

AIST

平成27年度

産業技術総合研究所年報



国立研究開発法人
産業技術総合研究所
<http://www.aist.go.jp>

目 次

I. 総 説	1
1. 概 要	1
2. 動 向	4
3. 幹部名簿	18
4. 組 織 図	19
5. 組織編成	20
II. 業 務	23
1. 研 究	23
(1) 研究推進組織	25
1) エネルギー・環境領域	27
①領域長・研究戦略部長・研究企画室	27
②創エネルギー研究部門	27
③電池技術研究部門	35
④省エネルギー研究部門	39
⑤環境管理研究部門	50
⑥安全科学研究部門	59
⑦太陽光発電研究センター	64
⑧再生可能エネルギー研究センター	71
⑨先進パワーエレクトロニクス研究センター	76
2) 生命工学領域	82
①領域長・研究戦略部長・研究企画室	82
②創薬基盤研究部門	82
③バイオメディカル研究部門	87
④健康工学研究部門	107
⑤生物プロセス研究部門	114
⑥創薬分子プロファイリング研究センター	121
3) 情報・人間工学領域	129
①領域長・研究戦略部長・研究企画室	129
②情報技術研究部門	129
③人間情報研究部門	137
④知能システム研究部門	151
⑤自動車ヒューマンファクター研究センター	158
⑥ロボットイノベーション研究センター	159
⑦人工知能研究センター	165
4) 材料・化学領域	170
①領域長・研究戦略部長・研究企画室	170
②機能化学研究部門	170
③化学プロセス研究部門	177
④ナノ材料研究部門	184
⑤無機機能材料研究部門	190
⑥構造材料研究部門	198
⑦触媒化学融合研究センター	203
⑧ナノチューブ実用化研究センター	208
⑨機能材料コンピューショナルデザイン研究センター	210

5) エレクトロニクス・製造領域	215
①領域長・研究戦略部長・研究企画室	215
②ナノエレクトロニクス研究部門	215
③電子光技術研究部門	226
④製造技術研究部門	237
⑤スピントロニクス研究センター	247
⑥フレキシブルエレクトロニクス研究センター	249
⑦先進コーティング技術研究センター	254
⑧集積マイクロシステム研究センター	258
6) 地質調査総合センター	263
①センター長・研究戦略部長・研究企画室	263
②活断層・火山研究部門	263
③地圏資源環境研究部門	275
④地質情報研究部門	282
⑤地質情報基盤センター	303
7) 計量標準総合センター	310
①センター長・研究戦略部長・研究企画室	310
②工学計測標準研究部門	311
③物理計測標準研究部門	318
④物質計測標準研究部門	325
⑤分析計測標準研究部門	334
⑥計量標準普及センター	341
8) フェロー	361
(2) 内部資金	362
(3) 外部資金	400
1) 国からの受託収入	402
①経済産業省	402
②文部科学省	420
③環境省	421
④その他省庁	422
2) 国以外からの受託収入	427
3) その他の収入	575
2. 事業組織・本部組織業務	884
(1) 本部組織・特別の組織	884
1) コンプライアンス推進本部	885
2) 監査室	885
3) 評価部	886
4) 企画本部	886
5) イノベーション推進本部	903
①総合戦略室	903
②技術マーケティング室	904
③ベンチャー開発・技術移転センター	904
④知的財産・標準化推進部	907
⑤産学官・国際連携推進部	910
⑥地域連携推進部	934
6) 環境安全本部	936

①環境安全企画部	936
②安全管理部	937
③建設部	939
④情報基盤部	940
⑤情報化統括責任者	940
7) 総務本部	940
①人事部	940
②経理部	941
③業務推進支援部	942
④ダイバーシティ推進室	943
⑤イノベーションスクール	944
8) つくばイノベーションアリーナ推進センター	945
(2) 事業組織	948
1) 東京本部	949
2) つくばセンター	949
3) 福島再生可能エネルギー研究所	950
4) 臨海副都心センター	951
5) 北海道センター	952
6) 東北センター	952
7) 中部センター	954
8) 関西センター	955
9) 中国センター	956
10) 四国センター	956
11) 九州センター	957
III. 資料	961
1. 研究発表	962
2. 兼業	964
3. 中長期目標	965
4. 中長期計画、年度計画	975
5. 職員	1017

I . 総 説

I. 総 説

1. 概 要

任 務：

国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下、「産総研」という。）は、平成13年4月の発足以来、基礎的研究の成果を「製品化」に繋ぐ役割を担い、基礎的研究から実用化研究まで一体的かつ連続的に取り組んできた。同時に、研究分野や研究拠点の枠にとらわれることなく全産総研の視点から人材、施設・設備、予算等の研究資源を最適化し、社会的・政策的課題に応じて研究実施体制を見直すなど、イノベーション創出と業務の効率化を進めてきた。結果として、産総研の技術シーズに基づいた社会インパクトのあるいくつかの実用化事例も創出してきているが、数多くの革新的技術シーズを事業化にまでつなげるため、更なる強化を図る必要がある。

現下の産業技術・イノベーションを巡る状況を見ると、これまで我が国企業は世界最高水準の品質の製品を製造・販売することで世界をリードしてきたが、近年、大企業においても基礎研究から応用研究・開発、事業化の全てを自前で対応することは一層難しくなっている。さらに、技術の複雑化、高度化、短サイクル化が加わるなど、産業技術・イノベーションを取り巻く世界的潮流は大きく変化している。他方で、我が国にはまだ事業化に至っていない優れた技術シーズが数多くある。イノベーションは、技術シーズが企業や研究機関など様々な主体の取り組みにより、事業化に「橋渡し」されることで、初めて生み出されるものである。その意味で、革新的な技術シーズを迅速に事業化につなげていくための「橋渡し」機能の強化によるイノベーション・ナショナルシステムの構築が、我が国の産業競争力を決定づける非常に重要な要素となっている。

こうした中、我が国としても「橋渡し」機能の抜本的強化が必要との認識の下、経済産業省の産業構造審議会 産業技術環境分科会 研究開発・評価小委員会の「中間とりまとめ」（平成26年6月）において我が国のイノベーション・システム構築に向けての提言がなされ、「日本再興戦略」改訂2014（平成26年6月24日）、「科学技術イノベーション総合戦略2014」（平成26年6月24日）、及び「科学技術イノベーション総合戦略2015」（平成27年6月19日）においては、産総研及び新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）において「橋渡し」機能強化に先行的に取り組む、これらの先行的な取り組みについて、適切に進捗状況の把握・評価を行い、その結果を受け、「橋渡し」機能を担うべき他の研究開発法人に対し、対象分野や各機関等の業務の特性等を踏まえ展開することとされている。

加えて、「まち・ひと・しごと創生総合戦略」（平成26年12月27日閣議決定）においては、地域イノベーションの推進に向けて、公設試験研究機関（公設試）と産総研の連携による全国レベルでの「橋渡し」機能の強化を行うこと等を通じて中堅・中小企業が先端技術活用による製品や生産方法の革新等を実現する仕組みを構築することとされている。

また、地質情報や計量標準等の知的基盤は、国民生活・社会経済活動を支える重要かつ不可欠な基盤であり、国の公共財として国民生活の安全・安心の確保やイノベーション促進、中堅・中小企業のものづくり基盤等、国民生活や社会経済活動を幅広く支えており、社会資本と同様に国の責務として整備すべきソフトインフラである。

中でも地質情報については、東日本大震災以降レジリエントな防災・減災機能の強化の必要性が高まる中、その重要性が再認識されているところである。また、計量標準については、イノベーション創出の基盤であり、昨今の高度化する利用者ニーズへの対応を図ることが求められている。

こうしたイノベーションを巡る世界的潮流や国家戦略等を踏まえ、産総研の平成27年度から平成31年度までの新たな中長期目標期間においては、以下の通り取り組む。

第一に、産業技術政策の中核的実施機関として、革新的な技術シーズを事業化に繋ぐ「橋渡し」の役割を果たすことを目指す。このため、技術シーズを目的に応じて骨太にする「橋渡し」研究前期及び実用化や社会での活用のための「橋渡し」研究後期に取り組むとともに、「橋渡し」研究の中で必要となった基礎研究及び将来の「橋渡し」の芽を産み出す基礎研究を目的基礎研究として推進する。この「橋渡し」については、これまでの産総研における取り組み方法の変革が求められること、我が国のイノベーション・システムの帰趨にも影響を与えうること、所内でも多くのリソースを投入し取り組むことが不可欠であることから、最重要の経営課題と位置づけて取り組む。また、地域イノベーションの推進に向けて、公設試等とも連携し、全国レベルでの「橋渡し」を行うものとする。さらに、産総研が長期的に「橋渡し」の役割を果たしていくため、将来の橋渡しの基となる革新的な技術シーズを生み出す目的基礎研究にも取り組む。

第二に、地質調査及び計量標準に関する我が国における責任機関として、今時の多様な利用者ニーズに応えるべく、当該分野における知的基盤の整備と高度化を国の知的基盤整備計画に沿って実施する。また、新規技術の性能・安全

総 説

性の評価技術や標準化等、民間の技術開発を補完する基盤的な研究開発等を実施する。

第三に、これらのミッションの達成に当たって、新たな人事制度の導入と積極的な活用等を通じて研究人材の拡充と流動化、育成に努めるとともに、技術経営力の強化に資する人材の養成を図る。

組 織：

産業技術総合研究所は、平成17年度に非公務員型の独立行政法人へ移行したことに伴い、柔軟な人材交流制度を構築するなど、そのメリットを最大限活用することにより組織のパフォーマンス向上を図っているところである。平成27年からの産総研第4期中長期計画の開始に伴い、研究推進組織・事業組織・本部組織の再編を行った。

現在、研究推進組織としては、平成27年度から新たに組織を再編し、7つの領域（5領域・2総合センター）を設置している。このうち、「領域」の下に領域の研究開発に関する総合調整を行う「研究戦略部」、企業への「橋渡し」に繋がる目的基礎研究から「橋渡し」研究（技術シーズを目的に応じて骨太にする研究（「橋渡し」前期研究）及び実用化や社会での活用のための研究（「橋渡し」後期研究）まで一体的に取り組むとともに、中長期的キャリアパスを踏まえて研究人材を育成する「研究部門」、領域や研究部門を超えて必要な人材を結集し企業との連携研究を中心に推進する時限組織の「研究センター」の3つを設置している。

事業組織としては、再編・統合を経て現在では「東京本部」、「北海道センター」、「東北センター」、「つくば中央第一事業所」、「つくば中央第二事業所」、「つくば中央第三事業所」、「つくば中央第五事業所」（平成27年10月に統合した旧「つくば中央第四事業所」を含む）、「つくば中央第六事業所」、「つくば中央第七事業所」、「つくば西事業所」、「つくば東事業所」、「臨海副都心センター」、「中部センター」、「関西センター」、「中国センター」、「四国センター」、「九州センター」、「福島再生可能エネルギー研究所」を設置している。

本部組織としては、第4期中長期計画の開始に伴い、「広報部」の企画本部への統合、「つくばイノベーションアリーナ推進本部」の「つくばイノベーションアリーナ推進センター」への名称変更及び「特別の組織」への移行等を経て、現在では「企画本部」、「コンプライアンス推進本部」、「イノベーション推進本部」、「環境安全本部」、「総務本部」、「評価部」、「監査室」を設置している。（いずれも平成28年3月31日現在の情報）

平成28年3月31日現在、常勤役員13名、研究職員2,256名、事務職員672名の合計2,941名である。

沿 革：

① 平成13年1月

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

② 平成13年4月

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

③ 平成17年4月

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

④ 平成27年4月

独立行政法人通則法の改正に伴い、独立行政法人産業技術総合研究所から国立研究開発法人産業技術総合研究所へ名称を変更した。

産業技術総合研究所の業務の根拠法：

- ① 独立行政法人通則法（平成11年7月16日法律第103号）
（最終改正：平成26年6月13日（平成26年法律第66号））
- ② 国立研究開発法人産業技術総合研究所法（平成11年12月22日法律第203号）
（最終改正：平成26年6月13日（平成26年法律第67号））
- ③ 独立行政法人通則法等の施行に伴う関係政令の整備及び経過措置に関する政令
（平成12年6月7日政令第326号）
- ④ 国立研究開発法人産業技術総合研究所の業務運営並びに財務及び会計に関する省令
（平成13年3月29日経済産業省令第108号）
（最終改正：平成27年3月31日経済産業省令第25号）

産業技術総合研究所

主務大臣：
経済産業大臣

主管課：
経済産業省産業技術環境局技術振興・大学連携推進課

産業技術総合研究所の事業所の所在地（平成28年3月31日現在）：

- | | | |
|------------------|-----------|--------------------------|
| ① 東京本部 | 〒100-8921 | 東京都千代田区霞ヶ関1-3-1 |
| ② 北海道センター | 〒062-8517 | 北海道札幌市豊平区月寒東2条17-2-1 |
| ③ 東北センター | 〒983-8551 | 宮城県仙台市宮城野区苦竹4-2-1 |
| ④ つくばセンター | 〒305-8561 | 茨城県つくば市東1-1-1（代表） |
| ⑤ 臨海副都心センター | 〒135-0064 | 東京都江東区青海2-3-26 |
| ⑥ 中部センター | 〒463-8560 | 愛知県名古屋市守山区下志段味穴ヶ洞2266-98 |
| ⑦ 関西センター | 〒563-8577 | 大阪府池田市緑丘1-8-31 |
| ⑧ 中国センター | 〒739-0046 | 広島県東広島市鏡山3-11-32 |
| ⑨ 四国センター | 〒761-0395 | 香川県高松市林町2217-14 |
| ⑩ 九州センター | 〒841-0052 | 佐賀県鳥栖市宿町807-1 |
| ⑪ 福島再生可能エネルギー研究所 | 〒963-0298 | 福島県郡山市待池台2-2-9 |

2. 動 向

産総研の領域別年間研究動向の要約

I. エネルギー・環境領域

1. 領域の目標

世界的規模で拡大しているエネルギー・環境問題の解決に向けたグリーン・イノベーションの推進のため、再生可能エネルギーなどの新エネルギー導入促進や省エネルギー、高効率なエネルギー貯蔵、資源の有効利用、環境リスクの評価・低減などを旨とした技術の開発を進めている。エネルギー・環境領域（以下、「エネ環領域」）ではエネルギー・環境問題の解決に取り組み、持続可能な社会の構築に向けて、以下の5項目の重点戦略を策定し、これに沿った研究開発を実施している。

(1) 新エネルギーの導入を促進する技術の開発

太陽光についてはコスト低減と信頼性向上を実現するとともに、複合化や新概念に基づく革新的な太陽電池の創出を図る。また再生可能エネルギー大量導入のためのエネルギーネットワーク技術、さらには大規模地熱利用技術等にも取り組む。

(2) エネルギーを高密度で蓄蔵する技術の開発

再生可能エネルギー等を効率良く水素等の化学エネルギー源に変換し貯蔵・利用する技術を開発すると共に、電源の多様化にむけた車載用、住宅用、産業用の蓄電技術を開発する。

(3) エネルギーを効率的に変換・利用する技術の開発

省エネルギー社会を実現するために、ワイドギャップ半導体パワーエレクトロニクス技術、熱エネルギーの有効利用技術、自動車用エンジンの高効率化技術、高温超電導コイル化技術等を開発する。

(4) エネルギー資源を有効利用する技術の開発

メタンハイドレート等のエネルギー資源の有効利用にかかわる技術を開発する。

(5) 環境リスクを評価・低減する技術の開発

産業と環境が共生する社会の実現に向けて、ナノ材料等の環境リスクを分析、評価する技術、レアメタル等の資源循環を進める技術並びに、産業保安を確保するための技術を開発する。

2. 領域の組織構成

エネ環領域では、3つの研究センター（太陽光発電研究センター、再生可能エネルギー研究センター、先進パワーエレクトロニクス研究センター）、5つの研究部門（創エネルギー研究部門、電池技術研究部門、省エネルギー研究部門、環境管理研究部門、安全科学研究部門）を中心に研究開発を行っている。なお、エネ環領域以外の研究領域とも強く連携を取りつつ、上記重点戦略目標達成に向け、研究開発を進めている。

3. 主な研究動向

平成27年度の主な研究動向は以下のとおりである。

(1) 新エネルギーの導入を促進する技術の開発

- ・再生可能エネルギー研究センターでは、地熱分野ではギガワット発電を実現する超臨界地熱資源の開発技術について研究を開始した。またエネルギー貯蔵技術としての水素技術開発では、ギ酸に関する触媒開発、60%の熱効率を目指す純水素用ディーゼルエンジン開発を実施している
- ・太陽光発電研究センターでは、高性能な薄膜太陽電池として既に市場化されている CIGS 太陽電池の更なる効率向上のために、大学および民間企業と協力して、オールジャパンの NEDO プロジェクトを進めている。また、再生可能エネルギー研究センターと連携して、産総研独自のスマートスタック技術を利用した超高効率多接合太陽電池を低コストで実現する研究を、NEDO プロジェクトの下で企業・大学と共同で実施している。
- ・福島再生可能エネルギー研究所では被災地企業のシーズ支援プログラムにおいて平成25年から27年にかけて計63件の支援を行い再生可能エネルギー関連の技術を基に被災地の企業の事業化支援を行った。その中で43件は福島県の企業であり被災地の復興に寄与している。
- ・再生可能エネルギー研究センターでは、クロスアポイントメント制度を利用し、大学から人材を受け入れて平成27年12月現在で、ポスドク・技術研修など計63名の再生可能エネルギー分野の人材育成を行っている。また復興予算を用いた産業人材育成事業等で、リサーチアシスタント制度を活用し15人の学生の人材育成を行っている。

(2) エネルギーを高密度で蓄蔵する技術の開発

- ・電池技術研究部門では、ポストリチウム (Li) イオン電池の実現に向けて、酸化物全固体 Li イオン二次電池の低温作動化の研究を行い、60℃で放電容量120mAh/gの作動確認した。また、Li 硫黄電池用 $\text{Li}_2\text{S}\text{-FeS}$ 系正極材料の合成に成功し、段階充放電処理により通常より大きな初期放電容量が得られた。
- ・電池技術研究部門では、電荷担体に金属イオンを含まない分子性イオン新型二次電池の開発、イオン液体を用いた Mg 二次電池での理論容量付近での充放電可能性を見出した。極少量の水を加えた有機電解液を用いることで、革新的な Li-空気電池の空気極の過電圧を大幅に低減できることを示した。レアメタルを含まない NaFeO_2 を正極とする低コストな Na イオン電池の研究開発を行い、劣化要因を解明するとともに Fe の一部を異種元素と置換し、内部欠陥量を減少させ、1.5倍の容量で安定に充放電可能な材料を開発した。
- ・電池技術研究部門では、大阪大学、神戸大学とクロスアポイントメント制度を実施し、産総研の Li 電池をはじめとする先進・革新蓄電池の材料技術開発、劣化機構解明技術と大学のシーズ技術とを連携させ、産業界への橋渡しを目指している。

(3) エネルギーを効率的に変換・利用する技術の開発

- ・省エネルギー研究部門では、水蒸気・二酸化炭素の高温電解によるエネルギーキャリア合成技術、プラズマアクチュエーターを用いた新しいシール技術等、省エネルギー実現に向けた革新的エネルギー技術に関する研究開発等を実施している。
- ・省エネルギー研究部門では、自動車用内燃機関技術研究組合 (AICE) と連携して、経済産業省プロジェクトの下で、排気ガス再循環デポジット生成機構解明やディーゼルパーティキュレートフィルタ (DPF) 酸化触媒の機能評価等を実施し、自動車業界全体に対する情報提供・情報交換を進め共同研究を実施している。
- ・また、未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合 (TherMAT) と連携して、PbTe の内部にナノ構造 MgTe を埋め込む技術を開発し、試作モジュールにおいて世界トップレベルの発電効率11% (温度差590℃) を達成し、企業への技術移管を予定している。
- ・先進パワーエレクトロニクス研究センターでは、パルスマイクロ波プラズマ CVD 法によるダイヤモンド合成で、結晶成長速度とパワー効率の大幅向上を達成した。

(4) エネルギー資源を有効利用する技術の開発

- ・創エネルギー研究部門では、メタンハイドレート資源からの天然ガス商用生産に向けた研究を行ってきた。天然ガス生産時の出砂現象を解決するための技術として数値解析等を実施し、得られた重要な知見を独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) 等の関係機関と共有した。また、インド国営企業との国際共同研究などを通して、保圧コア評価装置群による評価技術の高度化を進めている。
- ・創エネルギー研究部門では、石炭流動層燃焼技術を基に下水汚泥の燃焼技術を開発した。この技術は複数の自治体の下水汚泥燃焼炉に導入された。さらにこの流動層燃焼技術は、廃プラスチック、廃タイヤ、バイオマス等のガス化等転換利用技術にも応用可能で、民間企業に指導、助言を行っている。

(5) 環境リスクを評価・低減する技術の開発

- ・環境管理研究部門では、環境微生物群の評価・制御による水処理再生技術に取り組んだ結果、次世代シークエンサーによる環境微生物群の大規模同定及び網羅的遺伝子発現解析技術を開発しており、同定同位体追跡法による環境微生物機能の超高感度同定に成功した。
- ・環境管理研究部門では、液滴の体積を極限まで小さくすることにより、バルクでは達成できない化学反応や化学プロセスの制御ができることに着目し、体積フェムトリットレベルでの化学反応を可能とするフェムトリアクターを開発し、異性化反応、酸化還元反応などを実証した。
- ・安全科学研究部門では、LCA データベース IDEA の利用許諾契約を、平成27年12月に販売会社と締結し、国内外への販売を開始する。また、火薬類取締法、高圧ガス保安法の改正や技術基準の策定等、法令運用に必要な実験データを取得するため、地下式火薬庫の安全性評価等、経済産業省からの受託研究を実施した。
- ・ナノ材料のリスク評価法を確立し、国際枠組み策定に向けた OECD 工業ナノ材料部会の専門家会合を主催した。

II. 生命工学領域

1. 領域の目標

健康で安心して暮らせる健康長寿社会や、環境負荷を抑えた持続可能な社会の実現が求められている。そのため、生命工学領域では、新たな健康評価技術や創薬推進技術の開発、あるいは個人の状態に合わせて健康維持・増進・回復を推進する技術の開発により、ライフ・イノベーションに貢献する。また、バイオプロセスを用いた環境負荷低減技術の開発によりグリーン・イノベーションに貢献する。

2. 領域の組織構成

当領域は1つの研究センター（創薬分子プロファイリング研究センター）と、4つの研究部門（健康工学研究部門、バイオメディカル研究部門、生物プロセス研究部門、創薬基盤研究部門）から構成され、バイオテクノロジーから医工学・人間工学までの幅広い研究分野の研究開発を実施している。また、分野を跨る融合研究を推進することにより、新領域の技術開発にも積極的に取り組んでいる。

3. 主な研究動向

以下に平成27年度の主な研究動向を示す。

(1) 創薬基盤技術の開発

これまでの古典的創薬プロセスから脱却し、創薬開発を加速させるために、新薬探索や医薬リード化合物の最適化を効率よく進めて、創薬開発を加速できる技術の開発を目指す。そのために、ロボットやナノテクノロジー、数理解析技術を駆使した創薬最適化技術、ゲノムデータから疾病因子を推定したりゲノム情報の秘匿検索を行ったりするゲノム情報解析技術、糖鎖などのバイオマーカーによる疾病の定量評価技術など、新しい創薬の基盤となる技術を開発する。

以下に代表的研究成果を示す。

- ・ライフサイエンスの高度化を実現するヒト型汎用ロボット技術：人間が行う作業を高精度で再現する事が可能であるヒト型汎用ロボットを最適化し、汎用バイオ作業の実験プラットフォームを構築している。従来、熟練した技術者が無意識に行っていた作業の「コツ」がある。この「コツ」を数値化することで、より精度および再現性の高いバイオの実験データをハイスループットに生み出せるヒト型汎用ロボットシステムを追求している。また、研究者が誰でも使えるシステム（Easy to Use）を目指して、PC上で実験プロトコルを編集しロボットに実行させることができるインターフェースシステムも開発している。ライフサイエンスの高度化のため、ロボットが必需品となる世界を目指す。
- ・B型肝炎を予防・治療するための糖鎖研究：B型肝炎ウイルスの抗原により近いワクチンや抗体の開発、B型肝炎ウイルスの感染増殖に関わる分子を新規創薬のターゲット候補として同定。
- ・創薬スクリーニング加速を目的とした次世代天然物化学研究：天然化合物は創薬スクリーニングの優れたライブラリーとして用いられている。この天然化合物を、遺伝子を用いて生産する技術の開発を行うと共に、世界最大級の天然物ライブラリーを用いて創薬スクリーニングを展開する。
- ・記憶障害・学習障害に関わるタンパク質の発見と認知症の早期発見・治療のための創薬研究：認知・記憶・学習障害に関係するたんぱく質を発見した。そのたんぱく質は神経伝達の抑圧を行い、その働きには個人差があった。このメカニズムに関係する分子群が認知症の早期発見・治療のためのサロゲートマーカーであることを国内企業との共同研究で見出した。
- ・ミトコンドリアのタンパク質搬入口装置（TOM複合体）の仕組みを解明：疾患等との関連が知られているミトコンドリアの働きを正常に保つには、ミトコンドリア内への多数のタンパク質の運搬が必要である。膜透過装置TOM複合体の相互作用地図の作成により、未知であった搬入口として働く仕組みを解明した。

(2) 医療基盤・ヘルスケア技術の開発

豊かで健康的なライフスタイル実現のために、医療基盤・ヘルスケア技術の開発を行う。そのために、損傷を受け た生体機能を幹細胞などを用いて復元させる再生医療などの基盤となる幹細胞の標準化と細胞操作技術の開発、健康状態を簡便に評価できる技術や感染症などの検知デバイスの開発、さらに、生体適合性や安全性の高い医療材料や医療機器の開発を行う。

以下に代表的研究成果を示す。

- ・移植用細胞から腫瘍を引き起こすヒト iPS/ES 細胞を除く技術を開発：ヒト iPS/ES 細胞から分化させて作製した移植用細胞には、ヒト iPS/ES 細胞が残存し腫瘍化する可能性があり、再生医療に応用する際の大きな障壁となっている。今回開発した技術により、移植用細胞に残存するヒト iPS/ES 細胞を効率的に除去できることから、ヒト iPS/ES 細胞から作製した移植用細胞を用いた再生医療の安全性向上への貢献が期待される。なお、この技術の詳細は、2015年4月9日に米国科学誌 *Stem Cell Reports* にオンライン掲載され、その翌日に産総研からプレスリリースされた。同年7月には国内試薬メーカーから実用化された。
- ・再生医療用の細胞凍結保存液を開発：再生医療が普及するためには、再生医療用の細胞を安全に長持ちさせることが出来る凍結保存液が必要である。そこで、GMPに準拠した凍結保存液を開発し、その効果を検証、製品化まで行った。
- ・幹細胞から胃を丸ごと作製：マウス ES 細胞を分化させることで胃の組織細胞を作製する技術を開発した。成体

の胃組織と同様にヒスタミン刺激に反応して胃酸を分泌し、消化酵素などを分泌する胃の組織細胞を作製した。創薬、安全性試験、病態モデル研究への応用が期待される。

- ・マラリア超高度診断デバイス開発と臨床応用：細胞チップ技術を基盤技術として、既存診断法に比べ超高度なマラリア検出デバイス開発を、民間企業とともに製品開発を進めている。ウガンダ、ケニアに加えパプアニューギニアでのフィールド試験を準備中。
- ・発光レポーターを用いたセルベースアッセイシステム開発：産総研の発光レポーター（ルシフェラーゼ）を活用したセルベースアッセイシステムの基盤開発およびそれらを用いた化学物質リスク評価を実施した。新規に同定したタンパク質分解配列の使用によりルシフェラーゼを用いたセルベースアッセイの感度を従来より2倍以上向上させた。また、ルシフェラーゼ導入発光細胞を用いた新規の化学物質リスク評価システムを開発した。

(3) 生物機能活用による医薬原材料などの物質生産技術の開発

化石燃料代替物質、化成品原料、医薬品原料、有用タンパク質、生物資材など、物質循環型社会の実現のために、遺伝子組み換え技術を用いて微生物や植物の物質生産機能を高度化し、バイオプロセスを用いた医薬原材料などの有用物質を効率的に生産する技術の開発を行う。

以下に代表的研究成果を示す。

- ・イネ遺伝子によるポプラの木質増強：イネにおいて木質生産を制御する遺伝子を、ポプラに導入することで木質を4割増強できた。結果的に木材の強度を約6割向上できた。木質由来バイオエタノールやセルロースナノファイバーの高効率生産、高強度木材の開発に繋がる。
- ・昆虫の共生のための細胞がどのようにできるかを解明：微生物との共生に特殊化した昆虫細胞の形成に関わる分子機構を解明。特定のホメオティック遺伝子の胚発生過程における新規発現部位の獲得が重要であったことを示す。共生の分子レベルでの仕組み、細菌感染からの防御などへの貢献に期待。
- ・害虫カメムシが共生細菌を体内に取り込む特異な仕組みを解明：農作物の重要害虫として知られるカメムシ類が、消化管に発達した狭窄部によって、餌とともに取り込まれた雑多な細菌の中から特定の共生細菌だけを選別して共生器官に取り込むことを明らかにした。腸内共生の成立を阻害して害虫の防除を行う新たな方法の開発につながる事が期待される。

III. 情報・人間工学領域

1. 領域の目標

情報・人間工学領域においては、人と共栄する情報技術の分野横断的活用と深化により社会課題へ取り組み、産業競争力の強化と豊かで快適な社会の実現を目指して人間に配慮した情報技術の研究開発を行っている。さらに、柱である情報学と人間工学のインタラクションによって健全な社会の発展に貢献していくことを目指す。

このミッションを実現するために以下の4つを分野の戦略目標として定めている。

- (1) ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の開発
- (2) サイバーフィジカルシステム技術の開発
- (3) 快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術の開発
- (4) 生活の質と豊かさの向上を実現するロボット技術の開発

また、第4期中長期計画期間中において国際的に最高水準の研究機関を目指した組織体質の改革を実施し研究開発アセットとして第5期中長期計画に継承させる。

2. 領域の組織構成

当分野の研究組織は、3つの研究センター（自動車ヒューマンファクター研究センター、ロボットイノベーション研究センター、人工知能研究センター）、3つの研究部門（情報技術研究部門、人間情報研究部門、知能システム研究部門）で構成されている。

3. 主な研究動向

(1) ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の開発

- ・人工知能研究センターでは、「脳型人工知能」「データ知識融合型人工知能」等の次世代人工知能技術に向け、多様な状況への対応力、汎用力などを可能にし、人間と親和性が高く協働可能な、世界トップレベルのパフォーマンスを達成する人工知能の実現に取り組んでいる。また、基礎研究の成果をモジュール化し統合するための次世代人工知能フレームワークと、多様な分野での応用に迅速につなげるために、知能システムの基本機能（データ収集、認識・モデリング・予測、行動計画・制御）と人間知能との接点機能（自然言語理解）を実現する

先進中核モジュールの研究開発を進めた。

(2) サイバーフィジカルシステム技術の開発

- ・情報技術研究部門では、安心して利用できるサイバーフィジカルシステムを実現するセキュリティの研究を推進している。暗号化状態のまま任意のデータ処理を可能とする完全準同型暗号技術において、従来は平文データを1ビット毎に個別に暗号化する必要があったが、安全性を犠牲にすることなく高速処理が可能となる多値データ一括処理方式を世界で初めて開発した。さらに、個人を特定する情報ではなく性別や所属組織などの属性を用いて復号を許可する属性ベース暗号において、従来技術では暗号文サイズが属性数に比例した大きな値となっていたのに対し、本研究では、暗号文サイズが属性数によらず、標準的な安全性レベルにおいて平文サイズに320ビットを加えた、世界最小の値となる属性ベース暗号を実現した。

(3) 快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術の開発

- ・人間情報研究部門では、「テラーメイド化を目指したニューロリハビリテーション技術の開発」として、脳損傷モデルに関して、サルを対象とし脳機能研究を進めた。脳卒中患者の病態に近い運動障害を示す内包梗塞サルモデルを世界に先駆けて開発した。これを用い、脳内の代替神経回路網形成の状況が明らかになった。さらに、fNIRS（機能的近赤外分光法）による評価技術に関しては、体動アーティファクト除去により70%のノイズ低減を実現し、脳神経活動成分のリアルタイム抽出技術を確立した。
- ・自動車ヒューマンファクター研究センターでは、ドライビングシミュレータと実車で得られた運転行動データから、高齢ドライバの状況適応能力の定量化技術の研究開発を行った。さらに、脳波等の脳活動や心拍数・血圧などの生理指標に基づいて、自動運転時のドライバ状態を定量的に計測する技術の研究開発を行った。

(4) 生活の質と豊かさの向上を実現するロボット技術の開発

- ・知能システム研究部門では、NEDO「環境・医療分野の国際研究開発・実証プロジェクト」事業において、災害発生時に人に代わって移動・作業が行えるヒューマノイドタイプの災害対応ロボットの研究開発を進め、民間企業等とともに災害対応ヒューマノイド HRP-2改を開発し、DRC Finals, JVRC 及び国際ロボット展にて実証した。NEDO「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」事業における「インフラ維持管理ロボット技術の研究開発」の中で、トンネル崩落、火山災害等を対象とした不整地踏破アーム付災害調査ロボットやマルチコプタによる電磁センサ探査や地滑り検知ノードを開発した。また、橋梁上から有線給電マルチコプタを吊下げ、床版等の高精細画像を撮像する橋梁点検支援システム、およびダム堤体や河川護岸等の点検用水中調査用ロボットを開発し、係留装置等により流水下での位置制御を実現した。さらに高速道路等のコンクリート構造物のカメラ画像から、汚れや水濡れに頑健なひび割れ自動検出技術を開発した。
- ・ロボットイノベーション研究センターでは、「生活支援ロボット等の効果安全基準策定評価事業」の下、筋骨格シミュレーションによる機器の評価技術、介護者・高齢者の模擬ロボット、高精度マーカーを用いた簡易動作計測装置、本質安全設計支援ツール等の研究開発を行った。また、当該研究所で開発された人体機能モデル Dhaiba に筋骨格モデルを統合し、開発中のロボット介護機器実製品の軌道をパラメータとして人体姿勢・静力学的な評価指標を計算することで、製品の最適軌道を人体シミュレーションソフト上で推定することが可能となった。加えてロボット安全認証に関する技術コンサルティング、屋外自律走行ロボットにおける安全認証、3次元空間情報の安価な構築手法を開発した。さらにロボット介護機器の効果安全評価の支援により高齢者見守りシステムや歩行支援機器の製品化を実現、人間共存型産業用のロボット技術をひろしま生産技術の会等への橋渡し、インフラ維持管理用ロボット技術の民間企業との共同開発等を実施し、民間企業の製品化を支援（生活支援ロボット安全規格 ISO 13482認証）した。これらの活動に対して、内閣府産学官連携功労者表彰において、「生活支援ロボットの安全検証技術の開発と標準化」として、内閣総理大臣賞を受賞した。

IV. 材料・化学領域

1. 領域の目標

材料・化学領域では、材料技術と化学技術の融合による、部素材のバリューチェーン強化の実現を念頭に、機能性化学品の付加価値を高めるための技術開発、および新素材を実用化するための技術開発を通じて、素材産業や化学産業への技術的貢献を目指す。第4期における研究開発においては、最終製品の競争力の源となる革新的部材・素材を提供することを目指し、材料の研究と化学の研究との統合によって、グリーンサステナブルケミストリーの推進及び化学プロセスイノベーションの推進に取り組む。また、ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術、新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料、及び省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材を開発する。

2. 領域の組織構成

当該領域は平成27年度末において3つの研究センター（触媒化学融合研究センター、ナノチューブ実用化研究センター、機能材料コンピューショナルデザイン研究センター）、5つの研究部門（機能化学研究部門、化学プロセス研究部門、ナノ材料研究部門、無機機能材料研究部門、構造材料研究部門）の計8研究ユニットで構成されている。

3. 主な研究動向

当該領域の先端研究事業の代表例を以下に示す。

当該領域では、積極的に産業界や大学と連携して研究開発を実施している。その代表的なものとして、経済産業省の低炭素社会を実現する超軽量・高強度革新的融合材料プロジェクト（NEDO 交付金以外分）：ナノ材料の安全・安心確保のための国際先導的安全性評価技術の開発を実施している。また、NEDO プロジェクトでは次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発、革新的構造材料等技術開発、未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発、次世代材料評価基盤技術開発、低炭素社会を実現するナノ炭素材料実用化プロジェクト、有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発、バイオマスエネルギー技術研究開発、高 Fe 含有 RE-Fe-C,N 系磁石に関する検討、高付加価値セラミックス造形技術の開発、非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発、省エネセラミックコンプレッサ技術開発、および同機構のエネルギー・環境新技術先導プログラムでは、可変バリア機能の発現に基づく革新的エネルギー制御材料基盤技術開発、フェムトリアクター化学プロセスの研究開発を実施している。また、内閣府の最先端研究開発支援プログラム（FIRST）では、グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発、また同府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）では、次世代パワーエレクトロニクスのうちの次世代 SiC モジュールの技術開発（回路基板）、革新的設計生産技術のうちの高付加価値セラミックス造形技術の開発およびガラス部材の先端的加工技術開発、次世代農林水産業創造技術のうちの地域のリグニン資源が先導するバイオマス利用システムの技術革新を実施している。さらに、科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業（CREST）では、新規固体酸化物形共電解反応セルを用いた革新的エネルギーキャリア合成技術（キャリアファーム共電解技術）の開発、ギ酸の脱水素化反応による高圧水素の高効率製造技術の開発、および同事業の研究加速課題として物質や生命の機能を原子レベルで解析する低加速電子顕微鏡の開発を実施している。

平成27年度の主な研究成果は、以下の通りである。

(1) グリーンサステイナブルケミストリーの推進

- ・バイオベース化学品の研究開発において、高機能化と量産技術開発につながる基盤的な成果として、D- アミノ酸生産酵素の立体構造解析、バイオ界面活性剤生産酵母のゲノム情報と遺伝子発現プロファイル、遺伝子組換え体の取得に成功した。
- ・触媒精密合成技術において、有機ケイ素原料製造法について研究開発を行い、高収率かつ従来製造法の1/4の時間で、砂の主成分である二酸化ケイ素から直接、ケイ素化学基幹原料であるテトラエトキシシランを製造する触媒プロセスを発見した。
- ・光異性化反応を利用した光固液相転移材料を設計し、これを利用した接着材料の研究として接着と剥離が繰り返し可能なスマート接着剤の開発を進め、分子構造の改良による接着強度の向上等に成果が上がった。
- ・官能基変換技術として木質バイオマスから、触媒量の酸（従来 $1/20$ ）で化学品合成原料（レブリン酸）に変える（収率70%以上）安価な触媒系の発見、バイオマス由来レブリン酸からプラスチック基幹材料の大量合成法を確立した。
- ・摩擦抵抗の低減機能を有する界面材料の開発において、低減効果の持続性を高める要素技術となる成果として、光照射で高分子放出制御が可能なシリンダー状ナノカプセル材料の開発に成功した。

(2) 化学プロセスイノベーションの推進

- ・相界面、ナノ空孔材料を利用した分離技術開発について、高い界面活性と両連続相界面形成特性を満たす、界面活性剤サーファクチンと遷移金属の複合化（錯形成）に成功した。この複合化技術により触媒活性点の付与といったサーファクチンの界面活性剤としての高機能化が期待される。
- ・断熱材等のエネルギー制御材料をポリマー階層制御プロセス技術開発によって実現し、発泡ポリマーナノコンポジットなど、高光透過性といった、高付加価値材料開発に成果を上げた。
- ・グリーン溶媒 CO₂での塗装技術開発とものづくり技術への展開において、実環境試験で自動車塗装を高圧 CO₂で行い、業界塗膜性能基準をクリアした。建機塗装において、共同研究関連企業の製造ラインに実装されるフェーズに移行した。
- ・耐熱性ガスバリア膜材料として、リグニンと粘土鉱物の複合化により、従来プラスチック材料の10倍程度高い

水蒸気バリア性を有する新機能性素材を開発した。さらに本膜材料を用いて印刷技術によりタッチセンサの試作と実証を行った。

(3) ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発

- ・ ナノカーボン材料の高品質化では、グラフェン透明導電フィルムの高品質化（透過率95%、低抵抗化130オーム）の達成と大面積、短時間合成（30秒以下）の実証に成功した。
- ・ 低次元ナノ複合体とその計測では、有機熱電変換材料としては世界最高レベルの PEDOT:PSS のさらなる変換効率向上とモジュール素子試作、高精度熱電評価測定法の開発に成功した。
- ・ デバイス機能シミュレーションでは目的基礎研究として、デバイスシミュレーション技術の開発、熱電変換効率の高精度化、個別課題（不揮発性メモリデバイス等）への適用を行った。
- ・ アモルファス材料設計のための基盤技術として、不規則な原子配列を記述するための数的手法の開発を行った。
- ・ 第一原理計算により、磁石化合物 $\text{NdFe}_{11}\text{TiX}$ において、 X として最適な第2周期元素が窒素であることを見出した。
- ・ CNT 材料については、その用途技術開発研究として、CNT 構造体によるキャパシタ作製、CNT ロバストランジスタの開発に成功した。
- ・ 電子顕微鏡による、軽金属 Li 元素の単原子計測、原子欠陥イメージング等に成果を挙げ、ナノ材料の設計や機能解析の革新的技術シーズになる原子レベルでの化学結合や構造の見える化に成功した。
- ・ スーパーグロス単層 CNT の低コスト量産技術において、触媒形成方法開発や合成条件制御含めた、新しいシーズを用いた合成法により、従来合成法の15倍以上の収率を達成した。

(4) 新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料の開発

- ・ グリーン磁性材料及び機能化技術開発における磁石・軟磁性材料の開発について、極低酸素プロセス技術を導入することで、世界で初めて、重希土類フリー高耐熱性 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$ 異方性焼結磁石開発に成功した。また、同じ焼結プロセス研究開発により、軟磁性粉末の高密度焼結にも顕著な進展が見られた。
- ・ チタン酸バリウムのナノクリスタル化（ナノキューブ）と配列集積膜化技術開発において、ナノキューブ集積体マイクロパターン形成、プロセス最適化による固溶体ナノキューブ合成に成功することで、キューブの組成制御が可能となった。開発した強誘電性ナノキューブは、多結晶にもかかわらず単結晶の誘電率を大きく（2倍程度）超える特性を示し、革新的なメモリデバイス等の開発や一気に量産技術へ展開する成果が得られた。
- ・ 機能融合部材化技術開発におけるガラス微細構造成型技術においては、「ガラス組成と粘弾性の相関」、「金型の開発」、「大面積成型」の3点から開発を進め、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）における共同研究により PV 精度 $2\mu\text{m}$ 以内、3インチ以上のマイクロレンズ成型を達成した。
- ・ グリーン磁性材料及び機能化技術開発において、 $\text{La}(\text{Fe-Si})_{13}\text{H}_x$ を低酸素プロセスにより長時間の熱処理を施さず生成することを可能とし、磁気冷凍の基幹材料高性能化につながる成果を得た。
- ・ 高性能固体酸化燃料電池の開発研究において、実用サイズに適用可能な燃料極プロセス技術開発に成功した。性能面でも電圧損失1/4、発電電力を従来セルの約2倍（ 800°C ）を達成した。
- ・ 高次機能部材化及び集積技術開発において、呼気検知器プロトタイプの実作を行い、臨床研究を推進し、呼気 VOC ガス検知器による肺がんスクリーニング技術を開発した。

(5) 省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材の開発

- ・ 光熱制御材料開発として、調光ミラーシートの開発における顕著な成果として、ガスクロミック方式による調光ミラーについて、これまで開発してきた研究実績をもとに企業との共同研究を開始し、ロール to ロール方式を用いてフィルム上にマグネシウム・イットリウム合金を用いた長尺の調光シートの作製にまで至った。
- ・ 軽量構造部材の開発において、輸送機器のさらなる軽量化のために期待されながら市場未成である CFRP（炭素繊維強化プラスチック）について、セラミック粒子でマトリックスの熱特性を改善した材料の開発とマイクロ波を用いた成型加工を検証し、難燃性マグネシウム合金では高度強化と高延性（ 350MPa の強度と14%程度の伸び）を実現した。
- ・ 産業分野での熱エネルギー制御部材開発において、高熱伝導窒化ケイ素（ 140W/mK 級）の基板材料、電極材料、接合プロセスの最適化により、耐温度サイクル性と高放熱性を兼ねたメタライズ放熱基板開発に成功した。また、 1450°C 級の工業炉用断熱材として、耐火レンガの強度とセラミックファイバーの断熱性を併せ持つ新規高气孔率断熱材の開発に成功した。

V. エレクトロニクス・製造領域

1. 領域の目標

エレクトロニクス・製造領域においては、わが国の産業競争力強化への貢献を目的とし、IT 機器の大幅な省エネ化と高性能化の両立を可能とする世界トップ性能のデバイスの開発と、省エネ、省資源、低コストな先端加工技術の開発、さらに、先端エレクトロニクスを基礎としたセンシング技術と革新的製造技術を結びつけることによる超高効率な生産システムの構築を目指している。当該研究開発を推進するにあたり、以下の4つの研究を重点研究課題として定めている。

- (1) 情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術の開発
- (2) もののインターネット化に対応する製造およびセンシング技術の開発
- (3) ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術の開発
- (4) 多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術の開発

2. 領域の組織構成

当領域の研究組織は、4つの研究センター【スピントロニクス研究センター、フレキシブルエレクトロニクス研究センター、先進コーティング技術研究センター、集積マイクロシステム研究センター】と、3つの研究部門【ナノエレクトロニクス研究部門、電子光技術研究部門、製造技術研究部門】で構成されている。

3. 主な研究動向

(1) 情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術の開発

- ・ナノエレクトロニクス研究部門では、相変化メモリのトポロジカル特性を機能させる初期化プロセスとして、強誘電体相である低抵抗状態が出現する400K以上の温度にて閾値以上の電圧を Ge-Sb-Te 超格子膜に印加し冷却する手法を開発した。ロジックデバイスについては、Ge 表面の超平滑化技術とコンタクト低抵抗化技術を開発し、フィン FET において Si を超えるキャリア移動度を実現する技術を確認した。3次元集積については、微細貫通電極を形成したウェハ内の熱応力を計算と実測により評価する手法を確認するとともに、新たに開発した自動メッシュ統合技術によりデバイス積層が閾値に与える影響を明らかにした。
- ・スピントロニクス研究センターでは、ノーマリオフコンピューティングを具現化できるスピントロニクス技術として、世界で初めて、超低消費電力の電圧書き込み型不揮発性メモリ「電圧トルク MRAM」の原理を考案・実証し、通常 MRAM と比して、1/100低消費電力化に道筋をつけた。電圧書き込み方式の安定動作を実証し、また書き込みエラー率の評価法を開発、エラー率を 4×10^{-3} と評価した。さらに、実験結果を再現できる計算機シミュレーションを用いて、磁気摩擦定数の低減と熱じょう乱耐性 Δ の向上、あるいは書き込み後のペリファイの実行により、メモリ用途に求められる $10^{-10} \sim 10^{-15}$ というエラー率を電圧トルク MRAM にて実現可能であることを示した。
- ・電子光技術研究部門では、文科省委託事業「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」において、世界で初めて、シリコンフォトニクスによる実用的な8x8光スイッチの試作およびその制御回路の開発を行った。また、産総研コンソーシアム（通称「PHOENICS」）を発足し、光デバイス関連企業10社と連携体制を構築した。そこで、光デバイス企業間の相互ファブ・プラットフォームの基本仕様を決め、これを検証する集積デバイス試作に着手した。また、high-k 材料 HfO_2 と有機材料パリレンの積層型固体ゲート絶縁層を用いた SrTiO_3 チャンネル電界効果素子において、大量の電荷蓄積を可能にする「負の静電容量」現象が発現することを見出した。これにより、静電容量×ゲート電圧から見積もられる電荷量の10倍超の電荷蓄積、S 値170mV/dec 等の動作特性が得られ、強相関電界効果素子の固体ゲート化に向け前進した。

(2) もののインターネット化に対応する製造およびセンシング技術の開発

- ・製造技術研究部門では、広範囲に分散した製造設備や労働力を柔軟かつ効率的に活用し、製造設備ネットワーク全体として高い付加価値を創出することが可能となる製造網（Web of Manufacturing）の実現を目指している。今年度は、二つの工場の生産モデルの記述と運用について調査を行った。その結果、生産状況を把握するためのデータ取得は可能であるものの、設備系統や事業主体を越えたデータ同士の関係性が欠如しており、それを補完するためのデータモデルの開発が必要であることが明らかとなり、そのための共同研究に着手した。また、生産モデルの記述に際しては、人間が行う観察と制御をモデル化し、導入する必要があることを明らかにした。
- ・集積マイクロシステム研究センターでは、NEDO 事業「フレキシブル面パターンセンサによる橋梁センシングシステムの開発」において、世界で初めて、道路インフラモニタリングに必要な不可欠なフレキシブルひずみセンサレイシートの開発を行った。厚さ数 μm の極薄シリコン薄板をフレキシブル回路基板上に転写し、スクリーン印刷で一括配線する極薄シリコン実装技術を開発した。この実装技術により、極薄圧電 MEMS/シリコン構

造を A6サイズのフレキシブル回路基板上に25個並べた橋梁モニタリング用動ひずみセンサレイシートを世界で初めて実現し、箔ひずみセンサ並みの 1×10^{-6} という高感度を達成した。また、高性能指数の ScAlN 圧電薄膜を集積化した圧電 MEMS 作製プロセス技術を開発するとともに、参照電圧発生回路を超低消費電力化した回路を開発し、センサを取りつける対象の回転機器の振動で発電した電力のみで駆動可能な無線振動センサを実現できる見込みを得た。

(3) ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術の開発

- ・製造技術研究部門では、秘匿情報レス設計把握手法及び組織内横連携の試行のため、デザインブレインマッピングツールの本体/オプションの開発を行い、企業等への導入及びプロセスの検証を行った。我が国初のデザイン・設計費用対効果サーベイを製造企業14社（12ケース）に実施し、「デザインと機能設計の効果測定モデルおよび現場立脚の課題解決アプローチに関するアクションツール」として取り纏め、日本・世界に向けたプレスリリースを行った。
- ・フレキシブルエレクトロニクス研究センターでは、NEDO 事業「次世代プリントエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発」において、世界で唯一の自動連続一貫印刷デバイス生産ラインを構築し、シートセンサー、フレキシブル表示などの製造を実現させた。また、高効率印刷デバイス製造技術の開発を行い、実用化に不可欠な、厚膜（3 μm 厚以上）・高精細（10 μm 幅以下）・高均質（ばらつき10%以下）を両立し、なおかつ高速、大気下低損傷製造などの生産性の高い印刷デバイス配線形成技術を開発した。それによりフレキシブルセンサ、フレキシブル高周波無線アンテナや、バルク銅配線同等性能を示すフレキシブル回路の開発を実現させるとともに、一部技術を民間移転し、装置の市販化を実現させた。また、任意形状への設置が可能で、変形による電気特性変化が生じない伸縮性フレキシブル回路基板の製造技術の開発に成功し、シート型ヘルスケアセンサの開発などを実現させた。
- ・ナノエレクトロニクス研究部門では、変量多品種デバイス製造向けのミニマルファブ技術につき、小型化が難しかったイオン注入装置の開発を行いイオン打ち込みに成功した。また、CVD 装置の開発を行い、気流を制御しキャリアガス流量を1/10とした小型装置による単結晶エピタキシャル成長に成功した。デバイス製造プラットフォーム構築に向けて、ミニマルファブ装置のみによるアルミゲート CMOS プロセス、および、クリーンルーム装置を併用しての TiN ゲート CMOS プロセスレシピを整備した。
- ・製造技術研究部門では、必要などきに必要な量だけ製品を製造する、究極のオンデマンド製造技術の開発を目指している。金属積層造形技術では、レーザーデポジション法を用いインコネル716/ステンレス316などの2種の材料を同時に組み込んだ複層ハニカム構造の造形に成功した。また、チタン、マグネシウム等の造形時の雰囲気の影響、原料粉の形状等の評価を進め、サポートレス造形の実証・実用化に向けた開発を進めた。砂型積層造形技術については、インクジェット1液式硬化法を開発し、1.8m サイズの大型造形装置を試作した。秋田県への導入など事業化も進めている。電解加工とレーザー加工の複合加工を $\Phi 210 \mu\text{m}$ の極細管に対して適用した。従来技術であるレーザー加工のみを用いて加工した場合と比較し、熔融再凝固物無しで溝幅15 μm 、幅深さ70 μm の加工が可能となり、優位性を示した。また、スピニング絞り加工や衝撃プレスでは、加工速度の遅速の違いを生かした加工を展開し、複雑形状の絞り成形や、マイクロ部品の打ち抜き成型加工に成功した。

(4) 多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術の開発

- ・先進コーティング技術研究センターでは、今年度、プラズマ AD 援用では、300°C以下の低温プロセスでイットリアやアルミナ材料において、AD 法と同等の膜密度、膜質を維持したまま、ほぼ10倍の成膜速度の向上を実現し、内閣府 SIP プロジェクトに展開、応用開発を開始した。光 MOD では、実装基板上で抵抗温度係数12%のボロメータ膜、ハイブリッド溶液による新規なフレキシブル高耐熱抗体膜を開発した。また高輝度発光部材の高温、湿度試験を実施するなど、実装性能を立証した。畜電池材料については、高容量チタン酸化物負極材料について、粒径制御技術により特性改善に成功すると共に、AD 法による電極試作に成功した。

VI. 地質調査総合センター

1. 領域の目標

地質調査総合センター（GSJ）は、国の知的基盤整備計画に基づく地質情報の整備に加えて、「地質の調査」に関するナショナルセンターとして、レジリエントな国づくりのための地質の評価、資源の安定確保、地圏の利用と保全にかかる技術の開発、地質情報の管理と成果の普及、そしてこれを実施するための人材の育成を重要な任務としている。そのための主な活動は、1) 国土とその周辺海域の地質図等の地球科学図の整備、2) 地震・津波や火山噴火等の自然災害のリスク評価技術の高度化、3) 地下資源のポテンシャル評価技術、地下利用技術、地質汚染の評価技術の開発、4) 整備した地質情報を国のオープンデータ政策に対応した形で配信し、社会での利用拡大を

進めていくこと、である。

2. 領域の組織構成

地質調査総合センターは、3つの研究部門（地質情報研究部門、活断層・火山研究部門、地圏資源環境研究部門）、地質情報基盤センター、再生可能エネルギー研究センター（地熱チーム、地中熱チーム）から構成される連携体制を構築している。また、国際的にもこの体制の下で、東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）等の国際機関や世界地質調査所会議（ICOGS）、世界地質図委員会（CGMW）等に対して、我が国の地質調査機関の代表として対応している。

3. 主な研究動向

平成27年度の主な研究動向は以下の通りである。

(1) 地質調査のナショナルセンターとしての地質情報の整備

- ・知的基盤整備計画に沿って、地質図幅等の地球科学図の系統的調査研究を実施している。本年度は、5万分の1地質図幅4図幅（5区画）の完成、20万分の1地質図幅1区画の改訂出版とともに、20万分の1シームレス地質図のデータ更新及び次世代シームレス地質図の全体調整を行った。
- ・ASTER 衛星データは約20万シーンを処理し、宇宙システム開発利用推進機構と NASA へ安定的に供給し、データ品質管理に関する論文を発表した。また、所内での試験運用を開始した。
- ・奄美大島周辺海域で2回の調査航海を実施し、海洋地質図作成のための基礎データを取得した。海洋地質図2枚を出版し、主要四島周辺の整備を完了した。
- ・JOGMEC 受託研究や SIP プロジェクトを通じて、海底鉱物資源の広域ポテンシャル評価を実施した。沖縄トラフ東縁海域では深海曳航探査装置を用いた調査により硫黄島島堆で熱水ブルームを捉え、多種類金属を含む塊状硫化物の存在も確認し、新たな調査に発展した。
- ・都市・沿岸域における地質災害の軽減を目指して、関東南部沿岸域の調査を実施した。また、昨年度までの成果を、駿河湾北部沿岸域の海陸シームレス地質情報集、および富士川河口断層帯及び周辺地域の地質編纂図としてとりまとめた。
- ・地下水を含む新たな地下空間利用に資するため、ボーリングデータ整備と地質地盤を3次元で可視化する技術の開発を、千葉県北部地域をモデル地区として実施した。今年度は5地点でボーリング調査を実施して地層対比の基準データを増加させ、精度の向上を図った。

(2) レジリエントな社会基盤の構築に資する地質の評価

- ・陸域・海域で合計7断層帯の調査と活動性評価を実施した。2014年長野県北部地震について、震源周辺の古地震の履歴を解明した。活断層データベースは、活動セグメントパラメータ評価の見直し、28セグメントの形状変更、調査地点データの追加（約980件）を実施した。
- ・1454年享徳地震が巨大津波を伴ったことを明らかにし、2011年東北地方太平洋沖地震クラスの地震発生間隔を約500年と推定した。津波堆積物 DB については、青森県小田野沢、宮城県石巻平野、福島県北部太平洋岸を追加公開し、北海道東部と静岡県沿岸について公開準備を行った。
- ・東海・東南海・南海地域の地下水観測データを、地震調査研究推進本部、気象庁等へ提供し、国の地震評価等に貢献した。
- ・富士火山の地質図について最新の調査結果を取りまとめた。口永良部島、箱根山の噴火等に際して緊急調査を行い、噴出物の解析結果など、噴火推移等の予測にかかる情報を火山噴火予知連絡会へ提供した。また、気象庁等の火山監視業務で活用できる火山ガス連続観測システムの実用化を進めた。
- ・地層処分技術と規制支援に関して国が整備すべき基盤技術の開発、ならびに安全規制に必要となる地質環境の評価技術の確立に向けた研究を実施した。地震・断層活動、火山・火成活動および隆起・浸食の長期評価手法の検討、地下水流動の解析・評価技術の開発等を実施した。

(3) 地圏の資源と環境に関する評価と技術の開発

- ・鉱物資源評価の研究では、レアメタルに関して、南アフリカでの現地調査のほか、ミャンマーの地質調査・鉱物資源局と MOU を締結し、タングステン鉱床等の情報収集を開始した。アジア鉱物資源 DB の位置情報を修正・更新し、オンライン版鉱物資源図の個票データを7,931件整備した。非金属鉱物資源に関しては、NEDO プロジェクトにより高性能無機系吸放湿材（ハスクレイ）に関する技術開発を実施した。また、工業材料鉱物の評価を行った。
- ・燃料資源に関しては、日本海における表層型メタンハイドレート調査を3年間にわたり実施した。南関東水溶性

天然ガス田における地下微生物による高いメタン生成ポテンシャルを確認・評価し、メタン生成活性化の手法について国際誌に発表した。

- ・再生可能エネルギー研究センターと連携し、広域の地熱系構造探査や温泉の発電利用のための地化学調査やモニタリングを推進した。
- ・CO₂地中貯留（CCS）に関する技術では、国等の委託事業により、苫小牧実証サイトにて地下に圧入したCO₂の挙動をモニタリングする技術開発に取り組み、論文等を公表した。我が国の貯留層に適した実用化規模（100万トン/年）でのCO₂地中貯留技術を開発するとともに、CCSの社会受容性の獲得を志向した研究開発を行うため、技術研究組合の設立を進めた（平成28年4月1日設立）。
- ・地層処分に関する評価技術の開発として、沿岸部の地下水流動のモニタリングおよび地下水流動の解析を行った。
- ・土壌・地下水の複合汚染による環境や健康リスクを評価する地圏環境リスク評価システム（GERAS）について、物理・化学パラメータを追加取得し、多様なサイトや汚染状況に対応可能とした。また、建設発生土の微生物浄化に伴う処理水の原位置処理技術等の橋渡しを進め、環境水中の放射性セシウムのモニタリング技術を標準化し、その濃縮用カートリッジを製品化した。
- ・水文環境図「富士山」に関連して、200箇所以上の井戸や湧水の水質・温度データをGISベースのデータベースとして整備した。海域の研究との連携により、富士山頂から駿河湾海底にいたる高度差4,000mにおよぶ地下水流動の実態を解明した。

(4) 地質情報の管理と社会利用促進

- ・知的基盤整備計画に沿って、地質情報の普及と活用のための情報管理と成果発信を実施し、政府のIT戦略の一環として、地質の調査業務の成果を機関成果物として出版・発信した。地球科学図類、報告書類を出版し、データベース等の電子配信を継続した。
- ・地質情報の信頼性向上のため、「機関アーカイブ」対象データの拡張と運用手順等を整備した。
- ・地質図情報を閲覧する統合ポータルである地質図 Navi で表示しているラスター画像を、国際標準形式（WMTS）で配信するサービスを開始した。また、20万分の1シームレス地質図のビューアをバージョンアップし、オープンソースへの移行を果たした。
- ・地質標本館での普及活動（一般展示、特別展、体験・工作イベント等）を継続し、全国の火山系博物館との連携により伊豆大島火山の巡回展を開催した。情報の2次利用に関しては、GSJ公式ウェブサイト一般からのフィードバックを収集する仕組みを構築し、地質標本館のウェブサイトをスマホから閲覧可能にした。また、データのLinked Open Data（LOD）発信の検討を継続し、配信の試行を開始した。

(5) 国際連携活動

- ・共同研究として、南アフリカでレアアースの調査、ミャンマーでスズ・タングステンの調査などを実施した。新たに2機関についてMOUを締結した。中国との個別MOUを5年ぶりの再締結向け協議を進めた。
- ・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）では議長国として活動し、アジアにおける地下資源、地質災害リスク、環境汚染などの情報について日本が利用できる環境を整備するとともに、GSJの調査解析手法を標準手法として普及を進めた。
- ・GSJ主導で地質情報共有システムプロジェクトを開始し、データベースソフトを開発した。
- ・延べ42カ国から118名の研修生を受け入れ、鉱物資源開発、WebGIS、シームレス地質図などに関する講習を実施した。
- ・タイ・バンコクで地中熱利用システムの適用実証試験を行い、熱帯地域における地中熱利用の可能性を確認した。
- ・アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスクマネージメント（G-EVER）に参加する各国と連携して、東アジア地域地震火山情報図を完成した。

(6) 国内連携活動

- ・「地質の日」のイベント、「地質情報展」の開催、つくばセンターおよび地域センターの一般公開等への出展によりアウトリーチを進めた。
- ・テクノブリッジフェアなど、産総研が実施する企業との連携のためのイベントへの出展を行った。また、GSJ独自に企業との意見交換などを実施した。
- ・連携大学院へ教員を9名派遣した（東京大学、千葉大学、東北大学等）。
- ・国内の技術者・行政職員の育成では、地震・津波・火山に関する自治体職員用研修プログラムで、7県から9名を受け入れ、野外巡検を含む講習を実施した。また、地質調査研修（日本地質学会と共同）などの技術研修を、72名に対して実施した。
- ・リサーチアシスタント制度では、16名を採用・育成した。

VII. 計量標準総合センター

計量標準総合センター（NMIJ）は、2001年4月の独法産総研の発足以来、それまで欧米に比べ不十分とされた計量標準の整備と供給（産総研法に定める第3号業務）を主要課題として活動してきた。この間、2010年までに欧米諸国に比肩しうる計量標準を整備するという、知的基盤整備計画（2000年度～2010年度）を達成し、2010年度～2014年度の産総研第3期中期目標期間では、それまでに確立した計量標準の維持・高度化を継続しつつ、環境、エネルギー、医療、健康に寄与する計量標準を中心とした60を越える計量標準を立ち上げた。一方、貿易の技術的障害に関する協定（WTO/TBT）を契機として国際的な基準認証の同等性・整合性が求められる中、国際的には国際比較を通じた計量標準の同等性評価、国内的には国家標準への校正ルート（所謂トレーサビリティ制度）の確立が求められた。このため、NMIJは国家標準の整備にとどまらず、国際比較の立案遂行など国際同等性確保のスキーム作り、タイ国家計量標準機関の設立などの途上国支援、国内校正ラボの整備のための標準供給体制の整備も同時並行的に行った。また、法定業務である特定計量器の型式承認、基準器検査、計量人材の育成を着実に執行してきた。これらの活動を通じて、国際比較の幹事数では世界第4位となる60件を務めるなど、国家計量標準機関としての国際的プレゼンスは2000人以上の職員を擁する米国立標準技術研究所（NIST）、ドイツ物理工学研究所（PTB）などに次ぐ地位を占めるに至った。（2015年4月1日現在の研究職員数：309人）

このように NMIJ 設立当初の目標が順調に達成される一方、産業構造審議会及び日本工業標準調査会の合同会議である「知的基盤整備特別委員会」の中間報告（「知的基盤整備・利用促進プログラム」2012年8月）では、中小企業なども含むユーザーサイドでの計量標準の活用状況はまだ不十分であると指摘されている。また基本的な標準が整備される一方で計量標準への個別ニーズは量目・範囲ともますます多岐に渡り、特に標準物質では組成や濃度など無限とも言える組み合わせが求められている。このような背景を踏まえ経済産業省が中心となって策定した計量標準整備計画（2013年度から2022年度まで）では、整備状況の進捗をチェックするとともに、ユーザーニーズを調査し、その結果を整備計画に反映させる機動的な計量標準の整備が求められている。

さらに、2010年までの整備計画達成にともない市場の目が最新の計測課題の解決に向けられ、計量標準に加えて計測技術の開発も不可欠であることを指摘する声も聞かれるようになった。同時に、計量標準について卓越した実力を有する NMIJ に対し、標準と技術的に近接する計測技術についても研究開発を期待し、発展的に製品化や事業化を意図するユーザーも少なくない。このような計量標準を取り巻く事業環境の変化とはほぼ時を同じくして、産総研第4期中長期目標期間では、橋渡し機能の強化が最大の目標となり、技術シーズから事業化まで切れ目なく機能が強化されている。NMIJ においても上述した計量標準の的確な整備と普及に加えて、計量標準に関連した計測技術の開発を行い、目的基礎研究の成果創出や技術シーズの産業界への橋渡しを行うことが求められている。以上のことから、第4期ではこれまで通り以下を中核となるミッションとして位置づけ、

（中核となるミッション）

- ・ 確立した計量標準の着実な維持と供給
- ・ ユーザーニーズ調査に基づいた計量標準の開発と供給
- ・ 国際的な枠組みでの計量標準確立への貢献
- ・ 計量法業務の的確な遂行

これに加えて新たな挑戦として、

（新たな挑戦）

- ・ 計量標準の整備によって築かれた高精度計測技術及びその派生技術を生かした橋渡し機能強化
- ・ 長期的な観点から、将来の科学や産業で必要とされる計量標準や知的基盤の整備に向けた目的基礎研究の推進

に注力することとした。

また、上記の目標を効率的に遂行するため、第3期までは全ての量目について計量標準を担っていた計測標準研究部門を技術分野ごとに分割し、以下の4研究部門、1支援センター体制とした。これにより、各研究部門の長を関連技術分野の市場ニーズ（標準・計測）を把握する司令塔として明確化して、これまで以上に市場との連携を緊密化する。さらに、研究部門ごとに標準と計測のバランスを勘案して、部門の事業効率を最適化する役割を付与した。

- ・ 工学計測標準研究部門：質量、力学、長さ・幾何学、流体の各標準および法定計量
- ・ 物理計測標準研究部門：時間周波数、温度、電磁気、放射測光の各標準
- ・ 物質計測標準研究部門：化学・材料系の物質質量や幾何学量等に係わる標準物質および標準
- ・ 分析計測標準研究部門：音響、量子放射の各標準および将来の計量標準を目指した先端的分析機器の開発
- ・ 計量標準普及センター：計量標準の品質管理、計量法に係る計量技術に関する関係機関との調整、国内の計量技術者の計量技術レベルの向上のための計量教習など

平成27年度の主な研究動向は以下の通りである。

1. 計量標準の整備と利活用促進

2013年度から2022年度までの計量標準整備計画に基づき、新たな計量標準を開発すると共に、イノベーションの創出や利活用の観点から、これまでの計量標準の精度向上、普及技術の開発にも取り組んだ。その代表的成果を以下に示す。

(社会の安心・安全への貢献) 放射線治療で利用される放射線量の標準、貝毒分析用標準物質、水道法対応の水質検査標準液の整備など

(次世代計量標準の開発) 次世代質量標準、光格子時計の研究開発など

(計量標準の利活用を促進するセンサ・標準器開発) 標準 LED、電圧標準器の開発、高温材料の製造での熱電対標準の整備、定量 NMR の普及など

2. 計量標準業務の実施と人材の育成

産総研は国家計量標準機関として、計量法に基づき国家計量標準を社会に供給する責務を担っている。また、一般の測定器より強い法規制を受ける特定計量器の試験も産総研の役割とされている。平成27年度のサービスの実施件数としては、特定二次標準器の校正400件、特定副標準器の校正は17件、依頼試験642件であった。標準物質の頒布は2,030件であった。特定計量器の型式承認試験は83件、基準器検査は2,400件、比較検査2件、検定0件であった。また、計量士等への教習や講習、幅広い計量人材に向けた研修を行い、延べ610人が受講した。

3. 計量標準の普及活動

計量標準の効率的な利用と利用者の拡大を図るため、標準整備や供給に関する PDCA サイクルの実施、産総研内での供給体制の整備と外部への技術支援、国内外の関連機関との連携を図る。具体的成果として、最新のニーズに基づいて整備計画を見直し、また標準供給に関して産総研内のマネジメントシステムの維持・管理、計量法校正事業者登録制度 (JCSS) への技術支援を実施した。さらに、共同研究等の実施により国内校正事業者の能力向上や競争力強化を支援した。国際連携では、アジア太平洋計量計画 (APMP) など国際的な団体での幹事ポストの獲得に努め、産総研のプレゼンスを向上させた。

4. 計量標準に関連した計測技術の開発

計量標準と計測技術は不可分の関係にあり、特に正確な目盛を必要とする計測技術の開発は計量標準と表裏一体である。また計量標準と計測技術は高感度センサの開発に結びつくなど、標準・校正という枠を超えて「橋渡し」研究へとつながる可能性をもつ。このような認識の元、今年度は引き続き計量標準と計測技術の一体的開発を行う。同時に、計量標準の供給を通して構築した校正に関わる人材との緊密な関係をベースに、製品の開発・設計レベルでの連携を強める仕組みを構築していく。このような方針の下で、当領域が行う研究開発の方向性は、大きく以下の3つに分けられる。

- ・それまでにない定量化、分析技術など「測定評価方法の開発」
- ・測定評価方法を計測器・測定器に一般化させる「装置化」
- ・計量計測技術により品質向上、製品開発を支援する「ソリューション」の提供

これら技術的課題を解決するための研究開発に取り組んだ結果、以下のような具体的成果を得た。

目的基礎研究では、主に精度向上や定量化を目指した研究に重点を置き、有機 EL に関連した世界最高性能の標準ガスバリアフィルムの開発及び評価に成功したほか、バイオ物質において、同定が困難な金属結合たんぱく質の構造解析に取り組んだ結果、配列メカニズムの解明につながる知見を見出し、著名な国際誌 (Journal of Physical Chemistry B) の表紙にも選出された。

橋渡し前期研究では、ユーザーの階層を広げる新たな価値創造に重点を置きつつ定量化にも取り組み、将来の企業との共同開発につながり得る、光周波数コム技術を応用した高速・高精度なガス検出・同定技術を開発したほか、ナノ粒子材料の分級技術、道路インフラ等の非破壊検査で必要とされる世界最高性能の放射線イメージング技術の開発などを行った。

橋渡し後期研究においては、民間への技術移転に重点を置きつつ、計量標準分野における出口のひとつである民間校正設備の精度向上にも取り組んだ。具体的には、流量計メーカー等多数の民間企業と共同で実施した流量計測技術のほか、レーダー用小型アンテナのプロトタイプ作製や、小型 X 線源を搭載した非破壊イメージング用ロボットの実証、揮発性有機化合物の定量分析で広く用いられるガスクロマトグラフ分析システムの製品化につなげることができた。ガスクロマトグラフ分析システムのベースとなる技術については日本分析化学会先端分析技術賞

CERI 評価技術賞を受賞した。

3. 幹部名簿

役職（本務）	役 職（兼務）	氏 名	就任期間	就任年月日	備 考
理事長	コンプライアンス推進本部長	中鉢 良治	3年	平成25年4月1日	
副理事長	コンプライアンス推進本部副本部長、つくばセンター所長	金山 敏彦	1年9ヶ月	平成26年7月1日	※H22/4/1～26/6/30までは理事
理事	イノベーション推進本部長	瀬戸 政宏	7年	平成21年4月1日	
理事	地質調査総合センター長	佃 栄吉	4年	平成24年4月1日	
理事	計量標準総合センター長、つくばイノベーションアリーナ推進センター長	三木 幸信	4年	平成24年4月1日	
理事	環境安全本部長 評価部長 情報化統括責任者	島田 広道	3年	平成25年4月1日	
理事	総務本部イノベーションスクール長	富樫 茂子	1年9ヶ月	平成26年7月1日	
理事（非常勤）		藤川 淳一	1年	平成27年4月1日	
理事	生命工学領域長	松岡 克典	1年	平成27年4月1日	
理事	エネルギー・環境領域長	小林 哲彦	1年	平成27年4月1日	
理事	企画本部長	安永 裕幸	1年	平成27年4月1日	
理事	総務本部長	中沢 則夫	1年	平成27年4月1日	
監事		伊東 一明	3年	平成25年4月1日	
監事		風間 澄之	1年	平成27年4月1日	

（平成28年3月31日現在）

4. 組織図

産総研組織図

2015年11月1日現在



5. 組織編成

年月日	組織規程	組織規則
平成27年4月1日	<ul style="list-style-type: none"> 研究推進組織の再編（7領域、研究戦略部の設置）。 領域長、領域長補佐、研究戦略部長の役職を設置。 本部組織の再編(7組織の設置)。 事業組織の再編(19組織の設置)。 「つくばイノベーションアリーナ推進本部」（本部組織）を「つくばイノベーションアリーナ推進センター」（特別の組織）に再編。 	<ul style="list-style-type: none"> 「広報部」を廃止し、「企画本部」直轄組織として2室（「報道室」、「広報サービス室」）を設置。 「企画本部」の研究戦略に係る企画機能を「イノベーション推進本部」へ集約し、「イノベーション推進本部」直轄組織として3室（「総合戦略室」、「技術マーケティング室」、「ベンチャー開発・技術移転センター」）を設置。 「知的財産部」と「国際標準推進部」を統合し「知的財産・標準化推進部」とし、3室（「知財・標準化企画室」、「知財管理室」、「国際標準化室」）を設置。 「産学官連携推進部」と「国際部」を統合し「産学官・国際連携推進部」とし、5室（「連携企画室」、「国際連携室」、「共同研究支援室」、「プロジェクト支援室」、「連携管理室」）を設置。 「イノベーション推進企画部」と「産学官連携推進部」の地域・中小企業戦略の推進機能を集約し「地域連携推進部」とし、3室（「地域連携企画室」、「中小企業連携室」、「関東地域連携室」）を設置。 「イノベーションスクール」を「イノベーション推進本部」から「総務本部」直轄組織に移管。 研究職人事に関する所掌を「企画本部」から「総務本部」（「人事室」）に移管。 外部人材受入の事前登録に関する所掌を「イノベーション推進本部」（「安全保障貿易管理室」）から「総務本部」（「人事室」）に移管。 「バリアフリー推進室」を「人事室」に統合。 「業務推進支援部」の「支援企画室」と「支援業務室」を統合し、「業務室」を設置。 「法務室」を「総務本部」直轄組織から「業務推進支援部」に移管。 「総務室」を廃止し、「企画本部」（「総合企画室」）に業務を移管。 「つくばイノベーションアリーナ推進センター」に「審議役」を設置。また、「連携推進ユニット」「共用施設運営ユニット」を設置。 研究ユニット内組織（研究グループ・研究チーム）の組織規則への記載を省略することとした。
平成27年5月1日		<ul style="list-style-type: none"> 人工知能研究センターを設置。
平成27年10月1日	<ul style="list-style-type: none"> 「つくば中央第四事業所」を「つくば中央第五事業所」に統合。 東京本部、事業所及び支所に置く「管理監」を「事業所長」に変更。 「つくば荏間サイト」を「つくば中央第一事業所」から「つくば中央第二事業所」へ移管。 	<ul style="list-style-type: none"> 「つくば中央第四事業所」の「つくば中央第五事業所」への統合に伴い、「第四研究業務推進室」を廃止。 研究業務推進部等の名称から設置する事業組織を示す符号を削除。 研究業務推進部等のチーム制を廃止し、組織、業務規模等に応じて、管理、会計、図書、研究支援、環境安全に関するグループを設置。 福島再生可能エネルギー研究所の福島連携調整室、事業組織（東京本部、つくばセンターに置かれる事業所及び福島再生可能エネルギー研究所を除く。）の産学官連携センターを廃止し、それぞれに「産学官連携推進室」を設置。 福島再生可能エネルギー研究所に、「分散電源施設運営室」を設置。 中部センター及び関西センターの産学官連携推進室に、連携推進、連携業務に関するグループを設置。 「管理監」職名の「事業所長」への変更に伴い、「副管理監」を「事業所長代理」に変更。

産業技術総合研究所

		<ul style="list-style-type: none"> • 産学官連携センターの廃止に伴い、産学官連携センターのセンター長及び副センター長を廃止。 • 事業組織（東京本部及びつくばセンターに置かれる事業所を除く。）に、「所長補佐」を設置可能とした。 • 研究業務推進部等のチーム制廃止に伴い、研究業務推進部等のチーム長及びチーム長代理を廃止し、研究業務推進部に設置するグループに限り「グループ長代理」を設置可能とした。
<p>平成27年11月01日</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 会計検査院への対応業務を、総務本部から監査室へ移管。 	<ul style="list-style-type: none"> • 「機能材料コンピューテーショナルデザイン研究センター」を設置。 • 会計検査院への対応業務を、総務本部業務推進支援部業務室から監査室へ移管。 • 監査室に「総括グループ」と「監査グループ」を設置。

II. 業 務

Ⅱ．業 務

1. 研 究

国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下「産総研」という。）は、鉱工業の科学技術に関する研究開発等の業務を総合的に行う国立研究開発法人として、経済産業省がその所掌事務である「民間における技術の開発に係る環境の整備に関すること」、「鉱工業の科学技術の進歩及び改良並びにこれらに関する事業の発達、改善及び調整に関すること」、「地質の調査及びこれに関連する業務を行うこと」、「計量の標準の整備及び適正な計量の実施の確保に関すること」を遂行する上で、中核的な役割を担っている。

産総研は、この役割を果たすため、①鉱工業の科学技術に関する研究開発、②地質の調査、③計量の標準の設定並びに計量器の検定、検査、研究開発、計量に関する教習、④これらに係る技術指導及び成果普及、⑤技術経営力の強化に資する人材の養成等の業務を行うこととされている。

研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上のため、以下のとおり、「橋渡し」機能の強化及び地質調査、計量標準等の知的基盤の整備を推進するとともに、これらの実現のため業務横断的に研究人材の拡充、流動化、育成及び組織の見直しに取り組んでいる。

1. 「橋渡し」機能の強化

「橋渡し」機能については、将来の産業ニーズを踏まえた目的基礎研究を通じて革新的な技術シーズを次々と生みだし、これを磨き上げ、さらに橋渡し先として最適な企業と連携して、コミットメントを得た上で共に研究開発を進めて事業化にまで繋げることが求められるものであり、当該機能は、広範な産業技術の各分野に関して深い専門的知見と基礎研究から製品化に至る幅広いリソース、産業界をはじめとした関係者との広範なネットワーク、さらに大規模な先端設備等を有する我が国を代表する総合的な国立研究開発法人である産総研が、我が国の中核機関となって果たすべき役割である。

産総研は、これまでも、基礎研究段階の技術シーズを民間企業等による事業化が可能な段階にまで発展させる「橋渡し」の役割を、様々な分野で行っている。

2. 地質調査、計量標準等の知的基盤の整備

我が国の経済活動の知的基盤である地質調査や計量標準等は、資源確保に資する探査・情報提供や産業立地に際しての地質情報の提供、より正確な計測基盤を産業活動に提供する等の重要な役割を担っており、我が国における当該分野の責任機関として、これらの整備と高度化を通じて我が国の産業基盤を引き続き強化するものとする。

3. 業務横断的な取組

（1）研究人材の拡充、流動化、育成

上記1. 及び2. に掲げる事項を実現するとともに、技術経営力の強化に資する人材の養成を図るため、以下の取り組みにより、研究人材の拡充と流動化、育成をしている。

第一に、橋渡し研究の実施はもとより、目的基礎研究の強化の観点からも、優秀かつ多様な若手研究者の確保・活用は極めて重要であり、クロスアポイントメント制度や大学院生を研究者として雇用するリサーチアシスタント（RA）制度の積極的かつ効果的な活用を図っている。

さらに、産総研における研究活動の活性化に資するだけでなく、民間企業等への人材供給を目指し、実践的な博士人材等の育成に積極的に取り組んでいる。具体的には、産総研イノベーションスクールの実施やリサーチアシスタント（RA）制度の積極活用等を通して、産業界が関与するプロジェクト等の実践的な研究開発現場を経験させるとともに、事業化に係る人材育成プログラムなどを活用することによって、イノベーションマインドを有する実践的で高度な博士研究人材等の育成を進めている。

第二に、特に、「橋渡し」機能の強化に向けたマーケティング機能強化に当たっては、内部人材の育成に加え、企業等外部人材を積極的に登用している。

第三に、「橋渡し」研究能力やマーケティング能力を有する職員の重要性が増大する中、こうした職員の将来のキャリアパス構築も重要であり、優れた「橋渡し」研究能力やマーケティング能力を有する職員については、60歳を超えても大学教員になる場合と比べ遜色なく、その能力と役割を正當に評価した上で処遇を確保する人事制度等の環境整備を進めている。

研 究

第四に、ワーク・ライフ・バランスを推進し、男女がともに育児や家事負担と研究を両立するための具体的な方策、女性の登用目標や必要に応じた託児施設等の整備等を含む具体的なプログラムの策定等を行い、女性のロールモデルの確立と活用を飛躍的に増大させるための環境整備に取り組んでいる。

(2) 組織の見直し

上記に掲げる事項を実現するため、本部組織と各研究領域等との役割・責任関係のあり方も含め、現在の組織・制度をゼロベースで見直し、目的基礎研究から実用化までの「橋渡し」を円滑かつ切れ目無く実施するため、研究領域を中心とした最適な研究組織を構築する。

「橋渡し」機能を強化するには、中核となる研究者を中心に、チームとして取り組む体制づくりも重要であり、支援体制の拡充を図るとともに的確なマネジメントが発揮できる環境を整備する。

また、産学官連携や知財管理等に係るイノベーション推進本部等の本部組織についても、研究領域との適切な分担をし、産総研全体として「橋渡し」機能の強化に適した体制を整備している。「橋渡し」の一環で実施する産学官連携等については、産業界のニーズ把握と大学等の有する技術シーズの分析を行い、それらのマッチングにより課題解決方策の検討と研究推進組織に対して、研究計画の設計まで関与できる専門人材を強化する。

(1) 研究推進組織

研究推進組織としては、平成27年度から新たに組織を再編し、「研究領域」、「地質調査基盤センター」、「計量標準普及センター」を設置している。このうち、「研究領域」の下に領域の研究開発に関する総合調整を行う「研究戦略部」、企業への「橋渡し」に繋がる目的基礎研究から「橋渡し」研究（技術シーズを目的に応じて骨太にする研究（「橋渡し」前期研究）及び実用化や社会での活用のための研究（「橋渡し」後期研究）まで一体的に取り組むとともに、中長期的キャリアパスを踏まえて研究人材を育成する「研究部門」、領域や研究部門を超えて必要な人材を結集し企業との連携研究を中心に推進する時限組織の「研究センター」の3つを設置している。

<凡 例>

研究ユニット名 (English Name)

研究ユニット長：〇〇 〇〇 (存続期間：発足日～終了日)

副研究ユニット長：〇〇 〇〇

総括研究員：〇〇 〇〇、〇〇 〇〇

所在地：つくば中央第×、△△センター (主な所在地)

人 員：常勤職員数 (研究職員数)

経 費：執行総額 千円 (運営交付金 千円)

概 要：研究目的、研究手段、方法論等

外部資金：

テーマ名 (制度名/提供元)

テーマ名 (制度名/提供元)

発 表：誌上発表〇件 (総件数)、口頭発表〇件 (総件数)

その他〇件 (刊行物等)

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

研究グループ長：氏 名 (所在地)

概 要：研究目的、研究手段、方法論等

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3

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

研究グループ長：氏 名 (所在地)

概要：研究目的、研究手段、方法論等

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目7、テーマ題目8

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

連携研究体長：〇〇 〇〇 (つくば中央第△、研究職数名)

概要：研究目的、研究手段、方法論

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目7、テーマ題目8

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

[研究代表者] 氏 名 (〇〇研究部門△△研究グループ)

[研究担当者] 〇〇、△△、××、(常勤職員〇名、他〇名)

[研究内容] 研究目的、研究手段、方法論、年度進捗

[領 域 名] 〇〇〇〇〇〇〇〇

[キーワード] △△△△、〇〇〇〇、☆☆☆☆

研 究

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

[研究代表者] 氏 名 (〇〇研究部門△△研究グループ)

[研究担当者] 〇〇、△△、××、(常勤職員〇名、他〇名)

[研究内容] 研究目的、研究手段、方法論、年度進捗

[領域名] 〇〇〇〇〇〇〇〇

[キーワード] △△△△、〇〇〇〇、☆☆☆☆

1) エネルギー・環境領域

(Department of Energy and Environment)

①【領域長・研究戦略部長・研究企画室長】

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

領域長：小林 哲彦
研究戦略部長：小原 春彦

概要：

領域長は、理事長の命を受けて、研究領域内における研究推進・関連業務の統括管理を行っている。研究ユニット間の研究連携を推進し、関連業務を統括している。

研究戦略部長は、領域長の命を受けて、領域における業務の管理および研究戦略部の業務（人事マネジメント及び人材育成；ただし企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く）を統括管理する。

エネルギー・環境領域研究企画室

(Research Planning Office of Department of Energy and Environment)

所在地：つくば中央第1
人員：11名（10名）

概要：

エネルギー・環境領域研究企画室は、エネルギー・環境領域（以下、エネ環領域とする）における研究の推進に向けた業務を行っている。

具体的な業務は以下のとおり。

- (1) エネ環領域における研究の推進に向けた研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営等の策定
- (2) エネ環領域における大型プロジェクトの立案や調整
- (3) 複数の研究領域間の連携や領域融合プロジェクトの立案や調整
- (4) エネ環領域に関連した経済産業省等の関係団体等との調整
- (5) 領域長及び研究戦略部長が行う業務の支援

機構図（2015/3/31現在）

[環境・エネルギー領域研究企画室]
研究企画室長 秋田 知樹 他

②【創エネルギー研究部門】

(Research Institute of Energy Frontier)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：児玉 昌也
副研究部門長：天満 則夫、羽鳥 浩章
総括研究主幹：長尾 二郎

所在地：つくば中央第5、つくば西、北海道
人員：56名（56名）
経費：1,823,567千円（347,663千円）

概要：

1. ミッションと目標

持続可能な社会を構築し、産業競争力の強化に資するグリーンイノベーションの実現を大目標に掲げつつ、エネルギー資源に乏しい我が国においては、新たな資源を開発し、その利用によりエネルギーセキュリティを確保していくことも同時に求められている。平成26年度末で終了したエネルギー技術研究部門およびメタンハイドレート研究センターを母体として、本年度発足した創エネルギー研究部門では、非在来型の国産資源を始めとしたエネルギー資源の有効利用にかかわる技術の開発を行う。特に未利用エネルギー資源であるメタンハイドレートや褐炭等の低品位石炭の活用に対し、技術的かつ経済的なりアリティを与える観点から研究開発を推進し、国産エネルギーの夢の具現化と新たなエネルギー産業の創出に貢献する。

2. 主要研究項目と研究推進手段

創エネルギー研究部門では、産総研第4期中長期計画における下記の項目について研究開発を進めている。

○第4期中長期計画（別表1中の1-(4)）

「エネルギー資源を有効活用する技術の開発」

未利用エネルギー資源の開発・利用を目指して、メタンハイドレート資源から天然ガス商用生産に必要な基盤技術や、流動層燃焼プロセスを基盤とする褐炭等低品位炭や非在来型資源等の環境調和型利用技術を開発する。

具体的には、経済産業省「メタンハイドレート開発促進事業」において、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）との連携研究により、海洋産出試験等を通して技術の検証・整備を行い、コア解析技術、シミュレータ技術などの信頼性向上に努める。開発主体の企業移行後は、産総研が開発した基盤技術を各社に提供し、外部資金の獲得につなげる。これと並行して、メタンハイドレート資源開発を基礎研究面から支えると共に、その経済性と多様性を高めるためハイドレートの物理特性を

応用する機能活用技術の共同研究開発を推進する。また、公的資金による研究プロジェクトや、橋渡し技術の展開を軸にした民間企業との共同研究等を通して、現在未利用の褐炭等や非在来型炭化水素資源の転換利用技術におけるニーズを見極め、新規転換プロセス開発に必要な概念を提案し、これを実証する。加えて、これまでに培った流動層燃焼プロセス技術を基盤とした水素製造のための褐炭ガス化技術を高度化し、応用展開として石炭ガス化ガスやシェールガス等からの化学原料製造のための触媒転換技術を提案することで、民間企業との共同研究への展開を図る。

○中長期計画を達成するための方策

中長期計画の達成は、研究所の存立における第一義であることから、これを自らに課せられた最大の使命であるという認識を研究部門全体で共有することが重要である。その上で、第4期における新たな「橋渡し」を推進するために、研究者のマインドセットを再構築し、意味づけと位置づけを明確にした研究への選択と集中を加速し、運営費交付金を始めとするリソースを合目的的に最適化して投入することで、効率的な部門運営を目指す。目的基礎研究から橋渡し研究に至る各段階において、技術マーケティング情報の活用を図り、“voice of industry”に耳を傾けることを常態と捉え、その上で外部連携が可能なステージに到達した研究については、部門をあげてサポートを強化し、技術を社会実装化するためのリードタイムの短縮を期する。

○平成27年度の重点化方針

期初である本年度は、新たに発足した研究部門として今後の5年間のロードマップを明確化し、それに沿ったシナリオを策定する重要な時期である。部門における研究アセットの棚卸しによりポートフォリオを作成し、適切なベンチマークを設定しながら、将来的にコアコンピタンスに成長しうるテーマへの選択と集中を行なう。

メタンハイドレートについては、下記の項目に重点的に取り組む。

- ・海洋産出試験の検証結果等を基に、シミュレーション技術の高度化等を実施すると共に、海洋産出試験で生じた出砂現象に係る室内実験や解析評価を行い長期的に安定な生産に必要な出砂対策技術の検討を行う。
- ・現場コア等を用いた圧力コア解析等を実施し貯留層特性評価技術の高度化などに重点的に取り組むと共に、圧力コア試験技術の海外研究プロジェクトへの展開を行うことにより、国際連携を推進・強化する。
- ・「メタンハイドレート研究アライアンス」事業を通じて、メタンハイドレート研究分野におけるイ

ノベーションハブとしての役割を担う。

流動層ガス化技術については、下記の項目に重点的に取り組む。

- ・褐炭等の未利用炭化水素資源を水素や化学基幹原料へ転換するプロセス開発においてネックとなるタールの排出量を50%低減する反応器設計を行う。
- ・ガス化ガスを有用な化学原料へ転換するための触媒転換技術の開発を加速する。
- ・タール排出低減やベンゼン等の化学原料製造のための触媒転換技術に関しては、プラントメーカー等の民間企業との連携を図り、資金提供型共同研究により実施する。

また、上記の研究以外にも、新たな展開やブレークスルーをもたらす萌芽的・革新的な創エネルギー技術の研究にも積極的に取り組み、場合によっては研究グループの枠にとられない部門内横断的な体制を構築し、次世代プロジェクトの芽を育てる。

内部資金：

- 「褐炭による高品位スラリー燃料製造法の開発」
- 「水素・エネルギーキャリア利用技術のための触媒開発」

外部資金：

- 経済産業省 資源エネルギー庁
- 「平成26年度メタンハイドレート開発促進事業」
- 「平成27年度メタンハイドレート開発促進事業」

農林水産省

- 農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業
(委託プロジェクト研究) 農山漁村におけるバイオ燃料等生産基地創造のための技術開発
- 「林地残材を原料とするバイオ燃料の製造技術の開発」

総務省

- 戦略的情報通信研究開発推進事業
- 「ダイヤモンドを用いた次世代量子暗号用素子の基盤技術開発研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

- 水素利用技術研究開発事業
- 「トータルシステム導入シナリオ調査研究」

ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト

- ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発
- 「CO₂分離型化学燃焼石炭利用技術開発」
- ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト
- クリーン・コール・テクノロジー推進事業
- 「コールバンクの拡充」

独立行政法人科学技術振興機構

戦略的創造研究推進事業 (ALCA)

「リグニン由来溶液の詳細構造解析と反応経路の解明」

国際科学技術共同研究推進事業 (戦略的国際共同研究プログラム) (SICORP)

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

国際科学技術共同研究推進事業 (地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム)

「ジャトロファからの高品質輸送用燃料製造・利用技術」

戦略的イノベーション創造プログラム

エネルギーキャリア (SIP)

「アンモニア合成触媒の開発・評価」

独立行政法人日本原子力研究開発機構

科学技術試験研究委託事業

「エネルギー貯蔵システム実用化に向けた水素貯蔵材料の量子ビーム融合研究」の「水素貯蔵材料の劣化機構解明と新規軽量材料の探索」

独立行政法人国際協力機構

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

「非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術」

国立大学法人九州大学

水素利用技術研究開発事業再委託

「高圧水素中における破壊靱性試験法の確立とデータベース化」

国立大学法人東京大学

革新炭素繊維基盤技術開発

「新規前駆体化合物 A の開発、炭素化過程における構造・物性変化の解明、マイクロ波等による炭素化技術の確立、単繊維材料の力学的特性評価手法並びに熱膨張率計測法の開発」

一般財団法人日本自動車研究所

水素利用技術研究開発事業

「FCV GTR Phase2における水素適合性試験法の審議に必要な材料評価データの取得・解析」

独立行政法人日本学術振興会

平成27度科学研究費助成事業 (科研費)

「 H_2TiO_3 を原料に用いた $V_2O_5-WO_3/TiO_2$ 脱硝触媒製造法の開発」(特別研究員奨励費)

「イオン性クラスレート水素貯蔵の工学利用に向け

た熱力学性質とガス包蔵特性の解明」(若手研究(B))

「ナノメートルサイズの Mg クラスタを利用した新規低コスト水素貯蔵材料の開発」(若手研究(B))

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

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

「放射能汚染地域のバイオマス利用・高温減容化・灰分安定貯蔵のための灰分挙動解析」(基盤研究(C))

「氷で制限されたナノ・マイクロ空間の分析化学」(基盤研究(A))

発表：誌上発表102件、口頭発表178件、その他15件

メタンハイドレート生産技術グループ

(Methane Hydrate Production Technology Group)

研究グループ長：長尾 二郎

(北海道センター)

概要：

メタンハイドレート資源からの天然ガス生産において、高い生産性と回収率を確保するための生産手法、生産増進法の開発を実施している。具体的には、持続的な天然ガス生産性評価の一環として、新たに開発した生産増進法である強減圧法について、大型室内試験ならびに生産性評価シミュレータを用いて、増進効果の定量的評価を実施している。また、貯留層モデルの高度化においては、断層等の貯留層不連続層の物性測定ならびに海洋産出試験地の圧力コア解析を継続して行い、商業規模でのガス生産挙動を的確に予測するため、得られた分析結果を貯留層モデル構築に適用している。一方、ガスハイドレートの持つ高密度ガス包蔵性や高い生成分解潜熱特性などの機能を活用したガスハイドレートの産業利用促進を目的に、自己保存性等ガスハイドレート特有の現象の発現機構の解明や新たな蓄冷熱媒体の開発、分解制御技術開発等の研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目1

メタンハイドレート地盤特性グループ

(Methane Hydrate Geo-mechanics Research Group)

研究グループ長：天満 則夫

(つくば西)

概要：

日本近海の海底下に賦存するメタンハイドレート資源からの経済的かつ安定的な天然ガス生産技術の確立をミッションとして、メタンハイドレート堆積層からのガス生産時の地層の長期変形挙動の予測や坑井健全性評価を可能とする地層特性評価・解析技術の高度化・高精度化に関わる研究開発を進めている。具体的には、現場コア試料を用いた力学・透水試験、繰返し

載荷試験、高圧条件下中空ねじり試験等の各種力学試験の実施による堆積層の力学特性の実験的評価と高精度モデル化、室内大型出砂評価試験装置を用いた実機スクリーンの性能評価ならびに堆積層内の細粒砂の移動現象の実験的解明と数値モデル化、さらには、地層変形シミュレータによるガス生産時の地層変形特性評価ならびに坑井仕上げ法やその健全性確保のための最適条件に関する解析的検討を実施している。

研究テーマ：テーマ題目1

メタンハイドレート生産システムグループ

(Methane Hydrate Production System Research Group)

研究グループ長：山本 佳孝

(つくば西)

概要：

メタンハイドレート (MH) 資源開発における生産障害対策・抑制技術として、MH 被覆気泡の生成過程、MH 固体粒子濃度と流動抵抗の関係など管内流動障害の発生条件と閉塞過程の解析、MH 再生成過程における各種物性の変化の解明、坑井内流動解析シミュレータの開発等を行う。また、生産性増進技術として、生産時熱伝導モデルの開発、海洋産出試験等コア試料の熱物性率測定を実施する。大型室内試験装置を用いた技術開発をメタンハイドレートプロジェクトユニット各グループ・委託企業等と連携して推進する。MH 再生成条件コントロール技術として、熱力学的及び動的インヒビタの開発を行う。流動障害対策・生産効率化のため、ハイドレートスラリーの流動性質測定を行う。細粒砂移流砂蓄積モデルの開発、細粒砂移流・蓄積評価シミュレータの開発をメタンハイドレートプロジェクトユニット各グループ、東京大学、東海大学等と連携して行う。ガスハイドレートの機能活用技術として、各種ハイドレートの高圧相の解明、効率的生成による炭酸ガス分離、農業分野への利用等に取り組む。ハイドレートを用いたクロマト分離技術の研究を行う。新規共同研究・受託研究相手先の探索、新規分野開拓に努める。今年度は、昨年度より開始した企業共同研究実用化を推進した。イオン性クラスレートハイドレートのガス分離効率及びメカニズム解明、ハイドレート法による CO_2+N_2 ガスの分離貯蔵特性実験、フィールド機製作データ取得を行った。

燃焼評価グループ

(Combustion Control Group)

研究グループ長：土屋 健太郎

(つくば西)

概要：

金属とその酸化物の酸化還元反応を利用した新しい燃焼器の開発を目的とする研究を進めている。本年度

は、 CO_2 分離型化学燃焼石炭利用技術開発のための媒体粒子摩耗性評価装置を用いて、試作した各種粒子の耐摩耗性を調べた。PCB に代表される有機塩素化合物を分解し無害化处理する研究も行っている。新規に開発した脱ハロゲン触媒は、室温付近の短時間の反応で、難燃剤のヘキサプロモシクロドデカンから90%以上の収率で臭素を脱離させることができた。 NO_x の生成に関連する詳細反応機構の構築に向けた研究も進めていて、高濃度の H_2O を含んだ比較的低温の燃焼系において HCN および NO の挙動を明らかにすることができた。また、当グループから2名が次世代自動車エンジン研究ラボに参画し、EGR デジットの生成要因解明の研究およびディーゼル酸化触媒反応のメカニズム解明とモデル化の研究にあたっている。

研究テーマ：テーマ題目5

未利用炭素資源グループ

(Non-conventional Carbon Resources Group)

研究グループ長：鷹背 利公

(つくば西)

概要：

我が国のエネルギー政策の基本方針である「3E (Energy, Economy, Environment) + S (Safety)」の観点から、埋蔵量が豊富で安価な未利用低品位炭、非在来型石油、非可食バイオマス等の未利用炭素資源を、高効率でクリーンな燃料に転換する技術開発を実施する。グループの主要な研究開発目標は次の4項目である。1. クリーンコールテクノロジーとして、低品位炭の触媒ガス化技術の開発、溶剤改質あるいは水熱抽出による原料化と高品位燃料への転換技術の開発を行う。2. 重質油および超重質油のアップグレーディング技術として、溶剤凝集緩和、超臨界水分解、水素化分解、水蒸気による酸化分解等の技術開発を行う。3. 木質系、草本系バイオマスを構成するセルロース、ヘミセルロース、リグニンを成分分離し、リグニンを中心に各成分を有用化学物質に転換する技術を開発する。4. 多様な未利用炭素資源の利用拡大のための基盤技術として、新規詳細構造解析法の開発およびそれを用いた反応性評価法を開発する。

研究テーマ：テーマ題目2

炭素資源転換プロセスグループ

(Hydrocarbon Conversion Process Group)

研究グループ長：松岡 浩一

(つくば西)

概要：

炭化水素資源から水素等のガスや化学基幹原料を製造する高効率プロセスの構築を目的に、上流技術としての熱化学変換、下流技術としての触媒転換技術までの要素技術開発を行う。具体的には、上流技術として、

現在未利用の低品位な褐炭、汚泥等を、流動層等の気固反応装置を用いて、水素等の化学エネルギーあるいは熱エネルギーへ変換するための熱分解、ガス化、燃焼プロセスの高度化を行う。また、下流技術として、生成した合成ガス、あるいは未利用のシェールガスを化学基幹原料へ転換する触媒転換技術の開発も同時に行う。さらに、IGFCのような革新的高効率プロセス構築に必要な燃料電池の耐久性評価技術開発等も推進する。

研究テーマ：テーマ題目3

新燃料製造グループ

(Clean Fuel Production Group)

研究グループ長：鳥羽 誠

(つくば中央第5、つくば西)

概要：

新燃料製造グループでは、輸送用燃料の石油依存度低減に貢献するため、バイオ燃料の導入・普及により直接的に石油代替が期待できる新燃料製造技術の研究開発を行っている。バイオディーゼル燃料高品質化技術では、酸化安定性に優れた高純度バイオディーゼル燃料を製造する触媒技術を開発すると共に、固体バイオマス等を原料とした急速熱分解を経由する高品質新燃料製造のための触媒技術の研究を行っている。更に、バイオマスガス化技術では、原料多様化およびガス化炉の安全運転とコスト向上に資するガス化特性の解明と副生タールの詳細分析手法の開発を実施している。また、自動車のエンジンシステムにおける課題解決に向けたディーゼルエンジンの低燃費化に資する EGR システムのデポジット生成抑制技術開発に、分析技術を通して寄与した。これらの研究に加え、国際共同研究を通して、我が国とアジア諸国などの諸外国の研究人材・技術者の育成にも貢献している。

研究テーマ：テーマ題目4

水素材料グループ

(Hydrogen Industrial Use and Storage Group)

研究グループ長：飯島 高志

(つくば中央第5、つくば西)

概要：

様々な材料に与える水素の影響を明らかにすることを目的として、水素ガス環境下での材料評価技術の確立と、それを利用した水素材料の研究・開発を行い、燃料電池自動車や水素ステーションなどの水素利用機器の普及と低コスト化を促進し、経済性と信頼性を両立させた水素エネルギー社会の実現を目指す。そのため、以下の課題に取り組む。1. 破壊力学に基づいた高圧水素ガス中での水素脆性評価方法を確立させ、低合金鋼などの材料試験データを取得することで、水素ステーション用材料としての使用の可能性を見極める。

2. 室温以下での高圧水素ガス中材料試験技術を開発し、燃料電池自動車用材料の水素適合性試験法を明らかにすることで、国連基準 (GTR) への展開に貢献する。3. 材料と水素との関係を幅広い見地から捉え直し、水素の吸着・解離、材料中への水素の拡散、材料中での水素の分布と存在状態など、材料中に水素が侵入してから材料物性に影響を与えるまでの各過程を把握し、その全体像を理解することで、新たな水素材料開発のための指針を明らかにする。

研究テーマ：テーマ題目6

エネルギー変換材料グループ

(Energy Conversion Materials Group)

研究グループ長：吉澤 徳子

(つくば西)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目7

[テーマ題目1] メタンハイドレート資源開発の促進のためのアライアンス事業

[研究代表者] 天満 則夫 (メタンハイドレートプロジェクトユニット)

[研究担当者] 皆川 秀紀、長尾 二郎、神 裕介、木田 真人、今野 義浩、木村 匠、山本 佳孝、室町 実大、清水 努、村岡 道弘、米田 純、片桐 淳、野田 翔兵、覺本 真代、森田 洋充 (常勤職員16名、他32名)

[研究内容]

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

資源開発の促進のための生産増進法の最適化検討として、減圧法と休止期間を繰り返し適用し温度回復をさせて、回収率の向上を図るサイクリック減圧法を提案し、フィールドスケールシミュレーションを通して生産増進効果を検証した結果、適切な休止期間を設定することで、在来型天然ガス並の回収率が得られることを明らかにした。また、海洋産出試験地などの圧力コア解析を継続して行い、生産ガス量に影響するハイドレート結晶のガス包蔵性、包接ガス成分・組成、天然ガスの成因、力学特性などを明らかにした。さらに、減圧分解時のメタンハイドレート胚胎層の熱物性評価として、4成分系模擬コア試料の熱伝導率測定を実施し、生産時熱伝導モデルの信頼性を検証した結果、分散モデルによる推算結果が実測値と最も良く一致することを明らかにした。長期安定生産のためには、生産井内におけるハイドレートの再生成による坑内流動障害を解析する必要がある。このため、ハイドレートスラリーの流動特性を解析する装置を用いて、圧力・温度条件、流速と再生成挙動、付着・凝集挙動に関するデータ取得を行った。

貯留層特性の評価では、メタンハイドレートが胚胎する砂層を模擬した試料を用いて、大変位せん断試験を行い、高い有効垂直応力の下では、せん断変位の増加によって粒子が破碎され、細粒粒子が増加したことが明らかになった。孔隙率の急激な減少は、粒子径の減少と圧縮を受けたせん断層の形成と発達によるものと推察された。

生産増進法の一つとして検討している通電加熱法に関しては、メタンハイドレート堆積物(東北7号珪砂堆積物)を対象としてコア温度3℃および10℃における実験を行った結果、生産井周辺の温度が低いか、周辺地層の熱伝導率が小さい場合に通電加熱の効果が顕著になることを明らかにした。

生産時の海底地盤の変形および坑井の健全性評価の解析精度向上のため、メタンハイドレート層の力学パラメータを実験的に継続して取得した。圧力を保持した状態で力学試験が可能な可視化型の三軸試験装置を用いて、天然コアの圧力を減ずることなく力学試験を行い、泥層などに関する力学パラメータの取得を行った。また、弾塑性挙動解析用の降伏基準に関するモデルの改良を行い、地層変形シミュレータの精度向上を図った。また、坑井にかかる応力を評価するために、室内実験で得られた接触面パラメータを用いて数値解析を行いケーシングの段数やセメンチングの影響範囲を減らした場合でも坑井への応力の影響が少ないことを明らかにするとともに、海

洋産出試験における出砂現象の検証として豊浦標準砂を用いた模擬土層を用いて出砂試験を行い、豊浦砂の粒径に対してはスクリーンの健全性が確認された。今後は実機スクリーンを用いるなど現場試験条件を考慮した検討を行うこととした。

また、機能活用技術の開発として、TBAB系準包接ガスハイドレートで大きな分解熱量を有する構造を明らかにしたり、メタンハイドレート成因解明のための実験的アプローチとして、高圧培養実験システムを開発し、産総研内の他ユニットと連携して、高圧条件下でのメタン生成菌のメタン生成能力の評価等も実施した。

さらに、アライアンス事業として、企業、大学が参加する生産手法開発グループを運営し、それぞれ3回の意見交換会および進捗状況検討会を開催したり、アライアンス事業の一部として、工業化に関心の高い企業と大学を結集した「ガスハイドレート産業創出イノベーション」を運営し、総会のほか、講演会を開催し、産総研成果の発信、調査情報の共有等を行い、連携を促進した。また、大学研修生受入れ、企業への技術移転等の人材育成を行ったほか、実験教室や依頼講演等を通じ、国民との対話を推進したり、他機関と連携して地方でシンポジウムの企画・開催やメタンハイドレート研究に関する講演会を開催したほか、国内のメタンハイドレート関連研究者が一同に会した第7回メタンハイドレート総合シンポジウムを開催した。

【領域名】 エネルギー・環境

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

【テーマ題目2】 褐炭から低温触媒ガス化による水素・合成ガス製造技術開発

【研究代表者】 鷹觜 利公 (未利用炭素資源グループ)

【研究担当者】 鷹觜 利公、Atul Sharma、松村 明光、川島 裕之、森本 正人、崎元 尚土、Qingxin Zheng (常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

高い水分量と自然発火性の問題から、これまで輸送が困難であった褐炭、亜瀝青炭等の低品位炭を高効率でクリーンに利用する技術開発のため、触媒を用いた低温ガス化に関する研究開発を行なっている。これまでの研究成果において、水蒸気をガス化剤とする触媒ガス化では、600～700℃という低温において、選択的に水素と二酸化炭素が生成するため、水素製造と二酸化炭素固定化技術への応用が期待されている。また、ガス化剤として、新たに水蒸気＋二酸化炭素の混合ガスを用いることによ

り、生成ガスとして水素と一酸化炭素の合成ガスが得られ、水蒸気と二酸化炭素の比率を変えることにより、合成ガス比を制御して一段階で合成ガスを製造することができることを見出している。この技術開発により、未利用資源である低品位炭を原料として、合成ガスからクリーンな燃料、化学原料であるメタノール、ジメチルエーテル（DME）、メタン等の最終製品の製造が高効率で可能になる。そこでこの新規の合成ガス製造技術を商業化プロセスへ展開するため、連続式触媒ガス化装置を用いた実証試験を行っている。

平成27年度は、当該技術の商業化プロセスを想定したロータリーキルン型の触媒ガス化装置の設計を行った。第1段階として、この装置の技術課題となる試料供給部、灰分回収部、およびタール分解炉のそれぞれの設計を完了した。その後、試料供給量、滞在時間、灰発生量、タール回収量の試算から、各部位における最適設計を行い、最終的にロータリーキルン型の新規触媒ガス化装置の設計図が完成した。

この低温触媒ガス化プロセスは、従来のガス化プロセスに比べ、10ポイント以上極めて高い効率で合成ガスが製造できるため、CO₂ 排出量の大幅な削減が可能である。将来のビジネスモデルとして、褐炭を多量に有する豪州やインドネシアで、このプロセスを利用してクリーンな燃料、化学原料の製造が可能となることから、現地でのエネルギー安定供給と大幅な CO₂ 排出量の削減に貢献できる。また、最終製品が輸送可能な燃料、化学原料であるため、これらを産炭国から輸入することにより、我が国の安全で安定なエネルギー供給に貢献する。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 褐炭、バイオマス、固体残渣、低温ガス化、触媒ガス化、合成ガス製造、水素製造

【テーマ題目3】 熱化学転換・触媒改質技術の最適化による未利用炭素資源の高品質化

【研究代表者】 松岡 浩一（炭素資源転換プロセスグループ）

【研究担当者】 松岡 浩一、鈴木 善三、張 戦国、松田 聡、倉本 浩司、稲葉 仁、劉 彦勇、細貝 聡（常勤職員8名、他11名）

【研究内容】

今後数十年も、石炭や天然ガスが1次エネルギーの大宗であることは確実であり、資源量の制約から現在未利用の褐炭、シェールガス等の利用拡大が見込まれる。これらの未利用資源の転換利用としては、発電、化学原料製造などが想定されるが、いずれにしても CO₂ 排出抑制の観点から高効率化が極めて重要となる。したがって、化石資源を利用しつつも、CO₂ 排出を可能な限り抑制する高効率転換プロセスの開発が急務である。

石炭の高効率利用プロセスとしては、ガス化技術が挙げられ、その高効率化にはガス化温度の低温化が重要となるが、反応温度が低い場合、石炭を完全にガスへ転換することは容易ではなく、一部が多環芳香族のタールとして排出されてしまい、これをガスへ転換させることが必須となる。これまでは、タールを燃焼する、あるいは高価な触媒を利用するなどの対策が検討されてきたが、効率低下やコスト増加をまねいてしまう。そこで、独自に循環流動層ガス化装置を構築し、石炭ガス化の残渣であるチャー（活性炭とほぼ同様の構造）を、石炭タールと種々の方式で循環流動層反応器内にて接触させることで、タールをチャーに吸着、改質させ、排出低減が可能であることを見出した。一方、石炭の究極の高効率利用として、石炭ガス化複合発電（IGCC）に固体酸化物形燃料電池（SOFC）を複合化した石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）が計画されている。この実現には、石炭ガス化ガスを用いた SOFC 発電における燃料ガス中微量成分の挙動や燃料極材料への被毒機構を解明する必要があり、本テーマでは超低濃度の H₂S および HCl を含んだ燃料ガスを用いて、1000時間程度の発電試験を実施し、電極性能への影響の有無や大小を評価した。また、シェールガスの有効利用方法として、メタンを化学原料であるベンゼンへ転換する技術開発も推進している。ここでは、流動層触媒を媒体粒子とする二塔式（反応塔と触媒再生塔から成る）循環流動層反応装置を独自に開発し、これを用いて3日以上連続試験を行い、高効率でベンゼンを安定して製造可能であることを検証した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 石炭、ガス化、燃料電池、流動層、メタン

【テーマ題目4】 新燃料製造技術の開発

【研究代表者】 鳥羽 誠（新燃料製造グループ）

【研究担当者】 鳥羽 誠、中西 正和、村上 高広、安田 肇、望月 剛久、陳 仕元、葭村 雄二、小木 知子、福田 芳雄、阿部 容子、菊田 由美子、浅井 稔（常勤職員6名、他6名）

【研究内容】

バイオ系新燃料の製造・高品質化技術のキーテクノロジーである触媒技術および熱化学変換技術の基盤構築と実証化に向けた研究を通して、地球環境に優しい輸送用燃料の社会への提供・普及に貢献することを目的とする。

本年度は、開発した FAME 型バイオディーゼル中の易酸化成分である多不飽和脂肪酸メチルを、選択的に低温流動性が良好で、比較的酸化安定性の高いモノエン酸メチルエステルに水素化できる担持貴金属触媒による部分水素化技術の大規模工業化に向けた要素技術の開発に取り組んだ。大量生産用流通式反応装置での使用を想定したパイロットプラント使用触媒に代わる新たな触媒の

開発を行い、工業化想定条件において、高活性かつ活性安定性の高い触媒を開発した。

油糧作物や木質系バイオマスの急速熱分解技術開発では、ジャトロファ残渣を原料としてタイに設置した流動層型熱分解パイロットプラント（原料供給量20kg/h）の運転を行い、得られたバイオオイルを二段プロセス（軽度および深度水素化脱酸素反応）により処理することで、セタン価の高い炭化水素油が得られることを実証した。

固体バイオマスのガス化技術においては、バイオマスを効果的にガス化するための前処理方法を開発するとともに、バイオマスおよび改質処理したバイオマスの基礎熱特性を明らかにするとともに、バイオマスのガス化および熱分解において副生するタールの組成分析技術の開発を行った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 輸送用燃料、バイオ系新燃料、高品質化触媒、バイオディーゼル、ガス化技術、急速熱分解、バイオオイル、ジェット燃料、固形燃料、燃料品質確保

【テーマ題目5】 エネルギー・環境のための物質変換反応の研究

【研究代表者】 土屋 健太郎（燃焼評価グループ）

【研究担当者】 浮須 祐二

【研究内容】

これまで PCB やダイオキシンに代表される有機塩素化合物を低温で分解し無害化処理する研究を行ってきた。平成27年度は、これらの研究において新規に開発したアルコールを水素源として利用する脱ハロゲン触媒系を臭素系難燃剤のヘキサブロモシクロドデカン（HBCB）に適用した。HBCB は残留性有機汚染物質（POPs：Persistent Organic Pollutants）として POPs 条約において製造・使用の制限や廃棄時の適正処理が定められている物質の1つである。HBCB を水酸化ナトリウムとメタノールを含んだ2-プロパノール溶液に溶かし、新規に開発した Pd/SiO₂ 触媒を加え、35℃において2時間保温した。反応物（HBCB）および生成物はガスクロマトグラフ質量分析計を用いて、臭化物イオンはイオンクロマトグラフを用いて分析した。脱臭素反応の生成物としてはシクロドデカトリエンおよびシクロドデカジエンが認められ、それらの収率は合計で90%を越えた。臭化物イオンの収率も90%を上回った。これらの実験結果から、用いた脱ハロゲン触媒系は、HBCB からの脱臭素による無害化に有効であるといえる。また、生成物には反応物には存在しない炭素-炭素二重結合があり、本系においては脱 HBr 反応および水素化脱臭素反応が進んでいることを示唆するものである。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ヘキサブロモシクロドデカン、脱ハロゲ

ン反応、2-プロパノール、パラジウム触媒、1-フェニルエタノール

【テーマ題目6】 金属材料中の水素挙動に関する研究

【研究代表者】 飯島 高志（水素材料グループ）

【研究担当者】 安 白、榎 浩利、孫 正明、榎 浩司、浅野 耕太、Kim Hyunjeong、齊田 愛子、中村 優美子（常勤職員9名）

【研究内容】

高圧水素ガス用の耐水素脆化構造材料や、理想的な水素吸蔵特性を有する貯蔵合金など、燃料電池自動車や水素ステーションなどの水素利用機器への応用が期待できる、低コスト高性能水素材料の開発には、材料中の水素の挙動を正確に把握する必要がある。しかし、影響因子が多く複雑で、様々な解析手法を駆使する必要から、未だ十分に明らかにされていない。そこで本研究では、昇温脱離水素分析法（TDS）、陽電子消滅法、二体分布関数法（PDF）、固体核磁気共鳴法（NMR）、高圧水素中 X 線回折法（XRD）、走査型プローブ顕微鏡（SPM）、および高圧ガス中材料試験装置など、マクロからナノスケールの解析技術を複合的に組み合わせ、金属材料中の水素の分布と存在状態、空孔・転位等の欠陥挙動への影響とその結果としての材料特性を把握し、材料中の水素の状態、挙動を総合的に解明することで、新規水素材料開発のための指針を明らかにする。

平成27年度は、水素を拡散させた薄膜および粉末材料について二体分布関数法を用いた解析を試み、薄膜中での水素の状態および水素による粉末への影響の把握が可能であることを見出した。また、走査型プローブ顕微鏡に不活性ガス雰囲気中での表面ポテンシャル測定機能を付与することで、金属の表面ポテンシャルに与える水素の影響の可視化が可能であることを見出した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 水素社会、水素材料、水素脆化、水素吸蔵

【テーマ題目7】 車載用エネルギー回生用キャパシタに関する研究

【研究代表者】 曾根田 靖（エネルギー変換材料グループ）

【研究担当者】 曾根田 靖、吉澤 徳子、加登 裕也、児玉 昌也、井元 清明、山本 恭世、高橋 平（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

CO₂排出量削減の観点から、自動車の燃費向上に向けた規制強化が国内外で進んでおり、幅広い動力タイプの自動車に対応可能な技術として、減速エネルギー回生システムの積極的導入が自動車業界で進められ、短時間での充放電挙動に優れるキャパシタが蓄電デバイスとして

期待されている。本研究では車載用エネルギー回生用キャパシタに対し、今後の業界の性能要求に応えるための電極開発を目的として、高パワー密度での利用に適した多孔質炭素の開発に取り組んだ。キャパシタの高パワー密度化においては、電極に用いられる多孔質炭素の細孔構造のチューニングが鍵となっている。当グループで検討を続けてきた MgO 铸型メソポーラスカーボン (MgO-MPC) について、原料であるクエン酸マグネシウムを焼成する際の昇温速度が細孔構造に与える影響を検討し、幅広い領域で制御可能であることを明らかにした。最適化した焼成条件においては、単位体積当たりの比容量がキャパシタデバイスに用いられている活性炭相当となり、さらに活性炭が保有しないメソ孔を多く含んだメソポーラスカーボンが調製できる事を示した。このような MgO-MPC は、発達したメソ孔によって電解液中の電解質の移動について通常の活性炭より優位となり、高レートでの充放電 (高パワー密度) に適した細孔構造であることを明らかにした。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 電力貯蔵、電気化学キャパシタ、メソポーラスカーボン、パワー密度、高速充放電特性

③【電池技術研究部門】

(Research Institute of Electrochemical Energy)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：谷本 一美

副研究部門長：栗山 信宏、安田 和明

首席研究員：香山 正憲

総括研究主幹：小林 弘典

所在地：関西センター

人 員：49名 (49名)

経 費：960,592千円 (335,058千円)

概 要：

東日本大震災とそれに続く原子力発電所の事故後、原子力代替として天然ガスのエネルギー源に占める割合が増え、化石燃料比率が増加しています。米国でのシェールガスの市場化の拡大や中東産油国間内の対立、ロシアを始めとする非 OPEC 国の中央アジア産油国のシェア拡大など石油供給の不確かな多くの要因がその供給量の調整を困難としています。さらに、需要側からみれば新興国の旺盛な経済発展が展開してきましたが、ここにきて減速が感じられ、それらの国々の経済成長への失速懸念も持たれています。また、先進国では、経済の停滞で低成長状態となりこれに対して従来とは異なる思い切った経済対策が行われてはいますが予想される経済の回復が必ずしも見えていない状況

もあります。そのため世界的にエネルギーの供需給とその価格の予見が困難な中で、地球温暖化の原因となる二酸化炭素排出量が世界規模で増加し、その削減に向けて各国とも難しい対応も迫られています。このような中でわが国では、再生可能エネルギーの導入促進のための固定価格買取制度で太陽光発電システムの加速的に普及も見られてはいますが、電力ネットワークへの影響とも係り、その適切な制度設計や送電制御技術への課題対応も必要となっています。わが国の環境調和型社会の構築と経済発展の両立を持続可能という条件も加えて、国際的な産業競争力の強化を目指しグリーン・イノベーション推進を図ることが重要と考えています。

以上のような社会背景とグリーン・イノベーション推進の重要性の認識に基づき、産総研では平成27年度から5年間で第四期長中期目標期間として、研究開発目標を定め、組織体制を再構成しました。グリーン・イノベーション推進に関しては、エネルギー・環境領域が主導的に推進する組織として、創エネ、蓄エネ、省エネのエネルギー開発を担っています。エネルギー環境領域の中で電池技術研究部門は、エネルギーを高密度に貯蔵する技術としての蓄エネルギー技術の中で、二次電池、燃料電池など材料開発、デバイス化技術及びそれらを支える材料基礎研究を進め、産業界への技術の橋渡しと共にそのベースとなる革新的なシーズ創出を進めています。

- ・エネルギーを高密度で貯蔵する技術開発
- ・化学エネルギー貯蔵技術
- ・国際競争力のある電池技術

具体的には、家電や自動車などエネルギー需要者側における省エネルギーと環境保全を目指し、蓄電池、燃料電池などの新しい小型・移動型電源技術の研究開発を行い、材料基礎からシステム化まで通した研究に取り組んでいます。その中の研究開発では構成要素である電極材料、電解質材料、触媒、エネルギー貯蔵材料などの材料開発を重視するとともに、材料開発の基礎となる材料科学や材料開発方法論等を部門のコア・コンピタンスと位置付けています。さらに、社会、特に産業界を「顧客」として位置付け、未来産業の創出は未来社会に貢献する新産業技術シーズの提案やハイリスク技術の実証などの「先導的産業技術の提案」および、国際標準や評価技術、寿命予測技術などの国際競争力のバックアップとなる「産業基盤技術の提供」を進めることを方針として考えてきました。そしてこれらの研究開発をバランスよくマネジメントすることで産業界への橋渡し研究とその革新的シーズの基となる目的基礎研究を並行して進めて、社会・産業界の発展に貢献したいと考えています。

関西地域は、製造業生産高が関東の約半分であり、

家電、繊維、医薬品などの産業が関西からの移転で、わが国の経済規模の占める割合が十数%程度と従来に比べて低くなっています。しかしながら、関西地域は情報家電・電機、住宅等を支える素材産業やものづくり産業が高いポテンシャルを持っています。また、京大、阪大、神戸大の外に大阪府大、同志社大、立命館大、関西大等のレベルの高いアカデミアでの当該分野の集積は、関西地域の特徴であり、産総研における電池技術の産学官連携の戦略拠点として、関西地域での活動が重要といえます。このような特徴ある研究開発の集積の基に、近畿経済局、大阪科学技術センターなどの公的なコーディネータ機関とのネットワークを活用して、当研究部門ではナショナル・プロジェクトや研究コンソーシアム等を通じた研究連携拠点としての役割を果たします。特に蓄電池などの蓄エネルギー技術分野では、技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター（LIBTEC）との連携、電気安全環境研究所とは、定置用蓄電池の安全性評価手法、日本自動車研究所とは電気自動車搭載の蓄電池の劣化状態把握などの研究を進めることで、蓄電池の開発拠点の強化を図り、関西地域の産業競争力の向上に貢献するとともに、わが国の産業競争力強化に貢献する役割も担っています。

内部資金：

「硫化物電池への適用に向けた新規材料開発」

「宇宙機用高エネルギー密度電池の開発」

外部資金：

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業／普及拡大化基盤技術開発／先進低白金化技術開発」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発 研究開発題目③「車載用リチウムイオン電池の試験評価法の開発」」

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

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ALCA）
「イオン液体中でのリチウム dendrite 成長の抑制と保護層への適用」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ALCA）

「通電焼結法を用いた酸化物バルク型全固体電池の創成」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ALCA）

「①電極シートを主軸とした全固体電池の構築プロセスの設計」

「②全固体電池用電極シートの作製プロセス開発と高性能化」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ALCA）

「ゼロソルベントによる新規電解質の開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ALCA）

「Si 系負極および S 系正極の両電極に適合する電解液の探索、選定」

国立大学法人京都大学

「京都大学構造材料元素戦略研究拠点」 構造材料の粒界・欠陥の基礎物性の第一原理計算」

国立大学法人東京大学

1) 重点課題「金属系構造材料の高性能化のためのマルチスケール組織設計・評価手法の開発」の研究推進 2) 第5部会マルチスケール材料科学の研究活動推進

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究（C）

「プラズモン増強効果を示す量子ドット分散微小球のゾルゲル法を駆使した作製と評価」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究（B）

「メカノケミカル法によるナトリウム含有金属硫化物の新結晶相創製」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究（B）

「リチウム資源問題を解決する常温作動型ナトリウム二次電池の開発」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究（B）

「レドックスフロー電池を応用した間接型燃料電池」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 特別研究員奨励費

「階層型多孔質炭素材料による高効率エネルギー貯蔵の研究」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C)
「極強加工と水素誘起分解再結合を利用した高機能積層型水素吸蔵合金の開発」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (B)
「金微粒子触媒における電気伝導特性と触媒反応機構の研究」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B)
「原子レベル構造解析に基づいたリチウムイオン電池電極材料の表面・界面理論の構築」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (B)
「高機能性ポーラス炭素の創成とエネルギー貯蔵への応用に関する研究」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 特別研究員奨励費
「高性能ホウ素-窒素系水素貯蔵材料の研究」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B)
「低融点アルカリ金属溶融塩のリチウム二次電池用電解液特性の解明」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C)
「電子受容性単層カーボンナノチューブの有機系太陽電池への応用と最適化」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (B)
「分子／界面の構造機能解析に立脚した新規錯体系電極触媒の開発」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (A)
「放射線によるナノ粒子材料創成のその場観察と機能材料の実用化」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (A)
「放射線によるナノ粒子材料創成のその場観察と機能材料の実用化」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C)

「Zr系パイロクロア組成化合物の酸素空孔の規則-不規則配列と酸化物イオン伝導」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C)
「Zr系パイロクロア組成化合物の酸素空孔の規則-不規則配列と酸化物イオン伝導」

発表：誌上発表67件、口頭発表117件、その他17件

ナノ材料科学研究グループ
(Materials Science Research Group)

研究グループ長：香山 正憲

(関西センター)

概要：

蓄エネルギーデバイス開発の鍵を握るのは、ナノ界面機能材料（燃料電池や蓄電デバイスの電極や電解質、触媒等々）など優れた機能材料の開発である。特に金属／無機などのナノヘテロ界面は優れた機能が期待される。電子顕微鏡や表面科学手法による実験観察と第一原理計算との連携は、こうした材料機能の基礎的解明や設計に極めて有効であり、また、基礎解析を積極的に新規材料開発に生かす取り組みが求められている。当グループは、電子顕微鏡技術、表面科学や第一原理計算など、ナノ・ミクロの構造解析技術を用いて、ナノ界面機能材料など様々な材料の原子・電子構造や機能のメカニズムを解明し、ナノ材料科学のフロンティアを切り拓く。蓄エネルギーデバイスの新規材料開発や機能・劣化メカニズムの解明など、材料開発との連携を深め、材料基礎解析からの具体的な貢献を行う。ナノ・ミクロ解析技術とコンビケム技術の連携・融合により、基礎解析を材料開発に積極的に活かして効率的に新材料を開発する新しい方法論-マテリアルミックス-の基盤技術の確立を図る。以上により、当ユニットの目的基礎研究の一翼を担い、ユニットのコア技術の醸成を図る。

イオニクス材料研究グループ
(Ionics Research group)

研究グループ長：蔭山 博之

(関西センター)

概要：

リチウム二次電池用をはじめ、高エネルギー容量および長期でのサイクル特性に優れる二次電池用材料の開発を進めるとともに、高効率でクリーンな燃料電池を目標として、新たなアニオン膜電解質材料の固体高分子形燃料電池への適用可能性の評価を進めている。また、二次電池用の新規材料について、その機能発現や状態・形態変化を調べる計測分析法の開発も進めて

いる。リチウム二次電池に関しては、電気自動車用途の二次電池製造を行う電池メーカーが、当所が NEDO プロジェクトにて産学官連携で開発を進めてきた鉄-マンガン系酸化物正極材料を用いて、NEDO 実用化助成事業において研究開発を実施している。当研究グループは、この助成事業にも再委託先として参画し、実用化に向けた更なる高機能化に繋がる材料設計指針を提供するため、電池容量やサイクル特性の劣化などの電池特性と電池材料の状態・形態の変化との関連性に関する研究を行っている。一方、固体高分子形燃料電池に関しては、技術研究組合 FC-Cubic へ参画し、電池特性に密接に係る電極触媒と高分子電解質（アイオノマー）界面での状態と物質移動特性の関係などについての研究を進めている。

エネルギー材料研究グループ

(Research Group of Functional Materials of Energy)

研究グループ長：齋藤 唯理亜

(関西センター)

概要：

本研究グループでは、公的資金プロジェクトや企業の資金提供型共同研究のなかで、電池材料やデバイスに関する基礎から応用に至る研究開発を実施している。リチウム電池・新型電池やキャパシタの新規電極・電解質材料の開発と電解質やセパレータ等の物性評価、電池デバイスの性能評価を行っており、具体的な成果は次のとおりである。

1) イオン液体の対アニオンとして非対称アミドアニオン (FTA) からなるアルカリ金属塩 (MFTA, M=Li,Na,K,Rb,Cs) を合成、熱物性の検討からナトリウムを除く他のすべての金属塩の100℃近傍の低融点を見出す、これらの熔融塩中におけるアルカリ金属の電気化学的析出/再溶解性から、リチウム以外の金属負極への可能性を発見、2) 次世代二次電池電解液であるゼロソルベント (イオン液体、アルカリ金属中低温熔融塩、有機イオン性プラスチッククリスタル) として世界に先駆け非対称アミドアニオン (fTfN⁻) や新規メサイドアニオン (f3C⁻) からなるイオン液体を開発、前者は広い温度領域で安定なリチウム中低温熔融塩として種々の電極構成で電池作動することを検証、後者はリチウム金属上で長期間安定した界面が構築されることを実証、これらによりゼロソルベント電解質のアニオンとして FSO₂-基の必需性を明確化、3) 水素貯蔵材料として有望なギ酸から温和な条件下で高効率に水素を発生できる金属ナノ粒子触媒を開発、4) 配位高分子を原料とする、棒状・リボン状に形状制御されたカーボンナノロッド、グラフェンナノリボンの新規合成法を開発、後者についてキャパシター電極材としての高性能を確認、5) 磁場勾配 NMR を用いた拡散係数測定を通して、セパレータ膜と膜内の電

解液中イオンとの相互作用力を求める技術を確認、膜の化学組成や形態構造とイオン易動度との関係を定量的に解明、セパレータ構造設計指針を提示。6) 液体クロマトグラフィー-質量分析法により、異なる材料種や負荷条件下で充放電を行ったリチウム電池の電解液の反応生成物質を分析同定、材料の化学組成や充放電条件と反応生成物質との相関性や反応生成機構を解明。

新エネルギー媒体研究グループ

(New Energy Carrier Research Group)

研究グループ長：竹市 信彦

(関西センター)

概要：

携帯電話から電気自動車に至るまで、二次電池などに対する要求は、エネルギー密度や安全性、高寿命、低コスト、資源・環境に対する配慮など、あらゆる面において今後も増加する傾向にある。当グループでは、現行の電池では実用化されていないものの、上記の電池に対する要求に応える鍵となるべき材料・物質の探索・開発を行っている。例えば、現行のリチウムイオン電池に多用されているコバルトなどの希少遷移金属を含む無機材料を、有機物に置き換えることができれば、省資源や低コスト化に繋がり得る。また、リチウムも資源の偏在などの問題があり、ナトリウムで代替できれば資源量の制約からは逃れられる。二価のイオンであるマグネシウム等を上手く利用できれば電池の高エネルギー密度化が図れるかも知れない。とも考えている。以上のように、既存の電池材料に代わる新しい材料系の可能性を追究している。

今年度の研究課題としては以下を推進した。(1) リチウムに代えてナトリウムやマグネシウムなどを用いた電気化学デバイスの開発、(2) レアメタルなど希少資源を用いない有機物による二次電池の開発、(3) 新しい電気化学デバイス構築にむけた材料物性評価の研究

蓄電デバイス研究グループ

(Advanced Electrochemical Device Research Group)

研究グループ長：小林 弘典

(関西センター)

概要：

電動クリーンエネルギー自動車の利便性向上によるさらなる普及のため、また、高効率でのエネルギーマネージメントが可能となるスマートシティ/スマートコミュニティ実現のためには、十分な信頼性・安全性を兼ね備えた高エネルギー密度の蓄電池が必須であることから、当研究グループでは、「(1) 次世代型二次電池のデバイス化に向けた技術開発」、「(2) 高性能電極活物質材料の研究開発」並びに「(3) 国際標準

化に向けた技術開発」に取り組んでいる。(1)に関しては、新型蓄電デバイスである硫化物電池や無機全固体電池の研究開発に注力してきており、硫化物電池では数 Ah 級のラミネート積層モデルセルを作製することに、また、無機全固体電池では酸化物固体電解質系で低融点固体電解質を用いることで電池作動温度を 80℃まで下げることに成功してきている。(2)に関しては、金属多硫化物系正極活物質の充放電に伴う反応メカニズムを解明することにより性能向上のための指針が得られた。(3)に関しては、車載用 LIB の残存性能評価手法高度化に資するべく試験データ蓄積を進めるとともに、次世代 LIB の劣化メカニズム解明のための取り組みを開始することで、将来の国際標準化を見据えた技術開発を実施してきた。

次世代蓄電池研究グループ

(Advanced Battery Research Group)

研究グループ長：鹿野 昌弘

(関西センター)

概要：

ハイブリッド自動車や電気自動車等の電動車両の動力源、出力変動の大きな再生可能エネルギーの安定化電源など様々な用途で、蓄電池への期待が高まっている中で、次世代蓄電池の開発が重要になっている。当研究グループでは、「信頼性・安全性の向上」「高エネルギー密度」「高出力密度」「低コスト」など様々な課題に応えた次世代蓄電池を実現するため、金属・合金系負極、高電位酸化物系正極、多電子反応電極などの高エネルギー密度材料の開発に加え、電極と電解質界面の制御技術に関する研究を進めてきた。金属系負極については、負極表面での金属の析出過程を直接観測することで電解液の特性と析出物の形態について相関を見出してきた。高電位酸化物系正極については、材料表面にナノスケールの酸化物皮膜を構築することで界面が安定化し、サイクル特性が向上することを見出している。さらに、層状化合物の組成と構造制御により高エネルギー密度を有する正極材料も見出している。

電池システム研究グループ

(Battery System Research Group)

研究グループ長：栗山 信宏

(関西センター)

概要：

本研究グループでは、企業との資金提供型共同研究と公的資金プロジェクト研究を主体として、電池材料やデバイスに関する基礎から応用に至る研究開発を実施している。リチウム電池や新型電池の新規電極・電解質材料などの開発とその物性評価、電池デバイスでの性能実証と安全性評価を行っており、具体的な成果は次のとおりである。1) 試作した高機能セパレータ

を用いて性能および安全性の評価を行い、実用化に向けて最適化。2) 開発した水系バインダーとイオウ系正極を用いて電極を試作し、性能実証。この中でシリコン系負極と組み合わせて1Ah クラス超の電池を試作し性能実証を実施。

また、燃料電池・水素・蓄電技術の円滑な社会への普及を目指して、それら各技術に関わる材料及び応用システムの標準化・規制整備・安全性確保に資する基礎データの取得を推進している。燃料電池技術に関しては、日本電機工業会と連携し、マイクロ燃料電池等の標準開発に関与した。水素を活用した脱硝技術の研究開発と水素製造用改質反応触媒の研究開発を行った。蓄電池技術に関しては、つくばイノベーションアリーナ推進室と連携し、蓄電池基盤プラットフォームとして電池材料及び電池構造評価に資する研究基盤を整備し、運営に参画している。

次世代燃料電池研究グループ

(Advanced Fuel Cell Research Group)

研究グループ長：五百蔵 勉

(関西センター)

概要：

次世代の燃料電池に資する新技術やその派生技術に関する基礎技術研究を進めるとともに、新たなコンセプトの萌芽的研究テーマに取り組んでいる。(1)高い耐酸化性を有する酸素欠損型チタン酸化物を担体に用いたカソード触媒に関して、白金及びイリジウムを担持することで、固体高分子形燃料電池・水電解可逆セル触媒を構成し、従来の無担持触媒に比べ高い質量活性を有することを明らかにした。(2)一酸化炭素酸化活性の高い新規な有機錯体系アノード触媒の開発については、Rh ポルフィリン系触媒の CO 酸化能について解析を進め、その大部分が本質的な触媒活性ではなく錯体/電極界面の影響によることがわかった。(3)亜鉛-空気電池の可逆空気極触媒としてペロブスカイト型酸化物とアンチモンドープスズ酸化物担体複合電極の組成等の最適化を行い、従来のカーボン系担体を大幅に上回るサイクル特性を実現した。

その他、ダイレクトヒドラジン燃料電池触媒の開発、非白金錯体系酸素触媒材料の開発、多孔質電極の電気化学インピーダンス解析技術の開発に関する研究等を行った。

④【省エネルギー研究部門】

(Research Institute for Energy Conservation)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：宗像 鉄雄

副研究部門長：竹村 文男

首席研究員：周 豪慎

総括研究主幹：丸山 茂夫、嘉藤 徹、堀田 照久

所在地：つくば東、つくば中央第2、つくば中央第5、つくば西

人員：46名（46名）

経費：871,949千円（322,678千円）

概要：

1. ミッションと目標

省エネルギー研究部門は、限りある地球のエネルギー資源の持続的有効利用と温室効果ガス排出量削減を目標に、省エネルギー技術、高効率エネルギー変換技術等の研究開発を通して持続発展可能な社会の実現、産業競争力の強化に資するグリーンイノベーションの実現を目指す。目的基礎から橋渡し研究まで精力的に取り組み、技術研究組合やコンソーシアム、各種共同研究等を通して企業への橋渡しを図る。

2. 主要研究項目と研究推進手段

「乾いた雑巾」に例えられるくらい日本の省エネは進み、省エネ大国とも言われているが、新規の材料、装置、システム等を組み合わせることで、更なる省エネが可能であると考え、特にエネルギー消費の伸びが著しい民生部門や運輸部門での燃料や熱の効率的な利用を中心に、熱エネルギー・電気エネルギー・化学エネルギーの省エネのための研究開発を幅広く実施する。

省エネルギー技術研究部門では、下記3つの研究開発課題を中心に、8研究グループ・2研究ラボの体制で、大学や民間企業との共同研究も含め進める。

(1) 燃料および燃焼の基盤技術開発

クリーンディーゼル車向け高効率エンジン燃焼のための基盤技術の研究開発を中心に、次世代エンジンシステムの実用化に資する研究、CO₂ 排出削減を目指し、福島再生可能エネルギー研究所と連携し、アンモニア混焼技術の実証実験や機能デバイスの開発を行う。内部連携組織である「次世代自動車エンジン研究ラボ」を立ち上げ、エネルギー・環境領域内の連携を図りつつ研究開発を推進する。

本研究項目を主に担当する研究グループはエンジン燃焼排気制御グループとターボマシングループである。

(2) 未利用熱を有効活用する技術開発

未利用熱を有効活用する熱電変換等による排熱利用技術および革新的な熱マネジメント技術の研究開発を中心に、工場や自動車からの排熱回収発電技術としての熱電材料の材料開発・モジュール化から評価技術までの開発、電力・水素の高効率変換・貯蔵・利用技術の開発、蓄熱・熱輸送などの要素技術と熱の需給のミスマッチを解消するトータルシステ

ム技術の開発、等を行う。

本研究項目を主に担当する研究グループは熱電変換グループ、熱流体システムグループと熱利用グループである。

(3) 革新的エネルギー技術の研究開発

一次エネルギーからの高効率電力変換技術の開発、電力・水素など二次エネルギー間の変換技術・貯蔵・利用技術の開発、および物理化学現象の解明を通じた高効率なエネルギー貯蔵・変換デバイスの開発、等を行う。

本研究項目を主に担当する研究グループはエネルギー変換・輸送システムグループ、エネルギー界面技術グループと燃料電池材料グループである。

また、上記(1)~(3)の他、東京大学とのクロスアポイントメント制度を活用した外部連携ラボ「エネルギーナノ工学研究ラボ」を設立し、ナノ材料合成技術と微細加工による表面創製技術等を融合し、革新的なエネルギーデバイスの技術領域を確立する等、新たな展開やブレイクスルーをもたらす革新的・萌芽的エネルギー技術の研究にも積極的に取り組み、若手人材の育成を行うとともに次世代プロジェクトの芽を育てる。

内部資金：

「ジメチルエーテル（DME）燃料品質分析法の精度解析」

「中性子散乱による鉄系超伝導体の研究」

外部資金：

経済産業省

エネルギー対策特別会計

エネルギー需給構造高度化対策費

エネルギー使用合理化設備導入促進対策調査等委託費

「平成27年度革新的エネルギー技術国際共同研究開発事業（過酷温度環境作動リチウムイオン二次電池の開発）」

革新的エネルギー技術国際共同研究開発事業

「低毒性・超高効率熱電変換デバイスの開発」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発／固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究」

「分散型エネルギー次世代電力網構築実証事業／研究開発項目②次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発」

「水素社会構築技術開発事業／水素エネルギーシステム技術開発／発電機能を有する水素製造装置を用いた水素製造・貯蔵・利用システムの研究開発」

「エネルギー・環境新技術先導プログラム／再生可能エネルギー大量導入時代の系統安定化対応先進ガスタービ

ン発電設備の研究開発」

「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発／熱電変換材料の技術シーズ発掘小規模研究開発／多接合型熱電変換素子の革新的高効率化に関する研究開発」

「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発／熱電変換材料の技術シーズ発掘小規模研究開発／フォノンと少数キャリアの輸送特性同時制御による熱電性能指数の飛躍的向上」

「エネルギー・環境新技術先導プログラム／革新的ナノスケール制御による高効率熱電変換システムの実現」

「能動流体制御技術を用いたバーチャルブレード構築による風力発電システムの飛躍的な始動性及び設備利用率向上に向けた研究開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構

戦略的創造研究推進事業（CREST）

「SOFC 高性能化のためのイオン電子流れ解析技術の開発」

「海洋生態系の酸性化応答評価のための微量連続炭酸系計測システムの開発」にかかる、性能評価・微量計測システム開発」

「自己組織化ナノ液晶高分子の精密構造評価と二次電池電解質への応用」

戦略的創造研究推進事業（先端的低炭素化技術開発）（ALCA）

「高温超伝導固定化巻線技術の研究開発」

「金属－空気電池における正極および電解質の開発」

国際科学技術共同研究推進事業（戦略的国際共同研究プログラム）（SICORP）

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

研究成果展開事業（戦略的イノベーション創出推進プログラム）（Sイノベ）

「次世代鉄道システムを創る超伝導技術イノベーション」戦略的イノベーション創出プログラム【SIP】「革新的燃焼技術」

「ディーゼル噴霧におけるノズル内部・近傍流動の先進光学計測」

「誘電体バリア放電を用いた予混合気の燃焼促進法の開発」

独立行政法人日本学術振興会

平成27年度科学研究費助成事業（科研費）

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

「ナノワイヤー熱電変換素子の高効率化と物性解明」（研究活動スタート支援）

「メソクリスタルナノワイヤーおよび単結晶ナノワイヤーの作製と高性能二次電池材料開発」（基盤研究（C））

「リング型プラズマアクチュエータを用いたタービン翼

列先端漏れ流れの能動制御」（基盤研究（B））

「液膜内流れの3次元4成分温度速度同時計測法開発による濃度温度差表面張力対流の解明」（基盤研究（B））

「高齢・単身世帯化する地域の移動需要変化とモビリティに関する研究」（基盤研究（C））

「自己組織化分子膜に配置した DNA 分子の放射線損傷の物理化学素過程の研究」（若手研究（B））

「全ての階層構造を制御した硫化物熱電材料とデバイスの開発」（特別研究員奨励費）

「全固体リチウム－空気電池の長寿命化に向けた空気極の開発」（若手研究（B））

「超高性能鉛カルコゲナイド系バルク体熱電材料の創製」（基盤研究（C））

「氷核不活性化による疎水性固体表面の創出」（基盤研究（B））

「ナノスケール制御によるナノワイヤー熱電変換素子の巨大ゼーベック効果発現と機構解明」（基盤研究（B））

環境省

「排出ガス後処理装置の性能低下メカニズムに関する原因究明並びに触媒活性評価試験業務」

発表：誌上発表145件、口頭発表292件、その他23件

熱流体システムグループ

（Thermofluid System Group）

研究グループ長：中納 暁洋

（つくば東）

概要：

持続発展可能な社会の実現、及び産業力強化に資するグリーンイノベーションの実現を目指し、省エネルギーに貢献できるエネルギーシステムの開発、及び要素技術の開発を進めている。具体的には革新的な定置型水素エネルギーシステムの開発、液体水素利用技術開発、低コスト・高効率水電解装置の開発、冷凍・空調に係る革新的要素技術開発、プラズマによる流体制御技術開発、及びプラズマ支援燃焼による革新的動力機器開発を進めている。これらの研究開発を核として公的外部資金による研究を遂行すると共に、民間企業との共同研究も積極的に展開し技術の橋渡しを行う。また、萌芽的な研究開発や人材育成プログラムを通して研究人材・技術者の育成に貢献している。

研究テーマ：テーマ題目1

熱利用グループ

（Thermal Energy Applications Group）

研究グループ長：平野 聡

（つくば東・西）

概要：

再生可能エネルギー、人工排熱等の未利用エネルギー

一の導入を促進し、高効率のエネルギー供給とエネルギー利用効率の向上を図った豊かで環境に優しい低炭素社会の実現を目指して、蓄熱・熱輸送等の要素技術や計測制御技術、およびそれらを活用した熱利用システム、熱マネジメント技術を研究開発し、社会・産業界への橋渡しに資することをグループの目標とする。

具体的なテーマとして、固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の高度熱利用技術に関する研究、未利用熱エネルギーの革新的活用技術の研究、熱流体計測・応用システムの研究を実施し、未利用熱の排出と熱の需要の時間的、空間的な不一致を解消するための熱機器および熱管理技術を開発する。

研究テーマ：テーマ題目2

熱電変換グループ

(Thermoelectric Energy Conversion Group)

研究グループ長：山本 淳

(つくば中央第2)

概要：

熱電変換は特殊な半導体や金属（熱電材料）を用いて熱エネルギーと電気エネルギーを直接変換する技術である。熱電材料に温度差を与えると起電力が発生する効果（ゼーベック効果）を用いた温度差発電応用や、逆に熱電材料に電流を流すことで生じる吸熱効果（ペルチェ効果）を用いた冷却技術・熱マネジメント技術応用が期待されている。

熱電変換においてエネルギー変換効率は、熱源の温度と熱電材料の性能に大きく依存する。またシステムの成立性は熱源や冷熱源との熱交換効率や、モジュールの設計に影響される。このため実用化のためには熱電材料から熱電モジュールの試作とその正確な性能評価、高温と低温の熱源との熱交換方法など幅広い研究開発が必要である。

当グループでは、未利用熱を効率よく電気エネルギーとして回収するための高性能熱電材料と熱電モジュールの開発を進めている。基礎物性解明と新原理を用いた革新的高性能熱電材料の開発、発電システムの経済性改善のため高効率かつ安価な元素から構成される熱電モジュールの開発、耐久性をもつ熱電モジュール構造、発電ユニット構造の開発、長時間使用したときの劣化モードの調査や加速試験の方法も含め、熱電モジュールの性能評価技術の開発を実施している。

研究テーマ：テーマ題目3

エネルギー界面技術グループ

(Energy Interface Technology Group)

研究グループ長：周 豪慎

(つくば中央第2)

概要：

リチウムイオン二次電池等の電力エネルギーの貯蔵

／変換デバイスは、従来のモバイル用途から、電気自動車等への搭載による運輸部門の低炭素化、定置用途による再生可能エネルギー発電電力の平準化等による電力エネルギー利用の高効率化にむけ用途拡大が期待されている。電力エネルギーの貯蔵／変換デバイスでは、機能性部材が接する材料界面での物質、イオン、電子の吸脱着や交換、酸化還元等の物理化学現象を利用し動作している。エネルギー界面技術グループでは、これらの界面現象に対し、結晶構造、電子構造、電気化学的挙動、熱挙動等の解析手法を用いてアプローチし界面現象の解明を目指すとともに、材料合成技術を駆使した新たな界面構造やナノ構造の付与による最適な界面構造の構築と高効率な界面現象の発現を目指すことで、用途拡大の要請に応えるべく大容量かつ高出力特性を併せ持ち、特性劣化を克服して使用環境を選ばない、革新的な高性能二次電池の開発を目指した研究を行っている。これらの研究遂行に当たり、共同研究等を通じた内外の機関との連携と人材育成を推進している。

研究テーマ：テーマ題目4

燃料電池材料グループ

(Fuel Cell Materials Group)

研究グループ長：山地 克彦

(つくば中央第5)

概要：

固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の耐久性・信頼性の向上は、商用化・本格普及のために重要な技術課題である。当グループでは、SOFC セル・スタックの耐久性・信頼性の向上に関する研究開発を主として行っており、スタックメーカー及び大学等と協力しながら、その劣化機構解明・耐久性向上を推進している。10年（9万時間）以上の耐久性を確保するためには、微少な化学変化や不純物反応挙動を詳細に捉える必要がある。そこで、微量成分の検出感度が高い二次イオン質量分析法 (SIMS)、結晶相の微妙な変化を検知できる顕微ラマン分光法などを適用し、構成部材・材料の特定部位での変化を詳細に分析し、劣化機構を解明している。実機試料に含まれる微量成分を ppm レベルで分析し、劣化に及ぼす影響を明らかにするとともに、不純物による加速劣化試験法も検討している。また、劣化機構・反応機構をより詳細に解明するための新規分析・解析法の検討も行なっている。さらに、次世代 SOFC への適用を志向した材料基礎研究、SOFC の応用技術である固体酸化物形電解セル (SOEC) に関する基礎研究も実施している。

研究テーマ：テーマ題目5

エネルギー変換・輸送システムグループ

(Energy Conversion and Transportation System)

Group)

研究グループ長：嘉藤 徹

(つくば中央第2)

概要：

地球温暖化、化石燃料の枯渇等の課題に対し、省エネルギー・節電対策の抜本的強化、再生可能エネルギーの導入・普及の最大限の加速と出力変動対策、環境負荷に最大限配慮した化石燃料の有効活用等が求められている。

これらの課題について当グループでは、一次エネルギーの電力への変換技術、電力・水素など二次エネルギー間の変換技術・貯蔵・輸送技術に対し、固体酸化物形燃料電池、水素・合成ガスを生成する高温水蒸気電解セル、電力貯蔵用レドックスフロー電池等の電気化学デバイスとこれらを効率的に接続する極限パワー変換システム、超電導応用機器などの技術開発を進め、各過程での省エネルギー・エネルギー有効利用の加速を目指している。また、これらの要素技術をエネルギー変換・輸送システムとして組み合わせ、次世代エネルギーネットワークの構築を先導していくための研究を実施している。

研究テーマ：テーマ題目6

ターボマシングループ

(Turbomachinery Group)

研究グループ長：壹岐 典彦

(つくば東)

概要：

分散エネルギーネットワークを支える重要な要素技術として(1)各種タービンシステム、(2)デバイス・制御技術、(3)プロセス技術などの研究開発を行っている。これらの課題に取り組みながら化石資源依存度を抑制しつつ自然エネルギーを取り込んでいく最適な方法を模索している。(1)各種タービンシステムとしては、再生可能エネルギーが大量に導入されることを想定して、その際に適したターボ機械のシステムについて研究開発に取り組んでいる。(2)デバイス・制御技術としては、ターボ機械を出口として想定して取り組んでいる。セラミック熱交換器などのエネルギーデバイスの開発やその評価技術について研究開発を進めている。流れの能動的制御に関して、誘電体バリア放電プラズマアクチュエータ(DBD-PA)の開発を進めており、減速領域で生じる剥離の抑制について研究している。更にターボ機械の漏れ流れを減らす新しいプラズマアクチュエータを考案し、開発を進めている。(3)ターボ機械に関わる材料・プロセス技術に取り組んでおり、サスペンションプラズマ溶射技術を始め、セラミック基複合材料(CMC)等について研究開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目7

エンジン燃焼排気制御グループ

(Engine Combustion and Emission Control Group)

研究グループ長：小熊 光晴

(つくば東・西)

概要：

競争前領域の共通課題等、自動車業界のニーズを正確に捉え、エンジン燃焼と排出ガス浄化に関する先進技術の開発に向けた基礎的および先導的研究を行う。この延長として、当グループ並びに産総研内関連ユニットの技術ノウハウを集約・発展させ、自動車メーカーと協力してエンジンシステムの高効率化及び環境適合技術のスピードアップを図る。また、次世代エンジンシステムの実用化に資する研究開発を実施し、運輸部門の石油依存度やCO₂低減に貢献する。さらに、自動車燃料に係わる国内外標準化を継続的に推進する。

(1) 産業ニーズ対応型エンジンシステムの基盤研究
① EGR デポジット生成メカニズムの解明、② X線技法による燃料噴霧詳細解析、③ 排出ガス浄化システムの動作および劣化挙動予測技術の研究開発、④ 触媒の貴金属使用量大幅低減化に関する研究、(2) 次世代エンジンの実用化に資する研究開発、① 高性能ジメチルエーテル(DME)自動車、② 革新的噴霧・着火・燃焼技術、(3) 自動車燃料の標準化研究開発
① バイオ燃料(バイオエタノール、バイオディーゼル燃料)の国内外標準化、② DME燃料の国内外標準化。

研究テーマ：テーマ題目8、9

次世代自動車エンジン研究ラボ

(Collaborative Engine Research Laboratory for Next Generation Vehicles)

研究ラボ長：小熊 光晴

(つくば東・西・つくば中央第3・中央第5)

概要：

自動車用エンジンは、燃料、燃焼、動力の発生、気体の流動、排気ガスの処理、温度・濃度の計測、全体システムの制御といった多岐にわたる分野が集積したシステムである。当研究ラボは、自動車技術に関する競争前領域の研究課題に対し、オール産総研として英知を結集して積極的に取り組み、日本の産業競争力強化に貢献する。具体的には、国内自動車メーカーが直面している「競争前領域」の「共通課題」について、産総研の技術ノウハウを集約・発展させて解決を目指し、自動車メーカーと協力してエンジンシステムの環境適合技術のスピードアップを図る。また、自動車燃料に係わる国内外標準化を継続的に推進する。これらを通じ、技術者の育成に貢献し、エンジンシステム研究に関するイノベーションハブとして機能することを目指す。

エネルギーナノ工学研究ラボ

(Energy NanoEngineering Research Laboratory)

研究ラボ長：丸山 茂夫

(つくば東・つくば中央第2)

概要：

第4期の産総研の取組みとして、企業への橋渡しの実現が強く求められている一方、企業への橋渡しを継続的に実施するためには、常に新しいアイデアを生み出し、アカデミックな視点においても光る基礎研究に対しても十分な力を注ぐ必要がある。東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻の丸山茂夫教授を産総研クロスアポイントメントフェローとして招聘するにあたり、新たな研究の場を醸成するためのエネルギーナノ工学ラボを東京大学と共同で設立した。

本研究ラボでは、若手人材育成を重要課題として取り組むとともに、領域内外の他部門や他センター、外部機関との連携も図る。研究課題としては、単層カーボンナノチューブ薄膜などのナノ材料創成技術によって、ナノチューブ薄膜を正極透明電極かつホール輸送層としたペロブスカイト型太陽電池や有機薄膜太陽電池などの開発を実施している。また、ナノ材料合成技術と微細加工による表面創製技術、熱電発電技術、マイクロ流動可視化技術、マイクロ結晶制御技術を融合することで、革新的なエネルギーデバイスの技術領域を確立する。

[テーマ題目1] 熱流体システムに関する研究

[研究代表者] 中納 暁洋 (熱流体システムグループ)

[研究担当者] 中納 暁洋、伊藤 博、稲田 孝明、
瀬川 武彦、高橋 栄一、
Bhogilla SatyaSekhar、小山 寿恵、
湯木 泰親、広津 敏博、富田 博之、
中川 慶一、許 充、中村 友香、
宮崎 尚貴、杉山 翔太、小野 拓磨、
鈴木 大樹、長田 峻、塩澤 晴彦、
野尻 聖人、草野 浩俊、菊池 昂、
堀 琢磨、久保 智敬、吉川 亮
(常勤職員5名、他20名)

[研究内容]

革新的な定置型水素エネルギーシステムの開発では外部資金研究「発電機能を有する水素製造装置を用いた水素製造・貯蔵・利用システムの研究開発 (E162)」でフィジビリティスタディ (FS) を実施し、開発を目指す実機の水素貯蔵方式を選定し開発課題を明確にした。

また、人材育成プログラムの一環として企業から研修生を受け入れ、共同研究「水素システムに関する研究」を実施すると共に研究人材・技術者の育成に貢献した。液体水素利用技術開発では他部門と共同で「超電導液面計の研究開発」を進めると共に、民間企業と共同で「船用液体水素温度センサーの開発」を行いセンサーの実用

化に目途を立てることができた。

低コスト・高効率水電解装置の開発では萌芽的研究として「アニオン交換膜を用いた水電解装置の開発」を進めた。電解セルを用いた試験を行い電解循環液および膜を介したガスのクロスリークについて有益なデータを多く取得することができた。更に、外部資金研究「PEFC性能向上のためのマイクロポーラス層 (MPL) 付ガス拡散層 (GDL) および流路構造の最適化 (F265)」を遂行し燃料電池の性能向上に資する指針を得た。具体的には可視化セルを用い流路内酸素濃度の定量化に成功すると共に、マイクロポーラス層 (MPL) 単体の評価を通して MPL の役割をより明確に把握することができた。

冷凍・空調に係る革新的要素技術開発では「不凍タンパク質を利用した熱輸送技術」に取り組み分子的に平坦な氷結晶ベーサル面上のピット形成に対して、魚由来 AFP 分子の不可逆吸着を仮定せずに、可逆吸着のみで説明できるモデルを新たに提案した。外部資金研究の「氷核不活性化による疎水性固体表面の創出 (M037)」では、ガラス及びアルミニウム平板に合成高分子を作用させた疎水性固体表面の作成を試み、合成高分子を作用させる際の濃度や時間をパラメータとして表面の氷核活性の測定を行った。また、アルミナやヨウ化銀の微粒子を使った疎水性固体表面の作成にも取り組み、同様の測定を行った。その結果、条件によっては十分な疎水性が得られることを確認した。民間企業との共同研究「固体微粒子存在下における水の凍結現象解明に関する研究」では複数種の金属微粒子を用いて、エマルジョン中でそれぞれの微粒子表面の氷核活性を定量的に測定し、微粒子の成分、結晶構造、電気的特性 (分散性) などが氷核活性に与える影響を考察した。類似した結晶構造であっても異なる氷核活性を示す結果が得られており、また一部の条件では微粒子の分散性と氷核活性に相関があることが確認でき固体表面の氷核活性解明のための貴重な測定結果を得ることができた。

プラズマによる流体制御技術開発ではターボマシングループと連携し外部資金研究「能動流体制御技術を用いたバーチャルブレード構築による風力発電システムの飛躍的な始動性及び設備利用率向上に向けた研究開発 (K001)」及び「リング型プラズマアクチュエータを用いたタービン翼列先端流れの能動制御 (M030)」を実施した。能動流体制御技術を用いたバーチャルブレード構築による風力発電システムの飛躍的な始動性及び設備利用率向上に向けた研究開発では、プラズマアクチュエータ、FBG センサー、及び剥離流れフィードバック制御システムを実装した1kW 級風車における制御効果を定量的に評価すると共に、システムの費用対効果など含めた総合的な評価結果を報告書にまとめた。リング型プラズマアクチュエータを用いたタービン翼列先端流れの能動制御では遠心圧縮機の小型モデルを用いて、リング型プラズマアクチュエータによるシール効果向上

に向けた実験に成功した。また、民間企業と共同で「乗用車における空力性能向上に関する研究」を遂行しプラズマアクチュエータ稼働時にステアリング操作の向上効果が得られた。

プラズマ支援燃焼による革新的燃焼技術開発では外部資金研究「誘電体バリア放電を用いた予混合気の燃焼促進法の開発 (F268)」を遂行し、急速圧縮膨張装置を用いての誘電体バリア放電による着火促進効果、及び燃焼速度増大効果を示すことができた。また、民間企業との共同研究「高温高圧場中のプラズマ放電に関する研究」、「混合ガス燃料の着火燃焼特性に関する研究」を実施し、それぞれについて研究成果を上げ技術の橋渡しに貢献した。また、萌芽的研究「レーザーブレイクダウン支援スパーク放電点火法の開発」ではレーザーブレイクダウン形成方向を電界に沿わせることで20 mm の長尺放電が形成できることを確認した。また、当該研究における技術研修生の指導を通して研究人材・技術者の人材育成に貢献した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 省エネルギー、水素、水電解、燃料電池、プラズマ、流体制御、燃焼制御

【テーマ題目2】 非接触先端熱流動計測による未利用熱利用促進と熱管理技術に関する研究

【研究代表者】 染矢 聡 (熱利用グループ)

【研究担当者】 平野 聡、遠藤 尚樹、上山 慎也、染矢 聡、馬場 宗明、小林 成嘉、青山 覚子、坂田 藍美
(常勤職員5名、他3名)

【研究内容】

オイルショック以降数十年来、多様なエネルギー機器の効率向上が進められてきたが、低コスト化の観点から熱は排熱として捨てられることが多かった。しかし、これまで以上の省エネルギー化を達成して低炭素社会を実現するためには、有効に利用されていない未利用熱を減らし、未利用熱・排熱を利活用することが重要である。未利用熱は熱の需要と排熱が時空間的にずれているために生じることが多く、蓄熱・熱輸送・熱流動評価などの要素技術の向上と、これらを含むトータルシステムの中で熱の需給のミスマッチを解消する熱マネジメント技術が重要であり、これらの技術開発を行う。

エネルギー機器、熱機器の現在以上の総合効率向上は容易ではなく、高度な熱利用技術開発のためには、これまで以上の詳細な計測評価技術とシステム内における熱流動現象の理解が必要である。

近年、熱電対素子の薄膜化が可能となり、10kHz ほどのサンプリング周期で温度計測が可能となった。ただし、熱電対は接触型の定点計測器であるため、空間情報がほとんど得られない。赤外線カメラの高性能化も進んでおり、ガスによる冷却が必要なインジウム系素子から、

より高波長の赤外線を捉えるガス冷却不要なセンサや MEMS 技術によるサーモパイルセンサも市販されている。しかし、熱電対ほどの高い時間分解能を達成できない。また、物体表面からの放射を捉える温度計は、原理上、液体や気体などの流体の温度分布を測定することはできない。これまで水溶液以外の温度分布を二次元計測できる手法がなかった。

そこで感温性の燐光物質をトレーサー粒子として流れに添加し、その移動量から速度分布を、燐光の感温特性から温度分布を二次元計測する非接触熱流動計測技術を提案し、開発している。この方法は任意の作動流体に適用可能である。また、燐光トレーサー粒子は無機粒子であるため耐熱性が高く広い温度範囲に適用できる。微小な燐光トレーサー粒子の熱応答性は高く、10 kHz 以上の速さでの温度計測も可能である。また、同様の原理を用いて高温の熱システムの表面温度を高速で二次元計測することや、酸素濃度の分布を可視化計測することも可能であり、広範な熱流体システムを対象とした計測技術の高度化や各種応用システムの評価に活用できる。

平成27年度は固体高分子形燃料電池のガス流路内における酸素濃度分布の可視化法を開発し、流路形状の最適化に資する知見を得た。また、空気流れの温度速度同時計測法について、数値シミュレーションや他の実験計測手法による測定値と比較しつつ、その測定精度が0.4℃以下であることを明らかにするとともに、加熱平板周りの温度境界層の近傍における温度分布を可視化計測可能であることを明らかにした。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 未利用熱、熱利用、非接触先端熱流動計測、蓄熱、熱輸送

【テーマ題目3】 熱電変換技術に関する研究

【研究代表者】 山本 淳 (熱電変換グループ)

【研究担当者】 山本 淳、李 哲虎、太田 道広、藤井 孝博、村田 正行、Jood Priyanka、菊池 祐太、國井 勝、西当 弘隆、藤本 直子、長瀬 和夫、相原 誠、島田 和江、木方 邦宏、高島 泰子、高澤 弘幸
(常勤職員5名、他11名)

【研究内容】

省エネルギー社会を実現するためには、再生可能エネルギー資源の利用促進と同時に、現在使用している化石資源のエネルギー利用効率を高める必要がある。現状では、産業・民生・輸送の各セクタにおいて、化石燃料の利用の最終形態として熱エネルギーが未利用のまま環境中に放出されている。これらの未利用熱の中には自動車の排気熱や工場におけるガス炉の排気ガスのように、比較的溫度レベルの高い良質な未利用熱も含まれているため、経済的な熱エネルギー回収・発電技術の開発により、

システム効率の改善、省エネ化を実現することは喫緊の課題である。また低品位排熱の賦存量も膨大であるため、低コスト熱回収が可能であれば、省エネ効果は計り知れない。熱電変換技術は、半導体や金属からなる全個体デバイスにより小型で簡便な温度差利用発電システムを構築できる特徴的な技術であり、①使用される熱電材料の高効率化、②熱電モジュールの高効率化、③低コスト化、④長寿命化など幾つかの課題を解決することで省エネに貢献する技術となる。利用温度範囲は室温近傍の比較的低温の排熱から1000℃以上の高温まで同一の原理で発電を行うことができることも熱電変換技術の特徴であり、エネルギーハーベスティング技術、再生可能熱エネルギーを利用した発電技術としても発展が期待されている。このため、上記①～④に対応する研究課題について実験的な検討を実施した。

熱電材料の高性能化においては、既存の熱電材料内部に直径数ナノメートル程度のナノ構造を導入する技術を確立し、フォノンの散乱を増加させ熱伝導率を小さくした材料の開発に成功、この材料を利用した熱電発電モジュールの試作に成功した。200℃以下で性能の高いビスマステル系熱電材料と中温度域で性能の高い新開発材料を繋ぎあわせ、最適温度域を有効に使用する技術を適用し、600℃程度の高温を用いて10%以上の発電効率で発電する熱電モジュールの試作、発電実証に成功した。また結晶構造にカゴ状構造を有する包接化合物結晶を使用して、同様に熱電モジュールを試作し、10%程度の高い発電性能を確認した。これらの複数の熱電材料をつなぎ合わせる、いわゆるセグメント構造型熱電モジュールの開発では、設計技術として、有限要素法を用いた最適化手法を導入しており、より精密なモジュール設計を行うことでさらに15%程度までは性能が向上すると考えられる。構成材料としては層状化合物結晶で低い熱伝導率を観測し、高性能化の可能性をとらえた他、f 電子を含む合金系でも高い出力因子を観測し、新たな材料設計の指針を得た。また硫化物を中心とした材料設計を進め、自然鉱物として存在するいくつかの結晶構造が、電気的、熱的に熱電材料として最適化するのにふさわしい物性を有していることを明らかにした。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】熱電変換、熱電材料、半導体工学、熱物性、材料プロセス、熱交換技術

【テーマ題目4】超高エネルギー密度二次電池の開発

【研究代表者】周 豪慎（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】周 豪慎、松田 弘文、齋藤 喜康、細野 英司、劉 銀珠、北浦 弘和、朝倉 大輔、岡垣 淳、Li Fujun、Li Na、Song Ziping、Liao Kaiming、Yi Jin、Sun Yang、Liu Xizheng、Guo Shaohua、Wang Yarong、

嶋田 陽子、武田 聖子、河島 明美、八月朔日 美登里、鈴木 謙介、高野 玲子（常勤職員8名、他15名）

【研究内容】

(1) 高い理論容量が期待されるリチウム-空気電池では、長期間のサイクル安定性や充放電効率の向上が求められている。特に、現状では放電電圧と充電電圧との差が0.7V程度となっており、この高い過電圧の低減が解決すべき課題となっている。リチウム-空気電池の放電時には過酸化リチウム (Li_2O_2) や中間生成物が形成され、充電時には Li_2O_2 の酸素発生反応による分解に高い過電圧が必要となる。この高い過電圧による副反応でカーボン支持体や電解液といった電池部材から分解生成物を生じ、サイクル安定性を毀損する原因となっている。このため、構成部材をカーボンフリーとする試みが多くなされているが、我々は、炭素系材料を用いつつ、微量の水を電解液に添加し、カソード上での反応メカニズムを解明することで、充放電過電圧の大幅な低減を実現した。空気極に炭素材料と金属微粒子を、またジメチルスルホキシド (DMSO) に100 ppm程度の微量の水を加えた有機電解液を用いて構築したリチウム-空気電池において、放電電圧と充電電圧の差を0.32 Vまで低減することに成功し、また200回のサイクル安定性を確認した(充電と放電の過電圧はそれぞれ0.21 Vと0.11 V)。カソード上での水触媒効果が放電生成物を化学的に活性な Li_2O_2 から水酸化リチウム (LiOH) に転換することで、過電圧の低減が実現する新たな電極反応メカニズムを見出し、炭素材料との副反応を抑制する効果も期待される、リチウム-空気電池技術の更なる進展をもたらす成果を得た。

(2) リチウム-空気電池の並び、大容量リチウム二次電池として期待されているリチウム-硫黄電池を用い、太陽光エネルギーを電力エネルギーに変換しかつ貯蔵する単一の蓄電デバイスを開発した。水系電解液を含む硫黄正極と有機電解液を含むリチウム負極とが固体電解質で隔てられ、ハイブリッド電解質構造を有する Li-S 電池に、Pt/CdS ナノ粒子複合体からなる光触媒を水系電解液中に配置した、太陽光エネルギー貯蔵デバイスで、ランプ光照射による充電動作を確認した。2時間の光照射の後、理論容量の47.2%に相当する792 mAh/gの放電容量を示した。電力貯蔵機能に加えて、光照射時には光触媒上で光励起された電子-正孔対のうち、正孔は S^{2-} イオンを酸化して Sn^{2+} イオンを生成し、電子は Pt 粒子に移動したのち、水電解により水素を生成する機能も併せ持つことが確認された。

(3) 大型の定置用電力貯蔵デバイスは、再生可能電源の系統連系に不可欠であるが、コストや資源制約の懸念等から、リチウムイオン電池に代わりナトリウムイオン電池が注目されている。ナトリウムイオン電池を定置用電力貯蔵デバイスとして実用化するためには、更なる低

コスト化や長寿命化、長期にわたるサイクル安定性の確保が求められている。我々は、正負極材料両方に単一の材料 (P2型層状構造を有する $\text{Na}_{0.66}\text{Ni}_{0.17}\text{Co}_{0.17}\text{Ti}_{0.66}\text{O}_2$) を用いたナトリウムイオン電池を開発した。この材料は、負極としては平均電位0.69V と金属 Na の析出電位から十分安全な電位を示し、従来用いられてきたハードカーボンに比べ高い安全性を有し、また Sn や Sb などの合金系に比べ充放電時の体積変化が小さいことから、ナトリウムイオン電池として動作させた場合、1000回の充放電サイクル後も初期容量の75.9%の容量を有する高いサイクル安定性を実現した。また正極としては平均電位3.74V を示し、ナトリウムイオン電池として動作させた場合、3.10V とこれまでで最高の平均電圧を実現した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 リチウム-空気電池、リチウムレドックスフロー電池／燃料電池、リチウム-硫黄電池、リチウムイオン電池、ナトリウムイオン電池

【テーマ題目5】 次世代 SOFC および SOFC 応用技術に関する基礎研究

【研究代表者】 山地 克彦 (燃料電池材料グループ)

【研究担当者】 山地 克彦、岸本 治夫、Katherine Bagarinao、堀田 照久、石山 智大、熱海 良輔 (常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

我々のグループでは、現行世代の SOFC の耐久性・信頼性向上にかかる研究開発に加え、次世代 SOFC への適用を志向した材料基礎研究、SOFC の応用技術である SOEC に関する基礎研究を実施している。

次世代 SOFC への適用を志向した材料基礎研究においては、主に空気極材料の高性能化およびプロトン導電性ガラスを用いた中温作動燃料電池の研究開発を実施している。空気極材料の高性能化について、空気極材料とセリア系材料とのナノコンポジット電極を PLD 法により作成、その効果を検証した。また、プロトン導電性ガラスを用いた中温作動燃料電池の研究開発については、リン酸塩ガラス電解質用の電極特性解析装置の構築を行った。ガラス電解質の直接圧接によるシール方法とすることで参照電極を用いた電極評価の実施が可能となった。アノード、カソード共に Pd 薄膜電極を用いた際の起電力低下の主要因がカソード側電極にあることを実測し、Pt 多孔質電極に代替することで起電力を向上できることがわかった。また、発電時においてもカソードで大部分の電圧低下が生じていることを明らかにした。

SOEC に関する基礎研究においては、共電解によるメタン合成への電気化学的触媒効果について検討を行い、円筒状セルでのメタン合成電解試験において見られた電気化学的触媒促進効果と同等な効果をボタンセルで構築

した電極反応解析装置により捉えることに成功し、過電圧の増大によってメタン合成速度が増大することが明らかとした。また、 $\text{Ba}(\text{ZrCe})\text{O}_3$ 系プロトン電解セルの安定性についても評価、電解ガス(CO_2, H_2)中の CO_2 との反応で電解質が分解し、直ちにセルの劣化が起きることを明らかとした。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 燃料電池、固体酸化物形燃料電池 (SOFC)、固体酸化物形電解セル (SOEC)、プロトン導電性ガラス

【テーマ題目6】 エネルギー変換・輸送システムの研究開発

【研究代表者】 嘉藤 徹 (省エネルギー研究部門)

【研究担当者】 嘉藤 徹、淵野 修一郎、門馬 昭彦、西澤伸一、佐藤 縁、古瀬 充徳、田中洋平、成田あゆみ、寺山 健、野崎 健、根岸 明、岡野 眞、名取 尚武、北條 久男、玉田 紀治、我妻 洸、金子 祐司、飯村 葉子、吉原 美紀、齊藤 恵美子 (常勤職員7名、他13名)

【研究内容】

固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の研究では出力20~200W 程度の平板型 SOFC スタックの性能試験用に各種炭化水素燃料の水蒸気改質ガスあるいは SOFC 排ガスを一部リサイクルした時のアノード供給ガス組成を精度よく模擬することができるガス発生装置、スタックのシール性向上のための加圧装置を備えた電気炉等から構成される SOFC スタック発電性能試験システムを試作した。また、数百セルからなるスタックの各セルのインピーダンスを計測することを想定し、同相除去比90 dB 程度を有する AC インピーダンス測定装置を試作した。動作試験の結果いずれの機器も予定していた性能を確認することができ、これらにより各種炭化水素燃料を用いてアノード排ガスリサイクルを行った際の SOFC スタックおよびスタックを構成する各セルの性能計測システムを構築することができた。

650-800°Cで水蒸気、二酸化炭素を電解し合成ガスを生成する高温共電解用の円筒形電解セルの試作研究では、水蒸気・二酸化炭素の利用率高めた条件での性能向上を図った。正極を中心にセル焼結温度の調整等を行った結果、運転温度800°C、供給ガス組成 H_2O 68%、 CO_2 22%、 H_2 10%の条件下で利用率70%の時、 0.55 A/cm^2 を得ることができた。

また、これまでに開発した高精度生成ガス分析手法 (精度 $\pm 0.36 \text{ mol.}\%$ 程度) と高精度電解ガス供給装置 (流量精度 $\pm 0.5\%$ 以内) を用いて、水蒸気・二酸化炭素の高利用率時について各電極に供給する各ガス成分の流量、電流、正負極からの排ガス成分流量から各ガス成分

についてセル内のガスリーク量を求める手法を開発した。本方法を用いて試作セルのリーク率を評価した結果、水素の正極側へのリーク率は生成水素の7%程度と見積もられた。

さらに共電解メタン合成システムのモデル化を行い、既存の水電解メタン合成システムと比較検討した結果、電解メタン合成システムでは95%（直流、高位発熱量基準）程度のシステム効率が期待でき、従来の水電解利用メタン合成システムよりも1.5倍程度高効率なシステムになる可能性のあることが判明した。

電力貯蔵用レドックスフロー電池の研究開発では、電極材料の性能評価と新規レドックス系の電解液の安定の評価と容量向上を試みた。炭素ファイバー電極を用いて、それぞれの系に適した電極の評価を行い、新規電解液については電気化学水晶振動子マイクロバランス法を用いて、充放電状態を変えながら電解液の粘性変化の追跡を行った。

極限パワー半導体技術に関しては、平成27年度はシリコンウェハ材料特性、デバイスプロセス条件、デバイス構造を相互に関連付けて見直し改良することで、従来のデバイス性能を凌駕する次世代シリコンデバイス開発に取り組んでいる。また、GaN に関して、ヘテロ基板構造および GaN デバイスの設計技術の研究開発を実施している。さらに将来のパワーIC 応用を見据えて、GaN-CMOS 動作実証を行った。これらは複数の産学連携プログラムを通して実施している。受動部品に関しては、パワー変換システムの小型・高パワー密度化の障害となっている受動部品、特にキャパシタに関して、従来から行われている実効値で基準化した単一正弦波交流による評価は不正確であり、実動作波形を正確に再現し高次高調波成分まで重畳した合成正弦波での評価が必須であることを示した。また、新評価回路を提案し、従来の1/10以下のパワーで、実用時のフルパワー負荷を想定した損失評価を可能とした。これらは、九州工業大学における産総研連携講座の一環で実施している。

超電導応用機器の研究では、超電導ケーブル冷却技術、マグネット技術等の要素技術の研究開発を行っている。昨今、液体窒素温度で超電導を示す高温超電導材料による線材開発の進展を受け、これを利用した電気機器の開発が内外で活発に行われている。特に高温超電導ケーブルによる大電力送電技術は、最も実用化が近いアプリケーションの一つと目されている。しかし、長距離送電を実現するためには、長尺ケーブル全体を液体窒素温度に安定に保つ必要があり、長距離冷却技術の確立が不可欠である。冷却システム全体の安定性評価技術、高効率化技術開発を行っており、超電導送電による省エネルギーの実現を目指している。また、高温超電導線材によるマグネット技術を開発しており、超電導の特性を活かした、コンパクト・高効率な電気機器の実現による低炭素化も目指している。

海外の再生可能エネルギー等の利用による水素の大規模導入を想定したトータルシステム導入シナリオ調査研究ではカナダ ケベック州、ブリティッシュコロンビア州、オーストラリア タスマニア州、ニュージーランドで期待できる再生可能エネルギーのポテンシャル、水素価格の調査を行った。また、CCS システムの具体的な構成、コストを明らかにするために現時点で実際に商用運転を行っているノルウェーのスノービット CCS の調査を行った。さらに、再生可能エネルギーの導入が先行しているドイツについて、再生可能エネルギーシステムの大量導入の結果発生している余剰電力の状況とその有効利用としての Power to Gas 技術等の現状について調査をおこなった。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】固体酸化物形燃料電池 (SOFC)、固体酸化物形電解セル (SOEC)、蒸気・二酸化炭素共電解、メタン合成、レドックスフロー電池、極限パワー半導体、GaN デバイス、GaN-CMOS、超電導、極低温、強磁界、送電ケーブル、回転機

【テーマ題目7】ターボマシンに関する研究

【研究代表者】壹岐 典彦（ターボマシングループ）

【研究担当者】壹岐 典彦、村上 顯、阿部 裕幸、倉田 修、松沼 孝幸、井上 貴博、鈴木 雅人、井村 公二、岡田 孝、小椋 友加、片岡 照貴、小宮 孝司、生田目 紀子、矢作 誠治、大橋 俊之、小田 幸弘（常勤職員7名、他9名）

【研究内容】

化石資源依存度を抑制しつつ自然エネルギーを取り込んでいくため、ターボ機械に関連する技術開発を行っている。発電用ガスタービン発電機は電力系統に追従して発電を行うことができるバックアップ電源としての役割が認められているが、再生可能エネルギー大量導入時代においては、電力需要に応じた発電を行うことが困難な太陽光発電設備や風力発電設備の発電量の割合が増加し、バックアップ電源の役割の重要性が増すものとして、負荷変動対応型先進ガスタービン発電設備の研究開発計画の検討を進めている。電力の需給ギャップに対して電力系統を安定化する様々なシステムについて負荷変動を吸収する能力を調査・検討し、負荷変動対応型先進発電設備の研究開発計画を実効性のあるものを目指す。また、アンモニア内燃機関の技術開発の課題において、福島再生可能エネルギー研究所でアンモニア直接燃焼ガスタービンの実証試験を進めているが、その研究開発にも協力を行っている。

ターボ機械に適用する流体制御技術として、プラズマアクチュエータの研究開発に取り組んでおり、リング型

プラズマアクチュエータの先端形状の影響を調べるため、先端形状の違う平板を用いた2次元モデルで流れを抑制する実験を行った。PIV 計測による速度分布から、印加周波数の違いによって、プラズマアクチュエータの漏れ流れ抑制効果がどのように変化するかを明らかにした。漏れ流れ抑制効果を高めるために、漏れ流れの入口側と出口側の先端エッジを同じ形状にすること、先端に溝をつけてエッジを増やすことが、有効であることが分かった。さらに、リング型プラズマアクチュエータを遠心圧縮機へ適用するための実験も行った。流体制御デバイスの開発において、非接触吸着技術を用いた搬送技術の改良を進めた。また、小型無人機利用による環境観測手法を目的として、無人飛行体の空力技術についても研究を開始し、プロペラ設計に関しては、設計手法について検討を進め、低レイノルズ数を考慮した設計手順について考察し、試作した。また市販プロペラと試作プロペラにおける性能比較を行った。

材料・プロセス技術としては、セラミック熱交換器の熱交換部のために、高温域において、高い熱伝導率と信頼性を両立させるセラミック基複合材料の製造技術に取り組んだ。セラミック材料特有の脆性破壊を薄層の積層によって回避する構造とした複合材料の開発を進めた。サスペンションプラズマ溶射法（SPS 法）は、溶射のパラメータを適切に選択することにより、粒子径および気孔率の幅広い制御が可能で、緻密な構造と多孔質の構造を作り分ける技術が可能である。そのサスペンションの微粒化過程について基礎的研究として、水-ジルコニア懸濁液、エタノール-ジルコニア懸濁液の噴霧挙動を調べた結果を整理し、微粒化機構を検討した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】ガスタービン、プラズマアクチュエータ、空気力学、流体力学、セラミック複合材、セラミックコーティング

【テーマ題目8】産業ニーズ対応型エンジンシステムの基盤研究

【研究代表者】小熊 光晴
(エンジン燃焼排気制御グループ)

【研究担当者】小熊 光晴、小淵 存、内澤 潤子、佐々木 基、文 石洙、日暮 一昭、松野 真由美、貝塚 昌芳、阿部 容子、森井 奈保子、塚崎 好子、林 由起子、飯島 広子、佐々木 利幸、喜多 郭二、小野 哲也、黄 鎮海、廣木 一輝、長谷部 奨
(常勤職員5名、他14名)

【研究内容】

自動車業界のニーズを正確に捉え、エンジン燃焼と排出ガス浄化に関する先進技術の開発に向けた基礎的および先導的研究を行う。平成27年度における実施内容は

以下の通りである。

自動車用内燃機関技術研究組合（AICE）で行っているディーゼル後処理技術に関する研究テーマの一つとして、エンジン排気の一部を吸気に戻し燃焼温度を低下させ窒素酸化物の生成を抑制するエンジンシステム（排気再循環（EGR）システム）に発生するデポジットの生成メカニズム解明研究を行っている。平成27年度は、デポジット生成メカニズムの全貌がほぼ明確となり、そのメカニズムは炭化水素成分等高沸点成分の凝縮・固化および重合反応であり、燃焼条件や堆積部の温度条件等により、それらの寄与度は変化すること、凝縮水の存在によるスス粒子のトラップやガス成分の溶解、スス粒子の存在によるスス粒子へのガス成分の吸着等がデポジットの原料となるガス成分の濃縮・凝縮を促進することでデポジット生成のきっかけとなり、炭化水素の結露温度よりも高温側でデポジットが生成することなどを明らかにした。

排出ガス浄化システムの動作および劣化挙動予測技術の研究開発については、同じく AICE で行っているディーゼル後処理技術に関する研究テーマのひとつとして、前年度に引き続き、ディーゼルパーティキュレートフィルタ（DPF）再生における前段酸化触媒（DOC）の挙動予測のため、炭化水素類の吸着及び反応速度データの取得方法を検討した。DPF 再生時の排気管に存在する代表的な炭化水素（HC）成分としてプロピレン、デカン、ヘキサデカンを選び、実用ハニカム触媒に対する吸着挙動を、流通型吸着特性試験装置を用いて調べた。また、高沸点 HC（ヘキサデカン、オクタデカン、エイコサン（C₂₀H₄₂）について、モデル酸化触媒上での反応速度データを、触媒反応評価装置を用いて取得した。さらに、反応速度に対する蓄積 HC（原料の HC から副生し、触媒上に留まる有機成分）の影響について検討した。（AICE、環境省など）

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】エンジン、ディーゼル、自動車、燃焼、燃料、噴射、噴霧、排ガス浄化、酸化触媒、反応速度、省エネルギー、燃費、EGR、デポジット

【テーマ題目9】新燃料標準化の研究開発

【研究代表者】小熊 光晴
(エンジン燃焼排気制御グループ)

【研究担当者】小熊 光晴、鳥羽 誠、沼田 雅彦、渡邊 卓朗、日暮 一昭、林 由起子、後藤 新一、葭村 雄二、松丸 洋子
(常勤職員2名、他7名)

【研究内容】

燃料製造技術、エンジン燃焼技術及び燃費・排出ガス対策技術それぞれの基盤研究成果や各種検証試験データの蓄積により、新燃料の規格化に必要な情報を整理し、

ISO や東アジア地域における基準調和などの国際規格や、JIS 等国内規格の策定を推進する。規格策定にあたっては業界団体と密に連携し、必要に応じて国内外の標準化に関わるワーキンググループ（WG）や委員会の設置あるいは委員派遣を行う。

1) 東アジア地域におけるバイオディーゼル燃料品質のベンチマーク策定

東アジア・アセアン経済研究センター（ERIA）事業のワーキンググループ運営を継続し、東アジア・アセアン地域における Renewable Mobility Energy の考え方、方向性について議論を進めた。同テーマによる議論の最終年度として、東アジア・アセアン各国における Renewable Mobility Energy としてバイオ燃料の重要性を再確認し、バイオ燃料の利用拡大には、原料や使用量を地域・国間でバランス良く調和をとりながら運用することが必要であることを提言し、平成19年からの活動のまとめとした。

2) DME 燃料の国内外標準化

ISO/TC28/SC4/WG13（DME 燃料品質、コンビナーナとして参加）および同 WG14（DME 燃料品質の分析方法、エキスパートとして参加）において、DME 燃料品質および4種不純物測定方法それぞれ発行に向けた作業を継続し、2015年5月11日をもって全て発行された。また、4種分析方法の精度解析について、データの追補を行うために、新たなラウンドロビント実施の準備を行った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

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

⑤【環境管理研究部門】

(Environmental Management Research Institute)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：田中 幹也

副研究部門長：尾形 敦

総括研究主幹：鳥村 政基、大木 達也

所在地：つくば西

人 員：57名（57名）

経 費：651,300千円（374,450千円）

概 要：

1. 部門のミッション

環境管理研究部門では、大切な資源を有効に活用するための物質循環技術、産業起源の環境負荷の管理・低減に関する科学技術研究開発を行ない、環

境技術産業の振興・創出を図るとともに環境関連政策の立案・実効に寄与することで持続可能な社会の構築に貢献することをミッションとする。

2. 研究開発の方針

中長期目標である「レアメタル等の資源循環を進める技術の開発」に対応した中長期計画として、「環境の変化を検出するための分析・モニタリング技術を開発するとともに、環境負荷を低減するための水処理監視・制御技術や都市鉱山技術によるレアメタルリサイクル等、資源循環等対策技術の開発を行う。」が掲げられている。これを達成するために、水処理に関連する分析・モニタリング技術や都市鉱山関連技術の開発に重点的に取り組む。また環境負荷低減や大気・海域における環境動態評価研究もしっかりと継続し、標準化や政策立案にも貢献しつつ、産業と密接に関連した環境管理技術の研究拠点としての地位を確立する。

3. 重点研究課題等

〔重点課題1〕水処理監視・制御技術の開発

21世紀の水不足では、アジア・アフリカを中心に約10億人が安全な水を確保できないと言われており、今後の水市場拡大を見越し、国際競争が激しくなっている。我々は特にアジア地域への展開を目指す企業への技術支援を推進するべく、「水質評価技術」と「水処理技術」と「情報技術」の各分野の代表的研究者を集結し、技術融合による産総研独自のスマート水技術の開発を進めている。

具体的には、水質評価では、TOC や重金属、内分泌攪乱物質とその生物影響、微生物などを対象として、「メンテナンスフリー」、「ポータブル」、「リアルタイム」をキーワードとする技術開発を行っていく。水処理としては、MBR 関係では微生物群集の変遷、バイオフィアリングのメカニズム解析と対策技術などの基盤的研究を行う。また、光触媒や吸着剤との複合材料を利用した滅菌、医薬品や化成品等（PPCPs）の吸着分解効率の体系的評価を進めていく。

こうした技術開発に併行して、アジアへの水ビジネス展開を図る国内企業の技術サポートを行いつつ、アジア地域の国研との連携を介した現地への技術適用をはかる。一方で、国内技術の国際標準化の推進を図るため、ISO/TC282へのデータ提供、TC147にて分析法標準化等を行い、標準化による再生水利用ビジネスの拡大を目指す。

〔重点課題2〕フェムトリアクター設計技術開発

液体の体積を極限まで小さくすることにより、バルクでは達成できない化学反応や化学プロセスの制御が期待できる。本課題では、気中及び液中のエレクトロスプレー法によって、試料液体を直径マイク

ロメーターサイズ（体積フェムトリットルレベル）の極微小液滴に微細化し、それらの移動を電場で制御することにより、フェムトリットルレベルの極微小液滴内で混合、分離、加熱などを可能にするフェムトリアクター技術を開発し、低環境負荷・省エネルギー化学プロセスの設計に適用することを目指す。

当部門では、気中エレクトロスプレーによる金属ナノ粒子触媒調製や、液中エレクトロスプレー法における金ナノ粒子サイズ制御を研究するとともに、他領域の研究者とも連携し本法の適用範囲拡大を目指す。

〔重点課題3〕都市鉱山技術によるレアメタル等のリサイクル推進

レアメタル等の有用な材料資源の安定供給に資するため、廃電気・電子製品等の未利用資源の高度利用を実現する物理選別技術ならびに化学分離・電解採取技術等を開発する。さらに、コンソーシアムの活動を通じ、国内の静脈関連企業（リサイクル業・製錬業等）、動脈関連企業（家電製造・自動車製造業等）との連携を強化し、産総研開発の技術の普及や動静脈産業が一体となった戦略的都市鉱山の展開を図り、物質循環型社会の構築を目指す。

内部資金：

戦略予算

「アジア戦略「水プロジェクト」」

標準基盤研究

「全有機炭素測定による光触媒水質浄化性能評価方法の開発」

「水試料中ペルフルオロアルキル化合物（PFASs）分析法に関する国際標準規格化」

外部資金：

経済産業省 平成27年度試験研究調査委託費

「南鳥島における多成分連続観測によるバックグラウンド大気組成変動の高精度モニタリング」

「センサーネットワーク化と自動解析化による陸域生態系の炭素循環変動把握の精緻化に関する研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「エネルギー・環境新技術先導プログラム／フェムトリアクター化学プロセスの研究開発」

「エネルギー・環境新技術先導プログラム/動静脈産業連携による循環制御型資源再生技術—情報技術を活用したレアメタル等金属を高効率にリサイクルする革新プロセスの開発—」

独立行政法人科学技術振興機構

研究成果開発事業【研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）】

「希薄な希土類元素の選択的吸着分離剤の開発」

「エレクトロスプレー繊維加工技術の開発」

戦略的創造研究推進事業（CREST）

「時間分解スペクトル法を用いた CO₂還元光触媒反応の機構解明」

「自己組織化ナノ液晶高分子によるイオン・分子の輸送・分離の計算機シミュレーション」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構

研究成果開発事業【研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）】

「活性酸素表面処理装置の開発と医療用滅菌器への応用」

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

「平成27年度海底熱水鉱床採鉱技術開発等調査に係る選鉱・製錬技術調査研究（選鉱基礎試験）」

「平成27年度銅原料中の不純物低減技術に関する基礎研究／銅精鉱から含ヒ素鉱物除去を目指した微粒子選別技術の基礎的検討」

「平成27年度銅原料中の不純物低減技術に関する基礎研究／各種銅鉱物の識別を可能とする単体分離の詳細評価手法の検討」

「平成27年度深海底資源基礎調査事業に係るレアアース堆積物開発技術調査（テーマ2：レアアース堆積物の選鉱・製錬等に関する調査）」

「平成27年度銅原料中の不純物低減技術に関する基礎研究／化学的手法によるヒ素分離回収の高度化に関する基礎的検討」

東京工業大学 原子力システム研究開発事業

「白金族元素個別分離のための抽出分離系の選定、アミド抽出剤を用いた白金族元素の個別分離試験」

日本酸化チタン工業会

「酸化チタン鉱滓（中和滓）を用いたアマモ場創生技術に関する研究」

一般社団法人産業環境管理協会

経済産業省委託事業「平成27年度社会ニーズ（安全・安心）・国際幹事等輩出分野に係る国際標準化活動実施計画（テーマ名：水質関連の測定に関する国際標準化）」の一つである「環境水及び排水等に含まれるアルキル水銀の測定法国際標準化事業」

「水中アルキル水銀測定法の国際標準化のためのフェニル化前処理法の評価試験」

一般財団法人 日本規格協会

「蛍光式酸素濃度計 JIS 原案作成に伴う性能試験」

文部科学省 科学研究費補助金

「アップコンバージョン効果促進太陽光型光触媒ナノ複合構造及び環境リスク削減への応用」
 「ゲル内での相乗複水酸化物合成による新規アニオン吸着材の開発」
 「ヒト iPS 細胞を用いた次世代環境センシングシステムの開発」
 「リボソームタンパク質を指標とするアスペルギルス症原因菌の新規系統分類」
 「レーザー3D 形状解析によるソーティングシステムの高度化」
 「海洋有機物における糖ペプチドの構造解明および炭素循環に果たす役割の評価」
 「環境浄化と微生物代謝学の再考：シンプルな代謝設計で CO₂ からの有価物生産に挑む」
 「希酸溶液による廃棄物含有貴金属の溶解に関する研究」
 「協同効果を利用した新規ロジウム抽出系開発及びそのメカニズム解析」
 「金属との相互作用を活用したグラファイト状窒化炭素の特性制御」
 「細胞選択的な微量元素分析のためのマイクロ流体デバイス/ICP 質量分析装置の開発」
 「質量分析法及び関連技術を用いた機能性ポリマー材料の劣化解析」
 「大気圧プラズマ由来ラジカル種の触媒等固体表面における反応機構解明」
 「大気中アルゴン濃度の超高精度観測に基づく気候システム温暖化のモニタリング」
 「第三の極における強太陽光照射が有害物質長距離輸送に与える影響評価研究」
 「単一生細胞での細胞内遺伝子センシング技術の開発とチップデバイス化」
 「地下圏炭素・エネルギー動態に関与する中核微生物群の同定と新機能解明」
 「低温プラズマと触媒複合プロセスの活性化メカニズムの解明と高度利用技術の確立」
 「電気化学的手法を用いた廃棄物系有機物からの高純度水素の製造技術の開発」
 「都市域の猛暑の発生に及ぼす風上地面状態の影響評価」
 「配位高分子のネットワーク構造がもたらす特徴的なカチオン交換特性」
 「発光性細胞株アレイを用いた高速 PM2.5 評価系の構築」
 「インドにおける医薬品及び薬剤耐性菌環境汚染調査」
 「水で制限されたナノマイクロ空間の分析化学」
 「森林生態系の炭素代謝プロセス動態の時空間的変動機構の統合的解明と温暖化影響予測」
 「氷成長抑制ポリペプチドと温度応答性物質を用いた水・氷・霜の付着しない機能面の研究」
 「高圧ジェット装置を用いた活性汚泥減量化機構の解明」
 「西太平洋～インド洋海域洋上エアロゾルの光学特性と

変質」

「英国における海洋漏出 CO₂ の環境影響評価のための実海域実験」

「マイクロ RNA の量的・質的変動を解析するシステムの構築」

「海洋微細藻類からのエネルギー回収を目指した太陽光利用型光触媒システムに関する研究」

「多色変化型糖センサーアレイの高機能化と多検体同時検出システムへの展開」

経済産業省 平成27年戦略的基盤技術高度化支援事業（機関補助金）

「樹脂/金属接着技術を用いた大気中全マトリクス捕集装置の開発」

「CFRTP 専用ファスナーを用いた自動車用 CFRTP と異種材料の革新的接合技術の開発」

公益財団法人鉄鋼環境基金 2014年度環境助成（一般研究助成）

「現場環境下で容易に測定できる水銀検知手法の開発」

2015年度環境助成研究（一般研究助成）

「マイクロバブルとアルカリ水による代替フロン省エネルギー処理システムの開発」

公益財団法人住友財団 2014年度環境研究助成

「東日本大震災スペシメンバンクを用いた有害物質挙動解析と将来予測」

公益財団法人鈴木謙三記念医科学応用研究財団 平成26年度調査研究助成

「化学物質の健康影響を簡易・迅速に評価する RNA センサチップの開発」

公益財団法人クリタ水・環境科学振興財団 平成27年度国内研究助成

「ヒト iPS 細胞を用いた飲料水の安全性評価技術の開発」

発表：誌上発表103件、口頭発表321件、その他28件

資源選別プロセス研究グループ

(Resources Separation Process Research Group)

研究グループ長：古屋伸 茂樹

(つくば西)

概要：

資源選別プロセス研究グループでは、複雑組成の廃製品や未利用天然資源を対象に安価・安全かつ効率的にレアメタル等を濃縮するための単体分離、物理選別、制御技術の開発を推進している。平成27年度は、1) 廃製品データ利用技術開発の一環として、廃小型家電

300台以上を収集、製造年代と使用元素の関係等を調査した。2)「ARENNA ソータ」について、制御プログラムの改良により、時間当たり処理量を従来比1.5倍に向上させた。3)「縦カラム型空圧多段選別装置」について、民間企業と連携して実用化に向けたスケールアップに関する検討を実施した。4) 廃プリント基板からの素子回収装置や走査型 LIBS ソータ用3D 位置検知システム等、リサイクルプロセス効率化のための新規技術開発を実施した。さらに、5) 機械化が最も困難とされている単体分離プロセスの解明とモデル化、6) 物理選別装置開発のための混相流シミュレーション、7) 装置長寿命化のための被膜形成などの目的基礎研究を実施した。

研究テーマ：テーマ題目3

資源精製化学研究グループ

(Resources Refining Chemistry Research Group)

研究グループ長：成田 弘一

(つくば西)

概要：

当グループでは、化学的手法をベースとした資源精製技術を駆使し、金属およびプラスチックに対するリサイクル率の向上及び再資源化の促進を目指している。今年度は、以下の成果を得た。1) 希土類元素の分離・回収に関し、これまでに開発した抽出剤が深海底堆積物にも適用可能なことが分かった。また、吸着反応部位の導入方法を精査することで、吸着容量を従来の3-4倍に向上させることができた。2) 白金抽出分離研究では、アミド含有アミン化合物による白金抽出錯体の内圏及び外圏構造を明らかにした。3) 溶融アルカリを用いたタングステンリサイクルにつき、水蒸気分圧の影響を詳細に調べ、消費電力を1/2以下にするなど大幅な効率化を実現した。4) 炭素繊維強化プラスチックを各種の条件下でガス化すると回収した炭素繊維の引張強度は処理条件によって大きく異なり、処理温度が高く雰囲気下の残留酸素濃度が大きくなると著しく劣化することが明らかになった。5) プラスチックや木質廃棄物ガス化の効率評価や効率向上の基礎となる装置周りの熱収支を反応熱、生成物の顕熱・潜熱、装置からの放熱の観点で理論化した。

研究テーマ：テーマ題目4

環境計測技術研究グループ

(Environmental Measurement Technology Research Group)

研究グループ長：佐藤 浩昭

(つくば西)

概要：

環境リスクを評価・低減する技術の開発を達成するために必要な次世代環境診断技術の開発を目的として、

その基盤となる分析装置、センサ類の試作と性能評価を実施している。平成27年度は、1)「水処理に関する分析・モニタリング技術の開発」に関して、無試薬光反応により有機窒素化合物を迅速無機化する方法を開発するとともに、水処理システム等の微生物群を質量分析で迅速に評価する新規技術を開発した。2)「生体応答に基づく化学物質等の生体影響評価技術の開発」では、電気化学的 DNA/RNA 検出について多数の拡散を一度に同定するマイクロ電極アレイの性能を向上させた。化学物質の生体影響を計測するための新規生物発光プローブを開発した。また、ヒト iPS 細胞に種々の化学物質を暴露して応答が大きく変化するノンコーディング RNA を同定し、応答メカニズムを明らかにした。3)「オンサイトモニタリングシステムの開発」では、高感度小型素子を用いて WHO 作業環境基準以下を検知できる微量水銀検知法を開発した。また、ロボットクリーナーを活用した VOC の室内監視システムの開発を進めた。4)「創エネ・省エネ推進のための評価技術の開発」では、微量元素の高感度検出法やタール状成分の元素組成解析法を開発し、石炭ガス化技術開発の推進に貢献しうる計測技術の開発を進めた。また、太陽光発電モジュール素材等で用いられる高機能性化学部材の信頼性・劣化解析技術を開発した。

研究テーマ：テーマ題目1

環境微生物研究グループ

(Environmental Microbiology Research Group)

研究グループ長：尾形 敦

(つくば西)

概要：

「資源循環を進める技術開発」を推進するために、(1) 水環境保全及び廃棄物低減に貢献する水処理再生技術の開発、(2) 生物機能の解明並びに高度な解析技術に裏打ちされた基礎的知見の集積、(3) 新規環境対策技術の提案や各種環境汚染対策への提言を目標に活動を行った。

(1)高濃度の人工下水を膜分離活性汚泥法 (MBR) で処理する系において、処理能が低下した MBR への有機物供給濃度を半減したところ、汚泥量が7割程度減容化した。また、微生物群集構造を解析したところ、複数の菌捕食性細菌の存在が示された。同法を微生物捕食による余剰汚泥減容化法として提案した。

(2)廃水処理において有機物負荷の増加が汚泥微生物に及ぼす影響を解析した。人工下水濃度 450 mg-COD/L で膜分離活性汚泥装置を8日間安定運転させた後、供給濃度を倍増した。結果、85% 以上の高 COD 除去率を維持したが、微生物群集構造は劇的に変化していることが明らかとなった。

(3)社会ニーズ、企業ニーズに対応した環境汚染対

策について、複数の企業に対し共同研究、受託研究を通して技術的な貢献を行った。

研究テーマ：テーマ題目5

反応場設計研究グループ

(Reaction Field Design Research Group)

研究グループ長：脇坂 昭弘

(つくば西)

概 要：

化学反応効率・選択性を極限まで高め、環境負荷物質の発生削減と分解除去効率の最大化を目指して、i) 極微小液滴反応場、ii) プラズマ反応場、iii) 光化学的反応場、iv) 生体内反応場、v) 液中クラスター反応場に関する研究を行った。i) 極微小液滴反応場については、エレクトロスプレー法により形成した極微小液滴を反応場として制御する技術を開発し、高活性環境浄化触媒となる金属ナノ粒子分散液の合成法を開発した。ii) プラズマ反応場については、プラズマと触媒の複合反応場での環境負荷物質の分解反応を制御する触媒表面の放電現象を計測することに成功した。iii) 光化学的反応場については、光触媒系粒子、金属錯体系化合物等を光吸収体に用いた光化学反応場の最適化に関する研究を行った。iv) 生体内反応場については、選択的反応場に関与する光学活性分子の立体配座解析技術を開発した。v) 液中クラスター反応場については、質量分析法で液中クラスター構造を解析し、混合溶液のクラスターレベルの構造と液体の機能（冷却効果、抗菌効果など）との関係を明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3

水環境技術研究グループ

(Water Environment Technology Research Group)

研究グループ長：日比野 俊行

(つくば西)

概 要：

部門の第4期中長期目標の1つである環境負荷を低減するための水処理監視・制御技術開発の一環として、当グループでは、水の高度利用を目的とした物理化学的処理技術及び解析技術の開発を行っている。具体的には、(1) 吸着剤の開発・改良、(2) 有害物の分解触媒の開発・改良並びにシステム構築、(3) 水処理技術に係る現象のメカニズム分析・解析を行っている。平成27年度は、(1) では、層状複水酸化物及びその複合体による新規陰イオン吸着剤の開発、磁性酸化物を用いた吸着剤開発、及び配位高分子の構造とカチオン交換特性の評価を行った。(2) では、グラフェンナノコンポジットの高機能化による吸着剤・触媒開発、光触媒の改良及びそれを用いた途上国における飲料水浄化に向けたソーラーシステム構築、電気化学的分解触媒を用いた硝酸イオンの分解技術開発の検討を行っ

た。(3) では、難水溶性結晶表面上での水の秩序構造化及び相変化挙動の分子レベルでの検討を行った。

また、(1) - (3) とは別に、ベトナム埋め立て処分場の現地調査と提案した処理の効果評価や、ベトナム・ハノイで開催された VAST-AIST Workshop での発表も行った。

研究テーマ：テーマ題目6

大気環境動態評価研究グループ

(Atmospheric Environment Study Group)

研究グループ長：兼保 直樹

(つくば西)

概 要：

大気環境における観測・数値シミュレーション技術を基盤として、大気環境の動態評価を研究、また、環境の変化を検出するための分析・モニタリング技術を開発し、産業活動の環境影響評価および地球温暖化防止のための対策評価に適用を進めている。

今年度は、岐阜県高山市の落葉広葉樹林及びタイの熱帯林における炭素収支観測データより、気候変動と樹木の着葉期間の関係を解析するとともに、高山サイトでの大気中酸素濃度の長期観測データを用いて過去10年間の全球炭素収支を推定した。また、温室気候変動の要因の解析のため、海洋貯熱量変動の指標である大気中アルゴン濃度の観測を国内外7箇所で開催した。

気象モデルによる大都市域の夏季の高温の再現精度向上をはかるため、濃尾平野でフィールド観測を実施、東京都内では人工排熱の起源別推定のための大気組成と放射収支の同時観測を開始した。

大気中の化学物質に関して、温室効果気体であるフッ素系冷媒の大気中寿命に関わる海水に対する溶解度の取得、有機エアロゾルのモデルである蟻酸水和物クラスターの個々の会合体の帰属の決定、PM2.5の大流量分級器の開発と特性評価、PM2.5発生源の推定計算法の改良等を実施した。

研究テーマ：テーマ題目7

海洋環境動態評価研究グループ

(Marine Environment Study Group)

研究グループ長：鈴木 昌弘

(つくば西)

概 要：

海洋環境評価研究グループは、陸上での人間活動あるいは海洋を直接利用する産業技術環境に及ぼす影響や効果の監視や評価を行なう手法を開発することにより政策策定の根拠としうる知見の提供を目的としている。平成27年度は、温室効果ガス排出抑制技術として期待される二酸化炭素の回収貯留 (CCS) 技術と生態系を利用した二酸化炭素削減技術の効果と環境影

響の評価に関連して、海水中の CO₂モニタリングセンサーの開発と英国における海域二酸化炭素放出実験のデータ解析および事後評価に係る現地観測の準備を進めた。合わせて沿岸海洋生態系の創生による大気二酸化炭素削減と沿岸環境浄化技術の評価として、産業副生物を用いた沿岸生態系（アマモ場）および創生技術に関わる擬似現場実験試料の各種化学分析とデータ解析を実施した。また、新規人工有機汚染物質（emerging POPs）を化学トレーサーとして地球規模環境変動・長距離輸送現象を解析する研究の一環として、ペルフルオロアルキル化合物（PFASs）の東日本大震災による環境放出現象を明らかにした。さらに中東・インド・中国から日本までのアジアベルト地帯での大気経路長距離輸送現象を解析するための国際共同研究体制を確立し、各国カウンターパートで5年間にわたるモニタリング研究を開始した。

研究テーマ：テーマ題目8

 [テーマ題目1] 水質変化高速検知（TOC オンライン測定）

[研究代表者] 佐藤 浩昭（環境計測技術研究グループ）

[研究担当者] 中里 哲也、鳥村 政基、佐藤 浩昭
 （常勤職員3名）

[研究内容]

産業および生活において清浄そして安全な水の確保が世界的課題となっており、水資源、水利用、および水処理の各々の水現場での管理の効率化が求められている。管理には種々の汚染物質を測定する必要があるが、有機物汚染を把握するには全有機炭素（TOC）の測定が重要である。この TOC を連続監視（モニタリング）ができれば、水管理の効率化を図ることができる。しかし、既存の測定法は、白金触媒や過酸化水素試薬など高価・有害な試薬を用いた煩雑・危険・長時間の処理を行うため、メンテナンス、コスト、時間、および安全管理の負担が大きく、連続監視が普及できていない。そこで本研究では、試薬を代わりに光反応を利用した処理を行うことで、メンテナンスなど上記の負担を低減化した TOC モニタリング技術を目指すものである。

今年度は水処理システムの性能変化を連続監視できるように、水中の溶存有機物の TOC 濃度変化を5分以内に検知できるオンライン計測装置を試作した。計測装置は光反応処理部と検出部から成り、光反応部は昨年度までに開発した光反応器を改良して、試料水中の有機物を無試薬・30秒で無機化できる条件を見出した。光反応器は試料水を通す反応管を紫外線ランプに貫通させることで、ランプからの光を試料水に効率良く照射し、この照射により溶液中の水分子から酸化力が高い水酸化ラジカルを効率良く発生させることが可能であった。このラジカルを用いることで、試薬を用いずに有機物を迅速に無機化した。検出部は無機化して得られた二酸化炭素を

赤外吸収分析計により検出した。試料水の光反応処理部への導入から検出部への到達までの時間を短縮した装置の小型化を図り、結果、約2.7分で水中の TOC 濃度変化を検知可能となった。また、この光反応処理法を、水中重金属の電気化学検出法に応用した（産総研バイオメディカル研究部門との共同研究）。重金属検出では溶存有機物が存在すると検出が困難となるため、従来は酸化剤など試薬を用いて分解処理が必要であったが、本研究の光反応処理法を用いることで無試薬条件で除去し、重金属の高感度検出をメンテナンス、コスト、時間、および安全管理の点で改善した。

[領域名] エネルギー・環境

[キーワード] 水質、分析、水質汚染、全有機炭素、有機物

[テーマ題目2] フェムトリアクター設計技術開発

[研究代表者] 脇坂 昭弘（反応場設計研究グループ）

[研究担当者] 脇坂 昭弘、寺本 慶之、小原ひとみ、佐野 泰三、金 賢夏、堀 智子
 （常勤職員5名、他1名）

[研究内容]

液相の化学反応や化学プロセスの収率及び選択性は、混合、分離、加熱、冷却などの単位操作の効率と密接な関係がある。これら単位操作の効率は液体の体積が小さいほど高くなるため、液体の体積を極限まで小さくすることにより、バルクでは達成できない化学反応や化学プロセスの制御が期待できる。本研究では、気中及び液中のエレクトロスプレー法によって、試料液体を直径マイクロメートルサイズ（体積フェムトリットルレベル）の極微小液滴に微細化し、それらの移動を電場で制御することにより、フェムトリットルレベルの極微小液滴内で混合、分離、加熱などを可能にするフェムトリアクター技術を開発し、低環境負荷・省エネルギー化学プロセスの設計に適用することを目指している。

気中エレクトロスプレーによるフェムトリアクター法は、金属ナノ粒子触媒調製に適用し、触媒活性に大きな影響を与える金属ナノ粒子保護剤フリーの合成法を開発した。通常、金属ナノ粒子の凝集を抑えるために界面活性剤などの保護剤を金属ナノ粒子の周囲に吸着させているが、触媒活性点を覆ってしまうため、触媒活性の低下を招いている。本研究で開発したフェムトリアクター技術と光照射を組み合わせることにより、還元剤と保護剤を用いずに2 nm 以下の金ナノ粒子を安定化することに成功し、高触媒活性を確認した。

液中エレクトロスプレー法によるフェムトリアクター法は、スプレーする場となる媒体溶媒の種類により、液滴径を制御できることを見出した。即ち、これにより反応場となる液滴の体積を制御することができる。誘電率の異なる溶液（ヘキサン：比誘電率1.88、1-オクタノール：比誘電率10.3）を用いて水のエレクトロスプレーの

液滴径を比較したところ、ノズル電位+4 kVにおいて、ヘキサン中では10 μm 、1-オクタノール中では100 μm となり、10倍の変化を観測した。静電的相互作用の大きな極性溶媒中でエレクトロスプレーを行うと、ノズル先端に極性分子が配向し、電場を弱めることによって、液滴径が大きくなったと考えられる。ヘキサンと1-オクタノールをそれぞれ媒体溶媒に用いて、塩化金酸と還元剤を正・負エレクトロスプレーにより混合して金ナノ粒子を合成したところ、ヘキサン中では3.8 nm、1-オクタノール中では9.7 nm の金ナノ粒子が生成した。上述の媒体溶媒による液滴サイズの違いが反応体積を制御し、金ナノ粒子サイズ制御を可能にした。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 フェムトリアクター、エレクトロスプレー、反応場、金属ナノ粒子、触媒

〔テーマ題目3〕 廃製品データ利用選別技術の開発

〔研究代表者〕 大木 達也（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 大木 達也、古屋仲 茂樹、林 直人、上田 高生（常勤職員4名）

〔研究内容〕

個別選別技術：

製品情報に基づいて製品個体を特定できるシステムを開発し、特定された個体と予め取得した製品情報と照合、含有金属成分の資源価値等の情報に従って、廃製品を自動選別する基本システムの開発を目的とする。まず、SURE コンソーシアム会員企業から廃製品試料の提供を受け、データベースの試験的構築を開始した。これまでに、メーカー、型番、年式、部品構成等の基本情報を整理するとともに、メーカー、年式の異なる40検体を選定して、解体・化学組成分析を実施し、化学分析結果に基づいて、含有するプリント基板の資源的価値を評価した。また、データ利用型選別技術として、改良型 ARENNA ソータを開発するとともに、デジタルカメラ筐体に貼付されている表面文字情報を読み取り、メーカー・型番を自動認識するプログラムを試作し、その性能評価を開始した。さらに、2D 画像データの深層学習による品目や製品シリーズの自動認識について、プログラム開発の見通しをつけた。

バルク選別技術：

資源価値別に選別された廃製品を破碎後、製錬原料化する工程は、現状、多様な選別装置をアナログ的に組み合わせているに過ぎず、製品変動に対応した精緻な対応が出来ないため、レアメタルの多くは路盤材や覆土材等となり、循環利用できずにいる。本課題では、廃製品データを利用し、複数の選別装置の組み合わせ及び運転条件を、対象物に合わせて自律的に一貫制御可能な、「トランスフォーマブル選別システム」のシステム設計の構築を目指す。主たる選別対象は、デジタル家電等に搭載されるプリント基板の破碎物であり、電子素子の種類選

別を実現することにより、多種の金属の製錬原料化を目的とする。選別システムの自律制御化には、電子素子等の化学組成だけでなく、サイズ、形状、密度、磁性、導電性等の物性の他、これらの物性を利用した選別工程での運動解析が必要である。既にタンタルコンデンサのリサイクルプロセスにおいて、電子素子の気流選別データベースは構築済みであるが、これを、各種磁選機、渦電流選別機、エアテーブル等へ拡張するため、それぞれに必要なデータ項目(データ整備法)を検証した。また、選別の一貫制御のため、廃製品破碎物をサイズ選別後、最大8種の選別機から、投入物に最適化した選別機の組み合わせを抽出し、各選別機を最適運転条件に制御し、選別産物の組成を予測する。27年度においては、現状は独立したアナログ装置である選別機群を、一貫制御し、任意の順番に任意の装置へ試料投入が可能な試料供給システムの概念設計を行った。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕

〔テーマ題目4〕 樹脂と金属のリサイクル技術融合による都市鉱山開発への新たなアプローチ
(領域イノベーション予算)

〔研究代表者〕 大石 哲雄

(資源精製化学研究グループ)

〔研究担当者〕 加茂 徹（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

樹脂および金属リサイクル技術の融合が重要な二次資源の代表例として、太陽電池リサイクルプロセスの研究を主に行った。昨年度民間企業数社と共同で NEDO の先導研究に参画した体制を強化し、ハウスメーカーや廃ガラスの取り扱い企業を取り込んだ研究体制構築を試みたが、結果的には樹脂可溶化や高純度シリコンの再生など「採算性」の低い部分を切り捨てた形での提案になった。ただ、環境負荷低減の観点からはいずれも今後必要な技術であることから、技術開発は引き続き行った。

樹脂 (EVA) 可溶化については、溶媒の種類や温度、添加剤などが可溶化率に与える影響を精査し、高い可溶化率を迅速に達成する条件を明らかにした。また、可溶化が従来の焙焼より低温で行えることから、後段の高純度シリコンの再生において不都合なアルミナの形成を抑制できることを再確認した。高純度シリコン再生については、工業化に適した3層電解による精製を行い、安定的に電解できる条件を確立した。

これ以外に、PCB などの難処理有機物の処理にも有効な溶融水酸化物に着目し、これを用いたタングステンリサイクルの研究を進めた。ここでは、水蒸気分圧を制御することで大幅な省電力化が図れることなどを見出し、特許出願するとともに、切削油等に汚染された研削スラッジへの適用も検討した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 リサイクル、太陽電池、廃棄物処理

〔テーマ題目5〕 模擬降雨により攪乱された膜分離活性汚泥微生物群集の変化と水処理性能に及ぼす影響

〔研究代表者〕 尾形 敦（環境微生物研究グループ）

〔研究担当者〕 尾形 敦、愛澤 秀信、堀 知行、
佐藤 由也、稲葉 知大
（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

膜分離活性汚泥法（MBR: Membrane bioreactor）は、活性汚泥と処理水の分離を精密濾過膜または限外濾過膜により行う水処理再生の中核技術であり、標準的な活性汚泥法に比べて、省スペースで良好な処理水質が得られる。一方で、最も普遍的で急激な環境変化の一つである、雨水の水処理システムへの大量流入が起こると、系内に大きな影響を及ぼすことが知られている。しかしながら、これまでの降雨に関する研究は処理施設の構造や運転管理法などの対策技術にとどまっており、活性汚泥微生物に対する評価はなされてこなかった。本研究では、パイロットスケールの膜分離活性汚泥装置を運転する際、大量の水を流入させることで降雨を模擬し、リアクター処理性能への影響を観察するとともに、活性汚泥微生物群の遷移を次世代シーケンサーにより同定した。コントロールとして模擬降雨なしの条件でもリアクターを運転し、両者を比較した。230 L容の MBR に活性汚泥を満たし、水利学的滞留時間2日の条件で人工下水の好気処理を開始した。運転期間を通して物理化学的パラメーター（温度、pH、DO、MLSS、TOC、COD-Cr、TN、アンモニア濃度）とファウリング指標である膜間差圧を追跡した。模擬降雨処理を行った直後から、徐々に汚泥による有機物の分解効率が低下した。その際の微生物組成の変化を確認したところ、模擬降雨処理後には、貧栄養条件に強い微生物が約50%を占め、ある特定の菌が処理性能を維持していることが明らかとなった。その結果、汚泥微生物の多様性は大きく減少することが観察された。一方、その後有機物負荷を増加すると、有機物分解効率が徐々に回復した。微生物組成を解析したところ、他の微生物が増加することで微生物多様性は回復傾向に転じていた。このように降雨など大きな環境変動の影響で汚泥微生物の多様性が低下すると、処理性能の安定性が損なわれることが示唆された。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 膜分離活性汚泥法、微生物、次世代シーケンサー

〔テーマ題目6〕 吸着剤への有機分子の吸着挙動に関する研究

〔研究代表者〕 日比野 俊行

（水環境技術研究グループ）

〔研究担当者〕 日比野 俊行、半田 友衣子
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

ベトナムでは、通常、回収された一般廃棄物は、直接埋立処分場に持ち込まれ、そのまま投棄されているが、食品残渣などから由来する有機物が浸出水中に含まれるため、浸出水は処理して排出しなくてはならない。ベトナムの水質基準では、飲料水水源への放流や河川水への放流に際して色度が規制されている。日本においては、水質汚濁防止法の規制に色度は含まれていないが、川崎市をはじめ、和歌山市など一部の自治体で規制されるようになってきているほか、再生水の利用の指針では、色度の項目が入っている。アジアでの展開や水の再利用を考えた場合、色度規制に対応した効果的な処理技術は用意しておく必要がある。当グループでは、ベトナム科学技術アカデミー（VAST）環境技術研究所（IET）の協力のもと、ベトナムにおける埋立処分場からの浸出水処理の改良を図ってきた。浸出水を生物処理したあと、難分解性成分や色度除去のためにフェントン処理している処分場があるが、このフェントン法では処理後に発生するスラッジの処理に難があることが分かり、オゾンを用いた促進酸化法への代替の可能性を検討してきた。今年度からは、オゾンを用いた促進酸化法に加えて、他の物理化学的処理との組合せによる、より高効率な処理を目指すことになった。吸着剤との組み合わせを検討するため、その基礎検討を開始し、難分解性有機物の代表であるフミン質や染料の吸着剤による除去の検討を行っていくこととした。

今年度の検討として、陰イオン交換能を有する層状複水酸化物を吸着剤とし、モデル的な染料としてオレンジ II の除去を検討することにした。層状複水酸化物は、正に帯電した金属水酸化物のシートが重なった構造をしており、このシートとシートの間（層間）に電荷を補償するために陰イオンが存在している。この層間の陰イオンが交換可能なため陰イオン交換体として機能する。今年度の検討では、層間陰イオンが主として塩化物イオンであるものと、この塩化物イオンをモノカルボン酸あるいはジカルボン酸イオンに交換処理したサンプルを用意し、吸着性能を比較した。また、市販の活性炭も比較のため検討に入れた。吸着実験は、各サンプルをオレンジ II 水溶液に入れ、25℃、24時間置いたあと、何も入れなかった対照実験での濃度との差から吸着量を求めて比較検討した。結果として、いずれの層状複水酸化物も、活性炭に比べて高い除去能力を示した。モノカルボン酸あるいはジカルボン酸イオンによる層状複水酸化物の処理では、特に吸着能力の改善はみられなかった。今後、層状複水酸化物の前処理での吸着能力向上の検討、ならびに様々な着色成分での評価を進めていく。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 水処理、色度、層状複水酸化物

〔テーマ題目7〕ペルフルオロノナン酸光分解反応の波長依存性

〔研究代表者〕 忽那 周三

(大気環境動態評価研究グループ)

〔研究担当者〕 忽那 周三、小間 祥平

(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

長鎖のペルフルオロカルボン酸類は、残留性有機汚染物質として懸念され、長距離移動性や環境中分解・生成機構等の環境動態が研究されている。本研究では、長鎖ペルフルオロカルボン酸のうち生産量が多いペルフルオロオクタン酸 (PFOA) とペルフルオロノナン酸 (PFNA) について、太陽光による環境中分解・生成機構を評価することを目的として、光分解の紫外光波長依存性を室内実験で調べた。

紫外光照射光源と光学フィルターを用いて、室温において PFOA あるいは PFNA を含む水溶液試料を約1週間から約3週間の間、連続で光照射して濃度変化を観察した。その結果、PFNA は地上に到達する太陽光の波長域 (≥ 290 nm) の光照射により分解することを確認した。PFOA の光分解速度は、PFNA より極めて小さかった。PFNA の分解は、その分解速度の波長依存性から紫外光による直接光分解と推定した。PFOA および PFNA の固体粉末試料について測定した拡散反射可視紫外吸収スペクトルは、両物質の反応性の違いに対応し、PFOA 試料は280 nm 以上の波長領域に吸収がみられないのに対し、PFNA 試料は300 nm 以上の波長領域に吸収がみられた。また、PFNA の光分解により PFNA より炭素鎖長の短いペルフルオロカルボン酸類が一斉に生成した。

一方、PFNA の分解速度が溶液の pH に大きく依存して変化することおよび PFNA の分解速度が微量の共存物質により大きく変化する可能性があることなどがわかった。それらの原因は不明である。そのため、太陽光による PFNA の環境中分解速度 (寿命) を推定できていない。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 残留性有機汚染物質、ペルフルオロカルボン酸、太陽光、環境中の寿命

〔テーマ題目8〕水試料中 PFASs 分析法に関する国際標準規格化

〔研究代表者〕 山下 信義 (海洋環境動態評価研究グループ)

〔研究担当者〕 山下 信義、谷保 佐知、山崎 絵理子 (常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

PFOS (ペルフルオロオクタンスルホン酸、炭素数8のペルフルオロアルキルスルホン酸) は残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約 (POPs 条約) で製造

や使用が規制された化学物質である。POPs 条約では PFOS の代替ができない用途に適用除外規定 (エッセンシャルユース) が設けられたが、現在この適用除外がさらに必要か検討が進められている。そのため代替物質を評価するための分析法の国際標準化が必要である。また、PFOA (ペルフルオロオクタン酸、炭素数8のペルフルオロアルキルカルボン酸) は現在 POPs 条約への追加が検討されている。

産総研ではこれまで、水試料中の PFOS および PFOA の濃度を測定する規格として、ISO 規格 (ISO 25101:2009) および JIS 規格 (JIS K 0450-70-10:2011) を策定してきた。2014年1月~6月に実施された、ISO 25101:2009の Systematic Review での規格の見直し投票では、確認17ヶ国、修正を伴う確認1ヶ国、改正1ヶ国、棄権10ヶ国により、修正を伴わない確認が推奨された。一方、改正としたオランダからは、PFOA の関連物質である PFBA (ペルフルオロブタン酸、炭素数4) ~PFDA (ペルフルオロデカン酸、炭素数10) (PFOA とは炭素数が異なる) の追加が要望されていた。現在、PFOS/PFOA だけでなく代替物質を含む PFASs の測定方法については、ドイツ (DIN 規格)、アメリカ (EPA 分析方法) および JIS 規格があるが、国際規格はなかった。

本研究では、PFOS/PFOA だけでなくその代替物質を含む PFASs (ペルフルオロアルキル化合物) の高感度高精度な分析方法を開発し、国際標準規格として新規提案することを目的とした。

本年度は、新規提案にあたり水試料中の PFASs 分析に関する既存の ISO 規格、JIS 規格および各国 (ドイツ、アメリカ) の標準分析法を比較し、新規提案に必要な項目を調査した。また、PFOS と PFOA 以外の炭素数の異なる PFASs の分析法を新規提案に反映させるため、海水分析のパフォーマンスを向上させる海水分析専用の固相吸着カートリッジの開発を行い、高感度高精度分析に必要な条件を決定した。2015年 ISO/TC 147会議では産総研がチェアマンとしてアドホックミーティング (AHG "PFOS and PFOA") を開催し、背景および新規提案予定の規格の概要と新規規格に必要な分析条件の要件を説明し、関連規格の策定に向けて各国エキスパートと議論し、新規提案について調整を行った。その結果、日本提案により PFASs の新規提案を行うことが了承された。新規提案が登録された場合、新規 WG を設立し、産総研がプロジェクトリーダー、カナダがコンビナーを務めることも併せて了承された。新規提案にあたり「水試料中ペルフルオロアルキル化合物 (PFASs) 分析法の国際標準化原案作成委員会」を開催し、原案の検討を行った。本委員会で議論した原案は2016年4月に提案の予定である。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 国際標準化、ISO、ペルフルオロアルキ

ル化合物

⑥【安全科学研究部門】

(Research Institute of Science for Safety and Sustainability)

(存続期間：2008.4.1～)

研究部門長：本田 一匡
副研究部門長：緒方 雄二所在地：つくば西、中央第5、東、
中央第2、北、
中央第1

人員：42名 (42名)

経費：761,681千円 (327,029千円)

概要：

本研究部門は、事故や災害の被害予測、技術や製品の健康・環境・経済への影響評価等、幅広い分野にわたる評価技術に関して、科学的な評価のみならず社会的な評価も同時に行う、総合的なリスク評価・管理手法を開発することを通じて、安全で持続的発展可能な社会の実現に貢献することを目標としている。このため、これまでに高い評価を受けてきた化学物質リスク評価、フィジカルハザード評価、ライフサイクルアセスメント、エネルギー技術評価等、個別の評価手法を融合させ、学際的な融合研究を推進して、安全と持続可能性を同時に追求する「安全科学」の確立を目指している。

平成27年度は、リスク評価戦略、環境暴露モデリング、排出暴露解析、爆発安全研究、爆発利用・産業保安研究、社会と LCA 研究およびエネルギーシステム戦略の7グループで研究開発を行った。豊かで環境に優しい社会を実現するグリーン・テクノロジーを推進する産総研エネルギー・環境領域の一員として、領域ミッション「産業技術のリスク・マネジメント」を担当し、化学物質や材料、エネルギーを適切に利用するためのリスク評価・管理手法を開発するとともに、産業事故の防止及び被害低減化に向けた技術開発を行うことを目的として、以下のミッションを掲げている。

ミッション1：行政・企業等の社会ニーズおよび国際化に対応するため、新規材料や化学物質複合影響のリスク評価手法の開発を進め、高エネルギー物質や高圧ガスの安全性評価手法、爆発影響を低減化する技術、および有効利用技術を開発する。これらの成果を行政や国際機関における管理枠組みへ反映させる。

ミッション2：産業のイノベーションを支援するために地球規模のリスク評価・管理手法を開発するとともに、産業の安全及びリスク低減化に向けた評価技術の開発を行う。

これらのミッションに対応して、平成27年度は、本研究部門のプレゼンスを示す部門重点課題（ユニット戦略課題）として1) 安全管理政策に資するリスク評価研究、及び2) 鉱工業のイノベーションを支える評価技術の開発を選定し、融合研究を実施した。

外部資金：

経済産業省 受託研究費「平成27年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（水素拡散挙動調査）」

経済産業省 受託研究費「平成27年度石油精製業保安対策事業（高圧ガスの危険性評価のための調査研究）」

経済産業省 受託研究費「平成27年度火薬類経年劣化評価方法に関する調査研究事業」

経済産業省 受託研究費「平成27年度火薬類取締法技術基準見直し等に係る諸外国の火薬類の規制状況調査事業」

経済産業省 受託研究費「平成27年度産業技術研究開発（ナノ材料の安全・安心確保のための国際先導的安全性評価技術の開発）」

経済産業省 受託研究費「化学物質安全対策（製品含有化学物質の暴露評価手法開発に関する調査）」

国立研究開発法人科学技術振興機構 受託研究費「上流インベントリデータベースの開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 受託研究費「エネルギーキャリアに関するステーションとその周辺に対するリスク評価手法開発と社会受容性調査」

一般社団法人産業環境管理協会 受託研究費「LCA 日本フォーラムにより管理されている工業会提供データ等の IDEA を用いた上流連結作業に関わる業務」

一般社団法人日本化学工業協会 受託研究費「事業者の自主的リスク評価管理を支援する環境リスク評価ツールの開発」

学校法人東京理科大学 受託研究費「微燃性冷媒の燃焼爆発影響評価（高効率ノンフロン型空調機器技術の開発／冷媒の性能、安全性評価／微燃性冷媒の燃焼・爆発性評価と空調機器使用時のリスクアセスメント）」

国立大学法人東京大学 受託研究費「平成27年度環境研究総合推進費（プラットフォーム化を目指した日常行動に関わる LCA データの整備と教材開発）による研究

委託業務	東京大学 基盤研究(B)「金属素材の持続可能な循環利用システムの構築」
岡山県 請負研究費「特定の地域モデルにおける低炭素評価業務」	上智大学 基盤研究(C)「単一パルス高圧衝撃波管によるテトラフルオロエチレン爆発予知のための反応モデル構築」
若手研究(B)「QAAR（定量的活性活性相関）手法による化学物質等の有害性推論手法の開発」	富山高等専門学校 基盤研究(C)「水による爆風圧低減化のメカニズム解明と応用」
若手研究(B)「キャビティ増幅吸収分光法による高温場での化学反応追跡手法の開発」	独立行政法人労働安全衛生総合研究所 基盤研究(C)「チタンと硝酸との反応による爆発性物質の同定及び安全取扱技術の確立」
若手研究(A)「グローバルサプライチェーンにおける隠れた水資源フローに起因する環境リスク評価手法」	株式会社三菱化学テクノロジー「平成27年度化学物質安全対策（スクリーニング・リスク評価における調査）リスク評価単位の検討」
基盤研究(C)「ナノ秒衝撃圧縮によるペンスリット単結晶爆薬の衝撃起爆機構の解明」	みずほ情報総研株式会社「LCADB-WG に係る作業（LCA データベースの差異に関する分析調査）」
研究成果公開促進費「リレーショナル化学災害データベース」	厚生労働省大臣官房 厚労省科研費補助金 E「中小規模事業場向けのリスクアセスメント手法の開発」
基盤研究(A)「金属特異性を考慮した包括的な生態リスク評価手法の開発」	国立大学法人横浜国立大学 厚労省科研費補助金（分担金）「定性的手法を用いた労働災害防止対策の取り組みに対する労働者の認識の分析」
基盤研究(C)「国際環境協力を資する河川シミュレーションモデルの開発」	横浜薬科大学 厚労省科研費補助金（分担金）「家庭用品から放散される揮発性有機化合物／準揮発性有機化合物の健康リスク評価モデルの確立に関する研究（サブテーマ：非定常型曝露シミュレーション手法の開発）」
基盤研究(C)「最適化手法に基づく複数住宅での温水需要予測技術とマネジメント技術の開発」	発 表：誌上発表112件、口頭発表195件、その他23件
基盤研究(C)「産業事故発生メカニズムの解明と事故抑止のための生産システムの実験的検証」	-----
若手研究(A)「複雑混合物のリスク評価に向けた暴露評価手法開発」	リスク評価戦略グループ (Risk Assessment Strategy Group)
基盤研究(A)「分散型エネルギー取引市場制度設計に関する理論構築、経済実験及び社会実装」	研究グループ長：蒲生 昌志
基盤研究(B)「放射線被ばくへの効果的な対策に資する問題解決型リスク評価手法・過程の検討と実践」	(つくば西)
立命館大学 基盤研究(A)「地域分散型のエネルギーシステムへの移行戦略に関する研究」	概 要： (研究目的) 主に化学物質に関する具体的な課題についてリスク評価を実施しながら、リスク管理を目的としたリスク評価の考え方の検討を行う。 (課 題) ナノ材料のリスク評価、化学物質の代替に伴うリスクトレードオフ解析（ヒト健康リスク、生態リスク）を中心的課題とする。 (研究内容) ナノ材料のリスク評価については、カーボンナノチューブ等の自主安全管理のための安全性試験総合手順書（仮称）の作成に向けて、培養細胞試験及び動物試験を実施した。また、ナノ材料の効率的な
東京大学 基盤研究(A)「サプライチェーンが産み出す価値と環境・資源ストレスの統合的ホットスポット分析」	
国立研究開発法人国立環境研究所 基盤研究(A)「精密質量データ解析法の開発と環境化学物質モニタリングへの応用」	

有害性評価手法の構築のため、気管内投与試験等のスクリーニング試験方法に関して、OECD WPMN（ナノ材料作業部会）のセミナーを企画して開催した。さらに、ナノ材料の体内動態の解析にかかる技術解説書を取りまとめて公開した。

化学物質のリスクトレードオフ解析については、ヒト健康影響について、ラット肝毒性の細胞実験評価結果と動物実験評価結果との関連性を表現する統計モデルを構築した。生態影響については、重金属の土壤生物及び淡水水生生物に対する影響について評価を行った。さらに、複合影響の評価として、加算性・非加算性に関する理論的研究を実施するとともに、化学物質審査において問題となっている混合物のリスク評価単位に関する検討を行った。

また、福島避難地域における被ばく線量調査を開始し、避難解除の検討に資する基礎データを取得した。
研究テーマ：テーマ題目1

環境暴露モデリンググループ

(Environmental Exposure Modeling Group)

研究グループ長：東野 晴行

(つくば西)

概要：

化学物質のリスク管理において、環境中の濃度を知ることが最も重要な課題の一つと考えられる。環境中濃度は、観測を行うかモデルによる計算で求められるが、新規の物質等観測データが存在しない場合の推定や限られた観測データからの全体状況の把握、将来や過去の状況推定等でモデルの果たす役割は大きいと言える。

このような背景から、当グループでは、化学物質の人や生態系へのリスク評価において、最も基礎となる暴露評価技術の開発を行っている。大気、河川、海域、室内（製品）等、複数の暴露評価モデルの開発を行い、これらを用いた暴露・リスク評価を他のグループと連携して実施し、その結果を化学物質管理等の政策に反映させる。平成27年度は、以下に示す外部資金によるプロジェクトと民間企業との共同研究を中心に研究を進めた。

- ① 平成27年度化学物質安全対策（製品含有化学物質の暴露評価手法開発に関する調査）
- ② 家庭用品から放散される揮発性有機化合物/揮発性有機化合物の健康リスク評価モデルの確立に関する研究（サブテーマ：非正常型曝露シミュレーション手法の開発）
- ③ 国際環境協力を資する河川シミュレーションモデルの開発

また、これまで開発してきたモデルや研究成果の普及や維持管理にも努めた。

研究テーマ：テーマ題目1

排出暴露解析グループ

(Emission and Exposure Analysis Group)

研究グループ長：恒見 清孝

(つくば西)

概要：

新規物質、代替物質や混合物のヒト健康や生態への排出・暴露解析やリスク評価を通じて、行政ニーズおよび国際化対応や新技術のイノベーションを支援することを目標として、排出解析、暴露解析を実施し、物性解析手法、環境中への排出量推定手法、発生源同定手法、環境中動態推定手法、ヒト・生物の暴露量推定手法等の手法の開発を行っている。平成27年度は、以下の研究を実施した。

① 環境排出量推計手法の開発

- ・マテリアルフロー解析によりプラスチック種類別・品目別の室内存在量を推定した。長時間および複数温度条件による臭素系とリン系難燃剤のハウスダスト移行試験を行い、ハウスダスト移行量推定式を更新した。二種類の有機リン系難燃剤を対象に製品含有化学物質の暴露評価ケーススタディを実施した。
- ・国内における家庭用防虫剤の室内持込量調査結果を整理した。ボックスモデルを仮定し、室内持込量にもとづく防虫剤成分の室内濃度推定手法が、簡便な暴露評価方法として有効であることを示した。

② 混合物の物性推定手法の開発

- ・環境中や製品中の複雑な化合物組成を有する混合物を対象とし、物性推定手法の開発に取り組んだ。灯油試料による二次元分離測定基盤を整えた。また線形自由エネルギー関係にもとづき計算される物性を二次元分離測定データのマップに投影するツールを作成した。

③ 生態リスク評価ツールの開発

- ・リスク評価結果にもとづくリスク管理提示機能の実装、信頼性あるデータベースの拡充によって、昨年度公開した汎用生態リスク評価管理ツール（MeRAM、日本語版と英語版）の完成度を向上させた。
- ・日化協のアジア戦略推進や化審法のアジア展開に向けて、産総研とタイ国立研究所との共同ワークショップ、国際協力機構主催の MeRAM ワークショップ等の企画・開催、経済産業省とタイ工業省との二国間協力関連ワークショップ支援等を行った。

④ カーボンナノチューブ（CNT）の複合材料の排出・暴露評価

- ・CNTの複合材料の加工、摩耗、粉砕時における排出および作業員等への暴露量を評価するために、炭素分析による樹脂とCNTの分離定量について検討し、その有用性を評価した。また、現場計測や模擬排出試験を行い、排出量や形態に関する情報を集積した。

- ⑤ エネルギーキャリアとしての水素活用における先進的リスク評価
- ・東京23区、川崎市と横浜市の平均および最大規模の仮想的オンサイト型水素ステーションを対象に、トルエンの慢性暴露と健康リスクを暫定的に評価し、定常運転ではリスク懸念がないと判断した。
 - ・アンモニアの吸入慢性毒性に対する既報ヒト無毒性濃度を調査し、有害性情報データベースを作成した。
 - ・事故規模に応じた爆風圧シミュレーションを行い、爆風によるヒトの鼓膜損傷と吹き飛ばされることによる死亡に関するリスク試算を実施した。
 - ・水素ステーションに対する認識や受容性の変化に関する定量的解析と、アンケートの質問項目を精査し、社会受容性調査の枠組みを確立した。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

爆発安全研究グループ

(Explosion Safety Research Group)

研究グループ長：若林 邦彦

(つくば中央第5、北)

概要：

当グループでは、爆薬に代表される高エネルギー物質等の発火・爆発現象の解明、爆発安全性評価手法や安全化技術、爆発影響の評価と低減化技術、高エネルギー物質を有効に利用する技術等の研究を実施している。爆発安全に関する研究では、爆風・衝撃波の伝播過程の解明を目的に、地中式火薬庫から開放される爆風の方位角依存性と土堤の影響に関する研究を行った。その結果、出口方向から離れるに連れて爆風圧が小さくなること、土堤によって爆風圧が局所的に強化・減衰することが示唆された。爆発影響評価の関係では、野外実験での適用を目指して、実験室規模で最大100g程度のコンポジット推進薬等を用いた燃焼実験を実施して、安全で確実な着火方法や爆風圧等の計測手法について予備的な検討を行った。化学物質の爆発性評価および保安技術に関する研究においては、主として外部の依頼による発火・爆発性の評価を実施した。有効利用技術の開発では、爆発性のある物質を含有する物の安全な処理技術、爆発を使った新材料合成等に関する研究を実施した。

研究テーマ：テーマ題目1

爆発利用・産業保安研究グループ

(Industrial Safety and Physical Risk Analysis Group)

研究グループ長：久保田 士郎

(つくば西)

概要：

本研究グループでは、火薬類等の高エネルギー物質および高圧ガス、可燃性ガス等の安全利用技術に関する基盤的な研究と産業保安の研究を実施している。火

薬類の安全に関する研究では、火薬庫土堤が地震等で一部損壊した場合の爆発影響低減効果の評価のため、および火薬類の種類に応じた爆発影響を把握するため、野外実験において地盤振動と飛散物を計測した。震災時に使用する人命救助用の新しいミニブラスティング技術の開発等で重要となるコンクリート等脆性材料の破壊時の応力場変化を光学的に評価する手法の開発に取り組んだ。高圧ガスおよび可燃性ガスの安全性に関する研究では、半導体産業等で利用される代表的な支燃性ガスの三フッ化窒素について、金属粉の発火実験を実施し、6種類の金属に対して発火温度を明らかにした。支燃性ガスが関係する事故等、重大なものを10事例選択・分析し、事故原因から抽出されたチェックポイントを「現場保安チェックポイント集」としてとりまとめ、現場で使いやすいシステムを構築した。また、代替フロンとして着目される微燃性冷媒の燃焼影響を評価するために重要となる燃焼特性を実験により明らかにした。水素供給用導管から一般集合住宅等のパイプシャフト内で漏えいした際に、空間内に障害物や発熱体がある場合の拡散挙を実験と数値シミュレーションにより明らかにした。産業保安に関する研究では、リレーショナル化学災害データベース(RISCAD)の継続的な運用、事故を時系列で整理して分析する事故分析手法PFAの普及活動、安全基盤と安全文化からなる保安力評価結果の分析手法の開発、事故の影響の経済分析等を行った。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

社会とLCA研究グループ

(Advanced LCA Research Group)

研究グループ長：田原 聖隆

(つくば西)

概要：

本研究グループでは、新規技術の導入に伴う社会構造及び産業構造の変化が環境や経済に直接的・波及的に与える影響を評価するための統合影響評価モデルを完成させることを目標とし、インベントリデータの収集や、マテリアルフロー解析、環境影響評価手法の開発、消費モデルの構築、将来技術評価、各種新エネルギーの評価等を実施している。本年度の主な成果として、インベントリデータベース(IDEA ver.2)の開発においては、海外への販売展開も含めたビジネスモデルを構築し、販売の準備を進めると共に、フォーマット等の技術的な課題を克服した。さらに影響評価手法の対応へ向け、化学物質の排出をインベントリに拡充した。影響評価手法開発では、生態系への影響評価として水消費による陸域生態系への影響評価モデルの開発を進めた。加えてこれまでの成果が環境影響評価手法の世界標準化を実施しているUNEP/SETAC Life Cycle Initiativeのフラッグシッププロジェクト

に採用された。資源リスクに関する分析および結果の提供、将来の我が国の資源管理の展望の構築を実施した。またケーススタディの一環として、バイオマス起源の材料を用いた製品製造に関する環境影響評価、水素エネルギーキャリアのライフサイクル分析を実施した。

研究テーマ：テーマ題目2

エネルギーシステム戦略グループ

(Energy Systems Analysis and Policy Study Group)

グループ長：村田 晃伸

(つくば東、西、中央第2、中央第1)

概要：

当グループは、安定供給、経済効率、環境適合、安全性（3E+S）という4つの評価軸から見て最適なエネルギーシステムはどうあるべきか、という課題にエネルギー技術評価というアプローチで取り組んでいる。

国内領域では、水素等のエネルギーキャリアの導入が我が国のエネルギー需給に及ぼす長期的影響の分析を行っている。平成27年度は、エネルギーキャリア関連技術の進歩が水素等の導入量に与える影響を分析した。また、液体水素の輸送モード別輸送量を分析し、液体水素の導入量に対する影響を評価した。さらに、離島における風力エネルギー有効利用の観点から電池・水素ハイブリッドシステムの経済性を分析した。

グローバル領域では、世界全体のエネルギー、鉱産物、バイオマス・食料の資源需給、ライフサイクル影響評価モデル（LIME）、経済モデルを統合した統合評価モデルの開発を行っている。平成27年度は、IPCCの新たな社会経済シナリオに対応した需要シナリオを作成し、モデルの動作を確認した。

住宅地を対象としたエネルギーシステムの研究では、複数の住宅が保有する分散エネルギー源を統合的に最適制御する住宅地エネルギーマネジメント技術の開発を行っている。平成27年度は、電気需要と温水需要の予測手法の開発と、機器の最適運用計画立案、逐次修正を行うようなエネルギーマネジメントシステムのモデル構築を行った。

省エネルギーの分析と評価の研究では、地域の産業構造から業種別の日負荷曲線の違いを考慮した電力需要モデル構築手法を検討した。典型的かつ費用効果が高い省エネルギー対策が率先して導入される基盤づくりのためのインデックスの作成を行った。

研究テーマ：テーマ題目2

【テーマ題目1】安全管理政策に資するリスク評価研究

【研究代表者】本田 一匡（研究部門長）

【研究担当者】本田 一匡、中山 良男、蒲生 昌志、東野 晴行、若林 邦彦、五十嵐 卓也、松永 猛裕、藤田 克英、内藤 航、

加茂 将史、篠原 直秀、竹下 潤一、堀口 文男、梶原 秀夫、石川 百合子、井上 和也、林 彬勲、小倉 勇、頭士 泰之、薄葉 州、秋吉 美也子、松村 知治、岡田 賢、杉山 勇太、久保田 士郎、椎名 拓海、佐分利 禎、高橋 文明、松木 亮（常勤職員29名）

【研究内容】

産業と環境が共生する社会の実現に向けて、化学物質や材料、エネルギーを適切に利用することで環境リスクやフィジカルリスクを低減することが必要である。このために、環境リスクやフィジカルリスクの評価・管理手法の開発を行政・企業等の社会ニーズおよび国際化に対応して進める。

- ① 化学物質のリスク評価研究では、新たな社会ニーズに対応するため、新規材料及び化学物質複合影響のリスク評価手法の開発を進める。また、国際的利用も視野に入れて評価ツールを高度化する。平成27年度は、ナノ材料の審査を想定したガイダンス原案を作成した。
- ② 爆発安全評価研究では、高エネルギー物質や高压ガスの発火・爆発現象の解明を進め、安全性評価手法や爆発影響を低減化する技術、有効利用技術を開発する。国連試験法の提案等を通じて、国際的な危険物質の取扱基準の策定に貢献する。平成27年度は、微燃性冷媒の爆発影響の評価技術や新規構造の土堤による影響低減化技術を開発した。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】ナノテクノロジー、ナノ材料、リスク評価、有害性評価、暴露評価、リスク管理、カーボンナノチューブ、火薬類、火薬庫、保安距離、行政ニーズ、安全性評価、爆風圧、可視化計測、BOS法、環境低負荷、爆破解体、破砕デバイス、電子制御、破壊実験、ナノリスク、粉塵爆発、混合液化ガス、液体酸素、液体酸素濃度、光吸収、高压ガス、可燃性ガス、支燃性ガス、微燃性冷媒、爆発影響評価

【テーマ題目2】鉱工業のイノベーションを支える評価技術の開発

【研究代表者】緒方 雄二（副研究部門長）

【研究担当者】緒方 雄二、恒見 清孝、和田 有司、田原 聖孝、村田 晃伸、小野 恭子、牧野 良次、塚原 建一郎、工藤 祐輝、河尻 耕太郎、本下 晶晴、本田 智則、畑山 博樹、西尾 匡弘、歌川 学、近藤 康彦、安芸 裕久、玄地 裕（常勤職員18名）

【研究内容】

産業と環境が共生する社会の実現に向けて、化学物質

や材料、エネルギー・環境評価等のイノベーションを支える産業から地球規模のリスク評価・管理手法を開発するとともに、産業の安全及びリスク低減化に向けた評価技術の開発を行う。

- ① 水素サプライチェーン等を対象に、事故発生確率、ハザード、脆弱性、暴露、リスク評価から産業保安、社会受容性に至る一貫した安全管理に関わる解析評価を行う。平成27年度は、水素エネルギーキャリアのリスク評価手法を構築した。
- ② エネルギーリスク低減・セキュリティ向上に対し、エネルギー技術（創蓄省+マネジメント技術）とその普及によるCO₂削減・省エネ効果の評価を行う。平成27年度は、水素エネルギーキャリアのリスク評価手法を構築した。
- ③ マルチクライテリア評価に向けた影響手法開発とインベントリ DB の構築を行う。平成27年度は、インベントリ DB である IDEA ver.2の販売を開始した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 リレーショナル化学災害データベース (RISCAD)、事故分析手法 PFA、保安力評価、安全文化、経済性分析、水素エネキャリア、リスク評価、LCA、インベントリデータベース、産業マトリックス、消費者行動、バイオマス、土地利用、水資源

⑦【太陽光発電研究センター】
(Research Center for Photovoltaics)
(存続期間：2015.4.1～2020.3.31)

研究センター長：松原 浩司
副研究センター長：増田 淳
副研究センター長：吉田 郵司
首席 研 究 員：佐山 和弘

所在地：つくば中央第2、つくば中央第5、九州センター

人 員：38名 (38名)

経 費：1,100,221千円 (368,794千円)

概 要：

地球上にあまねく降り注ぎ、枯渇の心配もない太陽のエネルギーを利用する太陽光発電は人類の持続的発展のために重要な技術である。産総研では太陽光発電研究に戦略的に取り組むために研究センターを設置して研究を続けてきた。当研究センターは、2015年4月より産総研の第4期中長期目標期間が開始するにあたり、前身の太陽光発電工学研究センター（2011-2014年）を改組して新たに発足した研究ユニットである。エネルギー・環境領域のミッションである“豊かで

環境に優しい社会の実現”のために、太陽光発電に関連する技術開発等に取り組み、太陽光発電の持続的な普及と発展を通して低炭素社会の実現、エネルギー安全保障の確保、経済発展、雇用創出等に貢献することをミッションとする。そのために、民間企業との共同研究等を通じた材料、デバイス、システムの技術開発や、従来技術の延長線上にない革新的な太陽光発電技術の開発、太陽光発電産業の共通基盤技術である基準セル校正技術やデバイスの高精度性能評価技術の高度化などを推進している。また研究センター発足にあたり新たに太陽光エネルギー利用法の一つとして、人口光合成等の太陽光エネルギー変換技術についても取り組みを開始した。

現在、8つの研究チームで構成され、産総研つくばセンターと九州センターの2拠点で研究開発を展開している。福島再生可能エネルギー研究所（FREA）の再生可能エネルギー研究センターの太陽光チーム等とも連携して研究を実施している。一方、海外の研究機関との交流、協力関係構築を図っており、特に米国国立再生可能エネルギー研究所（NREL）、フラウンホーファー研究機構太陽エネルギーシステム研究所（FhG-ISE）とは、三者 MOU を締結して研究協力を進めている。

内部資金：

戦略予算 「太陽電池モジュール性能非接触測定装置開発、実証」

戦略予算 「フィルム型有機薄膜太陽電池モジュールユニットの開発」

外部資金：

経済産業省 革新的エネルギー技術国際共同研究開発事業「太陽光による有用化学品製造」

経済産業省 革新的エネルギー技術国際共同研究開発事業「CO₂を利用した水素製造・貯蔵技術 ー二酸化炭素の再資源化技術によるクリーン水素キャリアシステム」

経済産業省 革新的エネルギー技術国際共同研究開発事業「単結晶化・積層化による太陽電池の高効率化技術の開発」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発／共通基盤技術の開発（太陽光発電システムの信頼性評価技術等）／太陽電池性能高度評価技術の開発（新型太陽電池評価・屋外高精度評価技術の開発）」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発/太陽電池セル、モジュールの共通基盤技術開発/ CIS 太陽電池高性能化技術の研究開発（光吸収層の高品質化による CIS 太陽電池の高効率化）」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発/共通基盤技術の開発（太陽光発電システムの信頼性評価技術等）/太陽光発電システムの高精度発電量評価技術の開発（経年劣化を考慮した各種太陽電池の発電量評価技術の開発）」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発/共通基盤技術の開発（太陽光発電システムの信頼性評価技術等）/太陽光発電の寿命予測ならびに試験法の開発（太陽電池モジュールの劣化現象の解明、加速試験法の開発）」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発/革新的新構造太陽電池の研究開発/超高効率・低コスト III - V 化合物太陽電池モジュールの研究開発（低コスト化技術・量子ドット成長技術）」

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

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST）「ギ酸の脱水素化反応による高圧水素の高効率製造技術の開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（先端的低炭素化技術開発）（ALCA）「新材料の探索と太陽電池技術の開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（先端的低炭素化技術開発）（ALCA）「ナノ構造体・結晶シリコン融合太陽電池のメカニズム解明」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ACT-C）「プロトン応答性錯体触媒に基づく二酸化炭素の高効率水素化触媒の開発と人工光合成への展開」

発表：誌上発表92件、口頭発表183件、その他15件

評価・標準チーム

(Calibration, Standards and Measurement Team)

研究チーム長：菱川 善博

(つくば中央第2)

概要：

太陽電池の評価・標準に関する校正技術・性能評価技術の開発を行い、我が国太陽電池産業の国際競争力強化・大量導入および輸出入の促進に貢献することを目的とする。太陽電池の価値に直結する校正技術・新型太陽電池性能評価技術・高精度屋外評価技術の開発を行い、太陽電池の評価・標準の高精度化およびトレーサビリティ体系の維持を図ると共に、技能試験・国際比較等を実施し、開発した技術の国際的整合性の検証・確立・普及を推進する。基準太陽電池の校正・各種太陽電池の性能評価・共同研究等により、成果を積極的に活用するとともに、実用化・標準化し、最新のニーズを把握して効率的な研究を推進する。論文・学会等での成果発表、普及および JIS・IEC など規格の策定に積極的に貢献する。

年度進捗：

- 1) ソーラシミュレータ法による一次基準太陽電池セルの校正を実施すると共に、更に高精度な校正技術を実現するための技術開発を行っている。ソーラシミュレータ法による太陽電池校正技術を高度化するための要素技術の開発として、精密構造型 WRR 絶対放射計の開発、超高温定点黒体輻射等を用いた校正技術の高度化、及び絶対分光感度法による一次基準太陽電池校正技術開発を行い、それぞれの性能の妥当性と技術的課題の抽出を行った。
- 2) 各種新型太陽電池（結晶シリコンペアセル、ペロブスカイト、各種薄膜等）の高精度評価を実施し、各デバイスに最適な評価技術を開発・検証した。今年度は特に進展が著しいペロブスカイト太陽電池に適した性能評価条件の明確化を行うと共に、両面受光型結晶 Si 太陽電池の計測方法検証と標準化、CIGS 等薄膜太陽電池の時間的過渡応答を考慮した高精度評価方法について検討を開始した。IEC 等国際標準化、学会論文等発表、欧米の太陽電池評価機関との比較測定等による国際整合性検証及び開発成果の普及を推進した。
- 3) 高精度化のニーズが高まり、今後ますます重要になることが見込まれる太陽電池モジュール屋外高精度測定技術、モジュール電位非接触測定技術等の新性能評価要素技術を開発した。

システムチーム

(PV System and Application Team)

研究チーム長：加藤 和彦

(つくば中央第2)

概要：

太陽光発電設備の健全な普及に資することを目的として、太陽電池モジュールや各種太陽光発電設備の性

能評価・不具合事例分析を通じた太陽光発電設備の長期信頼性や安全性に関する研究開発、および、太陽光発電技術が将来におけるわが国の基幹系統電源となるために必要な発電量予測手法の技術開発などを、利用者の視点に立脚して実施している。また、太陽光発電の導入ポテンシャルや付加価値を高めるための新しい制御技術の提案や太陽光発電技術の健全な導入を側面的に支援するための社会制度や政策に関する提言も行っている。

年度進捗：

太陽光発電設備の長期信頼性に関する研究開発については、2012年2月に当所つくばセンターに設置されている太陽光発電設備の全数測定作業が終了し、10年間における太陽電池モジュールの出力低下量や不具合発生に関する統計的あるいは現象論的解析を実施しており、その結果をまとめた報告書を作成しているところである。

また、太陽電池モジュールの屋外での定格性能判定方法に関する研究開発については、多様な日射強度・太陽電池モジュール温度条件のもとで、日射強度や太陽電池モジュールの温度を積極的に取得しなくとも、数回の電流－電圧特性の試行結果から、対象とする太陽電池モジュールの定格性能を判定することが可能な方法を考案した。

モジュール信頼性チーム

(Module Reliability Research Team)

研究チーム長：増田 淳

(つくば中央第2、九州センター)

概要：

本研究チームでは、太陽電池モジュールの信頼性に関する研究ならびに屋外に設置した太陽電池モジュールの実環境性能評価の研究を実施している。

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

指標を見出す。

後者においては、新型太陽電池モジュールの長期屋外曝露試験を実施し、太陽電池特性、日射量、気温等のデータを系統的に収集し、発電量を含む実環境性能評価ならびに長期信頼性評価を実施する。得られたデータをもとに、新型太陽電池モジュールを含む各種太陽電池モジュールの生涯発電量を、劣化を考慮した上で、日射量・気象データから算出する発電量推定技術を開発する。さらに、色素増感・有機薄膜等の研究段階の太陽電池モジュールの屋外性能や降灰地域に設置した太陽電池モジュールの発電量も解析する。

年度進捗：

公的資金や民間企業資金による共同研究により、太陽電池モジュールの劣化機構明確化、新規加速試験法開発、実環境での性能推定に資する研究成果を得た。また、新規開発された封止材、バックシート等の優位性を検証した。これらの研究を通じて得られた成果の代表例について以下に述べる。

結晶シリコン太陽電池における湿熱負荷による劣化の原因を明確化するため、酢酸蒸気曝露時のセルの交流インピーダンス変化を観測した。その結果、酢酸蒸気曝露試験の進行とともに新たな容量成分が発現すること、曲線因子の低下と短絡電流の低下は独立に生じることが明らかとなった。さらに、セルの酢酸蒸気曝露による劣化とモジュールの湿熱試験による劣化は酷似していた。酢酸蒸気曝露試験を行うことで、セルをモジュール化することなく、セル電極の酢酸耐性をモジュール化した場合の70倍の速度で判別可能なことを見出した。

システム電圧が高いメガソーラ等において、短期間で発電量が大きく低下する電圧誘起劣化（PID）現象に関しても基礎的検証を進めた。n型結晶シリコン太陽電池のPID現象は、研究事例の多いp型結晶シリコン太陽電池とは大きく異なり、ナトリウム拡散と関係ないこと、表面の蓄積電荷に起因すること、低電圧・低温で発生しやすいものの比較的小さな劣化で飽和することを見出した。また、薄膜シリコン太陽電池のPIDは透明導電膜の剥離に起因すること、CIGS太陽電池のPIDは空乏層再結合の活性化に起因することも見出した。このように、PIDとは高電圧印加で生じる太陽電池モジュールの劣化現象の総称であるものの、その現象や原因は太陽電池の種類毎に異なり、それぞれにメカニズムを解明し、適切な対策を講じる必要がある。

屋外曝露設備では、ヘテロ接合型やバックコンタクト型を含む結晶シリコン系、フレキシブル型を含む薄膜シリコン系や化合物薄膜系等の市販されている太陽電池を中心に、新規部材を用いた試作品も含め、各種モジュールを設置して系統連系運転を行った。10分毎に各ストリングの電流－電圧特性ならびに気象デー

データを収集し、データを蓄積した。平成28年3月末時点で、16種類で計62 kW の太陽電池においてアレイ単位の実環境性能評価を実施している。さらに、毎年1回屋外に設置したモジュールを取り外し、屋内のソーラーシミュレータで性能評価を行うことにより、屋外曝露にともなう経年劣化を観測している。これらのデータを詳細に解析したところ、高電位に位置するバックコンタクト型結晶シリコン太陽電池において PID が生じていること、薄膜シリコン太陽電池の光劣化は屋外曝露後3年半以内に安定化すること、CIGS 太陽電池においては曝露にともない性能が向上する場合があること、等が明らかとなった。さらには、市販太陽電池のモジュール単位の実環境性能評価や、研究開発段階の5種類の色素増感太陽電池モジュールならびに1種類の有機薄膜太陽電池モジュールの実環境性能評価も実施している。所外では、鹿児島県の降灰地域（霧島、桜島）に太陽電池モジュールを設置し、火山灰や火山性ガスが発電量ならびに長期信頼性に及ぼす影響の調査を継続した。太陽電池モジュール上の積灰量は火山灰の粒径に依存し、粒径が小さくなるほど、モジュールから滑落しにくく、発電量が低下する傾向にあることを明らかにした。

化合物薄膜化チーム

(Compound Semiconductor Thin Film Team)

研究チーム長：柴田 肇

(つくば中央第2)

概要：

薄膜系太陽電池でモジュール変換効率25% (PV2030+目標) を実現するための要素技術を開発すると共に、薄膜系太陽電池の適用範囲の拡大と低コスト化を目指す。具体的には、以下の5項目に重点的に取り組む。

- (1) CIGS 系太陽電池の高効率化技術の開発
- (2) CZTS 系太陽電池の高効率化技術の開発
- (3) 透明導電膜材料の高性能化と新規材料開発
- (4) 新規な半導体物性評価技術や太陽電池特性評価技術の開発
- (5) フレキシブル薄膜太陽電池技術の開発

年度進捗：

- (1) CIGS 系太陽電池の高効率化技術の研究開発

CIGS 系太陽電池の小面積セルの研究に集中し、抜本的に高効率化の研究を行った。特に CIGS 太陽電池の性能に及ぼすアルカリ金属元素の添加効果を詳しく研究し、CIGS 系太陽電池の小面積セルで変換効率21%以上を達成するための要素技術に関して、必要な研究開発指針を得た。具体的には、CIGS 薄膜を成膜した後に KF を成膜することにより、アルカリ金属元素を添加することの効果調べた。実験の結果として、アルカリ金属元素を添加す

ることは、CIGS の少数キャリアの寿命を増大させ、また正孔濃度を増大させる効果があることが明らかとなった。また、スクライプ端面の性質が CIGS 太陽電池の性能に大きな影響を及ぼすことを明らかにすることができた。特に、デバイスの経時変化による性能低下に強く影響することが明らかとなり、スクライプ端面の特性を改善することが CIGS 太陽電池の長期信頼性の向上に大きな効果があることが明らかとなった。また単結晶 CIGS 薄膜を製膜するための分子線エピタキシャル成長装置の立ち上げを行った。今後は CIGS 太陽電池の性能を向上させるための開発指針を明らかにすると共に、超高効率な結晶薄膜 CIGS 太陽電池の開発を行う予定である。

- (2) CZTS 系太陽電池の高効率化技術の研究開発

小面積セルの研究に集中して抜本的に高効率化の研究を行った。まず、CZTSe 太陽電池の Na 添加効果について系統的に研究し、添加に伴い発光寿命が増大することを明らかにすると共に、9.5%を超える変換効率を達成した。また、Mo 表面の酸化層の最適化により、10%の変換効率を超える CZTSe 太陽電池の作製に成功した。また、Ge を添加した CZTGeSe 太陽電池において12%を超える世界最高効率に迫る太陽電池の作製に成功した。また、CdS/CZTSSe 界面の最適化を行い、並列抵抗を下げるためには界面の残留酸素濃度を低減することが有効であることを解明した。

- (3) 透明導電膜材料の高性能化と新規材料開発

CIGS 系太陽電池に求められる透明導電膜材料の特性を考察し、その結果に基づいて CIGS 系太陽電池の高効率化の研究を行うことができた。具体的には、BZO、IZO 薄膜ともに比較標準試料の AZO 薄膜と比べ変換効率を向上できることをセルおよびモジュールにおいて確認した。両者ともに J_{sc} は増大し、その増分は TCO に由来した光学損失低減で定量的に説明できることが分った。また、RPD 法によるインジウム系 TCO 材料の成膜技術の開発に着手し、プラズマガンおよび原料近傍のマグネットの改造を行った。その結果として、 In_2O_3 系薄膜を安定した放電条件で作製できることを確認し、来年度以降の研究成果に期待が持てる結果を得た。

- (4) 新規な半導体物性評価技術や太陽電池特性評価技術の開発

正・逆光電子分光法によるカルコゲナイド系太陽電池の評価技術を開発し、その結果に基づいてカルコゲナイド系太陽電池の高効率化の研究を行うことができた。特に、鉄系および CZTSe 系のカルコゲナイド物質の正・逆光電子分光法による評価技術の開発に進展があり、今後の成果が期待される結果を得つつある。

(5) フレキシブル薄膜太陽電池技術の開発

セラミックス基板上の高効率な CIGS 系サブモジュールを開発することができた。フレキシブル基板に求められる条件、課題を明らかにし、最適基板の選定を行った。また、フレキシブル化する際に必須である、アルカリ金属添加法を開発した。目標達成のための要素技術としては十分なレベルに到達していると考えられる。

先進プロセスチーム

(Advanced Processing Team)

研究チーム長：松原 浩司

(つくば中央第2)

概要：

主にシリコン系太陽電池の高効率化、低コスト化を図る太陽電池作製プロセスの技術開発を行う。シリコン系太陽電池は結晶系と薄膜系に分類されるが、両者の共通技術としてアモルファスシリコンとその合金薄膜が太陽電池の接合形成や光吸収層として広く用いられている。先進プロセスチームでは、薄膜シリコン太陽電池およびヘテロ接合型結晶系シリコン太陽電池の高性能化を目指し、これらのアモルファスシリコン系薄膜の高品質化や製膜時における下地・界面に与えるダメージを低減するプロセス開発を行っている。一方、光吸収係数が小さいシリコン系太陽電池では光閉じ込め技術による光吸収促進は不可欠であるため、より効果的な光閉じ込め構造の検討や作製プロセスの開発も進めている。また、太陽電池の革新的な低コスト化や高効率化を狙った新しいシリコン系材料の開発も行っている。

年度進捗：

光劣化の少ないアモルファスシリコン (a-Si:H) の製膜技術としてトライオード (三極放電) 型プラズマ CVD 法を単接合 a-Si:H 太陽電池に適用している。太陽電池の性能支配因子を調査するために、トライオード法と一般的なダイオード法で a-Si:H 太陽電池を作製し、実デバイスでの欠陥評価および太陽電池性能評価により両者の比較を行った。太陽電池の欠陥評価にはサブギャップ光吸収を原理とする Fourier Transform Photocurrent Spectroscopy 法を用い、光吸収膜厚の異なる a-Si:H 太陽電池を評価した。その結果、初期欠陥および光誘起欠陥は光吸収層内一様に分布し、太陽電池の曲線因子はこれらの欠陥の総量に支配され、膜厚や光劣化の有無、製膜方法によらないことを明らかにした。また、トライオード法で製膜した a-Si:H はダイオード法で製膜したものに比べて光誘起欠陥密度が約 2 割少ないことを示し、トライオード法の優位性を確認するとともに、安定化効率の改善にはさらなる光誘起欠陥密度の低減が必要である指針を得た。

a-Si:H と微結晶シリコン ($\mu\text{c-Si:H}$) を組み合わせた多接合薄膜シリコン太陽電池に関しては、平成25年度に産総研独自のハニカムテクスチャ基板を用いたサブストレート型 a-Si:H/ $\mu\text{c-Si:H}$ / $\mu\text{c-Si:H}$ 三接合型太陽電池にて世界最高となる安定化効率13.60% (AIST 高精度評価) を得た。更なる発電効率の向上を目指し、トップセルであるサブストレート型 a-Si:H 太陽電池に対し、前述のトライオード型プラズマ CVD 法を適用した。併せて p, n 各層の高性能化を図ることにより、サブストレート型単接合 a-Si:H 太陽電池の安定化効率の向上を実現した。また、多接合太陽電池における電流整合条件と安定化効率の関連を調べ、更なる効率向上に向けた目途を得た。

高効率で低コストな薄型結晶シリコン (c-Si) 太陽電池の実現に向けて、再生可能エネルギー研究センターと連携しながら、極薄ウェハを念頭にした光閉じ込め効果や光学損失、表面パッシベーション等に関する基礎的な検討を実施した。特に光閉じ込め技術については、薄型結晶シリコンの極限として薄膜シリコンを捉えることができ、両者は多くの共通課題を有する。a-Si:H/c-Si ヘテロ接合太陽電池をプラットフォームとしながら、テクスチャ構造・裏面反射構造・透明導電膜の影響を実験的に評価し、シリコン発電層内の光吸収量への影響を精査した。

また、薄膜太陽電池全般に活用できる光閉じ込め技術として平坦型光散乱基板を開発し、薄膜シリコン太陽電池のみならず薄膜 GaAs 太陽電池においても長波長感度向上を実現した。

薄型結晶シリコン太陽電池のパッシベーション特性の向上に関する知見を得る目的で、パッシベーション膜作製時に界面欠陥をモニタリングする手法を開発した。具体的には、分光エリプソメトリー (SE) と光電流測定 (PC) を併用し、表面近傍の膜構造とキャリアの輸送状態を評価した。SE 法から c-Si 表面には低屈折率層 (欠陥を多く含むポーラス層) が形成されることを見出し、この層が PC 法で得られる光電流を大幅に低下させることを明らかにした。さらに、c-Si のキャリアライフタイム測定から、パッシベーション膜形成直後にライムタイムが低下し、その後の熱アニール処理によって回復することを検証した。

高品質な薄膜シリコン材料の形成や結晶シリコンの表面パッシベーションに必要な水素原子 (H 原子) の供給方法について検討を行った。放電プラズマを用いる一般的な H 原子の供給プロセスにおいて、プラズマ中の H 原子密度を測定すると共に、プラズマ流体シミュレーションを行った。実験とシミュレーションの比較を行い H 原子供給量が気相中の負イオン化反応と材料表面での再結合反応によって制限されることを見出した。これらの損失過程を制御し H

原子供給量を最適化することが高品質材料の形成に繋がることの方策を得た。

厚さ数十ミクロンの薄膜結晶シリコン太陽電池の開発を目的に、高密度ラインレーザーを用いたシリコンの液相結晶化法（LPC：Liquid Phase Crystallization）による薄膜結晶シリコンの形成を検討した。ガラス基板上に形成した厚さ約10 μm の a-Si:H 膜を脱水素処理した後、LPC プロセスを行うことにより、従来の固相結晶成長法に比べて格段に結晶粒径が大きく（ $\sim > 100 \mu\text{m}$ ）、高移動度（電子移動度： $\sim 300 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ）の薄膜多結晶シリコンを得た。

量子効果の発現が期待される各種半導体ナノ結晶（Si, SiSn, SiZr, SiFe 等）の合成に成功した。これらナノ結晶材料に対し、プラズマもしくはレーザーを用いた表面処理を施し表面状態の制御を行った。特に、Si ナノ結晶では、表面処理を施した場合、表面欠陥が大幅に低減し、その結果として、フォトルミネッセンスが増大することを確認した。また、有機材料及びナノ結晶材料を用いるハイブリッド太陽電池において、ホール輸送層（PEDOT）に Si ナノ結晶を分散させた場合、太陽光短波長光のダウンコンバーターとして動作することを分光計測によって明らかにした。この Si ナノ結晶を分散させた PEDOT をホール輸送層とし、活性層に PTB7/PCBM を用いた場合、太陽電池の発電効率が向上すること確認した。

先進多接合デバイスチーム

(Smart Stack Device Team)

研究チーム長：菅谷 武芳

(つくば中央第2)

概要：

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

年度進捗：

高い変換効率を有する多接合型太陽電池の実現のため、様々な太陽電池を低コストで簡便な半導体接合法により接続する技術（スマートスタック技術）の開発を行っている。本年度の成果としては、開発中の導電性ナノ粒子配列を接合界面に介在させた直接接合技術を用いて、InGaP/GaAs/InGaAsP/InGaAs（//はメカニカル接合部）4接合セルを試作し、変換効率32.0%を達成した。高効率スマートスタックセル実現に向けた要素技術として、InGaP トップセルの高性能化を図った。具体的には、[1-10]方向に2° 傾斜し

た GaAs 微傾斜基板の導入により、InGaP 太陽電池の特性が向上することがわかった。また GaAs 基板上の高効率3接合 InGaP/InGaAsP/GaAs トップセル、及び InP 基板から剥離させた1.05 eV ボトムセル（inverted セル）を検討した。3接合トップセルのセカンドセルとして、固体ソース分子線エピタキシー（MBE）法を用いて、1.65 eV 帯の InGaAsP 太陽電池の作製に初めて成功し、高品質3接合 InGaP/InGaAsP/GaAs トップセル（開放電圧3.16V）の作製に成功した。また、ボトムセルを InP 基板から剥離して低コスト支持基板に転写する技術は、基板の再利用に繋がるほか裏面電極の反射を用いたフォトンの閉じ込めが可能であり、セル特性の改善が見込める。しかしながら InP 系セルでの実施例はこれまでになかったため、Si 支持基板に転写した1.05 eV InGaAsP inverted セルを作製する手法を、MBE を用いて新たに構築した。半導体基板から剥離させていないセル（upright セル）に比べ、inverted セルでは暗電流が低減することがわかった。その結果、開放電圧が0.54 V から0.60 V に大幅に増大し、変換効率が9.32%から11.27%に向上した。また、世界で初めて inverted 型ボトムセルを適用した薄膜型3接合 InGaP/GaAs/InGaAsP スマートスタックセルの開発に成功し、変換効率15.92%が得られた。

有機系薄膜チーム

(Functional Thin Films Team)

研究チーム長：近松 真之

(つくば中央第5)

概要：

太陽電池の低コスト化を実現するための技術開発として、省資源性に優れ大面積製造も可能な有機系太陽電池（有機無機ハイブリッド太陽電池、有機薄膜太陽電池）の研究開発を行っている。

年度進捗：

急速な変換効率の向上により注目を集める有機無機ハイブリッド（ペロブスカイト）太陽電池に関しては、発電層であるペロブスカイト層について作製プロセスとして蒸着法と塗布法を検討した。

蒸着法では、クリーンな環境での組成精密制御および結晶成長技術を開発し、高品質な薄膜作製および高効率化を目指している。しかしながら、ペロブスカイト太陽電池ではハロゲン化メチルアンモニウムのレート制御が困難であり、塗布法よりも開発が遅れていた。今年度はレーザー蒸着法においてレート制御の独自技術を開発することでこの問題を解決した。その結果、急激に変換効率が向上し、蒸着法では国内最高値を達成した。

塗布法では、印刷プロセスに適用可能な材料・プロセス開発を行い、既存の太陽電池の製造コストを大き

く下回る、低コスト化を目指している。特に、電子輸送層／ペロブスカイト層およびペロブスカイト層／正孔輸送層の界面制御に着目し研究開発を行っている。今年度は、電子輸送層であるチタニアの四塩化チタン処理やフラーレン系界面修飾材料および独自に合成したカルボン酸を導入した界面修飾材料を検討した。さらに、正孔輸送層とペロブスカイト界面に対してはピリジン系界面修飾材料の導入を検討し、開放電圧の向上とヒステリシス低減が見出された。また、ペロブスカイト結晶成長過程のリアルタイム観察手法を開発し、結晶化の反応速度解析や拡散過程のメカニズムを解明した。

有機系太陽電池に向けた新規半導体材料開発では、**n** 型半導体として新規フラーレン誘導体の開発を大学と共同で行い、市販材料よりも高い移動度を示す材料の開発に成功した。また、**p** 型半導体として新規オリゴチオフェン誘導体の開発と太陽電池作製評価を他ユニットおよび大学と共同で行い、変換効率が添加剤なしで約5%と比較的高い特性が得られた。

有機薄膜太陽電池のモジュールの試作では、企業共同研究コンソを組織し、各社の技術を持ち寄って高性能、高耐久のモジュール開発に取り組んだ。産総研がハブとなり、それぞれフレキシ印刷版技術、バリア膜付き PEN フィルムに適合した封止材、およびフレキシブル配線コネクタの技術を有する企業間の橋渡しを行い、要素技術をすり合わせることで、有機薄膜太陽電池の特長を活かしたパターン印刷によるフレキシブルモジュールの作製に成功した。また、多直列による高電圧化や、発電層材料や封止構造の変更による高効率化・高耐久化を実現した。

機能性材料チーム

(Advanced Functional Materials Team)

研究チーム長：佐山 和弘

(つくば中央第5)

概要：

太陽光エネルギーの高効率な利用によるクリーンエネルギーの革新的生産プロセスの開発を目標とし、高性能な色素増感太陽電池及び太陽光エネルギーを利用して水素等の化学エネルギーに変換貯蔵する人工光合成について研究を行っている。色素増感太陽電池については、主に近赤外光まで利用できるルテニウムなどの金属錯体増感色素の開発およびその周辺技術の開発を研究している。また、ペロブスカイト太陽電池の性能向上についても同時に研究を行っている。人工光合成については、水を水素と酸素に完全分解するための高性能光触媒や光電極の半導体材料の開発、反応機構の解明、可視光を高効率で利用する反応システムの設計、炭酸ガス-水素反応を促進する錯体触媒開発、環境浄化光触媒開発等を行い、その実現可能性について

検討している。

年度進捗：

色素増感太陽電池のルテニウム錯体増感色素の開発については、**Ru** 錯体色素にドナー錯体を連結した多核錯体を設計・合成し、新概念の色素増感太陽電池の創製を行った。剛直で π 共役系を拡張されるスペーサーを用いて、**Co** 錯体化を行った後に **Ru** 錯体化を行ったが、目的の多核錯体を得ることが出来なかった。多核錯体の合成は非常にチャレンジングであり、新たな合成経路を探索する必要があることがわかった。また有機色素合成に関しては、結合基の付近に電子供与性の大きく異なる置換基を導入した有機色素を設計し、合成を試みた。置換基を導入していない色素を基準とした場合、電子供与性基を導入した色素や電子吸引性基を導入した色素などの多くの新規色素を得ることができ、今後性能を確認する予定である。さらに計算科学と色素合成との融合連携に関しては、トリカルボキシターピリジン系 **Ru** 錯体色素において、二座配位子 $N^{\wedge}O$ の種類が色素増感太陽電池の短絡電流密度に大きな影響を及ぼす要因を量子化学計算から明らかにした。シス $N^{\wedge}O$ 配位子をもつ **Ru** 錯体は、光吸収効率や電子注入効率が低く、酸化型は TiO_2 内の注入電子と再結合しやすく電子収集効率も低いので電流値が最小となった。4-イミダゾールカルボキシレート配位子をもつ **Ru** 錯体はヨウ素レドックス電解質と再結合しやすく電子収集効率が低くなり電流値が2番目に低かった。高い電流値を得るためには、 $N^{\wedge}O$ 配位子はアゾールよりもピリジンやキノリン誘導体が好ましく、その配置はトランスが必須であることを裏付けた。ペロブスカイト太陽電池のホール輸送層の改良に関しては、様々な **Co** 錯体を合成し、ホール輸送層の **spiro-OMeTAD** と **Co** 錯体との強い相互作用が確認できた。これを電子ドナーとして添加したところ、太陽電池特性が向上することがわかった。

人工光合成について、光電極を用いた化学薬品製造プロセスの研究を行い、 $BiVO_4$ 光電極上に遷移金属酸化物などで表面処理すると **Faraday** 効率が大幅に向上することを見出した。臭化物イオンを酸化して、殺菌や漂白作用を持つ次亜臭素酸イオンを効率良く生成できることを確認した。有機物の酸化反応を検討し、スチレン酸化では主にベンズアルデヒドが生成することがわかった。また、鉄イオンなどのレドックス媒体を用いた光触媒-電解ハイブリッド反応に関しては、 $BiVO_4$ 光触媒の調製法を改良することで、世界最高の太陽エネルギー変換効率を達成できた。また、二酸化炭素の水素化・ギ酸の脱水素に関する研究では、高性能触媒開発に向けた基礎研究を実施し、二酸化炭素の水素化によるギ酸製造およびギ酸の脱水素化による水素製造のための触媒設計指針を得ることができた。スピンオフ技術である環境浄化用可視光応答型酸化タン

グステン光触媒薄膜については、実用化のための応用例を広げる検討を着実に進めている。

⑧【再生可能エネルギー研究センター】

(Renewable Energy Research Center)

存続期間：2015.4.1～2022.3.31

研究センター長：仁木 栄
副研究センター長：古谷 博秀
副研究センター長：増田 淳
総括研究主幹：安川 香澄

所在地：福島再生可能エネルギー研究所
人員：34名（34名）
経費：2,832,982千円（449,749千円）

概要：

1. ミッションと目標

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

また、当研究センターでは、第4期中長期計画に基づく「第4期中長期目標期間において重点的に推進する研究開発等」の「1-(1)新エネルギーの導入を促進する技術の開発」および「1-(2)エネルギーを高密度で貯蔵する技術の開発」の研究開発を担当する。

2. 研究開発の方針

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

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

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

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

「地熱・地中熱の適正利用のための研究」に関し

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

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

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

(1) 再生可能エネルギーネットワーク開発・実証

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

(2) 水素キャリア製造・利用技術

太陽光・風力発電等の変動電源から水素キャリア（有機ヒドライド、アンモニア等）を製造することにより、変動する再生可能エネルギーを大量貯蔵・輸送するとともに、高効率で利用するシステム技術を開発・実証し、エネルギー効率の向上に資する制御指針などシステム最適化技術を確立する。要素技術として、CO₂フリー水素の熱機関における高効率利用技術について、水素割合80%（熱量換算）以上に高めることを目指す。また、水電解や水素化触媒、脱水素触媒などの諸特性を考慮したシステムシミュレータの開発を目指す。

(3) 高性能風車要素技術およびアセスメント技術

ナセル搭載 LIDAR による発電電力量向上と長寿命化技術を確立し、年間発電電力量を現在の1MWあたり1.75GWhから5%以上増加させるとともに、風車寿命を現在の約20年から5～10%程度延ばすことを目指す。また、数値シミュレーションモデルと各種計測技術を統合した高精度サイトアセスメント技術を開発し、風力発電の年間発電電力量を高精度（誤差±5%以下）に推定可能とし、アセスメントにかかる計測費用を現状の約5,000万円（数十MW程度のウィンドファームを想定）から2、3割削減を目指す。

(4) 薄型結晶シリコン太陽電池モジュール技術

結晶シリコンインゴットから太陽電池モジュールまでの一貫製造ラインを用いて、高効率・低コ

スト・高信頼性を兼ね備えた薄型結晶シリコン太陽電池モジュールの量産化技術を結晶シリコン基盤技術コンソーシアム構成企業などと連携して実現する。厚さ80 μm の太陽電池セルと薄型ガラスを用いた軽量（現行汎用品の半分）モジュールで、変換効率22%、寿命30年を目指す。また、次世代の高効率太陽電池として、バンドギャップの異なる材料の太陽電池を、金属ナノ粒子を用いて積層化するスマートスタック技術の開発を行う。特に、下部セルとして結晶シリコンセルを用いた結晶シリコンスマートスタックセルの高効率化(>30%)を重点に開発を進める。

(5) 地熱の適正利用のための技術

地熱発電所の持続的な運転や周辺温泉への影響監視・評価に必要なモニタリング技術、地熱発電可能地域・開発可能なエネルギー量を飛躍的に拡大する技術等を開発する。また、地熱利用の社会的受容性を高めるため、地熱モニタリング技術開発の成果、及び地熱情報データベース等を利用し、温泉資源との共生を支援する合意形成支援手法を開発する。

(6) 地中熱ポテンシャル評価とシステム最適化技術

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

外部資金：

経済産業省

「超臨界地熱資源による革新的発電のための坑内機器基礎技術・素材の開発」

「EGS 設計技術による地熱発電可能地域の飛躍的拡大」

「系統協調型の分散電源大量導入技術の開発」

「大規模分散電源用大型パワーコンディショナの性能試験等に関する国際標準化・普及基盤構築」

農林水産省

「施設園芸における熱エネルギーの効率的利用技術の開発」

新エネルギー・産業技術総合開発機構

「地下水を利活用した高効率地中熱利用システムの開発とその普及を目的としたポテンシャルマップの高度化」

「温泉と共生した地熱発電のための簡易遠隔温泉モニタリング装置の研究開発」

「島弧日本のテラワットエネルギー創成先導研究」

「洋上風況観測システム実証研究（洋上風況マップ）」

「超臨界地熱開発実現のための革新的掘削・仕上げ技術の創出」

「風車部品高度実用化開発（小形風力発電部品標準化）」

「薄型セルを用いた高信頼性・高効率モジュール製造技術開発」

「低温域の地熱資源有効活用のためのスケール除去技術の開発」

「高機能軽希土材料等の有効活用による自動車排ガス浄化触媒における白金族元素省量化の検討」

科学技術振興機構

「アンモニア内燃機関の技術開発」

「水素エンジン燃焼技術」

「MBC 用噴霧燃焼サブモデルの構築」

「アンモニア合成触媒の開発・評価」

石油天然ガス・金属鉱物資源機構

「地熱貯留層評価・管理技術」

東アジア・アセアン経済研究センター

「東アジアにおける従来型および新しいタイプの地熱資源利用の持続可能性の評価」

「地熱資源を持続的に利用する上で必要なイノベーション及びそのアジアにおける便益の評価」

福島県

「水素利用蓄エネルギーの有効活用技術の開発」

科学研究費補助金

「オキシルシフェリン誘導体を用いたホタル生物発光の色変化機構の解明」

「メソ気象モデルによる海上風推定の高度化を目的とした内部境界層解像スキームの開発」

「衛星データによる海上風推定の高度化と風況把握システムの構築」

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

「地殻エネルギー・フロンティアの科学と技術」

「都市インフラを利用した高効率・低コスト型地中熱利用システムの実用化による温暖化対策」

「テラヘルツ金属メタマテリアルが織り成す超高速電場誘起現象とデバイス応用」

発表：誌上发表96件、口頭発表197件、その他16件

エネルギーネットワークチーム

(Energy Network Team)

研究チーム長：大谷 謙仁

(福島再生可能エネルギー研究所)

概要：

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

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

研究テーマ：テーマ題目1

水素キャリアチーム

(Hydrogen Energy Carrier Team)

研究チーム長：辻村 拓

(福島再生可能エネルギー研究所)

概要：

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

水素キャリアとして有機ハイドライドの一種であるメチルシクロヘキサン（MCH）、アンモニア、ギ酸等に着目し、再生可能エネルギー由来水素を使ったMCH製造やMCHから脱水素する触媒の動的特性などを評価する。また、水素キャリアを効率良く使うため、脱水素触媒を装着した廃熱回収型コージェネエンジンにおいて、脱水素によって取り出した水素ガスをコージェネエンジン等の燃料の一部として使い、安全かつ高効率に電気と熱をつくるエンジン技術を開発する。さらに、こうした水素キャリアの製造から利用までを統合化した『水素キャリア製造・利用統合実証システム』により様々なエネルギー貯蔵・利用モデルの検討

を進めていく。

アンモニアについて、ハーバーボッシュ法（500℃、200気圧）よりも低温・低圧の下で高効率化、プラント起動の短時間化などに資する触媒反応技術の開発を進める。また、アンモニアを火力発電等の熱機関において直接燃焼利用するためのアンモニア専焼および混焼技術を開発する。

研究テーマ：テーマ題目1

風力エネルギーチーム

(Wind Power Team)

研究チーム長：小垣 哲也

(福島再生可能エネルギー研究所)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目1

太陽光チーム

(Photovoltaic Power Team)

研究チーム長：高遠 秀尚

(福島再生可能エネルギー研究所)

概要：

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

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

具体的には、厚さ100 μm以下のウェハを実現するために、固定砥粒（ダイヤモンドワイヤー）方式によるシリコンインゴットのスライス技術の開発、高効率・低コストの結晶シリコンセルの実現を目指した厚さ100 μm以下の新しい構造のセルの開発、イオン注入技術といった量産に対応した先端的なプロセス技術の開発、高効率・低コスト・高信頼性・軽量結晶シリコン太陽電池モジュールの実現のための薄型ガラスを用いたダブルガラス構造のモジュールの開発、バンドギャップの異なる複数の太陽電池を、金属ナノ粒子を用いて積層化するスマートスタック技術の開発などを行っていく。

研究テーマ：テーマ題目2

地熱チーム

(Geothermal Energy Team)

研究チーム長：浅沼 宏

(福島再生可能エネルギー研究所)

概 要：

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

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

研究テーマ：テーマ題目3

地中熱チーム

(Shallow Geothermal and Hydrogeology Team)

研究チーム長：内田 洋平

(福島再生可能エネルギー研究所)

概 要：

「地中熱ポテンシャル評価」では、各地域において現地地質調査・地下水調査を実施し、地下水流動・熱交換量予測シミュレーションに基づく地中熱ポテンシャルマップを作成する。その一環として、福島県を中

心とした東北地域における地中熱ポテンシャルを評価すると共に、設計の高精度化とシステムの低コスト化により、地中熱利用の促進と拡大を目指している。また、「地中熱システムの最適化技術開発」では、地域の地質的特性・地下水流動特性に合った地中熱システムの最適化、および総合的な地中熱システム技術開発を行っている。

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

研究テーマ：テーマ題目3

[テーマ題目1] 再生可能エネルギーの大量導入のための新システム統合技術

[研究代表者] 大谷 謙仁 (エネルギーネットワークチーム)

[研究担当者] 大谷 謙仁、前田 哲彦、橋本 潤、遠藤 成輝、辻村 拓、難波 哲哉、小島 宏一、真中 雄一、松本 秀行、小垣 哲也、菊島 義弘、竹山 優子、嶋田 進、川端 浩和
(常勤職員14名、他48名)

[研究内容]

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

再生可能エネルギーネットワーク開発・実証については、以下の研究を実施した。

- ・システム統合技術とエネルギーマネージメント
太陽電池モジュール10種以上、パワーコンディショナ3機種22台で構成された太陽光発電システム、固体高分子型水電解システム（燃料電池機能付）、水素吸蔵合金を用いた水素貯蔵システム等の個別要素技術の性能分析を行い、さらに、新設したスマートシステム研究棟も加えて、これらを基盤とする多くの共同研究を実施した。太陽光発電用大型パワーコンディショナに対し、単独運転防止試験、事故時運転継続（FRT）機能試験の様な系統連系試験が行えるようになり、1MW を越える大型パワーコンディショナの試験、海外認証向けの試験を実施した。
- ・再生可能エネルギー資源の高度モニタリング
福島県全域の発電量（太陽光・風力）を1時間単位/2km メッシュで推定する技術の精度向上と全国展開を図るため、気象衛星ひまわり8号の雲画像によって日射量をより高解像度、短時間で推定するモデル開発を

行った。雲画像の内、可視光バンドの画像を使って日射量を推定可能とし、時間分解能が1時間から1分値に上げられることを確認した。ランダムフォレスト学習法を使うことにより、二乗平均誤差が既存モデルと比べて約半分となった。

・再生可能エネルギーによる水素製造・貯蔵・利用システム

太陽電池を固体高分子型水電解装置に直結し、最適な運転ポイントで水素を製造する運転手法と水電解装置及び制御手法を開発し、太陽エネルギーから水素への変換効率15%程度を達成した。さらに、リチウムイオンキャパシタを用いて変動する電解電流を平滑化する装置と制御装置を試作し、小型電解槽で実証した。今後期待される再生可能エネルギーによる水素製造とその水素を燃料電池自動車（FCV）で利用するために、90MPa 程度の水素圧力下で、水素貯蔵材料等の試験を可能にする設備を構築した。

水素キャリア製造・利用技術については、以下の研究を実施した。

・有機ハイドライドの触媒性能評価

水素着脱反応触媒評価装置及びオンラインガスクロマトグラフを活用し、水素化・脱水素化プロセスの繰り返しによる副生成物の蓄積量への影響を定量的に測定した。有機ハイドライドの製造プロセスへの設計指針を構築するとともに、流通時の規格・標準化へのバックデータを取得した。現在、水素供給量を変動させることによるプロセスへの影響を調べている。

・水素キャリア製造・利用統合システム実証

大型アルカリ水電解、水素化触媒塔、大型貯蔵タンク、脱水素触媒搭載型コジェネエンジンを統合した世界最大級の水素キャリア製造・利用統合システム実証機を稼働した。約2年間で15MWh の電力（一般家庭1500軒日分）を水素あるいは MCH として貯蔵した。今後は、FREA のエネルギーネットワークに組み込み、電力貯蔵・利用方法を提案する。

・MCH を用いた次世代コジェネエンジン技術

MCH を用いた次世代コジェネエンジンにおいて、エンジン排熱エネルギーを MCH の脱水素に活用する熱回収技術および水素のエンジン燃焼技術を研究開発している。エンジン排熱の高温度等の熱回収を強化することで、世界トップ水準の MCH からの水素発生を実現している。また、水素と軽油のエンジン混焼技術において、水素の燃焼特性を活かした高効率・クリーン燃焼・高排気温の同時実現に成功した。

・アンモニア内燃機関の技術開発

東北大学と共同でアンモニアの直接燃焼利用技術を研究開発している。小型ガスタービン（50kW 定格）での燃焼利用に挑戦おり、アンモニアガス供給設備の整備により、燃料を100%アンモニアガスに置き換えたアンモニア専焼で44.3kW の発電を行うことができた。

さらに、メタンガス供給設備の整備により、メタン-アンモニア混焼を行うことにも成功した。また、レシプロエンジンにおけるアンモニア燃焼の数値シミュレーションに取り組んだ。本研究開発は、内閣府 SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「エネルギーキャリア」（管理法人：国立研究開発法人科学技術振興機構）によって実施している。

高性能風車要素技術およびアセスメント技術については、以下の研究を実施した。

・ナセル搭載 LIDAR のフィールド実証結果

国際的にも初めて多ビーム（9ビーム）方式のナセル搭載 LIDAR を試験研究用風車に搭載し計測精度の評価と風車制御の高度化に対する適用性を評価した結果、従来型の LIDAR では実現できなかった風車回転数に依存しない高いデータ取得率を達成するとともに、突風に起因した風車の過回転による異常停止を回避し疲労荷重を低減できることを実証した。

・アセスメント技術の高度化（数値気象モデル）

茨城県神栖市の海洋研究施設に鉛直 LIDAR を設置し、海上風の野外観測を開始した。高解像度陸面データおよび高精度海面水温データを入力とした超高解像度気象シミュレーションにより、風車ハブ高度において風速の年平均誤差±5%以内を達成した。

・アセスメント技術の高度化（衛星リモートセンシング）

複数の合成開口レーダ（SAR）として、PALSAR、TerraSAR-X および Sentinel-1による日本沿岸の海上風速推定の精度検証を行うとともに、長期マイクロ波散乱計データによる外洋風況把握手法を開発した。

[領域名] エネルギー・環境

[キーワード] エネルギーネットワーク、太陽光発電、風力、水素キャリア

[テーマ題目2] 太陽光発電の高効率化・低コスト化技術

[研究代表者] 高遠 秀尚（太陽光チーム）

[研究担当者] 高遠 秀尚、水野 英範、
Mitchell Jonathon、望月 敏光、
立花 福久、
JOONWICHIEEN SUPAWAN
（常勤職員6名、他13名）

[研究内容]

「太陽光発電の高効率化・低コスト化技術」に関して、太陽光発電の発電コストを大幅に低減することにより導入を加速する。

・高効率セル作製プロセス検討

昨年度は、FREA 標準セル作製プロセス（AI-BSF 構造で、メーカーの量産品と同等以上の、セル平均効率約19.3%）を確立した。本年度は、原子層堆積装置（ALD 装置）およびレーザ加工装置を導入し、より高効率なセルの作製プロセスの開発を進めた。その結

果、PERC 型セルにおいて19.7%、両面受光型セルにおいて19.8%のセル変換効率を得た。また、バックコンタクト型セルの開発を開始し、各種要素技術の検討を進めた。さらに、イオン注入を用いた新しいセル作製プロセスの開発においては、ピラミッド状の表面における拡散層の最適化を進め、Al-BSF 構造で、セル変換効率19.4%を達成した。

- ・次世代多接合太陽電池「スマートスタック技術」の開発

整列したナノ粒子を用いて異種材料の太陽電池を積層する産総研のオリジナル技術であるスマートスタック技術についての検討を進めた。下部セルとして結晶シリコン太陽電池を用いた GaInP/GaAs/Si 構造の3接合セルを初めて作製し、セル変換効率24.7%を達成した。

- ・モジュールの信頼性向上・新規評価方法の開発

(株) SCREEN ホールディングスと共同で、レーザテラヘルツ放射顕微鏡(LTEM)の開発を進めた。発生したテラヘルツ波の強度と位相の情報から、Si 酸化膜/Si 界面における表面電場の状態を評価することに初めて成功した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 太陽光発電、結晶シリコン太陽電池

【テーマ題目3】 地熱・地中熱の適正利用のための研究

【研究代表者】 安川 香澄 (再生可能エネルギー研究センター)

【研究担当者】 安川 香澄、浅沼 宏、内田 洋平、村田 泰章、相馬 宣和、最首 花恵、石橋 琢也、山谷 祐介、高橋 保盛、吉岡 真弓、Shrestha Gaurav、石原 武志 (常勤職員12名、他8名)

【研究内容】

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

地熱の適正利用のための技術については、以下の研究を実施した。

- ・地熱井への人工刺激シミュレータの開発
坑井を介した貯留層への加圧注水等により地熱貯留層の能力改善を試みることもある。欧米の研究者と連携して加圧注水に対する亀裂の応答に関する室内実験を実施するとともに、超高温の貯留層内で発生する様々な現象を模擬するシミュレータを開発した。
- ・温泉泉質の遠隔連続モニタリングシステムの開発
地熱発電と温泉との関連を科学的に説明可能にするために、温泉の泉質 (温度、流量、電気伝導度) を計測できるシステムのプロトタイプを開発した。このシステムは自立型計測を可能とし、インターネットを通じ

て、連続的に取得したデータをサーバへ転送する。2016年度から温泉地域での実証試験を行い、2017年度末の実用化を目指している。

地中熱ポテンシャル評価とシステム最適化技術については、以下の研究を実施した。

- ・会津盆地の地中熱ポテンシャル評価
3次元地下水流動・熱輸送モデルを福島大学・柴崎研究室と共同で構築した。構築したモデルを現地調査で得られた地下水位分布および地下温度プロファイルデータを用いて検証し、盆地内の湧水地点や自噴井の分布を再現した。また、構築したモデルを用いて、クローズドループ型を想定した熱交換量マップを作成した。さらに、熱交換量の高い地点と低い地点における、地中熱システム稼働10年後の地下温度を予測した。これらの結果は、地中熱利用における地下環境影響評価に貢献する。
 - ・会津盆地の水利地質構造の解明
福島大学との共同研究を通じて、福島県会津地域における第四紀地質構造解析と水利構造 (地下温度構造など) 解析を行い、地中熱ポテンシャル評価の基盤データを構築した。これらのデータは、前述した「会津盆地の地中熱ポテンシャル評価」に用いる予定である。
 - ・自噴井を利用したクローズドループ地中熱ヒートポンプ冷暖房システムの性能評価
被災地企業のシーズ支援プログラムを活用して、日本地下水開発 (株) との共同研究により、自噴井を利用したクローズドループ地中熱ヒートポンプ冷暖房システムと無散水消雪システムの高効率ハイブリッド化、およびその性能評価を実施した。冷房運転 COP8.0以上、暖房運転 COP4.5以上を実証したことに加え、暖房と消融雪のハイブリッドシステムを実現した。
- 【領 域 名】 地質調査総合センター、エネルギー・環境
- 【キーワード】 地熱、地中熱、モニタリング、ポテンシャル、社会的受容性、地下水、シミュレーション

⑨【先進パワーエレクトロニクス研究センター】
(Advanced Power Electronics Research Center)
(存続期間：2010.4.1～2018.3.31)

研究センター長：奥村 元
副研究センター長：山口 浩、坂本 邦博

所在地：つくば中央第2、つくば西、関西センター
人 員：37名 (37名)

経 費：3,702,913千円 (1,507,074千円)

概 要：
21世紀社会におけるエネルギー流、情報流、物流

における電力エネルギーの重要性は今後ますます増大していく。電力エネルギーの有効利用は、省エネルギー、新産業創出によるトリレンマ解決のキーである。産総研発足時から一貫して行われてきたパワーエレクトロニクスに関する革新的な技術開発をミッションとする当研究センターは、エネルギーの最も合理的な利用形態である電力エネルギーにおける省エネルギー技術および新エネルギーの大量導入のための高効率電力変換技術等、大容量から小容量までの電力エネルギー制御・有効利用のための半導体エレクトロニクス（デバイス／機器応用）の実証と確立を目指す。

特に、過負荷耐性などの極限仕様への対応が期待される SiC, GaN, ダイヤモンドといったワイドギャップ半導体デバイス／システムの電力エネルギー制御への活用を中心課題に据えらるとともに、それらによるパワーエレクトロニクス技術の革新、大／中／小の各容量における電力エネルギーのネットワーク化運用・制御の実現を念頭に、エネルギーエレクトロニクス領域への展開を図る。その目標の達成のために、ウェハプロセス、エピタキシャル成長、SiC パワーデバイス、SiC デバイスプロセス、SiC デバイス設計、GaN パワーデバイス、ダイヤモンド材料、ダイヤモンドデバイス、パワーデバイス基礎、パワー回路集積、パワーエレクトロニクス応用の11の研究チームを組織し、有機的な協同体制で上記の新規半導体のデバイス化には不可欠な「結晶－デバイスプロセス－デバイス実証－パワーモジュール化－機器応用」の各段階の技術に関する一環本格研究を強力に推進する。

本年度の研究内容としては、上記3種のワイドギャップ半導体を包含する内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「次世代パワーエレクトロニクス」と SiC 低損失スイッチングデバイス／電力変換器実証に関する企業との大型共同研究連合体「つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション（TPEC）」を「橋渡し研究」の両輪として進めた。特に、SIP「SiC に関する拠点型共通基盤技術開発」や TPEC における集中研究拠点としての活動では、企業研究者を特定集中研究専門員として積極的に受入れるなど、各種企業と密接な連携のもとに研究開発を遂行するため、常勤研究員だけでなく、外来共同研究員、併任研究員、ポスドク／補助員等の契約職員、各種フェロー、連携大学院生等を積極的に活用して研究活動を行い、総勢250名超の組織となっている。

内部資金：

高耐压／超高耐压新材料パワー半導体プログラム（NOVA*）

外部資金：

SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／次世代

パワーエレクトロニクス／SiC に関する拠点型共通基盤技術開発／SiC 次世代パワーエレクトロニクスの統合的研究開発

SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／次世代パワーエレクトロニクス／GaN に関する拠点型共通基盤技術開発／GaN 縦型パワーデバイスの基盤技術開発

SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／次世代パワーエレクトロニクス 将来のパワーエレクトロニクスを支える基盤研究開発／ダイヤモンドパワーデバイス用ウェハの研究開発

低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト／次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発の先導研究／コンパクト加速器を実現するための超高速・高電圧パルス電源の開発

窒化ガリウムパワーデバイスの実用化促進等に関する先導研究／新規絶縁膜形成技術の探索

窒化ガリウムパワーデバイスの実用化促進等に関する先導研究／新規結晶成長法の探索

NEDO 戦略的省エネルギー技術革新プログラム／GaN 双方向電力変換器の研究開発／デバイスモデリング技術の開発

NEDO 戦略的省エネルギー技術革新プログラム／実用化開発／GaN on Si パワーデバイスを用いた民生用大電力変換器の開発／大電力用 GaN パワーデバイスの開発

超低損失パワーデバイス実現のための基盤構築（二酸化炭素排出抑制に資する革新的技術の創出）

車載に向けたダイヤモンド薄膜を使った熱電子発電素子の開発

半導体ダイヤモンドの開発

ダイヤモンド金属・半導体電界効果トランジスタ（MESFET）の開発

ダイヤモンドを用いた次世代量子暗号用素子の基盤技術開発研究

ドーパントによるワイドギャップ材料の機能化機構の解明

高効率パワーデバイスの動作に影響を及ぼす CVD ダイヤモンドの転位の解明

高品質半導体ダイヤモンドを用いた高温動作パワースイッチングデバイスの研究

超省エネ型パワーデバイス作製の大型ダイヤモンド単結晶ウェハ合成フロンティア開拓

超低損失パワーデバイス用途ダイヤモンド低抵抗ウェハの合成

粒子線と光の組み合わせによるワイドギャップ半導体の深い準位評価法の開発

低欠陥ダイヤモンドウェハ

新規界面原子導入による高移動度 SiC MOSFET 作製技術の確立

炭化ケイ素（SiC）MOS 界面欠陥の起源と移動度劣化

メカニズムの分光学的解明
選択成長法を用いた GaN 系立体チャネル型トランジスタの研究

発 表：誌上発表71件、口頭発表126件、その他1件

ウェハプロセスチーム

(Wafer Process Team)

研究チーム長：加藤 智久

(つくば西)

概 要：

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

昇華法では N-Al コドープ法による低抵抗化技術を用いて10 mΩcm 以下、かつ積層欠陥密度0 cm⁻³の n 型4H-SiC ウェハを試作し、エピウェハ化によって有用性を実証した。また、N-B コドープでも N-Al コドープと同等の低抵抗化・積層欠陥抑制効果が得られることも成長実験にて実証した。一方、p 型は Al-N コドープ技術で90 mΩcm の達成を確認し、低抵抗化が気相法でも可能であることを確認した。また溶液法による p 型成長は、バンチングによる成長の不安定化を解消し、3inch 成長の長尺化技術に目処を付けた。

エピタキシャル成長チーム

(Epitaxial Growth Team)

研究チーム長：児島 一聡

(つくば中央第2、つくば西)

概 要：

当チームでは、SiC エピタキシャル薄膜成長技術とその材料評価を中軸に、超高耐圧 SiC バイポーラデバイス用厚膜成長技術と材料評価並びに埋め込みエピ技術を用いた PN カラム (SJ) 構造形成といった SiC デバイスの高機能化に資する新規 SiC 薄膜成長技術の開発を推進継続した。Si 面の厚膜成長では250 μm 超の3インチ厚膜エピで表面欠陥密度1個以下、貫通 BPD 密度は装置に依らず0.5個以下を達成するとともに、ウェハ裏面の状態制御により250 μm 成長時のウェハ反りとデバイスプロセスとの適合に目途をつけた。一方 C 面では残留不純物濃度を13乗中盤まで低減するとともに、C 注入により点欠陥密度を11乗台に低減、材料として C 面の超高耐圧デバイス適合に目途を付けた。また、ドリフト層のバルク化を目指して on-axis 基板上に厚膜成長を行い、多形制御条件と250μm の単相膜を得ることができた。一方、評価においては BPD の SSF や DSSF への拡張の起点評価を行い、その起点の構造を明らかにするとともに GaN や Ga₂O₃の積層欠陥や転位像の解析を行った。埋め込みエピ技術を用いた SJ 構造形成では、深さ～

25 μm、幅～2.5 μm、アスペクト比～10のトレンチ埋戻しを成長レート3 μm/h で達成できる技術を開発するとともに埋め込み層の濃度評価手法の開発に着手した。

SiC パワーデバイスチーム

(SiC Power Device Team)

研究チーム長：原田 信介

(つくば中央第2)

概 要：

当チームでは、本格的実用化へ向けた大面積 SiC パワーデバイスの開発・応用展開を企業・大学との共同研究を通じて進めると共に、複数の国家プロジェクトを通じて新構造且つ先進的な SiC パワー MOSFET の開発推進を目標としている。また、MOSFET のゲート酸化膜形成に関し先進的なプロセス技術、評価技術の開発にも積極的に挑戦し、SiC パワーデバイスの更なる高性能化を追求している。

平成27年度は、トレンチ型 MOSFET において、セルピッチ5μm の1.2kV クラス IE-UMOSFET を開発し、しきい値電圧4V でオン抵抗3mΩcm²以下を達成した。また、この構造を応用した SBD 内蔵型トレンチ MOSFET として SWITCH-MOS と名付けて新規 MOSFET 構造を考案した。スーパージャンクション構造形成技術の開発においては、SIP 新構造ユニポーラデバイス (SJ 素子) の開発では、埋戻しエピ領域の正確な濃度分布評価に向けた装置及び平坦化の高精度化に向けた非接触式インラインゲージを導入した。メサトップ上の膜成長にいくつかの重大な課題があったが、克服の目途を示し深さ20 μm 以上の SJ 構造の形成に成功した。MOS 界面評価に関しては、しきい値電圧評価の新規手法として高速緩和無し法および AC 緩和無し法を開発し、SiC 特有のゲート電圧に対する早い応答成分の存在を明らかにした。

SiC デバイスプロセスチーム

(SiC Device Process Team)

研究チーム長：宮島 將昭

(つくば西)

概 要：

当チームでは、産業界への橋渡し後期にあたる SiC デバイスの製造プロセスにおける研究開発を進め、それらの量産化試作実証を行なうことと、国プロで実施している順方向電流劣化対策を目的とする。産総研の西事業所5D 棟に SiC 専用のクリーンルームを構築し、プロセス装置の導入、立上げ、および条件出しを行なう。平成27年度の実績としては、耐圧1.2kV 及び3.3kV のトレンチ MOS に関しては、寸法幅を8 μm から5 μm に縮小しリーク不良対策等の改善を行い60%の歩留まりを確保するまでに至った。また順方向

電流劣化においては EL 発光で観察できるデバイスを作成し、現状は拡張メカニズムの解明を行っている。

SiC デバイス設計チーム

(SiC Device Design Team)

研究チーム長：大西 泰彦

(つくば西)

概要：

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

平成27年度は、低オン抵抗化が可能なトレンチ MOSFET のプロセスインテグレーションおよびデバイス開発を推進した。1200V トレンチ MOSFET は、デバイス構造及び不純物濃度の最適化を行った。その結果、3 mm チップにおいて、オン抵抗 $2.9 \text{ m}\Omega\text{cm}^2$ 、しきい値5V と世界トップレベルの値を達成した。また、SiC デバイスプロセスチームと歩留り改善を推進し、歩留り82%を得た。

パワーデバイス基礎チーム

(Power Device Fundamentals Team)

研究チーム長：米澤 喜幸

(つくば西)

概要：

当チームでは、パワーエレクトロニクス応用に向けて、パワーデバイスにおける様々な問題の解決を目指し、メカニズム解析を念頭に置いた、基礎検討からのアプローチを行っている。具体的には、バイポーラデバイス要素技術、ゲート酸化膜要素技術を行うとともに、デバイス開発では、特にスマートグリッドや直流送電システムのパワーエレクトロニクス機器応用を目指した、10kV 以上の超高耐圧 SiC デバイスに関する研究開発を SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) にて進めている。

バイポーラ要素技術としては、特に SiC バイポーラデバイスの積年の問題であった、順方向劣化現状把握と対策検討を行った。大きく順方向劣化が起きる原因は、 $350\text{A}/\text{cm}^2$ 以上において、帯状の積層欠陥が発生し、拡張することによって生じることが明らかとなった。通常基底面転位 (BPD) のドリフト層内における、拡張を防ぐため、BPD 変換層を用いて、貫通刃状転位 (TED) に変換する。帯状積層欠陥は、変換前の BPD すなわち基板内の BPD が、再結合により拡張している可能性が示された。我々は再結合

促進層を挿入することにより、ホール基板への到達を制御することにより、基板での再結合を防止することを発案した。実際に PiN ダイオードの試験によって、 $600\text{A}/\text{cm}^2$ の高電流密度でも帯状積層欠陥の発生が抑制され、順方向劣化が防止できることを世界で初めて示した。

超高耐圧 SiC デバイスに関しては、PiN ダイオード、IGBT に関しては、低濃度ドリフト層エピを入手し、ウエハチームと協力することにより、設計・試作を行った。超高耐圧 PiN ダイオードでは、高い側の耐圧目標である20kV を達成することを目標とした。具体的には、耐圧構造及びドリフト層の最適化をシミュレーションにより検討し、PiN ダイオード試作を行った結果、耐圧20kV を達成した。

さらに超高耐圧 SiC-IGBT についても、20kV 耐圧を目指した、自立エピ膜を用いた試作を行い、問題点の把握を行い、動作確認を行うことができた。

今後は回路側との連携を強め、デバイス設計、試作を通して、低道通損失かつ低 SW 損失の新規 SiC 超高耐圧デバイスの実現に向けて開発を進める予定である。

GaN パワーデバイスチーム

(GaN Power Device Team)

研究チーム長：清水 三聡

(つくば中央第2)

概要：

当チームでは、結晶成長技術開発、デバイス設計・プロセス開発、回路設計技術を通して GaN 半導体を用いた低損失電力素子の実用化を図ることを目的とする。

GaN on Si 技術は6~8inch のシリコン基板上に MOCVD によりデバイス構造を製作するウエハ技術であり、低価格化が可能なことから応用範囲が広がりパワーデバイスのみならず LED などにも使用が始まっている。GaN on Si ウエハを用いた AlGaN/GaN HEMT パワーデバイスは用途が広い家電メーカー等が注目しており、当チームでは、GaN on Si 技術を用いた AlGaN/GaN パワーデバイスの信頼性評価技術、及びスイッチング回路への応用のための等価回路を用いた設計技術の開発を行なっている。

GaN 単結晶上の縦型デバイス技術は、イオン注入が不可能なことから一般的なパワーデバイスへの応用は不可能であり、高周波等の限定された応用先が考えられる。当チームでは、縦型パワーデバイスの設計製作に必要な低濃度のドーピング技術を MOCVD を用いて行なっている。

また、さらにシーズ発掘が重要であると考え、新しい成長技術、デバイス構造、用途などの開拓を行なっている。

パワー回路集積チーム

(Power Circuit Integration Team)

研究チーム長：佐藤 弘

(つくば中央第2)

概要：

SiC などワイドギャップ半導体パワーデバイスの、高性能かつ超低損失な特長を活かした、高機能・小型・低消費電力の電力変換装置実用化のための基盤技術研究開発を目的とする。具体的には、主に SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) プロジェクトのもと、大電流密度・高発熱密度に対応した SiC モジュールの研究開発を進めている。平成27年度は、自動車用インバーターに適用するモジュールを選定し検討を行った。ワイヤーボンド型モジュール、配線基板型モジュールでは、これまでの研究で明らかになった問題点を解決するため、新設計導入のうねプロトタイプを試作を行い、モジュールの成立性の確認、動作検証を実施した。作製したワイヤーボンド型モジュールは、高 f 特なゲート回路部品 (R,C) を内蔵したため、並列高速動作時においても、電流のアンバランス等のない動作を達成できた。配線基板型モジュールでは、ワイヤーボンド型に比べて、内部のインダクタンスが小さいため、過渡振動の発生が小さい傾向が測定された。これまで、上記モジュールの作製には Au-Ge 高温はんだを用いていたが、材料コストの観点から、より安価な、Zn-Al 高温はんだや Cu-Sn 焼結接合材料への移行について検討を開始した。更に、低コスト化が狙えるモールド型モジュールについて、新規に設計・試作を行った。作製したモールド型モジュールの基本動作を確認できたため、我々のモジュールに樹脂モールドプロセスを適用できる可能性があることを明らかにした。その一方、樹脂とリードフレームの密着性など改善すべき問題点も明らかにした。今後、これら課題に対応していく予定である。

また、パワーデバイス基礎チームが開発した10kV 超級 SiC-IGBT を用いた高速変換器の実現を目指し、小型化によるモジュール内部インダクタンスの低減による高速動作の実現と超高耐圧特性の両立を図ったモジュールの開発、及び、超高電圧を安定にスイッチングするための駆動技術の開発、更に、高速動作においてもサージ電圧を最小限に抑えるため、低インダクタンス配線技術の開発を行った。その結果モジュール内部及びゲート駆動回路の持つインダクタンスを低減する事で17ナノ秒 (試験電圧5kV) のスイッチングを達成した。

パワーエレクトロニクス応用チーム

(Power Electronics Application Team)

研究チーム長：坂本 邦博

(つくば西)

概要：

SiC パワーデバイスの大量導入が期待される自動車の民生用途から、高エネルギー加速器電源のような特殊用途にいたる、幅広い電力変換分野での SiC パワーエレクトロニクスの応用開拓を目指し、民間企業と共同で、SiC パワーデバイスの特長を発揮する高性能モジュール実装技術の開発を進めた。平成27年度は、SiC パワーデバイスの高温動作 (最高接合温度 200°C) に対応するモジュール開発において、高耐熱接合材料の信頼性評価を行った。昨年度に開発した SiC パワーデバイス的高速動作に適合する低インダクタンス汎用モジュールパッケージに、今年度開発した低帰還容量デバイスを実装して、1200V、150A の高速スイッチング動作 (立ち上がり時間32nS、立ち下がり時間20nS) を実証した。また、SiC 高速駆動による高効率小型5kW 級単相絶縁電源の開発に着手し、PFC 回路の100kHz 連続駆動を達成した。昨年度に引き続き、産総研で試作した SBD、MOSFET チップを、標準パッケージに組み立てて、応用開発を行う共同研究パートナーに提供した。

ダイヤモンドデバイスチーム

(Diamond Device Team)

研究チーム長：竹内 大輔

(つくば中央第2)

概要：

当チームでは、次々世代のパワーエレクトロニクス材料として期待されるダイヤモンドのデバイス化を念頭に研究開発を行っている。また、ダイヤモンド中の窒素-空孔複合欠陥 (NV センター) を用いた磁気センサー応用に関する研究を進めている。

平成27年度は、パワーデバイスの要素技術として、単純なメサ構造のダイヤモンド pin 接合を形成し、逆耐圧92.5V (i 層の膜厚200 nm で換算した耐電界 4.6MV/cm) と、他のワイドギャップ半導体の絶縁破壊電界よりも高い値の実測に成功した。さらに、実測した pin 接合のデバイス構造を基に電界分布シミュレーションを行い、逆耐圧92.5V 印加時の電界の局所集中領域は8~9MV/cm に達していることを予測した。今後、電界集中を低減する構造を形成し、さらなる逆耐圧の向上を図る。また、磁気センサー応用では、センサー感度を向上するために NV センターに電子がトラップされた NV⁻状態を安定化する研究を行った。具体的には nin 接合を形成し i 層中のフェルミレベルを制御することで、i 層中の NV センターの80%以上を NV⁻状態に安定化できることを実証した。

ダイヤモンド材料チーム

(Diamond Materials Team)

研究チーム長：空野 由明

(関西センター)

概要：

当チームでは、次々世代のパワーエレクトロニクス材料として期待されるダイヤモンドにとり必要不可欠である大口径単結晶ウェハの実現を目指し、ダイヤモンドのバルク結晶成長技術、ウェハ化加工技術、結晶評価技術等の開発を行っている。その他、耐環境デバイス等のダイヤモンドの優れた材料物性を生かしたアプリケーションの開拓を進めている。

平成27年度は、バルク結晶成長にパルスマイクロ波 CVD を導入し、マイクロ波を短パルス化することで、同一パワーの連続波合成の場合と比較して2倍以上の結晶成長速度が得られ、インチ級の大型バルク結晶実現に向け、大きく前進した。また、低欠陥化に向けた取り組みとして、ダイレクトウェハ化技術により、高温高圧合成の低欠陥ウェハから約10 mm 角の低歪ウェハを合成することに成功した。縦型デバイス用低抵抗基板実現のための基盤技術として、熱フィラメント CVD 法を用いた高濃度ボロンドーピングを試みた結果、 $1020\sim 1021\text{ cm}^{-3}$ の高濃度ドーピングが可能で、低抵抗膜が得られることを見出した。また、放射線検出用の高純度ダイヤモンド自立板を合成し、ダイヤモンドデバイスチームと協力してデバイス化するプロセスを構築した。

2) 生命工学領域

(Department of Life Science and Biotechnology)

領域長：松岡 克典

概 要：

領域は、中長期計画に基づき、研究及び開発並びにこれらに関連する業務を行っている。生命工学領域は、健康で安心して暮らせる健康長寿社会や環境負荷を抑えた持続可能な社会の実現に貢献することを目指す。また、優秀な人材が集まる研究所づくりを目指す。そのため、(1) 世界最高水準の研究開発の推進、(2) 研究成果の産業界への橋渡し、(3) 産業界に役立つ人材の育成、(4) 国際的プレゼンスの向上の4項目を領域のミッションとする。領域長は、理事長の命を受けて、各研究分野における研究の推進に係る業務の統括管理を行っている。

①【生命工学領域研究戦略部】

(Research Promotion Division of Life Science and Biotechnology)

研究戦略部長：鎌形 洋一

研究企画室長：大西 芳秋

所在地：つくば中央第1

人 員：12名 (11名)

概 要：

研究戦略部は、領域における研究及び開発並びにこれらに関連する業務に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整を行っている。研究戦略部長は、領域長の命を受けて領域の運営（研究戦略、予算、人事、自己評価等）を行っている。

生命工学領域研究企画室

(Research Planning Office of Life Science and Biotechnology)

概 要：

産総研として特色ある研究の方向性や、開発技術を社会に還元することを意識し、生命工学領域の研究資源の最適配置をはじめとした研究管理を行っている。

具体的には、当該領域における研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営に係る基本方針、プロジェクトの企画及び立案や調整、領域間の連携の推進、経済産業省その他関係団体等との調整、当該領域に関する技術組合に関する業務、領域における研究ユニットの評価に関する業務を行っている。また、BioJapan、JST 新技術説明会や LS-BT などを始めとする各種イベン

ト出展に対する立案や出展テーマの調整や見学、視察対応、新規採用・任期付研究員のパーマネント審査に関する業務などを行っている。

機構図 (2016/3/31現在)

[生命工学領域研究戦略部研究企画室]
研究企画室長 大西 芳秋 他
[生物資源管理グループ]
グループ長 海老原 達彦 他

②【創薬基盤研究部門】

(Biotechnology Research Institute for Drug Discovery)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：織田 雅直

副研究部門長：鈴木 理

首席研究員：平林 淳、Paul Horton

総括研究主幹：中西 真人

所在地：臨海副都心センター、つくば中央第2、

つくば中央第5、つくば中央第6

人 員：45名 (45名)

経 費：1,200,832千円 (453,428千円)

概 要：

我が国では急速に少子高齢化が進んでおり、迅速な社会復帰を可能とする疾患の早期診断・早期治療など、適切な個の医療の実現・充実が求められています。また、医療・介護・予防分野での ICT 利活用を加速し、世界で最も便利で効率的なシステムを作り上げること、さらに、健康・医療分野においては、世界最高水準の技術を維持し、医薬品・医療機器産業の国際競争力を向上させ、我が国のリーディングインダストリーへと発展させることが求められています。これら課題について、その解決に必要な技術開発が求められているところです。

我が国の課題解決に求められている創薬基盤技術の開発および医療基盤・ヘルスケア技術の開発を担うため、平成27年4月1日に創薬基盤研究部門が設立されました。つくばセンターと臨海副都心センターの2つの拠点で研究開発・技術開発を展開しています。

創薬基盤研究部門は、旧糖鎖創薬技術研究センター、旧幹細胞工学研究センターおよび旧ゲノム情報研究センターの研究資源・人的資源を継承しています。我々が強みとする糖鎖解析技術、幹細胞工学技術およびバイオインフォマティクス技術をさらに進展させるため、①糖鎖の差異を用いた疾患の診断マーカー開発と診断

薬への展開、②安全なヒト幹細胞樹立法の開発、③幹細胞から作り出した細胞・組織・器官を創薬スクリーニングや再生医療へ応用するための効率的な幹細胞分化誘導技術の開発、④ゲノム情報から疾病因子を効率よく推定するバイオインフォマティクス技術の開発などを行います。また、我々が得意とするこれらの技術を融合させることで新たな技術の開発も積極的に行うつもりです。さらに、他の専門分野の技術を取り入れることで分野を超えた融合技術の開発も積極的に実施したいと考えています。

上記当部門のポリシーのもと、3つの重点課題を設け、①基盤研究の推進、②基盤技術を利用し産業化を目指した技術の開発、③企業連携による製品化を目指した技術開発を実施しています。3つの重点課題の概要は以下の通りです。

重点課題1：ゲノム産業の基盤となるバイオインフォマティクス技術の開発と応用

「創薬」および「医療」関連領域において、ゲノムをはじめとする分子生命科学から生み出される様々なデータの情報解析の基盤となる技術の構築を目指し、課題解決型研究開発を行う。ゲノム秘匿検索技術の開発と大学院等との共同による実証実験の推進、ゲノム異常検出技術における指標の見直しと標準化に向けた基盤技術開発、ゲノム情報の有効活用に向けた生命科学ビッグデータ統計解析手法の高度化と実用化ソフトウェアの開発、創薬支援のためのタンパク質の情報解析技術の開発、有用物質の生産性向上を目指し各種オミクスデータを統合した制御メカニズム推定技術の開発を行う。

重点課題2：糖鎖/ペプチド分析・製造技術に基づく診断薬、治療薬の探索と実用化とケミカルバイオロジーに基づく創薬基盤技術の開発

糖鎖の差異を用いて、がんや自己免疫疾患、生活習慣病等に対する診断薬、治療薬を効率的に開発することを目指し、疾患に関連する糖鎖、糖タンパク質、ペプチド等の構造と機能の解析し、疾患特異的なバイオマーカーや標的因子を探索、究明する。またこれらの因子を標的化する分子、あるいはそれを高機能化した分子を開発、製造し、疾患の診断薬、治療薬の開発を行う。微生物等が生産する天然化合物の創薬への利用を目指し、放線菌やカビ等が生産する天然化合物の生理活性評価と天然化合物生産に関わる遺伝子や未利用生成遺伝子の機能解析と異種ホストとこれら生成遺伝子を用いた生産技術の高度化を実施する。

戦略課題3：細胞を利用した再生医療技術と創薬支援技術の開発

現在、高度な知識集約型産業である再生医療産業や

創薬産業が、次の成長分野として期待されている。しかし、国内の関連企業の競争力はまだ強いとはいえ、これらの産業を後押しする技術を開発し、産業界へ橋渡しを行うことが産総研に課せられた課題となっている。本課題では、第4期中期計画項目「医療基盤・ヘルスケア技術の開発」に基づき、先進医療技術を確立するための再生医療技術と創薬支援技術等の開発を進める。さらにガイドライン策定と標準化による幹細胞ならびに医療機器等の実用化を支援する。成果を民間企業に橋渡しして実用化を目指す。

内部資金：

戦略予算「次世代医療産業を牽引するヒト細胞創製技術開発プロジェクト」

戦略予算「沖縄天然資源ライブラリー構築のための評価支援」

外部資金：

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST）「統計的検定手法構築、高速化・大規模化及び手法の普及」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 次世代がん研究シーズ戦略的育成プログラム「次世代がん研究推進のためのシーズ育成支援基盤」（天然物ライブラリーを用いた探索試験の実施）

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 革新的先端研究開発支援事業「エピゲノム解析の国際標準化に向けた新技術の創出」

文部科学省 高性能汎用計算機高度利用事業費補助金「HPCI 戦略プログラムにおける人材養成プログラムの実施」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 平成27年度医療研究開発推進事業費補助金（創薬等ライフサイエンス研究支援基盤事業）「タンパク質の立体構造及び相互作用推定のための構造インフォマティクス技術の開発」

農林水産省農林水産技術会議事務局 農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業委託事業「ウシの小型ピロプラズマ病に対するワクチンの開発研究」

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究成果展開事業【大学発新産業創出プログラム（START）プロジェクト支援型】「タランチュラ毒由来のペプチドライブラリーと新規ペプチドディスプレイ技術を用いたイオンチャンネル作用薬の創薬技術」

国立研究開発法人科学技術振興機構 ライフサイエンスデータベース統合推進事業「糖鎖関連データベースの統合化推進と研究者コミュニティとの連携ならびに国際連携」

国立研究開発法人科学技術振興機構 ライフサイエンスデータベース統合推進事業「計算用のレクチン-糖鎖構造の構造および生化学情報の提供、及び出力結果の評価」

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究成果展開事業【大学発新産業創出プログラム (START) プロジェクト支援型】「ステルス型 RNA ベクターを使った再生医療用ヒト細胞創製技術」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 感染症実用化研究事業 肝炎等克服実用化研究事業 i「肝疾患病態指標血清マーカーの開発と低侵襲かつ効率的に評価・予測する新規検査系の実用化」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 感染症実用化研究事業 肝炎等克服実用化研究事業 ii「B型肝炎ウイルスにおける糖鎖の機能解析と医用応用技術の実用化へ」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 医薬品等規制緩和・評価研究事業「ヒト iPS 分化細胞技術を活用した医薬品の次世代毒性・安全性評価試験系の開発と国際標準化に関する研究」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 医療分野国際科学技術共同研究推進事業 (戦略的国際共同研究プログラム)「メコン川流域における肝吸虫患者の QOL 維持とがん予防に資する革新的診断システムの開発と普及」

国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所 AMED 再生医療実用化研究事業「hiPS 細胞の樹立ならびに hiPS 細胞の培養による品質変動の遺伝子解析による評価」

公益財団法人かがわ産業支援財団 平成27年度戦略的基盤技術高度化支援事業(機関補助金)「再生医療の産業化に向けた未分化・造腫瘍性細胞の検出技術の開発」

国立大学法人筑波大学 AMED 再生医療実用化研究事業「新規ベクターの開発および GMP 準拠作成、目的遺伝子の搭載」

国立大学法人筑波大学 JAXA「マウスを用いた宇宙環境応答の網羅的評価」

学校法人慶應義塾 AMED オーダーメイド医療の実現プログラム(03)「保存血清のメタボローム解析による疾患診断の有用性の検証と応用」

日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(A)「3D イメージングセルソーティング法の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C)「Nanog 遺伝子を持たないツメガエル細胞におけるリプログラミングの研究」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C)「O.minuta 酵母の基礎生物学を進めるための遺伝学的基盤解析系の確立」

日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(A)「Regulatory DNA conserved between Phyla」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(A)「グライコプロテオームを中心とした複合オミクス解析による疾患モデルの糖鎖機能解析」

日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B)「ゲノム3次元構造データに基づく共局在遺伝子の網羅的探索」

日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究「ダイナミック三次元培養環境制御による iPS 細胞由来のパターン化血管組織の構築」

日本学術振興会 科学研究費補助金 特別研究員奨励費「なぜフタバガキの種子の羽は無くなったのか：機能喪失型形質の獲得機構と時期の解明」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C)「ヒト体液を用いた精子無力症原因因子の簡易検査法の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B)「マイクロ RNA の機能を制御できる細胞質 RNA ベクターの開発と細胞改変技術への応用」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(A)「ミッシングヘリタビリティを埋める複合因子解析手法の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究「ムチンにおける周波数依存性マイクロ波効果の探索と応用」

日本学術振興会 科学研究費補助金 新学術領域研究

(研究領域提案型)「医療用マイルドプラズマによる創傷治癒の確立とプラズマ-組織細胞相互作用の解明」

日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(A)「幹細胞糖鎖の機能解析と再生医療に貢献する新規糖鎖工学技術の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C)「急速に進行する膵管がんの特性を規定する分子メカニズムの解明」

日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B)「虚血性疾患治療に向けた、皮下脂肪組織を活用する新たな血管再生技術の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究「系統的な糖鎖付加位置特異的グライコーム分析による糖鎖不均一性生成機構の解明」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B)「呼吸器再生基盤技術の構築」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B)「光酸発生培養基材への精密光照射による接着細胞の物理プロセス」

日本学術振興会 科学研究費補助金 特別研究員奨励費「光分解型3次元培養基材を用いたテラーメード抗がん剤感受性検査法の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金 新学術領域研究(研究領域提案型)「光分解造形法による灌流可能な血管ネットワークを有する三次元組織体の構築」

日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究「再発のないがん治療薬の作動原理の究明」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C)「大規模ケミカルライブラリーを駆使した、新規心臓形成シグナルパスウェイの探索と解明」

日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究「単一細胞内質量イメージング実現へのチャレンジ」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B)「糖尿病による神経幹細胞の機能低下メカニズムの解明」

日本学術振興会 科学研究費補助金 新学術領域研究(研究領域提案型)「配列解析によるミトコンドリア由来オルガネラにおける品質管理因子の網羅的探索」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C)「分子進化工学的手法によるカルシウムチャネルサブファミリーを識別するペプチドの創製」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C)「膜タンパク質再構成マトリックスにおける部分フッ素化蛍光色素の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金 特別研究員奨励費「膵臓がん幹細胞の分化促進化合物を用いた革新的治療技術開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B)「膵胆管系腫瘍産生 MUC1の比較糖鎖プロファイリング」

日本学術振興会 科学研究費補助金 新学術領域研究「プラズマ医療科学創成に関する総括研究」

日本学術振興会 科学研究費補助金 新学術領域研究「ゲノム科学の総合的推進に向けた大規模ゲノム情報生産・高度情報解析支援」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(S)「組織幹細胞におけるゲノム安定性の制御」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(S)「天然化合物の革新的標的分子同定法の確立とケミカルエピジェネティクス」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(A)「RNA・タンパク質相互作用の網羅的予測と検証」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(A)「複数分子を標的とした新薬設計手法の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B)「iCAF: iPS 由来の癌線維芽細胞による膵癌幹細胞、間質幹細胞の糖鎖標的探索」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B)「移動速度論の観点によるヒト iPS 細胞増殖、分化機構の解明と実用的生産技術への提言」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B)「ゲノム網羅的な発現遺伝子を指標にしたブナ林の環境影響評価」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C)「高感度糖鎖解析システムを用いた新たな子宮頸部腺癌診断・治療バイオマーカーの開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究
「ヒト胎盤羊膜由来間葉系幹細胞のバイオバンクの創設」

日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦適法が研究
「末梢神経再生技術の形成外科領域への導入」

日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究
「エビジェネティクスによる累代適応を、適応幅が広いシロイヌナズナ属野生種で検証する」

日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究
「樹木の機能ゲノム学の創出に向けたブナ目のリファレンス・ゲノム構築法」

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター SIP 戦略的イノベーション創造プログラム（次世代農林水産業創造技術）
「ホメオスタシス維持機能をもつ農林水産物・食品中の機能成分多視点評価システムの開発と作用機序の解明」

公益財団法人千葉県産業振興センター 平成25年度戦略的基盤技術高度化支援事業（再委託）「生理活性物質特定と作用メカニズム解析による生産プロセスの最適化と発酵産物高機能化に寄与する技術開発」

発 表：誌上発表116件、口頭発表212件、その他19件

糖鎖技術研究グループ

(Glycoscience and Glycotechnology Research Group)

研究グループ長：梶 裕之

(つくば中央第2)

概 要：

血液などの体液中にある分泌タンパク質や細胞表面等の膜タンパク質の多くは、合成された後に糖鎖修飾を受ける。糖鎖はこれらタンパク質の活性の発現調節に重要な働きを担っている。ヒトでは約200種の糖鎖合成関連タンパク質（酵素）が共同あるいは競争的に作用し糖鎖が形成されるが、これら糖鎖合成酵素の組成は細胞の種類によって異なっているため、同じタンパク質でも産生された細胞の種類によって糖鎖構造が異なっている。また、細胞の分化やがん化によっても酵素の組成が変わるので、同じタンパク質でも分化した細胞やがん化した細胞ではそれぞれの細胞特異的な糖鎖構造を形成している。このことは、たとえば癌細胞特異的な糖鎖構造を見いだすなど疾患に特異的な糖鎖構造を見つけて検出することができれば、糖鎖を疾患のマーカーとして利用することができることを示している。糖鎖の機能解明と糖鎖を疾患マーカーとして臨床応用するため、本研究グループでは次のような

研究に取り組んでいる。1) レクチンアレイ法や質量分析法等を利用した糖鎖の検出・構造解析技術の開発と、これを利用した疾患糖鎖バイオマーカー開発および創薬支援のための基盤技術の開発、2) 人為的に糖鎖改変したモデル生物や培養細胞を利用した糖鎖機能の解明と糖鎖改変糖タンパク質の生産、3) 酵母などの微生物や培養細胞と酵素反応を利用した糖タンパク質合成技術の開発と宿主の改良および糖鎖認識分子の開発、4) 疾患に関連する糖タンパク質の構造、機能解析による診断薬や治療薬開発のための基礎研究、5) 糖鎖修飾に関連する情報を収集、整理した利便性の高い糖鎖科学データベースの構築と情報科学技術開発。

幹細胞工学研究グループ

(Stem Cell Engineering Research Group)

研究グループ長：伊藤 弓弦

(つくば中央第5)

概 要：

近年、ヒト ES/iPS 細胞や間葉系幹細胞は、治療用細胞や検査用細胞の原材料として注目を集めている。しかしながら、由来組織、樹立方法、培養方法等の違いによって、得られる幹細胞の性質のばらつきが指摘されており、明確な規格がないのが現状である。また、iPS 細胞の分化能などの性質がかなり不均一なため、目的細胞へと分化させた後に成体に移植しても予期せずがん化するという問題も十分な解決策が得られていない。そこで幹細胞工学研究グループでは、(1) 再生医療／創薬用細胞の品質管理・標準化、(2) 幹細胞からの分化法開発、(3) 再生医療／創薬用細胞の安定供給技術開発、の3つを重点課題とし、関連基盤技術の研究開発を推進している。具体的には、(1) として、iPS 細胞、ES 細胞や間葉系幹細胞等を用い、良質な各種幹細胞の評価・選別を可能にするバイオマーカー等の開発を行う。(2) として、iPS 細胞や ES 細胞、間葉系幹細胞などを用い、再生医療や創薬での使用を目指して、目的組織細胞に効率的に分化制御させる基盤技術の開発を行う。(3) として、培養液や培養添加物、培養装置等を開発／改良することで、安定的に良質な幹細胞／目的組織細胞を供給できるシステムの構築を目指す。

バイオセラピューティック研究グループ

(Biotherapeutic Research Group)

研究グループ長：中西 真人

(つくば中央第5)

概 要：

バイオセラピューティック研究グループでは、産総研が開発した独創的な技術を基盤として、次世代の医療や創薬につながる革新的な研究開発を行っている。H27年度は、構造の最適化によりステルス型 RNA ベ

クター技術をほぼ完成し、国際特許出願を行った。ステルス型 RNA ベクターは、RNA だけを使って染色体に傷をつけることなく遺伝情報を安定に発現できる世界唯一の技術である。また、エピジェネティック改変を利用した人工幹細胞の作製や人工的に分化させた細胞を搭載した創薬支援用デバイスの作製、近赤外波長域イメージングとオプトエレクトロニクスセンシングを組み合わせた病態評価技術や超高密度アレイプラットフォームの開発、糖鎖を利用した細胞性免疫誘導型ワクチンの有効性評価を行い、それぞれのテーマで年度当初の目標を達成した。当研究グループでは、基礎研究から橋渡し研究まで多様なフェーズに取り組んでいるが、世界と対等に競争できる研究レベルを目指すと共に、常に実用化を意識して、産業界の連携や産総研技術移転ベンチャーへの導出を積極的に行っている。

医薬品アッセイデバイス研究グループ
(Drug Assay Device Research Group)

研究グループ長：金森 敏幸

(つくば中央第5)

概要：

創薬に要する費用の高騰が問題視されて久しい。この問題を解決するために、リード化合物のスクリーニングの効率化や迅速化が極めて重要である。これまでこの目的でヒト細胞を用いたスクリーニングが行われているものの、動物実験や臨床治験といった創薬プロセス後期で求められる評価とは必ずしも対応がなされておらず、信頼性に欠けているのが現状である。特に昨今は、創薬プロセスの第2相臨床治験で問題が見つかり、開発を中止する例が多発しており、その経済的損失は著しい。その原因としては、スクリーニングに用いる細胞の標準化がなされていないことと、用いられている細胞が体内で活動しているときの機能を発現していないことによると考えられる。

当研究グループは、既存のヒト株化細胞やヒト iPS 細胞から誘導される標準化細胞を用い、医薬品候補化合物のスクリーニングを効率的に行う技術を開発している。培養細胞の機能を体内に近づけるためには、培養環境を精密に制御し、より体内環境に近づけることが重要である。そのため我々は、培地の流動状態や物質移動をマイクロメートルレベルで制御が可能なマイクロプロセスに着目し、マイクロプロセスを集積したチップ上で上記細胞から臓器/組織特異的機能を誘導し、化学物質に対する反応を評価する技術の開発を実施している。マイクロプロセスでは、高価な試薬や貴重な細胞の削減に加え、ハイスループット化が容易であることも利点ある。

ゲノム制御情報研究グループ
(Computational Regulatory Genomics Research

Group)

研究グループ長：光山 統泰

(臨海副都心センター)

概要：

近年、次世代シーケンサが臨床検査機器として利用されてきている。この次世代シーケンサから得られる膨大な塩基配列情報を高速にかつ的確に解析する情報技術の開発がゲノム医薬に求められている。当研究グループでは、ゲノム医薬分野における業界標準となるような技術開発を目指し、塩基配列情報解析におけるより高速でかつ高精度で計算できる新規アルゴリズムの開発やより有用な情報ツール（ソフトウェア）の開発を含め、ゲノム医薬に求められる高信頼性かつ高精度の配列情報解析技術を開発している。

ゲノム機能情報研究グループ

(Computational Functional Genomics Research Group)

研究グループ長：富井 健太郎

(臨海副都心センター)

概要：

生命工学領域のミッションである健康長寿社会実現のための技術創出に向け、ゲノム産業の基盤となるバイオインフォマティクス技術の開発と応用に取り組んでいる。ヒトゲノムをはじめとする生命科学分野の多様かつ大量な情報の処理に必要な統計手法や機械学習の手法ならびに秘匿検索技術などの開発を行うとともに、疾病因子の探索や創薬支援、生物機能活用による効率的物質生産などに向け、ゲノムにコードされている生体分子の機能・構造推定に必要な情報解析技術やデータベースなどの開発を行った。応用面では、関連企業のニーズ把握や連携に努めながら研究成果の橋渡しを行うとともに、開発技術などを基に、参画事業である「創薬等支援技術基盤プラットフォーム」などを通じた研究支援及び共同研究を行った。

③【バイオメディカル研究部門】

(Biomedical Research Institute)

(存続期間：2010.4.1～)

研究部門長：近江谷 克裕

副研究部門長：本田 真也

首席研究員：ワダワ レヌー

総括研究主幹：上田 太郎、阪下 日登志

所在地：つくば中央第6、第5、関西センター

人員：100名(100名)

経費：892,081千円(478,562千円)

概要：

産総研の第4期中長期目標である「創薬基盤研究を推進する」ために設定された第4期中長期計画「生体分子の構造、機能を理解するとともに、得られた知見を活用し、新しい創薬技術基盤、医療技術基盤を開発する」を推進するため、当部門は目的基礎研究を実施、2つのミッションを設定した。よって、①生体分子の構造・機能を理解・解明し、それらの知見に基づいた創薬基盤技術・医療基盤技術を確立する。②創薬・医療に関わる基礎・基盤技術の動向を把握し、将来に向けた技術の芽を発掘し育成する。を掲げる。特に、「創薬のリードタイムを短縮するために、古典的新薬探索から脱却し、短時間に低コストで成功率の高い創薬プロセスを実現する創薬最適化技術、ゲノム情報解析技術、バイオマーカーによる疾病の定量評価技術などの新しい創薬の基盤となる技術を開発する。さらに、創薬支援ネットワークにおける技術支援にも取り組む。」の研究項目を担当する。そこで、4つの重点課題及び特別課題を設定し、H27年度は、例えば、ガンや熱帯病等の疾患関連タンパク質の構造機能解析技術の高度化、抗体医薬品精製用マルチカラムプレートの最適利用条件の探索を実施する。

重点課題1. 生体分子の構造機能解析と分子技術の高度化

タンパク質等の生体高分子のエックス線結晶構造解析や高分解能電子顕微鏡解析を行い、これら分子の構造と機能の相関関係を明らかにするとともに、臨床薬のターゲットとなる膜タンパク質の迅速構造解析法等の開発を行う。また、タンパク質設計技術、改良技術の開発を行うとともに、これらを抗体親和性タンパク質等に適用して、抗体医薬品開発におけるダウンストリーム工程および品質管理分析工程の高度化に貢献する。さらには創薬候補化合物と標的タンパク質の複合体の高次構造解析を通じて、創薬研究に貢献する。

重点課題2. 生体恒常性機能を利用した疾患予防技術の開発

健康状態における生体リズムの変動や加齢に伴う生体分子の変化などを個体・細胞・遺伝子レベルで解析し、これらの現象を引き起こす生体分子メカニズムの解明を目指す。また得られた解析成果を利用して生体機能の評価系を開発し、これを制御する生理活性物質を天然物などから探索・同定するとともに、その作用メカニズムを分子レベルで明らかにする。さらに、様々な環境要因や遺伝的要因により引き起こされる疾病、特に睡眠障害などの生体リズム障害および体内時計に関連する精神疾患、高血圧、血栓症、がんなどの生活習慣病をターゲットとして、健康状態をモニタリングするためのバイオマーカー開発やこれら疾患の予防や改善を目的とした天然物由来生理活性物質の発見を目

指す。

重点課題3. 疾患モデル動物の創出と疾患関連分子の認識・計測による生体評価系の開発

健康や病気の生体や組織において、その機能を調節する核酸やタンパク質、細胞間シグナル伝達に働く種々のシグナル分子などを解析し、これら生体分子による細胞制御メカニズムの解明を目指す。また、脳神経疾患や生活習慣病を始めとする種々の疾患のモデル細胞・モデル動物の作製を通して、各疾患のバイオマーカーや原因因子を探索する。これらの疾患における標的分子を検出する核酸やペプチド分子の高機能化技術、細胞の機能異常を捉える可視化技術開発を行い、健康の増進や疾患の予防・診断・治療に貢献することを目指す。特に *in vivo* 及び *in vitro* イメージング技術を駆使することで、疾患等に関するメカニズム解析を行う。

重点課題4. 生体分子等の計測解析技術開発と標準基盤整備

微細加工技術、表面加工技術と言ったナノテク技術、薄膜材料や自己組織化膜材料などの材料技術、バイオ分野の技術を融合したバイオ診断計測解析技術の開発を行う。具体的には、生体分子と強く相互作用し信号変換する分子認識材料や発光分子プローブ材料の合成、及び一細胞毎の計測が可能なナノ針アレイ等のデバイス技術の開発を行う。また、それら要素技術を融合し、薬剤管理や代謝評価センサ、タンパク質や遺伝子を高感度に認識できるバイオセンサやマイクロ流路型デバイスなどの実現をめざす。併せて簡便な遺伝子定量法や核酸標準品の開発を行いバイオ計測の標準化に資するプラットフォームを整備、特に ISO/TC276 バイオテクノロジーの標準化に関して先導的な役割を担う。

また、産総研のミッションや仕組みを十分理解し、産総研職員として自ら考え的確に行動できる職員の育成を行うとともに、産総研のミッションである「若手研究者のキャリアパス支援及び研究人材の交流推進」を実施するため、当部門はミッション③自ら考え着実に行動・実践・対話できる国際的視野に立った人材を育成する。を実施する。

さらには、産総研職員の育成と共に、産総研イノベーションスクール生、ポスドクや博士課程の学生、企業等からの外部研究員などを受け入れ、研究現場にて研究開発を行いながら人材育成を行う。併せて、インド、インドネシア等のアジアの各国とバイオ研究分野における国際連携を推進するため、当部門はミッション④アジアのバイオテクノロジーハブを目指した国際連携を推進する。を実施する。アジアのバイオテクノロジーのハブ拠点として国際融合研究を推進、さらにはイメージングなどのコア技術をベースとした国際ワ

ークショップを開催するなど国際的に活躍できる研究所内外の人材を育成する。そこで、特別課題を設定する。

特別課題1. アジアのバイオテクノロジーハブを目指した日印融合研究の推進

産総研・インド DBT 間 MOU 協定をベースとして設立された DBT-AIST ジョイントラボ (DAILAB) の運営を通じてアジア地域との広い連携を可能とする集中研究機能、人材育成機能及び国内バイオ技術の普及機能を持った研究ハブの強化・拡充を目標とする。特に、本ジョイントラボでは AIST と DBT の健康・医療分野における更なる研究協力の推進と人材育成を含めた研究者交流を実施、目標としてはがんをターゲットとした創薬スクリーニングと選択された候補物質の細胞内イメージングを利用した作用機序の解明を通じた創薬開発を目指す。

当研究部門は、質の高い論文として研究成果を発信することおよび開発技術の工業所有権（特許）の取得を行うことで成果の普及を行っている。研究論文においては国際的に評価の高い論文誌への投稿を重視し、特許においてはその具体的技術移転を想定した戦略的出願を重視している。また、企業等との共同研究を積極的に行くと共に、産総研テクノブリッジフェア、技術相談、学会・研究会などを通して成果の発信や普及を進めている。最後に、第4期から当研究部門はつくば地域と関西地域の両拠点を持つことから、東西融合・連携を進め、2つの拠点を持つ強みを生かす方向でミッションを遂行する。

内部資金：

- ・戦略予算「RNA ダイナミクスの解明研究」
- ・戦略予算「生きた細胞の高感度・機能イメージング技術の開発」
- ・戦略予算「国産ゲノム編集技術の開発とその産業応用」
- ・戦略予算「日印融合研究を核としたアジア持続的ライフイノベーション」
- ・戦略予算「「きぼう」利用高品質タンパク質結晶生成実験に係る研究開発」

外部資金：

- ・国立研究開発法人科学技術振興機構 受託研究費「生物由来材料を用いたセキュリティ印刷手法の開発」
- ・国立研究開発法人科学技術振興機構 受託研究費「ゲノム編集による遺伝子ノックインニワトリの樹立」
- ・国立研究開発法人科学技術振興機構 受託研究費「有用蛋白質大量生産を目指した「遺伝子ノックイン鶏卵」の検証」
- ・公益財団法人沖縄科学技術振興センター 受託研究費「ウイルス・ワクチンを安心安全に生産するための先

端遺伝子工学技術の開発」

- ・公益財団法人京都高度技術研究所 受託研究費「世界市場を開拓する Sake・大吟醸生産システムの革新」
- ・公益社団法人農林水産・食品産業技術振興協会 受託研究費「農林水産系のファインバブル技術開発」
- ・一般財団法人大阪科学技術センター 機関補助金「射出成形の超微細構造プリズムレス SPF バイオセンサーチップ及び装置の開発」
- ・農林水産技術会議事務局（農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所） 受託研究費「国産農産物の輸出先における嗜好性の予測技術開発」
- ・農林水産技術会議事務局（農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所） 受託研究費「国産農産物の潜在的品質の評価技術の開発」
- ・国立研究開発法人科学技術振興機構 受託研究費「シグナル攪乱複合体の電子顕微鏡解析」
- ・国立研究開発法人科学技術振興機構 受託研究費「免疫機能の最適化とアレルギー予防に資する醗酵食品の機能性に関する研究」
- ・国立研究開発法人科学技術振興機構 受託研究費「生物発光を利用した高感度遺伝子検出システムの開発研究」
- ・国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター 受託研究費「食シグナルの認知科学の新展開と脳を活性化する次世代機能性食品開発へのグランドデザイン」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C)「CpG オリゴヌクレオチド刺激による抗原特異的抗体産生活活性化機構の解明」
- ・科研費補助金 基盤研究 (A)「RNA 合成酵素複合体の分子構造進化基盤」
- ・科研費補助金 挑戦的萌芽研究「Toxin-antitoxin 分子基盤の解明と核酸編集技術・細胞応答制御への応用」
- ・科研費補助金 基盤研究 (B)「アミノレブリン酸の X-線増感放射線療法の検証と遺伝子発現解析による作用機序の解明」
- ・科研費補助金 挑戦的萌芽研究「アミロイドβタンパク質のモノマーとオリゴマー動態がシナプス機能を調節する」
- ・科研費補助金 新学術領域研究(研究領域提案型)「アメーバ運動を統御するアクチン構造多型マシナリー」
- ・科研費補助金 基盤研究 (B)「インターフェロンβによる小腸から全身への抗炎症機構」
- ・科研費補助金 挑戦的萌芽研究「がん細胞由来エクソソームを特異的に識別する核酸アプタマーの単離とその診断への応用」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C)「セルフアセンブリスマートスキン層を持つ生分解性ポリマーの研究」
- ・科研費補助金 基盤研究 (B)「ナノカーボン電極を用いたリムルス試薬非依存型 LPS 定量デバイスの開発」

- ・科研費補助金 基盤研究 (A) 「ナノニードルを用いた核輸送による高効率ゲノム編集」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「ニューロンにおけるゲノム DNA 化学修飾酵素の機能解析」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「バイオマス資源利用を目指した耐熱性キチン分解酵素の反応メカニズム解明」
- ・科研費補助金 特別研究員奨励費 「プロテオミクス、バイオインフォマティクス、イメージングによる表皮ガン治療法の研究」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「ミスマッチ DNA 塩基の回転を利用したシーケンス選択的なメチル化解析」
- ・科研費補助金 挑戦的萌芽研究 「レクチンアレイ型微細構造観察ホルダの開発」
- ・科研費補助金 挑戦的萌芽研究 「遺伝子発現プロファイル手法による血液 RNA 診断に向けた基礎的研究」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「因果推論が多感覚統合プロセスに及ぼす影響の検討」
- ・科研費補助金 挑戦的萌芽研究 「音源付近の加圧により音声明瞭度を向上させる現象の解明」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「外来遺伝子の安定発現を可能にするニワトリ遺伝子組み換え技術の開発」
- ・科研費補助金 挑戦的萌芽研究 「核酸配列上での発光分子構築反応の開発と遺伝子検出技術への応用」
- ・科研費補助金 基盤研究 (B) 「覚醒度と快不快度を考慮したサウンドデザインに関する研究」
- ・科研費補助金 若手研究 (B) 「幹細胞の品質モニタリングを目指した酵素/高分子電解質複合体センサーアレイの開発」
- ・科研費補助金 特別研究員奨励費 「基質親和性の高い微生物を利用した低濃度温室効果ガス処理技術の開発」
- ・科研費補助金 基盤研究 (B) 「基本匂い要素の解明と受容体安定発現細胞センサの開発に関する研究」
- ・科研費補助金 挑戦的萌芽研究 「強力な鎮痛作用を示す新規オピオイド受容体核酸リガンドの創製と分子作用機序の解明」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「狭食・狩猟性アリ類の神経毒の餌動物ナトリウムチャンネルに対する適応変化の検証」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「金属依存性デアセチラーゼの触媒反応メカニズムの解明と阻害剤の開発」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「光ナノ複合材料による健康阻害ガスセンサに関する研究」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「光励起と"化学励起"を併用した生細胞蛍光観察技術の構築と実証」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「好塩、好アルカリ・ハロモナス菌による有機酸生産に向けた極限菌との代謝解析」
- ・科研費補助金 挑戦的萌芽研究 「抗体産生キャリアとして機能する金ナノ微粒子の抗原提示機構の解明」
- ・科研費補助金 基盤研究 (B) 「高分解能変動電位透過観察技術の開発と液中生物試料の解析」
- ・科研費補助金 挑戦的萌芽研究 「骨導超音波と視覚情報を利用した最重度難聴児のための発話訓練装置の開発」
- ・科研費補助金 若手研究 (A) 「集光レーザー摂動による神経細胞ネットワークダイナミクスの解明」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「色覚バリアフリー照明の高性能化と試作に関する研究」
- ・科研費補助金 基盤研究 (B) 「新規発光・蛍光技術ソースの探索を目指した発光生物調査」
- ・科研費補助金 基盤研究 (B) 「新型補聴器の開発のための骨導超音波の末梢伝搬・受容メカニズムの解明」
- ・科研費補助金 挑戦的萌芽研究 「神経の微細観察系を新たに構築し、アンジェルマン症候群の病理解明を目指す研究」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「神経栄養因子 BDNF のノンコーディング RNA の分子機能に関する研究」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「神経堤細胞の進化的起源」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「睡眠障害モデルマウスをプラットフォームとした包括的ストレス疾患改善の基盤研究」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「睡眠障害性代謝異常のメカニズムの解明とその時間栄養学的改善方法の開発」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「生物発光共鳴エネルギー移動機構を利用した低分子化合物の光イメージング法の開発」
- ・科研費補助金 若手研究 (B) 「前駆体マイクロ RNA へのポリウリジル化反応の構造基盤」
- ・科研費補助金 挑戦的萌芽研究 「組織特異的生着能を有する間葉系幹細胞の探索」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「唾液を用いた生体時刻測定法の確立」
- ・科研費補助金 挑戦的萌芽研究 「大腸菌のサブポピュレーションの可視化に基づいたトランスクリプトームの解析」
- ・科研費補助金 挑戦的萌芽研究 「電子線励起の蛍光観察を水中にて実現し、がん細胞や微生物の微細解析を目指す研究」
- ・科研費補助金 若手研究 (B) 「冬眠動物における骨格筋萎縮耐性メカニズムの解明とサルコペニア対策への応用」
- ・科研費補助金 挑戦的萌芽研究 「脳内の標的に特異的かつ高効率な非浸襲送達を可能にする新規高分子タンパク医薬の創出」
- ・科研費補助金 挑戦的萌芽研究 「表面プラズモン増強効果を利用した細胞内分子マニピュレーション手法の

開発」

- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「表面吸着因子の解析による生分解性材料の生分解性制御に関する研究」
- ・科研費補助金 基盤研究 (C) 「分子グラフティングによるアルブミン結合性ヒト型アダプタータンパク質の分子設計」
- ・科研費補助金 若手研究 (B) 「領域特異的エピゲノム編集技術を用いた精神疾患創薬スクリーニング系の基盤構築」
- ・文部科学省 科学技術人材育成費補助金「科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業（未来価値創造実践人材育成コンソーシアム）」
- ・農林水産省 補助金「食品のプロファイル解析プラットフォームの構築と実証研究」
- ・国立研究開発法人日本医療研究開発機構 医療研究開発推進事業費補助金「細胞性粘菌リソースの安定供給と発展」
- ・国立大学法人東京大学 JST 研究成果展開事業「先端計測分析技術・機器開発プログラム」「微弱発光標準光源開発による発光蛍光計測定量化」

発表：誌上発表186件、口頭発表360件、その他52件

分子細胞育種研究グループ

(Molecular and Cellular Breeding Research Group)

研究グループ長：本田 真也

(つくば中央第6)

概要：

細胞や生体分子が有する高度な機能の広範な産業利用を促すため、これらを合目的に改良する新たな基盤技術（分子細胞育種技術）の研究開発を行う。その遂行においては、細胞や生体分子が高い機能を実現する合理的な機械であるという側面とそれらが長久の進化の所産であるという側面を合わせて深く理解することを重視し、そこに見出される物理的必然性と歴史的偶然性を有機的に統合することで、新たな「育種」技術の開拓を図ることを基本とする。また、技術開発課題の立案においては、内外のライフサイエンス／バイオテクノロジー分野における技術ニーズを把握し、現実的な社会還元が期待される適切な対象と方法論を選択することに努める。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3

蛋白質デザイン研究グループ

(Protein Design Research Group)

研究グループ長：広田 潔憲

(つくば中央第6)

概要：

欲しい機能を有するタンパク質をデザインし有用なタンパク質を創製することを目指して、酵素の効率的

な機能改変を行う技術の開発や、抗体医薬品精製用のアフィニティ・リガンドタンパク質の開発等を進めている。また、医療応用を目指したタンパク質の改変にも取り組んでいる。例えば、個々の変異効果について曖昧な加算性を仮定したタンパク質デザイン法に基づき、網羅的一アミノ酸置換変異体や組み合わせ変異体の特性解析を行い、リガンドタンパク質の開発を進めている。医療応用を目指したタンパク質の改変においては、例えば、白血球減少症の治療等に用いられる顆粒球コロニー刺激因子 (G-CSF) の血中安定性の向上を目指して、ポリペプチド鎖の末端をペプチド結合で連結（主鎖環状化）したサイトカインの開発を進めている。また、異常な細胞のアポトーシス誘導に関与するヒト Fas リガンドの細胞外ドメインを標的として、治療薬や診断用ツールの開発を目指した研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5

構造生理研究グループ

(Structure Physiology Research Group)

研究グループ長：佐藤 主税

(つくば中央第6)

概要：

生物は単純な構造から進化を積み重ね、その結果である生体は組織から細胞・分子・原子に至る様々な階層での相互作用の積み重ねによって成立している。我々は、主に組織、細胞、微生物を対象に、様々な顕微鏡技術・生化学等を駆使して、分子・細胞・複合体レベルで研究している。光学顕微鏡で細胞を観察する際、分解能は200 nm までが限界だが、電子顕微鏡はもしも電子線を十分に照射しても大丈夫なサンプルであれば0.2 nm にも達する高い分解能を誇る。しかし従来の方法ではタンパク質は電子線にそれほど強くはなく、照射量が限られるため微かに薄い像としてしか写らない。薄い像でも膨大な数の電頭像を組み合わせれば、高分解能の3次元構造を計算できる。我々は、この単粒子解析技術を、情報学を駆使して開発し、神経のシグナル機構、細胞内輸送、タンパク質分泌、抗がん剤などに関係する様々な膜タンパク質・複合体の構造を解析する。さらに、もっと大きな組織・細胞内の微細構造を自然な環境において中間倍率で観察するために、半導体製造で用いる薄膜越しに液体中の細胞を直接 SEM で見る全く新しい電子顕微鏡を開発する。また、分子動力学法を複数の方法により開発している。また、免疫機構と癌の転移も様々な方法を駆使して研究している。これら研究を相互に組み合わせながら、生物の構造機能相関と研究応用を幅広く研究している。

研究テーマ：テーマ題目6、テーマ題目7

生体分子創製研究グループ

(Biomolecule Design Research Group)

研究グループ長：上垣 浩一

(関西センター)

概要：

創薬基盤・医療基盤技術開発を推進するために、“生体分子を知り、操り、機能性分子(材料)を創製する”という観点から酵素や疾患マーカー蛋白質の静的・動的な作用機序の解明、脳における神経細胞の発達・伝達・再生・新生などの細胞メカニズムを調節する蛋白質の翻訳後メカニズム、ノンコーディング RNA をはじめとする遺伝子発現メカニズムなどの分子機構の解明、及び、生物発光システムの多様性に着目した人工酵素“高効率自己励起蛍光蛋白質・BAF”の開発、生分解性を有するポリアミド4やポリ乳酸、そのステレオコンプレックス、ウレタン系ポリマー利用した生体模倣材料の開発など材料面からの研究も行う。これらの研究を通じて阻害剤や分子デザインに必須の基礎知見の確立、蛋白質の材料としての活用技術の開発、生体模倣材料の生体内分解性の研究や生体分子との複合による高機能化、それらを活用した生命現象の解明研究など、創薬ターゲットやバイオマーカーの候補の産業応用を目指して研究を行う。このように当グループでは生体分子や人工蛋白質、高分子材料など多彩な研究材料を用いた研究から創薬支援・診断技術の開発を目指している。

研究テーマ：テーマ題目8

生物時計研究グループ**(Biological Clock Research Group)**

研究グループ長：大石 勝隆

(つくば中央第6)

概要：

健康長寿社会の実現を目指し、睡眠障害やうつ病、ストレス性腸炎などの脳神経関連疾患や、メタボリックシンドロームをはじめとした高血圧、肥満、糖尿病、肝炎などの生活習慣病、ロコモティブシンドロームをはじめとした加齢に伴う身体機能の低下等の発症メカニズムの解明に向けた研究を行うと同時に、これらの疾患の未病状態を検出するための診断技術の開発を行う。また、上記疾患の発症を予防するために、食の機能性を評価・利用し、宿主免疫機能を積極的に利用した先進的な疾患予防技術の開発を行う。具体的には、体内時計に関連する睡眠障害や生活習慣病、ロコモティブシンドロームなどの予防・改善を目指した時間栄養学や時間運動学的研究。日常における健康状態の迅速・簡便なモニタリングを可能とし、疾患を早期に予測・診断するための技術開発。高血圧の改善に役立つ食品成分を中心とした機能性を発揮する因子の解析と活性な天然化合物等の探索及びその利用法の開発。腸管から全身への免疫活性化メカニズムの解明と、個

人の変化に即した機能性成分の開発(食品免疫効果)。自然免疫・経口免疫寛容・脳腸相関を増強する粘膜アジュバントの開発と、それらを「臨床面における免疫修飾創薬」に活用する研究。

研究テーマ：テーマ題目9

健康維持機能物質開発研究グループ**(Physiologically Active Substances Research Group)**

研究グループ長：宮崎 歴

(つくば中央第6)

概要：

健康維持機能物質開発研究グループではさまざまな疾病の予防や改善、健康維持のための生理活性物質開発とともに、疾患の分子機構解明や新規生理活性物質探索の為の基盤技術開発を目的とする。植物を中心とした生物資源より様々な天然化合物を抽出し、単離精製して構造決定するとともに、それらの天然化合物をサーカディアンリズム、抗炎症活性、脂肪組織での善玉サイトカイン合成などを指標としたバイオアッセイに供し、その新規生理活性を見いだす。また、生理活性物質を探索するための新規バイオアッセイ系の構築や分子間相互作用を測定するための分析技術の開発も進めている。

研究テーマ：テーマ題目10

DAILAB

ラボ長：ワダワ レヌー

(つくば中央第5)

概要：

我々の研究グループはこれまで細胞の老化や不死化、ガン化などについての基礎研究を積み重ねてきた。独自に同定したモータリン(hsp70ファミリーに属するタンパク質)は、ヒトのガンと老化病に強い関わりがあることが明らかになってきた。我々はモータリンに対する抗体の細胞内在性を明らかにし、細胞を追跡するナノ粒子の構築に成功した。モータリンの染色は正常細胞とガン化細胞の区別にも応用できる。また、ガン抑制タンパク質 p53の制御因子として同定したCARF遺伝子が細胞老化に深く関わっていることを明らかにした。CARF遺伝子に対するsiRNAがガン治療に応用できる可能性を見出した。さらに薬剤耐性とガン転移に関わる遺伝子スクリーニングを行っている。

老化や癌化の分子メカニズムを探索するため、siRNAライブラリーやcDNA発現ライブラリーを用いたスクリーニング実験も行っている。我々がインドに自生する植物アシュワガンダの葉から新規に同定した薬効成分についても解析を進め、抗ガン活性や抗老化活性のある成分や関連する遺伝子群を同定している。

その他にも、タンパク質を構成しないノンコーディングRNA(ncRNA)に着目し、生きたままの細胞内

で ncRNA を蛍光検出する新規手法を通じて分子解析を進めている。上記のような標的因子の細胞内での挙動を制御することで、細胞の不死化やガン化を自在に操ることができる技術の開発を行い、「より良い医薬品の開発・提供」や「健康産業の創造」に貢献できるような研究活動を行っている。

研究テーマ：テーマ題目11、テーマ題目12、
テーマ題目13

脳遺伝子研究グループ

(Molecular Neurobiology Research Group)

研究グループ長：戸井 基道

(つくば中央第6)

概要：

超高齢社会に伴い増加の一途をたどる神経・精神疾患において、その発症予測や治療、機能回復に関わる技術に対する社会的要請が強まりつつある。しかしながら、神経細胞の分化・維持機構、脳におけるネットワーク形成やその可塑的変化を分子レベルで計測し、その詳細を理解することは依然として十分ではなく、そのことが疾患の予測・治療手法や、有効な創薬開発が進まない原因の一つとなっている。そこで当研究グループでは、主にモデル動物を用いた遺伝子解析と光学的イメージング解析に基づいて、神経細胞の維持・再生・移植技術に関する基礎技術の提供を研究目標とする。特に、モデル動物を用いた遺伝子操作や培養細胞への遺伝子導入手法により、神経細胞の基本特性の制御に関与するキー遺伝子の機能や神経疾患に関連した遺伝子産物機能、さらには脳内神経ネットワークの形成・維持制御機構を解明する。そのために、新規の神経疾患モデル細胞・モデル動物の作製や疾患に関与するキータンパク質群の生体内での動態解析技術、疾患変異型モデル生物を用いた新規のスクリーニング技術の開発を行っている。並行して、これらの解析に必須である、新たな顕微鏡システムや観察基盤技術の開発も進めている。これらの解析により、*in vitro* での分子動態レベルから個体レベルでの生体現象の可視化を可能にし、生体脳内や神経細胞内のイベントを詳細かつ鮮明に解析しながら、個々の疾患状態の把握や治療効率の向上に繋げる新たな知見を創出する。

研究テーマ：テーマ題目14

脳機能調節因子研究グループ

(Molecular Neurophysiology Research Group)

研究グループ長：波平 昌一

(つくば中央第6)

概要：

生物の細胞間・細胞内の情報伝達、また、ゲノム DNA からの遺伝情報の読み取りは、生体分子の相互作用により制御されている。これら生体分子が本来持

っている機能を解析しそれを利用した技術開発・機器開発などを遂行している。具体的には、生理活性ペプチド、タンパク質、核酸などが結合する標的分子の認識機構を主に分子生物学的手法により解析し、分子間相互作用機構を利用し、中枢神経系疾患の創薬に資する技術開発、機器開発などを行う。また、ゲノム DNA やクロマチン構成因子を修飾するエピジェネティクス制御タンパク質についても、その神経系細胞における機能解析を行い、標的領域制御機構を解明する。さらに、それらのエピジェネティクス制御タンパク質の機能を利用し、新規神経疾患モデル動物やモデル細胞を開発する。

研究テーマ：テーマ題目15

分子複合医薬研究グループ

(Molecular Composite Medicine Research Group)

研究グループ長：宮岸 真

(つくば中央第6)

概要：

分子複合医薬研究グループでは、多様な機能分子と様々な技術要素を複合的に組み合わせた医薬技術の開発、および、健康な社会の実現を目指し、タンパク質構造から、細胞・個体レベルに及ぶ、多面的なテーマに取り組んでいる。ポスト抗体医薬として注目されている核酸医薬に関しては、次世代アプタマーを用いた検出法、デリバリー法の開発、アンチセンス等の核酸医薬品の開発を行っている。特にアプタマー解析においては、修飾核酸を用いた SELEX 法について大きな進展があった。また、構造生物学的アプローチとしては、遺伝子発現調節因子、疾患関連因子を対象とし、NMR 分光法や X 線結晶構造解析法により、分子認識機構を解明すると共に、その情報に基づいた創薬開発を行い、顧みられない熱帯病に関する研究では、複数のリード化合物を取得するに至った。細胞外膜小胞に研究では、ナノスケールでの分子機構をイメージングできるような電子顕微鏡要素技術の開発を進めると共に、新しい精製法の検討を行った。個体レベルの研究としては、脳におけるてんかん、モルヒネ鎮痛効果の分子機構の解明等を行い、医療技術や医薬品の開発へと展開している。OMICS を用いた遺伝子発現解析による生理状態評価において、放射線ストレス等の評価を行い、臨床研究に向けた取り組みを進めている。

研究テーマ：テーマ題目16、テーマ題目17

細胞分子機能研究グループ

(Functional Biomolecular Research Group)

研究グループ長：清末 和之

(関西センター)

概要：

生体システム及び構成する分子の機能を、基本的動

作原理から理解し、その利用と活用への道を形成することによって、第4期中期目標である「創薬基盤研究を推進する」に資する研究・開発を推進するために、以下の研究を行っている。創薬基盤技術の大きな要となる機能分子の発現系及び、構造解析技術の向上は必須の課題である。革新的な蛋白質生産システムとしてゲノム編集技術を用いた組換え鶏を用いたバイオリアクターの開発を進めている。また、機能向上を目指した酵素の構造解析や好熱菌を用いた発現系の開発を行っている。一方、生体分子の機能解明と応用の観点から、神経疾患関連遺伝子の解析を進めつつプローブ発現マウスの開発を行っている。また、嗅覚情報処理システムの理解から人工嗅覚センサーの開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目18

先進バイオ計測研究グループ

(Advanced Biomeasurements Research Group)

研究グループ長：関口 勇地

(つくば中央第6)

概 要：

核酸、タンパク質や細胞などの生体由来物質の計測(バイオ計測:biomeasurement)は、バイオメディカル分野の研究において欠くことのできない分析項目であると共に、バイオテクノロジー産業・メディカル分野の基盤である。また、その技術の発展は、生命現象をよりありのままに観察することや、バイオテクノロジー関連分野の進歩を促進する。先進バイオ計測研究グループは、バイオ計測の科学や先進的なバイオ計測技術開発とその基盤整備に軸足を置きながら、関連する基礎および応用研究を実施した。特に、主に次世代DNAシーケンシング技術を利用したマルチプレックス計測や蛍光イメージング技術、マイクロ流路技術などの要素技術を中心に、ヒト遺伝子定量技術、マイクロRNAなどを含む発現解析技術、マイクロバイオームなど複合微生物生態系評価技術や細胞活性評価技術などの先進バイオ計測技術開発(実験技術およびバイオインフォマティクス)を実施した。また、主に次世代DNAシーケンシング技術を利用したマルチプレックス計測等先進バイオ計測の精度、バイアスの評価、およびそれらの精度管理方法の開発し、そのために必要な標準物質の開発も行った。さらに、開発した先進バイオ計測技術を利用し、細胞学や微生物学において重要な基礎研究課題に対しその解明に取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目19、テーマ題目20、
テーマ題目21

バイオアナリティカル研究グループ

(Bioanalytical Research Group)

研究グループ長：野田 尚宏

(つくば中央第6)

概 要：

(1) バイオテクノロジーの標準化に関する国内・国際的連携体制の構築

バイオテクノロジーの標準化は医療、診断、食品、環境、研究などの幅広い経済活動分野の中で必要とされているものの、その普及は進んでいないのが現状である。診断に利用される遺伝子関連検査や遺伝子組換え食品などの検査さらには環境中における微生物の動態解析など、バイオテクノロジーが社会で広く利用される時代においてはバイオテクノロジーの標準化の推進が必須である。そのような現状を鑑み、バイオテクノロジーの利用に資する計測技術の妥当性保証、データの品質管理に関する標準化およびそれに貢献する標準物質の作製・評価技術を開発・検討した。さらに開発した核酸標準物質の普及を促進するために、様々な業界団体と連携体制を構築・深化した。

(2) 生体分子解析技術の開発と応用

核酸、タンパク質、細胞等を解析する技術の開発を行った。蛍光シグナル分子解析技術などを用いて、生体由来分子を精密に解析する技術の開発を行った。また、それらのスループットを向上させるエマルジョン微小反応場の利用技術を構築し、創薬基盤技術としての応用可能性を検討した。

研究テーマ：テーマ題目22、テーマ題目23

ナノバイオデバイス研究グループ

(Nano-biodevice Research Group)

研究グループ長：栗田 僚二

(つくば中央第6)

概 要：

「創薬基盤技術の開発」や「医療基盤・ヘルスケア技術の開発」を達成するには、既存の分析手法では成し得なかった新規生体分子計測法の開発が必須である。これまで不可能とされてきた時空間分解能で、タンパク質や核酸を精緻に検出することにより、新規創薬基盤ツールや高度医療診断を可能にしていく。主たる研究戦略として、ナノ材料とバイオ分析を融合させた独創的な生体分子計測技術にかかる目的基礎研究を行い、さらにそれらのデバイス開発、実試料計測までを一貫して行うことを目標とする。従来、大型分析装置でしか成し得なかった精緻なバイオ分析を、材料科学、表面科学、微細加工技術、多変量解析技術など多彩なアプローチを駆使することで生体および有機分子機能の高度化を進め、様々な生体分子計測を実現する。エピゲノム変化や細胞分化等の生命現象、医薬、毒素等の創薬基盤技術に有用な分子を簡便かつ迅速に計測可能にすることで、医療、創薬、生命科学の発展に資する

ことを目的とする。

研究テーマ：テーマ題目24

セルメカニクス研究グループ

(Cell Mechanics Research Group)

研究グループ長：中村 史

(つくば中央第6)

概要：

本研究グループは、生物の有する機械的な運動機能、関連する生体分子の構造と機能を明らかにする、あるいはそのための装置・技術の開発を行う。明らかにした生物の情報、開発された技術により、学術研究、医療、創薬、診断技術等に貢献することを目指す。近年、がん細胞の転移に骨格タンパク質が深く関わることや、血中でがん細胞がクラスターを形成することなど明らかになりつつあり、病理診断において、細胞の機械的特徴・挙動が重要なマーカーになり得ると期待されている。これら細胞の骨格、運動、接着等、生物の機械的因子に関連する新規機能を解明することで、医療応用における基盤情報の確立に貢献する。そのために細胞の構造と機能を理解し、解析・操作・分離を行う新しい技術を開発する。これらの研究は、バイオインフォマティクス、ナノテクノロジーなどの分野融合によって生み出される全く新しい生体分子工学、細胞工学の技術体系の構築とこれを利用した産業の創出に資するものである。

研究テーマ：テーマ題目25、テーマ題目26

細胞マイクロシステム研究グループ

(Cell Microsystem Research Group)

研究グループ長：藤田 聡史

(関西センター)

概要：

細胞マイクロシステム研究グループでは、マイクロデバイス技術、マイクロアレイ技術、センシング技術、分子操作技術、マイクロマシン技術、顕微鏡技術などの細胞解析、細胞機能制御、細胞操作に役立つ支援ツールの開発に関するテーマを多面的に取り組んでいる。これによって、生体や組織の最小単位である細胞、細胞集団、組織をシステムとして包括的な理解を進め、これらの技術を応用した治療前診断（個別化医療）、創薬・製薬支援、先制（予防）医療、動物実験代替、薬効・毒性評価、DDSに役立つプラットフォームの開発と産業界への橋渡しをミッションとしている。

具体的には、リポソームや生分解性ポリマーなどの高分子を用いた細胞への物質導入技術やDDS技術の開発をすすめ、またこれらの技術を実装したマイクロデバイスを開発し、遺伝子探索や遺伝子解析技術として展開する。さらに集光レーザーを用いた細胞内分子操作技術の開発をすすめ、ゲノム編集マイクロデバイス

等への応用展開を進める。また、量子ドットや化学発光などを用いた可視化プローブによる各種細胞センシング技術の開発を行うと共に、顕微鏡による細胞イメージング解析技術の開発を進める。

研究テーマ：テーマ題目27

細胞・生体医工学研究グループ

(Medical and Biological Engineering Research Group)

研究グループ長：弓場 俊輔

(関西センター)

概要：

細胞～個体レベルでのヒトを対象とした医工学研究に取り組んでいる。

間葉系幹細胞を用いた安全な再生医療の実現を目指して、種々の基盤技術の開発に取り組んでいる。特に、小型のアイソレータや高性能細胞分離のための医療用セルソータ、さらには新規分子認識プローブや細胞画像解析技術の開発に注力している。また、メダカやヒト幹細胞の豊富なコレクションを駆使して、幹細胞の性能を向上させるドラッグリポジショニングにも取り組んでいる。

一方、ヒトにとって使いやすい医療・福祉・生活機器や、快適な居住空間の提供を目指した研究開発も展開している。種々の非侵襲計測技術を駆使したヒトの知覚・認知メカニズムの高精度な理解に基づき、聴覚・色覚障害の補償技術や新しいタイプのオーディオや照明機器の開発、快適な居住空間の設計技術等へと応用している。

研究テーマ：テーマ題目28、テーマ題目29

[テーマ題目1] タンパク質の分子育種技術の開発

[研究代表者] 本田 真也 (分子細胞育種研究グループ)

[研究担当者] 本田 真也、小田原 孝行、宮房 孝光、千賀 由佳子 (常勤職員4名、他5名)

[研究内容]

タンパク質が有する高度な機能の広範な産業利用を促すため、構造情報を基盤とする論理的分子デザイン法とファージディスプレイ等の進化分子工学法の有機的活用による新規の標的親和性人工タンパク質創製技術の研究開発を行う。また、医薬品製造工程での応用を目指した、抗体医薬品等の品質管理技術の研究開発を行う。

抗体医薬品の場合、様々な環境ストレスによって非天然型構造を形成し、そこから凝集物へと変化して免疫原性の原因になると懸念されている。そのため、凝集体の適切なモニタリングと制御が求められている。平成27年度は、当グループで開発された抗体の凝集前駆体となる非天然型構造を認識できる化学プローブ AF.2A1を活用し、非天然型構造抗体をサンドイッチする AlphaLISA アッセイ系の構築を行った。この手法により、従来よりも高速なモニタリングが可能となった。また、酸や熱、

攪拌、酸化ストレス等、様々なストレスで生じた非天然型構造抗体の検出に利用できることがわかった。加えて、非天然型構造抗体の定量に向けて、標品の調製方法を検討した。溶液状中では、非天然型構造抗体は経時的に状態が変化することが知られている。そこで、酸処理した市販抗体を凍結乾燥した試料を調製し、プローブへの応答を評価した。凍結乾燥操作が非天然型構造に影響を与えないこと、適切な条件で再融解することが応答のばらつきを抑える上で重要だということが判明した。

抗体の凝集体形成メカニズムについて明らかにするために、平成27年度は、モノクローナル抗体を酸に曝した際の構造変化、中和後に生じる凝集の成長を小角 X 線散乱、静的および動的光散乱法で観測した。酸性下では Fab と Fc 間の相対秩序配置が失われ、中和後にはリフォールディング反応と競合して速やかにオリゴマー形成が起こっていることがわかった。その後の反応で生じた凝集体の粒径と分子量の間にはべき乗則がみられ、フラクタル凝集とわかった。凝集サイズの分布は単峰形であり、反応進行とともに一定値に収束した。また、静的光散乱強度の増加は線形的であった。これらは、衝突と不可逆的結合による凝集成長をモデル化したスモルコフスキー凝集式で記述できる。凝集成長曲線を表現する凝集確率パラメータの温度依存性を決定し、穏和な温度領域における凝集成長予測曲線を得た。

会合することで機能を持つ生体高分子は数多く知られている。生体高分子会合と細胞内環境塩との関係を明らかにするモデル系として、いろいろな塩とポリエチレングリコールによるタンパク質/界面活性剤粒子の会合機構を調べた。塩から解離したイオンは、電場に対する遮蔽効果のほか、属性として持っている電気的な力の強さに応じて、親水性基には立体斥力を、疎水性基には疎水性相互作用を誘導する。一方、ポリエチレングリコールは濃度に比例した粒子間引力を誘導し、会合体内の粒子間相互作用に方向性を与えることが明らかとなった。このようにして、生体高分子会合を理解し、応用するための基盤を確立した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】タンパク質、立体構造、バイオ医薬品、抗体医薬品、凝集、生物物理化学、結晶化理論

【テーマ題目2】微生物の細胞育種技術の開発

【研究代表者】福田 展雄（分子細胞育種研究グループ）

【研究担当者】福田 展雄（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

微生物が有する高度な機能の広範な産業利用を促すため、酵母の接合型変換および接合応答制御技術を確認し、交配育種への応用を目指す。また、酵母のシグナル伝達経路をヒト受容体の機能解析へと利用するための基盤技術を開発し、創薬候補物質の探索での活用を図る。

平成27年度は、交配育種への利用を目指して、接合能を有さない清酒酵母協会6号および9号から、接合能を有する酵母株を製造した。酵母の交配には、a型とα型酵母が必要となるが、一般的な産業用酵母はa/α型の接合型を有する。これらのa/α型酵母を培養していると、染色体の複製異常により、a型とα型酵母が極低頻度で出現することが知られている。そこで、a型またはα型細胞特異的に選択マーカー遺伝子を発現する技術を用いることで、清酒酵母協会6号、9号から派生したa型とα型酵母を単離することに成功した。また前年度に単離した、清酒酵母協会7号由来のa型とα型酵母を含めて交配を行い、ハイブリッド株を獲得した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】清酒酵母、交配、接合

【テーマ題目3】微細藻類育種技術のための多糖類利用技術の開発

【研究代表者】芝上 基成（分子細胞育種研究グループ）

【研究担当者】芝上 基成（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

微細藻類が有する物質産生機能の広範な産業利用を促すため、物質産生機能の改良やこれらの物質の利用技術開発を図る必要がある。本課題では特に藻類が産生する多糖について利用技術を確認し、その出口を明確にすることで微細藻類の産業利用を促進することを目的とする。

具体的にはユーグレナが産生する多糖（パラミロン）に着目した。高生産性と高純度は工業原料として好適であり、セルロースとは異なる物性を示す多糖系素材としての活用が期待される。平成27年度は主として前年度に確立した簡易合成法を用いて、従来とは異なる構造のパラミロン誘導体を合成した。さらにその熱物性等を測定したところ、従来の誘導体よりも高い熱可塑性を示すことを見出した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】微細藻類、熱可塑性樹脂

【テーマ題目4】タンパク質デザインに関する研究

【研究代表者】広田 潔憲

（蛋白質デザイン研究グループ）

【研究担当者】広田 潔憲、末森 明夫、竹縄 辰行（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

欲しい機能を有するタンパク質をデザインし有用なタンパク質を創製できるようにするための研究開発を行っている。

一つには、新機能芳香族化合物の産生における変異タンパク質の利用を図るべく、フラビントタンパク質系芳香族化合物一水酸化酵素群（flavin containing aromatic compound monooxygenases: FAMOs）の効率的な機能改変を行う新技術の開発を目指している。具体的には

Mesorhizobium loti MAFF303099 株由来 2-methyl-3-hydroxypyridine-5-carboxylic acid oxygenase (MHPCO) を始めとする FAMOs の系統学的解析および Rational design に基づく逆進化的アプローチ (Retro-evolutional approach) により、MHPCOs の基質結合部位における祖先アミノ酸残基群 (ancestral amino acid residues) の存在を明らかにし、安息香酸系芳香族化合物群を基質とし得る MHPCO の基質特異性の改変に関する戦略的指針の設計をおこなった。また、M. loti MAFF303099株 MHPCO の遺伝子を単離し、大腸菌および pET-21(+)により構成される大量発現系の構築をおこなった。

また、近年、抗体医薬品製造プロセスのプラットフォーム技術の高度化が要望されているので、低分子化抗体をアフィニティ精製するためのアフィニティ・リガンドタンパク質の開発も進めている。具体的には、プロテイン L の抗体結合ドメインをフレームとしたリガンドタンパク質の新たな変異体ライブラリーを作製し、低分子化抗体に対する親和性を測定して有望な変異型リガンドを選抜し、担体に固定化して性能を評価した。結果、変異導入前のリガンドと比較して、低分子化抗体の結合容量が向上している複数の変異型リガンドを見出すことができた。このような変異を組み合わせた変異型リガンドタンパク質を作製し、担体に固定化して性能を評価した結果、変異導入前のリガンドタンパク質と比較して50%以上結合容量が向上しているリガンドタンパク質を見出した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】タンパク質デザイン、芳香族化合物水酸化酵素、機能改変、基質特異性、抗体医薬品、低分子化抗体、アフィニティ精製、アフィニティ・リガンドタンパク質

【テーマ題目5】医療応用を目指したタンパク質の改変に関する研究

【研究代表者】村木 三智郎 (蛋白質デザイン研究グループ)

【研究担当者】村木 三智郎、宮房 孝光 (常勤職員2名)

【研究内容】

医療応用を目指したタンパク質の改変のための研究開発を行っている。一つには、主鎖を環状化したサイトカインの開発を進めている。癌化学療法による白血球減少症の治療等に用いられる顆粒球コロニー刺激因子 (G-CSF) は、血中安定性の低さが実用上の欠点に挙げられる。そこで、ポリペプチド鎖の末端をペプチド結合で連結 (主鎖環状化) したサイトカインを開発した。主鎖を環状化させるための技術として、酵素活性を有するタンパク質であるインテインを共発現するシステムを採用した。本研究の特色は、立体構造データベースに登録されている類似構造との比較をもとに、末端配列を改変した

点にある。H27年度は末端配列を調整した2種の改変体の合成と物性解析を実施した。うち1種において特に優れた熱安定性の向上 (変性中点温度において10℃上昇) が見られた。

また、ヒトの生命にとって脅威となる異常な細胞に対するアポトーシスの誘導による体内での除去に直接関与するヒト Fas リガンドの細胞外ドメインを標的タンパク質として、がんや関節リウマチなどの各種自己免疫疾患等の疾病に対する治療薬や診断用ツールの創製を目指した研究ならびに技術開発を進めている。具体的には、Pichia pastoris 酵母を宿主とするヒト Fas リガンド細胞外ドメインの N 結合糖鎖部分欠失型改変体に関する発現生産ならびに精製系を基盤として、ヒト Fas レセプターに対する特異的な結合界面形成に関する立体構造の観点から当該タンパク質の生物活性を維持した状態で部位特異的な化学修飾を施すために有用な各種の誘導体を設計、調製している。得られた誘導体について、医療応用上有用と考えられる機能性分子とのコンジュゲートを作成し、物理化学的ならびに生化学的な機能の評価を行っている。その結果、構造アミノ酸配列に関する改良により、精製時の夾雑タンパク質からの分離特性が向上したヒト Fas リガンド細胞外ドメイン改変体の P. pastoris 酵母による分泌生産系ならびに発現産物精製系を確立した。また、フルオレセイン基含有化合物による部位特異的な化学修飾を行い、ヒト Fas レセプター細胞外ドメインに対する結合活性を損なうことなく、目的とする蛍光標識を行うことが可能であることを確認した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】サイトカイン、環状化、インテイン、ヒト Fas リガンド、細胞外ドメイン、発現生産、部位特異的な化学修飾、蛍光標識

【テーマ題目6】電子線単粒子解析法の開発と新たなタンパク質構造の解明

【研究代表者】佐藤 主税 (構造生理研究グループ)

【研究担当者】佐藤 主税、小椋 俊彦 (常勤職員2名)

【研究内容】

電子顕微鏡は、電子線を大量に照射できるサンプルでは、0.2nm にも達する高い分解能が得られる。しかし、相手がタンパク質では、照射量が限られ微かに薄い像としてしか写らない。しかし、膨大な数の電顕像を組み合わせれば、高分解能の3次元構造を計算できる。我々は、この単粒子解析アルゴリズムを、情報学を駆使して開発し、神経興奮の発生や、Ca シグナル、痛みの伝達に重要なイオンチャネルを中心に研究してきた。イオンチャネルは脳において、神経興奮を司る重要な役割を果たし、イオンを情報伝達物質として制御することで様々な高次機能を実現している。単粒子解析を開発し、これを用いて、Na チャネル、IP₃受容体チャネル、TRP チャネル、ORAI 等様々の心臓疾患や免疫疾患に対する創薬に

重要なタンパク質構造を解明してきた。動的な重合・解離する複合体である microtubule とその上を走るモータータンパクであるキネシンが相互に結合した複合体構造の解析や、細菌のたんぱく質の構造決定に成功した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕電子顕微鏡、単粒子解析、イオンチャンネル

〔テーマ題目7〕新しい SEM 電子顕微鏡技術の開発

〔研究代表者〕佐藤 主税（構造生理研究グループ）

〔研究担当者〕佐藤 主税、小椋 俊彦（常勤職員2名）

〔研究内容〕

近年発展が著しい光学顕微鏡は、細胞をハイスループットに観察できる素晴らしいツールである。超解像度技術も発展してきている。しかし、その分解能は波長から飛躍的に離れることは容易ではない。電子顕微鏡はサブ nm レベルの分解能を誇るが、サンプルを真空中に置く必要がある。Epon 樹脂包埋法では、サンプルは真空中に耐えるために脱水や蒸着等の長い処理をする必要があり、その処理により特に柔らかい細胞内構造は壊される可能性がある。走査電子顕微鏡 SEM の技術を最新の半導体製造用薄膜技術を電子顕微鏡技術と融合させ ASEM を開発した。これを用いて、これまでに観察されたことのない細胞内のダイナミックな構造変化を、自然な水溶液環境で観察する。ASEM は、8 nm の分解能で液体中のサンプルを観察できる電子顕微鏡である。ASEM は疎水処理を必要としないために免疫電顕としても抗原の保護性能が高く、様々な抗原が検出できる。本年度は、金による免疫ラベルや染色法の開発により、今問題となっている様々な疾患に関連するタンパク質の細胞内での局在などを決定した。さらに組織レベルでの観察にも、大脳皮質や脊髄、肝臓、腎臓などを用いて成功し、モーターニューロンが骨格筋に情報を伝える結合点である endplate の形成運命が、糖鎖の欠如によって変化することを可視化した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕電子顕微鏡、光学顕微鏡、細胞内小器官

〔テーマ題目8〕生体分子創製に関する研究

〔研究代表者〕上垣 浩一（生体分子創製研究グループ）

〔研究担当者〕上垣 浩一、中山 敦好、山野 尚子、中村 努、星野 英人、小島 正己、北 島 真子（常勤職員7名）

〔研究内容〕

生体分子創製研究グループでは多彩な材料を研究対象とし多面的なアプローチを行う事で創薬基盤技術の開発に取り組んでいる。本年度の進捗として、蛋白質研究では X 線結晶解析法で構造決定を行った好熱菌由来キトビオースデアセチラーゼの立体構造を基にデザインし合成した阻害剤が不可逆的な酵素阻害剤として働く事を明らか

かにし、さらに本阻害剤とキトビオースデアセチラーゼ複合体の構造解析にも成功して基質に対する分子認識機構の原子レベルでの解明を行った。また、セレノメチオニン標識した蛋白質がカドミウム錯体を介して結晶化することを見だし、その性質を利用して蛋白質結晶中の分子のパッキングをコントロールすることに成功した。BAF の蛋白質材料としての活用技術の開発と高度利用化を目指し、引き続きバイオマス繊維からなる素材との複合材料化の検討を進めた。新たに BAF のインク化に成功し、紙へ蛍光・化学発光インクとして印刷する技術への道筋を見出した。また、バイオマス繊維素材だけに留まらず、広くプラスチック樹脂などの素材と BAF の安定複合化技術の開発にも展望が開けた。ポリアミド4 はアミノ酸系生体内分解性材料として興味深いのが、高分子末端の設計による生分解性の制御を行った。本手法は他の生分解性材料でも応用可能であった。また、光触媒を生体材料にコンポジットすることで、励起電子による抗菌力を利用した生分解の光スイッチングを可能にした。神経栄養因子 BDNF については、前駆体として合成され N 末端側のプロペプチドがプロセッシングされ成熟 BDNF となることが知られている。成熟 BDNF は神経細胞の発達に必要であるが、プロセッシングにより切り離されたプロペプチドは不要なものと考えられていた。しかし、本年度の研究において、このプロペプチドが神経細胞間の情報伝達であるシナプス機能を妨げる働きをしている生理活性ペプチドである事を発見した。精神・神経疾患の脳はシナプス機能に障害を起こしていることから BDNF プロペプチドとその関連分子が創薬ターゲットとして有望であることが判明した。このように細胞内で様々な役割を果たす BDNF は複雑な発現制御を受けている。本年度は BDNF コーディング領域に対するアンチセンス RNA で BDNF 発現制御が可能である事を明らかにした。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕蛋白質、神経栄養因子、生分解性材料

〔テーマ題目9〕生体恒常性を積極的に利用した先進的疾患予防技術の開発

〔研究代表者〕大石 勝隆（生物時計研究グループ）

〔研究担当者〕大石 勝隆、中尾 玲子、市村 年昭、根本 直、辻 典子（常勤職員5名、他11名）

〔研究内容〕

不規則な食生活が生体に及ぼす影響を明らかにする目的で、マウスに対して1週間の時間制限給餌を行った。不適切な時間帯の摂食は、レプチン抵抗性の惹起による摂餌量の増加、活動量の減少、高インスリン血症による脂質合成の亢進のみならず、末梢時計間の脱同調を誘導することにより肥満の原因となる可能性が示された。

体内時計の積極的な制御を目指し、PER2::LUC マウ

ス由来の神経細胞を用いて、約100種類の生薬成分について体内時計への作用を検証したところ、シコニンやアコニチン、アリソール A、ペオノール、[6]-ショーガオール、ケイ皮酸に、体内時計の周期短縮効果があることが判明した。

腸管の中でも小腸（上部消化管）は免疫機能の成熟に重要な環境場であるため、主要常在菌である乳酸菌が、食品成分としても腸管免疫に働きかけ、免疫恒常性の維持にはたらく可能性を探った。腸炎、肝炎の実験モデルで乳酸菌死菌体の経口投与による抗炎症効果を認めた。小腸における自然免疫シグナルの受容と伝達機構の解明は、健康維持や疾患の予防・治療技術の可能性を拓けると期待される。

沖縄県産物の有効活用を目指した研究の一環として、県産海藻抽出物の血圧降下作用について高血圧自然発症ラット（SHR）を用いて検討した。実験は県工業技術センターにおいて実験室スケールで作製した試料と提携先企業の工場設備を利用して作製した試作品の2種について、単回経口投与により行った。両試料共に投与6時間後において有意な血圧降下作用が認められ有効性が確認された。

飢餓を模倣するケトン体食（高脂肪低炭水化物食）を摂取したマウスでは1日の平均体温が普通食の場合に比べて有意に低下し、特に1日の中でも活動期（暗期）後半から休息期（明期）前半に体温が低下する日内睡眠が観察されることから、飢餓時における時刻依存的な体温維持メカニズムが存在し、体内時計が関与する可能性を示してきた。今回、骨格筋特異的に日周発現する熱産生遺伝子 *Slc25a25* がケトン体食摂取中の体温調節に関与する可能性を見出した。

国産農産物の輸出先の国・地域の消費者の嗜好性と輸出する農産物の多様な品質の双方を正確に、かつ容易に把握できるようにするとともに、輸出先の嗜好性に適合する品質を容易に判別できるようにするための技術を開発することを目的として、配布された国産生食用モモの凍結乾燥粉末または生果について NMR-MP 法によるメタボローム解析を実施するための試料調製法、NMR の測定条件、データ処理法等の技術の集積と深化を行った。

国産農産物のもつ品質に対して新しく実用的な非破壊計測尺度の構築を目指し、様々な品種・加工方法等が異なる生食用・加工用トマト試料の提供を受け、そのまま、あるいは凍結乾燥粉末やジュースに加工したものについて、NMR-MP 計測のための試料調製法、NMR の測定条件、データ処理法等の技術要素の獲得をすすめた。

有用な生理活性と安定性を兼ね備えた高品質の魚油の開発には、その主成分であるトリグリセライド (TG) の構造解析技術が必須である。マルハニチロ中央研究所と協力し、水産物より得られた各種 TG を超臨界クロマトグラフィー質量分析法により網羅的に分析し、組成推定を行った。また、各種水産物由来脂質を NMR、質量分

析によるプロファイリングにより、成分の特徴把握を試みた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】体内時計、食生活、肥満、メタボリックシンドローム、機能性食品、免疫恒常性、小腸乳酸菌、抗炎症、血圧、筋萎縮、褐色脂肪組織、メタボロミクス、NMR

【テーマ題目10】健康維持機能物質開発に関する研究

【研究代表者】宮崎 歴（健康維持機能物質開発研究グループ）

【研究担当者】宮崎 歴、大西 芳秋、森井 尚之、河野 泰広、小川 昌克、安野 理恵、富田 辰之介（常勤職員7名）

【研究内容】

健康維持機能物質開発研究グループでは各種疾患の予防や健康維持の為、疾患発症の分子機構解明や新規生理活性物質探索の為の基盤技術開発を目的として研究を行っている。疾患発症メカニズムについては、アルツハイマー病原因物質のアミロイドβが不規則な集積体ではなく、規則的繰り返し構造を作りながら多層化していく法則性をもつことを突き止めた。天然化合物の探索単離については、秋田県産てんこ小豆からアンジオテンシン酵素阻害物質を探索し構造決定を行った結果、ニコチナミンを同定、テンコ小豆に他の類似の豆よりもこの物質が多く含まれていることを明らかにした。またインド由来の天然化合物55種類のサンプルを用いて、体内時計機構に影響を及ぼすと思われる化合物を1種類見いだした。新規バイオアッセイ系の構築技術については、細胞内遊離コレステロールの分布を可視化するための新規蛍光プローブを合成し、細胞毒性が低く的確に細胞内局在を観察出来ることを確認した。さらにこのプローブを用いて、コレステロール取り込みの体内時刻依存性について検証し、時間的な取り込みのずれを観察することの出来るプローブであることを確認した。体内時計タンパク質の定量用プローブを作成する目的から、体内時計タンパク質と相互作用するアプタマーを精製しその配列を決定した。新規バイオアッセイ系の開発の一つとして、免疫応答性を評価するため、IL-2/IL-8の遺伝子発現を多色ルシフェラーゼで同時検出するシステムを開発に着手した。そしてベクター系の構築を完了し、細胞内での発現動向について検証をおこない、多色発光での検出が可能であることを確認した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】健康機能、炎症、生体リズム、アミロイド、生活習慣病、毒性評価、

【テーマ題目11】ガンにおけるモーターリンと CARF の分子解析と抗癌剤の開発

【研究代表者】ワダワ レヌー（DAILAB）

【研究担当者】ワダワ レヌー、カウル スニル
(常勤職員2名、他4名)

【研究内容】

ストレス応答タンパク質の一種であるモータリン (ミトコンドリア熱ショックタンパク質70) はガン細胞に過剰発現しており、ヒトの発ガンに関与することが示唆されている。さらに、モータリンと p53の相互作用がガン細胞およびストレス細胞に特異的であることを明らかにした。したがって、これらは治療に向けた腫瘍細胞特異的な標的となる。我々は、モータリンが癌細胞の核に局在し、ガンの亢進性・浸潤性に関与するテロメラーゼおよび hnRNPK を活性化することを見いだした。パーキンソン病に見られるモータリン変異体の細胞内における機能解析により、モータリン変異体は p53の活性化および酸化ストレスを引き起こすことが明らかとなった。さらに、Mot-2はテロメラーゼを活性化するのに対して、パーキンソン病に見られる変異体はテロメラーゼを活性化しないことが明らかとなった。腫瘍試料の解析により、モータリンは腫瘍の悪性度につれて発現が上昇する傾向にあり、患者の生存率と負の相関を示すことが明らかとなった。さらに上皮間葉転換における役割についても解析を行った。CARF はガン抑制遺伝子 p53の経路を活性化する因子として以前より報告されている。最近我々は、CARF の過剰発現がヒト細胞において早期の老化を引き起こすことを見出した。CARF は、薬剤やガン性ストレス、テロメアの脱保護によって誘導されたガン細胞において発現が上昇する。これは、CARF が細胞レベルにおいて、ストレス応答性マーカーもしくは細胞老化応答性マーカーとして機能していることを示している。CARF を過剰に発現させると細胞増殖が抑制されるが、さらに大過剰に発現させると増殖力の高い表現型を示した。したがって CARF はその DNA 損傷シグナルへの作用を通じて、濃度依存的に細胞増殖を制御することが明らかとなった。p53は CARF による細胞増殖抑制に必須であり、p53の欠損により、CARF が増殖性を促進する p21の発現抑制を引き起こすことを見出した。

【領域名】生命工学

【キーワード】モータリン、抗癌作用、内在化抗体、ナノ粒子、モータリン siRNA, CARF, CARF siRNA, apoptosis

【テーマ題目12】生体分子メカニズムの解明とこれを制御する天然由来活性物質の探索・利用

【研究代表者】ワダワ レヌー (DAILAB)

【研究担当者】ワダワ レヌー、カウル スニル
(常勤職員2名、他4名)

【研究内容】

伝統的なハーブ療法は、基礎研究のみならず臨床面でも、統合的かつ実証的な西洋医療と並んで、高く評価されてきている。アシュワガンダ (*Withania somnifera*:

Solanaceae) は、インド周辺地域において自生するハーブであり、1000年以上伝承されてきた伝統的な民間治療薬として広く使われてきた。長年にわたる知見から健康に有効であることが信じられてきたものの、アシュワガンダが作用するメカニズムについては、ほとんど理解されてこなかった。そこで我々は、独自にアシュワガンダ葉部のアルコール抽出物 (i-Extract) を精製し、培養細胞および動物実験において抗ガン活性があることを見出した。また、i-Extract とその成分 (i-Factor/Withanone) が一定の濃度において、正常細胞には影響を与えずにガン細胞を選択的に死滅させることを見出した。これらのデータから、アルコール抽出物および水溶性抽出物に由来する抗ガン活性は、異なるメカニズムによって効果を発揮することが明らかとなり、個別に精製した化合物よりもハーブの混合物の方が高い機能を有するという伝統的な言い伝えと医学的な経験を分子レベルで裏付ける証拠となった。我々は、正常細胞には安全で、優れた抗癌作用をもつウィザフェリンA及びウィザノンの組み合わせを見出した。生化学、イメージング、バイオインフォマティクス、および分子構造シミュレーションなど多岐に渡るアプローチにより、この作用に関する分子メカニズムを明らかにした。さらに、活性濃縮成分 (i-アシュワガンダ) を取得する方法を確立した。特定のウィザノライドを高収率で得るため、(i)アシュワガンダの葉の水栽培および、(ii)シクロデキストリンを介した抽出方法を採用している。

【領域名】生命工学

【キーワード】細胞増殖制御、老化、ガン、植物抽出物、酸化ストレス、神経分化

【テーマ題目13】タンパク質を構成しないノンコーディング RNA

【研究代表者】ワダワ レヌー (DAILAB)

【研究担当者】ワダワ レヌー、カウル スニル、
加藤 義雄 (常勤職員3名、他3名)

【研究内容】

細胞には、細胞分裂によって細胞数を増やす「増殖」と、自己増殖を止めて別の特性を持つ細胞へと舵を切る「分化」という2つの方向性がある。従来、細胞増殖や分化に関わる細胞性の因子を探索するために、タンパク質をコードする遺伝子について様々な解析が行われてきたが、依然として不明な部分も多い。そこで我々はタンパク質をコードしないノンコーディング RNA の中でも特に小さな RNA (miRNA) に着目し、細胞増殖や分化においてどのような miRNA の発現が変化しているのかについて解析を行っている。これまでに種々の疾患に関与する miRNA が見出されてきており、治療薬や診断薬のターゲット分子として、産業応用されることが期待されている。我々の研究では、細胞増殖に関与する miRNA を同定した。ヒトのガン細胞においては、特殊な薬剤

(5-Aza-dC)によって細胞老化が誘導されるが、この細胞老化から逃れて増殖するような現象に関与するmiRNAについて、現在解析を進めている。特にmiR-335に着目し、細胞増殖制御におけるmiR-335の役割を種々の手法を用いて同定した。miR-335はCARFを標的として腫瘍形成を抑制する働きがあることを見出した。

また、miRNAは細胞内での遺伝子発現を調節するだけでなく、細胞外に放出されることが明らかとなってきた。細胞外に放出されたmiRNAは、脂質二重膜に覆われたエクソソームと呼ばれる30-100 nmの粒子に存在していると言われている。しかしながら、細胞外に放出されたmiRNAがどのような役割を持っているのか、依然として不明な点が多い。そこで我々は、転移性のガン細胞で発現が低下しているmiR-143に着目し、細胞外に放出されたmiR-143の機能解析を行った。miR-143を間葉系幹細胞にリポフェクションによって導入し、miR-143を含むエクソソームを骨肉腫培養細胞(143B細胞)に添加したところ、骨肉腫培養細胞の転移能が低下することが明らかとなった。我々の研究結果から、miR-143を人工的にエクソソームの形として細胞外に放出させ、そのエクソソームが骨肉腫培養細胞に取り込まれてmiR-143が機能し、転移能を抑制する効果があることが示唆された。さらに間葉系幹細胞に由来するエクソソームが、様々な組織恒常性に影響を与えていることを示唆する結果を得ている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】miRNA アレイ、細胞増殖、細胞分化、miRNA-296

【テーマ題目14】神経疾患モデル動物の作製と分子動態可視化技術の開発

【研究代表者】戸井 基道(脳遺伝子研究グループ)

【研究担当者】戸井 基道、加藤 薫、海老原 達彦、落石 知世、佐々木 保典、新海 陽一(常勤職員6名、他4名)

【研究内容】

疾患発症の分子メカニズムの解明とそれに対する創薬支援技術の開発には、病態解析や様々な薬効解析を可能にするモデル動物の作製が非常に有効である。特に脳神経疾患や精神疾患については、その分子機構の詳細が不明なものが多く、現在においても有効な治療方法や効果的な薬剤の開発には至っていない。そこで、特に神経変性や神経細胞死を誘発する神経疾患の原因タンパク質の機能解析のためにその細胞内動態解析を可能にし、動態変化に基づいた創薬候補物質スクリーニング系の構築を進めている。今年度は、これまでに作製したアルツハイマー病の主要原因タンパク質であるアミロイドβ、パーキンソン病の原因タンパク質の1つαシヌクレインの凝集状態を蛍光量で評価可能な融合タンパク質の詳細な細胞内動態観察を行った。融合タンパク質を発現させた可

視化細胞および可視化動物の神経細胞を用い、蛍光発現量を定量化するとともに、生化学的にもタンパク質量を定量しその相関を明らかにした。同時に蛍光分子相関法を用いて、生細胞内における分子の多量体化を測定し、作製した融合タンパク質の特性を明らかにした。これらの内容を論文発表した。

並行して、線虫およびマウスを用いて、生体内での可視化アミロイドタンパク質の脳神経機能に与える影響を細胞レベルで解析した。個体内でのタンパク質の発現量と蛍光量、それらと神経細胞死の関係を解析することで、オリゴマー化による機能損傷を明らかにした。さらに、これらの神経機能阻害がもたらす神経生理機能をリアルタイムで観察するシステムの構築を目指して、生きた動物内に様々な蛍光プローブタンパク質を発現させた。このうち、カルシウムセンサーG-GECOとR-GECOの2種類のプローブを発現させた形質転換体を得ることに成功し、シナプスを介した複数の神経細胞の活動特性をリアルタイムで測定した。並行して、新規の膜電位感受性蛍光タンパク質を導入したトランスジェニック線虫も作製し、膜電位変化による神経活動と局所的なカルシウム変動を同時に測定することで、変性タンパク質凝集に起因する神経機能解析を可能にした。さらに、神経の興奮性と抑制性のバランス異常に起因する神経疾患モデルとして、線虫の運動神経を利用し抑制神経特異的な遺伝子発現を制御する新規転写因子を同定した。

新たな顕微鏡観察システムの構築を進め、特に超解像顕微鏡を用いて細胞内イベントの解析を進めた。細胞内小器官レベルから組織レベルまでの多様なサンプルを用いた観察データを取得し、その実用・有効性を証明した。来年度以降これらの観察システムを用いて、作製した疾患モデル細胞・動物における神経構造の変化やタンパク質動態、組織レベルでの神経情報伝達の異常を解析していく予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】脳神経疾患、可視化イメージング、細胞内分子動態

【テーマ題目15】生体分子の高機能化及びそれを利用した脳神経疾患に対する創薬基盤技術開発

【研究代表者】波平 昌一

(脳機能調節因子研究グループ)

【研究担当者】波平 昌一、近藤 哲朗、稲垣 英利、大塚 幸雄、平野 和巳(常勤職員5名)

【研究内容】

生物の細胞間・細胞内の情報伝達は生体分子の相互作用により制御されている。その中でも特に神経細胞に存在する受容体やイオンチャネルなどを標的とした生理活性ペプチド、及び、ゲノムDNAやクロマチンを構成するヒストンタンパク質に修飾を施すエピジェネティクス制御タンパク質の標的認識メカニズムを解析し、それを

利用した創薬基盤技術開発・機器開発を行う。

ヘビ・クモなどの毒腺には、ヒトの神経細胞の機能に影響を与える様々な生理活性ペプチドが存在する。これらの分子は自然界において長い時間をかけた進化の過程で特化した機能、すなわち標的分子を特異的に認識し結合する能力を獲得している分子であると考えられる。当グループではこれまでに、それらのペプチドをコードする遺伝子の配列上の特徴を利用して、指向的分子進化工学手法を用いて目的の標的分子に結合する活性分子の探索技術を開発し、多種の生理活性ペプチドの標的分子の認識機構の迅速な解析を可能にした。これらの解析により得られたペプチドの配列・立体構造情報などは、創薬の際有効に利用されることが期待される。現在、脳神経系特異的に機能する生理活性ペプチドの探索と機能解析を遂行している。

また、哺乳類の後天的なゲノム修飾機構であるエピジェネティクスを担うタンパク質についても、その分子が担うゲノム領域の認識機構を解析している。精神疾患や脳腫瘍といった脳神経系疾患は、その発症が思春期以降となるため、原因解明や創薬開発に資するモデル細胞やモデル動物の確立が遅れている。最近、それらの発症にエピジェネティクス制御機構である DNA メチル化やクロマチン制御機構の破綻が起因していることが疑われている。そこで、それらのエピジェネティクス制御タンパク質に焦点を当て、神経系細胞における機能解析と標的領域認識機構を明らかにする。さらにそれを利用して発達依存的な病態モデル細胞や動物を作製する。これらにより、脳腫瘍及び精神疾患治療に対する創薬スクリーニングのための次世代型新規研究材料の開発と提供を目指す。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】指向的分子進化工学、生理活性ペプチド、エピジェネティクス、脳神経疾患

【テーマ題目16】核酸アプタマーによる細胞外小胞／エキソソームの精製法の検討

【研究代表者】宮岸 真（分子複合医薬研究グループ）

【研究担当者】宮岸 真（常勤職員1名）

【研究内容】

エキソソームは細胞が放出する約30 nm-100 nm の小胞であり、細胞由来の miRNA や mRNA を含んでいることから、がんや様々な疾患の診断への臨床応用に期待が集まっている。

本研究では、核酸アプタマーを用いたエキソソームの精製法の開発を目的として、その手法の検討を行った。一般に、抗体によるエキソソームの精製法は、インタクトな状態でのエキソソームの溶出が難しく、その後の解析に使いにくいことが問題となっている。そこで、核酸アプタマーを用いてインタクトな状態でエキソソームを精製する条件を検討した。EpCAM タンパク質に対する

核酸アプタマー（EpCAM アプタマー）を結合させた磁気ビーズにより、エキソソームをキャプチャーし、溶出したものを Dot Blot 法により解析した。ネガティブコントロールである HEK293T 細胞株 [EpCAM(-)] 由来のエキソソームは溶出されず、HCT116 細胞株 [EpCAM(+)] 由来のエキソソームを特異的に溶出することができることが判明した。また、溶出条件の検討を行った所、熱溶出、活性剤、キレート剤、相補的な DNA オリゴ等の溶出法を用いて、インタクトなエキソソームを効率よく精製することができることが分かった。今後、本手法を用いて、夾雑物の多い生体サンプル（例えば、血液、腹水、尿）からのエキソソーム精製を試みると共に EGFR 等の他のターゲットに対するアプタマーを用いた精製法の検討も行っていく予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】核酸アプタマー、エキソソーム、リキッドバイオプシ

【テーマ題目17】次世代がん治療を実現する「放射線力学療法」の基盤研究

【研究代表者】高橋 淳子（分子複合医薬研究グループ）

【研究担当者】高橋 淳子（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

低分子有機化合物であるプロトポルフィリン IX (PpIX) がX線照射による活性酸素発生効果を増強することを、物理化学的な実験系を用いて見出した。放射線によるこの反応は、放射線吸収は大きい毒性の強い重金属等で生じるという既存概念を覆し、生体に安全な低分子有機化合物とX線の物理化学反応を次世代のがん治療「放射線力学療法」に用いる可能性を拓くものである。

これまで、ポルフィリン前駆体の5-アミノレブリン酸 (5-ALA) の放射線増感効果を、担癌マウスの腫瘍増殖抑制評価により検証してきた。放射線増感メカニズムを、機能レベルで解明することは、5-ALA による治療を普及する上で必須である。ここでは、担がんマウスの腫瘍組織の遺伝子発現解析により、線量低減効果の評価を試みた。

B16/BL6マウス黒色腫細胞をそれぞれ C57BL/6J に接種した担癌マウスを使用した。マウスは(1) 対照群(NT)、(2) 5-ALA 投与群 (ALAT)、(3) 20Gy X 線照射群(20XT)、(4) 5-ALA 投与+20GyX 線照射群 (ALA20XT)、(5) 30Gy X 線照射群 (30XT)、および(6)5-ALA 投与+30GyX 線照射群 (ALA30XT) の6群に分けた。腫瘍細胞が生着したのを確認した後に、ALA 投与および X 線照射を開始した。ALA 投与は毎回の X 線照射の約6時間前に行い。総線量20Gy (2Gy×5days×2 weeks)、もしくは総線量30Gy (3Gy×5days×2 weeks) の X 線照射を行った。腫瘍増殖抑制効果の評価は、最終照射終了後の腫瘍重量により行った。また同時に腫瘍組織の RNA を抽出し、Microarray (Agilent #G4121F) により遺伝子解析を行

った。

照射終了後の腫瘍重量は、NT, ALAT > 20XT > ALA20XT > 30XT, ALA30XT であった。20XT 群の腫瘍重量は30XT 群および ALA30XT 群と有意差を示し、ALA-20XT 群は30XT 群および ALA30XT 群と有意差を示さなかった。各群の腫瘍組織の遺伝子発現プロファイルの平均値を、ユークリッド距離 (average linkage) によるクラスタ解析を行ったところ、ALA20XT 群は30XT および ALA30XT と同じクラスタに分類された。腫瘍重量の比較では、30Gy 照射は十分に腫瘍増殖が抑制され、5-ALA による増感効果は見られなかった。しかし20Gy では5-ALA による増感効果が示唆され、5-ALA 投与+20Gy は30Gy 照射とほぼ同等の腫瘍増殖抑制効果を示した。同時に、ALA20XT 群の遺伝子発現プロファイルは、30XT、および ALA30XT と同等であることから、20Gy 照射時の5-ALA 投与の線量低減効果の可能性が示された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】放射線治療学、放射線腫瘍学、臨床薬学、放射線増感、ポルフィリン、5-アミノレブリン酸

【テーマ題目18】生体分子機能評価及び関連技術の開発

【研究代表者】清末 和之 (細胞分子機能研究グループ)

【研究担当者】清末 和之、佐藤 隆明、藤田 篤、大石 勲、峯 昇平 (常勤職員5名、他5名)

【研究内容】

生体分子及びシステムの機能理解から、神経疾患等々の疾病に対するアプローチ技術の開発、また代替機能技術の開発を目指し、「機能分子の活用技術開発」と「機能分子の探索と評価技術の開発」を行っている。前者は、生体分子機能解析、構造解析、新規発現技術の開発を行い有用物質の生産を進め、後者の課題では、神経系の細胞レベルでの機能解析から個体レベルでの解析と応用を進めている。本年度の成果として、以下の成果を報告する。「機能分子の活用技術開発」として、組換え鶏作出に成功した。革新的な蛋白質生産システム構築へ先駆けとして、鶏の組換え体作出に取り組み、これまで構築してきた始原生殖細胞の培養技術に、CRISPR/Cas9によるゲノム編集技術を応用し、ニワトリにおける遺伝子欠損に世界で初めて成功した。これにより様々な遺伝子の除去が可能となり、有用物質生産技術確立のための大きな進歩となった。「機能分子の探索と評価技術の開発」の課題では、嗅覚情報の解析により、マウスは非常に極微量の匂い分子を検知・識別可能な嗅覚システムを有することをマウスの行動実験から明らかにし、報告を行った。また、その匂い検出の細胞アレイを作成するために、嗅覚受容体のクローニング及び受容体の機能解析を進めた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】バイオリクター、ゲノム編集、匂い、神経機能、蛋白質生産

【テーマ題目19】先進バイオ計測技術開発

【研究代表者】関口 勇地

(先進バイオ計測研究グループ)

【研究担当者】関口 勇地、木山 亮一、水野 敬文、Kumar Krishna Rajendra Penmetcha、Tourlousse Dieter

(常勤職員5名)

【研究内容】

バイオ計測 (特に核酸計測/マイクロバイオーム微生物計測) を念頭に、主に次世代シーケンサなど網羅的計測技術を利用した新規計測技術の開発 (ラボ技術およびバイオインフォマティクス技術) を行った。また、その計測の精度評価、および信頼性確保のための方法開発、標準整備を行った。具体的には、次世代シーケンサを利用したマイクロバイオームなど複合微生物生態系評価技術の高度化に関する研究開発を実施し、複合微生物生態系を構成する微生物群の活性に着目した新たな計測技術を開発した。また、マイクロバイオームに存在する未培養微生物群の機能予測を行うため、マイクロ流路技術と次世代シーケンサ技術を融合した新たな技術開発を行った。また、次世代シーケンサを利用したマイクロバイオーム評価の精度管理技術の確立に向け、スパイクイン16S rRNA 遺伝子による品質管理方法をさらに高度化させた。また、RNA アプタマー技術を応用したマーカー検出・定量技術開発を想定し、インフルエンザウイルスや特定細菌群を検出、分取するための新規技術開発を実施した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】遺伝子、DNA 定量、PCR、マイクロチップ、細胞機能評価、バイアビリティ、バイオイメージング

【テーマ題目20】創薬・診断等に有効なバイオマーカーの探索研究 (エストロゲン応答・発ガン)

【研究代表者】関口 勇地

(先進バイオ計測研究グループ)

【研究担当者】関口 勇地、木山 亮一 (常勤職員2名)

【研究内容】

エストロゲン活性評価システムを用いて様々なエストロゲン応答に関与する細胞内シグナル伝達経路を明らかにし、食品・創薬や診断分野において応用と実用化を目指し、1) エストロゲン様の作用を示す化学物質による新しいシグナル伝達経路の解析、2) エストロゲンによって制御されるシグナル伝達系タンパク質の解析と、3) 新しい蛍光色素を用いたエストロゲン活性の検出系の開発を行った。遺伝子診断のための診断装置の開発やその診断法の標準化に関する支援を進めた。癌抑制遺伝子 Kank

に関わる細胞機能を解明し、癌の治療・診断や創薬への利用を目標とした基礎研究を行った。Kank を病理診断に利用した新しい免疫組織化学染色法を開発するために、病理検体の長期保存を可能にする蛍光色素を用いて複数のマーカータンパク質を同時に検出する多重蛍光免疫染色法を開発し、病理検体を用いてその有効性を検証した。また、Kank タンパク質と相互作用するタンパク質の機能解析を通じて、Kank の役割を明らかにし、創薬ターゲットの候補を探索することで Kank の癌治療・診断への利用を進めた。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕創薬、診断、バイオマーカー

〔テーマ題目21〕創薬・診断等に有効なバイオマーカーの探索研究（微生物感染、マイクロバイオーム）

〔研究代表者〕関口 勇地（先進バイオ計測研究グループ）

〔研究担当者〕関口 勇地、木山 亮一、水野 敬文、Kumar Krishna Rajendra Penmetcha、Tourlousse Dieter（常勤職員5名）

〔研究内容〕

ヒト等マイクロバイオーム中に存在する分子遺伝学的、あるいは機能的に新規な微生物を解析、分離、培養するための新しい方法を開発すると共に、それを利用し新規微生物群を分離、記載を進めた。また、腸内マイクロバイオーム内に存在し、特定疾患との関連する可能性がある微生物群の特定に関する研究を実施し、その実態の解明を行った。さらに、抗炎症性 RNA アプタマーの開発に関する基礎的検討を実施すると共に、微生物感染に関連した non-coding RNA の探索に関する基礎的検討を実施した。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕創薬、診断、バイオマーカー

〔テーマ題目22〕バイオテクノロジーの質保証に貢献する標準物質開発

〔研究代表者〕野田 尚宏（バイオアナリティカル研究グループ）

〔研究担当者〕野田 尚宏、陶山 哲志、横田 亜紀子、松倉 智子、佐々木 章（常勤職員5名）

〔研究内容〕

遺伝子やゲノム解析技術等に関するデータの品質管理に資する核酸標準物質の作製を行った。すでに計測標準部門と共同で開発した実績のある RNA 標準物質の第2ロットを作製した。作製方法については昨年度までに検討した方法に準拠した。また、作製された標準物質の品質の評価を行った。具体的には、RNA 標準物質の配列、鎖長等を複数の手法により評価した。また、生体由来分子をより簡便かつ直接的に定量することができる新しい

手法として一分子蛍光測定法に着目した。一分子蛍光測定方法を核酸標準物質の濃度を精確かつ簡便に測定する技術を確立した。バイオ医薬品の標準化に関して、必要とされる標準物質の要件等について調査・検討を行った。また、昨年度に引き続き米国標準技術研究所の研究者とゲノム標準物質に関する議論を行い、日本人ゲノム標準物質の開発必要性についての議論を行った。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕遺伝子、核酸標準物質、PCR、DNA、RNA

〔テーマ題目23〕生体分子解析技術の開発と応用

〔研究代表者〕野田 尚宏（バイオアナリティカル研究グループ）

〔研究担当者〕野田 尚宏、陶山 哲志、横田 亜紀子、松倉 智子、佐々木 章（常勤職員5名）

〔研究内容〕

核酸と相互作用する核酸関連酵素を取得し、その機能特性を評価する手法を確立するとともに、その技術を応用して様々な微生物のトキシタンパク質の特性解析を行った。核酸関連酵素としてはヘリケースや RNA を切断するトキシタンパク質に着目し、それらを発現・精製・取得し、蛍光色素を用いた活性評価系を構築した。さらに、構築した技術を活用することで、取得したタンパク質の基質特異性や活性の有無・強弱などを効率的に評価することができた。さらに、これらの核酸関連酵素の機能を阻害する分子のスクリーニング系を構築して、実際にスクリーニングを行った。その結果、トキシタンパク質などの活性を制御することができるいくつかの小分子を見出すことに成功した。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕酵素、DNA、RNA、蛍光

〔テーマ題目24〕新規生体分子計測に係る材料、手法、デバイス研究

〔研究代表者〕栗田 僚二（ナノバイオデバイス研究グループ）

〔研究担当者〕栗田 僚二、吉岡 恭子、小島 直、加藤 大、富田 峻介（常勤職員5名、他3名）

〔研究内容〕

近年、遺伝子配列解析装置等の飛躍的な技術革新により、莫大な量の遺伝情報が入手可能になり、現在では様々な病気の予知や診断、更には遺伝情報に基づいた治療法の選択（テーラーメイド医療）が可能になりつつある。一方で遺伝情報の解読が進むにつれ、細胞内で発現している遺伝子を直接、高感度に検出する技術の開発が望まれるようになった。従来、このような特定の遺伝子を検出する手法には蛍光分子を利用した核酸プローブが汎用されている。しかしながら細胞内ではタンパク質等の

様々な夾雑物質が自然蛍光を有しているため測定の障害となり、高感度な検出には限界があった。遺伝子検出技術としては未開拓であった生物発光を利用した検出法の開発を目指し、遺伝子の配列情報を生物発光に変換するための技術として、標的配列に結合した時のみ進行する選択的な化学反応を利用した発光基質放出システムをデザインし、必要となる核酸プローブ分子の化学合成を行った。

また、エピジェネティクスセンサとしてメチルシトシン検出用のデバイス開発を以下のように行った。厚さ50 nm の金薄膜をスパッタリング法でガラス基板上に作製し、カルボキシデカンチオールを含むトルエン溶液に浸漬することによりカルボキシル基を固定化した。さらに、カルボジイミドカップリング法によりアビジンを固定化した。一方、流路深さ20ミクロンの薄層流路を作製し、金薄膜を有するガラス基板と貼り合わせることでデバイスを作製した。測定対象シトシンがミスマッチであるピオチン化2本鎖 DNA をマイクロセンシングチップへ導入することにより、アビジン-ピオチン反応により2本鎖 DNA が補足される。その後、抗メチルシトシン抗体を導入し、外向きの（メチル/非メチル）シトシンと抗体との結合、つまりメチル化状態を SPR 角変化から検知した。測定対象シトシンがメチル化されている場合には、DNA 濃度に依存した SPR 角度上昇が確認された。一方、メチル化されていない場合には、SPR 角度上昇は見られなかった。このことから、単一シトシンレベルでのメチル化情報取得が可能になった。

上記、抗体のような特異性の高いセンシングのみで無く、交差反応性を利用した新規バイオセンシング技術として、細胞分泌成分のフィンガープリンティングにもとづく幹細胞品質モニタリングの実現を目指し、交差反応性の酵素/高分子電解質複合体ライブラリを用いて細胞の培養後に回収した培養液を分析したところ、種類の異なるヒトがん細胞の識別だけでなく、ヒト間葉系幹細胞の未分化・骨芽分化・脂肪分化の識別が可能であることが分かった。より微少な細胞状態の差異の識別を目指し、酵素に対して多様な性質の酸無水物を修飾して、分析のその場で簡易にライブラリを作製する方法を検討したところ、タンパク質のほか、哺乳類血清や細胞の識別が可能なが分かり、本アプローチを利用することで幹細胞品質評価のさらなる応用範囲の拡大が示唆された。

一方、アンバランストマグネトロン (UBM) スパッタ装置を用いたナノカーボン薄膜電極を作製し、生体ならびに食品中の化学物質に対するセンシングへと展開した。内毒素（リポポリサッカライド：LPS）の高感度電気化学バイオセンシングへの応用では、同時に開発した LPS プローブ（亜鉛錯体と LPS 認識分子から構成）により、亜鉛イオン量が LPS 量と相関性を示し、従来 LPS 定量に必要であったリムルス試薬に依らずに、LPS の検出下限濃度は200 pg/mL を達成した。また、本法は、再現性

の高い LPS 定量が可能となったこと、さらには従来のリムルス試験との高い相関性 ($r=0.999$, $p < 0.03$) を示すことも明らかとなった。また、ナノカーボン電極表面をフッ素化すると食品物質中の難水溶性の抗酸化物質（ビタミン E など）が簡易かつ再現性良く直接計測できることが明らかとなった。他部門との協力として、戦略予算「アジア戦略水プロジェクト」に参加した。カーボンと金属の共スパッタにより金属ナノ粒子がドーピングされたハイブリッド型カーボン薄膜電極を形成し、環境物質の計測を試みた。具体的には、白金ナノ粒子を含むカーボン膜では、土壌中の臭気成分であるジェオスミンに対して良好な電極触媒活性を、あるいは金ナノ粒子を含むカーボン膜では、ヒ素イオンに対する高感度検出が可能であることを実証した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】DNA、エピジェネティクス、表面プラズモン共鳴、イムノアッセイ、電気化学測定、ナノカーボン薄膜、重金属測定

【テーマ題目25】新規セルソーターシステムの開発

【研究代表者】中村 史（セルメカニクス研究グループ）

【研究担当者】中村 史、小林 健

（常勤職員2名、他9名）

【研究内容】

本研究では、従来標的に出来なかった細胞内のマーカータンパク質を標的とした新しい細胞分離技術の開発を目的とした。シリコンウエハを基板とし、直径200 nm、長さ20 μm のナノニードルが30 μm 間隔に100×100本、合計1万本配列したナノニードルアレイを用い、ナノニードルアレイに抗体の Fc ドメインに特異的に結合する ZZ-BNC を修飾し、抗体固定化ナノニードルアレイを用いて細胞を分離することを原理とする。現在のところ、分離効率率は25%程度に留まっており、流動性の高い細胞膜に対するナノニードルの貫通効率が十分でないことが原因の一つとして考えられた。そこで、細胞膜の流動性を抑制する条件として、ナノニードルの衝突速度と培地温度に着目し、ナノニードルの膜貫通効率の向上を検討した。抗体を修飾した AFM カンチレバー型ナノニードルを用いて、中間径フィラメントと抗体の結合力を力学的に検出する手法により、ナノニードルの膜貫通について評価を行った。本研究で測定する抗体結合力は、細胞内で起きた抗体とフィラメントの結合を全て破断する力であり、数千～数万の結合を破断する力の経時変化がフォースカーブ上に現れる。その最大値を抗体結合力として測定するが、抗体結合力が増大した場合には膜貫通効率が上昇したと判断できる。

ナノニードルへの抗体修飾には、抗体の Fc ドメインに特異的に結合するナノ微粒子材料 ZZ-BNC を用いた。SiO₂層を除去したナノニードルに ZZ-BNC を吸着させ抗体を反応させた後に、BS3による架橋を行った。中

間径フィラメントの1つであるビメンチンを標的とし、ビメンチン陽性であるヒト子宮頸がん細胞 HeLa 及びビメンチン陰性であるヒト乳がん細胞 MCF-7 に対して AFM を用いた抗体結合力の測定を行った。1 細胞に対して場所を変えながら10回の挿入操作を行い、得られた抗体結合力のデータ分布の変動を解析することによって膜貫通効率への寄与を評価した。

従来の実験条件の100倍となる接近速度1000 $\mu\text{m/s}$ でのナノニードルの挿入を試験したが、抗体結合力の分布は変化しなかった。一方で、培地温度を4°Cに維持した状態で測定を行ったところ、室温、37°Cと比較して抗体結合力の分布は大きく上方へシフトし、陽性細胞判定基準の閾値（陰性細胞で得られる平均値+4SD）を超える抗体結合力の平均値は50 nN から100 nN へ増大した。また、単一分子結合の破断力測定によって、4°C、室温、37°Cで抗体結合力自体に変化がないことも確認した。試験した HeLa、MCF-7の細胞膜の正確な相転移温度は不明だが、4°Cの低温下で細胞膜の流動性が抑制され、ナノニードルの膜貫通効率が向上したものと推察された。今後、4°Cでナノニードルアレイの挿入を行うことで細胞分離の効率の向上が期待される。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 細胞分離、抗原抗体反応、ナノニードル、AFM、接着制御

【テーマ題目26】 アクチンフィラメントの力学応答と機能分化

【研究代表者】 上田 太郎（セルメカニクス研究グループ）

【研究担当者】 上田 太郎、長崎 晃
（常勤職員2名、他4名）

【研究内容】

アクチンフィラメントの機能分化は、相互作用しているタンパク質の差異に基づくと考えられているが、個々のアクチンフィラメントが、どのようにして適切なアクチン結合タンパク質と結合するのかについてはよく分かっていない。われわれは、アクチンフィラメントのこうした機能分化には、外力や特異的アクチン結合タンパク質によるフィラメントの構造変化が重要な機能を果たしているのではないかという仮説の検証に取り組んでいる。今年度は以下の成果を得た。

1. ミオシン II とコフィリンはともにアクチンフィラメントと協同的に結合するが、それらの協同的結合は相互排他的であることを示してきた。そこで S1（ミオシン II のモーター領域）とコフィリンが共存する際、両者がアクチンフィラメントとどのように結合するかを全反射蛍光顕微鏡で観察したところ、ATP 存在下で S1 がアクチンフィラメントと一過的な相互作用を繰り返している状況では、コフィリンのアクチンフィラメント結合が強く阻害されることを見出した。

2. 上記の現象についてさらにその分子機構を明らかにするため、ATP 存在下で S1 が一過的な相互作用を繰り返しているアクチンフィラメントの構造を高速原子間力顕微鏡で観察したところ、らせんピッチが有意に伸びていることを見出した。これは、コフィリン結合によるらせんピッチの短縮とは逆の構造変化である。

3. 動物細胞は β と γ の二種のアクチンを発現し、両者は細胞内で異なる局在を示すという先行研究があったが、より詳細に解析したところ、両者はほぼ同一の局在を示すことを証明した。そのため、動物細胞におけるアクチンの多機能性には、アクチンアイソフォームは寄与しないことが示唆された。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 細胞極性、メカノバイオロジー、協同的結合

【テーマ題目27】 細胞への機能分子導入や細胞機能操作を可能にする技術開発

【研究代表者】 藤田 聡史（細胞マイクロシステム研究グループ）

【研究担当者】 藤田 聡史、川崎 一則、細川 千絵
（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

様々な特性を持つ機能分子を自由自在に培養細胞に導入したり、細胞内の機能分子を自由に操作する技術開発は、精密細胞機能解析の分野で求められている技術基盤である。1細胞解析、時系列細胞解析、大規模ハイコンテント分析、ゲノム編集、遺伝子・タンパク質機能解析、細胞表現型解析などに応用する事で次世代の薬剤評価、毒性評価、細胞機能評価基盤となり得る。本研究では、上記目的に資する様々な細胞機能操作技術の開発を行った。

本年度は、これまでより開発を進めていた核酸（DNA や RNA）に加え、小分子やタンパク質を細胞に導入する技術の開発を行い、またカチオン性リポソームやカチオン性高分子を用いた導入条件を検討した。また細胞マイクロアレイとして機能させるため、小分子とタンパク質の徐放化法を評価した。さらにマイクロアレイ基板を最適化し、ゲノム編集酵素を固相化し、基板面から細胞に酵素を導入する技術開発を進めゲノム編集酵素を核内に送達させる条件を検討した。

集光レーザーの光摂動を用いた光ピンセットにより細胞機能分子の集合操作および細胞プロセシング技術の開発に取り組んだ。神経細胞表面に局在する量子ドット標識 AMPA 受容体分子に光ピンセット用レーザーを照射すると、レーザー光強度が高くなるにつれ、また培養日数の経過とともに、AMPA 受容体の分子数が増加し、分子運動が遅くなることを見出し、受容体分子が光捕捉され、集合することを明らかにした。さらに、プラズモニクチップを用いた光ピンセットの有効性を検証するた

め、単一ナノ粒子の光捕捉過程の蛍光解析を行い、光捕捉力の増強メカニズムを考察した。

さらに、フェムト秒レーザー照射に伴う細胞内 Ca^{2+} スパイク変動について詳細に解析するため、蛍光カルシウム指示薬をこれまでの fluo-4 から Oregon Green へ代え、神経細胞の自発活動に基づいた細胞内 Ca^{2+} 濃度のスパイク状の変動を確認した。この条件で集光フェムト秒レーザーを用いた神経細胞の光刺激を行った結果、近接する細胞において細胞内 Ca^{2+} スパイクが同期して複数回観測され、フェムト秒レーザー刺激に伴い、近接する細胞へ神経活動の伝搬が誘発されることを実証した。

また本技術開発に重要となる細胞の状態やリボソームの構造を観察する電子顕微鏡解析技術の開発を進めた。急速凍結レプリカ電子顕微鏡法に用いる急速凍結のサンプルホルダーとプロトコルの改良を行い、実験ごとに処理可能な細胞膜等の試料数を、従来の50程度から100程度まで倍増に成功した。さらに、膜構造の凹凸の識別を容易にするため、電子顕微鏡画像を色彩コードによって表示する画像処理方法を考案した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】細胞遺伝子操作、光ピンセット、電子顕微鏡、DDS

【テーマ題目28】医療応用を目指した細胞工学研究

【研究代表者】弓場 俊輔（細胞・生体医工学研究グループ）

【研究担当者】弓場 俊輔、上野 豊、川崎 隆史（常勤職員3名、他5名）

【研究内容】

既に完成した細胞治療用アイソレータに引き続き、高性能細胞を分離するための世界初の医療用セルソータを企業との連携により試作機開発に成功した。さらに医療用に十分数の細胞を培養できる大型インキュベータの試作機も同様に企業との共同開発で完成させ、細胞の分離精製から拡大培養に至る一連の工程を担う全ての機器を揃えることができた。細胞分離に用いる新規分子認識プローブについては、その開発に用いる進化分子工学的手法に改良を加え、細胞特異的な分子認識プローブをより効率的に濃縮しうる方策を見出した。

同時に、進化分子工学技術に計算機科学の手法を導入して、進化速度の向上、すなわち計算機上で分子立体構造を予測・設計してはその知見を分子ライブラリーに反映させることで、分子ライブラリーから最適分子取得に至る分子生物学的工程を簡略化しようという試みも開始した。

一方、培養幹細胞に限らず、生体内体性幹細胞におけるゲノム安定性の解析に向けてその手法開発に着手、生体組織内の多種多様な細胞群の中から個々の細胞を識別して解析するトランスジェニック技術について、モデル動物であるメダカを活用して開発に取り組んだ。他、生

体内細胞に対する水相におけるナノバブルの影響を検証するため、水棲動物メダカを活用して、その生理機能も解析した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】細胞工学、計算機科学、トランスジェニック技術

【テーマ題目29】非侵襲計測によるヒト知覚・認知機構の解明および福祉工学、居住空間デザインへの応用

【研究代表者】中川 誠司（細胞・生体医工学研究グループ）

【研究担当者】中川 誠司、田村 繁治、添田 喜治、梅村 浩之（常勤職員4名、他7名）

【研究内容】

脳磁界・脳波計測、MRI といった非侵襲生理計測や心理計測、生体物理計測を駆使して、ヒトの知覚・認知機能の解明に基づく福祉機器開発、居住環境デザインに取り組んだ。

骨導超音波知覚の末梢メカニズムの解明に取り組み、外有毛細胞機能の特異性を見出した。また、耳介軟骨を介した新しいタイプの骨伝導現象の末梢伝搬過程の解明に取り組み、一旦生体内に入るものの外耳道内に放射される“外耳道内放射成分”が多く発生することを見出した。さらにこれらの知見を利用して、重度難聴者のための新型補聴器（骨導超音波補聴器）や骨伝導スマートホンの最適化を図った。

また、居住空間内で日常的に知覚される音に着目し、加工を施すことによる高付加価値な音創りに取り組んだ。特にエアコン音を取り上げ、“涼しさ”や“暖かさ”の印象の付加を試みた。音響信号処理および心理計測、脳磁界計測を駆使した検討の結果、スペクトル重心を適切に操作することで“涼しさ”や“暖かさ”の聴感印象を与えることができることや、作成したエアコン音の提示方法を工夫することで、主観的な温熱感を有意にコントロール出来ることを示した。

さらに、光の波長や強度を自在にコントロール可能なLEDを利用した、色覚バリアフリー技術の開発に取り組んだ。LED光を波長を適切にコントロールすることで、1型2色覚者（いわゆる赤色盲）に有効な照明の開発が可能であることを示した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】非侵襲生理計測、福祉機器、サウンドデザイン、バリアフリー

④【健康工学研究部門】

(Health Research Institute)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：達 吉郎

副研究部門長：鎮西 清行、大家 利彦
 総括研究主幹：茂里 康、脇田 慎一
 研究主幹：大槻 荘一

所在地：四国センター、関西センター（池田）、つくばセンター

人員：49名（49名）

経費：564,556千円（281,950千円）

概要：

ライフイノベーションと地域産業競争力強化への貢献をミッションとし、「医療基盤・ヘルスケア技術の開発」の研究課題を担う。

健康工学研究部門では、持続可能な社会の中で健康かつ安全・安心で質の高い生活の実現を目指し、生体工学、生物学、材料化学、物理学、などの知識や知見を結集・融合することによって人間や生活環境についての科学的理解を深め、それに基づいて、人と適合性の高い製品や生活環境を創出するための研究開発を行う。

具体的には、医療基盤・ヘルスケア技術の開発のうち、1) 医療機器の高度化とレギュラトリーサイエンス、2) 健康状態の可視化、3) 生活環境における健康増進、を研究開発の柱とする。大学や産業界とも連携し、基礎研究から橋渡し研究を進め、健康工学研究領域の確立、並びに21世紀における新たな健康関連産業創出に貢献することを目指す。

また、本研究部門は、四国、関西、つくばに研究開発拠点を置き、地域の健康関連産業の活性化への貢献を着実に推進することも任務とする。

 内部資金：

戦略予算

地域連携による食品の機能性一斉評価システムの構築

戦略予算

マラリア原虫高機能診断デバイス開発

外部資金：

経済産業省

平成27年度石油製品需給適正化調査等「石油精製物質等の新たな化学物質規制に必要な国際先導的有害性試験法の開発」

経済産業省

平成27年度工業標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業：政府戦略分野に係る国際標準化活動）「手術ロボットに関する国際標準化フィージビリティスタディ」

文部科学省

平成27年度先導的創造科学技術開発費補助金

可搬型生物剤・化学剤検知用バイオセンサの開発

国立研究開発法人科学技術振興機構

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
 シーズ育成タイプ

超高真空、低温チップ増強ラマン分光イメージング装置の開発

国立研究開発法人科学技術振興機構

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
 フィージビリティスタディステージ探索タイプ

新規バイオマーカー群を用いた糖尿病リスクの早期検出の実用化

国立研究開発法人科学技術振興機構

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
 フィージビリティスタディステージ探索タイプ

可搬型血液濾過システムの開発

国立研究開発法人科学技術振興機構

研究成果展開事業 センター・オブ・イノベーション
 (COI) プログラム

フロンティア有機システムイノベーション拠点

国立研究開発法人科学技術振興機構

戦略的創造研究推進事業 (CREST)

細胞チップ MS システムを用いた1細胞マルチ分子フェノタイプング

国立研究開発法人科学技術振興機構

戦略的創造研究推進事業 (CREST)

がんモデルメダカの開発及び該メダカを用いた創薬スクリーニングシステムの開発

国立研究開発法人科学技術振興機構

革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)

バイオニックヒューマノイド評価法の標準化

国立研究開発法人日本医療研究開発機構

未来医療を実現する医療機器・システム研究開発事業

医療機器等に関する開発ガイドライン（手引き）策定事業

国立研究開発法人日本医療研究開発機構

医療機器開発推進研究事業

細胞チップを応用した超高感度マラリア診断装置の開発

公益財団法人岡山県産業振興財団

医工連携事業化推進事業実証事業
在宅歯科医療における口腔感染症や誤嚥性肺炎の予防機能を有した抗菌性粘膜調整材の開発・事業化

公益財団法人ちゅうごく産業創造センター
中小企業経営支援等対策費補助金（戦略的基盤技術高度化支援事業）
医療・介護用サポーター等に持続的な抗菌効果を付与するための再生リチャージ可能な抗菌繊維の開発

埼玉県
埼玉県産学連携研究開発プロジェクト補助金
糖尿病の早期発見のための Point of care testing (POCT) システムの開発

埼玉県
埼玉県産学連携研究開発プロジェクト補助金
超音波治療用モジュール化トランスデューサーの開発

香川県
機能的食品開発支援事業
新規生体機能的評価試験法の開発に関する研究

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（新学術領域研究）
Efficient utilization of the excitation energy of highly-excited quantum dots for photoreactions

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（新学術領域研究）研究分担
革新的イメージング技術とがんモデルメダカを駆使したがん転移研究

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 S）研究分担
複合機能プローブシステムによるパイオ・ナノ材料の分子スケール機能可視化

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 B）
プラズモン共鳴と強結合した単一色素分子をプローブとする光学応答増強場の定量的検証

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 B）研究分担
人体に対して頑健かつ高精度に追従する非侵襲超音波医療診断・治療統合システムの構築

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 B）研究分担

数値流体力学解析に基づく脳動静脈奇形の血流解析と集学的治療への応用

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 C）
イムノセンシング界面構築に関する研究

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 C）
インペラに作用する力の釣り合いを利用した動圧浮上遠心血液ポンプの開発

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 C）
セシウムイオン選択性捕捉剤の開発

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 C）
ネットアイツメガエル皮膚ペプチドを用いたスキンケア素材への可能性追求

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 C）
異構造光トラップ場を用いた非接触 3 次元マイクロ操作の高機能化と汎用化の研究

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 C）
共存微生物由来物質の摂取による海藻代謝変動の解明とその水圏環境浄化への利用の研究

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 C）
業務引き継ぎカイゼンシステムを用いた OJT 教育プログラムのフレームワーク

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 C）
高集積型細胞チップを用いたオンチップがん診断デバイスの開発

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 C）
細胞チップを用いた細胞機能解析を可能とするマラリア迅速・高感度検出システムの構築

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 C）
散乱光の偏光解析を用いた生体組織の構造および形態の解析についての研究

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 C）
多種の脳内神経伝達物質を同時検出するための蛍光プロ
ープの創製と医療診断への展開

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 C）研究分担
パルスジェットメスを用いた軟性内視鏡下下垂体病変摘
出法の開発

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 C）研究分担
パルスジェットメスによる深部頭蓋底腫瘍摘出法の開発

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 C）研究分担
内頸動脈閉塞におけるリアルタイム脳血流量評価法の開
発

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 C）研究分担
パルスジェットメスによる脊髄神経機能温存下脊髄腫瘍
摘出法の開発

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 C）研究分担
夜間勤務における疲労の早期発見を目指した疲労評価法
と食生活・微量元素栄養との関連

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（基盤研究 C）研究分担
小児用および部分補助用軸流補助人工心臓の開発

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）
ストレス解析による非アルコール性肝障害発症機構の解
明と防御

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）研究分担
集束超音波技術を応用した変形性関節症の低侵襲治療
法の開発

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）研究分担
放射線と免疫療法を融合したロコ・システムックがん治
療法の開発

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）研究分担

人工臓器内の高せん断場血栓検出と赤血球膜破断シミュ
レーションとの融合

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（若手研究 B）
Multi-functional Hollow Mesoporous Silica Adjuvant
for Cancer Immunotherapy

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（若手研究 B）
インテリジェント人工臓器創成を目指した人工臓器内血
流の分光イメージング

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（若手研究 B）
カーボンナノチューブの有効利用のためのアレルギー増
悪評価系の開発

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（若手研究 B）
ナノチップによる巨大環状 DNA1 分子の実時間ダイナミ
クス解析

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（若手研究 B）
栄養不足に起因する胎児の膵臓 β 細胞の発生障害の分子
メカニズムの解明

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（若手研究 B）
炎症性疾患治療のための活性酸素除去能と細胞認識能を
備えたタンパク質フィルムの開発

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費補助金（若手研究 B）
緑内障における酸化ストレス関与の科学的解明

発 表：誌上発表124件、口頭発表296件、その他26件

セラノスティックデバイス研究グループ
(Theranostic Device Research Group)

研究グループ長：鎮西 清行（兼務）

（つくば東）

概 要：

診断と治療を融合する次世代の医療機器＝セラノス
ティックデバイスの技術開発と、それを迅速に社会に
普及させるための評価体系＝レギュラトリーサイエン
スを創出する事を目標とする。

超音波を応用する診断治療機器技術に関しては、マ
ルチフェーズの収束超音波機器のコア技術としてモジ

ジュール型超音波トランスデューサーの試作を進めた。その結果、最大数十チャンネルの集積が可能なモジュールユニットの基本設計を終え、翌年度に試作を行うこととなった。また、更なる小型、低価格化による家庭用超音波機器に向けてトランスデューサーの開発を継続することとなった。

金ナノ粒子による放射線治療増感技術として、難治性がんの放射線治療に高い効果が期待される「金ナノ粒子内包リポソーム」の検討を進めた。その結果、がん細胞に効率よく集積する金ナノ粒子内包リポソーム作成技術を開発し、細胞を用いた実験にて効果を確認した。

研究テーマ：テーマ題目1

人工臓器研究グループ

(Artificial Organ Research Group)

研究グループ長：丸山 修

(つくば東)

概要：

生体適合性の高い医療材料や医療機器の開発については、動圧浮上遠心血液ポンプの製品化に向け、ポンプ形状の最適化を進めた。動圧浮上遠心血液ポンプ装着患者の流量計測の実現のため、直管を利用した超小型流量計を試作し、高精度の流量計測が可能であることを立証した。ポンプ内で生じるせん断応力に基づく血栓形成の抑制メカニズムについては、せん断応力に対して、血液凝固第Ⅴ因子が関与することを明らかにした。また、血液凝固イメージング装置を開発するため、また遠心血液ポンプピボット部血栓検出センサを開発するため、大型動物実験において両システムの実用的精度が十分であることを実証した。さらに、企業が実用化した体外循環ポンプにさらなる長期信頼性を付与するための検討を進め、羽根の流路数と洗浄孔数により、ポンプ性能および血液適合性の向上が可能であることを、数値および実験流体力学により実証した。使用者にやさしい福祉機器の研究開発については、高齢者用・リハビリ用等も含めて自転車乗車時に膝関節筋の負担を軽減し、股関節筋の有効活用のためには、ペダル運動軌跡を直径約500mmの円とすることが効果的であることを確認し、その車両を開発した。

研究テーマ：テーマ題目1

生体材料研究グループ

(Biomaterials Research Group)

研究グループ長：伊藤 敦夫

(つくば中央第6)

概要：

組織再生を促進するシグナル物質を担持した整形外科用インプラント材料の開発・臨床橋渡し研究を行う。がん免疫療法に用いるための高機能免疫賦活剤を開発

し、*in vitro*・*in vivo*安全性、有効性試験、メカニズム解明を行う。

生体材料を再生医療に使用する際の性能評価手法、細胞培養系での有効性予測手法、生体模倣環境中での評価法の開発・標準化支援を行う。また、再生医療用途の細胞培養加工システムの有効性検証と標準化・規制対応活動を実施する。

生体物質の分子間相互作用解析を通じて、医薬品であり、生体材料分野にも適応が期待される各種タンパク質を、迅速且つ低欠陥で結晶化させるために必要なメカニズムを解明する。人体硬組織、特に歯エナメル質の再生を指向して、*in vitro*過飽和リン酸カルシウム溶液から一方向配列アパタイト結晶の密充填組織を迅速構築する。

高生体適合性Ti-15Zr-4Nb合金等の低コスト製造技術の検討、大腿骨骨格構造に最適な人工関節の型成型技術の検討等を行い、耐久性試験等を実施する。革新的技術である3次元積層造形技術の医療分野への導入を加速させるための開発ガイドライン案の作成、力学的安全性等の基礎データを構築する。生体吸収性材料の応用領域拡大の可能性を検討する。

研究テーマ：テーマ題目1

界面・材料研究グループ

(Interface Material Research Group)

研究グループ長：田中 睦生

(つくば中央第6)

概要：

様々な知見やニーズに立脚した有機機能性材料開発について研究を展開する。分子レベルでの構造・機能解析を実施し、これら材料が目的とする機能を発揮するように分子設計や分子集合体構造設計に反映させることによって、目的とする有機機能性材料の開発を行う。特に界面や生体機能に関する一連の基盤研究を統合的に展開し、センシング素子、選択的透過膜、分子プローブ、脂質等の機能性有機材料設計・合成技術の確立、さらには実用化を目指した応用技術の確立を目標とする。以上の概念に基づき様々な材料の設計・合成を行い、その機能や構造を検討した結果、バイオセンサのセンシング界面構築法、開発した分子プローブを用いた糖やドーパミンの可視化技術、脂質の新規合成法などの成果を得ることができた。さらには、多岐にわたる有機化合物合成技術を応用展開して核酸の合成法に関する知見も得ることができた。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

生体ナノ計測研究グループ

(Nano-bioanalysis Research Group)

研究グループ長：脇田 慎一 (兼務)

(四国センター)

概要：

当研究グループでは、健康状態を可視化する分子診断技術の産業技術化を目指して、超高感度生体イメージングと、誰でも手軽に計れるプリンテッドバイオチップの目的基礎研究を行い、新規体内診断薬と新規体外診断薬に関する企業への橋渡し研究を推進している。即ち、光を使って生体関連分子や細胞をイメージングまたは微小場での微粒子操作や流体制御を行うことを通して、疾病の予知・診断技術を開発することを目指している。

新規の体内診断薬開発を目指して、核磁気共鳴イメージング (MRI) と近赤外 (NIR) 蛍光の同時イメージング試薬の設計研究を行い *in vitro* 検証を行った結果、良好な結果を得た。また、光照射時に活性酸素によるガン細胞等の選択的な細胞レベルでの治療が行える光線力学療法機能を有する MRI、NIR 蛍光同時イメージング可能なナノ量子クラスターの設計研究を行った結果、*in vitro* 細胞検証に成功した。単一分子可視化も可能な表面増強ラマン散乱 (SERS) の持つ揺らぎや点滅など定量性の課題を、電磁増強理論仮説により実証研究を進めた。

新規の体外診断薬開発を目指して、透明シートを検出窓に利用した紙とフィルムを用いたマイクロ流体チップの研究を進めた。また、有機半導体の耐水性の課題を解決した、特殊な構造を有する有機半導体型電界効果トランジスタ (FET) バイオセンサの研究開発を行ったところ、再現性に優れたバイオセンサ特性をえることができた。

研究テーマ：テーマ題目2

バイオマーカー診断研究グループ

(Biomarker Analysis Research Group)

研究グループ長：片岡 正俊

(四国センター)

概要：

マイクロ化学チップを中心としたバイオナノデバイスを用いて、感染症や生活習慣病を対象に発症前診断が可能なデバイス開発を行っている。細胞チップを基盤技術とするマラリア診断チップおよび循環がん細胞診断チップを開発している。診断デバイスの製品化に向けて、企業との共同研究を進めるとともにマラリア診断ではアフリカをはじめとする流行域でのフィールドテストを進めており、さらに循環がん細胞検出系の構築ではがん患者血液を用いて高感度かつ正確な標的細胞の検出系の構築と一細胞レベルでのがん細胞機能解析を進めている。さらに糖尿病など生活習慣病の早期診断実現に向けた各種マーカー検出、さらには脂肪細胞を標的とするリポソームを応用した疾患関連細胞検出法等の構築を進める。

研究テーマ：テーマ題目2

生活環境制御研究グループ

(Health Environment Control Research Group)

研究グループ長：槇田 洋二

(四国センター)

概要：

食品や水、身の回りの物質のリスクと機能性を評価・制御することは、人々が健康な生活を営む上で重要である。当グループでは、無機系吸着剤の細孔制御技術や抗菌成分の徐放技術を活用し、身の回りの微量でも有害なイオンや微生物を低減するための技術開発を行う。有害性が疑われるナノサイズの物質については、現在、信頼性のある生体影響評価技術が確立していないため、汎用的かつ信頼性の高い細胞評価系の構築を目指す。また、全国各地の特産物や加工食品に含まれる成分の機能性を評価するとともに、産総研四国センターが事務局を務める「食品分析フォーラム」の活動に協力し、機能性成分の標準定量分析法を確立する。

H27年度は、ヒ酸およびリン酸イオンの低減技術開発、放射性セシウム除去用セシウム選択性捕捉剤の開発、インジウムスズ酸化物ナノ粒子の細胞毒性メカニズム解析、カーボンナノチューブの有効利用のためのアレルギー増悪評価系の開発、昆布中に含まれる機能性成分フコキサンチンの分析法の標準化および緑藻類スジアオノリからのベータカロテンの効率的抽出法の開発等を行った。

研究テーマ：テーマ題目3

細胞光シグナル研究グループ

(Cellular Imaging Research Group)

研究グループ長：中島 芳浩

(四国センター)

概要：

生体リズムや免疫応答などの生体メカニズムを、独自に開発した発光レポーター技術を用いて可視化・解析するとともに、高機能化した有用タンパク質、あるいは食品機能性成分により生体機能を制御するための技術開発を行う。

具体的には、以下の4つの主要テーマを推進している。①生物発光技術を活用した細胞機能の可視化・検出システムの基盤技術開発、②発光レポーター導入細胞を用いたセルベースアッセイシステムの構築、および化学物質毒性評価システム開発、③細胞および動物を用いた食品成分の機能性および疾病抑制効果の解析、④ナノ・マイクロソーティング技術を活用したナノ・マイクロ流体チップおよび装置開発。

研究テーマ：テーマ題目3

ストレスシグナル研究グループ

(Stress Signal Research Group)

研究グループ長：萩原 義久

(関西センター)

(常勤職員6名、他1名)

(※アンダーラインは主参画グループ)

概要：

ストレスシグナル研究グループでは様々な環境に対して生命が対応する中で表れる変化、すなわちストレスシグナルを研究対象とする。ストレスシグナルは複雑、精緻な生命機能により発するものであり、その機構の根源的理解に基づく工学的研究を展開するためには、分子、細胞、個体レベルの実験を進めるとともに、ストレスシグナルを計測し、さらにはこれを利用する技術を開発する必要がある。当該グループには、ライフサイエンス実験技術及び材料、機器開発技術についての高度な技術蓄積があり、これらの強みを複合的に組み合わせ、ストレスシグナルについての本格研究を展開する。その研究成果により健康な生活の実現に寄与する健康工学研究領域の確立と新たな健康関連産業創出に貢献することを目標とする。この目標に向かい、H27年度は1) ストレスシグナルを指標とした健康状態計測技術の開発として『ストレス客観的評価法の検討』『酸化ストレスマーカーによる疾患早期診断技術の開発』『マラリア感染症に対する新規治療法の開発』『小型魚類疾患モデルの開発』、2) バイオマーカー計測評価バイオチップの開発として『イムノアッセイ用ディスク型微小流体デバイスの実用化研究』『超高速遺伝子検査用微小流体システムの開発』、3) 新規ナノ機能性材料のストレス研究分野への応用として『次世代抗体の開発』『機能性タンパク質フィルムに関する研究』『抗癌剤感受性試験に関する研究』を中心に行った。

研究テーマ：テーマ題目2

 [テーマ題目1]医療機器の高度化とレギュラトリーサイエンス

[研究代表者] 鎮西 清行 (副研究部門長)

[研究担当者] セラノスティックデバイス研究グループ

鎮西 清行 (兼務)、林 和彦、
 三澤 雅樹、新田 尚隆、永田 可彦、
 葭仲 潔、鷺尾 利克

(常勤職員7名、他4名)

人工臓器研究グループ

丸山 修、岩槻 徹、西田 正浩、

小阪 亮、迫田 大輔

(常勤職員5名、他5名)

生体材料研究グループ

伊藤 敦夫、小沼 一雄、岡崎 義光、

廣瀬 志弘、十河 友、王 秀鵬

(常勤職員6名、他2名)

界面・材料研究グループ

田中 睦生、黒澤 茂、澤口 隆博、

村上 悌一、鈴木 祥夫、平田 芳樹

[研究内容]

本課題では医療機器等に関する挑戦的な技術開発と、その品質・有効性・安全性等に関する評価技術の研究開発と標準化・ガイドライン化を同時進行的に行ない、臨床成果 (あるいはそれと同等のインパクトを持つ成果) を得る。この分野での企業橋渡しでは、「臨床成果で注目を集めること」が重要となっており、逆に企業共同研究に結びつけるには臨床成果を得るところまで国予算や自己資金で実施する必要がある。本重点課題は挑戦的なテーマを中心に開発ラグを短縮して圧倒的な早期実用化を可能とする、ベンチからベッド、企業への橋渡しまでの一貫した研究開発に繋げることを目指す。

平成27年度は、以下の成果を得た。

- 1) 収束超音波機器のコア技術としてモジュール型超音波トランスデューサーの試作を進め、最大数十チャンネルの集積が可能なモジュールユニットの基本設計を終え、翌年度に試作を行うこととなった。
- 2) 血液ポンプ内で生じるせん断応力に基づく血栓形成の抑制メカニズムについて、せん断応力に対して血液凝固第V因子が関与することを明らかにした。また、ポンプ性能および血液適合性の最適設計を数値および実験流体力学により実証した。
- 3) 生体機能性材料の設計・合成につき、バイオセンサのセンシング界面構築法、開発した分子プローブを用いた糖やドーパミンの可視化技術、脂質の新規合成法などの成果を得た。また、*in vitro* 過飽和リン酸カルシウム溶液からの一方向配列アパタイト結晶の密充填組織の迅速構築などの成果を得た。

[領域名] 生命工学

[キーワード] 診断治療デバイス、人工臓器、生体機能性材料

[テーマ題目2] 健康状態の可視化

[研究代表者] 大家 利彦 (副研究部門長)

[研究担当者] 生体ナノ計測研究グループ

脇田 慎一 (兼務)、大槻 荘一 (兼務)

田中 芳夫、Biju Vasudevan Pillai、

伊藤 民武、潤脇 雄介

(常勤職員6名、他1名)

バイオマーカー診断研究グループ

片岡 正俊、八代 聖基、山村 昌平

田中 正人

(常勤職員4名、他3名)

界面・材料研究グループ

田中 睦生、黒澤 茂、澤口 隆博、

村上 悌一、鈴木 祥夫、平田 芳樹

(常勤職員6名、他1名)

ストレスシグナル研究グループ

萩原 義久、永井 秀典、山添 泰宗
 七里 元監、出口 友則、赤澤 陽子
 (常勤職員6名、他8名)
 (※アンダーラインは主参画グループ)

〔研究内容〕

国民医療費の削減や健康寿命延伸のために、健康状態や疾患の早期・簡便な評価法が求められているが、アンメットなものが多い。当部門ではライフサイエンス、ナノテク・材料工学の複合技術をもとに新規なバイオマーカーの探索とその計測技術を開発してきたが、今期はその橋渡しに必要なプロトタイプ装置の構築を並行して進めると同時に、上記課題とのシナジーにより、計測機器から診断機器への本格的な展開を加速させる。平成27年度は測定の簡便化と高感度化に向けたプラスチック表面処理の高度化と、プロトタイプ装置に必要なサンプル・試薬の自動操作に向けた制御系の開発を行った。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 健康状態、可視化、バイオマーカー

〔テーマ題目3〕 生活環境における健康増進

〔研究代表者〕 達 吉郎 (研究部門長)

〔研究担当者〕 生活環境制御研究グループ

榎田 洋二、苑田 晃成、小比賀 秀樹、
 垣田 浩孝、堀江 祐範、田部井 陽介
 (常勤職員6名、他4名)
細胞光シグナル研究グループ
 中島 芳浩、安部 博子、平野 研、
 室富 和俊、安永 茉由
 (常勤職員5名、他3名)
 (※アンダーラインは主参画グループ)

〔研究内容〕

健康な生活を営む上で、食品や水、身の周りの物質のリスクと機能性を評価・制御する技術は、製品の高付加価値化はもとより、公共性・社会インフラ的な要求も強い。これまでに、生物学的な評価技術と、化学的な評価・削減技術を開発してきたが、第四期においては、ナノテク技術などの異分野とも融合・統合的に研究を進めるほか、標準化にも取り組み、持続的な事業として橋渡しできる技術開発を進める。平成27年度は、無機イオン等の低減・除去技術の開発、ナノ粒子等の毒性解析、食品中に含まれる機能性成分の評価、生物発光技術を活用した細胞機能の可視化・検出システムの基盤技術開発を行った。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 健康リスク、健康因子、発光測定

⑤【生物プロセス研究部門】

(Bioproduction Research Institute)

(存続期間：2010.4～)

研究部門長：田村 具博
 副研究部門長：扇谷 悟
 副研究部門長：湯本 勳
 首席研究員：深津 武馬
 総括研究主幹：町田 雅之

所在地：北海道センター、つくば中央第6

人 員：58名 (58名)

経 費：718,248千円 (302,605千円)

概 要：

1. ミッション

○微生物による物質生産技術開発：1) 微生物による物質生産技術開発については、新規有用遺伝子資源探索とその利用技術の開発、微生物間相互作用の機構解明やシグナル物質の発見・同定・機能解明を行う。加えて微生物—動物(昆虫等)間共生に関する基礎的知見を得る。2) 微生物の生理的変化をゲノム科学的解析手法により解析し、物質生産に結び付ける手法の開発ならびに3) 物質生産プラットフォーム開発による有用物質生産技術開発を行う。以上を踏まえ生体分子の構造的特徴、他の機能性物質との相互作用等を勘案し、生産物の高機能化を目指す。

○植物による物質生産技術開発：1) 植物による物質生産技術開発では、実用植物における医薬品など有用物質生産技術をさらに展開するために、新育種技術に分類されているような植物ウイルスベクター、エピゲノム技術、ゲノム編集などを実用作物において利用可能とするための基礎・基盤技術の開発を行う。2) 植物工場およびグリーンケミカル研究所を活用した植物による医薬品等の生産に加え、薬用植物等の栽培環境制御による有用物質高効率生産技術の開発を目指す。以上により事業現場のニーズに即した資源植物や商業作物の改良のための技術開発を進める。

2. 研究の概要

- 1) 微生物との共生に特殊化した昆虫細胞の形成に関わる分子機構を解明した。特定の形態形成に関わる遺伝子の胚発生過程における新規発現部位の獲得が重要であることを明らかにした。今後、共生の分子レベルでの仕組み、細菌感染からの防御などへの貢献が期待される。
- 2) 農作物の重要害虫として知られるカメムシ類が、消化管に発達した狭窄部によって、餌とともに取り込まれた雑多な細菌の中から特定の共生細菌だけを選別して共生器官に取り込むことを明らかにした。腸内共生の成立を阻害して害虫の防除を行う新たな方法の開発につながる事が期待される。
- 3) 今回、羊毛やヤクの繊維との混紡製品からは、

羊やヤクの DNA も同時に検出され混入を検知でき、カシミア100 %表示の信ぴょう性を確かめることができる方法を開発した。

- 4) イネにおいて木質生産を制御する遺伝子を、ポプラに導入することで木質を4割増強できた。結果的に木材の強度を約6割向上できた。木質由来バイオエタノールやセルロースナノファイバーの高効率生産、高強度木材の開発に繋がることが期待される。

内部資金：

- ・戦略予算「マイコプラズマのゲノム操作の研究」
- ・戦略予算「北海道由来のバイオリソースを活用したバイオものづくりに関する基盤技術開発」
- ・戦略予算「熱帯産重要資源植物の増産技術開発」

外部資金：

- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (A)「ダイナミックなヒストン複合体形成による植物転写制御メカニズムの解析」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B)「メダカの腸内細菌叢解析：魚類腸内細菌叢の機能解明に向けたモデル研究」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B)「遺伝子情報から探る未知の窒素固定微生物の生態と生物肥料としてのポテンシャル」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B)「持続型アンチ miRNA 創薬の開発と心疾患治療薬への展開」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B)「C型肝炎ウイルス糖ペプチドを用いた中和抗体作製と、新規診断技術への応用」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「電気化学顕微鏡を用いた心筋細胞解析技術の開発」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「次世代シーケンシング技術を利用したアブラムシ社会の分子基盤および進化に関する研究」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 挑戦萌芽研究「カビの増殖をトリガーとした抗カビ活性物質オートリリスシステムの開発」

- ・文部科学省 科学研究費補助金 挑戦萌芽研究「コバネヒョウタンナガカメムシにおける細胞内共生成立機構に関する研究」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究 (研究領域提案型)「鉱物との電子授受にもとづく微生物酢酸生成代謝が生命初期進化に果たした役割を探る」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究 (研究領域提案型)「*Thermus thermophilus* リボソーム変異株の創成と進化」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 挑戦萌芽研究「放線菌における系統分類と生産物質のデータベース化と新規生産株の簡易検出法の開発」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 挑戦萌芽研究「植物発現組換えタンパク質の安定的蓄積に関する研究」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「共生細菌が持つ雄殺し遺伝子の同定とその利用基盤技術の開発」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (A)「昆虫内部共生の成立に関わる共生細菌の遺伝的基盤」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (S)「昆虫一大腸菌人工共生系による共生進化および分子機構の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B)「新規マーカーによる NASH 予防・診断・治療のための食品・薬剤探索システムの構築」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (A)「多段シントロフィーによるアミノ酸・分枝鎖脂肪酸分解微生物群の動態解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 国際共同研究加速基金 (国際共同研究強化)「全ゲノム操作が拓く難培養細菌の遺伝子工学」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究 (研究領域提案型)「ホソヘリカメムシ *Burkholderia* 共生系における共生成立機構の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B)「大腸菌リボソームの可塑性と表現型進化の機構解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (A)「陸域

- 地下圏の未知アーキア系統群：環境ゲノム情報と培養技術で切り拓くその新生物機能」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (A) 「アカトンボの体色と色覚の進化」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (A) 「クローン細胞集団における一細胞レベルの不均一性の包括的理解とその応用技術の創成」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「メタン湧水帯に棲息する進化系統学的に極めてユニークな培養困難細菌のメタゲノム解析」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦萌芽研究「氷の再結晶化を阻害する不凍タンパク質機能の定量的解明」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「糸状菌におけるリボソームペプチド合成経路の合理的探索」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「スベリン合成制御因子を利用したカスパー線機能強化植物の作出」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「メタゲノム由来高機能β-グルコシダーゼの解析と応用」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「ナノクラスター化による天然物由来高活性新規抗菌剤の開発研究」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦萌芽研究「海棲発光動物の発光における分子機構の解明」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦萌芽研究「膵癌における新たな細胞内分子ターゲットによる生物学的診断・治療法の開発」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦萌芽研究「水二酸化炭素によるバイオマス新規糖化法の開発」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦萌芽研究「シントロフィーを促進するサポーター微生物の存在とその新規微生物間相互作用の解明」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦萌芽研究「ゲノム分子進化を用いた弱毒ウイルス作出法の開発」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦萌芽研究「暗所に生きる細菌に体内時計は必要か？」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦萌芽研究「遺伝子水平伝播に同調する新規プログラム細胞死の解明」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦萌芽研究「シオカラトンボのUV反射Waxの解明」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦萌芽研究「一年生植物シロイヌナズナを多年生にする」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦萌芽研究「リボソーム RNA の抗生物質耐性変異の網羅的解析」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (A) 「生物界の暗黒物質「未知アーキア」の解明—分離培養で開拓する多様な新生物機能—」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (A) 「三次元多様性を分子設計上の鍵概念とする論理的創薬方法論の確立」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「Tup1-Cyc8 コリプレッサー複合体の構造機能解析」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費「共生系の季節適応：昆虫—微生物における共進化機構の解明」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費「適応放散における進化—生態フィードバックの寄与：微生物モデル系による実験的解析」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費「同一ゲノムから生じる2種類の生物社会の進化機構」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費「クワガタムシ・コガネムシ類における昆虫—菌類の共生関係の解明と保全生物学的応用」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）「冥王代類似環境微生物」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費「酵母でのリシノール酸の生産に関する研究」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「新規ハイブリッド型ポリケタイド合成酵素 Steely の産物多様性創出機構の解明」

- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦萌芽研究「ケータイ電話を使った生物調査を成功させるには？トンボウォッチ！」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究「冥王代生命学の創成」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (A)「担持型酸化触媒による臭素系難燃剤の分解に及ぼす腐植物質の影響」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B)「植物における転写因子複合体を形成する因子の網羅的な解析」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B)「非天然分岐型糖鎖含有デタージェントライブラリの構築と膜蛋白質の可溶性」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B)「花卉におけるクロロフィル代謝制御機構の解明」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究 (研究領域提案型) 国際共同研究加速基金 (国際活動支援班)「冥王代生命学の国際研究ネットワーク展開」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「青年期アスペルガー症候群の社会的認知と社会不適応状況のテキストマイニング分析」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「遺伝子組換えと同等の形質を植物に付与する化合物開発システムの構築」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「高効率・高感度な薬物代謝マルチアクセスシステムの開発」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究「細胞外シグナルと細胞内調節の相互作用による器官形成ロジックの多面的理解」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究「植物発生ロジックの多面的開拓」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B)「トランスクリプトームとエネルギー代謝から紐解くマンガローブの生態ニッチ決定機構」
 - ・ 経済産業省 エネルギー対策特別会計「平成27年度エネルギー使用合理化技術開発等 (密閉型植物工場を活用した遺伝子組換え植物ものづくり実証研究開発)」
 - ・ 国立研究開発法人日本医療研究開発機構 医療研究開発推進事業費補助金「HBV 逆転写酵素の立体構造情報取得を目指す研究」
 - ・ 農林水産省農林水産技術会議事務局 農林水産業・食品産業科学技術推進事業「未利用資源である磯焼けウニの食品としての健康機能解明と蓄養技術開発による商品化」
 - ・ 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「バイオマスエネルギー技術研究開発／バイオ燃料製造の有用要素技術開発事業／有用微生物を用いた発酵生産技術の研究開発」
 - ・ 独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業「ゼロから創製する新しい木質の開発」
 - ・ 独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業「水生植物根圏微生物の培養技術開発と根圏微生物ライブラリーの構築」
 - ・ 独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業「アポミクシス関連候補因子の検証とイネへの展開」
 - ・ 独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業「イネにおける技術検証；実用作物での検証・最適化」
 - ・ 独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業「水生植物根圏微生物の培養技術開発と根圏微生物ライブラリーの構築」
 - ・ 北海道科学技術総合振興センター「高機能な北方系植物素材の機能性評価に関する研究」
- 発 表：誌上発表117件、口頭発表297件、その他30件

- 植物分子工学研究グループ**
(Plant Molecular Technology Research Group)
研究グループ長：松村 健
(北海道センター)
- 概 要：
植物の遺伝子組換え技術を利用して、有用物質、特に哺乳類の医薬品原材料を主に植物で高発現・高生産可能な技術開発とこれと並行して医薬品原材料生産遺伝子組換え植物を密閉、かつ完全な人工環境下で栽

培・育成から製剤化までの一貫した工程を実施可能な植物工場システムの確立を目標に研究を進めている。

遺伝子組換え植物での創薬という新しい研究開発分野において、アルツハイマーワクチンダイズ、ブタ下痢症ワクチンレタスの研究を進めている。また、キュウリモザイクウイルス (CMV) ベクターの操作系を簡便化したシンプル CMV ベクターの開発に成功した。さらに、これまでの医薬品生産植物工場のノウハウを活用し、生薬植物類の人工環境下での栽培技術開発を行っている。これまでオタネニンジン、ジオウ等の水耕栽培技術開発を行っており、これと並行して薬用植物の組織培養系の開発にも着手、オタネニンジン、キョウカツの再分化系の確立に成功した。

- 研究テーマ：1. 閉鎖型植物生産施設に適した有用物質生産基盤植物の開発研究
2. 植物ウイルスベクターの開発
3. 薬用植物の人工環境植物工場での水耕栽培技術開発

分子生物工学研究グループ

(Molecular and Biological Technology Research Group)

研究グループ長：森田 直樹

(北海道センター)

概要：

当研究グループは、有用タンパク質・有用脂質・有用糖質の新しい生産・利用システムの開発において、従来よりも優れた技術を開発し、最終的に産業応用に貢献することを目標としている。具体的な研究進捗状況は、次の通りである。(1) 生物発光系を活用したレポーターアッセイ系について、波長が異なる2つの分泌型ルシフェラーゼを用いたデュアルルシフェラーゼレポーターアッセイ系の構築に取り組み、シグナル配列を調整するなど、さらなる改良に取り組んだ。

(2) 出芽酵母において、FMDV 2A region を用いたポリシストロニックな発現システムの確立及び同システムを用いた有用脂肪酸生産系の構築に取り組み、導入した脂肪酸合成関連遺伝子が適切に機能していることを確認した。(3) 機能性脂質の代謝工学的生産法の開発において、機能性脂質生産微生物の脂質生産の至適化に取り組んだ。(4) 核内受容体活性化の評価については、種々の食品、特に米について各種品種による核内受容体の活性化の相違を詳細に調べた。

- 研究テーマ：1. 生物発光系を活用したレポーターアッセイ系及び分子イメージング技術の開発
2. 真核微生物を用いた新規タンパク質発現系の開発
3. 機能性脂質の代謝工学的生産法の開発
4. 糖鎖の簡易解析手法の開発及び病態特異的な糖鎖発現制御機構の解析

5. 核内受容体活性化の評価による食品素材の機能性解析

生体分子工学研究グループ

(Biomolecular Engineering Research Group)

研究グループ長：小松 康雄

(北海道センター)

概要：

本研究グループでは、核酸、タンパク質、細胞の活性等を、有機化学ならびに工学的手法によって解析し、さらにそれらの性質を改良することで物質生産の効率化、医薬品開発、物質検出の高感度化を目標とした開発を行っている。

RNA に高い親和性で結合する修飾核酸は、医薬品をはじめ遺伝子解析に利用することが可能である。当グループではこの核酸の相補的な結合の親和性をさらに上げる技術開発を進めている。昨年度までに、DNA および2'-O-methyl RNA (MeRNA) の鎖内をクロスリンク (CL) した2本鎖が、それに隣接する1本鎖部位における RNA とのハイブリを高度に安定化する現象を見出した。H27年度では、まずこのハイブリの安定化効果が標的 DNA に対しても有効であり、CL-MeRNA を有するプローブの方が CL-DNA を有するプローブよりも安定化効果が高いことを明らかにした。また、miRNA の相補鎖に CL-MeRNA を導入した場合、miRNA の活性を強力に抑制することを昨年度までに示していたが、H27年度は CL2本鎖の導入部位が、抑制活性に大きく影響し、CL2本鎖の最適な導入部位を見出した。

酵素や核酸を電極上に固定化して電気化学的検出や化学反応を行う場合、電極上に固定化される酵素や核酸の量が感度や反応収量に大きく影響する。そこで当グループでは生体関連物質の固定化量を上げるために電極の表面積を上げる技術開発を進めている。H27年度において我々は、希薄な塩酸水溶液中において金電極を酸化溶解し、表面にナノポーラス構造を簡便に作製し表面積を増加させる技術を開発した。さらに同電極では、ヒト P450の電極上での効率的駆動と DNA 固定化量を従来の電極よりも上げることを確認した。今後、電気化学による検出と物質生産において、同電極は有効な技術になり得ると考えている。

- 研究テーマ：1. 核酸の安定化と効率的化学修飾技術の開発
2. 電気化学を利用した、生体関連物質の機能解析と検出技術の開発

応用分子微生物学研究グループ

(Applied Molecular Microbiology Research Group)

研究グループ長：田村 具博

(北海道センター)

概要：

本研究グループでは、システム生物学から、物質生産宿主の開発、有用蛋白質の構造機能解析に至るまで、微生物による有用物質生産等の応用利用に向けた包括的な研究開発を行っている。H27年度は、ロドコッカス属細菌を物質生産のための優れた微生物宿主として、ゲノムレベルで改変することを目指した。微生物としては非常に複雑な遺伝子構成のロドコッカス属細菌3株のゲノムを完全解析し、株ごとの個性の基と考えられる株特異的遺伝子とその配置を正確に把握することを行った。またゲノムを改変（任意の範囲の大規模削除）する簡易な手法についても確立する事ができ、株ごとの個性（遺伝子）を取捨選択して宿主改変する基盤情報と技術を整えた。また、有用物質生産の鍵となるタンパク質（水酸化酵素や炭酸脱水素酵素）や、創薬ターゲットとして重要なタンパク質（逆転写酵素）の立体構造解析、および各種変異体の構築と解析を行った。

ゲノム情報の効率的な産業利用を目指した研究開発については、特別研究チーム（生物システム工学特別研究チーム）を編成し、迅速・大規模に生産されるゲノム情報を迅速かつ効果的に物質生産や環境低負荷などに資することを目的として、大規模ゲノム情報の産業利用に必要なシステムの開発を進めている。具体的には、二次代謝・脂質などの代謝化合物や抗体などのタンパク質の高生産系の迅速な構築を標的として、変異株の取得やオミックス解析と情報解析の効率的な連携を実現するためのプラットフォームの要素技術を開発した。また、産業的に重要な物質生産系の開発と改良に関する評価と実証を進めている。

- 研究テーマ：1. ロドコッカス属放線菌を宿主とした物質生産技術の開発
2. 蛋白質の立体構造情報の取得とその利用
3. 有用なゲノム・遺伝子資源の探索と利用技術の開発
4. システム生物学を利用した生物機能解析・利用技術の開発

環境生物機能開発研究グループ

(Environmental Biofunction Research Group)

研究グループ長：田村 具博

(北海道センター)

概要：

微生物が主な機能を担う環境や「場」における微生物叢の形成原理と機能解析、有用微生物の分離、微生物間相互作用、微生物の物質循環への寄与等の解明を通じて、環境保全・環境改善・産業利用に微生物を活用することを目指した研究を行う。また、特殊環境下でも生育する個性の強い微生物群（極限環境微生物）

についてその生態および生命維持の仕組みを解明することによって、通常とは別の角度から生物の代謝の仕組みや環境中の有害物質から防御する仕組みを明らかにすることを目標に研究を行う。

本年は特に、極限環境である南極から分離した低温性酵母を利用して、畜産業において問題となっているパーラー排水（乳脂肪分を多く含む搾乳作業時の排水）の効率的浄化を目標に研究を進め、南極産低温性酵母はパーラー排水中の窒素濃度が上昇するにつれて脂肪分解酵素の分泌量が多くなることを明らかにした。また、農業において害虫カメムシ類が問題となっているが、我々はこれら害虫の共生微生物に着目し、それら害虫カメムシ類が共通で持つ、消化管内に発達した腸内共生細菌を特異的に選別する仕組みを新たに発見した。加えて、水産業において注目されつつある魚類の腸内微生物叢について解析を行い、いくつかの養殖魚類についてその常在微生物叢を明らかにした。当グループではまた、微生物と導電性金属や活性炭との相互作用について解析を進め、微生物-固体間電子移動にもとづく新規微生物代謝として金属鉄腐食性の酢酸生成微生物を新たに発見するとともに、活性炭などの安価な導電性粒子の添加により廃水処理時のメタン生成効率が上昇することを見出した。

- 研究テーマ：1. 機能性微生物の探索と環境適応機能解明に関する研究
2. 微生物を応用した新規物質変換法および環境浄化法の開発
3. 微生物と有害物質との関係、微生物と宿主および微生物間相互作用についての機構解明

生物材料工学研究グループ

(Bio-material Engineering Research Group)

研究グループ長：佐々木 正秀

(北海道センター)

概要：

本研究グループは機能性物質の新規合成法開発として、糖鎖部分の構造均一化や作用部分であるペプチド部の位置選択的かつ効率的な調製法について検討するとともに、生物材料の化学原料化、さらには生体分子等の位置選択的固定化技術に関しての研究を進めている。

機能性物質の新規合成法開発では、糖加水分解酵素や糖転移酵素の反応におけるマイクロ波効果を研究し、マイクロ波効果のみが利用できる装置の開発の一端を担った。そして、生物製剤である糖タンパク糖鎖部分の構造均一化法の研究を展開し、糖ペプチド合成技術を生かして、B型肝炎ウイルスやC型肝炎ウイルスの新薬や診断薬候補化合物の開発研究を進めた。さらに、多糖類をマイクロ波利用して分解することで、新規な

単糖ユニットを得ることに成功した。

生物材料の化学原料化は木質系バイオマスの水熱反応最適化を行い、過度の分解を抑制し、かつ高い抽出率をえるためには、酢酸共存下反応温度260℃、保持時間60min.の条件が適切であることを見出した。上記反応条件では、木質系バイオマスのほぼ全量の可溶化が可能で、さらに得られた生成物はオリゴ糖成分が主成分で、単糖の分解物は観測されなかった。以上の結果より、水熱反応の条件最適化が終了した。

抗カビ活性物質の固定化技術に関しては、ガラス基板表面および粒子形態のシリカゲルを対象とし、シランカップリング剤によるコーティング、さらにはダンシル基の固定化を行い、蛍光顕微鏡により固定化を確認した。

- 研究テーマ：1. 機能性物質の新規合成法開発
2. 生物材料の化学原料化
3. 抗カビ活性物質の固定化技術

生物共生進化機構研究グループ

(Symbiotic Evolution and Biological Functions Research Group)

研究グループ長：深津 武馬

(つくば中央第6)

概要：

非常に多くの生物が、恒常的もしくは半恒常的に他の生物（ほとんどの場合は微生物）を体内にすまわせている。このような現象を「内部共生」といい、これ以上ない空間的な近接性で成立する共生関係のため、極めて高度な相互作用や依存関係が見られる。このような関係からは、しばしば新規な生物機能が創出される。共生微生物と宿主生物がほとんど一体化して、あたかも1つの生物のような複合体を構築することも少なくない。

我々は昆虫類におけるさまざまな内部共生現象を主要なターゲットに設定し、さらには関連した寄生、生殖操作、形態操作、社会性などの高度な生物間相互作用を伴う興味深い生物現象について、進化多様性から生態的相互作用、生理機能から分子機構にまで至る研究を多角的なアプローチから進めている。

我々の基本的なスタンスは、高度な生物間相互作用を伴うおもしろい独自の生物現象について、分子レベルから生態レベル、進化レベルまで徹底的に解明し、理解しようというものである。

- 研究テーマ：1. 昆虫－微生物間共生関係の多様性の解明
2. 共生微生物が宿主に賦与する新規生物機能の解明
3. 共生関係の基盤となる生理、分子機構の解明

生物資源情報基盤研究グループ

(Microbial and Genetic Resources Research Group)

研究グループ長：木村 信忠

(つくば中央第6)

概要：

本研究グループでは、未知・未培養・未利用の生物資源を探索する技術を開発し、これらの生物遺伝子資源を活用した物質生産技術・環境制御技術等の開発を行うと共に、微生物・遺伝子資源情報の外部提供を目的とした技術開発を行っている。

具体的には(1) 未知・未培養微生物ならびに未利用生物資源の探索・同定・分類ならびにライブラリー化を進め、これらの微生物資源の有効活用を目指した。その結果、これまで未知であった各種細菌・古細菌の分離に成功した。(2) 様々な自然・人工環境から分離された新規微生物群の機能解明・ゲノム解析・機能利用・微生物間相互作用の解明を行った。特に、ブタノールに対して高い耐性を示す微生物の耐性能力の獲得機構に関する解析を進めた。また、芳香族化合物を分解する微生物や嫌気性バイオリクターに生息する微生物など、有用微生物群の機能やゲノム構造について解析を行った。(3) 微生物を分離培養することなく直接環境 DNA・RNA を利用するメタゲノム・メタトランスクリプトーム解析により酵素群の探索を行った。本年は、糖化に関わる新規酵素をメタゲノムライブラリーから発見した。また、特徴的な風土から得られた希少環境サンプルからメタゲノムライブラリーを構築する技術開発を開始した。(4) 環境制御・浄化に資する微生物の生態学的解析・利用技術の開発を行い、揮発性有機化合物の浄化現場に適用する生態影響に関する評価手法を開発した。また、嫌気性バイオリクター内のメタゲノム解析による汚泥を構成する微生物群の生態学的・生理学的性質に関する機能解明を進めた。

- 研究テーマ：1. 未知・未培養微生物ならびに未利用生物資源の探索・同定・分類ならびにライブラリー化
2. 新規(微)生物群の機能解明・ゲノム解析・機能利用・微生物間相互作用の解明
3. 環境ゲノム解析技術：メタゲノム・メタトランスクリプトーム解析技術の開発と利用
4. 環境制御・浄化に資する微生物の生態学的解析・利用技術の開発

合成生物工学研究グループ

(Synthetic Bioengineering Research Group)

研究グループ長：宮崎 健太郎

(つくば中央第6)

概要：

当研究グループでは、微生物機能を産業利用するための各種基盤技術開発を行う。具体的には、合成生物学的手法による宿主デザイン、環境ゲノムや微生物ゲノムからの有用遺伝子の探索、進化分子工学による生体分子の機能改変、酵母を用いた機能性脂質の生物生産高効率化の研究を行う。

合成生物学的手法による宿主デザインでは、大腸菌をプラットフォームとして、リボソーム30Sサブユニットに含まれる16S rRNAの変異により、高温適応変異体の獲得を行った。有用遺伝子の探索では、超好熱アーキア *Sulfolobus tokodaii* のゲノム情報中からは見いだされないが生命には必要だと推定される蛋白質・酵素を活性を指標に探索し、全く新規な酵素活性を有する酵素の単離に成功した。進化分子工学による蛋白質の機能改変では、芳香族化合物に特異的に応答する転写因子を用いた遺伝子スイッチの発現効率の向上に成功した。また、超好熱アーキア由来の糖ヌクレオチド合成活性が野生型に比して数倍高い変異体の構築に成功した。

酵母による脂質生産では、遺伝子改変により脂質含量を増加させた出芽酵母株において、アセチル基転移酵素が低下して、糖新生の律速酵素のアセチル化が低下することが、脂質蓄積に重要であることを見出した。また、高度不飽和脂肪酸生産系で律速段階とされている $\Delta 6$ 不飽和化の生産性向上を検討し、0.2 g/l ヒスチジンと40g/l-Tergitol NP40と0.8%エタノールを、原料 α リノレン酸1.5g/lと同時に添加した場合に、9日間で0.45g/lのステアリドン酸を生産することを見出した。さらに、オレイン酸の12位にOH基を持ち、石油化学製品の代替材料として注目されているリシノール酸の分裂酵母での分泌生産において、ptl2 (TGリパーゼ)の強発現が、昨年度報告したplg7とは独立にリシノール酸の毒性を軽減し、遊離リシノール酸を分泌する活性を有することを見出した。

植物機能制御研究グループ

(Plant Gene Regulation Research Group)

研究グループ長：湯本 勲

(つくば中央第6)

概要：

産業、環境、健康などの様々な面での植物利用の高度化、拡大のために、植物が本来持っている様々な機能を制御するメカニズムの解明と植物機能を有効に利用するための制御技術の開発を目指して研究を進めている。具体的には、①各種植物機能を制御する転写因子の同定と機能解明では、ジャスモン酸が関与する老化制御に関連する因子の新規生理機能や花成制御に関わる因子の新規機能などを明らかにした。②熱帯産重要資源植物の増産技術開発では、パラゴムノキのジャスモン酸応答や形成層制御に関与する候補因子を複数

同定し、解析を進めた。また、形質転換効率の向上を進めた。③新規な木質を形成する植物の開発では、木質の各構成成分を独立して制御する技術を開発し、セルロースに富んだ木質を有する植物を開発したほか、木質を大幅に増強したポプラを開発するなどした。

- 研究テーマ：1. 各種植物機能を制御する転写因子の同定と機能解明
2. 熱帯産重要資源植物の増産技術開発
3. 新規な木質を形成する植物の開発
4. 環境変動適応型スーパー植物の開発
5. 新規な木質を形成する植物の開発

バイオデザイン研究グループ

(Bio-Design Research Group)

研究グループ長：矢追 克郎

(つくば中央第6)

概要：

本研究グループでは、ゲノム情報、遺伝子発現情報、生体分子の構造・機能相関等の解析技術を基盤として、生物プロセスによる有用物質生産基盤技術の開発を行っている。具体的には(1)植物由来多糖類からオリゴ糖や単糖を生産することができる糖質関連酵素をメタゲノムやモデル真核微生物から単離し、その機能解析を行った(2)バイオマスからの高効率なエタノール生産を目指し、次世代シーケンサーを活用した解析手法等で見出した有用要素技術を組み合わせることで、アルカリ処理バガスを用いた同時糖化並行複発酵に資するエタノール生産酵母株の開発を進めた(3)真菌の比較ゲノム解析、遺伝子発現解析により、麹菌の脂質生産、二次代謝生産におよび *Pseudozyma* の二次代謝生産、酵素分泌生産に関わる要因の解析を進めた(4)産業廃水の処理や環境汚染物質の分解を担う微生物および微生物群集のゲノム・メタゲノム解析を行い、有害化合物を分解する経路や寄与している微生物・遺伝子の解析を行った。

⑥【創薬分子プロファイリング研究センター】

(Molecular Profiling Research Center for Drug Discovery)

(存続期間：2013.4.1～)

研究センター長：夏目 徹

副研究センター長：堀本 勝久

副研究センター長：久保 泰

所在地：臨海副都心センター

人員：14名 (14名)

経費：306,887千円 (359,733千円)

概要：

現在、世界的に製薬業界は収益性が激減し、開発研究費は増加の一途をたどり、10年後には製薬が産業として成り立たないという悲観的な予測が広がっている。この問題の真因は、開発が長期化し且つ成功率が低いからであるとともに、日本においては国民皆保険制度を維持するための薬価伸び悩みが挙げられる。そのためには産官学が一体となってこの問題に取り組まなければならない。

新薬開発上のボトルネックは、ヒット化合物をリード化するうえでの、化合物プロファイリング※の非効率性・曖昧性である。またドロップ薬を合理的にレスキューするドラッグリポジショニングの技術の未成熟さである。これらの問題が解決されれば、新薬開発の成功率は大幅にアップし、且つ開発期間も劇的に短縮し、その結果開発費の削減効果のみならず、上市前倒しによる収益性の向上が見込まれる。しかし、これらに各企業が単独で取り組むことは出来ず、またアカデミアにおいて、この問題に特化して取り組んでいる研究機関はない。

そこで本研究センターでは、産総研内に構築された世界屈指の研究リソース計測・解析技術やデータベース構築技術を発展させるとともに、近年急速に進歩した人工知能技術も融合し、これらを活用し化合物プロファイリングとリポジショニングを体系的且つ合理化する技術開発に取り組む。さらに開発された技術をプラットフォーム化し、産業界に広く提供し、創薬開発プロセスの効率化・高度化を実証し、生命科学における新パラダイム創出を目指すことを本研究センターのミッションとする。

※化合物の作用・副作用について、標的、ネットワーク上での位置づけ、原子論的な作用機構などを知り尽くすこと。

重要研究課題としては、下記項目を掲げている。

- (1) *in vitro* proteome を活用した定量プロテオミクスの高度化、およびタンパク質アレイによる創薬支援
- (2) タンパク質アレイによる創薬支援
- (3) 計測と理論計算の融合による分子設計
- (4) 分子シミュレーションによる創薬支援

内部資金：

戦略予算「革新的創薬推進エンジン開発プログラム (LEAD)」

外部資金：

国立研究開発法人日本医療研究開発機構「がん関連遺伝子産物の転写後発現調節を標的とした治療法の開発」
(がん抑制遺伝子の翻訳抑制機構を標的とした核酸医薬の開発)

国立研究開発法人日本医療研究開発機構「再生医療のための細胞システム制御遺伝子発現リソースの構築」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構「生体防御系を利用した疾患診断の基盤技術開発」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構「分子モデリングに基づく高度創薬支援」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構「自己抗体マーカー探索システムの開発」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構「肝毒性予測のためのインフォマティクスシステム構築に関する研究」

日本学術振興会 科学研究費補助金「ポストゲノム解析による感染体-宿主ネットワーク」

日本学術振興会 科学研究費補助金「中心体・一次シリアと細胞周期」

日本学術振興会 科学研究費補助金「ウイルス感染現象における宿主細胞コンピテンシーの分子基盤」

日本学術振興会 科学研究費補助金「シリア・中心体系による生体情報フローの制御」

日本学術振興会 科学研究費補助金「ヒト由来膜タンパク質の NMR 構造解析に向けた基盤研究」

日本学術振興会 科学研究費補助金「レドックス・プロファイリングによる細胞内レドックス維持機構の定量解析手法の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金「TRP チャネルをターゲットとする天然物リガンドのマルチモーダル活性化機構」

日本学術振興会 科学研究費補助金「エピジェネティックな遺伝子調節タンパク質に基づく発達障害疾患の創薬基盤の構築」

国立研究開発法人科学技術振興機構「汎特異的相互作用を基盤とする多剤耐性機構の動的立体構造解析」

国立研究開発法人科学技術振興機構「情報統合基盤サイト MEDALS における統合機能の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金「ネオグライコバイオロジクスの創製とリソソーム病治療薬開発への応用」

日本学術振興会 科学研究費補助金「ナノチューブ内マイクロ環境を利用した分子進化工学の高度化に関する研究」

日本学術振興会 科学研究費補助金「バイオロジーにおける3D 活性サイト科学」

国立研究開発法人科学技術振興機構「大規模ライブラリーの高速スクリーニングによる新規ペプチド抗がん剤の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金「天然物を模したペプチドの大規模ライブラリーからのリガンド探索法の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金「ヒトプロテオミクスに資する抗体様低分子リガンド群の網羅的創製」

日本学術振興会 科学研究費補助金「リボソームによるリン-窒素間の結合形成」

日本学術振興会 科学研究費補助金「遷移状態を制御する機能性人工生体分子の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金「肝炎ウイルス治療後の肝発癌機序とバイオマーカーの同定に関する研究」

日本学術振興会 科学研究費補助金「遷移状態を制御する機能性人工生体分子の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金「蛋白質立体構造解析と分子動力学に基づく EGFR 分子標的薬の効果予測と創薬」

発表：誌上発表51件、口頭発表55件、その他4件

機能プロテオミクスチーム

(Functional Proteomics Team)

研究チーム長：五島 直樹

(臨海副都心センター)

概要：

創薬を支援するために定量プロテオミクスの技術基盤開発を行っている。細胞の構成タンパク質を定量的に計測することにより、細胞の状態、パスウェイの変化をプロファイリングすることが出来る。超々高感度な質量分析システムを構築し、化合物のターゲットおよびオフターゲットの決定、薬理薬効メカニズム解明に利用する。

また、質量分析による網羅的絶対定量を実現するために、プロテオームワイドな内標準タンパク質の合成

システム (in vitro proteome) を構築している。

in vitro proteome は、プロテインアレイとしても活用されており、血清中の自己抗体プロファイリングによって疾患の診断やバイオマーカー探索にも応用されている。また、プロテインアレイを用いた低分子・タンパク質結合プロファイリングにより、創薬候補化合物のターゲット探索技術開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目1

数理システム解析チーム

(Computational Systems Biology Team)

研究チーム長：堀本 勝久

(臨海副都心センター)

概要：

創薬支援、副作用予測等に実応用可能な数理解析技術を開発している。特に、近年開発した独自技術は、時間や環境に応じて変化する動的ネットワーク構造評価技術を改良し、具体的な要因候補分子の絞り込むための技術(ネットワーク・スクリーニング)と多層オミクスデータを利用した表現型データから分子機能を同定する技術である。

さらに、独自開発数理解析技術を体系的に融合し、オミクスデータから検証可能な要因候補分子選定のための分子群絞り込みシステムやドラッグリポジショニングのための薬剤候補推定システムを構築している。

研究テーマ：テーマ題目3

システム数理統合チーム

(Integrative Systems Biology Team)

研究チーム長：福井 一彦

(臨海副都心センター)

概要：

パブリックやプライベート・クラウドコンピューティングなどの IT 技術を利用し、実験データ、データベース、ソフトウェア、解析ツールを選択・組み合わせ可能とする環境の整備を行い、利用目的に合った情報解析システムを開発している。

また本センターにおける様々なデータの収集・集約を行い、データの一元管理による品質維持を実施することで、効率的な解析や研究上の意思決定に活用可能となる知的インテグレーション・システムの構築を目指している。

研究テーマ：テーマ題目2

分子相互作用解析チーム

(Molecular-Recognition Structure Analysis Team)

研究チーム長：福西 快文

(臨海副都心センター)

概要：

主に溶液 NMR 実験装置を用い、独自のタンパク質

発現技術、測定技術を駆使することで、タンパク質-タンパク質間、タンパク質-薬剤間相互作用の立体構造的解析を行っている。また、電子顕微鏡も稼働させ、ウイルス粒子など通常の観察対象に加え、薬物結合を観察する手法も開発している。

さらに、当チームで開発された手法を用いて、NMRの実験結果を満たすように3次元的な構造モデル構築を行うことも可能であり、本手法は市販グラフィックソフトにも採用され視覚的に、薬物の作用様式を高い精度で解明することができる。また、これらの技術のユーザーに向けた技術指導も行っている。

研究テーマ：テーマ題目3

分子シミュレーションチーム

(Molecular Simulation Team)

研究チーム長：広川 貴次

(臨海副都心センター)

概要：

分子シミュレーションを活用した創薬標的タンパク質分子モデリング法、タンパク質立体構造に基づくリガンド結合予測やケモインフォマティクス技術を融合したバーチャルスクリーニング法の技術開発を行う。

また分子進化学と有機合成化学を用いて、創薬およびプロテオミクス研究に資する新規人工ペプチドツールの創製システムを構築し、細胞内タンパク質蛍光ラベリング用の人工ペプチドタグや、疾患関連生体分子を標的とする中分子バイオ医薬品の創製を目指す。

産学官および実験系研究グループとの連携を意識した、タンパク質立体構造に関する理論的基礎研究およびインシリコ創薬、中分子創薬等への応用研究を実施する。

研究テーマ：テーマ題目4

[テーマ題目1] in vitro proteome を活用した定量プロテオミクスの高度化、およびタンパク質アレイによる創薬支援

[研究代表者] 五島 直樹 (機能プロテオミクスチーム)

[研究担当者] 五島 直樹、福田 枝里子、

鍵和田 晴美、(常勤職員3名、他34名)

[研究内容]

研究目的：

in vitro proteome を活用した定量プロテオミクスの高度化およびタンパク質アレイの実証研究への応用

研究内容：

創薬を支援するために定量プロテオミクスの技術基盤開発を行う。細胞内タンパク質を定量化し、超々高感度な質量分析システムを構築し、化合物のターゲット決定と、薬理薬効メカニズム解明に役立っている。

また、質量分析による網羅的絶対定量を実現するために、プロテオームワイドな内標準タンパク質の合成シス

テム (in vitro proteome) を構築している。

in vitro proteome は、プロテインアレイとしても活用されており、血清中の自己抗体プロファイリングによって疾患の診断やバイオマーカー探索にも応用されている。また、プロテインアレイを用いた低分子-タンパク質結合プロファイリングにより、創薬候補化合物のターゲット探索の技術開発を行っている。

平成27年度進捗状況は以下の通り。

(A) in vitro proteomeを活用した定量プロテオミクスの高度化

創薬分子プロファイリング技術開発において定量プロテオミクスや一般的なバイオ実験ベンチワークの高度化を目指して、実験手法を汎用ヒト型ロボットにより実施しヒトよりも高い精度と再現性でサンプル調製が行えるプラットフォームの構築を行ってきた。このシステムを運用し製薬企業との実証研究を実施し、化合物の薬理薬効メカニズムを解明するとともに、化合物の分子標的を決定し、メカニズム解明のための検証研究を開始した。定量プロテオミクスを行うためには、網羅的なヒトタンパク質の標準タンパク質および同位体ラベル標準タンパク質が必要となる。我々は、不溶化タグ (特許出願中) というユニークなタグを開発し、ヒト cDNA リソースと融合させることによって標準タンパク質の画一的なハンドリングを可能にした。本技術は2企業との資金提供型共同研究でも活用されている。

(B) 血清中の自己抗体プロファイリングによって疾患の診断やバイオマーカー探索

2万タンパク質を未変性状態で基板上にアレイ化したプロテインアレイの技術開発を行っている。企業との資金提供型共同研究によって、膠原病や自己免疫疾患に対する多項目診断をプロテインアレイで実施することを目指し、プロテインアレイの作製、アレイ上での自己抗体検出の高感度化、画像解析に関する研究開発を行っている。6拠点以上の病院機関、大学医学部との連携も構築し、医療現場のニーズも取り入れた自己抗体プロファイリングによって疾患の診断やバイオマーカー探索を実施している。

(C) プロテインアレイを用いた低分子-タンパク質結合プロファイリング

in vitro proteome である2万種類のタンパク質を未変性状態で基板上にアレイ化したプロテインアレイの開発を行っている。2企業との資金提供型共同研究によって、プロテインアレイ上のタンパク質と低分子化合物の相互作用を、低分子用質量分析計で測定する技術開発を行った。また、低分子化合物を SPR のセンサーチップに固定し、in vitro proteome である2万種類のタンパク質を順次流して、低分子-タンパク質の相互作用をプロファイリングする技術開発を行った。

論文

1) Ken Katono; Yuichi Sato, Ph.D; Shi-Xu Jiang,

- Makoto Kobayashi, Ryo Nagashio, Shinichiro Ryuge, Eriko Fukuda, Naoki Goshima, Yukitoshi Satoh, Makoto Saegusa, Noriyuki Masuda: Prognostic significance of MYH9 expression in resected non-small cell lung cancer. *PLOS ONE* 10(3):e0121460. (2015)
- 2) Hidenobu Okuda, Hiroshi Kiuchi, Tetsuya Takao, Yasushi Miyagawa, Akira Tsujimura, Norio Nonomura, Haruhiko Miyata, Masaru Okabe, Masaito Ikawa, Takashi Shinohara, Kazutaka Kawakami, Naoki Goshima, Morimasa Wada, Hiromitsu Tanaka: A novel transcriptional factor Nkapl is a germ cell-specific suppressor of Notch signaling and is indispensable for spermatogenesis. *PLOS ONE*: DOI:10.1371/journal.pone.0124293, (2015)
- 3) Yuichi Sato, Makoto Kobayashi, Ph.D.; Ryo Nagashio, Ph.D.; Shi-Xu Jiang, M.D.; Keita Saito, B.S.; Benio Tsuchiya, Ph.D.; Shinichiro Ryuge, M.D.; Ken Katono, M.D.; Hiroyasu Nakashima, M.D.; Eriko Fukuda, M.S.; Naoki Goshima, Ph.D.; Yukitoshi Satoh, M.D.; Noriyuki Masuda, M.D.; Makoto Saegusa, M.D.: Calnexin is a novel sero-diagnostic marker for Lung cancer. *Lung Cancer*. 2015 Nov;90(2):342-5. doi: 10.1016/j.lungcan.2015.08.015. Epub 2015 Aug 28. (2015)
- 4) Hennig S, Kong G, Mannen T, Sadowska A, Kobelke S, Blythe A, Knott GJ, Iyer KS, Ho D, Newcombe EA, Hosoki K, Goshima N, Kawaguchi T, Hatters D, Trinkle-Mulcahy L, Hirose T, Bond CS, Fox AH., Prion-like domains in RNA binding proteins are essential for building subnuclear paraspeckles. *J Cell Biol*. 2015 Aug 17;210(4):529-39. doi: 10.1083/jcb.201504117.
- 5) Kunieda K, Tsutsuki H, Ida T, Kishimoto Y, Kasamatsu S, Sawa T, Goshima N, Itakura M, Takahashi M, Akaike T, Ihara H., 8-Nitro-cGMP Enhances SNARE Complex Formation through S-Guanylation of Cys90 in SNAP25. *ACS Chem Neurosci*. 2015 Oct 21;6(10):1715-25. doi: 10.1021/acchemneuro.5b00196. Epub 2015 Aug 11.
- 6) Kengo Yanagita, Ryo Nagashio, Shinichiro Ryuge, Ken Katono, Shi-Xu Jiang, Benio Tsuchiya, Hiroyasu Nakashima, Eriko Fukuda, Naoki Goshima, Makoto Saegusa, Yukitoshi Satoh, Noriyuki Masuda, Yuichi Sato, Serum anti-Gal-3 autoantibody is a predictive marker of the efficacy of platinum-based chemotherapy in against pulmonary adenocarcinoma., *Asian Pacific Journal Cancer Prevention*, (in press) (2015)
- 7) Kobayashi M, Nagashio R, Jiang SX, Saito K, Tsuchiya B, Ryuge S, Katono K, Nakashima H, Fukuda E, Goshima N, Satoh Y, Masuda N, Saegusa M, Sato Y. Calnexin is a novel sero-diagnostic marker for lung cancer. *Lung Cancer*. Nov;90(2):342-5. doi: 10.1016/j.lungcan.2015.08.015. Epub 2015 Aug 28. (2015)

[領域名] 生命工学

[キーワード] 網羅的抗体解析、プロテインアレイ、バイオマーカー、抗原タンパク質、免疫モニタリング、定量プロテオミクス、低分子-タンパク質相互作用、自己抗体

[テーマ題目] タンパク質アレイによる創薬支援

[研究代表者] 福井 一彦 (システム数理統合チーム)

[研究担当者] 福井 一彦、井上 雅世、新木 和孝 (常勤職員3名、他6名)

[研究内容]

研究目的:

Bio-IT 融合を目指し、IT 技術を利用し、実験データ、データベース、ソフトウェア、解析ツールを選択・組み合わせ可能とする環境の整備を行い、利用目的に合った情報数理解析システムを開発している。

また独自開発数理解析技術を体系的に融合し、オミックスデータから検証可能な要因候補分子選定のための分子群絞り込みシステムやドラッグリポジショニングのための薬剤候補推定システムを構築している。

研究内容:

平成27年度進捗状況は以下の通り。

センターにおける様々なデータの収集・集約を行い、データの一元管理による品質維持を実施することで、効率的な解析や研究上の意思決定に活用可能となる知的インテグレーション・システムの構築を実施した。またライフサイエンス関連データの省庁間連携として、情報基盤サイトや MEDALS の更新を行い、そのサイトを公開している。

オミックスデータ解析技術としては、解析基盤の強化を行い、公開データや実データの解析を行い、外部研究機関との連携や共同研究に繋げている。

Parasuraman P, Murugan V, Selvin J F, Gromiha M M, Fukui K, Veluraja K, Theoretical investigation on the glycan-binding specificity of Agroclybe cylindracea

galectin using molecular modeling and molecular dynamics simulation studies., *J Mol Recognit* (2015)

Gromiha M M, Anoosha P, Velmurugan D, Fukui K, Mutational studies to understand the structure-function relationship in multidrug efflux transporters: applications for distinguishing mutants with high specificity., *Int J Biol Macromol*, 75: 218-24 (2015)

Murugan V, Parasuraman P, Selvin J F A, Priyadarzini T R K, Gromiha M M, Fukui K, Veluraja K, Geometry Optimization of Carbohydrate Binding Sites of Influenza: A Quantum Mechanical Approach. *J Carbohyd Chem*, 34: 409-429 (2015)

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 システム生物学、システム薬理学、ネットワーク数理解析、多層オミックス、データベース、タンパク質構造解析、RNA構造解析

〔テーマ題目3〕 計測と理論計算の融合による分子設計

〔研究代表者〕 福西 快文 (3D 分子設計解析チーム)
広川 貴次 (理論分子設計チーム)

〔研究担当者〕 福西 快文、広川 貴次、竹内 恒、三尾 和弘
(常勤職員4名、他16名)

〔研究内容〕

研究目的:

理論計算と NMR 計測の融合による新規創薬基盤技術の開発とその適用による新規リード化合物の発見

研究内容:

タンパク質-薬物相互作用解析は、重要な創薬基盤技術であり、センターで研究する主要課題の1つである。我々は既に、独自の NMR によるタンパク質-化合物相互作用の計測技術を開発中であり、この情報を組み込んだ計算手法を開発している。また、電子顕微鏡も稼働させ、ウイルス粒子など通常の観察対象に加え、薬物結合を観察する手法も開発している。

平成27年度進捗状況は以下の通り。

- ・新たに設計した分子の合成容易性を判定する手法を整備し、公開した。
- ・タンパク質と化合物の相互作用情報は欧州 ChEMBL に収録されており、その数は1万タンパク質、190万化合物の1000万以上の相互作用情報が4万報以上の文献から収録されている。これらの情報を、任意のタンパク質に対してダウンロードして、自動的に構造活性相関モデルを構築する手法を開発した。

・運動性と充足度を同時に評価可能で薬剤の構造最適化に資する新たな NMR 解析技術、禁制コヒーレンス遷移 (FCT) 解析法の開発に成功し、本手法に基づく新たな薬物設計戦略を提案した。また NMR に関連する成果として、リウマチ関連標的タンパク質である TRAF6 と、タンパク質相互作用 (PPI) 阻害化合物との相互作用を、NMR 法と IT の技術融合により解析し、より活性の強い PPI 阻害化合物を得ることに成功した (Moriya et al, *J Med Chem* (2015) 58, 5674-83)。この際、我々が独自に開発した DIRECTION 法およびペプチド・化合物 INPHARMA 法から得られる定量性の高い構造情報を、myPresto による複合体モデル構築時の拘束条件として導入した。この高度な技術融合により正確な複合体モデルの構築に成功したことが、高難度 PPI に対する高活性化合物の取得に結びついた。同様の手法は、今回開発している FCT 技術への展開も可能であり、迅速かつ高質な化合物最適化を可能にすると期待される。

・NMR 計測を進展させる化合物可溶化法、非線形サンプリング法、¹⁵N TROSY 法など複数の解析手法を開発し発表した。

・疼痛制御等に重要な TRPA1 チャンネルに対する新規アゴニストの分子内結合領域を電子顕微鏡解析で明らかにし (*J Am Chem Soc*, 137, 15859, 2015)、報告した。

・創薬等支援基盤技術プラットフォーム事業において、5件の支援研究を実施した。民間企業5社との資金提供型共同研究、2社の技術研修指導を行った。

・創薬インフォマティクス技術者養成コースを4コース開催した。

・高度化研究では、タンパク質立体構造に基づく、ドラッグリポジショニング予測システムの開発において、創薬標的タンパク質の立体構造構築と既知化合物のドッキング評価まで達成した。「京」計算機を用いた創薬研究では、分子動力学計算による高精度相互作用予測を GPCR に拡張し手法の有用性を示した。

Computational Study of Drug Binding Affinity to Influenza A Neuraminidase Using Smooth Reaction Path Generation (SRPG) Method. *J. Chem. Inf. Model.* 2015, 55 (9) 1936-1943.

