹細胞等を利用した再生医療等に資する基盤技術及び標準化技術の開発

【中期計画（参考）】

・骨、軟骨、心血管、膵臓等を生体組織レベルで再生する技術や神経ネットワークの再構成を促進する技術等を開発する。iPS細胞の作製効率の10倍程度の向上や新規な因子の探索、作製した細胞の評価技術の開発等により、創薬における医薬品の毒性評価や再生医療に必要な分化細胞や組織等を供給するための基盤技術や標準化技術を開発する。

《平成22年度計画》

・糖鎖プロファイリング技術を活用したiPS細胞等幹細胞の細胞評価技術の開発と未分化性や分化方向性に関する糖鎖メカニズムの解明を行う。

・先天性疾患患者（例えば、低フォスファターゼ症）の治療技術開発を目的として、疾患遺伝子に対応する正常遺伝子の導入法の検証を行う。また、病態解明や治療を目的として、患者由来のiPS細胞作製の検討を行うとともに、本細胞を用いた再生医療技術開発のため、腫瘍性のある未分化細胞除去技術の開発を行う。

・モデル脊椎動物としてゼブラフィッシュを用い、遺伝子操作により心筋損傷後の再生様式の可視化を観察可能な実験系を開発するとともに、分子・細胞・並びに発生工学的手法により、心筋損傷後の再生制御の分子機構解析を行う。

・レーザー技術やパターンニング技術を用いた神経回路網の微小操作技術を確立し、従来の遺伝子操作技術を代替、あるいは補完する脳機能操作技術や脳疾患治療の標的分子に注目した光治療技術への応用を目指す。

・精神病理に特有な神経回路機能の器質的変化を回復させる神経栄養因子およびその関連分子に関する研究を行い、そのような治療技術の開発に有用なモデル動物およびモデル神経細胞の作出を目指す。

・iPS細胞から神経細胞への分化誘導技術に関して3種以上の新法を開発し、上記疾患関連遺伝子に関する創薬基盤iPS細胞5種類以上の作製を目指すことにより、遺伝病の患者の細胞における神経分化に対する影響を解析し、さらに特定の薬剤の効果や副作用の検証を行

う。

- 1) iPS 細胞作製を効率化することが期待される、エピジェネティクス制御物質、核内因子リガンド、あるいはセンダイウィルス除去物質などの探索を行う。
- 2) ヒト cDNA リソースの中の転写因子等の約2000種の発現クローンを構築し、細胞初期化・分化誘導に必要な因子探索を進め、iPS 細胞や未分化細胞等の細胞システムの制御、分化誘導技術の開発を目指す。
- 1) 既に開発済みの精密環境制御型細胞培養チャンバアレイチップに関して、iPS 細胞および ES 細胞から肝特異的機能を発現する標準細胞を誘導する条件の効率的なスクリーニング技術へ応用可能であることを実証する。
- 2) ヒト ES 細胞の遺伝子発現パターンをポジティブコントロールとし、良質の iPS 細胞を評価するための新規遺伝子マーカー候補を絞り込む。また、遺伝子発現パターンから分類した iPS 細胞の幾つかを用いて、それぞれの分化指向性を判定するための解析研究に着手する。
- 3) ツメガエル初期胚を用いて心臓形成ロードマップ因子の下流遺伝子を探索し、その転写制御ネットワークを明らかにする。幹細胞を効率的に分化させる際に、発現量を上げる必要がある因子、発現を抑える必要がある因子の基本情報を取得する。
- 4) ES 細胞や iPS 細胞などの幹細胞を用いて、心筋細胞に特異的な分化制御技術・細胞操作技術を開発する。
- 5) 持続発現型センダイウィルスベクターを使って安全性の高い iPS 細胞の樹立法を検討する。平成22年度は、iPS 細胞の質の向上と作製効率の上昇のため、脱メチル化因子・クロマチン構造維持因子などの新規因子を搭載したベクターを作製し、SSEA4や TRA-1-60などの未分化マーカーを指標に iPS 細胞出現の初期過程を加速する因子を同定する。
- オンデマンドで安価かつ簡便に目的の細胞を分離するシステムを構築するために、細胞個別の電気的性質を指標にして細胞を分離することができる微小流路型チップデバイスを作製する。なお、分離の対象となる細胞は、遺伝子や量子ドットの導入、分化誘導など多様な方法で細胞に変化を加えることで調整する。

1-(1)-② 組織再生技術や生体材料技術を利用した喪失機能の代替デバイス技術の開発

【中期計画（参考）】

- 人工心臓の補助循環ポンプにおいて現状の3倍である90日の無血栓を達成する等、長期生体適合性を有する人工臓器等による身体機能の代替技術及び材料技術を開発する。
- 《平成22年度計画》
- 組織再生のための線維芽細胞成長因子-2とアパタイトの複合層 (Ap-FGF) の活性を *in vitro* で評価する品

- 質管理評価法を構築し、その品質管理手法を駆使して製造工程での不良品発生率を半減させる。また、骨粗鬆症状態の骨組織を再生させるためのシグナルの種類とその最適量、それを担持させる生体材料の組み合わせのスクリーニングを実施して2~3通りに絞り込む。
- 高生体適合性 Ti-15Zr-4Nb-4Ta 合金を用いてパーソナライズド人工関節製品を開発するため、最適な骨適合性を示す溝の効果の検討及び表面処理条件、表面状態の構造解析などを行い、溝の最適デザイン設計を行う。また、溝の製造条件について積層造型方法を適応する場合の製造条件を検討するとともに試作品の耐食性及びマイクロ構造に関して評価する。
- 流体工学的抗血栓性に優れた遠心血液ポンプを開発し、90日間の連続運転を実施するとともに、遠心血液ポンプ材料表面に、抗血栓性を持つタンパクや、細胞・組織を誘導するシグナル分子を固定化する手法を確立する。

1-(1)-③ 医療機器開発に資する先端技術の開発と実用化に向けた基盤整備

【中期計画（参考）】

- 短時間で計測可能な高速診断法、細胞や組織における分子の機能を解析可能な画像診断法等、治療の安全と効果の向上を目指した技術を開発するとともに、医療機器の迅速な製品化に資する開発基盤を整備する。
- 《平成22年度計画》
- 分子プローブ修飾ナノ針を用いて、生きた細胞内の mRNA とタンパク質の検出を行う技術を開発する。
 - 1) 金コートナノ針上に修飾されたモレキュラービーコンの応答を細胞内で検証する。
 - 2) 抗体修飾ナノ針を用い、神経へ分化誘導した iPS 細胞に発現するネスチンを検出する。
 - 細胞の粘弾性計測による細胞の評価を試みる。
 - 技術的に新しい次世代の医療機器の円滑な開発に資するガイドラインを策定する。平成22年度は、再生医療、体内埋め込み型材料、テーラーメイド診断などに活用する機器を対象とする。
 - ASEM の開発により、光頭では分解能的に観ることが不可能だった細胞内微細構造を溶液中で観察可能にし、同時に2種類以上のバイオマーカーに対する抗体での免疫電顕を可能にする。
 - ベッドサイド/テーラーメイド投薬への応用を目指し、iPS 細胞から誘導された疾患モデル細胞を用いた細胞アレイチップによる薬理効果アッセイ技術の開発を行う。平成22年度は、癌細胞由来の株化細胞を用いて、制癌剤の効果を確認し、本技術の有用性を実証する。

1-(2) 生体分子の機能分析及び解析に関する技術

【中期計画（参考）】

- 疾病の予防や早期診断、早期治療の指標の確立等を目

的として、有用な新規バイオマーカーを同定し、それを評価利用する技術の開発を行う。また、新薬開発コスト低減に資する創薬プロセス高効率化のための基盤技術の開発を行う。さらに、これらの技術に資する生体分子の高感度検出技術、計測及び解析技術の開発と標準化を行う。特に、感染症の拡大の防止等、医療に役立つ新規抗体の生産に必要な期間を従来の1/3程度に短縮する技術の開発を行う。

1-(2)-① ナノテクノロジーと融合した生体分子の計測、解析技術の開発と標準化

【中期計画（参考）】

- ・生体分子の計測、解析機器の高度化と標準化を目的として、バイオテクノロジーと情報技術及びナノテクノロジーを融合し、バイオマーカー検出限界を従来技術の10倍以上向上させる等、生体分子、細胞等を短時間で簡便に分離解析できる手法や素子を開発する。

《平成22年度計画》

- ・DNA チップによる核酸計測の互換性向上と標準化を目的に、必要な核酸標準物質を複数種類整備し、その配列や濃度を認証するために必要な検討および技術開発を行う。
- ・ガレクチン類などの生体分子の高感度検出のため、ラクトサミン型脂質の新規効率的合成法を検討する。電気化学活性基の導入等新規誘導体を複数合成し、検出特性について検討する。
- ・生体分子等の基板への新規な固定化手法を開発する。また、開発した固定化法を安定性向上の視点から評価を行う。
- ・高性能電気化学センサ実現のため、表面を窒素等に置換したカーボンやナノ加工したカーボン電極を作製し、核酸関係マーカである80HdG の検出を行い、組成や構造を最適化し、検出下限1nM、CV<1%を達成する。
- ・生体分子高感度検出を目的とした高アフィニティ界面や、濃縮機能を有する新規光学プローブを作製する。糖類含有膜や電気化学発光プローブを使って1nM のタンパク（ガレクチン等）を検出する。
- ・光圧を用いたマイクロチップ型マルチ細胞ソータの開発では、開発した実験機を基盤として企業と共同で実用試作機を開発する。第1段階として、コスト低減のために光圧源として小型レーザを組み込む。このレーザの出力に対応して選別可能な細胞種を、実験機で検証済みの5種類以上から、2種類に絞り込む。
- ・非標識で直接生体分子を高感度で可視化できる表面増強ラマン散乱（SERS）技術の開発では、細胞表面に存在する生体分子の可視化へ SERS 技術を応用する。In situ かつ実時間で標的分子を可視化できる SERS の特長を生かし、発芽酵母表面で発現しているタンパク質解析の成果を基盤として、酵母の細胞周期の評価および大腸菌の変異型の検出・同定へ応用する。

- ・蛍光標識を用いた生体分子の可視化技術の開発では、有機色素よりも退色に対して堅牢で明るい量子ドット（QD）に着目する。大学との共同研究により、細胞内への遺伝子デリバリーの素過程の可視化へ応用する。核内移行性を有すペプチド修飾 QD および QD と色素で2重標識した DNA を用いて、外来遺伝子が核内まで到達する過程の可視化および核内に運搬された DNA が機能発現する過程を可視化する。
- ・実時間型の1分子 DNA シークエンシング技術の開発では、ポリメラーゼが連続して取り込む蛍光標識した塩基の数を従来の20個から、50個以上へ拡張する。
- ・電子顕微鏡による三次元画像解析により、健康維持及び疾患の指標となる細胞膜タンパク質の分子組織化構造の検出方法を開発する。
- ・銅イオンに選択性を有する有機配位子の分子構造を修飾し、他の金属イオンとの相互作用について検討する。
- ・ナノテク技術を利用してプラズモニック基板を作製し、表面プラズモン増強蛍光法を用いて抗原抗体相互作用の微量・迅速・高感度センシングを目指す。プラズモニック基板の構造の最適化と検出光学系の最適化を行い、30μL、50pM 以下のタンパク質のセンシングを30分以内に行うことを目標とする。
- ・ナノニードルアレイを用い機械的に細胞分離を行う新しいセルソーターの開発における基盤技術として、細胞の付着力制御技術の開発を行う。
- ・受容体やイオンチャネル等の情報伝達分子が持つ生理機能や機能領域に関する分子基盤を解明し、それに基づいて1種類以上の分子認識機能素子の創製とセンサーへの利用展開を図る。
- ・精密電気製造技術を応用したマイクロ流路と、半導体クリーン技術・高精度産業ロボット技術等を融合最適化することにより、質量分析によるタンパク質解析の感度を、現在の10倍以上向上させる基盤技術の開発を行う。それにより、患者・組織由来の微量サンプルを解析する事を可能とし、バイオマーカー検出・診断等への応用を目指す。

1-(2)-② 身体状態の正確な把握に資する糖鎖やタンパク質等のバイオマーカーの探索、検知法開発とその実用化

【中期計画（参考）】

- ・がん及びその他の疾病の予防や診断及び治療に利用するため、動脈硬化を伴う脳や心血管障害の直接評価やがんの識別を可能にする血清バイオマーカー等、有用な新規バイオマーカーを同定し、それを評価、利用する技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・抗体やレクチンを用いて血清などの複雑な生体試料から特定の糖タンパク質を濃縮（エンリッチ）するため各種プロトコール開発を行い、製造メーカーと共同

して臨床的に応用可能な多検体用自動エンリッチメント装置を構築する。

- ・ 1) 分子マトリクス電気泳動法を活用したムチン同定手法を開発し、ムチン型糖タンパク質に着目した疾患関連糖鎖バイオマーカーの探索を進める。
 - 2) ナノグラムオーダーの精製糖タンパク質から質量分析計により糖鎖構造を解析できる糖鎖バイオマーカー構造解析技術を開発する。
 - 3) Sulfate Emerging 法を活用し、硫酸化糖タンパク質に着目した疾患関連糖鎖バイオマーカーの探索を進める。
 - ・ 1) 子宮内膜症から続発する明細胞性卵巣がん、子宮体がん、中皮腫に対する2つ以上のバイオマーカー候補同定を行う。
 - 2) 肝炎に関連して、肝臓で生じる無症候期から非代償期に至るまで適切なフォローが可能となるような血清マーカーを2つ以上同定する。
 - 3) 加齢に伴って顕在化する循環器系疾患について、その活動性や進達度を直接評価できるバイオマーカー探索のための開発パイプラインを構築する。
 - ・ 見出したストレス関連遺伝子について機能解析を行い、遺伝子発現抑制や網羅的遺伝子解析およびバイオインフォマティクスを利用して、シグナルネットワークや分子機構に関するパスウェイ解析に基づき、新しい治療戦略を開発する。
 - ・ 伝統的な家庭医学の知見に基づいた、安全で経済的な抗老化・抗がん活性を有する天然成分を見出す。抗老化/抗がん活性を有する化合物、およびその分子機構を化学的かつ生物学的に解析する。
 - ・ ヒト・インビトロプロテオームを搭載したアクティブアレイを用い、患者血清中の自己抗体を指標として癌の識別、その他の疾患の早期診断を目指し、新規疾患マーカーとしての自己抗体を探索する。
 - ・ 1) これまでに樹立した骨髄高転移性乳がん細胞における遺伝子発現と性状変化の関係から、がんの骨髄転移に関わるバイオマーカーを探索する。また、高度に抗がん剤耐性を獲得したがん細胞を用いて、抗がん剤耐性に関わる因子を探索する。
 - 2) がん抑制遺伝子 Kank1の機能解析を通じてがんの診断や治療に有用なシグナル伝達系を明らかにする。
 - 3) ASEM を開発して、手間と時間のかかる凍結薄切を必要としないがんの術中迅速診断を、2種類以上の組織について可能にする。
 - ・ ツメガエル *in vitro* 肺誘導系等を用いて肺形成ロードマップを作成し、その知見を元に肺がんに対する新規有用バイオマーカー候補を同定する。
- 1-(2)-③ 有用生体分子の構造、機能解析に基づく創薬基盤技術の構築、改良とその分子の高度生産技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・ 生体分子の構造、機能及び作用機構を医薬品等の創成や診断手法に結びつけるための基盤技術を開発する。また、医療に役立つ新規抗体の生産に必要な期間を従来の1/3程度以下に短縮する技術等、バイオプロセスを活用した高品質、高効率な生産関連技術を開発する。《平成22年度計画》
- ・ 微生物による糖タンパク質糖鎖の改変技術を開発し、生物製剤の高品質な医薬品の創成と生産関連技術を開発する。また、糖転移酵素の大量生産系の開発を行ない、酵素法による糖鎖合成技術を確認すると共に、糖鎖機能を活用した高機能化生物製剤の開発と機能評価を進める。
- ・ 糖鎖遺伝子欠損マウスを用いて、糖鎖不全が起因となる疾患病態をスクリーニングし、疾患における糖鎖機能を分子レベルで解明する。また、グライコプロテオーム的手法を用いて、それらマウスにおける個々のタンパク質上の糖鎖構造変化を網羅的に解析する技術基盤を開発し、糖鎖機能解明の基盤情報とする。
- ・ 糖鎖被覆リボソームを用いたワクチンとその評価技術の開発を引き続き行い、ウシへの接種と感染攻撃試験における効果を評価する。
- ・ 糖鎖プロファイリングに有効なレクチンを自然界やヒトゲノム遺伝子資源から探索し、細胞評価技術やバイオマーカー開発等の実用化研究に役立てるとともに、組み換えレクチン発現系をベースに分子進化学等を活用した機能強化レクチンの開発を目指す。
- ・ GPI の脂質リモデリングに関する研究を進め、脂質が置き換わる分子メカニズムとその生理的役割の解明を目指して、遺伝学および生化学的な解析を行う。
- ・ 新規なアルツハイマー病防止薬を創成する基盤技術を提供する目的で、アミロイド集積体の形態として知られる顆粒及び線維の構造の違いを分子レベルで解明し、同時にそれぞれの形成に関わる因子を明らかにする。また、インフルエンザウイルスの細胞吸着を抑制する分子探索技術を開発するため、インフルエンザヘマグルチニンを安定発現する培養細胞株を樹立し、この細胞株の標的細胞への結合活性を検討する。
- ・ タンパク質の構造機能情報を利用した分子デザイン法により、抗体医薬の精製工程に応用可能な小型人工タンパク質の設計、合成に着手する。
- ・ タンパク質の高密度固定化技術を利用したタンパク質アレイの創製と非標識でアレイの解析を行う独自システムを活用した効率の良い特性解析を試み、特性解析データを蓄積する。また、医療に役立つ抗体生産に活用できるアフィニティリガンド開発への適用可能性について検証する。
- ・ 生体内での機能性核酸の合成に関わる蛋白質の X 線結晶構造解析、機能解析を行う。特に RNA 分解シグナル付加酵素、RNA 修飾酵素の構造、機能解析を行

- う。
- ・抗体医薬品を卵に高効率に生産するトランスジェニックニワトリの開発を目指して、新たに開発したヒト抗体発現制御系を有する始原生殖細胞株を樹立し、これを用いてキメラトランスジェニックニワトリの作製を試みる。
 - ・有用生体分子の医療利用のためには、安定性や溶解性等の物性や機能発現機構の解明と改良が必要である。そこで、抗酸化蛋白質・代謝系酵素・転写因子を含む2種類以上の有用蛋白質について、物性・構造・機能解析を目指して、結晶化および立体構造解析に着手する。
 - ・生体分子モーターの動きの様子をナノメートル分解能で明らかにするため、力発生中の分子モーターの光学顕微鏡および電子顕微鏡観察を可能にする系の開発を行う。
 - ・細胞運動とガン転移におけるホスホリパーゼの二つのアイソフォームの機能分化の分子機構を解明する。
 - ・変異アクチンと一分子 FRET 技術を組み合わせ、ミオシンと相互作用による力発生に必要なアクチンフィラメントの構造変化を検出し、アクチンフィラメントの構造多型の機能と意義を解明するための基盤を確立する。
 - ・被写界深度の飛躍的拡大を可能にする計算結像光学の高速化と分解能の向上に関する開発を行う。
 - ・1) 膜タンパク質の電子線結晶構造解析の高分解能化をめざし、水チャンネルなどを用いて、電子線による損傷に関する基礎データの収集や、試料作製法の改良などを行う。また、結晶を作製すること無しに高分解能の立体構造を得ることができる単粒子解析法の改良のため、有用生体分子の構造解析を進め、その応用範囲を広げる技術開発を行う。
 - 2) 薬や抗体製剤の作用機構を明確にするために、金粒子等と結合した抗体を用いて電子顕微鏡下で結合様態を可視化する技術を開発する。
 - ・1) 新たな試験管内分子進化技術を開発し、創薬や診断に重要な受容体やイオンチャネルに対する特異的リガンドを創出する。また脳神経疾患等のバイオマーカーあるいは疾患因子を特異的に認識するペプチドを創製する。
 - 2) 毛包や皮膚の制御に関わるシグナル分子が発揮する生理作用を細胞レベル及び高次のレベルで解析し関係する分子の性質を明らかにする。
 - 3) 代謝制御に関わる FGF の標的特異性・作用強度などを規定・調節する受容体や糖鎖などの分子を培養細胞や生体組織を用いて明らかにする。
 - 4) FGF 改変分子を医薬品等として用いて疾患の予防や治療に資するための、最適な投与方法を開発する。
 - 5) 新しい蛍光色素を利用した DNA チップによる遺伝子発現プロファイル解析法を用いて、合成化合物や天然物由来の化学物質の細胞影響評価を行う。
- 6) 試験管内免疫作製法において免疫刺激による抗体産生細胞誘導のシグナル伝達を明らかにし、より多くの特異的抗体産生細胞数を誘導する。
 - 7) 代謝や感染に関与する転写調節因子の DNA 認識機構、リガンド識別機構を研究し、転写調節因子に作用する化学物質の作用機序を解明する。
 - 8) 電子線単粒子解析法を開発することで、結晶化が困難でかつ疾病に深くかかわるタンパク質の構造決定を可能にする。具体的には、1種類以上のタンパク質の構造を決定する。
 - 9) 生細胞内および生体内現象を可視化する技術の改良を進め、神経回路網形成や神経細胞維持に必要なタンパク質動態の解析を行う。
 - 10) 神経筋疾患に関連したタンパク質等の機能解析を行う。また遺伝子改変した疾患モデル動物を用いた生理活性分子のスクリーニングシステムの構築を進める。
 - ・1) ヒト由来細胞（具体的には肝細胞および血管内皮細胞由来の株化細胞）を用いたバイオチップにより、医薬品開発におけるリード化合物の効率のスクリーニング技術の確立およびその技術に基づく製品の開発を目指す。
 - 2) 持続発現型センダイウイルスベクターを使ったバイオ医薬品製造技術を開発する。平成22年度は、ベクター構造の最適化により遺伝子発現の最大化を目指す。また Gateway System を使ったベクター作製の効率化を図る。
- 1-(3) 情報処理と生物解析の連携による創薬支援技術や診断技術
- 【中期計画（参考）】
- 効率的な創薬や、個の医療の実現に向けて、ヒトの遺伝子、RNA、タンパク質、糖鎖情報等のバイオデータベースを整備し、それらの配列情報と分子構造情報を用いた創薬支援技術及び細胞内のネットワーク、パスウェイの推定やシミュレーション等のシステム生物学的解析を用いた創薬基盤技術の開発を行う。特に、医薬品候補化合物について従来の5倍程度の効率で選択することを可能とするために、遺伝子やタンパク質の機能予測技術の開発を行う。
- 1-(3)-① 配列情報と分子構造情報を用いた創薬支援技術開発
- 【中期計画（参考）】
- ・遺伝子やタンパク質の機能予測及び特定のタンパク質や糖鎖と相互作用する化合物の探索等、膨大な化合物の中から従来の5倍程度の効率で医薬品候補を選び出すことのできる技術を開発する。
- 《平成22年度計画》
- ・医薬品や検査の標的となるタンパク質あるいは糖鎖の、

各組織・細胞上での存在状況を収集し、医薬品開発の基盤情報を整備する。具体的にはヒト組織、細胞及びヒト由来株化細胞に存在する糖タンパク質の種類、具体的な糖鎖付加位置、および各部位に結合している糖鎖構造モチーフを網羅的に解析し、データベース化する。

- ・糖鎖合成関連遺伝子産物および糖鎖認識タンパク質に結合し、阻害活性を示す化合物の探索にはハイスループットな活性測定法が必須である。そのために必要なアッセイ系の開発、ターゲットタンパク質の大量発現、安定化、固定化方法などの開発を行う。阻害の高効率化には立体構造の情報も有用であり、そのための立体構造解析、ホモロジーモデリング等も行う。
- ・これまで生命情報工学 RC で開発してきたタンパク質立体構造予測技術を創薬標的に関するタンパク質ファミリーに向けて改良と評価を行う。化合物・糖鎖との結合に動的変化を伴う標的タンパク質については、ディソルダ解析や分子動力学計算を考慮した手法を開発し、高精度化を目指す。また標的タンパク質探索に向けたタンパク質局在予測やフォールド予測技術の統合化を目指す。
- ・創薬・個人化医療に向けた次世代シーケンサー支援技術開発を行なう。
 - 1) 高速・高精度なゲノムアラインメント・ソフトウェアを開発改良し、従来技術 (BLAST) より10倍以上の高速化を実現させる。
 - 2) 次世代シーケンサー・データ中でゲノムにマッピング可能な領域を従来より10%以上増加させるための技術開発を行なう。
- ・1) ヒトゲノムから産生される機能性 RNA の中から新規な遺伝子発現制御や細胞内構造構築に関わるものについて、作用メカニズムの解明と標的遺伝子の同定を行う。また機能性 RNA と相互作用するタンパク質因子を効率良く同定する解析系を確立する。さらに機能性 RNA の機能発揮に必要な化学修飾の生合成機構と機能の解明を行う。
- 2) 微生物の生合成遺伝子からの天然生理活性物質の生産を行う技術開発を行い、多種多様なスクリーニング用天然化合物ライブラリーを作製する。さらに、転写制御、シグナル伝達などを制御する化合物を天然より見出し、その活性発現メカニズムを解明することにより、創薬ターゲットを見出すと共に、さらなる高機能化を図る。
- 3) 遺伝子やタンパク質の機能予測及び特定のタンパク質や糖鎖と相互作用する化合物の探索等、膨大な化合物の中から従来 (平成20年基準) の10倍程度の効率で医薬品候補を選び出すことのできる技術を開発する。また、薬物の物性予測による薬らしさの向上や合成展開による改善の余地の検討を行う。
- 4) 真核生物の転写反応や複製反応の制御に関係してい

る高分子量型のヒストンシャペロンの効率的な大量発現・精製系を確立し、ヒストン等の相互作用因子との相互作用解析を行う。この相互作用解析の結果に基づきヒストンシャペロンと相互作用因子との複合体の結晶化を行ない、相互作用情報を複合体の結晶化に生かす方法論の開発を行なう。

- 5) 創薬支援基盤技術となる NMR 相互作用解析技術の開発および最適化を進めるとともに、疾患関連タンパク質複合体を標的とした応用研究に取り組む。
- 6) 超高感度な質量分析システムを用い、タンパク質相互作用のネットワークやプロテオームワイドなタンパク質の定量を行う基盤技術開発を行う。そのために、定量に用いる内標準ペプチドの合成を行い同定と定量に用いる質量分析スペクトルの事前知識を得てデータベース化する。またデータベース上の知識と観測データの相関を評価するためのアルゴリズムの開発も行う。