N. Hung, T. Tien, Y. Fukunishi, J. Higo, H. Nakamura, L. Le.

Bongkreki acid as a selective activator of the peroxisome proliferator-activated receptor γ (PPAR γ) isoform. *J. Toxicol. Sci.* 2015, 40 (2) 223-233. H. Okazaki, S. Takeda, E. Ikeda, Y. Fukunishi, H. Ishii, A. Taniguchi, M. Tokuyasu, T. Himeno, K. Kakizo, K. Matsumoto, M. Shindo, H. Aramaki.

Virtual-system coupled adaptive umbrella sampling to compute free-energy landscape for flexible molecular docking. *J. Comput. Chem.* 2015, 36 (20) 1489-1501.

J. Higo, B. Dasgupta, T. Mashimo, Y. Fukunishi, H. Nakamura.

Suppression of problematic compound oligomerization by cosolubilization of nondetergent sulfobetaines. Mizukoshi Y, Takeuchi K, Arutaki M, Takizawa T, Hanzawa H, Takahashi H, Shimada I. *ChemMedChem*, **10**, 736-741, (2015).

Development of a method for reconstruction of crowded NMR spectra from undersampled time-domain data. Ueda T, Yoshiura C, Matsumoto M, Kofuku Y, Okude J, Kondo K, Shiraishi Y, Takeuchi K, Shimada I. *J Biomol NMR*, **62**, 31-41, (2015).

Increased resolution of aromatic cross peaks using alternate ¹³C labeling and TROSY Milbradt AG, Arthanari H, Takeuchi K, Boeszoermenyi A, Hagn F, Wagner G., *J Biomol NMR*, **62**, 291-301, (2015).

Structure-Based Development of a Protein-Protein Interaction Inhibitor Targeting Tumor Necrosis Factor Receptor-Associated Factor 6. Moriya J, Takeuchi K, Tai K, Arai K, Kobayashi N, Yoneda N, Fukunishi Y, Inoue A, Kihara M, Murakami T, Chiba K, Shimada I. *J Med Chem*, **58**, 5674-5683, (2015).

Nitrogen detected TROSY at high field yields high resolution and sensitivity for protein NMR. Takeuchi K, Arthanari H, *Shimada I, *Wagner G., *J Biomol NMR*, **63**, 323-331, (2015).

The Lipid Kinase PI5P4Kβ Is an Intracellular GTP Sensor for Metabolism and Tumorigenesis. *Sumita K, *Lo TH, *Takeuchi K, Senda M, Kofuji S, Ikeda Y, Terakawa J, Sasaki M, Yoshino H, Majd N, Zheng Y, Kahoud ER, Yokota T, Emerling BM, Asara JM, Ishida T, Locasale JW, Daikoku T, Anastasiou D, Senda T, Sasaki AT. (*equal contribution). *Molecular Cell*, **61**, 187-198, (2016).

Nitrogen-detected TROSY yields comparable sensitivity to proton-detected TROSY for non-deuterated, large proteins under physiological salt conditions. Takeuchi K, Arthanari H, Imai M, Wagner G, Shimada I. *J Biomol NMR*, **64**, 143-151,

(2016).

A Potent and Site-Selective Agonist of TRPA1. Takaya, J., Mio, K., Shiraishi, T., Kurokawa, T., Otsuka, S., Mori, Y., and Uesugi, M., *J. Am. Chem. Soc.* **137**, 15859-15864. (2015)

Observation of tissues in open aqueous solution by atmospheric scanning electron microscopy: applicability to intraoperative cancer diagnosis. Mently N, Okada T, Ebihara T, Sato M, Kurabayashi A, Furihata M, Suga M, Nishiyama H, Mio K, Sato C. *Int J Oncol.* **46**:1872-1882. (2015)

口頭発表：

- ・福西：日本学術会議薬学委員会化学物理系薬学分会シンポジウム
- ・福西、三尾：Pacifichem 2015
- ・福西：CBI学会2015年大会
- ・竹内：The 3rd Asian Regional Conference on Systems Biology 2015 jointly organized with the 5th Symposium on Systems and Synthetic Biology
- ・竹内：よこはま NMR 研究会 第53回ワークショップ「ドラッグデザインのための最新分子間相互作用解析」
- ・竹内：16回 若手 NMR 研究会特別講演
- ・竹内：54回 NMR 討論会
- ・竹内：2015年度 量子ビームサイエンスフェスタ
- ・三尾：14回 学融合ビジュアルライゼーションシンポジウム
- ・イベント：特別企画 「使ってみようバイオデータベースーつながるデータ、広がる世界」
- ・プレス発表：広川、福西：多数の X線結晶構造を活用した IT 創薬のための共同研究
- ・プレス発表：竹内：細胞の代謝とがん化を司る新たな細胞内エネルギーセンサータンパク質：PI5P4Kβ の発見

[領 域 名] 生命工学

[キーワード] システム生物学、システム薬理学、ネットワーク数理解析、多層オミックス、データベース、タンパク質構造解析、RNA 構造解析

[テーマ題目4] 分子シミュレーションによる創薬支援

[研究代表者] 広川 貴次 (分子シミュレーションチーム)

[研究担当者] 広川 貴次、本野 千恵、川上 隆史 (常勤職員3名)

[研究内容]

研究目的:

分子シミュレーション技術による高度なインシリコ創薬技術の開発

内容：

ドッキング計算、タンパク質モデリング、分子動力学計算等の要素技術に基づく、分子シミュレーションを活用した創薬標的タンパク質分子モデリング法、タンパク質立体構造に基づくリガンド結合予測やケモインフォマティクス技術を融合したバーチャルスクリーニング法の技術開発を行う。

平成27年度進捗状況は以下の通り。

- (1) 網羅的な副作用関連タンパク質のモデリング、分子動力学シミュレーションによるリガンド結合部位予測の基盤技術を開発した。これらについては、日本薬学会、メディシナルケミストリーシンポジウムにおいて、講演発表を行った。
- (2) GPCR モデリング法を公開するためのソフトウェア化により成果普及を行った。また化合物認識機構を解明するための新しい分子動力学シミュレーション法のプロトタイプを開発し、キナーゼ等の具体的な事例に対して、適応可能であることを示した。
- (3) 分子モデリングに基づく高度創薬支援研究として、5報の成果を発表し、目標を大きく上回る支援研究を達成した。

Rahman M.M, Hirokawa T, Tsuji D, Tsukimoto J, Hitaoka S, Yoshida T, Chuman H, Itoh K, “NovelpH-dependent regulation of human cytosolic sialidase2 (NEU2) activities by siastatin B and structural prediction of NEU2/siastatin B complex”, *Biochem. Biophys. Rep.*, 2015, **4**, 234-242.

Shimizu K, Nuida K, Arai H, Mitsunari S, Attrapadung N, Hamada M, Tsuda K, Hirokawa T, Sakuma J, Hanaoka G, Asai K., “Privacy-preserving search for chemical compound databases”, *BMC Bioinformatics*, 2015, **16** Suppl 18, S6.

Chiba S, Ikeda K, Ishida T, Gromiha MM, Taguchi YH, Iwadate M, Umeyama H, Hsin KY, Kitano H, Yamamoto K, Sugaya N, Kato K, Okuno T, Chikenji G, Mochizuki M, Yasuo N, Yoshino R, Yanagisawa K, Ban T, Teramoto R, Ramakrishnan C, Thangakani AM, Velmurugan D, Prathipati P, Ito J, Tsuchiya Y, Mizuguchi K, Honma T, Hirokawa T, Akiyama Y, Sekijima M., “Identification of potential inhibitors based on compound proposal contest: Tyrosine-protein kinase Yes as a target”, *Sci. Rep.*, 2015, **5**, 17209.

Tera M, Hirokawa T, Okabe S, Sugahara K, Seimiya H, Shimamoto K., “Design and synthesis of a

berberine dimer: a fluorescent ligand with high affinity towards G-quadruplexes”, *Chemistry*, 2015, **21**, 14519-14528.

Yamano K, Queliconi BB, Koyano F, Saeki Y, Hirokawa T, Tanaka K, Matsuda N., “Site-specific Interaction Mapping of Phosphorylated Ubiquitin to Uncover Parkin Activation”, *J. Biol. Chem.*, 2015, **290**, 25199-25211.

Komiyama T, Hirokawa T, Sato K, Oka A, Kamiguchi H, Nagata E, Sakura H, Otsuka K, Kobayashi H., “Relationship between Human Evolution and Neurally Mediated Syncope Disclosed by the Polymorphic Sites of the Adrenergic Receptor Gene $\alpha 2B$ -AR”, *PLoS One*, 2015, **10**(4), e0120788.

Asamitsu K, Hirokawa T, Hibi Y, Okamoto T., “Molecular dynamics simulation and experimental verification of the interaction between cyclin T1 and HIV-1 Tat proteins”, *PLoS One*, 2015, **10**(3), e0119451.

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 タンパク質-化合物複合体予測、

RNA-RNA 複合体予測、NMR、薬物分子シミュレーション、薬物活性予測

3) 情報・人間工学領域

(Department of Information Technology and Human Factors)

領域長：関口 智嗣

概要：

研究領域長は、情報・人間工学領域における研究の推進に係る業務の統括管理を行うとともに、研究領域間の融合を推進する業務を実施している。

①【情報・人間工学領域研究戦略部】

(Research Promotion Division of Information Technology and Human Factors)

研究戦略部長：伊藤 智

研究企画室長：谷川 民生

所在地：つくば中央第1

人員：14名 (13名)

概要：

研究戦略部長は、各研究分野の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く。）を統括するとともに、研究領域間の融合を推進する業務を実施している。また、領域における技術を社会への橋渡しするための企業連携に取り組む体制として、イノベーションコーディネーターを中心とし、技術に関して深い知識を持ったメンバーが専属で企業連携に関わることで、技術相談による技術的指導に加え、技術コンサルティングによる民間企業連携における技術的指導・助言を実施している。

情報・人間工学領域研究企画室

(Research Planning Office of Information Technology and Human Factors)

概要：

当室は、情報・人間工学領域に置かれ、研究所の業務のうち、当該研究領域における研究の推進に関する業務を実施している。

具体的には、研究戦略の策定と研究計画のとりまとめ、研究戦略予算テーマの立案、領域内公募課題研究テーマの選定・評価、研究ユニットへの交付金予算の配分、分野内・分野間のスペース利用の調整、プロジェクトの企画・立案・総合調整、経済産業省その他関係団体等との調整、研究領域長及び研究戦略部長が行う業務の支援、オープンプラットフォーム推進に係る企画・調整、技術研究組合の窓口業務、見学・視察対応等の業務を行っている。

平成27年度は、通常業務に加え、例として以下の業務を行った。

- 1) 情報・人間工学領域に係る第4期研究戦略の策定
- 2) 人工知能研究におけるセンター設立および当該センターの中核プロジェクトである「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」の研究推進支援

機構図 (2016/3/31現在)

[情報・人間工学領域研究戦略部研究企画室]

研究企画室長 谷川 民生 他

②【情報技術研究部門】

(Information Technology Research Institute)

(存続期間：2005.7.15～)

研究部門長：田中 良夫

副研究部門長：寶木 和夫

錦見 美貴子

首席研究員：後藤 真孝

所在地：つくば中央第1、つくば中央第2、臨海副都心センター、関西センター

人員：44名 (44名)

経費：537,207千円 (324,542千円)

概要：

ビッグデータから意味のある情報を引き出して活用することが産業競争力強化や人々の生活の質の向上の鍵となっている。例えば実世界（フィジカル空間）と計算機の世界（サイバー空間）を密接に連携させ、実世界で得られるデータを分析し、その結果を実世界に還元するサイバーフィジカルシステムは、あらゆる産業や社会システムを飛躍的に高度化する技術として期待されている。サイバーフィジカルシステムによるイノベーション創出のためには、数億、あるいは数兆個にもなると言われている大量のセンサから得られるデータを高速に処理する技術が求められる。また、安全なサイバーフィジカルシステムを実現するセキュリティも必要不可欠である。

情報技術研究部門では、サイバーフィジカルシステムの基盤技術と応用技術の研究として、(1)現在の計算機では現実的に扱うことのできないビッグデータを高速に処理する基盤技術の研究、(2)安心して利用できるサイバーフィジカルシステムを実現するセキュリティの研究、(3)価値ある情報コンテンツの創出と利活用を促進するコンテンツ技術（クリエイティブティ・イネープリング技術）の研究を進めた。

「ビッグデータを高速に処理する基盤技術」については、産総研 STAR 事業 IMPULSE において進めている次世代データセンタの計算機アーキテクチャおよびシステムソフトウェアに関する研究を目的基礎研究として進めた。2030年にはデータセンタ内部で処理されるデータ量は現在の10倍以上に達すると予想され、現状の汎用 PC サーバを多数並べてスケールアウトさせるデータセンタアーキテクチャでは、電力的にも性能的にも限界に達しつつあり、電力効率を10倍以上改善する抜本的なアーキテクチャの開発が必要である。本研究においては、リアルタイムに入ってくるビッグデータを、データフロー的にパイプラインで処理するフローセントリック・コンピューティングを提唱し、研究を進めた。フローセントリック・コンピューティングにおいては、超広帯域の光ネットワークで接続された汎用のサーバ、専用ハードウェアやストレージにより構成されるデータセンタ全体を1つのフローOSで制御し、データの流れを優先した処理を行い、リアルタイム性を保証する。データ処理のワークロードに応じ、さまざまな計算装置を適材適所で組み合わせることにより、高い計算性能と「無駄をなくす」事による省エネの両立を達成する技術である。

「安心して利用できるサイバーフィジカルシステムを実現するセキュリティ」については、サイバーフィジカルシステムや、あらゆるものをネットワークで接続して社会全体の様々なデータを集め、サイバーフィジカルシステムを支える技術でありコンセプトである Internet of Things (IoT) のセキュリティに関する研究を進めた。橋渡し後期研究として IoT システムのレジリエンス向上に資するマイクロ OS の研究、橋渡し前期研究としてサイバーフィジカルソフトウェア工学、目的基礎研究として高機能暗号技術や次世代 IoT アーキテクチャにおけるセキュリティの研究など、ポートフォリオを組んで研究を進めた。その中でも高機能暗号技術の研究においては「暗号化したまま足し算ができる」加法準同型暗号や「暗号化したまま任意の演算ができる」完全準同型暗号などの高度暗号技術を拡張し、暗号化したままデータベースの利用を可能とする最先端理論を確立するなど、世界トップレベルの特筆すべき研究成果を達成した。ビッグデータの利活用が産業競争力強化に直結するなかで、プライバシー保護やパーソナルデータ等機密性の高いデータの利活用のための技術開発は、情報セキュリティ政策会議による「情報セキュリティ研究開発戦略」においても重要分野として位置付けられている。ゲノム情報などの秘匿性の高いデータの利用促進の鍵となる技術として、プライバシーを保護したまま有用なデータを計算するための秘密計算や匿名化技術の開発が求められており、本研究の成果はこのような社会の要請に応えるものである。

「価値ある情報コンテンツの創出と利活用を促進す

るコンテンツ技術」については、生産者と消費者をつなぎ社会の創造性を高めることを目的とし、生産者の知識・経験・技術を補いながら情報コンテンツの創出を容易にして価値創出を支援する技術と、消費者の鑑賞・検索・推薦・ブラウジング等を多様化して情報コンテンツの価値向上を支援する技術の研究開発を進めた。創作と鑑賞の双方の体験を誰もが能動的に楽しめるようにすることで、コンテンツの価値創出・価値向上を可能にする技術を「クリエイティビティ・イネープリング技術」と名付けて実現を目指している。本技術が生み出す能動的な体験は、本人しか味わえないパーソナルな体験で価値が高く、それを中核にした次世代のコンテンツ産業・クリエイティブ産業の創出につながるアウトカムが期待できる。

内部資金：

「パスワードを用いた匿名認証/属性認証技術の国際標準化」

外部資金：

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) / 重要インフラ等におけるサイバーセキュリティの確保 / (b1) 認証制度の設計」

経済産業省 基準認証政策推進費 工業標準化推進事業委託費 「平成27年度工業標準化推進事業委託費 (戦略的国際標準化加速事業 (国際標準共同研究開発・普及基盤構築事業：クラウドセキュリティに資するバイオメトリクス認証のセキュリティ評価基盤整備に必要な国際標準化・普及基盤構築))」

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラム ハイリスク挑戦 (A-STEP) 「テスト技法 FOT の支援ツール開発、技法の拡充、及び実証実験による実用化研究」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (さきがけ) 「大規模ゲノム情報の安全な統合分析を実現する超高機能暗号」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST) 「音楽を中心とした類似度可知情報環境の実現と全体統括」

国立研究開発法人科学技術振興機構 国際科学技術基盤整備事業 「偽造困難なデバイスを用いた IoT セキュリティ管理システム」

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 「国際標準に

基づいた環境モニタリングデータの効果的な可視に関する研究 –データ解析処理とデータ可視化処理の連携の実現–

電気事業連合会

「平成26年度電力スマートメーター・システムのセキュリティガイドライン構築に係る調査研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 若手研究 (B)「Development of Practical and Error-Resilient Encryption and Authentication Mechanisms for Cloud-based Security Systems」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (B)「Linked Open Data 利活用のためのクエリ共有手法に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 若手研究 (B)「クラウドサービスに適した階層型計算委託に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (B)「サイバーエスピオナージを防止するデバイス管理技術」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 研究活動スタート支援「サイバーフィジカルシステムからの情報漏洩の定量的解析」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (C)「ディザスタリカバリを可能にする高速退避型遠隔ライブマイグレーションの研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 研究活動スタート支援 「ビッグデータに向けた匿名生体認証の研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 挑戦的萌芽研究「ビッグデータ処理の形式検証に向けて」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 特別研究員奨励費「ビッグデータ利活用を促す高機能暗号・ゼロ知識証明の自動設計手法に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (B)「安全な協調ロボット制御ソフトウェア開発方法の研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (B)「検索をベースとした大規模ソフトウェアの変更

解析に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (C)「組込みソフトウェアの安全な構築のための C 言語のモデルとその形式検証」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (B)「第三者による安全性検証が容易な暗号技術の包括的設計手法に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 研究活動スタート支援「認知的尺度に基づく動画の検索および発信の支援に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 特別研究員奨励費「非理想的実装をも想定した暗号システムの設計と安全性評価」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (A)「複数主体のバイオメトリクスデータベース管理と評価技術の研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (A)「クラウドコンピューティングミドルウェアのソフトウェアモデル検査手法」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (B)「実行時検証とモデル検査の融合によるネットワークソフトウェアの統合実行監視」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (B)「モダン符号の形式化」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (B)「非線形固有値解法の先端アルゴリズム開発と実アプリケーションへの応用」

独立行政法人情報通信研究機構 平成25年度新世代ネットワークの実現に向けた欧州との連携による共同研究開発「新世代ネットワークの実現に向けた欧州との連携による共同研究開発 Federated Test-beds for Large-scale Infrastructure eXperiments (FELIX)」

発表：誌上発表141件、口頭発表206件、その他9件

メディアインタラクション研究グループ

(Media Interaction Group)

研究グループ長：後藤 真孝

(つくば中央第2)

概要：

メディアインタラクション研究グループでは、さまざまなメディアコンテンツ（音楽、動画、テキスト、ユーザ活動、実世界デバイス等）を対象に、人々の生活の豊かさの向上に資するメディアインタラクション技術を研究開発している。具体的には、コンテンツの創出と利活用を促進し、生産者と消費者をつないで社会の創造性を高めることを目的とし、生産者の知識・経験・技術を補いながらコンテンツの創出を容易にして価値創出を支援する技術と、消費者の鑑賞・検索・推薦・ブラウジング等を多様化してコンテンツの価値向上を支援する技術を開発している。そのためのメディア処理技術やインタラクション技術等を研究開発し、音楽情報処理、歌声情報処理、ヒューマンコンピュータインタラクション、ウェブサービス、信号処理、機械学習、検索・推薦、コンピュータグラフィックス・アニメーション、視覚化・聴覚化、クラウドソーシング、コミュニティ分析・支援、大規模データ処理等に関して、基礎研究から応用研究まで幅広く取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目1

サイバーフィジカルクラウド研究グループ
(Cyber Physical Cloud Research Group)

研究グループ長：高野 了成

(つくば中央第1)

概 要：

人工知能(AI)技術革新による産業の変革や、高齢化社会、災害、テロなどの社会不安に伴う安心安全な社会の要求を受けて、AI・IoT(モノのインターネット)・ロボット技術を活用した超スマート社会の実現が期待される一方で、増大する一途のデータをデータセンタにて処理する際の効率化、高性能化が喫緊の課題となっている。当グループでは、上記の課題の解決を目指し、2030年の情報処理を支える次世代データセンタに関するアーキテクチャおよびシステムソフトウェア、及びサイバーフィジカルシステムを支えるネットワーク資源管理技術に関する研究開発を行っている。

特に次世代データセンタアーキテクチャに関しては、アプリケーション毎に適材適所で GPU(グラフィックプロセッシングユニット)や FPGA(field-programmable gate array)等の処理エンジンやストレージコンポーネントを組み合わせたシステム構成を動的に構築する「フローセントリックコンピューティング」の概念を提案している。そして、この概念を実証するためのオペレーティングシステム及びプログラミングミドルウェアに関する研究開発を橋渡し前期研究として推進している。これらの研究活動を通じて、国内外の研究機関との連携を積極的に進め、ポストムーア時代に向けたシステムソフトウェア研究を先導する研究ハブとなることを目指している。

研究テーマ：テーマ題目2

サイバーフィジカルウェア研究グループ
(Cyber Physical Architecture Research Group)

研究グループ長：大岩 寛

(つくば中央第1)

概 要：

15~20年後、IoT(モノのインターネット)やサイバーフィジカルシステム(CPS)がインフラとして定着する近未来を見据えて、一兆を越えると想定される膨大なセンサによる全世界規模のシステムを安全に連携させ動作させるIoTソフトウェア基盤の構築手法を研究する。

我々の日々の生活が大規模なIoT/CPSに依存することになる近未来、その根底を構成するインターネットには、現在とは桁違いに膨大なセンサを創り出す情報の奔流を把握・制御し、サービスを安全かつ大規模に連携させることが求められる。また、システムの誤動作は人の暮らしや生命の危険に今以上に直結するため、現在より格段に高いシステムの動作の安全性・信頼性が求められる。

当グループは、一兆規模のIoTシステムを実現する、サービス・センサ・ネットワーク運用の統合された新しいアーキテクチャの検討を行うとともに、IoT基盤の安全性を根底から支えるソフトウェアの高信頼化のためのソフトウェア検証などの基盤技術の実用化に注力する。

研究テーマ：テーマ題目3

サイバーフィジカルセキュリティ研究グループ
(Cyber Physical Security Research Group)

研究グループ長：大崎 人土

(つくば中央第1)

概 要：

モノがネットワークするIoT(Internet of Things)社会の安全・安心を支えるための技術開発を目指す。身の回りの安全や安心が、見えないものに脅かされる事例が急増する問題に対して、場当たりの対応ではなく、ものづくりの入口段階から、セキュリティ対策に取組む姿勢(security by design, Safety by Design; SBD)で取り組む。例えば、システム全体の整合性を維持しながら必要なセキュリティやセーフティの機能を設計するために、人手による分析の手間をへらしながら、システムの要件を継続的に更新するためのソフトウェアツールを開発する。また、5年以内に数百億個になるという身の回りのデバイスが、ノイズ等により誤動作や機能喪失に陥ることも避けるため、マイコンやソフトウェアの正常動作を継続させるための技術開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目4

ソフトウェアアナリティクス研究グループ (Software Analytics Research Group)

研究グループ長：森 彰

(関西センター)

概要：

IoT (Internet of Things) やサイバーフィジカルシステムを司る高信頼ソフトウェアを開発するための技術に関する研究を行う。具体的には、高信頼化のための技術として、1) 複雑システムを形式的にモデル化し検証する技術、2) モデルに基づき効率よくテストを設計・実施するモデルベーステストの技術、3) ソースコードを含む開発成果物間の関係を追跡可能にして解析し、開発プロセスを通じてシステムの信頼性を向上させるシステムトレーサビリティの技術、の開発に取り組み、多様な側面からサイバーフィジカルシステムの信頼性を高める研究を行う。また、昨今のセキュリティやプライバシーに関する懸念に対処するために、ネットワーク接続される IoT デバイス (センサやロボット・家電や自動車など) の脆弱性を検知して修復する自動化技術にも取り組む。研究にあたっては、具体的な問題を取り上げ、大規模システムに対しても適用可能なスケーラブルな技術の確立を目指す。

研究テーマ：サイバーフィジカルソフトウェア工学の研究

研究テーマ：テーマ題目5

高機能暗号研究グループ

(Advanced Cryptosystems Research Group)

研究グループ長：花岡 悟一郎

(臨海副都心センター)

概要：

領域が研究開発を推進する安心して利用できるサイバーフィジカルシステムの実現に向けた暗号技術として、関数暗号、準同型暗号等に代表されるような、新機能をもつ暗号技術に関する研究を行う。また、量子計算機を有する攻撃者など、現在想定されているものより一段と高度な攻撃モデルにおける安全性について、その実現に向けた目的基礎研究を推し進める。さらに、既存技術の安全性評価を行い、それらの厳密な安全性レベルを明らかにする。たとえば、安全性が未証明なものについて、厳密な数学的安全性証明を与えたり、もしくは、具体的な攻撃方法を提示したりする。これらの研究を主に理論研究の立場から行い、次世代セキュリティ技術を実現していくための盤石な基盤作りを行うことを大きな目的とする。本年度に関しては、有用な新機能を持つ暗号技術である高機能クラウド暗号に関する研究開発を進めるとともに、従来の暗号技術についても高安全化・高効率化するための手法について研究を行う。また、これまで同様、引き続きプライバシー保護が可能な秘匿データベース検索の開発を進め

る。さらに、さまざまな暗号技術について詳細な安全性解析を行う。

研究テーマ：テーマ題目6

[テーマ題目1] クリエイティビティ・イネーブリング技術の研究

[研究代表者] 後藤 真孝 (メディアインタラクション研究グループ)

[研究担当者] 後藤 真孝、濱崎 雅弘、中野 倫靖、深山 覚、加藤 淳、佃 洗撰
(常勤職員6名)

[研究内容]

本研究は、情報技術の力でコンテンツの能動的な創作・鑑賞体験を可能にすることで、新たな価値を生み出すことを目的とする。従来のコンテンツ産業では、生産者が創作したコンテンツを消費者が受動的に鑑賞する枠組みが中心で、人々が高い価値を感じる体験を効果的に生み出せていない問題があった。そこで本研究は、「その人ならではの能動的な体験は高い価値を持つ」という独自の仮説に基づき、創作と鑑賞の両面の支援によってそうした能動的体験を可能にするクリエイティビティ・イネーブリング技術を実現することで解決する。

平成27年度は以下の研究開発を行った。まず、コンテンツの能動的な創作体験を可能にする技術として、レーザーカッターで切断したアクリル板などを組み合わせ、センサやアクチュエータを配置して新しいハードウェアのインタフェースを備えたマイコンアプリケーションを制作できる統合開発環境「f3.js」を実現した。そうしたマイコンアプリケーションでは、センサやアクチュエータをどのように配置するかによって、手で持ったときの感覚や、設置場所での動作が変わってしまう。しかし従来は、センサやアクチュエータを配置する筐体の設計は CAD システムを用いる必要があって、ソフトウェア開発者にとっては容易ではなかった。そこで f3.js は、通常のマコンプログラミングをしながら、同じソースコードで筐体設計までできる「両義的ソースコード」を導入し、センサやアクチュエータの利用情報をアプリケーションの形状と機能の記述と一体において共有することで、開発にかかる労力を削減可能にした。それ以外にも、ユーザが楽曲に合わせて歌詞をアニメーション化できる歌詞アニメーション制作支援サービス「TextAlive」を実現し、その研究成果をプレス発表した。TextAliveでは音楽理解技術とプログラミング環境技術を融合し、ユーザが楽曲を選んで動画のスタイルを指定するだけで、音楽理解技術であらかじめ解析された発声タイミングやサビ情報などを利用して、様々な演出の歌詞アニメーションを制作できる。

一方、コンテンツの能動的な鑑賞体験を可能にする技術としては、視聴者の反応を検索クエリとして使用することで、ユーザが自分好みの動画のランキングを生成で

きる動画検索システム「Smart Video Ranking」を実現した。動画コンテンツの場合、文書に比べてテキスト情報が少ないため、タイトルやタグに含まれる語だけではユーザが望む動画を検索することが難しかった。そこで Smart Video Ranking では、動画の視聴者の反応をキーワード群としてユーザに推薦し、ユーザがキーワードを選択すると、その反応が多い動画ほど上位に表示されるランキングを生成してユーザに提示可能にした。そして、従来のランキングでは上位に出現しない動画であっても、視聴者の反応に基づくランキングでは上位に出現し、ユーザがより多様な動画を閲覧できることを確認した。それ以外にも、好きな曲とそうでない曲の関係性を可視化でき、再生回数が多い好きな曲と少ない曲とを交互に再生できる音楽プレイリスト再生インタフェースも実現した。通常はユーザが好む楽曲を検索・推薦することが多いが、これは好みの拡張に資する点に特長がある。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】メディアインタラクション、音楽情報処理、ヒューマンコンピュータインタラクション

【テーマ題目2】フローセントリックコンピューティングの研究

【研究代表者】高野 了成（サイバーフィジカルクラウド研究グループ）

【研究担当者】高野 了成、池上 努、須崎 有康、竹房 あつ子、田中 哲、Haga Jason、広瀬 崇宏（常勤職員7名）

【研究内容】

データセンタに蓄積・処理されるデータの量は増加の一途を辿っており、このような大規模データを利活用するためには、データ処理におけるエネルギー効率を、今後10~20年の間に10~100倍に高めていく技術が強く求められている。本研究では、大規模データ処理の飛躍的な高効率化を目指し、2030年に実現される次世代データセンタアーキテクチャに向けた技術ロードマップの提示と共に、2020年頃のデータセンタを支えるシステムソフトウェアにおける要素技術の研究開発を目的とした。この目標に対して、我々はアプリケーション毎に適材適所で GPU や FPGA 等の処理エンジンやストレージコンポーネントを組み合わせたシステム構成を動的に構築する「フローセントリックコンピューティング」の概念を提唱してきた。

本研究は産総研 STAR 事業高電力効率大規模データ処理イニシアチブ（IMPULSE）プログラムでの研究実施であり、3年計画の最終年度にあたる平成27年度は、フローセントリックコンピューティングの実現に向けた技術ロードマップをテクニカルペーパーとしてまとめた他、要素技術として不揮発メモリを活用した仮想化技術、及びアプリケーション実行環境を最適化する OS コンテナ

技術の研究開発を行った。具体的にはワークロードに合わせて不揮発メモリ（STT-MRAM）と DRAM を動的に使い分けることで消費電力を削減するハイパーバイザ機構を試作し、その省電力効果を確認した。また、Docker コンテナ技術とネットワークブート技術を組み合わせて、アプリケーションに適した実行環境（アーキテクチャ、OS カーネル、ユーザランド）をデータセンタ上に容易に構築する OS デプロイ機構 Bare Metal Container を試作し、各種 OS カーネル最適化の消費電力効果について評価した。上記の活動と並行し、従前より共同で議論を進めてきた東京大学、慶應義塾大学、国立情報学研究所等と IMPULSE プログラムの成果を実用化に結びつけるための実証研究開発について議論を開始した。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】ビッグデータ、データセンタ、オペレーティングシステム、不揮発メモリ

【テーマ題目3】ソフトウェア高信頼化の研究

【研究代表者】大岩 寛（サイバーフィジカルウェア研究グループ）

【研究担当者】大岩 寛、Reynald Affeldt、小方 一郎、今福 健太郎、川本 裕輔、磯部 祥尚（常勤職員6名）

【研究内容】

センサで得られた情報を元にコンピュータが判断し、ロボットなどを通じて実世界の制御を行うサイバーフィジカルシステム概念は、IoT の発展とともに今後5年で急速に日常空間にも浸透すると考えられる。現在においても、ロボット制御が導入されている工場やプラント、電力基盤などの大規模な制御システムにおいては、ソフトウェアの信頼性の欠如による誤動作や、弱点を突くサイバー攻撃による情報盗難・プラント暴走などが、既に極めて深刻な問題となっており、IoT の普及はこれらの問題が我々の生活空間まで直接的に持ち込まれることを意味している。2030年の IoT/CPS 全盛時代を安心して暮らせるものにするためには、このような問題を抜本的に解決することが求められる。

ソフトウェアの高信頼化には、その規模や求められる信頼性の度合いに応じて複数の手段があり、それらの中からコストや信頼の度合いを勘案して適したものを選択し、組み合わせる必要がある。その中で本テーマでは、比較的小規模ながら極めて高い信頼性が求められる、システムの最重要コンポーネントや暗号データ処理ルーチンなどを対象として想定し、システム検証技術の実用化に取り組んでいる。システム検証によるソフトウェア信頼性保証技術は、ソフトウェアの信頼性そのものを数学的定理として形式化し、その信頼性証明を厳密な論理証明として実現するもので、システムごとに異なる多様な信頼性の目標に対して、他の手法に比べて極めて厳密かつ柔軟にその保証を行える一方で、証明を得

るコストの高さが問題となる。本テーマでは、ここ 15 年ほどの機械定理証明の基礎技術の大幅な発展を背景に、具体的なソフトウェアに対する信頼性証明技術の共通基盤化・利便性の強化などを図ることで、実用的なコストでのソフトウェア信頼性の型式証明技術の確立を目指す。

平成 27 年度は、特に技術の IoT/CPS に関係するシステム制御やビッグデータ処理のソフトウェアへの技術適用可能性の強化を図り、ビッグデータ処理のためのデータ構造、通信符号化や通信規約、セキュリティ処理のための数値演算、ロボットなど物理的な動作を含む工学系の性質などについての形式記述基盤の整備を行うとともに、統計的なデータ処理や確率的振る舞いの含まれるソフトウェアについて、その信頼性や情報の流れなどを形式的な解析基盤上で取り扱う技術についての研究を進めた。また、近い将来実用的になりうる新型量子計算機などの新しい計算パラダイムについても、その応用の可能性と合わせてセキュリティ・信頼性への脅威などについての分析を行った。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】ソフトウェア信頼性、形式検証

【テーマ題目4】組込みシステムセキュリティの研究

【研究代表者】大崎 人士（サイバーフィジカルセキュリティ研究グループ）

【研究担当者】大崎 人士、秋葉 澄孝、坂根 広史、佐藤 豊、瀬河 浩司、竹内 泉、戸田 賢二、半田 剣一、青木 尚、辰野 功、諸藤 力
(常勤職員8名、他3名)

【研究内容】

本研究では、組込みシステムのセキュリティ対策として、次の2つの課題を実施した：(1) 設計段階での要件分析支援技術の開発、(2) 構築段階での高レジリエンス技術の開発。

研究課題 (1) の目的は要件分析のコストおよび人為ミスの削減である。要件定義の初期段階では、セキュリティ脅威分析の結果等から得られる要件をボトムアップにまとめていく分析作業が必要となり、管理対象の規模によっては膨大な量の要件を処理することになる。人手による分析では、作業にかけられるピークコストに上限があり、時間的制約もある。

一方、近年のビッグデータの広がりとともにデータマイニングの研究が進み、テキストを対象としたクラスタ分析の分野で、実用的な分析手法が提案されている。この手法を利用してセキュリティ要件を自動的にグループ化することにより、セキュリティ要件の構造化及び体系化にかかるコストを大幅に減らすことが可能になる上、思い込みや見落としによる分析ミスを減らして、分析ミスに由来する作業の手戻りのリスクを減らせる。

本研究では、分析対象の要件群から抽出したキーフレ

ーズを元に各要件の特徴量を決定し、それを元に階層的クラスタリングの技術を用いて要件群を階層構造に分類するソフトウェアツールを開発した。階層的クラスタリングとはクラスタ分析の一手法であり、要件同士の類似度および中間グループ間の類似度をもとに段階的に階層構造を作り上げていくものである。これらの類似度をどう算出するかについては種々の手法が提案されており、クラスタリング対象の性質を考慮して適切な手法を選択することが必要となる。本ツールにはウォード法を始め代表的な5つの手法を実装した。現在、セキュリティ事例の実データを対象としてツールの技術評価を行なっている。

研究課題 (2) の目的は、ノイズに強いコンピュータを低コストで実現する方式を開発することである。IoT 社会を実現するシステムのインフラとして世界の隅々に大量にばらまかれる IoT 機器の多くは、内蔵する小型のマイコンにより制御される。マイコンは雷等のノイズで容易に異常動作に陥り、その結果機器としての機能喪失も起こり得る。このため、ノイズにどのように対処するかが重要な課題である。しかし従来のノイズ低減対策は、技術的に飽和しており、コストも高い。

本研究で開発する方式の特徴は、ノイズに対する耐性を高める手段として、従来のハードウェア的にノイズの侵入を防止する方法に対して、ノイズを受けて異常動作に陥ったマイコンを、ソフトウェア的に迅速に正常動作に復帰させる点である。その核となる機構は、正常動作時のマイコンの実行状態を高頻度に保存し、異常動作発生時に動作を打ち切り、正常動作時の状態を復帰するものである。マイコンに特殊なハードウェアが備わっていることを前提とせず、IoT 機器用の廉価なマイコンに広く適用できるものとする。

平成27年度は、本方式を実現するソフトウェアとして、超小型の OS の核部分「MiRK」のプロトタイプを試作し、実現可能性を評価した。MiRK 上で多種類の小規模な処理を並列実行し、実験的に加えたノイズに際して、異常動作から数ミリ秒以内に正常復帰できることを確認した。主要なマイコンメーカー4社の複数の市販評価ボードに MiRK を搭載し、所期のとおりに動作することを確認した。NDA 先企業の自然環境計測用マイコンに MiRK を搭載し、その際既存のプログラムへの改変が極めて少なく、本方式の採用が容易であることを示した。このボードでは、OS によるタスクの実行制御機構により、元のプログラムの4倍の実行速度が得られた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】組込みシステム、分析設計支援自動化、高レジリエンス、超小型 OS

【テーマ題目5】サイバーフィジカルソフトウェア工学の研究

【研究代表者】森 彰（ソフトウェアアナリティクス研

究グループ)

〔研究担当者〕 森 彰、和泉 憲明、西原 秀明、
山形 頼之、Cyrille ARTHO、
崔 銀恵、北村 崇師、田口 研治、
相馬 大輔、井上 純
(常勤職員7名、他3名)

〔研究内容〕

さまざまなデバイスがネットワーク接続され、地球規模での最適制御が行われる将来の IoT 環境を想定したソフトウェア開発の手法について研究を行う。特に、現実空間と仮想空間にまたがるシステムをどのようにテストするか、そして、発見された不具合をどのように修正するか、という点に着目している。2030年には1兆個の規模の IoT デバイスが稼働するとも言われている。このようなシステムを人手で維持・管理することは不可能である。不具合の修正や軽微な機能拡張は、多くの部分をクラウド経由で自動化することが必要となるであろう。こうしたプログラミング作業の自動化のために必要な基礎技術の研究も行っている。社会インフラの多くの部分が IoT に依存するに従い、セキュリティも大きな問題になってくる。大規模で複雑なシステムの安全性を向上させる開発手法や、脆弱性を早期に発見し迅速に修復する技術について研究している。こうしたソフトウェアの不具合を仮想環境で同定するための、さまざまなシミュレーション技術についても取り組んでいく。

平成27年度は、従来から行ってきたモデルベースのソフトウェアテスト技術については、現実空間で起こりうるソフトウェアの実行条件の組み合わせを、高速かつ効率よく計算する組み合わせテスト生成の開発に取り組んだ。テストのモデルをグラフで表現し編集することで、さまざまな条件の間の依存関係や制約を平易に定義することができ、かつ網羅性の高い組み合わせ条件を高速に計算できるようになった。そして、システムの動作を状態遷移モデルとして定義し、実装されたソフトウェアをこのモデルを参照して実行できるようにすることで、特殊な条件下でしか発生せず発見の難しい不具合を同定するシステムを開発した。実験を通じて、複雑なネットワークソフトウェアに存在する、自明でないバグを発見することに成功している。

テストによって明らかになった不具合の原因を同定する手段としては、ソースコードの変更を構文解析木の差分計算によって正確に再構成し、編集系列を分割・統合して適用することで、テスト結果の反転を引き起こした編集操作を自動的に同定する差分デバッグの技術開発に取り組んだ。Java プログラムを対象とした実験では、システムクラッシュを引き起こす不具合に直結したソースコード変更箇所を自動的に同定することに成功している。引き続き C や C++ を対象としたシステムの開発を進めている。

上記の技術開発に加え、テスト項目を事前定義するこ

とが困難なサイバーフィジカルシステムの不具合を発見するために、プログラムに動作チェックのためのコードを付加して実行させる実行時監視の手法を取り上げ、これをヒューマノイドロボットの制御ソフトウェアに適用することを試みた。実機上での実験を通じて、深刻な問題を引き起こす可能性の高いメモリ破壊の不具合を自動的に検知できることを確認した。ロボット制御のように、リアルタイム性を求められるサイバーフィジカルシステムに対しても、実行時監視の技術が適用可能であることを確認できたことは、同様なシステムの信頼性を向上させる上で非常に重要なことだと考えている。

ソフトウェアそのものの品質を検査するだけでなく、ソフトウェアを開発するプロセスを改善することでも、システムの信頼性を向上させることができる。この観点から、ソースコードに限らず、要件定義書やテスト仕様書などの様々な成果物間の関係を明示的に定義することで、不具合の発生やシステム変更に伴う修正を整合的に行うトレーサビリティ技術の開発に取り組んだ。トレーサブルにすべき項目の間の関係を定義する情報モデルの定義と、これに基づくツール設計を行った。トレーサビリティを活用して、実際の大規模ソフトウェア開発においても取り組んでいる。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 IoT、サイバーフィジカルシステム、高信頼ソフトウェア

〔テーマ題目6〕 高機能クラウド暗号技術の研究

〔研究代表者〕 花岡 悟一郎(高機能暗号研究グループ)

〔研究担当者〕 花岡 悟一郎、縫田 光司、辛 星漢、
Nuttapong Attrapadung、松田 隆宏、
Jacob Schuldt、村上 隆夫、
山田 翔太、照屋 唯紀、坂井 祐介、
Zongyang Zhang (常勤職員9名、他2名)

〔研究内容〕

現在までに暗号技術は非常に高度な発展を遂げているが、その一方で、ネットワークサービスの目覚ましい進歩に必ずしも追いついておらず、さらなる研究開発の必要性が指摘されている。特に、パーソナルデータなどの機密情報のクラウドを介した利活用により、一層高度な情報サービスの創出が期待されているが、その際、十分に利用者のプライバシーを保護しながら、それらの機密情報の高度利用を可能とする暗号技術は知られていない。たとえば、利用者のゲノム情報を秘匿にしたままで、ゲノム情報に基づく疾病リスクの診断が可能となれば、プライバシーの侵害を受けることなく高度な医療サービスを受けることができるが、従来の暗号技術での実現は困難である。

本研究の目的は、この問題を根本的に解決する新技術 TTP フリークラウド暗号を実現することにある。TTP

フリークラウド暗号とは、信頼できる機関（TTP）が不要であることに加え、下記の要件①～③に応える方式となっている：要件① 暗号化したままデータ処理が可能。要件② 復号権限を複数の利用者に柔軟に付与することが可能。要件③ 量子計算機のような強力な攻撃環境に対しても高度な安全性が保証される。

上記の目的に対し、本研究においては、準同型暗号や関数型暗号の高安全化・高効率化を推し進め、得られた結果を統合することを基本的な方針とする。その際、関数型暗号においては原理的に TTP が必要となることから、代理再暗号等に関する理論を応用することで、関数型暗号から TTP の必要性を取り除くことを試みる。また、設計を行う方式の安全性評価を行う際、なるべく強固な安全性定義を設計し、その下での安全性証明を行う。さらに、安全性証明においては、量子計算機を用いたとしても求解が困難と予想される数学的問題の困難性に基づくものとなるように方式設計を行う。

平成27年度は、完全準同型暗号の高効率化に関し、従来方式では1ビットの平文のみ暗号化が可能であったのに対して、新たに、より大きい平文を一括して暗号化可能な方式の提案を行った。この成果は、暗号理論におけるトップ会議のひとつである EUROCRYPT 2015に採録となっている。また、関数型暗号の高効率化に関し、従来においては、関数型暗号の各サブクラスにおいて個別設計が必要であったのに対し、これらのサブクラス間の等価性を示すことで包括的設計を可能とする手法を示した。これにより、従来よりも高い効率性を持つ関数型暗号の設計方法を一括して発見することに成功した。この成果も、暗号理論におけるトップ会議の一つである ASIACRYPT 2015に採録となっている。これらの成果を含め、本年度は Google Scholar サブカテゴリ Top20に含まれる国際会議において15件の成果が、発表もしくは採録となっている。また、IF 付きジャーナルにおいても21件の成果が、発表もしくは採録となっている。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】高機能暗号、公開鍵暗号、証明可能安全性

③【人間情報研究部門】

(Human Informatics Research Institute)

(存続期間：2015.4～)

研究部門長：持丸 正明
副研究部門長：兵藤 行志、車谷 浩一
首席研究員：西田 佳史
総括研究主幹：都築 和代、野田 五十樹

所在地：つくば中央第1、第2、第6、東事業所、
臨海副都心センター

人 員：73名 (73名)

経 費：767,701千円 (運営交付金 424,086千円)

概 要：

人間情報研究部門では、人間の脳から感覚、身体、行動、社会参加に至るまでの人間機能を理解し、その個人差を把握した上で、製品・サービス・社会を人間中心視点で構成するための研究を推進している。特に、日常生活の様々な製品にセンサが内蔵され、インターネットに接続される IoT (Internet of Things) の時代を見据え、生活における人間の状態や特性を身の回りのセンサで観測し、個人の特性や状況に応じたサービス提供によって、製品の使用価値を高めるための研究を行う。これは、平均的な人間特性に合わせた画一的な製品を提供するのではなく、観測した特性データに応じたカスタマイズを可能とする製品とサービスの融合ソリューションを提供することを指向する。このような製品とサービスの融合は、製品の付加価値を高めるだけでなく、従来の画一的な製品では十分に配慮しきれなかった子どもや高齢者、障がい者など多様な特性を持つ人々の生活を支えるものとなる。

このような研究の推進のために、人間情報研究部門では3つの特徴のある研究アプローチを獲る。(1) 第一は、人間機能の研究と情報技術の統合である。人間機能を深く理解することは重要であるが、それをセンサやクラウド技術と統合し、製品とサービスの融合ソリューションに繋げることを指向したアプローチを獲る。(2) このために、ディープデータとビッグデータの連携を意識した研究を推進する。ディープデータとは、人間機能の精密で詳細なデータであり、実験室や実験的環境で専門的に収集されるものである。質は高い一方、被験者数や条件数などは限られることになる。このディープデータを数理・統計モデル化し、それをIoTで蓄積される人間特性のビッグデータと連携させる。ビッグデータは膨大な被験者数と条件数を網羅できる一方で、測定できる特性の種類やデータの質には限界がある。ディープデータとビッグデータを連携させることで、それぞれの不足を補い、ビッグデータ解析だけでは得られない人間機能の推定と応用を目指す。

(3) このような製品とサービスの融合ソリューションが社会の中で持続的に提供されるために、これらの研究を企業や医療機関、自治体などとの共同研究として実施し、経済的・環境的・人的な継続性を念頭に置いて研究を進める。すなわち、人間情報研究の要素技術研究とは、人間と社会を研究対象とし、それらを「観測」する技術、観測したデータを「分析・モデル化」する技術、その結果を再び人間と社会に「提示」するインタフェースの開発を意味する。ここで、観測・分析によって得られた人間と社会に対する新しい知識そのものも重要な成果物である。われわれは、実験室で得られたディープデータと、観測技術を実社会サービ

展開して蓄積されるビッグデータを連携させて、製品とサービスの融合ソリューション提供を実現する。そのソリューションとは、幅広いユーザに対して安全で快適な生活を実現すること、さらに、その健康を維持し、身体機能等を支えて生活機能を守ること、そして、人々が社会に貢献し、社会から認知される喜びを享受できるようにすることである。

このような人間情報研究を支えるために、人間情報研究部門には10の研究グループを設置している。その研究グループは、大きく3つの研究分野として位置付けられている。情報技術－人間生活工学－脳科学である。情報技術と人間生活工学にまたがる研究を所掌するグループとして、サービスに関わる人の行動等の観測とモデル化技術を研究する「サービス観測・モデル化研究グループ」、それらのデータを活用してサービスプロセスやエコシステムの設計を支援する「サービス設計工学研究グループ」、また、人間の身体・行動特性を数理・統計的にモデル化し設計に活用したりサービスに組み込んだりする研究を担当する「デジタルヒューマン研究グループ」がある。人間生活工学と脳科学にまたがる研究を所掌するグループとして、身体・感覚系と製品・環境のインタフェースを研究する「人間環境インタラクション研究グループ」、障がい者の生活支援を主として身体機能的観点で研究する「身体適応支援工学研究グループ」と感覚機能的観点で研究する「感覚知覚情報デザイン研究グループ」を設置している。さらに、これらの人間生活工学と脳科学を繋ぐ生活場面での脳機能計測研究を担当する「脳機能計測研究グループ」がある。脳科学と情報技術にまたがる研究は、ニューロリハビリテーションなどへの展開を見据えた目的基礎研究として脳機能の解明を進める「システム脳科学研究グループ」、脳機能計測と情報技術を統合したBMI (Brain Machine Interface) 技術などを研究する「ニューロテクノロジー研究グループ」、さらに、人間の脳の機能的構造を参考としながら人間機能ビッグデータのモデル化技術としての機械学習技術を研究する「情報数理研究グループ」を置く。

平成27年度では、これらのグループがグループ間、さらには、部門を越えて内外と連携しながら、以下の研究を重点課題として推進した。

1) サービス工学：サービスに従事する従業員の業務を自動化する研究ではなく、従業員や経営者、場合によってはサービスに参加する消費者の能力を拡張することで、サービス提供を効率化しつつ、その提供価値を引き上げることで、サービスの生産性を向上させるための基盤技術研究と、その適用実証研究を推進する。

2) 組込み型デジタルヒューマン：人間機能ディープデータを蓄積・モデル化し、そのモデルであるデジタルヒューマンをシステムに組み込んでインタフェー

ス化することで、個人の特性や状況に適応したサービスを提供するための基盤技術研究と、その実用化研究を推進する。

3) 食べる楽しみの回復技術：健康は、休養（睡眠）、食事、運動のバランスで形成される。人間情報研究部門では、食事にも焦点を当て、嚥下・摂食機能の評価と支援、さらに食べる楽しさを回復させるための技術を研究する。

4) アクセシブルデザイン：高齢者や障がい者の視覚、聴覚機能の多様性を示すデータベースと、これらに配慮して製品・環境を設計するための研究を推進する。特に、国内外の標準を活用しながら社会実装を推進するアプローチに特徴がある。

5) ニューロコミュニケーター：発話や身体運動での意思伝達が困難な患者に対して、脳波で意思伝達できる技術開発と実証研究を推進する。同装置を用いて、消費者の潜在的な注意状況を評価できる可能性があり、市場調査への適用も研究する。

6) ニューロリハビリテーション：脳卒中などで脳機能が損傷した場合、脳の可塑性を活かして新しい神経回路網を構成することで、身体機能を回復させるニューロリハビリテーション研究を推進する。このために動物実験等で回復目標となる神経回路網を明らかにする研究、脳機能計測により回復過程を可視化する研究、さらに、目標に向けた回復を加速する介入技術の研究を総合的に行う。

内部資金：

交付金 標準基盤研究
光学的応力イメージング技術の標準化

交付金 標準基盤研究
映画等映像コンテンツのバリアフリー化に向けた補助字幕設計手法の標準化

交付金 地域産業活性化人材育成事業
身体拘束を最適化する動的装具設計手法の開発

交付金 地域産業活性化人材育成事業
ビッグデータ解析手法を用いた救急搬送と気象との関連性の研究

交付金 中小企業共同研究スタートアップ事業
脳損傷後のリハビリテーション回復過程

外部資金：
経済産業省 平成27年度工業標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発・普及基盤構築事業：アクセシブルデザイン（AD）製品及びその認証に関する国際標準化・普及基盤構築））

農林水産省農林水産技術会議事務局 食料生産地域再生のための先端技術展開事業

平成27年度養殖カキの共販事業における予約取引市場に関する実証研究

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／革新的設計生産技術 リアクティブ3D プリンタによるテーラーメイドラバー製品の設計生産と社会経済的な価値共創に関する研究開発

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 次世代ロボット中核技術開発/（革新的ロボット要素技術分野）ブレイン・マシン・インターフェース/脳波によるヒト型ロボット高速制御技術の実現可能性に関する検討

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST）
予防安全分野の多機関分散データの統合的利活用技術のテストベッド開発

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）
外傷記録評価システムおよびISS版総合安全学習プログラムの実装

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）
データ利用技術の開発と普及

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）
価値創成クラスモデルによるサービスシステムの類型化とメカニズム設計理論の構築

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究成果展開事業（COIプログラム）
精神的価値が成長する感性イノベーション拠点

国立研究開発法人科学技術振興機構 国際科学技術共同研究推進事業（戦略的国際共同研究プログラム）（SICORP）
安全・安心・満足に資する高齢者支援技術 一高齢者と介護関係者をつなぐデジタルヒューマンネットワークの構築

国立研究開発法人科学技術振興機構 革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）
位置姿勢変化に頑健な3次元地図作成および3次元空間

内音源探索

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST）
大規模社会シミュレーション実行計画機構の開発および全体調整とパッケージ統合

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（RISTEX）
スマートアクセスビークルシミュレーション設計

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（RISTEX）
人流解析による医療救護訓練の科学的解析手法の開発

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（RISTEX）
多世代視覚障害者移動支援システムにおけるクラウド・ナビ・訓練システムの社会実装

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的イノベーション創造プログラム【SIP】「レジリエントな防災・減災機能の強化」
交通・群集シミュレーションとハザード・リスク評価

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 長寿・障害総合研究事業 障害者対策総合研究開発事業
脳性麻痺者・脳卒中者の意思伝達支援のための非接触ジェスチャ認識インタフェースの開発

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 医療分野研究成果展開事業 産学共創基礎基盤研究プログラム
バイオメディカル光イメージングにおける数理モデルと画像再構成

一般社団法人日本皮革産業連合会
平成27年度 革靴履き心地解析等事業「ハイヒール婦人革靴のための靴型設計要件策定業務」

経済産業省／一般財団法人四国産業・技術振興センター
大型車に特化した危険予測可能な後側方障害物センサの開発

一般財団法人日本規格協会
床面・路面ライティングに関する JIS 開発

一般財団法人日本規格協会
アクセシブルデザイン（AD）に関する JIS 開発

公益財団法人日工組社会安全財団

IT を活用した群衆流動における安全安心の実現に関する実証的研究

公益財団法人武田科学振興財団
触知覚における情報統合機構の解明

公益財団法人内藤記念科学振興財団
神経伝達物質のリアルタイム計測技術の開発と実践 — 神経科学とナノテクノロジーの融合—

公益財団法人交通エコロジー・モビリティ財団
異常検出技術による転倒の実態解明手法の開発

公益財団法人健康科学財団
靴型足圧計測デバイスを用いた高齢者の健康活動度モニタリングシステム

公益財団法人 LIXIL 住生活財団
高齢者の体温調節能力を考慮した冷房・暖房計画に関する研究

公益財団法人内視鏡医学研究振興財団
内視鏡の使用が手術操作の精度に及ぼす影響の研究

公益財団法人大川情報通信基金
音によるデータフィードバックを用いた歩行機能評価システムの開発

文部科学省／国立大学法人東京工業大学
マルチサポート戦略事業（パラリンピック競技「B 研究開発プロジェクト」）

国立大学法人京都大学
(1) 円滑な応急・復旧対応を支援する災害情報提供手法の開発 (b) マイクロメディアサービス開発 2) マイクロメディアサービスにおけるマッシュアップ・双方向インタラクション技術の開発

特定非営利活動法人門司まちづくり21世紀の会
大規模屋外イベントにおける群衆流動の円滑化に向けた来場者への情報配信に関する研究

国立障害者リハビリテーションセンター
ロコモティブシンドロームのエビデンス構築に関する研究

Korea Institute of Industrial Technology (KITECH)
日本の再製造産業に関わる調査研究

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)

P2P 方式によるモバイル生体センシング基盤に関する研究

科学研究費助成事業 新学術領域研究(研究領域提案型)
カーネル法による高次元データの非線形スパースモデリング

科学研究費助成事業 若手研究 (B)
サービス現場を活性化させる現場起点の業務デザイン知識循環手法の開発

科学研究費助成事業 新学術領域研究(研究領域提案型)
スパースモデリングを用いた顔の個体認知の神経機構の解明

科学研究費助成事業 若手研究 (B)
スパース辞書学習による信号の構造を利用した柔軟な多次元信号処理

科学研究費助成事業 若手研究 (A)
スポーツ用義足における生体力学的特性の解明とデータベースの構築

科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究
セルフの表象破綻から探る、新たな統合失調症モデル

科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究
定位固定放射線源と診断用骨盤部 MRI 画像を用いた PET 減弱補正法の開発

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
データマイニングにおける中立・公正性に配慮するデータ変換技術

科学研究費助成事業 基盤研究 (A)
データ同化手法を用いた身体障害者の共創的衣服作製に関する研究

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
バーチャルリアリティを用いた発達障害児・者の空間認知能力評価とその改善

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
ヒトの認知の基盤となる神経計算学的圏論

科学研究費助成事業 基盤研究 (A)
ホームケアをサポートする人間生活調和型コンパクトアクチュエータの総合的研究

科学研究費助成事業 若手研究 (B)

ランニング障害予防を目的とした接地方法の提案：関節
 のてこ比に着目して

科学研究費助成事業 若手研究 (A)
 レム断眠が感情記憶に及ぼす効果検証

科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究
 ロービジョン者の紙面書字活動を支援する新奇な拡大読
 書器の提案と開発

科学研究費助成事業 新学術領域研究(研究領域提案型)
 意思決定の基準をセット・利用する脳内機構

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
 異なる感覚モダリティ・属性に共通した「時間」と「内
 容」の情報統合メカニズムの解明

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
 移動距離で切り替る作業記憶システム間の海馬一前頭前
 野路内相互作用機構の研究

科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究
 運動学習における腹側被蓋野の役割解明と同領域の賦活
 化による運動機能調節の試み

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
 運用現場における音案内の誘導性能をリアルタイムに評
 価するツールの開発

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
 音響センサによる音環境計測を利用した環境変化検知・
 予測技術に関する研究開発

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
 機械学習と網羅シミュレーションによる MA 共有資源選
 択の効率化・安定化手法の確立

科学研究費助成事業 若手研究 (B)
 機械学習を利用した反応材料分布と環境エネルギー条件
 の推定法構築

科学研究費助成事業 若手研究 (A)
 近接電力伝送の時空間操作による移動体の制御

科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究
 現場情報に基づく介護サービスの品質モデルと定量評価
 手法の開発

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
 高齢者の健康で安全な生活のための居住環境と住まい方

に関する基礎的・実践的研究

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
 屍体標本を用いたシミュレーションに基づく母指関節運
 動における主動筋相互作用の解明

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
 自己選択による意思決定情報の可視化と解読

科学研究費助成事業 若手研究 (B)
 実世界の経時的变化に対応する動的屋内環境モデリング
 技術

科学研究費助成事業 新学術領域研究(研究領域提案型)
 主観的同时性と時間順序を実現する神経基盤の解明

科学研究費助成事業 研究活動スタート支援
 触覚の質感情報に着目した発達障害支援技術の構築

科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究
 生活習慣病予防の健康セルフチェックのための触覚ヘル
 スメータの開発

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
 製品リマニュファクチャリングの成立条件分析と需要予
 測モデルの研究

科学研究費助成事業 若手研究 (B)
 前頭前野における神経調節物質の影響に関する研究

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
 側頭葉顔ニューロンにみられる時間的情報コーディング
 の神経機構の解明

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
 多感覚情報の統合・分離とその神経基盤

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
 多点電気刺激による顔情報制御の研究

科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究
 知覚が反射性眼球運動に与える影響—意識と不随意運動
 の相互作用—

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
 地域生活者行動データプラットフォームを活用した高齢
 者福祉サービスの高度化

科学研究費助成事業 特別研究員奨励費
 腸脛靭帯発生リスクの解明と予防法の提示

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
動画像特徴による形状予測に基づく変形物体の追跡手法の研究

科学研究費助成事業 若手研究 (A)
動脈硬化の加齢変化の個人差を生むメカニズムの解明—10年間の追跡に基づく検討—

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
特徴空間の幾何構造を利用した学習アルゴリズムの構築

科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究
脳血管疾患発症予測のための中心動脈循環特性プロファイリング

科学研究費助成事業 若手研究 (B)
脳梗塞サルモデルを用いた機能回復メカニズムの統合的理解

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
脳梗塞片麻痺ラットを用いた感覚運動連合学習における動作アシストの効果の解明

科学研究費助成事業 新学術領域研究(研究領域提案型)
脳卒中後の把握機能回復をもたらす脳内身体表現の変化：サルモデルによる解明

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
脳損傷後の運動機能回復の基盤となる分子・解剖レベル変化

科学研究費助成事業 若手研究 (B)
脳波と末梢神経系指標による感情状態の解読—コミュニケーションにおける感情伝染—

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
不均一な弾性構造の知覚特性の研究

科学研究費助成事業 新学術領域研究(研究領域提案型)
物体視覚情報の時間的統合を支える神経メカニズムの解明

科学研究費助成事業 若手研究 (B)
分散重み付き皮膚変形モデルを応用した関節・筋モーメントアームの非線形モデル

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
予約取引と現物取引を融合した市場メカニズムの提案

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)

連動性を考慮した可動領域表現による人の手の運動機能の解明

科学研究費助成事業 新学術領域研究
スパースモデリングと高次元データ駆動科学創成への支援と広報

科学研究費助成事業 基盤研究 (S)
ロボット聴覚の実環境理解に向けた多面的展開

科学研究費助成事業 基盤研究 (A)
嗅覚による味覚変化の時間特性の解明：実験心理学・脳機能計測・動物行動学の統合研究

科学研究費助成事業 基盤研究 (A)
製品／サービスの価値創成ネットワークに関する理論構築と実証

科学研究費助成事業 基盤研究 (A)
高齢者、介護スタッフの思いを記録し記憶へと繋ぐシステム

科学研究費助成事業 基盤研究 (A)
アパレルの質と国際競争力向上の基盤となる日本人の人体計測データの構築と多角的分析

科学研究費助成事業 基盤研究 (A)
サービスイノベーションにおける科学的・工学的手法の役割と価値に関する基礎的研究

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
多利用者・多状況に共通する特性の抽出による情報転移BMI

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
行動決定における価値判断の脳内情報コーディング機構

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
病態生理に基づく革新的な意思伝達手段の開発と長期経過追跡による適応評価研究

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
立体視的3次元知覚に及ぼす背景面の効果—奥行き、方向、数量知覚について

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
認知症高齢者を対象としたメンタルコミットロボット・パロを活用したケア効果

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)

イナーシャマッチングに基づく階段歩行スキルの解明と
大腿義足制御への応用

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)

救急初期診療の可視化に基づいたチーム医療のシミュレ
ーション教育システムの研究

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)

運動視覚におけるマルチスケール神経情報処理機構の解
明

科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究

ヘッドマウント式輻輳計測装置による眼球運動計測から
わかる視覚情報処理

科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究

複数情報源からの異種データに対する統合的解析法

科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究

笑いを誘発する音声メディアの特徴分析に基づいた笑い
誘発音声フィルタの試作

科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究

「空気を読む」為の発達障害者向け視線誘導訓練の研究
開発

科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究

携帯端末を利用した正確な看護業務評価による看護業務
改善サイクル構築に関する研究

科学研究費助成事業 外国人研究員招へい事業 (短期)
(平成27年度)

Vascular function and structure of Japanese pearl
divers (Ama)

企業からの資金提供型共同研究 : 43件

発 表 : 誌上発表260件、口頭発表372件、その他51件

サービス観測・モデル化研究グループ

(Service Sensing, Assimilation, and Modeling
Research Group)

研究グループ長 : 蔵田 武志

(つくば中央第1、第2)

概 要 :

サービスの生産性や持続性の向上、新サービス設計
のために、ヒト、モノ、コト (プロセス) の多層的な
把握に資する計測・モデル化とその応用としての分
析・シミュレーション・オークションに関する研究開
発及び実証に取り組む。

まず、歩行者推測航法 (PDR)、カラー・距離 (RGB-D)
カメラ、レーザー測距計 (LRF) 等を用いたハイブリ
ッド測位の研究開発を推進し、店舗・施設レベルの計
測・分析・事前評価に関して、サービスフィールドシ
ミュレータ (SFS) や作業プロセスシミュレーション
に関する研究開発や各技術群の現場適用に取り組む。

次に、大規模施設・都市レベルにおいて、サービス
業務や周辺の社会システムを数値化・数式化し、シス
テム変更効果が予測可能なモデルの構築を行う技術
を確立する。具体的には、シミュレーションによるサ
ービス設計支援のために、制度設計やプロセスの改変・
資源の投入についての多数の方策の事前評価と効率的
なスクリーニングのための手法を開発する。

オークション技術については、産直販売を促進する
ための電子商取引市場でのオンラインダブルオークシ
ョンに関する実用化や、リアルタイム入札技術の拡張
に基づいたベンチャー創出を目指す。

研究テーマ : テーマ題目1

サービス設計工学研究グループ

(Service Design Research Group)

研究グループ長 : 西村 拓一 (~11/30)、車谷 浩一

(臨海副都心センター)

概 要 :

サービス工学の「サービスの最適設計サイクル」に
おいて重要な要素である、サービスの新規設計・再設
計を実行するための工学技術の創出と、それらのサ
ービス現場への適用・フィードバックによるサービスの
効率向上と新規サービス創出を実証的に推進した。要
素技術として、サービスを評価するベンチマーキング、
人や環境の状態を把握するセンシング技術を適用し、
観光産業・観光地の産業振興、都市空間の見守りサ
ービスの創出、介護等の産業分野でのサービス工学的ア
プローチの実証を行ってきた。

特に、看護・介護サービスの現場において、従業員
が主体的に作業プロセスを見直し、その作業に必要と
なる道具の仕様を考え、業務改善することを支援する
現場参加型開発支援技術の構築を進めた。

被介護者の生活習慣や価値観、介護者のスキルや意
識、施設の構造や備品によって、サービス品質を高め
るための介護方法が現場によって異なる。この介護施
設ごとの多様性を考慮した介護機器や IT システムの
導入効果評価手法を構築した。まず、「業務遂行の場」
にて現場での介護行為の原因と方法、その際の介護者
と被介護者の身体動作や主観を含む業務状況を短期的
長期的に記録する。次に、「省察・創出の場」にて、ロ
ボット介護機器 (モノ) の効果を高めるよう業務プロ
セス (コト) を最適化した上で効果評価した。この業
務状況計測と業務プロセス最適支援型効果評価を繰り
返すことで、当該施設の状況下で最も効果を発揮する

コトを設計した上での機器評価が可能となり、さらにモノの改良指針も得られる方法論である。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

情報数理研究グループ

(Mathematical Neuroinformatics Group)

研究グループ長：赤穂 昭太郎

(つくば中央第2)

概要：

脳の神経回路は、従来の情報処理技術では不可能な柔軟で複雑な情報処理を行っている。当研究グループでは、脳の情報表現や学習・適応のアルゴリズムがどうなっているか、なぜ神経回路のような構造が情報処理をする上で有用なのか、といった問題を通じて、脳の計算原理を数理的に理解することを目指す。具体的には、情報幾何学や関数解析学、圏論などといった数学的な道具を使って、データ駆動科学や機械学習、パターン認識などの応用分野にも適用可能な学術的な知見を積み重ねている。

研究テーマ：テーマ題目6

デジタルヒューマン研究グループ

(Digital Human Research Group)

研究グループ長：多田 充徳

(臨海副都心センター)

概要：

デジタルヒューマン研究グループでは、多様な特性を持つ人々の「生活の質」を向上させるために、(1) 人の形状、感覚、運動、行動、生活を数値化し、計算機上での取り扱いを可能にする計測技術、(2) 計測したデータを統計学的、運動学的、または動力学的に解釈し、再利用に向けたデータベースの構築や、計算機上でのシミュレーションを可能にする数理モデル、(3) 構築した数理モデルを活用し、身体に適合した製品、運動パフォーマンスを向上させる製品、そして生活機能を向上させる環境・サポートなどを可能にする介入技術を研究している。平成27年度は、環境や身体に設置されたセンサを活用することで、生活環境における人の感覚や振る舞いを簡便に計測するための計測技術や、動力学演算と筋骨格モデルを用いて筋活動を予測するための数理モデルに関する研究を新たに開始した。また、構築した数理モデルを用いることで、身体適合性、運動パフォーマンス、そして生活機能を向上させるための介入技術に関する研究を継続して実施した。特に、計測から解析までがリアルタイムに行える場合には、即時的な介入によるゲーミフィケーションを、そうでない場合には長期的な介入によるサービタイゼーションを実現することで、計測と介入のループが持続するようにした。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目4

身体適応支援工学研究グループ

(Physical Fitness Technology Group)

研究グループ長：井野 秀一

(つくば中央第6)

概要：

少子高齢社会において安全・安心で質の高い生活(Quality of Life: QOL)の実現を後押しする多様な人間支援技術の構築を目指し、人間の生理機能・感覚運動機能・スキル等を計測・評価する手法を開発すると共に、それらを基盤とする下記の研究テーマに取り組む。

- ① 心身適応力向上のためのリハビリに関する研究：脳神経系情報処理や循環系機能等を調べる生理計測・評価および刺激制御に関する新しい手法を構築し、これらを応用したニューロリハビリやヘルスケア技術の社会実装に向けた基盤創成を目指す。
- ② 心身親和性と残存機能に着目した生活支援技術に関する研究：運動機能や感覚機能を QOL 向上の視点を交えて評価する人間計測技術を開発し、高齢者や障害のある人たちの楽しく活動的な日常生活や機能訓練を支えるヒューマンインタフェースに関する福祉技術の構築を現場連携で目指す。
- ③ 操作スキル向上のための人間工学に関する研究：人間の操作スキルの獲得・向上を支援する技術開発を行い、患者シミュレータと高臨場感遠隔手術手技指導・自習システムを構築し、安全で効率の良い操作スキル研修カリキュラム開発手法の確立を医工連携で目指す。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目6

人間環境インタラクショングループ

(Human Environment Interaction Research Group)

研究グループ長：佐藤 洋

(つくば中央第6)

概要：

快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術の開発を課題として、人および人の心身の健康と環境との関係性を導き出す計測を人間および環境側の双方から実施する研究を行う。環境とは物理環境のみならず社会環境、労働環境、対人環境、経済環境等を包含する。さらに、計測だけではなく、計測結果を計測対象にフィードバックする介入を行った時の計測対象の変化をとらえる介入を含めたダイナミックな系を対象とした計測技術の開発に挑戦する。

また、サイバーフィジカルシステム技術の開発を課題として、人と環境の関係性をセンシングする技術、またデバイスにより、人の感覚またはアクティビティをセンシングする研究、および得られたデータをサービスや人の活動にフィードバックすることにより人にとっての環境をより良くする研究開発を実施する。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3

感覚知覚情報デザイン研究グループ

(Sensory and Perceptual Information Design Group)

研究グループ長：氏家 弘裕

(つくば中央第6)

概要：

人間の視覚、聴覚、体性感覚、平衡覚等に関する基礎研究を通じて、これら感覚・知覚特性に適合した人間中心の製品設計技術（感覚知覚情報デザイン技術）の開発を遂行することで、高齢者・障害者への配慮を包含する人間工学の実践や生体安全で利便性の高い視聴覚環境の整備を目標として、以下の主要課題を実施する。

(1) アクセシブルデザイン技術の開発と普及活動：

さまざまな年代や障害者に対して蓄積してきた感覚知覚特性に関するデータベースの公開や、これらに基づく高齢者・障害者配慮の設計（アクセシブルデザイン）指針の国内外での規格化を推進するとともに、製品開発の現場で求められるアクセシブルデザイン技術の開発・普及とその基盤となる感覚知覚認知特性についての解明を進める。

(2) 映像の生体安全性技術の開発と普及活動：

映像酔いなど映像情報による生体影響の低減に配慮した映像情報提示環境の普及をめざして、生体影響特性を基盤とする映像ガイドラインの規格化を推進するとともに、これら映像の生体安全性の普及展開に資する映像情報評価技術の開発を進める。

(3) 製品・環境等のパフォーマンス適合性技術開発：

複合感覚（視覚、聴覚、体性感覚等）情報に関する諸特性やこれらの感覚情報フィードバックに基づく動作特性の解明を基盤として、インタラクティブなマルチメディア情報提示環境の設計技術開発を進める。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目6

脳機能計測研究グループ

(Brain Function Measurement Research Group)

研究グループ長：兵藤 行志

(つくば中央第6、第2、つくば東)

概要：

ユニットのミッションである「多様な特性を持つ人々の生活・社会参加を、経済産業活動を通じて実現することを目標とし、この実現に向けて、人を知り、人に合わせ、人を高める技術の研究開発と社会実装を行う」において、当グループは、「快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術の研究開発」、そして「従来は計測できなかった、観ることができなかった物理的・生理的事象を計測可能とする技術開発」を基軸として連携研究を推進し、その達成に貢献することを目標とする。

具体的には、電磁波（ラジオ波（MRI）、赤外光、近赤外光、可視光、放射線）を用いた新規検出・解析方法の創出及び高度化と共に、電気生理計測、生化学計測等の相互補完的な活用によって、(1) 生活環境での正確なヒト脳機能モニタリングの実現に資する「ヒト脳活動の機能的分光計測技術」、(2) 脳・生体組織の新規計測方法の開発と機能解明に資する「脳・生体組織の物理・生理情報新規計測技術」の確立を推進する。

研究テーマ：テーマ題目6

ニューロテクノロジー研究グループ

(Neurotechnology Research Group)

研究グループ長：長谷川 良平

(つくば中央第2)

概要：

神経科学研究で得た知見に基づき、人々の「生活の質（QOL）」向上や、新産業の創出を視野に入れたさまざまな研究開発を行う。そのため、人や動物の脳・神経系の構造・機能を調べる基礎研究と先端医工学技術を融合させることによって、身体及び精神機能を補償・拡張するシステムの開発・実用化を目指している。特に精力的行っているのは以下のテーマ：

1) 脳波による意思伝達装置（ニューロコミュニケーター）、2) セラピー効果のある動物型ロボット（パロ）、3) 色覚障害者向けディスプレイ技術、4) 脳機能を実現する人工知能、5) 感情コミュニケーション、6) リアルタイムニューロマーケティング、である。

具体例として1) に関する詳細を紹介する。本テーマでは、重度運動機能障がい者の社会参加を補助・促進することを目的とし、脳と機械を繋ぐ新技術「ブレイン-マシン インタフェース（BMI）」として、頭皮上で非侵襲的に計測した脳波のリアルタイム解読によって脳内意思を解読し、CG やロボットのアバターを介して外部に伝達する装置「ニューロコミュニケーター」の開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目5

システム脳科学研究グループ

(Systems Neuroscience Group)

研究グループ長：高島 一郎

(つくば中央第2)

概要：

高次脳機能の神経科学的研究を行い、脳で行われている認知や行動様式の基礎となっている情報処理の仕組みの解明を目指す。表情など複雑な視覚刺激の認識、感覚情報の統合、選択的注意、運動指令の構築、時間・空間表現などの脳内メカニズムの解明を進めることにより、脳が持つ高い潜在能力を引き出し支援する情報システム技術の実現に向けた基盤的研究を展開する。

脳機能計測をコア技術として、神経情報を各種電子機器の制御に利用するブレイン・マシン・インタフェース (BMI) 技術や、疾病診断の生理的指標として有用な視線・瞳孔計測装置などの開発を進める。脳内化学的信号伝達の可視化など新しい脳機能計測技術の開発にも挑戦する。また、脳損傷モデル動物を用い、脳損傷後の回復に伴う脳の機能および構造変化を解明することにより、脳のメカニズムに基づく新しいニューロリハビリテーション技術の提案を行う。

研究テーマ：テーマ題目6

【テーマ題目1】 サービス工学

【研究代表者】 持丸 正明 (人間情報研究部門)

【研究担当者】 大隈 隆史、大西 正輝、蔵田 武志、興梠 正克、野田 五十樹、松本 光崇、宮下 和雄、山下 倫央、依田 育士 (以上、サービス観測・モデル化研究グループ)、河本 満、櫻井 瑛一、幸島 明男、竹中 毅、西村 拓一、福田 賢一郎、三輪 洋靖、山本 吉伸、渡辺 健太郎 (以上、サービス設計工学研究グループ)、車谷 浩一、本村 陽一 (以上、人間情報研究部門) (常勤職員20名、他7名)

【研究内容】

サービスは GDP においても雇用においても日本経済の7割を占めるようになってきた。特に、急速に進む少子高齢化などの社会構造変化や、企業の業務効率化のためのアウトソーシングなどによりサービスへの需要は拡大しており、製造業と並んで日本の経済成長の牽引役となることが期待されている。しかし、このような期待に対してサービス産業の生産性の伸び率は低く、その向上は急務となっている。こうした状況を背景として、政府レベルの政策においても、サービス生産性向上は重要課題と位置づけられている。

これを受け、本研究課題では、サービス現場においてデータに基づいて仮説を立て、それを検証しながらサービスを改善していく「サービスの最適設計サイクル」が自立的に廻るようにすることをグランドチャレンジに据える。このグランドチャレンジに向けて、最適設計サイクルの要素となる観測、分析、設計、適用の各技術群の研究開発と実用化、さらにはサービス産業への最適設計サイクルの普及を目標とする。

本年度、サービス観測・モデル化技術に関する研究に関しては、省電力型モーションコプロセッサを用いた小型歩行者推測航法 (PDR) モジュールを試作した。大気圧トレンドと各端末のオフセットを考慮した10軸PDR (加速度3軸、ジャイロ3軸、磁気3軸、気圧1軸)を開発し、ハイブリッド測位のPDRを9軸から10軸に変更することにより、32%の測位精度向上を実現した。サー

ビスフィールドシミュレータ (SFS) 内での仮想店舗と脳波・視線・行動計測を用いたインスタマーケティング技術に関しては、複数の企業との実証的な研究が進み、外部での実演的運用を開始した。さらに、観光産業・観光地の産業振興、都市空間の見守りサービスの創出等の産業分野でのサービス工学的アプローチの実証を行い、サービスを評価するベンチマーキングや、人や環境の状態を把握するセンシング技術といった各要素技術のサービス工学での有効性の検証を行った。

サービス設計工学のシミュレーションに関する研究においては、まず、データ同化型の物流倉庫従業員シミュレータを開発し、異なるピッキング方策を、作業効率といった経営側の観点と作業負荷や公正性といった従業員側の観点を双方を考慮して事前比較できることを確認した。さらに、函館等におけるオンデマンド公共交通の事前評価やイベント時の人流・交通流シミュレーション、地震や津波における大規模避難のシミュレーション評価を進めた。また、動画像やステレオ画像を用いて劇場等での避難訓練やイベントでの人の流れの計測を行い、シミュレーションモデルとのすり合わせの手法の開発にも着手した。

サービス設計工学の実践的アプローチに関しては、看護・介護サービスの現場において、従業員が主体的に作業プロセスを見直し、その作業に必要な道具の仕様を考え、業務改善することを支援する現場参加型開発支援技術の構築を進めた。被介護者の生活習慣や価値観、介護者のスキルや意識、施設の構造や備品によって、サービス品質を高めるための介護方法が現場によって異なる。この介護施設ごとの多様性を考慮した介護機器やITシステムの導入効果評価手法を構築した。本評価手法では、まず、「業務遂行の場」にて現場での介護行為の原因と方法、その際の介護者と被介護者の身体動作や主観を含む業務状況を短期的長期的に記録する。次に、「省察・創出の場」にて、ロボット介護機器 (モノ) の効果を高めるよう業務プロセス (コト) を最適化した上で効果評価する。この業務状況計測と業務プロセス最適支援型効果評価を繰り返すことで、当該施設の状況下で最も効果を発揮するコトを設計した上での機器評価が可能となり、さらにモノの改良指針も同時に得ることができる。

【領域名】 情報・人間工学

【キーワード】 サービス工学、現場のラボ化、ラボの現場化、製造業のサービス化、地域活性化、行動計測、環境センシング、G空間コンピューティング、複合現実、アクションリサーチ、現場参画型開発、現場共有知、ビッグデータ、機械学習、人工知能、サービス最適化、サービス設計、データ同化、社会シミュレーション、マルチエージェントシミュレーション、情報循環

〔テーマ題目2〕 組み込み型デジタルヒューマン

〔研究代表者〕 多田 充徳 (デジタルヒューマン研究グループ)

〔研究担当者〕 多田 充徳、堀俊 夫、宮田 なつき、小林 吉之、保原 浩明、村井 昭彦、橋詰 賢、河内 まき子 (以上、デジタルヒューマン研究グループ)、中嶋 香奈子 (人間環境インタラクシオン研究グループ) (常勤職員7名、他2名)

〔研究内容〕

従来のデジタルヒューマン技術とは、CAD ソフトウェアと連携して、製品の操作性や安全性をコンピュータ上で検証するための身体モデルと、そのような検証を行うための一連のアルゴリズムのことであった。この狭義のデジタルヒューマンに代わり、製品や環境など様々なシステムに組み込むことで、製品の使用価値やサービスの共創を実現するための技術が組み込み型デジタルヒューマンである。実験室での評価実験と、コンピュータを用いたオフライン解析が主たる方法論であった従来のデジタルヒューマン技術とは異なり、実際の使用状況を考慮した生活環境での評価実験と、計測、解析、そしてそれに基づくオンライン介入を実現することで、製品やサービスを開発する設計者が、それを使用する消費者の行動や情動に関する情報を消費者自身と共有しながら、使用価値の高い製品やサービスを創出できるようになる。これを実現するには、環境や身体に設置されたセンサを用いて生活環境における消費者の行動や情動を簡便に取得するための計測技術、計測した情報と身体モデルに対して運動学・動力学演算を行い筋活動や消費エネルギーのように実測が難しい身体情報を高速に計算するための解析技術、そして計算した身体情報を用いて製品の使用価値、運動パフォーマンス、そして生活機能などが向上するように製品や環境を変容させる介入技術が必要となる。また、計測から介入までのループを持続的に回すためには、即時的な介入によるゲーミフィケーションや、長期的な介入によるサービタイゼーションの実現が有効である。このような組み込み型デジタルヒューマンの具体的な事例として、歩行評価、Wrap&Sense、そしてDollhouse-VRなどの研究開発に取り組んでいる。

歩行評価では、人間の歩行運動を統計的に解析することでデータベースを構築している。このデータベースがあれば、スマートフォンなどに搭載された加速度センサの情報だけから、その人の歩き方を予測できるようになる。転倒リスクの即時的なフィードバックや、歩行運動のモニタリングによる長期的な健康増進サービスへの展開などが期待できる。

Wrap&Senseとは、ボトル製品やグリップなどに巻き付ける距離センサを用いた簡易計測システムである。センサから手までの距離を複数の点で計測し、その状況に合致する手の姿勢を高速に計算することで、製品を握る

姿勢や場所をリアルタイム計測できるようになる。このセンサを使えば、生活環境における消費者の行動を記録し、実際の使い方に基づいた新たな製品をデザインできるようになる。

Dollhouse-VRとは、コンピュータ上に再現した仮想空間内で、消費者と設計者がレイアウトを共創するためのプラットフォームである。ヘッドマウントディスプレイを装着することで仮想空間に没入した消費者と、レイアウトを俯瞰する設計者が相互にコミュニケーションをとりながら、様々なレイアウトプランを共創できるようになる。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 生活空間、オンライン計測、オンライン介入、使用価値、サービス、共創

〔テーマ題目3〕 高齢者食事支援のための「食べる楽しみ」回復技術の開発

〔研究代表者〕 井野 秀一 (身体適応支援工学研究グループ)

〔研究担当者〕 井野 秀一、遠藤 博史、金子 秀和、関 喜一、小早川 達、近井 学 (以上、身体適応支援工学研究グループ)、藤崎 和香 (感覚知覚情報デザイン研究グループ)、三輪 洋靖 (サービス設計工学研究グループ)、木村 健太 (自動車ヒューマンファクター研究センター)、梅村 浩之 (バイオメディカル研究部門) (常勤職員10名、他3名)

〔研究内容〕

私たちは毎日の食事によって健康な生活を営んでいる。しかし、加齢や脳血管障害等で摂食・嚥下機能に障害が起きると、誤嚥による肺炎や窒息、精神的な不安、介護食・嚥下食による食べる楽しみの喪失、そして食量が減ることによる栄養状態の低下といった様々な問題が負の連鎖的に生じる恐れがある。高齢者らの食事に関するQOL (Quality of Life) の維持・向上は、長寿社会の日本が抱える大きな課題のひとつである。そこで、本研究課題では、病気や加齢などによる摂食・嚥下障害のリスクをできるだけ軽減し、高齢者が食べる楽しみを失わないための新発想の食事支援技術の実現を目指し、「高齢者のメンタルモデルに基づいた嚥下トレーニング法の構築」「嚥下能力の簡易評価技術の開発」「食感向上のための感覚フィードバック技術の開発」を主軸に研究展開し、介護や医療の現場と相互連携しながら、総合的に研究・開発を進めている。

① 高齢者のメンタルモデルに基づいた嚥下トレーニング法の構築：本課題では、高齢者が嚥下機能維持のためのリハビリテーションを楽しみながら行えるように、

高齢者の心身状態に合わせた口腔機能トレーニングシステムの提供を目的としている。本年度は、高齢者が自主的に嚥下トレーニングを行えること、各自の体調に合わせたリハビリ体操ができることを目指して、表情変化によって進行するゲームの基盤技術となる表情認識およびゲーム進行のモジュール作成とその試用を行った。表情認識においては、口を「開ける」「尖らせる」等の口腔機能と関連性のある6種類の表情認識を可能とした。ゲーム進行に関しては、高齢者のメンタルモデルやゲームへの慣れを考慮して、参加者（高齢者）に食べ物の映像を提示し、これに合った口の動きを表出してもらった仕組みでの工夫を取り入れた。その結果、ビデオゲームに慣れ親しんでいない高齢者でもゲーム進行をすぐに理解できることがわかった。また、食べる意欲の向上を示す内容の感想も得られた。その一方で、高齢者の顔認識の難しさ、ビデオゲームを好まない高齢者（主に男性）への対応等についての新たな課題も明らかになった。

- ② 嚥下能力の簡易評価技術の開発：本課題では、医療機関で利用する X 線 CT や内視鏡等のデバイスとは異なり、身体に対する侵襲性が低く、高齢者などにとっても安全な検査・評価システムを簡便に構成できる可能性を有する嚥下音に着目した生体工学的研究を行った。まず、従来からの頸部聴診法で用いられている咽頭マイクと破壊検査等で利用される広帯域 AE (Acoustic Emission) センサの二種類を用いて嚥下音の生体音響学的な特性について精査した。とろみ（粘性）の異なる各々の試料による嚥下音を比較・分析したところ、確率分布に基づく Q-Q (Quantile-Quantile) プロットを用いた場合、とろみの大きい方が正規分布からの離脱度は小さく、この傾向は AE センサでより特徴的であることが示唆された。また、上記と並行して、嚥下メカニズムのモデル化を目指した嚥下音の自動採取システムの開発も展開した。このシステムは、飲料品を単独嚥下で摂取したときの嚥下音を聴診器と小型マイクロフォンから構成される体内音センサを用いて検出し、連続 Wavelet 変換を適用して、自動的に嚥下音を探索・同定し、さらにその発生時間を算出するものである。また、その機能評価のためのテストとして、水および炭酸水を単独嚥下もしくは連続嚥下で摂取した場合の計測と分析を健常成人に対して実施し、ヒトの複雑な嚥下や誤嚥のメカニズム解明ための基礎的な知見が得られた。
- ③ 食感向上のための感覚フィードバック技術の開発：本課題では、摂食・嚥下障害のある高齢者を対象とした食感の乏しい介護食に対して、食品の物性値を変えずに豊かな食感を感じさせる技術の開発を目的としている。そこで、技術開発のための基礎研究として、咬筋の筋電を音に変換して聞かせるシステムの試作を行い、咀嚼状態と同期（リアルタイム）性の高い違和感

の少ない咀嚼音提示を実現することに成功した。また、健常成人を対象に、5種類の介護食を、咀嚼音の有無を条件で食べた際の味や食感などに対する主観評価値を調べた。その結果、咀嚼音提示により、噛みごたえや硬さ感が変化し、音と食材との一致感が高い場合には、楽しさ・満足感などの精神的な変化も起きやすかったことがわかった。また、擬似的な咀嚼音でも、硬さに関する知覚特性を変化させることが可能であり、音と食材との一致感を高めることで、食感だけでなく、精神的な効果も得られる可能性が示唆された。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】食事、嚥下、高齢者、リハビリテーション、生体情報、福祉技術

【テーマ題目4】アクセシブル情報デザイン技術

【研究代表者】氏家 弘裕（感覚知覚情報デザイン研究グループ）

【研究担当者】氏家 弘裕、伊藤 納奈、大山 潤爾、倉片 憲治、渡邊 洋（以上、感覚知覚情報デザイン研究グループ）、多田 充徳（デジタルヒューマン研究グループ）（常勤職員6名、他9名）

【研究内容】

日常の営みにおいて、人々は製品や環境から様々な情報を取得し、これを行動や思考に利用しているが、こうした情報が人々に有効に利用されるためには、感覚・知覚及び認知における情報処理特性に適合していることが必要不可欠である。とりわけ、発達や加齢に伴う処理特性の変化や障害等による影響に配慮して、誰もが安全で快適に生活できる環境を整えることが重要となっている。そこで、当該研究テーマでは、人の感覚知覚及び認知特性の加齢変化や障害者の特性などその機能の多様性に配慮するとともに、情報提示によって健康障害を生じないような情報デザインの普及をめざす。そのために、アクセシブルデザイン技術（高齢者・障害者配慮の設計技術）や映像の生体安全性技術を含むアクセシブル情報デザイン技術について、人間工学的指針の研究開発と標準化、及びその普及活動を実践することを目的とする。

上述の目的を達成するために、主に以下に述べる4つのステップを実施する。第一に、人々の感覚知覚及び認知特性について、高齢者・障害者の機能特性や情報提示に伴う健康障害の特性について、科学的視点にたった知見の集積を基礎研究として進める。この段階では、実験心理学に基づいた心理的計測方法に基づくとともに、必要に応じて生理計測や行動計測を併用する。第二に、集積された基礎的知見をもとに、日常において想定される特定の情報提示において、その提示条件や提示方法による知覚・認知特性の変化を系統的に明確化する。また、これにより、情報デザインとして不可欠な要素を抽出し、さまざまな理由で生じ得る個人差にも配慮しつつ、その

影響特性を指標化する。この段階では、データの多様性をどのように効果的に指標化できるかが研究開発のポイントとなる。さらにこの成果を、適宜、データベース化して整理することで、その活用を図る。実際に、これまでに、「高齢者・障害者の感覚特性データベース」をウェブ上で公開している。第三に、指標化された情報デザイン要素について、実際の情報利用場面に即して、その適正範囲や許容限界を決定し、これらを基盤として人間工学的指針を開発するとともに、JIS（日本工業規格）やISO（国際標準化機構）などで、その規格化を図る。第四に、規格化された人間工学的指針の普及を様々な活動により推進する。例えば、基礎的知見をもとに影響要因の指標化を進める中で整理されたデータベースをもとに、実際の情報利用場面に即して条件ごとの提示情報の状況を具体的に示しながらその妥当性を検討できるデータベースシステムを上述のように公開したり、製品に含まれる影響要因を分析することで情報提示が生体に与える影響を推定するシステムを開発したり、あるいは、こうしたシステムの利用促進を進める社会システムの構築を図る。実際に、これまでに、生体に与える影響を推定するシステムとして、「映像酔い評価システム」のプロトタイプを外部研究機関と協力しながら構築している。

当該研究テーマにおいて、平成27年度は具体的に以下の事業が進められた。高齢者・障害者配慮については、製品やサービスの標準化を念頭においた人間工学データを幅広く網羅した技術報告書であるISO/TR22411の改訂作業が進められた。また、個別テーマとして、年代別の可読文字サイズに関する規格案の拡充を図るために、文字サイズとコントラストによる可読性への影響についての基礎データを集積するとともに、高齢者・弱視者を対象とした報知光の視認性や色の組合せによる提示方法についての国際規格化提案の準備が進められた。また、映像コンテンツのバリアフリー化に向けた補助字幕の設計手法に関する国際規格化についての提案を行い、承認されている。さらに、表示の見やすさに関連して、どの方向からでも画像が観察者に正対するように見えるディスプレイのプロトタイプが開発された。一方、映像の生体安全性については、ディスプレイの高解像化やVR技術の急速な進展に対応するため映像酔いの国際規格化提案を念頭に、基礎的知見の整理と集積が行われるとともに、光感受性対策の指針についてその規格案の最終段階の審議が行われ、さらに、3D映像による視覚疲労対策の指針については規格発行に至った。

現在、科学技術の進展に伴い、多様な情報提示手法が開発されるとともに、インターネット環境の急速な普及により、情報提示の多様な展開が進みつつある。このような状況において、いわゆる技術優先ではなく、誰もが情報を安全に、また快適に利用できる過ごしやすい環境を整備することの必要性が高まっており、こうした観点から当該研究テーマの役割は大きい。そのために、今後

さらにアクセシブル情報デザイン技術の開発と普及促進を図っていく。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 感覚・知覚情報、高齢者・障害者配慮、アクセシブルデザイン、映像の生体安全性、イメージ・セイフティ、標準化

【テーマ題目5】 ニューロコミュニケーター

【研究代表者】 長谷川 良平（ニューロテクノロジー研究グループ）

【研究担当者】 長谷川 良平（常勤職員1名、他4名）

【研究内容】

近年、革新的次世代医療技術として脳と機械を直結するブレイン・マシン インタフェース（Brain-Machine Interface: BMI）の実用化が期待されている。産総研では非侵襲的脳活動計測に基づくBMI技術の一種として、脳波による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」の開発を行ってきた。この装置は、1) コンパクトな無線脳波計や樹脂製ヘッドギアを用いて高品質な脳波データを簡便に計測できること、2) 独自開発のパターン識別アルゴリズムによって選択的注意を反映した脳波成分（事象関連電位）から脳内意思決定を高速・高精度で解読できること、3) 階層的なデータベースから効率的にメッセージを生成し、それを臨場感のあるCGアバターによってフレンドリーに表出できること、などの特徴を有している。

この装置の試作第1号機の完成を報告するプレス発表（2010年3月）は非常に大きくメディアで報道され、神経難病や脳卒中による重度の運動機能障害を持つ患者家族やそのような患者の治療やケアを担当する医療関係者から多くの問い合わせを受けつつ、一刻も早い実用化が期待されている。そこで、メディアで情報を得て問い合わせをしてきて下さった在宅療養中の神経難病患者家族等の要望に応える形で散発的に訪問実験を行ってきた。その過程で、(a) 患者の療養環境に存在する医療機器や家電製品に由来する電氣的ノイズが脳波データに混入する問題や、(b) 長期間の「寝たきり」介護生活の継続や運動関連視野以外への病変の広がりや原因で生じると考えられる認知機能の低下がS/N比の高い脳波データの取得や高精度の脳波解読に悪影響を及ぼすことが分かってきた。しかしながら、遠方に在住の場合も多い患者に対し、医療機関との連絡も含めて事前調査も不十分なまま、半日（毎回現場で必要な準備や片付けを除くと実質1～2時間）の滞在時間中にあわただしく実験を行うスタイルでは、改良のための新しいアイデアを試すどころか、必要最小限の標準的なデータを取得することも困難なことがあった。

この難局を乗り越えるため、H27年度より、筑波大学附属病院との連携を病院内組織である未来医工学センター（CIME）のレンタルラボを活用し、脳神経外科を中

心としたサポート体制において、ニューロコミュニケーターの実用化に向けた臨床研究の拠点を設立するための検討が始まった。具体的には下記の3つのサブテーマに関して研究開発を行い、それぞれにおいて成果を導き出すことができた。

●サブテーマ①：多数の被験者（患者）の確保と安全な実験が可能な専用施設の確保

・・・CIME内レンタルラボ制度を活用して専用実験室を開設。部屋の改装後、ニューロコミュニケーターの臨床研究を効率的に実施するための各種実験機器の導入を完了した。すでに当該実験室において予備実験も実施し、良好な脳波データの計測に成功している。

●サブテーマ②：高品質な脳波データを計測可能な実験システムの整備

・・・電磁シールド機能付きヘッドギアと各種フィルターの効果によって、臨床現場に顕著な環境ノイズの影響を激減させることに成功した。

●サブテーマ③：主用途以外の活用法の考案（脳波 BMI 技術の応用の可能性を広く検討）

・・・ニューロコミュニケーターのコア技術のひとつであるパターン識別手法を活用し、脳波（事象関連電位）の強さや解読精度をバイオマーカーとした認知機能評価手法システムの開発に着手し、主として健常者を対象とした予備実験を開始した。

このような、臨床施設の確保とは独立に、本システムの高度化の一環として、さらにはロボット研究分野における新技術要素として、脳波解読によるロボット制御技術の開発を開始した。具体的には、小型のヒト型ロボットに多数のジェスチャーを表出させるためのシステム開発と、このシステムを用いた予備実験を開始した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】意思伝達、実証実験、脳波、福祉機器、ロボット

【テーマ題目6】テラーメイド化を目指したニューロリハビリテーションの研究

【研究代表者】肥後 範行（システム脳科学研究グループ）

【研究担当者】肥後 範行、村田 弓、松田 圭司、高島 一郎、渡辺 由美子（以上、システム脳科学研究グループ）、山田 亨、兵藤 行志、谷川 ゆかり、川口 拓之、岩野 孝之、瀧田 正寿（以上、脳機能計測研究グループ）、金子 秀和、菅原 順、遠藤 博史、井野 秀一、近井 学（以上、身体適応支援工学研究グループ）、藤崎 和香（感覚知覚情報デザイン研究グループ）（常勤職員17名、他25名）

【研究内容】

高齢化の進む日本において、脳の損傷による後遺症は深刻な問題となりつつある。脳血管疾患などにより脳に損傷を受けると後遺症が残ることが多く、発症後に介護を必要とする疾病原因の第一位となっている。近年、脳の回復メカニズムに基づいた新しいリハビリであるニューロリハビリテーションが注目を集めているが、十分に効果的な方法が確立されているとは言い難い。本課題では脳損傷によって身体機能が低下した患者の機能回復訓練において、脳内に代替神経回路網が適切かつ効率よく形成できるように、個人の脳状態をモニタリングしながら訓練支援、介入を行う「テラーメイド型ニューロリハビリテーション」の研究開発を行う。また将来的に、本研究で開発するリハビリ技術を医療の現場だけでなく、フィットネスや在宅での身体機能の訓練技術として汎用性の高いものを目指す。

本研究課題は、(1) 機能回復に関わる脳の変化を知るための適切な脳損傷モデルの開発、(2) 脳の変化をモニターしてフィードバックするfNIRS（機能的近赤外分光法）による評価技術、(3) 望ましい脳の変化を促進する介入技術の3つの技術開発を、動物とヒトの両方を対象とする実験研究と臨床応用研究を連携させて進める。具体的に、(1) ではヒトに近い脳身体の構造と機能を有するサルを用いた脳損傷モデル動物を開発し、脳損傷後の回復期に見られる脳の機能および構造変化を明らかにする。

(2) では、望ましい脳内変化を促進するために、fNIRSすなわち近赤外分光分析法による計測を用いた評価技術と、脳への電気刺激を中心とした介入技術を開発する。

(3) では、モデル動物を用いて評価・介入技術の効果を検証、結果のフィードバックを行い、脳のメカニズムに基づいたリハビリ訓練法の開発、脳電気刺激技術や、訓練効果を促進する薬剤の評価などを行うことで脳損傷患者での有用性を検証する。以上、一連の研究開発を通じて、脳の障害と回復段階に応じた介入と、脳活動の変化に関する評価を行う統合システムを開発する。

本年度、(1) の脳損傷モデルに関しては、脳卒中患者の病態に近い運動障害を示す内包梗塞サルモデルを世界に先駆けて開発した。脳損傷サルモデルにおいて、損傷により失われた脳の機能を肩代わりする脳活動変化と、その背景にある遺伝子発現の変化を解析し、脳内の代替神経回路網形成の状況が明らかになった。(2) のfNIRSを用いた脳機能の評価技術では、脳神経活動成分のリアルタイム抽出技術、体動アーティファクト除去技術、脳内光伝播シミュレーション用モデルの構築法の確立を行った。さらに、(3) の技術開発の第一段階として、サルとヒトとで相互評価可能な実験系の構築を目指し、サル脳に対して最適なプローブ間隔、配置を決定するとともに、頭骨への固定技術を確立し、把握運動時の脳活動を安定して計測することに成功した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】リハビリテーション、脳機能回復、トラ

ンスレーショナルリサーチ

④【知能システム研究部門】

(Intelligent Systems Research Institute)

存続期間：2001.4.1～

研究部門長：横井 一仁

副研究部門長：吉田 英一

総括研究主幹：神徳 徹雄

所在地：つくば中央第1、2

人員：47名（47名）

経費：876,884千円（559,322千円）

概要：

知能システム研究部門では、情報・人間工学領域の方針に従い、産総研が長期的に「橋渡し」の役割を果たしていくため、将来の橋渡しの基となる革新的な技術シーズを生み出す目的基礎研究に取り組むことを第1のミッションとしている。第3期までに確立した技術シーズ、第4期で確立する技術シーズは、民間企業ばかりでなく、公設試等とも連携し、順次全国レベルでの「橋渡し」研究に繋いでいくことを第2のミッションとしている。

第4期中長期目標期間においては、情報・人間工学領域の重点研究課題の一つである「産業と生活に革命的変革を実現するロボット技術の開発」を達成するために、「環境変化に強く自律的な作業を実現するロボット中核基盤技術」の研究開発を重点的に推進している。また、ロボットイノベーション研究センターと協力し、介護サービス、屋内外の移動支援サービス、製造業など様々な産業においてロボットによるイノベーションの実現をめざし、人間共存型産業用等のロボットや評価基準・評価技術などの関連技術を開発している。さらに、「ビッグデータから価値を創造する人工知能技術」「産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステム技術」「快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術」についても、人工知能研究センター、情報技術研究部門、人間情報研究部門と協力しながら研究開発を推進している。

第4期中長期計画期間中に、国際的に最高水準の研究機関を目指した組織体質の改革を実施し、第5期中長期計画に継承させる。

平成27年度の重点化方針は、第4期中長期計画に対応した、目的基礎研究、「橋渡し」研究前期における研究開発を重点に実施するとともに、「橋渡し」研究後期についても、直接・間接の両者により民間資金を獲得し実施することとした。

この方針に基づき、知能システム研究部門で実施する代表的な目的基礎研究としては、災害現場等の過酷

環境における移動・作業から人間を解放するために、環境をロボットにあわせて整備することなく人間の作業員の移動・作業を代替するための基盤技術の研究開発が挙げられる。平成27年度は、悪通信条件下においても遠隔操作により不整地や階段の移動、バルブの回転や工具の操作、プラグの挿入作業が可能なヒューマノイドロボットシステムの実現に挑み、実証実験から各機能の実用性を評価した。またこのようなロボットシステムを開発するための基盤として、国内外のロボット用ミドルウェアと親和性の高いシミュレーション環境を開発・公開し、これを用いた競技会により、それらの実用性について実証した。

知能システム研究部門で実施する代表的な「橋渡し」研究前期における研究開発としては、現在の日本において、社会インフラの老朽化への対応は喫緊の課題であり、人手不足や危険作業の低減のために、民間企業とともに、社会インフラの維持管理を支援するためのロボット技術の研究開発が挙げられる。平成27年度は、NEDO「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」の中で、現場での検証に耐えるプロトタイプに搭載するセンシング、自律制御、安全性の向上のための技術の開発とシステム化を行い、その実用可能性について評価検証を行った。また、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の中で、マルチローター搭載用の打検機や光学センサ等の開発を進め、実際の運用に適したシステムを作製した。

また同じく代表的な「橋渡し」研究前期における研究開発として、認知症を含む高齢者とロボットとの対話により、生活に必要な情報を確実に伝達する情報支援システムを、JST 戦略的イノベーション創出推進プログラム「高齢者の記憶と認知機能低下に対する生活支援ロボットシステムの開発」において、企業数社とともに開発している。平成27年度は、意図抽出手法について、雑音抑圧、音声強調処理、韻律の利用、対話による利用者の意図を確認等の改良を行った。さらに、日常行動のモデル化手法について、異常検出や活動量を計測する技術の開発等の改良・拡張を行い、時間見当識の確認等ロボットとの対話を通じて認知機能低下の兆しを検出する手法の妥当性を評価した。

内部資金：

(なし)

外部資金：

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト/イメージング技術を用いたインフラ状態モニタリングシステム開発/道路構造物ひび割れモニタリングシステムの研究開発」

「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト／インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発／マルチコプタを利用した橋梁点検システムの研究開発」

「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト／インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発／可変構成型水中調査用ロボットの研究開発」

「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト／インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発／災害調査用地上／空中複合型ロボットシステムの研究開発」

「環境・医療分野の国際研究開発・実証プロジェクト／ロボット分野の国際研究開発・実証事業/災害対応ヒューマノイドロボット HRP-2改の研究開発」

「環境・医療分野の国際研究開発・実証プロジェクト／ロボット分野の国際研究開発・実証事業／Choreonoid フレームワークを用いた災害対応ロボットシミュレータの研究開発」

「SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／インフラ維持管理・更新・マネジメント技術/維持管理ロボット・災害対応ロボットの開発／橋梁・トンネル点検用打音検査飛行ロボットシステムの研究開発」

「次世代ロボット中核技術開発／（革新的ロボット要素技術分野）自律型ヒューマノイドロボット／非整備環境対応型高信頼ヒューマノイドロボットシステムの開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構

研究成果展開事業（戦略的イノベーション創出推進プログラム）（Sイノベ）

「高齢者の記憶と認知機能低下に対する生活支援ロボットシステムの開発」

研究成果展開事業（センター・オブ・イノベーション（COI）プログラム）

「感性とデジタル製造を直結し、生活者の創造性を拡張するファブ地球社会創造拠点」

研究成果展開事業【研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)ハイリスク挑戦タイプ】

「小型・高効率なワンショット動体形状計測システムの研究開発」

革新的研究開発推進プログラム【ImPACT】

「極限環境シミュレーションプラットフォーム Choreonoid の開発」

「タフ・ロボティクスのためのタフ・ワイヤレス技術の研究開発」

一般財団法人日本自動車研究所

「平成26年度戦略的イノベーション創造プログラム（自動走行システム）：

全天候型白線識別技術の開発及び実証「車線維持制御における白線識別性能評価」

「平成27年度戦略的イノベーション創造プログラム（自動走行システム）：

走行映像データベースの構築技術の開発及び実証「走行映像データベースの評価手法の開発、性能評価に係わる海外動向調査」

公益財団法人新潟市産業振興財団

「チタンアルミ合金切削加工技術の確立による環境対応型先進 UAV 用ターボジェットジェネレーターの開発」

独立行政法人日本学術振興会

基盤研究(A)

「全身感覚運動情報の多相計測と能動再構成に基づく身体性変化即応認知行動機能の研究」

「視聴覚を利用した見まね学習によるアクティブな動的動作生成に関する研究」

基盤研究(B)

「Beyond multi-contact planning」

「スマートモビリティと環境固定センサ群の相互支援による走行時リスク検出法の開発」

「情動の最適制御に向けて：緊張が運動に与える影響の計算モデルと神経機構」

「高輝度小型パターン光源を用いた3次元内視鏡の開発と人体消化器官計測の試み」

「人側／装置側の両者の力触覚機能向上による新しい医用力覚呈示システム」

基盤研究(C)

「パターン認識のための特徴量変換に関する研究」

「異種音声単位と複数言語を用いた高分解能音声特徴空間の構築と応用の研究」

「駆動源 HMM のトポロジー自動生成を用いた病的音声の疾患検知」

「高度なマニピュレーション作業における失敗からの回復技能の解明」

「生物学分野における計測画像の解析手法に関する研究」

「複数物体の最密充填と安定性を制御する詰込みに関する研究」

「モバイル機器を利用した反転授業とその効果に関する研究」

「DNN を用いた音声による音声の検索の高精度・高速・低資源システムの実現」

若手研究(B)

「時空間最適化による人の身体力学系のバイオメカニカルコンピューティング」

新学術領域研究

「胎児・新生児シミュレーションに基づく初期発達

原理とその障害の解明」

挑戦的萌芽研究

「人工手指を自分の手指のように動かす：ヒト脳活動をを用いた人工手指の自然な学習」

特別研究員奨励費

「ヒューマノイドの複雑動作生成のための効率的な数値解法の研究」

発表：誌上発表114件、口頭発表212件、その他20件

ヒューマノイド研究グループ

(Humanoid Research Group)

研究グループ長：金広 文男

(つくば中央第1)

概要：

人間工学的に不適切な姿勢での作業や重負荷作業、単純繰り返し作業、有害・危険な環境での作業等が求められる過酷環境で働く人間の活動を代替できるヒューマノイドロボットを目指し、ヒューマノイドロボティクスに関する基盤研究・工学的研究を行っている。転倒にも対応可能な強靱な身体能力に加え、手足の区別なく全身を利用でき、環境との密なインタラクションを可能とするセンシング能力を持つヘビーデューティーヒューマノイドロボットのハードウェア及びシミュレータ等の基盤ソフトウェア、過酷環境内を2足歩行に限らず全身を用いて環境に適した方法で移動し、手先のみならず全身を使って作業するための全身運動計画・制御機能、容易な作業の教示手法を実現すべく活動している。

研究テーマ：テーマ題目1

フィールドロボティクス研究グループ

(Field Robotics Research Group)

研究グループ長：加藤 晋

(つくば中央第2)

概要：

少子高齢化社会において、重労働・危険作業者の減少対策や移動手段の確保のため、人の代わりに作業や移動を支援することや、自律的に行うシステムが期待されている。フィールドロボティクス研究グループでは、特に「災害対応」、「社会／産業インフラの維持・整備」、「快適社会」、「資源開発」に資するロボティクス技術の研究・開発を進め、これらの実環境下における移動、運搬、情報収集、探索、点検や各種作業の安全かつ効率化を実現する移動・作業型システムの実現を目指している。具体的には、災害調査ロボット、インフラ点検用ロボット、自律作業システム、モビリティシステム、ITS（高度道路交通システム）やロボットの自動運転や運転・作業支援を対象に、環境認識技術、移動機構・制御技術、ナビゲーション技術、遠隔

制御技術、ヒューマンインターフェース技術、通信技術など、屋外環境で使えるシステム技術や要素技術に関する研究を推進している。

研究テーマ：テーマ題目2

スマートコミュニケーション研究グループ

(Smart Communication Research Group)

研究グループ長：小島 一浩

(つくば中央第1、2)

概要：

人と人、人とシステム、システムとシステムなど、つながりが形成されるプロセスに着目し、様々なセンサデバイスと情報ネットワークによる行動・環境分析、ロボット技術 (RT) による統合化によって、より豊かで人間本位のコミュニケーション環境を実現する研究開発を行っている。音や電波による計測・分析技術の研究開発、住宅から街全体まで考慮したスマートコミュニティ型 RT システムという生活・産業支援を実現するプロトタイプシステムの開発を進めている。モノ、ヒト、社会をスマートにつなげ新たな価値を創造する技術の開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目3

マニピュレーション研究グループ

(Manipulation Research Group)

研究グループ長：原田 研介

(つくば中央第1)

概要：

3次元視覚情報処理、力覚・触覚情報処理、把持・作業計画など、知能システムに要求される作業知能に関する要素技術の高度化を中心に、ロボット作業の体系化を図り、様々なニーズに応えるロボット技術の確立を目指した研究開発を行っている。具体的には、人間の作業・活動を支援または代行するシステムとして、産業用ロボットや生活支援ロボットでの応用を目的に、環境や対象物の3次元計測・認識技術、把持計画・動作計画技術、触覚センサ技術、センシング・制御戦略を実装した作業・動作プリミティブに基づく知的マニピュレーション技術等の研究開発とともに、新たな取り組みとしてセンシング技術と作業技術の密な融合による高精度な作業知能技術の確立を目指している。

研究テーマ：テーマ題目4

コンピュータビジョン研究グループ

(Computer Vision Research Group)

研究グループ長：佐藤 雄隆

(つくば中央第1)

概要：

生活支援ロボットや自動車の自動運転など、いよいよ

よ「機械の目」が我々の生活を支える時代が始まりつつある。人間は視覚情報に強く依存して生活しているので、それを支える機械も人間と同等、またはそれ以上の視覚能力を持つことが望ましいと言える。このような背景のもと、全方向ステレオカメラシステムや高速3次元計測システムなど視覚情報のセンシング能力を大きく向上させるための研究を行うと同時に、パターン認識技術や3次元情報処理技術など、センシングした情報を的確に解析するための技術に関する研究開発を行っている。また、基盤技術の高度化に関する研究のみならず、開発した技術を産業界はもちろんのこと、安全安心、社会インフラ維持管理といった社会的な重要課題解決において活用していくための取り組みも行っている。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5

インタラクティブロボティクス研究グループ

(Interactive Robotics Research Group)

研究グループ長：吉田 英一

(つくば中央第1)

概 要：

人と機器や環境とのインタラクションをさまざまな角度からとらえ、製品設計や生活支援に役立つシミュレーション・ロボット融合技術を目指している。まず、デジタル世界で骨格や筋肉を含む人間の身体形状・構造や運動、さらに環境とのインタラクションを再現することで、人間の認知や行動原理の理解・モデル化を進め、支援機器やロボットを含むさまざまな製品の人間中心設計を実現する支援システムを開発する。また、人間の行動をヒューマノイドにより模擬する技術を開発することにより、人では直接測ることが困難な運動・道具・環境の変化に伴う人への力学的効果を定量化し、動作支援機器などの効果を評価する研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目6

[テーマ題目1]過酷環境でも働けるヘビーデューティヒューマノイド技術

[研究代表者] 金広 文男 (ヒューマノイド研究グループ)

[研究担当者] 金広 文男、金子 健二、梶田 秀司、阪口 健、森澤 光晴、中岡 慎一郎、喜多 伸之、Cisneros Rafael、服部 静子、吉田 英一、鮎澤 光、Kheddar Abderrahmane、Gergondet Pierre (常勤職員9名、他4名)

[研究内容]

災害現場等の過酷環境における移動・作業から人間を解放するために、環境をロボットにあわせて整備するこ

となく人間の作業員の移動・作業を代替することが可能なヘビーデューティヒューマノイドを実現することを目的とし、必要となる基盤技術を開発している。平成27年度は、悪通信条件下においても遠隔操作により不整地や階段の移動、バルブの回転や工具の操作、プラグの挿入作業が可能なヒューマノイドロボットシステムの実現に挑み、DARPA Robotics Challenge (DRC) やジャパン・バーチャル・ロボティクス・チャレンジ (JVRC)、国際ロボット展における実証実験により各機能の実用性を評価した。予め記述した各種タスクの標準的な手順を自律的に実行しながらも必要に応じてオペレータからの支援を受けたり、オペレータが介入したりすることが可能なタスクの記述・実行システムとしてタスクシーケンス・タスクシーケンサを構築し、これによってタスクの効率的な実行とオペレータの負担軽減を実現した。またロボット側で実行されるこのシステムと最小限の通信で同期する遠隔操作システムを構築し、悪通信条件下においてもこれらのタスクを実行することを可能とした。このシステムを用いて実証を行い、DRC では全23チーム中10位 (日本からの参加チーム中最高位) を獲得し、JVRC では実質2位 (関係者のため公式順位からは除外) を獲得した。また国際ロボット展において災害対応の実演を行い、開発した技術の有効性を確認した。これらの実証において明らかになった問題や、今後有望と思われる大型構造物組立等の応用分野で求められる機能を分析し、転倒時にも壊れづらく、強靱な腕部や環境との密なインタラクションを可能とするセンシング機能により、脚腕の区別なく全身を利用した非整備環境での移動や作業が可能な次世代ヒューマノイドロボットのハードウェアの概念設計を行った。

またこのようなロボットシステムを開発するための基盤として、国内外のロボット用ミドルウェアであるRT-Middleware や ROS と親和性の高いシミュレーション環境 Choreonoid を開発・公開した。Choreonoid はいずれのミドルウェアを用いて開発された制御ソフトウェアと接続可能である他、ROS と組み合わせることで広く利用されているシミュレータ Gazebo の形式のモデルファイルを読みこむことも可能である。また、Choreonoid を用いた災害対応ロボットのシミュレーションによる競技会 JVRC を開催し、Choreonoid が災害対応ロボット開発に有用であることを確認した。

[領 域 名] 情報・人間工学

[キーワード] ヒューマノイド、災害対応、シミュレータ

[テーマ題目2]インフラ維持管理と災害対応に資するロボット技術

[研究代表者] 加藤 晋 (フィールドロボティクス研究グループ)

[研究担当者] 加藤 晋、大山 英明、森川 泰、

有隅 仁、岩田 拓也、神村 明哉、
渡辺 顕司、前川 仁、
Jayasekara Peshala、皿田 滋、
竹内 厚司、Cho Yeonju、野宮 和洋、
越川 知大、山田 幸佑、鎌田 瑞生、
渡邊 哲也（常勤職員8名、他9名）

【研究内容】

現在の日本において、社会インフラの老朽化への対応は喫緊の課題であり、人手不足や危険作業の低減のために、企業とともに、社会インフラの維持管理を支援するためのロボット技術の開発を行っている。平成27年度は、NEDO「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」の下で、実現場での検証に耐えうるプロトタイプに搭載するセンシング、自律制御、安全性の向上のための技術の開発とシステム化を行い、その実用可能性について評価検証を行っている。点検対象の1つは、橋梁の近接目視であり、マルチコプタを用いて、橋梁上部から下面の床版に飛行してアクセスし、高精細な画像を取得するロボットシステムの開発を行った。また、自動飛行制御や横風などの外乱を抑止するような制御を実装し、有用性を検証した。さらに、ダムや河川の目視点検を対象として、水中ロボットの開発を行った。特に河川の流速に耐えうるように、ワイヤでの係留を行いつつ、舵を制御する自在に移動することができることの研究開発を行った。また、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の中で、マルチコプタ搭載用の打検機や光学センサ等の開発を進め、実際の運用に適したシステムを作製し、実証評価を行った。さらに、戦略予算では、「インフラ維持技術の統合的研究開発」として、配管等で複雑化した産業インフラの点検保守に対応できる作業ロボットを対象とし、求められる高アクセス機能を実現するための状況認識と移動制御技術の研究開発を行った。

災害対応ロボットの開発では、NEDO「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」の下で、マルチコプタや遠隔操作の無人調査用車両の開発を行った。開発したロボットの評価として、国交省の現場検証評価に参加し、トンネル災害の対応ロボットとして、非常に高い評価を受けた。これらの成果により、NEDOのステージゲート評価を通過し、次年度から実用化に向けた開発を進めることとなった。また、ImPACTのタフ・ロボティクス・チャレンジにおけるタフワイヤレス通信の実現を目指した研究開発に従事しており、産総研は、ロボットへの通信機の実装と評価検証を担当している。産総研で行った予備実験では、マルチホップの中継を行った場合にも、低遅延であるため、ロボットの操作には充分であることなどを確認している。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】社会インフラ、産業インフラ、インフラ維持管理、災害対応、ロボット、ドロー

ン、マルチコプタ、フィールドロボティクス、高アクセス機能、移動機構、タフワイヤレス、遠隔半自律制御、協調制御

【テーマ題目3】well-beingを計測・評価・促進する技術

【研究代表者】小島 一浩（スマートコミュニケーション研究グループ）

【研究担当者】小島 一浩、児島 宏明、李 時旭、
鍛冶 良作、佐土原 健、佐宗 晃、
金 奉根、関山 守、江渡 浩一郎
（常勤職員9名）

【研究内容】

快適で安全な社会生活（well-beingな状態）を実現するためのロボットシステム化技術を確立するために、システム to システム（IoT）、人 to システム（生活支援）、人 to 社会システム（社会システム）を構成するための基盤アーキテクチャを設計・実現すると共に、その手法の体系化を目指している。特に、（1）IoT活用のための基盤技術の開発、（2）人間行動観測・異常（兆し）検知技術の開発、（3）共創型イノベーションシステム構築のためのアクションリサーチ、を3本柱として進めている。

（1）IoT活用のための基盤技術の開発に関しては、第5期科学技術基本計画に「超スマート社会」の実現（Society5.0）が掲げられ、様々な生活データが集約されるスマートハウスを軸として、そのデータを他の産業で活用することで、IoT社会のイノベーションが期待されている。一方、住宅外で生成される他産業のデータを活用することで、付加価値の高いサービスをスマートハウスにおいて提供可能となる。これらデータ収集および各種サービス提供においては、住宅設備のネットワーク連携が必要となる。しかし、現状では、住宅設備機器のネットワーク化において、センサ情報や制御情報の優先度が規定されておらず、安全に設備作動をさせる指針がない。そこで平成27年度は、住宅設備連携における機能安全規格に関する国際標準の開発を開始した。

（2）人間行動観測・異常（兆し）検知技術の開発に関しては、記憶や認知機能の低下した高齢者の自立・自律した生活を維持・促進するために、生活に必要な不可欠な情報把握を支援し日常生活行動を見守るロボットシステムの開発を目指し、他5機関と共同研究を行っている。平成27年度は、認知機能に応じた意図抽出モジュールの開発において、音声認識誤りに頑健な発話意図抽出モジュールを実装することを目標に、意図抽出モジュールをクラウド上のWebサービスとして実装し、暗号化通信プロトコルや雑音抑圧処理を組込むとともに、韻律や確認対話により意図抽出精度を向上させる技術を開発・実装し、特許出願した。

（3）共創型イノベーションシステム構築のためのアクションリサーチに関しては、多様なステークホルダが

協働できるプラットフォームとして、ニコニコ学会β、IT×災害会議、一般社団法人住みよさ創造機構、災害対応避難者アシストロボットの社会実装機の技術開発など、プラットフォーム設計、ワークショップ、アイデアソンの実施を行った。災害対応避難者アシストロボットの社会実装機の技術開発では、避難者アシストロボットを社会実装する防災コミュニティ形成に関する研究を担当し、防災コミュニティにおける災害時、平常時に求められる必要機能、ステークホルダ間の関係、避難者アシストロボットの社会実装に向けて開催されるロボット体験イベントに求められる機能等をSysMLにより記述し「見える化」を行った。また、防災コミュニティの形成プロセスをSysMLの変化として記述する方法を開発した。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】well-being、IoT、行動観測技術、異常検知技術、共創プラットフォーム

【テーマ題目4】生産用ロボットのためのマニピュレーション技術と視覚認識技術

【研究代表者】原田 研介（マニピュレーション研究グループ）

【研究担当者】原田 研介、永田 和之、山野辺 夏樹、中村 晃、吉見 隆、植芝 俊夫、音田 弘、長久保 晶彦、北垣 高成、喜多 泰代、万 偉偉、佐藤 雄隆、増田 健、岩田 健司、河井 良浩（常勤職員15名、他3名）

【研究内容】

近年、多品種少量生産の製造現場においても数多くのロボットが導入されてきているが、まだ一部の作業工程への適用に限られている。その大きな理由として、多種多様な形状・材質の部品を扱わなければいけないこと、ロボットへ動作を教示するコストが高いことなどが挙げられる。これらの課題を解決するためには、各種部品を視覚センサで認識でき、その情報に基づいてロボットが作業を行う動作を自動的に生成できる必要があり、以下の技術課題に取り組んだ。

1. 視覚センサによる黒色を有する樹脂性部品の計測
部品のスペクトル分析を行い、反射率が比較的高い波長を特定した。この波長を持つレーザーによる計測実験を行い、良好な計測が可能であることを確認した。三次元計測が難しい対象物を的確に計測するためにはこのような工夫が必要となるが、将来的には部品表面の反射特性を計測に適したものとしていくことも製造工程の自動化にあたって重要であると結論づけた。
2. 自由形状パイプの位置・姿勢検出手法の開発
バラ積物体の個々の位置姿勢を安定して検出する技術として、箱の中に多数の自由形状パイプ部品が入った状態において、パイプの位置・姿勢検出をその形状

特性をフルに活用することにより、ノイズの多い状況下でも頑健に実現する手法を開発した。

3. 簡易キャリブレーション手法の開発

視覚センサで認識した部品の位置・姿勢情報をロボットで簡便で正確に扱えるよう、特別なマーカを設定することなくロボットハンドを観測することにより、ロボット座標とカメラ座標を簡易にキャリブレーションできる手法において、複数観測データを統合して精度を上げるような拡張を行った。

4. 学習に基づくバラ積み部品のピッキング手法の開発

バラ積みされた機械部品を視覚センサにより撮影し、この視覚情報に基づいて、ロボットハンドによるピッキングが成功するか失敗するかを判定する識別アルゴリズムを構築した。これにより、この手法を用いない場合と比較してピッキングの成功率が上がることを確認した。

5. 力覚センサによるロボット制御手法の開発

ウォームギアの組立における、ウォームとウォームホイールの位相を合わせながら行うロボットによる嵌合を扱った。嵌合部分の位相を合わせる際の探索時にある一定の閾値で嵌合成功とみなす部分についての解析を行った。位置の関数として閾値を補正し、ウォームの切り欠きや非対称性部分を考慮した解析を行い、前提によっては歯と歯の重なりが少なくなる場合があることを、動力学シミュレーションを用いて示した。また、双腕ロボットの手首に6軸の力・モーメントセンサを搭載し、手先に加わった力をフィードバックする制御手法の一つであるインピーダンス制御を実装した。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】三次元計測、物体検出、キャリブレーション、部品ピッキング、力覚制御、作業・動作計画

【テーマ題目5】三次元空間情報の認識・理解技術

【研究代表者】佐藤 雄隆（コンピュータビジョン研究グループ）

【研究担当者】佐藤 雄隆、佐川 立昌、増田 健、岩田 健司、小林 匠、永見 武司（常勤職員6名）

【研究内容】

三次元センシング技術に対する産業界のニーズが急速に高まっているが、同技術は現状発展途上の段階にあり、従来技術では、高密度のセンシングが困難、センサまたは対象が動くとき像が歪む（移動歪）という問題があった。本研究では、高密度かつ移動歪みの無い広域の三次元空間情報を産業界で活用可能にするために、次の1)～3)に示す技術に関する研究を行う。1) パターン投影型アクティブワンショット三次元計測技術に関する研究開発を行う。パターン投影機構の改良、投影パターン最適化、

パターン解析アルゴリズム改良、光源の改良、等を行い、対象物を三次元モデリングにおける1つの精度指標となるテクスチャによらず2 m の距離から2 mm 以内の誤差、且つ30 fps またはそれ以上のフレームレートで取得可能となることを明らかにする。また、光源の改良を進め、最終年度までに屋外対応化を目指す。2) センサの位置関係が任意であっても較正可能な、汎用的センサおよびセンサアレイキャリブレーション技術の開発およびツール整備を行う。キャリブレーションマーカーの最適化、マーカー自動検出アルゴリズム開発、ロバスト統計を導入した較正アルゴリズムの開発、累積誤差分散アルゴリズムの開発、等を行い、センサの位置関係が任意の場合であっても良較正の1つの指標とされている角度誤差0.3度以内の精度で較正可能となることを明らかにする。3) センサデータ処理に必須となる欠損補完、三次元点群統合を行うためのアルゴリズムに関する研究開発を行う。統計的ノイズ除去、欠損補完、三次元点群レジストレーション（位置合わせ）等を通して空間情報を再構成・補完・統合する技術を開発し、ソフトウェアとして整備する。

平成27年度は1) に関して、パターン投影機構の改良、投影パターン最適化、復元アルゴリズム改良、GPU 処理等により2 m の距離から2 mm 以内の誤差且つ10 fps を達成した。また2) に関して、世界座標系での外部キャリブレーション法を開発・実装し、プログラムライブラリとして整備を行った。3) に関しては、位置合わせを行い、広域3次元モデルを生成するアルゴリズムを開発・実装し、プログラムライブラリとして整備を行った。更にこれらに加え、新たに三次元を超える四次元情報を取得可能にするコンピュータショナルフォトグラフィー技術に基づくカメラアレイシステムを開発し、ディープラーニングによる機械学習を組み合わせることで、人物の一部が隠れているような場合であっても高精度に人物検出が可能であることを示し、学会発表で受賞するなど研究は順調に進捗した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】コンピュータビジョン、画像情報処理、センシングシステム

【テーマ題目6】人間中心製品評価・設計のためのインタラクション指向ロボット技術

【研究代表者】吉田 英一（インタラクティブロボティクス研究グループ）

【研究担当者】吉田 英一、遠藤 維、吉安 祐介、鮎澤 光、今村 由芽子、Florian Rebol-Salze（知能システム研究部門）、蔵田 武志、大隈 隆史、一刈 良介、Luis Carlos Manrique Ruiz、多田 充徳、宮田 なつき、村井 昭彦、

杉浦 裕太（人間情報研究部門）
（常勤職員10名、他4名）

【研究内容】

本技術開発では、人と機器、ロボット、環境との関係をモデル化し記述する汎用的な基盤理論と、それに基づく人間シミュレーションとロボット技術、特にヒューマノイド技術を融合する技術としてのインタラクティブロボティクスを位置づけ、中期計画において、「産業と生活に革命の変革を実現するロボット技術の開発」を中心に貢献し、製品設計や健康支援への応用を通じて社会に貢献することを目指す。

平成27年度は、ロボット介護機器の安全・効果基準策定事業、ImPACT におけるサイバニックシステムの安全検証手法開発などの研究プロジェクトに参画し、人間シミュレーション技術として、これまで開発した人の特性に近い体型・姿勢を再現可能な人体モデルをさらに高度化した。個々人の表面形状・骨格の同時生成手法とこれを用いた機器や製品と人間とのインタラクションのモデル構築、関節拘束力の最大リスク評価を可能にする筋骨格解析法を統合し身体-機器相互作用シミュレーションを可能なモデルに拡張した。筋骨格モデルとしては、変形を考慮したモデルの開発を行い、ボリュームを持つ皮膚筋骨格モデル及び変形の実現、筋の形状に基づくワイヤ筋モデルの実装を行った。これらの成果に基づき、幾何学・運動学的なエルゴノミクス評価指標の精度を高めるとともに、人体モデルをさまざまな年齢・体型に拡張して、種々の製品の人間中心設計を行うシステムを開発した。これに加えて、オンライン運動計測技術、床反力計測・推定技術、各種デバイス・センサインタフェース技術を開発し、統合環境 DhaibaWorks の機能拡張として統合した。また、これらの解析等に利用する実環境での人間活動モニタリングデータ取得のため、PDR（歩行者自立航法）による人間の移動軌跡の推定精度の向上と身体姿勢の同時推定を実現し、PDR 自体の小型化も進めた。これらの人間動作解析・モデリングの知見をベースに、複数の民間企業との共同研究に展開し、人間中心設計の国際標準化にも貢献した。

さらに将来的な課題として、シミュレーション・ロボット融合の基盤技術開発に取り組み、さまざまな支援機器に適用可能な評価指標の抽出に向けた動作の測定と解析を行い、使用者の負担を軽減する動作軌道の設計に貢献した。また環境や機器とのインタラクションを含む人の動作を規範とする動的特徴も考慮したヒューマノイドの全身制御手法と陰解法に基づくロボット・人体モデルの動力学計算・解析手法の開発を行った。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】人間行動計測、デジタルヒューマンモデル、ヒューマノイド、バイオメカニクス、筋骨格モデル、動力学解析

⑤【自動車ヒューマンファクター研究センター】
(Automotive Human Factors Research Center)
(存続期間：2015.4～2022.3)

研究センター長：北崎 智之
副研究センター長：岩木 直、竹原 淳一
首席研究員：赤松 幹之

所在地：つくば中央第6、第2事業所
人 員：15名 (14名)
経 費：277,650千円 (198,645千円)

概 要：

近年、自動車は、急速に発達したコンピューター技術により、機械の目や知能を備え、ドライバーを支援することが可能となった。

しかし、高度に情報化された自動車は、運転中の情報機器操作等の新たな負担をドライバーへもたらしている。高齢ドライバーを含めたすべてのドライバーにとって、自動車を安全で使いやすく、運転していて楽しいものにするためには、様々なドライバーの認知特性や運転行動特性を解明して、自動車を人間に適合させることが重要である。

本研究センターでは、人の認知機能の計測・評価、行動特性の計測・評価及び生理的状態の計測・評価技術の研究開発を基にして、1.超高齢社会に対応した高齢ドライバーの認知特性の理解と支援技術、2.開発が進められている自動運転車の安全性のためのインターフェイス技術、3.自動車のある快適で豊かな生活を実現するための運転意欲・運転スキル・感性技術の開発を行う。

発 表：誌上発表35件、口頭発表86件、その他34件

認知システム研究チーム

(Cognitive System Reseach Team)

研究チーム長：武田 裕司

(つくば中央第6)

概 要：

安全かつ快適な自動車の運転には、ドライバーが外界情報や車両情報を適切に知覚・認知し、適切に行動する必要がある。また、他車のドライバーや歩行者とのコミュニケーション、ドライバーの適切な感情状態なども快適な運転環境の構築における重要なファクタである。

そこで、脳機能計測、眼球運動計測、行動計測による知覚・認知・感情・コミュニケーションの評価技術を開発する。既存の評価技術を高度化し、実車及びドライビングシミュレータにおいて評価の基盤となるデータの蓄積を進めるとともに、新しい評価技術の開発

を行う。また、ドライバーの認知情報処理メカニズムの解明に関する研究開発を行う。外界情報の知覚から行動や感情喚起に至る過程を一つのシステムとして捉え、それらを総合的に理解するための実験的研究を推進し、安全かつ快適な自動車運転に資する科学的知見を蓄積する。さらに、自動運転車両に乗車している時の認知・感情状態に関する研究、ドライビングプレジャーを決定する要因に関する研究、車載機器の新しいインターフェイスの研究など、当該研究分野の次の展開を視野に入れた研究テーマに取り組む。

行動モデリング研究チーム

(Behavioral Modeling Reseach Team)

研究チーム長：佐藤 稔久

(つくば中央第6)

概 要：

当チームでは、ドライバー並びに新しい社会に適合したモビリティ・高度運転支援システムの開発に寄与することを目的とし、高齢ドライバー支援、自動運転・運転支援のヒューマンインタフェース、ドライビングプレジャーに関して、以下の研究開発を行う。

- (1) 交通参加者（ドライバー、同乗者、他車両、歩行者等）の行動データの計測とモデリング技術の研究
- (2) ヒトの行動メカニズムの解明に関する研究開発
- (3) 行動計測・評価の新たなシーズ技術の創出に資する萌芽的研究

研究開発に当たって、個別企業、センター内のメンバー、他ユニット、大学、地域試験場等とのコミュニケーションをこれまで以上に密にし、論文・学会を中心に様々なチャンネルを活用した研究成果発信を積極的に行う。

生理機能研究チーム

(Physiology Function Reseach Team)

研究チーム長：小峰 秀彦

(つくば中央第6)

概 要：

高齢ドライバー支援、ヒューマンマシンインターフェース、及びドライビング・プレジャーに資する技術の構築を目指し、主に以下の点に重点を置いた研究開発を実施する。

- (1) 生体・生理計測技術を活用した自動車運転支援技術の研究開発：

脳波、心拍数、血圧、筋電図、バイオマーカ等々の生体・生理計測技術を用いて、ドライビングシミュレーターや実路で生体・生理データを収集・解析し、ドライバーの特性や状態を把握する手法の開発や、ドライバーを支援する技術の開発を目指す。具体的には、安全に運転するために必要な生体モニタリング技術や運転支援技術、自動運転を含めた運転

支援に役立つインターフェース技術、及びドライバーの意図・感情推定技術等の研究開発を行う。

(2) 自動車運転支援技術の基盤となるヒトの生体・生理メカニズムの解明及び評価手法の開発：

自動車運転に関わるヒューマンファクターの理解と、基盤的な技術・知見の蓄積を目的として、ヒトの生体・生理メカニズムの解明、及び生体・生理状態を評価するための研究開発を行う。これら基盤的研究開発の推進によって、自動車関連の新たな研究開発シーズを生み出すとともに、他分野と自動車との融合を目指す。

⑥【ロボットイノベーション研究センター】

(Robot Innovation Research Center)

(存続期間：2015.4.1～)

研究センター長：比留川 博久

副研究センター長：大場 光太郎

総括研究主幹：松本 治

所在地：つくば中央第2

人員：23名 (23名)

経費：639,167千円 (150,931千円)

概要

1. ユニットの理念・目的

人と共栄する情報技術の分野横断的活用と深化により社会課題へ取組み、産業競争力の強化と豊かで快適な社会の実現を目指して人間に配慮した情報技術の研究開発を行う情報・人間工学領域のミッションを実現するため、ロボット技術の適用対象業務の分析や投資効率の算定方法、ロボットの仕様設計を支援するための効果・安全評価プロトコル、運用効果を評価するためのログデータの取得・解析技術を確立し、ロボットによるイノベーションを実現することをミッションとする。

2. ユニットの研究の方向性

Change the world, eat your dog food, and two heads are better than one. を基本ポリシーとする。経済産業省ロボット介護機器開発・導入促進事業を最重要課題とし、重点分野のロボット介護機器の実用化のため、ICFや機械安全等の国際基準と人との関わりに拡張したV字モデルに基づく安全・性能・効果基準を開発し、それぞれの評価指標に従った試験手法、装置の開発、検証手法の開発を行う。ImPACT 重介護ゼロ社会を実現する革新的サイバニクシステム課題では、サイバニクインタフェースとサイバニクデバイスからなるサイバニクシステムに対して、安全性検証手法の開発を行い、実環境レベルで運用可能な安全性の実現を目指す。

内部資金：

標準基盤研究「安全情報のモデリング言語『SafeML』の標準化」

戦略予算「認知症高齢者の屋外徘徊位置検知装置の開発」

外部資金

経済産業省 一般会計

戦略的国際標準化加速事業

「生活支援移動ロボットの非接触センシング技術に関する国際標準化」

国立研究開発法人科学技術振興機構

革新的研究開発推進プログラム【ImPACT】

「サイバニクシステムに対する安全検証手法の開発」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構

ロボット介護機器開発・導入促進事業

「安全基準、性能基準、効果基準、共通基盤技術開発支援および審査基準作成・審査」

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター

SIP 戦略的イノベーション創造プログラム (次世代農林水産業創造技術)

「土地利用型大規模経営に向けた農作業機械の自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会

基盤研究(B)

「マイクロレンズアレイを用いた高精度視覚マーカの技術基盤構築」

基盤研究(C)

「サーバ通信を利用したカメラの自己位置配信と特徴点ベース地図の開発」

「前腕切断端部の筋電信号特性と運動・生理学的分析による筋電義手操作基準に関する研究」

特別研究員奨励費

「車椅子型ロボットにおけるジェスチャーによるHMIの開発と評価」

戦略的国際研究交流推進事業費補助金

「人の能力を超える緊急事態対応ロボットに関する国際共同研究」

公益財団法人 三菱財団

財団等助成金

「世界最高精度のARマーカの実現と応用のための技術基盤構築」

発表：誌上発表36件、口頭発表70件、その他15件

ディペンダブルシステム研究チーム

(Dependable Systems Research Team)

研究チーム長：中坊 嘉宏

(つくば中央第2)

概要：

ディペンダブルシステム研究チームでは、人と共存する次世代ロボット普及のため、システムを高信頼かつ安全（ディペンダブル）に構成するための技術についての体系化を図っている。人と機械の協調をシステムオブシステムズとして捉え、目的指向開発、V字モデル開発、モデルベース、リスクアセスメント、機能安全などの設計・分析・開発・検証の技術に加え、安全センサ、人体モデルなどの要素技術や試験技術を用いて人との共存を実現し、国際標準化を推進する。

具体的な研究開発事例として、高信頼車椅子、SafeML/SysML、介護ロボットとその開発プロセス、冗長化メカニズム、各種センサとその外乱試験、人体モデル、サービスロボットの国際安全規格 ISO13482への貢献や企業が開発するロボットやモジュールの規格認証支援がある。

研究テーマ：テーマ項目1、テーマ項目2、テーマ項目3、
 テーマ項目4

サービスロボティクス研究チーム

(Service Robotics Research Team)

研究チーム長：松本 吉央

(つくば中央第2)

概要：

高齢化社会における QOL 向上やサービスの効率化を目指して、日常生活・業務において人の支援を行うロボット技術 (Assistive Robot, Assistive Technology) の研究開発を行い、社会に資する次世代ロボットの实用化を目指している。個別の支援技術の実装のための要素開発に加え、ユーザの生活や業務を分析し機器の設計につなげる設計支援や、安全性および効果の評価技術の開発を行い、実証実験や企業との連携を通じて、実用化による社会への成果還元を目指している。

具体的な研究内容としては、生活支援の設計・評価技術として、生活分析、業務分析、ベネフィット評価、コスト分析に、また生活支援の実装技術として、操作インタフェース、空間知能化、ビジョンによるセンシングに取り組んでいる。さらにこれらを応用した医療・福祉応用として、アンドロイドロボットによるコミュニケーション支援、リハビリ支援にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ項目1、テーマ項目2、テーマ項目4

スマートモビリティ研究チーム

(Smart Mobility Research Team)

研究チーム長：松本 治

(つくば中央第2)

概要：

中心市街地での移動を自動車に過度に依存せず、パーソナルモビリティを有効活用することで、CO₂削減や省エネ等を実現しようとする機運が高まっている。スマートモビリティ研究チームでは、これまでに蓄積してきた広域3次元環境構築技術やロボット自律移動技術をコア技術とし、さらに技術の高度化や関連技術との統合化を図ることにより、高信頼でかつ安全性の高いパーソナルモビリティの先行研究開発を行っている。

さらに、ロボット技術を搭載したパーソナルモビリティ (モビリティロボット) の公道走行実験を可能とする「つくばモビリティロボット実験特区」を有効活用し、開発した技術の検証やシェアリング運用を行い、実運用データを取得・解析・蓄積することにより、シミュレータによる交通手段選択予測や充電インフラの最適配置、安全情報提供など、パーソナルモビリティを活用した効率的な都市交通計画を支援するための研究開発も実施している。

研究テーマ：テーマ項目1、テーマ項目2、テーマ項目5

ロボットソフトウェアプラットフォーム研究チーム

(Robot Software Platform Research Team)

研究チーム長：安藤 慶昭

(つくば中央第2)

概要：

複雑化する次世代生産システムや次世代ロボットの実用化には、様々な機能要素を統合するためのソフトウェアプラットフォームが不可欠となる。

ロボットソフトウェアプラットフォーム研究チームでは、次世代ロボットサービスロボットや Industrie 4.0 や Industrial Internet に代表される次世代生産システムのための RT ミドルウェア等のソフトウェア基盤技術 (モデルベース開発手法、コンポーネント指向開発基盤、分散ミドルウェア) や、システムエンジニアリング手法、システムモデル化による体系的システム開発手法に関する研究を行っている。また、安全かつ高信頼なロボットを実現するための基盤技術としての、リスクアセスメントやシステム構築手法に関する研究、加えて研究された基盤技術や手法を活用するためのソフトウェアツールの研究・開発、普及活動や標準化活動を実施し、研究成果の社会実装や実用化に貢献することでロボットイノベーションを目指している。

研究テーマ：テーマ項目1、テーマ項目2、テーマ項目6

 [テーマ項目1] 安全基準、性能基準、効果基準、共通基盤技術開発支援および審査基準作成・審査

【研究代表者】比留川 博久（ロボットイノベーション研究センター）

【研究担当者】比留川 博久、大場 光太郎、松本 吉央、中坊 嘉宏、松本 治、梶谷 勇、本間 敬子、角 保志、脇田 優仁、田中 秀幸、宮腰 清一、原 功、藤原 清司、尾暮 拓也、大川 弥生（ロボットイノベーション研究センター）吉田 英一、吉安 祐介、鮎澤 光、今村 由芽子、遠藤 維（知能システム研究部門）、堀 俊夫、三輪 洋靖、多田 充徳（人間情報研究部門）、西村 拓一、北村 光司、西田 佳史（人工知能研究センター）（常勤職員25名、他1名）

【研究内容】

ロボット介護機器の効果と安全の評価基準の開発と審査、および開発補助事業者に対する開発支援等を行った。

サブテーマ①「審査基準作成・審査と支援、共通基盤技術開発支援」では、「開発コンセプトシート第3版」、「リスクアセスメントシート第3版」、「実証試験結果報告シート」、「事故・インシデント・機会トラブル等発生状況報告書」、「最低限の安全の検証についての報告書」等の平成27年度版審査書類様式を作成し、それをベースに中間審査会やステージゲート審査会を実施した。加えて、開発補助事業者に対して、機器開発における機械としての安全設計・機能設計に関する支援、上記審査書類の作成に関する支援等を行った。

サブテーマ②「安全基準の開発」では、リスクアセスメントシート作成支援を目的とした「本質安全設計支援ツール Ver.3」、胸部圧迫の身体負荷リスクをリフト接触部の構造、材質の違いによって評価できる人体負荷シミュレータを開発した。さらに、高齢者の事故情報のデータベース化のための事故データ入力システムの運用ベースでの検証、昨年度新たに重点分野に追加された入浴支援分野や今年度新規に加わった吸引式の排泄支援分野の機器に関する危険源や安全検証項目の洗い出しや、生活支援ロボット安全検証センターを活用した試験・検証を実施した。

サブテーマ③「効果、性能基準の開発」では、業務状況計測と業務プロセス最適支援型効果評価を繰り返すことによる、介護施設ごとの多様性を考慮したロボット介護機器の導入効果評価手法を構築した。また、前年度に開発した人体骨格モデルと人体全身の筋モデルを統合した人体シミュレーションソフトウェアを開発し、開発中のロボット介護機器実製品を3次元モデル化することで、人体関節トルク等の静力学的な評価観点から最適となる製品軌道を推定した。さらに、介護者や被介護者の動作を作業現場で簡単に計測するための、カメラ1台と複数

の高精度マーカからなる動作計測システムのプロトタイプ、高齢者動作模擬装置（高齢者アクティブダミー）による、ロボット介護機器等に乗った状態でのダミーの全身姿勢を関節値から推定する簡易的なモーションキャプチャを開発した。加えて、開発補助事業のロボット介護機器での実証試験に際しての基本的考え方や実証試験計画作成時の具体的評価予定項目・方法、実証先の選定理由、安全性の確保方法などを、開発プロセス全体の中での位置づけを含めて分析・検討し、ロボット介護機器実証試験ガイドライン（第一案）を作成した。介護福祉士を対象として、介護自体およびロボット介護機器についての認識・期待する介護内容の把握を質問紙調査法で行い、その結果、従来指摘されてきたロボット介護機器導入に関するニーズ・課題等と異なる点が種々明らかとなった。また、来年度大規模、実証を行う予定であるコミュニケーションロボットに関する文献調査を行うとともに、実証試験の予備的検討を行い、大規模実証試験プロトコル作成に役立てた。

サブテーマ④「介護者屋内位置推定の改良・介護者屋外位置推定」、サブテーマ⑤「被介護者屋内位置推定・被介護者屋外位置推定」、サブテーマ⑥「適合性評価手法の開発」、サブテーマ⑦「効果検証例の集積とそれに基づく実証試験方法の確立」については再委託先にて、ビーコンを利用した介護者位置計測システムのアルゴリズム改良による特性向上、ステレオカメラによる被介護者位置推定システムに必要な条件検討や実装評価、安全化設計を支援しつつ機能安全評価を含む適合性手法の開発、屋外移動支援機器を例とした実生活での活用に関わる問題点の調査による実証試験における評価項目作成などを実施した。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】ロボット、介護支援機器、基準、評価、安全、効果

【テーマ題目2】サイバニックシステムに対する安全検証手法の開発

【研究代表者】比留川 博久（ロボットイノベーション研究センター）

【研究担当者】比留川 博久、松本 治、中坊 嘉宏、原 功、本間 敬子、角 保志、梶谷 勇、藤原 清司、大川 弥生、川倉 慎司、ビッグズ ジェフ、尾暮 拓也、田中 秀幸、宮腰 清一（ロボットイノベーション研究センター）吉田 英一、鮎澤 光、吉安 祐介、今村 由芽子（知能システム研究部門）（常勤職員16名、他2名）

【研究内容】

目的：

サイバニックインタフェースとサイバニックデバイス

からなるサイバニックシステムに対して、安全性検証手法の開発を行い、実環境レベルで運用可能な安全性の実現を目指す。安全検証手法は、開発コンセプトの確認のためのチェックシート、リスクアセスメントのための雛形シート、ISO13482等国際規格に基づいた安全試験・評価の方法および安全試験装置から構成される。

研究手段：

機器開発段階における設計上の安全性を確保するためのツールを開発するとともに、典型的なサイバニックシステムを想定した安全試験の検討および基礎的試行をおこなう

方法論：

前年度の調査および検討をもとに、各項目で試作あるいは開発に着手する。典型例として提案したコンセプトをもとに評価用サイバニックシステムの要件分析およびリスクアセスメントを実施し、これらの結果を踏まえて評価用サイバニックシステムの設計をおこなう。またサイバニックシステムの開発コンセプト設計支援技術として40項目以上からなる開発コンセプトチェックシートを試作し、評価用サイバニックシステムに適用しその妥当性を検討する。

またリスクアセスメントシートの試作を行い、評価用サイバニックシステムの設計情報を適用することでその妥当性を検討する。

サイバニックシステム安全試験方法としては前年度の検討をもとに、各種規格適合に有用と思われる試験項目を詳細検討し、3種以上の試験装置を導入し、これによる試験方法の検討を実施する。

年度進捗：

平成27年度は前年度の検討を踏まえ、典型的なサイバニックシステムを想定した評価用サイバニックシステムの設計をおこなった。これは使用者の目標となる活動、使用する環境、使用する頻度、使用上の留意点、使用者の適用と禁忌、環境適合性、操作性、人間適合性等における各要件のリストアップによるシステムモデリングであり、SysMLを用いて記述された。

設計を実施した評価用サイバニックシステムはサイバニックシステムにより解決すべき課題である移動および排泄支援を想定し、歩容の不安定な被介護者の寝室洗面所間の歩行を支援するロボット歩行支援機器と、寝室に設置可能で移動容易、かつ衛生面に優れたポータブル水洗トイレを対象とした。

また前述のロボット歩行支援機器については、開発コンセプトの試作を併せておこなった。これはサイバニックシステムにより解決しようとする課題、使用者の目標となる活動、使用する環境、使用する頻度、使用上の留意点、使用者の適用と禁忌、環境適合性、操作性、人間適合性等における各要件のリストアップによる。これら要件は前述の設計モデルに統合された。

また使用者の活動、使用する環境、使用する頻度等か

らなる使用シナリオに沿って、使用者の特性、人間適合性等各種条件を幅広く考慮し、リスクアセスメントを平行して実施した。

ポータブル水洗トイレは既存機器であり、本研究にて新規に提案するものではないが、移動可能な便器として安全に関し特徴的な部分に限りメーカーより開発資料の開示を受け、システムモデルによる記述を試みた。

また、モデリング言語によるリスクアセスメント記述手法である SafeML によるモデルをリスクアセスメントシートから生成するソフトウェアを開発することで、汎用的かつ容易にモデル表記可能となるリスクアセスメントシートを試作した。

このほか、規格適合性を検討しつつ、電気刺激によるペースメーカーへの影響を評価する試験手法開発のため電気インピーダンス評価用人体ファントムや、高感度面圧センサ、直腸モデル装置などの拡充用試験装置を導入し、基礎的な計測試験を行うことでそれらを用いた安全試験方法の開発を進めた。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 安全検証、ロボット、介護機器、生活支援、サイバニクス

〔テーマ題目3〕生活支援移動ロボットの非接触センシング技術に関する国際標準化

〔研究代表者〕 角 保志 (ディペンダブルシステム研究チーム)

〔研究担当者〕 角 保志、藤原 清司、中坊 嘉宏 (ロボットイノベーション研究センター)、
金 奉根 (知能システム研究部門)、
山田 陽滋 (名古屋大学)
(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

本研究は、ISO13482で規定される生活支援ロボットの中で、移動ロボットのための非接触センシング技術の試験方法に関する国際標準化を行うことを目的とする。具体的には、屋外での使用を想定した環境及び路面の変化に対する耐外乱試験、及び、移動ロボットに接近する人の運動ベクトルを検出する対人運動検知性能試験について、国際標準案を作成し、国際標準化機関への提案を目指す。生活支援移動ロボットの対人運動検知技術に関する規格ができることにより、ロボットの移動に関する安全方策の指針が確立される。また、屋外における環境や路面の変化が検知できるようになると、生活支援ロボットの活躍の場が広がり、経済社会へのインパクトが大きい。

耐外乱試験方法の開発については、生活支援ロボットの非接触センサの人検知性能が、屋外の気象現象によってどのような影響を受けるかについての評価基準を策定し、センサの試験方法を開発する。また、対人運動検知性能試験方法の開発については、生活支援ロボットの非

接触センサの人検知性能が、人や人の部位、障害物等の移動・運動によってどのような影響を受けるかについても評価基準を策定し、センサの試験方法を開発する。そして、開発した耐外乱試験方法と対人運動検知性能試験方法を規格素案としてとりまとめる。

プロジェクト1年目である平成27年度は、以下を実施した。

①耐外乱試験方法の開発

屋内で降雨、降雪、霧などによる視程低下を模擬できる環境シミュレータとして、センサ評価に最適化された人工降雨装置を開発し、降雨がセンサ性能に及ぼす影響を分析するための基盤データとして、ロボットの光学的センサで主として使われる近赤外波長帯において、降雨空間の空間分光透過率を計測した。

また、これまで産業技術総合研究所でビジョンセンサの性能評価のために開発してきた模擬降雪装置を用いて、移動ロボットの安全センサとして主として用いられるレーザーレンジファインダの評価試験を実施した。

さらに、障害物回避試験を実施するための障害物・試験片を設置できる移動プラットフォームとして、電動車椅子をベースとする移動体試験装置を開発し、生活支援ロボット安全検証センター（つくば市）の走行試験関連エリアにおいて、モーションキャプチャ装置と連動させた予備試験を実施した。これにより、障害物回避試験の基盤データの収集が可能であることを確認した。

②対人運動検知性能試験方法の開発

人や障害物の位置と移動を計測する運動検知試験装置を開発し、障害物の運動情報に関する信号取得の信頼性を議論するための指標化が可能となることを実験によって示した。また、非接触型センサのメーカーおよびこのセンサを搭載する移動ロボットを開発・製造するユーザに対して、障害物検知技術の標準化対象ニーズに関するアンケート調査を実施した。

③規格素案の策定

上記①と②で得られた基盤データをもとに規格化について検討した。また、IEC/TC44/WG14に参加し、ドイツから提案された新しい安全センサ規格である IEC TS 62998についての情報収集を行った。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】生活支援移動ロボット、安全センサ、性能評価、国際標準化

【テーマ題目4】高精度視覚マーカの実用化に向けたハード・ソフトの高性能化と応用システム開発

【研究代表者】田中 秀幸（サービスロボティクス研究チーム）

【研究担当者】田中 秀幸、角 保志、松本 吉央、脇田 優仁、本間 敬子、梶谷 勇（ロボットイノベーション研究センター）、

金 奉根（知能システム研究部門）
（常勤職員7名）

【研究内容】

視覚マーカは、画像による位置姿勢計測を支援するツールである。我々は、「マイクロレンズアレイが作る干渉縞」を用いて姿勢を測る世界初・世界最高精度（誤差1mm、1deg）の視覚マーカを開発し、従来型マーカの長年の未解決問題（正面観測時の姿勢精度の悪化等）を解決した。本マーカは、カメラ1個による低コスト・コンパクトな位置姿勢計測を行う新しい光学系を提供するものであり、ロボット制御、計測、拡張現実等、幅広い分野への応用が期待されている。本研究では、技術的にはそのまま製品化が可能なレベルの「課題①高品質なマーカ的设计と製造技術の開発（ハードウェア）」と「課題②ロバスト・高速なマーカ認識アルゴリズムの開発（ソフトウェア）」を行う。また、ポータブル6自由度モーショントラッカー等、本マーカの「課題③応用システムの開発と性能検証」を企業や他機関と連携して行い、他システムと比較した技術的優位性および実用性を明らかにすることで事業化への見通しをつける。本年度の進捗は以下の通りである。課題①については、マーカを構成するマイクロレンズとその裏面の印刷を数 μm の精度で位置合わせして製作する技術を確立し、個体差のない均質なマーカを量産することが可能になった。また、マーカの干渉縞部分に生じるゴーストのような像の発生原因を解明し、それを低減する手法を開発した。さらに、マーカに対する要求に応じて、適切なマーカサイズや干渉縞のレンズおよび裏面の精密印刷のスペック等を設計する手法を確立するとともに、干渉縞の発生パターンをシミュレートするソフトウェアを開発した。課題②については、探索に基づく閾値自動調整アルゴリズムを開発し、照明条件が頻繁に大きく変動する地球周回軌道上環境においてもロバストにマーカを認識することを可能にした。また、マーカ認識・計測アルゴリズムを改良することで、マーカ1枚あたりの計算時間を60%程度まで低減した。さらに、姿勢推定精度をこれまでの誤差1deg程度から誤差0.1deg程度まで向上する手法を開発し、部品の試作等によりその有効性を検証した。課題③については、宇宙機制御への応用として、JAXA（宇宙航空研究開発機構）と共同で、国際宇宙ステーション曝露スペースにおいて本マーカの耐宇宙環境性能と認識性能を検証する実験を進めており、良好な実験結果を得ている。計測応用としては、カメラ1台と複数のマーカからなるポータブルな動作計測システムのプロトタイプを開発し、簡易な計測装置としての有効性を実証した。ロボット制御応用としては、2次元平面上を移動する移動ロボット用の高精度マーカを開発し、これを自己位置推定に用いることで環境センサとして1台のカメラのみを搭載した自律電動車椅子による狭隘スペースの通過を実現した。その他 AR（拡張現実）応用として、現在 Windows 上のみで動作

するマーカ認識プログラムのiOSへの移植を進めており、スマートフォン上でもマーカ認識、計測、AR表示ができるよう開発中である。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】視覚マーカ、画像計測、ロボット制御、拡張現実、実用化

【テーマ題目5】国規模の3次元環境モデルを構築するための低コストセンシングシステムの開発

【研究代表者】松本 治（スマートモビリティ研究チーム）

【研究担当者】松本 治、横塚 将志、阪野 貴彦、橋本 尚久、富田 康治（常勤職員5名、他1名）

【研究内容】

数年以内に自動運転車両は段階的な実用化が始まる見込みであるが、自動運転に必須とされる3次元地図データを日本全土に渡って整備するには膨大な数の計測車両が必要であるものの、現状では数十社の測量会社が1台あたり数千万円の計測車両を使って運用中である。本研究課題では、一般車両を安価に計測車両に仕立てるセンサユニットを実現するため、その基盤アルゴリズムを開発し、計測車両数十台の運用から、一般車両数万台規模に変えることを目指している。さらに、その技術を電動車いす等の自動運転にも応用し、車両が進入できない歩行者環境の地図作成・維持にも拡張する。今年度は以下の3つのサブテーマに関して研究開発を実施した。

1) 安価なデバイスによる高精度6自由度軌跡推定技術の開発

車速度センサ、スマートフォンなどのIoTデバイスに搭載されている安価なGPS、加速度計、ジャイロ、方位センサ等により、現状の計測車両と同等の形状精度（都市空間において平均誤差10cm以内）の6自由度カメラ軌跡をオフラインで導出する手法を構築するため、画像処理の分野では広く用いられているバンドル調整アルゴリズムを軌跡推定に利用する手法を考案した。その手法を用いて、スマートフォンのデータから6自由度軌跡推定し、3次元環境の地図構築を実施した。さらに、精度評価方法の提案と基準データ構築を行った。

2) 密な画像測量のためのロバストかつ密な視差検出技術の開発

屋外における画像トラッキングの基盤的な技術として、歪みの大きい全方位画像に対して、安定した視差検出が行える手法を構築した。さらに、その視差からカメラの6自由度位置・姿勢推定が可能であることを確認した。

3) モーションステレオによる3次元計測技術の開発

安価な市販品の全方位カメラの動画像からSLAM技術を用いて高精度に形状復元する手法を確立するた

め、これまで通常のカメラを対象に構築したステレオ計測統合手法を、全方位カメラへ展開した。さらに、よりロバストな3次元復元をするためにノイズ除去技術、計測欠損を補完する技術の開発を行った。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】3次元地図、カメラ、SLAM、自動運転、自律走行、パーソナルモビリティ、GPS

【テーマ題目6】RTミドルウェアの研究・開発および標準化

【研究代表者】安藤 慶昭（ロボットソフトウェアプラットフォーム研究チーム）

【研究担当者】安藤 慶昭、原 功、ビグズ ジェフ、河内 のぶ、入江 世正（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

複雑化するロボットのソフトウェア開発効率を向上させ、システムインテグレーションにかかるコスト低減することで、ロボットの適用範囲・市場の拡大を目的として、ロボットのためのソフトウェアプラットフォーム：RTミドルウェア（RT-Middleware: RTM）の研究・開発および標準化を行っている。

RTミドルウェアは、ロボット機能要素（RT機能要素）をソフトウェア的にモジュール化したRTコンポーネント（RT-Component: RTC）を多数組み合わせることでロボットシステムを効率的に構築するためのソフトウェア基盤である。

それぞれのRTCはポートと呼ばれる出入り口を通して、他のRTCとデータやコマンドのやり取り等の相互作用を行うことで、全体として一つのシステムとして動作する。モジュール化と相互作用の方法の標準的な方法、およびフレームワークを提供するのがRTミドルウェアである。

2002～2004年度に行われたNEDOのプロジェクトにおいて基本仕様とアーキテクチャを定め、2005年には一つの実装例としてOpenRTM-aistをリリースした。2004年から国際標準化団体であるOMGに対してRTコンポーネントのインターフェース仕様の標準化を開始し、2008年に正式なOMG標準となった。その間、様々なロボットシステムへ提供しアーキテクチャやシステム構築方法に関する研究を進めるとともに、オープンソースとして広く配布し多数のユーザの多くのロボットシステムへ適用してもらうことで多くのフィードバックを得た。2009年にOpenRTM-aist-1.0を改めてリリースし、現在までのところOpenRTM-aist-1.1がリリースされ、次バージョン1.2に向けた開発が進められている。

OpenRTM-aistの特長として、多くの言語でRTCを作成し相互運用できる多言語開発能力、Windows、Linux、μITRONなど多様なOSへの対応、モジュール化によるオーバーヘッドを最小にし、複数のモジュールを密結合

リアルタイム実行を可能にするリアルタイム性能、UML コンポーネントモデルに準拠することによるモデル化のしやすさ、ロジックと実行を抽象化し、RTC と実行コンテキストに分離したことによる実行形態の多様性などが挙げられる。これらの特性を利用することで、複雑なシステムをモデル化により理解しやすく設計し、トレーサビリティを向上させることにより、不具合の少ない安定したロボットシステムを実現することができる。

今年度は、次バージョンの1.2に向けて、パフォーマンスを改善する2種類のデータポートの実装、運用を改善するポート間接続の手法の開発やコンポーネントマネージャのアーキテクチャに関する研究を実施、OpenRTM-aist がサポートしている3種類の言語（C++, Java, Python）に対して実装を行った。このほか、形式手法である TLA+による接続シーケンスの整合性の検証や、事業化を見据えた品質向上のためのテストカバレッジ収集フレームワークの実装、セキュアな通信方式の実装、インストラシステムの改善等を実施した。

また、講習会を計8回（受講者数：延べ148名）、RTM コンテスト（主催：産総研、SICE RT システムインテグレーション部会、ロボットビジネス推進協議会）を実施することで、RTM のユーザ間の人的ネットワーク、RTM 普及促進に資する教育、技術者、研究者等の更なる人的ネットワークの輪を拡大する活動等を実施した。第9回目の開催となる RT ミドルウェアコンテスト2015を計測自動制御学会・システムインテグレーション部門講演会のオーガナイズドセッションとし実施した。16件の応募があり、最優秀賞「計測自動制御学会 RT ミドルウェア賞」の他、個人協賛・企業協賛賞が参加者に対して授与された。また、これまでの RT ミドルウェアコンテストの活動が評価され、RT ミドルウェアコンテスト実行委員会が計測自動制御学会・システムインテグレーション部門の貢献賞を受賞した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】ロボット、ソフトウェア、プラットフォーム、システムインテグレーション

⑦【人工知能研究センター】

(Artificial Intelligence Research Center)

(存続期間：2016.5.1～終了日)

研究センター長：辻井 潤一

副研究センター長：本村 陽一、麻生 英樹、
宮本 晃之

首席研究員：西田 佳史

総括研究主幹：野田 五十樹

所在地：臨海副都心センター、つくば中央第1

人 員：38名 (37名)

経 費：901,245千円 (160,486千円)

概 要：

人工知能の研究では、実世界問題への先端技術の適用が新たな先端技術を生み出すという、応用研究と基礎研究の密接な連関が不可欠になっている。また、応用分野の急速な拡大により、人工知能の研究は、ますますその学際性を強めており、多様な分野の専門家の共同研究が不可欠となっている。

本センターは、(a) 人工知能とその隣接分野の国内外のトップ研究者、新進気鋭の研究者が共同して大規模な研究を推進するための核となること、また、(b) 研究成果の実世界への応用を行うための産業界と学界との連携を促進する核となること、を目的として設立された。本センターの研究面からの大きな目標は、「人間の知能と親和性の高い」人工知能を実現することである。急速な発展を遂げてきた人工知能技術は、大きな期待とともに、人間とは異質な知性体を作り出してしまうのではないかという不安も引き起こしている。この不安感は、人工知能への不信感という、人工知能技術のユーザビリティを限定する主要な要因ともなっている。膨大な記憶と計算の能力を使う機械学習技術は、膨大なデータから隠れた規則性を学習するという、個々の人間には不可能な能力を実現した。しかし、その反面、たとえば、文脈や場面によってさまざまに変わる言葉の意味を汲み取るといった、人間にとっては自然で簡単なことが、人工知能には難問となるという逆説的な状況も多く残っている。人間と人工知能という2つの異質な知性体が共同して挑戦的な課題を解決していくためには、人工知能を人間の知能との親和性が高いものにし、不安感や不信感を払拭することが必要である。

本センターは、次の2つの研究の柱を設定し、人間の知能との親和性が高い人工知能の実現を目指す。

- (1) 人間の知能を発現させる仕組みを人間の脳から工学的に学ぶことで、脳のように柔軟でしなやかな情報処理を行うコンピュータシステムを実現する脳型人工知能や、脳の神経回路と神経細胞が情報を処理する動きをコンピュータの情報処理の動作に取り込むニューロコンピューティングの研究
- (2) 膨大なデータから規則性を学習する機械学習技術と、人間社会が蓄積してきたテキストや知識を理解する意味理解技術やテキスト・知識を使う推論の技術とを自然に融合することで、複雑な判断や行動の決定とその過程の説明ができるデータ知識融合型人工知能の研究

この2つの研究テーマは野心的で、長期間の継続的な努力が必要である。本センターは、国内外の研究者の集積と交流の核として、また、学界と産業界の連携の核として、具体的に明確な応用を設定することで、その研究を推進していく。

内部資金：
戦略予算「画像解析技術のパイプライン化・標準問題化の開発」

外部資金：
NEDO「次世代ロボット中核技術開発/次世代人工知能技術分野/人間と相互理解できる次世代人工知能技術の研究開発」

NEDO「SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）/インフラ維持管理・更新・マネジメント技術/点検・診断技術の実用化に向けた研究開発/学習型打音解析技術の研究開発」

NEDO「風力等自然エネルギー技術研究開発/風力発電高度実用化研究開発/スマートメンテナンス技術研究開発（分析）（リスク解析等）」

科研費（挑戦的萌芽研究）「携帯端末を利用した正確な看護業務評価による看護業務改善サイクル構築に関する研究」

科研費（基盤研究(B)）「子どものこころと身体を見守り支援する大規模データ収集とリスク予測モデル構築」

科研費（基盤研究(B)）「地域救急医療の質の向上に資する科学的証拠の構築に関する研究」

科研費（基盤研究(B)）「潜在意味空間において感覚情報を言語化し言語的思考を行うロボットの実現」

科研費（基盤研究(B)）「こどもの事故の発生要因の解析と予防-地域、年齢、疾患特性の解析-

科研費（特別研究員奨励費）「キッズデザインに対応するためのデータベースの設計及び応用」

科研費（若手研究(B)）「集合移動パターン分析によるセマンティック軌跡データベースの研究」

科研費（若手研究(B)）「金星成層圏での風速変動メカニズムの解明」

科研費（若手研究(B)）「Real-time, Best-effort Query Processing of Semantic Web data」

発 表：誌上発表78件、口頭発表110件、その他12件

知識情報研究チーム

(Knowledge and Information Research Team)

研究チーム長：中田 亨

(臨海副都心センター)

概 要：

研究目的は、数値や文字列といった羅列的なデータの中から、知識を抽出する技術を研究開発することである。従来のコンピュータはデータで考え結論を出す。人間は知識で考える。この差があるため、人間のように意味や価値判断に基づく深い思考を人工知能に行わせることには、まだ困難がある。研究手段として、データの中に含まれる命題間の関係を抽出し、それらの間に潜む矛盾や一致の関係を抽出し、また時間経過

による命題関係の変化を追跡することで、コンピュータが雑多な情報から最も信頼性の高い知識を抽出する技術を主に研究する。そして、キーワードの有無で尋ねる従来の検索ではなく、論理的な質問（クエリ）を受け付ける技術と併せることで、知識のレベルで人と対話する人工知能を研究開発する。方法論として、研究のいたづらな抽象化を避けるために、産業事故の報告書や新聞記事といった時世界の出来事を表すテキストを題材として取り上げ、実用性を検証することに主眼を置く。

研究テーマ：テーマ題目1

確率モデリング研究チーム

(Probabilistic Modeling Research Team)

研究チーム長：本村 陽一

(臨海副都心センター)

概 要：

現実社会の中で行われるサービスや生活における現象の観測・分析・予測・制御を可能にするために、サービスや生活を通じて得られる大規模データから現実社会の現象を予測可能な計算モデルを確率モデルとして構築し、それを活用して新たな現象の生成や制御を可能にする技術を開発する。実際の生活現場やサービス現場の中でデータを観測するためにはアクションリサーチが必要になる。すなわち実際の生活やサービス活動を改善しながら、現場で日常的に行われているサービス提供者とサービス受容者の活動や生活者の行動を、主観的な領域も含めて観測可能な大規模データとして観測・分析し、計算モデル化を行う確率データモデリングの技術を現場で利用可能な状態で提供することが重要である、具体的には、人間行動を観測する情報工学的技術、心理学的特性を推定する認知・行動科学的技術、大規模データから潜在的な意味カテゴリを抽出する数理的手法や計算技術、計算モデルを構築する確率的情報処理技術、計算モデルを用いた予測・制御・シミュレーション技術、これらの技術をサービス現場に実装し、社会化を促進する応用開発技術の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目1

脳型人工知能研究チーム

(Brain-like Artificial Intelligence Research Team)

研究チーム長：中田 秀基

(つくば中央第1)

概 要：

現存が確認されている唯一の知的システムである人間の脳の機構に学び、従来の人工知能、機械学習ではいまだ実現できていない、真に知的なシステムの構築を目指す。具体的には、大脳皮質がある種のページアンネットワークを構成しているという神経科学的知見

に基づいて、ベイジアンネットワークを用いて構築された大脳皮質モデル BESOM を基盤とし、BESOM モデルの改良とさまざまなドメインへの適用を行う。BESOM モデルは双方向に情報が伝達するベイジアンネットワークをベースとしているため、コンテキストに依存した認識を自然に実現可能である。対象ドメインとしては、画像処理と言語処理とを選択した。画像処理においては、形状と場所の同時認識を目指す。言語処理においては、文法解析機がベイジアンネットワークで表現できることを示す。さらに BESOM の実用性を高めるために、クラスタを用いたデータ並列と、GPGPU を用いたモデル並列を併用して高速化を行う。

研究テーマ：テーマ題目1

人工知能応用研究チーム

(Artificial Intelligence Applications Research Team)

研究チーム長：村川 正宏

(つくば中央第1)

概要：

社会課題を解決することを目的とした人工知能技術の活用方法について研究を行う。特に、機械学習に基づく画像解析や音響データ解析による異常検知などをコア技術とし、社会インフラ診断および医療診断・創薬支援に資する技術の実用化に向けて研究開発を行う。取り組む課題それぞれのステークホルダーと密接に連携し、PDCA サイクルを短期間に回していくことで、早期の橋渡しを目指すとともに、人工知能技術を実社会で活用するために必要なノウハウや知見を蓄積し、共通部分を抽出することで横展開のフレームワーク化を目指す。また、橋渡しの過程で必要性が浮き彫りになる基盤技術については、他のチームにもフィードバックし連携することで、目的基礎研究の推進にも貢献する。

研究テーマ：テーマ題目1

人工知能クラウド研究チーム

(Artificial Intelligence Cloud Research Team)

研究チーム長：小川 宏高

(臨海副都心センター)

概要：

計算機・ネットワーク技術の普及と各種センサ技術の発展に伴い、多種多様なモノがネットワークに接続され、実世界のさまざまな事象を「データ」として情報技術の世界から捉えることが可能になってきた。本チームではこうした時々刻々と生成される膨大なデータの収集・蓄積・発信・分析・発見・利用を可能にする技術の開発を行っている。具体的には (a) 多種多様な大量のデータを対象としたスケーラブルなデータ処理を可能にするインフラ技術、(b) オープンデータ等の高度利活用を可能にする分散検索技術ならびに並列

演算アルゴリズム、(c) ジオソーシャルデータに代表される地理空間情報を対象としたデータ利活用技術、などを研究開発している。さらにこうした技術を基盤として、人工知能応用の容易かつ迅速な実現を可能にする次世代人工知能フレームワークの開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1

機械学習研究チーム

(Machine Learning Research Team)

研究チーム長：麻生 英樹

(つくば中央第1)

概要：

第4期中期計画3-(1)「ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の開発」に貢献することを目的とする。そのために、人工知能の基盤技術の一つである機械学習技術に関して、基礎理論から応用まで幅広く研究開発を実施する。基礎理論に関しては、ベイジアン確率モデリングに基づいて、スケーラブルな機械学習・確率モデリング技術、超複雑な機械学習・確率モデリング技術、深層表現学習技術、等の研究開発を進める。機械学習の応用に関しては、地球観測衛星データや惑星科学データの解析への応用、医療データの解析への応用、等に関する研究開発を中心として実施する。また、データの収集のための小型衛星の運用や地球観測衛星データの利活用に関する研究を実施する。

研究テーマ：テーマ題目1

サービスインテリジェンス研究チーム

(Service Intelligence Research Team)

研究チーム長：西村 拓一

(臨海副都心センター)

概要：

人々が主体的・共創的にインテリジェンス（観察、判断、行動力）を高める方法論とそれを効率的に実現する人工知能技術を研究する。そのために、モノだけでなく人々の活動とその意味、感情、知識を「コト」としてデータベース化、モデル化し、新たなコトとモノを設計することを支援する技術を開発する。具体的には、介護、看護、健康増進、保育、教育、理美容などの現場に知識工学、設計工学、データ工学、認知科学、バイオメカニクスなどを適用し、横展開可能な人間行動モデリング技術を開発する。これにより、サービス現場のインテリジェンスを高め、究極の個別対応サービスが効率的に創出される社会を目指す。

研究テーマ：テーマ題目1

計算社会知能研究チーム

(Computational Social Intelligence Research Team)

研究チーム長：野田 五十樹

(つくば中央第1)

概要:

様々な社会現象を社会サービスシステムとみなし、人々の知的なふるまいを中心とした計算機モデルを構築し、シミュレーションにより現象を多方面から評価し、システム設計を支援する技術を構築する。対象とする社会現象としては、地域における公共交通サービスや地域防災施策を取り上げる。これらを対象に、人の動きや判断を継続的かつ非接触型でモニタリングする技術とともに、社会現象のデータ化と、それらのデータに基づく計算機モデルの構築、さらには、その社会現象に関係する多様な状況・要素を網羅して大規模にシミュレーションし分析する技術の開発を進める。これを基に、社会システムの改善施策の効果を見える化する手法を構成して、人工知能技術を用いた効果的な社会制度設計の支援手法を探求し、地域活性化・付加価値向上のための基盤情報技術を確立する。

研究テーマ：テーマ題目1

[テーマ題目1]人間と相互理解できる次世代人工知能技術の研究開発

[研究代表者] 辻井潤一（人工知能研究センター）

[研究担当者] 辻井 潤一、本村 陽一、西田 佳史、櫻井 瑛一、中田 亨、Geczy Peter、Lynden Steven、Leblay Julien、Laokulrat Natsuda、北村 光司、西村 拓一、福田 賢一郎、渡辺 健太郎、西村 悟史、梁 滋路、小川 宏高、谷村 勇輔、的野 晃整、金 京淑、穂山 空道、宮尾 祐介、岡崎 直観、中山 英樹、松尾 豊、市瀬 龍太郎、佐藤 泰介、尾形 哲也、松下 康之、佐藤 仁、吉村 玄太、彦坂 修平、今泉 友之、藤田 藍斗、野田 遼子、伊東 里保、今関 宏房、中村 友昭、山崎 隆紀、森永 聡、大屋 勝敬、我妻 広明、杉村 領一、麻生 英樹、中田 秀基、一杉 裕志、高橋 直人、川田 正晃、佐野 崇、尾崎 竜史、中村 良介、岩田 敏彰、神山 徹、赤穂 昭太郎、兼村 厚範、高野 了成、広淵 崇宏、村川 正宏、河西 勇二、岩田 昌也、坂無 英徳、野里 博和、高橋 栄一、緒方 淳（人工知能研究センター）、原田 研介、万 偉偉、永田 和之、花井 亮、Ixchel Ramirez-Alpizar、佐藤 雄隆、岩田 健司、佐川 立昌、増田 健、小林 匠、長坂 洋輔、堂前 幸康（知能システム研究部門）、大羽 成征（京都

大学)、岡田 真人、鶴岡 慶雅(東京大学)、山崎 匡(電気通信大学)、高村 大也(東京工業大学)、大森 隆司(玉川大学)、稲邑 哲也(国立情報学研究所)、村田 昇(早稲田大学)、橋本 学(中京大学)、藤吉 弘亘(中部大学)、辻 徳生(九州大学)、山崎 公俊(信州大学) 松原 崇充(奈良先端科学技術大学院大学)(常勤職員47名、他40名)

[研究内容]

人間と人工知能が協働して重要な社会的課題を解決する世界の実現を目指して、人間と相互理解可能な次世代人工知能技術の研究開発を進めている。大学、公的機関、産業界から人材、技術、データを集結させ、①大規模目的基礎・先端技術研究開発、②次世代人工知能フレームワーク研究・先進中核モジュール研究開発、③次世代人工知能共通基盤技術研究開発、という3つの研究開発項目を一体的に実施した。初年度である平成27年度の主な進捗は以下の通り。次世代脳型人工知能の研究開発：大脳皮質モデル BESOM の理論的妥当性の検証と並列・分散実装、BESOM を用いた人工視覚野、人工言語野の設計を進めた。視覚野細胞の空間的 STA と時間的 STA の推定手法の検討を進めた。運動のシーケンスを学習・表現可能な大脳基底核-小脳モデルの開発に着手した。能動学習による効率的な物体追跡手法を提案した。データ・知識融合型人工知能の研究開発：研究課題として画像・映像データと経済データに対する説明文生成と質問応答タスクを選定し、データの検討を開始した。ニューラルネットワークが学習した分散表象知識を、人間が理解可能な記号的知識に変換する手法を提案し有効性を確認した。機械学習・確率モデリングの高度化：学習用データの次元圧縮・削減等による学習効率化の先行研究調査を進めた。複数の学習用データ拡張手法を提案・評価した。有向循環説明グラフを扱える確率プログラム処理系を構築した。深層学習と強化学習との組み合わせに関するアルゴリズムを検討し、ロボット制御の実験環境を整備した。次世代人工知能フレームワーク研究：次世代人工知能フレームワークプロトタイプ、共通データモデル等の設計を進めた。人工知能研究クラスターの調達を進めるとともに、クラウド上で計算機リソース、データ蓄積・管理・利用サービスを構築した。仮想環境での人間とロボットの対話のデータ収集環境を構築した。先端中核モジュール研究開発：日常生活データを観測・収集するためのリビングラボや日用品の3次元データ収集環境を構築した。認識等のモジュールをクラウド上に統合するミドルウェアの整備を進めた。人の物体操作や組立作業の計測法とそれを利用した行動計画法を提案した。動作模倣学習や不定形物操作の実験環境を構築し、紐状の不定形物を目標形状にするための手順生成法を提案し

た。既存の自然言語処理ツールの調査を行った。

人間行動モデリングタスク：ビッグデータの活用が期待されている具体的なフィールドの検討を進め、次世代自販機等のデータ収集基盤、行動計測システム、知識収集システムの導入可能性の検討と整備を行った。画像解析タスク：中分解能衛星画像データをクラウド上に整備し、変化検出や地物検出が行えることを確認した。高分解能衛星画像データの活用法の検討を開始した。事故情報テキスト解析・事故予防タスク：事故の進展フロー図の書式を策定し、米国航空安全報告制度のヒヤリ・ハット情報や米国労働安全局の事故データの分析を開始した。対人インタラクションタスク：実験フィールドとして選定した幼稚園に園児を識別・追跡するための環境を構築し、Pepper 等を用いたインタラクション実験を実施した。産業用ロボットタスク：産業用ロボットシステムとピッキングシミュレータを構築し、ピッキングの学習実験環境を整備した。自動運転タスク：ヒヤリ・ハットデータベースをリスク予測の学習用に整備した。先進運転支援システムオントロジーを整備し、交差点での状況等の行動記述を試みた。全体の情報処理を十分な速度で実行するためのハードウェアの検討に着手した。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】人工知能

4) 材料・化学領域

(Department of Materials and Chemistry)

領域長：村山 宣光

概 要：

領域長は、理事長の命を受けて、各研究領域における研究の推進に係る業務の統括管理を行っている。研究領域間の融合を推進し、業務を実施している。

①【材料・化学領域研究戦略部】

(Research Promotion Division of Materials and Chemistry)

研究戦略部長：花岡 隆昌

研究企画室長：藤代 芳伸

所在地：つくば中央第1

人 員：10名 (9名)

概 要：

材料・化学領域における研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関する業務、研究分野間の連携の推進、プロジェクトの企画及び立案並びに総合調整に関する業務、経済産業省その他関係団体等との調整に関する業務、領域長が行う業務の支援に関する業務などを領域企画室と協力して行っている。

材料・化学領域研究企画室

(Research Planning Office of Materials and Chemistry)

概 要：

材料・化学領域における研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関する業務、研究分野間の連携の推進、プロジェクトの企画及び立案並びに総合調整に関する業務、経済産業省その他関係団体等との調整に関する業務、領域長が行う業務の支援に関する業務などを研究戦略部と協力して行っている。

機構図 (2016/3/31現在)

業務報告データ

- ・材料・化学領域ビジョンと予算案の策定
- ・国プロの立案に向けた総合調整
- ・領域推進プロジェクト、萌芽的研究推進、産総研フェローシップ等の選定・調整

- ・領域運営や橋渡し状況の PDCA 管理
- ・企業等との外部連携の推進
- ・ナノセルロースファイバー事務局の運営
- ・nano tech2016への出展の取り纏め
- ・化学フェスタ等の出展補助
- ・技術研究組合との各種調整

②【機能化学研究部門】

(Research Institute for Sustainable Chemistry)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：北本 大

副研究部門長：榊 啓二、吉田 勝

首席研究員：山口 智彦、新納 弘之

総括研究主幹：須田 洋幸

所在地：つくば中央第5、中国センター

人 員：61名 (61名)

経 費：874,997千円 (293,659千円)

概 要：

1. ミッション

近年、地球温暖化防止等の視点から、石油からバイオマス等の再生可能資源への原材料転換に関わる技術の確立が急務の課題となっている。当研究部門では、再生可能資源等から、高効率かつ低環境負荷な反応・プロセスで、各種の基幹・機能性化学品を製造し、高度利用するための基盤技術開発を目指す。化学品の製造面からは、バイオマス処理技術、微生物や酵素等を用いた変換技術、有機合成を基軸とする材料創製技術などに取り組む。また、化学品の高度利用面からは、分子や界面の精密制御、素材の形成・加工・機能化、光化学反応、材料特性評価・標準化などに関わる研究開発を進める。

環境と経済の両立を指向するグリーン・サステイナブルケミストリーの理念のもと、当部門が母体である触媒化学融合研究センターと連携を図りながら、これらの技術開発を一体的に押し進め、化学品の多様な産業分野への展開や、機能性化学品産業の国際競争力強化に貢献する。

2. 研究開発の方針

当部門は、第4期中期計画が筆頭に掲げる「橋渡し」機能の強化を念頭に、化学・バイオ系分野の研究者の集団力をベースに、下記の4つの戦略課題に取り組む。

- 1) 再生可能資源を利用する反応・プロセス技術
- 2) 化学材料の創製・高機能化技術
- 3) 光化学利用技術
- 4) 先端化学材料の評価技術

課題1)では、バイオマス等から高効率かつ環境低

負荷で、基幹・機能性化学品を製造し、高度利用するための基盤技術を開発する。課題2)では、電子デバイス、家電製品、輸送機器等の高度化に向け、様々な界面表面で特異な機能を発揮できる新材料（特に、機能性塗料やスマート接着剤）の開発に注力する。課題3)では、新しい光源（LED、ファイバーレーザーなど）を活用して、局所的に機能を付与できる材料プロセスを開発する。加えて、光機能材料を的確に改良し、フレキシブル透明電極、反射防止フィルムや、CIGS 薄膜太陽電池部材等への展開を進める。課題4)では、機能性化学品の高付加価値化に向け、特に有機・高分子材料や複合材料に関して、「耐久性・劣化評価」、「界面・高次構造評価」を可能とする独自技術を構築する。これらの課題においては、将来の産業・社会ニーズや、国内外の技術動向等を的確に予測・把握し、随時、課題の選択と集中を図りながら、外部機関や競合技術に対して、常に優位性が保持できるような研究推進を基本とする。

産総研は産業技術の向上を担う公的研究機関であることを踏まえ、自ら革新的なシーズ技術の創出に努めると共に、大学や企業等との連携のもと、社会に点在する優れたシーズ技術を汲み上げ、着実に実用化フェーズへと「見える化」することにも注力する。特に、競争力のある新技術の創出には、コア技術の醸成に加え、外部技術・人材の取り込みが必須である。

知財は、「技術移転の必需品、かつ事業を守り育てる手段」との認識を持ち、成果の特許出願等においては、開発技術の立ち位置、連携すべき企業、想定される事業内容、最終的な市場や顧客等を、多角的な視点から精査する。「広く強い」知財に向けて、ポートフォリオ分析に従い、質と量の拡充を目指す。特許出願後は、可能な限り公開までの間に、的確なスケジューリングで成果発信（学会・論文・プレス発表、展示会等）を行い、技術マーケティングと相補して、最適な連携企業の選定、資金提供型共同研究に繋げる。

3. 運営方針と体制

本部門は、グループ長を一次管理者、部門長を二次管理者とする二階層による部門運営を基本とする。部門長は、ライン上にあるグループ長の一次判断を尊重しつつ、部門スタッフ（副部門長・首席研究員・総括研究主幹・ユニット支援）や、研究業務推進部等の意見を参考に、運営の最終決定を行う。部門スタッフは、部門長とグループ長のラインとは別に位置づけ、部門運営全般に関して部門長を補佐しつつ、必要に応じて各グループの研究活動を先導・支援する。当部門の研究のキーワードである「グリーン・サステイナブルケミストリーの推進」には、

化学、バイオに加え、多様な技術の集積・融合が不可欠である。個人、あるいはグループの「独創力」をベースとして、領域内外のユニットは勿論、所外組織との実効的な連携を強く奨励し、集団力を生かした研究展開を図る。

産総研の社会的立場・責務を常に認識し、「分かりやすく、明快地」を念頭に、広く産業界や一般社会に対する、積極的なアウトリーチ活動にも力点を置く。

内部資金：

戦略予算 再生可能資源を利用する反応・プロセス技術

戦略予算 化学材料の創製・高機能化技術

戦略予算 光化学利用技術

戦略予算 先端化学材料の評価技術

セルロースナノファイバー補強スポーツ材料の開発／スポーツ工学 PJ

外部資金：

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発 木質系バイオマスから化学品までの一貫製造プロセスの開発

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
平成23年度先導的産業技術創出事業 化学反応を駆動源とする超省エネ型・新規自励振動ゲルアクチュエータを用いた外部装置フリーのマイクロ流体素子の開発

国立研究開発法人科学技術振興機構 さきがけ スライド型ナノアクチュエータの開発に向けた基盤技術の確立

国立研究開発法人科学技術振興機構 A-STEP 機能性バイオ化学品の用途拡大を自指した大量製造技術の開発

国立研究開発法人科学技術振興機構 A-STEP 光脱着型 CNT 分散剤を用いた微細加工可能なフレキシブル塗布型透明導電膜作製技術の開発

公益財団法人名古屋産業振興公社

平成26年戦略的基盤技術高度化支援事業（機関補助金）
コンタクトプローブ耐久性向上表面処理及び微小部品多品種少量生産めっきシステムの開発

独立行政法人石油天然ガス金属鉱物資源機構 平成26年度ー平成27年度「技術ソリューション事業（フェーズ1案件）」に関する技術開発課題 自己組織化ナノ材

料を用いた随伴水処理技術の開発

文部科学省 科学研究費補助金 生物規範界面デザイン

国立大学法人東京大学 ノンフロン型冷媒の実用条件の
燃焼性評価と着火エネルギー評価法の開発

文部科学省 科学研究費補助金 実験と理論の連携による
可逆的固液光相転移の機構解明

国立大学法人京都大学 非可食性植物由来化学品製造プロ
セス技術開発／研究開発項目②木質系バイオマスから
化学品までの一貫製造プロセスの開発／高機能リグノセ
ルロースナノファイバーの一貫製造プロセスと部材化技
術開発

文部科学省 科学研究費補助金（分担） 化学発光法を
用いた化学材料評価手法の開発

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農
林系廃棄物を用いたハイブリッドバイオマスファイバー製
造および複合材料開発

文部科学省 科学研究費補助金（分担） 生物はなぜ振
動・同期するのかー酵母細胞における解糖系振動現象の
生命機能の解明ー

公益財団法人新産業創造研究機構 セルロースナノファ
イバーとゴム材料との複合化技術を活用した環境配慮型
超軽量・高機能シューズの開発

文部科学省 科学研究費補助金（分担） マイクロ非平
衡場の制御による細胞サイズ分子ロボットの動的自己組
織化と自律運動

文部科学省 科学技術振興機構 グリーン・ネットワー
ク・オブ・エクセレンス事業（GRENE） 植物 CO2
資源化研究拠点ネットワーク（NC-CARP）

文部科学省 科学研究費補助金（分担） ゲルポンプ内
蔵マイクロチップ分析システムの創生

文部科学省 科学研究費補助金 プラスチックの嫌気生
分解の解析

文部科学省 科学研究費補助金（分担） 乱流摩擦抵抗
低減のためのポリマー溶出界面の研究開発

文部科学省 科学研究費補助金 光駆動型有機・無機ハ
イブリッドナノ空間を用いたバイオリクターの創製

文部科学省 科学研究費補助金（分担） 構造化ゲルと
化学反応場の協働による運動創発

文部科学省 科学研究費補助金 高強度・高じん性を有
する微粒子/液晶複合ゲルの創製

文部科学省 科学研究費補助金（分担） 生物多様性を
規範とする革新的材料技術

文部科学省 科学研究費補助金 空間的拘束下でフラス
トレートした液晶の秩序形成とダイナミクス

文部科学省 科学研究費補助金（分担） 生きる化石
「接合菌類」の多様性から読み解く菌類の陸上進出と繁
栄

文部科学省 科学研究費補助金 光によるナノ炭素材料
の界面物性制御技術の高度化

発 表：誌上発表88件、口頭発表265件、その他32件

バイオマス成分分離グループ

(Biomass Treatment Group)

研究グループ長：仲山 賢一

(中国)

文部科学省 科学研究費補助金 レジリンモデルポリペ
プチドから成る超弾性繊維の創製及び機能制御

概 要：

バイオマスの成分分離法として、低温熱分解・水熱
処理による糖化法の開発を行った。低温熱分解処理を
施したスギを水熱処理することで、糖化酵素を用いず
にセルロースをグルコースに変換できることを確認し
た。

文部科学省 科学研究費補助金 多官能アントラセン誘
導体の合成と可逆相構造制御

酵素糖化残渣の利用を目指すために水熱処理による
残渣の低分子化を試みた。用いた酵素糖化残渣の分子
量はおよそ5000程度であった。水熱処理を施すこと
により、得られた固体の分子量は1200-2000程度に減
少し、水熱処理がリグニンの低分子化に寄与できるこ
とが明らかになった。

文部科学省 科学研究費補助金 動きを生み出す分子集
合体：静電気応答性の解明と応用

文部科学省 科学研究費補助金 低電圧で駆動する折り
紙アクチュエータの開発

リグノセルロースからのリグニン成分分離法として、酵素糖化残渣からの室温有機溶媒抽出を試みた。抽出率は約20%、分子量は約700と小さく樹脂化原料として利用可能であった。また、同等のリグニン成分が水熱処理のみで得られることが分かった。

シクロヘキサンを経由するリグニンからの1,3-ブタジエン合成プロセスの開発を行った。リグニンモデル物質を用いた水素化脱酸素反応において、Rh系触媒が他の貴金属を用いる場合と比較し、高いシクロヘキサン収率が得られることがわかった。

研究テーマ：テーマ題目1

バイオ変換グループ

(Bioconversion group)

研究グループ長：星野 保

(中国センター)

概要：

機能化学品キシロオリゴ糖蓄積に適した新たな耐熱化キシラナーゼのラショナル設計を X 線構造解析結果を基に行った結果、通常の酵素より約2倍生産性の高い酵素の設計に成功した。また、機能化学品の原料となる D-アミノ酸をバイオ法により高収率で安価に生産するため、D-アミノ酸脱水素酵素の基質特異性改変を目的に、複合体結晶を作成し、その X 線結晶構造解析に成功した。

木質バイオマスから調製した糖化液を原料にした微生物発酵による効率的な化学品製造のためには、糖化液成分により遺伝子発現制御が出来る系の開発が重要である。このため多様な機能化学品のビルディングブロックとなるピルビン酸を高濃度に生産する大腸菌を作成し、本株のピルビン酸生産の最適条件を決定した。

研究テーマ：テーマ題目1

バイオケミカルグループ

(Biochemical Group)

研究グループ長：羽部 浩

(つくば中央第5)

概要：

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

規な機能性化学品について、各種物性・機能性の評価を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1

高分子化学グループ

(Polymer Chemistry Group)

研究グループ長：国岡 正雄

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、持続可能な循環型社会システムに適合し、原料を石油に限定することなく、未利用の再生可能原料（バイオマス・農業廃棄物等）からリサイクル可能な循環型高分子材料に関わる技術を開発している。また、環境に負荷を与えない廃棄物処理として、生分解・再資源化についても併せて検討している。具体的な研究テーマは次の通り。1)化学的手法を用いて、熱的・機械的性質や機能に優れた高分子材料を開発する。2)環境適合技術及びその関連技術を利用して、要求性能(機械的性質、接着強度等)、耐久性の評価法を開発する。3)循環型高分子の市場への投入促進のために、バイオプラスチックに関わる再資源化率・生分解率・バイオマス炭素含有率等の測定法の国際規格の原案作りを行う。4)高分子材料の耐久性評価技術の標準化の検討を行う。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4

光材料化学グループ

(Photo-Induced Materials Chemistry Group)

研究グループ長：佐藤 正健

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、光反応を基軸として、機能性化学品や化学部材製造の高付加価値化・高効率化・省工程化に貢献する材料機能化技術および材料評価技術を開発することを目的としている。各種レーザー光源の利用をはじめとし、光の波長や強度に基づいて示される反応の選択性や、超短パルス化や任意形状高速操作などの優れた時間・空間制御性、高感度検出性など、光反応の特異性を最大限に活用することにより、素材の形成・加工・機能付与技術、光化学反応利用技術、材料特性評価技術に関する研究開発を進めている。特に、光化学反応に基づいた化学材料基材表面への微細構造付加形成による局所機能付与技術、超短パルスレーザー光による太陽電池の高速高品位スクライプ加工技術、並びに、異種材構造接着において必要とされる高速、非接触で実施可能な被着体表面検査技術の開発に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目3

スマート材料グループ

(Smart Materials Group)

研究グループ長：木原 秀元

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、有機分子の相変化や分子間相互作用に関わる材料技術をベースに、高度な機能を発現する化学品「スマート材料」の開発を目指している。併せて、その材料開発に必要な新しい分子組織体や分子複合体の探索と、それらと光、熱、溶媒等の外部環境に係る相互作用について基礎的研究を行っているが、特に利便性、環境調和性の高い「光」の利用に注力している。具体的には、可逆接着剤や自己修復塗料などに応用可能な、刺激により可逆的に相変化する有機材料の開発、およびカーボンナノチューブやグラフェン等の炭素材料の分散性を制御できる分散剤の開発、ならびに炭素材料の薄膜化・パターン化技術の開発を目指す。グループの研究スタンスの特徴は、各種の機能性有機化合物の設計・合成から、基礎物性測定、組織体構築、機能評価までを一貫して行うことである。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3

セルロース材料グループ

(Cellulose Materials Group)

研究グループ長：遠藤 貴士

(中国センター)

概要：

当研究グループが開発した、水熱・メカノケミカル処理技術を基盤としたリグノセルロースナノファイバー製造技術、特性評価技術およびナノファイバー樹脂複合化技術に関する研究開発を行った。

ナノファイバー製造技術開発では、木質を原料として蓄積したナノ解繊技術の、草本系バイオマスへの適応性を評価し、ソルガムやもみ殻からもナノファイバーが製造できることを確認した。また、化学処理と機械処理を併用したナノファイバー製法方法の開発を進め、原料木粉やパルプをマレイン酸処理した後に、機械的に湿式解繊処理することで、幅3nmの超微細なシングルナノファイバーが効果的に製造できることを明らかにした。特性評価技術では、化学処理により製造したナノファイバーの幅を濁度から簡便に評価できることを明らかにした。樹脂複合化技術では、ソルガムやもみ殻から製造したナノファイバーを木質系で開発した技術を応用してポリプロピレンと複合化し、射出成形により成形品が製造できることを明らかにした。さらに、ゴムとの複合化では、エマルジョン系原料を用いたマスターバッチ化工程を経ることで、高物性の複合材料が製造できることを明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目1

動的機能材料グループ

(Dynamic Functional Materials Group)

研究グループ長：大園 拓哉

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、高分子化合物や生体由来の材料が持つしなやかな構造特性や特異性、可塑性、興奮性および広義の自己組織化能を基盤とするソフトマテリアル、すなわち動的機能材料の研究開発を行う。より具体的には高分子、液晶、コロイド、ゲル等のソフトマテリアルの微小空間と表面の機能合成技術、およびナノメートルからミリメートルに至る階層を越えた動的機能材料を、バイオミメティクスと自己組織化を意識した統合的な開発を行う。その中でも、ゲル内バイオミネラル化の解明とその応用、固/液界面における物理化学的現象の解明と化学センサー等のデバイスへの応用、無機・有機複合材料開発、金属ナノロッドの作製と動的機能創出の研究・開発に対して、化合物の設計と選択から、基礎物性評価、階層組織体構成、機能発現までを、物理・化学の両方の視点から統合的に推進していく。

研究テーマ：テーマ題目2

界面材料グループ

(Interfacial Materials Group)

研究グループ長：増田 光俊

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは界面・表面での物質の補足・放出・流動性制御に関する材料技術をベースとした高付加価値な化学品の開発を目指している。具体的にはチューブ状あるいは球状のナノカプセル材料の環境・メディカル関連部材への用途開発のため、有機分子の自己組織化を特徴とする同材料の創製や大量合成技術の開発、物質の補足・放出機能の高度化、他素材との複合化などの関連技術の開発を進めている。また界面での流体摩擦抵抗を低減する機能性材料やその徐放技術の開発によって従来の限界を超える低摩擦塗料等への実用化を進めている。さらにこれらの基盤技術として、液晶性有機材料を代表とする各種機能性バイオ素材の物性・機能性評価の高度化に加え、これらの用途開拓も行っている。

研究テーマ：テーマ題目2

化学材料評価グループ

(Chemical Materials Evaluation Group)

研究グループ長：水門 潤治

(つくば中央第5)

概要：

新素材の実用化には、機能向上に加えて信頼性向上

が必要不可欠であり、機能と信頼性を両立する材料の開発が求められている。当グループでは、化学材料の信頼性を正しく評価し、更にその向上に資する評価技術の構築を目的とする。具体的には、①化学材料の耐久性や劣化構造、メカニズムを解析するための評価パッケージの構築、②複合材料の界面や高次構造を解析するための評価パッケージの構築、③新型冷媒の燃焼性や環境影響評価技術の構築の3本柱を中心とする評価技術の開発に取り組む。これらの評価技術を活用して先端化学材料の信頼性向上に必要な材料設計指針を提案することにより、民間企業等による製品開発を支援する。

研究テーマ：テーマ目4

【テーマ目1】再生可能資源を利用する反応・プロセス技術

【研究代表者】羽部 浩（バイオケミカルグループ）

【研究担当者】森田 友岳、北本 大、羽部 浩、
福岡 徳馬、佐藤 俊、甲村 長利、
仲山 賢一、井上 誠一、柳下 立夫、
藤本 真司、花岡 寿明、遠藤 貴士、
岩本 伸一朗、熊谷 明夫、齋藤 靖子、
清水 美智子、星野 保、矢野 伸一、
村上 克司、井上 宏之、松鹿 昭則、
藤井 達也、渡邊 真宏、秋田 紘長、
蒲池 沙織（常勤職員25名、他25名）

【研究内容】

化石資源に替わってバイオ原料から化学品を製造するための技術開発及びプロセス開発は、日米欧を中心に戦略的な取り組みが始まっている。本テーマでは、バイオマス等からバイオと化学技術のベストミックスにより、高効率かつ環境低負荷で、基幹・機能性化学品を製造し、高度利用するための基盤技術の開発を目指して、バイオベース化学品の製造・利用技術の開発およびセルロースナノファイバーの製造・材料利用技術の開発に取り組んでいる。

（バイオベース化学品の製造・利用技術の開発）

バイオベース化学品の原料を調製する技術に関して、従来よりも低温下での熱分解・水熱処理による糖化法の開発を行った。その結果、低温熱分解処理を施したスギを水熱処理することで、糖化酵素を用いずにセルロースをグルコースに変換できることを確認した。また、酵素糖化残渣の有効利用を目指して、水熱処理による残渣の低分子化を試みた。用いた酵素糖化残渣の分子量はおよそ5000程度であったが、水熱処理を施すことにより、得られた固体の分子量は1200-2000程度に減少し、水熱処理がリグニンの低分子化に寄与することが明らかになった。

機能化学品の原料となる D-アミノ酸をバイオ法により高収率で安価に生産するため、D-アミノ酸脱水素酵

素の反応機構解明およびその基質特異性改変を行った。酵素-基質-補酵素の3者複合体結晶を作成し、X線結晶構造解析に成功した。本酵素は、1分子当たり、2分子のアミノ酸・1分子の補酵素からなる結晶であることを初めて明らかにし、その活性に寄与するアミノ酸残基を決定した。

バイオ界面活性剤の製造技術の高度化を目指して、バイオ界面活性剤生産菌の育種・改良技術の開発を進めた。次世代シーケンサーを活用したゲノム解読と解析を行い、生産菌が油脂生産微生物としての遺伝的特性を保持することを明らかにした。さらに、遺伝子発現プロファイルを詳細に解析することで、バイオ界面活性剤の生合成に関与する新たな経路および遺伝子の情報を取得し、遺伝子組換え技術による代謝経路の強化に向けた基礎情報を蓄積した。

（セルロースナノファイバーの製造・材料利用技術の開発）

木質系バイオマスから得られるセルロースナノファイバー（ナノセルロース）は、幅が3~20nm程度と超微細でありながら、軽量・高強度・高弾性・低熱膨張という特徴を持っている。本テーマでは、木質からの直接的ナノファイバー製造技術、ナノセルロースの樹脂やゴムとの複合化技術、およびナノセルロースの特性評価技術の開発を進めた。ナノファイバーのゴムとの複合化では、遊星型攪拌機を用いることで、高含水状態のナノファイバーの凝集を抑制して、ゴムに均一混合・分散したマスターバッチが製造できることを確認した。さらに、本手法で製造した CNF-天然ゴム複合化マスターバッチを用いてシューズ試作を達成した。

【領域名】材料・化学

【キーワード】バイオマス、成分分離、D-アミノ酸、
バイオ界面活性剤、セルロースナノファイバー、複合材料

【テーマ目2】化学材料の創製・高機能化技術

【研究代表者】増田 光俊（界面材料グループ）

【研究担当者】増田 光俊、南川 博之、小木曾 真樹、
亀田 直弘、青柳 将、丁 武孝、
大園 拓哉、福田 順一、岩坪 隆、
寺岡 啓、西村 聡、武仲 能子、
木原 秀元、秋山 陽久、山本 貴広
（常勤職員15名、他3名）

【研究内容】

電子デバイス、電化製品、輸送機器等の高度化に向けて、様々な界面表面で利用する機能材料の開発に取り組んでいる。製品のリサイクル性向上と長寿命化を可能にする可逆接着剤や自己修復塗料、船舶の省エネ化のための低摩擦塗料、簡便・高感度な診断が可能なセンサーシステム等の実現を目指している。

今年度は、光相転移に伴う材料の硬さの変化を利用し

た可逆粘接着材料の開発、低摩擦材料を的確に徐放できる技術の開発、および液晶を用いた新規なセンサーにおいて評価検討を行った。

可逆粘接着剤の開発では、汎用の高分子、液晶、および光応答性分子（アゾベンゼン）を複合化させた材料において、光照射によるアゾベンゼンの光異性化に伴ってガラス転移温度を可逆的に制御できることを見出した。さらに、組成比を最適化することにより、ガラス転移温度を室温を跨いで制御できることを見出し、この材料が可逆粘接着剤として応用可能であることを示した。

低摩擦塗料の開発では低減効果の持続性を目指すために、光刺激により内径が1/20に収縮するチューブ状のナノカプセル材料を開発した。このナノカプセルは内包化した高分子を光照射によって放出できることから、船舶の運行時など必要な時のみ低摩擦材料を放出する基盤技術として応用可能であることを見いだした。

高感度なセンサーシステム等への実現に向けて、液晶配向内における物質分布について評価し配向欠陥構造と相関があることを見出した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】接着剤、塗料、センサー

【テーマ題目3】光化学利用技術

【研究代表者】新納 弘之（首席研究員）

【研究担当者】新納 弘之、木原 秀元、松澤 洋子、神徳 啓那、佐藤 正健、川口 喜三、高田 徳幸、奈良崎 愛子、中住 友香（常勤職員9名、他2名）

【研究内容】

新材料開発やプロセス高度化を通じた化学産業の国際競争力強化に資する、光を利用する反応プロセス・材料創製に取り組んでいる。機能性フィルムや薄膜太陽電池等の電子デバイスの開発において、表面機能（反射防止機能、透明導電性、バリア特性、耐摩耗性など）を必要な個所に局所的に付与する技術、あるいは表面物性を局所的に改変する技術が求められている。時間・空間的制御性に優れた光は、これらの技術開発において強力なツールとなり得る。近年の技術革新によって得られた新しい光源（LED、ファイバーレーザーなど）に対応して局所機能付与プロセスを最適化するとともに、ニーズに応じて光機能材料を改良することで、高付加価値を有する材料や部材の開発に取り組んでいる。

今年度は、薄膜太陽電池の高速・高品位スクライプ加工、ナノ炭素材料の新規な光製膜技術、並びに、異種材構造接着のための被着体表面光検査技術について検討を行った。

薄膜太陽電池のスクライプ加工では、従来加工時に発生していた加工時熱影響による発電効率低下を完全に抑制可能な技術を開発した。その低下を引き起こす化学組成変化を明らかにするとともに、実際にミニ電池モジュ

ールを製造して、従来のメカニカル法で作製した場合と同等の15%の発電効率が示されることを実証した。ナノ炭素材料の光製膜技術では、繰り返し利用が可能である光に対する可逆応答性をもつ新たな光応答性分散剤の開発に成功した。さらに同分散剤の光応答性に基づいた透明基板上への分散剤フリーの状態にあるカーボンナノチューブ膜の直接形成を実証した。被着体表面光検査技術では、アルミ材表面に付着した微量シリコン系離型材について、レーザー誘起ブレイクダウン分光法を活用した高速検出を検討し、1m²あたり9mgの微量付着物の検出が可能であることを実証した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】光化学表面反応プロセス、光製膜技術、レーザー化学技術

【テーマ題目4】先端化学材料の評価技術

【研究代表者】須田 洋幸（総括研究主幹）

【研究担当者】須田 洋幸、水門 潤治、奥本 肇、陳 亮、滝澤 賢二、原 雄介、新澤 英之、山根 祥吾、国岡 正雄、船橋 正弘、大石 晃広、萩原 英昭、渡邊 亮太、佐藤 正健、高田 徳幸、大村 英樹（常勤職員16名、他3名）

【研究内容】

先端デバイスや軽量構造材等に利用される高機能化学材料は、我が国化学産業の強みである。本分野における国際競争力を確保し、また持続可能社会の実現に貢献するために、化学材料の信頼性評価に対する共通基盤的な評価技術に対するニーズが高まっている。

本テーマでは、化学材料の信頼性を正しく評価し、更にその向上に資する材料設計指針を提案するための評価技術を開発する。具体的には、①耐久性・劣化評価パッケージ、②界面・高次構造評価パッケージ、③新型冷媒の燃焼性・環境影響評価の3本柱を中心とする評価技術の構築に取り組む。具体的には、①従来の加速劣化試験を更に高加速化する試験法や劣化による材料の構造変化を解析する手法、構造変化と機能低下の相関を解析する手法、②複合材料等の機能に影響を及ぼす界面構造や高次構造を解析可能な手法、③新型冷媒の燃焼危険性を実用的に評価するための試験法などの構築を目指す。

（①耐久性・劣化評価パッケージ）

高分子材料の耐久性を評価するために、産技連高分子分科会参加公設試とともに、複数ストレス（熱、光、水等）による加速劣化試験法を検討し、屋外暴露による機械的性質の低下と耐候性試験機による劣化の相関等を明らかにした。炭素繊維強化プラスチックの機械的性質や耐久性評価法を検討し、密閉容器を用いた100℃以上での熱と水による加速劣化法を開発した。劣化解析手法として期待されているケミルミネッセンス分光法について、二次元相関分光法を組合せることによる新たな評価法を

検討した。ポリプロピレンの熱酸化を対象に検討した結果、カルボニル基及び2種の一重項酸素に由来する発光ピークを分離し、更に加熱時の発光の順番を決定した。本手法により、発光波長から材料の劣化進行度を推測できる可能性を見出した。有機半導体 p 型材料の光酸化について、n 型材料との混合により形成される高次構造が酸化速度に影響することを見出した。さらに、大型放射光施設 SPring-8において微小角入射広角 X 線散乱解析を行った結果、p 型材料の結晶性が高いほど耐光酸化性が向上することを明らかにした。

(②界面・高次構造評価パッケージ)

高分子材料の構造変化をモニタリングする手法として、高速近赤外分光法と二次元相関分光法を組合せた手法を検討した。熔融状態のナイロン6を急冷させた際の近赤外吸収スペクトルを測定し、二次元相関解析を行ったところ、アモルファスの減少に続く結晶成長を的確に捉えることができ、本手法の有効性を見出した。高分子複合材料の機械的性質を向上させるために、ポリオレフィンとシリカナノ粒子複合体の機械的性質と界面接着力の関係を検討し、親水性の水酸基を樹脂へ導入することにより、親水性シリカ表面と樹脂の接着力が向上し、伸びの保持に関連性があることを示唆した。

(③新型冷媒の燃焼性・環境影響評価)

地球温暖化係数 (GWP) の低い冷媒等について、漏洩時の燃焼危険性を想定した温度・湿度影響評価を行った。不活性ガスとして冷凍則に掲名されている R134a、R410A、及び R413A について、高湿度条件により可燃化することを見出した。さらに、高温・高湿度条件下で微燃性冷媒を評価することにより、同一条件の不活性冷媒と燃焼性に関する定量比較を可能にした。新型冷媒等2種について、相対速度法による OH ラジカルとの反応速度測定及び赤外吸収測定を行ったところ、いずれも GWP は150未満と、温暖化効果が小さいことを明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】化学材料、高分子材料、信頼性評価、耐久性評価、加速劣化試験、劣化解析、材料設計指針

③【化学プロセス研究部門】

(Research Institute for Chemical Process Technology)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：濱川 聡

副研究部門長：角田 達朗、古屋 武

首席研究員：蛭名 武雄

総括研究主幹：宮沢 哲

所在地：東北センター、つくば中央第5事業所

人 員：47名 (47名)

経 費：722,770千円 (389,600千円)

概 要：

1. ミッション

化学プロセス研究部門は、低環境負荷で高効率な機能性化学品の製造プロセス実現に向け、特異な空間・反応場を利用した高温・高圧技術やマイクロフロー技術、また、これらを支える流体や物性制御技術などの研究開発を通じ、化学反応プロセスの基盤技術の構築を目指します。また、基礎・機能性化学品の製造時に発生する二酸化炭素の排出量低減に貢献するため、高性能の膜分離や吸着吸収分離などに係る材料・プロセスの研究開発を行い、化学プロセスにおける分離技術の基盤構築を目指します。また、コンソーシアム活動などを活用した地域中核企業との連携による「技術の橋渡し」を通じて、わが国の化学プロセスイノベーションの推進を目指します。

2. 研究の方向性

化学プロセスのイノベーション推進を先導するためには、産業界から見て「キラリと光る」化学プロセス技術が不可欠である。当該研究部門は、124社の企業が参加するコンソーシアムから得られる技術マーケティング情報をもとに、強みを伸ばす技術の精緻化と様々なニーズに応えるための技術の総合化をそれぞれ推進し、我が国の化学ものづくり産業の競争力の強化を図る。上記を実現するため、(1) 化学プロセスの高効率化に向けた反応制御技術の開発、(2) 化学プロセスの省エネ化に向けた分離技術の開発、(3) 化学プロセスの革新に向けた新機能材料の開発、の3つの戦略課題を設定し、「技術の橋渡し」のスピードアップを図る。以下に戦略課題の内容をまとめる。

3. 研究課題

(1) 化学プロセスの高効率化に向けた反応制御技術の開発

高温・高圧、マイクロ流体等の特異反応場を制御することにより、従来にない高い反応効率を有する化学プロセス技術の開発を行なう。具体的には、グリーン溶媒 (高温・高圧 CO₂、イオン流体など)、マイクロ波、マイクロリアクター、触媒 (固体、酵素)、等を利用した研究開発を実施した。さらに、プロセス開発の基盤となる、各種のデバイスとエンジニアリングに関わる研究開発を実施した。

(2) 化学プロセスの省エネ化に向けた分離技術の開発

新概念、新材料を用いた分離プロセスの提案と評価により、従来にない省エネな化学プロセス技術の開発を行なう。具体的には、ナノ多孔材料 (カーボン、ゼオライト、MOF)、界面制御 (サーファクタン) 等の開発とそれらの利用に関わる研究開発を実施した。さらに、化学プロセスの省エネ化に関わる

評価の手法等についても研究開発を実施した。

(3) 化学プロセスの革新に向けた新機能材料の開発

分離や反応の目的に応じた最適な化学プロセスの提案を目指して、無機・複合材料のナノ構造制御と量産化に資する製造技術の研究開発を行なう。具体的には、クレースト、コアシェルナノ粒子、等の材料に関わるナノ構造を制御技術並びにその量産化技術に関わる研究開発を実施した。

内部資金：

地域（戦略予算）「CO₂塗装技術の革新とモノづくり技術への展開」

その他（戦略予算）「クレコートのさらなる高機能化による金属表面改質と高温耐久性絶縁材料の開発」

産総研・JAXA 課題解決型研究推進事業「イオン液体を用いた極低濃度 CO₂の分離回収技術の開発」

外部資金：

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「エネルギー・環境新技術先導プログラム／可変バリア機能の発現に基づく革新的エネルギー制御材料基盤技術開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST） 「ナノ細孔を有する多孔質材料の機能化」

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究成果展開事業【研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）探索タイプ】 「デシカントモジュール用波形水蒸気吸脱着厚膜の開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP） 「有機ハイドライド向け実用型炭素膜の開発と膜分離システム設計」

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

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST） 「ギ酸脱水素化触媒による高圧水素供給プロセスの構築」

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）シーズ頭在化タイプ 「低温成形窒化銅ナノ粒子を用いる導電性インクの開発とプリンテッドエレクトロニクスデバイスへの展開」

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター 戦略的イノベーション創造プログラム（次世代農林水産業創造技術）（SIP） 「地域のリグニン資源が先導するバイオマス利用システムの技術革新」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B) 「イオン液体の機能設計とアンモニア分離回収技術への応用」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(A) 「セルロースから化学品への直接合成を実現する環境調和型触媒反応システムの構築」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B) 「微小空間の移動現象に着目した気液固触媒反応器の設計法構築と C1化学への応用」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B) 「メタロミセルの化学環境の理解と高効率水中触媒反応への応用」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B) 「金属有機構造体を用いた反応分離膜の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B) 「蛍光と光触媒作用を同時に示すマルチモーダルな光エネルギー変換材料の創製」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 研究活動スタート支援 「高温高圧水マイクロプロセスによるスーパーエンブラ基幹原料の環境調和型効率合成」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(A) 「高品質酸化ナノ粒子製造のための核発生と成長過程の厳密評価用マイクロデバイス開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B) 「次世代水電解型水素製造プロセス実現のための耐熱耐圧耐食性電気化学マイクロセル開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C) 「新規ヘミセルロース変換プロセス開発によるバイオマスカスケード利用モデルの構築」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C) 「超臨界水還元法による銅ナノ粒子の合成及び配線用銅ナノインクの調製」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤

研究(C) 「特異環境場における輸送物性の計測法開発と現象解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C) 「木材資源(セルロース)から高分子原料を製造するための触媒反応技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B) 「有機テンプレートを用いない高シリカケージ型大空間ゼオライトの革新的合成手法の開拓」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B) 「Molecular level studies of advanced phosphide catalysts with high activity in hydrodeoxygenation」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B) 「東南極の湖沼におけるコケ坊主生物圏のゲノム解析」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B) 「ppb レベルのナノ薄膜試験紙、実用化のための基盤技術の深化と環境試料による評価」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B) 「イオン液体を利用した環境調和型 CO₂ 吸収分離再生プロセスの開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C) 「シリカ膜マイクロカプセルを用いた自己修復性炭素繊維強化ポリマーの開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 「パラジウムクラスターによる窒素と水からのアンモニア生成触媒反応」

発表：誌上発表63件、口頭発表244件、その他33件

コンパクトシステムエンジニアリンググループ
(Compact System Engineering Group)

研究グループ長：金久保 光央

(東北センター)

概要：

コンパクトシステムエンジニアリンググループは、高温高压の水や二酸化炭素およびイオン液体等のグリーン溶媒を用いたコンパクトで高効率な低環境負荷型プロセスの開発を目的として、高压マイクロデバイス技術の開発や特殊反応場の測定・評価技術の高度化等を進めている。また、本グループは産総研における関連分野のエンジニアリング拠点として機能することを

目指している。

高温高压エンジニアリング技術として、低粘度から極めて高粘度の流体を対象とできるマイクロデバイスを開発し、各種マイクロ化学プロセスへの適用を図っている。二酸化炭素を用いた粘度低減・霧化技術による革新的な塗装プロセスや最先端ものづくり技術の開発、高温高压水による無機微粒子合成の体系化ならびに材料化技術への展開等を進めている。さらに、イオン液体を用いた分離・反応プロセスの開発とその特性評価および新規分野の開拓を図っている。

研究テーマ：テーマ題目1

化学システムグループ

(Energy-efficient Chemical Systems Group)

研究グループ長：遠藤 明

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、化学プロセスの省エネルギー化や環境負荷低減の分野において、化学工学、界面科学および材料科学の観点から材料技術とシステム技術を一体化してとらえた研究を展開し、得られた成果を積極的に社会・産業界に発信していくことを通じて、持続発展可能な社会の構築に資することを目標としている。

具体的には、ナノ空間及び界面での物質移動・吸着現象・化学反応に注目し、材料の合成-構造-機能の関係を意識しつつ、化学プロセスイノベーションの推進を目指した材料合成技術・構造評価技術の開発、ナノ空孔材料の特性を活かした反応場の構築及びプロセス開発、省エネルギープロセスの解析とプロセス強化・システム化に関する研究を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

マイクロ化学グループ

(Micro Flow Chemistry Group)

研究グループ長：川波 肇

(東北センター)

概要：

マイクロ化学グループでは、長年蓄積してきた高温高压技術、マイクロ波技術そしてマイクロ空間技術を軸に、各種有機材料、機能性有機物質、化成品、微粒子、無機-有機複合材料などを合成するための基盤技術を構築している。これら基盤技術を土台に、社会(主に化学産業、エネルギー産業等)ニーズを素早く受け取り、適切に対応しながら各種合成プロセス技術の高度化を図り、モノづくり産業の低環境負荷に貢献、更に新たなグリーンイノベーションを引き起こすことを目指している。

具体的には、マイクロ空間反応場で高温高压状態をマイクロ波技術など駆使して精密に制御しながら、有機溶媒を限りなく排除した水中でのクロスカップリン

グや縮合反応等の有機合成プロセスや、粒径が高度に制御された有機ナノ粒子合成法等の研究・開発を行っている。また超臨界二酸化炭素を反応媒体とした酸化還元、特に金属ナノ粒子担持メソポーラスシリカ触媒による還元法を行い、各種化成品の還元だけでなく、バイオマス由来の化合物変換技術等へも応用している。
研究テーマ：テーマ題目1

有機物質変換グループ

(Organic Material Conversion Group)

研究グループ長：山口 有朋

(東北センター)

概 要：

有機物質変換グループでは、化学プロセスの高効率化に向けた反応制御技術開発として、クリーンな反応場と触媒や酵素を組み合わせた有機物質の効率的な変換技術の開発を目指している。特に、高温高圧の水や超臨界二酸化炭素と触媒や酵素を利用する有機物質変換反応の開発、触媒による炭素資源変換技術の開発、多孔質材料に集積した酵素や機能分子による機能性化学品製造プロセス開発を重点的に行っている。

具体的には、1) 水や二酸化炭素と触媒・酵素を利用する有機物質変換反応の開発により、医農薬中間体や化成品原料の合成反応について研究を進める。2) 触媒による炭素資源変換技術の開発では、炭素資源の多様化のために、バイオマス、シェールガス、有機廃棄物等を汎用高分子や機能性化学品の原料に変換する高効率かつ省エネな触媒反応技術を開発する。3) 多孔質材料に集積した酵素や機能分子による機能性化学品製造プロセス開発では、多孔質材料への酵素および機能性分子の精密配置とそれによる活性制御を実現し、機能性化学品の高効率な製造プロセス開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目1

膜分離プロセスグループ

(Membrane Separation Processes Group)

研究グループ長：根岸 秀之

(つくば中央第5)

概 要：

当グループでは、省エネ性の高い膜分離技術の社会への実装化を究極の目的として、高機能分離膜の開発と省エネ型膜分離プロセスの設計・評価手法の開発、およびその要素技術である多孔体素材の合成と制御、評価・解析、マイクロ波を用いた高効率な化学品製造プロセス技術まで、基礎から応用にわたる基盤技術を一貫して推進している。膜素材としては、分子ふるいカーボン膜や金属有機構造体膜、ゼオライト膜に着目し、膜性能の向上と、具体的使用状況を想定したモジュール化や膜分離プロセスの開発を行っている。また、計算機シミュレーションを活用した省エネ膜分離プロ

セス技術の開発を進めた。さらに、要素技術開発としては、XAFS等を用いた構造解析やアルミナゾルの利用法開拓に取り組み、断熱アルミナ膜の開発に至った。
研究テーマ：テーマ題目2

ナノ空間設計グループ

(Nanopore Design Group)

研究グループ長：佐藤 剛一

(東北センター)

概 要：

ナノ空間設計グループでは、化学プロセスの従来にない省エネ化に向けた分離技術、シンプルで新しい化学反応プロセスの提案を目指して、ナノメートルサイズの空孔を有するゼオライト等の材料開発や部材化を図り、分離、触媒反応への適用に関する研究を実施している。

材料の創成においては、多孔質材料のマイクロ・ナノ構造をはじめとした物性や機能の詳細な解析結果をフィードバックし、高性能なナノ空間材料の設計と合成法開発を進めている。材料部材化では膜化に関する研究に注力し、緻密なゼオライト薄膜や機能性有機高分子等との複合膜の合成法を開発している。

これらの利用として、多孔質構造を活用した化学反応用触媒、膜部材の気相・液相での選択的分離精製プロセスや環境浄化利用、分離と触媒反応を融合した膜反応プロセス、等の用途開発を進め、同時に成果の企業への橋渡しを推進している。

研究テーマ：テーマ題目2

階層的構造材料プロセスグループ

(Panoscopic Materials Processing Group)

研究グループ長：依田 智

(つくば中央第5)

概 要：

当グループではナノ粒子・ナノ構造材料を幅広い産業分野へ応用していくためのオンデマンド連続製造、階層化および関連するプロセス技術の研究開発を目標とする。ナノ粒子・ナノ構造を作り出し、それらを階層的に構築して、デバイス、材料、製品へと結びつけるプロセスの技術は、新機能、高機能の創出、製品開発速度の向上、ナノリスクの低減などに貢献できる。

連続的な製造および階層化においては、溶媒、流体をベースとしたプロセスを構築し、流体の特性、物質の溶解度や相状態の把握、化学反応の精密制御を行うことが不可欠となる。これらの物性・反応を緻密に制御するパラメータとして、“圧力”を導入し、さらにマイクロ流路、マイクロミキサーなどのプロセス技術を組み合わせることによって、様々な新規ナノ粒子・ナノ材料に対応したプロセスを構築することが可能となる。

当グループでは各種ナノ粒子、ナノ材料の連続製造、および階層化プロセスの開発に取り組むとともに、高圧下での諸物性測定・化学反応など必要な基盤技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目3

機能素材プロセッシンググループ

(Functional Materials Processing Group)

研究グループ長：石井 亮

(東北センター)

概要：

機能素材プロセッシンググループでは、様々な素材から機能性材料を効率的に作製する材料プロセス技術並びに材料機能の応用開発に取り組んでいる。

具体的には、粘土鉱物などの天然資源や生物由来資源、炭素固体、有機高分子等の各種素材を用い、当グループの独自技術である、高温水利用合成技術やマイクロ波・高周波加熱技術、有機・無機ハイブリッド化技術、印刷技術、圧縮ガスを用いたナノ加工技術、化学修飾技術等をさらに深化させることにより、耐熱ガスバリア膜などの膜材料、ナノ粒子やナノシート等の新規無機ナノ材料、光学特性や電気特性、特異的イオン吸着能を有する材料を開発する。

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

また、他グループや外部との連携により、機能化膜や導電性ナノ粒子等の企業への橋渡しに取り組んだ。特に、低炭素社会の実現に寄与する用途等への展開に取り組んでいる。また、国内特に東北地域の企業との連携に基づく産業振興に努めた。

研究テーマ：テーマ題目3

[テーマ題目1] 化学プロセスの高効率化に向けた反応制御技術の開発

[研究代表者] 濱川 聡 (化学プロセス研究部門)

[研究担当者] 濱川 聡、角田 達朗、古屋 武、
 蛭名 武雄、宮沢 哲、金久保 光央、
 増田 善雄、川崎 慎一郎、
 牧野 貴至、藤井 達也、川波 肇、
 西岡 将輝、石坂 孝之、長尾 育弘、
 福田 貴史、山口 有朋、藤原 正浩、
 佐藤 修、三村 直樹、松浦 俊一、
 伊藤 徹二、横山 敏郎、小野 實信、
 新妻 依利子、長瀬 有貴、
 大川原 竜人、櫻井 優子、
 建尾 太一、松尾 康輝、弦巻 武久、
 大瀧 憲一郎、平岡 領子、

富山 照美、釜谷 詩穂、井口 昌幸、
 畑田 清隆、Chatterjee Maya、
 小川 佳代子、伊藤 早枝子、
 宮川 正人、熱海 秀、村上 由香、
 村松 なつみ、千葉 真奈美、
 加藤 恵莉 (常勤職員21名、他24名)

[研究内容]

我が国の化学産業の強い国際競争力を維持しつつ持続可能な成長を展開していくためには、新しい機能を持つ物質や材料の発見とそれらを限られた資源から無駄なく利用することに加えて、省エネルギー、低環境負荷で安全に製造・利用していくことが必要である。なかでもスペシャリティケミカルズと呼ばれる高付加価値化学品類においては、ハイスループットな化学プロセスが求められている。本テーマでは、特異的な反応場を提供する高温・高圧状態の水・二酸化炭素、イオン液体、マイクロ流路やナノ空間等の微小空間、マイクロ波による高周波加熱および触媒 (金属、酵素) 等を単独あるいは複合的に組み合わせることにより、従来の化学プロセスから飛躍的な効率向上・省エネルギーを実現する化学プロセス技術 (化学プロセスイノベーション) に向けた研究を行っている。

高圧二酸化炭素を有機溶媒の代替として用いる高圧CO₂塗装技術では、従来の塗料を用いるだけでは適用困難なものが多く、溶解度パラメータなどを解析手法とした適合塗料の設計指針の構築や微粒化と成膜のメカニズム解析と合わせた高圧CO₂塗装における基盤技術の体系化を図っている。H27年度は、実用面から塗着効率の向上を目指して静電塗装技術の検討に着手した。さらに、本技術をモノづくり技術に展開し、無溶剤、非防爆プロセスの実現可能性が高い機能性薄膜、撥水処理、連続乳化、医薬品微粒子製造技術の研究開発を進めた。イリジウム錯体を触媒としたギ酸分解により高圧水素を発生させる技術を開発した。ギ酸の分解プロセスにおいて水素生成時に二酸化炭素の副生が問題であったが、高圧状態を利用して水素中の二酸化炭素を簡便に分離することに成功した。このことによりギ酸から95 mol%以上の高圧水素を圧縮機無しで連続供給できるシステムの構築に成功した。高温高圧水を用いたスーパーエンジニアリングプラスチックの合成において、鍵プロセスである縮合反応を検討し10秒以内に98 mol%以上の反応成績で進行することを明らかにした。さらに、高温高圧状態の水や二酸化炭素の反応媒体と固体触媒を組み合わせた新規触媒反応系の研究開発を実施した。循環型社会の実現に資する、バイオマス原料を化学原料に変換する触媒反応システム開発を提案した。例えば、木質バイオマスに含まれるセルロース、ヘミセルロース、リグニンを逐次的に糖アルコールや芳香族化合物に変換する技術を開発した。また、グルコース (セルロース) からヒドロキシメチルフルフラールへの変換、キシロース (ヘミセルロース)

からフルフルールへの変換に有効な固体触媒開発および反応システムの開発に成功した。

不揮発・難燃性の特徴を有するイオン液体技術では、低環境負荷型のガス吸収分離プロセスや化学反応プロセスの開発を行っている。これらのプロセス開発に不可欠な、イオン液体の溶媒特性や機能についてエンジニアリングデータを蓄積し、イオン種や分子構造と関連づけた体系化を図っている。また、イオン液体を種々の化学プロセスに適した形態で利用すべく、イオン液体のゲル化や微小液滴化などの技術開発を行っている。これら目的基礎研究から得られる基盤技術を有効に活用して、脱フロン高効率ガス吸収圧縮システムや省エネルギーの環境維持技術への応用展開を進めている。

マイクロ流路やナノ空間等の微小空間を利用する技術では、ナノメートルサイズの空孔を有する材料（酵素の固定化支持体）と酵素から成る固定化酵素技術において、双方の表面親和性を反応制御因子とし、物質変換反応における反応速度および持続的な酵素固定化能に及ぼす影響を明らかにした。具体的には、グルタミン酸脱炭酸酵素を利用した γ -アミノ酪酸（機能性アミノ酸）の合成において、反応速度の増大を可能にする新規の両親媒性ナノ空間材料を見出した。また、酵素支持体表面に高い親和性を有するタンパク質タグを酵素に融合した「ハイブリッド酵素」を適用することによって、固定化酵素の繰り返し利用時の耐久性向上を達成することができた。

マイクロ波による高周波加熱技術では、水素、無機材料（複合微粒子を含む）の製造における、フロー型製造プロセスのスケールアップ手法について検討し、汎用の2.45 GHz帯よりも低周波数の915 MHz帯を利用することで、従来に比べて流路断面積約16倍の太さの反応管を加熱できることを明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】高温高压、マイクロリアクター、マイクロデバイス、超臨界水、超臨界二酸化炭素、脱有機溶媒、流体特性、反応場観測、反応場制御、有機合成、無機-バイオ複合、タンパク質リフォールディング、固定化酵素、酵素センサー、イオン性流体、二酸化炭素分離、マイクロ波、マイクロ波反応場、ナノ粒子、固体触媒、水素製造

【テーマ題目2】化学プロセスの省エネ化に向けた分離技術の開発

【研究代表者】濱川 聡（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】濱川 聡、角田 達朗、古屋 武、蛭名 武雄、宮沢 哲、遠藤 明、川合 章子、井村 知弘、片岡 祥、上村 佳大、平 敏彰、根岸 秀之、吉宗 美紀、原 伸生、長畑 律子、

阪東 恭子、小平 哲也、山木 雄大、佐藤 剛一、長瀬 多加子、池田 拓史、長谷川 泰久、日吉 範人、Banerjee Subhabrata、下村 真理江、鈴木 邦夫、徳橋 頼子、楮山 夏実、佐藤 理恵、柳本 貴哉、池田 ゆり、廣瀬 雄基、河野 良平、金子 美幸、鈴木 紀世子、戴 瑤文、穂吉 紀子、荒井 陽子、斎藤 優子、竹内 和彦、森 由紀江、樫村 睦美、原谷 賢治、溝口 敬信、阿部 千枝、羅 紅岩、佐藤 恭子、松浦 和佳子、秦野 健（常勤職員23名、他26名）

【研究内容】

本テーマでは、従来にない省エネ化を実現する化学プロセス技術の開発と実装化に貢献するため、基礎及び機能性化学品の製造プロセスにおいて、新概念、新材料を用いた分離プロセスの提案と実証・評価により、高い性能の膜分離や吸着吸収分離などに係る材料・プロセスの開発に取り組み、高機能な分離技術の基盤を構築することを目指している。本年度は、これまで無機物質の膜化に関する研究開発で培ってきた分離技術の適用範囲を検討し、高機能な分離膜の開発・設計指針を得るとともに、従来にない特異な界面を構築しうる新規高機能界面活性剤に着目し、新規材料の界面活性や触媒性能等の評価手法を見出すことを目指す。

（高シリカチャバザイト長尺膜の開発）

有機溶媒からの脱水プロセス等において、ゼオライト分離膜は有望であるが、適用範囲を広げるためにも耐酸性などをより向上させる必要がある。これまでに優れた透過分離特性と高い安定性を両立した高シリカチャバザイト膜を開発してきており、実用化へ向け、企業との共同研究により長尺膜の製造技術に関する研究開発を実施した。ゼオライト膜はゼオライト粉末の成形では調製できないため、ゼオライト多結晶薄膜を支持体上に直接合成する必要がある。そのため長尺化のためには、ピンホール等の欠陥を発生させずに大面積に均一に薄膜を形成することが重要となる。そこで膜の支持基材や合成条件の最適化を図ることで、ラボ実験の膜（膜面積2 cm²）と同等の脱水特性（透過流束10 kg/(m²・h)以上、分離係数3,000以上）を有する長尺膜（膜面積500 cm²）の作製に成功した。

（化学プロセスのための新規水素分離膜の開発）

水素社会の実現のためには、水素の製造・輸送・供給に関わる技術開発が必須であり、アンモニアや有機ヒドライドなどの水素エネルギーキャリアからの高効率水素精製プロセスの省エネルギー化が重要である。本研究では有機ヒドライドの一つであるメチルシクロヘキサンからの燃料電池自動車用高純度水素精製プロセスに新

規水素分離膜として、優れたガス分離性能と耐薬品性を有する分子ふるい炭素膜の適用検討を行っている。これまでに燃料電池自動車の水素純度スペックを満足する炭素膜の必要分離性能を明らかにしてきたが、今年度は必要分離性能を満足する炭素膜をより実用的な手法により製造する検討を実施した。まず炭化処理工程について、多本数の中空糸膜を同時に炭化しつつ、水素純度スペックを満足する必要分離性能を満足する実用型の新規製造手法の開発に成功した。この膜を用いた水素／トルエン分離試験において、安定な水素透過速度と水素純度スペックを達成できることを確認した。さらに、製造条件を最適化することで、分離性能の向上や焼成時間の短縮化ができることを見出した。

(物質の吸着と移動特性を利用する高機能相界面の創成による新しい分離プロセスの提案)

分子内に貴金属を自在に配位可能な N-ヘテロサイクリックカルベン (NHC) を骨格に持つ新規界面活性剤を合成し、界面活性及び触媒性能を評価した。イミダゾールを原料とし、親水基にオクタエチレングリコール、疎水基にドデカメチレンを段階的に導入することにより、4段階・総収率26%にて、NHC を骨格に持つ新規界面活性剤が合成された。パラジウムが配位したものは、水の表面張力を33.2 mN/m まで低下させるなどの優れた界面活性を示し、かつ水中で約32 nm の巨大ミセルを形成することが判明した。この界面活性性能水中での溝呂木ヘック反応の触媒として用いたところ、油性基質のヨードベンゼンとスチレンが水に分散されたエマルジョン系において、スチルベンを転化率99%以上、単離収率96%で得ることに成功した。

また、環状トポロジーを持った新規界面活性剤の合成と機能評価を行った。親水基にポリエチレングリコール、疎水基に炭化水素を有する非イオン界面活性剤の一種であるポリオキシエチレンアルキルエーテルの環状体を系統的に合成した。通常環状体の合成は、分子間反応を抑制するため高度希釈条件下 ($< 10^{-5} \text{ M}$) にて行われるが、通常より二桁も高い濃度条件下で、環状ポリオキシエチレンアルキルエーテルを高収量で合成することに成功した。また、環状トポロジーを持った界面活性剤は、通常より曲面の大きな会合体を形成することが明らかになった。また、優れた界面活性を示す一方で、洗剤酵素 (プロテアーゼ) に対しては非常にマイルドであることも判明した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】分離プロセス、省エネルギー、膜分離、脱水プロセス、チャバサイト膜、長尺膜、水素分離、炭素膜、吸着、界面活性剤、ミセル

【テーマ題目3】化学プロセスの革新に向けた新機能材料の開発

【研究代表者】濱川 聡 (化学プロセス研究部門)

【研究担当者】濱川 聡、角田 達朗、古屋 武、
蛭名 武雄、宮沢 哲、依田 智、
中村 浩之、竹林 良浩、陶 究、
竹下 覚、石井 亮、林 拓道、
相澤 崇史、和久井 喜人、棚池 修、
中村 考志、浅井 幸、岩本 優佳、
比毛 智美、菅田 孟、大原 基広、
椎名 孝明、江連 一正、金子 大貴、
鈴木 麻実、庄司 絵梨子、
外門 恵美子、夏井 真由美、
志村 瑞己、廣芝 美佐保、
佐々木 美穂、吉田 幹夫、斉藤 仁淑
(常勤職員16名、他17名)

【研究内容】

化学プロセスのシンプル化やグリーン化を進める上で、機能性シート材、例えば、耐熱性や不燃性、ガスバリア性などを有するシート材の開発は重要である。粘土を主成分とする新しい膜材料「クレスト」は、高いガスバリア性や耐熱性、不燃性等を持つため、上記機能性シート材としての利用が期待される。これまでに用途として、i) 透明耐熱材の開発、ii) ガスバリア層としてクレストを含む燃料電池車用水素タンクの作製、iii) 薄膜太陽電池等次世代電子デバイスに使用可能な超水蒸気バリア膜の開発、に展開してきた。さらに、原料粘土の低コスト生産方法の検討を行ってきた。

今年度は、クレストの低コスト化及びグリーン化を進めるため、バイオポリマーの一種であるリグニンと粘土鉱物を用いた膜材料の開発を実施した。リグニンは、耐熱性バインダーとして利用可能であり、また林地残材から低コストで採取可能であることから、クレストの低コスト化とグリーン化に最適な材料である。リグニンとして、酸可溶媒分解法により得られた、ポリエチレングリコール修飾型リグニン (以下、改質リグニン) を用いた。この改質リグニンと粘土鉱物からなるシート材の作製条件を検討するとともに、得られたシート材の評価を行った。

具体的には、改質リグニンを分散可能な溶媒の探索や粘土鉱物との複合化条件を検討し、珪酸塩ナノシートとリグニンがナノレベルで複合化されたシート材を得ることができた。得られたシート材は、300℃程度の耐熱性を有し、平均粗さで1マイクロメートル以下の表面平坦性を有していた。得られたフィルムの透湿度 (水蒸気バリア性) を評価したところ、その値は1 g/m²・day であった。その透湿度は、従来のプラスチック材料の透湿度より低く、水蒸気バリア性について優位性を持つことが分かった。加えて、ヘリウムと水素のガスバリア性を評価したところ、市販のポリイミドフィルムと比較して3桁以上高いドライガスバリア性を有していることが分かった。さらに、同シート材上にタッチセンサ用の電子回

路を描画し、その動作の確認を行った。電子回路の描画はスクリーン印刷法を用いた。電気配線は、最小間隔 50 μm で描画可能であり、高密度の配線作画の可能性を示した。また、得られた電子回路は問題なく動作し、本シート材が電子デバイス用の基板として利用可能であることを確認することができた。

以上のことから、エレクトロニクス素材用の耐熱性ガスバリア膜材料を開発し、従来プラスチック材料の透湿度等の性能と比較して、優位性を検証するという今年度の計画を十分に遂行できた。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ナノ粒子、プルシアンブルー、セシウム、吸着、除染、色変化素子、レーザー溶解、強誘電体、マイクロミキサー、マイクロリアクター、MOF、粘土膜、高温シール材、ガスバリア、水素タンク、粘土膜、耐熱性、難燃性、ゼオライト、水熱合成、パラジウム膜、ゼオライト膜、メンブレンリアクター、膜反応、分離機能、膜透過機能、層状珪酸塩、構造解析

④【ナノ材料研究部門】

(Nanomaterials Research Institute)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：佐々木 毅

副研究部門長：川口 建二

首席研究員：片浦 弘道、末永 和知

総括研究主幹：原 重樹

所在地：つくば中央第五

人 員：46名 (46名)

経 費：901,069千円 (484,090千円)

概 要：

1. 研究ユニットのミッション

新素材を実用化するための技術開発を通じて、素材産業や化学産業への技術的貢献を目指すために、当部門では、ナノ材料の実用化へ向けて、カーボンナノチューブやグラフェンといったナノカーボン材料、ナノ粒子やナノ薄膜などのナノ材料の開発とその用途開拓を推進すると共に、高度な計測・加工技術を利用した材料開発を進めナノ材料の産業化へ大きく貢献することをミッションとする。

2. 研究ユニットの研究開発の方針

ナノ材料研究部門では、以下の3つの戦略課題を設定して、実用化へ向けた TRL を意識したマイルストーンを設けて研究を推進する。

1) ナノカーボン・デバイス材料の製造および応用技術の開発

ナノカーボン・デバイスを実現させるために、高品質グラフェン合成のためのプラズマ CVD 技術の開発ならびに透明導電フィルム作製技術の開発を進めると共に、eDIPS 法による CNT 製造技術、カラムクロマト法や ELF 法など種々の金属半導体分離およびカイラル分離技術などの高度化を進める。また、開発したナノカーボン・デバイス材料のデバイス実証および用途探索を行う。

本研究課題では、ナノチューブ実用化研究センターとの連携を図りながら、研究を展開していく。

2) 低次元ナノ複合体による物質・エネルギー有効利用技術の開発

配位高分子をはじめとする複合ナノ粒子と、有機材料複合膜をコア材料と位置づけ、物質・熱・光などを吸収し、必要な時期に、必要に応じて形態を変換し、放出する材料の開発を進める。ここでは特にエネルギーキャリア及び有用/有害物質を適切に回収することのできる材料および高効率熱電変換薄膜材料、中性子捕獲療法用のナノ粒子などを開発する。

3) 高度計測およびナノ加工・界面制御技術の開発

ナノレベルの構造・元素解析のための電子顕微鏡をはじめとする各種の高度計測技術を用い、材料における界面状態や物性を評価し、ナノ材料に必要とされる物性・構造・高機能化に資する知見を得る。更に、プラズマやマイクロ波を用いて、材料のナノ加工技術を開発し、異分野融合型の安心・安全・快適な社会に必要とされるデバイス開発を目指す。

3. 中長期目標・計画を達成するための方策

これまでの成果を基に、企業との連携を進めて橋渡し研究を推進すると共に次の研究シーズを創出するための目的基礎研究についても、これらを研究開発駆動の両輪として推進・展開していく。

特に、企業との連携を模索するために、研究グループや研究部門で運営しているグラフェンコンソーシアムや電気化学界面シミュレーションコンソーシアムなどの産総研コンソーシアム等の組織を活用して連携研究のマーケティングを行う。また、積極的に大型プロジェクトの立案に関わりと共にプロジェクトへの参画を通じて接着技術などの研究拠点の構築を進めるなどして、目的基礎研究から企業への橋渡し研究にシームレスにつながるような組織的な研究マネジメントを強化する。

また、研究領域が行う、萌芽研究プロジェクトのみならず、科学研究費補助金や科学技術振興機構が実施する研究助成制度へも積極的に応募して、研究シーズを開拓するとともに、インパクトファクター付論文発表等の成果発信にも努める。

4. 平成27年度の重点化方針

領域において、ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発に関しては、

CNT の低コスト量産技術の開発および低次元ナノ複合体による物質・エネルギー有効利用技術の開発を重点化することから、これらのテーマにかかわる研究グループでは、特にグループ長の強いリーダーシップのもとグループ内での連携の強化を図ると共に、研究部門内のグループ間での連携研究についても促進する。

更に、ナノ粒子などを含む低次元ナノ複合体に関する研究では、領域内の他の研究ユニットとの協力を加速し、地域センターとの連携へと発展させることを目指す。

発表：誌上発表118件、口頭発表313件、その他23件

CNT 機能制御研究グループ

(CNT Function Control Group)

研究グループ長：斎藤 毅

(つくば中央第5)

概要：

カーボンナノチューブ (CNT) は、優れた電気的・半導体的・熱的な特性、化学的安定性を有するだけでなく、クラーク数が大きい元素 (ユビキタス元素) である炭素から構成されるため環境調和性も高い、いわゆる“究極材料”である。現行材料では実現困難な屈曲性や可撓性を有する透明導電膜や半導体材料等として、CNT はフレキシブルデバイス等の幅広い応用分野における実用化も期待されている。そこで当グループでは、CNT の優れた特性を生かした各種デバイス応用の開発を目指して、①合成技術、分離技術などの CNT 材料製造技術、②CNT を利用して製造される素材に関する複合材料化を含む種々の技術などを開発し、CNT 産業応用の基礎的基盤を確立するとともに、③各種 CNT デバイス応用に関する技術開発など応用展開のための探索的研究開発も併せて行う。得られた成果の学会発表や論文発表・広報活動を行い、さらに技術移転などの橋渡し活動をはじめとする産学官での連携・共同研究推進を通じて、社会的ニーズが高い省資源・低コスト製造プロセス等に資する研究開発を行い、最終的に CNT の実用化達成を目指す。

研究テーマ：テーマ題目1

炭素系薄膜材料グループ

(Carbon-Based Thin Film Materials Group)

研究グループ長：長谷川 雅考

(つくば中央第5)

概要：

グラフェンおよびナノ結晶ダイヤモンド薄膜 (ナノダイヤモンド薄膜) を中心とした新しい炭素系材料の薄膜形成技術を開発する。さらに構造、物性、機能等の評価技術を合わせて開発し、真に工業的に魅力ある特性を

利用可能な形で引き出すための研究開発を実施する。これらにより、機械的、化学的、電気的、熱的、光学的な機能に優れ、環境に適合する炭素系薄膜材料を用いた用途開発に貢献することを目的としている。独自開発のプラズマを利用した気相化学蒸着法 (CVD) をベースに、高品質なグラフェンの大面積・高速形成技術を開発するとともに、ロールツーロール合成法などの実用化に必須となる量産技術へと発展させる。さらに転写法など原子層膜のハンドリング技術を確立することにより材料本来の魅力ある特性を十分に引き出し、特徴ある用途へと結びつける。

研究テーマ：テーマ題目2

ナノ粒子機能設計グループ

(Nanoparticle Functional Design Group)

研究グループ長：川本 徹

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、多孔性配位高分子をはじめとする機能材料をナノ粒子化し、材料の有する機能の改良及び新機能の発現を実現することで、有害・有用物質回収などの資源・エネルギー技術確立することを目的としている。その目的のため、(1) 多孔性配位高分子などのナノ粒子化技術の研究開発、(2) ナノ粒子を利用した有害・有用物質回収技術の研究開発、(3) ナノ粒子を用いた電気化学素子による資源・エネルギー技術の研究開発を進めている。(1) としては、ブルシアンブルー型錯体や金属有機構造体のナノ粒子をマイクロミキサーなどの手法を用いナノ粒子化を行うとともに、組成制御なども行う。(2) は特に放射性セシウム、アンモニアなどの回収技術の開発を進めている。(3) はエレクトロクロミック素子を利用した調光ガラス技術の研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目3

ナノ粒子構造設計グループ

(Nanoparticle Structural Design Group)

研究グループ長：伯田 幸也

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、液中レーザー、大気圧マイクロプラズマ、急速気相酸化場、超臨界場、過飽和溶液などの特殊な反応場を利用した新規な粒子合成および表面修飾プロセスの開発を進めている。このような特殊反応場プロセスによれば、球状サブミクロン粒子、立方体状ナノ粒子、金属一酸化物ハイブリッドナノ粒子、二次元ナノ材料、高機能生体活性物質などナノスケールで形状や構造が制御されたナノ材料の合成が可能である。これらの合成プロセス技術のさらなる高度化を図り、電導性、磁性、光学特性、放熱性、光応答性、

触媒活性、生体活性など特性を向上させた低次元ナノ粒子・ナノコンポジットの創製を目指していく。加えて、これら粒子製造プロセスをエンジニアリング的観点から整理し、連続化や高効率化による適量生産化技術も検討していく。

研究テーマ：テーマ題目4

ナノ薄膜デバイスグループ
(Nanofilm Devices Group)

研究グループ長：石田 敬雄

(つくば中央第5)

概 要：

当グループでは、有機材料において世界最高レベルの熱電変換性能を達成してきた技術ポテンシャルを基に、省エネルギーに資する熱電変換材料など、エネルギー変換薄膜デバイスの応用をめざし、分子性薄膜や高分子薄膜のナノスケールの構造制御やハイブリッド化により、高性能な薄膜デバイスおよびデバイス材料の創出を目指している。具体的には1) ナノ高分子薄膜の熱電変換デバイス、クロミックデバイス等、機能性デバイスへの応用研究；2) 分子性薄膜の太陽電池など機能性デバイス応用研究；3) 省エネルギーに資するナノ薄膜デバイス設計指針の理論的な提案と解析に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目5

ナノ界面計測研究グループ
(Nanoscale Interface Characterization Group)

研究グループ長：久保 利隆

(つくば中央第5)

概 要：

ナノ材料の開発において、その構造・物性・機能を明らかにするための高度計測技術の重要性は高い。今日、材料開発だけでなく、そのデバイス応用に向けた複合化・システム化の各段階においては、ナノ加工技術や異種界面制御技術の確立も必要不可欠となっている。これらの要素技術を積み上げ、先端計測技術開発、ナノ材料の精密加工制御をおこない、社会に必要とされるデバイス開発を目指す。具体的には、産総研の目指す橋渡し事業を進めるため、計測・加工・界面制御の分野から貢献をする。そのためには、我々の持つポテンシャルをさらに高め、「(1) 高度計測技術開発とその材料評価への適応」を進める。ナノレベルの構造・元素解析のための電子顕微鏡をはじめとする各種顕微鏡や和周波発生分光法等の各種分光装置を用い、材料における界面状態や物性を評価し、そこから得られるデータから、ナノ材料に必要とされる物性・構造・高機能化に資する知見を得る。また出口実用を見据えたナノ材料のシステム化・デバイス化を行うため、同時進行で、「(2) ナノ加工技術・異種界面制御技術

開発」を進める。(1)の項目と密接に連携をし、ナノ材料の持つ機能性発現メカニズムを解明しながら、プラズマやマイクロ波を用いて、材料の持つ物性や構造を制御し、目標とする材料になるよう作り込みを行う。また一部にスマートセンシング技術を融合させる事により、異分野融合型の安心・安全・快適な社会に必要とされるデバイス開発を目指す。

研究テーマ：テーマ題目6

電子顕微鏡グループ
(Electron Microscopy Group)

研究グループ長：越野 雅至

(つくば中央第5)

概 要：

当グループでは、電子顕微鏡技術を用いた計測技術のさらなる高機能化・高性能化の実現を目指すとともに、計測評価技術によって社会のニーズに応える情報をフィードバックする。界面での原子レベル解析が求められる接着の原理や剥離の化学機構の本質を微細構造評価技術により解明し、素材および製品開発に反映するような研究を進める。一方、計測技術の開発においては、低次元物質、原子や分子などの挙動を高速・高感度で捉えるための最先端計測評価技術を開発する。特に、従来の電子顕微鏡よりも低加速、高分解能、高感度なイメージングとその電子状態解析技術を生かし、形態、界面、欠陥などの構造情報や組成、元素分布、化学結合情報を原子レベルで解析し、物質の機能や科学現象の解明に貢献する。これら評価技術を駆使したナノスペース科学の構築とそれを制御した新機能発現とその応用を目指した研究開発を行う。また電子顕微鏡内での化学反応の素過程の観察や単分子の構造解析など、化学・生物分野への電子顕微鏡解析手法の展開を図る。新しい収差補正技術の確立、単色化技術の応用および新規電子顕微鏡法を開発するとともに、試料作製技術などの発展にも貢献する。

研究テーマ：テーマ題目7

[テーマ題目1] CNT デバイスのための材料およびデバイス作製プロセス技術開発

[研究代表者] 斎藤 毅 (CNT 機能制御グループ長)

[研究担当者] 斎藤 毅、片浦 弘道 (首席研究員)、田中 丈士、都 英次郎、平野 篤、丹下 将克、藤井 俊治郎、栗原 有紀、蓬田 陽平、魏 小均、小林 明美、Chechetka Svetlana、永元 加奈美、久保田 真理子、都築 真由美、和田 百代、平川 琢也、今井 裕恵、周 波、金 泓秀、森田 浩美 (常勤職員8名、他13名)

[研究内容]

これまで eDIPS 法による CNT 製造技術、カラムクロマト法や ELF 法など種々の金属半導体分離およびカイラル分離技術などの高度化を進め、さらに開発した CNT 材料のデバイス実証および用途探索を平行して進めてきた。平成27年度の主な研究成果は下記のとおりである。

ゲルカラム法による単層 CNT 分離技術に関して、金属型単層 CNT のカイラリティ分離と鏡像体（右巻き/左巻き）分離技術を開発した。我々がこれまで開発してきた従来のゲルカラム法により単層 CNT から金属型を抽出したのち、さらに界面活性剤の濃度制御を行いながら新たなゲルカラム法分離を行うことによって分離精度を更に高められることを見出した。これは金属型単層 CNT のカイラリティ・鏡像体分離としては世界初の技術である。

そのほかの分離技術開発の成果としては、SEC 法で長さ分級した単層 CNT でトランジスタを作製・評価し、CNT の長さがトランジスタ特性に与える影響を明らかにした。また IEX 分離法によりカイラリティ (7,5)(7,6)(8,4)の単層 CNT の分離に成功し、これらを半導体層として薄膜トランジスタデバイスを作製し、デバイス特性評価を行うことによってカイラル分離がデバイス性能向上に有効であることを示した。さらに、ポリマーラッピング法によるカイラル分離技術を開発した。

分離技術開発以外の成果としては、CNT とリポソームを複合化したナノロボットの光応答性を利用して特定のタンパク質の遠隔制御を生体環境下で実証した。また、CNT に磁気的機能を付与するため磁性ナノ微粒との複合化技術を開発した。さらに、アミノ酸と CNT の相互作用の強さを液体クロマトグラフィーで分析し、芳香族アミノ酸、特にトリプトファンが CNT に高い親和性を示すことを発見した。

本研究テーマで得られた知見を用いて、今後は低コストで製造することができる電子デバイス製造技術である印刷エレクトロニクスへの応用を目指した CNT インク材料の創成をはじめとして、幅広い応用分野における CNT の実用化に向けて研究を展開する。

〔領 域 名〕 材料・化学

〔キーワード〕 ナノチューブ

〔テーマ題目2〕 工業用グラフェンの開発

〔研究代表者〕 長谷川 雅考（炭素系薄膜材料グループ長）

〔研究担当者〕 長谷川 雅考、水谷 亘、石原 正統、山田 貴壽、沖川 侑揮、川木 俊輔（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

屈曲性を有し原子レベルで薄い透明導電膜などの、グラフェンに代表されるナノ炭素材料の特性を生かした用途の実現を目指して、研究開発を進めている。本課題で

は高品質グラフェン合成のためのプラズマ CVD 技術、透明導電フィルム作製技術開発を進め、数年以内に A4 サイズ毎時100枚の生産性、透過率93%シート抵抗150Ωを達成し、工業応用の基礎を確立することを掲げている。さらにグラフェン用途探索として、グラフェン透明電極をアノードに用いた有機 LED 実証を目標として、諸特性を工業的に利用するための検討を進め、潜在的用途の探索を行っている。

平成27年度は、静電容量式タッチパネルに応用できるレベルの高品質グラフェンとそれを用いた高品質な透明導電フィルムを試作することを目標として、1)高品質グラフェン合成技術開発（プラズマ CVD による高品質・高スループット・大面積グラフェン合成技術、および機能発現のためのドーピング技術の開発）、2)高性能透明導電フィルム作製技術開発と評価（高品質転写基礎技術、透明導電フィルム作製技術、素子試作と透明導電膜の評価、伝導機構の解明と高移動度発現に向けた基礎技術、などの開発）、3)炭素系薄膜材料の用途開発（透明導電フィルムを利用する用途開発）を実施した。これらにより、グラフェン透明導電フィルムの著しい高品質化・低抵抗化に成功し、大面積・高品質かつ超高速合成を実証（合成時間30秒以下）、グラフェンアノードによる高分子 OLED で世界最高輝度を達成するなどの顕著な成果を上げた。またプラズマ CVD によるグラフェンの成長機構解明に取り組み、熱 CVD と比較して100倍以上の高速合成であることとその起源について詳細な議論を行い、さらなる高品質化と高速化への指針を得た。

〔領 域 名〕 材料・化学

〔キーワード〕 グラフェン、ナノ結晶ダイヤモンド

〔テーマ題目3〕 ナノ粒子を利用した有用・有害物質回収技術等の開発

〔研究代表者〕 川本 徹（ナノ粒子機能設計グループ長）

〔研究担当者〕 川本 徹、田中 寿、中村 徹、南 公隆、Parajuli Durga、高橋 顕、李 慶武、陳 榮志、渡邊 浩、野田 恵子、杉山 泰、川上 正美、桜井 孝二（常勤職員6名、他7名）

〔研究内容〕

本年度は、(1)環境中における放射性セシウムに関する除染技術開発に関する溶出シアノ錯化合物の漏えい防止技術開発、(2)放射性廃液を対象とした再利用可能なセシウム吸着材の開発に関する、他材料との複合化による高速回収技術の開発、(3)電気化学的に色制御可能なエレクトロクロミック材料を使用した調光ガラスに関しては青一透明色変化素子に関する応答速度高速化の研究開発を行った。これらの研究で用いたプルシアンブルー型錯体は、その結晶中に内部空孔を持ち、そこに陽イオンを出入りさせることが可能である。セシウムをそこに吸着させる技術を用いたのが(1)であり、(2)、(3)につい

ては、電気化学的に吸着及び放出できる再利用可能な吸着材、繰り返し色変化が可能な調光ガラス等を開発している。具体的には放射性セシウム吸着材を使用した際に溶出が懸念されるシアノ錯化合物の漏えいを防ぐための吸着システムの開発に成功した。さらに、亜鉛置換プルシアンブルー型錯体がプルシアンブルー同様に放射性セシウム吸着能を有するとともに、焼却灰から放射性セシウムを抽出した抽出液からもゼオライトなどに比べて高性能にセシウムを吸着できることを明らかにした。この抽出液は塩濃度が高く、アルカリ性であるため、高塩濃度では使用できないゼオライト、アルカリ性では使用できないプルシアンブルーの両方が利用できない。さらに、銅置換プルシアンブルー型錯体ナノ粒子をマイクロミキサーで合成することで10ナノメートル程度の小さな粒子を合成することに成功した。この粒子はバッチ合成品にくわえ、7.7倍の吸着速度を実現した。また、粒状吸着材の多孔性を改善し、従来比15倍の吸着速度を実現した。ここでは、粒状体成型に従来使用していたマイクロカプセル法に加え、乾燥法にフリーズドライ法を使用することでマイクロメートルスケールの空隙を粒状体中に形成することに成功している。エレクトロクロミック素子については、対極に使用する亜鉛置換プルシアンブルー型錯体の粒径などを検討し、応答速度の向上を実現した。ここでは亜鉛置換体プルシアンブルー型錯体ナノ粒子の小さな粒径のものを遠心分級により選別することによって電気化学電極における酸化還元反応の高速化に成功した。さらに、この電極を用いた色変化素子を作製、特に着色側での応答速度を向上させることに成功した。また、サイクル耐性に関しても要求性能を満たすことができた。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】プルシアンブルー、吸着、調光ガラス

【テーマ題目4】特殊場を利用した機能性ナノ材料創製と表面改質

【研究代表者】伯田 幸也（ナノ粒子構造設計グループ長）

【研究担当者】伯田 幸也、古賀 健司、清水 禎樹、石川 善恵、大矢根 綾子、中村 真紀、新保 外志夫、坂巻 育子、黒岩輝代子、荒木 裕子、Shubhra Quazi、

Arputharaj Joseph

（常勤職員6名、他6名）

【研究内容】

液中レーザー溶融法によるサブミクロン球状粒子合成法の開発においては、粒子の光学吸収特性から計算によって求められていた、レーザー照射強度と生成粒子サイズの範囲の関係について、酸化チタンを例として実験結果と一致することを明らかにし、合成プロセス設計指針を得ることができた。

また、銀イオンを添加したリン酸カルシウム過飽和溶液を反応液とすることで、銀ナノ粒子を内包したリン酸カルシウム球状粒子の合成に成功し、口腔内の病原細菌に対する球状粒子の抗菌性を確認できた。

過飽和溶液法（共沈法）を利用した生体活性ナノ粒子合成法の開発においては、DNA含有リン酸カルシウム球状粒子の合成条件（溶液濃度、温度、共沈時間）を検討し、生成粒子の遺伝子導入機能向上のための指針を明らかにすると共に、市販のリン酸カルシウム系遺伝子導入剤を上回る導入効率を達成した。

大気圧微小プラズマを利用したナノ粒子合成法の開発においては、合成で用いる混合ガスの組成と粒径との関係性を明らかにし、サブナノ～十数ナノメートルの範囲で、これまでは不可能であった合成ナノ粒子粒径制御に成功した。

急激酸化法によるハイブリッドナノ粒子合成法の開発においては、AlおよびAl合金ナノ粒子の酸化プロセスと粒子形態との関係を実験的に調べた。その結果、高温の酸素とAlナノ粒子を接触させる急激酸化では、粒子の酸化は異方的なγアルミナの成長によることを初めて明らかにできた。さらに、気相酸化によりAl合金ナノ粒子から貴金属とγアルミナのハイブリッドナノ粒子の生成にも成功し、新規な触媒となり得る特殊なナノ複合構造の連続生成プロセスの基礎を確立できた。

超臨界水熱法によるナノ粒子合成技術においては、赤色蛍光体であるモリブデン酸カルシウムの連続合成とナノ粒子化（直径20 nm）に成功した。超臨界法で得られた粒子の発光特性は固相生成物に劣るが、溶媒分散性は極めて高く、コーティング等の湿式加工への利用が期待される。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ナノ粒子、液中レーザー、微小プラズマ、超臨界流体、ナノコンポジット、表面処理、複合材料、生体活性材料、

【テーマ題目5】エネルギー変換ナノ薄膜デバイスの開発

【研究代表者】石田 敬雄（ナノ薄膜デバイスグループ長）

【研究担当者】石田 敬雄、川西 祐司、関 和彦、向田 雅一、土原 健治、桐原 和太、衛 慶碩、鈴木 洋一、大山 真紀子、上原 千夏、齊藤 希巳江、鈴木 靖三（常勤職員7名、他5名）

【研究内容】

機能性高分子や分子ナノ薄膜は近年エネルギー変換材料として例えば色素増感太陽電池の電極材料、有機熱電材料、エレクトロクロミック材料などとして注目を浴びている。これらの分子性薄膜材料のエネルギーデバイス応用を目指して当該研究テーマでは実験と理論解析の両

輪で研究を進めている。

27年度はまず導電性高分子 PEDOT:PSS を用いた熱電素子において、導電性高分子のキャリア密度の制御に成功し、乾燥状態においてより高い $40 \mu\text{W}/\text{mK}^2$ を超えるパワーファクター (PF) を達成した。またこれまで PEDOT 系への水添加でゼーベック係数が大幅に向上することを明らかにしてきたが、本年度は水分の効果の機構の理解のため、水中での直接ゼーベック係数計測を行った。その結果、乾燥状態よりもゼーベック係数はさらに大きくなり 75°C では乾燥状態の2倍以上の $37.7 \mu\text{V}/\text{K}$ となり、PF は $114 \mu\text{W}/\text{mK}^2$ となった。また有機熱電モジュールについても性能向上をめざし、材料や構造の検討を行った。また導電性高分子の構造異方性に着眼して、熱拡散率の異方性計測にも成功した。特に導電性高分子のみならず種々の有機系材料の熱拡散率の異方性計測を行い、導電性の異方性との関係を示すこともできた。またゼーベック係数計測に時間がかかるため、実質的な計測時間短縮を目指して多試料同時ゼーベック係数計測装置の開発にも取り組んだ。5種類の試料の同時測定に成功した。金属錯体分子膜に関してはこれまで長距離電子移動能が確認されていたルテニウム錯体分子膜において錯金属を変えることによる電子移動能制御に成功し、電子移動能が高い材料に関しては錯体分子膜間に生じる新しい電子準位の効果であることも明らかにした。またさらに電荷移動錯体 TTF-TCNQ にも注目し、キャスト膜の場合、製膜法の改良により、従来比2倍の導電率を達成した。この TTF-TCNQ が N 型の有機熱電材料となることも確認した。また機能性高分子として興味深い系として、延伸により黄色や無色から色が変わるポリマーにおいて、色変化する延伸倍率の低下に成功した。ナノ薄膜デバイス設計指針の理論的な提案と理論解析に関しては、有機ナノ構造・界面に関する理論解析技術を向上させ、高効率な光・電子デバイスの実現を目指した研究を行った。具体的には、有機薄膜太陽電池、有機無機ハライド太陽電池、光触媒におけるキャリア移動、電荷再結合速度等に対する理論の構築と解析を行った。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕導電性高分子、光触媒、色素増感太陽電池

〔テーマ題目6〕高度計測およびナノ加工・界面制御技術の開発

〔研究代表者〕久保 利隆 (ナノ界面計測研究グループ)

〔研究担当者〕久保 利隆、清水 哲夫、宮前 孝行、鶴沢 浩隆、宮脇 淳、杉山 順一、平塚 淳典、岩佐 尚徳、佐藤 千佳、狩野 諒、田中 深幸、川端 澄子、大場 雄貴、野田 和希、松野 美江 (常勤職員7名、他8名)

〔研究内容〕

当グループでは、高度な加工・制御・計測技術を用い、新材料の社会への橋渡しに向けた実用化研究を推進している。産総研ミッションに対する対応、技術研究組合や先端機器共用化への協力、喫緊の解決課題に対して、原理解明や加工・制御・計測手法の高度化を通じて研究推進のサポートを行った。本年度の代表的な成果を以下に示す。マイクロ波に対する物質の評価技術向上に努め、産業に直結するマイクロ波技術の開発を行った。吸引プラズマ加工装置のエッチング生成物評価、性能評価や信頼性の向上に努め、同装置の国内外への普及展開の支援を行った。さらには同装置の新規材料への適応を進め、2次元材料における単層制御エッチングに成功した。電気接点の信頼性向上に努めると共に新接点材料開発を行った。走査プローブ顕微鏡を用い低次元材料をはじめとする機能材料表面解析を行い原子構造や電子状態を明らかにし、材料の高特性化に貢献した。生物毒素の分子認識機構を応用した植物毒素吸着剤の開発を行った。このように基礎研究から実用化開発まで、また分野融合的に活動を行っている。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕高度計測技術開発、ナノ加工、マイクロ波化学、電子顕微鏡、走査プローブ顕微鏡、バイオセンシング、電気接点

〔テーマ題目7〕高度計測技術の開発

〔研究代表者〕越野 雅至 (電子顕微鏡グループ)

〔研究担当者〕越野 雅至、末永 和知 (首席研究員)、堀内 伸、佐藤 雄太、(劉 崢)、千賀 亮典、YungChan Lin、JunHao Lin、佐々木 祐生、横田 美子、新京 久美子、中尾 幸道、大沼 芳乃、伯川 秀樹、小中 浩子 (常勤職員6名、他8名)

〔研究内容〕

電子顕微鏡等による構造・元素解析の評価手法の高度化を進めて、原子レベルでの化学結合や構造解析の適応範囲を拡充することを目的として研究を進めた。本年度は、リチウム単原子の検出に成功し、この成果は Nature Communications に発表され、プレスリリースおよび新聞報道がなされた。また京都大学 (iCeMS) 今堀教授との共同研究では、有機分子ピレンの単分子および会合体の可視化に成功し、励起錯体形成のメカニズムを明らかにした。また、原子欠陥のイメージングでは、Aalto 大学との共同研究が Nature Comm. に発表された。また、2次元材料の原子レベル境界解析においては、KAUST (サウジアラビア) との共同研究が Science に出版された。その他、グラフェンの成長機構、単原子の化学反応、単原子金属のスピン状態の同定など、当該分野を世界でリードする研究成果を継続的に発信している。グループメンバーが(共)著者となった論文には、

Science (33.611) 2本、ACS Nano (13.334) 2本、Nano Lett (13.779) 2本、Nature Comm. (11.470) 4本、Phys. Rev. Lett. (7.645) 2本、small (8.368)、Sci. Rep (5.578)、Adv. Phys. Lett. (3,142) APEX (2.265)各1本など国際的学術誌に計17本の論文を発表した。()内は2015年度のimpact factor で10以上の雑誌に10報発表。

一方、領域横断的な連携として、新構造材料技術研究組合 (ISMA) を取り込んだ「異種材料構造接着技術における信頼性評価技術の開発」が Feasibility Study (FS) として今年度からスタートした。これは本年度の戦略予算に採択され、喫緊に取り組むべき課題として位置付けられている。また、樹脂-金属接合特性評価方法の国際規格 ISO19095シリーズが申請から3年という短期間で発行された。これにより日本の省エネルギー技術の国際競争力強化や、優れたものづくり技術の差別化が進むと期待される。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】電子顕微鏡、界面、接着、塗装、ポリマー、国際標準、収差補正、欠陥構造、2次元材料、グラフェン、ナノチューブ、フラーレン、モノクロメーター、光学測定

⑤【無機機能材料研究部門】

(Inorganic Functional Materials Research Institute)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：淡野 正信

副研究部門長：松原 一郎、加藤 一実、加藤 且也

首席研究員：加藤 一実

所在地：中部センター、関西センター

人 員：68名 (68名)

経 費：863,660千円 (376,628千円)

概 要：

我が国の製造産業は、二酸化炭素排出量の削減、資源制約の緩和、高付加価値製品の開発、製品開発のスピードアップ、エネルギー・環境関連製品の製造力強化、メンテナンス・アフターサービスの強化、少子高齢化の中での技術技能の継承等の課題に直面している。

当研究部門では、領域ミッションにおける、新素材を実用化するための技術開発として、新たなものづくり技術を牽引する、無機系機能材料の高度化と橋渡し研究の積極的な推進に注力する。そのために、無機系新素材の創製とスケールアップ製造技術及び部材化技術を開発し、資源制約の少ない元素だけを使った高耐熱磁石等の、耐環境性および信頼性に優れた各種の産業部材を提供する。

具体的には、第4期の研究開発の方向として、<1>

新機能粉体の創成及びそのスケールアップ製造技術を開発する。それにより、新機能粉体の実用化を実現する。また、<2>新素材のバルク組織化技術を開発する。それにより、耐環境性及び信頼性に優れたエネルギー・環境部材やヘルスケア部材を提供する。

これらの中長期目標・計画を達成するために、以下の4つの戦略課題を設定し推進する。

① 無機系新機能粉体合成と高効率製造技術の開発

セラミックスや金属等の無機系新素材 (機能粉体等) を主対象とし、新機能を発現・付与するためのメカニズムの実証、合成技術の確立、量産化技術の開発により、実用化を図る。

② 高次機能部材化及び集積技術の開発

セラミックス粒子材料による構造制御や高機能集積化を行い、無機材料の特徴である高温対応の機能性部材を創製し、エネルギー・環境関連のデバイスの耐環境性と信頼性を向上させ、光エネルギーを利用した高次機能化のための基盤技術を開発する。

③ 機能融合部材化技術の開発

ガラス材料やハイブリッド材料を主対象とし、部材化に必要な精密成型、高度加工による形状賦与技術の確立、最適材料の組み合わせ技術、材料界面の制御技術、材料複合化プロセスの構築により、実用化レベルの部材創成と高度利用のための基盤技術を開発する。

④ グリーン磁性材料及び機能化技術の開発

高い特性を有するバルク磁性材料を開発するとともに、実用化のためのコア技術を開発し、周辺プロセス技術の実用化や機能性を発現させるためのモジュール化・システム化技術などを開発し、バルク磁性材料の市場拡大の礎を築く。

新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料に関して、平成27年度は以下の研究開発を重点的に推進する。特に、グリーン磁性材料及び機能化技術の開発を最重点課題として、その展開を強力に推進するために、中部センターに無機系部材の信頼性評価拠点の構築を図る。

平成27年度は、民間企業資金などで、高温における磁石特性に優れ、且つ、焼結プロセスに適した、耐熱性・耐候性の Sm-Fe-N 異方性焼結磁石材料技術を見出し、5年後に橋渡し研究後期へつなげることを目指す。

橋渡し研究 (前期) として、セラミックスや金属等の無機系新素材について、平成27年度は、高性能誘電体デバイスや、蓄電デバイスの実現に向け、結晶構造、形状、サイズをナノレベルで精密に制御したチタン酸バリウム等のナノキューブの量産化技術の開発を進める。および、コアシェルナノ粒子のシェル改質技術の開発や、カラム用多孔体粒子の形態制御と目的物質の吸着と分離機能の定量化技術の開発により、各種

部材応用に対する優位性を一つ以上数値化することを
目指す。

橋渡し研究（後期）へ向けた取り組みとして、産総
研で開発した高集積化が可能なマイクロ SOFC 部材
技術を活用し、平成27年度は、民間企業の常駐研究
等で、製品仕様に適した発電モジュール部材等の試作
研究を進め、新たな製品開発や新規事業に結びつく開
発を実施する。さらに、信頼性評価拠点強化を進める
ことで、自動車用部材等への企業ニーズ対応を加速推
進する。

目的基礎研究の推進として、平成27年度は、競争
的外部資金により民間企業と連携し、30%程度の消費
電力低減につながる新規電気化学セラミックコンプレ
ッサ技術の先導的な技術可能性を実証する。さらに、
フロンフリー冷凍システム等の実現に向けた、エント
ロピクス材料等を見出す。

戦略課題：

- ・「無機系新機能粉体合成と高効率製造技術の開発」
- ・「高次機能部材化及び集積技術の開発」
- ・「機能融合部材化技術の開発」
- ・「グリーン磁性材料及び機能化技術の開発」

萌芽研究：

- ・「耐熱性に優れた鮮明な赤色を示す環境調和型顔料
の開発」

内部資金：

- ・「磁性材料プラットフォームの構築と高性能磁性材
料・システム化技術の開発」
- ・「フラウンホーファーIPA とのハイブリッドアクチ
ュエータ（HBA）国際連携研究拠点」
- ・「ガスセンサへ向けた酸化スズナノクリスタルの開
発」
- ・「微小なコアシェル構造形成技術」

外部資金：

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

- ・「高機能軽希土材料等の有効活用による自動車排ガ
ス浄化触媒における白金族元素省量化の検討」
- ・「省エネセラミックコンプレッサ技術開発」
- ・「高効率電解での物質変換向け電気化学セルに用い
る新規機能性セリア系材料合成及び組織化プロセ
ス・デバイス化技術の検討」
- ・「新規高性能磁石材料の探索に関する検討／高 Fe
含有 RE-Fe-C, N 系磁石に関する検討」
- ・「次世代ロボット中核技術開発／革新的ロボット要
素技術分野／可塑性 PVC ゲルを用いたウェアラブル
ロボット用ソフトアクチュエータの研究開発」
- ・「水素製造用触媒分野における貴金属削減・軽希土
類活用の検討」
- ・「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）革

新的設計生産技術／ガラス部材の先端的加工技術開
発」

独立行政法人日本学術振興会

頭脳循環を加速する戦略的国際研究ネットワーク推進プ
ログラム

- ・「結晶科学の国際拠点形成一バンドデザインによる
機能融合ーリチウム空気二次電池の基盤技術開発／
セラミックスセパレータ技術の開発」

新学術領域研究（研究領域提案型）

- ・「感応性化学種の二光子吸収特性の解明と測定評価
基盤の確立」
- ・「原子層の量子物性測定と新規物性探索」
- ・「理論と実験の協奏的アプローチによる複合スピン
励起子変換制御」

基盤研究(A)

- ・「超音波による微小気泡の凝集体形成を利用した生
体内細胞デリバリー技術の創成」
- ・「マルチラジカル性を有する開殻超分子系の光磁気
機能物質の創成」
- ・「次世代マッキベン人工筋の実現」

基盤研究(B)

- ・「イオンビーム誘起 CVD 技術の高度化と SiC ヘテ
ロエピ成長への応用」
- ・「分子レベルでのグラフェンの電子構造の理解と新
規物性の探索」
- ・「分子構造デザインによる非シリカ系ハイブリッド
メソ多孔体の精密合成技術の開発」

基盤研究(C)

- ・「DNA 由来高分子を利用した高分子アクチュエー
タの創製」
- ・「シート構造を有するメソポーラスシリカの創製と
その応用に関する研究」
- ・「貴金属と低次元酸化物のナノ界面制御による低温
酸化触媒の構築」
- ・「空中駆動可能なナノカーボン・高分子アクチュエ
ータの開発と応答メカニズム解明」
- ・「透過電子顕微鏡法による金属有機構造体およびそ
の分子内包複合構造の構造解析」
- ・「面発光レーザーの表面実装に関する研究」
- ・「質量分析法に基づく「カビ臭物質」のモニタリン
グと文化財カビ汚染制御法の確立」
- ・「カラミチック液晶とディスコチック液晶間を熱及
び光照射で相転移するシステムの構築」
- ・「スマート材料のシステム論的モデル化による高効
率エネルギーハーベスティング」

挑戦的萌芽研究

- ・「シリカガラス中の特異な酸素配置を有する光活性
イオンによる新規機能の創製」
- ・「組織化された液晶性色素半導体を内部に持つ酸化

チタンナノ粒子の開発」

- ・「細孔構造ゼオライトへのインジウム注入技術開発と超高効率新規反応触媒実現への応用」
- ・「無機・有機複合体におけるランタニド錯体の多機能性発光特性の研究」

若手研究(B)

- ・「ナノセル状組織の回転制御による異方性 Sm-Fe-Mn-N 磁粉の開発」
- ・「リン酸塩ガラス電解質燃料電池の高性能化開発」
- ・「高分子ロボットカテーテルシステムの開発」
- ・「両イオン伝導体を用いた高効率メタン発電用固体酸化物形燃料電池の開発」

研究活動スタート支援

- ・「導電性酸化物単結晶を用いた粒子整列塗膜の実現と物性解明」

特別研究員奨励費

- ・「人工層状構造を有する多機能材料の開発」

独立行政法人科学技術振興機構

CREST

- ・「新規固体酸化物形共電解反応セルを用いた革新的エネルギーキャリア合成技術（キャリアファーム共電解技術）の開発」

ALCA（先端的低炭素化研究開発）

- ・「単結晶ナノキューブのボトムアップによる高性能小型デバイス開発」
- ・「カルノー効率の60%に達する廃熱回生熱音響システム／熱音響機関の音場制御とエネルギー変換の実測」
- ・「リチウム空気二次電池の基盤技術開発／セラミックスセパレータ技術の開発」
- ・「液晶科学に基づく革新的塗布型有機太陽電池の開発(液晶性有機半導体の分子設計および合成と構造形成)」

研究成果最適展開支援プログラム A-STEP

- ・「移動体の廃熱回収に向けたレアメタルレス熱発電ユニットの実用化研究」
- ・「乳製品中のアレルギーを選択的に除去する特定タンパク質吸着剤の開発」

埼玉県

- ・「ナノカーボン高分子アクチュエータを用いたスマートフォン用薄型点字表示器の開発」

発 表：誌上発表111件、口頭発表329件、その他19件

テーラードリキッド集積グループ

(Tailored Liquid Integration Group)

研究グループ長：伊豆 典哉

(中部センター)

概 要：

21世紀の高度情報化社会・環境調和型社会の持続的発展と高齢化社会における医療福祉技術の高度化のためには、小型電子機器や医療用機器に対して高性能な電子部材・機能部材が必要である。これら部材開発に資する無機系新機能粉体合成および高効率製造技術開発などの無機系機能材料の高度化に関する研究を行う。当研究グループでは、溶液化学をベースとし、溶液内機能発現ユニットの合成技術、溶液反応を経由したナノ～マイクロ領域の構造形成技術、精密構造体の集積化技術等に関する研究開発を実施し、産業技術基盤と国際競争力の強化を図る。具体的には、酸化ナノクリスタルの合成・配列・接合、および解析・評価に関する基盤技術の開発、誘電／蓄電デバイスの高性能小型化に向けた単結晶ナノキューブのボトムアップ技術の開発、光学部材用ナノ粒子の溶媒への分散性付与技術の開発、医療用センサ・エネルギー関連部材に向けた集積化ナノ構造やメソ～マクロ孔を有する無機・有機系機能性薄膜の形成に関する基盤技術の開発を実施した。また、多様な外部機関との階層的な連携を通して、開発材料の産業応用の可能性を検討した。

研究テーマ：テーマ題目1

粒子機能化技術研究グループ

(Particle Functionalization Group)

研究グループ長：加藤 且也

(中部センター)

概 要：

当研究グループでは、セラミックスを始めとする無機系粒子の合成・機能化・デバイス化技術を確認し、安心安全や生活環境改善に資する機能性部材を提案することをミッションとしている。本年度は、グループの技術シーズである「多孔性無機粒子の合成技術と機能化技術の開発」および「発色性機能性粒子の合成と応用」に重点を置いて研究を展開した。「多孔性無機粒子の合成技術と機能化技術の開発」では、以下の2テーマについて取り組んだ。テーマ1では、ポーラス無機粒子の合成法と応用として、有機物などを選択的に吸着分離可能な無機機能性粒子の合成法を確立した。また吸着効率を高める表面機能化技術に取り組んだ。テーマ2では、セラミックス成形技術を活用した無機多孔材への機能付与と部材開発として、耐火性などの機能を高めた無機多孔材に関わる研究開発を行った。さらに以上の粒子合成技術を展開させ、新規な合成法による環境中で安全な赤～黄色発色部材の開発を実施した。

研究テーマ：テーマ題目1, 5

電子セラミックスグループ

(Electroceramics Research Group)

研究グループ長：申 ウソク

(中部センター)

概要：

電子セラミックスを中心とした、耐環境性及び信頼性に優れたエネルギー・環境部材やヘルスケア部材を提供するために、新材料によるデバイス開発、デバイスを活用したヘルスケア用センシング技術開発、高分散ナノ粒子の合成から塗膜化及びデバイスまでの開発における基盤技術を開発するとともに技術の橋渡しに取り組む。

平成27年度は、ガスセンサによるヘルスケア応用、高性能の熱電材料及びモジュール技術の開発、コアシェル機能性粒子の表面修飾による分散特性改良の開発を行った。ヘルスケア応用を目的とした酸化半導体ナノ粒子を用いた高温型ガスセンサについては、試作した検知器システムを用いて臨床研究を推進し、呼気VOCガス検知器による肺がんスクリーニング技術を確立した。複数の半導体式センサと主成分分析のガス種判定法では、一般的な半導体式センサの限界応答型に、更にバルク応答型を加えたことで、加湿下のガス選択性を担保する技術を開発した。コアシェル型ナノ粒子の応用展開においては、無極性溶媒への分散性を向上させる技術を開発した。熱電材料及びモジュール技術の開発においては、高速の試料作製プロセス及び熱電素子の連続プロセスを開発した。

研究テーマ：テーマ題目2

機能集積化技術グループ

(Functional Integration Technology Group)

研究グループ長：淡野 正信

(中部センター)

概要：

高性能なセラミックリアクターや次世代蓄電デバイス等の実現には、資源生産性を考慮したエネルギー部材・モジュール製造技術および革新的な材料・製造技術の発展が必要とされる。このような電気化学デバイスの小型高効率化や多機能化といった飛躍的な性能向上を実現するためには、従来技術では不可能であった機能を発現する部材の構築を目指した、高度集積構造を造り込むモジュール化技術の開発が不可欠となる。特に、ナノレベルでのセラミック電極構造制御やイオン伝導性材料・機能触媒材料等の最適化が重要となる。当研究グループでは、高度なセラミック集積化プロセス技術の開発により、次世代型固体酸化燃料電池(SOFC)等の電気化学デバイスにおいて、多燃料利用技術や低温域からの急速起動・停止運転での耐久性向上等を目指した研究開発に取り組んでいる。例えば、マイクロ燃料電池等の接続技術として、ガスシール性を有し接続抵抗値を実用レベル以下に抑えるセラミック集電シール接続技術を開発し、新しいモジュール構造を実現した。また、LPGで直接発電可能なハンデ

ィ型燃料電池デバイス開発や高効率電気化学物質変換デバイスの実現を目指し、低温域で高効率発電・電解が可能なセル・スタック製造技術等を開発した。さらに、次世代セラミック蓄電池の実現に向けて、セラミック電解質を金属負極用セパレータ等に適応可能とする界面制御技術等を開発した。これらの成果は電動化が進む次世代自動車やポータブル分散電源等での高効率発電と大容量蓄電技術を組合せたハイブリッド電源技術等の実現に大きく寄与すると考えられる。

研究テーマ：テーマ題目2

物質変換材料グループ

(Materials for Chemical Transformation Group)

研究グループ長：多井 豊

(中部センター)

概要：

当研究グループでは、金属や酸化物のナノ粒子、ナノ細孔制御技術や、触媒反応のその場観察等のポテンシャルを活かし、環境保全や資源の有効利用の観点から、①排ガス浄化等に用いられる触媒材料の高機能化と、②資源回収に資する吸着材料等の開発および利用技術に関する研究を推進している。①に関しては、白金族金属(PGM)と酸化物助触媒との界面制御による低温酸化活性や高温耐久性の向上、合金ナノ粒子の構造制御による、高耐久性ディーゼル排ガス浄化触媒の創製、細孔構造制御等によるニッケル系水素製造触媒の耐コーキング性能の向上等に取り組んでいる。②に関しては、複合酸化物を經由することで硝酸や王水を必要としない、新しいPGM溶解技術の確立や、リチウムの選択性が高いスピネル型マンガン酸化物系吸着材料の耐久性向上の研究を推進している。また、無機系多孔質材料の特長を活かした産業利用のための研究も進めている。

研究テーマ：テーマ題目3

磁性材料プロセスグループ

(Magnetic Material Processing Research Group)

研究グループ長：尾崎 公洋

(中部センター)

概要：

磁石材料や軟磁性材料の開発を目的として、凝固プロセス、焼結プロセス、化学合成プロセス、プラズマコーティングプロセス、マイクロ波プロセスなど様々なプロセスを開発した。凝固プロセスでは、強磁場下でネオジム磁石を溶融・凝固させることにより、ネオジリッチ相が1ミクロン程度の間隔で現れる組織を持つ材料を作製できた。加圧通電焼結技術を用いて、軟磁性粉末を低温で焼結することにより、低鉄損・高Bsナノ結晶軟磁性材料の開発に成功した。通電焼結用の金型材料開発を目的に炭化ジルコニウムの焼結体

を作製し、その機械的特性を評価した。化学合成プロセスにより、高Bs・極低保磁力のFe系軟磁性材料を開発することに成功した。超硬金型にDLCをコーティングし摩擦特性を評価した。

研究テーマ：テーマ題目4

ハード磁性材料研究グループ

(Hard Magnetic Materials Research Group)

研究グループ長：高木 健太

(中部センター)

概要：

エネルギー問題や環境問題の解決に寄与する高効率モータの主要部材となる高性能永久磁石の研究開発を行った。とりわけ、ハイブリッド自動車の駆動モータ用の永久磁石を対象とした、耐熱性・耐候性に優れ、かつ資源枯渇が危惧される重希土類元素を使用しない磁石の開発に注力した。開発の要となるのは、磁性化合物の潜在力を発揮させる製造プロセスの創製であり、新しい合成技術や成形技術、焼結技術の開発を中心に行った。Nd-Fe-B磁石を凌駕するSm-Fe-N磁石は焼結磁石が作れない材料とされてきたが、極低酸素下で作製すると焼結磁石にできることを発見し、世界で初めて焼結磁石の可能性を示した。また、高性能なSm-Fe-N原料粉末の開発として、還元拡散法を利用した化学合成法の開発を実施し、サブミクロンサイズの微粉末の合成に成功した。これにより、保磁力が2Tを超える、または(BH)maxが40MGOeを超える磁粉を得た。さらに、新しいSm-Fe-N磁粉として水素反応を利用した準安定相からなる粉末の合成を行った。一方で、新たに開発した磁粉成形シミュレーション技術を用いて、高性能焼結磁石を作製するための新規成形法となるパルス磁場圧密成形法の提案を行った。

研究テーマ：テーマ題目4

機能磁性材料グループ

(Magnetic Functional Materials Group)

研究グループ長：藤田 麻哉

(中部センター)

概要：

磁気冷凍や新規硬質磁性など、磁性体が示す様々な機能を、環境・エネルギー問題解決などのグリーンイノベーションに役立てることを目指して、バルク磁気機能性材料の特性解明・制御方策と作製技術を構築する。特に橋渡し前期テーマとしてLa-Fe-Si-H磁気熱量材料の合成技術および相安定化技術は、民間企業との共同研究を交え、システムとの協調性を意識して重点的に行った。また、磁場以外の外場で駆動するエントロピクス材料の探索を行った。機能性磁性材料のシステム応用のために硬質磁性材料の薄膜化を行い、分

光及び第一原理計算を組み合わせ、結晶磁気異方性の制御方策を打ち立てた。また、化学プロセスや高压合成を利用した新規磁石材料の探索においては、高保磁力を示す酸化物の合成プロセスと特性の関係を明らかにし、高压合成により金属学的な状態図を制御でき、従来、元素添加などを用いなければ困難であった磁気相の存在領域拡大が高压印加で実現できることを示した。さらに、磁気トルク測定技術を確定し、薄膜硬質磁性材料のほか、スピントロニクスに繋がる人工異方性材料のトルク測定に成功した。

研究テーマ：テーマ題目4

高機能ガラスグループ

(Advanced Glass Research Group)

研究グループ長：赤井 智子

(関西センター)

概要：

当グループでは、機能性ガラス及びその先端加工技術を開発し、電子・情報、エネルギー関連の新規デバイスの開発や高性能化を目指している。具体的には、ガラスの精密プレス成型による新規な光学素子、太陽電池の高効率化を目指した蛍光ガラス材料、屋外での夜間光源を目指した高輝度蓄光ガラスなどの各種の機能性ガラスの開発にとりくんでいる。

本年度はガラス先端加工技術については、大面積精密成型にとりくみ3インチ以上のマイクロレンズアレイの成型に成功した。また、ケイ酸塩ガラスの粘弾性特性の組成依存性、温度依存性を測定し、Maxwellモデルによって解析を行った。機能性ガラスについては、太陽電池への実用化を目的として、樹脂と同等程度の屈折率を有する蛍光ガラス材料についての組成検討を行い、近紫外光で赤色に内部量子効率0.5以上の蛍光シリカを開発した。

研究テーマ：テーマ題目3

機能調和材料グループ

(Integrated Functional Materials Group)

研究グループ長：神 哲郎

(関西センター)

概要：

本研究グループでは、配向技術、製膜技術、接合技術の高次構造材料への集積化を行い、光-エネルギー変換技術ならびに世界トップレベルの変換効率を有する熱電変換技術により電気や水素・有機化合物といった高品位エネルギーを産生する部材の創製を行っている。光-エネルギー変換材料は、水を電子源として太陽光-水素変換効率1%以上の光触媒を見出し、この水素を用いて炭酸ガスを金属錯体触媒によりギ酸として固定化した。また、これら光触媒系の動作波長域を実効的に長波長へ拡大するための、長波長域の光を短

波長へと変換する波長変換技術の開発に取り組み、従来は高効率が得られていなかった固体系において、緑（532 nm）の入射光を青色（約400 nm）の発光へと太陽光レベルの光強度で高効率に変換する固体微結晶を得ることに成功した。高温耐久性の高い熱電材料である、酸化物及びシリサイドの微細組織を製造技術により最適化することで性能向上を試みている。またこれらの材料を用いた熱電モジュールの耐久性向上に向け、電極接合の要素技術と実用化に向けたユニット開発に取り組んでいる。機能界面の集積に着目し、20%以上の発電効率も可能な新規高性能熱電材料の開発に計算科学も取り入れながら挑戦している。

研究テーマ：テーマ題目2

ハイブリッドアクチュエータグループ

(Hybrid Actuator Group)

研究グループ長：安積 欣志

(関西センター)

概要：

ハイブリッドアクチュエータグループでは、ナノ粒子と高分子の制御されたハイブリッド構造による高性能なアクチュエータ材料を研究開発し、医療福祉機器を中心とした様々な分野への応用を行う。すなわち、高分子の軽量性、加工性にナノ材料の高機能性を兼ね備えた従来にはないソフトでフレキシブルな高性能アクチュエータあるいはセンサーの開発を行うことで、携帯、ウェアラブルなデバイスを開発し、様々な分野への応用を行う。具体的には、導電性ナノ粒子を高分子に分散したハイブリッド電極によるソフトアクチュエータやセンサーの開発を進め、マイクロポンプや能動カテーテル・内視鏡などの医療デバイスや、触覚デバイス等の新しい情報機器への応用展開を進める。さらに、これらデバイスの量産化技術の開発による実用化、あるいは積層などの大型化技術の開発、また、コントロール回路や構造材料との一体化技術の開発などにより、ウェアラブルロボットによるアシスト技術の開発などを進め、高福祉社会に貢献する。

研究テーマ：テーマ題目4

[テーマ題目1] 無機系新機能粉体合成と高効率製造技術の開発

[研究代表者] 加藤 一実 (テラードリキッド集積グループ、粒子機能化技術グループ)

[研究担当者] 加藤 一実、山田 寿一、安井 久一、
劉 崢、伊豆 典哉、増田 佳丈、
三村 憲一、木村 辰雄、加藤 且也、
永田 夫久江、稲垣 雅彦、杉山 豊彦、
大橋 優喜、楠本 慶二
(常勤職員14名)

[研究内容]

セラミックスや金属等の無機系新素材（機能粉体等）を主対象とし、新機能を発現・付与するためのメカニズムの実証、合成技術の確立、量産化技術の開発により、実用化を図る。

平成27年度は、高性能誘電体デバイス、蓄電デバイス、自動車排ガス触媒等のキラーデバイスの実現に向けて、化学組成、結晶構造、形状、サイズをナノレベルで精密に制御した単結晶ナノキューブの量産化技術に関する設計指針を検討した。具体的には、企業と共同研究を実施し、チタン酸バリウムナノキューブの低コスト・量産化技術の確立に向けて、出発原料を見直し、立方体形状に調節するための合成条件、スケールアップ製造に不可欠なプロセス因子を見出し、パイロットスケール合成の検討を開始した。また、酸化セリウム系ナノキューブについては、温度安定性を付与するために、ジルコニウムを固溶した酸化セリウム-酸化ジルコニウム系固溶体ナノキューブの合成条件を見出した。これらの成果は、象徴的な新機能粉体としての単結晶ナノキューブの価値を世の中に普及するための、重要な基礎的知見である。

コアシェルナノ粒子の開発では、シェルが水やアルコールに対して親和性が高いため、水やアルコールへの分散性が非常に良好で、かつ、粒度分布が狭いという特長を有するコアシェル型酸化セリウムポリマーナノ粒子（以下、コアシェルセリアナノ粒子）について研究開発を行った。民間企業と共同研究を実施し、既に量産化技術を確立した。平成27年度は、ユーザー企業開拓のための技術マーケティング活動を行い、種々の機関（企業・大学等）へのサンプル提供を前記民間企業から実施した。また、非極性有機溶媒等への高分散性が喫緊の課題であることが判明し、コアシェルセリアナノ粒子のシェルの改質することで、非極性有機溶媒等への分散性を改善させる技術開発を前記民間企業と共同で行った。シェル改質を試み、ある特定の表面改質剤をシェルに付加することにより、分散性を極端に向上することができ、本技術について民間企業と共同で特許出願を行った。

カラム用多孔質粒子については、新規な吸着用担体として、多孔質粒子の細孔サイズや粒子形状をコントロールした合成法を確立し、その粒子の持つ生体分子などとの吸着特性を明らかにした。さらなる溶液中での分散性や吸着特性を改善させるために、様々な有機官能基を持つ表面処理を行った。最適化された粒子形状や表面構造を持つ多孔質粒子では、生体分子との吸着量が大きく向上することが明らかとなった。また環境にやさしい高分子とセラミックスの複合体微粒子の合成についても取り組み、生分解性高分子上に無機物質をナノサイズでコーティングした有機無機複合体を作成することができた。

[領域名] 材料・化学

[キーワード] ナノクリスタル、ナノキューブ、自動車排ガス触媒、コアシェル型ナノ粒子、表面修飾、多孔質、セラミックス、粒子

〔テーマ題目2〕 高次機能部材化及び集積技術の開発

〔研究代表者〕 申 ウソク、淡野 正信、神 哲郎

(電子セラミックスグループ、機能集積化技術グループ、機能調和材料グループ)

〔研究担当者〕 伊藤 敏雄、赤松 貴文、鶴田 彰宏、山口 十志明、濱本 孝一、鷺見 裕史、島田 寛之、櫻井 宏昭、木内 正人、鎌田 賢司、溝黒 登志子、ヘック クライレ、村井 健介、石堂 能成、舟橋 良次、(常勤職員15名)

〔研究内容〕

セラミックス粒子材料による構造制御や高機能集積化を行い、無機材料の特徴である高温対応の機能性部材を創製し、エネルギー・環境関連のデバイスの耐環境性と信頼性を向上させ、光エネルギーを利用した高次機能化のための基盤技術を開発する。

平成27年度は、電極触媒反応場制御技術、セラミックガスコンプレッサの技術、蓄エネデバイスのためのイオン伝導性セラミックス材料・構造化技術、電子セラミックスの機能性ナノ粒子合成及びセンサデバイス開発技術、光エネルギー機能化材料創製の要素技術を開発した。

機能性ナノ粒子合成においては水を含む極性溶媒だけではなく無極性溶媒への分散性を向上させる技術を開発した。センサデバイスの開発においては、熱電式水素センサ素子を用いて直接呼気中の水素ガス濃度を測定できる呼気水素検知器プロトタイプを試作し、ボランティアの呼気水素を分析した。また、高感度半導体式 VOC センサを用いた呼気検知器プロトタイプを試作した。複数のマーカー物質の濃度によって肺がん患者と健常者とを高精度で識別できる、呼気分析アルゴリズムを搭載した呼気検知器を用いて臨床研究を推進した。

電極触媒反応場制御技術においては、活性金属種やガス流速が生成ガス組成に及ぼす影響を調べ、高性能電極触媒を開発した。セラミックコンプレッサ技術開発においては、組成制御と焼結挙動制御によりプロトン伝導体から構成されるセラミック膜を試作し、電気化学的な水素圧力上昇を検証した。また、蓄エネデバイスのためのイオン伝導性セラミックス材料・構造化技術においては、リチウムイオン伝導性セラミックス材料の3D 構造化薄層形成の技術開発を推進した。

光エネルギー利用高次機能化のための基盤技術開発においては、チタニア系光触媒の二次粒子構造及び光照射方法の最適化によって、犠牲剤を含む水から酸素存在下でも1%以上の効率で水素を生成することを見出した。一方、数10ナノメートルオーダーの細孔を多数有する多孔質ガラスの表面に、常温常圧で炭酸ガスと水素から直接ギ酸を生成するイリジウム系有機錯体均一系触媒について触媒機能を損ねることなく固定化することに成功

した。これら光触媒とギ酸生成触媒固定化ガラスを組み合わせて光エネルギー変換デバイスを構成し、キセノン光(疑似太陽光)を照射した。結果としてチタニア系光触媒由来の水素と炭酸ガスから常温常圧でギ酸が生成することを確認した。これら光触媒系は主に紫外～青色の波長域を中心とする短波長域で動作する。そこで、太陽光有効利用のために太陽光スペクトルの大部分を占める長波長域の光を短波長へと変換する波長変換技術の開発に取り組み、緑(532 nm)を青色(～400 nm)へと太陽光レベルの光強度で高効率に変換する固体微結晶を得ることに成功した。熱電材料の研究では、これまでに開発した酸化物モジュールの性能向上に向け、p型は結晶粒の高配向化、n型はマイクロクラックの抑制をプロセス条件の最適化により試みた。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 デバイス集積化用触媒、ガスセンサ、熱電、酵素、酸化チタン、溶液析出法、ナノ結晶、光触媒

〔テーマ題目3〕 機能融合部材化技術の開発

〔研究代表者〕 赤井 智子、安積 欣志、多井 豊

(高機能ガラスグループ、ハイブリッドアクチュエータグループ、物質変換材料グループ)

〔研究担当者〕 赤井 智子、山下 勝、福味 幸平、北村 直之、三原 敏行、金高 健二、安積 欣志、清原 健司、杉野 卓司、寺澤 直弘、物部 浩達、堀内 哲也、多井 豊、尾崎 利彦、三木 健、大橋 文彦、富田 衷子、粕谷 亮(常勤職員18名)

〔研究内容〕

ガラス材料やハイブリッド材料を主対象とし、部材化に必要な精密成型、高度加工による形状賦与技術の確立、最適材料の組み合わせ技術の構築により、実用化レベルの部材創成のための基盤技術を開発する。

平成27年度は、機能性ガラス及びその先端加工技術、蛍光ガラス材料、無機有機ハイブリッドアクチュエータ材料の創製と高度化の技術、環境浄化・水素製造触媒の高機能化技術を開発した。

機能性ガラス及びその先端加工技術については、電子・情報、エネルギー関連の新規デバイスの開発や高性能化を目指している。8インチのマイクロレンズを成型することを目標として大面積精密成型技術を行っているが本年度は3インチ以上のマイクロレンズをPV精度2 μm 以内で成型する技術を開発した。また、成型に必要な成型点近傍での粘弾性測定と解析を単純なケイ酸塩ガラスについて行った。蛍光ガラス材料については、高効率で発光するシリカガラスの太陽電池への応用を目指して、近紫外光での励起が可能な赤色発光ガラスを開発

した。

無機有機ハイブリッドアクチュエータ材料について、その創製と高度化を行った。具体的にはナノカーボンとイオン液体ゲルの複合電極による電気駆動アクチュエータ素子の材料最適化開発とデバイス応用、イオン導電性高分子を用いた医療デバイスとメカニカルセンサーの創製、さらにソフト高分子ゲルを用いた新規アクチュエータ材料の創製を行った。これらの開発をベースに今後さらに新しい無機有機ハイブリッドアクチュエータ材料の開発を進め、ウェアラブルロボットに適用可能な人工筋肉型高性能ソフトアクチュエータの開発を目指す。

環境浄化・水素製造触媒の高性能化技術開発においては、白金代替粒子状物質（PM）燃焼触媒である、銀パラジウム触媒について、燃焼過程のその場 X 線吸収分光測定より、酸化パラジウムから銀合金粒子への酸素移動が当該触媒の優れた低温燃焼特性に重要であることを見いだした。顕微鏡観察等の結果と併せて考察し、PM 燃焼に有利な触媒構造を推定することが出来た。水素製造触媒に関しては、ゾルーゲル法と凍結乾燥法を利用した触媒調製により、高温耐熱性と耐コーキング性に優れた、メタンの二酸化炭素改質用多孔質触媒を調製することが出来た。また、セラミックス基材への触媒コーティングの高度化に向けて、コーティング溶液の開発に着手した。複合酸化物を利用する資源回収技術の開発においては、処理条件の最適化を行うことで、粉体触媒からの白金族金属（PGM）の回収率をほぼ100%に高めることが出来た。加えて、極めて難溶性の PGM 合金を溶解させることにも成功した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ガラス、精密成型、蛍光、ハイブリッドアクチュエータ、人工筋肉、環境浄化触媒、改質触媒、複合酸化物、貴金属溶解

【テーマ題目4】グリーン磁性材料及び機能化技術の開発

【研究代表者】尾崎 公洋、高木 健太、藤田 麻哉
(磁性材料プロセスグループ、ハード磁性材料グループ、機能磁性材料グループ)

【研究担当者】高木 健太、藤田麻哉、安岡 正喜、
中尾 節男、田村 卓也、中山 博行、
山口 渡、鈴木 一行、岡田 周祐、
曾田 力央、細川 明秀、砥綿 篤哉、
楠森 毅、杵鞭 義明、水口 知大
(常勤職員16名、他4名)

【研究内容】

資源リスクに対応できる磁石材料、省エネルギーに寄与できるソフト磁性材料、環境問題に対応できる磁気熱量材料の開発を出口として、それぞれに必要なプロセス技術の開発を通して、高い特性を有するバルク磁性材料を開発するとともに、実用化のためのコア技術を開発し、

周辺プロセス技術の実用化や機能性を発現させるためのモジュール化・システム化技術などを開発することを目標とする。グリーン磁性材料研究ラボに属している、磁性材料プロセスグループ、ハード磁性材料グループ、機能磁性材料グループの3グループで、グループ間連携をしながら研究を進めた。

1. 永久磁石開発においては、Sm-Fe 合金の合成技術の開発および窒化技術の開発による Sm-Fe-N 磁粉の合成技術を開発した。さらに、それを用いて耐熱性・耐候性のある Sm-Fe-N 異方性焼結磁石を開発することを目的として、様々なプロセス開発を進めた。特に、希土類金属を取り扱うために必要な極低酸素雰囲気下で焼結磁石作製のほぼすべてのプロセスを処理できるシステムの構築を行った。急冷凝固プロセスにより Fe 含有量の多いネオジム系磁石材料を作製し、その特性を調べた。

2. 磁気熱量材料開発においては、La-Fe-Si-H 磁気熱量材料の短時間合成と相安定化を実現するため、特に粉末合成・焼結に注目し、焼結過程での希土類酸化の原因を探り、酸素源となる原料状態を制御することで、合成反応を短時間化することに成功した。この手法により溶解凝固法における組成限界を超えられることが可能となり、より低磁場動作する材料開発指針が明らかになった。加えて、新規 Mn 系磁石や酸化物系エントロピクス材料の探索を行った。

3. 軟磁性材料開発においては、現在モーターの軟磁性材料として最も多く使用されている電磁鋼板よりも低鉄損軟磁性材料開発に取り組んだ。特に、化学的手法による合金合成において、ナノ結晶からなるランダム異方性モデルを基本として材料合成をすすめたところ、高磁化でかつ低保磁力の材料を見出した。今後、周波数特性など軟磁性材料に必要な磁気特性について調査を進める。

4. 磁性材料のためのプロセス開発においては、希土類窒化系磁性材料、非希土類磁性材料の開発に向けて、化学プロセスや物理プロセス、凝固プロセスなどを利用できるように設備開発ならびに周辺の整備を行った。加えて、焼結プロセスに必要な金型材料について、WC-FeAl の高温引っ張り強度を調査すると共に、解析を行った。また、新たな導電性セラミックス金型材料の可能性についても検討した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】永久磁石、磁気熱量材料、磁気冷凍システム、窒化技術、軟磁性材料

【テーマ題目5】耐熱性に優れた鮮明な赤色を示す環境調和型顔料の開発

【研究代表者】楠本 慶二（粒子機能化技術グループ）
【研究担当者】楠本 慶二、大橋 優喜（常勤職員2名）
【研究内容】

無機顔料は有機系顔料に比べて耐熱性、耐候性に優れ

ており、塗料、絵具、樹脂の着色、陶磁器用釉薬材料として幅広く使用されている。しかし、現在使用されている顔料には生物に対して悪影響を及ぼすニッケル、クロム、アンチモン、カドミニウム、セレン、鉛などが構成元素として使用されており、これらの顔料は廃棄後に自然環境に溶け出す事はほとんどないが、自然環境保護意識の高まりにともなって代替材料の開発が求められている。そこで、現在、陶磁器製食器の装飾に使用されているセレン・カドミニウム系赤色顔料の代替材料を開発するための基礎的検討を行った。具体的には、酸化アルミニウム粉末と酸化鉄の原料となるクエン酸鉄粉末を混合して電気炉で大気中にて熱処理を行った。クエン酸鉄は、熱処理中に熱分解して微細な酸化鉄（ヘマトイト）が生成することから使用した。ヘマトイトは粒径に応じて色が変化し、適切な熱処理条件を選ぶと赤色を示すことが知られている。鮮明な赤色の発色を得るためには、ヘマトイト粒子の大きさの他にヘマトイト周辺の光学環境も大事であり、透明で光屈折率が高く、かつ光散乱性の少ない酸化アルミニウムをヘマトイトと同時に存在させることによって鮮明な赤色を発色する顔料が得られる可能性があり、酸化鉄と酸化アルミニウムの割合、焼成条件を変化させて実験を行った。その結果、酸化鉄と酸化アルミニウムが4:6になるように秤量した混合物を700℃で熱処理することによって、明るく赤いヘマトイト/酸化アルミナ混合粉末が得られる事が分かった。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】顔料、酸化物、酸化鉄、酸化アルミナ、粉末

⑥【構造材料研究部門】

(Structural Materials Research Institute)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：田澤 真人

副研究部門長：吉澤 友一

所在地：中部センター

人 員：60名 (60名)

経 費：667,850千円 (285,509千円)

概 要：

構造材料研究部門では、省エネルギー社会の構築に貢献するため、輸送機器の軽量化による輸送エネルギーの削減、住宅やオフィスといった生活環境などにおける比較的低い温度領域での熱制御、あるいは工場やデバイスなど産業分野で使われる比較的高い温度領域での熱制御のための材料の研究開発を中心として行っている。すなわち、1) 軽量構造材料などの設計技術やプロセス技術を活用した輸送機器の軽量化に貢献する構造部材の開発、ならびに2) さまざまな利用環境

に適した熱制御構造部材の開発を行う。第1の課題においては、材料創成・加工・評価技術を活用した信頼性の高い軽量構造部材の開発を行うとともに、実用化に向けた部材化技術、プロセス技術の開発を行い、第2の課題においては生活環境から工場までのそれぞれの温度領域で熱エネルギーを制御する材料を、材料の組織や相、構造を制御することによって開発するとともに、実用化に向けた部材化技術、高信頼性技術、プロセス技術の開発を行う。

平成27年度において、重点的に推進したテーマは下の通り。

①マグネシウム合金やアルミニウム合金等の軽量金属および無機/樹脂複合材料の設計やプロセスの開発、信頼性技術に関する研究開発を行った。特にマグネシウム合金の発火温度の評価、凍結鋳型を用いたアルミニウム合金の鋳造技術の研究やマイクロ波を利用したCFRPの成型技術の研究を推進した。また、超硬材料をもちいた加工工具の研究開発において、WC-FeAl 工具の試作・切削試験を行った。

②日射や熱の透過性を制御する窓材料において、調光ミラーやサーモクロミックシートなどの研究開発を推進するとともに、新型の調光材料に関する研究を行った。また、高温での熱伝導性や断熱性など熱制御性に優れたセラミックスの製造・評価に関する研究開発を進め、セラミックスの3D造形技術、セラミックス・金属の接合技術、高気孔率を有するセラミックス、高熱伝導率を有するセラミックスの開発を進めた。

また、材料研究の基礎をなす表面改質技術、再生可能資源の代表である木質材料の成形加工法の研究、材料評価に関する様々な技術の研究開発を進めた。

外部資金：

内閣府総合科学技術・イノベーション会議「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) /革新的設計生産技術/高付加価値セラミックス造形技術の開発」(管理法人国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO))

国立研究開発法人科学技術振興機構

「良好な熱伝導性・熱的信頼性を有するアルミナ-アルミニウム接合体の開発」

公益財団法人科学技術交流財団

「製造コストの大幅削減を可能にするエイズ治療薬中間体の革新的合成」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) /次世代パワーエレクトロニクス/SiCに関する拠点型共通基盤技術開発/SiC 次世代パワーエレクトロニクスの統合

的研究開発」

一般財団法人四国産業・技術振興センター

「超音波を用いた自動車用マフラー等気密容器漏れ検査装置の開発」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「革新的硬質材料設計による超硬工具向けタングステン省使用化の検討」

公益財団法人北九州産業学術推進機構

「非常用電源としてのマグネシウム空気電池を実現する難燃性マグネシウム合金鋳造薄板による革新的電極素材の開発」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「エネルギー・環境新技術先導プログラム 生物表面模倣による難付着・低抵抗表面の開発」

公益財団法人科学技術交流財団

「竹の流動成形による高音質な薄肉・複雑形状スピーカー振動板の実用化」

独立行政法人日本学術振興会

「(基金：E29) 集合組織制御による高成形性を持つ難燃性マグネシウム合金板材の創製」

独立行政法人日本学術振興会

「(基金：E28) インプラント治療における iPS 細胞を用いた再生骨の長期安全性に関する研究」

国立大学法人名古屋工業大学

「(基金：E28) フナムシの微細毛流路を模倣した水-油分離プロセスの構築」

独立行政法人日本学術振興会

「(基金：E28) 電子状態計算に基づく高加工性マグネシウム合金設計指針の構築」

独立行政法人日本学術振興会

「(基金：E29) 不均一光重合で誘起される液晶/高分子メゾ相分離と自律配向形成の機構解明」

神戸市立工業高等専門学校

「(基金：E28) 液晶高分子複合体への液晶分子配向形成による自律分光制御型デバイス開発」

独立行政法人日本学術振興会

「(補助金：最終年度) 変形機構解明に向けた高延性バルクナノ結晶 Fe-Ni 合金のメゾスケール組織の観察」

千歳科学技術大学

「(補助金：E28) 生物多様性を規範とする革新的材料技術」

国立研究開発法人物質・材料研究機構

「(補助金：E28) 生物規範階層ダイナミクス」(分担者 1)

国立研究開発法人物質・材料研究機構

「(補助金：E28) 生物規範階層ダイナミクス」(分担者 2)

独立行政法人日本学術振興会

「(補助金：最終年度) ナノ空隙の吸着サイト改質とマイクロ界面すべり制御による木材の超塑性加工法の開発」

国立大学法人京都大学

「(補助金・基金混合：E28) 双晶～転位間相互作用の体系化に基づく高加工性マグネシウム合金の創出」

公益財団法人中部科学技術センター

「可視～近赤外域に吸収帯を持つ量子ドットで増感したナノ構造二酸化チタンの創製と廃水浄化への応用」

発表：誌上発表92件、口頭発表235件、その他43件

軽量金属設計グループ

(Light Metal Design Group)

研究グループ長：千野 靖正

(中部センター)

概要：

軽量金属材料の一次成形プロセスに関する研究として、マグネシウム合金の加工熱処理プロセスに関する研究、マグネシウム合金の一次空気電池負極への適用に関する研究、マグネシウム合金の発火特性評価に関する研究を主に実施した。

マグネシウム合金の加工熱処理プロセスに関する研究では、産総研で開発した難燃性マグネシウム合金(Mg-Al-Ca 系合金)を対象として、展伸材の高強度化と高延性を同時に実現するための圧延方法、押出し方法を検討した。その結果、結晶粒微細化、析出相分布制御、集合組織制御を行うことにより、上記特性を実現できることをラボスケールで実証した。また、難燃性マグネシウム合金展伸材の疲労特性や応力腐食特性を系統的に評価した。

マグネシウム合金の一次電池負極への適用に関する研究では、難燃性マグネシウム合金の不純物濃度が放電特性に及ぼす影響を明らかにした。

発火特性評価に関する研究では、熱分析装置を用いて各種マグネシウム合金の発火温度を精密に測定する

手法を検討し、主要元素濃度（カルシウム、アルミニウム濃度等）が発火温度に及ぼす影響を明らかにした。
研究テーマ：テーマ題目1

粉末冶金プロセスグループ

(Powder Metallurgy Process Group)

研究グループ長：松本 章宏

(中部センター)

概 要：

環境に優しく、資源制約を受けない元素を積極的に用いて、粉末冶金技術により粉末の結晶・組織を制御することにより、高性能硬質材料・耐熱材料を開発し、切削工具・金型への応用を目指すとともに、開発材料のニアネットシェイプ技術の確立に取り組んでいる。

コバルト代替硬質材料 WC-FeAl に関して、切削チップを試作して鋳鉄と銅を被削材として切削試験を行った。その結果、鋳鉄に対する優れた耐凝着性、銅に対する優れた耐摩耗性を見出した。タングステン代替硬質材料として開発している TiC-FeAl に関して、フェロアルミニウム粉を用いて適切にプロセス条件を制御することによって、サーメットよりも優れた耐酸化性を得られることを見出した。また、高靱性サーメットに関して、鉄系材料用の摩擦攪拌ツールとしての適用可能性について検討し、今後の開発方針を整理することができた。

研究テーマ：テーマ題目1

軽量部材 casting 技術グループ

(Light metal casting process Group)

研究グループ長：多田 周二

(中部センター)

概 要：

アルミニウム合金を中心とした軽量金属材料の高性能化および casting プロセスにおける環境負荷低減・作業環境改善に資する casting 技術開発に取り組んだ。

軽量金属材料の高性能化に向けては、脱ガス技術開発ならびに組織微細化技術開発に取り組み、アルミニウム合金中の水素量を低減可能な処理条件を見出すとともに、直径90 mm の鋳塊試料組織全体を均質に微細化可能な電磁攪拌条件を明らかとした。また、セミソリッド成形技術では、プロセス条件を最適化することにより寸法精度の向上および金型からの抜け性向上を可能とした。低環境負荷 casting プロセスの開発では、凍結鋳型を用いた casting 技術の高度化に取り組み、欠陥の無い良好な中空形状鋳物の作製を可能とする凍結中子技術を確立した。新しい産業を創出するための萌芽研究として、環境負荷の小さい新たな浴を用いた電析バルクナノ結晶メタルの創製に向けた技術開発にも取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目1

無機複合プラスチックグループ

(Inorganic-based plastics Group)

研究グループ長：堀田 裕司

(中部センター)

概 要：

次世代の輸送機器などにおいて、軽量性・高機械特性、高機能性に優れた軽量構造材料が注目されている。当研究グループは、機能性に優れたセラミックス、カーボン等の無機材料と軽量性・成形性に優れた樹脂・プラスチックの異種材料を複合化するためのプロセス技術及び先進複合材料に関して研究開発を遂行し、無機材料の特性を最大限に引出した軽量複合材料の開発および製造プロセス技術の確立を目指している。平成27年度は、軽量複合材料として注目されている炭素繊維強化プラスチック (CFRP) の新規な高速成形技術の開発のためにマイクロ波プロセスに注目し、成形型の開発に取り組んだ。マイクロ波を透過し低熱浸透率の材質で作製した成形型は、マイクロ波によって CFRP を高速に加熱する事が可能であることを見出し、CFRP を1分以下で高速成形が可能であることを評価した。

研究テーマ：テーマ題目1

光熱制御材料グループ

(Light and heat control material Group)

研究グループ長：山田 保誠

(中部センター)

概 要：

省エネルギー効果の大きい窓ガラス材料として、多層薄膜を利用した調光ガラス、ナノ粒子を用いたサーモクロミックガラス、液晶を用いた新規調光ガラスの研究を行なった。調光ガラスの研究においては、マグネシウム・イットリウム合金薄膜を用いた調光ミラーに関して、新しいガスクロミック方式を用いる調光ミラーシートを実用化するための研究を企業と共同で推進した。また、湿式法で作製する WO₃ 薄膜を用いた調光ガラスに関しても、その塗布性について企業と共同で推進した。さらに、ポリマーを用いた新規なクロミック材料に関して研究を開始した。サーモクロミックガラスについては、優れた特性を持つナノ粒子の作製手法を確立した。液晶を用いた新規な調光ガラスの研究では、液晶の相転移を用いた熱応答型光制御素子の特性向上を行った。

研究テーマ：テーマ題目2

材料表面グループ

(Advanced Surface and Interface Chemistry Group)

研究グループ長：穂積 篤

(中部センター)

概 要：

当グループは、部門の重要課題の一つである「基盤的技術開発」の中で、二酸化炭素排出量の削減に貢献する、物質の流動性を制御する表面改質技術の開発に取り組んでいる。主として、ウエット／ドライプロセスによる各種高機能材料（ハイブリッド材料、層状化合物、多孔質材料、ポリマーブラシ、有機単分子膜、オルガノゲル等）創製技術と、それらを利用した動的濡れ性制御技術に積極的に取り組んでいる。平成27年度は、平成26年に開発したオルガノゲル（SLUGs: Self-lubricating Organogels）の着氷雪防止機能、生物付着抑制機能について調査した。ゲルに充填する機能性液体を調整することで、水やフジツボの付着を大幅に抑制することが可能となった。また、ドライプロセスによる高耐熱性撥油皮膜の創製技術の研究については、反応性スパッタリングによる新規 Ti-Si-C-N 系化合物セラミックス薄膜の合成を検討するとともに、薄膜構造と高温撥油性の発現との関連性について解明を進めた。さらに、多孔質（調湿）材料の水蒸気吸着速度・脱着速度評価の標準化を目指し、熱重量分析装置を用いて測定条件の最適化を実施した。測定容器のキャップ構造を利用することで、試料単位面積当たりの吸着・脱着速度を概算できることを見出した。

研究テーマ：テーマ題目1、2

循環材料グループ

(Eco-renewable materials Group)

研究グループ長：重松 一典

(中部センター)

概要：

住宅等の居住空間の省エネルギー性と快適性の両立を目的として、当グループでは新しい建築用素材／部材等の開発に取り組んでいる。有機物との複合化や熱処理によって、木材や竹などの天然由来素材の微細構造を制御して強度や耐水性を向上させたり、バルク状の素材に塑性流動性を付与することで3次元複雑形状加工を可能にするなど、天然由来素材を省エネ型建材の材料として利活用するための基礎・応用研究を行っている。併せて、相対湿度60パーセント前後での吸放出挙動に優れた新規調湿材料の開発と内装建材・空調機器等に应用するための技術開発を進めている。平成27年度は、木材や竹などの流動成形技術を中心に、強度・寸法安定性の向上、耐久性の向上およびそれらの評価・保証技術の高度化に取り組んだ。新規調湿材料の研究においては、ハスクレイをベースとした塗り壁材を施工した部屋内の環境測定を継続した。

研究テーマ：テーマ題目2

セラミック機構部材グループ

(Ceramic structural components Group)

研究グループ長：近藤 直樹

(中部センター)

概要：

構造用セラミックスを、各種産業の製造装置用部材、あるいは、熱消費型製造業や熱エネルギー分野でのサーマルマネジメント部材として用いるための製造技術開発を進めている。

セラミックスの3次元造形技術の開発では、材料押し出し方式や材料噴射方式に用いることを想定し、セラミック／樹脂混合原料からのスラリー作成法の検討とスラリーを用いた成形可能性調査をおこなった。セラミック多孔体の開発では、セラミック／樹脂混合原料を成形し、樹脂中に含まれるガスによる発泡と成形体表面からのガス放出を利用し、表層部のみが高密度化されたセラミック多孔質体を作成する技術を開発した。他、粉末積層法によるセラミックスの3次元造形技術の開発、セラミックスと金属の接合技術の開発、新規なセラミック繊維開発のための基礎検討にも取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目2

セラミック組織制御グループ

(Ceramic microstructure control Group)

研究グループ長：日向 秀樹

(中部センター)

概要：

高度化・高性能化する製造システムや産業機器を支えるための中核となる先進構造部材を創製することを目的として、セラミックスの材料機能を合目的かつ効率的に部材構造中に付与する材料組織制御技術の開発を行っている。特に、セラミックスが本質的に有する高い硬度、耐熱性、耐食性、化学的安定性等を部材機能に取り込んだ高熱伝導部材、高性能多孔体部材、高耐摩耗性部材等の開発を目指している。このため、材料特性を支配する因子を検討するとともに、その因子を制御するプロセス技術の開発に取り組んでいる。高熱伝導窒化ケイ素では、粒内酸素量の制御と粒界相の結晶化制御のため反応焼結挙動の解析、多孔体では、気孔の形状、孔径、気孔率などの制御を行っている。また、これらの材料の評価技術開発や標準化にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目2

マルチスケール部材評価グループ

(Multi-Scale Material Evaluation Group)

研究グループ長：早川 由夫

(中部センター)

概要：

グループの保有する計測解析手法の高度化・普遍化を進め、材料開発及びその製造プロセスにおけるスケールの異なる因子が関与する問題の解決に貢献する。

具体的には合成高分子系複合材料、バイオマス高分子材料、軽量金属等に対し、分光学的手法等を用いて原子・分子レベルからサブミリサイズまでの異なるスケールでの計測を行い、空間統計学・相関解析などによる解析や計算科学による現象の解釈を通して、種々の因子がどのように関連しながら材料機能を発現しているかを明らかにする。平成27年度は、核磁気共鳴装置を用いて、従来法では困難なナノ細孔を有する高分子膜素材の空孔サイズを計測する手法の確立を目指し、標準的な試料に対する測定により有用性を示した。また、効率的な熱制御を実現するための材料・媒体を対象に、計算科学によるデータ解析手法を確立した。更に、軽量構造部材に向けたマグネシウム材料中の酸素等の定量分析、微細気泡計測技術の標準化に向けた微細気泡の挙動解明に取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目1、2

【テーマ題目1】 輸送機器用の軽量構造材料の開発

【研究代表者】 田澤 真人

【研究担当者】 小林 慶三、兼松 渉、千野 靖正、
斎藤 尚文、鈴木 一孝、渡津 章、
黄 新ショウ、湯浅 元仁、多田 周二、
尾村 直紀、李 明軍、村上 雄一朗、
松井 功、松本 章宏、細川 裕之、
加藤 清隆、下島 康嗣、古嶋 亮一、
堀田 裕司、島本 太介、今井 祐介、
佐藤 公泰、富永 雄一、川端 雄一郎、
穂積 篤、高尾 泰正、宮島 達也、
犬飼 恵一、園田 勉、浦田 千尋、
早川 由夫、柘植 明、西田 雅一、
辻内 亨、深谷 治彦、丸山 豊、
佐野 三郎、森川 久（常勤職員38名）

【研究内容】

本テーマでは、省エネルギー社会の構築に貢献する先進構造材料ならびにその部材化技術を開発して、自動車・鉄道・航空機などの輸送機器を軽量化するための基盤技術を構築することを目指す。輸送機器の軽量化は、輸送エネルギーの削減・低CO₂社会の実現に直結するため、基礎となる材料創成・加工・評価技術を活用して、信頼性の高い軽量構造材料の開発を目指す。さらに、軽量構造材料の実用化に向けては、産業界と連携しながら部材化技術、プロセス技術の開発を行い、製造工程での省エネルギー化や高リサイクル性を目指す。具体的には、マグネシウム合金やアルミニウム合金などの軽量金属材料やCFRPなどの複合材料に対して、材料設計やプロセス開発、材料の信頼性評価技術の開発を行う。

平成27年度は、実用金属材料の中で最軽量であるマグネシウム合金に関して、マグネシウム合金の発火特性評価に関する研究を実施した。ここでは、熱分析装置を用いて各種合金の発火温度を精密に測定し、主要元素濃

度が発火温度に及ぼす影響を明らかにした。また、マグネシウム合金の加工熱処理プロセスに関する研究を実施した。ここでは、難燃性マグネシウム合金（Mg-Al-Ca系合金）を中心として、展伸材の高強度化と高延性を同時に実現するための組織制御技術を検討し、結晶粒微細化、析出相分布制御、集合組織制御を行うことにより、上記特性を実現できることをラボスケールで実証した。

汎用の軽量金属材料として知られるアルミニウム合金については、高強度・高靱性を目的として不純物軽元素の低減技術や鍛造組織微細化技術の開発を行った。これにより、水素量0.05 ppm以下に低減可能な処理条件を見出すとともに結晶粒径100 μm以下の均質微細組織を有する鋳塊の作製を可能とした。また、アルミニウム合金を鋳造する際の湯流れ性を改善するため、凍結鋳造鋳型による成形性を確認した。複雑形状を成形するために用いる凍結中子が鋳造欠陥を増加させることがわかったが、鋳造欠陥発生メカニズムを明らかにし、鋳造方案を改良することで対応できることを明らかにした。

高い耐食性を有する軽量高温金属材料であるチタンに対しては、粉末冶金法による成形を行った。安価であるが、粗いスポンジチタンは焼結には不向きであったが、パルス通電加圧焼結技術を用いることでスポンジチタンを構成する微細な結晶を残したまま低温での緻密成形が可能であることを明らかにした。特に、アルミナド金属間化合物を結合相とした硬質合金を金型として用いることで、高加圧での成形が可能となった。

カーボン繊維を樹脂で複合化したCFRPについては、短時間で目的の形状に成形する新しい成形技術を開発した。さらに、CFRPにセラミックス粒子などを複合化することで、成形時間の短縮化及び成形に伴うマトリックスの劣化抑制を実現可能であることを見出した。

研究成果の実用化については、新構造材料技術研究組合（ISMA）に参画し、民間企業と連携した研究開発を推進している。また、軽量構造材料に関する産総研の研究成果を広く社会へ橋渡しするため、先の産総研マグネシウムシンポジウムを拡大し、「軽量構造材料シンポジウム」として平成27年11月19日にTechBiz2015（名古屋）にて開催した。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 マグネシウム合金、アルミニウム合金、チタン、CFRP、組織制御、結晶粒微細化、析出相分散制御、集合組織制御、発火特性、不純物制御、鋳造、粉末冶金、成形技術、複合化

【テーマ題目2】 熱エネルギー制御を高効率化する部材の開発

【研究代表者】 田澤 真人

【研究担当者】 吉澤 友一、大司 達樹、吉村 和記、
平尾 喜代司、兼松 渉、山田 保誠、

西澤 かおり、垣内田 洋、岡田 昌久、
 田嶋 一樹、胡 致維、重松一典、
 三木 恒久、前田 雅喜、太田 一徳、
 関 雅子、西尾 敏幸、穂積 篤、
 高尾 泰正、犬飼 恵一、宮島 達也、
 園田 勉、浦田 千尋、近藤 直樹、
 長岡 孝明、堀田 幹則、北 憲一郎、
 嶋村 彰紘、日向 秀樹、周 游、
 宮崎 広行、福島 学、松永 知佳、
 早川 由夫、柘植 明、西田 雅一、
 辻内 亨、深谷 治彦、丸山 豊、
 佐野 三郎、森川 久
 (常勤職員41名)

【研究内容】

減少傾向にある産業部門、運輸部門のエネルギー消費と比較して、民生部門のエネルギー消費は増大を続けており、これを抑えることが喫緊の課題となっている。民生部門のエネルギー消費の中でも冷暖房に消費されるエネルギーは3割程度に達することから、日射や熱の透過を制御することで、これらを抑制できる省エネルギー建材の開発に取り組んでいる。冷暖房負荷を大きく低減できる窓材料として、多層薄膜を積層した調光ミラーシート、ナノ粒子を分散したサーモクロミックシート等を実用化するための研究を行った。また、窓のサッシ部分の断熱性を飛躍的に向上させることのできる材料を提供するため、木質の「流動成形」という手法を用いて効率的に木製サッシを製造する技術の開発を行った。さらに、民生部門の省エネルギーに貢献する新しい材料として、表面の濡れ性を制御することで、着氷雪防止機能や生物付着抑制機能を発現するコーティング材の開発も行った。

製造業における消費エネルギーの削減はエネルギー・環境問題の両面から極めて重要な課題であり、これらを支えるための中核となる先進構造部材を創製することを目的として、セラミックスの材料機能を合目的かつ効率的に部材構造中に付与する材料組織制御技術の開発を行っている。特に、セラミックスが本質的に有する高い硬度、耐熱性、耐食性、化学的安定性等を部材機能に取り込んだ高熱伝導部材、高性能多孔体部材、高耐摩耗性部材等の開発を目指している。このため、材料特性を支配する因子を検討するとともに、その因子を制御するプロセス技術の開発に取り組んだ。高熱伝導窒化ケイ素では、粒内酸素量の制御と粒界相の結晶化制御のため反応焼結挙動の解析、多孔体では、気孔の形状、孔径、気孔率などの制御、表層部の高密度化を行った。これらの材料の評価技術開発や標準化にも取り組んだ。また、その製造技術のとして、セラミックスの3次元造形技術の開発、さらに、セラミックスと金属材料の接合の開発も行った。

【領域名】材料・化学

【キーワード】調光ミラー、ナノ粒子、流動成型、遮熱性、断熱性、濡れ性制御、多孔体、気孔、

隔壁、断熱、中空ユニット、搬送容器、蓄熱、溶融塩、耐食性

⑦【触媒化学融合研究センター】

(Interdisciplinary Research Center for Catalytic Chemistry)

(存続期間：2015.4.1～2022.3.31)

研究センター長：佐藤 一彦
 副研究センター長：浅川 真澄
 総括研究主幹：田村 正則
 総括研究主幹：藤谷 忠博

所在地：つくば中央第5

人員：32名 (32名)

経費：781,281千円 (201,353千円)

概要：

1. ミッション

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

●省エネルギー：反応温度の低下、反応時間の短縮

●選択性の向上：副生成反応物の低減、分離エネルギーの低減

●レアメタルの大幅な削減：貴金属触媒からの転換

具体的には、「ケイ素化学技術」「革新的酸化技術」「官能基変換技術」の3つの戦略課題に取り組む。化学品製造技術は、酸化技術、還元技術、炭素結合制御技術、官能基変換技術（機能付加技術）、に大別できる。また、ケイ素化学技術は、石油化学由来の化学品製造技術とは別な体系を持つ。当研究センターでは、石油化学由来の製造技術のうちの2つと、ケイ素化学技術に取り組むことで、基礎化学品並びに機能性化学品製造に適応できる技術を開発する。

2. 戦略課題への取り組み

(1) ケイ素化学技術

砂からの有機ケイ素原料製造プロセス、および有機ケイ素原料からの高機能有機ケイ素部材製造プロセス技術開発を行い、有機ケイ素材料の性能向上・新機能発現、大幅なコストダウンの達成を目指す。主要課題として、シリカからのアルコキシシラン合成の高効率化を行う。

(2) 革新的酸化技術

酸素や過酸化水素水など、クリーンな酸化剤を利用した酸化技術について、新規触媒の設計、触媒の機能化（反応活性、選択性、および耐久性の

向上)、を通して酸化技術の拡充・深化を図り、実用的プロセス構築によって、多様な高機能化学品製造への展開を進める。「空気を資源化」する触媒開発を目指して、究極的に環境に優しい酸化剤である空気中の酸素を利用した酸化触媒を見出す。

(3) 官能基変換技術

触媒反応による官能基変換・制御・付加技術を駆使して、セルロースに代表される生物由来原料や二酸化炭素に代表される難反応性原料および含ヘテロ元素化合物からの有用化学品合成反応の開発、および官能基変換技術を応用した高機能部材開発に取り組む。また、含フッ素精密洗浄剤・溶剤化合物製造に関わる触媒反応を効率化する。

内部資金：

内部資金 戦略予算 高純度酢酸イリジウムの開発

外部資金：

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（先端的低炭素化技術開発）（ALCA） 触媒の表面化学、構造解析と設計

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的イノベーション創造プログラム【SIP】「エネルギーキャリア」アンモニア分解技術

国立研究開発法人科学技術振興機構 新学術領域研究（研究領域提案型） ニッケル-炭素結合を鍵とするニッケル錯体の新規触媒機能探索

国立研究開発法人科学技術振興機構 挑戦的萌芽研究 高スピン型金属触媒：新しい触媒領域の展開

国立研究開発法人科学技術振興機構 特別研究員奨励費 高原子価ルテニウム（IV）-オキソ錯体による高活性な触媒酸化反応系の構築

国立研究開発法人科学技術振興機構 若手研究(B) 触媒の自己組織化を鍵とする実用的酸化反応の開発

国立研究開発法人科学技術振興機構 若手研究(B) 新規鉄錯体による触媒的不斉酸素酸化反応

国立研究開発法人科学技術振興機構 基盤研究(C) 疎水性場の付与に基づく磁性ナノ粒子固定化遷移金属触媒の高性能化

国立研究開発法人科学技術振興機構 新学術領域研究 構造化ゲルと化学反応場の協働による運動創発

発 表：誌上発表53件、頭発表125件、その他4件

ケイ素化学チーム

(Silicon Chemistry Team)

研究チーム長：島田 茂

(つくば中央第5)

概 要：

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

研究テーマ：テーマ題目1

革新的酸化チーム

(Innovative Oxidation Team)

研究チーム長：田村 正則

(つくば中央第5)

概 要：

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

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3

官能基変換チーム

(Functional Group Transformation Team)

研究チーム長：富永 健一

(つくば中央第5)

概要：

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

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

研究テーマ：テーマ題目3

ヘテロ原子化学チーム**(Heteroatom Chemistry Team)**

研究チーム長：韓 立彪

(つくば中央第5)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

触媒固定化設計チーム**(Catalyst Design Team)**

研究チーム長：崔 準哲

(つくば中央第5)

概要：

当チームでは、化学プロセスにおける廃棄物の更なる低減、エネルギー効率の一層の向上、循環型資源への原材料転換を目指し、その実現のためのキーテクノロジーである触媒の分子・原子レベルでの設計・開発を行っている。当センターの3つの戦略課題の中の「官能基変換技術」において、生物由来原料や二酸化炭素からの触媒反応による有用化学品製造技術の開発、及び分子触媒の固定化・リサイクル技術や、省資源のための貴金属代替・省量化技術の開発に取り組んでいる。また、有機ケイ素化学品の高効率製造技術の開発

も併せて行っている。研究開発のキーワードは、高効率（高活性、高選択性）、高品質（残留金属低減、ノンハロゲン）、低環境負荷（E-ファクター低減）、再生可能資源（ケイ砂、二酸化炭素）利用等である。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

固体触媒チーム**(Advanced Heterogeneous Catalysis Team)**

研究チーム長：藤谷 忠博

(つくば中央第5)

概要：

物質循環型社会の実現のためには、炭素資源、鉱物資源等、多様な資源の確保とその有効利用が不可欠である。当チームでは、当センターの技術目標の一つである「官能基変換技術」の構築を目指し、シェールガス等の非在来型資源や、バイオマス等の再生可能資源から、高効率かつ低環境負荷で、各種の基礎及び機能性化学品を製造するための触媒変換技術の開発に取り組んでいる。さらに、将来の水素社会実現に向けた、水素の輸送方法および利用技術の開発も合わせて行っている。具体的には、セルロースから合成されたレブリン酸を芳香族等の基礎化学品に転換するための高性能な触媒の開発、メタンから選択的に炭化水素および含酸素化合物を合成する触媒の開発、エネルギーキャリアとしてのアンモニア合成技術および分解技術に関わる触媒および触媒プロセスの開発、テトラアルコキシシランの水素化およびアルキル化反応に対する高性能触媒の開発研究を進めている。さらに、表面科学的手法等の高度な *in situ* 計測・分析技術も駆使しながら、実用化に向けた触媒の高性能化に関する検討も行っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

[テーマ題目1] ケイ素化学技術**[研究代表者]** 島田 茂 (ケイ素化学チーム長)

[研究担当者] 島田 茂、佐藤 一彦、浅川 真澄、藤谷 忠博、田村 正則、清水 政男、中島 裕美子、五十嵐 正安、深谷 訓久、松本 和弘、佐藤 靖、別部 輝生、江口 勝哉、石原 吉満、安田 弘之、崔 準哲、中村 功、韓 立彪、山下 浩、吉村 彩
(常勤職員20名、他18名)

[研究内容]

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

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

(砂からの有機ケイ素原料製造プロセス技術開発)

本課題では、有機ケイ素原料製造における大幅な省エネルギーの達成を目標に、砂から金属ケイ素を経由せずに有機ケイ素原料を製造するための触媒技術開発を行う。具体的には、ケイ砂を原料に用いる際の技術課題の抽出や反応経路と触媒の有望な組合せについての検討を行う。

平成27年度は、主に以下の4点について検討を行った。

①シリカを原料としたアルコキシシランへの変換ルートについて、容易に回収・再生が可能な無機脱水剤を用いた反応プロセスを新たに見出した。シリカとエタノールからテトラエトキシシランを高効率に直接合成する事が可能であり、使用した脱水剤は再利用可能である事も確認した。②水素を還元剤としてアルコキシシランやハロシランのケイ素-酸素結合やケイ素-ハロゲン結合をケイ素-水素結合に変換する反応を検討し、これまでより高い触媒能を有する錯体を見出した。また、水素化反応に関し、新たな反応形式の利用可能性について検討を開始した。さらに、流通反応器を用いて、固体触媒によるテトラアルコキシシランのアルキル化等に関して高温反応の検討を開始した。③高活性ケイ素化学種を経由した有機ケイ素原料製造法の開発に関して、高活性ケイ素化学種と有機基質等との反応検討を継続した。④その他、大気圧プラズマ利用の可能性を探るべく、反応装置を設計・作製し、テトラメトキシシランを用いた変換反応を検討した。

(有機ケイ素原料からの高機能有機ケイ素部材製造プロセス技術開発)

本課題では、有機ケイ素原料から高機能有機ケイ素部材を製造するため、現行の白金触媒を代替する触媒や有機ケイ素部材の高度な構造制御を可能とする触媒等の研究開発を行う。

平成27年度は、主に以下の3点について検討を行った。

①ヒドロシリル化反応に関し、ニッケル錯体触媒において高選択的な触媒や空気に対して安定な触媒を見出した。また、白金触媒の適用が難しい配位性置換基を有するオレフィンやアリル化合物のヒドロシリル化に有効な遷移金属錯体触媒および反応条件を見出した。②シラノール合成反応に関しては、種々のシラノールの粉体化および単結晶化に成功し、X線結晶構造解析により分子構造を明らかにすることに成功した。また、実用的なプロセスとして加水分解法による合成についても可能性を見出すことが

できた。構造制御されたオリゴシロキサンやポリシロキサンの合成に関して、構造が制御された種々のポリシロキサンを合成できる可能性を見出した。さらに、アルコキシシランの選択的な変換反応に関して、10g以上のスケールで非対称アルコキシシランを得ることができた。遷移金属触媒を用いたクロスカップリング反応に関しては、金錯体を用いたヒドロシランとシラノールとの選択的クロスカップリング反応を見出した。さらに、アシルオキシシランのヒドロシリル化と引き続き転位反応により、原理的に副生成物を生じない新規シロキサン結合形成法を見出した。③ケイ素-ケイ素結合形成技術においては、脱水素カップリング反応に関して、高次シランを製造する検討を実施した。触媒構造や反応条件等を検討し、固体状ポリシランがほとんど生成せずに、これまでより長寿命で比較的良好な収率を示す触媒および反応系を見いだした。

【領域名】材料・化学

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

【テーマ題目2】革新的酸化技術

【研究代表者】佐藤 一彦 (研究センター長)

【研究担当者】佐藤 一彦、田村 正則、今 喜裕、
田中 真司、藤谷 忠博、中村 功、
志村 勝也 (常勤職員7名、他5名)

【研究内容】

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

近年、本テーマの推進により、半導体封止材用途の二官能エポキシ化合物や鉄を触媒に用いるスチレンオキシドの製造法開発に成功している。これら成果により、レ

アメタルを用いない鉄によるエポキシ化反応が可能になり、工業品のエポキシ化にも対応可能となってきた。今年度は、昨年度に引き続き鉄を触媒に用いる過酸化水素酸化技術の検討を行うとともに、 α, β -不飽和アルデヒドの選択的な酸素酸化反応を開発した。

(鉄を触媒に用いる過酸化水素酸化技術)

鉄触媒を用い、過酸化水素によりアリルアルコールから α, β -不飽和カルボニル化合物を得る反応を既に見出している。この反応において、配位子となるピコリン酸の構造、反応条件等を種々検討し、反応機構をより明確にすることができ、さらに適応基質も拡大することができた。

(酸素を酸化剤とする酸化反応の検討)

酸素は低コスト性、安全性から理想的な酸化剤であるが、一般に反応選択性が低くファインケミカル合成に適用される例は少ない。一方、 α, β -不飽和カルボン酸は機能性ポリマー原料等として有用であるが、不飽和結合の反応性の高さから、対応するアルデヒドの酸化により選択的に合成することは難しい。今回鉄とアルカリ金属のカルボン酸塩を組み合わせた触媒を用いることにより、 α, β -不飽和アルデヒドの選択的な酸素酸化を達成することができた。

一方、気相酸素を酸化剤としたメタンの部分酸化によるホルムアルデヒドの1段合成用触媒の開発を検討した。 V_2O_5 を各種酸化物に担持して活性を検討した結果、 V_2O_5/SiO_2 が活性であることがわかった。また、 Ga_2O_3 成分を微量添加することにより、ホルムアルデヒドの収率が向上することを明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】選択酸化、過酸化水素酸化、遷移金属触媒

【テーマ題目3】官能基変換技術

【研究代表者】富永 健一（官能基変換チーム長）

【研究担当者】富永 健一、有村 隆志、今野 英雄、根本 耕司、藤谷 忠博、Asima Sultana、高橋 厚、韓 立彪、内丸 祐子、谷田部哲夫、崔 準哲、坂倉 俊康、高橋 利和、藤田 賢一、小野澤 俊也、深谷 訓久
(常勤職員16名、他15名)

【研究内容】

物質を構成する分子の骨格変換や官能基付加は、物質に新たな機能を与え、有用な化学品を合成することを可能にする。今日、有機合成反応技術は高度なレベルに達しているが、高性能・高機能部材をさらに高効率かつ省資源なプロセスにより製造するための触媒開発が望まれている。本テーマでは、(1)セルロースに代表される生物由来原料からの有用化学品合成、(2)小分子の付加による機能性化学品合成、(3)ヘテロ元素系反応技術お

よび(4)官能基変換技術を応用した高機能部材開発に取り組んでいる。今年度の進捗の概要は下記の通り。

(生物由来原料からの有用化学品合成)

レブリン酸はセルロース系バイオマスから合成可能な化学品の中でも、燃料、基本化学品、機能性化学品の中間体として利用可能であり、基幹物質として高いポテンシャルを有している。これまで、トリフルオロメタンスルホン酸インジウムと芳香族スルホン酸の組み合わせからなる触媒系を用いることで、リグノセルロース原料から直接的にレブリン酸エステルを高収率で得られることを見出していたが、触媒コストが課題になっていた。今年度はより安価かつ高活性な触媒の開発に取り組んだ。その結果、安価で取り扱いやすいアルミニウム化合物とスルホン酸化合物の組み合わせからなる触媒系を用いることで、既存の触媒系に匹敵する収率でレブリン酸エステルが生成することを確認した。

また、得られたレブリン酸のエンブレ原料化についての検討を行った。レブリン酸の水素化による γ バレロラクトン合成用触媒の開発を行った。各種金属触媒により検討した結果、水素を用いた場合、Cu系触媒が効率的にレブリン酸を水素化することを明らかにした。また、反応中での活性金属の溶出も確認されず、アンテナ活性を示す触媒であることがわかった。一方、ギ酸を水素源に用いた場合、酸化触媒が有効であることを見出した。

(小分子の付加による機能性化学品合成)

グリーン・サステナブル・ケミストリーの推進に貢献する技術開発の一環として、二酸化炭素からの化学品製造の研究開発を推進している。含窒素複素環カルベンを触媒としたプロパルギルアミンのカルボキシル化-環化反応では、まず2-オキサゾリジノンが生成し、逐次的な2-オキサゾリジノンの互変異性化により2-オキサゾロンが得られることを明らかにした。この反応では二酸化炭素圧により含窒素複素環カルベン由来の触媒活性種の構造が異なるために、生成した2-オキサゾリジノンの互変異性化の進行を制御できることが分かった。加えて、芳香族アミンと二酸化炭素、チタニウムアルコキシド化合物とを反応させて、芳香族ウレタンを高収率で得られることに成功した。この手法は2,4-ジアミノトルエンを用いた芳香族ウレタンの合成にも適用可能である。また、反応後の残留物からチタニウムアルコキシド化合物が再生可能であることも明らかにした。

また、低毒性のニトリル源としてアセトンシアノヒドリンに着目し、これを活用した環境調和型のシアノ化反応の開発に取り組んだ。新たな錯体触媒を開発するのではなく、安価で取扱いの容易な触媒原料から反応系中で高活性な触媒を作り出す手法の開発を検討した。その結果、市販のニッケル化合物、リン配位子を触媒原料として用いることにより、亜鉛粉末の存在下、様々なアルケン類のヒドロシアノ化反応が進行し、対応するニトリル化合物が収率よく得られることを見出した。本手法は、

様々な官能基（アルコール、エステル、ハロゲン）を有するアルケン類にも適応が可能であることも確認した。

（ヘテロ元素系反応技術）

ジアロコキシベンゼン構造を有する化合物が良好な潤滑性を示すことを見出し、水が浸入する環境下においても加水分解劣化のない合成潤滑油を開発した。

（高機能部材開発）

有機エレクトロルミネッセンス（EL）素子の発光材料として用いることが可能なイリジウム錯体の開発を行った。ピリミジン系イリジウム錯体が室温下で強い青色発光を示し、青色系有機 EL 材料として高いポテンシャルを有することを明らかにした。

また、機能性金属錯体ポルフィリンをレッドクス触媒として、BZ 反応の自律振動を制御することに成功した。複数のゲルカプセルを用いて、特定の信号 DNA 分子によるブランチマイグレーションが起こることを見出した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】バイオマス、二酸化炭素、リン化合物、シアノ化、有機 EL 素子、機能性ゲル

⑧【ナノチューブ実用化研究センター】

（CNT-Application Research Center）

（存続期間：2015.4.1～）

研究センター長：畠 賢治

副研究センター長：岡崎 俊也

首席 研 究 員：湯村 守雄

所在地：つくば市東1-1-1 つくば中央第5

人 員：12名（12名）

経 費：318,620千円（229,285千円）

概 要：

本研究センターではナノテクノロジーを代表する新素材であるカーボンナノチューブを実用化するための研究開発および研究支援業務を行う。民間に技術を橋渡しすることを前提とした、CNT の低コスト量産技術の開発、CNT の分散・成形加工・複合化などの共通基盤技術開発や CNT の用途開発技術を行う。これらを通じて、我が国の新たな産業創出に貢献すると共に、世界をリードするナノカーボン材料の総合研究センターとして、日本の産業を支える科学技術の開発を強力に推進する。

具体的には、以下の研究開発を実施する。

1) カーボンナノチューブの低コストおよび高品質化量産技術の開発

スーパーグロース法をもとに、産業応用を実現する上で重要な低コスト大量生産技術を開発する。さらに、次世代カーボンナノチューブ合成技術として、超長尺・高結晶なカーボンナノチューブの合成技術

開発をおこなう。

2) カーボンナノチューブの用途開発

スーパーグロース法で合成された単層カーボンナノチューブを中心に、ゴム・樹脂などの複合材や軽量線材などの用途開発を進める。さらに、これらを企業と共同連携し、製造メーカーと用途開発メーカーの間で BtoB の流れの形成を促進し、カーボンナノチューブ実用化・産業化の達成を目指す。

3) カーボンナノチューブの品質管理評価技術の開発

カーボンナノチューブ実用化のための品質管理評価技術の開発をおこなう。特に、分散液ならびに複合材中のカーボンナノチューブの分散状態や品質を評価する手法を開発する。また、カーボンナノチューブ産業の国際競争力強化の点から、開発した評価法の国際標準化を進める。

内部資金：標準基盤研究

「光吸収測定によるカーボンナノ材料の細胞内の取り込み量測定方法の国際規格化」

外部資金：

独立行政法人日本学術振興会

科研費補助金

「高効率光電変換素子に向けたナノアンテナ構造の開発」

「生体内分解可能なナノカーボンを用いた標的癌治療薬剤の創製」

発 表：誌上発表25件、口頭発表85件、その他8件

CNT 合成チーム

（CNT Synthesis Team）

研究チーム長：Futaba Don

（つくば中央第5）

概 要：

画期的なカーボンナノチューブの合成法、スーパーグロース法（水添加化学気相成長法）を開発し、基板から垂直配向した単層カーボンナノチューブを高効率に高純度で成長させることに成功している。

このスーパーグロース法に基づく量産基盤技術開発を行い、「かつてない規模・価格での単層カーボンナノチューブの工業的量産」を目指している。より具体的にはカーボンナノチューブ成長効率を高める炭素源・温度・触媒賦活剤の開発、大面積合成技術や連続合成技術開発などである。さらに、カーボンナノチューブには直径・長さ・結晶性・密度・カイラリティなど、さまざまな構造の多様性を有するが、これらの構造が各用途に適したものに調整されたカーボンナノチューブの成長技術を開発する。さらにはこれらの合成技術の量産化検討を進める。

研究テーマ：テーマ題目1

CNT 用途チーム

(CNT Application Development Team)

研究チーム長：山田 健郎

(つくば中央第5)

概要：

カーボンナノチューブを用途で活用するためには、その優れた性能を損なうことなく、分散・成形加工・複合化する技術を開発して、部品・部材などに作り、デバイスに組み込む必要がある。特に当チームでは長尺配向の特徴があるスーパーグロース法で作製した単層カーボンナノチューブを中心に、その特長を活かした、分散手法・複合化・成形加工・微細加工の開発を行っている。

これらの技術を活用して、カーボンナノチューブのポテンシャルを十分に引き出した、従来にない革新的な機能を有する複合材料の開発及びその部材化、それらを組み合わせたデバイス開発、実用化研究にと取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ項目2

CNT 評価チーム

(CNT Characterization Team)

研究チーム長：岡崎 俊也

(つくば中央第5)

概要：

新規材料開発において材料特性を的確に評価する手法は、組成、形状あるいは合成条件を最適化していく上でなくてはならないものである。CNT 開発においても、それは例外ではない。当研究チームでは、各用途に必要な十分な CNT 分散液および複合材、あるいは CNT 自身の特性を可視化する評価技術の開発をおこなう。また、CNT 実用化によって重要である、ナノ安全性に資する評価法の開発もおこなう。そして、開発した手法の国際標準規格化を目指し、わが国の生産する CNT の差別化をはかる。

研究テーマ：テーマ項目3

[テーマ項目1] 単層カーボンナノチューブ成長の最適点に関する研究

[研究代表者] Futaba Don (CNT 合成チーム)

[研究担当者] Futaba Don、桜井 俊介、松本 尚之、辻 亨志、山田 真保
(常勤職員3名、他2名)

[研究内容]

本研究では、最も効率よく単層 CNT フォレストを成長させるための「最適点 Sweet spot」とも言うべき複数の合成条件の最適な組み合わせを探索するべく、直径の範囲が1.3 nm から8.0 nm、平均間隔が5 nm から80nm の約340の CNT フォレストの成長速度を調査した。その結果、単層 CNT フォレストの高効率成長が起

きるのは、触媒のサイズと間隔が特徴的な一定の領域内に限られていることが分かった。約3.6 nm から上の触媒サイズでは、多層 CNT の形成が観察された。約2.4 nm から下の触媒サイズ境界では、細い単層 CNT のみが低成長速度で成長することができた。さらに、触媒間隔が約35 nm 以上だとまばらな単層 CNT が垂直配向する能力を失い、触媒間隔が5 nm 以下では触媒の凝集に起因して CNT 成長しなかった。この「最適点」内で合成された SWCNT は、大きな直径、長尺、配向性、欠陥を有する、高い比表面積 (SSA) などの用途開発に不可欠な特長を備えていた。

上記で明らかになった触媒条件および合成条件について、スケールアップしたプラントで実現するための技術開発も併せて行った。

[領域名] 材料・化学**[キーワード]** カーボンナノチューブ、触媒、CVD**[テーマ項目2] CNT の実用化検討用途開発研究****[研究代表者]** 山田 健郎 (CNT 用途チーム)

[研究担当者] 山田 健郎、畠 賢治、関口 貴子、小橋 和文、阿多 誠介、岸 良一、友納 茂樹、加藤 雄一、三浦 湖波、西澤 あゆみ、西村 光佳
(常勤職員6名、他6名)

[研究内容]

カーボンナノチューブ (CNT) を用い、その特徴を駆使した新しい CNT の部材開発を行い、用途開発へとつなげることを目的としている。たとえば、ゴム材料にスーパーグロース法で合成した長尺の単層 CNT を均一に複合化することにより、ゴムの性質を維持したまま、導電性を付与出来るばかりでなく、耐熱性等のゴムの特性も向上することを明らかにした。さらに、CNT の分散状態がそれらゴム複合材料の特性に影響を及ぼすことも明らかになってきており、CNT をゴム材料に複合化させる効果及びその原理を探索中である。これらの新しい CNT ゴム複合材料の成果を民間企業へ橋渡しすべく、量産化に資するような橋渡し研究も鋭意展開している。

また目的基礎研究として、特異な性質を示す CNT と銅との複合化に於いて、実用化を踏まえ安定的に複合化できる手法の開発を行なっている。

さらに CNT のポテンシャルを十分に引き出し、従来にない革新的な機能を有する部材の開発やそれらを用いたデバイス開発を行い、CNT 及びその微細加工技術を駆使し、電解コンデンサと同じ静電容量を、電解コンデンサと比して体積が1000分の1で達成した、CNT マイクロキャパシタの開発に成功した。加えてハイヒールで踏んでも、引っ張っても、ねじっても、洗濯しても動作する、ロバスタな CNT トランジスタの開発にも成功し、実用化に向けた要素技術及びアセンブル技術を示すことが出来た。これらの成果を通じ、CNT の実用化研究を

展開している。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕カーボンナノチューブ、スーパーグロー
ス、CNT 複合材料、CNT デバイス

〔テーマ題目3〕実用化に向けた CNT 評価法開発

〔研究代表者〕岡崎 俊也 (CNT 評価チーム)

〔研究担当者〕岡崎 俊也、岸 良一、張 民芳、
森本 崇宏、森田 裕史、飯泉 陽子、
生田 美植、鉄羅 奈央子、武 学麗、
乗添 祐樹、境 恵二郎、巽 かおり、
米山 朱希 (常勤職員5名、他8名)

〔研究内容〕

溶液中および複合材中のカーボンナノチューブ (CNT) 分散状態を総合的に評価する手法の開発をおこなった。これらの開発技術と、アンテナ効果による CNT 長さ評価法など、これまでに開発した評価技術を併せ、CNT 分散体を多面的に評価することによって、量産化に適した分散技術の開発に成功した。例えば、上記評価手段をもちいて CNT 分散体のサイズなどを定量的に評価することで、CNT ゴム・樹脂マスターバッチ用分散液作製の際の分散処理条件を最適化することができた。さらに、CNT 複合部材作製に最適な CNT 分散液の特性も明らかにすることができた。例えば、湿式法によって CNT 紡糸が可能である条件は、分散液中の CNT 凝集体サイズおよび分散液のレオロジー特性から予測可能であることが分かった。さらに、合成後の紡糸特性は、糸を構成する CNT の長さが長いほど、優れていることを明らかにした。

CNT の凝集・分散の平衡構造と初期の動的過程の解明をめざし、計算機シミュレーションを実施した。その結果、凝集におけるパーコレーションと、凝集構造におけるバンドル形成過程を再現することに成功した。

また、CNT を近赤外蛍光プローブとして応用することを試みた。特に、発光効率を実質的に100倍以上向上できる酸化 CNT について、近赤外光プローブ応用の実現性を探るため今回合成に成功した酸化 CNT は生体中の蛍光プローブとしては最適であることがわかった。マウスをもちいた動物実験をおこなったところ、従来もちいられていた量子ドットなどと比較し、安全性が高く、輝度も少なくとも100倍以上高いことが明らかとなった。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕カーボンナノチューブ、品質評価、分光、
臨床検査、ナノ安全

⑨【機能材料コンピューショナルデザイン

研究センター】

(Research Center for Computational Design of
Advanced Functional Materials)

(存続期間：2015.11.1～2022.10.31)

研究センター長：浅井 美博

副研究センター長：宮崎 剛英

総括研究主幹：青柳 岳司

所在地：つくば中央第二事業所

人 員：25名 (25名)

経 費：135,514千円 (103,254千円)

概 要：

1. 研究ユニットのミッション

産業に有用なハイパフォーマンス材料の開発に要する研究期間を大幅に短縮する為に、経験と勘に頼っていた従来の研究開発に計算材料設計を活用した非経験性を導入する。この目的に最も有効な計算材料設計手法を、産業界や大学・研究機関と協力しつつ開拓する為の研究ハブとして当センターは活動する。具体的には、構造・組成情報から材料機能を予測するといった順方向の計算予測機能を向上するとともに、それらの計算手法に大規模化や粗視化を導入する事により、ミクロからマクロにつながるマルチスケール計算材料設計技術を構築する。それらの成果を人工知能等の情報技術と結びつける事により、所望の機能を実現する為に必要な材料の構造・組成情報を逆方向に予測する為の推定スキームを確立する。それらを束ねる事により機能性部材・デバイスの開発効率を格段に高めるための設計インフラを構築し、産業界に普及する。

2. 研究ユニットの研究開発の方針

機能材料コンピューショナルデザイン研究センターには6つの研究チームを設置するがこれらを横断する以下4つの戦略課題を設定し、計算シミュレーションの産業普及の観点から整理作成する TRL を意識したマイルストーンを設けて研究を推進する。

1) 材料機能シミュレーション技術開発

材料インフォマティクス研究やフェーズ・フィールド法を用いたマルチスケールシミュレーション研究に関して比較的の先行実績が多い金属・合金のみならず、有機・無機ハイブリッド材料、有機材料、更には高分子・レオロジー材料等を含む、広範な材料を対象とした信頼性の高い機能予測計算シミュレーション技術を確立・実証する。

電子レベルから始める第一原理計算・ab initio 計算、その結果から原子・分子の力場を得て行う分子動力学計算・粗視化分子動力学計算、更にはそれらの長波長極限と繋がる連続体シミュレーションまで、多階層な計算シミュレーション技術の各々を、その長さ・時間で分類される各階層で大規模化する為に必要な階層内のスケールアップ技術と、階層間を紡ぐマルチスケール化技術を重点的に開発し、マクロな材料機能の組成依存性やマイクロ構造依存性

に関する化学的な予見性を飛躍的に高め、計算シミュレーションの実用材料開発に対する有用性ポテンシャルを飛躍的に向上する。

2) デバイス材料シミュレーション技術の開発

材料をデバイス・モジュール環境で用いた時の動作性能を電子・原子・分子レベルから第一原理的に予測する計算シミュレーション技術を開発する。材料の複数機能を計算シミュレーション内で再現できるような、高度に物理的・化学的な現実性を持った計算シミュレーション技術を開発する事により、デバイス・モジュール環境下での動作性能を最大化する為に必要な材料設計条件を導き出す。これらの技術開発を1) で開発するマルチスケール計算技術と組み合わせる事により、世界に類を見ない高い予測性能を持った計算シミュレーション技術を開発し、これをもって産業界のデバイス研究を牽引する。

3) 反応プロセスシミュレーション技術の開発

触媒反応、電気化学反応などの内、産業界で有用な反応プロセスにつき、それを非経験的に予測する為の反応路探索技術を確立する。多孔性材料を用いた触媒反応、分離・吸着反応などを含め、拡散律速の反応や、多数の素反応過程からなる複合的な反応等の実空間的な取り扱いが必要な反応につき、それを取り扱う為の計算シミュレーション技術を開発し、反応プロセスに対するコンピューショナルデザインを実用化すべく研究開発を行う。

4) 連続体シミュレーション技術の開発

有限要素法を用いた流体解析および固体解析におけるマイクロマクロを繋ぐメゾスケール解法、マルチスケール解法による大規模並列連成解析技術の開発を行う。マイクロマクロを繋ぐフェーズ・フィールド法、格子ボルツマン法や、例えば触媒などの多孔質構造を想定したメゾスケール解析技術の開発研究を行う。

(1) 中長期目標・計画を達成するための方策

アメリカでの「マテリアルズ・ゲノム」プロジェクト、ヨーロッパ各国やアジア諸国での「マテリアルズ・インフォマティクス」プロジェクト等、世界各国で計算科学、データベースと情報技術を活用した新たな材料開発研究スキームに関する開拓プロジェクトが急増している。この影響が各国の特許審査のあり方に変化を与え、計算シミュレーション結果のみで成立する特許が増加する可能性が高い。産業界においても、この動きに取り残される事に対する危機感が強い。一方、機能性材料に関してはビックデータが殆ど存在せず、従来型の「データ駆動型」のみでは困難が生じる場合が多い事も予想される。ハイパフォーマンス材料の高速探索に関して、その基盤技術を高める必要が広く認識されており、その開発期間を飛躍的に短縮する事ができるような計

算材料設計手法・解析手法に関わる基盤技術の開発を目指す本研究センターは、開発推進主体として最適な研究組織である。本センターで開発を目指す計算材料設計システムは材料・化学領域で目指す「最終製品の競争力の源となる革新的部材・素材の提供」の開発・支援に必要な研究インフラストラクチャーであり、ハイパフォーマンス材料の高速探索を目指す為には必須の資源である。計算材料設計の活用は企業において未だ充分に進んでおらず、企業が苦手としている分野であり、これに関わる飛躍的な研究開発とその普及活動を行う本研究センターの設置は、産総研第4期中長期計画において最も重要な「橋渡し機能の強化」に有用である。

(2) 平成27年度の重点化方針

研究センター設置全期に渡って、時間・空間に関する各種階層で大規模化する為に必要な階層内スケールアップ技術を開発すると同時に、階層間を紡ぐマルチスケール化技術を開発する。同時にデバイス機能や反応プロセスの材料・分子種依存性を直接計算機の中で再現する為の計算シミュレーション技法も重点的に開発する。平成27年度は、これらの計算シミュレーション手法開発の構成要素技術の個別開発の準備研究を重点的に行う。

独立行政法人日本学術振興会平成27年度科学研究費助成事業（科研費）

「単一分子と組織化分子ネットワークの非線型伝導理論」（新学術領域研究（研究領域提案型））[研究代表者] 浅井 美博

「分子アーキテクニクス：単一分子の組織化と新機能創成」（新学術領域研究（研究領域提案型））[研究代表者] 冨田 博一（大阪大学）

「グラフェン原子層境界における谷分極伝導」（新学術領域研究（研究領域提案型））[研究代表者] 中西 毅

「キラルプレンステッド酸触媒による制御システムの理論的検討」（新学術領域研究（研究領域提案型））[研究代表者] 山中 正浩（立教大学）

「高移動度を示す有機トランジスター中のキャリアの電子状態とダイナミクス」（基盤研究（B））[研究代表者] 黒田 新一（名古屋産業科学研究所）

「電気化学界面における溶媒和イオン液体の特異な電荷移動反応」（基盤研究（B））[研究代表者] 獨古 薫（横浜国立大学）

「単分子素子の機構解明を先導する機能性 π 電子系の創製」（基盤研究（B））[研究代表者] 家 裕隆（大阪大学）

「グラフェン・ナノ構造の電気伝導」（基盤研究（C））[研究代表者] 中西 毅

「第一原理計算によるスピン軌道相互作用系の電界効果の研究」（基盤研究（C））[研究代表者] 三宅 隆

「糖鎖結合性タンパク質の分子認識/反応機構に関する分子基盤の構築」(基盤研究(C)) [研究代表者] 石田 豊和

「水素結合型有機誘電物質における強誘電性光制御の理論」(基盤研究(C)) [研究代表者] 岩野 薫 (高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所)

「First-principle device simulation」(研究活動スタート支援) [研究代表者] Buerkle Marius

「高分子材料設計のための大規模分子シミュレーション手法の開発」(若手研究(A)) [研究代表者] 高橋 和義

「パラジウムクラスターによる窒素と水からのアンモニア生成触媒反応」(挑戦的萌芽研究) [研究代表者] 村上 純一 (埼玉大学)

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST)

「有機材料を用いた次世代強誘電物質科学の創成」[研究代表者] 堀内 佐智雄 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

「デジタルデータの長期保管を実現する高信頼メモリスシステム」[研究代表者] 竹内 健 (中央大学)

国立研究開発法人科学技術振興機構 先端的低炭素化技術開発 (ALCA)

「次世代高性能リチウム硫黄電池の開発」[研究代表者] 渡邊 正義 (横浜国立大学)

文部科学省科学技術試験研究委託事業「元素戦略磁性材料研究拠点」

「平面波基底法 (QMAS) 等を基軸にした磁気物性量の高精度計算手法の開発」[研究代表者] 三宅 隆

発 表 : 誌上発表33件、口頭発表103件、その他4件

多階層第一原理計算手法開発チーム

(First-principles multi-scale simulation Team)

研究チーム長 : 石橋 章司

(つくば中央第2)

概 要 :

当チームでは、第一原理計算手法・プログラムの開発・高度化、および、多階層化に向けた整備を行なっている。現実の問題の解決に際して、最善のスキームの確立を図り、必要に応じてデータ科学的手法を活用している。平成27年度の研究成果を以下に例示する。第一原理物質材料シミュレータ QMAS の開発・整備を続け、金属・半導体中の点欠陥における陽電子状態・消滅パラメータの計算に応用した。Fragment Molecular Orbital (FMO) 法に関わる計算機能の拡張を行ない、化学反応や溶液中の開殻系の電子状態記

述などに応用した。アダプティブ有限要素法の開発を継続し、燃料電池の高分子電解質膜を対象に第一原理分子動力学計算を遂行した。磁石化合物 NdFe₁₁TiX に於いて、X として最適な第2周期元素が窒素であることを見出した。

研究テーマ : 材料機能シミュレーション技術開発、デバイス材料シミュレーション技術の開発、反応プロセスシミュレーション技術の開発

物性機能数理設計手法開発チーム

(Functional mathematical modeling Team)

研究チーム長 : 大谷 実

(つくば中央第2)

概 要 :

当チームでは、物質の性質を理解するために数理モデルを構築し、支配方程式の解法を提案する。モデルを第一原理計算手法に組み込むことにより、実環境下における物質の特性を予測し、デバイス設計指針の提示を行っている。(1)扁平したカーボンナノチューブを閉じた端のある2層グラフェンと見なし、境界条件を求め有効質量理論を構築した。肘掛け椅子型とジグザグ型の扁平したナノチューブについて電子状態の層間のずれ依存性を明らかにした。扁平したカーボンナノチューブは端の乱れが無い理想的な量子細線材料として期待される。(2)アモルファス材料設計のための基盤技術として、アモルファス材料の原子配列に対応するポロノイ多面体タイリングを構成する多面体を、多面体コードワードと呼ぶ数列で表現する理論を創出した。さらに、その理論を拡張し、多面体の配列パターンを多胞体コードワードと呼ぶ多面体コードワードの並びで表現する理論を創出した。(3)有効遮蔽媒質法を用いて、固液界面における電気化学反応シミュレーションを行った。拘束系の第一原理分子動力学シミュレーションを行うことにより、反応の活性化エネルギー等を求め、速度論を適用することにより電流-電圧曲線をプロットすることを可能にした。

研究テーマ : 材料機能シミュレーション技術開発、デバイス材料シミュレーション技術の開発、反応プロセスシミュレーション技術の開発

多階層分子シミュレーション手法開発チーム

(Multi-scale molecular simulation Team)

研究チーム長 : 下位 幸弘

(つくば中央第2)

概 要 :

高い信頼性で材料機能を予測するマルチスケール計算材料設計技術の確立・実証ならびに触媒反応・電気化学反応などの産業界で有用な反応プロセスを非経験的に予測するための反応路探索技術の確立を最終目標に、量子化学計算法や分子動力学法等の分子シミュレ

ーション技術とそれを用いた材料研究について個別開発の準備研究を行った。より具体的には、レイバントを扱う分子動力学シミュレーションの開発、基質認識や酵素反応などの生体分子機能の分子シミュレーション、量子化学計算を用いた反応メカニズムの解明、分子間相互作用の精密解析、ならびに、分子シミュレーションを用いた機能材料の構造-物性相関ならびに材料設計技術開発に取り組んだ。この中で、ケイ素からなる2次元物質シリセンについて、銀基板上での1層シリセンが酸素分子と容易に反応し、独自の酸化現象を示すことを、第一原理分子動力学法により実験にさきがけ理論的に初めて明らかにした。また、 CaSi_2 結晶にフッ素を混入することで新しい2層シリセン構造が形成されることを、実験グループと共同で明らかにした。

研究テーマ：材料機能シミュレーション技術開発、反応プロセスシミュレーション技術の開発

多階層ソフトマテリアル解析手法開発チーム

(Multi-scale soft matter simulation Team)

研究チーム長：森田 裕史

(つくば中央第2)

概要：

当チームでは、ソフトマテリアルシミュレーションに必須な粗視化モデルと多階層化技術を駆使しながら、ソフトマテリアル材料の構造・物性・機能について解析する研究を進めている。具体的には、ソフトマテリアルの特徴的なプロセスである自己組織化による薄膜形成過程について、粗視化分子動力学法を用いたシミュレーションを用いて解析した。鎖状分子の構造として、基板に対して垂直に配向する場合と水平に配向する場合が考えられるが、自己組織化過程として成長する際に、基板からの強い相互作用があっても水平配向から垂直配向する過程も観察された。また、信頼性の高い構造・機能を予測するための技術として計測との連携研究が挙げられるが、陽電子消滅法によって求められる平均自由体積について、分子動力学法から陽電子半径を予測するための技術開発にも着手し、ポリプロピレンに適用できることを示すことができた。さらに2012年から進めているコンソーシアム「ゴム・エラストマーにおける理論・シミュレーション基礎研究会」では、ゴムの引張シミュレーションについて、メンバー企業により学会発表していただける段階まで進めることができ、成果の橋渡しを進めている。

研究テーマ：材料機能シミュレーション技術開発

統合マクロ計算手法開発チーム

(Integrated macroscopic simulation Team)

研究チーム長：松本 純一

(つくば中央第2)

概要：

当チームでは、連続体モデルに基づくマクロ計算における流体、固体、熱などの連成解析、ミクロ計算との親和性を考慮したメゾ、マルチ、ブリッジングスケールにおける方法を取り入れた解析技術、これらの順解析および逆解析を可能とする統合的なマクロ計算手法の開発を目指している。これまで粘性がせん断速度に依存しないニュートン流体において、メゾスケール解法の一つである Phase-Field 法に基づく気液二相流解析の開発を行ってきた。今年度は、粘性がせん断速度に依存する非ニュートン流体の調査を行い、特に擬塑性流体について開発を行った。具体的には流体の特性によって決まる二変数を持つ擬塑性流体特有のせん断速度と粘性の近似式において、複数の実験値から逆問題的アプローチによってこの二変数を自動的に決定できる方法を開発し、3次元実モデルの樹脂流動において密度比約1千倍、粘性比約1億倍の条件での計算に成功した。得られた計算結果と実験結果の比較検証を行った。また、固体、液体、気体界面の取扱いが可能な、非構造格子による Multi-Phase-Field モデルを用いた固体・液体・気体の三相流解法の構築を行った。

研究テーマ：連続体シミュレーション技術の開発

統合シミュレーション実験検証チーム

(Multi-simulations Verification Team)

研究チーム長：宮本 良之

(つくば中央第2)

概要：

当チームはマルチスケールシミュレーションの手法の実験結果への適用性を検証することを目標としている。そのために、時間と空間それぞれの軸において異なる次元の現象を連結するスキームの確立を目指し、産業用シミュレーション技術の開発に貢献する。H27年度は、Si ナノクラスターの第一原理計算を行い、計算された電子特性と光吸収測定データの比較からナノクラスターの構造を特定した。現在、実験チームとの共同研究を進め Si ナノクラスターのデバイス応用を検討している。また、グラフェンナノリボンの光変調性能を第一原理計算から予測し、THz 発振素子構造を提案し特許出願を行った。現在、実験的な研究パートナーを模索し、より大きなシステムの理論へと拡張を検討中である。最後に、励起状態ダイナミクスに応用されている時間依存密度汎関数理論と古典的な分子動力学計算を組み合わせる手法を検証し、エチレンとアゾベンゼン分子の光異性体化反応の数値計算での適用性を示した。この検証はさらに他の分子の場合へと継続して行う。

研究テーマ：①ナノ材料物性予測、②ナノ材料を利用したデバイス設計、③当テーマ達成に必要な

マルチスケールシミュレーション技術の検
証

5) エレクトロニクス・製造領域

(Department of Electronics and Manufacturing)

領域長：金丸 正剛

概要：

領域長は、エレクトロニクス・製造領域における研究の推進に係る業務の統括管理を行うとともに、領域間の融合を推進する業務を実施している。

①【エレクトロニクス・製造領域研究戦略部】

(Research Promotion Division of Electronics and Manufacturing)

研究戦略部長：原市 聡

研究企画室長：昌原 明植

所在地：つくば中央第1

人員：14名（13名）

概要：

研究戦略部長は、領域内企業連携強化に向けたマーケティング業務、各領域の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く。）を統括するとともに、領域間の融合を推進する業務を実施している。

エレクトロニクス・製造領域研究戦略部研究企画室

(Research Planning Office of Electronics and Manufacturing)

概要：

当室は、エレクトロニクス・製造領域研究戦略部に置かれ、研究所の業務のうち、当該領域における研究の推進に関する業務を実施している。

具体的には、研究戦略の策定と研究計画のとりまとめ、研究戦略予算テーマの立案、領域重点化課題研究テーマの選定・評価、研究ユニットへの交付金予算の配分、領域内・領域間のスペース利用の調整、プロジェクトの企画・立案・総合調整、経済産業省その他関係団体等との調整、領域長及び研究戦略部長が行う業務の支援、オープンプラットフォーム推進に係る企画・調整、技術研究組合の窓口業務、見学・視察対応等の業務を行っている。

機構図（2016/3/31現在）

[エレクトロニクス・製造領域研究戦略部研究企画室]

研究企画室長：昌原 明植 他

②【ナノエレクトロニクス研究部門】

(Nanoelectronics Research Institute)

(存続期間：2011.4.1～)

研究部門長：安田 哲二

副研究部門長：中野 隆志

首席研究員：富永 淳二、Kolobov Alexander

総括研究主幹：安藤 淳、秋永 広幸

所在地：つくば中央第1、つくば中央第2

つくば中央第5

人員：59名（59名）

経費：1,425,451千円（641,237千円）

概要：

1. 社会的・技術的背景と研究ユニットのミッション
データの生成・蓄積・流通の量は、10年で10倍以上の指数関数的な速度で増加している。この大規模データの利活用はビジネスの成功や公共サービスの向上のために益々重要となっている。増加を続けるデータを効率的に収集・解析・活用していくためには、様々なIT機器やセンサを多様なニーズに応じて実現し、その性能を向上させ低消費電力化していくことが必要である。しかし、IT機器等の高性能化・低消費電力化を支えてきたシリコン集積回路の微細化は、技術的な限界のために従来の所謂ムーアの法則に沿った進展が困難になっている。また、最先端半導体の開発や製造に要する投資規模の巨大化という経済的理由も加わって、微細化が終焉しつつあることが広く認識され、2020年代後半に訪れると予想されるポストスケール時代に向けて様々な技術オプションが提案されるなど、技術開発の潮流が変化している。

上述の認識に基づき、ナノエレクトロニクス研究部門のミッションを以下のように設定する。すなわち、集積回路に用いられる材料、デバイス、作製プロセス、設計、及び、解析評価に関する革新技術を創出し、大規模化・多様化するデータ利活用を高速化・超低消費電力化するハードウェア開発を先導する。また、超伝導、ミニマルファブ、FPGA等の技術を応用して、社会や市場の多様なニーズに対応する高性能センシングや変量多品種デバイス製造・回路設計を実現する。研究成果を企業との共同研究・受託研究や地域センターとの連携を通じて橋渡しすると共に、そのプロセスを通じて研究人材や技術経営人材を育成する。これらの取り組みにより、急速な変化を続ける半導体関連分野における我が国の産業競争力を強化し、イノベーション創出の基盤である情報通信プラットフォームの高度化と高効率化に貢献する。

2. 重点的に取り組む課題

第4期中長期計画期間において、ナノエレクトロニクス研究部門は主に以下の4項目について重点的に研究を進める。

(1) 半導体集積化技術の追求による情報通信システムの高性能化および超低消費電力化

大規模化するデータに対応して高性能な情報処理を高エネルギー効率で行うための技術として、ギガバイトクラスの集積度を持つ相変化メモリ技術、シリコン MOSFET の駆動力省エネ性を超えるロジックデバイス技術、これらを三次元集積する技術を開発する。

(2) 新規情報処理技術による情報通信システムの高性能化および超低消費電力化

通常の CMOS 集積回路では実現できない新規の情報処理技術を創出するために必要となる新材料技術および新原理デバイス技術を開発する。

(3) もののインターネット化に対応する製造およびセンシング技術

社会インフラや産業インフラの保守や点検等に資するため、高エネルギー分解能の超伝導検出器の多画素・多重化技術を開発する。

(4) ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術

エレクトロニクス・MEMS の変量多品種オンデマンド生産技術として、ミニマルファブ技術の開発を行う。

3. 研究の実施体制

第4期中長期計画期間の開始にあたって、ナノエレクトロニクス研究部門では研究グループの再編を行った。その基本的な考え方として、まず、当研究部門がカバーすべき分野として、技術を切り口として、「半導体デバイス集積技術」、「超伝導体デバイス集積技術」、「新材料・新デバイス・ナノスケール計測技術」、「変量多品種製造技術」の4つを定めた。これらの分野の設定にあたっては、別の考え方として、技術そのものではなく、技術の応用先を切り口とすることも考えられた。今回の研究グループ再編において前者のアプローチを取ったのは、産総研がこれまでに開発してきた研究成果を継承し、今後の研究活動で獲得する新たな技術的知見を蓄積していくためには、技術ごとに研究者をグルーピングして人材育成していくことが適切と考えたためである。4つの分野は、もちろん、技術に対する社会・産業界のニーズの変化や、新技術分野の興隆があれば、それに対応して中長期的な観点から見直していくものである。

具体的な研究グループの編成について以下にまとめる。半導体デバイス集積技術については、ナノ CMOS 集積グループ（新設）、新材料デバイス集積

グループ（新設）、3D 集積システムグループ、エレクトロインフォマティクスグループの4グループへ再編した。超伝導体デバイス集積技術については、旧計測フロンティア研究部門から当研究部門に異動した研究員を加えて、超伝導計測信号処理グループ（新設）と超伝導分光エレクトロニクスグループ（新設）の2グループ体制とし、超伝導体デバイス研究を一つの研究部門のマネジメントの下で推進する体制を整えた。新材料・新デバイス・ナノ計測技術については、システムティックマテリアルズデザイングループ（新設）とエマージングデバイスグループの2グループを置き、第5事業所を主たる拠点として研究を進める体制とした。変量多品種製造技術については、従来のミニマルシステムグループに加え、カスタムデバイスグループ（新設）を置き、ミニマルファブ等による様々なデバイスの製造に関する研究の体制を強化した。

上記2.の4つの研究項目と上記研究グループの対応については、(1)は半導体デバイス集積技術と新材料・新デバイス・ナノ計測技術の計6グループ、(2)は超伝導体デバイス集積技術と新材料・新デバイス・ナノ計測技術の計4グループ、(3)は超伝導体デバイス集積技術の2グループ、(4)は変量多品種製造技術の2グループが主に担当した。

4. 研究部門の運営

ナノエレクトロニクス研究部門の成果の主たる橋渡し先は半導体関連企業（デバイスメーカー、半導体ユーザー企業、装置・計測器メーカー、材料メーカー、ファブレス、ファウンドリ等）である。半導体産業では、微細化が限界に近づく中で、多様化が著しい技術オプションについて、技術や市場の急速な変化に対応しつつ研究開発を行うことが求められている。この状況の中で半導体関連企業が求めているのは、ナノエレクトロニクスに関する科学的・技術的な蓄積を有する当部門をパートナーとして研究開発を進めることにより、技術潮流を見通した研究開発を先導し世界市場の中での競争力を維持・向上していくことである。この認識に基づき、当研究部門の軸足は、橋渡し前期の研究、及び、目的基礎研究に置いた。ただし、製品や製造技術の実用化に向けた個別具体的な問題解決にも一定の-effort を振り分け、この橋渡し後期の研究開発の中で、目的基礎や橋渡し前期の研究の課題設定を研ぎ澄ましていくことを狙った。すなわち、目的基礎研究と橋渡し研究とをリニアモデルの枠組みで捉えるのではなく、両者の間で好循環を回していくことをユニット運営の基本とした。

研究資金に関しては、戦略予算（IMPULSE 等）と外部資金（公的資金、企業との共同研究等）を用いて、上記2.の4つの研究項目についての代表的な

成果を創出した。領域から配分された重点化課題予算は、これら代表的成果創出の基盤となる各研究グループの要素技術を磨く共に、シーズ技術を育てるために用いた。また、クロスアポイントメント制度を活用して東北大学から寒川誠二教授を招聘し、中性粒子ビーム加工による微細加工プロセスを高度化し、同技術の実用化加速に取り組んだ。

内部資金：

戦略予算／超伝導トンネル接合 X 線検出器付き SEM に関する試作（研究）

戦略予算／超伝導蛍光 X 線分析装置に関する試作

戦略予算／高電力効率大規模データ処理イニシアチブ（IMPULSE）

戦略予算／革新的人工知能技術のための超伝導量子計算機開発

戦略予算／IC の偽造防止技術の開発

戦略予算／ミニマルファブの橋渡し機能強化のためのシステム開発

外部資金：

受託／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構／次世代スマートデバイス開発プロジェクト/車載用障害物センシングデバイスの開発

受託／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構／エネルギー・環境新技術先導プログラム／新材料・新構造メモリデバイス基盤技術の研究開発

受託／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構／エネルギー・環境新技術先導プログラム／ULP センサモジュールの研究開発

受託／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構／次世代スマートデバイス開発プロジェクト／電子・材料・ナノテクノロジー部実施事業の周辺技術・関連課題における小規模研究開発の実施/三次元積層構造により高い EMC 性能を発揮する VLSI システムの設計法に関する研究開発

受託／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構／エネルギー・環境新技術先導プログラム／ビッグデータ処理を加速・利活用する脳型推論システムの研究開発～新原理デバイス・回路による超高速・低消費電力ハードウェア技術の開発とそのシステム化～

受託／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構／エネルギー・環境新技術先導プログラム／高機能暗号を活用した革新的ビッグデータ処理の研究開発

受託研究／JST 戦略研究推進部／国立研究開発法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／極薄強誘電体膜の形成と機能デバイスの開発

受託研究／JST 戦略研究推進部／国立研究開発法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／カルコゲン超格子によるトポロジカル機能発現とマルチフェロイック機能デバイスの創製

受託研究／JST 戦略研究推進部／国立研究開発法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／テラヘルツ検知用半導体ナノ素材・素子の研究

受託研究／JST 戦略研究推進部／国立研究開発法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／長期保管メモリの材料設計および評価

受託研究／JST 戦略研究推進部／国立研究開発法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（さきがけ）／遷移金属内包シリコンクラスターを用いた低消費電力トランジスタ材料・プロセスの創出

受託研究／JST 環境エネルギー研究開発推進部／国立研究開発法人科学技術振興機構／略的創造研究推進事業（先端的低炭素化技術開発）（ALCA）／ナノ Si 熱電材料の実現のための材料設計指針の探索

受託研究／JST 環境エネルギー研究開発推進部／国立研究開発法人科学技術振興機構／略的創造研究推進事業（先端的低炭素化技術開発）（ALCA）／微小ジョセフソン接合の開発と超伝導集積回路の高度化

受託研究／JST 産学連携展開部／国立研究開発法人科学技術振興機構／研究成果展開事業【研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）シーズ顕在化タイプ】／Si 貫通電極ウエーハの超平坦・金属汚染フリー・薄化加工のための研削ヘッドの開発

受託研究／JST 産学連携展開部／国立研究開発法人科学技術振興機構／研究成果展開事業【研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）シーズ顕在化タイプ】／超高速 CPU 開発に向けた高品質シリコンゲルマニウム結晶基板製造の研究

受託研究／JST 産学基礎基盤推進部／戦略的イノベーション創造プログラム【SIP】「革新的構造材料」／微

細加工施設及び陽電子施設を中心とした先端計測技術開発と拠点形成

受託/JST/国立研究開発法人物質・材料研究機構/超伝導検出器を用いた分析電子顕微鏡の開発

受託/国立大学法人京都大学/微小真空冷陰極アレイを用いた高い放射線耐性を持つ小型軽量撮像素子の開発

受託/国立大学法人東京大学/超伝導転移端センサが切り拓く革新的原子力基盤計測技術<検出器アレイ多重読出回路の開発>

受託/経産省/国立大学法人東北大学未来科学技術共同研究センター/平成27年度戦略的基盤技術高度化支援事業(機関補助金)/ナノパーティクルデポジション法で形成する微細金コーンバンプを使った微細ピッチ低温バンプ接合技術の実用化研究開発

受託/三菱総合研究所/「平成27年度工業標準化推進事業委託費(戦略的国際標準化加速事業:政府戦略分野に係る国際標準化活動)/ナノエレクトロニクスに用いるナノカーボン特性評価に関する国際標準化

文部科学省/科研費/挑戦的萌芽研究/2次元層状薄膜を用いた励起子レーザの開発

文部科学省/科研費/基盤研究(B)/ジョンソン雑音温度計のための集積型量子電圧雑音源

文部科学省/科研費/基盤研究(B)/テラヘルツ対応 CMOS-FinFET を用いた低コストセキュリティ技術の確立

文部科学省/科研費(研究分担者)/基盤研究(B)/トポロジカル絶縁体/超伝導体接合におけるスピン流を用いた熱制御デバイスの理論

文部科学省/科研費/若手研究(B)/トポロジカル絶縁体によるアレイ型テラヘルツイメージングデバイスの開発

文部科学省/科研費/若手研究(A)/トンネルトランジスタのトラップエンジニアリングによる新機能素子の創製

文部科学省/科研費/新学術領域研究(研究領域提案型)/ナノギャップ電極を用いた分子 ReRAM の創成

文部科学省/科研費(研究分担者)/基盤研究(B)/革

新的な超伝導分子検出技術の開拓と宇宙における分子進化の精密評価への展開

文部科学省/科研費/基盤研究(C)/基板吸収型超伝導トンネル接合 X線検出器の開発

文部科学省/科研費/挑戦的萌芽研究/原子層シリサイド半導体による革新的エレクトロニクス要素技術

文部科学省/科研費/若手研究(B)/固有接合量子メタマテリアルを用いた光制御技術に関する理論研究

文部科学省/科研費/若手研究(B)/高立体角な蛍光 X線計測のための大規模・高密度超伝導アレイ検出器

文部科学省/科研費/研究活動スタート支援/超格子相変化薄膜の基礎的研究と電子デバイスへの応用

文部科学省/科研費/基盤研究(A)/超伝導検出器多面素化と冷却系簡素化を両立するマトリョーシカ型周波数多重読出回路

文部科学省/科研費/基盤研究(C)/低温走査トンネル顕微鏡による単一ドーパント原子の電界誘起イオン化ダイナミクス観察

文部科学省/科研費/基盤研究(S)/百万画素サブミクロン分解能中性子ラジオグラフィのための固体超伝導検出器システム

文部科学省/科研費/基盤研究(S)/熱力学的極限に挑む断熱モード磁束量子プロセッサの研究

文部科学省/科研費/基盤研究(A)/大規模 SSPD アレイによるシングルフォトンイメージング技術の創出

文部科学省/科研費/基盤研究(A)/超並列アナログ脳型 LSI に向けたナノ構造メモリ素子とその集積回路化の研究

文部科学省/科研費/基盤研究(A)/超伝導転移端センサが実現する粒子線治療用線量標準の高精度化

文部科学省/科研費/基盤研究(A)/導電性高分子鎖によって配線した単分子デバイスの機能計測

文部科学省/科研費/基盤研究(B)/MEMS 技術を用いた300GHz帯 FW-TWT の開発

文部科学省/科研費/基盤研究(B)/変調ドーブと結晶

粒径極微制御による高移動度・低熱伝導率ナノシリコン熱電材料の創成

文部科学省／科研費／基盤研究(B)／超伝導光検出器を用いた液体ヘリウム TPC の開発と軽い暗黒物質の探索

文部科学省／科研費／基盤研究(C)／最高速 CPU 開発に向けた高品質バルク混晶シリコンゲルマニウム単結晶育成方法の確立

文部科学省／科研費／挑戦的萌芽研究／3次元ベクトル磁場走査型 SQUID 顕微鏡の開発

機関補助金／経産省／学校法人 立命館／平成26年戦略的基盤技術高度化支援事業（機関補助金）／高度 IT 融合社会の安全・安心を支える次世代自動車用セキュリティ・ゲートウェイ・ECU の開発

受託／経産省／公益財団法人 福岡県産業・科学技術振興財団／平成25年度戦略的基盤技術高度化支援事業(再委託)／超小型電子光学系と異形小型高真空ポンプを内蔵した小型・低価格な測長用電子顕微鏡（CD-SEM）の開発

機関補助金／経産省／よこはまティーエルオー株式会社／平成27年戦略的基盤技術高度化支援事業（機関補助金）／微細パターンの基板に対応した真空差圧式レジスト剥離、エッチング装置の開発

発表：誌上発表224件、口頭発表326件、その他8件

ナノ CMOS 集積グループ

(Nano-CMOS Integration Group)

研究グループ長：松川 貴

(つくば中央第2)

概要：

IoT や AI など今後さらに発展する IT 技術は、ハードウェアの面でシリコン集積回路の劇的な進化に支えられている。当グループはシリコン集積回路技術のさらなる高性能化・低消費電力化を推し進めるための基盤技術を開発し、我が国の IT 社会と半導体関連産業に貢献することを目指している。これまでに半導体の高性能化は寸法の微細化により進められてきたが、近年では単純な寸法縮小では性能向上が困難になってきている。この限界を打破するために、産総研発の立体チャンネルデバイスである FinFET 技術の高度化、通常の MOSFET の限界を超える省電力性を有する新原理トランジスタ、これらを用いた新規回路技術の研究開発を行っている。上記研究開発においては、ナノエレクトロニクス研究部門で管理するナノ棟 CMOS

試作設備を活用し、新規デバイス・回路の試作、評価を行っている。また、上記研究開発によるシーズ技術を中心に、産学との積極的な連携を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1

新材料デバイス集積グループ

(Advanced Materials and Devices Integration Group)

研究グループ長：遠藤 和彦

(つくば中央第2)

概要：

情報インベーションで日々増大する大容量データを効率的に処理するには、半導体集積回路の集積度や性能を更に向上させる必要がある。これまでは、スケールリングと呼ばれる半導体集積回路の微細化によりその性能が向上し、飛躍的な情報処理技術の発展に寄与していた。しかしながら、半導体集積回路の微細化が、近年はいよいよその物理的限界に近付きつつあり、微細化による性能向上に限界が見え始めている。そこで本研究グループは、微細化に頼らない集積回路高性能化のために、ポストシリコン材料と呼ばれるシリコンを凌駕する特性を持つ半導体材料の導入を積極的に進め、主として下記の研究課題を進めている。(1) 化合物半導体や、ゲルマニウム、遷移金属ダイカルコゲナイド等の高移動度チャンネルを用いた高性能トランジスタ技術、(2) 上記異種材料のシリコンウエハー上への集積化技術、(3) 複数の異種材料トランジスタ層をシリコンウエハー上に3次元に積層化するための基盤技術、(3) 磁性やスピンを利用した新構造メモリや新原理トランジスタ

(4) 負性容量をゲートスタックに持つ新規トランジスタや、ゲートスタックの信頼性評価

研究テーマ：テーマ題目6

3D 集積システムグループ

(3D Integration System Group)

研究グループ長：菊地 克弥

(つくば中央第1本部・情報棟)

概要：

三次元 LSI 集積技術を活用した超並列バス・ヘテロジニアスアーキテクチャの採用による超低消費電力 LSI 集積システムの開発に研究取り組む。平成27年度は、車載用センシングデバイスの三次元集積実装システムの設計・プロセス評価技術に関する研究開発を進めた。特に、三次元 LSI 積層構造の構築に向けて、デバイス熱拡散構造について電気回路・熱連成解析技術等を構築して、回路設計技術の基盤技術の研究開発を進めた。また、三次元 LSI 積層構造におけるシリコン貫通電極技術において、解析技術の構築を含め、低応力・高信頼性に向けた研究開発を進めた。また、三次元 LSI 積層構造における高精度フリップチップ

接続技術による高密度バンプ接続プロセス技術の研究開発を進めた。また、三次元 LSI 集積技術において、シグナルインテグリティ (SI)・パワーインテグリティ (PI) に向けて、電源安定化技術の研究開発を進めた。

研究テーマ：テーマ題目1

エレクトロインフォマティクスグループ

(Electroinformatics Group)

研究グループ長：小池 帆平

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、ナノエレクトロニクス技術の提供するシーズと情報処理技術からのニーズとを垂直統合的に分野融合させ、新たな電子情報技術の創出することを目指して以下の研究を進めている。(1)新型デバイス向け回路シミュレーション技術の開発：新型デバイスを応用した回路/システム技術の研究開発に必須となる回路シミュレーション技術を開発する。(2)FlexPowerFPGA の開発：新型デバイスの応用例として、しきい値電圧をプログラム可能な超低消費電力 FPGA である FlexPowerFPGA および関連技術を開発する。(3)新型デバイス回路応用技術等の研究：エレクトロニクス技術の提供するシーズと情報処理技術からのニーズとを一元的に融合させた、新たな付加価値を生む情報システム技術について、デバイスの特性を巧みに利用した新しい回路技術に重点を置きつつ、新たな応用技術の模索、関連技術の調査、基本特許の出願、論文発表、新規プロジェクトの提案を行なう。(4)次世代 Technology CAD の開発：物理モデルの搭載が容易で、大規模並列計算可能な、幅広い次世代デバイス開発に貢献する TCAD を開発する。(5)IC チップの偽造防止および認証手法の開発：IC チップの偽造防止技術である Physically Unclonable Function (PUF)の開発を行なう。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3、テーマ題目7

ミニマルシステムグループ

(Minimal System Group)

研究グループ長：原 史朗

(つくば中央第2)

概要：

低コスト集積回路製造の究極の姿は、ルームサイズファクトリーである。それぞれの製造装置は1フィート立方程度大きさとなる。この新しい産業システム構築構想を「ミニマルファブ構想」と名付け、2010年1月にファブシステム研究会（設立時：企業16社2大学、本報告執筆時点：122社12大学3特許事務所7公的機関）を立ち上げ、構想実現のための技術開発を進めている。ミニマルファブは、現行300mm ウェ

ハと比較しておおよそ面積が1/1,000のハーフィンチウエハ（正確には直径12.5 mm）を用いることで、装置サイズを幅30 cm まで縮小し、これによって設備投資額も1/1,000の5億円程度まで抑える最小単位の半導体デバイス生産システムである。

研究会企業、そして2012年に設立したミニマルファブ技術研究組合とともに産総研を中核としてミニマルファブの開発を進めている。本グループのミッションは、その開発全体を統括し開発をリードすること、ミニマルファブの共通コア技術であるウェハ搬送系の開発を行うこと、ミニマルファブに関する様々な要素の仕様決定を推進すること、開発装置群を用いたデバイスを試作することなどである。本年度は、開発した前工程装置群を用いて、従来のメガシステムでは困難な超微細立体構造加工技術や PZT 圧電素子の配向性技術を開発した。また、ミニマルファブをより高度にシステム化するためのシステム制御コントローラの開発を進めた。今後、さらに、これらミニマル装置群の実用化へ向けた改良と他のミニマルプロセス装置群の実用化開発を進めて行く。

研究テーマ：テーマ題目2

カスタムデバイスグループ

(Custom Device Group)

研究グループ長：長尾 昌善

(つくば中央第2)

概要：

我々は、社会や市場の多様なニーズに応える新機能・集積デバイス技術を提供することをめざして、多様で特徴のあるデバイスの基盤技術・プロセス技術を開発することを目標としている。特に多様化が求められるセンサーデバイスやメモリーデバイスなどへの応用が可能な、産総研独自の基盤要素技術の開発に注力するとともに、各デバイス開発の共通基盤インフラとなるミニマル装置群と既存ファブのハイブリッドプロセスの開発を進めている。産総研独自の基盤技術開発として、以下の課題を推進している。不揮発メモリへの応用が有望な強誘電体トランジスタのデバイス構造やプロセスの最適化。産総研独自のフィールドエミッタ技術を進化させ、耐放射線撮像素子や大電力高周波デバイスなど半導体では実現できないデバイス応用に向けてのプロセス開発。多様なセンサーへの展開が期待できる、CMOS-MEMS 融合デバイスの開発。10nm 以降の世代の短チャネル効果抑制が期待できる MoS₂などの新規二次元電子材料・新規ナノ材料をデバイス化する技術の開発。以上のデバイス技術開発に加え、デバイス開発を下支えする計測技術として、走査プローブ顕微鏡を用いた不純物分布の計測・評価技術にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3

超伝導計測信号処理グループ

(Superconducting Sensors and Circuits Group)

研究グループ長：神代 暁

(つくば中央第2)

概要：

科学技術・産業技術に関わるあらゆる分野で重要性が認識される計測と、その信頼性を保証する計量標準の発展に資するため、半導体や磁性体等、他の素材では実現不可能な高精度計測・低雑音計測を実現する超伝導デバイス、およびそれを中核とする計測器を開発し、産業発展に不可欠な基盤技術と分析評価技術や、国民の健康や安全・安心な生活に資する技術の拡充を目指した研究を行っている。また、量子力学原理を用いて最適化問題を高速に解く量子アニーリングは、現在の主流であるノイマン型コンピュータの欠点を補完する計算手法として近年注目を集めており、超伝導デバイスに基づく量子アニーリングの研究開発に着手する。標記をはじめとした広汎な応用において、日本の超伝導エレクトロニクス研究の土台を支えるため、共同研究機関に頒布できる良好な特性と制御性・再現性に富むニオブ (Nb)・窒化ニオブ (NbN) ベースの超伝導デバイス・集積回路を CRAVITY (Clean Room for Analog digital superconductIVITY) で作製するための技術の維持・発展に必要な研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目4

超伝導分光エレクトロニクスグループ

(Superconducting Spectronics Group)

研究グループ長：浮辺 雅宏

(つくば中央第2)

概要：

超伝導エレクトロニクスを利用して、従来技術の限界を超える分光、計算性能を実現する。このために、ナノテクノロジー微細加工技術と超伝導理論の双方を活用したアレイセンシングデバイスの開発とそれを活用した先端計測分析機器や、非ノイマン型情報処理のための革新的コンピューティングデバイスの開発を押し進め、計測分析機器のユーザーへの公開や、情報処理能力の飛躍的向上の実現による社会貢献をなすことをミッションとする。具体的には、軽元素ドーパント等の分析を可能にする軟 X 線蛍光収量 X 線吸収分光では、放射光ビームラインに設置した分析ステーションにて、SIP 等の国プロ、企業等からのニーズに対して有効性をアピールする他、SEM ベースの蛍光 X 線分析システムの開発やセンシングデバイスが検出可能な X 線エネルギーの拡大にも努める。質量分析では、粒子検出器の改良、複数のイオン化手法の採用等による性能向上を図るとともに、ファージ等の分析へと展開する。量子計算機では、開発する量子演算チップの

基本演算性能を検証し、将来の量子アニーリング機械実現への道筋を作る。また、運営する超伝導アナログ・デジタルデバイス開発施設 (CRAVITY) では、商用も含めた超伝導デバイスの外部供給を実現する。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目7

エマージングデバイスグループ

(Emerging Device Group)

研究グループ長：秋永 広幸

(つくば中央第5)

概要：

「新しい研究分野あるいは研究概念を創造し、将来のナノエレクトロニクス技術の発展方向を明確な科学的根拠を以て社会に提示すること」、「研究及び開発の成果を社会に実装する駆動力となること」が本研究グループの長期目標である。機能性酸化物を主たる研究対象とし、それらの物質をナノ構造化、あるいは異種材料の界面を原子レベルで精密に接合することによって、合目的的に設計されたデバイス機能の発現と制御を可能としたナノデバイスの開発成功例を積み上げていくことを本グループの活動指針としている。また、目標達成に向けて、「新機能・高機能」、「省エネ・省資源」、そして「高生産性・低コスト」の3つの性能指標を相反させないことをガイドラインとしている。さらに、研究開発成果の社会実装を効率的に推進するため、開発技術のオープンプラットフォーム化と国際標準化を実施している。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目7

システムティックマテリアルズデザイングループ

(Systematic Materials Design Group)

連携研究体長：宮田 典幸

(つくば中央第5)

概要：

情報通信機器に組み込むハードウェアの性能向上や新機能追加等を目的として、従来とは異なる半導体材料や新原理デバイスの研究開発が進められている。その中でも、当グループが主体となって進めているカルコゲン化合物超格子をベースとした不揮発性メモリは、従来の結晶・アモルファス相転移によるメモリに比べて格段にエネルギー効率や信頼性が向上することが知られており、将来の大規模データ処理・管理に向けたメモリ技術として期待されている。そこで、同メモリを量産製造へと展開すべく、さらなる高性能・高信頼性化や超格子膜の作製技術に関する研究開発を進めている。また、カルコゲン化合物超格子は、トポロジカル絶縁体とよばれる新しい量子物理現象を発現する材料である。当グループでは、トポ特性と相転移と組み合わせた不揮発スイッチングデバイスや室温動作が可能なテラヘルツ検出器等の研究開発を進めている。さ

らに、上述の超格子材料やその他の種々の半導体材料をナノレベルで評価するため、走査顕微鏡やヘリウムイオン顕微鏡等のナノ計測技術、さらに、ラマン分光法等の光学的計測技術を利用した材料研究に力を入れている。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目5

[テーマ題目1] IoT時代に求められる CMOS 集積回路の極低消費電力化

[研究代表者] 松川 貴

(ナノ CMOS 集積グループ)

[研究担当者] 松川 貴、森田 行則、右田 真司、森 貴洋、大内 真一、更田 裕司、福田 浩一、服部 淳一、大塚 慎太郎 (常勤職員8名、他1名)

[研究内容]

IoT 時代を迎え、防災、医療・福祉、インフラ、セキュリティ分野等においてセンサーネットワークの活用が注目されている。活用されるスマートセンサーノードのメンテナンスフリー化のためには、環境発電による微弱な電力で動作するよう、従来の集積回路より格段に低消費電力化を進める必要がある。そこで本テーマにおいては、1) 回路技術として微弱な出力電圧のハーベスタ電源の高効率昇圧回路の開発、2) 現状の MOSFET を凌駕する急峻なオン/オフ比が得られる新原理シリコントンネル FET (TFET) のオン電流向上技術、3) 現状の最先端 CMOS デバイスとしての FinFET の低リーク化技術、以上の3項目について研究開発を進めた。

ハーベスタ電源の高効率昇圧回路の開発に関しては、0.1V 以下の入力電圧で動作するゼロ V_t トランジスタのリークを動的にカットし、かつ昇圧動作を行うチャージポンプ回路の効率を改善するための新規な回路を考案した。考案した回路に関して、SOI ベースのプラットフォーム (SOTB)、一般的なバルク CMOS プラットフォームに双方における回路・レイアウト設計と外注試作を行った。当該回路の評価の結果、ハーベスタ電源電圧 100mV における電力変換効率が従来技術に比べ1桁以上改善していることを確認した。

新原理 TFET 開発に関しては、産総研で開発された Fin 型立体 TFET に SiGe/Si ヘテロ構造を導入することにより、オフ電流を損なうこと無くオン電流が顕著に増大できることを確認した。SiGe/Si ヘテロ TFET に関連するプロセス装置の立ち上げも合わせて進め、さらに高濃度な Ge のヘテロ成膜の基礎的なデータ取りを開始した。また、TFET のコンパクトモデル・解析モデルを用い、TFET により構成した SRAM のばらつきの検討を進め、TFET のオン/オフ急峻性を向上させた場合には、素子のしきい値ばらつきをさらに抑制する必要があることを示した。

先端 CMOS プラットフォームである FinFET の低リ

ーク化については、ドレイン端の電界集中に発生するリーク成分 (GIDL) に注目し、Fin 厚さの縮小が進んだ場合の Fin へのドーピング工程のリーク電流への影響の調査を行った。FinFET の試作・評価を行った結果、現在用いられているイオン注入により Fin 構造中に発生する損傷の回復が、fin 厚さの縮小により困難になり、顕著なリークオフリークをもたらすことが明らかになった。一方で、As よりも軽いイオンである P の使用により、オフリーク電流を軽減できることが示された。

[領域名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] CMOS、集積回路、FinFET、トンネル FET、環境発電、IoT

[テーマ題目2] ミニマル装置を活用したデバイス作製レシピの整備

[研究代表者] 長尾 昌善 (カスタムデバイスグループ)

[研究担当者] 長尾 昌善、柳 永助、安藤 淳、森 貴洋、原 史朗、クンプアン ソマワン、吉澤 俊一、堀川 昌代 (常勤職員6名、他2名)

[研究内容]

社会的な必要性がありながら数が出ず量産に向かないために実用化されないデバイスや、魅力的な技術でありながら大口径化が難しいために実用化が遅れる技術が存在する。ミニマルファブは少量多品種に最適な生産システムであり、ミニマルファブを活用すればそれらを早期に実用化でき、社会課題解決・新産業の創出につながる可能性がある。そのようなデバイスの例として、耐放射線 FEA 撮像素子やナノ材料デバイス、新提案デバイスなどが該当する。本研究課題では、ミニマルファブを活用してそれらのデバイス作製レシピを整備することで、それらのデバイスの早期実用化の道を開くことを目標とした。本年度は次の3つのテーマを並行して行った。①耐放射線 FEA 撮像素子の開発、②ナノ材料デバイス化プラットフォーム構築、③CMOS-MEMS 集積化技術の開発、である。①耐放射線 FEA 撮像素子の開発においては、産総研オリジナルの FEA 技術を使って、放射線に強い撮像素子を開発することを目標とした。少量品種のためファウンドリーを使っても製品化困難であるが、福島第一原子力発電所の圧力容器内部などの放射線量の極端に高いところでは半導体の撮像素子の寿命が極端に短く圧力容器内の観察ができないため、社会的にも必要性の高いデバイスである。ミニマルファブのリソグラフィシステムの性能を最大限に引き出し、サブミクロンのリソグラフィを実現可能とした。これにより、ミニマルウエハでもサブミクロンの露光が可能となり、デバイスの試作の幅が広がった。FEA プロセスのミニマル化を進め、全工程の30%がミニマルで流せる状況になりつつある。既存設備などを併用し、撮像素子用 FEA の電子ビームの集束を実現するデバイスを試作し、昨年度

は100ミクロンが限界であった画素サイズを50ミクロンまで微細化する技術を開発した。さらに、耐放射線性能が1 MGy 以上（固体素子は100 kGy 程度）あることを実証した。②ナノ材料デバイス化プラットフォームの構築においては、10 nm 以降の世代の短チャネル効果抑制が期待できる MoS₂などのナノ材料をデバイス化するプラットフォーム構築を目標とした。大面積化が困難な材料なため、ミニマルを使って早期実用化の道を開く。ここで、開発した技術は他のナノ材料にも応用可能な基盤技術となる。ナノテクプラットフォームなども活用し、high-k メタルゲートの MoS₂チャネル TFT を安定性良く作製する技術を開発した。③CMOS-MEMS 集積化技術の開発においては、ミニマルの短ターンアラウンドタイム (TAT) サイクルを活用して、新しいアイデアを迅速に試作・検証し、そのレシピを確立することをめざした。例えば Si メンブレン上に CMOS-MEMS 集積化デバイスの試作することで移動度や発振周波数の応力依存性などを材料の限界を超えて評価することが可能となる。また、このような構造は圧力センサーなどへの応用も期待できる。本研究では、ミニマル装置と既存ファブのハイブリッドにより CMOS プロセスを開発した。全工程の60%をミニマルで実施した。これにより既存ファブの半分以下の TAT を実現した。また、TiN ゲートを使うことで対称なインバーター特性と、理想値に近い SS 特性を実現することができ、これにより41段の CMOS リングオシレーターも理想的な動作を示した。この結果は、小規模論理集積回路がミニマルファブで試作可能であることを実証した事にもなる。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 ミニマルファブ、トランジスタ、撮像素子

〔テーマ題目3〕 非ノイマン型計算機のキーデバイスとしての不揮発プログラマブルコンダクタンスアレイの要素技術開発

〔研究代表者〕 小池 帆平 (エレクトロインフォマティクスグループ)

〔研究担当者〕 小池 帆平、福田 浩一、服部 淳一、浅井 栄大、宮田 典幸、富永 淳二、中野 隆志、Kolobov Alexander, Paul Fons、斎藤 雄太、Kirill Mitrofanov、牧野 孝太郎、王 曉民、秋永 広幸、島 久、内藤 泰久、酒井 滋樹、高橋 光恵 (常勤職員17名、他1名)

〔研究内容〕

ビッグデータ時代に活躍する計算機システムとして、非ノイマン処理 (脳型情報処理、量子計算 e.t.c.) への期待が高まる中、既存デジタル CMOS 技術の延長では電力/適用範囲等の限界を有することから、新デバ

イスを用いた新世代アナログ計算技術による飛躍的発展を目指し、不揮発プログラマブルコンダクタンスアレイをキーデバイスと捉えて、以下のテーマで研究を進めた。(1)プログラマブルコンダクタンスアレイの TCAD モデル構築と回路評価：素子のスペック明確化、ニューロセル/アニーリングセル回路検討、TCAD モデル検討を行なう。(2)高精度アナログ TRAM の試作とモデリング：多層超格子を組み込んだ電界駆動型 TRAM により高精度なアナログコンダクタンス変調を目指すとともに、パルス応答動作のデバイスモデルを検討する。(3)低消費電力メモリスタの開発：酸素欠損制御技術を用いた低消費電力のメモリスタを開発する。(4)FeFET のデバイスモデリング：FeFET では強誘電体がゲート積層に埋没のため強誘電体の振舞掌握は困難だったことから、動特性を記述し回路適用可能なモデル開発を目標とする。今年度は、対象回路の詳細化と TCAD シミュレーションの準備を行なうと共に、部門内に研究蓄積のある3種類の不揮発メモリ (TRAM, ReRAM, FeFET) のそれぞれにつきプログラマブルコンダクタンス素子としての基礎特性を検討した。(1) TCAD モデル構築と回路評価：アニーリング計算機上で巡回セールスマン問題を解く場合の都市間距離の表現に必要な10ビット相当の精度の実現法を検討し、回路の詳細化と実験の行なえる小規模な実験プラットフォームの設計を進めた。TCAD については、様々な不揮発デバイスのシミュレーションを目指し、物理モデルの TCAD への組み込みを進めた。(2)高精度アナログ TRAM の試作とモデリング：アナログ抵抗変化のための多段 GeSbTe 系超格子の構造を設計した。(3)低消費電力メモリスタの開発：ReRAM ベースの積層構造を持ったメモリスタ用プロセスを構築した。(4) FeFET のデバイスモデリング：可変の閾値電圧特性を取るための測定法を開発し、閾値電圧がパルス高あるいはパルス幅の対数に対して線形に変化すること、閾値電圧が単極性パルスの累積数によって制御可能であることを明らかにした。ゲート金属/強誘電体/絶縁体/半導体の積層からの強誘電体層の性質抽出手法を確立した。強誘電体の膜厚のみを変えた FeFET につき系統的な測定を行ない、分極変化量と電界変化量の関係を世界で初めて抽出し、FeEFT 動作を記述する動特性モデルの検討を開始した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 非ノイマン型計算機、不揮発デバイス、TRAM、メモリスタ、FeFET

〔テーマ題目4〕 超伝導検出器の応用拡大に求められる大規模アレイ化技術

〔研究代表者〕 神代 暁 (超伝導計測信号処理グループ)

〔研究担当者〕 神代 暁、浮辺 雅宏、川畑 史郎、志岐 成友、全 伸幸、藤井 剛、平山 文紀、山森 弘毅、佐藤 昭、

日高 睦夫、永沢 秀一、佐藤 哲朗
(常勤職員12名)

[研究内容]

超伝導検出器は、エネルギー粒子や、ミリ波～ガンマ線の9桁にも渡る波長域の電磁波に対し、半導体等の既存検出器に比べ遥かに優れた低雑音性、高量子効率、高速性、高いエネルギー分解能等の特長を持つ。X線分析、生体磁界計測、秘匿危険物検知等の広範な分野での「橋渡し」実現のためには、超伝導検出器に高計数率や短時間イメージング機能を付加する多画素化が鍵となる。本課題では、多画素化と普及上重要な小型検出器システムの両立に必要な二大課題、すなわち、1. 画素間の検出特性の均一化 2. 多画素化に伴う極低温・室温間の読出配線数・流入熱の増大の抑制と、システムの体積・消費電力を支配する極低温冷却系の小型化を実現する、極低温下の多重読出回路開発を遂行する。そして、最終(2016)年度に、課題1、2の成果を統合し、数個の検出器と読出回路から成るプロトタイプを開発し、X線分光の実証を目指す。

[2015年度の各課題の目標]

1. 検出器技術：①低雑音性と素子パラメータの再現性・制御性・均一性が高い成膜・加工技術 および、②不均一要因となるバイアス電流による検出器への磁界印加を低減、バイアス線のチップ上占有面積を削減する配線技術を開発する。①に関し、超伝導検出器の最適動作温度や性能は、一般に検出器を構成する超伝導薄膜の物性値に強く依存するが、これらは、要求される検出性能や使用する極低温冷却装置の仕様と無関係に決めることはできない。本研究では、材料に依存する固有の厚みに比べ薄い二種以上の超伝導膜、もしくは超伝導膜と常伝導金属膜から成る積層膜の特性を、各々の膜の厚みにより制御できる超伝導近接効果を利用した検出器作製技術を指向する。今年度は、積層に必要となる、良好な特性の超薄膜を制御性・再現性良く成膜する技術として有望な、スパッタ法および原子層堆積(Atomic Layer Deposition; ALD)法を採り上げ、抵抗の温度依存性や、マイクロ波多重読出回路の基本要素となるマイクロ波共振器としての Q 値の評価を基に、成膜条件を模索する。②に関し、超伝導薄膜の成膜条件を最適化するとともに、複数の異なるパターンを持つ三次元(3D)超伝導配線を作製、パターンによる検出器特性への影響を評価し、最適な3D超伝導配線の設計指針を確立する。
2. 読出技術：①信号対雑音比が、1本の読出線上への多重化画素数 N の増大に伴い低下せず、また、他の多重方式に比べ N の飛躍的増大の可能性を持つマイクロ波帯周波数多重方式を採り上げる。本方式の N が、極低温下の高電子移動度トランジスタ増幅器の帯域に比べ1桁狭帯域である室温信号処理系の帯域で制

約されている現状を打破するため、複数の室温信号処理系の信号を1本の極低温・室温間の信号線に束ねることで、極低温エレクトロニクスの持つ広帯域性を充分活かした N の大きなマイクロ波帯多重読出の基盤技術開発を目的とする。②最終年度に予定される検出器と読出回路の協調動作に向け、極低温下での双方の実装技術を含む、システム技術の開発に着手する。

[2015年度の各課題の進捗]

1. 検出器技術：①成膜・加工技術では、従来広く使われていた熱酸化シリコン基板上に比べ、サファイア基板上にスパッタ法で成膜したニオブ(Nb)は、超伝導転移温度直上での常伝導抵抗率を1/3以下に低減でき、このNb膜を電極とするマイクロ波共振器は、絶対温度4Kで2倍以上の高い Q 値を持つことを見出した。また、プリカーサ交換により同一装置で複数の薄膜が成膜可能なALD装置で、Nbとともに共振器電極材料の有力材料で、Nbの臨界温度の約2倍ある窒化ニオブ(NbN)膜成膜を試み、10nm極薄膜で6.5Kの超伝導転移温度を得た。②配線技術では、有感部下部へのバイアス用Nb配線埋め込み技術を適用、1024画素のNb/Al超伝導トンネル接合(STJ)アレイX線検出器を作成、諸特性を評価した。
2. 読出技術：①多重読出回路では、室温処理系を開発、既存超伝導チップと組み合わせ、超伝導検出器の本質を損なわないダイナミックレンジと入出力特性の線形性を得ることに成功し、7画素の同時読出を実証した。②実装技術では、検出器と読出回路の協調動作実験に使用する信号配線一式を無冷媒ヘリウム冷凍機に実装した。

[領域名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] 超伝導検出器、多重読出回路、超伝導近接効果、スパッタ法、原子層堆積(Atomic Layer Deposition)法、マイクロ波共振器、三次元(3D)配線、配線埋め込み技術

[テーマ題目5] 電子デバイスのサーマルマネージメントに向けた評価技術と新材料開発

[研究代表者] 中野 隆志 (システムティックマテリアルズデザイングループ)

[研究担当者] 中野 隆志、内田 紀行、宮崎 吉宣、齋藤 雄太、内藤 裕一、多田 哲也、Fons Paul、牧野 孝太郎、宮田 典幸、安藤 淳
(常勤職員8名、他2名)

[研究内容]

電子デバイスでは、微細化の進展で発熱・放熱の影響が高性能化の阻害要因となってきており、TCAD等によるデバイス設計でも、熱のマネージメントへの取組が重要な課題になっている。しかし、Si、Geを含め、ナ

ノスケールでの熱解析は不十分であり、TCAD 等に入力する基礎データも十分に把握出来ておらず、各種物性値のナノスケール領域での測定法の確立、並びに実測定の早急な実施が必要になっている。また、より積極的に熱と関わっていくデバイス展開も見据えた新材料開発による、新機能、特性の実現も求められてきている。本重点課題テーマでは、ラマン散乱（フォノン）、Hall 効果（キャリア輸送）、Thermo Reflectance（熱輸送）、他をコア技術にした各測定技術の確立（バルクから薄膜、ナノ構造へ）と、既存材料の評価・TCAD との融合、新材料（低次元 M@Gen 材料、超格子材料、他）をコア技術にした、フォノン散乱の制御原理、構造制御、異方性応用（垂直方向熱遮蔽）を用いた材料設計指針の確立を目的として研究開発を進めた。

本年度はこれらの目的の中で、薄膜サンプルに関する各測定技術の構築と、薄膜トランジスタ（TFT）のチャネル材料として注目されている GeSn 薄膜の熱伝導率等の評価を重点的に実施した。GeSn 膜（非晶質）は、Sn による結晶化の促進効果により Ge 膜と比較して低い熱処理温度で結晶化が進み、475°Cの熱処理で直径が 50 nm 以上の多面体ナノ結晶になった。また、Hall 効果測定から、GeSn 膜（475-500°Cの熱処理）の正孔移動度 $27\text{-}30\text{ cm}^2/\text{Vsec}$ 、正孔密度 $1\text{-}2 \times 10^{19}\text{ cm}^{-3}$ が得られた。これらの値は Ge 膜より高く、Sn が混入することで移動度が上昇し、p 型のキャリアがドーピングされたことを示している。熱伝導率は、サーモフレクタンス法（ 2ω 法）で測定して $4.6\text{-}4.7\text{ W/mK}$ が得られた。同じ多結晶グレインを持つ Ge 膜の熱伝導率は 2.3 W/mK であり、GeSn 膜の結晶性が、Sn による結晶化促進効果で、Ge 膜よりも優れていることを示している。現在、より高いキャリア移動度（ $35\text{ cm}^2/\text{Vsec}$ ）が得られた Sn 濃度 $5\text{-}6\%$ の試料について、多層ナノ薄膜熱伝導率測定装置（TCN- 2ω ）を用いた熱輸送特性評価を継続して実施している。また、これまでに得られたキャリア輸送特性と熱輸送特性を TCAD のパラメーターとして取り入れる検討を進めている。N. Uchida, *et. al.*, Appl. Phys. Lett. 107,232105(2015)

また、新材料探索を進めるため、導入した装置（2015.12納品）を用いて相変化材料（合金型、超格子、他）の特性測定を試みた。しかし、測定に必要なサンプルが単なる薄膜ではなく、特定のデバイス構造のサンプルを作製する必要があり、各新規材料でデバイス構造を作製するための加工プロセスの確立に手間取り、データを取得するまでには至らなかった。

今後は、今年度の整備した機器等も利用して様々なデータの取得を進めると共に、本格的に TCAD との連携を積極的に図っていく。また、新規材料の課題については、データ取得を進め、各種解析手法の評価を進めるとともに、不揮発メモリ（PC-RAM、他）を出口の一つに想定し、より具体的な熱マネージメントの観点で取り

組む。これは、今後の不揮発メモリの研究開発に貢献できるものと考えている。（本重点課題テーマについては、今後外部研究資金（（独）日本学術振興会 H28年度二国間交流事業・共同研究（ベルギー、FWO）、他）による研究テーマの一部として実施する。）

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 サーマルマネージメント、ナノスケール物性、TCAD

【テーマ題目6】 中性粒子ビーム無損傷加工の先端デバイス・材料への適用

【研究代表者】 遠藤 和彦

（新材料デバイス集積グループ）

【研究担当者】 遠藤 和彦、水林 亘、寒川 誠二

（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

これまで半導体デバイスの微細加工には、主として反応性プラズマが用いられている。しかしながら、半導体デバイスの微細化が進行した結果、ナノオーダーの微細デバイスにおいては、プラズマから照射されるイオン等による電荷蓄積や真空紫外光照射等によるダメージが深刻になっている。そこで、これらの欠点を無くしたダメージレスの加工方法の開発が求められている。

本研究では、産総研と東北大学のクロスアポイントメント事業により、東北大で開発された中性粒子ビームによるダメージレス加工技術を産総研のデバイスに適用し、その可能性実証を進めている。東北大では、プラズマエッチングの欠点を無くするための新規技術として、プラズマからの荷電粒子と紫外光を除去した中性粒子ビーム加工方法を開発している。本加工方法は、プラズマ反応室内に複数のアパチャーを設けてビームを通過させ、アパチャー内を荷電粒子が通過する際に中性化を行い、更にはアパチャーにより紫外光の照射も防止し、ダメージレス加工を実現する技術である。

まずは、産総研のデバイスの一つとして、シリコンよりも欠陥が生じやすく微細加工が難しいゲルマニウムトランジスタへの適用を試みている。フィン型トランジスタのチャネル加工に適用し、その加工特性とダメージに対する影響を調査している。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 中性粒子ビーム、ダメージ、フィン型トランジスタ、ゲルマニウム

【テーマ題目7】 ポストスケーリング時代に向けた半導体ロードマップ構築

【研究代表者】 安田 哲二（ナノエレクトロニクス研究部門長）

【研究担当者】 浅沼 周太郎、入沢 寿史、大内 真一、齋藤 秀和、志岐 成友、島 久、内藤 泰久、堀 洋平、水林 亘、

森 貴洋、薬師寺 啓、安田 哲二、
渡辺 直也（常勤職員13名）

【研究内容】

データの利活用がビジネスの成功や公共サービスの向上の鍵となりつつある。量（volume）、速度（velocity）、種類（variety）の増加が続くデータに対して、これを効率的に収集・解析・活用していくために、集中処理、分散処理、データ通信のいずれにおいても性能の大幅な向上が求められる。一方、IT 機器の高性能化・低消費電力化を支えてきたシリコン集積回路の微細化は終焉を迎えつつあり、ポストスケーリング時代に向けて様々な技術オプションが提案され検討が進められている。

本テーマでは、上述の市場・社会ニーズと技術開発の状況を背景として、2030年頃までの実用化が想定されるエレクトロニクス技術（ロジックデバイス、メモリデバイス、アナログデバイス等）に関して、産総研が主導的に推進すべき研究開発の方向性とマイルストーンを明確化するための調査を行ったものである。

調査は、学会やセミナーの聴講、調査報告書や Web 検索等の文献調査、有識者への聴き取り等により行った。その結果をもとに、参加メンバーが集まったの打ち合わせを計9回行い、報告書としてとりまとめた。

調査は以下の3つのパートに分けて進めた。

- (1) 2030年におけるエレクトロニクスの活用シーン予測
- (2) 2030年までに実用化が期待される技術マッピング
- (3) 利用シーンごとのロードマップ策定

(1)の活用シーンについては、データ集中処理、物流・交通制御システム、モビリティ、ホームエレクトロニクス、社会インフラモニタリングの計5つのシーンを取り上げて検討した。これらの5つのシーンは、電源の制約が緩いもの（データセンター等）から、制限が厳しいもの（インフラモニタリング用の電池フリーセンサ等）までをカバーしている。

(2)の技術マッピングについては、2020年までに実用化される短期的技術と、2030年に実用化される中長期的技術の2つの技術マップを作成した。

(3)のロードマップは、(1)の活用シーン実現に向けたロードマップを、(2)の技術マッピングの表に記載のキーワードを用いながら策定した。

今回の調査には、10～15年後に産総研の当該技術領域の中核を担うと期待される年代の研究者が参加した。ナノエレクトロニクス研究部門においては、中長期的なロードマップのアップデート作業を、中堅・若手研究者が参加する取り組みとして毎年継続していく予定である。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】ロードマップ、技術マップ、活用シーン予測、データ集中処理、物流・交通制御システム、モビリティ、ホームエレクトロニクス、社会インフラモニタリング

③【電子光技術研究部門】

(Electronics and Photonics Research Institute)

(存続期間：2011.4～)

研究部門長：森 雅彦
副研究部門長：並木 周
副研究部門長：阿澄 玲子
副研究部門長：澤 彰仁
首席研究員：柏谷 聡
首席研究員：永崎 洋
総括研究主幹：土田 英実
総括研究主幹：榊原 陽一
総括研究主幹：河島 整
研究主幹：外岡 和彦
研究主幹：鍛塚 治彦

所在地：つくば中央第2、つくば中央第4、
つくば中央第5、つくば西

人員：83名（83名）

経費：1,324,920千円（523,195千円）

概要：

(1) 当部門のミッション

安全・安心で持続可能な社会の実現に向けて、電子と光の特性を最大限に活かした情報処理・通信技術の高度化および超低消費電力化に加えて、新たな電子と光の可能性を追求していく。具体的には、光ネットワーク、光インターコネクションなどの電子と光が融合する領域の新技术や、量子情報処理や強相関電子系、超伝導、化合物半導体、有機材料など、新しい電子・光技術の応用の拡がりを目指した理論や材料、デバイスの研究開発を進め、情報通信システムの高性能化や超低消費電力化を実現する。またプラズマやレーザー基盤研究に基づく加工プロセスによる新しい製造技術の開発を進める。さらに、光・電子による新しい計測技術や生体情報センシングを実現するシステムまで、幅広い課題解決手段によるイノベーションを推進する。

(2) 世界規模の社会システムの急激な変化がもたらしつつある環境・エネルギー問題を初めとして、超高齢化社会の課題、社会基盤インフラ老朽化の問題、大規模災害対策の問題等を解決して、安全安心で持続的な人類の発展に貢献するために、電子と光という従来は個別に発展してきた技術を統合的に捉え、様々な社会課題に対する解決の方向性を探る。電子・光技術の新しい応用の拡がりを目指すとともに電子と光が融合する領域の新技术について研究開発を推進するために、当部門が有するコア技術を軸に、以下の三つの重点研究課題を設定する。

光情報技術

高度な光伝送技術、光・量子エレクトロニクス、シリコンフォトニクス技術などを駆使して、光・電子融合領域の情報通信技術の革新を目指した研究開発を推進する。また、その成果も生かした光デバイスに関する新技術及びエコシステムの創成をめざす。

- a-1) 次世代光伝送および光ネットワーク技術を、デジタルコヒーレント、非線形信号処理、量子光学技術などを用いて開発する。具体的には、光パラメトリック過程を用いた波長変換や非線形補償技術などを開発する。また、シリコンフォトニクス光スイッチなどを用いて、次世代コンピューティングを実現する光ネットワーク技術の検討を行う。
- a-2) 次世代シリコンフォトニクスデバイスを実現するために重要な3次元構造を可能とする基盤技術を開発する。具体的には、シリコンフォトニクス光導波路を湾曲させ、面垂直方向に光入出力部を形成する技術などを開発する。
- a-3) 次世代の近距離光通信（光インターコネクション）用の光源・光機能素子、光導波路および光電子集積回路等をシリコンフォトニクスおよびポリマーフォトニクス技術を用いて開発する。
- a-4) ダイナミック光パスネットワークを構成する小型低電力光スイッチを、シリコンフォトニクス技術を活用して開発する。シリコンフォトニクス光スイッチチップと、これを実装するパッケージング技術の開発を行う。
- a-5) 高集積光トランシーバなどに幅広く適用可能な汎用シリコンフォトニクス技術を開発する。具体的には、光変調器をはじめとする要素デバイスの設計、製造技術の開発を行う。さらにシリコンフォトニクスによるさまざまな機能ブロックの設計情報をまとめ、標準プロセス体系の構築を進める。

光応用技術

光を用いた微量物質検出技術を核とした生活安全に向けたウイルスや細菌、環境物質などに対する実用的な光センサシステムの開発を行うとともに、分光技術を核とした生体機能イメージング技術を確立する。また次世代プロセスや極限計測技術への応用を目指して、超短パルスレーザー研究、短パルス光プロセス、プラズマプロセスの医療応用を含めた加工応用研究を推進する。

- b-1) 先進プラズマ技術の高度制御による革新的な省エネルギー・低環境負荷エレクトロニクスデバイスの開発と成果の社会還元、及び、安心・安全な超高齢化社会実現への貢献を目指す。
- b-2) 高出力かつコンパクトな光源開発と加工プロセス等への応用の超高速フォトニクス研究を行うとともに、次世代プロセスや高度計測技術への応用を目

指した光ファンクションジェネレータの研究開発を重点的に進める。特にレーザー加工プロセスについては、内外との連携研究により、医療用材料等の次世代高速高品位加工プロセス開発を進める。

- b-3) 光を用いたセンシング技術をコアに、健康な暮らしを誰もが享受できる社会、安全安心な住環境、より高い国際競争力を持つ工業・農業生産技術の実現に資するセンシングシステムを開発する。具体的には、ウイルスや細菌、汚染物質などに対するセンサシステム、生体内物質の低侵襲・無侵襲センシング技術、インフラの安全を見守る分光技術、工業プロセスを管理するセンサシステムの開発を進めている。
- b-4) 各種材料（有機・無機・微粒子など）の精密な構造制御や集積化による機能発現を利用した高性能光／電子デバイスの開発、および関連する基盤技術の開発を行う。具体的には、有機材料の設計・合成、マイクロ・ナノパターン形成技術、デバイス作製技術、計測評価技術の開発を行う。

新原理エレクトロニクス

高温超伝導体、強相関酸化物などの機能性酸化物や、化合物半導体、有機半導体を中心に、省エネルギーに貢献する機能性材料の探索を行うとともに、従来技術の延長では達成できない極限的な省エネルギーデバイスの研究開発を推進する。

- c-1) 分子線エピタキシー、有機金属気相エピタキシーなどの高度な結晶成長技術、ナノレベルの微細構造設計・作製技術を駆使して、IoT時代における低環境負荷社会に貢献しうる化合物半導体・有機半導体先端光デバイスを開発する。
- c-2) 情報通信・エレクトロニクス技術の革新にむけ、卓越した機能を有する超伝導材料の開発、理論・実験両面からのアプローチによる高温超伝導発現機構解明、およびそれらの知見に基づく新規超伝導応用の提案とその実現に向けた技術開発を推進する。
- c-3) 低環境負荷酸化物デバイス技術の基盤確立をめざして、既存の電子材料にない新機能を示す酸化物半導体、鉛フリー圧電体、酸化物発光材料などの酸化物材料を探索し、デバイス化へむけた可能性を検証する。加えて、これら酸化物材料の機能発現機構の解明、機能制御手法の技術開発を推進する。
- c-4) 情報通信技術のイノベーション創出を目的に、強相関電子材料の特長である電氣的、磁氣的、光学的な特性が劇的に変化する電子相転移を、電場、磁場、光などの外場で制御する技術、ダイヤモンドNVセンターを利用した量子センシング技術などを開発し、それらの技術を利用した革新的な先端デバイスの研究開発を推進する。

外部資金：

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

(NEDO)

[戦略的イノベーション創造プログラム]
「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術/点検・診断技術の実用化に向けた研究開発/高感度近赤外分光を用いたインフラの遠隔診断技術の研究開発」
[次世代ロボット中核技術開発]
「(革新的ロボット要素技術分野) 自律型ヒューマノイドロボットの研究開発/広角・多波長レーザレーダーによる超高感度コグニティブ視覚システム」
[エネルギー・環境新技術先端プログラム]
「データセンタ向け低消費電力・超多ポート高速光スイッチシステムの研究開発」

経済産業省

[戦略的基盤技術高度化支援事業]
「表面プラズモン共鳴励起蛍光測定による微細流路型バクテリア検出装置の開発」
[平成27年度工業標準化推進事業委託費(戦略的国際標準化加速事業)]
「医療用途のプラズマ装置等に関する国際標準化」

文部科学省

[先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム]
「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」
[科学研究費補助金]
「TDGL 方程式のシミュレーションによる超伝導ストリップライン検出器の高性能化」
「オンチップ三次元光集積回路に向けた a-Si:H 多層光伝送デバイスの開発」
「カーボンナノチューブ透明導電膜を用いた有機薄膜太陽電池の開発」
「クロム化合物をターゲットとした新超伝導体探索」
「サイクロイド様サブ波長断面構造での高効率局在プラズモン発生と超高感度センサー応用」
「ナノ NMR センシングを可能とする高機能ダイヤモンド合成」
「モット絶縁体の単結晶薄膜を制御してモット FET のプロトタイプを作る」
「レーザー誘起ブレイクダウンを用いた密度分布測定」
「異種ファイバレーザーのコヒーレント合成による高繰返し極短パルス光源の開発」
「一次相転移系遷移金属酸化物の電界相制御」
「価数スキップ揺らぎによる新超伝導体の理論設計」
「強相関電子系の電界効果とモット FET のプロトタイプ開発」
「強誘電性と導電性の共存を利用した強誘電抵抗スイッチングの物理的機構に関する研究」

「固体内部におけるレーザーアブレーションモデルの創成」

「光通信波長帯スピン制御光デバイスの研究」
「構造最適化による高温超伝導体の転移温度向上」
「時間分解プラズモン励起発光イメージングを用いたノロウイルス検出システム研究」
「消化器系悪性腫瘍検出のための高感度自家蛍光イメージング技術の開発」
「多値多層記録と超解像再生を同時に達成する InSb 不定比酸化物薄膜の作製と機構評価」
「窒化ガリウム系共鳴トンネルダイオード作製とテラヘルツ波発振に関する研究」
「中性子線補足療法のための革新的ナノ粒子剤に関する研究」
「通信波長帯動作するサブバンド間遷移フォトダイオードの開発」
「電流注入型有機半導体マイクロレーザーの開発」
「ダイヤモンド量子センシング」
「軌道純化に基づく高温超伝導体の圧力・非平衡制御と転移温度増強の理論・実験的研究」
「MHz 級デトネーションエンジンの物理機構解明：バルブ共振型と回転爆轟波型エンジン」
「ランダムショートカットと光通信技術による超低遅延グリーンインターコネクト」
「ダイヤモンド量子制御による高感度核磁気共鳴イメージング」
「近赤外温度・濃度同時イメージング法によるマイクロ反応拡散場の直接定量評価」
「高圧力磁気測定の高感度核磁気共鳴イメージングの研究のブレイクスルー」
「多様な三層型 Bi 系高温超伝導体を得るための改良型(温度勾配付与) TSFZ 法の研究」
「表面層深さ方向迅速評価が可能な回転楕円面鏡全反射ラマン散乱光学系の開発」
「近接・低歪み多重積層構造を適用した量子ドットレーザーの高効率化に関する研究」
「ナノサイズ光学窓の形成による超解像効果発現の最適条件の理論的探索」
「テラヘルツ STM 発光分光へのピコ秒時間分解能の付与」
[科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究]
「レーザーブレイクダウンしきい値近傍のパラコレーションモデルによる統一的理解」
「非平衡光プロセスを用いたナノカーボン系薄膜作製とデバイス応用」
「立体湾曲シリコン細線導波路の光伝搬制御に関する研究」
「テラヘルツ STM 発光分光へのピコ秒時間分解能の付与」

独立行政法人科学技術振興機構（JST）

〔受託（戦略的創造研究推進事業（CREST））〕

「待機電力ゼロ型フォトニックルータに向けた集積チップ実装モジュールと制御システムの開発」

〔受託（戦略的創造研究推進事業（さきがけ））〕

「強誘電体と機能性酸化物の融合による不揮発ナノエレクトロニクス」

〔受託（国際科学技術共同研究推進事業（戦略的国際共同研究プログラム））〕

「光および化学エネルギー利用のためのポルフィリンナノ構造体制御の分子技術：ポルフィリン集合体の作製と構造評価」

〔受託（研究成果展開事業：先端計測分析技術・機器開発プログラム）〕

「量子センシング方式を用いたポータブル NMR 装置の開発」

〔受託（研究成果展開事業：戦略的イノベーション創出プログラム）〕

「テラバイト時代に向けたポリマーによる三次元ベクトル波メモリ技術の実用化研究」

〔受託（研究成果展開事業：研究成果最適展開支援プログラム）〕

「高変位特性を有する非鉛圧電セラミックスの積層化」

静岡県

〔先端企業育成プロジェクト推進事業〕

「超高性能多層膜光学フィルタの開発」

「先進パワエレデバイスと時分割変調を活用したマイクロ波応用フロー化学装置の開発」

発 表：誌上発表236件、口頭発表392件、その他56件

光ネットワーク技術グループ

（Optical Network Technologies Group）

研究グループ長：並木 周

（つくば中央第2）

概 要：

- ・目的：将来の高機能かつ持続発展可能な光ネットワーク像を模索し、これを実現する研究を行う。具体的には、光ネットワークで大容量の情報を低遅延・低エネルギーで通信するための「ダイナミック光パスネットワーク」の研究開発を行う。また高度な光信号伝送を行うにあたって必要となる各種信号処理技術の研究開発を行う。
- ・意義、当該分野での位置づけ：従来技術では、情報伝送機器の消費エネルギーが情報量に比例して増大していくため、このまま情報量が指数関数的に増大していけば、ネットワークが原因となって深刻なエネルギー問題を引き起こすことになる。当グループの研究活動はこの問題に取り組むものであり、将来

の高度情報化社会を実現するうえで、必須の検討課題と位置付けられる。

- ・国際的な研究レベル：光ネットワーク、光信号処理、光伝送のそれぞれに関して、当該分野トップレベルの国際会議や論文誌で招待論文・招待講演も含めて多数発表を行っており、世界トップレベルにあると言える。
- ・研究手段：光スイッチ等の光デバイス、デジタルコヒーレント伝送技術、非線形光信号処理技術、量子光信号処理技術などを用いて、研究対象である光ネットワークや信号処理技術に対する新規提案を行い、理論検討、シミュレーション、システム実験により実証のための検討を行う。

研究テーマ：テーマ題目1（a-1）

3次元フォトニクスグループ

（Three-Dimension Photonics Group）

研究グループ長：榊原 陽一

（つくば中央第2）

概 要：

- ・目的：次世代シリコンフォトニクスにおける革新的な3次元加工プロセスの開発とその機能デバイスへの応用を行う。また、シリコンフォトニクスに異種材料を組み合わせたハイブリッド型デバイスの開発も行う。
- ・意義、当該分野での位置づけ：シリコンフォトニクス光回路技術は従来一層の平面内で展開されてきたが、それを3次元化し立体空間へ光回路を伸長することは、集積密度の向上やデバイス実装の自由度の向上のために極めて効果的であり、当該分野における革新的なイノベーションの基盤技術となる。
- ・国際的な研究レベル：当グループの開発してきたイオン注入によりシリコン導波路の先端を立体湾曲する技術は国際的にも全く独創的なものであり、世界を先導する最先端の研究レベルにある。
- ・研究手段：シリコン導波路のイオン注入による立体曲げ加工技術、3次元構造シリコン導波路の数値シミュレーション技術、シリコン導波路と液晶材料を組み合わせたハイブリッド型光デバイスの作製技術などを用いて、研究対象である3次元光回路やハイブリッドデバイスに対する新規提案を行い、シミュレーション、プロセス開発、デバイス試作実証のための検討を行う。

研究テーマ：テーマ題目1（a-2）

インターコネクティブフォトニクスグループ

（Interconnect Photonics Group）

研究グループ長：山本 宗継

（つくば中央第2）

概 要：

- ・目的：データセンタ、スーパーコンピュータ等で課題となっているコンピュータ間、コンピュータ内の情報伝送量増大に対処するために、次世代の近距離光通信（光インターコネクション）の実現のための基盤技術の開発を行う。具体的にはマルチキャリア通信用多波長光源、量子ドット光源技術、高精度光計測技術、光導波路デバイス用アモルファスシリコン成膜技術、ポリマーフォトンクス技術を用いた光電子集積技術、ならびにそれらの派生技術の開発を行う。
- ・意義、当該分野での位置づけ：材料、光源等の個別デバイスから計測技術、デバイス集積・実装技術と光インターコネクションに必要な技術領域に対して貢献する技術開発を牽引する。
- ・国際的な研究レベル：マルチキャリア光源では他機関ではできていない低温プロセスでの実現を目指してチャレンジをしている。アモルファスシリコン技術では世界最高レベルの低損失光導波路を実現している。光雑音計測では世界最高レベルの感度を達成している。光電子集積技術では光電子集積パッケージ基板の試作を実施しシリコンフォトンクスデバイス実装分野を牽引している。世界最高レベルの量子ドット高密度化に成功しており、大学連携により更なるレーザ特性の向上を目指している。

研究テーマ：テーマ題目（a-3）

光パスプロセッサグループ

（Optical Path Processor Group）

研究グループ長：池田 和浩

（つくば西）

概 要：

- ・目的：産総研に形成されている「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」が目指すダイナミック光バスネットワークにおいて、その鍵となる光パスプロセッサ（シリコンフォトンクス・スイッチ）を開発し、同ネットワークの社会実装に貢献する。また、光デバイスコンソーシアムと連携した TIA-SCR におけるシリコンフォトンクス・ファウンドリの立ち上げ・高度化に貢献する。さらに、産総研 STAR 事業 IMPULSE の枠組み等も活用し、次世代データセンタ向け光ネットワーク技術等に向けたシリコンフォトンクスデバイスの基礎検討を進める。
- ・国際的な研究レベル：世界最小8x8光スイッチの拠点テストベッドへの実装、世界最大規模32x32光スイッチの実証といった、世界的にも大きなインパクトとなる成果を挙げた。
- ・研究手段：大規模な数値シミュレーションおよびインハウス・プロセスによる試作・評価を基にした精緻なシリコンフォトンクスデバイス設計と、超小型でかつ多電極を持つシリコンフォトンクス・スイッチ

チップを動作させるために必須となる最先端の電気・光実装技術を積み重ね、これらの技術を TIA-SCR の300 mm CMOS ラインを活用した試作に移植し、均一性・量産性の高い作製技術を用いて研究を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1（a-4）

シリコンフォトンクスグループ

（Silicon Photonics Group）

研究グループ長：山田 浩治

（つくば西）

概 要：

- ・目的：現在進行中の爆発的な情報流通量の増大に対し、既存技術では情報伝送キャパシティや消費電力の限界が危惧されることから、将来の情報伝送用光デバイス技術として、集積性、経済性およびエネルギー効率に優れたシリコンフォトンクスの研究開発を総合的に推進し、持続成長可能な情報ネットワークシステムの実現に貢献する。
- ・意義、当該分野での位置づけ：本研究開発を通じ、高集積光トランシーバなどに幅広く適用可能な汎用シリコンフォトンクス技術を開発し、さらに産業展開にむけた R&D 拠点や産業エコシステムを構築することにより、通信ネットワークやデータセンタネットワークの大容量化・省エネルギー化・高機能化を実現するとともに、日本の産業競争力強化に資する。
- ・国際的な研究レベル：産業用 CMOS 互換プロセスを利用した高精度で均質性の高いデバイス製造技術、およびこれまでの光/電子デバイスの研究開発経験を活かしたデバイス設計技術は世界最高水準である。また、窒化珪素やアモルファスシリコンなどのバックエンド異種材料集積によるシリコンフォトンクスデバイスの高性能化、先鋭化においても世界をリードしている。

研究テーマ：テーマ題目1（a-5）

先進プラズマプロセスグループ

（Innovative Plasma Processing Group）

研究グループ長：榊田 創

（つくば中央第2）

概 要：

- ・目的：プラズマ現象は太陽など宇宙において普遍的であり、地球上においても様々な科学・産業分野において利用され、人類の発展に貢献してきている。そこで、プラズマ等に関する技術を核として更に発展させることで、エレクトロニクス、エネルギー・環境、医療など様々な分野への融合・展開を図り、新産業創出を目指して研究開発を行っている。
- ・意義、当該分野での位置づけ：1) 大面積・高速・

低温合成を同時実現するプラズマ CVD 装置を開発し、カーボン系材料として高熱伝導率を有した低価格で高品質なグラフェン等を提供することで、産業競争力強化に資する。2) 高 In 組成 InGaN 素子を実現する CVD 装置を開発し、窒化物系材料として緑色 LED を提供することで、LED の利用拡大に資する。高品質な h-BN 成膜を実現するプラズマ源を開発し、シリコン酸化膜上に接合させることで、グラフェンの半導体利用促進に資する。高出力な緑色レーザーを実現するために、数値解析モデルを開発しレーザー変換結晶の破壊回避法を明らかにすることで、実用化に資する。短パルス・高出力のパルス電子ビームを開発し、新規表面処理プロセスを開拓する。3) 生命工学系研究開発として、外科手術用の低侵襲なプラズマ止血装置を開発し、更に国際標準規格化を進めることで、機器の早期実用化に資する。

- ・国際的な研究レベル：高品質なカーボン系材料を低温合成する技術は世界をリードしている。固体元素由来の定常プラズマ生成技術は世界をリードしている。結晶破壊を回避する数値解析モデルは世界を先導している。低侵襲プラズマ止血医療機器の国際標準規格化は世界を先導している。

研究テーマ：テーマ題目2 (b-1)

超高速フォトニクスグループ (Ultrafast Photonics Group)

研究グループ長：鳥塚 健二

(つくば中央第2)

概要：

- ・目的：パルス光波合成等の新技術を開発し、未踏領域の光パルス発生、制御、応用を開拓することで、超高速技術を先導する。
- ・意義、当該分野での位置づけ：超高速光技術を利用した加工や物質プロセス制御、計測に資する技術である。主な研究内容は、(1)超短パルスレーザーの特性を生かした表面加工等の技術開発。特に、熱負荷に弱い医療用材料や次世代太陽電池材料等の新しいレーザー加工プロセスの開発に他領域の研究者とも連携して取り組む。(2)パルス光を電界波形のレベルで制御することで、未踏時間分解の光波合成等の新しい光源技術を開拓すると共に、それらの新機能を精密加工や計測に応用する技術を開発する。
- ・国際的な研究レベル：超短光パルスの関連技術を持ち、特に、異波長パルス光間の位相制御及びタイミング制御は当所が先導して開拓してきた技術で、世界最高の時間精度を有する。また、パルス内光波位相 (CEP) 制御光の増幅を、再生増幅器と回折格子ストレッチャーを組合せた高出力化が可能な方式で実現した。本年度は、超短パルスレーザーの医療

用材料加工への応用、Yb ドープおよび Er ドープファイバーレーザーによる超短パルス発生と同期の技術、について重点的に取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目2 (b-2)

光センシンググループ (Optical Sensing Group)

研究グループ長：藤巻 真

(つくば中央第5)

概要：

- ・目的：健康な暮らしを誰もが享受できる社会、安全安心な住環境、より高い国際競争力を持つ生産技術、の実現に資する光学的センシングシステムの開発を行う。より具体的には、生活安全に向けたウイルス、細菌、環境汚染物質などを迅速かつ高感度に検出可能な光センサシステム、生体組織内の機能や形態の低侵襲、無侵襲センシング技術、インフラの劣化診断用システム、工業用材料の管理用センサシステムの開発を推進する。
- ・研究手段：独自の光学的手法をベースとした微量微小物質検出技術、高感度分光技術、イメージセンシング技術をコア技術とし、これらの技術を微細加工技術や各種高度計測手法によってサポートすることにより、各種要素技術を高度化するための研究開発を実施すると共に、実用化に向けた研究体制の構築を図る。菌、ウイルス、汚染物質などの検出においては、当グループが開発した、光ディスク型センサ、導波モードセンサ、表面プラズモン共鳴励起蛍光増強を利用した V 溝バイオセンサなどをベース技術として用い、検出対象物質に最適化した検出手法の確立を行っていく。人の無侵襲な健康診断技術や、コンクリート構造物の非破壊診断技術、各種工業プロセスのモニタリング技術には、当グループが得意とし世界的にも高いレベルにあるマルチスペクトルイメージング技術、高感度フーリエ分光技術、高温熱物性測定技術、などの個々の技術をより高度化させながら、また、各技術の長所を生かしながら組み合わせることによって、その課題解決に資する技術開発を実施する。

研究テーマ：テーマ題目2 (b-3)

分子集積デバイスグループ (Molecular Assembly Group)

研究グループ長：則包 恭央

(つくば中央第5)

概要：

- ・目的：各種材料 (有機・無機・微粒子など) の精密な構造制御や集積化による機能発現を利用した高性能光/電子デバイスの開発、および関連する基盤技術の開発を行う。

- ・研究手段、方法論：有機分子の設計、有機合成、分子パッキングの予測、粒子分散技術、各種薄膜作製技術、微粒子の自己組織化、薄膜の計測・観察技術、光化学／マイクロ波化学などの技術を駆使して、エレクトロニクス・フォトニクスに有用な部材・プロセスの開発を行っている。またこれらの技術開発から派生して、小型可搬・簡便な計測評価装置の開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目2 (b-4)

光半導体デバイスグループ

(Optical Semiconductor Device Group)

研究グループ長：王 学論

(つくば中央第2)

概 要：

- ・目的：分子線エピタキシー、有機金属気相エピタキシーなどの高度な結晶成長技術、ナノレベルの微細構造設計・作製技術を駆使して、IoT 時代における低環境負荷社会に貢献しうる化合物半導体・有機半導体先端光デバイスの開発を目的としている。具体的に、高効率・高指向性発光ダイオード、黄色半導体レーザー、超小型テラヘルツ光源、有機半導体レーザー、サブバンド間遷移素子などの開発に取り組んでいる。
- ・意義、当該分野での位置づけ：可視からテラヘルツまでの広い波長帯域の革新的発光・受光デバイスを開発することで、ウェアラブル情報機器用ディスプレイや計測・医療機器、セキュリティ認証・センシングシステムなどの超低消費電力化・高機能化・新機能化を通じて、広く IoT 社会の実現に貢献する。
- ・国際的なレベル：エバネッセント光の結合効果に基づく高指向性発光ダイオードや II-VI 族化合物半導体黄色レーザーは、世界初の成果であり、高い独自性と優位性を有している。また、化合物半導体・有機半導体結晶成長技術や微細加工技術において、世界最高水準の技術を保有している。

研究テーマ：テーマ題目3 (c-1)

超伝導エレクトロニクスグループ

(Superconducting Electronics Group)

研究グループ長：吉田 良行

(つくば中央第2)

概 要：

- ・目的：情報通信・エレクトロニクス技術の革新に向けた、新奇超伝導材料の物質開発、理論・実験両面からのアプローチによる高温超伝導機構解明、およびそれらの知見に基づく新機能超伝導デバイスの提案と技術開発を推進し、超伝導研究におけるフロンティアを開拓する。
- ・研究手段、方法論：高圧合成法をはじめとする先進

的物質合成手法と理論予測、更には高圧下物性測定を組み合わせることにより、より高い性能を有する超伝導体、従来にない性質を示す超伝導体の開発を行う。また、高品質単結晶試料を用いた系統的物性評価を通して、銅酸化物、鉄ヒ素系に代表される高温超伝導体の超伝導発現機構を明らかにする。得られた知見を元に、同物質群を対象とした電子デバイス・線材プロトタイプを試作し、超伝導エレクトロニクス開発への指針を確立する。

研究テーマ：テーマ題目3 (c-2)

酸化物デバイスグループ

(Oxide Electronics Group)

研究グループ長：相浦 義弘

(つくば中央第2)

概 要：

- ・目的：低環境負荷酸化物デバイス技術の基盤確立に向けて、酸化物半導体、鉛フリー圧電体、酸化物発光材料など材料開発および機能開拓を行う。
- ・研究手段、方法論：誘電体、圧電体、磁性体、半導体から超伝導まで広範な物性を示す金属酸化物について、革新的な省エネルギーに貢献する材料を探索する。機能性酸化物材料の物性発現の機構解明を行い、機能向上、材料設計の新たな指針および機能制御手法を確立する。更に、酸化物材料がもたらす革新的な電子デバイスの実現を目指して、酸化物材料を用いた電子デバイスの可能性を検証する。

研究テーマ：テーマ題目3 (c-3)

強相関エレクトロニクスグループ

(Correlated Electronics Group)

研究グループ長：澤 彰仁

(つくば中央第5)

概 要：

- ・目的：新しい電子デバイス動作原理である強相関電子系の電子相制御技術、ダイヤモンド NV センターを利用した量子センシング技術などの開発と、それに基づく低消費電力不揮発性メモリ、高感度磁気センサーなどの革新的な先端デバイスの開発を行う。
- ・意義、当該分野での位置づけ：原理的にサイズ効果のない強相関電子系の電子相転移を外場により制御する技術や量子現象を利用したセンシング技術等の研究開発により、半導体デバイスの限界を超える超高密度・低消費電力不揮発性メモリや、半導体デバイスでは実現できない超高感度磁気センサー等を開発し、情報通信技術を活用したグリーンイノベーションに貢献する。
- ・国際的な研究レベル：強相関酸化物など金属酸化物の大型・良質単結晶を作製可能なレーザー加熱単結晶作製技術、金属酸化物デバイス開発に不可欠な最

先端の計測解析技術と微細加工技術・設備を有している。

研究テーマ：テーマ題目3 (c-4)

[テーマ題目1] 光情報技術

[研究代表者] 並木 周 (副研究部門長)

[研究担当者] 榊原 陽一、山本 宗継、池田 和浩、
山田 浩治 他

(常勤職員27名、他16名)

[研究目的]

光・電子融合領域の情報通信技術の革新を目指した研究開発を推進する。また、光デバイスに関するエコシステムの創成をめざす。主な研究課題は下記の通りである。

a-1) 光伝送・光ネットワークに関する研究開発

次世代光伝送および光ネットワーク技術を、デジタルコヒーレント、非線形信号処理、量子光学技術などを用いて開発する。また、次世代コンピューティングを実現する光ネットワーク技術の検討を行う。

平成27年度は以下の成果が得られた。

- ・ダイナミック光パスネットワークを実運用するためのテストベッドを整備し、潜在ユーザーに開放して運用テストを行うための環境整備を行った。
- ・ダイナミック光パスネットワーク上で8 K映像信号を伝送して実施した、複数奏者による津軽三味線演奏の遠隔セッションにおいて、信号伝送遅延時間が視聴者に及ぼす影響を調査し、ダイナミック光パスネットワークによる低遅延伝送が極めて有効であることを明らかにした。
- ・データセンター向け大規模大容量光ネットワークに関する検討を行い、光周波数コム配信とシリコンフォトニクスマトリクススイッチにもとづく新たなネットワーク形態に関するコンセプトの提案を行った。
- ・伝送路の midpoint で位相共役光を発生することで光ファイバの非線形性による信号品質劣化を抑圧する技術について、理想設計からはほど遠い構成の実フィールドファイバにおいても大きな効果が得られることを明らかにした。
- ・当グループで開発した波長変換器に様々な変調フォーマットの信号を入力した際の、連続波長変換動作に対する信号品質劣化特性を明らかにし、光通信分野で世界最大級の国際会議などで極めて高い評価を得た。

a-2) 3次元フォトニクス基盤技術の開発

次世代シリコンフォトニクスデバイスを実現するために重要な3次元構造を可能とする基盤技術を開発する。具体的には、シリコンフォトニクス光導波路を湾曲させ、面垂直方向に光入出力部を形成する技術などを開発する。

平成27年度は以下の成果が得られた。

- ・シリコン光回路の配線末端部にイオン注入し、ウェ

ハ垂直方向に立体湾曲加工することを実現し、ウェハ表面方向から光ファイバを近接させてシリコン光回路への低損失、低波長依存、低入射角度依存の光入出力を実証し、光通信分野で世界最大級の国際会議などで極めて高い評価を得た。

- ・次世代 LSI チップ上多層光集積回路に向け、結晶シリコン及び水素化アモルファスシリコンを導波路コアとする層間偏波分離デバイスの設計を行った。有限差分時間領域法によるスペクトル特性解析、構造誤差への耐性評価を行い、既存プロセス技術により十分実現可能なデバイスを開発した。

a-3) 光インターコネクション技術の開発

次世代の近距離光通信用の光源・光機能素子、光導波路および光電子集積回路等をシリコンフォトニクスおよびポリマーフォトニクス技術を用いて開発する。平成27年度は以下の成果が得られた。

- ・マルチキャリア光源に向けて挿入損失6 dB 以下の SiN 共振回路を実現した。
- ・光周波数雑音計測技術において雑音要因ならびに感度限界の解明を行い1 Hz²/Hz 以下の感度を実現した。
- ・ポリマーフォトニクス技術を用いた光電子集積パッケージ基板開発において、新材料導入による損失低減ならびに損失1 dB 以下の光コネクタパッシブ実装を実現した。
- ・上記光電子集積パッケージ基板への光 IO コア実装時の損失評価を行い1 ~ 2dB 程度の低損失結合が可能なことを示した。
- ・産総研スーパークリーンルーム (SCR) でのアモルファスシリコン成膜技術の確立、ならびに低損失 (5 dB/cm) 微結晶シリコン薄膜導波路を実現した。

a-4) 光パスプロセッサ技術の開発

ダイナミック光パスネットワークを構成する小型低電力光スイッチを、シリコンフォトニクス技術を活用して開発する。シリコンフォトニクス光スイッチチップと、これを実装するパッケージング技術の開発を行う。

平成27年度は以下の成果が得られた。

- ・光スイッチチップの高性能化について、偏波ダイバーシティ回路 (偏波無依存化)、ダブルゲート回路 (広帯域化・低漏話化) が有効であることを試作によって実証した。
- ・8x8光スイッチチップの制御回路との一体化について、光ネットワーク技術グループ員と連携し、光スイッチ制御ボード、搭載する光スイッチチップ、スイッチチップを制御ボードに実装するためのチップキャリアも完成した。
- ・32x32光スイッチチップの制御回路との一体化について、光ネットワーク技術グループ員と連携し、光スイッチ制御ボードを完成した。電気実装について

は、昨年度はフリップチップ接合技術の接合率が2048個のヒーター中99%程度であったが、グインターポーザの平坦度の改善、接合工法の最適化を進めた結果、接合率100%を達成した。スイッチチップを制御ボードへ実装するためのLGAソケットの試作も完了した。

- ・次世代光ネットワーク向けシリコンフォトニクス・可変フィルタの試作を進めた。MZIを4段カスケード接続した広帯域可変フィルタ、および7or8段カスケード接続した狭帯域フィルタを試作し、両フィルタとも設計通りのフィルタ特性を得た。

a-5) シリコンフォトニクストランシーバ技術の開発

高集積光トランシーバなどに幅広く適用可能な汎用シリコンフォトニクス技術を開発する。さらにシリコンフォトニクスによるさまざまな機能ブロックの設計情報をまとめ、標準プロセス体系の構築を進める。

平成27年度は以下の成果が得られた。シリコンフォトニクスデバイス設計/製造技術開発を推進し、トランシーバ応用を想定した高速高効率変調器(3dB帯域20GHz以上、変調効率 $V_{\pi}L \sim 1 \text{ V} \cdot \text{cm}$)を実現するとともに、超狭線幅ナノフォトニック共振器(Q値100万以上)の実現やゲルマニウム受光器製造基盤技術の確立などを通じ、シリコンフォトニクス設計、製造技術の核を形成した。また、バックエンド異種材料集積技術を用いたシリコンフォトニクスの高性能化技術の開発を推進し、アモルファスシリコンや窒化珪素を用いた高密度集積光回路や低損失光ファイバ結合などの先進的光デバイス技術を創出した。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】光伝送、光ネットワーク、光インターコネクション、シリコンフォトニクス、3次元光回路、光電子集積素子、ポリマー光導波路、ナノ構造デバイス、非線形光学、非線形歪補償、コヒーレント光信号処理、光波長変換、光信号波形計測、量子もつれ光子対、光子検出、量子暗号通信

【テーマ題目2】光応用技術

【研究代表者】阿澄 玲子(副研究部門長)

【研究担当者】榊田 創、鳥塚 健二、藤巻 真、則包 恭央 他
(常勤職員27名、他21名)

【研究目的】

光やプラズマを利用した加工・センシング・計測技術や、光機能性デバイスに関する研究開発を行う。主な研究課題は下記の通りである。

b-1) プラズマ利用技術に関する研究

先進プラズマ技術の高度制御による革新的な省エネルギー・低環境負荷エレクトロニクスデバイスの開発を行

う。

平成27年度は下記のような成果が得られた。

- ・従来のCVD技術の限界を乗り越える革新的プラズマプロセスとしてナノ結晶ダイヤモンドとグラフェン膜用の大面積・低温・高速合成システムを構築した。
- ・緑色レーザー用の変換用結晶の損傷メカニズムを明らかにし、改善項目を提示した。
- ・半導体用h-BN膜生成研究として、プラズマ生成試験に成功した。
- ・準大気圧環境下でのプラズマ窒化法の研究として、従来より一桁以下のパワーで従来と同等の性能の窒化に成功した。
- ・医療用途のプラズマ装置等に関わる国際標準化として、Low energy ionized gas coagulation equipmentに関するIEC/TC 62-SC 62D-WG34委員会原案(IEC 60601-2-76)を国際回覧した。
- ・医療機器開発ガイドラインとして、「外科手術用低侵襲プラズマ止血装置」に関するガイドラインを経済産業省のホームページにて公開した。
- ・低温・高反応大気圧プラズマの研究に関して、ストリェーション現象を見出し、論文化した。
- ・短パルス・高パワーのパルス電子ビーム装置(スペック; 50 kV, 2 kA, 200 ns)の製作を完了した。

b-2) 超高速フォトニクス技術

高出力かつコンパクトな光源開発と加工プロセス等への応用研究を行うとともに、次世代プロセスや高度計測技術への応用を目指した光ファンクションジェネレータの研究開発を重点的に進める。

平成27年度は下記のような成果が得られた。

- ・医療用セラミックス材料のレーザー表面加工に、所内、生命工学領域、材料・科学領域、大学医学部の研究者らと連携して取組んだ。特に、超短パルスレーザーアブレーション加工によって生体内での骨固着強度を改善できることを動物実験で確認した。
- ・高効率高出力が期待されるYbドープファイバーレーザーにおける短パルス化と2倍波変換に取組み、全ファイバー化したシステムから緑色光33 nJ、波長帯域39fs相当の光パルス出力に成功した。生体関連分子の操作技術の研究への応用をすすめる。
- ・計測等への応用に向けて、高安定高信頼なファイバーによる光ファンクションジェネレータ実現を目指し、YbドープおよびErドープファイバーレーザーによる全融着式の2波長超短パルスレーザーを開発した。同期した1.0 μm および1.5 μm の300 fsパルス光発生に成功した。

b-3) 光センシング技術に関する研究

健康な暮らしを誰もが享受できる社会、安全安心な住環境、より高い国際競争力を持つ生産技術、の実現に資

する光学的センシングシステムの開発を行う。

平成27年度は下記のような成果が得られた。

- ・V溝バイオセンサ開発では、ウイルスやバクテリアをターゲットとし、センサの高感度化・高機能化と応用展開に向けた研究開発を実施した。ノロウイルス擬似粒子の検出では、アルミチップと量子ドット蛍光標識を用いた検出系を確立し、濃度0.1 ng/mLの検出に成功した。バクテリア検出においては、V溝蛍光イメージングによる「1体検出」の可能性を見出した。
- ・導波モードセンサ開発では、救急・災害時に用いるポータブル血液検査装置の研究開発に取り組んだ。感染症検査の検体では、血漿中の肝炎ウイルスタンパクをマイクロ流路上で検出した。また血液型検査については、実際のヒト血漿中の血液型抗体の個別検出に成功した。また、全血用の血液型検査流路を開発し、4項目の同時測定、ならびに ABO と Rh (D) 血液型の同時判定に成功した。
- ・光ディスク型のバクテリアイメージングシステムの開発においては、得られた像が何によるものであるかの特定技術の構築を行った。形状認識について、ディスク半径方向を狭ピッチ化し、より高精細な像が得られるようになった。また、菌への染色と透過光強度測定を組み合わせることにより、付着物の種類を判定できることを見出した。
- ・高感度分光技術を用いた生体組織内の無侵襲センシング技術の開発では、血液内の微量成分を高精度に計測するために、高感度分光器の波長分解能の改善を行った。その結果、より波長分解能の高い血液の透過スペクトルが得られるようになった。
- ・近赤外光で皮膚を照明し、拡大撮影が可能な皮膚撮像スコープを開発し、皮膚表層(角層)の水分量分布および水分のなじみやすさを定量分析する技術の開発を行った。成分の異なる保湿液を皮膚表面に滴下して時間とともに変化する形状などを計測し、肌状態や保湿液の成分との相関を計算することで皮膚の性質を評価する新たな指標となることを示した。
- ・高感度近赤外分光測定を用いた、コンクリート材料の劣化因子の検出システムの開発を行なった。開発した屋内用試作機や解析手法を適用し、コンクリート表面に存在する塩分・水分の分布が計測されることを実証した。また、コンクリート厚みに対する光の浸透度実験を行い、表面からの光学的厚みを決定した。これらの知見をベースとして、フィールド実験用測定器を開発した。
- ・鉄鋼の圧延プロセスにおいて、表面温度、表面酸化膜の厚さ、及び光学特性がプロセス管理で重要となる。鉄表面の酸化膜に対し、分光エリプソメーターによる屈折率や膜厚測定、ラマン散乱による酸化膜評価、温度測定といった基礎データを取得した。酸

化物生成初期過程のラマン散乱測定では、マグネタイトからヘマタイトへの変態過程の観測にも成功し、今後、プロセス管理装置としての検討を行う。

b-4) ボトムアップ集積型デバイスの構築

各種材料(有機・無機・微粒子など)の精密な構造制御や集積化による機能発現を利用した高性能光/電子デバイスの開発、および関連する基盤技術の開発を行う。具体的には、有機材料の設計・合成、マイクロ・ナノパターン形成技術、デバイス作製技術、計測評価技術の開発を行う。

平成27年度は下記のような成果が得られた。

- ・試料の複屈折の大きさやムラを定量的に可視化できる、簡便・高速・高精度・高分解能の計測ができる小型の試作機を開発製作した。
- ・アゾベンゼンの結晶が光照射によってガラス基板の上を移動することを発見した。この現象は、紫外光と可視光を同時に異なる方向から照射すると紫外光から遠ざかる方向に移動する。
- ・平成26年度までに開発してきたカーボンナノチューブ透明導電膜においては、カーボンナノチューブとナノ粒子との複合構造を解明し、電気特性の安定性の評価を行った。

[領域名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] プラズマプロセス、安全安心、超短パルスレーザー、レーザー加工、センシング、光計測、QOL、ボトムアップ集積技術、光機能性材料

[テーマ題目3] 新原理エレクトロニクス

[研究代表者] 澤 彰仁(副研究部門長)

[研究担当者] 王 学論、吉田 良行、相浦 義弘 他
(常勤職員31名、他21名)

[研究目的]

高温超伝導体、強相関酸化物などの機能性酸化物や、化合物半導体、有機半導体を中心に、省エネルギーに貢献する機能性材料の探索を行うとともに、従来技術の延長では達成できない極限的な省エネルギーデバイスの研究開発を推進する。主な研究課題は下記の通りである。

c-1) 化合物・有機半導体先端光デバイスの開発
分子線エピタキシー、有機金属気相エピタキシーなどの高度な結晶成長技術、ナノレベルの微細構造設計・作製技術を駆使して、IoT時代における低環境負荷社会に貢献しうる化合物半導体・有機半導体先端光デバイスを開発する。

平成27年度は下記のような成果が得られた。

- ・幅100nm程度のストライプ状のInGaAs/GaAs量子井戸が中心に埋め込まれたGaAs微小リッジ型LEDを開発し、電流駆動の条件において強い指向性(指向角 $\sim 43^\circ$)の発現に成功した。
- ・有機半導体レーザーの研究では、今まで進めてきた、

TPCO 系材料でのキャリアドーピングを行い、有機 EL 素子の電流値を20倍向上できた。また、新規材料系として有望な、ペロブスカイト系材料を用いた溶液プロセスでの微小共振器形成とその光励起発振に成功した。

- 新規な電流狭窄構造をもった黄色半導体レーザーを作製した。しきい電流値は10 mA 以下と極めて低くなり、従来構造の約1/10~1/5程度に抑制することに成功した。
- 解明した双安定性のメカニズムをもとに、GaN 系 RTD の量子井戸構造を改良することで、テラヘルツ波発振に不可欠な微分負性コンダクタンス現象を観測することに成功した。

c-2) 先進機能超伝導材料の開発と新規超伝導応用の開拓

情報通信・エレクトロニクス技術の革新にむけ、卓越した機能を有する超伝導材料の開発、理論・実験両面からのアプローチによる高温超伝導発現機構解明、およびそれらの知見に基づく新規超伝導応用の提案とその実現に向けた技術開発を推進する。

平成27年度は下記のような成果が得られた。

- 線材開発：パウダーインチューブ法を用いた (Ba, K) Fe_2As_2 の線材開発を行い、作製プロセスの最適化により 4T の磁場中での臨界電流密度 $J_c \sim 40000 \text{ A/cm}^2$ を達成した。また、昨年度発見した (Sr, Na) Fe_2As_2 についても超伝導線材化を行い、良好な臨界磁場を得ることに成功した。
- 物質開発：新構造の鉄系超伝導体 $\text{CaAFe}_4\text{As}_4$ (A=K, Rb, Cs) 及び、 $\text{SrAFe}_4\text{As}_4$ (A=Rb, Cs) を世界で初めて発見した。また、昨年度発見した $\text{AP}_{1-x}\text{Sex}$ 超伝導体において、その結晶構造を決定し、超伝導の組成依存性を明らかにした。
- 超伝導理論： LaBi_3 , $\text{Zr}(\text{Se}, \text{P})_2$ 等の新奇超伝導体に対して第一原理計算を行い、バンド構造を決定した。その結果、 LaBi_3 についてはフェルミ面付近に高い状態密度を持つことが明らかになった。 $\text{Zr}(\text{Se}, \text{P})_2$ においては比熱測定と比較することで、基本的にリジットバンドモデルで説明できることを示した。また、強相関電子系に対して電荷の揺らぎを考慮した新しい波動関数を考案した。この波動関数を用いた計算において、強相関領域で超伝導の相関が大きく増大し、高温超伝導が可能であることを明らかにした。
- 超伝導デバイス：超伝導ストリップにおける量子化磁束の運動に関して数値計算を行い、円孔を設けた超伝導ストリップにおける量子化磁束の自励発振現象を明らかにした。
- 圧力下物性測定：以前から注目していた水銀系銅酸化物高温超伝導体の T_c の圧力効果について、4枚以上の CuO_2 面を持つ多層試料の測定を行い、

CuO_2 面の枚数が多くなればなるほど、高い圧力下における T_c の上昇率が抑制されることを明らかにした。

c-3) 低環境負荷酸化物デバイスの開発および機能性酸化物電子材料の新機能開拓

低環境負荷酸化物デバイス技術の基盤確立をめざして、既存の電子材料にない新機能を示す酸化物半導体、鉛フリー圧電体、酸化物発光材料などの酸化物材料を探索し、デバイス化へむけた可能性を検証する。加えて、これら酸化物材料の機能発現機構の解明、機能制御手法の技術開発を推進する。

平成27年度は下記のような成果が得られた。

- ワイドギャップ p 型酸化物半導体の開発を行い、バンドギャップを 2.3–3.0 eV で可変可能なキャリア濃度 $\sim 10^{17} / \text{cm}^3$ 、移動度 $\sim 0.5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を示す新材料の開発に成功した。
- 開発した鉛フリー圧電セラミックスを用いて、Ni 内部電極を内装した非鉛積層体の作製に成功した。不活性雰囲気焼結後に酸化処理を行った鉛フリー積層体の絶縁抵抗率は $1 \times 10^8 \Omega \text{ m}$ を達成し、鉛を含まない電子デバイスの実現が大きく前進した。
- ペロブスカイト型酸化物薄膜電界発光 (EL) 素子において、低電圧駆動による発光中心 Gd^{3+} による紫外線発光に成功した。水の殺菌や害虫駆除などに利用できることが分かった。
- 多バンド型多成分超伝導に電流を流した場合、有限のバンド間位相差が生じた状態が、かならず基底状態になることを理論的に発見した。この新原理を使うことによる、バンド間位相差ソリトンの生成法と、量子の細分化の手法を発明した。
- 独自開発を行った高精度位置制御可能な真空ステージを高分解能光電子分光装置に組み込むことにより、酸化物材料の μm オーダの電子構造の空間的不均一性の可視化に成功した。

c-4) 強相関デバイスおよびダイヤモンド量子センシング技術の研究開発

情報通信技術のイノベーション創出を目的に、強相関電子材料の特長である電気的、磁氣的、光学的な特性が劇的に変化する電子相転移を、電場、磁場、光などの外場で制御する技術、ダイヤモンド NV センターを利用した量子センシング技術などを開発し、それらの技術を利用した革新的な先端デバイスの研究開発を推進する。

平成27年度は下記のような成果が得られた。

- 独自開発した3層構造のパッファー層を用いることにより、膜厚が均一で原子レベルで平坦な界面を有する $\text{BaTiO}_3/(\text{La}, \text{Sr})\text{MnO}_3$ エピタキシャル積層構造を Si 基板上に作製することに成功した。その $\text{BaTiO}_3/(\text{La}, \text{Sr})\text{MnO}_3$ 積層構造と Co 上部電極を組み合わせた強誘電トンネル接合メモリ素子を作製

し、パルス電圧による抵抗スイッチングと800%の抵抗変化を実現した。

- ・ high-k 材料 HfO_2 と有機材料パリレンの積層型固体ゲート絶縁層を用いた SrTiO_3 チャンネル電界効果素子において、大量の電荷蓄積を可能にする「負の静電容量」現象が発現することを見出した。これにより、静電容量×ゲート電圧から見積もられる電荷量の10倍超の電荷蓄積と、S 値170mV/dec 等の素子動作特性が得られた。
- ・ ダイヤモンド NV センターを利用した量子センシング技術の基本ハードウェアの一つであるマイクロ波照射系を完成させた。試料全面にマイクロ波を照射することを可能にし、入力に対する反射損失を4 dBm 程度まで抑制した性能を確認した。さらに、これまでに構築した全ハードウェアをアセンブリし、装置全体のサイズが90 cm × 75 cm × 35 cm の小型 NMR 装置を開発した。本開発装置から観察された NV 中心の2次元マッピング像は、小型にもかかわらず、従来システムと同等以上の感度を持つことを確認した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 化合物半導体、有機半導体、超伝導、酸化エレクトロニクス、強相関エレクトロニクス

④【製造技術研究部門】

(Advanced Manufacturing Research Institute)

(存続期間：2015.4.1～2020.3.31)

研究部門長：市川 直樹

副研究部門長：加納 誠介、秋山 守人

総括研究主幹：手塚 明、松崎 邦男、徐 超男

所在地：つくば東、九州センター

人 員：69名 (69名)

経 費：792,246千円 (377,076千円)

概 要：

日本の強みと言われていた製造業は、少子高齢化や産業の空洞化という社会構造の問題だけでなく、デジタルマニュファクチャリングをはじめとする情報技術の急速な進展などにより、新しい局面を迎えている。従来の消費者への安価・高性能・高機能な製品の供給のための大量生産・大量消費を是とした製造技術から、消費者の個々のニーズの取り込みとオンサイトで供給、限りある地球上の資源・エネルギーを将来の人類にできるだけ長く引き継ぐことへの考慮、さらには自然災害等への対応のためのレジリエンス（柔軟性）強化などへの転換が求められてきている。

当研究部門では、国立の研究開発機関として、こう

した長期的な視点での製造技術の方向性を見据え、革新的な加工プロセス・システムの開発、先端センシングデバイスを用いた測定・評価技術の開発、顧客価値や物流・製品リサイクルなども含めた設計・情報技術の開発に統合的に取り組む。

具体的には、この第4中長期（2015-2019年度）において、下記の4つの重点化課題を定めて、製造技術の新たな潮流への取組みを進める。

- ① 付加加工技術の開発：自由な形状創成が可能な3D 積層造形技術の特徴を生かした応用と3D 複層化や3D 造形技術と加工・成膜技術の複合化による新たな機能発現部材の実現
- ② 複合加工技術の開発：加工現象の解明をもとにした加工プロセスを最適に複合化する製造プロセスを開発し、プロセスチェーンの短縮化のみならず、従来の手法では困難な形状や精度の加工と高機能を付与した部材デバイスの製造
- ③ 製造網および情報と製造の融合に関する技術の開発：情報技術との融合により、工場・生産設備のムダ・ムリ・ムラや不具合・診断を行うモニタリングシステム・データモデルの構築、社会的要素も含めたシナリオ分析による生産レジリエンス強化
- ④ 構想設計・超上流設計に関する技術の開発：顧客価値の高い製品・システムの開発を可能にするために、複数業種の製造企業における共通問題の抽出、設計プロセス効率を下げずにデライト設計の質向上の実現、新たに開発される特性の高い素材・材料やこれまで利用されてこなかった高付加価値素材・材料に合わせた加工プロセスの最適化、異なる加工プロセスの複合化技術、加工プロセスやプロダクトのその場計測・評価技術とその設計や加工へのフィードバック、そして機能設計や加工プロセスを上流から考慮する設計情報技術を重点課題とする。それぞれ将来を見据えた先端技術の開発とその実現のための基礎的知見の集約、技術同士の統合・融合化をはかっていく。また、これらの成果は、地域産業の活性化を念頭においた公設研や地域企業の技術との連携により、新しいものづくりのコンセプトとして、産業界への提案・実証や展開などを行っていく。

当研究部門の研究拠点は、機械・加工技術に関する研究ポテンシャルを有するつくばセンター（8研究グループ）と計測モニタリングに関する研究ポテンシャルを持つ九州センター（4研究グループ）の2カ所があり、計12研究グループで研究を進めた。本年度においては、重点課題①～④の推進のため、以下の3課題を部門重点課題、4課題を萌芽課題、4課題を連携課題とした。

部門重点課題

- ・「3D 造形複合化プロセスによる機能発現部材創成

に関する研究」

- ・「高機能部材の製造を可能とする高効率複合加工技術の開発」
- ・「製造網構築に向けた生産システムのモデリング・計測技術の開発」

萌芽研究

- ・「光散乱・蛍光同時計測を利用した応力効果による SiC 基盤表層の結晶欠陥の検出と同定」
- ・「物理的視点による生体組織加工応用範囲の探索」
- ・「摺動面の液中その場観察機構の開発」
- ・「SFG を活用した潤滑状態のその場観察システムの開発」

連携研究：

- ・「金属積層造形によるポーラス構造の化学センサーへの応用」
- ・「生産計測技術の高度化技術（画像・モデリング・間接の融合）」
- ・「応力印加光散乱法による SiC ウェハの潜傷検知」
- ・「AIN 薄膜圧電体を用いた AE センシング技術の高度化」

内部資金：

- ・「液中粒子濃度計測に係る一般的ガイドライン開発」
- ・「3D プリンターの産業創出プラットフォーム形成事業」
- ・「IoT を活用した設計・製造支援のためのモデリング技術に関する研究」

外部資金：

経済産業省

エネルギー需給構造高度化対策費

- ・「大口径マルチモード光ファイバ・コネクタ及びその通信性能に関する国際標準化・普及基盤構築」

戦略的基盤技術高度化支援事業

- ・「電子回路基板の多品種変量生産を実現する常圧加熱水蒸気を用いた高熱効率・均一加熱リフロー装置の開発」
- ・「SUS304超塑性発現材を利用したナノ精度マイクロ部品の加工技術開発」
- ・「船舶用エンジンの高出力化とクリーン化の革新をもたらす高疲労強度すべり軸受製造技術の確立」
- ・「高品質マグネシウム合金板のコスト半減を実現する高速双ロール鋳造・圧延技術の開発」
- ・「低コスト・小規模投資で薄肉高強度を実現する革新的ダイカスト技術の開発」
- ・「電解レーザー微細複合加工技術の実用化による微細医療器具の開発」
- ・「純銅を凌ぐりん青銅の最高抗菌性発現及びその高抗菌性を効果的に発揮させるための薄膜化・表面加工法技術の確立」

- ・「材料、プロセス、表面処理の三位一体イノベーションによる次世代ヒートシンクの創製」
- ・「電解式不動態皮膜改質技術によるステンレス鋼の耐塩素孔食・耐応力腐食割れ性の飛躍的向上技術」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）

- ・「革新的設計生産技術／チーム双方向連成を加速する超上流設計マネジメント／環境構築の研究開発」
- 助成事業
- ・「製造プロセスの高度化に向けた多様環境対応型静電気計測技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費補助金 基盤研究(A)

- ・「格子・電荷・光結合系の設計と制御によるフォトニクス機能の進化」
- ・「多面体幾何学にもとづく球面駆動システムの研究」

科学研究費補助金 基盤研究(B)

- ・「切削力フィードバックによる能動切込制御型マイクロ・ナノ切削加工システムの実証研究」
- ・「透過電顕を用いたナノ蛍光体単一の光学特性評価と粒子構造との関係解明」
- ・「流体操作技術による新たな精子選別技術の開発と実証試験」

科学研究費補助金 基盤研究(C)

- ・「パイプを伝搬するガイド波のモード解析」
- ・「高空間分解能静電気分布モニタリング計測システムの開発」
- ・「社会様態の変化を促し環境負荷を低減する積層造形（AM）技術利用シナリオの設計」
- ・「正20面体クラスター構造を持つ水潤滑用低摩擦・低摩耗ホウ化物セラミックスの開発」
- ・「電磁非破壊検査技術向上に向けた高度磁場解析技術の構築」

科学研究費補助金 若手研究(A)

- ・「低炭素社会と循環型社会の両立に向けたエネルギーシステムのシナリオシミュレーション」

科学研究費補助金 若手研究(B)

- ・「プラズマエッチング中の剥離パーティクル発生メカニズムの解明」
- ・「欠陥準位制御による微小ひずみ応答材料の創製」
- ・「高分子樹脂を用いた圧電発電の高効率化」
- ・「高密度イオン軌道ベクトル制御プラズマによる高速・高アスペクト比エッチングの創成」
- ・「数値計算と定性推論を融合したモデルベース設計

検証理論の研究」

科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究

- ・「異種金属直接接合技術を利用した積層π型熱電発電モジュールの創製」
- ・「有機応力発光センサの創出」

国立研究開発法人科学技術振興機構

戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 革新的構造材料

- ・「国産データベースの開発 (セラミックス系の汎用データベースおよび物性データベースの開発) / 国産ソフトウェアの開発」
- ・「裁断の技術開発と製造条件確立ならびに量産実証パイロットプラント設計」

戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術

- ・「構造物の状態を高度可視化するハイブリッド応力発光材料の研究開発」

研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP)

- ・「住環境向け色素増感型アンビエント太陽電池の研究開発」

農林水産省農林水産技術会議事務局 繁殖性の改善による家畜生涯生産性向上技術の開発委託事業

- ・「繁殖性の改善による家畜生涯生産性向上技術の開発」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 未来医療を実現する医療機器・システム研究開発事業 機能的生体組織製造技術

- ・「立体造形による機能的な生体組織製造技術の開発 / 細胞を用いた機能的な立体組織および立体臓器作製技術の研究開発 / 高機能足場素材とバイオ3D プリンタを用いた再生組織・臓器の製造技術の開発」

一般社団法人 ファインパブル産業界

平成27年度 医工連携事業化推進事業 ファインパブル利用による滅菌装置の開発

発表：誌上発表121件、口頭発表239件、その他42件

デジタル成形プロセス研究グループ

(Digital Manufacturing Process Research Group)

研究グループ長：岡根 利光

(つくば東)

概要：

3D データを基軸とした CAE・加工プロセス・ヒューマンインターフェイスの開発を統合的に行うことにより新たな生産技術の開発を進めている。そのために、鋳造、塑性加工、熱処理、3D 造形、CAE、AR、IT

等の各基盤的技術について加工評価実験・加工現象のモニタリング手法やシミュレータ開発、作業支援技術の開発を通して、加工メカニズムの解明と高度化に取り組んでいる。さらに技術的連携・統合・融合化による新たな加工プロセスの開発とそれによる高付加価値な機能発現部材の開発を行っている。具体的には、3D 造形技術の高度化を目指した先行研究として、積層造形技術と組み合わせた高品位充填技術や組織制御技術、加工技術および作業支援技術との連携を行った。今後、加工技術の基礎研究をベースに積層造形技術等を利用した高付加価値製造が実現可能となるプロセス指針の確立を目指している。その他、各基盤的技術で進めている加工メカニズム解明の基礎研究を基に、加工プロセスの高度化・合理化・最適化を図り、産業界での活用と普及を推進している。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目5

積層加工システム研究グループ

(Additive Processes and Systems Research Group)

研究グループ長：小木曾 久人

(つくば東)

概要：

本研究グループでは、コーティング技術とその評価技術を基礎として、付加加工技術 (AM) の高度化をめざし、指向性エネルギー堆積法 (DED 法) を用いた、3D 積層造形技術、および、積層造形物の評価技術の研究開発を行っている。26年度から開始されている、経産省の大型プロジェクト「次世代型産業用 3D プリンタ技術開発」に参画し、DED 法の装置開発とその高度化を大手民間企業と共同で進めている。積層造形物の評価技術としては、レーザー超音波法を用い、非接触、非破壊で、造形物内部の欠陥を検出する研究を行い、将来の欠陥のインプロセスモニタリング技術を目指している

表面処理技術として、プラズマによる窒化処理技術を電子光技術研究部門と共同ですすめ、小型高密度プラズマ発生技術を生かし、ミニマルファブ用のハイパワーインパルス (HIPIMS) 型のスパッタ成膜装置の高度化に取り組み、SEMICON などの展示会に出品した。

さらに、接合技術開発に取り組み、熱電変換素子のデバイス開発や、異材溶接技術の研究にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目1

オンデマンド加工システム研究グループ

(On-demand Manufacturing System Research Group)

研究グループ長：芦田 極

(つくば東)

概要：

マイクロファクトリ（製造対象の寸法に見合った小型の生産加工システム）のコンセプトに基づき、創意工夫に富んだ新たな先進的加工システムと、それらのネットワーク化の研究を推進する。主に加工装置および加工対象のマイクロ化をテーマに、これまでの製造技術では対応できない新たな課題を抽出し、それらを解決するために、新原理や複合加工を適用したマイクロ加工プロセス、マイクロ計測・検査技術、小型アクチュエータ要素、これらを組合せた制御システム等を試作開発し、評価を行う。さらに MZ プラットフォームを活用して様々な生産要素をネットワーク化し、生産加工情報を収集・管理、加工プロセスにフィードバックすることで、生産システムの省エネルギー・省資源効果、およびフレキシビリティ向上による多品種少量生産にオンデマンドで対応する製造技術研究を推進する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3、
テーマ題目5、テーマ題目10

機能造形研究グループ

(Function Fabrication Group)

研究グループ長：中野 禪

(つくば東)

概要：

製品を製造する場合、一つ一つの部品も何らかの機能を持っている。部品の機能は材料の特性、形状、それから外とのインターフェースとなる表面によって形成される。この視点をもとに、材料と形状、そして表面のそれぞれの視点から研究を進めている。材料視点では特に材料の結晶性や構造を適切に選択することにより生み出される特性・機能を活用する。金属の結晶粒微細化や相変態を利用し、拡散接合の低温化を実現した。生分解性マグネシウム合金の開発も進めており、医療用デバイスへの展開を進めている。また特殊環境用の摺動材料の開発を進めている。形状の作製では、スピニング加工や電磁成形・衝撃成形などの塑性加工技術、積層造形技術や粉末焼結によるポーラス構造やラティス構造等の形成、レーザー加工等を展開している。表面では、プラズマ処理やイオンビームの半導体製造技術への展開、材料でも記載した特殊環境用摺動特製の検討等の開発を行った。材料と成形の複合化による高機能デバイス製造や、表面特性を生かした機能を形状に付与する等の技術開発を実施している。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目8

トライボロジー研究グループ

(Tribology Research Group)

研究グループ長：大花 継頼

(つくば東)

概要：

製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発を意識しながら、省エネルギーに資するトライボロジー技術の開発を行う。表面高機能化技術を中心として、システムとしてのトライボロジー技術を先端のおよび基盤的と二つの側面を連携させながら深化させる。その中で、環境面への配慮や信頼性も含めたシステム性能の向上や、表面および潤滑システムに新しい機能を発現させることを目指す。中・長期的には、マイクロ/ナノからマクロへの展開を主軸とした研究を進め、トライボロジー技術の革新を指向する。

今年度は表面テクスチャリングを有する摺動面の開発やトライボコーティング技術、さらにはモデリングによる摺動面のシミュレーションやメンテナンス・トライボロジー技術、摺動面のその場観測技術の開発に取り組んだ。また、最先端の技術情報拠点となるべく、研究グループ内の研究者個人の研究ポテンシャルを高めるとともに、共同研究等を通じて実用化を目指した応用研究および標準化に取り組み、産業界の根幹技術であるトライボロジー技術の向上と普及に努めた。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目6、テーマ題目7、
テーマ題目11

表面機能デザイン研究グループ

(Surface Interaction Design Research Group)

研究グループ長：三宅 晃司

(つくば東)

概要：

本研究グループでは、表面という場を利用した材料の高機能化を目指した研究を行っている。「材料創成技術」、「シミュレーションと実験とが協調した表面物性評価技術」、「表面修飾技術をベースとした表面機能創成」を中核として、基礎現象解明に基づいた「表面機能設計技術」の開発とその応用展開に取り組んでいる。これらの研究開発を通じて製造技術への物理化学的視点からのアプローチにより、製造産業の発展に貢献していく。「材料創成技術」では、低環境負荷流体からなるトライボシステムの構築に向け、水、アルコール潤滑用金属基複合材料およびセラミックス基複合材料の開発を行う。「シミュレーションと実験とが協調した表面物性評価技術」では、複雑現象であるトライボロジーや加工の基礎原理解明に向けて、表面近傍における破壊等の機械的特性を原子スケールで評価できるシミュレーション技術の開発を行う。同時にナノスケールでの機械的特性評価や材料破壊初期過程の解析に向けた装置開発を行う。「表面修飾技術をベースとした表面機能創成」では抗菌表面を例として、抗菌作用の基礎原理解明を行うことにより、表面形状と表面の化学的物性制御を利用した機能性表面創成技術を確立する。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目7、テーマ題目10

数理デザイン研究グループ

(Mathematical Modelling and Design Group)

研究グループ長：増井 慶次郎

(つくば東)

概要：

本年度は、重点課題である「製造網および情報と製造の融合に関する技術の開発」において、工場・生産設備のムダ・ムリ・ムラや不具合・診断を行うモニタリングシステム・データモデルの構築や、社会的要素も含めたシナリオ分析による生産レジリエンス強化について検討した。具体的には、生産システムメタモデル作成のため、生産システム運用知識の獲得と知識表現の一般化についてモデリング手法開発を開始した。今後は、すでに SIP 革新的設計生産技術の一環として開発した上流設計段階での CAD ツール（デザインブレインマッピング（DBM）システム）と連動して機能開発を行うなど、上流設計支援基盤技術として整備していく。さらに産総研コンソーシアム（SURE）による「戦略メタル資源循環技術」を進展させ、“動静脈連携”による資源循環システムの仕組みについて検討し、廃製品リサイクルの動静脈情報連携システムの必要要件等を検討した。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目9

構造・加工信頼性研究グループ

(Structural and Processing Reliability Group)

研究グループ長：原田 祥久

(つくば東)

概要：

近年、産業機器や輸送機器等の構造部材において「安全・信頼性」の確保や加工された部材の損傷評価技術の向上が要求されている。したがって、製造時や加工時の初期欠陥や箇所を検出技術、供用過程における劣化・損傷・欠陥評価だけでなく、これらに基づく「寿命・余寿命予測」に反映させていくことが必要となる。当研究グループではこれらの要求に応えるべく、発電プラント、輸送機器、社会インフラ、産業機器等の様々な構造材料や加工部材を対象に、材料の耐久性評価、き裂解析、欠陥・欠陥箇所検出等の非破壊検査技術の開発を行うとともに、その劣化損傷メカニズムを解明することで、寿命・余寿命予測が可能となる評価技術の開発を行う。さらに、これらの知見をもとに「複合加工技術の開発」へ反映させるような要素技術の提示に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3

センサシステム技術研究グループ

(Sensor System Engineering Research Group)

研究グループ長：田原 竜夫

(九州センター)

概要：

ものづくりの現場では、製造工程や製品に対する信頼性を高めかつスループットの向上を図るため、製造プロセスをその場監視できるオンサイトモニタリング技術への期待が高い。その一方で、監視対象となる設備や工程の変更には、通常、消極的である。そこで、工程の変更を前提とせず、大きな設備の増設も不要でありながら、より高度なプロセスモニタリングが可能となるセンサシステム技術の開発を進めている。今年度はその実現に向けて、①加熱環境下で利用できる薄膜圧電体を利用したセンサシステムの開発、②薄膜センサの生産等に不可欠なドライエッチング技術の高速化技術や量産効率改善のための技術開発、③センサ信号から有用な情報を抽出し、センサシステムの効率的運用につなげるための信号処理技術、の三つの要素技術開発に取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目11

センシング材料研究グループ

(Functional Material and Sensor Group)

研究グループ長：山田 浩志

(九州センター)

概要：

モノのインターネット化（IoT）による生産プロセスのスマート化（スマートマニュファクチャリング）、気候・地殻変動、人・物の流れ、ウェアラブルセンシングによる健康管理等、複雑化する社会・環境問題の解決や経済的付加価値の向上に対して、ICT とビッグデータの活用（CPS）が注目されている。その中で、センサは情報の「フロントエンド」となるキーデバイスとして必要不可欠のものである。センシング材料研究グループは、生産・製造技術への技術貢献を念頭に置きながら、下記に列挙するような3つの課題に取り組んでいる。①新規センシング材料の開発：市場におけるセンサニーズを把握しながら、過酷環境下、生体、食品検査等への適用を想定したセンサ材料の開発に取り組む。②センサ素子の開発：センシング材料をセンサ素子として機能させるための成膜技術、デバイスの開発に取り組む。③素材・製品、並びに製造プロセスの解析・評価技術の開発：多元系材料開発の指針や熱力学に係わる諸現象の解明の基盤となる計算熱力学ソフトウェアとデータベースの開発に取り組む。また素材・製品の非破壊評価技術の開発にも注力する。

研究テーマ：テーマ題目2

トリリオンセンサ研究グループ

(Trillion sensing Group)

研究グループ長：寺崎 正

(九州センター)

概 要：

トリリオンセンサ研究グループでは、非連続的に膨大なセンサ・プローブを用いたトリリオン（1兆個）センサ時代、すなわち情報オリエンテッドな社会の到来を見据え、「見えないものの可視化」、「価値分布の可視化」の技術開発を行う。開発にあたっては、製造分野におけるもののインターネット化（IoT）、製造業の革命、持続的産業競争力強化を意識し、トリリオンセンサが拓く健康・グリーン・環境・食糧の観点での「無意識による損失」の無い「潤沢な社会」に貢献する。具体的に「見えないものの可視化」に関して、業界が諦めている潜傷、静電気等の可視化技術、応力分布の様に経験やシミュレーションで見えているものの直接可視化、更には製造現場における暗黙知の可視化など、独自の可視化技術の開発を行っている。更に、既設センサや一見無関係な情報と、独自の可視化技術とのデータ相関を活用し、直接計測困難な情報を類推する間接可視化技術、更にはトリリオンセンサ製造・応用技術の確立（センサ・プローブ・自立電源の設計開発、実証試験）の取組みを行っている。製造企業ニーズオリエンテッドな革新的可視化技術開発を通して、材料・プロセス・品質の革新・改善・決断を促す直接的な情報・解決策を提示する事で製造網の構築に貢献するとともに、根源となる学術知見の抽出・集積・カスタマイズを行い、学術、企業、地域を含めた広い産業社会への還元を目指している。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目9、
テーマ題目10

生物化学プロセス研究グループ

(Biochemical Process Group)

研究グループ長：宮崎 真佐也

(九州センター)

概 要：

マイクロ化学、ナノ科学技術を用いて、生産現場での計測技術開発や生産プロセスの強化などについての研究を行っている。マイクロ流体の持つ高い流体操作性を基盤として、化学産業のみならず、環境、医療、製薬、バイオ関連、食品産業、化成工業等への応用展開に関する検討を行う。具体的には、流体操作性による最少試料化（微量）、集積化などによるその場計測や 化学反応自体の加速による効率的な計測（迅速）、短い実効拡散距離などの効果を利用した分析（精密）・計測などを行う。特に食品、農産物、医療関連の計測デバイスの開発を企業や大学と連携して進めている。

研究テーマ：テーマ題目8

[テーマ題目1] 3D 造形複合化プロセスによる機能発現部材創成に関する研究

[研究代表者] 岡根 利光（デジタル成形プロセス研究グループ）

[研究担当者] 岡根 利光、梶野 智史、岩本 和世、徳永 仁史、本山 雄一、中野 禅、清水 透、村上 敬、佐藤 直子、小木曾 久人、廣瀬 伸吾、瀬渡 直樹、佐藤 治道、芦田 極（常勤職員14名）

[研究内容]

3D 積層造形技術は、自由な形状創成が可能であり、その特徴を生かした輸送機器用の軽量構造部材、流体制御による高冷却金型・航空宇宙機器部材への活用が期待されている。3D 造形技術の高度化技術の開発を行い、マイクロチャンネル部材、超耐熱部材、耐摩耗材など新たな機能発現部材の実現を目指す。

3D 造形高度化技術の開発では、レーザー積層造形技術・インクジェット積層造形技術をコア技術とし、3D 造形物の高性能化を目的に真空、プラズマによる雰囲気制御造形技術を確立するため、プラズマ援用 DED 装置、2波長レーザーDED 装置を開発し、それらの装置の基礎的な性能を検討する。また、Ti6Al4V 合金における雰囲気による造形効率の違いを究明する。

結果として、真空中レーザー積層造形技術では、Ti6Al4V の真空造形において、材料物性とレーザー照射条件における熔融深さの解析と実験から、熱効率を評価した。本知見を基に、造形条件の解明とその応用による高品位製品の実用化に向けた研究を推進する。さらに、低侵襲性医療用デバイスの素材として、蒸気圧の高い純 Mg を造形できる雰囲気を検討し、アルゴン雰囲気でも多孔質シートを作製、高い空孔率を実現した。材料特性・生分解性に優れ、治療に用いる素材、患者の体形に合った形状に立体造形等へ展開が期待される。

プラズマ DED 造形では、プラズマスプレーデポジション用のプラズマノズルを作製するため、2種類のプラズマ発生法を検討し、プラズマ機構の試作を行った。双方において大気圧中での放電を確認、装置の試作開発に活用可能な知見を得た。

3D 造形プリ・ポストプロセス技術の開発では、非接触欠陥検出技術・EBSD 法による材料評価技術、材料開発・表面修飾技術をコア技術とし、機能発現部材の実現による橋渡し目的とした、造形用材料開発等のプリプロセス技術、3D 造形物評価技術等のポストプロセス技術開発を行うため、レーザー超音波法による非接触内部欠陥検出技術について原理検証、超耐熱材料の casting 可能な耐熱・高強度積層部材を開発する。

結果として、プロセス中に高温になる AM 造形物インプロセスモニタリングを目指した非接触計測技術として、レーザー超音波による非接触計測実験装置を開発し、表面からある程度の深さの欠陥が検出できることを明ら

かにし、積層造形中の欠陥が生じた最初の一層から検出可能とした。また、インクジェット積層造形技術によるセラミックス鋳型を実現し、高い抗折強度を得た。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕3D 積層造形、レーザー積層造形、インクジェット積層造形、プラズマ援用DED、2波長レーザーDED、多孔質シート、低侵襲性医療用デバイス、非接触欠陥検出技術、EBSD 法、機能発現部材、セラミックス鋳型

〔テーマ題目2〕高機能部材の製造を可能とする高効率複合加工技術の開発

〔研究代表者〕松崎 邦男（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕松崎 邦男、芦田 極、栗田 恒雄、小倉 一郎、中野 禪、荒井 裕彦、花田 幸太郎、加藤 正仁、村上 敬、大花 継頼、鈴木 健、是永 敦、間野 大樹、大村 彩子、三宅 晃司、日比 裕子、藤澤 悟、平澤 誠一、西村 憲治、中野 美紀、原田 祥久、西村 良弘、笹本 明、中住 昭吾、田原 竜夫、上杉 文彦、笠嶋 悠司、石田 秀一、山田 浩志、上原 雅人（常勤職員30名、他2名）

〔研究内容〕

製造業における国際競争力維持のために、高機能を有する先進材料等の難加工材の加工や複雑形状、高精度の加工さらには高生産性や省エネなどのプロセスが求められているが、既存の個々の加工では限界がある。そこで、複数のプロセスを複合化して、従来困難であった加工を実現し、高機能を有する部材、デバイスの製造を可能とする革新的な複合加工技術の開発を行った。

電解加工とレーザー加工を複合化することで、個々のプロセスでは達成困難な低加工影響部、高アスペクト比の除去加工のできる複合加工技術の開発を行い、金属細管へ精密な加工を達成した。複合加工を構成する行程であるレーザー加工と電解加工について、加工条件を変更しながら自動で設定した回数実行することができるシステムを構築した。またステンレス、チタン、アルミニウムなど特性の異なる金属材料についても電解・レーザー複合加工を実証した。

塑性加工技術をコアとした複合加工では、逐次成形での張出し成形と電磁成形等との衝撃成形の複合化の検討を行った。逐次成形であるしごきスピニング加工法により板厚を制御し、薄肉化して高速加工が可能な板厚が得られ、加工条件に伴う組織、形状の変化、ひずみ等を調べることで、加工メカニズムの検討を行った。さらに加工した素材へ電磁成形などの加工を行うための装置を検討した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕電解加工、レーザー加工、ハイブリッド加工、電磁成形、逐次成形

〔テーマ題目3〕製造網構築に向けた生産システムのモデリング・計測技術の開発

〔研究代表者〕増井 慶次郎

（数理デザイン研究グループ）

〔研究担当者〕増井 慶次郎、近藤 伸亮、高本 仁志、往岸 達也、澤田 有弘、木下 裕介、芦田 極、栗田 恒雄、古川 慈之、寺崎 正、古賀 淑哲、菊永 和也、藤尾 侑輝、坂田 義太郎、原田 祥久、中住 昭吾（常勤職員16名）

〔研究内容〕

本研究の背景としては、災害や不具合事象からの生産システム回復力（レジリエンス）強化が求められる中、欧州では、Industrie4.0など生産システム自動化・効率化の革新技術開発が活発化していることがあげられる。このような背景のもと、生産計画、生産設備、生産計測システムを統合した生産システムモデルの一般的記述方式が必要となってきた。そこで以下の3点について開発を行った。

- ① シナリオ分析手法の開発：日本の製造業が直面する外部環境の変化に適応可能な生産システムの構築に向けたシナリオ分析を行った。
- ② 生産モデル作成技術の開発：企業内の機能階層ごとに分断されている生産情報の統合化を検討した。本年度は、各層ごとに使用されているソフトウェア間の情報を紐付け、生産システムのメタモデルを提案することを目標とし、直接モニタリングが不可能な情報については、シミュレーション技術による把握や論理的処理により生産状況を把握することを、事例を通じて試みた。
- ③ 間接可視化法の開発：画像センシング技術等計測技術等を活用した間接可視化法の検討および生産ラインのエネルギー測定も事例研究として実施した。

本年度の成果としては、異なる種類の生産設備情報や、階層が異なることに起因する粒度の違う生産情報を体系的に紐付けるためのデータモデルの記述方法を提案し、企業における活用可能性検証を行うための共同研究に着手することができた。本技術は、特に、大規模施設において異なる設備系統の情報流通が必要な場合に、一元管理の有効性が大きいことを見出した。本年度成果は、JASIS2015コンファレンスセミナー（雑誌に連載中）「製造インフラ診断ーネットでつなぐ分析システムー」やテクノブリッジフェアを通じて随時紹介を行い、共同研究や橋渡し先企業を探索している。

今後の展開としては、本年度に明確化した各種モデル（機能モデル、構造モデル、生産管理モデル）における

共通データ・流通データについて分析を進め、モデル間の関係を構造化する。これにより、不具合原因の早期発見や推論結果を用いたメンテナンスプラン作成、レジリエントな生産ネットワーク構築の提言を行うための基本フレームを提示する。一方、生産計測技術については、間接モニタリングの技術拡充を行うと共に、本年度検討した計測技術導入可能性の結果を受け、工場において事例検討を進める。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 製造網、生産システムモデル、生産計測技術、不具合診断、寿命予測

【テーマ題目4】 光散乱・蛍光同時計測を利用した応力効果による SiC 基板表層の結晶欠陥の検出と同定

【研究代表者】 坂田 義太郎

(トリリオンセンサ研究グループ)

【研究担当者】 坂田 義太郎、寺崎 正 (常勤職員2名)

【研究内容】

電力エネルギーの高効率制御のため、SiC や GaN などといった、次世代パワーエレクトロニクス用半導体が注目を集めている。しかしながら、これらの次世代パワーエレクトロニクス用半導体は、化合物系材料であり、超高温で生成されることから、結晶成長過程で内部に熱応力が発生する。その結果、基底面転位などの結晶欠陥が形成され、デバイス作製時にリーク電流が発生するなど製品歩留まりの低下を引き起こす可能性がある。また、このような結晶欠陥を検出するための検査装置の開発が進んでいるが、欠陥種の同定まで行うことができていない現状がある。産総研では、応力効果と光散乱計測とを組み合わせた潜傷検査技術(応力誘起光散乱法)を開発し、潜傷(マイクロスケールのクラック)の検出に成功した。そこで、本研究では、光計測技術である「光散乱計測」と「蛍光計測」とを組み合わせ、かつ、産総研独自技術である「応力効果による欠陥検出技術」を組み込むことにより、結晶欠陥の種類を同定するための試みを行った。その結果、応力効果により、結晶欠陥の光散乱強度が変化することを見出し、同一箇所の蛍光計測結果からも、蛍光強度が変化する現象も見出された。以上の結果より、応力効果による光散乱強度の変化や蛍光強度の変化が検出されたことから、SiC の結晶欠陥種の同定のための基礎的知見や応力効果の有効性が見出されたことが示唆できる。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 応力誘起光散乱法、蛍光、SiC、結晶欠陥

【テーマ題目5】 物理的視点による生体組織加工応用範囲の探索

【研究代表者】 栗田 恒雄 (オンデマンド加工システム

研究グループ)

【研究担当者】 栗田 恒雄、徳永 仁史、小倉 一郎
(常勤職員3名)

【研究内容】

医療技術の進歩が望まれる反面、医師の負担は適応領域の拡大、技術の多様化などから大きくなる傾向がある。医療機器・器具において、内視鏡、エコーなど計測器は進化している一方、手術器具は単純・汎用なものが使用され、医師技術に依存している。本研究では、国内に蓄積している加工(製造)技術、自動化技術などを生体組織に応用することで、これまで医師による手作業で行われた施術の部分的な高能率化、自動化を図る研究開発を行う。

生体組織加工技術、同技術を応用した医療用デバイスを開発することで、患者の身体的、経済的負担の軽減や、医師技術の標準化、さらなる医療技術発展へのフィードバックなどに貢献することができる。また、医療用デバイス産業の発展、医療行為の合理化に伴う医療保険費の削減などにより、内需活性、外貨獲得、税金の効率的活用にも貢献できる。

本研究では、国内製造業が持つものづくり技術を生体へ応用できる環境構築のため、生体組織加工技術を体系化するための調査、検証研究を行う。応用先は先ず、患者への負担軽減が期待でき、医師への負担が大きいと考えられる、内視鏡手術など低侵襲治療技術でニーズ調査、具体的治療デバイスの開発を検討する。さらに生体組織加工技術の有効性を示し、医療技術全般に展開する。

本年度は、手術などの医療行為を生体組織に対する加工と考え、現在用いられている医療(加工)技術が生体組織(加工材料)にどのような影響を与えているかを物理的見地から整理することで、製造技術の医療応用を活性できる基盤を構築する事を検討することを目的とする。前記目的を達成するため、医療施術を13種の動作に分類し医療の工程について整理し、自動化、工程短縮に貢献できる製造技術の方向性について検討した。検討の結果、特に低侵襲医療技術に関して、微細加工技術などを活用した高機能医療デバイスの開発や、自動化技術を活用して医師の手技工程の軽減を実現することができれば、医療技術の向上、患者の QOL 向上に貢献できる可能性を示すことができた。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 生検、鉗子、工具、機械加工、内視鏡手術

【テーマ題目6】 摺動面の液中その場観察機構の開発

【研究代表者】 大村 彩子

(トライボロジー研究グループ)

【研究担当者】 大村 彩子、大花 継頼、鈴木 健、是永 敦、間野 大樹 (常勤職員5名)

【研究内容】

当研究グループでは、摺動面の化学・機械的特性の詳細な解析から、摩擦機構の解明を行い、革新的なトライボシステムの開発を行っている。原子間力顕微鏡（AFM、Atomic force microscopy）は微細な変化を観察する手法として、極めて優れた手法であるが、通常、摩擦試験とその試験面の表面計測はそれぞれ別の専用装置で行われるため、その都度試料を取り外して移動させなくてはならないという問題点があった。そのため、表面の微細な変化を経時的に観察することは困難であったので、AFM 装置本体にボール・オン・プレート方式の直線摺動機構を組み込み、摩擦試験と表面計測を同一系で連続的に行うことを可能とするその場観察システムの開発を行っている。これまでドライの環境下でその場観察を行ってきたが、実際のトライボシステムでは潤滑油中で行われることが多く、液中での摺動機構の解明が重要となっている。さらに液中で摩擦試験を行った試料の表面は、大気曝露や洗浄過程によって酸化膜の形成や他の分子の吸着等が生じる可能性があり、実際とは異なる表面の特性を観測している場合がある。そこで大気中だけではなく液中についてもその場測定を可能とするために、本年度は、①液中 AFM 測定機構の追加と改良、②液セル・試料ホルダの作製、③防水型の摩擦試験機構の開発に取り組んだ。

開発したその場観察システムを用いて、金基板上に作製した金・チオール自己組織化単分子膜について、純水中での摺動試験と水平力顕微鏡（LFM、Lateral force microscopy）測定を試みた。LFM はコンタクト AFM の一種で、走査方向のカンチレバーのねじれを計測する測定モードである。ねじれ角はカンチレバーと試料間に働く摩擦力によって増減するため、表面形状と同時に摩擦力分布を得ることができる。摺動前は純水中で高い摩擦力を示す末端が親水性基（-COOH）の単分子膜について、数回の摺動で局所的に摩擦力が低下していく様子を可視化することができた。サブミクロンスケールの表面形状には大きな変化が見られないことから、摺動により単分子膜の配向性の崩れが生じていると考えられた。今後、本機構により得られた知見と他の評価・測定系による結果とを組み合わせることで、ナノ・マイクロトライボロジーを通じてマクロの摩擦機構の解明を行う予定である。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】マイクロトライボロジー、その場観察、原子間力顕微鏡（AFM）

【テーマ題目7】SFG を活用した潤滑状態その場観察システムの開発

【研究代表者】三宅 晃司

（表面機能デザイン研究グループ）

【研究担当者】三宅 晃司、大花 継頼、是永 敦
（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

摩擦界面を摺動（潤滑）状態で測定可能なその場観察技術は、学術的には潤滑現象の解明に向けた原理追及のため、実用的には企業からの問い合わせが多く、学術、実用両面において重要な技術である。しかしながら、これまでの赤外線吸収分光や光干渉などを利用した潤滑状態その場観察技術では、潤滑油バルクの情報と摩擦面近傍の境界潤滑層とを切り分けて観察することが困難であった。そのため、界面のみ選択的に測定可能な装置が求められている。和周波発生（SFG）分光は、2次の非線形光学効果を利用しているため界面敏感な測定手法である。しかしながら、潤滑状態観察に適用するためには、

（1）安定な摩擦界面の制御、（2）十分なシグナルを得るための接触面積、（3）測定時間、等の問題を有している。我々はこれまで、上記課題を克服するため、SFG に組み込む摩擦試験機の開発を行い、静的状態では安定に SFG シグナルを測定することが可能であることを示してきた。本課題では、動的状態での観察を行い当該装置の有意性を示すとともに、SFG 分光分析を用いた摩擦界面のその場観察手法の確立を目的とする。あわせて境界潤滑膜と摩擦の関係について、特に分子配向とすべり界面の構造、摩擦との関係に着目して検討を行う。潤滑油（基油）として水および n-ドデカン、添加剤としてステアリン酸を用い、界面での分子膜の配向と摩擦特性の関係を検討した。基油と添加剤を区別するため、重水素置換した水およびステアリン酸を用いた。その結果、せん断が加わることで、動的状態における界面分子構造は静的状態と異なることが明らかとなった。本課題で開発した SFG を利用した潤滑状態のその場観察技術は、界面の情報のみを取り出すことが可能であり、境界潤滑膜の解析に有用であることが示された。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】和周波発生分光、境界潤滑、添加剤、分子配向

【テーマ題目8】金属積層造形によるポーラス構造の化学センサーへの応用

【研究代表者】宮崎 真佐也

（生物化学プロセス研究グループ）

【研究担当者】宮崎 真佐也、岩崎 渉、中野 禅、清水 透、佐藤 直子（常勤職員5名）

【研究内容】

本研究では金属積層造形により作製した、金属ポーラス構造体を電気化学検出器として用いるための作製法の検討を行った。被検査溶液をゆっくりと浸透させるために金属のポーラス構造が有効である。金属のポーラス構造の作製方法は、発泡焼結等いくつかの方法があるが、本テーマでは将来の流路構造設計を柔軟に行える可能性から、金属積層造形を利用した。中でも微細な構造を作成できる可能性の高い粉末床熔融型を利用した。これは

粉末原料を必要箇所だけレーザーで焼結しながら形状を作製する手法である。通常電気化学検出器の電極には金、白金等の金属が用いられるが、コスト面等の課題から金属ポーラス構造体のベースの材料としてはチタン合金（64チタン）とした。そのため、金属ポーラス構造体の表面に金の塗布が必要であり、その方法として金コロイドを用いた塗布方法を検討した。金属ポーラス構造体に金コロイドを浸透させ、80度の乾燥機で乾燥させることにより金ナノ粒子を表面付着させた。表面張力の違いによる金コロイド液の金属ポーラス構造体への浸透性を考慮し、金コロイドの溶媒に純水とエタノールの混合液を用い、エタノールの混合比を変化させて塗布条件を検討した。しかし、検討した条件では全て金属ポーラス構造体の表層には金ナノ粒子は塗布されたが、金属ポーラス構造体の内部では塗付量が少なかった。金属ポーラス構造体を金コロイド液に浸ける際も液が内部に浸透していきにくかったことから、濡れ性の問題で金コロイド液が内部に浸透しなかったためだと考えられる。今後はポーラス構造の検討を加え、金コロイド液の浸透がしやすい構造や、更に金コロイド液の溶媒について検討することが必要である。また、金ナノ粒子を塗布できた部分ももう一度液体に浸すと金ナノ粒子が剥がれることが多かった。これはチタン化合物が酸化しやすい材料であり、表面にチタン酸化物被膜が生成され、金の吸着を阻害したためだと考えられる。今後は金ナノ粒子塗布前の前処理も行うことで、吸着状態と塗付量の改善やベースの材料の検討を試みる。本研究で先行的な試験研究を行い、その提案内容が評価されたため、科研費基盤研究Cの獲得に繋がった。今後は科研費の助成を受けて上記の課題解決を試みる。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 金属積層造形、ポーラス構造体、電気化学

【テーマ題目9】 生産計測技術の高度化技術（画像・モデリング・間接の融合）：食品封止紙における落下－湿度－静電気分布の関連性の解明

【研究代表者】 寺崎 正

（トリリオンセンサ研究グループ）

【研究担当者】 寺崎 正、菊永 和也、増井 慶次郎、澤田 有弘（常勤職員4名）

【研究内容】

「食品封止紙における落下－湿度－静電気分布の関連性の解明」に関して、直接モニタリング困難な生産環境の高効率化（改善）を、計測可能データと機能の相関（物理モデル）、物理シミュレーション手法から導くものである。具体的には、食品加工業での歩留まりの問題となる「静電気」を共通項として、各自独自技術「静電気可視化（画像センシング）」、「流体シミュレーション」、

「電力無線計測」、「数理モデリング」からのアプローチを行い、融合化を図る試みの中で、主に下記2点を見出した。

① 静電気を介した水分検知・可視化技術

水分・湿度分布の可視化にあたり、静電気が水分・湿度に強く影響する点に着目した。独自に開発した静電気可視化技術を駆使し、材料表面における静電気の変化を調べることで水分吸着の分布に関して検討した。実際、乾いた布による摩擦により帯電させた材料表面、更には水で濡れた布で一部拭いた材料表面の静電気可視化を行った所、前者は数分間、静電気分布に変化が見られなかったのに対して、後者は接触範囲における著しい静電気の減衰を観測した。このことは、静電気分布をプローブとして、材料表面の水分分布を間接的に評価できる事を示唆するものである。

② 上昇気流中の落下模擬による最適形状の知見

食品加工プロセス等計測機器の設置に制約があり、内部の環境が観測不能な場合を事例に、計測可能と考えられる環境情報を入力値とした物理シミュレーションによる間接モニタリングを行った。具体的には、現場の複数状況を再現した上昇気流が発生する中での封止材の落下を模擬する事に成功した。これにより、計測可能情報と不可能情報を、物理モデルを介して結び付けられる事と、機能モデルとの紐付けを示し、歩留り改善への新たな知見を見出した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 物理シミュレーション、画像センシング、モデリング、間接モニタリング、静電気

【テーマ題目10】 応力印加光散乱法による SiC ウエハの潜傷検知

【研究代表者】 寺崎 正

（トリリオンセンサ研究グループ）

【研究担当者】 寺崎 正、坂田 義太郎、三宅 晃司、芦田 極、栗田 恒雄（常勤職員5名）

【研究内容】

電力エネルギーの高効率制御のため、SiC（Silicon Carbide）などと言った、次世代パワーエレクトロニクス用半導体材料は、従来の Si（Silicon）に比べて、耐電圧性能10倍、電力損失量2分の1と高性能であることから、代替材料として注目を集めている。さらに、パワーエレクトロニクス関連製品の世界市場は年々成長を続けており、2030年では約20兆円規模に拡大する見込みとなっている。しかし、その製造工程において、表面の鏡面化させるために、精密研磨処理（Chemical Mechanical Polishing；CMP）が使用されており、この技術に伴って発生する潜傷が問題となっている。一方で、産総研では、応力効果と光散乱計測とを組み合わせた潜傷検査技術（応力誘起光散乱法）を開発している。応力誘起光散乱法は、被検体に機械的に変形を与えるこ

とによって応力を誘起させ、光弾性効果により潜傷（マイクロスケールのクラック）先端の応力集中の変化を光散乱強度の変化として検出し、潜傷のみを顕在化させることが可能な技術である。本研究では、応力誘起光散乱法を利用し、電界加工を施した SiC 基板表面に存在する潜傷検査を行った。その結果、光散乱画像のみでは全く確認できなかったが、応力効果により、光散乱強度が変化する点が存在することを確認した。今後は、更なるサンプル評価を実施し、加工技術と潜傷検査結果との相関関係の調査をさらに推進する予定である。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 SiC、電界加工、潜傷、光散乱、応力効果

【テーマ題目11】 AIN 薄膜圧電体を用いた AE センシング技術の高度化

【研究代表者】 大花 継頼

(トライボロジー研究グループ)

【研究担当者】 大花 継頼、鈴木 健、是永 敦、
間野 大樹、大村 彩子、田原 竜夫、
石田 秀一、笠嶋 悠司（常勤職員8名）

【研究内容】

機器の異常を早期にかつ感度良く検知することは、機器のメンテナンスにとって極めて重要である。トライボロジー研究グループではこれまでアコースティック・エミッション（AE）のセンシング技術を用いてベアリングなどの故障診断を行ってきた。しかし、市販の AE センサは形状、寸法、耐熱性、強度などの制約から設置できる位置が限られるため、AE 発生位置から離れた位置でのセンシングとなることが多く、伝播経路上に存在するいくつかの界面を経て減衰した信号しか得られないことが SN 比の向上を実現するうえで大きな問題となっていた。一方、センサシステム技術研究グループでは受感素子として一般的な PZT ではなく、AIN 薄膜圧電体を適用し、小型で高温環境でもセンシング可能な AE センサを開発している。また、当該グループは薄膜の積層技術を有しており、形状と寸法の観点で自由度の高いセンサを作製することが可能である。そこで、本テーマではセンサシステム技術研究グループのセンサ開発技術とトライボロジー研究グループのセンシング技術を組み合わせ、AE 診断技術の革新を図ることを目的とした。本年度は、ラジアル型の転がり軸受外周面上への直接固定を想定した曲面センサの開発と、AE の伝播に及ぼす界面の影響の検討に取り組み、それぞれの課題について以下の成果を得た。

- ① 曲面センサの開発：転がり軸受外周面上への直接固定を想定し、雑音の混入を抑制する絶縁膜を付与した曲面センサを試作した。
- ② 界面の影響の検討：疑似 AE を用いたモデル試験により、界面における AE の減衰を確認した。また、界

面の環境（ドライ／オイル、表面粗さ、荷重）による減衰の差を見出した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 AIN 薄膜圧電体、アコースティック・エミッション（AE）、センサ、界面

⑤【スピントロニクス研究センター】

(Spintronics Research Center)

(存続期間：2010.4.1～)

研究センター長：湯浅 新治

副研究センター長：福島 章雄

所在地：つくば中央第2

人 員：17名（17名）

経 費：804,788千円（179,960千円）

概 要：

電子の電荷のみを用いた従来の半導体エレクトロニクスに対して、電子の持つ“スピン”の自由度も活用した新しいエレクトロニクス技術が「スピントロニクス」です。IT 社会の発展に伴って急増する電子機器の消費電力を抑制するために、電子機器が仕事をしていない“入力待ち”時間の消費電力（待機電力）を大幅に削減する必要があり、そのためには電源を切っても記憶が保持される不揮発性メモリ」の開発が不可欠となります。

当研究センターでは、この不揮発性を最大限に引き出すため、固体中のスピン制御技術を極める学術的基礎研究からデバイス応用研究まで、スピントロニクスの技術開発を企業や大学と連携し推進します。

当研究センターでは以下の3つのミッションを掲げ電子スピンを活用したスピントロニクス技術とナノテクノロジーを融合した「ナノスピントロニクス技術」により、大容量・高速かつ高信頼性を有する不揮発性メモリの開発を行い、この技術の中核にして、待機電力ゼロの究極グリーン IT である「ノーマリー・オフ・コンピュータ」の実現を目指します。また、半導体中でのスピン注入、スピン操作、スピン検出の「半導体スピントロニクス技術」を開発し、「スピン・トランジスタ」を開発します。さらに、半導体中のスピンと光の相互作用に基づく「光スピントロニクス技術」を活用し、光通信ネットワークの高度化のための新デバイス「スピン光メモリ」の研究開発を行います。

・ミッション1 グリーン・イノベーションの実現

ナノスピントロニクス技術の中核にして、大容量・高速・高信頼性の不揮発性メモリ STT-RAM および電圧トルク MRAM の基盤技術を開発し、コンピュータの主要メモリを不揮発化することによるグリーン・イノベーションの実現を目指す。

- ・ミッション2 半導体スケーリング限界の突破
スピン RAM によるメモリの不揮発化だけでなく、ナノサイズでも安定に動作するメモリセルを開発することにより、半導体メモリのスケーリング限界を打破することも目標とする。
- ・ミッション3 革新的電子デバイスの開発
光メモリ、スピン・トランジスタ、高周波デバイスなど、将来的に IT に革新をもたらすポテンシャルを有する新デバイスの創出を目指す。

内部資金：

スピントルク発振器アレイ実証装置試作

磁性材料プラットフォームの構築と高性能磁性材料・システム化技術の開発

高電力効率大規模データ処理イニシアチブ (IMPULSE)

外部資金：

独立行政法人科学技術振興機構 (S-イノベ) 「3次元磁気記録新ストレージアーキテクチャのための技術開発」

独立行政法人化学技術振興機構 (さきがけ) 「スピンを利用したニューロモルフィックシステムの理論設計」

独立行政法人科学技術振興機構 (ImPACT) 「無充電で長期間使用できる究極のエコ IT 機器の実現」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 (基盤研究 (S)) 「高周波スピントロニクス研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費・一部基金 (若手研究 (A)) 「電子スピンを利用する円偏光レーザの開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費・一部基金 (若手研究 (A)) 「電界による磁気光学効果制御技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 (若手研究 (B)) 「熱活性領域におけるスピントルク磁化ダイナミクスの理論的研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 (研究活動スタート支援) 磁性金属における電圧誘起磁化反転の低電圧化に向けた研究

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 (新学術領域研究) 「電氣的スピン変換」

発表：誌上発表35件、口頭発表107件、その他4件

金属スピントロニクスチーム

(Metal Spintronics team)

研究チーム長：薬師寺 啓

(つくば中央第2)

概要：

MgO-MTJ 素子の巨大 TMR 効果とスピントルク磁化反転を用いた大容量不揮発メモリ「スピン RAM」の研究開発を行っています。特に、垂直磁化電極を用いた nm サイズ MTJ 素子の開発を行い、書き込み時の低消費電力化と電源を切っても情報が保持される不揮発性の両立を目指しています。また、同じ基盤技術を活用した新デバイスの研究開発、具体的には、ナノサイズのマイクロ波・ミリ波発振器および検波器、物理乱数発生器、不揮発性スイッチング素子の開発も行っています。さらに、薄膜成長技術を応用した新規スピントロニクス素子の開発も進めています。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

半導体スピントロニクスチーム

(Semiconductor Spintronics team)

研究チーム長：齋藤 秀和

(つくば中央第2)

概要：

半導体スピントロニクスと呼ばれる新技術を用いた新奇伝導及び光素子の研究開発を行っています。具体的には、不揮発的に情報を記憶できる(電源を切っても情報を保持する)スピントランジスタの実現を目指した半導体へのスピン注入・制御・検出、およびシリコン導波路一体型強磁性薄膜光アイソレータや円偏光発振するスピンレーザなどの光デバイスの研究開発を行います。スピントランジスタの実現により、従来技術では困難であったコンピュータの消費電力の劇的な削減に繋げ、将来的には待機電力がほぼ零である「ノーマリー・オフ・コンピュータ」に繋がる事が期待されます。また、新型光アイソレータはシリコンフォトニクス技術を用いた情報通信に大きく貢献し、スピンレーザはレーザ発振の省電力化や光通信のブロードバンド化と共に、スピン情報の増幅装置としての役割が期待されています。

研究テーマ：テーマ題目2

理論チーム

(Theory Team)

研究チーム長：今村 裕志

(つくば中央第2)

概要：

ナノ構造における磁性・スピンドイナミクスを記述する新規理論の構築、および理論的なアプローチを用

いた新規ナノスピントロニクス素子開発の先導を目指して研究を行っています。具体的には、ナノ構造におけるスピンドYNAMIXを利用した超高密度磁気記録の読み出し・書き込み技術の開発、スピントルクを利用したナノサイズのマイクロ波発振器の開発、および電圧を用いたスピン制御に関する基礎理論の構築・理論解析を行っています。

研究テーマ：テーマ題目1

電圧スピントロニクスチーム

(Voltage-driven Spintronics Team)

研究チーム長：鈴木 義茂

(つくば中央第2)

概要：

電流をほとんど用いずに、電界（電圧）によってナノ磁性体のスピン操作を行う基盤技術の研究開発を行っています。低電圧かつ超高速でナノ磁性体の双方向磁化反転を実現することにより、スピントルクを用いた場合に比べて情報書き込みの消費電力を1桁から2桁下げることが目標に、基本材料と素子構造の開発および高速スピンドYNAMIXの制御技術の研究開発を行っています。

研究テーマ：テーマ題目1

【テーマ題目1】高速スピンドYNAMIX制御技術の研究開発

【研究代表者】久保田 均

【研究担当者】福島 章雄、薬師寺 啓、野崎 隆行、
甲野藤 真、常木 澄人、谷口 知大、
松本 利映、今村 裕志
(常勤職員9名、他4名)

【研究内容】

本研究では、MgO トンネルバリアを有する強磁性トンネル接合をベースとする、マイクロ波発振器および検波器の開発に取り組んでいる。原理は、強磁性トンネル接合中を流れるスピントルクとスピンの配置に依存してトンネル確率が変化する強磁性トンネル効果に基づく。これらのデバイスは、サイズが非常に小さく、自励発振であるため共振器不要で回路中に組み込みやすいなどの特徴を持ち、半導体素子にない特徴を有している。27年度は、外部回路との組み合わせによる発振周波数の制御性の向上につとめ、より安定した発振周波数を得ることに成功した。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】スピントルク発振素子

【テーマ題目2】革新的スピン光デバイスに関する研究

【研究代表者】齋藤 秀和

【研究担当者】バディム・ザエツ、揖場 聡
(常勤職員3名)

【研究内容】

本研究では、電子のスピン自由度を半導体素子中で積極的に利用することにより、従来型素子には実現不可能であり、将来の高度情報社会に貢献し得る新機能素子の開発を目指す。具体的には、1)シリコン基板上に作製可能な強磁性/半導体ハイブリッド光アイソレータ、2)円偏光発振機能を有するスピンレーザに取り組む。本年度は主に以下の成果を挙げた。

- 1) 新型光アイソレータ：産総研オリジナルの素子である強磁性体表面のプラズモンを利用する「プラズモニック・アイソレータ」をシリコン導波路上に作製し、プラズモンを介した光透過率の低減に成功した。また、アイソレーション効果を高精度で測定可能な新原理に基づく装置を開発した。
- 2) スピンレーザ：スピンレーザの発光層として用いられる GaAs/AlGaAs (110) 量子井戸の結晶成長条件の最適化を筑波大学大野裕三教授と共同で行った。具体的には、結晶成長温度と材料供給量を系統的に変化させた試料を作製し、表面観察、発光特性（フォトルミネセンス）、電子寿命および電子スピン寿命の測定より量子井戸特性を評価した。その結果、従来の(100)結晶を用いた量子井戸と比較して、スピン検出感度と発光強度の大幅な改善が見込まれる成長条件を見出した。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】光アイソレータ、スピンレーザ

⑥【フレキシブルエレクトロニクス研究センター】 (Flexible Electronics Research Center)

(存続期間：2011.4.1～2019.3.31)

研究センター長：鎌田 俊英

副研究センター長：牛島 洋史

総括研究主幹：長谷川 達生

所在地：つくば中央第5

人員：21名 (21名)

経費：279,388千円 (165,280千円)

概要：

1. ミッション

社会の隅々にまで行きわたる情報通信技術の普及には、人々が直接情報の入手・発信に触れるためのツールとなる情報端末機器の利便性の向上と高度普及化が重要な課題となっている。本研究センターでは、こうした課題を解決し、これにかかる新産業創出、国際競争力強化に貢献していくために、ディスプレイやセンサーなどの情報通信端末機器用のデバイス技術としての使用利便性の向上および省エネルギー化の促進を目指して、軽い、薄い、落としても

壊れない、形状自由度が高いという特徴を備えたフレキシブルデバイス技術の開発を推進する。これにより、より利便性の高い革新的情報端末機器を社会に普及させ、新市場創出による経済効果の拡大を図る。また、これら情報端末デバイスの低消費電力化技術の開発とともに、フレキシブルデバイスを省エネルギー・省資源・高生産性で製造する技術となる印刷法を駆使したデバイス製造技術の開発に取り組み、大量普及する情報端末用デバイスの低消費電力化、製造エネルギーの削減を推進して、グリーン・イノベーションに貢献する。さらに、これらの技術に係る材料基盤・計測標準化技術の開発に取り組み、産業基盤支援と国際競争力強化に貢献することを目指す。

2. 研究開発の課題

ミッション遂行のために、下記の研究開発課題を設定して、技術開発を推進する。

① フレキシブルデバイス技術の開発研究

超薄型、軽量、形状自由度、大面積、耐衝撃性に優れた情報入出力インターフェースデバイスの創出を目指し、柔軟性を有するフィルム基板上に回路・デバイスを設置したフレキシブルデバイス技術の開発を行う。特に、ディスプレイなどの表示・出力デバイス、圧力、光、熱応答の入力デバイスをフレキシブルデバイス化する技術を中心に技術開発を推進する。

② プリンタブルデバイス製造技術の開発研究

フレキシブルデバイスの省エネルギー・省資源・高生産性製造プロセス技術として、脱真空プロセス、脱高温プロセス、脱フォトリソグラフィプロセスによりデバイスの製造エネルギーを著しく軽減させ、高速高生産性デバイス製造を可能にする溶液プロセスに立脚した印刷デバイス製造技術の開発を推進する。特に、高精度高精細印刷デバイス製造技術、低温印刷デバイス製造技術、高機能化印刷デバイス製造プロセス、大面積高均質デバイス製造技術などを中心に、技術開発を推進する。

③ フレキシブルデバイス用材料基盤・評価技術の開発研究

フレキシブルデバイス用材料の開発ならびにそれらの基礎物性、寿命、効率、素子性能等にかかる評価、計測に関する技術の開発を推進する。特に、有機半導体材料などのデバイス用有機機能性材料の開発

3. 研究開発の推進体制

研究開発の推進に当たっては、本研究センター内に下記5つの研究チームを設置し、それぞれ設定研究課題に対応した研究開発課題を推進する。

- (ア) フレキシブル材料基盤チーム
- (イ) 先進機能表面プロセスチーム
- (ウ) 機能発現プロセスチーム
- (エ) 印刷デバイスチーム
- (オ) インタラクティブデバイスチーム

特に、本研究センターの研究開発技術は、産業界の技術開発と密接に関係していることから、関連する多業種の企業群からなる技術研究組合を構成し、その中で企業と一体的な技術開発をすることで、技術の円滑な産業普及と推進を図っていく。現在、次世代プリンテッドエレクトロニクス技術研究組合（JAPER A）、および未利用熱エネルギー 革新的活用技術研究組合（TherMAT）の二つの技術研究組合に参加し、それぞれ印刷技術に基づくフレキシブルデバイスの製造技術、フレキシブル熱電変換材料デバイス技術の開発を行っている。さらに、産業界との情報交換の場としての産総研コンソーシアム「次世代プリンテッドエレクトロニクスコンソーシアム」を設置し、当該関連分野の最新の産業動向を反映させた技術開発の推進を図っている。

外部資金：

経済産業省

[平成27年度エネルギー使用合理化国際標準化推進事業]

「プリンテッドエレクトロニクスにおける設計・製造に関する国際標準化」

国土交通省

「シールドトンネルの平常時のモニタリングおよび掘削時の安全管理へ向けたセグメント組込型有機導波路の提案」

国立大学法人東京大学

「印刷技術を用いた両親媒性分子による独立二分子膜の構築と選択的イオン透過膜の創成」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

[NEDO 委託事業]

「次世代プリンテッドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発／電子・材料・ナノテクノロジー部実施事業の周辺技術・関連課題における小規模研究開発の実施／印刷製造物理複製不能回路を利用したセキュリティタグの研究開発」

「クリーンデバイス社会実装推進事業／デザイン多用途型省エネディスプレイ」

「銅ナノインク低温結晶化技術を用いた大面積化向けタイリング実装技術の研究開発」

独立行政法人日本学術振興会 (JSPS)

(つくば中央第5)

「印刷デバイスの形状自由度を損なわない常温配線実装技術の開発」

「シリコーンゴムを利用した微細パターンニング技術における転写メカニズムの解明」

独立行政法人科学技術振興機構 (JST)

「新しい高性能ポリマー半導体材料と印刷プロセスによる AM-TFT を基盤とするフレキシブルディスプレイの開発」

「有機強誘電体の新材料開発、薄膜プロセス技術の開発、及び電子状態計算」

独立行政法人森林総合研究所

「地域のリグニン資源が先導するバイオマス利用システムの技術革新」

発表：誌上発表73件、口頭発表145件、その他26件

フレキシブル材料基盤チーム

(Flexible Materials Base Team)

研究チーム長：堀内 佐智雄

(つくば中央第5)

概要：

- ・目的：フレキシブルエレクトロニクスによるグリーン・イノベーションを目指し、有機半導体・導電体・強誘電体などの電子機能性材料を印刷プロセスに適用するための材料基盤技術を開発する。特に、プロセス適合性をもつ高性能な電子機能性材料の開発、材料の特質に立脚した革新的印刷プロセスの開発、高性能化に必要な不可欠となる高度な微視的材料評価技術の開発を推進する。
- ・意義、当該分野での位置づけ：物性物理学・物性化学・電子工学を基盤とする先端的知見を活用しながら、新規材料・新機能開拓と、印刷プロセスの革新、微視的評価技術の開発に取り組み、主に学術雑誌を通じた成果発信により情報通信・エレクトロニクス・材料分野に貢献する。
- ・国際的な研究レベル：銀ナノメタルインクと反応性表面により高解像度配線を実現できる超簡易印刷法を世界に先駆けて開発、常温常圧の溶液・印刷プロセスで製膜可能な高性能有機半導体や高分極低電場動作型有機強誘電体の材料を開発、材料評価技術として電荷変調分光法を用いた有機半導体のキャリア輸送の研究で世界のトップを走るなど。

研究テーマ：テーマ題目1

先進機能表面プロセスチーム

(Advanced Surface Processing Team)

研究チーム長：牛島 洋史

概要：

薄膜トランジスタアレイや各種センサ等を印刷によって作製するために必要になるプロセス、材料、評価の各要素技術開発を行っている。特にマイクロコンタクトプリント法やスクリーンオフセット印刷法による超高精細印刷技術については製版から印刷装置の試作を進めている。更に、走査型プローブ顕微鏡の技術を応用した表面や微小領域の評価技術に関する基盤的な研究、トランジスタやセンサの機能を向上させるための表面処理技術などについて研究を進め、プリントドエレクトロニクスの実現を目指している。

研究テーマ：テーマ題目2

機能発現プロセスチーム

(Functionalizing Process Team)

研究チーム長：白川 直樹

(つくば中央第5)

概要：

フレキシブルエレクトロニクスの実用化には、材料の精密な配置技術と、材料の持つ機能をフルに引き出す技術を、相互作用しながら同時に進めていく必要がある。機能発現プロセスチームでは、従来の1/1000以下の微少液滴吐出が可能なるスーパーインクジェットに代表される、非接触・無版印刷技術と、酸素分圧が10の-30乗以下の極低酸素雰囲気を作ることができる酸素ポンプ技術等を用いて、材料本来の機能を発現させるプロセスを開発している。

具体的には、スーパーインクジェットと金属ナノ粒子を用いた一桁ミクロン線幅のマスクレス配線パターン形成、銅ナノ粒子インクに関して酸素ポンプ技術を用いた還元焼成とその発展形である低温プラズマ焼結による低抵抗銅配線作成、ワイヤーメッシュを用いたパターンニング、印刷とめっきのハイブリッドプロセスによる配線形成などの研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目3

印刷エレクトロニクスデバイスチーム

(Printed Electronics Device Team)

研究チーム長：吉田 学

(つくば中央第5)

概要：

- ・目的：自由形状、大面積軽薄、生体適合性など、優れた使用感を持つデバイスとしての期待の高いフレキシブルデバイスやストレッチャブルデバイスの早期実用化が望まれている。このように、デバイスの形状任意性を向上させることにより、電子情報機器に新たな価値を付加し、エレクトロニクス産業の拡大につながることを期待される。こうしたデバイスの特徴を十分引き出すためには形状任意性を考慮し

たデバイス設計プラットフォームや製造プロセス技術の確立が重要である。本研究チームでは、これらの実現のために、印刷デバイスの設計・動作解析技術の開発、デバイス性能向上のための印刷プロセス要素技術の開発等を推進する。

- ・手段：大型プロジェクト、技術研究組合との連携、企業・大学との共同研究等における研究開発を積極的に推進するとともに、社会のニーズや新規研究テーマの発掘に努める。またフレキシブルエレクトロニクス開発に必要な要素技術の高度化・集積化を図るため、分野横断的な連携を推奨する。
- ・方法論：導電性繊維を用いた高伸縮圧力センサーアレイの開発や情報機器のための新たな入力デバイスの開発を行う。低電圧駆動可能な有機エレクトロニクスデバイスの創製と応用展開を行う。新規低温焼成技術としてマイクロ波焼成+光焼成技術に関する研究開発を推進する。

研究テーマ：テーマ題目4

インタラクティブデバイスチーム

(Interactive Device Team)

研究チーム長：星野 聡

(つくば中央第5)

概 要：

- ・研究目的：ディスプレイをはじめとする情報端末のユーザビリティの向上や低消費電力化、また非連続的なイノベーション創出に資する部素材、デバイス、及びそのプロセス技術やアSEMBリー技術の基盤的な研究開発を行い、高度情報ネットワーク社会の実現と進展、我が国の情報通信・エレクトロニクス関連産業の持続的な発展に貢献することを目的とする。
- ・研究手段：ディスプレイの低消費電力化と高生産性を両立させる製造技術の基盤開発、およびプロセスダメージ評価技術の研究開発、機器・端末のユーザビリティを向上させる要素技術となるフレキシブル、プリンタブル電子デバイス技術基盤として、印刷プロセスでも高特性を示す有機半導体材料・半導体微粒子の材料・インキ化技術の開発、多様な形状の物体等への適応性、耐衝撃性を向上させるフレキシブル部素材・プロセス技術の開発を行う。
- ・方法論：
 - 1) 低損傷プロセスと低損失・高効率部材活用によるディスプレイ他、情報通信端末の低消費電力化とフレキシブル化を同時に成立させるための基盤技術、
 - 2) 情報端末のユーザビリティ向上のため、高いエネルギー変換効率を示すフィルム状のフレキシブル熱電変換素子の実現に向けた部素材、デバイス設計技術の研究開発を進める。

研究テーマ：テーマ題目5

[テーマ題目1] フレキシブル材料基盤に関する研究

[研究代表者] 堀内 佐智雄

(フレキシブル材料基盤チーム)

[研究担当者] 堀内 佐智雄、米谷 慎、峯廻 洋美、

堤 潤也、長谷川 達生 他

(常勤職員4名、他10名)

[研究内容]

フレキシブルエレクトロニクスによるグリーン・イノベーションを目指し、有機半導体・導電体・強誘電体などの電子機能性材料を印刷プロセスに適用するための材料基盤技術開発を行う。プロセス適合性をもつ高性能な電子機能性材料の開発、材料の特質に立脚した革新的印刷プロセスの開発、高性能化に必要不可欠となる高度な微視的材料評価技術の開発を推進する。平成27年度には、次の成果を得た。

金属配線印刷技術の開発では、前年度までに開発した新原理印刷技術であるスーパーナップ法の高度化を進めた。まずその印刷メカニズムが、深紫外光のパターン照射により形成した光反応性表面上への銀ナノ粒子の化学吸着により進行することを解明した。また線幅0.8 μm に及ぶ超高精細化と、基板への高い密着性と曲げ耐性の確認に成功した。さらに共同研究先である田中貴金属工業株式会社への技術移転によりタッチパネルセンサーへの製品化を推進した。

高性能化・高安定化を目指す印刷プロセス用有機半導体材料の開発では、前年度より引き続き結晶構造評価を実施し、分子間力と半導体特性との相関を解明することで高性能化に有利な分子設計指針を得た。これら材料についてブレードコート法による大面積単結晶薄膜化と積層数の精密制御を可能にした。

インクジェット印刷プロセスでは、素過程の分子シミュレーションから C8-BTBT 薄膜形成の初期ステージ機構を解明した。これにより、新規なインクジェット印刷向け有機半導体材料探索に関する指針（層状液晶性化合物）を提示した。またスーパーナップ法との技術統合を進めることで全印刷フレキシブルデバイスの開発を加速させた。

有機強誘電体の薄膜・印刷化技術として、ブレードコート製膜技術を適用し、2-メチルベンゾイミダゾール (MBI) を、基板の親水領域に沿って結晶性薄膜を形成し、数ボルト程度の低電圧で強誘電性を実証した。同薄膜上では、圧電応答顕微鏡 (PFM) を用いた局所反転ドメインの書き込みにも成功し、強誘電ドメイン構造とスイッチングのマイクロな挙動を詳細に調べ、ドメイン壁の運動に必要な電場が極めて低いことを確認した。

微視的材料評価技術として、前年度に開発した有機 TFT アレイの一括検査技術（ゲート変調イメージング技術）の高感度化・大面積化に取り組み、大幅な広視野化（1 mm 角⇒30 mm 角）と検査時間の短縮（10分以上⇒3分以内）を達成した。これにより、200 ppi の

TFT アレイについて、56000個の TFT を十分な空間分解能 (18 μm) で一括評価を可能にした。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 有機半導体、有機デバイス、プリンテッドエレクトロニクス、材料評価技術

〔テーマ題目2〕 先進機能表面プロセスに関する研究

〔研究代表者〕 牛島 洋史

(先進機能表面プロセスチーム)

〔研究担当者〕 牛島 洋史、安部 浩司、山本 典孝
福田 伸子、野村 健一、日下 靖之
尾上 美紀、粕谷 陽子、藤田 真理子
後藤 理恵、忽那 志満子、真中 潤
小倉 晋太郎 (常勤職員6名、他7名)

〔研究内容〕

プリンテッドエレクトロニクスおよびフレキシブルエレクトロニクス実現のため、印刷技術による高精細なパターンニングや、更に微細なパターンニングを可能にする技術、パターンニングを行う際に刷版や被印刷物表面に施す修飾や改質処理技術、表面の形状や物理化学的性質を評価する技術の確立を目指している。高精細パターンニング技術としてのマイクロコンタクトプリント技術や反転オフセット印刷、スクリーンオフセット印刷等について、重ね刷り精度の向上や、膜厚の均一化と平坦化を中心にデバイス作製プロセスの開発を行い、コロイド化学や表面化学的手法と走査型プローブ顕微鏡の技術を統合した表面分析技術による評価法の開発も進めている。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 マイクロコンタクトプリント、反転オフセット印刷、スクリーンオフセット印刷、走査型プローブ顕微鏡、印刷技術、コロイド化学、表面化学、プリンテッドエレクトロニクス

〔テーマ題目3〕 機能発現プロセスに関する研究

〔研究代表者〕 白川 直樹

(機能発現プロセスチーム)

〔研究担当者〕 白川 直樹、徳久 英雄、所 和彦、
塚本 志帆、中野 栄司、森田 智子
(常勤職員3名、他3名)

〔研究内容〕

酸素分圧が10の⁻³⁰乗以下の極低酸素雰囲気を作ることができる固体電解質型酸素ポンプと、そのようにして作った極低酸素化窒素を大気圧プラズマにして吹き付け試料を焼結する、低温プラズマ焼結プロセスを開発した。180℃以下の低温処理であるにもかかわらず、抵抗率の面でも金属組織の面でもバルク材料と遜色無いものが得られる。今年度はプラズマ電源の出力を約4倍に上げつつ、電極形状を変更して放電体積を増加させることで、一度に処理できる面積を約4倍にすることに成功し

た。

また、ワイヤーメッシュを用いてレジストをパターンニングすることにより、フォトマスクを使わずに、透過率91%、面抵抗17 Ω / \square の銅メッシュ透明電極の作製に成功した。

印刷とめっきのハイブリッドプロセスとしては、スクリーン印刷した銅ペーストを熱処理後、穴埋め電解めっきを行なうことで、めっきのみを用いる場合よりも短時間で厚膜を形成できるプロセスを開発した。同プロセスで RFID 用アンテナを試作し、良好な結果を得た。めっき核剤インクをマイクロコンタクト印刷し、無電解めっきで10 μm 程度の銅細線を得ることに成功した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 酸素ポンプ技術、大気圧プラズマ技術、低温プラズマ焼結技術、スーパーインクジェット技術、非接触印刷技術、無版印刷技術、穴埋めめっき技術、ワイヤーメッシュパターンニング技術

〔テーマ題目4〕 印刷エレクトロニクスデバイスに関する研究

〔研究代表者〕 吉田 学 (印刷エレクトロニクスデバイスチーム)

〔研究担当者〕 小笹 健仁、徳久 英雄、所 和彦、
植村 聖、吉田 学
(常勤職員5名、他20名)

〔研究内容〕

1) 形態任意性・可量性を持つ印刷電子デバイスに関する研究開発

- ・大面積センサーの形状任意性・可量性向上を目指し、配線や接合部のストレッチャビリティ向上に取り組む。具体的には50%以上の伸長・屈曲半径1 mm 以下の折り畳みに対しても破壊しないデバイスを製造することを目指す。
- ・ストレッチャブルデバイス形成に不可欠なストレッチャブル配線の製造技術および性能評価を行う。具体的には100%以上の伸縮に対しても抵抗値変化が10%以内に収まる配線の製造を目指す。
- ・光入力や振動入力に対応した高感度入力デバイスを開発する。4×4以上のマトリクス回路を印刷形成し、高感度動作の原理検証を行う。

平成27年度は、

- ・100%以上の伸縮に対しても抵抗値変化が殆ど起こらない導電配線の形成に成功した
- ・エレクトレット薄膜を用いた高感度振動検出デバイスの製造に成功した。

2) 印刷製造プロセスを利用した新概念セキュリティーデバイスに関する研究開発

印刷製造プロセスを利用した新概念セキュリティーデバイスに関する研究開発・印刷形成リングオシレー

タの発振周波数ばらつき等を利用したセキュリティーデバイスの開発を行う。発振周波数のばらつき10%以内、駆動電圧15V以下の回路を作製しセキュリティーデバイスとしての性能を評価する。

平成27年度は、

- ・有機半導体と極薄ゲート絶縁膜を用い、5V以下で駆動する電界効果トランジスタを作製した。このトランジスタにより構成されるリングオシレータを形成し、これらを Physical Unclonable Function (PUF) として用いることに成功した。

3) デバイス性能向上のための製造プロセス技術に関する研究開発

- ・高性能なフレキシブル N 型半導体としてアモルファス酸化物半導体の塗布・低温焼成技術を開発する。ハイブリット焼成技術を開発し焼成プロセスの低温・高速化 (200℃以下・10分以内) を目指す。
- ・TFT 形成に不可欠な高性能塗布半導体形成技術の開発を行う。製造ラインに100℃以下、90秒で焼成可能な装置を導入し、それを用いて170ppi 以上で電界効果移動度0.1 cm²/Vs 実現する。

平成27年度は

- ・P 型半導体として有機半導体、N 型半導体として200℃5分以内で焼成した酸化物半導体を用いたインバータの作製に成功した。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造、エネルギー・環境、材料・化学

〔キーワード〕 プリンテッドエレクトロニクス、印刷金属配線、印刷メモリ、圧力センサー、RFID タグ、有機エレクトロニクス、評価解析技術

〔テーマ題目5〕 インタラクティブデバイス技術に関する研究

〔研究代表者〕 星野 聡 (インタラクティブデバイスチーム)

〔研究担当者〕 星野 聡、末森 浩司、渡邊 雄一、児玉 久子 (常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

高度情報ネットワーク社会の実現と進展、我が国の情報通信・エレクトロニクス関連産業の持続的な発展に貢献することを目的とし、ディスプレイをはじめとする情報端末のユーザビリティの向上や低消費電力化、また非連続的なイノベーション創出に資する部素材、デバイス、及びそのプロセス技術やアセンブリー技術の基盤的な研究開発を推進した。平成27年度は前年度に引き続き、次世代の高ユーザビリティディスプレイとして期待が高まるフレキシブルディスプレイに適用可能な低消費電力表示技術として、エレクトロクロミズムを利用したカラー反射表示の高速応答性と低消費電力化を両立させる反応電極の技術開発を推進した。具体的には、拡散による

速度律速を回避するため、エレクトロクロミック色素を担持固定化させる透明酸化物微粒子凝集体からなる多孔質電極に関して、従来より用いられてきた TiO₂よりも電気抵抗が低い ITO の微粒子を用い、より低温焼成でありながら TiO₂電極と同等の高い比表面積と空隙率、より優れた透明性と低抵抗性を有する多孔質透明電極の開発に成功した。本低抵抗化多孔質透明電極を用いることにより、ピオロゲン誘導体色素で、20~50 ms のより高速なエレクトロクロミズム (消着色) 反応を確認した。

ディスプレイをはじめとする情報通信端末や入出力機器のユーザビリティにイノベーションをもたらす要素技術開発に関しては、エネルギーハーベスティング素子として情報通信分野や環境・エネルギー分野でユーザビリティの更なる向上が要求されている熱電変換素子に対して、素子作製に印刷プロセスが適用可能で面積化や大量生産が容易に行える、フレキシブルなフィルム状の素子が作製でき設置場所の形状に対する追従性や省スペース性を大きく改善できる、原材料や部材に希少金属を必要とせず希少資源使用による普及の制約を受けないなど、優れた特徴を持つカーボンナノチューブ分散高分子からなるフレキシブル熱電変換材料、インキ化技術の開発、それを用いたフレキシブルフィルム状熱電変換素子の開発とセンサ応用に向けた高ユーザビリティ化技術の開発を前年度より引き続き推進した。平成27年度は、折りたたみ可能なフレキシブル熱電変換素子を実現するため、耐伸縮性素子間配線技術を開発し、伸縮性を有するフィルム基板を用いて、伸縮性があって折り畳みに対しても耐性を示すフレキシブル熱電変換素子を実現した。本熱電変換素子を、熱流計測を利用した温度環境管理用センサとして物流分野への適用を検討し、保冷剤に巻きつけて熱流計測を行い、その結果から温度保持時間の予測ができることを確認した。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 フレキシブルディスプレイ、プリンテッドエレクトロニクス、フレキシブルデバイス、低消費電力化

⑦ 【先進コーティング技術研究センター】

(Advanced Coating Technology Research Center)

(存続期間：2015.4.1~)

研究センター長：明渡 純
副研究センター長：土屋 哲男
総括研究主幹：相馬 貢

所在地：つくば中央第5、つくば東、つくば西

人 員：15名 (15名)

経 費：454,750千円 (295,169千円)

概 要：

21世紀の“ものづくり”は、最少の資源、最小のエネルギー消費で、コスト競争力のある製造技術を基本とすることが強く求められている。また、CO2削減をはじめとした省エネルギー、省資源化などの環境負荷低減の観点から、電子機器の小型・集積化、高エネルギー密度、高耐久性の各種電池開発(太陽電池、蓄電池、燃料電池)、軽量で耐久性の高い自動車部品、航空機部材などの開発が世界的に大きな潮流になってきている。これらのニーズに応えるべく新しい材料・部材・デバイスの創成を実現するためには、多種・多様な性質を併せ持つセラミックス・合金などの機能材料を低コストでコーティング可能な製造プロセスが、今後、益々重要になってくる。

当センターでは、産業競争力強化の観点から、従来コーティング技術とはその原理から一線を画すAD法や光MOD法など、センター独自の先進的なコーティング技術やこれに資する独自の材料技術を柱に多様な課題を解決し、先進コーティング技術を企業に橋渡しすることを目的としている。これらの目的を達成するため、具体的には、第4期では、下記の3つの分野重点化課題(戦略課題)を定め、多事業分野で実生産に資するレベルまでプロセス技術の高度化を図る。また、これまで先進コーティング技術プラットフォームで行ってきた地方公設試、大学との連携活動を全国展開し、より積極的に地方企業、地域ニーズ把握に努め、ニッチトップを目指す地方・中小企業の本格的な事業支援を行う。

第4期重点課題「多様な産業部材に適用可能な表面機能付与技術の開発」において、28年度は以下の3テーマを重点化する。

①AD法では、昨年度明らかになったプラズマ援用などによる成膜速度向上の立証結果をもとに、大型の企業資金獲得につながりつつある蓄電池や燃料電池応用、ガスタービンなどの構造部材応用に絞り込み、実用性能の達成に取り組む。

②光MOD、光化学修飾法などの化学溶液法では、高感度センサ、電子部品及び発光部材の事業化に向けて大面積化、低コスト化のため、先駆体溶液や照射システムの高度化を図るとともに新規分野へ展開する。

③高容量化と低コスト化が期待されている全固体電池など次世代蓄電池のための高容量負極材料の特性改善と上記コーティング原料としての最適化に取り組む。

当研究部門の研究拠点は、材料・プロセスに関する研究ポテンシャルを持つくばセンター(3研究グループ)で研究を進めた。本年度においては、戦略課題①～③の推進のため、以下の2課題を部門重点課題、2課題を萌芽育成課題とした。

領域重点課題：

- ・「光反応プロセスを用いた機能膜コーティングの量

産化プロセス開発」

- ・「ハイブリッド微粒子スプレー技術を用いたガスタービン用高温部材の高性能耐熱コーティング技術に関する研究」

萌芽育成：

- ・「セラミックスの常温接合に係わる原理調査」
- ・「AD法による電池セパレーターの開発に関する調査研究」

内部資金：

- ・「AD 常温成膜技術の蓄電池・燃料電池産業分野への応用」

外部資金：

経済産業省

平成26年度戦略的基盤技術高度化支援事業

- ・「超高分子量ポリエチレン繊維を用いた海洋構造物係留ロープの耐久性向上技術の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

- ・「戦略的省エネルギー技術革新プログラム/省エネルギー技術開発事業の重要技術に係る周辺技術・関連課題の検討/超微粒子溶射の実用化開発に向けた技術戦略策定のための調査」

独立行政法人日本学術振興会

学研究費補助金 基盤研究(C)

- ・「光表面化学修飾法によるポリマー材料のフッ素官能基化表面改質に関する研究」
- ・「燐光現象を利用した低温場の高速度測定技術の構築とその光アニールプロセスへの応用」

科学研究費補助金 若手研究(B)

- ・「配向酸化物薄膜/構造体の高オンデマンド作製手法の開発」

科学研究費補助金 特別研究員奨励費

- ・「プリカーサー溶液プラズマ溶射法(SPPS)による遮熱コーティング形成技術の研究」

先端的低炭素化技術開発(ALCA)

- ・「ガーネット型酸化物電解質材料の創出」

一般社団法人日本ファインセラミックス協会

- ・「先進コーティング技術による樹脂上へのセラミックコーティングに関する調査研究」

発表：誌上発表14件、口頭発表78件、その他6件

微粒子スプレーコーティングチーム

(Fine Powder Spray Coating Team)

研究チーム長：明渡 純

(つくば中央第5)

概 要 :

エアロゾルデポジション (AD) 法やサスペンション・プラズマ・スプレー (SPS) 法について、大型民間企業資金、内部資金 (戦略予算等)、国プロ (SIP) を獲得・活用し、蓄電池や燃料電池、太陽電池などのエネルギー部材や航空機、自動車用などの構造部材応用で実用レベルの生産性と低コスト化の実現を目指した。具体的には、AD 法についてはプラズマの援用等により大幅な成膜速度向上の目途を得た。また、SPS 法については、タービン部材応用の目処を得た。

研究テーマ : テーマ題目1、3、4

光反応コーティング研究チーム

(Photo-assisted Coating Team)

研究チーム長 : 土屋 哲男

(つくば中央第5)

概 要 :

本研究グループは、「光反応を用いた表面機能付与技術の開発」を主に担当し、グリーン・ライフィノベーションに資する材料・部材・デバイスの省資源・省エネルギー製造に貢献するフレキシブルなコーティング技術の確立をミッションとし、以下の課題に取り組んでいる。1)フレキシブルコーティング技術開発、2)コーティング材料開発、3)部材・デバイスへの応用展開 本年度、課題1)、2)では、平成27年度領域重点課題「光反応プロセスを用いた機能膜コーティングの量産化プロセス開発」を中心として、塗布照射法、ナノ粒子光反応法により、高耐熱抵抗膜及び高輝度蛍光体膜の開発、フレキシブルサーミスター、及びポリマー材料への表面化学修飾手法の開発を行った。また、SIP プロジェクトにおいて高耐熱抵抗膜の開発、サポイン事業による海洋構造物係留ロープの開発、などを行った。課題3)では、企業との共同研究で、安全表示部材、小型赤外センサ開発、太陽電池、表面化学修飾による接合技術、大学との共同研究 (新規顕微鏡蛍光体膜、体内貯留型新規 MRI 造影剤) などの新しい部材・デバイスへの適用を検討した。

研究テーマ : テーマ題目2

エネルギー応用材料研究チーム

(Energy Conversion and Storage Materials Team)

研究チーム長 : 秋本 順二

(つくば中央第5)

概 要 :

リチウム二次電池は、今後、自動車用途、定置型電源などの大型用途での普及・展開が期待されており、そのためには安全性向上、長寿命化と共に、更なる高容量化・低コスト化がキーとなっている。我々は、このような次世代蓄電池や燃料電池等の実現のため、新

しい電極材料、電解質材料を始めとする高性能酸化物材料の開発とコーティング技術を適用した部材化を目指している。また、そのための新しい製造プロセスの開拓や、正確な結晶構造・物性評価技術を適用することで、新しい材料設計を進めている。

具体的には、イオン交換合成法、水熱合成法、ゾルゲル法などの低温溶液を用いた素材合成技術を開拓・適用し、コバルトフリー正極材料に代表される高容量・低コストの電極材料であるマンガン酸化物、チタン酸化物、さらには固体電解質材料であるガーネット型酸化物材料などの新規機能性無機結晶材料の合成・開発を実施した。また、基盤技術である結晶構造解析技術・物性評価技術の高度化、および精密結晶成長技術の確立を目指した研究開発を行った。さらに、AD 法を適用した新たな蓄電池部材化技術の開発を実施した。

研究テーマ : テーマ題目1、4

[テーマ題目1] 光反応プロセスを用いた機能膜コーティングの量産化プロセス開発 (重点化課題)

[研究代表者] 土屋 哲男 (光反応コーティング研究チーム)

[研究担当者] 土屋 哲男、中島 智彦、中村 挙子、山口 巖、松井 浩明 (常勤職員5名)

[研究内容]

光 MOD・LIJ・光化学修飾法は、産総研の独自技術として様々な企業から注目されており、既にいくつかの企業と実用化研究を行っている。本重点課題では、更に市場の大きな分野 (スマートウインドウ (5724億円)、電子部品 (800億円)、フレキシブルプリント基板 (7000億円)) についての基盤技術を開発するため、光反応プロセスの多波長化、ハイブリッドインク開発、及び各応用分野の企業ニーズに即した試作・評価を行い、産総研の知財を強化することを目的とした。また、上記市場規模の大きな出口に対し、川上から川下までの企業を産総研主導でアライアンスを形成し、コンソーシアムによる大型資金提供型共同研究や国プロにつなげる。光 MOD 法によるフレキシブル膜の開発では、ハイブリッド溶液の開発を行い、シート抵抗 : $1\Omega/\square$ の膜の作製が可能となった。本成果を基に、今後、SIP プロジェクトにおける高耐熱フレキシブル膜やフレキシブル電池など企業との共同研究へ展開予定である。また、コーティング材料・インク開発では、新規カーボン系膜の低温コーティングプロセスを開発した。次年度は大面積量産化のため真空度の低減や低温プロセスの構築を目指す。その他、植物の発芽を抑制する新規 LED 用の蛍光体材料開発や蓄光材料などのコーティングインク材料を開発し、蓄光材料では、資金提供型共同研究に繋がった。さらに、光表面修飾による異種材料接合技術では、フレキシブル

プリント基板用基材および封止材量産化技術の開発を目的として、異種材料接合技術を検討した。XPS、IRなどの表面分析を行い、接合メカニズムの解明から、接合強度向上に向けた設計を行ない、高強度接合を達成した。今後は、産総研と JFCA で立ち上げた「コーティングアライアンス」の活動において、川上企業と川下企業とをつなぐプロジェクトを立ち上げるには、企業ニーズに即した試作(研究資料提供)や新規基材、材料への展開を産総研独自の技術として確立する必要がある。次年度も本重点課題では企業連携のための試作、量産化プロセス及び新規応用への展開を図ることで実用化、プロジェクト提案や、次年度、戦略予算化を目指して産総研内の連携も含めた組織体制強化を検討する。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 フレキシブル、ハイブリッド溶液、光照射、表面化学修飾、抵抗体、蓄光

【テーマ題目2】 ハイブリッド微粒子スプレー技術を用いたガスタービン用高温部材の高性能耐熱コーティング技術に関する研究

【研究代表者】 明渡 純 (先進コーティング技術研究センター)

【研究担当者】 明渡 純、鈴木 雅人、篠田 健太郎、浜口 真佐樹、川添 義徳、川添 美智子、中村 光男、尾澤 秀夫 (常勤職員3名、他5名)

【研究内容】

ガスタービンやジェットエンジンの高出力・高効率化のために、セラミックス複合材料 (CMC) の高温部材への適用に向けた開発が進められている。本研究では、セラミックコーティング施工技術として成果を上げているエアロゾルデポジション法 (AD 法) およびサスペンションプラズマ溶射法 (SPS 法) を駆使し、CMC 高温部材表面に密着力の高い遮熱コーティング (TBC)、耐環境コーティング (EBC) などの高温部材保護コーティング形成技術の開発を目指した。

企業への試料提供による評価の結果からは、AD 成膜体は緻密性に優れ EBC 用途に向くことが示唆され、また企業提供の基材に対しては密着性の点で HAD が有効であることがわかった。SPS 法については耐熱サイクル性に優れ TBC 用途に向くカリフラワー状ポーラス膜を安価に形成できる可能性が示唆された。

両技術を用途に合わせて組み合わせる検討を行うことにより、タービン翼をはじめとする高温部材保護コーティングへの適用を求めている企業側の要望に対応できる複合積層コーティング技術の開発を進め、実用化への可能性や課題を抽出する予定である。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 ガスタービン、ジェットエンジン、高出力・高効率化、セラミック複合材料

(CMC)、

エアロゾルデポジション法 (AD 法)、ハイブリッド AD 法 (HAD 法)、サスペンションプラズマ溶射法 (SPS 法)、遮熱コーティング (TBC)、耐環境コーティング (EBC)

【テーマ題目3】 セラミックスの常温接合に係わる原理調査

【研究代表者】 鈴木 宗泰 (微粒子スプレーコーティング研究チーム)

【研究担当者】 鈴木 宗泰 (常勤職員1名)、明渡 純

【研究内容】

セラミックスを常温で接合する技術 (固相接合) は、現状、拡散接合法あるいは AD 法のように真空プロセスを欠かせない。これらの固相接合をより広く普及するためには、真空プロセスを用いずに、常温・常圧で大面積にも対応した新たな接合方法の創出が必要である。昨年度までに、AD 法で製膜した硫化物セラミックス膜を常温の不活性ガス中で圧着することに成功した。本研究では、硫化物から酸化物への展開を目指し、常温・常圧で接合が可能な新規接合方法の足掛かりをつかむことを目的とした。

緻密かつ微細な構造を持つ AD 膜の形成は、サブ μ 程度のセラミック原料粒子が基材などに衝突した際、その衝突圧力によって生じる「原料粒子の塑性変形」に由来する。そこで、2枚のサファイア単結晶基板の表面に、高さ・ピッチ間隔が数百 nm 程度のトレンチ構造を形成し、大気圧の不活性ガス雰囲気中にて、互いのトレンチ構造を加圧し崩すことで表面の活性化を促し、常温での圧接を試みた。

NPF の EB 描画装置と多目的エッチング装置を用いて、2枚のサファイア単結晶表面にトレンチ構造をパターンニングした。パターンニングエリアは、1 mm 角四方とした。トレンチ構造を形成した単結晶は、不活性ガスを満たした容器を用いて、露点温度 - 75°C 以下、酸素濃度 50ppm 以下のグローブボックスへと移した。トレンチ構造を形成した面を向い合せて SKD11 で作製したピンの間に挟み、1.7GPa 以上 (トレンチ形成していないエリアも含む) で1軸加圧処理を30分間行った。加圧試験の結果、単結晶の接合には至らなかった。単結晶の周辺が欠けて SKD11 のピンには圧痕が残っていた。SKD11の方がサファイア単結晶よりはるかに柔らかいことから、単結晶の淵に応力が集中、トレンチ構造に十分な圧力がかからなかった可能性が考えられる。今後、加圧処理に用いる治具の素材選定や形状について検討する必要がある。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 固相接合、AD 法、圧接、攪拌接合、セラミックス

〔テーマ題目4〕AD 法による電池セパレーターの開発
に関する調査研究

〔研究代表者〕木嶋 倫人（先進コーティング技術研究センター）

〔研究担当者〕木嶋 倫人、鈴木 宗泰（常勤職員2名）

〔研究内容〕

リチウムイオン二次電池における主要部材は、正極材料、負極材料、電解液、セパレーターである。中でもセパレーターは、市場規模が正極に次いで大きく、今後の市場拡大が予想されている。セパレーターは、正極と負極の絶縁を保ちながら電解液を保持し、充放電に伴いリチウムイオンを通す部材である。基本性能としては、電気的絶縁性とイオン透過性であるが、蓄電デバイスごとに様々な特性が要求される部材である。当センターでは、セラミックス微粒子の常温積層技術であるエアロゾル・デポジション（AD）法を用いて、電池セパレーター層を構築する研究を行っている。本予算では、リチウムイオン二次電池におけるセパレーターの技術動向について特許を中心に調査し、AD 法を応用するための予備実験を行った。

予備実験からは、AD 法によりイオン透過性のあるコーティングが可能であることの見通しを得た。特許調査においては、国内における特許出願は、ほとんどが企業からであり、大学および公的研究機関からの出願は、極わずかであることが明らかになった。

約40社からの特許出願から技術動向を整理すると次の通りである。現行のリチウムイオン二次電池のセパレーター市場の中心は、ポリオレフィン系の微多孔膜である。ポリオレフィン系セパレーターは、薄膜で化学的に安定であり、機械的特性にも優れているが、耐熱性、耐酸化性などの課題があるため、セラミック微粒子のコーティングや化学架橋が検討されており、これらセパレーターの性能向上に関する出願が多くみられた。耐熱性向上を目的に、ポリオレフィン系以外の有機単層膜（ポリイミド、アラミドなど）に関する出願もみられたが、開発メカは限定的であり、特許数も少なかった。また、低コストセパレーターとしての潜在性をもつ不織布は、高空孔率で耐熱性が良く、高性能セパレーターとしての可能性が期待されている。さらに、セパレーターと電解質機能を一体化し、可燃性の非水系電解液を用いない、無機固体電解質を適用した全個体型の蓄電池に関する特許出願も多くみられた。

〔領 域 名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕電池、セパレーター、エアロゾル・デポジション

⑧【集積マイクロシステム研究センター】

(Research Center for Ubiquitous MEMS and Micro Engineering)

(存続期間：2015.4.1～)

研究センター長：廣島 洋

副研究センター長：松本 壮平

総括研究主幹：高木 秀樹、伊藤 寿浩

所在地：つくば東

人 員：22名（22名）

経 費：400,476千円（187,611千円）

概 要：

エレクトロニクス・製造領域は、IT 機器の大幅な省エネ化と高性能化の両立を可能とする世界トップ性能のデバイスの開発と、省エネ、省資源、低コストの産業活動の実現を可能とする革新的な製造技術の開発、および、先端エレクトロニクスを基礎としたセンシング技術と革新的製造技術を結びつけた超高効率な生産システムによるわが国の産業競争力強化を掲げている。当研究センターではこの中で、特に情報技術分野に必要とされる、微細加工を利用したマイクロデバイスに関する研究開発およびその分野に関連する人材を養成することをミッションとする。

スマートで安全安心な社会の実現に向けて、モノのインターネット（Internet of Things: IoT）技術が注目されている。当研究センターは、マイクロ電子機械システム（MEMS）に関するコア技術である低温接合技術、ナノ構造作製技術、圧電 MEMS 技術などの研究開発を通じて、エネルギー、農業、健康医療、自動車、社会インフラ監視などの応用分野における MEMS センサネットワークシステムの社会実装に取り組み IoT の実現を目指す。さらに、MEMS プロトタイプングのためのファウンドリー機能の充実を図るほか、高付加価値で少量多品種の生産に適用可能な製造システムの構築などにより、研究・開発・試作・人材育成等の産業ニーズに応える。

MEMS 技術の実証の場として、これまでに、クリーンルームやデータセンター、およびコンビニでの省エネを行ってきたが、第4期は社会インフラや産業インフラの保守や点検等に資するため、ひずみ、振動、温度など複数のセンシングと通信機能を集積化したネットワーク MEMS システムを開発し、大規模社会実験を行う。このほか、生体情報のセンシング等の実証実験等も行い、関連産業の競争力の強化にも資する。産総研では現在ナノテクノロジーに係る研究開発・人材育成活動を軸としたイノベーションエンジンとなるナノテク拠点（TIA-nano）形成を推進しており、MEMS 分野はこの TIA-nano の6つの重要なコア領域のうちの一つとなっている。当研究センターは、先端集積化 MEMS の研究開発や汎用大口径ラインによるデバイス試作などを行う「MEMS ファンドリー」の環境を整備し、精密機械工業と情報産業、装置ベンダー、材料メーカーを融合した業界とのオープンイノベ

ーション拠点形成を目指す。

◆第4期加速のための重点化課題

微細加工を利用したマイクロデバイスに関する研究開発において、H27年度は、下記の3つの重点化課題に取り組む。

- ・MEMS 用低コスト高信頼性真空封止パッケージング技術の開発
パッケージングはMEMSの性能向上のキー技術であり、真空封止の低コスト化は様々なデバイスで課題となっている。この封止技術は個別デバイスごとに対応・開発されており技術の体系化が必要である。表面活性化技術による低ダメージのウエハレベル接合を実現し、MEMSデバイスメーカーとの共同研究等により技術移転を図る。H27年度は接合プロセスとして、表面平坦化と微細変形構造の2手法について比較検討し、MEMS真空計により真空封止された微小キャビティ内部の真空を計測する技術の開発を行う。
- ・極薄極小シリコンデバイスによるウェアラブルセンサの開発
ウェアラブルデバイスは産業競争力強化のコア技術と位置づけられている。フレキシブルエレクトロニクス技術により、皮膚に直接貼り付けるウェアラブルデバイスは報告があるものの柔軟性が低く、長期信頼性にも課題がある。極薄極小のシリコンデバイスをフレキシブル基板に集積化する技術を開発することで、柔軟でありながら高い信頼性を有するウェアラブルデバイスを実現する。H27年度は多層SOIウエハを用いて20 μ m厚さ200 μ m角のMEMSを作製するプロセス技術およびダミーチップをフレキシブル基板に実装する技術の開発を行い、さらに、ウェアラブルセンサに適したフレキシブル材料の探索とその材料への配線形成手法の検討を行う。
- ・微細加工による三次元表面への機能付与と理論的検証
三次元部材表面に特殊な光学機能やぬれ性制御に関する機能を微細凹凸の構造により付与する技術は多くの産業分野で応用が期待されている。機能性表面を利用するマイクロ流体デバイス等の三次元表面へのナノ構造体付与プロセスを開発するとともに、機能性表面設計に適用可能なシミュレーション技術を開発し、実験と理論から最適設計を実現する。H27年度は3D表面上構造体の均一性を改善するプロセスの開発、機能化表面流路構造とぬれ性の相関の解明、3D表面上構造体に適用可能なフェーズフィールドモデルのプログラムコードの開発を行う。

内部資金：

戦略予算「大規模流量対応フローリアクターに関する試作」

外部資金：

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト/インフラ状態モニタリング用センサシステム開発「道路インフラ状態モニタリング用センサシステムの研究開発」

インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト/インフラ状態モニタリング用センサシステム開発「ライフラインコアモニタリングシステムの研究開発」

独立行政法人 科学技術振興機構

復興促進プログラム（マッチング促進）「無反射ナノ構造体による撮像用マイクロレンズの製造技術開発」

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター

SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）次世代農林水産業創造技術「生体センシング技術を活用した次世代精密家畜個体管理システムの開発」

独立行政法人 日本学術振興会

科学研究費補助金（基盤研究(B)）「工学実用から要請される高性能非構造自由界面多相流数値モデル開発と実証」

科学研究費補助金（基盤研究(C)）「圧電素子の積層化による振動発電装置の高出力化に関する研究」

科学研究費補助金（基盤研究(C)）「フェーズフィールドモデルに基づくマイクロ多孔質体内相変化二相流計算法の開発」

科学研究費補助金（基盤研究(C)）「ソーレ効果を用いたガス分離デバイスの微細連続構造による高性能化」

科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「耳内部血管流における左右非対称性の検証」

科学研究費補助金（若手研究(B)）「イオン液体ゲルと布状電極を用いたウェアラブル無線筋電計測システム」

科学研究費補助金（若手研究(B)）「液滴を用いた環境水試料の毒性計測技術の開発」

科学研究費補助金（若手研究(B)）「低温薄膜シリコンを用いた高速電気光変調器」

静岡県

「光インターコネクトモジュール用光ナノインプリント装置の開発」

発表：誌上発表67件、口頭発表89件、その他13件

ウェハレベル実装研究チーム

(Wafer-level Packaging Research Team)

研究チーム長：高木 秀樹

(つくば東)

概要：

MEMS をキーとするセンシングシステムの高機能化と低コスト化を実現するための、微細加工技術および集積化技術の研究開発を進めている。ナノメートルオーダーの微細構造を、簡便な装置により大面積に形勢可能なナノインプリント技術により、ファインピッチ配線や光配線基板を製造するプロセスを開発している。耐熱樹脂の微細成形技術に加え、多層パターンの精密アライメント技術や、液状の樹脂原料を高速で金型に充填する技術の開発を進めている。また、異種デバイスおよび異種材料を集積化するため、表面の平坦化と活性化処理を用いた低ダメージ接合技術の開発を行っている。本技術を、各種 **MEMS** デバイスで要求される封止接合に適用するとともに、次世代のデバイスとして期待される高移動度半導体や、スピントロニクス、パワーエレクトロニクスへの展開を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

マルチスケール機能化表面研究チーム

(Multiscale Smart Surface Research Team)

研究チーム長：松本 壮平

(つくば東)

概要：

微細加工技術を活用することで、さまざまな部材の表面にマイクロ・ナノスケールの構造体を広域形成し、各種の有用な表面機能を付与する技術の実現を目指す。具体的には、プラスチック等の固体部材表面に、低コストな成型プロセス等のみを用いて所望のマイクロ・ナノスケール凹凸構造を付与できる加工技術の開発、微細構造を付与した表面により、低反射率などの光学的性能や、親水性・はっ水性などの特殊なぬれ性といった機能を発現する手法の開発、また微細構造を付与した固体表面のぬれ性に関する挙動を予測可能な多相流体シミュレーション技術の開発を行う。さらに、これらの要素技術を応用する流体物性センサや光学素子等の **MEMS** デバイスを開発する。

研究テーマ：テーマ題目3

社会実装化センサシステム研究チーム

(Socially Implemented Sensor System Research Team)

研究チーム長：小林 健

(つくば東)

概要：

MEMS デバイス設計、プロセス、評価技術、低電力アナログ回路設計技術、無線センサ端末及びネットワークシステム技術、ビッグデータ解析技術を駆使す

ることによって産業機器、橋梁、健康医療、土砂災害、畜産動物、それぞれに適したセンサシステムを実現し、実際の現場に社会実装することでセンサシステムの有効性を実証する。社会実装化センサシステムの実証試験による結果を、それぞれの研究開発にフィードバックすることで、**MEMS** デバイスの高性能化、アナログ回路の低電力化、無線センサ端末とネットワークシステムの高度化、及びビッグデータ解析技術の高度化を目指す。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

ウェアラブル IoT 研究チーム

(Wearable IoT Research Team)

研究チーム長：張 毅

(つくば東)

概要：

スクリーン印刷、3D プリンタ、立体露光、製織プロセスなどを **MEMS** 技術と融合することにより、革新的な IoT デバイス技術およびセンサネットワーク技術を実現し、道路やその他のインフラ・環境安全、および生体健康管理等に应用するための研究開発に取り組んでいる。具体的には、フレキシブルなウェアラブルセンサを実現するための要素技術や実装技術の開発を行うとともに、高齢者や幼児の見守り、農畜健康管理など新規応用分野を開拓する革新的デバイスの創出を目指す。特に、健康管理支援システムに应用可能なヒューマンインターフェースに関して、実証試験を通じた調査・開発研究を積極的に進めている。さらに、人材育成および **MEMS** オープンイノベーションへの取り組みを充実化することで、大学・企業等との連携の推進を図っている。

研究テーマ：テーマ題目2

化学バイオインターフェース研究チーム

(ChemBio Interface Research Team)

研究チーム長：井上 朋也

(つくば東)

概要：

本チームのミッションは、環境低負荷かつ安心・安全・健康な社会・生活の実現に化学・バイオ分野の **MEMS** 技術を通して貢献することである。ミッション遂行のために、とくに **MEMS** 技術および化学・バイオ技術の融合によるデバイス・インターフェースを含めたデバイスシステム・さらにデバイスを用いて製造されるものの用途開発を研究開発対象とする。

研究テーマ：テーマ題目3

MEMS プロトタイプ研究チーム

(MEMS Prototype Research Team)

研究チーム長：廣島 洋

(つくば東)

概要:

マイクロ電子機械システム (MEMS) に関する当センターのコア技術、低温接合技術、ナノ構造作製技術、圧電 MEMS 技術などの研究開発を通じて、エネルギー、農業、健康医療、自動車、社会インフラ監視などの応用分野における MEMS センサネットワークシステムに向けたデバイス開発およびそのために必要となる要素技術の開発を行う。また、MEMS プロトタイプングのためのファンドリー機能を利用した高付加価値で少量多品種の生産に適用可能な製造システムの構築を目指す。

研究テーマ: テーマ題目1

[テーマ題目1] MEMS 用低コスト高信頼性真空封止パッケージング技術の開発

[研究代表者] 高木 秀樹

(ウェハレベル実装研究チーム)

[研究担当者] 高木 秀樹、廣島 洋、池原 毅、倉島 優一、尹 成圓、魯 健、張 嵐、鈴木 健太、小林 健
(常勤職員9名)

[研究内容]

MEMS デバイスにおいては、脆弱な機械構造を機械的に保護すると同時に、湿気による結露や様々な有機分子の付着によるデバイス特性の劣化を避けるため、気密封止によるパッケージングが必須とされている。また、ジャイロを初めとする振動型の検出原理を有するセンサにおいては、振動機構の Q 値を大きくかつ一定に保つため、真空での気密封止が行われている。さらに、赤外線イメージセンサやマイクロ光電子倍増管においては、検出感度向上のため高真空での封止が求められている。

本研究テーマでは、このような要求に対応するため、表面の平坦化と活性化を用いた低温での接合封止技術を開発する。平成27年度は、酸化膜付きシリコンウェハ上に形成した金膜が容易に剥離できることを利用して、原子レベルで平坦な表面を持つ封止枠構造を、金メッキにより形成する手法を開発した。開発手法では、酸化膜付きシリコン基板上にレジストパターンを形成し、それを型として金メッキにより厚さ10ミクロンの封止枠パターンを形成した。この酸化膜付きウェハと、チタン膜を介して強固な金の薄膜を形成したシリコンウェハを、加熱・加圧することにより金の封止枠と金の薄膜を接合した。接合後に2枚の基板を剥離すると、金の封止枠は酸化膜付きウェハから剥離し、金薄膜付きシリコンウェハに転写された。このとき、封止枠の表面は酸化膜付きウェハの表面形状を写し取ったものとなり、原子レベルで平坦な表面が得られた。こうして形成された平坦な表面を持つ封止枠を、もう一つのシリコンウェハと接合することにより、常温のプロセスで強固な接合が得られた。

これらの検討に加え、ウェハ接合による封止プロセスにより、MEMS 原子時計のアルカリ金属ガスセルを作成する研究に着手した。MEMS 原子時計用のアルカリ金属ガスセルでは、内部に封入された不活性ガスの圧力が時間精度に大きく影響するため、高度な気密封止が要求される。このような要求に対して、低温でのウェハ接合技術を適用して小型ガスセルの試作を行った。本研究は、今後、産総研計量標準センターおよび大学、民間企業との共同開発により推進する計画である。

[領域名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] MEMS、パッケージング、低温接合、気密封止、真空封止、メッキ

[テーマ題目2] 極薄極小シリコンデバイスによるウェアラブルセンサの開発

[研究代表者] 小林 健

(社会実装化センサシステム研究チーム)

[研究担当者] 小林 健、岡田 浩尚、武井 亮平、鈴木 章夫、張 毅、高松 誠一、山下 崇博、高木 秀樹
(常勤職員8名)

[研究内容]

フレキシブルエレクトロニクス技術により、人に直接貼りつけられる薄型ウェアラブルデバイスが研究開発されているが長期信頼性に問題がある。また、サイズが大きいため見栄えが悪いという問題があった。そこで極薄極小のシリコンデバイスをフレキシブル基板に集積化する技術を開発し、信頼性と柔軟性を兼ね備えたウェアラブルデバイスを実現する。

27年度はマスク設計を工夫しフレームの厚さを SOI の厚さと同じにできる二重フレーム構造とすることで、ダブル SOI を用いず通常の SOI を用いた極薄 MEMS デバイスプロセスを開発した。この二重フレーム構造により、厚さ3 um、横方向サイズ3.4 mm×2.2 mm の極薄光スキャナを試作することに成功した。

転写用コレットについて、汎用のダイボンダに取り付け可能なものを二種類開発した。まずは汎用ダイボンダでゴムを吸引し、ゴムの吸着力によって極薄シリコンを剥離するタイプを開発した。フレキシブル基板への転写は可能であったが、ゴムの残渣が極薄シリコン上に残るといった問題があった。そこで、コレット自体を新規に設計し、直接極薄シリコンを剥離、転写することにも成功した。本成果は MEMS 系学会で最も権威のある MEMS 国際会議に採択され、世界的にも注目を集めている技術であると言える。その他、MEMS 系だけでなく、材料系国際会議での発表も行った。特許を2件出願、国際学会発表4件、国際学術論文誌1件を成果としてあげた。

[領域名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] ひずみセンサ、MEMS、センサネット

ワーク、IoT、インフラモニタリング

[テーマ題目3] 微細加工による三次元表面への機能付与と理論的検証

[研究代表者] 松本 壮平
(マルチスケール機能化表面研究チーム)

[研究担当者] 松本 壮平、栗原 一真、穂苺 遼平、
高田 尚樹、松本 純一、井上 朋也、
平間 宏忠、銘苺 春隆
(常勤職員8名)

[研究内容]

三次元部材表面への微細凹凸等の構造形成により、特殊な光学特性やぬれ性制御に関する機能を付与する技術は、多くの産業分野で応用の期待が大きいですが、現状では加工自由度・実現できる機能・コストの点で課題がある。これらの課題解決と新技術の提案、数値シミュレーション技術の活用により、当該技術の応用分野拡大を図る。具体的には以下の3課題について取り組みを行った。

- ① 三次元表面への精密ナノ構造体付与プロセスの開発
ナノ構造体付与による3D 機能表面製造技術において、機能性材料のマイクロ/ナノパターンを大面積に高い均一性で形成するための新技術として、スクリーン印刷とナノインプリントを融合する新手法を提案し、基本的なプロセスの実証を行った。印刷対象基材表面にインプリントにより形成した溝構造を設けることで、従来のスクリーン印刷より高分解能(約5 μm)と高アスペクト比(約7)を有する微細配線パターンが作成可能であることを示した。また、異方性のある微細構造によって生じる非等方的ぬれ性表面などの特異なぬれ挙動を後述の数値シミュレーションで予測し、ぬれ制御機能発現に応用する技術の基礎的検討を行った。
- ② 機能性表面を応用するマイクロ流体デバイスの開発
DNA シークエンシングを効率よく行うための細胞カプセル化への応用を意識して、ガラス製マイクロ流体デバイスについて壁面のぬれ性をコントロールしたエマルジョン調製法を検討した。マイクロチャンネルの一分岐内をシランカップリング剤で疎水化することで、効率よく W/O/W および O/W/O (W:Water, O:Oil) などの二重乳化エマルジョンを調製できることを実証した。
- ③ 機能性表面設計に適用可能な数値シミュレーション技術の開発
3D 表面上構造体に適用可能な数値流体力学(Computational Fluid Dynamics; CFD) コードを構築した。具体的には、汎用性の高い自由界面計算手法であるフェーズフィールドモデルに基づいて微細凹凸表面における多相流体現象を直接評価可能な CFD コードを構築するため、表面微細構造のボクセル状簡易モデル化、圧力反復演算不要な高効率コードの開発、等を行った。構築したコードを用いて実際に微細凹凸

表面上の液滴挙動シミュレーションを行い、従来困難であった動的接触角の評価等により有効性を確認した。

[領域名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] 微細加工、スクリーン印刷、ナノインプリント、マイクロ流体デバイス、流体シミュレーション

6) 地質調査総合センター

(GSJ: Geological Survey of Japan)

地質調査総合センター長：佃 栄吉

概要：

地質調査総合センターは、独立行政法人通則法第35条の5の認可を受けた中長期計画に基づき、地質の調査に係る研究と開発及びこれらに関連する業務を行う。地質調査総合センター長は、総合センターにおける業務の統括管理を行っている。また、各研究領域間の融合を推進し、業務を実施している。

①【地質調査総合センター研究戦略部】

(Research Promotion Division of Geological Survey of Japan)

研究戦略部長：矢野 雄策

研究企画室長：藤原 治

所在地：つくば中央第1、つくば中央第7

人員：9名 (8名)

概要：

研究戦略部は、地質調査総合センターにおける研究と開発及びこれらに関連する業務に係る基本方針の企画、立案、総合調整を行う。研究戦略部長は、地質調査総合センターにおける業務の管理及び研究戦略部の業務を統括管理するとともに、人事マネジメント及び人材育成に係る業務を統括している。また、研究領域間の融合に係る業務を行う。

地質調査総合センター研究企画室

(Research Planning Office for Geological Survey of Japan)

概要：

研究企画室は、地質調査総合センターにおける研究の推進に関する業務を行っている。具体的には以下のとおり。

1. 地質調査総合センターの運営に関する業務
 2. 原課及びその他関係機関との調整に関する業務
 3. 国際連携に関する業務
 4. 国内連携に関する業務
 5. 技術研究組合に関する業務
 6. 地震・火山噴火等の自然災害に対する緊急対応
- これら業務の結果として、傑出した研究成果の創出、知的基盤としての地質情報整備、外部研究資金獲得の増加、所内外及び海外での関係機関との連携と総合センターの存在アピール向上に貢献している。

1. については、研究戦略や予算編成等の基本方針

の策定、年度計画・年度実績の取りまとめ、プロジェクトの企画と総合調整、ユニット間の連携の推進等を行っている。

2. については、経済産業省等の省庁原課との連携調整に関する業務全般、視察への対応等を行っている。

3. については、地質調査総合センター (GSJ) としての MOU 締結等、海外の地球科学研究機関との連携に関する業務、海外からの研修生の受け入れ、その他国際機関や国際会議への対応等を推進している。

4. については、関連する業界団体との定期懇談会やシンポジウムの開催、地質情報展などのアウトリーチ活動、テクノブリッジフェア出展のとりまとめを行う等、外部機関との連携の強化を図っている。

5. については、二酸化炭素地中貯留技術研究組合の立ち上げを行った。

6. については、災害発生に際して社会的要請に応じて緊急調査の実施及び成果の発信に係る業務を行っている。平成27年度は、口永良部島火山・箱根火山等の噴火活動に関して、各ユニットとの連携のもと、現地調査のための研究者の派遣やマスコミ対応に関する支援、ホームページを通じた情報発信等を実施した。

機構図 (2016/3/31現在)

[地質調査総合センター研究企画室]

研究企画室長 藤原 治

[国際連携グループ]

イノベーションコーディネータ 内田 利弘

[国内連携グループ]

イノベーションコーディネータ 斎藤 眞

②【活断層・火山研究部門】

(Research Institute of Earthquake and Volcano Geology)

(存続期間：2014.4～)

研究部門長：桑原 保人

副研究部門長：増田 幸治

副研究部門長：伊藤 順一

首席研究員：岡村 行信

首席研究員：篠原 宏志

総括研究主幹：竹野 直人

総括研究主幹：山元 孝弘

研究主幹：星住 英夫

所在地：つくば中央第七

人員：62名 (62名)

経費：787,505千円 (385,540千円)

概要：

(1) 部門のミッション

活断層・火山研究部門は、2014年（平成26年）4月に設置された研究部門である。設置の背景としては、2011年東日本大震災以後、地震・火山噴火等の大規模自然災害への社会的関心が高まり、より精度の高い地震・津波や火山情報の提供への期待が大きくなっていくこと、原子力施設の立地・廃止・廃棄・最終処分等の安全規制等に関わり、より長期的な視点での地質変動予測研究に対しての行政・社会ニーズも増加していることがあった。本部門は、これらのニーズに応えるため、地震、火山、長期的な地質変動の研究の発展を図ることとされ、そのミッションは下記の通りである。これは、2015年度から始まる産総研第4期中期計画の「レジリエントな社会基盤の構築に資する地質の評価」に対応する。

- ① 地質の調査や観測を基に、我が国およびアジア太平洋地域も含めた地震・火山・長期地質変動に関する地質情報の整備・社会への提供を行う。
- ② 地震・火山・長期地質変動のプロセス・予測手法の組織的な研究によって社会の災害リスクの軽減に貢献する。
- ③ 我が国の地震火山の調査研究の施策、原子力施設の立地・廃止・廃棄・最終処分のための安全規制施策に貢献する。

(2) 重点課題と研究概要

第4期中期目標・計画達成のため、1) 活断層評価および災害予測手法の高度化、2) 海溝型地震評価の高度化、3) 火山活動予測の高度化、4) 放射性廃棄物地層処分の地質環境評価、を4つの重点課題として研究を進めた。また、これまでも進めてきたアジア太平洋地域の地震火山情報整備についても、当部門での重要な取り組む課題として設定した。さらに、地震や火山に関わる突発災害が起こった場合には、その後の現象の推移の予想や、その時にしか得られないデータの取得のための緊急調査を実施することも重要な任務である。

それぞれの重点課題の中で、外部資金による研究を交え、下記の研究を実施した。

- 1) 内陸地震に関しては、陸域・沿岸海域の5地域以上の活断層調査、関東地域のテクトニックマップの試作、関東地域の基盤構造の解明、活断層の変形予測手法開発を進めた。
- 2) 海溝型地震に関しては、南海トラフ・千島・日本海溝の5地域以上で地震・津波履歴情報の整備を進め、南海トラフの深部すべり等のモニタリングを行い、深部すべり履歴データの整備を進めた。
- 3) 火山に関しては、富士火山の地質図のとりまとめを進め、また防災上重要な7火山の火山地質図の整備等を目指して、3火山以上の調査を進めた。また噴火推移評価手法開発のため、現地での火山ガス観測を行い、大規模噴火に関わる噴火履歴情報整備の

ため2地域以上のカルデラ火山を調査し、マグマに関わる地殻変動計算、阿蘇でのMT法探査を実施した。また気象庁等の火山監視業務で活用できる火山ガス連続観測システムの実用化を進めた。

- 4) 放射性廃棄物地層処分の地質環境評価の研究に関しては、福島第一原子力発電所事故によって発生した燃料デブリの処理・処分に関する安全規制支援研究を開始し、超長期（100万年）の将来にわたる地質変動および地下水・深部流体が処分場に及ぼす影響の将来予測・評価手法の開発に向け、従来の評価手法の適応条件・範囲や予測精度の検討を行った。

また、アジア太平洋地域の地震火山情報整備については、国際的に合意した計画（G-EVER プロジェクト）に沿って、部門内の横断的な研究として実施し、「東アジア地域地震火山情報図」の作成を進めた。

さらに、2015年度中の火山噴火に関して、2015年5月の口永良部島火山の噴火、2015年6～7月の箱根火山の噴火等について緊急調査を実施した。

(3) 成果の発信

上記の調査研究の成果については、内外の学術論文や産総研発行の地質図、研究報告、外部機関の調査報告書等での公表のほか、GSJ 地質ニュースや部門ニュースでの研究紹介の執筆、また、特に緊急調査に関しては産総研ホームページ上で速やかな情報発信を行った。また、自治体での地震火山の防災施策の中に地質情報を適確に活用し行くための方策として自治体研修実施し、7県から9名の参加を得た。一般への成果普及として、研究紹介のためのイベント出展や、報道への積極的な対応も行った。

内部資金：

戦略予算「地殻構成岩石の非定常クリープと構造形成」

戦略予算「火山ガス高時間分解能観測による噴火直前予測手法の開発」

外部資金：

文部科学省 科学技術基礎調査等委託事業「活断層の補完調査」

文部科学省 科学技術基礎調査等委託事業「地域評価のための活断層調査（九州地域）」

原子力規制庁 原子力施設等防災対策等委託費「火山影響評価に係る技術知見の整備」

国立研究開発法人 科学技術振興機構 戦略的イノベーション創造プログラム【SIP】レジリエントな防災・減災

機能の強化「火山ガス組成および火山灰モニタリング技術の開発」

国立研究開発法人 海洋研究開発機構 受託研究「Exp. 348掘削試料解析に基づく南海トラフ付加体内部の応力と変形機構」

国立研究開発法人 海洋研究開発機構 受託研究「Exp. 351掘削試料による伊豆小笠原マリアナ弧島弧形成開始時のマグマプロセスの解明」

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 平成27年度エネルギー対策特別会計委託事業 外部ハザードに対する崩壊熱除去機能のマージン評価手法の研究開発「火山噴火ハザード評価手法の開発」

文部科学省 科学技術基礎調査等委託事業「別府一万年山断層帯（大分平野一由布院断層帯東部）における重点的な調査観測」

日本学術振興会 科学研究費 若手研究（B）「ブルカノ式噴火前の火山ガス蓄積プロセスの解明」

日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（C）「マグマ中ガス成分濃度測定に基づく噴火開始条件の解明」

日本学術振興会 科学研究費 若手研究（B）「ルミネッセンス法を用いたイベント堆積物の運搬過程の解明と高精度年代測定」

日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（B）「火山噴火の物質収支」

日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（C）「岩石強度の時間変化メカニズムに対する水の影響の解明」

日本学術振興会 科学研究費 若手研究（B）「高温沈み込み帯における初期島弧マグマ発生と沈み込み帯発達過程の解明」

日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（B）「高精度年代測定による海洋プレート沈み込み開始過程のタイムスケールとその要因の解明」

日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（C）「水試料の放射性炭素濃度の相互比較と前処理手法の検討：RICE-Wプロジェクト」

日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（C）「多面的アプローチによる地球浅部の温度不均質構造解明に関する

研究」

日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（C）「津波堆積物の古生物学的・堆積学的・化学的アーカイブの構築」

日本学術振興会 科学研究費 若手研究（B）「東京地域における都市地下温暖化の形成過程解明と将来予測に関する研究」

日本学術振興会 科学研究費 新学術領域研究「地殻流体の実態と島弧ダイナミクスに対する役割の解明」

日本学術振興会 科学研究費 新学術領域研究「岩石変形実験による地殻の力学物性の解明：流体の影響」

日本学術振興会 科学研究費 新学術領域研究「異なる時間スケールにおける日本列島の変形場の解明」

日本学術振興会 科学研究費 新学術領域研究「観察・観測による断層帯の発達過程とマイクロからマクロまでの地殻構造の解明」

日本学術振興会 科学研究費 新学術領域研究「地殻流体の実態と島弧ダイナミクスに対する役割の解明」

日本学術振興会 科学研究費 新学術領域研究「堆積物に記録される西アジアにおける第四紀環境変動の解読」

日本学術振興会 科学研究費 新学術領域研究「地殻ダイナミクスー東北沖地震後の内陸変動の統一的理解ー」

日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（A）「マントル組成半球構造のキャラクター化と成因解明」

日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（A）「地殻応力永年変動」

日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（B）「動力学的震源を活用した地震ハザード評価の新展開」

日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（B）「高圧下における地盤材料の圧縮、せん断と固化のマイクロメカニクス」

日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（C）「津波痕跡高を用いた地震規模推定法の高度化研究」

文部科学省 特別研究促進費「2015年口永良部島噴火に関する総合調査」

日本学術振興会 二国間交流事業共同研究・セミナー
「マイクロからマクロスケールにおけるアルパイン断層の力学特性の評価」

日本学術振興会 二国間交流事業共同研究・セミナー
「大規模山体崩壊を伴う海域火山の火砕流の流動定置機構とマグマ供給系の解明」

伊豆半島ジオパーク推進協議会 伊豆研究助成「単成火山におけるマグマ組成と山体形状の関係性の系統化」

韓国地質資源研究院 受託研究「ベレア砂岩とオトウエイ砂岩の透水性の違いマイクロフォーカス X 線 CT を用いた3次元空隙情報に基づく議論」

国際石油開発帝石株式会社 受託研究「大深度泥岩の初期物性および力学物性値の取得」

株式会社大崎総合研究所 受託研究「動力学シミュレーションにおける解析的検討」

国立研究開発法人 海洋研究開発機構 受託研究「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」

Ghent University 共同研究「Paleo-tsunami and earthquake records of ruptures along the Nankai Trough, offshore South-Central Japan (QuakeRecNankai)」

東海旅客鉄道株式会社 共同研究「強震動・断層変位予測および地震早期検知に関する研究」

飛鳥建設株式会社 共同研究「形状最適化に関する共同研究」

西日本技術開発株式会社 請負研究「インドネシア国地熱開発における中長期的な促進制度設計支援プロジェクトのうち地質・地化学・物理探査」

発 表：誌上発表99件、口頭発表256件、その他97件

活断層評価研究グループ

(Active Fault Research Group)

研究グループ長：宮下 由香里

(つくば中央第七)

概 要：

将来発生する内陸地震の規模や時期を予測することを目的として、全国の陸上および沿岸海域の活断層を対象に、活断層の位置や形状を詳細に把握し、過去の活動履歴を明らかにするための各種調査研究を実施す

る。また、隣接する活断層が同時に活動して地震規模が大きくなる可能性や、地形表現が不明瞭なため通常の調査では認定しにくい活断層についても、新たな調査・評価手法の開発研究を行う。調査の結果得られたデータは、政府の地震調査研究推進本部に提出し、国としての活断層評価に活用するほか、既存の研究成果とともに「活断層データベース」へ収録し、インターネット上で公開する。さらに、大地震が発生した場合には、地表に現れた断層のずれ等の地殻変動を把握するため、速やかに緊急調査を実施し、結果を公表する。

研究テーマ：テーマ題目1

地震テクトニクス研究グループ

(Seismotectonics Research Group)

研究グループ長：今西 和俊

(つくば中央第七)

概 要：

本研究グループは地震が発生する場や発生にいたるプロセスを断層岩の地質調査、室内岩石実験、数値シミュレーション、地震観測・解析など多面的なアプローチにより解明し、地震の規模等の予測精度を向上させるための技術確立を目指す。具体的には、高分解能地殻応力場の解明と造構造場の研究に基づく地震テクトニックマップの作成、脆性から塑性に至る断層変形プロセスの室内実験およびフィールド調査による解明、地震発生時の物理モデルに関する研究を実施する。さらに、グループのコア技術やグループ員のポテンシャルを生かしたプロジェクト研究に積極的に貢献するとともに、南海トラフの深部構造・応力状態解明のための地震観測の維持なども行っている。これらの成果は論文・データベースなどを通じて社会に発信する。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3

地震地下水研究グループ

(Tectono-Hydrology Research Group)

研究グループ長：松本 則夫

(つくば中央第七)

概 要：

南海トラフ巨大地震の短期・中期予測をめざして地下水および地殻変動の観測および解析を実施するとともに、国の東海地震予知事業および地震調査研究業務を分担している。東海・近畿・四国地域を中心に全国で50以上の観測点において地下水の水位・水圧・水温等を観測し、一部の観測点では、歪・GPS・傾斜計等による地殻変動や地震の同時観測も行っている。これは、地震予知・予測研究のための地下水観測網としては質・量において世界有数のものである。観測データは通信回線等を通じて当グループに送信され、それらのデータを用いて南海トラフ巨大地震の予測精度向上に不可欠な深部ゆっくりすべりや深部低周波微動

のモニタリングや地下水等の変動メカニズム解明のための研究などを行っている。特に重要なデータは気象庁にもリアルタイムで送られて東海地震予知のための監視データとなっている。観測結果は、解析手法とともにホームページを通じてデータベースとして公開しており (<https://gbank.gsi.jp/wellweb/>)、地震防災対策強化地域判定会（東海地震の予知判定を行う気象庁長官の諮問機関）・地震予知連絡会・地震調査委員会にデータを報告・説明している。

研究テーマ：テーマ題目4

海溝型地震履歴研究グループ

(Subduction Zone Paleoearthquake Research Group)

研究グループ長：宍倉 正展

(つくば中央第七)

概要：

海溝型地震は2011年東北地方太平洋沖地震のようにまれに巨大化し、大きな津波を発生させることがある。そのような巨大地震は数百年以上の長いくり返し間隔を持つため、正確な規模や長期的な発生時期を予測するには、過去にどのような地震や津波が起きていたのかを数千年オーダーで遡って解明する必要がある。そこで海溝型地震履歴研究グループでは、歴史記録や地形・地質に記録された痕跡の調査から、過去の海溝型巨大地震の発生時期や規模を解明し、地球物理学的な検討を通して震源域・波源域を復元する研究を行っている。特に東日本大震災以降は、最大クラスの地震や津波について、より具体的な上限規模を提示し、今後の想定に役立てることを目指している。また各地で得られたデータについては、津波堆積物データベースで web 公開していき、被害予測に貢献する成果を社会に提供している。

研究テーマ：テーマ題目5

地震災害予測研究グループ

(Earthquake Hazard Assessment Group)

研究グループ長：阿部 信太郎

(つくば中央第七)

概要：

地震災害の原因となる強震動と地表付近の変形の予測研究を行って地震災害の軽減に取り組む。地表変形に関する研究では、都市部にある活断層を対象に、既存の活断層調査等で得られた地形・地質情報を活用し、新たな探査データも加え、地下深部の断層運動と表層における変形との相互作用を考慮した数値計算手法を開発した。強震動の研究では、既往の地震を対象に推定方法を検証しながら、地震発生が予想される断層の形状やすべり量などの震源特性の不均質を推定した。本年度は、最新データの処理法により既存の地下探査データを再処理しつつ、地下構造モデルの高度化に関

する研究を進めた。

研究テーマ：テーマ題目6、テーマ題目7

火山活動研究グループ

(Volcanic Activity Research Group)

研究グループ長：石塚 吉浩

(つくば中央第七)

概要：

中期的な火山噴火予測のため、活動的火山の噴火履歴・成長史を解明し、将来の活動様式・時期を予測するとともに、火山地質図を作成する。また、長期的な火山活動場変遷の規則性を明らかにするために、日本の第四紀火山活動の時間空間分布を明らかにする研究を実施する。これらに加え、年代測定法や化学分析法などの技術開発および高度化を行うとともに実測定を実施し、物質科学的な見地から火山の総合理解を深める。火山噴火あるいは火山活動時においては、社会的要請に応えるための組織的かつ機動的な緊急調査を実施する。また、地質調査総合センター全体で実施する陸域地質図プロジェクトのコアグループの一つとして、新生代火山岩地域における地質図幅の作成を行う。これらの研究成果は、論文・地質図・データベースなどを通じて社会に発信する。

研究テーマ：テーマ題目8、テーマ題目9、テーマ題目12、陸域地質図（地質情報研究部門テーマ題目）

マグマ活動研究グループ

(Magmatic Activity Research Group)

研究グループ長：田中 明子

(つくば中央第七)

概要：

短期的火山噴火予知・活動推移予測の基礎となる、噴火機構・マグマ供給系の物理化学モデルの構築を目指し、マグマ系における化学反応・力学過程などの素過程の実験・理論的研究と活動的火山の観測・調査に基づくマグマ活動の把握及びモデル構築を行う。具体的には、火山ガス放出量・組成観測、放熱量観測、地殻変動観測など活火山の観測研究と、メルト包有物や斑晶組織・組成の解析によるマグマの性質と進化の研究、地質調査に基づく岩脈貫入や噴火時系列の解析、高温高圧実験やアナログ物質を用いた模擬実験などによる素過程の解析などを実施する。研究成果は火山噴火予知連にも報告され、火山活動の評価などの基礎資料としても用いられる。

研究テーマ：テーマ題目10、テーマ題目12

大規模噴火研究グループ

(Caldera Volcano Research Group)

研究グループ長：下司 信夫

(つくば中央第七)

概要:

大規模噴火の短期的・長期的な噴火の準備過程及び駆動メカニズムの解明とそれを用いた大規模火山の噴火活動評価を行うため、国内外の大規模カルデラ火山を主な対象とする地質学的・岩石学的及び力学的な研究を推進する。大規模噴火による噴出物や火山構造に対する地質学的手法による噴火プロセスの復元や噴出量・噴出率等の基礎的な噴火パラメータの推定を行うとともに、噴出物に対する岩石学的解析や、天然の噴出物を用いた高温高压実験、熱力学計算に基づく大規模噴火のマグマ溜りの深さや大きさ、温度条件等に関する制約を与える。これらの実際の大規模火山における観測量を用いて、マグマ溜りの活動に起因する地殻変動等のモデルを構築し、大規模火山のマグマ供給系の活動評価を行う、これらの研究成果は、論文等を通して社会に還元されるほか、原子力規制庁による原子力施設に対する噴火影響評価に対する基礎資料としても用いられる。

研究テーマ: テーマ題目11、テーマ題目12

地質変動研究グループ

(Geodynamics Research Group)

研究グループ長: 伊藤 順一

(つくば中央第七)

概要:

日本列島における、長期的な地殻変動(隆起・沈降・侵食・堆積・地震・断層・火山・火成活動など)の基礎的理解を深めることを目的として、隆起・侵食速度やメカニズムに関する研究、地質・地形学的手法による第四紀地殻変動の研究、断層解析による地殻応力場変遷史の研究、第四紀火山の地質・岩石学・鉱物学的研究を行う。これらの調査結果による知見や各種の調査手法開発による研究結果は、地質環境の長期変動予測や安定性評価手法の開発に応用されるさらに、原子力規制委員会による放射性廃棄物地層処分の安全審査時のバックデータとして活用され、国による安全規制を科学的にサポートする。また、福島第一原子力発電所における汚染水対策に関連した研究を行い、国が行う施策を科学的にサポートする。

研究テーマ: テーマ題目13、テーマ題目16

深部流体研究グループ

(Crustal Fluid Research Group)

研究グループ長: 風早 康平

(つくば中央第七)

概要:

日本列島各地における浅層-深層地下水、温泉、ガス等を調査し、その起源、成因や流動状態を解明するための手法を開発することにより、深層に存在する地

下水系や深部流体の流動や循環を明らかにすることを目的とする研究を行う。具体的研究手法は、地下水・ガスの各種化学・同位体組成からわかる地下水やガスの物質収支および形成機構の解明、希ガス・放射性塩素同位体組成等を用いた超長期地下水年代測定、地質や地質構造と深層地下水流動の関係を明らかにするGISベースのDB開発などである。これらの調査結果による知見や各種地下水調査手法開発による研究結果は、深層地下水系の長期変動予測や安定性評価手法の開発に応用される。さらに、原子力規制委員会による放射性廃棄物地層処分の安全規制のためのガイドライン作成等に活用され、国による安全審査を科学的にサポートする。

研究テーマ: テーマ題目14、テーマ題目16

水文地質研究グループ

(Hydrogeology Research Group)

研究グループ長: 塚本 斉

(つくば中央第七)

概要:

概要: 放射性廃棄物等の処理・処分において重要な地下数百 m 程度までの深度における地下水流動と物質移行、地下環境の調査・評価手法の研究を行う。主に放射性廃棄物等の処理・処分の安全規制に関わる支援研究として、原子力規制庁からの委託研究(「自然事象等の長期予測に関する予察的調査」)により、地質学的変動・海水準変動等を考慮した地下水流動系の評価手法と地下環境の変動予測手法の研究を実施する。また、交付金を活用し、福島第一原子力発電所における汚染水問題の研究、関東平野の広域地下水流動系の研究、地下水の³⁶Cl年代を用いた堆積岩地域や富士山の地下水流動に関する研究、岩石の空隙構造と透水性に関する研究、岩石の化学的浸透現象に関する研究、水理-力学連成シミュレーション等の研究を実施する。

研究テーマ: テーマ題目15、テーマ題目16

[テーマ題目1] 活断層評価の研究

[研究代表者] 宮下 由香里 (活断層評価研究グループ)

[研究担当者] 宮下 由香里、栗田 泰夫、吉岡 敏和、
吾妻 崇、丸山 正、近藤 久雄、
東郷 徹宏、勝部 亜矢、白濱 吉起、
宮本 富士香 (常勤職員8名、他2名)

[研究内容]

活断層評価の高精度化および評価手法の高度化を図るため、国内の活断層について、地形地質調査と古地震調査を実施した。本年度は、国内では、宇美断層、日向峠-小笠木峠断層帯(福岡県)、布田川、緑川(以上熊本県)の各断層帯、糸魚川静岡構造線活断層系の調査を実施し、既存評価を改定する古地震パラメータを取得した。地形表現が不明瞭な活断層の評価手法の開発を目的として、

高解像度地形データを用いた地形解析手法の確立及び新しい年代測定手法の適用性の研究を行った。

調査結果の普及と有効活用の目的で公開中の活断層データベースについて、追加データ入力、活動セグメントデータの修正・追加、脆弱性対策及び言語改修、表示機能の追加・改修を行った。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕活断層、地震、古地震、活動性、評価、緊急調査、データベース

〔テーマ題目2〕地震テクトニクスの研究

〔研究代表者〕今西 和俊（地震テクトニクス研究グループ）

〔研究担当者〕今西 和俊、重松 紀生、高橋 美紀、内出 崇彦、松下 レイケン、中井 未里、武田 直人（常勤職員4名、他3名）

〔研究内容〕

地震の発生時期と規模の予測技術の確立を目指し、今年度は下記のテーマを実施した。

1) 高分解能地殻応力場の解明と造構造場の研究

別課題（研究題目3）で実施中の地震テクトニックマップの有効性と限界を確認するため、2014年長野県北部の地震と2015年徳島県南部の地震の震源域における応力場とその意味について検討を行った。2015年徳島県南部の地震に関しては、応力蓄積に伴う応力場の時間変化検出の可能性が見いだされた（今西ほか、2015）。

2) 脆性から塑性に至る断層変形プロセスの解明

戦略予算と外部予算も活用し、中央構造線の断層岩の摩擦強度特性に関する基礎データの取得と鉱物解析に基づく活動履歴に対応した変質鉱物の違い、孔検層に基づくアルパイン断層周囲の応力状態の推定、脆性－塑性遷移領域での有効圧の法則が成り立つことを示す（Noda and Takahashi, 2016）などの成果を得た。

3) 地震発生の物理モデルの研究

小地震の震源スペクトルを高精度に推定できる多重スペクトル比法を開発した。この手法を福島県浜通り・茨城県北部の小地震に適用し、震源スペクトルの標準的モデル（オメガ2乗モデル）の破れを検出した（Uchide and Imanishi, 2016）。同時にモーメントマグニチュードも算出し、気象庁マグニチュードが微小地震の規模を過小評価していることを発見し、地震統計解析への影響を見積もった。

4) 地下水等モニタリング施設の維持管理

産総研の保有する地下水等観測施設の地震計に関わる部分の観測維持とデータの整理を行った。このデータは他機関のデータと合わせて気象庁により一元化処理され、その結果は地震調査推進本部による「地震活動の総合的な評価」等に活用されている。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕テクトニクス、応力場、地震発生物理モデル、脆性－塑性遷移、中央構造線、高温高圧

〔テーマ題目3〕関東地域における地震テクトニックマップの試作

〔研究代表者〕今西 和俊（地震テクトニクス研究グループ）

〔研究担当者〕今西 和俊、内出 崇彦、松下 レイケン、阿部 信太郎、堀川 晴央、吉見 雅行、大坪 誠、桑原 保人、石田 瑞穂、杉山 雄一、宮川 歩夢（地質情報研究部門）（常勤職員8名、他3名）

〔研究内容〕

将来起こり得る地震の規模や発生様式を含めたポテンシャル評価を行う上で、応力情報や地形地質情報等をもとに地震発生場の地域性を総合的に検討した地図（地震テクトニックマップ）の整備が急務の課題である。そこで H25年度より関東地域の25km 以浅をケーススタディとして試作に取り組み始めた。今年度はこれまで推定してきた発震機構解の精査を行い、1000を超える解が安定して推定されたと判断した。これら独自に推定した発震機構解を用いて応力テンソルインバージョンを実施するとともに、原位置応力測定結果（地殻応力場データベース：<https://gbank.gsj.jp/crstress/>）、活褶曲（地質調査総合センター、1997）のデータをコンパイルし、当該地域の応力マップを作成した。関東平野の大部分は地震活動が低調なため十分な応力情報が得られていないものの、中部から東部にかけて横ずれから正断層場が変わっていくという特徴が見えてきた。このような応力場を示す領域は下末吉期（約12万年前）以降の地殻変動図（貝塚、1987）の沈降域と良く一致しており、関東造盆地運動との関連が示唆される。応力場が急変する場所の一つである山梨県北東部で行っていた臨時の地震観測は、H27年12月に終了した。臨時観測により、さらに小さな地震の発震機構解の推定が可能になり（内出ほか、2015）、次年度において応力境界の成因を明らかにするためのデータを得ることができた。また、テクトニックマップを表示させるデジタルコンテンツに関して、コンテンツ作成用ソフトウェアの仕様を固め、外注による制作に取り掛かった。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地震テクトニックマップ、関東地域、応力、地質情報、臨時観測

〔テーマ題目4〕地震地下水の研究

〔研究代表者〕松本 則夫（地震地下水研究グループ）

〔研究担当者〕松本 則夫、木口 努、北川 有一、

落 唯史、武田 直人、板場 智史、
佐藤 努、小泉 尚嗣、中村 衛
(琉球大学)、角森 史昭(東京大学)、
山本 明彦(愛媛大学)、頼 文基
(台湾国立成功大学)
(常勤職員7名、他5名)

〔研究内容〕

本研究は、東海地震予知事業における地下水観測分野及び「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の推進について(建議)」(文科省測地学分科会)の地下水等総合観測による研究に相当し、平成21年度より継続している。

平成27年度には、前兆的地下水位変化検出システムを引き続き東海地方で運用し、地下水等観測データを地震防災対策強化地域判定会等に報告した。産総研・防災科研・気象庁データの統合解析を継続し、短期的スロースリップと深部低周波微動の解析結果を地震調査委員会などの各種委員会や地震に関する地下水観測データベースで公開した。中国・四国地方のGNSSデータを解析し、1997年から2010年までのプレート間固着および長期的スロースリップの履歴を明らかにした。その結果、長期的スロースリップにより解放されるプレート間固着はすべり欠損により蓄積した量の40%程度であり、また、6~7年周期で繰り返す長期的スロースリップから固着状態への回復は1年程度で完了することがわかった。台湾・国立成功大学との共同研究の一環として開催している水文学的・地球化学的手法による地震予知研究についての日台国際ワークショップを台湾で共催し、同ワークショップのプロシーディングスの過年度分を公開した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地震予測、地下水、地殻変動、東海地震、南海地震、東南海地震、スロースリップ、深部低周波微動

〔テーマ題目5〕海溝型地震履歴の研究

〔研究代表者〕 宋倉 正展(海溝型地震履歴研究グループ)

〔研究担当者〕 宋倉 正展、澤井 祐紀、行谷 佑一、松本 弾、谷川 晃一郎、中村 淳路、篠崎 鉄哉(常勤職員5名、他2名)

〔研究内容〕

海溝型地震は通常、数十年から百年程度のサイクルで発生するが、数百年から千年に1度、まれに巨大化することが知られ、2011年東北地方太平洋沖地震はその典型例である。本研究テーマの目的は、海溝型巨大地震の履歴を解明すること、および過去の巨大地震に伴う津波や地殻変動を復元して地球物理学的検証から震源・波源の断層を推定することである。平成27年度に実施した内容は次の通りである。千島・日本海溝沿いでは、北海道東部における17世紀の津波堆積物の採取および化学

分析、三陸海岸の広田湾で採取された津波堆積物の各種年代測定、青森県、仙台平野から福島県、千葉県各沿岸で採取された2011年東北地方太平洋沖地震における津波堆積物の粒度分析や微化石分析をそれぞれ実施した。また茨城県沿岸の中世の津波に関する歴史記録や伝承の調査や九十九里浜平野の1000年前の地形を復元して津波浸水計算を実施した。相模トラフ沿いでは千葉県千倉低地で採取された地質柱状試料からおもに貝化石の同定と¹⁴C年代測定を行い、海岸段丘の離水年代の見直しを行った。南海トラフ沿いについてはおもに受託研究「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」において実施しているため、そちらを参照いただきたい。このほか津波堆積物の識別手法の高度化のため、2015年関東・東北豪雨による茨城県常総市での洪水堆積物の緊急調査を実施した。海外では、カナダ地質調査所との共同研究としてブリティッシュコロンビア州にて津波堆積物調査を実施した。津波浸水履歴情報の整備として、津波堆積物データベースでのweb公開に向け、おもに北海道、静岡県、三重県、和歌山県の各沿岸の調査で論文公表されている地質柱状図を整理した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕千島海溝、日本海溝、相模トラフ、南海トラフ、海溝型地震、津波、地殻変動、津波堆積物、断層モデル、データベース

〔テーマ題目6〕地震災害予測の高度化に関する研究

〔研究代表者〕 阿部 信太郎(地震災害予測研究グループ)

〔研究担当者〕 阿部 信太郎、堀川 晴央、吉見 雅行、竿本 英貴、加瀬 祐子、森 宏、林田 拓己(建築研究所)、木村 治夫(電力中央研究所)、関口 春子(京都大学)、吉田 邦一(地域地盤環境研究所)(常勤職員5名、他5名)

〔研究内容〕

本研究では、地震被害軽減に資するよう地震動予測および断層運動に伴う地表変形予測に関する調査・研究を実施している。地盤変形シミュレーション手法の開発については、被覆層の厚さと断層形状の関係および断層形状と主応力方向についての個別要素解析を実施し、従来よりも解析結果に対する客観性が向上した。また、その成果を土木学会主催の断層変位に関するシンポジウムで発表した。関東地域の深部基盤構造については、過去の様々なプロジェクトにより取得されてきた反射法地震探査データの再解析結果に基づき、地質構造を再検討するとともに、測線沿いの2次元重力解析に着手した。動力学的震源モデルの構築については、2014年長野県北部の地震をケーススタディとして、断層形状による相互作用で震源過程を説明できる事を示した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地震動、地盤変形、反射法地震探査、有限要素モデル

〔テーマ題目7〕沿岸海域の地質構造調査

〔研究代表者〕阿部 信太郎（地震災害予測研究グループ）

〔研究担当者〕阿部 信太郎、佐藤 智之（地質情報研究部門）、古山 精史朗（地質情報研究部門）、井上 卓彦（地質情報研究部門）（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

陸域・海域地質情報のシームレス化のため、房総半島東部沿岸海域において高分解能反射法音波探査を7月に実施し、良好な反射記録を得た。調査海域は北緯35度～35度45分、東経140度50分～141度10分の、主に九十九里浜の沖合を対象とした海域で、総測線長は480kmである。九十九里沖には、チャンネルの発達する明瞭な不整合を確認でき、この不整合を境に九十九里沖の地層を、上位から九十九里沖 A 層、九十九里沖 B 層とに層序区分した。両層とも成層構造の発達した地層であるが、九十九里沖 B 層は断層を伴う背斜構造の発達により、地層が傾動している。この背斜構造は、調査海域の北部において、北東-南西の走向を持って分布し、陸上の構造との関連性が観えてきた。一方、九十九里沖 A 層は、不整合面上のチャンネルを埋積するほか、陸棚縁付近において下に凸のウェッジ状堆積体を形成する。この堆積体は北東から南西の片貝海底谷の谷頭付近に向かって厚くなる。これら分布と層厚の傾向、内部構造から第四紀の堆積作用と砕屑物輸送についての知見が得られつつある。こうした調査結果から、地質構造が複雑な九十九里沖の地質概要を掴みつつあり、28年度内に地質図としてまとめ公表する予定である。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕反射法音波探査、海洋地質、沿岸域、関東地方、第四紀

〔テーマ題目8〕火山活動の研究

〔研究代表者〕石塚 吉浩（火山活動研究グループ）

〔研究担当者〕石塚 吉浩、中野 俊、石塚 治、及川 輝樹、山崎 誠子、星住 英夫、松本 哲一、川辺 禎久（常勤職員8名）

〔研究内容〕

国の地震火山観測研究を分担し、日本の第四紀火山活動の時間空間分布及び活動的火山の噴火履歴を明らかにするとともに、火山の総合理解を深める研究を実施している。平成27年度は、活火山の活動史や第四紀火山の時間空間分布を明らかにするために、日光白根火山、大雪火山群等で噴火履歴調査を実施し、また九重火山、蔵王火山、日光火山群、大雪火山群及び伊豆半島等に産する火山岩のK-Ar年代測定を行った。御嶽火山2014年噴火

では活動の推移を解析した。感度法によるK-Ar年代測定では、高精度化のため必要試料の低減化に向けた技術開発を進めるとともに、より正確な年代値の取得のためのアルゴン初期値補正に関する研究に着手した。火山データベースについては、鳥海、九重、蔵王の各活火山に関する詳細データを日本の火山データベースに公開し、全国20万分の1火山図整備のため南東北の第四紀火山について編纂を進めた。噴火した箱根火山及び口永良部島火山への対応として、関係機関と連携し噴出物解析や上空観察等により活動推移把握を行い、結果を迅速に公表した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕第四紀火山活動、噴火履歴、年代測定、火山データベース、活火山、噴火対応

〔テーマ題目9〕火山地質図

〔研究代表者〕石塚 吉浩（火山活動研究グループ）

〔研究担当者〕石塚 吉浩、下司 信夫、石塚 治、古川 竜太、及川 輝樹、山崎 誠子、中野 俊、高田 亮、山元 孝広、伊藤 順一、伴 雅雄（山形大学）、三浦 大助（電力中央研究所）、荒井 健一（アジア航測株式会社）、竹下 欣宏（信州大学）（常勤職員10名、他4名）

〔研究内容〕

火山噴火予知連絡会によって選定された「火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な火山」に重点をおき、活動的火山の噴火履歴を野外調査及び室内実験等に基づき明らかにし、火山地質図としてとりまとめる。平成27年度は、八丈島及び恵山火山で火山地質図作成のための噴火履歴調査を昨年度に引き続き実施し、10試料以上の放射性炭素年代を得ることにより、噴火史に定量的な時間軸を入れた。新たに御嶽火山で火山地質図作成のための調査を開始し、日光白根火山で予察調査を行った。昨年度出版した蔵王火山地質図に関して気象庁仙台管区気象台において説明会を実施した。社会的要請が高く初版の出版から46年経過している富士火山については、地質図をとりまとめ印刷中とした。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕活火山、噴火履歴、火山地質図、火山防災、噴火予知

〔テーマ題目10〕マグマ活動の研究

〔研究代表者〕田中 明子（マグマ活動研究グループ）

〔研究担当者〕篠原 宏志、田中 明子、斎藤 元治、松島 喜雄、東宮 昭彦、風早 竜之介、斎藤 英二、畑 真紀（常勤職員7名、他1名）

〔研究内容〕

活動的な火山において放熱量等の熱的観測や電磁氣的観測を行い、地質構造や、他の地球科学的観測を参照しつつマグマ放熱過程のモデル化を行うことを目的にしている。

噴気モデルを適用して水蒸気放出量を把握するため、御嶽山および阿蘇山にて赤外画像データを取得した。桜島の噴火活動の活発化に際して、地表面温度の緊急観測を行った。口永良部火山において2004年から2014年8月噴火直前まで実施したGPSの連続測定結果を取りまとめた。環太平洋の活動的な火山のさまざまな変動パターンを明らかにするため、UAVや衛星データの系統的な処理を行った。

マグマ供給系の長期的進化の解明を目的として、薩摩硫黄島火山の鬼界アカホヤ噴火の竹島火砕流堆積物の中・上部ユニットのメルト包有物16個についてSIMSによるH₂OおよびCO₂濃度測定を行い、マグマ溜まりの圧力が100-280MPaであることを明らかにした。洞爺火砕流の斑晶分析を行い、噴火直前に起きたマグマ混合過程を推定した。

火山活動推移の把握と火山ガス放出過程のモデル化を目的として、口永良部島・桜島にてセスナ機を用いた火山ガス組成および放出率の観測を実施した。口永良部島では2014年8月の噴火以降、SO₂/H₂S比の減少が継続していることが観測された。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕火山、噴火、マグマ、噴火予知

〔テーマ題目11〕大規模噴火の研究

〔研究代表者〕下司 信夫（大規模噴火研究グループ）

〔研究担当者〕下司 信夫、宝田 晋治、宮城 磯治、古川 竜太、山崎 雅（常勤職員5名）

〔研究内容〕

大規模噴火の短期的・長期的な準備過程の理解や噴火駆動メカニズムの解明と、大規模火山の噴火活動評価を行うため、国内外の大規模カルデラ火山を主な対象とする地質学的・岩石学的及び力学的な研究を実施している。平成27年度は、阿蘇カルデラにおいて地質学的調査による阿蘇1及び阿蘇4火砕流噴火の推移の復元及びその噴出物の岩石学的解析に基づくマグマシステムの温度圧力条件の解析を実施し、巨大噴火直前のマグマ溜り条件の復元を行った。また、阿蘇4火砕流の分布の既存データの再解析による噴出量の再見積りを実施した。始良カルデラでは、始良入戸噴火噴出物の層序の地質学的解析および岩石学的解析を行い、巨大噴火の開始条件の解析を行った。カルデラ火山において推測されるマグマ溜りの深さや規模のデータに基づき、マグマ溜り圧力変動に励起される地殻変動のモデル計算を実施し、実際のカルデラ火山において観測された地殻変動量との比較検討を実施した。また、噴火対応として、口永良部島火山、

阿蘇山、桜島などの噴火に対して、関係機関と連携し噴出物解析や上空観察等により活動推移把握を行い、結果を迅速に公表した。

〔テーマ題目12〕火山噴火推移予測の高度化

〔研究代表者〕篠原 宏志（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕篠原 宏志、石塚 吉浩、石塚 治、古川 竜太、及川 輝樹、山崎 誠子、下司 信夫、宝田 晋治、松島 喜雄、斎藤 元治、宮城 磯治、東宮 昭彦、風早 竜之介、草野 有紀、高倉 伸一（地圏資源環境研究部門）、西 祐司（地圏資源環境研究部門）、石戸 恒雄（地圏資源環境研究部門）
（常勤職員15名、他2名）

〔研究内容〕

桜島昭和火口および阿蘇中岳の火山灰粒子構成物の解析から、火道浅部における爆発的噴火駆動過程の解明を試みた。桜島昭和火口における個々の爆発噴火に対応した噴出物の採取を行い、個々の噴火における噴出物構成粒子の構成比や構成粒子の岩石学的特徴の時間変化を明らかにし、それに基づく火道浅部におけるマグマの上昇プロセスを明らかにした。阿蘇火山では噴火開始前および11月25日の噴火開始以降継続的に火山灰を解析し、噴出物の構成比や組織特徴から、噴火初期には火道浅部の結晶化マグマの排出と低結晶度マグマの貫入、噴出があったことを明らかにした。桜島火山で改良した降灰観測機器の運用を行い、降灰観測データを取得した。降灰観測機器は年度末に撤収し、次の噴火に備えて整備した。

新たな噴気活動が報告された霧島硫黄山にて、火山活動の把握のために噴気組成及びSO₂放出率の調査を実施した。温度が沸点の噴気であるが、噴気中には微量ではあるがSO₂、H₂が存在し、見かけの平衡温度も200-260℃と高温であった。DOASを用いたSO₂放出率測定では、放出率は検出限界以下であった。

伊豆大島をテストフィールドとして、噴火活動期のマグマの貫入、脱ガスに伴う熱水系変動についてモデリングを行うため、地下水流動を反映する自然電位（SP）に着目した研究を進めている。SPの連続観測を継続して実施した。得られた季節変動から、土壌中の水分量変化に対するSPの応答を定量的に解析した。それを応用して、脱ガスの上昇に伴って現れる信号を予測した。また、伊豆大島にてUSGSとの共同研究で希ガスサンプラーの試験観測を行った。

伊豆大島火山における地殻内マグマ長距離移動の検討と側火口へのマグマ供給システムを解明する目的で、大島北西及び南東沿岸でブーマー音源を用いた反射法による地殻構造探査を実施した。また東海大学と共同で、大島南東沿岸でサイドスキャンソナーによる海底微地形調査を実施した。地殻構造探査については初めての実施で、

火山体沿岸部の探査に適した周波数、エネルギーの音源を見つけることが主目的であったが、使用したブーマー音源で概ね海底下30-40 m以深まで詳細な反射断面を得ることができた。得られた断面の解釈により沿岸域の火山活動時期の推定等を行っている。

大規模噴火における噴火プロセスの解明を目的として、桜島の歴史時代における3回の軽石噴火の噴出物の層厚分布、粒径分布及び発泡度などのデータを、火口近傍から50 km 遠方の地域まで取得した。取得したデータを噴煙ダイナミクスモデルに応用し、噴出量や噴出率といった噴火パラメータの抽出を行った。

三宅島火山では、カルデラ形成期後の噴火活動を把握する目的で、前々回のカルデラ形成期から2000年カルデラ形成までの噴火史の再構築を行っている。本年度は、18世紀前半の割れ目噴火について検討を行い、新瀨池付近でマグマ水蒸気噴火が発生したことを新たに発見した。噴出物解析にもとづく水蒸気噴火現象の解明のための研究として、吾妻山の明治年間の噴火堆積物をテストフィールドして調査を行い、噴火推移をまとめた。その結果、噴火推移に対応する噴出物を確認した。

火山地質図高精度化を目的として、日光白根火山で最近6000年間の火山灰層序検討とそれらの構成物解析を実施した。この結果、複数の火山灰層に発泡したガラス質粒子が含まれることを見だし、マグマが関与した噴火が複数回起こったことを明らかにした。山頂付近で新たに火山灰層を確認し、直下の土壤炭素年代測定から明治噴火の噴出物に対比し、これらは水蒸気噴火であることを明らかにした。また、歴史資料に基づく噴火年代の改訂のため、安達太良山1900年の噴火および日光白根の歴史噴火をまとめ、その詳しい推移を明らかにした。

H₂O および CO₂濃度既知の安山岩およびデイサイト組成のガラス試料を用いて SIMS 検量線を作成するとともに、霧島火山2011年噴火メルト包有物17個について SIMS および EPMA 測定を行い、マグマの揮発性成分濃度を明らかにした。SIMS の調整・修理を行い、利用可能な状態を維持した。西之島火山2015年噴出物の岩石学的解析を行い、2014年6月以降、岩石学的特徴に変化が無いことを明らかにした。

若い火山噴出物の年代測定の高度化に向けて、K-Ar 年代測定用の希ガス質量分析装置の検出器及び制御電源を更新し、調整を実施した。標準大気試料を用いた分析値評価の結果、良好なピークを取得し、最大で従来の約1.5倍の感度で分析可能であることを確認した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】火山、噴火、マグマ、噴火予知

【テーマ題目13】地質変動の研究

【研究代表者】伊藤 順一（活断層・火山研究部門）

【研究担当者】伊藤 順一、間中 光雄、大坪 誠、城谷 和代、伊藤 一充、宮川 歩夢

（地質情報研究部門）（常勤職員6名）

【研究内容】

隆起・侵食量評価手法の検討として、海岸段丘を用いた隆起速度評価の高精度化に向けて、青森県上北平野ならびに石川県能登半島において採取した試料を用いて、OSL年代測定を実施した。

断層の再活動性評価手法の検討のため、昨年に引き続き、房総半島において、最新活動期や応力場の変遷に伴う断層活動の変遷を推定するための現地調査や試料採取を実施した。また、断層活動とその水理特性との関係性を検討するために、延岡衝上断層の現地調査を行い、断層活動の動き値それに関連する断層破砕帯晶出鉱物の産状観察を行った。

岩盤の水理特性（特に透水率）評価手法の高度化に向けて、北海道幌延地域から採取した試料等を用い、室内透水試験を実施し、基礎データを収集した。

火山・火成活動評価手法の検討のためにこれまで整備してきた、第四紀火山岩体・貫入岩データベースの一部（北海道中軸部）について、最新知見を基に、データの更新作業を実施した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】長期地質変動、隆起・侵食活動評価、断層再活動評価、火山・火成活動評価

【テーマ題目14】深部流体の研究

【研究代表者】風早 康平（深部流体研究グループ）

【研究担当者】風早 康平、高橋 正明、佐藤 努、森川 徳敏、清水 徹、高橋 浩、松本 則夫、東郷 洋子、堀口 桂香、大和田道子、安原 正也（立正大学）、中村 仁美（JAMSTEC）
（常勤職員8名、他4名）

【研究内容】

関東地方（茨城県、千葉県、埼玉県、群馬県）において、深部流体の混入の有無及び広域地下水流動系の時間スケールや流動地域を解明するため、地下水・湧水の現地調査を行った。採取した地下水・湧水等については、主要化学成分、水の安定同位体比、無機炭素種の炭素同位体比、ヘリウム同位体比等の分析を行い、その化学・同位体的特徴について地域別に検討を行った。これらの結果を用いて、広域地下水流動系の区分について検討中である。また、東北地方の湧水・地下水の調査を行い、ヘリウム同位体比及びヨウ素の同位体・濃度データを集積し、東北日本弧の熱水の起源について詳細に検討を行った。スラブ起源熱水の上昇域の分布について、さらに詳細に分布を検討した結果、堆積岩地域と結晶岩地域で、明らかに特徴が異なることが判明した。この原因は、堆積岩に含まれる非常に古い海水起源の塩水の混入によるものと推定された。より正確なスラブ起源熱水上昇域を求めるにあたり、古い海水起源の塩水とスラブ起源熱水

の起源分離が必要であり、その手法について検討を行っている。これらのデータは深層地下水 DB に登録した。また、深層地下水 DB に収録している文献値について、品質管理のため位置情報のデータについてチェックを行った。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕深部流体、地下水、地震、火山性熱水、温泉水

〔テーマ題目15〕水文地質の研究

〔研究代表者〕塚本 斉（水文地質研究グループ）

〔研究担当者〕塚本 斉、高橋 学、富島 康夫、
竹田 幹郎、宮越 昭暢、朝比奈 大輔、
戸崎 裕貴、廣田 明成
（常勤職員7名、他1名）

〔研究内容〕

関東平野の地下水位観測井などを用いて地下水情報を収集し、広域地下水流動系や地下水温異常等に係る研究を実施した。堆積岩地域沿岸部の地下水流動を³⁶Cl 年代を用いて検討した結果をアメリカ地球物理学連合秋季大会（AGU）で発表した。

岩石の空隙構造を μ -focus X 線 CT を用いて可視化し、透水異方性との関係についてヨーロッパ地球科学連合会（EGU）で発表した。稚内泥岩の化学的浸透現象に関してアメリカ地球物理学連合秋季大会（AGU）で発表した。き裂を伴う地質材料の水理-力学連成挙動解析モデルに関して第2回岩石力学・岩盤工学に関する若手研究者会議で発表した。

米国放射性廃棄物規制解析センター（CNWRA）と放射性廃棄物地層処分の規制支援研究に関する打合せを行い、研究協力関係を確認した。

福島第一原子力発電所における汚染水問題については、汚染水処理対策委員会地下水・雨水等の挙動等の把握・可視化サブグループ委員として汚染水問題とその対策に対応した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地下水システム、地下水年代、地層処分、水理特性、水理-力学連成解析

〔テーマ題目16〕地質現象の長期変動に関する影響評価技術の研究

〔研究代表者〕伊藤 順一（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕風早 康平、塚本 斉、伊藤 順一、
高橋 正明、佐藤 努、森川 徳敏、
高橋 浩、宮越 昭暢、竹田 幹郎、
朝比奈 大輔、戸崎 裕貴、間中 光雄、
大坪 誠、城谷 和代、伊藤 一充、
東郷 洋子、堀口 桂香、大和田 道子、
廣田 明成、宮川 歩夢（地質情報研究
部門）、田村 亨（地質情報研究部門）、

安原 正也（立正大学）

（常勤職員18名、他4名）

〔研究内容〕

断層破碎帯が地下水流動に及ぼす影響を検討するために、有馬・高槻構造線において断層破碎帯の発達状況の空間分布と熱水変質および断層破碎部を充填する鉱物の形成状況を確認するための野外調査および試料採取を実施した。また、2011年東日本大地震に伴う地下水流動への影響の検討として、福島県いわき市における地下水湧出現象に対して、引き続き流出量の観測および水質の変動を定期的に調査した。その結果、湧出量の変化は顕著ではないが、一部で減少傾向が現れた。また、一カ所においては湧出量および温泉水組成には降水の影響と考えられる小さな変動が失われた。このような変動パターンの原因について、地下において、熱水上昇経路が浅層地下水系と遮断されたことによるものと考えられる。また、現在もなお湧出量に変化しない地点も存在することから、地下に存在が推定される大型の熱水リザーバーについて検討を行った。

隆起・侵食活動の長期予測手法の検討においては、宇宙線生成核種を用いた削剥速度の検討の為に、東京大学タンデム加速器研究施設の加速器質量分析計を用いた測定を実施した。沿岸域の隆起速度の高精度化の検討においては、MIS5以前の段丘の年代測定精度の向上を目指して、OSL 年代測定を実施するとともに、段丘を構成する堆積物に対して堆積相解析を行い年代測定結果と合わせた海面変動とのマッチングの高精度化の検討を行った。

JAEA 幌延深地層研究センターとの共同研究において、JAEA から各種岩石試料の提供を受け、岩石の水理特性や化学的浸透現象に関する室内実験を行った。また、幌延周辺地域において、断層系に沿って上昇する深部流体の流量を観測するため、河川調査を実施した。また、湧水についても同時に調査を行い、断層と微量成分（Li, B 等）濃度の関係について検討を行った。河川については同時に流量を測定し、微量成分の流動量についてのデータを得ることができた。これらの結果をもとに、断層系から Li, B 濃度の高い塩水が上昇している範囲を推定した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕長期変動、断層破碎帯、水理活動、地下水、深部熱水、深部流体、隆起・侵食量、宇宙線生成核種、OSL、化学・同位体組成、地層処分、天然バリア、燃料デブリ

〔テーマ題目17〕アジア太平洋地域の地震火山情報の整備

〔研究代表者〕宝田 晋治（大規模噴火研究グループ）

〔研究担当者〕宝田 晋治、桑原 保人、石川 有三、

古川 竜太、吾妻 崇、吉見 雅行、
丸山 正、小泉 尚嗣、Joel Bandibas
(常勤職員7名、他2名)

【研究内容】

G-EVER 推進チームでは、CCOP を始めとするアジア太平洋地域の研究機関と協力し、自然災害の軽減、アジア太平洋地域の協調、災害時に役立つ各種災害情報の整備、データ交換・共有・分析のための国際標準化等を進めている。本年度は、東アジア地域の研究機関と協力し、1000万分の1スケールの東アジア地域地震火山災害情報図を完成させた。記録として残っている1850年以降の地震や1400年以降の火山噴火による犠牲者の情報を重点的に収集・整理すると共に、主要な地震の震央・震源域や活断層の位置、津波の発生源の位置、沿岸に到達した津波の範囲や高さ、活火山やカルデラの位置、大規模な噴火による火山灰の分布、大規模火砕流の分布等を地質図上にとりまとめた。また、アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムの開発を進めた。大規模地震ハザード・リスク評価 WG では、歴史地震のデータ整備、巨大地震と火山噴火の相関の検討を実施した。大規模火山噴火ハザード・リスク評価 WG では、巨大噴火への準備過程の解明のため、インドネシアのスンビン・スンドロ火山の調査を行った。火山災害予測支援システム WG では、Tephra2による降下火山灰のオンラインシミュレーションシステムの開発を進めるとともに、Titan2D による火砕流の数値シミュレーションを実施した。フィリピン火山地震研究所 (PHIVOLCS) と WebGIS による情報発信の共同研究を進め、モバイルデバイスで、フィリピンの活断層を閲覧検索できる The PHIVOLS FaultFinder を共同開発した。インドネシア火山地質災害防災センター (CVGHM) と協力し、インドネシアの活火山情報を整備し、活火山の噴火履歴、災害履歴、ハザードマップ、地質図、文献が閲覧できるインドネシア火山情報システムを構築した。Earth Observatory of Singapore と火山噴火前兆現象 DB (WOVOdat) の構築について、協力を進めた。CCOP 諸国と進めている東・東南アジア地質情報共有基盤整備プロジェクトにおいて、CCOP 地質情報総合共有システムの構築を進め、9月に第1回検討会議を開催し、地質情報共有化のため各国のデータ整備を進めた。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】G-EVER、災害図、地震、火山、アジア太平洋、ハザード、CCOP

③【地圏資源環境研究部門】

(Research Institute for Geo-Resources and Environment)

(存続期間：2001.4.1～)

研究部門長：中尾 信典

副研究部門長：光畑 裕司、今泉 博之
総括研究主幹：丸井 敦尚

所在地：つくば中央第7

人 員：57名 (57名)

経 費：8,019,078千円 (414,050千円)

概 要：

現代社会の営みは、多くの天然資源の消費の上に成り立っている。しかし、20世紀後半からの我々人類の生産及び消費活動の活発化は著しく、21世紀の近い将来においても天然資源の枯渇が現実的な問題になりつつある。また、化石燃料資源の大量消費による地球温暖化を始めとして、資源と環境分野は密接に関連しており、それらの関係を見据えた対応が今なお差し迫った課題となっている。このような状況を背景に、地圏資源環境研究部門は、国の資源エネルギー施策立案や産業の持続的発展に役立てるために、地下資源の安定供給に向けたポテンシャル評価、および地圏環境の利用と保全に関する調査を行い、そのための技術を開発することをミッションとする。

ミッション達成のための具体的な研究及び技術開発として、以下のユニット戦略課題を設定して取り組む。

①地下資源評価

- ①-1 燃料資源に関する情報整備と評価技術の開発
- ①-2 鉱物資源に関する情報整備と評価技術の開発

②地下環境利用評価

- ②-1 二酸化炭素地中貯留に関する評価技術の開発
- ②-2 地層処分に関する評価技術の開発

③地下環境保全評価

- ③-1 土壌汚染に関する情報整備と評価技術の開発
- ③-2 地下水の資源と環境に関する情報整備と評価技術の開発

これらの研究の推進にあたっては、国立研究開発法人の位置づけを十分に意識し、目的基礎研究、“橋渡し”前期研究、“橋渡し”後期研究とつながる研究発展の流れの中で、我が国の経済産業が順調に推移するための資源及び環境分野における研究貢献を果たしていく。また、社会ニーズを把握しながら、資源の安定供給や地圏環境の保全に必要な萌芽的・基盤的研究にバランスよく取り組む。

【内部資金】

「地下微生物を利活用した生物的天然ガス変換技術の開発」

「低コスト粘土系吸着剤を用いた低温熱源利用デシカントモジュールの設計と開発」

「放射性核種、重金属等のリスクガバナンスに向けた評

価技術の開発」

「上向流カラム通水試験」および「各種溶出特性試験」の標準化」

【外部資金】

経済産業省 平成27年度地層処分技術調査等事業「地層処分共通技術調査：海域地質環境調査確証技術開発」

経済産業省 平成27年度地層処分技術調査等事業「地層処分共通技術調査：沿岸部処分システム高度化開発」

経済産業省 平成27年度二酸化炭素回収・貯蔵安全性評価技術開発事業「弾性波探査を補完する CO₂挙動評価技術の開発」

経済産業省 平成27年度希少金属資源開発推進基盤整備事業「資源権益確保推進事業のうち資源開発可能性調査にかかるもの」

環境省 第三期環境経済の政策研究 「水俣条約に基づく水銀削減政策として経済手法の活用可能性と期待される効果に関する調査・分析」

農林水産省（岐阜大／熱 CO₂コンソーシアム） 地域資源を活用した再生可能エネルギー等の利活用技術の開発「施設園芸における効率的かつ低コストなエネルギー供給装置及び利用技術の開発」

農林水産省（一般社団法人食品需給研究センター） 食料生産地域再生のための先端技術展開事業「野菜栽培による農業経営を可能とする生産技術の実証研究」

経済産業省 平成26年度メタンハイドレート開発促進事業補助金「表層型メタンハイドレート調査」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 「地熱発電技術研究開発／地熱発電の導入拡大に資する革新的技術開発／地熱発電プラントのリスク評価・対策手法の研究開発（スケール／腐食等予測・対策管理）」

国立研究開発法人科学技術振興機構 国際科学技術共同研究推進事業（地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム）「新規廃棄物処分場の適地選定手法の構築」

国立研究開発法人物質・材料研究機構 粘土鉱物に対する放射性物質の吸脱着機構解明と減容法の開発「低結晶質粘土鉱物・非晶質物質における Cs 吸着特性脱着挙動の検討」

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 メタンハイドレート開発促進事業「新規取得試料の微生物学的分析」

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 平成27年度地熱発電技術研究開発事業「地熱貯留層掘削技術」

環境省 平成27年度環境研究総合推進費「1,4-ジオキサンの環境動態の把握に基づいた土壌調査法の開発に関する研究（1,4-ジオキサンの土壌中における生物・化学反応の検討）」

一般財団法人日本鉱業振興会 「金属鉱床タイプ別 SIP 法電気探査法の実用化に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（A））「CO₂地中貯留と生物的原油分解メタン生成反応を両立する資源創成型 CCS 技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「CO₂地中貯留におけるキャップロックの長期シール性能評価」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（A））「光合成とメタン生成のリンケージ：機能特異分子補酵素 F430分析という新手法の展開」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「機能性分子 F430を用いた堆積物深部メタン生成ポテンシャルの精密定量」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「重希土類資源として最適な難溶性鉱物の資源評価法の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A））「除染・帰還を見据えた地域別の放射性 Cs 流出特性評価とリスク管理戦略の構築」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「生物的原油分解メタン生成ポテンシャルとメカニズムに着目した油層特性評価技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（新学術領域研究 研究分担）「堆積物に記録される西アジアにおける第四紀環境変動の解読」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A））「環境保全と社会受容性を踏まえた、「地盤

環境基準」の構築と実装のための戦略研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B）研究分担）「丘陵地森林の放射性物質の流出・循環の景観生態学的分析と里山の生態的再生の検討」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B）研究分担）「シビアな環境汚染除染以降のブラウンフィールド問題とリスクコミュニケーションの課題」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「市場経済移行国における資源開発に関するガバナンス」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「超臨界流体を利用したナノマイクロシステムの開発」

一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構 平成27年度希少金属資源開発推進基盤整備事業「平成27年度希少金属資源開発推進基盤整備事業（探査基盤技術高度化支援事業）」

経済産業省 平成27年度メタンハイドレート開発促進事業「非砂層メタンハイドレート賦存層の科学的調査研究」

Institute of Rock and Soil Mechanics、Chinese Academy of Sciences 受託研究 「三軸圧縮応力下に頁岩注水破壊に関する研究」

発表：誌上発表104件、口頭発表213件、その他58件

地下水研究グループ

(Groundwater Research Group)

研究グループ長：丸井 敦尚

(つくば中央第7)

概要：

地球の水循環系を構成する地下水について、その流域規模での量・質・流れ・変動・温度分布等を明らかにする調査研究を実施するとともに、地下水の開発・利用・管理・環境改善に関わる評価手法の開発やモデリングの高度化を行う。また、地下水を主題とする知的基盤情報を水文環境図等により公開するほか、水文データベース、地中熱利用ポテンシャル・データベースを更新する。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目6

鉱物資源研究グループ

(Mineral Resources Research Group)

研究グループ長：高木 哲一

(つくば中央第7)

概要：

国民生活、日本の産業にとって不可欠な各種の鉱物資源、特に産業界からの要請の強いレアアース等の希少金属資源および非金属資源の探査手法の開発を行う。また鉱物資源に関する基礎的情報を提供するとともに、鉱物資源のポテンシャル評価を行う。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目5

燃料資源地質研究グループ

(Fuel Resource Geology Research Group)

研究グループ長：森田 澄人

(つくば中央第7)

概要：

メタンハイドレート等天然ガス資源をはじめとする燃料地下資源の探査技術高度化を目指し、燃料資源探査法、燃料鉱床形成機構及び燃料資源ポテンシャル評価法の研究を行うとともに、我が国土及び周辺海域の三次元的地質調査情報に基づく燃料資源ポテンシャル把握の精度向上のための基盤的研究を進める。

研究テーマ：テーマ題目1

地圏微生物研究グループ

(Geomicrobiology Research Group)

研究グループ長：坂田 将

(つくば中央第7)

概要：

地圏における微生物の分布と多様性、機能、活性を評価することにより、元素の生物地球化学的循環に関する基盤的情報を提供するとともに、天然ガス等の資源開発、地圏の環境保全や利用に資する研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3、テーマ題目5

地圏化学研究グループ

(Resource Geochemistry Research Group)

研究グループ長：鈴木 正哉

(つくば中央第7)

概要：

地圏内の物質の分布・挙動を、地化学的・地質学的・鉱物学的手法により明らかにすることを旨とし、燃料資源、非金属鉱物資源・材料及びこれらに関連する流体等を研究対象として、資源の成因解明・開発、環境保全、製品化等に資する研究を進める。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目5

物理探査研究グループ

(Exploration Geophysics Research Group)

研究グループ長：光畑 裕司

(つくば中央第7)

概 要 :

地圏の利用や環境保全、資源・エネルギー開発あるいは地質災害に対する防災等のための基盤技術として、各種物理探査手法の高度化と統合的解析手法の研究を行うとともに、地層処分や二酸化炭素の地中貯留等における岩盤評価、地下水環境・地質汚染等における浅部地質環境評価・監視、地熱・鉱物・燃料資源探査などの分野へ物理探査法を適用し、対象に即した効果的な探査法の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3、
テーマ題目4、テーマ題目5、テーマ題目6

CO₂地中貯留研究グループ

(CO₂ Geological Storage Research Group)

研究グループ長：西 祐司

(つくば中央第7)

概 要 :

環境に調和した地下の有効利用を促進するために必要な技術開発を行う。特に、地球温暖化対策としての二酸化炭素地中貯留に関わる技術の開発を行うとともに、環境に負荷を与えない地下利用・資源開発のための技術、環境を保全し安全を評価する技術などについて研究を実施する。

研究テーマ：テーマ題目3

地圏環境リスク研究グループ

(Geo-Environmental Risk Research Group)

研究グループ長：張 銘

(つくば中央第7)

概 要 :

土壌・地下水汚染に係る調査・評価技術、浄化・対策技術ならびにリスク評価・管理技術の研究開発と知的基盤整備を重点的に推進する。また、関連開発技術と成果を広く社会へ還元するために、原発事故や二酸化炭素地中貯留、核廃棄物の地層処分、休廃止鉱山跡地管理およびモールスケールマイニングなどの多くの実社会問題にも適用し、社会実装と普及を図る。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目5、テーマ題目6

地圏メカニクス研究グループ

(Geomechanics Research Group)

研究グループ長：雷 興林

(つくば中央第7)

概 要 :

岩石・岩盤力学、物理探査、地圏流体シミュレーションなど主として物理学の実験およびフィールドワークの手法を用いて、地層処分安全研究、CO₂地中貯留研究、地熱等資源研究、地下利用技術研究に取り組み、地圏環境との調和を考えた地下の有効利用および資源

開発に必要な技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目4

[テーマ題目1] 燃料資源に関する情報整備と評価技術の開発

[研究代表者] 森田 澄人

[研究担当者] 森田 澄人、鈴木 祐一郎、佐藤 幹夫、
中嶋 健、後藤 秀作、坂田 将、
吉岡 秀佳ほか(常勤職員14名、他1名)

[研究内容]

日本海の表層型メタンハイドレートの成因・資源ポテンシャル評価を目的とした経済産業省委託研究を平成26年度に引き続き実施した。当該年度は、1) 海洋電磁探査、2) 精密三次元地震探査、3) 掘削同時検層(LWD: Logging While Drilling)、4) 地質サンプリング(掘削コアリング)および海底地盤調査(CPT: Cone Penetration Test)、5)海底環境調査を実施した。海洋電磁探査は、発信器と受信機で構成される探査機器を海底から50 m の高度で曳航しながら探査する手法であり、対象エリアは隠岐トラフ海域の一部とした。この地域は先に実施している詳細地質調査(AUV 音響探査)の高精度地形データを準備していることで、これまでにない精密な海底下の比抵抗異常を捉えることができた。結果として、マウンド地形にほぼ対応して高い比抵抗の物質が地下に分布していることが分かった。精密三次元地震探査では、表層型メタンハイドレートが分布する浅層部の地質構造をこれまでにない精度で明らかにした。海底環境調査では、ROV を用いた海底のベースライン調査を実施し、海底での観察や底質サンプリング、生物サンプリング等を行うとともに、平成26年度に設置した長期海底下温度モニタリングシステムを回収し、データ解析を行った。

水溶性天然ガス田における堆積有機物の微生物分解メタン生成過程を明らかにすることを目的とし、新潟県の水溶性天然ガス田から採取されたサンプルを用いてメタン生成アーキアに着目した分子遺伝学的解析を行い、検出された新規メタン生成アーキアの分離同定を行った。本研究で分離したメタン生成アーキアの生育至適温度・pH・塩濃度いずれも現地条件に一致した。さらに唯一メタノールのみを資化するものであった。このことから、堆積有機物分解メタン生成過程においてメタノール分解メタン生成経路が存在している可能性が示唆された。

堆積環境の変化が帯水層中の生物的メタン生成に与える影響を調査する目的で、北海道北部勇知層・更別層から採取された地下水試料の地化学的・分子生物学的分析を行った。16S rRNA 遺伝子と mcrA 遺伝子に基づく遺伝子解析の結果、メタン生成菌を含む微生物群集構造は堆積後の地層水塩分濃度の変化よりも堆積環境の違いにより強く影響されることが示唆された。また、炭酸還元メタン生成経路が優占した地層においてメタン水素同位

体変化が地層水の水素同位体変化に相関しなかったことから、現在起こりうるメタン生成は地層に含まれるメタン貯蔵量に大きく寄与していないことが示唆された。

堆積環境に普遍的に存在するリグニンの嫌気的な分解機構を解明するため、分解経路に関与する微生物の分離培養を行った。様々な環境資料を用いて集積培養及び単離を行った結果、16S rRNA 遺伝子に基づく系統解析において新種の可能性を示す発酵性細菌及びメタン生成菌を分離した。いくつかの試料では、分離培養の試みに関わらず複数の微生物が残存していることから、異種間での共生的な分解が示唆された。

【領 域 名】地質調査総合センター、エネルギー・環境

【キーワード】メタンハイドレート、表層型、広域地質調査、AUV、掘削コアリング、メタン生成アーキア、遺伝子解析、ガス田、遺伝子解析、メタン生成経路、嫌気培養

【テーマ題目2】鉱物資源に関する情報整備と評価技術の開発

【研究代表者】高木 哲一、鈴木 正哉

【研究担当者】高木 哲一、鈴木 正哉、大野 哲二、
児玉 信介、実松 健造、星野 美保子、
森本 慎一郎、昆 慶明、荒岡 大輔、
三好 陽子、森本 和也ほか
(常勤職員10名、他11名)

【研究内容】

レアメタル資源国と共同で資源調査を実施し、我が国の資源権益確保に必要な各種資源情報を獲得するためにレアメタル鉱床の現地調査等を実施し、これらの調査研究を推進する目的で、レアメタル分析・選鉱実験手法の改良・高度化を進めた。レアメタル資源に関する国際共同研究を推進するために、5月に日アフリカ鉱業・資源ビジネスセミナー2015（東京）に出展し、日・南ア局長級会合に参加した。また、瀬戸・東濃地区の未利用資源に関する同地区組合・企業との共同研究を立ち上げるために、中部経済産業局主催の会合に数回参加し、10月より資金提供型共同研究が開始されるに至った。各種鉱物資源データ統合化に関しては、“Geological Map of Asia” (GSJ, 2011) の地質情報について、プロジェクションおよびフォーマット変更等を行ない、資源探査支援システム“GRIAS”で利用可能な形で整備した。また鉱山位置情報について、その評価基準の策定と評価のためのシステムの構築を行い、同システムを用いた鉱山位置情報の評価を行った。さらに、レアメタル鉱物分析施設にて、電子線プローブマイクロアナライザーの電子銃交換、レーザーラマン分析装置へのオートステージ追加、炭素・硫黄分析装置の導入など、施設の整備や高度化を行った。昨年度に引き続き、レアメタルの需給予測およびマテリアルフロー解析の研究を実施し、

11月に香港で開催された国際レアアース会議にて情報収集を行った。

非金属鉱物資源としての粘土鉱物の創製と産業利用について、低コストでかつ水蒸気吸着性の高い粘土系吸着剤（ハスクレイ前駆体）の合成法および造粒体製作方法を開発した。また、溶解性が低い陰イオン吸着材の開発等を行い論文として公表するとともに、様々な分野で需要が期待されるベントナイトについて福島県内の資源調査結果を公表した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】資源、レアメタル、レアアース、施設整備、GRIAS、鉱物資源データ統合、粘土鉱物、ベントナイト、ハスクレイ前駆体

【テーマ題目3】二酸化炭素地中貯留に関する評価技術の開発

【研究代表者】中尾 信典

【研究担当者】西 祐司、中尾 信典、徂徠 正夫、
光畑 裕司ほか（常勤職員22名、他1名）

【研究内容】

大気中の CO₂削減のため、大規模発生源に近い沿岸域において CO₂を地下1,000 m 程度の深部に圧入する地中貯留技術が期待されている。

弾性波補完モニタリング技術の開発では、重力、自然電位、AE (Acoustic Emission) などの多面的なモニタリング技術を CO₂地中貯留に適用し、弾性波探査（反射法など）を補完できるモニタリング技術を構築することで、長期的なモニタリングコストの低減を目指している。特に、重力モニタリングに関しては、苫小牧の観測点において超伝導重力計による1年以上の観測を成功させ、これまでの測地研究等で想定されなかった海岸近傍環境において超伝導重力計の使用が可能であることを実証した。また、取得したデータに対してノイズ等の評価を行い、数 μ Gal のトレンド成分の検出に成功した。これまで継続して観測を行ってきた米国・南西部炭素隔離地域パートナーシップの CO₂大規模圧入テストサイトであるファーンズワース（米国テキサス州）での成果や、ポストプロセッサを用いたケース・スタディ結果等を考慮した結果、重力が CO₂地中貯留の長期間モニタリングに使える監視手段として有望であることが示された。

最適モデリング技術の開発では、数値シミュレーションにより計算される温度、圧力、CO₂飽和度等の変化量を、観測可能な物理量（理論計算値）に変換するプログラムの開発・整備を行い、長期 CO₂挙動予測の精度向上に寄与することを目指している。今年度は、遮蔽層がポーラス媒体である場合とフラクチャー岩体である場合の比較のために、開発したポストプロセッサを用いて反射法の変動予測計算を実施した。CO₂圧入後の潜在リスクとして想定される大きな断層の開口に比べて反射法等

で確認しづらいより小さなフラクチャーがあった場合、等価なポーラス媒体よりも漏洩速度が速まる可能性があること、その場合でも貯留層外に移行した CO₂の検知に反射法が有用であることが明らかとなった。以上の成果を基に、多面的モニタリング手法の実施指針と地球物理ポストプロセッサの使用法の初期版をまとめた。

遮蔽性能評価技術の開発では、ジオメカニクスを考慮した断層モデリング手法の開発では、流体流動-岩石力学（ジオメカニクス）連成シミュレーション手法を我が国の地質条件に適した形にカスタマイズすることで、CO₂圧入に伴う地層・岩盤の動的応答を事前評価し、その発生を避けることのできる圧入条件を導くことを目指している。松代ナチュラル・アナログ事象に対して、軟岩の変形に伴う浸透率変化に関する室内実験データと構成則を取り込み、ヒストリー・マッチングおよび断層破碎ゾーンの細分割をすることによって、主要な観測データを総括的に説明できるモデルが構築された。このことから、TOUGH と FLA3D によるアプローチが、日本の CO₂地中貯留サイトにおいても有効であることが実証された。最終的に、TOUGH-FLAC3D シミュレーションにおける不確定さを考慮した統計的な評価を含むジオメカニクスモデリングフレームワークを構築するとともに、技術マニュアルの初期版を作成した。

CO₂移行性能評価技術の開発では、我が国の一般的な地質構造としての砂泥互層に関して、CO₂長期挙動シミュレーションに資する地質モデリング手法の開発を目的として、砂泥互層に対応したシール圧の評価手法の検討、砂泥互層内での化学的反応プロセスの評価、および砂泥互層内での CO₂挙動シミュレーションを行った。シール圧の評価手法の検討では、地中貯留を模擬した温度・圧力条件下において、内部構造を制御した焼結体試料に対する浸透実験を実施した。最終的な知見として、スレッシュホールド圧-浸透率の相関性に対しては、構成粒子のサイズ分布が均一か分散かが重要な因子であり、形状や組成の効果は必ずしも大きくないことが明らかとなった。また、各種堆積岩のスレッシュホールド圧は、混合粒径の球状シリカに対する近似直線と、全焼結体のスレッシュホールド圧の下限値に相当する近似直線で挟まれた範囲に含まれることが示された。次に、化学的反応プロセスの評価では、昨年度に続いて CO₂地中貯留のナチュラル・アナログとみなされる炭酸泉および炭酸水素塩泉において現場反応実験を行った。今年度はステンレス製配管を設置して大気圧よりも高い圧力で CO₂を注入することで、CO₂圧入井近傍で予想されるような炭酸塩鉱物の溶解を実現し、その際の溶解速度を計測することに成功した。昨年度の実験では、特にカルサイトの成長速度に対して Mg イオンが阻害因子として作用することが示されたが、溶解速度についても同様の影響を及ぼすことが明らかとなった。さらに、砂泥互層内での CO₂挙動に関する感度解析シミュレーションからは、泥勝ち層と砂勝ち層の

互層系に関して、互層とするか均一層とするかでは圧入後の CO₂の挙動に大きな違いが生じるため、CO₂地中貯留の予測をする上では互層構造の識別が重要であることが示された。一方、地化学プロセスについては温度の効果を除いて、CO₂挙動に及ぼす明瞭な影響は確認されなかった。以上の成果を、砂泥互層を地質モデルに組み込む際に有用な参照データおよび知見として、別冊のモデリング手法のマニュアル初期版にまとめた。

【領 域 名】 エネルギー・環境、地質調査総合センター

【キーワード】 CO₂地中貯留、モニタリング、重力、自然電位、AE、米国 SWP、断層、モデリング、ジオメカニクス、ナチュラル・アナログ、砂泥互層、シール圧、地化学プロセス

【テーマ題目4】 地層処分に関する評価技術の開発

【研究代表者】 光畑 裕司

【研究担当者】 丸井 敦尚、光畑 裕司、町田 功、横田 俊之、小野 昌彦、井川 怜欧、上田 匠ほか（常勤職員7名、他8名）

【研究内容】

高レベル放射性廃棄物の地層処分について、国の特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針（平成27年）では、国が科学的有望地を提示し、処分地選定調査への協力を自治体に申し入れるよう改定され、平成28年現在、科学的有望地の具体的要件・基準について、総合資源エネルギー調査会地層処分技術ワーキンググループ（丸井が委員として参画）にて専門家による検討が進められている。この状況の中、本研究課題では沿岸域において、原子力政策大綱でいう、地上からの調査を想定した、ボーリングによる地質・地下水環境を調査・観測しながら、段階的かつ繰り返し地下水の流動解析を行い、沿岸域における塩淡境界の形状把握と地下水の長期的な流動・滞留状況を評価することを目的とした。これによって、ボーリング掘削を含めた地下水調査と物理探査との組合せや関連データベースの活用等により地下水流動の把握及びその長期的な変遷の評価に係る総合的な調査評価手法として構築することをゴールとしている。

沿岸域から浅海域の地質構造を詳細に把握することを目的に、エアガン震源および海底設置型受振ケーブル（OBC）を用いた三次元反射法調査を実施した。その結果、限定的な領域（東西方向約1 km×南北方向500 m）ではあるものの、地下構造を3次元的に捉えることができ、断層構造などの地下構造の把握が容易となった。その一例として、深度300 m 程度までの領域において、海底地形に沿った構造および沿岸近くにおいては東落ちの反射面が捉えられた。この位置は、陸域の入山瀬断層の延長に当たり、断層活動に起因するものであると解釈することができる。

経済産業省委託事業「平成25年度沿岸域の地質・活断層断層調査」および「水文環境図（富士山）」で得たデータや地下水サンプルを二次利用することにより、各種地球化学データを取得し、それらを用いて地球化学データにもとづく富士山流域における広域地下水流動系調査の結果と沿岸部や断層付近において確認された各種シグナルについて検討を行なった。その結果、富士山地域における水質や同位体比のデータ分布は、地下水の流動と非常に調和的であり、また各種同位体比や微量元素成分を使用することで、地下における地下水の影響範囲の広がり把握できることが明らかとなった。また富士川の河口域において、断層あるいは塩淡水境界に起因する地下水の上昇流が存在している可能性が示唆された。

ボーリング調査では、富士川右岸地区において、富士川砂礫層が深度180mまで分布することが確認され、隆起量を推定するとともに、認められた土質ごとの透水性・水質を把握した。富士川左岸地区においては、富士川砂礫層中に挟在する富士火山噴出物（安山岩～玄武岩溶岩）が確認された。両地区で実施した水理試験においては、観測した孔内水位に潮汐による変動が認められた。地下水・間隙水の解析では、特に地下水の化学的性状の把握とそれが意味する地下水流動の解明を主とした解析を行った。その結果、第四紀火山噴出物が分布する沿岸域においても、塩水楔の形状に深度ごとに違いがあることが推定された。しかし、FGB-1孔の深度約150 mから得られた地下水の¹⁴C年代は10,000年前後と考えられ、この地点で見られた塩淡水が現海水のものであるかどうかは慎重な議論を必要とする。塩水と淡水が混合する領域では海面の位置と陸側の地下水位との関係により、深層の地下水が地表に運ばれ得る。このことを考慮すると、今後は塩淡水境界の存在とその挙動をより確かな方法で確認する必要がある。

富士川西部から田子の浦港東部にかけて行った海底地形調査から、これまでの海底地形図で認識されていなかった細かな谷・尾根地形が明らかとなった。また、海域への延伸が推定されている入山線断層の付近における特徴的な地形や、氷期の侵食の可能性のある急崖部を検出するなど、沿岸域の地質構造を評価する上で活用できる知見を得た。サイドスキャンソナー等で得られる音波散乱記録について、海底からの地下水の湧出に伴う諸現象（砂のまきあげや気泡の混入など）を仮定してその分布域の抽出し、ROVによる光学画像と水質計による確認を行った。その結果、抽出された分布域において塩分濃度の有意な低下が確認され、また海底湧出地下水の存在が推定され、散乱記録が海底湧出地下水検出のための指標の一つになる可能性が示唆された。

さらには、50万件を超える関連既存文献の調査を通して、沿岸海底下の地質・地質構造ならびに地質環境特性に関わる情報整備を行いつつ、これまでの成果を“とりまとめ”として冊子にまとめた。

【領 域 名】地質調査総合センター、エネルギー・環境

【キーワード】地層処分、深部地下水、断層、三次元反射法調査、深部地質環境

【テーマ題目5】土壤汚染に関する情報整備と評価技術の開発

【研究代表者】今泉 博之

【研究担当者】張 銘、今泉 博之、村尾 智、田中 敦子、川辺 能成、原 淳子、坂本 靖英、杉田 創、保高 徹生、井本由香利ほか

（常勤職員12名、他10名）

【研究内容】

水中低濃度放射性 Cs の迅速モニタリング技術の開発と改良を重ね、技術の実用化と普及を図るとともに、河川や農業用水及び海水中放射性物質のモニタリングなどに広く適用し、復興に貢献した。汚染土壌からの重金属類などの溶出特性をより適切に評価するために、各試験手順や操作、試験条件などによる影響を体系的に調査・評価し、公定法を含む試験法の改正に向けた技術的基盤情報の整備を進めた。上向流カラム通水試験に関しては、ISO規格の改正を視野に進めており、国内外関連機関との連携を図りながら展開している。

土壤汚染対策法の改正に伴う土壤汚染の原位置浄化の高いニーズを背景に、技術の実用化と普及による社会への還元を目標として、関連調査技術、浄化技術及びリスク評価技術に関する体系的な研究開発を民間企業および他研究機関との研究協力のもとで継続して実施している。本年度は、これまでの成果を踏まえ、鉛やヒ素などに代表される重金属類の長期溶出特性の評価や重金属類濃集メカニズムの解明、ヒ素吸着材の開発及び使用済ヒ素吸着材の環境安定性評価などを実施し、関連評価技術及び汚染対策技術の実用化を図った。また、ISO/TC190 (Soil Quality)、WG12 (Risk Based Remediation Measures) 委員会活動に継続的に参加し、新規規格素案に対する議論を深めるとともに、産総研コンソーシアムとして、Sustainable Remediation コンソーシアムを設立し、産学官・国際連携による持続可能な土壤汚染対策研究を加速した。

揮発性有機化合物 (VOCs) の原位置浄化技術の実用化に向けて関連企業と連携し、特に微生物を利活用した低コスト・低環境負荷バイオレメディエーションに関する研究を戦略的に推進し、環境微生物による PCE や TCE、cis-DCE、ベンゼン、トルエン及びジクロロメタン (DCM) などによる複合汚染の完全分解に成功を抑えた。科学的自然減衰 (MNA : Monitored Natural Attenuation) 研究に関しては、実汚染サイトでのモニタリングを実施し、汚染物質の濃度減衰と酸化・還元環境との関連性を評価した。また、重金属類の溶出促進と

抑制などに係る微生物の作用を明らかにし、自然由来重金属類汚染のメカニズムを解明した。

我が国の地圏環境における環境リスクを評価するための解析手法として、地圏環境リスク評価システム（GERAS）の開発、改良を継続実施している。本年度は、事業所におけるリスク管理及び浄化対策の支援として、評価サイトの特性を考慮したモデルの改良を実施し、複数の企業サイトへ適用し、対策の合理化及び低コスト化を実現した。

表層土壌評価基本図に関しては、宮城県地域、富山県地域、鳥取県地域及び茨城県地域の出版に続き、平成27年度では高知県地域を対象とした土壌・地質環境の基本調査を実施し、表層土壌中の化学成分、土壌における各種有害重金属類の含有量および溶出量の化学分析を行い、同地域表層土壌評価基本図の出版に向けたデータ整備を進めた。また、水俣条約に基づく水銀削減政策としての経済手法活用可能性の検討や市場経済移行国における資源開発に関するガバナンスならびにスリランカでの廃棄物処分場立地に関するリスクマップや適地選定のガイド作成等、土壌・地下水汚染調査・研究の国際展開を図った。

【領 域 名】地質調査総合センター、エネルギー・環境

【キーワード】土壌汚染、地下水汚染、リスク評価、放射性セシウム、知的基盤、国際規格、レメディエーション、GERAS、表層土壌評価基本図、水俣条約

【テーマ題目6】地下水の資源と環境に関する情報整備と評価技術の開発

【研究代表者】丸井 敦尚

【研究担当者】丸井 敦尚、町田 功、井川 怜欧、小野 昌彦ほか（常勤職員4名、他4名）

【研究内容】

当該課題においては、環境問題の解決に必要な水文学・地下水学および地下の開発・利用に係る技術に関する調査・研究を行う。特に、社会への貢献や研究成果の反映先を意識しつつ、外部研究機関との連携も保ち、研究計画を策定し体系的な研究を実施する。また、水文環境図の作成を基軸に地下水の資源・環境に関する情報を体系的に取りまとめる。地中熱研究やCO₂地中貯留プロジェクトとも連携し、地下水資源の多角的な活用を推進する。さらに、経常的な研究課題を通して、看板性の強化、知的基盤整備の加速化、研究シーズの創出に関わる研究などを担当し、部門のミッション達成に貢献する。研究対象地域は日本国内のみならず、CCOP 活動などを通して海外にも進出する。

当該研究課題を次に挙げる。

- 1) 地下水の研究（基礎研究）
- 2) 水文環境図の作成

3) 海域地質環境研究

4) 東南アジア沿岸国における地下水の管理と評価

5) 工業用地下水資源の研究

「地質の調査（2号業務）」ミッションの一つである知的基盤情報整備の一環として、水文環境図の作成・出版に向けた現地水文調査、水質・同位体分析などを実施している。また、水文環境図は既存の全国统一情報に加え、地域ごとにユーザーが必要とするローカル情報を分かり易く盛り込むことを検討している。本年度は水文環境図第9号「富士山」を出版した。海域地質の環境研究においては、沿岸域の地下水特性や流動（とりわけ深部地下水）についての実証試験を実施している。本年度研究においては、駿河湾の海域地質調査や地形調査、断層調査を実施し、海底に湧き出す地下水の流動経路を把握するため、広域・深部・長期にわたる地下水流動解析を行った。また、物理探査グループと共同し、総合的な（産業技術総合研究所のオリジナリティーを生かした）研究を実施している。東南アジア諸国における沿岸地域の地下水の管理と評価に係る研究も実施している、本年度からは AIST-CCOP 地下水プロジェクトとして東南アジア諸国における沿岸域・都市域の水文環境図作成が開始された。

CCOP 地下水プロジェクト PhaseIII（2014～）では、ベトナム・ホン河デルタにおける最新の地下水に関する情報をコンパイルした水文環境図を作成・出版することで合意が成されており、本年度は、そのベースマップと収録する水文データ、地中熱情報を整備している。さらに、工業用地下水資源の確保のため、地下水賦存量調査を実施してきた。これまでに全国60の地下水盆の地下水流動解析を実施し、日本列島全域の工業用地下水資源の賦存量と流動量を算出した。国際活動、内外学会への寄与、学協会等委員参加、産業技術総合研究所イベントへの協力、地質調査総合センター内あるいは地圏資源環境研究部門内への貢献、技術相談・指導など多角的な活動を実施した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】水文環境図、知的基盤情報整備、地下水流動解析、CCOP、工業用地下水資源

④【地質情報研究部門】

(Research Institute of Geology and Geoinformation)
(存続期間：2004.5.1～)

研究部門長：牧野 雅彦

副研究部門長：宮崎 一博、田中 裕一郎

首席研究員：齋藤 文紀、池原 研

総括研究主幹：土田 聡

研究主幹：高橋 雅紀

所在地：つくば中央第7

人員：74名（74名）

経費：1,098,127千円（665,099千円）

概要：

1.1 研究目的

地質調査に関する我が国における責任機関として、国の知的基盤整備計画に沿って地質情報の整備と高度化を実施し、我が国の産業基盤を引き続き強化する。

地質情報研究部門のミッションは、日本の国土および周辺海域を対象として地質学的な実態を明らかにし、陸域・海域地質情報を国の知的基盤として整備することにある。日本は、四方を海に囲まれ、大地震や火山噴火が頻発する変動帯に位置する。このような地質条件の中、防災・資源・環境に関わる社会的な課題を解決し、社会の安全・安心で持続的発展を支える地質情報が求められている。そこで、最新の地質情報を整備し、その科学的根拠に基づいて地球の過去・現在を知り、地球環境の健全性の評価および自然災害発生リスクに関する科学的理解と将来予測を社会に発信する。これにより、①産業立地評価、自然災害軽減、資源の利用と地球環境保全、地下利用などに関する科学的根拠の提示、②地球を良く知り、地球と共生するための国民の科学的理解の増進、③国際貢献、④地質情報や調査技術による地質ビジネスの支援を目指す。

1.2 中期目標・計画達成のための方針

地質調査のナショナルセンターとしての地質情報の整備を実施する。我が国の知的基盤整備計画に基づいて、国土およびその周辺海域の地質図、地球科学基本図のための地質調査を系統的に実施し、地質情報を整備する。具体的には下記の通り。

- ・知的基盤整備計画に沿った地質図幅・地球科学図等の系統的な整備、及び1/20万シームレス地質図の改訂を行う。日本の陸域の地質情報を整備するとともに、地質情報としての衛星データの整備と活用を行う。
- ・南西諸島周辺地域の地質調査を着実に実施し、日本周辺海域の海洋地質情報の整備を行う。
- ・沿岸域の海陸シームレス地質情報の整備を行う。ボーリングデータを活用した都市域の地質・地盤情報を整備する。
- ・地質調査の人材育成を行う。

1.3 グループ体制と重点課題

中長期目標・計画を達成するため、研究グループをベースにした基礎・萌芽研究と、ユニット・グループを横断するプロジェクト研究によるマトリックス方式を継続して採用する。研究グループは専門家

集団としての特徴を生かし、プロジェクト研究の基礎を支え、将来のプロジェクト創出の基となる研究を実施する。当部門の組織体制は12研究グループから構成される。当部門では研究グループを横断する以下の5プロジェクト（P）を設定し、連携・協力して研究を進める。

- ・陸域地質図 P：国土基本情報としての陸域の島弧地質と知的基盤整備。
- ・海域地質図 P：国土基本情報としての海域の島弧地質と知的基盤整備。
- ・海底鉱物資源 P：海底熱水鉱床ポテンシャル評価に資するための広域調査。
- ・沿岸域の地質・活断層調査 P：陸域－沿岸域－海域をつなぐシームレス地質情報の整備と活断層の評価。
- ・衛星情報 P：衛星情報の整備と利活用の研究。

1.4 内外との連携

社会の要請に積極的に応えるために、地質情報の信頼性の確保と利便性の向上を図り、国・自治体・産業界との連携を強化して、科学的根拠に基づいて提言などを行う。

他の関連ユニットとの連携を強め、産総研における地質調査総合センター（GSJ）としての機能を十分に果たす中核を担うとともに、産総研内外の連携を推進する。

研究によって形作られる地質情報はもちろんのこと、地球を理解する科学技術は、地質学的にも関連の深いアジアをはじめとする世界にとって共通の財産であり、地質情報研究部門は CCOP（東・東南アジア地球科学計画調整委員会）等の国際組織や IODP（統合国際深海掘削計画）、ICDP（国際陸上科学掘削計画）などの国際プロジェクトを通じて世界に貢献する。また、地すべりなど地質災害の緊急課題についても、地質調査総合センターとして迅速に取り組む。

内部資金：

知的基盤（戦略予算）「沖縄トラフ東縁海域の海底鉱物資源ポテンシャル調査」

その他（戦略予算）「地球観測衛星データの品質管理と高度化」

知的基盤（戦略予算）「SI の定義改定にもとづく革新的計測技術の開発（地質）」

融合（戦略予算）「インフラ維持技術の統合的研究開発」

その他（戦略予算）「SQUID 顕微鏡による海底鉱物資

源と地球・惑星磁場に関する先端的研究」

外部資金：

経済産業省 ものづくり産業振興費（産業技術研究開発委託）「ハイパースペクトルセンサーの校正・データ処理等に係る研究開発」

経済産業省 ものづくり産業振興費（産業技術研究開発委託）「ハイパースペクトルセンサー・データの高度利用等に係る研究開発」

国立研究開発法人 水産総合研究センター「生態系ネットワーク修復による持続的な沿岸漁業生産技術の開発」

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 平成26年度延伸大陸棚等資源権益保全調査事業 「平成26年度延伸大陸棚等資源開発促進事業に係る海洋地質サンプリング調査研究」

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 平成27年度深海底資源基礎調査「平成27年度深海底資源基礎調査に係るコバルトリッチクラスト鉱区における環境調査既存データの取りまとめ」

独立行政法人日本学術振興会 平成27年度国際共同研究事業 多国間国際研究協力事業 「DELTA : Catalyzing action towards sustainability of deltaic systems with an integrated modeling framework for risk assessment」

国立研究開発法人海洋研究開発機構 戦略的イノベーションプログラム（SIP）海洋資源調査 「海洋資源の成因に関する科学的研究」

国立研究開発法人海洋研究開発機構 科学技術試験研究委託事業 「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」

国立大学法人東京大学 JAMSTEC Ex.346乗船後研究 「Exp. 346中新世以降のアジアモンスーンに対する日本海の応答」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A））「SQUID 顕微鏡による惑星古磁場の先端的研究の開拓」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「オフィオライト海洋地殻を用いた熱水変質に伴う元素移動モデルの確立」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤

研究（B））「温帯性サンゴ骨格から検証する日本周辺の地球環境変動」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「強制海退によって規定されたバリアースピットの堆積様式の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（A））「砂丘堆積物を用いた中世以降の東アジア冬季モンスーン変動の検出」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「砕屑岩岩石学から復元する黒瀬川帯ペルム紀島弧の進化過程」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「重力・地震波の同時観測によるスロースリップ発生域の浅層地下水モニタリング」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「世界規模の気候変動と地域的な構造運動に関連した日本海の海洋循環の成立と進化」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「川砂ジルコンを用いた新手法による過去40億年間の古地磁気強度記録の復元」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「前期ペルム紀巨大オンコイドの形成とパンサラッサスーパープルームの影響に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「第三紀泥岩の分類：分光測色による「色層序学」の構築」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「地質アナログ模型の開発と地学教育における活用と検証」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「放散虫群集にもとづく黒潮海域の鉛直水塊構造の復元」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「弥生の小海退」の確証による沖積低地における河川地形の発達過程の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（新学術領域研究 研究分担）「同位体から制約する核-マントルの共進化」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（新学術領域研究 研究分担）「核—マントルの地震・電磁気観測」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（S）研究分担）「海洋酸性化の沿岸生物と生態系への影響評価実験」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（S）研究分担）「完新世における東アジア水循環変動とグローバルモンスーン」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A）研究分担）「西部北極海の海水減少と海洋渦が生物ポンプに与える影響評価」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A）研究分担）「マルチビーム測深技術を用いた浅海底地形学の開拓と防災・環境科学への応用」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A）研究分担）「水月湖と日本海の精密対比：ダンスガード・オシュガーイベントの原因論をめざして」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A）研究分担）「複数核種と複数原理に基づく宇宙線年代決定法の新展開」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A）研究分担）「水環境モニタリングからみる紅河流域都市の変容と持続可能性—ハノイを中心として—」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A）研究分担）「日本内湾の堆積物を用いた高時間解像度の環境復元と人間社会への影響評価」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A）研究分担）「地球史海洋底断面復元プロジェクト：太古代から原生代への環境大変動解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B）研究分担）「ターミナル海盆の堆積記録を用いた南海トラフの地震発生履歴の高精度化」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B）研究分担）「国内古生物標本ネットワークの構築とキュレーティング支援方法の確立」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B）研究分担）「アラスカ湾堆積物から探る北米

氷床の消長と海洋環境動態」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B）研究分担）「パレオテチス収束域における島弧—縁海系の発達・崩壊過程に関する地質学的検証」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B）研究分担）「沈降域の沖積層を用いた最終氷期最盛期以降の海水準変動復元」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B）研究分担）「深海における地磁気異常が明らかにする古地磁気変動」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B）研究分担）「中央海嶺下マントルの再考：マントルの均質／不均質化と海洋プレートの物質科学的実体」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B）研究分担）「生物源マグネタイトの役割の解明による古地磁気・岩石磁気研究の刷新」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B）研究分担）「タイ国産腕足動物化石の炭素・酸素同位体組成を用いた石炭紀〜ペルム紀の古環境復元」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B）研究分担）「南鳥島 EEZ に眠るマンガノジュールとレアアース泥の成因と資源ポテンシャル」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C）研究分担）「現代リスク社会の変容における公共政策の役割：公共政策と「不確実性」」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C）研究分担）「信頼度を含む高分解能地質情報を発信するための Web-GIS 3次元地質モデラーの開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C）研究分担）「低圧変成帯の温度圧力構造と島弧地殻のダイナミクスの解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「有孔虫安定同位体組成のパラツキを活かす：海洋底層環境指標の時空間評価へ向けた試み」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「東海地震に関する防災政策の経済的インパクトの研究」

発 表：誌上発表112件、口頭発表338件、その他109件

平野地質研究グループ

(Quaternary Basin Research Group)

研究グループ長：宮地 良典

(つくば中央第7)

概 要：

堆積平野とその周辺丘陵地を主な研究対象とし、それらの実態把握と形成プロセスの総合的な理解に努め、自然災害の軽減・産業立地・環境保全等に貢献する地質情報を提供する。この目的のため、陸域地質図プロジェクトや沿岸の地質・活断層調査プロジェクトにも積極的に参加し、また関連する内外の諸研究グループや機関とも連携して研究を進める。関東平野、駿河湾沿岸、北海道南西部、下北半島などの沿岸平野及び近江盆地、会津盆地などの内陸盆地を重点的に調査・研究している。平野を構成する地層の詳細な層序・地質特性・地質構造などを把握し、またそれらの形成プロセスを明らかにするとともに、地質情報のマップ化、データベース化を進めている。さらに平野地域に関連した自然災害が発生した場合は関係諸グループと連携を取り、被害調査などを実施する。

2011年東北地方太平洋沖地震による地盤災害や液化調査や2014年長野県北部の地震の土砂災害調査、2015年の常総市の水害などについても調査・研究を進めているほか、国際共同研究についても準備を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目9、テーマ題目10、テーマ題目11、テーマ題目16、テーマ題目21、テーマ題目24

層序構造地質研究グループ

(Stratigraphy and Tectonics Research Group)

研究グループ長：中江 訓

(つくば中央第7)

概 要：

日本列島（活動的島弧）と周辺の東・東南アジア地域（大陸縁辺域）の地質学的実態を把握し、その長期的地質現象の過程を解明するために、[1] 海溝－前弧域での堆積・造構過程ならびに造山帯の造構作用の解明、[2] 火山弧周辺（前弧－火山フロント-背弧内堆積盆）における堆積環境・火山活動の時空間変遷などの解明、[3] 第四紀島弧内堆積盆における層序区分の高精度化ならびに堆積環境・気候変動の解明、などの地質学的問題を主要な課題と位置づけた「層序構造地質の研究」を、系統的かつ総合的に展開する。さらに国土の基本地質情報整備のために部門重点課題として実行される「陸域地質図プロジェクト」の中核研究グループとして、「層序構造地質の研究」の成果と最新の地質学的知見を融合し、我が国の知的基盤情報

として各種の陸域地質図整備を担当する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目25

地殻岩石研究グループ

(Orogenic Processes Research Group)

研究グループ長：宮崎 一博

(つくば中央第7)

概 要：

地殻岩石の研究では、変成帯・火成岩体を研究対象とし、その形成において本質的な沈み込み帯での変形・変成作用、島弧地殻での変形・変成・火成作用などを、地層・岩体の地質調査、岩石・鉱物の化学分析・構造解析、及び形成モデリングにより明らかにする。また、国土の基本地質情報整備のために部門重点課題として実行される陸域地質図プロジェクトに、その中核研究グループとして参画する。陸域地質図プロジェクトにおいては、地殻岩石の研究成果及び既存の地質体形成過程に関する知見を融合・適合することにより高精度の地質図の作成を行う。研究成果は論文・地質図・データベースなどを通じて公表する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目26

シームレス地質情報研究グループ

(Integrated Geo-information Research Group)

研究グループ長：西岡 芳晴

(つくば中央第7)

概 要：

陸域地質図プロジェクトの主要グループとして5万分の1及び20万分の1地質図幅の研究を行う。また、20万分の1日本シームレス地質図サイトの改良を行うとともに、次世代型20万分の1日本シームレス地質図の編集を行う。20万分の1日本シームレス地質図をベースとした地球科学図の統合データベース「地質図Navi」の構築及びオープンデータ化、野外地質データのデータベース化を行う。更に、地質情報を、社会に役立つ、新たな価値を創出する情報として発信するための研究開発や標準の策定を行う。アジアの地質情報の研究・整備・解析、野外調査を基礎にした地質学的・地球物理学的研究も実施する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目16、テーマ題目27

情報地質研究グループ

(Geoinformatics Research Group)

研究グループ長：中澤 努

(つくば中央第7)

概 要：

情報地質研究グループは、地層や地質試料から新たな地質情報を抽出し、それらを高度化・統合化することによって、新たな地質学的視点を創出する研究を行

う。野外地質踏査やボーリング調査、常時微動観測、各種室内分析、X線CT等の機器を用いた解析により、基礎的な地質情報を抽出し高精度化するとともに、それら地質情報の処理技術の開発研究を実施する。またシームレス化・デジタル化された地質情報を統合することにより、地質災害軽減等に資する研究を行い、それらの研究をベースに、都市域の地質地盤図、海陸シームレス地質図、陸域地質図等、部門が推進する地質情報整備に積極的に取り組む。地質情報を公開するための仕様の検討やシステム構築についても取り組む。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目10、テーマ題目12、テーマ題目13、テーマ題目15、テーマ題目16、テーマ題目28

リモートセンシング研究グループ (Remote Sensing Research Group)

研究グループ長：岩男 弘毅

(つくば中央第7)

概要：

産総研では資源探査を中心に JERS-1 (OPS, SAR)、ASTER、PALSAR といったセンサー開発、およびそのデータ利用に関する研究を行ってきた。リモートセンシング研究グループは、これらのデータと、地質情報を統合することにより、環境・資源・防災等に資するリモートセンシングに関する研究開発を行うことを目的とする。具体的には、衛星アーカイブ・配信に関する研究、品質管理（校正・検証および標準化）に関する研究、衛星情報の利活用促進のための研究を実施する。衛星アーカイブ・配信に関する研究では日米共同運用中の ASTER の処理に係る研究を、品質管理に関する研究では光学センサーの経年劣化を把握するための代替校正・相互校正手法に係る研究、利活用促進に関する研究では、特に ASTER を用いた防災、資源、環境・基盤データ作成に関する利用研究を実施する。

研究テーマ：テーマ題目13、テーマ題目17、テーマ題目19、テーマ題目29

海洋地質研究グループ (Marine Geology Research Group)

研究グループ長：片山 肇

(つくば中央第7)

概要：

海域地質図プロジェクトおよび沿岸域プロジェクトの中核を担って研究を遂行する。日本周辺海域の海洋地質情報を整備公開するとともに、それらデータを基に日本周辺海域の地質構造発達史、活断層評価、堆積作用、古環境変動、および海底火山や熱水活動に伴う地質現象の解明を行うことを目的とする。白嶺等の調査船を用いて音波探査、堆積物及び岩石採取を行い、

それらの解析によって海洋地質図（海底地質図および表層堆積図）を作成、出版する。これらの調査で得られたデータをデータベースとして整備しインターネットでの公開を進める。地質情報に乏しい沿岸海域についても、小型船舶を用いて音波探査と堆積物採取を行い、沿岸域の地質情報の整備を進めるとともに沖合と陸上の地質情報の統合的な解析を行う。これらの調査結果および他機関の調査航海やデータ等を活用し、活動的構造運動や堆積作用、古環境変動等の海域における地質現象の解明を行う。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目6、テーマ題目18、テーマ題目30

地球変動史研究グループ (Paleogeodynamics Research Group)

研究グループ長：渡辺 真人

(つくば中央第7)

概要：

古地磁気・岩石磁気層序及び微化石層序学的研究を統合した高分解能年代スケールを基盤とし、海陸の地質・古生物学的及び地球物理学的情報を統合して、地質学的時間スケールの地球システム変動やテクトニクスを解明する。これらの研究を基盤として、当部門のミッションである陸域・海域地質情報の整備に貢献する。具体的には以下の研究を進める。1. 新生代複合年代タイムスケールの精度・確度向上に関する研究。微化石層序、古地磁気強度変化、同位体層序、テフラ層序、サイクル層序等を統合した高分解能タイムスケールの構築を目指す。2. 日本列島及び周辺海域のテクトニクスと古環境の解明。海陸の地質・地球物理情報を総合的に解析しモデル化することにより、日本列島と周辺海域のテクトニクスを解明するとともに当時の環境を明らかにする。その基礎的解析法として海底及び沿岸域における高分解能表層物理探査、堆積物の解析および大型化石の古環境指標に関する研究と技術開発を行う。3. 古地磁気変動の解明。数千年から数十万年の時間スケールを持つ古地磁気強度・方位の変動や地磁気エクスカージョンの実態解明を進め、地磁気変動と地球軌道要素・気候変動のリンクの可能性を探るとともに、岩石磁気学的手法応用した古環境研究を進める。これらの3つの研究のポテンシャルを生かし、陸域・海域地質図・地球物理図作成、海底鉱物資源ポテンシャル評価・資源情報整備に関して貢献する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目5、テーマ題目31

資源テクトニクス研究グループ (Tectonics and Resources Research Group)

研究グループ長：下田 玄

(つくば中央第7)

概要：

我が国周辺海域における海底鉱物資源の広域ポテンシャル評価に資する研究を行った。その為に我が国周辺海域で採取された地質試料に対して地質学的・岩石学的・地球化学的な研究を行った。これらの複数の研究手法を組み合わせることで、海底鉱床の生成に重要な元素の移動や濃集過程を解明し、鉱床形成につながる元素濃集過程の指標を科学的に見いだすことを試みた。岩石学的研究は、日本周辺海域の構造発達史を明らかにする為に用いた。日本周辺の広大な海域について海底鉱物資源のポテンシャル評価を行う為には、海底熱水鉱床が形成されるテクトニックセッティング、すなわち、前弧海底拡大、超低速拡大軸、背弧・島弧内リフト盆地の形成過程の解明が不可欠である。これらの形成過程を科学的に解明することで海底鉱物資源の広域的なポテンシャル評価に資する研究を行った。地球化学的な研究は、海底鉱床の生成に重要な元素の移動や濃集過程の解明に応用することができる。すなわち、同位体比や化学組成が変化する過程を科学的に解明することで、鉱床形成につながる元素濃集過程の指標を科学的に見いだす為の研究を行った。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目5、テーマ題目8、
テーマ題目14、テーマ題目33

海洋環境地質研究グループ

(Marine Geo-Environment Research Group)

研究グループ長：鈴木 淳

(つくば中央第7)

概要：

地球環境保全や地質災害などに関する科学的根拠の提示のため、都市沿岸域の環境、及びそれに大きな影響を及ぼす海洋地球環境について、その環境変動幅と変動要因を明らかにする。地球環境問題、すなわち温暖化（海域・内水域）、海水準上昇、海洋酸性化に関係する地質学的諸問題の解明に当たるとともに、それらの過去の変遷を復元する研究に注力する。これら目標実現に向けて、安定同位体比分析を始め各種地球化学的分析法及び光ルミネッセンス(OSL)年代測定法等の高度化について重点的に取り組むと共に、堆積学、古生物学、海岸工学など多様な手法の連携により、研究課題に対して総合的なアプローチを取る。また、部門の重点プロジェクト「海域地質図」に参画する。海底鉱物資源については、生物地球化学および海洋生態学的手法を用いた物質循環と環境変遷の調査・分析を企画し、環境影響評価の観点からの貢献を図る。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目23、テーマ題目

32

地球化学研究グループ

(Geochemistry Group)

研究グループ長：岡井 貴司

(つくば中央第7)

概要：

地殻における元素の地球化学的挙動の解明を中心とした地球化学情報の集積・活用と高度な分析技術の開発を目的とし、元素の地球化学的挙動解明の基礎となる地球化学図の作成、あらゆる地質試料の分析の基礎となる地球化学標準物質の作製、地質関連試料の高度な分析技術の開発と維持・普及を行う。地球化学図の研究では、大都市市街地における元素のバックグラウンドを明らかにするために、従来の10倍の精度を持つ精密地球化学図を作成するとともに、既に公開している地球化学図データベースの充実を図る。標準物質の研究では、岩石標準試料の国内唯一の発行機関として、ISO に対応した各種地質試料の認証標準物質の作製を行うとともに、岩石標準試料の各種情報をデータベースとして公開する。また、地球化学の基礎技術として、様々な地質試料中の元素の高度な分析技術の開発と、それらを用いた元素の挙動解明の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目34、テーマ題目

36

地球物理研究グループ

(Geophysics Group)

研究グループ長：名和 一成

(つくば中央第7)

概要：

地球物理データを取得する調査手法、解析技術、シミュレーション技術の開発・高度化を行い、地下地質構造・地下動態を解明する。重力図の作成及び重力データベースの拡充を行うとともに、地球物理情報と他の地質情報を統合・連携した研究を推進する。また、平野部や沿岸域において地震探査や重力探査など物理探査を実施し地層や断層に関する詳細な地下構造を求めることで、国土の知的基盤地質情報整備とその利活用に貢献する。これらの研究成果は論文・地球科学図・データベースや産総研一般公開・地質情報展などを通じて社会に発信する。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目7、テーマ題目

20、テーマ題目35

[テーマ題目1] 陸域地質図の研究（運営費交付金：重点プロジェクト）

[研究代表者] 中江 訓（層序構造地質研究グループ）

[研究担当者] 中江 訓、原 英俊、野田 篤、
中島 礼、辻野 匠、工藤 崇、
宇都宮 正志、宮地 良典、小松原 琢、
田邊 晋、小松原 純子、納谷 友規、
宮崎 一博、松浦 浩久、高橋 浩、
山崎 徹、佐藤 大介、遠藤 俊祐、

細井 淳、巖谷 敏光、内野 隆之、濱崎 聡志、渡辺 真人、七山 太、石塚 吉浩（活断層・火山研究部門）、中野 俊（活断層・火山研究部門）、宮下 由香里（活断層・火山研究部門）、白濱 吉起（活断層・火山研究部門）、高木 哲一（地圏資源環境研究部門）、中川 充（北海道センター産学官連携推進室）、長谷川 健（茨城大学）、植木 岳雪（千葉科学大学）、竹内 誠（名古屋大学）、青矢 睦月（徳島大学）、脇田 浩二（山口大学）、大和田 正明（山口大学）、横山 俊治（高知大学）、鹿野 和彦（鹿児島大学）、大井 信三（国土地理院）、廣瀬 亘（北海道立総合研究機構）、川上 源太郎（北海道立総合研究機構）、林 圭一（北海道立総合研究機構）
（常勤職員29名（うち他研究ユニット5名）、他13名）

【研究内容】

「陸域地質図の研究」の実施にあたっては、本部門・他研究ユニット及び外部研究機関の研究者との協力体制のもと、「層序構造地質」・「平野地質」・「地殻岩石」・「シームレス地質情報」・「火山活動」（活断層・火山研究部門）の5つの研究グループが中心となって推進している。

20万分の1地質図幅については、1区画（高知）の調査を終了させ、2区画（広尾・野辺地）の改訂に着手した。また1区画（松山）を印刷・出版した。

5万分の1地質図幅に関しては、新規に5区画（角館・稲取・和気・池田・栗野）の調査を開始し、9区画（羅臼・網走・十和田湖・川越・上総大原・明智・本山・馬路・久賀）の調査研究を進捗させるとともに、5区画（茂原・新潟及び内野・母島列島・播州赤穂）の地質図及び報告書を完成させた。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】地質図幅、20万分の1地質図、5万分の1地質図

【テーマ題目2】海域地質図プロジェクト（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】池原 研（地質情報研究部門）

【研究担当者】池原 研、片山 肇、井上 卓彦、板木 拓也、佐藤 智之、天野 敦子、西田 尚央、小田 啓邦、佐藤 太一、佐藤 雅彦、鈴木 淳、長尾 正之、田中 裕一郎、下田 玄、針金 由美子、石塚 治（活断層・火山研究部門）、岡村 行信（活断層・火山研究部門）、

兼子 尚知、古山精史朗、味岡 拓、杉崎 彩子、多恵 朝子、片山 礼子
（常勤職員17名、他6名）

【研究内容】

日本周辺海域の地球科学的調査・研究を通じて、地殻を中心とした海洋地球に関する基盤的情報を系統的に整備し、広く社会へ提供する。特に、海洋地質図の整備、海洋地質データベースの構築とインターネット公開、これらを支え、発展・高度化させる基礎的基盤に関する世界をリードする研究に取り組む。なお、海洋地球に関する基盤の情報及び科学的知見は、国や社会の持続的発展を支える基本的公共財として、産業立地を含む各種海洋開発・災害軽減・環境管理などに対する基礎的資料となる。

本年度は、鹿児島県奄美大島周辺海域において2回の調査航海を実施するとともに、これまでの調査航海の結果に基づき、海洋地質図の整備を進めた。その結果、2回の調査航海では1,628海里的の航走観測（音波探査・表層地層探査・地形調査・地磁気観測・重力測定）と6地点での有索無人探査機による海底観測と岩石採取、103地点での表層堆積物採取と1地点での柱状採泥を、それぞれ行った。これらの結果は速報に取りまとめた。また、沖縄島北部周辺海洋地質図（DVD）、室蘭沖表層堆積図（CD）、金華山沖表層堆積図（CD）を出版した。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】海底地質図、表層堆積図、重力・地磁気異常図、データベース、日本周辺海域、南西諸島海域、白嶺

【テーマ題目3】地球物理図（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】名和 一成（地球物理研究グループ）

【研究担当者】名和 一成、伊藤 忍、大熊 茂雄、住田 達哉、宮川 歩夢、村田 泰章（再生可能エネルギー研究センター）、山谷 祐介（再生可能エネルギー研究センター）、駒澤 正夫、中塚 正
（常勤職員7名、他2名）

【研究内容】

活動的島弧に位置する国土の地下地質構造を体系的に解明するために重力図、空中磁気図、データベースなどの作成を行う。20万分の1重力図については、和歌山、名古屋、金沢、静岡地域などの調査・編集を進めた。空中磁気図については、富士火山地域を出版した。重力データベース（地質情報データベース）では、データベースの詳細を紹介する記事を国際シンポジウムのプロシーディングスとして出版した。日本列島基盤岩類物性データベース（地質情報データベース）の維持作業を行った。重力測定値データを集約するためのサーバーを立ち上げ、維持・管理した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地球物理図、重力図、空中磁気図、岩石物性、データベース

〔テーマ題目4〕地球化学図（運営費交付金：重点プロジェクト）

〔研究代表者〕岡井 貴司（地球化学研究グループ）

〔研究担当者〕岡井 貴司、今井 登、金井 豊、御子柴 真澄、太田 充恒、久保田 蘭、立花 好子（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

元素の地球化学的挙動解明の基礎となる地球化学図の作成において、大都市市街地を含む地域における元素のバックグラウンドを明らかにするために、従来の日本全国図の10倍の精度を持つ精密地球化学図を作成する。また、日本全国のヒ素、水銀、カドミウムなどの有害元素をはじめとする53元素の濃度分布の全データをデータベース化し、地球化学図データベースとしてインターネットを通して活用できるようにするとともに、日本における地球化学基盤情報を提供する。

精密地球化学図の作成では、昨年度完成した関東地方精密地球化学図を「関東の地球化学図」として出版するとともに、関東地方の次の地域として、名古屋市を中心とした中部地域について調査を開始し、予定地域の北部・中央部（滋賀県、岐阜県、長野県、愛知県、静岡県、三重県）から270個の河川堆積物試料を採取した。試料は各河川の指定された地点の周辺において、その河川の上流域から供給された細粒の堆積物（最大粒径3mm程度以下）約1kgをスコップ等で採取し、実験室で乾燥したのち80メッシュ以下の成分を篩分け、自然乾燥した後、粉碎し、分析に用いる試料とする。また、昨年度の予察調査で中部地域（滋賀県、岐阜県、長野県、愛知県、静岡県）から採取した、264個の試料について化学分析を開始した。化学分析は、試料を硝酸、過塩素酸、フッ化水素酸で分解後、硝酸酸性の試料溶液を作成し、主成分元素はICP発光分光分析法、微量成分元素はICP質量分析法で行い、水銀については試料を直接、加熱気化原子吸光法により分析した。

地球化学図データベースでは、日本全国の陸域とそれにつながる沿岸海域のヒ素、水銀、カドミウムなどの有害元素をはじめとする53元素の濃度分布図を公開しており、作成に用いた河川堆積物試料（陸域、約3,000個）及び海底堆積物試料（海域、約5,000個）の採取地点の他、各元素の分析データを閲覧・ダウンロードできる。また、試料中のカリウム、ウラン、トリウム含有量から計算式により求めた、日本における大地からの自然放射線図についても公開している。今年度は、関東地方精密地球化学図を「関東の地球化学図」として公開した（53元素及び自然放射線）。「関東の地球化学図」公開に際しては、日本全域の地球化学図と、表示縮尺に応じ

た地図の切り替えを行う必要があるため、Google Mapsを用いて縮尺レベルによるフィルタリングで日本全域版と関東の地球化学図を切り替えられるよう改修を行い、大縮尺時は日本全国図を表示し、一定のズームレベルに達すると関東の地球化学図に自動的に切り替わるようにした。また、地球化学図作成に用いた河川堆積物試料については、これまで公開していた元素濃度の分析データに加えて、計算により求めた自然放射線量のデータも公開した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地球化学図、データベース、有害元素、バックグラウンド、環境汚染、元素分布

〔テーマ題目5〕大陸棚調査（運営費交付金：重点プロジェクト）

〔研究代表者〕渡辺 真人（地球変動史研究グループ）

〔研究担当者〕渡辺 真人、岸本 清行、西村 昭、湯浅 真人、小田 啓邦、石塚 治（活断層・火山研究部門）、下田 玄、棚橋 学（地圏資源環境研究部門）（常勤職員4名、他4名）

〔研究内容〕

本テーマは部門の重点プロジェクトのひとつであるが、部門を横断する大陸棚チーム員および招聘研究員、研究顧問等の協力のもとに取り組んだ。現在「大陸棚調査」では、二つの課題がある。ひとつは2012年4月26日にわが国が受領した「延長大陸棚勧告」の技術的検討に関する「大陸棚延長部会（2015年度改定）」（総合海洋政策本部所掌）を通じたフォローアップ作業であり、他のひとつは、大陸棚申請作成のために用いた資料のうち産総研が保有するものを研究利用も含め維持管理することである。

- 1) 2012年に受領したわが国の「延長大陸棚勧告」には一部の審査未了海域が含まれており、早期の審査実施(再開)を国連大陸棚限界委員会に国として働きかけているところである。産総研としての役割は「勧告」内容の精査と分析を行い、今後の大陸棚画定の国内作業や国連大陸棚限界委員会とのさらなる対応における地球科学的・技術的な検討を「大陸棚延長部会」を通して行うことである。当該年度は、内外の国際法の専門家による「大陸棚画定」に関するワークショップに参加し、地球科学以外の課題についても認識を深めた。また、我が国の大陸棚申請海域と一部境界を接する米国およびパラオ共和国の大陸棚に関連した情報収集を行った。
- 2) 前述のように「大陸棚延長部会」機能の一部は、将来の審査再開のためにも当面維持することが求められている。このことに連動して、大陸棚調査で得られた岩石試料等の適切な保管と利活用が産総研の責務となっている。コンパイルされたこれらの解析資料やコア

試料は、今後日本の周辺海域で必要となる詳細な地球科学的調査の基礎となる資試料であり、関連する地形・地球物理データとともに試料庫やコンピュータに保管されている。また系統的に採取されたコアリングによる海底岩石試料とその分析データは検索可能な新たなデータベースとして登録した。このデータベースは、試料庫に保管されたコア試料とも関係づけられており、資試料の利活用のための検索ツールとして利用できる。

- 3) 大陸棚調査に関して、産総研内外への広報について、今年度以下のことを行った。大陸棚調査の科学的な貢献に関する学協会の発行雑誌の特集号に、審査対応部会（現大陸棚延長部会）メンバーによる議論の上、論文を投稿した。産総研の研究者の筆頭論文3件が受理され出版された。また、大陸棚調査で新たに得られた地形、地質、岩石試料等の情報を援用して、わが国の EEZ および隣接海域における「海底鉱物資源マップ」（産総研・臼井他1994刊）の改訂版を出版することを議論し、作業を開始した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕海洋地質調査、大陸棚画定、国連大陸棚限界委員会

〔テーマ題目6〕沿岸域の地質・活断層調査－沿岸域の海洋地質の研究（運営費交付金：重点プロジェクト）

〔研究代表者〕池原 研（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕池原 研、片山 肇、井上 卓彦、天野 敦子、佐藤 智之、西田 尚央、古山 精史朗、味岡 拓、多恵 朝子、片山 礼子（常勤職員6名、他4名）

〔研究内容〕

地質情報に乏しい沿岸域の地質情報の整備と沿岸域のよりよい調査手法の確立が本調査研究の目的である。本年度は、房総半島周辺海域の反射法音波探査と柱状採泥を行った。その結果、外房沖の海底地質層序と構造の概要を把握すると主に、パイプロコアラによる柱状採泥では5地点で完新世の砂質堆積物を採取するとともに、表層堆積物の基盤と考えられる前期更新世の年代を示す半固結シルトを得た。これらの結果は報告書原稿として取りまとめた。また、一昨年度に調査を実施した静岡県駿河湾の調査結果を DVD 出版するための作業を行った。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕沿岸域、活断層、音波探査、堆積作用、房総沖

〔テーマ題目7〕沿岸域の地質・活断層調査－陸海接合の物理探査（地球物理 RG-1）（運営費交付金：重点プロジェクト）

〔研究代表者〕伊藤 忍（地球物理研究グループ）

〔研究担当者〕伊藤 忍、山口 和雄、横倉 隆伸、

木下 佐和子（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

沿岸付近の陸域と海域の地質情報の整備を目的として、地震探査の新規調査、既存データの情報収集と再解析を行う。平成27年度は、神奈川県足柄平野と千葉県九十九里低地沿岸域で新規の反射法地震探査を実施し、当該地域を含む関東沿岸域の既存地下構造データを収集した。

足柄平野の調査は国府津－松田断層と千代台地付近に推定される活構造の深度10数 m～数100 m を対象とした。小田原市千代、高田、曾我別所地区を通る2測線で測線長は計2.3 km である。既存調査の測線と重ならない路線を選び、測点間隔は既存調査と比べて数倍～10数倍の稠密さの2 m とした。震源は P 波油圧インパクトを使用した。地質調査所が1995年に足柄平野で実施した反射法地震探査の3測線のデータ、計4 km を再解析した。九十九里低地の調査は沖積層基底に推定される埋没谷等を対象とした。沿岸域プロジェクトで新規掘削された矢指ヶ浦坑井直近を通る7 km の測線で、データ取得は平成28年4月に実施した（前年夏から3月まで堤防工事が行われていたため）。調査仕様は足柄平野と同じである。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕沿岸域、関東平野、九十九里低地、沖積層、埋没谷、足柄平野、国府津－松田断層、反射法地震探査

〔テーマ題目8〕沿岸域の地質・活断層調査－陸海接合の物理探査（地球物理 RG-2）（運営費交付金：重点プロジェクト）

〔研究代表者〕大熊 茂雄

（資源テクニクス研究グループ）

〔研究担当者〕大熊 茂雄、駒澤 正夫、中塚 正

（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

陸域と沿岸海域とをつないだシームレス地球物理図を作成し、活断層や地下地質を含めた統合化された地質情報を提供することを目的として、本研究では陸海接合の物理探査を行う。平成27年度は、神奈川県相模湾東部沿岸域で地下構造を広域的に把握するため2015年11月に海底重力調査を実施した。藤沢市沖から三浦市沖にかけて500 m～2 km の測定間隔で海底重力計を用いた重力調査を実施し、総測点数は72点である。既存の陸上及び船上重力データと新規取得の海底重力データとを編集し、海陸を接続したブーゲー異常図を作成した。この結果、三浦半島に認められる西北西－東南東方向の顕著な高重力異常が葉山港南方付近からさらに西北西沖に連続し、江ノ島付近に至ることが明らかとなった。また、小田和湾西方沖の亀城海脚付近に高重力異常が分布することが明らかとなり、三浦半島からの地質構造の連続性が示唆された。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕重力探査、海底重力調査、重力図、地球物理図、相模湾東部

〔テーマ題目9〕沿岸域の地質・活断層調査－平野域の地質調査（運営費交付金：重点プロジェクト）

〔研究代表者〕水野 清秀（平野地質研究グループ）

〔研究担当者〕水野 清秀、小松原 琢、小松原 純子、田邊 晋、宮地 良典、納谷 友規、久保 純子（早稲田大学）、佐藤 善輝、國本 節子、田中 ゆみ子（常勤職員6名、他4名）

〔研究内容〕

陸域と沿岸海域とをつないだシームレス地質図を作成し、活断層や地下地質を含めた統合化された地質情報を提供することを目的として、本研究では平野域の地質調査、特に沖積低地の地下地質と丘陵～台地の地質構造に関する研究を行う。平成26年度から28年度にかけての調査対象範囲は相模湾沿岸域から房総半島沿岸域であり、その中でも足柄平野、相模平野とその間の大磯丘陵、さらに九十九里平野を重点的に調査している。平成27年度には、主として九十九里平野のボーリング調査と相模平野の既存地下資料収集ならびに大磯丘陵東部の地質構造調査を実施した。

九十九里平野では、既存ボーリング資料の収集・解析によって、沖積層堆積前の埋没谷地形を推定し、谷軸が通ると予想される4地点において、深度43 m～60 mの4本のボーリング調査を行った。その結果、深さ40 mを超える埋没谷が少なくとも3本存在することが明らかになった。また、沖積層の基盤は中部更新統の犬吠層群豊里層から横根層に相当すると推定された。

相模平野では、自治体等の所有する既存ボーリング資料11,000本以上を収集し、電子化作業を行った。それらをもとに複数の断面図を作成し、沖積層の基底と複数の埋没段丘面を推定した。平成28年度にボーリング調査を行い、沖積層の基底深度分布や段丘面の対比などを確認する予定である。

大磯丘陵の東部を対象として空中写真判読と地質調査を行い、第四紀層の地質構造を確認した。調査地域の南部では東西走向の撓曲や背斜構造が推定され、北部では南北走向の断層露頭が発見されたほか、同方向のリニアメントが複数認められた。また地層の分布高度などから、相模平野の地下にも活断層が伏在している可能性が考えられた。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕ボーリング調査、活断層、第四紀堆積物、シームレス地質情報、九十九里平野、相模平野、大磯丘陵

〔テーマ題目10〕沿岸域の地質・活断層調査－関東南部沿岸地域の地質・活構造情報図の整備（運営費交付金：重点プロジェクト）

〔研究代表者〕尾崎 正紀（地質情報研究グループ）

〔研究担当者〕尾崎 正紀、小松原 琢、水野 清秀（常勤職員3名）

〔研究内容〕

関東平野南部沿岸域における、海陸でシームレスな地質・活構造情報の整備を目的として、下記の2テーマを実施する。

- (1) 関東平野南部沿岸域の20万分の1活構造図、相模湾沿岸域の5万分の1シームレス地質図、及び東京・横浜周辺地域の2万5千分の1シームレス地質図の作成を行う。平成27年度は、三浦半島地域の5万分の1シームレス地質図について編纂作業を行った。また、東京・横浜周辺地域の2万5千分の1シームレス地質図について、第四紀堆積物の凡例区分の再検討を行った。
- (2) 大多喜地域の2万5千分の1地質図の作成、及び鴨川低地断層帯の活動性評価のための地質情報整備を行う。平成27年度は、鴨川低地帯の断層周辺で露頭調査を行い、断層面上の条痕から第四紀前半以前に横ずれを主体とする活動が行われていたことを明らかにした。一方、地形学的な検討から想定されていた第四紀後期における逆断層活動の証拠は得られず、鴨川低地断層帯は第四紀後期に活動していない可能性が高いことが分かった。また、大多喜図幅地域北部においてテフラを追跡し、地質図作成に必要なデータを得た。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地表踏査、活断層、第四紀堆積物、シームレス地質情報、活構造図、三浦半島、房総半島、鴨川低地帯

〔テーマ題目11〕沿岸域の地質・活断層調査－東京湾西部の沖積層アトラス（運営費交付金：重点プロジェクト）

〔研究代表者〕田邊 晋（平野地質研究グループ）

〔研究担当者〕田邊 晋、滝本 春南、國本 節子（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

本研究は、現在の荒川の河口から横浜市にかけた東京湾西部の沿岸低地を対象として、沖積層の分布と層序、物性、成因を明らかにし、地震動予測などの応用研究に資する地質情報を整備することを目的としている。平成27年度は、川崎市において36 m、24 m、13 m長の3本のボーリングコア堆積物を採取し、岩相と生物化石相の記載と軟エックス線写真撮影、泥分含有率と含水率の測定を行った。同市では、平成26年度に2本のボーリングコア堆積物を採取しており、これによって多摩川低地では、計5本のボーリングコア堆積物が得られたこととなる。これらのボーリングコア堆積物からは、これまでに

77点の浮遊性陸源性有機物（葉など）の放射性炭素年代値を測定した。その結果、多摩川低地における沖積層は、中・上部更新統の相模層群に不整合に累重しており、10のユニットに区分されることが明らかになった。岩相と生物化石相、堆積年代から推定される古水深・標高の情報にもとづくと、ユニット1は網状河川、ユニット2は海進期の河川、ユニット3は塩水湿地、ユニット4は潮汐チャネル、ユニット5は干潟、ユニット6は湾頭デルタ、ユニット7は海進期の浅海、ユニット8はプロデルタ～デルタフロント、ユニット9は氾濫原、ユニット10は河川チャネルの堆積環境において形成されたと解釈することができる。なお、77点の浮遊性陸源性有機物のうち、20点（26%）が下位の年代値よりも古い値を示し、再堆積したことを示す。この割合は、東京低地や利根川低地において、炭化した木片や葉などの種類を分けずに測定した放射性炭素年代値の再堆積の割合と、ほとんど変化がない。これは、海成層を主体とする沖積層の放射性炭素年代測定を行う場合、陸源性有機物の種類に応じた試料選定が、あまり意味の無い可能性を示唆する。今後は、5本の基準コアにおいて確立した層序を約1万本の既存のボーリング柱状図から構成されるデータベースと対比し、沖積層の層序と物性の三次元分布を明らかにする。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】多摩川低地、沖積層、層序、堆積相、放射性炭素年代

【テーマ題目12】沿岸域の地質・活断層調査—海陸空間情報の整備（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】尾崎 正紀（地質情報研究グループ）

【研究担当者】尾崎 正紀、川畑 大作、田中 裕一郎（常勤職員3名）

【研究内容】

沿岸域の地質・活断層調査で得られた成果を空間情報として整備し標準化させるとともに、インターネットでの公開手法などを検討し、広く国内に流通させていくことを目的とする。また、プロジェクト内の情報の共有環境の構築を行う。更に、年度毎の速報及び地域毎の成果（海陸シームレス地質情報集）の公開用データの作成とHPの更新を行う。

平成27年度は、既刊の速報及び海陸シームレス地質情報集（DVD）のコンテンツとともに、「能登半島北部沿岸域」及び「新潟沿岸域」の空間情報を、HPで公開した。また、平成28年度公開に向け、「福岡沿岸域」及び「石狩低地帯南部沿岸域」における空間情報と、平成26年度の速報及び海陸シームレス地質情報集「駿河湾北部沿岸域」の公開用データの編集作業を行った。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】空間情報、情報共有、標準化、海陸シーム

レス地質情報集

【テーマ題目13】衛星画像情報地質情報統合化（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】中澤 努（情報地質研究グループ）

【研究担当者】中澤 努、岩男 弘毅、川畑 大作、巖谷 敏光、山本 直孝（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

現在公開中のASTER高温領域検出システムについて改良を行った。ASTER高温領域検出システムでは、表示している範囲の最新の100件に表示が限定されてしまうため、全体を俯瞰して活発な火山活動等を容易に判別することが出来なかった。そこで、大量位置データを高速描画処理する技術を用いて、ASTER全量アーカイブを対象として検出した全ての高温領域（数十万点以上）を対象とした高速表示機能を実現した。全件表示に対応した新システムは5月10日（地質の日）に公開した。

クリノメーターソフトウェアのGeoClino for iPhoneについて、主に利便性や効率性の向上を目的とした改修を実施した。また屋内と野外において繰り返し測定試験などの評価試験を行いソフトウェアの能力や課題点について検討を行った。改修内容は、以下の通りである。
(1) 測定データをソフトウェアのデータベースに保存する際に、地磁気センサーと加速度センサーからの信号データを同時に保存する機能の追加。
(2) iPhoneを裏返しにした場合に、方位目盛りの東西の文字配置を変更して表示する機能の追加ならびに方位磁針に関する回転の動きの変更。
(3) 安定した姿勢計測を行うための計算式の修正。改修によって、センサーからの信号情報を他のソフトウェアで利用することが容易になり、iPhone端末を裏返しにした状態において磁針が常に磁北方向に向いて回転するようになった。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】ASTER、GeoClino、統合化

【テーマ題目14】海底鉱物資源（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】下田 玄

（資源テクニクス研究グループ）

【研究担当者】下田 玄、針金 由美子、佐藤 太一、後藤 孝介、石塚 治（活断層・火山研究部門）、井上 卓彦、田中 弓（常勤職員6名、他1名）

【研究内容】

石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）との連携を強化して海底鉱物資源の広域ポテンシャル調査を引き続き推進した。熱水鉱床形成が起きている可能性の高い地域、及び過去に生成された鉱床が存在している可能性のある地域を抽出するため、日本周辺海域に分布す

る島弧-前弧-背弧域における火成活動について検討した。陸上の基盤岩についても調査・研究を進めており、本年度に採取した岩石試料を中心に化学分析や鉱物学的岩石学的研究の為に試料調整を進めた。さらにフィリピン海プレートを構成している前弧域にあたる伊豆-小笠原海域で採取された岩石試料を用いた島弧形成初期の上部マントル構造について研究を行った。JOGMEC との海底鉱物資源に関するタスクフォース再開の可能性について両機関で検討した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】海底鉱物資源、テクトニクス、沖縄トラフ、フィリピン海プレート、地球化学、岩石学

【テーマ題目15】千葉県北部におけるボーリングデータの一元化と地質地盤図作成（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】中澤 努（情報地質研究グループ）

【研究担当者】中澤 努、宮地 良典、野々垣 進、小松原 純子、納谷 友規、長 郁夫（常勤職員6名）

【研究内容】

本研究課題では、都市部の地質情報整備の加速化を目的として、国・自治体等のボーリングデータを一元化し、それらを基に地下情報を表示する3次元地質地盤図の作成を試みている。平成27年度は、千葉県北部をモデル地域として、基準ボーリングデータの整備をすすめるとともに、3次元地質モデルから地質図（平面図）を作成し、基準ボーリングデータとともにウェブ上で公開した。

基準ボーリングデータの整備では、千葉市において更新統下総層群の地質構造を知るためのボーリング調査を実施した。また富里市において更新統木下層の谷埋め泥層を対象としたボーリング調査を実施した。東京湾岸低地及び印旛沼の低地においては、沖積層や埋立層等の軟弱層を対象としたボーリング調査を実施した。これらの調査では、コア試料の詳細な層相記載とテフラ分析、放射性炭素年代測定を実施し、地層対比の基準となるデータ整備を行った。また、前年度までに掘削採取したコア試料の微化石分析や粒度分析をすすめた。

自治体より提供を受けたボーリングデータについて、岩相コードの割り振り等、変換に関する問題を検討したうえで、それらを一般的なボーリングデータ形式であるJACIC様式XMLファイルに変換した。

また、これまでに整備した基準ボーリングデータ及び露頭柱状図データをもとに、千葉県北部地域の3次元地質モデルを構築し、それをもとに地質図（平面図）を作成した。さらに、整備した基準ボーリングデータや露頭柱状図データ、地質図をウェブ上で共有するためのシステムを、WebマッピングライブラリーのひとつであるLeafletを用いて開発した。本システムでは、国土地理

院が提供する地理院地図を背景として、地質図の重ね合わせ表示や、基準ボーリングデータおよび露頭柱状図データの位置表示・メタデータ表示を行える。地質図については、任意地点における地質区分表示のほか、地形による陰影効果の有無の切り替えや透過度の調整が可能である。基準ボーリングデータや露頭柱状図データについては、XML形式やPDF形式での詳細データの閲覧が可能である。本システムを基盤として、これまでの研究成果を公表するためのウェブサイト「都市域の地質地盤図」を構築し、地質図と基準ボーリングデータの正式公開を行った。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】ボーリングデータ、3次元地質モデル、地質地盤図

【テーマ題目16】次世代シームレス地質図の編纂（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】斎藤 眞

（シームレス地質情報研究グループ）

【研究担当者】斎藤 眞、宮崎 一博、水野 清秀、石塚 吉浩（活断層・火山研究部門）、工藤 崇、西岡 芳晴、坂野 靖行、宝田 晋治、森尻 理恵、内野 隆之、尾崎 正紀、竹内 圭史、佐藤 大介、松浦 浩久、高橋 浩、小松原 琢、山崎 徹、辻野 匠、中島 礼、古川 竜太（活断層・火山研究部門）、山本 孝広（活断層・火山研究部門）、中野 俊（活断層・火山研究部門）、及川 輝樹（活断層・火山研究部門）（常勤職員23名、他2名）

【研究内容】

次世代20万分の1日本シームレス地質図の編纂を行う。平成23年度までに統一凡例の作成を行い、平成24年度～平成26年度で編纂を行い、平成27年度に全体編纂と最終調整を行う。現行の20万分の1日本シームレス地質図は1992年に発行された100万分の1日本地質図の凡例を踏襲している。それから20年後の最新の知見に基づく新凡例はコードで構造化されているため、詳細な凡例から平易な簡易区分まで、自在に凡例を変えることができるものである。

本年度は、全体編纂と最終調整として全国を通しての確認、校正作業を行った。また、それまで20万国画ごとに管理していたデータのマージ作業を、北海道、東北北部、伊豆・小笠原諸島、南西諸島において試行し、表示用タイル・凡例 ID タイルの作成を行った。さらに、これらのデータの確認用簡易ビューアを開発した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】シームレス地質図、統合、数値地質図、標準化、データベース、統一凡例

〔テーマ題目17〕衛星データのアーカイブ・品質管理・配信に関する研究（運営費交付金：重点プロジェクト）

〔研究代表者〕岩男 弘毅

（リモートセンシング研究グループ）

〔研究担当者〕土田 聡、岩男 弘毅、山本 浩万、小畑 建太、永谷 泉、堂山 友己子（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

地球観測衛星から撮影した衛星データは地球規模の地質防災、資源探査等の利用において極めて重要な情報であり、本研究では、地質情報としての衛星データの整備と活用を目指す。衛星情報から潜在的な地質情報を抽出し、これをデータベース化・デジタル化された地質情報と統合することにより、資源管理、地質災害等に関する研究に資するデータを整備する。これらを実現するために、今年度は経済産業省が開発した JERS-1 OPS/SAR、ASTER、PALSAR のデータを効率的に維持管理するシステムを構築した。特に ASTER については、NASA で受信した生データの処理を定常的に行い、その結果を宇宙システム開発利用推進機構、米国 NASA/USGS に定常的、かつ安定的に提供(年間、約16,000シーンを処理・提供)する環境を確立した。また、外部公開に向けた環境構築に向けて、衛星データ検索用インターフェースの改修、インターネット上で衛星画像を配信するための国際規格(WMS、KML等)を用いた配信システムの改良・改修を行った。さらに、産総研で開発した処理技術を全アーカイブデータに適用し、地質情報としての新たな衛星プロダクト(ASTER-VA)の作成を行った。ASTER は設計上、青の波長帯の観測機能を持たない。ASTER-VA は産総研で開発した青バンドの推定技術を適応し、擬似的に人間の目で見た色を再現する擬似ナチュラルカラー画像を作成する。この結果を衛星画像の配信規格である WMS を用いて配信する。併せて、全データを再処理し、地図投影が可能なオルソ補正済みのデータを整備した。

データの提供・今後の提供にあたって、品質管理されたデータを提供する必要がある。これを実現するため代替校正、相互校正等に係る品質管理研究を合わせて行った。今年度はバンド間の放射量に関する不均一性を解消する品質管理方法(相互校正の一種)について検討し、その成果を国際誌に発表した。品質管理は、標準化に関する検討が衛星データを管理する国際機関で議論されており、成果の標準化に向けて地球観測衛星委員会 CEOS WGCV IVOS meeting に参加し、代替校正・相互校正の情報収集、討議を行った。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕ASTER、衛星、品質管理、校正

〔テーマ題目18〕沖縄トラフ東縁海域の海底鉱物資源ポ

テンシャル調査（運営費交付金：戦略予算）

〔研究代表者〕池原 研（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕池原 研、下田 玄、片山 肇、井上 卓彦、板木 拓也、佐藤 智之、天野 敦子、佐藤 太一、針金 由美子、後藤 孝介、石塚 治（活断層・火山研究部門）（常勤職員11名）

〔研究内容〕

我が国で鉱物資源の供給不安が広がる昨今、海底に賦存する鉱物資源の存在が注目されている。本研究では、沖縄トラフ東縁海域において海底地質調査を実施し、新たな海底熱水鉱床の発見の基礎となる海底地形・地質データの収集と解析が目的である。本年度は、硫黄島島堆において深海曳航式探査装置による海底地形の詳細マッピングを実施した。結果として、これまで船上設置型音響機器では確認できなかった熱水プルームらしき画像などが得られた。今後さらに解析を進める。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕海底鉱物資源、海底熱水活動、硫黄島島堆、深海曳航式探査装置

〔テーマ題目19〕地球観測衛星データの品質管理と高度化（運営費交付金：戦略予算）

〔研究代表者〕岩男 弘毅

（リモートセンシング研究グループ）

〔研究担当者〕土田 聡、岩男 弘毅、山本 浩万、小畑 建太（常勤職員4名）

〔研究内容〕

従来の衛星ビジネスは、何が見えるか、例えば水田面積等の土地被覆の推定などに、広く使われてきた。しかし、航空機を用いた空中写真、さらには近年の UAV の市場と競合する。将来の衛星ビジネスでは、例えばお米の味のように、物理量の変化を抽出するため衛星小型化+大量生産(観測頻度向上)が環境・資源探査の分野での拡大が期待される。しかし、これらを実現するにあたって、商用衛星データの品質管理は未成熟であることがビジネス展開阻害要因の一つであろう。物理量(熱分布やお米の美味しさ等)をスペクトル(画像)情報から推定するためにはセンサーの校正(品質管理)が必須である。よって、本研究では、地球観測衛星データの品質管理のための技術開発・高度化を進め、そのデファクト化で世界をリードすることを目的とし、また、大量化する小型(商用)衛星データの品質管理ビジネスへの道筋をつけることを目指す。

本年度は、品質管理にかかる校正技術の一つ、相互校正において問題点となる地表面ニ方向性反射分布特性(BRDF)の影響軽減のための技術開発に着手した。地球観測衛星搭載の光学センサーは、打ち上げ時から時間の経過と共に劣化する。この劣化把握のため、機上校正

機器による校正、地上観測による代替校正、月観測による月校正、さらに、他の地球観測衛星と比較する相互校正を行うことが多い。このうち、相互校正は、比較的安価、かつ、容易に頻度高く行える優位性から、今後、大量化する（機上校正機器を持たない）小型衛星に対する校正手法として期待されている。しかし、この相互校正は、太陽位置や観測角によって地表面反射係数が変化する現象（BRDFによる現象）に影響されやすく、その手法利用に制限を与えている。そこで、相互校正のターゲットになり得る地上サイトのBRDFを正確に把握することを目的に、新たな分光放射計測機器を導入し、その現地観測にむけた改良および実験を実施した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕校正、衛星データ、品質管理

〔テーマ題目20〕SIの定義改定にもとづく革新的計測技術の開発（地質）（運営費交付金：戦略予算）

〔研究代表者〕名和 一成（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕名和 一成、伊藤 順一（活断層・火山研究部門）、篠原 宏志（活断層・火山研究部門）、加瀬 祐子（活断層・火山研究部門）（常勤職員4名）

〔研究内容〕

絶対重力計は原子時計（ルビジウム発振器）の周波数を基準に重力計測している。信頼できる測定値を得るためには、基準としている10MHz信号の周波数をサブミリヘルツオーダーで把握しておくことが重要である。そこでまず、東京大学宇宙線研究所神岡宇宙素粒子研究施設坑道内で使用した絶対重力計FG5用のルビジウム原子時計の周波数測定を計量標準総合センター周波数校正室で実施した。次に、野外の重力観測点においても独自に周波数測定を可能にするため、時間周波数遠隔校正装置、GNSS等1PPS信号同期機能付きルビジウム原子時計、周波数カウンター等の機器を導入し、地質調査総合センター(第7事業所)内で周波数測定を実施した。それによって、各重力観測点の測定環境に応じた周波数測定が可能となった。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕絶対重力計、原子時計、周波数発振器、時間周波数、遠隔校正、GPS コモンビュー

〔テーマ題目21〕インフラ維持技術の統合的研究開発（運営費交付金：戦略予算）

〔研究代表者〕樋口 哲也（イノベーション推進本部）

〔研究担当者〕小松原 琢、河西 勇二（人工知能研究センター）、西野 恵理子（人工知能研究センター）（常勤職員3名）

〔研究内容〕

従来、地すべり・土石流の早期警戒情報は、主として地すべり計（伸縮計）、水位計・濁度計などによる計測結果に基づいて出されていた。しかし、地すべり計は設置地点以外で生じる地表の変動を検知できないこと、水位計・濁度計では実際に水位上昇などが始まるまで検知できないことから、早期警戒情報を出す上での観測手段としては課題が残されていた。そこで、「音」によって前兆現象を検知し、早期警戒情報の発令につなげるための基礎研究として、秋田県由利本荘市の地すべり地と、山梨県早川町の土石流指定河川に騒音計・防水マイクおよびタイムラプスカメラを設置して連続観測を行った。観測期間中には土砂移動現象が生じなかったが、騒音計等により平常時の音を検知することができた。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地すべり、土石流、早期検知、音、人工知能

〔テーマ題目22〕SQUID顕微鏡による海底鉱物資源と地球・惑星磁場に関する先端的研究（運営費交付金：戦略予算）

〔研究代表者〕小田 啓邦（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕小田 啓邦、佐藤 雅彦、片山 礼子、野口 敦史、高橋 浩規、河合 淳、山本 裕二、臼井 朗、臼井 洋一、中村 教博、城後 香里、Chuang Xuan、宮城 磯治（活断層・火山研究部門）（常勤職員3名、他10名）

〔研究内容〕

本研究は、SQUID（超伝導量子干渉素子）顕微鏡を用いて海底鉱物資源および地球・惑星磁場に関する先端的研究を推進することを目的とする。特に、3年目にあたる科研費基盤研究(A)「SQUID顕微鏡による惑星古磁場の先端的研究の開拓」（平成25～28年度）の研究を加速推進することをもって、研究課題内容を実現することを目的として戦略的研究課題として本年度下半期に行われたものである。上記科研費では金沢工業大学・高知大学・東北大学・海洋研究開発機構の研究分担者の協力のもとに推進しているが、今年度はさらに韓国国立極地研究所ならびに英国サザンプトン大学からも研究協力者として協力をいただいた。基本的戦略としては、昨年度までに完成したSQUID顕微鏡（Kawai *et al.*, 2016として論文発表）を用いた地質試料の分析を進めると共に、SQUID顕微鏡の研究環境整備、ならびに人的資源の活用による2点において推進を行った。まず、ターボ真空ポンプの導入をはじめとする真空環境改善とSQUID顕微鏡のオーバーホールを行うことで断熱状況が改善され、液体ヘリウム10リットルで4日間の運用が可能となった（以前は10リットルで3日間の運用）。また、真空槽へのリークがほとんど無くなったことで、これまで

SQUID チップ先端部分に形成されていた固体（水あるいは空気）が見られなくなり、センサー試料距離が300 μm から200 μm に改善された。また、SQUID 顕微鏡の SN 比向上を目的として、XYZ ステージコントローラ（ソフトウェア）の高度化をはかった。高度化の内容としては、高度ドリフト補正を可能とする XY スキャンモードの導入、測点ごとのスタッキング・フィルタリング、レファレンスセンサー入力（2ch 目）の追加、補償用温度計入力（3ch, 4ch 目）の追加、ノイズ測定モードの追加などである。また、SQUID 顕微鏡のセンサーとレファレンスセンサーの2チャンネルの処理が可能となる改良版 Flux Locked Loop (FLL) 電子回路の開発を行った。また、SQUID 顕微鏡は PC パーマロイ2重シールドケースの中で運用されているが、さらに磁気シールド性能を改善することを目的として、磁気シールドフィルムによる3層目、4層目のシールドの導入を進めた。磁気シールドの消磁のための消磁コイルの試作も行った。さらに、センサー試料距離の短縮とセンサー装着の効率化を目的としてマイクロマニピュレータを導入し、サファイアロッド先端（2 mm ϕ ）へのシリコンチップ装着が改善された。同時に銀ペースト素材の比較検討による配線状況改善も行った。試料ホルダーに磁気点源を2つ配置することによって、光学画像と磁気画像のマッチングを行った。磁気点源の位置は磁気ダイポール理論値から計算を行ったが、100 μm \times 100 μm グリッドスキャンで誤差は1 μm 以下である。液体ヘリウム400リットル分の分析を推進し、湖の年縞堆積物、地球磁場逆転境界を記録した堆積物、隕石、鉄マンガンクラスト、川砂ジルコン、衝突残留磁化獲得試料、断層岩、火山岩などの地質試料分析を行った。特に鉄マンガンクラストについては、地球磁場逆転境界の確認を行うことができ、 $^{10}\text{Be}/^{9}\text{Be}$ で求めた成長速度と一致することが確認された。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】SQUID 素子、レファレンスセンサー、磁気シールド、XYZ ステージ、岩石薄片試料、古地磁気学、磁気マッピング、惑星古磁場、鉄マンガンクラスト、隕石、衝突残留磁化、川砂ジルコン、断層岩、堆積物

【テーマ題目23】【産総研-東北大マッチング研究支援事業】沿岸域激甚災害後の環境評価技術の開発 —松島湾でのケーススタディー—（運営費交付金：イノベーション推進）

【研究代表者】長尾 正之（地質情報研究部門）

【研究担当者】田中 裕一郎、鈴木 淳、高橋 暁、藤原 治（活断層・火山研究部門）、西村 修（東北大学大学院工学研究科）（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

将来予想される沿岸域激甚災害後の沿岸環境評価技術を、地質学と環境生態工学の融合により確立し、その知見に基づき環境保全と養殖水産業・観光業とが両立できる施策提言を目的とした研究を行った。この目的達成のため、宮城県松島湾を対象とした東北大学との共同研究を本支援事業制度で2015年6月に行った。産総研と東北大学は共同で海底表層堆積物に関する共同現地調査を行い、産総研は海底表層堆積物中の津波堆積物、微小有殻生物・遺骸、有機物、環境要因の分析等を担当し、近過去・津波被災直後・現在までの環境復元を主に行った。

東北大学は、堆積物中のマクロベントス分析、有機脂肪酸分析を担当し、マクロベントス多様化に対する堆積物の質の影響評価等を行った。また、産総研では津波襲来時の湾内の最大流速水平分布図を水理模型実験の結果から作成したほか、津波襲来前の湾内最大流速水平分布を求めるための数値流動モデル作成にも首都大学東京の協力を得て着手した。

また、これまでの松島湾での研究成果を広く発信するために、学会での発表を行った。特に、プロジェクトの成果をとりまとめ、新たな課題を探索するため、汽水域研究会・東北大学が主催し産総研地質調査総合センターが後援する汽水域研究会2015年（第7回）大会（2015年10月2日～4日）において、シンポジウム「大津波は松島湾をどう変えたか ～底質環境・底生生物の変遷が示唆する持続可能な沿岸域像～」を企画した。そして、本プロジェクトの成果発表とともに、水産養殖業復興支援の立場から三陸沿岸域の環境変遷研究を続けている水産総合研究センター東北水産研究所、松島湾藻場再生支援を行っている NPO 法人環境生態工学研究所を招待し講演を行っていただくことで、来場者を交えた総合討論を充実させることができた。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】津波、環境、地形、環境変動

【テーマ題目24】平野地質の研究（運営費交付金）

【研究代表者】宮地 良典（平野地質研究グループ）

【研究担当者】宮地 良典、水野 清秀、小松原 琢、小松原 純子、田邊 晋、納谷 友規、佐藤 善輝、國本 節子、田中 ゆみ子（常勤職員6名、他3名）

【研究内容】

本研究は、平野・盆地内あるいはその周辺の丘陵地・台地や低地地下を構成する主に第四紀堆積物の堆積プロセス、層序、地質構造、あるいは地形の形成プロセス、環境変動などを明らかにすることを目的としている。

平成27年度は関東平野や会津盆地の第四系の調査を行うとともに、関東地域の鮮新世以降の地層に挟まる広域火山灰のうち、その噴出源や岩石学的性質が不明であるものを採取しカタログの作成を進めるとともに、特に

九州起源と推定される火山灰の対比を行った。南九州に分布する鮮新世や中期更新世の4枚の火砕流・軽石層について広域対比ができた。

自然災害が発生した場合には関係諸グループと連携を取り、被害調査を実施し、被害の地質学的要因の究明を行い、災害復興へ資するデータの提供を行う。2015年9月の関東・東北豪雨による常総市の洪水災害について、その被害と洪水に伴う削剥地形や堆積物の調査を行い、洪水時の水流の変化やメカニズムの解明を行った。また、利根川下流域で実施した液状化調査の結果について、定期的に関係諸研究者との意見交換会を行い、液状化の要因検討から対策について提言を検討している。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】第四紀、ボーリング調査、広域火山灰、南九州、常総水害堆積物、液状化現象

【テーマ題目25】層序構造地質の研究（運営費交付金）

【研究代表者】中江 訓（層序構造地質研究グループ）

【研究担当者】中江 訓、原 英俊、野田 篤、
中島 礼、辻野 匠、工藤 崇、
宇都宮 正志、西田 梢
（常勤職員7名、他1名）

【研究内容】

日本列島を構成する活動的島弧と周辺の東・東南アジア諸国を含む大陸縁辺域における様々な地質現象を解明するための地質調査・研究を実施している。今年度は以下の調査研究を実施した。

- ・タイ国ペルム系—三畳系前弧～背弧海盆堆積物についての碎屑性ジルコン U-Pb 年代分布特性に基づき、島弧と大陸の両者からの堆積物供給を明らかにした。
- ・八甲田—十和田火山地域の鮮新世～前期更新世火砕流堆積物について全岩化学組成を測定し岩石学的対比を行った結果、未知の火砕流堆積物を複数見出した。
- ・完新世堆積盆の年代分析の評価のため貝類の放射性炭素年代を測定し、仙台周辺の貝類には最大で400年の海洋リザーバー効果があることを明らかにした。
- ・背弧域（東北～北陸）及び前弧域（常磐・掛川）に分布する第三紀泥岩について分光測色を実施した結果、前弧域での色特性が単調であるのに対し、背弧域では色層序として区分可能であることが判明した。
- ・北部北上帯ジュラ系を変位させた葛巻断層の活動を見積もるための調査を実施したところ、調査地域の南北でジュラ系の巨視的構造が異なることを確認した。
- ・三浦半島北部の三浦層群中に、約3.3 Ma に形成された海底地すべり堆積物を認識した。
- ・四国東部四万十帯付加体にて、碎屑性ジルコン FT・U-Pb 年代測定及び炭質物のラマン分光分析を行い、安芸構造線上盤側の熱異常及び活動時期を評価した。
- ・松山地域の和泉層群について、斜面基部～海底扇状地の堆積環境を復元するとともに、その土砂供給源が山

陽帯の火成活動である可能性を示した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】層序、構造地質、活動的島弧

【テーマ題目26】地殻岩石の研究（運営費交付金）

【研究代表者】宮崎 一博（地殻岩石研究グループ）

【研究担当者】宮崎 一博、松浦 浩久、竹内 圭史、
高橋 浩、濱崎 聡志、山崎 徹、
佐藤 大介、遠藤 俊祐、細井 淳、
山下 康平、長田 充弘、鈴木 文枝
（常勤職員9名、他3名）

【研究内容】

島弧地殻形成において重要な変形作用・変成作用・火成作用の進行過程を明らかにするため、日本列島の主要な変成帯・火成岩体の野外調査、岩石試料の分析・解析、地質体及び岩石の形成モデリングを行い、以下のような成果を得た。

- 1) 九州及び四国の高圧型変成岩中のジルコン U-Pb 年代測定を行い、フェンジャイトの K-Ar 年代と比較することで、高圧型変成作用の継続時間の推定を行った。
- 2) 北部九州に分布する高温型変成岩類の U-Pb 年代測定結果の整理を行い、原岩年代及び変成年代を明らかにした。
- 3) 南部阿武隈山地の深成岩類のジルコン U-Pb 年代測定を行い、東北日本南東部における深成岩類の形成年代を明らかにした。
- 4) 棚倉断層沿いの中新世火山岩類の調査を行い、中新世デイサイト質水中火山体の復元を行った。また、湯沢市に分布するグリーンタフの調査と年代測定を行い、従来の層序の再検討が必要なことを明らかにした。
- 5) リサーチアシスタントと共に、共同利用実験室に整備された LA-ICP-MS における全岩及び微量元素測定のための分析手法の開発を行った。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】地殻、岩石、島弧、沈み込み帯、変成作用、火成作用

【テーマ題目27】シームレス地質情報の研究（運営費交付金）

【研究代表者】西岡 芳晴

（シームレス地質情報研究グループ）

【研究担当者】西岡 芳晴、巖谷 敏光、坂野 靖行、
長森 英明、内野 隆之、斎藤 眞、
森尻 理恵、宝田 晋治、内藤 一樹、
吉川 敏之、中川 充
（常勤職員11名、他5名）

【研究内容】

20万分の1のシームレス地質図の改訂に必要な基礎的な野外調査を行う。20万分の1日本シームレス地質図のシステム開発を行うと共に、次世代型20万分の1日本シ

ームレス地質図の編集作業を主導する。地質調査の際にデータをデジタルデータとして直接収集するシステムの開発を行う。標準化の国際動向を把握して、シームレス地質図や地質情報のアジア地域での共通化に関する研究を行う。

本年度は、20万分の1日本シームレス地質図については、iOS や Android にも対応した新3D 版及び地理院地図に対応した新メインビューアを開発・公開し、全国一括の Shapefile ダウンロードサービスを開始した。地質図 Navi については、TileJSON の取得サービス、地質図ラスタータイルの配信サービスを開始したほか、2014年度出版図幅等のデータを追加した。地層名検索データベースは対象データを着実に増やすとともに、さらに地質学会等からの新規データの入力に適合させるためにデータベース構造の見直しを行った。また凡例数2,500の次世代型20万分の1日本シームレス地質図の全国のデータ校正・調整作業を主導した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】シームレス地質図、統合、数値地質図、標準化、データベース、JIS、地層名、日本工業標準調査会

【テーマ題目28】情報地質の研究（運営費交付金）

【研究代表者】中澤 努（情報地質研究グループ）

【研究担当者】中澤 努、尾崎 正紀、中野 司、長 郁夫、川畑 大作、野々垣 進（常勤職員6名）

【研究内容】

本研究課題では、地層や地質試料から新たな地質情報を抽出し、それらを高度化・統合化することによって、新たな地質学的視点を創出する研究を行っている。

平成27年度は、新たに作成したGPGPUで動作するソフトウェアを用いて数値地形モデルから島嶼・山体の自己重力場を計算し、それとブーゲー重力異常の関係を考察した。また、SPring-8で開発した新しいX線CT装置用の画像再構成ソフトウェアを作成し、それを用いた小惑星探査船「はやぶさ」の回収試料や月のレゴリスの3次元形状の解析により、地球以外の天体の「地質現象」を解明した。

常時微動の研究では、微動H/Vスペクトルについて、観測時間と統計誤差の関係を予測するために、数値シミュレーションを基礎としてH/Vスペクトルの確率密度分布を確認し、バイアスとばらつきを評価した。また微動アレイデータに関しては、昨年度までに実施した理論研究を活用し、関東地方の1,000地点及びそれとは別に茨城・千葉県近郊の約300地点で微動アレイデータを取得した。さらには潮来市液状化地域の微動アレイデータを用いて、液状化対策工事と浅部地盤の弾性波速度との関係を検討した。

3次元地質モデルの構築手法に関する研究として、不等間隔に配置した節点に基づく双3次B-スプラインを用いて、地層境界面の形状推定を行うアルゴリズムを構築した。また、形状推定に用いるスプライン基底の定義方法について研究し、各節点間にデータができるだけ均等に入るような節点配置を、データ分布から導く方法を考案した。これにより、データが密集して分布する場合でも、従来よりも小さい計算量で、高精度の形状推定を行えるようになった。

地すべり解析のための基礎データとして、四国の5万分の1地質図3図幅について凡例を整理し、データの統合を行った。また次年度の地質図JIS規格の改訂に向け、大縮尺地質図で用いられる現行の「存在確実度」と「位置正確度」を定義した地質構造の凡例体系について再検討を行い、課題を明らかにした。

国内産の大理石石材の地質学的な記載を行った。大理石石材はこれまで地質学の研究対象として扱われることは少なかったが、採掘を休止して久しい鉱山が多く、産地及びその地質学的位置づけの特定が難しくなっている。主要な大理石石材をリストアップし、採掘地の現地調査により採取した試料をもとに詳細な岩相を記載し、大理石石材として扱われる石灰岩の特徴について炭酸塩岩石学的な観点からとりまとめた。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】情報地質、3次元解析、地質情報

【テーマ題目29】リモートセンシングの研究（運営費交付金）

【研究代表者】岩男 弘毅

（リモートセンシング研究グループ）

【研究担当者】岩男 弘毅、浦井 稔、二宮 芳樹、山本 浩万、小畑 建太、永谷 泉、堂山 友己子（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

衛星情報を用いた地質・資源・防災・環境等のための研究開発を行った。地質・環境に関する研究としては、ASTER を用いた Geoscience Map の作成とその結果を基に風化、堆積と浸食の過程をモニタリングする手法についてまとめ、国際誌に発表した。地質-防災に関した利用研究としては、ASTER から作成した全球標高データ(ASTER GDEM)を用いた G-Ever 火山災害予測支援システム新 GDEM(PNG 版)対応を試作した。これまでの G-Ever は、特定の火山に対応していたが、今回の拡張により、今後 ASTER GDEM が存在する任意の地点における火山災害予測が可能となる。防災・環境に関する利用研究としては、同じく ASTER GDEM を用いた全球浸水シミュレーションシステムの開発を行った。このシステムは GSJ で考案した標高データの高速処理技術を適用し、クライアント処理により、オンデマンドで高速に海面上昇をシミュレートして描画するシステムで

ある。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕ASTER、衛星、GDEM、G-Ever

〔テーマ題目30〕海洋地質の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕片山 肇（海洋地質研究グループ）

〔研究担当者〕片山 肇、板木 拓也、井上 卓彦、
天野 敦子、佐藤 智之、西田 尚央
（常勤職員6名、他5名）

〔研究内容〕

日本周辺海域の海洋地質情報を整備公開するとともに、日本周辺海域の地質構造発達史、活断層評価、堆積作用、古環境変動、海底火山や熱水活動等に伴う地質現象の解明を目指している。今年度は以下のような成果を得た。

日本周辺海域の地質構造発達史に関する研究では、奄美大島西方海域および房総半島沿岸海域の音波探査から、これらの海域の層序や地質構造に関する解析を行った。また、沿岸海域と陸域との連続性について検討を進めた。さらに、沖縄トラフ東縁海域において海底鉍物資源ポテンシャルに関わる地質構造探査を行った。堆積作用の研究では、徳之島～奄美大島東方海域の調査を行い表層堆積物の分布を明らかにした。この海域の特徴として底層流の影響が水深1,000 m 付近にまで広く及んでいることが明らかとなった。また、房総半島沿岸域において柱状堆積物調査を行い、最終氷期以降の堆積作用変遷の解明を進めた。古環境変動の研究では、沖縄周辺のコア試料、日本海および東シナ海で採取されたポーリング試料および表層堆積物試料を用い、微化石および元素組成の分析結果などを基に海洋環境の変遷およびその原因となった海水準変動や海流の変動との関係について検討した。また、これまでに採取された試料の光ルミネッセンス年代を測定し、年代データの高精度化および他の手法との整合性の検討を行った。さらに、これまでの海洋調査で取得された音波探査記録のデータベース化を進めた。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕海洋地質、日本周辺海域、海底地質構造、海域活断層、堆積作用、古環境

〔テーマ題目31〕地球変動史の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕渡辺 真人（地球変動史研究グループ）

〔研究担当者〕渡辺 真人、七山 太、小田 啓邦、
兼子 尚知、佐藤 雅彦（常勤職員5名）

〔研究内容〕

(1) 新生代統合高分解能タイムスケールの研究

微化石・古地磁気・火山灰層序および放射年代の年代層序の精度と確度を向上させ、複数の年代層序を複合して複合年代尺度の高精度化と標準化を行うこととともに、その地質学的研究への活用を図る。本年度は、網走地域を中心とした北海道東部で採取した試料を分析し、複合年代尺度に基づく北海道東部の新第三系年

代層序の改訂に着手した。

(2) 古地磁気変動と岩石磁気に関する研究

過去の地磁気変動の解明、特に、数千年～数十万年の時間スケールを持つ古地磁気強度・方位の永年変動および地球磁場逆転・地磁気エクスカージョンの実態解明を進めるとともに、これらの基礎となる磁気顕微鏡に関する基礎技術開発、岩石磁気学研究及び、岩石磁気手法の古環境研究への応用も行う。本年度は、マンガングラストを用いて SQUID 顕微鏡で地磁気縞模様と同定に成功するとともに、川砂ジルコンを用いた古地磁気強度復元の研究として丹沢ジルコンの予想的な古地磁気強度測定を行った。

(3) プレート運動に基づく日本列島の新生代テクトニクスの研究

日本列島に沈み込む海洋プレートのうち、フィリピン海プレートの過去2,500万年間の運動について、オイラー極の移動と三重会合点の西向き移動速度を再計算した。とくに、日本列島の第四紀の東西、オイラー極の移動だけではなく回転角速度を徐々に増加させて計算を行った。その結果、第四紀の圧縮応力場の増加を再現することは可能となったが、北海道中軸部の東西短縮地殻変動を再現することができず、他の可能性を検討する必要性が明らかとなった。

(4) 堆積物の分析手法に関する基礎的研究

堆積物の採取方法、非破壊イメージング、粒度分析等の基礎研究を目的とする。本年度はデジタル画像解析式粒子径測定装置およびレーザー回折/散乱式粒子径測定装置による砂泥や火山灰試料の分析手法に関する研究を行った。

(5) 地球物理探査の研究

海底地球物理マッピング技術の研究および有人・無人潜水艇を用いた海底近傍物理探査の研究を行い、海底構造探査の高分解能化をはかる。また、地中レーダーや高分解能地層探査装置を用いた沿岸堆積物のイメージング技術の開発と、その基礎となる堆積学的研究を行う。本年度は、沖縄周辺海域の調査航海に参加し、地球物理図作成のためのデータを取得し報告書を作成するとともに、磁気異常データの解析に関する基礎的なプログラム開発を行った。また、野付半島地域において沿岸域堆積物の調査を行った。

(6) 大型化石による古環境解析に関する研究

大型化石の記載分類学的研究に基づく古環境指標ポテンシャルの評価と、化石炭酸塩骨格を対象とした同位体測定による古海水温推定を通じて、過去の地球環境のより高精度な復元を目指す。本年度は沖縄周辺海域の調査航海に参加し、得られたコケムシ試料の分析を行った。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕複合年代層序、タイムスケール、テクトニクス、物理探査、地球物理マッピング、

古地磁気、岩石磁気、沿岸堆積物、地中レーダー、粒度分析、大型化石、古環境解析

〔テーマ題目32〕海洋環境地質の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕鈴木 淳（海洋環境地質研究グループ）

〔研究担当者〕鈴木 淳、高橋 暁、長尾 正之、
田村 亨、山岡 香子（常勤職員5名）

〔研究内容〕

人類活動により影響を受ける将来の環境を考えるため、都市沿岸域の環境および地球環境について、環境変動幅と変動要因を明らかにすべく、安定同位体比分析法および光ルミネッセンス（OSL）年代測定法の高度化を進めると共に、海洋環境地質に関する研究を実施した。

海洋酸性化が炭酸塩殻生物に与える影響に関する研究の一環として、サンゴ礁棲有孔虫殻の酸素・炭素同位体比の分析を実施し、サンゴ礁棲有孔虫の石灰化機構に大きく2つのタイプがあること、そして、酸性化海水に対する耐性が異なることを明らかにした。また、高マグネシウム方解石殻の酸素同位体比が水温のよい指標となっていることを見出した。

砂質沿岸域の古環境復元に関する研究については、オーストラリアや南米における海外調査のほか、国内数カ所の沿岸域において野外調査を行い、また採取した試料について OSL 年代測定を行うことにより、環境の詳細な変遷を解明した。

海底鉱物資源の環境影響評価に係わる研究として、コバルトリッチクラストを対象にして、国際海底機構の定める環境ガイドラインの適用を想定したベースライン情報の収集に向け、生物地球化学及び海洋生態学的手法を用いた基礎的な調査手法についての基礎調査を実施した。

この他、地質調査関連技術の高度化と普及を進めた。沿岸観測手法として、音響反射強度から底質判別を行う方法の高度化を進め、また、土壌を対象とした同位体を用いた環境汚染評価手法の検討を行った。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地球温暖化、海洋酸性化、海面上昇、沿岸、炭素循環、気候変動、古海洋学、サンゴ礁、デルタ、酸素同位体比、土壌、光ルミネッセンス年代測定法

〔テーマ題目33〕資源テクトニクスの研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕下田 玄

（資源テクトニクス研究グループ）

〔研究担当者〕下田 玄、大熊 茂雄、針金 由美子、
佐藤 太一、後藤 孝介、田中 弓、
佐久間 仁美、中塚 正
（常勤職員5名、他3名）

〔研究内容〕

海底鉱物資源探査指標の確立のため、高精度化学分析に適した実験室環境の構築をしつつある。これにより、海底熱水鉱床、マンガングラスト、海底噴出熱水、海底堆積物などの元素・同位体分析の環境を整え、海底鉱物資源の形成プロセスに基づいた探査手法の開発に着手し始めた。特に今年度は、安定同位体分析の高感度化を重点的に行った。また、海底鉱物資源に関連する様々な試料の元素分析や同位体分析を行い、地球化学的指標の検討を引き続き行った。海底鉱物資源探査指標の確立には、海底岩石中に、どのような種類の有用元素が分布しているのかを解明することが求められる。なぜなら、鉱床の成因や規模を特定することが期待できるからである。これらの手法を陸域の塊状硫化物鉱床に適用して有用性を検証すれば、海域の鉱化作用の分布と規模の評価への応用が可能になると考えているので、画像解析に関する研究も行った。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕海底鉱物資源、テクトニクス、沖縄トラフ、フィリピン海プレート、地球化学、岩石学

〔テーマ題目34〕地球化学の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕岡井 貴司（地球化学研究グループ）

〔研究担当者〕岡井 貴司、金井 豊、御子柴 真澄、
太田 充恒、久保田 蘭（常勤職員5名）

〔研究内容〕

地殻における元素の地球化学的挙動解明の研究として、炭酸塩中の元素の挙動と分析法の研究、放射性核種の地球科学的挙動の研究、火成岩の地球化学的研究、鉱物・土壌・堆積物等における微量元素の挙動及び存在形態解析の研究を行った。

炭酸塩中の元素の挙動と分析法の研究では、サンゴ中の Sr/Ca 比及び Mg/Ca 比を用いた環境変動の解明について、天然及び飼育サンゴを用いて検討するとともに、ストロンチウム、マンガン含有量等による現世炭酸塩のアラゴナイトからカルサイトへの続成変質の検討を行った。放射性核種の地球科学的挙動の研究では、2011年3月末から昨年度まで継続した産総研敷地内におけるエアロゾル試料の人工及び天然放射性核種の長期にわたる観測結果を総括し、濃度変動の影響因子、特に再飛散についての検討結果を報告した。また、ブラジルのカーボナタイト鉱床における風化土壌中のウランの定量分析法について検討し、岩石中のウラン分析に用いる水酸化カリウム融解法が、風化カーボナタイトの分解に適用可能であることを報告するとともに、サリトレ鉱床における風化カーボナタイト試料中のウランについて、風化過程でのウランの挙動を解明した。放射性核種を用いた堆積速度の算出については、算出法と算出法毎に仮定された堆積モデルについて検討し、堆積状況に応じた適用が望ましいことを報告した。火成岩の地球化学的研究では、東北

地方南部及び北関東地域の代表的な基盤岩及び河川堆積物について化学分析を行い地球化学的特徴について取りまとめた。また東日本地域における深成岩の調査と主・微量成分分析を行い、深成岩の地球化学データ・岩石学的データをとりまとめるとともに、蛍光 X 線分析による分析法のとりまとめを行った。鉱物・土壌・堆積物等における微量元素の挙動及び存在形態解析の研究では、堆積物中の元素存在形態の長期安定性評価のために、X 線吸収分光法及び国際的に規定された逐次溶解法である BCR 法を用いて前処理及び保管条件による違いの検討を行い、銅及び亜鉛の X 線吸収分光法で、乾燥条件によるスペクトルの違いが見られる等、条件による有意な測定結果を得た。また、瀬戸内海～土佐沖の表層堆積物中の元素の挙動について陸域からの影響も含めて検討して取りまとめるとともに、秋吉台、豊田市、松山市周辺のストロンチウム同位体分布について取りまとめた。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】地球化学、土壌、堆積物、炭酸塩、放射性核種、火成岩、存在形態

【テーマ題目35】地球物理の研究（運営費交付金）

【研究代表者】名和 一成（地球物理研究グループ）

【研究担当者】名和 一成、伊藤 忍、山口 和雄、大滝 壽樹、大谷 竜、住田 達哉、宮川 歩夢、村田 泰章、横倉 隆伸、木下 佐和子、駒澤 正夫、稲崎 富士（常勤職員8名、他4名）

【研究内容】

重力、地震波、変位、歪、物性など様々な地球物理学的データを活用し、地球内部の構造・現象を解明する研究を進めている。従来から実施している探査手法を駆使する他、新規の機器導入や各種物理探査手法の融合等に取り組んでいる。現在の地球の姿の解明に留まらず、過去から未来への変動予測に関わる研究にも取り組んでいる。

地震学的研究において、平成26年度に本格運用を開始した可搬型バイブレーター震源を会津地域の地下構造調査に適用した。独立型地震探査システムの本格運用を開始し、大分平野と石垣島の地下構造調査に適用した。地下浅部 S 波速度構造について検討を進めるとともに、多点高密度の十字型反射法測線に記録された2003年宮城県北部地震の余震記録の解析から震源下の高速度層の傾斜構造を求めた。高圧物性研究においては、NaCl の状態方程式に関する研究を進展させた。重力研究において、岐阜県の超伝導重力計観測点で絶対重力測定を共同利用の一環として2年ぶりに実施した。北海道苫小牧市の CCS 実証サイトで連続観測中の超伝導重力計から周辺海域の海面振動に伴う重力変化を検出した。また、東北大学が進める仙台平野南部の重力探査に協力した。さらに、重力データの環境補正のための灌漑による地下水

の影響評価手法の検討し、重力異常データを使った密度異常岩体の検出を試みた。変動予測に関連して、断層活動性評価手法の適用性の検討を行い、その結果に基づく東北から近畿地方の断層活動場の時間発展について明らかにした。同手法を海溝型地震発生域の断層へ適用するために、数値シミュレーションを行った。また、地球科学情報の不確実性について、特にベイズ理論を用いた評価手法に関する理論的背景と先行研究の包括的レビューを実施し、地球科学情報等への適用可能性および問題点について課題を整理した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】地球物理、地殻構造、地球ダイナミクス、地球科学情報、重力探査、重力モニタリング、地震探査、地震波解析、高圧物性

【テーマ題目36】地球化学標準試料 ISO（地質分野特定事業費）（成果普及品自己財源）

【研究代表者】岡井 貴司（地球化学研究グループ）

【研究担当者】岡井 貴司、今井 登、金井 豊、御子柴 真澄、太田 充恒、久保田 蘭、立花 好子（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

地質試料は多種・多様な成分で構成され、化学分析の際には各成分が互いに影響しあうため、正確な分析を行うためには、目的とする試料と主要な化学組成が良く似た、目的成分の濃度が決められている標準試料が必要不可欠である。地質情報研究部門は化学分析用岩石標準試料の国内唯一の発行機関として、1964年以来50年以上にわたって地質関連試料の標準試料を作製し、世界各国の研究機関との共同研究により、化学組成や同位体組成、年代値の信頼性の高いデータを定め公表してきた。この標準試料は世界中で活用されており、分析精度を高める標準として世界的に大きな貢献をしている。しかしながら、近年の国際化の動きの中で、標準物質は国際的な標準である ISO のガイドラインに対応することが必要とされるようになってきたため、当部門発行の岩石標準試料についても、NITE 認定センターより、ISO に対応した標準物質生産者としての認定（ASNITE 認定）を取得し、ISO の規定に則った認証標準物質（地球化学標準物質）とした。

本年度は、昨年度で都市ガスの使用が終了したため、まず、都市ガスを使用しない精密分析法の検討を行った。岩石中の最大の主成分である二酸化ケイ素の精密分析について、都市ガスを用いたメッセルバーナーの代わりに、カートリッジボンベ式のブンゼンバーナー及び電気炉を使うことで、従来と同等の精度で分析できることを確認した。この確認した方法等を用いて昨年度作製した花崗岩標準試料 JG-2a について初期分析を行うとともに、均質性の確認及び共同分析を行った。初期分析の結果は、

既存の JG-2試料と比べ、二酸化ケイ素含有量は若干少なめで、その他の主成分含有量は、ほぼ同等か若干多めであった。均質性の確認は、主要な9成分について、試料作製時に6つに分割した各スプリットからランダムに各2本ずつ抜き取り、計12本を用いて行った。また、スプリット4については同一スプリット内から5本を抜き取り、スプリット内での不均質を確認するとともに、特定の瓶について瓶の上部から5分割し、瓶内の不均質を確認した。共同分析は、外部9機関及び地球化学研究グループの計10機関で、主成分（12成分）について行う予定であったが、外部2機関については分析が来年度になったため、仮認証値の設定は10機関分のデータがそろそろ来年度とした。

標準試料の各種情報はデータベースとしてインターネット上で公開しており、認証書の見本や、これまでに報告された各試料および成分毎の個別の分析データ等を見ることができる。今年度はデータ検索時の元素表示を改善し、より検索しやすいように改修した。

標準物質生産者としての ISO 認定の維持に必要な各種文書やデータ類の管理においては、マニュアル・記録類の維持・管理を行うとともに、文書の改善を行い、NITE 認定センターによる認定継続のための定期検査を受審し、認定の継続を認められた。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】国際標準、標準物質、地球化学、岩石、土壌、化学組成

【テーマ題目37】アジアの海岸沿岸域における基礎地質情報と環境保全に関する研究（運営費交付金）

【研究代表者】齋藤 文紀（地質情報研究部門）

【研究担当者】齋藤 文紀（常勤職員1名）

【研究内容】

アジアの海岸沿岸域における基礎地質情報と環境保全に資するため、中国地質調査局青島海洋研究所、華東師範大学、アンドラ大学等と共同研究を行った。青島海洋研究所との共同研究では、黄河河口周辺海域の渤海から採取した堆積物柱状試料を分析し、河道変遷による河口位置の変化が堆積物試料に記録されていることを示した。インド半島東部のゴダバリデルタについては、採取したボーリング試料の解析から完新世における海水準変動、古地理変遷と土砂堆積量の変遷を明らかにした。華東師範大学との共同研究では、長江デルタの過去8千年間の堆積量の変化をとりまとめて国際学術誌に投稿した。日本周辺の研究では、日本の沿岸地質に関してその概要をとりまとめて、ロンドン地質学会からの出版物「日本の地質」で報告した。また日本における第四紀研究の論文48本を編集責任者としてとりまとめて国際学術誌の特集号で出版した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】アジア、デルタ、沿岸、平野、地球環境

⑤【地質情報基盤センター】

(Geoinformation Service Center)

所在地：つくば中央第7

人 員：29名（9名）

概 要：

地質情報基盤センターは、産業技術総合研究所内の地質領域の研究部門及び地質領域研究企画室との密接な連携のもとに、地質・地球科学に関する信頼性の高い、公正な地質情報を国民に提供している。国土の利用、地震・火山噴火等の災害対策、資源の確保、環境問題などへの対応に効果的に使われるべき公共財として、地質情報の活用の利便性向上を図っている。また、世界的にユニークな地球科学専門の博物館として、地質標本、地球科学全般と地球の歴史・変動のメカニズム、人間生活との関わりについて展示し、土・日・祝日も開館している。さらに、地質試料等の整備・調製、並びにこれらに係る研究などに関する業務を行っている。

機構図（2016/3/31現在）

【地質情報基盤センター】センター長 渡部 芳夫

次長 佐脇 貴幸

次長 利光 誠一

総括主幹 加瀬 治

総括主幹 小賀野 功

【整備推進室】 室長 吉川 敏之

【出版室】 室長 加瀬 治

【アーカイブ室】 室長 内藤 一樹

【地質標本館室】 室長 小賀野 功

整備推進室

(Data Services and Communication Office)

(つくば中央第7)

概 要：

整備推進室は、地質情報の整備・統合・発信に関するニーズ把握・計画・調整・ウェブサービス、ならびに法制度・標準化・国際関係・産学官連携にかかる管理機能を所掌する組織として、地質調査総合センター公式研究成果の地理空間情報に係るデータ整備とウェブからの発信、そして利活用調査を行った。

データ整備では既刊の40区画分の5万分の1地質図幅 Shapefile と kml のベクトル形式のデータを追加公開した。また、5万分の1地質図幅以外の地球科学図シリーズのベクトルデータ公開を進めるための検討を開始した。

ウェブからの発信では、地質調査総合センター公式

ウェブサイトの管理、クラウドコンピュータ上でのデータベースシステムの運用及び改善を進めた。

利活用調査では、国内外の地質情報利活用事例や市場ニーズの調査を進め、とりまとめた結果を公開した。また、新たにウェブアンケートシステムを導入し、ユーザーからの意見を直接収集できる方式を整備した。

出版室

(Publication Office)

(つくば中央第7)

概 要 :

出版室は、産総研の「地質の調査」業務に基づく地質・地球科学に関する研究成果の出版及び管理、地質情報の標準化整備及び数値化、並びにこれら研究成果の普及に関する業務を行った。研究部門・センターで作成された地質図・地球科学図の編集と出版、研究報告書、GSJ 地質ニュースの編集と出版、データ集のCD-ROM 出版を行った。また、地質出版物・データベースの著作物利用申請に対応した。

地質情報整備では地質情報に関する標準化を進めており、既刊地質図類のラスターデータ整備を実施した。また、地質領域研究企画室と協力して地質情報展等の地質関連イベントで成果普及活動を行うとともに、地質図類のより一層の利活用促進を目指し、ウェブ等を通じて研究成果品の紹介・普及を進めた。

アーカイブ室

(Archive Office)

(つくば中央第7)

概 要 :

アーカイブ室は、「地質の調査」に係るメタデータの整備及び提供、地質文献資料・地質図等の収集・管理、地質試料の登録・管理・利用支援・データベース化及び地質調査に係る基礎データのアーカイブに関する業務を掌る。

メタデータの整備については、地質文献データベース及び地理空間情報クリアリングハウスにおいて、それぞれの管理・運営とデータの追加更新及びシステム改修等を行った。文献資料・地質図等の収集活動については、国内外関連機関との文献交換等を通じて行った。文献収集活動等の情報の整備とデータベースによる提供を組織的に行うことにより、地質情報の活用を促進した。既刊出版物、標本館グッズ、標準試料の管理・頒布・払い出し・オンデマンド印刷を行った。地質試料の管理については、利用内規を整備した。地質図幅調査に係る調査時基礎データのアーカイブに関しては、論文等の多様な研究成果に係る基礎データへと対象を広げ、登録・保管を進めた。並行して、システムをオープンソース文書管理システムへと移植し、それにより機能追加等の大幅改良を施した。

地質標本館室

(Geological Museum Office)

(つくば中央第7)

概 要 :

地質標本館室は、平成27年4月の組織再編により、運営グループ及び地質試料調製グループの2つのグループから構成される地質情報基盤センターの室として設置された。平成27年度においては、以下を実施した。

運営グループは、地質標本館の運営、展示及び管理に関する業務並びに地質標本館における地質の調査に係るアウトリーチに関する業務を担当し、新しいイベント「GSJ ジオ・サロン」及び「茨城県民の日スペシャルガイドツアー」をはじめとする多数のイベントや講演会等の実施並びに外部出展協力を実施した。

地質試料調製グループは、薄片及び研磨片等試料の調製に関する業務を担当し、岩石薄片・研磨片等1,227枚の作製、知財の実施2件、研究関連普及出版物2件の作製、成果普及イベントへの協力等を実施した。また、平成27年度において日本粘土学会技術賞を受賞した。

2グループとも、技術研修生を受け入れる等、研究所外の人材育成等にも協力した。

地質の調査

① 地球科学図

本年度の各種地質図類の編集・発行は、20万分の1地質図幅1件、5万分の1地質図幅1件、海洋地質図3件、空中磁気図1件、水文環境図1件である。

刊行物名	件数	発行部数	摘要
	図類・冊子		
20万分の1地質図幅	1・0	各 2,000	松山 (第2版)
5万分の1地質図幅	1・1	各 1,500	茂原
海洋地質図	CD-ROM 3	各 1,000	No.85 沖縄島北部周辺海域海洋地質図 No.86 室蘭沖表層堆積図 No.87 金華山沖表層堆積図
空中磁気図	1・0	700	No.47 富士火山地域高分解能空中磁気異常図
水文環境図	CD-ROM 1	1,000	No.9 富士山

② 地球科学研究報告

本年度の研究報告書は、地質調査研究報告が第66巻1/2号～11/12号6件、活断層・古地震研究報告1件、地質調査総合センター速報2件である。

刊行物名	件数	発行部数	摘要
地質調査研究報告	6	各 200	Vol.66 No. 1/2, 3/4, 5/6, 7/8, 9/10, 11/12
活断層・古地震研究報告	1	1,550	活断層・古地震研究報告 第15号 (2015年)
地質調査総合センター速報	2	300 WEB	No.68 平成26年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告 No.69 国内の鉱床・鉱徴地に関する位置データ集

③ 刊行物販売状況

研究成果普及品のうち「地質の調査」に係るものは、地質情報等有料頒布要領 (26要領第4号) により、地質調査情報センター及び地質標本館が有料頒布業務を遂行することになっている。平成27年度は、下記のように有料頒布を実施し、収入を得た。

○平成27年度 研究成果普及品及び標準試料頒布収入

地球科学図及び地球科学データ集

4,310,146円

内 訳	頒布部数	頒布金額
委託販売収入 (6社合計)	2,583	3,964,031
直接販売収入 (地球科学図ほか)	217	232,229
直接販売収入 (オン・デマンド)	116	113,886
合 計	2,916	4,310,146

普及出版物及び絵葉書

577,515円

内 訳	頒布部数	頒布金額
直接販売収入 (普及出版物ほか)	891	577,515

標準試料

7,482,240円

内 訳	頒布部数	頒布金額
委託販売収入 (3社合計)	615	7,482,240

○平成27年度 シリーズ別 頒布部数トップ5

シリーズ名	頒布部数
5万分の1地質図幅	949
20万分の1地質図幅	502
火山地質図	437
数値地質図	283
海洋地質図	116

○平成27年度 出版物別 頒布部数トップ10

シリーズ名	出 版 物 名	頒布部数
火山地質図	No.18 蔵王火山地質図	97
火山地質図	No.19 九重火山地質図	82
20万分の1地質図幅	大分 (第2版)	77
5万分の1地質図幅	冠山	51
20万分の1地質図幅	横須賀 (第2版)	46
火山地質図	No.10 伊豆大島火山地質図	40
火山地質図	No.11 霧島火山地質図	40
火山地質図	No.8 雲仙火山地質図	37
火山地質図	No.4 阿蘇火山地質図	36
5万分の1地質図幅	八王子	35
火山地質図	No.14 口永良部島火山地質図	35

④ 文献交換

「地質の調査」に係る研究成果物をもとに、国内外の「地質の調査」に関係する機関と文献交換を行い、地質文献資料の網羅的収集に努めている。さらに、収集資料の明確化と広範囲の利用者の利便性を考慮して、地質文献データベースを構築し、インターネットで公開を行っている。

国内外交換先

	計	JAPAN	EUROPE	ASIA	AFRICA	U.S.A.	CANADA & C. AMERICA	SOUTH AMERICA	OCEANIA
国 数	147	1	34	37	42	1	10	12	10
機関数	1,044	422	215	161	56	83	29	44	34

交換文献内訳

	計	地質調査研究報告	その他報告類	地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅)	その他図幅	CD-ROM
件 数	18	4	1	1	5	7
所外送付部数	2,446	616	209	106	541	974
国外送付部数	2,926	48	210	230	1,142	1,296

⑤ 文献情報活動

文献交換等で収集した地質文献資料の効果的・効率的な利用を目指して、地質文献データベース（統合版 GEOLIS 及び貴重資料データベース）を構築し Web 公開を継続している。今年度は、オンラインジャーナルの RSS 収集及び地質図等の範囲入力地図についての機能拡張を行った。統合版 GEOLIS の登録数は11,106件、Web 公開で6,319,809件のアクセス数（Webalizer による、以下同様）である。貴重資料データベースの登録数は88件、アクセス件数は261,549件であった。また、地質文献データベースのデータを使用した LOD の構築のため、検討連絡会を5回開催、統合版 GEOLIS、日本の火山データベース及び地質用語の各データとの LOD データセットを構築した。

受 入

	単行本（冊）	雑誌（冊）	地図類（枚）	電子媒体資料（個）
購 入	233	59	29	12
寄贈・交換	800	2,668	748	123
計	1,033	2,727	777	135

製本・修理（冊） 761

地質文献データベース登録数・アクセス件数など

	登録数	登録総数	アクセス件数
統合版 GEOLIS	11,106	466,827	6,319,809
貴重資料データベース	88	974	261,549
計	11,194	467,801	6,581,358

閲覧・貸出など情報提供

所外閲覧者	入館者	閲覧件数	貸出件数
88	3,486	4,269	5,067

地質文献複写外部委託

件数（件）	通常コピー（枚）	カラーコピー（枚）	電子媒体（部）
428	15,478	292	7

⑥ メタデータ及びデータベースの整備

「地質の調査」の成果である地質図・地球科学図等の情報に関し、インターネットを通じて利活用出来るよう、メタデータ作成、数値化及びデータベース化を行っている。

メタデータ整備業務では、国土交通省国土地理院の地理空間情報クリアリングハウス用の地理標準フォーマット JMP2.0版に基づくメタデータを1,650件整備し Web 公開した。

⑦ 数値化・地理空間情報の配信

地質図類ベクトル数値化整備業務では、20万分の1地質図幅2図幅及び火山地質図2図をベクトル数値化し、データの校正・編集を行った。5万分の1地質図幅40図幅の Shapefile と kml 形式のベクトルデータを公開した。

○平成27年度 地質図・地球科学図データベース及びメタデータ整備

1. 地質図・地球科学図データベース整備（件数）	
20万分の1地質図幅、火山地質図の数値化数	4
5万分の1地質図幅ベクトルデータ公開	40
2. メタデータ整備（件数）	
地理空間情報クリアリングハウス：メタデータ登録数	1,650

⑧ 5万分の1地質図幅調査に係る調査時基礎データのアーカイブ作成

地質図幅等の産総研地質調査総合センター発行出版物はもとより、論文等の多様な研究成果に係る基礎データの登録・保管を進めた。並行して、システム改良のためにオープンソース文書管理システムへの移植を行い、機能追加等の改良を施し、所内へのシステムの試験公開を行った。

⑨ 地質試料の管理

岩石試料317点、化石試料1点を標本登録した。組織再編に伴い、標本関連の内規類を改正・整備した。標本利用（画像利用を除く）は35件（1,028点）であった。

研 究

○地質標本館関係行事一覧

実施期間	特別展及び速報	講演会	外部出展	イベント	入館者・参加者
2015/4/14～ 6/28	春の特別展「第4回 火山巡回展 伊豆大 島火山」				期間中の入館者数 7,431人
2015/4/19		地質標本館特別講演 会「火と水が出あう 場所 伊豆大島」			聴講者数 27人
2015/4/19				体験イベント「実験で学 ぶ火山」 工作イベント「作って学 べる! 工作コーナー」	入館者数 270人 (ペーパー クラフト作成 55人)
2015/4/29			つくばエキスポセンター出 展: 工作体験「親子で作ろう! 断層トレンチ模型」		聴講者数 45人 (ペーパーク ラフト作成 24人)
2015/5/9～10			つくばフェスティバル		143人 (9日)、210人 (10 日)
2015/5/10				地質標本館地質の日イベ ント「作って学ぼう!!工 作コーナー」	入館者数 79人 (ペーパーク ラフト作成 21人)
2015/7/14～ 9/27	夏の特別展「ジオバ ークで見る日本の地 質」				期間中の入館者数 16,620人
2015/7/18				産総研一般公開/地質標 本館特別講演会「ジオバ ークへ行こう 2015」	聴講者数午前 62人 午後 74人
2015/8/21				地質標本館夏休み「化石 クリーニング教室」	参加者数 15人
2015/8/22				地質標本館夏休み「地球 何でも相談」	相談数 20人
2015/9/13～15			地質情報展2015ながのへの出 展協力		来場者数 353人
2015/10/13～ 11/23	臨時展示「シームレ ス地質図と地質模 型」				期間中の入館者数 3,799人
2015/11/7～8			つくば科学フェスティバル		来場者数 17,977人
2015/11/13				2015年茨城県民の日 (11/13)「県民の日ス ペシャルガイドツアー」	入館者数 125人 (参加者 79人)
2015/12/1～ 2016/3/21	冬の特別展「地質情 報展2015ながの」				期間中の入館者数 6,637人
2015/12/21				第1回ジオ・サロン「模 型でのぞくジオ・ワール ド」	参加者数 31人
2016/2/1				第2回ジオ・サロン「化 石のおいしい話」	参加者数 26人
2016/3/6			ジオネットワークつくばイベ ント協力 (ジオネットの日)		館内化石さがし 28人、岩石 見学ツアー 5人
2016/3/27				第3回ジオ・サロン「鉱 物とあそぼう!～さあ、 アクアマリンの世界へ ～」	参加者数 18人

○地質標本館入館者数（平成27年度総数 39,422人）

入館者数	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
個人	1,760	2,515	1,368	5,692	7,085	1,881	1,371	1,638	986	1,030	1,221	1,663	28,210
団体	1,305	712	1,020	1,054	1,357	536	1,519	1,234	720	528	451	776	11,212
計	3,065	3,227	2,388	6,746	8,442	2,417	2,890	2,872	1,706	1,558	1,672	2,439	39,422

○団体見学への地質標本館内説明実績（対応件数 189件）

	区分	件数	内容
学校関係	小学校	29	地層・岩石の話
	中学校	9	地層・岩石の話
	高校	53	地質調査に係る研究成果紹介
	高等専門学校	1	地質調査に係る研究成果紹介
	大学	6	地質調査に係る研究成果紹介
視察・VIP	視察・VIP	15	地質調査に係る研究成果紹介
海外研修生	海外研修生	17	地質調査に係る研究成果紹介
その他	その他（一般団体）	59	地質調査に係る研究成果紹介
合計		189	

○地質標本館室 職場体験学習生・研修受入

職場体験学習生	つくば市立手代木中学校 4人	1日間（4人）	中学生の職業観の育成等（中学校のカリキュラム対応）
	つくば市立並木中学校 3人	1日間（3人）	
	芝浦工業大学柏中学高等学校 6人	1日間（6人）	
博物館実習	千葉大学 6人	8日間（6人）	博物館業務に係る試・資料の収集・保管・展示等の指導
	立正大学 1人	7日間（1人）	
	川村学園大学 6人	7日間（6人）	
	東京農業大学 1人	7日間（1人）	
	日本大学 1人	10日間（1人）	
	信州大学 1人	10日間（1人）	
薄片技術研修	東京大学大気海洋研究所 1人	4日間（1人）	爬虫類骨化石の薄片作製技術の指導

7) 計量標準総合センター

(National Metrology Institute of Japan)

計量標準総合センター長：三木 幸信

所在地：つくば中央第3

概 要：

計量標準総合センター（National Metrology Institute of Japan：NMIJ）は、工学計測標準研究部門、物理計測標準研究部門、物質計測標準研究部門、分析計測標準研究部門、計量標準普及センター、研究戦略部の計6部署から構成される。計量標準の整備は計測技術の研究開発とともに、計量標準総合センターの重要なミッションであり、産業技術の基盤として大きな発展が望まれている。計量標準を整備する4つの研究部門とその成果普及業務等を実施する「計量標準普及センター」、企画調整等を担う「研究戦略部」が互いに連携を取りながら、経済産業省が企画立案する政策のもと、計量標準や計測分析技術に関する先導的な研究開発を行うとともに、質の高い標準供給を行い、我が国のトレーサビリティ制度と法定計量制度の発展に貢献している。また、計量標準総合センターは、外部からは産総研の計量に関わる活動の中核的な組織として位置付けられ、国際的にはメートル条約などにおいて日本の代表機関として位置付けられている。なお計量標準総合センターの計量標準以外の活動については該当する部署の記載を参照されたい。

計量標準の整備・普及や研究成果の橋渡しに関わる活動を円滑かつ確実に実施するため、NMIJ 運営協議会、NMIJ 技術マーケティング会議、物理標準分科会、化学標準分科会を、それぞれ定期的に開催している。

具体的な、主な活動は以下の通りである。

- 1) 標準整備計画に基づく、既存の計量標準の維持・改善と新しい標準の研究・開発
- 2) 高品質な標準の供給、共同研究・技術指導、広報・啓発活動等による成果の普及
- 3) 計量標準の需要動向の調査と、それに基づく標準整備計画や研究課題への反映
- 4) メートル条約、OIML 条約などの国際条約に基づく活動（計量標準の国際相互承認 [MRA]、各国の国家計量標準機関 [NMI] との研究協力・技術協力など）
- 5) 計量や計測に関する人材の育成
- 6) 計量法に基づく計量器の型式承認、基準器検査等
- 7) 計量や計測に関する橋渡しに関連した他機関との連携業務等

①【計量標準総合センター研究戦略部】

(Research Promotion Division of National Metrology Institute of Japan)

研究戦略部長：白田 孝

研究企画室長：権太 聡

計量標準調査室長：島岡 一博

国際計量室長：日置 昭治

所在地：つくば中央第1、第3

人員：15名（12名）

概 要：

領域長（センター長）は、理事長の命を受けて、各研究領域における研究の推進に係る業務の統括管理を行っている。研究領域間の融合を推進し、業務を実施している。

研究戦略部長は、領域長の命を受けて、各研究領域の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く。）を統括している。研究領域間の融合を推進し、業務を実施している。

計量標準総合センター研究企画室

(Research Planning Office of National Metrology Institute of Japan)

概 要：

当室は、産総研組織規程第6条の規定に基づき、計量標準総合センターにおける研究の推進に関する業務を行っている。具体的には、第4期中長期目標の達成に向けて、産総研のミッションの遂行のための戦略を策定し、他独法、産業界、大学等への働きかけと連携の強化、ならびに領域内外の融合研究などの種々の取り組みを促進するため、平成27年度は主に下記6つの計画の下、業務を行った。

- 1) 研究戦略、予算編成等に係る方針の企画及び立案並びに総合調整
- 2) 領域プロジェクトの企画、立案及び総合調整
- 3) 領域間連携推進、プロジェクトの企画及び立案並びに総合調整
- 4) 関係団体等との調整
- 5) 領域長及び研究戦略部長が行う業務の支援
- 6) 領域における研究の推進に関する諸業務の遂行

1)については、研究領域における研究の推進に係る研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関する業務を行った。また、第4期中長期目標にもとづいた年度計画の策定を関係各部署・機関と調整の上を行った。

2)については、研究領域におけるプロジェクトの企画、立案及び総合調整に関する業務を行った。さらに、シーズ発掘、各種連携や融合などへの発展を促進した。また、領域の成果の発信の支援として、テクノブリッジフェアへの参加調整の他、各種講演会及び展示会などの企画と運営を行った。

3)については、研究領域間の連携の推進、プロジェ

クトの企画及び立案並びに総合調整に関する業務を行った。

(存続期間：2015.4.1～)

4)については、研究領域における経済産業省その他関係団体等との調整に関する業務を行った。他独法、産業界、大学等への働きかけにより組織的な対話の機会を設け、連携の強化やプロジェクトの共同提案などの発展を支援した。

5)については、領域長及び研究戦略部長が行う業務の支援に関する業務を行った。

6)については、研究領域における研究の推進に関する諸業務を行った。委員会等の事務局、各種発注等の取りまとめなど、領域運営・研究推進に係る諸業務を遂行した。研究ユニットと情報交換を行い、研究ユニットの円滑な運営を支援した。また、ユニット幹部とともに、企業幹部を訪問し、共同研究の推進に努めた。

研究部門長：高辻 利之
副研究部門長：小畠 時彦
総括研究主幹：小谷野 泰宏、寺尾 吉哉
首席研究員：藤井 賢一

所在地：つくば中央第3、つくば北
人員：76名 (76名)
経費：512,300千円 (330,759千円)

概要：

本研究部門では、自動車に代表されるものづくり産業の高度化に役立つ、幾何学量・質量・力学量・流量などに関連する国家計量標準の整備と普及、関係する計測・評価技術の開発・高度化を行っている。これら開発・高度化した計測・評価技術および計測機器を用いて、ユーザーが必要とするソリューションの提供に努める。また、アボガドロ定数精密測定による質量標準など、次世代計量標準の開発を推進する。さらに、工業標準化や国際標準化をはじめとする基準認証業務への貢献を図る。加えて、特定計量器と呼ばれる、規制が要求される計量器の形式承認やその検定に必要な基準器の検査など、商取引における消費者保護などを目的とした法定計量業務を実施する。

計量標準調査室 (NMIJ Public Relations Office)

概要：

計量標準の開発や供給を通じて産業界や社会のイノベーションを促進させるため、研究実施部門と密接に連携して、計量標準整備計画の策定、維持、改善を図るとともに、講演会や成果発表会などの開催、報告書・技術資料の発行などを通して、新しい計量標準に関する研究成果の発信を行っている。

また、計量標準に係る活動内容や研究成果などを広く普及するため、産技連知的基盤部会、NMIJ 計測クラブ、計測標準フォーラムなどと連携し、NMIJ ホームページ、展示会出展、パンフレット等、様々な形態の広報・啓発普及活動の企画運営を行っている。

内部資金：

交付金 戦略予算 半導体製造特殊プロセスガス流量計測技術の開発

国際計量室 (NMIJ International Cooperation Office)

概要：

計量標準・法定計量に関わる国際戦略策定の取りまとめ。メートル条約、及び OIML 条約に関する各種国際会議・委員会・作業委員会（国際度量衡委員会、国際法定計量委員会等）への対応。国際相互承認（CIPM MRA、OIML MAA）への対応。各研究部門が参加する国際比較等の支援・管理。二国間 MoU に基づく国際活動の取りまとめ。JICA プロジェクト等の研修事業の支援。途上国向け技術研修の受入支援。国際機関事務局（APMP 及び APLMF）との連絡・調整などを実施している。

交付金 標準基盤研究 非直交型非接触三次元測定機の国際標準化

交付金 標準基盤研究 円形管路の絞り機構による流量測定方法—スロートタップ式フローノズル

交付金 標準基盤研究 半導体製造工程で使用するプロセスガス流量の標準化

交付金 戦略予算 国際単位系 (SI) の定義改定にもとづく革新的計測技術の開発

機構図 (2016/3/31現在)

交付金 戦略予算 クレーストの高度化とガス透過度測定法の国際標準化推進

業務報告データは、計量標準普及センターの業務報告データに記載。

交付金 戦略予算 高精度測定・評価技術による地域ものづくり強化

②【工学計測標準研究部門】

(Research Institute for Engineering Measurement)

交付金 戦略予算 産業向けオイル複合センサーの開発

交付金 標準基盤研究 遠心加速度校正に関する標準化研究

外部資金：

経済産業省 平成27年度三次元造形技術を核としたものづくり革命プログラム（次世代3次元内外計測の評価基盤技術開発）

（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構 水素利用技術研究開発事業/燃料電池自動車及び水素ステーション用低コスト機器・システム等に関する研究開発/水素ステーションにおける水素計量管理方法に関する研究開発

経済産業省／（公財）やまなし産業支援機構 平成26年度戦略的基盤技術高度化支援事業（液体を検査媒体とすることで高圧工程を安全・低コストに実現する量産対応高圧漏れ検査装置の開発）

静岡県 先端企業育成プロジェクト推進事業（次世代超薄板ガラスのインライン検査を可能とする超高速複屈折計測装置の開発）

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 特別研究員奨励費 X線ホログラフィ映像法を用いた媒質内屈折率分布の3次元測定

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(A) パルス超音波デコンボリューション法を用いたワイドレンジ流速分布過渡流量計の開発

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B) マイクロレオロジーセンサーで切り拓くインライン粘弾性モニタリングの新展開

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(A) 気体定数への新たなアプローチ-6桁の精度で気体密度を測る

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 光周波数コムを利用した屈折式海水塩分センサの開発

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B) 高レイノルズ数円管流れにおける摩擦損失係数の定式化と普遍速度分布に関する研究

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 高レイノルズ数条件における高精度流量計測のための複測線式多点同時計測 LDV の開発

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B) 自己校正型ロータリエンコーダを利用した絶対形状測定システムの開発

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B) 電磁力による新たなトルク計測技術に関する研究

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B) スペクトラム拡散法を用いた曲流路探傷式高精度超音波流量計測システムの開発

発表：誌上発表67件、口頭発表93件、その他58件

長さ標準研究グループ

(Length Standards Group)

研究グループ長：尾藤 洋一

(つくば中央第3)

概要：

長さの標準供給は、産業・科学技術の要であり、その安定的供給には大きな期待が寄せられている。この分野では、高精度な上位の標準から、現場で用いられる下位の標準まで、幅広い標準が求められる。これらに応えるためには、信頼性の高い長さ測定技術の開発が不可欠である。当グループでは、産業界から求められ、また国際比較などで求められている長さに関して標準の確立とそれらの供給体制の整備を行うとともに、民間との連携によって、階層構造に基づく我が国のトレーサビリティ体系を構築している。

研究テーマ：テーマ題目1

幾何標準研究グループ

(Dimensional Standards Group)

研究グループ長：阿部 誠

(つくば中央第3)

概要：

ものづくり産業の高度化にしたがって工業製品・部品の形状が複雑化している。その形状・寸法を2次元または3次元的に評価・検証するため、幾何学量の標準に対する期待が高まっている。幾何標準研究グループは産業界からのニーズに基づき、三次元計測、画像計測、計測用 X線 CT、および角度計測などに関する標準の確立と供給体制の整備を推進するとともに、民間企業等との活発な共同研究等に取り組むことにより橋渡し機能の一翼を担っている。

研究テーマ：テーマ題目2

ナノスケール標準研究グループ

(Nanoscale Standards Group)

研究グループ長：平井 亜紀子

(つくば中央第3)

概要:

ナノメートルサイズの寸法・形状標準についての標準設定・供給、研究開発を行っている。長さ標準にトレーサブルな高分解能レーザ干渉計、測長型原子間力顕微鏡、干渉顕微鏡、触針式粗さ計を開発し、走査電子顕微鏡も組み合わせて、一次元・二次元回折格子ピッチ、段差、線幅、表面粗さの校正サービスを行っている。また、これらの標準供給の範囲拡大や信頼性を高めるための研究開発を実施している。

研究テーマ：テーマ題目3

質量標準研究グループ

(Mass Standards Group)

研究グループ長：藤井 賢一

(つくば中央第3)

概要:

質量と重力加速度についての標準から現場計測に至るまでのトレーサビリティを確保するとともに、2018年に予定されているキログラムの定義改定に対応するためにアボガドロ国際プロジェクトを運営し、X線結晶密度法によって原子の数からキログラムを実現するための研究開発を行い、現行のキログラム原器に代わる新しい質量標準を確立する。また、プランク定数にもとづく新しいキログラムの定義を利用した微小質量計測技術を開発し、ナノテクノロジーなどに広く貢献するための計測技術を開発する。分銅の質量校正については JCSS 校事業者登録制度や依頼試験によって標準を供給する。重力加速度についてはその国際比較や国土地理院が主催する国内比較に参加することによって標準を供給し、国内の重力加速度マップの整備に貢献する。

研究テーマ：テーマ題目4

流体標準研究グループ

(Fluid Property Standards Group)

研究グループ長：藤田 佳孝

(つくば中央第3)

概要:

固体密度や流体の密度、液体の屈折率、粘度、および関連する流体物性に関する標準の設定、供給範囲の拡張や高精度化などの計測・校正技術の開発を行う。これらに基づき構築した高精度で信頼性の高いトレーサビリティ体系による標準供給や流体物性の計測・評価を通じて、広範な産業分野で求められる製造工程・品質の管理における信頼性確保や液体材料の物性評価に基づく高度利用に貢献する。

研究テーマ：テーマ題目5

カトルク標準研究グループ

(Force and Torque Standards Group)

研究グループ長：大串 浩司

(つくば中央第3)

概要:

力・トルク（力のモーメント）の各量についてこれまで開発を進めてきた国家計量標準の範囲を拡大・高度化することにより、標準を維持して産業界に安定的に供給することを主たるミッションとしている。また他国 NMI との国際比較を積極的に行い、国際整合性を確保し、世界最高水準の標準維持に務めている。力に関しては力標準機から力計さらには材料試験機へ、トルクに関してはトルク標準機からトルクメータ・トルクレンチやトルク試験機へと、国家標準から現場の一般計測器につながるトレーサビリティを確保するために必要な課題について研究・技術開発を行っている。新原理に基づく微小力、微小トルク標準の開発や、高精度・高安定な力計、トルクメータの開発にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目6

圧力真空標準研究グループ

(Pressure and Vacuum Standards Group)

研究グループ長：小島 時彦

(つくば中央第3)

概要:

圧力真空標準は、圧力計や真空計による圧力測定の基本であり、産業を支える基盤技術である。当グループでは、世界最高水準の圧力・真空・分圧・リーク標準を整備し、産業界並びに科学技術分野からの超高压力から極高真空までの計測技術の要望に応える事を目標として、研究開発を進めている。既に jcsc 校正、あるいは、依頼試験で供給開始済みの圧力・真空・分圧・リーク標準について、標準供給を円滑に行うとともに、標準の高度化及び供給技術の効率化を進めている。また、圧力・真空・分圧・リーク標準及び関連する計測技術の高度化のための研究開発を実施し、外部連携による産業界等への技術移転を進めている。国際比較等の国際計量機関の活動へ積極的に参加し、国際計量システムの構築に貢献している。関係する国内外規格の標準化活動への参加、国内トレーサビリティ制度への協力も行っている。更に、圧力・真空・分圧・リーク標準及び関連する計測技術の研究開発成果と技術情報の普及に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目7

強度振動標準研究グループ

(Vibration and Hardness Standards Group)

研究グループ長：服部 浩一郎

(つくば中央第3)

概要:

振動量、振動加速度・衝撃加速度及び材料強度分野に関する標準維持・供給および、計測技術の開発を行っている。振動加速度領域では、振動加速度、衝撃加速度および角速度について、材料強度領域では、ロックウェル硬さ、ビッカース硬さおよびシャルピー衝撃値の校正サービスを行うとともに、標準供給の範囲拡大および高度化に関する研究開発を実施している。

研究テーマ：テーマ題目8

液体流量標準研究グループ

(Liquid Flow Standards Group)

研究グループ長：嶋田 隆司

(つくば中央第3、つくば北)

概要：

液体流量の標準の設定と供給および関連する計測技術の研究開発を担っている。液体（水）流量、石油大流量、石油中流量、石油小流量の国家標準設備（特定標準器）を保有し、校正サービスを行いながら、これらの標準供給の範囲を広げ、また信頼性を高めるための研究開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目9

気体流量標準研究グループ

(Gas Flow Standards Group)

研究グループ長：寺尾 吉哉

(つくば中央第3)

概要：

気体流量、気体流速の標準設定・供給、脈動気体流量測定技術の開発を行っている。気体中流量、気体小流量、気体大流速、気体中流速、微風速の国家標準設備（特定標準器）を保有し、校正サービスを行いながら、これらの標準供給の範囲を広げ、また信頼性を高めるための研究開発を実施している。

研究テーマ：テーマ題目10

型式承認技術グループ

(Type Approval Group)

研究グループ長：上田 雅司

(つくば中央第3)

概要：

特定計量器の性能に関する試験データ及び図面審査の両面から総合評価を行い、計量法に基づく型式承認並びに OIML 勧告に基づく OIML 計量器証明書適合性評価を行っている。また、技術革新又は国際勧告に調和した技術基準を導入するとともに、合理的かつ効果的な試験・評価方法の検討・策定を行っている。

研究テーマ：テーマ題目11

計量器試験技術グループ

(Testing and Inspection Group)

研究グループ長：三倉 伸介

(つくば中央第3)

概要：

計量法に定める医療用計量器、タクシーメーター及びアナロイド型圧力計の型式承認試験、特定計量器の標準である基準器検査及び酒精度浮ひょうの比較検査や計量器の依頼校正を行い、計量が正確に行われることに貢献している。また、密度標準とつなぐ浮ひょうの計量標準の供給や標準供給方法の開発、計量器の JIS 原案作成や OIML 勧告等の規格に関連した国際対応にも寄与している。

研究テーマ：テーマ題目12

質量計試験技術グループ

(Legal Weighing Metrology Group)

研究グループ長：福田 健一

(つくば中央第3)

概要：

計量法に定められた質量計関連の特定計量器の型式承認試験と計量器の基準器検査、公的質量標準に関する管理マニュアルの審査など、法定計量業務に貢献している。基準適合性評価として、型式承認において活用する個別要素試験としての依頼試験と OIML 適合性試験を実施している。また、計量研修センターが実施する計量教習と特定教習に講師を派遣し、人材育成に貢献している。

研究テーマ：テーマ題目13、テーマ題目14

流量計試験技術グループ

(Legal Flow Metrology Group)

研究グループ長：森中 泰章

(つくば中央第3)

概要：

計量法に基づく型式承認試験、基準器検査のうち、体積・流量に関する試験・検査を行っている。その他、国際基準による OIML 適合性試験（自動車等給油メーター、水道メーター）、校正サービスによる標準タンク、標準フラスコ等の校正を行っている。また、これらの技術基準について規格の検討及び策定を行っている。

研究テーマ：テーマ題目15

[テーマ題目1] 長さ標準の研究開発・維持・供給

[研究代表者] 尾藤 洋一（長さ標準研究グループ長）

[研究担当者] 尾藤 洋一、寺田 聡一、直井 一也、日比野 謙一、近藤 余範、向井 誠二（常勤職員5名、他1名）

[研究内容]

長さ関連（ブロックゲージ、標準尺、距離計等）及び偏差量（平面度、真円度等）の各標準に関して、品質シ

システムに従って維持、供給を行った。技術アドバイザーとして製品評価技術基盤機構が行う校正事業者の認定審査に参加するとともに、各種技能試験の参照値を提供した。平面度標準において、角度測定を利用した測定装置の高度化（2次元化）のための技術開発を進めた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】長さ、幾何偏差量

【テーマ題目2】幾何学量の高精度化に関する研究

【研究代表者】阿部 誠（幾何標準研究グループ長）

【研究担当者】阿部 誠、渡部 司、藤本 弘之、
鍛島 麻里子、佐藤 理、松崎 和也、
福島 博之、呂 明子
（常勤職員6名、他2名）

【研究内容】

X線CTによる幾何形状の標準開発のための幾何誤差の要因に関する知見の集積を進めた。jcss校正「ロータリエンコーダ」を2件行った。依頼試験校正について、「CMMによる幾何形状測定」：16件、「多面鏡」：2件、「オートコリメータ」：2件の計20件を実施し、円滑に標準供給できるように設備及び測定環境を整備した。JCSS認定制度への協力として、認定・更新審査における技術アドバイザーの派遣を行った。また、工業標準化への協力としてJIS化2件、ISO原案開発における国際エキスパート派遣（プロジェクトリーダー1件およびタスクフォースリーダー1件を含む）、国内委員会委員等の派遣を行い、JIS原案開発における委員等の派遣を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】幾何寸法・幾何形状、角度標準、座標測定機、ステップゲージ、X線CT

【テーマ題目3】ナノメートルスケール寸法・形状標準の開発に関する研究

【研究代表者】平井 亜紀子（ナノスケール標準研究グループ長）

【研究担当者】平井 亜紀子、土井 琢磨、直井 一也、
三隅 伊知子、菅原 健太郎、堀 泰明、
木津 良祐、木下 和人
（常勤職員7名、他1名）

【研究内容】

測長型原子間力顕微鏡、走査電子顕微鏡、干渉顕微鏡、触針式粗さ計などについて高度化を進め、これまで標準供給を宣言した9項目に対して円滑に標準供給できるように設備及び測定環境を整備した。JCSS認定制度への協力として、認定・更新審査における技術アドバイザーの派遣を行った。また、工業標準化への協力として、ISO化、JIS化、JIS改正作業における国際エキスパート、国内委員会幹事補佐・委員等の派遣を行った。微小段差に関するアジア地域の国際比較に参加した。超微細スケールの校正を念頭に、超高分解能レーザ測長技術や

小角入射X線回折技術の開発を進めた。また、線幅（フォトマスク、パターン寸法）については、範囲拡大を目指した検討を進めた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】ナノメートルスケール、原子間力顕微鏡、走査電子顕微鏡、干渉顕微鏡、粗さ計

【テーマ題目4】質量標準の開発と供給

【研究代表者】藤井 賢一（質量標準研究グループ長）

【研究担当者】藤井 賢一、孫 建新、植木 正明、
倉本 直樹、水島 茂喜、藤田 一慧
（常勤職員6名）

【研究内容】

質量標準に関しては、JCSSや依頼試験など多数の校正依頼に対応し着実な標準供給を行った。キログラムの定義改正に向けた研究開発については、2015年度までにアボガドロ国際プロジェクトで得られたX線結晶密度法による測定結果をまとめ、これまでの最高精度である 1.8×10^{-8} （約1億分の1.8）の精度でアボガドロ定数とプランク定数を決定し、論文発表した。この測定結果は科学技術データ委員会（CODATA）が公表した基礎物理定数の2014年推奨値を決定する際の最も重要な基礎データとして採用され、基礎定数の精度向上に貢献した。また、この測定に先だて、国際度量衡局（BIPM）が主催する「国際キログラム原器にもとづく質量の臨時校正（Extraordinary Calibrations）」に参加し、我が国のキログラム原器の値を再校正した結果、従来20 μg だった我が国の質量標準（1 kgのステンレス鋼製分銅）の標準不確かさを6 μg まで大幅に減少させることに成功した。

現在、質量関連量諮問委員会（CCM）が主催するキログラムの実現に関するPilot Studyに参加中であり、NIST（米）、NRC（加）、PTB（独）、LNE（仏）、METAS（スイス）がプランク定数にもとづいて実現したキログラムの値との国際比較を実施中である。この比較結果は2017年に公表される予定であり、メートル条約にもとづいて2018年に開催される国際度量衡総会（CGPM）において、キログラムの定義を130年ぶりに改定するかどうかを審議するための重要な指標となる予定である。

1 mgよりも小さい微小質量領域での標準確立については、電圧天びんを試作し、従来の技術では測れなかったナノグラムオーダーの微小質量を新しい定義のもとでトレーサブルに計測する技術についても開発を行った。その他に、質量標準については、1 kgのシリコン球体やステンレス分銅などを自動洗浄する装置を新たに導入し、表面洗浄による質量変動の要因を減らすための装置整備を行った。さらに、シリコン球の表面を空気中と真空中で測定できる分光エリプソメーターを新たに開発し、表面酸化膜や表面汚染層がシリコン球の質量に与える影

響を評価できるようにした。

重力加速度標準に関しては、CCMの基幹国際比較の報告書取りまとめに協力し、国土地理院などとの定期的な国内共同観測への参加を通して、重力加速度計測の国際整合性確保に協力した。

この他に、JCSSトレーサビリティ制度に関しては、質量の技術分科会に参加し技術基準の作成や改定並びに技術的諸問題の解決に協力するとともに、校正事業者の登録審査や定期検査で技術アドバイザーを務め、JCSS認定機関の活動に協力した。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 質量、重力加速度、キログラム、定義改定、X線結晶密度法、アボガドロ定数、プランク定数、微小質量、JCSS、依頼試験

〔テーマ題目5〕 密度・屈折率・粘度標準の開発・維持・供給

〔研究代表者〕 藤田 佳孝（流体標準研究グループ長）

〔研究担当者〕 藤田 佳孝、早稲田 篤、竹中 正美、
 粥川 洋平、山本 泰之、狩野 祐也
 （常勤職員6名）

〔研究内容〕

固体密度・密度差、密度標準液（水溶液、有機液体、バイオ燃料）、PVT性質、液体屈折率、粘度標準液、非ニュートン性液体に関して、品質システムに基づいて標準供給を行うとともに校正設備の管理・整備や内部監査への対応等の標準の維持・管理を行った。

固体密度については、海外の計量標準機関からの依頼を含め、jcssおよび依頼試験による校正5件を実施した。バイオディーゼル燃料の認証標準物質（CRM-8302a）の候補物質に対する密度と動粘度の均質性・安定性試験の実施と認証値の付与を行い、標準物質開発とその認証に貢献した。JCSS制度への協力として、粘度標準液に関して技能試験における参照値の提供と試験実施への協力を行うとともに、固体密度および粘度に関して技術アドバイザーとして校正事業者の認定審査に参加した。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 密度、密度標準液、PVT性質、屈折率、粘度、粘度標準液、非ニュートン流体、流体物性

〔テーマ題目6〕 力・トルク標準の研究開発・維持・供給

〔研究代表者〕 大串 浩司（力トルク標準研究グループ長）

〔研究担当者〕 大串 浩司、上田 和永、林 敏行、
 西野 敦洋、前島 弘、木村 栄、
 柴野 容一（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

力標準・トルク標準に関して、着実に標準供給並びに性能維持管理を行った。力標準・力計測技術については、小容量音叉式力計の開発、力計校正に及ぼす気圧変動の影響、力計支持点形状の影響等について実験研究を行った。また2 MNレンジについてドイツPTBとの二国間比較結果をまとめた。トルク標準・トルク計測技術に関しては、現状0.1 N・m～20 kN・mの範囲で標準供給を行っているトルクメータの校正範囲を下限方向に0.01 N・mまで拡大する研究開発を推進した。1 mN・mを下回る微小トルク標準実現のために電磁力を利用したトルク標準研究開発を行った。タイNIMTへのピアレビューにレビューアとして協力した。インドネシアRCM-LIPIとの50 N・mレンジ及び2 kN・mレンジにおける二国間比較に協力した。このほかJCSSに関しては、力・トルクの各技術分科会に参加し技術基準の作成や改定並びに技術的諸問題の解決に協力すると共に、校正事業者の登録審査や定期検査で技術アドバイザーを務めるなどJCSS認定機関に協力した。特に今年度は、力・トルクの登録校正事業者による自己組み立ての可能性を広げる技術基準の策定や関係機関との調整に取り組んだ。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 力標準、トルク標準、力計測、トルク計測

〔テーマ題目7〕 圧力真空標準の研究開発・維持・供給

〔研究代表者〕 小島 時彦（圧力真空標準研究グループ長）

〔研究担当者〕 小島 時彦、新井 健太、吉田 肇、
 小島 桃子、梶川 宏明、杉沼 茂実、
 飯泉 英昭、井出 一徳、小松 栄一
 （常勤職員7名、他2名）

〔研究内容〕

既にjcss校正、あるいは、依頼試験で供給開始済みの気体ゲージ圧力標準、気体絶対圧力標準、気体差圧標準、液体圧力標準、真空標準、分圧標準、リーク標準について、標準供給を円滑に行うとともに、標準の高度化及び供給技術の効率化を進めた。圧力・真空・分圧・リーク標準及び関連する計測技術の高度化のための研究開発を実施し、共同研究、技術コンサルティング等、外部連携による産業界等への技術移転を進めた。国際度量衡委員会（CIPM）質量関連量諮問委員会（CCM）及びアジア太平洋計量計画（APMP）等の国際計量機関の活動に参加し、圧力・真空・リーク標準の国際比較を進め、国際計量システムの構築・発展に貢献した。JIS、ISO、OIMLなど、国内外規格の標準化活動へ積極的に参加し、計量法校正事業者登録制度（JCSS）等、国内トレーサビリティ制度への協力も行った。更に、圧力真空クラブの開催、論文発表等により、圧力・真空・分圧・リーク標準及び関連する計測技術の研究開発成果と技術情報の普及に取り組んだ。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕圧力標準、真空標準、分圧標準、リーク標準、重錘形圧力天びん、圧力計、真空計、分圧真空計、リークディテクタ

〔テーマ題目8〕強度振動標準の研究開発・維持・供給

〔研究代表者〕服部 浩一郎（強度振動標準研究グループ長）

〔研究担当者〕服部 浩一郎、清野 豊、高木 智史、野里 英明、穀山 渉、石神 民雄（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

振動加速度および材料強度に関する各標準の維持とともに、その高度化や範囲拡大のため計測技術の研究開発を進めた。特定標準器による校正や依頼試験による供給を行うとともに、技術アドバイザーとして製品評価技術基盤機構が行う校正事業者認定制度に参加し、供給体制整備に協力した。

特に振動加速度の超低周波数領域における不確かさを低減する技術開発を完了し、国際的な同等性を検証するため国際基幹比較へ参加した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕振動加速度、地震計、振動試験、材料強度、硬さ、シャルピー衝撃値

〔テーマ題目9〕液体流量標準の研究開発・維持・供給

〔研究代表者〕嶋田 隆司（液体流量標準研究グループ長）

〔研究担当者〕嶋田 隆司、土井原 良次、古市 紀之、Cheong KarHooi、和田 守弘、武田 一英、渡部 理夫、沼口 昌美、佐々木 丈太、矢島 美代子、菱沼 裕子（常勤職員5名、他6名）

〔研究内容〕

水流量については、従前と同じく0.005 m³/h～3000 m³/h の範囲で特定標準器による校正、0.002 m³/h～12000 m³/h の範囲で依頼試験を行った。石油流量標準については、0.1 m³/h～300 m³/h 並びに0.022 kg/s～67 kg/s の範囲に対して灯油及び軽油を使用した特定標準器による校正並びに依頼試験を行い、0.1 m³/h～15 m³/h 並びに0.022 kg/s～3.4 kg/s の範囲に対しては、スピンドル油を使用した特定標準器による校正並びに依頼試験を行った。また、0.02 L/h～0.1 m³/h 並びに4.4×10⁻⁶ kg/s～2.2×10⁻² kg/s の範囲に対して灯油及び軽油を使用した依頼試験を行った。技術アドバイザーとして製品評価技術基盤機構が行う校正事業者の認定審査に参加した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕水用流量計、石油用流量計

〔テーマ題目10〕気体流量・気体流速標準の研究開発・

維持・供給

〔研究代表者〕寺尾 吉哉（気体流量標準研究グループ長）

〔研究担当者〕寺尾 吉哉、石橋 雅裕、栗原 昇、森岡 敏博、船木 達也、岩井 彩、櫻井 真佐江（常勤職員6名、他1名）

〔研究内容〕

気体小流量、気体中流量、微風速、気体中流速の各標準の品質システムに関し、品質システムに従って維持、供給を行った。大流速標準の不確かさを大幅に低減した。特定標準器による校正、依頼試験を行い、技術アドバイザーとして製品評価技術基盤機構が行う校正事業者の認定審査に参加した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕気体流量計、風速計

〔テーマ題目11〕特定計量器の型式承認及び基準適合性評価

〔研究代表者〕上田 雅司（型式承認技術グループ長）

〔研究担当者〕上田 雅司、原田 克彦、分領 信一、長野 智博、島田 正樹、松岡 聡、渡邊 宏（常勤職員7名）

〔研究内容〕

平成27年度の型式承認審査業務は、タクシーメーター、非自動はかり、水道メーター、各種燃料油メーター、液化石油ガスメーター、ガスメーター、積算熱量計、圧力計、アネロイド型血圧計（電気式・機械式）、体温計（抵抗・ガラス製）、照度計及び環境用計量器に当たる濃度計（大気）、濃度計（pH）、振動レベル計等の特定計量器83型式について国内法に規定する技術基準への適合性を評価し、型式承認の審査をするとともに、承認型式軽微変更届出388件の審査業務を実施した。これらは、計量標準総合センターの認証システム（ISO/IECガイド65）に則って、当グループが実施する特定計量器の型式の承認に関わる認証マニュアルに従って業務を実施しているものである。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕特定計量器の基準適合性評価、OIML 計量器証明書、医療用計量器、環境計量器

〔テーマ題目12〕血圧計・タクシーメーター等の型式承認試験及び基準器検査

〔研究代表者〕三倉 伸介（計量器試験技術グループ長）

〔研究担当者〕三倉 伸介、井上 太、西川 賢二、堀越 努、高橋 豊（常勤職員5名）

〔研究内容〕

当グループが担当する基準器検査（基準ガラス製温度計、基準液柱型圧力計、基準重錘型圧力計、基準密度浮ひょう、液化石油ガス用基準浮ひょう型密度計、基準酒

精度浮ひょう、基準比重浮ひょう、基準重ボーメ度浮ひょう、基準サーボ式ピックアップ) 615件及び計量器の型式承認試験(タクシーメーター、抵抗体温計、ガラス製体温計、アネロイド型圧力計、アネロイド型血圧計) 23件、比較検査(酒精度浮ひょう) 2件、及び依頼試験(ガラス製温度計、密度浮ひょう等) 6件を品質システム(技術マニュアル)の適正な運用を図りつつ実施した。また、JCSS 校正事業者登録制度による技術審査において、技術アドバイザーとして協力した。その他、経済産業省からの依頼による試買品検査(抵抗体温計、アネロイド型血圧計)に対応した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】法定計量、基準器検査、型式承認試験、基準適合性試験、比較検査、標準供給、医療用計量器

【テーマ題目13】質量計に関する法定計量業務

【研究代表者】福田 健一(質量計試験技術グループ長)

【研究担当者】福田 健一、神長 亘、薊 裕彦、大谷 怜志、堀越 努、根本 晴夫(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

質量計に関する特定計量器の型式承認試験と計量器の基準器検査などの法定計量業務について、計量法の技術基準に基づき実施した。非自動はかりの型式承認試験は18件、基準はかりの基準器検査は164台、特級基準分銅の基準器検査は1,162個実施した。

捕捉式はかり、充填用はかり、コンベヤスケールなど今後、法規制の検討に関連が予想される計量器の JIS 原案作成委員会、調査研究委員会等に積極的に参加した。

国際法定計量に関し、国際法定計量調査研究委員会、質量計作業委員会に委員長、委員を派遣するなど積極的に参加・協力し、常に国際基準・規格に対応するように技術能力の確保に努めた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】法定計量、特定計量器、型式承認、基準器検査、非自動はかり、分銅、天びん、OIML、法定計量クラブ、NMIJ 計測クラブ

【テーマ題目14】基準適合性評価

【研究代表者】福田 健一(質量計試験技術グループ長)

【研究担当者】福田 健一、神長 亘、薊 裕彦、大谷 怜志、堀越 努、根本 晴夫(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

OIML 条約に基づく国際勧告(OIML-MAA)に従い、非自動はかり及び質量計用ロードセルの性能評価試験を実施し、テストレポートの発行を行った。非自動はかりの性能評価を円滑かつ効率的に行うためのモジュール試

験(非自動はかりの指示計及びロードセル)を実施。また、これらの試験に使用する設備の整備及び OIML 勧告に従った試験において、品質マネジメントシステム ISO/IEC17025に基づく機器管理を実施した。

経済産業省が実施する計量関連調査事業(家庭用計量器)において、試買品検査として一般体重計60台と調理用はかり75台の検査を JIS B 7613に基づき実施した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】OIML、質量計用ロードセル、質量計用指示計、適合性評価、個別要素試験、モジュール試験

【テーマ題目15】特定計量器の適合性評価に関する研究開発・試験検査

【研究代表者】森中 泰章(流量計試験技術グループ長)

【研究担当者】森中 泰章、戸田 邦彦、伊藤 武、藤本 安亮、菅谷 美行、堤 寛子、宮澤 豊(常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

計量法に規定される体積・流量関係について、特定計量器の型式承認試験(水道メーター、温水メーター、燃料油メーター、液化石油ガスメーター、ガスメーター)及び基準器検査(基準フラスコ、基準ビュレット、基準ガスメーター、基準水道メーター、基準燃料油メーター、基準タンク、基準体積管)の試験・検査を行った。また、国際基準に基づく OIML 適合証明書(自動車等給油メーター、水道メーター)のテストレポートを発行した。その他、適合性評価基準の JIS 素案(燃料油メーター、積算熱量計)の作成、及び水素ディスペンサの今後の方向性を探るための調査を行うとともに、JIS 原案の作成を行った。なお、この水素ディスペンサの JIS については、今後国際会議の中で日本発信の技術基準として提案していく予定である。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】特定計量器の適合性評価、OIML、JIS

③【物理計測標準研究部門】

(Research Institute for Physical Measurement)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：中村 安宏

副研究部門長：藤間 一郎

総括研究主幹：座間 達也、丹波 純

首席研究員：山田 善郎

所在地：つくば中央第3、第2

人 員：70名(70名)

経 費：480,002千円(281,805千円)

概 要：

研究ユニットのミッション：

電気、時間（周波数）、温度、光の4つの物理量に関して、国の知的基盤整備計画に基づいて計量標準の整備を行うとともに、標準の管理・供給と国際同等性の確保、及び計量ユーザへの情報提供等による利活用の促進を行う。また、測定方法の高精度化と基礎物理定数の追及・探求によって、次世代計量標準の開発を進める。さらに、これら物理量に係る高度計測技術の開発や計測機器、分析装置、センサー等の開発を中心に、目的基礎研究、橋渡し研究に取り組む。

研究開発の方針：

国の知的基盤整備計画（第2期計量標準整備計画）に定められた計量標準を計画通り開発・整備するとともに、民間企業等への校正サービスを着実にを行い、計量標準の普及に努める。また、当部門が有する、電気・光等に係る高度な精密計測技術と専門知見を活用して、モノづくり産業に有用な新たな計測技術や計測装置、センサー等の開発を行い、企業への技術の橋渡しを目指す。

内部資金：

戦略予算「電磁波を用いた医薬品の水分含有量のリアルタイム計測」

標準基盤研究「Standard for Rectangular Metallic Waveguides and Their Interfaces for Frequencies of 110 GHz and Above (110GHz 以上の方形導波管およびインターフェースの標準化)」

外部資金：

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (ERATO)「ERATO 美濃島知的光シンセサイザプロジェクト」

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 (産学共創基礎基盤研究プログラム)「高速・高精度テラヘルツ時間領域ポーラリメータの開発と産業応用展開」

国立研究開発法人海洋研究開発機構「水温センサトレーサビリティ確立のための温度計校正・評価技術の開発」

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 「燃料棒・制御棒の破損・溶融試験装置の温度計測技術の開発」

一般社団法人日本電機工業会「シャント抵抗器の校正技術を高度化する研究」静岡県「光生物学的安全性リスク評価のための実用計測技術および評価装置の開発」

若手研究(B)「in-situ 温度測定によるイッテルビウム光格子時計の高精度化」

基盤研究(C)「マイクロプロセス技術を利用した新しい輝度均一標準光源の開発」

若手研究(B)「可視から中赤外領域にスペクトルを持つ狭線幅光周波数コムの開発」

基盤研究(C)「可搬型光格子時計のための光制御型低速原子線源の開発」

若手研究(B)「完全に基礎物理定数に基づく電圧標準体系の確立に向けた量子化ホール抵抗分圧器の開発」

若手研究(B)「極低温測定のための音叉型水晶振動子を用いたヘリウム3融解圧温度計の開発」

基盤研究(C)「高精度テラヘルツ絶対電力センサー素子の開発」

基盤研究(C)「合金の溶融反応に基づく高温温度履歴モニターの開発」

若手研究(B)「受光素子における応答非直線性とその波長依存性の抑制手法確立に向けた研究」

基盤研究(C)「常温常圧でピコワット分解能の MEMS 方式高速大面積光カロリメータの開発と応用」

若手研究(B)「新規絶対熱電能計測技術の構築」

基盤研究(A)「全冷却方式超高安定マイクロ波発振器の開発」

若手研究(B)「単一分子電気化学の創出を目指したカーボンナノチューブ化学電極の高速電気測定」

基盤研究(C)「超高安定セラミック光共振器の開発」

若手研究(B)「超伝導ナノ構造を用いた量子電流標準の研究」

若手研究(B)「長期連続運転可能で極めて高い周波数安定度を有する原子泉の開発」

若手研究(B)「長距離光ファイバ伝送路安定化による高精度キャリア分配システムの開発」

挑戦的萌芽研究「半導体イメージセンサの熱雑音を用いた赤外線レーザービームプロファイラの開発」

挑戦的萌芽研究「量子力学に基づいた高周波磁界測定」

新学術領域研究「次世代超大型光学赤外線望遠鏡 TMT と高分散分光器による宇宙の加速膨張の直接検証」

基盤研究(A)「Er ファイバーコムを用いた可視域デュアルコム分光に関する研究」

基盤研究(B)「光コムによる環境自己補正型の精密長さ計測エコ技術の開発」

基盤研究(B)「マンガン窒化物の電気抵抗極大：特異な伝導機構解明と抵抗標準材料への展開」

基盤研究(C)「非接触電力伝送の高効率化に向けた電力計測技術の確立」

基盤研究(C)「ホタルルシフェリン生合成経路の解明とキラルフリー発光システムへの応用」

発表：誌上発表132件、口頭発表195件、その他45件

時間標準研究グループ

(Time Standards Group)

研究グループ長：保坂 一元

(つくば中央第3)

概要：

時間周波数国家標準である UTC (NMIJ) の維持・管理・供給と国際同等性の確保、および、計量ユーザへの利活用の促進を行う。また、UTC (NMIJ)

を高安定化、高信頼化するとともに時間周波数比較精度を向上させるための研究を推進する。

次世代の周波数標準を目指す光周波数標準については、 10^{-17} 以下の不確かさを実現すること、および UTC (NMIJ) の高度化に貢献する事を念頭に研究を進める。平成27年度は、ストロンチウム原子の時計遷移周波数の測定において、協定世界時等との比較における不確かさを厳密に評価し、これまでの測定精度を3倍以上向上させた。なおこれと並行して、光時計の長期運用を目指し、光源の改良やシステムの簡素化なども行った。

研究テーマ：テーマ題目1

周波数計測研究グループ

(Frequency Measurement Group)

研究グループ長：稲場 肇

(つくば中央第3)

概 要：

光周波数コム(光コム)の発生・制御・応用についての研究開発を行っている。当研究室の光コムは、UTC など周波数標準と組み合わせで長さの国家標準として運用されています。また、次世代周波数標準においては UTC との周波数リンクや、原子冷却レーザーや時計レーザーの周波数安定化に用いられている。より使いやすく、より低い不確かさで光の周波数を測るための技術をはじめ、環境モニターなどのために高速かつ高精度にガスを分光する技術を開発し、社会や産業に橋渡しすることに取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目2

量子電気標準研究グループ

(Quantum Electrical Standards Group)

研究グループ長：金子 晋久

(つくば中央第3)

概 要：

量子電気標準に関わる研究開発・維持・供給を行っている。量子電気標準とは、量子ホール効果やジョセフソン効果、単一電子素子など量子効果を利用した電気標準である。微細加工技術による素子作製、基礎物理実験、装置実装、各種不確かさ要因の追求と低減の研究、従来の標準との整合性の確認、標準供給にいたるまで、基礎研究からその産業応用にいたるまで様々な研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目3

応用電気標準研究グループ

(Applied Electrical Standards Group)

研究グループ長：藤木 弘之

(つくば中央第3)

概 要：

交流電圧・電流、インダクタンス、キャパシタ、変成器などの交流電気に関連する国家標準の供給を行っている。標準供給に加えて、電圧や電流の新型センサーの開発や光 CT を利用した新しい計測システムの開発にも取り組んでいる。エネルギー対策で必要な計測技術の開発にも力をいれており、高調波電力測定技術の開発、リチウムイオン電池や電気二重層キャパシタのインピーダンス特性評価の研究、廃熱利用に関連した熱電材料のゼーベック係数の新規評価技術の開発など産業応用の研究開発も行なっている。

研究テーマ：テーマ題目4

電磁気計測研究グループ

(Electromagnetic Measurement Group)

研究グループ長：堀部 雅弘

(つくば中央第3)

概 要：

通信機器や電子機器の設計・製造および性能の保証において、電子回路やデバイスの特性であるインピーダンスや電磁波の伝播特性(散乱パラメータ、Sパラメータ)の測定は必須となっている。これら特性について、kHz から THz の領域に至る広周波数帯域における計測技術と計量標準の研究開発を行ってきた。これにより、ベクトルネットワークアナライザによる高精度な測定を実現するとともに、産業分野でニーズの高い材料の誘電率等の電磁波特性評価技術や、電磁波吸収・遮蔽材料、平面回路、アクティブデバイスなどの計測および設計の技術研究開発も行った。さらに、農産物や医薬品の品質評価を現場で実現することを目的として、電磁波計測技術に基づく非接触・非破壊センシング技術の研究を行った。

研究テーマ：テーマ題目5

高周波標準研究グループ

(Radio-Frequency Standards Group)

研究グループ長：飯田 仁志

(つくば中央第3)

概 要：

高周波・マイクロ波等の電磁波は、近年、産業分野で幅広く利用されるようになってきました。高周波領域の電磁波では、分布定数的、波動的な取り扱いが必要となるため、低周波における電圧、電流、抵抗などに代わって、電磁波の伝送に関わる高周波電力や高周波減衰量など種々のパラメータが基本的な測定量として重要になってくる。高周波標準研究グループでは、計量標準の研究開発を通してこれまでに蓄積した高度な高周波計測技術を応用し、電波の有効利用を開拓するテラヘルツ帯計測技術、量子効果に基づく新しい高精度マイクロ波計測、セシウム蒸気セルを使った超小型原子時計などの研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目6

電磁界標準研究グループ

(Electromagnetic Fields Standards Group)

研究グループ長：黒川 悟

(つくば中央第3)

概要：

放射 EMI 計測用アンテナ、無線通信用アンテナ用各種標準アンテナの整備、各種アンテナのアンテナ利得校正方法や アンテナパターン測定法等のアンテナの各種特性測定方法の研究開発を行っている(写真：ミリ波ホーンアンテナ校正装置)。さらに、50Hz 以上の低周波磁界標準の整備、20MHz 以上の電界標準の整備と校正方法に関する研究開発、光ファイバ無線技術を用いた電磁界計測と国際標準化にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目7

温度標準研究グループ

(Thermometry Research Group)

研究グループ長：山澤 一彰

(つくば中央第3)

概要：

-40℃の低温から2000℃近くの超高温までの温度標準の設定と、温度計校正システムの開発、および、その標準供給を行っている。また、国際単位系 SI における温度の単位の再定義に対応するため、ボルツマン定数の測定などの基礎研究も行っている。さらに、産業ニーズに応える研究開発に加え、深海の海水温などを 0.001℃レベルの精度で測定するための温度計校正技術の開発にも従事している。

研究テーマ：テーマ題目8

極限温度計測研究グループ

(Frontier Thermometry Research Group)

研究グループ長：中野 享

(つくば中央第3)

概要：

極低温の0.9 mK から、室温付近までの温度標準を実現するための技術開発を行うとともに、独自に開発した³He 循環式無冷媒冷凍機による低温実現技術や0.1 mK を下回る安定度での温度制御技術等を用いて、極低温から室温付近までの標準供給を行っている。また、これまでに開発した技術を活用し、0℃～30℃での温度範囲において不確かさ1 mK を実現する校正技術や、100℃を超える高い温度で使用されている接触式表面温度計の評価装置など、研究や産業の現場で必要とされている温度計測のための要素技術の開発に着手している。また、他研究グループと共同で、単一光子計測や絶対熱電能計測のための低温度精

密温度制御技術の開発などを行うとともに、トポロジカル絶縁体を用いた量子ホール効果の精密測定を行っている。

研究テーマ：テーマ題目9

応用熱計測研究グループ

(Applied Thermal Measurement Group)

研究グループ長：丹波 純(兼)

(つくば中央第3)

概要：

物体が放出する熱放射(輻射)を利用した、非接触による-30℃～3000℃の温度計測技術や、金属・炭素共晶点等を用いた温度定点技術を基盤とし、放射温度計の温度標準の開発・供給を行っている。また、次世代の温度標準に向けた絶対放射による熱力学温度測定や、サーモグラフィー、リモートセンシング等の画像測定、常温から超高温までの光熱物性評価など、非接触応用熱計測技術の研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目10

光放射標準研究グループ

(Photometry and Radiometry Research Group)

研究グループ長：座間 達也(兼)

(つくば中央第3)

概要：

光検出器の分光感度・光源の分光分布等、放射の絶対評価や分析評価に不可欠な放射量や、照明・ディスプレイ産業等で不可欠な測光量に関わる標準の供給、及び測定技術の開発を行っている。さらに、LED 等新規光源の正確な効率評価のための分光全放射束標準や、特殊色彩効果を持つ材料の光学特性評価のためのBRDF 標準などの新規標準開発、創薬・有害性評価への応用が期待される細胞発光の絶対測定にも取り組み、これらを通じて培われた測定技術をベースに、産業利用につながる橋渡し研究にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目11

レーザー放射標準研究グループ

(Laser Radiometry Research Group)

研究グループ長：福田 大治

(つくば中央第3)

概要：

情報通信、加工、医療、計測など様々な分野で使用されているレーザーの放射量に関する物理標準の研究開発を行っている。単一光子からキロワット級の高出力レーザービームまで広範な範囲の光出力を正しく計測できる技術を開発するとともに、単一光子精密技術を利用した分光イメージング顕微鏡の開発や、世界で最も黒い特性を持つ材料を用いた信頼性の高い光計測装置の研究開発など、光産業分野への橋渡し研究も

行っている。

研究テーマ：テーマ題目12

【テーマ題目1】時系（UTC-NMIJ）の維持と周波数標準の維持・供給と高度化

【研究代表者】 保坂 一元（時間標準研究グループ 研究グループ長）

【研究担当者】 雨宮 正樹、萩本 憲、安田 正美、鈴木 智也、赤松 大輔、田邊 健彦、小林 拓実、奥田 敦子（常勤職員8名、他1名）

【研究内容】

時間周波数国家標準である UTC（NMIJ）を高安定化・高信頼化するとともに、比較精度を向上させ標準供給を実施する。平成27年度も連続して UTC（NMIJ）を発生させ、協定世界時 UTC に対して $-12\text{ ns}\sim+12\text{ ns}$ 、周波数偏差は 10^{-14} 台で運用することが出来た。この UTC（NMIJ）を用いた高精度な校正サービスを周波数標準器に対して提供した。特に GPS 衛星を仲介とした遠隔校正サービスは、年々件数が増加し普及が進んでおり、現在19ユーザに対して利便性の高い標準供給を、年間を通して円滑に実施している。時間周波数に関する技術コンサルティングも開始した。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 協定世界時（UTC）、周波数標準器、GPS、遠隔校正

【テーマ題目2】光周波数（波長）標準の維持・供給と高度化

【研究代表者】 稲場 肇（周波数計測研究グループ 研究グループ長）

【研究担当者】 大苗 敦、平野 育、大久保 章、和田 雅人、Schramm Malte、中村 圭祐、矢口 かおり（常勤職員5名、他3名）

【研究内容】

国際単位系において、メートルは「光が $1/299,792,458$ 秒間に真空中を進む距離」と定義されている。これは、光の速さ c が $299,792,458\text{ m/s}$ と定義されていることを意味し、 c の不確かさはゼロ、有効数字は無限大である。そして、サイン波に近い電磁波であるレーザーの周波数 ν を、周波数の標準である国際原子時を基準として測定を行う。すると波長 λ は c/ν で求められる。このレーザーをブロックゲージ干渉計などにおいて波長基準として使うことで、メートルが実現されている。このように SI の定義に基づいてメートルを実現するため、および最近の大容量光通信に対応するための光周波数基準レーザーの信頼性を確保するために、「光周波数コム」を用いてレーザー周波数を測るサービスを行っている。干渉計で長さの基準として使われる 633 nm

よう素安定化ヘリウムネオンレーザー、および光通信帯波長（ 1550 nm 帯）の波長安定化レーザーの校正を行っている。時間標準研究グループが保有する、日本の周波数標準 UTC（NMIJ）を周波数基準として用い、レーザーの周波数を 1000 秒測ることで校正を行っており、不確かさは 1.3×10^{-13} ($k=2$) である。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 光周波数コム、ヨウ素安定化ヘリウムイオンレーザー、長さ標準

【テーマ題目3】直流電圧標準、直流抵抗標準の維持・供給と高度化

【研究代表者】 金子 晋久（量子電気標準研究グループ 研究グループ長）

【研究担当者】 福山 康弘、浦野 千春、丸山 道隆、大江 武彦、中村 秀司、岡崎 雄馬、渡辺 幸次、飯田 保、小野木 有佳、Gorwadkar Sucheta（常勤職員7名、他4名）

【研究内容】

直流抵抗標準22件、直流電圧標準7件の特定二次標準器の校正などを行った。電圧に関しては、プログラマブルジョセフソン電圧標準（PJVS）による校正システムを整備しそれに基づく標準供給を開始した。高安定小型標準抵抗器、高安定ツェナー標準電圧発生器の開発を実施した。ともに企業からの商品化を行い、電圧発生器に関してはプレス発表を行った。名古屋大学と共同で逆ペロフスカイト型マンガ窒化物の標準抵抗器への応用研究を実施した。次世代交流ジョセフソン電圧標準として、プログラマブル駆動ジョセフソン電圧標準、パルス駆動ジョセフソン電圧標準について研究開発を進めている。前者は、主に低周波領域の交流電圧標準として応用電気標準研究グループと共同研究を行っている。後者の方法で発生した量子電圧雑音を基準として、ジョンソンノイズを精密に測定することにより、ボルツマン定数を再定義する研究を実施した。単一電子ポンプ素子、量子ホールアレー素子、PJVS を用いた量子電気トライアングルの実験について素子の基本特性の検討を行いシステムの実装中である。同時に微小電流計測、量子電流標準の実現に向けた研究に取り組んだ。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 ジョセフソン効果、量子ホール効果、単一電子トンネリング効果、標準電圧発生器、標準抵抗器

【テーマ題目4】インピーダンス標準、交流電圧・電流標準の維持・供給と高度化

【研究代表者】 藤木 弘之（応用電気標準研究グループ 研究グループ長）

【研究担当者】 山田 達司、坂本 憲彦、堂前 篤志、

天谷 康孝、西本 幸夫、張 劍奇
(常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

誘導分圧器標準、AC/DC 標準、交流電圧標準、キャパシタンス標準、インダクタンス標準、交流抵抗標準について、特定二次標準器、特定副標準器、依頼試験、所内校正を行った。また以下の電気標準の研究開発を進めた。交直変換素子の10 Hz以下の性能評価のため、プログラブル型ジョセフソン電圧標準を用いたサンプリング測定回路を改良した。また、低電圧交直変換器の電圧範囲を2 mVまで拡張するためマイクロポテンシオメータの開発を行なった。

物理標準整備計画に基づき、蓄電デバイス内部のインピーダンスの周波数依存性の測定が可能な装置を設計、試作した。特に、大容量の蓄電デバイス評価を目的とした、1 mΩ以下の大規模蓄電池群を用いた実証実験を行うとともに、不確かさ評価を進めた。

【領域名】 計量標準総合センター

【キーワード】 キャパシタンス、交流抵抗、インダクタンス、誘導分圧器、サーマルコンバータ、交直変換器、変流器、高調波器

【テーマ題目5】高周波インピーダンス標準の維持・供給と高度化

【研究代表者】 堀部 雅弘 (電磁気計測研究グループ研究グループ長)

【研究担当者】 昆 盛太郎、岸川 諒子、坂巻 亮、加藤 悠人、吉本 礼子
(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

高周波インピーダンスについては、jcss 校正を19件、依頼試験を25件、実施した。また、計量標準の利用促進も目的として、1 GHz以下における低周波領域の高周波インピーダンス標準の拡張技術を jcss 登録事業者と、電磁環境試験機器の校正を容易とする校正機器開発を民間企業と実施した。さらに、高周波インピーダンス評価技術を活用して、同軸コネクタの評価方法に関する国際標準化を経済産業省事業として行った。国際比較について、3.5 mm 同軸 S パラメータに関する CCEM 国際比較、高周波同軸エアラインのインピーダンスに関する APMP 国際比較をパイロットラボとして推進するとともに、高周波誘電率に関するパイロットスタディのための準備を進めた。標準開発においては、高周波誘電率に関し、低損失および高損失の両材料について、不確かさ解析手法などの基礎技術開発をおこなった。開発した誘電率測定技術による標準供給の準備を進めるとともに、測定技術活用した技術コンサルティングを2件実施した。

【領域名】 計量標準総合センター

【キーワード】 マイクロ波、ミリ波、テラヘルツ、イン

ピーダンス、誘電率、標準化

【テーマ題目6】高周波電圧・電力標準、減衰量標準の維持・供給と高度化

【研究代表者】 飯田 仁志 (高周波標準研究グループ研究グループ長)

【研究担当者】 池上 健、Widarta P Anton、柳町 真也、木下 基、高見澤 昭文、島岡 一博 (兼)、島田 洋蔵 (兼)、小寺 眞利子 (常勤職員87名、他1名)

【研究内容】

高周波標準に関する校正業務では、高周波電圧に関する jcss 校正を1件実施した。高周波電力については、jcss 校正を13件、依頼試験を5件、それぞれ実施した。高周波減衰量については、ピストン減衰器に関する jcss 校正を1件、同軸可変及び固定減衰器に関する jcss 校正を9件、依頼試験を2件、導波管可変減衰器に関する依頼試験を3件、それぞれ実施した。また、標準開発においては、高周波電力標準に関し、300 GHz 帯導波管カロリメータの試作・評価を継続している。高周波減衰量標準に関し、ネットワークアナライザを利用した110 GHz~170 GHz 帯の減衰量標準の開発を進めた。中間周波数で校正された可変減衰器を用いてトレーサビリティを確保する校正手法を検討し、50 dB以上の測定が可能であることを確認した。また、10 MHz以下の減衰量標準について、9 kHzまでの拡張を目指した一次標準器及びワーキングスタンダードの検討を進めた。国際比較について、高周波減衰量に関する CCEM 国際比較をパイロットラボとして推進した。JCSS 制度の運営に関し、電気(高周波)分野の技術アドバイザー等による支援を行った。