1-(3)-② システム生物学的解析を用いた創薬基盤技術の開発

【中期計画 (参考)】

- ・転写制御、シグナル伝達、代謝に代表される、細胞内のネットワーク、パスウェイ等の推定やシミュレーションにより、創薬に必要な化合物の設計と合成、標的分子を推定する技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・個人差に依存する薬剤誘導性副作用を予測するためのバイオマーカーを同定するために、SNP 表現型を模倣したモデル細胞の創成技術の開発、モデル細胞アレイの製造技術、モデル細胞アレイを利用したシステム生物学的なバイオマーカー同定法の開発を推進する。
- ・ゲノム情報や発現情報に基づいて、抗真菌剤などの効率的な探索、化合物の作用機構の解析、がん化や個体の高精度な識別などの開発に着手する。
- ・以下に示す内容の基盤技術開発を行う。
 - 1) 既知遺伝子ネットワーク構造と計測データとの整合性を統計的に評価する新規技術を基に、特異的条件下で活性化するネットワーク、パスウェイ候補を絞り込み薬剤応答の細胞状態を評価する。
 - 2) 代数算法を利用した新規高精度パラメータ推定技術により、候補ネットワーク、パスウェイの主要経路の推定から特に薬剤併用効果や副作用予測を行なう。
 - ・環境物質の細胞への影響を遺伝子ネットワークレベルで表現する手法の開発を行う。具体的には局所的なネットワークから大域的なネットワークを推定する手法などを用いることにより、従来よりも確度の高い統計推定ができる方法を開発するとともに推定されたネットワークの体系的な視覚表現法の開発に着手する。
- ・1) 脳の性分化を担うエストロゲンに関係するシグナル伝達経路を明らかにし、新しいシグナルメディエーターを同定し、さらにシグナル分子による細胞刺激を

通して機能解析を行う。

- 2) Keap1-NRF2系に代表される転写制御因子を、単粒子情報解析法により解析することで構造情報を提供し、システム生物学的解析に貢献する。

1-(3)-③ バイオデータベース整備と利用技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・遺伝子や生体分子に関する情報の高度な利用を促進する情報データベースやポータルサイト等を構築する。また、ヒトの遺伝子、RNA、タンパク質、糖鎖情報等の整備及び統合を行うとともに、診断技術等の利用技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・遺伝子や生体分子に関する情報の高度な利用を促進する情報データベースやポータルサイト等を構築する。また、ヒトの遺伝子、RNA、タンパク質、糖鎖情報等の整備及び統合を行うとともに、診断技術等の利用技術を開発する。
- ・モデル生物（線虫及びマウス組織）に存在する糖タンパク質の種類、実際の糖鎖付加位置、各付加位置に結合している糖鎖構造モチーフを同定、解析した情報を糖タンパク質データベースに集積し、統合データベース（JCGGDB）と連携させる。
- ・利用者が解析ツールを選ぶことができる柔軟性に優れたアクティブ・フローの開発やデータベースの統合に向けた情報統合基盤技術の開発に取り組む。具体的には、これまで生命情報工学 RC で開発された遺伝子や生体分子に関する解析ツールのプラットフォーム化やデータベース（機能性 RNA 等）の提供情報の品質向上、情報量の拡充、機能の拡張・改善を行う。また産総研内外のデータベースも含めた情報統合と解析ツールの融合・連携により、バイオ情報解析システムへの発展をめざす。
- ・1) ヒトの遺伝子やタンパク質等の分子情報を精査して統合化した公開データベース H-InvDB を更新し、さらにこれを活用して知識抽出を行うためのデータマイニング・システムを開発する。また、世界の主要な生命科学分野のデータベースを統合利用できるようにするため、データ ID の対応情報を収集・整理して提供するソフトウェア・システムを構築する。経済産業省統合データベースプロジェクトの情報ポータルサイト MEDALS の整備を進める。
- 2) ヒトタンパク質発現リソースのデータベース HGPDB (Human Gene and Protein Database) の充実を図り、データベース相互のリンクを行う。

2. 健康な生き方を実現する技術の開発

【中期計画（参考）】

心身ともに健康な社会生活を実現するために、高齢者のケア、健康の維持増進、社会不安による心の問題の解

決等の観点から健康な生き方に必要な開発課題に取り組む。具体的には、ストレス等を含む心身の健康状態を定量的に計測する技術の開発を行う。また、その計測結果に基づいて、個人に適した治療やリハビリテーションによる健康の回復、維持増進を支援する技術の開発を行う。

2-(1) 人の機能と活動の高度計測技術

【中期計画（参考）】

個人の状況に応じて心身共に健康な生活を実現するために、人の心と行動を理解し、健康生活へと応用することが必要である。そのために脳神経機能及び認知行動の計測技術、人の生理、心理及び行動の予測に資する技術の開発を行う。また、高齢者や障害者の生理、心理及び行動データを基にした、安全性や快適性の確立に資する標準化活動を行う。特に、空間分解能を維持しつつ、ミリ秒オーダーの時間分解能で脳神経活動を計測する技術の開発を行う。

2-(1)-① 脳神経機能及び認知行動の計測技術の開発と人間の心と行動の理解、モデル化、予測技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・脳神経機能と認知活動に関して、空間分解能を維持した状態でミリ秒オーダーの時間分解能の実現による脳の領域間の相互作用の評価等を非（低）侵襲、高解像度で計測する技術を開発する。また、得られたデータから人の認知処理容量の定量化や機器操作への適応等心理状態、認知行動を評価及び予測するモデルを開発する。

《平成22年度計画》

- ・非侵襲な脳機能計測技術である脳磁界 (MEG)、脳波 (EEG) および機能的 MRI (fMRI) データを統合的に解析するためのアルゴリズム開発を行う。とくに、高時間解像度をもつ MEG・EEG データからの脳活動分布推定の空間解像度を fMRI データを用いて高める技術を開発する。
- ・脳全体の酸素代謝を巨視的に推定するために必要な計測モダリティ（近赤外光など）及び計測方法を検討し、その実現の可能性を脳の酸素代謝をともなう人間工学実験への試行によって確認する。
- ・認知活動に必要な注意、記憶、構え、遂行などの情報処理モジュールを特定するとともに、モデル化に向けた枠組みを構築するために、これらの認知機能を含んだ課題を30種類程度選定し、人間工学実験を行う。それらの課題成績間の共変性を解析することによってモジュール間の関係を解明する。
- ・視覚情報と記憶から意味を抽出する認知活動について、腹側視覚経路および内側側頭葉で単一神経細胞活動の記録を行い、ミリ秒オーダーの時間解像度で情報処理を解析する。また、状況・文脈・動機に合わせて柔軟に情報を抽出する注意・認知メカニズムを解明するた

めのモデル動物を確立する。脳の運動制御メカニズムに関する研究では、腕運動および眼球運動を対象に、情報処理機構のメカニズムをミリ秒の時間分解能で解析する。

- ・近赤外脳機能計測技術の高信頼化を実現するため、**multidistance** 計測法を用いた毛髪由来雑音除去の理論／実験的検証や、正則化法を用いた血流変化推定手法の精度についての理論的検討を行う。また、**fNIRS** を用いた社会性研究のための実験デザインの構築、環境整備を進める。
- ・認知行動を評価・予測するモデルを構築するために、大量データからの機械学習・データマイニングアルゴリズムの構築を行う。まず、その基礎技術である確率モデルの情報幾何学的な観点からの体系化を行い、それらの知見を生かして具体的なアルゴリズムの構築を行い、インターネットにおける検索行動や購買行動に関するモデル化などに適用する。また、画像から認知行動を抽出するためのコンピュータビジョン技術の高精度化、高速化を行う。

2-(1)-② 日常生活における人間の生理、心理及び行動の統合的計測と健康生活への応用技術開発とその国際標準化 (IV-3-(1)-③へ再掲)

【中期計画 (参考)】

- ・日常生活における高齢者、障害者、健常者等の人間の生理、心理及び行動情報を計測し、健康及び安全状態を時系列で定量的に評価する技術を開発する。低視力者、聴覚障害者や高齢者を対象にデータの蓄積を行い、新たに5件程度の ISO 提案を目指した標準化活動を行う。
- 《平成22年度計画》
- ・低視力(ロービジョン)のコントラスト及び可読文字サイズの JIS TR 各1編の原案作成を行うとともに、それらの ISO 規格化提案の準備を進める。また、高齢者の聴覚特性、及びそれを考慮した公共空間等の音声アナウンスに関する ISO 規格原案、各1件の審議を行うとともに、視覚障害を考慮した公共空間の音案内に関する JIS 及び ISO 規格化提案の準備を進める。さらに、高齢者・障害者を対象に、その他の視覚・聴覚等の機能に関する心理・行動情報の計測を行い、その成果を ISO/TR 22411第2版として提案する。
 - ・映像の生体安全性を実現するために、映像酔い及び立体映像による視覚疲労に関する国際文書として、科学的知見を整理するための技術報告書を CIE (国際照明委員会) に対して1件、ガイドラインの国際規格を ISO に対して1件、それぞれ提案を行う。
 - ・人間の行動情報等に関する多元的な計測データに基づいて、健康・安全状態の定量的な評価に必要な日常生活の基本タスクの困難さなどの高次特性量を推定するための方法論について調査し、実際の計測データに基

づいた高次特性量の推定を行う。

2-(2) 生体情報に基づく健康状態の評価技術

【中期計画 (参考)】

個人の健康状態を評価するために、環境要因、ストレス等を含む心身の健康状態の定量的な計測が必要である。そのため、生体及び心の健康状態に関する分子レベルの指標の開発、標準化に向けたデータベース構築のための健康情報の収集、周辺環境モニタリングも含めた健康情報を管理及び評価するためのシステムの開発を行う。

2-(2)-① 分子計測による心身の健康状態のモニタリング、管理技術の開発

【中期計画 (参考)】

- ・身体的健康状態又は鬱、ストレス、睡眠障害等の精神的健康状態を尿、血液、唾液等の生体試料を用いて簡便かつ迅速に検知し、時系列情報として管理できるデバイスや5個程度のバイオマーカー候補を開発する。

《平成22年度計画》

- ・概日リズムの乱れによる睡眠障害等の精神的健康状態のモニタリングを目的としたバイオマーカー候補分子の探索のための動物モデルの開発を行う。
- ・身体的および精神的健康状態の管理を目的として、体内時計の調節に関連する(天然)化合物を1種類以上開発する。また、体内時計と密接に関連している早朝高血圧を管理するための候補となる血圧降下ペプチドを1種類以上開発する。
- ・マルチマーカー測定チップの抗体固定処理において、抗体固定部の表面処理、形状制御等により、マイクロ流路内での固定位置を安定化し、1チップあたりの有効検出点数割合を90%以上とする。
- ・マイクロチップ基板を用いて、糖尿病や骨粗鬆症など生活習慣病に関連するバイオマーカー6種類について、3 μ l 程度の血液を用いて30分以内に定量的に測定できる検出系を構築する。また、糖代謝機能測定、免疫機能、合併症予知及び生活改善の見える化に向け、複数のバイオマーカーの解析や評価を行う。
- ・分子計測による心身の健康状態のモニタリング、管理技術の研究開発のため、プロトタイプ開発した高度集積化バイオチップシステムでは生体試料による検証研究を行い、産業技術化を進める。
- ・酸化ストレスを指標とした身体的・精神的健康状態モニタリングシステムの開発を目指して、ヒト試料について調整した抗体による免疫学的測定法を酸化ストレス応答バイオマーカー計測に適用する。
- ・平成22年度は、うつ発症および寛解に関するモデル動物やモデル細胞を用いた研究から、精神的健康状態および疾患状態を検知・管理できるバイオマーカー候補を提案することを目指す。さらには、情報工学や光技術を用いた簡便かつ迅速測定系の開発研究を試みる。

- ・バイオマーカー分子を簡便かつ迅速に検知し、時系列情報として管理するためのシステムとして、
- 1) 細胞内に導入した有用蛋白質の動態をリアルタイムに検出するシステム、
- 2) 健康状態を把握するための簡易測定システム、の開発を進める。
- ・活性酸素を除去し、かつ耐熱性を持つ抗酸化蛋白質に着目し、その触媒活性と金属イオンの関係を明らかにする。
- ・バイオマーカーの安価・簡便な計測システムの実現には検知用抗体の改良が重要である。そこで抗体の安定性、生産性などを向上させるアミノ酸変異を2種類発見し、物性を改善した改変抗体フレームワークを作製する。
- ・人工の鼻を用いた異常分子・人工分子の検知技術開発のために、1種以上の嗅覚レセプタの改変による要素培養細胞センサの応答性変化を調べ、レセプタ特異性決定因子を検討する。また、モデル動物の行動実験により、4種の匂い認知における高感度と低感度レセプタの寄与の相違を調べ、匂い信号処理アルゴリズムを検討する。
- ・混合物溶液スペクトルの情報抽出技術である NMR-メタボリック・プロファイリング法を、尿・唾液または摂取する栄養物等の健康に直接・間接的に関わる試料を対象として実施し、生理状態を反映する因子の解明を行って健康分野における計測・評価・追跡技術として応用化を進める。

2-(2)-② 健康リスクのモニタリング及び低減技術、健康維持技術と健康情報の管理及び活用技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・環境に存在する50種類以上の工業用ナノ粒子、微粒子等の健康阻害因子を高精度に計測及び評価し、因子の除去、又は健康への影響を効果的に低減するための技術を開発する。また、健康管理システムを構築するために、心と体の健康情報を長期的に収集及び評価する技術並びに健康逸脱状態を検出する技術を開発する。
《平成22年度計画》
- ・小規模データ収集・検証用マルチマーカー測定マイクロチップ基板の仕様を確定した上で、抗体固定処理用インジェクターの自動位置決め等により、年間1000枚規模のチップ供給体制を整備する。また、マルチマーカーによる内分泌系情報と活動情報の連携測定とデータの蓄積を行う。
- ・50種類以上の工業用ナノ粒子・微粒子について、インビトロ系を用いた影響評価を完成させる。
- ・感染症等遺伝子などを迅速に検出できる電気化学センサ集積化バイオチップの研究開発を行う。
- ・マラリア診断用細胞チップを用いて、血球内寄生型ステージの同定（血球内での原虫の生育状態の確認）と

細胞チップ上でのマラリア培養系の構築を進める。

- ・健康阻害因子の除去、または影響を効果的に低減するため、
- 1) 硝酸イオンセンサに無機イオン交換体を組み込み、選択性を付与させることで、定量下限の向上を目指す。
- 2) 新規有害陰イオン捕捉材料の開発およびこれまで開発した臭素酸イオン除去剤の安全性を評価する。
- 3) ナノカーボン分散化技術とその光発熱特性を利用し、有害微生物センサを設計・試作する。
- 4) 藻類を用いた健康阻害要因の除去・低減技術を提案する。
- ・小型魚類メダカの化学受容機構を応用し、反応性検知系の開発のために、刺激物質への反応に伴う変化を行動学的に検出、もしくは脳神経系での反応を可視化する組換えメダカの作成を試みる。また、リスク化合物に対するメダカの感受性を毒性学的に調べる。

2-(3) 健康の回復と健康生活を実現する技術

【中期計画（参考）】

健康な社会生活を実現するために、人の生理、心理及び行動や生体及び心の健康状態に関する指標に基づいて、失われた運動能力や認知能力を補い、個人の健康状態に適した暮らし方を支援する技術や、リハビリテーション等の健康回復、維持増進を支援するための技術の開発を行う。また、患者と医療従事者の負担を軽減するための技術開発を行う。

2-(3)-① 生体情報計測に基づく軽負荷医療及び遠隔医療支援技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・患者と医療従事者の負担軽減を目的として、生体組織の物理的、生理的計測情報を高度に組み合わせ、計測時間の短縮や試料採取量を減らすことにより、低侵襲治療を支援する技術を開発する。また、先端的材料技術や電子機械技術を融合し、手術手技研修システム技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・エネルギー技術究部門との連携の元、提携企業と協力することで、マイルドなプラズマを用いた血液止血器具の開発と、性能安全性試験を可能とするプラズマ評価装置の開発を行う。
- ・磁気共鳴と超音波を用いた新しい無侵襲力学計測法の開発に向けて、標準試験体（ファントム）による手法の検討を行い、可能性を検証する。また、低侵襲治療支援技術として、前記無侵襲力学計測結果の分布の可視化を含む穿刺ナビゲーション技術を開発し、時間遅れを評価して人間工学的観点から許容できる遅れを求める。一方、ドライラボ（人工物によるシミュレータ）と手術室での実際の手術の情報を融合した、より臨場感の高い手術手技研修システムを構築し、症例

を蓄積する。

2-(3)-② 身体生理機能や認知機能の理解に基づき心身機能を維持増進する技術や回復（リハビリテーション）する技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・加齢に伴う知覚能力減退に起因する歩行困難等を緩和し、安心して生活できる社会を実現するために、認知及び運動の相互作用特性の計測、評価及びデータベースに基づいた視覚障害者に対する聴覚空間認知訓練システムを開発する。また、心身活動の維持に適合した製品や環境設計技術、心身活動の回復（リハビリテーション）や増進を支援する技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・視覚障害者のための聴覚空間認知訓練システムについて、実用化のためのソフトウェアやセンサの仕様を検討する。
- ・製品・環境設計技術については、立体映像酔い評価システム構築のための生体影響モデルに必要な基本データを、被験者実験によって取得する。また、室内温熱環境設計のための基礎として、入浴中やその後の睡眠における心身の状態を把握する方法に関する予備実験を実施する。
- ・心身活動の回復や増進については、日常生活における身体活動量を簡易・低拘束で把握するための要素技術や運動機能訓練用の自転車ペダル機構やアクチュエータ機構構築のための要素技術の開発を行う。また、低負荷刺激による積極的休息の効果評価のための指標候補を抽出するとともに、指標計測簡易化のための要素技術を検討する。
- ・脳科学に基づく新たなリハビリ支援技術の開発を目指すため、脳損傷モデルザルにおいて、リハビリ訓練によって生じる脳活動の変化を明らかにする。脳機能イメージングと電気生理学の手法を用いて、脳の損傷前と、リハビリ訓練による機能回復後の脳活動を比較する。
- ・歩行困難の緩和と心身活動の増進を支援するために、歩行運動データベースに基づいて歩行中の反力のみから個人の歩容と筋力パターンを推論し評価する技術を開発する。新たに成人男女20名以上のデータを追加するとともに、転倒リスクや下肢筋力増進を評価できる試作システムを開発して、フィットネスクラブで実証評価する。このような歩行と体形、健康診断情報を統合管理する健康データベースを構成し、健康診断情報200件以上を蓄積する。

2-(3)-③ 人間の心身活動能力を補い社会参画を支援するためのインターフェース等の技術開発

【中期計画（参考）】

- ・現状の運動能力や認知能力を補い高齢者、障害者、健

常者等のより高度な社会参画を可能にする技術（従来の2倍以上の意思伝達効率のブレインマシンインターフェースや、柔軟で1V程度の低電圧駆動が可能な運動アシスト機器等）を開発する。

《平成22年度計画》

- ・柔軟で1V程度の低電圧駆動が可能な運動アシスト機器等を開発するため、電気活性のある導電性微粒子を高分子に分散させた伸縮性電極を開発し、柔軟で高伸縮性のアクチュエータ素子を開発する。伸縮率5%以上、発生圧10MPa以上の数値目標を達成する。
 - ・柔軟で1V程度の低電圧駆動が可能な運動アシスト機器等を開発するため、電気活性のある導電性微粒子を高分子に分散させた伸縮性電極の電場伸縮機構に関するナノレベルからマイクロレベルのモデルについて、計算機実験、および、電気化学、アクチュエータ評価実験的手法により詳細に調べ、材料設計指針を得る。特に微粒子の分散状態と応答特性についての関係を明らかにする。
 - ・脳と機械を直結するブレインマシンインターフェース（BMI）や残存運動機能を用いた直感インターフェース（直感IF）など脳情報を医療や産業に活用するニューロテクノロジーの開発を行う。
- 1) 非拘束下のヒトや動物の脳内あるいは頭皮上から脳活動を記録する小型無線センサを開発する。
 - 2) 意思決定や情動などの脳情報を高速かつ高精度で解読するアルゴリズムを開発する。
 - 3) 脳活動や頭部動作にもとづく意思伝達支援や電動車いす制御など低下した脳機能を補償する実用的システムを開発する。

3. 生活安全のための技術開発

【中期計画（参考）】

疾患の予防や社会生活における事故防止、高齢化社会の到来による介護負荷の軽減、ネットワーク社会における消費者の保護等、日常生活にかかわる生活安全のための情報通信技術（IT）にかかわる開発を行う。具体的には、ストレスセンシングなど生活安全にかかわるセンサ技術、高齢者や被介護者等の日常生活を支援するセンサ技術等の開発を行う。また、日常生活における人とのインタラクションが必要となる生活支援ロボットの実環境での安全性を確立するための基盤技術の開発を行い、安全規格を定める。

3-(1) ITによる生活安全技術

【中期計画（参考）】

安全・安心な社会生活を実現するため、情報通信技術（IT）にかかわる研究開発を行う。具体的には、バイオケミカルセンサ等センサシステム自体の開発と併せて、センサを用いた人や生活環境のセンシング技術、センシングデータの解析やモデル化技術に基づいた異常検出や

リスク分析及びリスク回避の技術開発を行う。さらに、消費者の情報や権利を保護するための情報セキュリティ対策技術の開発を行う。

3-(1)-① 生活安全のためのセンサシステムの開発

【中期計画（参考）】

- 生活習慣病の迅速診断、感染症対策のためのウイルスの検出、ストレスセンシングを目的として、導波モードや新蛍光材料を用いたバイオ・ケミカルセンシングシステムを開発する。また、予防医療につながる眼底の高精度診断のために、画像分光や能動的な光波制御を用いた眼底イメージング装置を開発し、5 μm 以上の分解能を実現する計測技術を開発する。生活環境下における有毒ガス等の分光検知を目指して、複数ガスの遠隔分光に適した200～500GHz帯において、従来検出器の1/5以下の最小検出電力を持つ高感度超伝導受信器を開発する。

《平成22年度計画》

- 細胞、タンパク質、その他生体関連物質を高い選択性で捕捉するための表面修飾、表面加工技術開発を目指し、包接化合物やソフトリソグラフィの適用を試みる。
- 第2期に開発した生活習慣病の迅速診断に使用する強蛍光かつ長寿命の蛍光性金属錯体について、蛍光標識剤としての機能を検証するとともに、蛍光試薬として実用化を進める。
- 眼底をはじめとする生体組織の高精度機能イメージングを目指し、分光分析を利用して微小な代謝情報を抽出するための基礎実験を行う。さらに、屈折率差0.01程度の透明試料の定量的可視化法を確立すると共に、生体の抗体反応と光干渉を利用して生体内の微量物質を検出するための基礎実験系を構築する。また、高精度形態イメージングの実現を目指して、多波長を利用した光波面の能動的制御技術を確立し、強度相関に基づく生体情報の抽出技術の原理を考案する。
- 200～500GHz帯を1バンドでカバーする超伝導ミキサとそれを実装した小型4K冷凍機を開発し、ガス分光への適用を図る。

3-(1)-② 生活安全のためのセンサを用いた見守り及び異常検出技術

【中期計画（参考）】

- 高齢者及び被介護者の健康及び身体状態の把握や、介護者の支援を目的とし、生活の安全性の検証とリスク分析の手法を開発する。具体的には、生活における危険状態の自動検出を実現するために、人の10以上の姿勢や運動状態の識別及び運動量を推定できる技術を開発する。異常状態の自動検出率95%を目指して、生活動画、日常音環境等を分析する技術を開発する。また、医療における早期診断支援を目的とし、がん細胞の自動検出率95%を実現するために、胃生検画像を自動的

に診断する技術を開発する。

《平成22年度計画》

- 生活の安全性の検証とリスク分析の手法として、以下の研究開発を実施する。
 - 生活における危険状態の自動検出の方法として、超小型・軽量のモバイル生体センサーを開発し、心電位・3軸加速度・温湿度・気圧を計測し、携帯電話通信網によって遠隔地でユーザを見守るシステムを実現する。
 - HLACを用いた医療診断支援技術について、胃生検画像において癌である疑いのある領域を正確に絞り込むため、画像分割の最適化指針に関する検討を行い、それを反映した画像分割型学習アルゴリズムを開発する。
 - 高齢者や障害者が安心して安全に、歩行者とも共存しながら移動するための知的パーソナルモビリティについて車載センサによるロボスタマルチモーダル環境認識・異常検出アルゴリズムと環境／車載センサ協調測位アルゴリズムを開発する。

3-(1)-③ 人間機能モデルによる生活安全評価技術

【中期計画（参考）】

- 乳幼児と高齢者の傷害予防を目的に、傷害情報サーベイランス技術と実時間見守りセンシング技術を開発し、12,000件以上からなる傷害データベースとWHO国際生活機能分類に準拠した生活機能構造を作成する。データベースから生体モデルと生活機能モデルを構築する技術を開発するとともに、10件以上の製品の設計、評価及びリスクアセスメントに適用し、生活支援ロボットの設計と評価に応用する。開発技術を5か所以上の外部機関や企業が利用可能な形で提供し、運用検証する。

《平成22年度計画》

- 傷害サーベイランス技術により2000件規模の傷害データを追加する。また、傷害サーベイランス技術を虐待による傷害を蓄積できるシステムに拡張し、児童相談所の協力を得て数十件規模のデータ蓄積を行う。公園に設置されたカメラから子どもの公園内日常行動の長時間観察データを収集し、収集データを用いてリスクアセスメントのための日常行動モデルを作成する。よじ登り行動観察のための分散力センサネットワークを開発し、数十人規模のデータ収集を行い、よじ登り予測モデルを作成する。法医学教室と協力し、司法解剖時生体特性計測システムを開発し、乳幼児および大人の特性データを蓄積し、これを反映させた生体力学シミュレータを開発する。

3-(1)-④ 消費者の情報や権利を保護するための情報セキュリティ対策技術

【中期計画（参考）】

- ・ネットワーク社会において消費者の情報や権利を保護するため、バイOMETRICSやパスワード等の認証用情報が漏えいした際にも、認証情報更新を容易にすることにより、被害を最小限に抑えることができる個人認証技術や、ユーザがサーバと相互に認証することで、ユーザがフィッシング詐欺を認知可能とする技術等のプライバシー情報保護及びユーザ権限管理技術を開発する。さらに、開発した技術を、ウェブブラウザのプラグイン等の形で5つ以上実装、公開し、10以上のウェブサービス等での採用を目指す。