【領域名】 計量標準総合センター

【キーワード】 マイクロ波、ミリ波、高周波電圧、高周波電力、同軸減衰器、導波管減衰器

【テーマ題目7】電磁界標準の維持・供給と高度化

【研究代表者】 黒川 悟 (電磁界標準研究グループ研究グループ長)

【研究担当者】 廣瀬 雅信、森岡 健浩、飴谷 充隆、She Yuanfeng、石居 正典 (兼)、浅井 こずえ (常勤職員6名、他1名)

【研究内容】

ループアンテナ9 kHz~30 MHz、バイコンカルアンテナ30 MHz~300 MHz、ログペリオディックアンテナ300 MHz~1000 MHz、ログペリオディックアンテナとボウタイアンテナの複合アンテナ30 MHz~1000 MHzについて、jcss によるアンテナ係数校正サービスを開始した。50 Hz並びに60 Hzの磁界強度標準の校正、60 GHz~110 GHzのホーンアンテナ利得標準の校正を行った。新しい電界測定技術として光電界センサを用いた

測定システムの研究開発を企業との資金提供共同研究により実施した。産業技術連携推進会議知的基盤部会電磁環境分科会活動として、不要電磁波放射（EMI）規制に関する地方公設研との比較測定を実施した。比較測定は、電磁界標準研究グループにて開発したデジタル発信機システムを用いて実施した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕マイクロ波、ミリ波、アンテナ、アンテナ係数、アンテナ利得、電界、磁界

〔テーマ題目8〕高温標準の維持・供給と高度化

〔研究代表者〕山澤 一彰（温度標準研究グループ 研究グループ長）

〔研究担当者〕井土 正也、佐藤 公一、
Widiatmo V Januarius、小倉 秀樹、
原田 克彦（兼）、黄 毅
（常勤職員6名、他1名）

〔研究内容〕

温度範囲 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 1554\text{ }^{\circ}\text{C}$ の特定標準器である温度定点群の維持・管理を行った。そして、温度範囲 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 420\text{ }^{\circ}\text{C}$ については特定副標準器の校正を行い、 $660\text{ }^{\circ}\text{C}$ アルミニウム点においては特定二次標準器（標準用白金抵抗温度計）の校正を行った。国際基幹比較（CCT-K9）について $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 420\text{ }^{\circ}\text{C}$ までの測定を行い、その結果をパイロットである米国 NIST に送付した。

また、銀点（ $962\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）、銅点（ $1085\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）、パラジウム点（ $1554\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）において特定二次標準器（熱電対）の校正を行い、コバルト-炭素（Co-C）共晶点（ $1324\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）においては依頼試験（熱電対）を行った。また、熱電対の校正温度範囲拡張を目指し、ロジウム-炭素共晶点（ $1657\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）の標準供給システムの性能評価を開始した。

熱力学温度計である音響気体温度計（Acoustic Gas Thermometer）の測定を開始した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕熱電対、白金抵抗温度計、温度定点

〔テーマ題目9〕低温標準の維持・供給と高度化

〔研究代表者〕中野 享（極限温度計測研究グループ 研究グループ長）

〔研究担当者〕島崎 毅、中川 久司、三澤 哲郎、
齊藤 郁彦、鷹巣 幸子
（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

室温以下の校正システムの維持管理を行い、アルゴンの三重点（ 84 K ）での特定二次標準器の校正、および、 13.8 K までの温度領域の白金抵抗温度計の依頼試験を行なった。 $4\text{ K}\sim 25\text{ K}$ の温度範囲にて低温抵抗温度計の評価を行った。CCT-K1.1（ $0.65\text{ K}\sim 25\text{ K}$ ）の国際基幹比較を継続し、データの解析結果をパイロットである

米国 NIST に送付した。国際基幹比較 CCT-K9では、アルゴンの三重点（ 84 K ）での測定を行いその結果をパイロットである米国 NIST に送付した。 $77\text{ K}\sim 170\text{ K}$ までの比較測定システムに使用する冷凍機の性能試験を行い、システムの改善に着手した。 25 K 以下の温度範囲に関して、半導体系抵抗温度計を校正するための抵抗測定システムの性能評価を行った。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕白金抵抗温度計、温度定点

〔テーマ題目10〕放射温度標準の維持・供給と高度化

〔研究代表者〕丹波 純（応用熱計測研究グループ 研究グループ長）

〔研究担当者〕笹嶋 尚彦、清水 祐公子、山口 祐、
井邊 真俊、金子 由香、王 云芬、
皆広 潔美（常勤職員5名、他3名）

〔研究内容〕

特定副標準器の定点黒体炉（亜鉛点、アルミニウム点、銀点、銅点）の校正を実施したほか、亜鉛点、銅点黒体炉の依頼試験を行った。マレーシアの国家計量標準機関向けに単色放射温度計（ $0.65\text{ }\mu\text{m}$ 、 $0.9\text{ }\mu\text{m}$ ）の校正を実施した。金属-炭素系高温定点については、Pt-C 共晶点、Re-C 共晶点、WC-C 包晶点などの依頼試験を実施した。 $160\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 960\text{ }^{\circ}\text{C}$ の温度域における単色放射温度計（ $1.6\text{ }\mu\text{m}$ ）と定点黒体炉の依頼試験を実施した。また、 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 160\text{ }^{\circ}\text{C}$ の赤外放射温度計の JCSS 校正を開始し、校正を実施した。熱力学温度測定に関しては、絶対分光応答度評価技術を確立し、Co-C 点、Pt-C 点、Re-C 点の熱力学温度値の測定を行った。JCSS 制度の運営に関し、非接触温度計分野の技術アドバイザー等による支援を行った。アジア太平洋地域における $156\text{ }^{\circ}\text{C}$ から $2800\text{ }^{\circ}\text{C}$ までの基幹比較・補完比較を幹事機関として継続的に実施しているほか、海外の国家計量標準機関のピアレビュー作業、技術研修等に貢献した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕赤外放射温度計、定点黒体炉、金属-炭素共晶点

〔テーマ題目11〕光放射標準の維持・供給と高度化

〔研究代表者〕座間 達也（兼）（光放射標準研究グループ 研究グループ長）

〔研究担当者〕市野 善朗、薮 洋司、神門 賢二、
丹羽 一樹、中澤 由莉、
木下 健一（兼）、齊藤 一朗
（常勤職員7名、他1名）

〔研究内容〕

鈹工業の科学技術に関する研究では、光生物学的安全性リスク評価のための実用評価装置試作に向けた基礎データを蓄積し、バイオイメージングの高度化に関して、顕微鏡の試作を完了させ、高感度分光画像の初期データ

取得に成功した。計量の標準に関わる研究開発では、標準 LED の特性評価を完了させ、これに関して共同研究先メーカーと特許出願・プレスリリースを行うと共に、輝度均一標準光源に関して輝度光学系の設計と解析を行った。計量の標準に係る業務については、CIPM 基幹国際比較に関して、中央局として全光束 (CCPR-K4) 国際比較のプロトコル作成・レビュー・TG 承認を完了させ、参加中の分光透過率 (CCPR-K6)、光度 (CCPR-K3)、分光応答度 (CCPR-K2.a, -K2.b) 国際比較に遅滞無く対応した。APMP 基幹国際比較に関しては、中央局として光度 (CCPR-K3.a) 国際比較の測定結果をまとめ Pre-Draft-A の作成を完了させた。また、特定二次標準器校正サービスを始めとする各種校正サービスを実施した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】分光全放射束、光生物学的安全性、分光放射輝度、国際比較

【テーマ題目12】レーザー放射標準の維持・供給と高度化

【研究代表者】福田 大治 (レーザー放射標準研究グループ 研究グループ長)

【研究担当者】渡部 謙一、雨宮 邦招、沼田 孝之、田辺 稔、功刀 芳美、小林 稜 (常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

レーザーパワー測定器の応答度や応答非直線性に関し、jcss 校正を6件、依頼試験校正を11件実施した。国家標準として、レーザーパワー測定器の応答度 (波長405 nm 帯) の jcss 供給を開始した。レーザー光の精密評価に使用されている半導体光検出器や熱型の光測定器に関する技術コンサルティングを実施した。国際比較に関しては、光ファイバ長の国際比較 (APMP.PR-S8) に参画した。また、可視域レーザーパワー応答度の国際比較 (APMP.PR-S5) の幹事研究所として実施を主導するとともに、ハイパワーレーザー応答度の国際比較 (Euromet.PR-S2 part2) や単一光子検出器の検出効率に関する国際比較への参加に向けた準備を進めた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】レーザーパワー、光電検出器、検出効率

④【物質計測標準研究部門】

(Research Institute for Material and Chemical Measurement) (存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：藤本 俊幸
副研究部門長：高津 章子
総括研究主幹：井原 俊英、竹歳 尚之

所在地：つくば中央第3、つくば中央第5
人 員：76名 (76名)

経 費：486,124千円 (259,378千円)

概 要：

本研究部門では、化学分析の基礎を支える pH 標準液や元素標準液、生活・食品の安全性確保に不可欠な生体関連標準物質や組成系標準物質、高品質な工業製品の開発・生産で利用される先端材料系標準物質など、材料・化学産業などへ資する国家計量標準の設定と標準物質の整備・普及、関係する計測・評価技術の開発を実施。また、材料、計量、評価技術等に係る信頼性が明示されたデータベースの維持・高度化を行っている。

内部資金：

標準基盤研究 「電気移動度法による気中ナノ粒子粒径分布計測の標準化」

戦略予算 「機能性ソフトマテリアル設計のための陽電子消滅による計測技術の開発」

戦略予算 「化学分析機器の信頼性確保を実現する天然物を模したモデル物質作製技術の開発」

戦略予算 「ナノ材料の適正管理に向けた国際標準の獲得」

標準基盤研究 「ナノ材料の特性評価手法に関連した標準化」

外部資金：

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 「パルス通電加熱法を利用した熔融核燃料の熱物性測定システムの開発 (Ⅲ)」

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター 「未利用藻類の高度利用を基盤とする培養型次世代水産業の創出に向けた研究開発」

一般財団法人日本規格協会 「TMB/REMCO 対応」

国立大学法人東京学芸大学 「放射線計測に関するカリキュラムの試作」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B) 「「測定の不確かさ」の情報がある場合の試験所間比較における統計的方法」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B) 「C 末端標識によるタンパクの高感度かつ高

精度 LC-MS 法と脱アミド化評価法の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C) 「デュアルキャパシティリングダウン分光法を用いたガス中微量水分計測法の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C) 「強太陽光環境下での塩素化ナフタレンの光分解挙動の実態把握」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(A) 「極限環境の熱伝導率計測技術による地球コア内部の熱移動の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C) 「固体 NMR によるプロトン伝導性無機固体酸塩における相転移のメカニズム」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C) 「高い時間分解能を持つ PM_{2.5}中の無機元素分析技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B) 「細胞内元素量情報に基づく血中循環腫瘍細胞 (CTC) 検出システムの開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C) 「食品試料中の²¹⁰Pb/²¹⁰Po 高精度分析法の開発と標準化」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C) 「水分子によって構成されるかご型ナノ空孔を有する物質の構造相転移」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B) 「走査電子顕微鏡法における低エネルギー損失反射電子像の高度化～電子分光的アプローチ」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究(B) 「土壌菌核が高濃度に含有するキノンの役割解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(A) 「シリカ膜のナノチューニングと超薄膜製膜プロセスの確立」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(A) 「大強度パルス及び連続中性子を駆使した革新的元素・同位体分析技術の開発と応用・評価」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(A) 「単一細胞内ゼプトグラム元素分析用プラズマ質量・発光分析システムの開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B) 「新粒子成長過程における大気エアロゾル粒径別化学組成の追跡分級計測システムの開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B) 「サハリン島西方沖タートルトラフの天然ガスハイドレート生成環境の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C) 「遮熱コーティングの界面熱抵抗評価方法の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C) 「高温高湿度の高度利用のための湿度測定法と精度評価技術に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C) 「海水からサンゴ各部位へのメタロミクスとその環境応答」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 「CO₂ハイドレートの内部生成および分解制御による革新的な青果物貯蔵技術の開発」

発 表：誌上発表87件、口頭発表244件、その他81件

無機標準研究グループ

(Inorganic Standards Group)

研究グループ長：三浦 勉

(つくば中央第3)

概 要：

当研究グループでは、日本国における pH 標準液、電気伝導率標準液および元素標準液の一次標準液、および高純度無機標準物質や元素分析用の材料系標準物質などについて、国内ニーズに応じた開発・維持・供給を行っている。これらの標準を開発するために、一次標準測定法およびそれになり得る測定法 (Harned セル法、電量分析法、滴定法、重量法、同位体希釈質量分析法、中性子放射化分析法など) を正確な値付けのために適切に実行するとともに、それら測定法の高度化およびそれらを用いた応用研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

環境標準研究グループ

(Environmental Standards Group)

研究グループ長：稲垣 和三

(つくば中央第3)

概要：

快適な環境や食の安全・安心を担保する上で、検査等における分析の信頼性確保は必要不可欠である。当研究グループでは、環境・食品分析分野における信頼性確保に資する研究活動として、無機計測技術の開発・高度化を推進するとともに、それを基盤とした組成標準物質の開発・供給及び分析実務者の技能向上支援を推進している。

研究テーマ：テーマ題目3

ガス・湿度標準研究グループ

(Gas and Humidity Standards Group)

研究グループ長：下坂 琢哉

(つくば中央第3)

概要：

当研究グループは、国際単位系に計量トレーサブルな各種標準ガスの開発と供給、ppbレベルの微量水分から露点95℃の高湿度までの湿度標準の開発と供給を行っている。これら標準のために、高精度な質量測定に基づく標準ガス調製法やキャピティリングダウン分光法(CRDS)による高感度分光法の研究を行っている。また、昨今話題となっている温室効果ガスやそれに関連する標準ガスの開発を、国内観測機関と協力して行っている。

研究テーマ：テーマ題目4

有機組成標準研究グループ

(Organic Analytical Standards Group)

研究グループ長：沼田 雅彦

(つくば中央第3)

概要：

農産物、工業製品の品質管理や環境のリスク評価を適切に行うためには、標準物質の使用や技能試験への参加による分析精度の管理を欠かすことはできない。当研究グループでは、農薬、PCB、多環芳香族炭化水素(PAH)、ふっ素系界面活性剤(PFAS)や水分などについて精密な分析法を開発するとともに、食品、工業材料、環境試料や標準液などに信頼性の高い特性値を付与した認証標準物質の供給や、残留農薬分析についての技能試験の主催などを行っている。

研究テーマ：テーマ題目5

有機基準物質研究グループ

(Organic Primary Standards Group)

研究グループ長：井原 俊英

(つくば中央第3)

概要：

食品や環境中の有害成分などの分析に用いられてい

る計測機器の多くは、物質の量の物差しである標準物質による目盛付け(校正)を必要とする。当研究グループでは、計測機器の校正に用いられる有機標準物質に純度あるいは濃度を精確に付与するために必要な、国際単位系にトレーサブルな評価技術(凝固点降下法、定量NMR法、滴定法など)の研究開発を行っている。研究成果は認証標準物質や校正サービスという形で、食品中の残留農薬や水道水中の汚染物質などの分析に用いられる標準物質を産業界等に供給するために活用されているが、これら有機標準物質の充足率はいまだに低いため、信頼できる標準物質を迅速かつ低コストに供給できる効率的な開発・供給システムの確立を目指している。

研究テーマ：テーマ題目6

バイオメディカル標準研究グループ

(Bio-medical Standards Group)

研究グループ長：高津 章子

(つくば中央第3)

概要：

健康状態の把握や食品分析、医薬品の品質管理などのために行われる生体物質の測定は、私たちの健康で快適な生活の土台となる。バイオメディカル標準研究グループでは、ステロイドホルモンやアミノ酸などの低分子化合物からタンパク質や核酸などの生体高分子に至るまでのさまざまな生体物質を対象に、濃度を正しく決定できる分析法の開発に取り組み、標準物質開発・供給を行うことで、バイオ分析や医療計測の信頼性確保に貢献することを目指している。

研究テーマ：テーマ題目7

表面・ナノ分析研究グループ

(Surface and Nano Analysis Research Group)

研究グループ長：黒河 明

(つくば中央第5)

概要：

依頼試験ではX線反射率法を用いた薄膜・多層膜構造材料の膜厚校正を実施した。標準物質開発では、XRF分析校正用の多層金属膜物質と、電子顕微鏡の像シャープネス校正用のナノドット物質について、それぞれ試作と評価を進めた。これまで開発した標準物質の維持のため、分析方法の研究を行いまた安定性の確認を継続した。ナノ材料規制に対応するための計測機器開発コンソーシアムを研究分担し、電子顕微鏡によるナノ材料の分析評価技術の研究を行った。国際比較のCCQM-SAWGとAPMP-TCMMに参加し先端材料表面の分析に関する比較を行った。次世代キログラム標準確立のため、同位体シリコン球の表面汚染分析を行って表面に起因する球体積の不確かさ評価に貢献した。表面分析やナノ材料に関わる国際標準化を推

進するため関連する国内国際委員会に参加している。
研究テーマ：テーマ題目8

ナノ構造化材料評価研究グループ
(Nanostructured Materials Characterization Research Group)

研究グループ長：伊藤 賢志

(つくば中央第5)

概 要：

半導体デバイス、反射防止膜、分子選択センサー、イオン分離膜といったナノオーダーの分子構造や極微量成分の制御が重要となる革新的機能性材料の研究開発、および、製造時の品質管理に必要な薄膜、表面組成、空孔などに関係する計量標準の確立、および、ニーズに即した実用標準の開発を推進している。これまでに、半導体組成分析用認証標準物質や超微細空孔測定用認証標準物質を開発し、現在、供給しているとともに、関連分析技術（質量分析法、走査型トンネル顕微鏡、X線分析法）の研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目9

粒子計測研究グループ
(Particle Measurement Research Group)

研究グループ長：桜井 博

(つくば中央第3、5)

概 要：

当研究グループでは、粒子・高分子計測に関わる研究を行っている。粒子、粉体、高分子材料は、先端材料開発、医療、日常汎用品などで利用されており、また、PM2.5などとして測定されるように、環境中に存在する粒子もある。粒子サイズなどの粒子特性の正確な計測を実現するため、ナノ領域を含む粒子・高分子標準を供給している。さらに、粒子特性値を高精度に計測する技術の開発、新しい標準物質や校正技術の開発、ISO等での国際標準化活動を行っている。

研究テーマ：テーマ題目10

熱物性標準研究グループ
(Thermophysical Property Standards Group)

研究グループ長：山田 修史

(つくば中央第3)

概 要：

省エネルギーや低炭素化社会実現のための断熱・蓄熱などによる高効率なエネルギーの利活用技術の開発や電子機器・精密機器における発熱とそれに起因する諸問題の解決など、熱に関連した様々な問題の解決が社会的な重要課題である。当グループはこれらの課題解決に不可欠な様々な固体材料の熱物性に関する計測技術の開発やデータの信頼性を確保するためのSIトレーサブルな熱物性標準の開発・供給およびデータベ

ースによる熱物性情報の提供を行っている。
研究テーマ：テーマ題目11

計量標準基盤研究グループ
(Metrological Information Research Group)

研究グループ長：齋藤 剛

(つくば中央第5)

概 要：

当研究グループは、4つのサブチームから構成されている。高分子分析チームは、RoHS指令等に対応した添加剤分析で計量トレーサビリティを確立するための標準物質の供給、プラスチック添加剤の分析法の開発やISO/IEC規格の活動などを行っている。スペクトルデータベースチームは、「有機化合物のスペクトルデータベース(SDBS)」を運営し、新規スペクトルの追加・更新作業、ウェブでのスペクトルデータ無料公開している。ソフトウェア認証チームは、計測・計量に関係するソフトウェアおよびデータの適合性評価技術の研究開発を行っている。応用統計チームは、測定の不確かさ評価、試験所間比較における同等性評価を中心とした統計的手法の開発・応用を行うとともに、不確かさの普及・啓発活動を行っている。

研究テーマ：テーマ題目12、テーマ題目13、テーマ題目14、テーマ題目15

精密結晶構造解析グループ
(Accurate Crystal Structure Analysis Research Group)

研究グループ長：後藤 義人

(つくば中央第5)

概 要：

イノベーション創出に向けた先端材料の研究開発では、原子・分子～ナノレベルの効果に起因する物性を巧みに応用し、制御することが機能の高度化にとって益々重要になっており、原子レベルの精密な構造解析や物性発現機構の解明に必要な不可欠な基盤技術であるX線結晶構造解析、固体NMR等について精密な計測解析評価手法を開発して、高い信頼性を得るための材料評価基盤技術の確立を目指している。具体的には、環境・省エネルギー分野において重要な次世代高性能エネルギー材料の開発に必要な固体の原子構造、分子配向、化学結合状態、電荷・イオン・分子種の移動現象等に関する情報の解明を目的とした研究をおこなっている。とりわけ、軽元素含有材料の結晶構造あるいは組成・状態変化の解明のため、精密なX線回折測定データから解析される構造情報を基に、計算化学あるいは統計的モデリングの方法との融合による定量的な結晶構造推定技術の高度化を進めている。

研究テーマ：テーマ題目16

[テーマ題目1] 無機標準物質に関する研究

[研究代表者] 三浦 勉 (無機標準研究グループ)

[研究担当者] 三浦 勉、野々瀬 菜穂子、
大畑 昌輝、鈴木 俊宏、朝海 敏昭、
チョン 千香子、和田 彩佳、
山内 喜通、城所 敏浩、石澤ゆかり
(常勤職員7名、他3名)

[研究内容]

平成27年度は高純度物質1種(亜鉛)、金属標準液2種(けい素標準液、カルシウム標準液)、非金属イオン標準液1種(硫酸イオン標準液)、鉛同位体標準液を新規認証標準物質として開発した。JCSS 基準物質として金属標準液及び pH 標準液認証標準物質55試料を指定校正機関に継続して供給した。既存の認証標準物質の安定性モニタリングの結果をまとめ、3物質の有効期限を延長した。2件の CCQM 国際比較に参加した。

[領域名] 計量標準総合センター

[キーワード] 無機標準物質

[テーマ題目2] pH および電気伝導度の標準確立

[研究代表者] 三浦 勉 (無機標準研究グループ)

[研究担当者] 三浦 勉、鈴木 俊宏、朝海 敏昭、
Maksimov Igor、大沼 佐智子
(常勤職員3名、他2名)

[研究内容]

Harned セル法による pH 測定システムの改良を引き続き進めた。このシステムを用いて6種類の pH 緩衝液に対するの保存安定性の測定を継続した。pH 標準液認証標準物質15試料を、JCSS 基準物質として指定校正機関に継続して供給した。電気伝導率標準液1種(塩化カリウム標準液0.1 mol kg⁻¹)を新規認証標準物質として開発した。幹事ラボとして APMP 国際比較(APMP.QM-K91フタル酸塩緩衝液)を実施した。

[領域名] 計量標準総合センター

[キーワード] pH 標準、電気伝導率標準

[テーマ題目3] 環境分析用組成標準物質および微量分析技術に関する研究

[研究代表者] 稲垣 和三 (環境標準研究グループ)

[研究担当者] 稲垣 和三、成川 知弘、宮下 振一、
黒岩 貴芳、朱 彦北、小口 昌枝、
工藤 いずみ (常勤職員5名、他2名)

[研究内容]

食品・環境分析における信頼性確保に資することを目的として、組成型標準物質の開発、分析技術の高度化、および技能試験等による分析技術向上支援活動に取り組んだ。

組成型標準物質に関しては、平成27年度は頭足類標準物質(微量元素分析用)、水道水標準物質(微量元素分析用)、玄米粉末標準物質(ひ素化合物分析用)を新

規認証標準物質として開発した。その他、開発済みの標準物質の安定性の評価を継続実施した。

分析手法の高度化としては、pH 自動調整器の開発、液体試料噴霧器の開発、ナノ粒子分析用高速信号読み取りシステムの開発等を進めた。また、標準物質開発に関連する分析能力証明の場でもある CCQM 国際比較において幹事機関として3件の基幹比較の運営を行い、1件の基幹比較に参加した。

技能試験に関しては、タイ王国科学技術研究所(TISTR)、同国 計量研究所(NIMT)との共催で、同国内の化学試験機関を対象とした技能試験(玄米中無機元素及び無機ひ素分析)を実施した。技能試験の参加機関は39機関であり、バンコクにて事前・事後の技術講習会(参加者70名ほど)を実施した。

[領域名] 計量標準総合センター

[キーワード] 標準物質、分析技術、技能試験

[テーマ題目4] 標準ガス・湿度標準の開発と高度化に関する研究

[研究代表者] 下坂 琢哉 (ガス・湿度標準研究グループ)

[研究担当者] 下坂 琢哉、松本 信洋、渡邊 卓朗、
青木 伸行、阿部 恒、天野 みなみ、
橋口 幸治、丹羽 民夫、北野 寛、高
田佳恵子 (常勤職員7名、他3名)

[研究内容]

既存の標準ガス・湿度標準の維持・供給を行うと共に、気候変動の機構や予測に必要となる高精度環境大気分析用標準ガスの開発、半導体製造や次世代のハイテク材料の性能評価等で必要とされる気体中微量水分の標準発生・測定技術の開発を目的として研究を行った。質量比混合法による高精度酸素標準ガスの調製濃度を検証するために、磁気式酸素計を用いた高精度酸素濃度測定の研究を行い、1 μmol/mol の不確かさを達成した。炭化水素をメタンに変換することによりメタン標準ガスのみで個々の炭化水素を定量できるポストカラム反応 GC-FID システムについて行ってきた共同研究の成果として、当該システムが製品化され市場投入された。また引き続きポストカラム反応 GC-FID システムの適用拡大に関する研究を行った。キャビティリングダウン分光法(CRDS)に基づく市販の高感度微量水分測定装置において、アルゴン中微量水分の測定値が不安定になる原因を解明し、不確かさの小さい測定値が得られるようになった。CRDS による高感度水分測定システムをより高感度化し、ノイズの標準偏差12 pmol/mol を達成した。排ガス測定用の300 μmol/mol N₂O 標準ガスと JCSS 標準ガスのトレーサビリティ源となる純 SO₂標準ガスの2種類の標準ガスのロット更新を行い、また露点95 °C〜70 °Cの領域の湿度標準の校正を約20件行った。窒素中ホルムアルデヒド濃度測定や露点等の国際比較につい

て7件参加し、内2件は幹事機関として活動した。JCSS制度の運営支援のため、技術アドバイザーを派遣した。他国の標準研究機関の技術的なレビューを行い、国際的な貢献も行った。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕標準物質、湿度、微量水分、大気観測、ポストカラム反応 GC-FID、高感度水分測定

〔テーマ題目5〕有機組成標準物質の開発と供給

〔研究代表者〕沼田 雅彦（有機組成標準研究グループ）

〔研究担当者〕沼田 雅彦、鎗田 孝、羽成 修康、伊藤 信靖、大竹 貴光、稲垣 真輔、宮本 綾乃、岩澤 良子、青柳 嘉枝、坂元 智子（常勤職員7名、他3名）

〔研究内容〕

当研究グループでは、工業製品、食品の品質管理や環境のリスク評価を正確に行うために不可欠な分析精度管理用の組成標準物質と分析方法を開発している。平成27年度は、極微量ポリ塩化ビフェニル（PCB）によるヒト健康影響の精確な評価に必要なヒト血清標準物質および石油代替燃料として普及の進んでいるバイオ燃料の品質管理に必要なバイオディーゼル燃料標準物質（パーム油由来）を開発した。また、染料に由来し、その発がん性が問題となっている繊維製品中の特定芳香族アミン分析において校正用標準液の不安定さが問題となっていることから、溶媒種が異なる標準液を用いた安定性評価試験を行い、溶媒がアミン類の濃度減少に及ぼす影響を明らかにした。さらに、海外標準研究機関との協力の下、ラマン分光法の標準化に向けた検討を開始した。一方、国内食品分析機関への分析精度管理に関する啓発などを目的として、玄米試料を用いた残留農薬分析の技能試験（84機関が参加）と、ホタテガイ試料を用いた下痢性貝毒の試験所間比較試験（のべ30機関が参加）を主宰した。また、ISO ガイド34に基づく標準物質生産のための品質システムを維持するとともに、供給中の標準物質の安定性モニタリングを行い、認証成分の濃度に変化がないことを確認した。さらに、国際度量衡委員会物質質量諮問委員会が主宰する基幹比較 CCQM-K131（多環芳香族炭化水素溶液の濃度評価）に参加し、産総研が開発する標準物質の国際整合性を確保した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕組成型標準物質、有機標準物質、環境標準物質、技能試験、国際比較

〔テーマ題目6〕有機化学標準の開発と供給

〔研究代表者〕井原 俊英（有機基準物質研究グループ）

〔研究担当者〕井原 俊英、加藤 尚志、清水 由隆、北牧 祐子、山崎 太一、斎藤 直樹、

斎藤 剛、石川 啓一郎、羽成 修康、山中 典子、鈴木 彰子、大手 洋子、大塚 聡子、鮑 新努、宇佐美 佳代、藤木 直美、中村 哲枝

（常勤職員9名、他8名）

〔研究内容〕

国家計量標準機関の供給する標準物質（以下、国家標準物質）が整備されていない化学物質については、これまでは計量トレーサビリティの確保された標準物質の市場への供給が十分になされておらず、正確な計量が困難な状況にあった。そこで、標準物質の値付けに用いる校正技術を高度化することにより、国家標準物質の整備されていない化学物質の分析についても計量トレーサビリティを確保できる迅速かつ簡便な計測手法を開発した。さらに、農薬類標準物質及びアミノ酸類標準物質を中心に実用化研究を行って、産総研依頼試験による高純度有機標準物質の純度校正を平成23年度より開始した。その結果、現在では約180種の化学物質の校正サービスを提供中で、平成27年度は農薬26件、アミノ酸9件、多環芳香族炭化水素1件について校正を実施した。

純度校正の中核技術として用いている定量 NMR（核磁気共鳴）法に関しては、国際度量衡局や国立医薬品食品衛生研究所、NMR 装置メーカー、国内試薬メーカーなどとの共同研究（3件）や受託研究（2件）のほか、技術コンサルティング（2件）などにより、技術の改善や適用範囲の拡大、手法の普及などに努めた。共同研究の成果としては、NMR 用データ解析ソフトの高度化や、簡便に物質量の絶対値が得られる NMR と混合物の分離分析に適したクロマトグラフィーの利点を組み合わせた qNMR/GC 及び qNMR/LC の開発などが挙げられる。さらに、民間の分析機関などを対象とした定量 NMR 法の測定能力評価のための共同測定を主催して、国内の39機関が参加した。

そのほか、水道法における規制物質の評価に用いる標準液の整備に向けて、（クロロ）フェノール類5種、ハロ酢酸2種、カビ臭物質2種、非イオン界面活性剤1種、陰イオン界面活性剤5種について溶液濃度の値付け手法の開発を進めた。既存の認証標準物質31種については、継続的供給に必要な安定性モニタリング等の作業を行い、そのうち8種の有効期限を延長した。

また、校正用有機標準物質の国際整合性確保のため、国際比較 CCQM-K55.d（葉酸の純度評価）と CCQM-K131（多環芳香族炭化水素溶液の濃度測定）に参加した。さらに、NMIJ が平成26年度に主催した定量 NMR 法に関する国際比較 CCQM-P150の後継比較 CCQM-P150.1の準備を行った。そのほか、国際純正・応用化学連合(IUPAC)の有機化合物純度評価法のテキスト化を目的としたプロジェクトにおいて、本グループ員が熱分析と定量 NMR に関するワーキンググループそれぞれの主査を務めている。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕標準物質、計量トレーサビリティ

〔テーマ題目7〕バイオメディカル標準の研究

〔研究代表者〕高津 章子（バイオメディカル標準研究グループ）

〔研究担当者〕高津 章子、加藤 愛、絹見 朋也、藤井 紳一郎、川口 研、柴山 祥枝、坂口 洋平、山崎 太一、恵山 栄、吉岡 真理子、水野 亮子（常勤職員8名、他3名）

〔研究内容〕

健康状態の把握や食品分析、医薬品の品質管理など様々な目的・分野で生体物質の測定が行われている。これらの測定結果の互換性や国際整合性の向上に資するために、低分子化合物から生体高分子に至るまでのさまざまな生体物質を対象に、濃度を正しく決定できる分析法の開発に取り組み、標準物質開発・供給を行う。血中アルドステロン測定については、臨床検査における標準化のニーズが高まっていることから、誘導体化後に高速液体クロマトグラフィー質量分析法（LC/MS）を用いて測定する血清中アルドステロンの同位体希釈質量分析法を開発し、アルドステロン分析用ヒト血清標準物質の開発を行った。核酸計測の分野では、デオキシリボ核酸（DNA）の定量法として、ぎ酸を用いる DNA 分解法と生成する塩基の LC/MS 測定を組み合わせを用いる方法を開発し、定量分析用デオキシリボ核酸（DNA）水溶液標準物質として、過去の開発品よりも低濃度の DNA 標準物質を開発した。ISO ガイド34に基づく品質システムを維持し、これまでに開発した標準物質の安定性評価を行うとともに、定量解析用リボ核酸（RNA）水溶液標準物質と L-アルギニン標準物質についてロット更新を行うことで、標準物質の安定的な供給を継続した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕標準物質、臨床検査医学、バイオ分析、生体物質

〔テーマ題目8〕表面・ナノ分析用の標準物質の開発と計測技術の研究

〔研究代表者〕黒河 明（表面・ナノ分析研究グループ）

〔研究担当者〕黒河 明、寺内 信哉、張 ルウルウ、東 康史、城 昌利、福本 夏生、今村 元泰、熊谷 和博、内田 みどり、伊藤 美香（常勤職員8名、他2名）

〔研究内容〕

標準物質の開発に2件着手し、それぞれについて試作と評価を進め、またそれらのための計測技術の開発研究を行った。

一つはエックス線蛍光分析（XRF 分析）校正用の多層金属膜物質である。金・銅・ニッケルの多層膜構造を備えたメッキ膜の構造を模擬し、試料の試作を行った。試料の各膜厚について、その均質性を、まず XRF 装置を用いて直径3 mm の範囲内の平均組成として評価した。均質性は2%以下であった。また各金属膜の膜厚をサブミクロンスケールで評価するために、断面試料の作製方法と走査型電子顕微鏡（SEM）による膜厚評価方法の研究開発を行った。銅・ニッケルは原子番号が隣り合う金属であるため SEM 評価が困難な材料系であるが、断面が平滑な試料作製の方法開発に成功することで金属膜の界面を同定することに成功した。これによって各金属膜の厚さを評価する手法とした。その他、膜厚が厚いときには膜剥離現象が生じやすいことを確認した。その原因を究明中である。また薄い金属膜を持つ試料の試作も並行して進めて次の試料の試作を開始した。

もう一つの標準物質は走査型電子顕微鏡（SEM）の像シャープネス校正用である。これまで SEM 分解能評価用の試料にはグラファイト上に蒸着した金微粒子が用いられ、金微粒子間の隙間測定（ギャップ測定法）で SEM の分解能評価が行われていた。しかし試料としては均一性に欠けるため客観的評価を困難にしていた。それに対応するため、タングステン製のナノドットを人工的に配置し、SI トレーサブルな SEM 評価用の標準物質とすることを計画した。プロトタイプとして、300 mm 露光技術を用いてこの物質の試作を行った。各種表面分析手法を用いた予備試験の結果、通常の SEM の電子ビーム加速エネルギーで像のコントラストが十分確認できて実用に耐えること、タングステンのナノドットの境界は SEM で十分明瞭に視認できること、また境界のぼけ量を判定したところ分析条件を鋭敏に反映した像シャープネス値が得られること、その像シャープネス値は長さのスケールとして定量的に現すことができること、などを順次明らかにできた。SEM 像シャープネス値は ISO の国内標準化委員会でも審議が継続している活発なターゲットでありその動向を注視しながら標準物質開発を進めた。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕標準物質、エックス線蛍光分析、走査型電子顕微鏡、像シャープネス

〔テーマ題目9〕機能性ナノ構造化材料の分析技術と関連標準の開発

〔研究代表者〕伊藤 賢志（ナノ構造化材料評価研究グループ）

〔研究担当者〕伊藤 賢志、富樫 寿、平田 浩一、高塚 登志子、山脇 正人（常勤職員5名）

〔研究内容〕

供給中の認証標準物質の安定性試験を行い、品質に問

題がないことを確認した。特に CRM5601-a (陽電子寿命による超微細空孔測定用石英ガラス) については、十分な安定性が確保されていることから、有効期限を5年間延長した。構造物の疲労検査や材料研究へ適用可能な陽電子寿命計測に関する非破壊検査方法の高度化を行い、鉄鋼部材評価のための非破壊検査装置を実現する小型化・低コスト化された陽電子寿命測定技術を開発した。マトリックス支援レーザ脱離イオン化質量分析における試料状態を評価できるレーザースペックル法に資するスペックル画像解析法を考案した。高強度 C-60ビーム用いた二次粒子分析法により各種機能性材料の測定を行い、高感度表面分析法の高度化技術を開発した。走査型トンネル顕微鏡装置を構築し大気中にて原子構造を反映する像を取得した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】材料分析、イオン注入標準物質、微細空孔標準物質、質量分析

【テーマ題目10】粒子標準の開発と供給

【研究代表者】桜井 博 (粒子計測研究グループ)

【研究担当者】桜井 博、飯田 健次郎、加藤 晴久、坂口 孝幸、高橋 かより、高畑 圭二、前田 綾香、水野 耕平、村島 淑子、佐野 慶子 (常勤職員9名、他1名)

【研究内容】

粒径、気中と液中各々における粒子数濃度、比表面積、高分子分子量の標準について、依頼試験業務や標準物質供給を行うとともに、標準の新規開発や高度化を進めることを目標としている。H27年度は、H26年度に開発した標準に関する品質システムを完成させるとともに、標準維持のための安定性モニタリング等を実施した。また、動的光散乱法、静的光散乱法、流動場分離法、計数ミリカン法、電気移動度法、パルス磁場勾配核磁気共鳴法等による粒径、粒子質量、分子量の値付けを高精度化する研究を進めた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】粒径、粒径分布、粒子質量、粒子数濃度、比表面積、分子量

【テーマ題目11】固体熱物性標準の整備

【研究代表者】山田 修史 (熱物性標準研究グループ長)

【研究担当者】山田 修史、渡辺 博道、阿子島 めぐみ、八木 貴志、阿部 陽香、山下 雄一郎 (常勤職員6名)

【研究内容】

固体材料を対象とした熱物性 (熱膨張率、熱拡散率、熱伝導率、比熱容量および薄膜熱物性など) に関して供

給中の依頼試験および標準物質などについて外部への遅延のない供給業務を遂行するとともに、NMIJ の品質システムに基づいた内部監査や校正設備の運用行い供給品の品質の維持・管理を確実にした。標準の新規整備および高度化において、熱膨張率標準に関しては、2017年度供給開始を目標とした供給範囲の拡張に関する校正システムの構築を進めた。熱拡散率標準の供給において在庫切れのため供給が中断していた認証標準物質に関して第2ロットとなる NMIJ CRM5804-b (熱拡散率測定用等方性黒鉛) を開発し、供給を開始した。比熱容量標準に関して、SI トレーサブルな標準の設定をより高温領域 (350 K 以上) に拡張するための断熱法による校正システムの設計及び試作機の製作を進めた。また、その他の各標準供給項目に関しての継続的な研究開発による校正技術の改良と高度化、不確かさの検証と低減化を進めた。熱物性関連の計測規格および標準化に関して低熱伝導率材料の熱伝導率測定法の標準化委員会、遮熱コーティングの熱伝導率測定の ISO 化に係る委員会、薄膜熱拡散率測定法の ISO 規格化に関する国内審議委員会などに参画した。熱物性標準の国際対応として、2015年6月に測温諮問委員会熱物性作業部会 (CCT TG-ThQ) に参加した。また、2015年11月に北京 (中国) で開催された APMP TCT meeting において Pilot を務める Supplementary Comparison の APMP. T-S9 に関して作業進捗を報告した。公開中の分散型熱物性データベースに関して、固体材料の新規熱物性データセット140件を追加登録すると共に、数式データへの対応、非線形フィッティングなどの機能の強化を行った。産業技術連携推進会議知的基盤部会計測分科会の温度・熱研究会の運営を担当し、示差走査熱量計 (DSC) 等による比熱容量測定ラウンドロビン試験を実施すると共に地方公設試への訪問技術指導を通じた技能向上支援を行った。また、NMIJ 計測クラブ固体熱物性クラブの全体会合を開催し、標準整備にかかる広報・啓蒙活動に努めた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】固体熱物性標準、標準物質、熱膨張率、熱拡散率、熱伝導率、比熱容量、薄膜熱物性、熱流密度、熱物性データベース

【テーマ題目12】高分子中の添加剤標準物質の開発と供給

【研究代表者】松山 重倫 (計量標準基盤研究グループ)

【研究担当者】松山 重倫、齋藤 剛、折原 由佳利 (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

プラスチック中の低分子成分含有量に関する認証標準物質について、頒布中の CRM 8108-b, 8110-a, 8152-a, 4物質の安定性モニタリングと H28年度新規認証予定の CRM 8156-a の安定性試験を行った。また、IEC における RoHS 指令に対応したプラスチック中の成分測定

法の規格制定に関与した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕プラスチック添加剤、RoHS 指令、SVHC、測定法

〔テーマ題目13〕有機化合物のスペクトルデータベース (SDBS) の高度化研究

〔研究代表者〕齋藤 剛 (計量標準基盤研究グループ)

〔研究担当者〕齋藤 剛、渡邊 宏、松山 重倫、小野 千里、滝澤 祐子、鍋島 真美 (常勤職員3名、他3名)

〔研究内容〕

H27年度に産総研で測定し、評価を行った1H 及び13C 核磁気共鳴、赤外分光と質量の合計387スペクトルを有機化合物のスペクトルデータベース (SDBS) に登録しインターネットを通して公開し、公開するスペクトル数は約11万件となった。SDBS への一日平均アクセス数は約10万件だった。

また、近年のオープンデータ化、研究リソースの共有化などの動向へ柔軟に対応できるように、スペクトルごとにランディングページを追加する高度化を検討して改修工事に着手した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕有機化合物、核磁気共鳴スペクトル、赤外分光スペクトル、質量スペクトル、インターネット

〔テーマ題目14〕ソフトウェア認証に関する研究

〔研究代表者〕松岡 聡 (計量標準基盤研究グループ)

〔研究担当者〕松岡 聡、渡邊 宏 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

ソフトウェア認証に関する基礎研究として、線形ラムダ計算に関する研究・開発を行うとともに、データの信頼や品質の文書化方法を検討するため、SDBS の公開データを題材にアシュアランスケースを作成する実験を行った。

線形ラムダ計算に関する研究・開発では、これまでに得られた成果を Sixth Workshop on Mathematically Structured Functional Programming (MSFP 2016) を始めとする3つの国際会議で発表を行った。そのうち2つは査読付き議事録掲載に採択されている。

アシュアランスケースの作成実験では、SDBS の NMR 帰属評価のデータを題材に、帰属評価結果の妥当性を主張するアシュアランスケースを作成して、形式化の可能性を検討した。作成実験は神奈川大学との共同研究として実施した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕ソフトウェア、認証、適合性評価、線形ラムダ計算、アシュアランスケース

〔テーマ題目15〕不確かさ評価及び同等性確認における統計的問題の研究と技術支援

〔研究代表者〕田中 秀幸 (計量標準基盤研究グループ)

〔研究担当者〕田中 秀幸、城野 克広 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

不確かさ評価に関わる統計的手法の開発・応用を行うとともに、産総研内外での不確かさ評価の技術支援・普及啓発活動を行うことを目標としている。今年度は、測定結果の同等性評価法、抜取検査を含む実用的問題にモンテカルロ法、及びベイズ統計を利用した手法の提案・高度化を行った。さらに、中上級者を対象とした2日間にわたる不確かさ講習会の開催、校正・計測に関わる不確かさ評価の技術相談、不確かさクラブの主宰と不確かさクラブ総会の開催を含む普及・啓発活動を行った。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕不確かさ、試験所間比較、トレーサビリティ、適合性評価、ベイズ統計

〔テーマ題目16〕精密結晶構造解析の高度化に関する研究

〔研究代表者〕後藤 義人 (精密結晶構造解析グループ長)

〔研究担当者〕後藤 義人、山脇 浩、藤久 裕司、竹谷 敏、服部 峰之、林 繁信、治村 圭子 (常勤職員5名、他2名)

〔研究内容〕

粉末 X 線回折データを用いるリートベルト解析による結晶構造情報を基に、さらに軽元素や不安定分子種等を含めた詳細な位置情報について、より完全で無撞着な結晶構造を推定するため、量子化学計算の一種である DFT 計算、分子力場計算、分子動力学 (MD) シミュレーション等のエネルギー計算や実空間法によるディスオーダー状態解析との融合によって構造モデリングを行う手法の開発を進めた。1144型の新規鉄系超伝導体について、粉末 X 線回折データによるリートベルト解析および DFT 計算の併用によるモデリングを行い、空間群 P4/mmm の新規結晶構造を明らかにした。また、1962年の格子定数の報告以来、具体的な構造モデルが不明であった塩素系5水和物について、低温粉碎手法と精密な低温粉末 X 線回折測定を行った結果、従来の報告の2倍の体積を持つ結晶格子が導かれた。この結晶格子内に含有される80個の水素原子を合わせた144個もの原子から成る自由度の大きい結晶構造について、分子力場計算による初期モデル探索を高速で行い、リートベルト解析と DFT 計算による構造最適化や MD シミュレーションによる構造安定性の検証を実行することによって、水素を含む完全なモデルの構築に成功するとともに DFT 計算と分子力場計算の併用による粉末 X 線構造解析の広範な応用可能性を実証することができた。

一方、信頼性の高さにおいて結晶構造解析の最も重要な基盤技術であり標準不確かさに基づいた解析評価が有効な単結晶 X 線精密構造解析法の高度化については、原子構造モデルの推定と決定に関して、解析の汎化能力の向上を期待することができる統計的モデリングの手法の一つである情報量規準を用いた開発を行った。新規に開発された非酸化物系の超伝導物質の結晶構造と化学組成の決定において、赤池情報量規準を用いて精密結晶構造モデル群の比較検討を行った結果、席占有率として 1 % のオーダーのモデル差に対する有効な判定感度が得られることを明らかにすることで、最小二乗法に基づく現状の単結晶構造解析の結果に対する質の保証の提供が可能となる極めて有用な手法であることを実証することができた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】X 線結晶構造解析、固体 NMR

⑤【分析計測標準研究部門】

(Research Institute for Measurement and Analytical Instrumentation)

(存続期間：2015.04.01～)

研究部門長：野中 秀彦

副研究部門長：齋藤 則生、時崎 高志、齋藤 直昭

首席研究員：鈴木 良一

研究主幹：松林 信行

所在地：つくば中央第2、第3、第5、西事業所

人 員：56名 (56名)

経 費：495,137千円 (204,649千円)

概 要：

当部門では、医療用リニアックを用いた治療レベル線量標準、食品の放射能測定、環境騒音の低減に資する標準などに代表される、医療の信頼性、分析・検査産業の発展を支える放射線・放射能・中性子・音響・超音波に関連する国家計量標準の整備と普及を行うとともに、ナノ材料の評価などに必要な微細構造解析と製品や施設など構造物の非破壊検査のために、陽電子、X 線、レーザー光やイオンなどをプローブとした先端計測、評価、分析および検査技術の研究開発を行う。これら分析と計測に関する標準と先端技術を分析・検査産業などを通じて普及し、より豊かで安全な社会の構築に貢献することを目標とする。各グループの特徴は以下のとおりである。

・音響超音波標準研究グループ

無騒音環境確保のための空中伝搬音の精密計測技術や計量標準の開発供給、および医療・産業用超音波放射機器の性能や安全性評価のための水中超音波の精密計測技術や計量標準の開発供給。

・放射線標準研究グループ

放射線防護や医療用および産業用放射線に関連する γ 線、X 線、 β 線の線量標準の開発・維持・供給、および放射線検出器の評価技術や放射線利用機器の安全性評価技術の提供。

・放射能中性子標準研究グループ

放射能および中性子に関わる計量標準の開発・維持・供給、および放射能測定用食品試料の認証標準物質や中性子の精密計測など関連する計測技術の開発。

・X 線・陽電子計測研究グループ

電子加速器により発生した高強度短パルス陽電子ビームを用いた高機能材料の計測評価技術の開発、および加速器技術をベースとしてインフラ等の診断のための可搬型超小型 X 線検査装置開発。

・ナノ顕微計測研究グループ

次世代産業の中核を担う基盤材料として期待されているナノ材料の開発の基盤技術となる計測技術の新規開発。顕微鏡法や質量分析法において新規要素技術の開発から計測のための試料調整技術、装置校正技術、データ解析手法、国際標準化等の開発。

・放射線イメージング計測研究グループ

放射線計測と電子加速器技術を利用した産業技術の開発を目指した、X 線イメージングの研究と産業利用に適した小型加速器の開発。

・非破壊計測研究グループ

社会インフラの老朽化に対応する点検や維持に役立つ超音波や画像解析技術を利用した現場情報の可視化技術の開発と炭素材料などの新材料の評価のための計測技術の開発。

・ナノ分光計測研究グループ

光をプローブとした光学的・分光学的な計測・分析手法の開拓と計測・分析機器の開発及びこれらの機能材料分析から生体・環境の診断・モニタリングへの応用。

各グループは有するコア技術を磨くとともに、新しい標準、計測、分析技術の芽を育てている。

第4期中期目標期間（2015年度～2019年度）においては、計量標準総合センターの一研究部門として、産業界のニーズを取り込みながら、計量標準の開発・維持・供給と先端計測技術とその応用技術の研究開発を、目的基礎、橋渡し前期および橋渡し後期のそれぞれのフェーズを見極めながら推進する。そのために、当部門独自の重点課題を実施した。以下にそれらの重点課題の概要、外部資金による研究テーマ、及び各グループの活動状況を述べる。

【重点課題1】高周波音を放射する機器の音響特性評価システムの開発：音響超音波標準研究グループ

高周波音の音圧分布を三次元的に測定するシステムを開発し、放射される高周波音の性状を的確に表現する

物理的指標とその計測技術の確立を目指す。そのためにシステムを設計した。

【重点課題2】高線量率小線源の術中線源位置測定装置の開発：放射線標準研究グループ
高線量率小線源治療の安全な実施のために、術中にリアルタイムで線源位置が分かる計測機器を開発する。そのためにダブルピンホールコリメータと胴体部を模擬した試験用ファントムを設計・製作した。

【重点課題3】放射性汚染検査用食品標準ファントムの開発：放射能中性子標準グループ
食品の放射能を非破壊で迅速に測定する装置を校正するための標準ファントム線源を開発する。そのために、ファントム内の放射能の分布の制御を目指して、検証した。

【重点課題4】高繰り返し電子リニアックによるバーストモード光子誘起陽電子消滅法の開発：X線・陽電子グループ、放射線イメージンググループ
常伝導電子線形電子加速器では世界初の試みとなるバーストモード・光子誘起陽電子消滅法を実現するためのレーザーパルス成形技術及び放射線計測システム開発を行う。そのために、バーストモード光子誘起陽電子消滅法が可能であることを実証した。

【重点課題5】有機系材料用の二次イオン質量分析装置(SIMS)の構築と実証：ナノ顕微計測研究グループ
有機系実試料のSIMS分析が可能な装置を構築する。そのために、SIMS装置に負イオンモードの機能を追加し、合わせてこれに関わる質量分析計の整備を行った。

【重点課題6】二光子-光電子収量分光法(2P-PYS)の開発：ナノ分光計測研究グループ
有機半導体の電子・光特性を決定づける励起準位のエネルギーを大気下で決定する新たな手法(2P-PYS)を開発する。そのために、プロトタイプ2P-PYS計測装置を構築して実験原理を検証した。

内部資金：

戦略予算「目の水晶体に対する等価線量モニタリングサービスの構築」

戦略予算「ナノ材料の適正管理に向けた国際標準の獲得」(分担)

戦略予算「放射性物質汚染のリスク管理のための計測・評価技術の開発と適用」(分担)

戦略予算「磁性材料プラットフォームの構築と高性能磁性材料・システム化技術の開発」

戦略予算「インフラ維持技術の統合的研究開発」

戦略予算「接着接合技術の国内拠点化展開」

外部資金：

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト「インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発/超小型 X線及び中性子センサを用いたインフラ維持管理用非破壊検査装置開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究成果展開事業
【研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)産業ニーズ対応タイプ】「中性子フラットパネルディテクタの研究開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的イノベーション創造プログラム【SIP】「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」「レーザー超音波可視化映像からの欠陥定量検出法の開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的イノベーション創造プログラム【SIP】「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術(先端計測)」「コンクリート内部を可視化する後方散乱 X線装置の開発」

文部科学省 平成27年度科学技術試験研究委託事業
「微細構造解析プラットフォーム」

公益社団法人日本アイソトープ協会 「Ir-192小線源空気カーマ強度に対する井戸型電離箱の校正」

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構「小型加速器を用いた逆コンプトン散乱光源による最適なイメージング手法の開発」

静岡県「高画質で小型軽量な卓上 X線3D スキャナの開発」

独立行政法人日本学術振興会 平成27年度科学研究費助成事業(科研費)

「X線自由電子レーザー絶対強度計測のためのマイクロカオリメータ」挑戦的萌芽研究

「イオン液体を用いた高集束性液滴ビーム源の開発：有機系試料の高精度 SIMS への展開」基盤研究(C)

「コンパクトカロリメータを用いた外部放射線治療現場における絶対線量計測技術の開発」若手研究(B)

「タンパク質機能発現の解明を目指した高強度テラヘルツ時間分解分光システムの開発」基盤研究(B)

「テラヘルツ領域における世界初の円二色性スペクトル計測への挑戦」挑戦的萌芽研究

「ファイバ・リング・レーザを用いた FBG 振動検出シ

システムの開発」 基盤研究(C)

「マイクロ蛍光比例計数管を用いた放射線イメージングデバイスの開発研究」 若手研究(B)

「レーザーコンプトン散乱X線による可視不能生体材料のリアルタイム可視化装置の開発」 基盤研究(B)

「強磁性体/超伝導体接合におけるアンドレーエフ反射およびスピン緩和に関する研究」 若手研究(B)

「近接場過渡吸収イメージング分光装置の開発と次世代有機太陽電池への応用」 基盤研究(C)

「構造体健全性診断のための超音波伝搬可視化法による定量的非破壊評価」 基盤研究(C)

「質量分析法による金属結合タンパク質の構造解析」 基盤研究(C)

「純ベータ核種の高感度オンサイト絶対測定器の開発」 若手研究(A)

「真空紫外マイクロビームを用いた円二色性計測による隕石中のキラリティ分析手法の検証」 新学術領域研究(研究領域提案型)

「針葉樹型カーボンナノ構造体電子源を用いた高輝度白色X線源の開発」 若手研究(B)

「水晶振動子型水素漏洩検知器の屋外使用のための温度・湿度補正法に関する研究」 基盤研究(C)

「水等価電離箱の開発」 基盤研究(C)

「生体光計測のための強度相関イメージング技術の研究」 基盤研究(C)

「超短電子ビームによる高強度ラジアル偏光テラヘルツを用いた巨視的光ピンセットの開発」 挑戦的萌芽研究

「電界放出型Cバンド高周波電子銃を用いたサブピコ秒電子ビーム源の開発」 若手研究(B)

「複合的実験手法による ${}^7\text{Li}(p,n)$ 反応準単色中性子スペクトル構造の解明」 若手研究(B)

「有機デバイス開発のための低照射線量逆光電子分光法の研究」 挑戦的萌芽研究

「陽電子発生用超伝導加速器の電子銃開発」 若手研究(B)

「粒子線治療における線量評価技術の開発」 基盤研究(B)

「超伝導転移端センサが実現する粒子線治療用線量標準の高精度化」 基盤研究(A)

「廃炉設置小型ライナック中性子源による核データ分析研究」 基盤研究(A)

「フェムト秒電子パンチの6D位相空間分布計測可能な単一ショット非破壊モニターの開発」 基盤研究(A)

「NRFを利用した同位体3Dイメージングに関する基礎研究」 基盤研究(B)

「立木用ポータブルX線検査装置の開発と材質研究およびマツ材線虫病研究への適用」 基盤研究(B)

「リニアックX線による新たな電離箱線量計校正法と水吸収線量計測に関する研究」 基盤研究(C)

「a-Si:H/c-Siヘテロ接合界面近傍のボイド構造解明」

基盤研究(C)

「微小カウラル超伝導体のエッジ電流による磁化のSQUID測定」 基盤研究(C)

「針葉樹型カーボンナノ構造体を用いた超小型タイミングX線源による分光観測の革新」 挑戦的萌芽研究

「加水分解産物からサリドマイドへの逆反応過程の検証と代謝経路の新規構築」 挑戦的萌芽研究

「多結晶効果の高効率・高精度解明を実現するコンビナトリアル型照射損傷研究の新提案」 基盤研究(B)

発 表 : 誌上発表89件、口頭発表270件、その他22件

音響超音波標準研究グループ

(Acoustics and Ultrasonics Standards Group)

研究グループ長 : 堀内 竜三

(つくば中央第3)

概 要 :

音響および超音波の標準は、環境、医療、ものづくりなどの分野において不可欠であり、ニーズに応じた新規標準の立ち上げや供給範囲の拡大・高度化に必要な研究開発を行っている。既存の標準の維持・供給やMRA対応の国際基幹比較への参加も継続的に実施している。また橋渡しの実現に向けた計測技術の開発や、将来のシーズとなりうる目的基礎研究にも積極的に取り組んでいる。

音響関連では、音響測定器のjcss等校正サービスについて、品質システムの継続的運用の下、jcss校正12件、騒音基準器検査16件、低周波域でのマイクロホン音圧感度の依頼試験1件、音響パワー測定で使用される基準音源の音響パワーレベル校正3件を実施した。JCSS登録申請事業者に対しては、5件の登録審査を行った。将来的に音響パワーレベル標準の校正周波数範囲を現行の100 Hzから10 kHzから50 Hzから20 kHzへ拡張することを計画している。無響室に木板を敷き詰めた環境下で基準音源の校正を行う予定であるが、本年度は校正環境の音響的特性評価として、低域側の50 Hzから100 Hzの周波数範囲における逆二乗則の成立を確認した。

超音波関連では、天秤法及びカロリメトリ法による超音波パワー校正、光干渉法によるハイドロホン感度校正の一次校正、同比較校正、超音波音場パラメータ校正の各標準を維持し、依頼試験を継続した。27年度には、超音波パワー校正は1件、ハイドロホン感度校正は28件、超音波音場パラメータは1件の依頼試験を実施した。また、医用超音波機器の性能、安全性評価や産業応用のニーズに応えるため校正範囲の拡張などを進めた。医用超音波機器や超音波洗浄機で求められる超音波パワー標準については、超音波振動子への印加電圧を正確に測定するために、サーマルコンバータを用いた測定システムの検討を始めた。またハイドロホ

ン感度校正については、超音波診断におけるエコー画像分解能向上による校正周波数拡張のニーズに対応するため、直径1 mmの音源を用いて60 MHzまでの超音波をハイドロホン及び光干渉計により検出した。また、諸外国の超音波標準との同等性を相互承認するため、超音波パワー校正 (CCAUV.U-K3.1) 及びハイドロホン感度校正 (CCAUV.U-K4) に関する国際基幹比較に参加し、結果の確認を行った。

研究テーマ：テーマ題目1

放射線標準研究グループ

(Ionizing Radiation Standards Group)

研究グループ長：齋藤 則生

(つくば中央第2)

概要：

放射線標準は、放射線防護、医療、産業、先端科学にとって非常に重要であり、ニーズに対応した標準の立ち上げと高度化、および関連する計測技術の研究開発、標準の維持・供給、MRA 対応の国際基幹比較に努めている。特に、ライフイノベーションへの貢献として、放射線を用いた診断・治療の信頼性向上に資するするために、医療用線量標準等の物理標準の開発・範囲拡張・高度化等の整備を知的基盤整備計画に沿って行うとともに、震災復興支援に関連する線量標準や関連する計測技術の開発などを積極的に進めている。

今年度は、医療用線量標準として、Ir-192小線源の基準空気カーマ標準を立ち上げ、プレス発表を行った。また、医療用リニアックからの高エネルギー電子線標準の開発のために、グラフィトカロリメータのSN比改善に努め、4倍向上した。また、補正係数導出のためにモンテカルロシミュレーションに取り組み、9 MeV について計算が完了した。粒子線治療に関わる標準開発として、炭素線の線質測定、カロリメータを用いた熱量測定を行うとともに、水カロリメータの開発を引き続き行った。

軟 X 線の線量当量標準の開発のために、X 線スペクトルの測定を行った。X 線自由電子レーザー用のマイクロカロリメータを開発した。今後動作テストを行う予定である。

Ir-192小線源などを用いた高線量率小線源治療の安全のために、術中にリアルタイムで線源位置が分かる計測機器を開発する。そのためにダブルピンホールカロリメータ・2次元検出器、および胴体部を模擬した試験用ファントムを設計・製作した。

放射線線量計の校正に関して、jcss11件 (γ 線8件、水吸収線量1件、軟 X 線1件、 β 線1件)、依頼試験32件 (γ 線21件、水吸収線量7件、中硬 X 線3件、軟 X 線1件) 行った。

研究テーマ：テーマ題目2

放射能中性子標準研究グループ

(Radioactivity and Neutron Standards Group)

研究グループ長：柚木 彰

(つくば中央第2)

概要：

放射能標準に関して、液体シンチレーションカウンタによる測定法を改良し、放射性医薬品に用いられるラジウム223の標準を確立した。また3重水素 (トリチウム) の測定精度を向上させた。セシウムを含む玄米の標準物質を用いた放射能測定の技能試験を行い、講習会を開催した。国際比較では、CCRI(II)が主催する Ge-68/Ga-68放射能測定国際比較 (CCRI(II)-K2.Ge-68) に参加した。校正サービスについては、jcss 校正9件、依頼試験6件を実施した。

中性子標準に関して、熱中性子フルエンス率標準と中性子放出率標準の jcss 校正を開始した。また18 MeV 速中性子フルエンス標準の不確かさ評価を行い、照射試験を可能とした。1.2 MeV、2.5 MeV の速中性子フルエンス標準についてはビーム形状の可視化、ペレトロン加速器の加速エネルギーの向上など開発を進めた。熱中性子フルエンス率標準、中性子線量標準、高エネルギー中性子フルエンス率標準の国際比較の準備を進めた。校正サービスについては、jcss 校正2件、依頼試験7件を実施した。

研究テーマ：テーマ題目3

X 線・陽電子計測研究グループ

(X-ray and Positron Measurement Group)

研究グループ長：鈴木 良一

(つくば中央第2)

概要：

非破壊検査や医療診断では、現場で使用できる小型軽量、ロボット等に搭載可能な X 線等の非破壊検査装置が望まれている。当グループでは、カーボンナノ構造体を用いた小型軽量の X 線源、X 線や中性子を用いた非破壊検査技術、放射線線量計等の技術シーズを有しており、ニーズに合わせた開発を行うことによって様々な状況に対応できる検査技術の開発を行う。また、先端材料開発では、原子からナノレベルの構造制御が鍵になっており、これらの極微構造の評価を実現するため、陽電子ビームを短パルス化・マイクロビーム化など高度に制御して、各種の材料に適用することによって表面近傍の原子からナノレベルの欠陥等を計測評価する技術の研究を行うとともに、陽電子ビームを用いた材料分析装置の公開を実施している。

今年度は、化学プラントの配管検査用のロボットに中性子水分計を搭載して実地試験を行い、ロボットを用いた検査の有効性を実証した。また配管検査用ロボットに搭載できる針葉樹型カーボンナノ構造体を用いた管電圧200 kV 以上の高エネルギー X 線源を開発し、

70 mm の鉄を透過した X 線のイメージを撮ることができることを確認した。また、陽電子ビームと中性子ビームの複合材料・構造分析用の小型加速器システムの検討を行い、小型電子加速器の設計とシミュレーションによる計測性能や放射線遮蔽の評価を実施した。

研究テーマ：テーマ題目4

ナノ顕微計測研究グループ

(Nanoscopic Measurement Group)

研究グループ長：山本 和弘

(つくば中央第2)

概 要：

ナノスケールオーダーで構造や特性を制御したナノ物質や物質・材料の機能を飛躍的に向上させるナノ製造技術の研究開発において、計測技術は基盤技術として重要である。当グループでは、電子線・イオンビーム等を含めた各種プローブを用いた顕微鏡的手法及び質量分析法を中心としたナノ領域の計測技術の研究開発を実施している。具体的には、電子顕微鏡を用いたナノ粒子の生体への安全性評価、原子間力顕微鏡 (AFM) や走査型近接場光顕微鏡 (SNOM) 等のプローブ顕微鏡によるナノ粒子の形状観察のための技術開発、質量分析法高度化のためのイオン化及び検出技術の開発、ナノ製造プロセス等のモニタリング用の水晶振動子センサの開発である。

平成27年度はまず質量分析法に関して、生体高分子の新たな分析法であるラジカル分解質量分析法の研究開発に着手した。タンパク質のフラグメンテーション解析に基づいたアミノ酸配列の一次構造決定を目指している。また二次イオン質量分析法 (SIMS) での多様な有機・高分子材料の分析を容易にするため、正負両極性の二次イオンを計測できる装置の開発を行った。さらに顕微鏡法に関しては、AFM の試料前処理技術や位置合わせ技術の改善によるナノ粒子観察技術の向上に進歩があった。ISO TC201 (表面化学分析) 及び TC229 (ナノテクノロジー) を通じて、これら手法に関わる国際標準化の推進も行った。

研究テーマ：テーマ題目5

放射線イメージング計測研究グループ

(Radiation Imaging Measurement Group)

研究グループ長：豊川 弘之

(つくば中央第2)

概 要：

電子加速器を用いて発生する X 線、テラヘルツ波、ガンマ線、中性子等の先端量子ビーム発生手法およびその利用方法について研究し、産業に役立つ先端分析計測技術を開発する。従来にはない新規量子ビームを発生する技術、既存の量子ビームの性能を格段に向上したり使い易くする技術、量子ビームを高効率かつ正確

に計測する放射線計測技術の開発、および技術を社会に広く普及させるための研究を行う。これらの一連の研究活動によって、産総研で開発した技術を社会へ広く橋渡しする。

今年度は高エネルギー X 線源を用いた後方散乱 X 線によるコンクリート等の片面からの内部検査手法の開発を行い、コンクリート内部の鉄筋や空洞を片面から撮影することに成功した。また電子加速器から発生する高強度テラヘルツ光の強度や偏光度等を計測し、吸収分光イメージングの実現に向けて着実な進展があった。

研究テーマ：テーマ題目4

非破壊計測研究グループ

(Non-destructive Measurement Group)

研究グループ長：時崎 高志

(つくば中央第2、西事業所)

概 要：

全視野計測による材料の微視的変形から構造物全体の巨視的変形評価技術の開発、超音波伝搬状況を可視化することで構造物中の欠陥を容易に検出する構造物健全性評価システムの開発、並びに炭素材料の適用環境における材料特性評価とその評価手法の開発を行っている。

今年度の成果を以下に記す。サンプリングモアレ法による橋梁モニタリングをつくば市の跨道橋 (2橋) のたわみ計測に適用し、従来のひずみ計を利用した計測と同程度の精度で、より経済的な計測法であることを実証した。ミクロンスケールの材料評価では、デバイスの熱ひずみ分布を評価し、熱ひずみによる破損を防ぐための材料設計に資するデータを提供した。また超音波可視化探傷技術においては、航空機用チタン合金接合部材の微小欠陥検出に適用し、欠陥検出能が実用化レベルに達したことを実証した。工業用カーボン材料の使用環境である高温物性の計測では、新しい手法で調製した C/C コンポジットの高温曲げ試験を行い、試験後の破壊の様子を観察して、この新規なコンポジットの力学特性を検討した。炭素繊維の単繊維による特性評価では、繊維の横方向圧壊試験において、試験力-変位曲線から横方向の圧縮弾性率を求める際の最適な領域を見出す検討を行った。

ナノ分光計測研究グループ

(Nanoscale Spectroscopic Measurement Group)

研究グループ長：中村 健

(つくば中央第2)

概 要：

先端産業技術各分野の横断的基盤である (生体構成物質を含む) 物質の多様な性質・機能の適切な維持と効果的・効率的な利活用のためには、種々の計測・分

析・評価手法を駆使した物質系の正確かつ精密な認識の下で制御を与え、現状の課題解決と目標達成を実現することが必要である。このような基盤としての計測・分析技術のうち、第4期中長期目標期間の開始期に新たに設立された当グループでは、プローブである光と物質の相互作用である吸収・反射・干渉等の物理現象を利用した先端計測・分析技術の研究開発を実施している。具体的には、パルスレーザー光による過渡吸収分光法や多光子吸収イオン化を介した分光法によるナノ物質・材料の表面・界面あるいは気相中での挙動を高時空間分解能で計測する技術の開発、照射した赤外線の反射光の検出と解析により不可視領域にある被写体画像を可視化する技術の開発と高度化、医療応用などを念頭に置いた光の干渉を用いた断層イメージング技術の開発と高度化、等である。

平成27年度は、パルスレーザー光励起による光電子放出の検出と解析を利用した二光子-光電子収量法(2P-PYS)の開発に取り組み、原理実証及びポンプ・プローブ測定の可能性の示唆を得た。また過渡吸収分光装置の機器公開を継続し、外部の計測・分析ニーズに適宜応えた。不可視領域の可視化技術の産総研からのスピノフであるベンチャーへの経営参画を継続して、産総研オリジナル技術の社会での普及と展開に貢献した。スペクトル強度干渉断層イメージング法の開発において、分解能の定量評価や新たに考案したアーティファクトの低減法に関する検証を行い、進捗があった。

研究テーマ：テーマ題目6

【テーマ題目1】高周波音を放射する機器の音響特性評価システムの開発

【研究代表者】堀内 竜三

(音響超音波標準研究グループ)

【研究担当者】堀内 竜三、高橋 弘宜、山田 桂輔
(常勤職員3名)

【研究内容】

20 kHz を超えた空中を伝播する音は高周波音と呼ばれている。高周波音は人間に聴こえないという特徴を生かし、ネズミなどの害虫が嫌悪する高周波音を放射する害虫駆除器が都市部の建屋などで近年数多く稼働している。また、高周波音の発生源として高周波音の周波数と一致する電気信号を扱う機器、例えばインバータ回路を内蔵する機器があり、高周波電気信号によって回路を構成する電気部品が振動し、意図せずに高周波音を放射している場合もある。このように日常生活において高周波音を曝露する機会が年々増加しつつあり、これに伴って高周波音の生体安全性という観点から機器が放射している高周波音を的確かつ定量的に把握したいという要求も高まっている。しかし、旧来より高周波音は人間が知覚できず産業的利用価値も低いので測定する必要はないと

思われてきた背景もあり、高周波音測定に対する技術的知見は蓄積されていない。

当グループは高周波音の生体安全性評価に資するため、20 kHz から100 kHz までの周波数域における音圧レベルの定量的基準としてマイクロホン音場感度を音響標準として供給している。高周波域における音響標準の開発で培った知見を生かすとともに技術の橋渡しの一環として、本課題では高周波域の音響標準を組み合わせることで測定信頼性を高めた、各種機器が放射する高周波音の音響特性評価システムの開発に取り組んだ。高周波音源の性状を表す定量的な指標として指向性や音響パワーなどが挙げられるが、これら指標のほとんどは高周波音源が放射する音の空間的な分布、三次元音圧分布から導かれる値である。三次元音圧分布は測定対象空間全体について感度校正されたマイクロホンをマイクロホン移動装置で移動させながら音圧を測定することで得られる。そこで本年度は高周波音の特徴に配慮したマイクロホン移動装置の設計と構築を行った。高周波音は音波の波長が可聴音に比べて短いため、可聴域での測定では無視できるような測定位置のずれが高周波音の音圧測定値の大きな精度劣化につながる可能性がある。今回構築したマイクロホン移動装置の位置分解能は、可聴域で使用されるものよりも約1/5小さい0.2 mm と高分解能化し、位置ずれによる影響をできるだけ小さくした。また、マイクロホン移動装置にはモータ駆動および制御のために高周波電気信号が流れている。この高周波電気信号は測定対象となる高周波音の周波数域と一致しており、マイクロホン移動装置を駆動するための電気回路と高周波音測定系の電気回路が電氣的に結合してしまうと音響測定系に大きな影響を与える。そのため、構築したマイクロホン移動装置は電磁両立性にも十分に配慮した。

【領域名】計量標準総合センター

【キーワード】高周波音、高周波音圧レベル標準、三次元音圧分布計測、マイクロホン移動装置

【テーマ題目2】高線量率小線源の術中線源位置測定装置の開発

【研究代表者】齋藤 則生(放射線標準研究グループ)

【研究担当者】齋藤 則生、黒澤 忠弘(常勤職員2名)

【研究内容】

HDR(高線量率小線源治療)は、腫瘍に線源を送り込むことにより局所治療が可能な先端的治療方法で、子宮頸がんや舌癌などの治療で利用されている。体内に挿入された線源の位置および強度を可視化できる技術が確立しておらず、実際に近年誤照射事故が報告されている。そこで、術中にリアルタイムで線源位置が分かる計測機器、具体的には、2次元イメージング及びコリメータ(ダブルピンホール)により、3次的に体内に挿入された線源の位置を計測する技術の開発を行う。

今年度は、テスト機として5 cm×5 cmの二次元検出

器を製作し、ファントム中での線源位置計測を行うことを目標とし、次の3つの開発を行った。

1. コリメータの設計及び製作

3次元で空間分解能2 mm 程度を達成するためのダブルピンホールコリメータを設計・製作した。

2. 2次元検出器の設計及び製作

シンチレータ (GAGG)、MPPC、ASIC の選定及び購入し、5 cm×5 cm の2次元検出器を製作した。

3. 試験用ファントムの製作

人体を模擬するために、円柱ファントムを製作した。今後は、製作したテスト機の動作テストを行い、線源を用いて試験を行う予定である。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 高線量率小線源治療、 γ 線、線源位置測定

〔テーマ題目3〕 放射性汚染検査用食品標準ファントムの開発

〔研究代表者〕 柚木 彰

(放射能中性子標準研究グループ)

〔研究担当者〕 小木曾 久人、廣瀬 伸吾 (製造技術研究部門 積層加工システム研究グループ)、

柚木 彰、海野 泰裕、古川 理央 (分析計測標準研究部門 放射能中性子標準研究グループ) (常勤職員5名)

〔研究内容〕

食品の放射能検査では一般に、試料をすり潰すなどして均質化し、規定の容器に充填して測定している。このため測定後に検査試料を製品として流通させるのは困難であった。そのため、特に製品単価が高い加工品等では、放射能汚染検査で問題ないと判断された食品は流通出来るような測定方法が求められた。これを受け、測定対象を限定すること、あるいは均質とみなせる量の食品を一度に測定することなどにより、食品の放射能を非破壊で測定する装置が開発されている。本研究はこのような、食品の放射能を非破壊で迅速に測定する装置の開発に役立つ、標準ファントム線源の開発を目的とする。

この目的を達成するため、様々な形状及び組成をもつ測定対象を模擬出来るよう、可能な限り任意の形状に対応出来るファントムの製造方法を開発する。ファントムの組成についても高い自由度を持った製造方法を開発する。また、ファントムの試作品に対し実際の検査装置で試験を繰り返し有用性や堅牢性を確認する。H27年度は、ファントムの原材料に放射性物質を均質に分布させる技術の開発を、方法の選定、製作条件の最適化、製作手順の最適化を通して行い、非放射性化合物を用いて妥当性を検証した。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター、エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 食品検査、放射能測定、非破壊測定、ファントム

〔テーマ題目4〕 高繰り返し電子リニアックによるバーストモード光子誘起陽電子消滅法の開発

〔研究代表者〕 鈴木 良一

(X線・陽電子計測研究グループ)

〔研究担当者〕 鈴木良一、オローク ブライアン、黒田 隆之助、平 義隆、三浦 永祐、藤原 健、豊川 弘之 (常勤職員7名)

〔研究内容〕

産業の基盤となる構造材料や機能材料開発では、原子～ナノ構造の制御を行う事が重要である。ナノ構造は材料内部の応力や原子移動などが密接に関係しており、これらの現象を詳しく調べる分析技術開発を行うことで、先端材料分析手法の開発を行う。

我々は陽電子寿命測定法 (PALS) を用いて、構造材料内部のナノ構造を分析する手法開発に取り組んでいる。PALS を用いると試料の空孔型格子欠陥濃度や空孔クラスターサイズに関する情報を得ることができるので、構造材料等の欠陥評価等に利用されている。ただし、構造材料のナノ構造特性は母材全体について調べる必要があるが、陽電子は材料中に1 μm 程度の深さまでしか入りこまないため、PALS の利用は表面分析に限られていた。

そこで我々は光子誘起陽電子消滅法 (PIPALS) という手法を開発して、材料深部を分析する手法の開発に取り組んでいる。材料研究では中性子散乱等が良く使われるが、PIPALS は中性子を用いた計測と相補的なデータが得られることから、材料分析評価において有力なツールであると期待される。透過力の強い高エネルギーX線を試料へ照射すると、X線は材料深部 (数 cm 程度) で電子と陽電子を発生し、そこで発生した陽電子は、材料中の電子と対消滅してガンマ線を発生する。PIPALS とは、この陽電子消滅ガンマ線が検出された時間分布を精度よく測定し、材料深部においてナノ構造の分析を行う手法である。

本研究では、常伝導電子線形電子加速器では世界初の試みとなるバーストモード・光子誘起陽電子消滅法を実現するためのレーザーパルス成形技術及び放射線計測システム開発に関する研究を行った。バーストモードとは、通常、数 Hz の繰り返しで発生する X 線パルス数を、一気に数100倍にする方法であり、PIPALS の計測速度を従来の数10～数100倍にする手法である。

今年度は小型電子線形加速器を用いたバーストモード X 線の発生と、それを用いた陽電子寿命計測を行い、同手法の有効性と実用性について実験的に検証した。その結果、現状のシステムを用いてもバーストモード X 線発生と陽電子寿命計測は可能であるが、ピコ秒オーダーの応答速度を持つ高速シンチレーション検出器の開発が必要であることが分かった。今後は放射線計測技術、電

子加速器技術、材料開発技術を合わせて、先端的な構造材料分析手法の実現を目指す。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】電子加速器、X線、陽電子、先端計測

【テーマ題目5】有機系材料用の二次イオン質量分析装置 (SIMS) の構築と実証

【研究代表者】山本 和弘 (ナノ顕微計測研究グループ)

【研究担当者】山本 和弘、藤原 幸雄、浅川 大樹
(常勤職員3名)

【研究内容】

二次イオン質量分析法 (Secondary Ion Mass Spectrometry: SIMS) は、イオンビームを試料表面に照射し、スパッタリングによって放出される試料原子 (あるいは分子) の二次イオンを質量分析することにより、試料構成元素 (あるいは分子) の同定ならびに濃度測定を行う分析法である。二次イオンとしては、プラスの電荷を有する正イオンとマイナスの電荷を有する負イオンが存在する。一般的に、正イオンや負イオンの生成効率は異なり、正イオンになりやすい原子や分子もあれば、逆に負イオンになりやすい原子や分子もある。このため、多種多様な試料を SIMS 分析するためには、正負両極性の二次イオンを計測できる装置が必要不可欠となる。

本研究は、有機系試料の正負両極性の二次イオンを計測できる SIMS 装置の構築ならびに実証を目的としたものである。有機系分子は分子量が大きいと、質量分析計としては飛行時間 (Time-of-flight: TOF) 型の質量分析計が有利である。また、正負両極性の二次イオンを計測するためには、正および負極性の電圧を印加できる電源システムが必要となる。そこで本研究では、質量分析部に TOF 型質量分析計を採用した。また、正極性に加えて負極性の電源システムも設置し、正負両極性の二次イオンを計測できる SIMS 装置を構築した。

構築した SIMS 装置の性能を評価するため、有機系試料 (アンモニウム系の有機化合物など) に対する SIMS 分析を実施した。結果として、質量電荷比が数百を超える正イオンならびに負イオンを計測できることを確認でき、有機系試料の SIMS 分析が可能であることを実証できた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】表面分析、質量分析、二次イオン

【テーマ題目6】二光子-光電子収量分光法 (2P-PYS) の開発

【研究代表者】中村 健 (ナノ分光計測研究グループ)

【研究担当者】中村 健、細貝 拓也、松崎 弘幸
(常勤職員3名)

【研究内容】

有機半導体材料に代表されている機能性有機分子は有

機 EL や有機トランジスタなどの新しい産業の芽の基幹材料として世界中で研究開発が盛んに行われている。本課題では、各種の有機デバイスの機能および効率を司る有機分子の電子物性、特に未だ汎用的な計測機器が無い計測が困難な非占有準位を簡便に測定できる新しい計測手法の開発を目指している。具体的には、超短パルスレーザーを光源に用いて、二光子吸収光電子分光と光電効果の閾値分光法を組み合わせた二光子-光電子収量法 (2P-PYS) を開発することで、大気下または実デバイスの開発環境に近い不活性雰囲気下での非占有準位の計測を実現する。

本年度は、2P-PYS の計測装置の製作と測定に関わる計測原理の検証を行った。サブナノ秒のパルス幅を持つ Nd:YAG レーザを光源、高い計測感度を実現するための超低ノイズ雰囲気制御測定室およびサブフェムトアンペアの測定能を有する計測機器を組み合わせたプロトタイプ的光学測定システムの製作を行い、以下の三つの実験結果を得ることに成功した。①±1フェムトアンペアのノイズ性能下における大気下光電子放出の実現、②一光子吸収と二光子吸収による光電子放出の識別、③ポンププローブ法による二光子吸収光電子放出の確認。特に③に関しては、初めのパルスレーザーの照射によって生成した長寿命励起子からの光電子放出を示唆しており、大気下における長寿命励起子の時定数解析だけでなく励起一重項および三重項を識別した上での非占有準位が決定できることを期待させる。今後は、測定システムの高度化を進めることで、光電子捕集効率を現行の20~30%から100%に近づけるだけでなく、電流測定能を一桁向上させるべく装置開発を進める一方、波長可変光学システムを構築することで2P-PYS の開発を完成させるべく活動を進めていく予定である。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】非占有準位、光電子収量分光法

⑥【計量標準普及センター】

(Center for Quality Management of Metrology)

計量標準普及センター長：新井 優
標準供給保証室長：岸本 勇夫
標準物質認証管理室長：黒岩 貴芳
法定計量管理室長：根本 一
計量研修センター長：加藤 英幸

所在地：つくば中央第3

人 員：21名 (16名)

概 要：

計量標準は円滑な国際通商を実現するために不可欠であり、さらに産業技術や研究開発の技術基盤であるとともに、環境・安全を評価するための技術基盤を与

えるなど、国民の生活に密着したものである。

社会に必要とされる計量標準を的確に把握してその整備・普及の方向性を見出し、標準の供給を的確に行うとともに、計量標準に係わる活動の成果を社会に広く普及していく役割を担っている。

標準供給保証室 (Metrology Quality Office)

概 要 :

産総研の成果である多岐にわたる物理系計量標準の供給事務(申請書受付、証明書発行など)を一元的に行うとともに、その信頼性を保証するために必要な ISO/IEC17025、ISO/IEC ガイド65に基づいた品質システムの支援業務を行う。

標準供給業務としては、次のものがある。

- ・ 特定計量器の検定、比較検査、基準器検査
- ・ 特定計量器の型式承認試験
- ・ 特定二次標準器の校正
- ・ 特定副標準器の校正
- ・ 技能試験参照値の付与
- ・ 研究開発品の頒布
- ・ その他計量に係わる試験・校正サービス

標準物質認証管理室 (Reference Materials Office)

概 要 :

産総研において研究開発された標準物質の頒布に関する事務を行うとともに、その品質を保証するために必要な ISO ガイド34、ISO/IEC17025に基づいた品質システムの支援業務を実施している。主な業務としては、標準物質の認証のための業務(標準物質認証委員会の開催、標準物質認証書の発行等)、標準物質の該当法規に従った安全な管理、標準物質の頒布業務、標準物質に関わる技術相談、ホームページやカタログ配布等による標準物質関連情報のユーザーへの発信などがある。

法定計量管理室 (Legal Metrology Management Office)

概 要 :

法定計量管理室は、次の業務において、関連する研究部門との連携及び調整をはかる。

法定計量システム政策の支援のために経済産業省を始めとする行政機関や国内産業界との連携及び技術的支援を行う。関連する全国計量行政会議技術委員会、質量計分科会の運営を行う。

法定計量業務の技術基準となる標準化(JIS 制定・改訂及び標準化調査研究委員会等)作業として、積算熱量計 JIS の改定、圧力計 JIS の改定及び計量法政省令改定に係る検討、提案を行う。また、自動はかり JIS の改定を行う。

国際法定計量に関連し、OIML(国際法定計量機関)や ISO/IEC の国際文書、勧告及び規格等の発行又は

改訂に関する国内のテーマごとの作業委員会に参加し、その内容の検討、審議を行う。

計量行政機関、関連する団体等に向け、法定計量の啓蒙普及活動として法定計量セミナー、法定計量クラブ、技術相談会の計画、運営を行う。その他計量研修センター、外部団体が行う講師派遣等に関する実施及び調整を行う。

計量研修センター (Metrology Training Center)

概 要 :

計量研修センターは、都道府県・特定市の計量行政公務員の研修及び民間の計量技術者に対して、一般計量士、環境計量士の資格付与などのため、一般計量関係及び環境計量関係の教習を企画・実施する研修機関である。前身は、1952年に当時の通商産業省傘下に創設された計量教習所で、2001年に独立行政法人化された産総研に合流した。

年間約600人の研修生を迎えて一般計量教習、一般計量特別教習、環境計量特別教習、短期計量教習、環境計量講習(濃度、騒音、振動関係)、及び計量行政機関の職員並びに計量士になるようとする者のための特定教習などを企画し実施している。また、計測技術者向けの技術研修などを実施している。

機構図 (2016/3/31現在)

業務報告データ

- ・ NMIJ 全体会合 2回
(4月2日、1月4日)
- ・ NMIJ 運営協議会 45回
- ・ 2015年度供給開始標準項目
物理標準 1、標準物質 12
- ・ ピアレビュー及び ASNITE-NMI 認定審査
技術ピアレビュー・ASNITE-NMI 認定の合同審査を通じて、校正サービスの2技術分野について認定を継続・拡大した。
- ・ JCSS 審査等への技術専門家の派遣
延べ99件、技術専門家の派遣を実施した。
- ・ 講演会等 7回
- 1. NMIJ 標準物質セミナー2015「健康を支える水の分析と標準物質」(NMIJ 主催) 9月3日 幕張メッセ
- 2. 2015年度計量標準総合センター成果発表会 2月9日～10日 産総研つくばセンター共用講堂
- 3. NMIJ 国際計量シンポジウム2016「新時代を迎える計量基本単位—新 SI 最新動向—」(NMIJ 主催) 2月17日 TKP 東京駅大手町コンファレンスセンター
- 4. 法定計量セミナー「特定計量器検定検査規則等の整備状況について(非自動はかりを含む)」「温度の国家計量標準から体温計」(NMIJ 主催) 9月3日 神戸市産業振興センター

5. 法定計量セミナー「分銅の検査方法について」「ガラス製体積計の検査方法について」他2件（NMIJ 主催）12月1日 北海道庁赤レンガ庁舎
6. NMIJ 法定計量クラブ「水素社会実現に向けて及び水素ディスペンサの JIS 規格原案作成の報告」「計量器の無線通信と OIML D31」「国際法定計量に関する状況報告」「基準器検査の運送等による申請手続きについて」（NMIJ 主催）3月8日 産総研臨海センター
7. 技術相談会：非自動はかりについて計5回開催した。関西センター
- ・技能試験
 1. NMIJ 分析技能向上支援プログラム「農薬残留分析の信頼性向上のための技能試験（第4回）玄米中の農薬分析」 5月18日～7月24日、参加者88名
 - ・主なイベント参加
 1. 「JASIS2015」ブース出展 9月2日～4日 幕張メッセ
 2. 「計測展2015 TOKYO」ブース出展 12月2日～4日 東京ビッグサイト
 - ・出版物発行 1回
 1. 産総研計量標準報告 Vol.9 No.2発刊（2015.10）

①物理標準

最上位に位置する国の計量標準の設定・維持・供給という責務を果たすため、さまざまな量に対する国の計量標準を整備して、計量・計測器の校正・試験、標準物質の頒布といった形で利用者への標準供給サービスを行っている。

法定計量

	種 類	受理個数	検査・試験個数	不合格個数	不合格 (%)
イ	検定	0	0	0	-
ロ	型式承認	91	83	8	9.6
ハ	基準器検査	2,407	2,400	27	1.1
ニ	比較検査	2	2	0	0.0

校正・試験等

	種 類	受理個数	校正・試験個数
ホ	特定標準器による校正 (特定二次標準器)	404	400
ヘ	依頼試験(一般)	434	438
	依頼試験(特殊)・技能試験用校正	200	200
	特定標準器による校正 (特定副標準器)	17	17
	OIML 適合性試験	3	4
ト	研究開発品頒布	0	0

イ、検 定

当所で現在行われている計量法に基づいた検定業務は、精度の極めて高いものと高度の検定設備能力を必要とするものなどの機種だけがその対象となっている。

種 類	項 目	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
ガラス製温度計		0	0	0	-

ロ、型式承認

計量器の構造（性能及び材料の特性を含む。）をあらかじめ十分に試験して、一定の基準に適合するものに「型式の承認」を与え、同一構造のものについては、その後の計量器の検定に際し、構造の検定を省略（一部残るものもある）し、検定の適正化と効率化を図る制度である。

種 類	項 目	受 理 個 数			試 験 個 数	承 認 個 数	不承認 個 数	不承認率 (%)
		新規	追加	計				
タクシーメーター		0	4	4	3	0	3	100.0
質量計	非自動はかり	9	16	25	29	26	3	10.3
温度計	抵抗体温計	3	3	6	4	3	1	25.0
体積計	水道メーター	8	1	9	4	3	1	25.0
	燃料油メーター	2	0	2	2	2	0	0.0
	ガスメーター	2	10	12	13	13	0	0.0
	小 計	12	11	23	19	18	1	5.3
圧力計	アネロイド型血圧計	11	7	18	15	15	0	0.0
熱量計	積算熱量計	2	0	2	0	0	0	-
騒音計		0	0	0	0	0	0	-
振動計		0	0	0	0	0	0	-
濃度計	ジルコニア式酸素濃度計	1	0	1	1	1	0	0.0
	磁気式酸素濃度計	1	0	1	1	1	0	0.0
	非分散型赤外線式二酸化硫黄濃度計	1	0	1	1	1	0	0.0
	非分散型赤外線式窒素酸化物濃度計	2	0	2	2	2	0	0.0
	非分散型赤外線式一酸化炭素濃度計	1	0	1	1	1	0	0.0
	化学発光式窒素酸化物濃度計	1	0	1	1	1	0	0.0
	ガラス電極式水素イオン濃度検出器	2	0	2	2	2	0	0.0
	ガラス電極式水素イオン濃度指示計	4	0	4	4	4	0	0.0
	小 計	13	0	13	13	13	0	0.0
照 度 計		0	0	0	0	0	0	-
合 計		50	41	91	83	75	8	9.6

ハ、基準器検査

計量器の構造、修理などの事業を行う者及び計量関係行政機関等が、検定、定期検査、立入検査などを行う場合には、その標準として基準器検査に合格して基準器検査成績書が交付された基準器を用いることになっている。基準器検査の対象機種の大半については当所が検査を行っており、これらの業務は計量法に基づいて行う重要な標準供給業務となっている。なお、基準器検査は検定手数料の関係から次の二つに大別される。

(1) 手数料を徴収する検査（計量器メーカー等が使用するもの）

(2) 手数料を伴わない検査（計量行政機関等が使用するもの）

種 類		項 目	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
長さ		基準巻尺	20	20	1	5.0
質量基準器		基準手動天びん	160	160	7	4.4
		基準直示天びん	5	5	0	0.0
		特級基準分銅	1,129	1,129	2	0.2
		小 計	1,294	1,294	9	0.7
温度基準器		基準ガラス製温度計	357	356	4	1.1
		抵抗温度計	0	0	0	-
		小 計	357	356	4	1.1
体積基準器		基準フラスコ	35	35	0	0.0
		基準ビュレット	2	2	0	0.0
		基準ガスメーター	94	94	3	3.2
		基準水道メーター	50	46	2	4.3
		基準燃料油メーター	58	56	0	0.0
		液体メーター用基準タンク	124	129	0	0.0
		液体タンク用基準タンク	7	7	0	0.0
		液体メーター用基準体積管	46	45	0	0.0
		小 計	416	414	5	1.2
密度基準器		基準密度浮ひょう	53	53	0	0.0
		液化石油ガス用浮ひょう型密度計	56	56	3	5.4
		小 計	109	109	3	2.8
圧力基準器		基準液柱型圧力計	63	62	2	3.2
		基準重錘型圧力計	100	97	0	0.0
		小 計	163	159	2	1.3
騒音		基準静電型マイクロホン	16	16	1	6.3
振動		基準サーボ式ピックアップ	6	6	0	0.0
比重基準器		基準比重浮ひょう	22	22	2	9.1
		基準重ボーメ度浮ひょう	4	4	0	0.0
		小 計	26	26	2	7.7
総 計			2,407	2,400	27	1.1

二、比較検査

比較検査は、検定と同様に合否の判定を行うが、具体的な器差を明らかにして成績書を交付し、精密な計量に奉仕する制度である。

種 類	項 目	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
酒精度浮ひょう		2	2	0	0.0

ホ、特定標準器による校正試験

特定標準器による校正（特定二次標準器）

種 類	受 理 個 数	校 正 個 数
01.長さ 光周波数コム装置	4 4	5 5
02.幾何学量 ロータリーエンコーダ	2 2	2 2
03.時間 原子時計 周波数標準器 周波数標準器	170 49 121	159 2 157
04.質量 標準分銅	23 23	31 31
05.力 実荷重式、こうかん式又は油圧式力基準機	7 7	2 2
06.トルク 参照用トルクレンチ	7 7	7 7
07.圧力 ピストン式重錘型圧力標準器	14 14	14 14
09.真空 粘性真空計	2 2	2 2
10.流量 ISO型トロイダルスロート音速ノズル 石油用流量計	10 0 10	15 7 8
11.密度 シリコン結晶	1 1	1 1
14.音響 I形標準マイクロホン II形標準マイクロホン	12 12	10 10
16.振動加速度 振動加速度計	3 3	2 2
19.直流・低周波 交直変換器 交流抵抗器 電圧発生装置 電流比較器 標準キャパシタ 標準抵抗器 誘導分圧器	28 3 2 5 1 3 11 3	30 3 2 5 1 4 12 3
20.高周波 可変減衰器(同軸) ピストン減衰器 固定長エレメント型ダイポールアンテナ 光パワー測定装置 光電検出器 高周波インピーダンス 高周波電圧 高周波電力 2.9mm 同軸	49 3 1 1 4 2 19 1 4	50 3 1 3 4 2 18 1 4

種 類	受 理 個 数	校 正 個 数
高周波電力 7mm 同軸	9	9
同軸可変減衰器	4	4
同軸固定減衰器	1	1
21.測光量・放射量	7	7
分光応答度	4	4
分光放射照度	3	3
22.放射線	13	12
β線吸収線量測定器	1	1
放射線線量計	12	11
23.放射能	9	6
放射能測定装置(遠隔校正)	9	6
24.中性子	1	1
中性子検出器	1	1
25.温度	21	27
貴金属熱電対	12	20
白金抵抗温度計	8	7
赤外放射温度計	1	0
26.湿度	19	15
露点計	19	15
28.硬さ	2	2
ビッカース硬さ標準片	2	2
合 計	404	400

へ、依頼試験

依頼試験

種 類	受 理 個 数	校 正 個 数
01.長さ	11	11
距離計	4	4
固体屈折率	1	1
波長（周波数）安定化レーザ	3	3
波長計	3	3
02.幾何学量	42	43
CMMによる幾何形状測定	15	13
オートコリメータ	2	2
ボールバー	2	2
ボールプレート	1	1
真円度	1	1
真円度測定機用倍率校正器	0	2
多面鏡	2	2
平面度	18	19
球面度	1	1
03.時間	57	56
周波数（遠隔校正）	48	47
周波数発振器 原子発振器・商用発振器	9	9
04.質量	0	0
05.力	0	0
06.トルク	10	10
トルクメータ	8	8
参照用トルクレンチ	2	2
07.圧力	5	5
液体	2	2
気体	3	3
08.重力加速度	0	0
09.真空計	10	11
リーク	7	8
真空計	1	1
標準コンダクタンス	2	2
10.流量	16	15
液体大流量及び中流量	10	10
気体小流量	1	0
気体大流速	1	1
気体中流速	2	2
石油小流量（軽油・灯油）	1	1
石油大流量（軽油・灯油）	1	1
11.密度	3	3
固体材料	3	3
12.粘度・動粘度	0	0
13.体積	0	0
14.音響	4	4
音圧感度（計測用マイクロホン）	1	1
音響パワーレベル	3	3
15.超音波	30	30
音場感度（ハイドロホン）	28	28
超音波パワー	1	1
超音波音場パラメタ	1	1
17.衝撃加速度	1	1
電圧感度	1	1
18.角振動・角速度	0	0

種 類	受 理 個 数	校 正 個 数
19.直流・低周波 インダクタ 交流電圧計 変流器	7 1 1 5	7 1 1 5
20.高周波 レーザーパワー 応答非直線性（光パワーメータ） 応答非直線性（光パワーメータ）波長依存性試験 光ファイバパワー応答度（光パワーメータ） 高周波インピーダンス 高周波電力 低周波磁界強度 同軸可変減衰器 導波管可変減衰器 利得（ホーンアンテナ）	47 7 1 2 1 25 4 1 2 2 2	47 7 1 2 1 25 4 1 2 2 2
21.測光量・放射量 BRDF（2方向反射率分布関数） N-9 分光全放射束（4π放射光源用） 照度応答度 分光応答度 分光拡散反射率	34 2 6 1 19 6	32 0 6 1 19 6
22.放射線 Co-60γ線水吸収線量 照射線量（率）測定器 放射線量検出素子	43 7 22 14	44 7 23 14
23.放射能 放射能濃度	5 5	5 5
24.中性子 中性子サーバイメータ校正試験	4 4	4 4
25.温度 カプセル型白金抵抗温度計 貴金属熱電対 非接触温度計・校正装置	19 1 1 17	20 1 1 18
26.湿度 露点計	6 6	6 6
27.熱物性 熱拡散率 熱膨張率（線膨張係数） 熱流密度 比熱容量測定	19 9 7 1 2	19 9 7 1 2
29.衝撃値 衝撃試験機	1 1	1 1
30.粒子・粒子特性 粒径 粒子数濃度	6 1 5	5 1 4
31.純度 高純度有機標準物質	32 32	36 36
32.薄膜・多層膜 膜厚	2 2	2 2
51.計量器の構成要素及び検査装置の試験 質量計用ターミナル・デジタルディスプレイ 質量計用指示計（アナログ信号） 特定計量器外部接続装置の性能試験 燃料油メーター用ホース 燃料油メーター用表示装置	13 4 5 1 1 2	14 4 5 1 1 3

種 類	受 理 個 数	校 正 個 数
52.その他	7	7
体積	3	3
流量	4	4
合 計	434	438

へ. 依頼試験

依頼試験（特殊）・技能試験用校正

種 類	受 理 個 数	校 正 個 数
04.質量	0	0
05.力	0	0
09.真空	0	0
10.流量	1	1
微風速 気体中流速	1	1
11.密度	5	5
酒精度浮ひょう	1	1
重ボーマメ度浮ひょう	1	1
日本酒度浮ひょう	1	1
密度浮ひょう	2	2
12.粘度・動粘度	3	3
粘度標準液	3	3
19.直流・低周波	1	1
交直電圧比較装置	1	1
20.高周波	2	2
高周波電力	2	2
25.温度	1	1
非接触温度計・校正装置	1	1
28.硬さ	4	4
ビッカース硬さ標準片	4	4
52.その他	183	183
家庭用はかり	135	135
非自動はかり（3級，4級）	48	48
合 計	200	200

へ、依頼試験

特定標準器による校正（特定副標準器）

	受 理 個 数	校 正 個 数
19.直流・低周波	9	9
交流電圧用交直変換器	4	4
交流電流用交直変換器	1	1
電圧発生装置	1	1
標準抵抗器	3	3
21.測光量・放射量	0	0
25.温度	8	8
温度計用	4	4
放射温度計校正用	4	4
合 計	17	17

へ、依頼試験

OIML 適合性試験

種 類	項 目	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
非自動はかり		1	2	1	50.0
自動車等給油メーター		2	2	0	0.0
合 計		3	4	1	25.0

ト、研究開発品

種 類	頒布個数
1.熱拡散率試験片（4枚）	0
2.石英ヨウ素セル	0
3.パッシブ型シールドループアンテナ	0
4.標準コンダクタンスエレメント	0
5.ジョセフソン電圧標準素子	0
6.極低温電流比較器インサート	0
合 計	0

②認証標準物質

計量標準総合センターでは品質システムを整備し、生産計画に基づいて標準物質の生産を行っている。特性値は安定性と均一性を確認し、妥当性が確かめられた測定方法とトレーサビリティの確立された計測標準を用いている。また、不確かさを算出した上で内部の標準物質認証委員会にて審議され、認証標準物質（NMIJ CRM）を随時頒布している。

認証標準物質の一覧表

(NMIJ 認証標準物質)

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 1001-a	鉄-クロム合金 (Cr 5%)	1
NMIJ CRM 1002-a	鉄-クロム合金 (Cr 15%)	1
NMIJ CRM 1003-a	鉄-クロム合金 (Cr 20%)	1
NMIJ CRM 1004-a	鉄-クロム合金 (Cr 30%)	1
NMIJ CRM 1005-a	鉄-クロム合金 (Cr 40%)	1
NMIJ CRM 1006-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 5%)	0
NMIJ CRM 1007-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 10%)	0
NMIJ CRM 1008-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 20%)	0
NMIJ CRM 1009-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 40%)	0
NMIJ CRM 1010-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 60%)	0
NMIJ CRM 1011-b	鉄-炭素合金 (C 0.1%)	5
NMIJ CRM 1012-b	鉄-炭素合金 (C 0.2%)	5
NMIJ CRM 1013-b	鉄-炭素合金 (C 0.3%)	5
NMIJ CRM 1014-b	鉄-炭素合金 (C 0.5%)	5
NMIJ CRM 1015-b	鉄-炭素合金 (C 0.7%)	5
NMIJ CRM 1016-a	鉄クロム合金 (Cr 40%)	0
NMIJ CRM 1017-a	EPMA 用ステンレス鋼	0
NMIJ CRM 1018-a	EPMA 用 Ni (36%) - Fe 合金	0
NMIJ CRM 1019-a	EPMA 用 Ni (42%) - Fe 合金	0
NMIJ CRM 1020-a	EPMA 用高ニッケル合金	0
NMIJ CRM 3001-b	フタル酸水素カリウム	39
NMIJ CRM 3002-a	ニクロム酸カリウム	5
NMIJ CRM 3003-a	三酸化二ひ素	17
NMIJ CRM 3004-a	アミド硫酸	18
NMIJ CRM 3005-a	炭酸ナトリウム	11
NMIJ CRM 3006-a	よう素酸カリウム	15
NMIJ CRM 3007-a	しゅう酸ナトリウム	8
NMIJ CRM 3008-a	塩化ナトリウム	4
NMIJ CRM 3011-a	塩化アンモニウム	3
NMIJ CRM 3012-a	トリス (ヒドロキシメチル) アミノメタン	4
NMIJ CRM 3013-a	炭酸カルシウム	1
NMIJ CRM 3201-a	塩酸 (0.1 mol kg ⁻¹)	1
NMIJ CRM 3401-a	一酸化窒素	0
NMIJ CRM 3402-c	二酸化硫黄	1
NMIJ CRM 3403-b	亜酸化窒素標準ガス (高濃度、窒素希釈)	1
NMIJ CRM 3404-c	酸素	0
NMIJ CRM 3406-d	一酸化炭素	1
NMIJ CRM 3407-b	二酸化炭素	1
NMIJ CRM 3408-a	窒素希釈酸素 (10 μmol/mol)	0
NMIJ CRM 3601-a	ナトリウム標準液 Na (1000)	1
NMIJ CRM 3602-a	カリウム標準液 K (1000)	2
NMIJ CRM 3604-a	マグネシウム標準液 Mg (1000)	5
NMIJ CRM 3605-a	アルミニウム標準液 Al (1000)	3
NMIJ CRM 3606-a	銅標準液 Cu (1000)	3
NMIJ CRM 3607-a	亜鉛標準液 Zn (1000)	2

産業技術総合研究所

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 3608-a	鉛標準液 Pb (1000)	3
NMIJ CRM 3609-a	カドミウム標準液 Cd (1000)	3
NMIJ CRM 3610-a	マンガン標準液 Mn (1000)	2
NMIJ CRM 3611-a	鉄標準液 Fe (1000)	3
NMIJ CRM 3612-a	ニッケル標準液 Ni (1000)	3
NMIJ CRM 3613-a	コバルト標準液 Co (1000)	2
NMIJ CRM 3614-a	ひ素標準液 As (1000)	3
NMIJ CRM 3615-a	アンチモン標準液 Sb (1000)	2
NMIJ CRM 3616-a	ビスマス標準液 Bi (1000)	2
NMIJ CRM 3618-a	水銀標準液 Hg (1000)	0
NMIJ CRM 3619-a	セレン標準液 Se (1000)	4
NMIJ CRM 3620-a	リチウム標準液 Li (1000)	0
NMIJ CRM 3621-a	バリウム標準液 Ba (1000)	2
NMIJ CRM 3622-a	モリブデン標準液 Mo (1000)	2
NMIJ CRM 3623-a	ストロンチウム標準液 Sr (1000)	2
NMIJ CRM 3624-a	ルビジウム標準液 Rb (1000)	0
NMIJ CRM 3625-a	タリウム標準液 Tl (1000)	2
NMIJ CRM 3626-a	すず標準液 Sn (1000)	2
NMIJ CRM 3627-a	ほう素標準液 B (1000)	3
NMIJ CRM 3628-a	セシウム標準液 Cs (1000)	0
NMIJ CRM 3629-a	インジウム標準液 In (1000)	2
NMIJ CRM 3630-a	テルル標準液 Te (1000)	2
NMIJ CRM 3631-a	ガリウム標準液 Ga (1000)	2
NMIJ CRM 3632-a	バナジウム標準液 V (1000)	2
NMIJ CRM 3681-a	鉛同位体標準液	4
NMIJ CRM 3802-a	塩化物イオン標準液 Cl (1000)	0
NMIJ CRM 3805-a	亜硝酸イオン標準液 NO ₂ (1000)	0
NMIJ CRM 3806-a	硝酸イオン標準液 NO ₃ (1000)	0
NMIJ CRM 3807-a	りん酸イオン標準液 PO ₄ (1000)	0
NMIJ CRM 3808-a	臭化物イオン標準液 Br (1000)	0
NMIJ CRM 3809-a	シアン化物イオン標準液 CN ⁻ (1000)	0
NMIJ CRM 3811-a	塩素酸イオン標準液 ClO ₃ ⁻ (1000)	2
NMIJ CRM 3812-a	臭素酸イオン標準液 BrO ₃ ⁻ (2000)	2
NMIJ CRM 3813-a	有機体炭素標準液 TOC (1000)	0
NMIJ CRM 4001-b	エタノール	1
NMIJ CRM 4002-a	ベンゼン	20
NMIJ CRM 4003-b	トルエン	11
NMIJ CRM 4004-a	1,2-ジクロロエタン	0
NMIJ CRM 4005-a	ジクロロメタン	0
NMIJ CRM 4006-a	四塩化炭素	0
NMIJ CRM 4011-a	<i>o</i> -キシレン	0
NMIJ CRM 4012-a	<i>m</i> -キシレン	0
NMIJ CRM 4013-a	<i>p</i> -キシレン	0
NMIJ CRM 4014-a	1,1-ジクロロエチレン	1
NMIJ CRM 4019-a	ブロモホルム (トリブロモメタン)	1
NMIJ CRM 4020-a	ブロモジクロロメタン	2
NMIJ CRM 4021-a	エチルベンゼン	0
NMIJ CRM 4022-b	フタル酸ジエチル	0
NMIJ CRM 4030-a	ビスフェノール A	1
NMIJ CRM 4036-a	ジブロモクロロメタン	2
NMIJ CRM 4038-a	1,2-ジクロロプロパン	0
NMIJ CRM 4039-a	1,4-ジクロロベンゼン	3
NMIJ CRM 4040-b	アクリロニトリル	10

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 4051-b	メタン	0
NMIJ CRM 4052-b	プロパン	0
NMIJ CRM 4054-a	アセトアルデヒド	13
NMIJ CRM 4055-a	スチレン	5
NMIJ CRM 4056-a	ペルフルオロオクタン酸	0
NMIJ CRM 4057-a	1,4-ジオキサン	3
NMIJ CRM 4058-a	<i>tert</i> -ブチルメチルエーテル (MTBE)	2
NMIJ CRM 4203-a	γ -HCH 標準液	0
NMIJ CRM 4213-a	ベンゾ[a]ピレン標準液	14
NMIJ CRM 4214-a	<i>p,p'</i> -DDT, <i>p,p'</i> -DDE, γ -HCH 混合標準液	2
NMIJ CRM 4215-a	燃料中硫黄分分析用標準液	8
NMIJ RM 4216-a	トルエン (燃料中硫黄分分析用ーブランク)	7
NMIJ CRM 4217-a	燃料中硫黄分分析用標準液-高濃度	0
NMIJ CRM 4220-a	ペルフルオロオクタンスルホン酸カリウム標準液 (メタノール溶液)	1
NMIJ CRM 4221-a	ジブチルスルフィド (燃料中硫黄分分析用ー高純度)	5
NMIJ CRM 4222-a	水分分析用標準液 (0.1 mg/g)	18
NMIJ CRM 4403-a	SF ₆ ・CF ₄ 混合標準ガス (窒素希釈、排出レベル)	0
NMIJ CRM 4405-a	C ₂ F ₆ ・CF ₄ 混合標準ガス (窒素希釈、濃度0.5%)	0
NMIJ CRM 4406-a	SF ₆ ・C ₂ F ₆ ・CF ₄ 混合標準ガス (窒素希釈、濃度0.5%)	0
NMIJ CRM 4601-a	定量 NMR 用標準物質 (1H, 19F) (3,5-ビス (トリフルオロメチル) 安息香酸)	66
NMIJ CRM 5001-a	ポリスチレン2400	4
NMIJ CRM 5002-a	ポリスチレン500	12
NMIJ CRM 5004-a	ポリスチレン1000	7
NMIJ CRM 5005-a	ポリエチレングリコール400	2
NMIJ CRM 5006-a	ポリエチレングリコール1000	4
NMIJ CRM 5007-a	ポリエチレングリコール1500	2
NMIJ CRM 5008-a	ポリスチレン (多分散)	4
NMIJ RM 5009-a	ポリスチレン8500	2
NMIJ CRM 5010-a	ポリエチレングリコールノニルフェニルエーテル	1
NMIJ CRM 5011-a	ポリエチレングリコール (23量体)	2
NMIJ CRM 5012-a	ポリスチレン (光散乱用)	0
NMIJ CRM 5101-a	しゅう酸塩 pH 標準液	2
NMIJ CRM 5102-a	フタル酸塩 pH 標準液	2
NMIJ CRM 5103-a	中性りん酸塩 pH 標準液	2
NMIJ CRM 5104-a	りん酸塩 pH 標準液	2
NMIJ CRM 5105-a	ほう酸塩 pH 標準液	4
NMIJ CRM 5106-a	炭酸塩 pH 標準液	4
NMIJ CRM 5121-a	電気伝導率標準液 (塩化カリウム水溶液 (1 mol kg ⁻¹))	1
NMIJ CRM 5123-a	電気伝導率標準液 (塩化カリウム水溶液 (0.01 mol kg ⁻¹))	6
NMIJ CRM 5202-a	SiO ₂ /Si 多層膜標準物質	5
NMIJ CRM 5203-a	GaAs/AlAs 超格子	2
NMIJ CRM 5204-b	極薄シリコン酸化膜	0
NMIJ CRM 5205-a	デルタ BN 多層膜	1
NMIJ CRM 5206-a	デルタ BN 多層膜 (As ドープ Si 基板)	0
NMIJ CRM 5401-a	シクロヘキサン (熱分析用標準物質)	13
NMIJ CRM 5502-a	動的粘弾性 (PVC)	2
NMIJ CRM 5503-a	動的粘弾性 (PMMA)	20
NMIJ CRM 5504-a	動的粘弾性 (PE-UHMW)	7
NMIJ CRM 5505-a	動的粘弾性 (PEEK)	7
NMIJ CRM 5506-a	シャルピー衝撃試験 (PVC)	1
NMIJ CRM 5507-a	シャルピー衝撃試験 (PMMA)	0
NMIJ CRM 5601-a	陽電子寿命による超微細空孔測定用石英ガラス	0
NMIJ CRM 5602-a	陽電子寿命による超微細空孔測定用ポリカーボネート	0

産業技術総合研究所

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 5603-a	低エネルギーひ素イオン注入けい素 (レベル: 3×10^{15} atoms/cm ²)	0
NMIJ CRM 5604-a	低エネルギーひ素イオン注入けい素 (レベル: 6×10^{14} atoms/cm ²)	0
NMIJ CRM 5605-a	ハフニウム定量用酸化ハフニウム薄膜	0
NMIJ CRM 5606-a	陽電子寿命による空孔欠陥測定用単結晶シリコン	1
NMIJ RM 5607-a	陽電子寿命による空孔欠陥測定用ステンレス鋼	0
NMIJ CRM 5701-a	ポリスチレンラテックス ナノ粒子 (120nm)	7
NMIJ CRM 5702-a	ポリスチレンラテックス ナノ粒子 (150 nm)	2
NMIJ CRM 5703-a	ポリスチレンラテックス ナノ粒子 (200 nm)	3
NMIJ RM 5711-a	酸化チタンナノ粒子 (比表面積11 m ² /g・大粒子径・表面無処理)	7
NMIJ RM 5712-a	酸化チタンナノ粒子 (比表面積57 m ² /g・小粒子径・脂肪酸表面修飾)	5
NMIJ RM 5713-a	酸化チタンナノ粒子 (比表面積76 m ² /g・小粒子径・イソブチル基表面修飾)	7
NMIJ CRM 6001-a	コレステロール	6
NMIJ CRM 6002-a	テストステロン	4
NMIJ CRM 6003-a	プロゲステロン	2
NMIJ CRM 6004-a	17β-エストラジオール	3
NMIJ CRM 6005-a	クレアチニン	1
NMIJ CRM 6006-a	尿素	5
NMIJ CRM 6007-a	ヒドロコルチゾン	3
NMIJ CRM 6008-a	尿酸	9
NMIJ CRM 6009-a	トリオレイン	0
NMIJ CRM 6011-a	L-アラニン	27
NMIJ CRM 6012-a	L-ロイシン	27
NMIJ CRM 6013-a	L-イソロイシン	27
NMIJ CRM 6014-a	L-フェニルアラニン	36
NMIJ CRM 6015-a	L-バリン	39
NMIJ CRM 6016-a	L-プロリン	26
NMIJ CRM 6017-a	L-アルギニン	3
NMIJ CRM 6017-b	L-アルギニン	19
NMIJ CRM 6018-a	L-リシンー塩酸塩	33
NMIJ CRM 6019-a	L-チロシン	31
NMIJ CRM 6020-a	L-トレオニン	22
NMIJ CRM 6021-a	L-セリン	18
NMIJ CRM 6022-a	グリシン	48
NMIJ CRM 6023-a	L-メチオニン	11
NMIJ CRM 6024-a	L-ヒスチジン	27
NMIJ CRM 6025-a	L-シスチン	12
NMIJ CRM 6026-a	L-グルタミン酸	11
NMIJ CRM 6027-a	L-アスパラギン酸	7
NMIJ CRM 6201-b	C 反応性蛋白溶液	10
NMIJ CRM 6202-a	ヒト血清アルブミン	6
NMIJ CRM 6204-a	定量解析用リボ核酸 (RNA) 水溶液	23
NMIJ CRM 6401-b	コルチゾール分析用ヒト血清 (4濃度レベル)	8
NMIJ CRM 6901-b	C-ペプチド	1
NMIJ CRM 7202-b	河川水 (微量元素分析用 添加)	92
NMIJ CRM 7302-a	海底質 (有害金属分析用)	2
NMIJ CRM 7303-a	湖底質 (有害金属分析用)	6
NMIJ CRM 7304-a	海底質 (ポリクロロビフェニル、塩素系農薬類分析用—高濃度)	0
NMIJ CRM 7307-a	湖底質 (多環芳香族炭化水素分類分析用)	0
NMIJ CRM 7308-a	トンネル粉じん (多環芳香族炭化水素分析用・有害元素分析用)	4
NMIJ CRM 7402-a	タラ魚肉粉末標準物質 (微量元素・アルセノベタイン・メチル水銀分析用)	34
NMIJ CRM 7403-a	メカジキ魚肉粉末 (微量元素・アルセノベタイン・メチル水銀分析用)	18
NMIJ CRM 7404-a	スズキ魚肉粉末(有機汚染物質分析用)	7
NMIJ CRM 7405-a	ひじき粉末 (微量元素・ひ素化合物分析用)	54

産業技術総合研究所

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 7501-a	白米粉末 (微量元素分析用 Cd 濃度レベル I)	26
NMIJ CRM 7502-a	白米粉末 (微量元素分析用 Cd 濃度レベル II)	26
NMIJ CRM 7503-a	白米粉末 (ひ素化合物・微量元素分析用)	9
NMIJ CRM 7504-a	玄米粉末 (残留農薬分析用)	9
NMIJ CRM 7505-a	茶葉粉末 (微量元素分析用)	10
NMIJ CRM 7507-a	ネギ粉末 (残留農薬分析用)	7
NMIJ CRM 7508-a	キャベツ粉末 (残留農薬分析用)	12
NMIJ CRM 7509-a	大豆粉末 (残留農薬分析用)	9
NMIJ CRM 7510-a	リンゴ粉末 (残留農薬分析用)	6
NMIJ CRM 7511-a	大豆粉末 (微量元素分析用)	2
NMIJ CRM 7512-a	ミルク粉末 (微量元素分析用)	13
NMIJ CRM 7531-a	玄米粉末 (カドミウム分析用)	31
NMIJ CRM 7532-a	玄米粉末 (ひ素化合物・微量元素分析用)	59
NMIJ CRM 7541-a	玄米 (放射性セシウム分析用)	8
NMIJ CRM 7541-b	玄米 (放射性セシウム分析用)	4
NMIJ CRM 7601-a	海水 (栄養塩; 極低濃度)	18
NMIJ CRM 7602-a	海水 (栄養塩; 中濃度)	56
NMIJ CRM 7603-a	海水 (栄養塩; 高濃度)	18
NMIJ CRM 7901-a	アルセノベタイン水溶液	27
NMIJ CRM 7902-a	絶縁油 (ポリクロロビフェニル分析用-高濃度)	3
NMIJ CRM 7903-a	絶縁油 (ポリクロロビフェニル分析用-低濃度)	0
NMIJ CRM 7904-a	重油 (ポリクロロビフェニル分析用)	0
NMIJ CRM 7905-a	重油 (ポリクロロビフェニル分析用-ブランク)	0
NMIJ CRM 7906-a	ポリクロロビフェニル混合標準液 (KC 混合物ノナン溶液)	7
NMIJ CRM 7912-a	ひ酸 [As(V)] 水溶液	42
NMIJ CRM 7913-a	ジメチルアルシン酸水溶液	36
NMIJ CRM 8001-a	ファインセラミックス用炭化けい素微粉末 (α 型)	2
NMIJ CRM 8002-a	ファインセラミックス用炭化けい素微粉末 (β 型)	1
NMIJ CRM 8003-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末 (直接窒化合成) I	5
NMIJ CRM 8004-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末 (直接窒化合成) II	14
NMIJ CRM 8005-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末 (イミド分解合成)	4
NMIJ CRM 8006-a	ファインセラミックス用アルミナ微粉末 (低純度)	1
NMIJ CRM 8007-a	ファインセラミックス用アルミナ微粉末 (高純度)	2
NMIJ CRM 8102-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd, Cr, Pb; 低濃度)	7
NMIJ CRM 8103-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd, Cr, Pb; 高濃度)	14
NMIJ CRM 8105-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク (Cd, Cr, Pb; 低濃度)	1
NMIJ CRM 8108-b	臭素系難燃剤含有ポリスチレン	24
NMIJ CRM 8109-a	臭素系難燃剤含有ポリ塩化ビニル	1
NMIJ CRM 8110-a	臭素系難燃剤含有ポリスチレン (高濃度)	14
NMIJ CRM 8112-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd, Cr, Hg, Pb; 低濃度)	9
NMIJ CRM 8113-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd, Cr, Hg, Pb; 高濃度)	2
NMIJ CRM 8115-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク (Cd, Cr, Hg, Pb; 低濃度)	19
NMIJ CRM 8116-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク (Cd, Cr, Hg, Pb; 高濃度)	0
NMIJ CRM 8123-a	重金属分析用 PVC 樹脂ペレット (Cd, Cr, Hg, Pb; 高濃度)	23
NMIJ CRM 8133-a	重金属分析用 PP 樹脂ペレット (Cd, Cr, Hg, Pb; 高濃度)	5
NMIJ CRM 8136-a	重金属分析用 PP 樹脂ディスク (Cd, Cr, Hg, Pb; 高濃度)	21
NMIJ CRM 8137-a	臭素分析用 PP 樹脂ペレット	3
NMIJ CRM 8151-a	ポリプロピレン (フタル酸エステル類分析用)	25
NMIJ CRM 8152-a	ポリ塩化ビニル (フタル酸エステル類分析用)	23
NMIJ CRM 8155-a	ABS 樹脂 (ペルフルオロアルキル化合物分析用)	0
NMIJ CRM 8202-a	鉛フリーはんだチップ (Sn96.5Ag3Cu0.5) (Pb 低濃度)	2
NMIJ CRM 8203-a	鉛フリーはんだチップ (Sn96.5Ag3Cu0.5) (Pb 高濃度)	2
NMIJ CRM 8301-a	バイオエタノール	10

産業技術総合研究所

識別記号	名 称	頒 布 数
化学系標準物質計		1,975
NMIJ RM1101-a-1	熱膨張率標準物質 (単結晶シリコン) 形状: 1	15
NMIJ RM1101-a-2	熱膨張率標準物質 (単結晶シリコン) 形状: 2	0
NMIJ RM1102-a-1	熱膨張率標準物質 (ガラス状炭素) 形状: 1	1
NMIJ RM1102-a-2	熱膨張率標準物質 (ガラス状炭素) 形状: 2	1
NMIJ RM1104-a	熱膨張率標準物質 (ガラス状炭素)	1
NMIJ RM1301-a	熱拡散時間標準薄膜 (窒化チタン薄膜/石英ガラス基板)	2
NMIJ RM1401-a	熱伝導率標準物質(等方性黒鉛)	3
NMIJ CRM5803-a-1	熱膨張率測定用単結晶シリコン (低温用) 形状: 1	1
NMIJ CRM5803-a-2	熱膨張率測定用単結晶シリコン (低温用) 形状: 2	1
NMIJ CRM5804-b	熱拡散率測定用等方性黒鉛	0
NMIJ CRM5805-a	熱膨張率測定用高純度銅	1
NMIJ CRM5806-a	比熱容量測定用単結晶シリコン (低温用)	6
NMIJ CRM5807-a	熱拡散率測定用セラミックス (Al ₂ O ₃ -TiC 系)	19
NMIJ CRM5808-a	熱拡散率測定用モリブデン薄膜 (400nm)	4
物理系標準物質計		55
合 計		2,030

③外国出張・招へい、協力協定、国際比較

外国出張

出張件数	出張先国	出張目的
134件	フランス	国際度量衡委員会 国際度量衡委員会諮問委員会 国際法定計量委員会 アジア太平洋計量計画 アジア太平洋法定計量フォーラム 二国間比較 その他
	中国	
	タイ	
	韓国	
	米国	
	カンボジア	
	イギリス	
	シンガポール	
	ドイツ	
	オランダ	
	インドネシア	
	デンマーク	
	チェコ	
	ブラジル	
ベルギー		

外国人招へい

件数	招へい国	招へい目的
2	韓国、台湾	ピアレビュー
12	フィリピン1件、タイ4件、 インドネシア5件、マレーシア 2件	技術研究協力 (メトロロジー・ハブ・イン・アセアン)
4	台湾2件、リトアニア、タイ	研究協力
2	スイス、タイ	シンポジウムの講師

産総研技術研修による外国人の受入

分野	人数(人)	相手国
有機組成	2	メキシコ、タイ
幾何標準	1	アラブ首長国連邦

JICA 予算による外国人の受入

1件 インド国別研修「社会・産業インフラとしての法定計量」1カ国14名

JST 予算による外国人の受入

1件 日本・アジア青少年サイエンス交流事業(さくらサイエンスプラン)

「ASEAN 経済共同体(AEC)発足に向けたクオリティ・インフラ(QI)整備の推進」6カ国10名

外国機関との研究協力覚書締結

4件

国際比較

分野 (BIPM)	件数
時間・周波数	0
長さ	2
質量関連量	5
音響・超音波・振動	0
測温	1
物質量	5
測光・放射	2
放射線	1
電気・磁気	1
合計	17

産業技術総合研究所

④講習・教習

平成27年度計量教習実績

計量標準普及センター 計量研修センター

講習・教習名		対象者	期間		場所	受講者数
一般計量教習	前期	計量士になろうとする者及び計量行政機関の職員	未実施	—	—	—
	後期		H27. 9.14～12.11	3月	つくば	27
一般計量特別教習	濃度関係 騒音・振動関係	計量士になろうとする者及び計量行政機関の職員で一般計量教習を修了した者	H28. 1. 7～ 3. 4	2月	つくば	18
環境計量特別教習			H28. 1. 7～ 2.26	7週間	つくば	7
短期計量教習	第一回	計量行政機関等の職員	H28. 2.29～ 3.15	2.5週間	つくば	8
	第二回		H27. 7. 7～ 8. 4	1月	つくば	23
特定教習	基礎計量教習	特定市の職員	H27. 8.17～ 8.28	2週間	つくば	9
	計量検定所・計量検査所新任管理職教習	都道府県及び特定市の新任所長等管理職	H27. 8.17～ 9.11	1月	つくば	19
	都道府県・特定市計量行政新人教習	都道府県及び特定市の新任計量公務員	H27. 6. 1～ 6. 3	3日	つくば	28
	指定製造事業者制度教習	当該制度の検査に携わる都道府県等の職員	H27. 5.13～ 5.15	3日	つくば	27
	環境計量証明事業制度教習	都道府県及び特定市の職員	H27. 5.20～ 5.22	3日	関西(池田)	37
	技術教習 非自動はかりの検査	都道府県及び特定市の職員で質量計の定期検査業務に従事する者	H27. 6.22～ 7. 3	2週間	つくば	19
			H27. 6. 8～ 6.19	2週間	つくば	12
特定計量証明事業管理者講習	当該事業の環境計量士（濃度関係）であって、ダイオキシン類の実務の経験一年以上以下の者	H27. 5.27～ 5.28	2日	札幌	9	
		H27. 6. 9～ 6.10	2日	名古屋	30	
		H27. 6.17～ 6.18	2日	福岡	19	
環境計量講習	濃度関係	環境計量士の国家試験に合格した者であって、施行規則第51条（登録条件）の条件を満たさない者。登録しようとする区分に係る環境計量証明事業者等に属し、かつ、計量に関する実務に1年以上従事している方については、その実務経験が認められれば環境計量士として登録することが出来るので本講習を受講することは不要	H27. 7. 7～ 7.10	各4日	つくば	30
	騒音・振動関係		H27. 7.28～ 7.31			28
			H27. 8. 4～ 8. 7			27
			H27. 8.18～ 8.21			28
			H27. 9.15～ 9.18			28
			H27.10. 6～10. 9			27
			H27.10.27～10.30			28
		H27. 9.28～10. 2	各5日	つくば	24	
		H27.11. 9～11.13			27	
		H27.11.30～12. 4			19	
計量研修	計測における不確かさ研修（中・上級コース）	計量関係技術者	H27.11. 5～11. 6	2日	つくば	24
	非自動はかりの検査	質量計の定期検査業務に従事する指定定期検査機関職員及び代検査業務を行っている計量士	H27. 5.27～ 5.28	2日	札幌	6
			H27. 6.10	1日	名古屋	4
			H27. 6.18	1日	福岡	12
合計（人）						610

8) フェロー

【フェロー】

(AIST Fellow)

所在地：つくば中央第2、つくば中央第5、
つくば中央第6

概 要：

フェローは、理事長の諮問を受けて、研究者の代表として他の研究者の指導にあたりるとともに、特別な研究を行っている。

平成27年度は、4人のフェローを置いている。

機構図

フェロー	安藤 功兒
フェロー	湯元 昇
フェロー	清水 敏美
フェロー	福田 道子

(2) 内部資金

〔研究題目〕褐炭による高品位スラリー燃料製造法の開発

〔研究代表者〕森本 正人（創エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕森本 正人、Qingxin Zheng
（常勤職員1名、契約職員1名）

〔研究内容〕

世界の1次エネルギーの3割は石炭が占めており、近年、石炭の使用量はアジア・欧州で増大している。石炭の確認可採埋蔵量の中の約半分が主に利用されている瀝青炭、無煙炭であり、残りが現在はあまり使われていない低品位な亜瀝青炭、褐炭、亜炭である。よって、これらの低品位炭を有効に利用しない限り、石炭の資源としての可能性は半減する。特に褐炭は、水分（～60%）や酸素分が多く発熱量が低い、粉化して自然発火しやすい、灰分が多いなどの理由によって、存在が確認されても採掘されないか、炭坑の近傍で、効率の低いボイラー焚き発電用の燃料として利用されるにとどまっている。したがって、脱水して発熱量を上げると同時に、長距離輸送を可能とする改質技術の開発が望まれている。

我々は平成27年度より、高含水率で低品位な褐炭を高品位な水スラリー燃料に転換するための新規前処理法を開発する研究を開始した。石炭-水スラリー燃料とは、水中に固体粒子を高分散させて流動性を持たせた液状燃料であり、重油代替燃料として利用される。平成27年度は、スラリーの製造と評価を実施するために十分な試料量を確保するため、褐炭処理装置を実験室規模で大型化した。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕石炭、褐炭、スラリー

〔研究題目〕水素・エネルギーキャリア利用技術のための触媒開発

〔研究代表者〕望月 剛久（創エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕望月 剛久、陳 仕元、鳥羽 誠、高木 英行、難波 哲也、辻村 拓
（常勤職員6名）

〔研究内容〕

水素が将来の二次エネルギーとして中心的な役割を担うことが期待され、メチルシクロヘキサン（MCH）-トルエン系は、水素利活用の拡大に向けたエネルギーキャリアの一つとして有望である。近年、大規模輸送への利用等を想定し、低流速条件下での定常運転を中心とした技術開発が先行している。一方、再生可能エネルギーを含む分散型利用や水素ステーション利用においては、需給状況にしたがって非定常運転を行う必要があるが、既存技術では応答変動への対応が困難であった。そこで、応答変動に対応可能なトルエン水素化触媒及びMCH脱水素化触媒の開発が求められている。

本研究では、応答変動評価の可能な固定床流通式反応

器を作成し、高流速条件で高い活性及び高い選択性（低副生成物）を示す触媒の開発を行った。トルエン水素化触媒としてはNiを主金属とし、担体の影響を検討したところ、高流速条件（ $SV=10\text{ h}^{-1}$ ）でNi/SiO₂系触媒が高い活性及びほぼ100%の選択性を示すことを見出した。MCH脱水素化触媒としてはPtを主金属として、担体の影響を検討したところ、高流速条件（ $SV=10\text{ h}^{-1}$ ）でPt/Al₂O₃系触媒が高い活性及び選択性（転化率>90%、副生成物<1%）を示し、更に炭素被膜法を用いてAl₂O₃担体を修飾して触媒を調製することでPtの低担持量が可能となった。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕水素、有機ヒドライド、触媒、メチルシクロヘキサン、トルエン

〔研究題目〕硫化物電池への適用に向けた新規材料開発

〔研究代表者〕倉谷 健太郎（電池技術研究部門）

〔研究担当者〕倉谷 健太郎、作田 敦、妹尾 博
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

我が国のベースロード電源として定置用大型蓄電池への期待が高まっている。定置用大型蓄電池の候補として、レドックスフロー電池やNAS電池、車載用リチウムイオン電池の大型化等が考えられているが、それぞれエネルギー密度や安全性、コスト面などで課題を抱えている。これら課題解決に向け、本研究は、高容量と低コスト化を同時に達成可能な金属硫化物新規材料の創出ならびにナトリウムイオン電池への適用可能性について検討することを目的としている。

今年度は、はたして金属硫化物がナトリウムイオン電池用材料として機能するの点について検討を行った。いくつかの金属硫化物を用いたスクリーニングの結果、特定の金属硫化物が300 mAh/gを超える初期放電容量を有するという事を見出し、金属硫化物がナトリウムイオン電池用材料として機能することを実証できた。得られた放電容量は既存リチウムイオン電池に使用されている材料の有する放電容量の約2倍であることから、金属硫化物の適用は電池の高容量化に有効であるといえる。一方、サイクル特性については改善課題が抽出された。今後、これら金属硫化物材料の更なる高容量化ならびにサイクル特性の改善に取り組む予定である。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕二次電池、硫化物、ナトリウム

〔研究題目〕宇宙機用高エネルギー密度電池の開発

〔研究代表者〕小林 弘典（電池技術研究部門）

〔研究担当者〕小林 弘典、倉谷 健太郎、鹿野 昌弘、齋藤 喜康（常勤職員4名）

〔研究内容〕

宇宙機では日が当たらない時間帯の電力維持用にリチウムイオン二次電池 (LIB) が適用されてきている。実用に際し、10年以上に及ぶ実使用時間での長期耐久性試験による寿命の確証が必要とされてきたため、旧世代の LIB が現在も採用されており現行のモバイル用 LIB と比較してエネルギー密度が劣っている。一方、電池のエネルギー密度の向上は軽量化に繋がることから、宇宙機の軽量化に対するニーズに合致することから重要である。本研究開発は200 Wh/kg 級以上の宇宙機用高エネルギー密度 LIB の開発を短期間で実施することを目標として昨年度から実施してきている。

今年度は、昨年度より開始した200 Wh/kg 級の高エネルギー密度を示す18650型円筒電池を用いて取得した地球低軌道模擬試験及び加速試験のデータに寿命予測法を適用した。その結果、加速試験時の電池の残容量に関してはルート則 (1/2乗) を適用することで予測可能であることが確認された。また、劣化メカニズムについて検討することで、サイクルの進行に伴う正極電極中でのひび割れや一部の活物質の崩壊に起因する電子伝導性の低下が容量低下の主要因であることを明らかにした。加えて、革新電池の開発の現状についても調査を実施し、国家プロジェクトの現況、現状での各電池系の課題及び今後の展望について整理した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】宇宙機用リチウムイオン二次電池、寿命評価試験、革新電池

【研究 題目】ジメチルエーテル (DME) 燃料品質分析法の精度解析

【研究代表者】小熊 光晴 (省エネルギー研究部門)

【研究担当者】小熊 光晴 (省エネルギー研究部門)、
渡邊 卓朗 (物質計測標準研究部門)
(常勤職員2名)

【研究 内容】

ジメチルエーテル (DME) 燃料の品質および同品質の分析方法4種は、平成26年度末時点で、ISO として発行されたが、これらの分析方法について、FDIS 登録時に、TC28より実施したラウンドロビンテストのラボ数 and/or テストサンプル数の少なさが指摘されていた。すなわち、ラウンドロビンテスト時に、時間的制約や、技術的に対応可能なラボ数の制約、サンプル数の制約から、DME 燃料の品質で定義される不純物混入限界濃度の範囲の1点のみのサンプルで実施することで、WG14の各国エキスパートからは了解を得ていたが、TC28からは、より精確にラウンドロビンテストを実施する必要性が指摘された形となる。最終的には、ISO16861 (DME 燃料品質) を満たすか否かを分析するためのみに使用される分析方法である、などの注記を追加することで、TC28からも理解を得た。

本研究では、DME 燃料品質およびその分析方法4種

の ISO の初回定期見直し時まで、FDIS 投票前にTC28から指摘を受けたラウンドロビンテストの不十分な精度解析データを補充するためのラウンドロビンテスト及びその精度解析を再実施するものである。

平成26年度は、前回ラウンドロビンテスト結果の再解析を実施し、5点の測定水準を実施することを目標とすることとした。なお、参加ラボについては、前回参加ラボをメインに勧誘し、全てのテストにおいて8ラボ以上確保することを目指す。また、各ラボでの1サンプルの測定回数は、3回とする。さらに、ラウンドロビンテスト実施協力先ラボの確保のため、DME 燃料関連の国際会議等で技術交流および情報交換を実施した。

平成27年度は燃料の手配や国内外ラボへの要請が遅れたが、国内外ラボに対し、分析依頼とサンプル手配および送付準備を進めた。平成28年度内には2~3ラボのデータ回収が可能となる想定であり、その数ラボのデータ解析が実施できる見込みである。本基盤研究終了後も、定期見直しに向けて、当初予定のデータ数をそろえる努力、および解析を進めるよう、検討する。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】新燃料、ジメチルエーテル、DME、燃料品質、分析方法、標準化、ラウンドロビンテスト

【研究 題目】中性子散乱による鉄系超伝導体の研究

【研究代表者】李 哲虎 (省エネルギー研究部門)

【研究担当者】李 哲虎 (常勤職員1名)

【研究 内容】

2008年に発見された鉄系超伝導体は転移温度が $T_c = 56K$ と銅酸化物高温超伝導体に次いで高い。この高い T_c を従来の理論で説明することは難しく、超伝導の発現機構解明に向けた研究が現在盛んに行われている。

本研究では主に中性子散乱を用いて鉄系超伝導体の磁気励起を調べ、超伝導の発現機構を解明することを目指している。中性子散乱実験には大型単結晶が必須なため、高品質な大型単結晶の作製も行っている。作製した単結晶を用いて中性子非弾性散乱実験を行うことにより、鉄系超伝導体の磁気励起を観測することに成功した。本研究では、これまで明らかではなかったホールドープ系の磁気励起の濃度依存性を調べた。その結果、磁気励起の分散関係や超伝導相で観測される磁気励起のギャップエネルギーなどが明らかとなった。さらに、レゾナンスモードと呼ばれる超伝導相で出現する強い磁気励起の濃度依存性も調べた。その結果、低濃度ではレゾナンスモードはスピンエキシトンモードによるものであることが明らかとなった。これは、磁性と超伝導に強い相関関係があることを意味する。一方、高濃度領域ではレゾナンスモードは出現せず、磁性以外の相互作用が超伝導に寄与していることが示唆された。このように我々の研究により、鉄系超伝導では多様な相互作用が超伝導に寄与して

いる可能性があることが明らかとなった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 超伝導、中性子散乱

【研究 題目】 アジア戦略「水プロジェクト」

【研究代表者】 鳥村 政基（環境管理研究部門）

【研究担当者】 中里 哲也、愛澤 秀信、金 誠培、
佐藤 浩昭、谷 英典、長縄 竜一、
野田 和俊、根岸 信彰、田尾 博明、
王 正明、堀 知行、尾形 敦、
佐藤 由也、稲葉 知大、柳下 宏、
大井 健太、遠藤 明、上村 佳大、
川合 章子、羽部 浩、丹羽 修、
栗田 僚二、加藤 大、栗津 浩一、
島 隆之、藤巻 真、野里 博和、
樋口 哲也、苑田 晃成、榎田 洋二
（常勤職員31名、他9名）

【研究 内容】

水不足は21世紀の世界が直面する最大の問題であり、アジアの水問題の解決と、わが国の水ビジネスの競争力強化のため、水質監視技術、水質改善技術、情報ネットワーク技術を一体的に開発することにより、水資源の有効利用に不可欠なスマート水管理を先導するグローバルな技術開発拠点を目指している。

水質監視技術に関しては、排水の適正処理や飲用水の安全性確保の観点から重要となる①オンサイト・インプラント型水質監視技術、②生体応答を利用する水質監視技術の開発を進めた。①では、分析装置の性能向上や小型化と現場適合性評価を進め、環境基準濃度の測定対象を増やし、②では生体の持つ応答機構の解析を進めることで、より応答性能の高い生体材料の探索にも務めた。

水質改善技術に関しては、既存の水処理技術では処理困難な物質に対して、水処理技術として将来性が高く、かつ、発展途上国にも適したものとして、①膜分離活性汚泥法、②ナノ吸着材/光触媒型水処理法を開発した。①では、産業排水として処理性能を高く維持するための長期処理試験を進め、微生物群集のメタゲノム解析と高処理能微生物の同定を行い、膜上フィルムの新たな顕微鏡解析技術も構築した。②では、炭素系層状ナノ材料の水中微量成分に対する吸着特性を体系的に評価し、光触媒による滅菌および有害物質（例えば農薬）の分解技術はアジアで実証試験を進め、触媒活性に影響を与える水中因子の解明を行った。さらには、新規吸着材料の開発を始めとして、リン吸着材の開発を継続的に進め機能の向上を図った。

【領 域 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 水問題、水質監視技術、水質改善技術、
情報ネットワーク技術、スマート水管理

【研究 題目】 全有機炭素測定法による光触媒材料の水

質浄化性能評価試験法の開発

【研究代表者】 平川 力（環境管理研究部門）

【研究担当者】 平川 力、竹内 浩士（評価部）、
西本 千郁（他常勤職員1名）

【研究 内容】

これまで、全有機炭素測定法を用いた水質浄化用光触媒および応用材料の光触媒の水質浄化性能を測定する試験方法を開発し、試験装置の構成、試験手順の詳細を日本工業規格、JIS の素案として取りまとめている。作成した素案を基に、JIS に提案する原案を作成するために、国内委員会「半導体光触媒のフェノールの完全分解試験法の開発」を設置した。この委員会では、JIS 素案の内容や装置構成について必要な修正や追記に関する検討を行った。また、ラウンドロビン試験を実施する機関を選定し、ワーキンググループを設置した。ワーキンググループ内にて、ラウンドロビン試験を実施し、明らかとなった装置構成や操作手順の不具合、それに合わせた必要な変更・修正事項について議論・検討を行った。これらの結果を基に、水質浄化用光触媒および応用材料の水質浄化性能を測定する試験方法に関する JIS 原案の完成に向けた、素案の加筆・修正を行った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 光触媒、水質浄化、標準化、JIS、全有機炭素、

【研究 題目】 水試料中ペルフルオロアルキル化合物（PFASs）分析法に関する国際標準規格化

【研究代表者】 谷保 佐知（環境管理研究部門）

【研究担当者】 谷保 佐知、山下 信義、山崎 絵理子
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内容】

PFOS（ペルフルオロオクタンスルホン酸）は残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約（POPs 条約）で製造や使用が規制された化学物質である。POPs 条約では PFOS の代替ができない用途に適用除外規定（エッセンシャルユース）が設けられたが、現在この適用除外がさらに必要か検討が進められている。そのため代替物質を評価するための分析法の国際標準化が必要である。また、PFOA（ペルフルオロオクタンスルホン酸）は現在 POPs 条約への追加が検討されている。本研究では、PFOS/PFOA やその代替物質を含む PFASs（ペルフルオロアルキル化合物）の高感度高精度な分析方法を開発し、国際標準規格として新規提案することを目的とした。

本年度は、新規提案にあたり水試料中の PFASs 分析に関する ISO 規格、JIS 規格および各国の標準分析法を比較し、新規提案に必要な項目を調査した。また、PFOS と PFOA 以外の炭素数の異なる PFASs の分析法を新規提案に反映させるため、海水分析のパフォーマンスを向上させる海水分析専用の固相吸着カートリッジの

開発を行い、高感度高精度分析に必要な条件を決定した。2015年 ISO/TC 147会議ではアドホックミーティングを開催し、背景および新規提案予定の規格の概要と新規規格に必要な分析条件の要件を説明し、関連規格の策定に向けて各国エキスパートと調整を行った。その結果、日本提案により PFASs の新規提案を行うことが了承された。新規提案にあたり「水試料中ペルフルオロアルキル化合物 (PFASs) 分析法の国際標準化原案作成委員会」を開催し、原案の検討を行った。本委員会で議論した原案は2016年4月に提案の予定である。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 国際標準化、ISO、ペルフルオロアルキル化合物

【研究 題 目】 水素等の輸送貯蔵における安全ガイドラインの提案

【研究代表者】 和田 有司 (安全科学研究部門)

【研究担当者】 和田 有司、恒見 清孝、中山 良男、小野 恭子、佐分利 禎、牧野 良次、久保田 士郎、椎名 拓海、高橋 明文、松木 亮、松村 知治、杉山 勇太、吉田 喜久雄 (常勤職員12名、他1名)

【研究 内 容】

本研究では、水素ステーションの社会受容性を向上させるために、水素ステーションのリスクを説明する際に必要な、万が一事故が起きたらどういった被害があるかを、これまでの漏洩口径を限定した被害ではなく、容器破損や配管破断等の様々な条件を想定して、被害を数値シミュレーションによって予測するとともに、それらの被害予測に対してどういった対策によって、どの程度リスクが低減されているかを明確に示す先進的なリスク評価手法の開発を目指す。加えて、アンモニアの燃焼爆発特性を明らかにし、火災、爆発被害を予測するためのデータを取得するとともに、アンモニアやメチルシクロヘキサン (MCH) 漏洩時の周辺住民の暴露解析および有害性評価を行う。

また、水素に関する社会受容性調査については、まず、水素ステーション設置に関して、導入シナリオを複数設定する。次に、水素ステーション導入シナリオによる大気汚染物質と二酸化炭素の排出低減効果の定量的な評価をシナリオごとに行い、地域および地球環境の持続性の側面から、ヒト健康リスクと温暖化リスクの評価を行う。その上で、水素に関するリスクと便益の定量的評価結果を提供した社会受容性調査を実施して、過大視されやすいリスクイメージを変化させ、水素ステーションの安全と安心に関するリスクコミュニケーションのあり方を検討する。

本年度は、大規模な爆発影響を伴うシナリオとして配管の破断により高速噴出した水素ガスが半密閉空間に流れ込む場合を想定し、空間内濃度分布、並びに着火後の

爆発現象をシミュレーションにより評価し、周辺建物等に与える影響を明らかにした。また、アンモニアの燃焼特性評価として ASTM E659試験を実施して自然発火温度を評価した。

水素ステーション周辺住民の水素キャリアによる健康影響リスクをガソリンスタンドでの健康リスクと比較するために、n-ヘキサン、ベンゼン、トルエン等主要6ガソリン成分への同時暴露に伴う神経、血液、腎臓、発生毒性および発がんの各慢性影響のリスクを東京23区内の平均的および最大規模のスタンドを想定して評価した。血液影響のリスクが他の非発がん影響に比べて高いと推定されたが、発がんを含め、想定したガソリンスタンド周辺での主要ガソリン成分への同時暴露に伴う慢性健康影響リスクは懸念されるレベルではないと考えられた。

リスクの定量化に関して、質調整生存年数によるリスクの定量化に向け、臭気、目の刺激、および失明の「生活の質」を測定するためのアンケート調査を実施した。

社会受容性調査に関しては、産総研が行った予備調査結果を元に、水素ステーションに対する認識や受容性の変化に関して定量的に解析し、水素ステーション受容モデルのプロトタイプを構築した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 水素ステーション、リスク評価、被害予測、アンモニア、暴露解析、有害性評価、社会受容性、リスクコミュニケーション、リスクイメージ、大気汚染、二酸化炭素排出

【研究 題 目】 放射性物質汚染のリスク管理のための計測・評価技術の開発と適用

【研究代表者】 内藤 航 (安全科学研究部門)

【研究担当者】 内藤 航、小野 恭子、黒澤 忠弘、鈴木 良一、金京 淑、小川 宏高、保高 徹生、上坂 元紀、山田 千恵 (常勤職員7名、他2名)

【研究 内 容】

福島における放射線に関わるリスク問題の解決には、現場で何が問題となっているかを的確に把握し、その問題解決に資する科学的エビデンスや評価・計測技術を、それらを活用するユーザー (個人や行政) が利用しやすいかたちで提供することが重要である。産総研の有する高い情報・計測・評価の技術や体制は、そのような課題の解決に大きく貢献できるポテンシャルを秘めており、利害関係者 (例えば被災住民、除染特別地域の自治体、相談員制度担当者等) からの期待も高い。本研究では、放射能汚染に対し、地域や個人の状況に応じた対策を可能とするための計測・解析技術を構築することを目的とする。平成27年度の主な成果は次の通り。福島の避難地域 (飯舘村および川俣町山木屋地区) において、住民や自治体の協力のもと、行政の避難解除の判断や住民の

不安軽減に資する個人被ばく線量の調査を産総研が開発に携わった個人線量計（D-シャトル）を用いて行い、現在の個人被ばく線量の実態を把握した。避難地域において詳細な空間線量の計測を行い、将来の被ばく線量推定に資する基礎的な情報を取得した。汚染域・土壌中汚染深度分布推定手法の実用化に向けた検討と Bluetooth 機能搭載型個人線量計のハードウェアの設計を行った。放射性セシウム汚染土壌の減容化・再生利用のオプション評価に関する研究を推進し、30年後の除去土壌濃度や減容化後のマテリアルフローバランス等、有効利用における課題等について整理した。糖尿病等の健康リスクと被ばくリスクを比較するための基礎的情報を収集・整理した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 福島、放射性物質、被ばく線量、線量計測、リスク、除染廃棄物、リスクトレードオフ

〔研究 題 目〕 花火に関する国連勧告試験法の改良および ISO 化への寄与

〔研究代表者〕 薄葉 州（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 薄葉 州、松永 猛裕、秋吉 美也子、岡田 賢（常勤職員4名）

〔研究 内 容〕

花火（煙火製品）の危険性分類において、煙火に含まれる火薬が爆発力の強い閃光組成物に該当するか否かは重要な要因である。しかしその判定のための国連勧告試験法（HSL 試験）は再現性に問題があり、日本の煙火業界の国際化を進める上で、HSL 試験の信憑性が疑問視されている。本研究は、米国から提案された US 試験と現行の HSL 試験の比較試験を種々の煙火組成物に対して行い、US 試験が HSL 試験の代替として国連勧告試験法に採用されるよう、国連危険物輸送専門家小委員会（TDG）に提案を行うこと、及びその提案結果をもとに日本工業規格と国際標準を作成することを目的とする。平成27年度は、

- (1) HSL 及び US 試験法に関する正式提案文書を作成し、平成27年6-7月開催の TDG に提出した。
- (2) TDG 議長からの要請を受け、HSL 試験と US 試験の実施例を付加した改正版の正式提案文書を、平成27年12月の TDG に提出した。その結果、若干の用語変更を条件に、本提案が全体会議で承認された。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 危険物、爆発性物質、煙火、花火、国連勧告、危険物輸送、危険性分類、火薬類、標準

〔研究 題 目〕 ナノリスク～繊維仮説への挑戦～

〔研究代表者〕 本田 一匡（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 本田 一匡、江馬 眞、阿部 修治、

佐々木 毅、片浦 弘道、田中 丈士、藤井 俊治郎、平野 篤、藤田 克英、兼松 渉、小野 泰蔵、太田 一徳、早川 由夫、山本 和弘、山脇 浩、湯村 守雄、斎藤 毅
（常勤職員14名、他3名）

〔研究 内 容〕

ナノ材料のリスク評価における最大の障壁である繊維病原性仮説を検証するため、①繊維特性を保存した状態で単層カーボンナノチューブ（SWCNT）を分散させる技術の開発、②長繊維 SWCNT 分散液を用いた有害性試験による生体影響の検証、③ナノ材料の包括的なリスク管理のあり方の検討、を行った。①及び③は25年度までに終了した。②では、①において開発した天然 DNA を分散剤とする方法を用いて作製した、長さ10 μm 以上の長繊維 SWCNT を高含有率で含む分散液（長尺 CNT）と、比較のために平均長約0.6 μm の分散液（短尺 CNT）をラットに気管内投与した24ヶ月有害性試験を実施した。単回投与後26、52、104週後の呼吸器への反応を病理組織学的評価によって解析した。また、遺伝毒性を投与後6ヵ月に in vivo コメットアッセイにて検討した。長尺 CNT は細気管支部で炎症性変化を起こしたのに対し、短尺 CNT は肺で持続的炎症を引き起こした。いずれも肺に対する遺伝子毒性は認められなかった。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 ナノテクノロジー、ナノ材料、カーボンナノチューブ、有害性評価、繊維病原性仮説、分散剤

〔研究 題 目〕 ナノ構造を有するエネルギー物質の合成に関する研究

〔研究代表者〕 岡田 賢（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 岡田 賢、秋吉 美也子、松永 猛裕、蕪木 和孝（常勤職員3名、他1名）

〔研究 内 容〕

火薬類の燃焼性能向上検討のため、ナノ構造を有するエネルギー物質の合成を試みた。ナノ状態を有する原料を用いて、合成条件を最適化して、エネルギー物質を合成した。生成物の比表面積および顕微鏡写真からナノ構造を有することが確認された。また、元素分析および密閉容器内での燃焼試験を実施したところ、燃焼性能が非ナノ構造のエネルギー物質よりも性能が高いことがわかった。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 危険物、爆発性物質、エネルギー物質、ナノ構造、燃焼性能、合成

〔研究 題 目〕 工業ナノ材料の安全性評価のための国際連携体制の維持・強化_行政二ーズの対

応ずる研究体制の整備

〔研究代表者〕 藤田 克英（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 藤田 克英（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

安全科学研究部門は、これまで行政機関と連携しながら、「動物試験代替法のための培養細胞試験」に関する国際プロジェクトに参加し、工業ナノ材料の安全性評価のための国際連携体制の維持・強化を行ってきた。これらの試験結果は、経済協力開発機構（OECD）において工業ナノ材料の安全性に関する活動を統括する工業ナノ材料作業部会（WPMN）において報告され、国際連携に貢献することができた。また、開発した有害性評価のための工業ナノ材料の分散調製方法に従い、単層カーボンナノチューブの分散調製液を供給し、産総研の国際プレゼンスを高めることができた。新たにWPMNに提案する培養細胞試験を使った新規国際プロジェクトが始動することになったため、プロジェクト支援体制や研究内容の情報収集を行うと共に、新規提案される培養細胞試験と同様の条件で実験を行い、これらの課題点をまとめた。工業ナノ材料の安全性評価について、事業者と技術相談を行い、また安全科学研究部門が管理するウェブサイトから各国際機関の最新動向について情報を発信した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 ナノテクノロジー、工業ナノ材料、カーボンナノチューブ、有害性評価、経済協力開発機構

〔研究題目〕 太陽電池モジュール性能非接触測定装置開発、実証

〔研究代表者〕 菱川 善博（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 菱川 善博（常勤職員1名）

〔研究内容〕

太陽電池モジュールおよびモジュール中の要素セルの電位（電圧）および電流は、太陽電池セル、モジュールやアレイの性能と動作状態を反映するものであり、これらの性能を正確に評価するために重要な指標である。しかしながら従来は、PVシステム中の各太陽電池モジュールの電位、電圧を非接触で測定することはできなかった。本研究では最近我々が開発した静電誘導の原理を用いて太陽電池モジュール内の任意のセル電位を非接触で測定する技術を用いた太陽電池特性非接触測定装置を各地のPVシステムでメーカー、ユーザー等と連携して実証すると共に装置の高精度化を行った。

以下のような各地の稼働中のPVシステムで非接触電位測定が可能であることを実証した。測定装置、測定手法を検証して、高精度化とより幅広い普及のための検討を行った。

1) 宮崎県、 結晶シリコン、CIGS

2) 千葉県、 結晶シリコン、CdTe

3) 長野県、 結晶シリコン、CIGS

4) 大分県、 結晶シリコン

5) 栃木県、 結晶シリコン、アモルファスシリコンタンデム

6) 山梨県、 結晶シリコン、アモルファスシリコンタンデム

・非接触電位測定技術によって各種太陽電池モジュールの電位を測定することが可能であることを明らかにした。

・PVシステムの稼働状態に影響を与えずに、屋外においてポータブルな計測器で太陽電池モジュールおよびセルの動作電位を測定可能であった。

・屋外測定において hot spot、性能低下モジュール/セルを非接触で同定できる可能性を確認した。

〔領域名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 太陽電池、太陽光発電、エネルギー、環境、性能評価、信頼性評価、システム

〔研究題目〕 フィルム型有機薄膜太陽電池モジュールユニットの開発

〔研究代表者〕 近松 真之（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 近松 真之（常勤職員1名）

〔研究内容〕

有機薄膜太陽電池は、効率や耐久性の点ではまだ改善が必要であるものの、軽量・フレキシブル・カラフル・シースルー・低照度下での高い変換効率と言った特徴を活かした、屋外使用以外の用途開拓で注目されている。これまで、産総研がハブとなり中小企業の技術シーズを組み合わせたモジュールを試作し、展示会への出展を行ってきた。その中で、軽量・フレキシブルな太陽電池へのニーズは高く、すぐに配れる試作品の必要性を実感したことから、本研究では太陽電池を外部に提供することも想定して試作モジュールを外注し、さらに踏み込んだ用途開拓を行った。

具体的には、有機薄膜太陽電池の低照度下での高い変換効率・軽量・フレキシブルといった特徴を活かしたモジュールを試作し、他ユニットと協力してセンサや蓄電池と一体化した、装着可能な自立電源型センサデバイスの検討を行った。また、産総研コンソーシアム「フレキシブル エネルギー デバイス コンソーシアム」にて、企業や大学と用途開拓について議論をおこなった。その中で、有機薄膜太陽電池のシースルー・軽量・波長選択性といった特徴を活かしたモジュールを試作し、大学や企業と共同で農業向けビニールハウスでの使用を検討した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 有機薄膜太陽電池、フィルム型モジュール、軽量、フレキシブル、用途開拓、シースルー太陽電池、自立電源型センサデバイス

〔研究題目〕高耐圧／超高耐圧新材料パワー半導体プログラム (NOVA*)

〔研究代表者〕奥村 元 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

〔研究担当者〕奥村 元、坂本邦博、福田 憲司、
原田 信介、岡本 光央、辻 崇、
木下 明将、大瀬 直之、内海 誠
(常勤職員5名、他28名)

〔研究内容〕

地球温暖化抑制のために二酸化炭素排出量削減が叫ばれる中、電力損失の削減 (省エネルギー化) に重要な技術として、SiC による超低損失デバイスを用いた高効率電力変換器 (インバータ) の実現がパワーエレクトロニクス産業界から期待されている。そのために、TPEC (Tsukuba Power Electronics Constellations) 活用パワーエレクトロニクスプロジェクトにおいて富士電機株式会社、アルバック株式会社、住友電気工業株式会社、アルバック株式会社等と連携して大容量 SiC-SBD/MOSFET の実用レベルでの量産技術の共同研究を行い、世界のトップレベルのデバイスをアプリ側へ供給するために量産技術の開発を行った。今年度は第一世代3.3 kV 級 MOSFET を完了してアプリ側への提供を開始した。また、第一世代1200V 級トレンチ MOSFET の開発を行った。高温、高耐圧用の実装技術の開発については、アプリ側へ2in1モジュール、大容量モジュールの提供を行うと同時に低インダクタンスモジュールの開発を行った。さらに、高温、高耐圧用のパッケージ/モジュール用の部材の評価を行い構造の設計を行った。

〔領域名〕エネルギー・環境

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

〔研究題目〕次世代医療産業を牽引するヒト細胞創製技術開発プロジェクト

〔研究代表者〕中西 真人 (創薬基盤研究部門)

〔研究担当者〕中西 真人、平林 淳、鈴木 理、
栗崎 晃、伊藤 弓弦、館野 浩章、
木田 泰之、植村 壽公、光山 統泰、
浅田 真弘、佐野 将之、小沼 泰子、
原本 悦和、高田 仁実、高山 祐三、
櫛笥 博子、樋口 久美子、相木 泰彦、
清水 真都香、志賀 宣子、酒井 菜々、
大高 真奈美、飯島 実、海老原 利枝、
吉田 尚美、中須 麻子
(常勤職員15名、他11名)

〔研究内容〕

本プロジェクトでは、産業用素材として必要とされる高品質なヒト細胞を、人工的に作製する技術・性能を評価し分別する技術・培養技術の標準化等に焦点をあてて、実用化するための研究を進めた。ヒト iPS 細胞の作製

や、組織細胞から直接に組織幹細胞を作製するダイレクト・リプログラミングには、安全で高性能な遺伝子導入・発現系が必要である。本年度は、人工核酸を使用したステルス型 RNA ベクター技術を完成し、国際特許出願した。また、難治疾患の一つである慢性閉塞性肺疾患 (COPD) の治療を目指し、発生期の肺の組織で特異的に発現する遺伝子群をステルス型 RNA ベクターに搭載した。さらに、次世代シーケンサーを活用して得られる間葉系幹細胞の完全遺伝情報の整備と、それを活用した神経細胞への Trans-differentiation 技術の開発を進めた。細胞評価・分別技術としては、未分化細胞に特異的に結合するレクチン rBC2LCN と緑膿菌由来毒素の触媒ドメインを融合させた rBC2LCN-PE23の開発に成功し、論文発表・プレス発表を行うと共に、未分化細胞除去試薬として実用化した。また、磁気ビーズ融合型 rBC2LCN を用いた、「iPS 細胞選別技術」「iPS 細胞除去技術」の開発検証を行うと共に、非破壊的に移植用細胞の造腫瘍性を評価できるキットを実用化した。この他に、レクチンを用いて間葉系幹細胞の分化能を評価する技術を開発し、論文発表・プレス発表に至った。培養技術の標準化では、ES/iPS 自動培養装置の汎用性向上を目指し、「非接着」培養も可能な装置/パラメーターの作り込みを行った。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕再生医療、間葉系幹細胞、細胞リプログラミング、iPS 細胞、レクチン、自動培養装置

〔研究題目〕沖縄天然資源ライブラリー構築のための評価支援

〔研究代表者〕新家 一男 (創薬基盤研究部門)

〔研究担当者〕新家 一男、木村 信忠、玉木 秀幸、
成廣 隆 (常勤職員4名)

〔研究内容〕

本プロジェクトでは、沖縄県の豊富な天然資源を対象に、産総研の有する難培養微生物分離・メタゲノム技術と沖縄県のゲノム解析技術とのマッチングにより、これまで人類が利用不可能だった天然資源をも対象にした、優れた天然物ライブラリーを構築することを目的とする。これらのライブラリーは、創薬支援 NW を含め、国内のアカデミアおよび企業での創薬スクリーニングに適用し、我が国の創薬加速を推進することを最終ゴールとする。本年度は、これまで沖縄県が収集して来た微生物800菌株以上について、当研究室で二次代謝産物生産の実績が高い4種類の培地を用いて培養し、ブタノール抽出処理を行うことでスクリーニングサンプルを調製した。これらのスクリーニングサンプルについて、UPLC-TOF-MS を用いた成分分析を行った。これらのサンプルに関して、ヒト卵巣がん SKOV-3細胞に対する細胞毒性、および *Micrococcus luteus* を検定菌として用いた

抗菌活性の両生物活性データを取得した。さらに、これらの菌株については、今後16S リボゾーマル DNA の解析と共に、上記の UPLC・TOF・MS プロファイリングとの比較検討を行うため、全てゲノムサンプルを調製した。また、幾つかの興味ある化合物候補に関して、現在大量培養を行い、過化合物単離および構造決定を進めている。

これまで創薬開発に適用する微生物は放線菌や *Pseudomonas* 属が主であったが、本プロジェクトでは新たな可能性を見出すため、つくばで研究を進めている難培養（難分離）微生物の評価を進めた。難培養微生物を含む12種類の分離菌株のゲノム配列データ（うち、2種類は非公開）に対して生合成遺伝子の検索を実施した。また、有用遺伝子探索のための環境試料の一つとして、沖縄県内の都市下水を処理する活性汚泥を採取し、全 DNA の抽出・精製・保存を行った。さらに高分子 DNA の回収を試行するとともに、BAC ライブラリ調製に適した高品質の DNA の回収法の検討を実施した。また、これまで分離収集を進めてきた難培養微生物について、数十株程度選定して培養試料を調製し、生理活性物質生産の有無に関してスクリーニングを実施した。さらに、植物共生菌の生産する興味ある生物活性を示す化合物を生産する微生物について、その存在を明らかにすることに成功した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】天然物ライブラリー、難培養微生物、微生物二次代謝産物

【研究 題 目】RNA ダイナミクスの解明研究

【研究代表者】沼田 倫征（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】沼田 倫征（常勤職員1名）

【研究 内 容】

リボスイッチは原核生物が持つ100塩基程度の ncRNA であり、その多くは mRNA の5' 側非翻訳領域にコードされている。リボスイッチには様々な種類があり、それぞれに対応するリガンド（補酵素、アミノ酸、核酸、tRNA など）と特異的に結合してその立体構造を変化させ、タンパク質因子を介することなく下流遺伝子の発現を調節する。このように、原核生物は遺伝子の発現を制御する独自の RNA 分子装置を有しており、生存環境の変化に対して迅速に応答している。また、これら RNA 分子装置による遺伝子の発現調節が、病原微生物の病原性にも関連することが報告されている。したがって、RNA 分子装置の作動原理の解明は重要な研究課題であり、その仕組みを解明することによって、環境変化に対する原核生物の適応戦略が明らかになるとともに、これら分子装置を利用した新たな遺伝子発現調節技術の開発にも貢献できると考えられる。本研究では、リボスイッチの結晶構造を解析し、立体構造に基づいた機能解析とあわせ、その作動原理を解明することを目的として

いる。これまでに、リボスイッチの結晶構造を解析するために、いくつかの種類のリボスイッチについて *in vitro* 転写系を構築し、RNA を精製した。また、リガンドとの共結晶化を行い、いくつかの複合体結晶が得られている。これらについては、今後、放射光施設において X 線回折実験を行う計画である。また、ゲルろ過分析、ゲルシフト解析、ITC 解析によって、リボスイッチとリガンドとの相互作用を解析する予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】RNA、遺伝子発現制御、リボスイッチ、結晶構造解析

【研究 題 目】生きた細胞の高感度・機能イメージング技術の開発

【研究代表者】小椋 俊彦（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】小椋 俊彦、岡田 知子、江崎 洋子、飯田 美保（常勤職員2名、他2名）

【研究 内 容】

目標：

生きた細胞の内部構造を染色・固定化処理なしに溶液中で観察する技術を開発する。この目標のため、試料ホルダーの薄膜面に細胞を培養する特殊ホルダーの開発を行う。さらに新規に開発した誘電率顕微鏡を用いて培養細胞の観察を行うためのシステム開発を進める。これにより、生きた細胞の内部構造を詳細に観察・分析し、細胞機能のメカニズム解明のための新たな手法として確立する。

研究計画：

観察用アルミホルダの薄膜上に細胞を培養可能な様に、プラスチック製培養ディッシュの底面に薄膜をはめ込む形でアルミホルダを密着させた特殊培養ディッシュを開発する。さらに、これを用いてマウスがん細胞の培養を行い、生きた状態の細胞内部構造の直接観察を目指す。

年度進捗状況：

マウスがん細胞をアルミホルダ付特殊ディッシュに培養し、誘電率顕微鏡での観察を行った。細胞は薄膜上に良く張り付き、培養4～5日で一層の細胞層を形成させることが出来た。このディッシュからアルミホルダを脱着し、アクリル製の観察ホルダーに密閉することで、生きた状態での細胞観察を可能とした。新規に開発した誘電率顕微鏡による観察では、溶液中の細胞の核や小胞体、ゴルジ体等を極めて鮮明に観察することが出来た。さらに小胞体の変化を継続的に観察することに成功した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】誘電率、走査電子顕微鏡、培養細胞、非染色、液中観察、細胞内小器官

【研究 題 目】国産ゲノム編集技術の開発とその産業応用

【研究代表者】藤田 聡史（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 藤田 聡史、加藤 義雄、中村 史、
岡田 知子、細川 千絵、出口 友則、
大石 勲、小島 正己
(常勤職員8名、他3名)

〔研究内容〕

本研究では、ゲノム編集を可能にする国産人工 DNA 組換え酵素の立体構造に基づく設計および構築を行い、この酵素を細胞に導入し機能させる基盤デバイスの設計を目指す。既存のうつモデルマウス由来培養細胞を用いたゲノム編集効率評価系の開発、従来技術を用いたヒト疾患モデルや有用な形質をもつニワトリ・魚の育種モデルの開発を進め事で、国産ゲノム編集技術の適用に先立ち、ゲノム編集動物の構築における技術的課題を検証する。本年度進捗は、アメリカ科学アカデミー紀要をはじめとした、関連論文16報（内、掲載済5報、投稿準備中11報）、関連総説2報、特許出願4件として取りまとめた。具体的な進捗・成果は以下の通りである。

ゲノム編集酵素の開発を目指し、酵素の DNA 結合領域および DNA 切断領域の評価を行った。20%高い親和性をもつ DNA 結合領域を新規作成し、二本鎖 DNA 切断活性がある事を見出した。ゲノム編集酵素を細胞導入するデバイス技術として、レーザー細胞導入法、細胞マイクロアレイ法、ナノニードルアレイ法の検討を行い、これらのデバイス基盤を用いて酵素導入に成功した。ゲノム編集動物構築技術の開発を目指し、ニワトリ始原生殖細胞にゲノム編集を適用し、遺伝子のノックインを85%以上、ノックアウトを90%以上の高効率で達成した。またオボムコイド遺伝子ノックアウトニワトリを世界に先駆け樹立しヒトインターフェロンβを大量生産する遺伝子ノックインニワトリを樹立した。受精卵にゲノム編集を適用し、遺伝子ノックアウトメダカを11系統確立した。ゲノム編集動物構築の技術課題の検証として、同技術が治療学的に適応しうる脳疾患を決定した。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 ゲノム編集、遺伝子ノックアウト、アレイ技術、光操作、育種モデル

〔研究題目〕 日印融合研究を核としたアジア持続的
ライフイノベーション

〔研究代表者〕 ワダワ レヌー（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 近江谷 克裕、ワダワ レヌー、
カウル スニル、大西 芳秋、
戸井 基道、加藤 薫、落石 知世、
栗田 僚二、富田辰之介、田村 具博
(常勤職員10名)

〔研究内容〕

産総研・インド DBT 間 MOU 協定をベースとして設立された DBT-AIST ジョイントラボ (DAILAB) の運営を通じてアジア地域との広い連携を可能とする集中研

究機能、人材育成機能及び国内バイオ技術の普及機能を持った研究ハブの強化・拡充を目標とする。特に、本ジョイントラボでは AIST と DBT の健康・医療分野における更なる研究協力の推進と人材育成を含めた研究者交流を実施、目標としてはがんをターゲットとした創薬スクリーニングと選択された候補物質の細胞内イメージングを利用した作用機序の解明を通じた創薬開発を目指す。具体的には、1) 産総研内の DAILAB においてインドのバイオソースより生理活性物質をスクリーニング、探索を行った。一方、探索された創薬候補物質についてはイメージング技術を活用し、生きた細胞内での分子間相互作用や動態を含めた機能解析を実施した。2) 平成27年11月4日、インド工科大学デリー校において AIST-DBT ジョイントシンポジウムを開催、学術交流を促進及び創薬研究を推進するためのジョイントラボを開所した。3) 平成27年12月10日、インドバイオテクノロジー地域センター (RCB) 内にインドのバイオソースより生理活性物質をスクリーニング及び探索を行うためのジョイントラボを開所した。4) 平成28年1月18日から23日まで、インド若手研究者を含めたアジア若手研究者のための最先端技術ワークショップを実施した。本ワークショップには国内イメージング関連企業ニコン、オリンパス、アトー社及びビヤネルが参加、協力した。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 イメージング、スクリーニング、国際連携

〔研究題目〕 「きぼう」利用高品質タンパク質結晶生成実験に係る研究開発

〔研究代表者〕 近江谷 克裕（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 近江谷 克裕、三谷 恭雄、光田 展隆、
梶 裕之（常勤職員4名）

〔研究内容〕

生命現象を的確に捉えるため、バイオイメージング技術は必要不可欠になっている。本研究では、発光タンパク質の改変技術を用いて、生命における基本的現象の探索ツールとなりうる生体イメージングプローブやそれに関わるシステムの開発を目指す。そのためには産総研で開発、知財化されレポーターアッセイやイメージング技術として活用されているウミホタルルシフェラーゼの結晶化、構造解析を目指す。ウミホタルルシフェラーゼはアミノ酸残基555個からなる糖タンパク質であり、室温では長時間にわたり活性が保持される非常に安定なタンパク質ではあるが、これまで結晶化に成功していない。本年度は、これまでに構築した植物タバコ細胞を利用したウミホタルルシフェラーゼの生産システムを活用し大量のサンプルを生産すると共に、得られたサンプルをゲル過クロマトグラフィー等の技術で精製した。しかしウミホタルルシフェラーゼは糖タンパク質であり、その糖鎖

が不均一性をもたらす結晶化に影響を及ぼすことが予想される。そこで、糖鎖の構造解析した結果、天然型の糖鎖と異なる植物由来の糖鎖が存在することが明らかとなった。現在、植物由来糖鎖を切断する方法について検討中である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ルシフェラーゼ、ルシフェリン、イメージング、構造解析

【研究題目】地域連携による食品の機能性一斉評価システムの構築

【研究代表者】中島 芳浩（健康工学研究部門）

【研究担当者】中島 芳浩、安部 博子、室富 和俊、安永 茉由、堀江 祐範、田部井 陽介、森田 直樹、扇谷 悟、古川 祐光、油谷 幸代、八木 康之、田尾 博明（常勤職員12名）

【研究内容】

目標：

本研究では産業技術総合研究所の有する核内受容体による機能性評価、多色発光レポーター等の基盤技術に、高感度発光検出技術および情報処理技術を融合することにより、細胞・装置・解析ソフトをパッケージ化したシステムを構築し、低コストで迅速、且つ公設試や民間企業にて実施可能な食品の機能性一斉評価システムを開発する。

研究計画：

①機能性評価用発光細胞作製

マウス人工染色体ベクターが保持されているマウス線維芽細胞に、内部標準用緑色発光レポーターおよびマーカープロモーターモニター用赤色発光レポーターを挿入した以下の7種類の機能性評価用2色発光細胞を樹立した。さらに、陽性物質処理により想定通りにマーカープロモーターが活性化されることをリアルタイム発光測定で検証するとともに、香川県内企業の食品シーズの機能性評価を県内公設試と連携して実施し、食品シーズの抗炎症活性を証明した。

②データ自動解析ツール開発

ウェルデザイン情報を元に数百行×数百列の数値マトリックスから、測定時間・被験物質濃度・試験群などの条件に応じて行列要素を自動選択し特定の演算を自動計算するプログラムを作成した。その結果、解析に要する時間を数日から30分以内に短縮させることに成功した（ver.1.0）。次に、各試験群の発光キネティクスデータおよび転写活性化データについて、グラフを自動作成するようにプログラムを改良し（ver.1.1）、ウェブインターフェースを整備することで、将来的に測定機器のIoT（Internet of Things）に発展させるための基盤を構築した。

③高感度分光分析装置試作

リアルタイム発光計測において十分な検出感度と定量性を確保するため、EM-CCD カメラと液晶可変フィルターを併用する高感度分光イメージング系を試作した。試作装置を用い3色の光電子増倍管用光源の微弱光（1pW）を波長470 nm から730 nm まで20 nm ごとに測定する同時スペクトル測定を行い再現性の高い定量イメージングに成功した。これにより96ウェルプレートの画像一括計測による同時測定の可能性が示唆された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】食品機能性評価、発光レポーター、培養細胞、発光計測

【研究題目】マラリア原虫高機能診断デバイス開発

【研究代表者】片岡 正俊（健康工学研究部門）

【研究担当者】片岡 正俊、八代 聖基、山村 昌平、橋本 芳子（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

目標：

産総研独自の技術であるマイクロメーター単位のマイクロチャンバーを2万個、アレイ状に配列した細胞チップ基板技術をもとに、迅速・超高感度・易操作性のマラリア超早期診断デバイスの開発を進める。そのため、アフリカを中心とするマラリア流行地域での実証試験を企業との共同ですすめ、フィールドで使用できるデバイス開発・商品化を進める。

研究計画：

マラリアは HIV、結核とともに世界3大感染症の一つで、年間2億人の感染者と66万人が死亡する赤血球へのマラリア原虫による寄生虫感染症である。WHO をはじめ世界的なレベルでマラリア対策は講じられているが、迅速・高感度・易操作性の診断法は未だに開発されておらず、赤血球ギムザ染色の光学顕微鏡を用いた肉眼的観察が未だにゴールドスタンダードとされている。そこで、我々は、民間企業との共同研究により開発中の赤血球分離用カラムと蛍光検出機、さらに細胞チップによる実証試験を目的に、ウガンダ共和国グル市ラチョ病院においてマラリア患者血液の解析を進めた。41名のマラリア患者血液解析から、正確・高感度かつ定量性のあるマラリア診断デバイスが開発された。現在、論文投稿中である。

フィールド用マラリア診断デバイス開発のため、アフリカやアジアを中心にマラリア流行域でのフィールドテストをさらに行い、製品化を目指す。さらにアジアを中心に、マイクロ空間での PCR 反応を利用した感染マラリア種の同定法を構築し、高機能診断デバイス開発を進める。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】マイクロナノデバイス、細胞チップ、ギムザ染色、マラリア、マラリア診断、寄生虫感染症、光学顕微鏡、赤血球分離、

蛍光検出

【研究題目】マイコプラズマのゲノム操作の研究

【研究代表者】柿澤 茂行（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】柿澤 茂行（常勤職員1名）

【研究内容】

難培養細菌（難培養性細菌）と呼ばれる細菌は、培養が不可能もしくは非常に困難な細菌である。難培養細菌は決して珍しいものではなく、近年のメタゲノム解析などの台頭により、環境中の微生物の99%以上は培養できないことが明らかとなり、これにより新たな微生物像が浮き彫りとなった。これらの難培養細菌は、その全ゲノム配列を決めることで多くの知見が得られる一方で、遺伝子のノックアウトや過剰発現ができないという技術的な欠陥のため、その遺伝子の機能についての確実な証明はほとんどされていないのが現状である。この難問は、今後の微生物学の発展において乗り越えねばならない大きな障壁（難培養の壁）である。本研究においては、マイコプラズマにおける複製起点を持った新たなベクター系を開発することで、巨大なゲノム断片をマイコプラズマ細胞内に共存させる系を開発し、難培養細菌ゲノムをマイコプラズマ細胞内に導入することを目的とする。加えて、酵母内において YAC（酵母人工染色体）ベクター内の配列を自在に操作する技術により、導入した難培養細菌ゲノムを自由に改変すると共に、マイコプラズマ細胞の性質の詳細な解析も行う。

平成27年度の3月末に本研究がスタートし期間が短かったため、本年度は国際共同研究に向けた研究の準備を進めた。アメリカにおける研究のセットアップや研究計画についてのミーティング等を行い、来年度以降に行う研究が滞りなく進むようセットアップした。

【領域名】生命工学

【キーワード】ゲノム、細菌

【研究題目】北海道由来のバイオリソースを活用したバイオものづくりに関する基盤技術開発

【研究代表者】田村 具博（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】田村 具博、木村 信忠、三谷 恭雄、北川 航、安武 義晃、三重 安弘（生物プロセス研究部門）

野田 尚宏（バイオメディカル研究部門）
（常勤職員7名、他2名）

【研究内容】

北海道の風土には稀有な微生物が集積している環境サンプルが有り、北海道特有の有用遺伝子やタンパク質を探索するリソースとなりうる。そこで、希少微生物や環境ゲノムに由来するゲノムライブラリーを構築し、遺伝子資源のスクリーニング源として整備する。また、ゲノムライブラリーの優位性アピールを目指して、全化学プ

ロセスの3割を占める酸化還元反応の代替となりうるシトクロム P450酵素の探索と発現ライブラリーを構築し、電気化学的手法を取り入れた新たな物質生産・検出系の構築を目指す。更に、北海道に深い関わりのある家畜に感染する病原性微生物を対象にした抗菌物質の探索を行い、新たな機能性物質の創出に向けた基盤技術の開発を目指す。平成27年度は、採取した環境サンプル（湿地、湖沼、流水、水産物など）から長鎖 DNA の回収に成功しライブラリー構築に必要な遺伝子資源を回収した。また、P450発現ライブラリーを構築し、放線菌を宿主として100種の異なる P450発現を可能とした。更に、家畜に感染する病原菌に対する抗菌活性物質をゲノムライブラリーからスクリーニングする系の構築を行うなど、バイオものづくりや物質検出に資する基盤技術の開発を行った。

【領域名】生命工学

【キーワード】環境ゲノム、P450、抗菌物質、放線菌

【研究題目】パスワードを用いた匿名認証／属性認証技術の国際標準化

【研究代表者】古原 和邦（情報技術研究部門）

【研究担当者】古原 和邦、辛 星漢、関谷 祐美子（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

短いパスワードのみを使ってサーバ、クライアント間で相互に認証し、暗号鍵を共有する従来のプロトコル（例えば、IPsec や無線 LAN などの PSK : Pre-Shared Key 方式など）は、通信路を盗聴するかサーバやクライアントに一度接続するだけで、それ以降はサーバに接続することなく大量かつ並列にパスワードを試す攻撃（オフライン全数探索）が可能となるという問題点があった。スマホ、タブレット端末、IoT 機器などでは長いパスワードの打ち込みは容易でないため、短いパスワードを使いつつオフライン全数探索を防ぐ仕組みが必要となる。我々は従来よりこの仕組みを効率よく実現する暗号学上の仕組みの研究を行ってきており、その応用方式を国際標準として提案し成立させることが本研究の目標となる。具体的には、ユーザを特定することなくそのユーザが特定のグループに属していることをパスワードのみを用いて実現する方式を ISO/IEC 20009-4 の SKI mechanism として提案し、今年度、CD (Committee Draft) から DIS (Draft International Standard) に進ませることができた。また、短いパスワードのみを用いた相互認証鍵共有方式である AugPAKE (産総研提案方式) を ISO/IEC11770-4に含め CD に進ませることに成功した。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】パスワード、認証、鍵共有、プライバシー、標準

〔研究題目〕 光学的応力イメージング技術の標準化

〔研究代表者〕 兵藤 行志（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 兵藤 行志、徐 超男（製造技術研究部門）（常勤職員2名、他3名）

〔研究内容〕

光学的な応力イメージング技術である熱弾性応力測定法や応力発光法は、実際の測定対象物の表面力学状態を、非接触でもれ点なく計測することができる利点を有する。昨今の撮像素子の技術的進展、産総研（徐）における応力発光材料創成とも相まって、その応用範囲は製造業や建築・土木分野等々拡大している。しかしながら、熱弾性応力測定法（試験方法）は JIS や ISO が未だ整備されておらず、応力発光法は国内外で、用語規格すら制定されていないのが実情である。

よって、当該標準基盤研究では、熱弾性応力測定法や応力発光法の技術的な有効性を比較・検証しつつ、関連学協会との連携のもと、国内・外の標準化を推進することを目的とする。

平成27年度は次の内容を実施した。

(1) 熱弾性応力測定法

1) 標準試験片における適用・試験条件の精査

昨年度に継続して、材料の赤外域における光学特性を計測・精査し、可能な適用方法を検討した。具体的には、最近応用が進んでいる高分子材料も含め、その光学特性（吸収係数）を標準試験片により分光計測し、選択すべき計測波長、試験条件を検討した。

その結果、昨年度までに確認できた短波長カメラ及び長波長カメラの検出波長域である3-5 μm 及び8-12 μm における吸収係数の違いに加えて、①吸収係数差を積極的に応用する評価方法の検討、さらに②標準化における測定対象物の物性とカメラ選択に係る記述を検討することができた。

2) 試験における要求事項の評価と確立

1) の検討結果もふまえ、熱弾性応力測定法を用いた試験に関して、測定対象物、試験条件（荷重や周波数）及び試験環境に係る要求事項を精査した。

(2) 応力発光法

1) 高機能応力発光体の試験特性評価

昨年度に継続して、将来的な試験方法の標準化を視野に入れて、高機能（高輝度、波長選択）応力発光体の試験特性評価を進めた。具体的には、ミクロな構造評価、発光特性評価（波長、残光、応力分解能等）を行い、非破壊試験における適用範囲を検討した。

その結果、昨年度までに得られた短波長青色応力発光体（400-500 nm）、長波長の赤色応力発光体（600-700 nm）、緑色応力発光体（500-600 nm）の発光強度特性データに加え、今年度もさらに開発した近赤外領域の応力発光体（800-1100 nm）、様々な応力発光体のデータを蓄積することができた。将来的には、材料の標準化において、その根拠となるデータとして活用する。

2) 用語の標準化に向けた検討

平成27年度は、標準化すべき用語の選択とその定義に関して素案を継続して考察した。そして、光学的応力イメージング（応力発光法）標準化検討委員会を組織し、平成28年1月29日（金）に第一回の委員会を開催し、その後のメール審議も加えて素案を作成した。

〔領域名〕 情報・人間工学

エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 力学、応力、赤外線サーモグラフィ試験、応力発光、非破壊試験、JIS、ISO

〔研究題目〕 映画等映像コンテンツのバリアフリー化に向けた補助字幕設計手法の標準化

〔研究代表者〕 大山 潤爾（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 大山 潤爾（常勤職員1名）

〔研究内容〕

音や声を聞き取りにくい利用者のために、ニュースや映画などの映像において、母国語のセリフや効果音を母国語の字幕で表示することを、“補助字幕”と言う。現代においては、緊急災害時から日常生活まで、あらゆる場面で映像から情報を得る機会が多く、日本を含む世界の先進国では、映像のバリアフリー化に向けた補助字幕対応が急がれている。日本では、聴覚障害者と高齢の軽度難聴者などを合わせると、600万人以上が音や声が聞こえにくい状況にある。更に、認知機能の低下による聞き取りにくさも考慮すると、補助字幕による情報保障は2000万人以上に有効であると見込まれる。

本研究は、補助字幕の必要十分な品質を確保するために、わかりやすい字幕設計の客観的根拠となるデータを取得し、国際規格として提案することを目的とする。具体的には、映像と字幕に対する利用者の視覚認知についての実験心理学的研究から、適切な字幕の設計条件を調べる。また、現状の映像や字幕の設計と、利用者の理解や印象を調べ、日本の現状の字幕環境を踏まえて、映像や字幕の製作会社とともに実現可能な設計標準を作成し、日本から世界に提案する。

今年度は、世界6カ国の言語について字幕の国際比較調査のデータを分析した。また、研究結果を学会で発表した。さらに、得られた知見を基に国際規格草案を作成し、ISO/IEC JTC 1国際規格委員会に NP 提案し、採択され、プロジェクトエディターして規格制定に向けた正式な審議を進めた。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 視認性、映像、注意、認知、記憶、バリアフリー、高齢者対応、障害者対応、情報保障

〔研究題目〕 ビッグデータ解析手法を用いた救急搬送と気象との関連性の研究

〔研究代表者〕 西田 佳史（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕西田 佳史、伊東 隆喜（和歌山県工業技術センター）（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

研究の目的は、健康福祉分野での公共データの活用によって、脳血管疾患発症アラートサービスの実現可能性を検討することにある。ベイジアンネットワーク等の確率モデリング技術と、和歌山県の救急搬送データを用いて、脳血管疾患発症と気象庁の1時間ごとの気象データ（時別値）との関連性を調べる。

気象関連パラメータとして、蒸気圧、気温、降水量、降雪、積雪、日照時間、風速、風向、現地気圧、海面気圧、相対湿度、最高気温、最低気温、最高気圧、最低気圧、搬送時気温、発症前1日間平均日平均気温～発症前7日間の平均気温・最高気温・最低気温・気温差・最高気圧・最低気圧・気圧差などを選んだ。

情報量基準による変数選択で選ばれたパラメータは、月ごとに変化することが分かった。6月は発症前7日間平均日最高気温と搬送時気温との差、7月は気温と発症前6日間日平均日最低気温と当日最低気温との差、8月は気温と発症前3日間日平均気温、9月は気温、10月は発症前1日間平均日最低気温と搬送時気温との差であった。ベイジアンネットワークを用いた気象データを入力とした脳血管疾患の予測精度の結果については、脳梗塞に関しては、的中率は0.02から0.06程度、脳出血に関しては、的中率は0.02から0.14であった。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕脳血管疾患、救急搬送、疾病予測

〔研究題目〕身体拘束を最適化する動的装具設計手法の開発

〔研究代表者〕宮田 なつき（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕宮田 なつき、多田 充徳、村井 昭彦、木谷 亮太（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、脊椎側弯患者の身に着ける装具の姿勢矯正効果を、力学的な解析を通じて定量的に行い、装具の設計支援を行うために必要な技術を開発することであり、大阪府立産業技術総合研究所と共同で推進した。

脊椎側弯とは、健常者では直立している脊椎が、何らかの原因により左右いずれかに湾曲し直立を保てなくなる症状を指す。重症で手術を要するケース以外では、体幹を包むような装具を着用することが多い。設計対象となる動的装具では、従来型に比べれば装着による痛みや動きの阻害度合いが軽減されているものの、矯正効果を定量的に評価する方法が確立されておらず、適切な装具を設計しようにも指針を示すことは困難だった。

そこで本研究では、側弯状態を模したデジタルヒューマンモデル Dhaiba を用いて、装具の効果を力学的に定量的評価することを試みた。人間中心設計用プラットフォームソフトウェア DhaibaWorks（当該研究グループで

開発）上で、装具から与えられる力パターンを与え、ある姿勢を保つために各関節で発生すべきトルクを計算した。力パターンについては、実患者で実測した値を入力することとした。関節トルクの計算は、筋骨格モデルの解析を行うフリーソフトウェア OpenSIMM の機能呼び出しで行った。いくつかの力パターンで試したところ、装具の着用により、脊柱の主要な関節で必要トルクが軽減する傾向があることが確かめられた。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕デジタルヒューマン、側弯、筋骨格モデル、装具

〔研究題目〕脳損傷後のリハビリテーション回復過程

〔研究代表者〕金子 秀和（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕金子 秀和、兵藤 行志（以上、人間情報研究部門）、戸井 基道、落石 知世（以上、バイオメディカル研究部門）（常勤職員4名、他3名）

〔研究内容〕

脳機能をターゲットとした健康食品市場は今後の拡大が見込まれており、その機能性や安全性に対して信頼性の高い製品を開発することが重要である。本研究では、抗健忘効果や記憶力向上に効果のあることが示唆されている低分子ペプチドの機能性を明らかにする。これにより、今後益々高まるであろう老化・認知症のセルフメディケーション意識に応え、国民の QOL の向上や高齢者の病院受診率の低減に貢献し、保険医療費の削減に繋げる。

今年度は、実験動物（ラット）を用いた認知行動学習実験によって低分子ペプチドの摂取が脳損傷後の学習過程に影響を及ぼす可能性があるかどうか調べた。具体的には、環状ジペプチドを脳損傷前後に継続的に経口投与し、選択反応時間タスクの訓練課程において左右前肢の反応時間及びエラー率の変化を計測して、脳梗塞片麻痺モデルラットにおける環状ジペプチドの投与群と非投与群との間で逆転学習の速度を比較した。その結果、環状ジペプチド投与群の方が非投与群に比べてエラー率の改善が有意に速いとは言えなかった（反復測定分散分析、 $p = 0.106$ ）。この結果はまだ統計的に十分な検出力を伴った結果から導かれたものではなく、作成された脳損傷部位の大きさの違いによるものである可能性も高いので、今後、組織学的解析も含めて検討してゆく必要がある。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕リハビリテーション、脳神経疾患、脳・神経、神経科学、動物

〔研究題目〕自動車運転パフォーマンス評価の標準パッケージ開発

〔研究代表者〕北崎 智之（自動車ヒューマンファクター研究センター）

〔研究担当者〕北崎 智之、赤松 幹之、岩木 直、武田 裕司、小峰 秀彦、佐藤 稔久、小高 泰、木村 元洋、吉江 路子、宇津木 明男、高橋 昭彦、熊谷 徹、甲斐田 幸佐、木村 健太（自動車ヒューマンファクター研究センター）、申 ウソク、伊藤 敏雄、赤松 貴文（無機機能材料研究部門 電子セラミックスグループ）、梅村 浩之（バイオメディカル研究部門 細胞・生体医工学研究グループ）、寺田 聡一（計量標準総合センター 工学計測標準研究部門 長さ標準研究グループ）、蔵田 武志、大隈 隆史（人間情報研究部門 サービス観測・モデル化研究グループ）、大西 正輝（人工知能研究センター 計算社会知能研究チーム）、松田 圭司（人間情報研究部門 システム脳科学研究グループ）、橋本 尚久（ロボットイノベーション研究センター スマートモビリティ研究チーム）（常勤職員24名）

〔研究内容〕

車載情報機器のHMI（Human Machine Interface）の手段が多様化し、新規な車載情報機器HMIの導入による安全性や快適性の向上が期待できる。しかし、新たなHMIに対して不適切な情報処理がなされると、ドライバーが運転以外へ過度に注意を配分する、ペダル操作が遅れる、緊張感が増大する等、却って運転を阻害することとなる。自動車技術における人間研究では、ドライバーの評価方法や評価環境間の結果の比較方法が確立されておらず、自動車メーカーやサプライヤーでは、車載情報機器のHMIがドライバーへ及ぼす影響の定量的評価方法の確立に対するニーズが非常に高い。

そこで、高速道路、郊外幹線道路、市街地道路において、車載情報機器のHMIによるドライバー注意散漫状態を評価するための道路交通シナリオと認知・行動・生理データの評価方法を開発する。一般ドライバー100名規模のデータベースと、シミュレータ環境間での評価結果の変換技術を構築する。本研究は、3カ年計画にて実施する。

2015年度は、高速道路での道路交通シナリオを作成した。実際の東名高速道路と首都高速道路の道路線形を基にした道路構造を構築し、運転に必要なスキル（Driving Skill Inventory: Perception-Motor Skills 10要素、Safety Skills 8要素）を網羅した交通シナリオを策定した。また、評価指標として以下の項目を選定した。

認知状態の評価項目：課題非関連聴覚プロンプトに対す

るP2振幅、眼球停留関連電位のP1振幅、サッカーの大きさ

行動の評価項目：車両横位置のふらつき、ステアリング操舵量、先行車との車間距離

生理状態の評価項目：心拍数、平均血圧、瞬目の持続時間、呼気の酸素濃度

さらに、評価パッケージを歩行者とモビリティロボット搭乗者の状態評価へ展開した。サービスフィールドシミュレータ（SFS；屋内や屋外での“歩行”を再現したシミュレータ）にナビ機器アプリを実装すると共に、ナビ機器利用による歩行者状態の評価環境を構築した。また、モビリティロボットシミュレータを開発し、モビリティロボット搭乗者の状態評価環境を構築した。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕Human Machine Interface、モビリティロボットシミュレータ

〔研究題目〕安全情報のモデリング言語「SafeML」の標準化

〔研究代表者〕ビッグズ ジェフ（ロボットイノベーション研究センター）

〔研究担当者〕ビッグズ ジェフ、安藤 慶昭（常勤職員2名）

〔研究内容〕

近年、様々な分野で複雑化するシステムの安全性確保が重要な課題となっている。これまで重要性が認識されていた鉄道や自動車などの分野だけでなく、ロボット技術が導入されつつある新しい分野においても、製品を市場に投入するうえで安全性確保が重要な課題となっている。現在、製品の設計・開発時における安全に関する情報は、人海戦術で検討・管理・利用が行われている。そのため、間違いや対策漏れが多く、安全認証を受けるまでに膨大な人手と時間がかかっており、開発コストを押し上げる要因となっている。上述の問題を解決するために、我々は、安全情報をコンピュータによる処理が可能な形で記述可能な、安全情報のモデリング言語「SafeML」を開発した。本活動では、OMG（Object Management Group）においてSafeML技術をベースに、安全情報のモデリング言語の標準化を行い、様々なツールベンダーが安全情報のモデリング言語SafeMLをサポート可能にすることを目指す。平成27年度は本格的標準化活動に着手した。類似の高信頼システム開発用のモデルベースツールを開発している組織の調査を行い、標準規格書に必要な機能を確認した。OMGで発表を行い、関連するシステムエンジニアリング分科会SE-DSIG（Systems Engineering Domain Special Interest Group、SysMLを開発したワーキンググループ）に標準化活動の開始を提案した。同時に、SafeMLの国内ワーキンググループを設立し、標準化活動の情報の国内への提供を開始した。平成28年度も活動を継続し、OMG

における標準化のプロセスを開始する予定である。平成30年度中の標準仕様発行を目指し、平成28年度中に標準仕様公募（Request for Proposals）の発行を行う予定である。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 高信頼システム、モデルベース開発

【研究 題 目】 認知症高齢者の屋外徘徊位置検知装置の開発

【研究代表者】 比留川 博久（ロボットイノベーション研究センター）

【研究担当者】 比留川 博久、松本 吉央（ロボットイノベーション研究センター）、蔵田 武志（人間情報研究部門）、吉田 学、小笹 健仁、徳久 英雄（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）、菊地 克弥（ナノエレクトロニクス研究部門）、堀部 雅弘、岸川 諒子、加藤 悠人（計量標準総合センター）、高松 誠一、山下 崇博、森川 善富、張 毅（集積マイクロシステム研究センター）、栄部 比夏里（電池技術研究部門）、近松 真之（太陽光発電研究センター）（常勤職員16名）

【研究 内 容】

屋外を徘徊する認知症高齢者の位置を検知することにより、早期に保護をし、事故や行方不明となることを防止することを目標とする。このため、以下の仕様の屋外位置検知装置を開発する。屋外で数10メートルの精度で位置が検知できること。屋内でも検知できることが望ましい。下着に埋込可能なこと。基板部が20 mm×40 mm×3 mm、アンテナ部は1,500 mm×10 mm 以下。洗濯乾燥機で洗濯乾燥可能なこと。電池を交換せずに3ヶ月以上使用可能なこと。

BLE を用いた測位では、6個の組込型 BLE リーダを用いた屋内多辺測位実験の一時停止時の誤差を評価し、平均誤差52 cm・標準偏差23 cm・時間遅れ1.2秒という結果が得られた。RFID 測位では、タグと正対して3 m前後までしか計測できなく、角度がつくと計測困難であるため、屋外での広域計測は困難という結論を得た。アンテナでは、基材をフレキシブルな PET フィルムとし、その上にスクリーン印刷によりマイクロストリップアンテナを作製した。高周波特性測定を行った結果、実測の平均共振周波数が2.489 GHz と設計通りにアンテナが製造できた。テキスタイル状配線基板として、1 mm 幅のファイバー配線が幅13 mm のリボンの両端に入ったリボンと、チップからの配線をフレキシブル基板によりつなぐ基板を試作し、リール to リール型実装装置を用いてリボンに基板を実装した。装着型電池は、外形寸法は10×50×1.2 mm のものを開発した。熱的挙動を調べ

たところ、充電状態で70℃1時間加熱しても容量劣化はほとんど見られなかった。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 認知症、位置検知、BLE、テキスタイル状基板、フレキシブルフィルム

【研究 題 目】 画像解析技術のパイプライン化・標準問題化の開発

【研究代表者】 高橋 栄一（人工知能研究センター）、佐藤 雄隆（知能システム研究部門）、村川 正宏（人工知能研究センター）、

【研究担当者】 高橋 栄一、佐藤 雄隆、岩田 健司、永見 武司、小林 匠、関山 守、村川 正宏、坂無 英徳、野里 博和、（常勤職員9名）

【研究 内 容】

人工知能、IoT、CPS に注目が集まり、自動診断、製品検査などの画像データ解析技術に対して多くの企業から連携の打診がある。そこで頻繁に持ち込まれる「標準問題」に適用可能な標準ツールを開発し、多くの企業からの連携提案を「パイプライン処理」可能にする。具体的には、HLAC/CHLAC を用いた画像認識を中心に、データ入力、画像前処理、統計解析、機械学習、解析結果ビジュアライゼーションなどの機能を集積。上記集積機能を VM（仮想マシン）イメージとしてパッケージングし標準ツール化することで、そのままの形態でも、クラウドサービス化しても活用可能とする。今年度の進捗は、画像解析フレームワーク Lavatube に対し、Gradient Local Auto-correlations、Color Index Local Auto-Correlations、Deep Convolutional Activation Feature といったの特徴抽出技術、Random Forest、Convolutional Neural Network といった機械学習技術を実装した。データ入力やビジュアライゼーションのための、ユーザーインターフェースの設計を行った。IoT や組み込み用途を視野に、ワイヤレスデバイスの試作を行った。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 画像解析、パイプライン、標準問題

【研究 題 目】 CO₂ 塗装技術の革新とモノづくり技術への展開

【研究代表者】 川崎 慎一郎（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】 川崎 慎一郎、藤井 達也、大川原 竜人、櫻井 優子、弦巻 武久、大瀧 憲一郎、平岡 領子（常勤職員2名、他5名）

【研究 内 容】

有機溶剤系塗装において、希釈溶剤の代替として高圧CO₂を用いた高圧CO₂塗装プロセスの工業化開発を実施している。本研究の課題は、①高圧CO₂と塗料の均一

混合技術、②高圧 CO₂を混合することによる塗料の溶媒極性低下対策（貧溶媒対策）、③高圧微粒化メカニズム、④高 NV 塗着におけるレベリング対策、⑤安定操作システムの確立があげられる。上記開発を並行して行い、実施許諾先へ技術の橋渡しを行うことを目標としている。

①混合技術においては、高圧マイクロミキサーが汎用化されアズワン web 版に掲載される予定であり、塗装のみならず様々な混合技術として社会実装される。②貧溶媒対策としては、モデル塗料を用いて Hansen 溶解度パラメータおよび Hansen 溶解度球法による解析を加え、高圧 CO₂を添加することを前提とした塗料組成の設計指針の検討を東北大学との共同研究により実施している。③微粒化メカニズム解析については、共同研究先の実塗料を用いて、実塗装環境の流量域まで拡大して解析を行っている。④高 NV 塗着におけるレベリング対策は、③の微粒化解析と合わせて群馬大学の天谷教授との連携で対策開発の検討に着手した。⑤安定操作システムについては、様々なアプリケーション毎の共同研究において、システム改良を実施中である。

また、高圧 CO₂塗装からモノづくり技術開発へ展開するため、スプレードライ技術を大幅に改良した無希釈、非防爆の高粘度流体用スプレードライ技術の装置を製作し、将来的に医薬品製造を目指した実験研究に着手した。

最新のトピックスとしては、2016年春より共同研究先が高圧 CO₂塗装技術を一部実装化すること。2017年にも、新たなモノづくり技術に関する共同研究先の実装化の計画があり、今後も技術を社会に実装化できるように励みたい。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】低環境負荷、製造技術、VOC 削減、省エネ、微粒化

【研究 題 目】クレコートのさらなる高機能化による金属表面改質と高温耐久性絶縁材料の開発

【研究代表者】蛭名 武雄（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】蛭名 武雄、石井 亮、棚池 修、相澤 崇史、飯島 高志（常勤職員5名）

【研究 内 容】

産総研ではこれまでに粘土を主成分とする金属用無機系コーティング膜を企業と共同で開発し、300～400℃程度の加熱で金属表面に良質な粘土膜を形成させることに成功して「クレコート」と名づけて開発を続けている。この金属表面へのコーティングは高い耐久性や電気絶縁性などの性質を金属材料表面に付与できることから、金属素材の表面改質法として様々な用途展開が考えられる。一方、その膜形成、とりわけ、金属と粘土の界面における強固な結合メカニズムは明らかになっておらず、様々な用途展開を考える上での原料や塗膜条件の最適化には

この基礎的な結合メカニズムを明らかにすることが重要である。そこで本研究では、粘土膜でコーティングした金属-粘土界面の状態を詳細に明らかにし、この特徴的なコーティング法の市場拡大に必要な産業界への橋渡しとなる基礎的知見を得ることを目的とする。

市販のステンレス：SUS304に、(株)タイホーコーザイ社（現（株）イチネンケミカルズ社）より提供を受けた粘土塗工液を塗布し、～600℃で加熱処理することで粘土膜コートステンレス試験片を得た。この試験片について、光電子分光分析（XPS）を使って表面から深さ方向の組成・元素状態の状況を詳細に検討し、粘土および金属を構成する元素成分の加熱後の化学変化の状態を詳細に明らかにすることができた。また、透過型電子顕微鏡（TEM）を併用して、金属-膜界面の微細構造および元素分布の状態を視覚化することにも成功した。これにより、粘土膜のステンレスに密着する基礎的なメカニズムを検討することができ、今後、様々な用途での応用検討に必要とされる各種膜物性を得るための原料や塗工法の改良につながる有用な知見を得ることができた。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】粘土膜、金属材料、コーティング

【研究 題 目】イオン液体を用いた極低濃度 CO₂の分離回収技術の開発

【研究代表者】金久保 光央（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】金久保 光央、牧野 貴至、川崎 慎一郎、藤井 達也、建尾 太一（常勤職員4名、他1名）

【研究 内 容】

宇宙ステーションなどの閉鎖系では、生活空間を快適に保ち生命活動を存続するために、～1%未満の極低濃度の CO₂の分離回収や調湿などの環境維持技術が必要となる。そのため、ゼオライト等の多孔質材料を用いた脱炭酸システムの開発が進められてきた。それらは極低濃度の CO₂を吸着分離できるが、水蒸気などの共存成分の吸着により再生過程で高温を要し、エネルギーが多分に掛かることが課題であった。

本研究では、カチオンおよびアニオンのみからなるイオン液体を CO₂吸収液とした脱炭酸システムの開発を行った。従来の揮発性吸収液とは異なり、イオン液体は不揮発性で真空中でも利用が可能である。化学吸収機能を付与したイオン液体を用いて、～4000 ppm の極低濃度ガスから CO₂の吸収分離試験を行い、CO₂濃度を～100 ppm 以下に低減できることを明らかにした。使用した CO₂リッチな吸収液は室温近辺でも再生可能である。また、気液混合器に適切なマイクロミキサーを選択することで、同一の吸収液でも、CO₂の吸収速度を向上させ、除去率を増加できることが分かった。さらに、イオン液体中に化学吸収させた CO₂を電気化学的に還元して有用物質に変換することを目的として、電解セルを

試作し、サイクリックボルタンメトリーにより CO₂の還元電位や還元電流などについて調査を行った。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕イオン液体、二酸化炭素、環境維持技術

〔研究題目〕接着接合技術の国内拠点化展開

〔研究代表者〕堀内 伸 (ナノ材料研究部門)

〔研究担当者〕堀内 伸 他 (常勤職員24名)

〔研究内容〕

接着／界面に関わる研究は、構造体 (自動車・航空機)、電子部品、建築などの接着だけでなく、コーティング、印刷、めっきなど広い産業分野に関連する共通基盤研究であり、公的研究機関が中心となって取り組むべき課題である。自動車・航空機分野では、軽量化による燃費向上・CO₂削減は地球環境保全のため必達であるが、単一素材でのイノベーションでは限界が見えており、異種材の複合化 (マルチマテリアル化) により軽量化を目指す流れになっている。近年、CFRTP と接着剤を多用した自動車づくりはドイツが先行しており、日本のメーカーも異種材接合の研究開発に注力している。ドイツでは公的研究機関 (Fraunhofer)、接着剤メーカー (Henkel)、自動車メーカーの連携により研究開発を進めており、日本においても接着研究拠点の整備が望まれている。

異種材料接合には、化学 (接着剤)、物理 (界面)、構造力学、プロセス工学等幅広い研究領域が関連しており、各分野における技術課題の解決と分野間の技術連携 (molecules-materials-manufacturing) が、マルチマテリアル化を推進するために必要である。以下に掲げる異種材接着接合技術、並びに分析、評価および設計技術等に関連する産総研の研究シーズを掘り起こし、それらの妥当性を検証する。さらに、接着に関わる研究者の連携を進め、設備を整備し、接着研究拠点 (センター) の構築を目指す。

1. 新規接着剤の開発 (高強度、高耐熱、etc.)
2. 耐久性予測法の確立
3. 難接着物の表面処理技術確立
4. 検査技術 (WB、コンタミ) の開発
5. 界面現象の解明

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕接着、接合、界面

〔研究題目〕多孔性ナノ粒子によるアンモニア合成の効率化

〔研究代表者〕川本 徹 (ナノ材料研究部門)

〔研究担当者〕川本 徹、高橋 顕、中村 徹、
杉山 泰、野田 恵子
(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

近年、アンモニアの低圧での合成を可能とする触媒の

開発が進んでいる。アンモニアは従来200気圧程度の高圧で合成されており、エネルギー的に課題があり、この課題解決が検討されている。しかし、低圧合成 (~26bar) では、合成後の分離プロセスにおいて、蒸留分離のための NH₃液化に冷却が必要となり、逆に、システム全体として高コストとなる。この問題を解決する方法として、蒸留分離に変わり、吸着剤による分離が期待される。本研究では、NH₃吸着を目的とした、材料および構造の最適化を行った。材料中の金属種や組成、製剤時に利用する、バインダー種やプロセスを調整し、吸着容量と繰り返し耐性を両立した吸着剤を開発した。プルシアンブルー、銅置換プルシアンブルー型錯体、コバルト置換プルシアンブルー型錯体が高いアンモニア吸着能を示すことを明らかにした。特にコバルト置換プルシアンブルー型錯体が純 NH₃ガスの高い吸着能を示し、1気圧下で20 mmol/g を超えた。これは多孔質材料の中で最大の結果である。また、銅置換プルシアンブルー型錯体を主体とし、マイクロカプセル技術にフリーズドライ技術を組み合わせて合成したマルチスケール多孔質粒状体がアンモニア吸着能を示すことを明らかにした。この粒状体はアンモニアの加圧・減圧によって繰り返しのアンモニア吸脱着が可能であることも分かった。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕プルシアンブルー型錯体、Cs 回収、電気化学的吸着脱離

〔研究題目〕磁性材料プラットフォームの構築と高性能磁性材料・システム化技術の開発

〔研究代表者〕尾崎 公洋 (無機機能材料研究部門)

〔研究担当者〕高木 健太、藤田 麻哉、曾田 力央、
細川 明秀、中山 博行、山口 渡、
水口 知大、豊川 弘之、田中 真人、
湯浅 新治、薬師寺 啓
(常勤職員12名、他2名)

〔研究内容〕

3領域間で連携して磁性材料を中心としたプラットフォームを構築し、磁性材料ならびにモジュールの開発、作製、計測を効率的に進めることを目的としている。

酸素親和性の高い希土類元素を含む合金を、極低酸素下で微細粉末化ならびに固化・焼結することができるプロセスを開発した。このプロセスを Sm-Fe-N 磁石に適用することで、世界で初めて保磁力を低下させずに Sm-Fe-N 異方性焼結磁石を開発することができた。焼結による保磁力低下のメカニズムが粒子表面のわずかに数 10 nm の酸化層に起因することは、すでに仮説を立てていたが、今回その仮説を実験的に明らかにすることができた。この成果はプレスリリースを行い、関係者から反響を得た。

また、Sm 系高性能磁石材料の低酸素プロセスが、La-Fe-Si-H 磁気熱量材料の合成時間短縮および高性能

化にも応用できることを確認した。さらに、磁気異方性評価についても、試料形態や用途に左右されずに実施できるプラットフォームを構築するため、磁気トルク測定法を確立し、Sm系硬質磁性材料やスピントロニクス用人工異方性薄膜などの結晶磁気異方性の精密測定を実施した。クロスポイントメント制度を利用し、外部機関の磁気冷凍モジュール構築技術を取り込むことで、材料ベッドを容易に取り替えられる冷凍モジュールを設計し、プログラム動作と自動データ収録を実現した。

紫外線を利用した卓上型 PEEM 装置を開発した。今後、各開発材料の観察を行い、材料開発にフィードバックさせる。

【領 域 名】材料・化学、計量標準総合センター、エレクトロニクス・製造

【キーワード】希土類磁石、低酸素プロセス、磁気熱量材料、磁気冷凍、磁気トルク測定

【研究 題 目】フラウンホーファーIPA とのハイブリッドアクチュエータ (HBA) 国際連携研究拠点

【研究代表者】安積 欣志 (無機機能材料研究部門)

【研究担当者】安積 欣志、杉野 卓司、物部 浩達、淵脇 雄介、田中 正人、大家 利彦 (常勤職員6名、他3名)

【研究 内 容】

フラウンホーファー生産技術・オートメーション研究所 (IPA) との国際連携、および材料・化学領域無機機能材料研究部門および生命工学領域健康工学研究部門との領域横断研究による、ナノカーボン高分子アクチュエータの実用化技術の確立を行い、その成果の国内企業への移転を、関西センターを窓口とした関西公設試・中小企業との連携により、加速、展開する。

研究計画は次の二点である。

- ・プロトタイプデバイスとして、ナノカーボン高分子アクチュエータを用いた携帯可能な超薄型マイクロピペット (2V の定電圧駆動で10 μ l の液を取り扱うことが可能) を開発し、国内企業への技術移転へ用いる。アクチュエータ量産化技術を開発し、国内企業へ技術移転を行う。
- ・開発するマイクロピペットのアプリとして、健康工学研究部門で開発されたペーパー型・プラスチック型バイオチップと組合わせて小型・安価な検知システムの開発を進める。出口技術の知財確保と健康関連企業への技術移転へ用いる。

現在までに、ナノカーボン高分子アクチュエータを用いた超薄型マイクロピペットプロトタイプの開発において、フラウンホーファーIPA と共同研究を進め、本年度、従来のタイプと比べ、駆動電圧・サイズが同じで駆動液量が数倍のもの開発に成功した。また、駆動のコントロール回路や電源が一体となったデバイスを開発した。

また、健康工学研究部門との産総研内領域横断連携研究により、マイクロピペットを用いた小型・安価なバイオチップ検知システムのプロトタイプの開発に成功した。これらの成果をもとに次年度、関西の公設試、中小企業を中心として、ナノカーボン高分子アクチュエータ技術の技術移転を進める予定である。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ハイブリッドアクチュエータ、高分子アクチュエータ、システム化、デバイス、プロトタイプ、オートピペット、医療機器、バイオチップ

【研究 題 目】ガスセンサへ向けた酸化スズナノクリスタルの開発

【研究代表者】増田 佳丈 (無機機能材料研究部門)

【研究担当者】増田 佳丈、伊藤 敏雄、申 ウソク、加藤 一実 (常勤職員4名)

【研究 内 容】

これまでに、貴金属触媒含有酸化スズナノ粒子膜に酸化スズナノシートを複合化することにより、ノナナール低濃度領域 (1-10 ppm) のセンシング感度が向上することを明らかにしてきた (*Scientific Reports*, 2015)。本課題では、酸化スズナノシートのセンサ特性への影響を明らかにするため、酸化スズナノ粒子層の膜厚を半分としたセンサを作製し、特性評価を行った。特に、製膜手法を改良することにより、従来困難であった半分の膜厚でのナノ粒子膜製膜を実現するとともに、従来粒子膜に比べて、クラックの数およびサイズを大幅に低減した。また、フッ化スズ水溶液を用いて、薄層型酸化スズナノ粒子膜表面に、酸化スズナノシートを複合化した。センサ特性評価を実施し、酸化スズナノ粒子膜の膜厚を半分としたセンサにおいても、ノナナールガスの導入に伴った抵抗値の変化挙動を確認した。酸化スズナノシートのみからなるセンサへと展開することにより、初期抵抗値を低減し、低濃度域での高感度化を図ることが期待される。さらに、ナノシートセンサの評価及び、今後の素子形状改良に対応できる精密評価が可能なガス応答特性評価設備を導入した。今後、ナノシートセンサの精密評価の実施に向ける。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】酸化スズ、ガスセンサ、ナノシート集積膜

【研究 題 目】微小なコアシェル構造形成技術

【研究代表者】永田 夫久江 (無機機能材料研究部門)

【研究担当者】永田 夫久江 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究では、無機有機コアシェル構造の形成技術の開発と開発したコアシェル型粒子への機能付与を目指している。核 (コア) と殻 (シェル) が異なる材料で構成さ

れるコアシェル粒子は、複数の機能を一つの粒子に持たせることができるため、薬物送達システム（DDS）用担体や、化粧品、分離吸着剤、光機能材料など、幅広い分野で応用が進められている。私たちは、コア部もシェル部も生体内で安全に分解代謝可能な材料のみからなる新しいコアシェル型ナノ粒子の開発を目指した。界面活性剤を用いずに常温常圧でナノ粒子を合成することにもこだわった手法であり、生体に対して安全であると同時に環境に優しいコアシェル型ナノ粒子合成技術である。具体的には、生物が貝殻など硬組織を形成する時と同様に、無機有機界面での相互作用を利用する手法で3次元複合構造を形成した。析出したアパタイトが生分解性ポリマーの分散を安定化するため、界面活性剤を用いなくても安定してコアシェル型ナノ粒子を合成することができる。シェルのアパタイトは0.34 nmを基本ユニットとして規則正しく結晶成長していることをTEMにより確認した。また、コアの生分解性ポリマーには薬剤を担持することができた。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ナノ材料、コアシェル、低環境負荷

【研究 題 目】微小粒子強度測定標準化

【研究代表者】高尾 泰正（構造材料研究部門）

【研究担当者】高尾 泰正（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本基盤研究は、微小粒子の破壊及び変形に関する強度試験方法並びに評価指標について規定する。適用範囲は、数 μm から数10 μm の粒子径であり、圧縮試験の変位測定最小測定単位は0.01 μm 以下、試験力の精度（最小計測量）数10 nN 以下とした。評価指標は、破壊強度又は公称変形強度で、試験力-変位線図を二次的な推奨評価指標とする。共通試験は平成27年6月までに終了させ、7月下旬（分科会）と10月ごろ（本委員会）の検討を経て、JIS「素」案を完成させた。これを元に、平成28年12月中旬に募集開始される（見込み）JSA の平成29（2017）年度の JIS 原案公募制度の A 組（2017.4.1～2018.3.31分）に申込み、本省や日本工業標準調査会（JISC）の委員及びオブザーバーを加えた新委員会を組織する。以上の活動を通じ、平成30（2018）年3月に JIS として上梓させる。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】圧縮破壊試験、単粒子、顆粒、塑性変形、脆性破壊、展延性

【研究 題 目】剥離 BN の化粧品用途向け評価に必要な相当量のサンプル作製

【研究代表者】堀田 裕司（構造材料研究部門）

【研究担当者】富永 雄一、堀田 裕司（常勤職員2名）

【研究 内 容】

化粧品には、滑らかな伸び感覚の向上と安全性のため

の素材ニーズ、現在のトレンドとしてナチュラル（透明感）な化粧品が好まれている。この様な理由から、窒化ホウ素（BN）を化粧品用途の素材として注目されている。当グループで開発している技術を基に化粧品用 BN を開発し、化粧品用素材としてのテストサンプルの提供による見極めと大量生産性の検討を進めることが必要となる。サンプル開発においては、高効率で化粧品用 BN 素材を製造するための機械プロセス技術を開発し、且つ、素材製造のプロセスに於ける乾燥時間を大幅に短縮させる技術を見出した。この開発 BN 素材に関しては、各化粧品メーカーに素材を卸している商社と共同研究及び事業化体制についての議論を行った。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】窒化ホウ素、機械プロセス、化粧品

【研究 題 目】パワーモジュール用高耐熱部品評価技術開発

【研究代表者】平尾 喜代司（構造材料研究部門）

【研究担当者】平尾 喜代司、日向 秀樹、宮崎 広行、周 游、松永 知佳（構造材料研究部門）、伊豆 典哉（無機機能材料研究部門）（常勤職員6名）

【研究 内 容】

本研究は、メタライズ放熱基板等のパワーモジュール用高耐熱部品の信頼性を評価するための基盤技術を構築することを目的としている。具体的には、(1) 構成材料の諸特性を低温～中温域で収集、(2) 取得データを用いたシミュレーションによる部品の残留応力、変形の解析、(3) 温度変化に伴う部品の変形挙動の測定とシミュレーション結果との比較検証、(4) 部品の欠陥検出の手法についての総合的な検討と各手法の得失の明確化を行う。

メタライズ放熱基板などの高耐熱部品の残留応力や熱変形挙動を精緻に解析するため、構成材料の特性を系統的に取得した。特に、セラミック材料に関しては、低温から室温近傍における熱的特性は殆ど報告されていない。そこで、産総研で開発した高熱伝導窒化ケイ素を含めて低温域（-50℃）から中温域（400℃）における熱膨張係数と熱伝導率についてのデータを取得した。メタライズ放熱基板を例に、-40℃から250℃の熱変形挙動についてデジタル画像相関法を用いて実測した。金属層の塑性変形のため冷却・加熱に伴う部材の歪み変化はヒステリシスを持つことを明らかにした。ヒステリシスは、セラミック層及び金属層が弾性変形する領域、セラミック層が弾性変形・金属層が塑性変形する領域に区分された。

今後、温度変化に対する変形挙動に関して、実測した材料物性を用いたシミュレーションを実施する予定である。材料の欠陥評価については、非破壊検査として X 線 CT、超音波探傷等の手法の比較検討を開始した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】メタライズ放熱基板、窒化ケイ素、熱的

特性、信頼性、欠陥評価

【研究題目】難燃性・耐熱性・高強度を併せ持つマグネシウム鍛造ホイールの開発

【研究代表者】 千野 靖正 (構造材料研究部門)

【研究担当者】 千野 靖正、斎藤 尚文 (常勤職員2名)

【研究内容】

マグネシウムはアルミニウムと比較して高い結晶異方性を有することや、鍛造中に強い集合組織が形成されることに起因して、鍛造製品に強い塑性異方性が生じることが問題となっている。従来のマグネシウム合金鍛造プロセスに関する研究は、素材に複雑形状や高強度を付与するための研究が主流であり、集合組織形成や塑性異方性を考慮した研究開発は殆ど見られなかった。本研究では、汎用マグネシウム合金 (Mg-Al 系合金) と比較して優れた難燃性を有する難燃性マグネシウム合金 (Mg-Al 系合金に Ca を添加した合金) を対象として、素材の初期組織や初期集合組織が鍛造成形後の組織・集合組織・塑性異方性に及ぼす影響を調査した。

平成27年度は、各種成形温度及び各種成形速度において難燃性マグネシウム合金の温間圧縮試験を実施した。ここでは、試験前後の組織形成状況を光学顕微鏡観察や電子線後方散乱法等により測定した。一連の実験結果より、組織形成 (再結晶、双晶形成、晶出物・析出物分布形成等) と集合組織形成の関係を抽出した。

【領域名】 材料・化学

【キーワード】 難燃性マグネシウム合金、鍛造、組織、集合組織

【研究題目】(萌芽) 安価で強度が高い生糸繊維を用いたマイクロメートルオーダーの直径を持つ SiC 系繊維の作製

【研究代表者】 北憲 一郎 (構造材料研究部門)

【研究担当者】 北憲 一郎、福島 学 (常勤職員2名)

【研究内容】

現在の SiC 系繊維用の生糸は強度が低く切れやすい事が知られており、SiC 系繊維の歩留まり低下と高コストの原因とされている。この問題への対処を目的とし、本研究では、生糸の原料となるポリマーに対して熱硬化性を有するシロキサン系ポリマー (以下、PSQ) を混合させて生糸の引張強度を向上させた上で、生糸の SiC 系繊維化の可否を調査した。

炭化ケイ素系繊維の原料であるポリカルボシラン (PCS)、PCS に対して高い相溶性を有する PSQ、並びに熱硬化速度を調整するシロキサン系ポリマー (PS) の3種のポリマーを溶媒中で混合した後、溶媒を揮発させて混合粉末試料を作製した。PCS と PSQ のみ含有する粉末試料では、加熱時の熱硬化の進行により紡糸不可であったが、PS の混合により熱硬化の進行が遅延し、紡糸が可能となった。

本研究では、紡糸可能な温度が極小となった試料について紡糸と調査を行った。この試料を紡糸した結果、連続的な生糸が作製可能であった。生糸の直径は約30 μm であり、生糸の状態での引張強度を測定したところ、平均で13MPa (試料数: 8) であった。PCS 単体から得られた生糸の強度がほぼ0であることから、PSQ 混合により引張強度が向上したと考えられる。

また、得られた生糸を不融化後に1000 $^{\circ}\text{C}$ で焼成したところ、XRD ではアモルファス特有の連続的なカーブが、IR・ラマン分光にて Si-C 結合と Si-O 結合が観測されたことから、焼成により生糸が SiOC 繊維と化すことが判明した。加えて、PCS 単体から得られた SiC 系繊維よりも収率が高いことも判明した。

以上より、PCS に対して PSQ と PS を相溶させる事により、SiC 系繊維化可能な高強度生糸の作製が可能である。

【領域名】 材料・化学

【キーワード】 炭化ケイ素繊維、前駆体高分子、プレカーサー法

【研究題目】(萌芽) 革新的アルミニウム電析システムの開発

【研究代表者】 松井 功 (構造材料研究部門)

【研究担当者】 松井 功 (常勤職員1名)

【研究内容】

近年、非水溶液系溶媒を用いたアルミニウム電析に注目が集まっている。一方で、溶質と溶媒混合時の爆発的な発熱や、溶質にハロゲン化物を用いることによるハロゲンガス発生による実験環境の劣化など課題点も浮き彫りになっている。本研究では、これらの課題点を解決する新規なアルミニウム電析システムの開発に向け、自動建浴システムの構築による発熱の制御ならびに溶質の非ハロゲン化物使用を目指した。

アルミニウム電析浴の自動建浴システムの開発を行った。溶媒である1,3-ジメチル-2-イミダゾリジノン (DMI) をペリスタポンプによる輸送を行った。フッ素樹脂系のバイトンチューブでは膨潤が生じ、ダイゴンチューブでは DMI への溶解が確認された。これらに対して、シリコンチューブは、溶解・膨潤は確認されず、連続的な DMI の輸送が可能であり、アルミニウム電析浴の建浴自動化が可能になった。一方で、水酸化アルミニウムを溶質としたアルミニウム電析においてアルミニウムの析出は確認されなかった。

【領域名】 材料・化学

【キーワード】 電析、有機溶媒、アルミニウム

【研究題目】技術の見える化支援事業：湿潤ゲル試作検証

【研究代表者】 穂積 篤 (構造材料研究部門)

【研究担当者】 穂積 篤、浦田 千尋 (常勤職員2名)

【研究内容】

当研究グループが開発した、ポリジメチルシロキサン（PDMS）の骨格を有しかつ、PDMS と比較的親和性の高い湿潤液（シリコンオイル）を含有する湿潤ゲルは、着氷力が小さく、難着氷コーティングとして有用であることが分かっている。多くの企業より、難着氷コーティングとしてのニーズはあるものの、実用化に際し耐久性が乏しいことが課題であった。本研究では、ゲルに含有可能な湿潤液のバリエーションを増やし、耐久性の向上を試みた。PDMS 骨格を用いた場合、湿潤液は、親和性の強さにより3つに分類できることが明らかとなった。これらの液体を混合・調整することで、湿潤ゲルから離漿（湿潤液が滲み出る現象）速度をコントロールすることができ、長時間離漿し、長期間難着氷性を示す湿潤ゲルを作製することが可能となった。

【領域名】材料・化学

【キーワード】湿潤ゲル、ポリジメチルシロキサン、離漿、難着氷表面

【研究題目】材料・化学領域重点研究テーマ（スポーツ工学PJ）

【研究代表者】三木 恒久（構造材料研究部門）

【研究担当者】三木 恒久（常勤職員1名）

【研究内容】

プロ野球、オリンピックでは木製のバット以外の使用は認められないため、高校球児がプロで活躍するためには、木製バット技術の早期体得が必須である。現状、木製バットは希少樹種かつ厳しく品質管理がなされた素材が必要であるため、一般用への供給はほとんどない。一方で、木製の竹集成材バットは、ボールを芯で捉える技術体得のため注目されており、プロだけでなく少年野球へも普及しつつある。幼少期から木製バットの打撃技術を身に着けることで、大リーグなどトップアスリートとして活躍する選手を輩出できる可能性が高くなる。

産総研の木材の成形・機能化技術によって、国内で安価に流通するスギ・ヒノキなどを素材にプロ用木製バットに近い物性を実現することができる。また、プロ用バットおよび素材の非破壊性能評価方法を開発中であり、その安全性についてのデータも蓄積している。本研究では、一般にも普及可能なスギ・ヒノキ成形バットの製造技術・検査技術を開発することによって、世界的トップアスリートとして将来活躍する選手の育成に貢献する。

本研究の最終目標は、国産スギ・ヒノキを原料にして、プロ用木製バット相当の性能を誇る安全な木製バットを創出することである。0.3~0.4 g/cm³のスギ・ヒノキのかさ密度を、広葉樹材レベルの0.65~0.75 g/cm³まで向上させて、プロ用バット素材として通用する反発係数を得る。また、安全性を確保するために、切削による目切れ発生が少ないバットの製造を目指す。

研究成果として、比重が低く、利用価値のすくないス

ギヤキリを原料に、バット形状へと変形で加工する技術と製品を開発した（特願2016-012903、特願2016-012904）。プロ用木製バット素材では、かさ密度0.7 g/cm³で表面型さが約20 N/mm²の素材（現状、メイプル、ホワイトアッシュなど）が求められるが、スギの未処理材では、かさ密度は半分以下で硬さは半分程度である。このスギに対して、本開発技術を適用することで、かさ密度ならびに硬さは、プロ用素材と同程度、もしくは、かさ密度は低くても硬さは同等レベルを達成することができた。

今後は、バットとしての有用性、使用可能性について検討すべく、軽くて強い木製バットの創出を検討する。

【領域名】材料・化学

【キーワード】木製バット、圧縮、樹脂含浸、密度分布、反発係数

【研究題目】地域産業活性化（北海道産木材を用いた流動成形による部材の開発）

【研究代表者】三木 恒久（構造材料研究部門）

【研究担当者】三木 恒久（常勤職員1名）

【研究内容】

北海道産の木材は、それぞれ特徴的な構造を有することから、流動成形に適した樹種の選定や処理方法の検討が必要となる。特に、北海道産針葉樹材は難注入性であることが多いものの、現在のところ、流動成形の前処理として行われる樹脂含浸に対する適性については不明な点が多い。本研究では、数種の北海道産木材を用いて、①形状の異なる試料への樹脂含浸性の把握、②樹脂含浸した試料の物性の把握、③材料の成形性と成形品の機械的・物理的特性の把握を行った。

①形状の異なる試料への樹脂含浸性の把握：アカエゾマツ、トドマツ、カラマツ、シラカンバの大きさの異なる試料を用いて、水溶性フェノール樹脂への含浸性を調べた結果、含浸処理後の重量増加率は、形状の小さい試料で高い傾向が見られた。密度の低いアカエゾマツ、トドマツでは、重量増加率が高く、密度の高いカラマツ、シラカンバで低い傾向が認められた。

②樹脂含浸した試料の物性の把握：含浸後の試料の粘弾性を調べた結果、カラマツ（晩材）、シラカンバは、その他の試料に比べ、熱軟化・熱硬化温度が高い傾向にあった。カラマツの晩材とシラカンバは、他の試料に比べ、密度が高く、樹脂含浸時の木材実質に対する樹脂量が低いことが推察され、樹脂量の違いが含浸後の熱特性の違いに寄与する可能性が示唆された。

③材料の成形性と成形品の機械的・物理的特性の把握：上記の樹種の単板を用いて、樹脂含浸を行い試料の側方押し成形を行った。トドマツとアカエゾマツは比較的良好に成形が可能であった。成形品から試験片を作製し、曲げ試験を行ったところ、曲げヤング率、曲げ強度ともに樹種や材料からの採取部位によるばらつきが大

きかった。この傾向は、吸水後の材料の寸法変化についても同様であった。これは、成形時の温度条件を一定としたため、成形時の軟化と硬化が同時に生じ、金型温度のばらつきや、成形に使用する試料の量、成形時の押し速度等の成形条件のわずかな違いが成形後の材料特性に寄与する可能性を示唆した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】地域資源、木材、流動成形、組織構造、樹脂含浸

【研究題目】天然物由来サイジング剤

【研究代表者】堀田 裕司（構造材料研究部門）

【研究担当者】富永 雄一、堀田 裕司（常勤職員2名）

【研究内容】

織物においてサイジング（糊付）工程は、毛羽立ち、糸の強度低下の抑制といった糸の保護や、織機の効率において非常に重要である。一方で、サイジング剤は最終的には除去されるため、環境保護や省エネの観点から、天然物の活用や省エネプロセスの開発が求められている。当研究グループで研究開発しているマイクロ波加熱プロセスを基に、天然化合物であるデンプンを糸に糊付けした結果、従来の糊付け糸と同程度以上の引張強度、引張伸度を示し、且つ、サイジングプロセスに於ける乾燥時間を1/10程度に短縮する技術を見出した。この新規なサイジングプロセスに関して、織機メーカー、化学メーカーおよび公設試と共同研究についての議論を行った。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】サイジング（糊付け）、マイクロ波

【研究題目】化粧品用合成雲母の開発

【研究代表者】高尾 泰正（構造材料研究部門）

【研究担当者】高尾 泰正（常勤職員1名）

【研究内容】

従来法の合成雲母（フッ素インターカレーション型）は、化粧品応用の際の「きしみ」など使用感が低いという問題がある。この合成雲母のもつ問題点を解決するため、天然雲母（水酸基インターカレーション型）の結晶構造を短時間で合成することを目指し、火炎噴霧法を検討する。地元雲母メーカーと連携し検討した結果、天然雲母組成の原料粉体が短時間でアモルファス化することを見出した。今後、補足検討によって製造プロセスを最適化し、目的とする結晶構造の製造を目指す。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】合成雲母、天然雲母、火炎噴霧、フッ素インターカレーション型、水酸基インターカレーション型、化粧品触感、きしみ

【研究題目】低コスト粘土系吸着剤を用いた低温熱源利用デシカントモジュールの設計と開発

【研究代表者】犬飼 恵一（構造材料研究部門）

【研究担当者】犬飼 恵一、前田 雅喜（常勤職員2名）

【研究内容】

工場の廃熱利用による省エネ技術は、現在80℃程の低温領域まで利用が進んでいる。しかし、更なる省エネ化を求め、40～60℃での廃熱利用技術の開発が期待されている。この様な低温領域での廃熱利用技術としてデシカント（除湿）空調システムが、候補としてあげられる。

デシカント空調技術は、空気中の湿気を吸着剤（乾燥剤）で除湿することで、水蒸気に含まれている潜熱分の省エネ効果を生む空調システムである。また、吸着量を調整することで、居住者にとって快適な温度と湿度を提供することも可能である。

従来の吸着剤は、優れた物で80℃以上の乾燥温度を必要としたが、我々は無機材料で40～60℃の乾燥温度で再生可能な材料の開発とデシカントモジュールの開発を目標としている。

本テーマは、3つのユニットの共同として実施されている。（地圏資源環境研究部門、化学プロセス研究部門、構造材料研究部門）

構造材料研究部門では、吸着剤の吸着と脱着の速度に注目し、熱重量分析装置を用いたマクロな視点、及び、AFMを用いたミクロな視点で、評価する方法を検討している。平成27年度は、ミクロな視点での観察を可能とするAFM観察システムの開発を行った。また、熱分析装置による、吸着・脱着速度の評価方法を検討し、粉末試料の表面上の面積当たりの吸着・脱着速度を求める方法を見出した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】セラミックス材料、調湿材料、デシカント、ヒートポンプ、省エネルギー

【研究題目】鉄道車両床下への着氷雪防止機能の付与

【研究代表者】穂積 篤（構造材料研究部門）

【研究担当者】穂積 篤、浦田 千尋
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

当研究グループが開発した、ポリジメチルシロキサン（PDMS）の骨格を有しかつ、PDMSと高い親和性を示す潤滑液（シリコーンオイル）を含有するオルガノゲルは、着氷力が小さいことが分かっている。本研究は、開発したオルガノゲルを、鉄道車両床下用の着氷防止コーティング材料として実用化を促進することを目的としている。平成27年度は、鉄道車両用難燃性試験AA法により、その難燃性を調査した。オルガノゲルに含まれるシリコーンオイルの濃度に依存せず、いずれのオルガノゲルも不燃性であった。鉄道車両床下コーティングとして使用するためには難燃性以上の安全性が求められるが、それ以上の安全性を示すことが明らかとなった。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】 難着氷表面、オルガノゲル、鉄道車両床下コーティング、着氷防止技術

【研究題目】 高純度酢酸イリジウムの開発

【研究代表者】 今野 英雄（触媒化学融合研究センター）

【研究担当者】 今野 英雄、富永 健一
（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

有機エレクトロルミネッセンス（EL）は有機物に電圧をかけることで発光する原理を利用した発光素子である。有機 EL 素子は、光源が不要で薄型・軽量化が可能であることから、薄型テレビや携帯電話のディスプレイとしてすでに実用化されており、近年急速にその市場が拡大している。現在、有機 EL 素子で高い発光効率を実現するために、リン光発光材料（リン光性イリジウム錯体）が用いられている。これまでリン光性イリジウム錯体は、3塩化イリジウムを出発原料とする多段階合成法により製造されているが、200℃以上の反応温度を必要とし、熱分解により目的生成物の純度や収率が低くなるなどの問題があった。また材料に残留したハロゲン成分は有機 EL 素子の耐久性を低下させることが知られている。本研究では、出発原料として3塩化イリジウムの代わりにハロゲンフリーの酢酸イリジウムを用いて、リン光性イリジウム錯体の合成を種々試みた。その結果、従来法では合成が困難であった、イミダゾール配位子を有するリン光性イリジウム錯体を、温和な条件（反応温度150℃）で合成することに成功した。酢酸イリジウムを用いたことにより、副反応や熱分解が抑制され、リン光性イリジウム錯体の収率や純度が向上することが明らかになった。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 イリジウム、リン光、有機 EL

【研究題目】 光吸収測定によるカーボンナノ材料の細胞内の取り込み量測定方法の国際規格化

【研究代表者】 張 民芳、岡崎 俊也

（ナノチューブ実用化研究センター）

【研究担当者】 張 民芳、岡崎 俊也、鉄羅 奈央子
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

カーボンナノ材料（CNM）の安全性評価やバイオ分野への応用開発にとって、細胞試験による毒性評価は不可欠である。その際、細胞内に取り込まれた CNM の量を測定することが必要となるが、その手法が確立されていない。本研究では、CNM であるカーボンナノチューブ、ナノホーン、グラフェンに共通している近赤外光吸収特性を利用して、細胞に取り込まれた CNM の測定方法を開発し、国際標準規格として提案する。

平成27年度は、様々な CNM（カーボンナノチューブ、ナノホーン）を用いて、定量分析が必要な検量線の作成

手順や、細胞の溶解プロセスなどの測定条件を最適化し、再現性が高い測定技術を確立した。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 カーボンナノ材料、安全性評価、細胞内取り込み量、測定技術

【研究題目】 超伝導トンネル接合 X 線検出器付き SEM に関する試作（研究）

【研究代表者】 浮辺 雅宏（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 浮辺 雅宏、志岐 成友、藤井 剛
（常勤職員3名）

【研究内容】

目標：

100素子超伝導トンネル接合（STJ）アレイ軟 X 線検出器を汎用 SEM に接続、軟 X 線領域の蛍光 X 線分析装置として使用可能とする。さらに、同 SEM と共に IBEC 登録機器とし、外部公開分析機器とする。

研究計画：

既存のシリコンドリフト検出器（SDD）に比して約10倍の高エネルギー分解能を実現している自主開発の100素子 STJ アレイ軟 X 線検出器を、汎用走査型電子顕微鏡（SEM）に接続、エネルギー分散 X 線分光装置として使用可能とする事で超伝導蛍光 X 線検出器付走査型電子顕微鏡（SC-SEM）を開発する。そのため、まず STJ アレイ検出器の冷却用³He 無冷媒冷凍機の室温シールドを改造する。さらに、冷凍機・SEM 間の接続部に、SEM 試料チャンバー内の試料表面から発生する蛍光 X 線を高効率で STJ アレイ検出器が検出可能とするため、X 線集光系（ポリキャピラリー）をその位置制御機構とともに設置する。そして、完成した SC-SEM の性能評価を標準試料を用いておこなう。

年度進捗状況：

H27年度中に、上述 SC-SEM の開発を終了し、BN、C、Al₂O₃、Si、Fe、Ti、Cu 等の標準試料から生じる各元素の蛍光 X 線の測定により、SC-SEM の性能を評価中である。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 超伝導トンネル接合（STJ）、高エネルギー分解能、軟 X 線検出器、走査型電子顕微鏡（SEM）、エネルギー分散型 X 線検出器（EDS）

【研究題目】 超伝導蛍光 X 線分析装置に関する試作

【研究代表者】 志岐 成友（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 志岐 成友、浮辺 雅宏、藤井 剛
（常勤職員3名）

【研究内容】

超伝導トンネル接合（Superconducting Tunnel

Junction: STJ 検出器は、高分解能、高計数率、大面積を実現できる優れた検出器である。これまで我々は加速器を光源とした X 線吸収分光装置への STJ 検出器の応用を進めてきたが、STJ 検出器の技術をさらに普及させるには、普通の実験室で利用できる装置への展開が不可欠である。そこで本課題では蛍光 X 線分析法への応用するため、プロトタイプを開発することを目標とした。蛍光 X 線分析法は、試料に X 線を照射し、試料から放射される特性 X 線を分析することにより、試料の元素組成を明らかにする手法である。特性 X 線の分析には結晶/回折格子分光器やエネルギー分散型半導体検出器が用いられる。結晶/回折格子分光器はエネルギー分解能が高い一方で、一度の測定で分析できるエネルギー範囲が狭く多数の元素を同時に測定できないこと、高次光による妨害があること、有効立体角が小さく感度が低いことが課題である。半導体検出器は高感度であるが、エネルギー分解能が不十分であるために分析できる元素の組み合わせが限られている。STJ 検出器は高分解能、高感度を両立できるため、従来型分光器の課題を克服し、元素分析のスループットが向上すると期待される。このような背景のもと、STJ 検出器を搭載した蛍光 X 線分析装置を設計した。2 keV 以下の軟 X 線の分析を行うため、X 線源・検出器・試料は同一の真空チャンバーに収納される。X 線源はアルミニウムをターゲット、カーボンナノ構造体を電子源とし、定格出力は10 kV、3 mA である。試料は真空中に保持され、サイズは10~20 mm の板状である。分析装置としての公開を目指し、装置開発を進めている。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】超伝導検出器、X 線検出器、蛍光 X 線分析

【研究題目】高電力効率大規模データ処理イニシアチブ (IMPULSE)

【研究代表者】金山 敏彦 (副理事長)

【研究担当者】金山 敏彦、安田 哲二、田中 良夫、高野 了成、池上 努、須崎 有康、竹房 あつ子、田中 哲、HAGA Jason、広淵 崇宏、並木 周、須田 悟史、来見田 淳也、井上 崇、黒須 隆行、石井 紀代、吉澤 明男、松嶋 功、榊原 陽一、吉田 知也、古屋 克己、渥美 裕樹、山本 宗継、亀井 利浩、天野 建、乗木 暁博、土田 英実、武井 亮平、池田 和浩、谷澤 健、鈴木 恵治郎、河島 整、鋤塚 治彦、山田 浩治、前神 有里子、Cong Guangwei、岡野 誠、堀川 剛、遠藤 和彦、太田 裕之、水林 亘、前田 辰郎、入沢 寿史、森田 行則、

大内 真一、倉島 優一、チャン ウェンシン、服部 浩之、高橋 正紘、湯浅 新治、福島 章雄、久保田 均、薬師寺 啓、野崎 隆行、甲野藤 真、塩田 陽一、アナ コジョルラクワル、富永 淳二、コロボフ アレキサンダー、中野 隆志、宮田 典幸、フォンス ポール、齊藤 雄太、王 暁民、牧野 孝太郎、澤 彰仁、山田 浩之、浅井 美博、宮崎 剛英、中村 恒夫、大谷 実、西尾 憲吾、福田 浩一、服部 淳一、浅井 栄大、池上 努、越本 浩央
(常勤職員70名、他7名)

【研究内容】

大規模化するデータの利活用は社会課題解決やビジネス創出の鍵である。データ量は10年で10倍以上という指数関数的な増加を続けており、データセンタが消費するエネルギーも現在の総発電量の1%程度から増加を続けることが予測される。本研究課題は、データセンタ等における集中処理の電力効率を飛躍的に改善するために、産総研が強みを有する計算機アーキテクチャ、光ネットワーク、高性能ロジック、不揮発メモリ、シミュレーションの各要素技術を発展させ、これらを統合することにより、高電力効率の大規模データ処理技術開発を先導しようとするものである。本研究課題は平成25年度に産総研 STAR 事業として開始し、3年目の今年度が最終年度である。以下に各研究項目の研究成果をまとめる。

計算機アーキテクチャについては、特定の処理に最適化したプロセッサと省電力メモリやストレージを高速光ネットワークを用いて適材適所で組み合わせる「フローセントリックコンピューティング」という概念に基づくアーキテクチャを提案し、これを実現するソフトウェア技術として、アプリケーション実行環境を最適化する OS コンテナ技術を開発するとともに、不揮発メモリを活用した省電力仮想化の有効性を検証した。

光ネットワークについては、10万ポート級光スイッチ、10Tbps 級インターコネクタから構成されるエクサスケール光ネットワークの基礎技術として、光コム光源を用いた多値伝送の方式検討、Si WDM フィルタの性能評価と改良、高速 Si 変調器の試作、水素化アモルファスシリコン導波路の最適化を進めた。また、持続発展可能な光デバイス開発のためのエコシステム構築を目指し、産総研コンソーシアム「光デバイス基盤技術イノベーション研究会」(PHOENICS)の活動を開始した。

高性能ロジックについては、Ge MOSFET のコンタクト抵抗を低プロセス温度で低減する技術や Ge 表面を酸素エッチングにより原子レベルで平坦化しチャネル移動度を改善する技術を確立し、Ge CMOS 回路を三次元集積するための基本プロセス構築を完了した。

不揮発メモリに関しては、スピン RAM について、超薄膜金属磁石における電圧磁異方性制御法を開発し、従来の電流駆動型に比べて2桁の低駆動電力化が可能な電圧制御型スピン RAM 実現の目処を立てた。また、相変化 RAM について、超格子型 Ge-Sb-Te 材料を用いた50nm のセルサイズのデバイスにおいて、0.5 V 以下でのメモリ動作と1000万回以上の書き込み耐性を実証した。さらに、強誘電抵抗変化 RAM について、クロスポイントアレイにおいてセクター素子を省略できる特徴を生かした実用化のための課題であったシリコン基板上への強誘電体層の形成について、バッファ層の材料と構造を工夫することにより、平坦かつ低欠陥密度の膜厚数 nm の強誘電層の作製に成功した。

シミュレーションによるデバイス材料設計については、第一原理計算に基づいた MRAM、相変化 RAM 等の二端子デバイスの特性予測を行い、これらのデバイス材料設計方法の基礎を確立した。また、デバイスの設計や動作解析に用いる TCAD について、新たな材料・構造・原理の導入に対応するために、自動微分を搭載し様々な物理方程式の組合せに対応できる次世代 TCAD のプロトタイプを完成した。

以上の成果を広く社会や産業界に広報し、将来の超高効率データ集中処理の実現に向けた動きを先導していくきっかけとするために、産総研 STAR シンポジウム「超省電力データ処理ハードウェアの新潮流と将来像」(平成28年6月21日開催)の準備を進めた。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 データセンタ、低消費電力化、不揮発メモリ、ロジックデバイス、光インターコネクタ、計算機アーキテクチャ、第一原理計算、デバイスシミュレーション

【研究 題 目】 革新的人工知能技術のための超伝導量子計算機開発

【研究代表者】 川畑 史郎 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 川畑 史郎、小池 帆平、神代 暁、浮辺 雅宏、遠藤 和彦、日高 睦夫、永沢 秀一、佐藤 哲朗、前澤 正明、山田 隆宏、藤井 剛、中川 格、今福 健太郎、縫田 光司、大久保 雅隆、大岩 寛 (常勤職員15名、他1名)

【研究 内 容】

従来型よりもコヒーレンス性能が高く、かつ大規模集積化可能な量子アニーリング機械の開発基盤技術を確立するために産総研のコア技術を最大限に活用して以下の課題に取り組むことを目標とする。①高品質な量子ビットの作成のためのプロセス要素技術(1量子ビット試作)。②大規模化のための周辺回路モデリングとプロセス検討。

③シミュレータの仕様決定と要素技術開発。今年度は以下の成果が得られた。①コヒーレンス破壊要因となるダメージやストレスを極力排除した量子ビット構造と作製プロセスを構築し、高品質超伝導量子ビット(1ビット)の試作に成功した。また極低温量子コヒーレンス性能評価のために、測定システムの設計と無冷媒型希釈冷凍機の調達を行った。②大規模化に適した量子アニーリング機械の設計を行い、作成プロセスやマルチチップ化のための指針を明確化した。③様々なバックグラウンドを持つ研究者・技術者が使用できる共通設計基盤ツールの実現を目的として、超伝導量子回路設計ツールの仕様を決定し、コア要素である超伝導回路シミュレータを開発した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 量子コンピュータ、超伝導エレクトロニクス、人工知能、組合せ最適化問題

【研究 題 目】 IC の偽造防止技術の開発

【研究代表者】 堀 洋平 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 堀 洋平、片下 敏宏、小笠原 泰弘、日置 雅和、大内 真一、小池 帆平、安田 哲二、吉田 学、栗原 一徳、植村 聖、牛島 洋史、鎌田 俊英、坂根 広史、古原 和邦、宝木 和夫 (常勤職員15名、他4名)

【研究 内 容】

IC (半導体集積回路) の設計・製造工程の複雑化・国際化や、リバースエンジニアリング技術の高度化に伴い、偽造 IC の流通が顕在化して深刻な問題となっている。IC の価値そのものに目をつけた偽造行為は IC ベンダ企業やユーザの金銭的損失をもたらし、2011年度の調査では被害額は18兆円 (169億米ドル) に達すると報告された。また、現代において IC は重要インフラを支えるための必要不可欠な部品であり、粗悪な偽造 IC は国民の生命に関わる重大な被害をもたらす危険性がある。したがって、産業の利益と国民の生命・財産の保護のための偽造 IC の防止・検出技術の開発が急務である。

本研究では前述の問題を解決するため、ナノエレクトロニクス研究部門、フレキシブルエレクトロニクス研究センター、および情報技術研究部門が協力し、デバイス研究と情報セキュリティ研究を融合することで IC の偽造防止技術 Physically Unclonable Function (PUF) の研究を行う。それぞれの研究ユニットは、(1) 新型素子・物理設計技術による PUF 向け高性能デバイスの基礎研究、(2) PUF の低コスト製造と多用途化を目指すプリント PUF の基礎研究、(3) PUF を利用した認証技術の開発、を担当する。

それぞれの研究課題に対し、今年度は、(1) 新型素子「三次元ポリシリコンチャネル FinFET」を用いることで安定性を大幅に改善した SRAM PUF を開発した。本

成果は IEDM 2015に採択され、プレス発表を行った。独自方式の Pseudo LFSR-PUF (PL-PUF)を改良し、給電電圧の揺らぎに対する安定性を向上した。(2) 有機半導体の塗布・蒸着による Ring Oscillator PUF を作成し、その特性評価を行った。本研究成果は、展示会で展示を行い、プレス発表を行った。(3) PUF を用いた認証システムのデモ機を開発した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 Physically Unclonable Function (PUF)、偽造防止、ポリシリコン FinFET、Pseudo LFSR-PUF (PL-PUF)、有機半導体 PUF

【研究 題 目】 ミニマルファブの橋渡し機能強化のためのシステム開発

【研究代表者】 原 史朗 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 原 史朗、前川 仁、池田 伸一、クンプアン ソマワン、石田 夕起、昌原 明植、遠藤 和彦、松川 貴、青柳 昌宏、渡辺 直也、神代 暁、山森 弘毅、中野 禪、小木曾 久人、岡崎 祐一、増井 慶次郎、大平 俊行、鈴木 良一、伊藤 寿浩、高木 秀樹、銘苅 春隆、鈴木 章夫、前田 龍太郎、宮下 和雄、松本 光崇、秋永 広幸、鉢塚 治彦、金高 健二、飯田 健次郎、長尾 昌善、柳 永勲、行村 健、猿渡 新水、今岡 和典、井上 道弘 (常勤職員31名、他4名)

【研究 内 容】

目標：

小型化が困難なイオン注入と CVD 装置のミニマル化開発により、集積回路製作も含めた一貫プロセスを構築する。また、九州センターを産学官連携によりミニマル拠点化し、地域産業界への橋渡しのモデルケースとする。アウトカムのゴールは、ミニマルプロセスによる研究>開発>生産のダイレクトな RDP 橋渡しプラットフォームを実現することで、R&D の飛躍的効率化と産業の地域分散、そして“My LSI”を実現し、もって、スモールビジネスとスモール研究を、社会的に成立させる。モデルケースとして九州をミニマル実装拠点とすることである。

研究計画：

イオン注入、CVD 等難小型化装置のミニマル化を実現し、集積回路要素技術を構築する。H29年度に、研究->開発->生産のダイレクト橋渡しを初めて実現するミニマル装置100%の前工程 R&D&P プラットフォームを、つくばに構築する。また、ミニマル装置群を九州センター内に整備。装置使用者訓練、デモ、お試し使用を通じ

て、企業試作拠点ビジネスを可能にする。

年度進捗状況：

H27年度は、イオン注入、CVD の開発を進めた。CVD については、低温でガラスの堆積が可能なプラズマ CVD の実用機を開発した。また、CMOS プロセスの安定化プロセス技術開発を進めた。企業と連携して、ミニマルファブを用いた試作を行い、6件の試作全てを成功させた。産総研九州センターにミニマル装置5台を試験的に設置した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 ミニマルファブ、多品種少量生産、変種変量、一個流し

【研究 題 目】 2次元複屈折プロファイラに関する試作 (研究)

【研究代表者】 福田 隆史 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】 福田 隆史、江本 顕雄、小川 拓真 (常勤職員1名、他2名)

【研究 内 容】

本研究では、試料の複屈折の大きさやムラを定量的に可視化できる簡便な技術を開発し、高精度・高分解能の計測ができる小型の試作機を製作した。これまでに、試料の複屈折の大きさやムラを可視化する機器は、各種の機能性フィルムをはじめとするさまざまな製品の品質管理や (配向、結晶化、歪み、欠陥などの検査)、各種材料の基礎研究開発の研究ツールとして広く用いられており、製品もいくつか市販されている。しかしながら、各方式とも一長一短があり、より簡便・迅速で、高精度・高分解能のイメージングができる技術が求められていた。

開発した2次元複屈折プロファイラは独自に設計した偏光分離回折素子 (右回りの円偏光と左回りの円偏光を分離できる光学素子) を利用した複屈折定量イメージング装置であり、試料を回転させたりする必要がなく、1回の画像撮影だけで高精細に試料の複屈折の大きさやムラを定量化・可視化できる特徴を有する。そのため、さまざまな製造現場で行われる品質管理のためのインライン検査に使用できる。さらに、複屈折性物質の時間変化の観察やダイナミクス解析が可能のため、基礎研究においても強力な研究ツールとなる。特に、近年研究開発が活発化している印刷法によるエレクトロニクス (プリンテッドエレクトロニクス) などの分野では、結晶の成長過程の観察や欠陥の評価などが重要であり、それらの用途でも今回の技術の強みを活かした活用が期待される。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 複屈折、定量イメージング、偏光分離回折素子、インライン検査、研究ツール

【研究 題 目】 液中粒子濃度計測に係る一般的ガイドライン開発

【研究代表者】 平澤 誠一 (製造技術研究部門)

〔研究担当者〕平澤 誠一、綾 信博（イノベーション推進本部）、坂口 孝幸、桜井 博（計測標準研究部門）、兼松 渉、辻内 亨（構造材料研究部門）、七山 太（地質情報研究部門）（常勤職員7名）

〔研究内容〕

粒子計測のニーズの高まりに対応して、多くの手法が開発・実用化され、国際標準化が進められている中で、液中分散粒子の粒子径あるいはその分布計測についての規格に比して、濃度計測については、開発が殆どなされていない。パーティクルカウンタ法以外の測定装置の表示値は、実は、粒子径（分布）のみが規格に基づくもので、濃度の値は、正しさが評価されない、参考値ではない。装置の利用者は、実際には多くの場合、濃度表示値が参考値であること、誤差要因としてどのようなものがあるかということを知らずに、プロセス管理、品質保証等に活用している。また、微細気泡や、ナノ物質の測定においても、濃度の計測値が、機器、プロセス、材料開発に使われつつある。粒子濃度計測に係わる一般的ガイドラインの開発を行うことで、市場の混乱を防ぎ、公正な商取引の実現に資することが、喫緊の課題である。

本研究ではまず、一般に用いられる測定法について、規格化されている範囲の内外で、粒子数濃度が原理的に解析できるか、実際にどの程度解析されているか、調べた。次いで国際ラウンドロビン試験の実施に向けて、Reference sample となる粒子及びファインバブルについて、どのようなものが入手或いは相互供給できるか、安定に希釈可能か、調べた。更に、国際標準化のフレームワークについて検討し、ISO/TC 24/SC 4において、液中粒子濃度計測に係わる一般的ガイドライン開発を提案し、英国及びドイツを含む専門家間のネットワークを形成し、必要なデータ収集を開始した。併せて、ISO/TC 281/WG 2において、このガイドラインを引用する形で、微細気泡濃度測定を行うことについて、主要国間の合意を形成した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕粒子計測、液中分散粒子、コロイド、ファインバブル、ウルトラファインバブル

〔研究題目〕3D プリンターの産業創出プラットフォーム形成事業

〔研究代表者〕芦田 極（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕芦田 極、中野 禅、小木曾 久人、清水 透、佐藤 直子、瀬渡 直樹、廣瀬 伸吾、馬場 創、岡根 利光、梶野 智史、近藤 伸亮、澤田 有弘、高本 仁志、手塚 明、松崎 邦男、市川 直樹（製造技術研究部門）、持丸 正明、多田 充徳、渡辺 健太郎（人間情報研究部門）、遠藤 維（知能

システム研究部門）、本村 陽一（人工知能研究センター）、壹岐 典彦、井上 貴博（省エネルギー研究部門）、小阪 亮、丸山 修（健康工学研究部門）、高辻 利之、阿部 誠（工学計測標準研究部門）、綾信 博（イノベーション推進本部）、渡辺 一寿、山内 真（エレクトロニクス・製造領域研究戦略部）、徳野木 綿子、名越 貴志、川端 裕子、鈴木 鉄良（常勤職員30名、他4名）

〔研究内容〕

産業界による Additive Manufacturing (AM) 技術 (3D プリンター) を利用した製品開発に資するため、国家プロジェクトと密接に連携をとりながら、造形物の分析・評価装置の開発、傾斜材料造形技術の開発、アプリケーションサイドから発想する設計支援技術の開発、及び製品の試作・評価プロセスの実証を行い、また国際標準化や地域連携の取り組みを通じて、三次元造形技術による産業創出プラットフォームの形成を目指す。三次元造形技術の活用が期待されている事例として、タービン部品及び人工心臓部品について、実験機・モデル実験系での評価を可能とするプロトタイプを作製し、本課題で開発する3D 造形物の分析評価技術を用いてプロトタイプの欠陥・構造評価や機能評価をフィードバックする先事例を示して、実用化への橋渡しを行う。またエレクトロニクス・製造領域と計量標準総合センターとの連携により X 線 CT 装置で得られる内部欠陥の観察と組み合わせ、環境負荷をかけたときの空孔進展等との関連性を調べる。更に、国際標準化への貢献及び公設研との連携を行うことで、三次元造形技術を活用する新たな国家プロジェクトの立案に繋げるとともに、民間との共同研究を展開する。AM は製造の非専門家でも使用可能なことから、デザイナー主導でプロトタイピングを行い、少量から製品を製造、市場展開し、反応を得ることで、迅速かつ低リスクにモノ（ハード、ソフト）・サービスをテストし社会ニーズを探索することが可能となることが期待されている。そこでエレクトロニクス・製造領域と情報・人間工学領域が協力しながら、今後 AM 技術が産業界でフルに活用される状況を想定し、「AM 技術で何を作るか」「どのように使われるか」に関わる設計支援技術の開発を行う。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造、情報・人間工学、計量標準総合センター

〔キーワード〕Additive Manufacturing、3D 積層造形、材料評価、国際標準化、地域連携

〔研究題目〕IoT を活用した設計・製造支援のためのモデリング技術に関する研究

〔研究代表者〕増井 慶次郎（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 増井 慶次郎、近藤 伸亮、澤田 有弘、
高本 仁志、木下 裕介、古川 慈之
(常勤職員6名)

〔研究内容〕

もののインターネット化 (IoT) が進展する中、生産ラインの自動化、およびセンシングによる生産実績や不具合情報等生産状況の計画系へのフィードバックが短サイクルで行われることが、生産効率を向上させる上で非常に重要になってきた。そこで工場にある全ての生産設備のモデルをサイバー空間上に構築し、その振る舞いの実時間シミュレーションに基づく動的な生産計画と生産指示の実現に取り組んでいる。

本研究ではまず始めに、特定の複数事例を通じて生産設備の設計・運用業務に必要な各種パラメータを同定し、必要なセンシング機能や、直接測定が困難な場合に、取得が容易なデータから数理モデルを用いて推定する方法を検討した。しかしながら、動的な生産計画と生産指示のためには、生産ラインの状況に関するデータの取得、生産シミュレータによる再計算、作業指示の伝達において時間的遅れが問題となる。そこで、実際の工場での検証に進む前段階として、模擬的な生産ラインを研究所内に構築し、それを用いた検証を行うこととした。

模擬検証用生産ラインについて、要求仕様を分析し、その構築要素となるロボットを試作した。具体的には、模擬検証用生産ラインでは、試作した水平多関節ロボットと垂直多関節ロボットを組み合わせて配置し、主に水平多関節ロボットで搬送を、また垂直多関節ロボットで加工または組立を模擬した。さらに、相互に配置を入れ替え、ロボット先端に取り付ける部品の変更によって、多様な生産ラインを模擬可能とする拡張性のある検証ラインを実現した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 センシング、生産ライン、動的生産計画

〔研究題目〕 AD 常温成膜技術の蓄電池・燃料電池産業分野への応用

〔研究代表者〕 秋本 順二

(先進コーティング技術研究センター)

〔研究担当者〕 秋本 順二、明渡 純、鈴木 俊男、
片岡 邦光、永井 秀明、島田 寛之
(常勤職員6名、他1名)

〔研究内容〕

今後、蓄電池・燃料電池戦略で目標としている電動車両用途や定置型等の大型蓄電池や家庭用、業務用コジェネ燃料電池システムの普及加速が必要であるが、現状、高エネルギー密度化、安全性、高効率化、低コスト化への課題が未解決のままである。本研究では、従来塗工法と比較し、常温でバインダーレス、スラリーレス、高密度コーティングが可能な産総研の独自技術である AD 法を、蓄電池部材の製造技術に展開することを目指す。ま

た、産総研の独自材料である水素チタン酸化物 HTO 等は、高容量材料として有望であり、原材料としては実用化されているが、従来技術では集電体との密着性・導電性が悪く、電極部材化が困難であった。そこで、AD 法を用いて同材料の電極化、低コスト化を試作電池レベルで実証し、橋渡しの実現を目指す。

本年度は、新規チタン酸化物負極材料 HTO をはじめとする各種電極材料について、AD 法による電極の試作を進め、通常の塗工法と比べても遜色ない充放電特性が得られることを明らかにした。特に、7C 相当の電流密度での充放電試験においても、良好なサイクル特性が確認され、AD 法により作製された電極の性能実証に成功した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 エアロゾルデポジション法、AD 法、
常温成膜技術、リチウムイオン電池、電極、バインダーレス、コーティング、蓄電池

〔研究題目〕 セルロースナノファイバー補強スポーツ材料の開発／スポーツ工学 PJ

〔研究代表者〕 岩本 伸一郎 (機能化学研究部門)

〔研究担当者〕 遠藤 貴士、岩本 伸一郎、熊谷 明夫
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

本テーマは、低密度で高強度というセルロースナノファイバー (CNF) の特性を活かした軽量スポーツ用品の開発の一環として、特にスポーツシューズの靴底に利用されるゴムの補強材としてセルロースナノファイバーを用いることで、軽量化を図る。また、原料として天然ゴムラテックスおよびバイオマス素材であるセルロースナノファイバーを用いることで、軽量かつ環境にやさしいスポーツシューズの開発を目指す。

研究開発では、ゴム補強に及ぼす CNF の形状の影響を明らかにするため、精製パルプから調製した CNF をゴムと複合化し、CNF の繊維長が複合材料の強度物性に与える影響を評価した。その結果、繊維長の長い CNF と比較して、繊維長の短い方が、ゴムの最大引張強度の向上効果が大きいことが判明した。一方で繊維長の長い CNF を用いた場合には、弾性率と引張初期の強度が大きく向上することが明らかとなった。

この繊維長の長い CNF と従来の靴底用ゴムのフィラーであるシリカを用いて、それぞれスポーツシューズの靴底を試作した。その結果、ゴム成分に対して CNF を 5% 添加することで、シリカを 20% 添加した複合材料と同程度の強度物性を発揮できることが明らかとなった。CNF はシリカに比べて比重が小さいことから、CNF をフィラーに用いることでスポーツをシューズの軽量化が可能であることが示された。

〔領域名〕 材料・化学

【キーワード】セルロースナノファイバー、ゴム、シュエー

【研究題目】大規模流量対応フローリアクターに関する試作

【研究代表者】井上 朋也（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】井上 朋也（常勤職員1名）

【研究内容】

目標

水素及び酸素の直接反応による過酸化水素製造用途の安全かつ高効率（実用濃度の一段製造、高圧不要、冷却不要）をモデル反応として、大流量（1kg/日以上）の流量に対応することを可能とする反応器製造技術開発を目指す。

研究計画

並列運転技術開発：配管をマイクロリアクターの側面方法から接合する方法の適用、ならびに並列反応を行ううえでの反応器及び配管方法の配置方法の最適化を行う。年度進捗状況

これまでに開発した0.5 kg/日の反応器の4並列運転を行うことで、2 kg/日まで実証することができた。流量の増大に伴い、とくに合流部で閉塞のリスクが高まることがわかった。また過酸化水素製造特有の問題として、反応開始時の触媒劣化の影響が、反応器あたりの滞留時間が大きくなった場合に顕在化しやすいことがわかった。これは反応開始時に反応器が断熱的となりやすく、水素が完全に消費されてしまい触媒が酸性+酸化雰囲気さらされることによるものであると考えられ、反応開始方法の改良を必要とする。一方、熱シミュレーションの予測から、1/8インチ管へ触媒を充填した反応器であれば、触媒の希釈を行わなくても生産性を損なうことなく反応を行える示唆をえた。今後、多管式固定床反応器の開発につなげる予定である。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】マイクロリアクター、ナンパリングアップ、水素および空気（酸素）の直接反応プロセス、過酸化水素

【研究題目】地殻構成岩石の非定常クリープと構造形成

【研究代表者】重松 紀生（活断層・火山研究部門）

【研究担当者】重松 紀生、高橋 美紀（常勤職員2名）

【研究内容】

内陸大地震の震源が位置する、地下10-15 km 程度の断層深部挙動は、地震発生の直接的な原因と考えられる。本研究は地震発生の直接原因である岩石変形から、断層深部における地震発生予測の可能性を探るため、変形中の力学挙動と岩石内部の物理状態の関係を明らかにする。戦略予算ではこの準備として変形実験装置にお

る高温環境（1000℃程度）の実現と地殻構成岩石の合成技術のための技術開発と環境整備を行った。

高温環境実現に向け、有限要素法による熱計算と最適化計算により、最小断熱スペース、最小出力で高温を実現する炉を設計した。この設計に基づき断熱材等の部品を用意し、ヒーター線巻き付けを行った。地殻構成岩石の合成については、材料となる粉の凝集を回避させる工夫をし、構造材料研究部門の協力のもと緻密で均質な焼結体を作ることができた。ただし、焼結体合成には異質性や緻密化可能な体積などに課題がある。このほか、合成に向けては試料に様々な熱処理を加える必要がある。このため、雰囲気制御が可能な電気炉を導入した。産総研にはすでに走査型電子顕微鏡の電子線後方散乱回折装置が導入され、またつくばイノベーションアリーナなどの施設を利用することも可能である。これらの施設と、本課題で導入された装置を合わせることで、高温変形実験およびその評価を行うのに必要な環境が整備されつつある。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】断層深部、高温岩石変形実験、人工合成岩石、高温内熱炉、熱設計、雰囲気炉

【研究題目】火山ガス高時間分解能観測による噴火直前予測手法の開発

【研究代表者】風早 竜之介（活断層・火山研究部門）

【研究担当者】風早 竜之介

【研究内容】

目標：

噴火直前過程の定量把握を目的として、火山ガス高時間分解能モニタリング技術を開発する。将来的に開発した技術を気象庁に橋渡しをすることによって、活動的火山における監視体制・噴火直前予測への実装を目標とする。

研究計画：

紫外線リモートセンシングによる火山ガス放出率の高時間分解能測定技術の開発を行う。シリンドリカルレンズを用いた広視野角光学系と紫外分光計を用いて、秒単位での火山ガス放出率変動を計測できる装置を開発する。噴煙活動が活発な浅間山火山において同観測装置の定量性能のテスト及び観測データの収集を行う。

年度進捗状況：

2対広視野角紫外分光観測装置を開発した。この装置は山頂火口から数キロ離れた場所から山頂上空を監視し、秒単位の時間分解能で火山ガス放出率を観測する装置である。従来の火山ガス放出率高時間分解能観測装置（SO₂カメラ）よりも紫外線条件が悪い環境でも火山ガスの定量が可能であり、消費電力も小さいため監視観測に向いているという特徴がある。この装置を用いて浅間山火山において火山ガス観測を実施した。また、従来の火山ガス放出率観測（トラバース法）を併せて実施し、

定量性能評価のためのデータを取得した。取得データについては現在解析中である。トラバース法の観測結果では観測日の浅間山の二酸化硫黄放出率は100 ton/day と小さい値だったため、今後は二酸化硫黄放出率が大きい (>1000 ton/day) 火山(阿蘇他)での更なる定量性能試験が必要である。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】火山ガス、噴火予測、紫外線リモートセンシング

【研究題目】地下微生物を利活用した生物的天然ガス変換技術の開発

【研究代表者】坂田 将(地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】眞弓 大介、坂田 将、玉木 秀幸、加藤創一郎、鎌形 洋一(生物プロセス研究部門)、皆川 秀紀(創エネルギー研究部門)(常勤職員6名)

【研究内容】

昨年度に続き、深部地下油層環境から分離したメタン生成菌の石炭利用メタン生成ポテンシャルをより詳細に検討するために、多様な石炭試料を用いて培養試験を行った結果、石炭化度の低い褐炭に限らず、亜瀝青炭や瀝青炭の場合でも、本菌単独で石炭から直接メタンを生成することが明らかになり、深部未回収石炭資源の天然ガス化回収技術の可能性が広がった。また、新規石炭分解メタン生成微生物群の獲得を目指し、北海道の地下サンプルにおける石炭分解ポテンシャルの評価を行った。その結果、道北に位置する炭田の地下水試料において高いメタン生成ポテンシャルを見出した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】石炭、メタン生成菌、新規メタン生成経路

【研究題目】低コスト粘土系吸着剤を用いた低温熱源利用デシカントモジュールの設計と開発

【研究代表者】鈴木 正哉(地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】鈴木 正哉、森本 和也(常勤職員2名)

【研究内容】

工場の廃熱利用による省エネ技術は、現在 80℃ほどの低温領域まで利用が進んでいる。しかし、更なる省エネ化を求め、40~60℃での廃熱利用技術の開発が期待されている。このような低温領域での廃熱利用技術として、デシカント(除湿)空調システムが候補として挙げられる。

デシカント空調技術は、空気中の湿気を吸着剤(乾燥剤)で除湿することで、水蒸気に含まれている潜熱分の省エネ効果を生む空調システムである。また、吸着量を調整することで、居住者にとって快適な温度と湿度を提供することも可能である。

従来の吸着剤は、優れたものでも80℃以上の乾燥温

度を必要としたが、我々は無機材料で40~60℃の乾燥温度で再生可能な材料の開発とデシカントモジュールの開発を目標としている。

本テーマは、3つの研究ユニットの共同研究として実施されている。(地圏資源環境研究部門、化学プロセス研究部門、構造材料研究部門)地圏資源環境研究部門では、造粒体の製造方法の検討および吸着剤の合成に関する検討を行っている。平成27年度は、押出し造粒により、直径2 mm、長さ数 mmの造粒体の作製法を開発するとともに、ハスクレイ前駆体の安定的かつ吸着性能の優れた合成法を開発した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】アルミニウムシリケート、調湿材料、デシカント、ヒートポンプ、省エネルギー、吸着材、低温

【研究題目】放射性核種、重金属等のリスクガバナンスに向けた評価技術の開発

【研究代表者】保高 徹生(地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】保高 徹生、鈴木 正哉(常勤職員2名)

【研究内容】

本研究では、海水・汽水中の放射性 Cs モニタリングシステム開発として船舶上で使用できるモニタリング装置の検討、水中のストロンチウムのモニタリング技術としてカートリッジフィルターの適用に関して基礎的な試験を実施し適用性を評価した。また、重金属等の土壤汚染を対象として、環告46号試験の再現性検証として振とうやフィルター径による影響を検討し、再現性を高めるための条件を検討した。また、除去土壤等の減容化に関する基礎的な知見収集を目的として、粘土鉱物組成と土壤が発生する土地利用の関係について整理を行った。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】土壤汚染、放射性物質モニタリング、公定法、除染土壤、減容化

【研究題目】「上向流カラム通水試験」および「各種溶出特性試験」の標準化

【研究代表者】保高 徹生(地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】保高 徹生(常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、汚染土壤からの溶出挙動を正確に把握するための試験方法について、2つの標準提案を行う。一つは、ISO/TC190において既に国際規格がある「上向流カラム通水試験」である。本試験は、TC190 Soil quality (地盤環境) SC7 Soil and site assessment (土とサイト評価)によって、ISO/TS 21268-3(技術仕様)として標準化されている。しかし、この標準は技術仕様にとどまっていることや、我が国の試験法として適切な評価が可能かどうか不明である。そのため、ISO/TC190の規格をベースとして、ISO/TS 21268-3の

ISO化、さらに国内標準（JIS）の作成を行うことを目的として、国内17機関が参加したリングテストの実施、さらに規格改定に向けた条件変更試験を実施した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】土壌汚染、カラム試験、国際標準化

【研究 題 目】半導体製造特殊プロセスガス流量計測技術の開発

【研究代表者】森岡 敏博（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】森岡 敏博（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、半導体製造工程において使用されている可燃性・腐食性・毒性等の特殊プロセスガスの流量計測技術を開発する。半導体製造におけるプロセスガスの中には、可燃性、腐食性や毒性等の特殊な性質を持つものがあるが、これらのガスに使用する流量計の校正や評価試験は不活性や非毒性の代替ガスによらざるを得ず、評価結果の信頼性が低く、計測技術も未確立となっている。近年、半導体業界では、半導体デバイスの製造技術の高精度化とともに、再現性や互換性が求められている。

本研究では、特殊ガス供給設備（シリンダキャビネット）、ガス漏れ警報設備、排ガスダクト、排ガス処理装置（スクラバー）等の特殊ガス対応設備を導入し、既存の気体流量国家標準設備を耐反応性・耐毒性に改修することにより、静的衡量法を用いた特殊プロセスガスの計測技術を確立する。

本年度は、半導体製造特殊プロセスガスによる流量計評価が可能となるように、既存の気体流量国家標準設備の排ガス設備の設計及び改修を行った。本研究の成果は、半導体デバイスの微細化や極薄膜形成・エッチング技術の高精度化が期待され、半導体製造メーカー、半導体製造装置機器メーカー、流量計メーカー、特殊ガス供給会社等に貢献できるものと考えている。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】気体流量、半導体、プロセスガス、マスフローコントローラ

【研究 題 目】非直交非接触三次元測定機の国際標準化

【研究代表者】阿部 誠（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】阿部 誠、佐藤 理、鍛島 麻理子、松崎 和也、高辻 利之（常勤職員5名）

【研究 内 容】

工業製品や人体形状等さまざまな対象の形状計測や寸法測定に使われる非直交型非接触三次元測定機の性能評価法の国際標準を開発する。産総研は国内標準の開発成果として JIS B7441:2009“非接触座標測定機の受入検査及び再検査”を開発済みであり、その国際標準への展開として ISO 10360-8:2013 CMMs equipped with optical distance sensor の開発をプロジェクトリーダーとして推進し、制定を達成した。JIS B7441は装置構成によらず

広く適用可能な規格となっているが、ISO 10360-8は ISO/TC213/WG10での開発当初の合意に基づき、直交型の装置構成をもつ座標測定機に限定したスコープが設定された。そのため、非直交型の座標測定機の性能評価法に関する国際標準化は手つかずの状態であり、開発に着手することについて産業界から強いニーズが寄せられている。こうした要請に応えるため、非直交型非接触座標測定機の性能評価法を標準化する ISO 10360-13 Non-Cartesian Optical CMMs（仮称）を ISO/TC213/WG10に提案する。これまで WG10の Study Group として開発に取り組んできたが、2016年1月の ISO/TC213/ WG10プレブラ会議において WG10の Task Force に格上げされ、産総研はタスクフォースリーダーの指名を受けた。NWIP/CD 投票を目指した原案作成及び技術課題の検討を進める。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】三次元座標計測、工業標準、評価法規格

【研究 題 目】円形管路の絞り機構による流量測定方法—スロートタップ式フローノズル

【研究代表者】古市 紀之（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】古市 紀之、寺尾 吉哉（常勤職員2名）

【研究 内 容】

現在の蒸気タービンの評価方法に関する IEC60953は、流量計測に関して ISO5167におけるオリフィス等の使用を定義している。蒸気タービンの評価結果は流量計測における精度が支配的であるが、このオリフィス等の持つ不確かさは非常に大きい。より高い精度における蒸気タービンの評価を行うためには、オリフィス等に比して高い精度を有するスロートタップ式フローノズルを使用することが望ましい。一方、すでに ASME における蒸気タービンの評価方法（PTC6）の中においては、スロートタップ式フローノズルが採用されているが、この規格の最大の問題点は高レイノルズ数領域の流出係数に対する外挿が許容されているにも関わらず、これが必ずしも実情の流出係数を示していない点である。現実的には低レイノルズ数領域における試験結果から高レイノルズ数域に外挿により流出係数を求めざるを得ない、このためには高い推定精度を有する式が規格の中に必要である。したがって、蒸気タービンの高精度評価の実施を背景に、高精度に流出係数を推定することができる式を含めたスロートタップ式フローノズルを標準（ISO）化することを目的とする。

平成27年度においては、主にタップエッジ効果の検証、ノズル表面粗さの影響について調査した。さらに、口径による影響を調査するために、口径の異なるノズルを準備し、規格における上下限について検証することを予定している。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】スロートタップフローノズル、差圧式流

量計、不確かさ、蒸気タービン

研究部門) (常勤職員32名)

〔研究題目〕半導体製造工程で使用するプロセスガス流量の標準化

〔研究代表者〕森岡 敏博 (工学計測標準研究部門)

〔研究担当者〕森岡 敏博 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、熱式質量流量計 (マスフローコントローラ: MFC) の半導体製造工程における使用において課題となっている補正係数 (換算率、コンバージョンファクタ) の決定方法及びプロセスガス流量の測定方法の標準化を目的とする。

本年度は、SEMI ジャパン Standardization of Live Gas Flow Rate Study Group や北米 SEMI にタスクフォースとして承認され、国内関係者と連携して標準化へ向けた具体的な実証試験内容やスケジュールについて議論を進めている。また、半導体製造装置メーカーや MFC メーカー等へのアンケート調査を行い、本研究の必要性を確認することができた。MFC メーカー各社のコンバージョンファクタの決定方法や能力を定量的に比較するために、ラウンド・ロビンテストを実施するための準備を進めてきた。移転標準器として、臨界ノズル式流量計を組み込んだシステムを整備し、気体流量国家標準設備を用いて、窒素ガス及び六フッ化硫黄による校正を行った。次年度前半に実施するラウンド・ロビンテストの結果及び気体流量国家標準設備の特殊プロセスガス対応へ向けた改修を踏まえて、他ガス種による第2次ラウンド・ロビンテストを実施する予定である。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕気体流量、半導体プロセスガス、マスフローコントローラ変換係数、標準化、ラウンド・ロビンテスト

〔研究題目〕国際単位系 (SI) の定義改定にもとづく革新的計測技術の開発

〔研究代表者〕藤井 賢一 (工学計測標準研究部門)

〔研究担当者〕藤井 賢一、倉本 直樹、早稲田 篤、山本 泰之、上田 和永、水島 茂喜、藤田 一慧、藤田 佳孝、狩野 祐也 (工学計測標準研究部門)、成川 知弘、黒河 明、東 康史、張 ルウルウ (物質計測標準研究部門)、金子 晋久、中村 秀司、岡崎 雄馬、浦野 千春、丸山 道隆、堂前 篤志、大江 武彦、福山 康弘、山澤 一彰、Januarius Widiatmo、三澤 哲郎、大苗 敦、稲場 肇、安田 正美、保坂 一元、赤松 大輔、田邊 健彦、大久保 章、小林 拓実 (物理計測標準

〔研究内容〕

SI 基本単位のなかで、キログラムは唯一人工物である国際キログラム原器によって定義され、その質量の歳月に伴う変動が報告されている。このため、2011年に開催された国際度量衡総会では、国際キログラム原器を将来廃止し、プランク定数にもとづく定義へ移行することが決議された。同様に電流と温度の単位であるアンペアとケルビンについても現在の古典的な定義からそれぞれ電荷素量とボルツマン定数にもとづく新しい定義へ移行することが決議された。これらの単位については2018年に新しい定義へと移行するための準備が国際的に進められている。また、時間の基本単位である秒についても現在の定義であるマイクロ波領域から光周波数領域における定義へと移行することが2022年頃に予定されている。

キログラムについては、X線結晶密度法によってアボガドロ定数を測定するために、28Si 同位体濃縮単結晶から作成された1 kg の球体の体積、表面、質量、モル質量などの精密計測を行った。そのために、球体の直径測定用レーザ干渉計の改良、真空中における分光エリブソメトリーを行うための真空システムの開発、球体表面の汚染物質が球体質量に与える影響を評価するためのX線光電子分光分析装置 (XPS) の整備などを行った。これまでに得られたデータを総合的に解析し、アボガドロ定数 (プランク定数) を 1.8×10^{-8} の相対標準不確かさ (世界最高精度) で測定し、その結果を論文発表した。また、質量関連量諮問委員会 (CCM) が主催するキログラムの実現に関する Pilot Study に参加し、プランク定数を基準として1 kg の質量を、原器に頼ることなく、 2.4×10^{-8} の相対標準不確かさで実現することに成功した。

アンペアについては、単一電子ポンプを用いて定電流を発生させる際の不確かさ低減と、電流量の増幅を目標として研究を行った。具体的には超伝導、常伝導を用いた SINIS ターンスタイルの不確かさの低減と電流量の増幅を目指し、トンネル接合の抵抗の最適化を行った。これによりマイクロ波領域においても単電子ポンプ操作を行うことが可能となった。また SINIS 素子のトンネル抵抗の減少に伴って発生する余剰電流を、磁場印加と共に減少できることを示した。半導体二次元電子系を用いた単電子ポンプ素子についても研究を実施した。その発生電流を大きくするため、素子の並列化を行った。

これらの素子により発生した微小電流を精密に評価し、逡倍増幅するための測定系を新たに構築した。特にフィルタ作製および、極低温電流比較器の設計・作製に注力した。また、逡倍した電流検出のため、量子ホールアレーのプロトタイプ素子を作製し、その量子電圧測定のためのジョセフソン素子、その駆動装置についても設計を行った。高周波反射・透過測定を用いた実時間単電子計

数についても測定システムを構築し、高速で高精度な電流測定をめざし実験を行った。

ケルビンについては、常温域における次世代の一次標準となる熱力学温度計として、海外で高度な実績がある音響気体温度計 (Acoustic Gas Thermometer: AGT) の開発を進めた。AGT 装置開発において、音響測定系と電磁波測定系とからなる精密測定システムを構築し、試作共鳴器を用いたボルツマン定数の測定を開始した。試作共鳴器の測定データの解析を行い、50 ppm 程度の不確かさでボルツマン定数を導出した。その結果は、既に報告されている先行研究と不確かさの範囲内でよく一致している。先行研究に比べ不確かさは1桁以上大きくなっているが、その主要因は共鳴器の構造的な問題にあることが分かり、その構造を改善した新規の共鳴器を測定システムに組み込んだ。さらに、システム内の試料ガス導入ラインのリークテストやガスラインの清浄化など、新たな測定に向けた準備を行った。

秒については、近い将来の秒の再定義を念頭に、 10^{-18} のオーダーの不確かさを目指して研究を進めた。平成27年度は、ストロンチウム原子の時計遷移周波数の測定において、協定世界時等との比較における不確かさを厳密に評価し、これまでの測定精度を3倍以上向上させた。また、時計遷移周波数の測定において現在最大の不確かさ要因となっている黒体放射の影響を低減するために、3号機の開発を進めた。新しい装置では、冷凍機によって冷却した環境にイッテルビウム原子あるいはストロンチウム原子を捕獲し周波数測定を行い、 10^{-18} 台の不確かさで時計遷移周波数を決定する事を目標としている。まず、コンパクトな新しい真空装置を開発し、また、イッテルビウム原子の一次冷却に用いる399 nm光源を開発した。これらを用いて、イッテルビウム原子の磁気光学トラップに成功し、構築されたシステムが正常に動作していることを確認した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】国際単位系、SI、キログラム、アンペア、ケルビン、秒、アボガドロ定数、プランク定数、電荷素量、ボルツマン定数、X線結晶密度法、シリコン結晶、同位体濃縮、単電子ポンプデバイス、音響気体温度計、光格子時計

【研究題目】クレーストの高度化とガス透過度測定法の国際標準化推進

【研究代表者】吉田 肇 (工学計測標準研究部門)

【研究担当者】吉田 肇、新井 健太、小島 時彦、蛭名 武雄 (化学プロセス研究部門)、石井 亮 (化学プロセス研究部門)、相澤 崇史 (化学プロセス研究部門) (常勤職員6名)

【研究内容】

ガスバリア膜は、有機 EL や有機太陽電池のための水蒸気バリア膜や酸素バリア膜、燃料電池車やロケット・航空機のための水素バリア膜、地球温暖化防止のための新冷媒 (代替フロン: 微燃性がある) バリア膜など、幅広い分野で利用されている。これらガスバリア膜の性能 (ガス透過度) は、製品の品質や安心・安全や直結するため、信頼性の高いガスバリア膜とその評価方法の確立が求められている。

そこで産総研が持つ2つのシーズを融合させることにより、上記問題を解決する。1つ目の技術シーズは、工学計測標準研究部門が持つ、気体導入素子「標準コンダクタンスエレメント (SCE)」である。SCE は、ステンレス多孔質焼結体製の気体導入素子であり、従来よりも安定性・信頼性に優れ、ガスバリア性評価を評価する上で、信頼性の高い基準となる。2つ目の技術シーズは、化学プロセス研究部門が持つ、粘土膜「クレースト」である。

クレーストは、緻密に積層した粘土結晶の間をバインダーが埋める構造であり、そのため高いガスバリア性を発現する。また、耐熱性にも優れ、ガスケット、難燃プラスチック、ガスバリアフィルムなど、食品包装からロケット開発に至るまで幅広い用途へと応用されている。

本年度は、穴の開いたステンレス薄板に、クレーストを、穴をふさぐように熱プレスで隙間なく直接接合して、「標準ガスバリアフィルム」を作製した。開発した標準ガスバリアフィルムの水蒸気透過度は、クレースト自体がもつ水蒸気透過度と穴の面積から算出・設計でき、今回は、標準的な試験条件である温度40℃、相対湿度90%条件で、 $10^{-4} \sim 10^{-6} \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ の水蒸気透過度を示す三種類の標準ガスバリアフィルムを作製した。標準ガスバリアフィルムの水蒸気透過度を、標準コンダクタンスエレメントが搭載されたガスバリア性評価装置で測定した。測定結果は、標準コンダクタンスエレメントを用いて作成した検量線の直線上にあった。これらの結果より、設計値通りの水蒸気透過度であることが確認できた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】ガスバリア、ガス透過、水素、冷媒、真空、粘土膜

【研究題目】高精度測定・評価技術による地域ものづくり強化

【研究代表者】高辻 利之 (工学計測標準研究部門)

【研究担当者】高辻 利之、阿部 誠、佐藤 理、鍛島 麻理子、松崎 和也、福島 博之、呂 明子 (工学計測標準研究部門) 丹波 純、金子 晋久、大江 武彦、岡崎 雄馬、小倉 秀樹、山澤 一彰 (物理計測標準研究部門) 芦田 極、寺崎 正、山内 真 (製造技術研究部門) 板谷 太郎、内藤 裕一、前澤 正明

(ナノエレクトロニクス研究部門)
(常勤職員17名、他2名)

【研究内容】

産総研の高精度な三次元形状加工・計測、絶縁性能評価、高温測定技術を各地の公設研に移転し、地域産業のニーズに即したものづくり基盤を強化することを目的としている。平成27年度は技術移転及び域内企業支援のフレームワーク構築として、全国の公設試との連携体制の構築を進めた。計画当初の見込みを上回る42公設試及び11民間企業（オブザーバ参加）からなる研究会を組織した。本研究会において3D プリンタ造形精度と3D スキャナ計測精度の両方を評価可能な造形精度評価用器物を設計、試作し、この器物デザインに基づくクロズドループエンジニアリングの実証ガイドラインをまとめた。ガイドラインは参加公設研と共有され、各公設研保有の3D プリンタ/スキャナを用いた造形精度評価用器物の造形/測定を行った。各公設研の実施結果及び知見について2回の研究会を通して共有するとともに実施報告書としてとりまとめた。3次元印刷機用応力発光インクの開発に成功した。さらに実施予定を前倒しし、公設研で試作の3D 造形器物の力学評価を開始した。1 MΩの公称値の量子ホール集積化素子の設計を完成させた。半導体プロセスの条件出しを終了し、試作素子を作製し、評価を行った。自動平衡型高抵抗測定ブリッジを作製し、国家標準供給用ブリッジとの整合性を確認した。共同研究先と市販品の開発が進行中である。100 GΩの高抵抗標準抵抗器に関して、温度係数等の低減に成功した。今後共同研究先より市販品の検討中である。産総研において、高温域で温度センサを精密に評価可能な装置を設計し、製作を開始するとともに、都産技研職員を受け入れ、温度センサ評価についての技術移転を行った。都産技研が保有する装置を改良し、1500℃において温度センサを簡便に評価する技術の開発に着手した。3D ものづくり特別分科会において3D プリンタ導入・利用状況等に関するアンケート調査を実施し、製造装置情報を共有した。また技術の相互評価活動や提案型コンテストの実施、セミナーへの講師派遣などを行い、技術の普及促進を図った。

【領 域 名】 計量標準総合センター、エレクトロニクス・製造

【キーワード】 地域連携、3D スキャナ、3D プリンタ、高抵抗、高温用温度センサ

【研究題目】 産業向けオイル複合センサーの開発

【研究代表者】 山本 泰之（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】 山本 泰之、狩野 祐也（常勤職員2名）

【研究内容】

産業用オイルの性状評価を行うためのセンサーの開発を行った。MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）技術を用いて粘度と電気的特性の両方が測定

できる複合センサーの開発を行った。粘度センサーの開発では、これまでに開発を進めてきた渦巻型センサーの改良を進め、過酷環境下でも適用可能性が高いセンサーを考案した。電気的特性のセンサーの開発では、オイルの性状評価のために最適なセンサーの構造の設計と性能の試算を行った。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 粘度、粘性率、センサー、MEMS、マイクロマシン、インライン

【研究題目】 遠心加速度校正に関する標準化研究

【研究代表者】 大田 明博（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】 大田 明博、野里 英明、穀山 渉（常勤職員3名）

【研究内容】

自動車の衝突安全性能試験に使用されるひずみゲージ式加速度計の計測信頼性を確保するために、日本で従来まで広く利用されてきた ISO 5347-7（遠心加速度校正法）の廃案が審議され、反対を唱える日本に対して不確かさを含めた規格改訂案の提案が要求されていた。日本としては、衝撃加速度校正を主とする欧州をはじめとした諸外国勢を説得するために、遠心加速度校正に関する不確かさ評価、及び、衝撃加速度校正と遠心加速度校正との整合性検証を行い、それら結果を反映した規格改訂案を作成することが目的であった。

本研究では、遠心加速度校正装置の民間製造事業者、そのユーザである民間事業者（自動車業界）、衝撃加速度校正装置を所有する産総研が協力して、遠心加速度校正と衝撃加速度校正の整合性検証のためのラウンドロビンテストを5つの参加事業者の間で実施し、その結果をとりまとめ、規格改訂案に反映させる。

平成27年度は、ラウンドロビンテストの結果をとりまとめ、ISO 16063-17の CD 段階である規格改定案の修正及び各国へのコメントに対応した。その結果、ISO/TC108/SC3において、ISO/CD 16063-17（ISO 5347-7の改訂版）は DIS として承認されただけでなく、FDIS をスキップして ISO 国際規格として早期に発行されることが決定した。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 遠心加速度、衝撃加速度、ISO 規格、ひずみゲージ式加速度計、ラウンドロビンテスト、不確かさ評価

【研究題目】 電磁波を用いた医薬品の水分含有量のリアルタイム計測

【研究代表者】 堀部 雅弘（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】 堀部 雅弘、昆 盛太郎（常勤職員2名）

【研究内容】

医薬品（特に錠剤薬品）の製造工程では、歩留まりや品質管理の面から、水分含有量を非接触でリアルタイム

に計測する技術が要望されている。これまで、原料粉末の水分含有量は FTIR や乾燥熱重量測定法などで事前に調整を行うが、錠剤成型後の全数計測が課題であった。そこで、高周波計測技術を活用して、原料である粉末材料の微量水分含有量を、電磁波による非接触リアルタイムに計測技術の開発に取り組んだ。これまでに、ベクトルネットワークアナライザにより、測定対象となる媒質を伝搬した電磁波の振幅変化と位相変化を検出して、媒質中の水分を非接触・非破壊で計測する手法を確立した。さらに、実験結果を蓄積することで、対象とする媒質の種類や、大きさ、媒質の水分量の違いにより適切な周波数の選択が不可欠である知見を得ることができた。

より微小な水分量を検出可能とする共振器および測定回路系を検討した。また、複数の連携先企業候補との会合を通して、医療及び食品分野を中心、非破壊・リアルタイムセンシングのニーズを調査するとともに、電磁波センシング技術が有効な解決策と考えられるニーズについては、関連する企業・団体との連携体制の構築を進め、次年度以降継続して協議を進めることとした。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】電磁波センシング、非破壊、リアルタイム、現場計測

【研究 題 目】Standard for Rectangular Metallic Waveguides and Their Interfaces for Frequencies of 110 GHz and Above

【研究代表者】堀部 雅弘（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】堀部 雅弘（常勤職員1名）

【研究 内 容】

110 GHz を超える電磁波を用いた通信・センシング等の研究開発において、導波管のベクトルネットワークアナライザが多用されている。しかし、110 GHz 以上の周波数では、接続部（フランジ、インターフェース）の規格がなく、デファクトスタンダードおよび、それらを改良したフランジが氾濫している。また、サブミリ波やテラヘルツ領域では、既存フランジでは高精度な接続を実現することが困難となっており、新たな構造のフランジの開発と実証すすめ、国際標準化を進めてきた。

新たなフランジ構造を考案し、1 THz を超える周波数で高精度な接続実現し、繰り返し接続の再現性ばらつきは従来の1/15程度の0.01程度以下を実現している。新たなフランジ構造は、従来のフランジとも互換性を持たせることで、接続を可能としている。そして、この評価結果をもって、IEC TC46/SC46F/WG2に方形導波管の周波数帯域の拡張、新しい導波管フランジについて国際標準化提案を行い、4件の FDIS（Final Draft International Standards/最終国際規格案）段階にあり、来年度中に IEC 60153-1, 2および60154-1,2として国際標準化される見通しである。さらに、同じ構造のフランジを円形導波管にも適用して、国際標準化提案を行い、

2件の CD が審議されている。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】導波管フランジ、接続再現性、国際標準化、テラヘルツ、ミリ波、サブミリ波

【研究 題 目】熱帯産重要資源植物の増産技術開発

【研究代表者】鈴木 馨（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】鈴木 馨、光田 展隆、藤原 すみれ、大島 良美、鄭 貴美、中野 仁美（常勤職員6名）

【研究 内 容】

天然ゴムは、タイヤを中心とするゴム産業において必要不可欠な原材料であり、世界的な需要は増加の一途をたどっている。その一方で、アブラヤシとの競合や森林保全の観点などから耕地面積の拡大は難しいため、単位面積当たりの生産性を向上させることが重要な課題となっている。そこで、インドネシア技術評価応用庁（BPPT）、プリヂストン、産総研の3者で連携してパラゴムノキにおけるラテックス生産性の向上を目指した分子育種の基盤技術構築をテーマに国際共同研究を実施している。天然ゴムは、パラゴムノキが産出するラテックスと呼ばれる乳液より生産される。我々は、パラゴムノキにおけるラテックス収量増加を目的として、遺伝子情報解析や植物バイオテクノロジー研究に基づいた分子育種のための基盤技術開発に関する研究を進めており、ラテックスの生産器官である乳管の形成機構の解明と形質転換技術の確立を目指している。平成27年度は、形成層の形成制御に関与する候補遺伝子の機能同定を進めた。またパラゴムノキにおいて詳細な遺伝子発現解析を進めた。パラゴムノキ培養細胞を用いた形質転換法の検討では、効率の向上を進めた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】パラゴムノキ、天然ゴム、ラテックス、分子育種

【研究 題 目】電気移動度法による気中ナノ粒子粒径分布計測の標準化計測技術の開発

【研究代表者】桜井 博（物質計測標準研究部門）

【研究担当者】桜井 博、高畑 圭二、村島 淑子、大沼 恵美子（常勤職員3名、他1名）

【研究 内 容】

本研究では、ISO 15900:2009の問題点を解消するために必要な試験・校正技術の開発と実証を行う。ISO 15900は気中浮遊ナノ粒子に対する粒径分布計測法の一つ、電気移動度法についての ISO 規格であり、特に測定精度の保証に関し、改善の余地が多くある。本研究では、我々の持つ高精度校正技術に裏付けされ、かつ、測定現場で適用可能な簡便さを併せ持つ試験・校正法を確立することを目指す。H27年度は、電気移動度式粒径分布測定器の粒子数濃度測定精度を試験する方法として、

単分散粒子を用い、参照標準である凝縮粒子計数器と比較する方法を試行し、有効性を確認するとともに、その結果を国際会議において発表した。また、我々の提案する試験法を ISO 15900改定原案へ加筆する作業に参加した。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 エアロゾル、ナノ粒子、粒径、粒径分布、個数濃度、電気移動度分析器、凝縮粒子計数器、標準粒子

〔研究題目〕 機能性ソフトマテリアル設計のための陽電子消滅による計測技術の開発

〔研究代表者〕 伊藤 賢志 (物質計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 伊藤 賢志、山脇 正人、下位 幸弘、高橋 和義、萩原 英昭、渡邊 亮太、大島 永康、オローク ブライアン
(常勤職員8名)

〔研究内容〕

分子レベルの空間がイオン伝導膜や分子分離膜など機能性ソフトマテリアルの特性の起源であることが解明され、ナノスケールの構造化により機能を付与した材料が様々な分野で活用されている。これら材料の開発ではターゲット物性を向上させるために適切な分子設計をし、作製された実際の空間構造をそのままの姿で見る解析技術が必要不可欠となっている。

本研究では、化学材料中の非晶領域に存在するサブナノメートル空間を評価できる唯一の手法である陽電子消滅法により機能性化学材料を解析するための技術を開発するとともに、分子動力学 (MD) シミュレーションに基づいた計算化学による構造データと実測値との関係から解析結果の整合性評価手法を開発する。MD 計算および陽電子消滅法による化学材料解析技術を用いたナノ空間構造の定量的な評価手法を確立し、開発した要素技術を民間企業との共同研究等の連携強化に活用することを目標とした。

本年度はポリプロピレンのナノ空間場の温度分散を分子動力学法で定量化し、陽電子寿命による実測値との関係を明らかにし、その結果を国内関連会議で報告した。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 陽電子消滅、分子動力学、計算化学、ナノ空間

〔研究題目〕 化学分析機器の信頼性確保を実現する天然物を模したモデル物質作製技術の開発

〔研究代表者〕 稲垣 和三 (物質計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 稲垣 和三、三浦 勉、宮下 振一、岡井 貴司、御子柴 真澄、中里 哲也、小口 昌枝、城所 敏浩
(常勤職員6名、他2名)

〔研究内容〕

簡易分析機器の信頼性確保には試料マッチした参照物質による装置校正(検量線作成)が不可欠だが、試料同一種の天然物から参照物質を作成する従来スタイルでは、生産性が極めて悪く、拡大する市場要求に応えられないのが現状である。本研究では、有害元素の検査分析において利用拡大が見込まれる蛍光 X 線分析装置 (XRF) をターゲットに定め、土壌アセスメント、食品検査分析に用いるための校正用参照物質 (モデル物質) を人工的に作製する技術を開発することを目的とした。

本年度は、土壌のモデル物質に関しては、岩石粉末に元素標準液を添加した試料を高温で溶解することで、食品(穀類)のモデル物質は、種々のデンプン質に元素標準液を添加し、スプレー乾燥させることで調製を試み、溶融ビードに関しては添加元素の面均質性を、スプレー乾燥粉体に関しては0.5 g あたりの均質性を評価指標として、作製条件の最適化を行った。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 人工粒子、スプレー乾燥、参照物質、XRF

〔研究題目〕 ナノ材料の適正管理に向けた国標標準の獲得

〔研究代表者〕 藤本 俊幸 (物質計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 藤本 俊幸、黒河 明、桜井 博、稲垣 和三、東 康史、寺内 信哉、林田 美咲、熊谷 和博、加藤 晴久、齋藤 直昭、山本 和弘、古部 昭宏、時崎 高志、三木 幸信、八瀬 清志、石川 純、高橋 かより
(常勤職員17名)

〔研究内容〕

ナノテクノロジー産業では更なる材料の高機能化を効率的かつ迅速に推進するため、機能特性を支配する“サイズ”と“化学組成”を併せた計測評価を可能とする技術の開発は喫緊の課題となっている。一方、ナノ材料は2011年 EC (European Commission) による“直径100nm 以下の1次粒子を個数濃度で50%以上含む工業材料をナノ”と定義されたことに基づき、すでに当該定義に従ったナノ材料の輸出入時の申請義務に関する法案化を実施している国もあることから、ナノ材料であるか否かの判定をその定義に従って簡便に行える検査技術が切望されている。

このような背景を踏まえ、本研究ではナノ材料適正管理実現のための手法として、国産ナノテク産業が開発した材料の EC ナノ定義への合致判定だけではなく、サイズ情報に基づいた組成、修飾、含有量等の評価情報に基づくナノ材料の管理に対応した、サイズ分離技術に高感度計測技術を融合したハイスループット且つ多角的な分析技術を開発推進している。

本年度はナノ粒子のサイズ・サイズ分布・組成を高精

度に評価できる、分級システムをコアモジュールとし計測評価用周辺モジュールから構成される複合計測システムの開発を継続し、各周辺モジュール単独での粒子計測を可能とした。

周辺モジュール間の測定結果の相関確認等を元に、分級・計測というコンセプトの有用性を確認した。この確認結果を元に2015年6月に行われた ISO/TC229/JWG2 の会議において新規作業項目案として提案しその理解を得た。標準化原案は PWI として正式なプログラムとして登録された。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕ナノ材料、粒径、粒径分布、SEM、TEM、CFFF、DMA、分級

〔研究 題 目〕ナノ材料の特性評価手法に関連した標準化

〔研究代表者〕水野 耕平（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕水野 耕平、竹歳 尚之、藤本 俊幸（常勤職員3名）

〔研究 内 容〕

ナノ粒子の粒子径測定は、各国で法規制の準備が進められる中、重要性を増している。しかし高価な装置や使用者の高度な熟練を要するものが多く、より低コストな方法を望む声は大きい。本研究ではナノ粒子の比表面積測定より計算される実効的な粒子径と電子顕微鏡観察等により測定される粒子径との対応関係を調査し、比表面積測定による簡便な粒子径決定法の規格化を検討する。本年度は球形粒子6種について、比表面積測定と走査型電子顕微鏡による粒子径分布測定を行った。また当初の予定にはなかったが、表面形状調査のため透過型電子顕微鏡観察を行った。その結果、非多孔性であれば比表面積から計算される平均径は実際の平均粒子径に近い値を示すことが確認された。

また、ナノテクの社会受容の促進を図るため ISO/IEC のナノテク用語規格 TS 80004のうち、Part 1: Core terms に対応する JIS/TS 原案の作成・提案および Part 3: Carbon nano-objects の定期見直しに対応する。前者は ISO による改訂作業が完了し2015年11月に発行となったことを受け、JIS/TS 素案を作成するとともに国内関係者に説明と協力依頼を行った。その結果 TS ではあるが原案作成委員会を開催することに決定し、今後2016年度の委員会開催と原案提出を目指す。後者についてはニューデリー会議において当時の提案者として討議に関わった。結果として、2014年3月の投票結果に従って今回は修正を行わず、TS の3年延長にとどめることに決定された。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕ナノテクノロジー、ISO、ナノ粒子、比表面積、JIS、ナノ物体、用語

〔研究 題 目〕目の水晶体に対する等価線量モニタリ

ングサービスの構築

〔研究代表者〕加藤 昌弘（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕加藤 昌弘、田中 隆宏、黒澤 忠弘（常勤職員3名）

〔研究 内 容〕

目の水晶体の職業被ばくの限度値を大幅に引き下げる勧告が国際放射線防護委員会により2011年に行われた。これは近年の水晶体被ばくに関する研究の結果、放射性白内障発生の閾値が従来考えられていた値より大幅に小さいことが分かったことを踏まえたものであった。この勧告により、水晶体の被ばく線量を推定するための量である3 mm 線量当量を測定する必要が高まり、産総研では光子及びβ線に対する3 mm 線量当量標準の開発を行ってきた。光子に関しては一次標準として確立している空気カーマから3 mm 線量当量を導く係数をシミュレーション計算によって求めた。β線に関しては外挿電離箱を用いた手法により3 mm 線量当量の測定手法を開発した。

本研究ではこれまでに開発してきた標準測定手法と、新たに開発する X 線場を用いることで、実際に水晶体被ばくの線量測定に用いる線量計の性能評価をできるよう、評価手法の開発を行う予定である。この研究を通して、国内で水晶体に対する等価線量のモニタリングサービスを構築することを目標とする。今年度は医療機器に対応した X 線発生システムを導入した。このシステムを用いることで、実際の医療現場での X 線に近い場を生成する。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕放射線防護、水晶体、トレーサビリティ

〔研究 題 目〕甲状腺モニタ用ファントム標準化のための研究

〔研究代表者〕柚木 彰（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕柚木 彰、佐藤 泰、海野 泰裕、古川 理央（常勤職員4名）

〔研究 内 容〕

本テーマは、震災後、体内被ばくを評価するために広く使われている体内放射能測定装置のうち、甲状腺モニタのレスポンス評価について、ファントム及び試験体系の標準化、並びにレスポンス試験の精度向上を図り、製品規格である JIS Z 4343及び対応する国際規格である IEC 61582に反映することを目標とする。そのため、甲状腺モニタ用ファントムについて、線源及びファントム形状の違いによるレスポンス評価の違い、並びに線源及びファントムに対する検出器の幾何学的配置とレスポンスの関係を試験評価する。平成27年度は放射線検出器として標準的なヨウ化ナトリウムシンチレーション検出器を用い、検出器と放射線源の配置を3次元的に精度良く設定できる試験治具を製作し、放射線のエネルギースペクトルが分析できる測定回路を組み合わせた放射線測

定システムを整備した。甲状腺の形状を模擬した線源容器による素-131非密封放射性同位元素溶液を充填した校正用線源、並びにバリウム-133及びセシウム-137を組み合わせた模擬線源を IAEA 甲状腺ファントムに装着した。そして、様々な条件で線源からの放射線を検出器に照射し、レスポンスへの影響を評価した。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 体内放射能測定装置、甲状腺モニタ、ファントム、レスポンス、工業標準

【研究題目】 3 mm 線量当量測定技術の開発と X 線、 γ 線、 β 線校正方法 JIS 規格の改正

【研究代表者】 黒澤 忠弘（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】 黒澤 忠弘、加藤 昌弘（常勤職員2名）

【研究内容】

2011年 ICRP によって水晶体の線量限度が大幅に下げられた。従来は1 cm 線量当量と70 μ m 線量当量の測定だけで水晶体の線量限度が担保できていたが、新しい線量限度を考えた場合、水晶体の線量である3 mm 線量当量を測定する必要が生じた。そこで産総研において光子及び β 線に対する3 mm 線量当量標準の開発、またそれらを国際規格に導入することを目的としている。昨年度までに光子の3 mm 線量当量に関する換算係数の評価や β 線場での3 mm 線量当量の測定などを行い、国際規格の議論の場である ISO TC85/SC2/WG2にて提言を行った。また3 mm 線量当量が重要となる環境として、X線を用いた透視をしながら治療を行う IVR 装置がある。この装置周辺での線量測定、また X 線のスペクトル評価等を行った。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 水晶体、3 mm 線量当量

(3) 外部資金

中期目標や中期計画で定められているように、産業技術総合研究所は、業務の効率的な実施による費用の低減、自己収入の増加その他の経営努力により財務内容の改善を図ることとなっており、そのため、外部資金や自己収入の増加と固定的経費の割合の縮減に努めている。

外部資金の多くは、各省庁からの様々な制度に基づく委託研究費で、その多くが、公募型資金となってきている。産業技術総合研究所が受け入れる外部資金は、制度的には、主に受託研究として受け入れられ、研究終了後それぞれの委託元に詳しい成果報告がなされている。

平成27年度に受け入れた受託収入等の状況

資 金 名	件数 (テーマ)	決算額 (千円)
受託収入		19,721,337
(1) 国からの受託収入		8,078,407
1) 経済産業省		7,343,276
石油天然ガス基礎調査等委託費	2	5,844,327
エネルギー使用合理化設備導入促進対策調査等委託費	5	574,343
産業技術研究開発委託費	4	359,774
放射性廃棄物処分基準調査等委託費	2	274,705
工業標準化推進事業委託費	4	101,862
温暖化対策調査等委託費	1	98,081
化学物質安全対策委託費	1	33,948
非化石エネルギー等導入促進対策調査等委託費	1	29,020
石油製品需給適正化調査等委託費	1	19,440
高圧ガス等技術基準策定研究開発委託費	2	7,776
2) 文部科学省		128,759
科学技術基礎調査等委託事業	2	128,759
3) 環境省		384,211
原子力施設等防災対策費等委託費	1	222,742
原子力発電施設等安全技術対策委託費	1	117,608
試験研究調査委託費	1	24,986
その他	2	18,875
4) その他省庁	14	222,163
(2) 国以外からの受託収入		11,642,930
1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構	77	5,947,811
2) その他公益法人	309	4,939,696
3) 民間企業	189	747,475
4) 受託出張		7,948
その他収入		10,814,994
(1) 資金提供型共同研究収入		4,209,541
(2) 知的所有権収入		317,371
(3) 技術コンサルティング費		102,463
(4) 外部グラント(個人助成金の間接経費分)		509,590
(5) その他		5,676,029
合 計		30,536,331

※ 千円未満四捨五入のため、合計と一致しないことがあります。

1) 国からの受託収入

【経済産業省】

■石油天然ガス基礎調査等委託費 2テーマ 58.4億円
日本周辺海域に相当量の賦存が期待されているメタンハイドレートを将来のエネルギー資源として利用可能とするため、平成30年度までに経済的に掘削、生産回収するための研究開発を実施し、我が国のエネルギー長期安定供給の確保に資する研究を実施するための経費、他。

■エネルギー使用合理化設備導入促進対策調査等委託費 5テーマ 5.7億円

優れたクリーン・エネルギー技術を持つ我が国研究機関と米国などの企業・大学・研究機関等との密接な連携の下で、これら技術開発のための国際共同研究プロジェクトを実施し、先進的なクリーン・エネルギー技術の迅速な確立を推進するための経費、他。

■産業技術研究開発委託費 4テーマ 3.6億円

多様なナノ材料のリスクを合理的かつ効率的に評価・管理するための枠組みを構築するための基盤となるナノ材料の有害性評価手法を開発するための経費、他。

■放射性廃棄物処分基準調査等委託費 2テーマ 2.7億円

我が国において、これまでの原子力発電の利用に伴って既に放射性廃棄物が発生しており、その処理処分対策を着実に進める必要があり、高レベル放射性廃棄物等の地層処分においては、多重バリアシステムによって長期的な安全確保がなされる。この処分システムの成立性や安全性に係る信頼性を一層高めていくため、天然バリアである深部地質環境の状況把握と将来変化に係る調査評価技術の信頼性向上を行うための経費、他。

■工業標準化推進事業委託費 4テーマ 1.0億円

バイオメトリクス製品の CC (Common Criteria) 認証に向け、国内に、①産業界が無理なく参加可能、②十分に有効性があり、③継続性のある、バイオメトリクス製品のセキュリティ評価基盤を整備することを目的とする経費、他。

■温暖化対策調査等委託費 1テーマ 1.0億円

地中貯留における探査手法の中心となる弾性波探査(反射法)を補完して CO2挙動評価精度の向上とモニタリング・コストの低減化を図るため、受動的探査手法も用いた多面的モニタリング技術の開発、弾性波探査で検知が困難と考えられる小規模な断層や薄い砂泥互層など、我が国特有の複雑な地質構造の遮蔽性能を評価する技術の開発、及びそれら基盤となる知見やデータの取得・整備を総合的に行うための経費。

■化学物質安全対策委託費 1テーマ 0.3億円

消費者製品に含まれる化学物質の吸入、経皮及び経口暴露を評価するツールを開発し、そこに現実的なデータを搭載させ、事業者や行政が実務に使用できる、日本の実情にあった暴露評価の実施を可能とするため、製品含有化学物質の統合暴露評価ツールの完成及びツールを用いたケーススタディを行うための経費。

■非化石エネルギー等導入促進対策調査等委託費 1テーマ 0.3億円

一般需要家向けの水素のパイプライン供給に際して、保安確保のために必要となる導管等のガス工作物について、そのネットワークとしての運用に係る安全基準や工法等の具体的措置を明確化するため、これに有用な基盤技術、知見を整理し、ガス事業法の技術基準等の見直しに反映させることで、水素ネットワーク社会構築における保安確保を図るための経費。

■石油製品需給適正化調査等委託費 1テーマ 0.2億円

これまで調査がなされてきた、支燃性ガスをはじめとする高圧ガスによる重大事故が発生する条件等を支燃性ガスの種類や反応物質や条件を変更することにより、さらに調査・検討を進めるとともに、当該調査・検討の結果（支燃性ガス種、反応物質、温度、圧力、濃度、場面等）及びこれまでの重大事故の情報を踏まえ、複数の科学的手法を用いて現場に潜む高圧ガスの危険性を顕著化した上で、様々なプラントの作業現場で使用することができるチェックポイントとして抽出し、取り纏めることを目的とする経費。

■高圧ガス等技術基準策定研究開発委託費 2テーマ 0.1億円

諸外国の火薬類の規制状況を調査し、我が国における火薬類の技術基準等の見直しの検討に資することで、火薬類による災害を防止し、公共の安全を確保することを目的とする経費、他。

【文部科学省】

■科学技術基礎調査等委託事業 2テーマ 1.3億円

九州地域の活断層から発生する地震の規模や発生確率についての評価を改善するため、地域評価で新たに評価対象となった活断層帯について、位置・形状及び平均変位速度や活動履歴を把握することを目的とする経費、他。

【環境省】

■原子力施設等防災対策費等委託費 1テーマ 2.2億円

火山活動とその休止期間の関係を火山の特性、地下構造、地球物理学的及び地球化学的調査手法等の最新の知見に基づく火山活動に起因する事象調査から、原子力施設に影響を与える火山活動の可能性をより定量的に評価

するための評価基準、火山活動のモニタリング基準を作成するための経費。

■原子力発電施設等安全技術対策委託費 1テーマ 1.2億円

東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故によって発生した燃料デブリの処理・処分に係る規制要件を整備することを目的とする経費。

■試験研究調査委託費 1テーマ 0.2億円

環境省設置法第4条第3号の規定に基づいて、関係府省の試験研究機関が実施する地球環境の保全に関する試験研究費を「地球環境保全試験研究費（地球一括計上）」として環境省において一括して予算計上し、その配分を通じて国の環境保全に関する試験研究の総合調整を行うための経費。

■その他 2テーマ 0.2億円

【その他省庁】

14テーマ 2.2億円

2) 国以外からの受託収入

■新エネルギー・産業技術総合開発機構

平成27年度は、77テーマを59.5億円で実施した。

■その他公益法人

平成27年度は、309テーマを49.4億円で実施した。

■民間企業

平成27年度は、189テーマを7.5億円で実施した。

■受託出張

平成27年度は、受託出張の経費0.1億円を受け入れた。

3) その他収入

■資金提供型共同研究収入

平成27年度は、民間企業から38.7億円、民間企業以外から3.4億円の合計42.1億円の資金提供を受け共同研究を実施した。

■知的所有権収入

平成27年度は、当所が所有する産業財産権等を企業等に利用させた実施料収入等として3.2億円を獲得した。

■技術コンサルティング費

平成27年度から、多様な民間企業ニーズに答えるため、新たに技術コンサルティング制度を新設し、1.0億円を獲得した。

■外部グラント

平成27年度は、科研費補助金及び研究助成金の経理委任収入（間接経費分）として5.1億円を受け入れた。

■その他

平成27年度は、計量標準供給業務・計量教習業務による手数料収入、地質図幅等の頒布収入、産学官連携活動の一環として当所施設内で連携先が共同研究等を行うときの経費負担収入及び国等からの機関補助金等として、56.8億円を受け入れた。

1) 国からの受託収入

①経済産業省

・石油天然ガス基礎調査等委託費

〔研究題目〕平成26年度メタンハイドレート開発促進事業

〔研究代表者〕天満 則夫（創エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕成田 英夫、海老沼 孝郎、天満 則夫、長尾 二郎、神 裕介、今野 義浩、木田 真人、皆川 秀紀、野田 翔兵、米田 純、片桐 淳、宮崎 晋行（兼務）、山本 佳孝、室町 実大、清水 努、村岡 道弘、清野 文雄（兼務）、小野 晶子、佐藤 章子、毛利 大、長原 さゆり、内海 崇、袴田 陽子、池田 育子、林 順子、眞城 一憲、渡辺 敬一、渡邊 瑞穂、森田 洋充、大島 基、柏原 進、深見 英司、羽田 博憲、金子 広明、西村 興男、木村 匠、泉 彰子、西川 泰則、榊井 明、明円 文子、小林 秀男、青木 一男、覺本 真代、熊谷 小百合、大野 孝雄、古屋 敦子、安部 俊吾、香川 慎吾、大竹 道香、宮田 雅子、須々木 尚子、野崎 たみ、椿 卓也、河田 諒、三吉 峻、加茂 莉咲子、白鳥 治子
（常勤職員17名、他40名）

〔研究内容〕

メタンハイドレート開発促進事業の生産手法開発に関する研究開発では、大量かつ安定的にメタンを生産する生産手法高度化技術の開発、坑井のガス生産性およびメタンハイドレート貯留層の生産挙動を高い精度で予測する生産性・生産挙動評価技術の開発および生産に伴う地層変形・圧密挙動について長期的な安全性を評価するための地層特性評価技術を開発する。

生産手法高度化技術の開発においては、生産増進および初期有効浸透率の改善を目的とした交流通電加熱法について、減圧法との併用の効果を実験的に評価した。キセノンハイドレートを孔隙に胚胎させた砂質模擬堆積物に対し、減圧法によって分解させた後通電加熱を行うことにより、生産速度が増加したほか回収率は75%から90%以上と顕著に向上し、通電加熱法の分解法としての有効性が認められた。CO₂/水エマルジョン圧入による生産増進法について、CO₂/海水エマルジョンの生成過程と増進法としての評価を行った。取水深度397 mの海洋深層水および3 wt%～0.09 wt%の塩化ナトリウム水溶液を用いて50 vol%-CO₂のエマルジョンを生成し観察を行ったところ、液滴径10 μmのCO₂が多数分散したエマルジョンが連続的に生成されることを確認し、海水を利用することが可能と判断された。また、純水に比

較し、10 μm 未満の CO_2 滴径が安定して存在する条件が生じており、これは海水中のアルカリ金属類の陽イオンの影響と解釈された。

生産障害対策・抑制技術の開発に関しては、減圧法適応時ガスの生産性を低下させる孔隙レベルでの生産障害である「細粒砂移流・蓄積」および「氷生成・メタンハイドレート再生」について、それぞれのモデルの高度化を行った。孔隙内の氷成長過程の温度変化を観測し、孔隙内核形成した後、速やかに孔隙内の水が氷へと相変化していく様子が確認された。その後、砂のモデルであるガラスビーズ側へと熱が移動しており、生成熱は孔隙内全ての水が相変化した後、砂粒子を伝わっていくことを明らかにした。スキン形成過程のモデル化において、規則的に配置された骨格砂により形成される単純な孔隙モデルにおける3次元固液流動シミュレーションを行い、細粒分の蓄積の再現とそのメカニズムの考察を行った。

浸透率低下と流速に関する検討を行った結果、粒子間引力 (Van der Waals 力) と流体力のバランスが浸透率低下に大きく寄与していることが分かった。また、砂層中の流動により砂泥界面で泥層が剥離する現象について数百 μm 程度の計算領域における骨格砂孔隙内の流動計算を実施し、砂泥互層界面にかかるせん断応力分布の数式モデルを導出した。スキン除去対策技術の開発を目的として、模擬堆積物試料を用いた目詰まり過程の再現実験、超音波による浸透率改善実験、及び坑井内加振機構の検討を行った。土質試料の粒度分布を考慮した目詰まり判定基準に基づいて作製した実験土層を用いて目詰まり過程の観察実験を行い、同日詰まり基準で浸透率低下を説明できることが分かった。坑井内加振機構については、圧電素子を用いた超音波振動体の設計を行い、坑井壁面の直接加振を目的として振動方向を坑井軸方向からラジアル方向に変換する振動変換体の検討を行った。振動変換体を設計・試作して、機械的な振動特性を測定したところ、材料のポアソン比を上回る (縦横方向の) 変位振幅比が得られ、振動方向の変換効率が良好であることを確認した。

生産性・生産挙動評価技術の開発においては、生産シミュレータの機能強化と商業生産の生産性評価に関しては、生産シミュレータ MH21-HYDRES に CO_2 /水エマルジョン圧入による増進回収法の計算機能を付加するため数値計算コードの改良を行い、 CO_2 /水エマルジョン圧入実験で計測された4つの異なる圧力・温度挙動について実験結果の再現が可能となった。また、改良した計算コードを使用し、 CO_2 /水エマルジョンと水の一定量のスラグを交互に圧入する方式について検討し、圧入条件を調整することによって CO_2 /水エマルジョン圧入法の効果を最適化できることが分かった。これまで開発・改良してきた水理モデル (MH21-HYDRES) と力学モデル (COTHMA) を統合する手法について検討し、統合化手法、引き渡すべき変数、グリッドの扱いを中心

に、両者の具体的な統合化法を考案した。

生産挙動評価用三次元貯留層モデルの開発と産出試験の予測・検証については、貯留層およびその周辺に存在する断層の生産挙動に与える影響を評価するため、その浸透率を実験的に解析した。メタンハイドレートが胚胎する砂層を模擬した珪砂試料について、所定の垂直応力下で大変位リングせん断試験を行ったところ、浸透率と孔隙率は大変位せん断によって低下する傾向を示し、大変位せん断後の浸透率は、圧密後の浸透率から2~5桁の低下が認められた。また、垂直応力依存性が明瞭に認められ、有効垂直応力0.5~2.0 MPa および2.0~8.0 MPa のそれぞれで明瞭な関係式が得られた。せん断層の微細構造および粒子破砕が浸透率に及ぼす影響を明らかにするため、FE-SEM 画像観察およびレーザ回折粒度分析を行ったところ、特に3.0 MPa 以上で粒子の細粒化が顕著であり、浸透率低下の主原因と判断された。

さらに、堆積層の粒度分布との関係を求めたところ、50 %粒径 (D50) が約200 μm から約160 μm では、浸透率および孔隙率は急激な減少を示し、それ以下では緩やかに減少することが明らかとなった。

一方、貯留層モデルの構築のため、引き続き第一回海洋産出試験地において圧力コア取得作業を行うとともに、取得したコア解析を実施した。第二渥美海丘周辺域において取得された海洋産出試験事前掘削コア試料について、粒度分析、粉末エクス線回折実験、強熱減量試験、電子顕微鏡分析を行った。その結果、下位層ほど細粒堆積物と粗粒堆積物が多く淘汰度が高いこと、深度方向の粒径変化に伴って鉱物組成も変化していたこと、石灰質微化石以外の有機物が下位層ほど多めに含まれること、下部砂質層の砂層の孔隙は細粒物質で充填されているが上部砂泥互層の砂層ではあまり充填されていないこと、石膏や菱鉄鉱などの初期続成鉱物が晶出していること、上部砂泥互層の砂層には再堆積を示唆する星状微化石 Discoaster が含まれることなどが明らかになった。海洋産出試験事前掘削コアリングで採取し、高圧状態を保持したまま凍結したコアを用いることによって極力土の骨格構造の擾乱が少ない状態での力学試験を実施した。

メタンハイドレート飽和率79%の力学試験結果は、高い初期剛性とピーク強度の増加が確認された。せん断変形に伴うダイレイタンスー変化は膨張挙動に転じており、既往の研究成果からも裏付けされた。メタンハイドレート飽和率79%の力学試験結果はこれまでになく、メタンハイドレート飽和率の増加に伴い、力学的強度が線形的に増加することが明らかになった。また、その絶対値はメタンハイドレートを含まない土の強度に大きく依存することが分かった。さらに、モデル構築技術の一環として、ハイドレートの分解を避けるために高い圧力を保持した状態の保圧コア解析に関する分析・計測機器の開発・整備を進め、コアの内部構造の可視化、浸透率や力学パラメータなどを取得できる保圧コア評価装置群

(Pressure-core Nondestructive Analysis Tools : PNATs)を導入した。

地層特性評価技術の開発においては、地層変形シミュレータの機能強化の一つとして、これまでに取得してきた力学パラメータをもとにメタンハイドレート含有砂質堆積物の粘弾性を表すため、ひずみ速度の減速していく1次クリープ、加速していく3次クリープにおける挙動および定ひずみ速度試験におけるひずみ速度依存性を説明可能な構成方程式を開発した。これによって、メタンハイドレート含有砂質堆積物の粘弾性挙動を表現可能とした。

東部南海トラフ域のメタンハイドレート貯留層を想定した詳細モデルを作成し、減圧法を適用した際の圧密変形を解析した結果、生産井の近傍の要素で減圧初期に平均有効応力の増加が急速に生じ、その後時間の経過とともに高いせん断応力が発達し、局所的な変形が生じることが確認された。また、海底地盤は密度が高いほど、拘束圧が小さいほど変形の局所が大きくなることになった。さらに、拘束圧が大きい場合は地盤の変形は圧縮挙動が支配的となり、歪みレベルが大きくなっても局所的な変形は生じにくいことが確認された。これらの変形による土粒子の内部構造を観察するため、マイクロフォーカス X 線 CT 装置を用いた超小型三軸圧縮試験を実施し、地盤は圧縮に伴う負のダイレイタンスが生じて収縮挙動を生じながら定常的な強度を発揮することが明らかとなった。また、既往のフィールドにおける地下水揚水による地層の変形データを地層変形シミュレータ COTHMA によって再現計算し、シミュレータの信頼性および有用性を確認したほか、並列処理機能を有する汎用解析ソルバプラットフォームの導入によって、生産に伴う地層の変形挙動・応力分布を高精度かつ高速度で解析できる広域地層変形シミュレータに改良した。坑井の健全性評価に関しては、第1回海洋産出試験に坑井仕様に基づいて坑井をモデル化し、生産試験中に発生した出砂の要因に関する検討を実施した。その結果、浸透率が大きく異なる地層で水の流速が局所的に増大し、グラベルや地層を押し退けた可能性が示唆された。

地層と坑井の接触面強度を定量的に評価するための押し抜き試験を実施し、ケーシングとセメント、ケーシングと砂およびセメントと砂の3種類の接触面に関して接触面における破壊や局所変形のみカニズム把握のため、個別要素法 (Discrete Element Method: DEM) により、接触面挙動を解析する方法について検討した。DEM 解析には、豊浦砂の土粒子形状を模擬したクランプ粒子を用い、実験で観測される力学応答の拘束圧依存性が再現できることがわかった。また、シミュレーションから得られた拘束圧とせん断抵抗角の関係は、既往の実験とほぼ一致することが確認された。また、押し抜き試験で計測した鋼棒の表面粗さと同程度になるような表面モデルを作製し、一定拘束圧の下で、表面モデルを一定速度で

移動させることにより、シミュレーションを行ったところ、押し抜き試験の接触面摩擦強度を定量的に再現した。

坑井の健全性評価のため、メタンハイドレート層を対象とした大型室内産出試験装置による実験的評価を行うと共に地層変形シミュレータ COTHMA を用いた再現解析を実施した。その結果、地層変形シミュレータ COTHMA による解析では、模擬メタンハイドレート砂層の沈下やガス生産状況などを概ね再現出来ることが明らかになった。

リングせん断試験機内の珪砂試料中で TBAB 等をハイドレート化するメタンハイドレート代替試料作製法を開発し、リングせん断試験を実施した。リングせん断試験時の定常状態での残留強度を検討することにより海底地盤の地すべり発生条件を検討した結果、TBAB ハイドレートの融解温度より若干低い4度付近にピークがあり、温度が高くなるに従いせん断抵抗が減少した。一方、長距離せん断の進行にしたがい、せん断摩擦による温度上昇で摩擦抵抗が減少することが明瞭に現れた。このデータは強震時の強制せん断、あるいはメタンハイドレート層からのガス生産に伴う潜在すべり面あるいは断層面に沿う長距離高速せん断が生じた場合に、すべり面の傾斜が残留強度より小さくなる条件下では、摩擦角の減少により加速する可能性があることを示唆した。また、高速せん断中にメタンが十分気化する程度の温度に達した場合には過剰間隙圧が発生し大きくせん断抵抗が低下する可能性を示唆した。

[領域名] エネルギー・環境

[キーワード] メタンハイドレート、貯留層特性、生産シミュレータ、エネルギー効率、天然ガス、生産技術、原位置計測技術、熱特性、力学特性、圧密特性、相対浸透率、産出試験、東部南海トラフ、地層変形、生産障害

[研究題目] 平成27年度メタンハイドレート開発促進事業

[研究代表者] 天満 則夫 (創エネルギー研究部門)

[研究担当者] 長尾 二郎、皆川 秀紀、神 裕介、木田 真人、今野 義浩、木村 匠、山本 佳孝、室町 実大、清水 努、村岡 道弘、米田 純、片桐 淳、野田 翔兵、覺本 真代、森田 洋充、清野 文雄 (兼務)、宮崎 晋行 (兼務)、小野 晶子、佐藤 章子、毛利 太、長原 さゆり、内海 崇、袴田 陽子、池田 育子、林 順子、眞城 一憲、渡邊 瑞穂、大島 基、深見 英司、羽田 博憲、金子 広明、西村 興男、泉 彰子、西川 泰則、榊井 明、明円 文子、青木 一男、熊谷 小百合、

古屋 敦子、大竹 道香、宮田 雅子、
須々木 尚子、野崎 たみ、椿 卓也、
白鳥 治子、永瀬 茂紀（派遣）、
金澤 達男（派遣）、吉田 卓（派遣）
（常勤職員18名、他31名）

〔研究内容〕

メタンハイドレート開発促進事業の生産手法開発に関する研究開発では、大量かつ安定的にメタンを生産する生産手法高度化技術の開発、坑井のガス生産性およびメタンハイドレート貯留層の生産挙動を高い精度で予測する生産性・生産挙動評価技術の開発および生産に伴う地層変形・圧密挙動について長期的な安全性を評価するための地層特性評価技術を開発する。

生産手法高度化技術の開発においては、生産増進および初期有効浸透率の改善を目的とした交流電加熱法について、温度に関する効果を実験的に評価した。メタンハイドレート堆積物を対象としてコア温度3℃および10℃における減圧実験下での通電加熱実験を行い、コア温度3℃においては通電加熱によりガス生産速度が増加し、かつ減圧のみと比較すると生産速度が増加するが、コア温度10℃の減圧・通電加熱実験では熱伝導によるコア温度の昇温が顕著であり、通電加熱によるガス生産速度の増加は10%未満となる等、生産井周辺の温度が低いか、周辺地層の熱伝導率が小さい場合に通電加熱法の分解法としての有効性が認められた。CO₂/水エマルジョン圧入による生産増進法では、これまでの室内実験結果を基に現場でのCO₂/水エマルジョン圧入を行うためのCO₂/水エマルジョン用プローブについて検討した。CO₂ハイドレートの特性から注入深度の坑井内でエマルジョンを生成する必要があるため、エマルジョン生成用のプローブのフィルター数や注入量などの諸量について取りまとめた。

生産障害対策・抑制技術の開発に関しては、減圧法適応時ガスの生産性を低下させる孔隙レベルでの生産障害である「氷生成・メタンハイドレート再生成」について、実験的解析を実施し、再生成に伴う浸透率低下に関するデータ取得を行った。また、「細粒砂移流・蓄積」に関する検討として、砂泥互層境界面と砂層内に含まれる泥凝集体（フロック）の可視化を試みるとともに、実験的に取得した泥層浸食に関するパラメータを用いて、長期泥層浸食シミュレーションを行い、出砂が生じないような流速条件下においては生産開始から約1ヶ月後に泥層浸食は生じなくなる可能性を示した。さらに、スキン形成過程のモデル化において、砂泥互層境界面における泥層浸食などによる泥粒子蓄積に伴う浸透率低下と塩濃度の関係を検討するために、微小領域における流動シミュレーションを行ったところ、真水と比較して海水濃度の高い条件では浸透率が時間とともに急激に低下する結果が示された。その理由として、高塩濃度の条件下では表塩電位が低くなるため粒子間の最大斥力が小さくなり、

引力（Van der Waals 力）が支配的となる距離に接近しやすくなるためと考えられた。インヒビタに関する検討として、地層間隙水に含まれる微生物由来のアンモニウムイオンに関して検討を行った。減圧法適用時に間隙水から生産井へアンモニウムイオンの流入が懸念されたので、塩化アンモニウムがメタンハイドレート生成に与える影響について、他の塩とのインヒビタとしての効果を比較したところ、メタノールに比して約1 K程度と阻害温度が低く、尿素やエタノールと同等の阻害効果と同程度であることが分かった。スキン除去対策技術の開発を目的として、粒度分布の異なる模擬堆積物試料を用いた透水性の予測と透水試験を行い、細粒分の目詰まり・流出を予測するモデルの妥当性を確認した。さらに、東部南海トラフ採取コアの粒度を模擬した試料に対して、粒度分布を考慮した目詰まり基準による透水性の予測、及び等方拘束圧下での透水実験を行い、粘土・シルト・細砂分からなる試料やシルト・粗砂分からなる試料について、目詰まりの予測判定を行えることが実験によって確認された。

生産性・生産挙動評価技術の開発においては、生産シミュレータの機能強化と商業生産の生産性評価に関しては、生産シミュレータ MH21-HYDRES に CO₂/水エマルジョン圧入による増進回収法の計算機能を付加するため数値計算コードの CO₂溶解モデル、浸透率低下モデル、エンタルピー計算に関する改良を行った。さらに、改良した計算コードを使用し、CO₂/水エマルジョンと水の一定量のスラグを交互に圧入する方式について検討し、圧入条件を調整することによって CO₂/水エマルジョン圧入法による大きな増進回収の効果が期待できることが分かった。これまで開発・改良してきた水理モデル（MH21-HYDRES）と力学モデル（COTHMA）を統合する手法について検討し、試作版の統合プログラムを開発した。また、検証したところ、統合モデルでは MH21-HYDRES に比べて小さなガス生産量、大きな水生産量が予測されることが確認された。また、グリッド・節点間のデータの引き渡しに関して、坑井からの距離の関数としての補間法とスプライン補間法を考案した。

生産挙動評価用三次元貯留層モデルの開発と産出試験の予測・検証については、貯留層およびその周辺に存在する断層の生産挙動に与える影響を評価するため、その浸透率を実験的に解析した。高い有効垂直応力8.0 MPaの下では、あるせん断変位の範囲までは、孔隙率の急激な減少が見られたが、せん断変位がさらに大きくなると孔隙率が漸減する傾向も認められた。一方、低い有効垂直応力1.0 MPaの下では、せん断変位の増加による孔隙率の大きな減少は認められなかった。有効垂直応力8.0 MPa下で形成されたせん断層について、レーザ回折粒度分析を行ったところ、せん断変位の増加によって粒子が破碎され、細粒粒子が増加したことが明らかになった。孔隙率の急激な減少は、粒子径の減少と圧縮を受

けたせん断層の形成と発達によって孔隙率の急激な減少が生じたものと判断された。また、メタンハイドレートの分解に伴う水・ガスの流動で、堆積物の成層構造が壊されると、重力分級による孔隙径分布より、粒子が乱雑に配列することで、平均的孔隙径は小さくなると考えられた。この孔隙径の減少は、シルトや未分散泥片の流出でさらに閉塞しやすくなる可能性があるため、泥質物の分散傾向と堆積物内の孔隙径変化を考えると、長期間のガス生産で、MH 分解後の地層中を分散粒子が移動するのはスキン形成のリスクを伴う可能性があることが推察された。

一方、貯留層モデル構築技術の一環として、インド洋東岸沖で採取された保圧コアを用いて、X 線 CT、P 波速度測定、 γ 線による密度測定などのコア解析を行い、東部南海トラフと同様の砂層充填型のメタンハイドレートの確認や礫から構成される層など、様々な貯留層条件に関する情報を把握し、評価技術の高度化を図った。

地層特性評価技術の開発においては、地層変形シミュレータの機能強化の一つとして、これまでに取得してきた力学パラメータをもとにメタンハイドレート含有砂質堆積物の粘弾性を表すため、ひずみ速度の減速していく1次クリープ、加速していく3次クリープにおける挙動および定ひずみ速度試験におけるひずみ速度依存性を説明可能な構成方程式に関して、メタンハイドレート飽和率や有効拘束圧などに基づく適用範囲を拡張した。これによって、メタンハイドレート含有砂質堆積物の粘弾性挙動の精度向上を図った。また、構成式の精度向上のために、ミクロの視点からメタンハイドレートの胚胎形態による地盤の変形特性の違いを検討した。マイクロフォーカス X 線 CT 装置を用いて、メタンハイドレート胚胎土を計測したところ、ハイドレート飽和率が増加するほどせん断帯の幅は小さくなり、またせん断帯の角度が大きくなることが明らかとなる等、ハイドレート飽和率の増加による強度増加が有効拘束圧にも依存することを明らかにした。

坑井の健全性評価のために、4種類の降伏規準の弾塑性モデルを新たに導入し、坑井を形成するケーシング材料およびセメントの弾塑性の評価の高精度化を図るとともに、地層と坑井の接触面強度を定量的に評価するために、個別要素法 (Discrete Element Method: DEM) により、接触面挙動の解析を行った。DEM 解析の結果、表面粗さ (R_z) を平均粒径 (D_{50}) で除して正規化した表面粗さが、ある値までは接触面摩擦力は大きくなっていくが、その値以上になると摩擦力は正規化した表面粗さに依らず、一定に収斂することが明らかになった。これは、粗さが小さい場合には粒子群と表面モデルとの界面で滑りが生じ、粒子群がほとんど変形しないが、粗い表面モデルを用いた場合には、界面で生じたすべり面が粒子群の内部に移動し、粒子群のせん断変形が顕著に生じるためと推察された。COTHMA の精度向上に資する

地層変形データの取得のために、大型室内試験装置内に上載圧負荷用ゴム膜、ターゲットマーカーとキャリブレーション格子及びカメラ2台を設置して土層の応力や変形に関する計測を行い、減圧に伴って井戸近傍からの圧密挙動や、ほぼ鉛直下向に変形する挙動の計測データ等の取得に成功した。

MH の商業化を目指す上で、長期安定的なガス生産のための地震時の海底地盤特性を調査・研究することが必要である。そのために、模擬試料を作成し、中空ねじりせん断装置を用いて繰返しせん断試験を行い、MH が濃集しているシルト質砂について実験を行い、力学パラメータの評価を行った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

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

【研究題目】 平成27年度メタンハイドレート開発促進事業「非砂層メタンハイドレート賦存層の科学的調査研究」

【研究代表者】 森田 澄人 (地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】 森田 澄人、鈴木祐一郎、中嶋 健、佐藤 幹夫、後藤 秀作、光畑 裕司、横田 俊之、小森 省吾、坂田 将、吉岡 秀佳、金子 雅紀、松林 修上田 匠 (イノベーション推進本部) (常勤職員12名、他1名)

【研究内容】

主に日本海に分布が知られている表層型メタンハイドレートについて、平成25年4月、政府は3年間の集中的な広域調査実施を盛り込んだ海洋基本計画を閣議決定した。これを受け、平成25年度から経済産業省の受託研究「メタンハイドレート開発促進事業」の一部として、表層型メタンハイドレートの調査を実施している。

3年目である本年度の調査実施種目として、1) 海洋電磁探査、2) 精密三次元地震探査、3) 掘削同時検層 (LWD: Logging While Drilling)、4) 地質サンプリング (掘削コアリング) および海底地盤調査 (CPT: Cone Penetration Test)、5) 海底環境調査を実施し、2) ~5) については公募により明治大学に再委託した。

海洋電磁探査は、発信器と受信機で構成される探査機器を海底から50m の高度で曳航しながら探査する手法であり、米国スクリプス海洋研究所のシステムを利用した。対象エリアは隠岐トラフ海域の一部であり、先に実施している詳細地質調査 (AUV 音響探査) の高精度地形データを準備していることで、これまでにない精密な海底下の比抵抗異常を捉えることができた。結果として、

マウンド地形にほぼ対応して高い比抵抗の物質が地下に分布していることが分かった。

精密三次元地震探査は、長さ150 m のストリーマ・ケーブルを18本曳航する海底浅層部をターゲットにした探査法を適用し、表層型メタンハイドレートが分布する浅層部の地質構造をこれまでにない精度で明らかにした。掘削同時検層では、各種センサーを装備した掘削機器によりマウンド等の特異点の海底下における比抵抗や自然ガンマ線量、音波速度（P 波および S 波）、核磁気共鳴（NMR）等のプロファイルデータを取得した。掘削コアリングでは、マウンド部における地質サンプリングを行うとともにメタンハイドレート試料の採取を行った。平成26年度と同様に、塊状、板状、脈状、粒状など様々な形態でメタンハイドレートが分布することを明らかにするとともに、掘削調査後は試料分析等を行った。また、掘削コアリングと同航海で海底地盤調査のために貫入抵抗試験（CPT: Cone Penetration Test）を実施した。

海底環境調査では、ROV を用いた海底のベースライン調査を実施した。ROV 潜航調査による海底での観察や底質サンプリング、生物サンプリング等を行うとともに、平成26年度に設置した長期海底下温度モニタリングシステムを回収し、データ解析を行った。

【領 域 名】地質調査総合センター、エネルギー・環境

【キーワード】メタンハイドレート、表層型、広域地質調査、海洋電磁探査、三次元地震探査、掘削同時検層、掘削コアリング、海底地盤調査、環境調査

・エネルギー使用合理化設備導入促進対策調査等委託費

【研究 題目】エネルギー使用合理化技術開発等(密閉型植物工場を活用した遺伝子組換え植物ものづくり実証研究開発)

【研究代表者】松村 健（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】福澤 徳穂、松尾 幸毅
（常勤職員2名、他3名）

【研究 内容】

本研究では、植物における新規の一過性遺伝子高発現系の開発を目的に、キュウリモザイクウイルスベクター（CMV）をベースにしたアグロインフェクション系の開発を行っている。世界的には、タバコモザイクウイルスを用いたマグニコンシステムが多用されているが、CMV の場合、分節した RNA をゲノムに持つため、調整すべきアグロバクテリウム菌培養液が複数必要になる。この欠点を解消すべく、目的遺伝子挿入に用いる分節ゲノム RNA 以外を恒常的に発現する組換え体を作成した。アグロインフェクションの場合、細胞間・組織間の移行能力は重要で無いため、CMV 外被タンパク質遺伝子を欠失させたベクター系を構築、植物細胞での不要なタン

パク質翻訳を削減することで、高発現化に成功した。

もう一つの手法として、植物の主要抵抗性メカニズムであるサイレンシング機構に関与する DCL2、または、DCL4を RNAi 法により抑制した組換え植物を作成した。これらの組換え体では、一過的に特定の遺伝子が過剰に転写されても、サイレンシング機構が抑制されているため、RNA 分解が抑制され、結果として翻訳量が増加する。

しかし、GFP 遺伝子を用いてのアグロインフェクション法による検証において、どちらの組換え体においても野生型タバコに比べて GFP 発現量の明瞭な増加は認められなかった。そこで、DCL2/4を同時に抑制する組換え体を作成し、同様に GFP 遺伝子の発現を行った結果、野生型に比べて GFP が劇的に増加することが確認できた。実際に有用タンパク質の一種として酸性型繊維芽細胞増殖因子遺伝子を用いた発現試験においても、野生型に比べて約5倍の発現を確認した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】植物ウイルス、一過性発現、アグロインフェクション、サイレンシング、植物抵抗性

【研究 題目】大口径マルチモード光ファイバ・コネクタ及びその通信性能に関する国際標準化・普及基盤構築

【研究代表者】松田 直樹（製造技術研究部門）

【研究担当者】松田 直樹、野中 秀彦
（常勤職員2名、他3名）

【研究 内容】

本事業では50 m 以下の短距離マルチモード光ファイバーを使った車載 LAN に関する国際規格と実証システムの開発、及び開発した国際規格の認証基盤の構築を行う。プラスチック光ファイバー（POF）使用で1 Gbit/s、ハードプラスチックラッド光ファイバー（HPCF）使用で10 Gbit/s の高速通信を実現する車載 LAN を対象として、光トランシーバの励振条件や、接続コネクタ、光 LAN 物理層等の規格開発を行う。具体的には POF や HPCF 等のステップインデックス型マルチモード光ファイバ（SI-MMF）を用いた短距離通信用途において、光ファイバー中を伝送するモード分布を EAF（Encircled Angular Flux）法を用いて計測し、IEC、IEEE、ISO と言った国際規格へ提案を行う。

H27年度は環境振動試験機等を新規に導入し、ビット誤り率測定等、光ファイバー、コネクタ、デバイスを組み合わせたシステム評価方法開発を行った。また IEC、IEEE 等へ国際規格提案や提案準備のためのデータ取得を行った。車載光 LAN 関連部品のインターオペラビリティ試験を中心とする認証基盤構築に向けた取り組みを開始した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】マルチモード光ファイバー、国際標準、

車載用光ネットワーク、

〔研究題目〕 過酷温度環境作動リチウムイオン二次電池の開発

〔研究代表者〕 朝倉 大輔（省エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 朝倉 大輔、松田 弘文
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

二酸化炭素の排出量を削減し、地球温暖化対策のキーテクノロジーとして、リチウムイオン電池（LIB）開発は近年、小型の携帯やノート PC 用途から自動車や定置用等の大型用途にも展開され始めた。一方で、最新鋭航空機の発煙事故に代表されるように、安全性の毀損が極めて大きな問題として表面化することとなった。特に低温運用による特性劣化が注目され、金属リチウムの成長による短絡が原因として考えられているが、そのメカニズムは未解明であり、抑制手法も考案されていない。本研究では、低温等の過酷な温度環境での劣化メカニズムの解明と、その抑制法の考案に基づく実用化への検討を分野融合的国際共同研究体制のもと進め、安全性を備えた低コスト・高容量電池の実現と社会への普及を目指す。

H27年度は、宇宙航空研究開発機構（JAXA）と連携し、低温環境での電気化学試験に着手した。また、電極材料の表面修飾により劣化抑制に関する研究を展開している米国再生可能エネルギー研究所（NREL）、電位操作下測定を展開している米国ローレンスバークレー国立研究所（LBNL）、米国スラック国立加速器研究所（SLAC）と連携するとともに、産総研独自技術による劣化抑制材料を用いた計測チップ等の開発と国内施設を利用した放射光分光測定に着手した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 リチウムイオン二次電池、電気化学、放射光分光

・産業技術研究開発委託費

〔研究題目〕 平成27年度三次元造形技術を核としたものづくり革命プログラム（次世代3次元内外計測の評価基盤技術開発）

〔研究代表者〕 高辻 利之（工学計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 高辻 利之、阿部 誠、藤本 弘之、佐藤 理、松崎 和也、呂 明子
（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

製品に対する省エネルギー、省資源の要求が高まり、部品の薄肉化・高密度化・複合化が求められ、複雑化、3次元化の動向にある。複雑に入り組んだ精密な内部構造をもつ部材や、異種材料・複合材料を組み合わせた部品を製造する機会が増えてきている。その際、部品同士における寸法・形状のずれや強度不足、さらに部品内部における予測できない変形・欠陥が発生するため、製造

部品の内部まで設計通りの加工寸法・組立配置が実現されているかを正確に計測することが求められている。本研究では、複数の部品及び数種類の材質からなる産業製品内部を非破壊で高精度に計測し、高エネルギーで計測精度の保証があるディメンショナル X 線 CT を開発し、その性能や計測結果の信頼性を客観的に評価する評価技術の開発を実施する。本年度は高エネルギー・高分解能 X 線 CT 装置として完成させた。分解能評価ゲージを参照し、撮影視野 $\Phi 300$ mm の条件において 0.1 mm/0.1 mm のライン/スペース構造に対する分解表示ができたことを確認した。また、0.5 MTF（振幅伝達関数）を指標とした場合、2.59 (1/mm) を実現し、開発目標である 2.5 (1/mm) を達成した。さらに計測用 X 線 CT による寸法計測手法、精度評価手法等を国際標準化するため、ISO 規格原案の作成に向けた日本の主張を活発に行うとともにプロジェクトリーダーとして各国の意見調整を進めた。2016年1月に開催の ISO/TC213/WG10 プエブラ会議において計測用 X 線 CT の性能評価法 ISO 規格原案について NWIP/CD 投票に付すことの議決を得た。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 三次元座標計測、X 線 CT、CT、X 線

〔研究題目〕 ハイパースペクトルセンサーの校正・データ処理等に係る研究開発

〔研究代表者〕 土田 聡（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 土田 聡、岩男 弘毅、山本 浩万、小畑 建太、永谷 泉、堂山 友己子
（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

地球観測の中で高波長分解能を有するハイパースペクトルセンサーは、高波長分解能のデータを取得することができるため従来センサーに比較し、より詳細な対象物の性質分析が期待される。このハイパースペクトルセンサーを活用するためにはデータ処理技術の開発が不可欠である。このため、当部門では、ハイパースペクトルセンサー及びマルチスペクトルセンサーで取得されるデータの処理アルゴリズム、特に大気補正プロダクトに係る作成処理技術の研究開発を実施した。

ハイパースペクトルセンサーのテストデータとして EO-1搭載 Hyperion を、マルチスペクトルセンサーとしては LANDSAT8号搭載 OLI を対象に、開発した暗画素法に基づく大気補正、地形効果補正をテストサーバに実装した。マルチスペクトル（OLI）用では、OLI バンド4データと標高データを用い MODTRAN によりエアロゾル量を推定、その上で各種大気補正用パラメータを標高ごとに得られるように設定、大気補正と同時に地形効果補正も実施できるものとした。Hyperion も、ほぼ同一の処理手順となるが、エアロゾル量推定において、波長方向に重み付き積分した疑似的な OLI バンド4デー

タ作成してから処理を実施する点が異なった。また、これら処理を操作する（大気補正プロダクト作成の）ための web ポータル（プロトタイプ）を構築、さらに、その上で産総研が過去同期観測を行った地上観測値を基に、他の大気補正アルゴリズムとの比較を実施、開発したアルゴリズムの検証を行った。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕衛星画像、画像補正、ハイパースペクトルセンサー

〔研究題目〕ハイパースペクトルセンサー・データの高度利用等に係る研究開発

〔研究代表者〕土田 聡（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕土田 聡、岩男 弘毅、山本 浩万、小畑 建太、永谷 泉、堂山 友己子（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

地球観測の中で高波長分解能を有するハイパースペクトルセンサーは、高波長分解能のデータを取得することができるため従来センサーに比較し、より詳細な対象物の性質分析が期待される。経済産業省が現在開発中のISS搭載センサーは、ハイパースペクトルセンサーであり（以下、ISS ハイパー）、これを活用するためには、校正・検証の技術開発が不可欠である。当部門では、代替校正、相互校正、校正アーカイブシステムの開発を実施した。

代替校正については、ISS ハイパー用に代替校正情報の仕様・設計の改良・改善を実施、また、野外利用反射板を高精度化する校正機器の改良・改善も実施した上で、代替校正野外実験（ISS搭載としたことによる生じる課題を明確化、新たな観測手法提案）を進めた。相互校正については、ISS ハイパーと同じくISSに搭載予定の類似センサー（DESIS（独）およびCLARREO（米））との相互校正を想定、センサー間のバンド中心波長や半値幅のずれに起因する大気上端放射輝度の系統誤差（波長依存性）の評価を行った。校正アーカイブシステムについてはシステム設計および開発環境の整備を進めた。各機能に必要な入出力インターフェース仕様を検討・提案、格納されたサンプルデータの内容とフォーマットを確認、ラジオメトリックDBの仕様にもとづきスマイル補正後の波長並びに対応する太陽照度モデル値とスマイル補正開始位置のサンプルデータを準備した。また、ラジオメトリックDB操作のためのコマンド（作成用、データ入力用、値表示用、ファイル評価用）を試作した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕衛星画像、校正・検証、ハイパースペクトルセンサー、ISS

〔研究題目〕ナノ材料の安全・安心確保のための国際

先導的安全性評価技術の開発

〔研究代表者〕本田 一匡（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕本田 一匡、蒲生 昌志、五十嵐 卓也、篠原 直秀、佐々木 毅、川口 建二、古賀 健司、古屋 武、清水 禎樹、陶 究、伯田 幸也、山本 和弘、榎原 研正、飯田 健次郎、櫻井 博、江馬 眞、張 貴華、斎藤 英典、カザウイ 理香、福井 浩子、蒲生 吉弘、宮本 宏幸、内田 邦夫、森田 佳実、吉田 智子、林田 津安子、根田 雅美（常勤職員15名、他12名）

〔研究内容〕

ナノ材料の物理化学性状がどのような範囲であれば有害性が同等と見なせるか（同等性）の判断基準の構築と、簡便な初期有害性試験方法の確立を目的として、以下の研究開発を行った。

1) 同等性評価のための試料調製技術とキャラクタリゼーション

吸入暴露試験用の試料を検討した結果、酸化亜鉛ナノ粒子を選択して、高濃度（10 mg/mL）分散液を提供した。提供試料及びその原粉末のキャラクタリゼーションを進めた。本プロジェクトにおける試料調製やキャラクタリゼーションの具体的な手法や手順を解説した技術解説書を作成し、公開した。

2) 吸入暴露試験と気管内投与試験の比較検討（マクロファージ活性化）

酸化ニッケル、二酸化チタン、酸化セリウム、酸化亜鉛のナノ粒子の気管内投与試験と吸入暴露試験のBALFを用いたマクロファージ活性関連因子（マクロファージ数、SP-D や蛋白濃度）の検討を行った。得られた成果を、気管内投与試験法に関する技術解説書に加えた。

3) エアロゾルの安定発生手法の構築

エアロゾル発生・供給装置における液と空気の流量・圧力を広範囲に変化させ、様々なナノ材料を高濃度・高効率でエアロゾル化することを目指した実験・測定を行った。また、動物暴露システムにエアロゾル発生系を接続して、酸化亜鉛ナノ粒子の吸入暴露試験を実施した。これまでに得られた知見に基づいて、多様なナノ材料から吸入暴露試験用エアロゾルを得る手法の指針をとりまとめて公開した。

4) エアロゾルの液相捕集手法の構築

これまでに開発してきたエアロゾルの乾式発生・液中捕集システムを最適化し、現実の気管内投与試験用懸濁液作製に適用可能な技術とするための性能確認を行った。また、本手法が幅広いナノ材料に適用できることを確認するため、粒子表面が強疎水性に修飾された二酸化チタンナノ材料を試験用試料とした検討を行った。これまでの成果に基づき、気管内投与試験用試

料作製のためのエアロゾル液相捕集法に関する標準的
手順書の試案をとりまとめて公開した。

5) ナノ材料の体内分布及び生体反応分布の定量化技術 の開発

開発した観察手法をこれまでに実施した酸化ニッケル
ナノ粒子および二酸化チタンナノ粒子の気管内投与
試験投与後1年の長期観察に適用するとともに、有害
性が二酸化チタンと酸化ニッケルの中間程度と考えら
れる酸化セリウム等を投与したラット動物試験に適用
して手法の有用性を検討し、技術解説書を完成させ、
公開した。

6) ナノ材料の体内動態と生体反応に関する数理モデル の構築

気管内投与試験したシリカナノ材料と酸化ニッケル
ナノ材料の肺クリアランスや臓器間移行といった体内
動態について解析した。また、シリカナノ材料の体内
動態を把握する目的で静脈注射試験を実施した。さら
に、肺の局所でのナノ材料と影響の分布を観察し、両
者に関連づけることで、局所的な用量反応関係を導出
した。これらの知見をまとめ、ナノ材料の体内動態の
解析にかかる技術解説書をまとめて公開した。

7) 培養肺胞モデル評価系の開発と数理モデル化への利 用方法に関する研究開発

これまで検討してきた系に血管内皮細胞の添加を行
い、緊密かつ安定な共培養を達成した。これを用いて、
数理モデルでの解析により、粒子透過を定量的に見積
もることができた。また、少数の II 型肺胞上皮細胞
と扁平に広がる I 型肺胞上皮細胞の共存状態を、肺胞
とほぼ同じ大きさを持つマイクロウェル構造により再
現できる可能性を示した。これまでに得られた知見に
基づき、培養肺胞モデル評価系によるナノ材料評価の
標準的手順書の試案をまとめて公開した。

8) 国際動向の把握

OECD での活動としては、カテゴリー化・同等性
等の概念に関するプロジェクトを主導し、その報告書
が公表された。また、動物を用いた吸入毒性スクリー
ニング試験方法に関する OECD 情報共有セミナーを
米国 EPA 本部で開催した。ISO での活動としては、
特に、TC229/WG3/PG15で作業した技術報告書にプ
ロジェクト成果等を反映させた。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 ナノ材料、同等性、キャラクタリゼーシ
ョン、有害性評価、体内動態、細胞試験、
気管内投与試験、吸入暴露試験、国際発
信

・放射性廃棄物処分基準調査等委託費

〔研究 題 目〕 平成27年度地層処分技術調査等事業（地
層処分共通技術調査：海域地質環境調査
確認技術開発）

〔研究代表者〕 丸井 敦尚（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 丸井 敦尚、光畑 裕司、町田 功、
小野 昌彦、横田 俊之、井川 怜欧、
上田 匠、楠瀬 勤一郎、樽沢 春菜
（常勤職員7名、他2名）

〔研究 内 容〕

我が国では、これまでの原子力エネルギー利用に伴い
既に放射性廃棄物が多量に発生しており、この処理処分
対策を着実に進める必要がある。高レベル放射性廃棄物
等の地層処分については、「原子力政策大綱」等に沿っ
て、国や研究開発機関等がそれぞれの役割分担を踏まえ
つつ、密接な連携の下で基盤研究開発を着実に進めてい
くこととしている。しかし、有力な候補地となりうる沿
岸域（とくに浅海域）では、これまで物理探査が困難で
あることなどから断層等の地質構造調査が十分になされ
てこなかった。沿岸域に潜在する断層は、地質学的な安
定性を欠くばかりでなく、深層地下水の流路として核種
の選択的な移行経路になる可能性がある。また、塩淡境
界に伴う地下水の上向き流動なども人間生活圏に大きな
危険を及ぼす恐れがある。沿岸域が処分場の候補地とな
る可能性がある以上、沿岸域に係る調査法や既存データ
の再解析法の適用性や信頼性を向上させる必要があると
考え、本委託事業「海域地質環境調査確認技術開発」は、
原子力発電環境整備機構（NUMO）の強い要請を受け、
平成19年度より開始している「沿岸域塩淡境界・断層
評価技術高度化開発（H19～H24）」および「海域地質
環境調査技術高度化開発（H22～H23）」の発展的な研
究課題として、前述の全体計画のうち「地質環境特性調
査評価技術」における要素技術の開発・改良・高度化研
究の一つとして位置付けられた。

本研究は、沿岸域において、原子力政策大綱でいう、
地上からの調査を想定した、ボーリングによる地質・地
下水環境を調査・観測しながら、段階的かつ繰り返し地
下水の流動解析を行い、沿岸域における塩淡境界の形状
把握と地下水の長期的な流動・滞留状況を評価する。こ
れによって、ボーリング掘削を含めた地下水調査と物理
探査との組合せや関連データベースの活用等を含めた、
沿岸域における淡水地下水の賦存状態や断層等による地
下水流動の把握及びその長期的な変遷の評価に係る総合
的な調査評価手法として構築することを目的としている。

沿岸域から浅海域の地質構造を詳細に把握することを
目的に、エアガン震源および海底設置型受振ケーブル
（OBC）を用いた三次元反射法調査を実施した。その
結果、限定的な領域（東西方向約1 km×南北方向500
m）ではあるものの、地下構造を三次元的に捉えること
ができ、断層構造などの地下構造把握が容易となった。
その一例として、深度300 m 程度までの領域において、
海底地形に沿った構造および沿岸近くにおいては東落ち
の反射面が捉えられた。この位置は、陸域の入山瀬断層
の延長に当たり、断層活動に起因するものであると解釈

することができた。

経済産業省委託事業「平成25年度沿岸域の地質・活断層断層調査」および「水文環境図（富士山）」で得たデータ等を二次利用することにより、各種地球化学データを取得した結果、富士山地域における水質や同位体比の分布は、地下水の流動と非常に調和的であり、また各種同位体比や微量元素成分を使用することで、地下における地下水の影響範囲の広がり把握できることが明らかとなった。さらに富士川の河口域において断層あるいは塩淡水境界に起因する地下水の上昇流が存在している可能性も示唆された。

ボーリング調査では、富士川右岸地区において、富士川砂礫層が深度180 m まで分布することが確認され、隆起量を推定するとともに、地層ごとの透水性や水質を把握できた。富士川左岸地区においては、富士川砂礫層中に挟在する富士火山噴出物（安山岩～玄武岩溶岩）が確認された。両地区で実施した地下水・間隙水の解析では、第四紀火山噴出物が分布する沿岸域においても、塩水楔の形状に深度ごとに違いがあることが推定された。富士川右岸地区の深度約150 m から得られた地下水の¹⁴C年代は10,000年前後と考えられ、この地点で見られた塩淡水が現海水のものであるかどうかは、慎重な議論を必要とすることも判明した。

富士川右岸から田子の浦港東部にかけて行った海底地形調査では、これまでの海底地形図で認識されていなかった微地形を明らかにした。また、海域への延伸が推定されている入山瀬断層の付近における特徴的な地形や、氷期の侵食の可能性のある急崖部を検出するなど、沿岸域の地質構造を評価する上で有用な知見を得た。サイドスキャンソナー等で得られる音波散乱記録について、海底からの地下水の湧出に伴う諸現象（砂のまきあげや気泡の混入など）を仮定してその分布域の抽出し、ROVによる光学画像と水質計による確認を行った。その結果、抽出された分布域において塩分濃度の有意な低下が確認され、海底湧出地下水の存在が推定されることから、散乱記録が海底湧出地下水検出のための指標のひとつになる可能性が示唆された。これらの結果は過去の研究成果と合わせてとりまとめ、報告書を作成するに至った。

〔領 域 名〕地質調査総合センター、エネルギー・環境

〔キーワード〕沿岸域、海底湧水調査、地層処分、深部地下水、断層、三次元反射法調査

〔研究題目〕平成27年度地層処分技術調査等事業（地層処分共通技術調査：沿岸部処分システム高度化開発）

〔研究担当者〕丸井 敦尚（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕丸井 敦尚、町田 功、小野 昌彦、井川 怜欧（常勤職員4名、他3名）

〔研究内容〕

高レベル放射性廃棄物の地層処分について、平成27年5月22日に閣議決定された「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」では、国が科学的有望地を提示し、処分地選定調査への協力を自治体に申し入れるよう改定され、平成28年現在、科学的有望地の具体的要件・基準については、総合資源エネルギー調査会地層処分技術ワーキンググループにて専門家による検討が進められている。その検討の中では、「適性の低い地域」を除いた上で、廃棄物の輸送時の安全性の観点から、沿岸部（島嶼部や海底下を含む）が「より適性の高い地域」として議論されるとともに、沿岸部における特性と留意事項が示され、今後の調査研究への取組についても、具体的な検討の場で議論すべきとの指摘が示された。また、並行して審議が進められている総合資源エネルギー調査会放射性廃棄物ワーキンググループにおいても、沿岸部にどのような一般的特性や課題があるのかを含め、丁寧な説明が必要との指摘がなされた。

上記の背景から、本委託事業では沿岸部における地層処分技術の信頼性及び安全性の向上を目的に、沿岸部を対象とした技術課題の整理を行うとともに、概要調査段階等で必要な技術開発を地質環境の調査技術・工学技術・安全評価技術に区分した上で取り組む。

具体的な事業は、

- (1) 沿岸海底下等における地層処分の技術的課題に関する検討
- (2) 沿岸部における地質環境の調査技術の高度化開発
- (3) 沿岸部における工学技術の高度化開発
- (4) 沿岸部における安全評価技術の高度化開発

の4項目からなり、産業技術総合研究所のほか、日本原子力研究開発機構、電力中央研究所、原子力環境整備・資金管理センターとの共同研究である。(1)では、平成27年度に組織した、関連する専門性を有した学識者と、原子力発電環境整備機構及び関連研究開発機関等から構成される研究会を開催し、研究の運営や取りまとめに関する議論を実施した。

(2) 沿岸部における地質環境の調査技術の高度化開発に関しては、①沿岸部における隆起・侵食に関する研究と②沿岸部における断層活動・火成活動に関する研究から構成されており、産業技術総合研究所は、この両課題に対して、日本原子力研究開発機構ならびに電力中央研究所と共同して研究を進めた。

①沿岸部における隆起・侵食に関する研究では、海水準変動と地殻変動の両者の影響下にある隆起・侵食等、沿岸部の処分システムの理解に必要な天然現象に関わる研究とそれに必要な要素技術の開発を行った。沿岸部海域における隆起・侵食の評価手法の一つとして、陸域の隆起・侵食の様式の海域への空間的外挿が考えられることから、文献調査・地質解析により、我が国の沿岸部の隆起・沈降に関わる地殻変動様式について整理した。併せて、海底谷等、侵食に関わる沿岸陸域～海域の地形情

報の整理を行い、沿岸海域の下刻侵食の評価手法の検討を行った。また、海成段丘の発達の乏しい沿岸部の隆起量や海水準変動に伴う侵食量（海岸侵食、河川による下刻）を精度良く推定するための沿岸部に局所的に分布する海成の堆積物・侵食地形の認定及び堆積年代の導出（¹⁴C年代、ルミネッセンス年代等）に必要な技術の開発を進めた。その上で、とりわけ産業技術総合研究所は、50万件を超える関連既存文献の調査を通して、沿岸海底下の地質・地質構造ならびに地質環境特性に関わる情報整備を行った。

②沿岸部における断層活動・火成活動に関する研究では、地形的（位置・形状等）に不明瞭な陸域の断層と海域の断層の連続性や活動性等を把握するため、既存の調査・評価手法の有効性と問題点を提示した。さらに、沿岸海底下における火山活動や深部流体等の存否を把握するための手法として、地震波トモグラフィー及び海底電磁探査等の地球物理学的アプローチの適用性を検討しつつ、既存物理探査データの再解析など、地質構造把握の高精度化に向けた方法論についても検討した。

（3）沿岸部における工学技術の高度化開発に関しては日本原子力研究開発機構が、（4）沿岸部における安全評価技術の高度化開発に関しては原子力環境整備・資金管理センターが中心となり、精力的に課題の推進を図った。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】沿岸域、地層処分、地質環境、深部地下水、長期安定性、調査技術

・温暖化対策調査等委託費

【研究題目】平成27年度二酸化炭素回収・貯蔵安全性評価技術開発事業（弾性波探査を補完するCO₂挙動評価技術の開発）

【研究代表者】西 祐司（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】西 祐司、中尾 信典、光畑 裕司、菊地 恒夫、高倉 伸一、杉原 光彦、雷 興林、及川 寧己、中島 善人、佐々木 宗建、徂徠 正夫、加野 友紀、宮越 昭暢、上田 匠、宮崎 晋行、藤井 孝志、上原 真一、眞弓 大介、名和 一成、宮川 歩夢、田中 明子、相馬 宣和（常勤職員22名、他1名）

【研究内容】

1) 弾性波補完モニタリング技術の開発

本研究では、重力、自然電位、AE（Acoustic Emission）などの多面的なモニタリング技術をCO₂地中貯留に適用し、弾性波探査（反射法など）を補完できるモニタリング技術を構築することで、長期的なモニタリングコストの低減を目指している。特に、重力モニタリングに関しては、苫小牧の観測点において超伝導重力計による1年以上の観測を成功させ、これまでの測地研

究等で想定されなかった海岸近傍環境において超伝導重力計の使用が可能であることを実証した。これまで継続して観測を行ってきた米国・南西部炭素隔離地域パートナーシップのCO₂大規模圧入テストサイトであるファーンズワース（米国テキサス州）での成果や、ポストプロセスを用いたケース・スタディ結果等を考慮した結果、重力がCO₂地中貯留の長期間モニタリングに使える監視手段として有望であることが示された。

最適モデリング技術の開発では、数値シミュレーションにより計算される温度、圧力、CO₂飽和度等の変化量を、観測可能な物理量（理論計算値）に変換するプログラムの開発・整備を行い、長期CO₂挙動予測の精度向上に寄与することを目指している。今年度は、遮蔽層がポーラス媒体である場合とフラクチャー岩体である場合の比較のために、開発したポストプロセスを用いて反射法の変動予測計算を実施した。

以上の成果を基に、多面的モニタリング手法の実施指針と地球物理ポストプロセスの使用法の初期版をまとめた。

2) 遮蔽性能評価技術の開発

ジオメカニクスを考慮した断層モデリング手法の開発では、流体流動-岩石力学（ジオメカニクス）連成シミュレーション手法を我が国の地質条件に適した形にカスタマイズすることで、CO₂圧入に伴う地層・岩盤の動的応答を事前評価し、その発生を避けることのできる圧入条件を導くことを目指している。松代ナチュラル・アナログ事象に対して、軟岩の変形に伴う浸透率変化に関する室内実験データと構成則を取り込み、ヒストリー・マッチングおよび断層破碎ゾーンの細分割をすることにより、主要な観測データを総括的に説明できるモデルが構築された。このことから、TOUGH とFLAC3Dによるアプローチが、日本のCO₂地中貯留サイトにおいても有効であることが実証された。

CO₂移行性能評価技術の開発では、我が国の一般的な地質構造としての砂泥互層に関して、CO₂長期挙動シミュレーションに資する地質モデリング手法の開発を目的として、砂泥互層に対応したシール圧の評価手法の検討、砂泥互層内での化学的反応プロセスの評価、および砂泥互層内でのCO₂挙動シミュレーションを行った。シール圧の評価手法の検討では、地中貯留を模擬した温度・圧力条件下において、内部構造を制御した焼結体試料に対する浸透実験を実施した。最終的な知見として、スレッシュホールド圧-浸透率の相関性に対しては、構成粒子のサイズ分布が均一か分散かが重要な因子であり、形状や組成の効果は必ずしも大きくないことが明らかとなった。また、各種堆積岩のスレッシュホールド圧は、混合粒径の球状シリカに対する近似直線と、全焼結体のスレッシュホールド圧の下限値に相当する近似直線で挟まれた範囲に含まれることが示された。

【領域名】エネルギー・環境、地質調査総合センタ

ー

【キーワード】CO₂地中貯留、モニタリング、重力、自然電位、AE、米国 SWP、断層、モデリング、ジオメカニクス、ナチュラル・アナログ、砂泥互層、シール圧、地化学プロセス

・工業標準化推進事業委託費

【研究題目】クラウドセキュリティに資するバイオメトリクス認証のセキュリティ評価基盤整備に必要な国際標準化・普及基盤構築

【研究代表者】寶木 和夫（情報技術研究部門）

【研究担当者】寶木 和夫、大塚 玲、大木 哲史、山田 朝彦（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

バイオメトリクス認証技術に対する社会的に認知されたセキュリティ評価基準がないことで、各製品のセキュリティ性を客観的に評価できない状況を改善するため、バイオメトリクス製品の CC (Common Criteria) 認証に向け、国内に、①産業界が無理なく参加可能、②十分に有効性があり、③継続性のある、バイオメトリクス製品のセキュリティ評価基盤を3年間で整備することを目的とした。

研究計画として、精度については評価ツール、また安全性については既にあるセキュリティ評価基準に則って PP (Protection Profile) 及び PP に付随する評価手法を作成し、更に評価機関及び認証機関が PP 及び評価手法に基づく評価及び認証を実施可能にすることによって、バイオメトリクス製品のセキュリティ評価・認証基盤を整備することとした。また、本事業に参加するベンダー各社の協力を得て、各社のバイオメトリクス製品に対して、作成する精度評価ツールを適用して精度評価を実施し、開発した PP を基に各社製品の ST (Security Target、セキュリティ機能仕様書) を作成して、各社のバイオメトリクス製品に対するパイロット評価・認証の実施に取り組むこととした。

平成27年度は、平成26年度に作成した PP を拡張して、バイオメトリック照合製品の登録処理と照合処理を対象にした PP を開発した。上記 PP は、評価機関による評価に合格し、国内認証機関である IPA (独立行政法人情報処理推進機構) によって認証された。また、ベンダー各社が上記 PP に基づいた評価エビデンス文書作成を試行することで、上記 PP の妥当性を検証した。平成28年度のパイロット CC 評価認証に備え、脆弱性評価のための偽造生体作成を試行した。今後は、評価手法を整理し、選定した製品に対してパイロット CC 評価認証を実施する。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】バイオメトリクス、脆弱性評価、セキュリティ評価・認証基盤

【研究題目】医療用途のプラズマ装置等に関する国際標準化

【研究代表者】榊田 創（電子光技術研究部門）

【研究担当者】榊田 創（電子光技術研究部門）、池原 譲（創薬基盤研究部門）、金 載浩（電子光技術研究部門）、藤原 大（電子光技術研究部門）、中西 博之（電子光技術研究部門）、大隈 利恵子（電子光技術研究部門）、池原 早苗（創薬基盤研究部門）、長榮 世（創薬基盤研究部門）、中井 奈美（創薬基盤研究部門）

【研究内容】

2013年4月に上海にて開催された IEC/TC62-SC62D 総会において、「発生させたプラズマを Medical application で利用する」と定義される医療用プラズマデバイスについて、特に IEC の定める止血機器の国際標準 IEC60601-2 「High Frequency Electrosurgery Equipment」でカバーされない項目が存在することが確認され、これに対応する New Working Item Proposal (NWIP) 提案の必要性が確認された。そこで、Ionized gas coagulation equipment に関する新規 NWIP ドラフトの策定を産総研、ニコン、東大病院、国際医療福祉大学が行い、日本が提案した。国際投票の結果、新規ワーキンググループ (IEC/TC62-SC62D WG34) の発足が認められた。H27年度は、ワーキンググループ会議を2回開催し、新規規格 IEC60601-2-76) に関して、ワーキングドラフト及び委員会原案の策定を行った。そして、Low energy ionized gas coagulation equipment に関する委員会原案の国際回覧を行った。

【領域名】エレクトロニクス・製造、生命工学、計測・標準

【キーワード】プラズマ、プラズマ診断、医療機器、外科手術、国際標準

【研究題目】戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発事業：アクセシブルデザイン及びその適合性評価に関する国際標準化）

【研究代表者】持丸 正明（人間情報研究部門）

【研究担当者】持丸 正明、倉片 憲治、伊藤 納奈、大山 潤爾、関 喜一、佐藤 洋、佐川 賢、水浪 田鶴、野田 景子、榊 和子（以上、人間情報研究部門）、田村 繁治、茂里 康、長澤 真紀（以上、健康工学研究部門）、横井 孝志（日本女子大学）（常勤職員8名、他6名）

【研究内容】

本事業では、JIS「高齢者・障害者配慮設計指針」シリ

ーズ、ISO/IEC Guide 71、及び ISO/TR 22411に基づいて、高齢者及び障害者のニーズに対応した製品やサービスに関する一連の国際規格原案を作成し、ISO に提案する。また、その目的のために、高齢者や障害者の人間特性データ収集のための実験等を行う。さらに、それらの規格に準拠し、アクセシビリティに配慮された製品であることを確認し、消費者に的確に示すための適合性評価制度の検討を行う。

平成27年度の実績は以下のとおりである。(1) アクセシブルデザイン適合性評価制度に関する指針の国際提案に向けて、評価基準の試案の見直しを行った。(2) ISO/TR 22411の改訂作業を ISO/TC 159/WG 2にて行った。(3) ISO/TC 159における国際標準化に関して、次の i) ~ v) に関する調査・実験の実施、標準化提案の準備、原案の審議等を行った：i) 色の組合せ方法、ii) 最小可読文字サイズ推定方法、iii) 触知図形の基本設計方法、iv) 消費生活用製品の報知光、v) 消費生活用製品の音声案内。また、(4) 上記 (1) ~ (3) の国際標準化活動を円滑に行うために、欧州との連携強化及び調整を行った。

平成28年度は、引き続き個々の ISO 規格原案の作成作業等を進めていく予定である。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 高齢者・障害者配慮、ISO/IEC Guide 71、国際標準化、JIS、感覚特性、身体特性

【研究 題 目】 戦略的国際標準化加速事業（生活支援移動ロボットの非接触センシング技術に関する国際標準化）

【研究代表者】 角 保志（ロボットイノベーション研究センター）

【研究担当者】 角 保志、藤原 清司、中坊 嘉宏（ロボットイノベーション研究センター）、金 奉根（知能システム研究部門）、山田 陽滋（名古屋大学）
（常勤職員4名、他1名）

【研究 内 容】

本事業は、ISO13482で規定される生活支援ロボットの中で、移動ロボットに関する非接触センシング技術の試験方法に関する国際標準化を行うことを目的とする。本事業では、以下の研究開発を実施する。

①非接触センサの人検知性能が、気象現象から受ける影響についての評価基準を策定し、試験方法を開発する。平成27年度は、屋内で降雨を模擬できる人工降雨装置を開発し、降雨空間の空間分光透過率を計測した。また、平成26年度までに開発した模擬降雪装置を用いたセンサ評価試験を実施した。さらに、モーションキャプチャ装置と連動させた障害物回避試験の予備試験を実施した。

②非接触センサの人検知性能が、検知対象の部位の移

動・運動によってどのような影響を受けるかについての評価基準を策定し、試験方法を開発する。平成27年度は、人や障害物の位置と移動を計測する運動検知試験装置を開発し、障害物の運動情報に関する信号取得の信頼性を議論するための指標化が可能となることを実験によって示した。また、接触型センサのメーカーおよびユーザに対して、障害物検知技術の標準化対象ニーズに関するアンケート調査を実施した。

③開発した耐外乱試験方法と対人運動検知性能試験方法をとりまとめ、規格素案を策定する。平成27年度は、上記①と②で得られたデータに基づき、規格化についての検討を行った。また、IEC/TC44/WG14に参加し、新しい安全センサ規格である IEC TS 62998についての情報収集を行った。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 生活支援移動ロボット、安全センサ、性能評価、国際標準化

・希少金属資源開発推進基盤設備委託費

【研究 題 目】 平成27年度希少資源開発推進基盤整備事業（資源権益確保推進事業のうち資源開発可能性調査に係るもの）

【研究代表者】 高木 哲一（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】 高木 哲一、大野 哲二、児玉 信介、昆 慶明、荒岡 大輔、森本 慎一郎、徐 維那、江島 輝美、
Jacqueline Vidal Satur、
Buenaveturada Calabria、須藤 定久、
月村 勝宏、宮腰 久美子、猪川 洋子
（常勤職員6名、他8名）

【研究 内 容】

本事業は、平成27年度一般会計により、資源エネルギー庁から受託したものである。本事業は、1) 北米におけるレアメタル等鉱床の資源開発可能性調査、2) 南アフリカ共和国ブロックスプリット鉱床の資源開発可能性調査、3) ブラジル連邦共和国におけるレアメタル資源開発可能性調査、4) 東南アジア地域におけるレアメタル資源開発可能性調査の4項目で、地圏資源環境研究部門により実施された。また、2) の事業期間が延長されたため、本事業の一部は平成29年1月末まで繰越して実施されている。

1) では、共同研究先の米国地質調査所（USGS）がレアメタル鉱床研究プログラムの大幅な組み替えを実施したため、平成26年度まで実施したレアメタル鉱床調査は一旦中止とし、新プログラムへの参画を試みた。そのため、11月に USGS デンバー支所を訪問して双方の実施内容を確認した。また平成28年1月にデンバー支所を再訪し、産業技術総合研究所は、ミズーリ州を中心とする IOCG 型鉱床およびそれに付随するレアアース鉱床の調査・研究プログラムに参画することで合意した。

その際に受領したミズーリ州ピーリッジ鉱床で得られた掘削コア試料について、予察的化学分析を実施した。また、USGS ツーソン支所と産業技術総合研究所が共同で作成中のグローバルレアアース資源データベースに関する打合せを11月にツーソン支所にて実施した。

2) は南アフリカ地球科学審議会 (CGS) と共同であり、平成26年度のトレンチ掘削にて採取した試料の選鉱試験を実施し、特に酸リーチングと浮遊選鉱を中心にレアアースの抽出を試みた。これらの選鉱試験で一定の成果を得たが、精鉱を作成できる品位には到達しなかった。そこで、国内での選鉱試験と並行して、Mintek (国立鉱物処理研究所) での選鉱試験を日本企業を經由して再委託し、さらに高度なレアアース抽出技術の開発を試みた。ところが、当該鉱石試料が放射性物質とみなされ、南ア国内の輸送に許認可が必要であることが判明し、さらに CGS 所内での Mintek における選鉱試験実施の許認可にも時間を要したことから、平成27年度中に Mintek による選鉱試験を実施することが困難な状況となった。そこで、本事業を平成28年度に繰り越して、選鉱試験を継続中である。

3) は、ブラジル鉱産局の事情により平成26年度に引き続き、本年度も現地調査が実施できなかった。そこで、平成25年度に現地調査を行ったゴイアス州北部のセハヴェルデ・イオン吸着型鉱床の試料からのレアアース抽出試験を再委託して実施した。また、バイア州に産する金属シリコン用高純度石英を、国内企業を通じて入手し、それらの不純物相の特定と分布の解析を実施した。また、再委託事業として、放射光を用いたイオン吸着鉱中のレアアース存在状態の解析を実施した。

4) は、再委託先の企業と共同で主にタニダリー管区南部のスズ・タングステン鉱徴地等の現地調査を実施した。また、同地区でのレアアース鉱床の予察的調査も実施した。

これらの調査研究を進めるために、レアメタル分析・選鉱実験手法の改良・高度化を進めた。

〔領 域 名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 レアアース、地質調査、選鉱実験、米国、南アフリカ、ブラジル、ミャンマー

・化学物質安全対策委託費

〔研究題目〕 平成27年度化学物質安全対策（製品含有化学物質の暴露評価手法開発に関する調査）

〔研究代表者〕 東野 晴行（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 東野 晴行、恒見 清孝、梶原 秀夫、頭士 泰之、村井 賀子、高井 淳、山取 由樹、佐渡 寛子
（常勤職員4名、他4名）

〔研究内容〕

製品に含まれる化学物質の吸入、経皮及び経口暴露の

評価のために、事業者や行政機関が実務で使用できる室内製品暴露評価ツールの開発し、当該ツールを用いた暴露評価のケーススタディを行った。具体的には以下の調査・研究・開発を実施した。

（1）吸入・経皮・経口暴露評価モデルの開発

吸入暴露評価については、スプレー製品を対象としたモデルの開発を行った。経口暴露評価については、プラスチックからハウスダストへの移行試験を行い、ハウスダスト移行モデルの開発を行った。室内に存在する製品のプラスチック部材についてサブスタンスフロー解析を行い、バックグラウンド排出量推定機能の開発を行った。

（2）統合化評価ツールのインターフェース開発

吸入・経皮・経口の経路別暴露量を統合した総暴露量を推定可能とするインターフェースの開発を行った。企業ヒアリングにおいてニーズの高かった機能（有害性情報表示機能、製品別寄与率推定機能、パラメータ設定根拠表示機能、食器用洗剤経口暴露推定機能、データベース管理機能）を持ったインターフェースを開発した。

（3）データベースの開発と根拠資料の作成

室内製品暴露評価ツールで評価対象とすることが想定される20種類以上の製品について、製品パラメータのデフォルト値データベースと根拠資料を作成した。120種類以上の化学物質について、CAS 番号、分子量、融点、沸点、蒸気圧、水溶解度等の10項目以上の情報を搭載した化学物質データベースを構築した。集団を対象とした暴露量分布を評価するために必要な住宅・世帯・人に関するデータベースと、その設定の根拠資料を作成した。

（4）製品含有化学物質の暴露評価のケーススタディ

室内製品暴露評価ツールを用い、顔料不純物、溶剤、防虫剤、難燃剤、殺虫剤の5種類の用途の化学物質を対象に、暴露評価のケーススタディを実施した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 室内環境、消費者製品、吸入暴露、経皮暴露、経口暴露、暴露モデル

・非化石エネルギー等導入促進対策調査等委託費

〔研究題目〕 平成27年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（水素拡散挙動調査）

〔研究代表者〕 佐分利 禎（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 佐分利 禎、高橋 明文、和田 有司、椎名 拓海、松木 亮、久保田 士郎、橋本 進吾、金山 正明、伊藤 俊介、菅原 光滋、田山 雄一
（常勤職員6名、他5名）

〔研究内容〕

一般需要家向けの水素のパイプライン供給を想定した場合に、保安確保のために必要となる導管等のガス工作物について、そのネットワークとしての運用に係る安全基準や配管の設置・維持管理方法等の具体的措置を明

確化し、将来的なガス事業法の技術基準等の見直しに反映させることは、将来の水素ネットワーク社会構築において重要となる。

本研究では一般集合建物内への水素配管供給を行った際の、パイプシャフト内における配管継手部からの水素漏えいを想定した水素の拡散挙動（濃度分布の経時変化）を調査するため、一般集合住宅のパイプシャフトを模擬した試験空間を、配管等爆発実験施設の大空間内に構築して、都市ガス用配管と類似の配管継手部からの漏えいを想定した条件で水素を放出し、模擬空間内外に設置した水素センサーで水素濃度の時間履歴を計測した。

パイプシャフト内における様々な条件が水素の拡散挙動に与える影響を調べるため、放出量、放出位置、模擬空間内発熱機器の有無、日射等を想定した扉温度分布の有無、換気口面積などの条件を変えた実験を行った。放出量、放出位置を変えた実験において、水素放出口近傍以外で最大の水素濃度を示したのは、設定した最大流量条件の実験の天井付近であり、その値は水素の爆発下限濃度の1/4をわずかに超える1.2 vol%程度だった。模擬空間内に燃料電池を想定した発熱体を設置、加熱した場合と、日射を想定して扉の加熱を行った場合には、空間内気が加熱され対流、換気が促進された結果と考えられる空間内での水素濃度の大幅な減少が確認された。また、燃料電池を想定した大型の構造物を設置した場合、換気口面積を上下ともおよそ100平方センチメートルに制限した場合には、模擬空間内の対流、換気への影響が観測されたが、水素濃度分布や最大値に大きな影響は見られなかった。実験で得られた水素の濃度変化の数値シミュレーションによる再現を行い、実験結果と比較検証して、水素の拡散挙動について既存の手法による数値シミュレーションが可能かどうかの検証を行った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 水素、空気、窒素、都市ガス、パイプライン、導管、配管、集合住宅、パイプシャフト、継手、漏えい

・石油製品需給適正化調査等委託費

【研究題目】 平成27年度石油精製業保安対策事業（高圧ガスの危険性評価のための調査研究）

【研究代表者】 和田 有司（安全科学研究部門）

【研究担当者】 和田 有司、久保田 士郎、佐分利 禎、高橋 明文、松木 亮、若倉 正英、中島 農夫男、松倉 邦夫、金山 正明、伊藤 貴子、阿部 祥子
（常勤職員5名、他6名）

【研究内容】

本調査研究の目的である「燃焼性の強さに則した支燃性ガスの安全な取扱措置の調査研究」に関しては、支燃性ガスと金属材料の反応再現実験を行うために、支燃性ガスとして三フッ化窒素、金属材料として6種の金属粉

を用いて発火試験を実施し、それぞれの発火温度を明らかにした。また、金属種、樹脂種、その他可燃物の種類毎の組合せによる発火し易さ、発火温度等の予兆現象を抽出するために、三フッ化窒素を用いて、樹脂材料と金属粉との混合試料の発火試験を実施し、樹脂材料の混在によって金属粉の発火温度が低下することを明らかにした。さらに、三フッ化窒素と樹脂材料を用いた発火試験により、過去に蓄積されたデータを補完し、より広範な支燃性ガスと金属材料、樹脂材料との組合せについて予兆現象の抽出に資するデータを蓄積した。

「重大事故の発生要因（原因）の抽出・分析」に関しては、「重大事故が発生するまでの事象（現象、運転員の行動、運転員の操作等）を時系列に調査分析する」ために、産総研が運営する「リレーショナル化学災害データベース（RISCAD）」から9件の事故事例を選び、これに次の運転データ解析に用いた事例1件を加えた計10件の事例について、産総研で開発した「事故分析手法PFA」を用いて事故進展フロー図を作成するという科学的手法によって事故原因を抽出した。これを、化学プラントの現場経験を有するシニアを中心とする「現場保安チェックポイント集検討会」の検討員が、化学工学会安全部会で提案した「3M3E分析」を用いて「人」、「設備/機器」の要因を分析したのちに、それぞれの要因に対して、現場経験に基づく「チェックポイント」を作成した。支燃性ガスに関する事故事例については、事故進展フロー図とともに支燃性ガスとフッ素系シール材との燃焼性に関するデータを付記し、材料選定の際の「気づき」を与えた。

また、「事故発生前からの運転データの相関分析を行い、事故予兆現象を抽出」に関しては、インバリエント分析手法を用いて、化学プラントの実運転データを分析し、事故につながる可能性があるトラブル現象の予兆の抽出を行い、事故進展フロー図で指摘された日数管理の問題点の課題を解決できる可能性が示された。

「現場で活用可能な保安に係るチェックポイント集の作成」に関しては、重大事故等を分析した10事例の事故原因から抽出されたチェックポイントを「現場保安チェックポイント集」としてまとめた。支燃性ガスに関しては、実験によって抽出された予兆現象を踏まえ、支燃性ガスそのものの危険性や取り扱い時の金属材料や樹脂材料との反応に関するチェックポイントとして収録した。また、運転データの分析から抽出される予兆現象に関しても、今後このような新技術を活用する上でのチェックポイントとして収録した。まとめられた「現場保安チェックポイント集」は、「対象者と活用場面」、および、「機器」、「作業」、「現象」のキーワードで分類した。

さらに、「現場保安チェックポイント集」を実際に現場で活用しやすくするための「現場保安チェックポイント集検索システム」を構築した。このシステムは、WindowsPC上で管理者が現場に伝えたいチェックポイ

ントを選択し、チェックポイントリストとして保存し、それをタブレット端末に転送して、現場で作業者が閲覧、チェックができるようにし、さらに、チェック結果を保存し、現場作業や管理者が後から確認できるようにした。

「チェックポイント集の評価」では、川崎地区、千葉地区、水島地区の6事業所の計8名の現場担当者に評価を受け、チェックポイントの表現や分類の見直しを行うとともに、今後のチェックポイント集とチェックポイント集検索システムの改良に向けた有意義な意見をいただいた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 高圧ガス保安、支燃性ガス、三フッ化窒素、金属粉、シール材、予兆現象、リレーショナル化学災害データベース、事故分析手法 PFA、RISCAD、事故進展フロー図、化学プラント、現場保安、チェックポイント、インバリエント分析

・高圧ガス等技術基準策定研究開発委託

【研究題目】 平成27年度火薬類経年劣化評価方法に関する調査研究事業

【研究代表者】 岡田 賢（安全科学研究部門）

【研究担当者】 岡田 賢、秋吉 美也子、薄葉 州、松永 猛裕、柴田 強、藤原 英夫（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

硝酸エステルを代表とする火薬等は、その特性から、時間経過とともに内部分解が進み、場合によっては自然発火等が生じる危険性がある。そこで火取法第36条では火薬等の輸入や、製造後一定期間を経過したものは、経年劣化の状況を確認するための所定の安定度試験（遊離酸試験、耐熱性試験、加熱試験）を実施し、その安全性を評価しなければならない。現在行われている火薬等の安定度試験に替わり、定量的に経年劣化の評価が可能な方法を検討する。得られた成果は以下の通りである。

- (1) 国内外における火薬類経年劣化評価に適していると思われる試験方法を、文献、インターネット等により調査した。また、安定度試験に関する過去の委員会資料を入手し、過去の資料の分析、コンタクト可能な関係者からヒアリングにより過去の知見を集結させた。
- (2) (1) の代替方法について、試験試薬・機器等の入手容易性、現行の耐熱試験との評価結果の整合性を確認し、代替試験方法として検知管試験法を提案した。数種類の火薬類に関して実験を行い、正当に評価が可能であることを明らかにした。
- (3) (2) で選定した代替試験方法について、複数の企業等の試験担当者による判定結果の確認を行う。測

定環境、測定者の差による結果の相違が発生しないことを確認した。

(4) 上記の結果から、新たな耐熱試験方法として検知管試験法を提案した。

(5) 上記の実施に当たっては、学識経験者、火薬関係者等の専門家による委員会を開催し実施した。現在行われている火薬等の安定度試験に替わり、入手可能な試薬等を使用し、測定者の熟練度にもかかわらず、経年劣化の評価が可能な方法を提案することが出来た。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 火薬・爆薬、安定度試験、火薬類取締法、火薬類経年劣化評価、検知管、ガス分析

【研究題目】 平成27年度火薬類取締法技術基準見直し等に係る諸外国の火薬類の規制状況調査

【研究代表者】 薄葉 州（安全科学研究部門）

【研究担当者】 薄葉 州、松永 猛裕、秋吉 美也子、岡田 賢、加藤 和彦（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

少量の火薬類を用いた火工品の製品開発が進む中、海外で製造された火工品が、製品の安全性が十分に確認されないまま国内に持ち込まれるケースが危惧される。他方、それら火工品の中には、海外において既に使用に関する安全性が評価され、多くの使用実績を有するものも少なくない。そこで本研究では、

- (1) 諸外国（ドイツ、米国、カナダ）における火薬類の各行為（輸入、製造、販売、消費、貯蔵、運搬、廃棄）毎の法令上の規制内容、技術基準等の内容を調査し、火取法と比較整理、検討した。
- (2) 上記3国における軍用及び民生用船舶・航空機火工品の各行為（輸入、製造、販売、消費、貯蔵、運搬、廃棄）毎における規制や適用除外の内容を重点的に調査し、整理した。
- (3) 保安距離や土堤の構造等の技術基準の見直しには、科学的な根拠データが必要不可欠であるが、諸外国ではどのように実験データを取得し、見直しを図っているのか調査し、整理した。
- (4) 調査対象国のうちドイツ連邦材料試験研究所及びWANO社（黒色火薬製造会社）を訪問し、ドイツの状況を直接調査した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 火工品、火薬類取締法、海外調査、危険物、適用除外、保安距離

・その他

【研究題目】 低毒性・超高効率熱電変換デバイスの開発

【研究代表者】 太田 道広（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】 太田 道広、山本 淳、村田 正行、

BOUYRIE Yohan、相原 誠、
藤本 直子（省エネルギー研究部門）
舟橋 良次、浦田 友幸、
池西 ひとみ（無機機能材料研究部門）
（常勤職員4名、他5名）

〔研究内容〕

本研究では、産総研が米国などの研究機関と協力して、低毒性・超高効率熱電変換デバイスの実用化を加速することを目的としている。初年度は、主に材料開発とデバイス化に関する研究を実施して以下のような成果を得た。

我々が開発に成功した硫化物熱電変換材の一種であるコルーサイト ($\text{Cu}_{26}\text{V}_2\text{Sn}_6\text{S}_{32}$) は、700 K 前後で使用できるが、まだその熱電性能指数 ZT は低い。そこで、本年度は、 ZT を向上させるために、組成制御を通じたキャリア濃度の調整を実施した。その結果、スズ (Sn) を欠損させることで、660 K において ZT の10% 向上を実現した。次に、コルーサイトに適した拡散防止・応力緩和層を開発するために、各種単体金属材料の可能性を実験的に調査した。その結果、金 (Au) を使用した拡散防止・応力緩和層を開発し、優れた電氣的接合を得ることに成功した。さらに、Au 拡散防止・応力緩和層を有するコルーサイトをを用いた熱電変換デバイスを作製して、その発電動作を確認した。

1000 K 付近で使用できる酸化物熱電変換材料 $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ においても、性能向上に関する研究を実施した。ホットフォージ法を用いて結晶組織が配向した焼結体の作製に成功して、電気特性の改善を達成した。さらに、水を利用した化学組成の制御、特に酸素組成の制御により、更なる電気特性の改善を実現した。熱電変換材料の出力電力を反映する出力因子は、従来材料と比較して約3倍向上した。次に、この酸化物熱電変換材料を用いたデバイスで、773 K での発電試験を実施した。350 時間経過した時点では、明確な劣化は観測されなかった。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 熱電変換、未利用熱エネルギー活用、国際共同研究

〔研究題目〕 革新的エネルギー技術国際共同研究開発事業／太陽光による有用化学品製造

〔研究代表者〕 佐山 和弘（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 佐山 和弘、小野澤 伸子、草間 仁、
船木 敬、三石 雄悟、小西 由也、
北尾 修、福 康二郎、中島 智彦
（常勤職員9名）

〔研究内容〕

さまざまな化学薬品の製造には膨大な化石燃料のエネルギーが使用されており、その省エネルギー化や CO_2 フリー化は非常に重要な課題である。もし、太陽光エネルギーを利用した光電気化学的な化学薬品製造プロセスが高効率・低電圧で実現できれば大きな省エネ効果と低

コスト化が期待できるが、そのような検討例はほとんど無かった。水を製造販売するだけで利益を上げることが大変であるが、酸素よりも数百倍付加価値のある化学品を製造できれば経済性は飛躍的に向上できる可能性がある。この光電気化学的な化学薬品製造プロセスの実用化に向けた基礎研究を米国のブルックヘブン国立研究所 (BNL) と協力して行った。

半導体光アノード電極の高性能化に関しては、 BiVO_4 光電極上に遷移金属の酸化物で薄く表面処理すると H_2O_2 生成の Faraday 効率が著しく向上することを見出した。反応メカニズムの解明に関しては、炭酸塩と硫酸塩の混合中性電解液を用いると過酸化水素と過硫酸が同時に生成することを確認した。過硫酸は炭酸イオンが無いと生成しないことや過酸化水素経由ではないことから、炭酸イオンの酸化中間体経由の生成メカニズムを推察している。また、酸化物膜の表面処理の効果として、生成した H_2O_2 の更なる分解反応を抑制する働きを推察している。臭化物イオンを酸化して、殺菌や漂白作用を持つ次亜臭素酸イオンを効率良く生成できることを確認した。有機物の酸化反応を検討し、スチレン酸化では主にベンズアルデヒドが生成することがわかった。安価なカソード電極の高性能化に関しては、BNL の研究室を訪問してカソード電極の作製および評価技術を習得できた。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 有用化学品、太陽光、酸化剤、光電極

〔研究題目〕 CO_2 を利用した水素製造・貯蔵技術—二酸化炭素の再資源化技術によるクリーン水素キャリアシステム

〔研究代表者〕 姫田 雄一郎（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 姫田 雄一郎、川波 肇、徐 強、
眞中 雄一、砂 有紀、前川 秀、
小久保 雅子、伊藤早枝子、
Zhu Qilong、Li Zhangpeng
（常勤職員4名、他6名）

〔研究内容〕

本事業では、二酸化炭素の再資源化技術によるクリーン水素キャリアシステム構築のための、高性能・高耐久性固体（固定化）触媒の開発と、それらを用いた高圧水素連続発生・供給プロセスの構築を図り、ギ酸を用いた水素貯蔵システムの実証化に向けた基盤的研究開発を行う。

本年度は、二酸化炭素の再資源化技術によるクリーン水素キャリアシステム構築のための、高性能・高耐久性固体（固定化）触媒の開発を実施し、高性能・高耐久性触媒開発においては、当初の目標であった金属1g あたりの1時間2 Nm^3 の水素発生性能、および高性能・高耐久性固体触媒開発においては、金属1g あたりの1時間1 Nm^3 の水素発生性能を達成することができた。また、

高圧プロセスの基盤技術の構築では、今年度の目標であるギ酸からの高圧ガス発生の確認、および水素貯蔵システムの実証化に向けた技術開発では、実証化プロセスに向けた基礎データを収集することができた。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 炭素固定、水素貯蔵

〔研究題目〕 (5) 単結晶化・積層化による太陽電池の高効率化技術の開発

〔研究代表者〕 仁木 栄 (太陽光発電研究センター)

〔研究担当者〕 仁木 栄、柴田 肇、西永 慈郎、菅谷 武芳 (常勤職員4名)

〔研究内容〕

地球規模・長期の温暖化対策として、CO₂の削減は不可欠の技術課題である。本研究においては、我国の地球規模・長期の温暖化対策への貢献として、2030年で1年あたりの太陽光発電による省エネルギー21億 kWh およびCO₂削減量116万 tCO₂を達成することを目標として、太陽光発電技術における革新的なイノベーションの創出を行う。具体的には、本事業の貢献による化合物薄膜系太陽電池の国内生産量を2030年に2GW/年とすることを目的とする。その目標を達成するためには、太陽光発電技術を大規模に普及させる必要があるが、そのためには発電コストを7円/kWh (ジェネレーションパリティ) まで低下させる必要がある。そのためには、従来技術の延長上ではない、新しい太陽電池の開発が必要である。従って、本事業の目的は、最終的には太陽光発電技術で発電コスト7円/kWhを実現することであり、具体的には以下の(1)~(3)を目的とする。

- (1) CIGS (CuIn_{1-x}Ga_xSe₂) 太陽電池やペロブスカイト系太陽電池などの化合物薄膜太陽電池に注目し、理論限界効率に迫る高性能な単接合化合物薄膜太陽電池を開発する。
- (2) 産総研が持つスマートスタック技術を駆使して、上記(1)で開発した単接合化合物薄膜太陽電池を多接合化し、高効率な多接合薄膜太陽電池を開発する。
- (3) 多接合薄膜太陽電池の低コスト化・高信頼性化を行い、発電コスト7円/kWhを実現する。

平成27年度は、まず化合物単結晶薄膜成膜技術の開発においては、CIGS系化合物半導体を単結晶薄膜化する装置の開発を行った。具体的には、単結晶薄膜作製装置として高い実績を持つⅢ-V族化合物半導体の分子線エピタキシャル装置をベースとして、CIGS系化合物にとって最適な性能を持つ装置を開発した。また、開発したCIGS単結晶薄膜作製装置を利用して、CIGS系化合物の高品質な単結晶薄膜を成膜する技術を開発した。具体的には、シリコン単結晶を基板材料として、その上にCIGS単結晶薄膜を成長させることに成功した。

化合物単結晶薄膜太陽電池による理論限界変換効率の実証においては、CIGS系化合物単結晶薄膜太陽電池の

開発のための予備検討として、エピタキシャル成長を行う際の適切な面方位を検討する目的で、青板ガラス基板上に製膜した多結晶 CIGS 薄膜の表面状態を詳細に分析し、結晶面が安定に存在する面方位とその物性の特徴を抽出した。その結果として、エピタキシャル成長を行う際の適切な面方位は、<112>面よりは<110>面である可能性が高いことが明らかとなった。

化合物単結晶薄膜を用いたスマートスタック太陽電池の開発においては、青板ガラス基板上に作製した多結晶 CIGS 薄膜太陽電池を、モリブデン下部電極の上から剥離する技術の開発を行った。ここで、剥離された多結晶 CIGS 太陽電池のサイズは、5 mm×10 mm である。多結晶 CIGS 薄膜太陽電池をモリブデン下部電極の上から剥離するためには、作製した太陽電池を適当な薬液に浸漬するという方法が採用された。この方法により、薬液は CIGS 薄膜とモリブデン薄膜の境界面に進入し、境界面に存在するセレン化モリブデンを溶解すると考えられる。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 太陽電池、化合物半導体

〔研究題目〕 平成27年度工業標準化推進事業委託費 (戦略的国際標準化加速事業：政府戦略分野に係る国際標準化活動) 「手術ロボットに関する国際標準化フィージビリティスタディ」

〔研究代表者〕 鎮西 清行 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 鎮西 清行、鷲尾 利克、小関 義彦、石河 恵理 (常勤職員2名、他2名)

〔研究内容〕

本研究課題は、手術ロボットとその周辺機器等の関連分野に関して、国際標準として盛り込むべき内容、我が国の強みを踏まえた標準化戦略と、その一環として今後強化をはかるべき点につき提言して、国際提案へつなげるものである。

日本を含む複数国からの提案による、ISO/TC 299と IEC/TC 62/SC 62D の合同 WG に関する提案は、平成27年5月に可決され JWG 35 (Safety of medical robots for surgery)が発足した。国際プロジェクトリーダーとして研究代表者が指名され、規格案の審議を進めた。国内の産学官の有識者からなるワークグループとして、「手術ロボット国際標準化国内検討委員会」(以下、国内委員会)を組織した。

手術ロボットとその周辺機器等の関連分野に関して、国際標準として盛り込むべき内容、今後強化をはかるべき点につき調査した。その結果、市場拡大と競争激化が予想されること、周辺機器の市場の成長率が大きいことが予想され、それらに関する国際標準化も強化すべきことが明らかとなった。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 手術ロボット、医用電気機器

②文部科学省

・科学技術基礎調査等委託事業

〔研究題目〕 活断層の補完調査

〔研究代表者〕 吉岡 敏和（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕 吾妻 崇、吉岡 敏和、白濱 吉起、
廣内 大助（信州大学）
（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

本研究は、地震調査研究推進本部が定めた基盤的調査観測対象断層帯のうち、これまでの調査結果に基づく評価で将来活動確率が十分絞り込めなかった断層帯について補完調査を実施することを目的に、文部科学省からの委託を受けて行われたものである。

本研究では、断層帯を構成する複数の断層の関係を明らかにすることを目的として、断層付近の詳細な地形地質調査と、十日町市土市付近（太田島地点および馬場地点）におけるトレンチ調査とボーリング調査を実施した。また、十日町断層帯西部のうち津南断層以南の活動性を明らかにするため、十日町市干溝地区および津南町宮野原地区で群列ボーリング調査を実施した。

太田島トレンチ壁面には下位より、信濃川本流性の段丘礫層、砂・シルト互層、塊状シルト、崩壊性堆積物、表土が露出した。トレンチ壁面では明瞭な断層は認められなかったが、崖地形基部で砂・シルト互層に変形が認められた。また、崩壊性堆積物の存在および断層崖の低下側のみならず砂・シルト互層が存在することから、上記の砂・シルト互層にみられる変形の形成の前後にも断層活動が存在する可能性が指摘された。馬場地点のトレンチでは断層は認められず、断層はこの地点を通過しないと判断した。

津南断層北部にあたる干溝北地点、干溝南地点、宮野原断層を横断する宮野原地点において実施した群列ボーリングの結果、それぞれの地点における平均変位速度（上下成分）が 0.12-0.17 m/千年、0.09-0.11 m/千年、約 0.13-0.14 m/千年であることが明らかとなった。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 活断層、活動履歴、十日町断層帯、地震調査研究推進本部、補完調査

〔研究題目〕 地域評価のための活断層調査（九州地域）

〔研究代表者〕 吉岡 敏和（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕 宮下 由香里、栗田 泰夫、丸山 正、
東郷 徹宏、吉岡 敏和
（常勤職員5名）

〔研究内容〕

本研究は、地震調査研究推進本部公表した「九州地域の活断層の長期評価」において、将来発生する地震の規

模や発生確率が十分絞り込めなかった断層帯について調査を実施することを目的に、文部科学省からの委託を受けて行われたものである。

平成27年度は、九州地域の活断層のうち、宇美断層、日向峠-小笠木峠断層帯、布田川断層帯/宇土区間、緑川断層帯を対象に、断層の位置・形状、活動履歴等を明らかにするための調査を実施した。

1) 宇美断層

宇美断層では、最新活動時期を含む活動履歴を明らかにすることを目的として、空中写真判読、地形地質調査、ボーリング調査およびトレンチ調査を実施した。糟屋郡須恵町植木でのトレンチ調査の結果、基盤岩およびこれを不整合に覆う砂礫層を明瞭に変位変形させる逆断層が露出した。変位変形の程度は下位層ほど大きく、変位の累積が認められることから、過去数万年前以降、複数回の活動があったことが明らかとなった。また、最新活動時期は、約7,300年前以降であること、一回の上下変位量は1 m 以下であることが指摘された。

2) 日向峠-小笠木峠断層帯

日向峠-小笠木峠断層帯では、断層の活動性と過去の活動時期を明らかにすることを目標とし、断層帯の中央付近に位置する福岡市早良区脇山地区において、地中レーダー探査、ボーリング調査およびピット調査を実施するとともに、圃場整備前の空中写真から精細DEM を作成して変動微地形を抽出した。その結果、脇山地区において上下に4 m 撓曲変位しているとされていた段丘面の離水年代が約3-1万年前であることが明らかとなったほか、同段丘堆積物基底およびより古い段丘堆積物の基底に累積的な上下変位が生じている可能性が認められた。以上より、断層帯の活動度はB級であると推定できた。なお、変動微地形の解析結果からは、断層を横切って分布するより新しい段丘面には明瞭な上下変位がないことが明らかとなった。

3) 布田川断層帯/宇土区間

布田川断層帯/宇土区間では、断層の位置・形状と活動性を解明することを目標とし、同区間東部の熊本県上益城郡嘉島町及び同県熊本市東区を横切る反射法地震探査を実施した。その結果、従来活断層が示されている北甘木台地の北方において、反射面を累積的に変位させる北落ちの伏在断層が存在することが明らかとなった。探査測線近傍において、伏在断層の北側と南側でボーリングを掘削した結果、同断層により約15-20万年前に噴出した砥川溶岩の上面に約57 m の高度差が認められ、更新世後期以降に同断層が繰り返し活動していることが確認された。また、重力異常の急変帯に分布から断層が推定されている同区間中西部において、既存ボーリング柱状図データを解析した結果、阿蘇4火砕流堆積物に変位を与えている可能性が示された。

4) 緑川断層帯

緑川断層帯では、断層の位置・形状、活動性、および活動履歴を明らかにするため、断層沿いの空中写真判読、地質踏査、ボーリング調査、およびトレンチ調査を実施した。その結果、断層帯の東部において、阿蘇4火砕流堆積物の上面を連続的に変位させる地溝状の変位地形が確認された。上益城郡山都町仮屋地点において掘削したトレンチ壁面では、黒土層とその下位の風化火山灰層を変位させる明瞭な断層が確認された。断層運動に伴い形成された開口割れ目を充填する地層と断層変位を受けていない地層の¹⁴C年代から、トレンチ地点における最新活動は約7,600年前以後、約1,800年前以前であり、先行する活動は約27,000年前以前であったと推定された。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕活断層、活動履歴、地域評価、九州、地震調査研究推進本部

③環境省

〔研究 題目〕水俣条約に基づく水銀削減政策として経済手法の活用可能性と期待される効果に関する調査・分析

〔研究代表者〕村尾 智（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕村尾 智、中島 和夫（山形大学）、新海 尚子（名古屋大学）
（常勤職員1名、他2名）

〔研究 内容〕

人力小規模金採掘で使用される水銀の量を削減するために必要な経済的インセンティブとしてエシカルジュエリーに注目し、その適用可能性を調査した。今年度はフィリピンとモンゴルにおける採掘・選鉱・製錬の現場を調査し、国によって処理方法が異なること、金鉱石の特徴によって回収率が異なること、水銀不使用でも高い回収率が期待できる場所は限られることを明らかにした。また、フィリピンでは今後必要となる計量経済学の基礎情報を収集した。さらに、イギリスの認証団体と協力し、エシカルジュエリーの体制構築について、ある程度の見通しを立てた。

〔領 域 名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕人力小規模採掘、金、水銀、アマルガム、水俣条約、エシカルジュエリー

〔研究 題目〕南鳥島における多成分連続観測によるバックグラウンド大気組成変動の高精度モニタリング

〔研究代表者〕村山 昌平（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕村山 昌平、石戸谷 重之、宇佐美 哲之（環境管理研究部門）
下坂 琢哉、青木 伸行（物質計測標準研究部門）（常勤職員4名、他1名）

〔研究 内容〕

本研究では、気象庁南鳥島観測所において、大気中酸素（O₂）濃度、二酸化炭素（CO₂）安定同位体比の高精度連続観測を実施する。また、大気観測用 O₂濃度標準ガスを開発し観測データの標準化を図る。

H27年度は、南鳥島においてフラスコサンプリング法と質量分析計を用いた手法による O₂濃度の観測を継続するとともに、昨年度に製作した O₂濃度連続観測装置について、南鳥島観測所に搬入し O₂濃度の連続観測を開始した。連続観測により、フラスコサンプリング法では捉えられない O₂濃度の明瞭な日々変動を観測することができた。

フラスコサンプリング法と質量分析計を用いた手法による大気中 CO₂の安定同位体比の高精度観測を継続して行い、異なる時間スケールの変動の特徴をそれぞれ明らかにし、CO₂濃度の変動と組み合わせた解析により変動要因について考察を行った。また、バックグラウンド清浄大気中の CO₂安定同位体比連続観測に適した分析計を選定し、その性能試験を開始した。

不確かさが1 ppm 以下で、校正する標準が国際単位系（SI）の国家標準まで辿れる SI トレーサビリティがある高精度 O₂濃度標準ガスの開発を行うために、質量比混合法用の秤量システムの改良を行った。対象物を懸架する時にわずかに揺れる現象が、秤量に影響を与えることが明らかになったため、対象物を載せる方式を懸架方式ではなく上皿方式に変更した。また、調製した高精度 O₂濃度標準ガスの濃度の妥当性を評価するとき用いる磁気式 O₂計について、試料の導入圧力や磁気式 O₂計の温度依存性等を詳細に検討することにより、目標とする1 ppm 以下の不確かさで測定することを達成した。

〔領 域 名〕エネルギー・環境、計量標準総合センター

〔キーワード〕南鳥島、酸素濃度、二酸化炭素安定同位体、バックグラウンド大気、連続観測、高精度酸素濃度標準ガス、炭素循環、SI トレーサビリティ

〔研究 題目〕センサーネットワーク化と自動解析化による陸域生態系の炭素循環変動把握の精緻化に関する研究

〔研究代表者〕前田 高尚（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕前田 高尚、村山 昌平、石戸谷 重之
（常勤職員3名、他5名）

〔研究 内容〕

運用中の陸域生態系炭素収支の長期連続観測を継続しつつ、遠隔地にある観測現場の測器からのデータ収集から、処理、データベース搭載までのプロセスに、観測機器運用の遠隔監視やデータ流通・解析の自動化といった情報通信技術を、参画他機関と共同でそれぞれの観測サイトに導入し、これらを通じた安定で精度の高い観測とそのデータベース化、他の観測データとの統合を目標と

し、技術面から推進する。

平成27年度も、岐阜県高山市（高山観測サイト）、タイ中西部カンチャナブリ県（メクロン観測サイト）、タイ東北部ナコンラチャシマ県（サケラート観測サイト）の森林内において、大気・陸面間のCO₂フラックスおよび気象等の環境諸量の観測を継続して実施した。2015年も前年から続くエルニーニョ現象の影響下であり、各観測地とも植生の活動が平年とは異なった。高山では、春は高温のため展葉時期が早まり、植生によるCO₂収支が吸収側に転じる時期が早かったが、夏は天候不順のため、CO₂吸収は小さい値で推移した。結果、通年のCO₂吸収量は他の年に比べ小さかった。タイの観測サイトは、強い乾燥状態にあり、雨季前半にあたる5～8月の降雨と土壌水分が少なく、植生の活動に異常がみられた。

現地観測のセンサーネットワーク化のためのシステムの構築と改良の作業においては、上記3サイトで障害発生等の自動遠隔監視、一般気象等の環境測定データの自動処理、準実時間で可視化と整形を通年で運用した。また、膨大なデータ処理を伴うフラックス測定用データ解析の自動化に着手し、高山サイトについて、準実時間で速報値の算出とその可視化を行うシステムを構築、運用を始めた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 地球温暖化、二酸化炭素収支、陸域生態系、環境情報

④その他省庁

【研究題目】 火山影響評価に係る技術知見の整備（原子力規制庁 原子力施設等防災対策等委託費）

【研究代表者】 山元 孝広（活断層・火山研究部門）

【研究担当者】 山元 孝広、及川 輝樹、石塚 治、古川 竜太、石塚 吉浩、田中 明子、宮城 磯治、斎藤 元治、松島 喜雄、東宮 昭彦、星住 英夫、山崎 誠子、宝田 晋治、山崎 雅、田村 亨（地質情報研究部門）、工藤 崇（地質情報研究部門）、高倉 伸一（地圏資源環境研究部門）、中川 光弘（北海道大学）、宮縁 育夫（熊本大学）、井口 正人（京都大学）（常勤職員17名、他3名）

【研究内容】

本業務は、火山の特性、地下構造、地球物理学的及び地球化学的調査手法等の最新の知見に基づく火山活動に起因する事象調査から、原子力施設に影響を与える火山活動の可能性をより定量的に評価するための評価基準・指標、火山活動のモニタリング評価基準・指標に関する知見を整備することを目的としている。その達成のため、以下の3項目の調査研究を実施した。

1) 火山活動評価のための調査研究

将来の火山活動の可能性評価のためには、過去に大規模噴火を起こした火山や主要な活火山の活動履歴情報を整備し、可能性評価基準・指標を策定する必要がある。そのために、特に大規模噴火に先行して現れると期待される火山活動の様式や噴出率の変化に注目して、昨年度までに整備した主要火山の積算マグマ噴出量階段図による評価手法の考え方を取りまとめると共に、代表的な火山やカルデラを対象に地質学的・地球化学的事例研究を実施し、その兆候と考え得る事象の特徴を整理した。代表的な事例として、支笏カルデラ・十和田カルデラ・大山火山を対象とした以下の噴火履歴調査を実施している。また、過去1千年間に3回のカルデラ形成噴火を起こしたインドネシアでの事例調査も合わせて行い、比較研究を実施した。

2) 噴火規模及び影響範囲推定のための調査研究

カルデラ火山のマグマ供給系における噴火準備状況の把握に向けた物理探査や、カルデラ火山の活動将来予測を行うためには、大規模噴火のマグマ溜まりの物理化学条件（粘性や圧縮率等）、構造（深さや広がり）、それらの時間変化に関する現状の正確な把握と、そのような時間変化が生じる理由を合理的に説明するモデルに関する知見の整備が必要不可欠である。そこで、幾つかの代表的なカルデラ形成噴火噴出物に対して岩石学的検討を行い、カルデラ形成噴火に至るマグマ供給系の発達過程を明らかにした。代表的な事例として、支笏カルデラ・阿蘇カルデラ・始良カルデラ・鬼界カルデラ噴出物を対象とした。

3) 火山モニタリング評価のための調査研究

大規模なカルデラ形成噴火のマグマ噴出量は数十～数百 km³程度であり、同様な規模の噴火が起こるためには、噴火準備過程でこれと同等以上の規模のマグマ溜まりが地下に形成されるものと考えられる。このような大規模噴火を想定した火山活動モニタリングに求められるマグマの蓄積に伴う広域地殻変動を評価するためのシミュレーション技術開発と、阿蘇カルデラと始良カルデラにおけるマグマ溜まりの位置確認のための地下構造調査を実施した。

【領 域 名】 地質調査総合センター

【キーワード】 火山活動履歴、大規模噴火、カルデラ、シミュレーション

【研究題目】 ダイヤモンドを用いた次世代量子暗号用素子の基盤技術開発研究

【研究代表者】 山崎 聡（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】 山崎 聡（契約職員1名）

【研究内容】

原理的に究極的な安全性を有し、しかも低消費電力化への大きな貢献も期待できる量子暗号ネットワークでは、

更なる長距離化と高速化が要求されている。それには革新的技術を要する単一光子源素子や量子ノードが必要である。本研究ではダイヤモンド中の NV 中心に注目し、それらの実用化に必要な基盤技術開発研究を行った。今年度は、室温における NV 中心のスピンの電氣的検出に向けた研究、室温での電流注入単一光子発生素子の効率化を行った。

スピン状態の電氣的検出に向けた研究では、光照射していない状況での電氣的検出と考えられる信号観測に成功した。試料作成・電極作成等の素子プロセスを行った。また、電流注入単一光子発生素子では NV 中心の電荷状態の安定化が課題であったが、作成したリンドープ試料において安定化の実証に成功した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 情報通信、ダイヤモンド、電子デバイス

〔研究 題目〕 シールドトンネルの平常時のモニタリングおよび掘削時の安全管理へ向けたセグメント組込型有機導波路の提案

〔研究代表者〕 福田 伸子、真中 潤（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

本研究は、シールドトンネルのセグメントにあらかじめ光導波路が組み込まれた新規の構造ヘルスマニタリング技術の創出として、セグメントの歪みによって引き起こされる出射光の色変化によりその歪みを肉眼検出できる光導波路構造、およびセグメント同士のズレや破壊により出射光強度が減衰する構造を併せて作製することを目的としている。本年度は、歪みをダイナミックに検知できることが想定される熱硬化性エラストマー候補材料の物性計測と様々な光導波路成形法を同時並行で検討し、小スケールの光導波路構造体試作を行った。光学特性や色素分散性、高透明性、接着性、プロセス適合性などの観点から、屈折率差の大小関係がある2種類のポリジメチルシロキサン誘導体（PDMS）を光導波路のコアおよびクラッド材として使用できることが分かった。また、長軸を中心軸にして回転させながら最初にクラッドを形成硬化し、中空となった部分にコア材を導入して硬化させることにより、小スケールでの光導波路構造体の作製に成功した。コア／クラッド界面で全反射をする角度でコアからレーザー光を入射したところ、約20 cm の長軸方向を光が全反射を繰り返しながら導波し、反対側のコア端面から出射されることが確認できた。また、コア材およびクラッド材中にそれぞれ有機色素を均一分散させた光導波路断面モデルを試作し、コア部の色素が励起される光をコア部のみに照射しながら、クラッド部の外側から応力印加により歪みを与えたところ、コア部の色素発光を再吸収したクラッド部の色素発光挙動が歪みによって変化し、これを視認することができた。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 フレキシブルデバイス、光導波路、センサー

〔研究 題目〕 林地残材を原料とするバイオ燃料の製造技術の開発

〔研究代表者〕 鈴木 善三（創エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 鈴木 善三、松田 聡、細貝 聡、陳 玉蓮（常勤職員3名、他1名）

〔研究 内容〕

本研究では、林地残材を原料とするバイオマス急速熱分解によるバイオ燃料の製造技術を開発する。そのため、バイオマス粒子の熱分解機構のモデル化、熱分解装置の最適化、熱分解プロセスの性能評価・最適化、生成オイルの性状と現行の化石液体燃料規格との比較等を行う。今年度は、本研究で採用したオージェ型熱分解装置の内部における急速熱分解反応をモデル化するべく、粒子シミュレーションを用いたオージェ内部粒子の挙動の数値計算を行った。これによりオージェ内部の熱媒粒子とバイオマス粒子の混合過程を明らかにし、より粒子混合と伝熱が改善するような搬送条件およびスクリー形状の提案を行い、実機でその効果を確認した。プロセス評価では、現行のベンチ装置の熱・物質フローを評価し、熱・物質収支計算を行った。この結果を元に、林地内部での操業を想定したバイオオイルの製造コストを見積もった。また、プロセスの熱効率を改善するため、副生するチャーを急速熱分解に必要な熱源として用いる場合の効率を試算し大きく熱効率が改善されることを確かめた。この結果を現行のベンチ装置に反映させるため、装置内部での具体的なチャーの熱源としての利用方法を提案した。製品の利用法の探索では、製造したバイオオイルの性状を化石燃料の規格と照合し、石油製品を代表とする既存の化石燃料と競争可能なバイオオイルの利用方法を検討した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 バイオマス、急速熱分解、プロセス解析

〔研究 題目〕 ウシの小型ピロプラズマ病に対するワクチンの開発研究

〔研究代表者〕 池原 譲（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕 池原 譲、池原 早苗、山口 高志（常勤職員1名、他2名）

〔研究 内容〕

本研究の目的は、新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業で実施した「家畜原虫病に対する Th1免疫誘導型糖鎖被覆リポソームワクチンの開発研究」の成果を、

Theileria orientalis の感染により発症するウシの小型ピロプラズマ病の制圧において実用化することである。同病は、貧血や発熱が主症状となり、日本国内で経済的

被害が発生しているにも関わらず、これまでに有効な治療薬やワクチンが開発されていない現状にある。

〔目標〕

本研究の目標は、ワクチンの製造販売事業を実施する機関（動物医薬品会社）へ成果を移転し、ワクチン製剤を速やかに上市するプロセス開発の完了である。

〔年度進捗状況〕

同ワクチンの投与したウシに誘導される抗原特異的なTh1免疫応答について、定量的な検出評価技術を確立して知財化を進めており、ピロプラズマ病感染を定量的に検出評価する上で必要となる技術に関して3件の特許を成立させた。また、「タイレリア原虫抗原の違いによる免疫応答の差、及びその感度と特異度」に関する情報についての取得を進めるとともに、ピロプラズマ感染のサーベイやワクチンプロトコルを作成するなどして、実施企業へと移管した。さらに、ワクチンの効能評価、精度管理、及び製造ロット評価のプロトコルを確立するとともに、免疫学的解析に使用する抗体や刺激用ペプチドなどの製造ならびにその精度管理のプロトコルを達成している。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 ワクチン、糖鎖、検査技術

〔研究 題目〕 平成27年度施設園芸における効率的かつ低コストなエネルギー供給装置及び利用技術の開発

〔研究代表者〕 鈴木 正哉（地圏資源環境研究部門）、山本 佳孝（創エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 鈴木 正哉、森本 和也（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

施設園芸における収量増加と品質向上を目的としたCO₂施用では、灯油燃焼式CO₂発生機や液化炭酸ガスポンプが主に用いられている。これに対し、加温機の排気からCO₂を回収貯留し、園芸作物への施用ができれば、CO₂排出総量と燃料費の削減が期待できる。また、貯留された高濃度CO₂を利用すると、効率的な局所CO₂施用も可能となる。そこで、加温機排気中のCO₂を効率よく回収貯留し再利用するための、施設園芸用CO₂貯留・供給装置を開発することを目的としている。

今年度は、水蒸気存在下でもCO₂の吸脱着工程が繰り返し行える活性炭において、優れた性能（吸着量および嵩密度）を有する活性炭の探索を行った。その結果、ヤシ殻を原料とした活性炭は、石炭を原料とした活性炭に比べ吸着量が多く、またヤシ殻を原料とした活性炭において、単位重量あたりの吸着量に差は無いが、嵩（かさ）密度は0.42~0.70 g/cm³とかなりの差があり、装置のコンパクト化においては嵩密度の大きなものを用いることが望ましいことが明らかとなった。また吸脱着の繰り返しによる長期耐久性試験においては、温度25℃、

相対湿度70%と、温度60℃、相対湿度11%の条件にて、水蒸気を繰り返し吸脱着させる試験を行った。その結果540回水蒸気を吸脱着させても、CO₂の吸脱着量にはほとんど変化のないことを確認した。

〔領 域 名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 施設園芸、二酸化炭素、活性炭、ヤシ殻

〔研究 題目〕 野菜栽培による農業経営を可能とする生産技術の実証研究

〔研究代表者〕 保高 徹生（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 保高 徹生（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

福島県は、東日本大震災による地震、津波被害に加え東京電力第一原子力発電所の事故による放射性物質の影響が極めて大きい。本研究は、津波、原子力災害の被災地である浜通り地域が県内向けの種苗供給産地であったことから、種苗生産に着目し、地域農業を最先端種苗産業として発展させることで、雇用対策や地域農業の起爆剤として、復興の後押しとなる実証研究を行うものである。

プロジェクト全体の研究課題としては、①高付加価値苗の技術確立、②育苗労力低減技術確立、③苗生産における放射性物質のリスクマネジメントの確立研究に取り組み、研究担当者は研究課題③のチームリーダーとして、育苗における放射性セシウムの影響回避のための育苗施設内の放射性セシウムのモニタリング技術の確立、施設内に影響を及ぼさないための放射性物質除去システムの開発・導入、育苗環境の最適化に関する研究を推進している。

具体的には、育苗施設内で簡易に実施可能な水中の放射性セシウムのモニタリングおよび浄化手法について、研究担当者らが開発した銅置換体プルシアンブルーを担持した不織布カートリッジを用い、現場での実証試験を実施した。また、育苗環境が苗中の放射性セシウムに与える影響や苗栽培における放射性セシウムリスク管理チェックシートの作成を検討した。

〔領 域 名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 放射性セシウム、野菜栽培、育苗環境、農業振興

〔研究 題目〕 生態系ネットワーク修復による持続的な沿岸漁業生産技術の開発

〔研究代表者〕 首藤 宏幸（瀬戸内海区水産研究所）

〔研究担当者〕 高橋 暁、長尾 正之、安永 恵三子、吉永 弓子（地質情報研究部門）（常勤職員2名、他2名）

〔研究 内容〕

瀬戸内海において漁獲量が激減しているアサリの資源量回復を目的に、その原因であると考えられるアサリ生態系ネットワークの分断箇所の特定を目指す。このため

に、広島湾と松永湾を対象海域として、浮遊幼生分布調査や流況調査、数値モデルによるアサリ浮遊幼生の移流・拡散実験を行い、これらの結果の相互対比による総合的な解析を行う。

昨年度までに、広島湾においては春季と秋季で浮遊幼生の輸送過程に違いがあること、近年では春の幼生発生が秋に比べ非常に少なくなっていること等が明らかとなり、このことがアサリの生息域が広島湾の北部海域に限定されるようになった原因ではないかと類推されるまでに至っている。

今年度は、松永湾の潮汐・風・海面熱収支・河川流入を考慮した流動モデルを作成し、同湾の潮流・吹送流・密度流を精度良く再現することに成功した。また、このモデルを用いてアサリ浮遊幼生に見立てた粒子の移流拡散数値実験を行った結果、松永湾は周辺海域の幼生供給地であること、湾内に建設された堤防が幼生の湾内における輸送特性に大きな影響を与えたこと等が明らかとなった。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕アサリ、浮遊幼生、生態系ネットワーク、移流・拡散数値モデル実験

〔研究題目〕平成27年度養殖カキの共販事業における予約取引市場に関する実証研究

〔研究代表者〕宮下 和雄（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕宮下 和雄（常勤職員1名）

〔研究内容〕

2011年の震災後、宮城県のカキ養殖生産が徐々に回復する一方、販路が減少したために現地の仲買人らの購買力は低迷し、価格も伸び悩んでいる。そのため、一部の漁業者からは従来の共販制度とは別に、販売会社の設立や、インターネットの直販サイトの開設など、独自の販路を模索するようになった。しかし、不慣れな個々の漁業者による販売活動には多大な経営的リスクが伴うため、生産者の収益改善には至っていない。

宮城県の養殖カキ生産者の収益を改善するためには、県漁協が実施する従来の共販制度を補完する新たな販売ルートが必要である。本研究では、高付加価値商品を高価格で取引可能な新たな電子取引市場を構築することにより、参加した生産者の収益を参加前の約2倍とすることを目標とする。

平成27年度の研究成果は以下の通りである。

- ・水産物など生鮮食品を売買するための市場取引制度の設計を行い、その有効性をマルチエージェントシミュレーションにより確認し、国際会議や国際ジャーナルでその成果を報告した。
- ・上記、市場取引制度を実装した電子商取引市場「おらほのカキ市場」を開発して実証実験を実施し、平成27年度には殻付きカキ6万個、金額にして約600万円の売上をあげた。平成25年度から3年間の実証実験で

は、合計で約800万円超の売上を上げた。

- ・「おらほのカキ市場」において、産地からの情報や取引に関わる情報を発信するためのポータルサイトを開発し、宮城県漁協における販売事業のための情報発信プラットフォームとしての機能を実現した。
- ・平成27年度3月末時点で、宮城県漁協の8支所（唐桑、志津川、長面浦、万石浦、荻浜、鳴瀬、松島、宮戸）が「おらほのカキ市場」を利用して殻付きカキの販売を実施している。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕メカニズムデザイン、ダブルオークション、社会実装

〔研究題目〕国産農産物の輸出先における嗜好性の予測技術開発

〔研究代表者〕根本 直（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕根本 直、廣山 華子
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究課題では国産農産物の輸出先の国・地域の消費者の嗜好性と輸出する農産物の多様な品質の双方を正確に、かつ容易に把握できるようにするとともに、輸出先の嗜好性に適合する品質を容易に判別できるようにするための技術を開発することを目的としている。輸出する国産農産物として産地や品種が異なるモモを対象である。

配布された国産生食用モモの凍結乾燥粉末また生果についてNMR-MP法によるメタボローム解析を実施するための試料調製法、NMRの測定条件、データ処理法等の技術の集積と深化を行った。

また、NMR-MPにより試料の特性を可視化し、試料の特性を反映するNMRシグナルの特定を試みた。痛みの早く、試料のばらつきも多いモモ生果に対応するため、より簡便な試料調製法である重水希釈法を確立した。本手法によれば試料希釈溶液の調製の容易さに加え、果実の重要な要素の一つである酸度がリンゴ酸のケミカルシフト変化として記録できる。その測定条件を用いて、保存・輸送中を想定して、スジ系白桃、ゴム系白桃合計3品種を用いて異なる保存条件における完熟モモ果実の成分変化を時系列で追跡し、スペクトルおよびPCA散布図を得て経時変化の特徴の可視化を行った。

また、フランスとタイにおける嗜好性調査に用いた3品種について、NMRにより代謝プロファイルの違いを明らかにできた。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕メタボロミクス、NMR、非標的分析、探索的統計解析、農産物

〔研究題目〕国産農産物の潜在的品質の評価技術の開発

〔研究代表者〕根本 直（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 根本 直、廣山 華子
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究課題では国産農産物のもつ品質に対して新しく実用的な非破壊計測尺度の構築を目指している。農産物の代表として、品種が多くその健康効果や成分などの基礎的知見が蓄積されているトマトを解析対象とし、NMR・メタボリック・プロファイリング (MP) によって成分を包括的に解析し、他の機器分析データや品質評価データと関連づけることで、隠れた品質・複雑な品質を簡便に計測する技術を開発することを目標としている。

様々な品種・加工方法等が異なる生食用・加工用トマト試料の提供を受け、そのまま、あるいは凍結乾燥粉末やジュースに加工したものについて、NMR-MP 計測のための試料調製法、NMR の測定条件、データ処理法等の技術要素の獲得を勧めた。試料の特性を多変量解析で可視化し、特性を反映する NMR シグナルの特定を試みた。Exploratory Analysis としてプロジェクト全体の方針決定に寄与するとともに、探索的統計解析結果を他の分析チームに提供することにより、トマト果実の年間差異の確認、トマトジュースの種類や製造条件等による新たな課題となりうる興味深い差異を検出した。

H26年度までに確立していた試料調製法の便法として重水希釈法の適用を試み、従来法との PCA 散布図上での比較を行った。状況は再現した。すなわち、品種ごとに大まかな集合が観察され、ミニトマトにおいては、品種ごとの明瞭なクラス形成を認めた。

トマトの味覚を代表する成分含有量の視点で散布図上の空間を強制的に再構築させ整列する手法について深化させた。さらに、他の機器分析データや品質評価データとの統合解析に相応しい標的試料と変数を選択し、マーカーシグナルのアノテーションを行った。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 メタボロミクス、NMR、非標的分析、探索的統計解析、農産物

〔研究題目〕 施設園芸における効率的かつ低コストなエネルギー供給装置及び利用技術の開発

〔研究代表者〕 山本 佳孝 (創エネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 鈴木 正哉、森本 和也、竹谷 敏、前川 竜夫、室町 実大
(常勤職員5名)

〔研究内容〕

施設園芸における収量増加と品質向上を目的としたCO₂施用では、灯油燃焼式CO₂発生機や液化炭酸ガスボンベが主に用いられている。これに対し、加温機の排気からCO₂を回収貯留し、園芸作物への施用ができれば、CO₂排出総量と燃料費の削減が期待できる。また、貯留された高濃度CO₂を利用すると、効率的な局所CO₂施用も可能となる。そこで、加温機排気中のCO₂を

効率よく回収貯留し再利用するための、施設園芸用CO₂貯留・供給装置を開発することを目的としている。

今年度は、水蒸気存在下でもCO₂の吸脱着工程が繰り返し行える活性炭において、優れた性能(吸着量および嵩密度)を有する活性炭の探索を行った。その結果、ヤシ殻を原料とした活性炭は、石炭を原料とした活性炭に比べ吸着量が多く、またヤシ殻を原料とした活性炭において、単位重量あたりの吸着量に差は無いが、嵩密度は0.42~0.70 g/cm³とかなりの差があり、装置のコンパクト化においては嵩密度の大きなものを用いることが望ましいことが明らかとなった。また吸脱着の繰り返しによる長期耐久性試験においては、温度25℃相対湿度70%と、温度60℃相対湿度11%の条件にて、水蒸気を繰り返し吸脱着させる試験を行った。その結果540回水蒸気を吸脱着させても、CO₂の吸脱着量にはほとんど変化のないことを確認した。ハイドレートのCO₂捕集性能及び貯蔵量に関するデータの取得及び改良手法の検討では、ハイドレート生成における経済性及び安全性を考慮した条件の最適化を目的とし、CO₂ハイドレートのCO₂捕集性能および貯蔵量に関するデータの取得を行っている。

今年度はガス包蔵特性解析実験として、ヘルプゲスト物質としてTBABもしくはTHFを用いた系において、200 cm³のハイドレート生成容器を用いて、ヒーターの排ガスを模擬したCO₂+N₂混合ガスの分離実験を行った。TBABハイドレートはTHFハイドレートよりもガス包蔵量の点で劣るものの、CO₂の選択性については優れている結果となった。本データに基づきフィールド機の概念設計を行った。X線回折実験では、CO₂ハイドレート長期間保存のため、氷点下温度における常圧条件下でのその貯蔵に及ぼす雰囲気中のガス種の影響を評価した。N₂を混合した排ガス雰囲気であっても、大気圧下の氷点下温度でCO₂ハイドレートを媒体としてCO₂ガスを貯蔵可能であることが示された。分離データ精度向上のため、内容積800 cm³のラボスケール分離装置を開発し、分離実験系を構築した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 施設園芸、二酸化炭素、活性炭

2) 国以外からの受託収入

〔研究題目〕 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、次世代ロボット中核技術開発／次世代人工知能技術分野 人間と相互理解できる次世代人工知能技術の研究開発

〔研究代表者〕 辻井 潤一（人工知能研究センター）

〔研究担当者〕 辻井 潤一、本村 陽一、西田 佳史、櫻井 瑛一、中田 亨、Geczy Peter、Lynden Steven、Leblay Julien、Laokulrat Natsuda、北村 光司、西村 拓一、福田 賢一郎、渡辺 健太郎、西村 悟史、梁 滋路、小川 宏高、谷村 勇輔、的野 晃整、金 京淑、穂山 空道、宮尾 祐介、岡崎 直観、中山 英樹、松尾 豊、市瀬 龍太郎、佐藤 泰介、尾形 哲也、松下 康之、佐藤 仁、吉村 玄太、彦坂 修平、今泉 友之、藤田 藍斗、野田 遼子、伊東 里保、今関 宏房、中村 友昭、山崎 隆紀、森永 聡、大屋 勝敬、我妻 広明、杉村 領一、麻生 英樹、中田 秀基、一杉 裕志、高橋 直人、川田 正晃、佐野 崇、尾崎 竜史、中村 良介、岩田 敏彰、神山 徹、赤穂 昭太郎、兼村 厚範、高野 了成、広淵 崇宏、村川 正宏、河西 勇二、岩田 昌也、坂無 英徳、野里 博和、高橋 栄一、緒方 淳（人工知能研究センター）、原田 研介、万 偉偉、永田 和之、花井 亮、Ixchel Ramirez-Alpizar、佐藤 雄隆、岩田 健司、佐川 立昌、増田 健、小林 匠、長坂 洋輔、堂前 幸康（知能システム研究部門）、大羽 成征（京都大学）、岡田 真人、鶴岡 慶雅（東京大学）、山崎 匡（電気通信大学）、高村 大也（東京工業大学）、大森 隆司（玉川大学）、稲邑 哲也（国立情報学研究所）、村田 昇（早稲田大学）、橋本 学（中京大学）、藤吉 弘亘（中部大学）、辻 徳生（九州大学）、山崎 公俊（信州大学）松原 崇充（奈良先端科学技術大学院大学）（常勤47名、その他40名）

〔研究内容〕

人間と人工知能が協働して重要な社会的課題を解決する世界の実現を目指して、人間と相互理解可能な次世代人工知能技術の研究開発を進めている。大学、公的機関、産業界から人材、技術、データを集結させ、①大規

模目的基礎・先端技術研究開発、②次世代人工知能フレームワーク研究・先進中核モジュール研究開発、③次世代人工知能共通基盤技術研究開発、という3つの研究開発項目を一体的に実施した。初年度である平成27年度の主な進捗は以下の通り。次世代脳型人工知能の研究開発：大脳皮質モデル BESOM の理論的妥当性の検証と並列・分散実装、BESOM を用いた人工視覚野、人工言語野の設計を進めた。視覚野細胞の空間的 STA と時間的 STA の推定手法の検討を進めた。運動のシーケンスを学習・表現可能な大脳基底核-小脳モデルの開発に着手した。能動学習による効率的な物体追跡手法を提案した。データ・知識融合型人工知能の研究開発：研究課題として画像・映像データと経済データに対する説明文生成と質問応答タスクを選定し、データの検討を開始した。ニューラルネットワークが学習した分散表象知識を、人間が理解可能な記号的知識に変換する手法を提案し有効性を確認した。機械学習・確率モデリングの高度化：学習用データの次元圧縮・削減等による学習効率化の先行研究調査を進めた。複数の学習用データ拡張手法を提案・評価した。有向循環説明グラフを扱える確率プログラム処理系を構築した。深層学習と強化学習との組み合わせに関するアルゴリズムを検討し、ロボット制御の実験環境を整備した。次世代人工知能フレームワーク研究：次世代人工知能フレームワークプロトタイプ、共通データモデル等の設計を進めた。人工知能研究クラスターの調達を進めるとともに、クラウド上で計算機リソース、データ蓄積・管理・利用サービスを構築した。仮想環境での人間とロボットの対話のデータ収集環境を構築した。先端中核モジュール研究開発：日常生活データを観測・収集するためのリビングラボや日用品の3次元データ収集環境を構築した。認識等のモジュールをクラウド上に統合するミドルウェアの整備を進めた。人の物体操作や組立作業の計測法とそれを利用した行動計画法を提案した。動作模倣学習や不定形物操作の実験環境を構築し、紐状の不定形物を目標形状にするための手順生成法を提案した。既存の自然言語処理ツールの調査を行った。

人間行動モデリングタスク：ビッグデータの活用が期待されている具体的なフィールドの検討を進め、次世代自販機等のデータ収集基盤、行動計測システム、知識収集システムの導入可能性の検討と整備を行った。画像解析タスク：中分解能衛星画像データをクラウド上に整備し、変化検出や地物検出が行えることを確認した。高分解能衛星画像データの活用法の検討を開始した。事故情報テキスト解析・事故予防タスク：事故の進展フロー図の書式を策定し、米国航空安全報告制度のヒヤリ・ハット情報や米国労働安全局の事故データの分析を開始した。対人インタラクションタスク：実験フィールドとして選定した幼稚園に園児を識別・追跡するための環境を構築し、Pepper 等を用いたインタラクション実験を実

施した。産業用ロボットタスク：産業用ロボットシステムとピッキングシミュレータを構築し、ピッキングの学習実験環境を整備した。自動運転タスク：ヒヤリ・ハットデータベースをリスク予測の学習用に整備した。先進運転支援システムオントロジーを整備し、交差点での状況等の行動記述を試みた。全体の情報処理を十分な速度で実行するためのハードウェアの検討に着手した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】人工知能

【研究 題 目】木質バイオマスから各種化学品原料の一貫製造プロセスの開発

新エネルギー・産業技術総合開発機構
非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発

【研究代表者】吉田 勝（機能化学研究部門）

【研究担当者】吉田 勝、柳下 立夫、井上 誠一、
藤本 真司、横山 英幸、仁田 秀美、
吉見 美穂、西本 有紀、角井 みゆ
（常勤職員4名、他5名）

【研究 内 容】

当所が開発している水熱・メカノケミカル・酵素処理法について、今年度は主にリグニン成分の分離に関する検討を行った。糖化残渣から室温でアセトン可溶成分を抽出することにより、収率は20%程度であるが平均分子量約700のリグニン成分が得られることが分かった。このリグニンサンプルをリグニン利用グループに提供して評価を受け、改良点の指摘があるものの評価指標をクリアしていることが分かった。

さらに、処理コスト削減のため、酵素糖化を行わずに水熱・メカノケミカル処理による3成分分離に関する検討を行った。今年度購入したオートクレーブ等により水熱処理条件を変えて3成分の分離条件の最適化を行った。得られた粗セルロース成分は、糖成分のロスが数%しかなく、またそのサンプルをセルロースの触媒変換による利用用途を開発している PJ 参画機関に提供して評価を受け、セルロース原料として十分に触媒変換に使用できる結果が得られた。また、粗セルロース生産時にリグニン成分も酵素糖化を経ずに分離でき、その特性を軟化点測定装置や粘度検出器を用いて調べた。ヘミセルロース成分もリグニン成分の分離の過程で得られる可能性を明らかにした。

本 PJ で開発された種々の前処理技術についてシステムシミュレーションを行い、個々の技術について物質収支、エネルギー収支を明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】3成分分離、リグニン抽出法、樹脂化

【研究 題 目】戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）／革新的設計生産技術／高付加

価値セラミックス造形技術の開発

【研究代表者】大司 達樹（構造材料研究部門）

【研究担当者】大司 達樹、近藤 直樹、日向 秀樹、
長岡 孝明、堀田 幹則、北 憲一郎、
嶋村 彰紘（以上、構造材料研究部門）、
明渡 純、篠田 健太郎、鈴木 雅人、
森 正和（以上、先進コーティング技術
研究センター）
（常勤職員10名、他1名）

【研究 内 容】

本事業では、従来のセラミックス製造プロセスでは困難であった高付加価値部材の製造を可能とし、革新的部品設計を高付加価値製品群として実現できるセラミックス造形技術として、複雑形状付与技術（3D 積層造形技術）および表面構造付与技術（ハイブリッドコーティング技術）を新たに開発するとともに、実際にこれらの新技術を活用した高付加価値部材開発を通じて、イノベーションスタイルを実証することを目的とする。

3D 積層造形技術では、主として、平成26年度導入した粉末積層造形装置により、各種セラミックス原料粉末およびバインダーからなる混合粉末を用いた積層造形を行い、原料の混合方式、バインダーの組み合わせ、積層造形時の予熱状態の最適化、バインダーの熔融固化に適したレーザー加熱の出力やスキャン速度などの最適化を行った。さらに、粉末積層造形装置のカートリッジ増設を行い造形の効率化を進めた。また、積層用粉末形状イメージング装置、積層用粉末粒度分布評価装置、および積層用粉末物性測定装置を導入し、積層造形プロセスの改良、安定化のために、積層用粉末の形状、粒度及び物性と積層した粉末層の状態との関係を明らかにした。加えて、得られた成形体およびそれを焼結した焼結体の、密度、欠陥、強度、寸法精度等の評価を行い、それらの結果を原料粉末の前処理や積層造形プロセスに反映させた。得られた知見を基に、気孔率16%で曲げ強度100 MPa 以上のアルミナ多孔体作製技術を得るとともに、φ3 mm のらせん状流路10本を有する外寸φ30 mm×高さ100 mm のフィルターモデルを試作するなど、各種形状の造形品を作製した。

ハイブリッドコーティング技術では、主として、平成26年度の成果に基づき、熱プラズマ発生装置、小型 RF プラズマトーチ及び溶接機を応用した小型 DC プラズマトーチを新規に設計・導入し、冷却性能、ガス精密制御を考慮して、6kW までの電力入力を可能とする小型ハイブリッド AD（HAD）装置の設計試作を行った。また、環境整備として大型グローブボックスの導入により、原料粉末のハンドリング向上、成膜特性の精密評価を可能とすることで、HAD 法による基礎的成膜特性の確認を行った。プラズマ援用効果を利用した HAD 法により、イットリア系粉末に加えてアルミナ系粉末においても、10～50倍と成膜レート的大幅な向上を確認することが

できた。本プロセスにおける熱的援用効果は、熔融効果を主体とする従来の溶射法とは異なることが確認された。開発した HAD 法により、従来の AD 法では困難であったポーラス基材上への成膜も確認することができた。また、次年度の大型 HAD 装置の導入に向けて、3D コーティングにおける成膜均一性の検討も行った。ここでは、小型ロボットアームを導入し、均一な成膜のためには基材の3次元駆動のみでは困難で、HAD トーチを基材に対し3次的に相対運動をさせる機構の導入が必須であることを明らかにした。環境整備として大容量排気ポンプを導入し、想定ガス流量負荷時においても100Pa 域までの圧力到達を可能とした。加えて、集塵性、安全性を考慮して大型チャンバーを整備し、大型 HAD 装置の導入に向けた体制を整えた。

【領 域 名】材料・化学、エレクトロニクス・製造

【キーワード】セラミックス、造形技術、コーティング技術

【研究 題 目】革新的硬質材料設計による超硬工具向けタングステン省使用化の検討

【研究代表者】松本 章宏（構造材料研究部門）

【研究担当者】松本 章宏、細川 裕之、下島 康嗣、古嶋 亮一、小林 慶三（以上、構造材料研究部門）、香山 正憲（電池技術研究部門）（常勤職員6名）

【研究 内 容】

大学や公的研究機関等で開発された革新的な硬質材料に対して、切削工具への用途展開を目指し、工具構造を創り込むための周辺技術を調査するとともに、計算科学を利用した硬質材料の最適化、設計支援を検討して、我が国の加工技術の高度化を支えるタングステンの安定供給に向けた技術を発掘することを目的として行った。

具体的には、産総研シーズである TiC-FeAl に関して、プロセスならびに材料設計を最適化することにより、機械的特性に大幅な向上に成功した。作製した焼結体から切削チップを試作して、難削材の一つである鋼材の旋削加工試験を行うことにより課題抽出を行い、高能率切削のための材料設計指針を見出した。愛媛大シーズであるナノ多結晶スティショパイト（NPS）に関して、超高压成形用圧力容器の大型化・形状最適化により、スケールアップに成功した。さらに、セラミックス接着技術を応用することにより、世界で初めて NPS 切削工具の試作に成功した。

硬質膜を厚膜化して工具の長寿命化によるタングステン省使用化の試みとして、特殊雰囲気下での高温熱処理により WC-FeAl 表面に密着性に優れるアルミナ膜の形成が可能であることを見出した。

さらに、硬質材料の特性解明への計算科学の適用に関して、炭化物／遷移金属界面に、局所エネルギー・局所応力計算法の適用可能性を検討した。

以上、本研究を通じて、大学・国研の技術シーズの高度化による W 代替・省使用化の可能性と、計算科学による開発支援の可能性を見出すことができた。

【領 域 名】材料・化学、エネルギー・環境

【キーワード】硬質材料、超硬工具、タングステン省使用化

【研究 題 目】エネルギー・環境新技術先導プログラム生物表面模倣による難付着・低抵抗表面の開発

【研究代表者】穂積 篤（構造材料研究部門）

【研究担当者】穂積 篤、浦田 千尋、佐藤 知哉（常勤職員3名、他1名）

【研究 内 容】

本研究は、ナメクジの粘液分泌による優れた防汚機能と蛾の眼のモスアイ効果（反射抑制）の二つの生物機能を模倣し、低温下（0℃以下）でのみ素材表面から不凍液がにじみ出し、着氷雪防止機能が発現するこれまでにない透明性/光透過性に優れた機能性フィルムを開発することを目標としている。研究担当者は、特に、A4サイズ以上の着氷雪防止機能を持つ透明多機能フィルムの開発を行うことを目標としている。平成27年度は、これまでに開発した透明ゲル（SLUGs : Self-lubricating Organogels）に充填する不凍液の種類、充填量の最適化を実施し、表面構造のない A5サイズの試料を作製し、北海道での実地テストを行った。SLUG は不凍液が充填されていない試料と比較して、優れた滑雪性を示すことが明らかとなった。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】着氷雪防止、SLUG、バイオミメティクス、透明ゲル、離しょう、動的濡れ性

【研究 題 目】SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／次世代パワーエレクトロニクス／SiC に関する拠点型共通基盤技術開発／SiC 次世代パワーエレクトロニクスの統合的研究開発／③次世代 SiC モジュールの技術開発／高耐熱部品技術開発

【研究代表者】平尾 喜代司（構造材料研究部門）

【研究担当者】平尾 喜代司、日向 秀樹、宮崎 広行、周 游（構造材料研究部門）、伊豆 典哉（無機機能材料研究部門）、土屋 哲夫、中島 智彦、鈴木 宗泰、相馬 貢（先進コーティング技術研究センター）

（以上、常勤職員9名、契約職員2名）

【研究 内 容】

本研究開発では、プロジェクト参加機関及び産総研・先進パワーエレクトロニクス研究センターとの緊密な連携のもと、1.2kV 級 SiC チップを利用した高チップ電

流密度モジュール用部品として、高い耐久性（-40～250℃の温度サイクル1000回以上、耐熱性250℃）と優れた電気特性を有するセラミック回路基板（中部センター：構造材料及び無機機能材料研究部門）、高い耐久性と小さい電気特性変動、高い周波数特性をもつ高耐熱受動部品（先進コーティング技術研究センター）の開発を目指している。産総研は、過酷環境下でのモジュール部品の劣化・損傷機構の解明及び解析結果に基づく部品の設計指針の構築、並びに加速劣化試験法の開発を担っている。

セラミック回路基板については、窒化ケイ素あるいは窒化アルミニウム基板に活性金属法で銅板を接合したメタライズ基板を作製し、種々の条件の温度サイクル下（下限は-40℃、上限は150、200、250℃）での基板の特性変化を系統的に検討した。その結果、窒化ケイ素基板は優れた耐温度サイクル性を有すること、温度サイクル試験の上限温度が250℃と高い場合、Cu 回路層の表面がサイクル回数とともに顕著に荒くなることを明らかにした。また、温度サイクル試験の加速劣化法として動的疲労試験機を設計し、装置を導入した。抵抗器に関して、250℃の高温保持下での作動時の最高到達温度を計測し、信頼性評価試験（300℃）及び加速劣化試験（350℃）の温度条件を決定した。さらに、350℃の高温保持における加速劣化機構解明を行った。