《平成22年度計画》

- ・認証情報を更新可能なキャンセル可能なバイOMETRICSの安全性に関する理論を構築する。また、プライバシー保護性、検索可能性やアクセス制御機能を有する公開鍵暗号技術についての安全性理論の構築および方式開発の研究を進める。
- ・ユーザがサーバと相互に認証することで、ユーザがフィッシング詐欺を認知可能とする技術について、技術の標準化提案活動を進捗させるとともに、対応クライアントソフトウェアおよびサーバアプリケーションの実装例を作成し一般に公開する。また、情報漏えいの原因となるソフトウェアの不具合を検知・防止する技術についてもソフトウェア実装の改良を行い成果を公開する。
- ・通信に用いられる物理系の特性を活かした符号や暗号技術による情報セキュリティ技術について、物理系の制御の（不）正確さなどが安全性に与える影響の評価および対策手法の開発を行う。

3-(2) 生活支援ロボットの安全の確立

【中期計画（参考）】

介護及び福祉に応用する生活支援ロボットの製品化に不可欠な実環境下での安全の確立を目指して、ロボットの新しい安全基準を構築し、ロボットを安全に動作させる際に必要な基盤技術の開発を行う。また、ロボットの制御ソフトウェアの信頼性を高め、実装するための基盤技術の開発を行う。特に、ロボットのリスクマネジメント技術の開発においては、機能安全の国際規格に適合可能な安全規格を定める。

3-(2)-① ロボットの安全性評価のためのリスクマネジメント技術の開発（IV-3-(1)-④へ再掲）

【中期計画（参考）】

- ・機能安全の国際規格に適合可能なロボットの安全規格を定めるため、ロボットの安全性を試験、評価するための技術を開発する。ロボットの安全技術としてのセンサ技術、制御技術、インターフェース技術、ロボットの安全性を検証するためのリスクアセスメント技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・ロボットの安全性を検証するためのリスクアセスメント等、安全設計を行うための技術開発を行うとともに、それらの国際標準化活動を行う。機械・電気安全等に関する試験装置を開発し、開発実施者から提供される各種ロボットを使った基礎実験を実施し、データを採取する。さらに、安全基準に関する定量化に関する検討を行う。

3-(2)-② 高信頼ロボットソフトウェア開発技術（IV-3-(1)-⑤へ再掲）

【中期計画（参考）】

- ・機能安全の国際規格に適合可能な安全なロボットを実現するため、高信頼なロボットソフトウェアを設計、実装する技術を開発する。このため、ロボットソフトウェアのリスクアセスメント、システム設計、開発、評価を一貫して行うことのできる技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・SysMLをベースに、認証可能なシステム設計、開発、評価のための、リスク分析、実装、解析を行うためのツール、DBを構築する。このため、RTミドルウェア開発環境自身の高信頼化を図ると共に、安全関連系とのシームレスな結合手法を検討する。また、安全関連系のためにSysMLで記述されたスタティックなシステムのハード化を検討する。

III. 他国の追従を許さない先端的技术開発の推進

【中期計画（参考）】

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

1. 高度な情報通信社会を支えるデバイス、システム技術の開発

【中期計画（参考）】

情報通信社会の継続的な発展には、低環境負荷と高性能の両立及び新機能の実現によるデバイスの革新が必要である。このため、光、電子デバイスの高機能化、高付加価値化技術の開発を行う。また、デバイスの設計を容易にするため、計算科学を用いた材料、デバイスの機能予測技術の開発を行う。さらに、IT活用による製造及びシステム技術の高効率化や高機能化に関する技術の開

発を行う。

1-(1) デバイスの高機能化と高付加価値化技術

【中期計画（参考）】

情報通信社会の継続的な発展のために、微細化等によるデバイスの高機能追求やフレキシブル有機デバイスの開発、光通信の波長、空間の高密度化等、情報通信技術の革新に資する光、電子デバイス技術の開発を行う。また、シミュレーションにより特性を予測することで、デバイスの開発を容易にする技術の開発を行う。特に、極微細かつ低消費電力素子として期待されるスピントランジスタの実現を目指して、半導体中でのスピンの注入、制御及び検出技術の開発を行う。

1-(1)-① 情報処理の高度化のための革新的電子デバイス機能の開発

【中期計画（参考）】

・ポスト CMOS 時代の極微細、低消費電力素子として期待されるスピントランジスタの実現を目指して、半導体中でのスピンの注入、制御及び検出技術を開発する。また、光ネットワーク高度化のためのスピン光機能デバイスを開発する。

CMOS 素子とは異なる原理で動作する超低消費電力演算素子の実現を目指して、金属酸化物材料と高温超伝導材料の物性解明と物性制御技術の開発を行い、材料の磁気、電気、光学特性等を電子相状態により制御するプロトタイプ素子において低消費電力スイッチング機能等を実証する。

《平成22年度計画》

- ・スピントランジスタの要素技術である磁性体から半導体へのスピン注入技術の研究を行い、高いスピン注入効率と電流注入効率の両立を室温で実現する。また、スピン光メモリの実現を目指した強磁性金属／半導体ハイブリッド光素子の性能を向上させる。素子構造の最適化とスピン注入効率の向上により、商用レベルの光アイソレーション性能を実現する。
- ・鉄系超伝導体および銅酸化物超伝導体の超伝導転移温度などを決定する機構解明のために、作製した新規超伝導体の物性・電子構造測定による実験データの蓄積と第一原理計算やシミュレーションによる電子状態のバンドパラメータや結晶構造依存性の解明を行い、従来より高い転移温度を持つ材料を探索する。
- ・超伝導現象を新規デバイス機能として利用するため、Bi 系超伝導体の固有ジョセフソン接合のマイクロ波応答を利用したラビ振動の観察、また結合した量子系としての量子協力スイッチ現象の物理を解明する。また、多バンド超伝導におけるソリトンの発生・検出装置の設計を行う。
- ・金属酸化物の電子相転移を利用したデバイス機能実現のために、Ni 酸化物など金属 - 絶縁体転移を示す金

属酸化物の良質な薄膜の作製技術を確立し、金属 - 絶縁体転移温度の電場制御の可能性を検証するとともに、マルチフェロイック材料や遷移金属酸化物の2次元界面などを対象として量子臨界点近傍で増強される異常物性などの探索、物性解明を行う。これらの基盤技術として材料合成技術の高度化を行い、新規相制御材料を作製する。

1-(1)-② 情報入出力機器のフレキシブル、小型化のためのデバイスの研究開発

【中期計画（参考）】

- ・小型軽量の次世代情報家電に資する柔軟性、軽量性及び耐衝撃性に優れたフレキシブルなディスプレイを開発する。そのために受発光、導電、半導体、誘電体等の光電子機能を有する新規の有機材料や無機材料を開発する。これらの材料のナノ構造制御により、非晶質シリコンよりも優れた移動度 ($5\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上)、on/off 比 (5桁以上)、駆動電圧 (5V 以下) で動作する有機薄膜トランジスタや受発光素子を開発する。さらに赤色領域での位相差0.25波長を有する偏光素子や回折、屈折素子等の高性能光入出力素子を開発する。
- 《平成22年度計画》
- ・第2期までに開発した p 型および n 型有機半導体を用い、印刷法を用いて素子を作製し、従来のスピノコート法で作製した素子との構造の違いや電気特性への影響を明らかにする、同時に、印刷法を用いて CMOS を作製し、動作検証を行う。また、偏光ホログラムメモリ等に係わる材料・特性評価を行う。
 - ・情報入出力機器の大面积・高密度・軽量化のため、強相関電子等による革新的電子材料とそのデバイス化技術の研究開発を行う。
- 1) 材料開発において、相転移の機能化やプロセスの簡略化が可能な有機強誘電体・半導体材料を創製する。
 - 2) デバイス化において、均質性に優れた大面积デバイスを得るためのプロセス技術を開発する。
 - 3) 基盤技術として、デバイス界面におけるキャリア輸送の電子論の確立と、デバイス新機能の実証を行う。
- ・半導体ナノ粒子をガラスでコートすることで耐久性を向上させ、高輝度、高演色性の蛍光材料を開発する。この蛍光体のナノ構造を制御することで、エレクトロルミネッセンスなどの新機能発現可能性についても追究し、新しい用途も検討する。
 - ・摩擦転写法等による分子配向制御によって電荷輸送特性を向上させた有機受発光素子を開発する。
 - ・赤色領域で位相差0.08波長の偏光特性を持つ素子構造の形成技術を開発する。
 - ・インクジェット用圧電素子材料として低環境負荷材料であるニオブ系圧電セラミックスを取り上げ、その局所構造及び強誘電ドメインを微量元素添加により制御し温度特性・耐圧性の向上を図る。

1-(1)-③ 光通信の波長及び空間の高密度化 (I-2-(3)-③を一部再掲)

【中期計画 (参考)】

- ・高精細映像等の巨大コンテンツを伝送させる光ネットワークを実現するために、既存のネットワークルータに比べてスループットあたり3桁低い消費電力でルーティングを行う光パスネットワークで伝送する技術を開発する。具体的には、ルートを切り替えるシリコンフォトニクス、ガラス導波路技術を用いた大規模光スイッチ、伝送路を最適化する技術及び光パスシステム化技術を開発する。また、1Tb/s 以上の大伝送容量化を目指して、多値位相変調や偏波多重を含む超高速光多重化のためのデバイス及び光信号処理技術を開発する。

情報通信の安全性に向けて、量子中継等の技術を開発し、高密度波長多重量子暗号通信デバイス、システムを開発する。

《平成22年度計画》

- ・光パスネットワークに向けて、4×4のシリコンフォトニクス光スイッチ、ならびにガラス導波路を用いた波長選択性スイッチのプロトタイプを開発する。さらに、光パラメトリック効果を用いた分散補償装置のモジュール化を行う。これらの成果をベースに小規模光パスネットワークの実証デモ実験を行う。超大容量伝送に向けては、サブバンド間遷移超高速位相変調素子をハイブリッド集積した小型の超高速全光スイッチを実現すると同時にモノリシック集積に向けた基礎検討を進める。加えて、空間光学型のサブバンド間遷移超高速全光スイッチを用いて、172Gb/s でスーパーハイビジョンの送受実験を行う。
- ・超高速光多重化のための光信号処理技術として、オンオフ変調から4値位相変調のフォーマット変換を実現する。
- ・量子中継の基盤技術である4光子量子もつれ交換における雑音要因を明らかにし、交換率90%以上を実現する。

1-(1)-④ ナノ電子デバイスの特性予測と設計支援技術

【中期計画 (参考)】

- ・微細 CMOS の性能向上に用いられている機械的ひずみに代表される新構造及び新材料デバイスの構造や特性を実際の試作に先立って予測するために、計測技術を一体化させた設計ツールとするシミュレーションシステムを開発する。

《平成22年度計画》

- ・ラマン分光法を用いたシリコンの応力計測で、計測過程そのものをシミュレートしてデバイス構造の応力分布を解析するシミュレーションシステムを開発する。すなわち、ラマンスペクトルを、応力分布シミュレーション結果、励起光強度分布シミュレーション結果、

及びラマン散乱選択則を用いて計算し、測定データと比較することにより、デバイス構造の応力分布を解析するシステムを開発する。

1-(1)-⑤ 高効率な設計とシミュレーションのための高性能計算技術

【中期計画 (参考)】

- ・電子デバイスが発揮する新機能を高速なコンピュータシミュレーションにより予測することを目的として、数千万 CPU コア時間程度の大規模計算におけるシミュレーションソフトウェア開発支援環境を開発する。この並列/分散計算環境において、アプリケーションの特性に応じて適切な資源を割当て、障害が発生しても実行を継続する、高信頼/高効率計算技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・数千万 CPU コア・時間程度の大規模計算の実現に必要な要素技術を洗い出し、その実現方法を検討する。また、開発支援環境の設計にあたって、普及が見込める現実的なプログラミングモデルについて、既存モデルの比較および予備実装を行ないながら検討する。

1-(2) IT 活用によるシステムの高効率化及び高機能化

【中期計画 (参考)】

製品開発サイクルの短縮及び新たな付加価値製品の製造のため、組立作業や視覚認識における産業用ロボットの知能化を推進し、組込みシステムの高効率化と高機能化の両立を実現する。また、人の機能をシミュレーションし、その結果を製品開発にフィードバックすることで、人にとって使い易い製品設計を支援する技術を開発する。特に、セル生産のロボット化において、一部が変形する部品や配線材等の柔軟物を含む5種類以上のワークの組立作業を対象に開発した技術を実証する。

1-(2)-① 製造の省力化、高効率化のための産業用ロボット知能化技術

【中期計画 (参考)】

- ・セル生産のロボット化を目指し、変形を含む物理シミュレーション技術、作業スキルの解析に基づく作業計画及び動作計画ソフトウェア、センサフィードバックに基づく組立動作制御ソフトウェアを開発する。代表とする組み立て工程の50%をカバーする、5種類以上のワークの組立作業を対象に開発した技術を実証する。また、工業部品の多くを占める黒色や光沢のあるワークに対しても位置姿勢検出精度が光沢のない中間色の場合と同程度の3次元視覚情報処理技術を実証する。

《平成22年度計画》

- ・セル生産のロボット化を目指した研究を行う。
- 1) 弾性小変形を含む物理シミュレーション用のモデルを作成する。

2) 組立工程において安定した作業を行うために、工業部品の多数を占める黒色や光沢のあるワークを対象にした3次元位置姿勢検出精度向上に関する技術を開発する。

1-(2)-② 組み込みシステムの最適設計技術

【中期計画（参考）】

- ・情報通信機器の省エネルギー化のために、再構成可能なデバイス（FPGA 等）について、しきい値可変デバイスをを用いて静的消費電力を1/10程度に削減する技術を開発する。また、シリコン貫通電極を用いた3次元積層構造の FPGA について、最適設計を行うアーキテクチャ技術と設計ツール技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・これまで小規模な試作チップによる評価を重ねてきたしきい値可変デバイスを用いた再構成可能デバイスについて、より大規模な試作チップ（タイル数100以上）の最適アーキテクチャ/回路設計を完了させる。また、3次元構造の FPGA について、設計ツールの機能を高め、アーキテクチャ最適設計を完了させる。

1-(2)-③ 製品デザインを支援する人間機能シミュレーション技術

【中期計画（参考）】

- ・人間にとってより安全で使いやすい機器を設計することを目的に、筋骨格構造を含む人体形状、運動モデルを100例以上データベース化する。また、感覚が運動を引き起こすメカニズムの計算論的モデルを心理物理実験に基づいて構築する。これらを可視化するソフトウェアとして、数千自由度の簡易モデルについては5コマ/s 以上の処理速度を実現し、数万から数十万自由度の詳細モデルについては力再現誤差10%以下の精度の生成的感覚運動シミュレーションを実現する。これを5件以上の共同研究を通して製品設計時の操作性及び安全性評価に応用する。

《平成22年度計画》

- ・手や前腕の医用画像データ、運動データ、代表寸法データから筋骨格構造を含む、手の形状と運動のモデルを作成する。本年度は特に、画像対画像またはポリゴン対画像のレジストレーションを用いて、医用画像から効率的に形状と運動を計測するための手法を確立する。また、それを用いて5例以上のデータを処理する。生成的感覚運動シミュレーションを実現するために、感覚が運動を引き起こすメカニズムの計算論的モデルの構築を開始する。また、構築したモデルを用いて感覚運動シミュレーションを実装する。本年度は、計算速度や精度には拘らず、定性的に人間の運動が再現できるか否かを検証する。

1-(3) ナノエレクトロニクスのオープンイノベーション

の推進（I-4-(3)を再掲）

【中期計画（参考）】

次世代産業の源泉であるナノエレクトロニクス技術による高付加価値デバイスの効率的、効果的な技術開発のために、つくばナノエレクトロニクス拠点を利用したオープンイノベーションを推進する。つくばナノエレクトロニクス拠点において、高性能、高機能なナノスケールの電子、光デバイスの開発を行うとともに、最先端機器共用施設の外部からの利用制度を整備することにより、産学官連携の共通プラットフォームとしての活用を行う。

1-(3)-① ナノスケールロジック、メモリデバイスの研究開発

【中期計画（参考）】

- ・極微細 CMOS の電流駆動力向上やメモリの高速低電圧化、集積可能性検証を対象に、構造、材料、プロセス技術及び関連計測技術を体系的に開発する。これによって、産業界との連携を促進し、既存技術の様々な基本的限界を打破できる新技術を5つ以上、創出する。

《平成22年度計画》

- ・CMOS 極微細化による電流駆動力向上に向けて、極微細であっても高い電流制御性を有するナノワイヤ型トランジスタの開発を行う。特に、ショットキー障壁型メタルソースドレイン、メタルゲート電極、高誘電率ゲート絶縁膜の開発を進め、これらの新材料を取り入れたナノワイヤトランジスタの動作を実証する。
- ・極微細トランジスタの高性能化に必要となる、立体ゲート電極プロセスを開発する。具体的には、CVD、ALD などの高被覆堆積手法を用い、ゲート配線の抵抗を従来のスパッタなどを用いた場合の1/2以下に低減できるゲート電極プロセスを構築し、デバイス作製に適用する。
- ・ナノスケールロジックデバイスの電流駆動力向上のために、高キャリア移動度を持つ III-V 族半導体チャネルについて、MOS 界面高品質化と EOT スケーリングを同時に可能にする材料・プロセス技術を開発する。さらに、上記の技術を Si プラットフォームへ統合して MOSFET の電子移動度を向上させるための指針を、明らかにする。
- ・不揮発性ロジック及びメモリの集積可能性検証を目的として、機能性酸化物を用いた不揮発性抵抗変化メモリの信頼性評価を、200ミリウェーハレベルで行う技術を開発する。また、不揮発性抵抗スイッチ効果を示す機能性酸化物薄膜を、300ミリウェーハ量産に適した手法により形成するプロセス設計を行う。

1-(3)-② ナノフォトニクスデバイスの研究開発

【中期計画（参考）】

- ・LSI チップ間光インターコネクションにおいて10Tbps/cm²以上の情報伝送密度を実現するために、

半導体ナノ構造作成技術を用いて、微小光デバイス、光集積回路及び光、電子集積技術を開発する。また、3次元光回路を実現するために、多層光配線、電子回路との集積が可能なパッシブ及びアクティブ光デバイス、それらの実装技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・半導体ナノ構造作製技術を用いて、以下の技術を開発する。
 - 1) 化合物半導体フォトニック結晶微小光源・Si 細線導波路結合構造に関して、Q 値5000、光取り出し効率50%を目指した構造設計を実施する。熱光学効果フォトニック結晶スイッチを SOI シリコン光回路上で実現する。また、キャリア制御型光変調器のためのシリコン細線プロセス技術を開発する。
 - 2) 微小発光デバイスを実現するために、125 μm^2 の素子サイズの微小光閉じ込め構造を実現し、さらに低消費電力動作を実現するため微小電流注入構造を実現し、レーザ発振を確認する。また、光集積回路の光スイッチとして重要な半導体増幅器の試作を行う。
- ・3次元光配線可能なアモルファスシリコン光導波路およびハイブリッド光デバイスとして以下の開発を行う。
 - 1) アモルファスシリコンの蒸着・研磨・リソグラフィ技術開発、電磁界シミュレーションによる解析的検討を行い、3次元光回路を試作する。
 - 2) 有機結晶レーザー開発において、1ミクロン級のマイクロディスクなどの微小共振器と電流注入型デバイスとの両立を目指した設計・作製プロセスを開発する。

1-(3)-③ オープンイノベーションプラットフォームの構築

【中期計画（参考）】

- ・産業競争力強化と新産業技術創出に貢献するため、ナノエレクトロニクス等の研究開発に必要な最先端機器共用施設を整備し、産総研外部から利用可能な仕組みを整えとともに、コンサルティングや人材育成等も含めた横断的かつ総合的支援制度を推進する。当該施設の運転経費に対して10%以上の民間資金等外部資金の導入を達成する。

《平成22年度計画》

- ・産総研ナノプロセッシング施設（AIST-NPF）を窓口とした先端機器共用イノベーションプラットフォーム（IBEC-IP）の拡充・整備を実施する。研究支援インフラを産総研内外・産学公の研究者に公開する拠点とネットワークを形成し、コンサルティングや産業科学技術人材育成等も含めた横断的かつ総合的支援制度を構築する。より具体的には、IBEC-IP 参画施設の外部利用率向上と課金制度の改訂を行う。
- ・シリコンフォトニクス研究に向けたプラットフォームの基盤技術としてシリコン導波路技術を確立する。具体的には、電子線直描技術を含めた CMOS プロセス

技術を集積回路向けに高度化し、ラフネス2nm 以下の高品位シリコン導波路形成プロセスを確立し、外部研究機関と連携したシリコンフォトニクス研究に適用する。

2. イノベーションの核となる材料とシステムの開発

【中期計画（参考）】

我が国のものでづくり産業の中心である製造業の国際競争力を強化するためには、革新的な材料やシステムを創成する必要がある。そのため、材料を革新するためにナノレベルで機能発現する材料及び部材の開発と、我が国が強い競争力を有するナノカーボン材料の量産化と産業化の推進を行う。また、高付加価値化による高度部材産業の国際競争力強化にも必要なマイクロ電子機械システム（MEMS）の開発を行う。

2-(1) ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材（I-4-(1)を再掲）

【中期計画（参考）】

省エネルギーやグリーン・イノベーションに貢献する材料開発を通じてナノテクノロジー産業を強化するために、ナノレベルで機能発現する新規材料及び多機能部材の開発、ソフトマテリアルのナノ空間と表面の機能合成技術や自己組織化技術を基にした省エネルギー型機能性部材の開発を行う。また、新規無機材料や、有機・無機材料のハイブリッド化等によってもたらされるナノ材料の開発を行う。さらに、革新的な光、電子デバイスを実現するナノ構造を開発するとともにこれらの開発を支援する高予測性シミュレーション技術の開発を行う。

2-(1)-① ソフトマテリアルを基にした省エネルギー型機能性部材の開発

【中期計画（参考）】

- ・調光部材、情報機能部材、エネルギー変換部材等の省エネルギー型機能性部材への応用を目指して、光応答性分子、超分子、液晶、高分子、ゲル、コロイド等のソフトマテリアルのナノ空間と表面の機能合成技術、及びナノメートルからミリメートルに至る階層を越えた自己組織化技術を統合的に開発する。

《平成22年度計画》

- ・液晶系デバイスの開発：動的制御を主眼に新たな液晶ベースの有機半導体の開発および赤外光摂動場における良好なスループットを確保した配向ドメイン作製手法の開発等に取り組む。
- ・スマート分子システムの開発：光刺激による繰り返し脱着を可能とする再生可能 CNT 分散剤の開発や、刺激応答性共役高分子を利用した省エネ調光部材の開発とスマート分子システムの基礎物性の解明を行う。
- ・バイオミメティックヘテロ接合の開発：新規ナノゲルの開発に取り組むとともに、ゲル内におけるバイオミ

ネラリゼーションのメカニズムの解明、ソフトマテリアル/液体界面近傍における界面電気2重層分極現象の解明等を行う。

- 機能界面設計技術の開発：二色 SFG を用いた高分子系 EL における電極/高分子界面の計測と界面挿入層の効果の検証、表面や界面に拘束された高分子鎖の三次元構造解明技術の開発、新規センシングシステムの開発等を行う。
- 統合プラットフォームの開発：液晶溶媒を用いた溶液プロセスによる分子配向制御技術のポテンシャルを検討し、塗布プロセス応用への可能性を探る。ソフトマテリアルの非平衡挙動、自己組織化による構造形成と階層形成に関する理解を理論・シミュレーションにより深め、新規プロセス・デバイス応用への理論的なプラットフォームの構築に資する。

2-(1)-② 高付加価値ナノ粒子製造とその応用技術の開発

【中期計画（参考）】

- ナノ粒子の製造技術や機能及び構造計測技術の高度化を図ることにより、省エネルギー電気化学応答性部材、高性能プリンタブルデバイスインク、低環境負荷表面コーティング部材、高性能ナノコンポジット部材等の高付加価値ナノ粒子応用部材を開発する。

《平成22年度計画》

- 調光ガラス等のエレクトロクロミック素子の対極として利用される、酸化・還元での色変化が少ない、プリンタブルな電気化学応答性ナノ粒子を開発する。
- 低環境負荷プロセスによって合成した機能性ナノ粒子のコーティング化を図り、高感度な光触媒や太陽光発電素子等の応用部材を開発する。
- 新規概念に基づく高導電性ポリマーナノコンポジットを開発する。

2-(1)-③ 無機・有機ナノ材料の適材配置による多機能部材の開発

【中期計画（参考）】

- セラミックス、金属、ポリマー、シリコン等の異種材料の接合及び融合化と適材配置により、従来比で無機粉末量1/2、熱伝導率同等以上、耐劣化性付与の無機複合プラスチック部材、ハイブリッドセンサ部材、数 ppm の検知下限で水素、メタン、一酸化炭素等をガスクロマトグラフなしで一度に計測可能なマルチセンサ部材等の多機能部材を開発する。このために必要な製造基盤技術として、ナノ構造を変えることなくナノからマクロにつながる異種材料のマルチスケール接合及び融合化技術を開発する。

《平成22年度計画》

- 低無機粉末量の高熱伝導性複合プラスチック部材の開発に必要な構造制御技術の検討、及びマルチセンサ部

材の開発に不可欠な高温駆動アレイ型デバイスを作製し、水素、メタン、一酸化炭素の検知を確認する。また、ナノ構造を変えることなくナノからマクロにつながる異種材料のマルチスケール接合・融合化技術の確立を目指し、基本プロセスに必要な技術の抽出を行う。具体的には、熱、光、超音波、マイクロ波などの外部場によるナノレベルでの異種材料間の架橋反応、該当反応を促進する官能基種の検討、材料の表面改質の検討など接合プロセスに必要な要素技術を明確化し、融合化のための検討を開始する。

2-(1)-④ ナノ構造を利用した革新的デバイス材料の開発

【中期計画（参考）】

- ナノギャップ電極間で生じる不揮発性メモリ動作を基に、ナノギャップ構造の最適化と高密度化により、既存の不揮発性メモリを凌駕する性能（速度、集積度）を実証する。また、ナノ構造に起因するエバネッセント光一伝搬光変換技術を基に、ナノ構造の最適化により、超高効率な赤色及び黄色発光ダイオード（光取出し効率80%以上）を開発する。

《平成22年度計画》

- ナノギャップ電極によるメモリー動作に関して、動作時の挙動を高速（サブ GHz 台）で測定することにより最適な駆動条件を探索する。発光ダイオード開発では、エバネッセント光の干渉に必要な AlGaInP 系リッジ構造の作製技術を確立し、顕微測定を含むフォトルミネセンスなどの光学的手法を用いて、エバネッセント光の干渉現象の実証を行う。また、さらに微小な領域の評価のための走査型近接場光学顕微鏡を開発し、サブミクロンレベルの空間分解性能検証を行うとともに、微弱光高精度測定に向けて、カーボンナノチューブを利用した高感度光センサの開発を進め、波長・温度等に対する特性評価を行う。