【領 域 名】材料・化学、エレクトロニクス・製造

【キーワード】窒化ケイ素、メタライズ基板、回路基板、受動部品、抵抗器、コンデンサ、加速劣化試験

【研究題目】戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）／重要インフラ等におけるサイバーセキュリティの確保／(b1) 認証制度の設計

【研究代表者】寶木 和夫（情報技術研究部門）

【研究担当者】寶木 和夫、大崎 人士、半田 剣一、坂根 広史、田口 研治、相馬 大輔（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

本研究は、有用なセキュリティ機能を速やかに社会実装するための仕組みを設計するため、(1) SBD（Security by Design）を着実に推進するための基本を構築する、(2) ゼロから作るのではなく、新旧混在系におけるセキュリティの確保を図る、(3) セキュリティの確実な作りこみを促進する適合性評価・認証制度を研究開発することを目的としている。

研究計画としては、重要インフラシステムの制御ネットワークや機器、および、その製造者を対象とし、セキュリティ適合性を評価・認証するための妥当な制度のあり方を検討する。そのため、有用となる第三者認証の確立と普及策を設計、試行する。第一者、第二者評価を支

援する評価ツールも併せて検討する。また、他プロジェクトの開発技術の活用とともに、大量のセキュリティ要件を半自動的に分類し可視化する要求分析支援ツール、効率的に分析ミスや見落としを低減するセキュリティ・サーフェティ可視化支援ツールの研究開発と概念実証により有用性を示すこととした。

平成27年度は、米国 RSA Conference、UL、Synopsys、ドイツ TÜV iT、オランダ ENCS、フランス Secure-IC を訪欧。ULCAP など私的第三者認証基準策定と適用動向、欧州スマートメータ標準化推進状況などを調査、分析した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】セキュリティ、サイバー攻撃、要求定義、システム検証技術、適合性評価技術

【研究題目】バイオマスエネルギー技術研究開発／バイオ燃料製造の有用要素技術開発事業／有用微生物を用いた発酵生産技術の研究開発

【研究代表者】鎌形 洋一（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】鎌形 洋一、藤森 一浩、佐原 健彦、扇谷 悟、森田 直樹（常勤職員5名、他6名）

【研究内容】

本研究では、セルロース系バイオマスからの高効率なエタノール生産のため、同時糖化並行複発酵（SSF）に資するエタノール生産酵母に求められる特徴であるキシロース代謝能、耐熱性、発酵阻害物質耐性に関わる有用遺伝子や遺伝子変異等を同定し、それらをエタノール生産実用酵母に実装することで、SSF に最適な酵母株の開発を目的とする。

希硫酸処理バガス濾液に含まれる発酵阻害物質に対する耐性変異体3株（崇城大学樹立株）について、次世代シーケンシング技術を用いた全ゲノム解析を行い、各変異株ゲノムに存在する変異情報を網羅的に取得した。得られた変異情報を用いて、各変異株の遺伝的背景を考慮した論理プログラミング手法による原因変異の高精度予測を行い、発酵阻害物質耐性の原因候補遺伝子・変異情報を取得することに成功した。また、アルカリ処理バガスを用いた SSF における酵母株の網羅的遺伝子発現解析を行い、高い発現に有用なプロモーターを複数同定することに成功した。さらに、①突然変異体より同定された有用原因遺伝子変異の導入、②遺伝子発現解析等によって得られた有用プロモーターによるキシロースイソメラーゼ遺伝子等の発現制御、③副産物を低減する遺伝子欠損、④ペントースリン酸経路遺伝子群の最適な組合せ発現等の有用要素技術を確立し、これらを組合せ実装した各種酵母株を構築した。これらの酵母株をプラスコスケールにおいてエタノール発酵性能の評価を行った結果、SSF プロセスにおいて優れたエタノール生産能を有す

る複数の酵母株の構築に成功した。

また、希硫酸処理バガス糖化液に対するより高い耐性を有する株を分離するための培養条件を検討し、基本的な条件を決定した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】バイオエタノール、酵母、キシロース代謝、耐熱性、発酵阻害物質耐性

【研究題目】SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／次世代パワーエレクトロニクス／SiC に関する拠点型共通基盤技術開発／SiC 次世代パワーエレクトロニクスの統合的研究開発

【研究代表者】奥村 元（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】奥村 元、山口 浩、加藤 智久、米澤 喜幸（常勤職員23名）

【研究内容】

本開発テーマでは、SiC パワーエレクトロニクスの普及と適用先拡大を目指した次世代技術として、①エピ成長やウエハ加工をも含めて革新的手法を取り入れた次世代 SiC ウエハ（基板）作製技術、②低損失性・高耐圧性をより向上させる新規構造／プロセスを取り入れた次世代 SiC デバイス作製技術、③高電流密度デバイスを搭載したうえで小型軽量化と信頼性評価法確立を目指す次世代 SiC モジュール作製技術を対象に、一貫した統合的研究開発を当該分野における産学官の有力研究機関の研究者を結集して行う。

プロジェクト初年度である本年度は、上記3研究開発課題について研究開発を行い以下のような成果を得た。

①次世代 SiC ウエハの技術開発

①-(1) 伝導度制御技術開発

昇華法コドープに関して、10 mΩcm 以下かつ積層欠陥密度 0 cm^{-3} の n 型 4H-SiC ウエハを試作し、エピ成長実験を通じて開発技術に問題ないことを実証した。また、N-B コドープでも N-Al コドープと同等の低抵抗化・積層欠陥抑制効果が得られることも成長実験にて実証した。一方、p 型は Al-N コドープ技術で 90 mΩcm の達成を確認し、低抵抗化が気相法でも可能であることを確認した。

溶液法を用いたバルク成長では、Cr を用いない純 Si プロセスでの 3 inch の p 型 SiC 結晶成長に成功した。成長面全体でマクロステップバンチングの抑制を試み、100 mΩcm の 3 インチ長尺成長の安定化に目処を付けた。

①-(2) 高耐圧化対応技術開発

Si 面を中心に高濃度ドーピングによるライフタイム制御をベースとした順方向劣化の抑制技術開発、転位変換効率向上による貫通 BPD 密度低減技術、250 μm 超の高品質厚膜成長に必要な低欠陥化、外形制御技術といった厚膜成長に対応した技術開発を実施した。また C

面については材料としての高耐圧化対応の可否判断に必要な低残留不純物濃度化、ライフタイムの長寿命化に特化した開発を実施した。

ライフタイム制御については、深さ方向のキャリアライフタイム制御を適用したエピタキシャル膜の開発を進めた。深さ方向のキャリアライフタイム制御に向けて、各種成長条件で得られたエピタキシャル膜の少数キャリア寿命、キャリア寿命の温度依存性、成長条件がウエハ品質に与える影響を総合的に調べ、所定のキャリア寿命が得られるエピタキシャル成長条件を明らかにした。バイポーラデバイスの順方向特性劣化を起こす積層欠陥の拡張現象は、TED に転換した BPD からも発生することを高分解能 TEM による構造解析により世界で初めて確認した。これにより、再結合促進層の重要性が明確となった。250 μm 超の高品質厚膜成長では 3 インチウエハでキラ欠陥密度 0.9 cm^{-2} （三角欠陥密度 0.5 cm^{-2} ）を達成し、250 μm 厚でウエハ反りが 25 μm 程度に押さえられる目処を付けた。C 面に於いては成長圧力と C/Si 比の制御で残留不純物濃度 $6 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ を達成、さらにプロパンアニール処理による C 空孔低減により、as grown エピ膜でライフタイム 3.4 μsec を達成した。

②次世代 SiC デバイスの技術開発

②-(1) 新構造ユニポーラデバイス技術開発

平成 27 年度の目標は、埋戻しエピによる深さ (D) 15 μm の SJ 構造の形成であったが、これを前倒しで達成し、目標を D=20-25 μm に上方修正した。前倒しでの目標達成を受けて加速予算を獲得し、埋戻しエピ領域の正確な濃度分布（絶対値）評価に向けた装置（走査型非線形誘電率顕微鏡：SNDM）、平坦化の高精度化に向けた非接触式インラインゲージ（NCIG）を導入した。上方修正した目標の達成にはメサトップ上の膜成長にいくつかの重大な課題があったが、克服の目途を示した。最終的には、成長速度の高速と共に D=20 μm 以上の SJ 構造の形成に成功した。高耐圧用の SJ 構造の形成には、深いトレンチを制御性良く形成する必要がある。そのため厚い酸化膜マスクのパターニング、SiC エッチング条件の最適化に取り組み、フル SJ 構造用の極めて深いトレンチとして D=45 μm（低アスペクト比）、部分 SJ 用の高アスペクト比トレンチとして D=23 μm のトレンチ形成に成功した。SJ ウエハの形成には①トレンチ形成、②埋戻しエピ、③平坦化の一連の工程が必要である。本年度は、実際に 3 インチウエハで SJ 構造の形成を実施し、深さ 10 μm で面内ばらつきの小さい SJ 構造ウエハの作製に成功した。SJ 構造領域の電荷バランス制御に向けては、TMA（Al ドーピング用ガス）流量の変更により、埋戻しエピ領域の Al 濃度制御が可能であることを確認した。

一方 SiC ゲート酸化膜界面連携体制に関しては、酸化膜界面物理の学理解明に向け、SiC 酸化膜に関する研究に参画する各機関（筑波大・産総研・阪大・東大・東

北大)との連携体制を構築した。本取り組みでの目標を共通化し、それを達成するために必要な評価項目を挙げ、評価に適した種々の TEG パターンを決定した上で、その共通評価 TEG パターンを用いたリソグラフィ用のマスク作成を完了させた。

②-(2) バイポーラデバイス技術開発

本年度はオン特性とスイッチング特性の両立を目指した要素技術として、バイポーラデバイスのホール注入制御に関する検討を行った。具体的にはコレクタ側の電極構造及び層構成をシミュレーションにより最適化し、TEG (PiN ダイオードのカソード構造) 試作を行い、順方向特性を測ることにより、ホール注入制御方法の検証を行った結果、P++コンタクト領域の比率をコントロールすることにより、Vf を100-200%の間で、コントロールできることが明らかとなった。

IGBT については、コレクタ側電極構造の検討を行い、Vf に及ぼす影響をシミュレーションと TEG 試作により検証を行った。また薄ウエハプロセスの検討を行い、問題点の把握と対策を進めた。

バイポーラデバイス、ユニポーラデバイス共通の問題である順方向劣化に関して、ウエハテマ(高耐圧化対応技術開発)側と連携しながら、現状把握を行った。PiN ダイオード試作を行い、順方向劣化特性を計測し、順方向劣化現象の、電流密度依存性、トポ像、PL 観察による解析などを進め、その原因解明につながる知見が得られつつある。

③次世代 SiC モジュールの技術開発

SiC チップ開発側との性能・仕様に関する情報交換と並行して、高耐熱部品(産総研中部センターを中心拠点)、耐高温接合(阪大産業科学研究所を中心拠点)、高温実装(産総研つくばセンターを中心拠点)の各側面から、適用可能な材料・要素技術の選定やその組合せ方法に関する調整を進めた。

上記の高温実装の検討として、参画応用機器企業とのモジュール仕様に関する議論を通じ、応用機器への適用の視点から空冷方式での高チップ電流密度(1 kA/cm²級)化を図る方針を決定し、この高電流密度形モジュールの実現に適用可能と考えられる材料および要素技術の選定を高耐熱部品および耐高温接合の拠点と相互調整をとりながら進め、これに基づく2 in 1モジュールの基本構造設計を行った。

モジュールの基礎設計の確認を目的とした要素構造等の組合せ評価方法を決定した。特に、組合せ状態での耐久性の評価に関しては、応用機器側からの要望と開発期間を考慮した調整を重点的に行い、高温保持(250°C・1,000h)、温度サイクル(-40°C~+250°C・1,000回)、パワーサイクル(30,000回)による評価から、実用化への基礎データ取得を行うこととした。

また、高電流密度(1 kA/cm²級)化とそれに伴う高発熱密度化に対応するために必要な設計技術の高度化を

目的に、設計の基礎データとなるモジュールを構成する材料・部品の低温から高温域における熱的物性および機械的物性に関して、高耐熱部品、耐高温接合、高温実装を担当する各グループ間で試験方法や取得データ内容の調整を行い、試験サンプルの設計と試験方法・条件を決定した。

耐高温接合技術に関しては、Cu-Sn 系 TLPS(遷移的液相焼結)接合の接合界面分析の結果から、接合強度や熱的特性に改善余地があることを解明した。この結果を受け、特性向上を図る観点から、材料組成の改良と接合形成条件の最適化に向けた試験を行う事となった。

[領域名] エネルギー・環境

[キーワード] SiC、エピ成長、ウエハ加工

[研究題目] SIP(戦略的イノベーション創造プログラム) / 次世代パワーエレクトロニクス将来のパワーエレクトロニクスを支える基盤研究開発 / ダイヤモンドパワーデバイス用ウエハの研究開発

[研究代表者] 奎野 由明(先進パワーエレクトロニクス研究センター)

[研究担当者] 奎野 由明、茶谷原 昭義、坪内 信輝、山田 英明、梅沢 仁、加藤 有香子、大曲 新矢(常勤職員7名)

[研究内容]

ダイヤモンドを用いたパワーデバイスの実現、検証を可能とする低欠陥、低抵抗のウエハ作製技術を開発することで、ダイヤモンドのパワーデバイス用材料としての有用性、他材料との使い分けを明確化し、世界に先がけたダイヤモンド半導体の実用化に向けた環境づくりを行うことを目的とし、千葉大学、大阪大学とともに、ダイヤモンドウエハの大型化・低欠陥化に向けた具体的な技術課題抽出のための実験的検討、ウエハのレーザー切断、平坦化などの加工技術検討、ならびにダイヤモンドパワーデバイスの将来性およびそれに必要なウエハ仕様の明確化検討を行う。

今年度は、昨年度導入したパルスマイクロ波電源を用いたダイヤモンド合成技術開発を行った。プラズマ分光を利用して最適合成領域を探索した結果、短パルス化による合成速度の大幅な向上や、バルク結晶作製において重要となるガス温度の低減など、当初期待していた効果を検証することができた。また、エピタキシャル成長層を低欠陥化するため、ダイヤモンド種結晶や基板を無損傷で平坦化する方法について引き続き検討を行い、RFプラズマエッチングにより、100 μm 程度の凹凸を1 μm 以下に平滑化できる可能性を示した。

[領域名] エネルギー・環境

[キーワード] ダイヤモンド、単結晶、ウエハ、CVD、加工

〔研究題目〕 固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業／普及拡大化基盤技術開発／先進低白金化技術開発

〔研究代表者〕 五百蔵 勉（電池技術研究部門）

〔研究担当者〕 五百蔵 勉、山崎 眞一、朝日 将史、秋田 知樹、田口 昇
（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では、白金担持カーボン等の実用触媒に有機物を修飾することで酸素還元（ORR）活性の向上させるコンセプトの確立を目指している。最終的には共同実施機関等で開発されるコアシェル触媒などの次世代高活性触媒に有機物修飾技術を活用することで、出力密度×耐久時間×1／（単位出力あたりの貴金属使用量）が現行の10倍以上を見通せる技術の開発を行う。

今年度は白金ナノ粒子の ORR 活性を向上させうる有機物候補材料の探索を進めた。その結果、白金触媒への吸着特性は有機物の官能基や構造に影響されるだけでなく、白金粒子径にも強く依存することがわかった。また、ある種の大環状有機物を吸着させることで、電気化学的な有効白金表面積あたりの ORR 活性が未処理の白金よりも向上することを見出した。

コアシェル粒子の ORR 活性は原子レベルでの組成や構造が大きく影響するため、触媒粒子の組成構造を明らかにすることは触媒改良の指針を得るために極めて重要である。収差補正高分解能分析電子顕微鏡を用いて、PtPd 合金触媒の構造を解析した結果、初期は均一な組成構造であるが、触媒の大量合成プロセスに適用可能な高活性化処理の1つである Cu-Air 処理を行うことで白金シェル層が形成されており、Cu-Air 処理によるコアシェル構造の発達が確認された。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 燃料電池、酸素還元、白金触媒、錯体触媒、電子顕微鏡

〔研究題目〕 車載用リチウムイオン電池の試験評価法の開発

〔研究代表者〕 小林 弘典（電池技術研究部門）

〔研究担当者〕 小林 弘典、小池 伸二、倉谷 健太郎、奥村 豊旗、鹿野 昌弘、齋藤 喜康、松本 勝、松島 壽一、木坂 和正、和合 由美子、森 里織、鈴木 友美、古谷 恭代、名倉 規代、高野 玲子
（常勤職員6名、他9名）

〔研究内容〕

車載用リチウムイオン二次電池（LIB）の「保存劣化式の高精度化と加速試験条件の検討」及び「次世代 LIB セルの寿命評価と解析技術の検討」について取り組むことで、LIB の寿命評価に係る国際標準化に資する知見を蓄積することを目的とする。

今年度の「保存劣化式の高精度化と加速試験条件の検討」の取り組み内容として、車載用 LIB の寿命試験法を評価するため、長期寿命試験の継続実施によるデータの拡充ならびに得られたデータに基づく寿命予測式（保存劣化式等）の検証を行った。その結果、今年度のデータを追加しても既導出の寿命予測式は有用であることを確認することができた。また、「次世代 LIB セルの寿命評価と解析技術の検討」の取り組み内容として、車載用 LIB で開発した寿命推定法の次世代 LIB への適用可能性について検証すべく、Sn 系材料を負極に含有する 1Ah 級の円筒電池単セルについて長期寿命試験を開始するとともに、次世代 LIB 用材料として有望視されている Si 系材料を負極に含有する 18650 型円筒電池の試作を開始した。加えて、次世代 LIB の設計に役立つデータシートを作成すべく、次世代 LIB 用材料について取得すべき基礎物性データを検討するとともに、電気化学的な特性及び熱物性等のデータ取得を開始した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 車載用リチウムイオン二次電池、シリコン系負極材料、寿命予測

〔研究題目〕 革新型蓄電池先端科学基礎研究事業／革新型蓄電池先端科学基礎研究開発

〔研究代表者〕 栄部 比夏里（電池技術研究部門）

〔研究担当者〕 栄部 比夏里、竹内 友成、松本 一、鹿野 昌弘、小林 弘典、佐野 光、作田 敦、マセセ タイタス、蔭山 博之、城間 純、香山 正憲、秋田 知樹、田中 真吾、窪田 啓吾、藤原 直子、五百蔵 勉、永井 つかさ、田口 昇、森垣 健一、菊園 康雄、太田 静生、横田 秀則、田下 勝則、中谷 芳雄、阿座上 理恵、奥本 めぐみ、吹谷 直美、八坂 美枝、矢野 淳子（常勤職員18名、他11名）

〔研究内容〕

本研究は、革新型蓄電池先端科学基礎研究事業の研究開発項目の一つである「材料革新」および「革新型蓄電池開発」について、リチウムイオン電池のエネルギー密度の向上並びに長寿命化・高度信頼性の同時達成のための高電位正極および高容量負極の材料の革新に資する指針を示し、また革新型蓄電池の提案を行うものである。

今年度は、「材料革新」においてはこれまでに知見を蓄積してきた電極／電解質界面の高度安定化に関して湿式法での被覆手法の最適化を進め、これまでに報告されている最も良好な被覆材料を凌駕する特性を見出した。さらに分光学的・電気化学的手法で被覆の効果発現メカニズムを詳細に調べ、被覆の効果は副反応抑制だけでなく活物質表面から内部にかけての領域の構造の安定化にも寄与すると示唆される観測結果を得た。

「革新型蓄電池開発」では革新的にエネルギー密度の高い電池の構築を目指し、京大拠点と連携して Li-硫黄系電池の開発と亜鉛空気電池の空気極の開発に取り組み、合金負極の開発も行った。硫黄系正極材料においてこれまでに見出した高容量の金属多硫化物材料の充放電反応機構を明らかにし、安定性が高い材料であることを確認した。空気電池用空気極には、アンチモンドープスズ酸化物とペロブスカイト型酸化物とを複合化した非炭素系触媒を使用することにより、従来の炭素系触媒に比べて亜鉛空気電池の充放電サイクル特性が大幅に向上することを実証した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 二次電池、リチウム電池、リチウムイオン電池、革新電池、正極、負極、界面、自動車、硫黄、空気電池、被覆

【研究 題 目】 次世代スマートデバイス開発プロジェクト／車載用障害物センシングデバイスの開発

【研究代表者】 青柳 昌宏／菊地 克弥
(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 菊地 克弥、入沢 寿史、渡辺 直也、馮 ウェイ、青柳 昌宏、Bui Thanh Tung、荒賀 佑樹、島本 晴夫、井川 登、馬 茉娜、橋野 健、藤井 裕美
(常勤職員5名、他7名)

【研究 内 容】

本研究では、昼夜問わず20 m 以上先の歩行者等多数の障害物の位置と距離を同時にリアルタイムで測定できるセンシングデバイス及び三次元 LSI 集積実装技術といった省スペース化と高速信号伝送特性を併せ持つ車載品質のデバイスの小型化技術を株式会社デンソー、ラピスセミコンダクタ株式会社とともに共同で開発する。

平成27年度は、想定する車載用センシングデバイスのために、三次元 LSI 集積実装システムからの要求仕様（電気、熱、応力）に応じた、積層チップを含む三次元 LSI 集積構造全体に関する解析評価技術の開発を進めた。特に三次元 LSI 集積実装技術のキーテクノロジーであるシリコン基板の縦方向配線であるシリコン貫通電極（TSV）からの応力・熱の連成解析評価技術を構築し、新規 TSV 構造の熱応力解析評価を行い、新規 TSV 構造における材料・プロセスの最適化に向けた解析評価を進めた。また、その実測評価を行うための顕微レーザーラマン分光測定装置を導入し、実測と解析の比較検証できる環境の整備を行った。また、TSV の実用化に向けた設計指針を得るための PDK TEG の設計を行った。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 車載用センシングデバイス、三次元 LSI

集積実装技術、省スペース化・小型化、シリコン貫通電極 TSV

【研究 題 目】 エネルギー・環境新技術先導プログラム／新材料・新構造メモリデバイス基盤技術の研究開発

【研究代表者】 遠藤 和彦（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 遠藤 和彦（常勤職員1名）

【研究 内 容】

近年、世界に流通するデータ数は級数的に増大している。大容量データの流通に対応するには、膨大な量の情報を記憶するメモリを持続的に供給し、さらに、それらを使ったデータセンターにおける電力消費の劇的な低減を図る必要がある。そのためには、既存技術の限界を打破する革新的なストレージシステムの実現が欠かせない。これまでに、新規ストレージシステムの可能性を求めて、数多くのストレージメモリ用の新技術が提案されてきた。それらについて、超大容量化、超低消費電力化、更に競争力の高い産業化に必須な超低コスト化のポテンシャルに着目し、従来技術の延長では実現できない、破壊的インパクトのある新材料および新構造を備えた革新的なメモリとして、磁気ドメインの移動を情報記録に用いるシフトレジスタ型磁壁移動メモリの可能性検討を行った。

具体的な研究内容としては、シフトレジスタ型磁壁移動メモリの実現のための基盤技術開発を行った。シフトレジスタ型磁壁移動メモリを実現するには、ビットシフトの安定制御に関する基礎技術の開発を初め、複数の技術開発が必要となる。中でも化学的気相成長（CVD）による磁性体機能膜形成技術の開発は、メモリ素子を立体化し、面積あたりのビット数を増加させるための必須の技術となる。そこで本研究では、CVD による磁性体機能膜形成技術開発を行った。原料プリカーサとして3フッ化リン系のプリカーサを選定し、成長条件の探索を行った。その結果、アンモニア還元による成膜で、垂直磁化を持つ薄膜コバルトの形成に成功した。今後は、CVD により成膜したコバルト薄膜を用いて、ビットシフト等の実証実験を開始する予定である。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 メモリ、磁壁移動、化学的気相成長

【研究 題 目】 エネルギー・環境新技術先導プログラム／ULP センサモジュールの研究開発

【研究代表者】 森田 行則（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 森田 行則、松川 貴、森 貴洋、福田 浩一、太田 裕之、右田 真司、水林 亘、遠藤 和彦、大内 真一、昌原 明植、更田 裕司、服部 淳一、浅井 栄大、大塚 慎太郎

(常勤職員13名、他1名)

【研究内容】

将来のセンサネットワーク社会を実現するための超低消費電力センサモジュール回路開発に向けて、必要な性能の見積と、それを実現できる指導原理を提案する事を目的とした。当研究グループでは、従来型のトランジスタ (MOSFET) を用いた回路では実現し得ない超省電力性能を得ることを目指し、MOSFET とは異なる原理によって動作する「トンネル FET (TFET)」を研究対象として選択した。具体的には、TFET を超低消費電力センサモジュール回路に活用するに当たり、TFET のばらつきが回路の動作信頼性に与える影響の見積もり、実用的な TFET の性能を達成するための要素技術に関して研究開発を進めた。最終年度である今年度成果としては、(1) TFET を用いたメモリ回路のばらつき見積もりの為の解析モデルを開発し、許容されるばらつき量を見積もった。平行して、回路シミュレータ上で TFET の特性を再現するコンパクトモデルを開発し、回路設計を担当する他機関に対し提供した。また、(2) SiGe/Si ヘテロ接合を持つ新規な積層フィン型 TFET を開発し、その効果を実験的に検証した。平行して、ヘテロ接合を有する TFET の動作を正確に再現するための半導体デバイスシミュレータの改良を進めた。

【領域名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 モノのインターネット、トンネル FET、TFET、センサーネットワーク、省電力

【研究題目】 次世代スマートデバイス開発プロジェクト／電子・材料・ナノテクノロジー部実施事業の周辺技術・関連課題における小規模研究開発の実施／三次元積層構造により高い EMC 性能を発揮する VLSI システムの設計法に関する研究開発

【研究代表者】 菊地 克弥 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 菊地 克弥、入沢 寿史、渡辺 直也、馮 ウェイ、青柳 昌宏、荒賀 佑樹 (常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

本研究では、車載エレクトロニクス等に要求されるディペンダビリティに関して、三次元 LSI 積層構造の採用により電磁ノイズの放射と干渉を抑制し、これにより世界に先駆けて高い電磁両立 (EMC) 特性を持つ VLSI システム設計法を導出した。特に、EMC 性能改善に向けたシリコン貫通電極 (TSV) 及びパッケージ基板であるインターポーザの設計において、樹脂インターポーザを利用した EMI 特性に優れた三次元積層構造、及び EMI を抑制する TSV の配置について設計手法を開発した。ここで、三次元積層 LSI は高密度な回路を搭載するため、回路に付加される寄生容量も高密度

に集積されることになる。容量は電源雑音を吸収する作用に加え、インダクタンスと合わせることで特定の周波数を分離するフィルタ効果を発揮する。この性質を利用し三次元積層 LSI に十分なインダクタンスを持つ有機インターポーザを組み合わせることで外部に漏出する雑音を劇的に抑制する構造を開発した。また、高密度に集積されたモジュールにおいて問題となる集積回路モジュール間の電磁干渉について、電磁遮蔽用 TSV の配置により電磁シールド効果が得られる構造を開発した。また、開発した構造により優れた遮蔽効果が得られることを三次元電磁解析により明らかにした。以上より、EMC 特性に優れた VLSI 設計手法について、実測に裏付けられた解析モデルの作成手法、及び効果的に電磁干渉を抑制するパッケージと電磁シールド TSV といった新規構造が開発された。

【領域名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 車載エレクトロニクス、三次元積層 LSI、電磁両立 (EMC) 特性、VLSI システム設計法、シリコン貫通電極 TSV

【研究題目】 エネルギー・環境新技術先導プログラム／ビッグデータ処理を加速・利活用する脳型推論システムの研究開発～新原理デバイス・回路による超高速・低消費電力ハードウェア技術の開発とそのシステム化～

【研究代表者】 秋永 広幸 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 秋永 広幸、内藤 泰久、島 久 (ナノエレクトロニクス研究部門) (常勤職員3名)

【研究内容】

目的：

「非連続に増大するビックデータを高速かつ低消費電力で処理するハードウェア及びインターフェースデバイス」の開発が喫緊の課題となり、計算機の性能向上に対する社会的要請は益々高まっていることに対して、革新的なデバイスと回路・システム技術から創出される脳型推論システムを用いてそれを解決する。より具体的には、超低消費電力でシナプス・ニューロンを模倣するアナログ型抵抗変化素子用新材料の開発、その超低消費電力化、ダイナミックレンジの増強、そして集積化回路の設計と実証を行うと共に、ビックデータ処理を目指したハードウェア指向深層学習とシステムアーキテクチャの構築を行う。

年度進捗状況：

項目 1：

超低消費電力シナプス・ニューロン模倣素子用新材料技術の開発／金属・金属酸化物ヘテロ構造を用いた神経模倣アナログ型抵抗変化素子のダイナミックレンジ拡大

と脳型推論システム応用に関しては、アナログ型抵抗変化素子の低消費電力化検証に用いる電気的特性評価装置の仕様策定を行った。

項目 2 :

ビッグデータ処理を目指した超低消費電力新型デバイスの開発とその集積化回路の設計/集積化アナログ型抵抗変化素子の開発に関しては、0.18ミクロン実デバイスを用いて、学習重みを微調整する駆動方法に関する検討を行った。

項目 3 :

ビッグデータ処理を目指したハードウェア指向深層学習とシステムアーキテクチャの構築/アナログ抵抗変化メモリを用いた深層学習アーキテクチャの構築及び脳型推論システムの評価に関して、大規模シミュレーションを行うためのモデルを作成した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 脳型推論、深層学習、電子デバイス

〔研究題目〕 エネルギー・環境新技術先導プログラム
／高機能暗号を活用した革新的ビッグデータ処理の研究開発

〔研究代表者〕 菊地 克弥 (ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 菊地 克弥、入沢 寿史、渡辺 直也、
馮 ウェイ、青柳 昌宏
(常勤職員5名)

〔研究内容〕

IoT/CPS 時代のネットワークにおいては、小型のセンサ端末群から収集される膨大なデータが、クラウド上のデータセンタに送られ、ビッグデータとして蓄積・処理される。さらに、ビッグデータの解析に基づくコマンド(指令)が、ネットワークを経由して無数のアクチュエータ装置群に送られ、社会に作用する。ビッグデータの処理能力とセキュリティは、このように双方向のコミュニケーションにおけるコンテンツの真正性に強く依存する。本研究開発は、IoT/CPS のネットワークを俯瞰し、センサからデータセンタまで高機能な暗号を遍く活用することで、2030年の社会情報システムにおける圧倒的に高度なセキュリティと超省エネルギーを同時に達成するための指針作成を行う。

平成27年度は、高機能暗号を搭載する暗号モジュールについて、ハードウェア構築方式に照らしたデバイスおよびパッケージングの作製仕様と設計基準を検討した。特に高機能暗号を搭載する半導体モジュールの実装に関して、省電力・小面積を目指す暗号モジュールを対象に、現時点で実現可能性の高い先端実装構造として、インターポーザ上にシリコンチップを搭載する構造に着目し、その製造プロセス工程を性能面から材料・構造の検討および設計ソフトウェア環境の検討を行った。設計ソフトウェア環境では、様々なツールをベンチマークしながら

検討を進め、シグナルインテグリティ (SI) 及びパワーインテグリティ (PI) の観点からの電気特性解析、物理構造のみならず電子回路配置における熱特性解析、微細なバンプ接続構造や微細なシリコン貫通電極 (TSV) における応力・熱(熱応力)特性解析のそれぞれにおいて、必要な設計ソフトウェア環境について検討を行った。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 IoT/CPS、セキュリティ、ビッグデータ、高機能暗号、暗号モジュール、シリコン貫通電極 TSV、シグナルインテグリティ、パワーインテグリティ、電気・熱・応力特性解析

〔研究題目〕 SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) /革新的設計生産技術 リアクティブ3D プリンタによるテーラーメイドラバー製品の設計生産と社会経済的な価値共創に関する研究開発

〔研究代表者〕 持丸 正明 (人間情報研究部門)

〔研究担当者〕 持丸 正明、多田 充徳、村井 昭彦
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

本プロジェクトで目指すテーラーメイドシューズの使用感の予測、そして運動と機能の関係の解明のため、ヒトの筋骨格モデルを構築し、それに基づく運動学計算を実施している。

平成27年度は、アナトモグラフィックなヒトの形状データに基づいてボリユーメトリック皮膚筋骨格モデルを構築し、骨格表面形状に基づく surface-based SSD (Skeletal Subspace Deformation) を用いて皮膚と筋の変形、そして筋の走行変化を低いコストで計算できるようにした。これにより、皮膚と骨格の干渉を避けつつ自然な皮膚形状の変形が再現できるようになった。この結果、体性感覚情報推定に不可欠な筋モーメントアームを、従来のワイヤ筋モデルでは誤差が44.8%であったのに対して、誤差14.1%で推定できるようになった。また、筋のボリユーメトリックな変形と運動・力学計算をつなぐために、下肢の筋に対してそれぞれに対応する力線を実装した。更に、運動計測、解析、そして可視化・フィードバックを実現するために、テストデータとして異なる条件における走行運動の予備計測及びその解析を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 デジタルヒューマン、ランニング、有限要素モデル、筋骨格モデル

〔研究題目〕 クリーンデバイス社会実装推進事業/
デザイン多用途省エネディスプレイ

〔研究代表者〕 鎌田 俊英、星野 聡 (フレキシブルエ

レクトロニクス研究センター)

【研究担当者】 星野 聡、高橋 達見、児玉 久子
(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

IT の高度化によって懸念される電力消費の大幅な増加に対して、従来よりも機能性に優れ、かつ消費電力は低く抑えられたクリーンデバイスの開発が進んでいるが、用途と需要が極めて限定されているため、広く社会に普及し有効に作用しているとは言えない状況にある。クリーンデバイスを活用する具体的な製品やサービスを明確化することで実用化や事業化を加速し、その新たな適用先を開拓し一層の普及を進めることを目的とした NEDO「クリーンデバイス社会実装推進事業」において、シャープ(株)との共同提案「デザイン多用途型省エネディスプレイ」がテーマとして採択された。本テーマでは、低消費電力の透明液晶ディスプレイを適用したユースケースを具体化し実装・実証通して有効性の検証を行い、並行して信頼性・安全性に関する共通化・標準化を検討するコンソーシアム活動を実施することが計画された。平成27年度はコンソーシアム活動を行う組織として、産総研を設立母体とし「デザイン多用途型省エネディスプレイ社会実装推進に向けた標準化に関する検討委員会」をディスプレイ技術関連企業6社10人、中立取纏機関として産総研から4名、計14人の委員の参加協力を得て発足させた。ユースケース実装・実証内容を基に、透明ディスプレイの利用促進に有効な共通仕様の策定と社会への公表、及び仕様項目に係る評価計測方法をディスプレイ技術の国際標準に提出するテクニカルレポートに反映させ、我が国の産業競争力の強化に繋げることを目標にコンソーシアム活動を始動した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 クリーンデバイス、省エネ、ディスプレイ、透明ディスプレイ、社会実装、標準化

【研究題目】 次世代プリントドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発／電子・材料・ナノテクノロジー一部実施事業の周辺技術・関連課題における小規模研究開発の実施／印刷製造物理複製不能回路を利用したセキュリティタグの研究開発

【研究担当者】 吉田 学 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】 吉田 学、栗原 一徳、植村 聖、堀 洋平、小笠原 泰弘、片下 敏宏
(常勤職員6名)

【研究内容】

① 印刷 Physically Unclonable Function (PUF) の設計と PUF 性能評価

・インク化できる P 型及び N 型有機半導体を用いて、コンパレータ、マルチプレクサ、カウンター等のデジタル回路の基本となるインバータ回路、NOR 回路作製・評価した、この特性を基に PUF 回路を設計し PUF 性能を評価した結果、エラー率の低い PUF 回路となることを明らかにした。

・有機デバイスシミュレータを用い、有機半導体薄膜および極薄絶縁膜を用いた電界効果トランジスタについて特性のシミュレーションを行った。結果として、得られた特性は、有機半導体の結晶性が高い場合と同等のものであり、シミュレーションと実験結果の整合性が取れた。また、PUF に利用するデバイス特性のばらつき要因として一番影響の大きいものは絶縁膜の膜厚ばらつきであることが明らかとなった。

② 印刷 PUF の製造とデバイス特性評価

・インク化できる P 型及び N 型有機半導体を用いてリングオシレータを作製したところ、38個作製した中の32個が正常に動作し、歩留まり84%を達成した、また発振周波数は1.2~1.4kHz の間に分布することが明らかとなった。これらを用いた PUF 回路ではエラー率が4%程度となることも明らかとなった。

・今まで、N 型有機半導体の長期安定性が課題であったが、高安定 N 型有機半導体を用いることにより、1か月間放置しても PUF 性能に影響を与えることがないことを確認した。また、有機デバイス封止装置により封止することにより、さらにリングオシレータの発振周波数シフトが軽減されることも明らかになった。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 Physically Unclonable Function (PUF), 偽造防止、ポリシリコン FinFET、ばらつきのレイアウト依存性、有機半導体プリントド PUF

【研究題目】 次世代プリントドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発／電子・材料・ナノテクノロジー一部実施事業の周辺技術・関連課題における小規模研究開発の実施／銅ナノインク低温結晶化技術を用いた大面積化向けタイリング実装技術の研究開発

【研究代表者】 白川 直樹 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】 白川 直樹、中野 栄司、森田 智子
(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

プリントド・エレクトロニクス (PE) という方法論が有効なアプリケーションとして、大面積デバイスの製造があるが、一括で作ろうとすれば装置が大型化し、初期投資が莫大となって、従来プロセスからの置き換えが進まない。そこで適度な大きさのものを PE で作って、

フィルム型コネクタで接続して大面積化する、タイリングが提案されている。現行のフィルム型コネクタは電極同士の接続を機械的接触に依存しており、接触抵抗がやや大きい。これを改善するため、電極間に銅ナノ粒子インクを挟み、当チームオリジナル技術である低温プラズマ焼結で焼成して低抵抗化することを試みた。

フィルム状コネクタの素材として、ポリイミドフィルム上にエッチングで線状の銅電極を形成し、その上にスーパーインクジェットプリンタを用いて銅ナノ粒子インクを塗布した。これを下部電極とし、上部電極としては上と同様に銅電極を形成したのちに、電極のない部分に多数の穴を開けたものを用意して貼り合わせた。この試料の上からガラス製ベルジャーをかぶせ、その中で放電により窒素の大気圧プラズマを生成させた。プラズマを含むガスは上部電極の穴を通じてフィルム間の空隙に入り、電極間に塗布されたインクに当たることになる。試料全体は酸素ポンプによって極低酸素分圧状態が保たれた箱内に置かれ、ホットプレートで250℃まで加熱された。

その結果、電極間の接触抵抗は30 mΩ未満となり、はんだ付けの10～50 mΩに匹敵することが分かった。銅インクの焼成ではんだ付け同等の低抵抗接続が可能なが示され、フィルム状コネクタの接続やその他種々の電氣的接続をオール銅・はんだ付けなしで低抵抗にできる可能性を見出した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕酸素ポンプ技術、大気圧プラズマ技術、低温プラズマ焼結技術、スーパーインクジェット技術、タイリング接続技術

〔研究題目〕高機能軽希土材料等の有効活用による自動車排ガス浄化触媒における白金族元素省量化の検討

〔研究代表者〕多井 豊（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕多井 豊、三木 健、難波哲哉（再生可能エネルギー研究センター）
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

本研究開発は、軽希土類等の有効利用により、自動車排ガス浄化に必要な白金族金属（PGM）使用量を大幅に削減するための技術の確立にむけたフェージビリティスタディと位置づけられる。抜本的なPGM削減に資する触媒設計技術の構築を目指し、マルチスケール・マルチフィジックス自動車触媒性能シミュレーションの基盤技術を確立するための研究を行うとともに、高機能酸化セリウム（セリア）材料と高耐熱性酸化アルミニウム（アルミナ）の利用に基づく、排ガス浄化触媒用PGMの機能性向上効果を検証した。この中で我々は、①耐熱性アルミナを用いたディーゼル酸化触媒の創製と性能評価、②高機能セリア材を用いた三元触媒の性能評価と

PGM低減因子の解析を担当した。①においては、高耐久性触媒の創製に有利な、表面ポリオール還元法を用いた触媒調製をおこなった。その結果、微量の添加成分を含んだアルミナを用いた場合に、高性能の触媒が得られることが分かった。②においては、開発触媒72種、総計138反応について、弱リーン条件での定常活性試験をおこなった。この結果、耐久処理前後の両方で、基準触媒の性能を上回る触媒が6種類見いだされた。その中には、PGM量を低減した上で、実車搭載触媒を上回る性能を有するものもあった。この他、三元触媒に要求されるライトオフ特性の速度論的解析手法の提案、三元触媒特性に優れるセリア材の構造解析、セリアの酸素・吸蔵放出に係る性能要件の抽出等で成果を上げることが出来た。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕自動車触媒、白金族低減、セリア、アルミナ

〔研究題目〕省エネセラミックコンプレッサ技術開発

〔研究代表者〕山口 十志明（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕山口 十志明、藤代 芳伸、鈴木 俊男、濱本 孝一、鷲見 裕史、島田 寛之
（常勤職員6名）

〔研究内容〕

従来の熟成技術である機械式コンプレッサ（圧縮冷却）技術の効率を打破する、革新的電気化学式コンプレッサ開発に取り組んだ。優れたプロトン伝導性を有するものの、難焼結性のため部材化が困難であったBa（Ce,Zr,Y,Yb）O₃（以下、BCZYYb）系電解質材料の活用を検討した結果、Niナノ複合化技術による焼結性改善によりBCZYYb緻密化を達成し、併せて電気伝導率や機械強度を向上した。プロトン伝導性セラミックスを用いたセラミック電気化学コンプレッサ素子の作製プロセスを開発し、電気化学評価試験、圧縮特性評価試験等を行うことで、電気化学コンプレッサとしての作動条件、耐圧性能、過電圧低減効果等を明らかにし、セラミックコンプレッサの設計指針を得た。また、新規電気化学コンプレッサデバイスの機能優位性や展開や標準化を目指したベンチマーク等の作成・調査し、開発を目指す新規省エネセラミックコンプレッサの2030年までの市場展開を目指す上での、世界的な競合技術への強み、弱み等のベンチマークや応用技術を含めた、伸ばすべき必要仕様等の調査を行い、研究開発へフィードバックした。さらに、従来に無いデバイス技術として、日本の産業競争力強化に不可欠な国際標準化等での戦略に必要な周辺技術の開発状況等も調査した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕セラミック、電気化学的昇圧、プロトン伝導体、薄層形成プロセス

〔研究題目〕高効率電解での物質変換向け電気化学セルに用いる新規機能性セリア系材料合成及び組織化プロセス・デバイス化技術の検討

〔研究代表者〕鷺見 裕史（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕鷺見 裕史、島田 寛之、山口 十志明、濱本 孝一、藤代 芳伸
（常勤職員5名）

〔研究内容〕

近年、高性能モーター等の用途で Nd や Dy 等の重希土類の需要が増加傾向にある一方、ガラス研磨材として主に用いられている Ce はリサイクルや代替材料の開発が進み、相対的に需要が減少している。しかし、希土類鉱石の中には多くの Ce が含まれることから、Y や La 等を含む軽希土類をバランス良く有効活用することが求められている。

ガドリニア添加セリア（GDC）は、イットリア安定化ジルコニア（YSZ）よりも高い酸化物イオン（ O^{2-} ）伝導性を示すことから、600°C以下の中温で作動する固体酸化物形燃料電池（SOFC）や電解セル（SOEC）の電解質材料として有望である。しかし、GDC は還元雰囲気において電子伝導性が現れるため、電解質内の電子リークによって開回路起電力（OCV）が低下し、これに伴って SOFC の発電効率や SOEC の水素製造能の低下を引き起こすことが知られている。本研究では、GDC 電解質と Ni-GDC 燃料極の間に挿入する新たな短絡抑制層の適用を検討し、リバーシブル SOFC-SOEC において OCV が50~60 mV 上昇し、水素消費・生成量がファラデー則に従うことを実証した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕機能性セラミックス材料、イオン伝導体、電気化学材料、燃料電池材料、エネルギー生成・変換、省資源・省エネルギー技術

〔研究題目〕新規高性能磁石材料の探索に関する検討／高 Fe 含有 RE-Fe-C,N 系磁石に関する検討

〔研究代表者〕尾崎 公洋（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕尾崎 公洋、高木 健太、藤田麻哉、安岡 正喜、中尾 節男、田村 卓也、中山 博行、山口 渡、鈴木 一行、岡田 周祐、曾田 力央、細川 明秀、砥綿 篤哉、楠森 毅、杵鞭 義明、水口 知大、今岡 伸嘉
（常勤職員16名、他1名）

〔研究内容〕

熱特性がネオジム磁石より優れ、磁化が高いために高性能磁石として期待されている TbCu7型 Sm-Fe-N の異方性粉末の合成を試みた。すでに等方性の Sm-Fe-N

粉末の焼結体は作製することができ、その熱特性が従来ネオジム磁石より優れていることがわかっている。そこで、異方性粉末を開発することができれば、従来ネオジム磁石を凌駕することができることが予想できる。しかし、準安定相の TbCu7型の Sm-Fe は現時点では超急冷凝固プロセスしか形成できないため、等方性粉末しか作製できていない。但し、水素化組織微細化処理（HDDR）でも TbCu7型の Sm-Fe 相が形成できることが知られおり、本研究においては HDDR プロセスを利用し、安定的に TbCu7型 Sm-Fe 相を作製できる条件を探索した。その結果、処理温度と生成される結晶相に依存性があり、安定相である Sm₂Fe₁₇相から準安定相に移る温度条件を明らかにした。さらに、第3元素の添加による安定化を試み、準安定相を安定化させる元素を見出した。さらに、希土類-Fe 系化合物として最も高濃度の遷移金属を含有する 1:13型化合物に注目し、異方性発現が期待できる正方晶型 La-Fe-Si の Si 低減合成を試みた。本正方晶化合物は一定の Si 添加量以下では異方性が期待できない立方晶に変態するため、Si 添加による磁化の低下が避けられなかったが、より Si 添加が少ない Fe 高濃度域まで正方晶領域を拡大するために高压合成を行った。この結果、相境界近傍では明らかに立方晶から正方晶への変化が確認された。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕耐熱性磁石、水素化組織微細化処理、異方性磁石、等方性磁石、高压合成

〔研究題目〕SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／革新的設計生産技術／ガラス部材の先端的加工技術開発

〔研究代表者〕赤井 智子（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕赤井 智子、福味 幸平、北村 直之、金高 健二（常勤職員4名）

〔研究内容〕

ガラスは、ディスプレイ、太陽電池、照明、光通信等の製品において、基板、カバーガラス、レンズとして使用されており、製品サイズ、デザイン、性能を決めるキーマテリアルのひとつである。しかしながら、ガラスは割れやすいという典型的な難加工材料であることから、広範な製品への適用が阻害されている。本研究開発においては、成型・切断・接合という3つのガラス加工の要素について、ガラス内部に生じる複雑な現象を解明することで、速度、精度、面積を飛躍的に向上させる革新的な生産技術を開発する。また、加工のベースとなるサイエンスの構築やシミュレーション技術の開発を関西圏に集積するガラス関連の大学・研究所で実施する。その結果を元に、現在、技術、市場で世界的に優位性をもつ複数のガラス企業で製品開発し、ユーザーからのフィードバックを受けながら部素材、加工方法をパッケージで供給することを目指す。当所では大面積精密成型技術に必

要な成型温度付近における粘弾性挙動の解明、ガラス融液とモールドの反応機構の解明に取り組む。また、それらの知見を元に8インチの大面积マイクロレンズアレイの成型技術を開発することを目的とする。

本年度は、ケイ酸塩ガラス弾性挙動について、成型点近傍での粘弾性特性を測定し、その組成依存性、温度特性を測定し、その結果を Maxwell モデルによる解析を行い、各種ガラスの緩和剪断弾性率に対するシフトファクターを求めた。また、企業との共同研究により、3インチ以上のガラス基板上にマイクロレンズアレイを PV 精度 $2\mu\text{m}$ 以下で成型することに成功した。また、最大サイズ8インチの大面积精密成型装置を設計し、導入した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ガラス、加工、プレス成型、マイクロレンズアレイ

【研究 題 目】可塑性 PVC ゲルを用いたウェアラブルロボット用ソフトアクチュエータの研究開発

【研究代表者】安積 欣志（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】安積 欣志（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

ポリ塩化ビニル（PVC）に可塑性剤を大量に加えた可塑性 PVC ゲルに電圧を加えると大きく変形を生じ、それを用いたソフトアクチュエータの研究が進められている。本研究テーマは、この「PVC ゲルアクチュエータ」を用いて、衣服のように人の皮膚に沿って柔軟に変形し、電圧印加によって伸縮するシート状ソフトアクチュエータの創製を試みることを目的とする。本年度と来年の2年間の計画で行う。

研究開発の概要は、PVC ゲルアクチュエータのウェアラブルロボットのためのデバイス化の開発、及び電場応答メカニズムの解明、さらにモデリングとフィードバック制御系の開発による PVC ゲルアクチュエータの正確な位置制御法の開発からなり、産総研では、電場応答メカニズムの解明を担当する。

可塑性 PVC ゲルの電場応答のメカニズムの詳細は現在のところよくわかっていない。本研究では、メカニズムを解明しモデル化することで、アクチュエータデバイス開発研究と相互にフィードバックすることにより、よりアクチュエータに適した材料を見出すと共に、アクチュエータの特性の改善を試みる。

本年度はアクチュエータの電気応答の測定系の構築と各種電極を用いた PVC ゲルの電気応答の測定を行った。この結果をもとに、来年度、界面インピーダンス及び界面電位分布等を明らかにし、電気応答の基本モデルを確立する。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ゲル、ポリ塩化ビニル、電場応答、可塑

剤、PVC、ソフトアクチュエータ、ウェアラブルロボット、モデル、メカニズム

【研究 題 目】エネルギー・環境新技術先導プログラム／可変バリア機能の発現に基づく革新的エネルギー制御材料基盤技術開発

【研究代表者】池上 敬一（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】池上 敬一、蛭名 武雄、古屋 武、吉村 和記、依田 智、竹下 寛、石井 亮、林 拓道、相澤 崇史、和久井 喜人、棚池 修、中村 考志、山田 保誠、垣内田 洋、岡田 昌久、西澤 かおり（常勤職員16名）

【研究 内 容】

本研究では住宅、ビルや自動車などの開口部におけるエネルギーの入出流を制御するためのエネルギー制御材料の開発を最終的な目的とし、これらの材料開発のプロジェクティブ化に向けて必要な光、熱などの制御に関する基盤技術の先導的な開発を行った。主な成果は下記の通りである。

- ・日射を可変的に制御するフォトクロミックガスクロミック材料の調光システムに不可欠な、光透過性の高い水素バリアコーティング技術の開発を行い、アスペクト比従来比3倍のナノシートを用いた82%の光透過度を持つガスバリアコーティング材料を開発した。
- ・柔軟性を持つ光透過性の断熱材の実現のため、これまで開発してきたポリイミド系ナノハイブリッド断熱材の発泡構造を微細化する検討を行った。従来より大幅に発泡構造を微細化したポリイミドシリカ多孔体（短径 $7\mu\text{m}$ 、熱伝導率 $0.03\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）および PMMA 発泡体（平均発泡径 300 nm ）を作成し、光透過性を得るための指針を得た。
- ・日射を制御する反射型の日射バリア可変フィルムについて、長時間透明状態を保つための改良を行い、透明状態を6時間以上保つことに成功した。太陽熱制御型エネルギー制御材料について、構成するナノ粒子の小径球状化と高遮熱性の両立を図るための検討を行い、 VO_2 ナノ粒子のサイズを従来（ $50\sim 200\text{ nm}$ ）よりも大幅に小径化することに成功した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】バリア材料、ナノシート、水素バリア膜、ナノハイブリッド、断熱材、日射可変バリア

【研究 題 目】エネルギー・環境新技術先導プログラム／フェムトリアクター化学プロセスの研究開発

【研究代表者】脇坂 昭弘（環境管理研究部門）

【研究担当者】脇坂 昭弘、小原 ひとみ、金 賢夏、

寺本 慶之、佐野 泰三、富永 健一、
根本 耕司、井戸 洋平、金久保 光央、
和久井 喜人、牧野 貴至
(常勤職員10名、他1名)

〔研究内容〕

エレクトロスプレー法によって、液体を直径マイクロメートルサイズ（体積フェムトリットルレベル）の極微小液滴に微細化し、それらの移動を電場で制御することにより、フェムトリットルレベルの極微小液滴内で混合、分離、加熱などを可能にするフェムトリアクター技術により、バルクの液相プロセスでは制御が難しい高度な化学プロセスの制御と省エネルギー・低環境負荷を高いレベルで両立させることを目標とする。このため、液中でエレクトロスプレーを制御する技術を開発し、フェムトリアクターの高度制御と適用分野の開拓を進めた。例えば低誘電率液体のヘキサン中で水溶液をエレクトロスプレーすることにより、正または負に帯電した極微小液滴がスプレーされ、正一負液滴間の静電的相互作用を通じた液滴内での2液混合が可能になる。この極微小反応場を金属ナノ粒子合成系、有機合成系、分離抽出系に適用した。金属ナノ粒子合成系への適用については、量産化に適応するために、金属イオン水溶液を還元剤水溶液の液面に向かってエレクトロスプレーする反応場を設計し、複数本ノズルを用いた高速化を可能にした。金ナノ粒子、銀ナノ粒子分散液の合成に適用し、実現可能性を評価した。有機合成系への適用については、有機ケイ素化合物の加水分解反応に適用し、反応初期に生成する熱力学的に不安定な環状シロキサンを選択的な合成に成功した。抽出分離系への適用については、抽出剤が共存する有機溶媒中に金属イオン水溶液をエレクトロスプレーすることにより、極微小液滴の界面から有機溶媒相への、抽出速度が著しく増加することを確認した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 フェムトリアクター、エレクトロスプレー、触媒、有機合成、分離技術

〔研究題目〕 水素利用技術開発事業／燃料電池自動車及び水素ステーション用低コスト機器・システム等に関する研究開発／水素ステーションにおける水素計量管理方法に関する研究開発

〔研究代表者〕 森岡 敏博（工学計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 森岡 敏博、寺尾 吉哉
(常勤職員2名)

〔研究内容〕

本研究では、将来のFCV及び水素供給インフラの普及開始及び拡大に備え、水素計量方法や水素ディスペンサーの評価方法の段階的な基準化・規格化のため、トレーサビリティを確保した水素計量技術の開発と技術実証を行う。本研究開発では、当研究グループが所有する気

体流量国家標準にトレーサブルなマスターメーター法による校正装置の構築及び臨界ノズルの最適化を行うとともに、共同実施者と協力して「水素計量基準」案の策定を目指す。

本年度は、開発してきた気体流量国家標準にトレーサブルなマルチノズル式校正器の再現性評価として、2.1次基準ノズル10本を産総研の実用標準器を用いて比較校正を行った。その結果、良い再現性が確認され、約3年間の実証期間において経年変化がないことが明らかになった。また、所外高圧水素設備において2.3次基準ノズルの校正を行った結果、高圧による実在気体効果の影響が確認された。

マスターメーターの評価試験も実施し、その試験手順については、燃料電池実用化推進協議会の「燃料電池自動車用水素の計量管理の運用ガイドライン」の改訂版として基準化される。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 水素、気体流量標準、燃料電池自動車、水素ステーション、取引計量器

〔研究題目〕 ライフラインコアモニタリングシステムの研究開発／コアモニタリング用センシング・発電デバイスの開発

〔研究代表者〕 伊藤 寿浩（集積マイクロシステム研究センター）

〔研究担当者〕 伊藤 寿浩、小林 健、岡田 浩尚、
武井 亮平、魯 健、張 嵐、
鈴木 章夫、牧本 なつみ
(常勤職員6名、他2名)

〔研究内容〕

本開発では、振動発電センサデバイスと鹿威し回路を組み合わせることで、振動波形のピーク値だけをモニタリング可能となり、消費電力を1/100程度に低減しながらポンプの異常診断ができるシステムを実現する。このシステムを実現する上で、振動発電に適した振動周波数の選択が重要であることは明白である。そこで、実証現場である晴海トリトンスクウェアにおいて実際のポンプ振動を取得するとともに、取得されたデータに対してFFT解析を行い、振動発電に適した振動周波数が110 Hz 近辺にあることを明らかにした。また、産総研がこれまでに開発してきた鹿威し回路について、コンパレータ並びに参照電圧発生回路の消費電力の低減や昇圧回路の活用した回路の低電圧化、そして分圧回路の高抵抗化等の当該システムに対する回路の最適化を行うことで、昨年度開発された回路よりも消費電力を60%以上削減し、1.6 V-0.26 μ W を達成した。振動発電センサデバイス開発においては、産総研保有の圧電 MEMS 技術により AlN 薄膜を用いたデバイスを開発し、整流回路の改良も併せて行うことで DC1.6 V-0.05 μ W の発電量を達成した。昨年度開発された PZT、AlN デバイスでは出力

電圧が不十分であったため鹿脅し回路を駆動することはできなかったが、今年度開発された AIN 薄膜振動発電センサデバイスを最適化された鹿脅し回路に実装したところ、振動加速度 0.45 m/s^2 の振動から取り出された電力のみを用いて、約26分の通信間隔での無線通信動作実証に成功した。振動加速度 0.6 m/s^2 にした場合は約15分の通信間隔となり、わずか 0.15 m/s^2 の振動加速度の上昇によって明らかに通信間隔が変化し、鹿脅し方式が振動加速度の変化に対して十分な感度を有していることが明らかとなった。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】圧電、MEMS、振動発電、低消費電力回路

【研究 題 目】道路インフラモニタリングシステムの研究開発

【研究代表者】小林 健（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】小林 健、山下 崇博、高松 誠一、岡田 浩尚、ダニエル ジメルカ、伊藤 寿浩（常勤職員4名、他2名）

【研究 内 容】

NEDO 事業「フレキシブル面パターンセンサによる橋梁センシングシステムの開発」において、道路インフラモニタリングに必要な不可欠なフレキシブルひずみセンサアレイシートの開発を行った。厚さ数 μm の極薄シリコン薄板をフレキシブル回路基板上に転写し、スクリーン印刷で一括配線する極薄シリコン実装技術を開発した。この実装技術により、極薄圧電 MEMS/シリコン構造を A6サイズのフレキシブル回路基板上に25個並べた橋梁モニタリング用動ひずみセンサアレイシートを世界で初めて実現し、箔ひずみセンサ並みの 1×10^{-6} という高感度を達成した。また、ひずみセンサ25個の出力を増幅、AD 変換、通信可能な小型モジュールを開発し、データ送信のデモンストレーションに成功した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】ひずみセンサ、MEMS、センサネットワーク、IoT、インフラモニタリング

【研究 題 目】固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究

【研究代表者】山地 克彦（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】山地 克彦、石山 智大、岸本 治夫、Katherine Bagarinao、堀田 照久、趙 度衡、呂 佩玲、Jeffrey De Vero、巖 康、熊 岳平、石塚 香（常勤職員5名、他6名）

【研究 内 容】

これまで、平成17年度から平成19年度まで行われた NEDO「固体酸化物形燃料電池システム技術開発/信

頼性向上に関する研究開発」をスタートとして、平成20年度から平成24年度には NEDO「固体酸化物燃料電池システム要素技術開発/耐久性・信頼性向上に関する基礎研究」の下、SOFC のスタック・モジュールメーカー及び他の研究機関と連携し、SOFC の耐久性向上に向けた基礎研究を遂行してきた。弊所では熱力学解析をベースに、二次イオン質量分析法やラマン分光分析法など種々の分析技術を駆使し、SOFC 材料の信頼性を向上させるべく、その劣化挙動の把握とメカニズムの解明に取り組んできた。その成果を踏まえ、平成25年度からは、NEDO「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発/固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究」に参画している。プロジェクトでは、10年間の耐久性（劣化率 $0.1\%/1000\text{h}$ ）を早期に見通すことを目標に、4つの課題、①中温筒状平板形の耐久性評価、②業務用中温平板形の耐久性評価、③熱力学的解析による劣化機構解明と加速要因分析、④耐久性迅速評価方法の開発、に取り組んでいる。

中温筒状平板形について、3万時間超の長期運転を行ったセルスタック2機の解体分析を実施した。また、業務用平板型について、初期劣化セルの解体分析を開始した。

熱力学的解析について、①セルスタックの劣化挙動解析とまとめ、②劣化基礎データの収集、③加速劣化試験法の検討を実施した。セルスタックの劣化挙動解析とまとめにおいては、スタック開発7社から提供されるセルスタックについて、耐久試験前後に解体調査を行った。電中研での試験時に、多くのセルスタックで社内試験と異なる特異的な劣化挙動が表れているため、現在これら特異的な劣化のメカニズム解明に向け評価を進めている。劣化基礎データの収集においては、 $\text{SrZrO}_3/\text{YSZ}$ 界面における酸化物イオン輸送に関する検討を開始した。加速劣化試験法については、より低濃度での CrO_3 および SO_2 の導入試験について試験を実施するとともに、本年度購入した透過型電子顕微鏡で劣化後の LSCF 空気極の分析を実施、S および Cr の分布について評価を進めた。

シミュレーション技術の開発においては、東北大と連携し、電解質中の酸素ポテンシャル分布の時間変化、およびそれに付随する電導度変化のシミュレーションを行い、一次元でのシミュレーションで実測値と良い一致を得た。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】燃料電池、固体酸化物形燃料電池、SOFC、耐久性、信頼性

【研究 題 目】分散型エネルギー一次世代電力網構築実証事業/研究開発項目②次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発

【研究代表者】竹村 文男（省エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 竹村 文男、齋藤 喜康、宗像 鉄雄
 (省エネルギー研究部門) 山口 浩、
 奥村 元 (先進パワーエレクトロニクス
 研究センター) 安芸 裕久、
 村田 晃伸 (安全科学研究部門)
 大関 崇 (太陽光発電研究センター)
 大谷 謙仁 (再生可能エネルギー研究
 センター) (常勤職員9名)

〔研究内容〕

次世代電圧調整機器等の自然環境下での経年劣化等に関して、寿命評価方法と判断基準を検討するため、10 kV 級耐圧の SiC デバイスで構成される SVC (Static Var Compensator) 全体機器の簡易設計をもとに信頼性評価を行う。具体的には、定格運転時や周囲環境条件の変化等に応じた全体機器の熱設計、パワーモジュール内部の熱応力数値解析を実施し、その結果を元に機器寿命や信頼性評価を行うための手法検討およびそれに基づく信頼性評価を行う。

平成27年度では、既存の電力変換機器に合わせた熱シミュレーションを行うとともに、実機等との比較による数値解析結果の妥当性を検証するための実験準備を行った。並行して、SVC 機器の簡易的な回路設計および構造設計を行い、SVC 全体機器の熱解析を行う準備を行った。

数値解析精度検証のために実施する既存の電力変換機器に合わせた熱シミュレーションにおいては、一般家庭用の4 kW 太陽光発電用パワーコンディショナ (PCS) を取り上げた。1台の PCS を分解し、構成する部品や外枠等の寸法を測定した上で PCS の三次元構造データを構築した。熱流体解析コード ANSYS を用いてその構造データに合わせた計算格子を生成し、自然空冷下において定常運転を行う PCS の内部温度および風速等の計算を行った。

SVC 機器の簡易的な回路設計および構造設計においては、定格容量を三相300 kVAr とし、AC6.6 kV の系統に変圧器なしで接続できる仕様で、かつ全体機器サイズは高さ2.5 m、重量2トン以下に収まるように設計した。パワーモジュールは10 kV 級耐圧の SiC デバイスで構成され、自然空冷方式にて冷却される放熱設計を行った。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 Static Var Compensator (SVC)、SiC
 パワーモジュール、熱設計

〔研究題目〕 水素社会構築技術開発事業／水素エネルギーシステム技術開発／発電機能を有する水素製造装置を用いた水素製造・貯蔵・利用システムの研究開発

〔研究代表者〕 中納 暁洋 (省エネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 中納 暁洋、伊藤 博

(省エネルギー研究部門)
 榎 浩司、榎 浩利、浅野 耕太、
 斉田 愛子、Kim Hyunjeong、
 Bhogilla Satya Sekhar
 (創エネルギー研究部門)
 (常勤職員7名、他1名)

〔研究内容〕

平成27年度は本研究開発に関するフィージビリティスタディ (FS) を実施した。ここでは水素貯蔵方式の調査・比較検討、産総研の既存水素システムを用いた実験的検証、及び開発を目指す実機の水素貯蔵装置の検討を行った。水素貯蔵方式の調査・比較検討では水電解方式により水素を製造・貯蔵する水素システムに関する諸外国の状況、及び我が国の状況について調査を行うと共に、中圧ガス、高圧ガス、水素吸蔵合金、液体水素、及び有機ハイドライドによる水素貯蔵にかかる初期費用、運用費用、設置費用の比較を行い、その調査結果を実機の水素貯蔵方式の選定において活用した。次に、既存水素システムを用いた実験的検証では一体再生型燃料電池と水素吸蔵合金タンクからなるラボスケールの統合型水素エネルギー利用システムを用いて基本性能評価試験、及び再生可能エネルギー導入に対する評価試験を実施し水素吸蔵合金タンクでの水素貯蔵が有効であることを確認した。共同研究先の高砂熱学工業 (株) と共に行った実機の導入先、使用方法、水素貯蔵規模に関する検討結果と、先の水素貯蔵装置に係る各種費用の比較・検討から実機の水素貯蔵方式は水素吸蔵合金タンクと結論付けた。更に、実機の水素貯蔵装置の設計に必要なエンジニアリングデータを取得するためのフィールド試験機の仕様、及びそれに搭載する新たな水素吸蔵合金材料の開発課題を明確にした。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 水素システム、水素貯蔵、水素製造

〔研究題目〕 エネルギー・環境新技術先導プログラム
 ／再生可能エネルギー大量導入時代の
 系統安定化対応先進ガスタービン発電
 設備の研究開発

〔研究代表者〕 壹岐 典彦 (省エネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 壹岐 典彦、村上 顯、松沼 孝幸、
 小椋 友加 (常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

電力の需給ギャップに対して電力系統を安定化する様々なシステムについて負荷変動を吸収する能力を調査・検討し、負荷変動対応型先進発電設備の研究開発計画を実効性のあるものにすることを目指した。具体的な調査検討項目は、システムの発電規模もしくは蓄エネルギーの規模、変動への応答速度・対応可能な変動範囲、開発要素、各種コスト等とし、文献調査等を基に整理を行って明確化を図った。その結果、以下のことがわかった。

①将来のエネルギーシステム・電力システムに関するレビューや整備計画の調査

- ・日本だけでなく、海外でも負荷変動への対応について、研究開発の期待がある。
- ・天然ガス火力発電が負荷変動を調整する電源として期待されている。

②負荷変動吸収システムの調査

- ・フライホイール、圧縮空気貯蔵ガスタービン発電（CAES）、揚水発電などが低コストで有り、蓄電池はコストが高い。一方、充放電効率は蓄電池の方が高い。
- ・短時間での負荷変動を吸収する、所謂蹴取りは蓄電池が行い、長時間での変動を CAES、揚水発電などが分担するのが適切。

③負荷変動吸収機能を持つガスタービンについての調査

- ・検討
- ・ガスパイプラインを圧力容器と見なした場合、CAESの検討例と同規模で有り、ガスパイプラインの圧力調整の動力を負荷変動の吸収に用いた場合は、CAESと同様に動力需要のタイムシフトになるので充放電の繰り返しによる損失がない。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 電力系統安定化、ガスタービン発電、負荷変動、再生可能エネルギー、圧縮空気貯蔵

【研究題目】 未利用熱エネルギー革新的活用技術研究開発／熱電変換材料の技術シーズ発掘小規模研究開発／多接合型熱電変換素子の革新的高効率化に関する技術開発

【研究代表者】 山本 淳（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】 山本 淳（常勤職員1名）

【研究内容】

本事業は室温から700℃近傍までの広い温度範囲を使用して発電する多接合型熱電変換素子の実現を目指すものであり、山口大学、九州大学、山口東京理科大学、物質・材料研究機構、産業技術総合研究所が連携して実施する事業である。熱電変換材料の中でも、電気的特性が優れ、熱伝導率が低い $\text{Ba}_8\text{Ga}_{16}\text{Sn}_{30}$ 系、 $\text{Ba}_8\text{Ga}_{16}\text{Ge}_{30}$ 系、 $\text{Ba}_8\text{Ga}_{16}\text{Si}_{30}$ 系のクラスレート化合物に着目し、これらの材料を積層した多接合素子とすることで、1種類の材料だけでは担当できない広い温度範囲を利用し高効率発電を実現するのが本研究の目的である。

初年度である本年度は室温から300℃程度で高い性能指数を有する $\text{Ba}_8\text{Ga}_{16}\text{Sn}_{30}$ 系クラスレート化合物と300℃以上の温度域でも安定して存在できる $\text{Ba}_8\text{Ga}_{16}\text{Ge}_{30}$ 系クラスレート化合物の2種を組み合わせた2段型のセグメント型素子を対象とした。それぞれの化合物について n 型および p 型伝導型の制御を行い特性を最適化し、さらに素子寸法を最適化した8対型の発

電モジュールの試作を行い、産総研に設備されている標準型熱電モジュール性能評価装置を使用して発電特性を評価した。15 mm×18 mmの基板上に組み上げたハーフスケルトン型の発電モジュールは、高温側700℃、低温側30℃の温度条件で、負荷整合時の熱流がわずかに13 W程度であり、材料の低い熱伝導率に起因する高い断熱性が証明された。同一条件で1.45 W程度の発電出力が観測されていることから、発電効率は約10%となり、この温度域における熱電材料の平均性能指数は $\langle ZT \rangle = 0.48$ と推定された。多接合素子の接合界面の分析や金属電極／化合物界面の分析を実施し、今後さらなる高性能化を目指すための技術課題の抽出を行った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 熱電変換、未利用熱エネルギー活用、クラスレート化合物

【研究題目】 未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発／熱電変換材料の技術シーズ発掘小規模研究開発／フォノンと少数キャリアの輸送特性同時制御による熱電性能指数の飛躍的向上

【研究代表者】 太田 道広（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】 太田 道広、村田 正行、國井 勝（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本事業では、産業技術総合研究所と大阪大学が協力して、ナノ構造を利用した「フォノン散乱による格子熱伝導率の低減」と「少数キャリアの輸送特性の制御」を同時に実現して、バルク体熱電変換材料の性能向上を目指す。本事業では、車や工場応用などの幅広い用途が見込める、573 Kから873 Kの高温領域で高い熱電性能指数 ZT を示す鉛テルライド (PbTe 、バンド・ギャップ：0.3 eV程度) に焦点を当てる。本年度は、p 型 PbTe で $ZT = 1.7$ 、n 型 PbTe で $ZT = 1.3$ を実現することを目標として研究を進め、下記の通り、p 型 PbTe で $ZT \sim 1.9$ 、n 型 PbTe で $ZT \sim 1.3$ を実現して目標を達成した。

本研究では、p 型 PbTe -4% Na（ここで、ナトリウム Na はアクセプター）に少量のゲルマニウム Ge を添加した。Ge の添加は、 PbTe -4% Na 焼結体の格子熱伝導率を減少させて、さらにゼーベック係数を向上させた。前者は、Ge により形成した微細構造が、効果的なフォノン散乱を引き起こしていることに起因している。後者については、ゲルマニウム・テルライド GeTe が PbTe よりもわずかに大きなバンド・ギャップ (0.5 eV程度) を有しているために、少数 (n 型) キャリアの輸送が阻害されたためと推測される。これらの結果、 ZT は大きく向上して、Ge を1.0%添加した p 型 PbTe -4% Na 焼結体において850 Kで $ZT \sim 1.9$ に達した。

n 型 PbTe においては、ドーパントであるヨウ化鉛 (PbI_2) の添加を通じてキャリア濃度を調整して、ゼ

ーベック係数と電気抵抗率を最適化した。その結果、 PbI_2 を0.18%添加した n 型 $PbTe$ 焼結体において、 ZT は ~ 1.3 (780 K) まで向上した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 熱電変換、未利用熱エネルギー活用、ナノ構造制御

〔研究題目〕 エネルギー・環境新技術先導プログラム／革新的ナノスケール制御による高効率熱電変換システムの実現

〔研究代表者〕 村田 正行 (省エネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 村田 正行 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

熱電材料の形状を高精度にナノ構造化制御することによって、電子の波動関数を均質に閉じ込め (量子閉じ込め効果)、それに伴った状態密度に伴う熱電変換材料の高効率化を目指した研究を行っている。本研究では、Bi ナノワイヤー熱電変換素子の熱電物性評価を行い、世界で初めてナノワイヤー化によるゼーベック係数の上昇を確認した。この結果は理論計算で予測されているものよりも大きな直径で現れていることから、量子閉じ込め効果に由来するものかどうか検証が必要である。そこで今後は、高磁場・極低温での測定によるフェルミ面の評価や、キャリア移動度の評価を通して、この異常ゼーベック係数が何に由来しているものか検証する。さらに、直径依存性を評価することで、更なる高効率化を目指す。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 熱電変換、ナノ構造制御、量子閉じ込め効果、高効率化

〔研究題目〕 有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発

〔研究代表者〕 佐藤 一彦

(触媒化学融合研究センター)

〔研究担当者〕 佐藤 一彦、島田 茂、浅川 真澄、藤谷 忠博、田村 正則、清水 政男、中島 裕美子、五十嵐 正安、深谷 訓久、松本 和弘、佐藤 靖、別部 輝生、江口 勝哉、石原 吉満、安田 弘之、崔 準哲、中村 功、韓 立彪、山下 浩、吉村 彩、遠藤 明、片岡 祥、上村 佳大、崔 隆基、清水 禎樹

(常勤職員25名、他20名)

〔研究内容〕

シリコンに代表される有機ケイ素材料は、耐熱性、耐候性、耐光性、高光透過性、耐寒性、離型性等の様々な優れた特性を有しており、他の材料では代替できない材料として極めて広範な分野において利用されている。しかし、有機ケイ素原料の製造は、高エネルギー消費プ

ロセスであり、また、有機材料に比べ、触媒技術の開発が大きく遅れており、有機ケイ素材料の性能向上、新機能発現、コストダウンに大きな余地を残している。そこで、本研究開発では、①砂から有機ケイ素原料を低エネルギー低コストで製造する触媒技術、②有機ケイ素原料から高機能有機ケイ素部材を製造する触媒技術の2つの研究課題に取り組むことにより、有機ケイ素材料の性能向上、新機能発現とともにコストダウンを達成することを目的としている。

平成27年度は、砂等の原料から金属ケイ素を経由せずにアルコキシシランを製造する触媒技術に関して、容易に回収・再生が可能な無機脱水剤を用いた反応プロセスを新たに見出した。また、水素を還元剤としてヒドロシランを製造する方法に関して検討を継続するとともに、固体触媒を用いたアルコキシシランの変換を検討した。高機能有機ケイ素部材を製造する触媒技術のうちケイ素-炭素結合を形成する触媒技術に関しては、ヒドロシリル化反応に有効な高選択的ニッケル錯体触媒を見出した。ケイ素-酸素結合を形成する触媒技術に関しては、従来法では合成が困難な種々のシラノールの粉体化および単結晶化に成功した。また、ケイ素-ケイ素結合形成技術に関しては、脱水素カップリング反応による高次シランの製造に有効な、これまでより長寿命な触媒を見出した。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 ケイ素、触媒、シリコン、シリコーン、ニッケル

〔研究題目〕 次世代ロボット中核技術開発／(革新的ロボット要素技術分野) ブレイン・マシン・インターフェース／脳波によるヒト型ロボット高速制御技術の実現可能性に関する検討

〔研究代表者〕 長谷川 良平 (人間情報研究部門)

〔研究担当者〕 長谷川 良平、中村 美子 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究開発の目的は、脳波によるロボットアバター制御システムの実用化に必要なコア技術「脳波解読の高速化」の可能性を調査することである。

具体的には、以下の2つのサブテーマについて検討を行った。

●サブテーマ①「脳波解読の高速化」

・・・脳波解読に要する時間を短縮するための試作と実証実験を行った。具体的には刺激提示のサイクルを早める変更と、仮想意思決定関数という独自のアルゴリズムの適用を行い、主に後者の貢献によって8択1回の脳波解読に必要な時間を大幅に縮小することに成功した (90%以上の解読精度のために、これまで6秒近くかかっていたプロセスを約4秒までに短縮)。

●サブテーマ②「移動体制御用 GUI」

・・・これまで8インチの画面全体を用いて介護系のピクトグラムを「メニュー」的に配置し、それらを順次フラッシュさせて脳波解読を行ってきたが、二足歩行ロボット等の移動体を直観的に移動させるうえで有用な GUI の作成を行った。具体的には、8方向の放射状の棒の先に小さな円盤を配置し、その円盤を一つずつフラッシュさせる（色を変える）仕様とした。まだ、十分な実証実験が終わっていないが、一部被験者は、このシステムを用いて高精度で仮想移動体（PC画面上のカーソル）の制御に成功した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】意思伝達、実証実験、脳波、福祉機器

【研究題目】SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／インフラ維持管理・更新・マネジメント技術/点検・診断技術の実用化に向けた研究開発／学習型打音解析技術の研究開発

【研究代表者】村川 正宏（人工知能研究センター）

【研究担当者】村川 正宏、河西 勇二、高橋 栄一、岩田 昌也、緒方 淳、鈴木 綾子、叶 嘉星（人工知能研究センター）、蔵田 武志、大隈 隆史、張 慶春、一刈 良介（人間情報研究部門）
（常勤職員7名、他4名）

【研究内容】

インフラ老朽化に伴い急激に増加する点検作業に対し、点検員の技術に左右されず正確に損傷の検出が可能な打音検査技術の開発を目的とする。産総研が有する学習型の音響解析技術を核として、打音装置および打音解析システムを開発する。打音装置は、株式会社テクニーが担当し、首都高技術株式会社および東日本高速道路株式会社東北支社が実構造物における打音収集を分担する。この実データに基づき、開発した打音解析システムの実証評価を共同提案者4者で行い、高性能化と実運用性を高めたシステム開発を行う。

4年計画の2年目となる平成27年度は、打音解析手法の研究においては、2段階の学習的手法で損傷を推定する手法を開発した。1段階目では、取得した大部分の打音は正常であるという仮定のもと、検査対象ごとに正常パターンを統計的に学習させる。これにより、さまざまな種類の欠陥のデータが集まらなくとも、まずは欠陥の有無を判断することができ、対象物の種類によらない汎用的な手法となる。二段階目では、一段目の判定結果に熟練者による教師ラベルをつけて蓄積し、蓄積した結果をもとに判別学習を行う。これにより欠陥検出の精度を向上できるようになる。

打音解析システムにおいて、直感的な打音解析結果提示により現場作業を支援する提示機能については、実地

調査に基づき、タブレット型の画面デザインの改良と壁面検査向けシステムの設計により実用性向上を目指しつつ、技術課題となる屋外高精度観察位置姿勢推定技術の開発を進めた。性能評価においては、実構造物において打音取得実験を行い、取得したデータを開発手法を用いて解析し、その結果を打音装置開発にフィードバックし、装置の改良を進めた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】コンクリート構造物、異常検知、打音解析、機械学習、拡張現実感技術

【研究題目】風力発電高度実用化研究開発／スマートメンテナンス技術研究開発（分析）（リスク解析等）

【研究代表者】村川 正宏（人工知能研究センター）

【研究担当者】村川 正宏、緒方 淳、岩田 昌也、叶 嘉星（人工知能研究センター）、小垣 哲也、菊島 義弘、阿部 裕幸、嶋田 進、小野 智恵（再生可能エネルギー研究センター）
（常勤職員7名、他2名）

【研究内容】

本研究開発は、風車の不適切なメンテナンスや技術欠落を原因とする風車の稼働率低下（設備利用率の低下）、故障の増加や風車の停止時間の増大といった課題の解決を目的とする。このために、目標稼働率95%を達成可能なメンテナンス技術を開発し、風力発電事業で適切に活用されるためのメンテナンスチェックリスト、保険やO&M（運転管理・保守点検）認証への適用性検討など実効的なスキームを検討する。体制としては、プロジェクトリーダーである東京大学、助成事業に参画する企業群と連携して研究開発を遂行し、産総研は、各種要素部品の状態監視システム CMS（Condition Monitoring System）の活用と、関係するセンサデータからの故障検知技術の開発を分担する。

5年計画の3年目となる平成27年度は、高精度特徴抽出処理手法、風車の多様な稼働状態を考慮した機械学習手法を新たに開発した。実機風車振動データにより性能検証を行った結果、本手法によって、従来困難とされていた低速回転機器（主軸受等）における異常検知が可能であることがわかった。また昨年度に引き続き、助成事業で設置されている CMS で取得された各種データを整備し、上記技術・システムの評価・検証ならびに国内実機風車に対するデータ解析を継続的に実施した。

また、福島再生エネルギー研究所所有の実験風車に低周波騒音計を設置し、ナセル内（高さ41.5 m）、タワー内（高さ30 m）における超低周波音、可聴音の計測を行った。モニタリングの際に問題となる風に起因する騒音（風騒音）に着目し、周波数分析、bin ごとへの分類等、風騒音に関する評価・検証を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 風力発電、メンテナンス、異常予兆検知、データ解析、機械学習

〔研究題目〕 SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／革新的設計生産技術／チーム双方向連成を加速する超上流設計マネジメント／環境構築の研究開発

〔研究代表者〕 手塚 明（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 手塚 明、澤田 浩之、増井 慶次郎、近藤 伸亮、高本 仁志、古川 慈之、澤田 有弘、鈴木 健、持丸 正明、多田 充徳、遠藤 維、宮田 なつき（常勤職員12名、他1名）

〔研究内容〕

製造企業の技術的優位性を競争力優位につなげる目的で、顧客価値の高い製品・システム開発を可能とする設計能力の飛躍的向上のための超上流マネジメント・環境構築の研究開発を行っている。平成27年度は、以下の成果を得た。

- ・ 秘匿情報レス設計把握及び組織内横連携の試行のため、デザインブレインマッピングツール（※産総研独自開発の関係性デザイン議論共有ソフトウェア；DBM）の本体／オプションの開発を行い、一業種一社の製造企業を基本とする構想設計コンソーシアムを中心とする企業への導入及びプロセスの検証を行った。その結果、構想設計プロセスで解決すべき問題点の一つである「縦割り組織の硬直化・設計プロセスの部門内局所最適化」に対して、複数部署が関わる技術間の関連可視化等、一定の効果を示す事が検証出来た。
- ・ 複数人で多視点から協調的に空間をレイアウトするシステムである「Dollhouse VR」を開発し、プレスリリースを行った。本システムの活用によって、利用者と設計者の双方向対話の促進、設計工程の短縮、利用者視点に立った空間の実現を図ることが可能である。
- ・ 我が国初のデザイン・設計費用対効果サーベイを製造企業14社（12ケース）に実施し、「デザインと機能設計の効果測定モデルおよび現場立脚の課題解決アプローチに関するアクションツール」として取り纏め、日本・世界に向けたプレスリリースを行った。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 上流設計、設計マネジメント、構想設計

〔研究題目〕 戦略的省エネルギー技術革新プログラム／省エネルギー技術開発事業の重要技術に係る周辺技術・関連課題の検討／超微粒子溶射の実用化開発に向けた技術戦略策定のための調査

〔研究代表者〕 鈴木 雅人（先進コーティング技術研究

センター）

〔研究担当者〕 鈴木 雅人（常勤職員1名）

〔研究内容〕

革新的省エネルギー技術の開発に資することを目的とし、高機能・高耐久性コーティング形成技術として注目を集める超微粒子溶射技術（サスペンションプラズマ溶射法やサスペンション高速フレーム溶射法、コールドスプレー法など）について、調査研究を行った。調査項目は、各成膜技術の開発動向、ナノ材料の特性評価技術、特許知財状況、想定される主な用途（発電用ガスタービン、SOFC、太陽光発電等）における市場調査および技術的インパクト、とした。当チームではその中でサスペンションプラズマ溶射技術（SPS法）についての国内外における開発状況について論文調査を行った。その結果明らかになったことを以下に列記する。

- ・ この10年間で SPS 法に関する発表論文数は増加傾向にあり、仏、独、加が世界をリード
- ・ 一般的なこれまでの溶射法に比べて幅広く精密な組織制御が可能。
- ・ DVC、カリフラワー状、コラム状など特有の組織が得られる。
- ・ サスペンションの供給手法により、ラジアル／アクシヤル、連続／噴霧の組み合わせがあり、各々に長所・短所がある。
- ・ 報告の多くはラジアル／連続供給によるものである。
- ・ サスペンションの安定供給のためにはプラズマジェットフラクチュエーションの抑制が重要。市販のシステムでもその工夫をしたものが幾つかリリースされている。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 セラミックコーティング、ガスタービン、遮熱コーティング（TBC）、耐環境コーティング（EBC）、固体電解質型燃料電池（SOFC）、太陽光発電、サスペンションプラズマ溶射（SPS）、高速フレーム溶射（HVOF）、コールドスプレー、超微粒子溶射

〔研究題目〕 SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／次世代パワーエレクトロニクス／GaNに関する拠点型共通基盤技術開発／GaN 縦型パワーデバイスの基盤技術開発

〔研究代表者〕 清水 三聡（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 清水 三聡、井手 利英、沈 旭強、中島 昭（常勤職員4名）

〔研究内容〕

GaN の絶縁破壊電界は3.3程度あり、SiC の絶縁破壊電界の2.5と比較すると2～3割程度大きい。縦型パワー

デバイスにした場合に単位面積当たりの素子抵抗が絶縁破壊電界の3乗分の1に比例する。よって SiC の場合に比較して単位面積当たりの素子抵抗は半分程度にすることが可能なため縦型デバイスの研究開発が行なわれている。しかしイオン注入が不可能なことから通常のパワーデバイスは困難であると予想される。

しかし GaN 単結晶を用いたダイオードは、高電圧電力を扱う用途への応用が考えられる。このダイオードを実現するためには、1立方 cm 当たりのドーピング濃度を16乗台で制御するエピ結晶成長技術の開発が必要となる。そのため当グループでは、ダイオード等の縦型デバイスで必要となるエピ成長技術の開発を行なっている。

エピ技術開発で必要なのは、MOCVD 成長における不純物の混入を防ぐことである。MOCVD 法では石英などの部材を用いているため、この部材からシリコンや酸素がエピ中に混入するのが問題となる。

平成27年度は、結晶成長前に、石英などの部材の表面を AlN でコーティングすることにより、酸素やシリコンなどの不純物濃度を16乗台以下に制御することができた。

[領 域 名] エネルギー・環境

[キーワード] GaN、エピ成長技術

[研究 題目] 低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト/次世代パワーエレクトロニクス応用システム開発の先導研究/コンパクト加速器を実現するための超高速・高電圧パルス電源の開発

[研究代表者] 福田 憲司 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

[研究担当者] 福田 憲司 (常勤職員1名、他2名)

[研究 内容]

本テーマでは大学共同利用機関 高エネルギー加速器研究機構、筑波大学、(株)パルスパワー技術研究所と協力して、コンパクト加速器を実現するための超高速・高電圧パルス電源を開発するために NEDO から委託を受けたものである。産総研は、ドリフト・ステップ・リカバリー・ダイオード (SiC-DSRD) と高耐圧用パッケージの開発を担当している。SiC-DSRD は、最終目標を達成するために3種類のタイプについて試作を行っている。高耐圧パッケージは、形状等の設計を行った。

[領 域 名] 環境・エネルギー

[キーワード] SiC (シリコンカーバイド)、DSRD、パルス電源、コンパクト加速器

[研究 題目] 窒化ガリウムパワーデバイスの実用化促進等に関する先導研究/新規絶縁膜形成技術の探索

[研究代表者] 清水 三聡 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

[研究担当者] 清水 三聡、井手 利英、沈 旭強、中島 昭、宮崎 剛英、西尾 憲吾、石橋 章司、福田 浩一 (常勤職員8名)

[研究 内容]

GaN パワーデバイスは低損失で高速なスイッチングが期待できるため、受動部品などの小型化や電源の高効率化が可能であり、さらには高機能なパワーIC などへの展開が期待されている。現在一部製品化が始まっているが、耐圧や動作性能が十分ではなく、まだ広く実用に供しているとはいえない状況にある。これは、素子の信頼性が得られておらず電流コラプス現象や突然故障などが存在するためである。特に横型デバイスである AlGaIn/GaN HEMT は電子の走行するチャンネルと素子表面の間が30~50nm 程度しかなく、素子表面に電子のトラップなどがあるとその影響を受け電流コラプスが発生する。また電界緩和のためフィールドプレートを用いる場合にも絶縁膜と半導体の界面のトラップの影響を強く受ける。また最近では AlGaIn/GaN HEMT のノーマリオフ動作を得るためや、縦型パワーデバイスの開発を目的として MIS ゲート構造の開発が行われているが、絶縁膜/半導体界面の制御ができておらず、安定した動作が得られていない。GaN の材料特性や素子プロセス、デバイス構造に起因する特性劣化などの発生メカニズムやデバイス動作特性に与える影響が明確になっていない状況にある。

そこで、電流コラプスや特性劣化などの原因となっている GaN/絶縁膜界面の界面準位を制御する作製技術を開発し、将来の高品質・高信頼性 GaN パワーデバイスの実現に資することを目的とする。

平成27年度は、GaN/絶縁膜界面の設計を第一原理計算で行なう場合の初期モデルについて検討した。また、名古屋大学、名古屋工業大学などと協力して、MOCVD 法により成長したエピ基板上に絶縁膜を形成し、バリアーの高さやオフセット値、結合状態などについて調べた。

[領 域 名] エネルギー・環境

[キーワード] GaN、絶縁膜

[研究 題目] 窒化ガリウムパワーデバイスの実用化促進等に関する先導研究/新規結晶成長法の探索

[研究代表者] 清水 三聡 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

[研究担当者] 清水 三聡、井手 利英、沈 旭強、中島 昭、山田 寿一 (常勤職員4名)

[研究 内容]

窒化物半導体材料を用いたパワーデバイスが一部商業化され始めているが、デバイスの作製に用いる基板やエピ構造、デバイス構造は完成されたものではない。エピ技術としては、従来より用いられている有機金属気相成

長法 (MOVPE 法) が主流であるが、MOVPE 法では原料に炭素 (C) を含むため、一定量の C 不純物が膜中に混入する。高耐圧電子デバイスには、低濃度の n 型の作製が必須であるが、C 不純物は電子トラップとして働くことから、C 不純物の濃度が n 型不純物よりも高い場合、低濃度 n 型伝導性の制御が困難である。また、MOVPE 法では成長速度を上げると C 濃度が増加するため、成長速度は数 $\mu\text{m}/\text{h}$ 程度までと制限されている。高耐圧デバイスにおいて厚膜成長が必要な場合、10 $\mu\text{m}/\text{h}$ 程度以上の成長速度が望まれており、新規成長手法の開発が必須となっている。そこで本研究では、単結晶基板の成長などに用いられている成長速度の速い HVPE 法に注目し、それを用いたデバイス構造の成長技術を開発する。

平成27年度は、GaCl と NH₃の供給量と表面モホロジーの関係や、炭素やシリコン濃度の低減を行なった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 GaN、HVPE 法、結晶成長法

【研究 題目】 NEDO 戦略的省エネルギー技術革新プログラム/GaN 双方向電力変換器の研究開発/デバイスモデリング技術の開発

【研究代表者】 井手 利英 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】 井手 利英、清水 三聡、沈 旭強、鍛冶 良作 (知能システム研究部門 統合知能研究グループ) (常勤職員4名)

【研究 内容】

GaN (窒化ガリウム) を用いたパワーデバイスは、Si (シリコン) を用いたパワーデバイスよりも低損失化が可能である。特に、AlGaIn/GaN HEMT (high electron mobility transistor) は、高速動作が可能であることから、それを用いれば、市場の大きい家電製品などに用いられる AC アダプタや、コンピュータの DC 電源などの受動部品の小型化が可能となり、回路の低価格化などが期待できるため、世界的に注目を浴びている。

本テーマでは、パナソニック株式会社と共同で、AlGaIn/GaN HEMT を電力変換回路へ応用する場合に必要な技術開発を行なっている。産総研では、回路の設計技術に必要な高性能なモデリング技術の研究を行なった。ゲート部の pn 接合部の特性を取り入れることにより高精度なモデリングが可能であった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 GaN、電力変換

【研究 題目】 戦略的省エネルギー技術革新プログラム/実用化開発/GaN on Si パワーデバイスを用いた民生用大電力変換器の開発/大電力用 GaN パワーデバイスの開発

【研究代表者】 清水 三聡 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】 井手 利英、清水 三聡、沈 旭強、宮田 典幸 (エレクトロニクス・製造領域 ナノエレクトロニクス研究部門 システムティックマテリアルズデザイングループ) (常勤職員4名)

【研究 内容】

6 inch の Si 基板に MOCVD 法により成長した結晶をもちいて作製する AlGaIn /GaN HEMT パワーデバイスは低価格化が可能であり製品化が最も期待できる。二次元電子ガスを用いていることも大きなメリットであり、高速動作が可能であることから、それを用いれば、市場の大きい家電製品などに用いられる AC アダプタや、コンピュータの DC 電源などの受動部品の小型化が可能となり、回路の低価格化などが期待できる。産総研では、大電力化に必要な素子の信頼性や特性の安定性などに影響を与えるプロセス要素技術に関して、その評価手法の確立や動作特性解明さらにはその原因の解明などの研究開発を行なった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 GaN、MOCVD 法

【研究 題目】 水素利用等先導研究開発事業/トータルシステム導入シナリオ調査研究

【研究代表者】 高木 英行 (創エネルギー研究部門)

【研究担当者】 高木 英行、榊 浩司、野津 育朗、軽部 みゆき (創エネルギー研究部門)、田原 聖隆、工藤 祐揮、匂坂 正幸、村田 晃伸、安芸 祐久、北川 直美、井上 麻衣、村松 良二、松沢 純 (安全科学研究部門)、嘉藤 徹、田中 洋平、小熊 光晴 (省エネルギー研究部門) (常勤職員10名、他6名)

【研究 内容】

再生可能エネルギーをはじめ CO₂フリーあるいは低減可能なエネルギー源を用いて水素を製造し、水素・エネルギーキャリアに変換して貯蔵・輸送、利用するシステムについて、個別要素及び全体のシステム効率やコスト分析を行い、本システムが普及するためのシナリオを策定するとともに、技術的な課題を明らかにする。また、水素エネルギーの導入による長期的なエネルギー需給や二酸化炭素排出削減効果、導入のための標準規格、水素製造における風力エネルギー推計の高精度化等について調査・分析を行う。本事業で産総研は、「①個別研究課題毎の目標妥当性、個別シナリオ・戦略検討」、「②用途別の許容コスト分析」、「③シナリオ検討」、「④CO₂排出削減及び長期需給影響評価、LCA 的評価導入検討」、「⑤シナリオ検討・分析委員会及び各 WG のロジ」の5項目を実施した。

「①個別研究課題毎の目標妥当性、個別シナリオ・戦

略検討」については、(a)個別シナリオ・戦略検討、(b)水素製造における高効率熱利用の検討、(c)エネルギー利用を考慮したアンモニア製造方法に関する調査、(d)液体水素計量法（ISO 規格）の検討、(e)水素製造技術分析を実施し、アンモニアの現状調査や離島における水素利用の検討、また豪州など海外での水素製造におけるポテンシャルやコスト分析などについて十分な成果を得た。

「②用途別の許容コスト分析」については、経済産業省が策定した「長期エネルギー需給見通し」と整合性を取りながら、需要サイドから見た水素の「許容コスト」という概念（尺度）を用いて、発電、輸送、民生部門等の用途別に分析・評価を行った。その結果、許容コストは、マクロ面では、原油価格の水準、電源構成等の影響を受けること、また、ミクロ面では、水素のサプライチェーンを構成する各要素のコストやエネルギーの変換効率等に依存することを明らかにした。

「③シナリオ検討」では、各 WG の成果等を統合しながら、シナリオ検討・分析委員会に情報を上程し、委員による議論の取りまとめを行った。

「④CO₂排出削減及び長期需給影響評価」では、日本の長期的エネルギー需給への影響評価について、エネルギーシステムモデル（MARKAL モデル）を用いて分析評価を行った。キャリアの輸送・利用技術に学習効果を組み込んだモデルを構築することで、キャリアごとの需給への影響の特徴を明らかにするとともに、多地域モデルを用いることで、キャリア輸送体系の評価の可能性を示すことができた。また、水素・エネルギーキャリアのサプライチェーンに投入されるエネルギー・物質質量に対して、ライフサイクルインベントリ分析用データベース IDEA の原単位データを乗じることにより、それぞれのサプライチェーン全体からの温室効果ガス排出量を算定し、排出削減に資する技術開発・プロセス設計の必要性を示した。

「⑤シナリオ検討・分析委員会及び各 WG のロジ」では、シナリオ検討・分析委員会を2回、エネルギーキャリア技術のコスト分析 WG を2回、用途別の許容コスト分析 WG を2回開催した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】水素

【研究 題目】ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発／CO₂分離型化学燃焼石炭利用技術開発

【研究代表者】鷹觜 利公（創エネルギー研究部門）

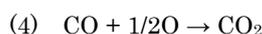
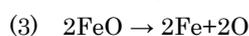
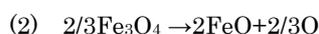
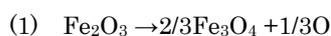
【研究担当者】鷹觜 利公、松村 明光、Atul Sharma、畑中 健志、丸山 一江
（常勤職員4名、他1名）

【研究 内容】

ケミカルルーピングを利用した化学燃焼技術とは、流動層反応器を用い流動材の化学変化を介して、燃料をO₂ガス（空気）と直接接触させることなく、熱や燃料ガスに転換し、CO₂を分離する方法である。石炭を燃料とする場合、空気分離の必要がなく、CO₂を回収してもプラント効率（送電端効率）が低下しない高効率の石炭火力発電の実現が期待される。

本事業はエネルギー損失のない高効率でありながら、CO₂の分離・回収が可能な化学燃焼石炭利用技術（以下「ケミカルルーピング技術」という）について、実用化に向けた高性能キャリアと基盤技術を開発することを目的とする。

キャリア反応速度の測定、評価方法の策定においては、下記の簡略化されたメカニズムを仮定しキャリア反応速度の測定、評価を行う。



ここで、(1)の反応は優先的に進行し、酸素を生成し、それが(4)の反応で CO と反応して CO₂が生成する。すべての Fe₂O₃が反応した後、CO と反応する O₂が減少する。結果として、CO₂生成速度の減少が観察される。その時点において、Fe₂O₃由来で生成する酸素はすべてなくなったと考える。よって CO₂が減少するまでの生成速度曲線の面積から Fe₂O₃由来の酸素量が推定される。反応前の Fe₂O₃内の酸素のうち、上記の CO₂生成に用いられた酸素量の割合を計算することで、各温度での酸素利用率が計算できる。これを酸素キャリアの還元反応速度の指標として考える。

常温で使用する循環流動層型とバブリング流動層型のキャリア粒子摩耗評価装置を製作し、4タイプのキャリア粒子を取り上げて耐摩耗性の評価試験を実施した。また来年度製作する高温対応の摩耗評価装置の設計を行った。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】ケミカルルーピング、石炭、燃焼、酸素キャリア、二酸化炭素

【研究 題目】ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／クリーン・コール・テクノロジー推進事業／コールバンクの拡充

【研究代表者】鷹觜 利公（創エネルギー研究部門）

【研究担当者】鷹觜 利公、Atul Sharma、崎元 尚土、竹岡 美穂、中里 哲也、重田 香織
（常勤職員3名、他3名）

【研究 内容】

クリーン・コール・テクノロジー（CCT）の持続的な発展を支援すると共に、我が国の石炭の基礎研究、利用技術開発、海外での事業展開に資するデータベースと

して高い価値を有するコールバンクの継承発展を目指す。

平成27年度は、AIST は中国炭を中心にいくつかの関係機関に炭種選定の交渉を行った。その結果、大唐国際化工技術研究院有限公司の協力により、内モンゴル地域の褐炭である錫林浩特炭約10 kg を入手した。入手時は、5 mm 程度の粉末状で、半分以上が4メッシュ以下(4.75 mm 以下)であった。

微量元素分析では、平成27年度は予定していたマイクロ波分解装置および ICP-MS 装置のリースが遅れたため、既存装置の条件調整を行った後、標準石炭試料(瀝青炭 NIST 1632d)を用いて AIST 法の性能確認を行った。その結果、15元素の分析値と標準物質の元素濃度の保証値及びフッ酸使用石炭試料分解/ICP-MS 法による値と良い一致を示し、AIST 法による微量元素分析の準備が完了した。

また、今年度はこの AIST 法によりコールバンクの3炭種程度の微量元素分析を目標としていたが、インドネシアの爆弾テロの影響による石炭調達が遅れており、微量元素分析用の粉砕・縮分処理した石炭試料が弊所に未着であった。今後、微量分析用の石炭試料が入手次第、分析を開始する予定である。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】クリーン・コール・テクノロジー、石炭、データベース、コールバンク、微量元素、低品位炭

【研究題目】太陽電池性能高度評価技術の開発(新型太陽電池評価・屋外高精度評価技術の開発)

【研究代表者】菱川 善博(太陽光発電研究センター)

【研究担当者】菱川 善博、増田 淳、土井 卓也、猪狩 真一(常勤職員4名)

【研究内容】

I) 新型太陽電池高精度性能評価技術

① 各種新型太陽電池性能評価技術の開発

NEDO 開発品等新型太陽電池約50サンプル(結晶シリコンペラセル、ペロブスカイト、各種薄膜等)の高精度評価を実施し、各デバイスに最適な評価技術を開発・検証した。今年度は特に進展が著しいペロブスカイト太陽電池に適した性能評価条件の明確化を行った。両面受光型結晶 Si 太陽電池の計測方法検証と標準化、CIGS 等薄膜太陽電池の時間的過渡応答を考慮した高精度評価方法について検討を開始した。

② 一次基準太陽電池校正技術の高度化

基準太陽電池の一次校正に用いる分光放射照度の上位標準を分光放射照度標準電球から超高温定点球黒体炉へと高度化し、相対分光放射照度標準の紫外・赤外での再現性を抜本的に改善した。分光放射照度測定技術の線型性向上等を含め大幅な技術進展の結果、ソーラシミュレータ法による一次基準太陽電池の校正の不確

かさ改善の目途を得た。また、世界気象機構(WMO)の主宰による第VII回 国際直達日射比較(IPC VII)に参加し、IPC V(2005年)、IPC VI(2010年)にも参加して検証してきた Eppley 社 AHF 絶対放射計と、ソーラシミュレータの放射照度を校正可能な構造精緻型 WRR 絶対放射計(IRS-02)の2台について WRR ファクタ(WRR スケールに対する一致度)を検証し、それぞれの性能の妥当性と技術的課題の抽出ができた。

II) 屋外性能高度評価技術の開発(屋外高精度評価技術の開発)

① 屋外性能評価技術の高精度化

高速測定等による高精度屋外評価技術を幅広い温度照度条件において検証し、0.4 ~1.0 kW/m²以上、10 ~65°C程度の幅広い温度照度範囲に適用できることを確認した。再現性±1%の高精度測定を可能とする条件を検証中である。更に開発した技術の迅速な普及を推進した。

② 屋外高精度性能評価用 IV テスタ開発

平成26年度までに導入した IV 測定装置・日射測定装置では、IV カーブ測定時間中の日射の変化を同期して測定することができていなかった。そこで、本年度は PV 日射センサー(以下、PVMS と略す)による日射計測と IV 特性測定の同時計測を実現できる装置の仕様を検討し、導入した。

③ 屋外高精度性能評価用 PV 日射センサ構造検証

高精度な測定のために必要な PVMS の構造について、ダミーセルサイズの影響について評価するために、PVMS にマスクを施すことで、受光部の面積が日射に対応する電流値にどのような影響を与えるのか検討した。屋外の拡散光下で斜めから光が入る場合は、余剰受光面積の扱いに注意が必要であるとともに、余剰取得電流に角度依存性が有ることが示唆された。今後 PV モジュールとの比較により、最適な構造について検証する。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】太陽電池、太陽光発電、エネルギー、環境、性能評価、信頼性評価、システム

【研究題目】高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発/太陽電池セル、モジュールの共通基盤技術開発/CIS 太陽電池高性能化技術の研究開発(光吸収層の高品質化による CIS 太陽電池の高効率化)

【研究代表者】仁木 栄(太陽光発電研究センター)

【研究担当者】仁木 栄、柴田 肇、石塚 尚吾、鯉田 崇、反保 衆志、永井 武彦、上川 由紀子、西永 慈郎(常勤職員8名)

〔研究内容〕

本研究は、NEDO が2014年9月に策定した「太陽光発電開発戦略」で掲げる発電コスト低減目標の達成に資する研究開発として、CIS 太陽電池を用いた発電コストで、2020年に14円/kWh（グリッドパリティ）、2030年に7円/kWh（ジェネレーションパリティ）を達成するために必要な、共通基盤技術の開発を行うことを目的とする。具体的には、多元同時蒸着法によって製膜した CIS 薄膜を光吸収層に利用した CIS 小面積セルを作製し、2017年度および2019年度に、CIS 太陽電池の光電変換効率でそれぞれ22%と23%を達成するための技術開発を行う。実際には、① CdS/CIS 界面の高品質化技術の開発、および② CIS 結晶の高品質化技術の開発、そして③ 新規透明導電膜材料の探索と CIS/Mo 界面の制御技術という、3種類の研究開発課題に取り組む。

平成27年度は、KF-PDT 処理が CIGS 太陽電池の性能を改善するメカニズムを解明することを目的として、CIS/Mo 界面の制御技術の開発も兼ねて、CIGS 太陽電池に及ぼすアルカリ金属元素の添加効果を研究した。その結果として、モリブデン薄膜表面のモリブデン酸化膜の有無は、その上に生成する MoSe_2 の結晶配向性に大きな影響を与えることが判明した。実際には MoSe_2 の結晶構造は層状であるが、モリブデン薄膜の表面にモリブデン酸化膜が存在しない場合は、 MoSe_2 層の方向はモリブデンの表面に平行であり、またモリブデン薄膜の表面にモリブデン酸化膜が存在する場合は、 MoSe_2 層の方向はモリブデンの表面に垂直であることが判明した。そして、この MoSe_2 の結晶配向性は、CIGS 太陽電池の性能に大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。すなわち、KF-PDT 処理を施したデバイスの性能は、施していないデバイスの性能よりも高くなるが、KF-PDT 処理の影響はモリブデン薄膜表面の酸化度が低いほど強く現れることが明らかとなった。また、KF-PDT 処理によるデバイス性能の向上は、特に開放電圧 (V_{oc}) において顕著であり、その理由は KF-PDT 処理によって少数キャリア寿命が増大すると共に正孔濃度も増大するためであることが明らかとなった。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 太陽電池、化合物半導体、CIS

〔研究題目〕 高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発／共通基盤技術の開発（太陽光発電システムの信頼性評価技術等）／太陽光発電システムの高精度発電量評価技術の開発（経年劣化を考慮した各種太陽電池の発電量評価技術の開発）

〔研究代表者〕 増田 淳（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 増田 淳、松原 浩司、吉田 郵司、佐山 和弘、菱川 善博、近松 真之、原 浩二郎、（太陽光発電研究センタ

一)

大谷 謙仁、橋本 潤（再生可能エネルギー研究センター）（常勤職員9名）

〔研究内容〕

屋外で長期曝露試験を実施している14型式の太陽電池モジュール計368枚をいったん取り外し、屋内のソーラーシミュレータで電流 - 電圧 (I-V) 特性を測定するとともに、エレクトロルミネセンス像を観測することにより、特性等の経時変化を観測した。測定前には太陽電池を洗浄した。I-V 特性の測定条件は、標準条件 (25℃、AM1.5G、1SUN) とした。

太陽電池モジュールの屋外曝露にともなう経時変化は、本来は各モジュールの初期状態における標準条件での室内測定値との比較により議論されるべきであるが、諸事情により、一部の型式のモジュールにおいては初期状態での測定が実施されず、さらには暗所でのモジュール保管も行われていないため、各型式のモジュールを相互比較することを優先して、いずれのモジュールにおいても、銘板値との比較で議論することとした。

アモルファスシリコン太陽電池モジュール a は2010年9月30日に屋外曝露を開始し、初期測定値が存在しない。曝露から4年以上が経過した2014年12月における標準条件での室内測定において銘板値の90%弱にまで出力が低減しているが、2014年12月から2015年12月までの1年間では特性変化はほとんど観測されず、アモルファスシリコンに固有の光劣化も概ね飽和したと考えられる。一方、アモルファスシリコン太陽電池モジュール b は2011年7月29日の屋外曝露直前に標準条件で室内測定しており、その際には銘板値に比較して25%以上高い出力を示した。曝露開始から3年半近くが経過した2014年12月の測定では、銘板値の80%強まで出力が低下したものの、モジュール a 同様、2014年12月から2015年12月までの1年間では特性変化はほとんど観測されない。これらのことより、アモルファスシリコン太陽電池モジュールの光劣化は、長くとも3年半程度の屋外曝露により十分に飽和するものと考えられる。

多接合薄膜シリコン太陽電池モジュール a は2010年9月30日に屋外曝露を開始し、初期測定値が存在しない。曝露から4年以上が経過した2014年12月における標準条件での室内測定において銘板値の85%程度にまで出力が低減しているが、2014年12月から2015年12月までの1年間では前年度比0.9%の特性回復が観測され、多接合薄膜シリコン太陽電池のトップセルに使用されているアモルファスシリコンに固有の光劣化は概ね飽和したと考えられる。一方、多接合薄膜シリコン太陽電池モジュール b は2011年7月29日の屋外曝露開始直前に標準条件で測定しており、その際には銘板値に比較して10%近く高い出力を示した。曝露開始から3年半近くが経過した2014年12月の測定では、銘板値の90%弱まで出力が低下したものの、2014年12月から2015年12月までの1年

間では特性変化はほとんど観測されない。これらのことから、アモルファスシリコンをトップセルに用いる薄膜シリコン太陽電池モジュールの光劣化は、長くとも3年半程度の屋外曝露により十分に飽和するものと考えられる。一方、建材一体型多接合薄膜シリコン太陽電池モジュールは2014年8月4日に屋外曝露を開始した。初期状態での標準条件での室内測定は実施していないものの、測定出力値を銘板値で規格化した値は、2014年12月ならびに2015年12月の標準条件での室内測定においてほとんど変化せずに概ね銘板値どおりの値を示しており、曝露開始から1年半程度であるが安定な特性を示している。

銅-インジウム-ガリウム-セレン (CIGS) 太陽電池モジュール a は2010年9月30日に曝露を開始し、初期測定値が存在しない。曝露から2年近くが経過した2012年8月における標準条件での室内測定において銘板値の9割強にまで出力が低減している。その後、2014年12月ならびに2015年12月の標準条件での室内測定では、出力は銘板値の85%~90%程度であった。一方、CIGS 太陽電池モジュール b は2014年3月10日に曝露を開始した。曝露直前の2014年2月に初期状態を標準条件で室内測定しており、その時点での出力は銘板値の95%弱であったが、2014年12月の室内測定では銘板値の100%以上に回復し、さらに1年後の2015年12月の室内測定でも出力はほとんど変化していない。また、CIGS 太陽電池モジュールでは、屋外曝露後に暗所保管している最中に出力が低下する現象が観測され、屋外曝露直後と比較して、モジュール a では7日間で約2.5%、モジュール b では8日間で約0.5%の低減が観測された。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 太陽電池、太陽光発電、モジュール、屋外曝露、アモルファスシリコン、多接合薄膜シリコン、化合物薄膜

【研究題目】 高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発／共通基盤技術の開発（太陽光発電システムの信頼性評価技術等）／太陽光発電の寿命予測ならびに試験法の開発（太陽電池モジュールの劣化現象の解明、加速試験法の開発）

【研究代表者】 増田 淳（太陽光発電研究センター）

【研究担当者】 増田 淳、松原 浩司、柴田 肇、
原 浩二郎、櫻井 啓一郎
（太陽光発電研究センター）
須田 洋幸、萩原 英昭、水門 潤治
（機能化学研究部門）
佐藤 浩昭（環境管理研究部門）
（常勤職員9名）

【研究内容】

以下の2テーマについて研究を実施した。成果の概要

について述べる。

①モジュール劣化メカニズムの解明

沖縄県宮古島において2015年7月まで系統連系運転されていた太陽電池モジュール37枚を入手した。曝露期間は21~30年にわたる。宮古島は高温・高湿・多日照気候である上、当該モジュールは海岸より約300 m 程度の位置に設置されており、塩水や強風等の影響も受けていると予想される。これらのモジュールに対して、外観検査、ソーラーシミュレータによる電流-電圧特性測定、エレクトロルミネセンス (EL) 測定を実施した。一部のモジュールにおいては、封止材の茶変が観測された。出力は初期値の48%~78%にまで低下していた。EL 像においては、各セルの周辺から暗部が発生したモジュールが存在した。この暗部発生は、高温高湿試験後のモジュールにおいてしばしば観察されるものと同等である。電圧誘起劣化 (PID) の様相を呈するモジュールも存在した。また、イオンクロマトグラフィーにより、モジュール劣化の要因となる受光面側の酢酸残留量を測定したところ、封止材1 g あたりモジュール端部で約1100 μg 、モジュール中央部で約750 μg であった。この値は、温度85 $^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度85%の高温高湿試験3000時間を経たモジュールでの値と概ね同等程度である。

湿熱負荷による結晶シリコン太陽電池モジュールの劣化が、pn 接合の劣化ではなく、電極の劣化によるものであることは、走査型容量顕微鏡による pn 接合の観測や、電極/シリコンセル界面剥離の観測等により示唆されているが、このことより直接的な証拠を見出すために、劣化後のセルから電極を除去し、電極を再構築する実験を試みた。電極の除去ならびに再構築のプロセスにより、劣化が回復すれば、pn 接合に劣化は生じず、電極に劣化が生じていることが証明される。本来は、高温高湿試験を施したモジュールからセルを取り出して実験を行うことが望ましいが、モジュールから取り出したセルを用いて電極を再形成することは技術的に極めて困難であった。そこで、モジュールの湿熱負荷による劣化と同等の劣化をセル単体に生じさせるため、酢酸蒸気曝露をセルに施した。また、モジュールでの電極劣化は主として受光面側のフィンガー電極に生じ、厚いアルミニウム電極が全面に形成されている裏面側の劣化は生じにくい。そこで、酢酸蒸気曝露後のセルにおいて受光面側電極のみの再形成を行うこととし、酢酸蒸気曝露時に裏面電極が劣化しないように、裏面側はフォトレジストで保護した。

3%酢酸/飽和塩化カリウム水溶液の蒸気に、温度85 $^{\circ}\text{C}$ 相対湿度80%の環境下でセルを48時間曝露することにより、短絡電流が初期値の8.2 A から4.3 A に、曲線因子が0.70から0.34に大きく低下した。これに対して開放電圧は0.62 V から0.61 V とほとんど変化はなかった。化学エッチングにより、劣化後のセルから窒化シリ

コン反射防止膜と銀電極を除去し、酸化インジウム錫透明電極と銀電極をスパッタにより再形成した。電極再形成が問題なく行えることを実証するために、酢酸蒸気曝露を施さないセルにおいても電極再形成を行い、電極再形成前後の太陽電池特性を比較した。酢酸蒸気曝露を施したセルならびに施さないセルにおける電極再形成後の曲線因子はいずれの場合も0.7を超えており、酢酸蒸気曝露を施さないセルにおいては電極再形成プロセスの妥当性が示されるとともに、酢酸蒸気曝露を施したセルにおいて曲線因子が完全に回復していることにより、湿熱負荷による劣化要因が pn 接合の劣化ではなく、電極の劣化によることが初めて直接的に示された。

②各種加速試験法の開発

アモルファスシリコンと微結晶シリコンのタンデム構造で構成される薄膜シリコン系太陽電池の PID 試験を実施した。100～300時間程度の -1000 V の負電圧印加で太陽電池特性の劣化が生じた。また、負電圧印加に先立ち、+1000 V の正電圧印加を施すと、正電圧印加時には劣化は一切生じないものの、その後の負電圧印加時に短時間で急激に劣化が生じることを見出した。一方、劣化を起こしたモジュールに再度正電圧を印加すると劣化が回復することも見出した。薄膜シリコン系太陽電池の PID 試験では、透明導電膜に起因すると思われる剥離を生じることがあるが、出力低下が概ね5割未満であれば、剥離を伴わない傾向にある。また、剥離を生じた場合には、正電圧印加でも劣化は回復しないことも示された。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 太陽電池、太陽光発電、モジュール、電圧誘起劣化、加速試験、結晶シリコン、薄膜シリコン

【研究 題 目】 超高効率・低コスト III-V 化合物太陽電池モジュールの研究開発（低コスト化技術・量子ドット成長技術）

【研究代表者】 菅谷 武芳（太陽光発電研究センター）

【研究担当者】 菅谷 武芳、牧田 紀久夫、太野垣 健、大島 隆治、水野 英範、望月 敏光、加藤 俊一、川浪 仁志
（常勤職員6名、他2名）

【研究 内 容】

本研究においては、一般には普及していない III - V 族太陽電池等の超高効率太陽電池において、将来の普及を目指し、現在普及している太陽電池並みのコストで製造するための低コスト化の要素技術開発並びに、太陽電池の効率向上により発電コスト低減を実現する要素技術開発を合わせて行うことで、2030年に7円/kWh を達成する手段を明らかにする。

具体的には、Pd ナノ粒子配列を利用したスマートスタック技術により、Si や CIGS をボトムセルとして、

モジュール発電効率30%以上を有しかつコストミニマムなセル構造および実用化技術を検討する。また、低コスト III-V 族トップセル成長技術の開発として、超高速・低コストエピタキシャル結晶成長法であるハイドライド気相成長法（H-VPE 法）により、III-V 族化合物半導体太陽電池作製技術の研究開発を行う。GaAs セルの製膜速度を現状の6倍以上、成膜コストを1/10以下に削減する革新的成膜技術の開発を目指す。さらに、単接合で飛躍的な高効率を達成できる技術として期待されている量子ドット太陽電池において、ワイドギャップホストを用いたバンド構造の最適化、タイプ II 構造によるマルチバンド内キャリアの長寿命化を利用した量子ドットセルを作製する。キャリアダイナミクス解析をもとに最適化を行い、マルチバンドセルの超高効率化を実現する。

本年度の進捗状況としては、スマートスタック技術により Si 上に InGaP/GaAs タンデムセルを接合し、変換効率23.2%を達成した。また、発電寿命評価として温度サイクル試験を検討した。III-V/Si スマートスタックセルにおいて、顕著な劣化が発生しないことを確認した。さらに、スマートスタックセルのモジュール技術の調査・検討を行い、低倍集光（～10倍以下）が実用コスト実現に有効であることが分かった。本年度は、その基本検証として GaAs/CIGSe 3接合スマートスタックセルを試作、25.3%（5.7倍集光）を実現し、III-V/CIGSe 系2端子セルとして最高性能を確認した。

H-VPE 装置に関しては、大陽日酸（株）と共同のもと装置設計を行った。GaAs/InGaP 系成長の熱力学計算を行い、ソース反応温度～800℃以上、V 族ガス分解温度～850℃以上、成長温度～650℃が妥当と判断し、該温度分布を実現する電気炉設計を行った。H-VPE 装置は大陽日酸（株）で作製され、2016年3月に産総研実験室に搬入した。

量子ドット太陽電池においては、MBE 装置を用いたタイプ II 型 InP/InGaP 量子ドットのエピタキシャル成長技術の開発を進めた。量子ドットからの発光について時間分解測定を行うことにより、発光強度時間変化特性において30ナノ秒以上の長い蛍光寿命が観測された。これは、通常の GaAs 中の InAs 量子ドットなどのタイプ I 型の量子ドットにおける典型的なキャリア減衰寿命である1ナノ秒と比較して、10倍以上も長いという特徴を示している。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 多接合太陽電池、化合物半導体、スマートスタック、量子ドット

【研究 題 目】 インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト／イメージング技術を用いたインフラ状態モニタリングシステム開発／道路構造物ひび割れモニタリングシステムの研究開発

【研究代表者】永見 武司（知能システム研究部門）

【研究担当者】永見 武司、小林 匠、増田 健、
植芝 俊夫、村川 正宏（情報技術研究
部門）、岩田 昌也（情報技術研究部門）、
佐藤 枝美子、佐々木 久之
（常勤職員6名、他2名）

【研究内容】

道路構造物における重要な点検項目であるコンクリートのひび割れについて、その定量的把握および経過観察を精密かつ効率的に行うための自動検出技術およびモニタリングシステムの実現を目的としている。このため、点検対象である床版、橋台、橋脚、トンネル、道路、付帯構造物に対し、幅0.2 mm以上のひび割れを80%以上の確率で検出するひび割れ自動検出技術をはじめ、パノラマ合成技術、経年変化検出技術等の要素技術を開発し、これを実装したモニタリングシステムを平成28年度末までに稼働させ、その後2年間の実証評価を行うこととしている。

平成27年度は、画像データをもとにひび割れを自動で検出する技術について特徴抽出および判別処理部分の改良を行い、床版および橋台を対象にした評価実験で79.1%の検出精度を得た。また、パノラマ合成技術について撮影点を拘束しない合成技術を開発し、画像間の接続が矛盾なく行えることを確かめた。経年変化検出技術では、ひび割れの詳細な形状をトレースする技術について試作を行い、ひび割れ領域の境界をある程度特定できることを確認した。実証評価へ向けて実験用モニタリングシステムをクラウドプラットフォーム上に実装して、試験運用を開始し、インターネットからアクセスすることでひび割れ検出機能を利用できるサービス環境を構築した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】自動点検、画像処理、異常検出

【研究題目】インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト／インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発／マルチコプタを利用した橋梁点検システムの研究開発

【研究代表者】岩田 拓也（知能システム研究部門）

【研究担当者】岩田 拓也、有隅 仁、大山 英明、
渡辺 顕司、加藤 晋、竹内 厚司、
山田 幸佑（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

道路法施行規則の一部改正（H26.3.31公布、H26.7.1施行）により、道路橋（約70万橋）に対して、国が定める統一的な基準による5年に1回の近接目視点検が義務付けられた。しかしながら市町村では、予算不足、人不足、技術力不足等の理由から、点検の確実な実施が困難なことが予想される。このような社会情勢を鑑み、本

研究開発では、点検していない橋梁の撲滅と定められた点検サイクルの実施が確実に担保された社会の実現を最終目的として、橋梁下面（床版下面、桁外面、下部工外面、支承部）の近接目視点検作業を支援する、マルチコプタを利用した橋梁点検システムを開発している。本研究開発では、企業との共同提案で二種類のシステムを開発しているが、産総研は主に高精細画像取得用マルチコプタシステムの開発を担当し、橋梁下面を自律的に飛行し、床版下面、桁外面等に対する高精細画像を取得する有線給電式のマルチコプタシステムの開発を担当している。このシステムは地方公共団体の所轄する橋も含めた膨大な数の橋を、時間をかけずに定期的に確実に点検することを目的としており、取得データは、次の段階の近接目視点検を行うかどうかのスクリーニングに用いられる他、取得できるデータの均質性という特徴を生かし、経年変化等のモニタリングに利用する。平成27年度は、昨年度の機能試作機の実証実験などの結果を受けて、自律飛行の実現のため、外部カメラと機体に付けたマーカーにより位置認識を行い、自動経路飛行のアルゴリズムを提案し有効性を検証した。さらに、突風等の外乱に対応するシステムとして、内界センサを用いた制御周期の速い外乱抑制制御を開発し検証実験で有効性を確かめた。さらに、国土交通省の橋梁点検の現場検証評価にも参加し、まだ課題は残るものの、試行的導入に向けた検証を推奨するという評価を受けた。これらの成果により、ステージゲート審査を通過し、次年度より、実用化に向けた本格的な開発に取り組む予定となっている。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】社会インフラ、維持管理、橋梁点検、近接目視、マルチコプタ、ドローン

【研究題目】インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト／インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発／可変構成型水中調査用ロボットの研究開発

【研究代表者】有隅 仁（知能システム研究部門）

【研究担当者】有隅 仁、加藤 晋、
Jayasekara Peshala、Cho Yeonju、
竹内 厚司（常勤職員2名、他3名）

【研究内容】

本プロジェクトでは、(株)キュー・アイ、(株)日立製作所ディフェンスシステム社、産総研がコンソーシアムを形成し、ロボット技術を用いてダム・河川施設等の社会インフラの点検作業を実現することを目標としている。開発するロボットの特徴は、スラスト付き喫水部や制御・電源部、水中ロボット、各種観測装置等の各モジュールを組み替えてロボット構成を可変にすることにより、種々の環境や作業条件に適応できる点である。当該研究者らは、産総研の分担として河床の洗掘や河川施設の損

傷の状況を安全かつ効率よく把握する可変構成型ロボットシステムの開発を行った。本年度の主な成果は以下の通りである。

自動航行技術の開発では、流水下でスラストを用いずに係留装置と操舵のみで目標位置へ航行・停留する手法を開発し、製作した水流試験装置ならびに水上ロボットのモデル試験機によりその動作を実現した。環境地図作成技術の開発では、日立製音響イメージングソナーを用いて取得した画像を3次元の点群で PC 上にリアルタイム表示するソフトウェアを開発した。また、ソナー取得画像を繋ぎ合わせ、かつソナーの位置・姿勢を用いてデータの座標変換を施すことにより、測定対象の3次元環境地図を作成するシステムを開発した。流水環境対応用機器の開発では、双胴船形式のスラスト付き喫水部、ウォームギアを用いた操舵ならびにクラッチ式の係留装置を設計・製作し、外形寸法：1500×998×1400、空中重量：87 kg、最大航行速度：1.3 m/s、最大係留張力：110 kgf の係留型水上ロボットシステムを開発した。河川護岸計測を想定した独自サイトにおける機能検証では、ソナー装着の水上ロボットを水槽内で移動させながら5 m 先の対象物である50 cm 角のトリプレン及び壁面を測定し、リアルタイムのソナー画像取得ならびに3次元地図環境作成を実現した。また、流速2 knot の流水下において、ワイヤ係留した水上ロボットの左右の操舵のみを独立に制御することにより、姿勢を一定の状態にした安定な停留、ならびに円弧上の航行を実現した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】水中調査用ロボット、船舶工学、画像処理、マイコン通信

【研究 題 目】インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト／インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発／災害調査用地上／空中複合型ロボットシステムの研究開発

【研究代表者】神村 明哉（知能システム研究部門）

【研究担当者】神村 明哉、有隅 仁、安達 弘典、渡辺 顕司、加藤 晋、皿田 滋、竹内 厚司、東 千加良、野宮 和洋、鎌田 瑞生（知能システム研究部門）、光畑 裕司（地圏資源環境研究部門）、上田 匠（地圏資源環境研究部門）、高倉 伸一（地圏資源環境研究部門）、小森 省吾（地圏資源環境研究部門）
（常勤職員9名、他5名）

【研究 内 容】

本研究課題では、災害時の初動調査および情報収集を実現するシステムとして、地上移動型と空中飛行型のロボットをそれぞれの利点や特徴を活かした複合的な形態で活用する「災害調査用地上／空中複合型ロボットシ

テム」の研究開発を実施した。H27年度は、半自律・遠隔操作型無人調査プラットフォーム車両システムとして、①災害調査車両 CRoSDI の前アーム部分に装着交換可能な土砂サンプリング用バケット及び子ロボット搭載部の製作、後ろアーム部分に装着して使用するリアルタイム水分量計測センサ機構の開発、無線中継車両の開発を実施した、②不整地踏破アーム付無人調査車両の開発において、ミニショベルを改造した遠隔操作無人車両の油圧制御機構の改良、環境認識のための3次元視覚システムの開発、ミニショベルの安定性評価手法の開発を実施した。次に、無人調査プラットフォームヘリシステムとして、①係留型ヘリ用離発着装置の開発において、15m の高度で2時間以上の運用を実現する係留型ヘリシステムの開発、②改良型吊り下げ式電磁探査システムの開発、③地滑り検知センサネットワークノード及びその投下機構、モニタリングソフトウェアの開発を実施した。災害調査情報の可視化及び災害情報データベースの開発における地質調査情報の解析技術の開発において、電磁探査装置用小型計測装置の開発、データ表示ソフトウェアの改良を実施した。

H27年度国交省現場実証試験において、国総研でのトンネル災害現場実証試験では CRoSDI、無線中継車両、小型移動検査ロボット DIR-3を投入し、約700m のトンネル最終地点までの無線遠隔操作他、放置車両のナンバー検知、約15cm の段差越え、CO ガス検知、天井崩落状況の確認、コンクリートクラックの検知等の実証試験項目をクリアした。奈良県赤谷地区における土砂崩落現場での実証試験では、CRoSDI、中継車両、係留型ヘリによる無線中継システムを投入し、見通しのきかない現場において約500m の遠隔操作を実現、さらに遠隔土砂サンプリング採取、リアルタイム水分量計測、吊り下げ式電磁探査システムによる現場のスキャン、地すべり検知ノード3台の遠隔投下及びセンサネットワークによる実時間情報収集等を実施し、実現場での運用性評価を行った。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】災害調査用ロボット、インフラ維持管理用ロボット、無人探査ロボット、マルチコプタ、電磁探査

【研究 題 目】環境・医療分野の国際研究開発・実証プロジェクト／ロボット分野の国際研究開発・実証事業／災害対応ヒューマノイドロボット HRP-2改の研究開発

【研究代表者】金広 文男（知能システム研究部門）

【研究担当者】金広 文男、金子 健二、梶田 秀司、阪口 健、森澤 光晴、中岡 慎一郎、Cisneros Rafael
（常勤職員6名、他1名）

【研究 内 容】

災害発生時に人によって移動・作業が行えるヒューマノイドロボットの実現を目指し、(1) 災害対応ヒューマノイドロボットのハードウェア、(2) 転倒による被害を軽減する高速降着動作・受け身制御技術、(3) 一連の作業をオペレータによる最小限の指示で、ロボットが実行できるようにするための遠隔操作構造化インタフェースの開発を行い、(4) DRC (DARPA Robotics Challenge)、JVRC (Japan Virtual Robotics Challenge)、実演会において実証を行い、その有効性を示すことが目標である。

平成27年度は DRC、JVRC、実演会において実証を行い、その成果をハードウェアにフィードバックすると共に、高速降着動作・受け身制御技術の開発を行った。

DRC では全23チーム中10位（日本からの参加チーム中最高位）を獲得し、JVRC では実質2位（関係者のため公式順位からは除外）を獲得した。また国際ロボット展において災害対応の実演を行い、開発した技術の有効性を示した。これらの実証において明らかになった問題に対応するため、足首や首の可動範囲拡大や、腕部の動作再現性を向上させるための治具作成等の追加改造を行った。

また、静止した直立姿勢から安定な降着姿勢への動力学効果を利用した素早い移行動作を実現した（前方3秒以内、後方4秒以内）。床面衝突時の破損を回避するためのエアバッグ式のプロテクターを試作し、ヒューマノイドロボット HRP-2改の下半身部分のコピーである転倒試験装置に装着して転倒実験を行い、耐転倒性を有するロボットハードウェア設計に必要な実験データを得た。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】ヒューマノイド、災害対応、DARPA Robotics Challenge

【研究 題目】環境・医療分野の国際研究開発・実証プロジェクト／ロボット分野の国際研究開発・実証事業／Choreonoid フレームワークを用いた災害対応ロボットシミュレータの研究開発

【研究代表者】金広 文男（知能システム研究部門）

【研究担当者】金広 文男、中岡 慎一郎、吉田 英一、鮎澤 光、服部 静子
（常勤職員4名、他1名）

【研究 内容】

災害対応ロボットの設計支援、制御ソフトウェア開発支援、オペレータ訓練、運用計画支援を行える災害対応ロボットシミュレータを開発することが目標である。

平成27年度は(1) Gazebo との互換性を強化するため、Choreonoid、Gazebo のシミュレーションエンジンを互いに交換できるようにし、ユーザインタフェースとエンジンの組み合わせをユーザが選択できるようにした。また、(2) シミュレーションの精度を向上させるため、

ロボットの力学パラメータの同定を行う上で最適な励起軌道の設計、ロボットに搭載されたセンサに基づいたパラメータ同定、同定したパラメータによるシミュレータ精度評価とモデル改良を行う系統的な手法を構築し、センサデータが与えられた際に、URDF や SDF あるいは VRML で与えられた基本的なモデルに対して、上記パラメータ同定を用いてモデル改良を行う Choreonoid のプラグインを開発した。さらに、(3) 開発したシミュレータを広く一般に公開してシミュレーションによる災害対応ロボットの競技会「ジャパン・バーチャル・ロボティクス・チャレンジ (JVRC)」を開催し、災害対応ロボットの開発に有用なシミュレータであることを実証した。JVRC の実施に際して、審判員による採点を支援するシステムやスプレッドによる車両のドアの破壊を模擬する機能を開発した。JVRC は CEATEC 会場内にブースを構えて4日間に渡って開催し、運営側で提供した4種のヒューマノイドタイプのロボットの他様々な形態のロボットで10チームが競技を行った。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】シミュレータ、災害対応、ジャパン・バーチャル・ロボティクス・チャレンジ

【研究 題目】SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／インフラ維持管理・更新・マネジメント技術／維持管理ロボット・災害対応ロボットの開発／橋梁・トンネル点検用打音検査飛行ロボットシステムの研究開発

【研究代表者】岩田 拓也（知能システム研究部門）

【研究担当者】岩田 拓也（常勤職員1名）

【研究 内容】

平成24年12月に発生した笹子トンネル崩落事故をはじめとして、老朽化したトンネル・橋梁等のインフラ点検が急務となっており、特に高所作業車を必要とするトンネル上部や特殊な台車を必要とする橋梁下部、橋脚等の点検困難箇所を効率的に点検する方法の確立が求められている。日本全国の点検対象となる橋梁（2m 以上）は約699,000（内、16%が50年経過）、道路トンネル数は約10,300本（内、18%が50年経過）である。また、それ以外にも水路（導水路/放水路）トンネル、河川トンネル等の点検を必要とする施設が多数ある。放水路トンネルの一例としては、巨大な地下空間、立坑を有する首都圏外郭放水路などがあり、施設内の高所等の状態点検を安全かつ効率よく行うことが課題である。さらに水路トンネル、河川トンネルのような通水状態の施設、河川橋梁のように橋脚下からアプローチができないという困難を伴う点検作業については、検査を可能かつ容易とする技術のニーズは高い。以上のインフラ点検には附属物等による複雑な外形を有する部位への接近、高所作業、通水等で人員立ち入りが困難な区域への進入などへ

の対応が必要であり、作業負荷軽減のためには空間的な移動の自由度を有する点検ロボットが必要となる。本研究開発では、小型軽量のマルチロータヘリを飛行ロボットのプラットフォームとして、そこに打検機、目視用光学センサ等を搭載することにより、作業車などの大型設備を使用せずにインフラ内高所の壁面状況のモニタを実現する。また、収集した打音情報・画像情報をデータベース化し、その変化・変状についての把握を容易とする情報処理システムを実現する。実際のトンネル定期点検時の交通規制の多くは片側交互通行規制であり、片側2車線のうち1車線を規制して点検を行い、他の1車線では交通を通す方式である。飛行ロボットを使用した点検は、道路上の作業であることから「建設工事公衆災害防止対策要綱土木工事編（建設省事務次官通達：平成5年1月12日）」により、一般交通への危険及び渋滞の防止、歩行者の安全等を図るための交通の処理方法について検討し、道路管理者及び所轄警察署長の指示するところに従い、必要な対策を講じることとなる。産総研では、この必要な対策として、航空の安全3原則である（1）機体の安全（2）操縦の安全（3）運航体制・運航環境の安全、の観点に基づき、安全対策技術を開発している。具体的には、（1）としては、マルチローター型飛行ロボットの衝突安全技術、（2）としては、操縦補助用リードシステム、（3）としては、風は通すが飛行ロボットは通さない安全ネットの開発を行っている。平成27年度は、（1）ではクラッシュプルセーフティー用の炭素繊維複合材フレームの開発を実施した。（2）に関しては、システムの要素を構成する装置の試験を実施した。（3）に関しては、実際に製作し、つくば市にあるJUIDA-GOKO つくば試験飛行場にて、耐久性試験を含めた実用実証試験を実施した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】インフラ点検、無人航空機、飛行ロボット

【研究 題目】次世代ロボット中核技術開発／（革新的ロボット要素技術分野）自律型ヒューマノイドロボット／非整備環境対応型高信頼ヒューマノイドロボットシステムの開発

【研究代表者】金広 文男（知能システム研究部門）

【研究担当者】金広 文男、佐藤 雄隆、森澤 光晴、金子 健二、吉田 英一、加藤 晋、小島 一浩、森 彰（情報技術研究部門）、Cisneros Rafael（常勤職員8名、他1名）

【研究 内容】

ヒューマノイドロボットの産業応用分野として有望と考えられる大型構造物の組立分野について調査を行い、産業応用の可能性、応用に際して必要となる基盤技術に

対する要求仕様を明らかにし、応用にあたって必要な基盤技術である、（1）環境計測データからの作業対象物体検出・追跡技術、（2）環境計測データに基づいたロボスト多点接触運動技術、（3）ロボットシステム高信頼化技術について、技術戦略・ロードマップを作成することを目標とする。

平成27年度は航空機組立分野、建築分野、インフラ点検分野、災害対応分野について応用可能性の検討を行い、特に航空機組立分野は自動化が進んでおらず、人の作業員が難姿勢での作業や単純繰り返し作業を強いられている他、作業環境内を動き回る必要があるなど、ヒューマノイドロボット応用の意義が大きいことが明らかとなった。

また基盤技術について基礎的な調査を行い、（1）環境計測データからの作業対象物体検出・追跡技術については、Deep Learning 技術が複雑背景中からの物体検出や、物体の一部が遮蔽されている場合のロボストなモデルとの照合に有効であること、（2）環境計測データに基づいたロボスト多点接触運動技術については、幾何学的かつ動力学的な制約下で求めた関節加速度を逐次積分して得た速度指令を関節のコントローラに適用する手法が主流になりつつあること、（3）ロボットシステム高信頼化技術については、シミュレータを用いたソフトウェアのテスト環境の構築と実機におけるログの記録を小さなオーバヘッドで効率的に行えることが重要であるということが明らかになった。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】ヒューマノイド、物体検出、多点接触全身運動制御、大規模ソフトウェア変更解析、差分デバッグ

【研究 題目】地熱発電技術研究開発／地熱発電の導入拡大に資する革新的技術開発／地熱発電プラントのリスク評価・対策手法の研究開発（スケール／腐食等予測・対策管理）

【研究代表者】柳澤 教雄（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】柳澤 教雄、増田 善雄（化学プロセス研究部門）（常勤職員2名）

【研究 内容】

1. 材料腐食およびスケールデータベースの整備

①既存の材料試験データの整理

前年度に PDF 化を実施した報告書について、a)室内実験、b)現地実験、c) 地熱開発事業者へのアンケート、d) データベースの設計、の項目について検討し、本年度は、地熱発電所でのデータおよび、その実験対応する温度・pH・流速条件を整理する過程で、金属材料について、主要元素を Cr に換算する（Cr 当量）ことにより、温度や pH の入力で腐食速度の見積もりが可能となることを見出した。

そこで、主要金属材料の Cr 当量を計算し、その上で温度、pH、また HCl 系か H₂SO₄系かを入力することにより、腐食速度を自動計算し、耐久性を判断するシステムを構築した。また、金属材料の正確性を期すため、2002年までに実施された試験での材料名称と、現在の比較、国際規格との照合などを行っている。そして、下記する②で収集したデータとの対応について準備中である。

②地熱材料・スケール研究の文献および海外動向調査

海外での最新情報の調査のため、3件の国際学会に参加した。2015年4月18日～24日にオーストラリアのメルボルンで開催された WGC2015（世界地熱会議）は、合計で1,300件の発表が35のセッションに行われた。そのうち、スケールや腐食に関しては Corrosion and Scaling セッションとして42件の発表が行われた。テーマとしては、Silica Scaling and Control/pH Adjust（シリカスケールの制御、pH 調整）、Well Scaling and Control（坑内スケールと制御）、Well and power Plant Scaling and Control（パワープラントのスケール制御）、Corrosion Control/Acid Fluids（酸性流体でのスケール対策）、Energy Plant Corrosion and Control（プラントでの腐食対策）、EGS and Galvanic Corrosion（EGSでのスケール・腐食およびガルバニック腐食）の6つであった。

2016年2月22日～24日にアメリカのスタンフォード大学で行われた地熱ワークショップでは、本プロジェクトの概要を紹介した。また、材料腐食やスケールに関連するプラント設計や地化学の講演も8件あり、トルコのトリプルフラッシュタービンのスケール対策に有効な薬品やアイスランドのプラントでのスケール・腐食事例が紹介された。

また、IEA-GIA（国際エネルギー協会の地熱実施協定）でも、地熱プラントの材料腐食やスケールを今後重点的に検討する動きがあり、その将来構想のためのキックオフ会議が2015年9月8日～10日にかけて開催され、日本の現状の報告、ノルウエーでの石油・ガスの事例の応用などの情報収集を行った。

2. プラントリスク評価システムのためのモニタリング技術の開発

①材料の腐食状況やスケール付着状況についてのモニタリング

地熱発電プラントリスク評価実証試験（葛根田および柳津西山地熱発電所）において、試験中の電位モニタリング、熱水及び蒸気の化学分析を行った。また、試験後の試料表面の顕微鏡観察、化学分析を行った。その結果、シリカスケールの付着、葛根田では鉛、柳津西山ではヒ素やアンチモンの析出を確認した。

【領 域 名】地質調査総合センター、エネルギー・環境

【キーワード】材料腐食、スケール、データベース、地

熱、温泉、配管

【研究 題 目】SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／インフラ維持管理・更新・マネジメント技術／点検・診断技術の実用化に向けた研究開発／高感度近赤外分光を用いたインフラの遠隔診断技術の研究開発

【研究代表者】藤巻 真、古川 祐光（電子光技術研究部門）

【研究担当者】藤巻 真、古川 祐光、渡部 愛理、野口 尚美、栗林 亮介、森山 敏尚（常勤職員3名、他3名）

【研究 内 容】

コンクリート劣化診断試験を行う手法の多くは、コンクリート構造物に近接して試験する必要があり、足場の設置が必要である。足場の設置は高額であり、足場を設置せず、遠方からコンクリートの状態を把握し、足場を設置しての試験の回数を減らす、または試験箇所を限定する為の1次スクリーニング技術が必要とされている。また、現在、中性化などの化学的な劣化や、塩分、水分などの劣化因子の付着に関しては、遠方からの観測技術が存在しない。我々は、高感度近赤外分光法を用いて、遠方からコンクリートの化学的劣化診断を実現する。

ラボ用コンクリート検査用高感度分光装置を試作開発し、供試体やコンクリート劣化物質となる水和物などを用意して光学特性評価を行い、基礎データの蓄積を行った。スペクトルデータからの定量化変換にケモメトリクス解析を用いて、水分・塩分量の推定試験を実施したところ、推定値は既存の手法と高い相関性を有し、誤差±20%の範囲であることを確認した。これを元にフィールド用装置を設計、製作し、インフラ診断システム試作機として統合した。評価の結果、スペクトルの正確性についてはラボ内試験機よりやや劣るものの、感度についてはラボ内試験機を超え、遠隔からの高感度撮像が可能というフィールドユースに適した仕様となっていることが示された。さらに SN 比を向上させるため、問題点の分析・改良を行い、光学干渉システムでは光学素子間の多重反射を防ぐ工夫を行い、近赤外カメラではセンサ面の反射を防ぐ加工を行い、その結果、野外測定において距離100 cm、計測時間1秒程度でのスペクトル計測が達成されていることを確認した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】コンクリート、塩分、水分、干渉計、フーリエ分光

【研究 題 目】次世代ロボット中核技術開発／（革新的ロボット要素技術分野）自律型ヒューマノイドロボットの研究開発／広角・多波長レーザーレーダーによる超高感度コグニ

ティブ視覚システム

【研究代表者】上塚 尚登（電子光技術研究部門）

【研究担当者】土田 英実、姚 兵、大川 正浩
（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

災害現場の人代替への適用として考えられている災害ロボットや極寒冷地、深海、火山近傍などの調査・情報収集を行う調査・情報収集ロボットに不可欠となるロボットの視覚システムを実現する。本研究開発においては高速・広角で光ビームをステアリングさせ、その微弱な戻り光を検出する超小型軽量のレーザーレーダーをロボットの目に適用する。ロボットの目になるレーザーレーダーの光ビームステアリング素子には、広い角度を高速にステアリングできる性能が重要である。今回、強誘電性液晶を用いた位相パネルと偏光グレーティングとを用いてステアリング素子を試作した。その結果、ステアリング速度は40 μ 秒と高速化への見通しを得た。また、レーザーレーダーの新変調方式として、Pulse Modulation、Homodyne FM/CW および Heterodyne FM/CW などのシミュレーションを行い、その メリット、デメリットの比較検討を行った。その結果、Heterodyne FM/CW が最も S/N 比に優れていることが判明した。さらに、種々のレーザー波長による種々の有害物質特定方法（光指紋）の調査研究として、HITRAN (High resolution TRANsmission molecular absorption database) を用いて、ミエ散乱と近赤外～中赤外における吸収を考慮したシミュレーションを行った。今後、上記の検討結果をもとに、レーザーレーダーの試作を行う予定である。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】ロボット、レーザーレーダー、視覚システム

【研究題目】エネルギー・環境新技術先導プログラム／データセンタ向け低消費電力・超多ポート高速光スイッチシステムの研究開発

【研究代表者】鋤塚 治彦（電子光技術研究部門）

【研究担当者】鋤塚 治彦、石井 紀代、高野 了成、松浦 裕之（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

本先導研究では、2030年までに爆発的に増大すると予想されるデータセンター内ネットワークのスイッチシステムの電力消費量を劇的に減少すべく、切替時間を数10 μ s に短縮した2000ポートクラスのデータセンタに適用可能かつ経済的な新たな光スイッチを創出し、その光スイッチと電気スイッチを組み合わせたハイブリッド構成により、革新的なデータセンタネットワークアーキテクチャを開発するためのフェージビリティスタディを行っている。産総研は、コントロールアルゴリズムの研究および高速波長切替技術の研究の二つの研究テーマを担当している。コントロールアルゴリズムの研究では、デ

ータセンター内のトラフィックを光スイッチと電気スイッチへ効率的に振り分けるコントロールアルゴリズムとして、アプリケーションやミドルウェア等のヒント情報を用いるサービス指向方式及びスイッチにおける統計情報を用いるデータ指向方式について検討し、原理実証実験の計画を策定した。高速波長切替技術の研究では、数10 μ s での切替が可能で、信頼性を担保し得る駆動条件等を明らかにするための波長切替技術の原理検証実験に向けて、現状の波長可変レーザの波長切り替え速度を決める駆動条件に関して精査を行い、原理検証実験の計画を策定した。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】光ネットワーク、光スイッチ、波長ルーティング

【研究題目】インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト／インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発／超小型 X 線及び中性子センサを用いたインフラ維持管理用非破壊検査装置開発

【研究代表者】鈴木 良一（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】鈴木 良一、加藤 英俊、藤原 健
（常勤職員3名）

【研究内容】

高度成長期に整備された社会インフラ及び産業インフラを適切に維持管理するには、その健全性を効率的に検査し対策をとることが必要である。X 線は、検査対象物を透過させて対象物を壊すことなく内部の様子を調べることができることから各種検査に使われている。また、中性子は水分等に対する散乱・吸収等の相互作用が大きく、インフラ構造物の腐食に係る水分の有無を非破壊で調べることができる。本研究では、これらの検査装置を小型化・軽量化して非破壊検査装置をロボットに搭載することにより効率的なインフラ維持管理を実現することを目指している。

本年度は、配管検査ロボットに中性子水分センサを搭載してプラント現場での実地試験を行い、実プラントの保温材付き配管の保温材の水分の計測を行い、100m/日のスループットで配管上下の保温材の水分量を計測できることを確認するとともに、現場でのロボットを用いたプラント配管の中性子水分計測の課題を明らかにし、対策をとった。また、検査用ロボットに搭載する小型・軽量・長寿命の超小型 X 線源の開発を行い、厚み70 mm 以下、重量3 kg 以下、200 keV 以上の X 線を発生できるバッテリー駆動 X 線源を開発し、鉄の厚み70 mm を透過した X 線のイメージングが可能であることを確認した。この X 線源を用いて、凹みを付けた配管の撮影を行い、配管の減肉を検査できることを確認した。また、大面積の高エネルギー X 線対応検出器を実現するための、

フラットパネル型 X 線イメージセンサの開発を開始し、5 cm 角の X 線イメージセンサのプロトタイプを開発した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕カーボンナノ構造体、X 線源、インフラ診断、プラント保温材付き配管、非破壊検査、X 線イメージセンサ

〔研究題目〕火山ガス組成および火山灰モニタリング技術の開発（戦略的イノベーション創造プログラム【SIP】レジリエントな防災・減災機能の強化）

〔研究代表者〕篠原 宏志（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕篠原 宏志、伊藤 順一、下司 信夫、風早 竜之介（常勤職員4名）

〔研究内容〕

火山ガス組成のリアルタイムモニタリングの実現を目指し、連続観測装置の高度化および無人機設置型火山ガス組成測定装置プロトタイプを作成し、評価することを目標とする。火山灰のモニタリング技術の高度化のために、エネルギー分散型エックス線分析装置を導入し、実際の火山灰粒子を用いた解析をおこない、火山灰中におけるマグマ粒子の識別方法について標準化を行うことを目標とする。

火山ガスの多成分組成の測定機器の開発及び無人機設置型多成分モニタリング機器の開発のため、各種センサーの性能試験のための機器を作成した。火山ガス多成分組成測定装置の制御用 PC の消費電力調査及び動作試験を実施し、制御系の設計の基礎データを取得した。火山灰粒子解析のための基礎データの取得を行った。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕火山、噴火、火山ガス、火山灰、モニタリング

〔研究題目〕研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム シーズ育成タイプ「超高真空、低温チップ増強ラマン分光イメージング装置の開発」

〔研究代表者〕伊藤 民武（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕伊藤 民武（常勤職員1名）

〔研究内容〕

概要：

分子中の振動構造情報まで測定可能な唯一のナノイメージング手法であるチップ増強ラマン散乱イメージング（TERS イメージング）を安定して測定できる装置を目標とし、そのために超高真空、低温 TERS イメージング装置、探針、標準サンプルの開発を行う。従来の大気中 TERS 装置は、TERS 信号強度の安定性に欠け、材料研究などの評価ツールとしては基礎研究レベルにとどまる。本研究では探針の最適化手法を構築し、安定性、

再現性の高い TERS 測定の実現に貢献する。

目標：

- ① チップ増強ラマン用探針先端のプラズモン増強場の電磁解析計算環境の構築：曲率半径40nm 程度の銀ナノ探針先端の増強電場を計算。
- ② 探針先端のプラズモン共鳴増強電場の実験的取得：探針先端からの弾性散乱光スペクトルの偏光特性を取得。
- ③ チップ増強ラマン用探針先端のプラズモン増強場の電磁解析計算：実施項目①と②を組み合わせチップ増強ラマン用探針先端のプラズモン増強電場を評価。

進捗状況：

- ① 前年度完成させた計算手法を用い半無限の銀ナノ探針先端からの増強電場の計算を遂行した。増強電場のスペクトルが探針先端の曲率半径に敏感に依存して変化することを本計算で確認した。
- ② 開発した暗視野顕微分光器と偏光板を組み合わせ探針先端からの弾性散乱光スペクトルの偏光依存性を測定した。測定結果を解析することで探針先端のプラズモン共鳴スペクトルの取得に成功した。増強電場のスペクトルが探針先端の曲率半径に敏感に依存して変化することを本実験で確認した。
- ③ ①電磁解析計算結果と②分光実験結果の比較を引き続き行い増強度の限界や探針が汚染された時の暗視野顕微画像変化などを取得可能にした。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕チップ増強ラマン散乱（チップ先端のラマン散乱増強で計測する手法）、プラズモン（伝導電子の集団振動）、暗視野顕微分光

〔研究題目〕研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム フィージビリティスタディステージ探索タイプ「新規バイオマーカー群を用いた糖尿病リスクの早期検出の実用化」

〔研究代表者〕吉田 康一（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕吉田 康一、堀江 祐範、梅野 彩（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

境界型糖尿病を早期に健康診断時に判別できる手法は現在存在しない。我々は早期診断に有望なバイオマーカーとして、空腹時の10,12- α -(Z,E)-ヒドロキシシノール酸（HODE）、レプチン、アディポネクチン、インスリンを見出した。そこで、耐糖能とインスリン抵抗性の同時判定が可能な糖尿病リスク評価モデルおよび同時測定デバイスを開発することを目標とした。本研究では人間ドック受診者101名に対してコフォート試験を開始した。4種の各マーカーは糖負荷後の血糖値60分、血糖値120分、インスリン抵抗性指標に有意（ $p < 0.05$ ）に相

関し、それら複合マーカーとして糖尿病リスク検出に有用であることを検証した。糖尿病リスク評価モデルは耐糖能；感度98%、特異度100%、インスリン抵抗性は感度98%、特異度99%を達成した。本研究は、論文2報（国際誌）、国内学会2件、展示会1件に成果発表した。今後、コフォート試験を継続実施し、実用化に向けてデータの蓄積を行う。加えて、健康診断時や人間ドック時に迅速にバイオマーカー群の測定を行える装置開発も進める。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕糖尿病、早期診断、バイオマーカー、リノール酸由来酸化生成物

〔研究題目〕研究成果展開事業 センター・オブ・イノベーション（COI）プログラム「フロンティア有機システムイノベーション拠点」

〔研究代表者〕脇田 慎一（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕脇田 慎一、瀧脇 雄介、栗田 僚二、富田 峻介（常勤職員4名）

〔研究内容〕

本研究は研究成果展開事業センター・オブ・イノベーション（COI）プログラム「フロンティア有機システムイノベーション拠点」の産総研サテライトとして行っているものである。

本年度は、自律神経系ストレスセンサの高度化として、唾液中の硝酸イオンに着目し、プラスチック固体膜化材料として、従来から用いられているポリ塩化ビニル（PVC）とカルボン酸誘導体化 PVC とセグメント化ポリウレタン系生体適合性材料を用いた硝酸イオンセンサ膜のセンサ特性を、実唾液中に含まれるムチン等の夾雑物質の吸着抑制効果の観点から、FET バイオセンサ法により比較検討した。バイオセンサ特性を詳細に比較検討した結果、セグメント化ポリウレタンがプラスチック化膜材料として、最も良いセンサ特性を得た。

緊張ストレス被験者実証に用いる唾液採取法として、従来からの用いられている Salivette[®] コットン法、SaliCap[®] チューブ法に加えて、オリジナルなスプーン採取法を、操船シミュレータを用いた緊張ストレス被験者実験の現場で比較検討した。被験者に優しいコットンを用いる Salivette[®] 法は優れた採取法であるが、唾液試料の採取現場に遠心分離器が必要となり、被験者実験の現場で行うには、時間を要し、さらに使い勝手が悪いことが分かった。また、SaliCap[®] チューブ法は堅くエッジが鋭く、口腔内の損傷リスクがあり、安全性に課題があった。新規スプーン法は、形状による損傷リスクがほとんど無く、唾液試料採取した後に、そのまま、センサ部に滴下することが容易であることから、比較検討した結果、スプーン法が適当であると判断した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕ストレス、バイオセンサ、実証研究、自律神経系評価

〔研究題目〕戦略的創造研究推進事業（CREST）「細胞チップ MS システムを用いた1細胞マルチ分子フェノタイピング」

〔研究代表者〕山村 昌平（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕山村 昌平（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、H27年度戦略的創造研究推進事業（CREST）の研究領域「統合1細胞解析のための革新的技術基盤」における研究課題「細胞チップ MS システムを用いた1細胞マルチ分子フェノタイピング」の主たる共同研究者として研究を進めている。本課題では、1細胞におけるプロテオームおよびメタボロームの解析が可能な超高感度マルチ分子フェノタイピングシステムの構築を目的として、1細胞分離、1細胞成分分画、細胞成分高感度質量分析の3つの要素技術を開発する。またそれらの技術を統合し、各種分子計測データを1細胞レベルで取得することが可能なプラットフォーム“細胞チップ MS システム”を構築する。

本課題で主に担当する1細胞分離・特性計測プラットフォームの開発において、ヘテロな細胞集団から目的とする細胞を分離、特性解析、回収する技術の開発を進める。その中で、今年度は細胞分離を目指した1細胞チップの開発を開始した。まず、多数の培養がん細胞などを単一細胞に配置できる細胞マイクロレイチップを設計し、チップ作製メーカーと連携して複数のデザインのマイクロレイチップを作製した。チップのマイクロチャンバーの大きさや酸素プラズマ処理による表面処理などを検討し、培養がん細胞を1細胞に分離する条件出しを行った。培養細胞の種類によって変わるが、1細胞を1つのマイクロチャンバーに配置することは可能であった。今後は、より確実に1細胞に分離するチップを構築しつつ、チップ上での特性評価や回収技術の開発に繋げる予定である。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕細胞チップ、単一細胞解析、マイクロレイ、循環がん細胞（CTC）、バイオチップ、ハイスループットスクリーニング

〔研究題目〕革新的研究開発推進プログラム

（ImPACT）「バイオニックヒューマノイド評価法の標準化」

〔研究代表者〕鎮西 清行（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕鎮西 清行、山下 樹里（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究課題は、JST 革新的研究開発推進プログラム

(ImPACT)「バイオニックヒューマノイドが拓く新産業革命」プログラムの一部である。同プログラムではヒトや実験動物の代わりとなるセンサ内蔵の精巧な人体ダミー「バイオニックヒューマノイド」を開発し、医療機器その他の工業製品の開発の際に課題となる主観評価を定量化して技術を早く社会に届けることを最終目的としている。本研究課題は、バイオニックヒューマノイドに関する標準化活動を目指している。ケーススタディを通してバイオニックヒューマノイドの開発プロセスと仕様の抽出の方法、妥当性確認の方法を一般化する。

平成27年度においては、ケーススタディのテーマとして経鼻的下垂体アプローチ脳神経外科手術を選定し、その特徴・手術ポイント等を抽出するための手術操作可能な患者モデルの一次試作を1症例につき行った。その際に産総研で開発した経鼻脳下垂体手術トレーニング用モデルを活用した。下垂体とその周囲の解剖的特徴は個人差が大きく、実用に当たっては個人差を吸収しうる設計と妥当性評価の方法が必要であることが示唆された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】医療機器評価用ダミー、手術トレーニング用ダミー、標準化

【研究 題目】戦略的創造研究推進事業 (CREST)「がんモデルメダカの開発及び該メダカを用いた創薬スクリーニングシステムの開発」

【研究代表者】出口 友則 (健康工学研究部門)

【研究担当者】出口 友則、静岡 和子
(常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

本研究開発は CREST「先端光源を駆使した光科学・光技術の融合展開」の研究課題「新規超短パルスレーザーを駆使した *in vivo* 光イメージング・光操作のがん研究・がん医療への応用」の研究分担者として行っている。「新規超短パルスレーザーを駆使した *in vivo* 光イメージング・光操作のがん研究・がん医療への応用」では、新規長波長パルス光源および補償光学を駆使した新規2光子励起顕微鏡システムを開発し、さらに、さまざまな「がんモデル動物」を利用して、波長、パルス幅、ビーム径、波面収差など光学的なパラメーターの最適化を行うことで Whole body におけるがん動態の解明および、がんに対する革新的創薬スクリーニング技術の開発を目指している。本研究では、これらの目標のために、高解像度 *in vivo* イメージングに適したメダカを用いた新しいがんモデルを開発している。具体的には、モデルとして蛍光タンパク質を発現するがん細胞をもつメダカ遺伝子導入システムを新規に開発し、脈管系を可視化できるメダカ系統と組み合わせることでメダカを用いた *in vivo* がん転移モデルを作製する。これによりがん転移と脈管系の関係を詳細に観察できるシステムを構築することが

できる。さらに、メダカには1) ヒトと同様の組織がある。2) ヒトと同様の遺伝子が保存されている。3) 多産であり、多数の化合物評価に必要な検体数を準備することが容易である。4) 体が小さいため、飼育コストが低く、薬効評価に必要な化合物の使用量も少ない。5) 透明であるため、蛍光蛋白質や蛍光色素を用いた組織のライブイメージングに適しており、病態や薬効を簡単に定量評価できる。といった利点があるため、本がんモデルメダカを用いた創薬への応用展開も目指している。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】がん、疾患モデル、メダカ、生体イメージング、創薬スクリーニング

【研究 題目】良好な熱伝導性・熱的信頼性を有するアルミナーアルミニウム接合体の開発

【研究代表者】北 憲一郎 (構造材料研究部門)

【研究担当者】北 憲一郎 (常勤職員1名)

【研究 内容】

本研究において、パワーデバイス用の低コスト・高耐久性・高熱伝導性・絶縁性を特徴とする高熱伝導性セラミック基板製造技術開発を目指し、「シロキサン系ポリマーを利用したアルミナーアルミニウム接合技術」を用いて、良好な熱伝導性・熱的信頼性を有する「アルミナーアルミニウム接合体」を開発した。

本接合技術では、アルミニウムとアルミナ間にポリシロキサンを薄くコーティングして加熱することにより、アルミナーアルミニウムの接合界面にアモルファスなアルミノシリケート (ガラス) 層が形成され、アルミナとアルミニウムの接合体が完成する。この①ガラス層の熱伝導性を向上させる接合法の開発と、ガラス層の②熱サイクル試験による耐久性と熱伝導率の変化を調査し、本技術が熱的信頼性を有しセラミック放熱基板作製法として適用可能であることを明らかにする。

本課題にて目標とする熱伝導率は12.0 W/m・Kであったが、今回の研究により17.54 W/m・Kの試料を作製することに成功した。また、-40~150℃の熱サイクル試験を最大1000回行った後、接合層を含むアルミナ部の熱伝導率を測定したところ、13.58 W/m・Kであることが判明した。

目標を達成した試料構造を調査したところ、試料界面において不純物やクラック等が一切存在せず、さらに接合層の最薄部が、100 nm 以下という構造であった。今回目標達成の原因は、あらかじめ予想していた厚さより薄い接合層が形成されたことであると考えられる。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】アルミナ、アルミニウム、接合

【研究 題目】テスト技法 FOT の支援ツール開発、技法の拡充、及び実証実験による実用化研究

〔研究代表者〕北村 崇師（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕北村 崇師、崔 銀恵、
Cyrille Artho、大岩 寛
（常勤職員4名）

〔研究内容〕

ソフトウェアテストのテスト設計技法、及び、テスト生成技術の研究を行った。テスト設計技法の研究では、テスト設計に用いるテスト設計言語の表現力について研究をおこない、既存の技術よりも表現力の高いテスト設計言語を開発した。開発の内容としては、テスト設計言語の設計、表現力の拡張の証明、テスト生成アルゴリズムの開発、ツール実装である。さらに、開発した言語の実証実験として、オムロンソーシアルソリューションズ株式会社と共同で、本テスト設計言語を実際の産業用システムに適用し、実際に開発したテスト設計言語を用いてテスト設計ができること、また、テストケースが自動で生成されることを確認した。本成果は、IEEE 主催のソフトウェア工学に関する国際会議 QRS2015（the 2015 IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security）で発表を行い、Best Paper Award を受賞した。

さらに、本テスト設計言語に優先度の概念を取り入れる研究を行った。既存手法の調査を行い、優先度概念の取り扱いとして、優先度の高い、つまり、重要な項目を、発生頻度と発生順序の二種類の取り扱い方で分類した。その上で、オムロンソーシアルソリューションズ株式会社と共同で、我々が開発するテスト技術にも優先度の扱い方として、重要項目の組合せを必ずテストケースに含む手法を開発した。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕ソフトウェアテスト

〔研究題目〕大規模ゲノム情報の安全な統合分析を実現する超高機能暗号

〔研究代表者〕縫田 光司（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕縫田 光司（常勤職員）

〔研究内容〕

本研究では、データベースの個々のデータは隠したままデータ全体の性質の分析を可能とする「プライバシー保護データ分析」（PPDM）という暗号応用技術を研究している。例えば、難病患者の遺伝子情報リストを専門家が詳細に分析することで予防医学や遺伝子治療技術の向上が期待される一方、個々の遺伝子情報は患者のプライバシーと密接に関わるため、専門家相手といえどむやみに公表することは憚られる。ここで PPDM 技術を導入すれば、特殊な暗号技術で個々のデータを暗号化し隠したまま、データ全体の統計情報（例えば最頻値など）のみを抽出でき、プライバシー保護とデータの有効活用の両立の実現が期待できる。特に本研究では、個人ゲノム情報のような超大規模なデータベースにも適用可能な

高い効率性と強固な安全性の実現を目指している。

平成27年度は、PPDM 技術の主要構成要素である準同型暗号技術、中でも機能面に優れた完全準同型暗号について、前年度までに取り組んできた新構成原理の探求を継続し、従来の暗号分野で応用が知られていない新たな数学理論との関連を明らかにした。また、個人ゲノム情報のデータベースに関するある種の部分文字列最長一致検索を想定した PPDM 技術について、特に効率面に優れた加法準同型暗号技術を用いた実現法を考案し、プロトタイプ実装を行うとともに国際会議等で成果を発表した。他にも、完全準同型暗号の効率的な構成法・応用方法の研究や、加法準同型暗号を用いた PPDM 技術の機能拡張に効果的な基盤理論の整備などを行った。

さらに、本研究の認知度向上のため、研究者・学生向けの公開ワークショップを開催し研究成果を発表した。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕暗号技術、プライバシー保護、秘匿データ分析、応用数学

〔研究題目〕3次元磁気記録新ストレージアーキテクチャのための技術開発

〔研究代表者〕久保田 均、今村 裕志

（スピントロニクス研究センター）

〔研究担当者〕久保田 均、福島 章雄、葉師寺 啓、

甲野藤 真、谷口 知大

（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では、共鳴アシスト磁化反転書き込みと共鳴読み出しを組み合わせた超高密度ストレージの開発に取り組んでいる。共鳴アシスト書き込みでは、局所的なパルス磁界に加えてスピントルク発振器から発生するマイクロ波磁界を用いる。共鳴読み出しは、スピントルク発振器の発振状態の変化により媒体の磁気情報を読み出す。共鳴周波数の異なる磁性層を多層化することで記録密度の向上を目指す。平成27年度は、面内磁化発振層と垂直磁化固定層からなるスピントルク発振素子の基礎的な評価と理論的な理解に取り組んだ。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕スピントロニクス、スピントルク発振素子、高密度磁気記録

〔研究題目〕無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現

〔研究代表者〕湯浅 新治

〔研究担当者〕湯浅 新治、ロナルド・ヤンセン、野崎 隆行、今村 裕志、福島 章雄、久保田 均、葉師寺 啓、齋藤 秀和、オレリー・スピーザー、甲野藤 真、塩田 陽一、高木 秀樹、倉島 優一、青柳 昌宏、菊地 克弥、渡辺 直也、

馮 ウェイ、鈴木 義茂、臼田 悦子
(常勤職員1名)

【研究内容】

本プログラムでは、電圧によるスピン操作技術を活用し、SRAM 並みの動作速度・電力と DRAM や STT-MRAM を超える集積度を兼ね備えた不揮発性メモリ「電圧トルク MRAM」および不揮発性を有するトランジスタ技術を開発する。さらに、大径 Si ウェーハ上への磁気抵抗素子のエピタキシャル成長とウェーハ接合・3次元積層技術を用いて、実用磁気抵抗素子の単結晶化による不揮発性メモリ MRAM の微細化限界の突破を目指す。これらの基盤技術を中核とした新コンピュータアーキテクチャおよび電圧駆動3次元コールド・ストレージ技術により、IT 機器の消費電力を1/100にすることを目指す。これにより、将来的にほとんど充電を必要としないモバイル機器や大規模災害時に電源なしで長期間使用可能な IT 機器を実現し、エコで快適なライフスタイルの変革、安全・安心なユビキタス IT 社会の実現、日本のエレクトロニクス産業の再興に結びつけることを目指す。

本プログラムは、平成26年度後半から開始され、平成27年度は、(i) 電圧による磁気異方性変化率の増大、(ii) 電圧書き込みエラー率の評価、(iii) Si ウェーハと垂直磁化 MTJ 薄膜を用いたウェーハ接合・Si 除去プロセスの高度化、などの成果を得た。

【領域名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 電圧トルク MRAM、単結晶化、3次元積層、ウェーハ接合、スピン FET、交差物性

【研究題目】 国産データベースの開発（セラミックス系の汎用データベースおよび物性データベースの開発）／国産ソフトウェアの開発

【研究代表者】 菖蒲 一久（製造技術研究部門）

【研究担当者】 菖蒲 一久、山田 浩志
(常勤職員2名)

【研究内容】

本研究は計算熱力学に関する国産の技術基盤構築を目的とする。計算熱力学は実用性が高いことに特徴があり、本来の熱力学解析や状態図解析での利用の他、非平衡現象の数値モデリングのベースとして、また、実材料の物性パラメータの高精度推算法として、マルチスケールシミュレーションにおけるキーテクノロジーの1つとなっている。しかし、既存の関連技術はほとんどが外国製で、主要部分は秘匿・暗号化されている。そのため、実利用で必須の修正や拡張は勿論、独自の改良も不可能であるなど問題が多く、国産の技術開発が喫緊の課題となっている。そこで本研究では国産のデータベースとソフトウェアの開発を行い、計算熱力学に関する独自の技術基盤

を構築する。具体的には、データベース開発として熱力学データベースと物性データベースを開発し、また、ソフトウェアの開発として既開発の平衡計算ソフトを元に、物性推算機能、他のシミュレータとのインターフェース機能、および熱化学反応シミュレータの開発を行う。

本年度は昨年度開発のセラミックス系汎用データベースを拡張し、CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂-Na₂O-K₂O-FeO_x系の擬二元系データベースを構築した。また、物性データベースの関しては、引き続き、主に密度・体積データの収集を行った。さらに、インターフェース機能の開発を行うとともに、拡散反応シミュレーション機能の基本設計を行った。

【領域名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 計算熱力学、データベース、ソフトウェア

【研究題目】 構造物の状態を高度可視化するハイブリッド応力発光材料の研究開発

【研究代表者】 徐 超男（製造技術研究部門）

【研究担当者】 徐 超男、藤尾 侑輝、寺崎 正、山田 浩志、吉田 晃人、劉 臨生、塗 東、久保 正義、古澤 フクミ、末成 幸二、川崎 悦子、津山 美紀、有本 里美、河原弘美、大城 裕貴、渡邊 竜太、斉藤 亮二
(常勤職員4名、他13名)

【研究内容】

応力発光体は無機結晶微粒子の一つ一つがセンサとして機能するため、構造体表面にこの微粒子を分散塗布すると、構造体の動的なひずみ分布が可視化され、マルチスケールに亘って包括的な応力集中、構造欠陥、劣化部位、亀裂、破壊の現状と予兆診断まで広範囲に適用できる。本研究では、自己発光によって様々な構造物の破壊予兆と劣化進展を、オンサイト・オンタイムに可視化する機能を実現可能なハイブリッド応力発光材料を開発し、構造物の高度な安全安心化を目指す。具体的には、(1) 結晶制御による高感度化、(2) 発光波長制御による多色化、(3) ハイブリッド化による多機能性の発現、さらに(4) インフラ構造体への実装を目指している。

本年度は主に項目(1)～(4)の課題について取り組んだ。具体的には、新規高感度発光材料を開発し、検査現場で利用するための塗料の施工法を最適化し、インフラ構造体である高速道路に対して適用できるかについて検証するための実証実験を実施した。実証実験では、項目(1)および(3)で新たに開発した高感度型応力発光体塗料を用い、高速道路の鋼材の劣化検査へ適用したところ、金属疲労き裂を検出することができた。さらには、従来の検査法(磁粉探傷検査法)では発見できなかった小さなき裂損傷も検出できており、漏れの無い検

査が可能であることも実証することができた。

本年度の成果により、短時間・低コストで検査できることや、補修効果を確認できることなど、従来法に比べて当技術の高い優位性を示すことができた。今後はインフラ所有者や、メーカ・検査・補修企業等との連携の下、当技術の社会への実装を進めてゆく。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 応力発光、インフラ、可視化、非破壊検査、橋梁、高速道路

〔研究題目〕 統計的検定手法構築、高速化・大規模化及び手法の普及

〔研究代表者〕 瀬々 潤 (創薬基盤研究部門)

〔研究担当者〕 瀬々 潤、Raissa Relator

(常勤職員2名)

〔研究内容〕

がん科学の進展に向けた、数理統計検定手法を開発することが本研究の目標である。本年は初年度ということで、研究全体に向けた準備を実施した。特に利用データに関する整備を行った。また、遺伝統計手法への適用ができるよう、手法の改良を行った。研究は順調に進展している。

〔領域名〕 情報・人間工学、生命工学

〔キーワード〕 統計検定、がん、機械学習

〔研究題目〕 汎特異的相互作用を基盤とする多剤耐性機構の動的立体構造解析

〔研究代表者〕 竹内 恒 (創薬分子プロファイリング研究センター)

〔研究担当者〕 竹内 恒 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究は、多剤耐性転写因子が薬剤との汎特異的相互作用を介して転写を制御する分子機構の解明と基盤技術としての動的立体構造解析の確立を目的とする。この研究目標を実現するために、以下のような3テーマの実験項目に取り組む。①「汎特異的」相互作用に基づく多剤・高親和結合の横断的理解②「汎特異的」多剤結合による転写制御機構の解明③転写制御機構の *in vivo* 解析による検証まず①「汎特異的」相互作用に基づく多剤・高親和結合の横断的理解により、様々な薬剤との「汎特異的」相互作用がどのような分子機構により成立するかを明らかにする。次に②「汎特異的」多剤結合による転写制御機構を、定常状態および薬剤存在下における DNA 複合体の立体構造および動的平衡を明らかにすることで解明する。さらに提案する転写制御機構に基づく合理的変異体を設計し、ゲノム編集とルシフェラーゼアッセイを組み合わせた実験系を構築することで、③転写制御機構を *in vivo* 解析により検証し、多剤耐性転写因子が薬剤との汎特異的相互作用を介して転写を制御する分子機構の解明と、動的立体構造解析の基盤技術の確立

を行う。

1-1. 「汎特異的」相互作用に基づく多剤・高親和結合の横断的理解

1-1. 薬剤結合に伴う LmrR の構造平衡変化と高親和性エントロピー結合との関係を明らかにした。

NMR を用いた動機構造解析から、LmrR が非結合状態において C ヘリックスが開閉構造の間の幅広い先在的な動的構造平衡下にあること、また各種薬剤添加に伴って、構造平衡は閉構造の方に傾くことを見出していた。また、LmrR は結合時にも運動性を保たっており、結合する薬剤に応じて異なる構造平衡が選択されることで多剤結合が達成されていた。また薬剤結合に伴い結合サイトから離れた部分での運動性が増大し、エントロピー的に結合に有利に働くことを見出していた。しかしながら両者がどのようにして共役するかは明らかでなかった。今季は両者の関係を明らかにすべく C ヘリックスの構造平衡を持つ熱力学的特徴を解析した。開閉構造の比率を示す平衡定数 K_{conf} を Ile-62の化学シフトより算出し、その温度依存性を解析したところ、薬剤結合は閉構造をエントロピー的に安定化しており、その変化量は-3~4 kcal/mol であった。これはメチルの速い運動性により得られる構造エントロピー変化量と同程度であり、C ヘリックスの構造平衡と疎水コアの運動性増大が共役しており、C ヘリックスの構造変化が、その下部に位置する疎水コアを緩ませていると考えた。実際、距離依存的なピーク強度を与える NOESY スペクトルにおいて、開構造に平衡が傾く変異体では NOE ピークが観測されるのに対して、閉構造に平衡が傾く変異体では NOE ピークが観測されなかったことから、C ヘリックス構造平衡の開方向への遷移に伴って、その直下に位置する疎水コアが緩み、メチル基が運動性を獲得することで、構造エントロピーの利得が生ずると考えた。

2. 「汎特異的」多剤結合による転写制御機構の解明

前回までに多剤耐性トランスポーターLmrCD のオペレーター領域に位置する33 bp の LmrR 結合領域を同定した。また NMR タイトレーション実験により、LmrR-DNA 結合のストイキオメトリーを検討したところ、1分子の DNA 二重鎖に対して2個の LmrR 2量体が結合していることが示唆されていた。これを検証するため、LmrR と DNA の相互作用のストイキオメトリーを、ITC を用いて決定した。その結果、DNA 二重鎖に対して LmrR 2量体が2分子結合することが示唆され、ゲル濾過解析においても、1:2で結合させると、複数のピークが現れ、そのうち最も分子量の大きいピークは DNA に対して、2.3等量の LmrR 2量体を含んだことから、上記結合等量が確認された。B 型 DNA が10 bp で1回転し、LmrR が認識する回文配列のスペースが4 bp であることを考え合わせると、2分子の LmrR が1 mrCD オペレーター領域に反対方向から結合し、転写を効率的にブロックしている可能性が考えられる。また DNA オ

リゴを LmrR に添加し、Ile-62の化学シフト変化から構造平衡に与える影響を解析した結果、DNA 結合時には、化合物とは逆に、C ヘリックスの構造平衡は開方向に変化することが分かっていた。DNA の好む開構造と、化合物の好む閉構造を比較すると、DNA 結合ヘリックスの相対距離が閉構造では狭く、開構造では広くかつ持ち上がっていることから、薬剤が DNA 結合に不利な構造平衡を誘起することで、転写抑制が制御されると考えていた。そこで今回、閉構造、開構造にそれぞれ傾向が傾いた変異体の DNA 結合強度を WT と比較した。その結果閉構造変異体の DNA に対する結合定数がより大きく低下し、C ヘリックスの構造平衡と共した DNA 結合ヘリックス間の距離が転写を制御することがより強く示唆された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】汎特異的相互作用、NMR、動的立体構造解析、多剤耐性

【研究 題 目】大規模ライブラリーの高速スクリーニングによる新規ペプチド抗がん剤の開発

【研究代表者】川上 隆史（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】川上 隆史（常勤職員1名）

【研究 内 容】

がんをはじめとするさまざまな疾患が悪化していく過程には血管新生が深くかかわっている。がんの場合であれば新生した血管から多くの酸素や栄養源を取り込み、異常増殖のエネルギー源とする。また、新生した血管はがん細胞転移の経路ともなる。よって、血管新生を阻害することで、がんなどの疾患に対処できるのではないかと考えられてきた。血管新生において特に重要な役割を果たしている因子が、血管内皮細胞増殖因子（VEGF）とその受容体（VEGFR）である。VEGFR ファミリーの内の一つである VEGFR2は VEGF の結合によって自己リン酸化を引き起こし、血管となる管腔形成に必要な細胞運動のための細胞内シグナル伝達や、血管内皮細胞の増殖のための細胞内シグナル伝達などを活性化させる。そのため VEGFR2は血管新生阻害をメカニズムとした抗がん剤の標的として注目されており、これまでに VEGFR2に対して多くの阻害剤が開発されている。

本研究では抗がん活性リード化合物の創製を目指し、再構築型無細胞翻訳系（PURE システム）と mRNA ディスプレイ法を用いて、VEGFR2を標的とする環状 N アルキルペプチドを数十兆種類の大規模コンビナトリアルライブラリーから同定し、また得られた環状ペプチドシードの構造最適化を行なった。また本環状ペプチドが、VEGFR2と VEGF のタンパク質・タンパク質間相互作用を阻害しているという解析結果を得ることに成功した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】PURE システム、mRNA ディスプレイ、

VEGFR2、アンタゴニストペプチド薬剤、分子進化

【研究 題 目】革新的創薬推進エンジン開発プログラム（戦略予算）「IT・計測・ロボット技術による医薬候補分子の最適化技術」

【研究代表者】夏目 徹（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】夏目 徹、堀本 勝久、広川 貴次、福井 一彦、五島 直樹、福西 快文、竹内 恒、久保 泰（常勤職員14名、他49名）

【研究 内 容】

創薬には莫大なコストと時間がかかり、日本発の新薬開発力が喪失しつつある。これは、バイオ IT を含めこれまで培ってきた日本の創薬基盤技術と人材が散逸してしまう危機的状況である。この現状を短期的且つ効果的に打破するには、開発途上で開発中止されたリード化合物（ドロップ薬）を有効利用することである（再リード化）。各製薬企業がリード化合物としてコストと時間をかけて開発してきた化合物は、どれも極めて興味深い薬理活性がありユニークな構造を有している。しかし、主に二つの理由で、多くのリード化合物は臨床研究の途上でドロップしてしまう。

① 前臨床研究において、薬効作用メカニズムを完全に解明することが出来なかったため、有効性を示すための対象疾患を詳細に絞り込むことが出来ない。

② やはり前臨床研究において、十分な副作用メカニズムが解明できず、臨床研究の第1・2相で、副作用と薬効濃度を十分乖離させることが出来ない。

従って、薬効メカニズム解明と毒性回避を行う技術基盤を提供できれば、これまで各製薬会社が「涙をのんで」開発を中止した膨大な数のドロップ薬の開発を再開することが出来る。

しかし、薬効作用あるいは副作用メカニズムの解明は容易ではない。また、解明ができたとしても、副作用を回避し薬効を高める最適化（再リード化）も約束されていない。従って、臨床研究に特化せざるを得ない製薬企業には、再リード化を目指すことはできない。また、アカデミアの従来計測・IT 技術でも対応不可能である。仮に可能だとしても、必要な基盤技術を有する複数の研究室が有機的に融合することはない。

これまで、計測実験研究者は、データ解析を効率自動化のために IT 技術を用いるのみであり、IT 理論研究者は既存のデータをただ単に利用するに過ぎない。作用・副作用解明という高度な課題に挑戦するには、計測と IT 技術が相補的にインテグレートされていなければならない。

産総研においては、独自のロボット・ナノテク・クリーンルーム技術・cDNA リソース・計算機と IT 技術の

整備により、従来困難であった超高精度なタンパク質絶対定量解析を可能にした。また、独自に開発した大規模計測データを用いた数理ネットワーク手法の開発による細胞システム解析に成功している。また、化合物とタンパク質複合体に特化した NMR 立体構造解析技術も蓄積されており、且つ産総研独自に開発されてきたドッキングシミュレーションソフトウェアも開発されている。さらに、これらの世界的トップレベルの基盤技術が、一極集中的に臨海センターに整備されているため、各技術をインタラクティブにインテグレーション可能である。その結果、作用・副作用メカニズム解明と、それを基にした化合物の再最適化を体系的に行うことが可能となる。

具体的研究内容は、

- ① 化合物処理前後の、細胞内全タンパク質の変動解析と、化合物ターゲットタンパク質機能複合体ネットワーク変動に特化した計測システムを構築するとともに、データ処理の自動化ソフトを開発する。
- ② ①で行った計測をもとに、化合物の作用メカニズム及び、副作用メカニズム推定に特化した数理ネットワークシステム開発を行う。
- ③ タンパク質と化合物とのドッキングシミュレーションから、化合物の高活性化と副作用低減化のための最適化ソフトウェアを開発する。
- ④ NMR 等での構造生物学的解析により、ドッキングシミュレーションを検証し、精度を高める手法を開発する。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】リード化合物、質量分析、NMR、シミュレーション、プロテオミクス、数理システム解析、ネットワーク解析

【研究 題 目】タランチュラ毒由来のペプチドライブラリーと新規ペプチドディスプレイ技術を用いたイオンチャンネル作用薬の創薬技術

【研究代表者】木村 忠史（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】木村 忠史、岡田 水香、菊池 鏡子（常勤職員1名、他2名）。

【研究 内 容】

イオンチャンネルは細胞の膜表面に存在し重要な機能を発揮しており、様々な疾患に関連していることから薬剤の標的として注目されている。イオンチャンネルを制御できる物質を見出せば新規医薬品を開発できる可能性が高いが、イオンチャンネルに対する選択性を持つ化合物を創製することは容易ではなく、これまでの低分子化合物などの薬剤のスクリーニング法ではイオンチャンネルに作用するリガンドを高効率に得られてはいない。一方、ペプチドは高選択性と高活性を持ちうる特徴を有し、ペプチドを利用すれば低分子化合物創薬の欠点を克服した医薬品創製が可能になると考えられる。本研究課

題では、タランチュラ毒由来のペプチドライブラリー利用技術と新規スクリーニング技術を確立し、これらの技術を用いて効率良くイオンチャンネルに作用するペプチドを創出することを目標とする。本年度は、各工程の見直しを行い、高効率にスクリーニングできる系の開発に注力した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ペプチド、PERISS 法、タランチュラ、ICK、電気生理、イオンチャンネル

【研究 題 目】イオン液体中でのリチウム dendrait 成長の抑制と保護層への適用

【研究代表者】佐野 光（電池技術研究部門）

【研究担当者】佐野 光、栄部 比夏里、橘田 晃宜、山下 奈美子（常勤職員3名、他1名）

【研究 内 容】

水系電解液を用いたリチウム空気二次電池においては固体電解質を金属リチウムの保護層として用いる。金属リチウムと保護層の間には直接接触による副反応を避けるために異種電解質を充填する。本研究ではその異種電解質にイオン液体を適用し、金属リチウムの充電時の dendrait 状析出を抑制する手法を見出す。またこの成果を発展させ、水系空気電池の負極保護層の設計に取り組む。

今年度は、昨年度に引き続きグライム系電解液を含む種々のイオン液体電解液について、液物性、電気化学パラメータと析出挙動の関係を明らかにするため、粘性等の物性、電流密度、温度、基板条件をパラメータとして、析出挙動を核発生と粒成長の2つの段階に分けて調査した。その結果、核発生の段階では電荷移動抵抗が、粒成長の段階では拡散係数が、析出挙動に強く影響していることを定量的に明らかにした。これらの成果を踏まえ、リチウム対称セルにて、dendrait 生成による短絡時間を検証した。グライム系電解液に対して種々の添加剤を検討し、最も有望な電解液において、電流密度 $1 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ で30時間に短絡までの時間を延長できることが分かった。

また、上記の研究過程でリチウム上に生成した析出核は観察が非常に困難であることが明らかになった。そこで AFM を用いた金属リチウム電析形態の観察に着手した。一般有機溶媒系電解液中、イオン液体中、グライム系電解液中で溶解析出した後のリチウム表面の高分解能観察を行った。また、さらに一般有機溶媒系電解液中で、電気化学測定中でのその場 AFM 観察も行った。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】金属リチウム、空気電池、水系電解質、固体電解質、保護層、dendrait 抑制

【研究 題 目】通電焼結法を用いた酸化物型バルク全固体電池の創成

【研究代表者】奥村 豊旗（電池技術研究部門）

【研究担当者】奥村 豊旗、小池 伸二、鹿野 昌弘、
竹内 友成、平井 順、山口 洋一、
山本 貴憲、渡邊 通夫
（常勤職員4名、他4名）

【研究内容】

先端的低炭素化技術開発次世代蓄電池プロジェクトに参画し、通電焼結法を用いた酸化物バルク型全固体電池の創成に取り組んでいる。最終目標では150 Wh/kg または Wh/L のエネルギー密度を達成するのに最適な作製プロセスを確立する。

今年度は上記目標に向けて主に、1) 低融点酸化物固体電解質と通電焼結プロセスとを組み合わせ、正極側バルク型固体半電池の作製及びその電池特性評価を行った。また、2) 反応解析・評価に向けたラミネート型モデル電池の試作にも併せて取り組んだ。

1) 昨年度は、低融点固体電解質の選択により焼結温度を抑えることで、電池作製時の正極活物質との界面反応生成物を抑制し、120℃において可逆的な充放電容量を示す正極側半電池を作製することができた。今年度はさらに構成材料粒子の界面接合に通電焼結プロセスを取り入れた。その結果、単セルあたりの正極層を100 μm程度と厚く設計した上で、60℃において可逆的な充放電容量を示した。つまり、酸化物バルク型全固体電池において目標とするエネルギー密度を見通せる正極側半電池の作製に成功した。

2) 酸化物全固体電池の課題であるサイクル劣化の要因を明らかにするための技術開発として、in-situ 分光測定用のラミネート型全固体電池の試作を行った。試作電池の光透過度の調査、再現性の高い充放電特性を得るための電池周囲の外部加熱・加圧機構の導入、等への取り組みを経て、反応解析に適用可能なラミネート型全固体電池の試作に成功した。試作電池を共同研究先に引渡し、評価・解析に用いられている。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】二次電池、リチウムイオン電池、酸化物バルク全固体電池、通電焼結法

【研究題目】①電極シートを主軸とした全固体電池の構築プロセスの設計、②全固体電池用電極シートの作製プロセス開発と高性能化

【研究代表者】作田 敦（電池技術研究部門）

【研究担当者】作田 敦、倉谷 健太郎、竹内 友成、
小林 弘典、中島 潤二、河村 雄司、
荒木 美幸（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

全固体リチウム二次電池の実用化の促進には、シート型の全固体電池を試作し、本質的な課題抽出を行った上で新技術を開拓する必要がある。本プロジェクトにおいて当グループでは、電池作製プロセスの設計、電極のシ

ート化技術開発、シート型全固体電池の試作を担当している。

今年度は100 Wh kg⁻¹の全固体電池の実証を目標として、固体電解質の合成手法検討による微細化技術の開発、正負極シートの開発、固体電解質シートの開発を行った。固体電解質の合成手法として液相振とう法を新規に検討開始し、サブミクロンサイズの75Li₂S・25P₂S₅ (mol%) 固体電解質の合成方法を確立した。得られた固体電解質は従来用いていたメカニカルミリング法で作製した固体電解質と同じ5×10⁻⁴ S cm⁻¹の導電率を示した。その他にも、ボールミルやビーズミルを用いて微細化、造粒を行うことで凝集の少ない固体電解質微粒子を得る手法を確立した。電極活物質に対して小粒径の固体電解質を用いて電極を作製することで、均質な電極が作製できることを見出した。電池断面の電子顕微鏡観察によって、電池内の割れなどの課題を抽出し、その解決を進めた。開発した電極シート及び固体電解質シートを積層することで試作したラミネート型全固体電池は低出力ながら無加圧でも作動可能であった。また、高拘束圧下においては、集電体及び外装を除くセル重量当たりのエネルギー密度100 Wh kg⁻¹を達成した。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】二次電池、リチウム電池、革新電池、硫黄、正極

【研究題目】ゼロソルベントによる新規電解質の開発

【研究代表者】松本 一（電池技術研究部門）

【研究担当者】松本 一、窪田 啓吾、大藪 理恵、
寺本 健一、赤井 尚人
（常勤職員2名、他3名）

【研究内容】

本提案課題では、最終的には300 Whkg⁻¹～500 Whkg⁻¹のエネルギー密度を実現できる電池系として金属負極を用いた二次電池系に焦点をあて、これに適用可能な電解質として、溶媒を含まないイオンのみからなる電解質系であるゼロソルベントに集中して研究を推進する。研究開始当初はリチウム金属系に焦点をあて、その後より挑戦的なマグネシウム等の多価金属イオン電池に展開可能なMg金属の円滑なレドックスが可能な電解液の開発およびその固体化を検討する。

今年度は昨年度に引き続き、マグネシウム二次電池系に適用可能なゼロソルベントの設計指針を得るべく、イオン液体中での3電極式電気化学測定による遷移金属酸化物正極へのMg²⁺の電気化学的挿入脱離について検討した。その結果、種々の遷移金属酸化物化合物正極へのMg²⁺の挿入脱離がほぼ理論電位で起こることを明らかとした。このことはイオン液体が正極には適用可能であることを示す。一方、Mg金属負極側については、イオン液体単独では大きな過電圧が存在することから、種々の有機溶媒中での検討をおこない、異種溶媒を混合する

ことでほぼ Mg 金属の理論電位におけるレドックスが起こることを見出した。

一方、高温耐朽性に優れた合剤組成の探索を行い、イオン液体を用いることで、100℃以上であれば大気開放雰囲気においてもリン酸鉄リチウムハーフセルが作動することを見出し、イオン液体を利用した新たな電池系への可能性が見出された。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 金属負極二次電池、イオン液体、アルカリ金属中低温熔融塩

〔研究 題目〕 Si 系負極および S 系正極の両電極に適合する電解液の探索、選定

〔研究代表者〕 妹尾 博（電池技術研究部門）

〔研究担当者〕 妹尾 博、小島 敏勝、竹市 信彦、安藤 尚功、森本 辰美、八木 三鈴（常勤職員4名、他2名）

〔研究 内容〕

本プロジェクトにおいて、その他電池（中長期型）チームとして、正極に硫黄系材料、電解質に溶媒とイオン液体、負極にシリコン等を用いた次世代高性能リチウム硫黄電池を開発する。弊所は電池総合技術・システム最適化グループの一員として、全電池での性能評価を見据えつつ電解液の探索とセル構成の選定を担当する。ステージゲートでの電池性能の数値目標は、エネルギー密度 200 Wh/kg、出力密度 600 W/kg、充放電サイクル寿命 200回が見越せていること、となっている。

今年度は、弊所の技術である炭素に硫黄を含浸させた硫黄系正極を中心に研究開発を行った。まず、材料の合成法について検討し、合成雰囲気や温度条件など種々改善を試みた結果、材料合成の大幅なスケールアップに成功した。また、炭素中に含まれる硫黄の状態についてラマン分光法など様々な分析手法により調べたところ、炭素と硫黄の関係性は複数存在することを示唆した。さらにこの硫黄系正極とリチウム金属でハーフセルを試作し、その充放電特性を調べたところ、放電容量およびサイクル特性は充放電のカットオフ電位や充放電レートだけでなく、電解液組成によっても大きく変化することを見出した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 リチウム二次電池、硫黄系正極、シリコン系負極、溶媒とイオン液体

〔研究 題目〕 極薄強誘電体膜の形成と機能デバイスの開発

〔研究代表者〕 右田 真司（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕 右田 真司、太田 裕之、黒澤 悦男（常勤職員2名、他1名）

〔研究 内容〕

トランジスタは集積回路（LSI）の中核となる電子部品であり、およそ1ボルトの電圧をかけて動作しています。個数と機能の増加によって増えつつある LSI の消費電力を大幅に下げるために、将来のトランジスタには 0.4 V 以下という非常に低い電圧で動作する性能が求められています。私たちは強誘電体やその関連材料を活用した新しい動作原理に基づくトランジスタの開発を目標として研究を行っています。トランジスタの性能が電子の流れるナノメートル薄さの領域の性質で決まること、そして最先端のトランジスタのサイズが数10ナノメートルと非常に小さくなっていることに着目し、“表面の2次元性に立脚して形成された薄膜材料によるナノエレクトロニクスの新機能化”を目指しています。シミュレーションによるデバイス設計と、材料およびプロセスの実験研究を両輪として推進し、これらをトランジスタとして統合しデバイス特性を評価する計画を進めています。デバイス構造をシミュレーションで設計検討した結果、対向する2つのゲート電極を有するトランジスタ構造が有効であることを明らかにしました。今日の最先端技術で製作可能な構造として解を見出したことは、実用化につながる可能性が高まる有意義な成果であります。一方の実験研究では、今最も注目されている HfO₂-ZrO₂系の強誘電体薄膜の合成における電極材料や熱処理技術が特性に及ぼす影響の系統的な調査が進んでいます。界面を介した原子移動が生成する結晶相とその物性を変えていることも明らかになってきました。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 薄膜、強誘電体、トランジスタ、界面

〔研究 題目〕 カルコゲン超格子によるトポロジカル機能発現とマルチフェロイック機能デバイスの創製

〔研究代表者〕 富永 淳二（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕 富永 淳二、中野 隆志、コロボフ アレクサンダー、フォンス ポール、齊藤 雄太、浅井 美博、宮崎 剛英、中村 恒夫、川畑 史郎、柏谷 聡、宮田 典幸、森田 行則、多田 哲也、内藤 裕一、飯田 仁志、木下 基、島田 洋蔵（常勤職員17名、他2名）

〔研究 内容〕

研究項目：

カルコゲン超格子によるトポロジカル機能発現とマルチフェロイック機能デバイスの創製

1. トポロジカル相転移材料及びデバイスの理論・シミュレーション
2. ナノ構造創製と機能発現
3. 革新的マルチフェロイック機能電子デバイスの創製

4. ヘリカルスピン制御型光デバイスの創製

GeTe と Sb_2Te_3 薄膜によって構成される超格子構造の組み合わせ積層数を変化させ、垂直電場および磁場印加におけるデバイスの磁気抵抗変化を詳細に解析し、超格子構造に起因する磁気モーメント発生に関する多くの知見を得ることができた。また、超格子作製時に現れる幾つかの異なる相 (GeTe の熱力学的な安定配列) について、AFM を用いたナノ抵抗スイッチ測定を行い、そのスイッチング時間遅延変化から少なくとも3つの異なる相があり、一つの相のみが4桁以上の抵抗変化を安定に繰り返すこと、また、それが熱的な相変化ではなく強誘電的に振る舞い、電界によって抵抗変化をすることを初めて確認した。この層を用いた三端子デバイスへの展開も進めており、バイポーラ的な相転移をすることも確認された。また、超格子膜の Hall 素子を試作し、磁場中でのキャリア伝導の温度依存性を測定したところ、異常ホール効果や270K 付近で相転移を示唆する変化が観察された。テラヘルツ応用では、超格子型相変化材料を用いたフォトコンダクタ光検出システムを構築し、室温でテラヘルツ波の入射強度を抵抗値変化として検出することに成功した。シミュレーションにおいては、Ge および Te 原子のペトロフ配置が最も抵抗が高く、反ペトロフ配置とフェロ配置との抵抗差も一桁以上あるという、実験結果を再現する計算結果を得た。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】カルコゲン化合物、超格子、トポロジカル絶縁体、マルチフェロイック素子

【研究題目】テラヘルツ検知用半導体ナノ素材・素子の研究

【研究代表者】前田 辰郎 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】前田 辰郎、高木 秀樹、倉島 優一、入沢 寿史、石井 裕之、久米 英司、服部 浩之、Wen-Hsin Chang (常勤職員4名、他4名)

【研究内容】

テラヘルツ付近の周波数をもつ電磁波はセキュリティ、医療、創薬、災害救助、天文など多くの分野で新しいサービスを提供でき、新産業を創出できる潜在性をもつ。本研究は、従来よりも感度を2桁以上向上させ、実用的な1THz 帯イメージングデバイスを開発することを目標とする。具体的には、絶縁体上の高移動度チャネル微細 MOS トランジスタ、高利得アンテナ、常温接合電極、低雑音 CMOS 読み出し回路など、個々には最高水準にある技術を摺り合わせ設計してテラヘルツカメラ用として発展させ、雑音等価電力 (NEP) をピクセルとして従来よりも50倍、カメラシステムとしてさらに一桁向上できる積層型撮像素子を開発する。

THz 帯の検波には、移動度が高く、高利得特性を有

する InGaAs 系 FET による2乗検波法を採用している。昨年度は基本的な InGaAs MOSFET の試作プロセスの検討と、基板への損失やアンテナ/検波素子/ROIC の積層構造を考慮して石英基板上 InGaAs 構造の提案を行った。今年度は、ウェハボンディングを用いて絶縁性に優れた石英基板上に InGaAs MOSFET を作製し、p-InP 基板との DC 特性と RF 特性を比較することで、絶縁性の違いが RF 特性へどの様に影響するかを調査した。石英基板上、および InP 基板上に InGaAs MOSFET 作製し、各基板での I_d-V_g および g_m-V_g を評価した。DC 特性は、どちらの基板においても、ほぼ同程度を示した。これに対して RF 特性においては基板による影響が顕著に表れ、石英基板上での遮断周波数 (f_c) が p-InP 基板上と比べて約15倍大きかった。これは、石英基板により Gate-Source/Drain 間の寄生容量が約1/14に減少したためである。このことから、実際の実装時においても、石英基板上にデバイス作製することで、寄生容量など気にすることなくデバイスの性能を直接反映した素子が作れることが明らかになった。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】テラヘルツ検知、化合物半導体、トランジスタ

【研究題目】長期保管メモリの材料設計および評価

【研究代表者】内藤 泰久 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】内藤 泰久、秋永 広幸、島 久、柳 永勲、宮崎 剛英、西尾 憲吾、角谷 透 (常勤職員6名、他1名)

【研究内容】

デジタルデータを100年の長期にわたって保管する超高信頼メモリシステムを開発する。100年のデータ保管を保証できるように、データ解析手法、寿命予測の物理モデルの確立、メモリデバイスの不良メカニズムの解明、加速試験や劣化予知、エラー修復の手法等の開発を行う。メモリデバイスとして動作原理の異なる3つの候補 (フラッシュメモリ、ReRAM、ナノピーボッドメモリ) を取り上げる。産総研ではそのうち、ReRAM、ナノギャップメモリについて、長期保管に適した材料探索、およびその評価を行う。その際、理論的な予測の元に、実証実験を行うなど、理論と実験が相互に連携した効率的な研究開発により、100年を超えた情報保持と集積化素子に適応できる長期保管メモリ素子を実現することを目的とする。

本年度は、ReRAM とナノギャップメモリの素子単位での情報保持特性を評価するため、加熱による加速試験を実施できる評価装置および評価手法の整備を行なった。また、ReRAM においては、劣化の学理構築に向け、その劣化の原因のひとつである酸化物中の酸素の拡散係数など、基本的な材料パラメータの理論的評価を行い、材

料設計にむけた指針の構築に取り組んだ。これらを踏まえて、100年を超える長期保管にむけた長期保存メモリ実現に向けた基本的な課題抽出を行なった。また、最新の製造装置を用いずに研究所にあるような研究用実験設備でも最新の素子サイズを実現でき、さらにメモリ部分を様々な材料系に変更できる「ReRAM 材料開発プラットフォーム」の構築を行なった。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 不揮発性メモリ、ストレージ、長期保存情報素子

【研究 題 目】 遷移金属内包シリコンクラスターを用いた低消費電力トランジスタ材料・プロセスの創出

【研究代表者】 多田 哲也（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 岡田 直也（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

遷移金属 (M) を内包した IV 族半導体 (X : Si, Ge) クラスターを単位構造とする半導体薄膜 (MX_n 膜) は、 M や n を変えることで、キャリア濃度・タイプやバンドギャップを変化させることができる。さらに、原子組成の多くが X で構成されており、半導体基板と接合形成した際に界面準位を発生させないことが期待できる。本研究では、このような MX_n 膜の特徴ある物性を利用して、CMOS を構成するトランジスタの低消費電力化を実証する。このために、半導体プロセスに対応できる成膜法として、ガスソースを用いた化学気相反応成膜 (CVD) 法を開発し、平成27年度は、Ge-CMOS の高性能化を目指し、 WGe_n 膜 ($M = W, X = Ge$) と Ge 基板との接合形成技術の研究開発を行った。 WGe_n 膜の膜質評価として、組成比 n と光学ギャップ E_{og} の関係を調べたところ、 n が1よりも小さいと E_{og} が0に近く、1以上の範囲では n が~1.5の時に E_{og} が最大値の0.33 eV を示し、 n が1.5よりも大きい範囲では n の増大に伴い E_{og} が小さくなった。次に、 WGe_n 膜と N 型 Ge との電氣的接合特性を調べたところ、 WGe_n 膜が $n < \sim 1$ の時は E_{og} を有さないため、通常の金属接合同じように高いエネルギー障壁 (~0.58 eV) を示した。~1 < n < ~3 の時は E_{og} を有するため、接合界面の準位低減により障壁高さが~0.45 eV まで低減し、 $n > \sim 3$ の時には小さな E_{og} に起因して障壁高さが増大した。以上より、組成比 n を1-3程度に制御した WGe_n 膜との Ge 接合で、良好な接合特性が得られることを明らかにした。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 トランジスタ、シリサイド半導体、低消費電力、CMOS、CVD、ソース/ドレイン、トンネル接合、オーミック接合、トンネル FET

【研究 題 目】 ナノ Si 熱電材料の実現のための材料設計指針の探索

【研究代表者】 多田 哲也（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 多田 哲也、内田 紀行、森田 行則、前田 辰郎、宮崎 吉宣、

Vladimir POBORCHII
(常勤職員4名、他2名)

【研究 内 容】

現在、一次エネルギーの約七割が廃熱として捨てられている中、ゼーベック効果を利用した熱発電技術が注目を集めている。熱と電気の直接エネルギー変換を実現する熱電材料の高性能化のためには、電気伝導率が高いが熱伝導率は低いという、相反する状況を材料中に創り出す必要がある。この状況を創出する手法の一つが、材料のナノ組織化である。加えて、既存熱電材料は、ビスマスやテルル等から構成されていることから、熱発電技術の民生分野での実用化のためには、有害元素を含まない材料を開発していかなければならない。

本研究では、代表的な環境調和型元素であるシリコン (Si) に着目し、多様なナノ組織構築技術と高度な Si ナノデバイス技術を元に、ナノスケールで構造を制御した Si を創製し、熱電特性の高機能化を図る。

熱電材料の性能指数は、 $ZT = S^2 \sigma / \kappa$ (T : 絶対温、 S : ゼーベック係数、 σ : 電気伝導率、 κ : 熱伝導率) と書ける。従って、我々は、シリコン層が薄いシリコン・オン・クォーツ (SOQ) 基板を用いて、グレインサイズが大きく、結晶方向が制御された Si-Ni ナノコンポジット膜を作製することにより電気伝導度の増大し、さらに、高速熱処理装置 (RTA: Rapid Thermal Annealing) によりフォノン散乱体となるナノボイド等欠陥を導入することで、熱伝導率の低減を行って、 ZT の値の増大を図った。これにより、300°C で、 $ZT=0.51$ の値を得ることができ、室温から 300°C までのいずれかの温度で $ZT=0.5$ を超えるという目標を達成した。

また、Ni を Fe に置き換えて、Si と Fe シリサイドから成る Si-Fe ナノコンポジット膜を作製し、500°C で $ZT=1.0$ の値を観測し、Si をベースとした熱電変換技術で、実用化レベルの ZT が得られることを実証した。

また、ラマン散乱法を用いて、熱伝導率を測定する手法を開発し、Si, Ge ナノコンポジット膜等様々な薄膜の熱伝導率を評価することに成功した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 熱電材料、ナノ構造、シリサイドナノ結晶コンポジット

【研究 題 目】 微小ジョセフソン接合の開発と超伝導集積回路の高度化

【研究代表者】 日高 睦夫（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕 日高 睦夫、永沢 秀一、佐藤 哲郎、
北川 佳廣（9月まで）、前澤 正明、
原島 栄喜（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

目標および研究計画

臨界電流密度10 kA/cm²以上、最小接合面積0.5 μm²を基本とする信頼性の高い集積回路作製プロセスを開発する。臨界電流密度、微細化の進展に対応した値にシート抵抗値を増加する。ただし、その制御性・再現性は現在の値である±10%以内を保持する。前年度までに開発した要素技術を統合し、高臨界電流密度、微小ジョセフソン接合を用いた集積回路プロセスを構築するとともに、構築したプロセスを用いて SFQ マイクロプロセッサを作製し、動作確認を名古屋大学と協力して行う。

年度進捗状況

臨界電流密度20 kA/cm²、最小接合面積0.5 μm²の超伝導集積回路を繰り返し作製し、臨界電流密度を目標の20 kA/cm²に対して±10%以内に制御できることを示した。微小接合の均一性を測定し、面積0.5 μm²の接合において大規模集積回路に適応可能な臨界電流均一性1σ=1.6%の値を得ることができた。また、この臨界電流均一性の再現性が高いことを確認した。名古屋大学が設計した約3000接合からなる SFQ マイクロプロセッサをこのプロセスを用いて作製し、106 GHz での完全動作に成功することにより、本プロセスが SFQ 集積回路に適用可能であることを実証した。さらに、Mo および Pd 抵抗の高抵抗化を行い、20 kA/cm²に対応したシート抵抗3.4 Ωが実現できることを示した。これらの成果により、目標である臨界電流密度10 kA/cm²以上、最小接合面積0.5 μm²を基本とする信頼性の高い集積回路作製プロセスを開発することができた。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 超伝導エレクトロニクス、ジョセフソン接合、超伝導集積回路プロセス、SFQ 回路、マイクロプロセッサ

〔研究題目〕 Si 貫通電極ウェーハの超平坦・金属汚染フリー・薄化加工のための研削ヘッドの開発

〔研究代表者〕 渡辺 直也（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕 渡辺 直也（常勤職員1名）

〔研究内容〕

Si 貫通電極（Through Silicon Via: TSV）の露出工程は、3次元集積回路の歩留まり・性能・コストに大きく影響を与えるため、非常に重要である。従来の TSV 露出工程では、Si と TSV（主材料は Cu）の同時加工を行うのが困難であるため高コストであるとともに、Si 貫通電極の長さばらつきが数 μm と大きかった。この問題を解決するため、我々は、ウェーハ厚さ自動補正機構

つき Si/Cu 同時研削と残留金属低減処理を用いた新しい TSV 露出工程を提案・開発している。

平成27年度は、①ウェーハ厚さ自動補正機構つき Si/Cu 同時研削ヘッドによる Si 貫通電極の長さばらつきの低減、②残留金属低減処理の条件の最適化、③Si 貫通電極チップの全面接合の基礎評価を行った。①では、ウェーハの厚みの面内分布をリアルタイム計測し、その値に応じて、研削砥石ヘッドの傾きを変化させながら研削を行える研削ヘッドを開発した。その結果、直径300 mm ウェーハ中の Si 貫通電極の長さばらつきを0.3 μm まで低減できた。②では、残留金属低減処理工程の中の無電解 Ni-B めっき条件の最適化により、無電解 Ni-B めっきの不良率を1 ppm レベルまで低減し、ウェーハ薄化後の残留金属量を、 3.2×10^{10} atoms/cm²まで低減した。③では、Si 貫通電極チップを実際に積層化し、Si 貫通電極の長さばらつきと接合特性の関係性を調査した結果、ボイドレスでチップ接合を行うためには Si 貫通電極の長さばらつき0.2 μm 以下が必要であることを確認した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 Si 貫通電極（Through Silicon Via: TSV）、3次元集積回路、Si/Cu 同時研削、残留金属低減処理、ウェーハ薄化

〔研究題目〕 超高速 CPU 開発に向けた高品質シリコンゲルマニウム結晶基板製造の研究

〔研究代表者〕 前田 辰郎（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕 前田 辰郎（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

SiGe は、その高い移動度と Si プロセスとの整合性からチャンネル材料やストレッサーとして Si-CMOS 技術の中に多く適用されている。しかしながら、SiGe を利用したデバイス設計には SiGe バルク結晶の基本物性値が必須にもかかわらず、最も基本的な電気特性である移動度でさえも1960年代以降ほとんど報告例がないのが現状である。その理由として、広い組成領域で均一性の高い SiGe 結晶の育成が困難であることが挙げられる。本研究では、TLZ 法により成長した様々な Ge 組成を有する SiGe 単結晶から厚さ約100μm 程度の正四角形状のサンプルを作成して van der Pauw 法にて不純物密度とホール効果移動度を求めた。SIMS にて単結晶中の B 濃度を測定し、深さ方向に均一に不純物が存在していること、SiGe 単結晶中の不純物 (B) 濃度は、BN 坩堝を利用した場合は1E18程度であったが、石英を利用することで1E15程度まで低濃度化できることがわかった。また、その濃度がホール測定で得られたキャリア密度とほぼ同等であることを確認した。移動度の Ge 濃度依存性からは、Ge 組成の増加により移動度は一時的に低下し、その後増大する傾向はこれまで同様観察されるが、

測定した Ge 組成の全域において報告例よりも高い移動度を示していることが明らかになった。これは、SiGe 合金そのものの結晶性や組成の均一性の向上により合金散乱効果が減少したことを意味しており、本結晶成長法の優位性を示している。また、高濃度サンプルは低濃度サンプルと比較して不純物散乱による移動度の低下もはっきり見られる。これらの結果は、これまでの合金散乱機構の再考を促すもので、学術的にも極めて重要であると考えられる。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 半導体、シリコンゲルマニウム、混晶、移動度

【研究 題 目】 微細加工施設及び陽電子施設を中心とした先端計測技術開発と拠点形成

【研究代表者】 大久保 雅隆（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 浮辺 雅宏、神代 暁、藤井 剛、志岐 成友、Fons Paul、原田 祥久、村上 敬、名越 貴志、寺崎 正、李 志遠、王 慶華、大島 永康、鈴木 良一、O'Rourke Brian、井藤 浩志、石橋 章司、小泉 奈穂子（常勤職員16名、他1名）

【研究 内 容】

構造材料の開発期間を1桁短縮するために、材料開発のための未活用情報を取得する先端計測拠点を構築することを目標とする。構造材料開発では、これまでノウハウや経験により破壊、劣化、腐食といった問題を解決してきた。しかし、その手法は常に求められる省エネルギーへの要請に迅速に応えるには限界に達している。今後、材料開発における性能予測、寿命予測、製造プロセス最適化等に関する継続的なイノベーションを実現するためには、特性や性能を発現するための材料物性を、基礎学理の面から本質的に理解して、科学的予測に基づいた材料開発に変革することが重要である。

metrology（計測学）と electronics（電子工学）を活用して革新的計測分析手法を開発して、材料開発で必要とされているが従来技術では計測できなかった未活用情報「顕在化している未活用情報」の取得を可能にする。顕在化している未活用情報としては、例えば、金属材料中の亀裂発生箇所とその原因、微量な水素、ボロン、窒素といった軽元素の分布と局所構造、異相界面の化学結合、1 nm 以下である高分子の自由体積と金属中の空孔型欠陥、複合材料における剥離がある。

進捗例として、航空機や発電プラント用の金属系構造材料で計測ニーズが高い微量軽元素（B, C, N, O 等の元素）の検出と化学結合状態解析を、放射光と超伝導 X 線検出技術を組み合わせた先端計測装置により可能とした。また、Ti-6Al-4V 合金の滑り変形の前駆段階である

せん断歪みの検出に、サンプリングモアレ法で成功した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 先端計測、構造材料、超伝導、放射光、画像解析

【研究 題 目】 低加速高性能電子顕微鏡を用いた単分子・単原子計測技術の開発と、物質現象・生命現象の観察実験への応用

【研究代表者】 末永 和知（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】 末永 和知 他
（常勤職員7名、他3名）

【研究 内 容】

低加速高分解能電子顕微鏡を使用した応用実験と新たな観察・分析手法の模索に重点的に取り組むことにより、本研究課題において目標とする幅広い研究開発分野への低加速電顕の応用可能性を実証する。有機・生体分子やエネルギー関連材料、環境物質などの試料を対象として、分子・原子レベルの動的観察実験および電子分光実験を実施するとともに、関連する実験手法の確立（試料作製法や支持材の開発、観察条件の最適化など）にも取り組む。さらに、熱や反応ガスなどを電子顕微鏡内に導入し、化学反応をトリガーするその場観察システムの構築を行う。とくにカーボンナノチューブ内で起こる化学反応の直接観察、単分子の構造解析、単原子レベルでの高感度電子分光など、各種測定手法を確立する。なお本課題による試作電子顕微鏡装置の完成までは、既存の電顕装置（先行プロジェクトによる低加速電顕試作機）を使用した予備実験や基礎データ取得を行う。また、低加速観察法・電子分光法に関する理論的検討、試料ダメージや動的挙動のシミュレーションなどの重要課題も、実験と並行して実施する。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 電子顕微鏡、TEM、STEM

【研究 題 目】 予防安全分野の多機関分散データの統合的利活用技術のテストベッド開発

【研究代表者】 西田 佳史（人間情報研究部門）

【研究担当者】 西田 佳史、北村 光司、本村 陽一
（以上、人間情報研究部門）、
山中 龍宏（緑園こどもクリニック）
（常勤職員3名、他1名）

【研究 内 容】

ビッグデータの解析結果は新製品開発など様々な活用が期待され、データ収集・解析・利用を促進するビッグデータ流通システムの構築は必須だが、その促進・定着には、データ所有者、解析機関、利用機関の各エンティティが win-win の関係を築けることが重要である。既存研究では解析機関に着目した研究が多いが、本研究課題では、データ所有者に着目し、データ解析結果の適切

な対価の還元・フィードバックを実現し、データ所有者、解析機関、利用機関を信頼の環で連結し、ビッグデータの収集・解析・利活用・所有者還元をセキュアかつフェアに実現し、サイバー攻撃など各種攻撃に対して頑健なビッグデータの流通プラットフォームを実現する。さらに、予防安全及び医療でビッグデータ利活用の実証実験を行い、運用時の課題も解決する。産総研は、この中で、予防安全分野（事故予防分野）におけるセキュリティ基盤技術による多機関分散データの利活用技術を現場と連携し実証的に開発する部分を担当する。

平成27年度は、平成26年度に構築した外傷データベースを用いて、多機関分散データを統合的に活用するアルゴリズムと、初期のアプリケーション開発を行った。具体的には、現在、複数の機関に分散している子どもの身体・行動特性のデータベース、病院等での外傷データベースなどの子どもの傷害に関するデータから統計モデルを作成し、複数のモデルの統合によって個別環境下でのシミュレーションを可能とする機能、pLSI (Probabilistic Latent Semantic Indexing) を用いた次元操作手法を用いることで設計支援のための潜在リスク分析機能を実現した。開発された機能を、熱傷や誤飲事故などのデータに適用することで、有効性を検証した。また、現場でのデータ活用のニーズが高い学校安全への応用を目指した、新しいアプリケーション開発を行った。複数の学校や自治体などの多機関に分散して存在している学校環境下での外傷データに適用することで、類似事故状況下での重症事例の予測機能を開発した。

予防安全分野へのアウトカムインパクトの検討を目的に掲げており、その準備として、統計モデルや事故データの予防安全技術開発への活用法を検討する研究会（医師、工業デザイナー、研究者などから構成）を開催した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】多機関分散データ、データ融合、ビッグデータ、データマイニング

【研究 題目】外傷記録評価システムおよび ISS 版総合安全学習プログラムの実装

【研究代表者】西田 佳史（人間情報研究部門）

【研究担当者】山中 龍宏（緑園こどもクリニック）、西田 佳史、本村 陽一、北村 光司、大野 美喜子（以上、人間情報研究部門）（常勤職員3名、他2名）

【研究 内容】

本課題の目的は、地域安全の世界基準であるセーフコミュニティ、学校安全の世界基準であるセーフスクールの認証に必要な「根拠に基づいたプログラム」、「事故・暴力等による外傷の発生頻度とその原因を記録するプログラム」および「プログラム、そのプロセス、変化による影響を評価する基準または方法」、「SC 版総合安全学習プログラム」、「安全意識評価システム」、「傷害記録評

価システム」、「総合安全学習プログラム」の社会実装技術を進めることにある。この中で、産総研は、「傷害記録評価システム」、「総合安全学習プログラム」の開発と社会実装を担当する。具体的には、以下を実施した。

平成27年度は、昨年度までに導入された小学校版のサーベイランスシステムの結果や日本スポーツ振興センターのデータ分析等を反映させた学校安全教育の教材とプログラムを作成し、これを実際の学校（都内の小学校2校、および、中学校1校で）実施することで、意識変容効果の検証を行った。また、これまでの3年間の取り組みを学校現場実装の方法論（Implementation Science：社会実装の科学）として、コンテンツ駆動型アプローチ、クルージアアプローチ（既存のものを活用するアプローチ）、技術活用アプローチの3つの視点から整理した。また、アウトリーチの一環として、周知のための資料の作成、「NPO 法人 Safe Kids Japan」、「学校安全管理と再発防止を考える会」、日本小児保健協会との連携を進めた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】デジタルヒューマン、傷害データベース、統計数理、データマイニング、虐待対策、傷害予防、傷害サーベイランス技術、意識変容、行動変容

【研究 題目】データ利用技術の開発と普及

【研究代表者】西田 佳史（人間情報研究部門）

【研究担当者】西田 佳史、北村 光司（以上、人間情報研究部門）、山中 龍宏（緑園こどもクリニック）（常勤職員2名、他1名）

【研究 内容】

本課題は、政策当局、メーカー、消費者等の関与者が必要とする情報を、政府統計、各種ビッグデータ等を基礎として抽出し、リスクマネジメントに応用する具体的方策論を開発・提案する。リスク情報に関するデータモデルを構築するとともに、関与者の具体的なリスクマネジメント事例を通じてアプローチの有用性を実証し、当事者のインセンティブを顕在化させる。また、研究成果の社会実装を進め、オープンデータコミュニティ形成を図る。この中で、産総研は、生活空間における事故発生プロセスのモデル化、人間行動データや事故行動シミュレーション技術に基づく、傷害発生確率や危険回避の可能性に関する評価技術、生活安全上の支援機器等の開発を支援する生活空間リスクの可視化技術等の開発を担当する。

平成27年度は、生活空間として介護施設を取り上げ、介護施設と協力してインシデントデータを入手し、これをデータベースへと加工することで、リスク分析技術、リスク可視化技術を開発した。リスク可視化機能に関しては、傷害の発生リスクを介護タスクごと、使用されて

いる機器ごと、施設内場所ごとに把握可能にする機能を実現した。また、東京消防庁と連携して進めている「傷害予防のためのデータ活用に関する検討委員会」を通じて、高齢者に関連した移動支援機器関連のデータを入手し、分析に着手した。さらに、平成27年度は、新たに65歳以上の高齢者の住宅内での事故発生データを入手し、分析を行うことで、住宅内で発生する重症事故の種類やリスクの高い場所を明らかにする研究を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 リスクアセスメント、子どもの傷害予防、オープンデータ

〔研究題目〕 価値創成クラスモデルによるサービスシステムの類型化とメカニズム設計理論の構築

〔研究代表者〕 西野 成昭（東京大学）

〔研究担当者〕 竹中 毅（人間情報研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究プロジェクトは、サービスシステムの問題の構造と複雑さを、価値創成クラスモデルの考え方を基礎に、分類しながら実サービスを類型化するとともに、新たなサービス創出に資する設計理論を領域横断的なアプローチで構築することを目指すものである。

サービス類型化の達成目標としては、詳細レベルの分析を3~4事例、それ以外にも類型化のために少なくとも10事例以上を調査し、得られた実データを基に分析し、価値創成モデルの考え方に基づいて類型化を行う。成果目標として、価値創成の形式が異なる抽象化された複数の構造が抽出され、実サービスが適切に分類されていることと設定する。さらに、分類にあたって用いた様々な経営評価指標についても整理され、類型化された構造別に用いるべきサービス評価指標が確立していることを達成目標とする。

一方、サービス設計に資する理論構築のテーマに関しては、方法として経済実験を実施するが、少なくとも1000人以上で被験者実験を実施することを最低要件とする。設計理論構築としての成果は、サービスメカニズム設計において、共通基盤となる基礎的性質を見出すこと、設計に資する原理を明らかにすることが達成目標である。共通性質については、最終的には数学的に定式化できる形で表現し、各サービスにおいて性質の充足の可否を理論的に示すことが出来るようにする。原理については、例えば、設計時に考慮すべき現実の関連する様々な要因について、幾つかの条件を満たせば簡略化してサービスメカニズムを記述できることを保証するような根拠を明らかにすることである。

平成26年度は小売業（スーパーマーケット）を対象に300社以上の事業について調査を行い、アンケートやインタビューを通してデータを収集した。平成27年度

は、さらなる類型化手法の一般化のために、小売業以外の別業種の事例データとして、美容室産業を対象に、経営指標、顧客満足度指標、従業員指標を収集した。

一方、経済実験に関しては、実際の人間を被験者とした仮想環境下でのサービスにおける意思決定実験であるため、実サービス等の環境をそのまま用いるのではなく、適切に抽象化（理論化）したサービス意思決定の局面としてモデル化することが必要である。このために、前年度に予備検討として進めていた価値創成モデルの定式化を進めていたが、それらをベースにして、経済実験が出来るサービス環境のゲーム理論的枠組を構築し、平成27年度には基礎的な実験を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 サービス、実験経済学、メカニズムデザイン、類型化

〔研究題目〕 精神的価値が成長する感性イノベーション拠点

〔研究代表者〕 持丸 正明（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 持丸 正明、本村 陽一、櫻井 瑛一
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

本プロジェクトは広島大学が中核となり受託したJST 革新的イノベーション創出プログラム（COI STREAM）に産総研が参画し実行されている。本プロジェクトでは主に「ワクワク感」を対象として、快-不快、活性-非活性、過去志向-未来志向などの多次元の心理軸に基づいて、脳、生理指標計測による感性の可視化技術、感性情報の解読技術、及びバイオセンシング技術の開発を通して、BEI（Brain Emotion Interface）の開発を行っている。そして、この技術を用いて感性価値を持つような製品の作成を目指している。

後者の BEI の社会実装のためには、製品・サービスの使用者の類型化が必要となる。産総研では、類型化のために必要な消費者の属性とその感性をモデル化することを行っている。平成27年度においては、車に関する「ワクワク感」の構造化にむけたデータ収集を行った。自動車販売店において、「ワクワク感」として認知された事象に関連する「状況」「理由」「個人依存性」をインタビューやアンケート調査から明らかにし、データを収集する基盤の整備を終えた。また、収集したデータから作成されるユーザーモデルの試作を行い、ユーザーモデルと感性測定結果の結び付けに着手をした。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 感性工学、データ収集、社会実装

〔研究題目〕 安全・安心・満足に資する高齢者支援技術 - 高齢者と介護関係者をつなぐデジタル・ヒューマンネットワークの構築

〔研究代表者〕 渡辺 健太郎（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 渡辺 健太郎、三輪 洋靖、
福田 賢一郎、西村 拓一
(常勤職員4名)

〔研究内容〕

本研究は、高齢者支援・介護支援技術の統合的な開発・適用・評価手法を提案することを目的とする。本目的の実現に向けた本年度の活動として、日本側は、両国の高齢者支援・介護サービスの実態調査、並びに現状のサービスや支援技術に関する利用者の意識調査を行う。共同研究先であるフィンランド側では、高齢者支援技術のデザインにおける高齢者自身の参画方法の検討と実践を行う。また、ICT・ロボット技術による介護支援技術の開発を行う。

平成27年度は、主に日本・フィンランドの介護・高齢者支援サービスと介護・高齢者支援機器活用の実態調査を行った。介護・高齢者支援サービスに関わる多様な関係者の観点を踏まえ、日本の介護・高齢者支援サービス全体の現状を理解すべく、(1) 文献調査を通じた、国内の介護・高齢者支援サービスの内容とその構造、プロセスの分析、(2) 自治体の介護保険担当、サービス事業経営者に対するインタビューを通じた、介護・高齢者支援サービスに対する自治体・サービス事業者の役割とその取り組みの違いの調査、(3) アクティブシニア、家族介護者、介護スタッフに対するインターネットアンケートによる、将来の介護並びに介護支援機器の利用に関する意識調査、を実施した。また、フィンランド国内の介護施設の現地視察、及びフィンランドの介護・高齢者支援に関する文献調査を現地研究者と連携して実施した。

さらに研究交流活動として、高齢者支援技術に関する国際ワークショップ HAT-MASH2015を国内で開催し、講演及びディスカッションを行った。また、フィンランド VTT の研究員1名を客員研究員として産総研に受け入れ、共同で調査研究を実施した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 介護、高齢者支援、サービスシステム、支援技術、比較研究

〔研究題目〕 位置姿勢変化に頑健な3次元地図作成および3次元空間内音源探索

〔研究代表者〕 佐々木 洋子 (人間情報研究部門)

〔研究担当者〕 佐々木 洋子 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

タフ・ロボティクス・チャレンジでは、現在の「ひよわな優等生」であるロボットを鍛え上げることにより、災害などの極限環境下において効果を発揮できるタフでへこたれない「タフロボット」の実現を目指している。本研究課題では、「現場の状況が不明」を解決する極限センシング機能のひとつとして、極限音響技術の開発を担当する。具体的には、3次元空間内での音源地図作成

に取り組み、1) レーザスキャナによる、人の動きに対応可能な低歪大規模3次元地図作成、2) マイクロホンアレイによる、3次元空間内音源位置推定、の2つの機能を実装する。本プロジェクトの初年度である2015年度は、手持ちセンサユニットを構築し、これに実装した3次元地図作成および音源定位機能を屋内外の複数の環境で評価した。

3次元地図作成について、屋内フィールドでは階段のような同一形状の連続や、はしご・手すり等レーザ解像度に比べ狭い凹凸の多い環境においても、破たんすることなく3次元形状を復元可能であることを確認した。屋外フィールドでは、広大かつ壁面のような人工物がなく特徴点の取得しにくい環境、樹木をはじめ細かい凹凸が多く対応点探索が難しい環境においても、提案法が有効であることを示した。

音源定位機能については、センサの位置姿勢推定と同期した音源定位機能のプロトタイプを実装した。センサユニットを手持ちで歩きながら収録したデータに対し、グローバル座標系でセンサ位置とともに2次元音源方向(方位角、仰角)を取得し、3次元地図上に描画する機能を実現した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 音地図作成、3次元地図作成、音源定位

〔研究題目〕 生物由来材料を用いたセキュリティ印刷手法の開発の研究

〔研究代表者〕 星野 英人

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 星野 英人 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究の目的は、BAF-バイオマス繊維ハイブリッドの高度化利用技術を開発することであり、特に紙媒体を基板材料とした、BAFのインク化とその印刷技術の基盤を開発することである。蛋白質水溶液を紙上に滴下すると、通常速やかに拡散する。BAFにおいても同様で有り、BAFのインク化には適度な増粘剤の添加が必要と考え、検討の結果、適切な増粘剤の選定に至った(特許出願準備中につき、詳細情報は割愛)。また、印刷においては、インクジェット方式の印刷手法を想定し、一般的なピエゾ式吐出方式とスーパーインクジェット(SIJ)吐出方式の2系統を検討した。その結果、ピエゾ式では、安定した吐出は困難であったが、SIJ方式において微量パターン印刷に成功した。即ち、目視レベルでBAFの蛍光、並びに化学活性を観察するまでには至らなかったが、高感度化学発光検出装置を用いた化学発光試験においては、吐出パターン情報を読み取ることに成功した。吐出者でさえも印刷領域を知らなければ、化学発光させない限り印字部位を特定できないため、セキュリティインク印刷技術として備えるべき性能を十分に有することを明らかにした。また、より発展的な手法と

して、プラスチック素材と BAF とをハイブリッド化させるための新たな基礎技術開発にも成功した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕自己励起蛍光蛋白質、BAF、化学発光、セキュリティ印刷、ハイブリッド材料

〔研究題目〕ゲノム編集による遺伝子ノックインニワトリの樹立

〔研究代表者〕大石 勲（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕大石 勲（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本課題ではゲノム編集技術を用いて、遺伝子をノックインした組換えニワトリ樹立を試みた。特に、鶏卵にモデル有用蛋白質を大量生産する組換えニワトリ樹立を目標とした。組換え蛋白質は将来にわたって高い企業ニーズが見込まれるが、現行の培養細胞を用いた高額な生産コストが課題となっている。培養細胞に変わり、遺伝子組換え動物や植物を用いた安価な生産技術に大きな期待が寄せられており、生産コストの観点から鳥類の卵は特に有望視されている。しかし、組換え鳥類を用いた従来技術は生産量や生産の持続性等に課題があり、世界でも殆ど産業化には結びついていない。本課題は、研究代表者らが開発した「ニワトリ始原生殖細胞を用いたゲノム編集技術」と「始原生殖細胞由来組換えニワトリ樹立技術」を組み合わせ、「ノックインニワトリ」を開発することで、従来の課題を大幅に改善し、これまでに無い独自のニワトリバイオリクター化技術を開発・実証しようとする部分に特徴がある。ニワトリ始原生殖細胞に CRISPR/Cas9法を適用し、卵白の主要蛋白質オボムコイドの遺伝子座にヒトサイトカイン遺伝子をノックインした。この細胞をニワトリ胚に移植し、機能性精子に分化させ、ノックインニワトリを樹立した。本技術を活用することで、将来有用蛋白質が極めて安価に生産可能と予想され、蛋白質製品生産の新たな基盤技術として医薬品産業を中心に技術移転可能と期待される。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕ニワトリ、遺伝子組換え、物質生産

〔研究題目〕有用蛋白質大量生産を目指した「遺伝子ノックイン鶏卵」の検証

〔研究代表者〕大石 勲（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕大石 勲（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

鶏卵は安価で高濃度、高品位の蛋白質を卵白に大量に含むことから、ニワトリ遺伝子改変により鶏卵中に有用蛋白質をつくる技術の開発に期待が寄せられている。本課題では外来遺伝子をノックインした組換えニワトリが産む卵の解析を行い、鶏卵に産業用蛋白質を低コストで大量生産する技術（鶏卵バイオリクター）の検証を行う。モデルとしてゲノム編集技術を用いて樹立した「ヒ

トサイトカイン遺伝子をオボアルブミン遺伝子座にノックインしたニワトリ」を用い、この鶏卵に含まれる組換えサイトカイン蛋白質の収量や活性の経時、継代解析を行う。具体的には以下の3点について解析を進めている。

(1) 遺伝子ノックインニワトリ由来卵の解析：サイトカイン遺伝子がオボアルブミン遺伝子座に組み込まれたノックインニワトリ雌3系統以上から卵を採取し、組換えサイトカインの収量、活性を検討する。(2) 鶏卵バイオリクターの経時解析：外来遺伝子の鶏卵への生産が経時的に変化（低下）しないことを半年程度かけて検証する。(3) 鶏卵バイオリクターの継代解析：事業化に向けた量産が可能かどうか、ノックイン個体（F1）の後代（F2）を取り、これが活性のある組換え蛋白質を F1同様に生産するか検証する。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕ニワトリ、遺伝子組換え、物質生産

〔研究題目〕シグナル攪乱複合体の電子顕微鏡解析

〔研究代表者〕佐藤 主税

（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕佐藤 主税、川田 正晃、三尾 和弘（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

目標：

胃癌は、特にアジアで深刻である。胃癌は日本人の発症する最多の癌の一つであり、大きな医療・社会的な問題となっている。胃癌発生に置いて、重要な要因の一つがピロリ菌である。その分泌するタンパク質 CagA は、胃粘膜細胞でリン酸代謝系シグナルの攪乱を行うため、本プロジェクトではその構造解析と粘膜細胞内への移行経路の解析を行う。

研究計画：

CagA の理解が進まない原因としては、細胞内に移行していく過程を捉えた高分解能画像が得られていないことが一番に挙げられる。ASEM を用いることで、光学顕微鏡より高分解能で、細胞内に移行して行く過程の CagA の像を得る。水溶液中で抗原性を損なわずに画像を取得することで、免疫ラベルを行う。

極低温電子顕微鏡を用いた解析では、CagA 単体とシグナル攪乱複合体を対象とする電子顕微鏡による単粒子解析と X 線結晶構造解析により得られたシグナル攪乱複合体の部分構造を活用し、シグナル攪乱複合体の全体像を得るべく解析を行う。

年度進捗状況：

CagA の細胞内移行は、いまだに世界的にも明快な結果が示されていない。解析に必要な水中電顕観察の基盤技術開発を ASEM を用いて進めた。さらに、金蛍光免疫電顕により CagA が *Helicobacter pylori* 菌で生産され、ヒト細胞へと注入される様子の可視化を行い、SEM による表面構造観察と組み合わせた。宿主細胞に

入ったシグナルが観察され、今後 CagA および4型分泌機構に関してその局在決定を進める。

CagA 単量体は分子量130kDa であり、その粒子はコントラストが小さく、微かにしか見えない。CagA 単体での透過電顕解析を中心にプロジェクトを進め、その画像拾い上げを実現するために、新たに自動拾い上げアルゴリズムの開発行なった。単粒子解析では、粒子像ライブラリーを構築した後で初期3次元構造を構築する。CagA の構造決定を最短時間で進めるために、130kDa でもクライオ撮影が可能な透過型電子顕微鏡撮影法の開発を進めた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】電子顕微鏡、単粒子解析、pylori 菌、CagA

【研究 題 目】免疫機能の最適化とアレルギー予防に資する醗酵食品の機能性に関する研究

【研究代表者】辻 典子（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】辻 典子、渡邊 要平、神谷 知憲
（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

小腸は食品から自然免疫シグナルを受ける重要な場であり、特に微生物機能を活かした醗酵食品は身体にとって有益な自然免疫賦活剤となる。そのような中で日本の醗酵食品は世界的に見ても種類が豊富であり、日本食が疫学的にも長寿を示唆していることから、日本の伝統醗酵食品に含まれる菌成分あるいは菌代謝産物が小腸免疫機構を活性化し、アレルギー性炎症を抑制しうることについて検討を行っている。

メチニコフがヨーグルト摂取による不老長寿説を唱えたのは1900年に遡り、乳酸菌による健康増進機能について抗がん、感染抵抗性、整腸作用など多岐にわたって提唱されている。我々は乳酸菌中の核酸を起点とするインターフェロン β や IL-12の産生、それらを介した抗炎症メカニズムがあることを明らかにしてきた。また、乳酸菌の他には納豆菌にも同様に Th1優位の免疫パランスをもたらす作用があると報告されており、本研究においても酵母、麹菌など日本・アジアの伝統食品に特有ともいえる醗酵微生物とともに検討を始めている。

アレルギー症状の中でも急性、全身性のアナフィラキシーモデルを用い、食餌により導入される炎症抑制効果について測定した。また、食品に含有される菌成分や代謝産物がアレルギーモデルマウスの腸内微生物叢や免疫細胞機能に及ぼす影響を解析している。

ニュージーランド側は、アレルギー反応が亢進する微生物叢を有するマウスについて免疫学的解析を進めており、乳酸菌や日本の伝統醗酵食品成分がアレルギー反応の抑制と微生物叢の是正に奏効するか測定を進めている。同様に周産期、哺乳期の腸内微生物叢と免疫細胞機能について評価を進める予定である。

機能性食品成分を介した効果を、自然免疫シグナルによる腸管および全身性免疫応答を促進する経路として明らかにする研究であり、日常的な醗酵食品の経口摂取がアレルギー症状を抑制する可能性について検証が進んでいる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】アレルギー、発酵食品、腸内細菌

【研究 題 目】生物発光を利用した高感度遺伝子検出システムの開発研究

【研究代表者】小島 直（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】小島 直（常勤職員1名）

【研究 内 容】

遺伝子配列解析装置等のゲノム解読技術の飛躍的な発展により、莫大な量の遺伝情報が入手可能になった。現在ではがんなどのリスク評価のみならず、様々な病気の予知や診断、更には個人の遺伝情報を解読することで患者に合わせた治療法の選択（個別化医療）が可能になりつつある。一方で、遺伝情報の解読が進むにつれ、細胞内に微量にしか発現していない遺伝子を高感度且つ簡便に検出する技術の開発が望まれるようになった。従来の遺伝子検出技術では、蛍光分子が導入された核酸プローブが汎用されている。しかしながら、細胞内ではタンパク質等の様々な夾雑物質が自然蛍光を有しているため測定障害となり、高感度な検出には限界があった。そこで本課題では、遺伝子検出技術としては未開拓であった生物発光を利用した新しい検出法の開発を行う。生物発光はバックグラウンドの影響を受けないため、高感度な遺伝子検出が可能になると期待される。

本研究課題は、遺伝子配列に応答して生物発光分子を放出する核酸プローブの開発を目指し、核酸プローブの構築に必要な発光基質放出分子の化学合成を進めた。すでに昨年度までに、ベンジルアルコール誘導体2分子を組み合わせることで目的の機能を有するプローブ分子を合成している。しかしながら合成に多工程が必要であったため更なる検討を加え、ルシフェリン骨格を合成の最終段階で構築する新たなアプローチによるプローブ分子の合成を達成した。本改良型分子からも想定通りにルシフェリン放出反応が誘起されることを確認できた。今後は核酸プローブの作製、及び標的遺伝子の生物発光による検出について解析を進める。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】核酸化学、生物発光、分子プローブ、生体分子計測

【研究 題 目】有機強誘電体の新材料開発、薄膜プロセス技術の開発、及び電子状態計算

【研究代表者】堀内 佐智雄（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】堀内 佐智雄、長谷川 達生、堤 潤也、

野田 祐樹 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)、
石橋 章司 (機能材料コンピューショナルデザイン研究センター)
(常勤職員4名、他3名)

【研究内容】

「元素戦略を基軸とする物質・材料の革新的機能の創出」領域で採択された課題「有機材料を用いた次世代強誘電物質科学の創成」(JST CREST、課題代表:産業技術総合研究所)を、標記のテーマで主導している。本研究では、(1)優れた分極性能と十分な耐久性をもつ新規有機強誘電体の材料開発、(2)多結晶性薄膜/単結晶性薄膜の作製によるデバイス化に適した薄膜・印刷プロセス技術の確立、(3)自発分極などの物性パラメータ予測、スペクトルシミュレーション、及び分子軌道解析など微視的電子状態の解明に向けた理論計算、の3点に取り組んでいる。平成27年度は、電子型強誘電性を示す物質群を拡張展開するために、一連のヨウ素置換キノンの合成も行って分子サイズ変化による相転移制御を目指した。その結果、TTF-QBr₂I₂錯体結晶では、僅かな静水圧(0.25 GPa)にて強誘電相を絶対零度から誘起し、圧力印加とともに相転移温度を室温付近まで連続的に制御できた。絶対零度での相転移(量子臨界点、QCP)近傍では、量子強誘電性特有の臨界挙動を見出した。2-メチルベンゾイミダゾール(MBI)を親撥パターンに沿って結晶性薄膜を形成し、数ボルト程度の低電圧で強誘電性を実証した。同薄膜上では、圧電応答顕微鏡(PFM)を用いた局所反転ドメインの書き込みにも成功し、強誘電ドメイン構造とスイッチングのミクロな挙動を詳細に調べ、ドメイン壁の運動に必要な電場が極めて低いことを確認した。理論計算研究では、各種水素結合型有機強誘電体について、Berry位相を用いた手法により、自発分極の予測値を計算し、試料合成の指針とした。種々の酸塩基超分子、プロトン互変異性分子について、最適化を施した自発分極実験値と比べると、いずれも2割以内の差で合致していた。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】有機強誘電体、有機エレクトロニクス、相転移現象、電子状態、第一原理計算

【研究題目】新しい高性能ポリマー半導体材料と印刷プロセスによるAM-TFTを基盤とするフレキシブルディスプレイの開発

【研究代表者】長谷川 達生 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】長谷川 達生、堀内 佐智雄、堤 潤也、福原 克郎、松岡 悟志
(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

本研究は、印刷により製造されたフレキシブルなアク

ティブ・マトリックス・トランジスタアレイ (AM-TFT) の開発を目標として、理化学研究所(広島大学)・住友化学・東京大学(大阪大学)・産総研が共同し、高性能ポリマー半導体開発とデバイス高性能化の研究開発を行う。平成27年度において産総研が取り組んだ研究は以下である。研究項目②「高精細電極配線の印刷製造とポリマー半導体へのキャリア注入高効率化」では、本プロジェクトで開発した SuPR-NaP 法による銀配線パターンの高精細化技術を検討した。フォトマスクと基板間の密着度とプロセス条件最適化により、線幅で800 nm という最高精細度の達成に成功した。またこれによるアクティブ・バックプレーン形成技術を検討し、ゲート電極とソース・ドレイン電極のパターンどうしの精密位置合わせに取り組み、800 ppi に対応するパターン形成に成功した。さらに作製した電極から半導体へのキャリア注入高効率化を検討し、有機配位子を用いた銀電極の表面化学修飾によって接触抵抗を著しく低下させることに成功した。また研究項目③「印刷による高性能ポリマーTFTアレイの作製の最適化」では、ゲート変調イメージング法によるTFTアレイ評価に取り組み、数千個のTFTを短時間で一括評価できることを明らかにした。またこの方法を用いて各素子のばらつきを特定する手法の開発に取り組み、光学顕微鏡の増倍率を高めることにより、ペンタセン多結晶薄膜トランジスタにおいてキャリア蓄積分布のイメージ化に成功するとともに、ドレイン境界における特異なキャリア分布を明らかにした。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】有機半導体、プリントドエレクトロニクス、プリントドエレクトロニクス、アクティブ・バックプレーン、薄膜トランジスタ、ポリマー半導体、有機エレクトロニクス

【研究題目】新規固体酸化物形共電解反応セルを用いた革新的エネルギーキャリア合成技術(キャリアファーム共電解技術)の開発

【研究代表者】藤代 芳伸

(材料・化学領域 研究戦略部 研究企画室(兼任)無機機能材料研究部門)

【研究担当者】藤代 芳伸、山口 十志明、申 ウソク、赤松 貴文、島田 寛之、嘉藤 徹、門馬 昭彦、田中 洋平、堀田 照久、山地 克彦、岸本 治夫、Katherine Develos Bagarinao、石山 智大、竹村 文男(常勤職員14名、他4名)

【研究内容】

水蒸気および二酸化炭素(以下、CO₂)の高効率共電解セルの作製技術および電解性能評価技術の要素技術開発を目的とし、高精度分析手法の開発および電解性能の向上について研究を進めた。その結果、今年度は、さら

なる構成材料の改良、数値解析結果の利用等により、水蒸気-CO₂利用率を向上させ、800℃のサーモニュートラル条件の1.33 Vで0.55 A/cm²（利用率：70%）、0.47 A/cm²（利用率：80%）を達成した。中低温作動向け共電解セルについて、負極材料のNi-GDCの一部をFeで置換したFe-Ni-GDC組成を選択することで、Ni-GDC組成で主成分であったCH₄生成が大きく抑制され、C-Cカップリング化合物の生成を確認することができた。プロトン導電系電解質を用いた電解セルについては、CO₂耐久性が優れていると考えられているBaZrO₃系材料（Ce未含有）を選択し、焼結プロセス制御により、電気化学セル化技術を開発することができた。Ba(CeZr)O₃系材料では、CO₂ガスとの反応によりBaCO₃、CeO₂へ分解してしまうのに対し、BaZrO₃系材料ではCO₂との反応が確認されず安定性が高いことを確認できた。さらに、コイン型電気化学セルを用いて、電解電流から想定されるCO生成量よりも多いCO生成量が検出され、電極反応アシスト効果の可能性が示唆された。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】セラミック、共電解、水蒸気-CO₂、電気化学的触媒アシスト効果

【研究 題 目】単結晶ナノキューブのボトムアップによる高性能小型デバイス開発

【研究代表者】加藤 一実（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】加藤 一実、安井 久一、木村 辰雄、増田 佳丈、三村 憲一、馬 強、（常勤職員5名、他1名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、誘電体セラミックスナノ粒子を低温で結晶形態制御して単結晶ナノキューブ化する技術、誘電体単結晶ナノキューブを様々な基板上において配置・配列・接合・界面制御する技術を確認し、単結晶ナノキューブが大面積に密に詰まり結合することによって形成される極薄の誘電体単結晶超薄膜や、多種類の誘電体ナノキューブが任意に配列した超格子構造の薄膜を形成する技術を開発にすることにより、スーパーキャパシタを実現することにある。また、開発技術はセラミックス部材の製造に関する分野横断的な基礎・基盤技術の確立に繋がり、蓄電デバイスなどのエネルギー関連未来型デバイスの開発を加速することが可能になる。

平成27年度は、チタン酸バリウム単結晶ナノキューブ秩序配列構造のパターニング、温度安定性付与のための新組成ナノキューブの合成を検討した。具体的には、前年度までに開発した基板表面の微細凹凸構造の凹部にナノキューブを密に充填する技術を、高分子マイクロ凹凸鋳型に適用し、その凹部に秩序配列構造を集積した後、高分子鋳型を化学的にエッチングして、チタン酸バリウムナノキューブマイクロパターンを形成した。この

手法では、高分子マイクロ鋳型の溶媒による膨潤過程を経るため、微細空間内の毛細管現象と溶媒蒸発作用が調和し、ナノキューブの配列秩序性が向上した。また、水溶性ジルコニウム錯体を用いて、チタン酸バリウム-チタン酸ジルコニウム系固溶体ナノキューブの合成を可能にし、誘電率の温度依存性を制御するための手法を示した。これまでの結果を、単結晶ナノキューブを構成単位とした革新的エネルギーデバイス構築のための材料指針として提唱した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】単結晶ナノキューブ、ナノクリスタル、ボトムアップ製造技術、誘電体、チタン酸バリウム、チタン酸ストロンチウム、誘電デバイス、スーパーキャパシタ、蓄電デバイス

【研究 題 目】カルノー効率の60%に達する廃熱再生熱音響システム／熱音響機関の音場制御とエネルギー変換の実測

【研究代表者】安井 久一（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】安井 久一（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

熱から音響への変換を行う熱音響エンジンについて、簡易なモデルであるレイケ管に類する実験装置を試作し、各種条件下における自励発振に必要な温度差の検討を進めている。

装置は、ハニカムセラミックスの片側端面にニクロム線を巻き付けた蓄熱器を、水平に設置したガラス管中に配置した構成である。まず、両端開放の直線管中で、ハニカムセラミックスの位置を変化させた際の自励発振開始時の温度を評価した。その結果、最適な位置（両端開放であれば管全長の1/4の箇所）では低温度差で自励発振に至るが、ハニカムセラミックスの位置が1/4から離れるほど自励発振には高い温度差が必要となることが分かった。次に、ガラス管を熱音響エンジンのコア部分として、両端に塩化ビニル管を接続してループ形状にした実験装置を試作した。初期の実験では、ループ管では自励発振に500℃程度の温度差が必要であった。これは、両端開放の直線管における自励発振に必要な温度差の倍以上である。

また、定在波型熱音響エンジンに関するシンプルな近似解析を提案し、それがブレイトン・サイクルを近似的に満たすことを、より厳密に証明した。当近似解析は、Rottの運動量方程式は厳密にみたし、ブレイトンサイクルにおける等圧過程もほぼ厳密にみたすが、断熱過程は近似的にみたすことを、気体要素の運動との対比と解析的な計算によって示した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】熱音響、廃熱利用、音場

〔研究題目〕 リチウム空気二次電池の基盤技術開発
／セラミックスセパレータ技術の開発

〔研究代表者〕 藤代 芳伸（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕 藤代 芳伸、濱本 孝一、山口 十志明、
鈴木 俊男（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

次世代電池として期待されているリチウム空気二次電池実用化のための基盤技術確立を目的とし、水系リチウム空気二次電池に不可欠な高性能セラミックスセパレータの材料・製造技術の開発を計画として進めた。固体電解質として機能するセラミックスセパレータは、高いリチウムイオン伝導性と耐水性だけでなく、体積エネルギー密度を向上させるために、薄膜化・高強度化に加えて、金属リチウム負極に対する耐性の向上が求められている。既に開発している高いリチウムイオン伝導性を有するLTAP ($\text{Li}_{1+x+y}\text{Ti}_{2-x}\text{Al}_x\text{Si}_y\text{P}_{3-y}\text{O}_{12}$) 固体電解質セラミックスシートについて、昨年度の研究から、焼結を促進させる添加剤を加えると機械強度を高めることは可能となるが、リチウムイオン伝導性が低下する現象が確認された。そのため今年度は、高い機械強度と高イオン伝導性の両立を実現するために、添加剤の種類や量の最適化についての検討を行った。その結果、高い機械強度と高リチウムイオン伝導性を両立した電解質シートの合成を実現するだけでなく、従来よりも100℃低い温度で焼結させることが可能となった。更に、共同研究者による実証実験の結果から、平板型のセパレータを用いた大型電池では、充放電時の電極の体積変化に伴う圧力にセパレータが十分耐えられず、良好なサイクル特性が得られない可能性が示唆された。このため、強度をより高められるハニカム状セパレータの開発を検討し、壁厚200 μm ピッチ間隔1 mm 程度のハニカム構造型セパレータの作成に成功した。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 次世代蓄電池、セラミックス電解質、電気化学、エネルギー部材製造技術

〔研究題目〕 乳製品中のアレルギーを選択的に除去する特定タンパク質吸着剤の開発

〔研究代表者〕 永田 夫久江（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕 永田 夫久江（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、乳製品に含まれる複数のタンパク質の中からアレルギーとなるタンパク質のみを選択的に吸着除去する材料を開発した。日本の食物アレルギー人口が増加する中で、アレルギー除去対策食品の必要性が高まっている。本研究では、食品の風味を損なうことなくアレルギータンパク質のみを吸着できる材料の開発を行うことを目標として研究を行った。

今年度は、特定のタンパク質のみを吸着することのできる“単一吸着アパタイト”の合成方法を新たに開発し、

その成果を、乳製品に含まれるアレルギー吸着除去に適応した。タンパク質吸着剤として用いた材料は、リン酸カルシウムセラミックスの一種であるアパタイト粒子である。アパタイト粒子は、タンパク質を良く吸着する材料として知られているが、これまでは特定のタンパク質に対する選択性を持たせることは困難であった。これに対して本研究では、目的とするタンパク質のみを吸着する“単一吸着アパタイト”を開発し、アレルギータンパク質を90%以上吸着除去可能であり、かつ、他のタンパク質の吸着量が10%以下となる選択性を持った吸着剤を開発することに成功した。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 アパタイト、タンパク質、吸着

〔研究題目〕 液晶科学に基づく革新的塗布型有機太陽電池の開発（液晶性有機半導体の分子設計および合成と構造形成）

〔研究代表者〕 清水 洋（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕 清水 洋、米谷 慎（フレキシブルデバイス研究センター）、シン ウン、宮元 彩乃（フレキシブルデバイス研究センター）、樋口 由美、川野 倅暉（常勤職員2名、他4名）

〔研究内容〕

本研究では、低製造コスト、低設置コストによる発電単価の劇的な低下を目的として、特別な前後処理を一切必要としないワンステッププロセスにより、非真空ロールトゥロールで大面積が高速生産可能な変換効率20%超の低発電コスト有機太陽電池の実現を目指す。大阪大学と共同で研究を進める。そのために、(a) 溶媒に可溶で塗布するだけで安定して素子作製が可能であること、(b) 高効率化に適した素子構造が特殊な微細加工等を必要とせずに実現可能であること、(c) 単一材料・単一層で広範囲な波長領域に感度を持つこと、(d) 光化学的、熱的に安定な材料であることを満たす材料の研究開発を、新たな概念として自己組織化性の強い液晶をベースとした有機半導体を利用することを基軸とした研究を行う。現在の面積・高精細液晶ディスプレイを実現させた液晶の卓越した性質を活用する。平成27年度は、高い光電変換効率を目指し、光吸収波長のより広い範囲をカバーしうる新たな概念の検証のために本研究でこれまで開発してきた p 型の液晶性有機半導体と同骨格、異電子状態の関係にある幾つかの材料を液晶の特徴である混和性とナノサイズの相分離を活用した混合系の検討を行い、昨年度の成果である、液晶の混和性の利用によるナノスケールで制御された電荷輸送構造と電荷分離構造の形成を自発的に行う事ができる可能性についてそれを実現するための条件の一つを提示できた。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 太陽電池、有機エレクトロニクス、液晶

〔研究題目〕サイバニックシステムに対する安全検証手法の開発

〔研究代表者〕比留川 博久（ロボットイノベーション研究センター）

〔研究担当者〕比留川 博久、松本 治、中坊 嘉宏、原 功、本間 敬子、角 保志、梶谷 勇、藤原 清司、大川 弥生、川倉 慎司、ビッグズ ジェフ、尾暮 拓也、田中 秀幸、宮腰 清一（ロボットイノベーション研究センター）吉田 英一、鮎澤 光、吉安 祐介、今村 由芽子（知能システム研究部門）（常勤職員16名、他2名）

〔研究内容〕

目標：

サイバニックシステムに対して、安全性検証手法の開発を行い、実環境レベルで運用可能な安全性の実現を目指す。

研究計画：

典型例として提案したコンセプトをもとに評価用サイバニックシステムの要件分析およびリスクアセスメントを実施し、これらの結果を踏まえて評価用サイバニックシステムの設計をおこなう。また開発コンセプトチェックシート・リスクアセスメントシートの試作を行い、その妥当性を検討する。

安全試験方法としては前年度の検討をもとに、各種規格適合に有用と思われる試験方法の検討を実施する。

年度進捗：

移動および排泄支援を想定し、歩容の不安定な被介護者を支援するロボット歩行支援機器と、寝室に設置可能で移動容易、かつ衛生面に優れたポータブル水洗トイレを想定した評価用サイバニックシステムの設計をおこなった。これは目標となる活動、使用環境、使用頻度、留意点、適用と禁忌、環境適合性、操作性、人間適合性等のリストアップによるシステムモデリングであり、SysMLを用いて記述された。

また使用シナリオに沿って各種条件を幅広く考慮し、リスクアセスメントを実施した。

また、リスクアセスメントシートからモデリング言語SafeMLによるリスクアセスメント記述を生成することで汎用的かつ容易にモデル表記可能となるソフトウェアを開発した。

このほか、規格適合性を検討しつつ、電気刺激によるペースメーカーへの影響を評価する試験手法開発のため電気インピーダンス評価用人体ファントムや、高感度面圧センサ、直腸モデル装置などの拡充用試験装置を導入し、基礎的な計測試験を行うことでそれらを用いた安全試験方法の開発を進めた。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕安全検証、ロボット、介護機器、生活支

援、サイバニクス

〔研究題目〕製品ライフサイクルに立脚した環境影響評価基盤の構築と社会実装によるグリーン購入の推進—上流インベントリデータベースの開発—

〔研究代表者〕田原 聖隆（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕田原 聖隆、高田 亜佐子、藤井 千陽、横田 真輝（常勤職員1名、他3名）

〔研究内容〕

IDEA（Inventory Database for Environmental Analysis）の各单位プロセスに、光化学オキシダント、大気汚染、ヒト毒性、生態毒性、陸域酸性化及び水域酸性化の各影響領域に関係する基本フローを追加した。具体的には、現状のIDEAにおける上記基本フローの充足度をecoinventと比較することで確認し、ecoinventに格納されているがIDEAに格納されていないものについてはIDEAに追加すべき候補とした。IDEAに追加すべき光化学オキシダント、ヒト毒性及び生態毒性の各影響領域に関係する環境負荷物質の排出源及び排出量を、化学物質排出移動量届出制度（Pollutant Release and Transfer Register：PRTR）、ダイオキシン類の排出量の目録、工業統計等の各種生産統計を利用し算出した。算出できた排出源ごとの化学物質排出量を、該当する排出源で生産される製品の金額で除することによって、生産額1円当たりの化学物質排出量を求め、IDEAに格納されている各プロセスに基準単位当たりの化学物質排出量を導入した。また、上流データベースは平成23年（2011年）産業連関表の部門ごとに生産額1円当たりの環境影響を用意しておく必要がある。そのためIDEAに格納されている製品の基準単位が数量の場合は金額に変換した上で、産業連関表の約400部門と対応させた。複数のIDEA製品が産業連関表の1部門に対応する場合は、IDEA製品の各供給額で環境負荷量を加重平均することによって、産業連関表の部門に統合し、日本に流通している製品流量を反映させた部門別の直接環境負荷量を算出した。産業連関表の逆行行列係数表を用いて、部門別環境影響の直接と間接を合計した生産額1円当たりの環境負荷量を算出した。環境負荷量に特性化係数を乗じることによって環境影響を算出した。算出した生産額1円当たりの環境影響について、対象負荷物質ごとに環境影響の寄与度を確認し、PRTRマニュアル等から得られた排出実態とかい離していないかを確認する等の見直しを実施した。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕インベントリデータ、データベース、ホットスポット分析、環境ラベル

〔研究題目〕エネルギーキャリアに関するステーションとその周辺に対するリスク評価手法開

発と社会受容性調査

〔研究代表者〕 恒見 清孝（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 恒見 清孝、久保田 士郎、和田 有司、
佐分利 禎、小野 恭子、牧野 良次、
吉田 喜久雄、川本 朱美、吉田 愛、
木原 武弘、鈴木 真紀、加藤 悦子
（常勤職員6名、他6名）

〔研究内容〕

概要：

水素エネルギーキャリアに関して、事故シナリオ、暴露シナリオ、被害・リスク推定からなる一貫通貫したリスク評価を実施するための手法開発を行っている。暴露シナリオでは、爆発による周辺への影響と、化学物質漏洩による周辺への影響を推定するとともに、脆弱性として爆風圧や有害化学物質漏洩によるヒトへの有害性を推定し、被害関数を確立する。被害・リスク評価手法を確立するとともに、爆発によるリスクと化学物質漏洩によるリスクの統合評価を実施する。また、そのリスクデータにもとづくエネルギーキャリアの社会受容性の調査を行う。平成27年度は、以下の研究を実施した。

（1）発生確率解析

国内漏洩事故事例の情報収集・整理の結果を用いて漏洩頻度のベイズ推定を行い、この結果をもとにイベントツリー解析による水素ステーションの事故発生頻度の試算を行った。定常的な排出に関する排出量推定手法を確立するとともに、事故時の排出量の試算を行った。

（2）ハザード評価

東京23区、川崎市、横浜市の平均および最大規模の仮想的オンサイト型水素ステーションを対象に、トルエンの慢性暴露と健康リスクを暫定的に評価し、定常運転ではリスク懸念がないと判断した。爆風圧シミュレーションの解析工程として、建物情報データから解析対象となる三次元形状を抽出・処理してシミュレーションモデルの構築を行い、漏えい条件にもとづいて初期条件を設定し、爆風ピーク圧やインパルス値を解析した。

（3）脆弱性推定

アンモニアの吸入慢性毒性に対する既報ヒト無毒性濃度を調査し、有害性情報データベースを作成した。爆風圧による鼓膜損傷率、爆風により吹き飛ばされることによる死亡率等に関する被害関数を設定した。

（4）暴露データ構築

東京23区、川崎市、横浜市の暴露データ精査を行い、かつ爆風圧シミュレーションに使用できる建物三次元データの作成方法を確立した。

（5）被害・リスク評価

具体的なリスク評価の手順を作成し、爆風による

ヒトの鼓膜損傷に関するリスク試算を行った。また、熱傷・鼓膜破裂等の症状に関する「生活の質」を推定するためのデータをインターネット調査にて収集し、症状別、年齢別、性別等で QOL の暫定値を得た。

（6）安全要件の検討

水素ステーションに対する認識や受容性の変化に関する定量的解析、およびモデル化を可能とするアンケートの質問項目を精査することで、社会受容性調査の枠組みを確立した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 水素、エネルギーキャリア、リスク評価、社会受容性

〔研究題目〕 ナノ細孔を有する多孔質材料の機能化

〔研究代表者〕 遠藤 明（化学プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 遠藤 明、片岡 祥、上村 佳大、
下村 真理江、佐藤 理恵
（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

ナノ細孔に閉じ込められた物質の相状態や吸着・移動特性の基礎メカニズムを検討・解明し、得られた知見を応用技術へ展開することを目的とする。ナノ細孔を有する多孔質材料の機能化、およびナノ細孔における物質の吸着・移動現象の解析と制御に取り組む。主に高機能湿度制御材料・システムの創成を目指す。

昨年度合成した複数メソポーラスシリカについての吸着・脱着速度のメカニズム検討結果を踏まえ、細孔径が等しく細孔長さの異なるメソポーラスシリカを合成し、その吸着平衡データおよび速度データを検討した。ナノ細孔表面物性の評価手法としての、細孔内部の水の吸着および窒素吸着等温線を極低相対圧（水蒸気で $p/p_0=10^8$ 、窒素で $p/p_0=10^8$ 程度）からの測定法の検討を継続した。今年度は、定容法によるガス吸着等温線の測定において重要となる死容積測定について詳細に検討し、非多孔性試料、メソ多孔性試料、マイクロ多孔性試料について、死容積測定で用いるヘリウムが等温線の形状に与える影響を考察した。等温線測定前にヘリウムを用いた死容積測定を行うと、試料中にヘリウムが残存して、吸着ガス導入後に徐々に系内に排出されるため、特に極低圧での等温線の形状に大きな影響を与えること、従来いわれていたマイクロ多孔性試料についての低温での測定のみならず、メソ多孔性試料の常温での測定にも少なからず影響がでることを明らかにし、極低圧から等温線を正確に測定するためのプロトコルを確立した。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 ナノ多孔質材料、吸着、相変化

〔研究題目〕 デシカントモジュール用波形水蒸気吸脱着厚膜の開発

〔研究代表者〕 根岸 秀之（化学プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 根岸 秀之、戴 瑶文
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

高い水蒸気吸脱着特性と、水蒸気吸脱着のサイクル運転においても高い安定性能を維持する水蒸気吸脱着膜作製において、任意仕様のデシカントローター等の水蒸気吸脱着モジュール製造を可能とするため、波形のメソポーラスシリカ膜作製法の研究を行った。膜作製方法には高分子バインダーを少量添加したアセトンにメソポーラスシリカ粉末を分散させ、アルミ基板電極と対極を挿入し、直流電圧を印加することで、アルミ基板上にメソポーラスシリカ粒子を堆積させる泳動電着法を用いた。連続メソポーラスシリカ膜作製用泳動電着セルを設計・試作して製膜条件を検討した結果、アルミ基板上へのメソポーラスシリカ担持量が 3.6 mg/cm^2 の膜において、波形曲げ加工してもメソポーラスシリカ層の欠損が見られない作製条件を見出すとともに、水蒸気吸脱着サイクル運転を100サイクル以上行った後においても、メソポーラスシリカ層の欠損量が5 wt%以下で、且つ水蒸気吸脱着性能の変化量が5%以下という高い強度と吸脱着性能安定性を有する膜作製に成功した。さらにこの波形加工したメソポーラスシリカ膜と、アルミ平板上に作製したメソポーラスシリカ膜を交互に複数枚重ねた小型のハニカムモジュールの作製に成功した。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 デシカント、膜、モジュール

〔研究題目〕 有機ハイドライド向け実用型炭素膜の開発と膜分離システム設計

〔研究代表者〕 吉宗 美紀（化学プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 吉宗 美紀、原 伸生、根岸 秀之、
山木 雄大、穂吉 紀子、荒井 陽子、
原谷 賢治（常勤職員4名、他3名）

〔研究内容〕

本研究では、メチルシクロヘキサントルエン系有機ハイドライドを用いた水素ステーション用脱水素システム技術の実用化を目的とする。脱水素システムを構成する低コスト水素精製技術の開発に関連して、新規水素分離膜としての実用型炭素膜の開発と要求仕様を達成する効率的な水素精製が可能となる膜分離システムの設計を担当した。

実用型炭素膜の開発では、昨年度の検討で見出した新規炭化処理工程について、炭化処理条件の詳細な検討を行い、炭素膜の細孔構造を緻密に制御し、高い水素透過性と水素選択性を有する炭素膜を得ることに成功した。この膜を用いた水素とトルエンの混合ガス分離試験において、今年度の水素透過速度の目標値および精製水素中炭化水素濃度 2 ppm 以下（C1換算）を達成することができた。さらに、高濃度トルエン条件下で、炭素膜の耐

久試験を行い、3000時間の耐久性を確認した。

膜分離システム設計では、メチルシクロヘキサンの脱水素反応後の気液分離工程を経た水素／トルエン混合ガスから水素を精製するシステムについて、炭素膜を用いて分離し、水素ホルダーに貯蔵するまでのシステムについて設計計算を行った。昨年度検討したシステムの一つについて、マルチモジュールシステムに展開し、必要膜分離性能・所要動力等の概算を行った。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 水素、有機ハイドライド、炭素膜

〔研究題目〕 木質バイオマスの全炭素成分有効利用を
目指した触媒化学変換技術の開拓

〔研究代表者〕 山口 有朋（化学プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 山口 有朋、村上 由香
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

二酸化炭素排出量削減や、化石燃料資源の枯渇・価格の乱高下に対応する脱化石燃料社会の実現のために、再生可能資源から有用物質の製造が世界的に求められている。特にバイオマスは炭素資源であり、現在石油から作られているプラスチックの代替化学品を製造可能なことからバイオマスの利活用技術の開発が求められている。本研究では、木質系バイオマスを反応物として利用し、セルロース・ヘミセルロース・リグニンのすべての炭素成分からそれぞれプラスチックや医薬品の原料を製造する触媒化学変換技術を検討した。本研究では成分を分離する前処理過程を省き、木質バイオマスを反応物として反応温度を逐次的に変えて化学変換を行い、すべての炭素成分を有用物質に変換する。本研究により開発される技術により、木質バイオマスの全炭素成分をプラスチック原料へと変換可能になり、二酸化炭素資源化に貢献可能である。

担持金属触媒を利用し、木質バイオマスに含まれるセルロース・ヘミセルロースを糖アルコールに変換し、固体残渣として残るリグニンと担持金属触媒をさらに高い温度で処理することにより、リグニンを芳香族化合物に変換することに成功した。担持金属触媒は、固体として回収・再利用可能であることが分かった。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 木質バイオマス利用、担持金属触媒、高温水反応場

〔研究題目〕 ギ酸脱水素化触媒による高圧水素供給プロセスの構築

〔研究代表者〕 川波 肇（化学プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 川波 肇、井口 昌幸、伊藤 早枝子
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では、再生可能エネルギーを安定的・効率的に

利用する水素エネルギー社会の実現に向け、安価・大規模な化学系水素貯蔵材料としてギ酸を用いて、優れた特性を持つ水素供給システムの基礎的・基盤的な技術開発を行った。即ち、均一系遷移金属錯体触媒を用いて、水中で高効率・高選択的なギ酸の脱水素化反応による水素供給システムの開発を行った。具体的には、水中100℃以下の温和な条件下、高性能・高エネルギー効率で、ギ酸から一酸化炭素を含まない“高圧・高品質水素”の連続供給を可能とする技術開発を目標として検討を行った。特に、この技術を実現すべく、“独自開発の触媒技術”と“世界屈指の高圧技術”をもつ産総研内のグループ同士とでタッグを組み研究を行った。

平成27年度は、平成26年度に完成した高圧水素発生装置を用いて、イリジウム触媒を用いた高圧水素発生の実験を詳細に行い、ギ酸分解により40 MPa以上の高圧ガスを連続して発生させる技術を見出した。ガス発生速度は常圧と比較して1/4程度になったが、安定した高圧ガスを発生させることが出来、しかも水素と二酸化炭素以外は検出されなかった。加えて気液分離も詳細に検討を行い、-50℃に冷却することで、85 mol%の高圧水素を連続的に得られることも可能となった。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】二酸化炭素、水素、ギ酸、触媒

【研究 題目】低温成形窒化銅ナノ粒子を用いる導電性インクの開発とプリンテッドエレクトロニクスデバイスへの展開

【研究代表者】中村 考志（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】中村 考志、蛭名 武雄、林 拓道（常勤職員3名）

【研究 内容】

本研究は印刷エレクトロニクスデバイス分野で用いられる銅系配線インクの化学的不安定性や高温加熱処理の必要性といった問題を克服すべく、耐酸化性があり400℃程度で銅と窒素に分解する窒化銅を主成分とする新規配線インクの開発に関する研究である。

課題解決に向けて必要な技術は、1)窒化銅ナノ粒子の合成法の開発、2)粒子の量産化、3)粒子の特徴を生かせるインク調製、4)窒化銅に最適な印刷および処理技術開発である。

本研究課題では、熱および光を用いたインク処理法について窒化銅ナノ粒子インクの特徴を明白にするための検討を進め、次の成果を得た。

熱焼成においては、分解を促進する添加剤を調査し、窒化銅のみでは400℃程度で分解していたものを、200℃の加熱で90%近く銅に転化できることを見出した。

光焼成においては、光焼成用インクに利用されている従来材料である酸化銅(II)、酸化銅(I)と比べて低いエネルギーで銅に転化し、導電膜となる特徴を明白にした。

これらの結果を鑑み、窒化銅ナノ粒子インクは光焼成

に最適で、他の材料と差別化できることを明白にし、窒化銅ナノ粒子インクの実用化に向けた方向性を決めることが出来た。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】導電インク、配線、インク、窒化銅、銅、印刷エレクトロニクス

【研究 題目】時間分解スペクトル法を用いた CO₂還元光触媒反応の機構解明

【研究代表者】小池 和英（環境管理研究部門）

【研究担当者】小池 和英（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究の目的は、太陽光をエネルギー源、水を還元剤とした CO₂の資源化技術の中核となる光触媒の開発を目指す。具体的には、(1) Z スキーム型金属錯体-半導体複合系光触媒、(2) メタノール生成可能な CO₂多電子還元光触媒、(3) 稀少性の少ない金属を中核とする CO₂光還元触媒の開発である。

多核金属錯体を CO₂還元サイトに用いることで、機能するシステムが開発されつつあり、光励起に続く電子移動過程に対して可視・紫外、および赤外過渡吸収分光法を用いた定量測定を行なった。

その結果、超分子錯体光触媒における光電荷分離と還元体生成過程について、初めて酸化的消光と還元的消光過程の寄与を定量評価することに成功し、光増感部の還元的消光が支配的であることを明らかにした。また、光増感部の多核化による効率向上の原因が、励起状態の非局在化による消光効率向上であることを示した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】人工光合成、CO₂、金属錯体、光触媒

【研究 題目】自己組織化ナノ液晶高分子によるイオン・分子の輸送・分離の計算機シミュレーション (CREST)

【研究代表者】灘 浩樹（環境管理研究部門）

【研究担当者】灘 浩樹（常勤職員1名）

【研究 内容】

資源やエネルギーを有効に活用するため、あるいは環境に問題の無い安全安心社会を作るため、必要なモノを必要な量だけ選択的かつ効率的に輸送・分離する材料や有害物質などを高度に除去する材料の開発が期待されている。本研究では、規則的なソフトナノ空間を有し、分子やイオンを高選択的に輸送・分離する革新的素材を開発するにあたり、計算科学シミュレーションにより貢献することを目的とする。本研究では、規則的なナノ空間を自発的に形成し、かつナノ空間の機能や構造を制御できる材料として開発される「自己組織化ナノ液晶高分子」のシミュレーションを行い、材料の高機能化・高効率化に活用する。液晶分子のナノスケールあるいはサブナノスケールにおける自己組織化プロセスによる規則的

な孔の構造形成・配向・界面機能を制御することにより、従来の膜材料では不可能であった効率的な輸送・分離を達成することを目標とする。

本年度は、ナノ空間における水分子やイオンの移動・輸送について、第一原理計算法や分子動力学法などの計算科学手法によるシミュレーションを行った。異なる幾つかの液晶の分子構造および集合構造に対してシミュレーションを行い、それらと膜機能の関係を検討している。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 水処理材料、分離・濃縮膜、液晶高分子、自己組織化、シミュレーション

【研究 題目】 エレクトロスプレー繊維加工技術の開発

【研究代表者】 脇坂 昭弘（環境管理研究部門）

【研究担当者】 脇坂 昭弘、小原 ひとみ、
金久保 光央（常勤職員3名）

【研究 内容】

繊維加工、特に糸加工は、機能加工薬液溶液や染色液中への浸漬→洗浄→乾燥を繰り返して行うため、大量の廃液と熱エネルギー消費が大きな環境負荷を与えている。このため、エレクトロスプレー法によって加工薬液溶液を帯電した極微小液滴に断片化し、それらを電場の制御によって糸に集束・定着させるエレクトロスプレー繊維加工装置を開発し、高品質加工と加工プロセスにおける環境負荷低減を高いレベルで実現することを目標とする。今年度は、高速染色加工が可能な試作装置を設計製作し、愛媛県産業技術研究所において実証試験を行った際に問題となったエレクトロスプレー染色液の飛び散りの防止、即ち、糸に対するエレクトロスプレーの集束効率の向上に対応するため、エレクトロスプレーノズルと加工糸間の電場とエレクトロスプレーされた荷電液滴の飛行経路について、コンピュータシミュレーションを実施した。その結果、エレクトロスプレーノズル先端から放出された液滴が空気抵抗によって速度を落としながら糸に到達する軌跡、および糸を飛び越した液滴も電場によって糸に引き寄せられる軌跡が再現できた。また、飛散抑制のための絶縁板を設置した場合の荷電液滴の軌道の変化についても実際の挙動を再現することができた。高速加工に対応したマルチノズルを使用した際のエレクトロスプレーの集束効率を最適化する電場の設計へ適用可能となった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 エレクトロスプレー、繊維加工、染色、抗菌

【研究 題目】 希薄な希土類元素の選択的吸着分離剤の開発

【研究代表者】 尾形 剛志（環境管理研究部門）

【研究担当者】 尾形 剛志、成田 弘一、田中 幹也

（常勤職員3名、他1名）

【研究 内容】

希土類元素は先端産業に必須であるが、生産地が偏在し、供給体制は不安定である。希土類元素の安定供給を目指し、未利用資源からの回収を検討している。未利用資源の多くは含有している希土類元素が希薄である一方、鉄などのベースメタルが高い濃度で共存している。希薄な対象物を回収する技術としては吸着法が適しているが、高濃度のベースメタル含有液から希薄な希土類元素を選択的に吸着分離できる吸着剤は無いのが現状である。

本研究では希土類元素に対して選択性に優れ、吸着量および吸着速度が大きく、繰り返しの使用で劣化の少ない実用的な吸着剤の開発を目的とし、粒径が0.5 mm程度の球状高分子粒子を担体とした吸着剤の作製を行なった。

粒子の骨格となるスチレン、ジビニルベンゼンと反応性官能基のメタクリル酸グリシジルを懸濁重合法で共重合することにより、粒子径0.5 mm程度の球状高分子粒子を合成した。この粒子にエチレンジアミン、ジグリコール酸無水物を順次反応させることで、希土類元素に対して高い選択性が期待できるジグリコールアミド酸基を導入した高分子吸着剤を作製した。この吸着剤は希土類元素に対して高い選択性を有し、吸着量、吸着速度、繰り返しの使用に関しても良好な結果が得られた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 希土類、資源回収、レアメタル

【研究 題目】 スライド型ナノアクチュエータの開発に向けた基盤技術の確立

【研究代表者】 武仲 能子（機能化学研究部門）

【研究担当者】 武仲 能子、関口 ちか子
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

近年、ロボットの小型化が進むにつれ、その動力機関であるアクチュエータの小型化が求められている。これまでのアクチュエータの主流である電動モーターでは、設計の複雑さや放熱の問題などから更なる小型化が困難になっており、全く異なるメカニズムで駆動する小型アクチュエータの開発が期待されている。このような流れの中で、最近、ソフトマテリアルを用いたアクチュエータが注目されている。ソフトマテリアルとは、液晶・高分子・コロイド・ゲルなどの“やわらかい物質”の総称である。ソフトマテリアルを用いたアクチュエータの多くは、光、電場、磁場などの外部刺激に対して、複雑な回路や設計なしに、自発的に形を変え、変位や力を発生する。そこで本研究では、液晶に着目し、スライド型ナノアクチュエータの開発を行っている。本年度は、液晶内に分散させたマイクロ粒子を外部刺激によって運動させる系を開発し、この系の特性、駆動のメカニズムについて検討した。外部刺激には、系に非接触に刺激を与え

られる紫外光を用いた。液晶内のマイクロ粒子は、紫外光照射とともに、光から遠ざかる方向に動き、光照射をやめると元の位置に戻ることが分かった。駆動距離は μm ~ 数十 μm 程度で、光強度に比例して変化した。液晶内で微粒子が駆動する研究は多くあり、メカニズムとして電気対流や電気浸透流、液晶欠陥の相互作用などが利用されているが、今回の系では照射紫外光によって生じた熱が原因であることも明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】人工筋肉、アクチュエータ、液晶

【研究 題目】光脱着型 CNT 分散剤を用いた微細加工可能なフレキシブル塗布型透明導電膜作製技術の開発

【研究代表者】松澤 洋子 (機能化学研究部門)

【研究担当者】松澤 洋子、高田 裕子
(常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

透明導電膜は、各種表示装置、タッチパネルなどの出力装置、さらに薄膜太陽電池など、今後ますます市場拡大が期待される分野における主要な材料である。近年では、透明性と導電性の両立に加えて、「使いやすさ」も指標に加わり、透明導電膜のフレキシブル性が重要な特性に挙げられるようになってきた。透明電極市場は2020年には51億ドル規模(2012年は19億ドル)になるとみられ、その殆どをディスプレイとタッチセンサが占めている。また、ディスプレイ市場では2019年にはフレキシブルディスプレイが市場全体の11%まで増加すると予測されている。透明導電膜材料としてはITO(酸化インジウム錫)がシェアの殆どを占めているが、主原料であるInの資源としての国際的偏在性による代替材料の開発や、透明導電膜を用いるデバイスの多様化に伴い、様々な透明導電膜が要求されるようになってきた。本課題では、これまでに見出したシーズ「光反応によりカーボンナノチューブ(CNT)の分散性を制御可能な分散剤」を、パートナー企業が有する卓越したナノ材料製膜技術を協働して、ウェットプロセス用CNT塗料の創製、および微細加工可能なCNT透明導電膜作製技術の確立を目指す。本年度は、昨年度に引き続いて塗布に適した溶液の作成条件ならびに塗布条件について検討し、優れた電気特性を示すCNT薄膜を作製可能な条件を見出すことができた。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ナノチューブ、有機電解質化合物、有機光化学、コロイド界面化学

【研究 題目】機能性バイオ化学品の用途拡大を自指した大量製造技術の開発

【研究代表者】森田 友岳 (機能化学研究部門)

【研究担当者】森田 友岳、羽部 浩、小池 英明、

雑賀 あずさ (常勤職員3名、他1名)

【研究 内容】

バイオマスから微生物が生産する一部の糖脂質は、優れた物性と機能を発揮するため、新たな機能性バイオ化学品としての実用化が期待されている。一方、化学品としての市場競争力を高めるためには、大量製造技術の開発による大幅なコスト削減が技術課題となっている。本研究では、化粧品素材としての実用特性に優れ、既に部分的に実用されている担子菌酵母 *Pseudozyma tsukubaensis* のマンノシルエリスリトールリピッド(MEL-B)に着目し、遺伝子組換え技術による *P. tsukubaensis* の育種・改良と、MEL-B生産効率の大幅向上および機能性バイオ化学品としての普及・拡大の可能性を検証することを目的とする。

本年度は、次世代シーケンサーで *P. tsukubaensis* のゲノム情報を取得して、遺伝子発現プロファイルを網羅的に解析した。その結果を活用して、MEL-B生合成遺伝子クラスターを同定し、またMEL-Bの生産量の向上を目的とした遺伝子組換え株を創出するためのターゲット遺伝子を選定した。また、*P. tsukubaensis* の遺伝子組換えによる育種・改良のための基盤を構築するため、宿主ベクター系と遺伝子導入技術を確立した。さらに、*P. tsukubaensis* の遺伝子組換え株を創出してMEL-B生産性を評価し、パイロットスケールでのMEL-B製造を実証した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】酵母、糖脂質、界面活性剤、遺伝子組換え、ゲノム科学

【研究 題目】研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム フィージビリティスタディステージ探索タイプ「可搬型血液濾過システムの開発」

【研究代表者】山根 隆志 (神戸大学)

【研究担当者】丸山 修 (健康工学研究部門)
(常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

心不全あるいは腎不全のために緊急に除水を必要とする患者から、簡便かつ安全に除水する可搬型除水システムを開発し、救急医療のほか在宅医療、ひいては被災地医療にも使える除水システムを提供することを目的とした。このため、透析液が不要な濾過方式を採用し、血液循環回路には小型遠心ポンプを開発した。羽根直径34mmの小型遠心ポンプを設計・試作し、流体力学性能の確認、および血球破壊の低減を実験室で試験評価した。さらに製品血液フィルターと組み合わせた麻酔下ブタ動物実験により、遠心ポンプがローラーポンプよりも、血液フィルターの中空糸膜間抵抗および循環抵抗が少ないことを実証した。その結果、遠心ポンプがローラーポンプに対して、フィルターのファウリングおよび血液流路

の目詰まりに関して非劣性であることと、小型可搬であることの圧倒的な優位性を実証した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】可搬型、血液濾過、遠心ポンプ、除水

【研究 題 目】無反射ナノ構造体による撮像用マイクロレンズの製造技術開発

【研究代表者】栗原 一真（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】栗原 一真、穂莉 遼平、倉島 優一、高木 秀樹、鎌田 かおり（常勤職員4名、他1名）

【研究 内 容】

近年、マイクロレンズユニットは、8～12メガピクセル以上の高解像度をもち、小型化したレンズユニットを低価格で提供することが要求されている。本研究は、マイクロレンズの表面にナノ構造体を作製することで、反射防止コートと同等の反射防止効果を得て、蒸着工程を省ける製造技術を開発している。

本課題では、成形だけで既存の反射防止技術と同等の反射防止特性を実現するナノ構造体金型と、そのナノ構造体の金型を用いて、撮像用マイクロレンズに要求される低光収差を実現する成形技術の研究開発を行い、量産化の目途を立てることを目標とする。

平成26年度は、ナノ凹凸構造体の検討と金型を改良し、平成25年度より、より高精度の面精度や入射角度による反射防止特性を向上させた反射防止ナノ構造体を実現することができた。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】ナノ構造体、反射防止、モスアイ、サブ波長光学素子、光学レンズ

【研究 題 目】SOFC 高機能化のためのイオン電子流れ解析技術の開発

【研究代表者】山地 克彦（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】山地 克彦、石山 智大、Katherine Bagarinao、岸本 治夫、堀田 照久、王 芳芳（常勤職員5名、他1名）

【研究 内 容】

固体酸化物形燃料電池の電極の開発は多くの場合試行錯誤によっており、必ずしも効率的な開発がなされてこなかった。高温のガス雰囲気下で使用できる計測手法が限られており、電極界面で生じる現象の正しい評価が困難である事が一因である。本研究は、電極の実環境を評価する計測手法を開発することで、電極設計を可能にすることを目指している。

課題の設定にあたっては、SOFC の高電流密度化（低コスト化）、高耐久性・信頼性化の同時実現に資することで、SOFC の本格的な普及を促進し、エネルギーの高効率利用

に量的な貢献をなすことを企図し、

- ① 動作可能温度域拡大のための低温作動カソードの開発
- ② 燃料多様化のためのアノードの担体効果の解明の2項目に取り組んでいる。

今期、空気極に関しては、反応性・性能を向上するために、引き続き酸素表面反応速度の検討を行っている。パルスレーザー蒸着法による酸化物薄膜のモデル電極を作製し、安定同位体酸素ラベル法及び二次イオン質量分析（SIMS）による固体中の酸素（酸化物イオン）の動きを調べている。モデル電極の結晶面方位や微構造などの特性を評価することによって、空気極の表面形態・微構造が酸素表面反応速度に大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。燃料極に関しては、GDC の炭素析出抑制効果に及ぼす還元処理の効果を明確化するために、還元処理時の酸素分圧をパラメータとして炭素析出抑制効果を評価した。酸素分圧が高い条件では、EDS 分析およびラマン分光分析でも Ni 上に炭素析出が確認されたが、その量は還元処理時の酸素分圧の減少に伴い減少し、最も酸素分圧が低い条件では炭素析出は確認されなかった。この結果は、還元時の酸素分圧によって GDC の物性が変化したことが寄与していると考えられる。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】燃料電池、固体酸化物形燃料電池、SOFC、酸素交換反応、炭素析出

【研究 題 目】海洋生態系の酸性化応答評価のための微量連続炭酸系計測システムの開発-性能評価・微量計測システム開発

【研究代表者】佐藤 縁（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】佐藤 縁、嘉藤 徹（常勤職員2名）

【研究 内 容】

本研究では、小型・省電力で、長期に安定的に微量・連続試料のアルカリ度をフロー系で計測するシステムを開発することを目的にしており、システムの目標性能を達成するために、以下の開発項目について検討を行っている。

- A) 微量計測：微小電極の開発。マイクロチップポンプの導入。
- B) 省電力・小型化：マイクロチップポンプの導入。温度制御方式の検討。
- C) 安定計測：電極の安定性を高める。ドリフト対策。比色法の検討。
- D) 実験室・実海域への適用：最適な電源ユニット、ブイシステム。
- E) 標準海水の作成・維持：2次標準試料の作成・維持。

今年度は、これらの開発項目に関連し、各要素が取り得る誤差に対して目標精度を安定的に達成するためのロバストデザインを検討した。研究はチーム代表の東京大

学大学院理学系研究科（茅根研究室）と一緒にいった。上記のうち A)と B)にあたるポンプ部については小型のピエゾポンプの導入を決定した。C)については、ミリメートルスケールの TAS (mini-TAS) を用いた流路の導入および検討することで、チューブレス且つ小型化を目指した。D)については、電源についてはリチウム電池を採用し、一か月間の長期観測のめどが立った。E)にあたる2次標準試料の作成と維持については、平成26年度に引き続き Scripps 海洋研究所の Dickson 教授と協力し、安価且つ大量な生産体制の維持に努めた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 pH 測定、環境計測、電気化学分析、比色測定、マイクロタス

【研究 題 目】 自己組織化ナノ液晶高分子の精密構造評価と二次電池電解質への応用

【研究代表者】 細野 英司（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】 細野 英司、朝倉 大輔、嶋田 陽子、河島 明美（常勤職員2名、他2名）

【研究 内 容】

資源やエネルギーを有効に活用するため、あるいは環境に問題の無い安全安心社会を作るため、必要なモノを必要な量だけ選択的かつ効率的に輸送・分離する材料や有害物質やウイルスなどを高度に除去する材料の開発が期待されている。本研究では、規則的なソフトナノ空間を有し、分子やイオンを高選択的に輸送・分離する革新的素材である自己組織化ナノ液晶高分子の開発において、精密構造評価と二次電池電解質への応用を行うことを目的とする。

液晶高分子のナノスケールあるいはサブナノスケールにおける自己組織化プロセスによる規則的な孔の構造形成・配向・界面機能を制御することにより、従来の膜材料では不可能であった高効率な輸送・分離を達成することを目標としており、今年度は、自己組織化ナノ液晶高分子の構造評価とリチウムイオン二次電池の電解質への応用について取り組んだ。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 リチウムイオン二次電池、電気化学、高分子

【研究 題 目】 高温超伝導固定子巻線技術の研究開発

【研究代表者】 古瀬 充穂（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】 古瀬 充穂（常勤職員1名）

【研究 内 容】

中・大型電気自動車や鉄道用の高効率・高トルク密度超電導モータの実現を目指し、大電流密度高温超電導コイル技術の開発を行っている。

実現しようとしているモータは、京都大学を中心としたグループが開発した「高温超電導誘導同期回転機」（従来のかご形誘導モータのかご形巻線を高温超電導線

材で構成したもの）をベースとし、さらに固定子巻線も超電導化した全超電導モータである。高温超電導誘導同期回転機は、同期・非同期トルクの両立、それによる制御性能向上、同期運転による高効率化といった、従来機では実現できない特性を持つ。そのため十分なトルク密度を持つモータが実現できれば、電気自動車等の一層の高効率化、始動・加速特性の大幅な向上が期待できる。

固定子巻線の超電導化には、レーストラック形状巻線技術の確立、鉄心中での大電流量化、低交流損失化などの技術課題がある。

平成27年度は、垂直巻固定子構造の実用化に向け、固定子鉄芯に対してイットリウム系高温超電導線材を垂直に巻線し、通電特性の評価を行った。これまでに開発した半田接続を伴わない導体転位巻線法を用いて、イットリウム系導体を並列に巻線することにより、大電流量化を実現した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 超電導回転機、電気自動車、誘導同期回転機、高温超電導コイル

【研究 題 目】 金属 - 空気電池における正極および電解質の開発

【研究代表者】 周 豪慎（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】 周 豪慎、松田 弘文、劉 銀珠、北浦 弘和、朝倉 大輔、岡垣 淳、Liao Kaiming、Liu Xizheng、Yi Jin、Sun Yang（常勤職員6名、他4名）

【研究 内 容】

重量当たりの高いエネルギー密度を有するリチウム-空気電池では、電解液の分解による特性の劣化が解決すべき重要な課題となっている。特に、空気極の触媒に用いたカーボン系材料が充電時に分解していることが指摘されており、このことが電解液の分解や放電生成物 Li_2O_2 との副反応による過電圧の上昇を促進している可能性がある。このため、カーボン系材料を代替する触媒の開発が模索されている。高い電子伝導性や多孔質構造を有し、強酸化性環境下でも安定で、酸素還元反応（ORR）および酸素発生反応（OER）両方で触媒活性を有することが求められる代替材料の候補として、ナノ細孔構造を有する金、炭化チタン、ルテニウムを担持した酸化インジウムスズ等を空気極の触媒とするリチウム-空気電池がこれまでに開発されており、良好なサイクル安定性や過電圧の低減が実現しているものの、重量当たりの容量特性においては軽量のカーボン系材料に大きく劣っている。そこで本研究では、アンチモン添加酸化スズおよびルテニウムのナノ粒子複合体触媒を担持したカーボンフリー空気極を用いてリチウム-空気電池を作成し、大容量で低過電圧かつ、安定な充放電サイクル特性が得られることを確認した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 触媒、空気極、リチウム空気電池

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

〔研究代表者〕 宗像 鉄雄（省エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 宗像 鉄雄、伊藤 博、染矢 聡、中納 暁洋、坂田 藍美（省エネルギー研究部門）前田 哲彦（再生可能エネルギー研究センター）
（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

固体高分子形燃料電池（PEFC）の性能向上に資するため、ガス拡散層（GDL）撥水性分布及びマイクロポーラス層（MPL）素材構造の影響評価と燐光分子センサによるガス流動の可視化手法開発に関する研究を行ない、GDL および流路構造の構造最適化に向け研究を進めた。特に今年度は、燐光分子センサを用いた酸素濃度可視化法を開発し、運転中の燃料電池の GDL 表面における酸素濃度の二次元可視化計測を実現し、MPL を含む GDL および流路構造の最適化に資する有用な知見を獲得することができた。

具体的には、酸素分圧に応答する燐光分子センサを、GDL 撥水性能や燃料電池性能に影響を与えることなく GDL 表面に塗布する方法を見出した。酸素分圧、温度への依存性など燐光分子センサの光学特性を明らかにした。得られた知見を統合し、酸素の濃度を二次元的に可視化する手法の開発に成功した。

また、昨年度までにその構造の最適化を行った GDL を JARI 標準セル準拠の単セルに適用し、幅や深さといった形状の異なるガス流路が燃料電池性能に与える影響を評価した。燐光分子センサを用いた上記の手法を駆使して燃料電池内の酸素濃度分布を計測しながら、性能評価を行った結果、燃料に対する酸素の化学量論比が1.9未満の場合に、流路構造が反応度分布に影響を与えることが明らかとなった。これらの評価試験から、MPL を含む GDL および流路構造の最適化に資する有用な知見を得た。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 燃料電池、ガス拡散層、流路構造、酸素濃度分布

〔研究題目〕 次世代鉄道システムを創る超伝導技術イノベーション

〔研究代表者〕 淵野 修一郎（省エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 淵野 修一郎、古瀬 充徳
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

平成27年度には超電導送電ケーブルの課題、特に長

距離冷却システム構築のための検討課題の中から、送液ポンプに関して実用化への課題検討を行った。

現状の送液ポンプを調査したところ、効率、信頼性に課題があることが判明したので、これらの課題解決のために、洋上風力用超電導発電機冷却に用いる循環ポンプの開発で取得した技術を超電導送電ケーブル用送液ポンプへと適用するための開発課題を検討した。

現状の課題と対応を以下に示す。

- ・磁気回転往復動機構の確立
スラスト力向上→磁極の最適構造検討（磁性体の配置等の再解析）、支持磁極部の増加、ピストン重量の軽減（2/3に軽減）

- ・ラジアル支持機構（気体軸受）の確立

ラジアル気体軸受からポンプ部までのオーバーハングの低減→気体軸受間隔の増大

次に超電導送電ケーブル用送液ポンプの設計指針を示す。

先ず設計仕様は以下の様に定めた。

- ・設計仕様

冷媒：サブクール窒素（65~70 K）、流量：毎分30リットル、吐出圧力：0.3~0.4 MPa、ベース（吸入圧力）：0.1~0.2 MPa、揚程0.2 MPa

次に高揚程化のための対策を行った。

ポンプ部の対向化、ポンプの多段化、気体軸受→液体軸受の変更以上の設計指針に基づき、ポンプ設計を行ない、その高信頼性、高効率性を担保できることが明らかになった。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 超電導送電ケーブル、送液ポンプ、非接触、信頼性、効率

〔研究題目〕 ディーゼル噴霧におけるノズル内部・近傍流動の先進光学計測

〔研究代表者〕 文 石洙（省エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 文 石洙、小熊 光晴、HUANG Weidi
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

次世代エンジンの50%熱効率に向けた、「燃焼速度および燃焼相制御による等容度向上」、「コンパクトな火炎形成による熱損失低減」を実現するためには、高精度の混合気制御を可能とする革新的な噴射技術の導入が要求される。エンジン内の混合気制御を目標とした多段噴射などの従来の噴射技術は、各段の噴射における噴射圧力や噴射弁挙動の制御性能が十分ではない。本事業では、混合気の制御性能を更に高める手段として、可変噴射率噴射と超高压噴射を組み合わせる新たな噴射制御戦略を適用し、それに関する詳細解析を行う。X線噴霧計測を行い、様々なノズル仕様、噴射圧力、可変噴射パターンがノズル内部流れから下流の混合気形成までの一連の過程におよぼす影響を解明し、その結果を元に、今後の噴

射系に必要な性能・機能を明らかにすると同時にエンジン数値解析の精度を高めることを目指している。

5年課題の2年目である平成27年度には、平成26年度に構築した高速 X 線撮影装置を用い、微小量パイロット噴射からメイン噴射までの幅広い噴射条件に対する X 線計測を行い、可変噴射条件における過渡的なニードル挙動がノズル内部および近傍流動のダイナミクス構造におよぼす影響を解明した。得られた結果を元に、過渡的なニードル挙動からノズル出口の噴射速度を予測する新たなモデルを提案し、そのモデルの予測精度を検証した。平成27年度に得られた成果は、SIP ディーゼル燃焼チームで推進する、可変噴射の高度数値解析技法開発および狙い通りの混合気を形成させるための噴射手法提示に有用なものとして高く評価されている。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕革新燃焼技術、燃焼制御、超高压噴射、可変噴射率噴射、X 線噴霧計測

〔研究題目〕誘電体バリア放電を用いた予混合気の燃焼促進法の開発

〔研究代表者〕高橋 栄一（省エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕高橋 栄一、瀬川 武彦、小野 拓磨、広津 敏博（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

自動車用エンジンの熱効率の革新的な向上のためには希薄燃焼の実現を含め、各種損失の削減など、総合的な取り組みが不可欠と考えられている。本研究では、その中でも希薄化に伴う予混合気の着火性の悪化、燃焼速度の減少に対処するために、近年注目されている非熱プラズマによる燃焼支援技術の一つとして、誘電体バリア放電による燃焼促進技術の開発を目指している。非熱プラズマは従来のスパーク放電の様な熱を利用するプラズマに比べて高いエネルギーの電子成分を有し、従来の燃焼における化学反応経路とは異なった反応を実現できる可能性を有している。本研究では様々な非熱プラズマ生成技術の中で耐久性の高い誘電体バリア放電に着目した。本年度は昨年引き続き非熱プラズマの効果を評価するために、前年度に検証した燃料に加え、イソオクタン、メチルシクロヘキサン、サロゲート燃料に対して圧縮着火実験を行った。その結果、特に非熱プラズマは着火遅れ時間の負温度領域における短縮効果を有することが分かった。また、プラズマによるノッキング強度の顕著な増大は試験条件の範囲では見られなかった。さらに、燃焼室筒内型のリアクタを開発し、それによって着火が促進されることを、レーザー着火、およびスパークプラグ着火に対して示した。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕希薄燃焼、EGR、誘電体バリア放電

〔研究題目〕音楽を中心とした類似度可視化情報環境

の実現と全体統括

〔研究代表者〕後藤 真孝（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕後藤 真孝、濱崎 雅弘、中野 倫靖、深山 覚、加藤 淳、佃 洗撰
（常勤職員6名、他6名）

〔研究内容〕

本研究は、創作支援技術と鑑賞支援技術を研究開発することで、音楽や動画のようなメディアコンテンツの創作や鑑賞を誰もが能動的に楽しめる社会や、過去のコンテンツに敬意を払う文化、感動体験重視型のコンテンツ文化の実現を目指している。そのために、コンテンツを豊かで健全に創作・利用する「コンテンツ共生社会」の確立に向けた研究開発に取り組み、コンテンツ間の類似度を人々が知ることができる（可視化する）情報環境を実現する技術基盤を構築する。

平成27年度は、前年度までに取り組んできた創作支援技術を発展させ、ユーザが楽曲に合わせて歌詞をアニメーション化できる歌詞アニメーション制作支援サービス「TextAlive」を実現し、平成27年9月には一般公開とともに実証実験を開始して、その研究成果をプレス発表した。TextAlive では音楽理解技術とプログラミング環境技術を融合し、ユーザが楽曲を選んで動画のスタイルを指定するだけで、音楽理解技術であらかじめ解析された発声タイミングやサビ情報などを利用して、様々な演出の歌詞アニメーションを制作可能にした。さらに、ユーザ自身もテンプレートやその編集用インタフェースを TextAlive の画面上でプログラミングし、他のユーザと共有できる機能も実現した。

鑑賞支援機能の研究も発展させながら実証実験を継続し、音楽理解技術に基づいて Web 上の楽曲を解析する能動的音楽鑑賞サービス「Songle」に関しては、その自動解析結果を外部から活用して開発ができるフレームワーク「Songle Widget」を改良して外部連携機能を強化した。

さらに、歌声と伴奏を含む音楽音響信号を対象として、音楽的要素の確率的生成モデルに基づく音楽の類似度の推定も実現した。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕音楽情報処理、音響信号理解、音楽コンテンツ類似度、音楽インタフェース

〔研究題目〕偽造困難なデバイスを用いた IoT セキュリティ管理システム

〔研究代表者〕田中 良夫（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕田中 良夫、古原 和邦、小方 一郎、辛 星漢、須崎 有康、戸田 賢二、関谷 祐美子（情報技術研究部門 常勤職員6名、他1名）
堀 洋平、片下 敏宏（ナノエレクトロニクス研究部門 常勤職員2名）

【研究内容】

本研究は、IoT デバイスとその管理システムの乗っ取りリスク、乗っ取り後の影響、ならびに偽装もしくは模倣デバイス混入リスクを低減することを目的とする。

今年度は IoT デバイスあるいはそれらの管理システムにおいて乗っ取りの検知、および防止する手法について研究として、Trusted Computing の適用可能性を調査し、Trusted Computing の機能の実装が容易な PC 上で動作確認を行った。IoT デバイスと仮定したノート PC が電源投入後からの起動ログの SHA1ハッシュを、ハッシュチェーンとして改竄困難な TPM に記録した。リモートの TTP で検証する場合には、この TPM が持つハッシュチェーンからプラットフォームの完全性情報を作成し、TPM 内の秘密鍵で暗号化した。暗号化された完全性情報は TPM の秘密鍵の対となる公開鍵でのみ復号できる。この公開鍵はリモートの TTP にあらかじめ登録しておき、安全にプラットフォームの完全性情報をリモートの TTP に転送、復号および検証できることを確認した。また、IoT デバイス向けの鍵管理方式に関して検討を行った。具体的には、IoT デバイス向けの鍵管理方式のユースケースとして大きく消費者向けとビジネス向けに分類することができ、前者においては、セキュリティに加えて利便性も重視されることから、短いパスワードや、単純なアクションパターンなどの短い秘密から暗号学的に強い鍵を共有でき、また、現在 ISO/IEC 11770-4としての国際標準化も進んでいる AugPAKE との相性がよく、後者は悪意のある利用者によるサイドチャネル攻撃を難しくできる PUF ベースの鍵共有プロトコルとの相性がよいとの結論に至った。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】IoT、セキュリティ、Trusted Computing、鍵管理方式

【研究題目】触媒の表面化学、構造解析と設計

【研究代表者】藤谷 忠博
(触媒化学融合研究センター)

【研究担当者】藤谷 忠博、中村 功 (常勤職員2名)

【研究内容】

ジメチルトリスルフィド (DMTS, $\text{CH}_3\text{SSSCH}_3$) は、水質汚濁の原因となる臭気硫黄化合物の一つであると共に、清酒の貯蔵により生じる劣化臭の主成分であることが知られており、現在、DMTS を取り除くための検討が行われている。最近、金触媒が DMTS の除去に効果的であることが報告された。しかし、金表面上における DMTS の除去メカニズム、すなわち、DMTS が金上でどのような形で吸着あるいは分解されるのかはわかっていない。このメカニズムを明らかにすることは、より高性能な金触媒を設計する上で重要な知見となる。そこで、本研究では、金上での DMTS の反応特性を明らかにするために、Au(111)単結晶表面を用いて、DMTS の吸着

および分解特性について調べた。

DMTS 吸着特性に対する吸着温度の影響を調べた結果、100~300K において、 CH_3S 種と CH_3SS 種に解離吸着し、その解離吸着速度と飽和吸着量は、吸着温度に依存しないことがわかった。これに対して、生成した CH_3S 種と CH_3SS 種の分解特性は生成温度に強く依存することが示された。具体的には、100K で生成させた表面では、 CH_3S と CH_3SS は各々単独で分解したのに対して、150K では、 $\text{CH}_3\text{S}+\text{CH}_3\text{SS}$ の反応も新たに確認され、200K および300K では、 $\text{CH}_3\text{S}+\text{CH}_3\text{SS}$ 反応のみが進行した。Au(111)表面上における CH_3S 種と CH_3SS 種の吸着構造が生成温度で変化するために、異なる分解特性になったと示唆される。すなわち、100 K では、 CH_3S 種と CH_3SS 種は別々のアイランドとして吸着し、生成温度の上昇に伴って、それらの吸着構造がランダムになるものと考えられた。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】金触媒、ジメチルトリスルフィド、吸着と分解

【研究題目】アンモニア分解技術

【研究代表者】藤谷 忠博
(触媒化学融合研究センター)

【研究担当者】藤谷 忠博、中村 功、高橋 厚
(常勤職員3名、他3名)

【研究内容】

担体の役割を明らかにするために、種々の金属酸化物上に Ni を担持した触媒を用いて、アンモニア分解活性および物理化学的特性を調べた結果、担持 Ni 触媒に対するターンオーバー数 (TOF) は金属酸化物担体の種類に強く依存することが示され、活性点は同質ではないことがわかった。TOF と N_2 脱離温度の間には、山型の関係があることを見だし、アンモニア分解活性は、Ni-N 結合エネルギーによって支配されていることがわかった。山型の関係が得られた原因は、アンモニア分解反応の律速過程が Ni-N 結合エネルギーによって異なるためであり、その結合エネルギーは金属酸化物担体によって変わることを明らかにした。

各種担体を用いた Ru 系触媒上でアンモニア分解活性を検討した。その結果、MgO 担体が高い活性を示すことがわかった。また、触媒活性は、Ru-N 結合エネルギーで整理され、担体は、この特性を制御していることを明らかにした。共沈法で調製した触媒は、非常に安定な活性を示すことも明らかにした。

共沈法による Ru/MgO 触媒の大量生産法を検討した。その結果、沈殿の生成速度を遅くすることが、Ru 金属の分散性を向上させ、その結果、触媒活性が増大することが明らかになった。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】アンモニア、触媒、水素製造

〔研究題目〕大規模社会シミュレーション実行計画機構の開発および全体調整とパッケージ統合

〔研究代表者〕野田 五十樹（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕野田 五十樹、山下 倫央、松島 裕康、辻 順平（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

本研究ではシステム挙動分析・データ同化等の手法をHPCプラットフォーム上で簡便に実現するため、「MASS 計画・管理モジュール」および「MASS 分散実行ミドルウェア」の2つのレイヤからなる MASS 管理・実行フレームワークの構築を目標としている。この目標に対し、本年度は、共同研究先とともに、以下の業務を行った。

「MASS 計画・管理モジュール」については、2014年度に公開した OACIS の改良を進め、各グループが持っているアプリケーションを用いて性能検証および機能の充実を図った。この性能検証では、400万通りの避難シミュレーション設定の組み合わせについて複数のクラスターにまたがり並列シミュレーションを行い、避難時間に影響を及ぼす要因を複合要因を含めて解析・抽出することに成功している。また、扱うことのできる場合の数をさらにスケールアウトするため、OACIS の107実行数を超える領域のための実行管理ツール CARAVAN の開発に着手した。

また、「MASS 分散実行ミドルウェア」については、2014年度までに開発してきたライブラリを用いて、交通シミュレーションや経済シミュレーションなどのスケーラビリティが向上することを示した。同時に、それらのアプリケーションでの応用のフィードバックを受け、ミドルウェアの高速化・ライブラリ充実を図った。まず、言語処理系（X10）の移植および高速化については、市場シミュレーションを題材に、段階的並列化の導入とそれに基づき、規模や制度に応じて Execution Model を選択可能にする機能を導入した。また、エージェントシミュレーション分散実行基盤として、X10-based Agent Simulation on Distributed Infrastructure（XASDI）を開発・公開した。

これらのモジュール・ミドルウェアについては、金融・交通・人流シミュレーションを題材に、性能検証とともに、大規模な社会シミュレーションの応用手法の確立を進めている。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕社会シミュレーション、人工知能、ハイパフォーマンスコンピューティング

〔研究題目〕スマートアクセスビークルシミュレーション設計

〔研究代表者〕野田 五十樹（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕野田 五十樹、山下 倫央、落合 純一

（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では計算機制御によるバスとタクシーを包含するような新しい公共交通サービス（Smart Access Vehicle System (SAVS)と命名）の設計、実装、実証を目標としている。この目標に対し、本年度は、共同研究先とともに、以下の業務を行った。

2015年度人工知能学会（JSAI2015）における実証実験にむけて、函館市中心部を対象とした SAV の台数の変化がもたらす利便性の評価を行った。具体的には、タクシー（定員3名）を SAV として用いた場合と、ジャンボタクシー（定員8名）を SAV として用いた場合について、ランダムに発生させたデマンド（乗車要求）について、デマンド頻度と SAV 台数、利便性の関係をシミュレーションにより求めた。その結果、タクシーとジャンボタクシーに違いは見られないこと、JSAI2015の規模では SAV の台数が約30台で平均デマンド発生頻度間の違いが小さくなり、利便性は約50台で収束できることが判明した。この結果に基づき、実際の運用を行い、シミュレーションで予想した利便性に近い性能が得られることを確認した。

また、SAVS と、函館市の既存路線バスとの比較をとりあげ、シミュレーションを用いて既存の公共交通に SAVS を段階的に織り交ぜたときの、導入過程の効果の評価を行った。前年度まで行った研究では、従来の交通システムから新しい交通システムに移行させたときに、期待する効果を得られるかどうかの事前評価を、エージェントシミュレーションという手法を用いて利用者の利便性の評価を行ってきた。特にこれまでは、交通システムを完全にデマンドバスに移行させたケースの評価を行っているが、自治体がデマンドバスを導入するコストや、実際に導入させた時に利用者らがデマンドバスのシステムを認知していく過程も考慮すると、デマンドバスを段階的に導入したケースの評価が必要となってくる。今年度は、既存の公共交通に SAVS を段階的に織り交ぜたときの、新型公共交通の導入効果について網羅的に検証した。実験結果より、函館市において現状より、比較的スムーズにデマンドバスの導入が可能である可能性を示すことができた。特に、デマンドバスが普及し、デマンドバスの台数を増やすことができれば、利用者にとってはより早く目的地に到着することができる手段として、事業者にとってはより多くの利用者を獲得することのできる事業としての効果が期待できることが、実験結果により明らかになった。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕社会シミュレーション、人工知能、オンデマンド公共交通

〔研究題目〕人流解析による医療救護訓練の科学的解析手法の開発

【研究代表者】太田 祥一（東京医科大学）

【研究担当者】依田 育士、大西 正輝（以上、人間情報研究部門）（常勤職員2名）

【研究内容】

災害後急性期に発生する膨大な医療ニーズをいかに処理するかという観点から災害医療訓練を捉え、その効果を科学的に検証し、「減災につながる地域における自立した災害医療救護」を社会実装するためのマネジメント・ガイドラインを策定することを目的とする。

具体的には、医療救護訓練の人流解析や会話分析を通じて訓練プログラムの洗練化、標準化を図り、いつでも、どこでも、だれでも、楽しく訓練参加ができるような「Edutainment」性の高い訓練パッケージの構築を目指す。同時に、行政とも協働しながら、災害時の医療救護所設計指針などに関する提案を行う。

新宿駅西口医療救護訓練を中心に、その訓練内容を3次元画像認識による情報工学技術、ならびに社会学の会話分析を用いて、両者の知見を融合させながら、訓練を科学的に解析する手法を開発し、実際の訓練を観測・分析し、訓練のPDCAサイクルに反映させる。

H27年度は、H26年度の新宿駅西口医療救護訓練を詳細に解析し、その結果を新宿区医師会と検討した。さらに、より現実的な環境に近づけるために、訓練時の医療救護所エリアをパーティションで仕切り、実際の学校での医療救護所の形状に近づけた上で訓練を実施した。そして、訓練時のトリアージ医師と看護師、傷病者の動線を取得した。同時に、トリアージ医師の会話を取得した。動線と会話分析を継続し、最終的なPDCAサイクルのための解析を継続した。また、災害医療ガイドラインを基に、タブレットベースのIT教科書の実装を進めた。小中学生向けのARラリーの実装はほぼ終了し、産総研一般公開等でイベントを実施した。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】救急医学、医療救護訓練、動線解析、会話分析、シミュレーション教育

【研究題目】多世代視覚障害者移動支援システムにおけるクラウド・ナビ・訓練システムの社会実装

【研究代表者】関 喜一（人間情報研究部門）

【研究担当者】関 喜一、蔵田 武志、興梠 正克、一刈 良介、井上 拓晃（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

本プロジェクトでは、多世代の視覚障害者が協働で相互に移動支援を行う新しいタイプの移動支援社会システムの実現を目指す。具体的には、視覚障害者が携帯する汎用携帯型端末が、歩行時における移動アクセシビリティ情報を自動で収集し、クラウドを介して情報共有できるナビゲーションシステムを開発する。これにより、従

来は地域のボランティアによって収集されていたバリアフリー情報がビッグデータとして構築され、リアルタイムで配信されるようになる。また、地域での実証を通じて、多世代の視覚障害者の移動支援を核とした地域コミュニティ・デザイン手法を確立し、法制化・標準化等の社会制度化に取り組む。

平成27年度は、本研究開発の第2年度目であり、初年度の成果をもとに、ナビゲーションシステムの要素技術の開発、及び地域コミュニティ活動に重点をおいた。その成果は、以下のとおりである。

1) 測位技術の方式を衛星測位、PDR (Pedestrian Dead Reckoning)、BLE (Bluetooth Low Energy) および RGB-D に決定し、システムに実装する準備を行った。衛星測位、PDR のための加速度、ジャイロ、磁気センサー、BLE を用いた測位機能とナビゲーション機能を有するナビアプリを考案した。

2) ユーザインタフェース研究として、骨導ヘッドホンを使用した3次元音響の提示が可能であるか検証した。健聴者20名を被験者とし、可聴周波数全体に対応した気導及び骨導のヘッドホンを用意し、水平面上の16方向から音刺激を提示して、方向定位実験を行った。その結果、気導と骨導の定位成績は同じ傾向にあることがわかり、従来通りの気導ヘッドホンと同等の3次元音響技術が適用できることがわかった。

3) 前年度から継続してジェスチャ入力国際標準化の動向を調査した。その結果、現在ISO/IEC JTC 1/SC 35で標準化が進んでいる案件が本プロジェクトに制約を与えるような内容ではないことを確認した。

4) バーチャルマッピングパーティを開催した。視覚障害者が自律歩行するためには、現在位置を知る手掛かりになる情報や、安全な歩行に寄与する情報を収集し、共有することが求められる。そのような情報を収集する共創イベントに「マッピングパーティ」がある。本プロジェクトでは、マッピングパーティをバーチャルに実現することにより、同じ時間に同じ場所に集まらなければならないという負荷を大幅に軽減した上で、自律歩行に有用な情報を収集し、収集された情報を実際に視聴することで共有された情報がどのように活用可能かを検討することとした。本マッピングパーティでは、まず、全方位映像・環境音記録装置を用いて、マッピング作業の対象となる場所の全方位映像及び環境音データを収集する。この収集されたデータを用いて、いつでもどこでもバーチャルにマッピング作業を行うことができるが、本年度は、この考え方の普及、実際の使い方のレクチャ、利用者からのフィードバック獲得等を目的として、日本科学未来館で共創ワークショップ（ともにつくるサイセンタン！「部屋にいながらマッピングパーティ～視覚障害者移動支援システムの開発～」）を開催した。ワークショップの参加者には、デスクトップでの地図閲覧アプリ、HMD（ヘッドマウントディスプレイ）とヘッドホ

ンを用いた遠隔地バーチャル体験アプリ、AR（拡張現実）触地図アプリを用いて、遠隔地の地理的な状況の把握や雰囲気体験等をしていただいた。また、それらのアプリを用いて、店舗や施設等に代表される POI（Point of Interest）と、点字ブロック、段差、自動ドア等、主に視覚以外の感覚で認識可能な、歩行ルート情報における現在位置の手掛かりになる参照情報である POR（Point of Reference）を発見、登録する作業を体験していただいた。さらに、AR 触地図から、マッピング作業のリクエストの送信についても試していただいた。2日間で計6回（1時間/回）のワークショップを開催し、視覚障害者3名を含む10代から60代までの計42名の参加者があった。本格的な内容評価は平成28年度の課題であるが、POI と POR の登録数は598に及んだ。現場にいるという感覚は、デスクトップよりも HMD の方が高かったが、マッピング作業効率においては、デスクトップの方が高かった（デスクトップ/HMD=1.43）。

5) 歩行訓練システムにおける測位技術を見直し、精度を向上させた。従来の訓練システムでは、歩行動作を計測する際に、突発的な加速度計測値のノイズにより、誤って歩行開始と判定され、訓練生が停止しているのにも関わらず移動状態であると誤認識してしまうなどの不具合があった。今回はトリガとして、前後方向の加速度ではなく、上下方向の加速度を使用する方法を採用することにより、10 mほどの歩行でも誤差をなくすことができた。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】視覚障害、ナビゲーション、クラウド、情報アクセシビリティ、多世代共創、地域コミュニティ

【研究題目】交通・群集シミュレーションとハザード・リスク評価

【研究代表者】山下 倫央（人間情報研究部門）

【研究担当者】山下 倫央（常勤職員1名）

【研究内容】

本プロジェクトでは、災害時に大群集等による大混乱が予想される巨大都市の大規模ターミナル駅エリアを対象に、エリア特性と被害レベルに応じた震災・水害を想定した事前の対応行動計画と行動ルールを策定し、災害関連情報を入手した際、適切な対応行動を可能とする支援アプリを開発する。このため、災害関連情報に対する最適な対応行動の実現を支援するアプリケーションと、それをサポートする予測・予防のためのシステムとアプリケーション群である（1）エリア災害対応支援アプリケーション、（2）エリア特性に応じた複合災害の予測技術、および、（3）エリア災害予防のためのアプリケーション、の3つの研究開発を推進する。

平成27年度は、千住地域を対象とした避難対象地区の歩行可能領域を表す地図データの選定をおこない、歩

行者ネットワークデータ（昭文社）の導入を決定した。入手した地図データをベースに千住エリアを対象として、避難対象者となる地域住民のデータを避難シミュレーションに実装し、現状の避難状況を扱うことを可能とした。

千住エリアにおける避難を扱うためにデータの実装を進め、千住エリア内の様々な条件下の避難を扱うことを可能とした。約7万人の地域住民が直接、広域避難場所に移動する場合や、一度、一時集合場所に移動してから、広域避難場所に移動する場合、またそれらが混在する避難をおこなう場合にどのような状況になるかを検証した。

千住エリアを対象とした避難方法を検証する取り組みは学会でも高く評価され、合同エージェンツワークショップ&シンポジウム2015（JAWS2015）奨励賞を受賞した。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】避難シミュレーション、歩行者シミュレーション、災害避難、避難誘導、二段階避難

【研究題目】ゼロから創製する新しい木質の開発

【研究代表者】光田 展隆（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】光田 展隆、坂本 真吾
（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

本研究では合成生物学的観点から新しい、有用形質を備えた木質を植物に合成させ、バイオ燃料やバイオリファイナリー原料に適した植物を開発する。具体的には木質を形成しない変異体（*nst1 nst3*二重変異体）をベースに糖化しやすい形質を備えた木質を人工的に構築する技術をまずはモデル植物（シロイヌナズナ）で開発し、それを木本モデル植物（ポプラ）に調整、適用して糖化しやすい木質を持つ植物を開発する。これまでの実験結果などから、*nst1 nst3*二重変異体の表現型を回復させるのに有望と考えられる転写因子を、すでに77種類個別に導入した。また、全転写因子からすべてのサブファミリー、サブグループを網羅するように代表遺伝子300種類を選抜し、30遺伝子ずつまとめて導入した。個別導入系統のうち21遺伝子について、細胞壁含量や酵素糖化性を中心に評価し、細胞壁含量では野生株比で5割増加する系統を得た。そこで、これをさらに改変したコンストラクトを（研）森林総合研究所と協力してポプラに導入した結果、成長を阻害することなく野生株比で約4割木質密度を向上させることができた。同コンストラクトをリグニン合成系酵素遺伝子の変異体に導入したシロイヌナズナを作成したところ、野生株比で酵素糖化率が約1.7倍になり、最大約2.5倍多く糖が取れると計算された。また、別の転写因子を導入したものでは、野生株と同等の細胞壁含量を持ちながら酵素糖化率が野生株比で70%向上しており、リグニンを含まない画期的な細胞壁が肥厚していることを明らかにした。導入した転写因子 CEF はこれまで見つかっていなかった新しい細胞壁

の制御因子であることがわかっており、これまで注目されてこなかったやり方で細胞壁を制御して画期的な木質を生産させるための貴重なツールを手に入れたと言える。また、この系統のほかに、シロイヌナズナにおいて、茎が大幅に太くなった系統や、細胞壁中の特定の成分のみが合成される系統があることを見出し、それらの形質を引き起こす転写因子を同定し、再現性を確認した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】植物、ゲノム、木質、バイオエタノール、発現制御、遺伝子、バイオマス

【研究 題 目】水生根圏微生物の培養技術開発と根圏微生物ライブラリーの構築

【研究代表者】 玉木 秀幸 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 玉木 秀幸、鎌形 洋一
(常勤職員2名、他2名)

【研究 内 容】

水生植物は、その根圏や葉圏に多様な未知微生物を内包しており、そこには互いの成長を支え合う『水生植物-微生物共生系』が成り立っている。本研究では、未だ知られざる水生植物と微生物との共生系を開拓するとともに、それらを巧みに活用することにより、革新的な高次植生バイオプロセス技術の創成を目指している。特に、本研究では、未知微生物探索技術を駆使して、多様な水生植物種の根圏や葉圏環境から未知微生物を可培養化し、新しい水生植物共生微生物ライブラリーを構築するとともに、水生植物の成長を促進する新たな微生物 (PGPB: Plant Growth Promoting Bacteria) の取得を目指している。今年度は特に、バイオマスプラットフォームとして有望視されているウキクサ亜科植物に共生する未知微生物の探索に力を入れて取り組んだ。その結果、培養頻度が非常に低く、難培養性の門として知られる *Acidobacteria* 門や *Verrucomicrobia* 門に属する新規微生物の純粋分離に成功した。なかでも、*Acidobacteria* 門に属する新規細菌の一つは、実に綱レベルで新規という、系統学的に非常に新規性の高い細菌であった。その他、昨年度までの成果とあわせて現在240株以上 (100属以上) からなる水生植物共生微生物ライブラリーの構築に至っている。

次に、新たにウキクサ亜科植物から分離した新規微生物を対象に、水生植物の成長促進微生物 (PGPB) の探索を実施したところ、上述の *Acidobacteria* 門に属する綱 (class) のレベルで新規な細菌株、さらに同門の別の新属新種細菌株がウキクサ亜科植物の PGPB であることが明らかとなった。両株とも、コウキクサ (*Lemna minor*) の葉状体ならびにクロロフィ量を増大させ、その成長促進効果は既存株と同等かそれ以上であった。また、コウキクサ以外にも、ウキクサ (*Spirodela polyrhiza*)、アオウキクサ (*Lemna aoukikusa*)、ミジンコウキクサ (*Wolffia arhiza*) に対

しても成長促進効果があり、特にアオウキクサ (*Lemna aoukikusa*) に対して非常に高い成長促進効果を示した。また効率的に PGPB を探索する手法を開発し、本法を用いて新たに *Bacteroidetes* 門の新規 PGPB (新属新種レベル) を獲得した。この新規 PGPB は、ウキクサに対する成長促進効果が高いだけでなく、定着性の良い高性能 PGPB であることが明らかとなった。このように、バイオマスプラットフォームとして有望視されているウキクサ亜科植物に対する高性能 PGPB の取得に至っており、水生植物共生微生物の培養化ならびに新規 PGPB 探索に関する研究において着実に成果を挙げている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】水生植物、植生浄化、根圏微生物、16S rRNA 遺伝子、分子系統解析、未知微生物、ウキクサ亜科植物、バイオマスプラットフォーム、植物成長促進微生物 (PGPB)

【研究 題 目】アポミクシス関連候補因子の探索と検証

【研究代表者】 光田 展隆 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 光田 展隆、大島 良美、高木 優
(常勤職員2名、他1名)

【研究 内 容】

本研究では、独自性の高い植物転写因子リソースと胚発生研究・転写因子研究の経験を活かして、受精を介さずにクローン種子を形成する『アポミクシス』を人為的に誘導する技術を確立し、多様な植物に適用することを目指す。本技術が確立できれば、優良形質をもつ F1ハイブリッド系統やエリート系統の種子を介した固定が可能となり、植物育種に革命をもたらす。本研究では具体的にはシロイヌナズナの雄性不稔変異体を用いて、様々な転写因子のキメラリプレッサーを形質転換し、受精せずに種子や胚乳が形成されるラインを探索する。これまでに1000転写因子以上についてスクリーニングを完了し、受精なしに種子や胚乳の形成が起きるラインを多数同定した。これらのうち、本研究では受精なしに種子形成したラインに着目し、これらがアポミクシスによって生じたものであるかどうかを検証した。まずは次世代の抗生物質耐性の分離比を検証し、分離比が7:1以上に偏るものを選抜した。さらに導入遺伝子数とコピー数を調べて1遺伝子が1コピーのみ導入されていると考えられるケースを絞り込んだところ9遺伝子にまで候補が絞られた。これらについて今後 GFP 発現ラインとの掛け合わせなどを通じてアポミクシス性があるかどうかをさらに検証していく予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】植物、アポミクシス、遺伝子、シロイヌナズナ、種子

〔研究題目〕イネにおける技術検証；実用作物での検証・最適化

〔研究代表者〕高木 優（埼玉大学大学院理工学研究科戦略的研究部門）

〔研究担当者〕光田 展隆、大島 良美（生物プロセス研究部門）（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、独自性の高い植物転写因子リソースと胚発生研究・転写因子研究の経験を活かして、受精を介さずにクローン種子を形成する『アポミクシス』を人為的に誘導する技術を確立し、多様な植物に適用することを目指す。本技術が確立できれば、優良形質をもつ F1ハイブリッド系統やエリート系統の種子を介した固定が可能となり、植物育種に革命をもたらす。本研究グループではとくにシロイヌナズナで開発した技術のイネにおける技術検証を行う。より具体的にはイネにおける胚乳形成を誘導する因子の応用検証実験を行う。胚乳は単子葉穀類の可食部であるため、胚乳のみが発生する疑似種子も、穀物としては価値がある。また、シロイヌナズナ種子においては生来、発生途中で胚乳が退化してしまうため、胚乳発生制御因子の機能解析が十分に行えない。そこで、シロイヌナズナで同定された5個の胚乳発生制御因子のイネにおける相同遺伝子を探索し、6個の候補転写因子を見いだした。これらのキメラリプレッサーを効率よく発現させるため、トウモロコシユビキチンプロモーターで遺伝子発現を誘導し、シロイヌナズナ HSP ターミネーターで転写終結させる新しいバクターを開発した。これを利用してキメラリプレッサーコンストラクトを作製した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕植物、アポミクシス、遺伝子、イネ、種子

〔研究題目〕住環境向け色素増感型アンビエント太陽電池の研究開発

〔研究代表者〕廣瀬 伸吾（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕廣瀬 伸吾、明渡 純、瓜谷 紹子（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

セラミックス膜の室温成膜技術であるエアロゾルデポジション（AD）法を用いて、汎用フィルム上にセラミック半導体層を形成し、その半導体層をフィルム型の色素増感太陽電池（DSC）への用途展開に関する研究開発をおこなった。

AD法の粉体調製方法の最適化によって多孔度を精密に制御した半導体膜の汎用フィルム上への成膜に成功した。その高性能半導体膜を用いてフィルムでは世界最高レベルの発電効率（9%）を有するフィルム DSC の試作に成功した。

また、大面積・連続成膜技術として、複数ノズル間で

の干渉抑制に成功。複数ノズルでの連続成膜技術を確立し、長尺成膜に成功した。

フィルム基材に適し、ロール・ツー・ロールプロセスで使用可能な部材の選定を完了。またフィルムの透湿性を考慮したバリアフィルムを採用し、モジュール組込みに成功した。

電極構造の最適化により、大面積時の抵抗ロス低減に成功し、300 mm 幅（A4相当）フィルム DSC モジュールで実環境下での高い発電効率を得られた。これらの技術によって、フィルム DSC 連続生産技術の目処付けが完了した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕色素増感型太陽電池、エアロゾルデポジション、多孔質膜、透明導電膜

〔研究題目〕裁断の技術開発と製造条件確立ならびに量産実証パイロットプラント設計

〔研究代表者〕松崎 邦男（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕松崎 邦男、加藤 正仁（常勤職員2名）

〔研究内容〕

SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）革新的構造材料の研究開発課題「航空機実装を目指した超急冷マグネシウム合金の製造基盤技術開発」において、KUMADAI 超急冷マグネシウム合金薄帯の裁断技術の開発を行った。KUMADAI 超急冷マグネシウム合金はマグネシウム合金中で最も高い強度を示すことから、特にその軽量高強度を活かして、航空機の部材として期待が高まっている。超急冷マグネシウム合金を部材に応用するために、素材化技術およびその量産化技術を確立する必要がある。その素材化のために、液体急冷法により連続した薄帯の製造、薄帯の裁断、およびその固化成形における一連のプロセスの確立が必要であり、本研究では裁断技術の検討を行った。今年度は裁断装置を導入し、種々の裁断条件を調べるとともに、裁断用刃の形状、材質の確立を行った。刃の数を増加させることで、より短く裁断が可能であった。刃の形状によって、破損等が生じるが、厚みを増すことで破損することなく、数 cm の長さで裁断できるようになった。また、裁断時における不純物の混入を調べた結果、ほとんど刃材質からの混入がないことを明らかにした。さらに、高速で薄帯を装置に導入する機構を設け、実際の量産に等しい条件での裁断の検討を行った。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕超急冷、高強度マグネシウム合金、金属薄帯、裁断、軽量化、航空機

〔研究題目〕ガーネット型酸化物電解質材料の創出

〔研究代表者〕秋本 順二（先進コーティング技術研究センター）

【研究担当者】 秋本 順二、木嶋 倫人、片岡 邦光
(常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

本研究では、酸化物系材料を固体電解質として使用する全固体酸化物型リチウムイオン電池の実現のため、ガーネット型リチウムイオン伝導他の特性改善のための新規材料探索を行うとともに、粒界抵抗低減のための粉体の粒径制御技術、緻密成型体の作製技術の開発を実施する。具体的には、室温で 10^{-4} S/cm 程度のイオン伝導性が報告され、また広い電位窓が可能であることから有望な材料候補とされている立方晶 $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ (LLZ) を凌駕するような Zr 系、Ta 系材料について、新規材料探索、粒径制御技術の確立、低温合成技術の確立を目指す。

本年度は、ガーネット型酸化物材料の新規材料探索のため、LLZ 以上のイオン伝導性を有することが報告されている Al フリーの $\text{Li}_{7-x}\text{La}_3\text{Zr}_{2-x}\text{Ta}_x\text{O}_{12}$ (LLZT) において、Ta 置換量が $0 < x < 0.6$ の範囲について、固相反応法を適用した粉体試料の合成を行い、化学組成と特性、結晶構造との相関を調べた。その結果、Ta 置換量 $x=0.5$ が最も特性が良いことを明らかにすると共に、結晶構造解析の結果、Ta 置換量に依存したリチウムイオンの配列の変化を明らかにすることができた。さらに、粒界抵抗を低減する目的で、 $\text{Li}_{6.5}\text{La}_3\text{Zr}_{1.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_{12}$ (LLZT) 材料等についてゾルゲル合成を試みた。金属アルコキシドを原料として前駆体を調製し、 750°C 焼成することで、ほぼ単相が合成可能であることを見出した。

【領域名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 固体電解質、ガーネット、リチウムイオン伝導体、ジルコニウム、タンタル、リチウムイオン電池、全固体二次電池、蓄電デバイス

【研究題目】 超低損失パワーデバイス実現のための基盤構築（二酸化炭素排出抑制に資する革新的技術の創出）

【研究代表者】 山崎 聡（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】 山崎 聡、西澤 伸一、大串 秀世、竹内 大輔、牧野 俊晴、小倉 政彦、加藤 宙光、中島 昭、宮崎 剛英、宮本 良之、松本 翼、工藤 唯義、吉田 美沙、桑原 大輔、川島 宏幸、水落 憲和、徳田 規夫、鈴木 真理子、小泉 聡、波多野 睦子、岩崎 孝之、齊藤 丈靖、小山 和博
(常勤職員8名、他15名)

【研究内容】

ダイヤモンドパワーデバイス基盤構築

数多く存在する半導体材料の中で、唯一ダイヤモンド

は周期表の第2周期に存在しているデバイス化可能な半導体であることに注目した。第2周期の半導体であることから、小さな原子半径、小さな誘電率、大きな電気陰性度、などの性質を持ち、その結果、高い原子密度、大きな結合エネルギー、高い絶縁体圧、高い熱伝導率、水素表面の負性電子親和力、高密度ドーピング層による低抵抗ホッピング伝導・金属的な伝導、室温でも安定な励起子状態、長いスピン緩和時間など多くの特異な物性を有している。本プロジェクトではこれらの特異な物性を利用した電子デバイスを作成することに注力した。特にパワーデバイス開発では、新規な構造であるショットキー p n ダイオード、ホッピング伝導を利用した p+in+ダイオード、バイポーラトランジスタ、接合型電界効果トランジスタ (JFET) など新規な、パワーデバイスとしての大きな可能性を持つダイヤモンドデバイスの作製に成功した。

【領域名】 エネルギー・環境

【キーワード】 パワーデバイス、ダイヤモンド、電子デバイス

【研究題目】 車載に向けたダイヤモンド薄膜を使った熱電子発電素子の開発

【研究代表者】 加藤 宙光（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 加藤 宙光、山崎 聡、竹内 大輔、牧野 俊晴、小倉 政彦
(常勤職員5名、他6名)

【研究内容】

ダイヤモンド半導体の負性電子親和力に着目し、その表面から放出される熱電子を活用した熱電子発電素子の開発し、自動車の排気熱を回収することによる燃費改善を実現することが最終目的である。高効率な熱電子発電素子の実現にはダイヤモンド薄膜の内部抵抗および実効的な仕事関数の低減が求められる。物理メカニズムを明らかにしつつ、更なる低減に向けた成膜条件・積層構造・表面終端構造の最適化を進めている。

引き続き、内部抵抗低減および表面仕事関数の低減を目指し、積層ダイヤモンド構造の最適化を進めた。リン濃度 $5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ の高濃度ドーピングを実現することで、 600°C における抵抗率は $0.01 \Omega \text{ cm}^2$ 以下まで低減できた。また、積層膜を濃度および膜厚を最適化することで熱電子電流値は 40 mm/Acm^2 まで向上でき、さらに真空ギャップを 50 um へ狭めることで 120 mA/cm^2 まで向上に成功した。

熱電子が放出される部位の特定および仕事関数を見積もるため、光電子顕微鏡 (PEEM) および熱電子顕微鏡 (ThEEM) を用いた解析を行った。測定温度は 400°C 、観察視野は 25 um である。今回は、測定時の観察条件の制約より、放出領域が粒形かグレインバウンダリーかを特定するまでに至らなかったが、ホットスポット (局所的に強い電子放出が起こる場所) はみられず、

全体的に均一な電子放出特性が得られた。電子放出が起こる閾値エネルギーから仕事関数を見つめられるが、リンドーブダイヤモンド膜において約2.8 eV となった。窒素膜および窒素／リン積層構造での評価を進める予定。PEEM および ThEEM 測定が放出箇所や機構を理解する上で有効な手段であることが確認できた。引き続き、よりミクロな視点から再表面の面方位、終端構造、吸着物など構造解析を進め、仕事関数低減及び熱電子電流増大へとつなげたい。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 熱電子発電、負性電子親和力、排熱利用、仕事関数、ダイヤモンド

〔研究題目〕 半導体ダイヤモンドの開発

〔研究代表者〕 加藤 宙光 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

〔研究担当者〕 加藤 宙光 山崎 聡 梅澤 仁
加藤 有香子 (常勤職員4名、他4名)

〔研究内容〕

そのグリーンイノベーションの一つとして、幅広い分野において使用されているパワーエレクトロニクスが期待されている。各半導体材料の物性値と電力素子としての性能を示す Baliga 指数、そして10年間の省エネ効果として原油換算効果量に関して、ダイヤモンドの物性はその他の半導体材料よりも圧倒的に優れており、最も省エネ効果が期待できる究極のパワーデバイス半導体材料と言える。本研究では、イノベーションの核となる半導体ダイヤモンドの伝導制御技術・高速成長技術の確立およびそれらを実現できる PECVD 装置開発を目的とする。

より高速かつ高品質なダイヤ成長を実現するためにはプラズマ密度の増大、それと同時に温度環境に表面温度を維持するための冷却機構及びガスフローの大幅な改善が求められる。第4世代アリオス製マイクロ波プラズマ化学気相堆積 (MPCVD) 装置をベースに、条件を最適化することで、成長速度200 $\mu\text{m}/\text{h}$ までの高速化を実現した。課題としては長時間の連続運転と大口径化である。

自立基板の内部応力、ストレス、基板の反りなどの定量を目的に、(004) ロッキングカーブのマッピング測定を進める。小さい基板の評価に適しているマイクロキャピラリーを用いた集光 x 線源を有する XRD 装置 (Bede 社製) を用いた。0.1 mm ステップにて計測することで、面内分布の詳細情報が可視化した。ロッキングカーブのピーク位置が左上から右下にかけてわずかに減少している傾向が得られた。また、半値幅に関しては 8 arcsec 未満であることを確認した。

AC 磁場を用いたホール効果測定装置を用い、ボロンアクセプターに起因する0.37 eV の活性化エネルギーが得られ、p 型半導体であることを確認し、開発した CVD 装置が、ボロンドープ p 型基板の開発が有効であ

ることを確認した。伝導機構は熱活性タイプのバンド伝導を示し、欠陥や高濃度ボロンに起因するホッピング伝導特性は室温から600°Cの範囲では現れない。自立ボロンドープ p 型基板として、室温移動度300-1000 cm^2/Vs が得られ、高品質な半導体基板であることが分かった。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 半導体、ダイヤモンド、ウェハ、パワーデバイス、省エネルギー

〔研究題目〕 リグニン由来溶液の詳細構造解析と反応経路の解明

〔研究代表者〕 鷹觜 利公 (創エネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 鷹觜 利公、麓 恵里、佐藤 信也、
中川 美幸 (常勤職員2名、他2名)

〔研究内容〕

リグニンなど劣質な未利用難処理炭素資源は C-C、エーテル、エステル結合を介して芳香環が組み込まれており、場合によっては芳香環が縮合している。そのため、従来資源化する技術がないために減容・焼却されてきた。本研究では芳香環同士を結び付ける多様な結合と置換基について、所望の結合のみ分解することで、それらを構成する基本構造である単環芳香族を単離・製造するプロセス開発に結び付く要素技術を開発するものである。

リグニンなど劣質な未利用難処理炭素資源は巨大分子であるため、実用化の際には実施者が提案する2段階プロセスで単環芳香族を生成する。まず低分子化 (分解) を行い、次いで酸化鉄を中心とした触媒による接触分解を行うことで単環芳香族を生成する。当所はリグニンとその反応生成物の平均分子モデルを描くことにより、反応過程での分子構造の変化を明らかにする。

今年度は従来の方法ではヘミセルロース分解物が残存し、構造解析に影響を与えている可能性が問題となったことを受けて、従来法での水中の分解物、ヘミセルロース除去を行ったリグニンの分解物の構造解析を行い、ヘミセルロースの影響を検討した。

事前にヘミセルロース除去処理を行ったリグニン分解物の構造解析を行った。その結果、リグニン H にはフラン環やジヒドロフラン環構造は含まれず、ヘミセルロース由来の構造は推定されなかった。また、リグニンでも若干のフラン環が検出されたものの、以前の試料に比べ、五員環構造は大幅に減少した。これより、ヘミセルロースの事前除去は非常に効果があると推察される。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 バイオマス、リグニン、可溶化、分子構造解析、ヘミセルロース

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

〔研究代表者〕 松岡 浩一 (創エネルギー研究部門)

【研究担当者】 松岡 浩一、鈴木 善三、倉本 浩司、
細貝 聡、佐藤 浩昭、川端 康正、
鷹翁 利公、Atul Sharma、森本 正人、
Qingxin Zheng（常勤職員8名、他2名）

【研究内容】

本研究では、石炭のガス化過程における多環芳香族などのタール排出低減、ならびに水熱抽出・改質技術に関する基盤技術開発を行った。タールの低減に関しては、独自に試作した循環流動層装置を利用し、熱分解により生成した石炭チャーとタールを積極的に接触させ、タールのチャーへの吸着、改質効果を定量的に検討した。石炭タールの排出に及ぼす反応器への導入方法の影響を調べるため、石炭の導入法を気泡流動層反応器上部に投入する方法と、反応器底部に投入する方法の2種類とし、タールの排出低減度合いを比較検討した。ガス化過程において排出されるタールは、質・量ともに投入方法に大きく依存した。また、底部に導入することにより、チャーとの相互作用が強化されることに加え、気相での二次分解も促進することから、排出タールのうち、重質な成分が大きく低減し、結果として重質タールの排出量そのものが大きく減少することを明らかにした。

タール低減に加えて、低品位炭を化成品原料に高効率転換することを目的とした研究も実施した。各種褐炭を350℃程度の穏和な条件の熱水で抽出し、得られた抽出物の詳細分子組成を高分解能質量分析と Kendrick diagram を用いて同定した。抽出物を構成する炭化水素分布が明らかになり、化成品原料や材料への転換可能性を示した。また、褐炭を240℃の水熱条件下で酸素と接触させて酸化し、得られた芳香族カルボン酸を350℃で水熱触媒改質するプロセスを提案した。後段の触媒として昨年度までに見出した亜酸化銅を適用することにより、芳香族カルボン酸を効率良く脱炭酸でき、ベンゼンなどの芳香族化合物を製造できることがわかった。いずれのプロセスも、穏和な操作温度で高含水率の低品位炭を化学原料源へ転換できるプロセスとして期待される。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 石炭、ガス化、タール分解、改質、亜臨
界水

【研究題目】 ジャトロファからの高品質輸送用燃料製
造・利用技術

【研究代表者】 葭村 雄二（創エネルギー研究部門）

【研究担当者】 葭村 雄二、後藤 新一、鳥羽 誠、
小熊 光晴、村田 和久、杉本 義一、
匂坂 正幸、望月 剛久、陳 仕元、
阿部 容子、西嶋 昭生、佐村 秀夫
（常勤職員5名、他7名）

【研究内容】

本研究では、タイとの国際共同研究の中で、非食糧系バイオマスとして注目されているジャトロファ

（*Jatropha*）果実の総合利用効率を高めるため、オイル留分からの高品質バイオディーゼル製造技術、並びにオイル抽出残渣の熱分解から得られるバイオオイルの輸送用燃料化技術の開発を行うと共に、各種バイオ燃料の燃焼特性、エンジン特性、排ガス特性等から新燃料の社会実装に向けた基盤を構築する。更に、タイ国研究者への技術指導等を通し、タイ国研究者の自立に向けた能力開発も併せて推進する。本年度は、以下の検討を行った。

ジャトロファ油から製造されるバイオディーゼル（FAME）を高品質化するために開発した部分水素化技術（製品を H-FAME と呼称）を、タイにおいて工業化対象となっているパーム油 FAME に適用するため、水素化条件の最適化及び水素化触媒の寿命評価等を行った。パーム H-FAME の製造では、昨年度流通系装置の検討で触媒活性・寿命ともに低下したため、新たな触媒調製法を検討し、工業化条件で高活性、高安定性を示す、耐久性の高い触媒を開発した。一方、市販シリカ担体を用いて、低コストで製造可能なチタン触媒の製造方法を開発した。このチタン含有シリカ触媒は、既に開発した炭素含有3Ti-SBA-15触媒に比べて、高いエステル/エステル交換活性を示すことを見出した。

ジャトロファ残渣から得られるバイオオイルの輸送用燃料化技術では、パイロットプラントで製造された粗バイオオイルおよび水洗処理したバイオオイルの組成分析を行い、有効成分収率を高めるための処理指針について検討した。軽度の水洗により、酢酸等の低級脂肪酸や水溶性の高い低分子化合物は除去可能であり、酸価を低減することが可能であった。高度に水洗処理を行うと、軽油基材の高級パラフィンの原料となる遊離脂肪酸含有量への影響は少ないが、ガソリン留分となる芳香族炭化水素の原料であるフェノール類は一部除去されたことから、水溶性の高いフェノール類が除去されない程度の処理にとどめる必要があることがわかった。

バイオオイルのアップグレーディング（改質）では、パイロットプラントで製造されたバイオオイルの水洗処理油を、二段プロセスとして軽度および深度水素化脱酸素処理を行い、炭化水素基材を製造した。軽度水素化脱酸素油のうち、軽油留分相当を蒸留で分取し、NiMo 硫化物触媒を用いて深度水素化脱酸素反応処理したところ、90%流出温度334℃、セタン指数60.8の良好な軽油基材が得られることがわかった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 非食糧系バイオマス、ジャトロファ、第
二世世代バイオ燃料、接触熱分解、バイオ
オイル、改質触媒、コプロセッシング、
エンジン適合性、環境適合性、LCA、
人材育成

【研究題目】 アンモニア合成触媒の開発・評価

【研究代表者】 高木 英行（創エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 高木 英行、山本 恭世、相澤 麻美
 (創エネルギー研究部門)、難波 哲哉、
 Rahat Javaid (再生可能エネルギー研
 究センター)、金 賢夏 (環境管理研究
 部門)、藤谷 忠博 (触媒化学融合研究
 センター) (常勤職員4名、他3名)

〔研究内容〕

風力発電を中心とした再生可能エネルギーの利用や海外の安価な中小ガス田からの水素利用を推進するため、コンパクトで低コストのアンモニア合成プロセスを開発することを目的としている。本プロセスの開発における主な課題は、「アンモニア合成プロセスの低圧・低温化」「効率的なアンモニア濃縮分離技術の確立」「変動への対応」の3点であり、産業技術総合研究所では、このうちアンモニア合成プロセスの低圧・低温化を担当し、「アンモニア合成触媒の開発・評価」を実施する。また、変動への対応に関連して、実証試験装置評価等についてサポートを実施する。

Haber-Bosch 法では鉄系の触媒が用いられているが、本事業では低温、低圧でより高い反応活性を有するルテニウム (Ru) 系触媒を中心にしながら、これらの触媒を活用した新たな合成プロセスを開発する。触媒の開発に向けて、触媒の電子供与性がアンモニア合成に必要な因子であることをベースとしながら、電子供与性の向上に寄与する金属および担体の複合化について検討を行う。また、新規材料を触媒成分もしくは触媒担体として使用することで高効率化を図る。

本年度は、Ru 担持触媒について、金属酸化物担体の最適化及び炭素担体を用いた触媒の開発を実施した。金属酸化物担体として混合酸化物における添加金属酸化物種の影響を調べた結果、希土類金属の添加によりアンモニア合成活性が向上することが分かった。また、Ru 系 NH₃ 合成触媒の合成条件最適化を目的に、温度、圧力、H₂/N₂比、SV を変えて反応条件マッピングを行い、触媒の反応特性の解析を行った。

また、炭素担体を用いた触媒について、加熱処理温度を変化させ、表面積および細孔構造の異なる担体を利用してアンモニア合成触媒を調製し、アンモニア合成の触媒活性の評価を行った。その結果、各 H₂/N₂比、SV 値における触媒活性と、触媒の表面積および細孔構造の影響との関係について有益な知見を得た。

さらに、福島再生可能エネルギー研究所への実証設備の導入に向けて、設計ならびに一部主要機器に関する調達を進めた。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 アンモニア、再生可能エネルギー、中小ガス田、触媒開発、活性評価

〔研究題目〕 糖鎖関連データベースの統合化推進と研究者コミュニティとの連携ならびに国

際連携

〔研究代表者〕 成松 久 (創薬基盤研究部門)

〔研究担当者〕 成松 久、梶 裕之、久野 敦、
 鹿内 俊秀、鈴木 芳典、藤田 典昭、
 ソロビヨワ イェレナ、石崎 円
 (常勤職員2名、他6名)

〔研究内容〕

糖鎖科学統合データベース (JCGGDB) の構築

JST/NBDC の統合化推進プログラムに参加し、国内外の糖鎖に関するデータの統合化とセマンティックウェブ化を推進している。JCGGDB では、各データベースに高機能な Application Program Interface (API) や Resource Description Framework (RDF) を出力するプログラムを設置し、XML や RDF の形式で詳細な情報を提供している。これらのベースにある RDB や SPARQL Endpoint を利用し国内外の連携・統合化を進めている。当該年度はセマンティックウェブ化に対応するために感染症を含む糖鎖関連疾患のオントロジーを整備しデータや糖タンパク質のグライコフォームに関連するデータを RDF 化した。また、プロジェクトの共同研究機関と一緒に糖鎖構造の表記方法 (WURCS) を開発し、国際的なグループと連携しながら糖鎖構造のリポジトリシステム (<http://glytoucan.org>) の運用を開始した。セマンティック化したインターフェースを開発し ACGG のサイトから公開した。 (<http://acgg.asia/db/>)

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 糖鎖、統合データベース、糖鎖遺伝子データベース、糖タンパク質データベース

〔研究題目〕 計算用のレクチン-糖鎖構造の構造および生化学情報の提供、及び出力結果の評価

〔研究代表者〕 舘野 浩章 (創薬基盤研究部門)

〔研究担当者〕 舘野 浩章 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、糖鎖およびレクチンデータベースに登録されている糖鎖、レクチンおよび糖-レクチン複合体構造の第一原理計算を行う。糖鎖の動的の構造ゆらぎや、レクチンの点変異を考慮した糖鎖への結合能を理論的に予測する新規アルゴリズムを開発し、実際のレクチン-糖鎖系への適用を行う。異分野の研究者による糖鎖およびレクチンデータベースの利用拡大を目指して、可視化ソフトウェア開発を行い、将来的に相互作用解析結果を疾患・医薬品・環境物質データベースなどと相互リンクさせる足がかりとする。作成したツールが正しく動作していることを確認するために、生化学情報が既知のレクチン-糖鎖構造が必要となる。そこで我々は、ツール評価のためのレクチン-糖鎖構造の情報を提供した。またツールで出力した結果を評価し、改善すべきポイントを開発グループに提供した。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕糖鎖、レクチン、データベース

〔研究 題目〕ステルス型 RNA ベクターを使った再生医療用ヒト細胞創製技術

〔研究代表者〕中西 真人（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕中西 真人、飯島 実、吉田 尚美（常勤職員1名、他2名）

〔研究 内容〕

産総研が開発したステルス型 RNA ベクターは、1) 外来遺伝子を、染色体に挿入せずに安定に発現することができる、2) 4個以上の複数の遺伝子を同時に発現することができる、3) 遺伝子発現のレベルを調節できる、4) 細胞障害性がない、5) 導入できる細胞種が非常に多い、といった特徴を持っている。本プロジェクトでは、この特色を活かして、再生医療・遺伝子治療・バイオ医薬品製造といった先端医療に資する技術を開発して、それを実用化することを目指している。本年度は、ベクター構造のさらなる最適化に取り組み、RNA ウイルスの持つインターフェロン誘導を最小限に抑制しながら最大10個の遺伝子を搭載できるベクター技術を完成して、国際特許出願を行った。また、抗体などバイオ医薬品の生産への応用を検討し、ヒト免疫グロブリン M、二重特異性抗体、ヒト全長型血液凝固第8因子など、これまでの技術では製造が困難であった分子が容易に製造できることを示した。さらに、ステルス型 RNA ベクターが細胞のダイレクト・リプログラミングにも使用できることを確認した。このプロジェクトは27年度で終了するが、ここで得られた成果は、産総研技術移転ベンチャーである「ときわバイオ株式会社」に継承して、実用化を図る予定である。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕再生医療、遺伝子治療、バイオ医薬品、抗体医薬、RNA ベクター

〔研究 題目〕CZTS 系薄膜太陽電池の欠陥・界面・粒界の評価および高性能化技術の開発

〔研究代表者〕柴田 肇（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕仁木 栄、柴田 肇、反保 衆志（常勤職員3名）

〔研究 内容〕

次世代の化合物薄膜太陽電池用材料として、希少金属を含まないために安価に製造でき、かつ高い変換効率が期待できる CZTS ($\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_{4-x}\text{Se}_x$) 系が注目されている。本研究の目的は、CZTS 系薄膜および CZTS 系太陽電池の評価を行い、高品質な CZTS 系薄膜や高性能な CZTS 系太陽電池を実現するための技術的な指針を明らかにすることである。ところで、Na や K 等のアルカリ金属添加は CIGS の高効率化に欠かせない技術である。そして CZTS 系材料系においても11.6%という高い変換効

率が NaF 添加により達成されている。しかしながら、CZTS 系材料系においては、同効果の系統的な検討が少なく、メカニズムの詳細な解明が待たれている。

平成27年度は、製膜した CZTS 系薄膜の表面に NaF 薄膜を成膜し、熱処理を施すことにより、Na 添加が CZTS 系太陽電池特性に与える影響と原因について検討した。まず、Na 添加により CZTSe 薄膜の結晶形態（結晶粒の肥大化や界面の平坦性向上）が大きく変化することが観察された。その理由の詳細は不明であるが、一つの可能性として、NaSe の液相が成膜中に形成され、熱処理中にその液相の中で結晶成長が促進されたことが考えられる。また、Na 添加により、ほぼ単調に PL の発光寿命は増加し（無添加の2ns から15ns へ）、非発光センターの密度も減少した。また Na の添加と共に CZTS の正孔濃度が減少する現象が観察され、PL 発光寿命が増加した一因であると考えられる。そして、適量の Na 添加により、Jsc や FF が向上し、最終的に変換効率9.57%の CZTSe 太陽電池を作製することに成功した。

〔領 域 名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕太陽電池、化合物半導体、CZTS

〔研究 題目〕ギ酸の脱水素化反応による高圧水素の高効率製造技術の開発

〔研究代表者〕姫田 雄一郎

（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕姫田 雄一郎、松岡 浩一、眞中 雄一、津留崎 陽大、齋藤 愛（常勤職員3名、他2名）

〔研究 内容〕

本研究では、水中100℃以下の温和な条件下、高性能・高エネルギー効率で、ギ酸から一酸化炭素を含まない“高圧・高品質水素”の連続供給を可能とする技術開発を目標とする。具体的には、実用に適した温度領域で、低環境負荷型かつ高性能なギ酸分解触媒の開発と、ギ酸から発生する高圧ガスを利用した簡便な水素の濃縮・精製プロセスの構築を行うことにより、他の化学系液体燃料からでは得られない優れた特性を持つ水素供給システムの開発を行う。

本年度は、昨年度に引き続き高効率および高耐久性錯体触媒の探索を行った。高効率触媒として、イミダゾリンを配位子として有する触媒が極めて高い触媒性能を発現することを見出した。一方で、十分な耐久性が得られなかった。そこで、堅牢性の高いピリジン部位と組み合わせることによって、触媒活性と耐久性を両立することができた。その結果、高濃度ギ酸中でも触媒性能が低下することなく、安定的にガスを発生させることができた。最終的には、ギ酸を途中で追加添加することで、2週間以上ほぼ同じガス発生速度で反応が進行し、トータルで1m³以上のガス発生を達成した。本結果により、ギ酸分

解反応で最も高い変換性能を示す触媒であることが示された。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 炭素固定、水素発生

〔研究題目〕 新材料の探索と太陽電池技術の開発

〔研究代表者〕 仁木 栄 (太陽光発電研究センター)

〔研究担当者〕 仁木 栄、柴田 肇、反保 衆志

(常勤職員3名)

〔研究内容〕

本研究では、地球上に豊富に存在する元素(銅、鉄、等)を用いたカルコゲナイド新材料に注目し、その太陽電池作製技術とデバイス高性能化技術を開発する。希少金属の使用量削減と、安価な製膜・デバイス化手法の開発によって製造コストの大幅な低減を図り、コスト競争力が高く資源戦略性に優れた“ロバスト”な薄膜太陽電池技術を確立する。具体的には、黄銅鉱(CuFeS_2)および黄鉄鉱(FeS_2)に注目し、天然鉱物として古来より知られたこれらの半導体が、薄膜太陽電池の光吸収層用材料として高い潜在能力を持つことを実証することを最終目標とする。

平成27年度は、 $\text{CuFeS}_2\text{-CuInS}_2$ 系太陽電池に取り組んだ。まず CuInS_2 では5.94%と比較的高い変換効率が得られた。また Fe 組成を0~5%と変化させた場合の太陽電池特性については、Fe の添加を増加させるにつれて変換効率は減少し、またその際には開放電圧、短絡電流密度、曲線因子のいずれも低下することが分かった。 CuFeS_2 の光学禁制帯幅は、我々の研究では0.6eV と評価しており、 CuInS_2 は1.5eV である。したがって、 $\text{CuFeS}_2\text{-CuInS}_2$ においては、Fe 組成を増大させることにより、混晶系のバンドギャップは減少することが予想される。一方、今回の研究で利用した混晶系を利用した太陽電池においては、Fe 組成を増大させても、禁制帯幅の減少に伴う短絡電流密度の増大は本研究では確認することができなかった。

$\text{CuFeS}_2\text{-CuInS}_2$ の太陽電池の暗状態および光照射下の J-V 特性を測定した結果、暗状態の J-V 特性では、Fe 組成が0~5%において、良好な整流特性を示した。一方、光照射下では、Fe 組成が4%までは大きなリーク電流はないが、Fe 添加に従って、開放電圧および、短絡電流密度が減少している。また Fe 組成=5%では、大きなリーク電流が観測された。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 太陽電池、化合物半導体

〔研究題目〕 ナノ構造体・結晶シリコン融合太陽電池のメカニズム解明

〔研究代表者〕 太野垣 健 (太陽光発電研究センター)

〔研究担当者〕 太野垣 健 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、光波長スケールの表面凹凸構造であるフォトリソナノ構造体と量子ドット積層構造を結晶シリコン太陽電池に融合した「ナノ構造体・結晶シリコン融合太陽電池」の創出を目指した。この太陽電池は、ナノ構造体と光の強い相互作用による光吸収の増大、量子ドットによる吸収可能波長域の拡大、量子ドットのポテンシャルを活用したキャリア再結合の抑制による光とキャリアの完全利用を目指している。ナノ構造体の利用により通常の結晶シリコン太陽電池を上回るエネルギー変換効率を有する高効率太陽電池を実現すること、また、ナノ構造体と光の相互作用・キャリア輸送メカニズムの根源的解明による知見を併せることで超高効率を指向したナノ構造利用太陽電池の実現への道筋を明確にすることを目的とした。本年度は、光閉じ込め効果と反射防止膜を同時に実現する光マネジメント技術として、長周期マイクロスケールテクスチャ構造と短周期ナノスケールテクスチャ構造を融合した変調フォトリソナノ構造について検討を実施した。アルカリエッチング処理により形成したマイクロテクスチャシリコンに、ポリスチレンナノ粒子を利用したコロイダルリソグラフを行うことによって変調フォトリソナノ構造を形成した。変調フォトリソナノ構造では、可視域全般において反射率が低減することがわかった。また、有限要素法および厳密結合波解析を用いた電磁波シミュレーションにより、変調フォトリソナノ構造の光学特性の解析を行った結果、表面反射低減と光閉じ込め増大によって光吸収が増大する可能性を見出した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 太陽電池

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

〔研究代表者〕 姫田 雄一郎

(太陽光発電研究センター)

〔研究担当者〕 姫田 雄一郎、三石 雄悟、眞中 雄一、尾西 尚弥 (常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

本研究では、(1)「水素の貯蔵を指向した高効率な二酸化炭素の水素化触媒の開発」と(2)「多機能型錯体触媒を目指したプロトン応答性触媒の設計指針の構築」を目的とする。具体的には、温和な反応条件で二酸化炭素を還元できるエネルギー効率の高い触媒を開発し、二酸化炭素をエネルギー貯蔵物質として利用するための基盤技術の確立を目指す。また、提案者が開発した独創的触媒設計概念である「プロトン応答性」触媒の反応機構の解明および「多機能型触媒」の開発を行うことにより、新しい触媒技術への貢献を目的とする。

本年度は、イミダゾリン系配位子を用いた高性能触媒の探索を行った。その結果、二酸化炭素の水素化反応に

対して極めて高い触媒活性を示すことを見出した。これらの錯体触媒は、水中常温常圧条件下でもギ酸塩を高効率で生成することが分かった。また、DFT 計算を用いてギ酸脱水素化反応におけるペンダントベース効果の反応解析を行った。オルト位の水酸基によるペンダントベース効果により、ギ酸脱水素化反応の加速効果があることを確認できた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 炭素固定、水素貯蔵

【研究 題目】 高齢者の記憶と認知機能低下に対する生活支援ロボットシステムの開発

【研究代表者】 児島 宏明 (知能システム研究部門)

【研究担当者】 児島 宏明、佐土原 健、塚谷 啓介、
NGUYEN BAC、田嶋 恭子
(常勤職員2名、他3名)

【研究 内容】

記憶や認知機能の低下した高齢者の自立・自律した生活を維持・促進するために、生活に必要な不可欠な情報把握を支援し日常生活行動を見守るロボットシステムの開発を目指し、国立障害者リハビリテーションセンターを代表とする6機関で共同研究を行っている。そのうち産総研は主として、高齢者の発話に対する音声認識精度の向上のための研究を担当している。全体で3ステージから成る最長10年間のプロジェクトの中で、平成27年度は第2ステージの3年目であり、主として、第1ステージで開発した手法の改良と精度の確認、及び第3ステージで予定する長期の社会実験に向けたシステムの設計と実装を進めた。

具体的には、認知機能に応じた意図抽出モジュールの開発において、音声認識誤りに頑健な発話意図抽出モジュールを実装することを目標に、意図抽出モジュールをクラウド上の Web サービスとして実装し、暗号化通信プロトコルや雑音抑圧処理を組込むとともに、韻律や確認対話により意図抽出精度を向上させる技術を開発して実装し、特許出願した。また、行動判定のためのセンサ及びデータ分析方法の研究において、日常行動のモデル化手法の改良・拡張や、異常行動の検出や活動量の計測技術の開発を行うことを目標とし、昨年度開発した日常生活モデル化手法に代わる新たなモデル化法を検討し、特許出願を行った。さらに、ロボットとの対話における発話情報から認知機能に関連する情報を抽出して、認知機能低下を検出する可能性を確認するために、認知機能検査シナリオをパーソナルロボットに実装し、約50人の高齢者で実験を実施した。収録したデータを用いて音声認識実験を行い、日付の見当識の正誤判定に関して、83.3%の判定精度が得られることを確認し、実現可能性に見通しが得られた。

今後は、意図抽出プロトタイプシステムの改良、特に生活雑音耐性のさらなる改良や、日常生活行動モデリン

グ技術に基づく歩行速度の推定精度検証を行うとともに、日付以外も含めた見当識、注意、記憶などの認知機能の低下を音声認識により検出する実験と精度の検証を進める。いずれについても、平成29年度以降の社会実験に向けて、他のモジュールとの統合や連携動作の実装を進める予定である。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 音声対話、ロボット、高齢者、認知症

【研究 題目】 感性とデジタル製造を直結し、生活者の創造性を拡張するファブ地球社会創造拠点

【研究代表者】 江渡 浩一郎 (知能システム研究部門)

【研究担当者】 江渡 浩一郎 (常勤職員1名)

【研究 内容】

感性とデジタル製造が直結し、生活者の創造性が拡張されるファブ地球社会の実現を目指す。ファブ地球社会とは、必要とする全ての人が、自らの感性に基づいて欲しいモノや必要なモノを可視化・デザイン・創作することができる個人の多様性を尊重した社会であり、そのために必要な工夫やノウハウを、インターネットを通じて流通・共有することで、自己充実感や成長感、達成感、連帯感に満ちた生活を送ることができる持続可能な社会である。

産総研は研究課題「共創メカニズムが機能している場の実践的運営と参与観察による共創メカニズムの整理考察」を推進した。人間一人一人がもっている個性、創造性を大きく引き出すためには、組織や集団の垣根を超えた、新しいコラボレーションの原理への理解が必要である。また、社会が才能を取り上げる仕組みを作り上げる必要がある。具体的には、(a)共創型イノベーションプロセスに関する文献調査及び事例調査と基礎的なモデル化、(b)共創メカニズムが機能している場の実践的運営と参与観察による共創メカニズムの整理考察の2つの研究テーマを実施した。

進捗状況として、多様な参加者が価値を共創する研究体の原理的なモデルとして「ニコニコ学会β」を運営した(平成28年に終了)。ここで得られた知見を書籍『ニコニコ学会βのつくりかた』として出版した。「共創型イノベーション」という概念は本プロジェクトを開始した平成25年時点では一般的ではなかったが、ニコニコ学会βの活動が目されることも後押しとなって社会に広まり、現在では「第5期科学技術基本計画」に「共創的科学技術イノベーション」として取り入れられるまでになった。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 イノベーション、共創型イノベーション、共創的科学技術イノベーション、共創プラットフォーム

〔研究題目〕 小型・高効率なワンショット動体形状計測システムの研究開発

〔研究代表者〕 佐川 立昌 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 高野 裕 (エーエルティー株式会社)、
河村 達也 (エーエルティー株式会社)、
佐川 立昌、松本 吉央 (ロボットイノベーション研究センター)
(常勤職員2名、他2名)

〔研究内容〕

本研究では、パターン投影による3次元形状計測を行うためのパターン光源の開発を行う。直射日光下で形状計測を実現するためには、外乱光に対して頑健性の向上が求められる。最も簡単な改善方法は強い光源を用いることであるが、人間に対する安全性の考慮が必要となるため、出力の小さい光源を用いることが望ましい。それには、光源の出力を効率的に利用することが求められる。パターン光源の高出力化については、共同研究機関であるエーエルティー株式会社が担当し、産総研では、光源出力は得られたものとして、その範囲内で外乱光に対する頑健性を向上させる方法について研究を行った。

また、人間に安全な光源を実現するには、レーザー光源のエネルギーを小さくすることが望ましい。撮像されるパターン光の明るさを保ちつつ、出力するエネルギーを小さくする方法として、光を連続的に出力するのではなく、パルス出力にすることにより、レーザー光が観測対象に照射される時間を短くする方法(低デューティー比投影)が挙げられる。エーエルティー株式会社によって試作されたパルス投影型パターン光源を用いて低デューティー比投影を行い、パターン光の点灯とカメラの撮影を同期して行うシステムを構築し、外乱光と分離してパターン光を抽出する方法を研究開発した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 ワンショット形状計測、レーザーパターン光源

〔研究題目〕 極限環境シミュレーションプラットフォーム Choreonoid の開発

〔研究代表者〕 金広 文男 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 金広 文男、中岡 慎一郎
(常勤職員2名)

〔研究内容〕

地震や台風等の自然災害によりダメージを受けた工業用プラントの内部及び外部や、土砂崩れ等の現場を災害対応ロボット活動の現場として想定し、このような現場において緊急対応、復旧作業を行なうクローラタイプあるいは脚型移動タイプのロボットをシミュレートしてその開発を支援するシミュレーションプラットフォームを開発、提供することが目標である。

今年度は(1) ROS との接続機能、(2) Gazebo からの移植支援機能、(3) 光源の影響のシミュレーシ

ョン機能の開発を行った。(1) ROS との接続機能として、ROS の形式で情報を入出力する機能を開発し、ROS の可視化ツールを利用したり、ROS ノードがシミュレータ上のロボットからセンサ情報を取得し、アクチュエータへの指令を送ったりすることを可能とした。また、(2) Gazebo からの移植支援機能として、シミュレーションの一時停止/一時停止解除等を外部から行う機能、Gazebo 用のモデルファイル形式、URDF/SDF 形式を読み込むための機能を開発した。これにより、Gazebo と同様の手順で外部からシミュレーションの実行を制御したりすることを可能とした。(3) OpenGL 3.3以降の API に基づく描画エンジンを開発し、シェーダをベースとした描画を行うことで主要な光源一点に対する影を含む視野画像を生成することを可能とした。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 シミュレータ、災害対応、ROS、視野画像生成

〔研究題目〕 タフ・ロボティクスのためのタフ・ワイヤレス技術の研究開発

〔研究代表者〕 加藤 晋 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 加藤 晋、有隅 仁、岩田 拓也、
神村 明哉、越川 知大
(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

ロボットと通信は切っても切り離せない関係にある。人が操作するロボットはもちろんのこと、完全自律で動作するロボットも、ロボットが得たセンシング情報を人間に提供する際に通信が必要となる。災害対応ロボットに適用する通信は有線・無線の両方が検討されているが、有線通信ではロボットの行動を大きく制限してしまうデメリットが存在する。一方、無線(ワイヤレス)通信では通信の信頼性は有線よりも劣るものの、ロボットの行動を制限することなく活用できる。また、通信の信頼性に関しても、有線通信ではケーブルが切断されてしまえば通信が行えなくなるが、電波を利用したワイヤレス技術が原理的に有する空間冗長性をロボット間協調通信によって活用することで信頼性の向上も期待できる。

現状、ロボット制御が求めるワイヤレス通信への技術要件(遅延保証、到達距離、通信速度、タフさ)の全てに満たす通信技術は存在しない。現在の周波数資源の制約からこれらの課題のすべてを満足する通信手段を実現することは困難であるが、最新の無線通信技術を最大限活用することで、ロボット制御にマッチしたワイヤレス技術を再設計(周波数帯、アクセス制御など)し、災害時等の極限環境においてロボットの真価を発揮させるため、ロボット自体のタフさだけでなく、ワイヤレス技術にもタフさを強化していく必要がある。

以上の理由から、本研究開発提案ではタフ・ロボティクスに適用可能な、極限環境下でも人とロボット・ロボ

ットとロボットのつながりを維持する“タフ・ワイヤレス”の実現に必要な要素技術を新たに研究開発し、試験フィールドにおいて実証する。平成27年度は、ロボットの通信機能に対する要件検討と環境状況等の整理などを、産総研の所有する実ロボットや検証で用いるロボットに照らして行った。また、検証評価で用いる実ロボットの通信部分に対する改修、整備を行い、タフ・ワイヤレス技術開発の進捗に合わせて、予備的な実証・評価などを行い、通信部分の入れ替えによる検証が可能であることを確認した。さらに、実証環境として予定している産総研所有の一周3.2 km のテストコース内などにおいて、既存の通信装置(WiFi:2.4 GHz 等)を用いた通信試験を行い、基地局アンテナとロボットの位置や状況設定における通信への影響を確認した。

〔領 域 名〕情報・人間工学

〔キーワード〕災害対応ロボット、ドローン、無線通信、低遅延、試験方法

〔研究 題目〕新規廃棄物処分場の適地選定手法の構築

〔研究代表者〕張 銘 (地圏資源環境研究部門)

〔研究担当者〕張 銘、原 淳子、坂本 靖英
(常勤職員3名)

〔研究 内容〕

スリランカ国における廃棄物処分場の適正な管理及び対策技術の開発に資するため、相手国特有の技術的・社会的・経済的条件を見出し、見出した条件に関するデータを収集・整理した。それらのデータを総合的に分析し、新規廃棄物処分場の適地選定のための総合的評価手法を構築した。また、選定手順書を作成することによって、相手国での利活用と普及を図った。最終年度である本年度では、同国南部州及び中央州における適地選定の詳細な解析を実施するとともに、スリランカ国における新規廃棄物処分場を選定するためのガイドラインを作成した。また、プロジェクト代表及び参画機関と連携し、同国における廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイドを完成させ、技術の普及および行政施策への反映に努めた。

〔領 域 名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕土壌汚染、リスク評価、廃棄物処分、スリランカ、地理情報システム

〔研究 題目〕待機電力ゼロ型フォトニックルータに向けた集積チップ実装モジュールと制御システムの開発

〔研究代表者〕池田 和浩 (電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕池田 和浩、河島 整、鈴木 恵治郎、谷澤 健 (常勤職員4名)

〔研究 内容〕

異種材料集積による新規要素デバイスのシリコンチップ上への一体集積、システム実装・モジュール化を担う。そのために、産総研 SCR の300-mm プロセスを活

用したシリコン受動光回路の開発およびその高性能化、異種材料の貼り合わせ工程に適合した構造の開発を行うことが第一の目的である。

産総研グループではこれまでに大規模シリコン光回路を開発してきたが、損失および位相揺らぎを低減するために、TM モードに対して動作する回路を用いてきた。一方で、本プロジェクトでは、半導体増幅器など TE モードでのみ動作するデバイスが含まれているため、TE モードに対して動作する受動回路が必要である。そこで今年度は、最も基本的かつ重要なコンポーネントである方向性結合器について、TE モードで動作する設計を確定する条件出し試作を行った。方向性結合器を3dB カプラとして構成したマッハツェンダ干渉計を薄膜ヒータによる微調整で Cross 状態とし、方向性結合器長さ Bar ポートスペクトルのディップ波長との関係を調べた結果、波長1.55 μm では13 μm が分岐比50%に対して最適長さであることが分かった。同様の条件出しにより、分岐比100% (近接導波路へ100%パワーが移行する) では30 μm が最適長さであった。

これらの成果によって、カプラ、スイッチ、交差などの基本部品を TE 動作で作製することが可能になった。今後も引き続き必要な受動回路の設計 IP を整備すると共に、異種材料集積工程に適したプラットフォーム構造の検討を進める。

〔領 域 名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕シリコンフォトリソ、異種材料集積、大規模光回路

〔研究 題目〕強誘電体と機能性酸化物の融合による不揮発ナノエレクトロニクス

〔研究代表者〕山田 浩之 (電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕山田 浩之 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

本研究課題では、強誘電トンネル接合 (Ferroelectric Tunnel Junction; FTJ) を用いた抵抗変化型の不揮発メモリ機能の開拓が目的である。FTJ とは、膜厚数 nm の強誘電酸化物をバリア層に用いたトンネル接合である。近年 FTJ において、その接合抵抗 (リーク電流) が強誘電極の向きに依存して変化する不揮発性抵抗スイッチング現象が発見され、注目されている。FTJ の新規不揮発メモリ応用にむけての基盤技術として、本研究課題では、①界面制御・電極材料開発による FTJ の高性能化、②FTJ 作製技術の開発、とくに Si プラットフォーム上への作製、③FTJ の微細化、等を推進している。平成27年度は主に②を推進し、ペロブスカイト強誘電体である BaTiO₃をバリア層として用いた FTJ 素子を Si 基板上に作製することに成功した。FTJ では、平坦性・均一性・結晶性に優れた強誘電バリア層の作製が素子機能発現のためには必須である。しかし酸化物は、シリコンと結晶構造が大きく異なる上、反応しやすいこと

などの問題があり、FTJ を Si 上に作製することは困難であった。本研究課題では、Si 上に YSZ (イットリア安定化ジルコニア)・SrO・SrTiO₃を順次堆積した独自の複合バッファ層を開発して上記の問題を解決した。すなわち、この複合バッファ層上に、高い平坦性・均一性・結晶性を有するエピタキシャル BaTiO₃超薄膜を、下部電極層 (ペロブスカイトマンガン酸化物) ととともに Si 基板上に構築した。さらにこれをもちいて FTJ 素子を作製し、パルス電圧の繰返し印加による抵抗変化メモリ機能の実証に世界に先駆けて成功した。今後はサブミクロン以下の微細化を図るとともに、上部電極の最適化により高性能化をめざす。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 不揮発性メモリ、強誘電トンネル接合、抵抗変化型メモリ

〔研究 題目〕 ポルフィリン集合体の作製と構造評価

〔研究代表者〕 吉川 佳広 (電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕 吉川 佳広、長崎 真由美
(常勤職員1名、他1名)

〔研究 内容〕

本研究は国際科学技術共同研究推進事業 (戦略的国際共同研究プログラム: SICORP) の研究領域「分子技術」における研究課題「光および化学エネルギー利用のためのポルフィリンナノ構造体制御の分子技術」の研究分担者として実施しているものである。その中で本研究では、ポルフィリン分子あるいはヘムタンパク質から構成されるナノ構造体の炭素材料表面への集積化法を見出し、その構造評価法を構築することを目的としている。

平成27年度は、フランスのグループによって合成されたストラップポルフィリンを研究対象とした。まず、ピリジン中80℃で8日間アニールすることにより、会合したストラップポルフィリンをモノマー化させた。その後、性質の異なる様々な溶媒にピリジン溶液を分散させて HOPG 表面にドロップキャストした。そして、自己組織化によって形成される超分子構造体の形態を原子間力顕微鏡を用いて観察した。揮発速度が比較的早い溶液ではロッド状の構造体が形成された。一方、比較的揮発速度が遅い溶液からは、ストラップポルフィリン分子一層分の厚さ、かつ分子長に相当する幅のロッドが連結したシート構造がエピタキシャル成長することを見出した。したがって、溶媒の揮発速度によって、自己組織化による分子集合構造を HOPG 表面で作り分けられることが判明した。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 ポルフィリン、分子集積、原子間力顕微鏡

〔研究 題目〕 量子センシング方式を用いたポータブル NMR 装置の開発

〔研究代表者〕 渡邊 幸志 (電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕 渡邊 幸志、石川 豊史、柏谷 聡、
吉澤 明男、馬渡 康徳
(常勤職員5名)

〔研究 内容〕

量子センシングという新しい技術であるダイヤモンド量子磁気センサーをコア技術とし、従来技術の延長線上では実現できない感度と分解能を持つ、新原理に基づくポータブルな NMR 装置の開発を目指す。これにより、わずかな分子数でも検知可能な NMR 装置を実現する。本開発により、将来的には1分子レベルでの NMR 計測が見通せるようになり、ライフサイエンスにおける微量試料を対象とした分析装置の開発などに貢献する。また、材料開発など様々な分野にも適用可能であり、超高感度分析装置の突破口となる技術にすることを目的とする。本年度の達成度は、おおむね順調に進展している。特に「ポータブル化」の主要目標である、スキャナー方式、光照射・ピックアップ方式を決定した。今後の開発の推進方策は、一部の継続的検証を含めて当初の計画に従って進めてゆく。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 量子センシング、ダイヤモンド、NV センター、NMR、ポータブル

〔研究 題目〕 テラバイト時代に向けたポリマーによる三次元ベクトル波メモリ技術の実用化研究

〔研究代表者〕 福田 隆史 (電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕 福田 隆史、江本 顕雄、平本 修太郎
(常勤職員1名、他2名)

〔研究 内容〕

超大容量の情報を長期間、低コスト、低消費エネルギーで保存するためにホログラフィック情報記録技術の開発を企業と大学との連携のもとで進めている。

平成27年度においては、「位相多値記録媒体の光学的評価」にかかり、位相物体を高い空間分解能で、かつ、歪みを押さえた観察を実現するための手段として、フレネル近似を用いないレンズレスデジタルホログラフィに着目し、レンズレスデジタルホログラフィック顕微鏡の構築に着手した。当該顕微鏡は、球面波シフト法により3次元フーリエ面でのデータを収集し、逆散乱解析することを通じて被測物の3次元屈折率分布の観測を行うとするものであり、提案する新しい計測手段の原理検証を行うとともに、ホログラフィック位相多値記録方式で記録された媒体の評価に適用することを目指して開発を進めるものである。

平成27年度では光学系の設計とその妥当性の検証のための基礎実験、ならびに、全体の光学系組上げまで進捗した。今後、理想的な信号波の生成と位相シフト法を用いた信号波の観測、再生波の観測と解析手法の検証を

進め、位相多値記録用材料の評価を行い、さらなる材料及び記録・再生システムの革新に対して貢献を目指す。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕三次元ベクトル波メモリ、ホログラフィック情報記録、位相多値記録、記録媒体

〔研究題目〕高変位特性を有する非鉛圧電セラミックスの積層化

〔研究代表者〕王 瑞平（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕王 瑞平、菊地 直人、相浦 義弘、粕川 和久（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

鉛系圧電材料 $\text{Pb}(\text{Ti,Zr})\text{O}_3$ の多積層化によって変位特性を向上させることにより、センサーやアクチュエータとして利用可能な実用特性を実現している。非鉛圧電材料を用いたセンサーやアクチュエータを開発するためには、多積層化による変位特性の向上を行う必要がある。産総研の開発した非鉛圧電材料の変位定数が既存の汎用 PZT と同等である。この材料を Ni が酸化しない不活性雰囲気中で焼結した場合でも、高い圧電定数を維持して多積層化すれば、既存の鉛系積層圧電体の置き換えが可能となる。本研究の目的は、積層圧電体のアクチュエータやセンサーに使用されている $\text{Pb}(\text{Ti,Zr})\text{O}_3$ を主とした鉛系圧電材料を非鉛圧電材料に置き換える事と、積層体の内部電極に使用している Ag や Pd の貴金属を卑金属の Ni に置き換える事である。

H27年度は、クラックやピンホール等の欠陥が無いテープを得て、Ni 内部電極を内装した非鉛積層体の作製に成功した。また、不活性雰囲気中で焼結後に酸化処理を行った非鉛積層体の絶縁抵抗率は $1 \times 10^8 \Omega \text{m}$ を達成し、鉛を含まない電子デバイスの実現が大きく前進した。得られた非鉛積層体の圧電特性を評価した結果、 d_{31} は 46 pC/N であり、バルク体の $d_{31} \sim 169$ pC/N より低い。誘電特性で調べた結果、不活性雰囲気中で焼結した場合、第二相転移温度は室温から高温側へシフトし、これに伴って d_{31} が低下する事が判明した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕非鉛、圧電セラミックス、積層体

〔研究題目〕ERATO 美濃島知的光シンセサイザプロジェクト

〔研究代表者〕美濃島 薫（電気通信大学）

〔研究担当者〕稲場 肇、大苗 敦、大久保 章、和田 雅人、中村 圭佑、矢口 かおり（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

当プロジェクトでは、周波数軸上においてスペクトル強度が楕状に精密かつ等間隔に並んだ先端光源「光コム」を、エレクトロニクスと光技術との融合により、基盤的かつ革新的な「知的光シンセサイザ」へと進化させ

ることを目指す。例えば、光波の時間、空間、周波数、位相、強度、偏光などの全てのパラメータを自在に操作でき、様々な応用に使えるところまで進化している知的光源を開発して、その未踏な応用分野を開拓することを目標としている。平成27年度は、光コムの天文応用、デュアルコム分光、新たなキャリア・エンベロープ・オフセット周波数の安定化手法開発、波長安定化レーザー開発、および光コムの周波数安定度の向上に関する研究開発を行った。具体的には、電気通信大学、横浜国立大学、国立天文台岡山天体物理観測所と連携しつつ「天文コム」の開発を行い、徳島大学と連携して「dFTS 広帯域デュアルコム分光」を実現した。また、独自に「新たなキャリア・エンベロープ・オフセット周波数の安定化手法」の開発を行い、半整数光コムを実現するなどした。一方で、アセチレン分子を用いた堅牢な周波数安定化レーザーの開発を目指した。さらに、光コムの周波数安定度の律速条件を明らかにし、その向上を目指す研究を開始し、まずは「光-光周波数リンク」における「ファイバノイズ」について実験を行った。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕光コム、波長安定化レーザー、天文コム、デュアルコム、高繰り返し、周波数安定度

〔研究題目〕高速・高精度テラヘルツ時間領域ポラリメータの開発と産業応用展開

〔研究代表者〕渡邊 紳一（慶應義塾大学）

〔研究担当者〕稲場 肇、大久保 章（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本産学共創プロジェクトの一つの目標は、遅延ステージを排除した二台のファイバーレーザーを同期させた計測系（いわゆる「非同期サンプリングシステム」）と電気光学変調器による計測技術を組み合わせることで、全く可動部分のない高精度テラヘルツ波偏光計測装置をつくることである。上記開発の前段階として、近赤外領域の「デュアル・コム分光法」技術に、「回転偏光子法」を組み合わせることで、新しい概念による赤外周波数域での高精度な偏光計測に成功した。具体的には、産業技術総合研究所で開発したデュアル・コム分光装置に、回転波長板を組み合わせることで、インターフェログラム信号を取得し、そのサイドバンド・コム信号の解析を行うことでコム信号一本一本に対する精密偏光計測を行った。その結果、一本のコム信号について、726.5秒の計測時間で 14 mrad の旋光角分解能をもつ偏光計測装置の開発に成功した。本成果は産業技術総合研究所の保有する超高精度波長計測技術と、慶應義塾大の保有する精密偏光計測技術を組み合わせることではじめて実現したものである。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕 テラヘルツ、光コム、偏光計測、デュアルコム、回転偏光子、電気光学変調器

〔研究題目〕 中性子フラットパネルディテクタの研究開発

〔研究代表者〕 藤原 健（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 藤原 健（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、中性子デジタルラジオグラフィの高度化と中性子3D CT を小型中性子源にて可能にするために、大面積中性子フラットパネルディテクタを開発する。

中性子ラジオグラフィは X 線ラジオグラフィと類似した放射線透過検査法であり、透過特性の違いにより X 線ラジオグラフィと相補的な情報が得られる。中性子ラジオグラフィは数ある中性子利用法の中でも、最も広く実用的に利用されている手法であり、今後全国的に広まりつつある小型中性子源での産業利用が特に期待される手法である。利用されている分野としては近年利用が急増している燃料電池内部の可視化や、原子炉燃料の健全性評価、宇宙ロケット部品の全数検査、エンジンノズル等の試験検査、航空機エンジンを始めとする各種タービンブレードの検査、内燃機関内の燃料の輸送状況観察等が挙げられる。そこで本研究は、中性子デジタルラジオグラフィを高度化するために高効率・大面積の中性子フラットパネルディテクタを開発する。我々はコンパクト中性子源における中性子の低フラックスという課題を検出器の①大面積化・②検出効率の向上・③アクティブ受光素子による高感度化という3つのアプローチをとることで解決し、中性子デジタルラジオグラフィの基盤技術を確認する。

中性子を電荷に変換するコンバータには、我々が考案した微細構造を持つ個体¹⁰B（マイクロストラクチャ型ボロンコンバータ）を用い、³He 代替検出器の課題であった中性子検出効率の向上を実現する（検出効率：～50%）。信号の読み出しにはガスシンチレータと組み合わせたアクティブ受光素子を用いて検出器の大面積化に加え、中性子に対し高感度と、低ガンマ線感度の双方を高い次元で両立させる。

本年度はアルミ基板にマイクロストラクチャ型の微細加工を施した小型の試作基板を作成し、B-10をスパッタして、中性子コンバータを試作した。試作したコンバータと Glass GEM を組み合わせ、J-PARC MLF BL-16にて評価実験を行った。アルミ材：A1050, RSA を用いて製作したマイクロストラクチャコンバータをフラット型（従来型）のコンバータと比較することで行った。試作器では中性子の検出効率が従来品の3倍以上になることを確認した。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 中性子検出器、中性子ラジオグラフィ、ガス検出器、放射線検出器、非破壊検査

〔研究題目〕 レーザー超音波可視化映像からの欠陥定量検出法の開発

〔研究代表者〕 遠山 暢之（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 遠山 暢之、宮内 秀和
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

レーザー超音波可視化探傷法を利用して、鋼橋に発生するき裂等の欠陥を、遠隔で効率的に検出できる非接触・非破壊の劣化診断技術の開発を目指している。本年度は、レーザー超音波可視化映像に及ぼすレーザー照射条件の影響を検証し、最適レーザー照射条件下で計測した鋼製溶接部材の可視化映像からき裂を定量評価する実用的手法の開発を行った。

照射するパルスレーザーの強度と検出される超音波波形および表面照射痕との関係を調べた。エネルギーメーターを用いて1ショットあたりのパルスエネルギーを測定した後、鋼材表面に任意エネルギーのレーザー照射を行った際の超音波波形の計測と表面の顕微鏡観察を行った。その結果、超音波信号の振幅はレーザー強度にほぼ比例し、約200 μJ 以上のパルスエネルギーを照射すると鋼材表面に照射痕が発生することがわかった。以上の結果を基にした最適レーザー照射条件下で、長さ10 mm 以下の人工き裂を溶接部表面に導入した鋼製溶接部材の超音波可視化データの取得を行った。超音波可視化映像から、溶接部表面に存在するき裂のエコーを明確に検出することができた。さらに差分法を利用した画像処理を行って得られた波形データの最大振幅画像から、き裂位置の同定およびサイジングが可能であることを実証することができた。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 非破壊検査、レーザー超音波、超音波探傷、インフラ診断、き裂

〔研究題目〕 コンクリート内部を可視化する後方散乱 X 線装置の開発

〔研究代表者〕 豊川 弘之（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 豊川 弘之、平 義隆、藤原 健
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

道路橋やトンネルなどの重要インフラの劣化・損傷に起因する大事故を未然に防ぐための検査技術を、放射線計測と電子加速器分野における最新技術を用いて開発する。具体的には、X 線の利点である高精細画像と、電磁波レーダーの利点である片側アクセシビリティの簡便性を併せ持つ後方散乱 X 線イメージング装置を開発し、道路床版や橋梁の検査等で利用できるように小型・軽量のシステムとする。従来技術では見ることができなかったコンクリート内部の小さな空洞や密度変化、鉄筋などの鮮明な X 線画像を得ることを目指す。

テーブルトップ C バンド電子加速器を開発して X 線

を発生した。C バンド帯域で最大1 MeV の電子加速を行う加速空洞の内部形状を、電磁場解析ソフトウェアと粒子追跡ソフトウェアを用いて計算して空洞形状を設計した。900 keV、300 mA の電子をタングステンターゲットに照射する X 線源を開発した。また、サブスケールモデル供試体を用いた後方散乱イメージング実験を行い鉄筋の画像取得に成功した。加速電圧700 kV の制動 X 線を用いて、鉄筋コンクリート内部の後方散乱 X 線イメージング実験を行い、内分鉄筋の存在を確認することに成功した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】X 線、電子加速器、後方散乱

【研究 題 目】農林系廃棄物を用いたハイブリッドバイオマスファイラー製造および複合材料開発

【研究代表者】遠藤 貴士（機能化学研究部門）

【研究担当者】遠藤 貴士、岩本 伸一郎、熊谷 明夫、妙見 夕佳、島本 忠直
（常勤職員3名、他2名）

【研究 内 容】

本テーマは、農林系廃棄物を高付加価値化する技術開発として、もみ殻が含有しているシリカ成分を林地残材等の森林バイオマス系廃棄物から製造したバイオマスファイラーとハイブリッド化させることにより、樹脂補強用素材として利用できるハイブリッドバイオマスファイラー製造技術の開発を目標としている。研究開発では、林地残材等の森林バイオマス系廃棄物から、微細繊維状のバイオマスファイラーを効率的かつ経済的に製造する技術およびもみ殻由来シリカを用いて、バイオマスファイラー表面を改質し、ハイブリッド化する技術を開発する。さらに、得られたハイブリッドバイオマスファイラーを用いて、プラスチック製品に応用しやすいマスターバッチ製造を進める。

本年度は、もみ殻およびスギ林地残材を原料としてバイオマスファイラーを製造する場合の混合状態および水浸漬時間が解繊度合いへ与える影響を評価した。その結果、12時間以上水浸漬して機械的に処理することで、もみ殻およびスギ林地残材の混合比率に影響されことなく、再現性良く解繊できることを確認した。また、解繊程度の異なるバイオマスファイラーを樹脂と複合化した結果、原料を十分に解繊処理することなく樹脂補強効果を発現できることを確認した。さらに、ハイブリッドバイオマスファイラーを量産化するための、シリカとセルロース成分の比率や温度の最適化、使用樹脂種の影響把握、および量産に適した処理装置機構を明らかにし、目標となる200kg のマスターバッチ製造が可能であることを示した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】農林系廃棄物、バイオマスファイラー、もみ殻

【研究 題 目】技術ソリューション事業（フェーズ1案件）に関する技術開発課題「自己組織化ナノ材料を用いた随伴水処理技術の開発

【研究代表者】小木曾 真樹（機能化学研究部門）

【研究担当者】小木曾 真樹、青柳 将、伊藤 正恵
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

随伴水とは、油ガス開発に伴い排出される様々な排水の総称である。近年、様々な要因から排出量が増大すると共に、世界的な環境基準の厳格化により、環境中にそのまま廃棄することが困難となっており、大きな問題となっている。随伴水には油成分が微小の油滴等として混在すると共に、塩濃度が非常に高いケースも多く、また腐食性の硫化水素ガス等を含む場合もあり、通常の水処理方法で浄化することが難しい排水として知られている。また随伴水には、重金属、多種類の有機物が含まれていることから、多段階の排水処理が必要となり、コストや設置場所の面で課題が多い。

自己組織化ナノ材料は、表面にカルボン酸などの有機官能基が高度に集積していること、二分子膜構造からなり疎水性のポケットを内部にもつことから、重金属や蛍光色素などを吸着する。また、両親媒性化合物であるため水油両方に親和性をもつこと、安定な低分子化合物であり硫化水素に侵されないことから、随伴水中で使用される吸着剤として有望である。自己組織化ナノ材料の随伴水処理技術への応用を検討した。

様々な新規自己組織化ナノ材料を開発した。随伴水を模したモデル溶液中および実随伴水を用いた評価を行い、自己組織化ナノ材料がカドミウムなどの重金属、フェノールなどの有機化合物、油分を吸着できることを明らかにした。分離機能を高めるため、強磁性金属と複合化することにも成功した。随伴水に添加することで、一段階で有害物を吸着し、磁石により容易に取り除く新しい処理技術を開発した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】自己組織化、ナノ材料、随伴水、排水処理、吸着剤

【研究 題 目】医療機器開発推進研究事業「細胞チップを応用した超高感度マラリア診断装置の開発」

【研究代表者】片岡 正俊（健康工学研究部門）

【研究担当者】片岡 正俊、八代 聖基、山村 昌平
Sandy Junedi、芝田 いずみ
（常勤職員3名、他2名）

【研究 内 容】

目標：

世界3大感染症の一つで、WHO を中心として世界的な対策が図られているマラリアについて、治療法ととも

に大きな課題とされる診断法の確立を目標に、産総研独自の技術であるマイクロメーター単位のマイクロチャンバーを2万個、アレイ状に配列した細胞チップ基板技術を応用して、迅速・超高感度・易操作性のマラリア超早期診断デバイスの開発を進める。そのため、アフリカを中心とするマラリア流行地域での実証試験を企業との共同ですすめ、フィールドで誰でも簡単に使用できるデバイス開発を進める。さらに、感染マラリア種の同定や薬剤耐性の有無を判定するため、オンチップ PCR 系の構築を目指す。

研究計画：

マラリアは年間2億人の感染者と66万人が死亡する赤血球へのマラリア原虫による寄生虫感染症である。マラリア対策の大きな問題点として、迅速・高感度・易操作性の診断法は未だに開発されておらず、赤血球ギムザ染色の光学顕微鏡を用いた肉眼的観察がゴールドスタンダードとされている。我々は、民間企業との共同研究により開発中の赤血球分離用カラムと蛍光検出機、さらに細胞チップによる実証試験を目的に、アフリカや東南アジアなどマラリア流行域において患者血液を用いて、全血からの赤血球分離カラムによる赤血球分離・細胞チップでのマラリア感染赤血球染色と開発した蛍光検出機によるマラリア検出のフィールドテストを行う。H27年度では、フィールドテストを通じて検出試薬保存法、チップ基盤作成法など現地での使用を考慮した診断デバイス開発を行った。また、オンチップ PCR 系の構築のため、一細胞 PCR 系の条件検討を進め、マラリア感染赤血球一細胞から PCR 反応に基づく正確な種の同定法を構築した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】 マイクロナノデバイス、細胞チップ、ギムザ染色、マラリア、マラリア診断、寄生虫感染症、光学顕微鏡、赤血球分離、蛍光検出、種、薬剤耐性

【研究 題目】 繁殖性の改善による家畜生涯生産性向上技術の開発

【研究代表者】 山下 健一（製造技術研究部門）

【研究担当者】 山下 健一、永田 マリアポーシャ、石地 友香、松浦 和真（常勤職員1名、他3名）

【研究 内容】

流体操作により精子を誘導するという新技術により、人工授精用精液の受精能力を向上させること、ならびに繁殖検診に関連する知見を情報処理技術により整理し、繁殖機能回復の程度の判断を支援する技術の開発を行い、全体平均として分娩後の早期回復を成し遂げるという2つの課題に取り組み、家畜の生涯生産性向上を実証する。平成27年度は、精液処理の操作の定型化や半自動化を図るとともに、分娩前後の母牛のデータ蓄積を行い、デ

ータ解析法の検討を進めた。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 繁殖、畜産、獣医学、マイクロ流体

【研究 題目】 「次世代がん研究推進のためのシーズ育成支援基盤」（天然物ライブラリーを用いた探索試験の実施）

【研究代表者】 新家 一男（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】 新家 一男、加賀谷 紀貴（2号職員）（常勤職員2名、他3名）

【研究 内容】

国内の基礎的がん研究の優れた成果を戦略的に育成し、効率的かつ速やかに臨床研究の実施へとつなげることに、次世代がん医療の開発研究を加速することを目的とし、次世代がん研究シーズ戦略的育成プログラムが策定されている。当該プログラムは、「次世代がん医療創生研究 HQ」によるマネジメントのもとで、「革新的がん医療シーズ育成グループ」、及び「がん臨床シーズ育成グループ」の2つの研究グループに加え、これらシーズ育成グループの研究開発を支援する「シーズ育成支援基盤」の3つの研究開発組織により推進される。当担当は「シーズ育成支援基盤」において、(1) 革新的シーズ育成の促進のため、化合物ライブラリーを用いた阻害剤探索等の技術支援を行った。

本年度は、上記機構のもと、8種類のアッセイ系のハイスループットアッセイ系の構築を行い、前年度に構築したアッセイ系を含む合計12種類のアッセイ系に関してスクリーニングを実施した。約27万サンプルからなる世界最大級の天然物ライブラリーを用いたランダムスクリーニングの結果得られたヒットサンプルに関しては、活性物質の単離・精製、化合物構造同定を行った。また、優れた活性を示した新規天然化合物に関して、詳細な生物活性試験に供するためのサンプル調製を行った。幾つかの化合物に関しては、特許申請を行う成果が得られた。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 天然物スクリーニング、がん分子標的、抗腫瘍剤

【研究 題目】 エピゲノム解析の国際標準化に向けた新技術の創出

【研究代表者】 光山 統泰（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】 光山 統泰、齋藤 裕（常勤職員2名）

【研究 内容】

目標：

プロジェクトで得られた膨大なエピゲノム測定結果から、エピゲノム標準化に必要な情報を適切な方法で抽出し、プロジェクト内および IHEC コミュニティで効率的に共有できるようにするための情報基盤を構築する。

研究開発の概要：

- 1) エピゲノムデータ標準品質検査作業
白髭グループで計測されたエピゲノムデータについて、配列データレベルの品質検査を実施する。
- 2) エピゲノム情報解析パイプラインの構築
既存の情報ツールを組み合わせた情報解析パイプラインを構築する。
- 3) エピゲノムデータベースの構築
CREST プログラム内で生成されたエピゲノムデータをカタログ化し、グループ間および IHEC コミュニティでエピゲノムデータの共有を促進するため、データベースを構築する。

平成27年度成果：

- DNA メチル化情報検出パイプライン「Bisulfighter」のメチル化変化領域推定の精度を高める新規アルゴリズムを開発し、査読付き国際学会で口頭発表を行い、査読付き国際誌に論文発表した。
- グループ内で得られた11細胞種、36実験、200配列について情報解析を実施し、DDBJに登録した。
- グループ内で得られた11細胞種、36実験、200配列を、TrackHubによって IHEC Data Portal に提供した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】エピゲノム、DNA、メチル化、配列解析

【研究題目】HPCI 戦略プログラムにおける人材養成プログラムの実施

【研究代表者】浅井 潔（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】浅井 潔、広川 貴次、後藤 修、
光山 統泰、富井 健太郎、
ポール ホートン、津田 宏治、
長野 希美、清水 佳奈、今井 賢一郎、
マーティン フリス、亀田 倫史、
富永 大介、油谷 幸代、瀬々 潤、
齋藤 裕、水谷 健太郎、寺田 朋子
（常勤職員13名、他5名）

【研究内容】

目標：

バイオインフォマティクスの研究拠点としてより確立された地位を築くことと併せ、産業技術の発展、産総研の利益につながる形での人材養成を目指す。

研究計画：

「京」コンピュータを中核とする「HPCI 戦略プログラム分野1 予測する生命科学・医療および創薬基盤」における教育プログラムを（独）理化学研究所より委託され、H23年度より5ヵ年計画で HPCI 人材養成プログラムを実施する。プログラムは、初学者から中級者を対象とした実習中心の「HPCI 講習会」、一般向け公開講演会「HPCI ワークショップ」、「HPCI e-ラーニング」、第一線の研究者による最先端セミナー「HPCI セミナー」の4本柱で構成する。

年度進捗状況：

1. HPCI 講習会

本年度は、バイオインフォマティクス実習、創薬インフォマティクス実習の2コース 計9講座を開催し、のべ329人の受講を得た。

2. HPCI ワークショップ

HPCI 戦略プログラム分野1（SCLS）との共催で生命医薬情報学連合大会2015のスポンサーセッションとして「生命科学におけるインフォマティクスと物理化学の融合ーバイオインフォマティクスを広い視点から鳥瞰するー」というテーマのもとで開催し、3件の招待講演を行った。

3. HPCI e-ラーニング

昨年度までの分を含め、HPCI 講習会、HPCI セミナー等を収録することにより制作した6コース計67本のビデオコンテンツが無料で視聴可能である。本年度は HPCI セミナーから3講義の新規コンテンツを制作し、307名の受講登録者を得た。

4. HPCI セミナー

本セミナーは東京大学大学院新領域創成科学研究科メディカル情報生命専攻の「情報生命科学特別講義II」という単位認定科目になっている。本年度は、産総研外部から招待した10名の研究者と産総研に所属する2名の研究員が講師を担当し、学生にも理解できるように最先端の研究成果を丁寧に講義した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】人材育成、バイオインフォマティクス、創薬インフォマティクス、技術指導、セミナー、講習会、e-ラーニング、HPCI

【研究題目】ホメオスタシス維持機能をもつ農林水産物・食品中の機能成分多視点評価システムの開発と作用機序の解明

【研究代表者】舘野 浩章（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】舘野 浩章、平林 淳

（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

単球・腹腔細胞・マイクログリア等の食細胞機能（食食能など）を判別するためのレクチン候補を1種類以上抽出して、食食能の指標となる糖タンパク質マーカー候補を1種類以上同定し、食食能を測定する方法を構築することを目的としている。LPS 処理で発現が誘導される THP1の膜タンパク質/分泌タンパク質の同定を行った。その結果、細胞膜表面及び培養液中への分泌量が顕著に増加する糖タンパク質 X を1種同定した。培養液中から糖タンパク質 X を免疫沈降して、レクチンアレイで糖鎖解析を行った。その結果、糖タンパク質 X は O 型糖鎖を有することが分かった。また、各種酸化 LDL のレクチンアレイ解析を行ったところ、それぞれ異なる糖鎖プロファイルを有することが分かった。更に、

コントロール群、高脂肪食群、LPS 処理群のマイクログリアのレクチンアレイ解析を行い、それぞれの糖鎖プロファイルの抽出に成功した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕糖鎖、レクチン、免疫、食品

〔研究題目〕がん関連遺伝子産物の転写後発現調節を標的とした治療法の開発（がん抑制遺伝子の翻訳抑制機構を標的とした核酸医薬の開発）

〔研究代表者〕夏目 徹（創薬分子プロファイリング研究センター）

〔研究担当者〕夏目 徹（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

多くの癌に於いてがん抑制遺伝子の発現抑制が起こっている事が知られており、それらのがん抑制遺伝子発現上昇を誘導できれば癌の治療が期待できる。我々はこれまでに、質量分析を用い mRNA の翻訳（安定性）制御因子を同定できる事、また、その制御を解除するアンチセンスオリゴ（USO）を用いる事により特定のタンパク質の発現上昇を引き起こせる事を明らかとしてきた。この技術を用いる事により我々は、がん抑制遺伝子の翻訳抑制機構を標的とした核酸医薬の開発を行う事目標とし、平成23-27年の間に以下の行程での研究を計画している。1. 発現上昇により癌の治癒が期待される標的癌遺伝子の決定、2. がん抑制遺伝子 mRNA の翻訳（安定性）制御因子を同定、3. 制御を標的としたアンチセンス=USO を設計、4. In Vitro における USO の機能確認、および、USO の最適化、5. マウスを用いた薬効確認実験。本年度は、上記の研究計画5の行程の研究を行った。我々が合成した USO (α -hp53-oligo1: ヒト p53-mRNA とタンパク質 A の結合を阻害、p53タンパク質を増加させる活性を持つ) について、理化学研究所と共同で動物実験を行いその薬効評価を行った。具体的には、ヌードマウスの皮下に α -hp53-oligo1 を導入したヒト MCF7がん細胞あるいは、ネガティブコントロールとして p53タンパク質を増加させる活性を持たない α -hp53-oligo2 を導入した MCF7細胞を移植、一定期間後に皮下に形成された腫瘍を採材、その大きさを測定することにより生体内 (In Vivo) でのがん形成能における α -hp53-oligo1 の効果の確認を行なった。その結果、 α -hp53-oligo1 導入 MCF7細胞移植群において、MCF7細胞のがん形成能の有意な低下が見られた。さらなる詳細な解析が必要ではあるが、動物実験レベルでの α -hp53-oligo1 の効果を見出すことに成功した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕質量分析、癌抑制遺伝子、アンチセンスオリゴ、mRNA制御

〔研究題目〕再生医療のための細胞システム制御遺伝

子発現リソースの構築

〔研究代表者〕五島 直樹（創薬分子プロファイリング研究センター）

〔研究担当者〕五島 直樹、鍵和田 晴美、
福田 枝里子、高坂 美恵子、
久保 葉子、東 久美子、中村 明日香
（常勤職員3名、他4名）

〔研究内容〕

再生医療における iPS 細胞の誘導、分化誘導、体細胞のダイレクトリプログラミング等では、遺伝子導入による細胞システム制御技術が極めて重要である。

我々は、再生医療研究の加速を進めるために、細胞の初期化や分化等に関わる時空間特異的な cDNA（スプライシングバリエーションも含む）を重点的に取得する。そして、再生医療実現拠点との連携を密に取り、細胞システム制御遺伝子発現クローンを整備し、供給体制を整える。

また、再生医療を実施する際に、移植細胞の品質管理、移植免疫のモニタリングは安全性の上で極めて重要である。我々はヒト cDNA をタンパク質に変換し、独自のプロテインアレイを駆使して、安全な再生医療の実現を可能とする技術開発を実施している。

① 初期化、分化誘導遺伝子の情報収集

再生医療実施拠点との情報交換を行う目的で、下記5件の研究課題との共同研究契約を締結し、共同研究を行っている。

i) iPS 細胞研究中核拠点：京大 CiRA：山中伸弥教授／升井伸治講師／沖田圭介講師

ii) 疾患・組織別実用化研究拠点 A：慶応大：岡野栄之教授

iii) 技術開発個別課題：京大 CiRA：長船健二教授

iv) 技術開発個別課題：京都府立医大：佐藤貴彦助教

v) 技術開発個別課題：京大 CiRA：堀田秋津助教

また、AMED-CREST において慶応大学医学部の家田真樹講師と共に心筋ダイレクトリプログラミングおよび幹細胞からの心筋分化誘導に関わる強力な新規因子を発見し、2件の特許出願を行った。

② 細胞システム制御遺伝子発現クローンの作製

細胞システム制御遺伝子として分類した遺伝子で未取得のクローン、5つの連携先のリクエストから合わせて158クローンの供給を行った。未取得のクローンについては引き続き作製を進める。

京大 CiRA と京都府立医大との共同研究では、iPS 細胞から角膜上皮細胞に分化誘導する OVOL2遺伝子を新しく発見した。

③ 細胞システム制御遺伝子発現クローンのデータベース作成

既取得のヒト遺伝子クローンと本プロジェクトで取得した細胞システム制御遺伝子クローンの種々の情報を格納し、検索、表示が可能なデータベースとして

HGPD-RM (Human Gene and Protein Database for Regenerative Medicine) の基本構造を構築した。データベースは随時随携先に公開し、利用可能クローンのアップデートな情報を提供することを可能とする。HGPD-RM を元にして各再生医療実現拠点との連携を密に行い、必要なクローンの取得状況、クローン作製のリクエスト、取得予定等、情報交換可能な仕組み作りが基本的に可能となった。

- ④ プロテインアレイによる機能的プロテオミクス解析
高密度なプロテイン・アクティブアレイの作製を可能にするため、ピンツール自動分注機 (H24年度補正予算) の購入・立ち上げ作業を行った。アレイ作製に適したピンの検討を行った結果、先端部直径0.457 mm でスロットタイプ (溝の容量10nL) のピンが最適であった。このピンを用いて、13824スポット/基板の密度でアレイ作製を行うことに成功した。ピン方式であるため現時点ではランダムにスポットの抜けが生じやすく (30-40スポット/6144スポット)、スポット抜け無くアレイ作製する技術開発も行った。今後、細胞移植の際の移植免疫のプロファイリング、タンパク質相互作用を利用した細胞キャラクタライズに利用することを考えている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】再生医療、細胞システム制御遺伝子、初期化、分化誘導、iPS 細胞、免疫モニタリング、ダイレクトリプログラミング

【研究題目】生体防御系を利用した疾患診断の基盤技術開発

【研究代表者】五島 直樹 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】福田 枝里子、小野 智央、塩谷 美夏 (常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

本開発では生体防御系である血液中の抗体をプロファイリングし、疾患診断に結び付けることを目的とし、その基盤技術開発を行う。これまでに開発してきた未変性タンパク質のプロテインアレイは血清中の自己抗体の検出は技術的に可能であったが、アレイ基板1枚に対して384種類の抗原タンパク質しか搭載することしかできず、網羅的な自己抗体検出は極めて困難であった。また、多検体の血清サンプルを解析して疾患との関連性を調べるためには労力とコストが大幅にかかっていた。本プロジェクトでは、これまでに開発したプロテインアレイ技術をベースとし、多検体を低コストで網羅的に自己抗体測定を可能とする実践的なプロテインアレイシステムの作製技術の開発を行い、網羅的自己抗体検出システムを利用した総合的な疾患診断システムの構築を行う。また、多数の血清を基板にスポットし、抗原をプローブとして横断的に自己抗体を検出するシステムの開発を目指す。これ

らの自己抗体解析システムを使用して、今後の自己抗体による診断システムの基礎となる健康人 (各年齢別、男女別) および各種疾患患者の自己抗体プロファイリングデータを取得する。さらに自己抗体形成に大きく関与する HLA データを取得し、疾患と自己抗体の関連解析を行うための基盤データを構築する。本システムと基盤データをもとに総合的な診断、早期診断、免疫治療の評価を可能にする。

本開発では、ヒトタンパク質16000種類以上を抗原タンパク質としてアレイに搭載することを目指し、1536ピンヘッドを既存の分注機に装着し、タンパク質合成時の未変性状態で基板に結合させるオリジナル技術を開発する。未変性タンパク質をアレイ化することで立体構想認識抗体の検出も可能になる。本アレイを使用して、自己免疫疾患として知られている炎症性腸疾患 (クローン病、潰瘍性大腸炎など) の患者血清70名分の自己抗体プロファイリングデータを取得した。その結果、以下の成果を上げた。

1) 高密度プロテインアレイの開発

1536ピンを使用してオイルタンパク質溶液からなる W/O 液滴の形成によってタンパク質を未変性状態で高密度にアレイ化する技術開発のため、ピンの仕様の検討を行った。SBS 規格プレートの GSH 修飾-aC 基板に13824タンパク質/SBS 規格プレートの密度でスポットが可能なピン仕様を決定し、アレイのタンパク質スポット法も改良を行った。

2) 高密度プロテインアレイの作製

新規アレイ作製プロトコールを作成し、75セットのプロテインアレイを作製し、北里大学で採集した炎症性腸疾患患者の血清中の自己抗体プロファイリングに使用した。

3) 健康人および疾患の血清サンプルおよび LA タイピング用 DNA の採集のための医師との連携

千葉大学医学部の羽田明教授に、10代以下の男女20名、10代前半の男女10名、10代後半の男女10名、20代前半の男女10名、川崎病患者70名の血清および DNA サンプルの収集を依頼し、採集を完了した (合計120人分のサンプル)。自己抗体のプロファイリングにおいて健康人の自己抗体データは、様々な疾患での特異的な自己抗体を探索する上での基礎データとして使用する。

4) 血清サンプルの HLA タイピングのための連携

上記の3) で取得した DNA サンプル (120人分) を用いて HLA タイピングを DNA シーケンスレベルで測定業務を国立遺伝研・井ノ上逸朗逸朗教授に依頼し、解析を完了した。

5) 炎症性腸疾患 (潰瘍性大腸炎、クローン病患者等) 血清の自己抗体プロファイリング

従来のプロテインアレイで絞り込んだ抗原タンパク質および DNA チップで絞り込んだタンパク質を中密

度プロテインアレイ（384スポット）に搭載し、71例の炎症性腸疾患血清および10名の健常者血清（ミクスチャー）のサンプルに対して自己抗体プロファイリングを実施した。測定データは参画機関のダイナコムによって統計解析を行った。

以下の多変量解析（Logistic LASSO）を行った。

- ・クローン病（active）、潰瘍性大腸炎（active）とそれら以外の腸炎の判別
- ・クローン病（active）と潰瘍性大腸炎（active）の判別
- ・クローン病（active）とクローン病（remission）の判別
- ・潰瘍性大腸炎（active）と潰瘍性大腸炎（remission）の判別

解析の結果、上記1)～4) 全てで70～90%程度の確度で判別可能であるという結果を得た。上記の結果に、カルテ情報を加味することにより、更に精度の高い解析が可能になった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】自己抗体、プロテインアレイ、免疫モニタリング、抗体プロファイリング、炎症性腸疾患、クローン病、潰瘍性大腸炎

【研究 題目】自己抗体マーカー探索システムの開発

【研究代表者】五島 直樹（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】福田 枝里子、小野 智央、塩谷 美夏（常勤職員2名、他2名）

【研究 内容】

疾患を発症する前または初期段階で診断できること、そして1つの検査でより多くの健康情報が得られる総合的診断を実現することは、安全・安心な国民生活を実現する上で極めてニーズが高い。生体防御系である抗体は外来の抗原だけでなく、疾患による過剰なタンパク質の産生や細胞からのタンパク質の異常な放出に伴って、自己のタンパク質に対しても自己抗体を産生することが知られている。がん診断において抗 p53自己抗体がマーカーとして利用されているのは、そのよい例である。生体の異常に対して敏感に応答する生体防御システムを、疾患センサーとして利用することが出来れば理想的な総合的診断や早期診断が可能になると考えられている（R. H. Scofield, LANCET; 363: 1544-46. 2004）。自己抗体を用いた診断として抗核抗体検査が代表的であるが、抗原まで同定することは困難であり、それに代わるプロテインアレイの開発および網羅的自己抗体解析法の確立が望まれている。これまでに網羅的自己抗体解析が進まなかった理由として、抗体解析に必須な網羅的な抗原タンパク質を調製できない点にあった。しかし、我々は世界最大のヒト完全長 cDNA を基礎としたヒトタンパク質発現リソースおよび網羅的なヒトタンパク質合成技術を

開発しており（Goshima et al., Nature methods, 5 (12): 1011-7. 2008）、これをもとにプロテインアレイを開発することによって、世界最先端の自己抗体プロファイリング技術を確立できる状況にある。自己抗体は個人によって異なり、健康状態をリアルタイムに反映している。網羅的自己抗体を Autoantibodyome としてプロファイリングすることは、オミックス研究の新しい一分野を切り開くことになり、がんや自己免疫疾患、膠原病だけでなく、抗 PD-1抗体などのがん治療の免疫モニタリング、再生医療における移植免疫のモニタリングなど多くの疾患に対する早期診断、総合的診断、治療の評価につながると期待されている。

すでに、我々は要素技術開発タイプの研究開発の結果から、網羅的自己抗体探索においてクローン病や潰瘍性大腸炎の90%以上の精度での層別化において、自己抗体マーカーが有効に機能する結果を示してきた。また、エバネセント波励起蛍光法を利用したエバネセント波プロテインアレイによって抗 p53自己抗体の高感度検出に成功しており、ELISA 法の約2倍の陽性率でがん診断が可能であることを示しており、特許も取得している。

本提案では、1次探索として2万種プロテインアレイによる網羅的自己抗体解析を行い、健常者では検出されない特異度の高いマーカー候補を情報解析によって選出し、データベース化する。2次探索としてエバネセント波プロテインアレイを作製し、未洗浄によって低親和性の自己抗体も検出することによって、陽性率の高い自己抗体マーカー候補の絞り込みを行う。最終的に、汎用的疾患診断を目的として血中の自己抗体マーカー探索システムの構築を行う。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】自己抗体、プロテインアレイ、免疫モニタリング、抗体プロファイリング、がんマーカー、マルチマーカー

【研究 題目】肝毒性予測のためのインフォマティクスシステム構築に関する研究

【研究代表者】堀本 勝久（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】福井 一彦、井上 雅世、趙 楊（常勤職員3名、他1名）

【研究 内容】

本研究の目的は以下の通りです。1) In vitro 肝毒性マーカーパネルの構築のため、肝毒性に関する分子知識情報および分子計測情報を収集し、2) 肝毒性パネル構成分子群を設定する。当パネル構成分子群の選定においては、サンプルデータ数に応じた通常の統計手法に加え、独自に開発した「表現型相異指向解析」を用いる。加えて、3) 収集整備した肝毒性に関する分子知識・計測情報を利用して、in vitro と in vivo データの新規ブリッジング手法の開発を行う。

上記研究目的の内、初年度である本年度は、主に1) 肝毒性に関する分子知識および分子計測情報の収集、及び2) 肝毒性パネル構成分子群を設定の予備的な解析を行った。1) については、NIH の遺伝子発現データのデータベース、Gene Expression Omnibus において肝毒性に関する公開データを調査し、ラット15セット及びヒト7セットを発見し、そのデータを収集・整理した。また、それぞれのデータセットに関連する文献も収集・整理した。これにより、遺伝子発現計測に基づく肝毒性研究の現状の概要を把握した。2) については、医薬基盤研より受領した、現在計測が終了しているマイクロアレイデータ5セットについて、当センターが開発した分子刻印推定技術の解析を開始した。Rat.in_vivo.Liver.Single.lst データセット (3792データ = 158(drugs) X 3(dose) X 4(time points) X 2) 中、Acetaminophen の投与データ (3h dose, 1000mg) について、当センターの有する分子刻印推定パイプラインによる解析を行い、その結果を山田弘代表と議論し、今後体系的に解析する際の出力結果についての打ち合わせを行った。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】遺伝子発現、肝毒性、創薬

【研究 題目】p53機能を活性化若しくは回復させる低分子化合物の同定及び最適化の検討

【研究代表者】江成 政人 (国立がん研究センター)

【研究担当者】広川 貴次 (創薬分子プロファイリング研究センター)、大和田 知彦 (東京大学) (常勤職員1名、他2名)

【研究 内容】

研究代表者である国立らが既に同定している p53経路を標的とするシーズの最適化に向けた検討を行い、p53の活性を増強する新規抗がん剤の開発を目指すとともに、既存の抗がん剤や分子標的型抗がん剤等の薬剤に耐性となったがん細胞に対してここで得られたシーズの有効性の検証を行う。そして、p53活性化と既存の抗がん剤や他の分子標的薬との併用による有効性や相乗効果を示すかについても検討を行う。また、研究代表者らが同定した p53関連遺伝子産物 PHLDA3や TSPAN2をベースとした抗がん剤の開発を行う。

東京大学では、ヘリックスペプチドライブラリーを用いて、p53機能を活性化もしくは回復させるバイオ化合物 (ヘリックスペプチド) を同定し、得られたヘリックスペプチドの最適化を行う。

産業技術総合研究所では、In silico 構造解析法を用いて、同定した p53機能を活性化もしくは回復させる低分子化合物の設計や最適化を行う。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】分子標的創薬、抗がん剤、p53、インシリコ創薬、ペプチドライブラリー

【研究 題目】がん情報生物学・生物統計学研究基盤の構築

【研究代表者】井上 雅世 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】井上 雅世 (常勤職員1名)

【研究 内容】

本研究課題は、がん特性の数論的理解および数理的、統計学的解析手法の開発を目指すものである。特に、がんオミックスデータの新規データ解析手法の開発に取り組んでいる。

タンパク質の量バランス維持は生命機能を維持する上で不可欠であり、その破綻つまり異常蓄積はがん等の重大疾患の原因となることが知られている。そこで、タンパク質量制御メカニズム視点からがんの特性理解を目指し、研究開発に取り組んだ。転写因子と被制御遺伝子の発現量変化の依存関係に基づきタンパク質量制御メカニズムを分類する手法を開発し、マイクロアレイ計測データに適用することで、量制御メカニズムに応じた遺伝子の分類をおこなった。次に、パスウェイ解析を用いた量制御メカニズムと遺伝子機能の対応関係の解析をおこなった。その結果、がんとの関連が知られている遺伝子の特徴として、そのタンパク質量制御には合成過程よりも分解過程が重要であることを見出した。さらにいくつかのがん遺伝子について、量制御メカニズムからみた効率的な薬の作用点について考察をおこなった。今後は量バランスの時間的変遷に注目し、がんの進行度合いに応じた量制御メカニズムの変化などについて考察をおこなう予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】数理システム解析、がんオミックスデータ解析

【研究 題目】「生体分子システムの機能制御による革新的創薬基盤の構築」(サブ課題 C①機能制御部位データベース)

【研究代表者】広川 貴次 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】本野 千恵 (常勤職員2名)

【研究 内容】

医薬品開発プロセスにおいて、計算技術の利活用が最も期待されている工程は、「化合物ライブラリーから疾患原因タンパク質に結合し制御する化合物を探索するスクリーニング段階」と、「スクリーニングで特定した候補化合物の活性向上と副作用回避を目指して化学構造を変換するリード最適化段階」である。製薬現場では市販のソフトなどを用いて候補化合物の探索や分子デザインがなされているが、予測精度の低さや評価できる化合物数・標的タンパク数の限界などの問題から、実際の実験に置き換わるほどの革新的技術に至っていない。

そこで本サブ課題では、他の2つのサブ課題 (ポスト

京での MD の高度化とアルゴリズム深化、次世代創薬計算技術の開発) でポスト京に対してチューンナップされた MD ソフトおよび創薬計算手法を、創薬計算フロー(スクリーニングからリード最適化) にそって連結した統合システムの開発を目指す。また、ポスト京のスケールメリットを最大に活かし、多数の創薬関連タンパク質(副作用関連タンパク質を含む) やそれらの分子ネットワークと化合物ライブラリーとの膨大な組合せから最適解を高速に計算し、ベストな医薬品候補化合物を自動でデザインできる創薬計算基盤を構築し、製薬会社に提供する。

(1) 実施内容

下記①から⑥の各ステップの開発を行い、最終的に全てのステップを連結・統合化した創薬計算フローのシステム化を行う。

- ① 新規の化合物(バーチャル化合物)を自動生成する化合物生成手法や Hit to Lead を行うための化学構造変換手法(De novo、FBDD など)を開発する。(理研/京大・奥野)
- ② 創薬標的タンパク、副作用関連タンパクについてホモロジーモデリング、結合部位推定、拡張アンサンブル法による構造サンプリングを行い、タンパク標的部位データベースを構築する。(産総研・広川)
- ③ タンパクネットワーク (東大・北尾)
- ④ ドッキング計算法から複合体の拡張アンサンブル法を経て結合自由エネルギーを算出する計算フローの構築(理研/京大・奥野)
- ⑤ アッセイ情報、オミクス、パスウェイ情報、臨床データなどの異種データを統合化し、化合物の活性、ADMET を予測するビッグデータ解析手法の開発(理研/京大・奥野、東大・津田)
- ⑥ 大規模な化合物数、多数の創薬関連タンパク質、長時間 MD や拡張アンサンブルによって生成される複数ポーズの組合せ爆発から活性化化合物を高速に探索する組合せ最適化アルゴリズムの開発(東大・津田、東大・北尾)

[領域名] 生命工学

[キーワード] 生体分システム制御、創薬基盤、標的タンパク質、分子動力学計算、京コンピュータ、ポスト京コンピュータ、インシリコ創薬

[研究題目] 超伝導検出器を用いた分析電子顕微鏡の開発

[研究代表者] 日高 睦夫(ナノエレクトロニクス研究部門)

[研究担当者] 日高 睦夫、永沢 秀一、神代 暁、平山 文紀、伊坂 美千代(常勤職員4名、他1名)

[研究内容]

目標および研究計画

STEM によるマッピング分析を実用的な時間で実行するために必要な X 線計数率を実現する素子数と有効面積(高い開口効率)を持つ TES 型 X 線検出器素子を研究開発し、あわせて、その極低温初段アンプである SQUID 増幅器を集積化する。さらに、これらを組み合わせた多素子検出器超低温システムを評価する。これらは、宇宙航空研究開発機構(JAXA)、九州大学(九大)、日立ハイテクサイエンス(日立 HTS)、大陽日酸と協力して行う。また、STEM によるマッピング分析を実用的な時間で実行するために必要な X 線計数率を実現する素子数と有効面積(高い開口効率)を持つ TES 型 X 線検出器素子とその極低温初段アンプである SQUID アンプを駆動させるための駆動回路評価を行う。また多素子の SQUID アンプから出力される信号を増幅させるための室温アンプ回路の設計を行う。これらは、日立 HTS、九大と協力して行う。

年度進捗状況

TES 型 X 線検出器素子と同温の極低温で動作する SQUID アンプを構成する Pd 抵抗体の経時変化を H26 年度に引き続き測定した。その結果、Pd 抵抗は1年以内に初期値の約10%増に収束することが明らかとなった。また、耐外部磁場性能向上を目的としたグラディオメーター型 SQUID およびゲイン向上を目的としてアレイ数を増加した SQUID の作製条件を決定した。これらの結果を基にスノートに組み込む SQUID アンプを作製し、従来の“Magnetometer”に比べ低温で対称性がよい ϕ -V 特性を得ることが出来た。また、64画素読み出しシステムの構成と各コンポーネントの配置を、JAXA、九大、大陽日酸とともに検討した。特に、コンポーネント間のインターフェースとして最も重要な、極低温と室温間の64系統信号線の配置法を、信号線群にかかる応力の低減と、極低温クライオスタットに付随するコネクタの形状・寸法との適合性の観点から定めた。

[領域名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] 超伝導エレクトロニクス、ジョセフソン接合、SQUID、超伝導検出器、透過型電子顕微鏡

[研究題目] 食シグナルの認知科学の新展開と脳を活性化する次世代機能性食品開発へのブランドデザイン

[研究代表者] 辻 典子(バイオメディカル研究部門)

[研究担当者] 辻 典子、神谷 知憲、渡邊 要平(常勤職員1名、他2名)

[研究内容]

マウスに乳酸菌を経口投与し、サイトカインや自然免疫レセプターなどの分子発現の変動を、腸管免疫細胞(組織)、腸管神経細胞(組織)、中枢神経細胞(組織)において明らかにする。また、免疫担当細胞と中枢神経

組織が病態に関連のあるマウスモデルである実験的自己免疫性脳脊髄炎（Experimental autoimmune encephalomyelitis：EAE）を本研究に導入し、乳酸菌経口投与による応答を計測した。

EAE モデルにおける発症開始を遅らせているが、病態スコアの最大値は対照群と変わらないことから、この病態モデルに対する予防効果があると推察できる。そのメカニズムとして、in vitro における試験では、EAE の発症・重症化に働く細胞である IL-17産生性の T 細胞である Th17の解析を行った。上記結果では IL-17の産生量が低下していることから、EAE の発症開始が遅れていることと相関する結果であると言える。

このことから、乳酸菌投与は上記病態モデル初期において Th17の機能低下や増殖低下を誘導することにより、発症を遅らせていると考えられる。これは乳酸菌投与が EAE に対する予防効果があると推察される。今後としては、Th17機能抑制のメカニズム解析、及び in vivo における Th17抑制の解析を行っていく。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕脳腸相関、乳酸菌、自己免疫性脳脊髄炎

〔研究題目〕腸管免疫と肝免疫、プロバイオティクスによる制御法の開発

〔研究代表者〕辻 典子（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕辻 典子、渡邊 要平、神谷 知憲、

Papawee Suabjakyoung

（常勤職員1名、他3名）

〔研究内容〕

STAM マウスのモデル実験系において、肝臓の病態進展に対する腸内関連因子の関与を検証することを本年度のマイルストーンとする。

実験動物の腸内環境は飼育施設的环境（床敷き、餌、清浄度等）により大きく作用されるため、新たなモデルマウス（STAM）の飼育にあたり、当該施設における発症と各免疫細胞群の比率などを確認する必要がある。STAM マウスは順調に発症し、発症時における炎症性細胞の浸潤を含め詳細な解析を行った。

また、今後乳酸菌を中心とする各種プロバイオティクスの効果を検証するための実験プロトコルの確立のため、乳酸球菌モデル株（C60株）の死菌体を経口投与する実験系を新たに追加して研究を進めた。STAM マウスにおいて乳酸菌摂取群と対照群よりそれぞれ腸内細菌叢、代謝産物の解析用サンプルを得、解析を進めている。同様の試験群において肝臓における炎症（脂肪蓄積、炎症性液性因子の発現および繊維化）を計画に沿って解析したところ、乳酸菌死菌体摂取群に顕著な炎症抑制効果が認められた。

以上、予定した実験計画は順調に進んでおり、さらに計画の範囲を超えた成果として、試験プロトコル作成のため使用した乳酸菌死菌体（C60株）について顕著な

有用性が示唆された。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕肝炎、プロバイオティクス、抗炎症、腸管免疫

〔研究題目〕安全基準、性能基準、効果基準、共通基盤技術開発支援および審査基準作成・審査

〔研究代表者〕比留川 博久（ロボットイノベーション研究センター）

〔研究担当者〕比留川 博久、大場 光太郎、松本 吉央、中坊 嘉宏、松本 治、梶谷 勇、本間 敬子、角 保志、脇田 優仁、田中 秀幸、宮腰 清一、原 功、藤原 清司、尾暮 拓也、大川 弥生（ロボットイノベーション研究センター）吉田 英一、吉安 祐介、鮎澤 光、今村 由芽子、遠藤 維（知能システム研究部門）、堀 俊夫、三輪 洋靖、多田 充徳（人間情報研究部門）、西村 拓一、北村 光司、西田 佳史（人工知能研究センター）（常勤職員25名、他1名）

〔研究内容〕

ロボット介護機器の効果と安全の評価基準の開発と審査、および開発補助事業者に対する開発支援等を行った。サブテーマ①「審査基準作成・審査と支援、共通基盤技術開発支援」では、「開発コンセプトシート第3版」、「リスクアセスメントシート第3版」等の平成27年度版審査書類様式を作成し、それをベースに中間審査会やステージゲート審査会を実施した。加えて、開発補助事業者に対して、機器開発における機械としての安全設計・機能設計に関する支援、上記審査書類の作成に関する支援等を行った。サブテーマ②「安全基準の開発」では、リスクアセスメントシート作成支援を目的とした「本質安全設計支援ツール Ver.3」、胸部圧迫の身体負荷リスクをリフト接触部の構造、材質の違いによって評価できる人体負荷シミュレータを開発した。さらに、高齢者の事故情報のデータベース化のための事故データ入力システムの運用ベースでの検証、生活支援ロボット安全検証センターを活用した試験・検証を実施した。サブテーマ③「効果、性能基準の開発」では、介護施設ごとの多様性を考慮したロボット介護機器の導入効果評価手法の構築、前年度に開発した人体骨格モデルと人体全身の筋モデルを統合した人体シミュレーションソフトウェアの開発、カメラ1台と複数の高精度マーカからなる簡易動作計測システムプロトタイプ、高齢者動作模擬装置（高齢者アクティブダミー）による簡易的なモーションキャプチャの開発を行った。加えて、開発補助事業のロボット介護機器での実証試験に際しての基本的考え方や実証試

験計画作成時の具体的評価予定項目・方法、実証先の選定理由などを分析・検討し、ロボット介護機器実証試験ガイドライン（第一案）を作成した。さらに、介護福祉士を対象とした質問紙調査を行い、従来指摘されてきたロボット介護機器導入に関するニーズ・課題等と異なる点を明らかにした。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 ロボット、介護支援機器、基準、評価、安全、効果

〔研究 題目〕 土地利用型大規模経営に向けた農作業機械の自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発—圃場における作物中の人検出技術の開発

〔研究代表者〕 大場 光太郎（ロボットイノベーション研究センター）

〔研究担当者〕 大場 光太郎、中坊 嘉宏、角 保志（ロボットイノベーション研究センター）、小島 一浩、金 奉根、鍛冶 良作、佐藤 雄隆、岩田 健司（知能システム研究部門）、堀部 雅弘、昆 盛太郎、岸川 諒子、加藤 悠人（物理計測標準研究部門）（常勤職員12名）

〔研究 内容〕

稲等が密集した立毛状態において、人が隠れている状態においても検出可能な技術として、以下の2種類の手法を併用することで、人体の安定検出技術を確立することを目的とする。①電磁波の反射強度の変化からの人体検出、②視差統合型カメラによる人体の遮蔽のない映像を合成し人体検出を行う方法。

H27年度は、農業機械自動化におけるリスクアセスメントシートに基づき決定した技術開発の基本仕様に従い、電磁波を利用した安価なシステムを実現するため、周波数、送受信方法を決定して、農業機械に設置可能なアンテナ形状を検討し、試作を実施した。画像システムについては、作物の立毛等による半遮蔽状態においても人物検出を可能にするための合成開口 Refocus アルゴリズムを開発した。コンパインに電磁波送受信装置、視差統合型カメラ装置を搭載し、圃場環境において稲の作物の中に人がいない場合、人がいる場合に関して人検出実験を行い、開発システムの性能評価実験を実施した。評価結果をもとに、電磁波技術による人検出システムでは、周波数、送受信方法、設置方法を検討し、試作を行った。画像システムでは、開発した合成開口 Refocus アルゴリズムにより人物にピントが合う画像を合成できることを確認した。また、昨年度実施したリスクアセスメントシートから農作業ロボットの開発コンセプトシートの初期バージョンを国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構と共同で開発した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 電磁波、視差統合型カメラ、人検出技術、リスクアセスメント

〔研究 題目〕 地域のリグニン資源が先導するバイオマス利用システムの技術革新

〔研究代表者〕 蛭名 武雄（化学プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 蛭名 武雄、石井 亮、林 拓道、和久井 喜人、中村 考志、鈴木 麻実、金子 大貴、佐々木 美穂（常勤職員5名、他3名）

〔研究 内容〕

本研究は、林地残材の収集から改質リグニン製造、加工、機能性、最終製品化、副産物利用を含め、農山村のバイオマスを原料とした一連の技術を総合的に開発することで、地域に高収益をもたらす「リグニン産業」という新たなビジネス基盤を確立すると共に、その社会実装を目的とする。本研究の中で、当グループは改質リグニンを原料として、粘土とのハイブリッド化等でエレクトロニクス素材等の高付加価値マテリアル（ハイブリッド膜材と繊維強化リグニン材）を製造する技術の開発を担当する。

今年度は、ハイブリッド膜材においては、膜材の調製の最適化を行うことによりエレクトロニクス基板の利用の目安である表面平坦性1マイクロメートル以下を達成した。得られたハイブリッド膜を基板として用い、電子回路を膜上に形成させることによってタッチパネルを試作した。試作したタッチパネルは問題なく動作したことから、基板として利用可能であることを分かった。さらに、ガスバリア性について市販のエレクトロニクス素材（ポリイミド）と比較して、高いバリア性を付与することに成功した。加えて、シール材等用途の A4サイズのハイブリッド膜の製作条件を確立した。またリグニン材においては、構成員研究機関と共同で鉱物系繊維の調製条件を見出した。加えて、リグニン材について一般的な繊維強化プラスチック程度の強度である、引っ張り強度 100 MPa、曲げ弾性率 5 Ga 以上の強度を付与することに成功し、その検討の過程でリグニン材の成形方法を見出すことができた。

〔領 域 名〕 材料・化学

〔キーワード〕 リグニン、粘土、ガスバリアフィルム

〔研究 題目〕 Exp. 348掘削試料解析に基づく南海トラフ付加体内部の応力と変形機構

〔研究代表者〕 大坪 誠（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕 大坪 誠、Emilie Even（大阪市立大学）、福地 里菜（東京大学）（常勤職員1名、他2名）

〔研究 内容〕

本研究では、IODP Exp.348において南海地震発生帯

を目指した超深度掘削孔 C0002で得られたコア試料およびカッティング試料に対して、付加体内部試料の力学特性測定、被熱分析、化学分析、物理特性測定、変形・透水実験および孔内物理探査結果に基づいて、南海地震の駆動力となる応力が蓄積されている付加体内部の応力状態、変形機構および流体移動特性の検討を行った。具体的には、掘削地点 C0002の掘削試料（特に掘削区間の深部領域 Hole C0002P）の力学特性測定および物理特性測定から、付加体内部における応力・歪の検討を行った。掘削地点 C0002の掘削試料（特に掘削区間の深部領域 Hole C0002 P）の被熱分析から、付加体内部における最高被熱温度の検討を行った。掘削地点 C0002の掘削試料（特に掘削区間の深部領域 Hole C0002 P）の物理特性測定および変形実験から、付加体内部の力学的・水理学的性質の検討を行った。掘削地点 C0002の掘削試料（特に掘削区間の深部領域 Hole C0002 P）の化学分析から、付加体内部における流体の起源・移動や堆積物との相互作用の検討を行った。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕海溝型地震、掘削、応力、温度、物性、付加体、南海トラフ、IODP

〔研究題目〕Exp. 351掘削試料による伊豆小笠原マリアナ弧島弧形成開始時のマグマプロセスの解明

〔研究代表者〕石塚 治（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕石塚 治、草野 有紀、金山 恭子（鳥取県）（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

本委託研究においては、掘削試料について、a) 火山噴出物及び基盤の海洋地殻の年代測定、b) 火山灰試料のガラス、鉱物およびメルト包有物の化学分析、c) 火山砕屑物の化学組成分析、を実施することにより、(1) 島弧基盤の形成時期とその由来、(2) 沈み込み開始直後から約2500万年間の島弧マグマの時間的変遷を明らかにする。

今年度は、1) 奄美三角海盆の海洋地殻玄武岩について、Ar/Ar年代測定を行い、その形成年代を決定した。研究用原子炉の再稼働が遅れているため、ドイツ ポツダム大学において測定を行った。その結果に基づき、伊豆小笠原島弧形成期のテクトニクス復元を試みた。2) 平成26年度に得られたタービダイト試料の全岩化学組成の解析およびタービダイト試料の薄片の記載を行った。得られた結果について、論文投稿準備中である。平成27年度は分析値の解析および分析した試料のうち40試料について薄片を作成した。LOI は、海底下約1080 mから約1220 mまでの試料は8.2-13.8 wt%の範囲の値を示す。一方、約1220 mより深くから得られた試料は比較的小さい値を示し、4.8-11.7 wt%であった。全岩主要元素組成においても、海底下約1220 m 付近を境に傾

向が変化する。例えば SiO₂含有量は、約1220 mより浅部の試料は54.4-57.9 wt%の狭い組成範囲を示すが、それより深部の試料は、49.2-76.7 wt%と幅広い組成範囲を示し、マグマ組成や構成粒子の濃集程度などに大きなバリエーションがあることが示唆される。3) 海洋地殻玄武岩の定置過程と定置場を復元するため、試料の顕微鏡観察を進めて産状を再検討し、岩相解析を行った。岩相解析と全岩化学組成変化に基づいて推定した Unit 1 溶岩の産状を検討するために、1コア内に頂部と基底部が存在する溶岩ローブについて組織解析を行い、溶岩ローブ内の変化を明らかにした。これを基準として「塊状」溶岩の岩石組織と比較し、それぞれの溶岩ローブの厚さを推定した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕掘削試料、奄美三角海盆、島弧マグマ、島弧基盤、タービダイト

〔研究題目〕火山噴火ハザード評価手法の開発（国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 外部ハザードに対する崩壊熱除去機能のマージン評価手法の研究開発）

〔研究代表者〕石塚 吉浩（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕山元 孝広、石塚 吉浩、古川 竜太、下司 信夫、七山 太（地質情報研究部門）（常勤職員5名）

〔研究内容〕

火山噴火に関する外部ハザード評価手法を開発するため、評価対象とする重畳事象として、火山灰+降雨（霧）を選定した。そして選定した重畳事象により噴火時の降下火山灰によるフィルタ目詰まりどのような影響が出るのかを確認するために、フィルタ試験ダクト内に散水して火山灰を供給し、フィルタの性能変化（圧力損失、粉じん保持量、外観）を確認した。試験は昨年度と同様に中性能フィルタ単体、プレフィルタ単体、両者の組み合わせで実施したが、交換圧損到達時のフィルタ火山灰保持量に乾燥時と散水時で有意な差は確認できなかった。従って、フィルタ損傷に対する降雨の重畳効果はほとんどないことが確認できた。さらに、これまでの桜島噴火中に採取した降灰試料の粒度分析の総合評価を行い、細粒火山灰を含む降灰堆積物の分布拡散状況をまとめた。浮遊火山灰粒子の測定を行い、噴煙の粒子濃度に関する情報を取得した。粒子形状が粒径と火口からの距離にそれぞれ相関があることを明らかにした。最後に、4年間のまとめとして、開発してきた手法を整理した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕火山、噴火、火山灰、ハザード評価

〔研究題目〕ミクロからマクロスケールにおけるアルパイン断層の力学特性の評価

〔研究代表者〕重松 紀生（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕重松 紀生、松本 則夫、森 宏、
高木 涼太（東北大学）、西川 治（秋
田大学）、林 為人（海洋研究開発機構）、
岡田 知己（東北大学）、米谷 優佑
（山口大学）、坂口 有人（山口大学）、
吉田 圭祐（防災科学技術研究所）
（常勤職員2名、他8名）

〔研究内容〕

本共同研究の目的はアルパイン断層掘削計画 DFDP-2の成果に基づき、断層が示す挙動、その結果形成される地質構造と地震発生の関係を明らかにすることである。まずニュージーランド側により DFDP-2掘削孔において光ファイバー測温が行われ、掘削深度730m 付近で浅で140°C/km と高い地温勾配が明らかになった。

BHTV 検層による応力逆解析では、ニュージーランド側による亀裂方位読取結果に基づき、応力逆解析を行った。DFDP-2掘削孔に見られる亀裂は、東南東方向で南に沈下した方位に最大圧縮主応力軸を持つ横ずれ断層応力場に支配されている。なお DFDP-2孔で地温勾配が変わる掘削深度730m 付近では、応力解が他深度とは異なる。この点については、今後の検討が必要である。

方解石双晶からは、地震時に瞬間的に及ぼされる応力の影響を見積もられる。アルパイン断層直近では 500 MPa 近い大きな応力を経験している。同様に、日本の中央構造線のボーリング掘削試料でも、直近では 500 MPa 近い大きな応力を経験している。このような高い応力は断層一般に起こりうる現象であることを示している。

アルパイン断層近傍の高い地温勾配の一因は速い隆起速度と考えられる。そこで石英の熱ルミネッセンスによる熱履歴の解析を行った。この結果、300°C付近で強い発光が観察されるとともに、測定した熱ルミネッセンス年代も数万年程度と速い隆起速度を裏付ける結果が得られた。

DFDP-1と DFDP-2の2か所の掘削地点と既存の観測網を補強する1地点に、地表地震計の設置を行った。また地表にニュージーランド側により設置された地震観測網、掘削孔内に設置されているボアホール地震計を用い、応力テンソル解析、地震波干渉法等を用いた速度構造の解析に必要なデータの収集と整理を行った。

またアルパイン断層の比較対象となる中央構造線についてボーリング掘削時の水理試験と、その後の連続水位観測を解析し、断層内部の透水性構造を明らかにした。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕ニュージーランド南島アルパイン断層、DFDP 断層掘削、温度勾配、応力、間隙水圧、断層透水性

〔研究題目〕大規模山体崩壊を伴う海域火山の火砕流の流動定置機構とマグマ供給系の解明

〔研究代表者〕石塚 治（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕石塚 治、前野 深（東京大学）、
片岡 香子（新潟大学）
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では、海域に接する活動的火山の成長と崩壊のプロセス、すなわち陸上での火山噴火から海洋底への大量の物質供給、運搬・堆積過程までを包括的に理解することを最大の目的としている。このために、海底掘削試料及び陸上の火山噴出物を用いてマルチニーク島、ドミニカ島の活火山について、フランス研究機関と共同で、
(a) 海域に流入した火砕流の流動、定置機構、(b) 火砕流、山体崩壊を引き起こす噴火活動とマグマ供給系の時間変化とその原因、の解明をめざす。

本年度は(1) 統合深海掘削計画 IODP-Exp.340で掘削・採取された堆積物試料の噴火堆積物の解析、(2) マルチニーク島における大規模火砕流堆積物、山体崩壊の痕跡の地質調査及び火山灰等の火山噴出物の系統的採取を実施した。(1)については、火山性タービダイトについてその噴出、流走、そして定置機構を解明するために、a) 実体顕微鏡および電子顕微鏡による構成鉱物の量比、組成の決定、b) 篩い分けおよび沈降管による粒度分布解析（実粒径および沈降粒径）及びレーザー回折式装置による粒度分析、c) 密度計および3D 形状解析計による粒子形状、密度分析を実施した。結果について、学会において講演を実施した。(2)については、2015年12月にマルチニーク島においてフランス側研究者と共同で10日間の野外調査を実施した。現地では、
(a) 火砕流堆積物構成物質、粒度、形状の記載、(b) 火山灰層序の記載、(c) 同位体分析、Ar/Ar 年代測定用の火山噴出物試料の採取を主に実施した。また UPMC において2ヶ月招聘による共同研究を実施した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕掘削試料、マルチニーク、ドミニカ、山体崩壊、火砕流

〔研究題目〕南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト

〔研究代表者〕宍倉 正展（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕谷川 晃一郎、澤井 祐紀、行谷 佑一、
宍倉 正展、藤原 治、松本 弾、
安藤 亮輔（東京大学）
（常勤職員6名、他1名）

〔研究内容〕

本プロジェクトは、近い将来の発生が危惧される南海トラフ沿いの巨大地震・津波による災害の軽減に貢献するため、大学や研究機関が自治体と連携し、地域連携減災研究、巨大地震発生域調査観測研究、地震発生シミュレーション研究の3つの分野で調査研究を実施している。活断層・火山研究部門では、これらのうち、巨大地震発

生域調査観測研究の一環として陸域津波履歴調査を、地震発生シミュレーション研究の一環としてモデル構築・シナリオ研究の一部をそれぞれ担当している。平成27年度は、陸域津波履歴調査として前年度までに掘削調査で得られた高知県南国市、東洋町、四万十町、黒潮町の地質柱状試料について年代測定および微化石分析を実施した。また産総研が静岡県沿岸（浮島ヶ原および浜松平野西部）と和歌山県沿岸（串本町）で採取した既存の地質柱状試料について¹⁴C年代測定や微化石分析、テフラ分析などを実施した。これらの結果から堆積物の年代や古環境について検討した。モデル構築・シナリオ研究では、歴史地震の断層モデルとサイクルに関する計算手法の検討を行い、富士川河口周辺地域での安政東海地震時の地殻変動を史料に基づいて検討した。また陸域津波履歴調査と連携して蒲原地震山周辺に設定した総延長13kmにおよぶ測線で地中レーダー探査（中心周波数100MHz）を実施し、既存の反射法地震探査結果と併せて地下構造について検討を行った。また2016年度以降に実施する古津波堆積物の掘削調査地点の選定のため、三重県中部～和歌山県北部、宮崎県中～南部および種子島（鹿児島県）において下見調査を行った。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕南海トラフ、巨大地震、津波、履歴、津波堆積物、地震サイクルモデル

〔研究題目〕活性酸素表面処理装置の開発と医療用滅菌器への応用

〔分担研究者〕野田 和俊（環境管理研究部門）（研究代表機関：岩崎電気（株））

〔研究担当者〕野田 和俊、古川 聡子
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

従来困難であった短時間での手術器具滅菌を可能とするフラッシュ滅菌器、ならびに医療用内視鏡の滅菌処理を可能とする滅菌器にターゲットを絞り、比較的小規模クラスの医療機関でも利用しやすい汎用性の高い滅菌器の開発を目的とし、現場の真のニーズを十分に把握しながら、医療認証の取得、事業化を前提とした基礎システムの確立を目指す。今までの基本技術を活用し、医療器具の滅菌処理に関して、処理時間の短縮・最適化と処理状況を可視化するシステムの開発を行うことで、従来の滅菌器が抱えていた課題である環境への負荷、人体への悪影響等を大幅に低減することが可能となる。

従来から試作検討している測定・参照各1個の素子の検知特性から、「複数検知」素子を利用した平均化処理の有効性を確認し、基本動作試験と有効性を確認した。

カートリッジタイプの検知素子の検討を進め、「常時通電」方式と「光通信」方式の有効性を確認した。また、滅菌装置内の使用環境測定用小型ロガーについて、小型の滅菌バックにも対応できる専用のロガーを試作して、

その有効性を確認した。

活性酸素種を選択的に検知可能なインジケータでは、メチレンブルー等を利用したインジケータをベースにさらなる改良を引き続き検討し、検知層として多糖類の有効性が示された。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕センサ、活性酸素、水晶振動子、ケミカルセンサ、プラズマ

〔研究題目〕平成27年度銅原料中の不純物低減技術に関する基礎研究／銅精鉱から含ヒ素鉱物除去を目指した微粒子選別技術の基礎的検討

〔研究代表者〕大木 達也（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕大木 達也、古屋仲 茂樹、林 直人
（常勤職員3名、他3名）

〔研究内容〕

本研究では、高勾配磁選機、高遠心場利用の比重選別機等を利用し、銅精鉱の脱砒素における浮選の支援ツールとしての適用可能性について検討した。

銅鉱石に存在することが予想される4種の鉱物標本試料を用いて磁化率を分析した結果、硫砒銅鉱だけはごく僅かに反強磁性の性質を示したが、他の3種はいずれも常磁性の性質を示した。また、黄銅鉱を加熱処理した結果、磁化率が1.7倍上昇した。標本試料について個別に高勾配磁選を行った結果、磁着回収率は、前記の磁化率と同じ順となり、単体分離していれば磁選分離の可能性があることが明らかとなった。しかし、実際の銅鉱石を用いて高勾配磁選試験を行った結果、含砒素鉱物の単体分離が進んでおらず、同試料では高度な脱砒素選鉱を期待することは困難であった。このように磁選の可否は、試料の単体分離度の問題となっており、今後は、単体分離しやすく、高勾配磁選によって、脱砒選鉱が可能な鉱石の探索に移行することが有効であると考えられる。

一方、黄銅鉱と硫砒鉄鉱の標本試料を用いて、Knelson タイプの比重選別機で試験を行った結果、分離効率が57%、硫砒鉄鉱の除去率99%が得られた。このように単体分離が達成されれば、比重選別でも黄銅鉱と硫砒鉄鉱の比重選別が可能であることが確認された。しかし、銅鉱石中に存在する他の含砒素鉱物は、黄銅鉱～硫砒鉄鉱の間の比重を持つ物が多く、これらに対する比重選別効果の検証が必要である。また、Knelson 選別機では、流動化水による槽中心方向への軽粒子の排出を意図的に制御することが困難であり、改善の余地があることが明らかとなった。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕選鉱、銅鉱石、砒素除去

〔研究題目〕平成27年度銅原料中の不純物低減技術に

関する基礎研究／各種銅鉱物の識別を可能とする単体分離の詳細評価手法の検討

【研究代表者】大木 達也（環境管理研究部門）

【研究担当者】大木 達也、古屋仲 茂樹、西須 佳宏、上田 高生（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

世界の銅鉱石が選鉱により脱砒素が可能であるか否かは、含砒素鉱物の単体分離の難易を知ることが不可欠である。しかし、微粒子かつ組成が類似した鉱物相に対して、正確な単体分離度を測定する手法は確率されていない。本研究では、MLA の性能評価をするとともに、銅鉱物種の識別、細粒子の識別の可否を検証、また、2次元データが持つ誤差（ステレオロジカルバイアス）の補正方法を検討し、世界最先端の単体分離測定手法を開発することを目的とする。

MLA の最大の特徴は、BSE 像と X 線 Mapping を組み合わせ、鉱物種とドメイン境界認識の難易に応じた多様な測定モードにより、高速測定ができる点にある。一方、画像処理法や結果表記法には特筆すべき点はない。提案者が開発中の単体分離度測定システムにより、銅鉱石中鉱物の識別可否を検証した結果、本研究で利用した特殊な砒四面銅鉱を除けば、すべての鉱物種の識別が可能であり、簡易測定でも砒素含有の有無による識別が可能であることが確かめられた。

一方、ステレオロジカルバイアスの大きさを計算する数値解析手法を開発、球形粒子に対するその大きさを定量的に示した。その結果、2次元データによる理想単体分離度が求められたとしても、3次元の真の単体分離度よりも明らかな過大評価となることが確かめられた。このことは、MLA で大量測定を行っても、2次元単体分離度の理想値に収束するだけで、真の単体分離度とは異なる値を示すことを意味する。また、実際の破砕物におけるステレオロジカルバイアスを検証する準備として、人工材料の X 線 CT 撮像を行い、様々な内部構造の2成分系粒子を作成した。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】単体分離度、選鉱、銅鉱石、分析法

【研究題目】平成27年度深海底資源基礎調査事業に係るレアアース堆積物開発技術調査（テーマ2：レアアース堆積物の選鉱・製錬等に関する調査）

【研究代表者】田中 幹也（環境管理研究部門）

【研究担当者】田中 幹也、成田 弘一、大石 哲雄、尾形 剛志（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

希土類元素の新たな資源として期待されている深海底鉱物資源（レアアース堆積物）から希土類元素を効率的に回収する技術について検討を行なった。過年度までに行なわれた研究において、鉱酸等でレアアース堆積物か

ら希土類元素を容易に浸出可能であることが明らかにされた。一方で、浸出液中の希土類元素の濃度は低く、アルミニウム、鉄、カルシウムといった金属イオンが多量に共存するため、希土類元素に対して高い選択性を有する分離剤が求められる。希薄な元素の分離・回収技術としては吸着法が適しているため、希土類元素に対して有効であると考えられる各種吸着剤による吸着試験を行ない、吸着挙動の基礎データを取得し、それらの結果を精査することでレアアース堆積物浸出液から希土類元素を回収するのに最適な吸着剤の選定を行なった。

希土類元素に対して、その他の金属イオン（アルミニウム、カルシウム、鉄など）が高い濃度で共存している模擬レアアース堆積物浸出液から、各種吸着剤による吸着試験を行なった結果、市販の吸着剤（イオン交換樹脂、キレート樹脂等）では希土類元素に選択性を有するものは見いだせなかった。一方で、産総研で開発したジグリコールアミド酸修飾シリカゲル吸着剤（EDASiDGA）を用いることにより、希土類元素を選択的に分離、濃縮、回収することが可能となった。また、レアアース堆積物を塩酸で浸出した実試料からも選択的に希土類元素を回収できることが明らかとなった。これらの結果より海底堆積物浸出液からの希土類元素回収について、この吸着剤は期待できる。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】希土類、資源回収、レアメタル

【研究題目】平成27年度銅原料中の不純物低減技術に関する基礎研究／化学的手法によるヒ素分離回収の高度化に関する基礎的検討

【研究代表者】成田 弘一（環境管理研究部門）

【研究担当者】田中 幹也、大石 哲雄、尾形 剛志（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

銅精鉱中に含まれるヒ素の化学的手法による除去には、鉱石からのヒ素浸出工程および浸出液からのヒ素回収工程が必要となる。前者の工程についてはこれまでに様々な方法が検討されており、その中でアルカリ浸出はヒ素を可溶性塩として選択的に浸出することができ、また主要元素である銅を硫化物として回収できるため、銅精鉱中に含まれるヒ素の浸出法として有用であると考えられる。しかしながら、アルカリ浸出液からのヒ素の回収率は十分な値とは言えないため、基礎的知見に基づいた詳細な分離回収挙動の把握が必要であるが、アルカリ域におけるヒ素の分離に関する知見は極めて乏しいのが現状である。本研究では、アルカリ溶液中からの各種分離剤による分離性能および電解挙動を調べることで、銅精鉱からのヒ素の湿式分離回収技術の適用可能性を検討することを目的とする。