2-(1)-⑤ 材料、デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の開発

【中期計画（参考）】

- ナノスケールの現象を解明、利用することにより、新材料及び新デバイスの創製、新プロセス探索等に貢献するシミュレーション技術を開発する。このために、大規模化、高速化のみならず、電子状態、非平衡過程、自由エネルギー計算等における高精度化を達成して、シミュレーションによる予測性を高める。

《平成22年度計画》

- 有機物・シリコン・機能性酸化物材料などを用いた新規デバイス開発を支援するために、接合界面やナノワイヤーなどの電子状態、伝導特性、誘電特性などのシミュレーション研究を行うと同時に、それらの研究に必要な第一原理シミュレーション・ソフトウェアの整

備をさらに進める。本年度はこれらの研究の内、特に有機強誘電体の研究については、磁性と自発分極の関係を一層明らかにする。

- ・燃料電池の実用化・リチウムイオン2次電池の高容量化に向けて、金属・半導体・酸化物/溶媒界面の電気化学反応、高分子電解質膜内のプロトン伝導、などの解析を行う。同時に水素貯蔵材料のシミュレーション研究を行い、吸蔵特性を解析する。本年度はこれらの研究の内、特にリチウムイオン2次電池における負極と有機溶媒界面におけるリチウムイオンの挙動等を明らかにする。
- ・生体・分子機能の解析と予測のため、分子間相互作用の精密計算とそれに基づくモデリング技術の高度化、また自由エネルギー計算の高精度化を行い、生体・化学反応機構の解析、分子認識機構の解析、脂質膜の安定性解析などに適用する。本年度はこれらの研究の内、特に脂質膜の研究については、DDS（薬剤配送システム）キャリアとして有力なリポソームの安定性に対する脂質組成の影響を解明する。
- ・エレクトロニクス、エネルギー、バイオの3分野の研究を支えるシミュレーション基盤を多機能化する為に、シミュレーション基礎理論開発研究と大規模電子状態理論・プログラム開発研究（FEMTECK、FMO）を行う。本年度はこれらの研究の内、非弾性伝導理論と大規模電子状態計算の融合化実装研究を中心とした研究活動を行い、非弾性散乱計算の実在系への適用の道を開く。
- ・ナノ構造・界面に関するシミュレーション・理論解析技術を向上させ、高効率な光・電子デバイスを実現するための機能設計と特性解析を行う。また、プロセス側からの材料設計を目指し、半導体リソグラフィプロセスにおける高分子薄膜プロセスシミュレーションモデルの開発を進め、各プロセスにおけるレジストポリマー材料の解析を行う。

2-(2) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用（I-4-(2)を再掲）

【中期計画（参考）】

部材、部品の軽量化や低消費電力デバイス等への応用が可能なナノチューブや炭素系材料の開発を行うとともに、これらの材料を産業に結び付けるために必要な技術の開発を行う。具体的には、カーボンナノチューブ（CNT）の用途開発と大量合成及び精製技術の開発を行う。また、ポストシリコンの有望な新素材であるグラフェンを用いたデバイスを実現するため、高品質グラフェンの大量合成法の開発を行う。さらに、有機ナノチューブについては、合成法の高度化と用途の開発を行う。ダイヤモンドについては、大型かつ単結晶のウエハ合成技術の開発を行う。

2-(2)-① ナノチューブ系材料の創製とその実用化及び産業化技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・カーボンナノチューブ（CNT）の特性を活かした用途開発を行うとともに産業応用を実現する上で重要な低コスト大量生産技術（600g/日）や分離精製技術（金属型、半導体型ともに、分離純度：95%以上；収率：80%以上）等を開発し、キャパシタ、炭素繊維、透明導電膜、太陽電池、薄膜トランジスタ等へ応用する。また、ポストシリコンとして有望なグラフェンを用いたデバイスを目指して、高品質グラフェンの大量合成技術を開発する。さらに、有機ナノチューブ等の合成法の高度化と用途開発を行う。

《平成22年度計画》

- ・スーパージョイント法に基づく、パイロットプラントの設置・立ち上げを行う。合成技術の高度制御を目指し、配向性の制御技術、高品質 CNT 合成技術を開発する。また、スーパージョイント CNT を用いた、高性能キャパシタ、伸縮性センサー、ゴム状部材等の用途開発を推進する。また、SWCNT の電子デバイス実用化を実現するために、デバイス特性を向上させる精密構造制御技術や印刷プロセス技術、金属半導体分離技術等の研究開発を行う。成膜や紡糸など革新的 SWCNT 材料加工プロセス確立を目指して直接 SWCNT 加工装置を開発する。ISO における SWCNT 評価技術の国際標準化に貢献する。
- ・様々な種類の機能性分子からなる1次元ナノ構造体をカーボンナノチューブ内部に構築し、分光法などによる基礎物性解明をおこなう。また、それらのバイオ、エレクトロニクス応用研究をおこなう。バイオ応用では、内包物質をマーカーとして用いて、カーボンナノチューブの生体内での挙動を明らかにする。また、有機ナノチューブ材料をはじめとする分子組織化材料である安心・安全なボトムアップ型有機ナノ材料の実用化を目標に、合成法の高度化を実施し、異分野との融合を図りつつ、積極的に産学官連携を推進することで用途開発を行う。
- ・熱 CVD およびマイクロ波プラズマ CVD によるグラフェンの合成技術の開発を行う。熱 CVD は1cm 角の大面積単層グラフェン膜の形成を目標とする。またマイクロ波プラズマ CVD では大面積グラフェン透明導電膜形成を目標とする。
- ・単層 CNT を金属型と半導体型に高純度かつ大量に分離する技術の確立に向けて、基盤技術開発を行う。ゲルカラムを用いた分離法を改善し、半導体純度95%以上、金属純度90%以上を様々な合成法の CNT に対して達成する分離条件を確立する。また、分離の前処理としての CNT の孤立分散処理において、CNT への欠陥導入を低減させる分散処理法を開発し、ラマン散乱スペクトルで、G/D 比が140以上でかつ良好に孤立

分散している CNT 分散液を実現する。さらに、これらの技術を融合し、欠陥導入を低く抑えた状態で、CNT の金属・半導体分離を高純度で実現する。こうして得られた低欠陥半導体型 CNT を用いて、薄膜トランジスタを試作し、性能試験を行う。

2-(2)-② 単結晶ダイヤモンドの合成及び応用技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・次世代パワーデバイス用ウェハ等への応用を目指して、単結晶ダイヤモンドの成長技術及び結晶欠陥評価等の技術を利用した低欠陥2インチ接合ウェハ製造技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・CVD 単結晶ダイヤモンドの成長・加工条件の精査を行うとともに、接合前の単結晶片の精密オフ角制御など接合技術の向上によって、接合部におけるキラークラックを低減し、1個/cm²以下を目指す。

2-(3) 省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム製造技術（I-5-(4)を再掲）

【中期計画（参考）】

産業分野の省エネルギー化や環境負荷低減に貢献するマイクロ電子機械システム（MEMS）製造技術の開発を行う。具体的には、高機能な MEMS を安価に生産するための大面積製造技術の開発を行う。また、バイオ、化学、エネルギーといった異分野の MEMS デバイスを融合及び集積化する製造技術の開発を行う。さらに、安全・安心や省エネルギー社会実現に貢献する MEMS デバイスを利用したユビキタスシステムの開発を行う。

2-(3)-① 高集積、大面積製造技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・高機能で安価かつ大面積での MEMS 製造技術を開発する。具体的には、100nm より微細な3次元構造体をメートル級の大きさにわたり、低コストかつ低環境負荷でレジストや金属メッキ構造体、多結晶シリコン材料等を用いて MEMS を量産するための基盤技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・MEMS 研究開発拠点の整備を進める。具体的には、新規クリーンルームと8インチウェハによる MEMS 製造ラインを整備し、テストデバイスを作製することにより検証を行う。大面積デバイス製造のためのリールツールインプリント装置を開発し、繊維状基材への微細パターン転写特性の検討を開始する。大面積への展開が行える様に、低圧力でもプロセスの信頼性が確保できるスケラブルな光ナノインプリント技術の開発を進める。

2-(3)-② ユビキタス電子機械システム技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・安全・安心や省エネルギー社会に資するユビキタスマイクロシステムの実現のために、バイオ、化学、エネルギー等異分野のデバイスを融合、集積化した MEMS デバイスを製造するための技術及び低消費電力かつ低コストな MEMS コンポーネント製造技術を開発する。具体的には、数ミリメートル角以内の通信機能付きセンサチップを試作し、オフィス、クリーンルーム等の製造現場の消費エネルギーを10%削減するためのシステム技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・ナノ構造を持つ機能膜を MEMS 流体デバイスに集積するプロセス技術を開発する。また、低消費電力イベントドリブン型無線センサ端末用カスタム高周波 IC と、それを用いたプロトタイプ端末の試作を行う。MEMS 用クリーンルームおよび製造装置の消費エネルギーを一括でモニタリングするシステムの試作を行う。

3. 情報通信基盤を利用したサービス生産性の向上と新サービスの創出への貢献

【中期計画（参考）】

我が国のサービス産業を活性化させるために、既存のサービスの生産性を向上させると同時に、新サービスの創出に貢献する技術の開発を行う。サービス生産性を向上させるために、サービスプラットフォームの整備、科学的手法の導入、ロボット化の推進を行う。また、複数の既存技術を融合させ、新サービス創出を目指す。

3-(1) 科学的手法に基づくサービス生産性の向上

【中期計画（参考）】

科学的手法によりサービス生産性を向上させるために、サービス利用者及び提供者の行動を理解した上で、必要な情報の現場におけるセンシングと、得られた大規模実データのモデリングによる利用者行動のシミュレーションを基に、サービス設計を支援する基盤技術と導入方法論の開発を行う。また、サービス工学基盤技術については、10以上の業種や業態において25件以上の組織へ導入することを目指し、サービスの幅広い選択を可能にする技術の開発を行う。

3-(1)-① サービス最適設計ループ構築のためのサービス工学基盤技術

【中期計画（参考）】

- ・サービス生産性向上を目的とし、サービス利用者及び提供者の行動を理解した上で、必要な情報を現場でセンシングし、得られた大規模実データをモデリングして利用者行動をシミュレーションすることで、サービス設計を支援するサービス工学基盤技術と導入方法論

を開発する。再現性が検証された方法を確立し、共同研究等により、10種以上の業種や業態において25件以上の組織への開発技術の導入を図り、その一般化と普及を目指す。

《平成22年度計画》

- ・サービス設計を支援するサービス工学基盤技術として、サービス利用者行動や提供者スキルの理解のための実環境及び仮想環境での行動計測及び CCE 応用技術、行動アノテーション技術、カテゴリマイニングに基づく利用者モデリング技術、及びサービスプロセス可視化技術を開発すると共に、5種以上の業種や業態において6件以上の組織への開発技術の試験導入または実導入を図る。

3-(1)-② サービスの幅広い選択を可能にする技術

【中期計画（参考）】

- ・公共性の高いサービス等が安全かつ標準的に利用できる環境の実現を目的として、利用者が自分自身で個人情報や管理でき、サービスの内容や価値に応じて複数のサービスが連携できるような標準的な技術を開発する。このサービスフレームワークの有効性を行政や医療や研究等の5種類のサービスにおいて実証する。

《平成22年度計画》

- ・ステークホルダ同士の協調と競争によってサービスのイノベーションを生み出す環境を整備するため、サービスの利用者が各サービスの内容と自分にとっての価値を理解してサービスを選択できるように支援する技術を開発するという研究アプローチを具体的なサービスに関して検討し、その効果と課題を明らかにする。

3-(2) 高度情報サービスプラットフォームの構築

【中期計画（参考）】

サービス生産性を向上させるために、利用者の利便性及び生産性とサービス提供者の資源利用効率を共に高めるクラウド型プラットフォームの開発を行う。また、スケーラブルな知識基盤を構築するミドルウェアの開発を行い、地球科学や生命情報科学等の E・Science 分野において10ペタバイト（10の16乗）程度のデータを対象とした実証実験を行う。

3-(2)-① クラウドの適用範囲を広げるミドルウェア技術

【中期計画（参考）】

- ・クラウド型情報インフラをより広い用途に適用可能にするために、個々の利用者に提供される仮想インフラに専有ハードウェアと同等の利便性を持たせ、さらに負荷に応じて再構成可能とする技術を開発する。具体的には、仮想インフラの性能保証方式、仮想インフラの資源利用状況モニタリング技術、管理組織にまたがる仮想インフラ動的再構成技術を開発する。開発され

た技術が10以上の複数管理組織から提供される10,000以上の資源にまで適用可能であることを示し、高精細映像配信等の応用で動作を確認する。

《平成22年度計画》

- ・クラウド型資源について、ユーザの要求する資源のプランニング・資源確保、再配置、障害発生時のサービス再構成、復旧を実現するスケジューリングシステムを開発する。高機能な認可機能を持ち例外処理に対応した分散モニタリングシステムを開発し、実環境でスケジューリングシステムとモニタリングシステムの相互運用試験を行なう。性能保証型ストレージ資源管理技術を用いて、高精細映像配信の実証実験を共同研究先と共同で実施する。

3-(2)-② スケーラブルな知識基盤を構築するサービス指向ミドルウェア

【中期計画（参考）】

- ・サービスの高度化、大規模化を支えるスケーラブルな情報処理基盤の実現を目的として、データ所在の仮想化やメタデータの付与等により、分散したエクサバイト（10の18乗）級のデータを構造化できるデータ統合ミドルウェアを開発する。地球科学や生命情報科学等の E・Science 分野において10ペタバイト（10の16乗）程度のデータを対象とした実証を行う。成果普及のための国際標準を提案する。

《平成22年度計画》

- ・分散した異種のデータ統合ミドルウェアの基本プロトタイプを開発すると共に、これを対象としたユーザ管理ソフトウェアを開発、試験公開する。情報検索の技術に基づくメタデータの検索、処理基盤のための基本技術を開発し、地球科学分野に応用する。数10台の並列・分散の環境における1千万レコード以上のメタデータに対して上記のプロトタイプの評価を行い、スケーラビリティ達成上の問題点を明確にする。メタデータ検索のための国際標準について、基礎的な仕様案を OGF に提案し議論の対象にのせる。

3-(3) サービスの省力化のためのロボット化（機械化）技術

【中期計画（参考）】

- ・ロボットの導入により、サービス産業の生産性と品質向上を目指す。また、人の QOL を向上させるために、人の生活行動や操作対象のモデル化技術、ロボットの自律移動技術やロボットによる物体の把持技術、ロボットと人とのインタラクション技術の開発を行う。特に、生活支援ロボット基盤技術として1日の人の行動様式の50%以上、数十平方メートルの生活環境の80%以上、操作対象を30個以上記述可能な人間観察モデル化技術の開発を行う。

3-(3)-① QOL 向上のための生活支援ロボット基盤技術 【中期計画（参考）】

- ・自律性の高い生活支援システムの社会導入に向けて、1日の人間の生活行動の50%以上、数十平方メートルの生活環境の80%以上、操作対象を30個以上記述可能な人間観察モデル化技術を開発する。

高齢化社会における QOL 向上を目指し、家庭や施設等における実用レベルの生活支援ロボットを開発する。具体的には、家庭や施設等での行動解析に基づき必要となる支援サービスを定義し、屋内のあらゆる地点で精度5cm 以内の精度を有する屋内移動技術、15種類以上の日常生活用品を対象とした物体把持技術、予備知識を必要としない高齢者とのインタラクション技術等を開発する。

《平成22年度計画》

- ・人間の生活行動をマッピングする手法を確立するために、まず、サービスロボットに搭載したセンサから顔発見、顔認識、人間発見、音発見、生活音認識、歩行軌跡解析を行うシステムを開発する。また、MR 技術（複合現実感）を用いたロボットと人との意識共有やインタラクション技術を開発する。一人称視覚システムにより、その人の行動と環境をモデル化する手法について検討し、試作システムを開発する。人間環境をモデル化するにレーザー距離センサで数百メートル角、単眼カメラで数十メートル角をモデル化する手法を研究し、サービスロボットによる実証実験を行う。
- ・ICF に基づく支援サービスのデザイン方法を開発し、これまでに開発した生活支援ロボットを改良することによるニーズとのマッチングを行う。屋内での生活空間パターンとそこでの移動パターンを収集し、家庭内などの非整備環境での移動サービスに必要な機能のモデル化を行う。生活空間のような複雑な環境下で人の把持動作のデータ収集を行い、物体の幾何形状および配置関係に基づく物体把持のモデル化を行う。高齢者とロボットのインタラクションパターンの収集を行う[数値目標：100発話×20人分]。統計的モデリング手法を用いてインタラクションモデルの作成を行う。
- ・日常生活用品を対象とした物体把持技術の向上のため、特に衣類などの柔軟物を対象とし、把持動作中の対象物の3次元形状変化を動的に取得し、変形モデルを用いて各部位の軌跡を頑健に追跡する手法を開発する。

3-(3)-② サービス産業のためのロボット自律移動技術 【中期計画（参考）】

- ・サービス産業を省力化するためのロボット基盤技術を開発する。具体的には、人間と協働する搬送や清掃等のサービスロボットを安全に運用するための機能安全国際規格 SIL に適合可能なビジョンセンサ技術、土木や農業等の屋外移動作業システムを精度20cm 以内で高精度移動制御する技術等を開発する。

《平成22年度計画》

- ・配送作業、土木作業等の BtoB サービスを対象に、以下の研究開発を行う。
 - 1) 人間と安全に協働するロボットのためのセンシング技術として、100fps のビジョンセンサ技術を開発する。
 - 2) レーザレンジファインダ等の外界センサ情報とデッドレコニングの融合により、精度50cm 以内で屋外自律移動を実現するための技術を開発する。

3-(4) 技術融合による新サービスの創出

【中期計画（参考）】

既存の技術を融合させることで新サービスの創出を目指す。具体的には、メディア処理とウェブでのインタラクションの融合によるコンテンツサービス、情報技術と災害軽減、危機管理、環境保全、資源探査等の技術を融合した地理空間情報サービス、メディア技術とロボット技術の融合による新たなサービスの創出を目指す。特に新サービス創出のためのヒューマノイド技術として、ヒューマノイドロボットによる段差1cm、傾斜2度以上の凹凸のある床面の平均時速3km 以上の歩行を実現する。

3-(4)-① メディア処理技術とインタラクション技術を融合したコンテンツサービス創出、利活用技術

【中期計画（参考）】

- ・コンテンツを一層身近で手軽に活用、創造できる新サービスを創出するために、ユーザによるコンテンツ利活用を促すインタラクション技術と、コンテンツの生成、加工、認識、理解等を可能にするメディア処理技術を高度化し、融合する。具体的には、ユーザを対象とした実証実験等を通じて、コンテンツの検索、推薦、鑑賞及び制作、エンタテインメント、ユーザインターフェース等に関する融合技術を開発し、新サービスを3種以上創出する。

《平成22年度計画》

- ・新サービス創出に向けてインタラクション技術とメディア処理技術を活用した研究開発を行う。
 - 1) 音声データをユーザ貢献を活用して閲覧・検索可能にする音声検索 Web サービス「PodCastle」を、運用を通じた実証的評価をもとに改良する。特に書き起こし用途での利便性を向上させる。また、辞書を用いない音声検索技術を付加することで未知語にも対応可能とする。
 - 2) 音楽データをユーザ貢献を活用して閲覧・検索可能にする新たな音楽鑑賞 Web サービス「MusiCastle」を開発し、実証実験を開始する。具体的には、メロディーやサビの自動理解結果を Web 上でブラウジングしながら音楽鑑賞ができ、かつ、その誤り訂正をユーザ貢献として収集する技術を開発する。
 - 3) より豊かなユーザ体験を実現するユーザインターフェ

ースに関する技術と、より高度なコンテンツ利用を可能にする信号処理と機械学習を融合した技術を開発する。

3-(4)-② 地理空間情報の高度利用技術と新サービス創出

【中期計画（参考）】

- ・地理空間情報の新サービスを創出するため、多種多様な地理空間データへの統一したアクセスサービス等の基本サービス群を開発し、整備する。さらに応用システムの構築を容易にするための再利用可能なミドルウェアを開発し、提供する。これらにより、災害軽減、危機管理、環境保全、資源探査等に関する応用システムを4件以上構築し、実証実験を実施する。

《平成22年度計画》

- ・データベースでは、より最新の情報技術を導入し、検索やDEM作成の高速化に向けて実装やASTER天然色画像のWMS実験的配信に着手する。
地殻変動モニタリングシステム、地震動マップ即時推定システム（QuiQuake）および衛星画像・現地観測統合システム（SFI）の研究開発を進める。

3-(4)-③ 新サービスの創出のためのヒューマノイド基盤技術

【中期計画（参考）】

- ・ヒューマノイド技術を活用した新サービスの創出を目的として、メディア技術との融合によりコンテンツ産業を支援するロボットサービス、人動作解析技術等との融合による人動作模擬サービス等を創出するヒューマノイド基盤技術を開発する。具体的には、全身動作、表情及び音声を統合した振舞の生成、段差1cm、傾斜2度以上の凹凸のある床面の平均時速3km以上の歩行、簡易な指示による未知環境の移動や簡易作業、高齢者等の人動作の模擬等を実現する技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・振舞製作基盤ソフトウェアの機能向上を行い、ステップ、表情変化、歌唱、滑りを利用したターン動作を含むHRP-4Cの振舞を製作できるインタフェースを実現する。躓きに対応可能な不整地歩行技術として、HRP-3による時速1km以上の歩行中に±3cm以内の段差に躓いても転倒しないオンライン歩行動作生成・安定化制御技術を確認する。能動視覚を用いた不整路面計測技術の開発を行い、HRP-3による路面の傾斜・凹凸度合・高低差のカメラによるオンライン計測を実現する。人の歩行動作を模擬する装置を開発し、装着型歩行支援ロボットの評価に適用する。簡易物体操作作業のための適応的な全身動作計画手法を構築する。

3-(5) 情報基盤における安全性や信頼性の確立

【中期計画（参考）】

情報システム製品のセキュリティ評価技術を確認するために、情報システムにおける事故を未然に防ぐとともに事故が起きても被害の拡大を防ぐセキュリティ対策技術、情報基盤自体を高信頼なものにするための検証法や開発支援ツール及び情報基盤の安全性評価に関する技術の開発を行う。特に、情報システムの高信頼、高安全及び高可用化技術において、基盤情報システムの大半を占める1兆状態以上のシステムに対するテストケース自動生成技術の開発を行う。

3-(5)-① 情報システム製品のセキュリティ評価技術（IV-3-(1)-⑥へ再掲）

【中期計画（参考）】

- ・ICカードに代表されるハードウェアや基幹ソフトウェア等、情報システムの中核をなす製品の脆弱性分析や安全性評価に関して、現行の制度、標準や新たな評価制度を見据えた技術を開発する。また、当該技術等について、我が国の電子政府推奨暗号評価等での活用を実現する。さらに、それらの技術等を実システムに組み込み可能な暗号ライブラリに適用し、安全性検証済みライブラリとして公開する。

《平成22年度計画》

- ・ICカードの偽造等を防止する技術 PUF（Physically Unclonable Function）の新たな認証方式の手法提案を行う。LSIの局所的な漏えい電磁波を解析するために、半導体プロセスを用いた微細コイルの設計を行う。電子政府推奨暗号および次期標準ハッシュ関数SHA-3の候補アルゴリズムに対して、ハードウェア性能評価環境の構築を行う。
- ・実用的暗号ライブラリを形式的に検証するための第一歩として、アセンブリ言語とC言語を組み合わせる作成されたプログラムのための検証用ツールを整備する。
- ・量子暗号技術の現状と従来の暗号との整合性を整理し、現状における利用可能性の観点から情報収集、分析を行う。

3-(5)-② 情報システムの高信頼、高安全、高可用化技術（IV-3-(1)-⑦へ再掲）

【中期計画（参考）】

- ・情報システムの形式モデルベーステストによるケース自動生成技術を開発してシミュレーション技術への統合を図り、実社会の基盤情報システムの大半を占める1兆状態以上のシステムに対して、技術の有効性を検証する。さらにシステムの設計、開発、試用、改変、譲渡、廃棄までのライフサイクルの各場面で適用すべきテストや検証法のガイドラインを策定し、評価技術を開発する。また、設計と開発を中心にシステムのライフサイクルを支援するツールチェーンを開発する。

《平成22年度計画》

- ・公共システムの基幹装置の数理モデルを作成し、上流工程大規模テストの検証実験及びその評価を行う。また、マルチコアチップ搭載の車載組込機器に対するテストケース自動生成の基本技術を開発し、評価実験を実施する。
- ・ソフトウェア・エンジニアリング・ツールチェーンの研究開発では、情報システムの高信頼・高安全・高可用性を進めるために、設計と開発を中心にシステムのライフサイクルを支援するツールチェーンを、オープンスタンダードとオープンシステムに基づいて開発し、高度 IT 人材の育成課程での演習（プロジェクトベースドラーニング）で使用できることを目標とする。平成22年度はオープンツールやオープンスタンダードなどの現状の調査を行ない、報告書を公開し、平成23年度に開発するツールチェーンのアルファ版の設計を行ない、公開する。

IV. イノベーションの実現を支える計測技術の開発、評価基盤の整備

【中期計画（参考）】

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

1. 技術革新、生産性向上及び産業の安全基盤の確立のための計測基盤技術

【中期計画（参考）】

先端的な技術開発を支援するために必要となる分解能、応答性に優れた材料計測、解析、評価技術及び安全の基盤として必要な構造物診断技術等の計測、解析、評価技術の開発を行う。また、それらの産業界への普及と標準化を行う。さらに、製品の品質と生産性を高めるうえで重要な、生産現場で発生する計測にかかわる技術の開発を行うとともに、開発した計測、解析、評価技術を統合し、現場に直接適用可能な計測ソリューションの提供を行う。

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

【中期計画（参考）】

産業や社会に発展をもたらす先端的な技術開発を支援する計測、解析、評価技術の開発を行う。具体的には、

有機材料、生体関連物質における分子レベルの評価に必要な計測技術の開発を行う。また、ナノレベルからマクロレベルにわたり俯瞰的に材料の構造と機能を評価できるナノ材料プロセス計測及び解析技術の開発を行う。さらに、安全性及び信頼性評価における基盤技術として必要な、構造物診断を可能にする計測、解析及び評価基盤技術の開発を行う。これらの成果を、技術移転等を通じて産業界に普及させる。

1-(1)-① 有機・生体関連ナノ物質の状態計測技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・社会的に関心の高い有機又は生体関連物質等ナノ物質を評価するために、飛行時間型質量分析法による分子量測定、円二色性不斉分子の分析等による分子構造解析、分子イメージング等の計測技術を開発し、8件以上の技術移転を実施する。