アルカリ溶液中のヒ素に対する溶媒抽出法または吸着法による分離の可能性を検討するために、従来型の分離

剤を用いて分離挙動の把握を行なった。各種分離剤の抽出率および吸着率等の基礎データを取得し、より分離率が高い分離剤構造等について検討した。

電解によるヒ素回収については酸性水溶液中で数例の報告があり、猛毒のアルシン発生を伴うことが知られている。そこで、安全に実験を行うための装置を試作した。また、アルカリ溶液中でのヒ素の電気化学挙動は不明な点が多いため、まずはヒ素のみを加えた模擬液を用いて電位走査法等の基礎的な電気化学測定を行い、アルカリ水溶液系におけるアルシン発生条件などの重要な知見を得た。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ヒ素、有害物質除去、資源回収

【研究題目】 未来医療を実現する医療機器・システム
研究開発事業 医療機器等に関する開発
ガイドライン（手引き）策定事業

【研究代表者】 鎮西 清行（健康工学研究部門）

【研究担当者】 鎮西 清行、岡崎 義光、鷲尾 利克、
廣瀬 志弘、木山 亮一、弓場 俊輔、
榊田 創、池原 謙、伊藤 弓弦、
花田 幸太郎、山下 樹里
（常勤職員11名）

【研究内容】

次世代の医療機器を早期に臨床導入するためには、円滑な機器の開発、迅速な薬事審査、市販後の安全維持を総括的に検討すべきで、これらは関連する産業の発展、国際競争力の強化、安心・安全な機器の利用、国民のQOLの向上に大きく寄与する。本研究は、円滑な機器の開発と迅速な薬事審査への寄与を目的とした開発ガイドラインを策定することにある。

平成27年度は、再生医療分野（ヒト細胞製造システム）、体内埋め込み型材料分野（積層造形医療機器）、プラズマ応用技術分野（プラズマ処置機器）、ナビゲーション医療分野（PDT 機器）、体内埋め込み型材料（生体吸収性材料）につき検討課題として選定された。

上記の課題に関して、関連する医学系学会、工学系学会、開発企業等の専門的知見を有する外部有識者で構成される開発 WG を編成・開催した。厚生労働省の事業に基づいて設置された審査 WG と連携して、開発者および審査関係者に有益な事項に関して技術的側面に関する開発ガイドライン案を検討した。必要に応じて各種評価試験、ヒアリング・調査などを実施した。合同検討会を開催してその成果を報告した。成果報告書およびWG ごとの詳細版の成果報告書を取りまとめた。また、再生医療、体内埋め込み型材料、プラズマ応用技術、ナビゲーション医療の検討課題において6件の開発ガイドライン（案）（改訂版を含む）を取りまとめた。

開発ガイドラインの普及啓蒙活動として、体内埋め込み型材料、ナビゲーション医療の2つの分野および過去

公開してきた医療機器開発ガイドラインについて総合的に解説するセミナーを3回開催し、合計413名の受講者を集めた。セミナー開催に当たっては、関連する政府機関、諸学会、業界団体等の後援を得て、開発ガイドラインの内容だけでなく、関連分野の医学および技術の動向、医薬品医療機器等法などの最新動向の情報提供につとめた。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 医療機器開発ガイドライン、薬機法、再生医療、生体適合性インプラント、低侵襲手術機器、医療用ソフトウェア

【研究題目】 生体センシング技術を活用した次世代精密家畜個体管理システムの開発

【研究代表者】 伊藤 寿浩（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】 伊藤 寿浩、魯 健、張 毅、
岡田 浩尚、野上 大史、張 嵐、
Andersson Lars
（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

（1）「腔内及び体表温センサを用いた授精適期判定法の基盤技術の開発」、（2）「多機能型ルーメンセンサを用いたルーメン機能解析法の基盤技術の開発」、（3）「体表温センサの開発及び診断・利用のための基盤技術の開発」を担当した。

（1）については、腔内に長期間留置可能な小型無線腔内センサの試作に成功し、生体牛を用いた実験により性能評価を行った。上記腔内センサを30個以上試作し、コンソーシアム内の機関に提供した。

（2）については、昨年度検討した最適周波数である429MHz を無線周波数としたルーメン内留置型センサを50個試作した。また、長期ルーメン内留置に必要な化学的、機械的安定性を改善したテフロン製筐体を試作し、これらをコンソーシアム内に提供した。牛をスタンチオンに繋留し、牛から2m 程度離れた場所に設置した八木アンテナでは、1秒に1回の送信で60%以上の受信率が確認された。現状では1時間に1回10分間の測定を行い、必要情報を送信するモニタリング手法を検討している。胃運動の異常検出に必要な情報を胃運動回数とすると1時間の内に複数回同じ情報を送信することにより、ほぼ100%の受信確率でモニタリングできる可能性があることを示した。

pH センサに関しては、酸化インジウムスズ（ITO）と、参照電極として銀を使用した構造の作製プロセスを完成させるとともに基本的な測定回路構成を決定し、14 μ A/pH の感度が実現できることを確認した。

首輪中継機については、試作した中継機により920 MHz の通信では100 m 以上の通信距離の実現が可能であることを示した。

(3)については、改良型体表温センサと受信機との通信において、最大通信距離100m以上、送信データは10分に1回以上受信可能なことを確認した。また外気温や糞尿などの環境要因の影響を低減させるため外気/断熱材/温度センサの構造とし、センサの位置ずれによる不安定性を低減させるため2分に1回測定することで、体表温測定を安定させ、深部体温尾推定を容易にした。上記の仕様を満たす実用型体表温センサの基本設計を終えた。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 生体センシング、家畜個体管理、無線センサ、膈内センサ、ルーメンセンサ、体表温センサ

〔研究題目〕 国際標準に基づいた環境モニタリングデータの効果的な可視に関する研究
—データ解析処理とデータ可視化処理の連携の実現—

〔研究代表者〕 田中 良夫 (情報技術研究部門)

〔研究担当者〕 田中 良夫 (情報技術研究部門 常勤職員) 小川 宏高、金 京淑 (人工知能研究センター 常勤職員2名)

〔研究内容〕

本研究においては、環境モニタリングデータベースに登録されているデータから対象となるデータを柔軟に選択し、動的に統計処理を実施し、結果を可視化する機能の試作、評価を行った。機能の試作においては、作成した機能を国際的に利用可能とするため、日本原子力研究開発機構が進めている環境モニタリングデータに関する国際標準や、Open Geospatial Consortium 等、地理情報空間情報に関する国際標準に基づいて構築した。

本研究の目的は、国や自治体が個別に独自形式で公表している環境モニタリングデータを共通形式に変換し相互比較可能にするとともに、マップやグラフを多用して放射性物質の分布や変化傾向を直観的に分かりやすい形式で提供することである。そのための方法として、単にデータをマップ化、グラフ化するだけでなく、統計的なデータ解析手法を用いて様々な環境モニタリングデータ間の相関や、土地利用データ等、環境モニタリングデータの分布特性や変化特性に影響を与えられとされる関連データとの相関を使いやすいユーザインタフェースで確認できるシステムを試作した。広く利用されている Google Map 上で、メッシュや行政界で範囲を指定して環境モニタリングデータを検索できるため、操作方法が直感的に分かりやすいシステムを開発した。検索結果も変化傾向を直感的に分かりやすいグラフ等で表示されるため、一目でデータの不具合が発見されるなど、有効性を確認することができた。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 環境モニタリングデータベース、データ

ベース連携、OGC 標準、オープンデータ

〔研究題目〕 新世代ネットワークの実現に向けた欧州との連携による共同研究開発
FEDerated Test-beds for Large-scale Infrastructure eXperiments (FELIX)

〔研究代表者〕 竹房 あつ子 (情報技術研究部門)

〔研究担当者〕 竹房 あつ子、高野 了成、広瀬 崇宏、Jason HAGA (情報技術研究部門 常勤職員4名)、中田 秀基、谷村 勇輔 (人工知能研究センター 常勤職員2名) 工藤 知宏 (東京大学)

〔研究内容〕

将来のインターネット基盤として、欧州の OFELIA (The European OpenFlow Experimental Facility) や日本の RISE (広域 SDN/OpenFlow テストベッド) など高性能新世代ネットワークファシリティが現在世界中で運用されている。しかしながら、それらをスケラブルかつ効率的に組み合わせた連携フレームワークは定義されていない。そこで本研究では、利用者が日欧にまたがる新世代ネットワーク実験環境上のスライスを要求し、モニタリングし、管理することができるフレームワーク開発を目的とする。そのために、SDN (Software Defined Networking) のコントロールフレームワークや Open Grid Forum (OGF) の Network Services Interface (NSI) など新しいネットワーク技術を用いて、新しい連携フレームワーク基盤 FELIX を構築する。分散する異種の高性能新世代ネットワークファシリティを、NSI で制御された JGN-X、GEANT などの高速ネットワークを介して連携可能にすることで、新しい SDN 型のサービスアーキテクチャを提供し、日欧の研究コミュニティが必要とする動的でシームレスな実験環境の構築を実現する。

3年計画の3年目にあたる平成27年度は、1)平成26年度に開発した FELIX 管理ソフトウェアスタックの改良と、それを配備した日欧 FELIX テストベッドの開発を進めるとともに、2)日欧テストベッド上で複数ユースケースを実証した。特に産総研では、NSI に準拠した SDN アイランド間を繋ぐトランジットネットワーク資源管理システムに、インターネット上で GRE (Generic Routing Encapsulation) トンネルパスを確保する機能を開発し、汎用性を高めた。また、FELIX テストベッド上でクラウドシステム (IaaS) 全体を即時に移送するディザスタリカバリ実験を行い、日欧間でのディザスタリカバリが10分で行えることを示した。さらに、3)提案技術の広報普及活動をクラウドコミュニティに対して行うとともに、提案技術の標準化活動を OGF NSI-WG で実施した。

【分野名】情報・人間工学

【キーワード】クラウド、ネットワーク仮想化、並列分散計算

【研究題目】脳性麻痺者・脳卒中者の意思伝達支援のための非接触ジェスチャ認識インタフェースの開発

【研究代表者】伊藤 和幸（国立障害者リハビリテーションセンター研究所）

【研究担当者】依田 育士（人間情報研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

脳性麻痺などの身体的な理由が原因で意思伝達装置などへの入力が困難な重度の運動機能障害者に対して、簡易なジェスチャにより情報機器を操作可能にするインタフェースの研究開発を進める。低価格なインタフェースを供給することを目的に、市販の画像距離センサを利用し、既存の各種スイッチ等の利用を困難とする不随意運動や痙性に対応する非接触で非拘束なインタフェースを開発する。そのために、画像処理および情報技術を活用し、①多種多様な脳性麻痺者、脳卒中患者の動き（ジェスチャ）を収集し（主に国立障害者リハビリテーションセンター研究所（以下、国リハ研）担当）、②随意運動が可能な対象部位を基に類型化を行いながら、モジュール化されたジェスチャ認識エンジンを開発した（主に産総研担当）。

①は国リハ研が主担当となり、現在対象としている被験者を中心に継続的なデータ収集を行った。

②は①の取得データから、随意運動が可能な対象部位を基準にジェスチャの類型化を実施した。また、認識エンジンとして、累積で腕（2）、頭部（2）、足（1）、モデル無し（2）の認識エンジンを開発・整備した。モデル無し（2）の認識エンジンをカメラの最も近くに置く場合と、領域設定してその中の微細な動きを認識する2種となっている。これは、カメラを設置可能であれば対象部位に依存しない。現状では、カメラの最近接部位は足先、手を、領域設定では、手の指、口、耳などの部位を適合させている。

また、長期実験として、頭部ジェスチャ、指ジェスチャ、両手の指・口・耳の微細な動きの被験者に対して、それぞれの3種の認識エンジンを用いて実験を行い、その基本性能の詳細評価を実施した。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】ジェスチャインタフェース、ジェスチャ認識、インタフェース、パターン認識、3次元画像理解、重度障害者支援

【研究題目】バイオメディカル光イメージングにおける数理モデルと画像再構成

【研究代表者】星 詳子（浜松医科大学）

【研究担当者】谷川 ゆかり、川口 拓之（以上、人間情報研究部門）、

星 詳子（浜松医科大学）、

岡田 英史（慶應義塾大学）、

吉永 哲哉、河野 理（以上、徳島大学）、藤井 宏之（北海道大学）、

大川 晋平（防衛医科大学）

（常勤職員2名、他6名）

【研究内容】

ふく射輸送方程式の解析から導かれる生体内光伝播数理モデルの妥当性の検証を目的として、光学ファントム、小動物、ヒトを対象に、フェムト秒パルス光源と高速の光検出器から構成される高精度時間分解計測システムを用いた生体計測を行い、数理モデルとの比較を行う。また、多チャンネル時間分解計測システムを用いて、ファントムとヒトの計測を行い、画像再構成アルゴリズムの検証を行う。

平成27年度は、Monte Carlo ルックアップテーブル（MC-LUT）を用いた光学特性値推定法やふく射輸送方程式を用いたアルゴリズムの適用範囲の検討と精度の検証を進めた。

まず、既知の光学特性値を持つ光学ファントム（液体ファントム）を高精度時間分解計測システムで計測した。さらに、その計測データに MC-LUT を適用して光学特性値を推定し、データの適用範囲・精度の検討を行った。

また、新しい時間分解計測システムの性能・計測・解析法などについて検討を進め、基本構成は完了した。そして、この試作機を用いたヒト計測実験のための光ファイバホルダなどの治具開発にも着手し、3D プリンターを用いた光ファイバホルダの開発や光ファイバホルダの固定用治具の開発を行い、検証実験等で改良しながら光ファイバホルダ及びその支持治具を作製した。次年度には、これらの治具・ホルダと共に時間分解計測システムの試作機を用いて、検証試験を行う予定である。さらに、ふく射輸送方程式を用いた3次元の画像再構成アルゴリズムを擬似的にガンと同様の光学特性値を与えた数値モデルを対象に、シミュレーションデータからの画像再構成を行い、ガンの検出が可能であることを示した。今後は、ファントム計測やヒト計測など、実際の実験データを用いた画像再構成へと進めていく予定である。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】近赤外光を利用した生体計測装置、画像再構成、光学ファントム

【研究題目】立体造形による機能的な生体組織製造技術の開発／細胞を用いた機能的な立体組織および立体臓器作製技術の研究開発／高機能足場素材とバイオ3D プリンターを用いた再生組織・臓器の製造技術の開発

〔研究代表者〕 清水 透（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 清水 透、中野 禪、梶野 智史、
寺岡 啓、佐藤 直子（常勤職員5名）

〔研究内容〕

バイオ3D プリンタ及び成長因子・細胞注入システムの設計と開発およびバイオ3D プリンタの評価技術の開発を目標とした。

今年度、バイオ3D プリンタ及び成長因子・細胞注入システムの設計開発としては以下の研究を行った。

（イ）積層・リコート・機器制御技術の確立、（ロ）評価実験装置の開発、（ハ）3D プリンタ方式要素技術の確立を行った。

特に産業技術総合研究所では開発における技術課題解決のための技術支援をシーメットに対して行った。システム開発状況、造形実験の進捗にあわせて、シーメット・産業技術総合研究所で、協議、ディスカッションを行い、現状での問題点の洗い出しとその解決方法の検討を行った。課題となった技術課題として、粉末素材の流動性とリコーティング、粉末の吸水性と造形途中での反りの発生、造形中の湿度の影響などの問題点が指摘されたが、逆回転ローラーの導入によるリコートの安定化、吐出水量増加による反りの減少、などを実現し、安定な造形を実現することができた。

また、バイオ3D プリンタの評価技術の開発研究として以下の研究を行った。

バイオ3D プリンタにより作成した再生医療用部材の評価手法、特に形態と強度を中心とした検討、評価手法の確立を行った。特に今年度では、システムの開発により可能になった造形製品の機械的評価を行った。評価においては、格子状に造形された圧縮試験片、曲げ試験片を用いて評価し、十分な強度の製品が造形可能であることを確認した。また、このような再生医療用造形製品として、格子状に造形した製品が多用されることが予想される。そのため、一般的な樹脂用三次元積層造形装置を利用して多様な格子状製品を造形し、その強度評価も試みた。その結果、三次元積層造形積層装置で作製される格子状製品の強度は同程度の気孔率の多孔質材料の強度、あるいはそれ以上の強度であることが確認できた。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 3D プリンティング、バイオプリンティング、スカフォード

〔研究題目〕 「エネルギー貯蔵システム実用化に向けた水素貯蔵材料の量子ビーム融合研究」の「水素貯蔵材料の劣化機構解明と新規軽量材料の探索」

〔研究代表者〕 榎 浩司（創エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 榎 浩司、中村 優美子、
Hyunjeong Kim、榎 浩利、
浅野 耕太、斉田 愛子

（常勤職員6名）

〔研究内容〕

目標：

定置型の水素によるエネルギー貯蔵システムにとって、体積あたりの水素貯蔵密度に優れた水素吸蔵合金は魅力的である。水素吸蔵合金に求められる課題として、繰り返し耐久性がある。そこで、放射光 X 線及び中性子を用いて、材料の特性劣化の因子を局所構造の観点から明らかにし、劣化メカニズムの解明に取り組む。また、測定技術の高度化として、マルチビームの有効利用法および薄膜の構造解析技術の確立を行う。

研究計画：

サイクル数の異なる BCC 合金の水素化物を作製し、その局所構造を解析し、劣化メカニズムの解明を行う。水素雰囲気下での時間分割での in-situ 測定を行うための試料セルの改良・開発および予備実験を行う。また、薄膜試料の全散乱実験を行う。

年度進捗状況：

$V_{10}Ti_{35}Cr_{55}$ の一水素化物の放射光 X 線回折パターンのリートベルト解析の結果、平均構造は BCT 構造であった。しかし、全散乱実験から得られた2体分布関数には、BCT 構造では説明のつかないピークが6Å以下の領域で出現した。ただし、6Å以上の領域では BCT 構造で説明できるため、6Å以下の領域でだけ平均構造からはずんだ構造になっていることが示唆された。放射光 X 線吸収実験でも同様にはずんだ構造であることを示唆する結果が得られた。

放射光 X 線全散乱実験用ガス導入セルを改良することで、BCC 合金だけでなく、Mg 薄膜の水素雰囲気下での全散乱実験に成功した。その結果、Mg-Ti 薄膜の水素吸蔵過程の二体分布関数の変化から、30Å以下のサイズの Ti クラスタが存在していることが明らかとなった。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 水素貯蔵、放射光、中性子、構造解析

〔研究題目〕 非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術

〔研究代表者〕 葭村 雄二（創エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 葭村 雄二、後藤 新一、鳥羽 誠、
小熊 光晴、村田 和久、杉本 義一、
匂坂 正幸、望月 剛久、陳 仕元、
阿部 容子、西嶋 昭生、佐村 秀夫
（常勤職員5名、他7名）

〔研究内容〕

本研究では、タイとの国際共同研究の中で、非食糧系バイオマスとして注目されているジャトロファ（*Jatropha*）果実の総合利用効率を高めるため、オイル留分からの高品質バイオディーゼル製造技術、並びにオイル抽出残渣の熱分解から得られるバイオオイルの輸

送用燃料化技術の開発を行うと共に、各種バイオ燃料の燃焼特性、エンジン特性、排ガス特性等から新燃料の社会実装に向けた基盤を構築する。更に、タイ国研究者への技術指導等を通し、タイ国研究者の自立に向けた能力開発も併せて推進する。本年度は、急速熱分解によるバイオオイル製造およびバイオオイルの安定化処理に重点を置き、以下の事業をタイ現地で実施した。

ジェットロファ残渣からのバイオオイル製造では、TISTR に設置されたパイロットプラント規模の循環流動層型急速熱分解炉（残渣処理量＝20kg/h）の運転を実施し、昨年度改造を行った捕集システムを利用して、炭化水素基材製造用バイオオイルの大量製造を行った。得られたバイオオイルフラクションのうち、タール分を主として含むフラクションに対して水洗処理を施し、酸性の強い低級脂肪酸や石油系基材との共処理において、混和性が低い易水溶性成分を除去しうる状況を見出した。水洗条件は、原料となる粗バイオオイルの性状に応じて、最適化を図る必要があることがわかった。得られた処理油は、水素化精製により炭化水素基材に変換した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 非食糧系バイオマス、ジェットロファ、第二世代バイオ燃料、接触熱分解、バイオオイル、改質触媒、コプロセッシング、エンジン適合性、環境適合性、LCA、人材育成

【研究題目】 肝疾患病態指標血清マーカーの開発と低侵襲かつ効率的に評価・予測する新規検査系の実用化（感染症実用化研究事業 肝炎等克服実用化研究事業）

【研究代表者】 成松 久（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】 成松 久、梶 裕之、久野 敦、
梅谷内 晶、佐藤 隆、松田 厚志、
曾我部 万紀、萩原 梢、藤田 弥佳
（常勤職員4名、他5名）

【研究内容】

本課題では、肝炎から肝細胞がんが発生するまでの病態の進展や予後予測、治療効果を判定する一助となりうる新しい検査薬の実用化を目指し、3つの開発項目を設定し、研究開発を行っている。①これまで肝線維化マーカー開発で実績がある独自の糖鎖バイオマーカー開発プラットフォームに更なる改良を加え、あらたな糖鎖バイオマーカーを探索し、検証する。②取得バイオマーカーの測定系を構築し、安定供給する。③構築した測定系で多施設多検体解析を行い、当該バイオマーカーの臨床的意義を明確にする。それぞれの本年度の成果は以下のとおりである。

①マーカー探索班

・昨年度同定したレクチン X 結合性糖タンパク質分子をバイオインフォマティクス解析により約40分子ま

で絞り、マーカー候補とした。

・候補の一部を生化学解析による正当性検証試験を行い、有力候補を2分子まで絞り込んだ。

②キット開発班

・昨年度構築した生産手法をもとに糖タンパク質標準品を取得し、測定用のキャリブレーターとして利用可能なことを実験的に証明した。

・2施設1500検体を測定するためのキットの安定供給を進めた。

③バリデーション班

・②より供給される「肝硬変マーカー」の簡易測定系を用い、2施設1500検体の実測をした。施設1の検体群の解析では、肝細胞がん診断時より3年前の血清では、発がん群(vs 非発がん群)で他のマーカーに比して最も良好であった。施設2の検体群の解析から、ある分子は肝線維化ステージに伴い肝発がん率あるいは生命予後の予測に有用であることが示唆された。

・肝がん組織の染色性を示す膜タンパク質 M に着目し、肝細胞がん特異的な糖鎖変化の探索を行い、肝がん患者約100検体のレクチンAレイ解析を行うことで、がん再発反応性を示すレクチン（＝糖鎖変化）を新たに発見することができた。この臨床的有用性を検討するために、簡易測定系を構築し、2施設で収集された肝がん患者血清225検体の測定を行った。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 糖鎖、糖タンパク質、疾患糖鎖バイオマーカー、グライコプロテオミクス、肝臓疾患、肝細胞がん、迅速診断

【研究題目】 B型肝炎ウイルスにおける糖鎖の機能解析と医用応用技術の実用化へ（感染症実用化研究事業 肝炎等克服実用化研究事業 ii）

【研究代表者】 成松 久（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】 成松 久、梶 裕之、千葉 靖典、
久野 敦、梅谷内 晶、佐藤 隆、
安形 清彦、曾我部 万紀、助川 昌子、
我妻 孝則、高木 裕美子、
辻川 紫華子、黒須 克恵、高野 慶子、
野呂 絵里花、鈴木 奈美、櫻田 紀子
（常勤職員5名、他12名）

【研究内容】

日本には約140万人の B 型肝炎ウイルス（HBV）感染者がいると考えられ、新規治療法が期待されている。本研究は、平成27年度日本医療研究開発機構 感染症実用化研究事業として実施した。本研究では、B型肝炎など肝疾患の専門家との協力体制（医工連携体制）により、HBV の感染過程における糖鎖の役割の解明と B 型肝炎の新規治療薬の開発を目指している。

1) HBs 抗原サンプルから、糖鎖付加部位や糖鎖構造

の詳細な同定を進め、HBV 感染とワクチン開発の基礎情報を取得した。レクチンを用い感染性のあるウイルス粒子を濃縮し HBV DNA を測定する技術を開発するために患者サンプルの測定を行い、相関性を見出した。

- 2) 酵母から調製した糖鎖付き HBs 抗原や、糖転移酵素により修飾した糖ペプチドをマウスに免疫し、抗体価の上昇や各種 HBs 抗原との反応性を現行ワクチンと比較解析した。HBs 抗原全域をカバーする血清が取得され、一部の抗体 cDNA のクローニングにも成功した。
- 3) 内在性レクチン遺伝子の siRNA スクリーニング (HBV 感染阻害実験) により、HBV 感染に関与する候補分子の解析を進めた。NTCP 発現 HuH7細胞に、候補分子を発現する細胞を新たに樹立した。
- 4) 肝細胞特異的に発現する糖鎖関連遺伝子 (糖転移酵素と内在性レクチン) の発現と糖鎖構造の差を解析するトランスクリプトミクスを進めた。siRNA 処理した細胞の遺伝子発現、off-target、ストレスマーカー発現や糖鎖プロファイルなど副作用について解析した。
- 5) これまでに調製した各種 HBs 抗原をスポットした HBs 抗原アレイを作製し、ワクチン接種者や患者の血清の HBs 抗体量を測定し、既存の測定法より高感度に検出することに成功した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】B 型肝炎ウイルス、糖鎖、グライコプロテオミクス、レクチン、ワクチン

【研究 題 目】ヒト iPS 分化細胞技術を活用した医薬品の次世代毒性・安全性評価試験系の開発と国際標準化に関する研究

【研究代表者】中西 真人 (創薬基盤研究部門)

【研究担当者】中西 真人、大高 真奈美、中須 麻子 (常勤職員1名、他2名)

【研究 内 容】

ヒト iPS 細胞は、再生医療や創薬支援技術の素材として期待が集まっているが、なかでも重要なのは、医薬品開発に用いられる標準的なヒト組織細胞の供給源としての役割である。現在、日米欧の三極で同じ基準で医薬品を審査するハーモナイゼーションの取り組みが進められており、一方では、実験動物を使った医薬品安全性試験を、ヒト培養細胞を使った試験で置き換える動きが進んでいる。このような状況を背景にして、医薬品開発に使用可能な、品質が一定の「標準ヒト組織細胞」の開発が注目を集めている。本研究では、「標準ヒト組織細胞」を作製するための前提となる「標準ヒト iPS 細胞」を作製する技術の確立を目指している。従来の技術で作製したヒト iPS 細胞は、品質にばらつきが大きいことが知られているが、我々が開発した欠損・持続発現型センダイウイルスに4個の初期化因子を同時に搭載し

た SeVdp-iPS ベクターを使うと、ほぼ均質な iPS 細胞を容易に作製できる。本年度は、iPS 細胞作製において品質や作製効率の変動をもたらす要因を減らすために、フィーダー細胞や動物由来成分を含まない培養条件での iPS 細胞の樹立を検討し、そのために最適な培地や基質の選定に成功した。また、新たに複数株のヒト iPS 細胞を作製して、同じ研究班のヒト心筋細胞分化誘導グループに提供して評価し、産総研で作製した iPS 細胞が、従来使われてきた標準的なヒト iPS 細胞と同等の性質を持っていることを確認した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】iPS 細胞、安全性薬理試験、心筋分化

【研究 題 目】メコン川流域における肝吸虫患者の QOL 維持とがん予防に資する革新的診断システムの開発と普及 (医療分野国際科学技術共同研究推進事業 (戦略的国際共同研究プログラム))

【研究代表者】成松 久 (創薬基盤研究部門)

【研究担当者】成松 久、久野 敦、高橋 亜寿美、松田 厚志 (常勤職員1名、他3名)

【研究 内 容】

本研究は、国内提案者の糖鎖・タンパク質に関する先端解析・診断技術を駆使し、タイ・ラオスで罹患率が非常に高い感染症である肝吸虫感染患者の、感染から発癌までの病気の進行や、胆管がんの発がんリスクを低侵襲的に定量化できる革新的診断システムを、タイ・ラオス研究者と共同で開発し、現地供給することを目的とする。初年度である27年度は、共同研究・国際交流基盤の構築としてメンバーの課題共有および具体的実験計画策定を進めることを主な目標にした。7月22日に熊本でプレミーティング、11月につくばでキックオフミーティング (国内はすべての研究分担者が、コンケン大学 (KKU) から3名、ラオス国保健科学大学 (UOH) より3名が出席) を実施し、本研究のミッション、ゴールの意思統一をした。2月にはコンケンおよびラオスにて第一回定例会議を開催し、現地医療機関視察、28年度以降の計画策定を行った。3か国共同研究同意書作成および臨床研究実施のための倫理審査を含む各種申請は事務手続き中である。

本年度実施した研究内容としては、KKU にて樹立した2つの胆管癌糖鎖マーカーの国内症例における有用性の検討を、熊本大在籍中の KKU 研究員が産総研に保有する胆管癌血清ライブラリー (倫理審査済み国内症例) を用いて、ブラインドにて ELISA による測定を実施した。また、産総研にて樹立した胆管癌マーカーのマニュアル ELISA による測定法の技術指導を産総研から KKU 研究者へ実施した。本技術を熊本大学に持ち帰り、KKU で収集した熊本大に移管、保存している血清ライブラリー (倫理審査済みタイ症例) を用いてマーカー候補

の比較解析を実施し、3つのマーカーに関して355症例分の測定および統計解析が行われた。その結果、日本側のマーカーは両国の症例で同様の傾向があり、かつ、がんの検出という観点で好成績だった。一方 K KU の2つのマーカーは、タイ症例では好成績であり、かつ日本のマーカーとは特性が異なるため、コンビネーションでの使用が期待された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】バイオマーカー、がん、糖鎖、レクチン

【研究 題 目】hiPS 細胞の樹立ならびに hiPS 細胞の培養による品質変動の遺伝子解析による評価

【研究代表者】栗崎 晃（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】栗崎 晃、久保 陽子、大高 真奈美、中西 真人（常勤職員2名、他2名）

【研究 内 容】

ヒト iPS 細胞は、ヒトの体を構成する多くの細胞を作り出す強力な多分化能から、医薬品等の効果や毒性の評価ツールとして創薬研究においても利用が期待されている。しかし、近年日進月歩で、様々な細胞の *in vitro* 分化プロトコルが発表される一方で、同じ結果を再現できないことが非常に多く、文書化されていない様々な重要なポイントが存在することが、実際に実験を行っている研究者の中で示唆されている。その原因の一つは培養技術であるが、それがどのように幹細胞の培養や分化に影響を及ぼすのかについては系統的に解析されていない。本研究では、培養手技の違いや培養条件の違いによる品質変動に加えて、それらが iPS 細胞から特定の細胞への分化に及ぼす影響を検証し、個々の品質変動要因が細胞の分化誘導の再現性に及ぼす影響を評価・検証することを目的としている。これらのトラブルシューティングを系統化することにより、恒常的に iPS 細胞の高い品質を維持し、再現性高い分化誘導法を研究開発できるよう、わが国の幹細胞制御技術のレベルを引き上げることを最終目的とする。本分担研究では、最近広く利用されているインテグレーションフリーシステムを利用してヒト iPS 細胞を樹立し、従来のレトロウイルス法で樹立した iPS 細胞と比較しながら樹立方法の異なる iPS 細胞を用いて上記の問題点を検証する。昨年度我々は京大で樹立された日本人由来 iPS 細胞株と同じドナー線維芽細胞より、ゲノムインテグレーションフリーのセンダイウイルスを用いた樹立方法でヒト iPS 細胞株を複数樹立して性状を解析し、比較的良質な2株について医薬基盤健康研と長岡技術大に供与し共同して解析を進めてきた。H27年度は、この2株と京大 CiRA で同じドナー線維芽細胞よりレンチウイルス法で樹立された TIG114-4f1株について染色体異常の有無を簡易核型解析である Q-band 法による解析を行い、元のドナー線維芽細胞と比較して染色体異常がないことを確認した。現

在 CHG アレイを用いた whole genome 解析でさらなる検証中である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】iPS 細胞、品質、分化

【研究 題 目】低結晶質粘土鉱物・非晶質物質における Cs 吸着特性脱着挙動の検討

【研究代表者】森本 和也（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】森本 和也、鈴木 正哉
（常勤職員2名）

【研究 内 容】

福島原発事故による除染作業が進められているが、今後の課題として剥ぎ取った土壌等の減容化が大きな問題となっている。本研究では、表層土壌におけるアモルファス吸着剤（アロフェン・イモゴライトなど）の Cs（セシウム）吸脱着機構についての検討を行い、その吸脱着機構を基に減容化の開発に向けた検討を行うことを目的としている。本研究の実施に当たっては、原子力開発研究機構と物質材料研究機構を中心とし、複数の研究機関による連携体制をとっている。

今年度は、非晶質および低結晶性アルミニウムケイ酸塩における Cs 吸着特性脱着挙動の検討を行うため、福島県の放射性 Cs 汚染地域において花崗岩の風化生成物として普遍的に認められるカオリン鉱物に着目し、カオリナイトおよびハロイサイトに対するセシウムの吸着実験および脱離実験を実施した。

カオリナイトは、関白産（JCSS-1101、日本粘土学会参考試料）と Georgia 産（KGa-1b、The Clay Minerals Society 標準試料）を用いた。ハロイサイトは、Utah 産（Halloysite nanoclay、Sigma-Aldrich 製）を用い、層間水を保持した加水ハロイサイトと層間水を除いた脱水ハロイサイトを調製した。

Cs 吸着量の序列は、加水ハロイサイト>脱水ハロイサイト>カオリナイト G（Georgia 産）>カオリナイト K（関白産）の順であり、ハロイサイトがカオリナイトよりも高い Cs 吸着能を有することが明らかとなった。Cs 吸着量の大きかった加水ハロイサイトと脱水ハロイサイトについて、1 mol/L 硝酸アンモニウム水溶液を用いた脱離試験を行った。その結果、加水ハロイサイトと脱水ハロイサイトの両者とも Cs の脱離率は約65%程度であった。このことから、天然におけるような Cs 存在量が非常に低濃度の条件下では、カオリン鉱物への Cs イオンの吸着と保持の可能性は十分にあることが明らかとなった。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】非晶質物質、吸脱着、放射性セシウム

【研究 題 目】新規取得試料の微生物学的分析

【研究代表者】坂田 将（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】吉岡 秀佳、片山 泰樹、坂田 将

(常勤職員3名)

〔研究内容〕

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム(MH21)の研究の一部として、東部南海トラフ海底堆積物中の微生物のメタン生成・酸化活性と群集構造を調べることにより、微生物のメタン生成能力を評価し、メタンハイドレートの集積メカニズムの解明に貢献する。

本年度は、東部南海トラフにおける地盤調査及び海洋産出試験事前掘削において採取されたコア堆積物試料から低温性のメタン生成菌の集積培養・分離を行い、単離されたメタン生成菌を用いて、メタン生成活性の温度依存性および圧力依存性を評価した。また、堆積物に含まれるメタノール濃度の測定を行い、シール層泥岩のメタノール利用性メタン生成活性が高いことが分かった。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕海洋ガスハイドレート、微生物、メタン生成菌、メタン生成活性、遺伝子解析

〔研究題目〕平成27年度地熱発電技術研究開発事業「地熱貯留層掘削技術」

〔研究代表者〕唐澤 廣和(地圏資源環境研究部門)

〔研究担当者〕唐澤 廣和、雷 興林、大野 哲二、宮崎 晋行、今泉 博之(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

地熱井の掘削コストは地熱開発における全コストの40~60%に達するとされている。掘削コストを削減するための最も重要な技術的課題の一つとして、高効率・長寿命の掘削用ビットの開発が挙げられる。本研究では、地熱貯留層の掘削に適応したPDCビットの開発を進めた(PDC:多結晶ダイヤモンド焼結体の略)。既に石油開発分野で広く使われているPDCビットは、従前より用いられてきたローラーコーンビットと比べ、掘進速度が速く、寿命が長いという特徴を有している。具体的には、①耐摩耗性・耐欠損性・耐熱性に優れたPDCカッター(PDCビットの先端に取り付けられた刃物)の開発、②高効率・長寿命のPDCビットの設計および製作手法開発、③PDCカッターやPDCビットの掘削性能評価、の3つのサブテーマより成る。本研究は、民間企業2社と産業技術総合研究所が共同で実施した。産業技術総合研究所では、③PDCカッターやPDCビットの掘削性能評価に関する研究を主として推進した。室内掘削試験装置を用い、コアビットや6-1/4インチPDCビットによる岩石の掘削試験を行い、開発されたPDCカッターやPDCビットの性能を実験的に評価した。その結果、開発されたPDCカッターやPDCビットは、従来から石油開発分野で使用されているものと比較して、良好な性能を有していることがわかった。また、直線切削試験装置により、PDCカッターの岩石切削抵抗に及ぼすさまざまな実験パラメータ(岩種、切削深さ、レーキ

角、チャンファの大きさ等)の影響を検討した。これらの掘削試験や切削試験により得られた結果は、①および②を推進する民間企業との密接な連携によって、直ちにPDCカッターやPDCビットの設計・製作サイドへフィードバックされる。その他、地熱用ビット開発に係る研究の動向調査として、我が国におけるサンシャイン/ニューサンシャイン計画の報告書および米国石油協会誌のPDCビット開発に関する文献についてレビューを行った。さらに、GeoTHERM expo & congress(オフエンブルグ・ドイツ)に参加し、地熱井掘削に対するPDCビットの利用状況を調査した。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕地熱、PDC(多結晶ダイヤモンド焼結体)、掘削、ビット、カッター

〔研究題目〕平成26年度延伸大陸棚等資源開発促進事業に係る海洋地質サンプリング調査研究

〔研究代表者〕下田 玄(地質情報研究部門)

〔研究担当者〕下田 玄、針金 由美子、佐藤 太一、後藤 孝介、片山 肇、井上 卓彦、佐藤 智之、山崎 徹、池原 研、石塚 治(活断層・火山研究部門)、田中 弓、山邊 希世(常勤職員10名、他2名)

〔研究内容〕

我が国の排他的経済水域及び延伸大陸棚海域において、海底鉱物資源の賦存が期待できる有望海域を抽出することを目的に調査を実施した。我が国周辺海域で海底鉱床の存在が期待できる海域は、プレートテクトニクスの観点から3海域に限定される。すなわち、活動的な島弧である琉球弧(沖縄海域)と伊豆-小笠原弧(伊豆海域)及び、非活動的島弧である九州-パラオ海嶺(四国海盆海域)である。本研究では、昨年度実施された受託研究の結果を考慮に入れながら、上記の3海域から調査に最適なエリアを選定し、それらについて海洋地質調査・物理探査を行った。各エリアの調査目的は、これまでの成果を踏まえて適切に設定した。すなわち、沖縄海域では熱水活動域の地球物理学的指標開発を目的として調査を行った。伊豆海域では新たな熱水活動域の発見を目指して地質学的調査を実施した。さらに、四国海盆海域では、今後の延伸大陸棚における海底鉱物資源の広域ポテンシャル調査に不可欠な基礎データを取得するための調査を行った。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕海底鉱物資源、海洋地質学、テクトニクス、沖縄トラフ、フィリピン海プレート、地球化学、岩石学

〔研究題目〕平成27年度深海底資源基礎調査に係る

コバルトリッチクラスト鉱区における環境調査既存データの取りまとめ

- 【研究代表者】 田中 裕一郎（地質情報研究部門）
 【研究担当者】 田中 裕一郎、鈴木 淳、高橋 暁、長尾 正之、山岡 香子、西村 昭、臼井 朗、高杉 由夫、岩崎 望、井口 亮（地質情報研究部門）、鈴木 昌弘、塚崎 あゆみ、鶴島 修夫、山田 奈海葉（環境管理研究部門）
 （常勤職員9名、他5名）

【研究内容】

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構は、経済産業省の委託を受けて、日本周辺海域の経済水域（EEZ）及びその周辺の公海域においてコバルトリッチクラストに係る資源量調査、環境調査及び生産技術調査の検討を実施している。また、2014年1月には、国際海底機構（ISA）とコバルトリッチクラストが賦存する公海域の複数の海山を鉱区とする契約を締結し、今後は鉱区内における資源探査を重点的に行う方針である。コバルトリッチクラストは、数 cm から数十 cm のアスファルト状のマンガン酸化物が岩石を被覆する産状を呈して分布しており、現状ではこのような産状の鉱石を安全かつ環境に配慮しつつ採掘する技術は、世界的にもまだ確立されていないため、将来的な商業採鉱に向けて、採鉱活動が海洋生態系に与える影響を予測・評価することが必要である。そのためには、当該海域において環境ベースライン調査を実施し、基礎的な環境情報を得る必要がある。平成27年度事業では、平成28年度以降にコバルトリッチクラストの契約鉱区において、実施が予定されている環境ベースライン調査に向け、鉱区契約前に実施した調査結果を整理し、既存文献等から、鉱区内で今後実施すべき調査内容と取得すべき試料項目を検討し、今後、中長期的な視点での調査計画策定に向けた検討材料を収集した。

【領 域 名】 地質調査総合センター、エネルギー環境領域

【キーワード】 コバルトリッチクラスト、国際海底機構、環境影響評価

【研究題目】 平成27年度国際共同研究事業 多国間国際研究協力事業（DELTA：Catalyzing action towards sustainability of deltaic systems with an integrated modeling framework for risk assessment）

【研究代表者】 齋藤 文紀（地質情報研究部門）
 【研究担当者】 齋藤 文紀、田中 明子（活断層・火山研究部門）、田村 亨、金井 豊、上原 克人（九州大学）、堀 和明（名古屋大学）（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

河川から運ばれた土砂によって河口域に形成されるデルタ（三角州）は、地形的に低平であること、生物生産が高く、豊かな生物多様性を示し、多くの水路網やダイナミックに変化する海岸線によって特徴付けられる。デルタは、居住としての場に加えて多くの国々において農業や工業の中心となっており、国内総生産の多くを占めることから戦略的にも重要な地帯となっている。しかしながら現在世界の多くのデルタで地球環境の変化や人間活動の影響に応答して、デルタは自然機能が劣化し、脆弱性が增大する傾向にあり、今後更に状況が悪化することが懸念されている。本来デルタは、自然の機能によって自然災害などに対して復元力をもち応答してきたが、近年急速に増大する人間活動によって、脆弱な環境へと変化してきている。将来に向けて持続的なデルタの利活用、デルタとの共生を行うためにはどうすれば良いか。世界のデルタの脆弱性を評価し、デルタの復元力を活用したデルタの管理と意思決定を支援するツールの開発が緊急に必要とされている。本研究の目的は、以上のようなデルタにおける沿岸環境変化を背景に、個々のデルタに関して特徴的な機能や決定的な要因の更なる理解と、脆弱性を定量的に評価するための地域レベルで活用できる多様なモデリング構成を構築することにある。国際プロジェクトである本研究の中で日本チームは、メコン河デルタを主対象に地球科学的・自然地理学的手法によりデルタの特性や自然機能を明らかにすること、モデル構築に必要な基礎データの確定や取得方法の確立を目的とする。平成27年度は、メコンデルタのベトナムにおける河道の堆積物を対象に、5月に乾季において河床堆積物の調査を実施し、10月の雨季にCTDを用いてコッチン河において堆積物と塩分と水温の現地調査を実施した。この結果、平成26年度の成果と合わせて乾季におけるデルタ全域の堆積物分布が明らかになるとともに、雨季においては河口近くまで淡水によって占められ、河口から約100 km までは淡水環境で潮汐堆積物が堆積していることが明らかになった。これらの成果は、12月にサンフランシスコで開催された米国地球物理学連合2015年秋季大会、国際潮汐堆積物会議、第19回国際第四紀学連合大会などで発表した。

【領 域 名】 地質調査総合センター

【キーワード】 持続的成長、メコンデルタ、人間活動、デルタ

【研究題目】 海洋資源の成因に関する科学研究

【研究代表者】 池原 研（地質情報研究部門）
 【研究担当者】 池原 研、山崎 徹、下田 玄、針金 由美子、後藤 孝介、石塚 治（活断層・火山研究部門）、佐藤 太一、井上 卓彦、片山 肇、板木 拓也、佐藤 智之、天野 敦子、西田 尚央、小森 省吾（地圏資源環境研究部門）

(常勤職員14名)

[研究内容]

本研究では、海底熱水鉱床とコバルトリッチクラストの海底鉱物資源の成因に関して地質学的観点からテクトニック・セッティング及び成因に由来する地形的・地球物理学的情報や岩石学的・地球化学的情報を取得・解析し、新たな有望海域の抽出に資する各種地球科学的指標の特定と有用元素濃集域形成を伴う造構モデルの構築を行うことを最終目標とする。本年度はこのため、沖縄トラフ伊平屋北海丘、伊平屋小海嶺での「ちきゅう」による掘削航海に参加し、資試料を得た。また、伊平屋北海丘から平成26年度に得られた岩石試料に加えて、過去の科学掘削によって得られた試料の全岩主成分・微量成分化学組成分析を行った。これにより、熱源の実体と火成岩-熱水反応の実態についてのプロトモデルを構築した。コバルトリッチクラストについては、モデル海山として調査・検討を進めている拓洋第5海山において採取されたクラスト試料の化学分析と解析を進めた。

[領域名] 地質調査総合センター

[キーワード] 海洋資源、海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、調査手法、民間連携

[研究題目] 南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト

[研究代表者] 金田 義行 (海洋研究開発機構)

[研究担当者] 池原 研、板木 拓也、宇佐見 和子、岩井 雅夫、金松 敏也 (海洋研究開発機構) (常勤職員2名、他3名)

[研究内容]

本研究では、南海トラフ沿いを中心に関東から琉球諸島沖の海域において、海底堆積物に残された地震発生記録から過去の巨大地震・津波の発生履歴を解明することを目標とする。本年度は海洋研究開発機構の「かいいい」による調査航海を沖縄八重山周辺海域で実施し、海底地形、表層堆積構造と海底堆積物試料を得た。これらの結果から西表島南西方前弧域では台湾側からの細粒砕屑物の供給と琉球弧側からの粗粒炭酸塩砕屑物の供給があることが分かった。また、平成26年度の採取試料の年代測定結果から石垣島南西方前弧域の海底扇状地には400～1,000年程度の間隔でタービダイトが堆積していることが明らかとなった。

[領域名] 地質調査総合センター

[キーワード] 海底堆積物、タービダイト、地震、津波、八重山前弧域

[研究題目] パルス通電加熱法を利用した溶融核燃料の熱物性測定システムの開発 (Ⅲ)

[研究代表者] 渡辺 博道 (物質計測標準研究部門)

[研究担当者] 渡辺 博道 (常勤職員1名)

[研究内容]

核燃料の溶融挙動解析において、融点以上での比熱、全放射率、溶融のエンタルピーは重要な物性値である。本研究では、パルス通電加熱法を利用して、溶融状態における核燃料の上記熱物性値を熱量法の原理により測定する方法の開発の一環として、非導電性の酸化物である核燃料を融点以上に急速加熱するシステムの設計・試作を行うことを目的とする。

上記の目的を達成するため、(1)パルス通電加熱電源の開発、(2)タングステン製試料セルの黒化法の開発・評価を行い、下記の結果を得た。

酸化物融体の熱物性測定を行うために必要なパルス通電加熱電源の制御システムを開発し、試料の温度制御に必要な各種パラメータの最適化を行うと共に最大電流や加熱速度などの基本性能を実験的に明らかにした。

タングステン製試料セル表面に成膜するカーボンナノチューブ製の黒化面の性能評価の一環として、斜入射放射率及びに付着力の測定を行い、酸化物融体の熱物性測定を行うために必要な十分な性能を有することを明らかにした。

[領域名] 計量標準総合センター

[キーワード] 熱物性、タングステン、酸化物、カーボンナノチューブ

[研究題目] 未利用藻類の高度利用を基盤とする培養型次世代水産業の創出に向けた研究開発

[研究代表者] 高津 章子 (物質計測標準研究部門)

[研究担当者] 高津 章子、鎗田 孝、稲垣 真輔、川口 研、山崎 太一 (常勤職員5名)

[研究内容]

本研究課題では、有毒微細藻類の摂取による毒化により出荷自粛が生じ年間数十億円の収益阻害が発生している二枚貝養殖業に対し、現状のマウスアッセイ法による貝毒検査に代わり、CODEX 等国際基準に沿った機器分析法を導入して規制緩和を行うために必要な貝毒の国際認証標準物質を製造する事を目的とする。

オカダ酸 (OA) およびジノフィシストキシン-1 (DTX1) 標準液の認証標準物質開発については、定量 NMR 法による測定結果に基づいて認証値を決定した。定量 NMR 法については、産総研、中央水研、食品分析センターでの共同実験を実施し、用いた測定法の不確かさの評価を行った。高速液体クロマトグラフィーを用いて、決定した認証値と既存国際認証標準物質 (カナダ NRC 標準物質) との値の比較を実施し、一致する結果を得た。二枚貝ホモジネートを用いた組成標準物質開発については、毒化ホタテガイ中腸腺を原料とする組成標準物質を調製した。また、昨年度予備的に調製した試作品を用いて、標準添加法による値付け分析法を検討した。その結果、得られた定量値の不確かさは目標値である20% (相対値) よりも小さく、同法より標準物質の値付けが可能との見通しを得た。さらに、同じ試作品を用い

た試験所間比較を主催し、参加20機関の分析結果の室
間再現精度を評価した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】貝毒、標準液、組成標準物質、定量
NMR

【研究 題目】水温センサトレーサビリティ確立のため
の温度計校正・評価技術の開発

【研究代表者】中野 享（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】中野 享、山澤 一彰、斉藤 郁彦、
Widiatmo V Januarius、丹波 純
（常勤職員5名）

【研究 内容】

本研究の目標は、海洋の温度を精密計測するための水
温センサに対して、温度の国家標準との連鎖が構築出来
るように校正するための技術を確立することである。本
目標の達成に向けて、研究は以下の様な計画を進める。
まず、水温センサの校正に使用する温槽の温度安定度、
および、温度分布の測定を行う手順を確立するととも
に、その温度安定度、および、温度分布に起因した水温
センサの校正の不確かさ評価を行う。そして、水温セン
サの校正に用いる標準白金抵抗温度計を国家標準にトレ
ーサブルになるように校正し、その安定度を評価する。
さらに、その標準白金抵抗温度計を利用して、水温セン
サの校正が国家標準にトレーサブルになるように比較校
正する手順を確立する。これらの過程により得られた知
見から、最終的に、水温センサの校正の不確かさの算出
方法を決定する。前述の計画に従い、H27年度は、水温
センサの校正に使用する温槽の温度安定度、および、温
度分布の測定を行った。また、水温センサの校正に用い
る標準白金抵抗温度計を国家標準にトレーサブルになる
ように校正し、その安定度の短期的な評価を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】温度、校正、比較測定、標準、不確かさ、
水温、海洋

【研究 題目】燃料棒・制御棒の破損・熔融試験装置の
温度計測技術の開発

【研究代表者】笹嶋 尚彦（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】笹嶋 尚彦、山田 善郎、井邊 真俊、
山澤 一彰、小倉 秀樹
（常勤職員5名）

【研究 内容】

原子力発電所の過酷事故時に压力容器内の様々な構成
材料間で高温反応が進行し、破損・熔融する素過程の解
明が進められている。日本原子力研究開発機構が製作し
た燃料棒・制御棒の破損・熔融の素過程試験装置では、
模擬燃料棒の温度はジルカロイ被覆管表面に取り付けた
熱電対と2色放射温度計で測定している。しかしながら、
高温反応でジルカロイが ZrO_2 に変化することに伴

い熱電対は被覆管表面から剥がれ、同時に被覆管表面の
放射率が大きく変化するため、正確な温度測定は困難で
ある。そのため本研究では、シビアアクシデント条件
（高温、水蒸気・水素混合ガス雰囲気）で燃料バンドル
の破損・熔融過程における温度計測技術の開発を目的と
する。

平成27年度は、素過程試験装置に既設の2色放射温度
計について、減光特性や光路上の視野欠け、視野中心部
における最小測定サイズを評価するとともに、応答速度
についても評価を行い、2色放射温度計の性能を明らか
にした。また、産総研の標準放射温度計を用いて、2色
放射温度計の高温における校正が可能であることを実証
した。測温対象となるジルカロイや ZrO_2 について室温
における放射率を測定すると共に、**Black ZrO_2** の放射
率も併せて測定し、 ZrO_2 に代わる測温対象として
Black ZrO_2 が有望であることを明らかにした。一方、
シビアアクシデント条件下で、燃料バンドルの温度計測
技術の向上を目指し、ジルカロイ被覆管内に設置して使
用可能な **Black ZrO_2** キャビティを考案・作製し、これ
を用いて産総研の誘導加熱炉中で熱電対と放射温度計の
比較測定が約1500℃まで可能であることを実証した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】2色放射温度計、熱電対、高温計測、放
射率、ジルカロイ、燃料棒

【研究 題目】微細構造解析プラットフォーム

【研究代表者】齋藤 直昭（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】齋藤 直昭、浮辺 雅宏、鈴木 良一、
大島 永康、大平 俊行、志岐 成友、
松林 信行、山本 和弘、松崎 弘幸、
中村 健、井藤 浩志、後藤 義人、
全 伸幸、服部 峰之
（常勤職員14名）

【研究 内容】

本委託事業は、ナノテクノロジーに関わる最先端の研
究設備とその活用のノウハウを有する機関が、緊密に連
携して全国的なナノテクノロジーの研究基盤（プラット
フォーム）を構築することにより、産学官の多様な利用
者による共同利用を促進し、個々の利用者に対して問題
解決への最短アプローチを提供するとともに、産学官連
携や異分野融合を推進することを目的としている。

以下の7つの装置（群）を公開して研究支援を実施し
た：①陽電子プローブマイクロアナライザー装置（周辺
設備含）（PPMA）②超伝導蛍光収量 X 線吸収微細構造
分析装置（周辺設備含）（S-XAFS）③可視～近赤外過
渡吸収分光装置（4台、周辺設備含）（VITA）④リアル
表面プローブ顕微鏡装置（3台、周辺設備含）
（RSPM）⑤固体 NMR 装置（3台、周辺設備含）
（SNMR）⑥イオン価数弁別質量分析装置（周辺設備
含）（CDMS）⑦極端紫外光光電子分光装置（EUPS）。

これらの装置を用いた支援実績は、①課題件数：65件（目標63件以上）②外部共用率：平均60%（目標35%以上）（装置毎に異なる）③外部共用のうち民間企業の占める割合：平均52%（目標：平均20%以上）（装置毎に異なる）であり、いずれも目標の値を達成した。

利用講習会（スクール）として、「第1回設備利用講習会「固体 NMR」」（2015年12月）と「第2回設備利用講習会「SC-XAFS, EUPS, PPMA, VITA」」（2016年2月）を、つくば産総研にて開催した。これらにより、事業の宣伝とユーザ拡大、および人材育成を図った。

地域公開セミナーを3回開催した。「産総研・微細構造プラットフォーム」（秋葉原、2015年7月）、「ナノテクノロジープラットフォームセミナー in 仙台 東北大学・産業技術総合研究所合同セミナー」（2015年12月、仙台）、「第33回名古屋駅前イノベーションハブ技術シリーズ発表会 兼 産総研・微細構造解析プラットフォーム 地域セミナー」（名古屋、2016年1月）である。さらに、産総研テクノブリッジ、JASIS2015展示会、次世代ものづくり基盤技術産業展 TECH Biz EXPO 2015 や Nanotech2016など、各種の展示会に出展し、事業の宣伝によるユーザ拡大とユーザニーズの把握を実施した。

固体 NMR（200 MHz）の窒素再凝縮装置、ピコ秒可視・近赤外過渡吸収分光装置の循環冷却水装置、リアルプローブ顕微鏡装置の精密空気発生装置等の整備、および陽電子プローブマイクロアナライザー装置のガンマ線検出器の修理等を実施した。さらに標準的な支援に加え、利用者の計測要望に応じて、装置や分析手法に改良を加えて特殊な計測に対応できるようにした。これらの設備整備と高度化で、円滑な支援とユーザの利便性向上を図った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】ナノテクノロジー、機器公開、研究支援、先端計測機器、産学官連携、イノベーションハブ

【研究 題目】医工連携事業化推進事業実証事業「在宅歯科医療における口腔感染症や誤嚥性肺炎の予防機能を有した抗菌性粘膜調整材の開発・事業化」

【研究代表者】榎田 洋二（健康工学研究部門）

【研究担当者】榎田 洋二（常勤職員1名）

【研究 内容】

超高齢社会における義歯装着人口の増加に伴って、在宅歯科医療における粘膜調整材の市場規模が拡大している。しかし、在宅歯科医療での義歯治療で頻用される粘膜調整材は、多孔性で粘弾性が大きく微生物（細菌、真菌）が付着し易いため、口腔環境を悪化させ、抵抗力の減退した高齢者の全身への持続的な感染源となり、誤嚥性肺炎発症のリスク要因となっている。本研究では、この問題を解決するために、微生物が付着し難く、汚染・

劣化を防止できる無機系抗菌剤を応用した抗菌性粘膜調整材を企業・大学と共同開発し、事業化を目指す。産総研は、主に「無機系抗菌剤の調整方法の確立」、「抗菌性粘膜調整材の試作」、「知財戦略の立案」を担当する。

平成27年度は、「無機系抗菌剤の調整方法の確立」および「抗菌性粘膜調整材の試作」について検討した。「無機系抗菌剤の調整方法の確立」に関しては、無機系抗菌剤の調整方法を企業に技術指導するとともに、抗菌剤の大量製造方法について検討した結果、粘膜調整材用の抗菌剤を数キログラムレベルで製造できることを確認した。「抗菌性粘膜調整材の試作」に関しては、試作した抗菌性粘膜調整材からの抗菌成分の溶出特性を明らかにした。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】抗菌、粘膜調整材、義歯、在宅医療、誤嚥性肺炎

【研究 題目】平成27年度石油製品需給適正化調査等「石油精製物質等の新たな化学物質規制に必要な国際先導的有害性試験法の開発」

【研究代表者】中島 芳浩（健康工学研究部門）

【研究担当者】中島 芳浩、安部 博子、室富 和俊、安永 茉由、丹羽 一樹、岩城 知子、大西 尚子、藤田 康子（常勤職員5名、他3名）

【研究 内容】

本研究開発では、ラットを用いる28日反復投与毒性試験において、化学物質により毒性が発現する可能性が高い肝毒性、腎毒性、神経毒性のそれぞれの毒性に関し、簡便で高精度な *in vitro* 試験系の開発を目的とする。その開発手段として、肝毒性および腎毒性では、人工染色体ベクターや多色発光技術といった我が国で開発された先端技術を導入、毒性の主要バイオマーカーを用いたレポータージーンアッセイを開発する。

本年度は、発光レポーター導入トランスクロモソミックマウス（Tc マウス）を3種類樹立、代表的な肝毒性物質を用いた *in vitro* 試験を実施し、当該試験系に最も適した系として、CAG プロモーター制御下で緑色発光ルシフェラーゼ ELuc およびアルブミンプロモーター制御下で小胞体移行型分泌ルシフェラーゼ GLuc（KDEL）が発現する Tc マウス（CAG-ELuc ; Alb-GLuc（KDEL）マウス）を選定した。これと並行し、マウス肝細胞調製法を再検討し、生存率および収率を飛躍的に向上させることに成功した。続いて、38種類の被験物質（肝毒性物質30種類、非肝毒性物質7種類、非毒性物質1種類）を選定し、CAG-ELuc ; Alb-GLuc（KDEL）マウス肝細胞を用いた2次元および3次元培養により *in vitro* 肝毒性試験を実施した。その結果、感度、精度ともに3次元培養系は2次元培養系よりも優れていること

が明らかとなった。得られた3次元培養系の結果から、判定基準を設定し、38物質について陽性・陰性の判定を行った結果、当該試験系は、感度83%、特異性88%、陽性予測率96%、陰性予測率58%、精度が84%であることが明らかとなった。また、既知の動物実験データとの比較により、動物に対する肝毒性の強弱も推定できることが示唆された。以上の結果に基づき、*in vitro* 肝毒性評価系のプロトコル案を作成した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ルシフェラーゼ、発光細胞、レポーターアッセイ、人工染色体ベクター、化学物質毒性評価

【研究 題 目】超音波を用いた自動車用マフラー等気密容器漏れ検査装置の開発

【研究代表者】辻内 亨（構造材料研究部門）

【研究担当者】辻内 亨、兼松 渉（常勤職員2名）

【研究 内 容】

自動車業界では、マフラー・燃料タンクなどの気密性を要する部品については、欠陥に基づく漏れの確認検査が必須である。例えばマフラーは全品目視による検査を実施し、漏れの有無を確認しているが検査にバラツキが生じるなどの課題がある。そこで、水没させたマフラーから漏れた0.2mm以上の気泡について、水平方向のジグザグ運動と鉛直方向の上昇運動に伴う超音波の周波数偏移を検出原理とした超音波を用いた自動検査装置を開発し、自動車部品だけでなくガスボンベ等気密性が求められる製品全般への応用を目指す。超音波による気泡検出のための自動検査装置に装備する基板の、気泡の有無の判定および気泡径と周波数偏移に関するアルゴリズム確立を目的とする。平成27年度は、周波数偏移量の気泡径依存性の理論値の数値計算を行うとともに、これまでに得られた周波数偏移量の気泡径依存性実測値に関する近似式との比較のため、清浄気泡、汚染気泡においてそれぞれ周波数偏移量の気泡径依存性の数値計算を行った。近似式の値は、気泡径の共通する範囲で清浄気泡理論値に比較的近い値を示しているのがわかった。ゆえに実験に用いられた水槽内の水は清浄であったことが推察される。ここで、清浄気泡で気泡径の大きい場合に、レイノルズ数の制限を超えた気泡径の条件での計算値も使用していることに注意したい。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】超音波、自動車、マフラー、気泡

【研究 題 目】製造コストの大幅削減を可能にするエイズ治療薬中間体の革新的合成

【研究代表者】深谷 治彦（構造材料研究部門）

【研究担当者】深谷 治彦（常勤職員1名）

【研究 内 容】

年間200億円の売り上げを誇るエイズ治療薬。しかし、

その供給量には問題があり、途上国では十分に利用できない状況が続いている。この理由は、この医薬品が不斉炭素を持つため製造段階で非効率的な光学分割法を伴うことが不可欠であり、必然的に製造コストが膨らみ、治療薬の高価格化につながっているためである。本研究では、製造コストの大幅削減を可能にするエイズ治療薬中間体の革新的合成法の確立を行う。

平成27年度は、触媒存在下でのトリフルオロメチル化反応について、計算化学的検討を行った。その結果、触媒が存在することにより、トリフルオロメチルアニオン発生のための活性化エネルギーが半分程度まで下がることが明らかとなり、触媒の存在により反応が容易に起こるようになることが確認された。次に、立体選択性を明らかにするために、触媒存在下でのトリフルオロメチルアニオンによる基質のトリフルオロメチル化反応を検討した。薬理活性的に必要な異性体は *S* 体のみであるが、*R*-体、*S*-体、それぞれを生成する遷移状態を見つけることができた。それぞれの異性体について分子間相互作用を検討した結果、*S* 体を生成するものの方が基質のカルボニルを活性化する効果が大きく、また、触媒とトリフルオロメチルアニオンの相互作用も *S* 体を生成するものの方が大きく、これらの結果は、触媒の存在により *S* 体の生成が有利になることを示すものである。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】計算化学、密度汎関数法、反応機構、含フッ素医薬品、不斉合成

【研究 題 目】非常用電源としてのマグネシウム空気電池を実現する難燃性マグネシウム合金製造薄板による革新的電極素材の開発

【研究代表者】千野 靖正（構造材料研究部門）

【研究担当者】千野 靖正、湯浅 元仁
（常勤職員2名）

【研究 内 容】

難燃性マグネシウム合金を一次空気電池の電極素材に用いることで、電池の自己放電特性や発火リスクが大幅に改善されることが知られている。なお、これらは試作や実験的な評価に基づくものであり、合金組成におけるCaを中心とする主要添加元素や不純物元素が及ぼす影響は解明されていない。同様に、組織、析出物、集合組織が自己放電特性に及ぼす影響は解明されていない。以上を受けて、本研究では、合金組成と組織が難燃性マグネシウム合金の自己放電特性に与える影響を評価し、同時に、難燃性マグネシウム合金を負極として利用した際の電極表面での反応状態を観察・分析することにより、難燃性マグネシウム合金の自己放電特性に及ぼす合金組成と組織の影響を解明することを目指す。

平成27年度は、平成26年度に導出した優れた放電特性を示す3元系合金(Mg-Al-Ca 合金)を対象として、高い放電特性を維持する上において、許容可能な不純物元

素の量を調査した。その結果、ある濃度以上に不純物濃度を設定すると放電特性が劣化することを明らかにした。

上記の研究成果は、平成27年度サポイン事業「非常用電源としてのマグネシウム空気電池を実現する難燃性マグネシウム合金鋳造薄板による革新的電極素材の開発」の成果である。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕難燃性マグネシウム合金、電池、合金設計、組織

〔研究題目〕高機能な北方系植物素材の機能性評価に関する研究

〔研究代表者〕森田 直樹（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕森田 直樹、坂下 真実

（常勤職員2名）

〔研究内容〕

アイヌ伝承有用植物を含む複数の北方系植物素材について、これまでに核内受容体活性評価法（核内受容体レポーターアッセイ）を用いて各種植物抽出液の機能性のスクリーニングを行った。その結果、いくつかの植物素材の抽出液には、ある種の抽出液が核内受容体を強く活性化することが明らかとなり、機能性成分を含んでいることが示唆されている。本研究では、特に活性の高かった北方系植物素材について、活性成分の探索（成分分画した試料の活性評価）を行った。

北方系植物素材に由来する試料より、各種溶出物及び成分分画を行った試料（5種）について、核内受容体レポーターアッセイを用いて評価を行った。その結果、成分分画を行った試料の幾つかで、ある種の核内受容体を強く活性化することが観られたものがあり、その分画物中に活性化成分が含まれていることがわかった。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕核内受容体、核内受容体アッセイ、北方系植物素材、機能性評価

〔研究題目〕電子回路基板の多品種変量生産を実現する常圧過熱水蒸気を用いた高熱効率・均一リフロー装置の開発

〔研究代表者〕菖蒲 一久（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕菖蒲 一久、田原 竜夫

（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

携帯電話に代表される多品種・変量生産の電子機器の回路基板製造では、はんだ印刷・部品実装・リフローの各装置などで構成された製造ラインが稼働しているが、特にリフロー装置に対して、①歩留まりの向上、②生産品切り替えによる加熱条件設定変更時間の短縮、③省エネ・省スペース、④低コスト化、⑤環境対応（フラックス処理）の5つの要望が強い。これに対し、本研究では、高温の過熱水蒸気を加熱媒体とする高熱効率均一加熱リ

フロー装置を開発・実用化することで、これらの要望に応えることを目指している。

従来の窒素ガス等と異なり、過熱水蒸気はそれ自体が赤外線を輻射するため、対流伝熱とあわせて高い伝熱効率が期待されるが、定量的には未だ不明な点が多く、装置設計のために必要な基礎データも不足している。また、水蒸気は非酸化雰囲気であるが、はんだ付け雰囲気として深く検討されたことは無いため、その特性はほとんど不明と言って良い。このような点を明らかにすることが本研究の目的である。

本年度は過熱水蒸気による実際の加熱によって、実機で用いられる組成が異なるハンダを用いてハンダ付け実験と断面の詳細な調査を行うことにより、欠陥生成などの問題はないことを確認した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕半導体製造、リフロー装置、過熱水蒸気、熱工学、はんだ付け

〔研究題目〕SUS304超塑性発現材を利用したナノ精度マイクロ部品の加工技術開発

〔研究代表者〕加藤 正仁（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕加藤 正仁、中野 禅、佐藤 直子

（常勤職員3名）

〔研究内容〕

金属 MEMS 部品であるステンレス製メタルマイクロポンプは、耐薬品性に優れ、強度が高く破損事故の可能性が低いことから医療機器等でのニーズが高く、安価な量産化を実現するため一層の生産性向上が求められている。従来メタルマイクロポンプは、通常ステンレス鋼箔をエッチング加工した後に高温で拡散接合することで製造していたために生産性が低く、高価となっていた。そこでメタルマイクロポンプの量産化に寄与するために、ステンレス鋼箔のエッチングを高精度プレス打抜き工法に、また1,000℃以上で行う高温での拡散接合を、超塑性接合などを利用し、約700℃での拡散接合に転換する技術を開発することを全体計画として研究開発を行っている。

当年度においては、高精度打抜きプレス技術の基礎技術として、ナノメートル精度で位置制御できる金型の開発を行い、ステンレス薄板の打抜き実験を行って、金型とパンチの位置合わせが、工具損傷や打抜き製品の形状精度に与える影響を明らかにした。また、超塑性や組織制御のための加工熱処理を応用した低温拡散接合技術を開発し、それに適した材料調整技術の開発および接合条件の最適化実験を行うとともに、メタルマイクロポンプの試作を行い、従来品より高性能なポンプとして動作させることに成功した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕金属 MEMS、プレス打抜き、拡散接合、超塑性、ステンレス鋼

【研究題目】 体液中マイクロ RNA 測定技術基盤開発
におけるエクソソームを補足するための
抗体及び抗原に関する調査

【研究代表者】 五島 直樹（創薬分子プロファイリング
研究センター）

【研究担当者】 五島 直樹（常勤職員1名）

【研究内容】

がん組織特異的なエクソソームを選択的に補足するため
は、がん組織特異的に発現する膜タンパク質をターゲッ
トとして、抗原-抗体反応等を利用する方法が考えられ
る。がん特異抗原（CTA）を対象とし、CTA データベ
ースに登録されているタンパク質の中でも、膜貫通領域
を有するタンパク質を計算から導き出し、候補として提
示することが可能である。

上記の CTA のデータベースである CTDatabase（が
ん細胞で特異的に発現するタンパク質のリスト）に登録
されている300種近いタンパク質に対して、2種類の膜
貫通領域計算プログラム（SOSUI 及び TMHMM）に
よって解析を行い、膜貫通領域を有するタンパク質を
30種程度選出した。（別紙の計算解析結果のリストで右
側の枠で赤帯のもの）。2種類のプログラムで共に赤帯
のものが、膜貫通タンパク質である確度が高い。

ただし、上記で選出された抗原で特定のがん種を選別
することは難しい。様々な細胞由来のエクソソームから
がん細胞由来のエクソソームを濃縮する用途に使用出来
ると考えている（がん種はマイクロ RNA の解析で特定
することができる）。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 エクソソーム、がん、がん特異的抗原、
細胞表面マーカー、miRNA

【研究題目】 超小型電子光学系と異形小型高真空ポン
プを内蔵した小型・低価格な測長用電子
顕微鏡（CD-SEM）の開発

【研究代表者】 青柳 昌宏（ナノエレクトロニクス研究
部門）

【研究担当者】 青柳 昌宏、渡辺 直也、馮 ウェイ
（常勤職員3名）

【研究内容】

本研究では、半導体デバイスの多品種少量生産へ対応
するためのミニマルファブコンセプトに基づく半導体製
造装置として、デバイス製造プロセスラインにおいて品
質確保に不可欠な測長用電子顕微鏡（CD-SEM）の開
発を TCK 株式会社と共同して行っている。具体的には、
高機能な超小型 CD-SEM の実現を目指して、大幅な小
型化と低価格化を達成するため、超小型電子光学系、異
形小型真空ポンプ、線幅判定技術などの技術開発を進め
た。

平成27年度は、平成26年度に組み上げた熱電界放出
型（TFE）電子線源の超小型電子光学系、異形小型高

機能真空ポンプ、精密真空ステージで構成される超小型
CD-SEM 装置について、振動、電磁ノイズなどを原因
とする画像揺らぎへの種々の対策を実施して、目標レ
ベルの高解像 SEM 画像の取得を可能とし、評価デバイス
による実画像で高精度測長機能を確認した。

【領域名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 ミニマルファブ、電子顕微鏡、測長、高
真空、電子光学

【研究題目】 平成27年度 革靴履き心地解析等事業
「革靴の製造品質管理ガイドライン作
成」

【研究代表者】 持丸 正明（人間情報研究部門）

【研究担当者】 持丸 正明、小林 吉之、森田 孝男、
河内 まき子、元田 真吾、河合 祐子
（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

【目標】

高付加価値の日本製革靴について「Made in Japan
革靴」ブランドを確立し、新興アジア圏で「履き心地が
よく、歩きやすく、美しく、靴に起因する足のトラブル
がない革靴」としての認知を得るために、科学的根拠に
立脚し、パフォーマンスの高い革靴の基盤となる靴型か
ら、一定品質の革靴を製造するための品質管理方法につ
いて研究する。

【研究計画】

平成23年度からの事業で、婦人革靴（6 cm ヒール）、
紳士革靴について、日本人の足形状を考慮して履き心地
を向上させる靴型の開発と検証を3年間実施した。この
結果、よりヒールが低い靴や高い靴への展開と、靴製造
品質管理がの必要性がわかり、H25-26年度において製
造ばらつきの評価、靴型製造ガイドライン策定を行うと
ともに、よりヒールが低い4.5 cm ヒール靴の靴型開発
事業を実施した。平成27年度では、よりヒールが高い
靴の靴型開発事業を実施する。

【年度進捗状況】

平成27年度事業では、平成25年度までに開発した婦
人革靴（6cm ヒール）用の靴型のもととなった基本靴
型から7.5cm ヒール靴型を作成した。これに対して、こ
れまでの実験で有効と考えられた修正を加えた複数の靴
型を作成した。これらの靴型で作成した革靴を官能評価
法で評価する事で、最終的に有効と思われる靴型を決定
した。最終的に有効と考えられた4種、および修正を加
えていない靴型の合計5種の靴型それぞれを使い、24
（足長サイズ6×足囲サイズ4）サイズの靴を作り、よ
り多くの評価者で評価実験を行うとともに、同時に計測
した評価者の足形状との関係を分析した。この結果、足
の形状特徴と好みの靴型の間に関係があることが
示唆された。

【領域名】 情報・人間工学

〔キーワード〕 デジタルヒューマン、人間工学、生体力学

〔研究題目〕 ウイルスワクチンを安心安全に生産するための先端遺伝子工学技術の開発

〔研究代表者〕 川崎 一則

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 川崎 一則 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

平成27年度沖縄感染症研究拠点形成事業(創薬分野)のウイルスワクチンの新規開発を行う研究プロジェクト「ウイルスワクチンを安心安全に生産するための先端遺伝子工学技術の開発」において、ウイルスワクチンの構造・物性の解析と評価をするための研究開発を行っている。ワクチン用の抗原タンパク質試料について、微細構造を評価する電子顕微鏡による観察を実施し、タンパク質分子がとる構造体の形状やサイズを解析することにより、ワクチンとしての免疫誘導の機序を考え、ワクチンを再設計するための指針を得ることを目標としている。本年度は、ネガティブ染色法電子顕微鏡観察のプロトコルを再検討し、ワクチン用の抗原タンパク質の微細構造の評価方法として最適化を目指した。ヘマグルチニンのスパイク構造を鮮明に把握するために有効な染色液条件を選択し、複数の分子集合体の重なりを抑えて十分に分離した条件のための観察用試料を作製した。その上で、インフルエンザ・ヘマグルチニンタンパク質試料(研究代表機関の有限会社生物資源研究所が作製)の分子集合体の形状やサイズの解析を実施した。透過電子顕微鏡による観察では、直径が100~数百 nm の顆粒上の形状が確認され、表面には長さ約14 nm のスパイク構造が高密度に撮影された。オリジナルのインフルエンザ・ウイルスと同様の形状が作製されており、ウイルス様粒子(virus-like particles)と呼ばれる構造であることが明らかになった。高密度のスパイク構造はヘマグルチニンタンパク質が効率良く集積されたことを示し、ワクチン利用の上で高い効率の免疫誘導に役立つものと期待される。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 ウイルス、ワクチン、抗原タンパク質、タンパク質精製、電子顕微鏡

〔研究題目〕 世界市場を開拓する Sake・大吟醸生産システムの革新

〔研究代表者〕 上垣 浩一

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 上垣 浩一、中村 努、伊田 さゆり

(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

本研究開発の目的は従来、杜氏の勘と経験に依存する小規模製造のため供給が追いつかない「高品質大吟醸

酒」の製造規模の拡大と山廃仕込みを利用した「高級熟成ワインに対抗できる新規酒飲料」の新規醸造プロセスを開発する事にある。そのためには酒飲料の品質管理の決め手となる有機酸を迅速に定量する事の出来る分析技術の開発が求められている。そこで本年度は酵素法を用いた有機酸や糖検出に関する酵素法研究開発を行った。コハク酸定量に向けた研究開発ではクエン酸サイクルを担う酵素の一つ中でもコハク酸デヒドロゲナーゼ(SDH)を利用できればクエン酸の酵素法定量の開発に展開できる。そこで、超好熱性古細菌由来のSDHを利用することを目指して研究を始めた。まず、2種類の超好熱性古細菌(*Sulfolobus acidocaldarius*)からSDH遺伝子を取得し発現系の構築を行った。本酵素は4つのサブユニットからなっており、それぞれ単独にT7プロモーターで発現させると、いずれも発現が見られた。しかしながら二つが封入体となり巻き戻し操作が必要であることが判った。つぎに醸造過程で生成するグルコースとそれ以外の糖(マルトース、マルトトリオース)を区別して定量するために α -グルコシダーゼの利用を試みた。適切に α -グルコシダーゼを選択すればマルトテトラオース以上のオリゴ糖とのそれ未満の分別定量が可能である事を明らかにした。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 酵素、有機酸、糖、大吟醸

〔研究題目〕 SIP 戦略的イノベーション創造プログラム(次世代農林水産業創造技術)農林水産系のファインバブル技術開発

〔研究代表者〕 川崎 一則

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 川崎 一則、平澤 誠一、川崎 隆史、

加藤 晴久、綾 信博、辻内 亨、

安井 久一、丸山 豊、兼松 渉、

苑田 晃成、垣田 浩孝、小比賀 秀樹、

堀江 祐範、田部井 陽介、大内 尚子、

白井 薫(常勤職員14名、他2名)

〔研究内容〕

植物工場におけるファインバブルの生育促進効果の実証を目的とする研究開発において、産総研の分担では、植物工場の栽培養液におけるファインバブルの計測評価技術の確立を目指して、以下の課題に取り組んでいる。バブルとコンタミの分離技術として凍結-溶解で分離する技術を検討し、緩やかな凍結方法がウルトラファインバブルの消滅に有効であることを確認した。この緩やかな凍結-解凍の処理条件は、肥料成分を含む場合にも、ウルトラファインバブルを消滅できる見通しを得た。また、実環境評価系を想定した電解質・有機分子成分・材質の異なる物質含有時等におけるPTA法における計測精度評価をファインバブルと散乱効率の類似した粒子分散液をモデルケースとした検討を実施した。PTA法を

用いた平均粒子径計測値における液内イオン強度変化に基づく測定値の変動評価とゼータ電位の変動値の関係を明らかにし、さらに異なる材質含有時等における PTA 法原理を用いた新規識別手法についての可能性を見出した。さらに、養液の現場サンプリング・輸送条件の絞り込みのため、模擬養液の原料となるバブル水を恒温振とう機により旋回振とうさせ、フィルタろ過後、平均径、モード径、数密度を測定した。振とう付与により数密度が低下し、平均径・モード径が大きくなることを明らかにした。植物工場の養液の水質分析により、UFB 発生装置等から銅イオンが溶出することを見出し、植物の生長の障害となる問題を明らかにし、改善策を提示した。電気抵抗ナノバルス法測定によって、植物工場の養液中のファインバブルについて計測を実施した。

【領 域 名】生命工学、エレクトロニクス・製造、材料・化学、計量標準総合センター

【キーワード】微細気泡、ファインバブル、マイクロバブル、ウルトラファインバブル、植物工場

【研究題目】LCA 日本フォーラムにより管理されている工業会提供データ等の IDEA を用いた上流連結作業に関わる業務

【研究代表者】田原 聖隆（安全科学研究部門）

【研究担当者】田原 聖隆、村松 良二、松林 芳輝、横田 真輝、Kuan BARTEL
（常勤職員1名、他4名）

【研究内容】

LCA データベースは、単位プロセス（個々の工程における物質・エネルギー等の入出力情報）の連結により構成されている。しかし、単位プロセスの連結方法の違いにより同じ単位プロセスのデータであっても異なった結果が得られるので、連結には最善の注意を払って実施していかなければならない。データの連結は、個々の単位プロセスで実際に投入している材料を製造する単位プロセスデータに連結できることが理想であるが、すべての投入材料のデータの整備は難しく、実務においては既存のデータベースと連結を行う。LCA 日本フォーラムデータ（JLCA データ）は単位プロセスデータが主で、上流へは利用者自ら連結を行わなければならない、誤った連結も考えられる。そのため工業会と連携を取り、積み上げ型データベースであり農工業製品が網羅されている IDEA を連結する主なデータベースとして連結作業を実施し、我が国の LCA データベースとして適切な単位プロセスの連結を行った。実際の連結は、JLCA データを優先させることを前提に、入出力情報が適正でないと考えられるデータについて、工業会にその内容の問い合わせを行い、確認された内容を反映して JLCA データまたは IDEA データを上流連結させた。具体的には、JLCA データの入力項目名および入出力量を確認し、連

結に問題が無ければ、そのまま、あるいは報告書の記載内容により調整して JLCA データまたは IDEA データを連結した。連結に問題がある、あるいは調整が困難な場合には、工業会へデータの項目名について問い合わせをした。次に確認された項目名等を反映して JLCA データまたは IDEA データを連結した。そして連結されたデータについて工業会にその内容を確認した。確認された連結データは原単位計算を実施し、公開を望んだ工業会のデータは JLCA ホームページ上で公開予定である。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】インベントリデータ、データベース、工業プロセス

【研究題目】事業者の自主的リスク評価・管理を支援する環境リスク評価ツールの開発

【研究代表者】林 彬勲（安全科学研究部門）

【研究担当者】林 彬勲、内藤 航、加茂 将史
（常勤職員3名）

【研究内容】

化学物質の生態リスク評価には、高度な専門知識と、情報の収集・解析に要する膨大な時間と労力が要求される。さらに、リスク評価手法は近年急速に発展しており、既存の個体レベルでの影響から、より生態学的に関連の深い、種の感受性分布（SSD）や個体群影響を評価するよう変わりつつあるため、非専門家にはますます敷居の高いものとなっている。このような現状を打破するには、専門家による簡易リスク評価管理ツールの開発・提供が望まれるが、国内外においてこうしたツールはまだ開発されていない。

本研究では、すべての科学的なリスク評価手法と評価に必要とされる化学物質の有害性データを搭載したユーザーフレンドリーな「汎用生態リスク評価管理ツール AIST-MeRAM」を開発し、特に事業者の自主的リスク評価管理を支援することを目標としている。2013年度までに、すべての評価手法とデータを搭載し、化審法スクリーニング評価&1次リスク評価に対応可能、かつユーザーレベルや評価目的に応じた使い分け可能な「一括評価」「初期評価」「詳細評価」機能を搭載したスタンドアロン版 AIST-MeRAM 0.9.12を作成し公開した。また、AIST-MeRAM の活用促進のため、AIST-MeRAM の専用 WEB ページ (<http://meram.aist-riss.jp/>) を作成し公開した。2014年度では、日本語版 AIST-MeRAM 0.9.12の機能改善と完成度向上、搭載データ補充等、ツールの実用化・機能充実化を中心とした開発作業を行い、日本語版のバージョンアップグレード版（1.0.1）を公開した。同時に、化学工業界の国際事業展開や化審法のアジア展開を支援するため、「英語版 AIST-MeRAM1.0.0」を作成し、英語の専用 WEB ページ (<http://en-meram.aist-riss.jp/>) も合わせて公開した。

2015年度では、2014年12月に公開した日本語版と英語版の AIST-MeRAM の完成度向上、リスク評価の結果に基づいたリスク管理提示機能の実装、信頼性あるデータベースの拡充を中心とした作業を行った。その成果物は「日本語版&英語版 AIST-MeRAM2.0」として、2016年夏に一般に公開する予定。また、日化協のアジア戦略推進や化審法のアジア展開を支援するため、一連の普及支援活動（①AIST とタイ国立研究所との共同ワークショップ、FTI-JCIA 主催 MeRAM ワークショップ等の企画・開催；②METI とタイ工業省との二国間協力関連ワークショップ支援；③日化協会会社と協働し、複数物質の評価における MeRAM 活用評価事例の作成・学会発表）を行った。2016年度では、AIST-MeRAM 2.0のリリース、日化協第4期 LRI の指定研究課題「化学物質の有害性予測および環境リスク評価・管理システムの高度化」の研究を推進する。同時に、引き続き、アセアン諸国での英語版利用促進等の普及活動を行う。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 生態リスク、リスク評価、ユーザーフレンドリー、種の感受性分布、個体群存続、リスク管理、化審法

【研究 題 目】 液体を検査媒体とすることで高圧工程を安全・低コストに実現する量産対応高圧漏れ検査装置の開発

【研究代表者】 吉田 肇（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】 吉田 肇、新井 健太、小畠 時彦（常勤職員3名）

【研究 内 容】

エネルギー、航空・宇宙、自動車等の産業では、エネルギー高効率化のため超高压機器が使用されはじめている。これらの機器では製造時の品質管理で高圧（70 MPa 以上）を加えての漏れ検査が必須であるが、従来のヘリウムガスによる漏れ検査は、安全性・コスト等の点から、量産ラインに適用することができない。本研究では検査媒体にヘリウムガスに替えて液体を使用することで、安全・低コストで量産に適用できる世界初の高圧部品用の定量漏れ検査装置を開発する。

本年度は、昨年度試作した、ステンレス製多孔質焼結体からなる気体導入素子「標準コンダクタンスエレメント」を使った液体蒸気校正リークを用いて、導入リーク量の安定性試験を行った。水、エタノール、アセトン等の蒸気を用いた校正実験を行い、十分に良い繰り返し性が得られた。液体を用いた定量漏れ検査装置内に、 10^{-7} ~ 10^{-5} Pa m³/s の校正用液体蒸気リークを、安定に導入する見通しを得た。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 漏れ検査、リーク検査、真空、高圧、水素、エネルギー、航空・宇宙、自動車

【研究 題 目】 大型車に特化した危険予測可能な後側方障害物センサの開発

【研究代表者】 西田 健次（人間情報研究部門）

【研究担当者】 西田 健次、小林 匠（知能システム研究部門）（常勤職員2名）

【研究 内 容】

近年の自動車安全対策技術の進歩により死亡事故者数は減少傾向にあるものの、事業用大型車では平成22年以降、減少傾向が横ばいとなっている。死亡事故の多くは、大型車対「人」の事故であり、特に右左折時の巻き込み事故が重大視されている。このような背景により、大型車製造メーカーには右左折時の車両後方、および、側方の交通弱者（歩行者、二輪車など）を検知する運転者支援システムの技術的確立が求められている。近年、画像センサによる歩行者、障害物検知技術が進んできており、昼間、好天時の障害物検知は高度なものとなってきた。一方で、雨天、霧、夜間での障害物検知技術は、未だ確立しているとは言い難い。また、大型車に関しては、乗用車に比べて市場規模が小さいため、大型車特有の環境に対応したシステムの開発は、乗用車に比べて遅れていると言わざるを得ない。本研究では、画像センサによる交通弱者検出技術とマイクロ波レーダーによる障害物検知技術を組み合わせ、照明条件、天候に対して頑健な交通弱者検知システムを開発しようとするものである。

平成27年度は、車載用マイクロ波レーダーの開発とともに、マイクロ波レーダーによる障害物との距離データをもとに、障害物の位置推定を行う手法を検討した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 高度交通システム、歩行者検出、左折巻き込み事故防止

【研究 題 目】 床面・路面ライティングに関する JIS 開発

【研究代表者】 持丸 正明（人間情報研究部門）

【研究担当者】 持丸 正明、渡邊 洋、氏家 弘裕、伊藤 納奈、倉片 憲治（以上、人間情報研究部門）、堀 武幸、松原 勉、坂田 礼子、西平 宗貴、福高 新作、相川 真実、久野 徹也（以上、三菱電気株式会社）（常勤職員5名、他7名）

【研究 内 容】

駅や商業施設、オフィスビル内等の移動では、施設の複合化やセキュリティ強化等により動線が複雑化し、また道路交通でも夜間の歩行者の死亡事故が多発している。

本事業ではこれらの課題解決のため、投影型照明により通路や道路などの床面や路面へ表示する高度な情報提供（以下、プロジェクション・ライティングと呼ぶ）のための、動的な図記号の表示ルールに関する高機能 JIS

開発を行うことを目的とする。

プロジェクション・ライティングの技術の適用事例として、通路においては床面への情報表示により、目的施設への誘導や非常時の誘導、危険回避を実現し、効率的で快適な移動を提供することが考えられる。一方、道路では路面への情報表示により、自動車（ドライバー）から歩行者あるいは自転車へ適切な危険回避情報を提供することで事故低減を狙えると考えられる。従来から行われている通路や路面での情報表示の方法は固定式のサイン表示にとどまっており、時々刻々変化する状況に対応して、適切な場所に適切なタイミングで動的に必要な表示を行う例はない。こうした新たな技術は現在技術的には実現可能である。これを人間工学的な側面を考慮した上で、誰にでも瞬時に理解できる情報表示技術として確立することにより、社会的な必要性が得られるであろう。この観点から、標準化の実現性は高いと言える。

本事業は、三菱電機株式会社（以下、三菱電機）との共同研究である。

平成27年度は、上記技術に関する JIS 開発を見据え、人間工学に基づく視認性・分かり易さの見地から、標準化の必要性及び受容性を確認することを目標とした。そのため、以下3点について調査研究を実施した。

- 1) プロジェクション・ライティングのユースケース策定として、ユーザーニーズ調査を行った。今回の提案内容が未だ世間に浸透していない表示に関する技術なので、事業開始時にプロジェクション・ライティングが有効なシーンを洗い出す必要がある。そのため、ドライバーやビル施設利用者を対象にグループインタビューによるニーズ調査を行った。
- 2) プロジェクション・ライティングの視認性調査として、集積されるべきデータの明確化を行った。具体的には、プロジェクション・ライティングを構成する視覚要因（色、形、動きなど）、あるいはプロジェクション・ライティングが用いられる環境側の要因（環境光、投影先（壁、床）素材、投影先色など）、そしてプロジェクション・ライティング情報を受容する歩行者等の特性（年齢、視力など）など、関連すると思われる影響要因をリストアップした。そして、それら抽出された要因を組み合わせた条件でのライティング場面を作成し、観察者の反応時間、意味内容の理解度を測定する人間工学的実験を実施した。
- 3) プロジェクション・ライティングの JIS 原案作成の事前調査として、国内、国際関連規格、国際標準化動向の調査を実施した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】プロジェクションサイン、バーチャルリアリティ、視認性、アクセシブルデザイン

【研究 題 目】平成27年度高機能 JIS 等整備事業：安

全・安心な社会形成に資する JIS 開発
「アクセシブルデザイン（AD）に関する JIS 開発」

【研究代表者】持丸 正明（人間情報研究部門）

【研究担当者】持丸 正明、倉片 憲治、伊藤 納奈、大山 潤爾、佐川 賢（以上、人間情報研究部門）、横井 孝志（日本女子大学）
（常勤職員4名、他2名）

【研究 内 容】

本事業では、ISO/IEC Guide 71改訂版をさらに発展させ、アクセシブルデザイン（AD）技術の体系化及び認証に必要な JIS 群の開発を目的とする。

平成27年度の実績は以下のとおりである。（1）ISO/IEC Guide 71改訂版の発行を受けて、対応 JIS である JIS Z 8071「高齢者及び障害のある人々のニーズに対応した規格作成配慮指針」の改正原案の作成に協力した。（2）「高齢者・障害者配慮設計指針－視覚障害者にも使いやすい取扱説明書の作成指針」の JIS 原案作成に必要な資料を得るために、消費生活用製品等の現在の取扱説明書について、視覚障害者を対象とした追加調査を行った。具体的には、現在の取扱説明書の利用上の問題点、改善に向けた要望等を探るためのインタビュー調査をロービジョンの障害者を対象に行い、今後標準化すべき技術的要求事項の分析・検討を行った。（3）JIS S 0012「高齢者・障害者配慮設計指針－消費生活製品の操作性」の改正に必要な技術的検討を行い、JIS 素案を作成した。（4）「高齢者・障害者配慮設計指針－消費生活用製品のアクセシブルデザイン使用性評価」の原案作成に必要な技術的検討を行った。

平成28年度以降は、これらの成果をもとに、個々の JIS 原案の作成作業を進めていく予定である。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】高齢者・障害者配慮、JIS、認証、取扱説明書、操作性、使用性評価

【研究 題 目】IT を活用した群集流動における安全安心の実現に関する実証的研究

【研究代表者】山下 倫央（人間情報研究部門）

【研究担当者】山下 倫央（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本プロジェクトでは、大規模群集の円滑な流動を実現することを目的とした流動制御支援サービスとして、見物客に自発的に混雑緩和に協力してもらうための情報配信、見物客の計数や経路選択を調査するための人流計測、各種施策を評価する歩行者シミュレーションの実施を検討している。

平成27年度は、上記の検討事項のうち、見物客の計数や経路選択を調査するための人流計測を行った。

ハンディ GPS を所持した計測員が、関門海峡花火大

会会場から北九州市の JR 門司港駅までを移動した際の GPS データを分析した。これにより、花火大会会場からの帰宅開始時間と JR 門司港駅までの移動時間が明らかになった。このデータはシミュレーション結果の確かさを評価することができるため、現実により近い群集流動シミュレーションを実装することが可能となる。具体的には、3つの帰宅動線にそれぞれ計測員を配置して、19:00~22:30の間の15分おきに開始地点を出発させ、周囲の来場者に合わせて移動して終了地点まで到達してもらう。その移動を1秒ごとに計測した GPS データに基づき、分析の結果、どのように JR 門司港駅に来場者を入れていくかが各帰宅動線の所要時間に大きな影響を与えることが確認できた。

JR 門司港駅における人流計測では、駅構内の改札上の天井にも深度センサ (Xtion PRO LIVE) 6 台を設置して、JR 門司港駅からの流出者数と流入者数を計測した。得られたデータから、JR 門司港駅からの流出者は花火大会を見物する来場者であり、花火大会開始の 19:50 に流出数がピークになっていることが確認できる。また、22:40 まで来場者の帰宅が続き、その後、流入者数が減少したことから、来場者の集中が緩和したことを確認した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 人流解析、来場者誘導、交通規制、ハンディ GPS、深度センサ、屋外大規模イベント

〔研究題目〕 触知覚における情報統合機構の解明

〔研究代表者〕 山本 慎也 (人間情報研究部門)

〔研究担当者〕 山本 慎也 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

脳内の各領域は、機能的に特化し、それぞれの領域がそれぞれの機能を担っていると考えられている。しかし、ばらばらに処理された情報が、どのようなメカニズムで統合されているのかは、未知の問題である。例えば、視覚において、物体の情報 (すなわち what の情報) は、腹側経路 (ventral pathway) と呼ばれる側頭葉を中心とした経路で処理されていると考えられている。一方で、位置の情報 (すなわち where の情報) は、背側経路 (dorsal pathway) と呼ばれる頭頂葉を中心とした経路で処理されていると考えられている。このように、脳内の別経路で処理された2つの情報が、「どこに何がある」という統合された情報へどのように変換されるのかという問題は、「バインディング (情報統合) 問題」と呼ばれ、これを解決することは神経科学の最重要課題のひとつであった。このようなバインディング問題は、実は視覚特有の問題ではない。本研究計画では、「触覚において what と where の情報がどのような脳内メカニズムで情報統合されるのか」を、時間情報処理という新しい観点から解明することを目標とする。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 神経科学、認知科学

〔研究題目〕 神経伝達物質のリアルタイム計測技術の開発と実践—神経科学とナノテクノロジーの融合—

〔研究代表者〕 山本 慎也 (人間情報研究部門)

〔研究担当者〕 山本 慎也、加藤 一実 (先進製造プロセス研究部門)、
鈴木 祥夫 (バイオメディカル研究部門) (常勤職員3名)

〔研究内容〕

脳は、無数の神経細胞が互いの信号を伝達しあうことによって、複雑な情報処理を実現している。各々の神経細胞が電気的に発火すると、信号は軸索を伝わり、次の神経細胞に向けて電気的に伝達される。こうして伝えられた信号は、今度はシナプスを介して、次の神経細胞に化学的に伝達されることになる。脳の情報処理は、この電気的プロセスと化学的プロセスの組み合わせによって実現しているといえる。これまで、脳の情報処理における電気的プロセスの解明はすすめられてきたが、化学的プロセスに関しては、その適切な計測方法も不十分な状態である。本研究課題では、ナノテクノロジー・工業化学と神経科学を組み合わせ、これまでにない新しい計測法を提案し、開発を行う。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 神経科学、認知科学

〔研究題目〕 異常検出技術による転倒の実態解明手法の開発

〔研究代表者〕 小林 吉之 (人間情報研究部門)

〔研究担当者〕 小林 吉之 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究の目的は、防犯カメラなどで撮影された映像から転倒やそのインシデント (以下転倒など) の発生シーンを収集したデータベースを構築し、将来的な対策につなげるために、対象の横方向から撮影した動画像であれば転倒などの発生シーンに高い精度で検出できることがすでに示されている「CHLAC 特徴量に基づく異常検出アルゴリズム」の運用方法や改良点について研究し、将来的な転倒シーンデータベースの立ち上げに繋げることである。

実験では、被験者6名に対し、通常歩行と模擬転倒動作に近い異常歩行を複数試行実施させ、その動作を横方向と斜め上方向から2台のデジタルビデオカメラを用いて撮影した。撮影された各動画像を分析した結果、CHLAC 特徴量に基づく異常検出手法が得意とする横方向から撮影された動画像の方が、より顕著に異常状態を識別できることが確認されたが、斜め上方から撮影された映像でも、通常歩行時と比較して、模擬転倒動作を含

む歩行時には有意に大きな逸脱度が出力されることが確認された。また、これらの分析の結果得られた今後の改良点についても考察することができた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】転倒、CHLAC 特徴量に基づく異常検出手法、予防、データベース

【研究 題 目】靴型足圧計測デバイスを用いた高齢者の健康活動度モニタリングシステム

【研究代表者】中嶋 香奈子（人間情報研究部門）

【研究担当者】中嶋 香奈子、佐藤 洋
（常勤職員2名）

【研究 内 容】

高齢者の転倒骨折は社会的問題であり、寝たきりの要因の一つとして考えられるため、転倒を発生させる前に効果的な予防対策を行うことが望ましい。転倒には身体機能が複雑に関係しており、個人の特性に合った質的評価を基にしたアプローチが重要であると考えられる。

本研究では、高齢者の日常生活中において簡便に歩行機能計測が可能な靴型歩行計測システムを構築し、生活中の歩行機能を評価すること、対象者の健康活動度のデータ分析を行うことを目的とした。これらの支援技術の仕組みにより、個人の歩行機能特徴と日常生活の活動度を定量的データで示すことができ、可視化された健康情報の管理を行うことが可能となる。

平成27年度は、健常者・高齢者の歩行機能評価を目的とし、既存の足底圧分布計測システムを用いた基礎的計測実験を行った。実験により、年代別、身体機能別の足部状態の特徴を捉えることができた。次に、足底圧の計測が簡便に可能な靴型歩行計測システムの開発を行い、歩行時の足部状態を定量的に評価する仕組みの構築を行った。本開発デバイスは靴のインソール部分に圧力センサを設置し、併せて加速度・角加速度センサをかかと部分とつま先部分に搭載した。足底部にかかる部位別の圧力値と足部の踵・つま先部分の動作角度・傾きを検知可能なよう設計している。さらに、無線通信技術を用いて、搭載した各センサから得られるデータを制御用 PC やタブレット型端末に伝送可能な仕組みとした。そのため、対象者は計測装置の配線などに拘束されることなく、屋外などにおいても歩行計測が実施可能である。本デバイスの開発により、日常生活の歩行や姿勢制御などの動作分析が簡便に行える仕組みを構築することができた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】健康管理、転倒予防、歩行動作分析、無線通信、モニタリングシステム

【研究 題 目】高齢者の体温調節能力を考慮した冷房・暖房計画に関する研究

【研究代表者】都築 和代（人間情報研究部門）

【研究担当者】都築 和代（常勤職員1名）

【研究 内 容】

近年、夏季居室内での熱中症の発生は増加傾向にあり、特に高齢者が夜間に熱中症により死亡するケースが増加していることや、ヒートアイランド現象により夏季の夜間気温の高止まりによる寝苦しさと中途覚醒も増加していることをこれまでデータで指摘してきた。そこで、高齢者の夏季における睡眠を改善するための方策として、適切に冷房機器を使用させることを目的として、睡眠と健康に関わる講義を前年度3月に実施した。その後、再び、夏季の温熱環境と高齢者の睡眠に関する調査を実施したところ、夏季の睡眠が改善されていた。また、冬季については、大きな変化は観察されなかった。

このほか、冬季の脱衣室の暖房について、これまでの実験データをもとに解析を進めている。放射、対流、伝導による暖房として、2 m×2 m×2 mの脱衣室を人工気候室内に設置して、同じ電力使用量の時の省エネルギー性、人の温熱快適性、血圧や皮膚温などの健康性について検討した。形成された温熱環境から、放射暖房・対流暖房が優れていることが明らかになった。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】高齢者、室内環境、暖房、冷房

【研究 題 目】内視鏡の使用が手術操作の精度に及ぼす影響の研究

【研究代表者】山下 樹里（人間情報研究部門）

【研究担当者】山下 樹里（常勤職員1名）

【研究 内 容】

近年、内視鏡手術の普及は著しいが、未熟な手技技能に起因する事故の懸念もまた増している。内視鏡手術の難しさは、内視鏡による視覚の座標等の変換（直接肉眼で見るとは視点位置・方向・拡大率などが大きく異なること）および手術器具による手の運動座標の変換（内視鏡視野に合わせて長く湾曲した形状の器具を操作すること）の2点にあると考えられる。これは心理学で視覚運動協応または *psychomotor skill*（精神運動スキル）と呼ばれるもので、その習得には繰り返しの練習が必要である。内視鏡の中でも、特に斜視鏡は習得が難しい。また、腹腔鏡のように内視鏡の視野方向選択の自由度が高い場合も、術者と内視鏡・モニタの位置関係により手術操作のパフォーマンス（操作時間・精度）が大きく低下する場合があることが知られている。そこで本研究では、内視鏡による視野の変換、すなわち術者と内視鏡・モニタの位置関係が手術操作の精度や操作時間にどう影響するか、またその影響は繰り返しの練習によりどれだけ改善できるかを、実験的に明らかにする。

平成27年度は、平成28年2月に本研究が開始され、手術操作の精度を計量する手法と実験課題を検討した。線を描く課題では、描線長・はみ出し量・線の滑らかさの指標としてフーリエ変換による周波数分析が有望である。次年度に操作実験を行う予定である。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 内視鏡下手術、視覚運動協応

〔研究 題目〕 音によるデータフィードバックを用いた歩行機能評価システムの開発

〔研究代表者〕 中嶋 香奈子（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 中嶋 香奈子、佐藤 洋
（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

本研究では、ヒトの歩行時の足底の圧力分布変化を歩行者にリアルタイムに音で知らせることにより、正しく、かつ楽しく歩行動作が行えるシステムの開発を目的としている。歩行動作は、人々の生活に密接に関係し、身体の移動を行う上で重要な役割を担っていることから、個々の歩行機能を評価し、継続的に管理を行うことが健康を維持する上で重要であると考えられる。さらに、歩行機能には足部の状態（扁平足、外反拇趾、浮き趾などの有無）が深く関与していることから、足底圧の観点から解剖学的知見に基づいた歩行機能を定量的に評価することで、歩行データと連動した音のリズムに合わせ、楽しみながら自身の歩行状態を知ることができる歩行機能管理システムの確立を目指す。本システムの活用により、対象者の歩行機能の定量評価と、歩行動作に関連する正しい歩き方指導の情報提示を可能にし、歩行や足部に対して日常的に関心を高める仕組みを実現する。

これらを目標と定め、以下の2点を遂行することを計画した。

① 靴型足圧計測デバイスの開発

靴のインソール部分に、足裏にかかる圧力を検知するセンサを設置し、取得したデータの伝送には無線装置を用いることで、ワイヤレスな状態で歩行計測が可能なよう靴型足圧計測デバイスを設計した。デバイスの左右足に取り付けた無線装置から得られたセンサデータはタブレット型端末に受信し、歩行機能のリアルタイムモニタリングが可能なよう制御用ソフトウェアを構築する。

② 正しく楽しく、歩行動作ができる音づくり

①において開発を行った靴型足圧計測デバイスのソフトウェアには、音を用いたデータフィードバック機能を盛り込むことで歩行データに関する対象者への新たな情報提示法を確立する。歩行データに合わせて、サウンドフィードバックが可能な仕組みを採用する。

平成27年度は、①の靴型足圧計測デバイスの試作機を開発することができ、デバイスの精度検証を行った。平成28年度は、開発デバイスを用いた実験を行うとともに、取得データによる音のフィードバック手法の検討を進める予定である。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 歩行分析、足底圧力計測、サウンドフィードバック

〔研究 題目〕 船舶用エンジンの高出力化とクリーン化の革新をもたらす高疲労強度すべり軸受製造技術の確立

〔研究代表者〕 松崎 邦男（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 松崎 邦男（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

船舶エンジンの大型化と高速化を受けて、エンジンのすべり軸受けは耐圧、疲労強度、耐摩耗性の改善が要求されている。本研究では高機能かつ低コストの軸受を開発するために、Al-Sn 合金に対して半凝固技術による製造法を開発することを目的とし、種々の鑄造条件に対して組織、偏析、鑄巣の発生、クラッド材の接合界面状態などの調査を行った。今年度は鑄片の熱処理、圧延にもなう組織等の観察、密度の評価を行った。

鑄造材は Al と Sn から構成され、熱処理により Al の大きさに変化は見られない。一方で、Sn は180℃までは変化は見られないが、Sn の融点以上である220℃では Sn が表面で微小な球状になり、溶融が生じているのが見られた。圧延した場合には、板厚の減少に伴い、わずかには配向化の傾向が見られる。一方で Sn にピーク強度に関しては圧延による変化はみられなかった。圧延前の試料のロール面近傍では、Sn が内部に向かって凝固しているのがみられる。また、表面近傍では、Sn は内部よりも微細な組織であり、1 mm まで圧延した試料では、ロール面近傍、内部とも Sn が圧延方向に延ばされた組織になることを明らかにした。今後これらの組織と軸受け特性との関連を明らかにすることが必要である。双ロール鑄造した試料の密度は、3.56 g/cm³であり、220℃までに熱処理によって大きな変化は見られなかったが、300℃で熱処理した場合には3.45 g/cm³に低下した。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 溶湯圧延、軸受、耐摩耗、Al 合金

〔研究 題目〕 高品質マグネシウム合金板のコスト半減を実現する高速双ロール鑄造・圧延技術の開発

〔研究代表者〕 松崎 邦男（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 松崎 邦男、花田 幸太郎
（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

マグネシウム合金板材の低コスト化を図るため、双ロール鑄造技術を確立し、得られた板材の組織、機械的特性の評価を行った。双ロール鑄造後、1.3 mm の厚さに圧延した板材の X 線回折からは従来の圧延材と同様に002面のピーク強度が高く、c 面が配向した組織となっていた。配向性に関しては SEM-EBSD によっても確認を行った。結晶粒は10-20 μm の微細な粒から構成されていた。双ロール鑄造後圧延した試料の室温での張出し高さは1.43 mm であり、室温の引張試験では十数%

伸びを有するにもかかわらず、張出性は低いことが分かった。しかしながら、高温では成形性が改善することが分かった。コニカルカップ値（CCV）は、室温では58.9、であり、ポンチの頭部で割れが発生しており、2軸引張りが作用する部分で破断していることがわかる。試験温度が200℃および250℃でのCCVはそれぞれ50.8および50.6であり、試験温度の上昇にともない成形性は向上している。また、破断は同様にポンチ頭部で見られた。張出し高さは、室温では8.84 mmであり、250℃では21.6 mmに増大しており、板材は室温での成形性は低いが、温間では成形性が改善しており、温間でのプレス加工が十分可能である。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 マグネシウム、溶湯圧延、難燃性、板材、成形性、配向組織

〔研究 題目〕 平成27年度 医工連携事業化推進事業
ファインバブル利用による滅菌装置の開発

〔研究代表者〕 平澤 誠一（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 平澤 誠一、綾 信博、三宅 晃司、
苑田 晃成、横田 洋二、垣田 浩孝、
小比賀 秀樹、田部井 陽介、
堀江 祐範、鷲尾 利克、小関 義彦、
葭中 潔、兼松 渉、安井 久一
（常勤職員14名）

〔研究 内容〕

オゾンファインバブル水を用いた滅菌装置の開発にあたり、作業員ならびに被滅菌物へのオゾンファインバブル水の安全性評価を行った。

具体的には、対作業員安全性として、ヒト皮膚モデルを用いたオゾンファインバブル水暴露試験法の検討を行い、評価機関を選定の上、外注試験を行い、皮膚刺激性の判定を行った。化学滅菌法（次亜塩素酸ナトリウム0.1%溶液で1時間処理）を参考に、生成直後のオゾンファインバブル水と0.1%次亜塩素酸ナトリウムの暴露試験を行ったところ、いずれも非刺激性と判定された。

また、被滅菌物である医療器具材料のモデル物質として選定したシリコンゴムを対象とし、強度・弾性等物理的特性ならびに表面形状にオゾンファインバブル水滅菌処理が及ぼす影響について、AFMを用いて評価する手法を検討し、基礎的なデータを取得した。

狭隘部に付着させたモデル物質を対象とした滅菌前処理・評価装置の試作を行った。また、内径0.1mm、0.2mm、0.4mmの細径管を対象とした滅菌プロトコルの検討を行い、産総研内で滅菌後の試料を、食品薬品安全センターに外注して、無菌試験を行った。

今後は、製品化に向けて改良されたオゾンファインバブル滅菌機を対象に安全評価を行うとともに、狭隘部への作用の確認も併せて行っていく予定である。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 ファインバブル、滅菌

〔研究 題目〕 低コスト・小規模投資で薄肉高強度を
実現する革新的ダイカスト技術の開発

〔研究代表者〕 梶野 智史（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 梶野 智史（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

自動車等の電装部品に用いられるアルミダイカスト製品は、ユーザー企業から小型軽量、高機能の薄肉、高強度化が強く求められているが、現状の技術ではコスト面や品質面の課題があり、未だニーズに答えられていない。

具体的には、ハイブリッド車、電気自動車、更には環境性能に優れる従来車においても、地球環境保護の観点から燃費向上が謳われている。自動車部材においては、現在、アクチュエータとコントローラを一体化する機電一体化技術、アクセルパイワイヤ、シフトパイワイヤに続き、ステアリングパイワイヤ技術による燃費向上が進められており、ギヤボックス、ワイパーフレーム、オイルポンプボディ等のダイカスト部材に対して、ユーザー企業からは更なる薄肉化と同時に、強度、信頼性の向上が強く求められている。

本研究開発では、溶湯を流した際のダイへの熱移動を定量的に測定し、表面処理の違いによる溶湯流動時の熱伝達係数を計測し、金型に対する表面処理を評価する。測定した熱伝達係数を用いて、溶湯温度低下抑制技術、製品の高密度化技術の開発に取り組み、特に従来の普通ダイカスト法では難しい薄肉と高強度の両立を実現した。今後は、電動パワーアシスト部材を始めとして川下分野横断的（自動車、電機機器、産業機器等）なニーズへの対応を図る。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 アルミダイカスト、薄肉化、高強度化、高密度化

〔研究 題目〕 電解レーザー微細複合加工技術の実用
化による微細医療器具の開発

〔研究代表者〕 栗田 恒雄（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 栗田 恒雄、徳永 仁史、小倉 一朗、
芦田 極、古川 慈之（常勤職員5名）

〔研究 内容〕

低侵襲で患者負担の少ないカテーテル治療や内視鏡治療は、その適用領域が拡張されている。カテーテル治療ではステント等の末梢系や微細器官への適用が図られ、内視鏡治療では適用可能な治療範囲の拡大が要望される等、微細かつ機能的な器具の開発が要望されている。DEEL 複合加工の実用化に依り、微細医療機器の加工を実現し医療機器を創出する。

産総研のシーズ技術である DEEL（Deep

Electrochemical Etching with Laser assistance) は溶融再凝固物がほとんど発生しない新しい加工技術である。初めに、電解加工により加工物表面に不働態皮膜を形成する。次に、レーザー加工により不働態皮膜の加工領域を除去する。再び電解加工を施すことにより加工領域のみで除去及び不働態皮膜の再形成が行われる。その後、再び形成された不働態皮膜を除去する。この工程を繰り返すことによって加工が進行する。この加工方法は10 μ mの形状を創成出来、材料の主たる除去原理を電解加工とすることで、レーザー加工時の溶融再凝固物発生量の削減と、溶融再凝固物の電気化学的溶出を同時に行い、加工後の溶融再凝固物をほとんど発生させないことが可能な複合加工技術である。

今年度は、既存の細管用複合加工機を用いて、微細管に絶縁被膜を創成、加工物の除去を行うための電解加工条件の探索を行い、加工可能な電解電圧を策定した。また、絶縁被膜を除去するためのレーザー加工条件の探索を行った。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 複合加工、レーザー加工、電解加工、カテーテル、ステント、医療デバイス

〔研究題目〕 超高分子量ポリエチレン繊維を用いた海洋構造物係留ロープの耐久性向上技術の開発

〔研究代表者〕 中村 挙子（先進コーティング技術研究センター）

〔研究担当者〕 中村 挙子、土屋 哲男、松本 悠（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

船舶、洋上標識、海洋エネルギー機器、構造物の係留で使用される鋼製チェーンの代替え技術として、スチールと同等の強度を持ち、軽量で耐食性、メンテナンス性に優れた超高分子量ポリエチレン繊維ロープの耐摩耗性と繊維の集束性を向上させるため、密着性に優れた樹脂被覆を行うことにより、軽量・高強度・耐摩耗性・屈曲性を持つロープを開発する。

当該年度は被覆候補として選定された複数樹脂について樹脂被覆試験を行うとともに、樹脂被覆試料を用いた疑似海水摩耗試験にてスクリーニング試験を行った。また、市販繊維には油剤が塗付されており、そのままではポリエチレン繊維に樹脂を接着させることが困難であるため、油剤除去、表面改質処理技術を確認するとともに、樹脂加工、表面分析について検討した。

樹脂選定については、候補中の樹脂3種において疑似海水試験後の樹脂保持率が高く、被覆樹脂として妥当であるとの結果を得た。

ポリエチレン繊維の油剤除去および表面改質処理技術について、前年度に検討した紫外光クリーニングおよび表面改質プロセスの改良を用い、処理後の試料について

表面濡れ性評価、X線光電子分光法（XPS）による最表面分析、赤外分光法（FT-IR）による表面官能基改質評価を行ったところ、油剤成分の除去が確認されるとともに、親水性または撥水性に表面改質されたことが明らかとなった。

上記の油剤除去および表面改質繊維について樹脂被覆を行い、さらに疑似海水摩耗試験を行ったところ、未処理繊維と比較して表面改質処理によっていずれの樹脂においても樹脂被覆量が向上するとともに、樹脂保持率が向上し、加熱処理により保持率がさらに向上することが確認された。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 超高分子量ポリエチレン繊維、表面改質、海洋構造物係留ロープ、樹脂被覆

〔研究題目〕 先進コーティング技術による樹脂上へのセラミックコーティングに関する調査研究

〔研究代表者〕 土屋 哲男（先進コーティング技術研究センター）

〔研究担当者〕 土屋 哲男、山口 巖、中島 智彦、中村 挙子、松井 浩明（常勤職員5名）

〔研究内容〕

従来、エレクトロニクス産業を中心としたコーティング技術は、超高真空、高温反応などの大量消費型プロセスが主流であったが、今後は低環境負荷型の低コストで有りながら多様な多品種変量生産が可能なプロセスが必要不可欠である。特に、新材料・部材・デバイス開発には、金属・有機材料・セラミックスのそれぞれ異なった性質、機能、特性を組み合わせ、新しい高性能デバイスの設計・構築がキーとなってくる。

セラミック材料は多様な機能を持つ材料で有り、その構造や金属組成、組織制御、さらには、異種材料を積層させることで新しい機能の発現が期待されているが、更に、有機材料や金属へのコーティングにより、軽量で、フレキシブルな部材・デバイスの作製が可能となる。また、有機エレクトロニクス材料とのハイブリッドも可能になるため、新しいデバイスイノベーションも期待できる。このような観点から、セラミックスの新しい展開として、樹脂基板上へのコーティング、セラミックと樹脂の異種材料接合、有機無機ハイブリッドなど、新しい機能を付与したデバイス・部材が注目され始めている。本調査研究では、従来、バルク材料として使われてきたセラミックの新展開として、先進コーティングプロセス、AD法、ハイブリッドコーティング、光MOD法、表面化学修飾による樹脂上へのセラミック接合やセラミックフレキシブルコーティング応用として、フレキシブル導電体（透明導電膜、抵抗体、発熱体など）、フレキシブル誘電体材料、フレキシブルサーミスタ、超伝導材料、

スマートウィンドウについて特許、論文調査を行い、研究動向を明らかにした。

【**領域名**】エレクトロニクス・製造

【**キーワード**】AD 法、ハイブリッドコーティング、光MOD 法、表面化学修飾、フレキシブル導電体、透明導電膜、抵抗体、発熱体、フレキシブル誘電体材料、フレキシブルサーミスタ、超伝導材料、スマートウィンドウ

【**研究題目**】再生医療の産業化に向けた未分化・造腫瘍性細胞の検出技術の開発

【**研究代表者**】平林 淳（創薬基盤研究部門）

【**研究担当者**】平林 淳、館野 浩章（常勤職員2名）

【**研究内容**】

iPS 細胞など多能性幹細胞を再生医療に用いる際に懸念されるのは、移植細胞へと分化誘導後に、尚残存する未分化な iPS 細胞が腫瘍を形成する可能性である。そこで、本補助事業では、移植細胞中に残存する未分化 iPS 細胞を、高感度に検出し適切に品質管理しうる実用化システムの開発を目的とする。アッセイ系は当該研究者らが開発実績を有するレクチンマイクロアレイとし、その実用化や再現性の観点から、従来の天然物由来レクチンに代わり、組み換えレクチンを用いることとした。21種類の組み換えレクチンを選抜してスライドグラスに固定化することにより、組み換えレクチンアレイの試作品を作製した。その品質を評価用プローブで検証した後、野生型 CHO 細胞と糖鎖欠失変異株や各種癌細胞株の解析が可能であることを確認した。そこで、分化細胞と未分化 iPS 細胞が異なる割合で混合しているサンプルを作製し、どの程度の感度で未分化細胞を検出できるかどうかについての検討を行った。比較実験としては既に確立済みの ELISA 法を用いた。その結果、本補助事業において、世界初となる組み換えレクチンアレイの試作品を開発し、それを用いて未分化細胞を検出する技術の検討を行い得ることを確認した。

【**領域名**】生命工学

【**キーワード**】再生医療、未分化細胞、品質管理、糖鎖プロファイル、造腫瘍性、レクチンアレイ、組み換えレクチン

【**研究題目**】平成27年度戦略的基盤技術高度化支援事業（再委託） 生理活性物質特定と作用メカニズム解析による生産プロセスの最適化と発酵産物高機能化に寄与する技術開発

【**研究代表者**】浅田 眞弘（創薬基盤研究部門）

【**研究担当者**】浅田 眞弘、鈴木 理
（常勤職員2名、他3名）

【**研究内容**】

現在市販されている動物用リゾープス菌発酵産物をヒト用健康補助食品（サプリメント）に転換することを目指している。オミックス解析による生理活性物質特定や機能解明を行い、その成果をもとに生産プロセスを改良し、高機能化と安全性・有効性を担保できる製造技術を確立することを目標としている。

産総研においては、当該発酵産物の生理活性本体の一つとして同定された生理活性物質について、その定量法、活性評価法を提案した。また、マウス個体や培養細胞を用いた評価試験系を整備し、分子レベルでの機能評価を行う基盤技術開発を行った。その結果、当該発酵産物は上記以外にも複数の生理活性物質を含有することが明らかとなり、今年度は、その同定・単離に向けて、当該生理活性物質の詳細な性質等を解析した。今後はその同定・単離を行い、作用メカニズムを明らかにすることで、リゾープス菌発酵産物の全貌解明を図る。本研究により、当該製品の高機能化、生産プロセスの改良を通じて新規製造技術の確立に貢献できたことから、ヒト用健康補助食品（サプリメント）の上市が期待される場所である。

【**領域名**】生命工学

【**キーワード**】生理活性物質、発酵、高機能化

【**研究題目**】平成27年度戦略的イノベーション創造プログラム（自動走行システム）：全天候型白線識別技術の開発及び実証「車線維持制御における白線識別性能評価」

【**研究代表者**】加藤 晋（知能システム研究部門）

【**研究担当者**】加藤 晋、渡辺 顕司、渡邊 哲也（知能システム研究部門）、橋本 尚久（ロボットイノベーション研究センター）
（常勤職員3名、他1名）

【**研究内容**】

ドライバーの漫然運転や居眠り運転等による車線逸脱が原因と思われる交通死亡事故は、平成25年の全交通死亡事故（4,278件）のうち、847件と大きな割合（約20%）を占めている。市場では既に、車載カメラを用いて路上の白線を認識し、車線維持を支援するシステムが開発されている。しかし、既存の車載カメラを用いた車線維持支援システムでは、降雨時等の悪天候時やトンネルの出入り口付近等、照度が急激に変化する環境下において、白線識別性能が大幅に低下し、車線維持支援が困難となる。そこで本事業では車載センサと白線の工夫により、どこまで白線認識の性能向上が期待でき、自動運転に活用できるのかを見極めることを目的として、平成26年度から通常時の自然環境に加えて様々な自然環境や道路環境においても有効な白線識別技術の研究開発を進めている。

本事業において産総研は、開発される白線識別センシングシステムを実験車に搭載し、開発した白線材料にて高輝度白線を実験線に敷設し認識性能の評価を担当して

いる。また、白線認識性能は車線維持制御に大きく影響するため、白線認識性能と車線維持制御性能の関係を明らかにするとともに白線識別技術に関する標準化案の策定を担当している。平成27年度は、白線識別性能の評価として、白線識別センシング性能評価用実験システムである車線維持制御実験車について、制御性能の違いなどを模擬して評価できるように制御プログラム等の改良を行った。また、車線維持制御用白線識別技術の性能評価では、本事業で開発するセンサとの比較として、高ダイナミックカメラなどの照度変化に対応するビジョンセンサを入手し、環境適合性等の性能を評価実験の準備を行った。車線維持制御向け白線識別技術の標準化案作成では、関連する国内外の動向調査を進めた。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 自動運転、白線認識、車線維持、性能評価、試験方法

〔研究 題目〕 平成27年度戦略的イノベーション創造プログラム（自動走行システム）：走行映像データベースの構築技術の開発及び実証「走行映像データベースの評価手法の開発、性能評価に係わる海外動向調査」

〔研究代表者〕 加藤 晋（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 加藤 晋、渡辺 顕司、橋本 尚久（ロボットイノベーション研究センター）
（常勤職員3名）

〔研究 内容〕

2018年を目処に交通事故死者数を2500人以下とし、2020年までには世界で最も安全な道路交通社会を実現すると共に、交通渋滞を大幅に削減するとして政府施策目標の解決策として、人為的ミスの抑制や円滑な交通流の実現に向けた自動走行システムの実用化と普及が期待されており、その根幹をなす周辺環境認識技術の発展が望まれている。車載カメラ方式を用いた周辺環境認識技術において、交通弱者である歩行者や二輪車の形状や挙動の認識には、高解像度カメラで撮像された多数の歩行者画像を含む走行映像データベースが不可欠である。戦略的イノベーション創造プログラム（自動走行システム）の研究開発計画（2014年11月13日：内閣府）の〔I〕自動走行システムの開発・実証の研究開発内容であるセンシング能力の向上技術開発と実証実験の一つテーマとして、「走行映像データベース」の構築技術の開発及び実証（以下、走行映像 DB と称す）は、走行映像データベースの構築技術の確立を目標に平成26年度から実施されているが、産総研は平成27年度より参画している。平成27年度は、走行映像データベースの評価手法の開発として、評価要件を調査および整理し、評価方式仕様を作成するため、平成26年度に収集された走行映像データ結果の一部を用いて、歩行者検出における検出・認識方式（画像処理エンジン）の性能評価用デー

タベース（ベンチマークセット）、学習用データセットとしての簡易的な比較評価を実施し、走行映像データベースの評価基準を提案し、定量化を試みた。また、データベースに含まれる情報の性質や傾向を評価するため、走行映像データベースを多変量解析して、特性を視覚化することを試みた。これらを基に、走行映像データベースの評価仕様案を作成した。さらに、性能評価に係わる海外動向調査では、国内外の ITS や画像処理関連の研究開発を調査し、周辺環境認識技術の動向調査を行い、報告書にまとめた。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 自動運転、走行映像データベース、多変量解析、データベース評価、評価手法

〔研究 題目〕 チタンアルミ合金切削加工技術の確立による環境対応型先進 UAV 用ターボジェットジェネレーターの開発

〔研究代表者〕 岩田 拓也（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 岩田 拓也（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

輸送産業において、構成部品の軽量化は燃費の向上及び航続距離に直結する大きな課題である。産業用 UAV（Unmanned Air Vehicle：無人航空機）分野でも、騒音対策と並んで燃費向上、航続距離の延長が課題となっている。そのため、エンジン部品の一部に軽量・高強度な新材料を採用して軽量化するとともに、エンジンパーツの高精度化により振動や摩擦損失を低減させる等の対応が求められている。本研究開発では、従来の金属材料に比べ高硬度・脆性材料であり、耐力が小さいことから機械加工が極めて困難であるが、「高耐熱」「高硬度」「軽量素材」という優れた素材特性をもつチタンアルミ合金の切削技術の確立を目指している。特に、基礎技術であるチタンアルミ切削技術の開発から、設計したチタンアルミ部品の加工、組立、システム動作確認までの開発ループの形成に重点を置いている。目標とする最大のシステムは研究題目の通り環境対応型先進 UAV であるが、そのためには開発したジェットジェネレーターを搭載し評価する UAV が必要である。産総研は主にこの環境対応型先進 UAV の開発を担当している。平成27年度は、平成26年度に試作した環境対応型先進 UAV システムの4号機の制御アクチュエータやフレーム、降着装置等の改良を実施し、新たに試験用電動推進システムの搭載を行った。また、平成26年度に開発したサイドワイヤー式飛行試験法を長距離化した新たな安全試験飛行システムの開発も実施した。改良を施した4号機と、200メートルに延長された新たなサイドワイヤー式安全試験飛行システムを使用して、平成28年3月に飛行試験を実施し、設計通りに飛行し、尚且つ安全装置が機能し安全に飛行することを確認した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 物流無人機、Cargo-UAV、無人航空機、飛行ロボット

〔研究題目〕 平成27年度希少金属資源開発推進基盤整備事業（探査基盤技術高度化支援事業）

〔研究代表者〕 光畑 裕司（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 光畑 裕司、高倉 伸一、大野 哲二、高木 哲一、児玉 信介、坂野 靖、小森 省吾、古宇田亮一
（常勤職員7名、他1名）

〔研究内容〕

各種鉱物資源データ統合化に関しては、“Geological Map of Asia”（GSJ、2011）の地質情報について、プロジェクトおよびフォーマット変更等を行ない、資源探査支援システム“GRIAS”で利用可能な形で整備した。鉱山位置情報について、その評価基準の策定と評価のためのシステムの構築を行い、同システムを用いた鉱山位置情報の評価を行った。また、可視域から短波長赤外域（0.4～2.5 μm ）の光を計測可能な反射スペクトル計測システムを構築した。レアアース鉱物やレアアース元素を多く含む鉱物試料を収集し、構築した計測システムを用いて鉱物の反射スペクトルデータを取得した。さらに、産業技術総合研究所が所有する黒鉛鉱床・鉱山の岩石について反射スペクトルデータを取得した。取得したスペクトルデータを GRIAS のスペクトルライブラリにするため、データ形式を整えデータセットを作成した。

物理探査技術検証に関しては、JOGMEC と連携して国内外の鉱石・胚胎母岩等からなる試料を収集して、広帯域の周波数領域 IP（SIP）測定を行った。また、標本として市販されている標準的な鉱石試料の SIP 測定を実施した。さらに、SIP 測定済みの試料に対して時間領域 IP（TDIP）測定を実施するとともに、標準的試料の密度、有効間隙率、帯磁率の測定および化学分析を行った。試料ごとに SIP 測定の比抵抗・位相の周波数変化のグラフと TDIP 測定の減衰曲線のグラフを作成し、比抵抗、位相、充電率などの電気物性を求めた。そして、岩石電気物性データベースのフォーマットを検討し、得られた電気物性データを試料に関わる情報とともに電子ファイルにまとめた。

IP 探査法データの解析システム整備の一環として、3次元比抵抗・IP 法データ解析ソフトウェア：RES3DINV（Geotomo Software 社）を選択、さらに3次元解析結果の表示ソフトウェアとして voxler（Golden Software 社）を採用した。これらのソフトウェアを用いた3次元解析の適用事例として、平成6年度広域地質構造調査の既存 IP 法データに適用し、解析結果の評価を行った。また昨年度、本プロジェクトにおいて取得された秋田県小坂地区での IP 法データに対しても適用した。また、IP 探査技術の検証を目的に、小坂

地区を対象とし、坑井データやサンプルデータから推定されている地質構造モデルや物性データを基に、小坂地区の地下比抵抗分布モデルと充電率モデルを作成し、IP 探査法データの2次元モデリングソフトウェア：RES2DMOD を使用して、人工的な IP 探査法データを計算した。そしてそのデータを対して2次元解析ソフトウェア：RES2DINV を用いた2次元解析を適用し、地質構造や高充電率を示す鉱床が抽出できるかシミュレーションにより確認した。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 鉱物資源情報、リモートセンシング、反射スペクトル、物理探査、IP 法、電気物性、データベース

〔研究題目〕 表面プラズモン共鳴励起蛍光測定による微細流路型バクテリア検出装置の開発

〔研究代表者〕 藤巻 真（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 藤巻 真、芦葉 裕樹、安浦 雅人、高原 悠佑（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

バクテリア検査は安全な飲料水を確保する上で重要であり、そのニーズは様々な分野で急増している。水関連システムメーカーや水検査会社からは、取水場や浄水場で、簡単、迅速にバクテリア検査ができる装置が強く望まれている。

水質検査において最も一般的なバクテリア検出方法は培養法である。培養法は、クリーンな環境が必要なので、現場から水を採取しラボへの搬送が必須となる。また、培養には1日必要になり、検査は専門知識を有するオペレータが行うため、人的コストも高い。このように従来技術では、現状のニーズに応えることは困難である。本プロジェクトの目標は、培養工程を必要とせず、迅速に結果が出る高感度な小型装置および低コストな使い捨てチップ、専門的な操作技能を必要としない簡単な前処理用の検査試薬キット、誰でも使える簡単操作を実現するソフトウェアの実現である。

我々が開発する装置では、表面プラズモン共鳴励起蛍光法を用い、バクテリアからの発光を検知する。この手法ではチップ材料の自家蛍光が測定を邪魔することから、今期の開発において、自家蛍光の少ない材料を選定し、チップ構造の設計を行い、第一試作チップを完成させた。検査キットの確立に関しては、蛍光色素の1種である DAPI を採用することによって、目標としていた染色時間以内の染色工程を実現した。検出装置の開発に関しては、撮像素子、光学素子の選定を完了し、第一試作機を作製することができた。信号処理ソフトウェアの開発に関しては、通信仕様を作成し、装置の発光、受光デバイスの制御ソフトウェアを開発した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 水質検査、飲料水、環境水、簡易検査、

迅速

【研究題目】TMB/REMCO 対応

【研究代表者】齋藤 剛（物質計測標準研究部門）

【研究担当者】齋藤 剛、藤本 俊幸、朝海 敏昭、
宮下 振一（常勤職員4名）

【研究内容】

国際標準化機構の標準物質委員会（ISO/REMCO）国内審議委員会の運営及び、本会議等への専門家派遣等を通して、審議中の標準物質に関わるガイド改正及び新規作成状況、並びに諸外国の対応状況の調査を行い、日本に優位なガイド作成の方針案の作成とその反映ができるように活動を行なった。具体的には、国内審議委員会を2回開催し、1回目の国内審議委員会では38回 ISO/REMCO 本会議での対処方針案の作成等を、第2回目の国内審議委員会では、REMCO 本会議の報告、改正作業中のガイドに対する対処方針案の審議等を行った。改正作業中の規格については、日本語化を行うことで、国内審議委員会からのコメント募集などにおいてより詳細な点までの確認及び議論を可能とした。第38回 ISO/REMCO 本会議に専門家を派遣して、国内審議委員会で議論した方針案の反映活動及び、その他ガイド改正方針等の調査を行い、これらの調査結果を国内審議委員会へ報告し対処方針案を作成することで、国内の標準物質関連業界に優位に働くガイド等の作成や改正作業を行なった。派遣された専門家がコンピナを務めた ISO ガイド31改正作業では、2015年11月1日に改正ガイドが発行され、新規に設立されたアドホックグループのコンピナへの就任が決まった。これに加え、ISO ガイド34の国際規格化に関しても、国内審議委員会で議論を行い、ガイド34改正国内対応委員会との情報共有を行った。また、次期の国内審議委員会の委員選定及び委員委嘱手続きを行い、今後も継続して REMCO への対応を行うことができるように整備を行った。

【領域名】計量標準総合センター

【キーワード】ISO、標準物質、認証標準物質、標準物質生産、ガイド30シリーズ

【研究題目】シャント抵抗器の校正技術を高度化する研究

【研究代表者】昆 盛太郎（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】昆 盛太郎、山田 達司、
藤木 弘之（常勤職員3名）

【研究内容】

本研究では、大電流・大電力試験において要求される計量トレーサビリティの確立に向け、シャント抵抗器の校正技術を高度化するための研究を行う。平成27年度においては、シャント抵抗器の測定技術を低インピーダンス化するために、これまで開発を行ってきた電流比較型ブリッジ回路の改良を行った。具体的には、2段変流

器のカスケード接続を用いて電流比を拡大し、これまで公称抵抗値100 mΩ程度までであった測定可能範囲を、従来比1/10の大きさである公称抵抗値10 mΩまで拡大した。また、改良型の電流比較ブリッジ回路について測定不確かさを算出し、公称抵抗値10 mΩのシャント抵抗器について、その最高測定能力が、およそ50 μΩ/Ωの不確かさであることを明らかにした。さらに、改良型電流比較ブリッジ回路で測定した結果についてその妥当性を検証した。具体的には、公称抵抗値10 mΩのシャント抵抗器について、電気信号を熱に変換して直流値と交流値を比較する交直変換に基づく方法で測定した結果と、改良型電流比較ブリッジ回路で測定した結果を比較した。その結果、両者の結果は不確かさの範囲で一致し、改良型電流比較ブリッジ回路によって得られる測定結果が妥当であることが確認できた。

【領域名】計量標準総合センター

【キーワード】シャント抵抗、低抵抗、低インピーダンス測定、大電流、大電力、トレーサビリティ

【研究題目】Ir-192小線源空気カーマ強度に対する井戸型電離箱の校正

【研究代表者】黒澤 忠弘（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】黒澤 忠弘（常勤職員1名）

【研究内容】

放射線治療に用いられる Ir-192密封小線源では、治療計画の策定の際に、基準空気カーマ率を用いている。この基準空気カーマ率について、産総研が有する測定技術を用いて日本アイソトープ協会所有の線源に対して絶対測定を行った。用いた検出器はグラフィイト壁空洞電離箱で、線源から1 m の位置での電離電流を測定し、各種補正係数を用いて基準空気カーマ率を評価した。この基準空気カーマ率を測定した線源を用いて、日本アイソトープ協会所有の井戸型電離箱の校正を行った。不確かさは1.5 % (k=2) となり、精度の高い校正定数を付与することができた。日本アイソトープ協会では、この井戸型電離箱を用いて、各病院が所有する線量計の校正サービスを開始しており、国内での Ir-192線源の基準空気カーマ率のトレーサビリティ確立に寄与することとなった。

【領域名】計量標準総合センター

【キーワード】放射線治療、Ir-192、基準空気カーマ率

【研究題目】世界最高精度の AR マーカの実現と応用のための技術基盤構築

【研究代表者】田中 秀幸（ロボットイノベーション研究センター）

【研究担当者】田中 秀幸、松本 吉央
（常勤職員2名）

【研究内容】

我々は「見る角度に応じて動くモアレパターン (VMP)」を用いて姿勢を計測する世界初の光学系を開発し、これを AR マーカに応用することで、推定誤差が従来の10分の1以下という高精度な位置姿勢計測の実現に成功した。現在、ロボット、AR (拡張現実)、計測等、広い分野で本マーカ技術の応用が検討されており、企業や研究機関等からの早期の実用化を望む声も多い。本研究では、実用化に向けた最後の課題、「①姿勢の不定性の解決」および「②マーカ認識ソフトウェアのロバスト化」に取り組み、本マーカの技術を幅広く社会や産業界で利用するための技術基盤を構築する。①の課題については、マーカの姿勢を一意に決められるよう、視線角度に応じて変化するパターンを新たに追加することで解決する。本年度は、研究当初に想定していた方式より確実かつ広角度範囲で識別可能な方式を考案し、そのパターンの試作品を開発した。②の課題については、とくに屋内外の照明強度の大きな変化にも対応できるように、二値化の閾値を自動調整してロバストにマーカ認識を行うアルゴリズムを開発した。地球周回軌道で実証試験中のマーカ画像を用いて、そのアルゴリズムの有効性を確認した。次年度は、①②の研究成果を用いて、準製品版のマーカおよびソフトウェアを開発する計画である。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】視覚マーカ、画像計測、ロボット制御、拡張現実

【研究 題目】非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発／木質系バイオマスから化学品までの一貫製造プロセスの開発／高機能リグノセルロースナノファイバーの一貫製造プロセスと部材化技術開発

【研究代表者】吉田 勝 (機能化学研究部門)

【研究担当者】遠藤 貴士、齋藤靖子、清水 美智子、齋藤 有紀、市木 佳奈 (常勤職員3名、他2名)

【研究 内容】

本テーマは、木質系バイオマスから、リグノセルロースナノファイバー (リグノ CNF) を製造し、樹脂と複合化することによる、高強度複合材料化の開発を目的としている。当グループの担当課題として、本年度は、種々の条件で製造したパルプの化学的反応性の精密解析および化学処理と機械処理により製造したリグノ CNF の形状評価手法開発を行った。

化学的反応性の精密解析では、樹種や蒸解条件の異なるリグノパルプをアセチル化し、生成物の化学構造解析結果から各種木質成分の反応性の違いを評価した。いずれのパルプでも、多糖類ではヘミセルロースがセルロースより、同一多糖中では一級水酸基が二級水酸基より反応性が高いことが判明した。また、蒸解を行っていないパルプではヘミセルロースとリグニンの後にセルロース

のアセチル化が進行するが、蒸解したパルプではヘミセルロースの全水酸基が置換される前にセルロースでも反応が起こることが示された。

形状評価手法開発では、リグノ CNF 水分散液の濁度測定により、CNF の幅を評価する技術の開発を行った。リグノ CNF の他に、漂白パルプに対して機械処理のみを行った CNF や、有機触媒である TEMPO 酸化による幅が3 nm とほぼ均一な CNF など様々な種類の CNF を用いて評価法の妥当性を検討した。分散液の濃度など測定条件を検討した結果、濁度により測定した CNF 幅は AFM 測定による幅と相関関係を示し、CNF の平均幅の相対評価として利用できる可能性が見出された。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】リグノセルロースナノファイバー、バイオマス、木質

【研究 題目】植物 CO2資源化研究拠点ネットワーク (NC-CARP) / グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス事業 (GRENE)

【研究代表者】遠藤 貴士 (機能化学研究部門)

【研究担当者】遠藤 貴士、田原 聖隆、塚原 建一郎、匂坂 正幸、足立 真希、文 多美 (常勤職員3名、他3名)

【研究 内容】

本テーマは、高生産性、かつ工業材料としての利用可能性が高いスーパーバイオマスの育種を産学官での研究拠点ネットワーク構築により達成することを目標としている。当グループでは、植物系バイオマスから得られ、軽量高強度材料への応用が進められているセルロースナノファイバー (CNF) をターゲットとして、マテリアルとしての利用性評価およびトータルプロセスの経済性、環境性、社会環境への影響評価 (LCA) を実施した。

CNF 製造効率の評価手法として、ボールミルを用いた湿式処理方法を確立した。また、凍結粉砕処理を組み合わせることで、20mg (乾燥重量換算) 程度の微量試料の評価も可能とした。CNF の材料利用性では、光透過沈降法により、CNF の表面状態等を反映した評価結果が得られ、比表面積評価よりも樹脂補強効果と相関が高いことを見いだした。確立した CNF 製造・材料化技術を用い、高生産性のソルガムを原料として、CNF を製造し、ポリプロピレンと複合化させて、汎用装置・設備による製品試作としてウチワ製造を達成した。

木本系バイオマスの原料収集から CNF 製造までのプロセスを構築し、環境性及び経済性の評価を行った。ヒノキ (林地残材) の収集から CNF 生産までの全プロセスにおける GHG 排出量は約7.1 kg-CO2eq/kg で、PP や ABS などの汎用樹脂よりは多いものの、PC などの汎用エンジニアリングプラスチックと同等の水準であることが明らかとなった。また、CNF の製造コストは、

約1,600 JPY/kg と推計された。さらに、木本系バイオマスを原料としたときの CNF 製造工程を対象として、社会性の評価を行ったところ、原料の生産地の違いが CNF 製造にともなう社会リスクに影響を及ぼすと示唆された。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕セルロースナノファイバー、バイオマス、LCA

〔研究 題 目〕機能性食品開発支援事業「新規生体機能性評価試験法の開発に関する研究」

〔研究代表者〕中島 芳浩（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕中島 芳浩、安部 博子、室富 和俊、安永 菜由、堀江 祐範、田部井 陽介（常勤職員6名）

〔研究 内 容〕

本研究は、食品機能性表示制度に対応した香川県内企業の食品開発を支援するため、産業技術総合研究所が有する細胞機能解析技術を駆使し、新規生体機能性評価試験に資する発光遺伝子導入哺乳類細胞を樹立することを目的とする。

本事業では、細胞から発する発光を測定することで簡便且つ高精度に食品の有する抗酸化能を評価できる発光細胞を作製、代表的な抗酸化物質および香川県内企業が販売する食品を用いた評価用細胞の性能を実証した。今後、当該細胞を用いた評価と香川県産業技術センターの有する化学的抗酸化能評価あるいは一斉成分分析試験等を組み合わせることにより、県内企業が生産・販売する食品および食品素材の抗酸化能を中心とした機能性の科学的根拠の取得、さらには機能性表示等に大きく貢献できるものと考えられる。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕ルシフェラーゼ、発光細胞、レポーターアッセイ、食品機能性評価

〔研究 題 目〕HBV 逆転写酵素の立体構造情報取得を目指す研究

〔研究代表者〕安武 義晃（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕安武 義晃、中村 彰良（常勤職員2名、他1名）

〔研究 内 容〕

B型肝炎ウイルス逆転写酵素（HBV RT）は、B型肝炎治療における重要な創薬ターゲット分子であり、現在利用されている抗ウイルス薬は全て HBV RT の機能を阻害するものである。しかしながら本酵素の立体構造は未だ明らかにされておらず、構造に基づいた新規薬剤設計を進めるためには本酵素の立体構造解明が急務である。本研究では、ヒト免疫不全ウイルス HIV-1が持つ RT を HBV RT のアミノ酸に部分置換した変異体（キメラ）酵素を創成し、間接的に HBV RT の活性ポケットの立

体構造情報の取得を行うことを行った。HIV-1 RT と HBV RT の全体構造は著しく異なることが予想される一方、逆転写活性部位周辺の構造は類似していると考えられている。そこで、活性ポケット周辺において保存されていないアミノ酸を独自に選定し、それらを様々な組み合わせで HBV RT のアミノ酸に置換した変異体を設計した。これら変異体のうちいくつかは抗 HBV 薬であるエンテカビルに対する感受性を獲得していることが示され、部分的に HBV の性質に変化した HIV-1 RT 変異体を得ることに成功した。これら変異体のうち、重要な3パターンの変異体を選定し、酵素の高発現、精製、結晶化を実施し、結晶構造解析を行った。今後さらに分解能の高いデータを取得することで HBV RT の活性部位の詳細な構造情報を得て、薬剤開発を強力に推進するための基盤情報として活用することを目指す。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕B型肝炎、創薬、逆転写酵素

〔研究 題 目〕未利用資源である磯焼けウニの食品としての健康機能解明と蓄養技術開発による商品化

〔研究代表者〕森田 直樹（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕森田 直樹、坂下 真実（常勤職員2名）

〔研究 内 容〕

約20種類のヒト核内受容体レポーターアッセイ系を用いて、ウニ生殖巣中にヒト核内受容体のリガンドとなる成分が含まれるのか、ウニ生殖巣を水抽出、エタノール抽出、有機溶媒抽出により様々な成分を抽出した後このアッセイ系により網羅的に評価し、腸内環境改善機能の他にウニ生殖巣が持つ健康機能性を明らかにすることを目的に実施した。

生ウニ生殖巣及び磯焼けウニ生殖巣の水抽出物及び100%エタノール抽出物を用いて、網羅的な核内受容体活性化評価を行ったが、6種のヒト核内受容体以外の核内受容体の活性化は認められなかった。生ウニ生殖巣及び磯焼けウニ生殖巣では、活性化する核内受容体は同じであった。また、生ウニ生殖巣からの有機溶媒抽出法により抽出した成分において6種のヒト核内受容体の活性化が認められた。磯焼けウニにおいても同様に有機溶媒抽出物において活性化能を有するか明らかにすることが課題として残された。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕核内受容体、核内受容体アッセイ、機能性評価、磯焼けウニ、ウニ生殖巣

〔研究 題 目〕ダイヤモンド金属-半導体電界効果トランジスタ（MESFET）の開発

〔研究代表者〕梶野 由明（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 李野 由明、梅沢 仁、坪内 信輝、
渡邊 幸志（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

過酷事故環境へ適用可能な基盤技術として革新的原子炉システムの安全性・信頼性強化に資するため、耐熱・耐放射線性（X線、 γ 線、中性子線）にすぐれた前置増幅器用ダイヤモンド電界効果トランジスタを開発することを目標とした研究を分担している。

研究計画全体は、①バルク結晶、電気特性評価用基本的電子デバイスに対する X線、 γ 線、中性子照射による放射線照射実験、②エリアモニターならびに CAMS用 γ 線検出器の開発、③前置増幅器用金属-絶縁体-半導体電界効果トランジスタ（MISFET）及び金属-半導体電界効果トランジスタ（MESFET）の開発、④ダイヤモンド FET をもちいた前置増幅器の検討からなり、当機関では③の MESFET を研究主体として遂行し、①の支援研究を実施している。

今年度は、ダイヤモンド薄膜の耐放射線性を評価するため、p型ダイヤモンド薄膜試料を合成し、X線、 γ 線照射前後における試料の結晶性および電気伝導特性について評価を行い10MGy までの照射におけるホール効果測定で、優位差が見られないことを確認実証した。擬似縦型構造および縦型構造ショットキーダイオードを基本素子として、同様に X線照射前後における特性の変動を評価して放射線耐性を確認した。10MGy 照射後一部の素子でもれ電流が若干上昇していることがわかったが、順方向特性には変化が無く、絶縁破壊電圧は上昇していることが分かった。過酷事故環境下の高圧状態、放射線環境下において動作する放射線モニタ用信号増幅回路を実現するため、ダイヤモンド MESFET の大型化と耐放射線性評価を実施した。試作した MESFET は500℃の高温でも安定に動作し、増幅回路用素子として十分に動作することが分かり、同時に10MGy での耐放射線性を確認した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 ダイヤモンド、耐放射線、トランジスタ

〔研究題目〕 プロテインアレイによる液性免疫解析
（AMED 革新がん治療 IMF-001 医師主導治療）

〔研究代表者〕 五島 直樹（創薬分子プロファイリング
研究センター）

〔研究担当者〕 五島 直樹、福田 枝里子
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

NY-ESO-1抗原陽性患者を対象に、治験薬投与群、非投与対照群を無作為化割付けで設定し、主要エンドポイントは安全性と無再発生存期間、副次的エンドポイントは全生存期間と免疫応答反応をプロテインアレイによって測定を継続した。加えて抗癌剤及びワクチン投与に伴

う免疫応答の広がり特性、手術時腫瘍組織に於ける遺伝子発現、臨床経過との相関について検討し、後期第 II 相試験の患者層別化に供する情報を継続的に取得する。

サンプルのデータ取得途中であるが、NY-ESO-1ワクチン投与患者は NY-ESO-1および CTAG2（NY-ESO-1と相同配列を持つタンパク質）に対する抗体が産生されることが確認できた。また、その後、SPAG16のような抗体の上昇が観察されるサンプルがあった。この現象は、ワクチンによって損傷を受けたがん組織から放出されるタンパク質が抗原となって2次的に抗体が産生される抗原拡散と考えられる。プロテインアレイで測定された NY-ESO-1に対する抗体の数値は、同サンプルを ELISA 法で測定した結果（三重大学医学部・宮原慶裕先生のデータより）と良く一致していた。がんワクチン非投与群においては NY-ESO-1に対する抗体および2次的に抗体が産生される抗原拡散は全く観察されず、全期間にわたって抗体の変動はなかった。NY-ESO-1ワクチン投与後に、NY-ESO-1以外の抗原に対して親和性のある抗体が上昇した検体についてまとめた。

RBPJ、JUN、SPAG16、SPAG8などに対する抗体の上昇がワクチン投与後に認められた。RBPJ に関しては、マウスにおいて RBPJ 欠損下において血清における IgG1、IgE の顕著な減少が認められたことから、イムノグロブリン量と密接に関係すると考えられる。また、Notch/RBP-J シグナルが T 細胞発生において多段階において分化を制御しているということ、特に末梢による Th1/Th2細胞の分化制御が生体内における免疫反応のタイプに影響を与えうることが報告されている。すなわち、RBPJ 量は生体内の免疫活性化状態を表すパラメーターと考えられ、この RBPJ 量が上昇するにつれて、免疫系の活性化と同時に BRPJ 自身に対する抗体も上昇すると考えられる。

JUN についてはオンコジーンとしてがん細胞で高発現をしており、SPAG16や SPAG4については精巢特異的発現タンパク質であるが、食道がんによって異所発現し、これによって抗原と認識され、抗体産生が行われたと考えられる。

①-1 プロテインアレイの作製

我々がヒト完全長 cDNA ライブラリーから開発した世界最大のヒトタンパク質発現リソース（HuPEX）より CTDatabase (<http://www.cta.lncc.br/>) に登録されている cancer/testis antigen (CTA : 癌と精巢のみに発現する遺伝子群) の203種、がん関係の抗原の50種、血管新生関連遺伝子産物3種、ワクチン抗原タンパク質8種、パスウェイ解析用タンパク質344種の合計608種のタンパク質 (図1) を選択し、コムギ無細胞タンパク質合成系で N 末 FLAG - GST タグ融合タンパク質の合成する (N. Goshima et al., Nature methods, 2008)。タンパク質のアレイ化は、新規開発のアモルファスカーボ

ン (aC) 基板方式によって作製し、液性免疫解析用に 50枚を作製した。アモルファスカーボン (aC) 基板方式のプロテインアレイは、aC 基板上にタンパク質を未変性状態でスポット、結合させるオリジナル技術である。

aC 基板の表面処理からはじまり、基板上にタンパク質を未変性にスポット、血清の反応、自己抗体の結合を検出するまで多くの工程を要する。

②-1 ヒトがん抗原関連タンパク質から成る CTA プロテインアレイ

608タンパク質搭載の CTA アレイを用い、延べ数で 80 検体の被験者血清中の各種抗体の産生を網羅的に Seromics 解析を行った。また、約2万種のタンパク質を搭載したプロテインアレイを作製し、3検体について自己抗体解析を行った。

CTA プロテインアレイの解析は、NY-ESO-1ワクチン投与後の自己抗体の変化を優先的に調べるため、化学療法後とワクチン投与後35週の2点で測定を実施し、測定の効率化を図った。

食道がんで共通性の高い自己抗体として、CTAG2、TP53、EDNRB、LIMS1に対する抗体がこれまでに検出されている。CTAG2は NY-ESO-1に相同性を持つタンパク質であり、NY-ESO-1ワクチン投与によって上昇するのは当然といえる。LIMS1は健康人でも検出されるので、今回の研究の対象からは外れる。TP53はがんマーカーになっており、今回も検出されている。しかし、がんワクチン投与後に変化するような傾向は観察されていない。EDNRB はエンドセリンのレセプターであるが、がんワクチン投与後に上昇する傾向にあり興味深い。本患者のがんワクチン投与後の経過との関連も今後検討する。

[領域名] 生命工学

[キーワード] がんワクチン、免疫療法、がん抗原、CTA、抗原拡散、NY-ESO-1

[研究題目] 構造材料元素戦略研究拠点 (構造材料の粒界・欠陥の基礎物性の第一原理計算)

[研究代表者] 香山 正憲 (電池技術研究部門)

[研究担当者] 香山 正憲、田中 真悟
(常勤職員2名)

[研究内容]

構造材料の粒界・界面・欠陥が機械的性質に及ぼす効果を原子・電子レベルから解明する新規解析手法として、局所エネルギー・局所応力の第一原理計算法開発を行い、様々な系で適用性の検討を進めている。

今年度は、昨年度に引き続き、Fe-Si 合金の体積弾性率変化の Si 濃度依存性の解明に取り組んだ。局所応力法を用いて局所体積弾性率を求めることで、合金全体の体積弾性率の組成による変化を局所構造の寄与から分析する。昨年度までの解析に加え、Si と周囲の Fe 原子の SiFe₈の立方体 cluster や pure Fe 部分の局所体積弾性率や

局所状態密度 (LDOS) に着目した解析を進めた。一方、異相界面への局所エネルギー・局所応力法の適用も重要である。異種物質間の界面結合のエネルギーや応力の局所分布を探ることができ、従来にない情報が得られる。鉄中の遷移金属炭化物の析出物界面として Fe/TiC 界面を取り上げ、整合界面での解析を行った。この界面は、スパコン「京」を用いた大規模計算 (部分整合界面) でも扱われており、相補的な解明を行った。

[領域名] エネルギー・環境

[キーワード] 第一原理計算、粒界・界面、局所エネルギー、局所応力

[研究題目] 1) 重点課題「金属系構造材料の高性能化のためのマルチスケール組織設計・評価手法の開発」の研究推進 2) 第5部会マルチスケール材料科学の研究活動推進

[研究代表者] 香山 正憲 (電池技術研究部門)

[研究担当者] 香山 正憲、田中 真悟、
Vikas Sharma (常勤職員2名、他1名)

[研究内容]

様々な構造材料、機能材料について、構造や機能を高精度にシミュレートする大規模計算技術を「京」の活用を通じて開発・整備してきた。特に、実用材料のマルチスケール性が顕在化される諸課題 (重点課題と3つの特別支援課題) を対象に、その構造や機能を、マイクロからメソ、マクロまでをつなぐマルチスケール計算で解明し設計するための計算技術の開発、検討を行ってきた。

今年度は、重点課題、特別支援課題ごとに計算技術の開発やその応用展開を進めるとともに、マルチスケール計算科学の見地から、共同で研究会や CMRI のワークショップに結集して議論を行った。特に、昨年度に引き続き、大規模第一原理計算を Phase Field 法にマッピングする理論、手法についての詳細な議論を行い、定式化における進捗があった。

[領域名] エネルギー・環境

[キーワード] 大規模第一原理計算、次世代スパコン、異相界面、転位

[研究題目] 微小真空冷陰極アレイを用いた高い放射線耐性を持つ小型軽量撮像素子の開発

[研究代表者] 長尾 昌善 (ナノエレクトロニクス研究部門)

[研究担当者] 長尾 昌善、吉澤 俊一
(常勤職員1名、他1名)

[研究内容]

高い耐放射線性を持つ撮像素子の開発が重要な課題となっている。現在主流の固体撮像素子では十分な耐放射線性がなく、高い線量率の場所では古くから使用されている真空管方式の撮像管に頼らざるを得ない。本研究では、微小真空冷陰極アレイ (フィールドエミッタアレイ、

以下 FEA) を利用することにより、旧来の撮像管の持つ耐放射線性を損なうことなく小型軽量の撮像素子の実現することを目標として、その基本技術を開発しようとするものである。FEA 撮像素子を実現するためには、撮像素子に適した FEA の開発が必要である。電子源の課題は、放出する電子線の発散角が大きいことで、これを抑制するための集束電極を作りこむことが必要である。昨年度は画素100 μm の FEA を開発してきた。本年度は、微細化を進め画素50 μm の FEA 作製プロセスを開発するとともに、撮像動作に必要な1 μA 以上の電流を維持したまま電子線の発散角を50 μm に抑える集束電極技術を開発することを目指した。実際に FEA を試作する共に、FEA の電流電圧特性や電子線の広がり分布を測定して電子線の特性を把握した。そして、集束電極一体型 FEA の電極構造の最適化を行い、ゲート電極よりもエミッタ先端が100 nm 程度下側に制御することで、画素あたり必要な1 μA を維持した上で、電子線の発散角を50 μm 以下を実現できることを明らかにした。また50 μm 画素のマトリックス FEA も試作した。さらに、その FEA にガンマ線照射を行い、1 MGy 以上の耐放射線性を持つことを明らかにした。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 撮像素子、耐放射線性、フィールドエミッタアレイ

【研究 題目】 超伝導転移端センサが切り拓く革新的原子力基盤計測技術

【研究代表者】 神代 暁 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 神代 暁、平山 文紀 (常勤職員2名)

【研究 内容】

核燃料物質の精密検査において飛躍的な精度向上、測定作業の効率化の実現を目指し、核物質から発生する硬 X 線や γ 線を優れた分光特性を有する超伝導転移端センサ (TES) により計測する革新的な核種同定分析技術の開発を目的とし、東大、原子力研究開発機構、産総研が参画する。産総研が研究代表機関東大からの再委託を受けた2015年度の実施計画は、(1) TES アレイの低雑音かつ低クロストークの読出しを実現するための、読出回路チップの設計指針を明らかにする、(2)室温エレクトロニクスの改良によるダイナミックレンジ拡大の程度を評価するとともに、高速化手法の検討に着手する の二課題である。進捗状況を述べる。(1) 16画素分の共振器を搭載する超伝導チップにおいて、1画素分のみ入力を加え、他画素の出力の相関からクロストーク (漏話) を評価する手法を確立した。この手法により、隣接した共振周波数を有する2個の共振器が位置的にも隣接する (1ユニット離れた) 時に約 5×10^{-3} であった漏話が、位置を2ユニット離すことにより約 2×10^{-3} に低減できること、更に離れた画素間では、目標値をクリアする 10^{-4} 級

の漏話に抑制できることがわかった。(2) 昨年度開発した、鋸歯状波変調機構を含む室温処理系と超伝導チップを含む極低温系を組み合わせ、線形な入出力特性を実現できる信号領域を調べた。その結果、東大製ガンマ線 TES の立下り波形の主要周波数成分より充分高速な1 kHz 以下の入力信号に対し、磁束量子の5倍の振幅までの入出力特性の線形化に成功した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 超伝導転移端検出器 (TES)、マイクロ波、周波数多重読出回路

【研究 題目】 ナノパーティクルデポジション法で形成する微細金コーンバンプを使った微細ピッチ低温バンプ接合技術の実用化研究開発

【研究代表者】 青柳 昌宏 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 青柳 昌宏、菊地 克弥、入沢 寿史、渡辺 直也、馮 ウェイ (常勤職員5名)

【研究 内容】

本研究では、センサ領域が広く、高速画像処理が可能という特長を有する3次元積層型イメージセンサの実現に不可欠な、低温・低荷重、微細ピッチでバンプ接続を可能とする微細金コーンバンプを用いた微細ピッチ低温バンプ接合技術の開発を東北マイクロテック株式会社と共同して進めている。

平成27年度は、微細金コーンバンプについて、ナノパーティクルデポジション法で微細なバンプを形成する技術の予備検討を行った。接合形成プロセスにレーザー照射によるクリーニング手法を導入して、バンプ接合抵抗の低減手法を見出すとともに、接合形成プロセスの改善および、接合形成プロセスにおけるアライメント精度の改善手法を開発した。また、接合形成条件パラメータを精密に評価するための評価用 TEG デバイスの設計試作を進め、接合形成実験を効率的に進めた。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 バンプ接合、微細ピッチ、3次元積層、ナノパーティクル

【研究 題目】 ナノエレクトロニクスに用いるナノカーボン特性評価に関する国際標準化

【研究代表者】 秋永 広幸 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 秋永 広幸 (ナノエレクトロニクス研究部門) (常勤職員1名)

【研究 内容】

目的：

本事業では、平成25年度に、ナノカーボン特性評価に関する手法をベンチマーキングし、標準化すべき技術

を抽出して、標準化に必要な評価項目等に関する報告書を作成することを行った。続いて、平成26年度は、標準化すべき技術と評価項目等の調査を実施し、標準化提案に向けてそれらを具体化（数値範囲等の明確化）することを行った。そして、Preliminary Work Item (PWI) 文書を作成した。平成27年度には、さらに New Work Item Proposal (NWIP) を1件作成して、国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission、IEC) /TC113 (電気・電子分野の製品及びシステムのナノテクノロジー) に提出することを最終目標とした。

年度進捗状況：

平成27年度は、国際標準化すべきナノエレクトロニクス関連技術と評価項目等の具体化（数値範囲等の明確化）を行った。そして、その結果を用いて NWIP を1件作成し、IEC / TC113に提出した。なお、この NWIP は、平成28年1月に承認された。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 国際標準化、ナノカーボン

【研究 題 目】 密度 CNT 配向膜形成技術の開発

【研究代表者】 片浦 弘道 (ナノ材料研究部門)

【研究担当者】 片浦 弘道、森田 浩美
(常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

単層カーボンナノチューブは、高い移動度を持つナノ材料であることから、次世代半導体デバイス材料として期待されている。これまでに高純度半導体型ナノチューブの分離技術が開発済みであり、今後の課題として、高い移動度を活かし、高速動作可能な集積回路用ナノチューブ基板の作製技術開発がある。本研究課題では、高速動作に必要な高い動作電流を確保するため、基板上にナノチューブを高密度に配向させる技術開発を行う事が目的である。本課題では、ナノチューブの分散液をゆっくりと濾過すると、濾紙の上に自発的にナノチューブが配向した膜が作製されるという現象を利用して、ナノチューブが重なることなく、1層のみで高密度に配向した薄膜の作製を試みた。その結果、表面処理をしたポリカーボネートフィルムにトラックエッチで0.1ミクロン程度の均一な直径の穴を開けた濾紙を用いる事により、高配向の高純度半導体ナノチューブ薄膜の作製に成功した。膜の状態は、濾紙表面を直接原子間力顕微鏡で観察する事で評価した。濾紙表面の親水性が重要であり、紫外線照射装置により、濾紙表面を適度に親水化処理する事により、配向度が改善された。本課題は、NEDO の資金により、名古屋大学と共同で行った短期の集中課題であり、作製された薄膜は名古屋大学でデバイス特性評価が行われた。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 ナノチューブ、トランジスタ、配向薄膜

【研究 題 目】 「マルチサポート戦略事業 (パラリンピック競技「B 研究開発プロジェクト)」

【研究代表者】 保原 浩明 (人間情報研究部門)

【研究担当者】 保原 浩明 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究では、義足スプリンターの生体力学的特性ならびに既存製品の構造と機能を網羅的に調べ、様々な選手のパフォーマンスを向上させる最適な板バネを選定できるシステム開発を行うことを目的としている。具体的には、実際に義足ユーザーが様々な板バネを使用した際の生体力学的データを、三次元動作解析によって取得することを試みる。

本研究は、マルチサポート委員 (名古屋工業大学、帝京大学および工学院大学)、パラ陸連担当者および選手と、多様な立場の方の関わるプロジェクトであるため、関係者と連携を密にとり、半年以上かけて今後の方針に関する打ち合わせを繰り返し行った。そのうえで、H27年10月の IPC 世界陸上選手権大会の映像データを元に、実際にレースで使用する可能性がある義足の選定を行った。また、年度末に予定している生体計測実験に先立ち、競技団体との打ち合わせ (パラ陸上競技連盟、パラトライアスロン連盟) ならびにサポート対象選手による板バネ選定を行い、実験準備を行った。H27年度末には、フォーストレッドミルを用いて、2名のパラトライアスロン選手 (いずれも PT2クラス)、2名の陸上競技選手 (下腿切断者および大腿切断者; T44と T42クラス) の計測を行っている。具体的には、フォースプレート内蔵トレッドミルを用いて、速度漸増課題で義足ユーザーにランニング動作を行わせ、各速度域におけるステップ頻度、地面反力 (前後・左右・鉛直の三分力) および接地距離 (接地期における重心の水平移動距離) を算出し、板バネ特性の変化がどのようにランニング特性に影響を与えるかを調べた。パラトライアスロン選手に関しては、1名が同一板バネデザイン内 (オズール社のフレックスラン) での剛性変化を、もう1名が異なる板バネデザイン (オットーボック社の1E90 Sprinter とオズール社の Cheetah Xtend) による影響を調べた。また陸上競技選手2名に関しては、両名共に異なる板バネデザイン (A 選手: オットーボック社の1E90 Sprinter とオズール社の Cheetah および Cheetah Xtend; B 選手; オットーボック社の1E90 Sprinter とオズール社の Cheetah Xtreme) による影響を調べた。現在は同データの解析を更に進めており、各選手に最適な板バネ足部の選定システム構築を行っていく予定である。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 デジタルヒューマン、パラリンピック、エネルギー蓄積型疾走用足部、動作解析

【研究 題 目】 微弱発光標準光源開発による発光蛍光計

測定量化

〔研究代表者〕 近江谷 克裕

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 近江谷 克裕、三谷 恭雄、石堂 智美
(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

微弱発光標準光源によって実現する定量病理学を確立するため、発光タンパク質をベースに各種病理診断用抗体と融合させた医療診断プローブの作製を目指した。これまでに、植物細胞由来のウミホタルルシフェラーゼ Cluc を用いたが、各種病理診断用抗体と融合させた場合、活性低下がみられた。これは植物細胞独自の糖鎖構造に由来する可能性が高いことが判明した。現在、従来法のカイコを利用した Cluc を用いた系を再度、検討中である。一方、これまでに発光によって化学物質の毒性を評価する発光細胞群の解析法が進展しつつあるが、定量性には課題があった。そこで微弱発光標準光源によって発光細胞の定量性を確立することを目指した。本年度はモデル細胞として細胞免疫の毒性を評価定量できる IL-2 (青色) / EF1 (赤色) 発光細胞を構築した。さらに本プロジェクトで開発される微弱発光標準光源を基にした発光プローブの定量法や発光細胞群の国際標準化を進めるため、ISO/TC276 バイオテクノロジーに着目した。本 ISO/TC はバイオテクノロジーに関する方法・用語等について分野横断的に横串をさすような TC であり、4つの WG がある。特に WG3 では米国が細胞の計数や特性解析に関する標準化を推し進めており、微弱発光標準光源の国際標準化などを見据えた場合にはこの WG3 の動向をモニタリングする必要のあることがわかった。現在、WG3 の国内審議会や国際会議に参加し、WG3 で細胞の発光計測に関する動向を調査継続中である。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 ルシフェラーゼ、ルシフェリン、病理診断

〔研究題目〕 微燃性冷媒の燃焼爆発影響評価

〔研究代表者〕 緒方 雄二 (安全科学研究部門)

〔研究担当者〕 緒方 雄二、和田 有司、佐分利 禎、久保田 士郎、椎名 拓海、牧野 良次、高橋 明文、松木 亮、中山 良男、松村 知治、若林 邦彦、杉山 勇太、金山 正明、橋本 進吾、菅原 光滋、田山 雄一、河辺 圭美
(常勤職員12名、他5名)

〔研究内容〕

オゾン層破壊影響により、CFC 系冷媒や HCFC 系冷媒から HFC 系冷媒への転換が行われ、さらに温室効果ガスの排出による地球温暖化問題により HFC 系冷媒の排出規制が進められており、日本ではフロン排出抑制法が施行されている。地球温暖化影響のより少ない次世代

の低 GWP 冷媒として期待されている R32 や R1234yf、R1234ze(E) は、わずかに燃焼性 (微燃性) を有することから微燃性冷媒と呼ばれており、空調機器据え付け作業時や運転時の事故等で環境中に漏洩した場合の燃焼安全性を確認し、安全利用基準を確立する必要がある。本研究では、微燃性冷媒の基礎的な燃焼特性の評価と冷媒利用時の燃焼爆発影響評価を行うため、一連の安全性評価を行った。

密閉型の大型球形燃焼容器 (524L) を整備して浮力を考慮した微燃性冷媒の燃焼試験を実施し、圧力計測や映像観察により、遅い燃焼速度による浮力の効果等の影響のもとで火炎伝播速度や燃焼速度 S_u 、爆発強度指数 K_G 値、最高到達圧力 P_{max} 等を評価して燃焼特性を整理し、基礎データを取得した。

実規模での燃焼を想定し、15L 小型燃焼容器、524L 大型燃焼容器を用いて実施した燃焼試験の結果から、 K_G 値の規模効果について検討を行った。水素やプロパン等は規模効果を持つことが知られているが、微燃性冷媒および比較対象としたアンモニアでは、評価した容器容量範囲においては K_G 値について目立った規模効果は見られなかった。また、燃焼試験で圧力計測とともに実施している高速度カメラによる映像観察においても、火炎面の皺構造の発現や乱流燃焼への遷移の兆候は見られなかった。

R1234ze(E) 等、燃焼特性が温度・湿度に依存することが知られており、大型燃焼容器に昇温制御・水分添加制御できる機構を整備して、高温 (35 度) ・湿潤条件 (50%RH 以上) での燃焼特性について調査した。R32 の燃焼性は高温・湿潤条件の依存性はみられないが、R1234yf、R1234ze(E) は高温・湿潤条件依存性を示し、特に R1234ze(E) は室温・乾燥条件では不燃の一方で、高温・湿潤条件で可燃性を示すようになる。高温・湿潤条件を含む一連の条件において爆発強度指数 K_G 値、最高到達圧力 P_{max} が最大となる値を求めた。特に K_G 値などは試験容器サイズなどの試験環境にも依存する特性値のため、産業界で既に冷媒として広く用いられているアンモニア (R717) について、これまで実施してきた試験設備を用いて同一条件で試験することで微燃性冷媒の燃焼特性と直接的な比較を行った。これまで評価してきた条件においては、R32、R1234yf、また高温・湿潤条件での R1234ze(E) についても、アンモニアと同程度の燃焼性であることが示された。

火炎や電気放電等の他に、高温表面等も着火源になりえる。燃焼性ガスと空気の混合ガスが高温表面に接触した場合に発火する最低の温度が自然発火温度となるが、その温度は測定方法により異なる。ASTM E-659 試験法にもとづいた自然発火温度の計測を実施し、R1234yf、R1234ze(E)、R32、アンモニアそれぞれについて同一の試験環境で試験を実施した。R1234yf、R1234ze(E) については、試験温度が下がるにつれて急激な温度上昇

が現れるまでの遅延時間も延びていき、R1234yf については357℃、R1234ze(E) については356℃において目視による発火が確認されたが、それら以下の試験温度では、目視による発火は確認されず、急激な温度上昇も見られなくなった。R32については発熱までの遅延時間はR1234yf や R1234ze(E)ほどに温度依存性がみられず、発火する場合はおおよそ10秒程度で判定ができた。R32は478℃において目視による発火判定ができた。一方、アンモニアについては一般に自然発火温度として651℃が報告されているが、目視による発火判定が困難であった。

実験を再現する燃焼モデルの検討を行い、数値シミュレーションに導入した。実験が困難な実規模での燃焼挙動の評価や、今後開発される新規冷媒にも本アプローチを適用していくことが可能と思われる。

密閉ではなく、部分的に開口部を持つ半密閉容器での燃焼試験を行い、容器内圧力の緩和効果について調査した。R32と R1234yf について、円や矩形(正方、縦長、横長)等開口部の形状や面積、冷媒濃度を変えて実験を行い、緩和圧力への影響を評価した。実験条件下では、形状の違いによる影響ははっきりと現れなかったが、開口面積と緩和圧力の関係を明らかにした。これらにより実際の漏えいシナリオに基づいた到達圧力を評価・検討することが可能となった。

【領域名】 エネルギー・環境

【キーワード】 地球温暖化、新現代替冷媒、オゾン破壊、微燃性冷媒、一般高圧ガス保安、冷凍保安、リスク評価、火炎伝播速度、燃焼速度、爆発強度指数、爆発威力評価

【研究題目】 プラットフォーム化を目指した日常行動に関わる LCA データの整備と教材開発—家事行動に関する算定ツールの開発—

【研究代表者】 田原 聖隆 (安全科学研究部門)

【研究担当者】 田原 聖隆、藤井 千陽、高田 亜佐子、松沢 純 (常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

家庭部門における環境負荷削減のために、市民の環境意識の向上、環境負荷の少ない行動への転換が求められている。家庭部門に由来する環境負荷削減のために、政府が「チャレンジ25キャンペーン」を掲げ環境負荷の少ないライフスタイルを提案したり、行政や企業等が環境家計簿を配布し各人の生活から排出される環境負荷の見える化を実施しているものの、いまだ国民的な広がりは見られない。より多くの市民が環境負荷削減に取り組めるような施策が必要である。このような背景の中でプロジェクト全体では、環境教育に利する魅力的な教材やツールを社会に効率的に提供していくために、専門家に限らず幅広い開発主体が容易に使用できるインターフェース(API)を装備した、日常行動に関わる、きめ細や

かかつ科学的信頼性の高い LCA データベースの整備を研究目的に掲げている。本サブテーマでは、LCA データベースの整備を担当し、家事行動に関する環境負荷算定ツールの開発を目指した。

1) 行動分類表の作成、家事行動の抽出

社会生活基本調査で利用されている行動分類表には大分類(6分類)、中分類(21分類)、小分類(80分類)が存在し、対象とする家事行動として中分類の「家事」、「身体的ケア」及び「食事」を抽出した。上記家事行動のうち、同一行動ではあるが複数のシナリオが存在する行動(例えば掃除行動の選択肢には「電気掃除機で掃除する」や「ほうきで掃除する」等がある)、アプリや家庭科教育で活用可能な行動(例えば洗濯行動やカレーライス調理行動等)、生活者が環境負荷量の差異に興味を持っていると思われる行動、環境問題の専門家及び教育関係者で構成される本プロジェクトメンバーが着目してほしいと考える行動については、社会生活基本調査の行動分類表において最も細かい階層の行動を細分化することで対応した。その結果、家事行動分類表に、新たに細分類、細々分類、詳細分類の階層を追加し約200分類の行動を設定し、それらを環境負荷算定の対象とした。

2) 家事行動ライフサイクルインベントリデータベースの開発

家事行動に由来する環境負荷を算定するために必要なデータを格納し、上記データを用いて環境負荷を算定するために、家事行動ライフサイクルインベントリデータベース(LCIDB)を作成した。家事行動 LCIDB は製品・サービスのインベントリ DB、使用製品 DB 及び調理 DB を内包している。製品・サービスのインベントリ DB には家事行動で必要となる製品・サービスのほとんどを網羅しているインベントリデータベース IDEA (Inventory Database for Environmental Analysis) を利用した。使用製品 DB には、シナリオで設定した使用機械及び器具の寿命や使用状況等を格納した。また、行動に製品が使用される場合はその製品を準備する際に生じる環境負荷も漏れなく計上できるように、製品と関連が強い行動(例えば「タオル」製品と「タオルを洗濯する」行動、「食器」製品と「食器を洗う」行動)を統合した形式で格納した。調理 DB には日本の食卓に提供される頻度の高い約100メニュー及び小・中・高校の各教科書に記載されているメニューを格納した。上記3種類の DB を連動させて、家事行動に由来する環境負荷を算定できるように設計した。

3) 家事行動 LCIDB による環境負荷の算定

家事行動 LCIDB は、家事行動に関連するデータを体系的に DB に格納するだけでなく、家事行動当たりの環境負荷を算定できる。本研究で新たに加えた細分類、細々分類及び詳細分類の家事行動を算定すること

によって、同じ行動であっても使用する機械及び機具、使用状況を変えた場合の環境負荷の変化を確認することができた。また行動を構成する要素ごとにも環境負荷を算定した。例えば、調理行動の要素である食材、鍋、ガスコンロ、都市ガス等のそれぞれについて環境負荷を算定した。要素ごとに環境負荷を算定することによって、家事行動 LCIDB 利用者が自ら要素を選択しそれらを計算することで自分が知りたい行動の環境負荷の算定が可能になったり、アプリ開発者や家庭科教育に携わる者がそれぞれの目的に応じた要素の抽出が可能になった。例えば、家庭科教科書に掲載されている環境負荷を削減する行動や増大させる行動について、要素を組み合わせることで環境負荷を算定し、標準的な家事行動と環境負荷を比較することが可能になった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 消費行動、環境教育、環境負荷削減、LCA データベース

【研究 題目】 LCADB-WG に係る作業「LCA データベースの差異に関する分析調査」

【研究代表者】 田原 聖隆（安全科学研究部門）

【研究担当者】 田原 聖隆、村松 良二、白石 靖、Kuan BARTEL
（常勤職員1名、他3名）

【研究 内容】

欧州環境フットプリントの IT 機器 PEFCR パイロットフェーズにおいて設定された企業向けストレージについて、提供された BOM 及びシナリオを元に、LCA データベース IDEA ver.2を用いて15カテゴリーの影響領域における評価を実施した。そして、予備調査において欧州の LCA データベース ecoinvent ver.3を用いて評価した結果との比較を行った。その中で特に重要な影響領域として「気候変動」「粒子状物質」「酸性化」「資源消費」の4カテゴリーに着目し、タンタル・インジウム・金・銀・銅等の資源消費及び CO₂・SF₆・NO_x・SO_x 排出等の基本フローについて、両データベース間の詳細な比較を行った。さらに、評価対象としたストレージにおける重要なインベントリとして、ハードディスクドライブ・プリント回路基板・電源装置及び電力に着目し、その中から4カテゴリーにおいて影響の大きい部品やプロセスを抽出し、両データベース間の差異及びその原因について分析を行った。その結果を元に、各部品やプロセスにおいて IDEA ver.2で不足していると考えられるインベントリや基本フローの評価を行った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 インベントリデータ、データベース、環境フットプリント

【研究 題目】 平成27年度化学物質安全対策（スクリー

ニング・リスク評価における調査）「リスク評価単位の検討」

【研究代表者】 蒲生 昌志（安全科学研究部門）

【研究担当者】 蒲生 昌志、林 彬勲、内藤 航、加茂 将史、竹下 潤一、上坂 元紀、山田 千恵（常勤職員5名、他2名）

【研究 内容】

化学物質審査規制法のスクリーニング評価・リスク評価で課題となっている混合物等の評価単位に関する検討の事例として、「石油由来炭化水素類」および「ポリオキシアルキレン類」の適切なリスク管理に資する合理的なリスク評価単位の設定方法およびその評価技術について検討を行うことを目的とした。

石油由来炭化水素類については、1）製品の物理化学特性や用途別届け出情報に基づいてクラスター分析を行うとともに、2）製品と石油精製プロセスとの対応付けに基づく評価単位を検討し、事業者へのヒアリングに基づくケーススタディを行った。2）のアプローチが有効であると考えられた。

ポリオキシアルキレン類については、1）用途別届け出情報に基づくクラスター分析を行うとともに、2）評価単位の設定における QSAR（定量的構造活性相関）の適用可能性を検討し、適用が有効である条件を明らかにした。

今後の課題としては、検討してきた評価単位に対して、有害性クラスの割り当て方法を検討し、具体的な評価単位として作成することが挙げられる。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 化学物質審査規制法、リスク評価、評価単位、石油由来炭化水素類、ポリオキシアルキレン類

【研究 題目】 別府一万年山断層帯（大分平野-由布院断層帯東部）における重点的な調査観測

【研究代表者】 吉見 雅行（活断層・火山研究部門）

【研究担当者】 吉見 雅行、今西 和俊、林田 拓己（建築研究所）、安藤 亮輔（東京大学）、三宅 弘恵（東京大学）、松島 信一（京都大学）、川瀬 博（京都大学）、竹中 博士（岡山大学）、山田 伸之（福岡教育大）（常勤職員2名、他7名）

【研究 内容】

目標：

既存の大分堆積盆地内外の地下速度構造モデルを、地震動記録、地震波干渉法によって得られる観測グリーン関数、アレイ微動探査等によって検証し、本事業のサブテーマ 1~2（京都大学）での探査結果も入れて、より信頼度の高い予測強震動を得るために地下構造モデルを改良する。また、別府-万年山断層帯の特性を考慮した震源モデルを作成する。これらを組み合わせ、別府一万

年山断層帯の強震動を予測する。

平成27年度実施内容：

微動アレイ観測、単点微動観測、地震波干渉法による速度構造推定のための連続微動観測を引き続き実施したほか、これらを平成26年度実施分の情報と合わせ、大分堆積盆地ならびに周辺域の地下構造のモデル化のために集約し、既往地下構造モデルの評価・修正を実施した。既往震源モデルを用いて、別府-万年山断層帯の強震動シミュレーションの試計算を実施した。短い活断層の集合からなる震源モデル作成作業を引き続き実施した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】地下構造モデル、震源モデル、強震動予測

【研究 題 目】ペレア砂岩とオトウエイ砂岩の透水性の違い—マイクロフォーカス X 線 CT を用いた3次元空隙情報に基づく議論

【研究代表者】高橋 学（活断層・火山研究部門）

【研究担当者】高橋 学（常勤職員1名）

【研究 内 容】

目標：

ペレア砂岩および Otway 砂岩の透水係数の拘束圧依存性を実験的に明らかにし、両者の違いをマイクロフォーカス X 線 CT データを用いた空隙構造との関連から議論する。

研究計画：

三軸圧縮応力下におけるペレア砂岩・Otway 砂岩の変形・力学・透水特性を実験的に解明し、両者の透水係数の違いを岩石内空隙の幾何学情報からの議論を試みる。年度進捗状況：

Berea 砂岩は空隙率が18%、Otway 砂岩は空隙率が25%もあり空隙サイズ分布からも両者の違いは鮮明である。一方、透水係数は Berea 砂岩が Otway 砂岩よりも1桁以上も大きな値を示した。拘束圧依存性には大きな差異は生じなかったものの、透水係数そのものは値が大きく異なる原因を推定した。幾何学性状のうち両者が決定的に異なるのは、隣り合う空隙の半径の比にあることを突き止めた。透水係数に寄与しそうな空隙半径の大小や空隙の数の違いは透水係数の決定的な差異をもたらさないことが判明した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】透水係数、砂岩、マイクロフォーカス X 線 CT、空隙率、岩石内部構造、3次元空隙構造

【研究 題 目】大深度泥岩の初期物性および力学物性値の取得（国際石油開発帝石株式会社 受託研究）

【研究代表者】高橋 学（活断層・火山研究部門）

【研究担当者】高橋 学（常勤職員1名）

【研究 内 容】

目標：

泥岩層の坑井掘削に伴う坑壁不安定性の評価に必要な岩石力学パラメータの測定を実施する。

研究計画：

深度2000 m 超の泥岩コアの密度、空隙率、空隙径分布、弾性波速度、一軸圧縮強度、引張強度の各値を乾燥・完全飽和状態で計測する。

年度進捗状況：

油田地帯における掘削コアを用いた力学試験の評価は現在までに日本国内における実施例は極端に少なく、また事業の性質上学会誌上での発表もその数は制限されている状態と言える。このような参照とすべき具体的なデータの乏しい頁岩のコアリングから整形、そして力学試験の実施と評価は多くの困難に直面した。膨潤性の粘土鉱物を多量に含む頁岩類のコアリングと成型には、乾式でのコアリングと整形を選択すべきとの結論を得た。コアリングも整形も掘削抵抗や切削抵抗、そして燥粉の発生を極力少なくする冷たい空気の噴射は摩擦熱を抑えるための効果が期待できる方法であることを確認した。脆弱な層理面を含む場合、あるいはコア軸に低角で斜交する場合などは基準にある直径：長さの比に囚われることなく、あるいは端面の形状に拘ることなく力学特性を評価する方法を提案する。層理面で破断したコアも有効に利用できるような、特に変形特性に関しては変位計を利用したできるだけ計測範囲を長くとれるような変位計の設置方法や載荷方法の検討が今後なされるべきと考える。浸水崩壊を起こさない溶剤の選択は困難な作業であったが、揮発性の低い灯油やシリコンオイルなどは溶剤の可能性が高い物質と考えられる。ただし、具体的な力学特性に用いられた事例がなく、基礎データ取得からスタートする必要があると考える。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】力学特性、頁岩、乾式整形、弾性波速度、一軸圧縮強度、引張強度

【研究 題 目】単成火山におけるマグマ組成と山体形状の関係性の系統化

【研究代表者】野口 里奈（活断層・火山研究部門）

【研究担当者】野口 里奈、鈴木 雄介（伊豆半島ジオパーク推進協議会）（他2名）

【研究 内 容】

目標：

本研究では静岡県東部の東伊豆単成火山群を対象として、マグマ組成および経年による単成火山山体形状の特徴を系統的に表すことを目的とする。スコリア丘・マール・タフリングは、マグマ組成が同一であっても形成環境により山体形状が派生的に異なる火山である。これに安山岩質および流紋岩質マグマの活動で形成されることの多い溶岩ドームを合わせた4つが単成火山の大分類と

されている。しかしながら、マグマ組成が単成火山の山体形状の特徴に寄与しているかどうか、検証が不十分である。関係性があり且つこれを系統化することができれば、直接の調査が困難な遠隔地や地球外の天体の火山について山体形状から形成環境だけでなくマグマ組成をも推定することが可能となる。

研究計画：

本研究では、山体形状把握と構成物の観察・採取に適したスコリア丘・溶岩ドームを計12個選定し、1) 既存のデジタル地形データの解析、2) 現地調査による岩石採取とその粒度解析、および3) それらの統計的分析を実施する。

年度進捗状況：

本研究の結果、玄武岩質安山岩スコリア丘について、山体傾斜と年代に関係性が見られた。本研究で対象とした中で最も古い小室山は中腹から頂上へかけて次第に緩やかになるのに対し、大室山・伊雄山では麓から山頂まではほぼ一定傾斜である。より新しい伊雄山はより急な傾斜を持つことも分かった。一方で、玄武岩スコリア丘については顕著な関係性が見られなかった。スコリア丘山体を構成している岩石の破碎の程度を算出したところ、マグマ組成との関連は見出されなかった。今後は、山体の地理的分布や岩石の粒子形状等の他パラメータについても考慮し、より高度な統計的分析を実施して本問題をさらに追及する。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】単成火山、伊豆半島、スコリア丘、溶岩ドーム

【研究 題目】動力学シミュレーションにおける解析的検討

【研究代表者】加瀬 祐子（活断層・火山研究部門）

【研究担当者】加瀬 祐子（常勤職員1名）

【研究 内容】

三次元差分法による動力的破壊シミュレーションにおいて、各グリッドにおける破壊開始時刻を破壊条件とするプログラムを用いて計算し、各グリッドで破壊が始まる時刻における応力状態（強度など）を確認した。また、動力的破壊シミュレーションで得られる地表地震動（断層直交、断層平行成分の最大地動速度の分布など）について、破壊速度が S 波速度を越える場合（破壊時刻を制御しない場合）との違いが、既往研究と矛盾しないことを確認した。さらに、得られた各グリッドの強度を破壊条件として動力的断層モデルに与え、自発的破壊を考慮した既往の動力的破壊シミュレーションプログラムを用いて計算した場合に、破壊速度が S 波速度を越える現象が概ね回避されることを確認した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】動力的断層破壊シミュレーション、破壊速度、地震動

【研究 題目】白金族元素個別分離のための抽出分離系の選定、アミド抽出剤を用いた白金族元素の個別分離試験

【研究代表者】成田 弘一（環境管理研究部門）

【研究担当者】成田 弘一（常勤職員1名）

【研究 内容】

目標：

硝酸溶液中の白金族元素（パラジウム、ロジウム、ルテニウム）を効率良く分離回収するために、チオジグリコールアミド（TDGA）系及びアミン系抽出剤による、白金族元素の抽出・逆抽出特性を明らかにする。

研究計画：

本研究では、硝酸溶液中の白金族元素を効率良く抽出可能な溶媒抽出法による分離スキームを構築するために、TDGA 抽出剤又は TDGA 抽出剤とアミン系抽出剤（トリ・n-オクチルアミン（TOA）又はトリス（N,N'-ジ-2-エチルヘキシルエチルアミド）アミン（EHTAA））の混合溶媒を用いて、白金族元素の抽出挙動を調べる。

年度進捗状況：

アミド N 原子の側鎖の異なる二種類の抽出剤 N,N'-ジメチル-N,N'-ジトリル-TDGA（MTTDGA）及び N,N'-ジブチル-N,N'-ジトリル-TDGA（BTTDGA）を用いて、硝酸溶液からのパラジウム（II）の抽出試験を行ったところ、抽出速度に関しては MTTDGA がより大きかった。また、一定条件下において BTTDGA によりパラジウム（II）をロジウム（III）及びルテニウム（III）から選択的に抽出可能であった。ロジウム（III）抽出については、TOA - BTTDGA 系及び EHTAA - BTTDGA 系において、協同効果が示された。その効果は EHTAA - BTTDGA 系においてより顕著に現れた。今回のロジウム（III）抽出試験はいずれも抽出平衡に達していない条件での結果であることから、今後、抽出平衡時での評価が必要になる。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】白金族、溶媒抽出、協同効果

【研究 題目】酸化チタン鈇滓（中和滓）を用いたアマモ場創生技術に関する研究

【研究代表者】鈴木 昌弘（環境管理研究部門）

【研究担当者】鈴木 昌弘、鶴島 修夫、山田 奈海葉、塚崎 あゆみ（常勤職員4名）

【研究 内容】

酸化チタン鈇滓（中和滓）をアマモ場創生材料として利用する上での、アマモの生育や海洋環境へもたらす影響や効果を科学的に検証することを目的として、アマモ場疑似現場実験および疑似堆積物実験を実施した。

実験は、産業技術総合研究所中国センター阿賀臨海実験場において2016年1月より実施した。アマモ場疑似現場実験については、酸化チタン中和滓関連物質（市販品）と東京湾堆積物をそのままあるいは混合した土壌を

停点したコンテナにアマモを移植し、黄身挙げ海水の流水水槽内に設置した。疑似堆積物実験については、塩化ビニル製チューブに上記と同じ土壌を充填したものを用意して、同様に水槽内に設置した。平成27年度は、実験開始から58日目までの経時変化を評価し、アマモの生育状況への影響は土壌間で大きな差はなかった。東京湾堆積物には高濃度の硫化物が検出されたが、酸化チタン中和滓関連物質との混合により抑制された。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 酸化チタン・中和滓、アマモ場、疑似現場実験、堆積物

〔研究 題 目〕 ノンフロン型冷媒の実用条件の燃焼性評価と着火エネルギー評価法の開発

〔研究代表者〕 滝澤 賢二（機能化学研究部門）

〔研究担当者〕 滝澤 賢二、水門 潤治、須田 洋幸、徳橋 和明、近藤 重雄、高木 静枝、五十嵐 直治、野口 一夫
（常勤職員3名、他5名）

〔研究 内 容〕

本課題は、冷凍空調機器用冷媒として開発が進められている微燃性化合物について、冷媒漏洩による危険性評価に必要な燃焼特性のうち、温度・湿度影響や着火エネルギー等の基礎的知見の蓄積を目的とした。

不活性ガスとして冷凍側に掲名されている R134a、R410A、及び R413A について、高湿度によって可燃化できることを見出し、更に高温・高湿度条件で燃焼限界、燃焼速度、及び消炎距離の評価を行った。また、微燃性冷媒 R32、R1234yf、及び R1234ze (E) について同様の評価を行うことにより、不活性冷媒と同一条件で燃焼性に関する定量比較を可能にした。

燃焼限界測定法の高度化に向け、高圧ガス保安法通達 A 法を用いて7種類の冷媒の燃焼限界を測定し、ASHRAE 法による測定結果と比較した。両者の方法の整合性を取るために、A 法の着火法である金属線溶断法で用いる金属について検討した結果、0.2 mm 径のモリブデン線を用いる場合に ASHRAE 法の結果に良く一致することを明らかにした。

微燃性冷媒 R32について、電磁開閉器パーツを用いた着火試験を行い、着火が起こらない電磁開閉器の構造条件を提案した。また、5種類の冷媒の消炎直径を測定し、微燃性冷媒使用機器の許容可能な間隙サイズを明確にした。

〔領 域 名〕 材料・化学

〔キーワード〕 冷凍空調、冷媒、代替フロン、地球温暖化、燃焼性、着火エネルギー

〔研究 題 目〕 セルロースナノファイバーとゴム材料との複合化技術を活用した環境配慮型超軽量・高機能シューズの開発

〔研究代表者〕 吉田 勝（機能化学研究部門）

〔研究担当者〕 遠藤 貴士、岩本 伸一朗、熊谷 明夫、妙見 夕佳、島本 忠直
（常勤職員3名、他2名）

〔研究 内 容〕

本テーマは、次世代のバイオマス素材として注目されているセルロースナノファイバー（CNF）によるゴムの補強技術と加硫発泡技術とを融合させ、高機能・超軽量の環境配慮型ゴム系靴底の開発を目的としている。当グループの本年度の実施項目としては、CNF の新たな表面修飾法開発および CNF の形状がゴム物性に及ぼす影響評価を行う。

表面修飾法開発では、セルロース水酸基のエステル化方法の開発を進めた。有機酸として反応性の高い二塩基酸である無水マレイン酸を用い、パルプや木粉等のセルロース原料と乾式で混合し、120℃で加熱することで、マレイン酸がエステル結合したセルロース原料が製造でき、さらに、湿式ディスクミル処理等により幅3 nm の超微細な CNF が製造できることを明らかにした。また、化学修飾法とは異なる手法として、無水マレイン酸基を有する相容化剤を添加することで、CNF 表面を改質し、CNF・ゴム複合材料の強度物性が向上することを確認した。

CNF の形状影響評価では、複数種類の植物を原料として、機械処理条件を変えて、解繊度合いの異なるリグノ CNF を製造し、得られたリグノ CNF によるゴム補強効果を評価した。その結果、比表面積70 m²/g 程度の中程度の解繊度合いのリグノ CNF で複合材料の強度物性は向上でき、低コストでのゴム補強 CNF の製造可能性を示すことができた。また、高含水状態の CNF のゴムへの均一混合・分散方法として、遊星型攪拌機を用いることで、従来型攪拌機で課題となる凝集物の発生を抑えて、均一混合・分散したマスターバッチが製造できること確認した。さらに、本手法で製造した CNF-天然ゴム複合化マスターバッチを用いてシューズ試作を達成した。

〔領 域 名〕 材料・化学

〔キーワード〕 セルロースナノファイバー、ゴム、シューズ

〔研究 題 目〕 次世代超薄板ガラスのインライン検査を可能とする超高速複屈折計測装置の開発

〔研究代表者〕 穀山 渉（工学計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 穀山 渉、野里 英明、服部 浩一郎
（常勤職員3名）

〔研究 内 容〕

本研究は、最先端ディスプレイ技術に使われる超薄板ガラスの生産工程を革新し、国内ガラス産業のさらなる生産性の向上や高付加価値化に役立つものである。静岡県先端企業育成プロジェクト推進事業の一環として実施

されている。

超薄板ガラスの製造工程における重要な品質管理項目に「残留歪み」があり、複屈折計測装置により光学的に計測されている。よって、極めて小さい残留歪みをインラインで実時間に検査する複屈折計測装置がガラスメーカーから強く要望されている。そこで本研究では、複屈折計測装置の心臓部である「位相計」に産総研の特許技術を導入することで、高い精度を保ちつつ従来比10倍以上の超高速計測を可能とし、世界トップ性能の次世代ガラス検査装置としての製品化を目指す。

研究初年度である本年度は、まず新型位相計を製作し、模擬電気信号によって性能評価することとした。目標としては、最終製品の計測速度を100倍に高めるために必要なスペックである「信号周波数10 MHz 以上において、位相計測分解能0.1度以下」と設定した。この計画に対応して、産総研の特許技術に基づいた新型デジタル位相計を製作した。電気的評価系を組みあげその性能を確認した結果、「信号周波数80 MHz において、位相計測分解能0.008 度」を持つことを確認した。これは目標を十分に達成する結果である。また、計画より若干先行して、レーザ干渉計（光学系）も含めた性能評価も実施し、良好な結果を得た。これらによって、新型位相計の十分な計測能力が実証されたといえ、次年度以降に製品化に向けた研究開発を進めていく見通しを得た。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】複屈折、ヘテロダイン干渉計、位相計

【研究題目】光インターコネクモジュール用光ナノインプリント装置の開発

【研究代表者】廣島 洋（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】廣島 洋、高木 秀樹、尹 成圓、鈴木 健太、天野 建（常勤職員5名）

【研究内容】

データセンターのサーバー等の大容量データの高速度処理のために、電気配線に替わる光インターコネクモジュール（光配線基板）の必要性が高まっている。本事業では、3年間の全体目標において、大型基板上に高精度に多様な3次元光学構造体を一括形成できる光ナノインプリント装置を開発し、従来にない低コストの光配線基板の製造の実現を目指す。産総研の独自技術である凝縮性ガス中のインプリントプロセスおよび基板裏面をソフトパッドで加圧する SOFT ステージを用いて、光インターコネクモジュールの光学構造体を一括で高精度に形成できる8インチの大型基板に対応した光インプリント装置を作製する。本年度は、光インプリント装置の基本的な仕様と構造案を作成し、民間企業と共同で装置の筐体設計と組み立て作製を行い、ベースとなるナノインプリント機構部分を試作した。装置は、加圧軸、ワーク移動軸、アライメントステージ、アライメント顕微鏡、

画像センサシステム、インクジェット、ガス導入機構、モーター、ロードセルアンプ、UV-LED、ヒーター等で構成されている。また、装置試作に先立って、インクジェット、アライメント顕微鏡、光インターコネクモジュール用の UV 硬化性樹脂の性能テストを行った。インクジェットは塗布速度が最高250ショット/s（又は250 mm/s）での滴下が可能であることを実証し、滴下量の精度が±2%であることを確認した。画像センサと CCD カメラで構築された光学系は、取得画像の解析から最終目標の200 nm (σ) 以下のアライメントが実現可能である見込みを得た。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】光ナノインプリント、光インターコネクモジュール、UV 硬化樹脂、インクジェット、データセンター

【研究題目】平成26年度電力スマートメーター・システムのセキュリティガイドライン構築に係る調査研究

【研究代表者】大崎 人士（情報技術研究部門）

【研究担当者】大崎 人士、秋葉 澄孝、坂根 広史、竹内 泉、半田 剣一、諸藤 力（常勤職員5名、他1名）

【研究内容】

本研究では、我が国で導入が進められているスマートメーター・システムを対象に、（1）脅威分析データや標準的なセキュリティ基準をもとに、事業者横断的なセキュリティガイドラインの在り方を検討し、セキュリティガイドラインの構成を設計した。また、（2）スマートメーター・システムのセキュリティ脆弱性の対応体制の在り方を検討し、国内外の組織との連携体制を設計した。本研究の目的は、スマートメーター制度検討会セキュリティ検討ワーキンググループの報告書に対応して、事業者が過剰な負担を強いられることなく運用できるセキュリティガイドラインを構築し、必要な脆弱性対応体制を構築するために必要な検討を行うことである。

我が国では、現在、全国の家庭への電力スマートメーター（以下、スマートメーター）の導入が進められている。東京電力管内では2020年度末までに、日本全国では2024年度までに導入を完了する予定である。いっぽう、海外では、スマートメーターを対象としたセキュリティインシデントが報告されるようになり、第三者によるセキュリティ評価制度の検討や国毎の法整備が進んでいる。こうした背景のもと、我が国では、スマートメーター・システムを対象とした、各電力事業者が参照するセキュリティガイドラインを構築するために、各電力事業者が所有するスマートメーター・システムのアーキテクチャと機能概要を調査することとなった。

具体的には、防護対象をスマートメーター・システムとして、各電力事業者が参照するセキュリティガイドラ

インを構築するために、電力スマートメーター・システムの社会導入で先行する諸外国のセキュリティ基準やガイドラインのライフサイクルを調査し、セキュリティ技術の最新動向を勘案して、我が国の電力事業者向けセキュリティガイドラインの構築方針を纏めた。また、スマートメーター・システムの情報共有・脆弱性対応体制についても調査し、日本の現状、米国の現状を纏めた。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 セキュリティ制度、セキュリティガイドライン

【研究 題目】 マイクロメディアサービスにおけるマッシュアップ・双方向インタラクション技術の開発

【研究代表者】 野田 五十樹（人間情報研究部門）

【研究担当者】 野田 五十樹、江渡 浩一郎、
小島 一浩（知能システム研究部門）
（常勤職員3名）

【研究 内容】

現在のマスコミやパソコンを主体とする情報伝達メディアでは、徒歩や公共交通機関および自動車で移動する人々に的確に災害情報を提供することが困難である。そこで注目されるのはスマートフォン・カーナビなどのGPS 付携帯端末である。これを新しい情報伝達媒体として「マイクロメディア」と位置付け、的確な災害対応を行うために必要となる災害情報を必要とされるときに必要とする人に届けるサービスのしくみを開発する。

本年度は、マイクロメディアサービスの持続的システム設計・実装のためのコミュニティ組織化支援手法の調査を行うため、災害時の情報ボランティア団体であるIT-DART の活動とともに、コミュニティ構築・維持の視点で地域や自治体などでのマイクロメディアを利活用の形態や要望をすり合わせる方法論を、「減災ソフトウェア開発に関する一日会議」の場で議論し、いくつかの方針をまとめた。この数年間にわたって進めてきた一日会議の結論から、IT-DART のような団体での取り組みと同時に、災害時の各人の経験を共有することが大事であることが分かってきており、今回、それを経済化する試みとして、パターン・ランゲージのトライアルを進めた。これについては、思考を刺激して重要な価値ある情報を言語化することには一定の効果があったと思われる。新しい知見の集約ツールとしての有効性はある程度認識された、と判断できる。

また、各自治体における技術コミュニティやマイクロメディアの活用・連携状況の調査を行い、地域化・個別化を前提とした災害対応組織における情報の流れの視覚化システムの改良を進めた。これにより、対策マニュアルで想定されている情報の流れと、実際の訓練での流れを対比できることで、情報のボトルネックや対策マニュアルの不具合などが視覚的にとらえることができるよう

になった。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 災害情報システム、減災情報メディア

【研究 題目】 大規模屋外イベントにおける群集流動の円滑化に向けた来場者への情報配信に関する研究

【研究代表者】 山下 倫央（人間情報研究部門）

【研究担当者】 山下 倫央（常勤職員1名）

【研究 内容】

関門海峡花火大会は、下関市と北九州市門司区の両岸で実施される西日本最大規模の花火大会であり、2015年で開催28回を数える。近年は110万人以上の来場があり、年々増加傾向にある。門司区側は大会会場の周辺道路の道幅が狭いため、車両の乗り入れを禁止している。それにともない周辺道路は全て歩行者専用となっており、来場者の多くが電車を使用するため、JR 門司港駅から大会会場周辺は非常に混雑する。混雑が深刻のため、重大事故発生の危険があり、ボランティアによる実行委員会、警察、警備会社が連携し来場者の通行規制を行っている。だが、プラカードや拡声器を使用した誘導では来場者数が多いため誘導指示が届かず、スムーズな経路案内が行いにくい状況にあった。

こうした課題を受け、2014年に開催された第27回関門海峡花火大会門司港会場にて、プロジェクションマッピングを活用しイベントガイド情報を提供するガイドプロジェクションを実施した。プロジェクションマッピングは、一般的にエンターテインメント分野で活用されるが、関門海峡花火大会では、誘導案内などのイベントガイドの情報伝達に使用した。ガイドプロジェクションは、視認性の良さを活かしつつ、映像表現の特性を活かした演出や、状況に応じ投影内容を切り替えることが可能であるため、効果的に情報伝達を行えることが確認できたが、反面、解決すべき課題も明らかになった。

平成27年度は、昨年のライブイベント情報の提供は混雑緩和の効果あまりなかったことを踏まえて、分岐点の誘導案内に特化しつつ、現場の状況にあわせ情報をリアルタイムかつ柔軟に変更出来るようにした。また、ビジュアル面は、昨年の案を踏襲しつつ、混雑時の安全を考え、来場者の足を止めることなく直感的・瞬間的に情報を伝達できるよう、ピクトグラムやアニメーションを活かした演出を行った。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 プロジェクションマッピング、来場者誘導、交通規制、情報配信、屋外大規模イベント

【研究 題目】 ロコモティブシンドロームのエビデンス構築に関する研究

【研究代表者】 小林 吉之（人間情報研究部門）

【研究担当者】小林 吉之（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、ロコモティブシンドロームのエビデンスを構築するために、まずロコモ該当者の歩行特徴を明らかにすることを目的とした。

三次元動作計測装置と床反力計を用いて高齢者65名の歩行を計測した。得られたデータより1歩行周期中の下肢3関節3平面の関節角度を計算し、時間正規化したうえで、各時点の5試行分の平均値と標準偏差を算出した。更に、それらのデータを標準化したうえで、65（名）×1818（3関節、3平面、101等分された平均値と標準偏差）の入力行列に対して主成分分析を行った。分析の結果得られた各主成分の主成分得点については、ロコモ該当者とロコモ非該当者でt検定を行い、群間の差を評価した。ここで有意差が確認された主成分についてはその主成分に関する動きを再構築し、特徴となる動きの解釈に用いた。分析の結果、ロコモと関連した主成分は歩行速度や矢状面における関節可動域に関連が認められた。これらの知見はロコモティブシンドロームのエビデンスとして示すことができ、将来的には、これらのエビデンスから早期にロコモ該当者を発見できる可能性が考えられる。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】歩行分析、ロコモティブシンドローム、ロコモ25、主成分分析

【研究題目】日本のリマニュファクチャリング産業の調査研究

【研究代表者】松本 光崇（人間情報研究部門）

【研究担当者】松本 光崇（常勤職員1名）

【研究内容】

本事業では次の三項目の調査研究を実施した。すなわち、①日本のリマニュファクチャリングの対象製品領域、製品領域ごとの市場規模、製品領域ごとの企業・雇用者数の調査、②リマニュファクチャリング関連の政策と制度の調査、③リマニュファクチャリングの関連の業界団体の調査、を実施した。

リマニュファクチャリングの対象製品領域は、自動車パーツ、コピー機、トナーカートリッジ、インクカートリッジ、建設機械・鉱山機械のパーツ、タイヤ、が主な対象であり、その他に医療機器、産業機械、情報通信機器、携帯電話・液晶パネル製品、オフィス什器・家具、等の分野でも実施されている。市場規模、企業数、雇用者数については統計資料や推定資料がほとんど存在しない。自動車パーツとトナーカートリッジについては推定／集計のデータが存在し、それらの情報を含めて日本のリマニュファクチャリングの市場規模を推計すると、数千億円の規模であると推定された。

政府によるリマニュファクチャリングの支援策としては、リマニュファクチャリングされた製品（再生製品）

がグリーン調達法の特定調達物品に指定されており、それにより購入を促すケースが見られる。その他には特に大きな支援策は見られない。品質基準や品質認証について、政府が特に再生製品のために定めたものはない。

リマニュファクチャリングの関連の業界団体は、自動車パーツとトナーカートリッジの分野に存在する。

日本の市場ではリマニュファクチャリングが急速に拡大している分野はないが、自動車パーツ、インクカートリッジ、タイヤの分野では拡大傾向にある。その他の分野でも拡大の可能性が高い。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】リマニュファクチャリング、市場規模調査、関連政策調査

【研究題目】高圧水素中における破壊靱性試験法の確立とデータベース化

【研究代表者】飯島 高志（創エネルギー研究部門）

【研究担当者】飯島 高志、安 白、孫 正明、榎 浩利、阿部 孝行（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

水素の影響を多少受ける材料を水素ステーション設備に利用した場合、従来の高圧ガス設備と等しい機能維持を図るためには、従来の材料評価に加えて K_{IH} （水素助長割れの限界応力拡大係数）を設計に利用する方法が有効であることが期待できる。そこで、汎用金属材料（SUS304、SUS316、Cr-Mo 鋼、Ni-Cr-Mo 鋼など）などを対象として、高圧水素ガス中で破壊靱性試験を実施し、データベースを構築することで、高圧水素ガス関連機器において使用可能な鋼種を拡大し低コスト化を目指す。具体的には、115MPa の水素ガス中で、荷重が漸増あるいは漸減する際のき裂進展メカニズムを明らかにし、水素ステーション用蓄圧器を設計する際に K_{IH} を用いることの有用性を評価する。

平成27年度は、蓄圧器の破断前漏洩（LBB）を評価するために、高圧水素ガス中における低合金鋼（SCM435およびSNM439）の破壊靱性試験を、荷重増加法、定荷重法、および定変位法を用いて実施し、材料の破壊靱性値に及ぼすそれぞれの試験条件の影響を明らかにし、高圧水素ガス環境下における最適な破壊靱性試験方法について検討を行った。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】水素脆化、応力拡大係数、水素ステーション

【研究題目】革新炭素繊維基盤技術開発（新規前駆体化合物 A の開発、炭素化過程における構造・物性変化の解明、マイクロ波等による炭素化技術の確立、単繊維材料の力学的特性評価手法並びに熱膨張率計測法

の開発)

【研究代表者】羽鳥 浩章 (創エネルギー研究部門)

【研究担当者】羽鳥 浩章、児玉 昌也、曾根田 靖、
吉澤 徳子、杉山 順一、岩下 哲雄、
藤田 和宏、永井 英幹、山田 修史、
渡辺 博道、富田 奈緒子、橋内 稔、
常名 美穂子、塩田 真澄、谷口 幸子、
森住 真紀、佐藤 千佳、山田 裕之、
木津井 健、卜部 啓、小島 実希子、
ひょう 興元

(常勤職員10名、他12名)

【研究内容】

炭素繊維 (CF) は我が国が世界市場の約7割を占める国際競争力の非常に強い高付加価値素材であり、省エネルギーや環境保全などの社会的ニーズに応えることが大きく期待されている。CF を用いた複合材料は、航空機等で燃費向上のためにすでに実用化されており、今後自動車を始めとする新たな分野への使用拡大が確実視されている。現行の CF 製造方法は、消費エネルギーとCO₂排出量がいずれも鉄の約10倍に達し、生産性も高まらないことが大きな課題である。これを解決し、我が国の CF の国際競争力を維持・強化するために、本研究においては、酸化工程を必要としない全く新しい CF 原料 (前駆体高分子化合物) の探索・設計および合成を行うとともに、マイクロ波等による新規な炭素化技術の開発、ならびに炭素繊維の力学特性等評価手法の開発を実施する。

本年度は、縮合多環芳香族系ポリマーの改良により、炭素繊維として引張弾性率、破断伸度を向上させる新規炭素繊維前駆体の開発を行った。その結果、引張弾性率については、中間目標値である235GPa を超え、焼成条件等によって270GPa を超えるものが得られた。また、マイクロ波照射によって効果的な発熱を実現できる条件を明らかにするとともに、前駆体物質のマイクロ波による加熱メカニズムやそれによる炭素化の解析に適合した新しい分析評価法を同時に開発した。炭素繊維材料の力学的特性評価手法に関しては、ねじり試験、横方向圧壊試験、三点曲げ試験等についてテスト報告をまとめた。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】炭素繊維、耐炎化、炭素化、ポリアクリロニトリル (PAN)、炭素繊維強化プラスチック (CFRP)

【研究題目】HFCV GTR Phase2における水素適合性試験法の審議に必要な材料評価データの取得・解析

【研究代表者】飯島 高志 (創エネルギー研究部門)

【研究担当者】飯島 高志、安 白、孫 正明、
榎 浩利、中道 修平

(常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

2013年4月以降、国連基準 HFCV GTR Phase2 (燃料電池自動車の世界統一技術基準の第2フェーズ) の審議が開始され、自動車用圧縮水素容器などについての審議に必要な適正なデータを揃え、国際合意の下で国内基準の適正化と国際基準調和ならびに国連基準と調和した国際標準化活動を行うことが急務となっている。その際、自動車用圧縮水素容器の安全性を保持し、コスト削減、量産性向上、国際競争力強化などもあわせて成立させる必要から、使用可能な材料を探索するための材料評価と試験法の開発を行い、国際基準等に適用できる材料試験法の確立が求められている。本事業では、HFCV GTR Phase2における水素適合性試験法の審議に必要な材料評価データの取得および解析を行う。そのために、試験材料の選定、低歪み速度引張(SSRT)試験や疲労試験などの材料試験方法の策定、および水素ガス圧力、温度などの試験条件について検討し、高圧水素ガス環境下での材料試験を実施する。

平成27年度は、水素適合性試験法作成のための高圧水素ガス中材料試験装置に求められる仕様、試験項目、ならびの試験材料、試験片形状、試験スケジュールについて関係機関と協議を行い決定した。また、上記試験装置の導入を図るとともに、既存の大気中疲労試験機を改造し、疲労寿命試験条件を明らかにした。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】燃料電池自動車、水素適合性試験、国連基準、国際基準調和

【研究題目】新規ベクターの開発および GMP 準拠作成、目的遺伝子の搭載

【研究代表者】中西 真人 (創薬基盤研究部門)

【研究担当者】中西 真人、吉田 尚美
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

約7,000あると言われている遺伝性代謝疾患の原因遺伝子の解明が進み、欧米では遺伝子治療薬が次々と承認されて、これまで実験的な医療と考えられてきた遺伝子治療が実用化に向けて再び注目を集めている。血友病 A は、血液凝固第8因子の欠損によって引き起こされる疾患で、血液製剤や組換え第8因子が治療に使われているものの、患者は一生、凝固因子の注射を受けなければならず、その QOL は低い。さらに、第8因子製剤は高価で、生涯に必要なとされる医薬品の薬価は一人当たり数億円に上り、医療経済上の問題とされている。本研究では、筑波大学医学部と共同で、従来の問題点を解決できる血友病 A の遺伝子治療を目指した。血液凝固第8因子をコードする cDNA は長さが7.2k 塩基対と巨大であるため、従来のウイルスベクターでは遺伝子導入が困難であった。また、第8因子全長 cDNA を発現しても産生される凝固因子の量は極めてわずかであった。本年度は、

産総研が新たに開発したステルス型 RNA ベクターに血液凝固第8因子 cDNA と新規遺伝子を同時に搭載することで、第8因子の持続的な高発現を実現した。また、動物への投与実験を行い、少なくとも免疫不全マウスでは1か月以上の遺伝子発現の持続を観察することができた。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕遺伝子治療、血友病 A、血液凝固第8因子、遺伝性代謝疾患、RNA ベクター

〔研究 題目〕マウスを用いた宇宙環境応答の網羅的評価

〔研究代表者〕栗崎 晃（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕栗崎 晃、高田 仁実（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

微小重力状態における内分泌系ホルモン等の変化は、骨代謝や循環器系の制御、生殖機能等様々な身体機能に影響を及ぼすことが示唆されている。本研究では、宇宙空間の微小重力状態に暴露されたマウスのホルモンの変動について、特に、内分泌系器官である、甲状腺、副腎、下垂体、脂肪組織等を材料にして、マイクロアレイによる網羅的な遺伝子発現解析を実施する。また、末梢血を材料に解析し、実質組織での解析データと突き合わせることでその因果関係を検討する。本研究では、宇宙空間で微小無重力状態に暴露された貴重なマウスを行うのに先立ち、これらの実験で正しいデータを高い精度で測定するためのアッセイ系の検証実験を行ってきた。これまでの地上コントロール実験で、宇宙空間で飼育する特殊な飼育装置を用いて飼育したマウスの甲状腺、副腎、下垂体、脂肪組織等の遺伝子発現を解析し、特に大きな異常がないことを確認し、その他の組織のデータとともに、*Experimental Animals* 誌で報告した。また、遠心機を用いた過重力実験を行い、特に脂肪組織で湿重量が低下し、遺伝子発現も変動していることを確認している。今後、これらのデータをさらに詳細に解析する予定である。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕組織、遺伝子発現、重力

〔研究 題目〕保存血清のメタボローム解析による疾患診断の有用性の検証と応用（オーダーメイド医療の実現プログラム）

〔研究代表者〕成松 久（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕成松 久、久野 敦、吉田 真樹（常勤職員1名、他2名）

〔研究 内容〕

慢性関節リウマチの病変に伴う糖鎖変化が、血清中に微量に含まれる病変部位由来タンパク質（タンパク質 M）上で生じるかを検討するために、これまでにレクチンアレイによる比較糖鎖解析系を構築し、昨年度にはリウマチ患者30例に対する解析を行い、リウマチの活動

性に相関のある糖鎖変化の検出を4つのレクチンのシグナルパターンの違いで説明することに成功している。本年度は、病変に伴うタンパク質 M 上の糖鎖変化の臨床的意義をより詳細に検証するために、100症例以上の保存血清を用いた解析を実施することを目標にし、結果として153例の保存血清を新たに解析した。まず上期は昨年度に引き続き、慶應義塾大学より提供いただいた保存血清サンプルを用いて、以下の検討を行った。①リウマチ患者固有の糖鎖変化を別コホートで検証するために、リウマチ患者60症例分の血清を準備し、同様の実験を行った。その結果、別コホートでも活動性に伴う同一の糖鎖変化が得られた。②血清中タンパク質 M が高値になりやすい疾患群および健常人の血清を準備し、レクチンアレイ解析を行った。その結果、新たに1つのレクチンのシグナルを加え、5つのシグナルパターンで比較することで、関節リウマチとの鑑別が困難とされていた他の疾患群をより明確に鑑別することができることがわかった。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕バイオマーカー、慢性疾患、糖鎖、レクチン

〔研究 題目〕「ペロブスカイト系革新的低製造コスト太陽電池の研究開発（新素材と新構造による高性能化技術の開発）」のうち「界面制御技術」

〔研究代表者〕近松 真之（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕近松 真之、村上 拓郎、カザウィ サイ、宮寺 哲彦、小野澤 伸子、舩木 敬、佐山 和弘、反保 衆志、鯉田 崇、杉田 武、西原 佳彦（常勤職員9名、他2名）

〔研究 内容〕

有機無機ハイブリッド（ペロブスカイト）太陽電池は、ここ数年で急速な効率向上が見られ、塗布プロセスで作製可能なことから、低コスト次世代太陽電池として注目を集めている。本研究開発委託事業は革新的低コスト太陽電池の本命であるペロブスカイト太陽電池の実用化を目指すものであり、研究項目としては界面制御技術を担当する。ペロブスカイト太陽電池の積層材料界面に、界面修飾材料を導入し、材料界面における電荷再結合および直列抵抗成分を制御し FF を向上させることによる高効率化を目指す。

電子輸送層であるチタニアとペロブスカイト界面について、四塩化チタン処理により効率が向上することが知られているが、この四塩化チタン処理の条件とその効果について詳しく検討し、処理によってチタニア伝導帯端（CBE）準位の制御が行えることを見出した。またフラーレン系界面修飾材料を検討し、電子移動効率を向上できる新規材料を見出した。独自に合成したカルボン酸

を導入した界面修飾材料を用いた際に13.9%の変換効率が得られた。正孔輸送層とペロブスカイト界面に対してはピリジン系界面修飾材料の導入を検討し、開放電圧の向上とヒステリシス低減が見出された。またレーザー蒸着法を活用して界面の違いによる結晶成長の変化について検討し、ヒステリシスがほぼ見られないセル構造を得ることができ16%の変換効率が得られた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ペロブスカイト太陽電池、有機無機ハイブリッド太陽電池、界面制御、界面修飾材料

【研究 題 目】 平成27年度環境研究総合推進費「1,4-ジオキサンの環境動態の把握に基づいた土壌調査法の開発に関する研究（1,4-ジオキサンの土壌中における生物・化学反応の検討）」

【研究代表者】 川辺 能成（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】 川辺 能成、坂本 靖英
（常勤職員2名）

【研究 内 容】

1,4-ジオキサンの土壌層や帯水層における環境動態は未解明な部分が多く、概況調査が困難となっており、新たなスクリーニング調査法の開発が求められている。そのためには環境中での複雑な移動現象や反応現象を定量的に評価することが重要である。そこで、本研究では移動性評価に重要な因子となる生物反応に関するパラメータを取得し、生物反応や吸着挙動を考慮した移動特性評価を行った。

1,4-ジオキサンの微生物（*Pseudonocardia dioxanivorans*）による分解速度は重金属類や有機塩素系化合物の存在により低下した。特にヒ素存在下では、完全に分解されるまでの時間が存在しない場合と比較して長くなっており、著しく阻害されることが明らかになった。一方、得られた微生物分解に関するパラメータ等を用いて実汚染現場における1,4-ジオキサンの移動特性を評価したところ、微生物分解を考慮する場合においては明らかな1,4-ジオキサン濃度の低下ならびに汚染の拡大の抑制効果が得られた。今後、共存物質や共存微生物の影響を明らかにし、微生物による1,4-ジオキサン分解の反応モデルを構築することが重要と考えられた。

【領 域 名】 エネルギー・環境、地質調査総合センター

【キーワード】 1,4-ジオキサン、微生物、分解速度、重金属類、有機塩素系化合物、移動特性

【研究 題 目】 金属鉱床タイプ別 SIP 法電気探査法の実用化に関する研究

【研究代表者】 高倉 伸一（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】 高倉 伸一（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、金属鉱物ごとの複素比抵抗（SIP）測定と周波数特性の検討を行っている。これまで実施した銅・鉛・亜鉛の精鉱を混合した人工試料の SIP 測定結果では、鉱物によって異なる比抵抗や位相の周波数依存性を示すものの、純粋な金属鉱物粒子による SIP 効果はフィールドでの IP 法電気探査結果から予想される値より小さいことが確認されている。そこで、それぞれの精鉱に黄鉄鉱粒子を混合させた人工試料を作成して SIP 測定を行った。この場合、黄鉄鉱の含有量に応じた顕著な SIP 効果が観察された。したがって、SIP 効果は金属鉱物そのものより、硫化鉱物などの特定の鉱物の存在に大きく依存されると考えられた。また、天然の黄銅鉱や閃亜鉛鉱や方鉛鉱などの鉱石の SIP 測定結果では、個体差があるものの鉱石によって周波数依存性が異なることが確認されている。そこで、対照実験として鉱化作用のない一般的な岩石試料の SIP 測定を実施した。この際、測定に使用する電位電極の影響を評価し、できるだけ正確な測定ができるように努めた。その結果、一般的な岩石でも SIP 効果はあること、岩石によって周波数依存性が異なることが確認され、SIP 効果は岩石を構成する鉱物の種類や大きさの影響を受けると推測された。さらに、釜石鉱山と小坂鉱山の鉱石の SIP 測定を実施し、SIP 効果の周波数変化は硫化鉱物が脈状にある場合と鉱染状に分布している場合とで大きく異なることを明らかにした。これらの結果は、SIP 法によって岩石中に含まれる鉱物に関する情報が得られること、特に硫化鉱物の量や分布形態の違いは有意に識別できるということを示唆しており、従来の IP 法電気探査より SIP 法電気探査は金属鉱床タイプの識別に有効であると判断できた。

【領 域 名】 地質調査総合センター

【キーワード】 調査技術、SIP 法電気探査、鉱床タイプ、金属鉱物、複素比抵抗

【研究 題 目】 三軸圧縮応力下に頁岩注水破壊に関する研究

【研究代表者】 雷 興林（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】 雷 興林（常勤職員1名）

【研究 内 容】

近年、中国四川盆地におけるシェールガス開発など地下深部の貯留層に水を注することにより、大規模な注水誘発地震が発生している。本研究では、中国科学院岩土力学研究所の委託を受け、現地から採集した頁岩などの岩石試料を用いて室内注水破壊実験を行い、これらの岩石の力学・水理学的な特徴を明らかにする。室内実験結果と現場誘発地震観測データを統合的な解析を行い、注水誘発地震の発生機構と発生条件を解明すれば、被害性誘発地震を回避する技術の開発がありうると考えられる。本年度は、原生界苦灰岩と頁岩試料を用いた破壊実験を実施し、これらの地層に誘発地震が発生し易い要因を究

明した。次年度は、中生界地層から採集した岩石を中心に実験研究を展開する予定である。

〔領 域 名〕地質調査総合センター、エネルギー・環境

〔キーワード〕シェールガス、注水誘発地震、水圧破碎、岩石実験、AE、亀裂

〔研究題目〕Exp.346中新世以降のアジアモンスーンに対する日本海の応答

〔研究代表者〕多田 隆治（東京大学）

〔研究担当者〕池原 研、板木 拓也、杉崎 彩子（地圏資源環境研究部門）

（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、IODP Expedition 346で日本海及び北部東シナ海から採取された掘削試料の層序対比を完成させ、年代モデルを構築するとともに、各種表の変動の相互関係及び日本海の表層・深層循環の変動との関係を調べて、中新世以降の東アジアの偏西風軸位置と夏季モンスーンや冬季モンスーンの強度、空間分布、アジアモンスーンに対する日本海の応答の変遷を明らかにすることを目標とする。本年度は東シナ海と日本海南部の浅海のサイトを除くサイトの1.5Maまでのサイト間対比の一次版を完成させた。また、この作業に応じて、各年代モデルの再検討を行った。また、OSL年代測定、放散虫群集解析、IRD解析やタービダイトの分析を行い、環境復元のための基礎データを得た。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕日本海、アジアモンスーン、IODP、古環境

〔研究題目〕超高性能多層膜光学フィルタの開発

〔研究代表者〕桑原 正史（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕桑原 正史、福田 隆史、斉藤 央（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、静岡県先端企業育成プロジェクト推進事業費補助金「超高性能多層膜光学フィルタの開発」の一環であり、日本真空光学（株）との共同研究となる。日本真空光学（株）では、高性能な誘電体多層膜フィルタを開発し、産総研はそれを評価するための分光光度計を開発という計画である。今年度の秋からプロジェクトが開始となった。日本真空光学（株）では、多波長成膜モニターの開発、ロードロック機構による高品質な成膜を目指し、現在開発や装置構築を行っている。産総研で開発する分光光度計に関しては、仕様の決定（波長分解能、最適な検出方法検討など）を行い、来年度からの開発の準備を行った。また、フィルタを構成する材料の光学特性を分光エリプソメーターで測定、組成分析のための分析技術取得といったことを実行した。

〔領 域 名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕光学フィルター、分光光度計

〔研究題目〕先進パワエレデバイスと時分割変調を活用したマイクロ波応用フロー化学装置の開発

〔研究代表者〕則包 恭央（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕則包 恭央、阿澄 玲子、小山 恵美子、杉山 順一、久保 利隆（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

本研究テーマでは、先進パワエレデバイスと時分割変調を活用したマイクロ波フロー化学装置を開発し、医薬品用途での難合成等の短時間高収率合成の可能性を、エンドユーザーの参加を交えて実証し、研究開発効率の向上、生産プロセスでの環境にやさしく、エネルギー負荷の少ないプロセスへと展開し産業競争力向上に寄与することを目的とする。

本研究の最終目標は、パワエレデバイスである GaN と時分割変調 PWM を用い、有機合成におけるエネルギー消費率を、シリコン基板タイプ連続発振方式 CW に比べ、半分以下にするマイクロ波応用フロー化学装置を開発し、難合成といわれる合成が短時間高効率でできることを実証することに置く。

今年度は、出力同調制御の開発を目的として、出力の異なるマイクロ波フロー化学装置を用いた有機合成反応の基本性能試験として、出力（50 W および 100 W）および共振器の大きさが異なる装置について、有機エレクトロニクス材料の合成方法として有望視されている、鈴木-宮浦カップリング反応に着目し、この反応を用いて装置性能試験を実施した。その結果、チオフェン誘導体の合成において、数分の反応で最大84%の収率を達成した。

一方、本検討で使用するマイクロ波加熱装置は共振器型であり、共振周波数と発振周波数の同調が鍵となる。前述の反応を行うに当たり、フロー流路サイズと共振器サイズの選定を行い、共振周波数が照射可能周波数の範囲内に収まるためのシミュレーションを検討した。その結果、出力同調制御のための装置側条件の最適化に成功した。

〔領 域 名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕有機合成、マイクロ波、フロー化学

〔研究題目〕放射線計測に関するカリキュラムの試作

〔研究代表者〕伊藤 賢志（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕伊藤 賢志（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、平成27年度国際原子力人材育成イニシアティブ事業「教員養成系大学の特長を活かした高度原子力教育カリキュラムの開発」（以下、原子力教育 PJ）

にて計画する実施項目②カリキュラムの試作における実施プログラム「放射線計測に関するカリキュラムの試作」に資するため、光電子増倍管や半導体検出器を用いた放射線計測による実験データを取得する。原子力教育PJで計画するカリキュラムのうち、「放射線安全取り扱い」と「食品への影響」にかかる研究開発を行う。

本年度は、放射線強度距離依存性と遮蔽効果、及び放射性セシウムを含む玄米の認証標準物質の計測に関する測定条件を調べた。放射線防護の三原則に関わる三要素（「時間」、「遮へい」、及び「距離」）の実証実験のため、標準ガンマ線線源を用いて、(1) 計数率の決定、(2) 鉛と高分子のガンマ線透過率の決定：遮へい効果の確認、(3) 計数率の距離依存性：逆二乗則の確認、をそれぞれ行った。また、環境放射能測定用標準物質のガンマ線分光測定を行ったところ、通常環境下での測定ではバックグラウンド成分を考慮する必要があることが分かった。以上の結果、実習実験で行うための測定条件を明らかにすることができた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】放射線計測、ガンマ線分光、放射線防護

【研究 題 目】光生物学的安全性リスク評価のための実用計測技術および評価装置の開発

【研究代表者】 蒔 洋司（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】 蒔 洋司（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、光源製品等に対する光生物学的安全性リスク評価に供するための、高い測定精度と実用性を兼ね備えた新しい評価技術を開発し、国際認証で主に用いられている従来型のハイエンド評価装置と同等以上の信頼性を有し、かつ、装置の小型化や簡易評価機能の導入による、コスト・操作性・拡張性にも優れた実用評価装置を実現することを目的としている。

H27年度は、光生物学的安全性リスク評価に用いる参照値を取得・検証するための標準測定系を構築し、LED や放電ランプをはじめとする代表的な光源を対象とした評価データの取得を行い、参照値の妥当性検証を行った。さらに、実用評価装置の主要な構成要素となる分光放射計や積分球に対する特性評価システムを構築し、装置パラメータを検討するためのデータ取得を可能とした。また、評価データの妥当性に大きな影響を与えらる分光放射輝度および輝度測定に対して、視野角に代表される測定の幾何条件、および測定距離に対する測定値の依存性に関する基礎データの取得を行い、測定方式の最適化に向けた検討を行った。これらの成果により、次年度以降に計画している、実用評価装置のプロトタイプ開発に必要な、基本要素技術を確認した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】光生物学的安全性、リスク評価、放射測

定、眼傷害、網膜傷害、皮膚傷害

【研究 題 目】小型加速器を用いた逆コンプトン散乱光源による最適なイメージング手法の開発

【研究代表者】 黒田 隆之助（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】 黒田 隆之助、平 義隆、安本 正人
（常勤職員3名）

【研究 内 容】

小型加速器を用いたレーザーコンプトン散乱 X 線源は、X 線領域において、微小光源で、かつ準単色性のある小型光源という特長を持っており、タルボ干渉法等の位相イメージングの実用化を目指している。今年度は、S バンド小型リニアック施設の電子ビーム発生装置及び衝突用レーザーの要素技術研究を行い、レーザーコンプトン散乱 X 線像の再構築実現に向けた X 線源と計測システムの高度化を実施した。まず、基準信号系に対し、周波数通倍器を省略し、位相ノイズを軽減するために、高精度なベクトル信号発生器を導入した。また、レーザー発振周波数と高周波信号との同期系を、分周波ではなくダイレクトなリファレンス高周波信号に改良した。これらにより、高周波信号とレーザー信号との時間ジッターを低減することができ、長時間安定度もレーザーコンプトン散乱 X 線による長時間イメージングにも耐えうる安定度を実現した。また、レーザーと電子ビームの同期系では、レーザー位相調整に切り替え式（サブ ns～数 ns）を導入し、電子ビームバンチとレーザーパルスとの衝突の際、問題となっていたパルス間隔により必要とされる同期制御時間幅と、光学遅延可能幅との間を埋める調整が可能となった。これらの高度化により、次年度以降、レーザーコンプトン散乱 X 線像の実現に向けた目途が立った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】レーザーコンプトン散乱、単色 X 線源、位相イメージング、タルボ干渉計

【研究 題 目】高画質で小型軽量の卓上 X 線3D スキャナの開発

【研究代表者】 加藤 英俊（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】 加藤 英俊、鈴木 良一
（常勤職員2名）

【研究 内 容】

X 線源と X 線検出器の両方がバッテリーで駆動可能な、産総研で開発した小型軽量な非破壊検査用 X 線源と共同研究先で開発した高感度高精細な半導体 X 線イメージャを組み合わせて、従来装置と比較して小型で卓上設置が可能な X 線3D スキャナを試作開発することを目的とし、本研究開発においては、金属を含んだ産業製品の X 線イメージを撮影可能とするための管電圧200 kV への高エネルギー化、及び、スキャナ本体の小型軽量化を可能にするための X 線源軽量化を行う。また、パル

ス X 線発生の特徴が高くなると X 線管の発熱が問題となるため、X 線源の連続駆動限界試験を行い、冷却機構導入を検討する。さらに、3D スキャナ用に X 線源の駆動回路を調整し、高精細かつ小型軽量の X 線 3D スキャナの開発を行う。

本年度は針葉樹型カーボンナノ構造体電子源を用いた X 線管設計・製作を行い管電圧170 kV 以上（管電流1mA 以上）の目標に対し、管電圧170 kV 以上（管電流1.5 mA）における X 線出射に成功した。また、X 線源連続駆動試験を行うための装置（油槽）製作を実施し、次年度の連続駆動試験準備、および、X 線管単体での X 線出射試験によって管電圧200 kV の目途を付けた。さらに、X 線管と高電圧回路を一体化し、瞬時の X 線が発生可能なパルス X 線源を製作した。パルス X 線源と共同研究先が製作した CdTe 検出器との組み合わせによる X 線イメージ評価を行い、金属部材の X 線撮像に適していることを確認した。金属部材の撮像が短時間で可能であり、線量を低く抑えられることから、X 線3D スキャナ本体において重量物となる鉛（X 線遮蔽）部分は少なく、全体的に軽量の装置となることが見込める。今後、CCNS 電子源を用いた X 線管の管電圧200kV を実現するとともに、X 線源の駆動回路最適化、連続駆動および形状最適化（小型・軽量化）等の課題解決により、共同研究先による X 線3D スキャナ開発を支援する。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕カーボンナノ構造体、X 線源、非破壊検査、X 線 CT 装置

〔研究題目〕情報統合基盤サイト MEDALS における統合機能の開発

〔研究代表者〕福井 一彦（創薬分子プロファイリング研究センター）

〔研究担当者〕福西 快文、堀本 勝久（常勤職員3名）

〔研究内容〕

MEDALS は、経済産業省関連機関により実施された研究開発プロジェクトの成果等を整理し、ライフサイエンス分野における研究開発の促進に資するデータベースや解析ツールの情報配信を目的としているポータルサイトである。MEDALS の開発では、データベースの再構築による省庁間連携に向けて、選別された産業技術総合研究所のライフサイエンス関連データを対象として統一フォーマットへの変更（アーカイブ化）を行う。また、これまでに引き続き便覧及び横断検索の追加更新等を NBDC と連携し実施する。加えて、新規開発としては MEDALS 内の解析ツール等に関するオントロジー開発を行う。

・アーカイブ連携

データベースの再構築による省庁間連携に向けて

NBDC と連携して生命科学系データベースのアーカイブ化を促進することを目的とする。本年度は、産総研より ASTRA、fRNAdb、SAHG の3つのデータベースを選別し、アーカイブサイトから公開するためデータの変換やメタデータの整備を行った。

・MEDLAS 便覧と横断検索

経済産業省関連機関により実施された研究開発プロジェクトを対象として MEDALS より情報配信を行うことを目的として便覧や横断検索の更新を行う。産総研、NEDO、NITE 等の公開情報に基づき MEDALS データベース便覧・ツール便覧・プロジェクト便覧の更新（計62件増）を実施した。また容易に更新を実施できるように、エクセルで作成したファイルから便覧詳細の html を自動で作成するプログラム開発を行った。便覧更新に伴い、Hyper Estraier による横断検索のため、新規に MEDALS に登録されている全エントリーの est ファイルを作成し、NBDC へ提供した。加えて、Integbio データベースカタログにも新規情報を追加した。

MEDALS のクラウド運用を進めていく上で、ウェブサイトの脆弱性を回避するため、最新版の apache で動作するようにサイトの再構築を行った。

・解析ツールのオントロジー開発

MEDALS 便覧に登録されているデータベースやツールのオントロジーを作成し、MEDALS サイトで公開した (<http://medals.jp/medals.owl>)。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕情報統合、ワークフロー、セマンティック技術

〔研究題目〕特定の地域モデルにおける低炭素評価業務

〔研究代表者〕田原 聖隆（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕田原 聖隆、塚原 健一郎、文 多美、村松 良二、白石 靖（常勤職員2名、他3名）

〔研究内容〕

自動車用ゴム部品を対象に、CNF(セルロースナノファイバー)を適用していない従来品製造と CNF を適用した部品を製造する場合とを比較し、GHG(温室効果ガス)削減ポテンシャルを推計した。LCA 実施に必要なライフサイクルインベントリデータを構築するため、自動車とゴム部品のライフサイクルと GHG 排出量の分析範囲を原料の採掘からリサイクル及び処分までの6つの工程を設定した。CNF の使用有無による自動車用ゴム部品の LCA による GHG 排出量の削減ポテンシャルを2つのゴム製品を対象に CNF 含有率をそれぞれ設定し、CNF 添加による重量の削減率は、ゴム部品1と2とで各10%減・20%減・30%減、及び、5%減・10%減・15%減と設定した。これらの条件で、CNF が適用され

ない従来のゴム部品を使用する場合と CNF を適用したゴム部品を使用する場合を重量減少率ごとに設定し、両者間の GHG 排出量の差を推計した。その結果、CNF を適用することにより、ゴム部品の総重量は CNF を使用しない場合の1.225 kg/台から約7%~21%削減される。ゴム部品に CNF を補強材として導入する場合における GHG 排出量は、CNF の原料となるパルプの製造、及び、CNF 製造の2つの工程では、CNF を使用しない場合に比べて1.07 kg-CO₂ eq/台~1.23 kg-CO₂ eq/台増加した。しかし、ゴム部品に投入される既存素材の投入量が削減するため、ゴム部品の製造におけるトータルの GHG 排出量は2.06 kg-CO₂ eq/台~5.84 kg-CO₂ eq/台減少した。車1台のライフサイクル全体での GHG 排出量は、CNF を使用しない場合に比べて、それぞれ3.7 kg-CO₂ eq/台~13.5 kg-CO₂ eq/台減少した。削減率としては0.01%~0.03%であるが、CNF 使用によるゴム部品の減量化が、GHG 量の削減に貢献していることが示唆された。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 インベントリデータ、CNF、ゴム製品

【研究 題目】 水中アルキル水銀測定法の国際標準化のためのフェニル化前処理法の評価試験

【研究代表者】 重田 香織（環境管理研究部門）

【研究担当者】 重田 香織、中里 哲也
（環境管理研究部門）（常勤職員2名）

【研究 内容】

水銀条約の発効が予定されている中、水環境の管理においても水銀の残留や動態を把握することが必要である。特にアルキル水銀は水俣病の原因物質であり、環境基準などで規制されている。本研究は、ガスクロマトグラフ/質量分析法（GC/MS）によるアルキル水銀分析法について、国際標準規格（ISO）の提案に資する性能評価を行った。昨年度までに開発した GC/MS 法について、水中アルキル水銀分析の精度、検出下限値を評価した。その結果、メチル水銀およびエチル水銀はほぼ同等の分析性能があることが明らかとなった。また、分析条件を最適化することで、両化合物の各分析精度はそれぞれ10%以下と精度が高く、また、定量下限値は環境基準より低値にすることができた。次に、本法の環境水試料への適用性を評価するため、実際の海水試料へアルキル水銀を添加した試料を分析し、アルキル水銀の回収率を求めた。この結果、海水のように共存物質の種類が多く、かつ塩濃度が高い試料であっても、各水銀化合物は化学形態を保持し定量が可能であることを明らかにした。以上の結果から、本法は環境水中のアルキル水銀の定量法として有用であることが示された。また、今後は、本分析法の適用範囲を拡大するため、排水など他の水試料への適用を調査する必要があると考えられた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 水銀、アルキル水銀、微量元素分析、水質分析、標準化

【研究 題目】 蛍光式酸素濃度計 JIS 原案作成に伴う性能試験

【研究代表者】 佐藤 浩昭（環境管理研究部門）

【研究担当者】 佐藤 浩昭、愛澤 秀信、野田 和俊
（常勤職員3名、他2名）

【研究 内容】

主に工業用排水などの自動計測に関して、JIS K 0803（溶存酸素自動計測器）が制定されているが、もっと幅広い規定領域に応じた規格がユーザから求められていた。これに対して最近、気体・液体・溶剤の酸素濃度が測定できる蛍光式酸素濃度計が注目されている。これは、測定の際に酸素を消費しないため静止流体中の酸素濃度を計測できるうえ、高圧蒸気滅菌（オートクレーブ）環境にも耐えられ、気体中や土壌中の酸素濃度も計測できる。さらに、メンテナンスもほぼ不要であり、有機溶剤に対する耐性も有している。そこで、経済産業省が創設した“新市場創造型標準化制度”を活用して、国内中小企業が開発した蛍光式酸素濃度計の国内標準（JIS）化するために、原案作成委員会が発足した。本性能試験は、日本規格協会からの請負研究として、その原案作成に必要なデータ収集と技術的課題の抽出を行うために実施した。

試験では、規格の対象となり得る国内メーカーより提供された蛍光式酸素濃度計を複数台用いて、繰り返し性、応答性、安定性、耐久性の各項目について、JIS 原案の方法に従って評価を行った。また、試験過程で、原案作成当初は想定していなかった課題を明らかにした。試験結果は、JIS 原案及び解説の作成に反映された。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 蛍光式酸素濃度計、JIS、新市場創造型標準化制度

【研究 題目】 インドネシア国地熱開発における中長期的な促進制度設計支援プロジェクトのうち地質・地化学・物理探査

【研究代表者】 高橋 正明（活断層・火山研究部門）

【研究担当者】 高橋 正明、阪口 圭一（再生可能エネルギー研究センター）、内田 利弘（研究戦略部）（常勤職員3名）

【研究 内容】

国際協力機構が実施している「インドネシア国地熱開発における中長期的な促進制度設計支援プロジェクト」の一環として、インドネシア国エネルギー・鉱物資源省地質庁地下資源局の研究者に対して、地熱開発における地質調査、地化学調査、物理探査の現地調査法、機器分析法、解析法の技術指導を行った。また2015年8月にバンドンで開催されたセミナーにおいて、物理探査（MT 法

三次元解析)について講演を行った。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地熱、インドネシア、技術移転、地質調査、地化学調査、物理探査

〔研究題目〕排出ガス後処理装置の性能低下メカニズムに関する原因究明並びに触媒活性評価試験業務

〔研究代表者〕内澤 潤子 (省エネルギー研究部門)

〔研究担当者〕内澤 潤子、小渕 存 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

新長期規制適合ディーゼル車およびポスト新長期規制適合ディーゼル車の尿素を還元剤とした NO_x 選択還元触媒 (SCR) システムに搭載されているディーゼル酸化触媒 (DOC) について、長期使用後の触媒活性低下が問題になっている。本研究では、触媒の劣化状態の詳細把握を行い劣化の主要原因を明らかにすることを目的に検討を行った。

その結果、長期使用後の新長期規制適合触媒には硫黄が多く付着しており、また担体の細孔構造が変化していることが明らかとなった。このことから、劣化の主要原因は、使用過程における担体の硫酸塩化とその分解の繰り返しによる担体表面積の減少、そしてこれに伴う触媒活性成分粒子の担体内部への埋没であると推察された。一方、長期使用後のポスト新長期規制適合触媒では、触媒活性成分粒子が著しく凝集していることが明らかとなった。このことから、劣化の主要原因は、DOC の後段に設置されているディーゼルパティキュレートフィルタ (DPF) の高温再生処理の繰り返しによる触媒活性成分の表面積の減少であると推察された。

〔領 域 名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕ディーゼル、自動車、触媒、排ガス浄化、酸化触媒

3) その他収入

〔研究題目〕能動流体制御技術を用いたバーチャルブレード構築による風力発電システムの飛躍的な始動性及び設備利用率向上に向けた研究開発

〔研究代表者〕瀬川 武彦 (省エネルギー研究部門)

〔研究担当者〕瀬川 武彦、松沼 孝幸、湯木 泰親、小方 聡、藤野 貴康 (省エネルギー研究部門) 前田 哲彦 (再生可能エネルギー研究センター) (常勤職員3名、他3名)

〔研究内容〕

風車をはじめとする流体機械のエネルギー効率を飛躍的に向上できる革新的な流体制御デバイスの実用化を目指し、プラズマアクチュエータとファイバ Bragg グレーティング (FBG) センサを組み合わせた剥離流れフィードバック制御システムの性能評価を行った。能動流体制御素子としては従来のシート型プラズマアクチュエータに加え、3次元形状のタービンプレードに対して柔軟かつ安全に設置できるひも型を採用した。FBG センサにより得られたタービンプレード上の歪み信号は、本研究で開発した低光伝達損失の光ファイバロータリジョイント (FORJ) を介して静止部に導出され、剥離流れのリアルタイム解析によりプラズマアクチュエータ駆動信号を生成することに成功した。プラズマアクチュエータ及び FBG センサはロータ直径1.8 m の1 kW 級小型風車のタービンプレードに設置され、非接触電力伝送システムと組み合わせた剥離流れフィードバック制御システムの性能評価は、産総研つくば北サイトの周回試走路で実施された。様々な走行モードにより風速や風向変動を与え、剥離流れフィードバック制御システムの稼働/非稼働が発電量に与える変化を解析した結果、正味の発電量を増加させるための条件が明らかになった。

〔領 域 名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕流体力学、アクチュエータ、剥離制御、プラズマ技術、ファイバグレーティング、光ファイバロータリジョイント、非接触電力伝送

〔研究題目〕化学反応を駆動源とする超省エネ型・新規自励振動ゲルアクチュエータを用いた外部装置フリーのマイクロ流体素子の開発

〔研究代表者〕原 雄介 (機能化学研究部門)

〔研究担当者〕原 雄介 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本提案は、化学反応を直接的に力学的なエネルギーに変換して駆動する超省エネ型・新規自励振動型ゲルアクチュエータをマイクロポンプ等の動力源として応用することで、外部制御装置フリーのマイクロ流体素子を開発する挑戦的な研究課題である。マイクロポンプ等を駆動

させるゲルアクチュエータは、化学反応を駆動源とするため外部制御装置・外部電源を不要とすることを特徴とし、数ミリ程度まで小さくすることが可能である。ゲルアクチュエータの駆動周波数は、化学反応物の濃度や駆動温度によってコントロール可能なため、併せてポンプの輸送能力も制御可能な知見を得ている。また、このような微細なアクチュエータをプラスチック製のマイクロ流路内部に内包させることで、ポンプ一体化型マイクロ流路の作製に成功している。本年度は、ポンプ一体化型マイクロ流路の性能評価を行うとともに、ゲルアクチュエータの分子設計レベルからの改良、および駆動環境の改善検討を行った。今後は、本研究で得られた知見を病気等の即時診断に役立つマイクロ流路へと発展させることを狙って、ポンプ一体化型マイクロ流路専用の計測装置の開発等を行う予定である。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 高分子ゲル、ソフトアクチュエータ、マイクロ流路

【研究 題目】 製造プロセスの高度化に向けた多様環境対応型静電気計測技術の開発

【研究代表者】 菊永 和也（製造技術研究部門）

【研究担当者】 菊永 和也（常勤職員1名、他2名）

【研究 内容】

本研究では、様々な分野の生産現場における製造プロセスの静電気問題において、音波を用いた静電気計測技術を確立することで、これまで計測不可能な環境・プロセス中で静電気計測を可能にすることが目的である。これまで集束超音波デバイスと電界センサを組み合わせた静電気分布計測システムを開発してきた。平成27年度は、この開発した静電気分布計測システムにおいて、静電気分布計測時間の高速化を行った。

本研究では、帯電した対象物において、集束超音波を用いたインパルス励起と、誘起された電界のインパルス応答を用いることで、短時間かつ高精度で対象物の静電気を計測する技術の確立を試みた。そこでは285個の超音波振動子とフェーズドアレイ法により直径20 mmの集束超音波を発生させ、全超音波信号のON/OFF制御により対象物の一部をインパルス励起する技術を確立した。さらにこの帯電電荷をインパルス励起することにより誘起された電界を周波数解析し、不要な信号周波数を除くことで電界のインパルス応答の検出精度を向上させた。これらにより1点当たりの静電気の計測精度7%と、34ミリ秒の短時間計測を達成し、静電気分布計測時間の高速化技術を確立した。この集束超音波は1ミリ秒間隔で制御できるため、高速で集束超音波を走査することで、静電気二次元分布を短時間で計測する技術の開発に成功した。本技術は、その優位性から空間的制約の緩和によって、生産現場での様々な制約条件をクリアできる静電気計測として有望な技術であると考えられる。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 静電気、振動、集束超音波、誘起電界、製造現場

【研究 題目】 ヒト iPS 細胞を用いた飲料水の安全性評価技術の開発

【研究代表者】 谷 英典（環境管理研究部門）

【研究担当者】 谷 英典、中村 薫
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

従来の飲料水の水質検査では成分分析が中心となっており行われているが、未知物質を含む複数の物質が混在した場合、水の安全性を適切に評価する事は困難である。これに対し、生物を利用したバイオアッセイは、未知物質を含む水の有害性を総合的に評価することが可能である一方で、ヒトへの直接的安全性評価も重要であるが、基準となるようなアッセイ系は未だ確立されていない。本研究では、ヒトへの飲料水の安全性を直接評価できる技術の開発を行うために、ヒト人工多能性幹細胞（ヒト iPS 細胞）を用いた新規バイオアッセイを開発することを目的とする。ヒト iPS 細胞は、無限に増殖が可能で、細胞内に遺伝的な異常は生じておらず、元の細胞の性質・機能を維持している。従って、ヒト iPS 細胞は、水環境センシングのための世界標準株として確立する上で重要であり、大変有用かつ理想的なリソースであると考えられる。さらに、細胞内の生化学的現象をダイナミックに制御する分子であり、mRNA やタンパク質の上流に位置するものと考えられているノンコーディング RNA に着目した。以上より、本研究では、ヒト iPS 細胞、および、ノンコーディング RNA の性質を最大限に活かした、飲料水の安全性評価のための研究を遂行する。本年度では、ヒト iPS 細胞にモデル環境ストレスとして、過酸化水素、カドミウム、ヒ素、シクロヘキシミド等を24時間暴露することで、暴露後 RNA 発現量が著しく増加する長鎖ノンコーディング RNA として、多数の新規分子を同定することに成功した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 細胞、ノンコーディング RNA、バイオアッセイ

【研究 題目】 マイクロバブルとアルカリ水による代替フロン省エネルギー処理システムの開発

【研究代表者】 忽那 周三（環境管理研究部門）

【研究担当者】 忽那 周三、高橋 正好
（常勤職員2名）

【研究 内容】

代替フロンのうち、ヒドロクロロフルオロカーボン類（HCFCs）は、成層圏オゾン層保護のため国際的な規制により2020年または2030年までに放出量を全廃する

ことが取り決められている。段階的規制が既に開始されており、使用済みの HCFCs は回収され、通常焼却処理されている。一方、HCFCs のなかには、HCFC-22のようにアルカリ水中で比較的容易に加水分解 (OH⁻反応) する物質がある。しかし、HCFCs はアルカリ水に溶けにくいいため、溶ける過程が律速になり、通常の溶解方法では HCFC-22等のみかけの分解速度は遅い。本研究では、マイクロバブル技術を用いて、HCFC-22等が効率よくアルカリ水に溶ける条件をみつけることにより、HCFC-22等を加水分解処理できる、小型の省エネルギー処理システムの開発を目的とする。

27年度は、閉鎖循環式反応実験で観察された HCFC-22減少速度の OH⁻濃度依存性 (減少速度が OH⁻濃度に比例して増加しない現象) の追加実験の解析、およびマイクロバブル反応実験の準備を行った。追加実験 (アルカリ水を高速攪拌させた実験) の解析では、観察された OH⁻濃度依存性が気液界面物質移動律速のためであり、HCFC-22の加水分解反応速度が OH⁻濃度に比例することを確認した。また、マイクロバブル反応実験の準備では、内部標準を用いた HCFC-22の定量分析条件およびマイクロバブル発生装置からのガス捕集方法等を決定した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ヒドロクロロフルオロカーボン、加水分解、溶解速度、内部標準

【研究 題 目】 現場環境下で容易に測定できる水銀検知手法の開発

【代表研究者】 野田 和俊 (環境管理研究部門)

【研究担当者】 野田 和俊 愛澤秀信 (常勤職員2名)

【研究 内 容】

廃棄物の焼却や製鉄所・火力発電所等での石炭の燃焼に伴う排出物中の微量水銀問題が顕在化しているため、気相、液相の両方で利用可能な現場環境化下で容易に測定できる水銀検知手法の開発を目的として実施した。本検知手法は、水銀と金との反応 (アマルガム) を利用し、ng レベルの測定が可能な水晶振動子の微量天秤 (QCM) 技術 (質量変化→周波数変化) を活用し、大気の指針値と土壌・地下水など液相中の環境基準レベルの微量の水銀濃度をほとんど前処理無しで直接測定する検知手法について検討を進めた。

表面実装タイプの水晶振動子を新たに検知素子として活用し、1 μg/m³程度の検知感度の可能性が示された。また、測定流量が多いほど反応が進み高感度になるが、端子タイプ素子と比較すると小流量でも十分反応が進むことが示された、

小型ロガーを活用した個人ばく露測定システムを試作し、その有効性が示された。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 水銀、センサ、水晶振動子、環境計測、

ケミカルセンサ

【研究 題 目】 化学物質の健康影響を簡易・迅速に評価する RNA センサチップの開発

【研究代表者】 青木 寛 (環境管理研究部門)

【研究担当者】 青木 寛、助川 剛

(常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

化学物質の生体影響評価として有害性を評価対象として取り上げ、有害性と関連性の高い RNA のみの検出に絞る (フォーカスト・アレイ) と同時に、検出下限や選択性などの品質管理を中心に、RNA のより信頼性の高い簡便・迅速検出に必要な技術の開発することを目的とした。

RNA 配列の検出法は、省スペース・オンサイトの検出系の構築に便利な電気化学測定法をベースとしており、ターゲット RNA とプローブ人工核酸 (PNA) との間の配列選択的なハイブリッド形成の有無を、電極表面上の電気信号の変化に基づき、ターゲットの標識をせずに簡便・迅速に識別できる電気化学核酸センサ技術である。対象となる複数のターゲットの検出のため、この技術をさらに発展させ、アレイチップ化とパッケージ化へと推進する。また、チップ作製時の条件検討を行うことで、デバイスの定量性・再現性の向上を図る。

本研究では、配列選択的な分子認識により、末端フェロセンを有する人工核酸プローブに基づき、複数の RNA 配列に対するマルチ核酸センサの開発研究と測定評価とを行った。生体影響評価のバイオマーカーの1つである女性ホルモン様物質に対して発現亢進する RNA 配列をターゲットとしたところ、末端フェロセンの電気化学活性が大幅に減少することおよびこの信号変化は配列選択的であることを見出した。また、電極表面の活性化技術では、プラズマ処理および酸処理を組み合わせることで、マイクロ電極アレイチップ上の複数電極を再現性良く電極表面を活性化することに成功した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 化学物質評価、チップデバイス、電気化学センサ、バイオマーカー、DNA、RNA

【研究 題 目】 東日本大震災スペシメンバンクを用いた有害物質挙動解析と将来予測

【研究代表者】 山下 信義 (環境管理研究部門)

【研究担当者】 山下 信義、谷保 佐知、山崎 絵理子

(常勤職員2名、他1名)

【研究 内 容】

提案者が東日本大震災直後 (2011年4月) より現在まで収集している多様な環境試料 (津波たまり水、陸水、沿岸海水、土壌、深層海水、(日本海溝8000 m を含めた海底泥等) について、水溶性化学物質のトレーサーと

して PFOS 関連物質などの化学トレーサーを測定し、どのような経緯で陸上建造物・環境が破壊され、どのような化学物質が開放環境へ放出されたのか、また今後どのように推移していくのか定量的な予測を試みた。

震災直後、2011年7,8月に白鳳丸によって採集した表層海水中 PFOS/PFOA の濃度は前年度同時期に比べて明らかに高くなっていた。翌年2012年の同地点サンプル分析では2010年と同程度かいくらか低い濃度であったため、2011年の高濃度はなんらかのイベント現象であったと考えられる。興味深い事に、通常は沿岸よりも有意に低いはずの外洋海水中濃度が太平洋北西部で極大値を示した。環境省により公開されている「2011年7月における東日本大震災による洋上漂流物の漂流予測結果及び漂流物目視データ（2012年4月）」と PFOS/PFOA 分布を比較すると類似点が多い事がわかった。震災直後に沿岸海水に PFOS/PFOA がインプットされたと仮定し、外洋までの移動速度を計算すると445 km/月となり、漂流予測結果から算出されている500 km/月とほぼ同一の輸送速度が得られた。

これにより震災直後に高濃度の PFOS/PFOA で汚染された被災地沿岸海水が黒潮海流と表層風によって輸送され、約四か月後に外洋に到達したと考えられる。ただしこのようなイベント現象は再現性に乏しいため、より高度な科学的知見につなげるためには観測データの羅列だけではなく、異なったアプローチからの解析が必要である。

このため、ここで得られた観測値を用いて JAMSTEC「地球シミュレーター」による挙動解析シミュレーションを行った。その結果、東日本大震災によって破壊された陸上建造物より PFOS/PFOA が開放環境に放出され、津波によって洗い流される事で大部分が沿岸海水中に放出されたことが判明した。これが主に黒潮海流に合流する事で445 km/月のスピードで日本から南東方向へ輸送され、4か月後には外洋まで到達している。PFOA 汚染沿岸水は低密度表層海水へ希釈されながらも2011年9月には東経180度まで到達した。しかしその後の外洋海水への希釈により、2012年3月にはバックグラウンドレベルまで低下、追跡不可能となった。

本研究で特に興味深いのは、「地球シミュレーター」による計算結果から放出された化学物質質量、即ち震災前に陸上に保管・使用されていた PFASs 量が逆算できた点である。結果として「精密環境分析化学による高度観測結果」とシミュレーション研究の融合によって、東日本大震災「後」だけではなく、震災以前に遡った PFASs 動態解析が可能となった。この結果は現在進められている PFOS 含有消火剤の回収によって国内で生産使用された PFOS の大部分の環境放出を未然に防ぐことができることを示す貴重な科学的知見である。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 東日本大震災、PFOS、ペルフルオロア

ルキル化合物、地球シミュレーター

【研究 題 目】 可視～近赤外域に吸収帯を持つ量子ドットで増感したナノ構造二酸化チタンの創製と廃水浄化への応用

【研究代表者】 浦田 千尋（構造材料研究部門）

【研究担当者】 浦田 千尋、Raju Kumar Gupta
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

産業発展に伴う、環境破壊が深刻化している。中でも、有機物、無機物を含んだ産業／生活廃水による水質汚染の進行は、生活や産業に重大な悪影響を与え、人類だけでなく、生態系へも大きな影響を及ぼしている。このため、産業／生活廃水からこれら有害物質を取り除き、無害化あるいは環境負荷の低い物質に変換する技術の開発が求められている。特に、これらの廃水は多くの場合、油水混合状態であり、後の廃水無害化プロセスにかかる負荷を軽減するため、いずれかの成分を分離・除去する必要がある。近年、親水性や疎水性に表面改質されたフィルター・メッシュを用いた油水分離プロセスが、簡便・迅速な方法として注目されている。例えば、本研究グループでは、親水性を示すポリメタクリル酸と疎水性を示すポリステアリルメタクリル酸等のポリマーブラシを金属製メッシュに被覆し、これを用いた油水分離装置にて油水混合溶液の高効率分離を達成している。しかしながら、ポリマーブラシの作製には、通常、低酸素雰囲気、多段階の合成ステップ、合成のために多量の溶媒が必要であり、量産化やスケールアップには不向きである。そのため、より簡易的な方法で親水性・疎水性のフィルター・メッシュを作製する方法が望まれている。

本研究では、油水分離に有効なメッシュ・フィルターを簡便に作製することを目的とし、エレクトロスピニング法（電界紡糸・静電防止）に着目した。本手法は、高濃度ポリマー溶液を直接ナノファイバー状へ紡糸でき、紡糸中の電圧を制御することで、ファイバーの形態を用意にかえることができる。そこで、任意のポリマー溶液をエレクトロスピニングにより、紡糸し、油水分離可能なフィルター・メッシュの作製を試みた。また、得られたメッシュ・フィルターを高機能化するために、得られたフィルター・メッシュの無機物による機能化が可能であることを示した。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 環境浄化、ナノ粒子、エレクトロスピニング

【研究 題 目】 H₂TiO₃を原料に用いた V₂O₅-WO₃/TiO₂ 脱硝触媒製造法の開発

【研究代表者】 張 戦国（創エネルギー研究部門）

【研究担当者】 張 戦国、Yu Jian
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

反応用スラリーはその固形粒子含有量が25-35 wt%になるように所定量の工業 H_2TiO_3 (約60 wt%水と6 wt%硫酸を含有)、分散剤と水の攪拌混合により調製した。反応はまず所定量のスラリー原料をテフロン容器内装式小型オートクレーブに密閉し、180°C、200°Cまたは220°Cで2時間加熱処理することに行った。その後、高温のままに加熱処理後のスラリーに所定量のタングステン酸アンモニア塩とバナジウム酸アンモニア塩の水溶液を高圧液体ポンプにより順次に加え、同一温度でさらに10時間加熱処理した。反応後、室温にてスラリーを反応器から取り出し、濾過することにより固形の触媒前駆体を得た。さらにこの前駆体を450-650度の温度で3時間焼成することにより $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2$ 触媒を得た。焼成による触媒の細孔構造の変化はその表面積及び平均細孔径の測定より評価した。触媒の脱硝性能は粒状に成型・整粒した後、流通式固定床反応器を用いて行った。また、触媒の成型性を評価するため、その水スラリーの粘度を測定し、原料に用いた工業 H_2TiO_3 及びハニカム成型によく使用されるオリナイトの粘度と比較した。粘度測定には25 wt%の固形粒子を含むスラリーを使用した。これらの反応、評価試験により得られた結果は以下である。1) 180-220°Cの温度で12時間反応を行うことにより、触媒前駆体の焼成過程における重量減少率を3 wt%までに低下することが出来た。その結果、該前駆体による、機械的強度の要求を満たせるハニカム触媒の製造が可能となる。2) 触媒前駆体の粘度が原料 H_2TiO_3 のそれに比べ大きくなり、該前駆体による粘結剤無添加スラリーの調製が出来たようになった。3) 高温焼成後の $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2$ 触媒は50-60 m^2/g の表面積を有しており、試験温度域では高い脱硝活性を示した。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】排煙ガス、脱硝触媒

【研究題目】イオン性クラスレートハイドレートの工学利用に向けた熱力学性質とガス包蔵特性の解明

【研究代表者】室町 実大 (創エネルギー研究部門)

【研究担当者】室町 実大 (常勤職員1名)

【研究内容】

セミクラスレートハイドレートは300 K程度の温度でも生成することが可能な氷のような結晶固体であり、メタンや二酸化炭素などのガスを包蔵することができるため、空調技術およびガス分離技術への応用が期待されている。これらの技術はセミクラスレートハイドレートのガス包蔵特性および熱力学性質に基づくものであり、需要温度やガス包蔵量、ガス選択性を改善するためにはこれらを理解する必要がある。セミクラスレートハイドレートの生成には、テトラブチルアンモニウム塩などのイオン性ゲスト物質が必要である。本研究では、ハロゲン

イオンやカルボキシ酸などのイオン性ゲスト物質から生成するセミクラスレートハイドレートについて、熱物性測定と結晶構造解析を組み合わせた分析を行っている。

平成27年度までの研究により、ヒドロキシカルボキシ酸アニオンをイオン性ゲスト物質とするセミクラスレートハイドレートについて、融点や結晶構造、融解熱などの関係を明らかにしている。ヒドロキシ基により結晶構造が変化し、熱物性に対しても影響を与えていることが明らかとなった。ゲスト物質の分子構造により諸性質をコントロールする可能性が示されている。また、カルボキシ酸をアニオンとするテトラブチルアンモニウム塩のセミクラスレートハイドレートについて、メタンおよび二酸化炭素ガスの包蔵特性を調べている。これまでの研究で、セミクラスレートハイドレートの結晶構造に対する CH_4 および CO_2 ガスの適合性の全体像は捉えつつある。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】セミクラスレートハイドレート、メタン、二酸化炭素、蓄冷熱、ガス分離

【研究題目】ナノメートルサイズの Mg クラスタを利用した新規低コスト水素貯蔵材料の開発

【研究代表者】浅野 耕太 (創エネルギー研究部門)

【研究担当者】浅野 耕太 (常勤職員1名)

【研究内容】

水素化物 MgH_2 は体積および質量水素密度が高く、Mg 金属は低コストの軽金属であることから高密度水素貯蔵材料としての魅力が高いが、熱的な安定性が高いため水素の放出に高温を要する。過去の我々の研究により、Ti 基質組織中にナノメートルオーダーの Mg クラスタを生成させることができれば Mg 水素化物を不安定化できることを、薄膜試料を用いた実験により検証している。本研究ではさらなる Mg 水素化物不安定化を目指し、Cr を添加した Mg-Ti-Cr 系粉体合金を試作した。

平成27年度は、Mg-Ti-Cr 系合金を作製してその水素吸蔵放出性能を水素圧力 (P) - 水素濃度 (C) 等温線を測定することにより評価した結果、Cr 添加により平衡水素吸蔵圧力は上昇したものの、同放出圧力に変化はほぼ見られなかった。この結果は、過去の薄膜試料を用いた実験結果を考慮すると、Mg クラスタのサイズが Mg 水素化物の不安定化を発現するほど充分に小さくなっていない (目標1~2 nm であるがおそらく現状はその数倍) ことを示している。今後は粉体合金をボールミリング法にて作製する際に条件を変えて、Mg、Ti および Cr の混合を非平衡下でよりすすめることにより Mg 水素化物の不安定化を目指す予定である。また、本研究の基本材料である Mg-Ti 系合金について、その重水素化物 Mg-Ti-D を作製して固体 NMR 法にて Mg クラスタ構造を検出することに成功した。Mg-Ti 系合金を

初めに水素化する際に温度を300℃以上などに上げ過ぎると生成する Mg クラスターサイズが大きくなり、目的とする Mg 水素化物の不安定化効果が得られないことが分かった。平成28年度はこれまでの知見を基に、より小さな Mg クラスターを生成させると共に、昇温によりクラスターサイズの増大が起こらない条件を考慮しつつ、低コストの水素貯蔵材料開発を進める。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 水素貯蔵材料、核磁気共鳴法、クラスタ一構造、Mg 水素化物

〔研究 題 目〕 水蒸気を水素・酸素源として利用する重質炭化水素の軽質化技術の開発

〔研究代表者〕 麓 恵里（創エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 麓 恵里（常勤職員1名）

〔研究 内 容〕

在来型原油を石油精製する過程で副生する残油や、カナダのオイルサンドピッチュメン等の重質油は、有用な軽質油へ転換する際、水素の添加が有効である。しかし水素は高価であるため、本研究では水蒸気を水素・酸素源として利用する重質油の軽質化技術開発のため、ジルコニアとアルミナを含む酸化鉄触媒を用いて中東系常圧残油の接触分解を水蒸気雰囲気で行った。本反応では、酸化鉄触媒の格子酸素を介して水蒸気由来の酸素種と重質炭化水素が反応する酸化分解反応によって、軽質油や二酸化炭素、少量の残渣が生成する。水蒸気から酸素種が生成するとき、同時に水素種が生成し、この水蒸気由来水素種は軽質炭化水素や残渣等の生成物へ組み込まれると考えられる。ジルコニアは水蒸気からの酸素種と水素種の生成を促進する働きを示し、触媒のジルコニア含有量が増加すると軽質油の生成量が増加するが、同時に触媒上の残渣堆積量がやや増加する傾向がみられた。

触媒への炭素残渣の堆積は、触媒を長時間使用したときの活性低下を招くおそれがあることから、本年度は触媒の長時間使用について検討した。残油の接触分解反応実験を2~6時間の範囲で行った結果、2時間反応後と4時間反応後では重質炭化水素の分解活性に大きな変化はなく、6時間反応後にはやや低下した。初期段階では触媒表面に炭素残渣が堆積するが、触媒表面がある程度覆われると、さらなる堆積は起こりにくいことがわかった。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 重質油、酸化鉄触媒、水蒸気

〔研究 題 目〕 水素吸蔵合金の耐久性向上を目指した水素吸蔵放出に伴う空孔形成回復メカニズムの解明

〔研究代表者〕 榎 浩司（創エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 榎 浩司（常勤職員1名）

〔研究 内 容〕

水素吸蔵合金は体積当たりの水素密度が高いことから、

水素によるエネルギー貯蔵システムへの利用が期待されている。このようなシステムで水素吸蔵合金に求められる特性は、良好な繰り返し耐久性である。これまでの研究によって、水素吸蔵に伴って導入される格子欠陥の蓄積挙動と耐久性の悪化に相関がみられた。そこで、本研究の目的は耐久性を悪化させる格子欠陥の導入メカニズムを解明し、その知見を基に耐久性向上の方策を見出すことである。

今年度は $\text{LaNi}_{4+x}\text{Cu}$ および $\text{LaNi}_{3+x}\text{Cu}_2$ について *In-situ* での水素放出過程における X 線回折測定および陽電子消滅実験を行った。組成ずれが小さな試料では水素放出過程で明瞭な2相共存領域が存在した。一方、組成ずれの大きな試料でも単相では説明のつかない回折パターンの変化が見られた。c 軸方向に対する格子膨張量は化学組成のずれにあまり影響されなかったが、a 軸方向は比較的膨張が抑制され、2相共存領域での2相の格子定数の差（格子ミスフィット）も小さくなることを確認した。水素吸蔵・放出後の試料の陽電子消滅実験を行った結果、すべての試料で格子欠陥形成に起因した陽電子寿命値の増加が見られた。しかし、化学組成のずれの増加とともに陽電子寿命値の上昇が抑制される傾向にあった。すなわち、化学組成をずらしたことで、格子ミスフィットが減少し、蓄積される格子欠陥量が減少したことを示唆する結果が得られた。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 水素貯蔵、陽電子消滅、空孔、構造解析

〔研究 題 目〕 放射能汚染地域のバイオマス利用・高温減容化・灰分安定貯蔵のための灰分挙動解析

〔研究代表者〕 中西 正和（創エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 中西 正和（常勤職員1名）

〔研究 内 容〕

バイオマスを燃やすと、灰分は酸化物になり、常温に冷却すると水酸化物になる。セシウム・カリウム酸化物・水酸化物は水に溶けるため、放射能汚染地域で伐採された木材の多くが未利用のまま放置されている。

当グループは、三菱重工業株式会社と共同で15年以上噴流床型バイオマスガス化を研究している。その過程で、水蒸気+酸素雰囲気で行った高温処理（ガス化）すると、条件によってバイオマス中の灰分が安定な形態になることを見出した。高温でのセシウム・カリウム挙動を解析し、安定な形態になる条件を明らかできれば、ガス化処理によりセシウム等の長期安定貯蔵・現在未利用で放置されている放射能汚染地域のバイオマスの高温減容化・エネルギー利用が同時に可能となる。

平成27年度、熱天秤装置を用いて非放射性カリウムを種々の条件で高温処理し、処理後の試料を水に溶かした後 ICP 発光分光分析し、処理条件と試料中の K の水への溶解度に一定の傾向があることを明らかにした。さ

らに文献調査を行い反応と生成物を推定した。平成28年度、非放射性カリウムとバイオマスを混合・高温処理し、バイオマスとの相互作用等を検討する予定である。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕バイオマス、ガス化、灰分安定貯蔵

〔研究題目〕氷で制限されたナノマイクロ空間の分析化学

〔研究代表者〕山本 佳孝（創エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕室町 実大、半田 由衣子
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

空ケージを有するセミクラスレートハイドレートにおけるガス包接現象を利用し、ガス選択性と分離現象の解明を目的とする。昨年度は、ハイドレートを形成することが知られている CH_4 、 CHF_3 、 CH_2F_2 をサンプルガスとして、テトラブチルアンモニウムブロミドが形成するセミクラスレートハイドレート（TBAB-CH）を固定相とするガスクロマトグラフィーが方法論的に可能であること、ガス分子選択性はハイドレート生成のしやすさを反映している可能性があることを明らかにした。27年度は、1）実験系のさらなる改良と2）圧力制御によるガス分子の保持挙動変化を検討した。1）については、カラム温度の安定性等の実験系を改良することにより、測定の実験系の再現性を向上した。2）に関しては、 CHF_3 、 CH_2F_2 、 CH_4 をサンプルガスとして保持時間の圧力依存性を測定し、わずかではあるが圧力変化に伴って保持時間が変化することを確認した。しかし、サンプルガスの保持時間が短いため、それらの差を詳細に議論することはできていない。今後は、カラム長さまたは流速等を変えることによってガス分子の保持時間を長くし、ガス分子の圧力依存性を測定する必要がある。ガス分子の保持時間の圧力依存性を詳細に議論することができれば、未だ詳細には明らかになっていないハイドレートのガス分子認識に関わる情報を得られる可能性がある。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕TBAB ハイドレート、ガスクロマトグラフィー

〔研究題目〕色素増感太陽電池における電子移動機構の完全解明

〔研究代表者〕森 正悟（信州大学・繊維学部）

〔研究担当者〕船木 敬（創エネルギー研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

色素増感太陽電池は製造プロセスが容易なため、製造コストの大幅な低減が期待されている太陽電池の一つである。本研究では、色素増感太陽電池において重要な電子移動過程である色素から酸化半導体への電子注入機構とそれによって生成した色素カチオンの還元機構の解

明を含めた、動作機構の完全解明を目的として、高い光電変換効率を実現するための色素-酸化半導体-電解質間での電子移動過程のモデル化を目指している。

一般に色素分子は、酸化半導体表面と強固な吸着を可能とするためにカルボン酸などの結合基を分子内に有しており、酸化半導体へ速やかな電子注入を行うことができる。この酸化半導体への電子注入過程では、色素自身が持つ局所的なダイポール、または部分電荷が大きな影響を与える要因と考えられる。そこで、それらが電池特性に与える影響を明らかにするために、分子構造はほとんど同じであるが、結合基の付近に電子供与性の大きく異なる置換基を導入した有機色素を設計し、合成を試みた。置換基を導入していない色素を基準とした場合、電子供与性基を導入した色素を1種、電子吸引性基を導入した色素を2種、合計で4種類の新規色素を得ることに成功した。合成した色素を研究代表者に提供し、結合基の近くに導入した置換基により変化した色素のダイポールや部分電荷が電子注入や電池特性に与える影響を詳細に評価している。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕色素増感太陽電池、電子移動機構、有機色素

〔研究題目〕プラズモン増強効果を示す量子ドット分散微小球のゾルーゲル法を駆使した作製と評価

〔研究代表者〕村瀬 至生（電池技術研究部門）

〔研究担当者〕村瀬 至生、鎌田 賢司、川崎 一則、伊藤 民武（常勤職員4名）

〔研究内容〕

今までの高発光効率量子ドット分散ガラス微粒子作製技術を生かして、金属ナノ粒子を一定の厚みのガラス層で覆い、その周りに量子ドットを配置することで、プラズモン共鳴により蛍光増強効果を得ることを目的とした。まずは、目的の球形試料（直径数十ナノメートル）の分散液を作製し、スペクトル測定、三次元像を含む電顕観察、数値解析、FDTD（Finite-Difference Time-Domain、時間領域差分）法によるプラズモンによる電場増強計算および関連の文献調査を進めた。

相互作用を説明するためのエネルギー状態図（ヤブロンスキーダイアグラム）で、金ナノ粒子がないときの量子ドットのパラメータ（電場強度、吸収断面積、輻射遷移速度、無輻射遷移速度）および金ナノ粒子が加わったときのこれらパラメータの増分（合計8個）を用いて実験結果を解析した。蛍光増強が最大になる条件を得るために、金ナノ粒子の粒径、励起波長などの実験の条件を用いてさらに FDTD 計算を行って電場強度の増分をガラス層の厚みの関数として求めた。しかし、今回用いた金ナノ粒子直径（20 nm 程度）では光吸収による効果が大きく、蛍光強度増大につながる電場強度の増分がほ

とんどないことになった。

一方で文献調査から、今回のような球形ではなく平面状試料（金ナノ粒子と量子ドットを一定間隔をおいて敷き詰めた構造）で、今回の実験と類似の条件（金ナノ粒子サイズ、励起波長等）において同等の粒子間隔（10 nm 強）で最高の蛍光増強（2倍程度）が確認されている。このため、計算方法についてさらに検討を進めた。また、関連の学会発表と今回のデータを比較した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 金、ナノ粒子、量子ドット、ガラス、プラズモン共鳴、蛍光、増強

【研究 題 目】 メカノケミカル法によるナトリウム含有金属硫化物の新結晶相創製

【研究代表者】 作田 敦（電池技術研究部門）

【研究担当者】 作田 敦（常勤職員1名）

【研究 内 容】

金属硫化物系電極を用いるナトリウム二次電池は、低コストかつ高エネルギー密度な電池として期待されている。しかし、現状においては、硫化物系高容量電極材料の探索は十分に行われておらず、ことさらナトリウムを含有するものに関してはほとんど報告例がない。本研究では、ナトリウム二次電池用高容量電極材料の開発の一環として、メカノケミカル合成法によってナトリウムを含有する金属硫化物の新結晶相の探索を行った。

今年度はアルゴン雰囲気グローブボックス中で、ナトリウム源、硫黄源、金属源の試料を秤量し、大気非暴露用の容器を用いたボールミル処理を行うことで、ナトリウム含有金属硫化物を合成した。チタン、ニオブ、ジルコニウム、スズのナトリウム含有金属硫化物の探索を行った結果、チタン系及びニオブ系においては、非晶質または極めて低結晶性の材料が得られた。一方で、ジルコニウム系においては、新結晶相の析出が確認された。ナトリウム含有金属硫化物では、リチウム含有金属硫化物よりも導電率が低いものが多く得られたが、ニオブ系においては、高導電率の材料も得ることができた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 二次電池、ナトリウム電池、革新電池、硫黄、正極、メカノケミカル法

【研究 題 目】 リチウム資源問題を解決する常温作動型ナトリウム二次電池の開発

【研究代表者】 片岡 理樹（電池技術研究部門）

【研究担当者】 片岡 理樹、高浜 恵美子

（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

リチウム二次電池の電荷担体を資源豊富なナトリウムに置き換えることができると、資源偏在性のあるリチウムを用いず、かつ比較的高エネルギー密度な二次電池を実現可能である。本研究では、高容量かつ長寿命なナト

リウム二次電池用正極材料の探索・合成し、電極材料の高性能化を目指すとともに、充放電メカニズムの解明を目的としている。

通常、電極活物質は、焼成プロセス等により原料を反応させたものを使用する。

今年度は、このような焼成プロセスを用いず、原料を混合した状態のまま電極を作製し、充電時の電気エネルギーを利用して、ナトリウム挿入脱離可能な電極活物質の合成を試みた。原料として過酸化ナトリウム、遷移金属硫化物として Mn_3O_4 を用いた場合、高容量なナトリウム正極材料となることがわかり、現行のリチウム二次電池材料のエネルギー密度と同等の約550 Wh/kg（正極活物質重量あたり）の初期エネルギー密度が得られることがわかった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ナトリウム二次電池、省レアメタル、正極材料、高容量材料

【研究 題 目】 レドックスフロー電池を応用した間接型燃料電池

【研究代表者】 城間 純（電池技術研究部門）

【研究担当者】 城間 純、山崎 眞一、村井 嘉子
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

本研究は、2種の酸化還元対溶液を循環させて発電するレドックスフロー電池と、それら2種の溶液をそれぞれ燃料と空気との化学反応により再生する再生反応槽とを組み合わせるにより、間接型燃料電池と呼ぶべきシステムを完成させるとともに、そのシステムの優位性を示すためのキーとなるいくつかの課題を解決するためのものである。

本研究の特徴である「3重構造セル」を用い、蓄電池モードの運転において安定した充放電サイクルを可能にした昨年度の到達点を踏まえ、本年度は本研究の目的である「間接型燃料電池」としての定常運転を行なった。アノライトに用いるメディエーターの候補として昨年度新たに検討したヘテロポリ酸の一種は、反応過電圧が著しく小さいという利点があったが、酸化・還元サイクルに伴い劣化してしまう問題点が生じた。しかしながら、蓄電池としてではなく間接型燃料電池として用いる場合には負極電位は水素電極電位を下まわらないと考えられることから、そのような電位範囲に限定して運転したところ、酸化・還元サイクルによる劣化が抑えられることがわかり、「間接型燃料電池」モードでの使用は可能であると結論した。カソライトのメディエーターを酸素で酸化するための触媒として、昨年度は金属白金を用いており、省貴金属化を実現するための燃料電池としてのデモンストレーションは実現できていなかったが、本年度は、固体高分子型燃料電池の空気極触媒として検討されてきたことのある、貴金属を含まないある種の炭素材料

を固体触媒として用いた。これらのことから、アノライト側・カソード側ともに電解液再生反応槽に省貴金属型の触媒を採用することが可能になった。以上の結果を組み合わせ、アノライト再生槽に一酸化炭素と水素の混合ガスを、カソード再生槽に酸素ガスを供給しながら運転する間接型燃料電池を構築し、定常発電電流が得られることを実証した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 レドックスフロー電池、燃料電池

【研究題目】 階層型多孔質炭素材料による高効率エネルギー貯蔵の研究

【研究代表者】 徐 強（電池技術研究部門）

【研究担当者】 徐 強（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

二次電池や電気二重層キャパシタ等においては、イオン等物質の貯蔵と輸送の双方に適したマイクロ・メソ空間を兼ね備えた材料の合成法の確立は高効率エネルギー貯蔵の実現に重要な課題である。さらに、多孔質炭素材料を二次電池や電気二重層キャパシタ等のエネルギー貯蔵に用いる場合は、細孔の表面特性が重要であり、異種元素ドーブによる細孔特性の精密制御も高効率エネルギー貯蔵の実現に極めて有効である。本研究では、有機構造体フレームワークを鋳型・前駆体として用いて炭素化処理を行うことにより、貯蔵に適したマイクロ孔と輸送に適したメソ孔を合わせ持ち、構造と機能が精密に制御された階層型マイクロ・メソ多孔質炭素材料を創成し、さらに、異種元素のドーブによる細孔特性の精密制御を行い、二次電池やキャパシタ等における貯蔵と輸送の能力・効率の最大化を目指している。

今年度は、窒素成分を含有した有機系構造体フレームワークの微細な結晶をグラフェンのシート上に成長させ、窒素含有有機構造体微結晶と2次元炭素材料との複合体を形成させた。本複合体を前駆体として用いて、不活性雰囲気下で加熱処理を行うことにより、窒素ドーブした多孔質炭素材料を合成した。得られた炭素材料の細孔構造や窒素ドーブ量は、複合体前駆体における有機構造体フレームワーク微結晶の量やサイズ及び熱処理温度等の条件に依存した。現在、窒素含有有機構造体微結晶と2次元炭素材料との複合体前駆体の構造解析及び合成された炭素材料の構造解析とキャパシタ等の電極材料としての応用について研究を進めている。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 エネルギー貯蔵

【研究題目】 極強加工と水素誘起分解再結合を利用した高機能積層型水素吸蔵合金の開発

【研究代表者】 田中 孝治（電池技術研究部門）

【研究担当者】 田中 孝治、竹下 博之（関西大学）、近藤 亮太（関西大学）

（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

繰り返し圧延による極強加工と水素誘起分解再結合により組織制御された積層型水素吸蔵合金（超積層体）が、水素吸蔵・放出温度の低下や反応速度の向上を示す等、通常のパルク体や粉体には見られない優れた特性を持つことを見出し、微細構造と水素吸蔵・放出特性の関係について研究を進めてきた。Mg/Cu 超積層体の研究を通して、強加工の程度による微細化度の違いにより水素化の経路が、水素圧制御により水素放出過程の反応経路が制御可能であることが解って来た。本研究では、微細組織と水素吸蔵・放出特性の関係の知見を元にして、さらに優れた水素吸蔵・放出特性を持つ材料を開発することを目的とする。

今年度は、Mg/Cu 超積層体の低温熱処理による Mg_2Cu の成長の活性化エネルギーと頻度因子の決定を主に行った。繰り返し圧延を10回、20回、30回行った物を作製した。Mg/Cu 超積層体における Mg_2Cu の成長は、Mg-Cu 拡散対同様に拡散律速であると解った。 Mg_2Cu の成長の活性化エネルギーと頻度因子は、繰り返し圧延回数、10、20、30回の試料がそれぞれ、 $103 \pm 12 \text{ kJmol}^{-1}$ 、 $8.1 \times 10^{-7} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ 、 $101 \pm 6 \text{ kJmol}^{-1}$ 、 $1.8 \times 10^{-7} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ 、 $107 \pm 2 \text{ kJmol}^{-1}$ 、 $1.7 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ となり、活性化エネルギーに顕著な差は見られなかった。Mg-Cu 拡散対では、それぞれ $156 \pm 10 \text{ kJmol}^{-1}$ 、 $1.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ である。Mg-Cu 拡散対に比べ活性化エネルギーが低いので、Mg/Cu 超積層体では400 K程度の低温で合金化が起こることが解った。また、頻度因子は、Mg と Cu の界面密度と関連があると推測される。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 極強加工、積層型、水素吸蔵合金、水素誘起分解再結合

【研究題目】 金微粒子触媒における電気伝導特性と触媒反応機構の研究

【研究代表者】 秋田 知樹（電池技術研究部門）

【研究担当者】 秋田 知樹、前田 泰、田中 真悟
（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

金微粒子触媒のCO酸化反応を研究対象とし、酸化物担体の電気伝導性によって酸素欠陥の評価を行い、微細構造解析の結果と合わせることで、酸素欠陥の構造と機能とを解明し、金微粒子触媒の触媒活性発現メカニズムを明らかにすることを目的とする。

今年度は、Au/SnO₂触媒を対象として触媒電気伝導測定を行った。粉末触媒をリング電極に塗布し、電気伝導を測定したところ、室温でも反応ガス中での電気伝導の上昇が確認でき、Au/SnO₂触媒においても触媒活性には電気伝導性と相関があることを明らかにした。さらに、SSRM（走査型広がり抵抗顕微鏡）による局所活性評価

の可能性を検証するために、ガス中での触媒粒子の電気抵抗変化を測定し、SSRMで測定される電気抵抗変化はリング電極で測定したマクロな電気抵抗測定の結果と定性的に一致しており、局所活性測定が可能であることを示唆するものであった。

Au/CeO₂界面についてABF-STEMによる観察を行い、界面の酸素の観察条件について検討した。高いスキャンレートでのSTEM観察により連続画像を取得し、積算画像を構築することによってSNの良い画像を取得することができた。その結果、Au/CeO₂(111)界面において酸素の存在を示唆する観察像を取得することができた。

計算では、Au-SnO₂(110)界面での雰囲気触媒活性に関する表面ストイキオメトリ依存性について検討を進めた。SnO₂(110)-(2x2)表面に対してAuナノロッドのモデルを作成し、ナノロッドエッジ付近や界面周縁部付近でのCO分子及びO₂分子の吸着状態や両者の反応の素過程を調べた結果、オフストイキオメトリック表面において、特異的なO₂分子の吸着及びCO分子と吸着O₂分子との反応過程の存在を見出した。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】金微粒子、金属酸化物、触媒、電子顕微鏡、走査プローブ顕微鏡、第一原理計算

【研究題目】原子レベル構造解析に基づいたリチウムイオン電池電極材料の表面・界面理論の構築

【研究代表者】橋田 晃宜（電池技術研究部門）

【研究担当者】橋田 晃宜（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究ではリチウムイオン電池の電極材料と電解液との界面における種々の現象を表面科学的手法ならびに計算科学的手法を駆使して明らかにし、電池性能の改善の鍵となる反応メカニズムを物理化学的に解明することを目標としている。

今年度は電極活物質表面の電池セル環境下におけるその場観察を行うことを目標に研究を展開した。正極活物質であるマンガン酸リチウム(LiMn₂O₄)基板の作製と、その電解液中での表面構造観察を計画し、環境制御型原子間力顕微鏡(E-AFM; Environmental Atomic Force Microscopy)を用いたその場観察を展開した。進捗として、試料作成方法を最適化した結果、原子レベルで平坦な結晶表面を有するマンガン酸リチウムの単結晶基板を効率よく作製することが可能になり、再現性の高い実験を行えるようになった。また、E-AFMの導入により、従来大気中では安定に取り扱えなかった非水系電解液を用いた実験を展開することが可能になり、現実の電池セルと同等の環境下での測定が実現できるようになった。電解液中でのLiMn₂O₄表面の観察を実施し、電極表面に吸着した水が電極表面の溶解に大きな影響を及ぼすことを解明した。今後は電池動作環境下における

電極反応のE-AFMによる可視化ならびに電極材料表面と電解液分子との相互作用の第一原理計算を行う予定である。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】リチウムイオン電池、電極電解液界面、電極活物質単結晶、その場表面観察

【研究題目】高機能性ポラス炭素の創成とエネルギー貯蔵への応用に関する研究

【研究代表者】徐 強（電池技術研究部門）

【研究担当者】徐 強（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

本研究では、構造と機能を精密制御されたポラス炭素材料の創成と高効率エネルギー貯蔵への応用を目的とする。金属塩と架橋配位子から配位高分子を合成する際に、配位高分子の特定方向の成長を抑制するために、非架橋配位子を加えたことによって、棒状の配位高分子を合成できた。この棒状の配位高分子を、不活性気体中で高温で処理すると、棒状の形状が保持されたカーボンナノロッドが形成された。さらに、カーボンナノロッドをアルカリ水溶液中で超音波処理を行った後、不活性気体中で高温での熱処理による活性化を行うと、カーボンナノロッド中で棒状に積層したグラフェンが解きほぐされて、グラフェンナノリボンが生成された。透過型電子顕微鏡や原子間力顕微鏡などを用いた観察の結果、棒状のカーボンナノロッドや、2~6層のグラフェンからなるグラフェンナノリボンが高い収率で形成されていることが確認された。今回開発した合成法により、高収率、簡便にカーボンナノロッドやグラフェンナノリボンを合成でき、また、通常の化学反応や熱処理以外の複雑な工程を必要とせず、大きなスケールでの生産が可能となる。また、今回開発したカーボンナノロッドとグラフェンナノリボンは、キャパシターの電極材料として優れた充放電特性を有し、高効率なエネルギー貯蔵材料としての可能性を示した。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】エネルギー貯蔵

【研究題目】高性能ホウ素-窒素系水素貯蔵材料の研究

【研究代表者】徐 強（電池技術研究部門）

【研究担当者】徐 強、（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

来る水素エネルギー社会を支えるキーテクノロジーとして、高効率水素貯蔵技術の確立が求められている。これまで報告されている化学的水素貯蔵材料は水素放出温度が高い上、燃料電池電極触媒の被毒成分の発生が問題となっている。そのために、水素含有量が高く、温和な条件下で水素放出が可能で且つ燃料電池電極触媒の被毒成分を副生しない化学的水素貯蔵材料の開発が強く求め

られている。本研究では、ホウ素-窒素系化学水素化物を有望な化学的水素貯蔵材料として取り上げ、ホウ素-窒素系化学水素化物の常温での選択的脱水素化・水素発生触媒を開発し、高性能水素貯蔵材料・技術の確立を目的としている。

ジアミンを用いてグラフェンを修飾することにより、グラフェン上にサイズの小さい金属ナノ粒子を固定化し、アンモニアボランの加水分解・水素発生反応に高い活性を示す触媒を開発した。まず、ジアミンを用いてグラフェンを修飾した。グラフェンに連結したアミン基と金属イオンとの配位効果を利用して、シンプルな還元過程によって、銅-コバルトナノ粒子をグラフェンに固定化した。TEM 測定によって粒子径が極めて小さく、且つ粒子径分布が均一であることが確認された。合成されたジアミン修飾グラフェン担持銅-コバルトナノ粒子触媒は、アンモニアボランの加水分解・水素発生反応に優れた触媒性能を示し、極めて高いターンオーバー頻度 (TOF) を示した。ジアミンは銅-コバルトナノ粒子の高分散に寄与し、また銅とコバルトとの金属間相乗効果は高い触媒性能に寄与することが明らかになった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 水素、燃料電池

【研究 題目】 低融点アルカリ金属熔融塩のリチウム二次電池用電解液特性の解明

【研究代表者】 窪田 啓吾 (電池技術研究部門)

【研究担当者】 窪田 啓吾 (常勤職員1名)

【研究 内容】

アルカリ金属熔融塩は難燃性、難揮発性と電解液に適した性質を持つが、一般に融点が200℃以上であり室温域では使用できない。しかしながら非対称アミドアニオンのアルカリ金属塩は融点が100℃と特異的に低く、新規な室温域の熔融塩となる可能性を持つ。本研究ではこの熔融塩を電解液とする熔融塩リチウム二次電池の構築を目的として、この低融点塩をベースにした熔融塩のリチウム二次電池用電解液特性を検討する。昨年度までにこの熔融塩が既存のリチウム二次電池用の各種正極、および炭素負極と組み合わせて充放電が可能であり、また有機電解液とほぼ同等のレート特性を示すことを明らかにした。この熔融塩の特異性として、一般に炭素負極の安定な充放電にはエチレンカーボネートなどの安定な固体電解質被膜を形成するために電解質に添加剤を加える必要があるにもかかわらず、それらを使用せずに機能した点、また熔融塩が有機電解液に比べて粘性が1000倍、イオン伝導率が30分の1であるにもかかわらず、レート特性がほぼ同じであった点が挙げられる。

今年度は、熔融塩のレート特性の特異性の要因を明らかにするため、昨年度までに調べたリチウム金属および合剤正極に対する界面電荷移動抵抗に加え、正極固相内のリチウムイオンの拡散係数を測定し、それらを有機電

解液、イオン液体電解液の結果と比較した。正極固相内のリチウムイオンの拡散係数は有機電解液よりも小さく、レート特性の要因ではないと考えられる。一方で熔融塩中の正極の固相内の熔融塩の電極-電解液間の界面抵抗は有機電解液やイオン液体電解液と比べてほとんど差はなかった。従って、本研究の充放電においては電解質中および電極固相内ではなくそれらの界面でリチウムイオン移動が律速になっており、それが熔融塩のレート特性の要因と考えられる。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 リチウム二次電池、電解質、熔融塩、イオン液体

【研究 題目】 電子受容性単層カーボンナノチューブの有機系太陽電池への応用と最適化

【研究代表者】 塩山 洋 (電池技術研究部門)

【研究担当者】 塩山 洋 (常勤職員1名)

【研究 内容】

以前の研究より我々は、有機系太陽電池でアンテナ分子として利用されているルテニウムビピリジンの発光を単層カーボンナノチューブ (以下 SWCNT と略記) が電子移動消光することを見出している。本研究課題では、フラーレンと同様に電子受容性のあるこの SWCNT を、各種アンテナ分子の励起状態の電子移動消光過程を通じて評価する技術の開発を目的としている。

昨年度までの研究では、ピレン誘導体や色素などの通常知られているアンテナ分子は SWCNT と基底状態で電荷移動錯体を形成するため、電子移動は起こらないことを明らかにした。さらに SWCNT との親和性はソフトなイオンの方が高く、相互作用が起こりやすいことも分かっている。このため電荷移動錯体を形成するほど親和性が高い芳香族炭化水素より、ある程度ソフトなルテニウムなどを中心金属とする金属錯体イオンの方が、電子移動のためのアンテナ分子として有望と判断できる。

以上の成果を踏まえ今年度は、ルテニウムやイリジウムが中心金属でビピリジンやフェナントロリンの誘導体を配位子とする各種金属錯体をアンテナ分子とし、金属型と半導体型の SWCNT を電子受容体とした系の電子移動消光を比較した。その結果、金属型の方が電子移動が起こりやすく、これは両 SWCNT の酸化還元電位の違いによることが分かった。これは SWCNT の構造が電子受容性に与える影響を明確にした好例である。SWCNT を有機系太陽電池の電子受容体として用いる場合、金属型の方が望ましい。

これらの研究成果から、有機太陽電池に最適となる SWCNT とアンテナ分子の組み合わせ候補を抽出することが可能になった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 カーボンナノチューブ、有機系太陽電池、電子移動

〔研究題目〕 分子／界面の構造機能解析に立脚した新規錯体系電極触媒の開発

〔研究代表者〕 山崎 眞一（電池技術研究部門）

〔研究担当者〕 前田 泰、田中 真悟、秋田 知樹、朝日 将史（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

本研究課題では、Rh ポルフィリン系電極触媒の機能を(1)分子それ自身の触媒作用と(2)界面における分子のふるまいの二つに分けて解析し、得られた情報をもとに高活性な分子電極触媒の開発を行うことを目的としている。

今年度は、まず、CO 酸化反応を電子受容体を含む溶液中で行わせることにより、界面の影響を省いた Rh ポルフィリン分子による化学的 CO 酸化反応の解析を行った。電気化学的 CO 酸化反応の場合 Rh ポルフィリンごとに大きな差がみられたが、溶液中の反応では Rh ポルフィリンごとの差は大きいものではなかった。つまりポルフィリンごとの電極触媒活性の差のかなりの部分は界面の影響に帰着されるということが分かった。

次に界面の影響を調べるため、ポルフィリン錯体/HOPG (Highly oriented pyrolytic graphite) の構造を AFM (Atomic force microscope) により観察し、ポルフィリン錯体分子の界面上の配向やポルフィリン-HOPG の相互作用について評価した。特に相互作用の強さに対するポルフィリン中心金属の影響について解析した。一方で、このポルフィリン吸着 HOPG の電気化学的 CO 酸化活性を評価することにより、表面構造と活性との相関について解析した。相互作用の強いポルフィリン錯体の方が高い電流密度を与えており、分子の界面上での配置が触媒活性に大きく影響していることが示唆された。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 燃料電池、アノード触媒、分子触媒、AFM、表面分析

〔研究題目〕 放射線によるナノ粒子材料創成のその場観察と機能材料の実用化

〔研究代表者〕 山本 孝夫（大阪大学・工学研究科）

〔研究担当者〕 秋田 知樹、田中 真悟（電池技術研究部門）（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

商用施設を用いた電子線照射により水溶液中のイオンを還元し金属化して、液中で直ちに担体上に安定化し担持型ナノ粒子材料を大量に創成する手法を開発し、燃料電池電極や CO 酸化などの触媒として従来品を凌ぐ活性が実証されている。これまで、本手法は活性向上に資する二元金属ナノ粒子内の原子配置を可能とし、商用施設による量産性もあるが、その反応過程の多くが不明であるため、本研究では二元金属ナノ粒子形成の反応機構解明に取り組む。

今年度は、高分解能電子顕微鏡を用いて、電子線照射還元により得られた PtRu/C、PtPd/C、PtRh/C などの貴金属二元微粒子の構造解析を行った。STEM 法による高分解能観察からはカーボン担体上に原子レベルの微小なクラスター、単原子の存在を明らかにした。高感度エネルギー分散型 X 線分光 (EDS) ではナノスケールの二元金属微粒子の組成分布について調べ、試料の調製方法により微細構造が異なることなど見出した。PtRh/C の系では X 線回折と電子顕微鏡分析の結果からランダム合金相を形成していることが分かった。エタノール酸化の触媒活性は従来の Pt/C より高いことが分かった。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 金微粒子、燃料電池、触媒、電子顕微鏡、第一原理計算

〔研究題目〕 放射線によるナノ粒子材料創成のその場観察と機能材料の実用化

〔研究代表者〕 山本 孝夫（大阪大学・工学研究科）

〔研究担当者〕 秋田 知樹、田中 真悟（電池技術研究部門）（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、放射光 X 線を用いて還元と同時に行う XAFS 測定を活用して、燃料電池電極や CO 酸化の触媒材料などの触媒反応機構解明に挑戦する。また得られる粒子材料の機能の測定や、構造解析も行い、構造と機能の相関も研究する。加えて、優れた衛生繊維材料などの開発研究を展開し実用化に近づけていくことも念頭においている。これらを併せて、新たな高付加価値の製品製造法を確立し、放射線利用の新たな価値を見出していくことを考えている。

本研究に先立つ研究において、商用施設を用いた電子線照射により水溶液中のイオンを還元して金属化し、液中で直ちに担体上に安定化した担持型ナノ粒子材料を大量に創成する手法を開発済みであり、一部は製品化やサンプル出荷されている。本手法では、二元金属ナノ粒子内の原子配列制御が可能であり、量産性も有している。しかしながら、照射による粒子合成反応の過程に不明な点が多い為、狙った構造への反応制御は未熟である。本研究では、その部分の解決も視野に放射光 (PF、SPring8) を利用した XAFS、収差補正付電子顕微鏡、XRD、ICP、FTIR 等の手法を活用し、放射光 X 線を粒子合成と XAFS 解析の両方に活用し、粒子創成過程を in-situ 観察するシステムの立ち上げを推進している。さらに、照射で得られる特異な粒子構造と機能の相関を追求するため、第一原理を中心とした計算材料科学手法と組み合わせた研究を展開する。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 エネルギー・環境機能材料

〔研究題目〕 Zr 系パイロクロア組成化合物の酸素空孔の規則－不規則配列と酸化物イオン伝導

〔研究代表者〕 野村 勝裕（電池技術研究部門）

〔研究担当者〕 野村 勝裕（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は Zr 系パイロクロア組成化合物を系統的に作製し結晶構造解析を行い、得られた結晶構造パラメータを基に酸素空孔の規則－不規則配列の程度を定量化することにより酸化物イオン伝導度との相関を明らかにし、酸化物イオン伝導メカニズムを解明することを目的としている。Zr 系パイロクロア組成化合物中の酸化物イオン伝導メカニズムを解明するためには、結晶構造の評価と併せて、酸化物イオン伝導度の精密な評価が必要である。本研究では、全伝導度（＝酸化物イオン伝導度、プロトン伝導度、ホール伝導度、電子伝導度の総和）の温度依存性、酸素分圧依存性、及び水蒸気分圧依存性を調べることにより、酸化物イオン伝導度を評価する。

今年度は、Hf 含有量が少ないパイロクロア組成化合物 $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ の緻密焼結体（相対密度95%以上）を用いて得られた全伝導度のデータを元に、各電荷担体（酸化物イオン、プロトン、ホール）の伝導パラメータ（前指数因子、活性化エネルギー）を分離評価した。さらに、得られた伝導パラメータを用いて電荷担体マップ（各電荷担体が支配的な電気伝導を示す酸素分圧・水素分圧領域を図示するもの）を作成し、以下の輸送特性を明らかにした。 $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ は、①低酸素分圧－低水素分圧下では酸化物イオン伝導が支配的となり、800℃におけるバルク（粒内）の酸化物イオン伝導度は 6.5×10^{-5} S/cm、酸化物イオン伝導のための見かけの活性化エネルギー（温度範囲：700～800℃）は 1.29eV である。また、②高酸素分圧－高水素分圧下ではプロトン伝導が支配的となり、③高酸素分圧－低水素分圧下ではホール伝導が支配的となる。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 酸化物イオン伝導、プロトン伝導、ホール伝導

〔研究題目〕 Zr 系パイロクロア組成化合物の酸素空孔の規則－不規則配列と酸化物イオン伝導

〔研究代表者〕 蔭山 博之（電池技術研究部門）

〔研究担当者〕 蔭山 博之（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は Zr 系パイロクロア組成化合物を系統的に作製し結晶構造解析を行い、得られた結晶構造パラメータを基に酸素空孔の規則－不規則配列の程度を定量化することにより酸化物イオン伝導度との相関を明らかにし、酸化物イオン伝導メカニズムを解明することを目的としている。酸化物イオンの伝導メカニズムを詳細に検討す

るためには、Zr などの金属イオン周りの原子レベルの局所的な構造評価が重要である。本研究では、XAFS により Zr などの金属イオン周りの局所構造パラメータを得ることを目標とする。

今年度は、前年度に合成した Hf 含有量が少ない2種類のパイロクロア組成化合物－ $\text{Eu}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ および $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ 用いて、KEK の放射光施設 PF-AR (NW-10A) において、100K、200K、300K、500K の温度で Zr-K 吸収端の XAFS 測定を行った。得られた EXAFS 領域および動径構造関数の比較から、 $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ の Zr 周りの局所構造の温度変化は SrZrO_3 に類似しており、低温では動径構造関数の 4 Å 以上の領域で長距離秩序をもつが、温度上昇により長距離秩序が失われることが分かった。一方、 $\text{Eu}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ の Zr 周りの局所構造の温度変化は 8mol% Y_2O_3 ドープ安定化ジルコニア (8YSZ) に類似しており、低温でも動径構造関数の 4 Å 以上の領域で長距離秩序が見られず、温度上昇による 4 Å 以下の領域の局所構造の変化が小さいことが分かった。この結果から $\text{Eu}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ の Zr 周りには、8YSZ に類似した大きな Static disorder があることが示唆された。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 結晶構造、酸化物イオン伝導、プロトン伝導

〔研究題目〕 オペランド軟 X 線吸収／発光分光を用いた二次電池電極材料の電子状態解析

〔研究代表者〕 朝倉 大輔（省エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 朝倉 大輔、武田 聖子（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

平成27年度は、前年度までに開発した有機電解液を伴うリチウムイオン二次電池用の In situ セルを用いて、複数の正極材料に対して、オペランド軟 X 線発光分光による電子状態解析を行った。発光分光測定は SPring-8 の東京大学ビームラインを利用して実施した。充放電はサイクリックボルタメトリーによって行い、第1サイクルで正しく充放電ができていることを確認して、第2サイクル以降で分光実験を行った。

ポリアニオン系正極材料については、リチウム脱挿入による遷移金属の酸化還元反応を観測することができた。酸化物系材料に比べると、酸化還元反応およびサイクリックボルタモグラムの可逆性が非常に高く、ポリアニオン系材料の良好な充放電サイクル特性と良く対応する結果を得ることができた。充電状態、および放電状態の電子構造として、いずれの状態においても、配位子である酸素から遷移金属への電荷移動効果が比較的弱いことが示唆された。また、酸化物系材料を用いて、オペランド軟 X 線吸収分光を実施した。

以上のように、本研究課題においてリチウムイオン二次電池用のオペランド軟 X 線吸収／発光分光を確立し、

理論計算による解析等と合わせて、充放電時の電子状態を詳細に解明することが可能となった。今後、より広範な材料系への展開を図り、高性能二次電池の実現に資する系統的な知見が得られると期待される。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 二次電池電極材料、放射光分光、電子状態解析

【研究 題目】 ナノワイヤー熱電変換素子の高効率化と物性解明

【研究代表者】 村田 正行（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】 村田 正行（常勤職員1名）

【研究 内容】

高磁場・極低温での物性評価を通して、ナノワイヤー中のキャリアの伝導現象の正確な評価を行った。ナノワイヤーのホール係数と対角抵抗の4.2から300Kでの磁場依存性の測定に成功した。その結果、ナノワイヤー中のキャリア移動度はバルクのものとは大きく異なり、特に低温側で減少していることがわかった。さらに、10K以下ではキャリア移動度はほぼ飽和する温度依存性が得られることがわかった。さらに、緩和時間近似を適用したボルツマン方程式によって、ナノワイヤー中のキャリア散乱効果を、マティーンセン則に基づいて緩和時間を計算したところ、実験結果を再現することに成功し、実験結果で得られたキャリア移動度の変化は、ナノワイヤー境界において発生したキャリアの散乱効果に起因していることを証明することに成功した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 熱電変換、ナノワイヤー、電気伝導現象、物性解明

【研究 題目】 メソクリスタルナノワイヤーおよび単結晶ナノワイヤーの作製と高性能二次電池材料開発

【研究代表者】 細野 英司（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】 細野 英司（常勤職員1名）

【研究 内容】

持続的発展可能な社会の実現へ向け、クリーンなエネルギーデバイスの開発が必要とされており、電気自動車やプラグインハイブリッド自動車の普及へ向けた取り組みが活発化している。そのため、高性能二次電池の開発が必須であることから、リチウムイオン電池等、高性能二次電池開発に注目が集まっている。さらに、リチウム資源の枯渇やコストの高騰が懸念されており、二次電池の高性能化と共に低コスト化も重要な課題である。ナトリウムはユビキタス元素であることから、ナトリウムイオン電池は低コスト二次電池として期待されている。

本研究では、高性能二次電池として期待の高い、リチウムおよびナトリウムイオン電池開発へ向けてエレクトロスピンニング法を利用したナノ構造材料の開発を行って

いる。メソクリスタルナノワイヤーおよび単結晶ナノワイヤー等、高い結晶性と高度に制御されたナノ構造材料の作製とその合成メカニズムの解明と出力特性や充放電サイクル特性の向上を目指した研究開発である。初年度では、エレクトロスピンニング法のベースとなる前駆体溶液の調整とエレクトロスピンニング法によるファイバー合成に注力して研究開発を行った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 リチウムイオン二次電池、ナトリウムイオン二次電池、正極材料、ナノ構造制御、エレクトロスピンニング

【研究 題目】 リング型プラズマアクチュエータを用いたタービン翼列先端流れ流れの能動制御

【研究代表者】 瀬川 武彦（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】 瀬川 武彦、松沼 孝幸（常勤職員2名）

【研究 内容】

本研究では、ガスタービンや遠心圧縮機などに適用できる新たなシール技術の確立を目指し、リング型プラズマアクチュエータによるタービン翼列先端隙間に生じる流れ抑制効果の検証を目的とする。吹き出し型風洞および環状タービン翼列風洞においてタービン翼列先端2次元モデルおよび3次元モデルを構築し、ケーシング部内壁に着脱可能な様々なリング型プラズマアクチュエータの試作を行った。サファイアガラス基板上にイオンプレーティングにより櫛歯形ITO電極が形成された多線透明電極付リング型プラズマアクチュエータをタービン翼列先端2次元モデルに装着し、印加電圧条件や流れ流れに対する電極の配置角度の違いによる流れ抑制効果を粒子画像流速測定法（PIV）により明らかにした。また、3次元モデルに適用可能な絶縁被覆電線を用いて構築した2次元モデル用リング型プラズマアクチュエータでは、絶縁被覆電線とタービンを模擬した平板との配向やエッジ形状の違いが流れ流れに与える影響を解析し、特定の周波数において流れ流れの90%以上を抑制することが可能となった。また、先端面に凹凸構造を施した平板モデルでは、エッジの端面形状により流れ抑制効果に変化し、両端面の形状が対称の場合に制御効果が高められる結果を得ることができた。

3次元モデル構築に向けては、曲面場に対してリング型プラズマアクチュエータを構築するための試作を行った。機械加工で加工できる溝構造に絶縁被覆電線を埋め込む手法に加え、3次元プリンタを用いた金属造形による溝構造とコーティング技術を組み合わせた新しいプラズマアクチュエータの試作を検討し、セクター化されたリング型プラズマアクチュエータの構築が可能となった。また、金属部に対する絶縁コーティング層の耐久性を向上させるための多くのノウハウを獲得し、プラズマアクチュエータの連続運転による制御効果の証が可能となっ

た。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 ターボマシン、省エネルギー、チップク
リアランス、漏れ流れ、誘電体バリア
放電

〔研究 題目〕 液膜内流れの3次元4成分温度速度同時計
測法開発による濃度温度差表面張力対流
の解明

〔研究代表者〕 染矢 聡 (省エネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 染矢 聡 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

本研究では機能性中空マイクロカプセルを利用し、温度変化や濃度変化を伴う流れに適用可能な、微小スケール流れの温度速度計測法を開発する。また、低入熱高輝度で出力の安定した高出力パルス光源を開発する。本研究では、T字型の合流部を持つサブミリスケールチャンネルを試作し、ペルチェ素子を用いて温度勾配をもつ流れ場を作成して、その温度速度計測を通じて、このスケールにおいて温度差や粘度差、流速が流れに与える影響を詳細に調査する。

これまでに対物レンズ位置を視線方向に移動させながら、二次元的な温度速度同時計測を行った。その結果、ペルチェ素子に通電した瞬間に流れと逆方向に力が作用して、急激な減速や逆流を生じること現象が見られた。また、ペルチェへの通電を停止した瞬間に流れ方向に力が作用し、流速が大きくなる現象が見られた。更に、定常的な加熱冷却条件に、T字合流部では高温流体が鉛直上側を、低温流体が下方を流れる流れ場を形成していることがわかった。また、この合流部の流れに起因して、一定のチャンネル形状条件では、合一後の流れがチャンネル内でらせん状に旋回することがわかった。

平成27年度は、これまでに報告例のない複数の現象を見出したため、その現象の詳細把握に努めた。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 可視化、温度、速度、蛍光、熱流動

〔研究 題目〕 高齢・単身世帯化する地域の移動需要変
化とモビリティに関する研究

〔研究代表者〕 堀尾 容康 (省エネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 堀尾 容康、後藤 新一 (他2名)

〔研究 内容〕

本研究は、急速に高齢化が進む都市郊外部コミュニティの移動問題に焦点を置き、福岡・佐賀県にまたがる筑後川流域生活圏を対象に、多様化し時間とともに変化する高齢者・世帯の移動需要を克明に把握すると共に、新しい自動運転システムとのマッチング、および制度的課題について、地域の行政と都市計画、交通工学、エネルギーを担当する研究者が協力して分析を行う。これにより、個と地域の「古い」の観点からこれまで乗合バス等

の大量輸送機関が担ってきた生活に必要な移動を、新しいモビリティ手段で再構築する方向性を明らかにすることを目的としている。

3ヶ年計画の初年度である平成26年度は、地域調査により多様化する「古い」と移動ニーズの実態とその変化を把握した。2年度目である平成27年度は、高齢者・世帯ライフスタイルと移動手段との機能的マッチング、ならびに、高齢者世帯・新移動手段と既存交通システム・都市計画との社会的マッチングについて事例分析を行い、行政、公共交通事業者、住民組織（買い物、通院支援NPO等）からのヒアリングに基づく課題抽出を行った。この結果、自動運転技術、及びEVや高効率内燃機関など新しいモビリティ技術への社会的要求を明らかにし、合わせて現在検討が進められている都市・地区計画における新たな役割を確認した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 高齢化、古い、コミュニティ、モビリティ、移動手段、自動車、交通システム

〔研究 題目〕 自己組織化分子膜に配置した DNA 分子
の放射線損傷の物理化学素過程の研究

〔研究代表者〕 成田 あゆみ (省エネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 成田 あゆみ (他1名)

〔研究 内容〕

DNAの放射線影響の解明は、放射線生物学分野において最も大きな課題である。中でも放射線のエネルギーがDNA分子に吸収され、分子中の電池が励起・イオン化する物理化学過程においては、反応の起こるサイトが特定できないため、解析をより困難にしていた。エネルギー可変性を持つ放射光はその問題を解決するツールであり、DNA損傷の物理化学過程の解明に利用されている。今まで放射光を利用した研究例の中で、DNAの構成元素である窒素(N)や酸素(O)の励起・イオン化領域のエネルギーで、固体表面に作製したDNA膜に対し照射を行った場合、損傷生成量とその種類が放射光のエネルギーに対して依存することが明らかになっている。しかしながらこの研究で用いられたDNA試料は生体内のDNAの化学環境とは大きく異なる。そこで本研究では、分子が自発的に膜を形成する「自己組織化単分子膜(Self-assembled monolayer: SAM)」を利用し、固体表面に生体内DNAに近い状態を模擬して放射光X線による照射影響を明らかにすることを目的とした。実験ではサファイア基板上にSAMを作製し、さらにSAMとDNAの強固な化学結合によってDNAをSAMに固定化することでSAM-DNA二重膜を作製した。X線光電子分光法(X-ray photoelectron spectroscopy: XPS)の結果より、二重膜の膜厚及びSAM-DNA間の界面の化学結合状態を明らかにした。放射光を用いた試料に対する照射は、Nのイオン化領域エネルギー付近で行い、照射前後のDNAの変化をX線吸収微細構造

法 (Near-edge X-ray absorption fine structure: NEXAFS) で評価した。その結果、DNA 分子中の N を含む部位に電子構造の変化が確認された。以上より、本研究で提案した DNA 試料を用いて損傷生成を観察することができた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 放射光軟 X 線、X 線吸収微細構造法、X 線光電子分光法、自己組織化単分子膜、DNA

【研究 題 目】 全ての階層構造を制御した硫化物熱電材料とデバイスの開発

【研究代表者】 太田 道広 (省エネルギー研究部門)

【研究担当者】 太田 道広、JOOD Priyanka

(常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

我々のグループでは、新規熱電材料として、ホスト層が硫化ニオブ (NbS_2) で、ゲスト層が硫化ランタン (LaS) であるミスフィット層状硫化物 ($\text{LaS}_{1.14x}\text{NbS}_2$) に注目している。本研究では、 NbS_2 層と LaS 層の組成率 (x) を変化させることで、ナノ構造とマイクロ構造を制御して、熱伝導率を低減し、さらに電気特性を改善することで熱電性能指数 ZT の向上を試みた。

化学量論組成 $x = 1.00$ ($\text{LaS}_{1.14}\text{NbS}_2$) 焼結体の高分解能透過型電子顕微鏡 (TEM) 像を、結晶構造をもとに詳しく分析した。その結果、 LaS 層にナノレベルの格子の歪みが観測された。一方で、この試料では、格子の歪みのほとんどない領域も観測された。 $x = 0.95$ 焼結体では、多くの格子の歪みが存在し、 $x = 1.05$ 焼結体では、格子の歪みが少なかった。すなわち、 x 量を変化させることでナノ構造の制御が可能となり、 x の増加とともに格子の歪みが少なくなる傾向がみられた。

ナノ構造の観察に続いて、マイクロ構造の観察を実施した。 $x = 0.95$ 焼結体と $x = 1.00$ 焼結体の配向性は低いものであった。一方で、 $x = 1.05$ 焼結体では、 c 軸が焼結の加圧方向に垂直方向 (面内方向) に配向した組織を有していた。

$x = 1.05$ 焼結体においては、格子の歪みが少なく、 c 軸が面内方向に強く配向したために、電荷を運ぶキャリアの散乱が抑制され、面内方向に最も優れた電気輸送特性を示した。配向性の低い試料 ($x = 0.95$ 焼結体) では、結晶粒界などでキャリアが散乱されるため、電気抵抗率が高くなる傾向がみられた。最も高い ZT は、最も優れた電気輸送特性を示した $x = 1.05$ 焼結体の面内方向に得られた。950 K にて、その ZT は、化学量論組成の $x = 1.00$ 焼結体の面内方向よりも30%向上して、0.2に達した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 熱電変換、未利用熱エネルギー活用、ナノ構造制御、マイクロ構造制御

【研究 題 目】 全固体リチウム-空気電池の長寿命化に向けた空気極の開発

【研究代表者】 北浦 弘和 (省エネルギー研究部門)

【研究担当者】 北浦 弘和 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

これまでの検討から全固体リチウム-空気電池のサイクル劣化の原因の一つとして、CNT の劣化が示唆された。放電後には観測されなかった CNT の形状変質が充電後に観測されたことから、充電時に高電位の酸化雰囲気に曝されることが原因として考えられる。非水系電解液を用いた空気電池では触媒を用いることで、充電電圧の低減や炭素材料の保護による電池の長寿命化が報告されている。そこで今年度は、触媒担持カーボンを作成し、全固体リチウム-空気電池に応用し、その特性の評価を行った。まず本研究を行うにあたり、各電池間での比較を行うため、より再現性の高い電池作製方法の確立を行った。触媒担持カーボンはカーボンナノチューブに RuO_2 を担持させたものを合成した。合成した RuO_2 -CNT を用いた全固体リチウム-空気電池の特性を評価したところ、充電時の電圧低減およびサイクル特性にあまり効果が見られなかった。これは RuO_2 の担持量が適切でないため、反応場となる3相界面でうまく機能できていない可能性が考えられた。そこで、現在は担持量を変化させた RuO_2 -CNT の合成と適用について検討を行っている。また、次年度予定の非炭素系材料を用いた電池の開発に着手した。空気極内の電子伝導体に、炭素の代替として ITO を用いることとした。触媒として Ru を担持させた Ru-ITO を用い、全固体電池を作製し、評価を行った。現在のところ電池の作動に成功し、電極作製条件の最適化に取り組んでいるところである。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 全固体リチウム-空気電池、空気極触媒

【研究 題 目】 超高性能鉛カルコゲナイド系バルク体熱電材料の創製

【研究代表者】 太田 道広 (省エネルギー研究部門)

【研究担当者】 太田 道広 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究では、鉛カルコゲナイド (PbX (X: S, Se, Te)) 系バルク体において、原子配置 (結晶)、ナノ、マイクロ、ミリ構造の各階層の形態を制御 (パナスコピック形態制御) することで、熱電特性の大幅改善と熱電発電モジュールの開発を目指した。最終年度の本年度は、 PbTe においてナノ構造とミリ構造の制御を実施した。さらに、毒性元素 Pb を使用しない環境に調和した新規カルコゲナイド系熱電材料の開発も実施した。

まず、n 型の PbTe の開発を実施した。 PbTe に、n 型のドーパントとしてヨウ化鉛 (PbI_2) を添加した。作製した PbTe-0.2\% PbI_2 の試料を、透過型電子顕微鏡を用いて観察したところ、Pb の欠陥が集積した5 nm 程

度のナノ構造の形成が明らかとなった。PbTe-PbI₂は熱電材料として相応しい低い格子熱伝導率を示すが、このナノ構造がフォノンを効果的に散乱していることがその要因の一つであると考えられる。熱電性能指数 ZT は、750 K で非常に高い値である1.4に達した。

続いて、n 型には本研究で開発した PbTe-0.2% PbI₂ を、p 型には従来材料の PbTe-2% Mg-4% Na を熱電材料として用いて、ミリレベルの熱電変換モジュールを作製した。本モジュールの特徴は、PbTe 系熱電素子と銅電極の接合に、高温安定性を考慮して、高温側には銀ペーストを、低温側では半田を用いたことである。実際に、高温873 K、低温283 Kの条件で、発電することを実証した。

最後に、銅 (Cu) と硫黄 (S) からなる低毒性熱電材料の開発を実施した。化学組成 Cu₂₆Ta₂Sn₆S₃₂において、670 K で $ZT = 0.8$ を達成した。上記 PbTe-0.2%PbI₂ の $ZT = 1.2$ には及ばないものの、Pb などの毒性元素を使用しないで、この $ZT = 0.8$ を達成したことは評価に値する。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 熱電変換、未利用熱エネルギー活用、階層形態制御

【研究 題目】 氷核不活性化による疎水性固体表面の創出

【研究代表者】 稲田 孝明 (省エネルギー研究部門)

【研究担当者】 稲田 孝明、小山 寿恵
(常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

水の核生成を抑制する効果を持つ合成高分子を利用して、過冷却水滴からの氷の核生成抑制を可能とする疎水性固体表面の創出を試みることを目的としている。今年度は、合成高分子を作用させた金属表面を作成し、その疎水性の評価を行った。まずは測定が比較的容易な金属微粒子を用いて測定を行った。金属微粒子には粒径1ミクロン程度のヨウ化銀とアルミナを用い、合成高分子にはポリビニルアルコール (PVA)、ポリビニルピロリドン (PVP)、ポリエチレングリコール (PEG) の三種類を用いた。金属微粒子を懸濁した10ミクロン程度の微小水滴を冷却して氷の核生成温度を測定することにより、合成高分子の疎水性を評価した結果、ヨウ化銀に対してはすべての合成高分子の作用が疎水性を示すが、アルミナに対しては PVA のみが疎水性を示す結果が得られた。また高分子を作用させる時間によって異なる結果が得られ、高分子の拡散、吸着過程を考慮すべきこともわかった。つぎにアルミニウム板に PVA を作用させた表面を作成し、その表面上に数百ミクロン程度の水滴を置き、これを冷却して氷の核生成温度を測定することによって、アルミニウム表面の疎水性を評価した。その結果、PVA を作用させる際の濃度及び時間によって疎水性が変化す

ることがわかった。高分子を作用させる濃度及び時間の影響を考察することにより、高分子が固体表面の氷核活性を抑制するメカニズムを明らかにできる可能性があり、高分子の作用条件を拡大して疎水性の評価を行う必要があると考えている。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 氷、核生成、着霜

【研究 題目】 ナノスケール制御によるナノワイヤー熱電変換素子の巨大ゼーベック効果発現と機構解明

【研究代表者】 村田 正行 (省エネルギー研究部門)

【研究担当者】 村田 正行 (常勤職員1名)

【研究 内容】

石英ガラス製テンプレート中に埋め込まれた直径100nm オーダーの Bi ナノワイヤーに、適切なオーミックコンタクトを得る手法を開発した。これまで、研磨プロセスを改良することにより適切な電極作製を試みてきたが、硬度の異なる異種材料の同時研磨は難しく、Bi ナノワイヤーのみが選択的に研磨されてしまい、イオンプレーティング法による金属薄膜の蒸着のみでは、低温領域まで適切な電極を形成するには至らなかった。そこで本研究では、これまでの電極形成プロセスを変更し、集束イオンビームと電子ビームを利用した局所的なタンダステン端部電極の形成プロセスの開発を行った。その結果、直径100 nm オーダーのナノワイヤーへの適切なオーミックコンタクト電極を作製することに成功し、同一サンプルにおけるゼーベック係数と電気抵抗率の測定に成功した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 熱電変換、ナノワイヤー、電極接合、オーミックコンタクト

【研究 題目】 アップコンバージョン効果促進太陽光型光触媒ナノ複合構造及び環境リスク削減への応用

【研究代表者】 王 正明 (環境管理研究部門)

【研究担当者】 呉 浩怡 (他1名)

【研究 内容】

本研究は、アップコンバージョン効果など特異な発光性を示す発光材料を光触媒ナノ粒子と組み合わせることにより、省エネで高い太陽光利用効率複合型光触媒を創製し、環境リスク削減への応用を目指す。本年度において、前年度で選定・スクリーニングしたアップコンバージョン材料や持続発光性材料を更に精査し、それらの発光波長範囲とマーチングする可視光活性の光触媒や発光材料と複合化する方法を開発した。昨年に続き、水中でも優れる安定性を持つ全シリケート系の持続発光性 (発光ピーク470 nm) などを用い、Ag/AgI (吸光範囲400-600 nm)、Ag/Ag₃PO₄ (400-500 nm) 系などの既存光

触媒と複合化して、模擬太陽光下における光触媒活性を評価した。これらの複合化触媒は、昨年開発したものと比べ同等な持続触媒分解能力を持つ一方、水安定性が一段と向上した。また、新しい可視光活性光触媒として、コアシェル構造のチタニア-炭素材料を開発し、優れた可視光活性を実現した。これらの新規光触媒と繊維状ファイバーと一体化させたフィルタータイプ光触媒が高い活性を有することを予備実験で確認できた。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境、材料・化学

〔キーワード〕 発光体、光触媒、遅延発光、アップコンバージョン効果、複合型

〔研究 題 目〕 ヒト iPS 細胞を用いた次世代環境センシングシステムの開発

〔研究代表者〕 谷 英典（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 谷 英典、中村 薫
（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内 容〕

ヒト人工多能性幹細胞（ヒト iPS 細胞）、及び、ノンコーディング RNA に着目することで、化学物質等のヒトへの直接的影響評価を可能とする、次世代環境センシングシステムの開発を目的として研究を進めた。ヒト iPS 細胞は、多くの細胞に分化できる分化万能性と、分裂増殖を経ても維持が可能な自己複製能を有する細胞であり、元の細胞の性質・機能を維持しているという利点を有する。また、ノンコーディング RNA はタンパク質に翻訳されない RNA であり、細胞のストレス応答においてダイナミックな制御機構を担うことが近年報告され始めている。昨年度までに、ヒト iPS 細胞がモデル環境ストレス（過酸化水素等）の暴露を受けた際に、細胞内で長鎖ノンコーディング RNA の分解が抑制され、その存在量が増加した後で細胞死を起こすことを見出した。本年度では、まずヒト iPS 細胞に化学物質に反応して発現量が著しく増加した長鎖ノンコーディング RNA を人工的に過剰発現させ、環境ストレスに対して迅速かつ高感度に反応する機能性ヒト細胞を試みたが、未分化状態を維持したまま発現ベクターを導入することは困難を極めた。そこで打開策として、発現ベクターの導入が容易なヒト胎児腎細胞（HEK293）を用いて実験を行った。その結果、3つの長鎖ノンコーディング RNA（GAS5、IDI2-AS1、SNHG15）の発現ベクターを HEK293細胞に導入した場合、通常よりもそれぞれ数十倍に発現量が増加し、さらに、発現量が増加した細胞では、通常の細胞に比べて、生細胞数が著しく減少していることがわかった。以上より、長鎖ノンコーディング RNA を細胞内で人工的に増加させることで、環境ストレスに対して細胞死を起こしやすい機能性細胞を作製して、世界で初めて環境ストレス評価用の機能性ヒト細胞の開発に成功した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 細胞、化学物質、有害性試験

〔研究 題 目〕 リボソームタンパク質を指標とするアスペルギルス症原因菌の新規系統分類

〔研究代表者〕 佐藤 浩昭（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 佐藤 浩昭（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内 容〕

アスペルギルス症原因菌の一種である *Aspergillus fumigatus* 及びその関連菌種は、抗真菌剤に対する感受性が異なるため、特に医真菌学の分野でこれらの迅速かつ正確な種レベルでの分類が求められている。そこで本研究では、質量分析法を用いてリボソームタンパク質（RP）をバイオマーカーとした、*A. fumigatus* 関連菌種の新しい分析法を開発する。

最終年度（平成27年度）は、近縁であるが抗真菌薬に対する耐性が異なるために迅速識別法の開発が求められている、*Aspergillus section Fumigati* に属する5種の真菌の識別を試みた。*A. lentulus*, *A. udagawae*, および *A. viridinitans* のゲノム情報を解析し、マススペクトル解析によって発現タンパク質の正確な質量を検証した。分類の基準として用いる29種類の RP バイオマーカーの質量リストを完成させ、国内外から採取した約30株の臨床株及び環境株の質量分析により RP のプロファイルを分析して、系統樹を作成した。その結果、系統樹は種ごとにクラスターを形成し、本法が *A. fumigatus* 関連菌種を正確に識別できることを実証した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 真菌、微生物分析、質量分析

〔研究 題 目〕 レーザー3D 形状解析によるソーティングシステムの高度化

〔研究代表者〕 古屋仲 茂樹（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 古屋仲 茂樹、小林 賢一郎、
藤木 由美子（常勤職員1名、他2名）

〔研究 内 容〕

本研究は研究代表者が開発した「レーザー3次元解析法によるソーティングシステム（ARENNA ソータ）の大量処理性能を飛躍的に向上させることを目的としている。今年度の研究実績は以下の通りである。

協力企業から「アルミ破砕スクラップ（約700個）」、「鉄破砕スクラップ（約3000個）」のサンプル提供を受け、アルミ、鉄それぞれ2グループ分けしたものを選別試料とした。ARENNA ソータの制御プログラムを改造し、アルミ破砕スクラップと鉄破砕スクラップについて、次の9種類の測定データと成分を記録した。重量（W）、体積（V）、面積（S）、縦長（L1）、横長（L2）、最大高（MH）、重心点高（OH）、他2種、成分（A 又は B）

9種類の測定データごとに、成分 A と B の頻度分布に閾値を設定し、閾値より大きな値を取る確率を算出した。ある試料について得られる9種の測定値をそれぞれ閾値

と比較し、その測定値が出現する確率を記録、9種すべての測定値についての出現確率と事前確率(A,Bの存在比)の積を計算し、その値が大となる成分を識別結果として判断した。このようなベイズフィルタの計算フローをプログラム化して、「鉄スクラップ」が正しく識別される割合を評価した結果、正解率はAで70%、Bで80%程度となり、従来のニューラルネットワーク法よりもそれぞれ10ポイント程度低い値を示すことが分かった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 リサイクル、ソーティング、アルミ、鉄、破砕

【研究 題目】 海洋有機物における糖ペプチドの構造解明および炭素循環に果たす役割の評価

【研究代表者】 塚崎 あゆみ (環境管理研究部門)

【研究担当者】 塚崎 あゆみ (常勤職員1名)

【研究 内容】

海洋には大気中 CO₂の炭素量に匹敵する規模の有機物プールが存在する。しかし構成有機物の分子に関する情報は乏しく有機物が海洋に蓄積するメカニズムはよく分かっていない。研究代表者は、海洋有機物の生成・初期分解の場に位置する海洋表層粒子状有機物(POM: デトリタス+プランクトン)中に糖ペプチドが残存・蓄積していることを発見した。本研究では、糖ペプチドの糖鎖の働きにより海洋有機物が分解酵素から保護され海水中に蓄積するという仮説を立て、糖ペプチドの化学的性質を明らかにすることによって、糖ペプチドが海洋有機物の蓄積に果たす役割の解明をめざす。

平成27年度は伊勢湾および赤道域の表層懸濁態有機物試料を粉碎・均質化して得た海洋有機物試料の粉末ストックを用いて、有機炭素および窒素分析および加水分解後の単糖組成分析を行い、海洋有機物含有量の基礎データを得た。続いて海洋有機物試料に含まれる糖鎖の検出方法に関する検討を行った。まず、界面活性剤や尿素などの抽出液をもちいて懸濁態有機物粉末試料から糖ペプチドを抽出し、濃縮・精製法の検討を行った後、精製試料について糖鎖の還元末端を8-Aminonaphthalene-1,3,6-trisulfonic acid (ANTS)により蛍光標識するとともに負の電荷をもたせることで、電気泳動による糖鎖の分離・検出を試みた。その結果、懸濁態有機物に含まれる糖鎖の可視化に成功し、懸濁態有機物の尿素で可溶化される画分にグルコースが3から13繋がった分子に相当するサイズの糖鎖が、何の修飾も受けず、糖のみで鎖をなして存在することが明らかになった。本研究によって得られた成果は2016年2月米国ニューオーリンズで開催された国際学会、Ocean Sciences Meeting 2016にて研究発表を行った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 海洋有機物、物質循環、糖鎖、ペプチド鎖、炭素固定

【研究 題目】 環境浄化と微生物代謝学の再考：シンプルな代謝設計で CO₂からの有価物生産に挑む

【研究代表者】 佐藤 由也 (環境管理研究部門)

【研究担当者】 佐藤 由也 (常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

本研究課題では、独立栄養性の水素細菌を用い、温室効果ガスとして注視される二酸化炭素の有価物への変換に挑戦している。微生物を用いた物質生産における共通課題は、物質生産をさせることで微生物の生育が阻害され、結果的に生産物の収量が抑えられてしまうという点にある。そこで本研究では、遺伝子の発現量をコントロールする「プロモーター領域」を選定し、目的の物質生産遺伝子に融合させることで、任意のタイミングで生産を開始させる物質生産系の構築を目指している。

当初の目的では初年度に遺伝子発現解析を行い、その結果に基づいてプロモーター領域を選定する予定であった。しかし Linux システムを用いた遺伝子発現解析手法の習得に想定以上の時間を費やしてしまい、初年度には発現解析を終えることはできなかった。そこで当該年度では、独立栄養条件で発現することが知られている遺伝子のプロモーター領域を選定し、このプロモーターに特化して物質生産系の構築に取り組んだ。当該年度は、本研究で着目している4種の物質生産遺伝子とプロモーター領域の融合を行った。さらに、前年度に構築した遺伝子導入法を用い、4種の遺伝子の内3種類については対象微生物ゲノムへの組み込みに成功した。しかしながら、この物質生産遺伝子は大量に目的産物を生産するために微生物へのダメージが大きく、培養過程で欠落してしまうことが確認された。そのため、次年度以降は代替の戦略で物質戦略を目指すこととする。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 微生物利用、低炭素化技術、温室効果ガス

【研究 題目】 希酸溶液による廃棄物含有貴金属の溶解に関する研究

【研究代表者】 古屋仲 茂樹 (環境管理研究部門)

【研究担当者】 古屋仲 茂樹、藤木 由美子 (常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

本研究では毒・劇物を使用しない穏やかな条件下で貴金属を溶解させることで、リサイクル現場で活用可能な安全かつ高効率な貴金属溶解技術の開発を目指している。今年度は研究機関を1年間延長し、前年度までに十分な検討ができなかった事項である①白金の浸出率の向上のためのメカノケミカル法による活性化処理、ならびに②排ガス浄化触媒中の白金の溶解について追加検討を加えた。それらの実施状況は以下の通りである。

白金箔10 mg に、これまで活性化剤としてテストを

していなかったマグネシウム合金 (AZ91D) 粉末0.5 g を加え、遊星ボールミルで3時間混合粉碎処理を行った後、0.5N 希塩酸と二酸化マンガン、0.5N 希塩酸と過マンガン酸カリウムを用いて浸出実験 (3時間) を実施したが、いずれも白金浸出率は1%以下にとどまった。

新たに2種類の自動車排ガス触媒を入手し、ハニカムアルミナコート層からサンプリングした粉末の白金の含有量の分析を行ったが、ICP 発光分析装置ではいずれの元素も検出限界値以下であった。また、上記の通り白金の活性化処理自体が困難であることから、本検討項目については現状では困難であるとの結論に至った。

以上の検討から、本研究の貴金属溶解の手法は、金とパラジウムについてのみ顕著な効果を示すものと考えられた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 リサイクル、貴金属、粉碎、溶解、希酸

【研究 題目】 協同効果を利用した新規ロジウム抽出系開発及びそのメカニズム解析

【研究代表者】 成田 弘一 (環境管理研究部門)

【研究担当者】 成田 弘一、新山 洋子 (常勤職員1名、他1名)、元川 竜平 (日本原子力研究開発機構)

【研究 内容】

目標：

酸溶液中のイオンが極めて抽出不活性であるために実用的な分離試薬が存在しないロジウムに対し、2種類の抽出剤を混合した溶媒による協同効果を利用した新規抽出分離系の開発及び抽出メカニズム解析を目標とする。

研究計画：

本研究では、抽出剤にアミン系及びスルフィド系化合物を用い、金属イオンの二相間分配挙動解析に加え、ロジウム抽出錯体の内圏及び外圏における構造特性の解明を行う。得られたメカニズム情報を基に協同抽出系を最適化し、さらに高濃度金属溶液などを用いた応用研究を行うことで、新規ロジウム抽出分離プロセスを構築する。年度進捗状況：

アミン系抽出剤とスルフィド系抽出剤の混合溶媒による、塩酸溶液からのロジウム協同抽出に関して、本年度は抽出剤の側鎖の影響を主に調べた。トリ-n-オクチルアミン (TOA) 及びジ-n-ヘキシルスルフィド (DHS) の系に関して、DHS の側鎖を嵩高いフェニル基に変更したジフェニルスルフィド (DPhS) を DHS の代わりに用いたところ、DPhS - TOA 系でも協同効果現象は示したが、DHS - TOA 系に比べロジウムの抽出率は低下した。

抽出錯体構造解析では、塩酸系におけるロジウム抽出錯体について N,N'-ジメチル-N,N'-ジ-n-オクチル-チオグリコールアミド (MOTDGA) - TOA 抽出錯体の C13-NMR 及び FT-IR 測定を行った。その結果、

MOTDGA のアミド基の酸素原子がロジウムに配位していることが明らかになった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ロジウム、協同効果、抽出錯体、溶媒抽出、抽出剤

【研究 題目】 金属との相互作用を活用したグラファイト状窒化炭素の特性制御

【研究代表者】 佐野 泰三 (環境管理研究部門)

【研究担当者】 佐野 泰三、堀 智子 (常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

可視光に応答する新しい光触媒として期待されるグラファイト状窒化炭素 ($g\text{-C}_3\text{N}_4$) を高機能化するための金属複合化手法を検討した。効率の良い複合化手法の開発、半導体特性の制御、新たな機能の付与を目標とした。前年までに、酢酸銀水溶液中で高せん断混合した $g\text{-C}_3\text{N}_4$ がメチルメルカプタン (MM) の吸着と光触媒酸化反応に高い活性を示すことが見出されたため、当該年度は $g\text{-C}_3\text{N}_4$ への銀の担持機構と MM 吸着機構を解析した。

酢酸銀水溶液中で $g\text{-C}_3\text{N}_4$ を高せん断混合すると、金属銀の担持量は仕込み量の90%~120%となった。比表面積の大きい $g\text{-C}_3\text{N}_4$ では高せん断混合において $g\text{-C}_3\text{N}_4$ の一部が分解し、銀イオンが還元しながら担持されることが確認された。比表面積の小さな $g\text{-C}_3\text{N}_4$ では、すべての銀イオンが析出しないことが確認された。比表面積の大きな $g\text{-C}_3\text{N}_4$ に高せん断法で銀を担持すると、光電着法の4倍以上の MM 吸着容量 (1430 $\mu\text{mol/g}$) を示す試料が得られ、また、最も高い光触媒除去率を示した。銀原子1個あたりに吸着する MM 分子の平均個数は、高せん断法では0.59個、光電着法では0.14個、酸化チタン上の銀では0.03個であり、高せん断法で担持された銀は特異的に高い吸着量を示した。

透過型電子顕微鏡および光電子分光法により、MM 吸着前には $g\text{-C}_3\text{N}_4$ 表面に直径5~20 nm の半球状の銀ナノ粒子集合体が存在し、MM 吸着後には $g\text{-C}_3\text{N}_4$ 表面に薄く帯状にへばりついた銀ナノ粒子へと変化することが確認された。MM が吸着すると銀ナノ粒子が移動し、多量の MM を吸着できる配置をとったと推察された。他の担持法や酸化チタン上で形成された銀の移動は見られなかった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 窒化炭素、光触媒、半導体、悪臭物質、脱臭

【研究 題目】 質量分析法及び関連技術を用いた機能性ポリマー材料の劣化解析

【研究代表者】 佐藤 浩昭 (環境管理研究部門)

【研究担当者】 佐藤 浩昭 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

機能性ポリマー材料は、再生可能エネルギー技術や資源循環技術の開発において重要な役割を果たしている。高信頼性・高性能な機能性ポリマー材料を開発するためには、分子レベルでの詳細な化学構造解析と、劣化初期段階におけるわずかな化学構造の変化を検出し、材料設計にフィードバックすることが必要である。そこで本研究では、外国人特別研究員がもつ構造が複雑な架橋樹脂の化学構造解析技術と、受入研究員らの超高分解能質量分析技術を組み合わせることによって、様々な機能性ポリマー材料が様々なストレスなどにさらされることによって起こる分子構造変化を解析して、分子レベルでの劣化機構を解明する手法の開発を目的とする。

平成27年度は、太陽光発電（PV）モジュールの封止材として用いられているエチレン-酢酸ビニル共重合体（EVA）の化学構造及び劣化解析を中心に研究を行った。まず、EVA樹脂の化学構造を高分解能質量分析法により解析する技術を確立した。ここでは、サイズ排除クロマトグラフィーによる低分子量画分の分取とその質量分析による共重合組成および末端基構造解析、分光分析法による全体構造の確認を組み合わせることによって、EVAの詳細な化学構造解析を達成し、論文発表した。次に、加水分解および熱分解によるEVAの劣化挙動の解析を試み、脱酢酸に伴いマススペクトルの変化のパターンを明らかにした。また、PVモジュールで用いられるEVA樹脂は架橋しているため、架橋ポリマーから可溶成分を抽出して、架橋反応過程における高分子鎖の構造変化を明らかにした。その他、プラズマ重合ポリマーの構造解析も行った。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 高分解能質量分析、機能性高分子材料、構造解析

〔研究題目〕 大気圧プラズマ由来ラジカル種の触媒等固体表面における反応機構解明

〔研究代表者〕 寺本 慶之（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 寺本 慶之、金 賢夏（常勤職員2名）

〔研究内容〕

低温プラズマ・触媒複合技術によるVOC分解ではオゾンとVOCの触媒表面反応が重要な役割を果たす。前年度はオゾン生成メカニズムの解明に取り組み、その生成エネルギー効率の向上を図った。しかし実用化へはエネルギー効率の他に副生成物の抑制が課題となる。低温プラズマ技術では常に副生成物のNO_x排出が普遍的課題となる。しかしプラズマ中におけるNO_xの生成・分解プロセスは解明されていない。本研究ではNO_x生成反応の起点と予測されるN原子に着目し、二次元二光子吸収レーザー誘起蛍光法（2D-TALIF）を用いN原子を可視化することで、プラズマ中におけるNO_x生成プロセスの解明を試みた。計測結果より、NO_xの90%

以上がN原子を起点とした反応プロセスにより生成されることを突き止めた。このNO_x生成反応プロセスがプラズマ中の局所温度に大きく影響されることに注目し、従来よりも低温なプラズマが生成可能な電源の開発を行った。これによりプラズマ中の局所温度を80 K低下させることに成功し、NO_x排出量90%抑制を実現した。本研究はこれまで解明されていなかったプラズマ中NO_x生成プロセスを、N原子可視化技術を用いることで定量的に解明した点で重要であり、今後の更なる低温プラズマ応用に有益な知見を与えるものである。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 プラズマ、触媒、活性種

〔研究題目〕 大気中アルゴン濃度の超高精度観測に基づく気候システム温暖化のモニタリング

〔研究代表者〕 石戸谷 重之（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 石戸谷 重之、村山 昌平、田口 彰一（常勤職員3名）

〔研究内容〕

大気中のアルゴン濃度は大気海洋間の熱交換のみに起因した微小な変動を示すため、超高精度のアルゴン濃度観測により、最近注目されている地球温暖化ハイエイタス現象を引き起こす海洋貯熱量の時空間変動を把握できると期待される。本研究では我々が新たに開発した大気中アルゴン、酸素および二酸化炭素濃度等の高精度同時連続観測装置を応用した大気試料の分析手法を開発し、日本周辺および極域において大気中アルゴン濃度の観測を展開する。

平成27年度は、茨城県つくば市において連続観測を、北海道落石岬、岐阜県高山市、沖縄県波照間島および東京都南鳥島においてフラスコサンプリング法を用いた観測を行い、大気中アルゴン濃度の明瞭な季節変動を捉えることに成功した。また、南極昭和基地においてフラスコサンプリング法による観測を行うための大気試料採取装置と試料保存容器を製作し、現地に輸送して大気採取を開始した。さらに、ヨーロッパ中期予報センター（ECMWF）の大気海洋間熱フラックスに基づいた大気海洋間のアルゴンと窒素の月平均気候値フラックスを用いて、大気輸送モデルを用いた大気中アルゴン濃度のシミュレーションを行った。つくばでの連続観測から得られたアルゴン濃度の季節変動はシミュレーション結果とほぼ整合的であったが、いくつかのサイトでは観測された変動の振幅が有為に大きく、今後、観測手法の問題とシミュレーションの改良の両面から検討を進める。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 地球温暖化、大気中アルゴン濃度、大気中酸素濃度、海洋貯熱量

〔研究題目〕 第三の極における強太陽光照射が有害物質長距離輸送に与える影響評価研究

〔研究代表者〕 山下 信義（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 山下 信義、谷保 佐知、山崎 絵理子
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

第三の極（the Third Pole）とは、地表に比べて40%も強い太陽光照射に年間を通して暴露されることで北極・南極と同様あるいはそれ以上の地球温暖化・オゾン層破壊の影響を受けているヒマラヤ山脈・チベット高原など、標高3500 m を超える高山・高地を指す。その面積は400万平方 km を超え、全地表の3%近くを占めるが、これを地球環境問題の対象とした研究報告は少ない。北極・南極よりも急速に進行する第三の極における環境破壊現象を抑制するためには、中国・インド周辺各国の連携のもと、最先端の科学技術を用いた調査を早急に開始する必要がある。提案者らは2009年にストックホルム条約に追加、UNEP 全球汚染調査の対象となったPFOS（ペルフルオロオクタンスルホン酸）および関連物質（ペルフルオロアルキル化合物：PFASs）を地球化学トレーサーとして用いることで、世界をけん引する多くの研究成果をあげてきた。この研究の一環として2008年にヒマラヤからベンガル湾まで全長250 km にわたるガンジス川流域の PFASs 残留量を明らかにした。これは単なる環境モニタリングの枠を超え、今まで誰も正確に把握できなかったガンジス川水系の水資源量の解析と、絶滅危惧種であるガンジス川イルカの有害物質蓄積現象の解明とリスク評価まで達成し、インド政府主催国際研究集会（Nellore, 2012）ではキーノートスピーカーとして招待された。また第三の極と類似した稀有な自然環境にある、ハワイ・マウナケア山頂（標高4200 m）の国立スバル天文台と2003年より共同研究を開始し、地表では分解しないと考えられてきた PFOS 類が強太陽光照射高山環境では有意に光分解することを発見、2013年に公表した。

これらの研究の一環として、第三の極における氷河・大気・土壌・植生に残留する POPs の包括的な環境調査を行った。具体的にはヒマラヤ山脈のインド・ネパール側と中国チベット高原側など、高山環境を集中的に調査した。並行して POPs テスト試料（標準物質・実試料）を標高3500 m の高山に設置し、長期間の強太陽光下光分解試験を行った。両試験結果を比較することで、高山環境に現存する POPs の量と組成に第三の極における光化学分解・二次生成反応がどのように影響しているかを定量的に解析した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 第三の極、PFOS、ペルフルオロアルキル化合物、長距離輸送

〔研究題目〕 単一生細胞での細胞内遺伝子センシング技術の開発とチップデバイス化

〔研究代表者〕 青木 寛（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 青木 寛、助川 剛、中村 薫
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では、単一生細胞での細胞内遺伝子センシング技術を開発しそれをチップデバイス化することで、多数の細胞内遺伝子活動を並列的に同時観測可能とし、簡便かつ迅速な遺伝子診断技術の構築を目指す。最終的には、臨床や環境の現場で使用可能な一次スクリーニング技術として統合し、テーラーメイド医療や化学物質の生体影響評価に貢献する。

この課題のもと、H27年度は、微細孔を有するチップデバイスの開発と遺伝子活動評価の基礎となるバイオマーカー探索を行った。

微細孔を有するチップ開発では、電気化学的手法との一体化を前提として、レーザー加工法、インクジェット印刷による方法、光硬化性樹脂を用いた手法、熱収縮樹脂による方法の4法を検討しプロトタイプを作製し検討した。その結果、これらの手法ではレーザー加工法および光硬化性樹脂を用いた方法の組み合わせが、望みの微細加工に最も適していることが判明した。

一方で、電気化学的手法に必要な、電気信号を取り出すための配線引き回しが、かえって微細化を妨げる可能性があることが判明した。別の非標識・非侵襲検出法である表面プラズモン共鳴（SPR）顕微イメージング法では配線引回しの必要がなく、ナノサイズの単一粒子の高感度顕微検出が可能であることから、電気化学的手法と併せて検討を開始した。

また、バイオマーカー探索では、本技術の基礎となるバイオマーカーmiRNA について、化学物質暴露したマウス ES 細胞試料を高速シーケンサーおよびリアルタイム PCR により解析し、化学物質暴露に依存せずに発現するハウスキーピングと思しきバイオマーカーmiRNA を見出した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 細胞、センシング、チップデバイス、バイオマーカー、DNA、RNA

〔研究題目〕 地下圏炭素・エネルギー動態に関与する中核微生物群の同定と新機能解明

〔研究代表者〕 堀 知行（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 堀 知行（他1名）

〔研究内容〕

本研究は、未だ実体の明らかでない「地下圏炭素・エネルギーフラックスの根幹反応を担う未知微生物群」の生理生態を、分離培養技術と次世代シーケンサー解析との融合法によって明らかにすることで、今なお進捗しつつあると予想されるメタンハイドレート形成やナノバイライト生成などの地下物質ダイナミクスの根本的理解を目指すものである。ここで標的とする嫌気分解過程の中心中間産物「酢酸」と地殻中第4位の構成元素「鉄」

は地球の根源物質であるため、その代謝に関わる未知微生物群の実体解明は、地下圏の生命活動全体を紐解くことに直結する。なお本研究には、2012年統合国際深海掘削計画（IODP）第337次研究航海「下北八戸沖石炭層生命圏掘削」で取得した海底地下コア試料および海底堆積物試料を主に用いた。まず初めに、海底地下コアから得られる微生物菌体量の乏しさを打開するため、コア試料をそのまま解析するのではなく、中核微生物群の集積系を数百種構築した。得られた集積系のいくつかからメタン生成や鉄還元などの重要な生物地球化学反応が観察された。さらに次世代シーケンサーを用いた大規模遺伝子配列解読により各集積系の構成微生物を数万種レベルで同定した。その結果、上記のメタン生成や鉄還元を担う中核微生物群の系統学的特徴づけを達成した。また結晶性酸化鉄を電子受容体とする長期間継代培養により Firmicutes 門に属する新規な鉄還元微生物群を高度に集積することができた。一方、分離培養を介さずに、高度集積系内における未培養微生物の代謝機能を高感度に解析する分子生態学的方法の開発を試み、安定同位体プローブ法（SIP）と次世代シーケンスを組み合わせることで、従来法より約500倍の検出感度を有する「Ultra-high-sensitivity SIP（超高感度 SIP）」の確立に成功した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 地下生命圏、炭素・エネルギー動態、微生物、Stable Isotope Probing、次世代シーケンサー

〔研究 題目〕 低温プラズマと触媒複合プロセスの活性化メカニズムの解明と高度利用技術の確立

〔研究代表者〕 金 賢夏（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 金 賢夏、寺本 慶之、尾形 敦
（常勤職員3名）

〔研究 内容〕

本研究では、触媒、吸着、大気圧低温プラズマの相補的融合における相互作用のメカニズムを解明し、革新的化学反応分野の開拓とプラズマ化学の高度利用技術の確立を目指している。具体的には、プラズマによる触媒の低温活性化メカニズムを解明することで、常温・大気圧の条件下において反応活性と選択性に優れた革新的化学反応の基盤技術を確立し、「水素の長距離輸送に適した低温燃料改質」、「大気及び水中の汚染物質除去の高度化と省エネルギー化」、「脱貴金属の低温触媒技術の体系化」等の多様な応用分野へ波及効果をもたらす高度利用へ展開する。

平成27年度の研究では、触媒表面のフェーストリーマの進展をナノ秒オーダーで観察を行い、担持金属及び担体の種類の影響について検討した。気相のストリーマと同様に1次ストリーマの進展後に2次ストリーマが

発生することを明らかにした。1次ストリーマは印加電圧に比例して進展速度が速くなり、酸化チタンの場合680 km/sに達した。2次ストリーマの生成には閾値以上の印加電圧が必要であるが、進展速度は印加電圧に依存せず触媒ごとに一定な値を示した（100 km/s 以下）。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 低温プラズマ、触媒、複合技術、VOC分解

〔研究 題目〕 電気化学的手法を用いた廃棄物系有機物からの高純度水素の製造技術の開発

〔研究代表者〕 加茂 徹（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 加茂 徹（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

直径25 mm 厚さ150ミクロンの固体電解質（Hionic）に Ni-YSZ（ニッケルと YSZ の複合材）と LSM（ランタンストロンチウムマンガンナイト）を張り付けた（Nexceris 社製）ボタンセルおよび直径 30 mm 厚さ約300ミクロンの固体電解質（YSZ）に Ni-YSZ と LSM を張り付けた（Elcongen 社製）ボタンセルをそれぞれ銀網（アノード側）およびニッケル網（カソード側）で挟み、高純度アルミナ管（直径30 mm、長さ282 mm）の末端に各種セラミック接着材を用いて貼り付け反応セルを作成した。各金属網と端子を銀線で接続し、650～800℃で加熱しながらカソード側から飽和水蒸気を導入した。固体電解質の両面間に0～3V の電圧を印加し、生成物を四重極質量分析計を用いて観測しながら反応温度や水蒸気流量に対する影響を検討した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 水素製造、ガス化、燃料電池

〔研究 題目〕 都市域の猛暑の発生に及ぼす風上地面状態の影響評価

〔研究代表者〕 高根 雄也（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 高根 雄也（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

近年行われてきた猛暑の数値実験の結果、都市域における猛暑の発生には風上側を含む数十 km スケールでの地面状態が重要であることが示されてきた。しかしながら、国内にはこれを裏付ける地面状態の観測データが乏しいため、この結果は検証されていない。そこで本課題では、猛暑が発生しやすく、かつ地面を吹走する気流が卓越しやすい名古屋都市圏を対象に、風下側の猛暑に及ぼす風上側を含む数十 km スケールでの地面状態の影響を、地面状態の観測結果に基づいて検証する。本課題を気候・気象研究のための地面状態観測促進の契機にすることにより、猛暑の実態把握・予測・再現精度向上、さらには、猛暑の影響評価研究に貢献することを目的とする。

濃尾平野で気象観測を行なう前段階として、濃尾平野

を吹走する西寄りの山越え気流の気候学的特徴を、この西寄りの風の風下末端である多治見市の猛暑の特徴とともに調べた。その結果、多治見で猛暑が発生している際に、西寄りの山越え気流が頻繁に卓越しており、そしてこの風が多治見の猛暑の発生に大きく寄与している可能性が高いことが分かった。

西寄りの風と多治見の猛暑の気候学的特徴を抑えた上で、平成27年度の8月の1か月間、濃尾平野を含む計6地点において土壌水分量を含む気象要素の本観測を実施した。観測の結果、濃尾平野で西寄りの気流が卓越した日を数事例観測することに成功した。解析の結果、仮説としていた地表面加熱を伴うフェーンメカニズムの存在が示唆された。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 高温、局地風、都市、現地観測

【研究題目】 発光性細胞株アレイを用いた高速PM2.5評価系の構築

【研究代表者】 金 誠培（環境管理研究部門）

【研究担当者】 金 誠培、長縄 竜一、中里 哲也、藤井 理香（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

PM2.5に代表される浮遊微粒子状物質の生物毒性・炎症効果を評価する方法論の開発は喫緊の課題である。我々はこの課題に資する研究として、各臓器由来の細胞株にそれぞれ適した生物毒性・炎症効果の可視化プローブを導入して形質変換し（発光センサー化）、その細胞株アレイ下でPM2.5の生理活性を高速発光評価するシステムを構築することを目的とする。このための細目課題として、1) 既開発の生物毒性・炎症効果可視化プローブの高輝度・高感度化を行い、2) 各臓器を代表する細胞株に前記プローブを安定発現させ、マイクロ流路上にアレイ化することにより、PM2.5の生物毒性・炎症に応じて発光する細胞株アレイを構築する。3) 我々既開発の多チャンネル多ポイント同時計測式光検出機でその発光輝度を高速同時計測し結果解析を行う計画で研究を進めてきた。

今年度には、川崎と福岡でPM2.5の実サンプルを採集し、体内暴露モデルとして培地や純水に溶解する標準的試料作製手順書を確立した。また溶解した上澄みを発光細胞や人工生物発光酵素（ALuc®）に暴露させ、発光信号を計測した。この発光信号の計測に独自の8チャンネル光検出装置を用いて高速測定した。その結果、ALuc®はPM2.5由来の2価重金属に非常に敏感に影響されることを発見した。更にALuc®全長の両端に、免疫毒性物質に応答するタンパク質AとBを繋げることによって「分子歪みセンサー」という新概念の発光プローブを創製した。これらの成果を纏め2報の専門研究ジャーナルに掲載した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 PM2.5、生物発光、可視化、分子プローブ、細胞株アレイ

【研究題目】 発光性細胞株アレイを用いた高速PM2.5評価系の構築

【研究代表者】 金 誠培（環境管理研究部門）

【研究担当者】 金 誠培、藤井 理香（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究は、研究番号 M062の研究の国際共同研究加速課題である。化学物質により起こる代表的な細胞内分子イベント（リン酸化、タンパク質間の相互作用、核内移行など）は何れも病理現象と深く関係している。本研究ではこの科研費研究により開発した「可視化プラットフォーム」を活用し「化学物質による分子イベント→定量化→病理現象との相関性解明」に資する環境・医学連携研究を実施することを目的とする。このためにこの分野で世界的な技術力と実績を持っている、アメリカ・スタンフォード大学医学部の分子イメージングプログラム（MIPS）と国際共同研究を実施する。今回、科研費支援により開発した「（化学物質の生理活性）可視化プラットフォーム」を、MIPSが得意としている定量化・病理現象診断技術と融合することで、「化学物質の診断技術」の新たな飛躍に挑戦する。

本研究は、2016年2月に内定通知が来ており、2015年年度中にはまだ研究費配分と研究開始に至っていないところである。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 PM2.5、生物発光、可視化、分子プローブ、細胞株アレイ

【研究題目】 森林生態系の炭素代謝プロセス動態の時空間的変動機構の統合的解明と温暖化影響予測

【研究代表者】 村山 昌平（環境管理研究部門）

【研究担当者】 村山 昌平（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は、森林生態系の炭素循環ならびに炭素固定機能を決める生態系呼吸の動態メカニズムと林冠光合成生産力の関係を、生態系生理学的手法と大気化学的手法を結合したアプローチにより解明し、森林生態系機能の機構解明と変動予測研究の精緻化を進めることである。落葉広葉樹林と常緑針葉樹林を対象として、森林葉群の生理生態（光合成、呼吸）、土壌呼吸、大気-森林間二酸化炭素（CO₂）フラックス、近接リモートセンシング等の複合的観測と安定同位体分析を組み合わせることにより、（1）生態系呼吸プロセス（枝、幹、土壌呼吸）の時間的変動と環境応答特性と、（2）林冠光合成生産力のフェノロジーの関係に基づいて、（3）光合成から呼吸に至る炭素分配・代謝フラックスの動態機構を

解明し、(4) 森林炭素動態の詳細・広域評価を展開する。これらのうち、産総研では大気化学的手法によるアプローチを担当する。

H27年度は、高山落葉広葉樹林サイトにおける、各呼吸プロセスの寄与を評価するために、CO₂フラックス、大気中 CO₂濃度、気象の連続観測および大気、土壌空气中 CO₂、降水、土壌水、大気中水蒸気の同位体観測を継続して行った。夜間の生態系呼吸に対する土壌呼吸、葉呼吸の寄与の推定の高精度化のために、大気―葉内間の同位体分別の計算スキームの改良を試みたが、大気―葉内間の CO₂濃度差が小さい期間には、異常な結果が見られることがあり、気孔コンダクタンスの推定法の改良がさらに必要であることが分かった。水の同位体測定装置を用いた実サンプルの分析を開始し、土壌水や大気中水蒸気の同位体データの蓄積を進めた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 炭素循環、安定同位体、森林生態系、生態系呼吸

【研究 題 目】 氷成長抑制ポリペプチドと温度応答性物質を用いた水・氷・霜の付着しない機能面の研究

【研究代表者】 灘 浩樹（水環境技術研究グループ）

【研究担当者】 灘 浩樹（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、空気流中の水滴、雪、氷粒子、水流中の氷、さらには蒸気流が冷やされてできる霜が付着しないように、ナノスケールの表面の凹凸が温度に応じて変わることができる新規な透明機能面を確立することを目的とする。その目的のもとにおいて、本研究の目標は、低温環境下で生息する一部の生物が持つ不凍タンパク質にヒントを得た高分子と熱応答性高分子を結合して透明プラスチック板に適切に固定した機能面を作製し、その機能面に水滴、氷結晶、霜が着かないことを実験的に明らかにすることである。水滴、氷結晶、水蒸気は静止空気中と乱流気相中の両方の場合を検討することに、分子動力学、フェーズフィールド法、乱流直接数値シミュレーションなどを用いて水滴、氷結晶、霜が着かないメカニズムを理解することも本研究の目標である。

本年度は、冬ガレイ由来のアミノ酸配列をもとにしたポリペプチドの分子動力学シミュレーション研究実施に向けて、モデル作成、プログラミング開発、シミュレーションデータ解析の準備などを実施した。また、本プロジェクト内で実施されているプラスチック版上での水滴凍結に関するフェーズフィールドシミュレーション研究および実験研究を交えて機能面作製に関する検討を行った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 凍結制御、不凍タンパク質、温度応答性物質、シミュレーション、物質表面機能

【研究 題 目】 英国における海洋漏出 CO₂の環境影響評価のための実海域実験

【研究代表者】 鈴木 昌弘（環境管理研究部門）

【研究担当者】 鈴木 昌弘、塚崎 あゆみ
（常勤職員2名）

【研究 内 容】

海底下地層を対象とした二酸化炭素回収貯留（CCS）技術の実用化に向けては、国際条約（ロンドン条約1996年議定書）や国内法（海防法）により、地中の貯留層から海洋環境への万が一の二酸化炭素の漏洩を想定した環境影響評価と監視（モニタリング）の実施が定められている。2012年、英国 Ardmucknish 湾において日英共同による二酸化炭素漏洩実験（QICS）が行なわれ、漏洩二酸化炭素の影響やその検出手法の評価が世界で始めて実施された。当該研究課題では、漏洩実験の実施から長期経過後の影響度合いを評価するために現地観測を実施するものである。平成27年度は第1次 QICS の試料およびデータの解析を進め、堆積物からの微量金属元素の溶出が重要との確証を得たため、新たな分析手法の構築を進めた。加えて2016年5月を目処に現地観測を行なうための、国内での計画立案作業と現地協力機関である SAMS との打ち合わせおよび合同ワークショップの開催を実施した。さらに QICS 当時は採取できなかった堆積物のより深い層の試料（固相および間隙水）の採取装置の検討、改良、現地試験を実施した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 二酸化炭素、CCS、環境モニタリング、環境影響評価、栄養塩

【研究 題 目】 マイクロ RNA の量的・質的変動を解析するシステムの構築

【研究代表者】 谷 英典（環境管理研究部門）

【研究担当者】 谷 英典、青木 寛、中村 薫
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

環境水中には多種多様な生体分子が存在しており、特に短鎖 RNA であるマイクロ RNA は情報伝達分子として生態系に影響を及ぼしていると考えられているが、依然として不明な点も多い。また、マイクロ RNA は、がんや心疾患等の病気にも深く関与していることが明らかになりつつあり、早期診断や治療のためのバイオマーカー、さらには核酸医薬品としての利用が期待されている。こうした機能性ノンコーディング RNA の役割を正しく理解するためには、発現の有無や増減を議論するだけでなく、その存在量を定量的に求め、さらに生体内での生合成と代謝分解の過程を経時的に追跡する必要がある。本課題では、これまで最新鋭の分析技術を利用して、細胞内外に極微量に存在するマイクロ RNA の質的・量的な変化を定量的に評価する技術の開発に取り組む。さらに、様々な細胞株内で発現しているマイクロ RNA を

分析し、新規バイオマーカー候補を発掘することを目標とする。本年度では、マイクロ RNA の機能解明に関する分析を進めるにあたり、マウス多能性幹細胞（マウス ES 細胞）に含まれるマイクロ RNA に関して、次世代シーケンサにより網羅的に RNA 量を解析する独自のシステムの確立に成功した。さらに、マウス ES 細胞に9種の化学物質（PRTR 法の第1種指定化学物質から選定：クロロホルム、トリクロロエチレン、りん酸トリ-n-ブチル、ベンゼン、フェノール、ピロカテコール、p-クレゾール、p-ジクロロベンゼン、フタル酸ビス）を暴露することにより、これらの化学物質に対して高い応答性を有するマイクロ RNA を複数同定することに成功した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 細胞、マイクロ RNA、次世代シーケンサ

【研究 題 目】 海洋微細藻類からのエネルギー回収を旨指した太陽光利用型光触媒システムに関する研究

【研究代表者】 根岸 信彰（環境管理研究部門）

【研究担当者】 根岸 信彰（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では太陽光を藻類培養と油分抽出並びに残渣のバイオガス変換の両者で使用する省エネルギー型新規プロセスの開発を実現するため、光触媒を用いた微細藻類の破碎によるオイル回収及び残渣の光触媒分解によるバイオガス生産に向けた基礎研究を進めた。本年度は、高塩濃度における光触媒活性化に伴う活性種の生成を観察するため、閉鎖循環式水流通光触媒システムを構築し、ポーラログラフィー法による塩濃度の違いによる活性種生成挙動の違い、過渡吸収スペクトルによる活性種の観察、及び ESR による液中活性種の検知を行った。なお、循環式水流通システムでは、水中における安定性に優れたセラミック光触媒を使用した。それ以外の実験では、バッチによる試験のため TiO₂粉末触媒を使用した。ポーラログラフィー観察では、照射時のみ塩濃度の違いに比例して活性種（遊離塩素）が生成することを見出した。過渡吸収スペクトルでは、照射に伴う活性種の生成量が少なくその同定には至らなかったが塩濃度が高くなることによりバックグラウンドの上昇が起きることを見出した。ESR による液中活性種の観察では、緩和が極めて早いラジカル種の生成が観察されず、光触媒に直接塩を担持し乾燥条件において照射する方法を検討する必要があることが分かった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 光触媒、海水、バイオマス

【研究 題 目】 多色変化型糖センサーアレイの高機能化と多検体同時検出システムへの展開

【研究代表者】 青木 寛（環境管理研究部門）

【研究担当者】 青木 寛（常勤職員1名）

【研究 内 容】

ボロン酸含有薄膜を用いた多色変化型糖センサーの高機能化を行う。これまで不十分であったグルコースに対する応答感度を向上させるため、新たな構造を有するボロン酸モノマーを合成して薄膜作製に用いる。また、薄膜の色調変化を数値化して定量的に評価する手法を確立する。さらに応答の迅速化を図るため、薄膜の比表面積を増大させる手法を開発する。以上により、高感度で迅速かつ明瞭多彩な色調変化を示し、生体サンプル中のグルコース濃度を簡便・正確に測定できる実用的糖検出チップを開発するための道筋を確たるものとする。加えて、糖以外の化合物に対する応答メカニズムの新規導入を検討する。最終的に、我々の身の回りに存在する多種類の測定対象物質を1枚のチップにより測定できる多検体同時検出システムへの発展を目指す。

本年度は、センサーアレイの色調変化をより正確に評価するため、イメージスキャナを用いて薄膜の変色挙動を読み取り、数値化して定量的に示す手法の確立を行った。

糖センサーアレイ上の各スポットの色調変化を数値的に評価するため、イメージスキャナを用いて薄膜の変色挙動を読み取り、明度と色度に分割して数値化する手法を検討した。そのため、各種蛍光色素溶液をモデル材料として、微量アレイスポットにより表面にアレイ状に点着させたスライドガラスを作製した。これをイメージスキャナにより各種フィルター下でスキャンすることで数値化し、点着溶液のスポット量と蛍光色素濃度との定量的な関係性を明らかにした。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 比色反応、センサーアレイ、糖尿病、糖、グルコース、ボロン酸

【研究 題 目】 QAAR（定量的活性活性相関）手法による化学物質等の有害性推論手法の開発

【研究代表者】 竹下 潤一（安全科学研究部門）

【研究担当者】 竹下 潤一（常勤職員1名）

【研究 内 容】

平成27年度は、単独物質の有害性推論手法と複合影響評価手法とのそれぞれに関連する研究を行った。

単独物質の有害性推論手法の研究としては、インビトロ実験から得られた遺伝子発現データを用いて、類似化合物を分類する手法について研究を行った。これは、read-across（類推：有害性情報のない化合物の有害性を、有害性情報のある化合物の情報から予測する方法）に資する手法開発である。遺伝子発現データは、化合物数に対して非常に多くの遺伝子数のデータが報告されるという特徴を持つ。そのため類似化合物の分類を適切に行うためには、異なる化合物に対しては異なる発現パタ

ーンを明確に示す遺伝子群を抽出する必要がある。そこで、解析対象とする遺伝子を抽出するために、組合せ最適化手法とクラスタ分析のそれぞれを応用する2つのアプローチを提案した。

一方、複合影響評価手法の研究としては、複数物質を同時に暴露した際の影響率の予測値を区間推定する解析的手法を構築した。またその応用として、複合暴露試験結果が、複合影響評価手法でスタンダードとなっている濃度加算法（CA モデル）による予測と一致しているか否かを判別する手法を提案した。さらに提案手法の妥当性を検証するために、提案手法による計算結果と、よく利用されているシミュレーションによる結果との比較を行った。この検証は、仮想データとメダカを用いた複合暴露実験の実データのそれぞれを用いて行った。そして、仮想データ、実データいずれの場合でも、提案した解析的手法による予測とシミュレーションによる予測とが類似しているという結果を得た。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 化学物質、有害性推論、遺伝子発現データ、クラスタ分析、組合せ最適化、複合影響評価、濃度加算法（CA モデル）

【研究 題 目】 キャビティー増幅吸収分光法による高温場での化学反応追跡手法の開発

【研究代表者】 松木 亮（安全科学研究部門）

【研究担当者】 松木 亮（常勤職員1名）

【研究 内 容】

高温環境下で進行する気相化学反応を精度よく捉えるための手法開発とその適用を行っている。平成27年度は、衝撃波で生成した高温場において、反応中間体を高感度で検出し、高温化学反応の速度論的研究を行うための新規手法「衝撃波管／時間分解広帯域キャビティー増幅吸収分光法」を開発した。本手法は、衝撃波背後における高速で高感度かつ広帯域な吸収分光法であり、高温反応を追跡するのに十分な時間分解能を有し、従来の単経路吸収分光法に比べ数十倍の吸収増幅を達成している。開発した装置の検証、および高温反応追跡への適用例として、二酸化窒素およびホルムアルデヒドの高温反応の追跡を行い、本装置が高温反応の速度論的研究に十分な性能を有していることを確認した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 高温化学反応、燃焼反応、衝撃波管、過渡吸収分光法

【研究 題 目】 グローバルサプライチェーンにおける隠れた水資源フローに起因する環境リスク評価手法の開発

【研究代表者】 本下 晶晴（安全科学研究部門）

【研究担当者】 本下 晶晴（常勤職員1名）

【研究 内 容】

世界的な水需給バランスの不均衡とサプライチェーンのグローバル化により、日本で生産される製品/サービスの隠れた水資源フローとそれに起因する環境リスクが懸念される。本研究では世界のサプライチェーンを通じた我が国の製品/サービスの水資源フローを可視化するデータベースを開発する。また、水消費に起因する物理的資源ストレスを通じた環境リスク影響を定量評価する世界スケールのモデルを構築する。これらを組み合わせることで我が国の製品/サービスに関わる隠れた水資源フローとその環境リスクの分析を可能とし、さらに将来の消費支出構造の変化による環境リスクの変化を時系列で予測し、水資源に関わる環境リスクの中長期的な予防的管理に資する手法の開発を目指す。

本年度は、まず国産の全製品/サービスの生産に投入されている水資源量およびそのうち蒸発、原料化、汚水として失われる割合を算定し、直接的な水資源消費量の推定を行った。国産の製品/サービスについて産業連関表の399部門に対応した水資源消費減単位を作成し、直接消費量に加えて、各製品/サービスの生産に関わる投入原材料やエネルギー等に関わる間接的な水消費量を含む原単位データベースを構築した。構築したデータベースを用いて日本全体の消費活動に伴う水消費量とその内訳についての分析を行った結果、日本の消費活動に伴う水消費量は約1700（億 m³）となり、そのうち約半分が農作物の生産に起因し、工業製品、サービスに関わる水消費はそれぞれ約2割を占めていることが明らかとなった。また、水資源消費による水不足と NPP との関係、NPP と生物種の絶滅リスクを関連付けたモデルのプロトタイプを開発し、その妥当性についての検証を進めた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ウォーターフットプリント、水資源、サプライチェーン、水ストレス、環境リスク、ライフサイクルアセスメント（LCA）

【研究 題 目】 ナノ秒衝撃圧縮によるペンスリット単結晶爆薬の衝撃起爆機構の解明

【研究代表者】 若林 邦彦（安全科学研究部門）

【研究担当者】 若林 邦彦（常勤職員1名）

【研究 内 容】

爆薬の衝撃起爆機構を分子反応のレベルで明らかにすることを目的とした研究を実施している。平成27年度は時間分解型ラマン分光装置の改良を行い、ペンスリット単結晶の格子振動に由来するストークスラマン及びアンチストークスラマン、さらには分子振動に由来する1300 cm⁻¹程度までのストークスラマンスペクトルをパルス幅6 ナノ秒、波長532 nm の単発励起光照射によって同時測定することを可能とした。光学系の透過率補正方法を高度化し、各振動モードのストークス・アンチストークスラマンスペクトルのピーク強度比から格子振動

温度を求めた結果、格子温度が室温を再現していることが確認された。この結果から、開発した本装置と手法を用いて衝撃圧縮されたペンスリット単結晶の格子温度を測定できる見通しを得た。また、昨年度までに最適化した手法によって作成した薄板状ペンスリット単結晶にレーザー誘起衝撃波を[110]軸方向へ伝播させ、線結像型レーザー速度干渉計システムを用いて、粒子速度分布を測定した。衝撃波入射面の粒子速度および衝撃波通過後の自由表面速度を同時独立測定し、粒子速度が0.2~0.4 km/sにおける状態方程式データを得ることができた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ペンスリット単結晶爆薬、衝撃起爆機構、ナノ秒衝撃圧縮、レーザー衝撃圧縮法、ラマン分光法

【研究 題 目】 リレーショナル化学災害データベース

【研究代表者】 和田 有司 (安全科学研究部門)

【研究担当者】 和田 有司、牧野 良次、若倉 正英、中島 農夫男、松倉 邦夫、伊藤 貴子、鈴木 真紀、阿部 祥子 (常勤職員2名、他6名)

【研究 内 容】

「リレーショナル化学災害データベース」は、継続的に化学関連災害を収集し、公開することを目的としているデータベースで、化学災害に関連した物質の危険性データへのリンクや文字情報以外のプロセスフロー図、装置図、化学反応式等の付帯情報 (画像情報) へのリンクを持ち、利用者が利用しやすいように最終事象、装置、工程、推定原因、被害事象を専門家によって階層化されたキーワードで分類し、教訓を持つことを特徴としている。また、一部の事例には産総研で開発した事故分析手法 PFA によって事故を分析した結果である事故進展フロー図がリンクされ、利用者がより簡便に深く事故を理解できるように工夫されている。

本研究では、日々化学災害事例の収集、分析を行い、事故の概要文を作成した約200件の事例について、関連化学物質の抽出作業および各キーワードによる分類作業を行いながらデータベースへの登録、公開を行った。また、事故分析手法 PFA の結果である事故進展フロー図約10件を Web で公開するフォーマットに整える作業を行い、データベースに登録、公開を行った。

公開 URL : <http://riscad.db.aist.go.jp>

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 リレーショナル化学災害データベース、RISCAD、事故分析手法 PFA、事故進展フロー図、教訓

【研究 題 目】 金属特異性を考慮した包括的な生態リスク評価手法の開発

【研究代表者】 加茂 将史 (安全科学研究部門)

【研究担当者】 加茂 将史、小野 恭子、内藤 航、保高 徹生 (常勤職員4名)

【研究 内 容】

水性生物のリスク評価では、金属毒性予測モデル (BLM) の高精度化を目指して、pH の影響つまり水素イオンの影響をモデルに組み込むための試験を開始した。pH は半数致死濃度 (LC50) に大きく影響することは確認できたが、水素イオンの吸着係数の推定等定量的な解析を実施するのに十分な結果は得ることができなかった。ミジンコについては、銅の BLM パラメータ推定を終了した。モデル検証の一環として、河川から採取した水を用いて有害性試験を行った。実験により推定した LC50 とモデルで予測した LC50 を比較したところ、多くの場合、モデルは実験結果より高い LC50 を推定することが判明した (有害性を低く推定する)。モデルと実測のずれの原因を分析したところ、おそらく BLM のパラメータは正しく推定されている、しかしながら、金属スペシエーションに問題があり利用可能量が10~100倍程度低く推定されている、そのため LC50 が高く推定されてしまう、という可能性が強く示唆された。さらに、モデルと実験による LC50 の推定値の乖離は、銅の濃度が低いところにより顕著になるという傾向があることも明らかとなった。なぜこのようなずれが生じるのかは解明にいたっておらず、より精緻な BLM を構築するには、利用可能量をより正確に把握する必要があることが明らかになった。加えて、ミジンコではニッケルの有害性試験も実施した。藻類については銅、亜鉛、カドミウム、ニッケルの複合影響試験を行い、カドミウムの毒性メカニズムが他の金属とは異なる可能性を示唆する結果を得た。

土壌生物のリスク評価では、昨年度までに選定した土壌4種について、土壌とカドミウムの利用可能量との関係を調べるための DGT 試験を実施した。これら結果を用いて、各土壌での金属利用可能量を推定するための簡易モデルを構築した。これら土壌でミミズを用いた毒性試験を実施し、LC50 を推定した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 金属、利用可能量、生物リガンドモデル、生態リスク評価

【研究 題 目】 国際環境協力を資する河川シミュレーションモデルの開発

【研究代表者】 石川 百合子 (安全科学研究部門)

【研究担当者】 石川 百合子、村尾 智 (常勤職員2名)

【研究 内 容】

本研究では、アジアにおける環境協力において、相手国政府や地域住民との協働を得て実施する環境対策の効果を、定量的に示す方法論を模索した。具体的には汚染物質の拡散を追跡できる河川管理ツールの開発へ向けて検討を行った。

平成27年度は、泰緬国境付近にあるカンチャナブリ地方のソントー鉱山周辺を対象として、産総研の河川管理モデル AIST-SHANEL を対象地域に適用し、本モデルによる重金属汚染解析の実施可能性について検討した。対象物質は鉛とし、旧坑における排出濃度が日本の鉛の排水基準（100 ppb）の約150倍とする事故シナリオを設定し、ソントー鉱山からの坑廃水が下流河川に与える影響を評価した。最下流地点に位置するメークローン川では、最大流量時で日本の環境基準の3倍弱、最小流量時で約33倍の河川水濃度になることが推定された。

本研究の結果から、現地の地形情報を精査して集水域を推定することにより、AIST-SHANEL をベースとした国際版河川管理ツールの構築が可能となることが示された。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 河川シミュレーションモデル、有害元素、国際環境協力、アジア、河川環境管理

【研究 題目】 最適化手法に基づく複数住宅での温水需要予測技術とマネジメント技術の開発

【研究代表者】 安芸 裕久（安全科学研究部門）

【研究担当者】 安芸 裕久（常勤職員1名）

【研究 内容】

予測モデル、最適化モデルおよび逐次運用モデルを構築し、それらを統合して運用シミュレーションを行う DEM-SEM（Demand-side Energy Management Simulation and Evaluation Model）を開発した。住宅4戸を対象とした具体的なエネルギーシステムやエネルギー料金形態を複数想定してシミュレーションを行った。各モデルに関する実施状況は次の通りである。

予測モデルについては、前年度の解析結果をもとに、住戸単位の温水消費を前日に予測する手法を開発した。サポートベクターマシンを用いて、外気温、居住者の在宅／不在宅状況、平日／休日といった影響因子を学習データとして入力し、温水消費量を予測するモデルを構築した。影響因子の取舍選択や学習期間等による予測精度の違い、予測および逐次運用の結果について比較を行った。ボトムアップアプローチ予測手法についても一部アルゴリズムの見直しを行った。

昨年度構築した最適化モデルを、エネルギー費用最小化（経済性）に加えて、一次エネルギー最小化および二酸化炭素排出量最小化も考慮した多目的最適化モデルに拡張した。また、異なるエネルギーシステムを扱えるようにモデルの見直しを行った。

逐次運用モデルについて、運用計画に基づいて、当日、温水消費やタンクの貯湯量を考慮しながら逐次運用するため、逐次、機器を制御する機能と運用計画を修正する機能とを構築した。シミュレーションは DEM-SEM 上で行うこととしており、10分毎に、温水消費状況から湯張り時刻等予測を修正し、貯湯量を考慮して、最適化

モデルにより修正した運用計画を立案する機能を構築した。

検証実験のための準備として実験設備の改造・追加を行った。沸かし上げ量を制御できるように CO₂ヒートポンプ給湯機を改造し、コージェネの熱供給に見合った温水を供給するための設備を増設した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 エネルギーシステム、エネルギーマネジメント、省エネルギー、住宅、給湯、最適化、需要予測

【研究 題目】 産業事故発生メカニズムの解明と事故抑止のための生産システムの実験的検証

【研究代表者】 牧野 良次（安全科学研究部門）

【研究担当者】 牧野 良次、竹下 潤一（常勤職員2名）

【研究 内容】

2011年以降主に化学産業において重大事故の発生が多発している。産業事故の抑止は持続的な企業経営ひいては持続的な経済を維持する上で喫緊の課題である。その理由は、産業事故による被害が従業員や周辺住民の死傷・周辺環境の汚染にとどまらず、設備破損や信用失墜に起因する企業価値の低下、サプライチェーンを通じた関連産業への影響拡大等、国民生活への波及効果が甚大であるからにはほかならない。中央省庁による報告書や各社事故報告書において指摘されているとおり、本質安全設計や安全装置の導入といったハードウェアの改善による安全対策からは既に一定の効果を得ているとの理解のもとに、事故原因として人間によるエラーや不安全行動の発生（さらにはその背後要因としての安全文化）に着目しその発生メカニズムの解明にチャレンジしているというのが学術・産業界の現状である。本研究は確率的リスク評価と戦略的相互依存関係下での人間の意思決定を分析するゲーム理論とを融合した数理モデルに基づいた経済実験を行うことによって、直列生産システムや並列生産システムといった物理的生産システムの特性の相違が共同作業している人間の意思決定、ひいては生産システム全体の信頼性に及ぼす影響を明らかにすることを目的としている。平成27年度は被験者を工場の管理者役および従業員役の2グループに分け、管理者が労働災害リスク低減策を実施する場合と実施しない場合とで従業員の労働意欲がどのように変化するかを経済実験により検証した。その結果、管理者がコストを負担して労災リスク低減策をとった場合、従業員の労働量が増加する傾向が観察された。さらに、労働量の増加はリスク低減コストを補填するのに十分な生産量増加をもたらすレベルであったことから、管理者にとって労災リスクを低減することは利益の観点からも合理的であるケースがあることが示された。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 産業事故、ゲーム理論、経済実験

〔研究題目〕 複雑混合物のリスク評価に向けた暴露評価手法開発

〔研究代表者〕 頭士 泰之（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 頭士 泰之（常勤職員1名）

〔研究内容〕

製品には実に様々な化合物が含まれ、複雑な組成をした混合物となっているものも多い。製品の産業的利用においては、それら複雑混合物がヒトや生態系に及ぼすリスクを適切に評価することが必要である一方で、現状では適切な評価方法が無い。そこで本研究ではリスク評価手法を構築するために重要となる、複雑混合物の暴露評価手法開発に取り組む。残油を事例として高分解能を有する2次元ガスクロマトグラフィーによる成分分析法、分類化法、環境動態予測のための物性推定法を構築し、混合物リスク評価におけるステップの一つとなる混合物の暴露評価手法の開発に取り組む。本事業の初年度となる本年度は、測定環境基盤を整備しながら、まず灯油試料を対象とした物性推定手法の開発に取り組んだ。具体的には2次元ガスクロマトグラフィー水素炎イオン化検出器を用いて試料の分析を行い、混合物を含む試料の2次元クロマトグラムを得た。またデータ解析用プログラミングツールを用い、線形自由エネルギー関係に基づき計算される物性を2次元分離測定データのマップに投影するツールを作成した。加えて所定のレンジの物性を有すると推定されるクロマトグラム領域を示すツールも作成した。さらに本研究の発展を狙い、海外から研究者を招聘し、混合物リスク評価に関するワークショップを開催し意見交換を行った。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 複雑混合物、化学物質、暴露評価手法、リスク評価手法、2次元ガスクロマトグラフィー、線形自由エネルギー関係

〔研究題目〕 分散型エネルギー取引市場制度設計に関する理論構築、経済実験及び社会実装

〔研究代表者〕 本田 智則（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 本田 智則、田原 聖隆、柴 義則、若松 弘子（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

本研究は、分散型電源及び既存電源を協調させつつ、長期安定的に稼働可能な電力システムの構築を目指し、市場の効率性に着目し、環境性・経済性を両立する新たな電力取引市場の制度設計を行うための基礎的知見を得ることを最終的な目的としている。

電力の市場取引が株式市場取引と異なる点として、その取引において、同時同量制約、連系線制約といった様々な物理的制約が存在すること、また、電力が社会経済において重要な基盤であることから、1つの最も低価格となる電源のみを選択することは社会経済の安定性を担保する上で避けるべき選択であること、さらに、温室

効果ガス低減を果たすという外部不経済の内部化を考慮に入れたものであること、等が挙げられる。

今年度は特に一般住戸を対象とした電力消費実態の把握、及び各分散電源のLCA（Life Cycle Assessment）基盤の整備を中心として行った。電力消費実態の把握では役250世帯の1時間単位消費電力実態データの取得、及び各世帯へのアンケート調査に基づいた生活スタイルに関する情報をベースとして電力消費実態の把握を行った。その結果、消費者の電力需要はその電力価格の変化に対して強い影響を受ける一方、その影響は短期間で生じるものではなく、短期的な価格変動は消費電力量には大きな影響を及ぼさない傾向も確認された。

これら知見を踏まえ、さらなる大規模な電力消費実態の把握、及び、連系線を考慮にいれた分散電源の配置、及び相互活用の可能性について検討を進める。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 社会的責任投資、実験経済学、被験者実験、企業の社会的責任、CSR、SRI

〔研究題目〕 放射線被ばくへの効果的な対策に資する問題解決型リスク評価手法・過程の検討と実践

〔研究代表者〕 内藤 航（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 内藤 航、小野 恭子、岡 敏弘（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

福島第一原発の事故に起因する放射性物質で汚染された地域において、住民の避難や帰還・活動制限、除染等の被ばく線量対策についての意思決定の基礎は外部被ばく線量（以降、被ばく線量）である。公的機関より被ばく線量評価のための予測式や実測データが公表されているが、それらは、実態に合っていないか、年間積算量であったりするため、被ばく線量低減対策の具体的な検討には使えないという課題がある。本研究は、福島地域住民や行政と連携して、被ばく線量の実態把握とリスク対策に資する推定手法の開発を行う問題解決志向の実践的研究と国内外におけるリスク対策及び実践的研究のメタ解析から成る。さらに、それらを通して得た知見や教訓を体系的に整理し、科学的合理性が高く社会に受容されるリスク対策が備えるべき要件とそれを支えるリスク評価とコミュニケーションのあり方を提示することを目指す。平成27年度は避難地域（福島県飯舘村と川俣町山木屋地区）において、地元住民協力のもと、個人線量の実態調査を行った。その結果と航空機モニタリングより得られる空間線量との比較の結果、避難地域における個人線量は空間線量の1～3割程度であると推定された。原発事故後に生じた放射線被ばくと身体的健康リスク等について、それぞれがどの程度大きいのかを比較した。放射線被ばくによるリスク増加のみならず、震災後は仮設住宅への入居等、生活環境の変化が身体的健康

リスク増加につながる可能性がある。糖尿病の有病率に関して震災前後のデータが入手可能であったことから、「震災の影響で新たに糖尿病に罹患した」というシナリオのもと、損失余命を計算した。また、糖尿病リスク削減対策の費用について調査した。さらに、様々な被曝回避方法の効果と費用とを結びつける研究の第1段として、除染という最も大掛かりな方法の実際にかかった費用の情報を、すでに除染の終わった檜葉町について集め、整理した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】ナノ材料、放射性物質、リスク評価、リスクコミュニケーション、線量評価、個人線量、除染、費用対効果

【研究題目】地域分散型のエネルギーシステムへの移行戦略に関する研究

【研究代表者】歌川 学（安全科学研究部門）

【研究担当者】歌川 学、小杉 昌幸
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究は、現在の大規模システムと大量エネルギー消費の組み合わせから、エネルギー消費を効率化し削減した上で地域分散型システムへ移行する手段を検討し、その際の技術的社会的到達点を求めるとともに、移行のプロセスについても解明することを目的としている。産総研では、このうち省エネ技術の普及について分担して研究を実施する。

平成27年度は、地域のCO₂排出実態とエネルギー消費実態について調査を行い、地域の産業や業務部門事業者・事業所のエネルギー消費実態と対策典型事例調査を実施した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】温暖化対策、省エネ対策

【研究題目】サプライチェーンが産み出す価値と環境・資源ストレスの統合的ホットスポット分析

【研究代表者】工藤 祐揮（安全科学研究部門）

【研究担当者】工藤 祐揮、田原 聖隆、
Chun-youl BAEK、白石 靖
（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

サプライチェーンに潜在するストレス要因のホットスポットを特定することで、その持続可能性を高めることが求められるが、そのための分析手法は未成熟な状況にある。本研究では、国産製品のサプライチェーン（国内産業および輸入原料を含む）を対象として、国内外の地域レベルおよび地球レベルで発生する環境・資源ストレスのホットスポット分析の枠組み・指標・原単位を確立する。まず、環境・資源・社会面の評価領域を定義し、

地域レベルの統計や国際物質フロー分析を活用してストレス指標を開発する。将来的に需要量・生産量が増加することが想定される製品やエネルギーを対象とした事例分析に適用し、それらの潜在的なストレス要因のホットスポットを特定する。さらに、分析方法のアルゴリズムおよび原単位のデータベースを実装することで、ホットスポット分析の汎用的な枠組みを構築することを目指している。安全科学研究部門が担当しているサプライチェーンの社会価値の概念整理について、平成27年度は持続可能性を評価する際に、機能（社会価値）を設定するための枠組みを構築することを目的とし、資源の有限性や機能とのデカップリング、資源効率や環境効率に関する世界的な動向をレビューした上で、環境影響を評価するLCAにおけるインベントリ・ミッドポイント・エンドポイントとのアナロジーも交えつつ、サプライチェーンの機能評価についての検討を進めた。また、サプライチェーン構造を記述したインベントリ（IDEAマトリクス）について、データベースの更新を行った。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】サプライチェーン、リスク管理、サプライチェーンマトリクス、物質連関

【研究題目】精密質量データ解析法の開発と環境化学物質モニタリングへの応用

【研究代表者】頭士 泰之（安全科学研究部門）

【研究担当者】頭士 泰之（常勤職員1名）

【研究内容】

普及がはじまりつつあるガスクロマトグラフ-高分解能飛行時間型質量分析計（GC-HRTOFMS）の環境分野への活用の高度化を図り、研究分野の開拓にも繋がる手法の開発を目指す。そのためにGC-HRTOFMSの能力を最大限活用した物質の検索・同定が可能な高精度な網羅的分析法や、物質組成や量の変化を高感度に検出・識別できる精密質量データの解析法を提案し、測定データからの物質の発掘や検索・同定において精密質量データを用いることの優位性を明らかにすることを目的とする。ケーススタディとして、廃棄物処分場、環境監視地点等における大気及び水環境中の化学物質の網羅的モニタリング及び異常検出とその原因解析を行い、提案する手法の妥当性と有用性について評価する。当方の担当分としては物質の組成や量の変化を検出する際に重要な条件となる、複数にわたる測定クロマトグラム間の保持時間のズレを補正するツールの開発である。本事業の2年度目となる今年度は、海外の研究者と議論を重ねながら2つの異なるクロマトグラムに対して、相互に対応する10点程度のクロマトグラム補正用ポイントを入力し、補正したいクロマトグラム全体の保持時間を補正するツールを作成した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】GC-HRTOFMS、精密質量、環境モニ

タリング、保持時間補正、網羅分析

【研究題目】金属素材の持続可能な循環利用システムの構築

【研究代表者】 畑山 博樹 (安全科学研究部門)

【研究担当者】 畑山 博樹 (常勤職員1名)

【研究内容】

金属素材の社会中での使用量(ストック)は先進国において飽和傾向にある。これらの国では、使用済み製品から回収された鉄鋼等の金属は相当量が輸出されており、国内で循環利用し続けられているとは言いがたい。さらに鉄に随伴するレアメタル等合金元素については、国内のリサイクルであってもほとんどが有効に活用されていない。そこで本研究では、鉄およびその合金元素の循環に着目し、「循環利用に従った合金元素の挙動に関する体系的理解」「鉄鋼材に混入する不純物の経路と量の定量化」「鉄スクラップの合金種別分離等の合金元素を有効利用するための循環システムの最適化」を実施する。

3年の研究期間の初年度である今年度は、鉄鋼の合金元素及び不純物元素であるニッケル、クロム、コバルト、すずのマテリアルフローを調査し、各レアメタルの循環における鉄鋼材の重要性を定量的に把握した。また、鉄鋼については既存の長期予測モデルを基に自動車鋼板のクローズドループリサイクリングの可能性を検討した。具体的には、現在は市場が成長しているものの将来的な飽和が見込まれる中国を対象に、2050年までの鋼種別需給を推計し、不純物元素である銅の濃度を考慮したマテリアルピンチ解析によって、各種資源循環技術の有効性を評価した。

【領域名】 エネルギー・環境

【キーワード】 リサイクル、都市鉱山、鉄鋼、レアメタル、社会ストック

【研究題目】単一パルス高圧衝撃波管によるテトラフルオロエチレン爆発予知のための反応モデル構築

【研究代表者】 松木 亮 (安全科学研究部門)

【研究担当者】 松木 亮 (常勤職員1名)

【研究内容】

含フッ素不飽和炭化水素の代表であるテトラフルオロエチレンは、高温場での反応性が極めて高く、自己分解反応により爆発に至るが、その詳細なメカニズムは未だ明らかではない。本研究では、自己分解爆発の機構解明に資するため、高温場における反応追跡を行っている。平成27年度は、テトラフルオロエチレンの爆発過程における重要な反応中間体である、ジフルオロメチレン(CF₂)ラジカルを、高温環境下において分光学的に検出し、その反応を追跡した。具体的には、衝撃波によって生成した高温場によってオクタフルオロシクロブタン(c-C₄F₈)を熱分解し、ジフルオロメチレンラジカルを

生成した。広帯域過渡吸収分光法を用い、波長250 nm付近に存在するジフルオロメチレンラジカルを観測することで、その生成挙動を追跡し、反応速度定数を決定した。

【領域名】 エネルギー・環境

【キーワード】 衝撃波管、テトラフルオロエチレン、自己分解爆発、高温化学反応

【研究題目】水による爆風圧低減化のメカニズム解明と応用

【研究代表者】 中山 良男 (安全科学研究部門)

【研究担当者】 中山 良男、杉山 勇太 (常勤職員2名)

【研究内容】

爆薬の近傍に水を配置した状態で爆発が起こると周辺の爆風圧が低減化することが知られているが、そのメカニズムは明らかにされていない。そこで本研究では単純な系における実験として、透明の樹脂で作成した直管モデル内部でアジ化鉛100 mgを爆発させた。高速度カメラ撮影と管内・管外の爆風圧計測により爆風低減メカニズムを解明することを目的とした研究を実施した。

水が管内にあることによって管内・管外ともに爆風圧が減衰されることが確認された。この実験を再現する数値解析を実施した結果、実験における爆風圧を精度良く評価することができた。数値解析では衝撃波によって断熱圧縮された空気から水への内部エネルギー移動が爆薬の持つエネルギーの46%に達することがわかり、モデル内を伝播する衝撃波が弱くなった。この衝撃波が庫外に放出されることで、爆風の最大過圧が30%程度低減されることがわかった。このことから水によるエネルギー吸収が爆風低減メカニズムの主要因であることが示唆された。

【領域名】 エネルギー・環境

【キーワード】 高エネルギー物質、爆発、爆風圧、水、低減化

【研究題目】チタンと硝酸との反応による爆発性物質の同定及び安全取扱技術の確立

【研究代表者】 秋吉 美也子、松永 猛裕 (安全科学研究部門)

【研究担当者】 秋吉 美也子、岡田 賢、松永 猛裕 (常勤職員3名)

【研究内容】

本研究は、今後頻発する恐れがあるチタン薄膜を硝酸で処理する薄膜剥離工程での爆発災害を防止し、労働安全の更なる向上に貢献することを目的としている。具体的には、チタン薄膜/硝酸処理工程で爆発の原因となる爆発性生成物を同定し、摩擦や衝撃等の感度や爆力を把握する。チタン/硝酸溶液組成の影響を明らかにし、爆発性物質を生成しない、安全に取り扱える範囲を確定する。

今年度は、これまでの予備実験で明らかとなっている条件や、爆発事故時の取り扱い条件を参考にして、チタン／硝酸溶液での爆発性生成物の合成を試みたが、この成功には至っていない。発火機構が不動態皮膜の損傷による新生面の露出であるという可能性を考え、不動態皮膜の成長が発火現象に及ぼす影響を検討した。不動態皮膜を強制的に成長させ、種々の酸化剤共存下で打撃感度試験を行った結果、不動態成長をさせないケースでは発火に至らなかった。爆発性生成物と不動態皮膜成長の観点から検討を進める必要がある。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 チタン薄膜／硝酸処理工程、爆発性生成物、不動態成長

〔研究題目〕 家庭用品から放散される揮発性有機化合物／準揮発性有機化合物の健康リスク評価モデルの確立に関する研究（サブテーマ：非定常型曝露シミュレーション手法の開発）

〔研究代表者〕 東野 晴行（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 東野 晴行（常勤職員1名）

〔研究内容〕

室内環境の化学物質濃度は、居住者のライフスタイルによって大きく異なる可能性がある。したがって、試料採取時間が限定される実態調査のみで曝露評価を実施することに限界がある。

そこで、本研究では、非定常型曝露シミュレーション手法の開発を目的として、スプレー噴霧を対象としたシミュレーション手法の開発、スプレー噴霧および防虫剤の使用に関する曝露係数の収集、およびスプレー噴霧および防虫剤使用に関するシミュレーション手法の適用を試みた。

従来のスプレーモデルは、入力データとして粒径分布が必要であるが、一般的に入手が困難である。本研究で開発したスプレー噴霧モデルは、従来のモデルと同等の推定精度を有するが、粒子径10 μm以下の粒子存在率がわかれば計算を行うことが可能であり、粒径分布を用意する必要がない。粒子径10 μm以下の粒子存在率は、流刑分布と比較して容易に入手できるため、従来のモデルと比べて簡便に使用できる。

また、防虫剤を対象としたマルチボックス（マルチゾーン）モデルの検証を実施した。モデルによる推定値は既報の再現試験の実測値とおおむね一致し、実測値の1/2～2倍の範囲内であった。本研究で開発したモデルを用いることにより、収納空間に設置された放散源の居室濃度へ及ぼす影響を考慮することができる。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 室内環境、消費者製品、吸入曝露、シミュレーション

〔研究題目〕 中小規模事業場向けのリスクアセスメント手法の開発

〔研究代表者〕 和田 有司（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 和田 有司、牧野 良次、松倉 邦夫（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

近年の労働災害による休業4日以上死傷者数はおよそ11万人で推移している。平成22年には死傷者数の50%、死亡者の65%が従業員30人未満の事業場に所属していた。このことは労災被災者数の削減を促進するには中小規模事業場に注目する必要があることを示している。一方で、労災削減においてはリスクアセスメントの実施が望まれているにも関わらず、リスクアセスメントが行われるべき中小規模事業場でむしろ普及が進んでいない現実がある。そこで本研究は中小規模事業場で導入容易なリスクアセスメント手法の開発を目的とする。

平成26年度に作成したチェック形式の簡易リスク評価項目を質問紙として整理し、全国5000社の中小規模事業場に郵送して回答を依頼した。487社から得た回答（回収率9.7%）を分析した結果、企業規模が小さいほど安全文化に関するリスク評価項目の評点が低い傾向が見られた。企業規模が小さいほど労働災害発生率が高いという平成26年度の研究結果と総合して、本研究で開発した簡易リスク評価項目は中小規模事業場の労働災害リスクを発見するツールとして一定程度機能するとの結論を得た。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 中小規模事業場、労働災害、リスクアセスメント

〔研究題目〕 定性的手法を用いた労働災害防止対策の取り組みに対する労働者の認識の分析

〔研究代表者〕 牧野 良次、岡田 賢

（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 牧野 良次、岡田 賢（常勤職員2名）

〔研究内容〕

事業所の安全衛生管理には、労働者の積極的な参加が必須である。そのためには、好事例の背景にある労働者の認識、彼らの価値観や取り組む動機、取り組みに対する反応等を形式化して、個別の事業所・産業に留めることなく共有できるようにすることが有効であると考えられる。本研究は、労働災害防止対策への取り組みに関する労働者の意識をヒアリング等により得て、その情報を定性的手法により分析し、労働者の認識を構成する要因や影響を与える要因の間の関係を構造化して理解することによって、効果的な取り組みに資することを目的とする。

数値化されたデータを扱う定量的手法に対し、ヒアリング等から得られた情報を解釈しながら分析し類型化・構造化を通じて理解していく定性的手法は労働者の考えを理解するうえで定量的手法に劣らず有効と考えられる。

平成27年度は研究の核となるヒアリングを行う際のリサーチクエスチョンを設定した。平成28年度は対象となる事業所（化学産業・建設産業）にてヒアリングを実施しデータを収集・分析する予定である。また関係学会と連携してモデル化の結果の検証を行い、応用に耐える概念となるよう強化し、労働者の意識の「見える化」および「見える化」された内容の汎用化を目指す。

労働災害事故件数が下げ止まりの傾向が依然続いており、対処療法的な取り組みだけではなく、本質的で前向きな労働者による取り組みの醸成が求められている中、好ましい労働災害防止運動を支える労働者の認識やそれに影響を及ぼす要因とその構造を明らかにすることによって、災害防止対策への取り組みを無理なく積極的に促すような環境整備に資することができ、労働者の積極的な参加が期待できる。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 労働災害、労働災害防止対策、労働者の認識、質的研究、定性的手法

【研究 題 目】 シリコン系ナノ結晶表面での多重励起子の生成

【研究代表者】 ブラジミール シュブルチェック
(太陽光発電研究センター)

【研究担当者】 ブラジミール シュブルチェック、
Lozach Mickael (常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

We successfully synthesized silicon tin nanocrystals (SiSn-ncs), silicon zirconium nanocrystals (SiZr-ncs), and silicon iron nanocrystals (SiFe-ncs) with quantum confinement size. We could prepare nanocrystals with quantum confinement size, however proper alloying (only in SiSn-ncs) in the case of SiZr and SiFe was not yet confirmed and continuous effort will be done in this year. Due to the efficient surface engineering we have been able to develop low angle spray technique in vacuum for smooth Si-ncs thin films deposition. We have fabricated hybrid based solar cells based on engineered p type and n type Si ncs. We demonstrated better performance for p type doped Si ncs due to longer diffusion length. We have introduced doped p type and n type Si-ncs into hybrid perovskites solar cell structures with rather low efficiencies varying from 1 upto 5 %. We could observe change in HOMO/LUMO due to surface engineering and Voc enhancement in n type doped Si-ncs about 0.2 V.

We have revealed that fs laser induced surface engineering of Si-ncs leads fragmentation grains and enhancement of intensity of PL (6 > times). We could

introduce engineered Si-ncs in TiO₂ and PEDOT films while bright and stable PL of Si-ncs served as down convertor and an enhancement in solar cell photocurrent about 24 % was observed.

I worked also on Lowerhulm grant where the efforts within the International Network was improving the plasma based synthesis at atmospheric pressure to reach reliability and quality levels comparable with results produced at low-pressure. The work on the synthesis and characterization of crystalline and amorphous Si-ncs with strong quantum confinement (<5 nm) by atmospheric pressure plasmas and high quality synthesis conditions has been achieved whereby both the technological and fundamental aspects have been investigated.

【研究 題 目】 高効率な水酸化反応実現のための光触媒表面制御

【研究代表者】 三石 雄悟 (太陽光発電研究センター)

【研究担当者】 三石 雄悟 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究では、露出結晶面の異なる酸化タングステン (WO₃) 粉末を調製し、Fe³⁺を還元しながら水を酸化するエネルギー蓄積型 ($\Delta G > 0$) の光触媒性能を評価する。特に望まれない副反応である、生成した Fe²⁺の再酸化過程による性能低下が露出結晶面の制御により抑制できるか評価する。さらに、可視光の大部分を利用可能な光触媒材料の開発および性能向上を目的としている。

本年度は、さまざまな形状を有する酸化タングステン粒子の性能を評価した。光触媒性能は球状に近い無定形粒子で最も高い性能が得られた。逆反応についても、形状制御の恩恵は得られなかった。形状制御を実現するため、様々な鋳型材を添加、もしくは熱処理を苛酷に設定したため、現状の製法では性能低下につながる表面や結晶内部の欠陥形成が起こったと考えられ、粒子調製法に工夫が必要であると考えられた。

新材料の開発については、酸化鉄と酸化インジウムを複合化させた半導体で、500 nm までの幅広い可視光領域を利用できる新材料の開発に成功した。可逆レドックスとしてヨウ素やバナジウムイオンを利用できることが確認でき、最終的に Z スキーム水分解の酸素発生触媒としても機能することを明らかにした。

また高性能な光触媒の一つとして知られるビスマスバナデートのさらなる高性能化を行った結果、ガリウムイオンを添加する新規な調製法を開発することで、従来法よりも3倍程度高い性能を実現した。450 nm 照射下での量子収率は30%を超え、太陽光エネルギー変換効率でも0.65%と粉末光触媒を利用したエネルギー変換反応の中では最も高い値を実現した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 光触媒、太陽光エネルギー変換、水の分解反応、レドックス媒体

〔研究 題目〕 太陽エネルギーの効率的利用を目指した金属ナノ粒子複合型光電極による水分解水素製造

〔研究代表者〕 福 康二郎（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 福 康二郎（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究は、太陽光を利用した水分解水素製造に関して、“太陽光の有効利用”と“電解電圧の大幅な低下”の両立が実現できる光電極システムの設計を目的としている。平成27年度は、これらを両立しながら、高い汎用性を有する過酸化水素の酸化的製造にも着目し、原料として水のみを使用した水素と過酸化水素の同時製造・蓄積が可能な光電極システムの設計について検討した。本システムは、従来の水から水素と酸素を製造するための電解電圧（+1.23 V vs. RHE）よりも正に大きい反応であることから、“太陽光の有効利用”の観点からも有利であり、電圧を印加した場合の太陽光エネルギー変換効率は原理的に高くなる。

高い光電流特性を示すことが知られているWO₃/BiVO₄積層光電極を用いて、各種電解液中での水分解反応を調査した。炭酸水素塩を電解液に使用した場合のみ、理論電解電圧（+1.77 V vs. RHE）よりも著しく低い電圧（> +0.4 V vs. RHE）下でさえも、光アノード上での過酸化水素の生成が確認され、カソード上での水素生成と併せて、水素および過酸化水素の同時製造・蓄積が実現できた。炭酸水素塩の濃度を増加するに従い、過酸化水素生成の選択率および蓄積量は大幅に向上し、本系における特異的な過酸化水素生成には炭酸水素塩の存在が大きく寄与することが明らかとなった。炭酸水素塩が光アノード上で酸化されることで生成し得る過炭酸塩種（HCO₄⁻やC₂O₆²⁻等）が、水から過酸化水素を合成するための効果的な触媒として機能することが示唆される。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 太陽光エネルギー、水分解水素製造、過酸化水素、光電極

〔研究 題目〕 半導体表面におけるプラズマ誘起欠陥の発生と修復のメカニズム解明

〔研究代表者〕 布村 正太（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 布村 正太（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究では、プラズマ誘起欠陥をその場でリアルタイムに定量評価する手法を開発し、欠陥の発生と修復に関するメカニズムを解明することを目標としている。

本年度は、プラズマ照射下の半導体表面に形成される

欠陥（プラズマ誘起欠陥）をモニタリングする手法を開発し、半導体シリコン表面におけるプラズマ誘起欠陥の発生要因を調査した。以下に得られた成果を記述する。

1) プラズマ誘起欠陥をモニタリングする手法として、実時間分光エリプソメトリと光学的ポンプ-プローブ法を組み合わせた手法を開発した。分光エリプソメトリでは、半導体表面からの反射光強度を計測しプラズマ誘起欠陥層の厚みを決定した。光学的ポンプ-プローブ法では、プローブ光励起の光電流を計測し欠陥層内に含まれる欠陥の総量を評価した。

2) プラズマプロセス下の結晶シリコンに本手法を適用し、プラズマ誘起欠陥を評価した。水素プラズマ照射の場合、欠陥層は照射直後から形成され、その厚みは急速に増加した後に約2 nmで飽和する結果を得た。一方、アルゴンプラズマ照射の場合、欠陥層の厚みは徐々に増加し照射30分後で約3 nmに達する結果を得た。これらの結果から、水素プラズマの場合、欠陥は短時間で表面近傍に形成されるのに対し、アルゴンプラズマの場合、欠陥の形成に長時間の照射が必要であることを見出した。

3) ヘテロ接合太陽電池用途のアモルファスシリコン極薄膜（約10 nm）の欠陥を評価した。プラズマ CVD 下でのプローブ光励起の光電流計測から、プラズマ誘起欠陥の密度は10¹⁸ cm⁻³程度に達することを明らかにした。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 太陽電池、半導体、診断技術

〔研究 題目〕 半導体量子ドットにおけるキャリア増幅過程の解明

〔研究代表者〕 太野垣 健（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 太野垣 健（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

結晶シリコンなどの単接合太陽電池においては、バンドギャップエネルギーよりも大きなエネルギーを光吸収した際に余剰エネルギーをもったキャリアが生成され余剰エネルギーは熱として損失される。この余剰エネルギーを有効利用するキャリア増幅過程を発現させることによって、光エネルギーの利用効率向上が期待される。本研究では、シリコンとの整合性の良いゲルマニウム/シリコン量子ドットに着目し、系統的研究に向けたナノ構造体試料の構築および定量評価計測法の構築によって、半導体量子ドットにおけるキャリア増幅過程の基礎的知見を蓄積することを目的とした。本年度は、高エネルギー光照射を用いた光励起キャリア数の定量評価実験を進めるとともに、高エネルギー光照射の際に顕在化する試料表面での反射光損失が定量評価に及ぼす影響についての検討を行った。反射光損失低減のために導入された表面テクスチャがシリコン中のゲルマニウム量子ドットの光吸収過程について及ぼす影響について電磁波シミュレーションを用いた検討を行い、入射面および裏面にテクスチャ構造を付加したダブルテクスチャ構造の有無に依存

してゲルマニウム量子ドットにおける光吸収効率が增大すること、表面テクスチャ構造パラメータによって表面反射損失が低減しゲルマニウム量子ドットにおける光吸収量が增大することがわかった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 太陽電池

【研究 題目】 有機・無機半導体ヘテロ界面を利用した高密度メモリの実現

【研究代表者】 西永 慈郎

(太陽光発電研究センター)

【研究担当者】 西永 慈郎 (常勤職員1名)

【研究 内容】

本研究の目的は、有機・無機半導体ヘテロ界面の結晶成長と新規物性探索、および、そのデバイス応用の提案である。構造対称性に優れ、炭素のみで形成されたフラーレン C₆₀分子と、III-V 族化合物半導体である GaAs は、イオン半径が大きく異なるにも関わらず、C₆₀分子を結晶欠陥なく GaAs 結晶格子中に並べることができる。C₆₀分子の分子軌道は GaAs 結晶中であっても活性であり、C₆₀/GaAs ヘテロ界面は、有機・無機半導体ヘテロ界面の新規物性を評価するのに優れた系といえる。

今年度は GaAs 結晶中の C₆₀量子ドットの基礎的物性を評価するため、GaAs ダイオードの空乏層中に C₆₀分子を添加し電気的特性を評価した。試料構造は GaAs pin 構造の i 層に C₆₀分子を添加し、表面に AlGaAs 窓層を形成することで太陽電池構造とした。C₆₀ doped GaAs ダイオードの理想因子は、1.11であり、GaAs pin ダイオードの理想因子よりも小さいことがわかった。これは C₆₀電子トラップが負の空間電荷 (アクセプタイオン) として機能し、空乏層幅を狭くすることで再結合電流の割合を減少させるためである。C₆₀を添加しない GaAs ダイオードは変換効率22%であり、高変換効率の太陽電池として機能している。一方、C₆₀ doped GaAs ダイオードは短絡電流および開放電圧が大きく減少し、変換効率は11%となった。この原因として、C₆₀量子ドットが再結合中心として機能し、光電流を減少させ、かつ、暗電流密度を増大させることで、出力電圧の減少を招いたためと考えている。つまり、太陽電池の空乏層内に量子ドットを形成することは、フェルミレベルをピンニングさせ、出力電圧を減少させ、変換効率を大幅に減少させる。次に C₆₀添加濃度を変化させたところ、濃度が上昇するにつれ、外部量子効率が減少することがわかった。波長900 nm (GaAs の E_g) から600 nm (AlGaAs 窓層の E_g) の範囲に着目すると、量子効率に波長依存性はなく、この結果は、表面の Be doped GaAs (1000 nm 厚) に発生した電子が、空乏層内を拡散する際、C₆₀電子トラップに一樣に捕獲され、さらに正孔も電子トラップに捕獲されることで、再結合中心として機能することを示している。以上より、C₆₀量子ドットは高速

光スイッチとしての応用に適しているといえる。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 フラーレン、GaAs、量子ドット

【研究 題目】 Co レドックスを用いた高効率色素増感太陽電池のための多核錯体の精密設計と特性制御

【研究代表者】 船木 敬 (太陽光発電研究センター)

【研究担当者】 船木 敬 (常勤職員1名)

【研究 内容】

本研究では、次世代型太陽電池の実現を目指し、高い開放電圧が得られるコバルト (Co) レドックスと可視光だけでなく近赤外光も利用できるルテニウム (Ru) 錯体色素を用いた高性能色素増感太陽電池を開発している。この電池システムでは、Co レドックス→Ru 錯体色素の再生過程が遅い、また Co レドックスへの逆電子移動が速いことなどが原因で十分な性能が得られていない。そこで、色素の再生過程の改善と逆電子移動の抑制を図るべく、Ru 錯体色素にドナー錯体を連結した多核錯体を設計・合成し、新概念の色素増感太陽電池の創製を行っている。

目的的多核錯体の合成を昨年度に合成できた剛直でπ共役系を拡張されるスペーサーを用いて試みた。まずは、Co 錯体化を行った後に Ru 錯体化を行ったが、目的的多核錯体を得ることが出来なかった。Ru 錯体化の反応条件下では、Co 錯体が不安定となり壊れてしまったことが主な原因と考えられる。そこで、Ru 錯体化を行った後に Co 錯体化を行うなどいくつかの方法を検討したが、目的物を得ることが出来なかったため、新たな合成経路を探索する必要があることがわかった。

また、色素の再生過程に生ずる分子内の電子移動では電子の移動距離や錯体同士の結合様式が大きな影響を与えるため、効率の良い電子移動を起こすためのスペーサーの探索が必要である。そこで、上述の多核錯体の合成と並行してビピリミジンなどのスペーサーを用いて、Ru 錯体色素とドナー錯体の距離が短い多核錯体の合成も試みている。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 色素増感太陽電池、ルテニウム錯体色素、コバルトレドックス、多核錯体

【研究 題目】 ドーパントによるワイドギャップ材料の機能化機構の解明

【研究代表者】 加藤 有香子 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】 加藤 有香子 (常勤職員1名)

【研究 内容】

ワイドギャップ材料は、高耐圧特性を活かせる高出力システムでの省エネパワーデバイス応用が期待される材料である。ダイヤモンドは5.5eV と大きなバンドギャップを

有した絶縁体であるが、ボロン・リンなどの不純物(ドーパント)の添加で半導体から金属的な特性を付加することができるので、ワイドギャップ材料として注目されている。

本研究では、不純物濃度とドナー・アクセプタ濃度が異なる現状を鑑みて、不活性ドーパントの活性化を目的に、不活性ドーパントの原子位置の解析を試みている。

光電子回折像は結晶構造の実像が得られる手法であり、元素ごとの原子配列が得られるという大きな特徴を有する手法である。光電子を扱うために、軽元素・低濃度元素をターゲットにするのは困難であるが、高輝度放射光光源と組み合わせることで、ホウ素・炭素などの軽元素や数パーセントの軽元素不純物を検出することが可能である。

評価した試料は導電性を示す高濃度ボロンドープダイヤモンドである。高温高圧ダイヤモンド基板上に CVD 法で合成したエピタキシャル成長膜で、ダイヤモンドパワーデバイスのコンタクト層と同じ条件で合成した。ボロン濃度は約1%である。この濃度は、過去に測定したボロンドープダイヤモンドよりも低い。SPRING-8 BL07LSU のフリーポートに設置した DELMA を用いて C1s の光電子回折像を測定した結果、試料の結晶構造はダイヤモンド構造を維持している事と、B1s は2つの化学状態を示すことを見出した。回折シミュレーションの結果、2つの状態の内1つは、置換位置にあるボロンを示すことが示唆された。現在、もう1つの化学状態を明らかにすべく新学術領域内の研究者と議論を重ねると共に、比較対象として合成方法が異なる試料を準備した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ダイヤモンド、パワーデバイス

【研究 題 目】 高効率パワーデバイスの動作に影響を及ぼす CVD ダイヤモンドの転位の解明

【研究代表者】 加藤 有香子 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】 加藤 有香子 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

ワイドギャップ半導体としてのダイヤモンドは、高出力系統での省エネパワーデバイス応用が期待されているが、現在学術界にて報告されているデバイス特性は1.6 kV 程度と1~2桁の性能向上が求められている。この、デバイス特性を改善するために、研究代表者は高効率パワーデバイスの動作に影響を及ぼす CVD ダイヤモンドの転位の解明に着手している。結晶欠陥のひとつである転位は、デバイス特性に影響を及ぼすと考えられているが、どの種類の転位がどれだけデバイス特性に影響を及ぼしているのかを解明した例はない。

耐圧特性への転位の影響を評価するために、最大耐圧 1 kV の擬似縦型ショットキーバリアダイオードを複数

作成し、X 線トポグラフィ法でショットキー電極中の転位種分布を観察した。デバイス作製は産総研内設備、X 線トポグラフィ測定は高エネルギー加速器研究機構内のフォトンファクトリーにて実施した。リーク電流が 1 mA になった時の電圧の大小と、転位種分布の関係を定量解析した結果、いわゆるキラ欠陥の存在は確認できなかったものの、刃状転位・混合転位・未同定欠陥 A、B のうち、刃状転位、未同定欠陥 B の2つが素子特性を劣化させる傾向にあることを解明した。解析結果はリーク電流の大小 (1 μ m ~ 2 mA) には依存せず、ダイオード動作の初期段階からブレイクダウンまで、転位が素子に影響を及ぼすメカニズムは変わらないことを示唆するものである。本結果は国内研究会にて発表するとともに、学術誌 Diamond Related Materials に掲載された。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ダイヤモンド、パワーデバイス

【研究 題 目】 高品質半導体ダイヤモンドを用いた高温動作パワースイッチングデバイスの研究

【研究代表者】 梅沢 仁 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】 梅沢 仁 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本テーマではダイヤモンドスイッチングデバイスの開発と高性能化を目的としてプロセス開発、デバイス特性予測、素子試作と評価を行っている。今年度は素子サイズの大形化を目指してゲート幅の大形化プロセスについてテストを行った。素子分離技術が未確立であるため、基本構造をコルピノ型とし、プレーナ構造におけるゲート幅大形化のため、ワイヤボンディングを用いてドレイン電極を配線する方法、および、絶縁膜を介してソース電極をインターコネクトさせる技術の開発が必要である。まず Au ワイヤボンディングを用いて配線する方法では、ゲート幅 9 mm までの大形化が可能であり、試作した素子では最大 27 mA での動作が可能となった。また、インターコネクト技術による大型 FET の試作では、高温で 600V 以上の耐圧を得つつもダイヤモンド界面での応力による剥離が起こらない膜質、膜厚の SiO₂ 厚膜を CVD によって形成し、続いてメタルをマスクとしてエッチングを行う技術を開発した。これにより、最大で 30 mm を超えるゲート幅でのデバイス試作が可能となった。大形化した素子はパッケージにマウント、配線し、レジンにて保護固定することで回路に搭載することが可能となっている。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ダイヤモンド、電界効果型トランジスタ、プロセス開発

【研究 題 目】 新規界面原子導入による高移動度 SiC MOSFET 作製技術の確立

〔研究代表者〕 岡本 大（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 岡本 大、原田 信介、米澤 喜幸（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

本テーマは、SiC パワーMOSFET の特性を制限することで問題となっている SiO₂/4H-SiC 界面に存在する高密度の界面準位を低減するために、新規パッシベーション元素を探索することを目的とした基礎検討である。界面準位を低減する手法としては、SiO₂/4H-SiC 界面に水素、窒素、リンなどを添加する方法がこれまでに知られていた。本研究においては、高密度の界面準位を低減する新たな方法として、SiO₂/4H-SiC 界面にボロン(B)を導入する手法を検討した。その結果、伝導帯付近の界面準位密度が低減し、電界効果移動度が102 cm²/Vs 程度まで向上することが明らかとなった。3族のBで界面準位が低減できることはこれまでに知られておらず、従来の手法とはメカニズムが異なっている可能性がある。現時点では、B導入法をデバイス製造に用いるには課題があるが、今後本手法で形成した酸化膜を詳細に調査することにより、界面準位の起源や低減メカニズムの解明につながると考えられる。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 SiC（シリコンカーバイド）、MOS 界面欠陥、新規ゲート酸化膜

〔研究題目〕 超省エネ型パワーデバイス作製用の大型ダイヤモンド単結晶ウエハ合成フロントイア開拓

〔研究代表者〕 山田 英明（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 山田 英明（常勤職員1名）

〔研究内容〕

1インチを超える大面積ダイヤモンド単結晶ウエハの作製実証と、その為に必要となる、大面積に渡る一様性の高い高速合成に関する知見を得るため、実機形状下でのシミュレーションを実施し、実際に合成した結果との比較により、合成メカニズムの理解と、高品質化へ向けての最適化を試みた。数値的に合成速度を予測する従来モデルの不備を修正し、実際の合成速度分布を説明すること概ね成功した。従来信じられていたメチルラジカル(CH₃)以外の、不対電子をより多く有するラジカルが、熱的励起・乖離が支配的となっている現状の合成条件においては結晶成長に無視できない程の寄与を持つことを示唆する結果が得られた。更なる大面積上の高速合成を達成するために希ガスを導入した系で合成を実施し、一様性を維持しつつ合成速度を向上できることを確認できた。プラズマ分光計測やシミュレーション結果との比較から、希ガス導入により投入されたマイクロ波パワーを効率良くガス温度上昇へ輸送していることが合成速度上

昇に寄与していることが判った。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 ダイヤモンド、希ガス、ウエハ

〔研究題目〕 超低損失パワーデバイス用途ダイヤモンド低抵抗ウエハの合成

〔研究代表者〕 大曲 新矢（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 大曲 新矢（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本テーマでは、電力変換機器の小型化、超低損失化が期待されるダイヤモンド縦型パワーデバイス開発を念頭に、低抵抗ウエハの合成に取り組んでいる。現在市販されている高温高圧製の低抵抗基板は結晶面内に多くの欠陥を内包し、また抵抗率が100 mΩcm 級と大きい。マイクロ波プラズマ CVD 法では、高濃度 B ガス導入によりチャンバー内に煤を発生し、長時間合成を阻害する根本的問題を抱えている。本研究では、大面積均一成長に優位性のある熱フィラメント CVD 法を用いた低抵抗ウエハ開発を行っている。気相中から膜中への不純物取り込み効率がマイクロ波と比べて1桁近く大きく、煤の発生がないことから長時間合成の見通しが得られた。抵抗率は、B ドープ量上昇に伴って過去報告最低値レベルの1 mΩcm まで減少することが確認された。マイクロ波と熱フィラメント法で不純物の取り込み様式が異なる可能性があり、今後各種分光学的手法によりそれを明らかとしていく。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 ダイヤモンド、低抵抗、高濃度ドーピング

〔研究題目〕 粒子線と光の組み合わせによるワイドギャップ半導体の深い準位評価法の開発

〔研究代表者〕 坪内 信輝（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 坪内 信輝（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本テーマは、絶縁性の高いワイドギャップ半導体中のキャリア捕獲をもたらすエネルギー準位に関する評価を行うための、粒子線と光励起を組み合わせた新規手法の開発を行うことを目的とする。

平成27年度は装置の全体仕様の詳細な検討を、予備実験を進めながら行った。具体的には、試料の粒子線に対する応答をエネルギースペクトルとして計測するための電荷誘導型前置増幅器と分光増幅器を主として組み合わせたエレクトロニクス類の構築を行い、動作確認試験を実施した。それと平行して、試料周りの測定に関する各種端子類の取り回しに関わる幾何学的な空間配置の制約を実地で確認するため、既存の真空チャンバを予備的に組み立てて仮設置し、光及び粒子線の適切な照射が可

能で、且つ、計測試料への測定端子とバイアス印可を併せて同時に行うことの出来る試料ホルダの設計と実装テストを行った。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔研究 題目〕 低欠陥ダイヤモンドウェハ

〔研究代表者〕 鹿田 真一（関西学院大学）

〔研究担当者〕 柰野 由明（先進パワーエレクトロニクス研究センター）（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

ダイヤモンドは SiC を凌駕する省エネパワーデバイス材料として、全ての電力機器での利用が期待されている。究極の低損失デバイスである他、自己発熱による高温状態で動作させる新コンセプト「冷却フリー」で画期的変革をもたらす。本研究ではダイヤモンドの実用化に向け、①結晶評価手法確立 ②低欠陥種結晶 ③低損傷表面 ④低欠陥研磨 ⑤低欠陥結晶成長 の基盤技術確立を3年で目指すものであり、今年度はその一部を分担した。ダイレクトウェハ化法により低欠陥種基板から作製した子基板は、転位密度 1000cm^{-2} 以下の低転位密度を示すとともに、 $\Delta n=2\times 10^{-5}$ 以下と極めて低い複屈折を示す低転位・低歪基板であることがわかった。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 ダイヤモンド、低欠陥、ウェハ、パワーデバイス

〔研究 題目〕 低欠陥ダイヤモンドウェハ

〔研究代表者〕 鹿田 真一（関西学院大学）

〔研究担当者〕 茶谷原 昭義（先進パワーエレクトロニクス研究センター）（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

ダイヤモンドは SiC を凌駕する省エネパワーデバイス材料として、全ての電力機器での利用が期待されている。究極の低損失デバイスである他、自己発熱による高温状態で動作させる新コンセプト「冷却フリー」で画期的変革をもたらす。本研究ではダイヤモンドの実用化に向け、①結晶評価手法確立 ②低欠陥種結晶 ③低損傷表面 ④低欠陥研磨 ⑤低欠陥結晶成長 の基盤技術確立を3年で目指すものであり、今年度はその一部を分担した。研磨損傷を低減するため、ダイヤモンド砥粒を用いない研磨方法としてガラスなどの研磨盤を使用している。研磨後の基板上へのエピ成長層の評価から、ダイヤモンド砥粒による研磨に比べて欠陥が減少することを確認した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 ダイヤモンド、低欠陥、ウェハ、パワーデバイス

〔研究 題目〕 炭化ケイ素 (SiC) MOS 界面欠陥の起源と移動度劣化メカニズムの分光学的解

明

〔研究代表者〕 原田 信介、岡本 光央、小杉 亮治
（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 原田 信介、岡本 光央、小杉 亮治
（常勤職員3名、他3名）

〔研究 内容〕

本テーマでは筑波大学と協力して、4H-SiC MOS 型電界効果トランジスタ (MOSFET) の高性能化のために4H-SiC/SiO₂界面構造中の欠陥や不純物を原子レベルで調査した。方法は、SiC-MOSFET 内部を直接観察することのできる電流検出型 ESR (電子スピン共鳴) 分光法を主に用いた。

Si 面 SiC-MOSFET では、NO 系アニールや POCl₃ アニール過程で導入される窒素やリンが SiC 基板側にもドーピングされ、チャネル移動度向上に大きく寄与していることを明らかにした。

C 面 SiC-MOSFET では、①ドライ O₂酸化では界面にカーボン起因欠陥が存在すること、②ウェット酸化によりカーボン起因欠陥は除去されるが Si 面とは全く異なる界面欠陥 (C 面固有欠陥と命名) が新たに出現し、トランジスタの負の閾値変動に大きく寄与していること、③γ線照射実験により C 面固有欠陥は水素でパッシベーションされること、を明らかにした。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 SiC (シリコンカーバイド)、MOS 界面欠陥、ESR、EDM

〔研究 題目〕 選択成長法を用いた GaN 系立体チャネル型トランジスタの研究

〔研究代表者〕 清水 三聡、中島 昭（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 清水 三聡、中島 昭（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

本テーマでは東京工業大学と協力して、GaN 系立体型トランジスタの実証に向けた、結晶成長、デバイスシミュレーション、およびデバイス試作・評価の研究を行っている。弊所はとくに結晶成長およびシミュレーションを担当した。

立体型トランジスタのための GaN 選択成長方法の研究を行った。サファイア上 GaN (0001) 基板上に、RIE (SF₆ガス) でエッチングした SiN (100 nm) のライン/スペース形状のマスクを形成した。ライン/スペース幅は $2\ \mu\text{m}/2\ \mu\text{m}$ から $400\ \text{nm}/400\ \text{nm}$ まで変化させた。成長前処理として N₂雰囲気でのアニール (800°C、10分)、RIE (Cl₂+BCl₃) を行った後、MOCVD で GaN を選択再成長させ、成長後の状態を SEM で観察した。今回の成長条件では選択成長 GaN の側壁に現れるファセットのために、ストライプ幅の細いところでは三角形の断面形状となった。また、縦スト

ライブと横ストライプで側面の成長面の角度が異なっており、縦ストライプでの成長面は(1 -1 0 1)面、横ストライプでの成長面は(1 1 -2 2)面に相当する。トランジスタ应用到に適した断面形状の制御には、面内方向の選択も重要なことが分かった。また、シミュレーションによる立体チャネル型素子の設計技術の研究を行った。昨年度までの計算ではフェルミディラック分布による古典的なキャリア分布の計算を行っており、ナノスケールの構造における正確なキャリア分布が表現できなかった。本年度は、シュレディンガー方程式を取り込むことで、より正確な電子および正孔分布の再現が可能となった。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】GaN(窒化ガリウム)、選択成長、デバイスシミュレーション

【研究 題 目】3D イメージングセルソーティング法の開発

【研究代表者】杉浦 慎治(創薬基盤研究部門)

【研究担当者】杉浦 慎治、高木 俊之、須丸 公雄、金森 敏幸、田村 磨聖、佐藤 琢
(常勤職員4名、他2名)

【研究 内 容】

フローサイトメーター等の従来の細胞分離法では、表面抗原をマーカーとして細胞を分離する。一方、がん組織や幹細胞培養系などのヘテロな細胞集団の中にはマーカーの定まっていない細胞も多く、細胞の機能を細胞毎に個別に解析して細胞を分離する手法の開発が期待されている。本研究では、我々の開発した光分解性ゲルを利用して、正常細胞とがん細胞の混合培養系から三次元培養下での形態や、浸潤能、薬剤耐性といった細胞機能を指標として悪性度の高いがん細胞を単離する新手法の開発を目指している。昨年度までに、光分解性ゲルを簡便に調製でき、細胞毒性の低いクリック反応性光開裂型架橋剤を合成し、合成した架橋剤の吸収や光反応特性に関する基礎データを取得し、細胞分離実験の実証を行った。また、自動化機器メーカーとの共同研究において自動化細胞分離装置の開発を行った。

本年度は、細胞分離の分離精度を検討するため、昨年度開発したクリック架橋型光開裂性架橋剤を用いて、正常細胞とがん細胞の混合培養系からの細胞分離を試みた。がん細胞の浸潤能を指標として細胞分離を行うための分離プロトコルについて検討した。精度の高い細胞分離を実現するためには、光照射条件の検討以外に、ゲルが溶解した領域からの細胞を回収するためのピペッティング精度が重要であることが判明した。この点については自動化細胞分離装置による精度の高いピペッティングにより解決していく予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】細胞分離、がん診断、高分子ゲル、医療

機器、光化学プロセス

【研究 題 目】Nanog 遺伝子を持たないツメガエル細胞におけるリプログラミングの研究

【研究代表者】小沼 泰子(創薬基盤研究部門)

【研究担当者】小沼 泰子、中西 真人、原本 悦和
(常勤職員3名)

【研究 内 容】

本研究では、多能性幹細胞の成立に必要なシグナルネットワークを進化的な観点から理解するための基礎研究を行ってきた。多能性幹細胞の未分化性を維持する機構としては、魚類からヒトまで共通に、Nanogを中心とするシグナルネットワークの必要性が解明されているが、ツメガエルではNanog遺伝子がゲノムから失われている。またツメガエル細胞では多能性幹細胞の樹立が未だに成功していないという背景がある。そこで、ツメガエル細胞を用いて強制的なリプログラミング因子の導入をおこない、その過程で起こる遺伝子発現の網羅的な解析を通じて、多能性幹細胞の成立のために必要な条件と機構の解明を目指す。

本年度はリプログラミング因子の導入によるアフリカツメガエル細胞の遺伝子発現の変化をDNAマイクロアレイを用いて解析した。アレイ全プローブの相関係数解析により遺伝子発現プロファイルが遺伝子導入後24時間から72時間の間に経時的に変化することが確認された。またマウスやヒト多能性幹細胞の未分化マーカーであるOct3/4のオースログ遺伝子oct-91(pou5f3.1)や、TDGF1/CriptoのオースログであるFRL-1(tdgf1.3)の発現上昇が認められた。ツメガエルにおいてNanog代替因子の候補とされているVent/Ventx遺伝子群の中では、ventx2.1-b(Xbr-1b)とventx3.2(Xvex-1)の発現上昇も認められた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】幹細胞、未分化、遺伝子発現

【研究 題 目】O.minuta 酵母の基礎生物学を進めるための遺伝学的基盤解析系の確立

【研究代表者】横尾 岳彦(創薬基盤研究部門)

【研究担当者】横尾 岳彦、千葉 靖典、小松崎 亜紀子(常勤職員2名、他1名)

【研究 内 容】

メタノール資化性酵母Ogataea minutaにおいて自在な遺伝学的解析を可能とすべく、有性生殖が可能な株を確立し、また、また、染色体に組み込まれることなく自立的に複製可能なプラスミドの構築を行うことを目的として、以下のような研究を行った。

O. minuta NBRC 10746株が接合・胞子形成を行う条件を探するため、ゲノム上にハイグロマイシン B 耐性遺伝子を挿入した株と、ゼオシン耐性遺伝子を挿入した株を作製した。これらの株を様々な培地の上で混合し、いくつかの温度条件下に置いた後、ハイグロマイシン B

かつゼオシン耐性の株が得られるかを調べたところ、モルトエキス培地上に室温で置いた場合に両薬剤に耐性の細胞が得られ、この条件を用いれば効率的に接合・胞子形成を起こすことができることを明らかにした。

前年度に取得した、自律複製配列の候補を含むプラスミドの保持率を測定した。多くのプラスミドは一晩培養すると保持率は5%程度にまで低下したが、ときおり100%近い保持率となる場合があることを見出した。環状プラスミドであってもゲノム上に取り込まれるイベントが生じ、このときに保持率がほぼ100%を示すと考えられる。

O. minuta NBRC 10746株の接合型は a 型であることが前年に判明している。同一バックグラウンドで α 型の株を取得することを試みた。いろいろな条件を試した結果、胞子形成条件においた細胞を50℃で10分処理することにより、 α 型株を取得することに成功した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】酵母、メタノール、接合、胞子形成、自立複製配列

【研究 題 目】Regulatory DNA conserved between phyla

【研究代表者】フリス・マーティン（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】フリス・マーティン（常勤職員1名）

【研究 内 容】

The aim is to develop methods that improve our ability to interpret genome sequences. The focus is on functional non-protein-coding (regulatory) DNA in animals. The approach is to compare different genome sequences to each other.

This year's plan was to: (1) detect what kinds of sequence rearrangements occur in genome evolution, and (2) develop software to train parameters (frequencies of substitutions, insertion, and deletion) to enable accurate comparison of different types of DNA sequence.

The first detailed survey of all types of genome rearrangements in ape evolution was performed. Secondly, training software (last-train) was developed, and a training prerequisite (E-value calculations for arbitrary parameters) was published in *Bioinformatics* (S Sheetlin et al. 2016).