《平成22年度計画》

- ・生体関連ナノ物質の物質解析のために以下の計測技術開発を行う。

- 1) MALDI および ESI イオン源と価数弁別超伝導分子検出器を組み合わせた質量装置を開発し、タンパク質の機能発現に重要な4次構造を構成するヘテロ多量体等の解析を100kDa まで可能にする。
- 2) 真空紫外円偏光による分子構造解析手法開発において、各種タンパク質やサリドマイド・糖などの重要性の高い不斉有機分子の主要不斉中心におけるキラリティ識別を実現する。
- 3) 分子イメージング計測用フッ素プローブを設計、合成し、生体内動態評価手法への適正を調べる。
- 4) ラット肺に取り込まれた単層カーボンナノチューブの生体有害性を明らかにするために、電子分光透過型電子顕微鏡法を用いて生体組織中の単層カーボンナノチューブのサブナノメートル高分解能観察を可能とし、肺中でのナノチューブの挙動を調べる。

1-(1)-② ナノ材料プロセスにおける構造及び機能計測並びにその統合的な解析技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・ナノ材料・デバイスの広範なスケールにおける構造及び機能に関する計測技術の開発及び多変量解析等の情報の統合的な解析技術を開発する。サブナノメートルからミリメートルオーダーの機器分析情報の中から、二つ以上のスケールの情報を統合し構造と機能の関係の定量化技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・ナノ材料・デバイスの構造・機能に関する計測技術の開発及び多変量解析等の情報の統合的な解析技術の開発を目指し、レーザー共鳴イオン化を用いた二次中性粒子質量分析（SNMS）手法の開発、真空紫外光電

子顕微鏡による無機微粒子分散有機材料のイメージング、陽電子寿命測定による各種材料の空隙評価、固体 NMR による界面領域の水酸基の状態分析と濃度の定量などを重点的に行う。

1-(1)-③ インフラ診断技術の開発

【中期計画（参考）】

・構造物安全性確保に資する迅速かつ高精度、可搬性に優れた健全性評価システムを開発する。超音波探傷装置や可搬型 X 線検査装置を活用して構造物中におけるサブミリメートルサイズの欠陥情報のその場可視化技術を開発する。

《平成22年度計画》

・構造物の欠陥を迅速・高精度に非破壊診断できる小型システムの開発に向け、下記の研究を行う。

- 1) 宇宙往還機に搭載可能な FBG センサを利用した AE 検出システムを構築し、その性能を評価する。また、超音波可視化探傷法によるロケット燃焼器試験体の 1mm 以下の亀裂検出性能を調べる。
- 2) カーボンナノ構造体 X 線源を用いた小型高精度 X 線検査装置のために 1ms 以下のパルス駆動 X 線源を開発する。
- 3) 高エネルギー光子ビームを用いた光子誘起陽電子消滅法の材料診断への適応について検討し、消滅ガンマ線ドップラー広がり測定法による空孔型格子欠陥濃度変化と材料の力学特性との相関について調べる。サンプル厚さ 0.5~30mm の試料を 5mm 以下の空間分解能で検査することを目標にする。

1-(1)-④ 蓄電池構成材料の評価及び解析技術の開発 (I-2-(1)-①を一部再掲)

【中期計画（参考）】

・新規の蓄電池構成材料の開発を加速するため、材料を共通的に評価、解析する技術を開発する。

《平成22年度計画》

・電池の要素ごとの構成材料、すなわち電極、電解質、セパレーター等についての使用材料および構成比を規定した標準構成モデルを少なくとも1種類策定するとともに、電極に関わる材料については、相対評価を可能とする電極製造条件を探索・検討する。

1-(2) 先端計測技術及び分析機器の開発

【中期計画（参考）】

新産業創出を先導するために必要な、先端計測及び分析機器に関する技術開発を行う。具体的には量子ビーム、イオンビームの分析、診断への応用技術、電子顕微鏡の高分解能化と多機能化技術、デバイス、システム評価を可能にする複合計測技術等の開発を行う。また、開発した装置の産業界への普及を促進するとともに、標準化を行う。

1-(2)-① 材料評価のための先端計測及び分析機器開発 【中期計画（参考）】

・ポジトロンや超伝導検出器等の量子ビーム、イオンビーム等の材料及び生体の検出、分析及び診断機器への応用を実証するとともに標準化を行う。6件以上の装置公開利用、8件以上の技術移転を実施する。

《平成22年度計画》

・新たな産業の創出を先導するために必要な高度な計測・分析機器に関する技術開発として下記の研究を行う。

- 1) 超伝導分光装置とモノクロメータを連動させて、2keV 以下の軟 X 線領域で吸収スペクトルの取得を可能にする。
- 2) 位相制御光と電界顕微鏡を組み合わせることにより、材料表面を数オングストロームの原子層毎に剥離する様子を観察する装置を開発する。
- 3) 装置公開のために高強度低速陽電子ビームラインを移設し、移設前の性能（計数率 3×10^3 cps）以上を達成するとともに、陽電子発生用電子加速器の開発を開始する。
- 4) 様々な手法で発生させた LCS-X 線光源、コヒーレントテラヘルツ光源の計測・分析分野における実用化に則した最適化、高輝度化を行う。目標としては、FEL-LCS-X 線光源で、エネルギー100keV 以上の光子生成を目指し、コヒーレントテラヘルツ光源を用いて 0.1~2THz における様々な材料の分光計測を行う。

1-(2)-② 超高感度、高分解能透過電子顕微鏡の研究開発

【中期計画（参考）】

・単分子・単原子レベルでの計測及び分析技術を確立するために電子顕微鏡のさらなる高分解能化及び高感度化技術を開発する。このために、電子光学系の高度化、検出器の高効率化、装置環境の高安定化等の要素技術開発に加え、用途に応じた電子顕微鏡の多機能化を行う。これにより、現在、電子線波長の25倍程度でしかない空間分解能を、世界最高となる電子線波長の17倍程度にまで向上することを目指す。

《平成22年度計画》

・平成22年度は低加速に特化した収差補正技術を導入する。とくに結像系レンズの色収差の低減を目指し、軽元素の高分解能観察の向上を狙う。また従来の検出器の欠点であった低加速時の検出効率の低下を克服し、加速電圧30kV において一電子あたり20カウント以上の検出効率の実現を狙う。

1-(2)-③ デバイス、システム評価のための先端計測機器の開発

【中期計画（参考）】

・スピントロニクスデバイスにおけるナノ領域のスピン

方向を3次元解析できるナノスピン計測技術を開発する。

高速トランジスタとして期待されるナノカーボンの電気的特性のナノサイズ領域の電荷分布測定を行なえるプローブ顕微鏡技術を開発する。

電圧及び抵抗標準を生産現場に導入でき、校正コストの削減を可能とする小型、低コスト、低消費電力の直流電圧標準システムと集積回路チップ化された電流比較器を開発する。

スーパーハイビジョン時代の大容量位相多値光通信や材料の加工、改質の実現のために、サブフェムト秒の時間分解能を有する光測定技術を開発する。そのためにタイミングと絶対位相が100アト（10の⁻¹⁶乗）秒以下に同期された多波長極短パルスレーザーを開発する。

《平成22年度計画》

- ・微細加工したスピン素子の磁区構造をスピン SEM 観察するのに必要な試料表面清浄化技術について、中性ビームの照射条件やエッチング速度などの最適化を行い、スピン素子のサブミクロン領域におけるスピン方向分布を可視化分析する技術を開発する。
- ・これまでに蓄積したプローブ顕微鏡技術を応用して、次世代デバイスの要素材料技術研究を行なう。具体的には、従来のシリコンデバイスを凌駕する超高速トランジスタのチャンネル層材料として注目されているナノカーボンの局所電気特性、特にデバイス応用上重要となる移動度などの動的特性の測定を可能とする測定技術に関わる研究を行う。
- ・12K 動作の電圧標準チップ作製歩留向上の技術および小型冷凍機搭載用12K クライオスタットを開発する。また、Nb 系超伝導集積回路プロセスを用いて試作した電流比較器の動作特性を評価し、集積回路チップ化した電流比較器の電流比較誤差の要因を解明する。
- ・光通信分野の計測に必要な超短長パルス光源の高繰返し化技術を開発する。繰返し周波数1GHz 以上を目標とする。材料プロセスの計測については、短波長への変換においてパルス幅と効率を最適化する技術を開発するとともに、パルスのパラメトリック増幅実験を行う。また、パルス光間の揺らぎを低減し、サブフェムト秒精度のパルス相互相関計測を行う。

1-(3) 生産性向上をもたらす計測ソリューションの開発と提供

【中期計画（参考）】

製品の品質と生産性を高める上で必要となる欠陥や異常検出技術、高圧下等の測定が困難な条件下における計測技術、微量試料での精密化学分析技術等の生産計測技術の開発を行う。開発した計測、解析及び評価技術を統合し、新たな検査方法の確立等、生産現場へ直接適用可能な計測ソリューションとして提供する。様々な生産現

場の課題解決に取り組み、8件以上のソリューションを提供する。

1-(3)-① 生産現場計測技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・エレクトロニクス産業等の生産現場で求められている製品の各種欠陥や異常等の検出、発生防止、及び生産の高効率化を目指した、実用的なソリューションを開発し提供する。10件以上の生産現場の課題解決に取り組み、3件以上のソリューションを提供する。

《平成22年度計画》

- ・超 LSI 製造プロセスにおける化学的機械的研磨処理直後に生じるシリコン・ウェハ表層のマイクロクラックの検出について、産総研で試作した原理機をベースとして、クリーンルーム対応オフライン検査装置を企業と共同で開発し、生産現場へ導入、その有用性を検証する。
- ・半導体製造工程で用いられるプラズマプロセスに関連する計測技術の研究開発を行う。具体的には、音響センサの配置を工夫するとともに、レーザ光学系、画像処理ソフトを試作して、生産ラインと同等の条件で異常放電及びパーティクル発生の検出が可能なることを検証する。また、異常放電やプラズマ揺らぎによる突発的なパーティクル発生を再現させ、その発生機構を探る。

1-(3)-② 測定が困難な条件下に適用可能な力学計測技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・測定が困難な条件下における広帯域圧力振動計測技術、応力可視化技術を開発し、産業や社会の現場に適用可能なソリューションとして提供する。5件以上の産業や社会の課題解決に取り組み、3件以上のソリューションを提供する。

《平成22年度計画》

- ・圧電体薄膜を用いた耐熱圧力振動計測技術の向上を目指す。具体的には、製造現場などへの適用に向けて、圧力センサや振動センサの筐体構造の最適化および検出感度などの基本性能の評価を行う。また、多元同時スパッタリング法や化学溶液法を用いて、耐熱性に優れ、高い圧電性を示す新しい複合化合物圧電体薄膜の材料探索を行う。
- ・明環境で計測可能な高効率応力発光体の開発と発光機構解明を進め、異常検出システムと応力記録システムの性能向上と最適化を図り、理論、数値計算、他の実験手法の結果との比較検証を行う。また、耐久性を有する応力発光塗膜センサ構成を元に、種々の条件下における応答性についてデータの蓄積を進め、発光データから応力診断できるようデータベース化を図る。

1-(3)-③ 微量、迅速、精密化学計測技術の開発

【中期計画（参考）】

・マイクロ空間化学技術等を用いた分析、計測及び解析技術を開発し、バイオ、化学、素材関連産業分野におけるソリューションを提供する。5件以上の産業や社会の課題解決に取り組み、2件以上のソリューションを提供する。

《平成22年度計画》

・食品・薬品生産現場でのオンサイト計測技術開発に関しては、オンチップで測定対象物質を分離・抽出する検体の前処理技術の開発と、細胞診断に向けた生細胞・死細胞を分離する細胞分離技術の開発を行う。ナノ材料計測技術開発に関しては、研究開発および製造プロセスにおけるオンライン分析・解析技術を開発すると共に、その実用化研究に着手する。

2. 知的基盤としてのデータベースの構築と活用

【中期計画（参考）】

標準化の推進、地質情報等の有効利用、災害事例の共有、ものづくり支援等のために、信頼性（評価方法、不確かさ、出典等）を明示した各種データベースを構築、整備する。構築したデータベースは、上記に関わる知的基盤として、更新を保証しつつ継続的に社会に提供する。

2-(1) 標準化を支援するデータベース

【中期計画（参考）】

基準認証活動を進めるにあたり、関係者が共有すべき定量的情報をデータベースとして整備し提供する。具体的には国家計量標準にトレーサブルで、不確かさが評価されている等、信頼性が明示された物質のスペクトル、熱物性等のデータを拡充し継続的に提供する。

2-(1)-① スペクトルデータベースの整備

【中期計画（参考）】

・有機化合物等のスペクトルデータを測定するとともに解析及び評価を行い、検証されたデータ5,000件を新たに収録し公開する。

《平成22年度計画》

・有機化合物の H-1核と C-13核の核磁気共鳴、赤外分光ならび質量スペクトルデータを測定するとともに解析・評価を行い、検証されたデータ合計1,000件以上を新たに収録し公開する。

2-(1)-② 熱物性を中心とした材料計量データベースの整備

【中期計画（参考）】

・材料の熱物性及び関連物性について、不確かさ評価等により信頼性の保証されたデータセット100組以上を新たに収録し継続的かつ安定的に提供する。

《平成22年度計画》

・10種類以上の金属について国家計量標準にトレーサブルな熱物性計測を行い、不確かさの評価された10組以上のデータセットをデータベースに収録し公開する。

2-(2) 資源等の有効利用を支援するデータベース

【中期計画（参考）】

地質情報等と衛星画像情報等を統合化したデータベースを整備し、資源等の有効利用を支援するために利用しやすい形で社会に提供する。また、情報通信速度の向上や画像処理技術の進展に応じて、新たなデータを統合してデータベースとして提供する等の高度化対応を行う。

2-(2)-① 衛星画像情報及び地質情報の統合化データベースの整備（別表2-1-(3)-①を再掲）

【中期計画（参考）】

・衛星データ利用システム構築に資する衛星画像情報を整備し、地質情報との統合利用により、鉱物資源のポテンシャル評価や火山、地震、津波等の災害情報等に利活用する。また、情報通信技術との融合により、シームレス化、データベース化された地質情報と衛星画像情報の統合化データベースを整備し、新たな視点の地質情報を抽出するための利活用方法の研究を実施する。

《平成22年度計画》

・利用しやすい形、かつ、品質保証された ASTER、PALSAR および METI 開発次期センサの衛星画像情報の整備に向けた研究開発を行う。

1) ASTER および PALSAR においては、地上サイトを用いた校正・検証を行い、センサ経年変動の確認、必要な画像補正を施し、さらなる高度・高精度化に向けた研究開発を行う。

2) ASTER のデータベースでは全量生データ（160TB）を蓄積の上に、平成22年度は新規に約15TBの生データの蓄積を行う。また、PALSAR のデータベースでは、全量データ蓄積、つまり、PBクラスのシステム構築に向けた開発・整備を開始する。

3) 次期センサにおいては、その特殊性を考慮した校正手法・基本補正処理および地上系システム（主にデータベース）についての研究開発に着手する。

・整備された衛星画像情報を利用した各種ベースマップおよびデータベースシステム作成ための研究開発を行う。

1) ASTER による天然色全球マップ作成のための研究開発に着手する。

2) ASTER による全球都市マップ作成のための研究開発に着手する。

3) 衛星情報との統合利用のための地理情報管理のためのシステム開発に着手する。

・デジタル写真情報や露頭情報など地質調査情報の効率的取得手法の開発とデータ収集システムの開発を行う。

2-(3) 社会の持続的な発展を支援するデータベース

【中期計画（参考）】

持続可能で安全・安心な社会の構築に必要な、環境・エネルギー、災害事例、ものづくり支援等に関するデータを集積し、技術基盤情報としてそれらを出典やデータ選択及び評価の基準とともに公開し、社会に継続的に提供する。

2-(3)-① 環境・エネルギー技術を支えるデータベースの整備

【中期計画（参考）】

・環境負荷低減、低炭素社会に資する超臨界流体等の環境・エネルギー技術の基盤となる情報を整備し、社会に提供する。超臨界流体データベースには3,500件（特許2,000件、文献1,500件）のデータを提供する。

《平成22年度計画》

・超臨界流体利用技術に関係した新たな特許出願および論文等の文献データをデータベースに追加し、技術の基盤情報の充実を図る。

2-(3)-② 社会の安全・安心を支えるデータベースの整備

【中期計画（参考）】

・災害事例、医療応用技術等、国民の安全・安心に係る技術上の情報を整備し、社会に提供する。災害事例データベースには約1,250件の新規事故事例、約25件の新規事故詳細分析事例、約100件の過去の重大事故詳細分析事例を登録する。

《平成22年度計画》

・国民の安全・安心に係る技術上の情報として、災害事例データベースの一つであるリレーショナル化学災害データベースに、約250件の新規事故事例、約5件の新規事故詳細分析事例、約20件の過去の重大事故詳細分析事例を登録し、インターネット上で公開し、社会に提供する。

2-(3)-③ ものづくりを支えるデータベースの整備

【中期計画（参考）】

・材料特性、人体特性等、産業技術開発力を支える基盤的な情報を整備し、社会に提供する。

人体寸法、形状データベースには独自データを500以上拡充するとともに海外の企業、研究機関等からもデータを求め（欧米3ヶ国以上、新興産業国3ヶ国以上）、広範な地域の人体寸法にアクセスできる情報ハブを構築する。

セラミックカラーデータベースには2,500件のデータを登録する。

固体 NMR データベースには450件（スペクトルデータ300件、パラメータデータ150件）のデータを登録す

る。

《平成22年度計画》

・人体寸法／形状データベースに100人以上の独自データを追加する。また、インド、台湾、フランスの研究機関から人体寸法・形状データを集める。これらのデータを公開する Web サイトを構築する。

・セラミックカラーデータベースに500件のデータを登録する。

・固体 NMR データベースには150件（スペクトルデータ100件、パラメータデータ50件）のデータを登録する。

3. 基準認証技術の開発と標準化

【中期計画（参考）】

新たに生み出された素材、製品、サービス等の認証に必要な技術の開発を行い、普及させる。具体的には、性能、安全性を客観的に評価し、新市場の開拓や適正な商取引に必要な試験技術の開発、実証及び標準化と、それに伴う認定技術の民間移転を、産業界、認証機関等との密接な協力のもとに実施する。

3-(1) 適合性評価技術

【中期計画（参考）】

試験技術の開発、実証、標準化において、特に安全性や性能にかかわる評価技術、及び製品規格への適合性を判定するための評価技術は、中立性及び公平性の面から民間のみで開発することが困難であることを考慮し、認証において必要となる適合性評価技術の開発を行う。同時に民間移転を推進する。

3-(1)-① 物質の分析・評価技術の開発と標準化

【中期計画（参考）】

・物質の分析及び特性評価を超高温環境下等、実際の測定環境に適用するため、必要となる光温度計による計測技術等を開発し、その標準化を行う。得られた技術の普及を図るために4件の JIS 化を目指す。

《平成22年度計画》

・物質の分析・特性評価に必要な計測技術の開発とその標準化を行うため、下記の研究を行う。

- 1) カーボン系材料の特性評価を超高温環境下など実際の応用環境に適用するための計測装置及び計測技術を開発し、その標準化を行う。
- 2) 「ジルコニア中イットリアの化学分析手法」に関しては JIS または ISO 素案、「マグネシウム地金・合金中酸素の分析手法」に関しては ISO 素案を作成する。また「窒化ケイ素の転動疲労特性評価手法」については WD（作業原案）としての合意を目指す。
- 3) 電子スピン共鳴（ESR）計測に相応しい安定性と超微細構造を有する極安定ラジカルの計測標準としての開発を行う。

4) AFM 探針形状の評価手法に関する国際標準化において、関連 TC で WD を提出する。

3-(1)-② 太陽光発電の共通基盤技術の開発及び標準化 (I-1-(1)-①を再掲)

【中期計画 (参考)】

- ・太陽光発電システム普及のための基盤となる基準セル校正技術、高精度性能評価技術、屋外性能評価技術、信頼性評価技術、システム評価技術、システム故障診断技術等を開発し、それらを産業界に供給する。性能評価の繰り返し精度を1%以下に向上させる。

国内企業の国際競争力の向上に資するため、国際的な研究機関や企業と協調、連携し、IEC 等の国際規格や JIS 等の国内規格、工業標準の提案、策定、審議に参画する。

《平成22年度計画》

- ・一次及び二次基準セル、基準モジュールの校正を産業界に供給する。新型太陽電池について評価技術の確立に向けた取り組みを維持する。超高効率革新型太陽電池の屋内外比較評価を日米で共同して行う。関連する JIS ならびに IEC 規格の策定に引き続き参画する。

3-(1)-③ 日常生活における人間の生理、心理及び行動の統合的計測と健康生活への応用技術開発とその国際標準化 (II-2-(1)-②を再掲)

【中期計画 (参考)】

- ・日常生活における高齢者、障害者、健常者等の人間の生理、心理及び行動情報を計測し、健康及び安全状態を時系列で定量的に評価する技術を開発する。低視力者、聴覚障害者や高齢者を対象にデータの蓄積を行い、新たに5件程度の ISO 提案を目指した標準化活動を行う。

《平成22年度計画》

- ・低視力(ロービジョン)のコントラスト及び可読文字サイズの JIS TR 各1編の原案作成を行うとともに、それらの ISO 規格化提案の準備を進める。また、高齢者の聴覚特性、及びそれを考慮した公共空間等の音声アナウンスに関する ISO 規格原案、各1件の審議を行うとともに、視覚障害を考慮した公共空間の音案内に関する JIS 及び ISO 規格化提案の準備を進める。さらに、高齢者・障害者を対象に、その他の視覚・聴覚等の機能に関する心理・行動情報の計測を行い、その成果を ISO/TR 22411第2版として提案する。
- ・映像の生体安全性を実現するために、映像酔い及び立体映像による視覚疲労に関する国際文書として、科学的知見を整理するための技術報告書を CIE (国際照明委員会) に対して1件、ガイドラインの国際規格を ISO に対して1件、それぞれ提案を行う。
- ・人間の行動情報等に関する多元的な計測データに基づいて、健康・安全状態の定量的な評価に必要な日常生活

活の基本タスクの困難さなどの高次特性量を推定するための方法論について調査し、実際の計測データに基づいた高次特性量の推定を行う。

3-(1)-④ ロボットの安全性評価のためのリスクマネジメント技術の開発 (II-3-(2)-①を再掲)

【中期計画 (参考)】

- ・機能安全の国際規格に適合可能なロボットの安全規格を定めるため、ロボットの安全性を試験、評価するための技術を開発する。ロボットの安全技術としてのセンサ技術、制御技術、インターフェース技術、ロボットの安全性を検証するためのリスクアセスメント技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・ロボットの安全性を検証するためのリスクアセスメント等、安全設計を行うための技術開発を行うとともに、それらの国際標準化活動を行う。機械・電気安全等に関する試験装置を開発し、開発実施者から提供される各種ロボットを使った基礎実験を実施し、データを採取する。さらに、安全基準に関する定量化に関する検討を行う。

3-(1)-⑤ 高信頼ロボットソフトウェア開発技術 (II-3-(2)-②を再掲)

【中期計画 (参考)】

- ・機能安全の国際規格に適合可能な安全なロボットを実現するため、高信頼なロボットソフトウェアを設計、実装する技術を開発する。このため、ロボットソフトウェアのリスクアセスメント、システム設計、開発、評価を一貫して行うことのできる技術を開発する。

《平成22年度計画》

- ・SysML をベースに、認証可能なシステム設計、開発、評価のための、リスク分析、実装、解析を行うためのツール、DB を構築する。このため、RT ミドルウェア開発環境自身の高信頼化を図ると共に、安全関連系とのシームレスな結合手法を検討する。また、安全関連系のために SysML で記述されたスタティックなシステムのハード化を検討する。

3-(1)-⑥ 情報システム製品のセキュリティ評価技術 (III-3-(5)-①を再掲)

【中期計画 (参考)】

- ・IC カードに代表されるハードウェアや基幹ソフトウェア等、情報システムの中核をなす製品の脆弱性分析や安全性評価に関して、現行の制度、標準や新たな評価制度を見据えた技術を開発する。また、当該技術等について、我が国の電子政府推奨暗号評価等での活用を実現する。さらに、それらの技術等を実システムに組み込み可能な暗号ライブラリに適用し、安全性検証済みライブラリとして公開する。

《平成22年度計画》

- ・ IC カードの偽造等を防止する技術 PUF (Physically Unclonable Function) の新たな認証方式の手法提案を行う。LSI の局所的な漏えい電磁波を解析するために、半導体プロセスを用いた微細コイルの設計を行う。電子政府推奨暗号および次期標準ハッシュ関数 SHA-3 の候補アルゴリズムに対して、ハードウェア性能評価環境の構築を行う。
- ・ 実用的暗号ライブラリを形式的に検証するための第一歩として、アセンブリ言語と C 言語を組み合わせて作成されたプログラムのための検証用ツールを整備する。
- ・ 量子暗号技術の現状と従来の暗号との整合性を整理し、現状における利用可能性の観点から情報収集、分析を行う。

3-(1)-⑦ 情報システムの高信頼、高安全、高可用化技術 (Ⅲ-3-(5)-②を再掲)

【中期計画 (参考)】

- ・ 情報システムの形式モデルベーステストによるケース自動生成技術を開発してシミュレーション技術への統合を図り、実社会の基盤情報システムの大半を占める1兆状態以上のシステムに対して、技術の有効性を検証する。さらにシステムの設計、開発、試用、改変、譲渡、廃棄までのライフサイクルの各場面で適用すべきテストや検証法のガイドラインを策定し、評価技術を開発する。また、設計と開発を中心にシステムのライフサイクルを支援するツールチェーンを開発する。

《平成22年度計画》

- ・ 公共システムの基幹装置の数理モデルを作成し、上流工程大規模テストの検証実験及びその評価を行う。また、マルチコアチップ搭載の車載組込機器に対するテストケース自動生成の基本技術を開発し、評価実験を実施する。
- ・ ソフトウェア・エンジニアリング・ツールチェーンの研究開発では、情報システムの高信頼・高安全・高可用化を進めるために、設計と開発を中心にシステムのライフサイクルを支援するツールチェーンを、オープンスタンダードとオープンシステムに基づいて開発し、高度 IT 人材の育成課程での演習 (プロジェクトベースドラーニング) で使用できることを目標とする。平成22年度はオープンツールやオープンスタンダードなどの現状の調査を行ない、報告書を公開し、平成23年度に開発するツールチェーンのアルファ版の設計を行ない、公開する。

別表2 地質の調査 (地質情報の整備による産業技術基盤、社会安全基盤の確保)