【領 域 名】生命工学

【キーワード】DNA、ゲノム、配列解析、アルゴリズム

【研究 題 目】グライコプロテオームを中心とした複合オミクス解析による疾患モデルの糖鎖機能解析

【研究代表者】成松 久（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】成松 久、梶 裕之、佐藤 隆、
梅谷 内晶、安形 清彦
（常勤職員3名、他2名）

【研究 内 容】

本課題では、ルイス x 構造や core 3構造など、特定の糖鎖モチーフ（糖鎖抗原）が、そのコア糖タンパク質の機能の発現あるいは調節にどのような機能を持つのか、を解明することを目的に、はじめに各種糖鎖モチーフのキャリアタンパク質の同定を進めている。同定には、各糖鎖モチーフの合成を担う糖転移酵素遺伝子をノックアウト（KO）したマウスを比較対照として利用し、またこれを疾患モデルの対象とする。糖鎖キャリア分子（ペプチド）を野生型と KO マウスからレクチンなどを利用して捕集し、質量分析を基盤としたグライコプロテオミクスにより同定した。ルイス x に関しては、 α 1,3-フコース転移酵素9（Fut9）に着目し、KO マウスを用いた解析を行った。野生型及び KO マウスの腎臓を用いて、グライコプロテオーム解析によるルイス x 糖鎖のキャリアタンパク質の網羅的な解析を行なった結果、多くのルイス x キャリアタンパク質が同定され、腎臓で合成されるルイス x 糖鎖のほとんどは Fut9により合成されていることが確認された。また、core3 O型糖鎖、LacdiNAc 糖鎖、ポリラクトサミン糖鎖をキャリアする糖タンパク質を網羅的に同定し、その機能を解析するために、糖鎖キャリア糖タンパク質を効率的に捕集するための系（レクチンアフィニティーなどによる捕集の系）の構築を行い、野生型マウス細胞あるいは臓器、細胞株を用いて同定を行った。今後も継続してグライコプロテオーム解析を進めるとともに、次世代シーケンサーによる全トランスクリプトーム解析との融合により、糖鎖生合成系の破綻により起こりうる疾患の病態と分子メカニズムの解明を試みる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】グライコプロテオミクス、グライコミクス、トランスクリプトミクス、糖鎖遺伝子、糖鎖機能

【研究 題 目】ゲノム3次元構造データに基づく共局在遺伝子の網羅的探索

【研究代表者】齋藤 裕（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】齋藤 裕（常勤職員1名）

【研究 内 容】

ゲノムの形成する染色体規模の3次元構造において、複数の遺伝子領域が空間的に近接（共局在）することで協調的な発現制御を受ける例が報告されており、遺伝子制御の新たなパラダイムとして注目を集めている。近年、HiC などの実験技術の登場によりゲノム3次元構造の大量データが得られるようになったが、遺伝子の共局在について網羅的な解析を行うための情報基盤は整備されていない。そこで本研究は、HiC データから共局在遺伝

子を網羅的に探索する情報解析手法の開発を目的とする。また、この手法を様々な細胞種の HiC データに適用して、同定された共局在遺伝子に対して公開オミクス情報を活用した機能アノテーションを行い、共局在遺伝子のデータベースを構築する。

本年度は提案手法のプロトタイプを開発して、予備的な実験結果を得る段階まで研究を進めることができた。まず、HiC によって得られるゲノム3次元構造データに基づいて、遺伝子セットの共局在の強さを評価するためのスコアを設計した。ここでは先行研究において提案されたスコアを改良して、探索アルゴリズムの目的関数として使用できるようにした。次に、高い共局在スコアを示す遺伝子セットを発見するための探索アルゴリズムを設計した。ここでは単純な貪欲探索を試すことにした。開発したプロトタイプ手法の動作を確認するための実験として、SRA に登録されているいくつかの HiC データから共局在遺伝子の網羅的な探索を行った。さらに、発見した共局在遺伝子に対して ENCODE の ChIP-seq データによる機能アノテーションを行った。この解析から得られた予備的な実験結果について数件のポスター発表を行った。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕エピゲノム、ゲノム3次元構造、バイオインフォマティクス

〔研究題目〕ダイナミック三次元培養環境制御による iPS 細胞由来のパターン化血管組織の構築

〔研究代表者〕杉浦 慎治（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕杉浦 慎治、高木 俊之、須丸 公雄、金森 敏幸、柳川 史樹
（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

生体内の発生現象は時間的に変化する細胞周囲の三次元環境によって制御されているが、この三次元的かつ時間的に変化する環境を生体外で再構成することは難しく、生体外で幹細胞から三次元組織を誘導することが困難となっている。生体外で三次元組織を構築する手法として光硬化性・光分解性のハイドロゲルを用いた手法が着目されている。これまで、可逆的に分解可能なアルギン酸カルシウムゲルを用いて、三次元培養環境を時空間的に制御する「三次元ダイナミックマイクロパターン共培養法」を提案し、この手法がマウス胚性幹（ES）細胞の心筋細胞への効率的分化誘導に有用なことを示してきた。この研究では細胞に対して不活性なアルギン酸カルシウムゲルを用いていたが、近年、アミノ基を有する様々な高分子と反応して光分解性ゲルを形成する光開裂型架橋剤を新たに開発した。本研究では、この光分解性ゲルを用いることで、三次元培養環境を精密に時空間的に制御する「ダイナミック三次元培養環境制御法」を確立する

ことを目的として研究を進めている。今年度は当該研究に使用する光開裂型架橋剤を合成し、ゼラチンやポリエチレングリコールといった様々なバイオマテリアルを基材として光分解性ゲルを調製した。この際に、様々な基材と架橋剤の濃度における光分解性ゲルの調製条件について検討し、ゲルの形成特性、ゲルの分解特性、細胞接着性といった観点から評価した。各種条件で調製した光分解性ゲルに対する光照射条件（照射強度、照射時間、照射パターン）の影響について検討した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕細胞、ゲル、血管、パターン、微細構造、光分解性ゲル

〔研究題目〕なぜフタバガキの種子の羽は無くなったのか：機能喪失型形質の獲得機構と時期の解明

〔研究代表者〕小林 正樹（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕小林 正樹（常勤職員0名、他1名）

〔研究内容〕

研究目的：

熱帯雨林における種子散布の重要性についてはしばしば指摘されるが、種子散布に関わる形質が、いつ、どのように進化してきたかについては不明な点が多い。東南アジア熱帯雨林に生息するフタバガキ科植物の多くは萼の伸長によりできた羽状器官（羽）を持った果実を形成する。この羽はプロペラのような役割を果たし、種子の遠距離散布を可能にする。このようにフタバガキ科植物の果実の羽は種子散布における重要な形質である。しかしながら、フタバガキ科の中には二次的に羽を失った種も複数存在することが知られている。そこで本研究では、フタバガキ科植物の果実にできる羽を材料に、種子散布形質の発生機構および進化過程を遺伝子のレベルで明らかにすることを目的とする。

研究計画：

羽の喪失に関わった遺伝子を同定するために、フタバガキ科植物の萼において発現する遺伝子を網羅的に解析し、羽のある種、および羽のない種の間で発現量に違いが見られる遺伝子を探索する。さらに羽のない種のゲノム配列を調べ、羽のない種で発現しなくなった遺伝子の中から、機能を失った遺伝子を単離する。これにより、羽の喪失の進化に関わったと考えられる遺伝子の候補を得る。

年度進捗状況：

網羅的発現解析の結果、羽の有無で発現が異なる遺伝子を224個同定した。そこで4種の羽を持たない種でゲノム配列を決定し、候補遺伝子の配列を解析した。その結果、羽を持たない種で特異的に機能を失ったと考えられる遺伝子が複数単離された。今後は、これらの候補遺伝子が羽の喪失に関わった可能性について、さらに解析を進める。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 ゲノム、網羅的発現解析、進化、熱帯雨林

〔研究 題目〕 ヒト体液を用いた精子無力症原因因子の簡易検査法の開発

〔研究代表者〕 高崎 延佳（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕 高崎 延佳、成松 久、萩生田 純（契約職員2名、他1名）

〔研究 内容〕

〔目標〕

日本国内で不妊に悩むカップルの割合が6組に1組の割合に上昇している中で、不妊の原因の半数は男性側にも存在する。最近の研究では男性不妊症のおよそ80%が精子の運動能障害（精子無力症）に起因することが明らかになってきたが、医療現場では精子無力症の原因を解明することなく、体外受精などの生殖補助医療が遂行されているのが現状である。本計画研究は適切な男性不妊症治療に必要である精子無力症の発症原因を特定する手法の開発を目的としている。

〔研究計画〕

精巣精子細胞特異的に発現する *Galnt15* 遺伝子をヘテロに欠損するマウスは、ヒト男性不妊症の一つである精子無力症に酷似した精子運動能低下による雄性不妊の表現型を示す。そこで、ヒトゲノムにも存在する *GALNTL5* 遺伝子上の変異によって精子無力症を発症した患者を同定する手法として、*Galnt15* 遺伝子欠損マウス精子で観察された複数の精子タンパク質の変化を指標に、精子無力症患者精子を対象としたスクリーニングを試みてきた。

〔年度進捗状況〕

これまでのスクリーニング解析から、およそ200例の精子無力症と診断された患者の中から *GALNTL5* 遺伝子上に母親由来と推測されるヘテロの1塩基欠失を持つ精子無力症患者を同定することに成功している。また、本年度は遺伝子変異を高感度に検出する次世代シーケンサーの導入に成功し、その結果、頻度の低い *GALNTL5* 遺伝子変異が精子幹細胞のみに生じたことによって精子無力症を発症したと推測される非常に稀な症例を発見するに至った。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 糖転移酵素様遺伝子、精子形成、男性不妊症、精子無力症、生殖医療

〔研究 題目〕 マイクロ RNA の機能を制御できる細胞質 RNA ベクターの開発と細胞改変技術への応用

〔研究代表者〕 佐野 将之（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕 佐野 将之（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

皮膚線維芽細胞や血液細胞などの体細胞に複数の外来遺伝子を導入することで作製された人工多能性幹細胞（iPS 細胞）は、胚性幹細胞（ES 細胞）と同様の自己複製能および分化多能性を持つ細胞である。我々は、外来遺伝子を宿主の染色体に組込むことなく、長期間、持続して発現させることができる細胞質 RNA ベクターを開発しており、このベクターを用い、初期化を誘導する遺伝子を体細胞に導入することで、効率良く iPS 細胞を樹立することに成功している。

iPS 細胞の作製には、Oct4、Sox2、Klf4、c-Myc の4種類の遺伝子が広く利用されているが、これら以外にも、様々な転写因子やクロマチン修飾因子、およびマイクロ RNA などのノンコーディング RNA により初期化が促進されることが知られている。我々が開発している細胞質 RNA ベクターは複数の遺伝子を同時に発現させることができるため、細胞リプログラミングに有用な系であるが、これまでノンコーディング RNA の発現・制御については検討が遅れていた。そこで、本研究では、マイクロ RNA の発現・制御に利用できる細胞質 RNA ベクターの開発および細胞改変技術への応用を目指し、新しい知見を得ることができた。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 マイクロ RNA、細胞改変技術、遺伝子導入技術

〔研究 題目〕 ミッシングヘリタビリティを埋める複合因子解析手法の開発

〔研究代表者〕 瀬々 潤（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕 瀬々 潤（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究の目標は、遺伝学で問題となっている遺伝性があるにもかかわらず、その要因がゲノム上の情報で説明できないギャップである、ミッシングヘリタビリティに関して、研究代表者らが開発した無限次数多重検定補正法を改良し、適用することで解決を試みる研究である。本年は初年度であり、解決すべき問題に関わる遺伝的なデータに関する倫理申請、データの取得をおこなった。これにより、現状のアルゴリズムの問題点を明確にすることができたため、本研究は順調に進んでいると考えられる。

〔領 域 名〕 生命工学、情報・人間工学

〔キーワード〕 ゲノム科学、統計、個別化医療

〔研究 題目〕 ムチンにおける周波数依存性マイクロ波効果の探索と応用

〔研究代表者〕 亀山 昭彦（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕 亀山 昭彦、杉山 順一、清水 弘樹（常勤職員3名）

〔研究 内容〕

ムチンは多量の糖鎖に覆われた粘性の高い巨大糖タン

パク質であり、古くから腫瘍や感染症との関わりが示唆されてきたが、多量の糖鎖のためプロテアーゼによる小分子化が難しいことが同定や構造解析の障害となってきた。そこで、本研究ではムチン分子近傍の多数の糖鎖による「束縛された水分子」を介して、ムチン分子を選択的に活性化できるマイクロ波の周波数を見出し、さらにその周波数のマイクロ波を活用したムチンの選択的分解反応を探索する。平成27年度は、モデル分子としてムチンと同様に粘性の高い巨大多糖であるヒアルロン酸を用いた弱酸条件下での分解実験を行った。反応はアガロース電気泳動により解析した。また、当研究室の独自技術である分子マトリクス電気泳動を用いたヒアルロン酸の分析についても検討した。マイクロ波加熱はイオン導電性に基づく導電加熱、水等の持つ電気双極子の誘電加熱に基づく誘電加熱を原理とする。ヒアルロン酸水溶液の誘電率特性を測定したところ、温度が上昇するに従い誘電率の減少及び誘電損率の増加が見られたと共に、400MHz の電磁波を加熱源として用いた場合では、導電加熱が優勢であることが確認された。400MHz 照射装置としてコンデンサ型電界印加装置およびコイル型磁界印加装置を用い、加熱によるヒアルロン酸分解反応を検討したところ、わずかに前者の進行が優勢である結果が示された。また、ペプチド分解のためのモデル分子として分泌ムチンの一種である MUC2 の部分構造を有するムチン型糖ペプチド (16残基) の合成を行った。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ムチン、糖鎖、マイクロ波

【研究 題 目】医療用マイルドプラズマによる創傷治療の確立とプラズマ-組織細胞相互作用の解明

【研究代表者】池原 譲 (創薬基盤研究部門)

【研究担当者】池原 譲、榊田 創、金 載浩、池原 早苗 (常勤職員3名、他1名)

【研究 内 容】

文科省・科研費・新学術領域「プラズマ医療科学の創成」にて実施している本研究の目的は、研究代表者らが開発を進めてきた医療用プラズマ発生装置の使用で明確となる「低侵襲性」や「血液凝固やその後の創傷治療効果」について、その作用原理・メカニズムを明らかにすることである。我々は、プラズマが血液に直接作用することで、血液構成成分のすべてよりなる安定な保護膜が形成されることを明らかにした。プラズマは、血液凝固系のタンパク質ではないアルブミンやイムノグロブリンなどの血清タンパク質を凝固させることができ、赤血球膜を破壊して遊出したヘモグロビンも凝固させるのである。これに対し、現在の手術で使用される高周波凝固装置は、間質組織へ通電により発熱させて組織の水分を失わせる「収縮固化(凝固)」であり、ゆえにプラズマに比べて、はるかに侵襲性が高くなることを明らかにしてい

る。

一方で、プラズマの評価を行うための各種計測法を確立しており、生体分子に作用するプラズマの質を捉えた評価と解析を試みてきた。我々は、使用するプラズマ源の種類や放電ガス種等によって、溶血度やタンパク質凝集度が異なることを見出し、この現象に関連するかもしれないプラズマフレアー電流・電圧、電子密度、窒素分子の回転・振動温度、酸素原子密度、ヘリウム準安定原子密度、液中 OH 量等の計測を名大との共同研究で実施した。以上を総合すると、プラズマ処理により生成した保護膜の担う生物学的効果とその作用機序をほぼ解明するに至ったと考えている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】プラズマ医療科学、止血・創傷治療、低侵襲性医療、病理学、プラズマ工学

【研究 題 目】幹細胞糖鎖の機能解析と再生医療に貢献する新規糖鎖工学技術の開発

【研究代表者】館野 浩章 (創薬基盤研究部門)

【研究担当者】館野 浩章 (常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

第3の生命鎖と呼ばれる糖鎖は細胞間相互作用を媒介することにより多くの生命現象に関係している。再生医療のための細胞源として期待される多能性幹細胞 (iPS細胞、ES細胞) 表面も糖鎖で覆われているが、その構造や機能は十分には理解されていない。研究代表者らは多能性幹細胞の網羅的糖鎖解析の結果、多能性幹細胞に特異的に反応する新規プローブレクチン (rBC2LCN) の発見に至っている。本研究では rBC2LCN が認識する新規未分化糖鎖マーカーの構造と機能を明らかにするとともに、糖鎖を活用した未分化細胞除去技術を開発することを目的としている。rBC2LCN の糖タンパク質リガンドの探索を行い、その1つがポドカリキシンであることを同定した。次に、糖鎖エピトープとして H タイプ3含有糖鎖を同定した。そして、rBC2LCN に緑膿菌由来毒素を融合させた rBC2LCN-PE23を開発し、未分化細胞除去技術を開発した。更に、rBC2LCN の結晶構造解析を行い、精密糖鎖認識機構を解明した。また、rBC2LCN のヒト iPS 細胞への内在化機構を解明した。rBC2LCN が認識する糖タンパク質もしくは糖鎖の発現を抑制することによるヒト iPS 細胞の機能への影響についての知見を得た。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】糖鎖、レクチン、再生医療、幹細胞

【研究 題 目】急速に進行する膵管がんの特性を規定する分子メカニズムの解明

【研究代表者】池原 譲 (創薬基盤研究部門)

【研究担当者】池原 譲、山口高志、池原 早苗、草野 知子 (常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

膵臓がんは、近年の画像診断や放射線・化学療法の進歩にもかかわらず、患者の平均生存期間は依然として6か月であり、5年生存率も5%程度にとどまる。本研究の目的は、膵臓がんの克服につながる診断・治療薬を開発するため、急速に進行する難治性膵臓がんの進展とその発がんメカニズムを解明することにある。

本年度は、急速に進行する膵臓がんを発症する遺伝子改変マウスの解析を出発点に、これまでに作成した膵臓がん細胞株および比較対象となる不死化膵管上皮細胞を用いて、形態学的解析と分子生物学的解析を関連付けて、EMT と Tube 形成の分子制御機構の解析を進めた。特に、3D タイムラプス顕微鏡によって EMT の誘導される経時的なプロセスを解明し、走査電顕と透過電顕によって同プロセスに出現する細胞の超微形態学的な解析をすすめることで、細胞の分化成熟や、浸潤能などの細胞特性の評価法を確立できた。加えて、膵臓がん発生の時期を調節可能とするため、Dox 投与で Tet-On となり発がんするプロセスについて、詳細な解析を進めた。具体的には Cre/loxP 依存のかつ Tet-On 依存の機構を取り入れることで、「急速に進行する膵臓がんの発症」を成体マウスで再現することができた。これらのことから、従来のマウスモデルでは捉えることのできなかつた膵臓がんの発生メカニズムに迫ることができ、その解明は順調に進捗していると考えている。

【領域名】生命工学

【キーワード】がん、疾患モデルマウス、がん幹細胞、ワクチン療法

【研究題目】虚血性疾患治療に向けた、皮下脂肪組織を活用する新たな血管再生技術の開発

【研究代表者】高田 仁実（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】高田 仁実、栗崎 晃（常勤職員2名）

【研究内容】

骨髄・脂肪・羊膜など成体組織に存在する体性幹細胞を利用する細胞移植治療は、比較的安全性が高く適用範囲が広い再生医療として臨床研究が進んでいる。中でも脂肪組織由来の細胞は、低侵襲かつ大量に採取できることから、移植用の細胞ソースとして注目されている。しかしながら、脂肪組織由来細胞は機能および分化能が異なる様々な細胞が混在した不均一な細胞集団であり、高い治療効果を有する細胞移植療法を実現するためには、それぞれの細胞特性を解析し治療に適した細胞種を同定することの重要性が指摘されている。

そこで本研究課題では、まず虚血性疾患への治療応用を目的とし、脂肪組織由来の不均一な細胞集団から血管形成能の高い細胞種を同定することを目指す。さらに同定した細胞を選択的に培養する技術を開発することで、脂肪組織由来の細胞集団から血管形成能の高い細胞を選別して移植する技術を確立する。以上の研究により、脂

肪組織由来細胞の機能を最大限に引き上げ、高い治療効果を有する虚血性疾患治療の実現を目指す。

今年度はマウス皮下脂肪組織に存在する細胞集団の解析を行い、高い血管形成能が示唆される細胞種を同定した。さらに、培養器材や培養液の検討を行うことで、本細胞を効率的に培養する技術の開発に成功した。また培養した細胞の血管形成能を *in vitro* で解析した結果、血管様の網目構造を形成することが示された。さらに、*in vivo* での血管形成能を解析するため、マウス生体内への移植実験を行った結果、移植細胞が血管構造を形成できることが明らかとなった。以上の結果より、本培養技術を用いることで脂肪組織から血管形成能の高い細胞を効率的に培養できることが示された。

【領域名】生命工学

【キーワード】細胞移植、虚血性疾患、脂肪組織

【研究題目】系統的な糖鎖付加位置特異的グリコーム分析による糖鎖不均一性生成機構の解明

【研究代表者】梶 裕之（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】梶 裕之、岡谷 千晶、富岡 あづさ、野呂 絵里花（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

タンパク質の機能の発現や調節には、翻訳後修飾が深く関わっている。糖鎖修飾もそのうちの一つで、分泌タンパク質や膜タンパク質の多くは糖鎖修飾を受けている。糖鎖は多数の、例えばヒトでは約200種の糖鎖合成関連タンパク質（酵素）が鋳型に依存することなく、共同的あるいは競争的に作用することによって合成されるので、多様かつ不均一な構造になる。そのため、構造解析が困難な状況にある。そのうえ、同じタンパク質でも産生される細胞によって糖鎖バリエーションは異なり、さらに同じ細胞で合成されたとしてもタンパク質ごと、糖鎖付加位置ごとに異なっているといわれている。しかしこれらの情報は断片的であり、その実態はほとんど知られていない。そこで本研究では、これまでの研究で開発した糖ペプチドのペプチド部分を大規模に同定する技術を拡張し、糖ペプチドの糖鎖とペプチドの両方を同定する技術を開発、適用して、モデル動物（マウス）の組織ごとの糖タンパク質糖鎖修飾状態の大規模分析を行って糖鎖不均一性の実態を解明し、この解析により、糖鎖の不均一性がどのように生成されているか、その機構を解明することを目的としている。27年度はこの方法の確立を目指し、試料調製法、LC/MS 分析条件、解析ソフトの改善、解析パラメーターや解析手順の至適化を行った。また、この分析手法をマウス主要組織に適用し、データ集積を開始した。これらは計画書に記載した計画に沿って進捗している。

【領域名】生命工学

【キーワード】糖鎖、糖タンパク質、質量分析、グリ

コプロテオミクス

〔研究題目〕呼吸器再生基盤技術の構築

〔研究代表者〕栗崎 晃（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕栗崎 晃、高田 仁実、二宮 直登
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

肺気腫や慢性気管支炎などの慢性閉塞性肺疾患は、咳や喀痰、息切れなどで慢性呼吸不全を伴う難治疾患であり、日本では死因で第7位、世界では年間300万人が死亡する病気である。現在本疾患には、気管支拡張剤や去痰剤等の対症療法、酸素吸入による延命措置以外の方法はなく、治療の困難な難病である。本研究では、特に肺の組織細胞にのみ分化する前駆細胞を安定的に調製する方法に関して検討を行った。肺の前駆細胞を作製するために使用する転写因子群について、発生期の肺の組織サンプルで特異的に発現する転写因子群をマイクロアレイ解析とバイオインフォマティクス解析により絞り込んだ。また、既に論文等で報告されている重要転写因子についても候補因子として利用した。これらの候補因子を混合してレトロウイルス法でマウス線維芽細胞に遺伝子導入したところ、肺前駆細胞マーカーの発現の上昇が確認された。現在さらに、肺前駆細胞マーカーの発現を指標に因子の絞り込みを行っており、生成した細胞の性状解析を進めている。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕組織、再生、前駆細胞

〔研究題目〕光酸発生培養基材への精密光照射による接着細胞の物理プロセッシング

〔研究代表者〕須丸 公雄（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕須丸 公雄、高木 俊之、金森 敏幸
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

本研究では、互いにつながった培養細胞の切断・剥離・細分化等の物理操作を、面的な精密光照射によって行うことのできる光応答性培養基材、及びそれを用いた新規細胞プロセッシング技術を開発している。基材状態で培養される足場依存性細胞に対し、削り取る、ちぎるといった「力づく」プロセッシングを、光で外部から無菌的に行えるアドバンテージは重要である上、imaging cytometry との連携やコロニー等の細胞集団への適用などにおいて特に優位性が高く、今後活発化が予想される培養細胞利活用の際に、パワフルな汎用バイオツールを提供することが期待される。

新規光応答性ポリマーとして、p (N,N-ジメチルアクリルアミド) にアミド型のリンカーを介して弱酸型光酸発生基を導入したポリマーの合成に成功、水に不要な状態から光に反応して水溶化する条件を特定した。このポリマーコート表面に培養細胞が接着すること、培養半日

程度までの期間に光照射すると、照射域から膜状の物質とともに細胞が基材から浮き上がり、ピペッティングによって膜とともに回収できることを実証した。また光強酸発生基を側鎖に有する PMMA (pPAGMMA) の光発生酸を用いて、ヒドロキシプロピルセルロース (HPC) の酸触媒架橋を、パターン光照射によって誘起できることを確認、前年度に見出した光誘起剥離と組み合わせることで、様々な半立体マイクロ構造体が形成できることを実証した。さらに、別の光細胞操作手段として検討したジアリールエテン誘導体について、細胞のアポトーシスを誘導体の光異性化によって光でスイッチングできることを確認した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕細胞プロセッシング、細胞培養、光制御

〔研究題目〕光分解型3次元培養基材を用いたテーラード抗がん剤感受性検査法の開発

〔研究代表者〕田村 磨聖（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕田村 磨聖、杉浦 慎治、高木 俊之、須丸 公雄、佐藤 琢、金森 敏幸
（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

現状の抗がん剤感受性検査は、効率的な治療に繋がる抗がん剤を選出するものであり、がんの根治を目的とするものではない。本研究ではがんの根治を目標とし、抗がん剤感受性試験後に生存している抗がん剤抵抗性の細胞を培養基材から分離し、その細胞を検体とした薬剤感受性検査を数回試行できるテーラード抗がん剤感受性検査法の開発を行っている。平成26年度までに細胞分離用の培養基材として光開裂型架橋剤を用いたゼラチンベースの光分解性ゲルを開発した。開発した光分解性ゲルは、細胞の包埋培養が可能、かつ光照射により個々の細胞が分離可能なレベルで光分解できることを確認した。一方、抗がん剤感受性試験の検証段階では、入手が容易ながん細胞株を細胞材料とする場合が多いものの、臨床検体であれば高確率で混入している正常細胞が存在しないなど、得られたデータの一般性に関して懸念がある。

本年度は、抗がん剤感受性検査の検証に用いる細胞材料の作製を行った。マウスに発がん剤を投与し、一定期間以上の飼育を行うことで自然発がんモデルマウスを作製した。その腫瘍組織を処理することで、がん細胞や正常細胞を含む多種細胞が混合した細胞株を樹立してストックしている。細胞株の樹立を定期的に施行することで、腫瘍の成熟が異なると推測される細胞株を取得し、抗がん剤感受性試験を行なうのに必要な研究材料の準備を行った。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕薬剤感受性検査、がん、高分子ゲル、細胞分離

〔研究題目〕光分解造形法による灌流可能な血管ネットワークを有する三次元組織体の構築

〔研究代表者〕杉浦 慎治（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕杉浦 慎治、高木 俊之、須丸 公雄、金森 敏幸、柳川 史樹、佐藤 琢、田村 磨聖（常勤職員4名、他3名）

〔研究内容〕

我々がこれまでに開発した「生体組織光分解造形法」とマイクロ流体デバイスを組み合わせ灌流可能な三次元組織体の構築を目指して研究を進めてきた。研究を進める中で、昨年度まで使用してきた活性エステル型光開裂性架橋剤を用いた方法では「長期に形状を維持できる固いゲル」を作る際に、細胞毒性が問題となることが確認された。そこで、新たに架橋剤の毒性を低減した「クリック架橋光開裂性架橋剤」を利用することとした。

また、培養液の循環を簡便に行うために、「圧力駆動の循環培養システム」を本年度新たに開発した。関連学会において発表し、第32回化学とマイクロ・ナノシステム研究会での発表において、優秀研究賞を受賞した。

これらの「クリック架橋光開裂性架橋剤」と「圧力駆動の循環培養システム」を組み合わせ、「ハイドロゲル包埋培養系の灌流培養システム」を構築した。この手法を用いて、ハイドロゲル中に異なるピッチで流路様の構造を加工し、灌流培養を行ったところ、照射パターンの間隔が1.6 mm 以下の場合に細胞の生存率が高いことが確認された。以上の結果より、ハイドロゲル包埋灌流培養系の構造機能の相関を探索する新たな研究ツールが開発されたと考えられる。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕組織工学、ハイドロゲル、マイクロ流体デバイス、プロセス工学、培養技術、細胞工学

〔研究題目〕再発のないがん治療薬の作動原理の究明

〔研究代表者〕栗崎 晃（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕栗崎 晃、高田 仁実、郭 亭坊（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

最近、抗がん剤耐性の原因の一つとして、抗がん剤耐性のがん幹細胞が存在することが分かってきた。本研究では、我々が最近発見したがん幹細胞の増殖を抑制する薬剤を用いて、その作用機序を解析し、抗がん剤耐性を引き起こすしくみを解明することを目的としている。これまでの解析から、我々の見つけた化合物は、試験管内でがん幹細胞を含む細胞株でがん幹細胞マーカーの発現を抑制させるとともに、がん幹細胞依存的なスフェア形成能を抑制した。また、ヌードマウスに移植して形成させた腫瘍の増殖を優位に抑制することを確認している。今後、細胞の種類を増やして本薬剤の有効性をさらに検証しつつ、その作用機序を解析する予定である。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕がん、治療薬、幹細胞

〔研究題目〕大規模ケミカルライブラリーを駆使した、新規心臓形成シグナルパスウェイの探索と解明

〔研究代表者〕伊藤 弓弦（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕伊藤 弓弦、原本 悦和、Houda Zrelli、山田 しおり、狩野 絵吏子、梶山 康平（常勤職員2名、他4名）

〔研究内容〕

ヒト多能性幹細胞である ES 細胞や iPS 細胞を原料として種々の臓器細胞を作り出し、再生医療分野に提供するための研究が世界中で精力的に行われている。精度の高い再生医療を実現するには、高効率に高性能の細胞を作る必要があるが、まだまだ生体内の臓器細胞と比べて、十分に機能する臓器細胞を作り出すことは難しいのが現状である。その理由の一つに、培養細胞である ES 細胞や iPS 細胞を用いた、*in vitro* での従来のタンパク質／遺伝子を中心としたスクリーニング系から得られる知見が飽和しつつあることが想像される。また、培養細胞と胚との間に乖離が有り、培養細胞で出来たことが胚では出来ないことが多々あるという問題点もある。

そこで当該研究では、大量の初期胚を並列して使用することが出来、胚全体をあたかも *in vitro* スクリーニングのように使用可能なアフリカツメガエル初期胚を用い、化合物ライブラリーを駆使したスクリーニングを行う。スクリーニングする臓器の対象としては、世界中で要求度の高い心臓とした。昨年度までに1種の候補化合物を同定し、今年度はその化合物の機能解析をさらに進めてきた。その結果、これまで明らかにならなかった後期心筋細胞で特異的に発現する遺伝子を誘導することが分かってきた。心筋細胞の誘導系において、成熟した心筋を誘導することは一つの重要な問題となっているが、当該申請研究からその問題の解決が期待される結果が出てきた。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕心臓、発生、ツメガエル、シグナルパスウェイ

〔研究題目〕単一細胞内質量イメージング実現へのチャレンジ

〔研究代表者〕高橋 勝利（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕高橋 勝利（常勤職員1名）

〔研究内容〕

単一細胞内の質量イメージングを実現するために、紫外パルスレーザーの集光光学系の大幅な改良を行った。具体的には紫外レーザーを集光するための対物レンズの倍率の見直しと新しい対物レンズに光を入射するためのビームエキスパンダー倍率の見直しを行った。

従来、倍率3倍の UV 対物レンズを使用していたがこれを倍率5倍の UV 対物レンズに置き換えた。また、対物レンズに入射するレーザービーム径を対物レンズの瞳径ギリギリにまで拡大し、スポット径を設計限界に近づけるため、ビームエキスパンダーの倍率を10倍とし、再設計したビームエキスパンダーを対物レンズとレーザーとの間に配置した。

これにより、集光焦点におけるレーザースポット径を従来の10ミクロンから5ミクロンに改善することに成功した。レーザースポットサイズを2分の1に縮小したため、試料のイオン化に最低限必要なレーザー強度を4分の1に低減できることを確認した。この分、後の微小アパチャーを介して試料表面にレーザー光を照射する際に見込まれるレーザー強度低下を補償するに十分なレーザー強度を確保できる見通しである。

レーザースポットサイズを微小化した後にシロイヌナズナの葉の切片を作成して、DHBA を表面に蒸着した試料の質量イメージングを実施した。その結果、空間分解能10ミクロン設定で行ったイメージング結果に関して、スポット径10ミクロンの場合と比較してスポット径5ミクロンで行ったイメージングの方が空間解像能が高いことを確認した。しかしその一方で、スポット径を小さくした影響でシグナル強度が減少していることも観察された。

【分野名】生命工学

【キーワード】質量顕微鏡、フーリエ変換型質量分析計、MALDI、イメージング、植物組織

【研究題目】成体の組織幹細胞の制御機構の解析と自己組織幹細胞を用いた再生医療法の開発

【研究代表者】桑原 知子（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】桑原 知子、若林 珠美、藤巻 慎
（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

成体の脳内には、神経新生を起こす礎となる神経幹細胞が存在する。糖尿病性神経疾患や、うつ病、認知症など個人のストレスや経験、環境による変化で病態が左右するような脳神経・精神疾患と、成体の神経新生の分子メカニズムの相関について解析を行った。糖尿病では機能低下が顕如に現れる海馬など幹細胞が存在する領域から成体幹細胞培養系を樹立し、神経疾患関連遺伝子の発現様式を詳細に調べた。

その結果、疾患動物と正常体動物由来の神経幹細胞培養系を用いた比較発現解析により、神経新生を誘導する細胞外分泌因子やインスリン制御関連遺伝子の顕著な発現変動を疾患初期に確認した。疾患進行による神経特異的発現因子を変動する分化ステージや局在箇所免疫組織染色解析などから絞り込み、それらの相関性について成体神経幹細胞系で機能解析を行い、新規医療や創薬開発に結びつく有用な因子を見出した。

また、脳内海馬、嗅球、膵臓、筋肉等、様々な部位から樹立した成体の組織幹細胞の発現制御機構について定量 PCR 解析やウェスタンブロット法などを用いて比較解析し、それぞれの系統の組織幹細胞の樹立・培養や分化制御に有用な遺伝子および細胞外因子の機能を解析した。様々な組織に共通して機能する分化調節に関わる因子が、疾患特異的に上昇、減少する機構について、病態を悪化へ導く主幹的なメカニズムを明らかにした。

【領域名】生命工学

【キーワード】神経疾患、うつ病、幹細胞、糖尿病、再生医療、運動、筋肉

【研究題目】配列解析によるミトコンドリア由来オルガネラにおける品質管理因子の網羅的探索

【研究代表者】今井 賢一郎（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】今井 賢一郎、深沢 嘉紀、小田 俊之、富井 健太郎（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

研究目標

感染症の原因となる原虫の中には、ミトコンドリア関連オルガネラ（MRO）を持つものがある。MRO の品質管理機構は、不明な点が多く、哺乳類と大きく変わっている可能性があり、その機構の解明は、MRO の機能解明だけでなく、創薬標的の発見にもつながると期待できる。本研究では、品質管理機構としてタンパク質輸送機構に注目し、配列解析によるアプローチにより、ミトコンドリアと MRO のタンパク質輸送機構の違いについて明らかにすることを目標とする。

ミトコンドリア移行シグナル（MTS）に依存したタンパク質輸送に関わる因子の系統プロファイル解析を行った結果、MRO の中でも、mitosome, hydrogenosome は、タンパク質輸送に関わる因子のほとんどが欠損しているのに対し、class 3のミトコンドリアは、因子の保存性が高いことがわかった。MTS 予測と系統プロファイルから、245の原始的な MTS を持つ遺伝子群を推定し、これらの進化的な欠損を調べたところ、mitosome, hydrogenosome は、欠損度合いが他のミトコンドリアよりも非常に大きく、系統特異的に獲得している遺伝子数も多いことがわかった。一方、class 3のミトコンドリアは、中程度の欠損と獲得を示した。mitosome, hydrogenosome は、MTS 依存的なタンパク質輸送機構自体がなくなり、新しい輸送機構を獲得しており、class 3のミトコンドリアは、MTS 依存的なタンパク質輸送機構を残している可能性があることがわかった。また、開発した膜タンパク質予測法を基に、感染研と共同研究を行い、赤痢アメーバ MRO に局在する系統特異的な新規の α 型と β 型膜タンパク質を発見することができた。

【領域名】生命工学

【キーワード】 ミトコンドリア、ミトコンドリア関連オルガネラ、品質管理、進化、配列解析、タンパク質輸送

【研究題目】 分子進化工学的手法によるカルシウムチャネルサブファミリーを識別するペプチドの創製

【研究代表者】 木村 忠史（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】 木村 忠史、久保 泰、亀山 仁彦、岡田 水香、菊池 鏡子（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

標的タンパク質を認識するペプチドを創製する分子進化工学技術である PERISS 法を用いて創薬ターゲットとして期待されている低閾値活性化型電位依存性カルシウムチャネルのサブファミリーを識別するペプチドの創製を試みることを目標としている。鋳型ペプチドとなるタランチュラなどの毒液に含まれる Inhibitor Cystine Knot (ICK) ペプチドはジスルフィド結合を3つ持ち、その構造からタンパク質分解酵素耐性を持つことが期待される。本研究では ICK ペプチドを基本としてペプチドライブラリーを作製することから ICK ペプチドのタンパク質分解酵素耐性について検討した。

4種の ICK ペプチド；GsMTx4, GTx1-15, ProTxI, ProTxII をペプシンやトリプシン、キモトリプシン、エラスターゼとともにインキュベートした。SDS-PAGE後に CBB 染色を行い、残存ペプチド量を定量化した。また、ProTxII については、ラット血漿中での残存性とラット尾静脈投与後の血中濃度を MS により測定したところ、GsMTx4, GTx1-15, ProTxII は検討した全てのプロテアーゼに耐性を示した。一方で、ProTxI はトリプシンとキモトリプシンによって分解され、エラスターゼにも感受性を示した。

この結果、ICK ペプチドを基本骨格として作製されるペプチドライブラリーから得られるペプチドはタンパク質分解酵素耐性を持つことが期待できると考えられる。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 イオンチャネル、ペプチド、電気生理

【研究題目】 膜タンパク質再構成マトリックスにおける部分フッ素化蛍光色素の開発

【研究代表者】 高木 俊之（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】 高木 俊之、金森 敏幸（常勤職員2名）

【研究内容】

脂質膜および膜タンパク質から成る脂質-膜タンパク質ハイブリッドセンサは、医薬品開発のスクリーニングツールとして注目されている。本研究は、安定人工脂質膜の設計・機能評価、膜タンパク質再構成基材の設計・機能評価、人工脂質・膜タンパク質複合化、複合体の機能性基板への固定化・機能評価により、安定な脂質-膜

タンパク質複合体を利用したバイオセンサの開発研究を行うことを目的としている。

近年開発した部分フッ素化人工脂質は、物理的・化学的にも安定かつ膜タンパク質の組み込みにも有用であることがわかってきた。最適な人工脂質・膜タンパク質複合体構築に向けた高配向秩序で適度な膜流動性を有する人工脂質膜を創製するため、部分フッ素化人工脂質から成る分子集合体（二分子膜）の基盤情報（膜流動性）を取得すべく新規な部分フッ素化蛍光色素を見出す。

部分フッ素化人工脂質から成る二分子膜に特化した蛍光色素を新規に設計し、合成経路の検討を行ったところ、現段階で出来る限り既知中間体を經由させた合成経路を見出すことに成功した。この合成経路は、膜流動性を高めることが可能な不飽和結合の導入にも応用可能であり、種々の炭素骨格を有する部分フッ素化蛍光色素化合物群を今後の進行状況に応じ合成することを可能にした。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 フッ素、蛍光色素、人工脂質、膜タンパク質、再構成膜

【研究題目】 再発のないがん治療薬の作用原理の究明

【研究代表者】 栗崎 晃（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】 栗崎 晃、周 鋭

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

膵臓がんは、早期発見が困難で予後が悪い難治がんである。膵臓がんに対する抗がん剤はゲムシタビン（gemcitabine）や S-1が標準的な治療薬であるが、生存期間の改善が見られるものの、殆どの患者は耐性がんにより亡くなるというのが現状である。薬剤耐性のがんの原因として、がん幹細胞の存在が示唆されていることから、我々はこのようながん幹細胞を分化させることで難治がんを抗がん剤感受性に変換することができないか検討した。我々が検討している化合物は *in vitro* で種々のがん幹細胞マーカーの発現を遺伝子レベルとフローサイトメトリーレベルで減少させることを確認しており、*in vivo* での有効性が確認されつつある。現在、すい臓がん細胞を用いたマイクロアレイ解析により、その特異的作用を検証しているところである。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 がん、幹細胞、抗がん剤

【研究題目】 膵胆管系腫瘍産生 MUC1の比較糖鎖プロファイリング

【研究代表者】 松田 厚志（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】 松田 厚志、久野 敦、成松 久（常勤職員1名、契約職員2名）

【研究内容】

本研究では、微量な生体試料（組織切片）由来ムチン糖タンパク質タイプ1（MUC1）の糖鎖プロファイリン

グ法の確立と、MUC1産生腫瘍である膵・胆管がん多検体組織を用いて MUC1比較糖鎖プロファイリングを実施し、疾患特異的 MUC1糖鎖の創出と新たな診断・治療標的薬開発への応用およびその腫瘍形成における腫瘍生物学的役割を明らかにすることを目的とする。

本研究の実施計画は次の通り ① 抗 MUC1 抗体、MY.1E12 による MUC1 の高感度な比較糖鎖プロファイリング法を確立する。② 血中 MUC1 の比較糖鎖プロファイリングを実施する。③ 組織切片を標的とした MUC1 比較糖鎖プロファイリングの最適化を実施する。

MUC1 発現株・非発現株培養上清より MY.1E12 にて糖鎖プロファイリングを実施したところ、MUC1 発現株のみに有意なレクチンシグナルを得られたことからプロトコルの最適化に成功した。本プロトコルに従い胆管癌患者および胆道系良性疾患患者血清数十検体を用いて MUC1 比較糖鎖プロファイリングを実施したところ、癌患者特異的に上昇するレクチンを幾つか見出すことに成功し。組織切片を標的とした糖鎖プロファイリングは、レーザーマイクロダイセクションによる組織断片の取得およびタンパク質抽出、MY.1E12による免疫沈降から MY.1E12・オーバーレイレクチンマイクロアレイによる糖鎖プロファイリング取得に必要な組織領域の見積もり及びプロトコルの最適化は終了している。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】レクチン、糖鎖、ムチン

【研究 題目】プラズマ医療科学創成に関する総括研究

【研究代表者】池原 譲（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】池原 譲（常勤職員1名）

【研究 内容】

科研費・新学術領域研究「プラズマ医療科学創成」の目的は、プラズマ【活性粒子の集合体】と生体や生命組織との相互作用に関する学術基盤を確立し、新たな学問領域として『プラズマ医療科学』を創成して、新しい医療技術を開拓することである。その実現を先導するために、総括研究では、プラズマプロセス分野の研究者と生物、医学領域の研究者が有機的に連携した学術研究組織の構築を進めている。この課題の目的は、研究分担者として、上記活動をサポートする事にある。

研究計画と成果：

プラズマ医療科学創成に関する総括研究の目的は、新学術領域「プラズマ医療科学の創成」において設定した各研究項目（A01：医療プラズマエレクトロニクス、A02：プラズマ分子生物科学、A03：プラズマ臨床科学）について、項目内外の連携研究を推進することである。池原は A02のリーダーとして、産業技術総合研究所をサテライト拠点『プラズマ医療分子生物科学・応用拠点』とする活動を推進し、名古屋大学プラズマナノ工学研究センターと医学部を中心としたハブ拠点『プラズマ医療科学総合拠点』、九州大学プラズマナノ界面工学研究セ

ンターを中心とするサテライト拠点『プラズマ医療安全安心科学拠点』とで行う融合連携研究を推進することで、プラズマによる血液凝固に関する共同研究論文の発表や知財化を進めている。

【領 域 名】生命工学、エレクトロニクス・製造

【キーワード】プラズマ医療科学、止血・創傷治癒、低侵襲性医療、病理学、プラズマ工学

【研究 題目】ゲノム科学の総合的推進に向けた大規模ゲノム情報生産・高度情報解析支援

【研究代表者】瀬々 潤（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】瀬々 潤、森田 眞理子
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

国内のゲノム科学の発展に向け、科学研究費補助金で行われているテーマに対して、次世代シーケンサを用いたシーケンシングの実施およびデータ解析を実施する。本年度が計画の最終年度であり、現在までにデータ解析を実施してきた研究者との打ち合わせおよび、パブリケーションに向けた方策などの検討を実施した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】次世代シーケンサ

【研究 題目】組織幹細胞におけるゲノム安定性の制御

【研究代表者】瀬々 潤（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】瀬々 潤、Tony Kuo
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

組織幹細胞におけるゲノムの安定性を観測し、その上で制御する安定化に寄与する技術を開発する研究であり、我々は特にゲノム解析を行う計算機的なツールの開発を担っている。本年は、研究初年度であり計算環境に関する準備と、ゲノム変異を統計的に評価することで精度の高い解析手法の開発を実施した。また、まだ作成プログラムは初期的な状態ではあるが、特殊な処理をしたメダカから得たゲノム配列に対して解析を行うことで、手法の精度を確かめた。

【領 域 名】生命工学、情報・人間工学

【キーワード】次世代シーケンサ、幹細胞、メダカ、確率モデル

【研究 題目】天然化合物の革新的標的分子同定法の確立とケミカルエピジェネティクス

【研究代表者】新家 一男（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】新家 一男（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究は、新しい化合物-標的相互作用検出技術を開発することによって、あらゆる化合物の標的分子を迅速、組織的に同定する系を構築し、それを用いて未解明の天然物の標的分子と作用機構を明らかにすることを目的と

する。本年度は、Foxo3a 機能阻害物質として単離された、ニトロソ基、オキサゾール基、およびテトラミン酸骨格を同時に併せ持つ、極めてユニークな構造からなる化合物 JBIR-141を一つの天然化合物として、標的分子の同定を進めた。分裂酵母および出芽酵母遺伝子破壊株を用いた、高効率化合物標的分子同定法により、候補となる数個の因子を見出した。現在、これらの因子との結合を検証するため、ラベル化合物の調製を進めている。

また、他の候補化合物として、分子内に複数のチオアミド骨格を有する新規化合物 JBIR-140を対象に、標的分子の同定を進めた。本物質に関しても、幾つかの興味ある標的因子候補を見出すことに成功している。現在、化合物ラベル化および詳細な作用機作解析用の化合物大量供給のための化合物精製を進めている。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕天然物スクリーニング、ケミカルバイオロジー、天然化合物標的分子同定法

〔研究題目〕RNA・タンパク質相互作用の網羅的予測と検証

〔研究代表者〕亀田 倫史（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕亀田 倫史（常勤職員1名）

〔研究内容〕

（目標）

タンパク質をコードしない非コード RNA（non-coding RNA）が多数見つかっているが、その大部分の機能は未知である。マイクロ RNA などの既知の機能性非コード RNA ファミリーでは、RNA 間相互作用を予測することが標的分子の同定に必要である。しかし、機能未知の非コード RNA に関しては、機能的知見が蓄積しているタンパク質との相互作用を同定することが重要である。本研究では、機能未知の非コード RNA の生体内での役割の解明のため、ENCODE プロジェクト等で得られた非コード RNA 及び構造既知タンパク質に関して、情報科学・物理学・実験科学の手法を融合し、RNA とタンパク質の相互作用の有無及びその複合体構造の予測を、高速・高精度に行うことを目指す。

蛋白質・RNA 複合体を予測する立体構造予測法を開発した。その予測精度は世界最高水準であることが分かった。現在論文を投稿中である。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕RNA、RNA 二次構造予測、蛋白質、分子動力学シミュレーション

〔研究題目〕複数分子を標的とした新薬設計手法の開発

〔研究代表者〕瀬々 潤（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕瀬々 潤（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究の目標は、新薬の設計あるいは、ドラッグリポ

ジショニングに向けた計算機的手法の開発である。新薬の数は頭打ちになり、その一方で主要な薬剤が特許切れを迎えようとしている。本研究では、複数の分子を同時にターゲットにすることで、新たな創薬手法を創出することを目指したものである。本年度は統計的ネットワーク解析手法を開発することで、薬剤がターゲットにしているネットワーク部位を推定する手法の開発を行った。最終年度に向けて、実証を進める。

〔領域名〕生命工学、情報・人間工学

〔キーワード〕創薬、アルゴリズム、ネットワーク解析

〔研究題目〕iCAF：iPS 由来の癌線維芽細胞による膵癌幹細胞、間質幹細胞の糖鎖標的探索

〔研究代表者〕木田 泰之（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕木田 泰之、高山 祐三、榎岡 博子、渋谷 陽一郎（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

膵癌に代表される難治性固形癌は間質組織を誘導して増殖させ、間質の主要構成細胞である腫瘍関連線維芽細胞（Cancer Associated Fibroblast: CAF）と癌細胞/幹細胞が cross talk して統合的に癌の発生・進展が進むと考えられている。すなわち癌組織とは、形態学的には癌細胞と間質細胞の両者が共存する集合体を指すが、今までの多くの研究は癌細胞のみを標的とする治療開発にエネルギーが注がれ、癌-間質相互作用に配慮した研究をデザインする意識が希薄であった。本提案では癌細胞と間質組織の *in vitro* 共培養系を構築し、癌の増殖・転移・浸潤を再現し、革新的医療基盤技術の礎を築くことを目指した。

研究プロジェクトでは、癌細胞と間質細胞が接続し相互作用している状態における、遺伝子発現、ゲノム DNA メチル化状態などのエピジェネティクス、代謝経路や代謝産物のメタボローム解析から、生体では解析できない『リアルタイムの癌発生』を捉えることを目標としており、これまでに RNA-seq と Bisulfite-seq は既に完了した。本年は特に代謝産物の特定を目的とし、共培養後の細胞群を乖離する。現在、代謝産物の解析をおこなっている。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕膵臓癌、幹細胞、iPS 細胞

〔研究題目〕移動速度論の観点によるヒト iPS 細胞増殖、分化機構の解明と実用的生産技術への提言

〔研究代表者〕金森 敏幸（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕金森 敏幸、須丸 公雄、杉浦 慎治、佐藤 琢（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

ヒト iPS 細胞の多分化能を維持したまま大量培養す

る技術は、ヒト iPS 細胞の産業利用において必須である。ヒト iPS 細胞を継代培養していると中で予期せぬ分化が生じることはよく知られており、培養効率と製品品質の両面から、分化細胞を極力生じさせないことが肝要である。したがって、自発的な分化（脱未分化）が生じるメカニズムを明らかにし、培養環境を制御することにより、脱未分化を防ぐ必要がある。また、生産効率の面から、増殖速度の向上も重要な検討項目である。

化学反応器の設計では、反応の効率化（産生速度の向上と副反応の抑制）は最も基本的な検討項目であり、長年に渡り化学工学、特に反応工学と移動速度論の両面から研究され、実際の化学プロセスに応用されてきた。本研究では、この手法を細胞培養器に取り入れ、ヒト iPS 細胞の未分化維持培養を数理モデルで表現することを目標としている。本年度は、セルラーオートマトンと移動現象論を組み合わせた数理モデルを構築し、細胞自身が分泌する分化促進因子の影響を検討した。

その結果、ヒト iPS 細胞の増殖と自発的分化については、定性的には実現現象を見事に再現できたが、速度的に1オーダーの乖離があった。来年度は、数理モデルに合わせた系をマイクロプロセスで構築してヒト iPS 細胞を精密培養し、数理モデルへ反映すると共に、自発的分化を引き起こしているメカニズムについて、分子生物学的な解明を試みる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ヒト iPS 細胞、移動速度論、マイクロプロセス

【研究 題 目】ゲノム網羅的な発現遺伝子を指標にしたブナ林の環境影響評価

【研究代表者】瀬々 潤（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】瀬々 潤（常勤職員1名）

【研究 内 容】

日本の森の景色を彩るブナ林は酸性雨などの環境変動の影響を受け衰退の危機にある。環境変動を乗り越え、ブナ林を継続的に維持するには、環境変動がブナに与える影響を逐一評価する必要がある。本研究において、我々はその評価をするためのデータ解析手法を確立することが目標である。本年は、次世代シーケンサを用いた解析を実施し、異なる木の間での環境ストレス応答の違いを観測した。

【領 域 名】生命工学、情報・人間工学

【キーワード】次世代シーケンサ、データ解析、遺伝子発現、環境保全

【研究 題 目】高感度糖鎖解析システムを用いた新たな子宮頸部腺癌診断・治療バイオマーカーの開発

【研究代表者】梅谷内 晶（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】梅谷内 晶、成松 久

（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本課題は子宮頸部腺癌のホルマリン固定パラフィン包埋組織のレクチン解析によって診断が困難な子宮頸部腺癌の確定診断を可能にするためのバイオマーカーの開発を行うものである。LMD 切片（同一症例の非癌部および癌部）よりタンパク質を抽出して Cy3ラベル化を行い、それを使用してレクチンマイクロアレイ解析を行った。サンプル調製ならびにシグナル検出ゲインなどの最適化を行い、各サンプルのレクチンアレイシグナルデータを得た。非癌部群と癌部群の比較検討を行った結果、幾つかのレクチンにおける反応性が、非癌部群と比較して癌部群で高くなっている傾向が見られた。より詳細に検討するため、今後も子宮頸部腺癌関連試料を用いた検討を継続して行う予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】グライコプロテオミクス、糖鎖バイオマーカー、子宮頸部腺癌

【研究 題 目】ヒト胎盤羊膜由来間葉系幹細胞のバイオバンクの創設

【研究代表者】中西 真人（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】中西 真人、海老原 利枝

（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

ヒト細胞を使った再生医療や創薬支援技術の開発において、素材とする細胞の選択は非常に重要な課題である。患者自身の細胞を使用する自家再生医療の場合は、安全に採取できる細胞は血液などごく少数に限定されるため、選択の余地が少ない。一方、他家再生医療や創薬支援技術への応用では、1) 採取にあたって侵襲が少ない、2) 採取にあたって倫理的問題が少ない、3) 品質の揃った細胞が大量に安定供給可能である、といった条件を満たす必要がある。これらをすべて満たしているのが、胎盤由来の細胞である。本研究では、胎盤由来細胞の再生医療への応用の可能性を検討した。我々は、胎盤由来細胞の可塑性の高さに注目し、ステルス型 RNA ベクターを使った転写因子の発現による組織幹細胞への直接転換を検討した。その結果、ヒト皮膚由来線維芽細胞など分化過程が進んだ細胞に比べて、臍帯由来間葉系幹細胞が非常に可塑性が高く、容易に細胞形質の転換が見られることを見いだした。臍帯由来間葉系幹細胞は表面マーカーが明確で大量に調整可能であり、動物成分不含の培地も開発されていることから、再生医療への応用が期待できる。今後は、産総研内で胎盤由来の細胞を調製して研究用途で提供することにより、ヒト細胞を使った先端医療の開発が可能になるよう、準備を進めている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】胎盤、間葉系幹細胞、細胞リプログラミング

〔研究題目〕末梢神経再生技術の形成外科領域への導入

〔研究代表者〕木田 泰之（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕木田 泰之、高山 祐三、櫛笥 博子、渋谷 陽一郎（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

本研究の目的は「最近開発された末梢神経再生技術の動物モデルへの移植を行うこと」である。現在のところ末梢神経損傷後には神経縫合、神経移行、自家腓腹神経移植等が行われるが、再生軸索の伸張速度は約1 mm/dayと遅く、機能回復が得られる前に廃用性筋萎縮を来す例もある。筑波大学では、ラットにおいて血管結紮クリップを用いて顔面神経不全麻痺モデルを構築し術式検討を行ってきた。一方、産総研では、マウス脂肪由来細胞からの神経前駆細胞誘導法の開発、および神経細胞培養法の開発とデバイス化を行ってきた。術式の改善は、これまでの研究進展でプラトー相に達している。この課題に対して、我々は「幹細胞や誘導した神経前駆細胞、デバイス化した培養神経前駆細胞を動物モデルに移植、解析し、末梢神経再生への新規幹細胞利用治療法の礎を築く」ことを目指すものである。

本年はこれまでに我々が開発した方法により、マウス皮下脂肪組織から脂肪由来細胞を調製した。この皮下脂肪組織より、我々が新規に開発した非接着培養から培養を開始しその後分化誘導する方法で、移植用神経前駆細胞を作製することができた。現在、上述の方法で準備した細胞における、遺伝子発現、細胞増殖能、細胞分化能等の細胞性状を検討している。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕神経、再生医療、幹細胞

〔研究題目〕エピジェネティクスによる累代適応を、適応幅が広いシロイヌナズナ属野生種で検証する

〔研究代表者〕瀬々 潤（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕瀬々 潤（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、シロイヌナズナ属の野生種を、野外の圃場を利用した屋外環境における観察と、圃場間での移植実験を実施した上で、エピジェネティクスの状態を観測し、植物の適応の分子生物学的メカニズムに迫る研究である。対象とする種が、ゲノム重複の起きている異質倍数体であることから、それらを精度よく解析するためのアルゴリズム開発を行った。

〔領域名〕生命工学、情報・人間工学

〔キーワード〕エピジェネティクス、遺伝子発現、移植実験

〔研究題目〕樹木の機能ゲノム学の創出に向けたブナ目のリファレンス・ゲノム構築法

〔研究代表者〕瀬々 潤（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕瀬々 潤（常勤職員1名）

〔研究内容〕

ゲノム科学は急速に拡大しているが、樹木に関しては、まだ質の高いゲノム情報を扱える種が無く、機能ゲノム学が浸透していない。結果として、分子生物学的なアプローチを取った森林研究が発展しておらず、生態学的な研究と分子生物学の間には大きな隔たりが生まれている。本研究では、日本を中心にヨーロッパなどでも広くみられるブナを対象として、ゲノム配列の解読を実施している。ブナのゲノム配列のアセンブリを実施し、機能アノテーションをつけるところまで実施した。この先、結果の検証を進めていく。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕ぶな、機能ゲノム学、ゲノムアセンブリ

〔研究題目〕CpG オリゴヌクレオチド刺激による抗原特異的抗体産生活性化機構の解明

〔研究代表者〕羽生 義郎（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕羽生 義郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、CpG オリゴヌクレオチドによる抗原特異的抗体産生細胞の活性化メカニズムを解明し、効率的な抗体作製技術の確立を目指す。*Mycobacterium tuberculosis* が持つタンパク質中の25残基のペプチド（peptide25）は、ヘルパーT細胞のTh2への分化により、抗体産生細胞の活性化することを明らかにした。また peptide25と CpG オリゴヌクレオチドの同時投与により、より強力に抗体産生細胞が誘導されることがわかった。インビトロ免疫において、peptide25と CpG オリゴヌクレオチドを抗原と共に同時に投与することにより、抗原特異的抗体産生細胞がより活性化されることを見出した。この時、細胞の産生する抗体のサブタイプが、抗原親和性の低い IgM ではなく、より抗原特異性・親和性が高い IgG1であった。インビトロ免疫法は、微量の抗原で免疫が可能である、免疫期間がインビボ法に比べて格段に短い等の利点がありながら、有効な有効な免疫活性化の方法がなく、誘導される抗体のサブタイプは特異性の低い IgM であり、大きな問題であった。本研究で見出された免疫系刺激法により、優れた抗原検出能を持つ、すなわち抗原特異性及び親和性が高い抗体を産生する細胞を特異的に活性化することができる。特に本刺激法を用いたインビトロ免疫法においては、従来不可能であった IgG1抗体が作製可能であり、有用抗体作製法の一つとして期待される。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕抗体、B細胞、

〔研究題目〕RNA 合成酵素複合体の分子構造進化基盤

【研究代表者】 富田 耕造 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 富田 耕造 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

目標:

本課題では、蛋白質合成因子と複合体を形成して機能するウイルス RNA 合成酵素複合体、および、tRNA 末端を修復、合成する鋳型非依存的 RNA 合成酵素複合体の X 線結晶構造解析と機能解析を行い、これらの RNA 合成酵素群の反応分子基盤の全貌を明らかにする。

研究計画:

本課題では、I) QB ウイルス由来の RNA 依存性 RNA 合成酵素複合体 (ホロ QB 複製酵素複合体) の X 線結晶構造解析、機能解析を行い、リボゾーマル蛋白質の RNA 合成における役割、ウイルスゲノム RNA の複製、転写の全解明を目指す。また、II) 真正細菌由来の鋳型非依存的 RNA 合成酵素である CCA 付加酵素の tRNA との複合体の X 線結晶構造解析、機能解析を行い、CCA 付加酵素の RNA 合成の動的分子基盤全貌を明らかにする。

年度進捗状況:

真正細菌 *Aquifex aeolicus* 由来の A 付加酵素と 3' 末端様式あるいはアクセプターヘリックスの長さが異なった tRNA 各種との二者複合体、さらにその二者複合体に CTP あるいは ATP を加えた三者複合体などの結晶を作成し、構造解析を行った。最終的に十二種類の結晶構造を決定した。これらの構造解析から、A 付加酵素には tRNA の結合部位が1か所のみ存在し、L 字型三次元構造をとる tRNA の TPsiC ループおよび D ループの両方が A 付加酵素の C 末端側に形成されるテールドメインとボディードメイン間のくぼみに結合し、tRNA の三次元構造が酵素によって認識されていることが明らかになった。さらに、この C 末端の酵素のくぼみを起点として酵素が tRNA の上部のアクセプターTPsiC ヘリックスの長さを測り、3' 末端の A が欠けた tRNA の 3' 末端のみが、活性触媒ポケットに到達できることが明らかになった。これらの一連解析から、A 付加酵素が C74C75 を tRNA へ付加することができず、末端の A76 のみを付加することができる詳細な分子基盤が明らかになった。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 生体高分子、構造解析、機能

【研究題目】 Toxin-antitoxin 分子基盤の解明と核酸編集技術・細胞応答制御への応用

【研究代表者】 横田 亜紀子

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 横田 亜紀子 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標:

原核生物におけるプログラム細胞死を担うトキシン

(毒素) -アンチトキシン (抗毒素) (TA) システムの中で、特異的な RNA 配列を認識・切断するトキシンと、その標的 RNA ならびにアンチトキシンの分子認識機構を調べ、核酸編集技術・細胞応答制御に応用することを目的とする。具体的には、制限酵素として働くトキシン (RNA インターフェレンス) の標的 RNA 配列を同定するとともに、新規抗菌剤の開発を視野に入れ、病原菌に内在するトキシンを活性化して細胞死を誘導しうるメカニズムの解明を行う。さらに、特異性変換等の新たな機能を有する RNA 制限酵素の創製 (分子学的ツールへの応用) を目指す。

研究計画:

様々な生物種由来の TA 遺伝子群の中からトキシンとアンチトキシンを選定し、そのタンパク質分子を調製する。その後、長鎖 RNA と反応させ、認識・切断された RNA 配列を同定し、複数種の新規 RNA インターフェレンス (RNA 制限酵素) を獲得 (ライブラリーの構築) する。さらに、配列情報や活性データを利用した新規酵素の設計と、病原菌トキシン活性化 (標的 RNA の認識・切断の促進) 因子の探索を行う。

年度進捗状況:

平成27年度は、病原菌由来ならびに難培養微生物由来のトキシン (RNA インターフェレンス) を選定し、その発現・精製を行った。そして、次世代シーケンサーを用いて、複数のトキシンの認識配列を同定することに成功した。さらに、細胞外致死因子をスクリーニングするシステムの構築に着手した。今後は、病原菌由来トキシン-アンチトキシン-標的 RNA の相互作用について詳細な解析を進め、その細胞外致死因子を探索する予定である。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 核酸、タンパク質、分子認識、細胞応答制御

【研究題目】 アミノレブリン酸の X-線増感放射線療法
法の検証と遺伝子発現解析による作用機
序の解明

【研究代表者】 高橋 淳子 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 高橋 淳子 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

低分子有機化合物であるプロトポルフィリン IX (PpIX) に対して X 線照射を照射すると活性酸素発生効果を増強すること、また光増感剤と同様のブリーチングの現象が起きること物理化学的な実験系を用いて見出した。これは、生体に安全な低分子有機化合物と X 線の物理化学反応を次世代のがん治療「放射線力学療法」に用いる可能性を拓くものである。

PpIX は、赤血球の赤い色素ヘモグロビンを構成するヘム鉄の、鉄が配位しない低分子有機化合物であり、生体内で5-アミノレブリン酸 (5-ALA) から数種類の酵素反応を経て合成される。PpIX の光応答性は良く知ら

れており、その原理を用いた光線力学療法および光線力学診断と呼ばれるがん治療法は、国内外で臨床に利用されはじめている。

放射線療法において、生体に適用実績のある安全な5-ALA による増感効果が得られれば、現在の放射線治療と同等の線量でより高い治療効果、または線量を低減して同等の治療効果を得られる等、既存の放射線治療装置を用いた副作用の少ないより安全な治療が可能となる。そこで、担がん動物モデルを用いて、5-ALA の放射線増感効果を検証し、遺伝子伝子発現解析による作用機序の解明を行うこととした。

平成27年度はヌードマウスを用いて同所性脳腫瘍モデルを作成し、5-ALA の投与濃度、投与時間による腫瘍内 PpIX 濃度のデータを取得した。また、複数の5-ALA 投与条件に対して X 線量を変えた分割照射と一括照射を行い、腫瘍抑制効果のデータを取得した。今後も、異なる種類の癌に対する5-ALA の X 線増感効果の検証を行う。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】放射線療法、X 線増感剤、5-アミノレブリン酸、ポルフィリン、遺伝子発現解析

【研究 題 目】アミロイドβタンパク質のモノマーとオリゴマー動態がシナプス機能を調節する

【研究代表者】落石 知世（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】落石 知世、戸井 基道、海老原 達彦、清末 和之（常勤職員4名）

【研究 内 容】

アルツハイマー病（AD）の病因因子の一つであるアミロイドβタンパク質（Aβ）は容易に重合することから、これまで生きた細胞内でのモノマーやオリゴマーの解析が困難であった。また最近、細胞外の Aβ凝集体よりも、細胞内に存在する Aβオリゴマーがより強い毒性を有し、シナプス伝達に重要な役割を持つ可能性が示唆されている。研究代表者らは、神経細胞内でのみ Aβを発現し、その分子の動態を GFP との融合タンパク質として生きた細胞内で観察可能な新規モデル動物を開発している（Aβ-GFP マウス）。本研究では、このモデルマウスの行動学的解析および、シナプス内部でのオリゴマーの生理学的機能を解析し、シナプスにおける Aβの機能や重合と毒性との関連を解明することを目的としている。平成27年度は Aβ-GFP 融合タンパク質分子特性の解析およびモデルマウスの行動学的解析、電気生理学的解析、生化学的解析を行った。Aβ-GFP 融合タンパク質の分子状態を NMR、電子顕微鏡等複数の手法で解析した結果、生体内でも生体外でも一定以上重合が進まず、主に2～7量体程度のオリゴマーを形成していることが明らかとなった。また、茨城県立医療大学の角 正美囑託助手の協力のもと、物体再認テストおよびモリス水迷路を用いて Aβ-GFP マウスの行動解析を行った結果、生後2-3ヶ

月齢の若い個体で既に、参照記憶や空間認知能力が同腹の野生型より劣っていることが明らかとなった。更に電気生理学的解析では、シナプスの長期増強の発現低下が認められ、生化学的解析では NMDA 受容体関連のタンパク質の発現レベルが低下していることが明らかとなった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】アルツハイマー病、アミロイドβタンパク質、シナプス

【研究 題 目】アメーバ運動を統御するアクチン構造多型マシナリー

【研究代表者】上田 太郎（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】上田 太郎、長崎 晃、
ンゴー・スアン・キエン
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

アクチンフィラメントの機能分化は、相互作用しているタンパク質の差異に基づくと考えられているが、個々のアクチンフィラメントが、どのようにして適切なアクチン結合タンパク質と結合するののかについてはよく分かっていない。われわれは、アクチンフィラメントのこうした機能分化には、外力や特異的アクチン結合タンパク質によるフィラメントの構造変化が重要な機能を果たしているのではないかという仮説の検証に取り組んでいる。今年度は以下の成果を得た。

1. ミオシン II とコフィリンはともにアクチンフィラメントと協動的に結合するが、それらの協動的結合は相互排他的であることを示してきた。そこで S1（ミオシン II のモーター領域）とコフィリンが共存する際、両者がアクチンフィラメントとどのように結合するかを全反射蛍光顕微鏡で観察したところ、ATP 存在下で S1がアクチンフィラメントと一過的な相互作用を繰り返している状況では、コフィリンのアクチンフィラメント結合が強く阻害されることを見出した。
2. 上記の現象についてさらにその分子機構を明らかにするため、ATP 存在下で S1が一過的な相互作用を繰り返しているアクチンフィラメントの構造を高速原子間力顕微鏡で観察したところ、らせんピッチが有意に伸びていることを見出した。これは、コフィリン結合によるらせんピッチの短縮とは逆の構造変化である。
3. 動物細胞はβとγの二種のアクチンを発現し、両者は細胞内で異なる局在を示すという先行研究があったが、より詳細に解析したところ、両者はほぼ同一の局在を示すことを証明した。そのため、動物細胞におけるアクチンの多機能性には、アクチンアイソフォームは寄与しないことが示唆された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】アクチン、協動的構造変化、高速原子間力顕微鏡、全反射蛍光顕微鏡

〔研究題目〕 インターフェロン- β による小腸から全身への抗炎症機構

〔研究代表者〕 辻 典子（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 辻 典子、角田 茂、平山 和宏
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

腸内に常在している乳酸菌や食品に含まれるプロバイオティクス乳酸菌は、人々の健康維持・増進に効果があることが知られている。その安全性の高さ、さらには発酵食品への応用の観点から、乳酸菌は食品・医薬品業界から非常に注目されている。その健康増進機能とりわけ腸炎抑制など抗炎症性機構の一端は、乳酸菌二本鎖RNAによる樹状細胞の活性化と、その結果としてのインターフェロン- β (IFN- β) の産生によることを明らかにしてきた。本研究においてはさらに、IFN- β がTh1の増強や経口免疫寛容の成立など抗原特異的な免疫応答と免疫恒常性維持に貢献することを明らかにした。また、小腸パイエル板の樹状細胞のうち、乳酸菌を認識してIFN- β を産生し、Th1応答を増幅するサブポピュレーションを同定した。乳酸菌二本鎖RNAが樹状細胞を活性化する際、エンドソームに発現するトル様レセプター3 (TLR3) を介してIFN- β の産生誘導にいたることを明らかにしているが、TLR3発現の高いCD8陽性樹状細胞は乳酸菌存在下で獲得免疫応答を増幅する機能も高いことが示された。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 腸管免疫、自然免疫、乳酸菌、インターフェロン- β

〔研究題目〕 がん細胞由来エクソソームを特異的に識別する核酸アプタマーの単離とその診断への応用

〔研究代表者〕 宮岸 真（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 宮岸 真、チャオ ジン
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

研究担当者らは、最近、エクソソームを認識する核酸アプタマーの取得に成功したことから、本研究課題では、この研究成果をさらに進展させ、複数のがん細胞由来のエクソソームを識別できる核酸アプタマーの取得を目的に研究を進めた。具体的ながん細胞としては、肺がん細胞、大腸がん細胞、乳がん細胞を用い、カウンターセレクト法により、それぞれのがん細胞由来のエクソソームを識別する核酸アプタマーを取得を行う。さらに、得られたそれぞれのエクソソームを認識する複数の核酸アプタマーを用いて、様々ながん細胞に対しても、識別能の解析を行い、核酸を用いた新しいがん診断法として基礎技術を開発することを最終目標とした。

ニトロセルロースメンブレンによる従来法で、数回セレクトを行い、それぞれのエクソソームに対して、

アプタマーの取得を試みたが、親和性を有するアプタマーを得ることができなかった。そこで、抗CD63抗体磁気ビーズを用いたセレクト法に換えて、SELEX実験を行うことにした。その結果、大腸癌細胞に対して、親和性を有する複数のアプタマーの取得に成功した。今後、癌細胞の由来による特異性、及び、Kd等の物理化学的な性質を詳細に調べていく予定である。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 核酸アプタマー、エクソソーム

〔研究題目〕 セルフアセンブリスマートスキン層を持つ生分解性ポリマーの研究

〔研究代表者〕 中山 敦好（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 中山 敦好、山野 尚子、川崎 典起、伊田 小百合（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

生分解性ポリマーは微生物作用により資化される環境低負荷な材料として農業用資材などとして用いられているが、生分解が刻々と進行し、使用中においても生分解、物性低下が起こる。そのため、材料としての信頼性に乏しい。そこで、使用後にはじめて生分解が始まる、といったスイッチング機能、トリガーが必要であり、そうした外部因子として「光」を検討した。従来の光触媒/生分解性複合材料は光分解生分解性材料であり、「分解」を促進するのに対し、我々は光酸化力を抗菌力として利用することで、今までの考え方と正反対に、光を生分解の抑制に活用することを検討した。生分解性ポリマーとして、コポリ（カプロラクトン/乳酸）を主として用い、光触媒は昭和電工製ルミレッシュ (Cu/TiO₂) を用いた。複合化は超音波処理により均一化したクロロホルム溶液からキャスト法でコンポジットフィルムを作成した。生分解性はリパーゼ加水分解及び土壌分解試験にて評価した。酸化チタン担持キャストフィルムの土壌中での生分解は、太陽光を遮断した場合、光触媒の含有率に関わりなく、一定速度で重量減少し、一ヶ月で半減した。土壌内部に埋設した場合も多少のばらつきは出たが、いずれの試料も土壌表面に並べた場合よりもさらに速く生分解が進行した。それに対し、太陽光暴露した場合、酸化チタンの含有率によって生分解に差が生じ、樹脂のみの場合は速やかに生分解されたが、0.5 wt%以上の含有で重量減少は大きく抑制された。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 生分解、光触媒、抗菌、スイッチング

〔研究題目〕 ナノカーボン電極を用いたリムルス試薬非依存型LPS定量デバイスの開発

〔研究代表者〕 加藤 大（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 加藤 大、鈴木 祥夫、吉岡 恭子、田中 睦生（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

従来、高価なリムルス試薬を必要とする lipopolysaccharide (LPS) の計測を、LPS を認識し、なおかつ電気化学活性を有する合成プローブにより、電極表面上でシグナル増幅させることで、高感度に LPS を検出する方法の実現を目的とする。このような新規計測法の性能向上を図るために、①表面が原子レベルで平坦で極めてノイズ電流の小さいスパッタナノカーボン薄膜電極の表面構造の最適化、②電気化学活性基を有する LPS 認識プローブ分子の開発、③測定系の微小流路デバイス化、の3項目を中心に検討し、リムルス試薬不要な高感度 LPS 検出システムの実現をめざす。

平成27年度は、昨年度までに得られた成果をもとに、下記の成果を得た。

1. ドライブプロセスによりナノカーボン薄膜表面をフッ素化することで、よりノイズ電流の低い電極を構築することに成功した。
2. さらに高感度 LPS 計測法の構築に向けて、LPS 認識分子部位として12残基のペプチドを修飾した亜鉛錯体化合物 (LPS プローブ) を開発した。これにより LPS の検出下限濃度は200 pg/mL を達成した。また、合成した LPS プローブの LPS に対する特異的親和性を表面プラズモン共鳴法 (SPR) により評価した。
3. 上述の電気化学 LPS 検出の簡易化を目的に、測定系のフローシステム化に取り組んだ。具体的には、LPS 認識微粒子をテフロンチューブ内に内包させたミニカラムを作製し、ここに順次、LPS 試料、プローブ、亜鉛脱離溶液を通液させた。溶離してきた亜鉛イオンをナノカーボンで測定することで LPS 計測が可能でフローシステムの開発に成功した。本システムにより、再現性と選択性の高い LPS 定量が可能となった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ナノカーボン、LPS、合成プローブ、マイクロ流路

【研究 題 目】ナノニードルを用いた核輸送による高効率ゲノム編集

【研究代表者】中村 史 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】中村 史、加藤 義雄
(常勤職員2名、他2名)

【研究 内 容】

本研究では、人工ヌクレアーゼを用いて目的遺伝子以外の部分に損傷を与えない安全で確実、高効率なゲノム編集技術を開発することを目的としている。

平成27年度の研究では、ジンクフィンガー (ZF) タンパク質の導入において ATP アプタマーを利用した制御放出を再検討した。また、高周波振動による CRISPR/Cas9 の放出を検討した。ZF タンパク質の導入の確認には ZF に蛍光タンパク質が連結した ZF-mEm

を用いた。ZF 結合サイトを持つ ATP アプタマーを修飾したナノニードルアレイに対して、ZF-mEm を結合させ、細胞への導入を行い、共焦点蛍光顕微鏡により ZF-mEm の放出を観察した。その結果、挿入後30分で平均20%の ZF-mEm の放出が観察された。放出量が多くないことは細胞内高分子クラウディング環境が影響していると考えられる。細胞内での放出量は、最大で1万分子程度であった。

ナノニードルアレイを高周波振動することで、細胞内で特異的に gRNA と Cas9タンパク質の複合体を放出させる方法を検討した。EGFP 遺伝子を有するレポーター細胞に対して EGFP 遺伝子標的 gRNA を用いて遺伝子破壊を行い、これによる蛍光消失から効率を求めた。導入から48時間培養後にレポーター細胞の蛍光消失が確認された。ナノニードルアレイを用いた場合の蛍光消失細胞の割合は32%であった。既に報告されているリポフェクション法を用いた場合には58%であった。リポフェクションと比較して効率は低いものの、ナノニードルアレイを用いた導入により、遺伝子破壊が可能であることを確認した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ゲノム編集、オフターゲット効果、ナノニードルアレイ

【研究 題 目】ニューロンにおけるゲノム DNA 化学修飾酵素の機能解析

【研究代表者】波平 昌一 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】波平 昌一 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

ヒトやマウスなどの哺乳類において、エピジェネティクス制御の一つである DNA メチル化の神経細胞 (ニューロン) における異常が、精神疾患発症や幼児期のストレス暴露による成体の行動異常などに関与することが指摘された。また、ヒドロキシメチル化という新たな DNA 化学修飾の存在が明らかとなり、それが脱メチル化の際に生じる中間産物であることが示唆されている。特に、ヒドロキシメチル化された DNA がニューロンのゲノムに豊富に存在していることが報告されたことから、ニューロンにおけるそれらの DNA 化学修飾を担う酵素群の役割解明が世界的に注目されている。しかし、実用性の高い研究材料の不足や解析技術の未開発などから、ニューロンの発達や機能維持におけるそれらの酵素群の役割解明や、その機能異常と精神疾患との関連の直接的証明は未だ行われていない。そこで本研究では、ニューロン特異的に DNA 化学修飾酵素を欠損又は過剰発現する新規遺伝子改変マウスを実験材料として、ニューロンの発達と機能発現における DNA 化学修飾酵素の機能解析を行う。具体的には、1) 脳発達における DNA 化学修飾酵素の役割解明、2) DNA 化学修飾酵素の機能破壊と神経精神疾患との関連解析、3) ニューロンにお

る DNA 化学修飾酵素の標的同一化を行う。これらにより、DNA 化学修飾制御機構の破綻と精神疾患との関連を明示し、その発症の分子メカニズム解明することが本研究の目的である。特に本年は、前年度までに作製した神経細胞特異的に DNA メチル化酵素を過剰発現しているトランスジェニックマウスの解析を進め、このマウスの生体神経新生が阻害されていることを突き止めた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】神経精神疾患、エピジェネティクス、DNA メチル化

【研究 題 目】バイオマス資源利用を目指した耐熱性キチン分解酵素の反応メカニズム解明

【研究代表者】峯 昇平 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】峯 昇平 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究では、バイオマス資源の一つである「キチン」を医薬・健康食品として有用な「N-アセチルグルコサミン」に効率よく分解する産業用酵素反応系の構築を目指し、該当する酵素群の反応メカニズムを解明することを目標とする。平成27年度は、該当酵素の一つである好熱性バクテリア由来の耐熱性糖分解酵素=β-アセチルグルコサミニダーゼの立体構造解析を行い、基質認識・分解反応メカニズムを分子レベルで解明することを目指した。本酵素はキトビオース (キチン2糖) を特異的に認識し、単糖 N-アセチルグルコサミンに分解する酵素である。X 線結晶構造解析の結果、本酵素が2量体を形成し、溶媒への露出表面積を減らすことにより高い熱安定性を獲得していることが明らかとなった。また、これまでに発見されている β-アセチルグルコサミニダーゼは一つの分子中に活性部位を有しているが、本酵素の活性部位は2つの分子から形成されていることが分かった。さらに活性に必要な2種類の触媒残基を特定し、そのうちのひとつが大きな運動性を有していることが分かった。これは限られた活性部位スペースを有効利用するための基質分解時の糖の構造変化に応じた酵素の柔軟性であると考えられる。このような構造的特徴は他の類似機能を有する酵素では見られないことから学術的にも重要な知見となった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】キチン、N-アセチルグルコサミン、耐熱性

【研究 題 目】プロテオミクス、バイオインフォマティクス、イメージングによる表皮ガン治療法の研究

【研究代表者】ワダワ レヌー

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】ワダワ レヌー (常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

上皮膜抗原 (EMA) は、がん細胞において異常な翻訳後修飾を受け、より少ない O-グリカン鎖を持つ。EMA の増強発現は悪性細胞の生存を促進させるため、EMA はがん治療の標的として有用である。本研究では、分子的、バイオインフォマティクス、イメージング解析によりがんの標的としての EMA を評価する。また、がん細胞におけるシアリル-Lea、-Lex、-Tn 等の腫瘍関連マーカーの翻訳後のグリコシル化特性を解析し、モーターリン、CARF、p53等の腫瘍促進や抑制に関与するタンパク質との相互作用を調べる。

これまでに行った、EMA のグリコシル化経路のバイオインフォマティクス解析、共発現マッピング情報を基に、シアリル-Lea、-Tn マーカーを含むグリコシル化経路の解析を行った。EMA のモチーフ探索解析により、腫瘍関連マーカーを標的とする免疫反応性抗原認識エピトープを同一化した。ネットワーク相互作用解析では、EMA と EGFR、並びに SRC との機能的関連性が予測され、EMA が細胞増殖において重要な役割を担うことが示唆された。EMA グリコシル化マーカーの解析は、上皮悪性腫瘍を標的とした効果的な免疫治療の発展に役立つと考えられる。また、p53欠損細胞における CARF の p53下流への機能的関与と影響を解析した。さらに、細胞増殖・抑制、DNA 損傷、アポトーシス、腫瘍形成において、CARF 量制御下における p53の役割を実証した。CARF 高発現は増殖抑制及び老化を導き、超高発現は *in vitro* 及び *in vivo* において発がんを促進させた。CARF が細胞増殖及び発がんの重要因子であることを明らかにした。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ガン、糖尿病、高血圧、トランスレーショナルリサーチ

【研究 題 目】ミスマッチ DNA 塩基の回転を利用したシーケンス選択的なメチル化解析

【研究代表者】栗田 僚二 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】栗田 僚二 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

前年度に得られた知見に基づき、本年度はメチルシトシン検出用のデバイス開発をクレッチェマン配置型 SPR をベースとして行った。研究代表者は、これまでに携帯型の SPR 角計測器を開発している。この計測器を読み取り装置とする使い捨てのマイクロセンシングチップを作製した。マイクロセンシングチップ内に配置された平坦な厚さ50 nm の金薄膜をスパッタリング法でガラス基板上に作製した。さらに、カルボキシデカンチオールを含むトルエン溶液に浸漬することにより、金表面にカルボキシル基を固定化した。さらに、カルボジイミドカップリング法によりアビジンを固定化した。一方、流路深さ20ミクロンの薄層流路をポリジメチルシロキサンで作製し、金薄膜を有するガラス基板と貼り合わせ

ることにより、マイクロセンシングチップを作製した。測定対象シトシンがミスマッチであるビオチン化2本鎖 DNA をマイクロセンシングチップへ導入することにより、アビジン-ビオチン反応により2本鎖 DNA が補足される。その後、抗メチルシトシン抗体を導入し、外向きの（メチル/非メチル）シトシンと抗体との結合、つまりメチル化状態を SPR 角変化から検知した。測定対象シトシンがメチル化されている場合には、DNA 濃度に依存した SPR 角度上昇が確認された。一方、メチル化されていない場合には、SPR 角度上昇は見られなかった。このことから、単一シトシンレベルでのメチル化情報取得が可能になった。加えて、測定対象シトシンをミスマッチとする際に、バルジ、AP-site、C/C、C/A、C/T ミスマッチとして測定したところ、SPR 角度上昇はバルジの際に大きな角度変化を示すことを明らかにした。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 エピジェネティクス、マイクロチップ、バイオセンサ

【研究 題 目】 レクチンアレイ型微細構造観察ホルダの開発

【研究代表者】 小椋 俊彦（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 小椋 俊彦（常勤職員1名）

【研究 内 容】

目 標：

細胞や細菌、ウイルス、タンパク質の表面は、多種・多様な糖鎖により覆われている。こうした糖鎖は、異物の認識や排除、結合や感染等の、生物の本質的な機能発現に大きな役割を担っている。そのため、生物表面の糖鎖の状況を把握することは、生物学的にも重要な意味があり、創薬にも結び付くものと予想される。本研究では、生物試料の微細構造とその糖鎖状況を溶液中で同時に観察・解析する新たな方法を開発する。これにより、細菌やウイルス、糖タンパク質等の分析と構造変化の解析を網羅的に行うことが可能となり、生物における糖鎖や結合タンパク質の役割の解明が飛躍的に進むことが期待される。

研究計画：

本年度は、窒化シリコン薄膜上にレクチン溶液の相互作用やフィブロネクチン等の結合タンパク質の効果を解析した。細菌や細胞の糖鎖とのインターアクションを水溶液中で直接観察し、その相互作用を解析するためには、分解能を向上させる必要がある。そこで、窒化シリコン薄膜を現在の50 nm 厚から20 nm 厚へと薄層化し、この上にレクチンやフィブロネクチン等をスポット状に塗布する、あるいは層状に積層化し、ここに細胞や細菌を吸着させた。

年度進捗状況：

本年度の進捗として、分解能は8 nm を切るレベルまで向上し、細胞の吸着状況や細胞内部の構造、微小管等

のチューブ状構造を観察することが出来た。さらに、細菌等を培養しながら観察するシステムを開発し、レクチンやフィブロネクチン等の吸着状況の詳細な観察が可能となった。また、撮像システムも改良を行い、より高精度な初段アンプを用いることで SN 比の向上を行い、さらに撮像時間も80秒から40秒へと半分に短縮させることができた。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 電子顕微鏡、画像情報処理、非染色生物試料、レクチンアレイ、細菌

【研究 題 目】 遺伝子発現プロファイル手法による血液 RNA 診断に向けた基礎的研究

【研究代表者】 高橋 淳子（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 高橋 淳子（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

血液中には臓器や組織と同様にメッセンジャーRNAやノンコーディング RNA の膨大な発現情報があり、血液 RNA を用いた疾病の早期診断や、薬効診断サービス等の実用化が進展している。次世代の臨床検査は、第4世代シーケンサー等の遺伝子解析手法の飛躍的な進歩により、蛋白等による診断では行えない、疾病の初期の兆候を捉える高感度な血液 RNA 診断が可能となる。しかし血液 RNA 診断の結果は、RNA 採取や抽出法の正確性や品質に左右されるという課題がある。我々はマイクロアレイを用いた疾病モデル動物の全血 RNA 解析を行う過程で、疾病の進展に伴い白血球と全血に遺伝子発現プロファイルの相関が低くなることを見だし、公的 EST (expressed sequence tag) データベースの臓器別解析を加えると、臓器由来 RNA の影響が示唆された。次世代の血液 RNA 診断の可能性を探索するため、RNA の品質評価法の検討、抽出効率の評価法の検討、ポリメラーゼ等酵素反応阻害の評価等の RNA の妥当性評価法の検討を行った。また、臓器由来 RNA 評価モデルの構築を検討した。

平成27年度は、RNA の妥当性評価のために、自然界に存在しない配列を有し、かつ高精度に濃度が規定された標準 RNA を用いた検討を行った。その結果、標準 RNA は抽出効率や反応阻害の評価法に有用であるが、標準 RNA の立体構造により環境要因による変性や分解の容易さが異なることを確認した。血液 RNA 診断において、個々の RNA の特徴による変性や分解性の違いは、血液試料の状態が診断結果に影響する可能性があり、RNA の状態のバリデーションが必要であることが示唆された。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 血液診断、RNA 診断、マイクロアレイ、遺伝子発現解析

【研究 題 目】 因果推論が多感覚統合プロセスに及ぼす

影響の検討

〔研究代表者〕梅村 浩之（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕梅村 浩之、二谷 博美
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では因果関係の成立が同時に影響を及ぼすか、及びこれらの因果関係は意識に上る必要があるのかについて検討するために、物体の衝突場面を視覚呈示と振動によって与えられる触覚刺激の時間をずらして提示し、同時と知覚される時間ずれの範囲の収集を行った。このとき視覚刺激が上から落ちる物体の場合には、これが原因となって生じる触覚刺激は下方向のとき文脈が一致するが、この向きの一致性を通して、視触覚統合における因果の影響を検討した。実験の結果は、視覚と触覚の間に因果関係が成立、つまり、視覚刺激と因果関係が示唆する振動の向きと、触覚刺激の向きが同じであったときに同時であると知覚される頻度が高くなるというものであった。これは原因と結果として一貫性があるときに同時知覚が促進されることを示している。また、被験者に力覚提示装置の引き起こす振動の向きを考慮したかを尋ねたところ、多くの被験者は向きがいろいろあるのは気づいていたが、各トライアルにおいて、どちら向きだったかを考慮することはなかったと答え、また一部の被験者は向きが様々に存在すること自体に気づいていなかった。この点について、これら2種類の被験者でどの程度違いがあるのかの詳細な検討も含め、現在追試を計画している。また、前年度までに行ってきた本課題についての成果を国際学会で発表され、また論文が国際誌に掲載された。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕認知科学、バーチャルリアリティ、脳科学

〔研究題目〕音源付近の加圧により音声明瞭度を向上させる現象の解明

〔研究代表者〕添田 喜治（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕添田 喜治（常勤職員1名）

〔研究内容〕

曲げを加えたアクリル板にオルゴール音源をで、オルゴールから発生する音の音圧レベルと繰り返し成分が増加することを発見した。この現象を利用することで、電力量を増やすことなく音の大きさや明瞭度を増加させることが可能となる。本研究では、この現象をより詳細に明らかにするために、2種類のオルゴール、既製のスピーカー、携帯電話を音源として使い、アクリル板、プラスチック板、硬質塩ビ板、低発砲塩ビ板を用い、その大きさ、厚さ、曲げの強さが異なる条件で、音源付近の加圧により音圧と繰り返し成分が増加する現象を再現し、この現象をより詳細に明らかにすることを目的とした。

実験の結果、厚さ0.5 mmのアクリル板が最も良くこ

の現象を再現できることがわかった。板の大きさに関しては、板の大きさが変わると、音圧レベルの増加する周波数が変化した。これは、板の共振と関連していると考えられるが、板の大きさと共に共振周波数が低下するといった単純な効果でないので、共振以外の要素がこの現象に関係していると考えられた。これは、音源に板をどのように接触させ、どのように圧力を加えるかが関連すると考えられるので、接触、圧力の加え方については、今後さらに検討していく。

スピーカーや携帯電話の検討でも、音源付近の加圧により音圧と繰り返し成分が増加する現象を再現できた。しかし、その増加量はオルゴールの時ほど大きくはなかった。これは、音源の振動部分に直接板を接触できていないためと考えられる。また、板の大きさに関しても、今回の検討した条件では、実用上は難しい場合が多いので、実用上使える大きさでの検討を行う。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕加圧、音圧レベル、繰り返し成分

〔研究題目〕外来遺伝子の安定発現を可能にするニワトリ遺伝子組み換え技術の開発

〔研究代表者〕大石 勲（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕大石 勲（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

ニワトリは重要な産業動物であり、農業、産業、基礎科学といった多様な分野から遺伝子改変技術が求められている。例えば卵管細胞にバイオ医薬品を安定発現するニワトリは、有用物質を自身に大量に含む卵を産むと考えられる。本研究では外来遺伝子を安定的かつ大量に生産するニワトリを作製するための幾つかの手法開発を試みた。外来遺伝子の位置効果によりニワトリに導入された遺伝子の発現が顕著に低下するという報告があったため、これを解決するために人工染色体をニワトリに導入する技術の開発を行った。ニワトリ始原生殖細胞にマウス人工染色体を導入し、これを移植した生殖巣キメラニワトリを樹立した。また、トランスポゾン系を用いて始原生殖細胞に外来遺伝子を導入し、これを用いて組換えニワトリを樹立した。トランスポゾン系の使用と条件の最適化検討により複数の遺伝子が導入された組換えニワトリ作製に世界で初めて成功し、安定的な遺伝子発現を達成した。さらに、ゲノム編集技術をニワトリ始原生殖細胞に適用することによりノックインやノックアウトニワトリの樹立に成功した。これら技術は様々な産業用途に応用可能な有用な遺伝子改変ニワトリ作製に大きく貢献すると考えられる。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕ニワトリ、遺伝子組換え、物質生産

〔研究題目〕核酸配列上での発光分子構築反応の開発と遺伝子検出技術への応用

【研究代表者】小島 直（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】小島 直（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究課題では、miRNA等の鎖長の短い核酸配列を高感度に検出可能な遺伝子検出技術の開発を目指し、遺伝子の検出技術としては未開拓であった生物発光を利用した新しいシステムを構築する。そこでまず、配列情報を生物発光シグナルに変換するための新規核酸プローブを作製する。蛍光を利用する従来の遺伝子検出法では、細胞内夾雑分子由来の自然蛍光が高感度検出の障害となっているが、生物発光は夾雑物の影響を受けないため、高感度な検出が可能になると期待される。

配列情報を生物発光に変換するシステムとしては、標的配列上で発光基質（ルシフェリン）を化学的に構築する“発光基質構築型核酸プローブ”の開発を計画し、研究初年度となる本年度は、核酸プローブの作製を重点的に進めた。本核酸プローブでは、シアノベンゾチアゾール誘導体、およびシステイン誘導体をそれぞれ配列末端部位に導入する。これら2つの核酸プローブが標的配列上に隣接して結合すると、シアノ基とシステイン間での縮合環化反応が誘起され、その結果ルシフェリンが構築されると期待される。なお、ルシフェリンは6'位水酸基のアルキル化により発光活性が失われるため、構築するルシフェリンは6'位アミノ体とし、この部位で核酸プローブと連結する。現在、核酸プローブの作製を進めており、平成30年度末までには開発したシステムの検出効率・検出感度等の検証を行い、これらの結果を従来の蛍光を用いた検出法（TaqMan Probe法、QProbe法）と比較して、本手法の優位性を明らかにする計画である。

【領域名】生命工学

【キーワード】核酸化学、生物発光、分子プローブ、生体分子計測

【研究題目】覚醒度と快不快度を考慮したサウンドデザインに関する研究

【研究代表者】添田 喜治（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】添田 喜治、中川 誠司

（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究では、音の物理、ヒトの心理・生理的側面から、快適で気が付きやすい音を実現するための評価・デザイン手法を開発し、最適音を例示することを目的としている。

自然音の定量化・モデル化と試験音選択のために、鳥や虫の鳴き声約100種類、水、波、風の音等約20種類について、自己相関指標、Zwicker and Fastlによる音響評価指標、メル周波数ケプストラム係数等の解析を行った。これらの手法は、自動車、航空機、鉄道、空調等の騒音、人間の音声の解析等に用いられていたが、自然音に関しては、指標を算出できない、ばらつきが大きい、

等の問題が発生したため、解析手法の改良を行っている。

対象音の心理的好ましさ・覚醒度に影響を及ぼす物理指標の解明として、鳥の鳴き声（18種類）、虫の鳴き声（16種類）を音源として、シェッフェの対比較法を用いて、各被験者の各音源に対する好ましさ・覚醒度を調べた。鳥の鳴き声に関しては、好ましさに関しては、ウグイス、メジロが高く、カケスが最も低い、顕著性に関しては、カケスが最も高く、ウグイス、ホトトギス、カッコウが比較的高いことが分かった。鳥の鳴き声に関しては、好ましさに関しては、ヒグラシ、エンマコオロギが高く、カケスが最も低い、顕著性に関しては、クマゼミ、ツクツクボウシが比較的高いことが分かった。音源解析により得られた指標を用い、各被験者の好ましさ、覚醒度を重回帰分析により予測した結果、ピッチ、ピッチ明瞭度、スペクトル重心に相当する相関指標の τ_1 、 ϕ_1 、 W_{60} や、その変動により、好ましさや覚醒度が予測できることを明らかにした。

【領域名】生命工学

【キーワード】好ましさ、覚醒度、自己相関関数

【研究題目】幹細胞の品質モニタリングを目指した酵素／高分子電解質複合体センサーアレイの開発

【研究代表者】富田 峻介（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】富田 峻介、石原 紗綾夏
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究課題では、細胞治療や再生医療の実現を強く支援する、幹細胞品質評価用センサーアレイの開発を行う。従来使用されてきた、マーカー分子を検出する評価法は、有効なマーカー分子の同定が困難なうえに、評価に一定量の細胞を消費してしまうという問題を抱えている。そこで、こうした欠点を持たない、新たな方法を開発することを研究目的とした。本研究では、申請者が確立した「多変量解析法を利用する酵素/高分子電解質のポリイオン複合体（PIC）センサーアレイ」を高性能化し、細胞を培養した培養液（馴らし培地）の判別に応用する。そして、幹細胞からの分化誘導などを想定した品質評価法の開発を試みる。

本年度は、前年度に開発した種々の疎水性官能基を導入したポリエチレングリコール／カチオン性高分子電解質のブロック共重合体をアニオン性酵素と複合体化したライブラリを用いることで、ヒト間葉系幹細胞の分化系譜を非侵襲的に評価できるかどうかを調べた。その結果、未分化・骨芽分化・脂肪分化の識別が可能であることが分かり、さらに、由来の異なる哺乳類の血清の識別にも応用可能であることも見出した。より微少な細胞状態の差異の識別を目指し、酵素に対して多様な性質の酸無水物を修飾して、分析のその場で簡易にライブラリを作製する方法を検討したところ、タンパク質だけでなく、

哺乳類血清や細胞の識別が可能なが分かり、本アプローチを利用することで幹細胞品質評価のさらなる応用範囲の拡大が示唆された。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 幹細胞、酵素、高分子電解質、多変量解析、バイオセンサ

〔研究題目〕 基質親和性の高い微生物を利用した低濃度温室効果ガス処理技術の開発

〔研究代表者〕 松浦 哲久（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 関口 勇地、Dieter M Turlousse、
松浦 哲久（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

排水処理プロセスから低濃度の強温室効果ガス（メタン・亜酸化窒素）が発生している。低濃度ではあるが発生量が多いため、排水処理場全体からの強温室効果ガス排出の割合は高い。それにも関わらず、そのような強温室効果ガスの処理技術は未だ確立されていないのが現状である。そこで、本研究では基質親和性の高い微生物を利用し、強温室効果ガスであるメタンを大気程度にまで分解する技術を確立させるとともに、その微生物の機能解明を行う事を目的とした。昨年度までに、低濃度メタンガスを除去するバイオリアクターを開発し、培養微生物群を含む様々な環境のメタン酸化細菌の調査を行う基盤整備を行った。平成27年度は、未培養メタン酸化細菌の機能解明に向けて、ゲノム解析を実施した。まず、基質親和性の高い未培養メタン酸化細菌の機能遺伝子（*pmoA*）に特異的なプライマーを設計し、環境サンプルから目的微生物の定量を実施した。標的が多い環境サンプルを数種選出し、NextSeqにてゲノムのシーケンス解析を行った。約50Gbのシーケンスデータを取得し、そのデータからゲノムビニングを実施した。その結果、合計65種類のゲノムを抽出した。そのうち1種のゲノムがメタン酸化細菌のクラスターに属した。さらに、既知のゲノム情報との相同性は85%以下であり、未培養系統群であることがわかった。しかし、ゲノム上に16S rRNA 遺伝子、*pmoA* 遺伝子が検出されなかった。同時に未培養メタン酸化細菌の分離・培養も実施したが、目的微生物の分離・培養には至らなかった。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 未培養微生物、次世代シーケンス、ゲノム解析

〔研究題目〕 基本匂い要素の解明と受容体安定発現細胞センサの開発に関する研究

〔研究代表者〕 佐藤 孝明（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 佐藤 孝明、川崎 隆史
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

嗅覚情報センシング利用により、遠隔的な危険物検知

・捜査や対象物の加工・熟成・健康状態の判定、などが可能になる。このセンシングには、色覚の R/G-Y/B 基本色に対応する基本匂いの解明と、匂い情報符号化および嗅覚センサ開発が不可欠である。本課題では、最初の基本匂いの解明を目指し、マウス行動実験で匂いの検知・識別に寄与する背側・腹側受容体の特徴を解析し、共通・相違要素匂いの寄与度を検討する。1)マウス行動実験による基本匂い要素の解析では、試作 Y 迷路を用いたマウスの鏡像異性体ペア2種の検知・識別閾値濃度の解析から、背側受容体欠損により生じる、(+)異性体選択的な感度低下と、検知を可能とするが識別には寄与しない嗅覚受容体の存在を示す、極度の識別閾値低下を伴う識別パラドックスを発見した。この広い濃度範囲で識別できない結果は、高感度背側受容体がフィードフォワード抑制系を介した刺激特徴的な基本匂いを強調する階層的要素匂い符号化説を支持するものである。2)特定臭検知ヒト受容体群の応答データおよび細胞アレイ用マクロ蛍光画像測定系の検討では、受容体の *helix8* の2番目がグルタミン酸の時の G 蛋白質の2.5倍迅速活性化を発見し、上記の成果と併せ、ヒトの受容体375種中で要素匂い形成を支配する166種の受容体を選別し、特許「匂いの評価方法」を申請した。この成果により、予定を変更し、市販のマクロズーム顕微鏡の整備等を延期し、特許に関するデータ収集を優先させ、ヒトの67種の嗅覚受容体の単離・発現ベクターの構築を進めた。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 匂い識別、感覚情報符号化、嗅覚代替センサ、情報センシング、分子認識

〔研究題目〕 強力な鎮痛作用を示す新規オピオイド受容体核酸リガンドの創製と分子作用機序の解明

〔研究代表者〕 池本 光志（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 池本 光志、（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、我々が開発に成功した G 蛋白質共役型受容体（GPCR）結合核酸リガンド探索法を用いて、モルヒネ鎮痛効果を凌駕する高親和性核酸リガンドの創製とその分子作用機序の解明を目的として実施する。本年度は、①新規探索法プロトタイプの高感度化を目指した改良、②新規探索法によるモルヒネ受容体（MOR 受容体）と高親和性に結合する核酸リガンドの同定、③同定核酸リガンドの高機能化（最適化）を実施した。最初に、本探索方法の作動基盤原理に関する実験的検証を行い、本探索方法が基盤原理に基づいて機能することを確認した。また、本検証実験の過程で、基盤原理に関連する新規知見を得たので特許出願を実施した。さらに、本探索法の至適条件化検討を実施し、第2世代型探索法へと進化させることに成功した。次に、第2世代型探索法を用いて、全長76塩基合成一本鎖 DNA ライブラリー（任意配

列40塩基)から、テトラサイクリン依存性 MOR 受容体発現誘導293細胞株に発現する MOR 受容体に特異的に結合する DNA リガンドの探索を実施した。その結果、第2世代型探索法を用いた3~4回のセレクションにより、改良型 Cell SELEX 法を用いて24回のセレクションにより同定した高親和性 MOR 受容体結合 DNA リガンド (Apt-MOR) と新規 DNA リガンドの同定に成功し、本探索方法の有用性を実証した。最後に、Apt-MOR の高機能化に取り組み、少なくともリガンド鎖長を40塩基 (任意配列部分25塩基) 程度まで最小化することに成功した。従って、我々が開発した新規探索法は、GPCR 関連鎮痛創薬開発における有用なツールとなり得ると思われる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】核酸アプタマー、オピオイド受容体、鎮痛、G 蛋白質共役型受容体

【研究 題 目】狭食・狩猟性アリ類の神経毒の餌動物ナトリウムチャンネルに対する適応変化の検証

【研究代表者】稲垣 英利 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】稲垣 英利 (常勤職員1名、他4名)

【研究 内 容】

アリの食性はきわめて多様化している。その中には特定の動物のみを選択的に狩り、餌とする種も少なくない (狭食・狩猟性アリ類)。そうした種の多くは、尾部の毒針から神経毒を餌動物に注入することによって狩りをするとともに、餌動物の形態と行動に則して自身の形態と行動を適応させている。本研究では、系統的に大きく離れた狭食・狩猟性アリ類から網羅的にペプチド系神経毒を同定し、対応する餌動物のナトリウムチャンネルに対する阻害活性を測定する。このことによって、餌動物のナトリウムチャンネルの構造と特性の変化に合わせて、狭食・狩猟性アリ類がペプチド系神経毒の選択的毒性を対抗的に変化させてきたことを証明する。

本年度は、国内に生息するアリの毒液より分子量4000-8000のペプチド系神経毒の候補を複数検出することができた。現在、これらのペプチドの一次構造を決定中である。同時に、アリのゲノムデータベースより複数のペプチド系神経毒の候補を選択することに成功しており、これらのペプチドを組換え体もしくは化学合成で大量取得し、ナトリウムチャンネルに対する阻害活性を測定したいと考えている。また、アッセイ系に関してはムカデ・ナトリウムチャンネルの系を構築することを予定している。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】アリ、ペプチド系神経毒、ナトリウムチャンネル

【研究 題 目】金属依存性デアセチラーゼの触媒反応メ

カニズムの解明と阻害剤の開発

【研究代表者】中村 努 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】中村 努、上垣 浩一、大嶋 真紀
(常勤職員2名、他1名)

【研究 内 容】

本研究では、N-アセチル基を加水分解する2種類の酵素 Dac (N,N'-diacetylchitobiosedeacetylase) と DAA (D-aminoacylase) をターゲットとし、その触媒機構と基質認識機構を明らかにすることを目的とする。そのために、酵素学的測定などの生化学実験、X 線結晶構造解析、基質アナログの探索・設計・合成、計算機シミュレーションなどの手法を駆使する。平成27年度は Dac について研究を進捗させることを計画し、その通り実行した。

Dac は単糖 (GlcNAc) と二糖 (GlcNAc₂) の両方を基質とする。GlcNAc のアナログとして MPG (2-deoxy-2-methylphosphoramido-D-glucose) を設計・合成した。酵素活性測定により、MPG は Dac (Pyrococcus horikoshii 由来、Ph-Dac) の活性を等モルで不可逆的に阻害することを明らかにした。次に、Ph-Dac と MPG の複合体の立体構造を X 線結晶解析により明らかにした。その結果、MPG の糖部分の水酸基が Ph-Dac の活性部位近傍のアミノ酸側鎖によって認識されていることを明らかにした。Carbohydrate Esterase Family 14 (CE-14) に属する酵素は N 末端 GlcNAc 残基を脱アセチル化する。Ph-Dac において非還元末端糖の認識に関与していたアミノ酸は他の CE-14酵素でも空間的に保存されており、本研究によって明らかになった Dac の基質認識機構は CE-14に共通する一般的なものであることが示唆された。Dac と二糖基質の相互作用については、計算機シミュレーションにより動的な挙動を解析する方針とし、それに着手した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】デアセチラーゼ、基質結合、阻害剤

【研究 題 目】光ナノ複合材料による健康阻害ガスセンサに関する研究

【研究代表者】安藤 昌儀 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】安藤 昌儀、茂里 康 (常勤職員2名)

【研究 内 容】

本研究では、ガスとの接触時に光学特性が可逆的に変化する光ナノ複合材料を用いて、健康阻害ガスであるオゾン等を検知可能な光学式ガスセンサの開発を進めている。オゾンは、強力な酸化力と、分解すれば無害になる後処理の容易さから、半導体産業における有機物除去、病院・医薬品製造施設・食品工場・オフィス・家屋等における空気や水の殺菌・脱臭に幅広く利用されている。

しかし、オゾンは空気中約1 ppm 以上では人体への毒性が著しく高くなるので、オゾンセンサの必要性が増している。光学式ガスセンサは、電気式センサに比べて、

電磁的ノイズに強く、防爆性や遠隔非接触操作性に優れる。

本年度は、光ナノ複合材料として、蛍光強度が表面状態に敏感な量子ドット（化合物半導体ナノ粒子）を選び、研究を進めた。前年度に構築した装置を用いて検討した結果、セレン化カドミウム（CdSe）系コアと硫化亜鉛（ZnS）系シェルからなるコアシェル型量子ドットが、室温・大気圧下において、空気中のオゾンに感応して蛍光強度の減少を示し、オゾンを含まない空気中では可逆的に回復する現象を確認した。粒径が比較的大きく安定性が高い赤色発光量子ドットは1~500 ppmの広い濃度範囲のオゾンに対して可逆な応答を示し、蛍光強度変化量はオゾン濃度に依存した。赤色発光体よりも粒径が小さく表面原子の割合が高い緑色発光量子ドットは高濃度オゾンに対する応答の可逆性が低下したものの、低濃度オゾンに対しては可逆応答と高感度を示し、0.1 ppmまでの感度を確認した。これより、CdSe系コアシェル型量子ドットが、蛍光を用いた光学式オゾンセンサ材料として有望であることがわかった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】健康阻害ガス、光学式ガスセンサ、オゾン、光ナノ複合材料、蛍光

【研究 題 目】光励起と“化学励起”を併用した生細胞
蛍光観察技術の構築と実証

【研究代表者】星野 英人（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】星野 英人（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、「自己励起蛍光蛋白質・BAF」を用いた生細胞の真の連続観察を可能とする手法を確立することを目指している。当該研究で使用される閉鎖系細胞培養用恒温チャンバーにおける培地輸液ラインでの気泡発生の問題解決のための検討を行った。効率的且つ自動的に気泡を除去する“弁デバイス”に関し、既製プラスチック製品と光硬化型3Dプリンターを用いた試作部品の組合せによる当該デバイス実現の可能性を探った。3次元データを作成するための、無償或いは安価な3D-CADソフトの試用とデータ作成を繰り返し試み、試作部品を作製したが、気密性を維持し使用に耐える装置の実現には至らなかった。また、H2AXの挙動観察に当たり、輸液ラインでの気泡発生に伴う長時間観察の問題があり、主として培地へのセレンテラジンの初期添加量の増加による観察時間の長期化への検討と、DNA傷害を誘発するMMC添加によるH2AXfoci形成のタイミングの検討を行った。結果として、観察初期でのセレンテラジンの添加では、セレンテラジンが脂溶性であることもあり、培地に可溶性最大濃度でも1時間弱の連続化学発光観察しか適わず、また、その観察可能な短時間での動的変化のピンポイントなタイミングを見出すことは困難であった。化学発光プローブとしては、蛋白質レベルで共鳴エ

ネルギー移動効率の改善が見出されたhCBD-eBAF-Yでの高輝度化が期待されたが、生細胞内発現下での観察ではeBAF-Yと同等の観察時間（最大感度で30秒~50秒露光）であり、特段の観察条件の改善は認められなかった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】蛍光、化学発光、細胞

【研究 題 目】好塩、好アルカリ・ハロモナス菌による
有機酸生産に向けた極限菌との代謝解析

【研究代表者】河田 悦和（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】河田 悦和、下園 詔子、柳澤 礼和
（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

持続可能型社会実現には、エネルギーや化成品を非食糧バイオマス資源から生産することが課題である。独自に見いだしたハロモナス菌 *Halomonas* sp. KM-1は高塩、高pH環境で生育し、他の菌のコンタミを認めない。C6糖、C5糖、腐グリセロール等の各種炭素源を利用し、好気条件では菌体内にバイオプラスチックPHBを蓄積し、微好気条件に移行すると、蓄積したPHBを分解し、モノマーの3-ヒドロキシ酪酸を著量分泌する。さらに、炭素、窒素、微量金属などをコントロールすることで、各種有機酸を分泌生産すること、この分泌が、一部のハロモナス菌に共通することを見出した。そこで、ハロモナス菌や好塩菌等の代謝物の違いを分析し、工業原料として利用が期待される有機酸・代謝中間体の生産に役立てることを研究の目的とする。本年度はまずバイオプラスチックPHBの蓄積における窒素源の影響について検討した。結果、実際の杉木材糖化液を用いた場合、窒素源として硝酸ナトリウムを用いた場合より、尿素を用いた場合の方が顕著にPHBの蓄積が多いことを見いだした。さらに、PHBを蓄積する場合には、培養温度、窒素添加量、培地塩濃度などをそれぞれ検討する中で、著量のピルビン酸の分泌生産が行われることを見いだした。今後、これらの現象が、他のハロモナス菌などの好塩菌に共通か、さらにどのような代謝系が関与しているのかについて検討していく予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ハロモナス菌、極限菌、代謝解析、有機酸

【研究 題 目】抗体産生キャリアとして機能する金ナノ
微粒子の抗原提示機構の解明

【研究代表者】石井 則行（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】石井 則行、秋山 陽久（機能化学研究部門）
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

ハプテン（単独では抗原性をもたない低分子化合物）で表面を被覆した金ナノ粒子を作用起点に生体内（ウサ

ギ)で抗ハプテン抗体の産生が確認された。しかし、その実態は不明であったため、金ナノ粒子が媒介する抗原提示機構を分子・細胞レベルで解明するための手法を開発した。親水基を結合したアゾベンゼン化合物を合成し、最外殻がほぼ完全に親水性モティーフで被覆された金ナノ粒子の調製が可能となった。また、他の低分子化合物、ナノ粒子キャリア候補の調製、滅菌操作手法等を検討し、一例として、磁性ナノ粒子が利用でき、市販の抗体によって免疫検出が可能な実験系を構築した。

ニワトリ由来B細胞(DT-40)、マウス由来のB細胞(BCL1 Clone CW13.20)、単球・マクロファージ(J774A.1)、濾胞星状細胞(pit/F1)を使い、細胞密度が~90%に達するまで培養し、免疫原のナノ粒子との相互作用を顕微鏡下で観察した。すると、ある時間域から生体膜小胞が急激に放出される現象に気づいた。この思いがけない発見は、細胞間情報伝達を担っている分泌膜小胞、エキソソームであることが判明した。培地上清からエキソソームを分画し、ナノ粒子を介した抗原情報の追跡、検出を可能とする手法を考案した。バイオマーカー(CD63等)を指標にエキソソーム陽性画分の同定が可能となった。ハプテン抗原を提示しているMHC分子は、濃度、発現量、共に低いため優位な検出には至っていないが、ナノ粒子はハプテンと共にマクロファージ等に貪食され細胞内消化を経て、エキソソームを介してB細胞を活性化し、当該抗原に対する抗体産生につながったと解釈でき、人工的ナノ粒子が媒介する免疫原情報伝達スキームを描出することができた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】培養細胞株、ナノ粒子、細胞応答、抗体、B細胞、抗原、電子顕微鏡

【研究題目】高分解能変動電位透過観察技術の開発と液中生物試料の解析

【研究代表者】小椋 俊彦(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】小椋 俊彦(常勤職員1名)

【研究内容】

目標:

水液中の生きた細胞や細菌をナノレベルの高分解能で観察する新たな観察技術(高分解能変動電位透過観察法)を開発し、これを用いた様々な細胞の動的メカニズムの解明を目標とする。本装置では、従来の走査電子顕微鏡(SEM)では観察が困難であった、水溶液中の非染色・非固定の生物サンプルをナノスケールの分解能で電子線のダメージが無く、高コントラストでの撮像を可能とする。

研究計画:

本年度は、電位透過観察技術の根幹となる水溶液観察ホルダーの高分解能化と観察システムの高感度・高速化を行う。本システムによる分解能は、水溶液中の生物試料を封入する耐圧薄膜の厚さにより大きく影響を受ける。

耐圧薄膜は窒化シリコン膜(SiN膜)により構成されており、これまで使用しているSiN薄膜の厚さは50nmであるが、これを20nm以下に薄層化し、さらに薄膜上部のタングステン層を10nm以下とすることで、より高分解能化を達成させる。また、検出アンプのSN比を向上させるため、より低ノイズのオペアンプを使用し、さらに電源電圧を2倍に高めることで、高コントラスト化を達成する。

年度進捗状況:

年度は、窒化シリコン薄膜の厚さを50nmから20nmへと薄層化し、さらに、検出系アンプのSN比を向上させることで、分解能とコントラストの向上を図ることが出来た。こうした改良によりタンパク質の画像の分解能も飛躍的に向上し、今後3次元解析が可能になると予想される。また、観察ホルダーを改良することで、培養細胞の観察を可能とした。これにより、様々な種類の細胞を非染色・非固定で観察することが出来た。さらに、電子線に起因する電位変化とホルダー内部の電位分布を解析するため、電位シミュレーターを用いて観察ホルダーの数理モデルを作成し、シミュレーション解析を行うことで、ホルダーの最適化を加速させた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】電子顕微鏡、画像情報処理、非染色生物試料、培養細胞、液中観察、膜タンパク質

【研究題目】骨導超音波と視覚情報を利用した最重度難聴児のための発話訓練装置の開発

【研究代表者】中川 誠司(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】中川 誠司、籠宮 隆之
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

難聴のために自己発話の聴取(聴覚フィードバック)が困難になると、明瞭かつ流暢な発話の維持や獲得が困難になる。本研究では、最重度難聴者にもある程度の聴覚フィードバックを与えることができる「骨導超音波補聴器」を利用することで、最重度難聴児のための発話/聴取訓練装置の開発に取り組んだ。2015年度は以下のような研究に取り組んだ。

(1) 発話訓練装置の開発: タッチ操作が可能なタブレット情報端末と骨導超音波補聴器を用いて、難聴幼児のための発話/聴取訓練装置を開発した。取り回しの向上のために補聴器とタブレット間は無線接続とし、タブレット上に以下の発話/聴取訓練プログラムを実装した。a. 表示された文字(日本語単音節および単語)に対応する(手本となる)音声を表示する機能、b. 被訓練者自身の発話を録音して、正常発話と比較できる機能、c. 表示される音声と同時に補助的視覚情報(被訓練者および正常発話者の発声時の口元の動画)を表示する機能、d. クイズ形式で聴取試験を行う機

能。

- (2) 新しい聴取能評価試験の開発：従来の聴力検査は専ら純音や語音の聴覚閾を調査対象としているが、豊かな音声コミュニケーションのためには、非言語・パラ言語情報が適切に伝達される必要がある。骨導超音波補聴器の内部信号処理方式を変化させ、音声に含まれる感情や性別や年齢といった話者情報の伝達度合いを検証し、重度難聴者の聴取/発話訓練の実施に最適な条件を調べた。
- (3) 難聴幼児を対象とした発話/聴取訓練の実施：上記の成果を活用して、重度難聴幼児に対する発話/聴取訓練を実施した。一部の被験者では短期的な発話/聴取能成績の向上が確認された。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕骨伝導、超音波、補聴器、難聴児、発話訓練

〔研究 題目〕集光レーザー振動による神経細胞ネットワークダイナミクスの解明

〔研究代表者〕細川 千絵（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕細川 千絵、前澤 安代
（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

本研究では、集光レーザービームの光振動技術を神経細胞内分子動態の能動操作に応用し、振動に伴い変化する神経細胞ネットワークの時空間ダイナミクスの解明を目的としている。レーザー光振動を用いて神経細胞のシナプス結合部位に局在する機能分子集合体を操作し、神経活動を操作する技術を開発することにより、レーザー振動による神経細胞ネットワークの時空間制御を実証する。今年度は、神経細胞シナプス領域に局在する受容体タンパク質分子の光捕捉を目的として、受容体分子のライブセル蛍光イメージングを行った。神経伝達物質受容体のひとつである AMPA 型グルタミン酸受容体分子に着目し、ラット海馬神経細胞のシナプス領域に局在する AMPA 受容体を量子ドットにより免疫蛍光染色を行い、細胞表面に於いて受容体分子の拡散運動を確認した。光ピンセット用近赤外レーザーを細胞表面に集光すると、レーザー光強度が高くなるにつれて量子ドット標識 AMPA 受容体の分子数が増加し、分子運動が遅くなることを見出し、光捕捉の可能性が示唆された。さらに、フェムト秒レーザーを用いた単一神経細胞の光刺激システムを改良し、レーザー光源の安定性を向上させ、神経細胞のレーザー光刺激に適した照射条件について検討した。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕神経細胞、光ピンセット、フェムト秒レーザー、蛍光解析

〔研究 題目〕色覚バリアフリー照明の高性能化と試作

に関する研究

〔研究代表者〕田村 繁治（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕田村 繁治、中川 誠司、伊藤 納奈、
茂里 康、岡本 洋輔
（常勤職員4名、他1名）

〔研究 内容〕

本事業は、日本人の320万人（男性が99%）が色覚に障がいを持つことを鑑み、正しい色情報を認識することを可能とするための、色覚バリアフリー照明のスペクトルをシミュレータによる模擬実験、協力者による被験者実験によって求めることを目的とする。

本実験では、日常用の環境光源として、(1)D65標準光源を用い、7種類の LED をバリアフリー用の光源として選び、D65 プラス 1波長（1種類）の LED の組み合わせにより、D65と LED の照度の比を何通りか選び、どの組み合わせがバリアフリー照明として有効かについて被験者実験を中心に、理論的解析を含めて実施した。その結果、長波長 LED（赤色）が有効であることを見出し、理論的に証明した。(2)波長が異なる2種類の LED のみの照明を利用し、石原式検査色票の正答率に関して、シミュレータで調べた。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕色覚障害、色覚バリアフリー、照明スペクトル、バリアフリー照明

〔研究 題目〕新規発光・蛍光技術ソースの探索を目指した発光生物調査

〔研究代表者〕近江谷 克裕

（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕近江谷 克裕、三谷 恭雄、二橋 亮、
安野 理恵（常勤職員4名）

〔研究 内容〕

新規発光・蛍光技術の確立、新規の生物発光・蛍光技術を創出するソース探索のため、世界各地の発光生物及びその共生微生物群を現地調査する。採取されたサンプルは、現地協力者の実験室にて遺伝子を抽出、或いは低分子化合物も抽出し、協力者の許諾のもと一部は現地の研究者に、一部は申請代表者の産総研に持ち帰り、知財確保、論文作成を目指す。本年度は、気候変動や現地協力者の状況に応じて2カ国（中国、ブラジル）及び海外との比較を行うことを目的に国内富山県魚津市を中心に現地調査を行った。具体的には、①平成27年8月2-12日、研究代表者近江谷、二橋は中国での研究協力者の中国科学院昆明動物研究所の Andy Liang 教授と、雲南省シャングリラ地方で高地の発光生物の採取を行った。シャングリラ地方の低温で飛行するホタルを採取、現地で RNA を抽出し、国内に持ち込んだ。シャングリラホタルのルシフェラーゼをクローニング、同定した。その構造解析及び機能解析を行った。②平成28年2月23-29日、研究代表者近江谷はブラジルサンパウロ州ソコカバ市に

滞在、サンカルロス大学の Viviani 教授の協力のもと、ソコカバ市周辺の発光生物調査を行うと共に次年度以降の国際共同調査の打ち合わせを行った。③平成27年10月4日～76日まで研究代表者近江谷、共同研究者三谷及び研究協力者の安野と共に富山県魚津市にて魚津水族館の協力を得て発光ゴカイの採取を行った。発光ゴカイの有機溶剤抽出作業を行い、低分子化合物の精製を行った。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】発光生物、ルシフェリン、ルシフェラーゼ、遺伝子資源

【研究 題 目】新型補聴器の開発のための骨導超音波の末梢伝搬・受容メカニズムの解明

【研究代表者】中川 誠司（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】中川 誠司、保手浜 拓也、伊藤 一仁、大塚 明香（常勤職員1名、他3名）

【研究 内 容】

骨伝導で呈示された超音波（骨導超音波）であれば、最重度難聴者にも知覚される。重度難聴者のための新型補聴器（骨導超音波補聴器）への応用が進められているものの、その末梢メカニズムの詳細には不明な点も残る。本研究では、骨導超音波知覚の末梢メカニズムの解明聴覚末梢器の活動を反映する各種の生理反応の計測、および骨導超音波の頭部内伝搬特性や末梢聴覚器に生成される振動モードの推定に取り組んでいる。

2015年度は、骨導超音波知覚における蝸牛外有毛細胞の寄与の推定を目的として、耳音響放射計測を行った。複数の計測装置（マイクロホン、アンプ）を用いて、慎重に繰り返し実験を行ったが、骨導超音波への応答を示唆する耳音響放射成分は計測されなかった。このことは、骨導超音波知覚においては外有毛細胞の寄与が小さい可能性を改めて示すものと考えられる。

また、頭部内での骨導超音波伝搬過程を、ヒトの頭部を対象とした計測およびコンピュータ・シミュレーションで明らかにした。加速度センサを用いた頭部振動計測の結果からは、生体組織の非線形性による有意な可聴周波数成分の発生は生じていないことや、骨導超音波知覚に及ぼす波動成分の伝搬速度が推定された。また、コンピュータ・シミュレーションの結果と併せて、骨伝導知覚において複数の伝搬ルート（マルチパス）が生じている可能性が示された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】骨伝導、超音波、蝸牛、有毛細胞、知覚メカニズム

【研究 題 目】神経の微細観察系を新たに構築し、アンジェルマン症候群の病理解明を目指す研究

【研究代表者】海老原 達彦

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】海老原 達彦（常勤職員1名）

【研究 内 容】

アンジェルマン症候群（AS）は、重篤な発達遅滞を主症状とする先天性疾患であり、原因遺伝子及び Ube3a と特定されている。このため、先天性疾患の中では遺伝子と発症メカニズムの解析を進めやすい部類と思われるが、病理に関する分子メカニズム解明が遅れている。一方、疾患として重篤であることから、少しでも治療効果が上がれば患者と家族の QOL 上昇が見込まれている。本研究では、この疾患の病理研究で手薄となっている、発症の分子メカニズム解明を最終目標として、その端緒として神経細胞レベルでの発症の再現とその病態可視化に挑戦する。そのために、以下二通りのアプローチを行う。

適切な神経観察系の構築を目指して、マウスの海馬錐体細胞を培養し、遺伝子（主として Ube3a）の核内分布解析を行う。Ube3a 近傍は、大脳神経細胞に限って父系母系染色体の発現活性やメチル化状態が異なっていることが分かっている。恐らくそれを反映して、対立遺伝子の分布が僅かに異なると思われている。超解像顕微鏡や ASEM（大気圧走査電顕）を用いて、分布及び周辺環境を解析する。

母系の Ube3a 遺伝子の欠損或いは機能不全により、AS を発症する。大脳新皮質や海馬の錐体細胞に限って、父系の Ube3a の発現が強く抑えられている。この状態を再現し、かつ IRES/レポーターを組み込んで発現状態をモニターできるモデルマウスを作成する。

現時点で、ASEM による核内染色条件を検討している。今年度は蛍光による核内観察を行うと共に、モデルマウスの作製に着手する。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】神経発生、神経病理、エピジェネティクス

【研究 題 目】神経栄養因子 BDNF のノンコーディング RNA の分子機能に関する研究

【研究代表者】小島 正己（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】小島 正己（常勤職員1名）

【研究 内 容】

前年度は、申請者が有する proBDNF 高発現マウスにおいて BDNF アンチセンス RNA が高発現になっていることから、proBDNF は直接 BDNF アンチセンス RNA の発現調節を行っている可能性も考えられたため、BDNF あるいは proBDNF を投与した培養海馬神経細胞後の BDNF アンチセンス・センス RNA の発現変動を解析しその結果を得た。本年度は、このような細胞レベルの結果と動物レベルでの行動表現型等との関係を調べるための実験を計画し遂行した。

BDNF は様々な精神疾患において発現変動する遺伝子であることが報告されている（総説 Krishnan and

Nestler, Nature, 2008)。研究代表者はうつ様の行動と内部表現型を有するモデル動物「proBDNF 高発現マウス」を有しており、BDNF アンチセンス RNA を強く発現していることを確認している。そこで本研究では、このモデル動物について、アンチセンス/センスの発現とその比を決定した。つまり、昨年度までに細胞レベルで確認をした各アンチセンスの RNA プローブを用いた *in situ hybridization* および定量 RT-PCR 実験を行い、アンチセンス/センスの比とこのモデル動物の行動表現型の発現との関係、さらには、内部表現系との関連を明らかにした。また BDNF タンパク質発現量の測定も行い、アンチセンス/センスの比、モデル動物の病態との関係も定量解析した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】成長因子、RNA、疾患、神経細胞

【研究 題 目】神経堤細胞の進化的起源

【研究代表者】大塚 幸雄（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】大塚 幸雄（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究課題は、脊椎動物に固有な形質である神経堤の進化的起源を探るために、脊椎動物に最も近縁な無脊椎動物のホヤから神経堤細胞に類似した細胞を同定し、その分化メカニズムを分子レベルで明らかにすることを目的としている。

本年度は、神経堤細胞のように胚体内を移動する細胞がマボヤ胚の神経板と予定表皮領域の境界（神経板境界）に存在するかを検証するとともに、神経堤の形成および分化に関与する遺伝子をマボヤ胚からクローニングすることを行った。

マボヤ後期囊胚の神経板境界を構成する特定の細胞一個をカルボシアニン蛍光色素でラベルし、ラベルされた細胞の挙動を経時観察した結果、神経板境界を構成する2種類の細胞が尾芽胚の尾部先端部分から正中線に沿って前方に移動することを明らかにした。また、この細胞移動が卵膜を除去した胚では起こらないことから、細胞移動に液性因子が関与することが示唆された。

また、神経堤の形成・分化に関与する因子に相同なマボヤ遺伝子のクローニングは公開されているマボヤのゲノム情報をもとに翻訳領域を推測し、RT-PCR 法により行った。その結果、マボヤ胚から神経堤の誘導に関与するシグナル分子に相同な遺伝子17個、神経堤の決定に関与する転写因子に相同な遺伝子18個、細胞移動関連因子に相同な遺伝子4個をクローニングした。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】神経堤細胞、神経板境界、細胞移動

【研究 題 目】睡眠障害モデルマウスをプラットフォームとした包括的ストレス疾患改善の基盤研究

【研究代表者】宮崎 歴（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】宮崎 歴（常勤職員1名）

【研究 内 容】

これまでストレスにより生ずる睡眠障害の性向を示すモデルマウスを作成する手法を確立してきた。本研究課題では、そのモデルマウスを用いて、睡眠リズム障害を引き起こすメカニズムにアプローチするとともに、精神疾患やメタボリックシンドロームなどの特徴をモデルマウスがもっているかどうかを検証することを目的としている。さらにこれらの疾患を改善するような天然化合物や食品成分の探索を進めることも目指している。本年度は、ストレス性睡眠障害モデルマウスの脳における睡眠障害行動の責任部位を見つけるため、c-Fos をマーカーとして急性期神経活動応答をしている脳内領域を免疫組織科学的な手法により検討を行った。脳全体の部位を40 μm に薄切し免疫反応を行った。ストレス暴露時に中脳に置ける広い範囲と視床下部領域に応答を観察した。しかしながら、個体間の差異が大きく、数値化することは難しいと判断された。また、海馬領域における酸化ストレス応答性をマーカータンパク質 X の発現動態で検討を進めており、ストレス負荷したマウスでは海馬領域に酸化ストレス亢進認められる予備的な結果を得ており、当該ストレスが記憶学習への影響を与える可能性が示唆された。ストレス暴露による不安行動の亢進は顕著に認められており、うつ様の行動を示す傾向も観察された。さらにストレス暴露により、海馬領域に置けるパーキンソン病態の亢進も観察されており、ストレス暴露による行動学的変化とその分子的变化との関連性をさらに解析を進めている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ストレス、睡眠障害、メタボリックシンドローム、精神疾患、モデルマウス

【研究 題 目】睡眠障害性代謝異常のメカニズムの解明とその時間栄養学的改善方法の開発

【研究代表者】大石 勝隆（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】大石 勝隆（常勤職員1名、他3名）

【研究 内 容】

摂食リズムの乱れが代謝異常を引き起こすメカニズムの解明を目指し、マウスに対して1週間の時間制限給餌を行った。回転かごの輪回し行動は、休息期（明期）摂餌群、活動期（暗期）摂餌群ともに明暗サイクルに同調した夜行性の活動リズムを示した。明期摂餌群においては、活動量が減少した一方で、摂餌量が有意に増加し、脂肪蓄積を伴う体重増加が認められた。明期摂餌群における摂餌量の増加は視床下部での食欲促進ペプチドの発現増加と相関していたが、これらのペプチドの発現を抑制して食欲を抑制する血中レプチンは顕著に増加しており、レプチン抵抗性が生じているものと考えられた。明期摂餌群では、血中総コレステロールの増加、肝臓での

総脂質、総コレステロール、中性脂肪、遊離脂肪酸の増加が認められ、肝臓や白色脂肪における脂肪酸合成遺伝子の発現が亢進していた。明期摂餌群においては顕著な高インスリン血症が認められ、脂肪酸合成の誘導に寄与している可能性が考えられた。時計遺伝子の発現解析の結果、明期摂餌群においては、末梢時計が脱同調している可能性が考えられた。以上の結果から、不適切な時間帯の摂食は、レプチン抵抗性の惹起による摂餌量の増加、活動量の減少、高インスリン血症による脂質合成の亢進のみならず、末梢時計の脱同調を誘導することにより肥満の原因となる可能性が示された。

PER2::LUC マウス由来の神経細胞を用いて、約100種類の生薬成分について体内時計への作用を検証したところ、シコニンやアコニチン、アリソール A、ペオノール、[6]-ショーガオール、ケイ皮酸に、体内時計の周期短縮効果があることが判明した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】体内時計、食生活、肥満、メタボリックシンドローム、機能的食品

【研究 題目】生物発光共鳴エネルギー移動機構を利用した低分子化合物の光イメージング法の開発

【研究代表者】呉 純（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】呉 純（常勤職員1名）

【研究 内容】

従来、細胞や組織をすり潰して生体分子を定量する分析手法は、生体分子の機能を十分に知ることができなかったが、近年蛍光タンパク質やルシフェラーゼが登場によって生きた細胞や個体においてタンパク質を中心に生体分子の可視化が可能となった。一方、ルシフェラーゼや蛍光タンパク質を用いた分子量500以下いわゆる低分子代謝産物の光プローブの開発が遅れている。本研究では、ファージディスプレイなどの技術を利用した低分子化合物の *in vitro* のアッセイ法を開発するとともに、生物発光共鳴エネルギー移動機構を利用した細胞用の光イメージングプローブの創製を目指す。

これまで、S-アデノシル-L-ホモシチニン (SAH) のアミノ基を介して固相化し、アデノシン環に結合するファージクローンを同定した。その DNA 配列情報を基に調製したビオチン化ペプチドと SAH との複合体に対して再度ファージスクリーニングを行い、新たにペプチドを同定した。さらに、SAH に結合する一分子発光プローブを完成させるため、2つの独立したペプチドの DNA 配列の間にランダムオリゴヌクレオチドを挿入し、T7 ファージ DNA ベクターに組み込んだ大腸菌に感染させることによって得られたファージライブラリーを新たに調製した。そのライブラリーを用いて SAH に対するスクリーニング実験を行い、得られた複数のファージクローンの DNA 配列を解析した。得られた配列を基に、ルシ

フェラーゼと蛍光タンパク質の DNA 配列の間に同定したクローンの配列を挿入したプラスミドを調製し、無細胞翻訳系を用いて融合タンパク質の発現を行った。その融合タンパク質液に SAH を加えて生物発光共鳴エネルギー移動の観察を行った。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ルシフェラーゼ、蛍光タンパク質、ペプチド、ファージライブラリー

【研究 題目】前駆体マイクロ RNA へのポリウリジル化反応の構造基盤

【研究代表者】竹下 大二郎

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】竹下 大二郎（常勤職員1名）

【研究 内容】

マイクロ RNA は、特定の mRNA と相補的に結合し、mRNA の分解と翻訳抑制を誘導することによって、多くの遺伝子の発現制御を担い、発生、分化、ガン化などの生命現象を司っている。RNA 結合タンパク質 Lin28 は、末端ウリジル化酵素 TUT をプレマイクロ RNA に誘導し、RNA をポリウリジル化することで分解経路に導き生合成を調節する。本研究は、Lin28・TUT・プレマイクロ RNA 複合体の立体構造を解明し、Lin28とTUTによる共同的な RNA ポリウリジル化の反応機構を明らかにすることを目標としている。

RNA 結合タンパク質 Lin28と末端ウリジル化酵素 TUT、およびプレマイクロ RNA 三者複合体の立体構造の決定と分子メカニズムの解明を目指して研究を進めている。タンパク質全長、および N 末端と C 末端を欠損させたそれぞれのタンパク質 TUT、Lin28のコンストラクトを複数作製し、タンパク質の発現、精製を行った。プレマイクロ RNA についても複数種合成した。これらのタンパク質と RNA の精製産物を混合し、ゲルろ過クロマトグラフィーによって複合体を精製し、結晶化スクリーニングを行った。複数のコンストラクトの結晶化スクリーニングを行った結果、TUT の活性部位を含む領域について結晶を得ることができ、低分解能の X 線回折データを収集することができている。今後、結晶の改良を進め高分解能データを収集して構造決定を行い、TUT による RNA ポリウリジル化の反応メカニズムを明らかにする。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】RNA、タンパク質、X線結晶構造解析

【研究 題目】組織特異的生着能を有する間葉系幹細胞の探索

【研究代表者】弓場 俊輔（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】弓場 俊輔（常勤職員1名）

【研究 内容】

臨床研究で骨髄間葉系幹細胞 (MSC) の経静脈的全

身移植を行った経験から、性質が不均一である移植用 MSC の中に、組織へ効率的に生着するような細胞が存在するか否か、明らかにしようと考えた。全身の細胞に GFP を発現するラットの骨髄より蛍光標識された MSC を採取、それを培養した後、全身に移植したラットの各種臓器から単一細胞懸濁液を調整する。今年度は組織破碎装置と組織分散キットの酵素試薬について、細胞障害を最小限にする条件を確立することができた。一方、これまでラット骨髄から採取した MSC を解凍後培養し、新規に導入したセルソータにより分析したところ、ラット骨髄間葉系幹細胞 (Mesenchymal Stem Cell; MSC) を一般的に同定する細胞マーカー (CD29陽性・CD44陽性・CD90陽性、CD45陰性・HLA-DR 陰性) に全て合致したことから、今後、移植実験に向けて細胞を単離できる目途が立った。他、CAG プロモーターで GFP を発現し、全身の組織細胞において緑色蛍光を呈するトランスジェニックラット [SD-Tg (CAG-EGFP)] 系統 (GFP ラット) を、ブリーダーの市販動物として導入することを検討した。

今後、各種臓器由来の MSC を増殖後、再びラットに経静脈的に移植して標的臓器に生着しうるか検討を続けることとなった。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 幹細胞、組織

【研究 題目】 唾液を用いた生体時刻測定法の確立

【研究代表者】 大西 芳秋 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 大西 芳秋 (常勤職員1名)

【研究 内容】

全唾液を生体時刻測定に用いる場合においても、体内時計による日内変動のみならず、個々の唾液腺の変動、食事やホルモン等の刺激、疾患、個体差により全唾液に含まれるタンパク組成は変動する。このため採取した全唾液において体内時計による変動以外のタンパク変動要因を補正する必要がある。そこで、このための内部標準マーカータンパクの同定を行った。同一人物で採取時間の異なる全唾液試料 (8:00と20:00) に対してタンパク変性材として4M 尿素を含む緩衝液を用いて全唾液試料を保存し、IgA, Lysozyme, Albumin, Fibronectin, Mucin, Amylase をウェスタンブロット解析した。市販の抗体を用いて通常の実験方法 (Nucleic Acids Res. 2012, 40, 9482-9492) にて検出を試みたところ、Fibronectin, Mucin はタンパクバンドを検出することができなかった。さらに唾液試料濃度や抗体濃度、ケミルミネッセンス増感剤等を用いても同一ロットの抗体では Fibronectin, Mucin は検出不可能であった。これらのタンパク質については、次年度ロットの異なる抗体を用いて再度検討を行う予定である。本来、内部標準タンパク質としては、個体間の発現量の差があったとしても採取時間によって変動の少ないタンパクが候補となる。

また死守時間による発現変動が一番小さいタンパクであるばかりでなく、性別や年齢に依存せず機能することも重要である。今年度の研究結果からは β -Actin が上記条件を一番満足していたが、今年度検出できなかった Fibronectin, Mucin を次年度再検討したうえで、最適の内部標準タンパク質マーカーを確定したい。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 唾液、マーカー、転写、クロマチン、生物時計

【研究 題目】 大腸菌のサブポピュレーションの可視化に基づいたトランスクリプトームの解析

【研究代表者】 陶山 哲志 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 陶山 哲志、水野 敬文、野田 尚宏

(常勤職員3名)

【研究 内容】

大腸菌のように分裂で生じる細胞の極が必ずもう一方の極より新しくなる桿菌は、古い方の極の極齢が異なったサブポピュレーションの集合であり、其々のサブポピュレーションは異なった生理的特徴を有している。本研究では初年度に於いて大腸菌の細胞極に局在するアスパラギン酸の走化性レセプターである Tar の C 末端に光変換蛍光蛋白質である Kaede を連結した融合蛋白質を発現させ、共焦点レーザー顕微鏡の視野の中で青色レーザーを照射、あるいは振盪培養中の細胞にブラックライトを照射して光変換ラベルを行うことにより、その後の分裂にともなった細胞の極齢を可視化することに成功した。

最終年度である平成27年度はサブポピュレーションの分取とトランスクリプトームの解析を目指した研究を推進した。高出力 LED を導入することにより、大腸菌の細胞にダメージを与えず短時間で光変換ラベルを行う条件を確立することが出来た。さらに異なった波長の LED によるブリーチング等の影響、単量体で機能する光変換蛍光蛋白質 mKikume を利用した蛍光観察に関する知見も得ることが出来た。また細胞の分取に関しては密度勾配によるサブポピュレーションの分離やマイクロ流路と顕微鏡・マルチチャンネル分光器からなる自動分取システムを整備し、より多くの細胞を分取・解析する研究推進の備えとすることができた。今後は当初の大目標である分裂速度の違いや VBNC 化に関与するメカニズムを明らかにする研究の他、一細胞の蛍光を指標に分取する各種アッセイ系への応用を推進する。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 光変換蛍光タンパク質、可視化、イメージング、大腸菌、分裂、老化、分取

【研究 題目】 電子線励起の蛍光観察を水中にて実現し、がん細胞や微生物の微細解析を目指す研究

〔研究代表者〕 佐藤 主税 (バイオメディカル研究部門)
 〔研究担当者〕 佐藤 主税、海老原 達彦、岡田 知子
 (常勤職員3名)

〔研究内容〕

目標

本研究では、大気圧走査電子顕微鏡 (ASEM) にて励起蛍光の観察を実現し、水中でがん細胞や病原微生物の微細構造解析に着手することを目指す。我々が新規に開発した大気圧走査電子顕微鏡 (ASEM) は、3.5cm ディッシュ上の水中サンプルの観察が可能である。これをさらに改造して、電子線に励起された蛍光の観察実現を目指す。これによって細胞内の微細構造やタンパク相互作用の解析が容易になると見込まれる。さらに、微生物やがん細胞の解析着手も目指す。

研究計画

a) 蛍光物質ごとの電子ビームに対する特性の解析」及び「b) 細胞などの微細構造解析」を、並行して進める。

前者 a) は Alexa, Q-dot 等の蛍光ビーズについて、EM-CCD を搭載した ASEM にて電子線による励起蛍光を観察し、電子線密度やビーム電位ごとの蛍光強度と退色を測定することで、物質毎の最適条件を検討する。蛍光フィルターレベルで、蛍光の”色”も確認する。蛍光ビーズであれば、EM-CCD でもこの程度の調査は可能と期待している。

後者 b) は培養神経細胞、微生物について、現行の ASEM による微細解析を進める。それぞれについて、免疫染色による ASEM 電顕像及び従来の蛍光顕微鏡像の比較を進め、電子線励起による効果的な観察対象や方法を探索する。

年度進捗状況

これまでの電子顕微鏡による水中観察では、電子線でも高効率に励起できる適した蛍光物質が見つかっていないために、多色観察は実現していない。ここでは適した蛍光物質をスクリーニングのために、酸化亜鉛 ZnO の粒子を観察し、次に qDot を2種類と、タンパク質蛍光2種類の観察を集中的に行いスクリーニングを行った。ZnO 粒子では EM-CCD と通常 CCD の両方で明解な蛍光が検出でき、EM-CCD では極めて小さな ZnO 粒子が観察できた。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 電子顕微鏡、電子線励起、光電子相関顕微鏡、転移性がん細胞

〔研究題目〕 冬眠動物における骨格筋萎縮耐性メカニズムの解明とサルコペニア対策への応用

〔研究代表者〕 中尾 玲子 (バイオメディカル研究部門)
 〔研究担当者〕 中尾 玲子、大石 勝隆
 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

本研究では、冬眠動物 (シリアンハムスター) と非冬眠動物 (マウス) に対して飢餓状態を模倣するとともに低体温を誘導する高脂肪・低炭水化物食 (ケトン体食) を摂取させ、骨格筋への影響を分子レベルで比較することにより、冬眠動物特異的な筋量維持メカニズムの解明を目指す。初年度は、ハムスターとマウスに短期間 (3日間) または長期間 (4週間) ケトン体食を摂取させ、冬眠様状態 (低体温) の誘導の程度を比較するために深部体温を経時的に測定した。すると、ケトン体食摂取による体温低下の経日変動にマウス、ハムスター間で違いが見られたため、ケトン体食摂取中の体温調節機構に着目した。

我々はこれまで、飢餓を模倣するケトン体食 (高脂肪低炭水化物食) を摂取したマウスでは1日の平均体温が普通食の場合に比べて有意に低下し、特に1日の中でも活動期 (暗期) 後半から休息期 (明期) 前半に体温が低下する日内休眠が観察されることから、飢餓時における時刻依存的な体温維持メカニズムが存在し、体内時計が関与する可能性を示してきた。今回、骨格筋特異的に日周発現する熱産生遺伝子 Slc25a25 がケトン体食摂取中の体温調節に関与する可能性を見出した。本研究結果は第70回日本栄養・食糧学会にて発表を行い、同学会のトピックス演題に選出された。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 筋萎縮、体内時計、褐色脂肪組織

〔研究題目〕 脳内の標的に特異的かつ高効率な非浸襲送達を可能にする新規高分子タンパク医薬の創出

〔研究代表者〕 近藤 哲朗 (バイオメディカル研究部門)
 〔研究担当者〕 近藤 哲朗 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究の目的は、脳を標的とする次世代型の高分子バイオ医薬の開発に貢献することである。近年、抗体医薬をはじめとするタンパク医薬・バイオ医薬は、その特異性および治療効果から世界の医薬市場で需要が急増しているが、これらは脳以外の組織のがん (血液のがん、大腸癌、肺癌、乳癌など) や関節リウマチなどの自己免疫疾患を対象としたものが多い。一方、中枢の疾患に対しては、それらに関わる責任分子を直接的な標的として実用化に成功したタンパク医薬・バイオ医薬は極めて少ない。とくにアルツハイマー病をはじめとする神経変性疾患や卒中・脳腫瘍など、高齢社会が抱える深刻な中枢疾患に対しては、特異抗体や機能改変サイトカイン等を設計した高分子医薬が次世代の中枢バイオ医薬として期待されているものの、開発が遅れている。これらの機能性高分子を医薬候補として設計しても、脳に投与するためには穿頭・開頭等の外科手術を必要とすることが多く、しかも複数回に及ぶこともあり、患者にかかるストレスは無視できない。そこで本研究では、標的や受容体等に

対する分子認識機構に種々の進化工学を応用し、脳内に非侵襲的に投与することが可能な中枢標的型高分子医薬の創出を目指した分子基盤技術の開発を行った。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 脳、抗体医薬、高分子医薬、進化工学

【研究 題目】 表面プラズモン増強効果を利用した細胞内分子マニピュレーション手法の開発

【研究代表者】 細川 千絵 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 細川 千絵 (常勤職員1名)

【研究 内容】

本研究では、表面プラズモン増強効果を利用した新規光マニピュレーションにより、細胞表面の分子のみを局所的に操作し、細胞内の高次操作技術を開発する。今年度は、表面プラズモン共鳴効果を用いた光ピンセットの有効性を検証するため、単一ナノ粒子の光捕捉過程の蛍光解析を行い、光捕捉力の増大機構について考察した。プラズモニクチップとして、カバーガラス上にピッチ500 nm の二次元周期構造を作製し、金属層（銀）と消光抑制層（シリカ層）を成膜したものを用いた。量子ドットナノ粒子水分散液をカバーガラス、もしくはプラズモニクチップにより封入し、蛍光相関分光測定によりナノ粒子の粒子運動を計測した。プラズモニクチップの周期構造表面に波長1064 nm の光ピンセット用レーザーを集光すると、レーザー集光領域におけるナノ粒子からの二光子励起蛍光強度の自己相関関数の減衰時間はカバーガラスでの結果と比較して遅くなり、ナノ粒子が集光領域を通過する平均時間が増加した。周期構造表面における平均通過時間は、周期構造のないフラットな金属表面と比べて増加したことから、表面プラズモン共鳴効果に基づく光捕捉力の増大が示唆された。照射レーザー光強度が高い場合、ナノ粒子の平均通過時間の増加が顕著にみられた。以上の結果は、照射レーザー光強度の変化が光捕捉力の増大に関与しており、効率良く単一ナノ粒子が捕捉される可能性を見出した。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 表面プラズモン共鳴、光ピンセット

【研究 題目】 表面吸着因子の解析による生分解性材料の生分解性制御に関する研究

【研究代表者】 山野 尚子 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 山野 尚子、川崎 典起、中山 敦好、伊田 小百合 (常勤職員3名、他1名)

【研究 内容】

生分解性ポリマーの生分解性は利点である反面、用途を制限する短所にもなり、生分解性を制御可能な材料が求められている。我々が見出した長鎖脂肪酸末端付加による生分解性制御技術を基に、種々のポリマーの生分解速度を任意に制御する技術を確立することを目的としている。今年度は主としてタンパク質吸着能評価法の検討、

実環境でのポリマーの生分解試験を行った。

吸着能を評価するため、酵素活性を利用する方法とQCMを用いる方法を検討した。ポリマーにPA4とナイロン6を用いプロテアーゼの吸着と酵素活性を測定した結果、PA4はナイロン6と比べるとタンパク吸着量が多くまた吸着された酵素は活性を残していた。ステアロイル基を付加したPA4 (C18PA4) のタンパク吸着量、酵素活性はPA4より低かった。QCMによる吸着能評価は、電極上のポリマーの表面積を大きくすることによる改善を試みたが、吸着量が少なく定性的な評価は可能であったが定量的に評価することは難しかった。

PA4およびC18PA4の実環境（土壌、海洋、生体内）での分解試験を行った。PA4は土壌や海洋中でも容易に生分解されたが、末端にステアロイル基を持ち表面構造が異なるC18PA4は環境中でも生分解が抑制されていた。生体内でのPA4の生分解試験はラットの背面皮下の不織布を埋入、回収したポリマーをNMR分析しその重量を求めた。その結果環境中だけでなく生体内でもPA4が生分解されること、C18PA4の生分解は抑制されていることを確認した。しかし生体内の生分解はポリマーの形状に大きく影響されるため今後より詳細に検討する必要がある。

長鎖脂肪酸末端付加による生分解性抑制効果はポリマーの疎水度と相関を持つという結果が得られているため、生分解系に界面活性剤を共存させその効果を検討した。具体的にはC18PA4を活性汚泥、土壌、海水で分解試験する際にアニオン界面活性剤を添加した。その結果、界面活性剤を添加することにより生分解が抑制されていたC18PA4が生分解されるという結果を得た。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 生分解性ポリマー、ポリアミド、生分解性制御

【研究 題目】 分子グラフティングによるアルブミン結合性ヒト型アダプタータンパク質の分子設計

【研究代表者】 本田 真也 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 本田 真也 (常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

本研究は、低分子化タンパク質の薬物動態改善に寄与する汎用技術の提供を目指して、ヒト血清アルブミン(HSA)に特異的に結合するヒト型アダプタータンパク質を開発し、その機能と構造に関する*in vitro*分子特性を解析することを目的とする。平成27年度は、以下の3項目を実施した。「アダプタータンパク質および比較対象タンパク質の合成と精製」では、前年度の構築した発現ベクターを用いて、大腸菌を形質転換した。培養溶菌後の可溶性画分から目的物を回収し、イオン交換クロマトグラフィーおよびゲルろ過クロマトグラフィーで高純度に精製した。精製品は、SDS-PAGEと質量分析

法で同定した。「アダプタータンパク質の HSA 結合活性の測定」では、設計したアダプタータンパク質が目的とする HSA 結合活性を獲得していることを表面プラズモン共鳴 (SPR) 法で確認した。HSA をアミンカップリングでセンサーチップに固定化して、濃度の異なる試料溶液をインジェクトし、各々の解離定数を求めた。

「アダプタータンパク質の構造安定性の測定」では、アダプタータンパク質が正しくフォールドし、元の天然型ヒトタンパク質と同等な立体構造を形成していることを円偏光二色性 (CD) 法で確認した。また、その構造安定性も同機で定量的に評価した。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 バイオ医薬品、タンパク質工学、薬物動態、血清アルブミン

〔研究題目〕 領域特異的エピゲノム編集技術を用いた精神疾患創薬スクリーニング系の基盤構築

〔研究代表者〕 平野 和己 (バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 平野 和己 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

近年、神経細胞 (ニューロン) におけるゲノム特定領域の DNA メチル化やヒストン翻訳後修飾などのエピゲノムの異常と精神疾患との関連が報告されているが、直接的な証明は行われていない。本研究では、独自のエピゲノム編集技術を確立し、それを用いてエピゲノム異常を惹起させ、精神疾患発症の分子機構を解析すること、さらにヒト神経幹細胞におけるエピジェネティクス修飾の生理的機能を解明することを目的としている。

平成27年度は、神経幹細胞で高発現している SOX2 遺伝子のプロモーター領域を標的としたエピゲノム編集キメラタンパク質を作成した。これらの DNA メチル化活性を、バイサルファイト法により評価したところ、標的領域の近傍でのメチル化の亢進を確認することができた。さらに、エピゲノム編集キメラタンパク質を発現させたヒト神経幹細胞における SOX2 の発現の低下を蛍光免疫染色法により確認することができた。今後、エピゲノム編集キメラタンパク質の新規直接導入法の確立と、導入細胞内における標的ゲノム領域のメチル化亢進の確認、ニューロン分化への影響の評価を中心に研究を展開する。さらに、疾患関連遺伝子のプロモーター領域を標的としたエピゲノム編集キメラタンパク質を設計し同様の解析を行っていく。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 エピゲノム編集、神経幹細胞、精神疾患

〔研究題目〕 Efficient utilization of the excitation energy of highly-excited quantum dots for photoreactions

〔研究代表者〕 Biju Vasudevan Pillai (健康工学研究

部門)

〔研究担当者〕 Biju Vasudevan Pillai (常勤職員1名)

〔研究内容〕

半導体量子ドットは、光電子と電子光学装置、バイオセンシング、バイオイメージングなどの応用にとって安定かつ効果的な光アンテナである。しかしながら、量子ドットは紫外線可視光領域から NIR までの光の広範囲吸収や大きなモル吸光係数を示すにもかかわらず、電荷再結合による熱的緩和を引き起こすため、吸収される光エネルギーは効率的に利用されていない。また、光放射電荷再結合によってもエネルギー消費が起こる。熱の発生に伴う無放射再結合は、量子ドットの調合の際にもたらされる固有の欠陥、もしくは高強度または高エネルギーの光で活性化される量子ドット内での一時的な電荷の発生によって起こる。そこで、三次元空間で閉じ込められた量子ドットがもつエネルギー値を僅かに上回る発光強度の低い光を照射することで、CdSe/ZnS 量子ドットは光活性化され、光放射再結合によってエネルギー緩和を引き起こすことがわかる。光活性量子ドットのエネルギーの一部によって、一重項酸素 ($^1\text{O}_2$) が生成された後、青色蛍光クマリン誘導体や緑色蛍光フルオロセイン誘導体と $^1\text{O}_2$ 媒介光反応をおこす。さらに、光活性量子ドットからジアリルエテンへの無放射エネルギー遷移は波長制御可能なペリ環状反応へ利用される。これら全ての反応は化学反応によって光活性化された量子ドットの利用だけでなく、非共鳴光子を吸収し、間接的に光反応を促進させる触媒としての利用も可能にする。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 量子ドット、光化学、発光イメージ

〔研究題目〕 Multi-functional Hollow Mesoporous Silica Adjuvant for Cancer Immunotherapy

〔研究代表者〕 王 秀鵬 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 王 秀鵬 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

今や癌は日本では第一位、世界でも主要な死亡原因となり、癌治療研究は社会的にも重要性が増している。癌の臨床症状が顕在化する段に至っては、多くの場合癌は体の他の部分にも転移している。この段階では、従来の治療法 (手術療法、化学療法、放射線療法など) は、転移癌についての有効性が限られている。転移癌の治療までを考慮すると、癌免疫療法は、従来の癌治療への重要なサプリメントとして注目されている。すなわち、癌免疫療法はヒトが元来持つ免疫系を利用し、正常な細胞を傷つけずに癌細胞のみを認識・破壊するよう免疫細胞を活性化することで、転移癌のような微小癌を長期間制御可能な新規の癌治療法と位置付けられる。癌免疫療法には、癌抗原に加えて、病原体関連分子パターン (PAMPs) やその他のトル様受容体アゴニストを主体

とした生体由来免疫刺激物質の併用が必須とされてきた。

本研究で開発された球状中空メソポーラスシリカは、抗原提示を促進し、癌抗原と併用するだけで癌抗原特異的な獲得免疫を誘導できた。また、生体由来免疫刺激物質を含有しない球状中空メソポーラスシリカナノ粒子が抗癌免疫を誘導するとともに、Tヘルパー1とTヘルパー2免疫、及び骨髄でのCD4陽性エフェクターメモリーT細胞とCD8陽性エフェクターメモリーT細胞の増強を動物実験で明らかにした。以上の結果から、球状中空メソポーラスシリカは、単独でも癌免疫療法におけるアジュバント（免疫賦活剤）に使用できると考えられた。球状中空メソポーラスシリカは、生体由来免疫刺激物質を併用せずとも、癌抗原と併用するだけで癌抗原特異的な獲得免疫を誘導できることを、初めて動物実験で示した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】癌ワクチン、免疫補助療法、アジュバント、メソポーラスシリカ

【研究 題 目】イムノセンシング界面構築に関する研究

【研究代表者】田中 睦生（健康工学研究部門）

【研究担当者】田中 睦生（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、イムノセンシング法における抗体の安定性や測定値の再現性に欠けるという問題の解決を目的に、ガラス基板に分子レベルで構造制御したイムノセンシング界面を構築し、界面構造と抗体機能の相関を検討した。

センシング基板表面を抗体固定化表面修飾材料とタンパク質非特異吸着抑制表面修飾材料を用いて修飾して抗レプチン抗体を固定化し、抗原抗体反応による応答を検討した。その結果、導波モードセンサーの理論検出限界値に近い濃度、数十 ng/mL の PBS 中のレプチンを検出できることが明らかになった。同様な条件下でヒトコントロール血清中のレプチン検出を行ったところ、100 ng/mL のレプチン検出が可能であることを見だし、コントロール血清由来タンパク質の非特異吸着が効果的に抑制されていることが示された。抗体を固定化したセンシングチップは、4℃保存4週間後でも応答性に变化なく、抗体のセンシング基板への非特異吸着も効果的に抑制されていることが確認された。二次抗体を用いた増感法では、数 ng/mL のレプチンが検出できることが見いだされ、二次抗体を用いることによって約10倍の増感が可能であることを見いだした。同様にプロテイン A や G を用いた増感法、導波モードセンサーの特徴である着色物質を利用した増感法も検討したが、いずれの場合も増感効果は得られなかった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】表面修飾材料、界面、イムノセンシング、導波モードセンサー

【研究 題 目】インテリジェント人工臓器創成を目指し

た人工臓器内血流の分光イメージング

【研究代表者】迫田 大輔（健康工学研究部門）

【研究担当者】迫田 大輔（常勤職員1名）

【研究 内 容】

体外補助循環用血液ポンプや人工肺等において、血栓形成が問題となっている。血栓を非侵襲に検出およびイメージングを達成することで、デバイスの抗血栓性評価法の確立や、臨床における抗凝固管理の最適化に貢献することを目的としている。

平成26年度においてリアルタイム近赤外光イメージングシステムは大よそ完成していたため、平成27年度はこれを当実験グループで開発中の動圧浮上遠心血液ポンプを用いた大型実験動物の対外補助循環実験に適用し、ポンプ作動中の動的な血栓形成過程を解析した。その結果、ポンプ内の血栓形成はポンプ上流の脱血カニューラにて形成された血栓が飛来し、ポンプ内部でトラップされ、それを基に成長していき、ある大きさを再び飛散して縮小するのを繰り返している様子をイメージングすることができた。この成果は血液ポンプ内の抗血栓性は血液ポンプだけでなく周囲デバイスの影響を受けることを視覚的に始めて証明することができたものであり、国内外の人工臓器学会にて高い評価を得た。体外補助循環デバイス内に血栓が「いつ・どの様に」形成されたのかをリアルタイムに検出することができる、世界唯一の評価実験系を確立することができたが、その成果は臨床において血液凝固管理のためだけでなく、次世代の体外補助循環デバイスを開発していくために大きく寄与できることが期待できる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】体外補助循環、血液、血栓、近赤外分光、ハイパースペクトラルイメージング

【研究 題 目】インペラに作用する力の釣り合いを利用した動圧浮上遠心血液ポンプの開発

【研究代表者】小阪 亮（健康工学研究部門）

【研究担当者】小阪 亮（常勤職員1名）

【研究 内 容】

開胸手術なしに生命維持を可能にする経皮的心肺補助装置や体外式膜型人工肺などの緊急医療で使用されている補助循環ポンプは、短期使用が前提である接触式の軸受を採用している。そのため、軸受の磨耗による耐久性や、血液適合性に課題が残っている。本研究では、長期耐久性と高い血液適合性を有する体外設置型補助循環血液ポンプを開発するため、血液ポンプ内のインペラに作用する力の釣り合いを利用した動圧浮上遠心血液ポンプを研究開発する。

平成27年度は、インペラに作用する流体力と永久磁石による磁気力の解析ソフトウェアを開発した。

1. 動圧軸受による流体力の解析ソフトウェアの開発
動圧軸受の発生力を求めるため、二次元レイノルズ

方程式を用いた解析ソフトウェアを開発した。二次元レイノルズ方程式は中心差分で離散化し、繰り返し演算することで、圧力分布が得られた。そして、圧力分布を積分することで軸受の発生力が得られた。本解析を実施した結果、スラスト軸受では、スパイラル溝を溝が狭くなる形状とすることで、スパイラル溝の末端で高い局所圧が発生することがわかった。また、ラジアル軸受では、軸受隙間が狭くなる前後で、高圧と低圧が局所的に発生していることがわかった。

2. 永久磁石による磁気力の解析ソフトウェアの開発
ポンプ内に配置する永久磁石の最適な設置位置を求めるため、インペラに作用する磁気力を求める解析ソフトウェアを開発した。解析を実施した結果、インペラに作用する磁気力を求めることができた。本ソフトウェアで求めた磁気力の妥当性を評価するため、実測試験を実施した結果、本ソフトウェアの解析結果が妥当であることを示すことができた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】人工心臓、動圧軸受、血液適合性

【研究 題 目】カーボンナノチューブの有効利用のためのアレルギー増悪評価系の開発

【研究代表者】堀江 祐範（健康工学研究部門）

【研究担当者】堀江 祐範（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、カーボンナノチューブ（CNT）によるアレルギー増悪作用の確認とその評価系の開発を目的とする。前年度までの検討では、はじめに有害性が知られている金属酸化物ナノ粒子により、マウスを用いて、ナノ粒子とそれに続く抗原の吸入による呼吸器でのアレルギー増悪効果を検討した。その結果、一部の金属酸化物（ZnOおよびNiO）において吸入された卵白アルブミン（OVA）に対するアレルギー増悪効果が認められた。続いて、CNTにより同様の方法でアレルギー増悪効果の検討を行った。OVA曝露後の血中のOVA特異的IgE濃度は、鉄触媒精製CNTを投与した動物で有意に上昇した。肺組織中では、酸化ストレス応答タンパク質HO-1および炎症性サイトカインの遺伝子発現が上昇し、CNTでのアレルギー増悪効果が確認された。今年度は、細胞レベルでの検討を行った。肺胞由来上皮細胞A549および、マクロファージ様に分化させたヒト単球由来THP-1を用いた。金属酸化物ナノ粒子およびCNTを投与した培養細胞において、酸化ストレス負荷、炎症誘発性、アルギナーゼ1遺伝子の発現レベルを評価した。A549細胞では顕著な影響は認められなかったが、THP-1細胞ではHO-1遺伝子の発現亢進と若干のIL-8遺伝子の発現上昇が認められた。しかし、動物実験でアレルギー増悪効果が認められたすべてのCNTでこれらの遺伝子発現が上昇するわけではなく、液中の分散状態に依存する可能性が示唆された。さらに、アルギナーゼ遺伝子の

発現は、細胞では認められなかった。これらの結果から、細胞によるCNTのアレルギー誘発性はHO-1およびIL-8遺伝子の発現レベルの評価により、ある程度予測可能であるものの、試験に用いる分散液の分散性等の性状にも留意しなければならないことが示唆された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ナノオブジェクト、カーボンナノチューブ、アレルギー

【研究 題 目】ストレス解析による非アルコール性肝障害発症機構の解明と防衛

【研究代表者】吉田 康一（健康工学研究部門）

【研究担当者】堀江 祐範、梅野 彩
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

近年、国内外とも罹患者が急増している非アルコール性肝障害（NASH）の発症メカニズムを解明すること、また、治療法を提案することを目標とした。初年度である27年度は動物モデルを用いて、酸化ストレスの量と質の特定を進めた。酸化ストレスの測定に関しては、従来我々が注目しているヒドロキシリノール酸（HODE）およびヒドロキシアラキドン酸（HETE）をバイオマーカーとして測定した。NASHモデル動物としてSTAMマウスを用いて高脂肪食を8週間与えてNASHを惹起した。また、NASHの予防あるいは発症遅延の方法として運動負荷を与えた。具体的に回し車を用いた。運動負荷によって、AST、ALTの低下、肝臓中のTGの低下、NAFLD Activity Scoreの改善が認められた。さらに興味深いことに、バイオマーカーHETEが運動負荷により顕著に低下することが判明した。現在、条件のより詳細な検討とヒト試験の計画を検討している。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】非アルコール性肝障害（NASH）、治療、バイオマーカー、発症メカニズム

【研究 題 目】セシウムイオン選択性捕捉剤の開発

【研究代表者】槇田 洋二（健康工学研究部門）

【研究担当者】槇田 洋二（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、イオン鑄型反応法を利用して、セシウムイオンに対して極めて高い選択性を示す新規な無機イオン交換体を開発するとともに、各種陽イオンに対する交換特性や、イオン交換サイトの結晶構造とイオン選択性の関連性を明らかにする。また、開発した無機イオン交換体の成形技術を確認し、放射能汚染土壌の除染廃液中に含まれる放射性セシウムの捕捉技術への応用について検討する。

平成27年度は、セシウム選択性無機イオン交換体の開発を行った。ニオブ原料とルビジウム原料の混合物を所定の条件で焼成することによって、セシウム選択性の

高い無機イオン交換体が得られることがわかった。無機イオン交換体の交換容量は約1 mmol/gであった。また、本研究で開発した無機イオン交換体をセシウム添加1/2希釈海水中に添加し、海水中におけるセシウム選択性を調べた結果、海水中のセシウムイオンを95%除去できた。

高いセシウム選択性を示す構造的要因を明らかにする目的で、異なる温度で合成したサンプルについて電子顕微鏡観察、エックス線結晶構造解析を行った。高いセシウム選択性を示す無機イオン交換体では高温で安定なニオブ酸化物の結晶構造と異なる層状ニオブ酸化物の存在が確認された。そこで、層状ニオブ酸化物を合成してセシウム選択性を調べたが、本研究で開発した無機イオン交換体のセシウム選択性には及ばなかった。このことから、層状ニオブ酸化物が高いセシウム選択性発現の主要因ではないことが示唆された。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 セシウム、無機イオン交換体、ニオブ酸化物、イオン鑄型

【研究 題 目】 ナノチップによる巨大環状 DNA1分子の実時間ダイナミクス解析

【研究代表者】 平野 研（健康工学研究部門）

【研究担当者】 平野 研（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、環状 DNA1分子をリアルタイムに直接イメージングを行うためにナノ流体チップ（以下、ナノチップ）やマイクロ流体チップを用いることで、核酸結合酵素の反応や周囲環境、熱力学的要因によって、環状 DNA1分子の構造・形態変化のダイナミクスを新規に解析するもので、最終的には当該知見を応用し環状 DNA1分子を用いた放射線等による DNA 損傷の高感度検出技術などへの展開等を目標としている。

環状 DNA1分子をリアルタイムかつ直接にダイナミクスを観察するための2次元観察法と1次元観察法を構築するために、マイクロ・ナノチップを作成し、当該チップ構造によるリアルタイム・ダイナミクス観察の有用性とチップ構造の最適化について実験的な確認を行った。2次元観察法の検討では、ナノサイズの厚みを有するナノチップ流路を作製し、検討した結果、環状DNAを輪の状態をリアルタイムに1分子観察が可能となった。溶液厚さをナノメートルのオーダーまで小さくすることで、巨大環状DNAの1分子を輪の状態、リアルタイムでイメージングする手段として有効であることが実証できた。また、マイクロ流体チップ中で環状DNA1分子を伸張させリアルタイム観察を行う1次元観察手法を構築も試みた。これまで環状DNA1分子を円周上の1箇所固定する事は困難であったが、流路内に微細加工した突起物を作製し、環状DNAの輪を突起構造に引っ掛ける要領で固定化するイメージングチップの開発に成功した。当該チップを用いてポリアミン系の凝縮剤により環状DNA1

分子レベルでの凝縮過程をリアルタイムに観察し、線形DNA1分子との差異について重要な知見を得ることに成功し、また凝縮系を例に先駆けてDNA1分子を輪の状態で生体ダイナミクスのイメージングを達成した。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 1分子 DNA、1分子計測、ダイナミクス、ナノチップ、環状 DNA、環状高分子鎖

【研究 題 目】 ネットアイツメガエル皮膚ペプチドを用いたスキンケア素材への可能性追求

【研究代表者】 茂里 康（健康工学研究部門）

【研究担当者】 茂里 康（常勤職員1名）

【研究 内 容】

ネットアイツメガエル皮膚から単離した Pxt ペプチドは、高い界面活性機能を示すことから、各種評価試験を実施し、有効性・安全性・機能性の多彩な角度から機能性化粧品（スキンケア素材）への可能性を追求する。Pxt ペプチドの内、特に泡立ち活性の強い Pxt-2、Pxt-5、Pxt-12とその逆配列の reverse Pxt-2、reverse Pxt-5、reverse Pxt-12について、その性質解明を行った。まず固相合成法を用い、6つのペプチドの合成を行い、HPLC で精製後、MALDI-MS でその純度確認を実施した。その後物理化学的性質を、円二色性分散計で測定したところ、いずれも有意なアルファヘリックス構造を示した。6つのペプチドの内、Pxt-5と reverse Pxt-5は、最も強い表面張力低下能を示した。さらに Pxt-2、Pxt-5、reverse Pxt-5は、高濃度ではミセル形成を示し、限界ミセル濃度を求めることができた。生物化学的性質としては、Pxt-5は赤血球に対し、最も強い溶血活性を示した。また6つのペプチドの中で reverse Pxt-5は培養皮膚細胞の HaCaT 細胞に対し、炎症マーカー及びストレスマーカーである IL-8と HMOX-1(heme oxygenase)の、強い発現誘導作用と細胞毒性作用を示した。また Pxt ペプチドの各種臓器での発現を調べたところ、皮膚以外にも精巣や筋肉にも発現していた。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 ペプチド、表面張力、ミセル、炎症マーカー、ストレスマーカー

【研究 題 目】 プラズモン共鳴と強結合した単一色素分子をプローブとする光学応答増強場の定量的検証

【研究代表者】 伊藤 民武（健康工学研究部門）

【研究担当者】 伊藤 民武（常勤職員1名）

【研究 内 容】

概要：

表面増強ラマン散乱（SERS）技術を用いれば一分子の構造の詳細な測定が可能なデバイスを開発できる。プラズモン共鳴によって銀ナノ粒子近傍の分子と粒子との電磁相互作用の強さは向上する。SERSはこの電磁相互

作用強度の向上によって引き起こされるラマン増強現象である。電磁相互作用が弱い場合は量子電磁気学的摂動論で SERS は記述できる。しかしながら電磁相互作用が強い場合はプラズモン共鳴と分子が強結合系を構成し SERS を単に分子と粒子との電磁相互作用として扱えなくなる。この問題点を解決するためにプラズモンと分子の強結合下における SERS スペクトル解析を行う。このような観点で SERS を理解することは SERS を分子の超高感度分光として応用するために不可欠である。前年度に引き続きラマン増強が最も大きくなる銀ナノ粒子 2 量体間隙に分子を配置した系を用いる。

目標：

前年度に強結合度を定量した系（銀ナノ粒子 2 量体間隙に分子を配置した系）における SERS 観測を行う。目標は、①強結合下における分子とプラズモンの電磁相互作用が分子構造に与える影響と②それにとまらぬ分子構造の変化を SERS スペクトルを用いて評価することである。

進捗状況：

目標①について、SERS スペクトル解析の結果から分子とプラズモン強結合下において分子に構造変化は生じないことを明らかにした。しかしごく稀に SERS スペクトルが大きく変化する現象を見出した。従って目標②としてこの現象の解明を行った。その結果、銀ナノ粒子 2 量体間隙の分子が単一カーボンクラスターに変換される現象であることが明らかになった。また SERS スペクトル変化からこのクラスターの数オングストロームの揺らぎをモニターできることを明らかにした。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】表面増強ラマン散乱（ラマン散乱が増強され単分子計測が可能となる方法）、銀ナノ粒子、プラズモン（伝導電子の集団振動）、カーボンクラスター

【研究題目】異構造光トラップ場を用いた非接触3次元マイクロ操作の高機能化と汎用化の研究

【研究代表者】田中 芳夫（健康工学研究部門）

【研究担当者】田中 芳夫（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、光学的干渉の発生しない2組の光トラップ場の3次元時空間構造を精密に実時間制御できる双腕3D 光ピンセットを試作し、高度自動化技術と統合・融合化することで、光学顕微鏡下の多様な物質を高精度に3次元マイクロ操作するための基盤技術を開発することを目的としている。初年度に得られた主な成果は以下のとおりである。

(1) ハイブリッド・双腕3D 光ピンセット光学系の試作：既存のハイブリッド光ピンセットと、電気式焦点可変レンズと2軸ジンバルミラーによる高速高精度な

時分割同期走査を行える3D 光ピンセットを、各々最適な双腕型光学配置に改造することで、高精度な3次元マイクロ操作の行える2組の双腕光ピンセット制御システムを構築した。

(2) 試作システムの基本性能評価：双腕型、すなわち、2ビーム3D 光ピンセットの1本のビーム系にマイクロレンズアレイを組み入れることで、高価な空間光変調器を用いることなく100個以上のトラップ点を生成できる多点光ピンセット光学系を考案した。また、このマイクロレンズアレイの基本格子から生成される光トラップ点を時分割同期走査することで、基本格子の整数倍の格子状光トラップ点を生成し、この時分割走査による格子状光トラップ点へ、2ビーム3D 光ピンセットのもう1本のビーム系を用いて生成した3D 光トラップ点をマウス操作で位置制御することで、12x12以上の格子、すなわち百数十個の微粒子からなる動的微粒子アレイなどを極めて容易に作成できることを示し、本手法の有効性を実証した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】光学顕微鏡、マイクロ・ナノデバイス、マイクロマニピュレーション、細胞操作、微粒子アレイ

【研究題目】栄養不足に起因する胎児の膵臓β細胞の発生障害の分子メカニズムの解明

【研究代表者】安永 茉由（健康工学研究部門）

【研究担当者】安永 茉由（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、栄養不足により胎児の膵臓で発現が変動する miRNA に着目し、その標的遺伝子の同定および miRNA 発現におけるエピジェネティックな発現制御の関与を検証し、「妊娠期での母親の栄養不足に起因する胎児の膵臓β細胞の発生障害の分子メカニズム」の一端を解明することを目的とする。近年新たに膵臓のβ細胞数の維持には骨の骨芽細胞によるオステオカルシンの分泌が必須であることが報告された。また妊娠マウスでの栄養不足モデルにおける仔の骨成長不良も報告されており、骨芽細胞と膵臓β細胞の相互作用が想定された。そこで骨芽細胞分化誘導系を用いた in vitro での栄養不足モデルを構築し、miRNA や遺伝子発現について解析を行うこととした。

当該年度は筋芽細胞株 C2C12の骨芽細胞分化誘導系の立ち上げを行った。まず骨芽細胞分化誘導系を立ち上げるため、いくつかある培養細胞より筋芽細胞株である C2C12を選択した。C2C12にリコンビナント Bmp2 (300 ng/ml) を加えるという最もスタンダードな方法を用いて骨芽細胞への分化誘導を行った。分化誘導の確認のため、分化誘導1週間後の培養上清におけるアルカリホスファターゼ活性および分化誘導した細胞での骨芽細胞マーカーであるオステオカルシンの発現量の定量を

行った。結果、顕著なアルカリホスファターゼ活性の増加およびオステオカルシンの発現上昇が観察できなかった。現在は分化誘導時の細胞数や培地交換のタイミングなどを検証しつつ、低栄養モデル構築のための条件検討を行っている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】miRNA、栄養不足、胎児期、膵臓β細胞

【研究 題 目】炎症性疾患治療のための活性酸素除去能と細胞認識能を備えたタンパク質フィルムの開発

【研究代表者】山添 泰宗（健康工学研究部門）

【研究担当者】山添 泰宗（常勤職員1名）

【研究 内 容】

活性酸素を除去する酵素 Superoxide dismutase (SOD) は、安定性が低い事や活性酸素を分泌している好中球に到達しない事が問題となり、治療薬としての効果が不十分である。本研究では、SOD と抗体を用いて、活性酸素除去能と細胞認識能を備えたフィルムを開発することを目的とする。このフィルムを用いることで、積極的にフィルムを好中球に集積させ、分泌された活性酸素をフィルム内の SOD が即座に無毒化する新たな局所炎症性疾患の治療法の確立を目指している。本年度は、アルブミンと SOD から成るフィルムの表面に、配向が制御された抗体を組み込む方法を確立した。フィルムに組み込まれた抗体の抗原認識能を評価したところ、抗体の配向制御法として広く用いられているプロテイン G を利用した方法よりも認識能が高いことが分かった。さらに、抗体の安定性の向上も見られ、加熱処理やグアニジンへの暴露など、タンパク質の変性を促す処理を行った後においてもその抗原認識能を保持していることが分かった。これは、抗体がフィルムの内部に埋まり込むような形で組み込まれ、周囲をアルブミンなどの分子で取り囲まれているためであると考えている。次に上記の結果をもとに、より微小なサイズを有するフィルムを作製した。方法としては、インクジェットプリンターを利用して、微量のフィルムの元となる溶液を基板上に滴下することで最少60 μm の大きさを有する抗体と SOD を含有したフィルムを作製することに成功した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】アルブミン、抗体、活性酸素、炎症性疾患、好中球、フィルム

【研究 題 目】共存微生物由来物質の摂取による海藻代謝変動の解明とその水圏環境浄化への利用の研究

【研究代表者】垣田 浩孝（健康工学研究部門）

【研究担当者】垣田 浩孝（常勤職員1名）

【研究 内 容】

目標：

生物の栄養塩吸収機能等を活用した水圏環境浄化（水圏健康リスク因子削減）技術の確立を目指し、海藻バイオフィルターへの導入海藻の供給技術開発として本研究を実施する。海藻付着共存微生物由来物質等が海藻の成長速度や栄養塩吸収機能に及ぼす影響を検討する。

研究計画：

H27年度は海藻バイオフィルターへ導入可能な海藻の新規単藻培養株の作成、非成熟株の継続培養、新規培養株と長期培養株の成長比較、海藻中の単糖・二糖分析用カラムの選定、微生物由来物質であるインドール酢酸の海藻成長量への影響評価等を実施する。

研究進捗状況：

7月採取の成熟オゴノリ科海藻から放出された胞子を滅菌海水中で明期時間6、10、14、18時間/日の4条件で培養した。上記4条件の全てで単藻培養株が調製可能であったことから、幅広い明期時間（6～18時間/日）で単藻培養株調製が可能であると判断できた。新規培養株と長期培養株を培養し成長量を比較した。両培養株の成長量は同等であった。このことから単藻培養株は一度調製し継続培養しておけば少なくとも3年間は使用可能であり、毎年天然藻体から調製しなくてもよいことが明らかになった。藻類中の単糖・二糖分析用カラムとしてアミノシリカカラムが適していることを明らかにした。インドール酢酸濃度0 mg/L、0.2 mg/L、0.8 mg/L、3.2 mg/L でオゴノリ科海藻の培養を行い、濃度0.2 mg/L の条件で増殖海藻湿重量が最も高くなることを明らかにした。インドール酢酸に至適濃度があることから、インドール酢酸はオゴノリ科海藻成長に影響を与えることが示唆された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】生活環境制御、水圏、海藻

【研究 題 目】業務引き継ぎカイゼンシステムを用いたOJT教育プログラムのフレームワーク

【研究代表者】鷲尾 利克（健康工学研究部門）

【研究担当者】鷲尾 利克（健康工学研究部門）、
工藤 大介、中川 敦寛（以上、東北大学）、
鈴木 孝志（東京女子医科大学）、
荒船 龍彦（東京電機大学）
（常勤職員1名、他4名）

【研究 内 容】

救命救急の臨床における看護業務の無理・無駄をなくし、更には、on-the-job training（以下、OJT）に対応する教育プログラムの提案が可能なシステムの構築を行う。具体的には、1) 携帯型端末機器による看護業務カイゼンシステムの確立、2) システムを用いた新人・先輩看護師の業務記録から先輩看護師の暗黙知、新人看護師のピットフォールの抽出、3) 新人教育のプログラムの作成・施行、を行う。最終的には、本研究の事例から、

救命救急看護師の高度画一化を実現するために、日常業務の情報を生かした教育プログラム作成・施行のフレームワークを提案する。

本年度は、臨床現場に開発した看護業務カイゼンシステムを予備実験的に導入し、従来業務を妨げることなく使用可能か検証した。検証した結果、システムの不具合を確認し、改修を行った。改修ではネットワーク接続の不具合修正を行い、加えて、使いやすさを向上させることを目的に、操作画面の構成を使用者が自由に変更出来る機能について検討し、プロトタイプを作成した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】情報共有、携帯端末、非言語情報

【研究 題目】高集積型細胞チップを用いたオンチップがん診断デバイスの開発

【研究代表者】山村 昌平（健康工学研究部門）

【研究担当者】山村 昌平（常勤職員1名）

【研究 内容】

近年、転移がんの予後の診断指標として、血液中の循環がん細胞（CTC）の解析が新しい検査として期待されている。CTC が存在する割合は、血液10 ml（白血球：約数千万個）中に数個から数百個程度といわれており、既存の FACS 等では極めて検出は困難である。本研究では、多数の細胞を一細胞レベルで一度に解析可能な世界最大級の高集積型の細胞チップの開発を進める。さらに、本細胞チップの高機能化として、標的がん細胞を回収し、単一がん細胞の詳細な機能解析まで行えるオンチップがん診断デバイスの構築を目指す。

今年度は、微細加工技術であるフォトリソグラフィ技術を用いて、多数の細胞を単一層に配置できるマイクロアレイチップを作製した。その際に、マイクロチャンバーの直径、深さなどの条件検討を行い、マイクロアレイに展開できる細胞数の制御を行った。また、チップの素材や表面処理などの検討を行うことによって、細胞の吸着性や展開効率の最適化を図った。特に、白血球がマイクロチャンバー底のみに単一層に吸着して、検出しやすい細胞の配置条件を検討した。以上の条件をもとに、約200万個以上の白血球を均一にかつ単一層に配置することができた。また、白血球中に混在するがん細胞を細胞濃度に依存して検出可能であることが示された。今後は、チップ上での抗体多重染色や標的細胞の回収などを行い、さらなる機能解析へ向け研究を進める。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】細胞チップ、マイクロアレイ、単一細胞解析、循環がん細胞（CTC）、がん診断、バイオチップ、ハイスループットスクリーニング

【研究 題目】細胞チップを用いた細胞機能解析を可能とするマラリア迅速・高感度検出システム

△の構築

【研究代表者】八代 聖基（健康工学研究部門）

【研究担当者】八代 聖基、芝田 いずみ
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

マラリア原虫は人類史上最も重篤な寄生虫感染症である。感染症マラリアの深刻な問題として薬剤耐性マラリア原虫の出現や、地球規模の温暖化・交通手段の発達による感染者数の増加・感染地域の拡大が上げられる。このような背景のなか WHO などの国際機関ではマラリア撲滅指針の一つに「早期発見および適切な早期治療」を掲げている。近年、予防・治療分野では薬剤を塗布した蚊帳による感染予防、生薬をベースとした抗マラリア薬の開発は実を結びつつある。しかし診断法に関しては、検出感度や検出時間などの面から今だ100年以上前に確立されたギムザ染色による顕微鏡下での観察診断が主流とされている。そのため特に感染初期段階での診断に多大な時間と労力を必要とし、早期発見とその先に続く治療の大きな妨げとなっている。本年度は特にチャンバー径を大きくすることで培養用に適した細胞チップを作成しこれまで通り、正確に格納、整列、検出等が可能か確認するとともに細胞チップ上での培養に適した培養条件の検討を行った。また、これまでに開発したマラリア検出用細胞チップの実際のマラリア患者での使用を想定し、外国の倫理委員会審査を見据えた話し合い、マラリア患者サンプル入手に関して現地カウンターパートと話し合いを継続している。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】マラリア原虫、細胞チップ、薬剤スクリーニング

【研究 題目】散乱光の偏光解析を用いた生体組織の構造および形態の解析についての研究

【研究代表者】大槻 荘一（健康工学研究部門）

【研究担当者】大槻 荘一（常勤職員1名）

【研究 内容】

生体組織からの散乱光の偏光解析を行い、生体組織の構造や形態を解析することにより、病理検査に代替する手法を開発することを目標とする。

本年度は、①物体から放出される散乱光の強度および偏光状態を、試料表面における放出位置および立体角分布としてシミュレーションする。②散乱光の偏光状態を測定する単一光検出器型の装置を設計・製作する。③水中に微粒子を分散した試料を用い、散乱光の偏光状態を測定することにより、前記シミュレーションの結果を検証する。

微粒子が均一に分散した球体による光散乱を理論的に解析し、微粒子による散乱が可逆性と面対称性を満たすとき、球体による散乱もまた可逆性と面対称性を満たすことを証明した。また、微粒子が均一に分散した球体お

よび無限平面体による光散乱をモンテカルロ法を用いてシミュレーションし、還元実効散乱行列が可逆性と面対称性を満たすことを実証した。いずれの場合も、対称分解法およびルー・チップマン極分解法を用いて、還元実効散乱行列を純粋な偏光解消子および垂直に配向した移相性二減衰子の行列に分解できることを示した。また、散乱の偏光解析計数を極角または光照射点からの距離の関数として求め、極角または距離が大きいほど移相性二減衰子としての性質がより強くなることを見いだした。理論解析およびシミュレーションの結果を考慮し、細い光を試料に照射し、照射点の周囲から放射される散乱光の偏光状態を二次元で測定できる装置の設計・試作を行った。さらに、予備的な実験を行い装置の性能を評価した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】偏光計測、光散乱、シミュレーション、モンテカルロ法

【研究 題 目】多種の脳内神経伝達物質を同時検出するための蛍光プローブの創製と医療診断への展開

【研究代表者】鈴木 祥夫（健康工学研究部門）

【研究担当者】鈴木 祥夫（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、脳内神経伝達物質として重要なドーパミンおよびオキシトシンをそれぞれ特異的に検出するための蛍光プローブの設計・合成・性能評価および開発した試薬の医療診断への適応可能性について検討を行う。蛍光プローブの分子設計にあたり、ドーパミンに対してはイミノ二酢酸-鉄錯体、オキシトシンに対してはパソプレッシンを認識部位として採用した。さらに上記認識部位に蛍光発色団を導入する上で、①標的物質（ドーパミンおよびオキシトシン）との反応前後において蛍光強度が大きく変化すること、②ドーパミンとオキシトシンを2種類の分子プローブで同時に検出するため（最終的には1種類の分子プローブで同時検出を実施）、各々のプローブの励起波長および蛍光波長が重ならないこと、を考慮した。ドーパミン検出用蛍光分子プローブにおいては、蛍光発色団としてダンシル基等を有し、かつ認識部位としてイミノ二酢酸-鉄錯体を併せ持つ複数の化合物を系統的に合成した。また、オキシトシン検出用分子プローブについては、認識部位としてパソプレッシンを、蛍光発色団として標的物質との相互作用を蛍光発光の変化として鋭敏に示す化合物を採用し、複数の化合物を系統的に合成した。合成した化合物の確認は、 $^1\text{H-NMR}$ 、質量分析を用いて行った。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】神経伝達物質、蛍光分析、分子プローブ

【研究 題 目】緑内障における酸化ストレス関与の科学

的解明

【研究代表者】梅野 彩（健康工学研究部門）

【研究担当者】梅野 彩（特別研究員1名）

【研究 内 容】

本研究は脂質酸化ストレスマーカーのヒドロキシシロール酸（HODE）を用いて、眼疾患の中でも重篤な緑内障の進行に伴う酸化ストレスの関与を化学的に解明し、緑内障早期診断・予後診断へ応用することを目的とする。特に一重項酸素は紫外線照射によって発生することから、一重項酸素から特異的に生成する10-, 12-(ZE)-HODEの緑内障に対する応答性に注目する。

眼圧の上昇が緑内障の要因の一つであるが、眼圧の変化には目の表面を流れる房水の産出と流入が深く関わっていることが示唆されている。そこで今年度は緑内障疾患の前房水の脂質過酸化物質（HODE等）の測定を試み、加えて前房水提供者の血清中の脂質過酸化物質を分析し、酸化ストレスに起因する病気の進行を検討する。被験者から得られる前房水は少量で、脂質酸化物質が測定された例もない。そこで測定用サンプル調整条件（前処理）や液体クロマトグラフィー・タンデム質量分析装置（LC-MS/MS）の測定条件を検討し、脂質過酸化物質の検出条件を見出した。血清のHODE分析は確立しており、同様の手法を用いて、緑内障、白内障、その他の疾患を含む血清530サンプルのHODEの定量を試みた。加えてアラキドン酸は脳に多く視神経は脳に直接つながる脳神経の一つであることからアラキドン酸由来酸化生成物ヒドロキシエイコサテトラエン酸類（HETEs）を含めた酸化ストレスマーカーを網羅的に解析した。現在、得られたデータと病期データを総合的に解析し、発症に関わる活性酸素種の同定を行っている。本研究は初期症状がほとんどない緑内障の早期診断に繋がることが期待される。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】緑内障、酸化ストレス、ヒドロキシシロール酸、10-, 12-(ZE)-HODE、一重項酸素

【研究 題 目】革新的イメージング技術とがんモデルメダカを駆使したがん転移研究

【研究代表者】出口 友則（健康工学研究部門）

【研究担当者】出口 友則、神鷹 亮
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究は新学術領域「共鳴誘導で革新するバイオイメージング」の計画研究班「革新的イメージング技術とがんモデルメダカを駆使したがん転移研究」における研究分担者として行っている。本研究では、全身の高解像度蛍光イメージングが可能なメダカをモデルに、革新的生体イメージング技術を駆使して、がん転移の抑制・治療のための標的分子の同定とそのメカニズムの解明を目指

す。具体的には、がんモデル動物として、膵臓特異的にヒトのがん遺伝子と蛍光タンパク質を強制発現させることで蛍光標識された膵がんを発症する遺伝子導入メダカ系統を開発する。さらに、ゲノム編集技術を用いて免疫不全メダカを作製し、蛍光標識したヒトがん細胞を移植することで、ヒトがん細胞の生体内動態を光学的に詳しく観察することができるモデルメダカを開発する。これらモデルメダカをベースに既に開発している血管・リンパ管を含む脈管系を *in vivo* で可視化できるトランスジェニック系統を用いることで、がん転移と脈管系の関係を調べることを可能にする。モデルメダカの全身観察が可能な革新的イメージング技術としては、液晶アクティブ光学素子を駆使した2光子・光シート型顕微鏡を開発し、広い視野において、照明ムラなく、3次元画像構築を実現する顕微鏡を開発する。

そして、これらモデルメダカに革新的な蛍光イメージング技術を統合し、がん転移の形成過程を、広範囲または高分解能で、時空間的にダイナミックに解析し、転移形成に関与する各種分子の中から、がん転移の予防・抑制に有効な標的細胞や分子標的の同定を目指す。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕がん、疾患モデル、メダカ、生体イメージング、創薬スクリーニング

〔研究題目〕複合機能プローブシステムによるバイオ・ナノ材料の分子スケール機能可視化

〔研究代表者〕山田 啓文 (京都大学)

〔研究担当者〕平田 芳樹 (健康工学研究部門)
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

周波数変調型原子間力顕微鏡 (FM-AFM) の高精度化に伴って高い空間分解能と力感度が達成され、溶液中を含む様々な環境下での計測が試みられている。特に固-液界面は触媒反応や電極反応、生体分子の構造形成や特異的な反応など種々の現象が起る場所であり、表面水和構造がこれらの反応や現象に対してどのような役割を果たしているか理解する事は重要である。これまで、FM-AFM の高い力感度を生かして、表面に弱く束縛された水分子を探針が排除する時に必要な力をマッピングすることで水和構造が可視化可能である事を報告してきた。本年度は FM-AFM を用いて生体分子の固体表面への非特異吸着制御と表面水和構造との関係を探った。

一般的にぬれ性の高い親水性の表面は生体分子の非特異吸着抑制効果が高い事が知られている。アミノ基、水酸基、カルボキシル基、オリゴエチレングリコールなど単純な官能基を持った修飾剤は親水性と非特異吸着抑制機能との間には相関関係があった。AFM の測定からもこれらの修飾剤は密に充填されたドメイン構造内に分子配列が観察出来た。水和構造については水分子の大きさに相当する振動構造が数層現れ、表面の分子配列に応じ

た周期構造が見られた。

一方、脂質分子の親水部を模したツビッターイオン型表面修飾剤では、非特異吸着抑制機能や親水性は非常に高いが、表面分子構造は乱れや多層の構造が多く規則的な配列構造が存在する部分は少ない。さらに、同じツビッターイオン型修飾剤であっても、分子内の電荷の位置を変化させた分子では、表面構造や親水性が他の修飾剤と同程度でありながら、水和構造や非特異吸着抑制機能が大きく異なる分子が見いだされた。これらの結果から表面の水和層の形成 (水の構造化) が非特異吸着抑制能に大きく関わっていると推測でき、非特異吸着抑制機能と水和構造の関係を理解するためには表面構造の乱れに起因する表面電荷と対イオンの潜り込みといった新たなパラメータを加える必要がある事を明らかにした。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕周波数変調型原子間力顕微鏡 (FM-AFM)、原子間力顕微鏡、水和構造、非特異吸着抑制機能、表面修飾剤、自己組織化膜

〔研究題目〕人体に対して頑健かつ高精度に追従する非侵襲超音波医療診断・治療統合システムの構築

〔研究代表者〕小泉 憲裕 (電気通信大学)

〔研究担当者〕葭仲 潔 (健康工学研究部門)、
小泉 憲裕、月原 弘之、東 隆 (以上、
東京大学)、牛田 享弘 (愛知医科大学)、
川崎 元敬 (高知大学)
(常勤職員1名、他5名)

〔研究内容〕

本研究の目的は、医療技能の技術化・デジタル化 (医デジ化) である。具体的には、申請者らが独自に提案する医療支援システム構築の方法論およびこのためのコア基盤技術に基づいた、非侵襲超音波診断治療統合システムの構築法の確立を目指す。本研究で提案する非侵襲診断治療システムとは、呼吸や心拍等により能動的に運動する患部を抽出・追従・モニタリングしながら超音波を集束させてピンポイントに患部へ照射することにより、がん組織や結石の治療を患者の皮膚表面を切開することなく、非侵襲かつ低負担で行おうとするものである。

このうち、研究期間内に、生体に対しても精度を落とすことなく頑健に動作するシステムを実現するとともに、非臨床でのシステムの有効性および安全性を実証する。本年度は、実際の臨床画像を用いた特徴領域の抽出、並びに追従性の評価を行い、実際のヒトの腎臓に対して1 mm、肝臓に対して1.3 mm の臓器追従精度を実現した。また、各要素技術に関しては、仕様の検討ならびに試作機的设计開発を昨年度に引き続き行った。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕超音波診断・治療、集束超音波、体動補償・追従

〔研究題目〕 数値流体力学解析に基づく脳動静脈奇形の血流解析と集学的治療への応用

〔研究代表者〕 清水 宏明 (秋田大学)

〔研究担当者〕 鷲尾 利克 (健康工学研究部門)、
清水 宏明 (秋田大学)、富永 悌二、
新妻 邦泰、杉山 慎一郎、太田 英輝、
船本 健一 (以上、東北大学)、
荒船 龍彦 (東京電機大学)
(常勤職員1名、他7名)

〔研究内容〕

本研究の目的は、最新の手法である4次元 MR で得られたパラメータを併用した数値流体力学的解析結果から脳動静脈奇形 (AVM) のデータベースを構築し、これにデータマイニング手法を適用し、個々の AVM の破裂リスクや、破裂しやすい部位を同定することである。AVM は若年の脳出血の大きな原因であり、出血による死亡率も高い。しかしながら、手術の危険性も高く、治療適応を決定することが困難である。特にサイズが大きい、もしくは機能的に重要な部位に生じた AVM は治療自体が不可能で、経過観察しか行えないこともある。本研究により破裂の危機に瀕した部位を同定し、その部位に限局した治療を行うことにより、従来治療不可能であった難治性 AVM を低侵襲かつ最小限のリスクで治療できる可能性がある。また、破裂リスクの低い AVM は経過観察することにより、無用な手術を回避し、医療費削減も期待できる。

仮想データを対象に、機械学習による AVM の分類を行うため、商用ソフトウェアによる機械学習スクリプトを作成し、分類を試行した。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 機械学習、統計解析

〔研究題目〕 パルスジェットメスをを用いた軟性内視鏡下下垂体病変摘出法の開発

〔研究代表者〕 小川 欣一 (東北大学)

〔研究担当者〕 鷲尾 利克 (健康工学研究部門)、
小川 欣一、中川 敦寛、川口 奉洋、
大谷 清伸 (以上、東北大学)、
荒船 龍彦 (東京電機大学)
(常勤職員1名、他5名)

〔研究内容〕

本研究の目的は、軟性内視鏡下に抹消神経機能、細血管温存下に病変摘出が可能な手術デバイス (パルスジェットメス) の開発である。軟性内視鏡に導入可能なデバイスを試作し、流体工学的基礎実験を行い顕微鏡下デバイスと同等以上のパルスジェットの射出技術確立し、得られた結果を動物実験で検証することを目標とする。

これまでの知見で、射出動力源となるレーザー出力毎に最適となる供給水量は実験的には明らかであったが、臨床では狭空間での使用における射出時のブレが敬遠さ

れ最適水量での使用は行われていない。しかし、数値モデルを用いた計算結果において、過少供給量に比べて、最適水量を供給した場合、ブレが減少する傾向がみられた。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 パルスジェットメス、レーザー出力、振動

〔研究題目〕 パルスジェットメスによる深部頭蓋底腫瘍摘出法の開発

〔研究代表者〕 川口 奉洋 (東北大学)

〔研究担当者〕 鷲尾 利克 (健康工学研究部門)、
川口 奉洋、中川 敦寛、小川 欣一、
大谷 清伸 (以上、東北大学)、
荒船 龍彦 (東京電機大学)
(常勤職員1名、他5名)

〔研究内容〕

本研究では、抹消神経機能および細血管温存下に深部頭蓋底腫瘍の摘出を実現するための手術法の開発を行う。使用するデバイスは、拡大蝶形骨洞的到達法で、摘出難度が高い症例でも、病変摘出率増加、出血量減少、手術時間短縮を有意に認めるパルスジェットメスである。より難度が高い深部頭蓋底腫瘍摘出に適用するために、パルスジェットメスの使用条件について流体工学的基礎実験を行い、得られた結果を動物実験で検証し、臨床応用に移行可能な知見を得ることを目指す。

使用条件について数値モデルによる計算を行い、深部頭蓋底腫瘍に対して適用する際、従来問題視されていた先端のブレを低減させられるレーザー出力に関する知見を得た。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 パルスジェットメス、レーザー出力、振動

〔研究題目〕 内頸動脈閉塞におけるリアルタイム脳血流量評価法の開発

〔研究代表者〕 佐藤 健一 (東北大学)

〔研究担当者〕 鷲尾 利克 (健康工学研究部門)、
佐藤 健一、中川 敦寛 (以上、東北大学)、
荒船 龍彦 (東京電機大学)
(常勤職員1名、他3名)

〔研究内容〕

本研究では、客観的・定量的評価の手法が確立していないバルーンカテーテルを用いた内頸動脈遮断試験による治療方針決定に関する基礎的知見を確立するため、リアルタイム脳血流量評価システムの構築を提案する。

この目的のために、まず脳血管撮影所見における脳血流動態の予測的価値に着目し、片側脳低灌流動物モデルを作成する。作成した動物モデルを用いて、片側内頸動脈閉塞による脳循環動態を血管撮影、スペックルフォト

グラフィック、および赤外線画像で評価し、脳実質の組織学的・分子生物学的検討により、急性期および慢性期脳実質侵襲を予測するための解析プログラムを開発する。最終的に、治療的内頸動脈閉塞を施行した症例群の臨床データベースを構築して前方視的に調査を行い、構築した脳血流評価システムの有用性を検証する。

文献値から得られた範囲での流量および流速を、モデルより作成した脳血管モデル（大脳動脈輪および内頸動脈、椎骨動脈）に入力し、閉塞部分を作成した場合の血流の可視化を行った。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕脳血流、流量推定、数値モデル

〔研究 題目〕パルスジェットメスによる脊髄神経機能温存下脊髄腫瘍摘出法の開発

〔研究代表者〕遠藤 俊毅（東北大学）

〔研究担当者〕鷲尾 利克（健康工学研究部門）、
遠藤 俊毅、岩崎 真樹、中川 敦寛、
大谷 清伸（以上、東北大学）
（常勤職員1名、他4名）

〔研究 内容〕

本研究では、脊髄神経機能温存下に脊髄腫瘍を摘出する手術デバイスの開発を行う。元となるデバイスは熱損傷がなく、細血管の温存が可能なパルスジェットメスであり、これまで脳腫瘍摘出術における出血量の有意な減少と病変摘出率の増加が報告されている。脊髄ではすべての白質繊維が頭尾側方向に走行するなど脳と構造が異なり、構造上機能代替を行う余地はなく、脊髄腫瘍の摘出動作は神経機能の悪化を引き起こしやすい。脊髄神経繊維に並行にパルスジェットを使用することで、脊髄神経機能の温存を図りながらの脊髄剥離操作を目的とするデバイス開発のため、脊髄に対する組織選択性を高める工学的基礎実験を行い、得られた結果を動物実験で検証して、臨床応用に移行可能な知見を得ることを目指す。

数値モデルによる計算から、脊髄剥離に有利に働くハンドピースの先端形状について、改善の方向性が示唆された。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕パルスジェットメス、効率化、ハンドピース先端形状

〔研究 題目〕夜間勤務における疲労の早期発見を目指した疲労評価法と食生活・微量元素栄養との関連

〔研究代表者〕亀尾 聡美（群馬大学）

〔研究担当者〕七里 元督（健康工学研究部門）、
岩木 直（自動車ヒューマンファクター
研究センター）、
亀尾 聡美、小山 洋、井上 顕（以上、
群馬大学）、星野 泰栄（群馬パース大

学）（常勤職員2名、他4名）

〔研究 内容〕

本研究は、夜間勤務の疲労を早期発見するために、夜間勤務者の疲労の程度を客観的にかつ簡便に評価し、さらに食生活状況および微量元素栄養との関連を明らかにすることを目的とし、疲労を抱えながら勤務している看護師の疲労状態評価・バイオマーカー測定・食生活状況調査を行う。

具体的には以下の事項を実施する。

- 1) フリッカーヘルスマネジメント（産総研ベンチャー）にて開発しているフリッカーテストによる客観的疲労評価と唾液中アミラーゼ、血中コルチゾール等のストレスバイオマーカーとの関連を明らかにし、本フリッカーテストの有用性を検証する。
- 2) 食生活状況・微量元素栄養状態と疲労度の関係を夜勤回数・病棟等の違いを考慮し解析する。

以上の検討を行う事で夜間勤務者の疲労の早期発見・事故防止・健康維持・管理のための適切な支援を行うための基盤となる研究を実施する。

27年度は研究代表者（群馬大学 亀尾）では被験者となる夜間勤務者（看護師）の選定に関わる検討を開始している。産業技術研究所健康工学研究部門（七里）では被験者からのサンプルで測定する酸化ストレスに関連するマーカーの中で候補マーカーを選定し、測定条件の検討を行い、測定・解析の準備を整えた。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕疲労、ストレスマーカー、フリッカー、酸化ストレス

〔研究 題目〕小児用および部分補助用軸流補助人工心臓の開発

〔研究代表者〕山根 隆志（神戸大学）

〔研究担当者〕丸山 修（健康工学研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

補助循環血流量が2 L/min以下の患者を想定した補助人工心臓を開発目標とするが、小児用の仕様とも同じであるため、小児用補助人工心臓として早期に市場投入することを目的とした。

翼型を採用した4枚羽根のインペラと、5枚羽根の静翼を有するモデル KAP5を試作した。ケーシングには袋ナットを使用し、組立・分解が容易な構造にした。羽根出口角90度の KAP5から70度のモデル KAP6への変更により迎え角を小さくして旋回失速を抑制した。溶血特性については、10,000 rpm の高回転数では200 mmHg の市販体外循環ポンプの溶血率に対し、KAP5では5.4倍、KAP6では6.4倍とあまり改善が見られなかった。しかし、KAP6において5,000 rpm の低回転数では、市販体外循環血液ポンプの半分以下という大幅な溶血率低下に成功し、臨床使用範囲を限定すれば良いことが明らか

かになった。麻酔下ブタを使用した90分間の抗血栓性試験では、血栓は見られず良好な結果であった。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕補助人工心臓、軸流ポンプ、小児用、部分補助用

〔研究題目〕集束超音波技術を応用した変形性関節症の低侵襲治療法の開発

〔研究代表者〕牛田 享宏（愛知医科大学）

〔研究担当者〕葭仲 潔（健康工学研究部門）、
牛田 享宏（愛知医科大学）、
野口 光一（兵庫県立医科大学）、
小泉 憲裕（電気通信大学）、
池内 昌彦、川崎 元敬（以上、高知大学）（常勤職員1名、他5名）

〔研究内容〕

本研究では、申請者らがこれまでに研究、開発してきた痛みに関する神経科学的診断・治療法を基盤とし、高精度な集束超音波（HIFU）照射技術と融合させることで変形性関節症・脊椎症（OA）の痛みを非観血的に緩和する画期的な治療法を開発する。本研究は痛みの緩和にとどまらず、国民病ともいべきOAによって著しく低下した歩行をはじめとする高齢者の運動機能をも大きく改善することが期待できるため、ロコモティブ・シンドロームの予防・治療にも大きく資する。OAの痛みは画像上の関節症性変化と必ずしも相関しないことが痛みの治療を困難にしている。これは画像上の変化には現れない神経成長因子（NGF）やArtemin等の神経栄養因子や神経ペプチドなども痛みの発生機序に大きく関与しているためと推察され、そのコントロールを行うことで、関節変形があっても痛みの悪循環に陥っていない病態に戻すことができるものと期待されている。他方、HIFU照射技術は熱により腫瘍実質や転移性骨腫瘍の痛みを治療しようとするものであり、これまでに実施したほぼすべての患者に対して何らかの症状の改善がみられるきわめて有望な治療技術である。そこで、本研究ではこれまでのOAにおける神経生理学的研究の知見と集束超音波（HIFU）技術とを融合させる、言わば『融合的OA治療法』を新規に開発する事を最終的な目標とし、その実現のための要素技術の研究開発を行う。

本年度は、超音波照射条件を変化させながら、関節部に正確に治療用超音波を照射することで、骨関節の組織的变化の観察を行える実験系の構築を行った。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕超音波診断・治療、集束超音波、超音波振動子、関節

〔研究題目〕放射線と免疫療法を融合したロコ・システムックがん治療法の開発

〔研究代表者〕坪井 康次（筑波大学・医学医療系）

〔研究担当者〕伊藤 敦夫（健康工学研究部門）、
坪井 康次、善光 純子（以上、筑波大学・医学医療系）
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では、がん病巣に対するエックス線照射が「がん微小環境における免疫抑制」を是正して、腫瘍細胞の「免疫応答細胞死」を誘導することを明らかにするとともに、局所的エックス線照射直後にアジュバントを投与することで抗原提示細胞を活性化し、全身的な「がん特異的免疫反応」を誘導する「ロコ・システムック融合がん治療法」のコンセプトを実証する。産総研は主に上記アジュバントの開発を担当する。

平成27年度は、リン酸カルシウム系アジュバント候補材に関し、取扱い性能向上のため、調製条件の再検討による品質の安定化を図った。形状が制御可能となるよう調製方法を変更して得られた新規リン酸カルシウム材料は、液中における分散状態を従来の候補材よりも長時間持続することが明らかとなった。また、短期であれば液中に当該新規材料を添加した状態で保管しても再分散後の分散状態の持続時間に変化はなく、*in vivo*試験の実施に際しては用時調製する必要がないことが分かった。また、分散媒を適切に選択することにより、当該新規材料からのリン酸カルシウムの過度の溶出を抑制することにも成功した。これらの結果は、当該新規リン酸カルシウム材料がこれまで使用してきたリン酸カルシウム系アジュバント候補材を代替可能であることを示しており、品質安定により扱いやすく、且つ安定したアジュバント性能を発揮する材料であると期待される。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕がん、放射線、免疫療法、アジュバント

〔研究題目〕人工臓器内の高せん断場血栓検出と赤血球膜破断シミュレーションとの融合

〔研究代表者〕武居 昌宏（千葉大学）

〔研究担当者〕丸山 修（健康工学研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

現在、人工臓器が実用化されつつあるが血栓が生じやすく、微小血栓検出と、血栓シミュレーションとの融合技術が求められている。本研究では、誘電緩和法を利用し、血栓形成時の電気特性から、微小血栓検出が可能なオンライン検出法を確立する。さらに、粘性流体-赤血球構造連成計算法を導入し、高せん断場の血球膜が破壊して微小血栓を形成する要因を推定するシミュレーション手法を確立する。これらの二つの方法を融合させ、血栓形成原因の力学的な検討を行い、実験とシミュレーション結果を精査し、人工臓器設計のひとつの指針をまとめる。これまでに、新鮮動物血を用いた血栓検出実験において、血液凝固能を調整するための薬剤至適添加量を

明らかにした。これにより、血液凝固シミュレーションを実験的に行うことが可能となった。この方法を利用し、血栓形成時の電気特性を計測し、血栓予測を行うことに期待することができた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】人工臓器、高せん断、血栓検出、誘電緩和

【研究 題目】C型肝炎ウイルス糖ペプチドを用いた中和抗体作製と、新規診断技術への応用

【研究代表者】清水 弘樹（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】清水 弘樹、奥田 徹哉（常勤職員2名）

【研究 内容】

C型肝炎ウイルス（HCV）の表層糖タンパク E2のアミノ酸配列は HCV 株間で保存性が小さく多様性に富んでいるため、汎用的な E2検出抗体は得られていない。本研究では E2の中でもアミノ酸配列の保存性が高い糖鎖付加領域に着目し、当該領域の糖ペプチド抗原をデザインすることで HCV 特異性が高くかつ株間依存性が低いモノクローナル抗体の作製を目指している。そして、有用な HCV 中和抗体の創出や HCV 迅速検出系の開発を指向した基盤研究展開を計る。

まず、昨年度に引き続き糖ペプチド抗原の合成研究を進めた。当初の計画では、糖鎖伸長の段階を酵素による転移反応で行い、合成スケールの面から1) 単糖ペプチドの合成、2) 抗原キャリアの導入、3) 糖鎖の伸長の順の3段階で抗原調製を進める計画を立てた。しかし、抗原キャリアを導入した単糖ペプチドが水に難溶性で、3) の酵素反応が進行しなかった。そこで方針を変更し、まず5糖 N-グリカン糖鎖アミノ酸を合成し、これを合成シントンとしてマイクロ波利用ペプチド合成機にて糖鎖ペプチドを固相上で合成し、引き続き抗原キャリアの導入をおこなった。その後固相担体から切り出し、目的とする糖鎖ペプチド抗原を得た。得られた糖鎖ペプチド抗原は同一分子内に脂溶性部と水溶性部が共存しているため、精製が大変困難であり、通常の HPLC 精製では大幅な収量ロスが生じた。一方、マイクロ波を利用したペプチド合成（アミノ酸伸長反応）を行っているため、合成純度が非常に高い糖鎖ペプチドが得られていると考えられることから、粗精製物でも免疫に十分な純度が得られている可能性も高い。この点については、現在検討中である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】C型肝炎、糖ペプチド、抗体、糖鎖合成

【研究 題目】*Thermus thermophilus* リボソーム変異株の創成と進化

【研究代表者】宮崎 健太郎（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】宮崎 健太郎（常勤職員1名）

【研究 内容】

冥王代に *Habitable Trinity* の場で誕生した生命は、以来、極めて多種多様な種に分化し、地球上のあらゆる環境に適応している。本課題では、生物繁栄の基礎を築いた「種分化」のプロセスを実験的に再現し、生命誕生に続く生物進化の謎を解き明らかにすることを目標とする。

本研究では生命の起源に近い *Thermus thermophilus* の16S rRNA を異種生物のものと置換する。様々な微生物起源のもので生育相補性を検証し、相補限界を解明する。異種16S rRNA により遺伝子発現系を支配されることとなった *Thermus* 変異株を、野生株の生育が不適な環境を含む様々な環境下で適応進化させる。野生株、変異株（進化前後）について、微生物学的な特徴付け・ゲノム解析を行い、微生物生理の類縁性と変異の関係を明らかにする。最終的には別種と呼べるほどに微生物学的特徴の異なる変異株の獲得とそれに至る進化経路を明らかにしたい。

Thermus thermophilus HB27株にはゲノム内に2つの16S rRNA 遺伝子が含まれており、本年度は、そのうちの一つの遺伝子破壊を相同組み換えの手法により試み、成功した。単一の16S rRNA のみを含む変異株は、栄養培地で野生株と遜色のない良好な生育を示した。上記変異株の構築とは別に、研究室内外より *Thermus* 属細菌を収集し、それらより十数種類ゲノムを単離し、さらに16S rRNA 遺伝子の PCR クローニングを行った。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】リボソーム、大腸菌、抗生物質耐性

【研究 題目】アカトンボの体色と色覚の進化

【研究代表者】二橋 亮（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】二橋 亮（常勤職員1名）

【研究 内容】

アカトンボ（トンボ科アカネ属）は、日本のトンボの中では桁違いに種数が多く、体色や斑紋に著しい多様性が見られる。一方で、トンボの体色や色覚の進化に関わる分子機構は、現時点では全く解明されていない。平成26年度までに、アキアカネでは20種ものオブシン遺伝子が存在すること、各オブシン遺伝子は、幼虫と成虫および成虫複眼の背側と腹側で全く異なる発現パターンを示すこと、オブシン遺伝子の発現と対応するように複眼背側では紫外線から短波長領域を主に認識するのに対して、複眼腹側では紫外線から長波長までの幅広い領域を認識できることが明らかになった。さらに、オブシン遺伝子はトンボの種間で極端に多様化していることも確認された。平成27年度は、アキアカネの雌雄や成熟度によって分光感度やオブシン遺伝子の発現が変化するかを解析し、双方ともにオスの背側で有意な変化がみられることを明らかにした。また、アカネ属の種間で次世代シーケンサーを用いて遺伝子の網羅的な発現比較解析を行ったところ、赤みの強さと相関のある遺伝子を発見す

ることができた。次年度以降は、アキアカネ以外の種でも雌雄や成熟過程における色覚遺伝子の変化の実態を解明するとともに、体色形成にかかわる遺伝子についても引き続き解析を進めたい。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 昆虫、トンボ、色覚、遺伝子進化、体色変化

〔研究 題目〕 カビの増殖をトリガーとした抗カビ活性物質オートリリースシステムの開発

〔研究代表者〕 山口 宗宏（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 山口 宗宏、佐々木 正秀、清水 弘樹（常勤職員3名）

〔研究 内容〕

本研究は、カビが放出する酵素がトリガーとなって、人体に無毒な抗カビ活性物質を必要時に必要量、必要場所に放出し、カビの増殖を効果的に抑制するシステムを開発するものである。

抗カビ活性物質を再現性よく均一に固定化することはその後の活性試験の評価に大きく影響を与える。そこで今年度はまず、ガラス表面への均一な物質固定化方法について検討した。シランカップリング剤（アミノプロピルトリエトキシシラン; APTES）を用いた抗カビ活性物質の固定について、モデル実験として蛍光化合物の固定化反応の検討を行った。ピラニア溶液処理と真空紫外光照射により表面の有機物を除去したガラス板を APTES の10%エタノール溶液に浸漬し、最表面にアミノ基を有する基板を作成した。この基板にダンシルクロライドを反応させ、得られたダンシル基固定化基板を蛍光顕微鏡観察することで、固定量の定量的な考察を試みた。しかし、固定の均一性および再現性が不十分で固定量を定量するには至らなかった。そこで固定対象を粒子形態のシリカゲルとし、検討した。ガラス基板上への反応と同様に APTES によるコーティング、ダンシル基の固定反応を行った。そして蛍光顕微鏡により観察したところ、化合物が確実に固定されていることを確認した。

次に、固定化化合物の酵素反応によるリリースについて検討するため、基板と化合物の間にアミド結合を導入することを検討した。まず APTES コーティングした基板に同様に縮合剤を用いてアラニンを固定し、そのアラニン N 末端にアミド結合を介してダンシル基を固定した。この場合も、蛍光顕微鏡による蛍光像の観察でダンシル化合物が固定化されていることを確認した。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 衛生、抗カビシステム、機能性表面、酵素反応、菌類

〔研究 題目〕 がん特異的なコアフコシル化糖鎖を認識する抗体の創製

〔研究代表者〕 奥田 徹哉（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 奥田 徹哉（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

コアフコシル化糖鎖は新たに発見された様々ながんマーカー候補の糖タンパク質に見られる糖鎖構造である。本研究ではコアフコシル化糖鎖をターゲットとした高効率の抗原（免疫誘導剤）の調製と、その利用によるコアフコシル化糖鎖認識抗体の獲得を目的としている。糖鎖は一般に抗原となりにくいことが知られているが、提案者らは糖鎖に最適化した免疫誘導法を確立しており、この方法をコアフコシル化糖鎖への免疫誘導に最適化し、モノクローナル抗体を獲得するための基盤技術の開発を進めている。目指すモノクローナル抗体の獲得により、現状技術では困難であったがん診断や抗体医薬品の開発が可能となる。

本年度は、抗体開発の基盤となるコアフコシル化糖鎖の検出技術について、コアフコシル化糖鎖を認識し結合するレンズマメレクチン（LCA）を用いて条件検討を進めた。一方で、モノクローナル抗体を獲得するための免疫条件の改良についても並行して検討を進めた。本検討では中性糖鎖であるグロボテトラオース糖鎖を有する天然の糖脂質が目的とする免疫誘導剤に生化学的性質が似ていることに着目し、この糖脂質を用いて免疫条件の向上について検討した。その結果、抗体誘導の効率を向上できるアジュバンド組成を見出した。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 コアフコース、モノクローナル抗体、糖鎖、癌、腫瘍マーカー

〔研究 題目〕 クローン細胞集団における一細胞レベルの不均一性の包括的理解とその応用技術の創成

〔研究代表者〕 宮崎 亮（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 宮崎 亮、松尾 瞳（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

同一ゲノムを持った細菌細胞集団（クローン細胞集団）を均一な条件下で培養しても、個々の一細胞レベルの生理状態は完全に均一ではなく、mRNA やタンパク質等の細胞内分子の量的・質的ばらつきに依存して、特異的な機能や個性的な挙動が生まれる。本研究は、従来の微生物学において見過ごされてきたこのような「クローン細胞集団における一細胞レベルの不均一性」を網羅的に解析する独自の手法を構築するとともに、その生物学的意義を明らかにし、応用研究に繋げようというものである。

昨年度までに、Pseudomonas 属細菌の遺伝子水平伝播に関与する不均一な遺伝子発現に着目し、当該遺伝子を発現している一部（3-5%）のサブ細胞集団と、発現していないその他の母集団を蛍光顕微鏡およびセルソーターで分離後、RNA を回収していたが、トランスクリ

ブトームを行った結果、mapping 効率が非常に低いことがわかった。そこで今年度は、セルソーターでの分離法と RNA の精製法に改良を加え、mapping 効率の改善に成功した。本研究は、新学術領域「ゲノム支援」の公募課題にも採択され、現在はサブ細胞集団と母集団に特異的な遺伝子発現変動を明らかにするために情報科学的な解析を進めている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】一細胞解析、遺伝子発現、ゲノム解析

【研究 題 目】クワガタムシ・コガネムシ類における昆虫-菌類の共生関係の解明と保全生物学的应用

【研究代表者】棚橋 薫彦 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】棚橋 薫彦 (他1名)

【研究 内 容】

クワガタムシ類は、その巨大な体や魅力的な姿形によって世界中で広く親しまれている昆虫であると同時に、森林生態系を象徴する昆虫として、生物保全の重要な対象となっている。クワガタムシ類の多くの幼虫は木材腐朽菌によって腐朽した材を食べる。木材は消化困難であり、食材性昆虫のほとんどは微生物の助けを借りて木材を消化することが知られている。クワガタムシにおいては、メス成虫が腹部末端に菌嚢と呼ばれる器官を持ち、その中に酵母類を保持していることがわかっている。2015年度の研究では、宿主クワガタムシの地理的分布と共生酵母の温度適応の関係について詳細に調査した。クワガタムシ類16種の菌嚢から分離した共生酵母について、核リボソーム RNA 遺伝子の IGS 領域を用いた系統解析を行ったところ、ほとんどのクワガタムシにおいて共生酵母は種特異的であった。これらの酵母は大きく3つの系統群 (クレード) に分かれたが、それらは1) 低地または暖地性種、2) 山地性種、および3) ミヤマクワガタの共生酵母であった。培地上において、タイプ1の酵母は35°Cで生育可能であるのに対し、タイプ2と3の酵母の生育上限温度は30°C前後で、32°C、3日間の高温曝露により死滅した。ミヤマクワガタの雌成虫を用いた実験では、同様の高温処理によって菌嚢内の酵母は約1/8に減少した。また、スジクワガタの雌成虫は、野外においてクレード1とクレード2のいずれかまたは両方の酵母を持っており、低標高地ではタイプ1を持つ個体の割合が増加した。これらの結果は、宿主クワガタムシの垂直分布と共生酵母の高温耐性との密接な関係を示唆しており、環境変動が共生微生物の温度適応を介して宿主生物の地理的分布に影響する可能性を示唆している。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】クワガタムシ類、リボソーム RNA

【研究 題 目】ケトン食摂取による脳内の糖脂質発現動態に関する研究

【研究代表者】奥田 徹哉 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】奥田 徹哉、森田 直樹
(常勤職員2名)

【研究 内 容】

本研究では、古くからてんかん治療に用いられてきた低炭水化物食 (ケトン食) の摂取が、脳内の糖鎖発現に及ぼす影響について明らかにする。特に、てんかん発症との関連が明らかとなったスフィンゴ糖脂質の分子種 (ガングリオシド) の発現量への影響を中心に解析を進め、てんかん治療のための適切な食事療法や、てんかん抑制効果を有する実用的な食品の開発、創薬への応用を目指す。

目的とするガングリオシドは脳以外に肝臓にも豊富に存在することから、まず肝臓を用いて条件検討を実施した。野生型マウス及び B6.Cg-*Lep^{ob}/J* マウスへの長期間ケトン食摂取モデルより肝臓を回収し、ガングリオシドの含有量を TLC にて解析したところ、ケトン食摂取により有意に増加していた。特に B6.Cg-*Lep^{ob}/J* マウスは定常レベルのガングリオシド含有量が低く、増加量を明確に検出できることがわかった。その結果、ケトン食摂取が B6.Cg-*Lep^{ob}/J* マウス肝臓のガングリオシド含有量を通常飼育の野生型マウスと同等まで回復させることを見出した。見出した肝臓のガングリオシドの含有量の増加は、用いたケトン食の材料がガングリオシドをほとんど含んでいないことから *de novo* 経路で増加したと考えられる。そのため、今後は関連する糖転移酵素遺伝子の解析を進める。また、組織由来ガングリオシドの調製条件と解析法が確立したことから目的の脳由来ガングリオシドの解析を進める。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ケトン食、てんかん、スフィンゴ糖脂質、ガングリオシド、糖鎖、脳神経疾患

【研究 題 目】ゲノム分子進化を用いた弱毒ウイルス作出法の開発

【研究代表者】柿澤 茂行 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】柿澤 茂行 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

近年考案されたレアコドンウイルスは、従来の弱毒ウイルス (生ワクチンウイルス) の問題点の多くを克服した次世代の弱毒ウイルスとして期待されているが、ウイルスゲノムを人工合成して作製するため遺伝子組換えウイルスになってしまう点が問題である。本研究は、遺伝子組換えを用いることなくレアコドンウイルスを作出する新たな手法を植物ウイルスに対して応用することで、遺伝子組換えでないレアコドン弱毒ウイルスの作出を行うことを目的とする。

レアコドンは、細胞内における tRNA の存在量が少ないことに起因すると言われている。あるコドンに対する tRNA 量が少ない場合、そのコドンを持つ遺伝子の

翻訳速度が低下し、タンパク質の発現量が制限される現象が起こる。また多くのウイルスでは、宿主内におけるウイルスの複製量を最大にするため、ウイルスゲノムのコドン頻度が宿主のコドン頻度に対して最適化されていることが知られている。

本年度は、レアコドンについての調査を行った結果を踏まえ、レアコドンに対する tRNA 遺伝子を植物において過剰発現させる系の検討を行った。その結果、通常の形質転換系で問題なく行うことが出来ることが分かり、多くの知見が得られたと同時に、来年度への研究の展開に向けた準備段階を遂行することができた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】コドン、ウイルス

【研究 題目】コバネヒョウタンナガカメムシにおける細胞内共生成立機構に関する研究

【研究代表者】菊池 義智（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】菊池 義智（常勤職員1名）

【研究 内容】

多くの昆虫はその体内に細胞内共生細菌を保持しており、母子間伝播によって次世代へと受け継がれることが知られている。このような昆虫の細胞内共生系について、これまで進化学的研究やゲノム科学的研究が行われてきたが、細胞内共生の進化的起源についてはほとんど分かっていないのが現状である。最近我々は、共生細菌を毎世代環境土壌中から獲得するコバネヒョウタンナガカメムシが、その共生細菌を消化管の上皮細胞内に保持していることを発見した。昆虫においてこのような「恒常的細胞内共生の初期段階」ともいえる共生系はこれまで知られておらず、コバネヒョウタンナガカメムシにおける共生メカニズムの解明は、昆虫における細胞内共生の進化に迫る大きな成果に繋がると期待できる。本年度はまず、コバネヒョウタンナガカメムシ消化管より *Burkholderia* 共生細菌を単離して GFP 組換え体を作成し、その感染過程を観察した。GFP 組換え共生細菌を給水用の水に混ぜて与えたところ、一部の幼虫でしか感染が見られなかった。この低い感染率についてさらに調査を行ったところ、コバネヒョウタンナガカメムシは卵表面に共生細菌を塗布して伝達し、これによって孵化個体が母虫由来の（GFP を持たない）共生細菌を高頻度で獲得してしまっていることが明らかとなった。この観察は予想外の結果ではあったが、コバネヒョウタンナガカメムシが共生細菌を母子間伝達させていることを示す新たな発見と言える。この点についてさらに解析したところ、カメムシの糞にも多くの共生細菌が含まれており、この糞によっても共生細菌の母子間伝播が起きることが強く示唆された。以上の結果を踏まえ、本年度はコバネヒョウタンナガカメムシと *Burkholderia* の共生系の基礎的知見についてより詳細に解析する必要があると考え、①野外における感染率、②野外における共生細菌

の多様性、③野外における細胞内共生率、④土壌からの共生細菌の獲得率、について詳細なデータを得た。これらの知見は来年度以降研究を進める上での重要な基盤データといえる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】昆虫、共生、微生物、進化

【研究 題目】シオカラトンボの UV 反射 Wax の解明

【研究代表者】二橋 亮（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】二橋 亮（常勤職員1名）

【研究 内容】

日本人に馴染みの深いシオカラトンボは、成熟過程でオスが麦わら色から白っぽい水色へと変化する。申請者は、シオカラトンボのオスは、体色変化の際に Wax を分泌して体表の微細構造を変化させ、同時に強力な UV 反射能を獲得することを発見した。本研究では、真夏の日差しに強いシオカラトンボの体表 Wax 構造の合成・輸送経路の分子基盤を解明し、生物素材としての応用の可能性を探ることを目的とする。平成26年度までに、GC-MS 解析により、成熟オスの背側で多く産生される物質の候補を特定することができた。また、体表 Wax による撥水性の評価についても、概ねまとめることができた。平成27年度は、シオカラトンボの雌雄の背側、腹側および Wax を産生するほかの種類で Wax の物質の同定を試みた結果、全部で7種類の混合であることが示唆された。興味深いことに、シオカラトンボのオス背側に多い Wax はメスや他の種では見られず、次世代シーケンサーを用いた網羅的な遺伝子発現比較解析から、オス背側の Wax 合成にかかわる候補遺伝子も特定することに成功した。以上のように、本研究のメインの目的である体表 Wax 成分の同定に関しては、順調に研究が進捗しており、Wax 類似物質を人工的に再現できれば、紫外線反射に関わる新たな生物素材としての応用面への展開も期待できる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】昆虫、シオカラトンボ、構造色、表面微細構造、紫外線反射

【研究 題目】シントロフィーを促進するサポーター微生物の存在とその新規微生物間相互作用の解明

【研究代表者】成廣 隆（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】成廣 隆（常勤職員1名）

【研究 内容】

メタン生成アーキアと嫌気性共生細菌による有機物分解のための微生物間相互作用である「シントロフィー」を形成する嫌気性共生細菌（シントロフ）とメタン生成アーキアのゲノム解析を実施した。シントロフとして、酪酸等の脂肪酸を分解することが知られている *Syntrophomonas wolfei* subsp. *methylbutyratice*

strain 4J5のドラフトゲノムシーケンシングを実施し、すでにゲノムデータが公開されている近縁の *Syntrophomonadaceae* 科のシントロフ2菌株 (*Syntrophomonas wolfei* subsp. *wolfei* strain Göttingen と *Syntrophothermus lipocalidus* strain TGB-C1) と合わせて比較ゲノム解析を実施し、 β -酸化を基軸とした脂肪酸分解関連酵素、およびシントロフイーの形成に欠かすことのできない電子伝達関連酵素群 (ヒドロゲナーゼ等) をコードする遺伝子を特定した。さらに、シントロフによる有機物分解から生じる水素の受け手となるメタン生成アーキアとして、*Methanomicrobiaceae* 科の3菌株 *Methanoculleus horonobensis* strain T10、*Methanoculleus thermophilus* strain CR-1、*Methanofollis ethanolicus* strain HASUのドラフトゲノム解析を実施した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】微生物、廃水処理プロセス、微生物ゲノム、未知微生物

【研究 題 目】スベリン合成制御因子を利用したカスパリー線機能強化植物の作出

【研究代表者】大島 良美 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】大島 良美 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

根の内皮を囲むカスパリー線とスベリン層は、植物が根から水と栄養素を選択的に吸収し、乾燥や外敵から身を守るために必要不可欠な構造であることが知られている。しかし、その形成の分子機構の研究は緒に就いたばかりであり、これらの解明が進めば乾燥や低酸素耐性付与のための新規な育種技術の開発につながる。これまでにスベリン様のポリエステル・クチンの合成制御因子を解析する中でスベリン形成制御因子の候補を得ている。本研究では候補因子の機能解析及び新規制御因子の同定を行い、スベリン及びカスパリー線形成制御機構を明らかにする。最終的には制御因子を用いてスベリン及びカスパリー線を機能強化した乾燥・低酸素耐性植物の作出を目指す。本年度は、種子のポリエステル組成が変化した変異体について、スベリンの機能や合成が変化しているかどうか調べた結果、原因の転写因子遺伝子は種子においてスベリンではなくクチンに関与していることを明らかにした。この転写因子は、別の因子と協調して機能することにより、複数の機能を果たす可能性を示唆する結果も得ており、引き続き、根のスベリン形成における機能解析を進めている。強力な転写活性化ドメインを融合し機能強化して、数種類のプロモーター下で発現させた植物系統を作成したので、今後はスベリン蓄積量やストレス耐性の解析を行う。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】植物、遺伝子、発現制御、ポリエステル、脂質

【研究 題 目】ダイナミックなヒストン複合体形成による植物転写制御メカニズムの解析

【研究代表者】藤原 すみれ (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】藤原 すみれ (常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

植物の遺伝子の働きは、正に働く転写活性化因子と負に働く転写抑制因子により複雑に制御されていると考えられている。我々はこれまでに、ヒストンが転写抑制機構に関わることを見出した。本研究では、ヒストンおよびその関連因子に主に着目し、複数のタンパク質によってダイナミックに制御されていると考えられる植物の転写抑制機構の一端を明らかにすることを目的としている。また、得られた知見を応用して斬新な遺伝子発現制御法の開発につなげることを目指している。

当該年度においては、植物の転写抑制因子やヒストンと複合体を形成すると考えられる複数の因子について、因子間の直接の相互作用の有無などを確認した。また、各種因子の機能欠損株や過剰発現体等において転写抑制因子の働きに影響がみられるかどうかを検証し、転写抑制機構において中心的に働く因子の絞り込みをおこなった。さらに、各種因子の多重変異体の作成および解析を実施し、各因子の機能の検証を行った。

これらの解析結果から、各因子が転写抑制において担う役割に関する新規の情報を得た。また、さらに新規の因子が転写抑制機構に関与する可能性を見出した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】植物、シロイヌナズナ、転写因子、ヒストン

【研究 題 目】ホソヘリカメムシ *Burkholderia* 共生系における共生成立機構の解明

【研究代表者】菊池 義智 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】菊池 義智、二橋 亮 (常勤職員2名)

【研究 内 容】

Omics 解析で明らかになった「共生器官に高発現する遺伝子」が、必ずしも共生成立において重要な役割を果たしているとは限らない。共生関連遺伝子の同定のためには、機能解析を行い検証する必要がある。本研究では、ホソヘリカメムシ *Burkholderia* モデル共生系を対象に、共生器官で発現する遺伝子を網羅的に調査し、発現遺伝子の RNAi スクリーニングおよび総合的な機能解析を行い、宿主-共生細菌間相互作用に関わる宿主側の重要遺伝子を網羅的に同定することを目標に研究を行った。前年度はホソヘリカメムシ共生器官において高発現している新規分泌タンパク質 (システインリッチタンパク質) をターゲットに絞り *in vitro* 解析を行い、これら分泌タンパク質には抗菌活性があることを明らかにした。今年度は主要な分泌タンパク質やその他高発現する遺伝子について RNAi を試みたが、明確な影響を検出することはできなかった。前年度までの研究によって

in vitro と in vivo における *Burkholderia* 共生細菌の形状が異なる（共生時に菌体サイズが縮小し球状になる）ことが明らかとなっていたことから、本年はこれまでに得られていた共生細菌の RNAseq データを精査し、共生細菌の形態に関わると考えられる遺伝子の抽出を行った。その結果、共生細菌は in vivo 条件において細胞分裂関連の遺伝子（ftsZ, ftsI, dnaA, recA など）が亢進していた一方、細胞壁合成に関わる遺伝子群（mreB, mrdA, mrdB など）が大幅に発現抑制されていることが明らかとなった。これらの遺伝子の発現動態は、今後宿主の“共生細菌コントロール”因子を RNAi により解明するための良い指標になると考えられる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】昆虫、共生、微生物、進化

【研究 題 目】メダカの腸内細菌叢解析：魚類腸内細菌叢の機能解明に向けたモデル研究

【研究代表者】伊藤 英臣（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】伊藤 英臣（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、優れたモデル魚類のメダカに着目し、環境要因が及ぼす腸内細菌叢への影響と、腸内細菌叢の機能を評価する研究を行い、魚類腸内細菌叢の構造および機能解明のモデルとなるような研究を展開することを目標としている。

プロジェクト開始年の本年度はメダカの腸内細菌叢の構成メンバーの解明を試みた。ナショナルバイオリソース中核機関において継代飼育されている4種の保存系統のメダカ（ラボメダカ）について、その腸内細菌叢を16S rRNA 遺伝子の PCR アンプリコンシーケンシング法によって調べたところ、どの系統においても腸内細菌叢の95%以上は3門の細菌群（*Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes*）で構成されていた。より詳細な分類群を調べたところ、どの系統においても魚の日和見菌である *Aeromonas* 属細菌が最優占種であった。次に、関東、北陸、中国、九州地方の河川において採集した野生メダカの腸内細菌叢についても同様に調査したところ、ラボメダカではほとんど検出されなかった *Planctomycetes* 門、*Verrucomicrobia* 門、*Actinobacteria* 門の細菌群が高頻度に検出された。また、ラボメダカに共通して優占していた *Aeromonas* 属細菌は野生メダカの腸内ではほとんど検出されなかった。以上の結果から、人工的な飼育環境では実環境中とは異なる腸内細菌叢が形成される可能性が高いことが示唆された。

今後は異なる表現形質のメダカの腸内細菌叢を比較解析し、その原因となる細菌の単離・再感染実験系の構築を行い、腸内細菌の機能評価系モデルの提唱を試みる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】腸内細菌、メダカ、日和見菌、養殖

【研究 題 目】メタゲノム由来高機能β-グルコシダーゼの解析と応用

【研究代表者】松沢 智彦（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】松沢 智彦（常勤職員1名）

【研究 内 容】

β-グルコシダーゼはセロピオースなどを分解してグルコースを生成する酵素であり、セルロース系バイオマスの酵素糖化に極めて重要な酵素である。しかし、β-グルコシダーゼは反応生成物であるグルコースによって阻害（生成物阻害）されることが知られており、この生成物阻害はセルロース系バイオマスの酵素糖化におけるボトルネックとなっている。そのため、セルロース系バイオマスの酵素糖化に用いるβ-グルコシダーゼはグルコースに対して耐性（生成物阻害耐性）を有することが効率的な酵素糖化のために重要である。この問題を解決するために、環境微生物由来メタゲノムから生成物阻害耐性を有する高機能β-グルコシダーゼのスクリーニングを行った。大腸菌を用いたファンクショナルスクリーニングによって環境微生物由来メタゲノムから、多数の高機能β-グルコシダーゼを取得した。これらメタゲノム由来β-グルコシダーゼの解析を行い、酵素学的な諸性質を明らかにした。

また、β-グルコシダーゼの糖転移メカニズムを解明し、β-グルコシダーゼを用いたオリゴ糖生産に資する研究成果を得ることができた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】バイオマス、β-グルコシダーゼ、メタゲノム、酵素エンジニアリング、酵素糖化

【研究 題 目】メタン湧水帯に棲息する進化系統学的に極めてユニークな培養困難細菌のメタゲノム解析

【研究代表者】末永 光（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】末永 光（常勤職員1名）

【研究 内 容】

Planctomycetes 門細菌群は、系統分類学上においても細胞構造上においても、極めてユニークな微生物グループであるが、培養が非常に困難なため、今だにその機能や生態の多くが未知である。本研究は、申請者らが、メタンを含む湧水発地点（メタン湧水帯）で偶然発見した、「芳香環代謝」に寄与する新規な *Planctomycetes* 門細菌に着目し、謎に満ちている本細菌の生理的特徴と環境中での役割および適応進化の謎を解明するものである。昨年度までに、メタン湧水帯バイオマツより環境 DNA（メタゲノム DNA）を抽出し、メタゲノムライブラリの構築を行い、次世代シーケンサー（454 Life Science）を用いて塩基配列の決定を行った。本年度は、これら DNA の解析作業を行った。まずは、シーケンサーによって得られた短い DNA 配列のアセンブリ作業を

行った。異なるアルゴリズムを持つ2種のアsemblerを用いた結果、長さや品質において十分なコンティグを得ることができた。さらに、このコンティグに対し、バイオインフォマティクス手法を用いて、*Planctomycetes* 門細菌として推測されたコンティグのみを分類し、遺伝子解析に供した。現在までのところ、芳香環代謝遺伝子のほか、炭素固定、窒素代謝など中心的な代謝経路が確認されている。さらに、嫌気的な安息香酸の分解や、糖代謝など二次代謝に関する遺伝子群の存在も明らかになった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】微生物、ゲノム、メタゲノム、進化、海洋生態

【研究 題 目】リボソーム RNA の抗生物質耐性変異の網羅的解析

【研究代表者】宮崎 健太郎（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】宮崎 健太郎（常勤職員1名）

【研究 内 容】

抗生物質の主要なターゲットであるリボソームのうち、リボソーム RNA (rRNA) の耐性変異は研究蓄積に乏しい。これは、rRNA オペロンがゲノム中に複数存在し、耐性変異が一つ存在した場合でも表現型として現れないことによるところが大きい。我々は、大腸菌の rRNA オペロン欠損株を用い、単一の rRNA オペロンの機能を評価する仕組みを用い、抗生物質耐性変異を網羅的にスクリーニングしている。本課題では、上記手法で判明した耐性変異をデータベースとしてまとめることを目標としている。

大腸菌リボソームにおいて、16S rRNA を異種のもの置き換える手法により、門レベルで異なる細菌由来の、16S rRNA で翻訳機能が維持されることが判明している。本研究では、進化系統的により広範な細菌由来の、16S rRNA 遺伝子をスクリーニングすることを行っているが、PCR 増幅プライマーを再設計する過程で、活性に必須な pseudoknot 構造が乱れることにより、スペクチノマイシン耐性が出現することを見出した。

これまで発見された耐性遺伝子と大腸菌16S rRNA との配列の比較を行い、耐性に寄与すると予想される塩基変異を大腸菌16S rRNA に組み込み、耐性の評価を行っている。また、複数の塩基置換により耐性が出現する場合や耐性の程度に差が見られる場合など、これまでの一変異支配でない例が多く見出されており、これらの情報を整理している。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】リボソーム、大腸菌、抗生物質耐性

【研究 題 目】暗所に生きる細菌に体内時計は必要か？

【研究代表者】加藤 創一郎（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】加藤 創一郎（常勤職員1名）

【研究 内 容】

地球上のほとんどの生物は約24時間周期の体内時計（概日リズム）を有し、外界の日周変動を予測し適応している。しかし原核生物においては、シアノバクテリアなどの光合成微生物のみでしか概日リズムの存在が実証されていない。光以外にも温度や栄養供給などの環境要因が日周変動する環境が普遍的に存在することを考えると、暗所に生きる微生物にも概日リズムを持つ進化的メリットは多分にあるはずである。本研究では以下の2種類の実験を通して、非光合成微生物の持つ未知の概日リズムを実証することを目的とした。

(1) シアノバクテリアの時計遺伝子 (KaiC) ホモログを持つモデル微生物における概日リズムの実証実験：KaiC ホモログを持つ微生物として根粒菌 *Bradyrhizobium* sp. BTA 株を用いた。この菌はよく保存された KaiC ホモログを2コピー持つため、相同組み換えにもとづく遺伝子組み換えをそれぞれのコピーに対しておこない、二重破壊株を構築した。破壊株と野生株は様々な条件における生育速度には差はなかったが、明暗サイクルを与えた場合のバクテリオクロフィル生産量に有意な差がみられ、KaiC ホモログがこの微生物の概日リズムを制御している可能性が示唆された。

(2) 日周変動環境で良好に生育する微生物の集積培養：人為的に日周変動を与えるため、A) 周期的に温度を変化させる条件での土壌微生物の集積培養、B) 周期的に明暗環境を変化させる条件でウキクサを培養しその根圏微生物を集積培養、の2種類の実験をおこなった。Aの実験では温度サイクルの違いにより微生物群集構造は明確に変化し、*Pseudomonas* 属や *Flavobacterium* 属細菌の一部が24時間周期の変動環境でのみ有意に優占化していた。Bの実験では明暗サイクルの違いによりウキクサ根圏微生物の群集構造パターンに明確な変化が現れ、24時間周期のサイクルでのみ優占化する微生物種として *Sediminicoccus* 属、*Rhodococcus* 属細菌などを同定することができた。今後これらの微生物を純粋培養し、環境変動への応答を詳細に調べることで、概日リズムの有無を実証する予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】微生物、概日リズム、日周変動、植物根圏、時計遺伝子

【研究 題 目】遺伝子情報から探る未知の窒素固定微生物の生態と生物肥料としてのポテンシャル

【研究代表者】菅野 学（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】菅野 学（常勤職員1名）

【研究 内 容】

温室効果ガスの発生量増大や環境汚染の問題から、化学肥料の農耕地への投入量を低減した環境保全型農業への移行が求められている。しかし一方で、増加する世界

人口の食料を賄うことは緊急の課題であるために、農作物の生産量増加も同様に求められている。この「減肥」と「収量増加」のジレンマを解決するためには、微生物機能を最大限活用することが有効と考えられる。イネの体内から分離した *Streptomyces* 属に分類される放線菌株は、窒素固定する可能性が示唆されている。本研究は、当菌株の生態や生物肥料としてのポテンシャルを明らかにすることを目的とする。

まず、対象とする *Streptomyces* 属放線菌株の植物接種試験を行った。イネおよびシロイヌナズナの発芽種子に分離株を接種して無菌土耕栽培を行ったところ、地上部および根の長さや乾燥重量が未接種個体と比較して増大することを確認した。植物の生育促進に関与することが知られる、リン酸可溶化能やシデロフォア及びインドール酢酸様基質の生産能を試験したが、分離株はいずれの活性も持っておらず、他の要因が関与している可能性が考えられた。次に、次世代シーケンサーを用いて当菌株のドラフトゲノム解析を行った。さらに、*Streptomyces* 属放線菌用のトランスポゾンベクターやゲノム編集技術による遺伝子破壊株作製用の CRISPR-Cas9ベクターを入手して、接合伝達条件の基礎検討を完了した。今後は、得られたゲノム情報や遺伝子工学技術を駆使して、植物の生育促進に関与する遺伝子群の解明に取り組む予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】微生物、放線菌、植物共生細菌、肥料

【研究 題 目】遺伝子水平伝播に同調する新規プログラム細胞死の解明

【研究代表者】宮崎 亮（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】宮崎 亮、松尾 瞳
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

これまでの研究で、細菌が自身の染色体に潜む ICE と呼ばれる外来遺伝子領域の水平伝播と引き換えに、特殊なプログラム細胞死を起動し、死に至ることを発見した。本研究では、このプログラム細胞死を担う ParA-Shi という二つの新規因子の解析を進め、細胞死の分子メカニズムとその生物学的意義の解明を目的とした。

昨年度までに、ParA および Shi の転写開始点の決定ならびに shi 遺伝子への直接変異導入により、両遺伝子がタンパク質をコードしており、オペロンを構築していることが証明された。本年度は ParA および Shi にそれぞれ異なる蛍光タンパク質を融合させ、両タンパク質を細胞内でリアルタイムに可視化することに成功した。蛍光ラベルした両タンパク質を誘導発現すると、細胞成長阻害が再現できたことから、両タンパク質の機能は維持されていることが確認できた。同時に、それぞれのタンパク質の細胞内局在を明らかにすることができた。

今後、共焦点顕微鏡などのより高スペックの顕微鏡を

用いた観察を行うことで、細菌の遺伝子水平伝播に同調する新規細胞死メカニズムの解明が期待できる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】細胞死、微生物、遺伝子水平伝播

【研究 題 目】一年生植物シロイヌナズナを多年生にする

【研究代表者】藤原 すみれ（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】藤原 すみれ（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、一年生植物であるシロイヌナズナにおいてある転写因子を強く発現させた際に見られる多年生植物様の形質に主に着目し、解析することで、一年生植物と多年生植物の違いを生み出す未同定の要因を見つけるとともに、分子育種等に役立つ知見を得ることを目的としている。

当該転写因子はその機能に必要と考えられるドメインを二つ持っており、そのドメインを一つしか持たないスプライシングバリエーションが存在する。そこでスプライシングによる機能調節の可能性を検討するための形質転換体を作成し、各種条件下で栽培し解析をおこなった。その結果、この転写因子は、各種外的環境（日長など）による制御やそれらにより変化する内的制御（スプライシング制御など）を受けながら多様な役割を果たし、植物が適切に一年生植物として生長できるように機能している可能性を見出した。

また、当該転写因子の機能欠損株と類似した花成形質を示す NAC 型転写因子の機能欠損株やそのプロモーターなどについて解析をおこなった。その結果、その NAC は維管束などで発現する新規の花成抑制因子として機能し、その機能欠損株では花成ホルモン遺伝子などの発現が上昇することで早咲き形質を示すことなどを発見した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】植物、シロイヌナズナ、転写因子、多年生

【研究 題 目】海棲発光動物の発光における分子機構の解明

【研究代表者】三谷 恭雄（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】三谷 恭雄（常勤職員1名）

【研究 内 容】

新規生物遺伝子資源の獲得及びそのライブラリー化を目的として、特に海棲発光生物のルシフェラーゼ遺伝子をターゲットとして研究を進めている。発光生物の光は科学者のみならず多くの人を魅了してきた。また近年では、生きたままの動物で特定の組織などを検出するためのプローブとしてルシフェラーゼの有用性が指摘され、その利用が進められている。発光生物はおよそ700属に及ぶ多様な生物種からなり、特に甲虫等陸棲の発光生物

を中心に発光の分子機構が解明されてきた。しかしながら、その700属のうちおよそ8割が海棲生物と言われ、極めて多様性が高いと考えられる一方で、多くの海棲発光生物が手つかずのままとなっている。そこで、本研究では未解明海棲発光生物のルシフェラーゼ遺伝子を獲得することを目指している。また、こうした新たな遺伝子は発光という機能では共通しているが、基質が異なることから遺伝子もこれまでにないユニークな特徴を示すものであることが考えられるため、ルシフェラーゼを含む発光の分子機構の解明も目指している。今年度は発光ゴカイのルシフェラーゼ解明に注力し、遺伝子の特定とその組換えタンパク質としての発現を確認した。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 発光生物、ルシフェラーゼ

〔研究 題 目〕 共生系の季節適応：昆虫－微生物における共進化機構の解明

〔研究代表者〕 森山 実（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 森山 実（他1名）

〔研究 内 容〕

本研究は、昆虫とその体内に生息する必須共生微生物との間にみられる協調的な適応機構、とりわけ環境の季節変化に対する適応機構の解明に取り組み、高度な生物間相互作用の進化過程を理解することを目的とする。本年度は主に、重要な農業害虫であるチャバネアオカメムシの体色が越冬休眠にともなって、緑色から茶色に変化する現象の分子生理機構の解明に取り組んだ。組織形態学的観察ならびに LC-MS を用いた色素解析から、このカメムシのクチクラ外皮には青色色素が蓄積して地色となっており、春～秋の活動期においては黄色のカロテノイド系色素が表皮層に蓄積することで鮮やかな緑色を呈する一方、越冬休眠虫ではプテリジン系色素の一種である赤色のエリスロプテリンが表皮層に蓄積することで茶色の体色を形成することを明らかにした。一般に昆虫類はカロテノイド類を合成できないことから、活動期におけるカロテノイドの蓄積は外部からの供給に依存していると考えられるが、我々は実際に腸内共生微生物がゼアキササンチンをはじめとするカロテノイド類を合成していることを明らかにし、腸内共生微生物による物質供給が宿主昆虫の体色形成に関わっている可能性を示した。さらに、次世代シーケンサーを用いた遺伝子発現解析および RNAi 法による遺伝子機能解析を進め、色素合成や輸送体に関わる遺伝子を同定するなど、体色変化を誘導する分子生理機構を明らかにした。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 昆虫、共生、季節適応、腸内細菌、色素

〔研究 題 目〕 共生細菌が持つ雄殺し遺伝子の同定とその利用基盤技術の開発

〔研究代表者〕 安佛 尚志（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 安佛 尚志（常勤職員1名）

〔研究 内 容〕

ショウジョウバエの共生細菌スピロプラズマ *Spiroplasma* は、宿主の雄を胚発生期に殺す「雄殺し」と呼ばれる生殖操作をおこなう。これまで、スピロプラズマが難培養性であること等からミュータントスクリーニングやゲノム決定が困難であり、雄殺しの原因因子は特定されていなかったが、次世代シーケンサー等の解析技術の進歩によりスピロプラズマの全ゲノム解析も可能となった。そこで今年度は雄殺しスピロプラズマ2系統、雄を殺さなくなった突然変異スピロプラズマ1系統の全ゲノム決定を試みた。まず、スピロプラズマ感染ショウジョウバエから抽出した全 DNA（共生細菌ゲノムを10-50%含む）よりゲノムライブラリを作製し、次世代シーケンサーの PacBioRSII によるシーケンシング、ロングリードのアセンブルをおこなった。次に、得られたコンティグの相同性検索により、既知のスピロプラズマゲノムと高い相同性を示す10コンティグを各系統につき取得した。コンティグの合計長は約2.1 Mb で、先行研究で予想されていたゲノム長1.89 Mb を超えていた。ゲノム中には10-11コピーのファージ様配列が存在し、ゲノムの約10%を占めており、コンティグ結合を妨げる要因となっていた。各ゲノム上には2,400以上の遺伝子が推定され、そのゲノム上の位置も含めて3系統間で極めてよく保存されていた。雄殺し系統と非雄殺し系統間でゲノム中のファージ様配列の挿入位置や数に違いはなく、また大規模な挿入や欠失等の変異も検出されなかった。今後は遺伝子レベルの詳細な比較解析により、雄殺し遺伝子の同定を目指す。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 共生細菌、生殖操作、雄殺し、次世代シーケンサー、ゲノム、スピロプラズマ、ショウジョウバエ、ファージ

〔研究 題 目〕 酵母でのリシノール酸の生産に関する研究

〔研究代表者〕 植村 浩（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 植村 浩（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内 容〕

我々は石油資源に依存しないウレタン原料として注目されているリシノール酸 (RA) の酵母での発酵生産を研究している。RA は水酸基を含む特殊な脂肪酸なので通常の生物は合成できず、異種生物の RA 合成遺伝子を酵母に導入したが、酵母が死滅した。しかし RA に耐性を示す遺伝子 *plg7* を全遺伝子のスクリーニングより発見し、全脂肪酸の50%超の高い RA 生産に成功すると共に、*plg7* のリパーゼ作用により遊離の RA の細胞外への分泌生産に成功した。

酵母は本来脂肪酸や脂質を分泌できないため、従来は脂肪を細胞より抽出後、脂肪酸を更に分離・精製してい

たが、我々の系では既に遊離した脂肪酸を培養と同時に培地中に分泌できるため、従来法に比べて菌株の培養と脂肪酸精製の両面で大幅なコスト削減が期待される。しかし、酵母が脂肪酸や脂質を分泌できないため、その分泌機構や関連遺伝子に関する知見は皆無であったため、本研究では RA 分泌に関与する新たな遺伝子を同定することにより RA 分泌機構を解析し、分泌能力の向上した効率的な RA 分泌生産系の開発を目指した。

遺伝子ライブラリーより RA の分泌に関与する遺伝子のスクリーニング、また配列より脂質の代謝と輸送に関与すると考えられる遺伝子の網羅的に解析を行い、高発現により RA 分泌を促進する遺伝子を1種、逆に RA 分泌を阻害する遺伝子を3種分離することができた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】酵母、発酵生産、リシノール酸

【研究 題 目】 鉱物との電子授受にもとづく微生物酢酸生成代謝が生命初期進化に果たした役割を探る

【研究代表者】加藤 創一郎 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】加藤 創一郎 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究では「硫化鉄等の導電性金属鉱物に蓄えられた電気」を唯一のエネルギー源とした「還元的アセチル CoA 経路による酢酸生成反応」が初期地球環境における原始生命体の主要なエネルギー・炭素固定代謝であったとする仮説を提唱し、現存する冥王代類似環境を含む多種多様な環境から該当の代謝経路を有する微生物を集積・純粋分離し、初期地球環境において鉱物・微生物間電子移動にもとづく酢酸生成が初期生命進化のドライビングフォースたり得たことの実証を目的とする。

(1) 鉱物をエネルギー源とする酢酸生成微生物の集積培養：高温・高アルカリの冥王代類似環境（長野県白馬八方温泉）、および高温（各種温泉、堆肥等）、低 pH 環境（北海道美唄湿原土壌）、地下環境（北海道猿払炭鉱地下水）を微生物源とし、金属鉄を唯一のエネルギー源として利用する微生物の集積培養をおこなった。その結果、一部サンプル（美唄湿原土壌、猿払炭鉱地下水）で金属鉄酸化に依存した酢酸生成がみられた。

(2) 集積培養物の微生物群集構造解析：美唄湿原土壌、猿払炭鉱地下水に由来する集積物を対象に、16S rRNA 遺伝子配列にもとづく微生物群集構造解析の結果、それぞれの集積系で優占していた微生物種として *Clostridium magnum*（相 同 性 97.9%）、*Acetobacterium wieringae*（相 同 性 99.3%）のクローンが検出された。これらの近縁種はいずれも酢酸生成微生物であり、金属鉄酸化・酢酸生成により生育が可能な微生物であると予想される。現在これらの微生物の純粋分離を試みており、分離株による金属鉄酸化・酢酸生成の実証、ゲノム配列解析並びに酢酸生成遺伝子・細胞外電

子伝達遺伝子の特定と進化系統解析をおこなう予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】微生物、初期進化、酢酸生成、細胞外電子伝達、冥王代類似環境

【研究 題 目】 高効率・高感度な薬物代謝マルチアッセイシステムの開発

【研究代表者】三重 安弘 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】三重 安弘 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

目的：

シトクロム P450 (CYP) 等の薬物代謝酵素を含有するミクロソームを用いて、薬物の代謝率を計測することは、医薬品開発や薬物投与設計において極めて重要である。しかしながら、現在のアッセイ法は低感度かつ高コストで時間を要するといった問題を有している。本研究では、高感度かつ低コストで迅速な計測が可能な電気化学法を利用する新しいアッセイ法の開発を目指す。申請者は、最近 CYP 発現ミクロソームの薬物代謝反応が電極上で安定に進行する現象を見出した。本研究では、この現象の詳細な解明と同手法を活用した薬物代謝マルチアッセイシステムを開発する。これにより薬物研究の推進に大きく寄与できると考えられる。

研究計画：

これまでに見出している電極上での薬物代謝反応の安定化現象の詳細な解明を行い、得られる知見を基により好ましい系の探索を行い、電気化学薬物代謝アッセイに最適な電極系を見出す。更にその電極系を流路システムに展開することで、高効率・高感度な薬物代謝アッセイ法を開発する。

年度進捗状況：

本年度（3年目）は、昨年度に得られた電極上での CYP 酵素反応の持続性に関する知見の詳細な検討を行った。これまでの成果から、詳細な解明のためには精製単離酵素を用いた解析が必要であると考え、その調製を行い、それらを用いて電気化学酵素反応計測や反応生成物解析等を実施した。種々条件下での検討結果から、電圧印加により酵素分子の状態が変化しその持続性に影響することが考察された。

一方、前記検討を進める課程で、電気化学酵素反応駆動に対し従来よりも効果的な電極ナノ構造界面を見出し、当該研究目的達成のための有用性を鑑みてその解析等を行った。従来法と比較して、電極上の CYP 酵素の電気化学駆動効率が大きく向上している事を明らかにした。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】シトクロム P450、薬物代謝、高感度アッセイ、電気化学酵素反応

【研究 題 目】 昆虫一大腸菌人工共生系による共生進化

および分子機構の解明

【研究代表者】 深津 武馬 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 深津 武馬、古賀 隆一、細川 西出、
雄大 貴弘、谷藤 直子、上野 朝賀、
雅楽 翔子 (常勤職員2名、他3名)

【研究内容】

生物界において微生物との高度な共生関係が具体的にどのように始まり、成立したのかは進化生物学における重要な問題である。最近私たちは、チャバネアオカメムシという昆虫において、生存に必須な腸内共生細菌が自然集団で顕著な多型を示すことを発見した。さらに、もとの共生細菌と大腸菌の置換により、正常な感染局在を示し、垂直伝達され、継代維持が可能であり、さまざまな操作実験や分子遺伝学の適用が可能な人工共生系の創出に成功した。本研究課題では、この画期的なモデル共生系について、実験進化的アプローチ、ゲノム科学的アプローチおよび分子遺伝学的アプローチを駆使し、共生進化の過程および機構の本質に関する理解を従来なし得なかったレベルにまで深めることをめざす。

- 6種の共生細菌ゲノム解析：チャバネアオカメムシの腸内共生細菌 B, C, D, E, F について完全長ゲノム配列の決定に成功した。共生細菌 A, B についても高精度の概要ゲノム配列を取得した済みである。
- 共生細菌フォスミドライブラリー導入大腸菌のスクリーニングによる共生関連遺伝子候補の網羅的取得：共生細菌 C についてゲノムの91.7% (染色体は90%、プラスミド1は95%、プラスミド2は100%) をカバーする366クローンの1次スクリーニングを完了し、15の候補クローンを選抜した。うち4クローンは互いに大きくオーバーラップしており、約13 kbの共通領域およびその近傍の11遺伝子が候補として浮上した。
- 大腸菌人工共生進化実験：DNA ミスマッチ修復酵素遺伝子 *mutS* を欠損させた高速進化大腸菌系統 *mutS* を感染させた宿主カメムシの累代飼育により、いくつかの系統が不安定ながら最高で80%を超える非常に高い羽化率を示しはじめた (大腸菌感染虫の羽化率は通常10%程度かそれ以下)。さらに、それらの大腸菌系統のコロニーは小型で隆起しており、もとの系統の扁平なコロニーと形態的な差異を示した。
- C の全ゲノムの9割以上をカバーする385クローンをスクリーニングし、約30の有望なクローンを得た。これらのうち4つのクローンのオーバーラップ領域上に存在する7つの遺伝子を有力な共生関連遺伝子候補と同定し、遺伝子導入大腸菌を作成するなど詳細な解析を進めた。
- その他のカメムシ類における共生細菌の多様性や生物機能の探索：チャバネアオカメムシおよび近縁種における共生細菌の垂直伝播のための雌特異的中腸器官の発見 (Hayashi et al. 2015) ; クヌギカメムシ類における共生細菌入り卵塊ゼリーの生物機能の解明

(Kaiwa et al. 2014)、17科77属108種310集団のカメムシ類における *Sodalis* 属共生細菌の検出 (Hosokawa et al. 2015)。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 昆虫、共生細菌共生細菌

【研究題目】 昆虫内部共生の成立に関わる共生細菌の遺伝的基盤

【研究代表者】 菊池 義智 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 菊池 義智、竹下 和貴、岡本 恵
(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

我々は昆虫にみられる宿主-細菌間相互作用の分子機構の総合的理解を目指し、昆虫では例外的に共生細菌の培養と遺伝子組み換えが可能なホソヘリカメムシ-*Burkholderia* 共生系を対象に研究を行っている。本研究の全体構想は以下ようになる：①培養時と共生時における共生細菌の遺伝子発現比較により共生時に特異的に発現する遺伝子を同定；②共生時に特異的に発現亢進する遺伝子の欠損株を作成し機能解析を行う；③得られた知見を統合し、内部共生の遺伝的基盤を網羅的に解明する。具体的には、ゲノムが解読されているいくつかの*Burkholderia* 共生細菌株について培養時と共生時のトランスクリプトーム比較を行い、共生時に発現亢進する遺伝子を特定し、高精度に共生関連遺伝子の取得を行うことを目的とする。本年度は、培養時と共生時における共生細菌の遺伝子発現比較により共生時に特異的に発現する遺伝子の同定を試み概ね成功することができた。その結果、*Burkholderia* 共生細菌は、(1) 共生時特異的にタウリンなどの含硫有機物の代謝が大幅に亢進すること、(2) 新規 ABC トランスポーターなど輸送系の遺伝子が発現亢進すること、(3) 鞭毛などの運動生に関わる遺伝子の発現は大きく低下すること、などが明らかとなった。試験結果についてさらに精査する必要があるが、カメムシとの共生における *Burkholderia* の性状変化やその機能にも迫る成果を得ることができた。これらの遺伝子は次年度以降遺伝子欠損株を作成する際の候補になると考えられる。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 昆虫、共生、微生物、進化

【研究題目】 糸状菌におけるリボソームペプチド生合成経路の合理的探索

【研究代表者】 梅村 舞子 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 梅村 舞子 (常勤職員1名)

【研究内容】

糸状菌は生理活性を有する多くの生理活性物質を二次代謝経路により産生する。本研究では、二次代謝経路の一つであり近年糸状菌で見出されたリボソームペプチド生合成経路 (Umehura et al., Fungal Genetics and

Biology, 68, 23-30, 2014) に関する知見を元に、ゲノム情報と代謝物情報から糸状菌における同種の経路を生合成化合物とともに複数同定することを目的とする。本経路では化合物の骨格構造がそのまま前駆体タンパク質遺伝子に書き込まれているため、遺伝子改変による化合物デザイン系の遺伝子シーズとして有望である。

H27年度は、前年度に *Aspergillus flavus* において見出した新規リボソームペプチド生合成経路と対応化合物の候補について、複数の培養条件下での遺伝子発現情報から本生合成経路に含まれると考えられる前駆体タンパク質候補以外の遺伝子を推定して各遺伝子破壊株を作成し、代謝物における候補 LC-MS ピークの消失を確認した。また該当 LC-MS ピークに対応する化合物を精製・解析した結果、本化合物が新規な構造を持つ分子量809の環状ペプチドであることが分かり、asperipin-2a と命名した。さらに、*A. flavus* において新たに一つの新規候補生合成経路と対応化合物のセットを見出した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】真菌類、環状ペプチド化合物、リボソームペプチド生合成経路、質量分析

【研究 題 目】持続型アンチ miRNA 創薬の開発と心疾患治療薬への展開

【研究代表者】小松 康雄（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】小松 康雄、平野 悠
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

昨年度までに、DNA および2'-O-methyl RNA（以下 MeRNA）のクロスリンク（以下 CL）2本鎖が、隣接する1本鎖上における RNA とのハイブリを高度に安定化する特性を有することを明らかにした。H27年度でははじめに、CL 構造を有する MeRNA は DNA に対しても親和性を上げることを確認した。通常1本鎖 MeRNA では DNA に対しては安定な結合が困難なことから、CL は核酸の本来の性質を変える可能性を有することを見出した。

また MeRNA で合成した miRNA との相補的配列は、miRNA の機能を配列選択的に抑制する anti-miRNA oligonucleotide (AMO) として作用する。昨年度までに、AMO の両末端に CL2本鎖構造を導入した場合、miRNA 抑制活性が最も上昇することを明らかにした。H27年度では、AMO 分子内の様々な部位に CL2本鎖を導入し、HeLa 細胞内における miRNA 抑制活性を評価した。その結果、CL2本鎖の導入部位と miRNA 抑制活性は明確に相関し、さらに最適な導入部位が有ることを見出した。また、それぞれの CL2本鎖を有する AMO は、miRNA - タンパク質複合体 (RISC) に作用することで効果を示すことも確認した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】核酸化学、DNA、核酸医薬、miRNA、

RNA

【研究 題 目】次世代シーケンシング技術を利用したアブラムシ社会の分子基盤および進化に関する研究

【研究代表者】杓掛 磨也子（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】杓掛 磨也子（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究課題では、階級分化、社会行動、齢差分業といった興味深い現象を示すさまざまな社会性アブラムシを対象に、次世代シーケンサーを用いた RNAseq 解析をおこない、アブラムシ類における社会機構の至近メカニズムを網羅的かつ包括的に探るとともに、進化起源の異なる兵隊間でのトランスクリプトームの比較から、兵隊がいくつもの系統で独立に複数回進化してきたアブラムシ社会性の進化を遺伝子レベルで解明することを目的とする。

今年度は、これまでに同定されたササコナフキツノアブラムシのゴール世代兵隊で高発現するカルパイン遺伝子について詳細な解析をおこなった。リアルタイム RT-PCR の結果、兵隊におけるカルパイン遺伝子の発現量は約500-800倍上昇しており、RNAseq の結果とほぼ一致した。タンパク質レベルでは、推定分子量に近い約90kD のタンパク質が兵隊で多く存在しており、特異的ペプチド抗体を用いたイムノブロット解析でシグナルが認められた。RNAseq 解析から得られた遺伝子配列を精査したところ、ササコナフキツノアブラムシには少なくとも4つのカルパイン遺伝子が存在し、兵隊特異的タイプ以外の3遺伝子はどの個体でも同程度に発現する構成的発現パターンを示した。ササコナフキツノアブラムシ以外の種では、兵隊特異的カルパインのオーソログ配列が見つからなかったことから、発現量が極めて低い、または遺伝子がゲノムに存在しない可能性が示唆された。以上の結果から、1) 兵隊特異的カルパインは多重遺伝子族の中の1コピーから進化した、2) この分子進化イベントはササコナフキツノアブラムシでのみおこったことが明らかになった。現在、兵隊特異的カルパイン遺伝子の生物機能について明らかにするため、*in situ* ハイブリダイゼーションや免疫組織化学による組織発現解析を進めている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】社会性昆虫、兵隊アブラムシ、遺伝子発現、進化

【研究 題 目】植物発現組換えタンパク質の安定的蓄積に関する研究

【研究代表者】松尾 幸毅（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】松尾 幸毅（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、植物を利用した組換えタンパク質の生産に

において、植物細胞内での組換えタンパク質の分解を防ぐことによって、その生産量を向上させるための技術開発を行うことを目的とする。具体的には、各種生物由来のプロテアーゼインヒビターを、遺伝子組換え技術により植物体内で一過性もしくは恒常的に発現させることで、植物細胞内におけるタンパク質分解酵素の機能を不全もしくは弱め、植物体内での組換えタンパク質の分解を抑制する技術の確立を目的とする。このことにより、植物体内における組換えタンパク質の安定性が向上し、その蓄積量を大幅に増加させることが可能であると考えられる。また、植物細胞内における不安定さから生産困難であると考えられる組換えタンパク質の生産が可能になることも期待される。

2015年度は、組換えタンパク質とプロテアーゼインヒビターを同時に植物体において一過性発現させ、その効果を検討した。

モデルタンパク質およびプロテアーゼインヒビターを *Nicotiana benthamiana* において一過性発現させた。インフィルトレーション処理後3日目の葉試料についてモデル蛋白質発現状況をウエスタンブロットにより解析した結果、モデル蛋白質単独で発現させた際にはモデル蛋白質の生産は認められなかったが、モデル蛋白質とプロテアーゼインヒビターを同時に発現させた場合、モデル蛋白質生産が確認された。本研究の結果、植物において組換えタンパク質をプロテアーゼインヒビターと共発現させることで、安定な生産が可能となることが示唆された。また、多数のベクターについてその機能性を簡便に検討する必要が生じたことから、簡便なアグロインフィルトレーション法を開発した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】物質生産、遺伝子組換え植物

【研究 題目】新規マーカーによる NASH 予防・診断・治療のための食品・薬剤探索システムの構築

【研究代表者】森田 直樹（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】森田 直樹（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

わが国では、メタボリック症候群の増加とともに、非アルコール性脂肪性肝炎（NASH: Non-Alcoholic Steato-Hepatitis）患者の増加が問題視されてきている。単純性の脂肪肝とは異なり、NASH の病態は進行性で、肝の傷害と炎症が持続し、最終的に肝硬変・肝癌にいたると考えられるためである。我々は、これまで肝とストレスの研究を進めてきており、脂肪肝さらには NASH への移行の病態メカニズムを明らかにしてきた。最近になり NASH 進行のキーとしてマーカーとなる分子 p62 を同定することに成功した。本研究ではそれらの成果に基づき、臨床研究によりマーカー分子の臨床病態的な意義・重要性をより詳細に検討し、同時に脂肪肝から

NASH 病態への移行を阻止するために有効な薬剤・機能性食品のスクリーニングシステム（細胞・小動物モデルによる）の開発を目的とする。

今年度は、血液中 p62測定用 ELISA キットの開発に向け、種々の検討を行った。また、臨床検体を用いて、p62及び関連分子の発現を検討した。機能性食品のスクリーニングシステム構築のために、p62タンパク質遺伝子のプロモーター領域を利用し、レポーターアッセイの構築を行った。現在、作動を検証中である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】非アルコール性脂肪性肝炎（NASH: Non-Alcoholic Steato-Hepatitis）、脂肪肝、マーカー分子、機能性食品、メタボリック症候群

【研究 題目】水二酸化炭素によるバイオマス新規糖化法の開発

【研究代表者】佐々木 正秀（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】佐々木 正秀、加我 晴生、清水 弘樹（常勤職員3名）

【研究 内容】

本研究は木質系バイオマスの化学原料化を目指して、水と二酸化炭素のみで木質系バイオマスの糖化反応を行い、種々の化学原料となるグルコース、キシロースを効率的に生成することを目的とする。まず、1段目の水熱反応に関して、反応初期（昇温過程）でもリグニン由来の分解生成物が抽出されることが判明した。この結果は木質系バイオマス中のセルロース、ヘミセルロース由来成分を効率的に抽出するためには、水熱反応での抽出率の向上が必須であることを示唆している。そこで過度の分解を抑制し、かつ高い抽出率が得られる条件探索を行った。酢酸共存下反応温度260℃、60 min でバイオマスのほぼ全量の可溶化に成功した。また、ここで得られた抽出物の4%硫酸による加水分解を行った結果、66%の収率で単糖を得ることができた。この値は従来法である硫酸（72%、4%）による加水分解（69%）とほぼ同等であり、この結果より酢酸共存下での水熱反応では過度の分解（単糖の分解）はほとんど起こっていないことが明らかになった。

オリゴ糖成分の超臨界二酸化炭素による分解挙動に関しては、昨年度の引き続き、水熱反応実験で得られたオリゴ糖成分を反応物として回分式反応装置による超臨界二酸化炭素共存下での実験を行った。二酸化炭素を用いた実験では、超臨界状態での二酸化炭素の高い拡散性のため、正確な反応評価は連続反応装置の使用が不可欠であることが判明した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】サステイナブルケミストリー、バイオマス、化学原料化、水、二酸化炭素

〔研究題目〕全ゲノム操作が拓く難培養細菌の遺伝子工学

〔研究代表者〕柿澤 茂行（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕柿澤 茂行、沼崎 るみ
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

難培養細菌（難培養性細菌）と呼ばれる細菌は、培養が不可能もしくは非常に困難な細菌である。難培養細菌は決して珍しいものではなく、近年のメタゲノム解析などの台頭により、環境中の微生物の99%以上は培養できないことが明らかとなり、これにより新たな微生物像が浮き彫りとなった。これらの難培養細菌は、その全ゲノム配列を決めることで多くの知見が得られる一方で、遺伝子のノックアウトや過剰発現ができないという技術的な欠陥のため、その遺伝子の機能についての確実な証明はほとんどされていないのが現状である。この難問は、今後の微生物学の発展において乗り越えねばならない大きな障壁（難培養の壁）である。本研究は、近年開発された「全ゲノム操作技術」を応用することで、難培養細菌の培養および遺伝子操作系の開発を目指し、難培養細菌の持つ多様な機能を解明することを目的とする。

今年度は、難培養性細菌の全ゲノムをクローニングするためのベクターのテストを行った。このベクターは、酵母人工染色体ベクターに、マイコプラズマ用の耐性マーカーを加え、かつマイコプラズマ細胞内での複製に必須な OriC 領域を保持したものである。これを用いて大きなゲノム断片のクローニングを行ったところ、酵母においてインサートが入っていない空ベクターが得られる比率が大幅に上昇してしまった。この原因を探るべく様々なテストを行ったところ、OriC 領域に存在すると思われる酵母の複製開始点によって、ベクターのみのクローンが多数得られてしまう可能性が示唆された。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕ゲノム、細菌

〔研究題目〕多段シントロフィーによるアミノ酸・分枝鎖脂肪酸分解微生物群の動態解明

〔研究代表者〕成廣 隆（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕成廣 隆（常勤職員1名）

〔研究内容〕

嫌気環境におけるアミノ酸分解を担う微生物群の多様性を解明するため、代表的な人工的嫌気環境である都市下水処理プロセスの消化タンクから汚泥試料を70種程度採取し、それらの汚泥を構成する微生物群の多様性を、MiSeq シークエンサーを用いた16S rRNA 遺伝子プロファイリングにより解明した。その結果、*Deltaproteobacteria* 綱に属する嫌気性共生細菌、*Methanoculleus* 属等の水素利用メタン生成アーキア、*Methanosaeta* 属等の酢酸利用メタン生成アーキア、*Bacteroidetes*、*Chloroflexi*、*Spirochaetes*、

Synergistetes 等の既知の門に属する微生物群、さらに“Ca. Cloacimonetes”（WWE1 グループ）や“Ca. Aminicenantes”（OP8グループ）等の未知・未培養門に属する微生物群が高頻度で存在することが明らかとなった。また、アミノ酸を高濃度に含む食品系工場廃水を処理する嫌気性リアクターから汚泥を採取し、ロイシン、イソロイシン、バリン等のアミノ酸、および2-メチル酪酸、イソ酪酸、イソ吉草酸等の脂肪酸を唯一の基質とした集積培養物を構築し、アミノ酸・分枝鎖脂肪酸を分解可能な集積培養物の構築を開始した。さらに、アミノ酸の分解から生じる分子鎖脂肪酸の一種である2-メチル酪酸を分解する嫌気性共生細菌 *Syntrophomonas wolfei* subsp. *methylbutyrytica* のゲノム解析を実施し、2-メチル酪酸分解に関連する代謝経路を遺伝子レベルで特定した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕微生物、廃水処理プロセス、微生物ゲノム、未知微生物

〔研究題目〕大腸菌リボソームの可塑性と表現型進化の機構解明

〔研究代表者〕宮崎 健太郎（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕宮崎 健太郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標：

大腸菌リボソームを様々な改変することで、表現型の変化した大腸菌宿主ライブラリーを創成する。本方法を様々な用途に応じた宿主の創成に活用する。

研究計画：

大腸菌リボソームの中核因子の一つを変異させることで様々な翻訳特性を有する大腸菌を創成する。とくにリボソーム RNA (rRNA) に着目し、多様な rRNA を環境 DNA からクローニングし、大腸菌に組み込む方法をとる。

研究進捗状況：

16S rRNA 遺伝子クローニング用の PCR プライマーを再設計し、環境 DNA より増幅した16S rRNA を発現ベクターに組み込み、大腸菌の *rrn* オペロン完全欠失株を宿主として機能スクリーニングを行った。生育の不良な小さなコロニーを集中して解析した結果、大腸菌とは門レベルで異なるアシドバクテリア門由来の16S rRNA 遺伝子により生育相補可能なことを見出した。変異株の増殖は倍加時間の低下を招いたが、栄養培地で2週間程度連続培養を行ったところ、系統的に異なるいくつかの増殖復帰株が得られた。これらの株のゲノム解析を行ったところ、2種のリボソームタンパク質内で複数の変異が見つかった。16S rRNA 遺伝子は compensatory neutral mutation を蓄積して進化することが知られている一方、今回の結果は、リボソームタンパク質とも共進化していることを実験的に証明している。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 リボソーム、大腸菌、宿主

〔研究題目〕 適応放散における進化-生態フィードバックの寄与：微生物モデル系による実験的解析

〔研究代表者〕 山本 京祐（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 山本 京祐（他1名）

〔研究内容〕

本研究は、微生物の素早く進化する性質を利用して、他種との競合関係が進化に及ぼす影響さらには進化が種間の関係に及ぼす影響を実験的に明らかにするものである。2種の細菌、緑膿菌と黄色ブドウ球菌（以下 PA および SA）を実験室内で繰り返し混合培養し、どのような進化が起こるか、またその結果として種間関係がどのように変化するかを解析することで、生物の進化過程における進化-生態フィードバック（進化現象と生態現象とが互いの動態に影響を及ぼしあう現象）の重要性を解明することを目的とする。実験で得られた進化株について、ゲノム上の突然変異の検出や、各種生理学的性質変化の解析をおこない、群集・進化動態に寄与する種間相互作用を同定するとともに、その分子基盤を解明する。本年度は PA 進化軌道の詳細な解析と、PA 進化株および SA 進化株の特徴付けをおこなった。

PA 単独培養系と PA-SA 混合培養系とで PA 集団の進化軌道を比較したところ、混合培養系では培養初期に PA 集団の多様性が低下しており、これは SA の存在が特定の PA 進化株の出現および優占化を促進していることに起因していた。このように病原菌の進化、とくに短いタイムスケールでの迅速な進化に種間の相互作用が寄与することが示された。一方、共存する SA の進化株についても生理解析をおこなったところ、生育の速度やパターンが変化したものが検出され、PA の進化動態変化に対応して SA の進化動態も変化していることが示唆された。したがって、相互作用する両種の進化には生態-進化フィードバックが深く関与していると考えられた。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 細菌、種間相互作用、競争、共進化

〔研究題目〕 電気化学顕微鏡を用いた心筋細胞解析技術の開発

〔研究代表者〕 平野 悠（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 平野 悠（常勤職員1名）

〔研究内容〕

創薬において、新規薬剤候補の心臓へ与える影響の評価は必須となっており、心筋細胞を利用して拍動パターンを解析するアッセイ系などが利用されている。しかしながら、測定対象となる生体から取り出した細胞は、目的以外の細胞を含んでいることから定量性に課題があった。また、心筋細胞では代謝活性が薬理作用の評価へ重

要となると考えられるが、細胞レベルで拍動パターンと酸素消費、グルコース消費などを評価することは困難だった。本研究では、生細胞を対象に、非接触かつ多機能な観察が可能である走査型電気化学顕微鏡（SECM）を利用して、心筋細胞の動き、代謝活性を一細胞レベルで解析可能なシステムの開発を目指している。これまでに、マイクロ電極を利用した心筋細胞の動きと酸素消費を細胞レベルで評価し、強心剤や拍動パターンを乱す薬剤の作用評価への応用可能性を示した。

電極表面に酵素を固定化することで、グルコースや乳酸濃度を測定可能なセンサーが開発されているが、マイクロ電極は電極表面積が極めて小さいことから酵素の固定化が難しく、酵素固定化マイクロ電極はほとんど開発されてこなかった。そこで、酵素をマイクロ電極先端に選択的に固定化し、細胞レベルでのグルコース消費の評価を目指している。これまでに、DNA を足場として利用することでマイクロ電極先端に二種類の酵素を固定化し、グルコース濃度を測定可能であることを示した。今後、酵素固定化マイクロ電極と心筋細胞を評価可能な SECM を統合し、細胞レベルでの拍動パターンと酸素消費、グルコース消費の評価へ展開していく予定である。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 電気化学、走査型電気化学顕微鏡、心筋細胞、一細胞分析

〔研究題目〕 同一ゲノムから生じる2種類の生物社会の進化機構

〔研究代表者〕 植松 圭吾（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 植松 圭吾（他1名）

〔研究内容〕

社会性アブラムシの一部の種では、その生活環において宿主植物を変更し、それぞれの世代（1次宿主世代・2次宿主世代）で異なる2種類の社会を形成する。本研究では、それぞれの社会を構成する個体の表現型および遺伝子発現の類似性を複数種で詳細に解析することで、同一ゲノム上で異なる社会性が進化・維持されるメカニズムの理解を目指す。本年度はワタムシ族・*Colophina* 属のクサボタンワタムシの1次宿主世代を新たに採集し、RNA 抽出および遺伝子発現解析を行った。各宿主世代について、1次宿主世代は1齢幼虫・2齢幼虫・3齢または4齢の翅芽幼虫・無翅成虫、2次宿主世代は兵隊1齢幼虫・普通1齢幼虫・3齢または4齢の翅芽幼虫・無翅成虫、計8種類のモルフから totalRNA を抽出し、cDNA ライブラリーを調製し、基礎生物学研究所の次世代シーケンサー illumina Hiseq によって配列を明らかにした。その後、前年度の結果と合わせた *Colophina* 属3種のデータについて、統計ソフト R を用いて、モルフごとの発現量の違いについて、特に兵隊に着目して解析を行った。その結果、いずれの種においても「1次宿主において、兵隊として機能する1齢幼虫で他モルフと有意に発現が

異なる」遺伝子と「2次宿主において、不妊の兵隊1齢幼虫で他モルフと有意に発現が異なる」遺伝子は、ランダムに期待されるよりも有意に高い共通性を示したことから、異なる宿主世代で生じる2種類の兵隊に共通の発生プログラムが存在することが示唆された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】社会性アブラムシ、社会性昆虫、表現型多型、RNA-seq

【研究 題 目】氷の再結晶化を阻害する不凍タンパク質機能の定量的解明

【研究代表者】津田 栄（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】津田 栄（常勤職員1名）

【研究 内 容】

通常の氷は無数の氷の単結晶すなわち氷核が再結晶化を起こし互いに固く結びついたものである。一方、不凍タンパク質と呼ばれる物質の水溶液を凍らせると通常の氷は出来ず、互いに結びつかない氷核の集合状態になることが知られている。これは不凍タンパク質が無数に氷核表面に結合することで氷核の再結晶化を阻害するためと考えられているが、その機能を定量的に解明する試みは殆ど行われていない。近年、日本国内に生息するカレイ、ワカサギ、ギンゴ等の魚類から様々なアミノ酸組成と構造をもつ不凍タンパク質が発見され、その天然物と遺伝子組換え物を大量に生産する技術が開発されている。本研究は、界面前進凍結濃縮理論またはオストワルド・ライブニング理論を適用することによって、複数の不凍タンパク質の再結晶化阻害機能を定量的に解明することを目指している。今年度は、30%スクロース等の添加物を含まない場合について不凍タンパク質の再結晶化阻害機能を調べた。2枚のガラス板と U 字型ゴム板で作製した容器の中に赤インクを含む不凍タンパク質水溶液を入れ、これを汎用の冷凍庫内で観察することで不凍タンパク質の再結晶化阻害機能を定量する方法を考案した。不凍タンパク質を含まないときにはガラス板の下方に赤インク成分が濃縮したが、不凍タンパク質を含むときには赤インクがガラス板の全体に均一に分散した。この赤インクの分散状態は不凍タンパク質の種類や濃度に依存して変化した為、画像解析ソフトを用いることで再結晶化阻害濃度の定量が可能と考えられた。この装置を用いることで今後は更に詳細な定量的解明を行う予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】不凍タンパク質、氷核再結晶化阻害

【研究 題 目】放線菌における系統分類と生産物質のデータベース化と新規生産株の簡易検出法の開発

【研究代表者】北川 航（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】北川 航（常勤職員1名）

【研究 内 容】

放線菌の詳細な系統分類を1つの遺伝子で行うために適したものは *gyrB* (DNA ジャイレースサブユニット B) もしくは *rpoB* (RNA ポリメラーゼβサブユニット) である事がこれまでに分かっている。ロドコッカス属細菌は近年抗生物質生産菌としても広く認識されてきていることから、また公開データベースにもストレプトマイセス属放線と比べて数が少ない事から、本属の *gyrB* 遺伝子を広く解析した。既に抗生物質（抗菌タンパク・ペプチドを含む）を生産する事が明らかになっている25株に加え、非生産株約30株の遺伝子配列を取得した。また公開データベースからも30株程度取得したが、短い部分配列である場合が多く、極めて保存性の高い本遺伝子において詳細な解析は不向きな場合が多かった。系統解析の結果、同じ抗生物質を生産するグループは系統的に極めて近い集団である事が改めて示された（1233塩基にわたって完全に同一の配列）。しかしその他の株は特に目立ったブランチを形成せず、それぞれお互いに少しずつ離れた系統である事が示された。これらの株は抗生物質生産菌とは認識されていないが、もし活性がある株であれば *gyrB* 配列のみで既知の生産菌とは区別されたはずであり、判別法としては少なくともロドコッカスでは可能であった。データベース化の作業としては既知の抗生物質生産菌の物質、16S rRNA 遺伝子、*gyrB* 遺伝子配列の整理を進めた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ロドコッカス、抗生物質、系統分類

【研究 題 目】冥王代類似環境微生物

【研究代表者】鎌形 洋一（新学術領域・冥王代生命学の創成・計画班代表 生物プロセス研究部門）

【研究担当者】鎌形 洋一、玉木 秀幸、柿澤 茂行（常勤職員3名、他1名）

【研究 内 容】

本計画研究班では、冥王代類似環境やその周辺熱水環境に棲息する微生物のゲノム解読、培養化、生理生態機能の解明を通じて、最終的に原始的な生命体のゲノムや生物機能の痕跡に迫ることを目的とするものである。本年度は1) 白馬八方蛇紋岩熱水系において優占的に存在している微生物の多様性ならびに代表微生物のゲノム構造を明らかにした。2) ゲノム構造解析ならびに比較ゲノム解析によって当該微生物群の特徴的なゲノム情報の抽出に成功した。3) このうちエネルギー獲得系に関わる代謝遺伝子に着目し、網羅的比較ゲノム解析を行い、その系統的な位置を明らかにした。4) 当該環境に生存する微生物は培養が極めて困難であることから熱水系の大規模サンプリング、中空糸膜による濃縮、培養を試みた。5) 蛇紋岩熱水系微生物群から得られたゲノムを培養可能な微生物に移植する大規模ゲノム操作系の基礎技術開発に成功した。6) 地下圏熱水系で蛇紋岩熱水系と共通

すると思われるエネルギー代謝系を有する微生物の分離培養に成功した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕生命の起源、熱水系地下環境、微生物生態系、系統進化

〔研究題目〕陸域地下圏の未知アーキア系統群：環境ゲノム情報と培養技術で切り拓くその新生物機能

〔研究代表者〕 玉木 秀幸（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 玉木 秀幸（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、陸域地下圏環境に棲息する未知アーキア群とその周辺微生物の実体を明らかにし、重要な生物地球化学プロセスにおいて地下圏の未知微生物群が果たす役割の解明を目指している。今年度は、まず深部油層環境や地下湧熱水環境の地下圏サンプルを採取するとともに、地化学的分析まらびに微生物群集の組成と多様性解析を実施した。昨年度と今年度の解析結果から、陸域の地下圏環境の微生物群集構造は比較的安定しており、またいくつかの地下圏環境においては門や綱レベルの未培養系統群に属するアーキアやバクテリアが優占し、また安定して存在していることが明らかとなった。

またメタゲノム解析ならびにシングルセルゲノム解析により、いくつかの未知アーキアならびにバクテリアのゲノム断片の獲得に成功した。特に、門レベルの未知・未培養アーキア系統群については、バイオインフォマティクス解析により90%以上の完全性を有したゲノムの再構築に成功した。現在、そのゲノム情報から未知アーキアの基幹代謝情報の解析を行っているが、同アーキアが地下圏の炭素循環において重要な役割を果たしている可能性が示唆されている。

また未知アーキアや未知バクテリアが豊富に存在する地下圏環境試料を採取し、集積培養化を試みている。これまでに、門レベルや綱レベルの未知アーキアと未知バクテリアの集積培養化に成功しており、上記のゲノム情報とあわせて、それらの新生物機能の解明ならびに地下圏環境における生理生態機能の解明に役立てる予定である。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕陸域地下生命圏、未知アーキア、新生物機能、生物地球化学プロセス、環境ゲノム解析、培養技術、地下微生物

〔研究題目〕膵癌における新たな細胞内分子ターゲットによる生物学的診断・治療法の開発

〔研究代表者〕 森田 直樹（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 森田 直樹（常勤職員1名）

〔研究内容〕

膵癌細胞において、生存能・転移能・増殖能・薬物耐

性・抗低酸素能などに関して、ある種の蛋白質（pXY）が関係しているかを細胞生物学的・分子生物学的に検討することを目的とした。

pXY は、マウスの各臓器にてユビキタスに発現しており、特に脳・心・肝・腎組織においてより多くの蛋白質発現が認められた。しかしながら、膵組織においては、pXY 蛋白質の発現は検出できなかった。pXY 遺伝子は、ほぼ全ての臓器にて発現していたが、正常膵組織では殆ど発現が認められなかった。これらより、正常マウス膵組織においては、pXY の遺伝子および蛋白質の発現は認められないことが確認された。

同時に、種々のヒト癌細胞株を用いて、癌細胞における pXY 蛋白質発現を確認した。肝細胞癌細胞株（Huh-7、HepG2）、大腸癌細胞株（SW480）、扁平上皮癌細胞株（HeLa）、神経芽細胞種細胞株（SK-N-AS）、腎癌細胞株（ACHM）、膵癌細胞株（Panc-1、AsPC-1）を検討したが、膵癌細胞株にて最も強い発現を得た。他の癌細胞では、腎癌細胞株、神経芽細胞種細胞株、肝細胞癌細胞株において、中等度の発現を認めた。

上記の結果から、特にヒト膵癌細胞株（Panc-1、AsPC-1）に対して検討を行った。pXY 分子発現量とともに活性化に必要なリン酸化を検証した。既存の抗体を用いて Ser351および Ser403に対するリン酸化を検討した。様々な培養条件にて Panc-1細胞株・AsPC-1細胞株のリン酸化の検証を試みたが困難であった。このため、膵癌細胞における pXY の活性化にはこれらの部位以外のリン酸化が必要である可能性が示唆された。また、pXY を、膵癌に対するバイオマーカーとして使用するために、培養液中、血液中における pXY 測定条件を検討した。その結果、pXY 濃度を測定するための基本的な条件を設定することができた。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕膵癌、治療ターゲット分子、生物学的診断・治療法

〔研究題目〕全ゲノム操作が拓く難培養細菌の遺伝子工学（国際共同研究強化）

〔研究代表者〕 柿澤 茂行（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 柿澤 茂行（常勤職員1名）

〔研究内容〕

難培養細菌（難培養性細菌）と呼ばれる細菌は、培養が不可能もしくは非常に困難な細菌である。難培養細菌は決して珍しいものではなく、近年のメタゲノム解析などの台頭により、環境中の微生物の99%以上は培養できないことが明らかとなり、これにより新たな微生物像が浮き彫りとなった。これらの難培養細菌は、その全ゲノム配列を決めることで多くの知見が得られる一方で、遺伝子のノックアウトや過剰発現ができないという技術的な欠陥のため、その遺伝子の機能についての確実な証明はほとんどされていないのが現状である。この難問は、

今後の微生物学の発展において乗り越えねばならない大きな障壁（難培養の壁）である。本国際共同研究強化においては、マイコプラズマにおける複製起点を持った新たなベクター系を開発することで、巨大なゲノム断片をマイコプラズマ細胞内に共存させる系を開発し、難培養細菌ゲノムをマイコプラズマ細胞内に導入することを目的とする。加えて、酵母内において YAC（酵母人工染色体）ベクター内の配列を自在に操作する技術により、導入した難培養細菌ゲノムを自由に改変すると共に、マイコプラズマ細胞の性質の詳細な解析も行う。

今年度は研究の準備期間であり、本研究費は使用しなかった。共同研究の開始に向けた準備等を日本において行った。来年度、本研究費を使用して国際共同研究を本格的に開始する予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ゲノム、細菌

【研究 題 目】植物発生ロジックの多元的開拓

【研究代表者】塚谷 裕一

（東京大学大学院理学系研究科）

【研究担当者】大島 良美（生物プロセス研究部門）

（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

植物の幹細胞や分化細胞のアイデンティティーを決定し、発生・成長プログラムを動かすためには転写制御ネットワークや、調節因子、低分子 RNA などの細胞・器官間を移動するシグナル、代謝物による制御が重要であることがわかってきた。しかし、植物の発生・成長の本質的な発生ロジックは未だに明らかになっていない。本研究領域では、複数のモデル植物を扱う9つの計画研究班と4つの支援体制を組織し、多元的な解析研究を行うことにより「植物の発生ロジック」を理解することを目的とする。植物の発生・分化の過程では多くの転写因子が重要な鍵をにぎっている。発生ロジックを理解する上で重要な転写因子の発見とその制御メカニズム解明の為、転写ネットワークや転写因子の相互作用の研究を加速させることは重要だと考えられる。本支援班ではシロイヌナズナ全転写因子を対象とした転写因子ライブラリーを整備することにより、各転写因子の機能欠損表現型を示す CRES-T ラインの提供や、転写因子と DNA（酵母ワンハイブリッド）またはタンパク質（酵母ツーハイブリッド）の相互作用解析用ライブラリーの提供を行っている。本年度は、前年度までに理化学研究所と産業技術総合研究所で拡充した転写因子クローンをを用いて、転写因子だけから成る酵母ワン・ツーハイブリッドライブラリーを拡張し、全転写因子の9割をカバーする体制を整えた。新ライブラリーによるハイスループット酵母ワン・ツーハイブリッドシステムを利用して、領域メンバーの要請に応じて多数のスクリーニングを行った。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】植物、遺伝子、発現制御、発生、タンパク質間相互作用

【研究 題 目】細胞外シグナルと細胞内調節の相互作用による器官形成ロジックの多元的理解

【研究代表者】柿本 辰男（大阪大学理学部）

【研究担当者】大島 良美、光田 展隆（生物プロセス研究部門）（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

細胞のアイデンティティー決定の仕組みは発生生物学の重要課題の一つである。細胞アイデンティティーは、周辺細胞からの情報に応じて特定の転写ネットワークが形成されることにより完成する。そこで細胞系譜の前駆細胞や、分化細胞のアイデンティティーを決定する鍵転写因子を同定する。また、多細胞生物の形態形成には細胞間協調作用が必須である。自己組織化の原動力としての細胞間シグナル分子候補として、オーキシンやペプチド性シグナル分子が考えられる。そこでこれら因子の同定、受容、シグナル伝達の仕組みを解明する。本年度は、これまでに同定した、ある発生分化現象に関与するシロイヌナズナの複数転写制御因子について、前年度とは異なる因子に関して、シロイヌナズナの転写制御因子だけから成る酵母ツーハイブリッドライブラリーを用いて LexA 系によるスクリーニングによって相互作用因子を探索したところ、複数の相互作用因子を同定した。しかし、前年度ほど多くの候補が取れたとはいえず、LexA 系を利用するか GAL4系を利用するかが一つのキーになっている可能性が考えられた。現在この生物学的意義を明らかにすべくキメラリプレッサー発現植物などを用いて解析を進めている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】植物、発生、遺伝子、発現制御、タンパク質間相互作用

【研究 題 目】冥王代生命学の創成

【研究代表者】鎌形 洋一（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】鎌形 洋一（新学術領域・冥王代生命学の創成・総括班分担）

【研究 内 容】

新学術領域「冥王代生命学の創成」では、原始的な生命が誕生したと考えられる、地球誕生から約6億年間（46-40 億年前）の「冥王代」に焦点をあて、生命がいつ、どこで、どのように誕生したかを、最先端の地球惑星科学、生命科学および有機化学などを結集し明らかにする新たな学術領域である。冥王代の地球では、大陸、海洋、大気の三要素が循環的に相互作用し、生命誕生場となる極めて多様で動的な環境「Habitable Trinity」を提案した。今年度はこの Habitable Trinity モデルをより初期地球環境に近づけた新たな仮説へと進展させた。また、初期地球から生命誕生までの過程を高精度に描く

コンピュータグラフィックスの作成を開始した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】生命の起源、熱水系地下環境、系統進化、地球惑星学

【研究 題 目】担持型酸化触媒による臭素系難燃剤の分解に及ぼす腐植物質の影響

【研究代表者】福嶋 正巳（北海道大学工学研究科）

【研究担当者】佐々木 正秀（生物プロセス研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

廃棄物処分場の浸出水中には家電ゴミを起源とする臭素系難燃剤（BFRs）が含まれており、これらは環境ホルモン作用も示すことから分解・無害化する必要がある。浸出水中には腐植物質と呼ばれる褐色の高分子有機物が10から200 mg/L程度含まれている。本研究では、酸化分解を阻害する腐植酸共存下でも、ブロモフェノール類を選択的かつ効率的に分解できる担持型触媒の開発を目的とした。まず、腐植酸をサイズ排除効果で活性サイトから除去するために、メソポーラス多孔体に鉄(III)ポルフィリンを担持した触媒を合成した。この触媒は、腐植酸が50 mg/L以上共存してもブロモフェノールを選択的に分解することができた。さらに、シリカをコーティングしたマグネタイト表面にイオン液体を修飾し鉄(III)ポルフィリン触媒を導入した担持型触媒では、ブロモフェノールを50%以上CO₂まで無機化に成功した。

産業技術総合研究所研究担当者は、電子スピン共鳴（ESR）装置による反応活性種の検出を分担している。今期は ESR 装置を用いたスピントラップ法による活性種の検出について検討を進めた。具体的には、スピントラップ剤の選定、最適反応時間および最適試薬濃度の設定、さらには基準となる装置測定条件の設定を行った。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】臭素系難燃剤、担持型酸化触媒、腐植物質、電子スピン共鳴（ESR）

【研究 題 目】生物界の暗黒物質「未知アーキア」の解明—分離培養で開拓する多様な新生物機能—

【研究代表者】玉木 秀幸（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】玉木 秀幸（常勤職員1名）

【研究 内 容】

全生物は三つのドメインに分けられることが知られているが、アーキアはそのうちの1ドメインを形成する。近年になり、環境中には多様なアーキアが普遍的に存在しているが、ほとんどのアーキアは未だ培養されたことがない機能未知な生物であり、最も理解の進んでいない生物ドメインである。本研究では、従来の培養法では培養が困難な未知アーキアを、新規培養技術と最先端の微生物機能推定技術を活用することで分離・培養を行い、

アーキアの持つ多様で新しい生物機能を明らかにすることを目的としている。今年度は、多様な環境試料から16S rRNA 遺伝子を PCR 増幅し、その PCR 産物を次世代シーケンサーで解析することで、機能未知なアーキアがより多く存在しうる環境試料を選定した。さらに、未知アーキアが豊富に存在しうる環境試料から、未知アーキアの集積培養系の構築を試行した。その結果、実際にいくつかの集積培養系でアーキアが比較的安定して生存・生育していることが確認された。さらに、この集積培養物を対象としてメタゲノム解析を実施し、ターゲットとなる未知アーキアのゲノム情報の解読を進めている。今後は、ゲノム情報から未知アーキアの基幹代謝情報を推定するとともに、より安定な集積培養系を確立し、未知アーキアの純粋分離を試みる予定である。また未知アーキアが含まれる集積培養系を対象として、最先端の生物機能推定技術を用いた解析を実施することで、未知アーキアの生理生態機能の解明につなげてゆきたいと考えている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】未知アーキア、難培養微生物、分離培養、培養技術、新生物機能、生物地球化学プロセス、環境ゲノム解析、培養技術

【研究 題 目】三次元多様性を分子設計上の鍵概念とする論理的創薬方法論の確立

【研究代表者】周東 智（北海道大学大学院薬学研究院）

【研究担当者】小松 康雄（生物プロセス研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

天然の DNA2重らせんは、アデニン：チミン、グアニン：シトシン間の塩基対を基盤に構築され、さらにそれら塩基対は分子間の水素結合によって特異的に形成される。一方、疎水的相互作用は、水溶液中における分子認識には極めて重要な相互作用様式であることが知られている。そこで本研究では、DNA2重らせんの基盤を成す塩基対形成に疎水的相互作用を取り入れた新たな核酸認識機構の確立を目指し、その基盤技術開発を行う。本研究は、北海道大学大学院薬学研究院と共同で行う。

H27年度はまず初めに、鎖長の異なる直鎖のアルコキシ基をフェニル基上のオルト位、パラ位、オルト・パラ位のそれぞれに導入した核酸様モノマーの合成を北大と共同で実施した。続いて、配列の中央にそれら誘導体を1残基有する DNA を合成し、分子量測定等から目的の DNA が合成されていることを確認した。さらにそれら誘導体同士を2本鎖 DNA の向かい合った部位に配置し、その2本鎖の熱的安定性を測定した。その結果、一部の疎水性側鎖を有する2本鎖 DNA では、疎水性基を持たない2本鎖よりも安定性が向上することが確認された。今後、さらに異なる誘導体を有する2本鎖 DNA を合成し、それらの安定性評価から構造活性相関を見出す予定

である。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 核酸化学、DNA、分子認識、塩基対、2重らせん

〔研究 題目〕 花卉におけるクロロフィル代謝制御機構の解明

〔研究代表者〕 大宮 あけみ（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 野菜・花き研究部門）

〔研究担当者〕 光田 展隆（生物プロセス研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

植物の花や葉の色は主に「アントシアニン」、「カロテノイド」、「ベタレイン」、「クロロフィル」の4種類の色素により構成される。花が鮮やかな青色や黄色を発現するためにアントシアニンやカロテノイドが蓄積し、クロロフィルが蓄積しないことが重要である。また、白色を発現するためにもクロロフィルが蓄積しないようにする必要がある。そのため、植物は葉において多量に蓄積しているクロロフィルが花卉では蓄積しないように、器官特異的な制御機構を備えている。ところが、どのようなメカニズムで葉と花卉においてクロロフィルの蓄積量の違いが生じているのかという点に関して科学的な知見は皆無である。本課題は、カーネーションおよびトルコギキョウの緑花品種と白花品種を活用し、「白色花卉ではなぜクロロフィルを蓄積しないのか」「緑色花卉ではなぜクロロフィルを蓄積しているのか」という2つの疑問に迫ろうとするものである。本年度はシロイヌナズナの転写因子だけからなる96穴プレートライブラリーを用いたイーストワンハイブリッドスクリーニングにより、シロイヌナズナのクロロフィル代謝やカロテノイド代謝の鍵酵素遺伝子計30遺伝子のプロモーター領域に結合する転写因子を網羅的に調べた。その結果、クロロフィル分解に関与する4つの遺伝子のプロモーター領域にある転写因子が共通して結合することを見出した。この結合はシロイヌナズナ葉肉細胞プロトプラストを用いたレポーターエフェクター実験においても再現性を確認できた。この転写因子について過剰発現株、キメラリプレッサー発現株、遺伝子破壊株を作成した結果、過剰発現株では暗処理による老化が促進され、逆にキメラリプレッサー過剰発現株や遺伝子破壊株では抑制されることが分かった。これらのことから、同定した転写因子はクロロフィルの分解を制御して老化を制御するあたらしい転写因子であると考えられた。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 植物、クロロフィル、カーネーション、発現制御、遺伝子、シロイヌナズナ、花卉

〔研究 題目〕 植物における転写因子複合体を形成する因子の網羅的な解析

〔研究代表者〕 高木 優

（埼玉大学環境科学研究センター）

〔研究担当者〕 光田 展隆（生物プロセス研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

本研究は、有意に高頻度に核に局在すると予測もしくは実証されているWD4タンパク質について、転写因子と相互作用する可能性が高いと考えて、網羅的にCRES-T法を適用したり、転写因子を対象にした酵母ツーハイブリッド（Y2H）法などを駆使したりし、WD4タンパク質が全体として転写因子の機能発揮にどう関わるかを明らかにしようとするものである。具体的には、発現様式などを参考に優先順位を付け、SRDXリプレッションドメインを融合したキメラ遺伝子を発現する形質転換シロイヌナズナを作成する。一方でこれらWD4タンパク質遺伝子を単純過剰発現する植物の作成も同時に行い、T1世代の表現型を比較解析することにより、両者が異なる表現型を示すラインを探索する。今年度は公開されているマイクロアレイデータや細胞内局在の予測データなどから選定した、優先順位の高い数十個についてキメラリプレッサー発現植物および単純過剰発現植物の作成を行い、それらの表現型について観察を行った。しかし、当初の予想に反して明らかな表現型を示す系統はきわめて少なかった。そこで、TTG1やTPLなどすでに転写因子と相互作用することが分かっているWD4タンパク質遺伝子についてあらためて転写因子だけを含んだライブラリーを対象に酵母ツーハイブリッドスクリーニングを実施したところ、これまでに知られている以上に多くの転写因子と相互作用することが明らかとなり、やはり遺伝子によっては転写因子と深くかかわっていることが示唆された。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 植物、発現制御、遺伝子、シロイヌナズナ、化合物

〔研究 題目〕 トランスクリプトームとエネルギー代謝から紐解くマングローブの生態ニッチ決定機構

〔研究代表者〕 渡辺 信（琉球大学 熱帯生物圏研究センター）

〔研究担当者〕 光田 展隆（生物プロセス研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

本研究は、マングローブ林の構成樹種が、獲得したエネルギーをどのような用途に消費しているのかを、トランスクリプトームとエネルギー代謝を探索することにより、マングローブ生態系成立の仕組みを解明しようとするものである。具体的には次世代DNAシーケンサー

を用いて樹種毎の遺伝子発現プロファイルを作成し、データベースを構築するほか、異なる光強度と湛水ストレス及び高塩類濃度ストレス条件下での樹種毎のエネルギー代謝の違いをトランスクリプトーム解析と各種生理実験により明らかにする。特に、エネルギー供給の根幹であるカルビン回路から解糖系に至る代謝経路、エネルギー充填効率、湛水ストレスに関連する生理的反応について着目し、イオン輸送体や植物ホルモン受容体などの挙動を中心に明らかにする。今年度は昨年度から引き続きマングローブ林構成樹種の一つであるオヒルギを人工環境下で定期的に湛水ストレスに曝し、時間を追ってRNAを取得して次世代DNAシーケンサーを用いたRNAシーケンシングを行った結果についてバイオインフォマティクス解析を進めデータベース構築を行った。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】植物、ゲノム、マングローブ、発現制御、遺伝子、生態系

【研究 題 目】非天然分岐型糖鎖含有デタージェントライブラリの構築と膜蛋白質の可溶化

【研究代表者】松尾 一郎（群馬大学理工学研究院）

【研究担当者】清水 弘樹（生物プロセス研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究は、分岐構造や化学修飾した糖など、天然からは入手することができない特殊な構造を有する糖分子を利用して、糖結合デタージェントを系統的に合成し、糖の種類（水酸基の配向）、糖鎖の分岐度および重合度、糖分子内の疎水性度を基準に、糖の結合水や水クラスター構造を考慮したライブラリの構築研究を行う。そして膜蛋白質可溶化に従来利用されているデタージェントの性質を凌ぐ糖結合デタージェントの開発を目指すものである。

今年度はまず、数種類の糖脂質の合成研究をおこなった。マイクロ波を利用することで、トランスグリコシル化反応により、目的とする糖脂質の合成に成功した。これらのデタージェント能の検証については共同研究者らが担う予定ではあるが、可溶化能が同じであってもタンパク質の安定性を低下させてしまう案件があった。この点を踏まえて、基本的な物性について超純水を使って測定し、またデタージェントの作用機構を検討するためペプチド領域への糖脂質の作用について研究を進めた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】界面活性剤、膜タンパク質、糖鎖合成、デタージェント、有機合成、マイクロ波

【研究 題 目】遺伝子組換えと同等の形質を植物に付与する化合物開発システムの構築

【研究代表者】近藤 陽一（関東学院大学理工学部）

【研究担当者】光田 展隆（生物プロセス研究部門）

（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究は、DNA配列を任意に選択して結合できるPy-Imポリアミドを利用し、遺伝子組換えと同等かつ遺伝しない有用な形質を植物にもたらす化合物の合成システムの構築を目指す。本システムの基盤は、機能を抑制すると植物に有用な形質が付与される転写因子を選び出し、その転写因子が制御している調節配列に結合するPy-Imポリアミドを合成することである。合成したPy-Imポリアミドを野生型の植物に添加することで、選出した転写因子の機能を抑制し、有用な形質を付与する。このシステムの構築のために、シロイヌナズナを利用して合成したPy-Imポリアミドの標的遺伝子に対する転写抑制化能の評価系を開発し、評価系が機能することを明らかにする。本年度はモデルとして木質形成を制御する転写因子を選定して、その結合配列に結合するPy-Imポリアミドを作成し、それを添加した培地でシロイヌナズナを育成した。当該植物は成長阻害を受けPy-Imポリアミドがなにかしらの効果を発揮したことが想像された。そこで、この植物からRNAを抽出してマイクロアレイ解析を行った。その結果一次細胞壁に参与する遺伝子の発現が大幅に影響を受けていることがわかった。これらの結果からPy-Imポリアミドの特異性にまだ問題がある可能性が示唆された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】植物、発現制御、遺伝子、シロイヌナズナ、化合物

【研究 題 目】青年期アスペルガー症候群の社会的認知と社会不適応状況のテキストマイニング分析

【研究代表者】池田 望（札幌医科大学 保健医療学部）

【研究担当者】大山 恭史（生物プロセス研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

年度進捗状況：

青年期以降に社会への不適応が顕在化し、アスペルガー症候群（AS）と診断される事例では、就労や修学の場合において定型発達者を基本とする環境の中で孤立、自信喪失などに苦しみ、うつ病等の二次障害を抱える人が多い。

本研究では、上記AS当事者の協力を得て、不適応体験の口述から得たトランスクリプトを分析し、不適応に至る要因や対応方略を明らかにする。分析手法として各形態素間の相互関係を統計分析するテキストマイニング分析を主として用いる。これによりコミュニケーションや社会状況等の質的現象から成る不適応状況を、客観的な構造で表出し、AS当事者に有益な知見を提出することを目指している。

平成27年度は、これまで社会的認知に関する研究で

は行われていない、社会的認知と神経的認知の関連性を調べた。前年度までに得られた社会的認知分析結果と、札幌医科大学による神経的認知検査分析結果との多変量解析を行った。その結果、複数の項目で有意な相関が見出され、本研究の目的である障害者への社会生活支援に必要な新たな基礎情報を集約することが出来た。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】テキストマイニング、言語情報科学、社会不適合、認知科学、発達障害

【研究 題 目】Tup1-Cyc8コリプレッサー複合体の構造機能解析

【研究代表者】松村 浩由（立命館大学生命科学部）

【研究担当者】松村 浩由（立命館大）、向 由起夫（長浜バイオ大）、佐原 健彦、森田 直樹（生物プロセス研究部門）（常勤職員2名、他2名）

【研究 内 容】

Tup1-Cyc8コリプレッサーは、真核生物に広く保存された転写抑制因子であり、性分化、グルコース、酵素、DNA損傷などによって制御される180種類以上の遺伝子の転写抑制に関わっている。Tup1-Cyc8は、自己四量体化したTup1タンパク質と一分子のCyc8タンパク質から構成されており、RNAポリメラーゼを含む転写装置やヒストンH3/H4タンパク質と相互作用することで転写抑制を行うと考えられている。しかしながら、Tup1-Cyc8複合体における立体構造は未だ明らかになっていない。そのため、本研究では、Tup1-Cyc8コリプレッサー複合体の立体構造を明らかにし、構造と機能の相関について解析を行うことを目的とする。

Tup1タンパク質は、大腸菌を宿主として用いた発現系では不溶化するなど、発現が困難であることが知られている。そのため、酵母低温誘導発現系を利用した本タンパク質の発現を試みた。出芽酵母由来TUP1遺伝子および、分裂酵母において同じ機能を有するタンパク質をコードするTUP11遺伝子を、酵母低温誘導発現ベクターにそれぞれクローニングし発現プラスミドを作製した。各発現プラスミドを用いて出芽酵母を形質転換することで、Tup1タンパク質およびTup11タンパク質発現株を構築し、得られた両酵母株を用いて、各タンパク質の発現誘導のため低温条件下での培養を試みた。低温誘導後の酵母細胞を共同研究先である立命館大学、大阪大学、長浜バイオ大学に提供し、それぞれのタンパク質の宿主酵母細胞内での発現状態の評価と精製など試みられた結果、Tup1タンパク質は宿主酵母細胞内において可溶性タンパク質として発現し、精製タンパク質を得ることに成功した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】酵母、タンパク質発現、コリプレッサー、構造解析

【研究 題 目】新規ハイブリッド型ポリケチド合成酵素 Steely の産物多様性創出機構の解明

【研究代表者】齊藤 玉緒（上智大学）

【研究担当者】森田 直樹（生物プロセス研究部門）（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

細胞性粘菌のSteely酵素は、別個の酵素と考えられてきたI型ポリケチド合成酵素（PKS）のC末端にIII型PKSが融合するという特異な構造を持つ。III型PKSは芳香族ポリケチドを合成し、緩やかな基質特異性から複数の産物を与えることが知られているが、Steely酵素の場合は発生段階に応じて、酵素の発現場所や構造を変化させていることが、これまでの研究結果から推定された。本研究では、SteelyB酵素をモデルとして発生段階によって酵素の構造を変え、複数の異なる産物を与える産物多様性創出の機構を解明することを目的とする。具体的には、Steely酵素は、発生後期でIII型酵素が切断され単独で働いて新たな化合物を作るという仮説を検証すること、基本骨格の形成と修飾酵素群が、どのように協調的に機能しているのか、多段階酵素反応を生合成駆動システムとして捉え、生合成制御に関する仮説を導き出す。

SteelyB酵素の発生中期の産物はDIF-1であるが、発生の最終段階での第2の産物についてはその構造がわかっていなかった。この産物は暫定的にLCC-1と名付けている。今年度はまずその精製法を確立し、精製サンプルについてMSスペクトル、NMR、結晶解析によってその詳細構造を決定した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ポリケチド合成酵素、ハイブリッド型酵素、分化誘導、細胞性粘菌、土壌微生物

【研究 題 目】ケータイ電話を使った生物調査を成功させるには？トンボウォッチ！

【研究代表者】山中 武彦（国立研究開発法人農業環境技術研究所・農業環境インベントリーセンター・主任研究員）

【研究担当者】二橋 亮（生物プロセス研究部門）（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

市民愛好家と協同した生物相調査の試みが各地で実施されている。しかしながら、既存の生物調査の多くは参加者のモチベーションを長期的に維持するのが難しく、持続的な生物多様性モニタリング手法とはなりにくい。本研究では、市民参加型調査に、自己発見的なエンターテインメント性を付与することで、参加者へのメリットを創出することを目的とする。参加者が楽しみながら調査を継続してくれる本手法が確立できれば、日本国民総出でのリアルタイム生物多様性モニタリングが実現するこ

とが期待される。平成27年度中に、富士通 FIP が開発している携帯フォトシステムを基本モジュールとして、①過去の観察データを表示する機能、②参加者同士が競い合う得点計算を表示する機能、③同定に不慣れな参加者のための簡易図鑑機能、を備えたスマートフォン用の「トンボウォッチ」の開発を終了し、テスト運用を行うことができた。参加登録、メール受付、ランキング計算、調査データの閲覧、簡易図鑑の検索のすべてで、大きな問題なく動作を確認できた。なお、研究代表者の研究所で現在運用しているサーバーのセキュリティ強化の必要性が生じたため、次年度以降は新しくサーバーを構築した後に、全国の博物館や教育機関と連携してトンボ携帯調査を進める予定である。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕トンボ、スマートフォンアプリ、参加者フィードバック、一般参加型生物調査

〔研究題目〕冥王代生命学の国際研究ネットワーク展開

〔研究代表者〕鎌形 洋一（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕鎌形 洋一（新学術領域・冥王代生命学の創成・国際活動支援班）

〔研究内容〕

新学術領域「冥王代生命学の創成」では、原始的な生命が誕生したと考えられる、地球誕生から約6億年間（46-40億年前）の「冥王代」に焦点をあて、生命がいつ、どこで、どのように誕生したかを、最先端の地球惑星科学、生命科学および有機化学などを結集し明らかにする新たな学術領域である。本領域研究を通して国際ネットワークを形成するために、国外調査・海外研究員招聘・国外派遣の計画を策定した。年度後半から始まった本研究は来年度から本格的にスタートする予定である。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕生命の起源、熱水系地下環境、系統進化、地球惑星学

〔研究題目〕ナノクラスター化による天然物由来高活性新規抗菌剤の開発研究

〔研究代表者〕榎本 賢（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕榎本 賢（常勤職員1名）

〔研究内容〕

分子の多量化とそれに伴う多点結合の形成により結合力が強化される効果を「クラスター効果」と呼ぶ。本効果を二次代謝天然物に応用し、有用物質開発研究を行っている。

当初、本研究の題材に用いる天然物としてイオノフォア抗菌物質ポリナクチンを想定していたが、研究協力者からクラスター効果による活性の増強が一層期待できる抗真菌・抗 HIV 活性天然物ブラジマイシン (PRM) の提供が得られたので、PRM を中心に利用して研究を進

めた。

昨年度までに、PRM の活性発現機構と金ナノ粒子の特徴に着目することで、糖鎖中のマンノース残基を検出可能なケモセンサーの開発に成功した。さらに、この PRM 担持金ナノ粒子 (PRM-AuNPs) は PRM そのもの (解離定数: 96 μM) と比較して結合力が10倍向上することを明らかにした (解離定数: 10 μM)

今年度は、これらの結果を踏まえて PRM-AuNPs の生物活性試験を中心に実施した。カビおよび酵母2種類ずつについて抗菌活性試験を行ったところ、カビと酵母それぞれ1種類ずつに対して PRM-AuNPs は抗菌活性を示した。しかしながら、期待に反して PRM そのものと比較して4分の1程度の抗菌活性しか示さなかった。結合力が10倍になったにも関わらず、抗菌活性が4分の1になった原因として、凝集とそれに伴う粒径の増大を考えている。PRM-AuNPs を培地に添加する際に 50 $\mu\text{g/ml}$ の PRM-AuNPs 溶液を調整したが、その際に凝集に伴う粒径の増大が起り、菌の細胞壁を透過しにくくなっている可能性が示唆された。しかしながら、クラスター化した PRM-AuNPs が抗菌活性を示したことは大きな知見と考えている。今後は、金ナノ粒子でなく dendrimer を利用してクラスター化を行うことを計画している。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕天然物、ブラジマイシン、クラスター効果、抗菌活性、ケモセンサー

〔研究題目〕ナノチューブ内マイクロ環境を利用した分子進化工学の高度化に関する研究

〔研究代表者〕久保 泰（創薬分子プロファイリング研究センター）

〔研究担当者〕久保 泰（招聘研究員1名、他1名）

〔研究内容〕

試験管内分子進化 (IVE) 技術は、標的分子を特異的に認識する “selective binder” を取得する技術として種々の手法が考案されてきた。我々は、加速進化型ペプチドを鋳型として作製したランダムペプチドライブラリが、任意に設定した標的分子に対して親和性および特異性の高いペプチドを選択するのに都合のよい多能性を発揮できる出発材料となることを既に証明した。加速進化型ペプチドの多くは、システイン残基を複数持ちその間で disulfide (S-S) 結合を形成し、 β 構造も含めてコンパクトで堅牢な構造をしている。そのため、当該技術において、タンパク質翻訳後の適正で効率の良いリフォolding・S-S 結合形成が重要な課題である。

本研究課題では、有機ナノチューブ (ONT) がモノマー設計により制御したナノ環境を設定しうることに着目し、それを利用すればシャペロン様機能を発揮できる可能性を想定し、ペプチド翻訳過程にこれを適用して IVE の高度化を図った。

- (1) 加速進化型の生理活性ペプチドの中で、S-S 結合が 3~4個ある生理活性ペプチドをモデルケースとして、種々の両親媒性分子の自己組織化で形成した ONT ゲルについて、還元・変性したペプチドをもとの生理活性のある形に再生するための至適条件を見出す。
- (2) 試験管内分子進化 (IVE) 法に沿って無細胞タンパク質翻訳系で上記のペプチドを合成し、第1段階で見出した ONT とその至適反応条件で、本来の生理活性を示すか検証。
- (3) 実際の標的分子を設定し、上記の検証に用いた生理活性ペプチドの分子骨格を鋳型とするランダムペプチドライブラリから、この標的を特異的に認識するペプチドを ONT 利用の IVE 法により取得する。ペプチドの親和性や選択性、また ONT ゲルにより高度化した IVE 法自体の有効性や迅速性などについて評価する。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 有機ナノチューブ、マイクロ環境、試験管内進化、リフォルディング、シャペロン

【研究 題 目】 ヒトプロテオミクスに資する抗体様低分子リガンド群の網羅的創製

【研究代表者】 川上 隆史 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】 川上 隆史 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

ウェスタンブロットティング、免疫染色、ELISA、免疫沈降、マイクロアレイなどのタンパク質解析研究において、抗体のような標的タンパク質に特異的かつ強固に結合するリガンド分子は必要不可欠な基盤研究分子ツールであり。また近年では、タンパク質ネットワークの対規模解析を目指し、プロテオームワイドにタンパク質解析を行う研究が盛んに行われている。そのような中、ヒトプロテオームに対する抗体群あるいは抗体様タンパク質群を取得するための研究が精力的に進められており、中でもファージディスプレイ法に代表される分子進化学的手法が非常に強力な手法として注目を集めている。

そこで本研究では、再構築型の不細胞翻訳系である PURE システム (Protein-synthesis Using Recombinant Elements) と DNA ディスプレイ法を組み合わせ、抗体に匹敵する特異性と結合力を発揮する環状ペプチドリガンドの創製技術の超高速化を行い、抗体様リガンド群をプロテオームワイドに創製する。また、創製した環状ペプチドリガンドを用いて、免疫沈降やウェスタンブロットティングなどによるヒトタンパク質解析を行い、ヒトプロテオミクス研究への応用を実証する。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 PURE システム、抗体、プロテオミクス、環状ペプチドリガンド、DNA ディ

スプレ

【研究 題 目】 ポストゲノム解析による感染体-宿主ネットワーク

【研究代表者】 夏目 徹 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】 夏目 徹 (常勤職員1名、他2名)

【研究 内 容】

生体を構成する個々の細胞には十数万種類のタンパク質が存在する。それらのタンパク質は、単独で機能するのではなく、常にグループ・組織を形成し、生体システムを構成する。ウイルスの感染・侵入から、感染性ゲノムの複製、ゲノム因子の翻訳と、ウイルス粒子へのパッケージング、そして放出に至るまで、そこには、多くの宿主因子間相互作用と、ウイルス因子間の相互作用、そして、宿主因子とウイルス因子との相互作用が存在し、大きな感染体-宿主ネットワークを形成している。本研究では、網羅的でシステムティックな方法により、このような感染体・宿主ネットワークを捉え、ウイルスの複製と病原性発現機構の理解を深化させ、予防・治療薬の新規ターゲットを同定することを目的とする。本年度は、(1) 新生タンパク質量解析技術を用い、東京大学・川口チームと共同で、HSV-1ウイルス感染後、経時的に新生タンパク質の定量を行った。その結果、HSV-1ウイルス感染により発現が変化する既知宿主タンパク質に加え、発現が変化する複数の新規宿主タンパク質の同定に成功した。また、新生タンパク質量解析技術により HSV-1ウイルスの増殖、病原性に関わる複数の新規ウイルスたんぱく質の同定にも成功した。(2) 東京大学・伊庭チームと共同で miRNA (ウイルス複製の制御に関わる miRNA) の強制発現により発現が低下するタンパク質の探索を行い、miRNA の標的候補となる複数のタンパク質の同定に成功した。(3) 筑波大学・永田チームと共同で同定したインフルエンザウイルス NS1タンパク質結合タンパク質について、複数のリコンビナント欠損変異タンパク質を用い NS1タンパク質との結合様式の詳細を明らかにした。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 質量分析、ウイルス、宿主、タンパク質相互作用、リン酸化変動解析、新生タンパク質量解

【研究 題 目】 リボソームによるリン-窒素間の結合形成

【研究代表者】 川上 隆史 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】 川上 隆史 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

リボソームはエステル結合やチオエステル結合の形成を触媒可能であることが知られているが (Ellman et al.,

Science 197, 1992)、カルボン酸以外の酸基質による反応を触媒した例は報告されていない。そこで本研究ではアミノ酸のカルボキシル基の代わりにホスホニル基を持つアミノホスホン酸を tRNA に連結し、リボソーム内でリン-窒素間の結合(ホスホノペプチドの結合)の形成を触媒可能であるか検証することを目的とする。ホスホノペプチドはペプチド分解酵素耐性を有するため新規薬剤ペプチドの開発に応用することができる。

アミノアルキルホスホン酸の活性エステル誘導体の化学合成を行い tRNA への連結を試みた結果、既存リボザイムではホスホン酸による tRNA のアシル化は進行しないことが判明した。そこでホスホン酸活性エステルを用いた新規 tRNA ホスホニル化リボザイムの分子進化を行うことにした。HPLC 分析の結果、ホスホン酸-3,5-ジニトロベンジルエステルは著しく安定、また、ホスホン酸-p-クロロベンジルチオエステルは著しく不安定であり、リボザイム分子進化の基質には適さないことが判明した。一方、O-メチル-ホスホン酸-3,5-ジニトロベンジルエステルは氷上、pH9.5で半減期が約3時間と分子進化に適していることが判明した。そこで既存リボザイムのカルボン酸-3,5-ジニトロベンジルエステル認識部位にランダム変異を導入した RNA ライブラリーと O-メチル-ホスホン酸-3,5-ジニトロベンジルエステルを用いて tRNA ホスホニル化リボザイムの分子進化を行なった。tRNA ドメインを融合した RNA ライブラリーと O-メチル-ホスホン酸-3,5-ジニトロベンジルエステルを反応後、アミノ基選択的ビオチン化を行なった。固定化ストレプトアビジンを用いて活性種を回収し逆転写・PCR・転写を行なった。セレクションサイクルを繰り返した結果、固定化ストレプトアビジンへの回収率の上昇を観察することに成功した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕PURE システム、ホスホノペプチド薬剤、分子進化、リボソーム、リボザイム

〔研究題目〕レドックス・プロファイリングによる細胞内レドックス維持機構の定量解析手法の開発

〔研究代表者〕新木 和孝(創薬分子プロファイリング研究センター)

〔研究担当者〕新木 和孝(常勤職員1名)

〔研究内容〕

酸化ストレスは加齢、糖尿病、がん、動脈硬化などといった数多くの疾患メカニズムと関連していることが知られている。ROS (Reactive Oxygen Species) と総称される酸化ストレスに対して、タンパク質アミノ酸残基の中でも、システイン残基のチオール基の反応性が高いことが知られている。このため、酸化ストレスの惹起時に、チオール基に可逆的・不可逆的翻訳後修飾が生じることが多い。システイン残基はタンパク質の機能的にも

重要な活性部位に存在していることも多く、酸化修飾によりタンパク質の機能阻害や機能変化、それに伴う局在場所の変化や相互作用因子の変化が起きることが知られている。しかしながら、このようなシステイン残基の酸化還元状態を網羅的に定量化する技術は、いまだ確固としたものが構築されている状況ではない。

そこで本研究では、システイン残基の酸化状態というプロファイル情報を基軸に、細胞内の恒常性状態を評価する系の構築を主目的とした。ここではプロテオミクス技術を主軸にした、網羅的な定量化技術を構築することを課題とした。システイン残基の酸化状態と還元状態を見分けるため、まず還元状態にあるフリーのシステインを、チオール特異的な修飾剤でラベル化する。その上で、酸化型のシステインを還元し、その後、このフリーになったシステイン残基を、質量の異なるチオール特異的修飾剤でラベル化する。そして、これらのシステイン残基を濃縮し、質量分析計測を行う。修飾試薬の質量差を見分けることで、それぞれのシステイン残基のものと酸化還元状態を追跡する。また、ペプチドのイオン強度などを比較することにより、酸化・還元状態の量比を定量化可能である。本研究では、複数のシステイン残基の同時定量が可能な isobaric labeling 法を採用し、システイン残基の酸化状態の網羅的定量化計測系を構築することに本年度成功した。今後は、酸化状態という定量プロファイル情報から、細胞内恒常性維持機構、ならびに疾患メカニズム解析や創薬への応用を目指している。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕質量分析、プロテオミクス、ネットワーク解析、酸化還元、翻訳後修飾、定量解析

〔研究題目〕細胞内生体分子を標的とする大環状 N アルキルペプチドの高速試験管内分子進化

〔研究代表者〕川上 隆史(創薬分子プロファイリング研究センター)

〔研究担当者〕川上 隆史(常勤職員1名)

〔研究内容〕

N アルキルアミノ酸はペプチドの分解酵素耐性だけでなく、細胞膜透過性も向上させる非常に有用な非天然アミノ酸である。これまでに大腸菌由来の再構築型無細胞翻訳系(PURE システム)を用いて、様々な N アルキルアミノ酸(N メチルアミノ酸や N アルキルグリシン)の翻訳伸長におけるペプチド鎖への導入を報告してきた。

環状 N アルキルアミノ酸は、ペプチドの構造剛直性、ペプチド分解酵素耐性、細胞膜透過性の全てを向上させる、薬剤ペプチドのビルディングブロックとして極めて有用な非天然アミノ酸である。

そこで本研究では、まず、PURE システムを用いて、

22種類の環状 N アルキルアミノ酸の翻訳ペプチドへの導入について、同定と効率の評価を行い、リボソーム翻訳基質として有効な環状 N アルキルアミノ酸を見いだした。また、新規の翻訳伸長因子 elongation factor P (EF-P) を PURE システムに添加することにより N アルキルペプチドライブラリーの翻訳合成量を増加することができることを見いだした。更に、リボソーム翻訳反応後に生体直交性化学反応や酵素反応を用いることによって、直接的にはリボソーム翻訳ペプチドに導入することができない様々な荷電 N アルキルアミノ酸を、効率的に翻訳ペプチド内に構築することに成功した。

更に、40種類以上の大腸菌由来の tRNA を調製して N アルキルアミノ酸を連結し、PURE システムに加えてモデルペプチドの翻訳合成を行なった。その結果、大腸菌由来の tRNA^{Glu} あるいは tRNA^{Asp} を用いることによって、様々な N アルキルアミノ酸 (N メチルバリン、N メチルロイシン、N メチルイソロイシン、N メチルトリプトファン、N メチルシクロヘキシルアラニン、N メチルフェニルグリシンなど) の翻訳ペプチドへの導入効率を向上させることができること、N アルキルアミノ酸の重合効率 (連続導入効率) を向上させることができること、N アルキルペプチドの mRNA ディスプレイ効率を向上させることが可能であることも見いだした。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 PURE システム、elongation factor P (EF-P)、環状 N アルキルアミノ酸、荷電 N アルキルアミノ酸、N アルキルペプチド薬剤

【研究 題 目】 遷移状態を制御する機能性人工生体分子の開発

【研究代表者】 川上 隆史 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】 川上 隆史 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

ペプチドタグと低分子の反応などの生体分子関連化学反応の創製は、化学反応の遷移状態制御の機構解明において非常に重要である。これまでに、低分子との反応を介して特定タンパク質をラベルするために様々なペプチドタグ (sortase 基質ペプチドタグ、トランスグルタミナーゼ基質ペプチドタグ等) が報告されているが、天然に既に存在するタンパク質の改変や、メカニズムに基づいたデザイン、ファージディスプレイ等の細胞系分子進化のいずれかによって開発されてきている。

本研究では、数十兆種類という多様 (diverse) な (ポリ) ペプチドタグライブラリーからの超高速スクリーニングを可能にする無細胞系の分子進化により、タンパク質ケミカルラベリング用ポリペプチドタグを創製する汎用的新システム (DIVERSE システム: Directed

In Vitro Evolution of Reactive peptide-tags via Sequential Enrichment) を開発し、非酵素的に共有結合でラベリングするペプチドタグの de novo 創製を達成する。そして創製したペプチドタグを用いて、様々な蛍光プローブによるタンパク質ケミカルラベリングや生細胞内タンパク質のバイオイメージングへの応用を実証する。DIVERSE システムは、新規ペプチドタグの de novo 創製に限らず、数十兆種類のポリペプチドタグライブラリーからの超高速スクリーニングを介した、既存ポリペプチドタグの配列最適化等への応用も期待することができる。また、創製したペプチドタグの生細胞内ヒトタンパク質融合と薬剤修飾小分子により、生きたヒト細胞内における薬剤-タンパク質間相互作用の解析 (分子プロファイリング) を行うことが可能となる。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 PURE システム、cDNA ディスプレイ、ペプチドタグ、バイオイメージング、薬剤-タンパク質間相互作用、DIVERSE システム

【研究 題 目】 天然物を模したペプチドの大規模ライブラリーからのリガンド探索法の開発

【研究代表者】 川上 隆史 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】 川上 隆史 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

Wnt シグナル伝達経路は、ヒトから線虫にいたる広く保存をされたシグナル伝達経路であり、形態形成や発生において重要な役割を果たしていることが知られている。更に、種々のヒト腫瘍において Wnt シグナル伝達経路の構成タンパク質である β カテニンや Wnt シグナル伝達経路の負の制御因子 APC において、その変異が見い出され、Wnt シグナル伝達経路の異常が細胞のがん化に関与していることが明らかになってきている。変異の生じた β カテニンは安定化して細胞内に蓄積し、核内に移行して TCF と複合体を形成し転写を活性化する。このような β カテニン/TCF を介した転写の異常な活性化ががん化の一因になると考えられている。

本研究では β カテニンが関わる Wnt シグナル伝達経路の生物学的な解析を目指し、再構築型無細胞翻訳系 (PURE システム) と mRNA ディスプレイ法を用いて、cDNA クローンと無細胞翻訳系により調製された β カテニンを標的とする、天然物のような新規環状ペプチド化合物を数十兆種類の大規模コンビナトリアルライブラリーから同定することに成功した。またクリーンルーム内設置型・超高感度質量分析システムを用いたヒトプロテオミクス解析により、本環状ペプチドの標的 β カテニンへの作用メカニズムに関する解析についても成功した。

【領 域 名】 生命工学

〔キーワード〕 PURE システム、mRNA ディスプレイ、ペプチド薬剤、質量分析システム、プロテオミクス

〔研究題目〕 シリア・中心体系による生体情報フローの制御

〔研究代表者〕 五島 直樹（創薬分子プロファイリング研究センター）

〔研究担当者〕 五島 直樹、鍵和田 晴美（常勤職員2名）

〔研究内容〕

新学術領域「中心体-シリア」における計画班としてシリア・中心体系による生体情報フローの制御の解明に参加している。シリア・中心体系を経由した細胞内外からの情報のフローが、細胞周期チェックポイントをどのように制御しているのかは、細胞生物学・発生生物学における根本的命題であるが、現時点ではその詳細は不明である。多細胞生物において、細胞は、内部環境（中心体など）から発生する情報と一次シリアや細胞間接着装置などを介して得た外部環境からの情報を統合して、その細胞周期チェックポイントを制御し、秩序だった増殖と分化を行い、巧みに組織や器官を形成・維持していると考えられる。特に、組織幹細胞において、このシリア・中心体系を経由した細胞内外からの情報のフローが、細胞周期チェックポイントをどのように制御しているのかは、細胞生物学・発生生物学における根本的命題であるが、現時点ではその詳細は不明である。我々の網羅的なヒト蛋白質発現リソース、発現蛋白質、細胞内局在情報を本領域の各チームと協力して活用し、プロテオミクスサポートセンターとして有機的連携を図り、研究を円滑に進める。

シリア・中心体系の制御に重要なトリコプレインの分解制御を明らかにするため、E3リガーゼを約1000種類搭載した E3リガーゼプロテインマイクロアレイを作製し、トリコプレイン及びその類縁蛋白質群に対する E3リガーゼを結合特異性を基に探索した。また、約1000種類の E3リガーゼを蛋白質合成し、トリコプレイン及びその類縁蛋白質群に対する結合特異性をピアコア A100を用いた SPR 法によって測定した。探索した E3リガーゼを細胞内で過剰発現および siRNA でのノックアウト実験を行い、トリコプレイン等の細胞内蓄積を調べ、インビボにおける分解系としての検証を行い、KCTD17がユビキチンリガーゼとして働き、トリコプレインをユビキチン-プロテアソーム系で制御していることを明らかにした。

(1) 中心体・一次シリアからのシグナルによる細胞周期制御機構の解明：

我々が同定した一次シリア制御因子であるトリコプレイン及びその類縁蛋白質群の網羅的解析を通して、中心体・一次シリアによる細胞周期チェックポイント

制御機構の解析している。これまでに、一次シリア形成が誘発される際に、トリコプレインがポリユビキチン化依存的に分解され、中心小体より消失することを見出した。ユビキチン化されないトリコプレイン変異体 (K50/57R) を発現する細胞や、プロテアソーム阻害剤を処理した細胞では、一次シリアが形成されないことから、ユビキチン・プロテアソーム系によるトリコプレインの分解が一次シリア形成に必要な不可欠であることを証明した。さらに、研究分担者の五島と共同で、プロテインアレイと siRNA 法を組み合わせた網羅的な E3リガーゼスクリーニングを行い、トリコプレインをポリユビキチン化する E3リガーゼとして KCTD17を同定した。さらに、KCTD17を介したトリコプレインのポリユビキチン化は、プロテアソーム依存的な分解を引き起こすこと、さらに、この一連のシグナルが一次シリアの形成に必要な不可欠であることも明らかにした。一方、トリコプレインのもつ TPHD ドメインを有する81分子について hTERT-RPE-1細胞において siRNA スクリーニングを行い、4分子が一次シリア形成を抑制することを見出し、それらの1つである Ndel1について詳細な検討を行っている。また、Aurora-A キナーゼと相互作用する分子の探索を行い、これらの中で Aurora-A の高い活性化能が認められた CCDC78に着目し、その機能解析を行っている。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 シリア・中心体系、トリコプレイン、E3リガーゼ、ユビキチン化、タンパク質分解

〔研究題目〕 バイオロジーにおける3D 活性サイト科学

〔研究代表者〕 久保 泰（創薬分子プロファイリング研究センター）

〔研究担当者〕 久保 泰（招聘研究員1名、他1名）

〔研究内容〕

近年、イオンチャネルや受容体などの膜タンパク質の結晶構造解析が急速に進み、標的分子の分子構造に基づく低分子化合物のドラッグデザインに有用な情報を提供している。これにより、「static (静的)」な情報は得られるが、リアルタイムで「動的 (dynamic)」な情報については得られていない。本研究では、膜系受容体に Diffracted X-ray Tracking (DXT) 法を適用してその分子動態を探り、動態制御による創薬という新しい創薬プラットフォーム確立に資することを目標とする。

分子レベルでの構造-活性相関について研究蓄積があるニコチン性アセチルコリン受容体 (nAChR) と nAChR の細胞外領域と相同性の高いアセチルコリン結合タンパク質 (AChBP) について DXT 法で分子動態を計測した結果、リガンドとの結合によって惹起される

tilting (θ ; 回転軸垂直方向の動き) と twisting (χ : 回転運動) の動きを100 μ 秒の時間分解能で解明できた。

ここで得られた条件を適用して脳神経系に局在する $\alpha 7$ nAChR の分子動態を調べた。 $\alpha 7$ nAChR は、上記タンパク質と異なり α サブユニットのホモ5量体からなり、アルツハイマー病や統合失調症に伴う認知障害に対する創薬標的となっている。創薬において $\alpha 7$ nAChR の3種類の分子状態 (open、close、desensitization) およびその間の遷移過程を知ることは重要である。我々は、分子の配向制御や金ナノ結晶標識位置を特定するためのタグを導入した $\alpha 7$ nAChR をアフリカツメガエル卵母細胞に発現し、それより調製した $\alpha 7$ nAChR を用いて DXT 計測を行った。その結果、前記3状態に相当する θ および χ 方向の動きを確認することに成功した。同受容体に作用するリガンド・薬により、どの分子状態に効いているかの評価を今後進める。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】1分子動態解析、ニコチン性アセチルコリン受容体、リガンド受容体チャネル、高輝度 X 線、X 線回折点追跡法

【研究 題 目】ウイルス感染現象における宿主細胞コンピテンシーの分子基盤

【研究代表者】夏目 徹 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】夏目 徹 (常勤職員1名、他2名)

【研究 内 容】

本研究の目的は、病原性発現に帰結する宿主特異的なウイルス複製と細胞内防御メカニズムとの拮抗の分子基盤を理解することである。ウイルスは自然宿主の中では、感染現象と細胞内防御系を含む生命プロセスが折り合った状態であると考えられ、高い病原性は示さず感染サイクルを繰り返しながら存続する。一方、疾患に繋がる感染を起こす宿主では、この均衡がウイルス側に偏ることで高い病原性が発現すると考えられる。本研究では、これらの結果に繋がる細胞の特性を「宿主細胞コンピテンシー」という概念で捉え、その特性の分子基盤を明らかにし、ウイルスが宿主を選択し、また宿主に適合したメカニズムを明らかにする。平成27年度は、質量分析によって得られた複数のウイルス及び宿主たんぱく質量定量結果について、ウエスタンブロット法によっても同様の結果が得られることを明らかとした。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】質量分析、ウイルス、宿主、宿主細胞コンピテンシー、分子基盤

【研究 題 目】中心体・一次シリアと細胞周期

【研究代表者】五島 直樹 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】五島 直樹、鍵和田 晴美

(常勤職員2名)

【研究 内 容】

新学術領域「中心体・シリア」総括班として中心体・一次シリアと細胞周期について研究を推進している。中心体は、細胞分裂期において染色体の分離・分配を制御し、静止期にある細胞では一次シリアの基底小体として働くことが知られている。多細胞生物において、細胞は、内部環境 (中心体など) から発生する情報と一次シリアや細胞間接着装置などを介して得た外部環境からの情報を統合して、その細胞周期チェックポイントを制御し、秩序だった増殖と分化を行い、巧みに組織や器官を形成・維持していると考えられる。特に、組織幹細胞において、このシリア・中心体系を経由した細胞内外からの情報のフローが、細胞周期チェックポイントをどのように制御しているのかは、細胞生物学・発生生物学における根本的命題である。本研究では、網羅的なヒト蛋白質発現リソースを構築し、インビボ及びインビトロでの蛋白質の発現および複合体形成の解析、網羅的な蛋白質の細胞内局在情報の解析を行い、トリコプレイン及びその類縁蛋白質群と中心体構成蛋白質群のプロテオミクス研究を行う。我々の構築した世界最大のヒト蛋白質発現リソース、ハイスループット蛋白質合成技術、プロテインアクティブアレイの特徴を生かし、プロテオームワイドなシリア・中心体系の解析研究を行った。シリア形成の制御に重要な機能を持つトリコプレインは、Trichohyalin/ Plectin Homology Domain (TPHD) ドメインをもつことから、TPHD 様の構造を有する97個の蛋白質群を同定した。これら97個の TPHD 蛋白質を培養細胞で強制発現してそれらの局在を確認した。次に、これら候補蛋白質の siRNAi によるノックダウン実験を行い、シリア形成に関連する因子の特定を行った。これらの結果をまとめて論文発表を行った (Kasahara, K., et al., *Nature communications*, 2014) .

トリコプレイン類縁蛋白質の網羅的機能解析

(a) TPHD ドメインをもつ中心体局在蛋白質群の解析

今回、トリコプレインのもつ TPHD ドメインを有する81分子について hTERT-RPE-1細胞における siRNA スクリーニングを行った。その結果、4分子が一次シリア形成を抑制することが示唆された。それらの1つである Ndel1は中心体蛋白質で、神経発生や細胞分裂など様々な現象への関与が知られおり、Ndel1のノックアウトマウスは初期胚致死であることが報告されている。増殖中の RPE-1細胞において Ndel1を siRNA によりノックダウンしたところ、48時間後に約40%の細胞が一次シリアを形成し、G0期での細胞周期停止がみられた。IFT20とのダブルノックダウン実験により、この細胞増殖の停止は一次シリア依存的事であることが示唆された。また、血清飢餓により一次シリアを形成し細胞増殖が停止した細胞に血清を加えたところ、Ndel1をノックダウンした細胞では細胞周

期への再進入が見られなかった。Ndel1は中心体の sub-distal appendage に局在し、その局在は Odf2 依存的であった。また、血清飢餓による一次シリア形成時には局在の変化は見られなかった。さらに共同研究者の A03計画班の広常(阪市大)らにより、Ndel1の hypomorphic mutant マウスの腎臓では、生後0日齢において尿細管の一次シリアが野生型と比べ長く、若干の細胞増殖の低下がみられることが明らかとなった。以上より、Ndel1の欠損は一次シリアの形成を引き起こし、細胞増殖を阻害することが示唆された。Ndel1の中心体での機能をさらに明らかにするために、中心体構成タンパク質を搭載した中心体タンパク質アレイを作製し、解析を開始した。

(b) coiled-coil domain (CCD) をもつ中心体局在蛋白質群の解析

Aurora-A キナーゼは中心体に局在し、分裂期で多数の役割を果たす蛋白質である。また Aurora-A は種々のがんで過剰発現が報告されており、それを標的とした阻害剤の臨床研究 (Phase I, II) が進んでいる。Aurora-A の阻害は、がん細胞を細胞死に導くことは知られていたが、我々は正常細胞においては細胞周期の G0/G1での停止を誘導することを報告した (*J. Cell Biol.*, 2012)。このような背景から、我々は、Aurora-A キナーゼと相互作用する分子の探索を行った。そのために、coiled-coil domain (CCD) をもつ蛋白質に着目した。CCD をもつ中心体局在蛋白質のうち Aurora-A キナーゼと相互作用する蛋白質をスクリーニングし、さらに Aurora-A の活性化を調べたところ、5つの候補蛋白質に絞ることができた。その中から、最も Aurora-A の活性化能が強い CCDC78に着目し機能解析を行った。正常に近い細胞である RPE1細胞を用いて CCDC78をノックダウンしたところ、Aurora-A ノックダウンでみられるような、細胞周期の停止はみられなかった。しかし、がん細胞である HeLa 細胞では、分裂期において Multi-polar を示すものが多く見られた。また、二重チミジン同調からのリリース後の CCDC78の経時的変化をみると、細胞周期を通じて存在はするものの、分裂期進入後の量の増加が認められた。また局在を観察したところ、紡錘体極上に染色像が得られ、中心体付近に存在し、分裂期に作用している可能性が示された。

[領域名] 生命工学

[キーワード] 中心体、1次シリア、細胞周期、組織形成、器官形成、細胞間ネットワーク

[研究題目] ネオグライコバイオロジクスの創製とリソソーム病治療薬開発への応用

[研究代表者] 伊藤 孝司 (徳島大学薬学部)

[研究担当者] 広川 貴次 (創薬分子プロファイリング研究センター)

(常勤職員1名、他1名)

[研究内容]

抗体医薬をはじめ組換え糖タンパクを用いるバイオ医薬品開発が進展しているが、糖鎖の不均一性に基く有効性低下と副作用が問題になっている。本研究では、遺伝性リソソーム酵素欠損症(リソソーム病)を対象に、標的細胞内取り込みに必要、かつ均一な機能性合成糖鎖を組換えヒトリソソーム酵素に付加する技術を確立し、より有効性が高く副作用を低減できる人工糖タンパク製剤(ネオグライコバイオロジクス)の創製を目的とする。また現在臨床応用されている、哺乳類細胞株由来の組換えリソソーム酵素製剤の問題点を克服すべく、より高生産性の遺伝子発現系で作製した組換えヒト酵素または化学合成タンパクと均一な機能性合成糖鎖との共役付加体(ネオグライコ酵素)の有効性と安全性を、新規に開発する中枢神経症状を伴うリソソーム病患者 iPS 細胞由来培養神経系及びマウスモデルを開発し評価する。

本研究では、研究期間内に下記の事項を明らかにする。

- (1) ヒト CTSA を絹糸腺で恒常発現する組換えカイコ系統 (Tg-CTSA) から活性型 CTSA 酵素を精製し、精製酵素の N 型糖鎖と、細胞内取り込みに必要な均一機能性糖鎖ドナーを化学合成または天然物から単離し、そのオキサゾリン誘導體と endo β -hexosaminidase を用いる chemoenzymatic な糖鎖挿げ替え法により、均一機能性糖鎖をもつ CTSA の作製法を確立する。
- (2) 既知のヒト Hex や GM2A の X 線結晶構造に基づき、分子動力学 (MD) 法やフラグメント非経験的分子軌道 (FMO) 法に基づく分子科学計算により、GM2A との結合部位を導入した改変型 HexB と GM2A とのタンパク間相互作用を予測し、GM2分解に関し高機能型 HexB/GM2A をデザインする。
- (3) 改変 GM2A を恒常発現するメタノール資化酵母株から高機能型 GM2A を精製する。一方 NCL 法により化学合成した高機能型 GM2A と改変型 HexB との分子間相互作用を解析する。また高機能型 HexB/GM2A 複合体の X 線結晶構造を解明し、in silico 予測の妥当性を検証する。
- (4) 野生型及び高機能型 GM2A の化学合成では、N 型糖鎖のアクセプター部位としての N-acetylglucosamine (GlcNAc) 残基を導入し、均一な機能性糖鎖のオキサゾリン誘導體と endo β -hexosaminidase を用いる transglycosylation 法により糖鎖付加型 GM2A を作製する。
- (5) CTSA、HexA 及び GM2A 欠損症患者由来皮膚繊維芽細胞から樹立した iPS 細胞から神経系細胞(神経細胞、アストロサイトなど)の分化誘導条件を確立し、健常者由来細胞の機能と比較する。
また1)~4)で作製した、均一機能性糖鎖が付加された人工糖タンパク(ネオグライコプロテイン)を、各欠損症患者 iPS 細胞由来の培養神経系細胞または疾患モデ

ルマウスの脳室内に、単独または同時補充実験を行い、脳内蓄積基質の減少を指標に有効性と安全性を評価する。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕リソソーム病、遺伝性リソソーム酵素欠損症、人工糖タンパク質製剤、インシリコ創薬

〔研究題目〕肝炎ウイルス治療後の肝発癌機序とバイオマーカーの同定に関する研究

〔研究代表者〕堀本 勝久（創薬分子プロファイリング研究センター）

〔研究担当者〕堀本 勝久（常勤職員1名）

〔研究内容〕

C型インターフェロン治療後、肝がんを発症した患者と発症しなかった患者について、治療前と治療後の遺伝子発現及びDNAメチル化に関するオミックスデータを解析する。目的は、治療後の診断において、肝がん発症のリスクを予測するマーカーを探索することである。

初年度の本年度は、2層のオミックスデータの整理を行い、それらの臨床治験との照応を行った。またそれらに基づき分子刻印を2層のオミックスデータそれぞれについて推定し、肝発癌機序の予備的解析として、分子刻印の生物機能の推定を目指してパスウェイ解析を用いて行った。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕遺伝子発現データ、DNAメチル化、バイオマーカー、がん再発

〔研究題目〕エピジェネティックな遺伝子調節タンパク質に基づく発達障害疾患の創薬基盤の構築

〔研究代表者〕福西 快文（創薬分子プロファイリング研究センター）

〔研究担当者〕福西 快文（常勤職員1名）

〔研究内容〕

自閉症などを中心とする発達障害は、これまで生きた状態での患者の脳を研究する手段が限られていたため、なかなか知見が得られなかった。しかし、近年のiPS細胞技術により神経疾患であっても、患者の細胞から神経をiPS細胞から作りだし、研究することが可能となり、いくつかの疾患関連タンパク質が見つかってきている。自閉症、レット症候群などでは、脳神経細胞におけるエピジェネティックな遺伝子調節タンパク質が疾患関連タンパク質だと言われている。これら疾患には、いくつかのDNAに結合する、ないし複合体を形成してDNAに結合するタンパク質が知られている。エピジェネティックな遺伝子調節タンパク質に関する、これまでの研究は、癌を中心に研究されてきており、これらのタンパク質への阻害剤は多くが強い副作用を持っており、そのままでは発達障害に用いることは難しい。また、経

口投与可能であって脳・中枢神経へ医薬分子を到達させるには、血液・脳関門を通さないといけない、など多くの問題がある。

これらタンパク質の種類、患者より採取した細胞からのiPS細胞誘導を山梨大学・久保田教授らのチームで行い、我々は、標的タンパク質の立体構造が既知であってProtein data bankに登録されているものを中心に、薬物候補の計算による探索した。通常の市販化合物に加え、既存中枢神経薬からの探索を加えて行った。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕リード化合物、シミュレーション

〔研究題目〕ヒト由来膜タンパク質の機能構造解明に向けたNMRアプローチ

〔研究代表者〕竹内 恒

〔研究担当者〕竹内 恒（常勤職員1名）

〔研究内容〕

GPCRをはじめとする、多くの膜タンパク質複合体の立体構造決定が行われているが、その真の機能発現メカニズムを理解し、創薬研究などに応用展開していくためには、界面活性剤中での立体構造情報のみならず、適切な脂質二重膜環境においてリガンド・薬物などの作用により誘起されるダイナミックな構造変換メカニズムを明らかにしていくことが重要となる。NMR法は、このような動的構造変化を捉えるのに適した手法であるが、真核生物由来の膜タンパク質については、NMR解析のための試料調製は依然容易ではない。そこで本研究では、特にヒト由来膜タンパク質に重点をおいたNMRによる動的な機能構造解析を推進している。本年度はこれまで主鎖構造情報の取得が不可能であった分子量領域の膜タンパク質およびその複合体を解析することのできる新たな測定法として、¹⁵N観測TROSY法を開発した（Takeuchi et al, (2015), 63, 323-331; Takeuchi et al, (2016), 64, 143-151）。本手法は原理的に重水素化を必要とせず、また高塩濃度での測定も可能であることから、哺乳細胞など高度な重水素化が困難な発現系からしか得ることのできない膜タンパク質を含め、高い汎用性が期待できる。

〔参考文献〕

Takeuchi K, Arthanari H, Shimada I, Wagner G. Nitrogen detected TROSY at high field yields high resolution and sensitivity for protein NMR. *J Biomol NMR*. (2015), 63, 323-31.

Takeuchi K, Arthanari H, Imai M, Wagner G, Shimada I. Nitrogen-detected TROSY yields comparable sensitivity to proton-detected TROSY for non-deuterated, large proteins under physiological salt conditions. *J Biomol NMR*, 64, 143-151, (2016)

〔領域名〕生命工学

[キーワード] 膜タンパク質、NMR、測定法

[研究題目] 蛋白質立体構造解析と分子動力学に基づく EGFR 分子標的薬の効果予測と創薬

[研究代表者] 大西 宏明 (杏林大学医学部)

[研究担当者] 広川 貴次 (創薬分子プロファイリング研究センター)、中村 浩之 (東京工業大学)

(常勤職員1名、他2名)

[研究内容]

EGFR 遺伝子およびその関連シグナル伝達分子の異常は、肺癌、脳腫瘍、消化器癌など、様々な癌の発症・進展に関わっている。肺癌では、EGFR 遺伝子のエクソン19-21の変異がチロシンキナーゼ阻害剤 (TKI) の効果に関与することが明らかとなっている。特に、エクソン20の T790M 変異は、TKI に対する耐性遺伝子変異として知られ、TKI 耐性となった患者の約半数は T790M 変異を獲得することが知られている。我々は過去の報告において、EGFR 遺伝子の V843I 生殖細胞系変異が遺伝性肺腺癌の原因遺伝子であることを明らかにした。本変異を有する家系では、高率に肺線癌が発生し、この癌細胞では付加的な EGFR L858R 変異が生じていることがわかった。また本変異を有する肺癌細胞株は薬剤感受性試験において TKI に耐性であり、実際に TKI を投与された患者でも TKI の効果は認められなかった。我々は、EGFR 遺伝子 V843I 変異を導入した NIH3T3 細胞株を用いた解析により、本変異が細胞増殖の亢進に関与することを明らかにした。また、本家系の患者から樹立された細胞株に対する、数種の TKI や EGFRV843I 変異特異的 siRNA を用いた解析により、本変異が T790M に比べてより幅広い TKI に対する耐性を示すことも明らかとなった²⁾。すなわち、T790M 変異は gefitinib, erlotinib 等の第1世代の EGFR-TKI には耐性を示すが、afatinib, dacomitinib 等の第2世代 EGFR-TKI には感受性を持つのに対し、V843I 変異を持つ細胞はこれらの EGFR-TKI すべてに対して耐性を示した。一方、EGFR-TKI 感受性変異であっても、特定の TKI に対する感受性が異なる場合があることも知られている。例えば、afatinib は EGFR エクソン19の欠失変異に対しては効果が高いが、L858R 変異は感受性が低いことが報告されている。このような TKI の感受性や耐性に関与する EGFR 変異は他にも知られており、コンピューターシミュレーションによる EGFR 分子構造の推定に基づく TKI 結合能の推測などからその耐性機序の解析が行われている。しかしながら、各変異における特定の TKI に対する感受性・耐性を生じる分子メカニズムの詳細については、明らかにされていない。また、低頻度変異や、二つ以上の EGFR 変異が同時に生じている例についてはこのような検討はほとんどなされていない。このような分子メカニズムの解明は、

EGFR-TKI に対する耐性の克服による抗癌治療のみならず、新たな抗 EGFR 薬の創薬による新規抗癌治療の開発に不可欠である。

本研究は、蛋白質立体構造解析および分子動力学解析の手法を用いて、EGFR およびその変異体の動的立体構造の詳細を明らかにし、特に TKI の効果に深く関与するチロシンキナーゼ部位における ATP 分子の動態を TKI 分子との関連において解析することを目的とする。

[領域名] 生命工学

[キーワード] EGFR 遺伝子、抗がん剤、薬剤感受性変異、分子動力学計算、インシリコ創薬

[研究題目] Development of Practical and Error-Resilient Encryption and Authentication Mechanisms for Cloud-based Security Systems

[研究代表者] Schuldt Jacob (情報技術研究部門)

[研究担当者] Schuldt Jacob (常勤職員)

[研究内容]

The purpose of this research project is to develop cryptographic primitives, in particular encryption and authentication mechanisms, which are suitable for deployment in a cloud-based system.

The main research achievements obtained as part of this project during FY2015 consist of the following two results, each treating a different aspect of cloud-based security systems: (1) Development of a generic transformation for hardening a public key encryption scheme to be secure against certain types of related randomness attacks, and (2) Investigation and enhancements of the security against related key attacks of commonly used signature schemes.

Security against related randomness attacks plays an important role in cloud-based environments based on virtualization. The result mentioned in the first item above, demonstrates how any public key encryption scheme can be converted into a scheme secure against related randomness attacks for hard-to-invert relations, thereby providing a general technique for achieving basic security properties desirable in a cloud-based environment. This result was published in IMA Cryptography and Coding 2015, and was furthermore awarded the best paper award.

Security against related key attacks should be considered for devices that might be captured and tampered with by an adversary, and are hence relevant for cloud-based systems in which IoT or

mobile user devices interact with a cloud-based service. In the result mentioned in the second item above, we provide enhancements to commonly used signature schemes that strengthen the security against related key attacks. Such schemes might be used to authenticate data from a device or the device itself. This result was published in Information Security and Cryptology 2015.

Overall, the project is progressing more smoothly than anticipated, and the plan is to immediately advance to the next stage of the project. More precisely, the plan is to consolidate the results, primarily regarding related randomness security of encryption i.e. expand the results to cover larger classes of relations, re-evaluate the constructed security models, and attempt to construct highly efficient schemes that provides an attractive tradeoff for cloud-based systems, in terms of the achieved security and any potential performance penalties.

At a later stage in the project, the plan is to expand focus to additional primitives, like signatures and key agreement, and potentially expand on the obtain results mentioned in item (2) above.

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 provable security, cloud-based security, weak randomness, fault attacks

〔研究 題目〕 Linked Open Data 利活用のためのクエリ共有手法に関する研究

〔研究代表者〕 濱崎 雅弘 (情報技術研究部門)

〔研究担当者〕 濱崎 雅弘 (情報技術研究部門 常勤職員1名)、的野 晃整、Steven Lynden (人工知能研究センター 常勤職員2名)

〔研究 内容〕

本研究では、Linked Open Data (LOD) の利活用を阻害する最大の要因である LOD 検索の困難さに対して、クエリ共有が有効であることを明らかにする。具体的には、(課題1) クエリ生成の支援に有効な共有クエリ推薦技術の研究開発、(課題2) クエリ実行の高速化に有効なクエリキャッシュ技術の研究開発、の二つの研究を実施する。

H27年度は、クエリ推薦に資する知見を得るために、SPARQL クエリの利用状況について調査を行った。具体的には日本語 LOD の SPARQL クエリログを分析した。分析にあたっては日本語 DBpedia の1300万件のアクセスログを利用した。分析結果からは、日本語 DBpedia は利用者数は増加傾向にあること、SPARQL キーワードについても参照 URI についても、人気のも

のとそうでないものが存在していることがわかった。また、クエリの文字列長やクエリで利用される URI が時間経過とともに増えていることから、ユーザコミュニティは時間をかけて LOD データセットを利活用できるようになっていくことがわかった。しかし、ごく少数のユーザ以外は LOD および SPARQL が持つ機能を十分に使いきっているとは言い難い状況にあることがわかった。また、クエリキャッシュの基盤技術として、RDF 問合せ最適化技術の研究開発した。具体的には、結合選択率の間接的見積り手法を新たに提案した。実データを用いた実験を通じて、提案手法と従来の手法を比べた結果、提案した手法は改善の余地は残されているものの、従来手法と比べ大幅な(最大11桁)精度改善を確認した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 セマンティックウェブ、リンクト・オープン・データ、SPARQL、クエリ共有、クエリキャッシュ

〔研究 題目〕 クラウドサービスに適した階層型計算委託に関する研究

〔研究代表者〕 松田 隆宏 (情報技術研究部門)

〔研究担当者〕 松田 隆宏 (常勤職員)

〔研究 内容〕

本研究では、クラウドサービスに適した柔軟かつ安全に「計算の委託」を行うことができる検証可能委託技術について研究を行っている。

本年度は、昨年度に引き続き、「汎用的な計算クラス」を取り扱える検証可能計算委託方式に加え、具体的計算クラスとして「暗号文の再暗号化」を取り扱うことができる暗号技術である代理人再暗号化方式について取り組んだ。代理人再暗号化方式とは、あるユーザ A 宛の暗号文を、第三者機関である「代理人」が、別のユーザ B が復号できる暗号文へと変換(再暗号化)できる技術である。しかも再暗号化のプロセスにおいて、代理人に平文の情報は洩れない、という性質を持つ。今年度は、代理人再暗号化における再暗号化後の暗号文上でのみ、暗号化したままで平文に対し演算を施すことができる性質を持つ「準同型代理再暗号化方式」を定式化し、効率的な方式を国内会議 SCIS 2016において提案した。既存研究によって、準同型暗号から検証可能計算委託への変換方法が知られているため、この方法を SCIS での提案方式に適用することで、従来の方式が持たない柔軟な計算委託を可能な方式を引き続き行っていく予定である。また、昨年度得られた「再暗号化暗号文受信者が代理人の不正を検出できる」方式について、安全性モデルなどを発展させ、国際論文誌への投稿準備を進めた。この他、汎用的な検証可能計算委託の実現の理論的(不)可能性について文献調査及び検討を進める中で、検証可能計算委託と関係が深い要素技術である Succinct Non-interactive ARGument (SNARG) の実

現に必須とされる暗号学的仮定の、公開鍵暗号の構成における応用を見出し、権威ある国際会議 PKC 2016において発表した。

さらに、本研究の認知度向上のため、研究者・学生向けの公開ワークショップを開催し研究成果を発表した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 検証可能計算委託、代理人再暗号化、証明可能安全性

〔研究 題目〕 サイバーエスピオナージを防止するデバイス管理技術

〔研究代表者〕 須崎 有康 (情報技術研究部門)

〔研究担当者〕 須崎 有康、古原 和邦 (情報技術研究部門 常勤職員2名)、堀 洋平 (ナノエレクトロニクス研究部門 常勤職員)

〔研究 内容〕

近年のモバイル端末は高性能なデバイス (カメラ、GPS、ジャイロセンサー) が標準で装備されて便利であるが、一旦攻撃が成功するとこれらを悪用したサイバーエスピオナージ (電子的諜報活動) の危険性が指摘されている。この問題に対して OS レベルでの問題解決を提案されているが、OS レベルでは攻撃者から防御技術を回避される恐れがある。このため、ハイパーバイザーで OS とは独立にデバイス管理を行う技術を開発を行っている。今年度開発した項目は下記の4つである。

(1) デバイス管理を行うハイパーバイザー: ハードウェアと OS の間に入り、デバイスの制御を行うハイパーバイザーのプロトタイプを作成した。Intel CPU で動作する BitVisor をベースに USB のデバイス ID を認識して、許可・不許可を管理者が行えるようにした。

(2) ハイパーバイザーの改竄防止技術: ハイパーバイザーは攻撃者ばかりでなく、利用者からも無効化される恐れがある。このため、OS が含まれるディスクを暗号化し、ハイパーバイザーによる復号なしでは OS が起動できないようにした。セキュアチップである TPM が提供する TrustedBoot の機能を利用して未知のデバイスの接続やハイパーバイザーの改竄が検知できるようにした。

(3) 個体識別技術と連携した認証技術: 物理的特徴を利用してデバイスに固有の値を出力する複製困難関数 Physically Unclonable Function (PUF) を用いて、正しいデバイスの認証ができるにした。USB 接続された PUF デバイスが認識できるようにした。

(4) サイバーエスピオナージを想定したリスク評価: 高性能デバイスを悪用したサイバーエスピオナージを論文などで公開されているものを元に調査した。ジャイロなどのセンサーデバイス個々の物理的特徴 (skew など) をブラウザの JavaScript から取得してスマホと特定するなど、まだまだ多くの攻撃がある。また、情報漏洩ばかりでなく、データ消去のためにデバイス破壊などもあ

り、本研究の重要性を認識できた。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 情報セキュリティ、オペレーティングシステム、仮想化技術

〔研究 題目〕 サイバーフィジカルシステムからの情報漏洩の定量的解析

〔研究代表者〕 川本 裕輔 (情報技術研究部門)

〔研究担当者〕 川本 裕輔 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

本研究では、サイバーフィジカルシステムからの秘密情報の漏洩量を測定・推定することを目指し、大規模な確率的システムに対する定量的情報流解析の手法を進展させ、効率化することを目的としている。

本年度は2カ年計画の初年度にあたり、定量的情報流解析の要素技術に関する研究を行った。

まず、複数の部分システムの実行のスケジューリングが秘密情報の漏洩にどのように影響を及ぼすのかについて理論研究を行った。具体的には、スケジューラの振る舞いと攻撃者の観測能力が情報漏洩の度合いにどのように影響を及ぼすのかについて、定量的情報流解析の枠組みで定式化した。特に、スケジューラに依存するシステムが漏洩する情報量の上限を示した。また、min エントロピーを用いて定義される漏洩情報量を最小化するスケジューラの構成方法を示した。

さらに、効率的な定量的情報流解析の新たな手法について研究した。従来の確率的システムに対する定量的情報流解析の手法には、記号的手法と統計的手法がある。前者はソースコードの情報を用いてシステムを抽象化して解析するのに対し、後者はシステムをブラックボックスとしてランダムに実行して統計的に解析する。両者にはそれぞれ長所と短所があるが、本研究では、両手法を組み合わせることにより、より効率的な定量的情報流解析手法を開発した。具体的には、確率的システムのソースコードを分解し、各部分システムの性質を評価し、その部分システムに適した手法を選択する。また、解析結果の品質を保証し評価できるようにするために、情報漏洩量の推定値のバイアスを補正し、その信頼区間を計算する手法を実現した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 プライバシ、情報漏洩、定量的情報流解析、情報理論、統計学的推定

〔研究 題目〕 ディザスタリカバリを可能にする高速回避型遠隔ライブマイグレーションの研究

〔研究代表者〕 広淵 崇宏 (情報技術研究部門)

〔研究担当者〕 広淵 崇宏 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

本研究では、災害発生直後の猶予時間を利用したサーバ待避技術の実現にむけて、地理的に離れた拠点に対し

て仮想計算機を効率的に移動する技術を開発する。全体の研究期間3年において最終年度にあたる平成27年度においては、研究成果の取りまとめを中心に行った。

第一に、これまで開発してきた仮想計算機の移動技術に関するシミュレーションフレームワークについて、クラウドコンピューティング分野におけるトップレベルの論文誌 *IEEE Transactions on Cloud Computing* に投稿し、最終的に採録を得ることができた。この論文では、本フレームワークにより数万台以上の仮想計算機からなる大規模環境のシミュレーションが高い精度で可能になることを示している。評価実験を成功させるために、大規模クラスタを用いた対照実験の準備や、大規模環境に耐えるようフレームワークの完成度を高めることなどに多くの労力を費やした。さらに、フレームワークのソースコードを整理し、使用方法を記載した文書を準備した。本シミュレーションフレームワークはクラウドコンピューティング分野の研究者らにとって有益なものとなるはずであり、今後は開発技術の普及活動に力を入れていく。

第二に、仮想計算機移動時の性能低下を緩和する手法について、条件付き再録への対応を経て最終的に英語論文誌の採録を得ることができた。この手法は著名な仮想計算機プログラム *Qemu/KVM* において採用されており、今後研究成果が広く一般に普及することが期待される。

第三に、仮想計算機のメモリデータとストレージデータ間に存在する重複を排除する機構については、これまでの研究成果を取りまとめ英語論文誌に投稿した。査読者からのフィードバックをもとにして、今後も研究の完成度を高めていく予定である。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 データセンタ、仮想化、災害対策

【研究 題目】 ビッグデータに向けた匿名生体認証の研究

【研究代表者】 村上 隆夫 (情報技術研究部門)

【研究担当者】 村上 隆夫 (常勤職員1名)

【研究 内容】

本研究では、ビッグデータの普及促進に向けたプライバシー保護に関する研究を推進している。例えば、ユーザ ID を秘匿したまま認証を行う匿名認証が注目されており、生体認証との融合も試みられている。しかし、ユーザ ID 以外にも個人を識別し得る準識別子があり、これを用いた個人識別のリスクが残る。本研究では、このリスクまで考慮したプライバシー保護技術の実現を目指している。

平成27年度では、匿名化された位置情報のトレースを準識別子として用いて、個人を識別する攻撃の研究で成果を挙げた。まず、このような攻撃として最も盛んに研究されている、マルコフモデルに基づく個人識別攻撃法に着眼した。この手法は、ターゲットとなるユーザ毎

に遷移行列を学習し、それを用いて匿名化トレースを再識別するものである。しかし、ユーザが普段から公開している位置情報は一般には少量であるため、攻撃者が入手できる学習データは現実には少量である。この問題を解決するため、テンソル分解を用いた学習法を個人識別攻撃に適用し、実データを用いた実験でその有効性を示した。また、位置情報がある種の「グループ構造」(例えば、多くのユーザは都会に滞在しやすい、など)を持っていることを考慮し、このグループ構造を捉えるため、グループスパース正則化をテンソル分解に組み込んだ学習法を提案し、さらなる高精度化が実現できることを示した。さらに、学習用トレース内の位置情報が一部欠損する状況を考慮した学習法も提案し、有効性を示した。

これらの成果を国際会議等で発表し、*IEEE TrustCom 2015 Best Paper Award* を受賞するなどの成果を挙げた。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 プライバシー、位置情報、個人識別攻撃、テンソル分解、グループスパース正則化

【研究 題目】 ビッグデータ処理の形式検証に向けて

【研究代表者】 AFFELDT Reynald (情報技術研究部門)

【研究担当者】 AFFELDT Reynald、田中 哲 (情報技術研究部門 常勤職員2名)、
GARRIGUE Jacques (名古屋大学)

【研究 内容】

インターネットに接続される機器の増加に従って、蓄積される履歴データなどが爆発的に増大している。これらの大規模なデータを解析し、活用しようという動きが、いわゆる「ビッグデータ」のもとで進んでいる。しかし、ビッグデータ処理に用いられるプログラムの信頼性については、十分に厳密な検討や検証がなされているとはいえない。本研究では、データを圧縮したまま処理することができる「簡潔データ構造」に着目し、そのアルゴリズム及び実装の信頼性を検証する。簡潔データ構造は大規模なデータを少ないメモリで処理できるため、ビッグデータ処理の中心になると期待されている。

平成27年度は、簡潔データ構造の基礎を形式化し、基礎的なアルゴリズムの形式検証に成功した。まず、定理証明支援系 *Coq* を用いて、簡潔データ構造の基礎となる *rank* 関数などを抽象的に定義し、その性質の証明に取り組み、定理群の開発を開始した。特に、アルゴリズムが利用するメモリ量に関する性質に集中した。また、検証済みで実用的な *rank* 関数を得るため、定理証明支援系 *Coq* を用いた検証方法を提案し、検証実験を行った。簡潔データ構造は低レベルな操作を利用するため、通常の方法では実装の形式検証が困難である。そのため今回の研究では、まず先に抽象的な *rank* アルゴリズムを検証してから、*Coq* の *Extraction* 機能を用いて、*OCaml* 言語の実装を出力した。この際、効率のいいコ

ードが得られるように、ビット列を表現する OCaml ライブラリを新しく構築した。このライブラリは最新の Intel アーキテクチャの命令を利用している。以上の実験に関する論文を国内ワークショップで発表^[1]し、論文賞を受賞した。

[1] Akira Tanaka, Reynald Affeldt, and Jacques Garrigue. Formal Verification of the rank Function for Succinct Data Structures. In 18th JSSST Workshop on Programming and Programming Languages (PPL 2016), March 7-9, 2016. 15 pages.

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 形式検証、ビッグデータ、アルゴリズム

〔研究 題目〕 ビッグデータ利活用を促す高機能暗号・ゼロ知識証明の自動設計手法に関する研究

〔研究代表者〕 坂井 祐介 (情報技術研究部門)

〔研究担当者〕 坂井 祐介 (JSPS 特別研究員)

〔研究 内容〕

本研究で目指す暗号技術は、通常の暗号技術で達成される高い安全性に加えて、利用者が独自の要求に応じて自在にカスタマイズした暗号方式を設計できるような技術である。

本年度は、そのための重要な要素技術となるゼロ知識証明について、任意の条件式を取り扱えるゼロ知識証明について研究を進め、属性ベース署名という暗号要素技術についての成果を得た。属性ベース署名とは、匿名認証技術の一種であり、署名者が自身の属性に応じて電子署名を発行できる要素技術で、その際に、自身の属性がある指定された条件式を満たすことを証明でき、属性に関するそれ以上の情報は一切漏洩しないという性質を持つものである。この研究分野における重要な研究課題として、利用できる条件式のクラスを拡張するという課題が挙げられる。本研究において、任意の論理回路を条件式として利用可能な属性ベース署名方式の設計を行った。この方式で取り扱える条件式のクラスは、実用上用いられる全ての条件式を包含する非常に広いクラスとなっている。

本研究成果は、公開鍵暗号分野トップレベル会議である、PKC 2016へ採録されている。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 暗号理論・ゼロ知識証明・匿名認証

〔研究 題目〕 安全な協調ロボット制御ソフトウェア開発方法の研究

〔研究代表者〕 磯部 祥尚 (情報技術研究部門)

〔研究担当者〕 磯部 祥尚、大岩 寛、Affeldt Reynald (情報技術研究部門 常勤職員3名)、中坊 嘉宏、安藤 慶昭、Biggs Geoffrey、花井 亮 (ロボットイ

ノベーション研究センター 常勤職員4名)

〔研究 内容〕

本研究では、連携・協調するロボット制御ソフトウェアの安全性と信頼性の向上を目的として、制御ソフトウェアを設計・検証・実装するための開発環境の構築を目標とする。近年、ロボット技術の進歩とともに、工場のような閉鎖された場所だけでなく、人間と協力するロボットや、他のロボットと協調するロボットのように、協調型のロボットが登場してきている。しかし、協調動作の相互作用を適切に把握し、設計することは難しく、人間に危害を加えるような誤動作が混入する可能性もある。

本研究の1年目である H27年度は、2台の移動ロボットが協調して荷物を搬送する動作を形式仕様記述言語 CSP でモデル化し、このモデルに開発中の CONPASU ツールを適用して、データをもつ複数の状態遷移系の協調動作を可視化できることを確認した。また、キネマティクス (ロボットの運動学) の基礎となる座標、回転、剛体力学の基本的性質を定理ライブラリ (2,385行) として定理証明器 Coq 上に形式化し、この成果をもとに、日本ソフトウェア科学会の依頼原稿「Mathematical Components の入門」を執筆した (2016年度中に掲載予定)。さらに、CSP モデルを直接実装できるように、CSP の同期型メッセージパッシング通信方式を、ロボットソフトウェアプラットフォーム OpenRTM-aist に導入するための実現方法を検討した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 協調ロボット制御、形式仕様記述、定理証明器、ロボットソフトウェアプラットフォーム

〔研究 題目〕 検索をベースとした大規模ソフトウェアの変更解析に関する研究

〔研究代表者〕 森 彰 (情報技術研究部門)

〔研究担当者〕 森 彰 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

本研究では、従来から研究を行ってきた木構造比較アルゴリズムを、構文解析木に適用して計算されるソースコードの変更情報を、漏らさずデータベースに格納することで、開発過程で行われたリファクタリングやバグ修正などの変更パターンを、簡単な検索問い合わせにより列挙可能にする技術を開発する。

本年度は、前年度に構築したソースコードの変更データベースを利用して、ソフトウェア開発にとって問題となったり、重要な設計判断を反映したりする特徴的なコード変更パターンを、効率よくかつ正確に同定するための技術について研究を行った。Java 言語によるソフトウェアプロジェクトについては、Fowler らによって整理されたオブジェクト指向プログラムにおけるリファクタリングパターンを中心に、また、C 言語によるプロ

ジェクトについては、局所変数の導入や削除などの変更パターンを中心に、同定実験の作業を行った。全体として60個程度の変更パターンについて、SPARQL による問い合わせ文を記述し、変更データベースにおいて検索を行い、検索結果が正しいかを目視で確認した。Java については、Apache Ant プロジェクトを始めとするオープンソースプロジェクトを対象に、また、C については Linux カーネル2.6を対象として実験を行った。結果として検出精度は90%を超え、これは既存研究（概ね70%程度）と比較しても非常に良好な結果である。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】ソフトウェア変更解析、リファクタリング、木差分計算

【研究 題 目】組込みソフトウェアの安全な構築のための C 言語のモデルとその形式検証

【研究代表者】AFFELDT Reynald (情報技術研究部門)

【研究担当者】AFFELDT Reynald、大岩 寛 (情報技術研究部門 常勤職員2名)

【研究 内 容】

ソフトウェアに対して信頼性の高い保証を与える技術として、形式検証が注目されている。しかし、多くのソフトウェアは C やアセンブリなどの低レベル言語で書かれており、検証には技術的な詳細が多く必要なため、現状では形式検証による安全性の完全な保証はまだ困難である。本研究では組込み応用向けプログラムを検証するために、動作環境の差異と移植性を考慮した C 言語のモデルとその論理を形式化することで、C 言語とアセンブリ言語を組み合わせたプログラム全体の形式検証を可能にする。

平成27年度はまず、C 言語の形式検証基盤に関数呼出しに対応する拡張を行った。その拡張に基づいて国際会議でチュートリアルを行った^[1]。平成26年度に明らかになった定理証明支援系 Coq の効率低下の問題を Coq の開発者会議で報告・議論を行い、解決し、さらにその経験に基づいて国内会議でも報告した。本研究の C 言語の形式検証基盤とそのケーススタディ (セキュリティプロトコル TLS の実用的実装の検証) を国内会議で発表した^[2]。また、フランスの IRCICA 研究所に招待され、本研究のアセンブリ言語と C 言語形式検証基盤を発表した。

また、本研究の多倍長整数演算関数の形式検証技術についても改善を行った。具体的には、平成24年度に行った多倍長整数演算関数の検証成果を議論するために、スタンフォード大学で行われた HACS 2016会議に招待され、その際に、最も効率的な多倍長整数演算関数実装である GMP の形式検証を行うプロジェクトをスペインの IMDEA Software 研究所と共に提案し、形式検証実験を始めた。現時点で、多倍長整数の加算・減算・乗算・比較・シフトなどの関数実装の正当性の形式検証が

できており、今後検証済み C 言語コードの出力を行う。

[1] Reynald Affeldt, Proving Properties on Programs, Coq Tutorial at ITP'15, 2015/08/29, Nanjing, China

[2] Reynald Affeldt, An Intrinsic Encoding of a Subset of C and its Application to TLS, 日本応用数学会2015年度年会予稿集 (総合版)、1巻、2015、306-307. 招待講演。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】形式検証、C 言語、アセンブリ言語

【研究 題 目】第三者による安全性検証が容易な暗号技術の包括的設計手法に関する研究

【研究代表者】花岡 悟一郎 (情報技術研究部門)

【研究担当者】花岡 悟一郎、Nuttapong Attrapadung、縫田 光司、松田 隆宏 (情報技術研究部門 常勤職員4名) 松尾 真一郎、吉田 真紀、江村 恵太 (他3名)

【研究 内 容】

ネットワーク社会の著しい高度化に伴い、それに適した様々な新暗号技術の提案が行われている。また、それらの暗号技術については、設計者により数学的安全性証明がなされていると主張されている。しかし、ほとんどの場合、その証明は膨大な分量の非常に難解な数式の羅列により構成されており、もはや専門的な研究者であっても、正当性の検証が困難となっている。また、実際に証明の誤りもしばしば発見されている。そこで、本研究では、安全性の検証が容易で、誰もが安全性を確信できる暗号技術の設計のための包括的方法論を構築し、それに基づく具体的な暗号方式を設計する。安全性証明の正当性のみならず、理解の容易さをも全面的に考慮した方法論はこれまで無く、本研究は当該分野全体に対して重要な問題提起を行うものとなっている。

H27年度においては、前年度までの成果を進展させ、極めて小さい平文空間しか持たない公開鍵暗号を用いて、一般的に、十分に大きい平文空間に拡張する変換手法の提案や、ある特定の種類の属性ベース暗号からさまざまな種類の属性ベース暗号に一般的に変換する手法などの提案を行っている。これらの手法により、変換前の基礎となる方式の安全性の検証を行うことで、自動的にさまざまな方式の安全性の検証を行ったことになり、本研究の一部が達成されたものと考えられる。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】公開鍵暗号、証明可能安全性

【研究 題 目】認知的尺度に基づく動画の検索および発信の支援に関する研究

【研究代表者】佃 洗撰 (情報技術研究部門)

【研究担当者】佃 洗撰 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究では、コンテンツを見たユーザがどう感じるかという観点（認知的尺度）に基づく動画の検索および発信の支援についての研究を行う。本研究の最大の研究課題は、「感動的」や「ノリが良い」、「海に行きたくなる」のように、本来は人に聞くことでしか得られない認知的尺度を自動的に発見し、検索および発信の支援に用いることである。

本年度は、視聴者の反応をクエリとして使用することで、ユーザが自分好みの動画のランキングを生成できるシステム **SmartVideoRanking** を提案した。たとえばユーザが「初音ミク」というクエリを入力すると、**SmartVideoRanking** は「ベースがいい」や「鳥肌がすごい」といった視聴者の反応をキーワードとしてユーザに推薦する。ユーザが「鳥肌がすごい」というキーワードを選択すると、**SmartVideoRanking** は「初音ミク」に関する動画の中で「鳥肌がすごい」という反応が多い動画ほど上位に表示されるランキングを生成してユーザに提示する。本研究では、クエリに対して有用な視聴者の反応を抽出するために、視聴者が動画に投稿した時刻同期コメントを利用した。提案手法では、コメントに関する特徴を用いた機械学習により、クエリに対するコメントの有用度を推定する。50個のクエリを用いた評価実験の結果、提案手法によって推定された有用度と評価者によって判定された有用度の相関は平均で0.7547を達成した。また、**SmartVideoRanking** のプロトタイプを実装し、コメントに基づく動画のランキングシステムを実現した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】動画検索、印象情報、時刻同期コメント

【研究 題 目】非理想的実装をも想定した暗号システムの設計と安全性評価

【研究代表者】花岡 悟一郎（情報技術研究部門）

【研究担当者】花岡 悟一郎、Zongyang Zhang
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

現在の高度情報化社会において、暗号技術は最も重要な要素技術の一つとなっている。これらの暗号技術の多くは、理論的な安全性評価がなされ、正しく実装がなされていれば高度な安全性が保証可能であることがわかっている。しかし、実際には必ずしもそのような正しい実装が行われず、安全性上の問題が指摘されるケースも生じている。この問題を解決するための方向性のひとつとして、ある程度の実装エラーが生じたとしても実用に耐えうる安全性レベルが維持されるような暗号技術を設計することが考えられる。

本研究においては、上記の研究課題に関し、多くの研究成果が得られている。成果の例として、秘密鍵の情報がある程度外部に漏洩したとしても依然として十分な安全性が維持されるような公開鍵暗号の設計と安全性証明

が挙げられる。そのような秘密鍵漏洩耐性をもつ公開鍵暗号はこれまでも研究がなされてきたが、それらの安全性定義においては、攻撃者にチャレンジ暗号文を与えた後は、攻撃者からの鍵漏洩クエリに対して回答を行わないことを前提とされている。したがって、この安全性定義を満たしていたとしても、秘密鍵情報が1ビットでも漏洩すると、その漏洩以前に生成された暗号文に関する安全性は一切保証されないことになりうる。これに対して、TCC2010において、Halevi と Lin は、攻撃者がチャレンジ暗号文を入手した後に鍵漏洩クエリに対する回答を得ることができるような状況下でも安全性証明が可能な方式の提案を行っている。しかし、この方式は選択暗号文攻撃に対する安全性については保証されていない。これに対し、本研究では、攻撃者がチャレンジ暗号文の入手後も鍵漏洩クエリに対する回答を得られる状況下においても安全であり、なおかつ選択暗号文攻撃に対して耐性を持つ方式の提案も行っている。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】公開鍵暗号、証明可能安全性

【研究 題 目】複数主体のバイオメトリクスデータベース管理と評価技術の研究

【研究代表者】寶木 和夫（情報技術研究部門）

【研究担当者】寶木 和夫、大塚 玲（情報技術研究部門 常勤職員2名）、今井 秀樹、松浦 幹太、山口 利恵（東京大学）、瀬戸 洋一（産業技術大学院大学）、西内 信之（首都大学東京）、慎 祥揆（産業技術大学院大学）

【研究 内 容】

バイオメトリクスは、入国管理、銀行 ATM、ビル入退出管理などで広く使われている。今後、組織間連携においても応用が進むと、市場規模がさらに大きくなることが予想される。しかし、従来のデータベース管理技術そのままの適用では、プライバシー保護や生体情報取得時の精度のばらつき等バイオメトリクス特有の問題が隘路になり得る。この問題を解決するため、キー技術として、信頼できるバイオメトリクス性能評価技術および関連するデータベース構築手法の研究を行うことを目的とする。

研究計画としては、(1) Ground Truth による評価理論・評価技術を確立し、高度な安全性を有する認証技術の研究開発によって解明をはかる。(2) 複数組織が連携して運用するバイオメトリクス認証システムのプライバシー保護データ管理技術の研究開発によりプライバシー保護をした上で管理する基盤技術を構築することとした。

平成27年度は、(1) 複数主体が管理する際のデータ連係における限界点の解明： Ground Truth データに基づく情報量分析の研究結果を反映し、複数組織連携データ管理・認証システムにおいて組み合わせ可能なデー

タサイズを測定し、達成可能な信頼性の限界を示した。

(2) 複数組織連携データベースにおけるプライバシー保護データ管理技術の研究開発：信頼のできる認証方式や端末を活用する Trust の概念を導入した課題の解決法を提案し、前年度に開発した基本的なデータベースモデルに対する管理技術を応用して、高信頼性を有する複数組織連携のバイオメトリクス ID 連携技術の研究開発を行った。(3) 生体情報特有のユーザ感覚に対する解決法の提案：生体情報には、プライバシー情報の収集に関して嫌悪感がある、という課題がある。嫌悪感の払拭には、インセンティブを与える方法が考えられる。インセンティブの定量化とプライバシーの関係について、生体情報に限らずより一般にユーザ登録時の要求情報がシステムに与える影響をセキュリティエコノミクスの実証分析で明らかにした。さらに、その実証分析用に応用範囲の広い分析手法を開発した。とくに、脅威と脆弱性に分けて代理変数を設定する手法は、バイオメトリクス普及時により詳しい分析をし技術的改善の知見を出す際に有用である。本研究では、一つの事例として、脆弱性指標算出から得た知見に基づいて、証明可能安全性を持つフォールバック認証技術を開発した。また、個人情報保護法の改正が行われ、バイオメトリクスも保護対象として明文化される方向にある。監視カメラや、追跡利用における2次利用時の法的、技術的、社会的な問題を明確にした。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 バイオメトリクス、プライバシー、Ground Truth、セキュリティエコノミクス

〔研究 題 目〕 クラウドコンピューティングミドルウェアのソフトウェアモデル検査手法

〔研究代表者〕 萩谷 昌己 (東京大学大学院)

〔研究担当者〕 萩谷 昌己 (東京大学大学院)、Artho Cyrille (情報技術研究部門 常勤職員)、田辺 良則 (国立情報学研究所)、山本 光晴 (千葉大学)

〔研究 内 容〕

クラウドコンピューティング環境が安定して動作するためには、ミドルウェアの品質を高めることが重要である。しかし現実には分散処理に起因するバグが多発しており、再現の低さから簡単に修正できないことが多い。モデル検査の導入によって、状況が大きく改善されると期待される。

先行研究において、ネットワーク上のプログラムを対象とするソフトウェアモデル検査手法を開発してきた。本研究ではこの手法をクラウドコンピューティング環境に適用できるように拡張する技術を開拓し、検証ツールを作成することで、Hadoop など実際に広く使われているミドルウェアの検証を実施する。

本年度は、主な成果としてはインターネット上の (UDP を用いた) ロッシーなパケット伝送の複雑性を分析し、"Software Model Checking of UDP-based Distributed Applications", Int. Journal of Networking and Computing (IJNC), 5(2) 及び "Cardinality of UDP Transmission Outcomes", in Proc. Dependable Software Engineering: Theories, Tools, and Applications - First International Symposium (SETTA 2015) で発表した。また、モデルベーステストツール Modbat の開発と、Hadoop フレームワークで用いられている Apache ZooKeeper への応用の模索も引き続き行った。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 仕様記述、ソフトウェアモデル検査

〔研究 題 目〕 実行時検証とモデル検査の融合によるネットワークソフトウェアの統合実行監視

〔研究代表者〕 山本 光晴 (千葉大学)

〔研究担当者〕 山本 光晴 (千葉大学)、萩谷 昌己 (東京大学)、田辺 良則 (鶴見大学)、Lei Ma (千葉大学)、Cyrille Artho、山形 頼之 (情報技術研究部門 常勤職員2名)

〔研究 内 容〕

本研究課題の目的は、実行時検証とモデル検査とを融合させることにより、ネットワークシステムが全体としての仕様を満たすことを検証しつつ、それが検査対象プログラムのスケジューリングによらないことを検査するような枠組とその実装を提供することである。第2年度である27年度においては、(1) net-iocache へのアクション・スコープの導入、(2) net-monitor の実装、(3) peer-monitor の3課題が研究計画において設定されていた。

この内(2)について、他の分担者と協力して net-monitor のプロトタイプを開発している。26年度の成果について、Scala 上のドメイン特化言語の開発という観点からまとめた論文「Domain-Specific Languages with Scala」(Cyrille Artho, Klaus Havelund, Rahul Kumar, Yoriyuki Yamagata) を執筆し、国際会議 ICFEM で発表した。さらに、26年度開発したアプリケーション検証ツール stracematch によりいくつかの実用的アプリケーションを検証し、発見した問題点を開発者にフィードバックした。また、stracematch およびそれが基づく検証フレームワーク CSP_E を一般の開発者に利用可能な形でパッケージ化し、インターネット上でオープンソースソフトウェアとして公表した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 ネットワークアプリケーション、ソフトウェア検証

〔研究題目〕モダン符号の形式化

〔研究代表者〕萩原 学 (千葉大学)

〔研究担当者〕萩原 学 (千葉大学)、
AFFELDT Reynald (情報技術研究部門
常勤職員)、笠井 健太 (東京工業大学)、
葛岡 成晃 (和歌山大学)、
GARRIGUE Jacques (名古屋大学)

〔研究内容〕

本研究の主な目的は、情報学の基礎理論の不変性・正当性を確固たるものにするることである。その手段として、LDPC 符号の研究に代表されるモダン符号と呼ばれる2000年代に大きく発展した理論を、定理証明支援系を用いて形式化する。この形式化により、モダン符号における論理的な曖昧さを排除でき、諸概念と命題をライブラリ化することで、符号理論の検証が容易になるといった効果が期待できる。さらに、これらの形式化により得られた知見を活かし、新たな誤り訂正符号や応用の発見・発明へ繋げる。

本研究は紙上の証明と形式証明という2つのチームで遂行しており、情報技術研究部門の常勤職員は形式証明チームに属する。本年度、形式証明チームは、線型符号および LDPC 符号の復号処理の形式検証を国際学会で発表^[1]し、符号理論の形式化を完成し、モダン符号の形式化を続けた。まず、符号理論の形式化に関して、従来の紙上での証明の記述を元に、ユークリッドアルゴリズムを含むリード・ソロモン符号を形式化した。次に、モダン符号に関しては、2元消失通信路上のメッセージ伝達法の停止性を証明し、昨年度行われた stopping set の形式化を完成し、密度発展法に向けて形式化作業を行った。具体的には、メッセージ伝達法を2元消失通信路に特化し、tree ensemble の確率分布と computation グラフを形式化し、さらにグラフからツリーへの変換アルゴリズムを提案・形式化した。現在、これらの記述の厳密な正しさの証明に取り組んでいる。また、本研究の成果に基づいて、定理証明支援系 Coq/SSReflect に関する教科書を執筆中である。

[1] Reynald Affeldt, Jacques Garrigue, Formalization of Error-correcting Codes: from Hamming to Modern Coding Theory. In 6th Conference on Interactive Theorem Proving (ITP 2015), August 24-27, 2015, Nanjing, China, volume 9236 of Lecture Notes in Computer Science, pages 17-33. Springer.

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕形式検証、符号理論、アルゴリズム

〔研究題目〕非線形固有値解法の先端アルゴリズム開発と実アプリケーションへの応用

〔研究代表者〕池上 努 (情報技術研究部門)

〔研究担当者〕池上 努 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

計算機シミュレーションは、物理現象を微視的なレベルで計算機上に再現し、そこから得られる膨大な数値情報から大局的な特徴量を抜き出す手法である。計算機シミュレーションでは物理モデルの数値表現として行列が普遍的に用いられており、様々な物理的特徴量はしばしば行列の固有値として現れる。計算機性能の飛躍的な向上を背景に、物理モデルの精緻化が進み、それに伴って行列次元は増大してきた。このような大次元行列の固有値を最新の並列計算機上で効率良く計算する手法として、我々はブロック櫻井杉浦法の開発を進めており、特に最近はその非線形固有値問題への拡張に取り組んでいる。

本研究では、まず非線形固有値問題に対するブロック櫻井杉浦法の理論的基盤を整備し、その適用限界を明らかにした上で、汎用ライブラリの構築を目指す。次いで従来非線形反復法で対処してきた問題の中から非線形固有値問題に再構成可能なものを発掘し、本手法を適用することで、計算機シミュレーションのアルゴリズムレベルでの高効率化を実現する。

3年計画の最終年となる平成27年度は、多項式行列型非線形固有値問題の線形化手法について理論的背景の解明に取り組んだ。また一般化固有値問題に向けて開発したライブラリをベースに非線形問題への対応を進めた。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕非線形固有値問題、高性能計算

〔研究題目〕P2P 方式によるモバイル生体センシング基盤に関する研究

〔研究代表者〕幸島 明男 (人間情報研究部門)

〔研究担当者〕幸島 明男、河本 満、車谷 浩一
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

高齢者の生活を、家族や介護者がスマートフォン等で遠隔地から見守ることを可能にする遠隔見守りサービスにおいて、サーバ・クライアント型システムによる実現は、プライバシーやスケーラビリティなど、実用上の観点から課題が多い。そこで、本研究では、センサ装着者の生体情報を、クラウド上のデータサーバを経由せず、直接、必要とする利用者のスマートフォンに送信する遠隔見守りサービスを実現するための、Peer to Peer (P2P) 方式によるモバイル生体センシング基盤に関する研究を行う。

平成27年度は、1) P2P 方式によるモバイル生体センシング基盤の実現、2) モバイル生体センシング基盤における生体情報解析アルゴリズムの実現という2つの課題について研究開発を実施した。1) P2P 方式によるモバイル生体センシング基盤の実現に関しては、前年度設計した P2P センサデータ通信プロトコルの実装について、通信スレッドの並列化やバッファサイズの調整等の最適化を行うことで、P2P 通信機能の実装上の安定性

の向上と処理の効率化を達成した。また、2) 生体情報解析アルゴリズムの実現に関しては、ガウス過程回帰 (Gaussian Process Regression) を用いた生体時系列データのモデル化手法について、心電位データを対象とした実装をすすめ、定常的な心電位波形についての回帰モデル化が可能であることを確認した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 モバイル、生体センシング、携帯端末

〔研究題目〕 カーネル法による高次元データの非線形スパースモデリング

〔研究代表者〕 赤穂 昭太郎 (人間情報研究部門)

〔研究担当者〕 赤穂 昭太郎、麻生 英樹 (知能システム研究部門)、末谷 大道 (鹿児島大学) (常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

近年発展してきた計測技術によって大量の高次元データが得られるようになってきている。そのようなデータのモデリングには従来単純な線形モデルが広く用いられてきたが、現実の観測データは複雑で非線形な構造を内包しており、従来手法では本質を捉えきれないことが多い。

本研究課題では、カーネル法によるスパースモデリングを拡張することにより、マルチモーダルデータや時系列データ、さらに階層的・論理的な構造が内在するデータなどから複雑な構造を抽出することのできる新たなスパースモデリング手法の確立を目的とする。

この目的のために〔課題1〕マルチモーダルスパースモデリング、〔課題2〕ダイナミカルスパースモデリング、〔課題3〕構造的スパースモデリングの3つの課題を遂行している。

平成27年度は、課題1については、複数の観測結果を統合する転移学習の観点から、情報幾何的な e-混合分布の推定アルゴリズムを提案した。また、地球科学データ解析のための頻度データの解析に機械学習分野で用いられるトピックモデルが適用可能なことを見出した。さらに、カーネル法においてリプレゼンター定理が成立しない状況での次元縮約法について議論した。課題2は、多変量時系列の依存関係を抽出する手法を発展させ、負の重みを持つ結合に拡張し、神経発火活動の解析に適用できるようになった。また、地球科学分野におけるスロースリップという現象を歪計観測データから推測する時空間解析を行い、スイッチングモデルを導入することにより、スロースリップの開始時期と終了時期を従来法に比べて高精度に検出することに成功した。課題3については、画像情報から文法規則などの知識を獲得する手法について検討を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 アルゴリズム、機械学習、モデル化

〔研究題目〕 サービス現場を活性化させる現場起点の

業務デザイン知識循環手法の開発

〔研究代表者〕 渡辺 健太郎 (人間情報研究部門)

〔研究担当者〕 渡辺 健太郎 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

産業・経済におけるサービスの重要性の高まりに伴い、サービスの設計は様々な研究分野で重要な課題として位置づけられているが、提供前の事前の設計では完結せず、提供時に従業員によって状況に応じた対応・修正が必要とされることがある点が知られている。本研究では、従業員が実施している業務設計結果を、各種支援ツールを用いて形式化・共有可能にすることにより、人材育成の促進、サービスの品質の向上・安定化を図り、生産性の向上を実現することを目的とする。

平成27年度は、サービス現場の一例として、介護・看護サービス現場に適用された、既存の業務デザイン支援ツールや業務記録支援ツールの活用状況を、インタビュー・アンケートを通じて確認し、支援ツールを用いた業務デザイン・記録に求められる要件や、デザイン事例の利活用にも求められる検索・分析機能の要件に関する調査を行った。また、これらのデザイン事例から、典型的なパターン、並びにその意味付けの可能性について考察を実施した。同調査に基づき、デザイン事例の要素、及びその関係に意味づけを行うためのプロセスを開発した他、ユーザ自身による意味づけを効率的に支援するためのインタフェース開発を並行して実施した。さらに、同インタフェースに基づくデータ構造化の仕組みを構築し、サービス現場の他のデータソースとの関連づけを容易にすることができた。

以上の研究成果の一部を特許として出願中である他、国内会議、国際会議で本研究成果の発表を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 サービス設計・デザイン、設計支援

〔研究題目〕 スパースモデリングを用いた顔の個体認知の神経機構の解明

〔研究代表者〕 菅生 康子 (人間情報研究部門)

〔研究担当者〕 菅生 康子、松本 有央 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

本研究では、スパースモデリングを用いて認知機能を知覚と記憶の相互作用の観点から取り扱う枠組みを、電気生理学データに基づくデータ駆動アプローチで構築することを目指す。我々の社会生活を支える脳の重要な機能の1つ、顔の個体や表情の認知は、入力された視覚情報から、髪、眉、眼、鼻、口などの要素を取り出し、その組み合わせとしての顔を知覚するプロセスと、過去に見た経験により形成された記憶から想起された顔と今見ている顔とを照合するというプロセスの統合によって可能になると考えられる。これまでの研究から、知覚のプロセスには側頭皮質の顔細胞からの情報が、記憶のプロセスには内側側頭葉の概念細胞の情報が関与していると

考えられる。しかしながら、情報の統合を可能にする神経機構は明らかでない。

これまで、顔認知に関わる情報処理をニューロンレベルで明らかにするため、顔の倒立提示により個体認知の成績が低下するという心理学的現象（顔倒立効果）に基づき、顔の倒立提示が側頭皮質の情報処理に与える影響を調べた。その結果、側頭葉視覚連合野（TE野）のニューロンが、顔を倒立で見た時、ヒトかサルか図形かを分類する大まかな分類情報は獲得できるが、個体や表情についての情報を獲得することは困難になることが示唆された。さらに、L1正則化ロジスティック回帰を用いて、各々の分類に関わるニューロンを解析した。その結果、ヒトかサルかの大まかな分類に寄与するニューロンと顔の正立と倒立の分類に寄与するニューロンが異なることが示唆された。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】顔認知、側頭葉、ニューロン、スパースモデリング

【研究 題 目】スパース辞書学習による信号の構造を利用した柔軟な多次元信号処理

【研究代表者】兼村 厚範（人間情報研究部門）

【研究担当者】兼村 厚範（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、辞書学習の枠組みにスパース構造正則化を導入することにより、脳機能信号解析における新規な手法を提案することである。辞書学習とは、信号を表現する基底をデータ適応的に生成する方法論である。辞書学習は、基底に直交性ではなくスパース性を仮定することで、信号を効率よくかつ柔軟に表現できる。辞書学習による脳活動信号の処理は、ますます実世界応用に近づきつつある当該分野を進展させ、周辺分野に影響を及ぼす可能性を持つ。

本年度は、基礎的な方法論として、スパース構造正則化の一つであるグループ正則化を用いた遷移行列推定法およびベイズ情報量規準を用いた信号空間の分割に取り組み、成果発表を行った。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】統計的信号処理、スパース正則化

【研究 題 目】スポーツ用義足における生体力学的特性の解明とデータベースの構築

【研究代表者】保原 浩明（人間情報研究部門）

【研究担当者】保原 浩明（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、スポーツ用義足の形状、剛性、アライメント（装着方法）の違いがランニング中の生体力学的特性と短距離走パフォーマンスに及ぼす影響を明らかにすることを目的としている。

H27年度は H26年度に引き続き、義足スプリンター

のレース分析データベースの拡充に取り組んだ。ウェブ上にある義足スプリンターの公式動画（100 m 走及び200 m 走）内において、各選手の公式タイムと総歩数を計測することで、短距離走における時空間変数（平均速度・平均ステップ頻度・平均ステップ長）を算出し、個人データ（レース開催年、レース名、予選/決勝、障害クラス、氏名、性別、国籍、使用している義足、公式タイムなど）を紐付けてデータベースに組み込んだ。このデータベース（DBAS）は H26年度に健常者142名を含む合計568名のデータとなっていたところ、H27年度にさらに200名以上のデータを加え、814名のデータが蓄積されている。本データベースから得られた結果として、①日本人選手は北米・欧州選手と比べ100m 走、200m 走共に平均ステップ長が短い傾向にあること、②切断クラス・国籍を問わず、使用されている義足は主に2種類（オズール社の Cheetah Xtreme、オットーボック社の Sprinter 1E90）に大別されること、③外国人の一流選手4名の経年変化を追った結果、好記録が生み出される直前に義足を変更していることが明らかになった。これらの結果は、すでに複数の学術誌に掲載されている。

なお、昨年度に続き、データベース作成と並行して、義足スプリンターの動作解析実験に取り組んでいる。H27年度末の段階で日本代表レベルの義足スプリンター11名を対象に、三次元動作解析装置によって、ランニング時の機械的特性をキネマティクスおよびキネティクスの観点から解析した。今後は、得られたデータから義足アライメントと地面反力、関節キネティクスおよび走速度との関係を明らかにしていく予定である。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】義足、ステップ頻度、ステップ長、データベース

【研究 題 目】セルフの表象破綻から探る、新たな統合失調症モデル

【研究代表者】小村 豊（人間情報研究部門）

【研究担当者】小村 豊（常勤職員1名）

【研究 内 容】

我々は、自己の状況を把握しながら、日常生活を送っている。自己の内部で起きていることと、外界で起きている事の区別を、統合失調症の患者さんがうまくできていないことが指摘されている。これまで、統合失調症の動物モデルは、齧歯類の常同性など、単純な異常行動をもって評価されることが多かった。しかし、これだけでは、高次脳機能障害とされるヒト統合失調症の本質を捉えていないという批判も根強い。そこで、本研究では、セルフモニタリング（自己の内部の状況を把握する能力）に着目して、霊長類の動物モデルを確立することをめざす。

本年度は、サルにセルフモニタリング課題を課して、その行動トレーニングを行った。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 セルフ、統合失調症、霊長類

〔研究 題目〕 定位固定放射線源と診断用骨盤部 MRI 画像を用いた PET 減弱補正法の開発

〔研究代表者〕 川口 拓之（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 川口 拓之（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

PET/MRI 統合スキャナのために、診断用の MRI を基にして骨の影響を考慮した減弱補正用画像 (μ マップ) の生成法を開発するとともに、提案法の精度評価法を確立した。

診断用 T1強調 MRI を患者登録データベースから抽出し、画素輝度値の確率密度関数をガウス混合分布モデルにフィッティングすることで領域分割を行うアルゴリズムを開発した。放射線科医の指導のもとに手動で領域分割した画像を作成し、これを正解値として評価することで十分な精度で領域分割が行われていることを確認した。さらに、複数の被験者の手動領域分割画像における形状を標準化した上で平均することによって組織確率分布を作成し、これと輝度値の確率分布とを組み合わせることで、領域分割の精度が向上することがわかった。

PET 画像再構成における減弱補正の影響を評価するために、PET シミュレーションを行うための環境を計算サーバ上に構築した。放射線源から検出器に至るまでの各領域を通過した線路長を求めるプログラムを作成し、組織の放射線減弱に伴う検出光強度変化を疑似的に算出可能とした。疑似的な μ マップは、上記の手動で作成した領域分割画像に文献値を割り当てることで作成できるようにした。PET シミュレータとして STIR ソフトウェアを導入した。そして、STIR ライブラリを適応するためにファイル入出力や評価用プログラムを実行するためのスクリプトを作成し、動作確認を行った。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 PET/MRI、領域分割、放射線減弱補正

〔研究 題目〕 社会的公正性に配慮したデータマイニング技術

〔研究代表者〕 神畷 敏弘（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 神畷 敏弘、赤穂 昭太郎
（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

本研究の目的は、公正性・中立性に配慮したデータマイニング技術を開発することにある。データマイニング技術は、与信や採用といった重要な決定にも関与している。このとき、性別・人種・出生などの社会的公正性の観点から利用すべきでない情報の関与を排除すべきである。これには、単純にこれらの情報をモデルから除外するだけでは不十分であることが知られている。例えば、特定の人種が、特定の区域に住んでいる場合、これらの

情報には高い相関が生じ、人種という情報を除外しても、居住区域の情報から間接的に差別的な判断がなされることがあり、これを red-lining 効果という。

このような判断を回避するために、本研究では、与信や採用などの決定事項と、性別・人種など配慮を要する情報との間の統計的独立性を保証することで、こうした公正性を確保する分析モデルを研究している。

今年度は、次元削減とトピックモデルを対象とした研究双方について研究をすすめた。

人工知能学会全国大会における発表は、このうち後者のトピックモデルに関するものである。モデル上での統計的独立性を導入することで公正性を達成できる可能性を調査した結果について報告した。調査の結果、主観的に把握できるような変化を見いだせなかった。影響の定量的な計測やモデル上だけではない独立性の考慮が課題である。

ICML ワークショップにおける招待講演では、本課題である公正配慮のためのデータ変換技術を含めた公正配慮型データマイニング全体の展望について、いろいろな可能性を論じた。その詳細な内容は、従来の分類における公正性以外への応用の可能性、公平分割、公正性の規準などの観点についてである。

最後に、推薦を目的とした確率的行列分解法について、従来の方法を改良し、分布の2次以上のモーメントを考慮した手法を考案した。これにより、一層厳密に公正性を保つ行列分解が可能となった。現在、英文論文誌に投稿中である。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 データマイニング、公正性

〔研究 題目〕 データ同化手法を用いた身体障害者の共創的衣服作製に関する研究

〔研究代表者〕 蔵田 武志（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 大西 正輝、蔵田 武志
（常勤職員2名、他1名）

〔研究 内容〕

多くの車いすを利用する身体障害者が問題として挙げている褥瘡の軽減、着脱のしやすさ、動きやすさ等の機能性、意匠性、及び経済性を同時実現する衣服の設計を支援するために、H27年度は以下について取り組んだ。

まず、モバイルカラー・距離 (RGB-D) カメラを用いた非接触体形計測技術及びそれを用いた複合現実 (MR) 試着システムについては、(1) モバイル RGB-D カメラを用いた身体形状データ計測処理、(2) その身体形状データへのアパレル CAD データの着せ付けシミュレーション処理、のそれぞれに関するプログラムを開発し、モバイル RGB-D カメラを用いた身体計測及び MR 試着機能を持つアプリの配布に向けた準備を進めた。

e テキスタイル装具を用いた接触計測については、主に下半身の褥瘡予防と車椅子利用の際に生じる上半身の

運動把握を目的として、伸縮、圧力それぞれに関する e テキスタイル装具を開発し、各装具からの計測データ収集プログラムを開発した。他事業で開発を進めたダミールロボットを e テキスタイルの機能評価に応用するために、その駆動系・センサ系の改良を行った。センサでは特に圧力の取得が可能となった。

身体障害への様々な配慮の仕方に関する情報を含む身体障害者向け衣服作製事例を調査し、それらを紹介するポータル Web サイトを立ち上げた。H28年3月時点で190事例がデータベースに登録されており、アクセス数は同月で約1200回であった。オープンデータの配布に向けては、ファッションショーでの男性用車椅子ユーザ向け衣料パンツのデザインと試作の結果を、新たに座位に対応させたアパレル CAD を用いてマスターデータ化するという実証的な取り組みを進めた。ポータルサイトの利用者からのフィードバックを得るために、本ポータルサイトと SNS との連携を行った。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】サービス工学、現場のラボ化、製造業のサービス化、複合現実、インクルーシブデザイン、データ同化、情報循環、身体障害者支援、衣服設計、機能性、意匠性、経済性、衣環境

【研究 題 目】バーチャルリアリティを用いた発達障害児・者の空間認知能力評価とその改善

【研究代表者】渡邊 洋（人間情報研究部門）

【研究担当者】渡邊 洋、氏家 弘裕（以上、人間情報研究部門）、梅村 浩之（バイオメディカル研究部門）奥村 智人（大阪医科大学 LD センター）、若宮 英司（藍野大学）（常勤職員3名、他2名）

【研究 内 容】

発達障害児・者が直面する課題として地誌的失見当が指摘されている。これは、広い現実空間において、認知地図の作成の困難、ランドマーク利用の困難などによって生じる問題である。したがって、従来行われてきた机上のペーパーテストなどではその評価、あるいは改善が困難であった。そこで、発達障害児・者の空間認知能力を定量的に評価する技術を開発し、リハビリテーション技術の確立を行うことを本研究の目的とした。これを実現するために、VR システムを用いて現実場面に近い環境を模擬し、そこでの空間探索行動を計測し、その特性を明らかにする。

この観点から、平成27年度は以下の点について研究の展開を行った。1) ヘッドマウントディスプレイ (HMD) への実験プログラムの移植、2) 健常児童データの取得、3) 発達障害児データの取得、4) 論文の作成。

1) については、共同研究者の所属先である大阪医科大学 LD センターにおいて実験実施を可能にするために、必要なシステムの構築を行った。2) については、これまでコントロール群として健常大学生を対象としたデータ収集を行ってきたが、発達段階での比較を可能にするために健常児童のデータ収集を実施した。これは没入型の VR システム (CAVE) を用いて実施した。3) については、本研究の主題であり、また HMD を用いた実験の可能性を検証する予備的な実験実施を行った。4) については、コントロール群としての健常大学生および健常児童の比較を行った結果を原著英語論文として発表した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】発達障害、バーチャルリアリティ、空間認知、認知地図、ランドマーク、探索行動、モーションキャプチャー

【研究 題 目】ヒトの認知の基盤となる神経計算学的圏論

【研究代表者】Phillips Steven（人間情報研究部門）

【研究担当者】Phillips Steven、武田 裕司（常勤職員2名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、圏論に基づいてヒトの認知メカニズムを理解・検証することである。認知におけるシステム性とは、課題の普遍的構造に基づいた表象の学習であると定義される (Phillips, 2013)。実験的には、手がかり-標的連合学習課題を用いて、要素間のシステム性が学習されるのか、あるいは刺激-反応の連合として直接的に学習されるのかを検証した。

普遍的構造が存在する学習課題と普遍的構造が存在しない学習課題に、31名の実験参加者が取り組んだ。学習課題では、手がかり刺激および標的刺激の要素数を3から6まで設定した。参加者は2群に分けられ、上昇群は学習すべき刺激の要素数を増加させながら、下降群は刺激の要素数を減少させながら学習を行った。その結果、普遍的構造が存在する学習課題の成績は学習系列の影響を受けた。すなわち下降群では全ての要素数の条件においてシステム性（すなわち、要素の直積に基づいた学習）が獲得されたが、上昇群では要素数が大きい条件でのみシステム性が獲得された。要素数が大きい条件では手がかり-標的刺激ペアの共起がより頻繁に生じるため、共通した直積構造の発見が促進されたと考えられる。この結果は、「システム性の獲得が普遍的構造の学習にかかるコストに依存する」というコスト-ベネフィット仮説を支持する (Phillips, Takeda, & Sugimoto, 2016, August)。また本研究では、体系的な連合学習と圏論の関わり（二次的システム性）を提唱した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】システム性、圏論、普遍的構造、連合学

習

ケア、介護、防災、生体計測

【研究題目】ホームケアをサポートする人間生活調和型コンパクトアクチュエータの総合的研究

【研究代表者】井野 秀一（人間情報研究部門）

【研究担当者】井野 秀一、近井 学（以上、人間情報研究部門）、
榎 浩司（創エネルギー研究部門）、
土井 幸輝（国立特別支援教育総合研究所）、
山下 和彦（東京医療保健大学）、
和田 親宗（九州工業大学）
（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

本格的な高齢社会を迎え、多様なライフスタイルをサポートする福祉機器の開発とその充実が真に求められている。また、世界各地で頻発する甚大な自然災害や都市災害の現場では、電源インフラに依存せず、高出力で機動性に優れた防災救助ツールの登場が期待されている。そこで、本課題では、電源フリーでハイパワーかつコンパクトな人間生活調和型のソフトアクチュエータの新技术を、高齢者や障害をもつ人たちのホームケアおよび防災救助向けの応用に軸足を置き、機能性材料開発や人間行動計測などを織り交ぜて、学際的な視座から研究開発することを目的としている。

本年度は、「人間生活調和型アクチュエータシステムの基盤研究」の研究課題を展開すると共に、研究遂行の中盤で主体となる「ホームケアおよび家庭用防災のサポート技術のための人間工学的研究」について着手した。まず、合金開発については、これまでの La-Ni 系と異なる組成の Zr-Ti-Mn 系に着目したアクチュエータ向けの新しい水素吸蔵合金のレシピを考案し、そのサンプルを試作した。この合金は、高価なレアメタルを含まず、組成調整によりアクチュエータの安定駆動に適した圧力生成に資する諸特性を備えることを確認した。次に、新合金を充填したアクチュエータの試験器による簡易的な動作試験を行った。さらに、周辺技術開発では、シート化した合金と駆動部にラミネート材料を用いたソフトベローズを利用して、手のひらサイズのソフトアクチュエータのプロトタイプを試作した。また、ホームケアのためのデバイス開発の基礎データを構築する人間工学的研究については、高齢者等のトイレでの立ち上がり、転倒予防、介護支援のためのコンパクトアクチュエータの設計仕様を探るパイロット実験を行った。その結果、トイレを想定した座面のポジションを変化させることで、起立動作時の身体負荷に様々な影響を与えることが下肢の筋電図パターン等から示唆された。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】アクチュエータ、水素吸蔵合金、ホーム

【研究題目】ランニング障害予防を目的とした接地方法の提案：関節のてこ比に着目して

【研究代表者】橋詰 賢（人間情報研究部門）

【研究担当者】橋詰 賢（産総研特別研究員1名）

【研究内容】

ランニング障害予防を目的としたランニング動作の研究は広く行われている。中でも“ランニングの接地初期において、つま先から接地することで、踵から接地するよりも足が地面から受ける力（地面反力）が減少する”という報告により、ランニング動作の中でも接地方法に関する研究が注目されている。しかし、接地方法に関するこれまでの研究では地面反力での評価に留まっており、筋、腱や骨といった、実際にランニング障害が発症する組織に作用する力を評価出来ていないという重要な問題がある。障害の発症は組織の損傷であることから、障害が発症する組織に作用する力の評価が必要不可欠である。平成27年度における研究では、前足部、中足部および後足部接地の3種類の接地方法が、足部周りの腱および骨（アキレス腱と脛骨）に作用する力へ及ぼす影響についての評価を行った。

光学式モーションキャプチャシステムおよびフォースプレートを用いて、ランニング動作中の下肢標原点の3次元座標および地面反力のデータを取得した。また、下肢に対するアキレス腱張力の作用方向を確認するため、超音波診断装置を用いて、アキレス腱の踵骨およびヒラメ筋への付着部の位置を同定した。得られたデータを用い、足部の並進運動および回転運動の方程式を作成し、その式で解くことでアキレス腱張力および関節間力（脛骨に作用する力）を算出した。

一定の走速度（3.3 m/s）条件において、接地方法間で地面反力に差は認められなかった一方、アキレス腱張力および関節間力は前足部接地で最も大きく、次いで中足部接地、後足部接地の順で値は小さくなった。この差を説明する要因として、前足部接地では地面反力の作用点が足関節回転軸から離れた前足部に位置し、その結果大きな地面反力のモーメントアームを有していたことが挙げられる。これらの結果により、アキレス腱および脛骨に生じる障害を予防するためには、前足部接地および中足部接地と比較して後足部接地が有用である可能性が示された。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】デジタルヒューマン、足関節、運動器、動力学解析、モーメントアーム

【研究題目】レム断眠が感情記憶に及ぼす効果検証

【研究代表者】甲斐田 幸佐（人間情報研究部門）

【研究担当者】甲斐田 幸佐、仁木 和久
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

睡眠は、記憶するために必要な生理現象である。睡眠不足になると、物事を認知・判断する能力が低下し、記憶能力が低下することが知られている。本研究では、レム睡眠の選択的抑制によって、感情認知や記憶の偏向が長期的な影響として残るのかどうかを検討する。

本研究では、通常睡眠のあと（統制条件）、またはレム睡眠の選択的抑制のあと（レム断眠条件）に被験者に感情写真を記憶させ、その後に記憶テストを行い、記憶の忘却率を算出し、条件間で比較する。記憶テストは、記憶の直後（10分後）と8日後に行う。本研究で検討した仮説は下記である。① 断眠後の記憶能力は、中性刺激に対しては低下するが、快・不快刺激に対しては低下しない、② 断眠の影響は、断眠8日後にも残る。被験者は健常男性大学生16名程度である。

本年度（3年計画の3年目）は、前年度に行った本実験データを解析して、学会発表および論文執筆を行った。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕睡眠不足、感情、記憶

〔研究題目〕ロービジョン者の紙面書字活動を支援する新奇な拡大読書器の提案と開発

〔研究代表者〕坂本 隆（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕坂本 隆（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、拡大読書器の仕組みや機能を根本から見直すことによって、ロービジョン者（高齢者含む）向け視覚補助装置に革新的な進歩をもたらす新技術の研究である。本研究が着目したのは、拡大された書字画面を見ながら、利用者が紙に文字を書くことが困難であるという、拡大読書器の機能や利用法に関する課題である。また据え置き型の拡大読書器は、利用場所が限定されるなどの問題もあり、拡大読書器の形態や構造の見直しも視野に入れている。こうした諸問題を解決する方法を模索し、拡大読書器の構造・形態・機能・利用法などについて、研究成果に基づく新たな提言を目指している。

平成27年度の進捗状況：

昨年度実施した調査により、撮影方式および色覚特性を反映した画像提示に課題があることが分かった。撮影方式については、カメラから取得したスペクトル分光情報を取捨選択し、適切なスペクトル分光情報を強調した上で提示画像を再構成することによって、ハイパースペクトル情報に基づく精緻な撮影方式が提案できると考え、当該アイデアに基づく装置の試作を進めた。一方、もう一つの課題である色覚特性を反映した画像提示については、カラーパレットを用いた限定色提示について、既に提案がなされている幾つかの手法を比較検討すると共に、それらの問題点を明らかにし、その成果を国際学会（Proceedings 掲載2件）および国内学会（学会誌掲載1件）、他において報告した。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕福祉情報工学、視覚補助装置、視認性

〔研究題目〕意思決定の基準をセット・利用する脳内機構

〔研究代表者〕小村 豊（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕小村 豊（常勤職員1名）

〔研究内容〕

意思決定とは、複数の選択肢から、ベストを選択する高次脳機能の結果である。我々は、最適な選択をすべく、状況やコンテキストに応じて、意思決定の基準を調節している。しかし、その基準が、どのように設定され、利用されているかはよく分かっていない。本年度は、霊長類が、意思決定において、迷いをどのように検知して、どんな適応行動に結び付けているかを明らかにするために、サルとヒトの実験を並行した。

まず、サルの実験において、判断を忌避してもよい選択肢を含んだオプトアウト課題を行うと、視覚刺激が曖昧になればなるほど、サルがオプトアウトすることがわかった。次に、ヒトの心理実験において、主観的な自信の程度をレーティングすると、正解時とエラー時において、異なる心理物理関数が得られることが分かった。これらの特性は、知覚判断の基準からの距離によって、説明できることが分かった。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕オプトアウト、基準、迷い

〔研究題目〕異なる感覚モダリティ・属性に共通した「時間」と「内容」の情報統合メカニズムの解明

〔研究代表者〕藤崎 和香（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕藤崎 和香（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、「時間」と「内容」の情報を適切に統合してダイナミックな知覚世界を成立させている人間の脳の論理を、心理物理学の実験手法を用いて解明することである。研究成果から、物理的には時間がずれていても人間にはずれを感じさせないような、人に優しいマルチモーダルインターフェースの設計指針が得られることが期待される。

我々は近年、感覚モダリティ間・属性間のバインディング課題の時間周波数限界が、感覚モダリティや属性の組み合わせによらず、約2.5Hzと共通になることを発見した。本研究では、この感覚や属性の組み合わせによらない共通の時間限界が、「時間（いつ）」と「内容（何）」の情報を並列的に処理したのちに統合するという脳の戦略を反映したものではないかという仮説を、「運動」という感覚・属性に共通した新たな指標を用いて検証するものである。

平成27年度は前年度に引き続き、この問題について

「感覚-運動間の時間-特徴統合課題」を行って検討した。具体的には、色、輝度、方位（視覚）および音高（聴覚）の交替刺激の変化する瞬間のタイミングでボタンを押すという課題を行って、交替刺激の周期が高くなるにしたがってボタン押しのタイミングがどのように変化するかを調べた。

上記の他に、聴覚内の属性間比較についての論文が Perception 誌に掲載された。また、Young Perceptionists' Seminar で招待講演を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 マルチモダリティ、同時性判断、時間情報処理、時間インディンク

〔研究題目〕 移動距離で切り替る作業記憶システム間の海馬—前頭前野路内相互作用機構の研究

〔研究代表者〕 瀧田 正寿（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 瀧田 正寿（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

申請者の研究成果は「手元周囲と移動先の離れた所での作業記憶は、各々異なる脳内システムが担う」ことを強く示唆する (Takita 他 2013 ; Izaki 他 2008)。動物行動実験を用いて「近接作業記憶システムと遠隔作業記憶のシステム切替の仕組み」を解明することが当該研究テーマである。ヒトで「目的距離に応じて作業記憶システムが異なる」ことを示唆する心理研究の例はあるが (Chieffi & Allport 1997)、ヒト歩行中の脳機能計測の方法には制限もあり、脳生理に照らし合わせた十分な研究はされていない。そこで、その脳内機構の解析を動物実験から取り組んだ。

オペラント箱での遅延交代反応の学習記憶は、短期遅延交代反応と長期遅延交代反応の成績の比較によって、個体毎の課題遂行ストラテジーを推察できること、課題遂行ストラテジーが個体差だけでなく加齢に伴っても変わることがわかった。これは、代表者が見出した「加齢によって、学習記憶能が影響を受ける事以上に、課題遂行ストラテジーが変わる（効率化・省エネルギー適応）」ことに類似する (Nomura M, Izaki Y, Takita M CA, Tanaka J, Hori K. Extracellular level of basolateral amygdalar dopamine responding to reversal of appetitive-conditioned discrimination in young and old rats. Brain Res. 2004 Aug 27;1018(2):241-6.)。長期トレーニングが必要とされるほど困難と考えられている T 迷図の遅延交代反応の学習記憶において、ストレスコントロールがトレーニング期間を短縮することを見出したことが、今後の実験を加速させる要因になる。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 認知行動、作業記憶、不安、前頭前野、扁桃体、海馬

〔研究題目〕 運動学習における腹側被蓋野の役割解明と同領域の賦活化による運動機能調節の試み

〔研究代表者〕 高島 一郎（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 高島 一郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、腹側被蓋野と一次運動野の活動相関を調べ、運動学習中の腹側被蓋野に適切なタイミングで電気刺激を行う介入操作により、学習効果に改善が見られるかどうかを検証することを目的とする。

本年度は、麻酔下動物を用い、腹側被蓋野と一次運動野の賦活化のタイミングによって、筋活動を生じさせる一次運動野皮質の脳神経活動がどのように調節されるのかについての解析を試みた。実験ではラットを用い、一次運動野皮質を露出後、皮質神経活動の膜電位イメージングを試みた。刺激電極を腹側被蓋野および一次運動野5層に留置し、両部位間の賦活化タイミングを電気刺激により0-350 ms の時間ウィンドウで制御した。この結果、腹側被蓋野の活動が30-50 ms 先行する時は一次運動野皮質の活動を抑制、一方、100-350 ms 先行するときは促進することが明らかとなった。光シグナルの解析では、イメージング画像の全画素に対し、刺激時間間隔のタイムシフト操作を行ってフレーム間差分を行うことで、光シグナルの振幅値および応答時間幅の比較解析処理を行った。今回の結果から、先行する腹側被蓋野の賦活化タイミングが、運動開始に係る一次運動野皮質の活動より概ね100 ms 以内か以降かによって、その効果が異なる可能性が示唆された。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 膜電位イメージング、腹側被蓋野、一次運動野

〔研究題目〕 運用現場における音案内の誘導性能をリアルタイムに評価するツールの開発

〔研究代表者〕 佐藤 洋（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 佐藤 洋、関 喜一（以上、人間情報研究部門）、森本 政之、佐藤 逸人（以上、神戸大学）（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

音案内による視覚障害者等の円滑な移動を支援し、かつ騒音にならない誘導鈴の音デザインおよび公共空間の音環境整備を促進するために、本研究では現場における音案内の評価を可能にする画期的なツールの開発を行い、現場における音案内の性能評価を実現することを目的とする。性能評価とは、運用現場の特性に応じた適切な音案内の設置および音量の設定を行うための設置場所周辺における、音案内の方向誘導性能を定量的に示すことである。その際、高齢者およびロービジョン者を考慮できる方法とし、音案内の多くのユーザ層に適用できるよう

にする。ツールの特徴は、視覚的な注意特性の計測と両耳に入力される音響信号分析とを用いて、動的な音案内信号および歩行時の音案内の性能評価が運用現場においてリアルタイムに可能になる点にある。

本年度は、移動支援において重要な音案内の方位角定位精度について、スピーカの仰角が大きくなるほど定位精度が低下すると予想されることから、頭部運動を許す定位実験により正しい8方向定位が可能なスピーカ仰角の上限を導き出した。

また、2次元音源定位を視覚により同定する実験を実施し、視覚による音源定位の可能性について探求した。その結果、個人差が大きいこと、および視覚のマッピングと聴覚のマッピングが異なる可能性があることが概略的に判明した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】視覚障害者、音案内、音環境

【研究 題目】音響センサによる音環境計測を利用した環境変化検知・予測技術に関する研究開発

【研究代表者】河本 満（人間情報研究部門）

【研究担当者】河本 満、幸島 明男、車谷 浩一
（常勤職員3名）

【研究 内容】

本研究では、音響センサ（マイクロフォンアレイ）を用いて環境音を計測し、計測したデータを基に発生音（非言語）に対してスペクトル解析などを適用することによって得られる特徴量から、発生音の時間変化に関する規則などが把握可能となるようなモデル（規則情報モデル）を作成する。また、計測したデータから位置推定も行い、発生音の位置に関する空間情報モデルも作成する。そして、作成した規則情報モデルと空間情報モデルの統合モデルを用いて、環境変化を検知する技術を研究開発する。

本提案技術は、サービス工学の重要技術領域のキーワードとして挙げられている「予測」の考えを取り入れ、現時点までの発生音から次に何が起るのか、環境変化予測が可能になることを念頭において研究開発することにより、非言語を利用した「環境変化」に関する「気づき」を与える技術をサービス工学要素技術の1つとして定着させることを目指している。

研究成果として、(1) 音環境として二子玉川ショッピングセンター内のガレリアを取り上げ、このガレリアにおける環境音を計測するための計測環境を構築し、計測して得られた環境音データを分析することによって、「どこで」「どのような」音が「いつ」、発生したかが把握できる可視化システムを提案した。また、(2) 環境音データを分類するメッセージ交換型の従来法（Affinity Propagation, AP法）において、分類課程で生じるクラスタ内の外れ値を検知し、その外れ値が新た

なクラスタの中心点となるようにAP法の初期値を変更し、再度分類を行う、この作業を繰り返すことによって、分類を実行する改良型AP法を提案した。さらに、(3) 改良型AP法を用いて、二子玉川ショッピングセンターガレリアでの環境音データに対して、1) 音の高低、2) 音の大小、3) 音の継続を表す特徴量を抽出し、3つの特徴量を三原色のRGB値に当てはめることにより、色で音環境を表現する手法も提案した。このとき、提案した手法で音環境を表現したものを音模様と呼ぶ。音模様のデータを蓄積することにより、現在の音模様と過去の音模様を比較すれば、これからどのような音模様になるのかなど音環境の状態やその変化、予測に利用できそうだというところまで確認できた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】音環境理解、音環境計測、マイクロフォンアレイ、モニタリング、音模様

【研究 題目】機械学習と網羅シミュレーションによるMA共有資源選択の効率化・安定化手法の確立

【研究代表者】野田 五十樹（人間情報研究部門）

【研究担当者】野田 五十樹、山下 倫央
（常勤職員2名）

【研究 内容】

本研究ではマルチエージェントの共有資源選択問題でのジレンマについて、理論的及び実践的な手法で分析を行い、ジレンマ解消に向けた基盤技術の確立を目指す。スマート社会の実現の中央制御型と自律分散型の2つアプローチの内、自律分散型を取り上げ、エージェントの利己性に起因する過度集中のジレンマを共有資源選択問題として定式化し、エージェント行動選択の側面と、情報提供など群全体への誘導方策の側面の、両面からジレンマ解消に資する手法の研究開発を行う。

本年度は、まずボトムアップアプローチでは、Exploration率等について複数のバリエーションを用意し、バリエーションによりエージェント群全体および個々のエージェントの平均利得や全体挙動をゲーム理論的に解析し、エージェント群全体の均衡解の存在や傾向を分析した。さらに、その結果を元に遺伝的アルゴリズムにWoLFの考え方を導入し、Exploration率について最適な値に近い値を適応的に獲得する手法を提案し、資源共有問題等、各種学習問題で効果を確認した。

トップダウンアプローチでは、各エージェントに対する情報提供の影響を考慮した人流等のマルチエージェントシミュレータを構築し、多様な行動原理を指定して網羅的シミュレーションを行うシステムを実現した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】社会シミュレーション、人工知能、オンデマンド公共交通

〔研究題目〕 機械学習を利用した反応材料分布と環境エネルギー条件の推定法構築

〔研究代表者〕 城 真範（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 城 真範（常勤職員1名）

〔研究内容〕

機械学習を利用した新しい低分子専用の反応シミュレーション手法を構築するため、三年目となる本年度も、引き続き、他機関を含めた幅広い研究者と積極的に議論し、実装とその改良を行った。特に、分子基単位の計算を行うように基本的な入力仕様を変更した。これはエネルギーだけを考慮した単純な結合乖離処理だと、現実にはあり得ないイオン化が頻発するためである。本来量子計算をするべき化学反応を粗視化によって回避することが本課題のテーマの一つであるので、その代わりとして既存の知見（すなわち分子基自体の容易な解体はないという実験的事実）を利用できるように改良することは適切な方向性であると考えている。ただし、環状構造をもつ分子のグラフ構造解析に問題があることから結果の出力が安定せず、現時点でこの結果の公表まで至っていない。今後、このグラフ構造解析を精査する予定である。また、パラメータの入力方法を JSON から XML に変更した。これは将来的に（出力フォーマットが XML である）LibreOffice 等の表計算ソフトからパラメータ設定できるようにするためである。次年度は、結果の出力を可視化する部分にも手を入れる必要があると考えている。

その他、本テーマを実行する上で様々なテスト用の擬似的なデータを（半自動的に）生成する必要があり、そのためのシステム構築を行った。

実施機関の管理下にあるホストに Web ページを作成し、Web からのパラメータ入力のみで、比較的複雑な時系列データを生成できるように実装を行った。その結果は広く国民に無償利用していただけるよう、将来的な公開を前提として準備しており、今年度はいくつかの学会・研究科で現状を報告した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 化学反応、機械学習

〔研究題目〕 近接電力伝送の時空間操作による移動体の制御

〔研究代表者〕 杉浦 裕太（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 杉浦 裕太（産総研特別研究員1名）

〔研究内容〕

本提案は、近接エネルギー伝送の考えに基づき、移動体に対してワイヤレスでエネルギーを供給することで、移動体を制御する試みである。平成27年度は、主に二つのことにチャレンジをした。

一つは、前年度の成果であるカード型インタフェースを用いて、移動体の移動方向の制御、およびスピードを

制御する方法を応用し、複数のカードを重ね合わせることによる移動体の制御方法を拡張した。これを用いて被験者実験を行い、被験者はカードを組み合わせて移動体の動作経路をデザインできることがわかった。被験者自身がカードに加工をすることで、オリジナルの動作手法を制作している様子も観察できた。また、この成果を国内学会の展示部門において多くの来場者にデモンストレーションした。さらに、前年度の成果である集束超音波装置を用いた移動体の制御の研究においては、ジャーナル論文として出版した。

もう一つは、二次元通信シートのエネルギー強度をリアルタイムに変更することによるロボット制御のための準備として、二次元通信シート上のエネルギー強度を簡易的に計測するデバイスを設計した。これを用いることで強度とマイクロ波の周波数との関係性のデータベースを構築でき、次年度に向けたロボット制御を実現する足がかりを作ることができた。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 近接エネルギー伝送、小型移動ロボット、二次元通信

〔研究題目〕 現場情報に基づく介護サービスの品質モデルと定量評価手法の開発

〔研究代表者〕 三輪 洋靖（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 三輪 洋靖、西村 拓一（常勤職員2名）

〔研究内容〕

介護サービスでは、介護士や看護師、介護支援専門員といった複数の介護スタッフが連携してサービスを提供しており、個々のスタッフのさまざまなスキルが、サービス利用者の満足度に影響している。また、介護スタッフの評価には、個々のスタッフの時間の使い方とサービス品質の両面からの評価が求められている。これまで、時間の使い方については、タイムスタディ等を用いた評価手法を構築してきたが、サービス品質の評価手法は十分に確立できていなかった。そこで、本研究ではサービス品質計測システムの開発を目指し、サービス品質の構造をサービス利用者および従業員の両面から明らかにすることを研究目的とした。

平成27年度は、介助動作のうち、食事介助に対象を絞り、食事介助に関するサービス品質のモデル化と計測システムを開発するため、2箇所の介護施設と協力体制を構築し、以下の研究を行った。

まず、従業員のサービス提供スキルをモデル化するため、介護士、看護師、理学療法士らへのインタビュー調査を行い、43種類の食事介助における定性的なサービス品質要素を抽出した。次に、84名の介護スタッフに対して、品質要素に関するアンケート調査を行った結果、品質要素が、経験に依存しない基礎的品質要素、経験によって獲得される経験的品質要素の2種類に構造化できることを明らかにした。さらに、品質要素を観察によ

て調査するクオリティスタディを構築し、携帯情報端末を用いたクオリティスタディを支援するシステムを開発した。食事介助に関する品質要素を組み込み、サービス現場での試用実験を行った。その結果、開発したシステムを用いることで、介護スタッフ同士で食事介助に関する品質を計測することができ、開発したシステムの有効性を確認できた。

今後、食事介助中の高齢者と介護者の様子、両者の関係の観察実験等を通し、サービス利用者の満足度をモデル化する。そして、介護スタッフ、サービス利用者の両面からサービス品質の構造をモデル化していく。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】介護サービス、サービス品質、計測、モデル化

【研究 題 目】高齢者の健康で安全な生活のための居住環境と住まい方に関する基礎的・実践的研究

【研究代表者】都築 和代（人間情報研究部門）

【研究担当者】都築 和代（常勤職員1名）

【研究 内 容】

日本は四季の変化に富み、その結果が室内に反映され、室内温熱環境や光環境は季節によって異なる。これまで高齢者の居住環境と睡眠についての調査結果から、夏季に高齢者は冷房器具の使用率が低く、そのため寝室が高温になって、中途覚醒や体動が増加し、睡眠効率が他の季節に比べ劣化していた。しかし、冬季に関しては、低温で就寝していたにも関わらず、睡眠効率も主観的な睡眠感についても影響は認められなかった。このことは寝具の保温性により、就寝中の人体が快適な状態に保持され、悪影響を受けていなかったためと考えられた。就寝中の心臓自律神経系活動について、青年被験者においては副交感神経が示されているが、高齢者の血圧・心拍数に関しては、拡張期血圧には有意な差は認められなかった。しかし、収縮期血圧は夜間睡眠中の3時、4時、5時で23時、24時よりも有意に高くなっていった。また、脈拍数については、22時が1時、4時、5時よりも有意に高くなっており、2ヶ月毎の調査月や季節による影響は有意では無かった。今後さらに、睡眠中の活動量と血圧との関係について検討する予定である。

以上を踏まえ、健康な住まい方についてまとめる方策を検討した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】睡眠、季節、室内環境、血圧、高齢者

【研究 題 目】屍体標本を用いたシミュレーションに基づく母指関節運動における主動筋相互作用の解明

【研究代表者】多田 充徳（人間情報研究部門）

【研究担当者】多田 充徳（常勤職員1名）

【研究 内 容】

手指の関節運動は複雑な筋腱ネットワークの相互作用から生み出されている。母指の場合、その複雑な3次元運動を可能にしているのは、CM 関節（母指付け根の関節；carpometacarpal joint）を中心とする関節群とこれらに作用する外在・内在筋群である。本研究では、母指の3次元的な関節運動に対する外在筋と内在筋の関与を、新鮮凍結屍体、筋腱駆動装置、そして光学式モーションキャプチャを用いて明らかにする。

平成27年度は、2系統の実験を実施した。1つが解剖学的に正確な母指の運動学を明らかにするための実験であり、もう1つが変形性 CM 関節症に対する適切な手術方法を検討するための実験である。いずれの実験においても、マーカを設置した後に CT を用いて屍体の画像を撮像し、骨とマーカの位置関係をモデル化した。前者の実験では、関節に障害がない未固定屍体標本を用いて、内在筋の活動レベルが外在筋による母指の関節運動に与える影響を計測した。具体的には、短母指屈筋と長母指屈筋の関係などである。後者の実験では、CM 関節固定を施した未固定屍体標本を用いて、母指の関節運動を計測した。正常屍体との比較が容易になるように、内在筋の活動レベルと外在筋の駆動距離については最初の実験と同じ設定を使用した。実験の結果、CM 関節固定により、母指尖端の可動域が30%程度減少することが明らかとなった。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】デジタルヒューマン、母指、内在筋、外在筋、筋骨格運動計測

【研究 題 目】自己選択による意思決定情報の可視化と解説

【研究代表者】松本 有央（人間情報研究部門）

【研究担当者】松本 有央、設楽 宗孝（筑波大学医学医療系）（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

報酬獲得のための行動決定を調べるために、報酬までの労働負荷と報酬量の組み合わせを選択する行動決定課題を2匹のサルにトレーニングした。この課題では、最初に、報酬までの労働負荷と報酬量の組み合わせを選択する行動決定課題を行う。課題内容は以下の通りである。まず、3段階の報酬量と3段階の仕事量を示唆する9種類の選択肢から2つをサルに提示する。選択肢の明るさがもらえる報酬量を表し、長さが報酬をもらえるまでに必要な試行数を表す。モンキーチェアには、3本のバーが中央と左右に付着されている。サルが中央のバーを握れば課題が始まり、初めに一つの選択肢が画面の中央に表示される。その後、もう一つの選択肢が画面の中央に表示される。さらにその後、表示された2つの選択肢が画面の左右どちらかの場所にランダムに同時に表示される。サルが左右のバーのいずれかを握れば、対応する

選択肢が選ばれ、選ばれた選択肢のみが表示される。行動決定課題終了後に、実際にサルが選んだ選択肢が示す視覚弁別課題を行う。

本年度は、行動決定課題遂行時に、脳の眼窩前頭皮質から記録された単一ニューロン活動がコードする情報の経時変化について調べた。昨年度の結果より、記録されたニューロンは、初めに提示された選択肢と次に提示された選択肢に対する応答の組み合わせにより、主に3種類に分類された。これらのニューロンの経時変化を調べた結果、3種類すべてのニューロンに関して、サルが実際に選択をおこなう期間では、初めに提示された選択肢と次に提示された選択肢の両方の情報を足し合わせたような情報をコードすることが分かった。それゆえ、これらのニューロンは、労働負荷と報酬量を処理している可能性がある。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 意思決定、行動選択、報酬量、負荷量

【研究 題目】 実世界の経時的変化に対応する動的屋内環境モデリング技術

【研究代表者】 一刈 良介（人間情報研究部門）

【研究担当者】 一刈 良介、カライバニ・タンガマニ（産総研特別研究員2名）

【研究 内容】

サービス現場・プロセスの効率化のための分析・可視化に用いられる屋内環境のコンピュータグラフィクス（CG）モデル作成技術において、実環境の経時的な変化に対応する動的モデリング技術を研究した。同グループで開発してきた既存の写真からの屋内環境モデラをベースにしながら、編集性や再利用性など既存モデルを実世界の経時的な変化に合わせて更新するための機能拡張を行った。また、発展的な動的モデリング手法として RGB-D カメラを導入した複雑形状のモデリング技術に関しても研究した。

平成27年度は、動的モデリングのテストベッドとして設定した宮城県気仙沼市の復興屋台村気仙沼横丁を仮想的に観光できるバーチャル観光体験アプリの開発に注力し、現地でのテクスチャ更新の補助機能や、SNS からの店舗関連の更新情報を自動収集する機能を実装した。

モデラにおけるテクスチャ更新時における幾何学的・光学的整合性の追求に関する研究として、Inpainting 技術と ShapeFromTexture を用いて、テクスチャの歪の大きい部分と隠蔽が起こっている部分の検出、テクスチャ修正機能に関しても研究した。

RGB-D カメラによる発展的な動的モデリングに関しては、タブレット PC に搭載されたモバイル型 RGB-D カメラを活用した色情報付き複雑形状のモデリングを実現した。StructureFromMotion による幾何形状のスキャニングとカメラ物体間位置関係を検出できる手法を導入し、既存のモデラにおいても採用していた Projective

Texture Mapping を用いて複雑形状へのテクスチャマッピングを可能にした。テクスチャの保存においては、カメラ視点の切り替わりによる境界部分を目立たなくする光学的整合性への配慮も行った。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 サービス工学、屋内環境動的モデリング、コンピュータグラフィクス、バーチャルリアリティ

【研究 題目】 主観的同時性と時間順序を実現する神経基盤の解明

【研究代表者】 山本 慎也（人間情報研究部門）

【研究担当者】 山本 慎也（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究課題では、『主観的同時性』と『時間順序』の両側面を検討することによって、複数の事象間の相対的な時間関係性の脳内表象を明らかにすることを目標とした。

相対的な時間関係は、事象が2つ以上存在することによって生じるものであるが、本研究課題においては、最も単純な2事象の時間関係について検討した。2事象間の時間差が小さい状況を考えると、「それら2つの事象が同時である」と感じる同時性の知覚（あるいは「非同時である」と感じる非同時性の知覚）と、「どちらが先で、どちらが後か？」という時間順序の知覚という、少なくとも2種類のタイプの知覚・判断様式が存在することが知られている。これら2つのタイプの知覚に対して、脳が同一の時間軸を用いているとすると、時間差が短い場合には時間順序判断が曖昧になり（どちらを先行と回答するかが五分五分に近づき）、同時性判断においては「同時」と答える率が上昇するはずである。逆に、もしも時間順序判断の曖昧性と同時性判断における「同時」回答がリンクしない状況があるとすれば、同時性の知覚と時間順序の知覚は、別々の時間軸をもとに生じていることになる。

平成27年度は、左右2つの視覚刺激が様々な時間差で提示された際に、同時性判断および時間順序判断の課題を行うという実験を行った。左右の視覚刺激の提示時間が同一である場合、実験参加者は小さな時間差に対して曖昧な時間順序判断を行い、また同時性判断において「同時」回答する傾向にあった。一方、左右の視覚刺激の提示時間が異なる場合、時間順序判断が曖昧な時間差においても、同時性判断で「同時」回答が消失した。すなわち、「時間順序の知覚は曖昧であるにもかかわらず、同時とは知覚されない」という状況が存在することになる。この結果は、同時性の知覚と時間順序の知覚が、同一の時間軸を用いていないことを示す証拠となると考えられる。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 神経科学、認知科学

〔研究題目〕 触覚の質感情報に着目した発達障害支援技術の構築

〔研究代表者〕 近井 学（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 近井 学（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、先天的な触覚機能の不具合（過敏傾向／鈍麻傾向）や後天的な触覚機能の低下（疾患、加齢など）などが一因として触覚刺激を知覚しにくくなった人たちを対象とした、触覚機能を簡便に計測するためのシステムの開発を目標としている。

本年度は、実際に臨床現場で行われているヒトの足部や手部などの末梢部の触覚機能を計測する方法（与えられた触覚刺激が感じるか／感じないかの境界を計測する方法）の特徴、および問題点を明らかにするための基礎実験を行った。従来、臨床現場において触覚機能を検査する場合、検者（医療従事者）が被検者（患者）の触覚機能を検査する部位をモノフィラメントと呼ばれる検査器具で刺激する方法が行われているが、この手法は被検者に対して複数回同一の部位で検査した場合、検査結果（触覚刺激閾値）にばらつきが生じると報告されていた。そこで本研究では、検査従事者側の課題と検査器具側の課題を明らかにするため、検査従事者に見立てた実験協力者の刺激呈示時の徒手動作を3次元動作解析装置で計測し、モノフィラメントによる発生力を力センサで計測した。加えて、ヒトの徒手動作を排除したうえで、モノフィラメントをポジショニングステージで動作させた時の発生力を力センサで計測した。その結果から、検査者側のばらつき（徒手動作の違い）や、検査器具の使用回数（短期的、長期的）などによる発生力の低下などの課題を浮き彫りにした。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 触覚、質感情報、生体計測

〔研究題目〕 生活習慣病予防の健康セルフチェックのための触覚ヘルスメータの開発

〔研究代表者〕 井野 秀一（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 井野 秀一、
高橋 紀代（篤友会リハビリテーションクリニック）、
布川 清彦（東京国際大学）
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

本課題では、生活習慣病に関係する糖尿病の神経障害や転倒予防のための身体要因に着目し、当該疾病の早期発見（からだのセルフチェック）と予防医療を支えるヘルスケアのための新しい検査・評価法の開拓を医工連携のチームプレーで目指している。

本年度は、これらの基盤構築に向けて、生活習慣病等による影響の受けやすい末梢神経機能との関わりのある皮膚知覚レベルを簡便な心理物理計測により定量化する

方式を探る予備実験を行った。着目する身体部位は、糖尿病の進行により諸症状の現れやすい下肢とし、測定対象は安定的な保持が可能な足底面とした。また、知覚レベル（閾値）を評価するための機械刺激は、皮膚表面に対して水平方向の「ずれ」(lateral stretch) を用いた。本刺激による計測を末梢神経障害のない健常者に対して実施したところ、知覚レベルは数10 μm であった。これは、従来の二点弁別閾 (mm レベル) を用いた触覚検査法に比べて桁の異なる高精度であり、本研究に適した触覚刺激手法のひとつであることが確認できた。その他には、皮膚知覚との関連が予想される年齢や皮膚の硬さ等に関するパラメータのサーベイ、触覚技術との親和性の高い道具（モノフィラメント等）に関する評価実験等を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 ヒューマンインタフェース、ヘルスケア、触覚、糖尿病、生活習慣病

〔研究題目〕 製品リマニュファクチャリングの成立条件分析と需要予測モデルの研究

〔研究代表者〕 松本 光崇（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 松本 光崇（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究の目的の一つである、リマニュファクチャリング（リマン）の成立条件分析を目的として、国内外のリマンに関わる企業・研究者との意見交換を行い、いくつかの製品領域におけるリマンの成立条件、障害要因、技術課題について調査を行った。主要項目として、リマンのための使用済み製品の回収、リマン工程の効率化、需要側の受容性、新製品事業との競合解消、等が成立条件に関係することを明らかにした。

本研究の第二の目標は、リマンの生産管理の向上のためのリマン製品の需要推移予測モデル構築であり、本研究では自動車パーツのリマン企業から同企業の12年間の月次受注履歴データの提供を受け、データを元に受注数（需要）の予測モデルを構築し精度検証を行った。指数平滑化法を始めとする時系列分析法の適用に加えて、Weibul 分布モデルをベースとする製品寿命モデルの適用による予測モデル構築を試みた。予測精度検証の集計と、両手法の効果的な組み合わせ方法の開発は本事業の2年目である次年度に進める計画である。

本研究の第三の目標である、リマン製品の消費者受容性の分析と国際比較について、日米の自動車パーツのリマン製品に対する消費者 Web アンケート結果の分析を行い、日米比較分析を行った。分析の結果、日本消費者の、リマン製品に対する相対的な製品知識の低さ、便益認識 (perceived benefit) の低さ、リスク認識 (perceived risk) の高さ、価格意識 (price consciousness) の低さを明らかにした。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 リマニュファクチャリング、生産計画、
需要推移予測、消費者選好分析

〔研究題目〕 前頭前野における神経調節物質の影響に
関する研究

〔研究代表者〕 渡辺 由美子（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 渡辺 由美子（常勤職員1名）

〔研究内容〕

学習や記憶、思考や推論など様々な高次脳機能に欠かせない前頭前野は、ドーパミンやアセチルコリンなど様々な神経調節物質の影響を受けている。本研究では、前頭前野が、ドーパミンやアセチルコリンなどの神経調節物質の影響をどのように受けているのかをミリ秒オーダーの時間解像度で明らかにすること、これらが前頭前野および関連する神経回路における情報処理にどのように影響するかを明らかにすることを目的とした。

平成27年度は、主に、大脳皮質にアセチルコリンを分泌する前脳基底部マイネルト基底核に着目した。アセチルコリンは、記憶や学習、覚醒や注意など様々な機能を修飾することが知られている。また、アルツハイマー型認知症ではマイネルト基底核のアセチルコリン神経が脱落していることから、この部位は特に痴呆や記憶障害と密接に関わることが知られており、前脳基底部と前頭前野の神経連絡の特徴を明らかにすることは、これらの疾患の原因解明や治療法の開発にもつながる。

本研究では、ラットの前脳基底部マイネルト基底核を電気刺激し、大脳皮質前頭葉での応答を、時間・空間的な解像度が優れた膜電位イメージング法を用いて計測した。その結果、マイネルト基底核の電気刺激により、前頭葉の広範囲で脱分極性応答がみられ、アセチルコリン受容体拮抗薬によってこの応答は亢進した。以上のことから、前頭前野において、コリン作用性神経は抑制作用を担っている可能性が示唆された。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 神経科学、前頭前野

〔研究題目〕 側頭葉顔ニューロンにみられる時間的情
報コーディングの神経機構の解明

〔研究代表者〕 菅生 康子（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 菅生 康子、松本 有央（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、顔を識別するための神経基盤と考えられる、側頭葉ニューロンによる顔画像情報の時間的コーディングの神経機構を明らかにすることにある。時間的コーディングは、下側頭皮質の神経発火に、顔の大まかな分類（サルかヒトか）が詳細な分類（個体や表情）より時間的に早くコーディングされている現象として観察できる。その神経機構を明らかにするため、サル下側頭皮質の顔領域（前部顔領域）とそれより後方に位置する情報の入力源（後部顔領域）を特定し、それら領域で

顔画像に対するニューロン活動の時間的パターンを観察し、そこで表象される情報の時間的コーディングを調べる。

本年度は、前部顔領域のニューロンへの入力を明らかにするため、個々のニューロンについて受容野を調べた。そのため、階層的に分類できる刺激画像セット（ヒト、サル、凶形、に分類でき、また顔画像は個体と表情で分類できる）を用いて、注視課題を遂行中のサル1頭の側頭皮質 TE 野前部で、単一ニューロン活動を記録した。さらに、その刺激セットの中から、ニューロンの応答強度が強い視覚刺激を選別し、受容野を調べた。TE 野のニューロンの多くは、中心視野タイプの受容野、あるいは、中心視野を含み記録している大脳半球とは反対側の視野に広い受容野を持つことが分かってきた。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 顔認知、側頭葉、ニューロン、スパースモデリング

〔研究題目〕 多感覚情報の統合・分離とその神経基盤

〔研究代表者〕 山本 慎也（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 山本 慎也（常勤職員1名）

〔研究内容〕

脳は、様々な感覚信号を統合・分離することによって、外界で生じたイベントを的確に再構成することができる。単一のイベントから生じる複数の異なる感覚種の信号は、異なる受容器から入力を受け、脳の異なる領域で処理がなされるが、最終的に統合され、一つの知覚表象が形成される。また、別イベントから生じた感覚信号は、互いに分離される必要があると考えられる。このように、多数の情報の中から関連するもの同士を統合し、別のイベントから生じた情報は分離することによって、我々の脳は外界を正しく反映した知覚を形成することができる。本研究課題では、脳内における複数の感覚情報の統合・分離のメカニズムを解明することが目標である。

我々は、これまでに、視聴覚の時間順序判断において、「ゼロ点補正」と呼ばれる超長時定数型の統合メカニズムが存在し、これによって脳内の伝導時間差あるいは情報処理にかかる時間差を補正することが可能であることを発見した。このことは、視聴覚信号の統合の時間窓がシフトすることに対応すると考えられるが、「時間窓の幅が変化せずにシフトするのか？時間窓の幅も変化しながらシフトするのか？」という問題は未解決であった。

平成27年度は、この問題を直接解決するため、ゼロ点補正が生じる条件下で、視聴覚の刺激が同時か非同時かを回答させる「同時性判断実験」を行い、時間窓の推移を調べた。同時と回答する確率は時間差が短いと1に近づき、時間差が長いと0に近づくが、これは統合の時間窓とみなすことができる。実験の結果、時間窓の中心はシフトするのみならず、その幅が徐々に拡大していきことが明らかになった。すなわち、感覚統合のための適

応メカニズムの一つであるゼロ点補正においては、統合の時間窓の中心と幅（平均と分散）を変化させながら時間情報処理の補正を行っている可能性が示唆された。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 神経科学、認知科学

〔研究題目〕 多点電気刺激による顔情報制御の研究

〔研究代表者〕 林 隆介（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 林 隆介（常勤職員1名）

〔研究内容〕

ヒトをはじめとする霊長類は、顔の向きが変わっても、それが誰の顔か正確に判断することができる。こうした顔認識能力の神経基盤として、下側頭葉の「顔エリア」とよばれる脳領域群からなるネットワークが重要な役割を担うと考えられているが、その詳細は明らかでない。

本研究では、下側頭葉の終端部である TE 野の後部、中央部、前部に埋め込んだマイクロ電極アレイから神経活動記録を行い、顔の方位と顔の個人識別情報（ID 情報）の表現様式が、TE 野の部位によって異なることを明らかにした。また、さまざまなヒトの顔の3DCG モデルを作成し、モーフィング操作による ID 変化と回転による方位の変化が、神経応答にどのように影響するのかわかるための画像データベースを構築した。

そして、埋め込み電極を介した皮質電気刺激の予備実験において生じた技術的問題点を明らかにした。最後に、神経応答や強制2肢選択実験における被験者の応答から、神経情報処理の非線形な効果を同定する手法を新たに開発し、積極的に学会発表を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 神経科学、顔認知、視覚情報処理

〔研究題目〕 知覚が反射性眼球運動に与える影響—意識と不随意運動の相互作用—

〔研究代表者〕 竹村 文（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 竹村 文（常勤職員1名）

〔研究内容〕

普段、何気なく過ごしている私たちの動きは、ほとんどが無意識に行われている。例えば、歩行や指先による到達運動も、足や指先を意識して動かすことはない。これらの運動は後から認識することは可能だが、体が動く方が早い。さらに、私たちは環境に合わせて機能的に動くために、実行中の運動をオンラインで無意識に修正している。近年の脳科学は、私たちの認識という意識的なプロセスは時間のかかる情報処理であり、無意識によって導かれていることを示唆している。本研究の目的は、オンラインシステムである運動の修正運動を対象に、感覚運動情報処理プロセスにおける認識という主観的な現象と運動の相関を解き明かし、脳の意識的過程と無意識的過程の関係性に迫ることである。

これまで、「ヒトのよいモデル動物」としてサルを用

いて、アイコイルを使った両眼の眼球運動の同時計測を行ってきた。H27年度は、両眼の眼球運動と知覚に関する実験を発展させるために、ヒトの減給運動計測装置をセットアップした。その結果、非侵襲の両眼計測装置の開発改良に携わり、成果発表（学会）を行った。次年度は、ヒトの眼球運動を計測して、これまでのモデル動物（サル）の結果を比較検討する。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 脳科学、認識、意識、無意識、随意運動、不随意運動

〔研究題目〕 地域生活者行動データプラットフォームを活用した高齢者福祉サービスの高度化

〔研究代表者〕 山本 吉伸（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 山本 吉伸、福田 賢一郎、

渡辺 健太郎、竹中 毅（常勤職員4名）

〔研究内容〕

多くの自治体で地域高齢者の見守り事業を推進している。地域包括支援センターなど公的団体の職員や民生委員による日々の活動に支えられた事業であるが、訪問先の選定は地域住民から通報があったときのほかに、勘と経験に基づいて決定されておりサービス生産性は高くない。本研究では、地域生活者行動データプラットフォームを活用することでサービス生産性の高い高齢者福祉行政サービスを実現する技術の確立を目指す。具体的には、同意を得られた高齢者の生活空間での行動パターンを分析することで、認知症その他健康上重大な変化が生じつつある高齢者を速やかに検出し、早い段階で変化に対する「気づき」の機会を高齢者福祉実務者に提供するシステムを構築することを目的とする。

平成27年度は、民生委員各位のご協力のもと、本研究にご協力いただけることを書面にて確認できた独居高齢者の生活パターンのデータ収集を開始した。

個別の事情に依存せず、かつわずかな変化を的確にとらえる一般的な数値解析手法はほとんど知られていない上、仮にそのような手法があったとしても、システムがデータの意味内容に踏み込んで解釈を行うことは技術的にも困難であるばかりでなく、民生委員が個別にケアを実施する趣旨をも没却しかねない。我々は、人間がデータを見て価値判断をすべきであって、技術はその判断の一助として活用できることが最も重要だと考える。そのような観点から、入浴頻度をカラーバーで表現する方法を試みている。この方法は、入浴した日を赤いラインで塗って年間を通じて帯状に表現するものである。規則的に入浴がある場合は全体が均等の色として表現されるが、この規則が乱れた期間は濃淡が筋になって見える。数値表現を使うより全体のなかでの変化がわかり易い。高齢者ごとの性格や普段の生活リズムを勘案して民生委員が判断するときに活用することが期待できる。ただし、リアルタイムでの判断ができるかどうかは今後の検証が必

要である。現在までのところデータ分析対象の高齢者に体調等の異変が生じておらず、分析アルゴリズムの評価には至っていない。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】高齢者、見守り、ビッグデータ、行動解析

【研究 題目】腸脛靭帯炎発生リスクの解明と予防法の提示

【研究代表者】橋詰 賢（人間情報研究部門）

【研究担当者】橋詰 賢（産総研特別研究員1名）

【研究 内容】

ランニングをはじめとする身体運動が、健康の維持増進といった観点においてポジティブな影響を及ぼすことは広く知られている。一方で、過度な身体活動量や運動強度に起因する障害の発生がネガティブな影響として挙げられる。様々な障害の中でもランナーズニーの別称で知られる腸脛靭帯炎は、発生率の高いランニング障害として知られている。

ランニング等において膝関節の屈曲・伸展が繰り返される際に、大腿部の外側を通る腸脛靭帯が大腿骨の外果（外側への突起部）と頻りに接触することで、腸脛靭帯炎が発生することが知られている。これまでの研究において、腸脛靭帯と大腿骨外果との接触が発生する膝関節角度の同定、およびランニングの速度の増加に伴い接触の頻度および程度が増加することが明らかとなった。

平成27年度は、繰り返しのランニングにおける疲労が腸脛靭帯炎発症のリスクに及ぼす影響について評価を行った。

光学式モーションキャプチャシステムを用い、ランナーに20 m の走路上でのランニングを120試技行わせた際の、下肢標識点の3次元座標を取得した。大腿に対する下腿の相対的な位置および方位から膝関節角度を算出した。接地期における膝関節の平均および最大屈曲角度は、120試技の内の初期と比較して、後期でより大きな値を示した。増加した膝関節屈曲角度は、腸脛靭帯と大腿骨外果の接触が生じる関節角度と重複していた。繰り返しのランニングに伴う疲労は、ランニング接地期における膝関節屈曲角度を増大させ、腸脛靭帯炎発生リスクを増大させる可能性が示された。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】デジタルヒューマン、ランニング、障害、運動器、膝関節

【研究 題目】動画像による形状予測に基づく変形物体の追跡手法の研究

【研究代表者】西田 健次（人間情報研究部門）

【研究担当者】西田 健次（常勤職員1名）

【研究 内容】

対象追跡は、コンピュータビジョンの主要な適用例で

あり、特に自動車などの大きくは変形しない物体に対する追跡手法は、ほぼ確立されていると言って良い。一方、人間のように変形を伴う物体の追跡に関しては、変形に対して不変な特徴を用いて追跡を行う例が多く、サッカーのようなチームスポーツ、あるいは、群衆などの、類似の特徴量を持つ複数の対象が近接して存在するような状況においては、追跡を行う対象とそれ以外の対象を弁別することが難しく、有効な追跡手法は確立されていない。近接する類似の特徴量を持った対象と目的の対象を弁別するために、対象の移動軌跡を利用する手法が考えられるが、前述のチームスポーツのような状況では、対象（選手）同士の隠れなどの影響により、移動軌跡の推定自体が困難となる。そこで、追跡対象が変形物体であることを利用し、対象固有の変形の時系列を検出し、それを特徴量として目的の対象の位置を同定する手掛かりとする。これにより、従来、追跡が困難であった類似の特徴を持つ変形物体が複数存在する状況での対象追跡が可能となる。そのためには、対象の形状変化の予測と形状変化に基づいた追跡の二つの手法の確立が必須となる。本研究では、変形物体の形状変化をより正確に予測し、その変形予測をもとに似たような特徴量を持つ集団の中から、目標とする対象を識別し追跡する手法を確立することを目的とする。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】パターン認識、コンピュータビジョン、トラッキング

【研究 題目】動脈硬化の加齢変化の個人差が生むメカニズムの解明—10年間の追跡に基づく検討—

【研究代表者】菅原 順（人間情報研究部門）

【研究担当者】菅原 順、東本 翼、渡辺 光穂（以上、人間情報研究部門）、
下條 信威、前田 清司（以上、筑波大学）、
野田 尚宏、松倉 智子、吉池 里和
（以上、バイオメディカル研究部門）
（常勤職員3名、他5名）

【研究 内容】

動脈硬化度は加齢に伴い進行し、循環器疾患発症の危険因子となるが、習慣的な身体活動の実施によって動脈硬化度を改善出来ることが明らかとなっている。その一方で、動脈硬化の進行度や身体活動による改善効果には個人差が存在することも明らかになっている。それゆえ、これらの機構の解明は、個別対応型（テーラーメイド）の効果的な循環器疾患発症予防策の構築につながる。

本研究では10年間の長期観察に基づき、動脈硬化度の加齢変化の個人差における遺伝的要因（遺伝子多型）と後天的要因（身体活動水準）の関与、および両者の相互関連を探る。これにより、加齢に伴う動脈硬化の進行

を効果的に抑制し、循環器疾患発症を予防するテーラーメイドのライフスタイル処方構築を目的とした。具体的には、本研究室において約10年前に血圧や動脈硬化度の測定を行った被験者を対象に、約10年後の追跡測定を行い、循環器指標の経年変化に対する遺伝的要因（一塩基遺伝子多型）および身体活動習慣を主体とする生活習慣要因の影響を検証した。H27年度は、これまでに取得した循環器指標と年齢との関係や経年変化の程度を同定するとともに、生活習慣指標との関連性を検討した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 循環器疾患リスク、遺伝子多型、ライフスタイル

【研究 題 目】 特徴空間の幾何構造を利用した学習アルゴリズムの構築

【研究代表者】 赤穂 昭太郎（人間情報研究部門）

【研究担当者】 赤穂 昭太郎、藤木 淳（福岡大学）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、特徴空間の幾何学的構造の解明およびそれに基づく学習アルゴリズムの構築を行い、パターン認識やコンピュータビジョンに応用することであり、その研究の流れに沿って下記のような成果を得た。

まず、入力空間を情報幾何学で考える情報空間としてとらえ、正規分布の空間での曲指数分布あてはめについてアルゴリズムの構築と数値実験を行った。情報幾何学の空間はユークリッド空間ではなく曲がった空間であるため、一意的な射影であっても一般に繰り返し演算を必要とする。そこで、情報幾何学で基本的な拡張ピタゴラスの定理に基づき、ロバストな射影の推定法を考案した。これは種々の機械学習の設定に応用可能であり、非負値行列分解や転移学習などの応用についても適用可能であることを示した。非負値行列分解においては、自然言語処理で用いられるトピックモデルと同等のモデルに対し、より情報幾何的に自然な定式化が存在することを示した。また、転移学習については、e-混合モデルが最大エントロピー原理の観点から有効なモデルであることを示し、さらに柔軟なモデル化のためにノンパラメトリックな設定で推定を行う手法に拡張した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 アルゴリズム、機械学習、幾何学、関数解析学、パターン認識