【中期計画 (参考)】

活動的島弧に位置する我が国において、安全かつ安心な産業活動や生活を実現し、持続可能な社会の実現に貢献するために、国土及び周辺地域の地質の調査とそれに基づいた地質情報の知的基盤整備を行う。地球をよく知り、地球と共生するという視点に立ち、地質の調査のナショナルセンターとして地質の調査研究を行い、その結果得られた地質情報を体系的に整備する。地質情報の整備と利便性向上により産業技術基盤、社会安全基盤の確保に貢献する。また、地質の調査に関する国際活動において我が国を代表し、国際協力に貢献する。

1. 国土及び周辺地域の地質基盤情報の整備と利用拡大 【中期計画 (参考)】

国土の基本情報である地質基盤情報を、地球科学的手法により体系的に調査、整備するとともに、利用技術の開発と普及を行う。国土と周辺域における地質の調査を実施し、社会の要請に応えた地球科学基本図 (地質図幅、重力図、空中磁気図、海洋地質図、地球化学図、地球物理図等) の作成、衛星画像情報との統合化等の地質情報の整備を行う。上記地質基盤情報を電子メディアやデータベースとして社会に普及させる体制を整備する。

1-(1) 陸域・海域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化

【中期計画 (参考)】

長期的な計画に基づき、国土の地質基盤情報である5万分の1の地質図幅の作成、20万分の1の地質図幅の改訂並びに20万分の1の重力図及び空中磁気図の作成を行う。また、海域の環境変動の予測や資源評価の基礎データとして海洋地質図を整備する。さらに、これらの地球科学基本図の利用を促進するために必要なデータベースを整備し、公開する。調査結果の信頼性向上に必要な地質標本の標準試料化と保管及び地質情報の標準化等を行う。

1-(1)-① 陸域の地質調査と地質情報の整備

【中期計画 (参考)】

- ・ 国土の基本情報としての地質の実態を体系的に解明し社会に提供する。都市基盤整備や防災等の観点及び地質情報の標準化と体系化の観点から重要な地域を重点的に、5万分の1地質図幅20区画を作成する。全国完備を達成した20万分の1地質図幅については、更新の必要性の高いものについて3区画の改訂を行い、日本全域については最新の地質情報に基づき、地層及び岩体区分の構造化と階層化を行った次世代の20万分の1日本シームレス地質図を作成する。

《平成22年度計画》

- ・ 5万分の1地質図幅5区画を完成する。5万分の1地質図幅や20万分の1地質図幅改訂等を整備計画に従って調査を実施する。次世代の20万分の1日本シームレス地質図は凡例原稿作成を行い、現行の20万分の1日本シ

ームレス地質図はデータの更新を行う。

1-(1)-② 海域の地質調査と海洋地質情報の整備

【中期計画（参考）】

- ・沖縄周辺海域の海洋地質調査を実施し、海洋地質図の作成に必要な海底地質、地球物理、堆積物に関する基礎情報を取得するとともに、既に調査済みの海域も含めて、海洋地質図10図を整備する。取得した地質情報を、海域の環境変動の予測や資源開発評価、海域及び海底利用の基礎データとして社会に提供する。

《平成22年度計画》

- ・沖縄周辺海域の海洋地質調査を実施し、海洋地質図作成のための海底地質及び堆積物に関する基礎情報を取得する。既調査域の解析などの地質図作成を進め、3区画の地質図原稿を完成させる。海底地質及び海底堆積物などの海洋地質データベースの拡充を行う。

1-(1)-③ 地球科学基本図等の高精度化

【中期計画（参考）】

- ・国土の地球科学基本図等に関する基盤情報のデータベースを整備、公開する。地質情報の高信頼化と高精度化を図るために、岩石・ボーリング試料等で得られた地質標本の標準化及び保管と管理を行う。また、地質凡例や地質年代等の標準化を行う。地質情報整備支援のために、地質標本の薄片・研磨片等を作成する。ISOに準拠した地球化学標準試料3個を作製する。大都市周辺の精密地球化学図として関東地方の精密地球化学図を完成する。地球物理図に関しては、20万分の1重力基本図3図、5万分の1空中磁気図2図を作成する。ボーリングコアは10件以上を新たに登録し、コアライブラリを整備し、20件以上の利用を目標とする。岩石試料は200サンプル以上を、化石試料は30試料以上をそれぞれ標本登録し、50件以上の利用件数を目標とする。

《平成22年度計画》

- ・地質標本の標準化のため、岩石・鉱物・化石等の地質標本の記載・分類学的研究、試料の解析を行い、標準層序・環境指標確立に向けて年代や古環境などの標本属性情報を明らかにするとともに、地質標本データベースの整備、拡充を進める。
- ・地球科学基本図等に関する基盤情報のデータベースを整備し、地質凡例と地質年代の標準化を行う。
- ・ISOに準拠した地球化学標準試料として北海道の変成岩の標準試料を1個作製する。大都市周辺の精密地球化学図を作成するため、関東地方中部地域から試料採取と化学分析を行う。
- ・20万分の1の重力図（姫路地域）を作成するとともに、中国・四国及び近畿・中部地域での重力調査を実施する。重力データベースの更新を行う。地殻活動域の空中磁気図についてデータの整備、編集を行う。

- ・微化石年代層序と火山灰層序との統合を進め、後期中新世の標準年代層序の確度と精度を向上させる。始新世～漸新世の古地磁気極性タイムスケールの天文学的年代調節に向けて、IODPにより東部赤道太平洋から採取された堆積物コアの古地磁気測定を行う。
- ・地質調査総合センターの各ユニットとの連携のもと、地質調査で得られた地質試料の地質標本館への登録を促進すると共に、収蔵標本の保管と管理、データベース化を着実に推進し、標本の登録情報を公開し、利用を支援する。地質試料の薄片研磨片を作成する。通常的手法では薄片制作が困難な、軟弱試料や不安定試料に対しては、乾式研磨および非加熱硬化を積極的に用いた試料調製法で取り組む。

1-(2) 都市域及び沿岸域の地質調査研究と地質情報及び環境情報の整備

【中期計画（参考）】

- ・沿岸域に立地する多くの都市における地質災害の軽減に資するため、地質図の空白域となっている沿岸域において最新の総合的な地質調査を実施し、海域－沿岸域－陸域をつなぐシームレスな地質情報を整備する。自然や人為による地質環境変化を解明するため、生態系を含む環境変遷及び物質循環、沿岸域環境評価の研究を実施する。

《平成22年度計画》

- ・新潟沿岸域においてボーリング補備調査を行い、平野部の地質構造図及びシームレス地質図を作成する。
- ・福岡沿岸域においてボーリング調査、既存ボーリング及び地質資料の収集とデータベース化を行い、シームレス地質図、沖積層の基底深度分布図の作成を進めると共に、野外調査などから活構造の特性を明らかにする。
- ・福岡県沖沿岸域の海洋地質調査を実施し、海底地質図及び表層堆積図を作成するとともに、海域の地質層序、構造、堆積物分布と堆積作用を明らかにする。
- ・北海道沿岸域においてボーリング調査、既存ボーリング資料の収集とデータベース化を進め、沖積層の三次元分布の検討を行う。また、反射法探査や地質調査の資料からシームレス地質図の編纂、地質構造の検討を行う。
- ・関東平野中央部から東京湾沿岸域においてボーリングコアの分析と物理探査または既存資料から地下地質構造の解析を進めるとともに、地下水調査を実施し、地下水帯の分布と性状の検討を行う。また、沖積層のボーリング調査とコア試料の室内実験、ボーリング資料の収集とデータベース化を行い、三次元地質モデルと工学的性質を検討する。
- ・福岡県沖の重力データ空白域で海底重力調査を実施し、既往の海上・陸上データも取り込んで、陸海域を接合した重力図を作成する。

- ・海洋酸性化がサンゴ類に与える影響や内水域の温暖化影響について解析を行なう。サンゴ骨格やデルタ域の沿岸侵食の解析を基に、近過去から完新世における気候及び環境の変遷の復元を行う。また、霧島・桜島火山の活動に起因するマグマ起源の重金属の放出現象が鹿児島湾の底質に与える影響を解析する。
- ・沿岸域環境変化への人間活動による影響を評価するため、流動、浮遊物、藻場等の現地海洋環境データと衛星情報の収集、解析を行って環境モニタリング手法の高度化を図るとともに、沿岸域生態系モデルと環境再生技術を開発する。
- ・沿岸侵食の統合的な評価手法の確立を目指して、中国黄河域で行った調査結果のとりまとめを行う。また、ベトナムメコンデルタにおいて過去数百年から数千年の海岸線の変遷史から環境評価を行うための浜堤調査をベトナム科学技術院と共同で実施し、インドのゴダバリデルタにおいてボーリング試料を用いた沖積層の調査をアンドラ大学と共同で行う。
- ・2005年福岡県西方沖地震周辺の福岡沖沿岸域において地質・活断層調査を行う。平成21年度に実施した新潟沿岸域の調査結果を海陸シームレス地質情報集として取りまとめる。

1-(3) 衛星画像情報及び地質情報の統合化と利用拡大

【中期計画（参考）】

自然災害、資源探査、地球温暖化、水循環等に関する全地球的観測戦略の一環として、衛星画像情報のアーカイブ、地質情報との統合を図る。また、シームレス化、デジタル化された地質情報と衛星情報から、新たな視点の地質情報を得ることを可能にする技術の開発を行う。また、情報通信速度の向上や画像処理技術の進展に応じて、新たなデータを統合してデータベースとして提供する等の対応を行う。

1-(3)-① 衛星画像情報及び地質情報の統合化データベースの整備 (IV-2-(2)-①へ再掲)

【中期計画（参考）】

- ・衛星データ利用システム構築に資する衛星画像情報を整備し、地質情報との統合利用により、鉱物資源のポテンシャル評価や火山、地震、津波等の災害情報等に利活用する。また、情報通信技術との融合により、シームレス化、データベース化された地質情報と衛星画像情報の統合化データベースを整備し、新たな視点の地質情報を抽出するための利活用方法の研究を実施する。

《平成22年度計画》

- ・利用しやすい形かつ、品質保証された ASTER、PALSAR および METI 開発次期センサの衛星画像情報の整備に向けた研究開発を行う。
- 1) ASTER および PALSAR においては、地上サイトを

用いた校正及び検証を行い、センサ経年変動の確認、必要な画像補正を施し、さらなる高度・高精度化に向けた研究開発を行う。

- 2) ASTER のデータベースでは全量生データ (160TB) を蓄積の上に、平成22年度は新規に約15TB の生データの蓄積を行う。また、PALSAR のデータベースでは、全量データ蓄積、つまり、PB クラスのシステム構築に向けた開発、整備を開始する。
 - 3) 次期センサにおいては、その特殊性を考慮した校正手法、基本補正処理および地上系システム（主にデータベース）についての研究開発に着手する。
- ・整備された衛星画像情報を利用した各種ベースマップおよびデータベースシステム作成のための研究開発を行う。
- 1) ASTER による天然色全球マップ作成のための研究開発に着手する。
 - 2) ASTER による全球都市マップ作成のための研究開発に着手する。
 - 3) 衛星情報との統合利用のための地理情報管理のためのシステム開発に着手する。
- ・GEO Grid を用いて、地質情報と衛星画像情報衛星を統合する。チベット高原西部地域、中国内モンゴル自治区などを対象として、衛星画像情報による広域岩相マッピングを適用し、超苦鉄質岩などの分布状況推定や堆積岩区分図作成を行う。また、国内およびアジアの都市域では、PALSAR データによる地表地盤の変化情報を蓄積し、信頼性評価法を研究する。アフリカ地域においては、ASTER 時系列オルソ画像を作成し、鉱物資源のポテンシャル評価に資するインデックスマップを作成する。
 - ・衛星画像情報を用いて、火山観測に関する研究を実施し、特に衛星 DEM を用いた火山噴出物の量を推定する。また、地形情報、地質情報の高解像度データによる地すべり災害のポテンシャル評価手法の研究を行う。
 - ・デジタル写真情報や露頭情報など地質調査情報の効率的取得手法の開発とデータ収集システムの開発を行う。

2. 地圏の環境と資源に係る評価技術の開発

【中期計画（参考）】

地球の基本構成要素である地圏は、天然資源を育むとともに地球の物質循環システムの一部として地球環境に大きな影響を与える。地球の環境保全と天然資源の開発との両立は近年ますます大きな問題になっている。地圏の環境保全と安全な利用、環境に負荷を与えない資源開発及び放射性廃棄物地層処分安全規制のため、地圏システムの評価、解明に必要となる技術の開発を行う。

2-(1) 地圏の環境の保全と利用のための評価技術の開発

【中期計画（参考）】

土壌汚染、地下水汚染問題に対し、環境リスク管理に

必要な評価技術の開発を行う。また、地球環境における低負荷のエネルギーサイクル実現のため、二酸化炭素地中貯留及び地層処分等の深部地層の利用に関する調査及び評価技術の開発を行う。

2-(1)-① 土壌汚染評価技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・土壌汚染等の地圏環境におけるマルチプルリスクの評価手法を構築し、産業のリスクガバナンスを可能にするため、統合化評価システム及び地圏環境情報データベースを開発する。また、物理探査技術による土壌汚染調査の有効性を検証し、原位置計測や試料物性計測技術との併用による土壌汚染調査法を構築する。さらに、地圏環境の統合化評価手法を進展させ、水圏及び地表の生活環境における様々なリスクを適切に評価するための技術体系を確立する。

土壌汚染対策については、鉱物、植物、微生物及び再生可能エネルギーを活用した環境共生型の原位置浄化、修復技術を開発し、産業用地や操業中の事業場に適用可能な低コスト化を図る。

《平成22年度計画》

- ・地圏環境におけるマルチプルリスク評価手法構築、産業のリスクガバナンスを可能とするための研究を行う。
- 1) 土壌汚染等に起因する健康リスク及び経済リスクの統合化評価システムの枠組みを作成し、統一的な指標に基づくリスク評価手法を提案する。特定地域において土壌・地質環境基本調査を進め、各種の土壌データおよび地球化学データを蓄積する。また、物理探査技術による土壌汚染調査の現場適用性を明らかにし、高精度調査技術の有効性を検討する。
 - 2) 土壌汚染対策については、環境共生型浄化技術に関する実験的な検討を通じて、微生物、鉱物、植物および再生可能エネルギーを活用した浄化手法の有効性を明確にする。また、地圏及び生活環境における効率的なリスク管理のあり方を策定し、産業用地をはじめ廃棄物処分地や陸水域の環境改善を図る。

2-(1)-② 二酸化炭素地中貯留評価技術の開発（I-6-(6)-③へ再掲）

【中期計画（参考）】

- ・早期実用化を目指して、二酸化炭素地中貯留において、二酸化炭素の安全かつ長期間にわたる貯留を保証するための技術を開発する。大規模二酸化炭素地中貯留については、複数の物理探査手法を組み合わせた効率的なモニタリング技術の開発、二酸化炭素の長期挙動予測に不可欠である地下モデルの作成や精緻化を支援する技術及び長期間にわたる地層内での二酸化炭素の安定性を評価する技術を開発する。

圧入終了後における長期間監視のための費用対効果の高いモニタリング技術や、我が国での実用化に当たっ

て考慮すべき断層等の地質構造に対応した地下モデリング技術を開発するとともに、二酸化炭素が地中に貯留されるメカニズムの定量的解析や、各地における貯留ポテンシャル評価等の基盤技術を開発する。また、安全性評価技術の開発と中小規模排出源からの排出に対応した地中貯留の基礎研究を実施する。

《平成22年度計画》

- ・二酸化炭素の安全長期間にわたる貯留のための研究を行う。
- 1) モニタリング手法の開発として、小規模野外実験に基づき異なる手法のモニタリングのデータ解析技術の検討を行うとともに、長期挙動予測に資する地質モデル精緻化を支援するため、電気・電磁気モニタリングに係る物理量変換プログラムやシミュレーションの整備を行う。また、長期間にわたる地層内での二酸化炭素の安定性を評価するための基礎データを室内実験等により取得する。
 - 2) 費用対効果の高いモニタリング技術の研究開発として、手法の選定、実証実験サイトでの観測準備を行う。断層モデリング手法の研究開発として、国内外の二酸化炭素自然湧出地点を選定し、岩石サンプルの力学特性検討等のデータ収集及び整理を行う。
 - 3) 安全性評価技術及び中小規模地中貯留技術については、基礎的なデータの収集ならびに国内外の動向調査とFSを開始する。

2-(1)-③ 地層処分にかかわる評価技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・処分計画における地下水シナリオの精度を向上させるため、原位置実証試験による水理学的研究や環境同位体を用いた地球化学的研究を実施し、沿岸部深部地下水の流動環境と組成を把握する。また、沿岸域の地質構造評価のため、浅海域電磁探査法の適用実験及び改良による実用的な探査手法を構築するとともに、海陸にわたる物理探査データ解析・解釈法を開発する。さらに、処分空洞周辺の超長期間の緩み域の広がりを把握するために必要な技術基盤を開発する。

《平成22年度計画》

- ・地層処分における地下水シナリオの精度向上のための研究を行う。
- 1) 北海道幌延町において超深部掘削（900m以深）を実施して、深部の地質・地下水試料を採取し、高精度かつ超長期的な水理構造変化を把握するため化学・同位体分析を実施する。また、これに基づき、深部地下水の水理構造モデリングと解析を実施する。
 - 2) 幌延地域において平成21年度に取得した反射法地震探査データの解析を継続し、地質構造モデルを作成する。浅海用海底電磁探査装置の改良及び測定方法の検討を行ってデータ品質を向上させる。また、海陸にわたる電磁探査データの2次元・3次元数値解析法の開発

を行う。

- 3) これまでに構築してきた沿岸域水理に関する種々のデータベースをまとめ、地下水シナリオの精度向上に供する。
- 4) 地下坑道まわりの調査ボーリング等で付随して得られる岩石コア試料に応力計測法を適用し、空洞周りの応力場の変化から緩み域を評価する手法を開発する。

2-(2) 地圏の資源のポテンシャル評価

【中期計画（参考）】

地圏から得られる天然資源である鉱物、燃料、水、地熱等を安定的に確保するため、効率的な探査手法の開発を行う。また、新鉱床等の発見に貢献することを目的として、資源の成因及び特性解明の研究を行う。さらに、各種資源のポテンシャル評価を行い、資源の基盤情報として社会に提供する。このような資源に関する調査、技術開発の知見を我が国の資源政策、産業界に提供する。

2-(2)-① 鉱物及び燃料資源のポテンシャル評価（I-3-(3)-③へ一部再掲）

【中期計画（参考）】

・微小領域分析や同位体分析等の手法を用いた鉱物資源の成因や探査法に関する研究、リモートセンシング技術等を用いて、レアメタル等の鉱床の資源ポテンシャル評価を南アフリカ、アジア等で実施し、具体的開発に連結しうる鉱床を各地域から抽出する。

海洋底資源の調査研究については、海洋基本計画に則り、探査法開発、海底鉱物資源の分布や成因に関する調査研究を実施するほか、海洋域における我が国の権益を確保するため、大陸棚画定に係る国連審査を科学的データの補充等によりフォローアップする。

工業用原料鉱物及び砕石、骨材資源に関し、探査法開発、鉱床形成モデル構築、資源ポテンシャル評価を行う。国内及びアジア地域の鉱物資源情報のデータベースを拡充する。

メタンハイドレート等未利用燃料資源利用のため、代表的な資源賦存域において資源地質特性解明及び資源ポテンシャル評価を行い、燃料資源地質図を整備する。国内資源として重要な南関東水溶性天然ガス資源の賦存状況を解明し、燃料資源地質図として整備する。大水深域等の海域及び陸域における地質調査と解析により、天然ガス鉱床形成システム解明及び資源ポテンシャル評価を行う。効率良い資源開発や環境保全に向け、メタンの生成、消費等の地下微生物活動を評価する。

《平成22年度計画》

- ・レアメタル等鉱物資源ポテンシャル評価のための研究を行う。
- 1) 南部アフリカ、南米、中央アジア、東南アジア等で希土類元素やリチウムを中心としたレアメタル鉱床の資源ポテンシャル評価を実施するとともに、衛星画像

と地表踏査結果の対比によるデータの検証作業を行う。さらに、希土類鉱床開発に向けた希土類元素の存在形態、希土類鉱物の産状に関する調査、研究を実施する。

- 2) 選鉱残渣からのレアメタル抽出技術確立のために、選鉱残渣の鉱物学的評価を複数の鉱床で実施する。
- 3) ベントナイト、珪石などの工業用原料鉱物に関する国内外の資源ポテンシャル評価を実施し、供給安定性向上に資するデータを収集する。

- 4) アジア地質図、中央アジア鉱物資源図を編集・出版すると共に、国内・アジア鉱物資源データベースの拡充と電子化を進める。20万分の1、5万分の1地質図のための鉱物資源情報を収集する。

・南アフリカ等におけるプラチナ含有鉱石の高感度微小領域分析法を開発する。また、同位体分析等に基づき国内の金鉱床生成モデルを提出し、インジウム含有鉱物について、赤外線顕微鏡観察や流体包有物実験等に基づきレアメタル濃集モデルを提出する。一方、海洋底資源の調査研究での活用を目指し、高分解能型マルチコレクターICP-MSによる同位体比分析法を開発する。また、大陸棚画定に係る国連審査のフォローアップのため、審査対応部会での任務を遂行するとともに必要に応じて科学的データの補充等を行う。

・我が国の燃料資源ポテンシャル評価のための研究を行う。

- 1) フラクチャ型メタンハイドレートの賦存域である上越沖等の海域において地質調査を行い、試料採取及び分析、物理探査情報との対比により資源地質特性解明及び燃料資源地質図編集のための情報を整備する。

- 2) 最近の燃料資源（石炭、石油、天然ガス）の需給状況を踏まえ、南関東ガス田（水溶性天然ガス）の賦存状況の解明、地質情報の整備とともに、非在来型天然ガスを含む国内外の燃料資源の賦存状況、鉱床の成因及び形成環境を地質学的、地球物理学的及び地球化学的手法やモデリング手法により把握・解明し、基礎的な資源地質情報を整備する。

- 3) ガス田の分布地域において、地下微生物による嫌氣的メタン酸化の実態を解明するため、関東平野で掘削を行い、沖積層中のメタン酸化菌の分布や活性を調べる。高温油層におけるメタン生成プロセスを解明するため、油層水に原油と炭素-13でラベル化した基質を少量添加して、油層の温度圧力条件でメタン生成活性を評価するとともに、培養前後の油層水中の微生物の群集構造を解析する。

・非金属鉱物資源及び地圏流体等の地質学的、地球化学的及び鉱物化学的解析を通してその性状を解明するとともに、その応用研究として、製品化に資する研究を進める。

2-(2)-② 地下水及び地熱資源のポテンシャル評価（I-1-(2)-③へ一部再掲）

【中期計画（参考）】

- ・我が国の地下水及び水文環境の把握のため、全国の平野部を中心に整備を進めている水文環境図を2図作成する。また、工業用水の安定的な確保のため、全国の地下水資源ポテンシャル図を整備する。
再生可能エネルギーとして重要な地熱資源の資源ポテンシャルを地理情報システムによって高精度で評価し、全国の開発候補地を系統的に抽出する。また、地熱開発促進にむけて地熱利用と温泉保全の両立を図るため、温泉発電技術や貯留層探査評価技術を含む地熱技術を開発する。さらに、地中熱利用のため、平野部等の地下温度構造及び地下水流動モデルを構築する。
- 《平成22年度計画》
- ・我が国の地下水・水文環境の把握のための研究を行う。
- 1) 石狩平野等を中心にこれまでに調査を重ねてきた地域のデータをまとめる。今年度は石狩平野の水文環境図の作成に取りかかる。
 - 2) 全国の地下水資源ポテンシャル図の作成のため、すでに集積の終わっている浅部地下水データのマッピングを完成させる。
- ・再生可能エネルギーとして重要な地熱資源の資源ポテンシャルを地理情報システムによって高精度で評価し、全国の開発候補地を系統的に抽出する。また、地熱開発促進にむけて地熱利用と温泉保全の両立を図るため、中低温熱水系資源については、温泉発電のためのスケール抑制技術等の研究を行い、高温熱水系資源については、地熱発電と温泉との共生を可能にする地熱貯留層管理システムの研究を行う。
 - ・地中熱の利用促進のため、全国の3平野（石狩、関東、筑紫）を対象に地下温度構造および地下水流動モデリングを開始する。また、地中熱のポテンシャル評価や環境影響評価に必要な地下の熱物性構造調査手法の開発に着手する。

2-(3) 放射性廃棄物処分の安全規制のための地質環境評価技術の開発

【中期計画（参考）】

高レベル放射性廃棄物の地層処分事業に対し、国が行う安全規制への技術的支援として、地質現象の長期変動及び地質環境の隔離性能に関する地質学的、水文地質学的知見を整備し、技術情報としてとりまとめる。また、放射性核種移行評価に向けての技術開発を行う。

2-(3)-① 地質現象の長期変動に関する影響評価技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・高レベル放射性廃棄物地層処分における概要調査結果に対する規制庁レビューの判断指標として、特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律及び原子力安全委員会の環境要件に照らし、隆起侵食活動、地震・断層活

動、火山・火成活動等の“著しい地質変動”の活動履歴及び将来予測において必要となる各変動の発生位置、時代等の不確実性を低減するための調査及び評価手法の適用性評価と長期的な予測手法の開発に向けた検討を行う。また、処分深度の深層地下水の性状、その起源及び流動プロセスの把握手法を開発する。これらの手法の適用結果を、データベースとして取りまとめて国に提供する。さらに、各種の地質変動が深層地下水流動に及ぼす水文地質学的変動モデルの開発に向けた検討を行う。以上の成果を技術情報として取りまとめ、公表する。

《平成22年度計画》

- ・概要調査結果の妥当性評価のため、下記の技術開発を行い、技術情報の提示を行う。
- 1) 第四紀火山地質 DB および深層地下水データベース(DB)の更新、大規模マスマーブメント・泥火山 DBの新規作成を行う。
 - 2) 地殻変動予測手法について、各種の年代測定及び基準面認定法を複合的に用いることによる、隆起侵食量推定の高度化手法を検討する。また、火山時空分布解析、各種物理探査データ解析やマグマ蓄積プロセス解析等を統合し、噴火発生のポテンシャル評価手法を検討する。
 - 3) 起源の異なる地下水が混合した系に適用可能な年代測定法の開発のため、地下水混合プロセス解析を行い、地下水年代評価について検討する。
 - 4) 断層・火山活動が周辺地下水系へ与える影響について、その影響範囲及び程度を解析し、定量化を検討する。また、断層・火山の活動度と地下水系への影響の関連性を評価する。
 - 5) 海面変化の影響評価のため、沿岸域の地下水データを収集し、その化学的性状、年代分布等を明らかにする。
 - 6) 地質環境条件に影響する各種自然事象が処分環境に及ぼす影響因子の整理を行う。

2-(3)-② 地質環境の隔離性能に関する評価技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・高レベル放射性廃棄物地層処分における精密調査結果に対する規制庁レビューの判断指標として、特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律及び原子力安全委員会の環境要件に照らし、岩盤の強度、地下水の化学的性質、地下水流動に関する不確実性を低減するための水理・化学環境調査、評価手法の開発、整備と、調査手法及びデータの品質管理に関する評価手法を整備する。また、自然事象等の外的要因が地下水流動、化学的環境に及ぼす影響を評価するための室内実験手法、解析手法を整備した上、シナリオに基づく長期的な変動が地下水流動、核種移行に及ぼす影響予測手法を開発、整備する。以上の成果を技術情報として取りまと

め、公表する。

《平成22年度計画》

- ・精密調査結果の妥当性評価および安全評価の基本的な考え方の整備のために、下記の技術開発を行い、技術情報の提示を行う。
- 1) 水理-応力変形連成過程における各種パラメータの高精度評価手法の構築を行い、地下水流動解析、物質移行解析に組み込むための検討を行う。
- 2) 各種調査手法として、透水異方性、間隙水圧分布形成、微生物の核種以降への影響に関する原位置調査手法の検討、提示を行い、それぞれの要因が、地下水流動および物質移行に及ぼす影響を定量的に検討する。
- 3) 地下の水理環境および地下水水質の変動要因に関して、原位置の水理試験、水圧モニタリング、化学、生物化学環境データを基とした整理を行い、それらの変動の将来予測を行うための手法の検討を行う。
- 4) 各種自然事象を考慮した水理-熱-応力変形-化学反応連成モデルの構築を行い、実際の地下研究施設のデータ等を用いた検討を行う。

3. 地質災害の将来予測と評価技術の開発

【中期計画（参考）】

地震、火山活動等による自然災害の軽減に必要な、科学的根拠に基づく地震と火山活動の予測が期待されている。その実現のために、調査及び観測情報に基づいて地震及び火山活動履歴を明らかにし、また地震及び火山活動のメカニズム解明を目指した調査、研究を実施する。

3-(1) 活断層調査、地震観測等による地震予測の高精度化

【中期計画（参考）】

陸域及び沿岸海域の活断層や過去の巨大津波発生状況について古地震調査を行い、将来の地震発生危険度や発生しうる津波の規模を明らかにする。内陸地震の発生と地盤変形の予測に必要な物理モデルの構築とシミュレーション手法を提案する。また、東海・東南海・南海地震を対象とした海溝型地震の短期予測システムを構築する。さらに、これら調査研究結果の情報公開を行う。

3-(1)-① 活断層評価及び災害予測手法の高度化

【中期計画（参考）】

- ・陸域及び沿岸海域の25以上の活断層について古地震調査を行い、過去数千年間の断層挙動を解明することにより将来の地震発生危険度を明らかにする。また、調査結果のデータベース化と情報公開を進める。
- 地震の規模と発生時期の予測技術確立のために、糸魚川-静岡構造線を例に、過去の断層挙動、最近の地震活動、地殻変動や実験データに基づいた活断層の物理モデルの原型を提示する。
- 地震発生時の災害予測のため、大都市圏近傍等の活断

層運動による地盤変形を予測するための調査手法とシミュレーション手法を提案するとともに、地盤変形評価図を作成する。

《平成22年度計画》

- ・将来の活動確率や地震規模が十分に明らかにされていない陸域及び沿岸海域の活断層について、断層の位置形状、活動性及び活動履歴を明らかにするための調査を5断層帯程度において実施する。
- ・国内外のモデルフィールドにおいて、断層変位の多様性、変位量の分布等の実証的データを得るための調査を実施する。また、地表で認定しにくい活断層の認定及び評価手法を開発するため、航空レーザー測量による地形データの解析を進めるとともに、断層破碎物質の性状と断層活動性との相関性について検討を進める。
- ・活断層データベースについて、引き続き新規データの収録を進めるとともに、調査地点情報の直接検索等の検索機能を改修し公開する。また、一般向けの解説をより充実させる。
- ・糸魚川-静岡構造線の全域の地殻応力分布を明らかにするための微小地震メカニズムのデータを追加する。また、この地域の深さ50km程度までの強度分布モデルの精密化とそれに基づく有限要素法による地殻変動のシミュレーションを実施する。シミュレーション結果と地殻変動や過去の断層挙動との比較を行い、より現実的な地下構造モデルへと改善させる。
- ・脆性-塑性遷移領域における変形プロセスの解明のため、比較的低温でも脆性-塑性遷移領域が現れる蛇紋岩を用いて、その高温高圧下での変形挙動を観測し、遷移領域での摩擦構成則を確立する。中央構造線ボーリングコアを解析し、その変形履歴や脆性-塑性遷移経験時の断層挙動を支配する変形プロセスを明らかにする。
- ・断層周辺の応力状態と地震切迫度評価のため、断層周辺の応力状態の微小変動が微小地震活動に与える影響を実験的に測定し、評価する。地下深部に相当する高温高圧下における弾性波速度の計測を可能にするシステムを開発し、その実用化を進める。
- ・綾瀬川断層において実施した反射法地震探査のデータを解析し、浅部での変形構造を明らかにするとともに、既存の地震波探査記録を収集し、走向方向の変化を把握する。拡張有限要素法を用いた断層活動による地盤変形解析のための手法開発を行う。内陸あるいは沿岸で発生した地震を題材に、地震時の不均質すべり分布を反映した地質構造の有無を検証する。

3-(1)-② 海溝型地震及び巨大津波の予測手法の高度化

【中期計画（参考）】

- ・東南海・南海地震を対象とした地下水等総合観測施設を整備し、既存の観測データと統合して解析を進め、駿河トラフ・南海トラフで発生する東海・東南海・南

海地震の短期予測システムを構築する。

巨大津波による災害を軽減するため、日本海溝及び南海トラフに面した沿岸域の地形・地質調査に基づいて、過去数千年間の巨大津波の発生履歴を精度良く明らかにし、津波の規模を解明する。宮城県については、津波浸水履歴図を公表する。

《平成22年度計画》

- ・国の東海地震予知事業の一環として引き続き前兆的地下水位変化検出システムを運用する。気象庁や防災科研と協力して、南海～駿河トラフで発生する深部低周波微動や短期的スロースリップ（短期的 SSE）を、平成18年度以降に整備した新規観測網（14点）でモニタリングして解析すると共に短期的 SSE の自動検出システムの開発に着手する。地震に関する地下水観測データベースに、新規観測網のデータを加えて引き続き公開し、数値データの関係機関への提供を行う。また、深部低周波微動のメカニズム解明のため、紀伊半島に20カ所程度の高感度地震計を設置しデータの蓄積を行う。四国において、1946年南海地震前の地下水変化と海水面変化に関する証言を収集し、それらを地殻の上下変動に換算し定量化するための作業を行なう。
- ・台湾成功大学との共同研究「台湾における水文学的・地球化学的手法による地震予知研究」を引き続き推進し、産総研において第9回ワークショップを開催する。台湾で開催される西太平洋地球物理学会議（WPGM）で特別セッションを開き、共同研究に関して議論する。台湾でも特に歪変化率が大きい東部や南部の地下水観測データについて解析を進め、地殻変動や地震活動と比較する。
- ・地質学的及び地形学的手法を用いて、過去の巨大海溝型地震の履歴及び規模を明らかにするための調査研究を進める。西暦869年に日本海溝で発生した貞観津波について、津波堆積物の分布を説明できる震源断層モデルを構築する。また、同地震による津波堆積物に関する既存データを整理し、データベース化を進める。南海トラフ沿いでは、紀伊半島の隆起海岸や志摩半島の津波堆積物から巨大地震及び津波の発生時期を明らかにし、四国で隆起海岸と津波堆積物の調査を開始する。スマトラ沖地震に関連した津波堆積物の調査をインドネシアなどで実施する。

3-(2) 火山噴火推移予測の高精度化

【中期計画（参考）】

- ・活動的火山の噴火活動履歴調査を実施し、噴火活動の年代、噴出量、マグマ組成や噴火様式等の変遷を明らかにするとともに、噴火の規則性や噴火様式の時間的変化を支配するマグマの発達過程のモデルを提示する。また、火山噴出物、噴煙、熱・電磁気学的変動、地殻変動等の観測研究により火山活動推移を把握するとともに、室内実験や数値実験との総合解析により、噴火

準備、脱ガス及び噴火発生過程のモデルを提示する。

さらに、これらの研究成果をもとに、データベースの整備及び火山地質図3図の作成を行うとともに、噴火活動の推移予測の基礎となる噴火シナリオを作成する。《平成22年度計画》

- ・九重火山及び蔵王火山の火山地質図作成調査を行う。諏訪瀬島火山については地質図原図を完成する。火山活動時空分布把握のため、野外調査及び年代測定を実施する。火山データベースのデータ追加更新を行う。伊豆大島火山における噴火シナリオを高度化させるため、ボーリング及びトレンチ掘削の解析と追加の地表地質調査を行う。
- ・火山噴出物の岩石学的解析により、大規模噴火を引き起こしたマグマ溜まりの圧力と脱ガス過程を定量化するとともに、野外調査と室内実験により、岩脈貫入過程が噴火量と噴火様式の時間的変化に与える影響を評価する。火山ガス、地殻変動、自然電位の観測により、三宅島、口永良部島、伊豆大島などの火山活動推移を把握し、脱ガス過程、熱水系変動過程をモデル化する。

4. 地質情報の提供、普及

【中期計画（参考）】

社会のニーズに的確に応じるために、知的基盤として整備された地質情報を活用しやすい方式、媒体で提供、普及させる。また、地震、火山噴火等の自然災害発生時やその予兆発生時には、緊急調査を実施するとともに、必要な地質情報を速やかに発信する。

4-(1) 地質情報の提供、普及

【中期計画（参考）】

地質の調査に係る研究成果を社会に普及させるため、地質の調査に関する地質図類等の成果の出版及び頒布を継続するとともに、電子媒体及びウェブによる頒布普及体制を整備する。地質標本館の展示の充実及び標本利用の促進に努め、地質情報普及活動、産学官連携、地質相談等により情報発信を行う。また、インターネット、データベース等の情報技術の新たな動向を注視し、情報共有、流通の高度な展開に対応する。

4-(1)-① 地質情報の提供

【中期計画（参考）】

- ・社会のニーズに的確に応じた地質情報提供のための地質情報共有、流通システムを構築する。地質の調査に関する地質図類等の成果の出版及びベクトル数値化等による地質情報の高度利用環境の整備を進める。20以上の地質図類等の出版を行うとともに、6つ以上の既存地質図幅のベクトル化を実施する。地質図等の研究成果を印刷物、電子媒体及びウェブによって頒布する。国内外の地球科学文献を収集、整備し、閲覧室や公開文献検索システムを通じて社会に提

供する。100カ国1,000機関との文献交換と、毎年10,000件以上の文献情報入力を行う。

《平成22年度計画》

- ・平成22年度出版計画に基づき提出される地質図類、報告書、研究報告誌等の原稿検査と JIS 基準の適用、印刷に向けた仕様書作成と発注を行う。
- ・既刊出版物の管理・頒布・普及を継続して行う。在庫切れ地質図類の入手要望に対してオンデマンド印刷により適切に対応する。
- ・国内外の既刊地質図類についてラスターデータ整備を着実にを行う。
- ・既存地質図幅のベクトル化を実施する。
- ・統合地質図データベース（GeoMapDB）の維持管理を継続しつつ、システム見直しの検討を行う。
- ・地質文献データベース（GEOLIS、G-MAPI）等の公開システムの統合を行い、利用者の利便性向上を図る。統合版 GEOLIS の公開を年度内に行う。また文献情報の入力を10,000件以上行い、利用者への収集情報の迅速な提供を行う。
- ・新規発行の地質図類について、標準フォーマット JMP2.0仕様のメタデータを作成し、政府クリアリングハウスに登録し、公開する。さらに、政府クリアリングハウスの老朽化したサーバーの更新を行い、それに伴うシステムの改良を行う。公開中の地質情報総合メタデータ日本版と地質情報インデックスシステムとの調整を行い利便性を図る。
- ・100ヶ国以上、1,000機関以上との文献交換を行い、地球科学文献の収集・整備・保存及び提供を継続して行い、所蔵地質情報の充実を努める。
- ・よりの確な社会への地質情報提供ができるように、コンテンツ管理システムの導入等によって地質調査総合センターのウェブサイトを再構築する。
- ・所内情報の共有及び流通の促進のために、エンタープライズサーチシステム、機関リポジトリ等の試験運用を行う。
- ・情報の共有及び流通の促進のための方策を調査・検討し、地質調査総合センター連絡会議等への提言や試験的導入を行う。

4-(1)-② 地質情報の普及

【中期計画（参考）】

- ・地質情報普及のため、地質標本館の展示の充実及び利用促進に努め、地質情報展、地質の日、ジオパーク等の活動を行う。また、産学官連携、地質相談業務、地質の調査に関する人材育成を実施し、展示会、野外見学会、講演会等を主催する。さらに、関係省庁、マスコミ等からの要請に応え正確な情報を普及させる。具体的には、地質標本館では、年3回以上の特別展や、化石レプリカ作りのイベント等を実施し、年30,000人以上の入場者に対応する。また、つくば科学フェステ

ィバル出展対応を毎年実施する。ジオネットワークつくばにおいて、10回以上のサイエンスカフェと6回以上の野外観察会を実施する。地質情報展を毎年開催し、1,000名以上の入場者に対応する。地質の日については、イベントを毎年実施する。ジオパーク活動については、日本ジオパーク委員会（JGC）を年2回以上開催し、世界ジオパークを2地域以上、日本ジオパークを5地域以上認定するための支援活動を行い、地域振興に貢献する。

《平成22年度計画》

- ・3回以上の特別展や化石レプリカ作りなどを開催し、その展示ポスターを縮小して、印刷頒布する。展示物解説の補強や、見学案内者の多様化を図り、展示物の更新、展示標本の入れ替えなどにより、見学の質的向上を図る。特別講演会を2回以上開催する。地質情報の利用促進のため、地質相談所を窓口として、外部機関や市民からの問い合わせに積極的に応える。また、団体見学者の要望に応じて地域地質の解説を行う。
- ・地質調査総合センターの研究成果を発信するため、富山市において地質情報展を実施し、成果普及活動を展開する。また、日本地球惑星科学連合2010年大会などにブース出展し、併せて研究成果の紹介、普及を進める。
- ・地質情報展（富山）をはじめ、地域センターの一般公開や科学館、科学系博物館等に協力し、移動地質標本館を出展する。一般市民を対象として茨城県南部の地質見学会を実施する。学校教育関係者と連携し、若年層の自然観育成、科学理解度増進に引き続き注力する。ジオパーク活動や地質の日の記念事業などに積極的に貢献する。
- ・ジオネットワークつくばにおいて2回以上のサイエンスカフェと野外観察会を実施する。
- ・地質の日については、事務局として活動を支援するとともに、展示等によって啓発普及に貢献する。ジオパーク活動については、日本ジオパーク委員会事務局として、世界ジオパークネットワーク加盟申請候補および日本ジオパーク候補のヒアリング、現地審査、最終認定等の一連の委員会活動を支援するとともに、ジオパークの普及に貢献する。
- ・「地質ニュース」を引き続き編集する。

4-(2) 緊急地質調査、研究の実施

【中期計画（参考）】

- ・地震、火山噴火等の自然災害時には緊急の対応が求められることから、災害発生時やその予兆発生時には、社会的要請に応じて緊急の地質調査を速やかに実施する。具体的には、想定東海地震の観測情報等発令時、国内の震度6強以上を記録した地震、又は M6.8以上の内陸地震及び人的被害の想定される火山噴火のすべてに対応する。すべての緊急調査について、ホームペ

ージ上で情報公開する。

《平成22年度計画》

- ・地震や火山噴火等の自然災害に際して、社会的要請に応じて緊急調査の実施体制をとり、必要な地質調査及び研究を速やかに実施し、正確な地質情報を収集、発信する。
- ・地質調査総合センターにおいて自然災害等の緊急調査が実施された場合は、地質標本館や地質図ライブラリにおいてもその緊急研究の成果等を速報する。

5. 国際研究協力の強化、推進

【中期計画（参考）】

産総研がこれまでに蓄積した知見及び経験を活かし、アジア太平洋地域及びアフリカを中心とした地質に関する各種の国際組織及び国際研究計画における研究協力を積極的に推進する。地質災害の軽減、資源探査、環境保全等に関する国際的な動向及び社会的、政策的な要請を踏まえ、プロジェクトの立案、主導を行う。

5-1) 国際研究協力の強化、推進

【中期計画（参考）】

- ・産総研がこれまでに蓄積してきた知見及び経験を活かし、アジア、アフリカ、南米地域を中心とした地質に関する各種の国際研究協力を積極的に推進する。地質情報の整備、地質災害の軽減、資源探査や環境保全等に関する研究プロジェクトを国際組織及び国際研究計画を通して推進する。東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）の総会・管理理事会に毎年参加するとともに、CCOP プロジェクトを実施する。統合国際深海掘削計画（IODP）や OneGeology（全地球地質図ポータル）、世界地質図委員会（CGMW）等の国際プロジェクトにおいて、アジアの地質図編集やデータ整備等について貢献する。

産総研が事務局を担当する日本ジオパーク委員会でジオパーク審査標準を構築し、アジア地域を中心にジオパーク活動を普及させる。アジア太平洋ジオパークネットワーク（APGGN）・世界ジオパークネットワーク（GGN）の活動に貢献する。

《平成22年度計画》

- ・アジアのデルタにおける沿岸環境保全と環境変遷のために、CCOP プロジェクトや JSPS プロジェクトなどにより、ベトナムと中国においてデルタセミナーを実施する。またタイ、ベトナム、中国との共同研究の推進と人材育成のために10名以上を招聘する。
- ・IODP の推進に、乗船研究、国際パネル委員、日本地球掘削科学コンソーシアムにおける活動等を通じて貢献する。
- ・東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）の第47回総会（インドネシア）、及び第56、57回管理理事会に参加するとともに、CCOP プロジェクトを実施

する。第4回ユネスコ国際ジオパーク会議（マレーシア）等に参加するとともに、産総研が事務局を担当する日本ジオパーク委員会を核としてアジア地域を中心にジオパーク活動を普及させる。

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

【中期計画（参考）】

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

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

1. 新たな国家計量標準の整備

【中期計画（参考）】

新たに必要となる国家計量標準を迅速に開発、整備し、供給を開始する。具体的にはグリーン・イノベーションの実現に必要な省エネルギー技術や新燃料等の開発、評価を支える計量標準の開発を行う。また、ライフ・イノベーションの実現に必要な医療診断、食品安全性、環境評価等を支える計量標準の開発を行う。さらにナノデバイスやロボット利用技術等、我が国の技術革新や先端産業の国際競争力を支える計量標準の開発を行う。新たな開発を行う標準の選定にあたっては、整備計画の改訂に従い、技術ニーズや社会ニーズを迅速に反映させる。また、国際規格や法規制に対応した計量標準を整備し、我が国の円滑な国際通商を支援する。

1-1) グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

【中期計画（参考）】

グリーン・イノベーションの推進に必要な計量標準の早急な開発、整備を行い、供給を開始する。具体的には、水素エネルギー、燃料電池等の貯蔵技術、利用技術の推進、省エネルギー・エネルギー効率化技術の開発を支援する計量標準の開発、整備を行い、供給を開始する。また、バイオマス系資源の品質管理や安定性評価に必要な標準物質、資源再利用システムの信頼性評価に必要な標準物質をニーズに即応した開発、整備を行い、供給を開始する。

1-(1)-① 新エネルギー源の利用に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・水素エネルギー、燃料電池及び電力貯蔵キャパシタの利用に必要な気体流量標準、気体圧力標準、電気標準、燃料分析用標準液等について、新たに4種類の標準を開発、整備し、供給を開始する。

《平成22年度計画》

- ・気体圧力標準：高压気体を用いる産業現場における圧力測定の信頼性を確保するための気体高压力標準の基礎技術を確立する。
- ・気体流量標準では、標準設備に水素ガス・メタンガスを流すための改造を行い、定置燃料電池へのガス供給に対応した50L/min までの実用標準器の整備、トランスファー用流量計の性能評価を開始する。
- ・燃料電池及び電力貯蔵キャパシタの評価用標準として蓄電池、キャパシタ標準を開発する。今年度は、既存標準を基準に大容量へ拡張するブリッジ回路を設計、試作する。
- ・第3期中に燃料分析用標準物質1種2物質以上を開発予定であるが、平成22年度は、標準液1種類（1物質）の開発を行い、品質システムの構築を行う。

1-(1)-② 省エネルギー技術の開発と利用に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・運輸システム、オフィス、住宅、ビル、工場等における省エネルギー技術開発に必要な高周波電気標準、光放射標準、熱流密度標準等について、新たに7種類の標準を開発、整備し、供給を開始する。

《平成22年度計画》

- ・運輸システム等に必要な時間周波数標準関連供給に向け、不確かさの低減並びに利便性の向上に向けた準備を開始する。
- ・温度・圧力範囲を拡張し、温度：0～70℃／圧力：0MPa～10MPa までの領域で新規代替冷媒の PVT 性質、気液平衡性質、音速などを計測し、得られたデータから冷凍空調システムの性能向上のための状態方程式を開発する。
- ・電磁波分野では、第3期にホーンアンテナ標準とレーダ散乱断面積の標準開発を計画しその間に段階的に拡張

も行う。平成22年度にはホーンアンテナの利得標準を開発する。

- ・高強度 LED 全光束標準、ならびに分光全放射束標準の開発を進める。標準 LED の評価を行うとともに、配光測定装置やマルチチャンネル分光検出器校正装置の整備を進める。

1-(1)-③ バイオマス資源の利用技術に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・バイオガソリン、バイオディーゼル等、バイオマス資源の品質管理、成分分析、安定性評価等利用技術に必要な標準物質について、新たに5種類開発、整備し、供給を開始する。

《平成22年度計画》

- ・流量分野では、中期計画期間中に石油小流量標準について供給範囲の拡張を行う。今年度は、現行の質量流量に対する標準供給を体積流量に拡張し、軽油を用いて体積流量0.01m³/h～0.1m³/hの標準供給を行う。
- ・バイオ燃料の開発・普及に必要な物性計測ニーズの調査を行うとともに、基本的な密度及び粘度の測定・評価システムの整備に着手する。密度に関してはバイオエタノールの評価を目的とした密度・組成測定システムを構築し、粘度に関してはバイオディーゼルの実用化に必要な高压データのニーズを調査する。
- ・第3期中には、品質管理用のバイオ燃料系標準物質を3種類4物質開発する予定であり、平成22年度にはそのうち1物質を開発する。

1-(1)-④ 資源再利用システムの信頼性評価に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・電気・電子機器の廃棄及び製品のリサイクル並びにこれらに係る規制・指令（REACH 規制、WEEE 指令等）に対応するため、資源再利用システムの信頼性を評価、分析する上で必要となる標準物質について、新たに2種類開発、整備し、供給を開始する。

《平成22年度計画》

- ・RoHS 指令等の規制に対応する標準物質の特性値決定のための技術開発を進め、第3期中に2種類7物質を開発する予定であるが、平成22年度には1種類1物質について開発する。

1-(2) ライフ・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

【中期計画（参考）】

ライフ・イノベーションの推進に必要な計量標準の早急な開発、整備を行い、供給を開始する。具体的には、先進医療機器の開発、標準化に資する計量標準及び予防を重視する健康づくりに不可欠な臨床検査にかかわる計量標準の開発、整備を行い、供給を開始する。また、生

活に直結する食品の安全性や生活環境の健全性確保に資するため、食品分析にかかわる計量標準、有害化学物質の分析にかかわる計量標準の開発、整備を行い、供給を開始する。

1-(2)-① 医療の信頼性確保に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・医療の信頼性確保のため、超音波診断装置、放射線治療機器等の先進医療機器の開発、利用に必要な超音波標準、放射線標準等について、新たに4種類の標準を開発、整備し、供給を開始する。また、医療現場における医療診断、臨床検査に不可欠な標準物質について、新たに4種類開発、整備し、供給を開始する。

《平成22年度計画》

- ・ハイドロホン感度校正の周波数範囲を40MHzに拡張するため、光干渉計等、測定系の安定化を図る。カロリメトリ法による超音波パワー校正に必要な自由音場水槽の設計試作、振動子発熱等の影響を検証する。
- ・高エネルギーX線・電子線水吸収線量標準の開発に関連して医療用リニアックのX線線質の特性を調べるとともに、マンモグラフィX線標準に関連してMo/Rhの線質について標準の校正技術を開発する。前立腺がん治療用のヨウ素125医療用密封小線源に対する線量標準の校正技術を開発する。
- ・医療現場における医療診断、臨床検査に不可欠な標準物質について、新たに4種類の開発に取り組む。平成22年度はこのうち2種類について3物質以上の標準物質を開発する。

1-(2)-② 食品の安全性確保に資する標準物質

【中期計画（参考）】

- ・食品の安全性確保及び食品に係る各種法規制、国際規格（食品衛生法、薬事法、米国FDA規制、国際食品規格（コーデックス規格）等）に対応するため、基準検査項目の分析に必要な標準物質について、新たに4種類開発、整備し、供給を開始する。

《平成22年度計画》

- ・第3期中には、食品の安全性確保及び食品に係る各種法規制・国際規格に対応するため、基準検査項目の分析に必要な標準物質について4種類12物質を開発する予定であり、平成22年度にはこのうち2種類4物質の開発、および品質システムの技術部分を構築し、供給を開始する。また、既存認証標準物質の安定性を評価し、適切な維持・管理と供給を行う。

1-(2)-③ 生活環境の健全性確保に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・国民の生活環境の健全性を確保するため、大気汚染ガス、地球温暖化ガス、有害ガス等の分析、評価、測定等に必要な標準物質について、新たに9種類開発、

整備し、供給を開始する。

《平成22年度計画》

- ・環境分析や品質管理においてトレーサビリティ源として用いられる標準物質を第3期中に4種類開発する予定であるが、平成22年度には2種類2物質について開発する。
- ・標準物質に関して第3期中に5種8物質以上を開発予定であるが、平成22年度は1物質を開発するとともに、品質システムの技術部分を構築する。関連する国際比較が行われた場合、それらに参加する（2件程度）。

1-(3) 産業の国際展開を支える計量標準の整備

【中期計画（参考）】

我が国産業の国際通商を円滑に実施するために必要な国際規格、法規制に対応する計量標準の開発、整備を行い、供給を開始する。特に、移動体通信機器の電磁波規制にかかわる計量標準を重点的に整備する。また、ナノデバイス、ナノ材料やロボット分野において、我が国産業の国際競争力を支援し、国際的な市場展開を支える基盤的計量標準の開発、整備を行い、供給を開始する。

1-(3)-① 国際通商を支援する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・我が国産業の国際通商を支援するため、電磁波不干渉性及び耐性（EMC）規制等の国際規格、法規制に対応する計量標準について、新たに10種類開発、整備し、供給を開始する。

《平成22年度計画》

- ・電磁波分野では、第3期に電力、電磁界、低周波磁界、位相量、減衰量、インピーダンスの各標準の開発を計画し、その期間にさらに拡張も行う。平成22年度には電源周波数における低周波磁界強度標準を開発する。

1-(3)-② ナノデバイス、ナノ材料の開発と利用に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・ナノデバイス、ナノ材料の技術開発と利用に資する計量標準として、ナノスケールの半導体デバイス製造に不可欠な線幅標準、ナノ粒子の機能及び特性評価やナノ粒子生産現場の環境モニタリングのための粒径標準、ナノ機能材料の分析、評価に必要な標準物質等について、新たに10種類の標準を開発、整備し、供給を開始する。

《平成22年度計画》

- ・矩形断面を有する線幅試料の正確な三次元プロファイルを得るために、垂直側壁に沿ったプローブ走査を行う技術を開発する。また、ナノメートル粗さの精度に深い関連のある、プローブ先端形状の評価法の検討を行う。
- ・ガス中微量水分標準確立に必要な拡散管方式低濃

度水分発生装置とキャビティリングダウンレーザー一分光測定システムの設計と製作をする。

- ・100nm 粒径域における準単分散ポリスチレンラテックス粒子の粒径分布幅の不確かさ評価を行うとともに、粒径/粒子質量標準の校正作業を高効率化する校正装置を設計、試作し、性能評価する。
- ・第3期中には、ナノ材料開発に係わる4種類11物質の標準物質および1件の依頼試験を開発する予定であるが、そのうち平成22年度は3種類3物質の標準を開発する。

1-(3)-③ ロボットシステム利用の安全性確保に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・ロボットシステム利用における安全性確保に資するため、機能安全設計の信頼性向上に必要な力学標準、振動標準等について、新たに3種類の標準を開発、整備し、供給を開始する。

《平成22年度計画》

- ・ロボットに使用される各種モータの出力トルクを試験・検査する計測評価装置と評価方法の開発に向けて、平成22年度は、対象となるモータ等の現状調査を行う。
- ・衝撃加速度標準については、 $200\text{m/s}^2 \sim 5000\text{m/s}^2$ までの加速度に対して電荷感度の測定実験を行い、校正値の妥当性を検証する。角振動標準については、実証実験を行い、校正原理の妥当性を確認する。

2. 国家計量標準の高度化

【中期計画（参考）】

国家計量標準を確実に維持、供給するために必要な国際比較への参加、品質システムの構築を行う。同時に、ニーズに即した範囲の拡大や不確かさ低減等の高度化を、計量標準に関する整備計画に即して行う。また、産総研の校正技術の校正事業者への技術移転を進め、校正事業者が供給する校正範囲の拡張を進めると同時に、校正事業者の校正能力を確保するための認定審査を技術面から支援する。さらに、産業現場まで計量トレーサビリティを普及する校正技術の開発や、トレーサビリティ体系の合理化を行うことで、校正コストの低減や利便性の向上を実現する。国家計量標準の供給体制について選択と集中や合理化の視点から見直しを行い、計量標準政策への提言としてまとめる。計量標準に関する整備計画の改訂に必要な調査と分析を行い、策定した整備計画についての情報発信を行う。

2-(1) 国家計量標準の維持、供給

【中期計画（参考）】

- ・国家計量標準を維持管理し、JCSS（計量法に基づく校正事業者登録制度）や依頼試験に基づく校正サービス、標準物質等の供給を行う。また、ISO/IEC17025等校正業務の管理に関する国際規格に適合する品質シ

ステムを構築、運用し、品質システムに則した標準供給を行う。国際相互承認に係る技術能力（Calibration and Measurement Capability: CMC）の登録の維持、追加申請（国際基準への適合性確保）に必要なピアレビューを実施し、国際比較（基幹比較、補完比較、多国間比較、二国間比較等）へ参加する。

《平成22年度計画》

- ・ISO/IEC 17025に適合する品質管理システムのもと、国家計量標準を維持し、校正サービスを実施する。また、ISO/IEC 17025およびISO Guide 34に適合した標準物質の供給を行う。また、校正サービス、標準物質のうち、主要な品目に関して、国際相互承認に係る技術能力（Calibration and Measurement Capability: CMC）の登録を維持するとともに、必要な追加申請を行う。国際相互承認登録のため、ピアレビューおよび品質管理システムに関する認定審査を受けるとともに、必要な国際比較に参加する。

2-(2) 国家計量標準の高度化、合理化

【中期計画（参考）】

より高度な技術ニーズや社会ニーズに対応するため、供給を開始した計量標準の高度化、合理化を進める。特に、省エネルギー技術の推進、産業現場計測器の信頼性確保及び中小企業の技術開発力の向上を支援する計量標準について、供給範囲の拡張、不確かさの低減等の高度化を行うとともに技術移転等による供給体系の合理化を行う。

2-(2)-① 省エネルギー技術の利用を支援する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・省エネルギー機器の開発と利用の推進に不可欠な計量標準として、12種類の標準について、供給範囲の拡張、技術移転等を行う。

《平成22年度計画》

- ・高性能小型モータの開発と省エネに必要な高精度小容量トルクメータの校正（ $0.1\text{N}\cdot\text{m} \sim 10\text{N}\cdot\text{m}$ ）のために、平成22年度は、既存の中大トルク領域の校正方法が小トルク領域にも適用可能か、実験的研究を行って検証する。
標準の高度化を目指して、分圧標準およびブリーク標準に関する研究を進める。
- ・高調波電力標準及び交流シャント標準について、供給範囲の拡張に向け校正方法を開発し、交流シャント標準（ $0.1\Omega/5\text{A}/400\text{Hz}$ ）の供給を開始する。
- ・情報通信システムや加工プロセスの省電力化に資するレーザパワー標準、LEDを実装した照明（SSL:固体素子光源）の省エネ性能評価に不可欠な照度応答度、分光応答度、省エネ性能を向上させる遮熱塗料評価に不可欠な分光拡散反射率標準を整備する。

- ・比熱容量標準物質（50-350K）の供給を開始する。

2-(2)-② 産業現場計測器の信頼性確保に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・産業現場計測器の信頼性を確保するため、品質管理、認証、認定等に必要となる計量標準として、50種類の標準について供給範囲の拡張、技術移転等を行う。

《平成22年度計画》

- ・固体屈折率標準では、ランプ波長による校正技術の開発を行う。二次元グリッド校正技術の開発要素として不可欠な多軸レーザ干渉測長システムの設計を行う。
- ・時間周波数標準遠隔校正技術に関して技術移転を図り、時刻差供給の技術指針の作成等を行う。
- ・ネジ等の締め付けトルクの適正管理に必要な参照用トルクレンチの校正(0.1N・m～10N・m)のために、平成22年度は、既存の中大トルク領域の校正方法が小トルク領域にも適用可能か、実験的研究を行って検証する。
気体絶対圧力（高精度圧力計）に関しては標準の高度化、中真空標準および高真空標準に関しては JCSS 化、基準真空計との比較法に関しては、依頼試験による校正サービスを目指して研究を進める。
- ・流量分野では、小型風洞を用いて大流速標準を設定するための技術の開発を開始し、石油中流量において高粘度での校正、試験技術を開発する。
- ・第3期には音響、超音波、振動及び硬さについて新規立ち上げ、供給範囲の拡張等を行う。平成22年度は微小硬さ標準の標準供給を開始する。
- ・電磁波分野では、第3期に電力、インピーダンス、アンテナ係数の拡張開発を計画しており、高周波インピーダンスの同軸 PC7は機械 S パラメータに拡張し、同軸50ΩN 型コネクタでは低域を独自標準による供給を開始し、同軸75ΩN 型では低域の独自標準による供給を開始する。
- ・産業の拡大に伴い要望が増している、短波長域のレーザ（外部記憶メディアでの利用）、単一光子レベルのレーザ（情報通信システムで注目）、100W クラスのレーザ、YAG の n 倍波パルスレーザ（加工分野での利用）の評価に応えるレーザパワー、パルスエネルギー標準、短波長紫外域放射（加工、光プロセス分野で利用）評価の要求に応える分光応答度、分光放射照度標準、高精度の測色、耐候性評価（ディスプレイや材料の高性能化に伴う要望）に応える分光拡散反射率、BRDF 標準を整備する。
- ・γ線のスペクトル計測技術を開発する。環境放射能の校正事業者に必要な放射能標準を供給する。19MeV 中性子フルエンス率標準を立ち上げる。熱中性子フルエンス率と中性子放出率の JSCC 供給に必要な技術開発を行う。

- ・温度分野では、中期計画期間中に7種類の標準について供給範囲の拡張等を行う。平成22年度は、放射温度の供給範囲を WC-C 包晶点（2749℃）に拡張する。また、極低温温度計の校正対象拡大など高度化のための技術を開発する。

- ・液中粒子数濃度標準の校正可能粒径範囲下限を拡張し600nm-20um の範囲で校正可能とする。粒子発生器型気中粒子数濃度標準について、凝縮核粒子計数器の計数効率評価の実証実験を行う。

2-(2)-③ 中小企業の技術開発力向上に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・中小企業の技術開発力の向上に不可欠な計量標準として、9種類の標準について、供給範囲の拡張、技術移転等を行う。

《平成22年度計画》

- ・電圧、抵抗の2次標準器開発に向けた超安定標準抵抗素子の作製と安定度の評価を行う。また、交流電圧計（5Hz-10Hz）の標準について、校正システムを開発する。
- ・電磁波分野では、第3期において電力、減衰量、雑音、微小アンテナ係数の標準開発と拡張を行う計画であり、平成22年度は次年度以降の供給開始を目指して開発を進める。

2-(3) 計量標準政策に関する調査と技術支援

【中期計画（参考）】

- ・我が国の計量関係団体、機関への参画や、計量標準総合センター（NMIJ）計測クラブの運営を通じて、計量トレーサビリティ体系に関するニーズ調査や分析を行う。その成果に基づき、政府の計量トレーサビリティ施策に対する技術的支援を、知的基盤整備特別委員会や計量行政審議会等を通じて行う。

《平成22年度計画》

- ・計測標準フォーラムや計測クラブの各技術分野において情報交換の機会を設け、計量トレーサビリティ体系に関するニーズの把握を行う。

2-(4) 計量標準供給制度への技術支援

【中期計画（参考）】

- ・JCSS（計量法に基づく校正事業者登録制度）等において、事業者認定のための技術審査、技能試験の実施、技術的な指針やガイド等の審査基準文書作成を通して計量標準供給制度の運用に関する技術支援を行い、JCSS等の普及及び拡大に貢献する。

《平成22年度計画》

- ・JCSS（計量法に基づく校正事業者登録制度）等において、認定機関が実施する事業者認定において、技術審査、技能試験参照値等の提供、審査に係る技術的な指針やガイド等の文書作成等において、協力をを行い、

JCSS 等を通じ計量トレーサビリティのさらなる普及、拡大を図る。

2-(5) 計量トレーサビリティ体系の高度化、合理化

【中期計画（参考）】

- 産業現場やサービス産業への計量トレーサビリティの普及を図るため、校正のコスト低減や効率性向上に必要な技術を自ら開発又は業界との連携の下で開発を行うとともに、開発した技術を適用した校正等を実施する。新たな供給方法として、産業現場で直接校正可能な技術等の開発を行い、トレーサビリティ体系の合理化を図る。

《平成22年度計画》

- 外部機関が NMIJ にトレーサブルな標準物質供給を行うために、研究委託に基づき50物質以上の分析結果報告書を発行する。校正手法を確立した物質は産総研の依頼試験による標準供給に移行する。これに必要な品質文書を整備し、ISO/IEC 17025認定取得準備を整える。

核磁気共鳴法による有機化合物の校正技術は、国際的な認知を得ると共に標準物質生産者が活用できる標準操作手順書を発行する。さらに、ふっ素含有化合物への適用拡大を図る。

3. 法定計量業務の実施と関連する工業標準化の推進

【中期計画（参考）】

法定計量業務について、品質管理の下に適正な試験検査、承認業務を実施する。特定計量器の利用状況の調査等を通して計量行政を支援するとともに、計量器の信頼性を検証するための適合性評価システムの整備・普及を促進する。

3-(1) 法定計量業務の実施と法定計量政策の支援

【中期計画（参考）】

- 特定計量器の基準器検査、型式承認試験、型式承認審査等の技術的な試験検査業務を国際標準に基づく品質管理の下に適正に実施する。さらに特定計量器の技術規格整備や法定計量体系の高度化、合理化、国際化等の政策課題に関して、利用者、製造事業者及び民間認証機関への調査を通して、計量行政への支援を行う。

《平成22年度計画》

- 特定計量器に関する試験・審査業務等を適正かつ着実に実施するとともに合理的かつ効率的な実施を図るための法体系の整備を開始する。また、計測クラブ等を積極的に活用した実態及びニーズ調査等を実施し法定計量に対する高度化及び国際化を促進する。

3-(2) 適合性評価技術の開発と工業標準化への取組

【中期計画（参考）】

- 特定計量器について、技術基準の国際整合化を図り、

その技術基準に基づき製造される特定計量器の新たな適合性評価技術の開発、整備を行う。また、一般計測、分析器及びそれが生み出す測定結果の信頼性を評価する技術の開発を行い、評価基準の作成、普及を図る。

さらに、一般計測器、分析器の内蔵ソフトウェア、計測器モジュールの評価技術基準を作成し、普及を図る。《平成22年度計画》

- 特定計量器等に関する技術基準の国際整合化を促進する他、未整備な技術基準の整備を開始する。また、特定計量器に準ずる計量器に関する技術基準及び評価技術の整備を開始する。さらに、モジュール評価技術の導入範囲の拡大化を図るための検討を開始する。

4. 国際計量標準への貢献

【中期計画（参考）】

計量にかかわる国内の技術動向の調査に基づいて、計量標準、法定計量に関連する国際活動に主導的に参画する。特に我が国の技術を反映した計量システムや先進的な計量標準を諸外国に積極的に普及させるとともに、メートル条約と法定計量機関を設立する条約の下、メンバー国と協調して国際計量標準への寄与に努める。また、二国間 MOU（技術協力覚書）の締結、維持により、製品の認証に必要な計量標準の同等性を確保し、特定の計量器の適合性評価結果の受入れを可能にするための国際協力を行う。

4-(1) 次世代計量標準の開発

【中期計画（参考）】

- 国際計量標準の構築において我が国の優位性を発揮するため、秒の定義やキログラムの定義等を改定する革新的な計量標準の開発を世界に先駆けて行う。その成果を国際度量衡委員会（CIPM）、同諮問委員会、作業部会等を通して国際計量標準に反映させる。また、環境、医療、ナノテクノロジー、バイオテクノロジー、エネルギー関連等の先端産業技術を支援する戦略的な計量標準に関しては、先進国の計量標準研究所との競争と協調の下に効率的に開発を進める。

《平成22年度計画》

- シリコン球体密度測定高精度化の為に、球体体積測定用光波干渉計を高精度化する。キログラムの定義の改定を目的とする国際共同プロジェクトで製作したシリコン28同位体濃縮結晶の密度、格子定数、モル質量などの値からアボガドロ定数を $2\sim 3 \times 10^{-8}$ の相対不確かさで決定し、国際度量衡委員会に報告する。
- Yb 光格子時計のシステム改良を行い、時計遷移の信号対雑音比を向上させる。また、時計遷移レーザの周波数安定化を行い、格子時計の絶対周波数計測を行う。さらに、長期運転可能な時計遷移観測用狭線幅光周波数コムを開発を行う。光時計同士と比較のために、Sr 光格子時計の開発を進める。

4-(2) 計量標準におけるグローバルな競争と協調

【中期計画（参考）】

- ・ 国家計量標準の同等性に関する国際相互承認体制（MRA）及び計量器の技術基準の同等性に関する国際相互受入れ取決め（MAA）を発展させる活動に率先して取り組む。具体的にはメートル条約に係る国際機関、地域機関において技術委員会の主査を務める等、主導的な活動を行う。また、国際貢献の観点から通商の基盤となる計量標準確立への途上国支援を行う。

《平成22年度計画》

- ・ 国際計量研究連絡委員会を開催し、計量標準、法定計量に関する我が国の意見を取りまとめ、メートル条約の国際度量衡委員会・諮問委員会や国際法定計量委員会へ適切な専門家を派遣する。また、メートル条約の国際機関・地域機関において技術委員長等のポストを継続して獲得する。さらに、途上国の国家計量機関からの産総研への研修生の受け入れにおいて、関係機関との調整を行う。

4-(3) 計量標準分野における校正、法定計量分野における適合性評価の国際協力の展開

【中期計画（参考）】

- ・ 製品の認証に必要な計量標準の同等性を確保し、特定の計量器における適合性評価結果の受入れを可能にするための調査、技術開発を行う。また、受入れに必要な二国間 MOU（技術協力覚書）の締結、維持等の国際協力を行う。

《平成22年度計画》

- ・ 計量に関する二国間の MOU に基づいて、計量標準の同等性に関する技術協力について相手国の機関との調整を行う。具体的には、外国の国家計量標準機関へのピアレビューや計量標準の国際比較について相手機関との調整を行う。

5. 計量の教習と人材の育成

【中期計画（参考）】

法定計量業務に対応できるよう、国内の法定計量技術者の技術力向上を図るための教習を企画、実施する。公的機関、産業界及び開発途上諸国の計量技術者に対し、計量標準技術と品質システムの研修を行い、人材育成を行う。

5-(1) 計量の教習

【中期計画（参考）】

- ・ 計量法に基づき、計量研修センターと計測標準研究部門を中核として法定計量の教習を企画、実施して、国内の法定計量技術者の技術力向上を図る。

《平成22年度計画》

- ・ 地方庁の計量職員及び計量士を目指す技術者のため、一般計量及び一般特別教習、環境計量特別等の教習、

指定製造事業者制度教習、短期計量教習などの教習を行うとともに、特定教習も適宜実施する。また、ダイオキシン関連の管理者講習等、ISO-17025等に基づく認定審査員研修を行う。

5-(2) 計量の研修と計量技術者の育成

【中期計画（参考）】

- ・ 計量にかかわる公的機関、産業界及びアジア諸国の技術者を対象として、啓発、教育、技術トレーニング等の人材育成プログラムの開発を行い、人材育成を行う。また、計量技術者の自発的な成長を促進するため、計量技術に関する情報について体系的に整理を行い、公開する。

《平成22年度計画》

- ・ JICA 途上国向け計量技術研修、計量トレーサビリティに関する技術研修事業として、計測不確かさ研修、分析技術者研修を行う。
- ・ 計量技術者の技術向上に資する技術文書をホームページに掲載するとともに、計量技術者を対象とした計量標準に関するセミナー、講演会を実施する。

資 料

【別表 4】

平成22年度予算

(単位：百万円)

区 別	金 額
収入	
運営費交付金	61,407
施設整備費補助金	1,321
受託収入	14,154
うち国からの受託収入	495
その他からの受託収入	13,659
その他収入	3,917
計	80,799
支出	
業務経費	54,545
うち鉱工業科学技術研究開発関係費	39,487
地質関係費	4,063
計量関係費	6,091
技術指導及び成果の普及関係費	4,903
施設整備費	1,321
受託経費	12,237
うち特許生物寄託業務関係経費受託	212
原子力関係経費受託	93
地球環境保全等試験研究関係経費受託	136
その他受託	11,797
間接経費	12,696
計	80,799

【別表 5】

平成22年度収支計画

(単位：百万円)

区 別	金 額
費用の部	79,548
經常費用	79,548
鉱工業科学技術研究開発業務費	37,103
地質業務費	3,807
計量業務費	5,724
技術指導及び成果の普及業務費	4,627
受託業務費	9,003
間接経費	11,767
減価償却費	7,503
退職手当引当金繰入	13
財務費用	0
支払利息	0
臨時損失	0
固定資産除却損	0
収益の部	79,759
運営費交付金収益	58,136
国からの受託収入	495
その他の受託収入	13,659
その他の収入	3,917
寄付金収益	0
資産見返負債戻入	3,552
財務収益	0
受取利息	0
臨時収益	0
固定資産売却益	0
純利益	211
目的積立金取崩額	0
総利益	211

【別表6】

平成22年度資金計画

(単位：百万円)

区 別	金 額
資金支出	80,799
業務活動による支出	72,045
鉱工業科学技術研究開発業務費	37,103
地質業務費	3,807
計量業務費	5,724
技術指導及び成果の普及業務費	4,627
受託業務費	9,016
その他の支出	11,767
投資活動による支出	8,755
有形固定資産の取得による支出	8,755
施設費の精算による返還金の支出	0
財務活動による支出	0
短期借入金の返済による支出	0
次期中期目標期間繰越金	0
資金収入	80,799
業務活動による収入	79,478
運営費交付金による収入	61,407
国からの受託収入	495
その他の受託収入	13,659
その他の収入	3,917
寄付金収入	0
投資活動による収入	1,321
有形固定資産の売却による収入	0
施設費による収入	1,321
その他の収入	0
財務活動による収入	0
短期借入れによる収入	0
前年度よりの繰越金	0

資料

5. 職員

平成22年度形態別・機能別職員数

所属名称	役員	職員	研究職	(内)	(内)	(内)	(内)	(内)	事務職等	総計
				パーマ ネット	招へい 任期付	若手任 期付	研究テ ーマ型	産業技 術人材 育成型		
理事	11									11
監事	2									2
参事		1							1	1
フェロー		2	2	1	1					2
環境・エネルギー分野		1	1	1						1
ライフサイエンス分野		1	1	1						1
情報通信・エレクトロニクス分野		1	1	1						1
ナノテクノロジー・材料・製造分野		1	1	1						1
標準・計測分野										0
地質分野		1	1	1						1
太陽光発電研究センター		35	35	25			8	2		35
情報セキュリティ研究センター		35	35	25	1		4	5		35
バイオマス研究センター		16	16	15			1			16
水素材料先端科学研究センター		5	4	3			1		1	5
糖鎖医学研究センター		14	14	10	1		2	1		14
新燃料自動車技術研究センター		15	15	14				1		15
生命情報工学研究センター		19	19	12	5		1	1		19
生産計測技術研究センター		31	31	30				1		31
バイオメディカル情報研究センター		13	13	8	4			1		13
ナノ電子デバイス研究センター		24	24	22	1		1			24
ナノチューブ応用研究センター		26	26	17	1		1	7		26
ネットワークフォトンクス研究センター		15	15	9	2			4		15
サービス工学研究センター		9	9	8			1			9
メタンハイドレート研究センター		13	13	6			7			13
活断層・地震研究センター		27	27	21				6		27
幹細胞工学研究センター		13	13	12				1		13
集積マイクロシステム研究センター		21	21	19				2		21
コンパクト化学システム研究センター		26	26	21			2	3		26
先進パワーエレクトロニクス研究センター		19	19	16			1	2		19
デジタルヒューマン工学研究センター		17	17	14				3		17
ナノスピントロニクス研究センター		7	7	7						7
計測標準研究部門		249	249	246			2	1		249
地圏資源環境研究部門		79	79	70			3	6		79
知能システム研究部門		58	58	52			2	4		58
エレクトロニクス研究部門		58	58	55			1	2		58
光技術研究部門		63	63	59			2	2		63
計測フロンティア研究部門		53	53	49				4		53
ユビキタスエネルギー研究部門		67	67	64			1	2		67
先進製造プロセス研究部門		110	110	100			1	9		110
サステナブルマテリアル研究部門		61	61	56			1	4		61
地質情報研究部門		102	102	95			1	6		102
環境管理技術研究部門		63	63	58			1	4		63
環境化学技術研究部門		59	59	53			3	3		59
エネルギー技術研究部門		123	123	107			6	10		123
情報技術研究部門		70	70	57			3	10		70
安全科学研究部門		47	47	41	1		4	1		47
健康工学研究部門		63	63	53	1		4	5		63
生物プロセス研究部門		69	69	61			3	5		69
バイオメディカル研究部門		85	85	81	1			3		85
ヒューマンライフテクノロジー研究部門		88	88	83				5		88
ナノシステム研究部門		99	99	90	1		3	5		99
社会知能技術研究ラボ		5	5	4				1		5

産業技術総合研究所

所属名称	役員	職員							事務職等	総計
			研究職	(内)パーマ ネット	(内)招へい 任期付	(内)若手任 期付	(内)研究テ ーマ型	(内)産業技 術人材 育成型		
ダイヤモンド研究ラボ		10	10	9				1		10
環境・エネルギー分野研究企画室		7	6	6					1	7
ライフサイエンス分野研究企画室		4	3	3					1	4
情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室		4	3	3					1	4
ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室		3	2	2					1	3
標準・計測分野研究企画室		2	1	1					1	2
地質分野研究企画室		6	5	5					1	6
特許生物寄託センター		9	6	6					3	9
地質調査情報センター		17	5	4				1	12	17
地質標本館		18	10	10					8	18
計量標準管理センター		29	20	20					9	29
企画本部		67	40	40					27	67
コンプライアンス推進本部		22	3	3					19	22
イノベーション推進本部		21	21	20	1					21
イノベーション推進企画部		20	10	10					10	20
知的財産部		20	1	1					19	20
産学官連携推進部		39	6	6					33	39
国際部		17	6	6					11	17
ベンチャー開発部		10	3	3					7	10
国際標準推進部		8	4	4					4	8
つくばイノベーションアリーナ推進部		18	7	6	1				11	18
イノベーションスクール										0
研究環境安全本部		1	1	1						1
研究環境安全企画部		4	1	1					3	4
環境安全管理部		21	10	10					11	21
研究環境整備部		32							32	32
情報環境基盤部		19	4	4					15	19
総務本部										0
人事部		61	5	5					56	61
財務部		43							43	43
男女共同参画室		3	2	2					1	3
業務推進企画室		6							6	6
評価部		20	17	17					3	20
広報部		22	3	3					19	22
東京本部		4							4	4
北海道センター		24	5	5					19	24
東北センター		17	5	5					12	17
つくばセンター		2	2	2						2
つくばセンターつくば中央第一事業所		21							21	21
つくばセンターつくば中央第二事業所		38							38	38
つくばセンターつくば中央第三事業所		11							11	11
つくばセンターつくば中央第四事業所		12							12	12
つくばセンターつくば中央第五事業所		21	1	1					20	21
つくばセンターつくば中央第六事業所		15							15	15
つくばセンターつくば中央第七事業所		16							16	16
つくばセンターつくば西事業所		20							20	20
つくばセンターつくば東事業所		14							14	14
臨海副都心センター		21	2	2					19	21
中部センター		38	10	10					28	38
関西センター		53	20	18			2		33	53
中国センター		12	2	2					10	12
四国センター		12	3	3					9	12
九州センター		18	4	4					14	18
職員合計	13	3031	2346	2117	22	0	73	134	685	3044