【研究 題 目】 脳血管疾患発症予測のための中心動脈循環特性プロファイリング

【研究代表者】 菅原 順（人間情報研究部門）

【研究担当者】 菅原 順、東本 翼（以上、人間情報研究部門）、
小河 繁彦（東洋大学）、

今井 智子（筑波大学）

（常勤職員1名、他3名）

【研究 内 容】

大動脈や頸動脈などの中心動脈は優れた伸展性を有し、心臓から断続的に駆出される血流と、それによって生じる血圧の拍動性成分を緩衝する。この作用は、脳のような血管抵抗が低く脆弱な末梢臓器を、血流および脈波の拍動性刺激から保護していると考えられている。しかし、このような機能は加齢や高血圧などの疾患により低下し、末梢臓器疾患のリスクの増大につながると考えられる。実際に、中心動脈伸展性の低下は脳卒中発症の独立した危険因子となることや、脳ラクナ梗塞発症者の中心動脈伸展性は同じ年代の健常者よりも低値であることなどが報告されている。これに対して、申請者らは、習慣的な身体活動の実施で中高年者の中心動脈伸展性を改善できることを報告している。中心動脈伸展性が向上し、拍動性成分を緩衝する作用が改善されれば、末梢臓器疾患の発症リスクの軽減につながると考えられる。

脳血管疾患発症予測に有用な新規マーカーの同定を目的とし、心臓から脳への血圧・血流伝達特性の評価法を検討した（研究課題1）。また現在、脳血管疾患発症予測マーカーとして注目されている頸動脈伸展性について、その制御因子の同定を行った（研究課題2）。課題1では、大動脈から脳への血圧・血流拍動性成分の伝達ゲインが -30 mmHg の下半身陰圧負荷で増強されることが明らかとなり、交感神経刺激による脳循環拍動性成分の緩衝効果を評価する際の至適負荷について有用な知見が得られた。課題2では頸動脈拍動性血流速度が大きいほど頸動脈伸展性は高く、また頸動脈拍動性血流速度は最大酸素摂取量と関連することが明らかとなった。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 生活習慣病、脳循環、循環調節、運動適応

【研究 題 目】 脳梗塞サルモデルを用いた機能回復メカニズムの統合的理解

【研究代表者】 村田 弓（人間情報研究部門）

【研究担当者】 村田 弓（常勤職員1名）

【研究 内 容】

脳損傷後の機能回復の背景には神経回路の可塑的变化による代償機能が関わっていると考えられるが、メカニズムの理解は不十分である。本研究課題は、脳内梗塞動物モデルを作成し、脳損傷後の機能回復に関わる脳領域を明らかにすることを目的に行った。

モデル動物には、ヒトと脳筋骨格構造が類似しているサルを用いた。内包後脚に損傷を作成した動物モデルを確立し、回復過程を調べた。母指と示指で小さな物体を保持するつまみ動作が可能な動物であるサルを対象に、第一次運動野の手領域からの下行路が通る内包後脚に血管収縮作用を持つ薬物を投与し、局所的な微小梗塞を作

成した。梗塞後、数ヵ月間にわたってつまみ動作の回復過程を調べるとともに、MRI 画像を用いて損傷部の体積の変化を調べ、把握動作と損傷領域範囲の関連を調べた。

損傷直後はつまみ動作を含む手の運動に障害がみられた。T2強調画像の高信号部位が内包後脚に認められたことから、薬剤を投与した内包後脚で浮腫などが生じて組織がダメージを受けていることが示唆された。MRI 画像の高信号部位は損傷後2週間から1ヵ月後には減少傾向を示したが、つまみ動作の使用頻度は回復しなかった。これらの結果から、画像上では損傷が確認できなくなっても、損傷による影響は持続しており、協調した手の運動の遂行に影響を与えていることが推察された。

内包損傷による皮質への影響を調べるために、内包損傷後の第一次運動野の錐体細胞の大きさを調べた。その結果、正常個体と比べて損傷後の個体のほうが、第一次運動野の大型錐体細胞が減少している傾向が認められた。

以上の結果、脳内梗塞動物モデルの構築を行うことができ、脳損傷後の機能回復のメカニズムや機能回復への運動訓練の影響を解明するための有益なモデルを確立できたと考えられる。また、内包損傷によって、損傷部だけでなく、運動野を含む広い脳領域が影響を受けることが分かった。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】リハビリテーション、霊長類、病態モデル、機能回復、神経可塑性

【研究 題 目】脳梗塞片麻痺ラットを用いた感覚運動連合学習における動作アシストの効果の解明

【研究代表者】金子 秀和（人間情報研究部門）

【研究担当者】金子 秀和（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

我々は、脳梗塞後のリハビリ訓練中に動作を補助し、動作関連筋肉及び関節に深部感覚を誘発することによって、学習過程及びリハビリ過程の促進効果が現れると考えている。これまでに選択反応時間タスクの逆転学習を片側前肢感覚運動野脳梗塞ラットに行かせたところ、脳損傷部位対側前肢に関する学習機能が低下していることが分かってきている。本研究では、同様の実験条件下で、強制的に応答動作を誘発することによって本タスクの学習過程が促進されることを実証する。その際、強制的に応答動作を誘発させる前肢の側及びタイミングの影響を統計解析し、学習やリハビリ過程を効果的に促進しうる動作補助条件を明らかにする。

今年度は、脳梗塞片麻痺ラットに選択反応時間タスクの逆転学習を行わせ、空圧刺激の200 ms 後に正反応側あるいは誤反応側レバーを駆動することにより、エラー率の改善が促進されるかどうか検討した。その結果、健常ラットの場合と同様に逆転学習の4、5日目のエラー

率は正反応側レバー駆動よりも誤反応側レバー駆動で平均値が低かった。しかし、有意差は見られていない。統計的な検出力が低いので、今後、更にデータを収集して検討する。また、応答動作のタイミングにあわせたレバー駆動を可能とするため、レバー押力を計測できるように学習実験装置を改造した。現在、左右前肢のレバー押力の比率を閾値処理することで応答動作のタイミングを予測できないか検討している。本評価値は、どちらの前肢をレバーから離して応答するかを決めてから変化する数値と考えられるので、これによって随意的な運動指令に合わせてレバー駆動することが可能になると考えている。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】リハビリテーション、脳神経疾患、脳・神経、神経科学、動物

【研究 題 目】脳卒中後の把握機能回復をもたらす脳内身体表現の変化：サルモデルによる解明

【研究代表者】村田 弓（人間情報研究部門）

【研究担当者】村田 弓、肥後 範行（常勤職員2名）

【研究 内 容】

脳卒中後の心身機能の回復の背景には脳・神経の可塑的变化による機能回復および機能代償システムが関わっていると考えられるが、回復メカニズムの理解は不十分である。本研究課題は、脳卒中動物モデルを用いて、脳卒中後の上肢運動機能の回復に脳内身体表現がどのようにかかわるのかを明らかにすることを目的として行った。

モデル動物には、ヒトと脳筋骨格構造が類似しているサルを用いた。内包後脚に損傷を作成した動物モデルを確立し、回復過程を調べた。母指と示指で小さな物体を保持するつまみ動作が可能な動物であるサルを対象に、第一次運動野の手領域からの下行路が通る内包後脚に血管収縮作用を持つ薬物を投与し、局所的な微小梗塞を作成した。梗塞後、数ヵ月間にわたってつまみ動作の回復過程を調べた。その結果、損傷直後から、母指と示指を対立させて小さな物体を保持する精密把握の遂行が困難となった。また、損傷後3ヵ月が経過しても、精密な把握動作の稚拙さが残存している傾向が認められた。この結果から、内包損傷によって協調した手の運動の遂行が長期的に影響を受けることが分かった。

また、脳損傷後の回復過程について数理モデルを用いた解析を行い、回復過程の行動変化の仕組みを明らかにすることを試みた。これまでの実験から、第一次運動野を損傷した後に、精密把握を行う把握動作のトレーニングを繰り返す行くと、把握機能の回復が認められた。さらに、脳損傷後の回復の過程において、一時的に成功率が低下し、把握方法の戦略の転換が起こる「回復の谷」といえる現象が確認された。数理モデルを用いた実験では、第一次運動野および運動学習に関わる数理モデルを用いて、コンピュータシミュレーションによって脳損傷

とその後のリハビリテーションを行い、「回復の谷」を再現できるかを検討した。その結果、損傷後のトレーニングの有無によって回復の谷の出現の有無が変化する結果が認められた。この結果から、脳損傷後のトレーニングの有無によって回復過程の行動変化やタイムコースが影響を受けることが明らかになった。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】リハビリテーション、身体性システム、機能回復、神経可塑性、把握動作

【研究 題 目】脳損傷後の運動機能回復の基盤となる分子・解剖レベル変化

【研究代表者】肥後 範行（人間情報研究部門）

【研究担当者】肥後 範行、吉田 由子
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

脳に損傷を受けた後の運動機能回復は社会からの要請が高いことは言うまでもなく、そのメカニズムを理解することは脳が持つ柔軟性を理解することに繋がり、基礎研究としても重要である。

ヒトに近い脳と身体構造を持つマカクサルをもちいて、運動出力にかかわる大脳皮質領野である第一次運動野の手の運動機能を担う脳領域に損傷を作成した。これまでの研究で、運動リハビリ訓練を行わせると、上肢運動の回復が見られること、回復過程で、運動前野腹側部の脳活動の変化が生じることを明らかにした。回復の背景にある神経回路・投射の変化の詳細を同定するため、解剖学的トレーサーを用いた解剖学的解析を行った。ビオチン化デキストラリアミン（Biotin Dextran Amine:BDA）を運動前野腹側部に注入し、1か月後に解剖して染色したところ、運動前野腹側部から発し、皮質下、あるいは反対半球に向かっての線維が同定された。小脳核、特に室頂核では第一次運動野損傷個体で運動前野腹側部からの出力線維終末が見られたのに対し、健常個体では運動前野腹側部からの出力線維終末は極めて少なかった。すなわち、3頭の損傷個体すべてで、損傷側の小脳核に運動前野腹側部からの終末が確認された一方で、健常個体では私たちのサンプルでも、先行研究でも、運動前野腹側部から小脳核への投射は確認できなかった。このことから、回復過程で運動前野腹側から小脳核への投射が形成された可能性が考えられる。第一次運動野の損傷により、皮質脊髄路を介した伝達に障害を受けるが、運動前野腹側部から小脳核への投射が形成されることにより、第一次運動野を介さない運動出力の伝達ができるようになった可能性がある。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】リハビリテーション、霊長類、病態モデル、機能回復、神経可塑性

【研究 題 目】脳波と末梢神経系指標による感情状態の

解読—コミュニケーションにおける感情伝染—

【研究代表者】藤村 友美（人間情報研究部門）

【研究担当者】藤村 友美（常勤職員1名）

【研究 内 容】

脳情報から感情状態を解読する技術開発は盛んに行われているが、どのような感情状態を解読すべきかは、技術が応用される場面や社会的要請を考慮する必要がある。本研究では、対人場面における2者間のコミュニケーション時に生じる感情伝染に焦点を当てた。感情伝染とは、他者の表情と一致した感情を自らも主観的に経験する現象である。本研究では、脳波と末梢神経系指標を用いて、感情伝染を定量的に評価する技術開発を目的とする。

平成27年度は、感情伝染を適切に喚起できる素材として動画表情刺激セットの開発と妥当性の検証を行った。表情の表出者は、劇団に所属している演技経験者の日本人男女4名ずつの計8名であった。表出する感情は、基本6感情に含まれる、喜び、驚き、恐れ、怒り、嫌悪、悲しみに加えて、感情の円環モデルにおいて、円環を形成するように配置される、興奮（快・高覚醒）、平穏（快・低覚醒）、眠気（低覚醒）を設定した。怒りと嫌悪については、「口を閉じる（閉口）」と「口を開ける（開口）」の2種類を設定し、計11種類の表情カテゴリーとした。さらに何も感情を表現していない中性の状態の表情も撮影した。

編集した動画表情刺激について、心理評価実験を行ったところ、意図した感情を表現していると判断された一致率はチャンスレベルを超えており、表情刺激セットとして妥当性があると判断できた。また感情空間上においてもほぼ円環に布置されており、感情の円環モデルに合致する表情刺激セットを作成することができた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】感情、表情、コミュニケーション

【研究 題 目】不均一な弾性構造の知覚特性の研究

【研究代表者】遠藤 博史（人間情報研究部門）

【研究担当者】遠藤 博史（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究課題の目的は、不均一な構造を有する弾性物体に対する知覚メカニズムを明らかにすることである。人の弾性知覚では、対象となる物体に力や変位を加えて、その入出力関係から物体の構造に関する情報や弾性係数を推定している。昨年度までに、ゴム状の均一な弾性体を用いた弾性知覚の心理物理実験を行い、知覚の結果に押し方が影響している可能性が見いだされた。本研究課題の最終目標は、不均一な構造に対する弾性知覚メカニズムを明らかにすることであるが、押し方が知覚に影響するのであれば、まずはその影響を明らかにしておく必要がある。

そこで本年度は、押し方が知覚に及ぼす影響について

被験者数を増やしてさらなる検討を行った。強制2択法による硬さの弁別課題を行った結果、押す強度のみを知覚する対象の硬さに合わせて変化させ、弾性知覚を行っていることが明らかとなった。具体的には、弾性域が硬い場合や試料の弾性差が小さい場合には押す強度が強くなり、さらに硬い弾性域における弁別課題では、比較する2つの試料を押す力が同じになるように押ししており、試料の弾性域が軟らかくなるにつれてこの傾向は弱くなった。この押し方の変化に対応するように、硬い弾性域では押し込み量の差がより顕著に知覚され、軟らかい弾性域では反力の差がより顕著に知覚される傾向があることが分かった。広い弾性域において均一な弾性体に対して得られた本結果は、不均一性を有する対象（異なる弾性域の物体の組合せ）の知覚メカニズムを調べるうえで基礎をなす重要な知見となると考えられた。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 弾性知覚、触覚、運動感覚

【研究 題目】 物体視覚情報の時間的統合を支える神経メカニズムの解明

【研究代表者】 林 隆介（人間情報研究部門）

【研究担当者】 林 隆介（常勤職員1名）

【研究 内容】

我々の脳は、視覚刺激の出現や変化を時間軸に沿って処理しているが、時間的に後から生じた事象からも修飾を受けて知覚内容を変化させる。こうした時間軸を逆行する遡及効果により、神経伝達に伴う情報処理の時間遅れを補償し、絶えず変化する外界に知覚内容を適応させていると考えられるが、その神経基盤は明らかではない。

本研究では、TE野の後部、中央部、前部に埋め込んだマイクロ電極アレイから、さまざまな物体画像に対する神経活動記録を行い、物体カテゴリーに関する情報量の時間変化を、情報復号化精度を基準に評価した。その結果、物体情報が変化しない静止画の場合、刺激後100-300 msをピークに情報量は漸次低下していくことが明らかになった。さらに、物体カテゴリーの変化が、神経応答の時間特性にどのように影響するのか調べるためのデータベース構築を行い、フラッシュラグとよばれる視覚現象を利用して、物体情報処理の時間遅れを行動学的指標に基づき明らかにした。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 神経科学、時間変化、視覚情報処理

【研究 題目】 分散重み付き皮膚変形モデルを応用した関節・筋モーメントアームの非線形モデル

【研究代表者】 村井 昭彦（人間情報研究部門）

【研究担当者】 村井 昭彦（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究は、医療やリハビリ、スポーツ科学に展開され

るヒトの筋活動等の体性感覚情報推定技術のため、デジタルヒューマンモデルを構築し計算アルゴリズムを開発した。ヒトの解剖学的形状を持つ皮膚・筋骨格モデルを構築し、変化をCGのキャラクタ変形の手法を応用することで低計算コストに実現した。筋モーメントアーム長の推定精度向上を実現し、体性感覚情報推定の精度向上に資する。平成27年度は下記を実施した。

低計算コストでの皮膚及びボリューム筋モデルの変形：CGの分野で用いられるSSD（Skeletal Subspace Deformation）を用い、ボリューム筋モデルの変形を行った。重み付けにはARAP（As Rigid As Possible）法を用い、また、骨格表面形状を活用したサブボーンを用いた。これにより、体感のように皮膚とボーンが大きく離れている部位においても、皮膚や筋と骨格の間の干渉の問題を解決した。

ボリューム筋モデルの変形に基づくワイヤ筋走行の推定とそれに基づく筋モーメントアームの推定：ボリューム筋の内部に筋の走行を表現するワイヤ筋モデルを配置した。ワイヤ筋モデルは特徴点とそれらをつなぐワイヤから構成され、各特徴点はボリューム筋を構成する各頂点の線形重み付き和で表現した。また、関節中心とワイヤ筋の距離を計算することにより、運動解析において関節トルクを緊張力分配する際に重要である筋モーメントアームの推定を行った。推定された筋モーメントアームを文献値と比較することにより、生理学的妥当性の検証を行った。外側広筋において、従来のワイヤ筋モデルでは文献値と比較して最大44%の誤差があったのに対して、ボリューム筋モデル+骨格表面形状サブボーンを用いたSSDでは最大14%まで誤差を低減した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 デジタルヒューマン、ボリユーメトリック皮膚・筋骨格モデル、体性感覚情報推定の精度向上

【研究 題目】 予約取引と現物取引を融合した市場メカニズムの提案

【研究代表者】 宮下 和雄（人間情報研究部門）

【研究担当者】 宮下 和雄（常勤職員1名）

【研究 内容】

平成27年度は、主として本研究が対象とする生鮮品取引において、取引参加者全体の収益を最大化する上での本質的な課題の抽出と、その解決のための方法論の明確化を行った。具体的な研究内容を以下に示す。

○ 現物取引と予約取引を融合した市場モデルの提案

多数のセラー、バイヤーがダイナミックに参加、退出する生鮮品取引のオンライン取引市場において、既に生産された財の現物取引に関しては、従来の生鮮市場と同様にバイヤーのみが購入希望価格を入札する片方向オークションを実施し、一方生産前の財の予約取引に関してはセラーも同時に販売希望価格を入札する

双方向オークションを採用するハイブリッドな市場において、取引参加者や取引内容に様々な成約を設けることで単純化した市場モデルを構築した。

○ 上記市場モデルにおいて取引参加者全体の収益を最大化するためのメカニズムの検討

生鮮品のセラーに対して公正な取引を実現するためには、取引される商品の性質上セラーに対して優位な立場にあるバイヤーに適正な価格入札を促すためのインセンティブが必要である。そこで本研究では、バイヤーによる入札が約定されず取引失敗に終わった際に、バイヤーにペナルティを課す支払規則を設けることで、バイヤーの正直な入札を促す。更に、バイヤーがペナルティを支払っても自らの入札価格を下回る際にのみマッチングが成立する割当規則とし、バイヤーの個人合理性を損なわないメカニズムを設計した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 メカニズムデザイン、オンラインダブルオークション、マルチエージェントシミュレーション

〔研究題目〕 運動性を考慮した可動領域表現による人の手の運動機能の解明

〔研究代表者〕 宮田 なつき（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 宮田 なつき、萩原 智
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、人の手指の関節の運動性を考慮した可動領域表現上で人の運動を捉えることで、運動機能の特徴を解明することを目指す。

前年度に、日常生活で不可欠な把持動作を行う場合の手指の一部の関節姿勢は、把持対象の物体のサイズによっては、能動的な可動範囲だけではなく受動的な範囲にまで及ぶことが判明した。そのため、本年度は被験者を10名に増やし受動的な関節可動域も併せて計測したうえで、可動領域の共通性や個人差の現れやすい部分などを確認した。また、手の関節同士の運動性ゆえに、例えばある指のとりうる姿勢は残りの手掌部および四指の姿勢により制約を受けるが、実世界に働きかける手の運動機能という観点でその制約が何を意味するかを、関節角度空間ではなく手の作業空間で表現することを試みた。具体的には、まず機能検証を行う指と姿勢を固定する部位を決め、可動領域モデルに固定部位の関節角度情報を与え、機能検証を行う指に属する関節の動きうる範囲を求めた。この範囲内でランダムに関節角度を設定して指先位置を求め、指先の到達しうる範囲（リーチエンベロープ）を点群として提示した。このような関節可動域制約を踏まえた手の作業空間での機能表現を発展させることで、日常生活動作（ADL）が出来るかどうかを判定することも可能であり、手根管症候群など可動領域の制約が生じる疾患を持つ患者の手機能診断などへの応用が

期待できる。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 デジタルヒューマン、手、関節可動域、把持

〔研究題目〕 スパースモデリングと高次元データ駆動科学創成への支援と広報

〔研究代表者〕 岡田 真人（東京大学）

〔研究担当者〕 赤穂 昭太郎（人間情報研究部門）、
岡田 真人、宮本 英昭、福島 孝治
（以上、東京大学）、
富樫 かおり、田中 利幸（以上、京都大学）、
木川 隆則、谷藤 学（以上、理化学研究所）、
駒井 武（東北大学）、
本間 希樹（国立天文台）、
福水 健次（統計数理研究所）、
樺島 祥介（東京工業大学）、
藤代 一成（慶應義塾大学）
（常勤職員1名、他12名）

〔研究内容〕

計測技術の向上が大量の高次元観測データを日々生み続けている。また、生命情報科学のように、各論的なデータ科学が推進される中、天文学における高次元データ解析手法が、全く対象とスケールの異なる生命科学でも有効に働くような状況に遭遇する。本計画研究では、こうした多様な視点の導入による革新的展開を引き起こす方法論として、スパースモデリング（SM）に着目する。理科第2分野に属する生物学・地学の幅広い分野の実験・計測研究者と情報科学研究者の有機的連携により、高次元データから隠れた規則性を発見する高次元データ駆動科学ともいべき新学術領域を創成することを目的とする。

平成27年度は、このような支援活動および広報活動に関連し、まず領域会議など複数の会合を開催し、研究計画の実験グループとモデルグループの間でいくつかの共同研究テーマの立ち上げを行った。また、非線形性や階層性、セミパラメトリックな状況の取り扱い、高次元化による計算困難の打破、及び、実験者にフィードバックを促す可視化に関する情報数理基盤の形成のためのモデルグループと情報グループの間の連携をスタートさせた。さらに、国際会議HD³を企画・発表を行うとともに、公開シンポジウムやチュートリアル企画・運営も行い、本新学術研究領域の普及や広報活動を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 スパースモデリング、データ駆動科学の実践、情報数理の基盤形成、若手人材育成

〔研究題目〕 ロボット聴覚の実環境理解に向けた多面的展開

〔研究代表者〕 佐々木 洋子（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 佐々木 洋子（常勤職員1名）

〔研究内容〕

ロボット自身に装備された耳（マイクロホン）で聞く「ロボット聴覚」では、混合音から音響事象を認識し理解するという音環境理解の立場から、(1) 混合音からの音源定位、(2) 音源分離、(3) 分離音認識、の3つの要素技術に取り組んできた。音環境理解では、さらに「どこでどんな音がするか」という時空間的な音理解機能を備えることが重要である。本研究では、我々がこれまでに提唱してきたモバイルオーディション機能を発展させ、ロボットが動きながら3次元空間中で音を捉える技術の開発と、これを用いた環境の音地図作成・人間の発見・生活行動のモデル化の研究を行う。

本年度は、昨年度までに開発した、手持ちセンサによるセンサの位置姿勢変化に強い3次元環境地図作成と、マイクロホンアレイによる高精度音源定位機能を統合し、3次元空間中の音源位置を推定する音源地図作成機能を実現した。音の3次元位置は一意に求まるとは限らないため、提案法では、音の存在し得る範囲を入力情報に応じて確率的に表現することが特長である。こうすることで、「今、何が聞こえているか」が重要な音情報に対し、得られた情報を連続的に提示することができる。

これらの技術をさまざまな環境で動き回るロボットに搭載し、有効性と限界を示していく。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 ロボット聴覚、マイクロホンアレイ、時空間聴覚理解機能

〔研究題目〕 嗅覚による味覚変化の時間特性の解明：実験心理学・脳機能計測・動物行動学の統合研究

〔研究代表者〕 和田 有史（国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）

〔研究担当者〕 小早川 達、後藤 なおみ（以上、人間情報研究部門）（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

嗅覚が味覚を促進したり抑制したりする現象は、古くから知られており、学術的には「味嗅覚修飾」と呼ばれている。本研究では、味嗅覚修飾に関する脳内処理の時間特性について解明することを目的としている。

平成27年度は、味覚と嗅覚の間の分離知覚に影響を及ぼす要因について検討するため、以下に示す二つの条件下で味覚と嗅覚の同時性判断課題を実施した。日本人の日常生活における食経験を踏まえ、味覚と嗅覚の組み合わせがマッチしている条件（マッチ条件）とマッチしていない条件（ mismatch条件）を設定した。味覚刺激は、いずれの条件においても食塩を用いた。嗅覚刺激は、

マッチ条件では醤油、 mismatch条件ではクマリン（桜餅の香り）を用いた。味覚刺激と嗅覚刺激の提示タイミングの差は、±800ミリ秒の間で変化させた。実験協力者には、一試行ごとに、二つの刺激が同時に提示されたと感じたか否かの判断を求めた。

取得したデータを基に、条件ごと、実験協力者ごとに、時間差を横軸、同時と判断した確率を縦軸とする同時判断率の時間分布を作成した後、ガウス分布で近似した。条件間で近似式のパラメータを比較したところ、マッチ条件の方が mismatch条件よりも半値半幅（同時性知覚に対する解像度）が有意に高いことが分かった。以上の結果から、日常生活における食経験が、味覚と嗅覚の間の分離知覚に影響を及ぼす可能性が示された。しかしながら、嗅覚物質によって嗅覚の時間解像度が変化したという可能性も考えられる。そこで、平成28年度は、視覚と嗅覚の同時性判断課題を実施する。更に、味覚と嗅覚の同時性判断課題中の脳活動についても検討する予定である。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 味覚、嗅覚、味嗅覚修飾、時間特性、同時性判断課題

〔研究題目〕 製品／サービスの価値創成ネットワークに関する理論構築と実証

〔研究代表者〕 上田 完次（東京大学 名誉教授）

〔研究担当者〕 竹中 毅（人間情報研究部門）（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

経済活動のグローバル化とともに、消費者や製品・サービスに関する情報が爆発的に増加する現代社会においては、製品やサービスの価値は、様々なステークホルダーで構成されるネットワークの中で発現すると考えられる。すなわち、あるサービスや製品が瞬く間に世界中に広まる一方で、それらのライフサイクルは短期化、複雑化し、時に制御することが困難な環境の中で、価値が生み出されている。従来、製品とサービスには異なる特徴があるという認識のもと、異なる研究分野で扱われてきたが、現在、それらの価値を独立に議論することは難しくなっており、時間的、空間的に組み合わせられることで社会の中で価値を生み出していることは明らかである。本研究では、代表者の上田がこれまでに提唱した価値創成クラスモデルを発展させることで、ネットワーク環境下における価値の発現メカニズムをモデル化、類型化するとともに、実社会の事例分析と実データを用いた数理的解析、シミュレーション、および、ステークホルダーの意思決定を考慮した経済実験により実証を行う。

平成27年度には、経営学におけるサービス・ドミナントロジックとの比較から、価値創成クラスモデルの理論を深化させ、国際会議等での発表を行った。

なお、本研究は平成27年11月に、研究代表者の上田

完次氏の逝去に伴い、研究を終了した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】サービス、複雑ネットワーク、共創

【研究 題 目】高齢者、介護スタッフの思いを記録し記憶へと繋ぐシステム

【研究代表者】桑原 教彰（京都工芸繊維大学）

【研究担当者】三輪 洋靖、渡辺 健太郎（以上、人間情報研究部門）（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

認知症高齢者向けの介護施設であるグループホームでの生活は、介護スタッフと高齢者との信頼関係が欠かせない。一般に、施設での体験を介護スタッフと高齢者が共有し、相互に信頼関係を構築していく。しかし、施設への入居直前や直後等、介護スタッフは入居前に本人、家族からヒヤリングした生活の記録を抛り所に、高齢者にアプローチすることになり、高齢者自身の急激な環境変化と相まって、その信頼構築が困難な場合がある。そこで、本研究では、介護施設が高齢者自身にとって安らぎの空間になることを目指し、過去の記憶だけでなく現在の生活での様々なバーバル、ノンバーバル情報を記録し断片を紡ぎ、本人が幸せを感じられる記憶の形成を補助するシステムの開発を目的とした。

本目的に対し、産総研ではシステムの基盤を支えるデータベースの開発を担当している。平成27年度は、データベースの仕様開発を目標に設定し、介護施設に対する聞き取り調査と、それに基づいたデータベース開発を実施した。介護施設への聞き取り調査では、施設での生活の流れ、情報共有の方法、業務における課題やニーズ等を把握した。また、データベースの開発では、基盤部分をこれまで産総研で開発してきた「コト・データベース」の技術を応用した。そして、申し送りや介護スタッフの気付き、施設内に配置されるカメラやセンサ等、複数の情報システムから介護スタッフの「思い」に関するデータを収集することを想定し、データベースのインターフェースの仕様の設計と開発を行った。

今後、開発中のデータベースのプロトタイプの開発と実装を進め、介護サービス現場での検証実験を通して、高齢者や介護スタッフの思いの記録を目指す。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】介護サービス、認知症ケア、コトDB

【研究 題 目】アパレルの質と国際競争力向上の基盤となる日本人の人体計測データの構築と多角的分析

【研究代表者】大塚 美智子（日本女子大学）

【研究担当者】持丸 正明、河内 まき子（以上、人間情報研究部門）（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

【目標】

本研究の目的は、全国規模の人体計測を実施し、最新の日本人の体型を分析するとともに、三次元計測と伝統的手計測との互換性を明らかにし、グローバルな視点から国際比較を可能とするデータベースの基盤を作り、あわせて世界初の衣料サイズに対応する三次元人体標準サイズモデルの基盤を構築することである。また、これらに基づいて JIS、ISO 衣料サイズの規格化を目指す。

【研究計画】

平成25年からの5年計画の研究で、日本の10地域を対象に各年代男女100名、計4000名のデータを採取する。このうち2000名については、三次元計測を実施し、アパレル設計に向けて体型の分析、類型化を行うとともに、地域差、年齢差の比較を行う。平成25年度では計測条件・項目の決定、首都圏・関西での計測を行う。平成26年度以降は、全国各地域での計測とデータ分析を進めるとともに、国内外のデータや各国標準を調査し、JIS、ISO 規格化に向けた検討を行う。

【年度進捗状況】

研究担当者は、本研究における計測項目選定に関する助言、計測の品質管理に関する助言、三次元体型データの分析技術の提供、ならびに、ISO 規格化を目標とした海外の人体計測データや各国標準の動向調査を担当する。平成27年度は、平成26年度までに収集した三次元体型データの分析方法について技術提供をした。また、神戸で開催されたサービス学会国内大会に参加し、個人の人体形状データと、最新の3次元プリンタ技術を統合したスポーツシューズなどのアパレル製品のカスタマイズ研究について、最新のデータ利用ビジネスの動向を調査した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】デジタルヒューマン、人間工学、サービス工学

【研究 題 目】サービスイノベーションにおける科学的・工学的手法の役割と価値に関する基礎的研究

【研究代表者】日高 一義（東京工業大学）

【研究担当者】持丸 正明（人間情報研究部門）、戸谷 圭子（明治大学）（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

【目標】

本研究の目的は、サービスイノベーションにおける科学的・工学的手法の役割と価値を解明し、体系的に整理をし、サービスの生産性と質の向上の為の科学的・工学的手法の効果的利用を促進することにある。

【研究計画】

平成26年度から30年度までの5年計画で、(1) サービスを業種ではなくサービス特性により分類・整理することを通じてサービスの本質を理解し、(2) この方法で

分類・整理されたサービスプロダクトおよびサービスプロセスに対して有効に働く科学的・工学的手法はどのように分類・整理されるのかを研究し、(3) 結果を体系化する。

【年度進捗状況】

平成27年度では、サービスイノベーションにおける科学的・工学的手法の調査・研究として、産総研コンソーシアムである「製造業のサービス化コンソーシアム」のメンバーを対象としたグループインタビューを実施し、科学的・工学的手法を適用して製造業のサービス化を推進するにあたっての障害としてどのような要因があるかの仮説を構築した。明治大学・戸谷圭子教授が提唱するFKE バリューモデルを用いて分析した結果、サービス化が進んでいない製造業では、顧客との共創関係において知識価値や感情価値が障壁として認識されていないことが課題であるという仮説に至った。今後、定量的調査等で検証を進める。また、製造業のサービス化の先進事例として、ドイツで進められている「Industrie 4.0」のサービス化側面を調査した。このために、ドイツ・Fraunhofer 研究所 IAO と、SIEMENS AG 社を訪問した。Fraunhofer 研究所 IAO では「Smart Service Systems」という構想についてインタビューした。製造業の B2B サービスにおけるデータプラットフォームを形成するという戦略構想であった。SIEMENS AG 社では、具体的なソフトウェア、B2B ソリューションサービスと標準化の取り組みをインタビューした。設計と製造、顧客を接続する工学的手法が、サービスイノベーションの核となっていることが明らかになった。ただし、工学的手法のみならず、ビジネスモデルとエコシステムデザインが不可欠であることも伺えた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】デジタルヒューマン、サービス工学

【研究 題 目】多利用者・多状況に共通する特性の抽出による情報転移 BMI

【研究代表者】川鍋 一晃（株式会社国際電気通信基礎技術研究所）

【研究担当者】兼村 厚範（人間情報研究部門）、川鍋 一晃、平山 淳一郎（以上、株式会社国際電気通信基礎技術研究所）（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

脳活動から意図を読み取る BMI (brain-machine interface) は、安定して使えるようになるまでに数時間の訓練が必要であることに加え、経験者でも利用直前に数十分間の較正用の計測実験をしなければ精度を發揮できないという実用上の難点を持つ。これを解消するため、本研究は、日常生活をおくっているヒトから計測された、複数人・長時間の脳活動データを用い、脳活動に共通して現れる成分のモデリングと安静時計測の利用に

より、都度の較正を必要としない BMI とそれに用いる機械学習法を確立することを目的としている。

本年度は次の4点に取り組んだ。1) 脳波時系列の統計的モデリングにより、測定エラーや不定期に混入するアーチファクトに対応するための欠測推定を行った。2) 個人差を低減するために個人特性などの補助情報を活用し、デモグラフィック特徴量などに対応して不均質な部分グループから構成されるデータセットを統合的にカテゴリー化するため、ベイズ情報量基準を用いた方法論を開発した。3) 課題遂行時と同様の脳内ネットワーク構造が安静時に安定して現れ、その関係が個人間及び状況間で異なることを利用し、ネットワーク結合の変動を理解するための成分分析法を、転移学習 BMI に応用するための方法論を検討した。4) 脳以外からのセンサ情報を使ったハイブリッド BMI に注目し、確率的 CCA（正準相関分析）に基づいた一人称映像と加速度データの統合解析法を発展させ、BMI への応用を検討した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】成分分析、ブレイン・マシン・インタフェース (BMI)

【研究 題 目】行動決定における価値判断の脳内情報コーディング機構

【研究代表者】設楽 宗孝（筑波大学医学医療系）

【研究担当者】松本 有央（人間情報研究部門）、設楽 宗孝（筑波大学医学医療系）（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

報酬獲得のための行動決定を調べるために、報酬までの労働負荷と報酬量の組み合わせを選択する行動決定課題をトレーニングしたサルに実行させ、課題の誤答率を調べた。この課題では、3段階の報酬量と3段階の仕事量を組み合わせた9通りから、その内の2つを選択肢として呈示し、選択を行わせる。選択は、チェア内に装備した左右のバーの内いずれかを握ることで行う。課題としては、画面に表示される視覚刺激の色が赤から緑に変わったら、モンキーチェア内の中央バーから1秒以内に手を離すという試行を複数回行わせる。この回数が労働負荷量となる。労働負荷と報酬量の組み合わせは全部で9通りあり、労働負荷はパターン刺激の長さによって、報酬量はパターン刺激の明るさによって表す。

本年度は、行動決定課題遂行時に、脳の眼窩前頭皮質から記録された単一ニューロン活動を解析した。昨年度の結果より、記録されたニューロンは、初めに提示された選択肢と次に提示された選択肢に対する応答の組み合わせにより、主に3種類に分類された。これらのニューロンがコードする情報の経時変化を調べた結果、3種類すべてのニューロンに関して、サルが実際に選択をおこなう期間では、初めに提示された選択肢と次に提示された選択肢の両方の情報を足し合わせたような情報をコー

ドすることが分かった。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】意思決定、行動選択、報酬量、負荷量

【研究 題目】病態生理に基づく革新的な意思伝達手段の開発と長期経過追跡による適応評価研究

【研究代表者】中山 優季（東京都医学総合研究所）

【研究担当者】長谷川 良平、中村 美子（以上、人間情報研究部門）（常勤職員1名、他2名）

【研究 内容】

本研究では、重度運動機能障がい者を対象とした意思伝達支援装置「ニューロコミュニケーター」の製品化を加速させるために、基盤技術の高度化および実証実験を行うことを目的とする。

平成27年度も前年度に引き続き、本装置の高度化開発を行った。臨床現場では家電製品や医療機器からの電氣的ノイズが高品質な脳波の計測の妨げとなってきた。H26年度までに開発したヘッドギアのシールド化によって、広い周波数帯で生じる中程度の大きさのノイズが除去できることが確かめられた。しかし、電動ベッド等、被験者のすぐそばの電化製品から生じる強力なノイズ（東日本50 Hz、西日本60 Hzの交流周波数）については、脳波データへの影響が残ったために、基盤システムにノッチフィルタを新規に搭載し、その影響をほぼ完全に除去することに成功した。また、脳波データ刺激提示間隔の揺らぎを利用してノイズの影響を最小限にすることに成功した。また、患者対象の臨床研究では、外界の刺激の少ない長期の療養生活の「副作用」として認知機能低下のリスクの増大が懸念されている。実際、認知機能の低下に伴って事象関連電位の強度が低下しているのではないかと心配されるケースが数例、存在した。そこで、本年度は、事象関連電位の強度を強めるための工夫として、反復訓練とピクトグラムの変更（伝えたいメッセージは言語で表記しつつ好みの画像背景と組み合わせる）の効果についてそれぞれ検証実験を行い、開発の参考となる実験結果を得た（ともに学会発表済み）。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】意思伝達、実証実験、脳波、福祉機器

【研究 題目】立体視的3次元知覚に及ぼす背景面の効果—奥行き、方向、数量知覚について

【研究代表者】下野 孝一（東京海洋大学・海洋科学技術研究科）

【研究担当者】氏家 弘裕（人間情報研究部門）（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

ヒトの視知覚機能のうち、視空間定位について、奥行き知覚と視方向、および数量知覚について研究対象とする。このうち当該分担課題においては、運動視差による

奥行き知覚を決定する要因を明らかにするために、運動視差による奥行き知覚の閾値について、奥行き知覚の視対象の観察距離が周囲の背景面とともに変更されることによる影響を明らかにすることを目的とした。

頭部運動に伴う運動視差からの奥行き知覚の閾値は、頭部運動速度が小さい場合には、運動知覚閾値と同等となり、頭部運動速度が大きい場合には、等価視差（頭部運動距離6 cm に対する視対象の運動距離）で決定されることが既に報告されている。しかし、この2つの特性を分けるものが何かについては、これまでに明らかにされていない。当該課題では、2つの特性を分けるものが、視対象の距離に依存しない頭部運動情報（例えば前庭系情報）か、視距離に依存する頭部運動情報（例えば、眼球運動やその他の視覚情報）かを明らかにするために、観察距離による運動視差による奥行き知覚閾値への影響を調べた。

具体的には、視距離を57, 114 cm の2種類とし、頭部運動幅20 cm に対して、0.08, 0.16, 0.32, 0.64 Hz の4種類の時間周波数の往復の頭部運動を用い、恒常法により奥行き知覚閾を計測した。その結果、視距離57 cm では頭部運動が0.08 Hz とその他の周波数との間に等価視差で表した閾値の相違が見られる一方、視距離114 cm では、等価視差による閾値は頭部運動の周波数が増加するほど低下した。このことから、視距離57 cm では上述の閾値の2つの特性が分かれるのは頭部運動の最大速度が10 cm/s 付近であること、一方、視距離114 cm ではそれよりも高い速度で2つの特性が分かれることが示唆される。このことは2つの特性を分けるものが視距離に依存する頭部運動情報であることを示唆している、と考えられる。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】奥行き知覚、立体知覚、運動視差、視距離、頭部運動

【研究 題目】行動決定における価値判断の脳内情報コーディング機構

【研究代表者】設楽 宗孝（筑波大学・医学医療系）

【研究担当者】松本 有央、肥後 範行、松田 圭司（人間情報研究部門）（常勤職員3名、他1名）

【研究 内容】

本研究では、報酬獲得のための行動決定における報酬価値の脳内表現を調べることを目的とした。報酬までの労働負荷と報酬量の組み合わせを選択する行動決定課題を設定し、その課題を遂行できるようにアカゲサルをトレーニングした。トレーニング終了後のアカゲサルを用いて眼窩前頭皮質のニューロン活動を解析したところ、2つの選択肢の報酬価値の差や和に相関した反応を示すニューロン群があった。ニューロン記録部位をムシモルにより不活化すると、行動決定課題遂行時の誤答率およ

び選択の反応時間が増大した。分担者は、MRI を用いてアカゲザルの「頭部（脳）」形態計測及びニューロン記録電極の刺入位置の確認を行った。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】行動決定、報酬価値、労働負荷、時間割引モデル、アカゲザル、眼窩前頭皮質、単一ニューロン

【研究 題 目】認知症高齢者を対象としたメンタルコミットロボット・パロを活用したケア効果

【研究代表者】井上 薫（首都大学東京）

【研究担当者】柴田 崇徳（人間情報研究部門）、井上 薫、和田 一義（以上、首都大学東京）（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

動物のように人と共存し、特に身体的な相互作用を通して、楽しみや安らぎの精神的効果を与え、人の心を豊かにすることを目的に、メンタルコミットロボット「パロ」の開発を行っている。動物の場合には、アレルギー、人畜感染症、噛み付き、引っかき事故、管理、衛生などの問題で、動物を飼うことができない人々や一般家庭・医療福祉施設などがある。メンタルコミットロボットは、動物と同様に、人々に様々な効用を与えようとしている。

これまでに、アンケート調査や医療福祉施設での長期実験などから、パロの効用に関して様々な評価を行い、定量的、定性的研究により実証してきた。一般家庭ではペットの代替として家族の一員に、医療福祉施設ではアニマルセラピーの代替として高齢者向け施設での生活の質を向上させ、認知症高齢者の脳機能や行動を改善している。

本研究では、デンマークでのユーザ会議や日本でのパロによるロボット・セラピー研究会等のユーザからのコメントや臨床データ等に基づき、認知症高齢者のセラピーに適切なパロの行動生成動作アルゴリズム等の認知症用パロの研究開発を行っている。また、地方自治体と連携しながら、在宅介護や施設介護でのパロのロボット・セラピーの効果について検証を行っている。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】ロボット・セラピー、認知症、認知症周辺症状（BPSD）の軽減、介護負担軽減

【研究 題 目】イナーシャマッチングに基づく階段歩行スキルの解明と大腿義足制御への応用

【研究代表者】保原 浩明（人間情報研究部門）

【研究担当者】保原 浩明（常勤職員1名）

【研究 内 容】

大腿義足で階段を昇段することはほぼ不可能とされてきた。この理由の一つに、歩容制御手法の難しさが挙げられる。そこで、本プロジェクトでは、義足慣性特性の

適合性の評価手法として注目されている慣性誘発度メジャーを階段昇段歩行に発展させ、階段昇段における慣性適合性評価手法を確立する。こうした知見を集約・展開し、慣性運動を有効活用した義足膝制御手法を導出し、階段昇段を可能にする義足制御を実現することを最終目標とする。

H27年度は、既存の階段昇降スキルの評価スケールSAI（Stair Assessment Index）を用いて、大腿義足ユーザーの昇段スキルと運動特性との関連性を検討した。具体的には、H26年度より引き続き、日本国内に在住する大腿切断者10名の平地歩行・走行および階段歩行計測を行った。平地歩行速度に関しては、全身57点のマーカー位置情報を三次元動作解析装置によって撮像し、重心位置の並進速度によって解析した。得られた10名分のデータをSAIの高低から2群に分け、身体・運動特性（年齢、切断歴、使用義足、義足使用歴、運動頻度および平地歩行速度）を横断的に比較した。その結果、すべての項目に統計的な有意差は見られなかった。これらの結果は、大腿義足ユーザーにおける昇段能力が、従来の歩行評価指標では予測不可能であり、昇段動作特有の評価指標が必要であることを示唆している。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】階段歩行、バイオメカニクス、義足

【研究 題 目】行動決定における価値判断の脳内情報コーディング機構

【研究代表者】設楽 宗孝（筑波大学医学医療系）

【研究担当者】肥後 範行（人間情報研究部門）、設楽 宗孝（筑波大学医学医療系）（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

マカクサルを用いて、報酬までの労働負荷と報酬量の組み合わせを選択する行動決定課題をトレーニングした。この課題では、4段階の報酬量と4段階の仕事量を組み合わせた16通りから、その内の2つを選択肢として呈示し、選択を行わせた。選択は左右のバーの内いずれかを握ることで行う。選択した試行スケジュール（画面に表示される視覚刺激の色が赤から緑に変わったら、中央バーから1秒以内に手を離す、という視覚弁別試行を数回行う）を行い、約束された量の水を報酬として獲得する。労働負荷と報酬量の組み合わせは全部で16通りあり、労働負荷はターゲットの長さによって、報酬量はターゲットの明るさによって表している。この16通りから2つを選ぶ組み合わせは全部で120通りある。行動選択の結果を解析すると、報酬価値の指数関数割引モデルでよく説明できることが確かめられた。細胞外ニューロン活動計測の結果、2つめのターゲット呈示時に、呈示ターゲットの価値を表すニューロンのみならず、1つめのターゲットと2つめのターゲットの価値の差および和を表すニューロンの存在が明らかになった。報酬の情報によ

て行動を調節するために、セロトニンを用いた情報伝達が重要な役割を果たしている可能性がある。脳幹にある神経核の一つである背側縫線核は、神経伝達物質であるセロトニン作動性細胞を多く含む。すなわち背側縫線核は報酬獲得のための行動決定に重要な役割を果たしていると考えられるが、この神経核由来の神経投射関係は十分に明らかになっていない。そのため、ピオチンデキストランアミン（BDA）およびコレラトキシンサブユニット B（CTB）をはじめとした解剖学的トレーサーを用いた解析による投射の詳細の解明を試みた。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 霊長類、モチベーション、セロトニン、行動決定、神経投射

〔研究題目〕 救急初期診療の可視化に基づいたチーム医療のシミュレーション教育システムの研究

〔研究代表者〕 行岡 哲男（東京医科大学）

〔研究担当者〕 依田 育士、大西 正輝（以上、人間情報研究部門）（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

チーム医療の典型である重症救急患者の初期診療の医療チームは主に、医師（専門医、研修医）、看護師で構成され、このチームの熟練度や問題解決能力を可視化して評価する方法は定まっていない。先行研究により、3次元画像解析と会話分析により初療時の医師・看護師の活動を取得・分析・表示し可視化するシステムを完成した。これを活用し、救急医療におけるチーム医療を可視化し、これを基にシミュレーション教育のシナリオ設定を行い、シミュレーション教育内容とその評価が現実の診療と重なるような教育システムの構築を目指した。

研究期間中、ER 内の実処置例127件を撮影するとともに、心肺蘇生シミュレーション教育を50回実施し、現実の ER 内で実施するシミュレーション教育の雛型を完成させた。具体的には、心肺停止例を対象として、その事前教育では、①基礎知識を問うペーパーテストと、②シミュレーション人形の使用方法の指導を実施し、教育内容に沿った③人形の動作方式を確定させた。④処置時間は6分間とし、6分を過ぎて区切りの良い時点で終了とした。研修医は、⑤2ヶ月目の研修医、1ヶ月目の研修医、看護師各1名が処置にあたり、⑥2ヶ月目の研修医をリーダーとした。研修医の教育プログラムであるので、⑦看護師役は、指示に対してのみ行動することで全体の標準化を実現した。今までは、シミュレーションラボなど現場とは別の場所で教育を行うことが定石であったが、実際の ER 内で実施するシミュレーション教育の形式を、動線と会話を繰り返し解析することで確定させた。このシミュレーション教育プログラムは、初期研修医を受け入れている全国の救命センターで利用可能である。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 救急医学、動線解析、会話分析、ER、シミュレーション教育、教育工学、パターン認識

〔研究題目〕 運動視覚におけるマルチスケール神経情報処理機構の解明

〔研究代表者〕 三浦 健一郎（京都大学）

〔研究担当者〕 竹村 文（人間情報研究部門）、三浦 健一郎（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

私達は日常の環境の中で、動いている物体から視覚入力を受ける。また、自分が動くとき自分自身を包む環境から視覚的な動きを経験する。その中で、入力されてくる視覚情報から動きを検出し、その情報を統合することによって注目する物体の動きや自らの動きを知ることは視覚システムの重要な課題である。視覚システムは高度に並列化された神経経路から構成され、その一つの特徴は、様々に異なる解像度で視覚情報を並列的に処理することにある。本研究では、視野の広い範囲の動きを解析するシステムとその出力としての眼球運動反応に着目し、運動視覚システムのマルチスケール情報処理において、視覚運動情報が抽出、統合、出力されるプロセスを明らかにする。

H27年度は、様々に異なる解像度の視覚刺激の開発と、動物実験のセットアップを行った。動物のトレーニングを行い、新しい実験課題を実行させ、視野の広い範囲の動きを与え、その出力としての眼球運動反応を記録した。次年度は、記録したデータを基に、視覚刺激を調整し、さらに実験データを蓄積する。また、眼球運動の解析を行い、運動視覚システムのマルチスケール情報処理において、視覚運動情報が抽出、統合、出力されるプロセスを明らかにする。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 脳科学、視運動、眼球運動、運動情報解析、視覚

〔研究題目〕 ヘッドマウント式輻輳計測装置による眼球運動計測からわかる視覚情報処理

〔研究代表者〕 河野 憲二（京都大学学術融合教育研究推進センター）

〔研究担当者〕 松田 圭司（人間情報研究部門）（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、ヒトが豊富な視環境の中から処理すべき対象物を抽出し、視線を向けるときに起こる眼と頭の協調運動を計測することにより視線を向けるための3次元空間における視覚情報の処理機構を明らかにすることにある。豊富な視覚対象物のある実世界環境下で、自発的、あるいは指示の下に起こる頭と眼の動きをヘッドマ

ウント式計測装置を用いて計測し、存在を感じた対象物に視線を移す時、輻輳眼球運動、サッケード眼球運動と頭部の運動とがどのようなタイミングで協調して起きているのかを明らかにする。また、その動作の特性を確認、定量化するため、実験室では、視覚的性質を正確に、系統的に変化させることのできる対象物を用い、意図的に頭と眼を動かした時に観察されるそれぞれの動きの視覚刺激の性質に対する依存性を明らかにする。

本年度は、ヘッドマウント型眼球運動計測システムの精度、特性を確認するため、視覚刺激の特性を系統的に変化させることのできる新しい3次元視覚刺激提示装置の開発を行った。この装置は、ハーフミラーを使って、2つの液晶画面を重ねて見ることができるようになる装置で、異なる距離に配置された液晶画面上の画像を重ねてみる事が可能になる。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 眼球運動計測、赤外線、輻輳運動

【研究 題 目】 複数情報源からの異種データに対する統合的解析法

【研究代表者】 川鍋 一晃 (株式会社国際電気通信基礎技術研究所)

【研究担当者】 兼村 厚範 (人間情報研究部門)、
川鍋 一晃 (株式会社国際電気通信基礎技術研究所) (常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

本研究の目的は、異種情報源からなるデータを統合的に解析するため、高コスト・ノイズなどのため間欠的になっているデータから、隙間を補完した連続的なデータを推定する方法論を開発することである。

本年度は次の5点に取り組んだ。1) 実環境データの離散化に有用なカットオフ点推定法を開発した。2) 日常生活におけるヒトの位置情報系列からの行動パターン抽出・要約にテンソル分解法を用いた。3) 複雑な欠測が生じうる質問応答データの欠測推定を行う方法論を行列分解法に基づき開発し、日常生活中に携帯端末で利用者に質問する経験サンプリングの手法を統合的解析法に組み込むための検討を行った。4) 実環境で生体信号を継続的にモニタリングする場合に想定される突発的な非定常性に対応するため、時系列データの欠測補完を行った。5) 実環境で脳波と生体信号(心電、皮膚反応、SpO2(経皮的動脈血酸素飽和度)、眼電)の同時計測を行い、データを取得した。ここでは、日常生活での注意レベルや mind wandering が幸福度に関連するという英国の大規模調査に基づき、安静時および持続的注意レベルを調べるための聴覚 SART (sustained attention response task) を行っている時のデータを12名の被験者に対して計測した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 異種データ解析、欠測推定・補完、生体

計測

【研究 題 目】 笑いを誘発する音声メディアの特徴分析に基づいた笑い誘発音声フィルタの試作

【研究代表者】 坂本 修一 (東北大学電気通信研究所)

【研究担当者】 佐藤 洋 (人間情報研究部門)、
坂本 修一 (東北大学電気通信研究所)、
大谷 智子 (東京藝術大学・芸術情報センター) (常勤職員1名、他2名)

【研究 内 容】

本研究は、笑いを引き起こす音声メディアの特徴を工学的に明らかにし、その特徴を積極的に利用することで、笑いを引き起こす音声の合成技術の構築可能性を明らかにするものである。笑いを引き起こす音声メディアの特徴を反映するフィルタを構築し、通常の音声に適用することで、聴取者に笑いを誘発する音声を合成することを目指した。

聴衆が通常聞いたことのない予期しない音声を聞いた時に笑いが誘発されるという仮説を立て、話速と基本周波数を変化させる実験を実施した。その結果、通常の音声に比べ話速が遅く基本周波数が高い音声が聴衆に対して面白さを誘発するという結果が得られた。このことはこれら2つのパラメータを操作することで、本研究の目的である聴取者に笑いを誘発する音声を作成できる可能性を示唆している。

なお、得られた治験は、QoLの向上といった本来の目的以外にも、例えば自動対話システムやロボットなどの音声合成技術への適用も可能である。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 音声分析、笑い、感性

【研究 題 目】 「空気を読む」為の発達障害者向け視線誘導訓練の研究開発

【研究代表者】 和田 真 (国立障害者リハビリテーションセンター研究所)

【研究担当者】 大山 潤爾 (人間情報研究部門)、
日高 聡太 (立教大学)、
和田 真、福井 隆雄 (以上、国立障害者リハビリテーションセンター研究所)
(常勤職員1名、他3名)

【研究 内 容】

定型発達者は、効果的に視線を動かすことで相手の「心」を読み、相互の「共感」を生じさせている。一方、自閉症者では、視線移動の時空間パターンが定型発達者と異なる。このことから、適切なタイミングで適切な対象に視線を向けられないことで、状況把握に必要な情報を得がたくし、コミュニケーション障害を悪化させている可能性が考えられる。本研究では、視線計測を用いた心理実験と脳機能計測により上記の仮説を検証し、視線移動パターンを定型発達者に近づける訓練プログラムの

開発を行う。また、当該訓練での効果を確認、さらに、一般場面での般化が生じるかを検証する。萌芽的な本研究を基に、自閉症の「生きにくさ」を軽減するための支援法の開発に発展させていく。

本年度は、プロトタイププログラムを高精度の視線計測システムに移植し、本実験に向けた実験システムを構築した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 リハビリテーション科学、福祉工学、福祉機器、認知支援、障害者対応

【研究 題目】 携帯端末を利用した正確な看護業務評価による看護業務改善サイクル構築に関する研究

【研究代表者】 岡田 みずほ（長崎大学病院）

【研究担当者】 佐藤 洋、大山 潤爾（以上、人間情報研究部門）、
西村 拓一（人工知能研究センター）、
岡田 みずほ、松本 武浩（以上、長崎大学病院）、岡田 純也（帝京大学）
（常勤職員3名、他3名）

【研究 内容】

医療・看護現場では、年々高度な医療機器や新たな医療方法の開発が行われており、安全かつ適切に運用するための手順を細かく取り決め、チェックリストを用いた確認を繰り返し実施している。しかし、看護師が日々看護業務を行う中で、多くの場合複数の看護業務を同時に実施しているのが現状であり、チェックや手順の重複が起きるなどの看護業務の「ムダやムラ」が発生していると考えられるが、その詳細は明らかではない。本研究では、これまで明らかにされてこなかったあらゆる看護業務の実態を正確に把握することを目的とし、日々の看護業務の実施状況を手軽に入力できる携帯端末を開発する。さらに、入力データに基づく看護業務評価並びにそれを用いた看護業務改善サイクルの構築を目指す。

今年度は、長崎大学病院において実施した看護業務のタイムスタディデータから、業務の実施順序や手順の関連性を分析し、看護業務フローの実態を検討した。また、タイムプレッシャー下でのインタフェース操作とそのストレス度を評価することを目指し、行動と生理指標の同時計測実験に向けた予備実験を行った。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 看護業務、携帯端末、ワークフロー

【研究 題目】 携帯端末を利用した正確な看護業務評価による看護業務改善サイクル構築に関する研究

【研究代表者】 岡田 みずほ（長崎大学）

【研究担当者】 西村 拓一（人間情報研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

急性期病院では年々在院日数が短縮し、医療現場は益々高度化複雑化している。このため、医療現場の業務密度は年々増加し、医師、看護師ともに疲弊しつつあると言われている。さらに、2025年に向けて看護師不足が深刻化し、業務手順の見直しや最適化による個々の業務効率の向上が必要である。そのためには、まず正確な業務評価（可視化）が必要であるが、従来は紙ベースでの看護業務量調査による実態把握がほとんどであり、必ずしも正確に把握できてはいない。そこで、本研究では、正確な業務評価に向け携帯端末を使った看護業務記録アプリケーションを活用し、正確な看護業務の実態を把握し、その評価を行う。

平成27年度は、調査者が対象の看護師の業務を迅速に記録しやすいように、看護業務基準を基に看護業務入力マスタ（116項目）を構築した。また、このマスタを内蔵した業務記録アプリケーション QualityStudy を用いて記録した作業データを分析した。この結果、迅速入力を支援するマスタの設計および作業手順の改善の指針を得た。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 サービス工学、看護サービス、業務分析、業務改善

【研究 題目】 Vascular function and structure of Japanese pearl divers (Ama)

【研究代表者】 菅原 順（人間情報研究部門）

【研究担当者】 菅原 順、東本 翼（以上、人間情報研究部門）、田中 弘文（テキサス大学）、小崎 恵生（筑波大学）
（常勤職員1名、他3名）

【研究 内容】

動脈壁の硬さを意味する動脈スティフネスは加齢とともに増大し、心臓病の発症リスクとなる。これに対し、ウォーキングやジョギング、水泳などの有酸素性運動を習慣的に行うことで、加齢に伴う動脈スティフネスの進行を抑制、改善することが明らかにされている。また、有酸素性運動は呼吸機能の向上をもたらすことが示されてきた。しかし、海女の労働形態は息止め潜水の繰り返しであり、有酸素性運動とは異なる身体活動である。本研究では、このような習慣的な身体労作が動脈スティフネスに及ぼす影響を検証した。

三重県志摩・鳥羽地区に在住する女性の動脈スティフネス計測を行った。さらに、千葉県南房総市白浜で取得した前年度の計測データを追加し、解析を行った。質問紙により、(1) 現役海女、(2) 有酸素性運動を習慣的に行っている女性、(3) 運動習慣を有さない女性、の3群に分け、動脈スティフネスを計測した。海女の動脈スティフネスは同じ地区の一般住民よりも有意に低いことが明らかとなった。この結果は、長期間にわたる海女の

労働形態が血管機能に良好な影響を及ぼしている可能性を示唆するものである。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕動脈スティフネス、加齢、身体活動

〔研究題目〕Beyond multi-contact planning

〔研究代表者〕Kheddar Abderrahmane

(知能システム研究部門)

〔研究担当者〕Kheddar Abderrahmane、金広 文男、

金子 健二、吉田 英一、

Adrien Escande、Joris Vaillant、

Stanislas Brossette、Tu-Hoa Pham、

Giovanni Di Magistris

(常勤職員3名、他6名)

〔研究内容〕

本研究では、仮想アバターやヒューマノイドロボットなど、多自由度を持つ動作主体の制御のための多点接触計画・制御 (Multi-Contact Planning) 手法の飛躍的な前進を目指す。複雑な環境下での動作生成を自動化する新機能を開発し、そのデモンストレーションを行う。当研究グループが世界をリードする当該分野での知見に基づき、新しい機能を構築するための基礎研究を推進する。具体的には、動的運動プリミティブ (Dynamic Motion Primitives) と機械学習を使用した接触探索手法の機能向上を目指すとともに、多点接触運動における人間動作の特徴量抽出により、複雑な人間動作の理解と多点接点計画における探索を効率化にも取り組む。平成27年度はまず、複数ロボットシステムに対して、多点接触計画を解く制御器を構築した。また、力を測定可能な靴を用いた人間動作の測定を含む、変形する足裏に対する歩行動作実験を行った。全身制御に関しては、局所的な2次計画問題に基づく、接触状態が変化しない状態での制御手法の開発を継続した。全身多点接触動作に向けて所望の多点接触把持に対する逆最適制御問題についても解析を進めた。力計測装置により、人間がさまざまな物体を操作する際の力を測定し、その動作の逆最適制御問題における評価関数の同定に取り組んだ。最後に、本研究で構築された構築した多点接触動作計画手法を、複雑かつ汎用的な多点接触作業の挑戦的なシナリオで検証した。具体的には、車両への乗降、異なる条件での梯子の乗降、また障害物が多い環境や狭隘部の通り抜けなどの動作を、等身大のヒューマノイドロボット HRP-2 や HRP-4 で実現した。特に、車両の運転と階段の昇降については、DARPA Robotics Challenge の AIST-NEDO チームの動作生成に貢献した。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕デジタルヒューマンモデル、多点接触動作、機械学習、ダイナミクス、最適化

〔研究題目〕スマートモビリティと環境固定センサ群

の相互支援による走行時リスク検出法の開発

〔研究代表者〕佐藤 雄隆 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕佐藤 雄隆 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

歩行者とも共存しながら移動する一人乗り移動機器において、車載センサと環境側に設置された固定センサ群の情報を自動的に協調・統合し用いることで、走行時のリスク検出を行う技術について研究を行う。これにより、精度良く、しかも移動機器から死角となる領域についてもリスク評価が可能になることを明らかにする。具体的には、1) 車載センサと環境固定センサ群が相互協調して移動機器の位置を精度良く推定し、その情報に基づき全センサの座標系を自動的に統合する技術に関する研究を行う、2) 統合されたセンサ群の情報からリスクを検出し、移動機器に対する自動減速・停止などの介入制御や、ユーザへのリスク情報の提示を行う技術に関する研究を行う。

平成27年度は、平成26年度に引き続き環境変動に対するロバスト性の更なる向上および RGB-D センサの導入に関する研究を進めた。また、平成26年度までの研究によって、環境固定センサによる人物検出および動作認識・予測が、リスク評価を行う上で有用な情報となることが実証されたので、平成27年度において集中的に人物検出及び動作認識・予測に関する研究を行った。また加えて、当初研究計画に掲げていた「検出されたリスク情報を、ユーザに情報提示するための方法の検討」についても、実際の表示を行うソフトウェアを実装し、タブレット端末やヘッドアップディスプレイによる表示実験を行い、有用性を検証した。更に本研究計画全体の総括を行い、研究結果をまとめた。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕スマートモビリティ、移動安全、アクティブセーフティ

〔研究題目〕パターン認識のための特徴量変換に関する研究

〔研究代表者〕小林 匠 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕小林 匠 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究は、認識システムの性能を向上させるために、画像や動画から抽出された特徴量を認識に有効な形式へと変換する新たな方式に関するものである。

平成27年度はヒストグラム形式で表現される特徴量に対する変換技術の研究を行った。画像特徴量として広く採用されている Bag of visual word (BoW) モデルでは、画像内に出現する visual word の頻度ヒストグラムとして特徴量が定義されている。テキスト文書での word と異なり、連続量である画像情報から visual word を抽出するには量子化操作が必須となる。そこで

の量子化誤差を軽減するために **soft coding** と呼ばれる処理を行うことが一般的であるが、それにより得られるヒストグラムは“ボケ”てしまい、その結果ヒストグラム特徴に本来備わるべき弁別性も埋没してしまう。

そこで、そのようなボケをヒストグラム特徴から除去する特徴変換手法を開発した。ボケを除去することでヒストグラム特徴に内在する弁別性を強調することができる。ここでは、まずボケ過程を数理的にモデル化した。ヒストグラム要素に対応する **visual word** の間で類似度を定義し、それに従って各特徴値が近傍要素へと拡散する **random walk** モデルを導入することでボケを表現した。これにより、ボケ除去はその逆問題を解くことで実現される。しかしながら、そのような逆問題の解を厳密に得るためには計算コストがかかるため、ここでは近似解法を与えることで高速に特徴変換を行うことができる新たな手法を提案した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 ヒストグラム特徴、特徴変換、ボケ逆変換、パターン識別

【研究 題 目】 ヒューマノイドの複雑動作生成のための効率的な数値解法の研究

【研究代表者】 吉田 英一（知能システム研究部門）

【研究担当者】 吉田 英一、Adrien Escande
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

ヒューマノイド動作最適化に関する問題に関して手法の理論的構築とそのソフトウェア実装を実施し、以下に示すように新たな成果を得た。

(a) 制約下での優先度付きの非線形最適化問題の解法：

等式の制約下において、非線形問題を線形化し、階層化二次計画法（**Hierarchical Quadratic Programming, HQP**）を繰り返し適用することで最適化を行えることを示した。**SQP** 手法については、それまでは最適解への収束が問題となっていたが、階層化最適化問題を辞書的並べ替え問題と捉え、最適化を小さいステップで実行することで、高優先度の指標を満たす最適解を導出できることを示した。

(b) ヒューマノイドの姿勢を生成する効率的なソルバーの構築：

多様体上での制約下で **SQP** を実行する手法を構築し、これまで開発されている **QP** 解法が使用できる形に実装した。

(c) 全身動作軌道の最適化に適した計算定式化手法の導出：

物理方程式に相当する制約が必ず満たされるように、関節角のパラメータ表現に応じて力をパラメータ化する手法を構築した。この手法の特徴は、ロボットの接触点の系列が与えられた際、このパラメータ化は前計算の段階で一回だけ行えばその後の計算にすべて使用でき、実

時間での軌道最適化に使用で可能である点である。

(d) ヒューマノイドの動力学パラメータの同定：

従来行われていた動力学パラメータ同定手法に、(a)-(c)までの成果を活用して、複数の優先度を持つ制約による **HQP** 問題として定式化し、物理的制約を組み込めるようにした。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 ヒューマノイドロボット、数値最適化、多点接触計画、全身動作制御

【研究 題 目】 異種音声単位と複数言語を用いた高分解能音声特徴空間の構築と応用の研究

【研究代表者】 李 時旭（知能システム研究部門）

【研究担当者】 李 時旭（知能システム研究部門）、
伊藤 慶明（岩手県立大学）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

近年、携帯端末等に音声認識機能が搭載され広く利用されるようになったが、本来の利便性に寄与する実使用には性能上いまだ一段の高度化が必要である。しかし、性能向上のための基本技術開発は極めて難しいのが現状である。こうした中で、複数の異種特徴・手法などを統合する（**Diversity**）方式が性能向上に効果があることが実験的に示された。本研究では、音声の異種情報（異種音声記述単位や複数言語）を利用し、特徴空間上に高分解能音声特徴空間を構築するという立場から理論的・実験的に研究し、最適化の方略を確立する。これにより、音声検索、音声対話など実用音声認識システムの高精度化に直接貢献することを目指す。

本研究では、高分解能の音声特徴空間を構築するため、2種類の音声記述単位であるトライフォン（文脈的拡張）と音素片（時間的拡張）との最適な統合手法の研究を行う。まず、大規模な音声データを用いてトライフォンと音素片の音声特徴空間を生成し、その音響的な尤度に基づく損失関数を用いてブースティング手法により各々の音声特徴空間の最適化を行う。また、複数言語に対してもトライフォンと音素片の音声特徴空間を生成する。次に、統合のアルゴリズムを2つの段階で適用する。まず、音声特徴空間上での統合として高分解能の音声特徴空間を構築することを計画している。

平成27年度においては、研究初年度として、大規模な日本語音声データを用いて二つの異種的な音声特徴空間を構築し、各音声特徴空間による認識結果を事後統合するシステムを開発した。その成果を音声検索語検出タスクの検証実験を通して、認識精度、検索率の性能向上が確認した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 音声認識、異種音声単位、多言語処理

【研究 題 目】 駆動源 HMM のトポロジー自動生成を用

いた病的音声の疾患検知

【研究代表者】佐宗 晃（知能システム研究部門）

【研究担当者】佐宗 晃（常勤職員1名）

【研究内容】

音声は最も重要なコミュニケーション手段であり、高齢者のみならず人が充実した社会生活を送るために欠かせない要素である。しかし、喉頭がんの進行により喉頭全摘手術を余儀なくされ、自分の声を失う高齢者は少なくない。高齢化が急速に進行している日本社会で、喉頭がんの初期症状の1つである嗄声を生じる声帯疾患を、早期発見する診断技術の研究開発が喫緊の課題となっている。本課題では、直接観測できない声帯音源を高精度に推定し声帯疾患を検知する音声分析法を確立する。そして、得られる音響的な特徴と各疾患や声質との対応関係を明らかにすることで、嗄声の特徴抽出や声質の客観評価、また喉頭疾患の検出や喉頭癌の識別・診断支援などの臨床場面に適用可能な音声分析手法の基盤技術を確立することを目標とする。

平成27年度は、構築した ARHMM に基づく音声分析法が、より多様な音声に対して、声道特性と音源を高精度に分離・抽出可能であることを確かめるために、声帯振動を音源として発声する通常音声とは全く異なり、食道入口部の振動を音源とする食道発声音声への適用を試みた。食道入口部の振動による音源は、非周期的で安定的に振動を継続することが困難なため、声質を劣化させる大きな要因となっている。提案法を用いて、食道発声音声から推定した声道特性に、健常者音声から推定した声帯音源を入力することで音声を再合成し、その再合成音声で明瞭な音韻性を保持し、健常者と同程度の声質まで改善されるかに関する主観評価を行った。少量サンプルを用いた予備実験の結果、再合成音声で明瞭な音韻性を有し、その声質も改善されることを確認した。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】音声分析、AR-HMM、声帯疾患、食道発声音声

【研究題目】高度なマニピュレーション作業における失敗からの回復技能の解明

【研究代表者】中村 晃（知能システム研究部門）

【研究担当者】中村 晃、永田 和之、原田 研介、山野辺 夏樹（常勤職員4名）

【研究内容】

本研究は、音響・映像機器や計算機等家庭で利用される電気製品のロボットによる修理等で必要とされる非定型の高度なマニピュレーション作業を対象に、作業の階層化とエラーのクラス化を考慮したエラーリカバリー手法を適用することによって、失敗からの回復技能を解明し、作業の信頼性を向上させることを目的とするものである。

3年間の研究期間においては、(1)電気製品等家庭で扱

う製品のリペアを行うロボットシステムの構築、(2)エラー状態の分析、(3)効率の良いエラーリカバリー経路の解明、(4)エラーリカバリーに適したセンシング方法の解明、以上4テーマの研究を実施する計画になっている。(1)についてはロボットアーム先端に取り付ける2指ハンドの設計および製作を行い、(2)～(4)の3テーマについては理論の研究およびロボットを用いた実験をそれぞれで行う。

初年度の平成27年度は、上記4テーマのうち、主として(1)の「電気製品等家庭で扱う製品のリペアを行うロボットシステムの構築」に取り組んだ。一年間を通して2指ハンドの設計、並びに、製作を行った。市販の2指ハンドは開閉のみを行うものがほとんどであり、2指の開き幅等を調節できるものの入手は難しい。エラーリカバリーの実証実験には2指の開き幅等を調節できる高機能なハンドが必要であり、自ら設計することによって開閉幅を精度良く指定できる2指ハンドを製作した。

エラーリカバリーに関する基礎的研究を行い、その成果を論文発表した。ロボットのタスクプランニングの再利用性をテーマにしたもので、これは(3)の「効率の良いエラーリカバリー経路の解明」に関連するものである。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】エラーリカバリー、リペアロボット、マニピュレーション、2指ハンド、グリッパ

【研究題目】時空間最適化による人の身体力学系のバイオメカニカルコンピューティング

【研究代表者】鮎澤 光（知能システム研究部門）

【研究担当者】鮎澤 光（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、人体モデルのパラメータ同定・運動解析を同時に扱う時空間最適化問題を解き、物理的な整合性を確実に満たす人システムの身体力学系の解析手法を開発する。特に自由度の大きな人体モデルに適用させるため、人型ロボットの分野における動力学計算・運動計画法の計算技術を基盤とし、人・ヒューマノイドロボット双方に適用できる高速な計算手法を開発する。平成26年度から引き続き、人・ヒューマノイドの双方を含む人型モデルの力学計算を拡張し、パラメータ同定問題、運動復元・計画問題、運動評価問題を統一的に解く時空間最適化の基礎理論を開発している。平成27年度は、身体の加速度・トルクを含めた動力学的な状態量を含めた評価を行うための計算法の拡張を行った。そのための計算技術として、動力学的な状態量に対して運動軌道を最適化するために必要とされる評価関数の勾配を解析的に導出する手法を開発した。これにより本課題で開発してきた最適化手法が扱える対象を拡大することができた。一方、平成26年度から引き続き、時空間最適化問題の応用例として、計測した人の運動をヒューマノイドにお

いて動作再現する問題を取り扱っている。平成27年度は、ロボット再現時に変更される運動の特徴を考慮して、再現されたロボットの動作から人体モデルの運動を逆再現する応用例を示した。元々の人の計測動作と逆再現された動作とを直接比較できるため、人動作の再現度を定量化する上で実用性が高く、本課題で開発してきた基礎理論の有用性を示すことができた。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 人運動解析、ヒューマノイド、システム同定、最適化計算

〔研究 題目〕 情動の最適制御に向けて：緊張が運動に与える影響の計算モデルと神経機構

〔研究代表者〕 Ganesh Gowrishankar
(知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 Ganesh Gowrishankar、吉田 英一、Ashesh Vasalya、春野 雅彦
(常勤職員1名、他3名)

〔研究 内容〕

本研究では、緊張が、意識的な意思決定プロセス（行動選択）と無意識的な行動制御プロセス（行動実行）の干渉の結果として運動のパフォーマンスを変えろという仮説を検証する。具体的には、複数の被験者に対して、ボタン押しやスポーツ動作などのタスクを実行する実験を大阪大学等との協力のもとに行い、脳活動イメージング（fMRI）や筋電（EMG）を測定し、どのような脳内メカニズムで緊張が運動制御のパフォーマンスに影響するかを調べる。

平成27年度は、ボタン押しの実験についてデータを引き続き収集し、fMRI 内でも適用可能な環境を整備し実験を行った。fMRI 内の実験において緊張が動作制御に与える影響についてデータの解析を行い、論文執筆の準備を進めた。また、野球選手についても心理的な同様の与える刺激を用いた実験を行い、緊張が動作に影響を与えることを確認した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 人間運動制御、情動、モータイメージ、意思決定

〔研究 題目〕 人工手指を自分の手指のように動かす：ヒト脳活動を用いた人工手指の自然な学習

〔研究代表者〕 Ganesh Gowrishankar
(知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 Ganesh Gowrishankar、宮脇 陽一
(他2名)

〔研究 内容〕

本研究では、ヒトの既存手指に新たに付加した人工手指を、自分自身の体の一部のように自由に制御できるように自然に学習する手法を確立することを目的とする。本

研究は、高負荷で不自然な訓練が必要な従来型のブレイン・マシン・インタフェースと大きく異なり、日常生活に関与する神経活動とは独立な神経活動（自由神経活動）を人工手指の制御信号として活用することにより、乳児が自身の手指の制御方法を学習していくのと同じような、低負荷で自然な学習を促す手法を提案する。

平成27年度は、脳における自由神経活動について調べる実験を設計し、視覚的作業に対して3名の被験者からデータを収集した。自由神経活動を抽出するアルゴリズムを構築し、その有効性を検証中である。本研究において重要な課題である、被験者がロボットの手指に対し身体共有感覚を持つことを確認するため、ロボットの手が人間の体に付加されたとき、身体共有感覚、あるいは所有感覚を得るためのセンサフィードバックの制約について理解する実験を行った。この成果は、国際会議と論文誌に採択された。また、平成28年度に向けて、手指の設計と、人間へのフィードバックを行う装置の設計を開始した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 ブレイン・マシン・インタフェース、身体共有、機械学習、自然学習

〔研究 題目〕 生物学分野における計測画像の解析手法に関する研究

〔研究代表者〕 渡辺 顕司（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 渡辺 顕司、和田 俊和（和歌山大学）

〔研究 内容〕

平成27年度は、平成26年度に得られた知見・研究成果を活かし、高識別性能な特徴量を自動で抽出することが可能な特徴抽出手法を、ディープラーニングの枠組みで提案し、査読付き国際会議への投稿する事を当初の目標としていた。

年度初頭の研究計画では、まず、基礎的な特徴抽出手法を検討し、次にディープラーニングの枠組みで、検討手法を改良するという、2項目の実施を予定していた。ここで、提案する手法は、本研究の目的である「ユーザが数理・情報幾何的な知見を持たなくても、好適な特徴抽出・識別（類別）結果の直感的解釈を可能とした画像解析手法の提案」を実現し、かつ上述の識別問題における識別性能を向上させるために、「見え」の変化にも対応可能な特徴量変換手法をとっていた。

平成27年度は所属機関変更に伴い、当初予定していたエフォートを研究に割り当てる事が出来ず、研究進捗に遅れが発生した。しかし、このような状況の中でも、特徴量変換手法の提案し、国際会議（2015 IEEE Int. Conf. on SMC）における発表を行った。発表を行った際の評価実験では、入力画像に対して、直接、提案した特徴量変換手法を適用し、良好な個人同定性能を達成することができた。この結果より、広義における特徴抽出手法の提案が出来たと考えられる。また、本提案手法は、

判別分析などと同様に1層のニューラルネットワークであるとみなすこともできる。これは、当初の研究計画である「新たな特徴抽出手法のディープラーニングの枠組みにおける改良」において、本提案手法が容易に拡張可能であることを示すものである。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】多変量解析、半教師あり機械学習、特徴量変換

【研究 題 目】複数物体の最密充填と安定性を制御する詰込みに関する研究

【研究代表者】音田 弘（知能システム研究部門）

【研究担当者】音田 弘（常勤職員1名）

【研究 内 容】

物体同士が密に接触する詰込みの安定性解析とそれに基づく作業計画法を行うために、詰込まれた一つの対象物にどのような力が働くかを計測するセンサモジュールを開発し、過渡状態・最終状態の力分布を計測する。触覚センサを対象物の表面上に配置したセンサモジュールを作成し、対象物の配置順序を変更しながら計測を行いその違いを計測する。この実際の測定値を得て、順序を変更した際の力分布の推移の計測を行う。摩擦のある場合の力分布は一般には一意に決まらず、不等式で表された区間等が求まるだけであるが、その範囲内での力分布の推定を、測定値を入れたデータ同化シミュレーションによるモデル化により推測を可能とする。平成27年度の研究実績は以下の通りである。

1. 詰込力分布計測センサモジュールの開発

触覚センサを詰込対象物表面に配置した詰込力分布計測センサモジュールの開発を行った。実対象物と同じ大きさになるようセンサモジュール用対象物は表面のセンサ分だけ小さく作成した。表面の摩擦係数が大きく変わる場合は、触覚センサを実物の表面の下に配置することも行った。詰込・積載パタンの一つをセンサモジュールに置き換えて、詰込・積載時の過渡状態も含めた力分布を計測した。

2. センサモジュールによる詰込・積載時の力分布の計測

詰込・積載パタンの一つをセンサモジュールに置き換えて、詰込・積載時の過渡状態も含めた力分布を計測した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】マニピュレーション、ロボット、作業計画

【研究 題 目】胎児・新生児シミュレーションに基づく初期発達原理とその障害の解明

【研究代表者】國吉 康夫（東京大学）

【研究担当者】長久保 晶彦（知能システム研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究では、胎児期から乳児期までの連続的発達シミュレーションを構築し、環境条件を変化させつつ実験することで、発達の基本原理と発達障害のメカニズムを構成論的に解明し、これに基づく発達障害の包括的診断方法、支援法・支援技術の構築などに取り組みとともに、実験結果の定量比較や診断用定量指標のために胎児・新生児用の認知運動計測・解析の新技术を開発提供することで、胎児期から乳児期までの範囲を対象に、各種の知見を統合するモデルと定量化手法の提供を行うことを目的とする。

平成27年度は、乳児ロボットの拡充・高度化および新生児・乳児用運動計測技術の開発のため、特に乳児ロボットや新生児が物理的相互作用を行う際の体表面の接触状態を計測する触覚センサにおける計測ソフトウェアの拡張を行った。体表面における曲面形状や柔軟性に適応できる楕円形状を特徴とするフィルムベースの触覚センサを導入するとともに、計測点の密度が高すぎると触覚センサシートの柔軟性が損なわれロボットや被計測者の運動が阻害される問題があることから、周辺計測点の情報を非線形合成することで低密度でも計測点間の情報のある程度推定的に補間することができるソフトウェアの開発などを行った。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】認知発達、ロボティクス、皮膚感覚センサ

【研究 題 目】全身感覚運動情報の多相計測と能動再構成に基づく身体性変化即応認知行動機能の研究

【研究代表者】國吉 康夫（東京大学）

【研究担当者】長久保 晶彦（知能システム研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究は、身体・環境の障害や道具使用等の際に即応変化し、認知行動能力の適応・再利用を可能とする身体図式の解明と構成を行うことで、状況変化に対する即応能力の構成方法の基盤構築を目的とする。ロボットで従来試みられた限定的モデルと異なり、人間は全身感覚運動情報の超モダリティ構造を能動的に抽出・活用しているとする最近の研究に基づき、これまでに開発してきた全身感覚運動計測技術と人体型ロボット技術を統合し、即時適応中の人間の全入出力計測とその能動的再構成実験を行うことで身体図式モデルを構築するとともに応用を開拓していく。

平成27年度は、計測・再構成実験のためこれまで開発してきたセンサシステムを改良し統合・高度化を進めた。身体や環境の障害などに応じて即応的に適応できるセンサシステムを構築するには、触覚などの様々なセンサ類・計測装置・情報処理機器などが小型でありかつ高

度な連携ができる必要があることから、情報機器として小型化や機能進展が著しい android プラットフォームでのシステム構築を可能とするべく、現在利用している触覚センサによる計測を実現するドライバ類や通信による連携のためのソフトウェア類の開発などを行った。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 人間計測、触覚センサ、適応行動

〔研究 題目〕 視聴覚を利用した見まね学習によるアクティブな動的動作生成に関する研究

〔研究代表者〕 池内 克史 (東京大学)

〔研究担当者〕 中岡 慎一郎 (知能システム研究部門)
(常勤職員1名、他1名)

〔研究 内容〕

本提案研究課題では、視覚・聴覚を利用した、アクティブかつ動的なロボットのための見まね学習の枠組みを構築することを目的とし、日本の伝統的な舞踊動作を対象として、視覚情報に基づく舞踊動作の本質的な構造の理解と、聴覚情報に基づく実行時に演奏される音楽リズムのリアルタイムな把握による、その場その場のリズム合った舞踊動作生成が可能な二足歩行ヒューノイドロボットの実現を目指してきた。平成26年度までに、音楽テンポに合わせたロボット動作軌道の生成手法を東京大学と共同で開発し、この手法を用いて生成した動作のHRP-4C ロボット実機による実行を実現した。

平成27年度は、残りの課題である身体部位間の近接を含む動作のロボット実機への適用に取り組んだ。手先を他の身体部位に近づけたり、腕を胴体やもう一方の腕にからませたりするような、身体部位間が近接するような動作に関しては、適用後の動作における身体部位間の位置関係を十分に考慮する必要がある。そうでなければ、身体部位間の近接が維持されなかったり、近接部位で干渉が発生してしまうことになり、結果として舞踊の特徴が維持できなかったり、ロボットが実際には実行できない動作となってしまうことになる。これを解決する手法として、Ho らの提案によるインタラクションメッシュを用いたCG キャラクタへの動作リターゲットング手法を拡張し、ロボットへの適用を可能にする手法を開発した。さらに、この手法のロボット実機への適用に取り組み、人からキャプチャした身体部位間が近接するような動作を HRP-4C に適用し、実際に HRP-4C の実機が動作を再現可能であることを示した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 二足歩行ヒューノイドロボット、見まね学習、HRP-4C

〔研究 題目〕 高輝度小型パターン光源を用いた3次元内視鏡の開発と人体消化器官計測の試み

〔研究代表者〕 佐川 立昌 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 古川 亮 (広島市立大学)、田中 信治

(広島大学)、川崎 洋 (鹿児島大学)、
佐川 立昌 (常勤職員1名、他3名)

〔研究 内容〕

パターン光源の校正とは、カメラに対するパターン光源の位置を推定することで、3次元計測には必須の処理である。鉗子孔にパターン光源を通す場合、鉗子孔の内部でパターン光源が移動するため、計測中にパターン光源の位置パラメータの更新を行うことのできる自己校正手法を開発した。内視鏡カメラの視野角が大きいため、パターン光源の装置は内視鏡カメラの画像中に写る。この装置にマーカを刻印し、マーカ位置を解析することで、事前にキャリブレーションされたパターン光源位置からの移動量を推定し、光源位置を推定することができた。これにより、生体組織の形状を計測できることを示した。

さらに、特殊なパターンを利用することで、安定性の高い自己校正を実現した。具体的には、撮影画像上で用意に発見が可能なマーカを投影パターン中に入れ、マーカのエッジ拘束をチェックすることで、自己校正処理を安定させる手法を開発した。

開発中のシステムの精度向上には、光源輝度の向上と、焦点深度を長くすることが可能な、光学素子であるDOEを用いた光源が有望である。平成27年度には、DOEを利用した光源を用いて、生体組織の計測に対して有効であるかどうかを調べた。結果として、DOEを利用したパターン光源は、生体組織に対しても、明るく、ボケの少ないパターンを投影可能であり、形状計測が可能であることが確認された。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 ワンショット形状計測、3次元内視鏡

〔研究 題目〕 人側／装置側の両者の力触覚機能向上による新しい医用力覚呈示システム

〔研究代表者〕 栗田 雄一 (広島大学)

〔研究担当者〕 栗田 雄一、辻 敏夫、恵木 浩之 (広島大学)、永田 和之 (知能システム研究部門) (常勤職員1名、他3名)

〔研究 内容〕

本研究の目的は、ハプティックレコーダの要素技術の一つである「力覚の拡張現実感提示」を腹腔鏡手術トレーニングなどの医療トレーニングに応用し、より現実感のあるトレーニング評価が行えるようにすることである。ハプティックレコーダとは記録・再生型の力覚提示デバイスのことで、力覚の拡張現実感提示とは、臓器を模した補助物体に力覚提示デバイスで実操作を加え、補助物体からの反力に力覚提示デバイスにより作られた仮想反力を重畳することで、模擬臓器上に仮想的な病変や複雑な脈管を作りユーザに提示するもので、世界に先駆けて産総研で提案され特許が成立している。

平成27年度は、生体モニタから心電を取得し、それを正規化して心拍の周期に合わせて仮想力を生成し、心

臓のモックアップ臓器に力覚重量を行うことで心拍の再現を行なった。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】力覚の拡張現実感提示、腹腔鏡手術、医療トレーニング

【研究 題目】モバイル機器を利用した反転授業とその効果に関する研究

【研究代表者】小張 敬之（青山学院大学）

【研究担当者】児島 宏明（知能システム研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

語学教育において小型 PC やタブレット機器を利用した反転授業が関心を集めている。本研究では特にスマートホンなども含めたモバイル機器を中心に、英語学習において効果的な教材の構成や学習方法の研究を行い、学習者の音声の分析などを通じてその効果を検証する。青山学院大学を代表機関とし、他に3大学と産総研が分担する。そのうち産総研では、学習効果を被験者の発話データに基づいて評価するための音声分析手法や統計分析手法等を担当する。

平成27年度は、全体で3年間の計画の初年度として、主にデータの収録方法や分析方法の検討を課題とした。そのためにまず、それ以前に実施した CALL（コンピュータ支援語学学習）関連の共同研究における実験方法やその結果を再調査し検討した。その手法は、学習者の音声を分析して韻律に関連した特徴量を抽出し、それらの変化量等を統合して、語学能力との関連性の高い指標を得るものである。その後新たに導入された CALL 教材では、アクセント、イントネーション、タイミングなど韻律に関する評価スコアの他に、音響モデルに基づく音素ごとの発音評価スコアも同時に得られる。これらの情報を総合する分析手法を開発するために、実験データの分析を進めた。これらに関して、2件の国際会議において共著での研究発表を行った。今後は、これらの分析方法について課題を抽出し改良を進めるとともに、大学等で実施中の検証実験について、実施方法や収録データなどの方針を分担者で協議する。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】CALL（コンピュータ支援語学学習）、音声分析

【研究 題目】DNN を用いた音声による音声の検索の高精度・高速・低資源システムの実現

【研究代表者】伊藤 慶明（岩手県立大学）

【研究担当者】伊藤 慶明（岩手県立大学）、李 時旭
（知能システム研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

ビデオ機器の大容量化に伴い、今後は一週間の放送全

てを録画しておき、見たい部分を検索して所望の区間のみを鑑賞するライフスタイルに変わっていくと予想している。その際、ビデオを簡単に検索できる機能が望まれる。一週間のテレビプログラムを「音声で」検索する、一週間のビデオ中の音声を「音声で」検索する機能を、高精度・高速・低資源で実現するシステムの開発を目指す。これまで音声でテキストを検索する技術の研究は多くなされてきたが、音声で音声データを検索する精度は低くその技術は確立されていない。また、高速にすれば精度低下や必要資源の増加に繋がり、精度・速度・資源のいずれかが損なわれてしまった。音声認識では近年 Deep Neural Network (DNN) により認識精度が飛躍的に向上しており、本研究では大型な DNN を導入しながら、高精度・高速・低資源で音声による音声データ検索を可能にする技術を新たに開発することを目標とする。

本研究テーマでは、先行研究の音声検索性能のさらなる高度化を図るもので、音声検索技術の(1)高精度化、(2)高速化、(3)低資源化、(4)未知語音声クエリの実現の4件のサブテーマで研究開発を推進し、最終的には(1)～(3)の狙いを両立する「音声で音声を検索する」システムの研究開発を計画している。

平成27年度においては、DNN による音声データの認識、DNN によるリランキング、複数のモデルの検索結果の統合等により、検索精度の向上が得られた。また、音節バイグラム等で事前に検索しておく高速化方式を新たに提案し、研究開発を行った。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】音声中の検索語検出、深層学習、音声認識

【研究 題目】あがりや巧みな運動に与える影響—情動と運動学習の接点—

【研究代表者】吉江 路子（自動車ヒューマンファクター研究センター）

【研究担当者】吉江 路子（常勤職員1名）

【研究 内容】

他者から評価される場面において緊張・あがりや喚起されると、繊細な運動制御機能が損なわれることがあり、多くのスポーツ選手や音楽家を悩ませている。本研究では、他者の感情的反応が運動に及ぼす影響の背後にあるメカニズムを解明し、緊張・あがりによる運動パフォーマンス低下を予防するための対処法を提案することを目指している。本年度は、緊張・あがりによる運動スキルの変容及びその背後にある脳内メカニズムの検討を行った。実験参加者に、他者から評価されている状況下で持続的な握力調整課題を行ってもらったところ、発揮された握力が増加するという解析結果を得た。さらに、機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) によってその際の脳活動を調べたところ、緊張によって握力発揮が増加する際には、両側の下頭頂皮質が局所的な活動低下を示すことが分か

った。特に、左側下頭頂皮質の活動低下の度合いによって、緊張・あがりによる握力変化の個人間及び個人内の違いを予測することができた。また、緊張・あがりによって、他者の行為に関する視覚的情報を下頭頂皮質に伝える後部上側頭溝の活動が高まるとともに、これら2領域間の機能的結合が弱まった。後部上側頭溝及び下頭頂皮質は、観察された行為の遂行を助ける「行為観察ネットワーク」を構成している。本研究結果から、行為観察ネットワークの活動パターンの変容が、緊張・あがりによる力発揮を媒介していることが明らかになった。本成果は、Scientific Reports 誌に原著論文として掲載され、Nature Japan のウェブサイトや Telegraph 紙を初めとする43の海外メディアで紹介されるなど、広く一般社会から注目を集めた。また、年度中、音楽家向けに緊張・あがりに関する連載記事を執筆するなど、アウトリーチ活動も積極的に行った。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 社会的認知、運動制御、ニューロイメージング、非侵襲脳機能計測

【研究題目】 運動に伴う血圧変化メカニズムの解明

【研究代表者】 小峰 秀彦（自動車ヒューマンファクター研究センター）

【研究担当者】 小峰 秀彦（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

運動後に生じる血圧低下のメカニズムについて、動脈血圧反射特性の観点から検討した。若年者を対象に1時間の自転車運動を行い、その前後で動脈血圧反射特性を調べた。動脈血圧反射特性は、頸部陰圧陽圧負荷装置を用いて、+40 mmHg～-80 mmHg の圧力を頸部に負荷した時の心拍、血圧応答を調べて評価した。心拍数は心電図を記録して算出し、血圧は指尖脈波を用いて beat-by-beat で連続記録した。血圧と頸部に負荷した圧力から、頸動脈洞にある血圧受容器に加わる圧力を推定した（推定頸動脈洞圧）。+40 mmHg～-80 mmHg の圧力変化を頸部に加えたところ、圧力変化に応じた心拍、血圧応答がみられた。これら連続圧力負荷に対する心拍、血圧応答から、推定頸動脈洞圧-心拍応答曲線及び推定頸動脈洞圧-血圧応答曲線を求めた。

1時間の自転車運動を行うと、運動前と比較して運動後に血圧が低下しない者と、運動後に血圧が低下する者がいた。運動後に血圧が低下する、低下しないにかかわらず、推定頸動脈洞圧-心拍応答曲線のゲインは変わらず、曲線が高心拍方向にシフトした。推定頸動脈洞圧-血圧応答曲線は、運動後に血圧が低下する場合には曲線はシフトせず、ゲインも変化しなかった。一方、運動後に血圧が低下する場合、動脈洞圧-血圧応答曲線のゲインは変わらないが、曲線が低血圧方向へシフトした。

以上の結果は、運動後の血圧低下メカニズムとして、動脈血圧反射の頸動脈洞-心拍数反射ではなく、頸動脈

洞-血圧反射が関与することを示唆する。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 血圧、運動、動脈血圧反射

【研究題目】 個人間の脳活動相関性に着目した協調作業効率の評価技術

【研究代表者】 岩木 直（自動車ヒューマンファクター研究センター）

【研究担当者】 岩木 直（常勤職員1名）

【研究内容】

複数の産業者による協調作業の効率は、その作業従事中の作業員間の認知・行動をつかさどる神経活動における相互作用の結果としてあらわれると考えられるが、その協調作業における個人間の神経連関のダイナミクスや、その協調作業パフォーマンスへの影響はまったく明らかにされていない。本研究では、協調作業における作業員の動的な相互作用の神経基盤、とくに互いに対面した被験者間の脳活動の相互作用と行動し意表との関係を明らかにすることを目的としている。今年度は、昨年度までの予備実験で得られた対面被験者間の視線知覚課題遂行中の脳活動の解析を進めた。とくに、単一被験者内における様々な脳領域における脳波時系列の因果関係の解析と、対面する被験者間の脳波時系列のコヒーレンス解析を行った。この結果、すでに明らかにしてきた。アイ・コンタクトに同期した γ 帯域脳活動パワーの増大に加えて、両被験者間の β 帯域脳活動のコヒーレンスが前頭部、側頭部、頭頂部で上昇することを示唆する結果が得られはじめている。来年度以降に収集する。対面して協調作業に従事する被験者で同時に計測された脳活動データに対して、これらのデータ処理技術を適用するための準備を整えた。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 非侵襲脳機能計測、ニューロイメージング、高次視覚処理、因果モデリング

【研究題目】 集団行動における行為の主体感と行動モニタリングの変容メカニズムの解明

【研究代表者】 木村 健太（自動車ヒューマンファクター研究センター）

【研究担当者】 木村 健太（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は社会的状況における行為の主体感が行動モニタリングを調節する生物学的メカニズムを明らかにすることである。この目的のため、昨年度までの研究では、実験室に社会的状況を導入する実験環境を構築し、集団意思決定課題中の脳波を計測することで行動結果の評価的処理を反映する事象関連脳電位であるフィードバック関連陰性電位（FRN）が集団における主体感により調節されることを明らかにした。本年度は、集団状況における立場の違いがどのように行動モニタリングに影

響を及ぼすかを検討した。実験では3名の小集団がリーダー制に基づきカードを選択するギャンブル課題を用いた。実験の結果、集団意思決定課題の結果が金銭損失のときには、金銭獲得のときに比べて FRN 振幅が大きかった。加えて、金銭損失のときの FRN 振幅はリーダーとしてカードを選択したときの方がフォロワーとしてカード選択をしたときよりも大きかった。加えて、リーダー時、フォロワー時にかかわらず、他者と同一のカードを選択したときには、他者と異なるカードを選択したときに比べて FRN 振幅は小さかった。FRN は行動結果の重要性を反映することから、本研究の結果は、リーダーとして最終決定を行うときにはフォロワーのときと比べて集団の意思決定結果に対する重要性が高いこと、集団内に社会的な立場の違いがあるときでも他者との選択の共有は主体感を低下させ、結果の重要性を減衰することを示唆している。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】事象関連脳電位、フィードバック関連陰性電位、行為主体感、社会的インタラクション

【研究 題 目】直感的・潜在的な選好判断に関わる脳内情報処理メカニズムの解明

【研究代表者】武田 裕司（自動車ヒューマンファクター研究センター）

【研究担当者】武田 裕司（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、脳波の低ガンマ帯域におけるチャンネル間位相同期性が直感的な選好の情報処理を反映している可能性について検討することであった。実験では各ブロックで24種類の無意味図形（うち12種類の無意味図形はブロック間で繰り返し）を提示し、刺激のオンセットから700 ms 以内に「好き」または「嫌い」を直感的に判断することを求めた。各実験参加者に30ブロック実施した結果、新奇な無意味図形と比べて繰り返し提示された無意味図形に対して「好き」と答える頻度が増加した（単純接触効果）。また、課題遂行中のチャンネル間位相同期値を算出した結果、新奇な無意味図形では「嫌い」と答えた無意味図形と比べて「好き」と答えた無意味図形を観察している時に40-50 Hz 帯域の位相同期性が減少するという結果が得られた。この結果は、過去の実験で観察された周波数帯域（30 Hz 近傍）よりも高かったものの、概ねこれまでの結果を再現している。一方、繰り返し提示された無意味図形では、新奇な無意味図形とは逆に、「嫌い」と答えた無意味図形と比べて「好き」と答えた無意味図形を観察している時に40-50 Hz 帯域の位相同期性が増大するという結果が得られた。これらの結果は、タイムプレッシャが与えられている場合に生じる直感的選好のバイアスと、繰り返し提示によって生じる選好のバイアス（単純接触効果）とが異

なるプロセスで生起していることを示唆している。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】選好、脳波、位相同期、低ガンマ帯域

【研究 題 目】妨害刺激嫌悪効果を利用した食行動変容手法の開発

【研究代表者】井上 和哉（自動車ヒューマンファクター研究センター）

【研究担当者】井上 和哉（契約職員1名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、妨害刺激嫌悪効果やその関連現象（例えば、感性満腹感）のような人間の選好を変容させる方法を用いて、人間の食行動を変化させる方法を開発することであった。平成27年度は、視覚による感性満腹感を生起させることで、実際に食物の摂取意欲が低下するのか、またもし低下するとすれば、どのような要因が重要かを検討した。視覚による感性満腹感を生起させるために、実験参加者はグミまたはポテトチップの動画を長時間提示された。また、動画に対する注意が感性満腹感に与える影響を調べるため、視覚的注意の操作を行った。注意群では、画面からグミもしくはポテトチップが取り去られる数を計数した。非注意群では、動画に重ねられた T または L の文字の中から、仲間外れの文字を絶えず数えることが求められた。動画への接触後、どちらの群においても、動画を見た食物及び見ていない食物を実際に摂食させ、味覚的印象の評定や摂取意欲（食べたさ）の評定を行った。その結果、食物そのものに注意を向けた注意群では、動画を見ていない食物に比べて、動画を見た食物に対する摂取意欲（食べたさ）が低下した。それに対し、非注意群では動画を見た食物と見ていない食物の間で、摂取意欲に違いは認められなかった。これらの結果は、食物の動画を長時間提示することで、その食物に対する飽きが生起し、摂取意欲が低下することを示唆する。また、食物に対する飽きが生じるためには、食物を受動的に見ているだけでは十分ではなく、食物に対して注意を向けなければならないことが示唆された。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】食行動、妨害刺激嫌悪効果、感性満腹感

【研究 題 目】予測の脳内メカニズム解明：刺激文脈ベースの予測と行為ベースの予測の協調機序の検討

【研究代表者】木村 元洋（自動車ヒューマンファクター研究センター）

【研究担当者】木村 元洋（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、視覚事象の予測を実行している二つの予測機構（刺激文脈ベースの予測・行為ベースの予測）の協調メカニズムを、脳波の一種である事象関連脳電位

(ERP)を用いて解明することを目的とする。刺激文脈ベースの予測機構は、視覚オブジェクトの現時点までの文脈からルールを抽出し、それを基に瞬時に予測モデルを形成することで、そのオブジェクトが次にどう変化するかを事前に、観察者の意図に関わらず自動的に予測する。一方、行為ベースの予測機構は、我々は自らの行為によって環境に働きかける際、その行為によって環境にどのような変化が生じるかを事前に予測する。この二つの予測機構の協調メカニズムを調べるため、二つの予測機構それぞれの働きを特異的に反映する ERP 効果の特定を行った。その結果、刺激文脈ベースの予測を反映する ERP 効果として、(1) 予測された事象と実際の事象が不一致の際に、事象オンセット後200-300 ms 付近で後側頭部優位の陰性電位 (visual mismatch negativity) が出現すること、(2) 予測された事象と実際の事象が一致した際には、事象オンセット後180-220 ms 付近で中心部優位の視覚誘発電位 (P2) の減衰が生じることが明らかになった。一方、行為ベースの予測を反映する ERP 効果として、(1) 予測された事象と実際の事象が不一致の際に、事象オンセット後150-300 ms 付近で後側頭部優位の二峰性の陰性電位が出現すること、(2) 予測された事象と実際の事象が一致した際には、事象オンセット後120-180 ms 付近で後部優位の視覚誘発電位 (P1) の減衰が生じることが明らかになった。さらに、行為ベースの予測により、刺激文脈ベースの予測を反映する visual mismatch negativity の惹起パターンが変化するという新たな現象を発見した。この現象は、二つの予測機構の協調メカニズムの階層的関係、すなわち、行為ベースの予測機構が刺激文脈ベースの予測機構の働きを調節する関係にあることを示唆している。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】予測、行為、視覚、脳波、事象関連脳位

【研究 題 目】セントラルコマンド発現機構の探索—大脳辺縁系皮質から筋血管に至る神経回路の同定

【研究代表者】松川 寛二 (広島大学)

【研究担当者】小峰 秀彦 (自動車ヒューマンファクター研究センター)、松川 寛二、川真田 聖一、長尾 正崇、梁 楠、遠藤 加菜、黒瀬 智之 (広島大学)、定本 朋子 (日本女子体育大学)、丹 信介 (山口大学)

【研究 内 容】

高次脳中枢から発する中枢コマンド (セントラルコマンド) は運動開始時や運動イメージ時に働き、活動筋及び非活動筋の血流量を増加させることを我々は明らかにしてきた。本研究では、大脳皮質から筋血管に至る中枢コマンドの神経回路を同定することを目的に、①筋血流の中枢性調節：筋血流量を上下肢の筋肉群から記録し、

エルゴメーター運動のみならず巧緻性運動に対する筋血流反応を調べて中枢性筋循環調節に関わる動作原理を解明する。②中枢コマンド神経回路の探索：筋血流量を指標として、大脳皮質表層部の脳活動を NIRS により、大脳皮質深部の脳活動を functional-MRI・レーザー血流計法・c-Fos 染色法を用いて解析し、中枢コマンドと関係する脳活動領域ならびに下降路を可視化する。③筋血管の交感神経支配：免疫染色を用いてヒト筋血管に対するコリン作動性交感神経支配を形態学的に解明する。今年度は、運動時の脳神経活動を調べることを目的に、運動時の頭部 NIRS 計測を行った。同時に活動筋血流量を計測した。運動に先行して酸素化ヘモグロビンが上昇し、セントラルコマンドによる脳活動を示唆した。NIRS で計測した酸素化ヘモグロビンの上昇に遅れて、活動筋の血流量が増加した。来年度以降のMRI実験等につながる知見を得ることができた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】自律神経、運動、血流

【研究 題 目】生理反応の複数人同時測定による、集団内・間相互作用における潜在的な心理過程の解明

【研究代表者】片山 順一 (関西学院大学)

【研究担当者】木村 健太 (自動車ヒューマンファクター研究センター)、片山 順一、三浦 麻子 (関西学院大学)、村山 綾 (近畿大学)、(常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究の目的は集団内・集団間の相互作用にかかわる認知機能とそれを支える生物学的メカニズムを明らかにすることである。昨年度までの研究では、ギャンブル課題において集団意思決定方式を取り入れた実験を実施することで、集団内の他者との相互作用が集団意思決定に対する責任を変容すること、この責任の変容は選択結果の重要性の評価を反映するフィードバック関連陰性電位 (FRN) に反映されることを明らかにした。本年度は、集団メンバー間の親密度が集団意思決定に伴う結果の評価に影響を及ぼすか否かを検討した。実験では3名の小集団が多数決に基づきカードを選択するギャンブル課題を用いた。小集団を課題前に3名で共同作業を行う親密度高群、同じ作業を3名が個別で行う親密度低群の二つの群に分けた。その結果、ギャンブル課題において「はずれ」結果時の FRN の振幅は、3名が同じカードを選択した全会一致時において親密度低群に比べて親密度高群で大きかった。FRN は選択結果の重要性を反映することから、全会一致時では集団意思決定に伴う結果の重要性が親密度低群に比べて親密度高群で高いことを示唆する。全会一致時には、他者との意思決定の共有により責任の分散が生じるため、集団意思決定に伴う結果への個人的責任が低減する。この観点から、本研究の結果は、

集団メンバー間の親密度の高さは他者との意思決定の共有による責任の分散を妨げ、選択結果の重要性を高めることを示唆する。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 事象関連脳電位、フィードバック関連陰性電位、社会的インタラクション

〔研究 題目〕 夜間勤務における疲労の早期発見を目指した疲労評価法と食生活・微量元素栄養との関連

〔研究代表者〕 亀尾 聡美 (群馬大学)

〔研究担当者〕 岩木 直 (自動車ヒューマンファクター研究センター)、七里 元督 (産総研健康工学研究部門)、亀尾 聡美、小山 洋 (群馬大学)、井上 顕 (島根大学)、星野 泰栄 (群馬バース大学) (常勤職員2名、他4名)

〔研究 内容〕

本研究は、夜間勤務の疲労を早期発見するために、夜間勤務者の疲労の程度を客観的にかつ簡便に評価し、さらに食生活状況および微量元素栄養との関連を明らかにすることを目的とし、疲労を抱えながら勤務している看護師の疲労状態評価・バイオマーカー測定・食生活状況調査を行う。

具体的には以下の事項を実施する。

- フリッカーヘルスマネジメント (産総研ベンチャー) にて開発しているフリッカーテストによる客観的疲労評価と唾液中アマラーゼ、血中コルチゾール等のストレスバイオマーカーとの関連を明らかにし、本フリッカーテストの有用性を検証する。
- 食生活状況・微量元素栄養状態と疲労度の関係を夜勤回数・病棟等の違いを考慮し解析する。以上の検討を行う事で夜間勤務者の疲労の早期発見・事故防止・健康維持・管理のための適切な支援を行うための基盤となる研究を実施する。

27年度は研究代表者 (群馬大学 亀尾) では被験者となる夜間勤務者 (看護師) の選定に関わる検討を開始している。産業技術研究所健康工学研究部門 (七里) では被験者からのサンプルで測定する酸化ストレスに関連するマーカーの中で候補マーカーを選定し、測定条件の検討を行い、測定・解析の準備を整えた。産総研自動車ヒューマンファクター研究センター (岩木) では、長期的かつ継続的に収集されたフリッカー疲労検査データの時系列から、夜間勤務スケジュールと疲労状態の相関関係を解析するための準備を整えた。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 疲労、ストレスマーカー、フリッカー検査

〔研究 題目〕 認知的負荷が多属性意思決定に及ぼす影

響の解明：生体信号・生理指標に基づく分析

〔研究代表者〕 都築 誉史 (立教大学・現代心理学部)

〔研究担当者〕 武田 裕司 (自動車ヒューマンファクター研究センター)、都築 誉史 (立教大学・現代心理学部)、本間 元康 (昭和大学・医学部)

〔研究 内容〕

本研究は、多属性意思決定において、非合理的な選択現象である文脈効果に認知的負荷が及ぼす影響を、生理学的指標を用いて解明することを目的として実施された。多属性意思決定における代表的な文脈効果として「魅力効果」を取り上げた。課題非関連聴覚プローブに対する脳波計測によって課題への注意資源配分量の時間的変化を評価し、魅力効果の生起との関係を検討した。その結果、ターゲットを選択した (魅力効果が生起した) 試行において、コンペティタを選択した試行よりも、プローブに対する N1振幅が大きいことが示された。この結果はこれまでの実験結果とも一致している。さらに、時間的変化を調べたところ、選択した項目による N1振幅の差異は試行の後半で強い傾向が示された。この結果は、意思決定過程の後半において多くの注意資源を投入し、熟考に基づいた意思決定を行っている場合に魅力効果による判断バイアスが生じにくくなることを示している。

また、知覚的な多属性意思決定課題における魅力効果が商品選択場面における魅力効果と同様のプロセスによって生起しているのかを眼球運動計測を用いて検討した。その結果、知覚的意思決定課題においても商品選択課題と同様の眼球運動バイアスが確認された。この結果は、知覚的な多属性意思決定課題における魅力効果が商品選択場面における魅力効果と類似したプロセスに基づいて生起していることを示唆している。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 意思決定、文脈効果、脳波、眼球運動

〔研究 題目〕 サーバ通信を利用したカメラの自己位置配信と特徴点ベース地図の開発

〔研究代表者〕 阪野 貴彦 (ロボットイノベーション研究センター)

〔研究担当者〕 阪野 貴彦 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

人間と共生するロボットが自律的かつ安全に移動するためには、必要な周囲の環境情報を取得し、地図と比較照合してロボット自身の位置を知ることが重要である。本研究では、そのために必要な3次元地図の作成と自己位置推定システムの開発を行っている。本年度は球面画像上から抽出した特徴量を利用した自己位置推定手法の高精度化と画像特徴量による類似画像の高速探索手法、ロボット移動のループ検出による移動軌跡推定の高精度化を行った。

自己位置推定の高精度化としては、3次元空間とカメラ画像との間で3点のマッチングが取れたとき、カメラ位置姿勢を高精度・高速に推定するための新規手法を提案した。本手法では最終的に2元連立2次方程式に帰着され、グレブナー基底を用いて解くことでカメラパラメータを簡便に計算することができた。そのため、従来手法より処理時間が短く、解答不能なケースが少ないことも示した。画像が市街地のどこで取得されたかを推定するため、すでに撮影位置のタグが付けられた画像との類似性を評価するための手法を開発した。画像特徴点の探索木を利用することで、大規模データベースから類似した風景を高速に検索できるようになった。これにより、以前に通ったことのある場所を検出することができるようになったため、推定されたカメラ軌跡がループを有している場合には、再最適化を行うことで軌跡推定の高精度化を図った。最適化計算では、ローカルミニマムを避けるため、軌跡を任意の方向に曲げる手法を導入し、計算の収束性向上を図った。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 全方位画像、3次元環境復元、特徴点記述子

【研究 題目】 マイクロレンズアレイを用いた高精度視覚マーカの技術基盤構築

【研究代表者】 田中 秀幸（ロボットイノベーション研究センター）

【研究担当者】 田中 秀幸、角 保志、松本 吉央（ロボットイノベーション研究センター）、金 奉根（知能システム研究部門）
（常勤職員4名）

【研究 内容】

視覚マーカは、カメラによる位置姿勢計測を支援するツールである。我々は、「マイクロレンズアレイが作る干渉縞」を用いて姿勢を測る世界初・世界最高精度の視覚マーカを開発し、従来型マーカの長年の未解決問題（正面観測時の姿勢精度の悪化など）を解決した。本研究では、本マーカの実用化を促進するため、実環境の厳しい観測条件下でも安定した計測を実現する（「本当に使える」）技術の確立を目指す。具体的には、ソフトウェア（マーカ計測アルゴリズム）とハードウェア（マーカ本体）の両面から、実環境における「ロバストかつ高精度な計測技術」と、タスクの要求に応じて「最適なマーカを設計する手法」の研究を行う。本年度は、ソフトウェア面では、干渉縞のパターンの要求に合わせてレンズや裏面の縞模様のスペックを計算する設計手法と、その設計に応じて干渉縞のパターンを計算・可視化するシミュレータを作成した。また、マーカ認識・計測アルゴリズムを改良し、より精度が高く照明強度の変化にも柔軟に対応可能なソフトウェアを作成した。ハードウェア面では、レンズとパターン印刷の位置合わせを精密に行

う技術を開発し、個体差のないマーカを量産することを可能にした。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 視覚マーカ、画像計測、ロボット制御、拡張現実

【研究 題目】 車椅子型ロボットにおけるジェスチャーによる HMI の開発と評価

【研究代表者】 橋本 尚久（ロボットイノベーション研究センター）

【研究担当者】 橋本 尚久、Ali Boyali
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

超高齢社会においても、自由で快適な移動は欠かせないため、移動支援技術が注目されている。本研究は、自律移動可能な車椅子型ロボットにおけるヒューマンマシンインタフェース（HMI）において、ジェスチャーモーションを利用した HMI の開発を目的とし、一般環境下でもロバストな HMI の構築を目指す。

ジェスチャーモーションは、手の動きから意図を推定するものであり、様々な研究が行われている。しかし、ロボット乗車中のような対象者やセンサが揺れていて不安定な状況や、周囲の環境変化の激しい一般環境下での移動中においてロバストに推定できる手法は提案されていない。そこで本研究では、ロボットの運動モデル・制御情報を利用し、移動中においてもロバストな推定手法に必要なデータや最適な統合手法を明らかにする。実験では、一般環境下での実験が可能であるつくばロボット特区を活用した被験者実験により、提案手法の有効性を評価する。

本研究期間において、高速で信頼性の高いジェスチャー認識手法を開発し、実際のロボット車椅子のインタフェースとして構築するとともに実験によりその有効性を確認した。

その中で主に解決した課題としては、ジェスチャー認識の高速化と信頼性向上に関する課題の解決である。これまで提案されている認識手法である Block-Sparse Collaborative Representation base Classification method 改良し、高速化に関しては、タブレット程度の計算能力の低い CPU を用いてもほぼリアルタイムに処理できるアルゴリズムの開発を行うことができた。また、高信頼化においては、ジェスチャー認識における成功率を約99%まで高めることに成功した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 移動ロボット、ヒューマンマシンインタフェース

【研究 題目】 前腕切断端部の筋電信号特性と運動・生理学的分析による筋電義手操作基準に関する研究

〔研究代表者〕 大庭 潤平（神戸学院大学・総合リハビリテーション学部）

〔研究担当者〕 梶谷 勇（ロボットイノベーション研究センター）、大庭 潤平（神戸学院大学・総合リハビリテーション学部）、大西 謙吾（東京電機大学・理工学部）（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

事故や病気などによって手を失った人、あるいは先天的に手に障害のある人が、手の機能の一部を代替するために用いる義手について、そのリハビリテーション手法に関する研究である。義手には様々な種類があるが、その中でも、手に残る部分（断端部）の筋肉を動かしたときに生じる電気信号（筋電）を用いて操作する筋電電動義手は、近年、活発に活用されるようになってきたものの、その機能を最大限に生かすためのリハビリテーション手法が体系化されていないことが課題である。運動生理学的な解析により、筋電を測定する部位の決定方法、およびアセスメント、リハビリテーション方法に関する知見の集約と解析を実施する。本年度は、健常被験者が筋電電動義手の操作を体験できる模擬筋電電動義手を用い、健常被験者による模擬実験によりデータを収集して解析を行った。併せて、アセスメント手法に関する先行研究をレビューし、ヒューマンインターフェース領域で構築された理論を用いた解析を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 義手、筋電、アセスメント、リハビリテーション

〔研究題目〕 Real-time, Best-effort Query Processing of Semantic Web data

〔研究代表者〕 Steven Lynden（人工知能研究センター）

〔研究担当者〕 Steven Lynden

〔研究内容〕

本研究は、Linked Open Data (LOD) などの大規模・分散したセマンティック Web データ (RDF) の検索に対し、独自の「時間制限の元でのベストエフォート型の問合せ処理」を研究開発することが目的である。データの範囲、新鮮さ、多様性といった、問合せ結果データが有する性質に着目した点と、これらの間の優先度や満足すべき水準など、これらの性質に対し発生する多様な要求を、できるだけ満足する問合せ処理を研究開発する。既存のデータの統計解析から得られる情報を使ってこれらの要求をできるだけ満足する問合せ最適化アルゴリズムを考案し、オープンソースのソフトウェアとして構築・公開すると共に、応用サービスを構築、提供して LOD の実用化に貢献する。

2年計画の初年度である、今年度は分散したセマンティック Web データに対する、時間制限の元でのベストエフォート型の問合せ処理のためのフレームワークとア

ルゴリズムを研究・開発した。具体的には次の3つの要素技術を研究開発した。(1) 多様なデータに対して検索、キャッシュ、統合するためのアルゴリズムと基盤(2) リアルタイム探索を行い、その結果をランキングするための類似検索手法(3) データの範囲、新鮮さ、多様性の最適化するためのアルゴリズム。

これらの提案手法について実データを用いた実験を通じて評価した。その結果、開発した技術と既存アプローチを比べたところ、時間制限の元で、範囲および新鮮さ、多様性がおおよそ30%改善したことを確認した。これらの結果は、国際会議 WIMS2016にて論文発表を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 リンクトデータ、セマンティック Web、データベース

〔研究題目〕 キッズデザインに対応するためのデータベースの設計及び応用

〔研究代表者〕 西田 佳史（人工知能研究センター）

〔研究担当者〕 西田 佳史、張 坤

（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、社会的要請の高い乳幼児の傷害予防に応じるため、人類の共通財産ともいえる傷害ビッグデータを最大利用することによって子ども傷害予防対策の基盤となるキッズデザインデータベースの構築と傷害データマイニング技術に関する理論的基盤を確立することである。

平成27年度は、昨年度に開発した「傷害情報記述枠組みコーディングマニュアル」(IIDF コード試用版)を拡張し、IIDF 第二次稿(170頁)をまとめた。第二次稿では起因物、関連物、加害物に関する記述方式についての大きな改定を行い、事故発生のプロセスには多数の要因が関与しており、そこには使用している製品や、周辺にあつて事故発生の経過に影響を与えたもの、子供に対して直接に危害を与えたものなど、あるいは事故発生の引き金を引いた人間の行動などがあろう。第二次稿では、WHOのICECI(International Classification of External Causes of Injury)に準じて、これを起因物、関連物、加害物という三区分を設けて、それぞれについてその属性を記述することを求める。また、子供の身体寸法・特性、行動心理・特性及び生活実態など三つの特色を考察したうえで、属性項目数を15項目の増加及び語彙セット数を5種類(人間動作、家庭内部詳細など)独自に開発した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 傷害データベース、傷害サーベイランス、事故統計

〔研究題目〕 金星成層圏での風速変動メカニズムの解明

【研究代表者】 神山 徹 (人工知能研究センター)

【研究担当者】 神山 徹 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究課題は惑星科学の中で大きな謎として残されている、「金星大気スーパーローテーション」と呼ばれる現象の維持機構解明に関する研究である。これまで安定と思われてきた金星大気スーパーローテーションには近年時間変動性が見出されており、本研究課題では観測的事実・理論の両面からその成因を探り、スーパーローテーションが変動を持ちつつも全体としてなぜその構造が維持されるか、その理解を深めることを目的としている。研究全体では1. 大気加速・減速に寄与しうる惑星規模の波動に着目し、地上大型望遠鏡による中間赤外を用いた雲頂での温度擾乱観測の実施、2. 周回軌道にある人工衛星が捉えた紫外雲模様の変化と風速変動に見られる大気波動との関連性調査の実施、3. 金星探査機あかつきの熱赤外線カメラデータから画像内に写る熱的擾乱の検知可能性への研究展開を行うことを計画している。研究初年度である2015年度では

1. 金星観測好機にハワイ・マウナケア山にある IRTF 望遠鏡搭載の SpeX 装置を利用し、5um 波長帯による金星夜面からの赤外線放射を観測した。その結果、赤道域から中高緯度帯に伸びる惑星規模の温度擾乱構造が時折発生していることを見出した。
2. 大気波動のもたらす大気への影響を調査するため、風速変動がみられる時期において人工衛星が捉えた紫外雲模様変化の周期解析を行った。その結果風速の変化と同期して雲の明暗変化が現れることを見出し、雲の明暗変化が波動の伝搬に依存していることを示した。
3. 研究の中で作成した解析ツールの応用展開により金星探査機あかつきのデータ解析体制を充実させ、金星探査ミッションへの貢献を果たしている。

【領域名】 情報・人間工学

【キーワード】 画像解析、データ処理、地球科学、惑星科学、金星

【研究題目】 集合移動パターン分析によるセマンティック軌跡データベースの研究

【研究代表者】 金 京淑 (人工知能研究センター)

【研究担当者】 金 京淑

【研究内容】

通信技術、測位技術の発展に伴い、ヒトやモノなどの大規模な軌跡データが容易に取得可能になった。本研究では、こうした大規模な移動軌跡データから精度の高い知識を効率良く獲得することを目的として、「動き」に関する有用なパターンを発見し、意味を付与するセマンティック軌跡のフレームワークの要素技術とデータ管理技術の研究開発を行う。本研究は3年間かけて、セマンティック軌跡データの生成フレームワークの実現(初年度)、多次元セマンティック軌跡モデル及びデータベ-

スの構築(28年度)、モデル検証及び実証実験用のマッシュアップサービスの実装(29年度)を行う。

今年度は、セマンティック軌跡データの生成フレームワークの要素技術である、軌跡の抽出手法、エピソードの抽出手法に関する研究開発を行った。

- 1) 異種のセンサデータの統合と軌跡の検出：ソーシャルメディアデータや個人線量計データを対象に、時空間分布パターンに基づく形態的な特徴を抽出し、その特徴の時間・空間的な変化を検出する手法を確立した。
- 2) 移動軌跡データの時空間分析によるエピソードの検出：データの時空間分布に基づくクラスタリング技術を開発した。また、クラスタの時空間的な変化傾向やクラスタ間の位相関係のパターンの抽出を、ストリーム処理により効率良く行う技術を開発した。さらに抽出されたパターンを三次元で効果的に可視化する技術を開発した。

【領域名】 情報・人間工学

【キーワード】 ビッグデータ、時空間データ分析、ストリーム処理、可視化

【研究題目】 こどもの事故の発生要因の解析と予防—地域、年齢、疾患特性の解析—

【研究代表者】 西田 佳史 (人工知能研究センター)

【研究担当者】 西田 佳史、北村 光司 (常勤職員2名)

【研究内容】

0歳児を除いた、子どもの死因の第1~2位は、「不慮の事故」である。死亡事故に繋がる前には、更に多くの事故が存在している。本課題全体の目標は、子どもの事故発生防止のため、以下の研究を実施することにある。

1. 保育園・幼稚園の事故(ヒヤリハット経験を含め)を一定の様式で集積する。
2. 保育園・幼稚園の事故の内容・背景を関東首都圏と地方都市(長崎県大村市)で比較する。
3. 発達障害児外来・施設・教育現場を通し、発達障害児の事故を、正常児の事故と比較検討する。
4. 救命救急センターに搬送される事故症例を集積し、保育園・幼稚園の事故と比較検討する。

個々の事故に対し、人間工学的視点から事故背景を解析し、一方、事故を起こした児に対して、発達心理学の視点から、子どもの背景を分析する。最終的に事故防止の方策・指針を作成する。

平成27年度は、保育所、医療機関から収集された傷害サーベイランスデータの分析を行い、事故に関連のあった製品などを明らかにした。グループ全体で収集されたデータは、保育所・幼稚園198例、救急144例、発達支援外来と特別支援学校41例であった。

【領域名】 情報・人間工学

【キーワード】 傷害サーベイランス、子どもの傷害予防、事故統計、施設安全、安全教育プログラム

〔研究題目〕 潜在意味空間において感覚情報を言語化し言語的思考を行うロボットの実現

〔研究代表者〕 小林 一郎 (お茶の水女子大学)

〔研究担当者〕 小林 一郎 (お茶の水女子大学)、
麻生 英樹 (人工知能研究センター)
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

社会が高齢化へと向かう中、日常生活を支援するロボットの必要性が高まっている。しかし、ユーザとロボット間のコミュニケーションが円滑ではないことが普及の妨げになっている。この課題を解決するため、本研究では、ロボットが人間の日常生活を観測して取得する高次元のマルチモーダルな時系列データを、潜在意味空間における処理を通じて統計的に言語表現化する手法を開発することに挑戦している。さらに、言語表現間の含意関係を認識する新たな手法を開発することにより、ロボットの認識や動作と人の発話を柔軟に結びつけ、人間とロボット間の円滑なコミュニケーションを実現するための基盤技術を確立することを目指している。2年目である平成27年度には、昨年度に引き続き、各種のセンサを用いて、日常生活の中で高次元のマルチモーダル時系列データを収集し、収集したデータの整理と分析を行った。また、昨年度に提案した、料理動作を表す文章表現から、ロボットの動作軌道を生成する手法の改良を行った。具体的には、より多くの副詞的表現への対応を試み、有効性をデータに基づいて評価した。さらに、動画データからそれを表現する文章を生成するための新たな深層学習手法の検討を開始した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 人間・ロボットコミュニケーション、自然言語理解、動作生成、文章生成

〔研究題目〕 地域救急医療の質の向上に資する科学的証拠の構築に関する研究

〔研究代表者〕 山田 クリス孝介 (佐賀大学)

〔研究担当者〕 本村 陽一、櫻井 瑛一
(常勤職員2名、他2名)

〔研究内容〕

・研究目的

本研究の目的は、地域救急医療の質の向上に資する科学的証拠(エビデンス)を構築することである。具体的には、以下の3点について検討する。(1) 散在している救急医療関連データを精査・整理すると共に、次世代診療支援システムを導入し、価値ある情報を収集可能な統合データベースを構築する。(2) 上記(1)の統合データベースを利用して病院前から医療機関での治療を経て社会復帰に至るまでの一連の救急医療のプロセスを明らかにする。(3) 上記(2)で明らかにした救急医療のプロセスを評価し、地域救急医療の質の向上に資する科学的証拠(エビデンス)を構築する。

・研究計画と進捗状況

研究目的を達成するため、3年間の研究計画とする。平成27年度には、地域に散在している消防機関や医療機関等の既存システムを調査すると共に、救急現場で必要とされるデータ化可能な要望を調査し、救急医療関連データの精査と整備を行う。そして、現場の業務フローに適したデータ収集方法を検討した上で、数カ所の消防機関と医療機関に次世代診療支援システムを導入して試行的に運用する。さらに、上記の調査結果に基づいて統合データベースを構築する。今年度においては、各種のデータの整備を進め、分析方法の選択や機械学習アルゴリズムの適用可能性に関する調査を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 データ解析

〔研究題目〕 子どものこころと身体を見守り支援する大規模データ収集とリスク予測モデル構築

〔研究代表者〕 藤原 卓 (長崎大学・医歯薬学総合研究科・教授)

〔研究担当者〕 本村 陽一 (常勤職員1名、他13名)

〔研究内容〕

・研究目的

日本小児歯科学会の協力のもとで、小児歯科臨床で一般的に行われている母親教室のアンケートデータを収集し、データベース化する。このデータベースからバイズ統計を用いた分析によって、歯科情報と子どもの社会的、経済的、心理的な背景との関連性を解明する。さらに、そこで得られた結果をもとにタブレット端末などを用いた用意なアンケートシステムを構築し、そこでは最初の調査で得られた結果を効果的に対象者にフィードバックを行い、自発的な入力を促し、さらにデータ収集を進める。最終的には全国規模で長期にわたって子どもたちの成長、発達を追跡できるようなコホートの構築を目指す。

・研究計画と進捗状況

研究分担者から収集した母親教室と口腔内状況のデータ入力作業が完了し、バイズ統計や機械学習を用いた分析を進めた。タブレット端末を用いたデータ収集システムを開発し、虫歯予防クイズによって、回答者の意識や食習慣の調査のために対象者の自発的な入力データを収集することを可能にした。また全国規模で長期にわたって大規模調査を行うための関係者のヒアリングなどを行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 データ解析、行動科学、サービス工学

〔研究題目〕 携帯端末を利用した正確な看護業務評価による看護業務改善サイクル構築に関する研究

〔研究代表者〕 岡田 みずほ (長崎大学・病院・医療情

報部看護師長)

〔研究担当者〕 本村 陽一、佐藤 洋、大山 潤爾
(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

・研究目的

医療・看護現場は、年々高度な医療機器や新たな医療方法の開発が行われており、安全かつ適切に運用するための手順を細かく取り決め、チェックリストを用いた確認を繰り返し実施している。しかし、看護師が日々看護業務を行う中で、多くの場合複数の看護業務を同時に実施しているのが現状であり、チェックや手順の重複が起きるなどの看護業務の「ムダやムラ」が発生していると考えられるが、その詳細は明らかにされていない。我々は、これまで明らかにできなかったあらゆる看護業務の実態を正確に把握することを目指し、日々の看護業務の実施状況を手軽に入力できる携帯端末を開発する。さらに、入力データに基づく看護業務評価並びにそれを用いた看護業務改善サイクルの構築を目指す。

・研究計画と進捗状況

あらゆる看護業務の業務手順と業務完了までに要する時間および業務フローを明らかにする分析を行った。さらにこれまで手作業で実施してきたタイムスタディ調査を電子化するためのデバイス端末の開発と精度及びテスト運用を行い、デバイス端末の運用を検証した。また、収集したデータの結果を元に、看護業務の課題を抽出し、対策を立案、実施する業務改善 PDCA サイクルを回すための体制構築を進めた。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 データ解析、行動科学、サービス工学

〔研究題目〕 TRP チャンネルをターゲットとする天然物リガンドのマルチモーダル活性化機構

〔研究代表者〕 三尾 和弘 (創薬分子プロファイリング研究センター)

〔研究担当者〕 三尾 和弘 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

電子顕微鏡解析と計算に基づく単粒子解析法を主な解析技術として、TRP チャンネルと天然物リガンドの複合体構造解析を推進した。結合動態の詳細な可視化を行い、多彩な天然物リガンドに応答する TRP チャンネルのマルチシグナル活性化機構の解明を目指した。電子顕微鏡解析には金粒子ラベル法が一般に用いられるが、特異抗体 Fab や小分子化されたアビジン分子を用いて、画像処理上で結合した小分子を提示する方法も検討し、他の膜蛋白質複合体の解析にも用いた。

またワサビ成分の受容体である TRPA1受容体について共同研究を遂行し、負染色電子顕微鏡画像から再構成した TRPA1の構造に対し、TRPA1に特異的に作用する新規リガンドの結合可視化を行った。成果を JACS 誌に報告した。電子顕微鏡解析から得られた結合ドメイン

は、生化学実験の結果ともよく一致しており、両データを合わせることで結果の信憑性を高めることができた。TRPA1チャンネルは他にもわさび成分のアリルイソチオシアネートや、カフェイン、プロスタグランジン J2、分子状酸素、赤外線、17度以下の低温刺激など様々な刺激に応じて開口する。これら多彩な刺激がどのような機構で同一のチャンネルを活性化させるかといったマルチシグナル活性化機構を理解する一助となる結果であった。

分子ラベリング技術の開発では、電子顕微鏡解析には金粒子ラベル法が一般に用いられるが、特異抗体 Fab や小分子化されたアビジン分子を用いて、画像処理上で結合した小分子を提示する方法の検討を行った。また本技術の普及を目的に広く研究者が目を通す科学雑誌に概説を記し、さらに新たに本分野を目指す研究者を対象に、英文での入門書の執筆を行った。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 タンパク質構造解析、膜タンパク質、電子顕微鏡、画像情報処理

〔研究題目〕 プラスチックの嫌気生分解の解析

〔研究代表者〕 八木 久彰 (機能化学研究部門)

〔研究担当者〕 八木 久彰、国岡 正雄 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

現在、商業用の嫌気発酵槽として運転されている発酵槽の温度は、55度と37度の2つに分けられる。55度の発酵槽は一般に分解速度が速いので、大きな土地の確保できない都市部に向いているが、温度の維持により多くのエネルギーを使用する。生分解性プラスチックをこれら商業用の大型嫌気発酵槽で処理するには、生分解性プラスチックが、発酵槽内の汚泥で生分解するかどうかを、あらかじめ試験しておかなければならない。そこで、私たちが新しく確立した、プラスチックの嫌気での分解性を評価できる試験方法 (ISO13975の改良法) を用いて、代表的な生分解プラスチック (ポリ乳酸 (PLA)、ポリカプロラクトン (PCL)、ポリヒドロキシ酪酸 (PHB)、ポリブチレンサクシネート (PBS)) の嫌気分解試験を実施する。

27年度は、分子量の異なる PLA フィルムの55℃での生分解速度を測定した。PLA フィルムをイオン交換水中55℃で31日および70日インキュベートして、分子量を落とした PLA フィルムを作成した。31日インキュベート、70日インキュベート、未処理の PLA フィルムの分子量はそれぞれ Mn9000、Mw18000 : Mn2800、Mw6500 : Mn94700、Mw173300。分子量を落とした PLA フィルムは分解初期の分解は早くなったが、最終的な分解速度は3通りのフィルムで違いが現れなかった。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 生分解プラスチック、嫌気生分解、RT-PCR-DGGE

〔研究題目〕 レジリンモデルポリペプチドから成る超弾性繊維の創製及び機能制御

〔研究代表者〕 福岡 徳馬（機能化学研究部門）

〔研究担当者〕 福岡 徳馬（常勤職員1名）

〔研究内容〕

エラスチン、コラーゲン等に代表される弾性タンパク質は、人間や動物、昆虫などの生物の細胞や組織・器官を構成している構造タンパク質として知られている。中でも昆虫の骨格タンパク質である「レジリン」は、合成ゴムをはるかに凌ぐ90%以上の高いレジリエンス（復元力）と、何十億回と伸縮を繰り返しても劣化しない高耐久性を示すことから、近未来の天然超高弾性繊維として期待される。本研究では、レジリンをモデルとした人工ポリペプチドを設計・合成し、ペプチド鎖中のチロシン残基の酸化カップリングにより構造・機能を制御した超高性能バイオエラストマーの創製に取り組む。

平成27年度は、レジリンモデルポリペプチド発現用プラスミドの設計・構築、及び大腸菌発現系を用いた目的ポリペプチドの生産条件検討を行った。レジリンには代表的な繰り返しアミノ酸配列が報告されている。今回はショウジョウバエ及びハマダラカ由来レジリンに見られる3種類の繰り返しアミノ酸配列（11～15アミノ酸）をコードする DNA 塩基配列を設計し、遺伝子工学的手法によりこれらが16回繰り返される DNA 断片をはじめ、複数のハイブリッド体 DNA 断片の構築に成功した。得られた DNA 断片を載せたプラスミドを大腸菌に導入し、これらの遺伝子を発現誘導することで目的ポリペプチドの生産培養試験を行った。次年度も引き続き条件の最適化を進め、目的ポリペプチドを大量に獲得し、物性評価に着手する。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 ポリペプチド、レジリン、人工タンパク質、弾性繊維、微生物生産、遺伝子組換え、酸化カップリング、バイオベース素材

〔研究題目〕 空間的拘束下でフラストレートした液晶の秩序形成とダイナミクス

〔研究代表者〕 福田 順一（機能化学研究部門）

〔研究担当者〕 福田 順一（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本年度は主に、コレステリックブルー相を示すキラル液晶のバルクの秩序構造に着目し、その共焦点顕微鏡像を数値計算によって再現することを試みた。2枚の平行平板に挟まれた有限の厚さの液晶セルに対して単色光が入射した際の反射光の計算を、入射光の波数ベクトルを変えて行なった結果を組み合わせることで、共焦点顕微鏡像の再現を行なった。その結果、実験で得られている結果を像の対称性、焦点面の深さ方向依存性について定性的に再現することに成功した。コレステリックブルー

相の秩序構造の周期は光の波長程度以下であり、幾何光学が使えないことから、実験観察をサポートする理論的研究はこれまで行なわれてこなかった。本成果は、光学的手段による実空間観察の可能性を、光の波長程度の特徴的スケールを有する構造に拡張するための理論的ベースを与えるものであり、液晶、ソフトマターに限らない波及効果を及ぼすことを期待している。

その他の成果として、高分子マトリックスを位相欠陥の部分に導入することによって安定化されたコレステリックブルー相に着目した研究を行なった。この高分子マトリックスをテンプレートとして通常のキラルではないネマチック液晶が形成する秩序構造について連続体シミュレーションに基づく研究を行い、高分子表面と液晶との相互作用（アンカリング）の種類に依存した異なる秩序構造を液晶が形成することなどを明らかにした。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 液晶、キラリティ、コレステリックブルー相、光学計算、連続体シミュレーション、位相欠陥

〔研究題目〕 光によるナノ炭素材料の界面物性制御技術の高度化

〔研究代表者〕 松澤 洋子（機能化学研究部門）

〔研究担当者〕 松澤 洋子（常勤職員1名）

〔研究内容〕

各種のカーボンナノチューブ（CNT）は、ナノ炭素材料の一つとして、種々の産業応用が期待されている。しかし、CNT は溶解性に乏しく、精製や分離、ならびにデバイス応用を目的とした材料への導入、複合化等において、CNT のハンドリングや加工技術の開発が求められている。このような社会的背景を鑑み、CNT の扱いを簡便化するための産総研独自の材料（光応答性分散剤）を開発してきた。本研究では、研究代表者がこれまでに確立した光応答性分散剤による単層カーボンナノチューブ（SWCNT）の分散制御技術を高度化し、新規 SWCNT 薄膜加工技術として展開してゆくために、まず現行の光応答性分散剤が抱える課題（不可逆反応・多段階反応）を克服する新規光応答性分散剤（可逆で一段階反応）を設計合成し、その物性評価を行うことを目指している。本年度は種々『可逆応答性』分散剤の候補を設計合成し、カーボンナノチューブの分散性評価、薄膜中の光反応性、そして有機溶媒への対応を視野に入れたイオン交換について検討を行った。結果、有用な分散剤を数種類見出すことができた。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 ナノチューブ、有機電解質化合物、有機光化学、コロイド界面化学

〔研究題目〕 光駆動型有機・無機ハイブリッドナノ空間を用いたバイオリクターの創製

【研究代表者】 亀田 直弘（機能化学研究部門）

【研究担当者】 亀田 直弘（常勤職員1名）

【研究内容】

光応答性ユニットである4-アミノ-4'-カルボキシルアゾベンゼンの両端にそれぞれ水素結合ユニットとしてオリゴグリシン残基、水素結合ユニット及び疎水性相互作用ユニットとして末端にアミノ基を有する糖脂質をアミド結合により導入した両親媒性分子を設計・合成した。得られた両親媒性分子を pH 5~10に調整した水中へ加熱分散後、室温まで徐冷することで自己組織化を行ったところ、中性 pH 付近で内径約10 nm、膜厚3 nm のナノチューブが得られた。ナノチューブに紫外光を照射したところ、アゾベンゼン部位のトランス→シス構造異性化に伴い、内径サイズ、膜厚を維持しながらヘリカルナノコイルへと形態変化した。続く可視光照射によるシス→トランス構造異性化により、ヘリカルナノコイルは元のナノチューブへと戻った。

ナノチューブにカプセル化した酵素は、そのナノ空間における束縛効果により熱安定性が著しく増大すること、酵素反応の速度はバルク中のそれと比較し減少することを見出した。環境応答蛍光プローブを用いてナノ空間内の水の物性を調べたところ、バルク水と比較し、高粘性・低極性であることを突き止めた。このような水の物性が、ナノ空間における基質の拡散を抑制していることが推察された。一方、光照射によりナノチューブをナノコイルへと形態変化させると、ナノ空間にカプセル化されている酵素に対して基質の接近も容易となり、酵素反応の速度もバルク系と同程度であった。光刺激により、カプセル化酵素の反応速度の制御が可能となった。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 自己組織化、有機無機複合化、ナノ空間、酵素、ナノリアクター

【研究 題 目】 高強度・高じん性を有する微粒子/液晶複合ゲルの創製

【研究代表者】 山本 貴広（機能化学研究部門）

【研究担当者】 山本 貴広、川田 友紀
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

本研究は、微粒子/液晶複合ゲルのレオロジー特性に与える、液晶相構造及び高分子等のフィラー添加の影響を解明して、高強度、高じん性なゲルを創製することを目的としている。高分子鎖を化学的に表面修飾したシリカ微粒子（高分子修飾シリカ微粒子）を用いて調製した微粒子/液晶複合ゲルについて、ゲルの力学および熱特性に与える微粒子の添加濃度と高分子鎖の分子量の影響を詳細に検討した。ゲルの力学特性を表す指標の1つである貯蔵弾性率は、微粒子濃度の増加に対してほぼ線形に増加することがわかった。また、分子量に対しては、ある一定以上の分子量において、定常値を示すことが分

かった。一方、微粒子の濃度と高分子鎖の分子量が小さいとき、ゲルの熱安定性は著しく低下することを明らかにした。また、フォトサーマル効果を示す材料として金ナノロッドをフィラーとして添加した微粒子/液晶複合ゲルについても、ゲルの力学特性および熱物性に与える金ナノロッドの添加量の影響を検討した。検討を行った金ナノロッドの添加量範囲では、力学および熱物性に大きな影響は無いことを確認した。これは、金ナノロッドを用いると、ゲルの力学特性および熱物性を変化させることなく近赤外光応答性の付与が可能であることを示している。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 液晶、ゲル、自己修復

【研究 題 目】 実験と理論の連携による可逆的固液光相転移の機構解明

【研究代表者】 木原 秀元（機能化学研究部門）

【研究担当者】 木原 秀元、下位 幸弘、秋山 陽久、
則包 恭央、松澤 洋子、深田 環、
松本 祐樹（常勤職員5名、他2名）

【研究 内容】

我々は、有機色素であるアゾベンゼンを鍵官能基として用いることにより、温度を変化させることなく光照射のみによって液化・固化を自在に繰り返す（可逆的固液光相転移）新奇化合物群を開発し報告してきた。本研究では、未だ十分に明らかになっていないこの可逆的固液光相転移のメカニズムを実験計測的および計算科学的手法の両方のアプローチにより解明すること、さらに解明されたメカニズムを基に高速な光相転移を示す化合物を開発することを目的とする。

本年度は、会合体の形成について紫外可視吸収スペクトルのあおり角測定や、FT-IR の高感度反射測定との組み合わせなどでより詳細な分析を行った。その結果、相転移の有無に関してアルキル基のパッキングよりも、アゾ色素部分の会合形成が支配的関与していることを確認した。また、材料骨格として糖アルコールではなく高分子系についても検討を進めた。これまで高分子系では分子量の制御ができないデメリットがあつて糖アルコール系での検討を進めてきたが、リビングラジカル重合法を適用することで重合体の分子量制御を行った。

一方、計算科学的手法として、アゾベンゼン系分子に対して、会合状態が光学吸収スペクトルに及ぼす影響を理論的に明らかにすることを目的に、結晶構造での分子配置をとる分子ペアに対し励起子カップリングを時間依存 DFT 法で計算し、結晶状態での吸収スペクトルを理論的に求めた。その結果、 $\pi\cdot\pi^*$ 吸収バンドは、実験結果と同程度の幅を与え、バンド内に異方性を有することが示された。

また、単純な分子構造を持つアゾベンゼンの単結晶薄膜を作成し、その光学吸収スペクトルの実測について検

討した。その結果、長波長側の $n-\pi^*$ バンドについては観測することができたが、短波長側の $\pi-\pi^*$ バンドについては、吸光係数が大きいため吸収強度が飽和した。さらに、同じ化合物の結晶では、光照射によって結晶の移動現象が観測されるが、結晶の移動および形態変化は、連続的な相転移によるものであると結論付けた。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】光化学、相転移、有機材料、計算科学、分子動力学、DFT 計算

【研究 題 目】生物規範界面デザイン

【研究代表者】大園 拓哉（機能化学研究部門）

【研究担当者】大園 拓哉、黒川 孝幸、平井 悠司、小林 元康、野方 靖行、鈴木 航祐（常勤職員1名、他5名）

【研究 内 容】

生物の「動き」とその「制御」は、生物表面一環境の界面が持つ作用である。様々な環境に適応した多様な生物群を考えると、その環境下での生物の運動、物質交換、情報獲得のために進化した個性豊かな界面構造、その動き、制御機構が存在する。最近になってバイオミメティクスの観点からその一部の原理が調べられ、抽出された概念が工学へ応用されるようになってきた。そのなかで本研究では、変形能を有する界面凹凸形状と液体に濡れた（ウェット）界面に特に着目し、そのトライボロジー機能と構造・変形の関連を人工的な材料系を構成することで調査し、生物の事例にも学びながら、より一般的な学理を導き出す。さらにその結果を、社会ニーズの実現の観点から応用し、特にスイッチング可能なトライボロジー特性（吸脱着能、摩擦力の増減能）を有する界面を開発することを目的とする。そのため生物の体表面などに見出されるウェットかつ可逆的に変形可能な微細構造を模倣した材料を創製し、それらの構造が摩擦や潤滑、接着など表面特性に与える影響を明らかにすることで、表面・界面の機能を自在に制御（スイッチング）可能な新しい技術や原理の創出を目指している。生物特有のウェットかつ柔軟な材料（ソフトマテリアル）のトライボロジー特性を明らかにすることは学術的にも極めて重要であるが、そのためには高分子科学、無機化学、トライボロジー、付着・接着学、海生生物学、界面メカニクス、非線形科学、機械工学など当班員がカバーする幅広い異分野連携・異分野融合によって研究を進めている。最近では、凹凸形状の変化で摩擦力を変化できることを確認する成果を得ている。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】バイオミメティクス、トライボロジー、生物規範工学、自己組織化

【研究 題 目】多官能アントラセン誘導体の合成と可逆相構造制御

【研究代表者】秋山 陽久（機能化学研究部門）

【研究担当者】秋山 陽久（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、室温での安定状態が液体である場合と固体である場合を可逆的に制御できる無色の化合物群を合成し、その特性を明らかにすることを目的としている。そのため、分子の基本構造として光二量化反応を示すアントラセンユニットを一分子中に複数もつ化合物を合成した。その際アントラセン上の置換位置を変えて結合させた。その結果、光照射前の化合物が室温で液体を示すか固体を示すかは、その置換位置によって異なることが分かった。このような分子量が2500もある化合物が、分子末端の剛直なアントラセンの向きのみで安定状態が液体と固体に分かれることを明らかにした。この液体の化合物に光を照射すると分子内間で光2量化が進行して架橋体が形成され、硬化した。その熱逆反応の挙動は温度によって異なっており、アントラセン2量体に複数の異性体があることが分かった。光反応の追跡は紫外可視吸収スペクトル、FT-IR などで行った。その結果照射波長によって不可逆劣化が起こることがわかった。分解物反応を追跡するために一官能のモデル化合物を合成した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】アントラセン、光二量化、接着、可逆

【研究 題 目】低電圧で駆動する折り紙アクチュエータの開発

【研究代表者】原 雄介（機能化学研究部門）

【研究担当者】原 雄介（常勤職員1名）

【研究 内 容】

高分子アクチュエータは、軽量・柔軟・成型加工性の高さを有し、金属疲労が発生せず、無音・無発熱で駆動することを特徴としている。このような特徴を有する高分子アクチュエータは、微細化しても駆動するため、マイクロ空間で駆動制御が可能なマイクロアクチュエータへと発展させることができる。本研究では、低電圧で駆動する非常に薄いペーパーアクチュエータの開発を目指す。このような非常に薄いアクチュエータは、近年注目を浴びているマイクロチップ等の微細な空間で駆動するマニピュレーターやバルブとして活躍することが期待されている。本年度は、導電性高分子をフレキシブル電極として採用した電気二重層キャパシタタイプのペーパーアクチュエータを作製し、駆動評価を行った。このようなフレキシブル電極を有するアクチュエータは、乾電池程度の低電圧で駆動可能なことが明らかになった。また、本アクチュエータは素子が柔らかいため、任意の形状に切り出すことも可能である。このような特徴を活かして、今後はアクチュエータの駆動デザインを3次元的に行うとともに、マイクロチップのような微細な空間で活躍できるソフトアクチュエータとして性能向上を目指す。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ソフトアクチュエータ、導電性高分子、低電圧、電場応答

【研究 題 目】動きを生み出す分子集合体：静電気応答性の解明と応用

【研究代表者】神徳 啓邦（機能化学研究部門）

【研究担当者】神徳 啓邦（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、分子集合体が示す特異な静電気応答現象のメカニズム解明と応用研究を模索するものである。当該年度は①分子集合体の構造解析と、②静電気応答性の定量化・ライブラリ化についての取り組みを行った。①に関しては、正と負、真逆の静電気応答性を示す二種類の分子集合体について UV-VIS 吸収スペクトル測定や、ゼータ電位測定によって評価をおこなった。また、静電気応答性を示さない分子集合体と静電気応答性を示す分子集合体を意図的に分子分散状態にしたものについても比較測定をおこなった。これらの結果より、分子の配向状態が静電気応答性に大きくかかわっていることが確認された。また、ゼータ電位測定の結果、同一の静電気発生源に対して異なる応答性を示した分子集合体は、溶液中での分子集合体の表面電位も正と負で異なっていることが確認された。これらの結果は、国内学会で成果発表をおこなった。②については、イオン性化合物や、双極子モーメントの大きな化合物を合成し、分子集合体の形成と静電気応答性の確認をおこなったが、これまでのポルフィリン誘導体と同様の静電気応答現象を示す化合物を得ることはできなかった。静電気応答性の定量化に関しては、静電量を測定する装置を導入し、静電量と応答性の相関を調査した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】分子集合体、静電気、電場応答

【研究 題 目】構造化ゲルと化学反応場の協働による運動創発

【研究代表者】萩谷 昌己（東京大学・大学院情報理工学系研究科）

【研究担当者】原 雄介（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究課題では、分子ロボットの「スケール拡大」を目的として、ゲル反応場で構成されるスライム型分子ロボットを開発することを目標としている。精密に分子設計された高分子ゲルを反応拡散場としてミリメートルオーダーの非均質な反応空間を生成し、反応生成物の時空間的変化の中で様々な分子デバイス群を動作させることを目指している。さらに、このような仕組みを利用することでゲルアクチュエータを駆動させ、走性のような異方性を必要とする機能を発現するための基盤要素技術を開発する。本年度は、ゲル内部に化学反応場を有する微

粒子ゲルアクチュエータの合成検討を行った。温度応答性等を有する合成高分子など、幅広い高分子素材から微粒子ゲルアクチュエータを簡便に合成することができれば、ゲルロボットに多様な機能を容易に付与することが可能になる。微粒子ゲルアクチュエータを簡便に作製するために、リニアポリマーを出発物質として後架橋によってゲル化が可能な架橋剤の探索を行った結果、目的とする機能を有する架橋剤を見出すことができた。今後は、反応条件の詳細を検討するとともに、ゲルアクチュエータの高速化・駆動変位の増幅を狙った検討を行うことで分子ロボットの性能向上を目指す。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】高分子ゲル、ゲルアクチュエータ、スライム型分子ロボット

【研究 題 目】生物多様性を規範とする革新的材料技術

【研究代表者】下村 政嗣（東北大学 多元物質研究所）

【研究担当者】大園 拓哉（常勤職員1名、他10名）

【研究 内 容】

本新学術領域研究の目標は、生物学・工学・環境科学の異分野連携によって、「生物多様性」に学び「人間の叡智」を組み合わせた新しい学術領域としての「生物規範工学」を体系化し、技術革新と新産業育成のプラットフォームとなる「バイオミメティクス・データベース」を構築するとともに、生物学と工学に通じた人材を育成することを目的としている。本領域は、7つの計画班と総括班から構成され、総括班には、計画班メンバーからなる実施グループ、評価グループ、産学連携グループ、ならびに事務局を置き、以下の課題を中心に実施している。

(1) 各計画班内ならびに班間における異分野融合を効果的に推進するために、主として若手の連携研究者・大学院生を対象にした連携研究課題の募集と支援を行う。(2) 「バイオミメティクス・データベース」作成の進捗を勘案しつつ、ポータルサイトの運用計画を立てる。(3) 「生物と工学の融合」を主題とする講習会を開催する。(4) バイオミメティクス国際標準化の国内審議・認証機関である高分子学会や関連の学協会との密な連携のもと、海外における実用化、産業化など研究開発動向を収集分析する。(5) 領域国際会議、分科会および全体会議を開催する。(6) 本領域の研究成果や国内外の研究動向を発信するホームページを設置する。(7) 博物館が有する生物資源を効率的にデータベース化するため、博物館ネットワーク形成の検討を始める。(8) 博物館機能を利用して、市民講座や定期刊行物等による市民向け情報発信を図り、我が国の科学・技術を文化として育むことに資するとともに、次世代人材育成に寄与する。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】バイオミメティクス、データベース、生物規範工学、自己組織化

〔研究題目〕乱流摩擦抵抗低減のためのポリマー溶出界面の研究開発

〔研究代表者〕安藤 裕友（国立研究開発法人海上技術安全研究所）

〔研究担当者〕増田 光俊、田中 隆司
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

船舶運航における乱流摩擦抵抗の低減は、その省エネルギー化に貢献する。ポリマー等の添加による流体抵抗低減はトムズ効果として知られているが、船舶等の外部流れ場では実用化されていない。一方、船底塗料技術を応用してソフトマター層を固液界面近傍に形成させることで、摩擦抵抗低減の可能性が示されている。しかし、実用化にはポリマー・塗料系の新規界面の構築やポリマー自体の性能向上が必要である。本研究では異分野連携により、界面の流れ場とポリマー分子状態を計測し、ポリマーの溶出、拡散、流体への作用を明らかにする。これらの結果を基に、ポリマーと乱流の相互作用としてのトムズ効果のメカニズムを解明し、適切な特性をもつポリマーとソフトマター界面構築の基礎を確立することを目的とする。

ポリマーの溶解過程における会合特性の制御を目的として表面をコーティングしたポリマー微粒子の抵抗低減効果を評価した。その結果、コーティング前に比べ同効果が増大し、その持続性も若干改善できることがわかった。一方、ポリマーの架橋反応による高分子化では、分子量は増大するものの、むしろ同効果は減少することが明らかとなった。またポリマー・水系の速度場計測に必要な、超高分子量の蛍光修飾ポリマー作製のスケールアップ技術も確立した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕乱流、流体摩擦、抵抗低減、トムズ効果、ポリマー、溶出

〔研究題目〕ゲルポンプ内蔵マイクロチップ分析システムの創生

〔研究代表者〕山口 佳則（大阪大学・工学（系）研究科（研究院））

〔研究担当者〕原 雄介（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、液体クロマトグラフィー分析機構と、分析機構に対象物質を送液が可能な小型ポンプ機構を併せ持った新規マイクロチップの開発を目指している。ポンプ機構をマイクロチップ内に内包させることで、測定時の操作性を簡便化し、ポンプとマイクロチップを接続する際に起こりやすい測定物質の汚染等の問題を解決することが可能である。ポンプを微細化するため、高分子アクトチュエータをポンプの動力源として採用することで、使い捨て利用が可能な液体クロマトグラフィーマイクロチップの作製を行った。ポンプで駆動された溶液によっ

て液体クロマトグラフィー分析をマイクロチップ内部で効率的に行うためには、マイクロチャンネルの直径等、マイクロチップの構造を緻密にデザインすることが不可欠となる。そのため、効率的な液体クロマトグラフィー分析の実現を目指して、移動相を流すためのマイクロチャンネルの直径について検討を行った。その結果、マイクロチャンネルの直径を大きくすることで、移動相への送液安定性を向上させることができた。また、マイクロチップ内部の溶液について蛍光測定を可能にする、LED照明とカメラシステムの検討も合わせて行った。今後は、高分子アクトチュエータやマイクロチップの形状、LEDシステム等を最適化することで、使い捨てが可能な液体クロマトグラフィー・マイクロチップシステムの実用化を目指す。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕分析化学、クロマトグラフィー、マイクロチップ、アクトチュエータ

〔研究題目〕生きる化石「接合菌類」の多様性から読み解く菌類の陸上進出と繁栄

〔研究代表者〕星野 保（機能化学研究部門）

〔研究担当者〕星野 保（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、菌界の進化過程を探る上で重要な鍵を握る“生きた化石”接合菌類について、徹底した一点（温帯）および広域（熱帯）でのインベントリー調査を実施し、得られた新規分類群の菌株・標本に関して、網羅的に塩基配列情報を蓄積し高精度の系統樹構築を行う。また、その系統樹上に肉付けをする進化的イベントとして菌類の陸上化に関わる鞭毛の欠失（細胞分裂装置構造の比較）、菌根の起源（菌根形成能の検討）を解析し、進化過程を反映した旧接合菌門の分類体系の改訂を行うことを目的とする。

本年度、温帯積雪地域の *Pythium* 属雪腐病菌に類縁の *P. barbulae* の菌糸体の凍結耐性の検討を行った。通常、本菌菌糸体は1回の凍結融解処理によりすべて死滅するが、孔径0.2, 1, 5, 10 μm のフィルター上で培養した場合、菌糸がフィルターの孔を通過可能な5, 10 μm のフィルターで培養した菌糸体のみ線損が確認され、その効果は凍結保護材としてグリセロールあるいはトレハロースを添加した場合においても顕著であった。このため、菌糸体の宿主中での凍結耐性の上昇には、宿主の有する凍結耐性機構が重要あり、これを人工的に模した系を構築できることを明らかにした。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕接合菌類、環境適応、生物種多様性

〔研究題目〕マイクロ非平衡場の制御による細胞サイズ分子ロボットの動的自己組織化と自律運動

〔研究代表者〕 瀧ノ上 正浩（東京工業大学・大学院総合理工学研究科）

〔研究担当者〕 原 雄介（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究ではマイクロメートルスケールの非平衡場を構築・制御し、分子を時空間的・動的に自己組織化させ、非平衡場のエネルギーを利用して自律的に駆動する「動的な細胞サイズ分子ロボットの創製と制御」を行うことを目的としている。ひいては、生命システムに見られるような非平衡動的な分子システムを設計・創製・制御するための方法論を構築し、機械制御工学・物質科学・生命科学・情報科学・システム科学等に革新をもたらすことを目指している。このような目的を達成するため、マイクロメートルサイズの非平衡場により分子の自己組織化を制御して細胞サイズのボディを持った分子ロボットを構築することを目指した。本年度は、自律的に駆動する細胞サイズの分子ロボットの創製に向けて、高分子ゲルの駆動源となる Belousov-Zhabotinsky 反応の最適な反応条件について検討を行った。その結果、Belousov-Zhabotinsky 反応を起こすために必要な基質である臭素酸ナトリウム、マロン酸等の酸化剤および有機酸の濃度によって振動波形および振動周波数をコントロール可能な知見を得た。今後は、Belousov-Zhabotinsky 反応の最適な濃度条件等によって自律的に駆動する、細胞サイズの高分子ゲルロボットの開発を高分子の分子設計を含めて行う予定である。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 非平衡場、分子ロボット、高分子ゲル、アクチュエータ、自己組織化

〔研究題目〕 化学発光法を用いた化学材料評価手法の開発

〔研究代表者〕 佐合 智弘（木更津工業高等専門学校）

〔研究担当者〕 佐合 智弘、高田 徳幸
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

有機エレクトロニクスデバイス開発において、キャリア移動機構や発光機構の制御因子を明らかにすることは重要な課題の1つである。特に、電荷トラップのエネルギー準位やトラップサイトに関するデータが取得できれば、不純物や欠陥等に関する情報が抽出できる。さらに、材料やデバイス開発にフィードバックすることで、デバイス性能を飛躍的に向上させることも期待できる。本研究では、熱ルミネッセンス（TL）法を用いて、有機材料・薄膜デバイスにおける電荷トラップ情報（トラップ準位・トラップサイト）の可視化について検討した。ここで TL 法は、低温時に光照射等で試料内部・界面に分極やトラップ電荷を形成させ、昇温過程での脱分極現象や脱トラップ現象を発光として観測する手法である。

本年度は、高効率有機 EL の発光材料として注目され

ているイリジウム錯体を用いて、そのトラップ準位やトラップサイトに関する情報の抽出を試みた。TL 計測は、暗闇・窒素雰囲気下、室温～160℃の温度範囲で行った。イリジウム錯体の TL グロー曲線から、44℃と152℃に相当するエネルギー深さのトラップがあることが分かった。それらは、光照射により形成されるトラップ（44℃）及び酸素の存在により活性になるトラップ（152℃）であることが分かった。さらに光と酸素が共存することで活性になるトラップサイトが存在することも明らかにした。これらは有機材料の電子準位が酸素や光に影響されやすいことを意味しており、熱ルミネッセンスがキャリア移動度や劣化機構を解析する上で、有効な評価法になり得ることを示唆している。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 熱ルミネッセンス、フーリエ変換型分光光度計、イリジウム錯体、トラップ準位、有機エレクトロニクスデバイス

〔研究題目〕 イオン液体の機能設計とアンモニア分離回収技術への応用

〔研究代表者〕 牧野 貴至（化学プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 牧野 貴至（常勤職員1名）

〔研究内容〕

アンモニアは化学産業において最も多く生産される物質であり、化学原料だけでなく、水素貯蔵媒体や燃料電池等のエネルギー源に利用される。アンモニア製造プロセスは一般に多大なエネルギー量を必要とし、全消費エネルギーの3割を分離回収工程が占める。本研究では当該工程の省エネルギー化を達成すべく、イオン液体を用いた高温高压条件下におけるアンモニア分離回収技術の確立に向けて、アンモニア吸収量と回収量に優れたイオン液体（室温近傍に融点を持つ液体の塩で不揮発かつ難燃の溶媒）の開発に取り組む。

平成27年度は、カチオンにプロトン供与性置換基を有するイオン液体に注目し、イオン液体の分子構造とアンモニア吸収量の関係を、平衡物性測定と分光分析により調べた。プロトン供与性置換基で修飾された側鎖を持つイミダゾリウム塩とアンモニウム塩は、置換基のプロトンとアンモニアが強く相互作用（化学吸収）し、従来イオン液体と比較して、多量のアンモニアを吸収することを明らかにした。同様に、アンモニア吸収特性に対するアニオンの効果を調べ、物理吸収されたアンモニアがアニオンと主に相互作用すること、アニオン種がアンモニアの化学吸収量および回収量に強く影響することを見出した。以上より、カチオンの置換基とアニオンを適切に選択することで、プロセスに応じてアンモニア吸収特性を最適化することができる。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 アンモニア、イオン液体、省エネルギー

〔研究題目〕セルロースから化学品への直接合成を実現する環境調和型触媒反応システムの構築

〔研究代表者〕山口 有朋（化学プロセス研究部門）

〔研究担当者〕山口 有朋、村松 なつみ
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

循環型社会構築のために化石資源などの枯渇性資源ではなく、再生可能な資源を化成品原料として利用する研究が求められている。特に、食糧と競合しない非可食性のセルロースから有用物質に変換する技術が重要である。

本研究では、非可食性バイオマス資源であるセルロースを直接イソソルビド（高機能化成品原料や医薬品原料）に変換する担持金属触媒および反応システムの開発を行った。この研究により硫酸などの強酸を使用せず、水素化分解反応・脱水反応を水溶液中にてワンポットで進行させる新しい環境調和型化学を開拓できる。現行の技術でセルロースから複数の反応ステップを経ることでイソソルビドへ変換可能であるが、最終ステップとなるソルビトールの脱水反応によるイソソルビドの生成は、強酸である硫酸を用いる必要がある。従って、反応後に中和・中和により生成する塩の分離・生成物の精製と煩雑な過程が必要である。本反応プロセスでは、反応後の中和操作が不要であり、非可食性バイオマスのセルロースから有用化学物質であるイソソルビドへと一段階で変換可能とする。

セルロースの水素化分解反応・ソルビトールの脱水反応を水溶液中にてワンポットで進行させる高活性な担持金属触媒と固体酸（イオン交換樹脂）の開発および反応条件の最適化を行った。担持金属触媒としてルテニウム／カーボンブラック、イオン交換樹脂として Amberlyst 70 を使い、反応条件を最適化することによりセルロースからイソソルビド（収率55.8%）への変換が可能であることを明らかにした。セルロースの有効利用の新たな技術として期待される。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕セルロース利用、担持金属触媒、高温水反応場

〔研究題目〕微小空間の移動現象に着目した気液固触媒反応器の設計法構築と C1 化学への応用

〔研究代表者〕福田 貴史（化学プロセス研究部門）

〔研究担当者〕福田 貴史（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、反応流体の濃度・温度の迅速な均一化が可能な微小空間の特徴を取り入れた化学反応装置、いわゆるマイクロリアクターを用いて、高生産性（ハイスループット）とコンパクト化を両立させたプロセス開発を目的としている。気液固三相系のような複雑プロセスまで

広くカバーした設計指針の構築を目指すべく、本年度は気固触媒反応の検討に取り組んだ。反応系は C1 化学において基本的かつ地域資源にもなり得るバイオガスの有効利用を想定して、メタンのドライ改質を選んだ。この反応を、一般的に使用されることが多い充填層型反応器で実施した場合、コーキング（炭素析出）による流路閉塞とそれによる圧力損失の増大を伴い得るため、マイクロリアクターの一形式であるプレート型反応器を選んだ。試作したプレート型反応器は部品変更によってプレート間の流路幅や触媒層の深さを変更可能であり、この反応器の壁面に設置された Ni 系固体触媒と反応ガスとの接触に要する物質移動距離を種々に調整することで、各々のメタン転化率を反応実験から得た。メタン転化率と反応空間の寸法から概算される滞留時間、物質移動や反応に要する代表時間の比率をとった無次元数との関係をまとめた結果、 10^2 倍の比率をとることで反応律速域の性能が得られることがわかり、気固触媒反応系におけるプレート型反応器の設計指針を実験データに基づいて提示できた。例えば、この指針に基づいて許容できる最大限の流路幅を設定できれば、ハイスループットとコンパクト化を両立させた反応装置開発が期待できる。なお、充填層型反応器との比較から、同程度のメタン転化率において低圧力損失を維持した安定運転も確認できた。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕マイクロリアクター、プレート型、ハイスループット、コンパクト、C1 化学、流路閉塞、圧力損失、反応器設計

〔研究題目〕メタロミセルの化学環境の理解と高効率水中触媒反応への応用

〔研究代表者〕平 敏彰（化学プロセス研究部門）

〔研究担当者〕平 敏彰（常勤職員1名）

〔研究内容〕

省エネルギー・低環境負荷の観点から、化学品の製造において、高効率かつ廃棄物量の少ないプロセスの活用が望まれている。水を媒体とする触媒反応は、特異な反応・分離特性を示すだけでなく、有機系廃液の排出量を削減できることから低環境負荷で安全面などの点で優れる。本研究では、水に溶けない基質を分散化させて反応を促進する界面活性パラジウム触媒、及びこれを活用した高効率な水中クロスカップリング反応の開発を目的とした。

本年度は、まず界面活性パラジウム触媒の溶液物性の評価を進めた。その結果、新規に合成したパラジウム触媒は水の表面張力を 33.2 mN/m まで低下させ、水中で約 32 nm のミセルを形成することを明らかにした。パラジウム触媒の優れた界面活性により、水に溶けない油状基質を加えて攪拌することで、安定なエマルジョンを得た。光学顕微鏡による観察から、エマルジョン溶液中では、数ミクロン程度の油状基質の液滴が分散している

ことを確認した。水と油状基質の界面張力測定を行ったところ、パラジウム触媒が基質の界面張力を11.8 mN/m まで低下させることを明らかにした。次に、界面活性パラジウム触媒を活用した水中クロスカップリング反応を検討した。水に溶解した界面活性パラジウム触媒に油状基質を加えて室温で攪拌することでエマルジョンを得、さらに塩基を加えて反応を行ったところ、目的生成物を高収率で得ることに成功した。本反応系は、界面活性がなくエマルジョンを形成出来ない一般的なパラジウム触媒を用いて反応を行うよりも、高収率で生成物を与えたことから、エマルジョンの構築が水中クロスカップリング反応の効率化にとって重要であることを明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】水中触媒、エマルジョン、クロスカップリング反応

【研究 題目】金属有機構造体を用いた反応分離膜の開発

【研究代表者】原 伸生（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】原 伸生（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究課題は、新規な多孔性物質として注目される金属有機構造体（MOF）の規則細孔中に、脱水素能を持つ金属ナノ粒子触媒を固定化した反応分離 MOF 膜の開発を目的としたものである。反応と分離の両プロセスを一体化した反応分離プロセスは、化学プロセスの省エネルギー化とコンパクト化に向けて有効である。特に触媒を担持した触媒膜を用いる場合には、物質変換および生成物質の分離を同時に行うことができ、従来の固体触媒充填型の反応器と比較して触媒使用量も低減できる。開発にあたっては、多孔質支持体の表層近傍において、気体分離層として MOF の緻密層を形成する手法の開発、気体分離層の外側に触媒 MOF 層を形成する手法の開発、そして各層の構造を制御する手法の開発が必要である。

今年度は、反応分離 MOF 膜の開発に向けて、多孔質支持体の表層近傍において MOF の一種である ZIF-8 の緻密層を形成する手法の検討を行った。反応分離 MOF 膜には、水素等の高い透過率が必要とされるが、これを達成するためには緻密層の厚さを極めて薄くすることが不可欠である。本年度は、多孔質支持体の表面近傍に形成する気体分離層の緻密層の厚さの低減を目的として、反応条件の検討に取り組んだ。得られた緻密層の構造評価を行い、緻密層の厚さを低減するために必要な条件の検討を行った。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】膜分離技術、気体分離膜、金属有機構造体

【研究 題目】蛍光と光触媒作用を同時に示すマルチモ

ーダルな光エネルギー変換材料の創製

【研究代表者】竹下 覚（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】竹下 覚（常勤職員1名）

【研究 内容】

蛍光体とは、ある波長の励起光を吸収し、別の波長の蛍光を発する物質である。すなわち、光エネルギー→光エネルギー変換材料である。光触媒とは、光のエネルギーを吸収し、化学反応（本来自発的に進行しないものを含む）を加速する物質である。すなわち、光エネルギー→化学エネルギー変換材料である。従来、蛍光体は蛍光体、光触媒は光触媒としてのみ、それぞれ単一の光エネルギー変換モードのみを有する材料として扱われてきた。たとえば量子収率50%の蛍光体は、100の光子を吸収して50の光子を蛍光として発し、残りは表面欠陥などを介した再結合により熱損失になることが定説とされてきた。そこで本研究では、表面での損失の一部を光触媒作用に利用できる材料を設計し、励起光のエネルギーを蛍光と光触媒作用の2つのモードに同時に変換するマルチモードな光エネルギー変換材料を提案する。モデル材料として Eu^{3+} ドープ YVO_4 を選択し、水溶液プロセスによって上記化合物のナノ粒子を作製した。得られたナノ粒子が、紫外光照射下において Eu^{3+} による赤色蛍光と有機色素の光触媒的分解作用を同時に示すことを明らかにした。また、蛍光と光触媒作用の間には相補的な関係があり、制御して一方のモードを優先的に引き起こせることを示した。さらに、光触媒の非分解物である表面有機物が還元作用を有する場合にのみ、紫外光の連続照射によって蛍光強度が低下することがわかり、蛍光を利用した還元剤のセンシングに応用できる可能性が示唆された。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】光触媒、蛍光体、ナノ粒子、金属酸化物、液相合成、光エネルギー変換

【研究 題目】高温高圧水マイクロプロセスによるスーパーエンプラ基幹原料の環境調和型効率合成

【研究代表者】長尾 育弘（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】長尾 育弘（常勤職員1名）

【研究 内容】

化学産業の「国際競争力の強化」や「拠点の国内回帰」への強い要請から、「低コスト」かつ「簡素」であり、しかも、「環境に調和」した有機合成手法の開発は重要な課題となっている。超臨界・亜臨界水の性質を活かした有機合成反応は、そうした観点から大変魅力的である。なぜなら、水は、1)地球上で最も豊富に利用できる溶媒（実質的に無尽蔵）であり、安価である、2)常温・常圧で安定な液体であり、揮発性が低く、取り扱いが容易である、3)毒性が無い、などの優れた特性を有するからである。その上、水は、超臨界・亜臨界領域において「極

性の低下」や「イオン積の増大」、「拡散係数の増大」などの特性を示すため、1)有機溶媒の代替として活用できる、2)酸・塩基反応剤・触媒として活用できる、3)反応前後の極性の違いを利用することにより精製行程を簡素化できる、4)反応を短時間化・高速化できる、などの様々な可能性をも秘めているからである。

一方、主要化学工業製品の一つにスーパーエンジニアリングプラスチック（スーパーエンブラ）がある。たとえば、その代表例とも言えるポリイミド樹脂は、その突出した耐熱性のために、長年、航空宇宙産業や電気産業などにおいて広範な需要を形成してきた。最初に市場に投入されたのがすでに50年の昔になるにもかかわらず、近年のエレクトロニクス産業の繁栄とも相俟って、現在もその需要の増加は止まるところを知らない。従って、ポリイミドをはじめとするスーパーエンブラやその原材料となる前駆体を効率よく合成する手法の開発は、スーパーエンブラ材料の「低価格化」や「特性の向上」、「新機能の発現」などに直結するため、極めて重要な課題と言える。本研究は、「スーパーエンブラの基幹原料の環境調和型効率合成手法を確立することを目指して、超臨界・亜臨界水中において遷移金属触媒カップリング反応を検討する」ことを目的とする。

【領域名】材料・化学

【キーワード】超臨界流体、マイクロ化学プロセス、スーパーエンジニアリングプラスチック、クロスカップリング、低環境負荷、化学製造プロセス

【研究題目】高品質酸化ナノ粒子製造のための核発生と成長過程の厳密評価用マイクロデバイス開発

【研究代表者】陶 究（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】陶 究、伯田 幸也（常勤職員2名）

【研究内容】

マイクロ流体デバイス（MFD）を用いた連続水熱法において、粒径分布が狭く平均粒径を制御した酸化ナノ粒子（NPs）の製造には、不均質核発生・成長（HN-G）による粒径分布の拡大や多峰化等の回避が不可欠である。本研究は、この課題を解決可能なMFDを開発して有用性を実証し、核発生・成長過程を解析して所望の特性を有するNPsの設計指針を得ることが目的である。均質かつ微細なNPsの合成には、数百ミリ秒以下の滞在時間での高温高圧水と原料金属塩水溶液の混合（昇温）の完結と高過飽和比の付与が不可欠である。この達成には、過飽和比制御用のアルカリ水溶液との混合方法も重要である。これら3液の混合において、旋回流の導入により急速混合（昇温）を達成しつつ、HN-Gを抑制するためにMFDの構造を最適化した。反応速度が遅く粒径制御が難しい $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ からの ZnO 合成系に開発したMFDを適用した結果、顕著な性能向上を確認した。

本年度は、旋回流を利用した3液混合のためのMFDにおいて、最重要な混合直前までの原料温度の常温制御構造を強化した改良型MFDを開発し、核発生過程の高度な制御を可能とした。また、核発生後の成長過程の制御を目的とし、MFDを連結させることで原料の2段供給が可能なシステムを構築し、1段目で核発生過程を、2段目で成長過程を制御する手法について検討を行ない、粒径を制御したNPsの設計指針を整理した。以上は水溶性原料を使用できる系での検討であるが、Tiなどを含む酸化物の合成には、 TiO_2 -NPsなどの不溶性原料を含む系での核発生・成長過程の把握と制御が不可欠となる。そこで、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ と TiO_2 -NPsを原料とした CaTiO_3 -NPs合成を対象に生成機構を解析し、不溶性原料を含む系での核発生や成長過程の制御因子についても整理した。

【領域名】材料・化学

【キーワード】金属酸化物、ナノ粒子、高温高圧水、連続製造、マイクロミキサー、マイクロリアクター

【研究題目】次世代水電解型水素製造プロセス実現のための耐熱耐圧耐食性電気化学マイクロセル開発

【研究代表者】陶 究（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】陶 究、伯田 幸也、浅井 幸
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

高温高圧場でのアルカリ水電解による次世代水素製造プロセスのための基盤技術開発を目的としている。水電解は高温、高圧、高アルカリ濃度ほど性能が向上するため、高温高圧アルカリ水電解法は有効な水素製造法の1つと考えられている。一方、装置、電極、セパレータの腐食や耐久性の問題から、安全面やコスト面を含めて装置作製上の課題が多いため、商用での最高温度は90℃程度であり、性能の向上が顕著な高温高圧域での実用化には至っていない。

本研究では、耐熱、耐圧、耐食性に優れたマイクロ電極を含む新規な構造の電気化学マイクロセルを提案、開発するとともに、常温から400℃、常圧から50 MPaにおけるアルカリ水電解を実施し、プロセス化に不可欠な電流電圧曲線や水素生成速度といった基盤データを蓄積し、提案するプロセスの有用性を例証することを目的としている。

本年度は、ナノ粒子充填構造を利用したマイクロ電極の作製方法について、粒径や種類の異なるナノ粒子を用いて最適な電極への粒子塗布・固定化方法について検討した。また、併せて、耐圧性、耐熱性、耐食性、絶縁性をより確実に維持できる電極作製方法についても検討した。その結果、絶縁耐食材である Al_2O_3 や TiO_2 等のセラミックスを金属の機械加工と同程度の寸法公差

(±0.03 mm) で微細加工できることが分かった。実際に耐食絶縁部を作製し、シール性、絶縁性等の性能を確認した。また、電流電圧データを計測する電気化学測定装置を導入し、基本となる計測システムを構築した。さらに、発生水素をオンラインで分析するためのガスクロマトグラフィシステムを開発した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】アルカリ水電解、水素製造、高温高圧、電気化学マイクロセル、マイクロリアクター

【研究 題目】新規ヘミセルロース変換プロセス開発によるバイオマスカスケード利用モデルの構築

【研究代表者】佐藤 修（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】佐藤 修、増田 善雄（常勤職員2名）

【研究 内容】

水-超臨界二酸化炭素二相反応系内で実バイオマスで固体酸触媒で処理する、環境調和型のヘミセルロース-フルフラール変換プロセスの開発を行う。具体的には、温度・圧力等の反応条件とヘミセルロース変換率、反応生成物収率、および二酸化炭素抽出効率との相関関係を明らかにするとともに、セルロース含有率が高まった反応残渣に対する種々のセルロース変換反応を試み、セルロース利用のための前処理プロセスとしての最適化を同時に図る。得られた知見を基に、プロセスモデルを構築、エネルギー収支計算を行い、効率的な新規バイオマスカスケード利用モデル提案を3年目に行う。

平成27年度（1年目）は、キシロース等の五炭糖類をフルフラールに変換する固体酸触媒の選定と、温度、圧力等の反応条件が高温水中でのキシロース-フルフラール変換反応に与える影響について検討を行った。

耐熱性樹脂および各種 H 型ゼオライトのなかでは、強酸型イオン交換樹脂の Amberlyst 70と、モルデナイトおよび CHA 型のゼオライトで、フルフラール収率および選択率の改善が見られた。

更に Amberlyst 70を用いて、キシロース変換反応の条件検討を行ったところ、反応温度170℃の二酸化炭素流通条件（20 MPa）下で、フルフラール収率は55.2%に達した。これは水-トルエン二層反応系の45.2%を大きく上回るもので、生成するフルフラールを連続的に系外に抽出する水-二酸化炭素系が固体触媒を併用する反応媒体として有用であることを明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】バイオマス、フルフラール、固体酸触媒

【研究 題目】超臨界水還元法による銅ナノ粒子の合成及び配線用銅ナノインクの調製

【研究代表者】林 拓道（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】林 拓道、中村 考志、和久井 喜人、

蛭名 武雄（常勤職員4名）

【研究 内容】

本研究は、分散安定性及び耐酸化性が高く、低温焼成可能な銅ナノインクの作製を目的に、超臨界水還元法による金属銅ナノ粒子の合成について、表面修飾剤の探索、水熱合成条件の検討を行い、表面修飾銅ナノ粒子の連続合成技術の確立を目標とする。

本年度は、表面修飾剤としてポリアクリル酸（PAA）を用いて流通式超臨界水還元法による銅ナノ粒子合成について検討した。1)銅前駆体として PAA 水溶液への溶解性から2-エチルヘキサノ酸銅を選択した。pH の影響として、KOH 添加量を変えて合成したところ、KOH 無添加系では、銅ナノ粒子の生成は認められず、KOH/PAA=1で粒子径80 nm、KOH/PAA=2で粒子径50 nm となり、pH による過飽和度の違いにより粒子径が制御可能であった。2)銅ナノ粒子分散・耐酸化安定性への溶媒の影響として、分子量5,000の PAA ではメタノール中で、分子量25,000の PAA では1-プロパノール中で長期安定性が確認された。親和性の高い溶媒中で PAA の固有粘度が最大となることから膨潤した高分子鎖が銅ナノ粒子表面と酸素との接触を抑制するものと推察される。3)分子量25,000の PAA について銅ナノ粒子の1-プロパノール分散液を濃縮し、銅ナノインクを調製した。ガラス基板に塗布、3%水素-窒素気流中320℃焼成で電気抵抗 $1.4 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$ と十分実用的な電気伝導性を発現した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】銅ナノ粒子、超臨界水還元法、流通式水熱合成、耐酸化性、導電性銅ナノインク

【研究 題目】特異環境場における輸送物性の計測法開発と現象解明

【研究代表者】金久保 光央（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】金久保 光央（常勤職員1名）

【研究 内容】

低環境負荷型の化学プロセスの構築を目的として、極低温や高温、高圧、電場印加、極微小空間などの特異的環境下における輸送現象の計測ツールを新たに開発する。計測ツールとしては、適用対象が広い磁場勾配パルス核磁気共鳴（PFG-NMR）法に注目し、様々な条件において高精度測定が実現可能な計測法の開発を進める。これにより、超臨界流体やイオン液体などの新しい低環境負荷溶媒の機能解明を行い、平衡物性と輸送物性の双方から化学工学的な基礎基盤技術の構築を進める。

平成27年度は、PFG-NMR 法による自己拡散係数の測定に当たり、幅広い温度において試料温度と磁場勾配パルス強度の校正を行った。試料温度は室温近傍で±0.05℃内で精密に制御でき、磁場勾配パルス強度は温度に依存せず一定の値（±3%以内）を示した。また、サ

ンプル固有の自己拡散係数と位相緩和時間に対して、種々のパラメータ（磁場勾配パルスの強度、磁場勾配パルスの幅、および拡散時間など）の最適条件を導出した。共同研究先と共通のイオン液体試料の自己拡散係数を測定したところ、誤差範囲内で一致し、測定手法と装置の健全性が確認された。一方、既存の高圧セルを用いて、CO₂を加圧、吸収させたイオン液体（1-アルキル-3-メチルイミダゾリウム テトラフルオロボレート）の電気伝導度を決定したところ、電気伝導度はCO₂吸収に伴い著しく増加し、飽和圧力以降はほぼ一定となることが明らかになった。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】NMR、パルス磁場勾配法、自己拡散係数、電気伝導度、イオン液体、二酸化炭素

【研究 題 目】木材資源（セルロース）から高分子原料を製造するための触媒反応技術の開発

【研究代表者】三村 直樹（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】三村 直樹（常勤職員1名）

【研究 内 容】

バイオマス原料に特有の元素組成、分子構造などを生かすことにより、石油化学では合成が困難な機能性化合物を効率的に製造する手法の開発を行う。具体的には、セルロースを高分子の原料に変換して使用するために必要な触媒反応技術の研究する。開拓する反応経路は木材資源中のセルロースを原料として、グルコースを経由して樹脂原料等の前駆体となる、ヒドロキシメチルフルフラール（HMF）を合成するルートであり、この反応を、「水だけを溶媒にする」「有害な金属成分を触媒に使用しない」という2つの条件を満たしたグリーンなワンポットまたはワンパス反応として実現することを目的として研究を実施した。

研究手法は以下のように計画した。当初は「グルコースからHMFの製造」に取り組み、ハイドロキシアパタイト（HAP）のようなリン-カルシウム系材料をベースとした触媒を開発し、水だけを溶媒に用いた反応を実現させるために必要な温度や時間などの条件検討を行う。

「HMFの酸化によるフランジカルボン酸の製造」では、HMF酸化に適したAu-Pdナノ粒子触媒を開発する。このナノ粒子触媒は代表者が取り組んでいるグリセリンの酸化に用いて効果的であった触媒の構造を解明することによって、類似の酸化反応機構であるHMFの酸化にも高活性である触媒が開発できると見込まれる。

水に溶解しにくく、難易度の高いセルロースを用い、異性化、脱水、酸化と異なる触媒反応をワンポットまたはワンパスで行うための触媒を開発し、反応条件の最適化を行う。そして、最終的な到達目標である「木粉などの実際のバイオマス原料の使用」による高分子原料または前駆体の合成を実現する。

研究期間を通して、触媒と原料のキャラクタリゼーションを行い、触媒および原料の状態と、その効果を明らかにして、反応活性の向上のためにフィードバックする。25～27年度の研究期間内に以下の成果を得た。

- (1) グルコースを出発物質としたHMFの合成に成功した。（収率44%）
- (2) セルロースを原料に使用したHMF合成に成功した。（収率35%）
- (3) 天然物やセルロース含有資源を原料としたHMF合成に成功した。（木粉を原料とした場合、収率35%）
- (4) リン酸カルシウム触媒の幅広い適用性の検討を行い5炭糖（キシロース）の変換にも使用できることを見出した。
- (5) カルボン酸合成に有効な貴金属触媒の分析を行い貴金属触媒の構造解明を行った。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】バイオマス、セルロース変換、触媒反応

【研究 題 目】有機テンプレートを用いない高シリカケージ型大空間ゼオライトの革新的合成手法の開拓

【研究代表者】上村 佳大（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】上村 佳大（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、CHA型をはじめとする有用なゼオライトを種結晶添加法により完全な有機テンプレートフリー条件下で合成することを目標とする。これまでのテンプレートフリー合成に関する文献を参照しながら、従来法で合成したSSZ-13ゼオライトを種結晶（第一世代）として、テンプレートを含まない反応混合物ゲルに添加した。その後水熱処理を施すことで、CHA型構造を有するゼオライトをテンプレートフリーで合成した（第二世代）。更に、得られた生成物（第二世代）の一部を種結晶としてテンプレートを含まない同組成の反応混合物ゲルに添加し、水熱処理を施すことで、再度CHA型構造を有するゼオライト（第三世代）が結晶化することがわかった。この結果は、CHA型を完全なテンプレートフリー条件下で繰返し合成可能で、低コストで低環境負荷なゼオライト合成技術に展開できると期待される。また、窒素吸脱着測定の結果、第二および第三世代のCHA型は、マイクロ細孔を形成していた。しかし、種結晶と比較すると第二および第三世代のCHA型の結晶性が低く、マイクロ細孔容積が小さいことがわかった。本研究に関連して、モデルゼオライトとしてβ型ゼオライトを選択し、CO₂吸着熱を評価した。NMR等の結果と併せて考察した結果、β型の骨格中Alの分布がテンプレートを用いる従来法とテンプレートフリー合成法で異なることがわかった。骨格中のAl分布はゼオライトの耐久性、触媒特性、吸着特性等に影響するため、今後は結晶性の高い第二および第三世代のCHA型ゼオライトをテンプレートフリ

一で合成し、上記の評価手法を応用して、引き続き性能評価を実施する。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕ゼオライト、有機テンプレートフリー、合成、多孔体、CO₂

〔研究 題目〕Molecular level studies of advanced phosphide catalysts with high activity in hydrodeoxygenation

〔研究代表者〕阪東 恭子（化学プロセス研究部門）

〔研究担当者〕阪東 恭子（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究では、バイオオイルを脱酸素により改質するプロセスに使用する担持金属触媒を対象とし、その担持金属触媒の脱酸素反応における活性サイト構造や脱酸素反応の反応機構を解明するため、反応条件下で X 線吸収端微細構造解析 (XAFS) による観察を行い検討することを計画し実施した。特に、触媒の金属活性サイトとその上で反応しているバイオオイルのモデル化合物を同時に観察することにより、触媒の金属サイトの電子状態、配位構造とモデル化合物の反応性の相関を調べることを目標としている。H27年度は H26年度に引き続き、ガンマバレロラクトン (GLV) を水素流通下で担持 Ni 触媒を用いて反応を行ったときの in situ XAFS 測定を高エネルギー加速器研究機構放射光科学研究施設 (PF) BL9C にて実施した。測定には、通常の気相反応の in situ XAFS 実験に用いられるセルを使用し、窓材には 125 マイクロメートルの厚みのポリイミドフィルムを使用し、反応系をすべて保温し、GLV をガス化することで、上記反応条件での観察を実施した。H26年度も同様に実験を行っていたが、データの解析の結果、反応が正常に進行していなかったことが判明していたので、その点を改善し、GVL 脱酸素反応中の Ni 活性サイトの構造・電子状態変化に関する情報を得ることができた。今後は、赤外吸収測定と組み合わせた同時測定の実施を検討する計画である。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕バイオオイル改質、Ni 触媒、X 線吸収端微細構造解析、その場測定

〔研究 題目〕東南極の湖沼におけるコケ坊主生物圏のゲノム解析

〔研究代表者〕松浦 俊一（化学プロセス研究部門）

〔研究担当者〕松浦 俊一（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究では、南極湖沼から採取した未知微生物由来の遺伝子情報を基に新規の有用酵素（低温酵素）の作製を試み、機能性化学品合成への適用可能性を検証した。

酵素を利用する機能性食品や医薬化合物の製造では、対象化合物の熱安定性が低いため、低温（10℃以下）

での反応が理想とされるが、工業的に利用される中温酵素の反応性（至適温度が30℃以上）に課題があった。低温環境微生物起源の酵素の活用は、低温域での高効率の機能性化学品の製造に有効であることが期待できる。

南極の湖沼生物圏から分離された新規の好冷性細菌のゲノム解析を行った結果、大半のタンパク質遺伝子において低温酵素に特徴的なアミノ酸組成が示された。そこで、本年度は、極限環境微生物由来の低温酵素として、g-グルタミルトランスフェラーゼ (GGT、南極および北極由来、全5種類) の無細胞タンパク合成系による合成と精製を試みた。合成時に分子シャペロンタンパクを添加した結果、GGT の適切な高次構造の形成が促進され、当酵素の精製効率が著しく向上した。また、ここで精製された GGT (5種類) はグルタミンの加水分解活性を有しており、このうち1種類の GGT では転移反応による機能性アミノ酸 (テアニン) の合成能が認められた。

以上、本研究により、低温環境微生物起源の新規酵素の合成法および精製法における実験系が構築され、さらに当酵素による機能性化学品合成の実行可能性が示唆された。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕極限環境、微生物、低温酵素、タンパク発現、機能性化学品合成

〔研究 題目〕ppb レベルのナノ薄膜試験紙、実用化のための基盤技術の深化と環境試料による評価

〔研究代表者〕和久井 喜人（化学プロセス研究部門）

〔研究担当者〕和久井 喜人（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究は、長岡技術科学大学が代表として実施している科研費研究を、分担して実施した。本研究では、量産、高精度、汎用性に優れた1)有機ナノ粒子作製技術の確立、2)比色試薬ナノ粒子の反応性におけるサイズ効果の検証、3)ナノ薄膜への浸透および反応性制御を基盤技術として深化させ、さらに分離の難しいイオンに対する4)妨害除去技術の確立および5)ppb レベルの化学状態分析を行い、環境試料の実測を通して、ポテンシャルを評価することを目標とする。

平成27年度は、昨年度に引き続き (2-エチルヘキシル) ジチオカルバメート銀錯体を担持したガラスファイバーフィルターを用い、水中の微量ヒ素を水素化物として揮発・接触させることによる目視検出法の改良を行なった。マグネシウムとクエン酸を用いたアルシン発生に伴い微細なミストが発生しこれが発色膜に達することで変色が発生したがテフロン製プレフィルターにより除去された。還元剤としてアスコルビン酸を用いることでセレンが H₂Se として揮発することが抑止され、ヒ素の検出の妨害とならなくなった。ICP による測定で発生し

たアルシンの約94%が検出膜で捕捉された。また漏出したアルシンはゼオライト粉末を充填したカラムにより効率的に吸着除去された。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕ヒ素、(2-エチルヘキシル)ジチオカルバメート銀錯体、目視分析、簡易計測、水素化物

〔研究 題目〕イオン液体を利用した環境調和型 CO₂ 吸収分離再生プロセスの開発

〔研究代表者〕牧野 貴至 (化学プロセス研究部門)

〔研究担当者〕牧野 貴至 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

イオン液体は、イオンのみから構成され、室温近傍に融点を持つ液体の塩である。不揮発性、難燃性、低い比熱、高い CO₂ 吸収特性等の特徴を有するため、従来の CO₂ 吸収液の課題を解決できる溶媒として注目されている。本研究では、高分圧 CO₂ 発生源における省エネルギー脱炭酸プロセスの実用化を目指し、高 CO₂ 吸収量、低粘度、低コストなイオン液体吸収液の開発に取り組む。そのためには、CO₂ 吸収特性や物性の変化、共存ガスに対する選択性等を明らかにし、イオン液体の設計指針を得る必要がある。

平成27年度は、ホスホニウム系 (耐熱性向上) やアミジニウム系 (製造コスト低減) イオン液体およびイオン液体と分子性溶媒の混合液 (製造コストと粘度の低減) の物性を測定した。ホスホニウム系およびアミジニウム系イオン液体の電気伝導度は、一般的な温度依存性を示し、イミダゾリウム系イオン液体よりも低いことを明らかにした。また、ホスホニウム系イオン液体水溶液の熱容量はイオン液体と水の間位置すること、カチオン構造に依存して特殊な相分離挙動を示すことを見出した。相分離挙動を適切に制御できれば、高効率な化学反応・分離プロセスの場として利用できると考えられる。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕二酸化炭素、イオン液体、省エネルギー

〔研究 題目〕シリカ膜マイクロカプセルを用いた自己修復性炭素繊維強化ポリマーの開発

〔研究代表者〕藤原 正浩 (化学プロセス研究部門)

〔研究担当者〕藤原 正浩 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

近年、繊維強化ポリマー (FRP) は優れた強度性能を有していることより、航空宇宙・自動車等の幅広い分野への適用が期待されている。しかしながら、FRP は使用中に微小な内部損傷が容易に発生し、突発的な破壊を引き起こすという問題点があり、その安全性・信頼性の確保が必要になっている。一方、FRP 廃棄物の増加による環境負荷も問題である。そこで、その優れた特性を長期間維持できる FRP を創出するため、内部損傷を

自己修復機能によって実現し、安全性・信頼性を高め、同時に環境負荷低減を目指す必要が高まっている。

本研究は、ポリマー修復剤を内包した耐熱性の高いシリカ・マイクロカプセルを、炭素繊維ストランドを空気で広げてポリマーの含浸性を改善した開繊炭素繊維ストランドを組み合わせて強化繊維の間にシリカ・マイクロカプセルを均一配置した、自己修復性を有する炭素繊維強化ポリマー (CFRP) 積層材料の開発を目標とする。優れた初期特性と自己修復機能を両立させ、構造物の安全性・信頼性を飛躍的に向上させた新規 CFRP 積層材料の創成を当面の目的とする。

具体的には、優れた修復剤包含能を持ったシリカ・マイクロカプセルの開発、自己修復 CFRP 積層材料の作製と層間引張・せん断試験による自己修復効果の評価、マトリックスのナノコンポジット化による初期強度の向上、自己修復 CFRP 積層材料の衝撃後圧縮強度 (CAI) 試験による自己修復効果の評価、および自己修復 CFRP 積層材料の損傷進展解析と内部微視構造の最適化等を研究する。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕シリカ、マイクロカプセル、中空粒子、ポリマー、自己修復材料、炭素繊維

〔研究 題目〕パラジウムクラスターによる窒素と水からのアンモニア生成触媒反応

〔研究代表者〕阪東 恭子 (化学プロセス研究部門)

〔研究担当者〕阪東 恭子 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

本研究では、パラジウム表面で窒素と水との反応によって生成するアンモニア等の窒素化合物を X 線光電子分光法 (XPS) や質量分析、赤外分光等で明らかにすることを目的として実施した。窒素原子を含む化学種を超高真空したアルゴンスパッタでクリーニングしたパラジウム表面に吸着、あるいは生成させ、それらの N 1s 電子束縛エネルギーを XPS で調べた。その結果、パラジウム表面でのこれらの化学種の Ni 1s 束縛エネルギーは、以前に研究した担持タングステンクラスターの場合値とほぼ同じであることが分かった。これにより、パラジウム表面上での窒素と水素の反応の解析の妥当性が検証できた。つぎに、クリーニングしたパラジウム表面に大気中でアンモニアを吸着させその表面を XPS で観察した。その結果、パラジウム表面にアンモニアが解離して生成した NH 種が存在することが分かった。この表面に水素を室温で吹き付けると、アンモニア、NH のどちらの表面濃度も減少する。アンモニアは水素が解離して生成した水素原子により置換され脱離するのに対し、NH はアンモニアより初期脱離速度が速く、これは、NH が水素原子と会合脱離するためと推定された。また、パラジウム表面に水素と窒素を同時に吹き付けるとパラジウム表面にアンモニアが生成することも確認され、窒素原子、

NH が吸着したパラジウム表面では窒素分子の活性化が促進されることが推定された。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】窒素分子活性化、Pd 触媒、XPS、アンモニア

【研究 題 目】Gene-activating scaffold による in vivo 組織再生

【研究代表者】大矢根 綾子（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】大矢根 綾子、荒木 裕子
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

細胞足場機能と遺伝子導入機能を併せ示す材料は、in vivo 組織再生のための gene-activating scaffold として有用と期待される。近年研究代表者らは、リン酸カルシウム（CaP）過飽和溶液中での共沈反応を利用して、DNA-CaP 複合体を基材上に固定する手法を開発してきた。本研究は、gene-activating scaffold への応用に向けて、複合体の形成条件を改良・最適化するとともに、遺伝子導入機能の向上を図ることを目的とする。

前年度は、CaP 過飽和溶液中での共沈反応時間が、DNA-CaP 複合体の遺伝子導入効率に与える影響を明らかにした。また、この際の反応過程を調べることで、過飽和溶液中での CaP の均一核形成過程が、得られる DNA-CaP 複合体の遺伝子導入機能に大きく影響することが判明した。そこで平成27年度は、均一核形成に影響する重要因子である過飽和溶液の濃度を制御し、DNA-CaP 複合体の遺伝子導入機能に与える影響について検討した。具体的には、CaP 過飽和溶液の Ca および P 濃度を0.6~1.4倍に変化させ、DNA-CaP 複合体からなる粒子をポリスチレン基材上に固定した。基材の表面構造を調べたところ、過飽和溶液濃度の増加によって、基材上に固定される粒子の数密度が増大することが分かった。同基材上で細胞を培養し遺伝子導入を行ったところ、過飽和溶液の濃度が1.0倍濃度までは、濃度依存的に細胞の遺伝子発現量が増加した。一方、1.4倍濃度の条件では、生細胞数の減少と遺伝子発現量の低下が認められた。高密度に集積した DNA-CaP 複合体粒子群は、細胞の viability に悪影響を及ぼすと考えられた。以上の結果から、DNA-CaP 複合体による遺伝子導入のための最適な濃度条件が明らかになった。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】リン酸カルシウム、スキャホールド、DNA、遺伝子導入、ナノコンポジット、粒子

【研究 題 目】Photoinduced Dedoping of Conducting Polymers: Patterning and Device Application

【研究代表者】衛 慶碩（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】衛 慶碩（常勤職員1名）

【研究 内 容】

Exploring the various applications of conjugated polymers requires the systematic studies of their physical properties as a function of doping density, which consequently calls for the precise control of their doping density. In this study, we report a novel solid-state photoinduced charge-transfer reaction that dedopes highly conductive polyelectrolyte complexes poly (3,4-ethylenedioxythiophene) / polystyrene sulfonate. Varying the UV-irradiation time of this material allows the carrier density inside the film to be precisely controlled over more than three orders of magnitude. We extract the carrier density, carrier mobility, and Seebeck coefficient at different doping levels to obtain a clear image of carrier transport mechanisms. This approach not only leads to a better understanding of the physical properties of the conducting polymer but also is useful for developing applications requiring patterned, large-area conducting polymers. We are focusing on device fabrication by using this approach from this year.

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】有機半導体、ドーピング、移動度

【研究 題 目】カーボンナノチューブを用いた蛋白質の光クロマトグラフィ

【研究代表者】平野 篤（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】平野 篤、和田 百代
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

抗体などの生物学的製剤は、ターゲットに対する高い特異性をもち、かつ副作用が少ないため、従来の低分子の医薬品では困難であった病気の治療薬として期待されている。その一方で、生物学的製剤は溶液中で不安定であり、凝集や変性を引き起こしやすいため、抗原性などの問題が懸念されている。現在、生物学的製剤をいかに安定に精製するかが産業応用上の課題となっている。

本研究ではカーボンナノチューブを固定化したカラムを作製し、光を使って蛋白質を精製するクロマトグラフィの開発に取り組んでいる。本手法は、溶媒を変えることなく、照射によって蛋白質の吸着・溶出を制御するため、溶離液を用いる従来法では不可能であった不安定な蛋白質の精製が可能になると期待される。

当該年度ではカーボンナノチューブへの蛋白質の吸着力をバッチ吸着試験で評価した。蛋白質の吸着は主に芳香族アミノ酸によって引き起こされることが示唆される結果が得られた。とりわけトリプトファン残基はカーボンナノチューブに対する高い親和性を有することが示された。このような蛋白質の吸着はアルギニンの添加によ

って抑制されることが明らかになり、アルギニンが蛋白質の非特異的吸着を抑制する化合物として利用できる可能性がある。本結果はカーボンナノチューブを用いて蛋白質を分離する際の有益な知見となる。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕ナノチューブ、蛋白質、クロマトグラフィ

〔研究題目〕カーボンナノチューブ電極を用いた半透明有機薄膜太陽電池の開発

〔研究代表者〕藤井 俊治郎（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕藤井 俊治郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、単層カーボンナノチューブ（CNT）を有機薄膜太陽電池の透明電極として用いることにより、半透明な太陽電池を実現することを目的とした。上部電極として用いられる金属電極の代わりに、炭素材料で高い導電性と透過率を持つ単層 CNT を採用して、半透明な新規有機薄膜太陽電池の作製を目指した。p 型半導体として、峽ギャップポリマーの PTB7 を n 型半導体として C70 フラーレン誘導体（PC71BM）を用いた。その混合溶液を ITO 電極付ガラス基板に塗布することにより、太陽電池の活性層を作製した。本研究では、支持基板上に単層 CNT 導電膜を塗布成膜した後、活性層まで形成した基板と貼り合わせるという作製手法を開発した。最終的なデバイス構造は、ガラス/ITO/バッファ層/活性層（PTB7:PC71BM）/導電性ポリマー/単層 CNT 導電膜/PET 基板である。入射光 550 nm における透過率は 34% を示し、両面から発電することを確認することができた。基準太陽光照射下で電流密度・電圧特性を測定した結果、単層 CNT/PET 側および ITO 電極側から光照射した場合の発電効率は、それぞれ 0.2%、0.4% であった。単層 CNT 電極を PTB7 : PC71BM 系太陽電池に適用した半透明太陽電池の作製は、本研究課題が初めてである。以上のように、当初計画していた単層 CNT 導電膜を上部電極に用いた半透明な有機薄膜太陽電池を作製することに成功した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕ナノチューブ、透明電極、有機薄膜太陽電池

〔研究題目〕ナノカーボンによるリソソーム膜障害と毒性発現メカニズム

〔研究代表者〕湯田坂 雅子（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕湯田坂 雅子（契約職員1名）

〔研究内容〕

近年、ナノカーボンの応用研究あるいは実用化が進んできているが、ナノカーボン（NC）の毒性に関しては依然としてはっきりしていないため、その詳細を検討した。ナノカーボン（NC）は体内でマクロファージに取

り込まれることが多く、過剰に取り込まれると細胞死を引き起こす。細胞死が起こる際には、活性酸素産生が亢進するので、そのメカニズムについて検討した結果、活性酸素産生亢進は、ミトコンドリアの膜障害が関係していることが明らかとなった。NC による細胞死メカニズム解明と同時に、NC の表面被覆材について検討し、表面被覆剤の量に最適値があること、表面被覆剤が細胞死を起こす場合があることなどを明らかにした。また、マクロファージによる貪食を阻害する効果的な表面修飾剤をみだし、その効果を細胞実験とマウス実験で確認した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕ナノカーボン、毒性、表面被覆剤

〔研究題目〕ナノスペースを利用した低次元材料の原子スケール評価と応用に向けた要素技術開発

〔研究代表者〕千賀 亮典（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕千賀 亮典（常勤職員1名）

〔研究内容〕

物質を微細化し、平らな二次元や細長い一次元へと構造を変化させると、バルク状態ではあり得ない様々な性質が現れる。こうした低次元材料の特異な物理特性は幅広い分野で応用が期待されている。ところが実際にはどうしてそのような性質が得られるのかわかっていない部分も多くあり、これを理解するためには原子レベルで見た材料の構造と性質を定量的に結びつけて考える必要がある。この研究では特にこれまで評価が難しかった一次元材料に焦点を当て、応用に向けた要素技術開発を行う。

H26年度にヨウ化セシウムを原料とした異なる原子が1列に並んだ原子鎖の合成と評価に成功した。原子の種類によって動的挙動が異なるなど、マクロなスケールでは現れないユニークな現象を次々と発見した。これを基に H27年度はさらに幅広い材料を用いた一次元材料の評価へと研究を展開した。特筆すべき成果は、軽元素を含む原子鎖の合成及び評価で、電子顕微鏡を用いて初めてリチウム単原子を可視化することに成功した。このプロジェクトでは透過電子顕微鏡技術を柱としてナノスペース科学の基礎を構築することを目的としているが、従来のイメージング手法では軽元素の可視化は非常に困難であった。特にリチウムは工業的にも極めて重要な元素でありながら、これまで電子顕微鏡による観察が困難とされてきた元素の一つであった。本研究ではリチウムを含んだヨウ化リチウム原子鎖や、リチウム内包フルーレンをカーボンナノチューブ内部のナノスペースに閉じ込め、走査透過電子顕微鏡及び電子エネルギー損失分光を駆使することで初めて Li を単原子レベルで可視化することに成功した。これら H27年度の成果と前年度に得られた知見を組み合わせることで、原子鎖という完全な一次元構造を持つ材料について、ドーパントや空孔とい

った欠陥を含めた原子構造を直接観察するだけでなく、周辺原子の化学的性質の変化を追えるようになった。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】低次元材料、カーボンナノチューブ、ナノスペース

【研究 題 目】ヘキサシアノ鉄酸金属錯体を用いた電気化学的 Cs 回収における高効率吸着電極の開発

【研究代表者】田中 寿（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】陳 榮志、田中 寿

（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、電気化学的に Cs イオンを吸着脱離するヘキサシアノ鉄酸金属錯体 (MHCF) 薄膜の高効率化である。その対策のひとつとしては膜の厚膜化があげられるが、本来伝導性の低い MHCF を単に厚膜化しても電気化学的には不活性になってしまうため、厚膜化と同時に導電性の向上が必要となる。そこで複合ナノ MHCF 膜の作製に重点を置き、その物理化学特性の分析と Cs 電気化学吸着脱離について検証実験をおこなった。

昨年開発したカーボンナノチューブ (CNT) とプルシアンブルー (MHCF) 系材料の複合膜について、その電気化学的応答性の向上を明らかにすべく、複合薄膜の厚み方向の抵抗測定をおこなったところ、CuHCF-CNT 薄膜の抵抗は $4.88 \Omega \cdot \text{cm}^2$ となった。これは CuHCF のみからなる薄膜の $7000 \Omega \cdot \text{cm}^2$ よりは格段に低く、CNT のみからなる薄膜の $3.21 \Omega \cdot \text{cm}^2$ と比較しても充分に低いことがわかった。この結果から CNT は CuHCF 薄膜のクラック等の隙間に入り込み、導電性を向上させている可能性が推測される。また数百サイクルおこなった繰り返し耐久実験についても、実験前後で明らかな劣化は見られず、一部の電気化学的応答性についてはサイクルを重ねた方が安定した。これも電気抵抗の低減により、電極への過電圧などの負担が減り、また繰り返し吸着により、実験開始時に含まれていた Cs 以外のイオン種が放出され、安定動作するようになったものと考えられる。さらに MHCF 電極については、Cs 吸着以外の応用を検討するというので、予備的にはあるが酸素生成実験をおこない、電極の膜厚に相当する酸素が発生することを確認した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】プルシアンブルー型錯体、Cs 回収、電気化学的吸着脱離

【研究 題 目】レーザーによる細胞刺激とサイトカイン-アパタイト共沈の複合効果による歯槽骨再生

【研究代表者】大矢根 綾子（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】大矢根 綾子、

ARPUTHARAJ N. Joseph

（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、リン酸カルシウム過飽和溶液を反応場とするアパタイト層の低温形成技術を、歯槽骨の再生治療に応用することである。具体的には、リン酸カルシウム過飽和溶液を反応場とするアパタイト形成技術を基盤技術とし、(1) パルスレーザープロセスの利用、(2) コラーゲン足場材料 (スキャホールド) との複合化、ならびに (3) 骨形成を促進するサイトカインとの複合化について検討する。

平成27年度 (約4ヶ月間) は、(1) パルスレーザープロセスの利用、ならびに (2) コラーゲンスキャホールドとの複合化について検討を開始した。(1) では、歯科用材料から実験用平板基材を作製し、同基材の表面にアパタイト層を形成させるためのレーザー照射条件について検討を開始した。(2) では、柔軟性を有する多孔質のコラーゲンスキャホールドの内部にまでアパタイト層を形成させるため、従来の過飽和溶液への浸漬工程に吸引脱気システムを導入した。また、アパタイト層形成後のスキャホールドの多孔形状を維持したまま乾燥させるため、凍結乾燥法を採用した。得られたスキャホールドの形態と化学組成を走査型電子顕微鏡およびエネルギー分散型 X 線分光分析装置により調べた結果、コラーゲンスキャホールドの多孔形状を維持したまま、その表面および内部にアパタイト層が形成されたことを確認した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】リン酸カルシウム、コラーゲン、スキャホールド、骨再生、アパタイト

【研究 題 目】レーザープラズマによる固液界面反応の理解と骨結合性インプラントシステムへの応用

【研究代表者】大矢根 綾子（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】大矢根 綾子、中村 真紀、坂巻 育子、欠端 雅之、屋代 英彦、伊藤 敦夫

（常勤職員5名、他1名）

【研究 内 容】

歯科・外科用インプラントの表面にある種のリン酸カルシウムを成膜すると、骨伝導性を付与することができる。研究代表者らはこれまで、過飽和溶液を反応場とする液相成膜技術とレーザープラズマによる表面加工技術を組み合わせ、インプラント用の材料基材に対するリン酸カルシウム成膜技術を開発してきた。本研究では、レーザープラズマによる基材の表面反応過程を追求する基礎的研究に並行して、骨伝導性インプラントの開発を目指した応用研究を進めている。

基礎的研究において、平成27年度は、チタン金属基

材表面における表面反応過程を実験的・計算科学的に追及した。具体的には、Nd:YAG ナノ秒レーザーの基本波（近赤外光）、第2次高調波（可視光）、および第3次高調波（紫外光）を用いてチタン金属基材に対しリン酸カルシウム成膜を試み、表面分析と表面温度計算の結果から、リン酸カルシウム形成反応のフルエンスおよび波長依存性、ならびに表面反応過程を明らかにした。

応用研究においては、熱的影響の少ないフェムト秒レーザーを用い、イットリア安定化正方晶ジルコニア多結晶（Y-TZP）の表面凹凸加工とリン酸カルシウム成膜を試みた。まず、欠端らのレーザー光走査システムにより、Y-TZP 基材の表面全面にフェムト秒レーザープラズマ加工を施し、サブミクロン凹凸構造を形成させた。この基材の表面に過飽和溶液法を用いてリン酸カルシウムを成膜したところ、表面凹凸構造によるインターロッキング効果により、平滑な鏡面上に成膜した場合よりも強固な膜密着性が得られた。さらに、少数のウサギを用いて予備的な動物実験を実施し、フェムト秒レーザープラズマ加工後にリン酸カルシウムを成膜した Y-TZP 基材が、コントロールに比して強固に骨と固着することを示唆する結果を得た。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】リン酸カルシウム、アパタイト、過飽和溶液、表面処理、パルスレーザー、レーザープラズマ

【研究 題 目】遺伝子を刺激する磁性ナノ粒子の創製と血管形成療法への応用

【研究代表者】大矢根 綾子（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】大矢根 綾子、QUAZI T. H. Shubhra（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究は、細胞への遺伝子導入機能と磁性を併せ示す DNA-マグネタイト-リン酸カルシウムナノコンポジット粒子を創製することを目的とする。研究代表者らはこれまでに、認可済みの医療用輸液を原料とする、安全性に優れた DNA-リン酸カルシウムナノコンポジット層の合成技術を開発し、surface-mediated gene delivery に応用してきた。本研究では、この合成技術を利用して DNA-マグネタイト-リン酸カルシウムナノコンポジット粒子を合成し、脳虚血性疾患治療を志向した particle-mediated gene delivery に適用することを目指している。

平成27年度はまず、マグネタイトを含まない DNA-リン酸カルシウムナノコンポジット粒子の合成条件と particle-mediated gene delivery への適用について、基礎的検討を行った。具体的には、研究代表者らの合成技術を用い、反応液であるリン酸カルシウム過飽和溶液中のカルシウム・リン酸イオン濃度、合成温度、ならびに反応時間を系統的に変化させ、生成粒子の濃度とサイズ

分布を動的光散乱法などにより評価するとともに、動物細胞への遺伝子導入機能をルシフェラーゼアッセイにより調べた。これにより、ナノコンポジット粒子の遺伝子導入機能を向上させるための条件を明らかにした。また、最適化された条件で得られたナノコンポジット粒子が、市販のリン酸カルシウム系遺伝子導入剤よりも高い遺伝子導入機能を発揮することを示した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】リン酸カルシウム、DNA、遺伝子導入、過飽和溶液、ナノコンポジット

【研究 題 目】化学修飾ナノカーボンを活用した新規細胞機能制御技術の開発

【研究代表者】都 英次郎（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】都 英次郎（常勤職員1名）

【研究 内 容】

近年の細胞研究の発展はめざましく、特にオプトジェネティクスを代表とする光を活用した細胞機能制御技術に注目が集まっている。オプトジェネティクスを用いると、光のスイッチを切り換えるだけで細胞同士の接続や特定の細胞集団の機能を操作できるため、未知の細胞ネットワークを解き明かし、病気の治療にも役立つと期待されている。しかし、基本的に、紫外光や可視光などの生体透過性の低い光を用いるため、生体深部にある細胞の機能を制御できない。また、ウイルスを用いて遺伝子改変を行う必要があるため、医療への応用は難しいという課題がある。本研究では、生体透過性の高い近赤外レーザーにより熱と活性酸素種を発生する有機色素とカーボンナノホーンからなる分子複合体を作製し、この分子複合体を用いて生きた細胞の機能を操作できる新たな光制御技術を開発した。今回開発したナノモジュレーターはカーボンナノホーン表面に近赤外蛍光色素を結合させたもので、水溶液中に分散させ、生体透過性の高い近赤外レーザー光を照射すると、熱と活性酸素種を効果的に発生する。この熱・活性酸素種発生システムにより、細胞へのカルシウムイオン流入や細胞膜に流れる電流を遠隔制御でき、生体深部における一つの細胞の機能制御技術が実現できる。また、脳疾患の分子・細胞レベルでの病態メカニズムの解明や新たな治療法を開発するためのツールとして期待される。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】カーボンナノホーン、細胞、光操作

【研究 題 目】完全制御カーボンナノチューブの物性と応用

【研究代表者】片浦 弘道（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】片浦 弘道、田中 丈士、藤井 俊治郎、平野 篤、蓬田 陽平、魏 小均、都築 真由美、平川 琢也（常勤職員4名、他4名）

〔研究内容〕

単層カーボンナノチューブ（SWCNT）は、層状結晶の黒鉛（グラファイト）から取り出した単原子厚のシート（グラフェン）を、継ぎ目無く丸めて直径1ナノメートル程度の筒状にした構造のナノ材料である。この丸め方は何通りもあるため、実際に合成した SWCNT は様々な構造の混合物になっている。本研究課題では、独自開発のゲルクロマトグラフィー法を用いて、SWCNT の大量構造分離装置を作製し、SWCNT の原子配列のわずかな違いも選り分ける、精密構造分離の大規模化を目指す。炭素原子の配列が同一の SWCNT を大量に分離精製し、さらに規則正しく並べる事により、これまで不可能だった SWCNT 単結晶を作製し、まだ誰も成功していない、SWCNT の精密構造パラメータおよび物性を明らかにする事を目的としている。

本年度は、昨年度開発した新たな分離技術を用いて近赤外生体造影に適した構造を持つ SWCNT の大量分離を行い、それを用いてさらに自由度が高く使い易い装置を開発することにより、マウスの血管造影や特殊な臓器の造影が従来の100倍近い効率で、マウスを傷つけることなく簡単に実現出来る事を実証した。また、唯一の構造を持ち、さらに右巻き・左巻きも分離された12種類の SWCNT の円二色性スペクトルを測定し、それを詳細に解析することにより、SWCNT のバンド構造を実験的に求める事に成功した。バンド構造の実験的導出は、これまで誰も成しえておらず、世界初の成果である。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕ナノチューブ、構造分離、カイラリティ

〔研究題目〕機能性ナノカーボンを活用した次世代止血材料の開発

〔研究代表者〕都 英次郎（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕都 英次郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

血友病における効果的な体内止血法の開発は急務である。現在、出血に対する処置は、血液凝固因子を含む製剤の投与が主流である。しかし、非加熱製剤による薬害エイズ事件や C 型肝炎訴訟、製剤自身のアレルギー反応によるアナフィラキシーショック等が社会問題となっている。本研究目的は、生体透過性の高い近赤外領域（700～1200 nm）のレーザー光線により容易に発熱するナノカーボンの特性（光発熱特性）を、ペプチドナノファイバーによって水溶液をゲル化可能な酵素反応に組み込むことで、生体内の狙った場所でのピンポイント止血が可能な新しい血液凝固技術を開発することである。本研究は、血友病の体内出血に対する“光熱”による安心・安全な止血を可能にする普遍的技術の基礎になる。本研究では、最終構想に血友病モデルマウスの出血を光熱によって止血が可能なナノカーボン複合体の開発を掲

げている。本最終構想を達成するために、まずは、コア技術となるリポソーム-カーボンナノチューブ複合体の開発を目指した。また、当該リポソーム-CNT 複合体の性能を評価するために、モデル生物として線虫を用い、近赤外レーザー照射に伴う生体反応を調査した。さらに、リポソーム-CNT 複合体の線虫に与える影響を検証した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕カーボンナノチューブ、リポソーム、止血材料、光発熱特性、酵素反応

〔研究題目〕気相中熱酸化プロセスによるハイブリッドナノ粒子の創生と形態制御

〔研究代表者〕古賀 健司（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕古賀 健司、平澤 誠一（常勤職員2名）

〔研究内容〕

近年、コロイド法を駆使し、異種材料のナノ粒子を合体させる試みが数多く行われてきた。そのようなナノ粒子はハイブリッドナノ粒子と呼ばれている。本研究では、液相法を使わずに、気相法による簡便なプロセスによって、ハイブリッドナノ粒子を連続的に生成する手法を開発し、それら粒子の物性計測を行うことを目標としている。

昨年度までに、Ni と貴金属の合金ナノ粒子を急激酸化させることによって、合金ナノ粒子の表面の一部から NiO ナノロッドが異方的に成長することを見出した。その結果、貴金属がその端部に接合されたハイブリッドナノ粒子が生成することが確認されたが、この現象が他の卑金属をベースとした合金ナノ粒子でも起こるかどうかを確認するために、Al と貴金属との合金のナノ粒子について同様に実験を行った。Al-5at.%Au ナノ粒子を900℃に加熱した状態で、同温度の酸素（分圧16～53 Pa）に曝した結果、合金中の Al 成分は完全に酸化されて、一方向へ伸びた γ -Al₂O₃ のナノワームが生成し、Au はその端部に残存した。この結果は、Al 酸化物が異方的に成長したことを示しており、Ni 基合金の場合と同様な成長様式であった。

ガスセンサの分野において、NiO 膜による水素のセンシングが数多く研究されている。本研究では、昨年度に気相生成法を確立した、貴金属-NiO ハイブリッドナノ粒子積層膜の電気抵抗型の水素センサの動作評価を行うことを目指している。本年度は、その装置立ち上げを行い、乾燥空気中に含まれた10～100 ppm の水素のセンシングを行うことが出来た。今後は、センサ特性のハイブリッドナノ粒子形態、貴金属の有無、貴金属種の影響などについて、詳細に研究を進める予定である。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕ナノ粒子、合金、酸化、貴金属、酸化物、結晶成長、ガスセンサ

〔研究題目〕 吸引プラズマによる層状化合物のデジタルエッチング技術の確立

〔研究代表者〕 宮脇 淳 (ナノ材料研究部門)

〔研究担当者〕 宮脇 淳、久保 利隆 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

本研究では、次世代超低消費電力デバイスの実現のため、二次元層状物質の高品質な加工技術の開発を進めている。二次元層状物質の持つ物性を最大限に引き出すには、機能の源泉となる結晶性が良い単層の原子薄膜を用意すること、すなわち膜厚の一層単位の精密制御が必要不可欠である。我々の独自技術である加工残渣の少ない吸引型プラズマを最適化することにより、層状化合物のデジタルエッチングの可能性を検証し、プラズマによる欠陥の低減・制御に向けた検討を行った。本年度は対象試料として二硫化モリブデンを用いた。吸引プラズマの装置形状や条件を変化させて四フッ化炭素ガスによるエッチングを行い、試料表面を走査プローブ顕微鏡を用いて観察することにより、デジタルエッチングの可能性を検証した。層制御が可能なエッチングレートと、エッチングのアスペクト比を最適化するための条件探索を行った結果、15層毎秒程度のエッチングレートで原子層を剥離した後に、サブミクロンオーダーのテラス領域を残すことに成功した。また、エッチング進行メカニズムとして、初期段階に広いテラス上に穴状の欠陥形成が始まり、その欠陥からは縦方向よりも横方向に優先的にエッチングが進行することにより、テラスの形成が進行していくことを明らかにした。このメカニズムを実証するために、計算によるシミュレーションも開始した。一方、エッチング後の表面には多数の欠陥が残留しており問題となることが判明した。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 二次元層状物質、プラズマ、エッチング

〔研究題目〕 局所加熱による熔融液相を用いたチタン酸化合物球状粒子の合成

〔研究代表者〕 石川 善恵 (ナノ材料研究部門)

〔研究担当者〕 石川 善恵 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

エタノール中における酸化チタン (アナターズ) 分散液のレーザー照射により得られる球状酸化チタンのフルーエンス依存性について検討した。既報の研究では生成粒子の自然沈降で回収出来た粒子のみを分析していたが、本研究では遠心分離機を用いて、全生成粒子を回収し、SEMによる観察を行った。66 mJ cm⁻² pulse⁻¹で球状粒子が観察されはじめ、それらのサイズ分布ヒストグラムでは、200 nmを単独のピークとした半値幅が約80 nmのサイズ分布が得られた。110 mJ cm⁻² pulse⁻¹ではサイズ分布が広くなり、約100 nmに小さなピークと400 nmに大きなピークが見られた。さらに200 mJ cm⁻² pulse⁻¹ではサイズ分布が広くなり、100 nmに小さな、

600 nmに大きなピークが見られた。このようなサイズ分布の二峰性はフルーエンスの増大に従い顕著になり、その際に200 nm付近を中心として、粒子の存在率が減少していくことが明らかになった。このような結果は、ミ―理論を基にした粒子の吸収断面積のサイズ依存性を考慮した、相変化に必要なフルーエンスのサイズ依存曲線により説明出来る。この曲線は200 nmを極小とした下に凸の形をしている。このことは、他のサイズよりも200 nm程度の粒子が比較的低いフルーエンスによって相変化(熔融や気化)しやすいことを示している。これらの結果より、低エネルギー密度では200 nmのサイズの球状粒子が熔融によって選択的に生成し、高エネルギー密度では200 nmサイズの粒子が選択的に気化することから消失したと考えられる。また、本研究でレーザー照射後の生成物を厳密に回収することによって、これまで報告されてきたサブミクロン球状粒子だけではなく、ナノ球状粒子も生成することが初めて明らかになった。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 液中レーザー熔融法、サブミクロン球状粒子

〔研究題目〕 孤立カーボンナノチューブのナノ配列制御と電子デバイス応用

〔研究代表者〕 田中 丈士 (ナノ材料研究部門)

〔研究担当者〕 田中 丈士、永元 加奈美 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

平成27年度は、カーボンナノチューブとDNAの相互作用を利用した配列化を行う上で重要となる、カーボンナノチューブのエナンチオマー(右巻きと左巻き)のDNAに対する相互作用を解析する実験を中心に研究を進めた。相互作用の解析は、DNAで被覆されたカーボンナノチューブに光学活性を持たない界面活性剤を加えた際に生じる分散剤の置換反応を、光吸収スペクトルのピークシフトから見積もることにより行った。良好な実験条件を導くのに時間を要したが、最終的に、右巻きと左巻きの異なる構造をもつカーボンナノチューブと特定の配列をもつ一本鎖DNAの相互作用が異なることを見いだした。しかしながら今回得られたデータは定性的な物であるので、次年度においてデータ量を増やし、より信頼のおける定量的な結果を得るべく詳細な解析を行う予定である。また、電極とトランジスタのチャネル部を、孤立状態の単一構造のカーボンナノチューブを用いて作成する全カーボンナノチューブデバイスを実現するために重要な、金属型カーボンナノチューブの構造分離に関する研究も進め、(10,4)というカイラリティをもつ金属型カーボンナノチューブを高度に濃縮することに成功した。円二色性スペクトル測定により、金属型カーボンナノチューブとしては初めてとなるエナンチオマーの分離を確認した。本成果は、米国化学会の

Analytical Chemistry 誌 (IF=5.636) に掲載された。以上の研究はテクニカルスタッフ一名を雇用して推進した。最終年度となる次年度は、共同研究者を加え、さらに、テクニカルスタッフも増員し、研究進度の加速を目指す。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕カーボンナノチューブ、エナンチオマー、DNA

〔研究 題 目〕高速測定によるナノ構造および電子状態解析

〔研究代表者〕越野 雅至 (ナノ材料研究部門)

〔研究担当者〕越野 雅至 (常勤職員1名)

〔研究 内 容〕

原子レベルで構造を同定し、さらに含有元素やその電子状態を詳細に知ることのできる走査透過型電子顕微鏡 (STEM) と電子線エネルギー損失分光法 (EELS) を組み合わせた分析手法は、物質の構造と機能を正しく理解するうえで非常に重要な役割を果たす。しかしながら、この測定手法は、比較的安定な金属や半導体を観察対象とすることが多く、有機分子を基本骨格とするようなポーラス材料、自己集積型素材、生体物質などには、“電子線損傷”のため適用するのが難しい。本研究提案では、物質の空間情報とエネルギー情報を同時に取得できる STEM-EELS の利点を維持しながら、損傷を受けやすい物質にも本手法を適用できるように拡張することを目的として、超高速、高感度、ダメージレスな原子レベルの分析手法の開発を目指す。

平成27年度は、各種原子および分子の構造、電子状態、およびそれらの動きや化学反応の観察と解析を目指して実験を行った。まず、STEM-EELS 分析において、各種原子ラベルを施した有機分子の動きの解析を行った。特に、ハロゲン化有機分子の元素同定に関しては、ベンゼン環の周辺水素原子を、塩素、臭素、ヨウ素で置き換えた分子を準備し、EELS および EDS による元素の同定と、分子位置および分子の配列の特定を試みた。この研究結果は、ハロゲン利用ミニシンポジウムで発表し、専門家との議論を深め、論文化を進めている。また窒素ドーブしたグラフェンでは、窒素原子がドーブした各種金属原子と特異な配位構造を形成することが分かり、その原子レベル STEM 像と EELS によるスペクトルを取得し、理論計算により求めた電子状態からうまく説明した結果を Nano Lett に発表した。今後は、破壊仮定に関する研究も進めていく予定である。また、分子の動きからさらに化学反応に関する高速撮影も開始した。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕TEM、STEM、EELS、CNT、ベンゼン、ハロゲン、理論

〔研究 題 目〕錯体分子超構造膜の構築と量子効果発現

〔研究代表者〕石田 敬雄 (ナノ材料研究部門)

〔研究担当者〕石田 敬雄、大山 真紀子
(常勤職員1名、他1名)

〔研究 内 容〕

27年度はルテニウム錯体分子膜に関して、鉄イオンの量子効果に基づく長距離電子移動能の向上について電気化学計測で調べたところ、ルテニウム錯体分子膜の層間にイオンとの結合によって新しい電子準位が形成されていることが示唆された。このことから電子準位を介することで電子移動能が促進されているものと結論した。また本年度はより高い電気伝導性期待できる錯体分子膜として新たに電荷移動錯体 TTF-TCNQ の薄膜化について取り組んだ。量子効果発現というレベルではないものの溶媒の組成を変えることで、これまでキャスト法などで作製されてきた TTF-TCNQ の導電率の従来値 (20 S/cm) をの3倍程度の最大60 S/cm 程度の値を得ることに成功した。この理由としては溶媒の種類を変えることで TTF と溶媒の相互作用でイオン化が促進され、膜中のキャリア密度が多くなり、多結晶膜ながらもこれまでにない大きな導電率が達成されたものと考えられる。この知見を活かして今後は有機熱電材料等に展開していく

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕表面コーティング、分子素子、超分子、錯体、自己組織化

〔研究 題 目〕新規炭化ホウ素ナノワイヤの熱電物性計測及び伝導機構解明による廃熱発電素子の開発

〔研究代表者〕桐原 和大 (ナノ材料研究部門)

〔研究担当者〕桐原 和大、向田 雅一、清水 禎樹
(常勤職員3名)

〔研究 内 容〕

身の回りの未利用熱を電力に変換する熱電材料として、有望な炭化ホウ素に焦点を当て、そのナノ構造化による高性能化を目指す。新規の炭化ホウ素ナノワイヤを作製し、ナノワイヤ1本の高精度な熱起電力及び電気伝導率の計測を行う。ホウ素クラスターや構造欠陥を通じたホッピング伝導による電气的性能向上、ナノ構造におけるフォノン散乱による低熱伝導率化、等を手がかりに、画期的な高性能化を実現するナノワイヤを探索することを目的とする。

セルロースアニール法によって合成した炭化ホウ素ナノワイヤの Seebeck 係数が従来のバルク (焼結体・単結晶) の値を上回ることや、その温度係数もバルクと大きく異なる結果について、前年度に引き続き高精度な交流加熱法による計測でデータの再現性を確認した。これらのナノワイヤに対して別途測定した電気伝導率の温度依存性のデータも併せて電気伝導機構の考察を行った結果、室温より高温域ではスモールポーラロンによるホッピング伝導モデルに良く従う解析結果を得た。特に、

Seebeck 係数の温度係数が通常の半導体や可変領域ホッピング伝導では説明できない特異な値を有する原因については、前年度までに透過電子顕微鏡観察で明らかにしたナノワイヤ中の積層欠陥や双晶等が、ホッピング準位の分布に大きな影響を与えていることであると推測できた。この他、最終目標であるナノワイヤ凝集体やその熱電素子の試作に向けて、導電性の高いナノワイヤの量産について、表面酸化を抑制する条件を改良した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕ナノ材料、熱電変換、ナノ物性計測、炭化ホウ素

〔研究題目〕水中におけるカーボンナノチューブと糖の新規吸着反応メカニズム

〔研究代表者〕平野 篤（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕平野 篤、亀田 倫史（常勤職員2名）

〔研究内容〕

カーボンナノチューブは化学構造の違いによってバンドギャップが異なるというユニークな物性を有している。現在、この物性を利用したカーボンナノチューブへの分子吸着の応用研究が盛んに行われている。2011年に糖がバンドギャップの大きなカーボンナノチューブに強く吸着することが報告され、カーボンナノチューブの新物性として注目されているが、その原理は明らかになっていない。

本研究では、この吸着反応の主たるメカニズムがカーボンナノチューブの酸化還元反応に起因することを実証し、糖構造をターゲットとするカーボンナノチューブの基礎物性研究の飛躍的進展に貢献する。

当該年度では、カーボンナノチューブへの糖分子の結合がカーボンナノチューブの酸化状態に起因することを分子動力学計算で示した。カーボンナノチューブは溶液中においてバンドギャップ依存的に酸化されるため、バンドギャップ依存的な糖の吸着反応は酸化反応に起因することが明らかになった。「糖」という化学構造は、単糖や多糖に含まれるだけでなく、デオキシリボ核酸（DNA）やリボ核酸（RNA）、糖タンパク質などに多様に含まれおり、当該研究で得られた基礎知見は、バイオテクノロジーなど幅広い研究分野に利用できると期待される。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕ナノチューブ、糖、吸着

〔研究題目〕潰瘍性大腸炎治療を指向したカーボンナノチューブによる経口投与薬物送達

〔研究代表者〕中村 真紀（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕中村 真紀、湯田坂 雅子、黒岩 輝代子（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では、潰瘍性大腸炎の治療を目指して、カーボ

ンナノホーン（CNH）による治療薬の経口投与薬物送達を検討した。今年度は、これまで検討を行ってきた高分子修飾を施した CNH などに対して、治療薬であるプレドニゾロン（PSL）を搭載し、細胞を用いた炎症抑制効果の評価を行った。

表面に酸化型官能基を有する CNH に PSL を担持し、高分子修飾を施して PSL 担持 CNH を作製した。マウスマクロファージ様細胞である RAW264.7 に対して PSL 担持 CNH を添加し、Lipopolysaccharide (LPS) により炎症を惹起させた。炎症抑制効果は、炎症性サイトカインである Interleukin-6 (IL-6) の放出量で評価した。コントロール（LPS 刺激のみ）と比較して、PSL 担持 CNH を添加した系では、IL-6 の放出が大きく抑制されており、炎症抑制効果が確認された。顕微鏡観察の結果、細胞内に CNH 由来と思われる黒い物質の取り込みが認められたことから、添加された PSL 担持 CNH は細胞内に取り込まれ、PSL を放出したと考えられる。

一方で、PSL 非担持 CNH を添加した系では、LPS 刺激下、コントロールと比較して、IL-6 の放出が促進されており、LPS による炎症惹起効果が CNH により増加するという副作用が顕著であった。この副作用は、培養液中で CNH に吸着した LPS が CNH とともに細胞内に持ち込まれたことが原因と考えられる。PSL を CNH に担持させた場合には、LPS の CNH への吸着が妨げられたため LPS の副作用が現れにくく、CNH により細胞内に運び込まれた PSL により炎症抑制効果が顕著に現れたと推定される。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕ナノ材料、カーボンナノホーン、経口投与、潰瘍性大腸炎、薬物送達

〔研究題目〕低温合成した窒素ドーピンググラフェンの局所領域における伝導機構の解明

〔研究代表者〕沖川 侑揮（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕沖川 侑揮（常勤職員1名）

〔研究内容〕

グラフェンは原子層の極限の薄さといへん大きなキャリア移動度を特徴とする炭素材料である。この特徴を生かして電子デバイスや触媒として利用するためには、ドーピングによる導電性やバンドギャップの制御法の開発が必須である。本研究では、プラズマ CVD で合成するグラフェンへの窒素ドーピングの制御法確立と、ドーパント周辺の局所領域における伝導機構の解明を行い、グラフェンの電子デバイスや触媒としての工業利用の可能性を開拓することを目標としている。

H27年度は、H26年度で実現したグラフェン合成中のガス分析技術を用いて窒素ドーピンググラフェン合成技術の開発を行った。その結果、微量なメタンと窒素を制御することで、窒素ドーピンググラフェン合成に成功した。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕グラフェン、窒素、ドーピング、差動排気システム

〔研究 題目〕半導体型カーボンナノチューブの高精度純度評価と「超」高純度化

〔研究代表者〕田中 丈士（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕田中 丈士（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

平成27年度は、前年度から引き続き、半導体型カーボンナノチューブ中に不純物として存在する金属型カーボンナノチューブを濃縮し、検出することを目的に研究を進めた。前年度において、半導体型カーボンナノチューブ試料から金属型カーボンナノチューブを抽出した際に残る金属型カーボンナノチューブが多く、そのまま純度評価に用いることができないという問題点が明らかとなった。そこで、金属型カーボンナノチューブを吸着・濃縮する新たな系を探索した。界面活性剤やゲル種類の組み合わせのほか、分散条件（超音波破碎時の出力や処理時間など）や分離条件を種々検討した結果、特定の条件において金属型カーボンナノチューブを選択的にゲルに吸着できる条件を新たに見いだした。本実験を進める上で、純度評価に用いる光吸収スペクトル測定が実験進度の律速となっていたため、多サンプル測定が可能な紫外・可視・近赤外分光光度計を新たに導入した。これまでの結果を纏めると、分離した半導体型カーボンナノチューブ試料から金属型カーボンナノチューブを濃縮・除去することによって半導体型カーボンナノチューブの高純度化を行うことに成功した。問題点として、金属型カーボンナノチューブの除去効率があまり高くないために、このままでは純度を正確に導くことができないことである。また、さらに純度を高める余地が残っているため、本課題終了後もさらなる改善を行う方向で研究を継続していく予定にしている。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕カーボンナノチューブ、濃縮、分離

〔研究 題目〕非線形分光を用いた有機デバイス機能界面の分子配向と電荷輸送機構の解明

〔研究代表者〕宮前 孝行（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕宮前 孝行、阿澄 玲子、宮寺 哲彦（常勤職員3名）

〔研究 内容〕

有機太陽電池や有機トランジスタの高効率化に向けて、デバイス動作時における界面での電荷挙動のその場解析と電荷輸送に関わる分子配向秩序の相関を探るために、界面選択的な分光法である和周波発生（SFG）分光法により有機薄膜界面の分子配向とデバイス駆動時の電荷挙の解析を進め、分子配向秩序と電荷輸送との相関を明らかにすることを目的として研究を進めている。

本年度は、SFG 分光に用いるパルスレーザーの故障により十分な測定を進めることができなかったが、平成27年度末に新たにレーザー本体を更新し、装置全体の最適化を進めている。

有機薄膜太陽電池の配向制御では、真空蒸着法による有機半導体材料の製膜制御に取り組んだ。有機鉛ペロブスカイトでは真空蒸着による製膜制御が難しいとされてきたが、レーザー蒸着法によって製膜制御を実現した。特に水晶振動子膜厚計の膜厚検出機構にモードロック方式のコントローラを導入することで膜厚測定の精度、確度を格段に向上することができた。これにより有機鉛ペロブスカイトの製膜の制御性がさらに向上した。

有機トランジスタの配向制御では、界面の情報を得る前段階として、ポリ（ヘキシルチオフェン）の摩擦転写膜の、薄膜内での分子の平均的な面外配向の状態を赤外分光法により評価した。製膜時の温度により分子の配向が変化していることが示唆された。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕有機エレクトロニクス、表面・界面、非線形分光

〔研究 題目〕不規則構造内のリチウム単原子の電子分光によるその場検出

〔研究代表者〕佐藤 雄太（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕佐藤 雄太（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究課題は、物質中に存在するリチウム等の軽元素の原子・イオンを直接検出し、空間的分布と化学状態をその場で明らかにする分析手法の確立を目的として、透過電子顕微鏡（TEM、STEM）観察および高感度の電子エネルギー損失分光（EELS）測定を実施するものである。とくに低次元構造や非晶質、結晶中の構造欠陥や粒界に、ランダムに存在する個々の軽元素原子の可視化の実現を目標としている。最終年度である平成27年度は、発展的テーマとして CNT の内外に担持された異種物質の検出に取り組み、まずピレン構造を付加した CNT 試料の TEM 観察を行った。CNT 外壁に単量体および二量体として付加されたピレン構造を TEM 像で直接捉え、これら二つの状態を識別することに成功した。また、CNT の内部で大きさを制御して結晶化させたニッケルナノ粒子の原子レベル構造を STEM によって観測し、その特異な磁気的性質との相関を検討した。さらに、非晶質物質における微量元素検出技術の確立を目的として、有機分子のマトリクス中に分散した金属酸化物ナノ粒子の STEM-EELS 分析を実施し、金属元素や有機分子の違いによる分散性の差異を明らかにした。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕TEM、STEM、EELS、CNT

〔研究 題目〕有機太陽電池の電荷分離・再結合の統計

理論による究明

【研究代表者】 関 和彦 (ナノ材料研究部門)

【研究担当者】 関 和彦 (常勤職員1名)

【研究内容】

有機分子は、可視光の吸収に優れた分子の種類が豊富であり、太陽光の吸収という観点では、太陽電池として高いポテンシャルを有している。しかし、光励起された分子が失活してしまうと、エネルギーを失い電気的なエネルギーへ変換されないという問題がある。一種類の分子を用いたような有機固体ではこの失活を抑えることが難しい。そこで、有機太陽電池では、ドナー性の分子とアクセプター性の分子が組み合わせられた構造が用いられている。光で生成した励起子がドナー性の分子の相とアクセプター性の分子の相の界面で電荷分離し、電荷がそれぞれの相を通して陽極と陰極に到達することで電気的エネルギーが取り出される。本研究では、統計理論とシミュレーションを併用して電荷分離の効率を求めた。また、有機分子相の構造の乱れに起因する静電ポテンシャルの乱れが電荷の易動度に及ぼす影響についても、統計理論とシミュレーションを用いて検討を行った。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 理論、電子移動、拡散

【研究題目】 複合原子層の界面特性理解と原子層デバイスへの応用

【研究代表者】 長谷川 雅考 (ナノ材料研究部門)

【研究担当者】 長谷川 雅考、水谷 亘、石原 正統、山田 貴壽、沖川 侑揮 (常勤職員5名)

【研究内容】

物性と応用をつなぐ“応用物性”として原子層を複合化した場合の界面特性の理解と制御が最重要課題という認識の下、グラフェン/金属電極のコンタクト抵抗の低減の研究を進めている。

低濃度炭素源によるプラズマ CVD 法を用いて合成した低抵抗グラフェン膜を用いたデバイス開発を行った。透明かつフレキシブル性が高いグラフェン膜の特徴を活かした応用例の一つとして、有機エレクトロルミネッセンス (EL) 素子に使われる透明電極がある。特に ITO と比較して原子層の薄さが特長であるグラフェンは様々な光学的優位性が期待される。本研究では将来大面積化が期待されるグラフェン膜を用いた高分子有機 EL 素子の作製と評価を実施した。グラフェンを用いた有機 EL 素子の重要なポイントとして、グラフェン膜の低抵抗化及び仕事関数のチューニングが挙げられる。本研究では、ドーパント材料として塩化金ドーピングを用いることで、グラフェン膜の低抵抗化とキャリア密度の増大を確認した。また、グラフェンに対する UV オゾン処理を用いることで、グラフェン膜へのダメージを抑制しつつ、ホール注入層である PEDOT : PSS の濡れ性を向上させた。以上の技術を用いて、高分子有機 EL 素子の作製を

行い、2 mm×6 mm での発光観察に成功した。最近では、PEN 基板上にグラフェンを転写して高分子有機 EL 素子の作製を試み、最大で 8,000 cd/m² @15 V と輝度の格段の向上に成功している。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 グラフェン、有機 EL、界面制御、コンタクト抵抗

【研究題目】 生物毒素に対する分子認識素子の創製と効果的な除染法の開発

【研究代表者】 鶴沢 浩隆 (ナノ材料研究部門)

【研究担当者】 鶴沢 浩隆 (常勤職員1名)

【研究内容】

これまでに合成した還元末端側にアジド基を有するラクトース誘導体 (Lac-EG3-N3) およびガラクトース誘導体 (Gal-EG3-N3) を用いて、クリックケミストリー法による新しい糖導入法を検討した。あらかじめアルキン基を導入したカルボン酸修飾シリカモノリス担体について、1,3-Dipolar cycloaddition によりこれらの2種類の糖誘導体を導入した。このようにして得た糖修飾シリカモノリス担体について、リシン擬剤を用いて吸着能を評価した。15 μ g の擬剤を通液させたところ、いずれの糖固定化モノリスにおいても、ほぼ定量的にリシン擬剤を吸着した (> ca. 99 %)。予想に反して糖構造の違いによる吸着量の差は見られなかった。次に、科学警察研究所においてリシン実剤を用いた吸着について評価したところ、ラクトースおよびガラクトース固定化モノリスともに、0.1 mg のリシンは完全に吸着したが、0.2 mg のリシンは破過した。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 テロ対策、分子認識、認識素子、機器分析、生物毒素

【研究題目】 高排熱と電磁ノイズ遮蔽を実現するパワー-Supply on Chip 用基板の研究

【研究代表者】 長谷川 雅考 (ナノ材料研究部門)

【研究担当者】 長谷川 雅考、水谷 亘、石原 正統、山田 貴壽、沖川 侑揮 (常勤職員5名)

【研究内容】

低炭素社会実現に向けて、化石燃料を燃やすエネルギーから電力エネルギーへの転換が推進されており、パワーエレクトロニクス技術はエネルギーの有効利用にかかわるキー技術とされている。パワーエレクトロニクス技術で最も重要な装置は電力変換装置であり、この電力変換装置は15年で1桁程度小型化している。小型化された高効率な電力変換機器を多数用いて、より効果的に電力を有効利用することが重要となる。電源の小型化に対しては排熱技術と電磁ノイズの抑制が重要課題である。本研究で電源の究極小型化であるパワー-SoC (Supply on Chip) を実現する一環として、良好な排熱特性 (良好

な熱伝導性)と絶縁特性を維持しつつ電磁ノイズの抑制が可能な積層パワーSoC用の3D積層基板を開発することを目的とする。

プラズマCVDでシリコン基材上にナノ結晶ダイヤモンド薄膜層を作製し、さらにその上に同じくプラズマCVDで銅箔上に合成した原子層グラフェン膜を、転写法を用いて積層した。このグラフェン/ナノダイヤモンド/シリコン積層構造の電界遮蔽特性をKEC法とASTM法で評価する技術を開発し、その特性を明らかとした。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕ナノ炭素材料、絶縁特性、放熱・排熱、電磁波遮蔽

〔研究題目〕局所的短パルス加熱による材料プロセスでの現象解明とその応用

〔研究代表者〕石川 善恵 (ナノ材料研究部門)

〔研究担当者〕石川 善恵 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

ナノ粒子にパルスレーザーを照射することによって、サブマイクロメートルサイズで真球に近い形状をした粒子を生成することが確認されてきた。これまでの研究により、この球状粒子生成プロセスは、粒子がレーザー光を吸収して融点以上まで加熱されることで生成する熔融液滴が表面張力のため球形を維持しながら急冷され、球状粒子が生成すると考えられている。したがって、球状粒子の生成はレーザーフルエンス、波長、パルス幅、等多くのレーザーパラメーターが関係していると考えられる。そこでレーザーのパルス幅が、球状粒子生成のためのレーザーフルエンスしきい値に及ぼす影響を実験的に調べた。パルス幅が7ナノ秒のNd:YAGレーザー(波長:355 nm)の場合と50ナノ秒のKrFエキシマレーザー(波長:248 nm)を用いてZnO粒子を原料とした場合の球状化に必要なレーザーフルエンスを比較したところ、KrFエキシマレーザーの方がより高いレーザーフルエンスを要した。これらの結果よりパルス幅の増加によって粒子から周囲に損失する熱量が増大するためと考えられた。そこで、それぞれのパルス幅で粒子を照射した際の粒子に蓄積するエネルギーの時間変化を、光学と伝熱工学から計算的に求めたところ、パルス幅の増大による周囲への熱量の損失を示唆する結果を得た。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕液中レーザー溶融法、サブミクロン球状粒子

〔研究題目〕DNA由来高分子を利用した高分子アクチュエータ

〔研究代表者〕杉野 卓司 (無機機能材料研究部門)

〔研究担当者〕杉野 卓司、安積 欣志
(常勤職員2名)

〔研究内容〕

本研究課題では、ナノカーボン高分子アクチュエータの高分子材としてDNA由来の高分子を用いることにより変形応答が安定し効率よく変形する高分子アクチュエータの開発、さらには、DNAの持つ分子認識特性を応用した新規センシングデバイスの開発を目的として研究を進めている。今年度は、DNA高分子として、産業廃棄物として捨てられているサケの白子からとれるDNAを用いて、このDNA由来高分子とカーボンナノチューブの水溶液中での分散を試みた(アクチュエータの電極膜)。また、電解質としてDNA由来高分子の水溶液中での分散状況とキャスト法による成膜性を調べた。その結果、DNA由来高分子としてはDNAのナトリウム塩を用いることにより電解質イオンとの相溶性の良いゲル状の電解質液が得られ、この電解質液をキャストすることにより固体電解質膜が得られることが分かった。また、同様に電極膜を作製するため、カーボンナノチューブとDNAのナトリウム塩を水溶液中で分散した結果、カーボンナノチューブが良好に分散できることが分かった。

通常、DNA由来高分子は水溶性であるため、上記のように水分散させた電極膜や電解質膜がうまく作製できても、空中に放置すると水の乾燥とともに膜が乾燥して硬くなると同時に内包される電解質の拡散速度も遅くなってしまふ。この現象はアクチュエータを空中で使用する場合に変形スピードや変形量の減少につながってしまう。そこで、カウンターカチオンであるナトリウム塩を適当な有機カチオンで置き換えることにより、DNA由来高分子の疎水化を試みた。現在までに、長鎖四級アンモニウムカチオンを用いた疎水化によりDNAの疎水化に成功した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕DNA、アクチュエータ、ナノチューブ、疎水化、センシング

〔研究題目〕シート構造を有するメソポーラスシリカの創製とその応用に関する研究

〔研究代表者〕加藤 且也 (無機機能材料研究部門)

〔研究担当者〕加藤 且也 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

一般的にメソポーラスシリカ(MPS)粒子は、作製条件を変化させることで、その粒子構造を球型や棒型に変化することが知られている。しかし、シート型のMPSを安定的に多量作製する方法は、いまだ確立していない。そこで、本年度は、2~10 nmの範囲で細孔サイズを持つシート型MPSの簡便な多量作製方法を確立することを目的とした。最初に、MPSの粒子構造を決定する要因である有機テンプレートの構造を最適化した。これまでの我々の予備実験で、アミノ酸と脂肪酸を組み合わせた界面活性物質(C16-L-Ala)が、MPSの構造をシート化する要因であることを明らかにしている。そこで、シート型MPSの横や厚さのサイズをコントロ

ールして作製するために、この有機テンプレート構造を再度検討・合成して、有機テンプレートの構造がシート構造に及ぼす影響について解明した。さらに、ゾルゲル反応中に、C16-L-Ala と化学結合を形成するシリカ源である3-アミノプロピルトリメトキシシランの添加量や、反応温度や時間などの作製プロセスを詳細に検討することで、シート型 MPS の簡便な作製方法を確立した。作製した MPS の粒子形態を確認するために電子顕微鏡 (SEM や TEM) を用いて、粒子の構造や細孔構造を観察した。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕シリカ、シート構造、酵素、吸着、金属、メソポーラス

〔研究 題目〕シリカガラス中の特異な酸素配置を有する光活性イオンによる新規機能の創製

〔研究代表者〕赤井 智子 (無機機能材料研究部門)

〔研究担当者〕赤井 智子 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

メソポーラス構造を有するシリカガラスの内部に遷移金属等の光活性イオンをドーピングして焼成すると、そのイオンの周囲に配位数の低い歪んだ特異な構造が発生し、その結果、この化学組成では通常得られない紫外励起による高効率発光が観察される。本研究では、この焼成過程で生じる特異な酸素の配位構造を制御することで、新規な発光材料を創出することを目的として研究を行う。そのためにまず、この特異な構造の構造精密決定手法、電子状態との理論的な相関解明、構造制御方法の三点について、実験、量子化学計算の両者を用いてその基盤を確立する。その手法を用いて、金属-シリカガラスという単純かつ安易な組成系で、LED、太陽光コンバーターに使用される近紫外または赤外で高効率に可視～近赤外で発光する可能性のある構造を提案し、それを実際に合成して実証することを目的とする。

本年度は、Cu をドーピングして焼結したガラスの Cu K-edge の XANES スペクトルの形状を量子化学でモデル構造を仮定することで再現できることがわかった。また、Cu と同時に Al, Ga を添加することで、Cu の蛍光強度が増大するが、Cu-Kege XANES スペクトルを測定したところ、プレエッジの強度が増加しており、Cu イオンが還元されていることがわかった。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕メソポーラスシリカ、XANES、量子化学計算

〔研究 題目〕ナノセル状組織の回転制御による異方性 Sm-Fe-Mn-N 磁粉の開発

〔研究代表者〕細川 明秀 (無機機能材料研究部門)

〔研究担当者〕細川 明秀 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

ハード磁性材料 (=永久磁石) の特性は粉末粒径に強く影響される事が知られているが、Sm-Fe-Mn-N 磁石は世界最強の永久磁石材料であるが、興味深い事に化学量論組成 ($\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ あたり N 原子の数 $x=3$) を超えて過窒化を施すと単結晶だった粉末中に結晶相が非晶質相に区切られたナノセル状組織を示し、この非晶質相が磁壁のピンニングサイトとなって粗粉末でも良好な保磁力を示す事も知られている。この様にして作られた Sm-Fe-Mn-N 磁石は高保磁力の割には角型性が乏しいため普及するには至らなかった。その原因は過窒化でナノセル組織が形成する時に何らかの駆動力により回転してしまい、等方的になるためであると考えられる。この駆動力については下記二つの仮説が考えられる。

仮説 A: 窒化によって一軸異方性になると内部の磁気エネルギーが高くなり、それを緩和するために結晶が回転する。

仮説 B: 窒化によって格子内に窒素が侵入し、c 軸が伸びると内部ひずみが発生して、それを緩和するために結晶が回転する。

昨年度は窒化条件の最適化と組織観察に重点を置きつつ仮説 A の実証に努めてきた。その結果、Sm-Fe-N 合金が窒化されナノセル組織が形成される様子を観察する事に成功した。また、キュリー点 (磁気相転移温度=この温度以上で材料は磁性を失う) を挟んだ2つの温度で過窒化を行った結果、配向性に変化はない事をつきとめた。これは仮説 A が正しくない事を示唆している。仮説 A が正しくないという証拠をつかんだので、次年度の当初計画通り仮説 B の実証に向け熱間強加工を駆使してナノセル組織の配向化を目指す。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕永久磁石、サマリウム鉄窒素、透過型電子顕微鏡、ピンニング型磁石、保磁力、角型性、窒化、アンモニア

〔研究 題目〕リン酸塩ガラス電解質燃料電池の高性能化開発

〔研究代表者〕鷺見 裕史 (無機機能材料研究部門)

〔研究担当者〕鷺見 裕史 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

Pt 触媒使用量低減や加湿システム簡略化等の観点から、従来の固体高分子形燃料電池 (PEFC) よりも高い150°C以上の中温で作動する燃料電池の開発が望まれている。本研究では、プロトン伝導性を示す無機リン酸塩ガラスに着目し、燃料電池電解質として用いた時の高性能化に向けた基礎的検討を行った。

合成温度を1,000°Cから800°Cに下げたところ、含水率の増加に伴って可動プロトン濃度が上昇した。また、Ba を Zn で置換するとリン酸分岐構造から直鎖構造に変化し、プロトン移動度が向上した。800°Cで合成した30ZnO-70P₂O₅ ガラスの導電率は、250°Cで 1×10^{-3}

S/cm に達した。この電解質を Pt/C 電極上に直接成膜する新しい手法で燃料電池を作製し、200°Cで従来の6倍の出力密度である1.2 mW/cm²が得られた。本研究によってガラス構造と含水量、プロトン導電率の相関が明らかとなり、更なる性能向上に向けた材料設計指針を得ることができた。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕燃料電池、エネルギー効率化、電気化学、プロトン伝導、ガラス

〔研究題目〕感応性化学種の二光子吸収特性の解明と測定評価基盤の確立

〔研究代表者〕鎌田 賢司（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕鎌田 賢司（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、新規な感応性化学種についてその分子構造と二光子吸収特性の関係を明らかにし応用を探索すると共に、二光子吸収を用いた化合物の応用研究の加速に資するため分光学の非専門家でも二光子吸収の評価が容易となる様に比較対象物質（標準物質）を整備することを目的とする。

このため本年度は新規な感応性化学種の1種である高周期典型元素を含むアザポルフィリン誘導体について広範囲な波長域での二光子吸収スペクトルの測定を行い、アザポルフィリンの中心金属が高周期典型元素である場合に特徴的に強い二光子吸収ピークが現れ、そのピークが分子内電荷移動と関係していることを明らかにした。加えて、Chichibabin 型と呼ばれる分子骨格を持つ一重項中間ジラジカル性化合物について、主要骨格に關係しないと考えられる置換基を無くした新規化合物についてその二光子吸収特性を測定し、主要骨格が二光子吸収特性に支配的な寄与をもたらしているという予測を裏付ける結果を得た。また、二光子吸収スペクトル測定に用いるレーザー光源の波長特性や時間特性などが測定結果に及ぼす影響について繰り返し評価し、標準物質群の整備に関連する蛍光法による評価についての準備も進めた。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕感応性化学種、高周期典型元素、二光子吸収

〔研究題目〕貴金属と低次元酸化物のナノ界面制御による低温酸化触媒の構築

〔研究代表者〕富田 衷子（物質変換材料グループ）

〔研究担当者〕富田 衷子、多井 豊（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究は、水賦活処理を利用した界面制御方法を発展させて、低温酸化活性の高い貴金属触媒を構築することを目的とする。H27年度には、開発触媒を用いて、アセトアルデヒド、プロパン、ホルムアルデヒド、ギ酸の酸化活性評価を行った。

1. アセトアルデヒド酸化：各種酸化物触媒とそれらに白金を担持した触媒でアルデヒド酸化活性を比較した。セリアは貴金属担持無しでも120°C以上でアセトアルデヒドを酸化したが、白金担持の効果が小さいために、白金担持セリアの活性は白金担持アルミナより低かった。各種貴金属担持アルミナ触媒を評価したところ、白金を使用した場合が最も活性であった。そこで、白金担持アルミナを基本として最適化を行った。助触媒効果を検討するために遷移金属を使用したところ、活性は低下し、遷移金属の使用は有効では無いことが分かった。白金担持アルミナ触媒において各種アルミナを使用した場合には、中性のアルミナを担体としたときに最も高活性であった。

2. プロパン酸化：白金担持アルミナ触媒において、少量（白金と等モル）の酸化鉄を含有させ水処理を行うと白金ナノ粒子の高温シンタリングが抑制された。酸化鉄が白金ナノ粒子のアンカーとして機能したと考えられる。酸化鉄量が多い場合（白金の5倍モル）白金ナノ粒子のシンタリングは促進されたが、酸化鉄がプロパン酸化の助触媒として機能し、酸化温度を低下させることができた。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕貴金属、ナノ界面制御、低温酸化触媒

〔研究題目〕空中駆動可能なナノカーボン・高分子アクチュエータの開発と応答メカニズム解明

〔研究代表者〕寺澤 直弘（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕寺澤 直弘（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究課題では、これまでの単層カーボンナノチューブ（SWCNT）アクチュエータ素子より、価格、汎用性の観点から有利であるが、性能面ではるかに劣っている多層カーボンナノチューブ（MWCNT）またはカーボンブラック（CB）／イオン液体（IL）／ベースポリマー（BP）ゲルアクチュエータの高機能化のために、電池の特長を電気化学デバイスである、アクチュエータに適用し、IL、BP、キャパシター機能や応答性能を向上させる金属酸化物に注目し、応答速度に優れ、大きな曲げや発生力を示す等の、SWCNT をはるかに凌ぐ、優れたアクチュエータ素子を開発する。また電気化学的手法等を用いて、素子の応答メカニズムを解明し、タッチパネルや人工筋肉材料等に適用可能な、これまでの常識を覆す、画期的なアクチュエータの設計指針を示す。

具体的には、VGCF or CB/IL/BP ゲルアクチュエータの高機能化のために、キャパシター機能や応答性能を向上させる化合物（金属酸化物）及び手法（ナノカーボンの酸処理）に注目し、応答速度に優れ、大きな曲げや発生力を示す等の、優れた素子を開発した。また、我々のグループで開発した等価回路解析を用いて、BP-IL

ゲル、アクチュエータ素子のキャパシタンス測定結果を併せて考慮することにより、電解質層及び電極層中におけるイオン移動の速さを評価し、応答メカニズムについて解明して、アクチュエータ素子の高機能化の方針を示した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕高分子アクチュエータ、ナノカーボン、ポリエチレンオキシド、電気化学シミュレーション、人工筋肉

〔研究題目〕高分子ロボットカテーテルシステムの開発

〔研究代表者〕堀内 哲也（ハイブリットアクチュエータグループ）

〔研究担当者〕堀内 哲也（常勤職員1名）

〔研究内容〕

現在、血管内カテーテルによる低侵襲外科手術が盛んである。低侵襲手術とは患者へのダメージが少ない手術の総称であり、特に70歳以上の高齢患者への手術の適用範囲を広げた。その中でも血管内カテーテル手術は、患者の身体を切り開くことなく、患者の血管を経由して患部を処置することが可能である。

しかしカテーテル手術の問題として、現在はガイドワイヤによる手操作に過ぎず、緻密な手術は不可能であり、機械的に繊細な操作可能なロボットカテーテルの登場が望まれている。

本研究では、産総研基盤技術である高分子アクチュエータを用いて、ロボットカテーテルシステムを開発する。高分子アクチュエータとは、イオン導電性高分子の表面に金メッキを設けることで作成される。金メッキは、正極と負極に分かれ、それぞれに正負の電圧を印加することによりイオン導電性高分子内部に電場が発生する。その電場によって内部陽イオンと水分子が局在し体積変化が生じ、その体積変化分がアクチュエータの変位となる。本アクチュエータをカテーテル形状にすることで、外部電圧印加で駆動するカテーテルが試作可能となる。

本研究では、カテーテル部分のみならず、カテーテルコントローラを人間工学的観点から設計し、実用に耐えうるレベルのシステムを試作する。また血管外科医師の協力の下、操作性の観点からも評価を行う。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕高分子アクチュエータ、カテーテル、低侵襲外科手術

〔研究題目〕人工層状構造を有する多機能材料の開発

〔研究代表者〕舟橋 良次（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕舟橋 良次、Tristan Barbier
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

Coを含む複合酸化物は NaCo_2O_4 や $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ のよう

に高い p 型の熱電特性を示す物質が報告されている。これらは CdI_2 構造を有する層状の CoO_2 層が優れた熱電特性の起源として理解されているが、 $\text{Ca}_3\text{Co}_2\text{O}_6$ に見られる八面体 CoO_6 とプリズム CoO_6 から成る擬一次元鎖構造も高いゼーベック係数を示す有望な熱電発現ブロックである。本研究では八面体 CoO_6 を有する BaCoO_3 、 $\text{Ba}_2\text{Co}_9\text{O}_{14}$ 、 $\text{Ba}_6\text{Co}_6\text{ClO}_{16}$ について熱電性能を比較した。 $\text{Ba}_2\text{Co}_9\text{O}_{14}$ の電気抵抗率は 400°C 以下で急激に増加し、これと同時にゼーベック係数も高くなる。これは低いキャリア濃度に起因すると考えられる。一方、 BaCoO_3 と $\text{Ba}_6\text{Co}_6\text{ClO}_{16}$ は温度上昇に従い電気抵抗率は低下する絶縁体的な挙動を示すが、ゼーベック係数も温度上昇により増加した。このことから、 BaCoO_3 と $\text{Ba}_6\text{Co}_6\text{ClO}_{16}$ は Variable-range hopping により電気伝導が起きていることが推測できる。

熱伝導度はいずれの酸化物においても、焼結密度が90%以上あるにも関わらず、 $1.5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下の低い値となった。これは一次元鎖構造に起因することも考えられるが、 BaCoO_3 の熱伝導度が他の酸化物より低いことから、挿入層の構造によりフォノン散乱を制御できることがわかった。今後これらの酸化物の熱電特性と構造の関係を明らかにし、機能界面の集積化 (Misfit integration) による材料設計が、高性能熱電材料、多機能材料の創製に有効であることを実証する。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕熱電材料、廃熱利用

〔研究題目〕組織化された液晶性色素半導体を内部に持つ酸化チタンナノ粒子の開発

〔研究代表者〕清水 洋（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕清水 洋、松本 宏紀
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

液晶状態は分子の並進や回転揺動を伴う長距離的配向秩序を持つ動的状態であるがナノ空間に閉じ込めるとその配向が維持され、その相転移温度は大きく変化する場合は報告されている。一方、酸化チタンは光半導体や触媒性を持つ材料として注目され、その多孔質系材料は色素増感太陽電池など有機化合物との組み合わせによる多様な機能性材料の研究が盛んに行われて来た。本研究では、酸化チタンの高機能化を図るため分担研究者らが開発した中空 TiO_2 ナノ粒子のワンポット合成法を応用した中空内部に機能性有機化合物として液晶性色素半導体を内包する新たな材料の創製を行う。平成27年度は、初年度に見出したワンポット合成の再現性を確立した。加えて、本反応において重要な役割を果たすと考えられてきたカルボン酸について新たに液晶性色素半導体のカルボン酸誘導体を合成し、その液晶性を明らかにするとともに、それによって得たナノ粒子が溶媒洗浄による内包材料の流失を防ぐ効果があることを見出した。加えて、

色素増感太陽電池を作製、太陽電池として機能することを確認した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕液晶性有機半導体、酸化チタンナノ粒子、色素増感型太陽電池

〔研究題目〕透過電子顕微鏡法による金属有機構造体およびその分子内包複合構造の構造解析

〔研究代表者〕劉 崢（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕劉 崢（常勤職員1名）

〔研究内容〕

金属有機構造体（MOF）は金属と有機化合物のハイブリッド材料であり、金属錯体または酸化物を頂点に、剛直な有機配位子を辺とする三次元のフレームワーク構造を持つ。金属イオン及び有機配位子を選択することで、目的に合わせた高表面積および機能が得られる。MOF材料の構造制御や応用のためには、その空隙形状や結晶欠陥などの構造の理解が必須である。また、単なるMOFの多孔体構造の応用のみならず、MOFの制限された空間内に分子を内包させて作る特異的凝集構造の形成と、それに伴う新規物性の発現は基礎科学・応用の両面において興味深いテーマである。

透過電子顕微鏡法（TEM）によるMOFの構造解析を行うためには、電子線ダメージに対する対処法の確立が必要である。平成27年度は、平成25年度に得た電子線ダメージを低減しつつ必要な空間分解能を確保するための最適なTEM観察条件を基にして、三種類の新規合成されたMOF材料に加え、三種類の共有結合性有機骨格構造（COF）材料の構造解析を遂行した。その中で特に重要な成果の一つは、有機螺旋分子の糸で織る3次元COF材料に関する研究であり、この論文はScience誌に掲載され、さらにその論文の図は同誌の表紙に採用された。また平成27年度に目標としていた、MOF材料空隙中に高分子、金属クラスターなどの種々の分子を内包させた複合構造の解析に関して、産総研内の電池技術研究部門の研究者と連携し、今まで築いてきたMOF材料の電子顕微鏡観察のノウハウを駆使することで、TEMを用いた原子レベルの解明に成功した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕電子顕微鏡、金属有機構造体、構造解析

〔研究題目〕導電性酸化物単結晶を用いた粒子整列塗膜の実現と物性解明

〔研究代表者〕鶴田 彰宏（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕鶴田 彰宏（常勤職員1名）

〔研究内容〕

導電性酸化物として知られる $\text{La}_4\text{BaCu}_5\text{O}_{13+\delta}$ は、室温における電気抵抗率が $0.5 \text{ m}\Omega\text{cm}$ と優れた電気伝導性を示し、酸化物であることから高温大気中で安定であるため、ガスセンサ等の高温動作型電子デバイスにおける

白金代替材料として期待されている。 $\text{La}_4\text{BaCu}_5\text{O}_{13+\delta}$ の結晶構造は異方的であり、それに伴い電気特性にも異方性を持つ。具体的には、 c 軸に対し平行に電流が流れる場合と比較し、 ab 面に平行に電流が流れる場合の方が抵抗率の温度依存性が小さい特徴を持つ。本研究では、形状に異方性を持つ $\text{La}_4\text{BaCu}_5\text{O}_{13+\delta}$ 直方体単結晶微粒子の作製と、その粒子を用いたスクリーン印刷により単結晶粒子が整列した配向塗膜の実現が目的であり、初年度である本年度は異方的な形状を有する $\text{La}_4\text{BaCu}_5\text{O}_{13+\delta}$ 単結晶微粒子作製に関して検討した。

フラックス法を用いた $\text{La}_4\text{BaCu}_5\text{O}_{13+\delta}$ 単結晶微粒子合成を実施し、等方的な形状の立方体粒子であれば比較的短時間で合成可能であることを確認した。また、合成温度や時間のみならず、 $\text{La}_4\text{BaCu}_5\text{O}_{13+\delta}$ 原料とフラックスの比率や原料の仕込み組成が $\text{La}_4\text{BaCu}_5\text{O}_{13+\delta}$ 単結晶微粒子の成長に大きく影響していることを見出し、それらを制御することで一辺が数十 μm から数百 nm の立方体粒子が合成可能であることが明らかになった。今後は、 $\text{La}_4\text{BaCu}_5\text{O}_{13+\delta}$ 単結晶微粒子の形状異方性制御に向けた合成プロセスの最適化を行うとともに、単結晶粒子が整列した配向塗膜の実現に向けたスクリーン印刷および付加プロセス開発を行う。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕導電性酸化物、単結晶微粒子、ペースト印刷、配向塗膜

〔研究題目〕分子構造デザインによる非シリカ系ハイブリッドメソ多孔体の精密合成技術の開発

〔研究代表者〕木村 辰雄（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕木村 辰雄（常勤職員1名）

〔研究内容〕

界面活性剤にPluronic F127を使用し、メソポーラスホスホン酸アルミニウムの薄膜化を行った。触媒機能等を発現する有機官能基（アミノ基及びスルホン基）を含む芳香族化合物を含むホスホン酸エステルを有機合成が可能であることを確認するとともに、それを出発物質とするメソポーラス薄膜の合成を行った。

アミノ基（塩基触媒）を含むホスホン酸エステルの合成に関しては、既報（ベンゼン架橋ホスホン酸エステルの合成）の合成条件及び手順を参考に、アニリン架橋ホスホン酸エステルの合成が可能であることを確認した。スルホン基（酸触媒）を含むホスホン酸エステルの合成では、上記（アニリン架橋ホスホン酸エステル）と同条件では、スルホン基が完全に脱離してしまうという問題が生じたが、スルホン基とアミノ基を同時に含む芳香族化合物に着目することで、スルホン基の脱離がある程度制御できることを見出した。反応を低温（ 120°C 程度）で行うことが重要であるとの知見も得た。

上記2種類のアミノ基及びスルホン基を含むホスホン

酸エステル（塩酸処理物）を出発原料としてホスホン酸アルミニウム薄膜の合成を行った結果、構造規則性は十分ではないものの、メソポーラス薄膜の合成は可能であった。得られたメソポーラス薄膜の組成を XPS 測定で確認した結果、400°C焼成した薄膜からはアミノ基のほとんどが脱離していた。一方、スルホン基は、触媒反応に展開するだけの十分な量が導入できることを見出した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】多孔体、メソポーラス、無機固体化学、ナノ機能材料

【研究 題 目】面発光レーザーの表面実装に関する研究

【研究代表者】金高 健二（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】金高 健二（常勤職員1名）

【研究 内 容】

情報処理システムの高性能化・省電力化のため、光電子融合回路の実用化が急務である。高密度光配線の集積実装技術を構築することは、実用化に向けた重要課題の一つである。本研究では、面発光レーザーから高密度光配線へ信号導波光を結合する実装手法として新規な光集積素子を提案・検討し、理論的・実験的に実証することを目的とする。

これまでに、光導波路と表面周期構造から構成される導波モード共鳴フィルタの開ロサイズの微小化を目指し、分布ブラッグ反射器ペアで構成する光導波路共振器内に導波モード共鳴フィルタを集積した、共振器集積導波モード共鳴フィルタを提案し、開ロサイズ4~10ミクロンの素子を実証している。

本年度は、共振器集積導波モード共鳴フィルタと金属ミラーとを集積した、共振器集積導波モード共鳴ミラーを試作し評価を行った。本素子は場合によりノッチフィルタリング特性を示すが、実験的にその構造を検証するため、共振器集積導波モード共鳴フィルタと金属ミラー間の光学距離（光バッファ層厚）をテーパー状に変化させた素子を試作し、特性の層厚依存性を実験的に明らかにした。また、共振器集積導波モード共鳴フィルタにおいては、共振器内での導波モード共鳴フィルタの位置が素子特性に大きく影響することを理論的、実験的に明らかにした。この位置制御により、面発光レーザー用の外部ミラーとして望ましい、より狭帯域の素子が実現可能と考えられる。今後、目的とする素子実現に向けた検討を行う。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造、材料・化学

【キーワード】光集積回路、光導波路、周期構造、導波モード共鳴、波長フィルタ

【研究 題 目】両イオン伝導体を用いた高効率メタン発電用固体酸化物形燃料電池の開発

【研究代表者】島田 寛之（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】島田 寛之（常勤職員1名）

【研究 内 容】

高伝導率両イオン伝導体として、Ba (ZrCeYYb) O₃ (BZCYYb) についての材料基礎物性評価および BZCYYb を電解質とした固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の試作・評価を行った。現在の SOFC は Ni とセラミックスのサーメットを燃料極兼支持体とした燃料極支持型が主流となっており、電解質材料と燃料極支持体を高温共焼結することにより SOFC を製造する。その際に懸念されるのが、燃料極中の Ni が電解質に拡散することによる電解質材料物性への影響である。そこで、BZCYYb 単体材料と BZCYYb に2wt%NiO を固溶させた材料 (BZCYYbNi) について材料評価を行った。伝導率としては、両材料とも当初目標値 (0.02S/cm、700°C時) を超える0.025S/cm (700°C) を示したが、熱膨張挙動とイオン輸率に大きな差異が表れた。BZCYYb の熱膨張挙動として700°C付近で結晶構造中のプロトン量の変化に伴うと考えられる体積変化が観測されたが、BZCYYbNi は温度変化に対しほぼ直線的な熱膨張挙動を示した。また、イオン輸率に関しては、BZCYYb が700°C以上の高温領域においても90%以上を維持したのに対し、BZCYYbNi では70%程度と低下した。この結果は、Ni が固溶することにより、材料中のプロトン量が減少したことと電子（ホール）伝導性が発生したことによると考えられる。また、BZCYYb を電解質とした燃料極支持型平板 SOFC のイオン輸率は、BZCYYb が有するイオン輸率 (90%以上) よりも低い85%であり、明らかに共焼結時に燃料極から Ni が BZCYYb に固溶した影響が表れていた。両イオン伝導性 SOFC を実現するためには、高温領域でも高いプロトン伝導率を維持しつつ、酸化物イオン伝導性を発現する必要がある。今後はイオン伝導率を酸化物とプロトンに分離し、伝導率と輸率に関するより詳細な検討を行う予定である。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】セラミックス、両イオン伝導体、プロトン、酸化物イオン、固体酸化物形燃料電池、SOFC、電気化学

【研究 題 目】原子層の量子物性測定と新規物性探索—透過電子顕微鏡による複合原子層の原子構造・電子構造の解明

【研究代表者】劉 崢（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】劉 崢、末永 和知（常勤職員2名）

【研究 内 容】

グラフェンデバイスの実現のために極めて重要な格子欠陥やエッジ構造を特定・検出する手法は、グラフェンのマクロ物性と原子レベルでの構造の関連付けに必要不可欠である。グラフェンはカーボン原子1個分の厚みしかないため、格子欠陥やエッジ構造はグラフェンの物性に極めて大きな影響を与える。また欠陥やエッジ構造の

熱的安定性・電子状態などの解析を行うことも極めて重要である。

グラフェンの電子バンドギャップは異なるバンドギャップを有するヘテロ複合材料によって調整することが可能である。今年度は、異なるバンドギャップを有する六方晶窒化ホウ素とグラフェンからなるヘテロ複合材料 (h-BN/graphene) において、電子顕微鏡を用いて h-BN/graphene ヘテロ複合原子層膜の原子構造および電子構造を解明し、またヘテロ複合原子層膜の in-situ 熱処理による構造変化を研究した。電子顕微鏡中で h-BN/graphene ヘテロ複合原子層膜を熱処理すると、h-BN のステップエッジから新たにグラフェンの単層膜が面内成長すること、h-BN エッジと新たに生成されたグラフェンとの界面の結合は N-C ボンドがメインであること、を解明した。また電子エネルギー損失分光 (EELS) 分析により、垂直にスタックした h-BN/graphene ヘテロ複合原子層膜の誘電性能には、グラフェンと h-BN の複合作用による効果が認められることを明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】電子顕微鏡、原子層物質、グラフェン、構造解析

【研究 題 目】理論と実験の協奏的アプローチによる複合スピン励起子変換制御

【研究代表者】鎌田 賢司 (無機機能材料研究部門)

【研究担当者】鎌田 賢司 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

励起状態を含む複数の分子が協同的にスピン状態変化する複合励起過程 (複合スピン励起子変換) は、三重項-三重項消滅、もしくはその逆過程である一重項分裂として知られており、近年、前者は低エネルギー光子から高エネルギー光子へのアップコンバージョン、後者は長寿命三重項励起子生成による太陽電池の変換効率向上と言った観点から特に関心が持たれている。本研究は、その複合スピン励起子変換の支配因子の抽出と機構の解明を通して、有用な新規物質を提案することを全体目標とする。特に三重項対から一重項対への変換である TTA 過程に軸足を置き、理論面では量子化学に基づく高精度励起状態計算によって、実験面では時間分解および定常分光測定によって、その変換過程の支配因子を解明する。この全体計画の下、弊所においては TTA 機構によるアップコンバージョンのメカニズムを実験的に解明し、固体系を含めて高い発光収率の TTA-UC 系への展開を図る。

本年度は混合溶液からのキャスト法により固体状態、室温、大気下でアップコンバージョン発光を得る微結晶粒を再現性良く得ることに成功し、顕微鏡下で1粒ごとの発光量子収率ならびに発光強度の励起高強度依存性を計測する測定システムを構築して、既報と同じ化合物の

組み合わせにおいても3桁アップコンバージョン閾値を持つことを確認した。また新規化合物を一部用いることでさらにその閾値が1~2桁低下し、発光量子収率も1桁増大することを見出した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】スピン変換、三重項、光アップコンバージョン

【研究 題 目】超音波による微小気泡の凝集体形成を利用した生体内細胞デリバリー技術の創成

【研究代表者】安井 久一 (無機機能材料研究部門)

【研究担当者】安井 久一 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

超音波の音響放射力を利用して、血管内に導入した医療用マイクロバブルを、患部まで送り込み、薬剤を患部だけに効率的に投与する技術の開発を、他機関の研究代表者と協力して行った。とくに、超音波照射下で振動するマイクロバブル間に働くバブル-バブル相互作用を数値的に計算し、マイクロバブルの数密度によって、マイクロバブルの共鳴周波数が変化する様子を調べた。また、マイクロバブルに働く2種類の音響放射力、すなわち、第1ビヤークネスカと第2ビヤークネスカ (バブル間の引力) を調べた。それらを表す式として、バブルの膨張収縮が大きい場合とそうでない場合で、異なるタイプの扱いになることを議論した。マイクロバブルの殻を形成する物質の特性と、共鳴周波数の関係も、数値シミュレーションにより調べた。マイクロバブルの殻の破壊に関する数値シミュレーションも行った。殻の破壊は、確率で記述され、バブルの膨張時に破れる確率が上昇し、確率が1に達したときまでに、破壊が起こると考えられる。殻の破壊と、マイクロバブルの共鳴周波数との関係も調べた。また、バブル-バブル相互作用の影響により、バブルの数密度によって、マイクロバブルの殻の破壊条件が異なることも分かった。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】超音波、微小気泡、音場

【研究 題 目】マルチラジカル性を有する開殻超分子系の光磁気機能物質の創成

【研究代表者】鎌田 賢司 (無機機能材料研究部門)

【研究担当者】鎌田 賢司 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

開殻性を有するナノサイズ分子性物質は磁性に加え、従来の閉殻系を凌駕する導電性や光学特性等を示す可能性があるために注目されている。本研究では複数の開殻部位を有する開殻超分子系について、開殻性を表す化学的指標である「開殻因子」に基づいて光磁気機能発現機構を解明して、開殻分子の化学的修飾、電場印加等の物理的摂動、溶媒や結晶場等の環境効果が開殻因子に与え

る影響を明らかにする。その結果、開殻因子の制御に基づく光磁気機能の発現およびその制御理論の構築を全体目的とする。そのために新規開殻性化合物の溶液ならびに固体薄膜における二光子吸収等の開殻因子との関連が期待できる光学物性を実験的手法により解明する。

本年度は、昨年度に構築を進めた赤外フェムト秒レーザー光を光源とする顕微非線形透過率測定システムを用いて、数十マイクロメートルサイズの微結晶の二光子吸収測定に取り組んだ。併せて、同じ光学系でキセノンランプを光源として、顕微偏光一光子吸収スペクトルを同じ観測光学系で行えるように、光源側光学系の増設を行った。試料化合物の結晶について非線形透過率測定を試みたところ二光子吸収の可能性を示唆する結果を得た一方、偏光一光子吸収スペクトル測定の結果は1,600-2,200 nm まで連続した吸収を示し、既報の1,500 nm の吸収帯を記録した結果と整合性の取れない結果であった。用いた微結晶は顕著な着色を示しており、不純物や欠陥による影響も考えられる。良質な試料結晶の作製を試みるとともに測定性の検出特性の再検討を行い、次年度に引き続き確認実験を行う。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】開殻電子構造、ラジカル、二光子吸収、結晶性固体

【研究 題目】次世代マッキベン人工筋の実現

【研究代表者】安積 欣志（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】安積 欣志（常勤職員1名）

【研究 内容】

生き物らしい運動特性を持ったロボットの実現を目指して、ヒトや動物の駆動機構を模倣したロボット機構の研究が盛んとなっている。十分な収縮能力をもち、集積して多自由度機構を駆動できる「人工筋」の開発が、上記ロボットの実現において最も重要であることは明らかである。本研究では、その様な「人工筋」ソフトアクチュエータとして、電気駆動の次世代マッキベン人工筋を実現することで上記のロボット実現の可能性を開くことが目的である。

電気駆動の次世代マッキベン人工筋は、固体高分子電解質膜による水の電気分解による気体発生と吸収を利用した原理であり、産総研では、その固体高分子電解質膜の水の電解および燃料電池反応のマッキベン人工筋用の最適化について担当する。

本年度は、固体高分子型燃料電池のイオン交換樹脂として広く用いられているナフィオンを用いて、白金の無電解メッキにより、白金電極を接合し、その接合体のマッキベン人工筋への適用、および、白金黒微粒子のコーティングによる電極成形による人工筋用接合体の作製、及びその最適化を試みた。人工筋の駆動は確認したが、効率率は市販の燃料電池用電極を用いたものより悪く、次年度、その原因について解明し、改良を試みる。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】マッキンベン人工筋、ソフトアクチュエータ、プロトン交換膜、イオン交換膜、ナフィオン、無電解メッキ、白金、水電解、燃料電池

【研究 題目】イオンビーム誘起 CVD 技術の高度化と SiC ヘテロエピ成長への応用

【研究代表者】木内 正人（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】木内 正人（常勤職員1名）

【研究 内容】

炭化ケイ素は次世代の省エネルギーワイドギャップ半導体として注目されている。一般的には高価な素子であるが廉価なシリコン基板上へ炭化ケイ素結晶をヘテロエピ成長させる技術を確認することが望まれている。本研究はヘテロエピタキシャル成長により安価な炭化ケイ素を提供する技術を確認することが目的である。これまでナノレベルの立体構造形成や磁気媒体の開発などに使われてきたイオンビーム誘起 CVD 法の技術を、炭化ケイ素結晶のヘテロエピ成長に応用を試みた。これまではアモルファス膜の SiC しか得られていなかった。

本年度は有機金属蒸気を前駆体として結晶成長させる場合のイオンビームの種の依存性、基板の種の依存性について検討した。その結果、SiC 結晶の成長における炭素、水素の割合の制御によって SiC 結晶成長の制御が可能となることを見出した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】炭化ケイ素、イオンビーム、結晶成長

【研究 題目】分子レベルでのグラフェンの電子構造の理解と新規物性の探索

【研究代表者】鎌田 賢司（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】鎌田 賢司（常勤職員1名）

【研究 内容】

グラフェンが持つジグザグ端に現れる特殊な磁気状態である「エッジ状態」とゼロギャップの線形バンド構造である「ディラック点」という2つの大きな電子的特徴を、化学合成したモデル分子を用いて分子レベルで理解し、その特徴的電子構造に由来する特異な電子物性を解明することが本研究の全体目的である。エッジ状態を有する化合物は、化学的にはラジカル状の開殻電子構造を持つことと理解され、磁気特性や非線形光学特性といった特有の電子物性が期待される。これまで、開殻一重項状態を持つ分子系は中間程度の開殻性の場合に非線形光学特性が増大することが知られ、特に非線形光学特性の一種である二光子吸収の増大の形で実験的に検証されて来た。本研究では、研究推進の主体となるモデル分子の合成を行う合成化学者と連携して、それら新規モデル分子の二光子吸収特性の探索を分担し、「エッジ状態」、「ディラック点」を持つ物質の二光子吸収特性を明らか

にする。

今年度は、昨年度の結果の基づきグラフェンモデル化合物として縮環芳香族系化合物の二光子吸収スペクトル測定を行ってその二光子吸収特性を調べるとともに、固体状態での電子励起状態の構造を把握するため微結晶の蛍光発光スペクトルの測定を行った。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕グラフェン、開殻電子構造、二光子吸収

〔研究題目〕質量分析法に基づく「カビ臭物質」のモニタリングと文化財カビ汚染制御法の確立

〔研究代表者〕木内 正人（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕木内 正人（常勤職員1名）

〔研究内容〕

文化財のカビ汚染の指標であるカビ臭物質のモニタリングと、カビ自身が有する気相を介した増殖制御作用物質に関する研究が有効であることを我々は提唱し、これまで密閉容器内での同種および異種のカビ間での増殖抑制の減少の存在を明らかにした。これまでは、ガスクロマトグラフ質量分析計で解析し、カビから放出されるカビ臭物質、すなわち揮発性有機化合物（MVOC）をイオン電流値として得てきた。本研究では合成された当該の化合物を既知の濃度で揮発させ、並行して測定することにより、カビ臭物質ごとの検量線を作成してきた。本年度は、*Fusarium solani* が放出する自己及び他種の増殖抑制活性をもったヘキサナールが培養中期（菌糸形成が枝分かれして孢子形成が始まる時期）から培養後期（孢子の成熟と気相への拡散が始まる時期）に0.1~0.2 mg/Lの濃度になるまで放出されることを見出した。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕真菌、ストレス、代謝、遺伝子、微量分析

〔研究題目〕カラミチック液晶とディスコチック液晶間を熱及び光照射で相転移するシステムの構築

〔研究代表者〕清水 洋（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕清水 洋、手島 遼
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

液晶は、棒状分子からなるカラミチック液晶と、円盤状分子からなるディスコチック液晶に分類される。我々は、一つの分子が棒状と円盤状の間で分子形状を変えることで、分子の集合体の液晶相でもカラミチック液晶とディスコチック液晶間の相転移を引き起こす系を研究し、最近、熱と光でこれらの相間を可逆的に異性化する世界で最初の分子を見出した。本研究では、分子形状の異なる液晶相間の相転移メカニズムを明らかにし、光で制御しうる新たなオプトエレクトロニクス材料への展開を目

指した研究を行う。

研究代表者側で合成、精製された棒状液晶性部を構成するアルコキシアゾベンゼン6個と円盤状液晶性部の中心となるトリフェニレン環をエーテル結合で結合した新たな光応答性液晶2種について、熱相転移挙動の詳細を検討するために高輝度光による相転移研究を行った。その結果、液体においてもある形状を取っており、スメクチック相においてもその形態が保持されている新たな挙動が見出された。また、分子の安定形状が末端アルキル鎖長に依存して異なることを明らかにした。一方、機能性の一つとして屈折率の異方性測定に必要な数百マイクロン角の均一配向膜の形成を検討、均一配向ドメインの成長に異方性があることを見出された。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕棒状液晶、円盤状液晶、光応答材料

〔研究題目〕スマート材料のシステム論的モデル化による高効率エネルギーハーベスティング

〔研究代表者〕安積 欣志（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕安積 欣志（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、様々な環境の変化から電力を取り出しセンサーネットワークや故障診断装置などのあまり電力のいらない電源として用いられるいわゆる環境発電について、産総研で開発を進めてきたイオン導電性高分子アクチュエータの材料を用いて、様々な環境における振動を利用して電力を取り出す研究である。イオン導電性高分子に金属接合した接合体は、変形させると微小な電圧が発生することが知られており、それはイオン交換樹脂内のイオン流が原理である。その原理の詳細についてはまだ解明されておらず、材料特性も詳細に調べられていない。本研究では、様々なイオン導電性高分子について、振動発電の特性を調べ、定量的モデルを検討することを目的とする。

本年度は昨年度構築したイオン導電性高分子を、様々な湿度にコントロールした環境下で振動させて発生する電圧、電流を測定するシステムを用い、固体高分子電解質型燃料電池で用いられるフッ素型イオン交換樹脂へ金を無電解メッキで接合したフィルムの振動発電特性について、相対湿度を乾燥状態から20%、30%、50%、70%、90%、さらに水で完全に膨潤した状態まで変化させた時の特性について、発生電圧と電流の測定を行った。

その結果、わかったことをまとめると以下の通りである。電圧応答、電流応答とも、変形一定にしても、応答の緩和を示すこと、また、応答の強度、および緩和の挙動は、湿度に大きく依存し、応答の強度はある一定の湿度で最大値を示すことである。また、乾燥したフィルムからノイズのみで信号が得られなかった。以上の結果をもとに振動発電の定量的モデルの構築を次年度試みる。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕 スマート材料、エナジーハーベスティング、環境発電、イオン導電性高分子、センサーネットワーク、イオン交換樹脂、モデル、イオン流

〔研究題目〕 細孔構造ゼオライトへのインジウム注入技術開発と超高効率新規反応触媒実現への応用

〔研究代表者〕 木内 正人（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕 木内 正人（常勤職員1名）

〔研究内容〕

インジウムは多くの産業分野で利用されている。化学分野では、インジウムとケイ素を組み合わせた新しい触媒が最近発見された。単体の金属インジウムまたはケイ素化合物に触媒活性がなくても、両者の相互作用によって高い活性が発現する事が明らかになった。一方、ケイ素を含有するゼオライトはその3次元的な構造（細孔構造）が注目され、産業界で広く利用されている。上記のようなケイ素とインジウムの相互作用を、インジウムを担持したゼオライトにおいて発現させることができれば、内部比表面積の大きさから触媒効率の圧倒的な向上が期待できる。本研究は、ゼオライトにインジウムを担持する場合にイオンビームによる注入を行うことにより作製した触媒の効果を検討することとした。その結果、アークプラズマ注入法により、作製した試料においては、適切な注入量を発見し、その場合に Friedel-Crafts 反応に関して触媒活性を保持していることが分かった。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 蒸着、触媒、薄膜、表面反応、イオン

〔研究題目〕 ナノ空隙の吸着サイト改質とマイクロ界面すべり制御による木材の超塑性加工法の開発

〔研究代表者〕 三木 恒久（構造材料研究部門）

〔研究担当者〕 三木 恒久、重松 一典、関 雅子、金山 公三（京都大学）
（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、近年我々が見出した“木材の超塑性挙動”に着目し、微細構造変化の観点から変形メカニズムを解明するとともに、木材の超塑性現象を利用した変形加工技術の開発を目指す。具体的には、木材の非結晶領域に多く分布するナノ空隙と吸着サイトを把握・制御して、種々の界面状態を変化させ、木材に超塑性的変形を生じさせる。また、吸着サイトの改質により、変形と同時に寸法安定性や強度、難燃性能を付与することを目的とする。

①ナノ空隙の把握と制御：平均分子量の異なるポリエチレングリコール（PEG）を含浸された木材について、ガス吸着測定によって解析されたナノ空隙（0.3～

0.6nm）の累積空隙量が、無処理木材と比較して減少する PEG サイズが存在するを見出した。一方で、PEG 含浸木材の変形挙動において、細胞壁可塑化は低分子 PEG に効果があるが、流動化発現への寄与は、低分子 PEG よりも高分子 PEG の方が大きいことが明らかとなった。このことから、流動化現象には細胞壁と細胞間層の性質の違い（空隙サイズと量、吸着に伴う軟化特性の変化など）が重要な因子になると示唆された。

②吸着サイトの把握と制御：木材中に存在する水酸基の疎水化によって、アクリル樹脂含浸木材の作製を試みた。疎水化と含浸量の増大によって顕著に押し抵抗が減少すること、また多回の成形が可能であることを示した。

③界面すべりの制御：加熱下での自由圧縮試験によって、流動化応力に及ぼす熱硬化性樹脂含浸木材の乾燥条件（溶媒量）の影響を検討した。溶媒乾燥過程において、流動化応力が極小となる溶媒量が存在することがわかった。

④高機能化条件の最適化：成形品物性として、曲げ強度 180MPa、曲げヤング率 15GPa に加えて、UL94規格での難燃性レベル V-1を達成した。基礎物性の取得に加えて、応用面で複数企業との共同研究も実施し、各々の製品の求められる物性値をクリアすべく素材条件の最適化と製造技術などの応用研究にも取り組んでいる。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 木材、流動成形、ナノ空隙、吸着サイト、超塑性

〔研究題目〕 集合組織制御による高成形性を持つ難燃性マグネシウム合金板材の創製

〔研究代表者〕 黄 新ショウ（構造材料研究部門）

〔研究担当者〕 黄 新ショウ（常勤職員1名）

〔研究内容〕

Mg-Al 系と Mg-Zn 系の Mg 合金に難燃化効果を持つ Ca を添加し、Ca 添加量が圧延材の組織、機械的特性、張出し成形性などに与える影響を調査した。Mg-5 wt%Al 合金に 0～2 wt% の Ca を添加した結果、1 wt% の Ca 添加でも顕著な難燃化効果が得られることを確認した。集合組織を弱体化するための高温圧延を行ったため、いずれも成形に適した弱い集合組織を示した。一方、Ca 添加量の増大に伴い、室温張出し成形性は低下し、エリクセン値は 8.9 から 6.3 に低くなった。成形性の低下は破壊の起点となる Al₂Ca 第二相粒子の増加によるものと考えられる。次に、Ca 量を 1 wt% に固定して、Al 添加量（3～9 wt%）が室温成形性に及ぼす影響を調査した。その結果、Mg-6 wt%Al-1 wt%Ca 合金は一番弱い底面集合組織を示し、最も優れた張出し成形性を示した（室温エリクセン値：8.1）。一方、Mg-3 wt%Al-1 wt%Ca 合金と Mg-9 wt%Al-1 wt%Ca 合金の室温エリクセン値はそれぞれ 4.2 と 3.9 であった。また、Mg-1.5 wt%Zn 合金への Ca（0～2 wt%）の添加効果を調査し

た。Ca の添加により、通常の強い底面集合組織から c 軸が板幅方向に約35°傾く弱い集合組織に変化した。0.5 wt% の Ca を添加すると、室温エリクセン値は3.6から8.0に大きく向上した。一方、Ca 量の増大に伴って伸びと張出し成形性は低下した。1.0 wt%、1.5 wt%と2.0 wt% の Ca を添加した圧延材の室温エリクセン値はそれぞれ7.2、6.6と5.8であった。成形性の低下の原因としては、破壊の起点となる第二相粒子が増加したことが挙げられる。従って、優れた室温成形性と難燃性を両立するための適正な Ca 添加量は1 wt%程度と考えられる。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】マグネシウム合金、圧延、集合組織制御、成形性

【研究 題目】電子状態計算に基づく高加工性マグネシウム合金設計指針の構築

【研究代表者】湯浅 元仁（構造材料研究部門）

【研究担当者】湯浅 元仁（常勤職員1名）

【研究 内容】

マグネシウム合金は、実用金属の中で最も低密度であり、優れた比強度および比剛性、易リサイクル性を有することから、次世代輸送機器用材料として国内外から注目が集まっている。しかし、アルミニウム合金や鉄鋼材料と比較して室温成形性に劣り、室温プレス成形により部材を大量生産できないことが、実用化に際してのボトルネックとなっている。室温成形性が劣る理由の1つとして、マグネシウムは、塑性変形を担うすべり変形が室温では底面すべりのみに限定されてしまう「すべり変形の異方性」を有することが挙げられる。これまでの研究から、高い成形性を有する Mg-Zn-Ca 合金において、添加された Zn と Ca が電子状態を変化させ、すべり変形の異方性を緩和することが第一原理計算により示唆されている。本研究では、この電子状態変化によるすべり変形の異方性の緩和を他の合金系へと展開し、すべり変形の異方性と電子状態の関係について、普遍的な知見を導出することを目的とする。さらに、本知見を活用し、第一原理計算により得られる電子状態から高加工性マグネシウム合金設計指針の構築を目指す。

平成27年度は、高加工性を示す Mg-Zn-Ca 合金の Ca を、同じ2属元素の Sr に変化させた Mg-Zn-Sr 合金をモデル化し、第一原理計算からその電子状態とすべり変形の異方性を評価した。その結果、Mg-Zn-Sr 合金モデルは、Mg-Zn-Ca 合金モデルと非常に近い電子状態を有することがわかった。また、Mg-Zn-Sr 合金モデルは、Mg-Zn-Ca 合金モデルには劣るもの、すべりの異方性の緩和が起こっていることが確認できた。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】マグネシウム合金、第一原理計算、室温成形性

【研究 題目】不均一光重合で誘起される液晶／高分子メゾ相分離と自律配向形成の機構解明

【研究代表者】垣内田 洋（構造材料研究部門）

【研究担当者】垣内田 洋、吉村 和記
（常勤職員2名）

【研究 内容】

「不均一露光技術」を用いた、光重合誘起相分離（P-PIPS）により、液晶と反応性メソゲンのメゾスケール複合構造、いわゆる高分子分散液晶（PDLC）を作製した。この相分離により形成した、液晶相と反応性メソゲン重合相のドメインサイズ、分子配向秩序、光学特性を詳細に調べた。一般に、P-PIPS による PDLC の作製では、原料組成と露光温度以外に、モノマーの官能基数が重要である。本研究で用いた反応性メソゲンは、硬い骨格の両末端に官能基がついた、液晶性の二官能主査型モノマーで、光波長スケールに対し十分なサイズのドメインで相分離させることが難しい材料だった。今回の露光技術で、積極的にドメイン形成を誘起し、メゾ相分離を実現した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】高分子分散液晶、PDLC、光重合誘起相分離、P-PIPS、反応性メソゲン、配向秩序形成、ネマチック等方相転移、光散乱

【研究 題目】変形機構解明に向けた高延性バルクナノ結晶 Fe-Ni 合金のメゾスケール組織の観察

【研究代表者】松井 功（構造材料研究部門）

【研究担当者】松井 功（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究の目的は、電析により高強度・高延性バルクナノ結晶メタルを作製し引張変形にともなう組織変化を解析し、電析ナノ結晶材料の変形メカニズムを明らかにすることである。当初、走査型イオン顕微鏡や透過型電子後方散乱回折法による観察を予定していたが、設備の準備が十分に行えなかった。そのため、平成27年度は、上記の設備の使用環境整備と並行して、開発電析技術の工業展開に向けた課題解決などに取り組んだ。

過去に開発した Ni-W 合金電析浴は、錯化剤としてプロピオン酸を用いていた。しかしながら、プロピオン酸は、悪臭防止法の規制対象物質であり、その使用は困難である。そこで、プロピオン酸の代替物質の探索を行った。その結果、プロピオン酸ナトリウムもしくはグルコン酸ナトリウムを用いることで従来浴と同様のバルクナノ結晶 Ni-W 合金を得ることに成功した。

平成27年度の設備環境の整備により走査型イオン顕微鏡による観察を行う準備が整った。今後は、引張試験前後における高強度・高延性バルクナノ結晶合金のメゾスケール組織を観察し、その変化から変形メカニズムの

解明を行っていく予定である。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕電析、バルクナノ結晶材料、機械的特性、Fe-Ni

〔研究 題目〕生物規範階層ダイナミクス

〔研究代表者〕穂積 篤（構造材料研究部門）

〔研究担当者〕穂積 篤（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

本研究は、生物のサブセラー・サイズ構造の階層性に起因する動的特性（表面特性・界面特性・内部構造特性）を材料科学・分子科学の視点から解明し、生物の多様な機能（昆虫の足の可逆的接着性、カタツムリや蓮の葉のセルフクリーニング現象、自己増幅・自己複製修復機能、等）を規範として、新しいエレクトロニクス実装技術（可逆的接合、セルフアライメント技術、防汚／防錆性付与による長寿命化、微細結線）等を開発することを目標としている。研究担当者は、特に、表面（動的なぬれ性）制御による防汚／防錆性付与と、それによる材料の長寿命化を担当する。

当初の研究計画に従い、防汚／防錆性に優れた有機／無機ハイブリッド皮膜の作製手法の確立を目指し研究を実施した。

平成27年度は、有機／無機ハイブリッド皮膜の作製条件の最適化を実施し、得られた皮膜の自己修復機能について調査した。撥水性のハイブリッド皮膜表面をUV-オゾン酸化により親水化し、最表層をテープ剥離した後の表面形状、動的濡れ性の変化を調査した。剥離後、層の一部が表面に残存したものの、再び初期の撥水性と同等のレベルまで回復することが明らかとなった。また、この操作を7～8回繰り返しても同様の結果が得られたことから、当該皮膜には優れた表面再生機能があることが明らかとなった。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕刺激応答、汎用元素、はっ水／はっ油処理、防汚／防錆性

〔研究 題目〕生物規範階層ダイナミクス

〔研究代表者〕浦田 千尋（構造材料研究部門）

〔研究担当者〕浦田 千尋（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

最近、低表面張力の液体を湿潤／含浸された表面が優れた難付着性を示すとして、基礎応用の観点で注目を集めている。例えば、Harvard 大学の研究者らはスポンジ状フッ素樹脂やシリコーン樹脂内部に潤滑液（フッ素系液体やシリコーンオイル）を含浸させ、水や油のみならず、マヨネーズや血液等の高粘性エマルションに対しても、優れた難付着性を示す塗膜を開発した。しかしながら、これらの手法は、湿潤液の蒸発や流失により、長期間、表面機能を持続させることが困難であることが指

摘されている。この解決策として、樹脂膜内/外部にリザーバーや血管状空洞を導入し、潤滑液を補給するシステムが考案されているものの、加工に特殊な条件・装置を必要とするため、より簡易な手法やこれらを必要としない材料の開発が求められている。平成27年度は、平成26年度より得られたナメクジの粘液分泌挙動から着想を得たオルガノゲル表面における難付着性を調査した。難付着性はオルガノゲルに導入した湿潤液の物性に依存しており、粘度が大きくなるほど、オルガノゲル表面より液体成分が滲みだし、優れた難付着性を示した。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕防汚技術、バイオミメティクス、湿潤ゲル、着氷防止

〔研究 題目〕生物多様性を規範とする革新的材料技術

〔研究代表者〕穂積 篤（構造材料研究部門）

〔研究担当者〕穂積 篤（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究の目的は、「生物多様性」すなわち「高炭素世界の完全リサイクル型技術」に学んで新しい技術規範（パラダイム）を体系化した「生物規範工学」を創生することにある。細胞内部や表面に形成される数百 nm～数ミクロンの「サブセラー・サイズ構造」が持つ機能の解明によって「生物の技術体系」を明らかにし、生物多様性と生物プロセスに学ぶ材料・デバイスの戦略的設計・製造を達成する。人類の自然認識体系として本来一体のものであるべき、自然史学、生物学、農学、材料科学、機械工学、情報学、環境政策学、社会学を再架橋して、オープン・イノベーションのプラットフォームたる「バイオミメティクス・データベース」を構築するとともに、生物学と工学に通じた人材を育成する。環境政策に基づくソシエタル・インプリケーション（社会的関与）の観点から、新たな「科学・技術体系」としての「生物規範工学」を確立し、「持続可能性社会」の実現を目指す。特に総括班では、成果発信のため、年に3回ニュースレターを発刊、全体会議企画／運営、各種国際／国内会議、バイオミメティクス研究会を主催し、バイオミメティクスの普及に務めている。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕バイオミメティクス

〔研究 題目〕双晶～転位間相互作用の体系化に基づく高加工性マグネシウム合金の創出

〔研究代表者〕千野 靖正（構造材料研究部門）

〔研究担当者〕千野 靖正（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

マグネシウム合金は軽量・高比強度・易リサイクル金属素材として国内外で注目を集めている。一方、室温成形性に乏しいことが大型部材化・量産化を阻んでいる。低成形性の原因としてマグネシウム合金の多くが室温で

のすべり系の少ない六方最密充填構造を有すること、また変形中に生じる双晶が破壊の起点となることが指摘されている。前者のすべり系については、集合組織のランダム化による延性改善の研究が隆盛である。後者の双晶については、双晶と転位が同時かつ互いに作用するために現象が複雑であり、双晶と転位の両者が本質的・体系的に理解されているとはいいがたい。そこで、本研究では、マグネシウムの変形を担う「双晶」と「転位」の相互作用を、微量添加元素によりマイクロ～ナノ～原子スケールで制御することを目指し、双晶も含めたマグネシウムの変形機構を体系化することを目指すとともに、マグネシウム合金の室温成形の可能性を探る。

平成27年度は、第一原理計算や分子動力学計算により予見された合金系を対象としてマグネシウム合金圧延材を作製し、その室温成形性をエリクセン値や室温引張り試験により評価した。また、室温で成形した際の変形双晶の巨視的および微視的な傾向を光学顕微鏡観察や、X線回折分析等により把握した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】マグネシウム合金、室温成形性、双晶、集合組織

【研究 題目】液晶高分子複合体への液晶分子配向形成による自律分光制御型デバイス開発

【研究代表者】垣内田 洋（構造材料研究部門）

【研究担当者】垣内田 洋（常勤職員1名）

【研究 内容】

偏光制御型の多モード Bragg 回折素子をホログラフィック高分子分散液晶（HPDLC）により作製した。これは、一つの入射角に対し、波長の異なる複数の Bragg 回折を生じることができ、それぞれの回折光の偏光特性も選択可能である。この素子は、一回のホログラフィック露光で複雑な構造を作り込むことが可能で、原料調製や露光温度といった作製条件だけで、回折特性がデザインできる。そのため、従来のような煩雑なアセンブリ作業が不要であるという利点がある。格子構造の形成機構は、モノマーの官能基数と粘度、また、格子ベクトルに沿った一軸方向の相分離ともなう自己組織化的な配向秩序形成が関わっていると推察され、この機構を明らかにすることで、より高度な HPDLC の Bragg 回折素子が実現できると期待される。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ホログラフィック高分子分散液晶、HPDLC、Bragg 回折、配向秩序、光重合誘起相分離、P-PIPS、モノマー官能基数

【研究 題目】インプラント治療における iPS 細胞を用いた再生骨の長期安全性に関する研究

【研究代表者】渡津 章（構造材料研究部門）

【研究担当者】渡津 章、園田 勉、寺岡 啓
（常勤職員3名）

【研究 内容】

チタン、及びチタン合金は歯根、関節等の加重部位を補綴するインプラントの材料として利用されているが、その表面における骨形成過程（オッセオインテグレーション）は詳細に観察されていない。これはチタンが不透明であること、及び埋入したままの簿切標本が困難であることに由来する。そこで本課題においては、切りやすい透明材料、例えばプラスチック上に形成した透明チタン薄膜を評価用チタンインプラント表面として作成し、該表面を各種評価に運用するための指針を作成することを目的とする。平成27年度は、細胞培養ディッシュ等の実際に生体関係の評価実験に使用するプラスチック製の製品を基板に用いて、膜厚を制御したチタン薄膜を内側底面に形成した。その試料について、可視・紫外光等の波長範囲に対する透過率の評価を行った。その結果、基板の性質を反映した透過率の波長依存性が検出され、膜厚による透過率の変化のグラフも得られた。波長及び透過率の傾向から、蛍光などの光を利用した各種計測に使用するための試料を作成する指針が得られた。その結果、細胞の分化状態等の観察に有効であることを見出すとともに、チタン膜の細胞増殖・接着に係る特徴の検討に十分適用可能であることを明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】透明チタン、インプラント、生化学試験

【研究 題目】フナムシの微細毛流路を模倣した水-油分離プロセスの構築

【研究代表者】浦田 千尋（構造材料研究部門）

【研究担当者】浦田 千尋（常勤職員1名）

【研究 内容】

チューブなどのクロズド流路を利用して粘性液体を輸送するためには、高い圧力が必要となる。微細構造は流路抵抗となると考えられており、流路内に形成させる事は不適と考えられていた。一方、フナムシの脚に観察される微細構造は、流水速度を促進させる役割を示すことがわかっている。本研究では、フナムシの脚を模倣した、表面微細構造と化学組成が精密に制御されたオープン流路を作製し、微細構造と表面組成由来の長距離粘性液体輸送プロセスや液体の選択輸送プロセスの構築を目標としている。

平成27年度は、オープンチャンネルの素材として、オルガノゲルに着目した。オルガノゲルの骨格成分としては、ポリジメチルシロキサンを選択し、湿潤液としてはポリジメチルシロキサンと親和性の高い液体（アルカンやシリコーンオイル）を選択した。オルガノゲル表面における水滴の滑落性は湿潤液の粘度に依存することが明らかとなり、低粘度ほど滑落性が向上した。

【領 域 名】材料・化学

〔キーワード〕 液体の輸送、バイオミメティクス、オーブンチャネル、リソグラフィ

〔研究題目〕 ニッケル-炭素結合を鍵とするニッケル錯体の新規触媒機能探索

〔研究代表者〕 中島 裕美子
(触媒化学融合研究センター)

〔研究担当者〕 中島 裕美子 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

ニッケル錯体は多様な電子状態を取り、それを反映して様々な反応性を示すことから、新規反応開拓の鍵として注目を集めている。一方で、不安定で分析および取扱いが困難であることから、これまでニッケル錯体特有の反応性を活かした触媒反応開発が十分に成されてきたとは言いがたい。本研究では、ニッケル-炭素結合の多彩な触媒機能に着目し、これを利用した新規触媒反応の開発に取り組んだ。本年度は、ビス(アセチルアセトナト)ニッケル(II)が、種々のニトリル化合物のヒドロホウ素化に触媒活性を示すことを見出した。ニトリル類のヒドロホウ素化を触媒する錯体はこれまでに、モリブデン錯体 (Chem. Commun 2012, 48, 455)、マグネシウム錯体 (Chem. Sci. 2016, 7, 628.)、ルテニウム錯体 (J. Am. Chem. Soc. 2015, 137, 12808.) の3つが知られるのみである。これら錯体は、多段階ステップからなる反応経路により合成が可能となる複雑な化合物であることを考慮すると、本研究において安価なニッケル塩がニトリル類のヒドロホウ素化触媒として機能することを見出した点は極めて興味深い。詳細な反応条件検討から、本触媒は従来の触媒系に比べて温和な条件下で進行し、幅広い官能基耐性を示すことを見出した。また、機構解析を行うと、系中で発生するニッケル(0)種が活性種であることが示唆された。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 錯体、触媒、ヒドロホウ素化

〔研究題目〕 高スピン型金属触媒：新しい触媒領域の展開

〔研究代表者〕 中島 裕美子
(触媒化学融合研究センター)

〔研究担当者〕 中島 裕美子 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究では、高スピン型錯体を用いて新規触媒反応開発を目指す。高スピン電子配置は、配位子場の小さい3d金属錯体特有の電子状態であることから、本電子状態を持つ種々の錯体は、その電子状態を反映して新しい反応性を示すことが期待される。しかしながら、取扱いおよび分析が困難であるため、高スピン型錯体の反応性は未だ不明な点が多く残る。初年度である前年度は、半閉殻構造を取ることで、高スピン電子状態を安定にとることが知られるマンガン(II)錯体に着目し、種々のマ

ンガン(II)アルキル錯体の合成とその反応性解明に取り組んだ。その結果、マンガン(II)ジアルキル錯体は、分極した結合のヘテロリシスに活性であることを見出した。しかしながら、その反応性は中程度であり、これはおそらく安定な半閉殻電子配置を有していることによるものと考えた。以上の背景を基に、本年度はマンガンに加え、鉄、コバルト、ニッケルを中心金属とする種々の高スピン型錯体を用いて検討を行った。その結果、*N*-ヘテロ環状カルベンを配位子とするコバルト(II)アルキル錯体およびコバルトヒドリド錯体が、極めて高い反応性を示すことを見出した。なかでも、コバルトヒドリド錯体は、安定なSi-O結合の切断を伴って、アルコキシシランの水素化を達成することを明らかにした。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 錯体、触媒、高スピン

〔研究題目〕 高原子価ルテニウム(IV)-オキソ錯体による高活性な触媒酸化反応系の構築

〔研究代表者〕 大図 慎吾 (触媒化学融合研究センター)

〔研究担当者〕 田中 真司、大図 慎吾
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

高原子価金属-オキソ錯体は、生体内酸化反応だけでなく、合成化学及び触媒科学にとって重要な酸化活性種として、その反応性や反応機構について多くの研究がなされてきた。特に最近では、光合成系の酸素発生中心(OEC)で見られるように、金属に配位した水分子を、プロトン共役電子移動(PCET)によりオキソ配位子へと変換し、高原子価金属-オキソ錯体を生成させる方法が注目されている。しかし、これまでの水中における酸化反応系では、水素引き抜き反応において酸化活性種となる金属-オキソ錯体の反応性が低いため、メタンなどのアルカン類の直接的酸化は困難であった。そこで、本研究課題では、プロトン化サイトの導入や複核錯体を触媒に用いることで、オキソ錯体との相互作用による基質の酸化電位低下を促し、オキソ錯体の酸化活性の向上を目指した。

架橋部位としてピリミジンを含む二核配位子と、これを配位子とした新たなルテニウム2核錯体の合成に成功した。さらに、これを触媒とした有機物の酸素による酸化反応を行うことで、配位子の骨格が錯体の反応性に与える影響について検討を行った。また、配位子のピリジン部位の代わりにピラジン、ピリミジンを導入することで、プロトン化サイトを有する新規ルテニウム錯体についても合成・検討を行った。今後は触媒の改良のためにヘテロ原子の導入なども視野に入れて、より活性・選択性の高い触媒開発を継続する計画である。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 ルテニウム、触媒、酸化、複核、プロトン化

〔研究題目〕 触媒の自己組織化を鍵とする実用的酸化反応の開発

〔研究代表者〕 田中 真司 (触媒化学融合研究センター)

〔研究担当者〕 田中 真司 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

酸化反応は化学産業において最も重要な反応の一つであるが、同時に環境に負荷をかけやすいプロセスである。そのため、環境調和型酸化反応の開発が進められて来た。しかし、反応の効率化のために、複雑に設計された配位子や不安定な金属触媒、高価な添加剤を必要とするため、触媒技術の実用化が妨げられている例が多い。そこで本研究課題では、触媒成分を自己組織化させることにより、簡便な方法で効率良く進行する環境調和型酸化反応の開発を目指し研究を進めている。

平成27年度は、過酸化水素によるアルコールの酸化に好適な自己組織化型鉄触媒の開発を行った。触媒として最適な組み合わせとなる鉄塩とピコリン酸の組み合わせを見出し、さらに触媒前駆体となる種々の鉄錯体の合成、単離を行った。鉄錯体の単結晶 X 線解析や電気化学測定により、最適組み合わせにおいて触媒活性が向上する要因を明らかにした。今後は本知見を活かし、酸化反応の効率向上や基質適用範囲の拡大を進める計画である。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 触媒、酸化、グリーン・サステイナブルケミストリー、過酸化水素、酸素

〔研究題目〕 新規鉄錯体による触媒的不斉酸素酸化反応

〔研究代表者〕 松本 和弘 (触媒化学融合研究センター)

〔研究担当者〕 松本 和弘 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究課題は、2つのフェノール部位をジピリン骨格で架橋した直線型の ONNO 三価四座配位子を有する鉄錯体を触媒として用いた不斉酸化反応を開発すること、および同配位子を有する他の金属錯体の触媒能について明らかにすることを研究目的としている。前年度までの研究によって、上記の鉄錯体が、空気下において1-フェニルエタノールをアセトフェノンへと酸化できることを明らかにすることができた。さらに、光学活性な配位子および鉄錯体の合成も行い、この錯体がラセミ体2級アルコールの空気酸化による速度論的分割を触媒することも見出した。

そこで平成27年度の研究では、これまでの研究で見出されている光学活性な配位子を有する鉄錯体およびその他の金属錯体を触媒として用いた不斉反応の開発を行った。その結果、鉄錯体を用いると、エナンチオ選択性は低いものの、ヘテロ Diels-Alder 反応が高収率で進行することを見出した。さらに、ルテニウム錯体はジアゾ化合物を用いた不斉シクロプロパン化反応において90%

ee 程度の高いエナンチオ選択性を示すことを見出した。例えば、スチレンのシクロプロパン化において、ジアゾ化合物としてジアゾ酢酸エチルを用いると、高シス選択的に反応が進行し、最高90% ee で目的のシクロプロパン化合物を得ることに成功した。一方、トリメチルシリルジアゾメタンを用いた場合には、高トランス選択的に反応が進行し、92% ee の高いエナンチオ選択性でシクロプロパンを与えることが分かった。これにより、2つのフェノール部位をジピリン骨格で架橋した直線型の ONNO 三価四座配位子が効果的な不斉空間を構築できることを明らかにした。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 有機合成、酸化反応、鉄

〔研究題目〕 疎水性場の付与に基づく磁性ナノ粒子固定化遷移金属触媒の高性能化

〔研究代表者〕 藤田 賢一 (触媒化学融合研究センター)

〔研究担当者〕 藤田 賢一、藤井 亮

(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

今年度はマグネタイト固定化含窒素複素環カルベン(NHC)-金錯体を新規に合成し、これを触媒としてアセチレン類のヒドロアミネーションに適用し、リサイクル型触媒としての有用性を検証した。

(2,4,6-トリメチルフェニル) イミダゾールと(ヨードプロピル) トリアルコキシシランより、対応するヨウ化(2,4,6-トリメチルフェニル) イミダゾリウムを合成した。このものと酸化銀(I)との反応により、対応するNHCを調製し、この反応溶液にクロロ(ジメチルスルフィド)金(I)を加え、攪拌後、反応溶液の濾過、減圧留去により、対応するNHC-金錯体を得た。このものとマグネタイトをエタノール中で加熱還流することにより、マグネタイト固定化NHC-金錯体を得た。

得られたマグネタイト固定化NHC-金錯体を触媒とし、アニリンを用いアセチレン類のヒドロアミネーション反応を行った。100℃で触媒とトリフルオロメタンスルホン酸それぞれを2 mol%用い反応を行ったところ、収率よく対応するイミンが得られた。さらに、触媒の回収・再利用について検討したところ、反応後触媒は磁石に引き寄せられ速やかに回収され、触媒の再利用も可能であることが分かり、本マグネタイト固定化NHC-金錯体のリサイクル型触媒としての有用性が示された。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 マグネタイト、金、リサイクル

〔研究題目〕 構造化ゲルと化学反応場の協働による運動創発

〔研究代表者〕 有村 隆志 (触媒化学融合研究センター)

〔研究担当者〕 有村 隆志、都 貞喜、田中 文昭

(常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

生活環境負荷の少ない機能性ソフトマテリアルは未来志向型材料として注目されている。ソフトマテリアルの官能基を自在に変換することで、分子認識能を有するアクティブゲルの開発を行うことを目標としている。今年度は、バイオ分子、高分子及び低分子群を望み通りの次元にシステム化する分子・触媒設計技術を開発し、機械工学を基体としないソフトマテリアルをベースとした革新的ゲルを創製し、レオロジー制御に係るゲルの構造相関性を明らかにすることを計画した。即ち、高分子ゲルを反応場として採用し、メゾスケールの非均質な反応空間の創製を行った。また、マトリックスとして種々の分散媒や超分子を用いて、自在なレオロジー制御が可能なアクチュエータ創製も試みた。カプセル内部の反応空間が流動性の高いゾル状態であるゲルカプセルを合成し、カプセル内部に信号分子を入れることに成功した。更に、二つのゲルカプセルを接触させることで、特定の分子が移動し、ロボット信号としてブランチマイグレーションが起こることを初めて明らかにした。ヘモグロビン等の生体系で重要な役割をしているポルフィリン錯体を触媒として、均一溶媒中で自律振動反応を初めて見出した。また、ポルフィリン錯体を用いたハイドロゲルポリマーの合成も行い、アクチュエータへの応用を試みた。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕ソフトマテリアル、アクティブゲル、自律振動反応、ポルフィリン、酸化還元、分子ロボット、概日リズム、フェロイン

〔研究題目〕高効率光電変換素子に向けたナノアンテナ構造の開発

〔研究代表者〕岡崎 俊也（ナノチューブ実用化研究センター）

〔研究担当者〕岡崎 俊也、生田 美植
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究ではグラフェンのナノアンテナとしての基本特性を、主に分光法によって探索し、アンテナ効果をもたらした新規光電変換素子に最適な条件を明らかにすることを目的としている。昨年度までに、グラフェンナノリボンについて、遠赤外吸収スペクトルの形状依存性が存在することを見出している。さらに、キャリア密度を制御して分光測定できるように、測定装置の改良および試料作製の最適化をおこなうことに成功した。そこで、平成27年度ではグラフェンナノリボンの遠赤外吸収ピーク位置のキャリア密度依存性を測定するとともに、グラフェンナノリボン形状の依存性についての検討をおこなった。

これまでのグラフェンの測定では、遠赤外ピークがキャリア密度の1/4乗に比例することが知られている。この1/4乗依存性がグラフェンナノリボンにおいて成立す

るかどうか検証した。グラフェンのような2次元系では1/4乗則が成り立つが、1次元系ではキャリア密度依存性はないことが理論的に示唆されており、リボン形状による依存性測定は非常に興味深い。測定の結果、グラフェンナノリボンのリボン幅が約300 nm までは、キャリア密度の1/4乗に比例しており、それ以下のリボン幅の場合、キャリア密度依存性が急激に小さくなることを見出した。数100 nm という長さは、フェルミ波長の数倍に対応し、それ以下になると1次元性を示しだすことを示唆している。

これらの実験事実から、グラフェンナノリボンのプラズモン共鳴について、基礎光学特性を明らかにすることに成功した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕カーボンナノチューブ、遠赤外、THz、アンテナ

〔研究題目〕生体内分解可能なナノカーボンを用いた標的癌治療薬剤の創製

〔研究代表者〕張民芳

（ナノチューブ実用化研究センター）

〔研究担当者〕張民芳（常勤職員1名）

〔研究内容〕

カーボンナノチューブ（CNT）やナノホーン（CNH）などのナノカーボンを使用した医療応用研究が盛んになっている。しかし、ナノカーボンは毒性が低いものの、肝臓や脾臓などの組織に集積されやすいことが分かっている。実用化するには、長期にわたって人体の健康を守ることが大前提になるため、ナノカーボンは組織内で分解、あるいは、体外へ排出されなければならない。本研究では、CNH を用いて、ナノカーボンの分解を促進する酵素などを化学修飾し、生体内で分解され体外へ排出されやすい、CNH のドラッグデリバリーシステム（DDS）を構築するのが目的である。

これまでは、ヒト好中球酵素（MPO）や、植物由来の酵素（HRP）及びヘモグロビンなどを用いて、CNH の生分解可能性を調べ、最適な生分解促進酵素を見出した。そして、CNH の細胞内の分解可能性を調べるため、以前開発したナノカーボンの細胞への取り込み量の近赤外光吸収測定法を用いて、マウスの RAW264.7 とヒト由来の THP-1 マクロファージ細胞内 CNH 量の経時的な変化から、CNH の細胞内の分解可能性を調べた。その結果、Raw 264.7 と THP-1 マクロファージ両方とも、10日で見込まれた CNH の約30%が分解されたことが分かった。今後は、分解促進に最適な酵素などで CNH を修飾し、動物体内の CNH 分解可能性を調べる。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕ナノカーボン、生体内分解、ドラッグデリバリーシステム（DDS）

〔研究題目〕2次元層状薄膜を用いた励起子レーザーの開発

〔研究代表者〕森 貴洋（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕森 貴洋、安藤 淳、二之宮 成樹（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では欠陥によらない局在励起子系を二次元層状物質である遷移金属ダイカルコゲナイドで実現することを目指した。これは、高強度発光に繋がり、ひいては高輝度レーザーの実現に繋がる。局在励起子系を実現するために、高誘電率絶縁膜中の固定電荷を用いることを試みた。遷移金属ダイカルコゲナイドの代表材料であるMoS₂を各種高誘電率絶縁膜上に形成した試料からは室温で強い発光が観測されたが、試料ごとに個体差によると思われる特性ばらつきが確認された。界面評価を行なうために試作したMOSFETにおいても、同様に特性ばらつきが見られた。ばらつきの原因を探索すべく実効移動度評価を試みたところ、ばらつきは界面特性を起因とするものではなく、MoS₂結晶内に存在する帯電不純物が原因であることがわかった。以上から類推するに、発光特性のばらつきも結晶内に存在する帯電不純物に原因があると結論した。帯電不純物は励起子を局在させる効果があるため、本研究で目指した界面固定電荷による局在と同様の効果を示す。界面固定電荷による励起子局在系の実現のためには、帯電不純物密度が減少するような結晶品質の改善が必要であると考えられる。それには結晶成長技術の高度化が重要である。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕2次元層状物質、遷移金属ダイカルコゲナイド、発光、トランジスタ

〔研究題目〕ジョンソン雑音温度計のための集積型量子電圧雑音源

〔研究代表者〕山田 隆宏（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕山田 隆宏、浦野 千春、日高 睦夫、前澤 正明、山澤 一彰、金子 晋久（常勤職員6名）

〔研究内容〕

ジョンソン雑音温度測定法（JNT）による熱力学温度測定の不確かさを低減し、科学・産業基盤である温度精密計測技術向上に寄与することを目的とする。測定の高精度化、低コスト化、利便性向上のため、JNT装置の主構成要素である量子電圧雑音源（QVNS）を制御機能とともに超伝導集積回路技術により1チップに集積することを提案する。本研究では、集積型QVNS（IQVNS）をベースにしたプロトタイプJNT装置を開発し、2つの温度定点（水の三重点、ガリウムの融点）における熱力学温度を不確かさ10 ppm以下で測定する

ことを目指す。

平成27年度は、水の三重点、ガリウム融点に適合する2種類のIQVNSチップを作製し評価を行った。いずれのチップも完全動作に成功し、実用上十分広いバイアスマージン±15%程度を得ることができ、水の三重点とガリウム融点の測定に使用可能なチップをそれぞれ4個、2個得ることができた。また、開発したIQVNSチップの実装と極低温プローブへの組み込み、相互関連器の改良を行い、JNT装置全体を組み立てた。電圧読み取りケーブルの交換により伝達特性の改善も行った。水の三重点セル、ガリウム融点セルの2種類の温度定点をセットアップし、100 ohm抵抗センサを用いて各温度定点のJNT測定を実施した。水の三重点、ガリウム融点のJNT測定に成功し、不確かさそれぞれ28 ppm、38 ppmを得ることができた。測定システムの改良と測定時間の拡大により、不確かさ10 ppm以下を達成できると考えている。本研究により、IQVNS-JNTの実証に成功したことで、JNT方式の利点は拡大し複数温度定点の系統的測定等へ繋がると考えられる。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造、計量標準総合センター

〔キーワード〕ジョンソン雑音温度計、熱力学温度、量子電圧雑音源、ジョセフソン効果、超伝導集積回路

〔研究題目〕テラヘルツ対応CMOS-FinFETを用いた低コストセキュリティ技術の確立

〔研究代表者〕松川 貴（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕松川 貴、柳 永勲、昌原 明植（常勤職員3名）

〔研究内容〕

電磁波の透過性と光の直進性を合わせ持つテラヘルツ波は、食品中の異物や違法化学物質の検出等安全・安心の実現に極めて有益であるが、高額な機器が普及に向けての障害になっている。本研究ではCMOS-FinFETベースの発振器とオンチップアンテナと一体となった、低コストなテラヘルツ波放射器の開発を行うことを目的としている。本研究の平成27年度の実施状況は下記の通りである。

テラヘルツ放射器を構成するFinFET基盤技術としては、発振周波数の安定性に大きく影響するフリッカノイズを非晶質金属ゲートの導入により低減に成功して成果について、論文発表を行った。このような低フリッカノイズ非晶質ゲートと通常多結晶金属ゲート双方のFinFETに関して、平成26年度に設計を完了したゲート長50 nmのテラヘルツ放射器の試作ロットを継続して進めた。配線の寄生容量の影響を極力小さくするために、1層目配線工程まで全てを電子ビーム露光により加工するため、これまでに確立していなかった電子ビーム

レジストによる金属配線加工工程、微細ビアホール開口工程の開発を合わせて進め、年度末に全行程が完了した。

テラヘルツ放射器の試作と平行して、サブテラヘルツ波周波数測定のためのヘテロダイン測定系のセットアップを行った。想定されるサブテラヘルツ波周波数に適合したホーンアンテナ・ミキサの周波数通倍率と、スペクトラムアナライザで検出可能な中間周波数（IF）に合わせてマイクロ発振器の導入を行い、上記ホーンアンテナ、ミキサ、スペクトラムアナライザを統合したヘテロダイン測定系を完成させた。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】CMOS、FinFET、テラヘルツ波、高周波、イメージング

【研究 題 目】トポロジカル絶縁体／超伝導体接合におけるスピン流を用いた熱制御デバイスの理論

【研究代表者】川畑 史郎（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】川畑 史郎、安富 幸輝
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

極低温で動作する量子デバイスに対する冷却技術として、超伝導体を利用した固体電子冷却技術に大きな注目が近年集められている。本研究においては、トポロジカル絶縁体／超伝導体接合の熱輸送理論を構築する。そして、トポロジカル絶縁体表面のスピン状態を制御することで高性能な固体電子冷却器やトポロジカル相転移を利用した熱制御デバイスが可能になることを明らかにする。今年度は、トポロジカル絶縁体/超伝導体接合及びワイル半金属／超伝導体接合の理論モデリングを行い、それに基づいて量子及び熱輸送理論を構築した。そして、電荷電流の計算を行い、トポロジカル物質特有のスピン運動量ロッキングによって界面におけるアンドレーエフ反射が抑制されることを見出した。また、ワイル半金属／超伝導体接合の熱流の計算を行い、超伝導体のバンドギャップによって、ワイル半金属が冷却されることを明らかにした。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】トポロジカル絶縁体、電子冷却、超伝導エレクトロニクス、超伝導接合

【研究 題 目】トポロジカル絶縁体によるアレイ型テラヘルツイメージングデバイスの開発

【研究代表者】牧野 孝太郎（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】牧野 孝太郎、中野 隆志、斉藤 雄太、富永 淳二（常勤職員4名）

【研究 内 容】

本研究では、Ge-Sb-Te（GST）超格子相変化メモリ

材料が持つトポロジカル絶縁体と呼ばれる性質を利用したテラヘルツ波の検出器開発を行う。トポロジカル絶縁体は表面においてバンドギャップが閉じた特殊な電子構造を持っており、エネルギーが低く検出が難しいテラヘルツ波のセンサとして応用が可能であると考えられている。従来の検出器と比較しても作製が容易であり、2次元アレイセンサとしての需要が見込まれる。

昨年度においてはテラヘルツ波の検出の可能性を実験により確かめることに成功している。この結果に基づき、本年度では電極を設けたテラヘルツ波検出デバイスを作製した。ガラス基板上に GST 超格子を作製し、その上にタングステンを用いて電極パターンを作製した。電極間にバイアス電圧を印加し、アクティブエリアの中央にテラヘルツ波パルスを照射し、電気抵抗値の変化を電極間に流れる電流の変化として検出した。その結果、テラヘルツ波の照射により電気抵抗値が低下することが明らかとなった。また、超格子構造の繰り返し数に応じて検出感度が変化することが明らかとなった。これはトポロジカル面の数が増えるためであると考えられる。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】テラヘルツ、トポロジカル絶縁体

【研究 題 目】トンネルトランジスタのトラップエンジニアリングによる新機能素子の創製

【研究代表者】森 貴洋（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】森 貴洋、松川 貴、森田 行則、塚田 順一、黒澤 悦男
（常勤職員3名、他2名）

【研究 内 容】

本研究はトンネルトランジスタのチャンネル中にトラップ準位を形成する不純物を添加することで新機能を発現させることを目的としている。トラップとしては等電子トラップを用いる。駆動電流の増大による高速動作機能と、量子機能の2つを当初のターゲットとしている。本年度は等電子トラップの基礎的知見を得るための実験を中心に実施した。まず、複数種の不純物についてトラップ準位の形成を試み、不純物の探索を行なった。また共同研究先が行なった理論計算によっては、Al-N をはじめとする III-V 族複合不純物が等電子トラップの形成に極めて有効であることが確認された。加えて、Al-N 等電子トラップからの発光について励起強度依存実験を実施、Al-N 等電子トラップに束縛された励起子からとされてきた発光線がについて詳細な知見を得た。素子作成プロセスの観点からは、Al-N 等電子トラップ形成に必要な低温アニール条件最適化を行なった。本実験からは Al-N 等電子トラップの形成機構に関する知見があわせて得られている。ここまでに記した知見は、来年度試作するトンネルトランジスタにおいて、高速動作機能を得るための駆動電流増大に繋がることを期待される。ま

た、本年度はトンネルトランジスタの単電子トランジスタとしての動作に成功している。これは、量子機能発現に向けた第一歩となる結果である。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 トンネルトランジスタ、シリコン、大規模集積回路

〔研究題目〕 ナノギャップ電極を用いた分 ReRAM の創成

〔研究代表者〕 内藤 泰久 (ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 内藤 泰久 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究課題では申請代表者がこれまで十分に蓄積した「ナノギャップ電極」作製法のノウハウとその精密なコンポジット化技術を通じて、分子・金属コンポジット型素子構造形成に取り組み、新しい分子素子の創成に取り組むことを目的とする。特に分子と金属イオンの相互作用を利用した、分子による不揮発性メモリである「分子 ReRAM」素子の実証にチャレンジする。その目的のためには、原子サイズに制御されたナノギャップ電極の作製と、それを利用した分子のギャップ間への架橋技術が必要である。今回はナノギャップ電極への分子の架橋技術を中心に探索を行った。

ナノギャップ電極の作製はこれまで、光露光や電子ビーム露光など非常に高額なパターンニングプロセスを必要としていた。これは、一回の測定ごとに使い捨てにするナノギャップ電極の高コスト化の原因のひとつであった。そこで、コストの低いメタルマスクによるパターンニングでナノギャップ電極が作製可能か探求した。しかし、メタルマスクはパターンニング精度が低く、数10 μm 台の大きなパターンでも作製できなければならない。そこで内藤らが独自に見出した蒸着時エレクトロマイグレーション法を取り入れて、ナノギャップの作製を試みた。結果、パターンが大きくなった影響で、一部ナノギャップができにくい条件も存在したが、光露光や電子ビーム露光などと同様に sub1nm 幅のナノギャップ電極が作製可能であることが分った。また、メタルマスク利用によりウエットプロセスフリーが可能となったため、蒸着金属の選択枝の拡張や接着層なしで金のナノギャップ電極作製など、より電極作製の自由度が向上できることが分った。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 不揮発性メモリ、有機合成、抵抗変化型素子

〔研究題目〕 革新的な超伝導分子検出技術の開拓と宇宙における分子進化の精密評価への展開

〔研究代表者〕 浮辺 雅宏 (ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 浮辺 雅宏、志岐 成友、藤井 剛、大久保 雅隆、野尻 真士 (常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

目標：

原子層堆積法 (ALD) により16K 以上の超伝導転移温度 (T_C) を持つフルエピタキシャル NbN/AlN/NbN 多層膜を実現、さらに同表面にコート材を成膜し、STJ 素子に加工することで、粒子の運動エネルギーをロスすることなく検出可能な STJ 粒子検出器を開発、静電型イオン蓄積リングでの有機分子の DR 過程の分岐比等の詳細分析を可能とする。

研究計画：

H27年度に ALD で成膜する NbN 薄膜で16K 以上の T_C を達成し、同時に Nb/Al STJ 素子を用いて、エネルギー散逸を抑制可能なコート材の開発を開始する。H28年度以降、H27年度に確立したプロセスで作製する NbN 多層膜を用いて NbN-STJ を作製、 J_C , I_{leak} を評価することで、トンネル層 (AlN) の作製プロセスを最適化、低 I_{leak} (<10 nA) かつ高 J_C ($\sim 1 \text{ kA/cm}^2$) な NbN-STJ を実現する。さらに同 NbN-STJ に、開発したスパッタ現象によるエネルギー散逸を抑制可能なコート材を施し、2 K 以上の動作温度、1 keV@20 keV という高エネルギー分解能を持つ粒子検出器を実現する。

年度進捗状況：

膜厚50 nm の NbN 膜で ALD 装置により得られた膜としては世界最高の12.7K という T_C を実現、今後のアニールプロセス等の膜質改良による最終目的である16K 以上の T_C の実現に希望を持つことが出来た。また、粒子の運動エネルギーロス防止用のコート材開発では、Nb/Al STJ 表面に、コート材として絶縁物 (SiO_2)、金属 (Ti)、超伝導体 (NbN) を成膜した素子を作製、まず NbN を成膜した素子の X 線検出特性を評価したところ、コート材の無い素子と同様の X 線スペクトル持つ事が確認でき、コート材の成膜プロセスによる Nb/Al STJ 素子の特性劣化が無いことが確認できた。また、筑波大学にあるスパッタ重イオン源改修では、改修に必要な機器の搬入、設置が終了し、更に各コンポーネントの基礎的な動作確認も終了させるなど、コート材の性能評価のため行う粒子の運動エネルギー測定準備をほぼ計画通りに進めることができ、H28年中に原子イオンの運動エネルギー測定を開始できる見通しとなった。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 超伝導トンネル接合 (STJ)、高エネルギー分解能、粒子検出器、静電蓄積リング、NbN、ALD、分子進化

〔研究題目〕 基板吸収型超伝導トンネル接合 X 線検出器の開発

〔研究代表者〕 志岐 成友 (ナノエレクトロニクス研究

部門)

〔研究担当者〕 志岐 成友、藤井 剛、浮辺 雅宏
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

超伝導トンネル接合 (STJ: Superconducting Tunnel Junction) X線検出器は、優れたエネルギー分解能を有し、1 keV 以下の軟 X線領域において蛍光収量法による X線吸収分光装置の検出器として実用化されている。しかしながら X線吸収体が厚さ数百 nm の薄膜であるために、エネルギー1 keV 以上の X線に対しては X線が吸収体を透過し感度が低くなることが課題である。そこで本研究は、高いエネルギー分解能を保ったまま感度を向上させることを目的として、STJ 検出器に吸収体を付与する方法を3年間研究した。吸収体には STJ 検出器を製作する際に支持体として使用する Si 基板を用い、STJ 検出器直下の Si 基板に深い溝を刻みピクセル化することにより、信号の担い手であるフォノンを閉じ込める構造とした。STJ 検出器の製作は産総研 CRAVITY (Clean Room for Analog & digital superconductivity)、Si 基板への深い溝の加工は物質材料研究機構・微細加工ナノテクノロジープラットフォームに依頼した。歩留まりを高めるピクセル形状・配置を検討し、9割の歩留まりを実現した。X線検出特性は、5.9 keV にてエネルギー分解能135 eV、読出しノイズ18 eV である。実現されたエネルギー分解能は従来型の半導体検出器と同等で、STJ 検出器の限界には達していない。より高いエネルギー分解能を実現する素子構造の研究が必要である。読み出しノイズは十分に低く、開発した検出器は軟 X線全域の X線分光に利用できる。試作した100素子アレイを用い、高エネルギー加速器研究機構放射光施設の BL-11B にて、2-4keV の微量軽元素の X線吸収分光を行い、濃度0.1%の硫黄の K 吸収端における X線吸収スペクトル測定に成功した。開発した検出器が1 keV 以上の領域において微量元素の吸収スペクトル測定に利用できることを実証した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 超伝導検出器、X線吸収分光法、蛍光 X線

〔研究題目〕 原子層シリサイド半導体による革新的エレクトロニクス要素技術

〔研究代表者〕 内田 紀行 (ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 内田 紀行、多田 哲也、宮崎 吉宣
(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

本研究では、半導体デバイスの極低消費電力化のために必要な革新的なデバイス要素技術の開発を行っている。具体的には、遷移金属原子 (M) の周りをシリコン原子 (Si) で囲んだ遷移金属内包 Si クラスタ (M@Si_n

($n=8-12$) を単位構造とした数原子層からなるシリサイド極薄膜を Si 基板上に形成し、M@Si_n の特異な性能を活かしたデバイスの低消費電力化技術を検討している。特に、M@Si_n 層での 10^{21} cm^{-3} の高キャリア密度を実現し、既存の Si 材料科学では実現できない、キャリアドーピング密度の極限化を追求している。本年は、本技術を実用化するために、半導体量産技術である化学気相堆積法 (CVD 法) による M@Si_n 材料の作製手法を確立した。これまで、レーザー蒸発による遷移金属蒸気とシランガス (SiH₄) の気相反応により作成していた M@Si_n 合成を、六フッ化タングステン (WF₆) など、半導体プロセスガスと SiH₄ との気相反応による合成に置き換えることで、Si 半導体プロセスとして導入可能になった。CVD 法で作製した W@Si_n 膜は、レーザー蒸発を用いた場合に比べて W@Si_n 構造が揃うなど、高い膜質を持つことが判明した。今後、この高品質な W@Si_n 膜を用いて、高キャリア濃度の追及や、理論計算で予想している電界印加や電荷注入による電子状態の変調など、革新的なデバイス要素技術につながる物性評価を行っている。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 Si 半導体プロセス、低抵抗化、高キャリアドーピング

〔研究題目〕 固有接合量子メタマテリアルを用いた光制御技術に関する理論研究

〔研究代表者〕 浅井 栄大 (ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 浅井 栄大 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究課題の目的である固有ジョセフソン量子光デバイスの提案に向けて、超伝導量子ビットを人工原子に用いた次元超伝導量子メタマテリアルの電磁場応答理論を構築した。本年度は量子ビット間に直接的な相互作用のない量子メタマテリアルに特異な電磁場応答特性を数値シミュレーションにより調べた。まず、量子メタマテリアル内を伝搬する電磁場パルスに対する集団的な誘導放出現象や、量子ビットのカオスのダイナミクスや高調波の発生について明らかにした。また、それらの振る舞いが量子ビット特性のばらつきに対してどの程度ロバストであるかも調べ、実験的に観測可能である事を示した。更に、印可磁場下における解析も行い、量子ビットが静磁場を介して結合し、超伝導量子メタマテリアルが全体として一つの超伝導体のように振る舞う事を明らかにした。静磁場応答を詳細に調べた結果、この人工超伝導体は量子ビットの重ね合わせ状態に由来する特異な磁化特性を示す事が明らかになった。また量子メタマテリアルに特有であるこの磁気相転移と原子・光間の強結合領域において予測されている「超放射相転移」との類似性についても議論した。これらの成果は光学デバイス応用の

研究のみならず、量子基礎科学の分野においても重要な知見であると考えられる。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 超伝導量子ビット、高温超伝導体、固有ジョセフソン接合、メタマテリアル

〔研究 題目〕 高立体角な蛍光 X 線計測のための大規模・高密度超伝導アレイ検出器

〔研究代表者〕 藤井 剛 (ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 藤井 剛 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

本研究は、シリコンドリフト検出器などのエネルギー分散型 X 線検出器の10倍以上のエネルギー分解能力を有する超伝導トンネル接合 (STJ) アレイ X 線検出器の有感面積を大幅に拡大させるため、従来の10倍の素子数となる1000素子 STJ アレイから成る検出器を実現可能な構造を開発する。超伝導体を埋め込んだシリコン貫通電極 (TSV) を作製したチップの表面に STJ アレイ層と埋め込み超伝導配線層を積層した構造、裏面に超伝導パンプ用のボンディングパットを作製する。本チップをフリップチップボンディングにより実装することで、チップ表面の8割を検出器の有感面とすることが可能で、最大8000素子までのアレイ化が可能となる。

本年度は、1000素子 STJ アレイ、埋め込み超伝導配線、TSV を組み合わせた検出器構造の設計を行った。TSV の歩留まりによる検出器の歩留まり低下を防ぐため、4本の TSV を1配線とする構造を設計した。また、この構造を作製するための要素技術として、銅またはスズを埋め込んだ直径50 μm の TSV を間隔150 μm で64×64個配置した構造、2048本の埋め込みニオブ超伝導配線上に1024素子の STJ アレイの作製に成功した。

来年度は、TSV を作製したチップ上に1024素子の STJ アレイを作製し、フリップチップボンディングにより実装する。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 超伝導、X 線検出器、シリコン貫通電極

〔研究 題目〕 超格子相変化薄膜の基礎的研究と電子デバイスへの応用

〔研究代表者〕 齊藤 雄太 (ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 齊藤 雄太 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

IVTe/V₂VI₃ (IV: C, Si, Ge, Sn, Pb; V: As, Sb, Bi; VI: S, Se, Te) 超格子の結晶構造や電子状態の網羅的な研究を行った。第一原理計算の結果、構造最適化を行った時の格子定数や原子間距離には組成依存性があり、重い元素ほど距離が長くなる傾向を示した。2014年度の研究から、電子状態も選択元素に敏感に依存し、特に

GeTe/Sb₂Te₃などの限られた組み合わせにおいてバンドギャップがガンマ点でクロスするようなディラックセミメタルになることが分かっていた。本年度はファンデルワールス補正の有無や、格子定数と原子座標の体系的な依存性について詳細に調査し、わずかな原子間距離の変化によってバンドギャップが閉じたり開いたりすることを見出した。この結果から、外部から歪みを印加することで、ギャップの開閉、すなわち伝導度を制御できることを明らかにした。この計算結果に基づき、歪み誘起の新しいタイプのスイッチングデバイスを提案した。本提案デバイスでは、三端子を超格子上に成膜し、中間のゲート膜としては電界印加によって応力を発生する圧電材料を用いる。ゲート電圧によって超格子に印加される歪み量が増えるため、ソース、ドレイン間を流れる電流を制御させることができる。特に、ON 状態において、ディラックコーン由来の伝導が実現できれば、有効質量が限りなく0に近いので、非常に高い移動度が期待される。今後、そのような構造のデバイスを作製し、動作実証を行う計画である。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 相変化材料、トポロジカル絶縁体、第一原理計算、電子デバイス

〔研究 題目〕 超伝導検出器多画素化と冷却系簡素化を両立するマトリョーシカ型周波数多重読出回路

〔研究代表者〕 神代 暁 (ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 神代 暁、平山 文紀、山森 弘毅、永沢 秀一、佐藤 昭、入松川 知也、福田 大治*、佐藤 泰** (*物理計測標準研究部門、**分析計測標準研究部門) (常勤職員7名、他1名)

〔研究 内容〕

ミリ波～ガンマ線の9桁に渡る波長域の電磁波に対し、半導体等の既存検出器を凌駕する低雑音性を示す超伝導転移端検出器の応用拡大に必要な多画素化には、極低温検出器－室温信号処理装置間の配線経路の極低温への流入熱の画素数に伴う増加を抑制し、検出器システムの体積・消費電力の支配要因たる極低温冷凍機の小型・低消費電力化・低廉化を図ることが重要である。極低温下で複数画素の出力信号を1本の信号線に束ねる超伝導多重読出回路がこれを可能とし、複数の方式が提案されている。この中で、マイクロ波周波数多重読出法は、多重化数に依存しない信号対雑音比と、他法に比べ1本の信号線あたりの多重化数の飛躍的増大が期待されている。一方、現状のマイクロ波多重読出回路の多重化数は、極低温下の高電子移動度トランジスタ増幅器の帯域に比べ1桁狭帯域である室温信号処理系の帯域で制約されており、極低温エレクトロニクスの潜在能力を充分活かしている

とは言い難い。本研究は、複数の室温信号処理系の信号を1本の極低温-室温間の信号線に束ねることにより、標記問題の解決とマイクロ波読出法の潜在能力実現を目的とする。今年度は、読出回路雑音低減のため、高 Q 値のマイクロ波共振器実現に有利な材料を検討した。具体的には、熱酸化シリコン基板 (SiO_2/Si) とサファイア基板 (Al_2O_3) 上へ、ニオブ (Nb) と窒化ニオブ (NbN) 電極を成膜し、 Q 値の温度 T 依存性を比較した。その結果、双方とも $T < 1$ K の一部で Q が T と負の相関を示したが、 SiO_2/Si に比べ Al_2O_3 上の Nb, NbN 電極は、負の相関の度合いが小さく、約1桁高い Q 値を示した。これは、 Al_2O_3 上に高品質 Nb・NbN が成長し、かつ Al_2O_3 は SiO_2/Si に比べ誘電損失増加層の生成が少ないことを示唆する。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 超伝導転移端検出器 (TES)、マイクロ波、周波数多重読出回路

【研究 題 目】 低温走査トンネル顕微鏡による単ドーパント原子の電界誘起イオン化ダイナミクス観察

【研究代表者】 内藤 裕一 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 内藤 裕一 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

現在の情報化社会においてコンピュータをはじめとする情報通信機器の超高性能・極低省電力化は欠かせない。すでにその物理的限界が近いと言われながらも、未だこうした情報通信機器の超高性能・極低省電力化を担うのは半導体超高集積回路の基本要素デバイスであるシリコンベースの電界効果トランジスタ (Field Effect transistor: FET) である。FET の物理寸法は、そのゲート長がいまや十数 nm まで縮小されており、商用 FET のチャネル電流ですら、少数ドーパント原子の離散的な分布がその輸送特性に影響を及ぼしている。例えば、離散的なドーパント原子の並び方が、FET のチャネル電流特性のゆらぎの主な原因になっているという報告もある。

いっぽう、半導体表面近傍に離散的に存在する少数、あるいは単一のドーパント原子が持つ特有の電子機能を積極的に見出して活用しようとする試みは、“Solitary Dopant Electronics” と呼ばれ、現在世界的に研究が活性化しつつある分野である。研究の提案者は、H27年度は GaAs へき開表面・Si の清浄表面観察の困難さから、低温走査型トンネル顕微鏡と走査プローブ顕微鏡を用いたグラフェン表面観察にシフトした。その結果、ヘリウムイオンをドーパしたグラフェン上で、アンダーソン局在による金属-絶縁体転移が発見された。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 グラフェン、ヘリウムイオンドーパ、ア

ンダーソン転移

【研究 題 目】 百万画素サブミクロン分解能中性子ラジオグラフィのための固体超伝導検出器システム

【研究代表者】 日高 睦夫 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 日高 睦夫、永沢 秀一 (常勤職員2名)

【研究 内 容】

目標および研究計画

Nb ナノワイヤを検出器として用いた多画素中性子検出器実現に必要なプロセス開発を行う。22 mm チップ上に XY 二方向のナノワイヤを配したデバイス、一次元ナノワイヤと SFQ 回路をモノリシック化したデバイスおよび遅延時間で中性子入射位置を決定する新方式のデバイスを作製するための超伝導デバイスプロセスを構築し、デバイスを作製する。

年度進捗状況

高精度な空間分解能が得られる新方式の中性子検出器である DCBK01作製プロセスを開発した。このデバイスでは、Nb ナノワイヤである NW1および NW2の膜厚が40 nm である。中間の膜厚200 nm のグランドプレーン層をパッドへの配線層として用いている。グランドプレーン段差を膜厚が1/5の NW2で乗り越えるために、グランドプレーン層で平坦化を施し、それ以下の層に起因する段差を解消している。NW2からグランドプレーンへのコンタクトホールでは断線が懸念されたため、 CHF_3 ガスを用いた SiO_2 の反応性イオンエッチング時に O_2 ガスを CHF_3 ガスに対して流量比50%導入し、エッチングの等方性を増加することによりコンタクトホール側面に傾斜を施した。このデバイスでは、中心部の10 mm 角の領域に幅1 μm 、スペース1 μm の Nb ナノワイヤが幅方向に1 μm ずらして2本設けられている。1本のナノワイヤの全長は50 m である。2枚の3インチウエハに各4チップずつ作製した。ボロン成膜前に各チップナノワイヤの導通を確認したところ、全8チップの計16本のナノワイヤのうち15本で導通が確認された。長さ50 m の1 μm 幅ナノワイヤの導通が高い確率で確認されたことで本プロセスの信頼性の高さが実証された。また、ニオブナノワイヤの評価を行う22mmNW04、SFQ 読出し回路付きニオブナノワイヤ SMIS04の作製を作製し、それぞれ大阪府立大、名古屋大学に供給した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 超伝導エレクトロニクス、ジョセフソン接合、超伝導集積回路プロセス、SFQ 回路、ナノワイヤ、中性子検出

【研究 題 目】 熱力学的極限に挑む断熱モード磁束量子プロセッサの研究

【研究代表者】 日高 睦夫 (ナノエレクトロニクス研究

部門)

【研究担当者】日高 睦夫、佐藤 哲郎、永沢 秀一、
岩田 比呂志（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

目標および研究計画

H26年度に開発した平坦化 Nb/AlOx/Nb ジョセフソン接合作製プロセスをさらに発展させ、ジョセフソン接合層を含むゲート層を上下二段に重ねた3次元超伝導回路プロセスを構築するとともに、このプロセスを用いてSFQ回路を二層化した3次元集積回路を作製するための課題抽出を行う。

年度進捗状況

3次元 Josephson 集積回路プロセスを実現するためには、最上層を除く全層に平坦化を施す必要がある。この平坦化工程が Nb/AlOx/Nb 接合に及ぼす影響を詳細に調べた。その結果、接合層直上の平坦化工程に注意が必要ことが明らかとなり、最適な平坦化条件を決定することができた。この結果を基に、AQFP（断熱型磁束量子パラメトロン）ゲートもしくはSFQ（単一磁束量子）ゲートを上下二層に積層可能なデバイス構造と作製プロセスを構築し、評価用レチクルを作成した。これらにより、3次元ジョセフソン集積回路実現に向けて着実に進捗することができた。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】超伝導エレクトロニクス、ジョセフソン接合、超伝導集積回路プロセス、SFQ回路、AQFP回路、3次元超伝導回路

【研究題目】大規模 SSPD アレイによるシングルフォトンイメージング技術の創出

【研究代表者】日高 睦夫（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】日高 睦夫、永沢 秀一（常勤職員2名）

【研究内容】

目標および研究計画

超伝導単一光子検出器（SSPD）は、高検出感度、低暗計数率、高計数率、低ジッター、広波長帯などの優れた特徴を持ち、すでに量子鍵配送実験などで数多くの採用実績がある。これまで単ピクセル素子の高性能化に焦点を当てた研究開発が行われてきた。他ピクセル化による高速化や2次元イメージングを可能とし、バイオ・医療等のライフサイエンス、宇宙通信等の新しい応用への活用を目指す。本研究では、多ピクセル SSPD の出力を超伝導デジタル回路であるSFQ回路で処理するためのプロセス開発を行う。

年度進捗状況

多ピクセル SSPD からの出力を多重化するための単一磁束量子（SFQ）回路の作製を行った。作製されたデバイスは情報通信研究機構（NICT）において動作測定が行われ、シミュレーション通りの動作が確認された。

NbN が材料である SSPD と Nb で作製する SFQ 回路をモノリシック化するための作製プロセス検討に着手した。具体的には、NICT が作製する64ビット SSPD と産総研が作製する SFQ 回路の層構造、作製順等の検討を行った。NbN は平坦な面に成膜しないと臨界電流密度が減少することが知られており、平坦化の手法を導入する必要の有無を検討した。また SSPD では通常の Nb プロセスでは使用しない Ag を反射膜として使用するため、Ag の取り扱いについての検討を行った。これらの検討に基づき、来年度はプロセスを確定し、実際にモノリシックデバイスを作製する計画である。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】超伝導エレクトロニクス、ジョセフソン接合、超伝導集積回路プロセス、SFQ回路、SSPD、モノリシック回路

【研究題目】超並列アナログ脳型LSIに向けたナノ構造メモリ素子とその集積回路化の研究

【研究代表者】遠藤 和彦（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】遠藤和彦、東原 敬
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

近年、従来の機械学習方式の性能を大幅に凌駕するディープ・ラーニング（深層学習）が注目を集めており、脳型情報処理方式の重要性が増している。脳型情報処理を実現する鍵は、ゆらぎを利用した多彩な時空間ダイナミクスに基づく超並列処理と、柔軟なアナログ学習機能である。これらは既存の CMOS デジタルシステムの不得意とするところであり、本研究ではそれを補完する新デバイスを開発して、最先端デジタルデバイスである FinFET と結合することで、新世代情報処理システムを構築することを目的としている。

本研究では、時空間情報処理を物理的に実現する実ニューロン方式脳型集積システム構築のために、分子の自己組織化機能によるナノ構造作製技術を駆使して、制御性の高いアナログ記憶・学習機能素子を開発すると共に、ゆらぎを利用する脳型情報処理素子と回路を新たに開発している。特に、電子のトンネル伝導の揺らぎを利用するナノディスクアレイ（NDA）をゲート電極近傍に備えた、新しい構造のフィン型トランジスタ（NDA-FinFET）の開発を行っている。現在、多入力 NDA-FinFET において、時間軸で積和演算が可能な素子が実現できており、NDA のパターン形状の改良による性能向上を試みている。

また、開発した技術を用いて、ディープ・ラーニング（深層学習）向け制約付きボルツマンマシン（RBM）を構築する計画を立案している。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】ナノディスクアレイ、脳型情報処理、フ

イン型トランジスタ

〔研究題目〕超伝導転移端センサが実現する粒子線治療用線量標準の高精度化

〔研究代表者〕神代 暁（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕神代 暁（常勤職員1名）

〔研究内容〕

重粒子線癌治療において被曝を最小限に抑えつつ高い治療効果を得るには、体内の吸収線量分布の正確な把握が必要不可欠である。本研究では極めて高いエネルギー弁別性能を有する超伝導転移端センサ（TES）とグラファイト製重粒子線吸収体を組み合わせたマイクロカロリメータを開発し、従来の電離箱測定法では到達しえない優れた精度を有する重粒子線絶対線量標準を確立する。さらにこの重粒子線 TES 検出システムを水ファントム中に設置し、炭素線が水を通過する距離を変化させ、水中での LET（線エネルギー付与）深度分布を測定する。これにより鋭いブラッグピーク形状の高精度な検出のみならず、核破砕片によるエネルギー付与も正確に把握しうる。これらの知見・データは高精度な吸収線量予測に必須であり、今後主流になると考えられるスポットスキヤニング照射での治療精度向上にも大いに役立つものと期待される。今年度は、TES と読出回路の動作実証を行うための極低温冷凍機の不具合の原因を突き止め、対策を施すことにより、絶対温度0.1 K の保持時間信号を、無負荷状態で7時間に伸ばすことに成功した。この冷凍機を用い、読出回路の性能評価を行い、TES を上回る 10^4 級のダイナミックレンジ実現の見通しを得た。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕超伝導転移端検出器（TES）、マイクロ波、周波数多重読出回路

〔研究題目〕超伝導転移端センサが実現する粒子線治療用線量標準の高精度化

〔研究代表者〕浮辺 雅宏（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕浮辺 雅宏（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標：

極めて高いエネルギー弁別性能を有する超伝導転移端センサ（TES）とグラファイト製重粒子線吸収体を組み合わせたマイクロカロリメータを開発し、従来の電離箱測定法では到達しえない優れた精度を有する重粒子線絶対線量標準を確立する。さらにこの重粒子線 TES 検出システムを水ファントム中に設置し、炭素線が水を通過する距離を変化させ、水中での LET（線エネルギー付与）深度分布を μm オーダにて測定する。

研究計画：

既に確立した硬 X 線 γ 線 TES 精密分光技術をベース

に、超伝導イリジウム温度センサとグラファイト重粒子線吸収体を組み合わせた検出器を作製し、炭素線ビームを照射して絶対線量精密測定を実現する。そして既存電離箱計測法と比較し、TES による線量測定法の不確かさを低減を実証する。さらにこの炭素線検出用 TES を搭載した冷凍機システムを水ファントム中に設置し、炭素線ビームを照射しつつ、水ファントムを駆動させる等して炭素線の水中通過距離を最小 μm オーダにて精密に制御して、水層透過後の炭素線のエネルギーを精密に計測する。これにより、各測定点における炭素線エネルギーの差分をとることで、水中での LET が詳細に得られる。特に μm オーダの分解能にて炭素線の水吸収 LET 分布におけるブラッグカーブのピーク構造とピークの末端に広がる破砕核に起因したテール部の正確な把握・解明に努める。

年度進捗状況：

重粒子線 TES 検出器のメンブレン膜の作成を分担している。TEOS-CVD 装置を使用する。TEOS-CVD 装置の成膜条件を変更することで、その応力を制御し膜全体として100 MPa 以下の小さな応力値を持つ絶縁膜を成膜した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕超伝導転移端センサ（TES）、重粒子線、LTE、絶対線量精密測定、ブラッグカーブ

〔研究題目〕超高感度局在場可視化技術創出による触媒機能発現機構解明と高機能触媒の開発

〔研究代表者〕小川 真一（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕小川 真一（契約職員1名、他1名）

〔研究内容〕

触媒はセンサー機能などエレクトロニクス部品には欠かせない材料である。本研究は高機能触媒を開発するための基礎となる、ナノ材料における電子状態、およびその変化の可視化、具体的には触媒機能発現機構の解明を目標にナノ材料にヘリウムイオン顕微鏡を用いて1 nm 径程度に絞ったヘリウムイオンビームを走査しながら照射し、ナノレベル領域での電子の授受制御、すなわち電子伝導機構の制御を行い、これらの現象を可視化することを目的としている。これまでの研究でナノ材料の一例としてシリコン酸化膜上に形成した単層グラフェン膜にヘリウムイオンビームを照射することにより電子伝導機構を制御できることを明らかにしている。

今年度は電子伝導機構変化を可視化するために用いる評価装置でのナノ材料試料の環境（電位、温度）雰囲気を制御した評価を可能とする研究用装置整備を行うことを計画し、観察・評価に用いる試料支持台の電位・温度制御方法、使用材料、構造、などの検討、改善を実施した。改善した試料支持台を用い評価装置内で電位、温

度を制御できること、改善した試料支持台からのガス放出、振動、ノイズも抑えられ、評価性能に悪い影響を与えないことを確認できた。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 触媒、ナノ構造、ヘリウムイオン顕微鏡、環境制御評価

【研究 題目】 導電性高分子鎖によって配線した単分子デバイスの機能計測

【研究代表者】 小川 真一（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 小川 真一（契約職員1名、他1名）

【研究 内容】

集積化分子デバイス実現のための配線手段の一つとして導電性高分子鎖の研究を進めている。本研究の今年度の目標は導電性高分子鎖（配線）を周囲から絶縁する方法の確立である。検討中の導電性高分子配線はグラフェン膜上にエピ成長させた絶縁性高分子膜を走査型トンネル顕微鏡を用いて選択的に配線状に導電性に変化させることにより形成するが、下地のグラフェン膜は導電性であるため他の配線と絶縁されないという問題点がある。これら配線を絶縁するための一つの方法は絶縁性高分子膜をエピ成長させる前に下地グラフェン膜の結晶性を破壊することなく絶縁化することである。

今年度はこれまでに研究してきたヘリウムイオン顕微鏡を用いたシリコン酸化膜上のグラフェン膜のヘリウムイオン照射による絶縁化技術を本研究に応用することとした。単層グラフェン膜では $1 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ のヘリウムイオン照射で絶縁化は可能ではあるが、本研究ではこれまで検討していなかったレベルの大面积領域への照射が必要であり、顕微鏡装置のコンピュータ性能の問題で最適条件では照射面積に限界があることが判明した。本課題に関しては照射領域の最適化を行うことにより解決手段を見出した。一方、絶縁特性という観点では照射後の試料の大気中でのハンドリングが原因と思われる再現性不良が散発し、これに関してはハンドリング時に窒素パージを行い改善することとした。平成28年度はこれらの改善を試み、グラフェン膜の絶縁性、絶縁加工再現性を向上させるとともに、絶縁化に関わるヘリウムイオンビームとグラフェン膜との反応、すなわちグラフェン膜表面での相互作用の研究を進める予定である。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 ヘリウムイオン顕微鏡、グラフェン、配線、導電性高分子、単分子デバイス

【研究 題目】 MEMS 技術を用いた300GHz 帯 FW-TWT の開発

【研究代表者】 長尾 昌善（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 長尾 昌善、辰巳 憲之

（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

高出力の必要な高周波デバイスは、現在でも進行波管（Traveling Wave Tube: TWT）と呼ばれる電子管（真空管）が用いられている。従来、進行波管の電子源には、熱電子源が用いられてきた。しかし熱電子源は電源を入れてもすぐには温度が上がらず、インスタントオンできないため、常にヒーターに電源を入れておくが必要であり比較的大きな待機電力が必要となる。本研究では、進行波管の電子源を熱電子源に代わってフィールドエミッタを利用することでインスタントオンが可能となり、低消費電力化することをめざしている。このフィールドエミッタに要求される性能は、10 mA クラスの大電流動作と電子ビームの集束である。本年度は、電子ビームを集束することができる集束電極を備えた、ボルケーノ構造ダブルゲートスピント型微小電子源の試作を行った。試作した電子源の電子放出特性の評価を行い、集束特性の最適化を行った結果、放出電流量の減少を抑えながら電子ビームをより集束するための構造を見出した。また、昨年度は1000タイプで0.16 mA の電流量を達成したが、本年度は大電流動作を目指して、直径0.6 mm の領域に54600タイプの微小電子源を集積した大規模電子源アレイを試作した。今後、試作した大規模電子源アレイの評価を行っていく。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 高周波管、進行波管、電子源アレイ

【研究 題目】 変調ドーピングと結晶粒径極微制御による高移動度・低熱伝導率ナノシリコン熱電材料の創成

【研究代表者】 内田 紀行（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 内田 紀行（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究は、IoT の進展に伴い近い将来実現されるトリリオンセンサ社会において必要となるエネルギーハーベスト技術のために、有害・希少元素を含まない高効率な熱電材料を開発することを目的としている。具体的には、毒性が低く、資源量が豊富なシリコン（Si）をベースとした熱電材料の開発を行っている。Si は電気伝導や熱起電力の面で、優れた熱電性能を有する一方で、高い熱伝導が、高い熱電変換効率を得るための足かせとなっており、熱電変換指数（ZT）は室温付近で0.1を切っており、実用化に必要な ZT=1に遠く及ばない。本研究では、室温で ZT=0.4を持つ Si ナノコンポジット薄膜（産総研独自技術）の熱電性能をさらに向上するために、最近の Si 電子デバイス技術動向を参考に、Si ナノコンポジット試料での変調ドーピングの検討や、Si へのゲルマニウム（Ge）やスズ（Sn）の添加による熱電性能向上を行っている。Si ナノコンポジット薄膜は、Si ナノ

結晶と遷移金属シリサイドナノ結晶からなる多結晶材料で、熱伝導率が Si の50分の1程度に低減できることを特徴としている。これまでのところ、Si ナノ結晶部への20–25%程度の Ge 添加により、熱伝導率が50–60%まで低減することが確認できており、これを活かした熱電材料の開発を行っている。Si ナノコンポジット薄膜はスパッタ法で作られており、量産化にあたっては、既存の Si デバイス工場を活用できる。また、Si を主成分とすることで、リソグラフィなど微細加工技術も適用できるので、IoT デバイスへの実装が、他の薄膜熱電材料と比較して高く、迅速な社会普及が期待できる。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】熱電変換材料、エネルギーハーベスティング、IoT デバイス

【研究 題 目】超伝導光検出器を用いた液体ヘリウム TPC の開発と軽い暗黒物質の探索

【研究代表者】石野 宏和（岡山大学・大学院自然科学研究科）

【研究担当者】石野 宏和、山田 要介、喜田 洋介、山森 弘毅（ナノエレクトロニクス研究部門）、神代 暁（ナノエレクトロニクス研究部門）、平山 文紀（ナノエレクトロニクス研究部門）
（常勤職員3名、他3名）

【研究 内 容】

超伝導検出器の一種である光検出器 KID（Kinetic Inductance Detectors）を用いた液体ヘリウムの TPC（Time Projection Chamber）を開発し、軽い暗黒物質の探索実験を遂行する。ヘリウム原子核を標的とし、反跳ヘリウムからのシンチレーション光（平均エネルギー16eV の紫外線光子）を80%の高効率で直接検出することができる超伝導検出器 KID を用いることによりこれまであまり探索されることがなかった10GeV 以下の軽い暗黒物質の探索が世界に先駆けて可能になる。検出器の原理検証やエネルギー較正を行い最終的に液体ヘリウム36g 程度の TPC を作製し、軽い暗黒物質の実験を開始する。これまで56素子を集積した KID を作製したところ、素子特性のばらつきが、素子作製に起因するものと、設計に起因するものがあることが分かった。前者については、電極のバリをなくすように作製方法を改良した。後者については素子間のクロストークが原因と考えられ、クロストークの影響を見るために、素子の配置の間隔を変えた検出器を作製・評価したところ、素子間の容量結合がクロストークの主な原因であることが分かった。この結果をもとに、電磁界シミュレーションによりクロストークが少なくなるように設計の見直しを行った。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】超伝導検出器、軽い暗黒物質、シンチレーション光

【研究 題 目】最高速 CPU 開発に向けた高品質バルク混晶シリコンゲルマニウム単結晶育成方法の確立

【研究代表者】前田 辰郎（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】前田 辰郎（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究は、最高速 CMOS に必須な歪 Ge（ひずみゲルマニウム）-pMOS の基板結晶となる、高品質バルク SiGe 単結晶育成法の確立を目的とする。Ge は既知材料中で最高のホール移動度を有し、結晶格子の歪に比例して移動度が向上する、最高速 CMOS の pMOS として最適な材料である。然し、現在の薄膜 SiGe 基板に育成された歪 Ge 膜では、転位やモザイク構造が抑制できず理論移動度にも未到達である。従って、良質な歪 Ge 膜育成による理論移動度到達と最高速 CMOS 開発に向けた、均一組成・低転位の高品質バルク SiGe 結晶育成法の確立は極めて重要である。良質かつ均質な歪 Ge 膜の育成には、バルク混晶 SiGe 結晶の成長軸・径両方向の組成均一化と単結晶化は、JAXA 開発（特許第4239065号）の TLZ（Travelling Liquidus Zone）法が最も有望で、 $\phi 50 \text{ mm}$ では部分的にロッキングカーブ半値幅 72 arcsec の良質な $\text{Si}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}$ （組成バラツキ $\pm 2\%$ ）単結晶が育成されている。Si-Ge 合金等の完全固溶体である混晶系では、融点が組成に対して連続的に変化するため、成長界面の組成均一化には、界面形状・組成・温度勾配の関係把握に加えて、融液濃度分布の維持が必要である。TLZ 法は、この融液濃度分布を飽和溶融帯形成によって制御し、種子から直接均一組成結晶を育成する。更に、高品質 SiGe 単結晶合金のホール移動度組成依存性を明らかにし、新たなベンチマークを構築する。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】半導体、シリコンゲルマニウム、結晶成長

【研究 題 目】3次元ベクトル磁場走査型 SQUID 顕微鏡の開発

【研究代表者】前澤 正明（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】前澤 正明、日高 睦夫（常勤職員2名）

【研究 内 容】

超伝導量子干渉素子（SQUID）は高性能の磁場測定装置として広く利用されている。本研究では、SQUID と同一チップ上に集積した互いに直交する3軸ピックアップコイルを測定プローブとする3次元ベクトル磁場走査型 SQUID 顕微鏡システムの開発を目指す。この3次元 SQUID 顕微鏡が実用化されれば、スピントロニクス、ナノテクノロジー、バイオテクノロジーなど広範な分野で求められている高分解能局所磁場3次元ベクトルマッピングが可能となり大きな波及効果が期待される。本年

度は、これまで開発を進めてきた超伝導材料にニオブを用いた多層配線超伝導集積回路作製技術をより高度化し、3軸ピックアップコイルを SQUID と同一チップ上に集積した走査型顕微鏡用3次元 SQUID 検出デバイスを実現するための作製技術を開発した。これまでに試作した1巻のピックアップコイルを含む1軸版 SQUID を発展し、大阪府立大学が設計した2巻ピックアップコイルを集積した3軸ベクトル SQUID チップを作製した。超伝導多層配線の層数を増加してピックアップコイル巻き数を倍増したことで高感度化が期待できる。また、チップをウエハーから切り出す際のダイシング条件を最適化し、ピックアップコイルと被測定試料の距離を短縮することで空間分解能の向上を図った。本研究の結果、超伝導集積回路作製技術を用いて3次元ベクトル磁場走査型 SQUID 顕微鏡のための検出デバイスを作製できる見通しが得られた。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 超伝導エレクトロニクス、高感度磁気測定、超伝導量子干渉素子、走査型プローブ顕微鏡

【研究 題 目】 テラヘルツ光子計数技術を用いた天文観測手法の開拓

【研究代表者】 浮辺 雅宏（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 浮辺 雅宏（常勤職員1名）

【研究 内 容】

目標：

テラヘルツ帯の天文観測手法に量子光学の考え方を導入し、熱放射源からの光子数の揺らぎはポアソン統計よりも大きく、その程度は光源の輝度温度に依存するという原理を応用することで、光源の物理温度を決定するという新しい試みである。そのためにテラヘルツ帯の光子計数型の超伝導検出器を新たに作成する。高速の動作が期待されるこの検出器を、高速のサンプラーと組み合わせることで、光子計数型の新たな検出器システムを構成し、新しい観測手法を実験室で実証する。

研究計画：

H27年度は、光子数の揺らぎを測定できるような高速の検出器システムを構築する。超伝導ニオブを用いたトンネル接合素子を作成し、リーク電流密度を評価して、接合の大きさと実験に用いる波長を最適化する。次にこれを極低温クライオスタットに組み込み、読み出し回路と結合、光学試験を実施して、信号波形を確認する。H28年度には、光子統計の計測を開始する。人工光源を導入し、その温度や開口などを制御して長時間測定を行うことで、光子数の揺らぎという統計情報から光源の物理状態の関係を推定する新たな観測手法を実験室で検証する。

年度進捗状況：

テラヘルツ検出に必要な低リーク Nb/Al 超伝導トンネル接合検出器の作製を分担している。アルミ層を薄くするなど素子作製条件を低リークのデバイス用に最適化し、接合面積で100 μm^2 の接合で7pA という極めて低いリーク電流を実現し、順調に進捗している。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 超伝導トンネル接合（STJ）、テラヘルツ用検出器、量子光学、Nb/Al、低リーク、高速応答

【研究 題 目】 TDGL 方程式のシミュレーションによる超伝導ストリップライン検出器の高性能化

【研究代表者】 馬渡 康徳（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 馬渡 康徳（常勤職員1名）

【研究 内 容】

超伝導ストリップ検出器は、単一光子や分子イオン等が衝突したときの局所的な常伝導転移により発生する電圧パルスを計数する検出器であり、高検出効率、高計数率、および低暗計数といった優れた特長を活かして、量子情報通信やライフサイエンス等への実用化が期待されている。本研究では、超伝導ストリップ検出器を飛躍的に高性能化して実用化に資することを目的とし、時間依存 Ginzburg-Landau (TDGL) 方程式に基づくシミュレーションを行った。

H27年度は、単一光子検出器に関する数値シミュレーションを行い、新原理による超高速の新型超伝導単一光子検出器を考案し、特許出願を行った。従来型の超伝導ストリップ単一光子検出器では、超伝導ストリップが光子吸収により局所的に常伝導転移することによる電圧パルスを計数する。一方、新型検出器では、常伝導転移に至る前の超高速の前駆現象を超高速の検出回路により検出するものであり、新型検出器は超高速で応答し、その計数率は従来型より3桁ほど高いことが期待される。本研究課題は本年度で終了するが、今後はこの新型検出器の実験検証と本格的な研究開発を進める予定である。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 超伝導、検出器、単一光子、分子イオン、シミュレーション

【研究 題 目】 オンチップ三次元光集積回路に向けた a-Si:H 多層光伝送デバイスの開発

【研究代表者】 渥美 裕樹（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 渥美 裕樹（常勤職員1名）

【研究 内 容】

LSI チップ間内光インターコネクションにおいて、より高密度な信号伝送を実現すべく光配線の積層化が検討されている。その材料候補の一つである水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) は、CMOS バックエンドプロセスとの整合性の点から有用な材料であり、これまで低

損失な導波路や、多層光伝送デバイスが報告されてきた。

本研究では、次世代の多層光集積回路に向け、上記材料を用いた偏波信号分離デバイスの開発を行っている。これまで2層目 a-Si:H の成膜膜厚・導波路幅を任意に調整できる点に着目し、シンプル非対称直線導波路同士での垂直方向性結合器により、偏波分離を実現できることを示してきた。本年度は入出力部まで含んだデバイス全体構造を設計し、有限差分時間領域 (FDTD) 法を用いて透過特性を解析した。また、プロセス上起こりうるデバイス構造誤差による特性への影響を明らかにした。その結果、導波路幅については ± 5 nm、導波路膜厚については \pm 数 nm において C-band での偏波クロストークを -20 dB 以下に抑制できる結果を得た。さらに、層間の位置アライメントについては ± 100 nm 以上の誤差耐性を有する結果が得られた。a-Si:H 導波路の膜厚誤差に関しては、既存技術であるアルカリ溶液を用いたウェットエッチングをもちいることで 1 nm 以下の精度で制御可能であることから、本デバイスは十分実現可能であると言える。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 シリコンフォトニクス、偏波分離素子、多層光配線

【研究 題目】 カーボンナノチューブ透明導電膜を用いた有機薄膜太陽電池の開発

【研究代表者】 周 英 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】 横田 美子 (常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

本研究では、ITO 透明導電膜の代わりに、CNT 透明導電膜を導入することにより、有機分子の最大の利点である低コスト・柔軟性が活かせる、ITO を超える CNT 型有機薄膜太陽電池の製造基盤技術の確立を目的にした。

昨年度に、短パルス光照射を活用し、CNT とヨウ化銅の複合構造を構築したことにより、CNT 透明導電膜の高導電率と高耐久性を両立した技術を開発した。本年度は、CNT の極薄膜を製膜し、数種類ドーパントによるドーピングを行い、CNT 膜に対する導電率の向上及び耐久性を調査した。硝酸処理では CNT 膜の導電率が大幅に向上できたが、それを真空中で 250 度まで加熱したところ、導電率が減少し、ドーピング前と同じ値になっていた。一方、ヨウ化銅ドーピングによる CNT 複合膜の導電率は真空加熱しても変化が少なく、厳しい環境においても安定していたことが明らかになった。さらに、全溶液法により複合膜の作製技術を開発した。CNT 透明導電膜を用い、真空蒸着低分子系有機薄膜太陽電池を作製し、素子の変換効率が約 3.0% になり、市販されている ITO 透明導電膜と同様に作製した素子に比べ、同程度の性能が得られた。本研究により、CNT 透明導電膜またそれを用いた有機薄膜太陽電池の性能向上のための技術と可能性を示唆した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ透明導電膜、有機薄膜太陽電池

【研究 題目】 クロム化合物をターゲットとした新超伝導体探索

【研究代表者】 石田 茂之 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】 石田 茂之 (常勤職員1名)

【研究 内容】

新しい超伝導体の発見は、超伝導応用の可能性を広げるとともに、新たな学術分野の開拓にもつながる。物質開発において元素の選択は鍵となる要素であるが、本研究ではクロム化合物を対象とした新超伝導体探索を行った。クロムは、それ自身が反強磁性を示し、またその化合物も磁性を持つことが多く、磁性との親和性が高い。この磁性をうまく利用することができれば、高温超伝導の発現が期待できる。新物質開発における強力なツールである高压合成法を活用して、新たな元素の組合せや、既存物質に対する部分的な置換などに取り組んだ。具体的には、層状クロム化合物 K_xCrSe_2 に着目した。これは既知物質であるが、低温物性の報告がなく、探索・物性制御の余地がある。本研究では、セルフ・フラックス法を適用することで、大型の K_xCrSe_2 単結晶の合成方法を確立した。 K_xCrSe_2 単結晶の電気抵抗測定から、低温で絶縁体的な振る舞いを示すことを明らかにした。圧力下の電気抵抗測定では、 5 GPa までは、圧力の印加とともに電気抵抗が小さくなったが、さらに圧力を印加すると、再び電気抵抗が大きくなるという結果が得られた。 K_xCrSe_2 は、ヨウ素を溶かしたエタノール溶液中で $80^\circ C$ 程度に加熱することで K がデインターカレーションされる。この方法により、 $CrSe_2$ 単結晶を得た。この物質は、複数の磁気相転移・構造相転移を起こすと考えられている。今後、 $CrSe_2$ 単結晶について、キャリアドーピングや圧力印加等によって秩序相を抑制し、超伝導化を目指すことが今後の課題である。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 新超伝導体探索、クロム化合物、層状結晶構造、高压合成

【研究 題目】 サイクロイド様サブ波長断面構造での高効率局在プラズモン発生と超高感度センサー応用

【研究代表者】 福田 隆史 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】 福田 隆史、古川 祐光、石田 尚之、茨田 大輔、江本 顕雄 (常勤職員2名、他3名)

【研究 内容】

本研究では、サブ波長スケールの周期を持つ曲面で構成される表面 (サイクロイド様サブ波長断面構造) の最適化を通じて、局在プラズモン共鳴スペクトルの狭帯化

と屈折率応答性の極大化を図り、そのことを通じて、分光器によるスペクトル計測を不要化する局在プラズモン型長高感度バイオセンサーの実現を目的としている。

H27年度は、サイクロイド様サブ波長断面構造の設計効率化を図る手法として、一般座標変換法という新しい電磁界分布計算方法を提案し、これまでに用いていた時間領域差分法 (FDTD) 法に比べて1/100程度の時間で目的の電磁界分布を求めることが可能となった。また、半球構造を鋳型とするサイクロイド様サブ波長断面構造のナノインプリントの最適条件を見出し、当該転写物の光学的スペクトルの評価を行い、プラズモンピークの狭帯化と RIU=300を超える大きな屈折率シフトを確認した。さらに、微粒子をマスクとしてシランカップリング剤によって基板表面を修飾するコロイドリソグラフィ技術を確立した。また、タンパクと金属表面の相互作用に関して原子間力顕微鏡を用いた直接測定を行い、バイオマーカの吸着挙動に関する基礎的なデータの収集を行った。

[領 域 名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] バイオセンシング、局在プラズモン、サブ波長構造、機能表面制御、色度解析

[研究 題目] ナノ NMR センシングを可能とする高機能ダイヤモンド合成

[研究代表者] 渡邊 幸志 (電子光技術研究部門)

[研究担当者] 渡邊 幸志 (常勤職員1名)

[研究 内容]

本研究の目標は、単一プロトン検出に要求される磁場検出感度と空間分解能となる、ダイヤモンド NV ペアのダイヤモンド表面近傍配置 (5 nm 以下) とその電子スピン位相保持時間 ($T_2=45 \mu\text{s}$ 以上) を両立させるダイヤモンドの窒素ドーピングと表面近傍の極浅 NV ペア形成技術を開発することである。

本年度は、世界に先駆け、高出力高純度でマイクロ波を発生し供給することができるマイクロ波プラズマ発生用増幅器、および本増幅器からの出力を効率よくチャンバーへ伝送するための、立体回路素子の設計・試作を行った。従来方式と同様にダイヤモンドの堆積が確認され、窒素ドーピングではガス中の N (窒素) / C (炭素) 比に対してダイヤモンド薄膜中の N 濃度が比例することを確認した。以上の結果を基に、ダイヤモンド NV ペアの表面近傍配置への応用を図った。マイクロ波パワー 750 W、CH₄濃度0.5%、基板温度800℃、ガス圧力25 Torr、N/C 比=15%の条件により膜厚5 nm、2 nm のダイヤモンド薄膜合成を行った。現在、NV ペアの観察が進行中であり、電子スピン位相保持時間の確認は得られていないが、SIMS 評価から従来法と比較し、N/C 比1%以下での窒素の薄膜への取り込まれる効率が上がっている。低 N/C 比ドーピングでも高い効率で窒素の取り込みが行われれば、次年度計画している膜厚1 nm、

0.5 nm への NV 配置の実現性が期待される。

[領 域 名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] 量子センシング、ダイヤモンド、マイクロ波プラズマ CVD

[研究 題目] モット絶縁体の単結晶薄膜を制御してモット FET のプロトタイプを作る

[研究代表者] 井上 公 (電子光技術研究部門)

[研究担当者] 井上 公、SCHULMAN, Alejandro
(常勤職員1名、他1名)

[研究 内容]

H27年度は、6 nm のパリレンと20 nm の HfO₂ を積層させた2層ゲート絶縁膜を用いて SrTiO₃ 単結晶 (STO) の (100) 面をチャンネルにした電界効果トランジスタ (FET) をフォトリソグラフィで作製する方法に大きな改良を加えました。電流のマスクパターンを全面的に見直しました。とくに、これまで直接 STO 基板の上に作製されていた電極パッドの下に500 nm の SiO₂ の膜を着けられるようにし、さらに電極パッドの面積も半分以下にして、FET 特性に現れる寄生容量の影響をできるだけ排除できるようにしました。

ホール効果の温度変化を測定するための IC ソケットを設計して専門業者に製作してもらいました。これによって、室温から4K までのホール係数の変化や伝導度の変化を連続的に精密に測定することが可能になり、STO の (100) 表面に電界効果によって形成される2次元電子系が、低温で近藤効果を示すことがわかりました。さらに易動度の高いキャリアと易動度の低いキャリアが出現するためにホール電圧に非線形な成分が現れることもわかり、それらをモデル計算によって説明することに成功しました。今後は STO だけでなく本来の目的であるモット絶縁体の薄膜上にも FET を作製し、モット転移を制御できるか検証を続けていきます。

[領 域 名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] 電界効果トランジスタ (FET)、2層ゲート絶縁膜、パリレン、酸化ハフニウム、チタン酸ストロンチウム、寄生容量、ホール効果、近藤効果、非線形ホール効果

[研究 題目] レーザーブレイクダウンしきい値近傍のパラコレーションモデルによる統一的理解

[研究代表者] 加藤 進 (電子光技術研究部門)

[研究担当者] 佐々木 明 (日本原子力研究開発機構)
(常勤職員1名、他1名)

[研究 内容]

本研究の目的は、レーザーブレイクダウン (LBD) に伴う複雑な現象を理解し、制御することである。LBD は、レーザーが強く集光された媒質が絶縁破壊される現象であり、透明な媒質が急激に不透明になること

で光を吸収するようになる。このとき、光学または電気的特性が急激に変化し、強い発光や音を伴いプラズマを生成する。様々なレーザーエネルギー、レーザー波長、パルス幅のレーザー光に対して見られ、かつ気体、液体、固体など、様々な密度の媒質で起こっている普遍的な現象である。LBD における共通点の一つは、しきい値近傍におけるゆらぎが非常に大きいことである。

特に、連続光レーザー照射下での結晶の LBD に着目し、そのトリガー機構を調べた。LBD を引き起こす透明な媒質の線形吸収係数は非常に小さいが、レーザー強度の増加にともなって吸収が増加する多光子吸収などの非線形吸収によって生成されたある励起状態は大きな吸収断面積を持つ。このため、励起状態による光の吸収を考慮したキネティックモデルを開発した。この励起状態は指数関数型にならない緩和過程を経ることが知られている。この緩和過程を説明するため、緩和速度の異なる2種類以上の状態を考慮するモデルを提案した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】レーザー、絶縁破壊、光学特性、励起状態

【研究 題 目】レーザー誘起ブレイクダウンを用いた密度分布測定

【研究代表者】屋代 英彦（電子光技術研究部門）

【研究担当者】屋代 英彦、欠端 雅之（常勤職員2名）

【研究 内 容】

レーザー誘起ブレイクダウンを用いた液滴粒子数密度測定は高時間分解で絶対値が測定できることから、ディーゼルエンジン等の間欠噴霧エアロゾルの測定が可能で燃費効率改善の診断手法として期待されている。空間分布測定のためには多数の測定点が必要になるが、測定点の増加に比例して長くなる測定時間が問題となる。一方、一測定点辺りのレーザーエネルギーは十分に小さいことから、多ビームに同強度で分離できる DOE（回折光学素子）を用いることで同時に6x6=36点で計測が可能となる。これらマルチビームに分離され集光されたレーザー光によるブレイクダウンの発光を CCD カメラ等で同時に計測することで液滴数密度分布の計測が可能となる。実験を行った結果、エアロゾルの中央部が高く周辺部になるにつれ低下する密度変化が測定され妥当な結果が得られた。一方、同一平面内に多点に集光されている位置にシート状に垂直に照射された可視レーザー光の散乱強度は粒度分布が一定であれば液滴数密度に比例する。しかし、粒子径、レーザー波長によりレーザーの照射方向と観測方向の角度依存性があり単純に強度から算出することは困難である。しかし、多点で測定された液滴数密度の最も近接点の液滴数密度、散乱光の強度を基準とすることで集光点以外の場所においても2次元での液滴数密度分布が評価できると考えている。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】レーザー誘起ブレイクダウン、エアロゾル、液滴、粒子数計測

【研究 題 目】異種ファイバレーザーのコヒーレント合成による高繰返し極短パルス光源の開発

【研究代表者】吉富 大（電子光技術研究部門）

【研究担当者】吉富 大、鳥塚 健二（常勤職員2名）

【研究 内 容】

光と物質の相互作用における超高速なダイナミクスを調べる上で、超短パルス光源は非常に有用なツールとなる。特に、時間分解能と計測速度向上の観点から、極短パルス性（10フェムト秒以下）と高繰返し性（MHz）を兼ね備えた光源が必要である。さらに実用的には、低コスト・省エネルギー・高安定性を備えたファイバレーザーによる実現が望ましい。しかし、単一のファイバレーザー光源では帯域幅の制限から、10フェムト秒以下という極短時間のパルス幅を有する光の実現は難しい。そこで、本研究では、同期した異種フェムト秒ファイバレーザー光をコヒーレント合成することにより、極短パルスを実現することを目指して、研究を行ってきた。

今年度は、2波長同期ファイバレーザー光の増幅を行った。エルビウムファイバレーザー発振器を共通シードにした構成で波長1550 nmにおける2分枝型の増幅器を開発し、その一方を高非線形ファイバー中の非線形現象を用いて、波長1050 nmに変換し、2波長同期光パルスを得た。これらの2波長光をそれぞれ、正常分散のファイバーに通してパルス幅を延伸した後、エルビウム・イッテルビウム共添加ファイバー及びイッテルビウム添加ファイバーの増幅器で増幅し、回折格子で再圧縮を行った。その結果、パルスエネルギー数十 nJ、パルス幅300フェムト秒の2波長パルスを発生させることができた。本システムは最後の回折格子圧縮器を除いて、すべてファイバー融着で構成されており、非常に堅牢なシステムとなっていることが特長である。今後、2波長同期光の広帯域化と合成により極短パルス光の発生を目指す。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】レーザー、フェムト秒、超短パルス、ファイバー

【研究 題 目】一次相転移系遷移金属酸化物の電界相制御

【研究代表者】渋谷 圭介（電子光技術研究部門）

【研究担当者】渋谷 圭介（常勤職員1名）

【研究 内 容】

多彩な物性を示す遷移金属酸化物の応用に向けて、電場・磁場・光・圧力などの外的刺激による電子相制御が重要となってきた。しかしながら、不揮発性と可逆動作を伴う電子相制御の研究は初期段階にあり、その理解は未だ不十分である。本研究では、遷移金属酸化物の不揮発かつ可逆的な電子相制御の手法を確立することを

目標とし、一次相転移物質の相制御を行う。一次相転移物質では相転移時に結晶構造変化を伴うため、外的刺激により基底状態と遷移状態を双安定化させることが可能となる。

本年度は、金属-絶縁体転移を示す二酸化バナジウム (VO_2) 薄膜を用いた電気二重層電界効果トランジスタを作製し、1V 程度のゲート電圧によって VO_2 の抵抗率を不揮発かつ可逆的に変調させることに成功した。さらに、その原理がイオン液体から VO_2 中へのプロトンの可逆的な移動であることを明らかとした。また、上記の電子相転移制御技術の電子・光デバイスへの応用を目指して、シリコン基板上に VO_2 薄膜を作製することを試みた。成長中の温度・酸素分圧を精密に制御することで、金属-絶縁体転移に伴う巨大な屈折率変化を示す高品質 VO_2 薄膜を作製することに成功した。さらに、具体的なデバイス応用に向けて、上記の薄膜とシリコン導波路を組み合わせた光スイッチの開発に取り組んだ。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 遷移金属酸化物、電界効果トランジスタ、金属-絶縁体転移

【研究 題 目】 価数スキップ揺らぎによる新超伝導体の理論設計

【研究代表者】 長谷 泉 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】 長谷 泉、柳澤 孝 (常勤職員2名)

【研究 内 容】

自然界には特定の価数を選択的に排除する「価数スキップ元素」が存在する。その不安定な価数を強制的にとらせることで大きな電荷揺らぎが発生し、電荷密度波や超伝導状態が生じる。ただし超伝導状態を実現させるためには競合する電荷密度波を壊す必要があり、物質設計の上で課題となっていた。今回我々は電荷密度波が壊れやすいかどうかを第一原理計算によって簡便に判定する方法を提唱し、 BaBiO_3 などの物質に適用した。今までのところこの判定法は定性的に良く機能しているが、汎用性を調べるために更なる検証が必要である。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 価数スキップ、電荷揺らぎ、超伝導、第一原理計算

【研究 題 目】 強相関電子系の電界効果とモット FET のプロトタイプ開発

【研究代表者】 井上 公 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】 井上 公、富岡 泰秀、白川 直樹、山田 浩之、渋谷 圭介、SCHULMAN, Alejandro、押川 正毅、岡 隆史 (常勤職員5名、他3名)

【研究 内 容】

モット FET 実現の鍵は欠損の出来やすいモット絶縁

体の表面を保護しつつ高電圧印加できるゲート絶縁膜の開発です。我々は「パリレン/ HfO_2 積層ゲート絶縁膜」を開発。H27年度は、これを用いて SrTiO_3 単結晶 (STO) をチャンネルにした電界効果トランジスタ (FET) を作製しました。

STO はモット絶縁体ではありませんが、量子常誘電体 (巨大な誘電率を示すのに強誘電転移しない) という興味深い物質です。わずかなキャリアドープで金属化し、極低温では超伝導を示します。さらに、表面の2次元電子系は強いスピン軌道相互作用と空間反転対称性の破れによるラシュバ効果で興味深い物性を示します。しかし STO は非常に酸素欠損を作りやすく、上記の物性は欠損によるポテンシャルの乱れに弱いため、我々の FET が示す物性を調べることは本研究の絶縁膜の性能を示す格好の舞台になります。

作製した FET は、ゲート電圧がゼロのときには絶縁体ですが、ゲート電圧の印加でドレイン電流が急峻に立ち上がります (サブスレシヨルドスイングは 170 mV/decade にもなりました)。さらに易動度は $10^{14} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ にも達する非常に優秀な FET です。つまりチャンネルの STO にはほとんど欠損が生じません。ホール効果の測定にも成功し、チャンネルが金属化すると、キャリア密度がゲート絶縁膜の静電容量から導かれる値の10倍に達する「負の静電容量」という不思議な現象が見られることもわかりました。室温から4K までのホール係数の変化や伝導度の変化も詳しく測定することに成功しました。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 電界効果トランジスタ (FET)、モット転移、モット FET、パリレン、酸化ハフニウム、チタン酸ストロンチウム、2次元電子系、ラシュバ効果、サブスレシヨルドスイング、易動度、負の静電容量

【研究 題 目】 強誘電性と導電性の共存を利用した強誘電抵抗スイッチングの物理的機構に関する研究

【研究代表者】 澤 彰仁 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】 澤 彰仁 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

強誘電体の分極反転を起源とする新しいタイプの抵抗変化不揮発性メモリが、次世代不揮発性メモリの候補として注目されている。しかし、その動作機構の詳細は未解明であり、今後、素子開発を進める上で、動作機構の全容解明が課題となっている。本研究では、導電性強誘電薄膜・接合の導電パスと導電機構、抵抗スイッチングの発現に不可欠な素子内部の非対称なバンド構造の起源を明らかにし、強誘電抵抗スイッチング現象の動作機構の全容を解明する。また、動作機構を基づく素子特性の制御手法を開発し、強誘電抵抗スイッチングの特長を活

かした低消費電力メモリ応用の基盤確立を目指す。

H27年度は、電極と接合する強誘電体層の終端面に着目し、終端面が dead layer 形成、および抵抗スイッチング特性に与える影響を調べた。BaTiO₃をバリア層とする強誘電トンネル接合において、上部の金属電極と接する BaTiO₃の終端面が BaO 面、または TiO₂面かの違いにより、強誘電分極の向きと抵抗状態の関係が異なり、また BaO 面が終端面の場合に抵抗変化比が大きくなることを見出した。界面常誘電層の存在を仮定した素子構造のバンド構造の解析により、これらの結果は、dead layer の形成が BaTiO₃の終端面に依存すると言う理論予測を取り入れたモデルで説明できることを示した。また、デバイス应用到不可欠な Si 基板上への強誘電抵抗スイッチング素子の作製にも取り組んだ。独自に考案した3層構造のバッファ層を用いることにより、膜厚が均一でシャープな界面を有する BaTiO₃/(La,Sr)MnO₃エピタキシャル積層構造を Si 基板上に作製することに成功した。その BaTiO₃/(La,Sr)MnO₃積層構造と Co 上部電極を組み合わせるにより、パルス電圧による抵抗スイッチング現象を示す強誘電トンネル接合素子の作製に成功した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 不揮発性メモリ、抵抗スイッチング、強誘電体、遷移金属酸化物

【研究 題目】 固体内部におけるレーザーアブレーションモデルの創成

【研究代表者】 加藤 進（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 三尾 典克（東京大学）、轟 眞一（物質・材料研究機構）
（常勤職員1名、他2名）

【研究 内容】

連続光レーザーは、光通信やレーザーディスプレイなどで広範囲に利用されている。近年、レーザー光の高平均出力化に伴い、光ファイバや非線形光学結晶などの固体内部における光絶縁破壊が顕在化し、通信の大容量化や装置の高出力・小型化の障害となっている。

本研究の目的は、光絶縁破壊がトリガーとなり、誘電体内部を発光しながら破壊が伝播する状態を固体内部におけるレーザーアブレーションによって発生したプラズマと見なし、その発生および維持・伝播機構を理解することである。このために、高平均出力連続光が誘電体を透過する状況下で、誘電体がプラズマに遷移する過程を記述するモデルを構築する。そのモデルは、誘電体におけるレーザー光吸収から光絶縁破壊によってプラズマ生成までを記述するメソスコピックなスケールの状態間遷移を記述するキネティックモデルとアブレーションプラズマの空間的伝播を記述するマクロな流体モデルを結合することにより、系全体を記述する。

本年度は、誘電体に対して価電子帯と伝導帯間遷移に

よる電子、ホール、ポーラロンの生成・消滅を取り扱う詳細なキネティックモデルを構築し、そのキネティックモデルと熱伝導モデルを結合することで、結晶中での温度上昇を予測した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 レーザー、光絶縁破壊、アブレーション、非線形光学結晶

【研究 題目】 光通信波長帯スピン制御光デバイスの研究

【研究代表者】 池田 和浩（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 池田 和浩（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究では、光通信波長帯かつ室温において長い電子スピン緩和時間を有する InGaAs/InAlAs 量子井戸を有する面発光レーザーのスピン物性を調べた上で、光学的なスピン注入によって、光通信波長帯面発光レーザーの円偏光発振を世界で初めて実現することを目的とする。

当該組成を有する VCSEL を入手し、短パルスレーザーによる時間分解測定によって、キャリア寿命や電子スピン緩和時間を測定し、当該材料の優位性を確認し、かつ特性の組成依存性などの知見を得る。さらに、円偏光短パルスレーザーを用いて光学的にスピン注入し、円偏光発振を試みる。

今年度は、まず InGaAs/InAlAs 系量子井戸を活性層とする VCSEL の評価サンプルを選定して調達した。活性層の電子スピン緩和時間やキャリア寿命などを評価するためには、VCSEL の微小なメサ構造（10 μm 程度）の最上部にある金属電極や、分布ブラック反射膜（DBR）の除去加工が必要であり、その加工方法の検討をしている間、まずは光励起によるレーザー発振を試みた。活性層にスピン偏極電子を励起するために、短パルス励起光を円偏光に調整したが、円偏光発振は得られず、励起光の偏光に依らず特定の直線偏光で発振した。原因として、VCSEL チップの残留応力（複屈折）によって偏光が固定されていると考え、高強度パルス光により表面をスポット加工することで応力を変化させたところ、モード分離を6GHzに低減することに成功した。この VCSEL を用いて同様の円偏光励起を行ったところ、円偏光度10%程度と小さいが、円偏光発振の兆しが見られた。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 スピントロニクス、光デバイス、半導体レーザー

【研究 題目】 構造最適化による高温超伝導体の転移温度向上

【研究代表者】 永崎 洋（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 永崎 洋、Dongjoon Song（電子光技術研究部門）、（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ の純良単結晶対象として、その臨界電流 J_c の K 濃度 (x) 依存性を明らかにし、 J_c を決定づける磁束ピンニング機構を解明するとともに、 J_c の向上に向けた指針を確立することを目的として研究を行った。その結果、 J_c は、 $x=0.30$ 付近で鋭い極大を示すことが明らかとなった。この関係は、 T_c の x 依存性が $x=0.3$ から 0.5 にかけて緩やかに変化しているのとは対照的であり、最高の J_c 出現が (T_c 決定要因とは異なる) 外因的な要因に依るものであること、また、最高の T_c を出現させる組成が必ずしも応用にとっての最適組成とはなっていないことを示している。本研究の結果を元に、論文“Distinct doping dependence of critical temperature and critical current density in $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ superconductor” を執筆し、Scientific Reports, 6, 26671 (2016) 誌上で発表した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 超伝導、高温超伝導、鉄系超伝導体、単結晶、輸送特性、臨界電流密度

〔研究題目〕 時間分解プラズモン励起発光イメージングを用いたノロウイルス検出システム研究

〔研究代表者〕 藤巻 真 (電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕 藤巻 真、芦葉 裕樹、久保田 智巳 (常勤職員3名)

〔研究内容〕

ノロウイルスは非常に感染力が強く、感染予防用センサには、 $100\sim 1000$ copies/ml 程度の高いウイルス検出感度が要求される。この検出感度レベルを満たす手法は幾つか存在し、実際に利用されているが、これらの従来法は、操作が煩雑であったり、検出に時間を要したり、特殊技能が必要であったりと、現地でのその場検査には適用が難しく、これらの手法と同程度の感度で、かつ簡易、高速なウイルスセンサが求められている。また、ノロウイルスには33以上もの遺伝子型が存在し、各遺伝子型はそれぞれ異なった抗原型に対応している為、遺伝子型特異的な抗体を用いている現状の臨床検査用ノロウイルス検出キットでは、これら全ての型を網羅的に検出することは出来ないという問題点もあった。我々は、プラズモン励起発光の蛍光寿命測定を用いて、高感度、簡易操作かつポータブルで、全ての遺伝子型のノロウイルスを一度に検出できる手法を確立する。

検出システムの開発では、選定した蛍光標識及びセンサチップ基板材料に対して、蛍光寿命測定を行い、蛍光標識による蛍光信号と基板の自家蛍光を寿命測定の違いを用いて分離することを試みた。選定した基板材料の蛍光寿命は5 ns 程度であり、選定した5つの蛍光標識の蛍光寿命は、最も短いもので21.2 ns、長いものでは131 ns であり、信号分離が十分に可能であることを確認し

た。また、開発したノロウイルス検出システムにおいて、蛍光波長625 nm の蛍光標識を用いて時間分解画像の取得に成功した。プローブ抗体として12A11抗体を用いて、0.1 ng/ml のノロウイルスのウイルス様粒子検出に成功した。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 免疫アッセイ、蛍光色素、バイオセンサ、ウイルス

〔研究題目〕 消化器系悪性腫瘍検出のための高感度自家蛍光イメージング技術の開発

〔研究代表者〕 有本 英伸 (電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕 有本 英伸 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

手術で摘出した腫瘍組織から得られた分光データを用いて、補酵素 NADH と FAD の自家蛍光スペクトル解析、および血液の酸素飽和度推定を行い、腫瘍部位と正常部位を判別する正確さについて評価を行った。分光データは、白色光照明で得られる分光反射率、および波長365、405、450 nm で励起された自家蛍光スペクトルのセットからなる。自家蛍光スペクトルは NADH および FAD 由来のものと認められたが、上部に存在する血液に含まれるヘモグロビンによって自家蛍光の一部が吸収され、正確な補酵素の定量のためにはヘモグロビン吸収を補正する必要があることが判明した。そのため白色光源を用いて計測した分光反射率データによって、3波長で励起したそれぞれの自家蛍光スペクトルを補正するとともに、同じ分光反射率データから血液の酸素飽和度を推定した。腫瘍判別精度は365、および405 nm 励起の自家蛍光スペクトルの比 (F365/F405) と酸素飽和度の両者に関して評価した。サンプルは正常部位と腫瘍部位の両方を含む全32点である (正常32、腫瘍32)。F365/F405については、エラーレベルの大きな偽陽性が1件、偽陰性が2件認められた。酸素飽和度の評価については、概ね正常部位では高く腫瘍部位で低くなる傾向が確認できた。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 分光、蛍光、癌検出、イメージセンサー

〔研究題目〕 多値多層記録と超解像再生を同時に達成する InSb 不定比酸化物薄膜の作製と機構評価

〔研究代表者〕 島 隆之 (電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕 島 隆之 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

光ディスクの記録層多層化は容量を増やす有効な手段であるが、層数が増えるに従い、媒体の製造歩留まりは低くなると予想される。面当たりの容量が増える超解像再生と適切に組み合わせれば、層数減で歩留まりが向上しつつ大容量化できるが、そのためには超解像再生に適

した材料 (InSb 等) の光透過性を高め、より奥層まで光を届ける必要がある。組合せ可否を検討する中で超解像再生材料の酸化物 (In-Sb-O) に着目した。これまでに、ZnS-SiO₂/In-Sb-O/ZnS-SiO₂を多層化したときに、記録と超解像再生の両方が可能となる実験結果が得られた。本研究ではこの In-Sb-O について、記録及び超解像再生に相当する加熱が、構造及び光学的な特性に与える影響を明らかにするため、同材料の基礎的な物性評価を中心に検討を行った。その結果、ZnS-SiO₂薄膜で挟んだ状態では、加熱に伴い膜厚が増加し、記録の一因となることがわかった。また、900℃で熱処理を行った In-Sb-O 薄膜については、室温と600℃の間で波長405 nm において可逆的な光学的変化が観測された。この変化は、バンドギャップシフトに由来し、超解像再生の起源となることが考えられる。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】光記録、情報アーカイブ

【研究 題目】窒化ガリウム系共鳴トンネルダイオード作製とテラヘルツ波発振に関する研究

【研究代表者】永瀬 成範 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】永瀬 成範 (常勤職員1名)

【研究 内容】

本研究では、窒化ガリウム系半導体を用いた新材料系の共鳴トンネルダイオード (GaN 系 RTD) を開発し、高性能なテラヘルツ波発振器を実現することを目的としている。GaN 系 RTD は、ワイドバンドギャップ、高いバンド不連続性、高速トンネル時間などの広帯域・高出力テラヘルツ波発振に有利な物性を持つ反面で、特有の分極や多数の結晶欠陥が存在するという欠点を持つ。昨年度までに、長年未解明であった、テラヘルツ波発振には不利な現象である GaN 系 RTD で生じる双安定性 (電流電圧特性のヒステリシス) のメカニズムを解明した。

平成27年度は、解明したメカニズムをもとに、GaN 系 RTD 特有の分極に基づく歪量子井戸構造を改良することで、量子井戸サブバンド間遷移と電子蓄積効果に起因した電流電圧特性のヒステリシスを抑制することに成功した。しかし、テラヘルツ波発振器に利用できるまでのデバイス特性には至っておらず、今後、結晶成長技術や RTD 構造の更なる改良が必要であることがわかった。その具体的な改良方法を検討した。また、電磁界シミュレーターを用いたアンテナ設計とプロセス技術開発に取り組み、THz 帯で発振可能なアンテナ構造の設計指針を見出すとともに、それを実現するための微細加工技術を開発した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】窒化物半導体、量子井戸構造、テラヘルツ波、アンテナ、微細加工

【研究 題目】中性子線補足療法のための革新的ナノ粒子剤に関する研究

【研究代表者】榊田 創 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】榊田 創、金 載浩、小口 治久、平野 洋一、板垣 宏知、藤原 大、箕輪 裕貴 (電子光技術研究部門)、池原 譲 (創薬基盤研究部門) (常勤職員4名、他4名)

【研究 内容】

本研究では、中性子線捕捉療法で使用する安全な粒子捕捉剤を生成することを目的とする。透過性の良い中性子線と反応断面積の大きいボロンの反応の結果生成される高エネルギーのヘリウム粒子を使用することで、放射線治療に伴う正常細胞への障害を減らすことができる。現在のボロン製剤は、化学的安定性、ボロンの毒性、腫瘍部への蓄積性の制御の観点において課題が存在する。そこで、プラズマ技術等を駆使し、ボロンをフラーレン内に包含させることで毒性を封じ込める技術、更には当該粒子の糖鎖被覆リポソームへの効率の良い封入法を開発し、新規ナノ粒子製剤の難治性がんへの治療へと展開する。

27年度は主に次の結果を得た。フラーレンへの粒子 (イオン) の内包化を高効率に行う際に必要とされる低エネルギーイオンビームの集束化技術に関して、イオン源内の特性を調べた。静電プローブを用いた計測から、絶縁物を加速電極近傍に設置するだけで、引き出されたイオンビームの電流密度が増加する現象を新たに見出した。この理由として、イオン源内のプラズマ電位が増加することでイオンビームエネルギーが増加し、集束性が向上したためであることが明らかとなった。また、フラーレンをリポソームへ封入する実験として、三次元培養系による *in vitro* モデルと遺伝子組み換えにより、膵管がんを発症するマウスモデルを用い、リポソームに封入したフラーレンのがんへの集積効果を確認した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造、生命工学

【キーワード】プラズマ、中性子線捕捉療法、ボロン、フラーレン、糖鎖リポソーム

【研究 題目】通信波長帯動作するサブバンド間遷移フォトダイオードの開発

【研究代表者】牛頭 信一郎 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】牛頭 信一郎 (常勤職員1名)

【研究 内容】

光ファイバによる光通信では、光の3自由度：波長・位相・偏波を有効活用し、それらの多重化によって伝送容量を増大してきた。情報通信量の増大により、今後は更に多重化が必要な状況で、集積デバイスの研究が盛んである。しかし、偏波を集積デバイスで扱うのは難しい。そこで本研究では、集積可能な受光器で偏光を見分けることが可能なデバイスの開発を目指している。集積デバ

イスを念頭に置き、材料系は光アクティブデバイス作製に適した InP (インジウム隣) 系の III-V 族化合物半導体を採用した。偏光依存性はサブバンド間遷移の利用によって達成する。二年目の本年は、昨年度問題になった漏れ電流を少なくするために、結晶品質の向上を行った。成長温度の最適化等によって今までに分子線エピタキシー法によって成長してきたサンプルの中で最も吸収線幅の細い結合量子井戸の成長に成功した。一方、漏れ電流は相変わらず多いことを確認した。そこで、量子井戸赤外受光器 (Quantum Well Infrared Photodetector: QWIP) で構築された暗電流モデルを用いて本研究で使用している結合量子井戸の暗電流の見積もりを行った。その結果、室温動作が難しいことが分かった。本研究で最終的に目指している偏波モニターは室温で動作することが望ましい。そこで、室温で動作可能な量子カスケード検出器等の新構造の設計に着手した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 サブバンド間遷移、光受光器、偏光依存性

【研究 題目】 電流注入型有機半導体マイクロレーザーの開発

【研究代表者】 佐々木 史雄 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】 佐々木 史雄 (常勤職員1名)

【研究 内容】

有機半導体レーザーは、大面積かつ低コストな簡易プロセスで形成できる半導体レーザーとして期待されている。そのためにはダブルヘテロ構造、或いは量子井戸構造と呼ばれる積層膜形成が必須である。ここでは、結晶性有機半導体材料 (チオフェン/フェニレン) コオリゴマー (TPCO) という、室温で高い発光効率を示しかつトランジスタ動作や EL の観測など光学特性、伝導特性共に優れた特性を有している材料系での積層構造形成を目的として研究を進めてきた。手法としては無機 III-V 族半導体などでも実績のあるスライドポート法による3層構造からなる結晶性薄膜作製を第1の目的とする。また、これを微小共振器に加工した後電流注入でのレーザー発振を目指しているが、現状では加工プロセス段階でのダメージ、及びピンホールなどによる電流リークなどの課題が明らかになりつつある。平成27年度までには pn ドーピングによる低抵抗化や光励起での結晶性積層膜のレーザー発振などに成功を収めたが、結晶膜中のピンホールやクラックなどの影響のため、電流リークの無い EL 素子形成には至っていない。また、微小共振器加工プロセスにおいても電極形成まで有機結晶膜の剥がれ等のダメージが無いプロセスを確立する必要がある。膜中のクラックやピンホールの低減、及び共振器形成プロセスの改善、スライドポート法でのドーピング層形成などが今後の課題としてあげられるが、本研究により光励起発振可能な結晶性有機ダブルヘテロ構造が実現できた

事は、今後に繋がる成果であると思われる。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 有機半導体レーザー、微小共振器、有機 EL、pn ドーピング

【研究 題目】 非平衡光プロセスを用いたナノカーボン系薄膜作製とデバイス応用

【研究代表者】 阿澄 玲子 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】 阿澄 玲子、橘 浩昭、島田 悟、横田 美子 (常勤職員3名、他1名)

【研究 内容】

本研究課題では、プラスチックを含む任意の基板の上に塗布製膜・後処理によりナノカーボン系薄膜を作製する技術を開発し、これを半導体素子や透明導電膜などのデバイスに応用することを目指している。方法として、ブリカーサーとなる種々の有機材料の薄膜を基板の上に塗布法によって作製し、これに短パルス光を照射して、基板を傷めることなく照射部分の急速加熱焼成を行い、ナノカーボン系薄膜に転換する。光を用いるため、焼成と同時にパターニングを行うことも可能である。この技術を用いてプラスチック基板を含む様々な基板に塗布製膜でのデバイス作製のプロセスを開発することを目指す。

H27年度も、H26年度に引き続き、種々の有機高分子の溶液や水酸化グラフェンの分散液などを石英基板の上に塗布製膜した。光源として白色光であるキセノンフラッシュランプを用いて、これらの薄膜の光焼成を試みた。側鎖に芳香環を有するポリシラン薄膜にパルス光を照射することにより、グラファイト様な化合物に変化することを見出し、各種分光法を用いて構造を検討した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 ナノカーボン、光焼成、電子デバイス

【研究 題目】 立体湾曲シリコン細線導波路の光伝搬制御に関する研究

【研究代表者】 吉田 知也 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】 吉田 知也 (常勤職員1名)

【研究 内容】

クラウドコンピューティングの発達や近未来に予見される IoT 社会の到来により、データセンター内やデータセンター間の短中距離大容量光通信技術という新たな技術ニーズが生じている。さらに LSI の発達により CPU チップとメモリーチップ間の電気配線による大容量信号伝送などが限界を迎えつつあり、その限界を打破するために光通信による新たなチップ間信号伝送技術の開発が期待されている。

シリコンフォトニクスは、シリコン LSI で培われてきた大量生産可能な微細加工技術を利用できる上にシリコン半導体電子回路との融合集積も可能なため、上記ニーズに応える有力な候補技術として世界各国で研究開発が活発化している。しかし実用化には、光ファイバーな

どの外部光部品とシリコンフォトニクスデバイスのシリコン光配線を高効率に結合する技術が必須であり、そのような結合技術、特に実装コストの低減、ウェハ段階で検査可能という利点を持つ表面結合技術の開発が求められている。

本研究では、従来難しいとされてきたシリコン光集積回路への光ファイバーや光部品の表面実装を容易にする光結合技術を開発している。通常シリコン光配線はウェハ面内に形成されるが、本技術ではシリコン光配線の先端をウェハ垂直方向に立体湾曲加工して、ウェハ面から光集積回路へ光入出力できるようにする。本年度は小型化を実現し、高効率・低波長依存・低入射角度依存を実証した。これは、従来技術とは動作原理が異なる画期的な光結合素子で、データセンター内外の短中距離大容量光通信や半導体チップ間信号伝送などへの応用が期待される。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 シリコン光集積回路、シリコン光配線、光インターコネクション、シリコンフォトニクス、イオン注入技術

〔研究 題 目〕 ダイヤモンド量子センシング

〔研究代表者〕 渡邊 幸志（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 渡邊 幸志（常勤職員1名）

〔研究 内 容〕

本研究は、ダイヤモンド中の個々の量子ビットをセンサーとして、単一の分子や細胞の核磁気共鳴（NMR）イメージング測定や電位分布測定を室温で実現する実験手法を確立する。同位体ダイヤモンド表面近傍（数 nm）に 100 μ 秒以上の量子コヒーレンス時間を有する窒素-空孔（NV）ペアを配置し、個々の NV ペアに束縛された電子スピンを制御する手法を開発し、2年目には単一 NV 電子スピンをセンサーとしてダイヤモンド外部に置かれた単一分子電子スピンまたは単一原子核スピンの磁気共鳴検知を成功させ、さらに2次元 NV アレイを用いて空間分解能 50 nm での磁場・電位・温度分布イメージングも実現する。並行してニューロン等の単一細胞への刺激に対する電位分布の時間発展バイオセンシングを NV アレイを用いて実現する。4年目以降には、量子センサーとしての利点を保ちながら、空間分解能 10 nm 以下の実現を目標とし、単一分子・細胞の磁場・電場・温度イメージングを目指す。本年度は、NV ペア作製にあたり、新規のドーピングガス $^{15}\text{N}_2$ ガスの導入を行い成長および評価実験を開始した。初期試験として空間分解能 5 nm で試作したダイヤモンド量子磁気センサーチップは、スピン緩和時間 10 μ s を有することが確認された。スピン緩和時間はソフトウェアによる操作で 10 倍以上の延伸が可能であるため、本成果は合成条件をさらに最適化させることで目標を上回るセンサーチップ性能の進展に大いに期待が持てる結果である。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 量子センシング、ダイヤモンド、電子スピン、イメージング

〔研究 題 目〕 軌道純化に基づく高温超伝導体の圧力・非平衡制御と転移温度増強の理論・実験的研究

〔研究代表者〕 永崎 洋（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 永崎 洋、伊豫 彰、竹下 直（電子光技術研究部門）、（常勤職員3名）

〔研究 内 容〕

高温超伝導銅酸化物は未だに最高の T_c をもつが、その記録は1994年以来上昇を見せていない。これを、鉄系超伝導などで培われた現在の視点から再攻略し、銅酸化物の T_c 増強、及び、非銅系類似物質における超伝導誘起を目指すことが本研究の目的である。方針として、単一軌道系と見られることが多い銅酸化物も実は多軌道性を有しており、単一軌道性を高める、すなわち「軌道純化」すれば T_c 上昇が期待されるという観点から、銅酸化物超伝導体およびニッケル酸化物を対象として物質設計、合成を行うことで T_c 増強の可能性を検討した。また、動産か高温超伝導体におけるヒッグス・モードの検証を行うための純良単結晶の育成を行った。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 超伝導、高温超伝導、鉄系超伝導体、単結晶、輸送特性、臨界電流密度

〔研究 題 目〕 MHz 級デトネーションエンジンの物理機構解明：バルブ共振型と回転爆轟波型エンジン

〔研究代表者〕 榊田 創（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 榊田 創（電子光技術研究部門）（常勤職員1名）

〔研究 内 容〕

本研究では、デトネーションエンジンの MHz 作動での理論上限モデルを構築すること、プラズマ理工学、可視化技術を駆使したナノ秒オーダーでのデトネーション開始に関する研究を行い、MHz 作動に適した開始方法を解析すること、自律作動バルブと同軸管回転バルブを組み合わせた 10~100 kHz 作動用の自律回転バルブの機構を構築すること、回転爆轟型 MHz デトネーションエンジン及びバルブ共振型 MHz デトネーションエンジンの物理機構を実験、数値解析によって確認・解明することを研究目的とし、これらエンジンの実証試験機を製作・テストし、デトネーションエンジンとしての実現性を確認することを目標としている。本分担研究では、誘電体バリヤ放電（DBD）プラズマ技術によるデトネーション現象の高度化を図るため、プラズマ生成時のガスの可視化を行っている。

平成27年度は前年度に引き続いて、プラズマと中性

流体との相互作用の結果としての乱流化現象に関して、プラズマ中において周期的に変動するイオン群が中性粒子群と衝突することで摂動を与え乱流化を促進しているモデルに関して、数値解析を進めることで明らかにし、論文の公開を行った。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 デトネーション、ロケット、燃焼、大気圧プラズマ、可視化、航空宇宙

【研究 題 目】 ランダムショートカットと光通信技術による超低遅延グリーンインターコネクト

【研究代表者】 石井 紀代（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 石井 紀代、並木 周、鯉淵 道紘（国立情報学研究所）、天野 英晴（慶應義塾大学）、工藤 知宏（東京大学）、藤原 一毅（国立情報学研究所）、松谷 宏紀（慶應義塾大学）
（常勤職員2名、他5名）

【研究 内 容】

本研究は、エクサスケール規模以上の構成の計算機システムのインターコネクトにおいて、ランダムショートカットリンク接続と光波長多重スイッチ技術を適用することで、低遅延・低消費電力でかつ通信パターンにアダプティブなインターコネクト技術を探査することである。本目標達成に向け、研究分担者・研究連携者により2か月に1度定期ミーティングを行い、進捗管理及び課題共有を行い、研究機関間の連携を行っている。2015年度は、インターコネクト網に光スイッチ技術を導入する際に、光スイッチ切替を分散制御的に実行可能とする新たな制御アプローチの検討を行った。これにより、従来光スイッチ制御手法として提案されている集中制御手法に比べ、既存インターコネクト網で使用されている電気パケット網技術との高親和性の達成、及び、光スイッチの制御に係るオーバーヘッドの削減が可能となる。さらに、長距離網で活用されている波長分割多重伝送技術をベースとして、本手法によりポートあたり10Tbpsの帯域を実現可能であり、かつ、10万以上のエンドポイントにスケール可能な制御手法であることを、定量評価により明らかにした。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 ハイパフォーマンスコンピュータ、インターコネクト網、光スイッチ

【研究 題 目】 ダイヤモンド量子制御による高感度核磁気共鳴イメージング

【研究代表者】 渡邊 幸志（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 渡邊 幸志（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、ダイヤモンド中の窒素-空孔ペア（NVペア）に局在した電子スピンを、「量子核磁気共鳴

（NMR）センサー」として利用し、超高感度・高空間分解能 NMR イメージングを実現する。具体的には、微細加工テンプレート基板と窒素ドーブ同位体制御化学気相成長法を組み合わせた独創的なダイヤモンド作製法により特性制御された高密度 NV ペア生成し、かつ NMR イメージングに適したパルス光検出磁気共鳴顕微鏡を構築する。サンプル作製と装置開発を融合することにより、高感度かつイメージングが可能な NMR センサーを開発し、少数個（ $10E4$ 個程度）の $1H$ 核スピン NMR イメージングを実現する。本年度は、FIB およびフォトリソグラフィーにより幅、深さ、方向、オフ角を系統的に変化させた溝構造をダイヤモンド基板上に作製し、それを使用した CVD ダイヤモンド成長を行った。PL マッピング評価から従来と同様の NV センターの局在化が再現された。NV ペアの配向軸、 $T2$ の評価は現在進行中である。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 量子センシング、ダイヤモンド、電子スピン、イメージング、微細加工

【研究 題 目】 近赤外温度・濃度同時イメージング法によるマイクロ反応拡散場の直接定量評価

【研究代表者】 角田 直人（首都大学東京）

【研究担当者】 有本 英伸（電子光技術研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

前年度までに開発した温度と物質濃度の同時イメージングシステムの光学系と画像処理法を改良し、温度・濃度分解能を向上させた。温度感度波長と濃度感度波長の2つの波長を利用し、マイクロ流路内の中和反応における各物質の濃度画像を構成することに成功した。特に生成される塩に関しては、特定の一波長を用いることで安定かつ精度よく画像化できることを示した。これは他の反応物（HCl, NaOH）に対して等吸収（非濃度依存）を示すためである。また、界面近傍における拡散速度は物質によって異なることを画像によって確かめることができた。このような反応は界面の不安定性にも影響を与えることが示唆され、不安定性条件の調査が次年度の課題として認識された。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 近赤外分光、温度計測、濃度計測

【研究 題 目】 高圧力磁気測定技術開発がもたらす磁性・超伝導材料研究のブレイクスルー

【研究代表者】 竹下 直（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 竹下 直（常勤職員1名）

【研究 内 容】

科学研究費補助金の枠組みで研究が行われている。研究代表者（九州工業大学）によって進められている Quantum Design 社製の MPMS 磁化測定装置中で使用

可能なダイヤモンドアンビルセル高圧力発生装置 (DAC) での実験を補助するため、産総研のキュービックアンビル型高圧力発生装置を用いた電気抵抗測定を行い、こちらでの静水圧性に優れた圧力装置での結果と、九工大の MPMS 中で得られる結果を相互に検証し、DAC が正しく動作しているかどうかを検証することを目的としている。今回は試料として水銀系銅酸化物高温超伝導体の一つである Hg1201 (HgBa₂CuO) の超伝導転移を電気抵抗率測定およびマイスナー効果の観測を行う事で検証している。目標の開発中 DAC の最高到達圧力の検証および、その時の圧力の質(静水圧性および圧力の位置的な一様性)について確認を行う事ができた。来年度は最終年度であり、目標の50GPa 発生にむけ努力をおこなう。

[領 域 名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] 高圧力、超伝導、圧力効果、圧力下磁化測定、銅酸化物高温超伝導体

[研究 題目] 多様な三層型 Bi 系高温超伝導体を得るための改良型 (温度勾配付与) TSFZ 法の研究

[研究代表者] 伊藤 利充 (電子光技術研究部門)

[研究担当者] 伊藤 利充 (常勤職員1名)

[研究 内容]

レーザー加熱結晶育成技術 (LDFZ 法) は分解溶解する材料の結晶育成を容易にする優れた手法であり、多くの材料に適用して有効性が実証されている。本研究は、分解溶解する材料の中でも特に結晶育成が困難である三層型 Bi 系高温超伝導体に LDFZ 法を適用して結晶育成を行ない、有効性を検証するのが目的である。当該物質に LDFZ 法を適用し、安定的に結晶育成を行なうことができる条件を明らかにした。得られた結晶を組成分析したところ、Cu の含有量を少なくすると効果的であることを確認した。

[領 域 名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] レーザー加熱結晶育成技術、LDFZ 法、難育成高温超伝導体、層型 Bi 系高温超伝導体

[研究 題目] 表面層深さ方向の迅速評価が可能な回転楕円面鏡全反射ラマン散乱光学系の開発

[研究代表者] 山口 誠 (秋田大学)

[研究担当者] 川手 悦男 (電子光技術研究部門)
(非常勤職員1名、他1名)

[研究 内容]

様々な機能性を付与するための製膜技術の発展に伴い、極表面層の評価が課題としてあげられる。ラマン分光法は非破壊・非接触・大気中で測定可能という利点を有することから注目されている。しかし、吸収係数の小さな試料ではラマン励起光が試料内部まで侵入することから、

表面層のみからの信号を得ることが困難である。ラマン分光法による深さ方向の情報を選択できる評価法の確立するために、エバネッセント波の浸み出しを利用した極表面層部のラマンスペクトルを測定する全反射法に着目した。本研究課題は、複数の回転楕円面鏡からなる入射・集光光学系により入射角度連続可変で全散乱角度同時計測可能な光学システムを作製、集光された散乱光をマルチチャンネル検出器で分光するラマン分光システムを構築することである。

ラマン分光の信号は微弱であることに加え、エバネッセント波を利用することで、さらに信号強度は弱くなる。この課題を解決するために、平成27年度、四分の一形状回転楕円面鏡2台を互い違いに組合せた集光側の集光効率の向上を可能にするハードとソフトの改良を行った。この複数の楕円面鏡で構成された光学系に関する平成23年度出願の主知財は、昨年度の米国 (Patent No.: US 8,982,345 B2) に引き続き、今年度は日本国内 (特許第5721070号) で特許登録された。

[領 域 名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] ラマン分光、楕円面鏡を用いた光学系、装置開発、等倍率結像系

[研究 題目] 近接・低歪み多重積層構造を適用した量子ドットレーザーの効率化に関する研究

[研究代表者] 天野 建 (電子光技術研究部門)

[研究担当者] 天野 建 (常勤職員1名)

[研究 内容]

本申請では、近接・低歪み積層構造を提案し、量子ドットの光利得向上及び高速変調速度の向上そして、量子ドットの結晶歪み低減を実現する。本研究で提案する量子ドットレーザーの構造を以下の手順で実現化する。

- (1) 量子力学的結合を実現させるための近接積層膜厚の算出
- (2) 近接・低歪み多重積層構造量子ドットの結晶成長
- (3) 近接・低歪み多重積層構造量子ドットの光増幅率及び高速変調速度の評価
- (4) 近接・低歪み多重積層構造の歪み・欠陥評価
手順(3)、(4)の評価結果と(2)の結晶成長へフィードバックを繰り返し、最適構造とし、(5)量子ドットレーザーデバイスへ展開する。具体的に平成27年度は下記を行った。

1. 量子力学的結合を実現させるための近接積層間膜厚の算出

提案構造を実現するためには、量子力学結合効果を用いる事が必須である。そのため、今回の狙いとする量子ドットレーザーの材質、大きさ、発光波長、印加電圧などの実際の条件のもとで、どの程度の積層間膜厚が最適なのかを正確に見積もる必要がある。有効質量近似のシュレーディンガー方程式を基として各種パ

ラメータを組み込みシミュレーション解析を行った。

2. 近接・低歪み積層量子ドットの成長

シミュレーションと実際のデバイスの相関を得る必要がある。実際に量子ドット半導体レーザー用の高密度・高均一の量子ドットを成長し、発光特性の評価を行った。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 量子ドット、半導体レーザー

〔研究 題目〕 ナノサイズ光学窓の形成による超解像効果発現の最適条件の理論的探索

〔研究代表者〕 桑原 正史（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 桑原 正史（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

石川工業高等専門学校の佐野陽之教授が代表を務める科学研究費補助金「ナノサイズ光学窓の形成による超解像効果発現の最適条件の理論的探索」に関して、分担者として研究を進めた。これは、光ディスクの超解像再生機構を原理的に明らかにしようという試みである。石川高専では、熱的、光学的なシミュレーションにより、再生時の動的な超解像再生現象を解明した。また、超解像再生の鍵となるカルコゲナイドに対し、高温熔融状態の第一原理計算を実行し、高温熔融状態で光学的な変化がおこる物理的な機構を原子、電子の挙動で解明した。産総研では、シミュレーションに必要なパラメータの測定・提供をおこなった。例えば、InSb は高温熔融状態では、固体時と比べ透過率は低くなることを光学的な実験から見いだした。また、この現象は InSb 内に自由電子が励起され金属的になることが原因であることを光学的な解析から明らかにした。これを更に石川高専の佐野教授は、第一原理から計算を行い、熱的な励起で自由電子が増加することなどを突き止め、理論的な構築を行った。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 光学フィルター、分光光度計

〔研究 題目〕 テラヘルツ STM 発光分光へのピコ秒時間分解能の付与

〔研究代表者〕 桑原 正史（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 桑原 正史、（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

東北大学電気通信研究所の上原洋一教授が代表を務める科学研究費補助金「テラヘルツ STM 発光分光へのピコ秒時間分解能の付与」に関して、分担者として研究を進めた。STM を用いた発光現象とは、STM 探針先端から電子を試料に注入あるいは引き出すことにより、プラズモン励起、電子緩和過程で発光が起こるといものである。しかもナノメーター領域の現象であるため、微小領域の物性解明に有効であるといった特長を持つ。今までは、発光の観測波長は可視領域に限定されていたが、

本研究では THz 領域（波長10 μm 以上）で観察、かつ時間分解能を付加するという試みである。装置は東北大のものを用い、産総研は主に試料作製を行った。産総研で研究されていた光記録材料のバンドギャップが THz 領域であることから、対象とした。まずは、THz の検出器であるボロメーターを用いて、発光が起こるかどうかの確認を行った。その結果、THz の発光は非常に弱く、分光までは至らなかったが、発光を確認することができた。また、その発光機構を探針-試料配置を考慮した電磁気学的な考察から議論を行った。パルスレーザーを併用した時間分解は、THz 発光が非常に弱いため、満足できるデータがまだ得られていない。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 光記録材料、カルコゲナイド、THz 領域、トンネル電子、走査型トンネル顕微鏡、STM 発光

〔研究 題目〕 パイプを伝搬するガイド波のモード解析

〔研究代表者〕 佐藤 治道（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 佐藤 治道、小木曾 久人

（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

パイプは生活インフラの中で広く使われている。それら安全性の確保や半導体や医薬品の性能や信頼性の向上と低価格化のためには非破壊検査や高精度な超音波流量計の開発が必要である。パイプの検査効率向上や超音波流量計の高精度化にはパイプを伝搬する超音波(ガイド波)の解析が必要である。本研究は、パイプを伝搬するガイド波のモード解析を行うことを目的としている。これまでに、著者等は内部に流体を満たした固体パイプを伝搬するガイド波の解析解、実験、軸対称 FEM による解析および、それらを応用した超音波流量計の開発等を行ってきた。昨年度は、固体を伝搬しながら液中に変位が染み出し振動が減衰していく漏えいガイド波の影響を調べ、この研究の遂行において漏えいガイド波の解析は不要であるとの結論を得た。今年度はレーザー超音波法でガイド波の実験をするための装置の選定、購入作業等を行い、ガイド波の新たな適用先として、積層造形物（いわゆる3D プリンタ）の非破壊検査にも着手した。ガイド波の実験を行うための装置を活用し、パウダーベッド法で作った造形物の非破壊検査を行った。パウダーベッド法はサポートレスであり、金属も造形できるといった利点があるが、内部に層状の欠陥ができることもある。そこで、レーザー超音波法で内部に欠陥が無い試料と、層状の欠陥ができてしまった試料の比較をおこなった。その結果、前者は速度分散が無い表面波が伝搬し、後者は速度分散があるガイド波と推定される超音波が伝搬していることが確認された。また、パイプを伝搬するガイド波の研究に関しては、本年度は計算機の選定や、調達を行った。これによって、最終年度はレーザー超音

波法による実験やパイプの変位を3D で計算するなどして、パイプを伝搬するガイド波のモードの性質を明らかにするとともに、新たな展開として、積層造形物の非破壊検査へのガイド波の適用を検討する。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕超音波、流量計、ガイド波

〔研究題目〕プラズマエッチング中の剥離パーティクル発生メカニズムの解明

〔研究代表者〕笠嶋 悠司（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕笠嶋 悠司（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、半導体の量産現場で深刻な歩留まり低下を引き起こす、プラズマエッチングにおける剥離パーティクル（微粒子）の抑制を目指し、その発生メカニズムを明らかにすることを目的として実施した。本研究では、プラズマエッチング中のシース電場の変化（揺らぎ）やそれに伴って生ずる剥離パーティクルと電場応力の作用機構との関係解明に取り組んだ。プラズマエッチングにおいては、プラズマ中のシース電場に起因した電場応力がプロセスチャンパー内壁に付着した反応生成物を起源とする堆積膜に作用することで剥離パーティクルが発生する。標準粒子を用いた電場応力の作用機構に関する基礎実験及び量産装置実機を用いた剥離パーティクルの検出実験を実施した結果、異常放電が発生した場合のようにシース電場が急峻に変化している場合には、パーティクルが突発的かつ多量に発生することを明らかにした。その場合のメカニズムとして、電場の急峻な変化によって電場応力が瞬間的に強く作用して撃力として働くこと、また、その際にはマクスウェルの応力のみならず電歪応力も寄与していることを明らかにした。半導体量産現場で特に深刻な問題となっているパーティクルについて、今後の抑制策構築に資する成果を得ることが出来た。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕プラズマエッチング、微粒子、半導体製造、歩留り、電場応力

〔研究題目〕異種金属直接接合技術を利用した積層 π 型熱電発電モジュールの創製

〔研究代表者〕佐藤 宏司（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕佐藤 宏司（常勤職員1名）

〔研究内容〕

研究で作製する熱電発電デバイスは、 π 構造を保ちながらN型素子（Ni）とP型素子（Al）を直接接合することにより作製するエネルギーハーベストデバイスである。一度に多数の π 型積層構造を作製することのできるため、ゼーバック効果の低い金属材料を用いても十分実用レベルに電圧を昇圧することができ、デバイス自体の低価格化が可能であることを特徴とする。

当該年度においては、有限要素法解析を行い、積層 π

型構造に温度差を加えることにより、発電が可能であることを示した。また絶縁層として各種絶縁材料、絶縁膜を評価し、ボロンナイトライド膜よりも、アルミニウム表面に陽極酸化膜を作製する方が、絶縁性、作製コストにおいて優れていることを示した。

実際にアルミニウム表面に1 μm の陽極酸化膜を作製し、端部を交互に研磨し直接接合を行うことにより、積層 π 型構造に成功した。アルミニウム表面に作製した陽極酸化膜はニッケルと反応しないことを利用し、陽極酸化膜層を剥離層として利用し、アルミニウム板とニッケル板を陽極酸化膜を剥離させた部分だけ接合し、他の部分を剥離させ、構造自体がフレキシビリティを持つ新たなアコーディオン型熱電発電デバイスを試作した。その後、作製したアコーディオン型デバイスの熱電評価を行い、ニッケルとアルミニウム五層の積層デバイスにおいては、73°Cの温度差で2 μW の出力を得ることに成功した。このようなアコーディオン型構造にすることにより、冷却効率が向上しデバイス内で大きな温度差を作製することに成功した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕熱電発電デバイス、エネルギーハーベスト、直接接合

〔研究題目〕格子・電荷・光結合系の設計と制御によるフォトリクス機能の進化

〔研究代表者〕徐 超男（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕徐 超男、藤尾 侑輝、寺崎 正、劉 臨生、塗 東、津山 美紀、有本 里美、大城 裕貴、渡邊 竜太、齊藤 亮二（常勤職員3名、他7名）

〔研究内容〕

応力発光は構造物の健全性診断など安全安心な社会を支える基幹技術への利用が強く期待されている。本研究は、応力発光発現機構や増強法を多角的な視点から究明し、得られた知見をもとに画期的な応力発光材料を新たに創出することを目的とする。具体的には、特異な積層化合物について、応力発光等フォトリクス機能に及ぼす結晶構造、電荷移動、欠陥の影響とその機構を調べ、発現機構を明らかにして、画期的なフォトリクス新材料の設計・創出を目指す。

本年度は、前年度に開発した新材料の結合状態の物性解明を行い、マイクロ・メゾ・マクロのそれぞれ異なる階層での物性を深く検討した。更に、得られた知識に基づいて創出した斬新な応力消光機能を有する新規青色発光材料（Cu⁺添加するCaZnOS）について、結晶構造や電荷移動、欠陥濃度による応力発光、残光特性などへの制御効果を検討し、応力発光・消光を切り替える機能のメカニズムを解明した。得られた成果の一部はNature出版Light Science and Applications誌をはじめ、国際論文誌等で多数発表を行った。

今後は、CZOSについて、応力発光・消光を切替える機能の高度化検討を行い、また SAO について、光電応答機構の詳細検討を進めていく。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 応力発光、近赤外発光、非破壊検査技術

〔研究題目〕 欠陥準位制御による微小ひずみ応答材料の創製

〔研究代表者〕 藤尾 侑輝（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 藤尾 侑輝（常勤職員1名）

〔研究内容〕

現在、耐用年数を迎える社会インフラの安全管理のための定期検査技術（損傷診断）として、構造体の内部損傷（腐食、空洞化、き裂等）を診断する技術が切望されている。表面からは見えない内部損傷を診断するためには、一般コンクリートの強度が最も弱いとされる引張・曲げの弾性領域に相当する0.01%の表面微小ひずみを2次元的に評価する可視化技術が求められている。これまでに、画像関連法やレーザースペックル法を用いたひずみ分布計測が検討されているが、これらは非破壊計測で測定物の変形を妨げず、破壊に至る大きなひずみを可視化できるが、画像解析に時間的な制約を受けリアルタイム計測が困難なことや微小ひずみを高感度に可視化できないことが課題である。これに対して、我々は、微小ひずみに伴い発生する応力に着目して、応力が印加されたときに発光するセラミクス材料（応力発光材料）に注目してきた。本研究では、材料中の欠陥を制御することで0.01%の微小ひずみに応答する新規材料を開発することを目的とした。今年度は、溶液中のイオン反応を利用した材料合成方法を用いて、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4\cdot\text{Eu}$ の Sr と Al の組成比を系統的に調査することで微小ひずみに対する応答性について検討した。その結果、化学量論比（ $\text{Sr}/\text{Al}=0.485$ ）より Sr/Al 比を少なくすることで0.1%以上のひずみに対する感度が増大することがわかった。一方、0.1%以下の微小ひずみに対する感度は、 $\text{Sr}/\text{Al}=0.46$ とした場合に0.01%の微小ひずみに対する応答性を発現することがわかった。次に、開発した応力発光材料を用いてアルミ合金版に模擬した内面疲労き裂の検出を試みた。その結果、内面疲労き裂の進展度50~100%の試験片は、発光強度は異なるものの、すべての試験片においてき裂先端に生じる応力集中に伴う強い発光パターンを検出することができた。今後は、融剤添加量や焼成温度の系統的な探索による材料結晶性の制御、発光中心元素量の発光強度依存性について検討して微小ひずみに対する感度の更なる向上を目指す。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 ひずみセンサ、微小ひずみ応答性、応力発光材料、セラミクス、発光体、計測診断、欠陥制御

〔研究題目〕 高空間分解能静電気分布モニタリング計測システムの開発

〔研究代表者〕 菊永 和也（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 菊永 和也（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、振動励起法により誘起された低周波電界の多点計測技術を基盤とした、高空間分解能な静電気分布を短時間で計測するシステムを開発することが目的である。これまで、多点で電界を同時計測するためのセンサアレイの開発を行い、空間分解能1 mmの計測が可能な小型静電気センサとそのアレイ化技術を開発してきた。平成27年度は、小型静電気センサを一軸ライン状に並べられたアレイセンサを、ラインと垂直方向に走査させることで、静電気分布計測の時間短縮化を試みた。

アレイセンサの各センサはそれぞれロックインアンプに接続し、時定数を10~300 msに設定した。アレイセンサを水平に1~20 mm/sで移動させたときの計測精度を評価したところ、ロックインアンプの時定数300 msにおいて、90%以上の計測精度を保つためには、アレイセンサ移動速度5 mm/s以下にする必要があることが明らかとなった。これらの条件を最適化することにより、30 mm×30 mmの測定範囲において、空間分解能1mmかつ6秒で、静電気分布をモニタリングできるシステムの開発に成功した。このシステムの性能を確認するための一例として、アクリルの表面を細かく柔らかい繊維で摩擦したときと、水分を吸着させた後の静電気分布を計測・比較したところ、水分が吸着した部分の静電気に変化が観測された。これは帯電した電荷が材料表面にできる水膜を通して表面電流が流れ、電荷が空气中に漏洩したことによる影響であると考えられる。このように実用性に優れた高空間分解能な静電気分布モニタリング計測システムの開発に成功した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 静電気、高空間分解能、モニタリング、振動、センサアレイ

〔研究題目〕 高分子樹脂を用いた圧電発電の高効率化

〔研究代表者〕 岩崎 渉（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 岩崎 渉（常勤職員1名）

〔研究内容〕

超高齢社会、生活習慣病の増加、医療費の増大に伴い、近年、ウェアラブルセンサ等を用いて日々の健康管理から無意識の内に病気を予防する予防医療が注目されている。このウェアラブルセンサによる健康状態の管理を実現するためにはデバイスの低消費電力化と共に、近年ではデバイスレベルでの発電が注目されている。本研究では外力が加わると電気を発生する圧電体材料に、一般的なPZT（チタン酸ジルコン酸鉛）やAlNではなく、発電性の高いScAlN（窒化スカンジウムアルミニウム）

を用いた発電デバイスの開発を目指し、ScAlN の加工方法について検討した。

ScAlN をフォトリソグラフィにより加工するために ScAlN をエッチングできるがフォトレジストマスクにダメージを与えないエッチング液を検討する必要がある。そこで、本実験ではリン酸、硝酸、酢酸の混酸を用いてウェットエッチングを試み、フォトレジストにダメージを与えずに ScAlN のウェットエッチングすることに成功した。また、リン酸、硝酸の濃度が高い方が、ScAlN のエッチング速度が高くなる傾向を得た。このウェットエッチング中にレジストが剥離する現象は発生せず、ScAlN のウェットエッチング液として用いることが可能であることが分かった。この方法はレジストマスクでウェットエッチングが可能であるという点で有用であるが、一方でエッチング速度が遅いため、より早くエッチングできる条件を検討する必要がある。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 圧電体、微細加工、MEMS、発電

【研究 題目】 高密度イオン軌道ベクトル制御プラズマによる高速・高アスペクト比エッチングの創成

【研究代表者】 本村 大成（製造技術研究部門）

【研究担当者】 本村 大成（常勤職員1名）

【研究 内容】

3次元に半導体デバイスを集積化させるためには、シリコン貫通電極の貫通孔形成による垂直配線技術が有利とされている。そのためには、シリコン基板の早掘り・深掘りプラズマエッチング技術の創成およびその装置開発が重要となる。早掘りエッチング技術の実現のために、1) プラズマの高密度化に伴うエッチング反応生成物の生成効率を増大させ、2) 外部磁場およびウエハ近傍磁場配位の最適化による高密度プラズマの効率的輸送の技術を融合させる。さらに深掘りエッチング技術の実現のためには、3) イオンの運動量輸送方向を磁力線に平行にするために真空排気システムの最適化による低ガス圧力環境の実現が重要となるので、早掘り・深掘りプラズマエッチング技術を実現するためには、上記の3条件を同時に実現することが重要となる。

昨年度までの成果として、高速エッチングに資する高密度プラズマ源の開発を掲げ、具体的目標としてプラズマ密度 10^{12} cm^{-3} を得ることと定め、被処理材近傍1cmにおいて、静電プローブを用いてプラズマ密度を計測した結果、500 W 程度の電力を投入し、外部磁場コイルで最大磁場強度0.02 T 以上を印加することで、プラズマ密度 10^{12} cm^{-3} を達成した。そこで本年度の取り組みでは、高密度プラズマ生成条件を満足し、アスペクト比2以上のエッチング孔を実現することを目標とした結果、アスペクト比2以上を得る実験条件を見出した。高速かつ高アスペクト比の両立を実現するプロセス条件の探索

に関しては、高ガス圧力運転の検討などを行い、引き続き検討していく必要がある。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 プラズマエッチング、シリコン貫通電極、半導体製造

【研究 題目】 社会容態の変化を促し環境負荷を低減する積層造形（AM）技術利用シナリオの設計

【研究代表者】 近藤 伸亮（製造技術研究部門）

【研究担当者】 近藤 伸亮、高本 仁志、木下 祐介（常勤職員3名）

【研究 内容】

本年度は文献収集により積層造形に関するインベントリデータを収集するとともに、積層造形技術の導入が、製品・サービスのライフサイクル価値、環境負荷、コストにどのような影響を与えるかを表現する「部分シナリオ」の抽出を行った。部分シナリオは、積層造形技術導入とライフサイクル価値、環境負荷、コストを構成する諸パラメータの間の因果関係を表現するものであり、各部分シナリオを採用・不採用を切り替えることで、様々なシナリオモデルを構築することが出来る。

本年度は特に、既存文献では十分に評価されていない積層造形技術がライフサイクル価値に与える影響を形式的にモデル化することが出来た。これは、積層造形技術導入によるリードタイム削減効果と部品・製品寿命の延伸効果を合わせて評価するものである。例えば機械部品の寿命延長のためには従来、摺動面の研磨等の方法が用いられてきたが、研磨すると部品寸法が小さくなるため、その適用回数や適用可能な局面はおのずと限定されていた。積層造形は本質的に付加加工であることから、研磨のような除去加工と組み合わせることによって従来よりも幅広い製品や部品に対してこのような再生・寿命延長措置を行うことが出来る。また、製品は企画・設計された瞬間から陳腐化が始まるため、市場に素早く投入することで陳腐化によるライフサイクル価値の低下を極小化することもできる。このような効果を形式的に表現するモデルを本年度では開発した。これらの研究成果に基づき、査読付き国際会議1件、国内会議1件の研究発表を行った。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 積層造形技術、シナリオモデル、社会影響評価、環境負荷、持続可能性、設計支援

【研究 題目】 数値計算と定性推論を融合したモデルベース設計検証理論の研究

【研究代表者】 高本 仁志（製造技術研究部門）

【研究担当者】 高本 仁志（常勤職員1名）

【研究 内容】

製品開発においては従来、開発中の製品の機能を検証するために実機（プロトタイプ）による試験を実施してきた。モデルベース開発とは、実機による検証試験のみに頼らず、製品の構造、挙動を計算機上に記述したモデルを用いて、その機能を検証する方法であり、この方法は世界の製造業、特に自動車メーカーや航空機メーカーに導入されつつある。近年、モデルベース開発を支援する技術（例えば、製品内の物理現象と制御論理を並行したシミュレーション技術や製品の構成要素の接続関係を定義することで簡単にシミュレーションを可能にする非因果的モデリング技術等）が開発されているにも関わらず、製品の全体構成や大局的挙動を分析する技術が不十分なため、製品の全体性能を決める製品開発初期段階において、モデルベース開発の効果が十分に発揮されていない。具体的には、モデルの挙動を定量的に計算（シミュレート）する手法は、モデルが持つ膨大な数の変数の各変化を示す断片的な情報のみしか得られず、製品全体の挙動を理解・検証するには不十分である、という課題がある。

本研究の目的は、モデルベース開発における製品全体の挙動を理解するための方法論を研究するものである。本研究では、製品の定量的な挙動を導出する数値計算手法に加え、数値計算に用いられる微分代数方程式上の変数間の関係を用いて推論を行う定性推論手法を活用することで特徴的な変数の挙動を抽出し、複雑な製品の挙動を単純化させる手法を開発した。本研究の期間中、当手法をドライバインモデルや風車システムモデルに適用し、機能検証を実施した。この技術の要素を説明する最新の成果を取りまとめ、設計工学分野の査読付き国際論文誌にて発表した。また、設計工学分野の国際会議にて、本研究に関連する口頭発表を行った。また、国内外のモデルベース開発の研究者を訪問し、本研究成果の今後の応用方法等に関して有益なコメントを得た。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 シミュレーション、設計支援

【研究 題目】 正20面体クラスター構造を持つ水潤滑用低摩擦・低摩耗ホウ化物セラミックスの開発

【研究代表者】 村上 敬（製造技術研究部門）

【研究担当者】 村上 敬、廣瀬 伸吾（常勤職員2名）

【研究 内容】

油を使わないクリーンな水潤滑システムは最近水圧ポンプや食品機械などの分野で注目され、既に河川・ダム用水門扉用水圧ポンプや水圧制御弁、あるいは潜水調査船用海水ポンプのピストンシリンダなどに応用され始めている。現在水潤滑用しゅう動材料としては、主に Si_3N_4 、 Al_2O_3 、樹脂などが使用されている。しかし Si_3N_4 （摩擦開始直後など）や Al_2O_3 は摩擦・摩耗が大きく、樹脂は硬度、耐摩耗性が劣る欠点がある。本研究では研究代表者らが以前水中で低摩擦・低摩耗であるこ

とを明らかにしていたものの靱性の低い AlB_{12} 、 SiB_6 セラミックスについて、サーメットにする工夫を行い、その結果 AlB_{12} - NiAl 系サーメットを放電プラズマ焼結法により作製することに成功した。昨年度うまく行かなかった AlB_{12} 、 SiB_6 セラミックスの摩耗痕の表面分析については、ラマン分光法を用いることにより、微量ではあったが H_3BO_3 を検出することができた。またコーティングについては今年度、RFスパッタリングを用いて AlB_{12} 膜のコーティングに取り組んだ。表面SEM観察によって、 AlB 膜が形成されていることがSEM-EDXで確認することができた。しかしながら、X線回折結果から AlB_{12} の回折ピークが確認できず、所望の材料の成膜は実現できなかった。また、数 μm から20 μm のサイズで表面のところどころに結晶核が形成されており、このEDX分析によるとB、N、Oの組成を有しており、Al元素が含まれていないことがわかった。成膜条件を変えてもこうした結晶核の自己形成がなされており、均質な AlB_{12} 膜の形成には至らなかった。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 ホウ化物、水潤滑、粉末冶金、コーティング、摩擦、摩耗、トライボロジー

【研究 題目】 切削カフィードバックによる能動切込制御型マイクロ・ナノ切削加工システムの実証研究

【研究代表者】 芦田 極（製造技術研究部門）

【研究担当者】 芦田 極、小倉一朗、エレラ ヘルマン（常勤職員2名、他1名）

【研究 内容】

柔軟カンチレバー工具によるV溝切削加工を行い、ガラスやシリコンなどの硬ぜい材料に対する基礎特性を評価した。工具と被削材の間をつなぐ機構に存在する弾性要素によって、硬ぜい材料の切削加工における延性モード切削の臨界切込み深さが大きくなり、破壊を伴わないV溝切削が3ミクロン以上の切込み深さで可能である現象を見出した。その現象を合理的に説明するための基礎データを収集することを軸に、柔軟カンチレバー工具特有の変形挙動や加工力の分析法について検討を行った。並行板ばねと静電容量型変位センサを用いた柔軟工具ホルダ機構と、同じ寸法の剛体カンチレバーを製作してガラスにV溝切削加工を行い、両者を比較する加工実験を行った。延性モード切削から脆性モード切削に移行する臨界切込み深さと、加工中の垂直荷重を測定した。また、光弾性を利用して材料の内部応力を可視化できる高速カメラを用いて、加工中の切れ刃接触部直下の生じる応力を観察した。その結果、柔軟な工具ホルダでは、カンチレバー部分の変形により加工部に生じる最大応力が小さくなる傾向が見られ、脆性破壊の発生を抑える効果があることが考えられる。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 切削加工、硬ぜい材料、延性モード加工

〔研究題目〕 低炭素社会と循環型社会の両立に向けたエネルギーシステムのシナリオシミュレーション

〔研究代表者〕 木下 裕介（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 木下 裕介（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、低炭素社会と循環型社会の両立に向けたエネルギーシステムを描いたシナリオの設計を支援するための方法論開発を目的とする。特に、様々な省エネ・創エネ機器（例えば、太陽光発電パネル、電気自動車、ヒートポンプ給湯機など）が将来の社会でどの程度普及しうるのか、さらに、それがエネルギーシステム全体にどのような影響を及ぼしうるのかを分析する。このとき、エネルギーシステムを取り巻く将来社会の状況には様々な不確実性があるため、本研究では起こりうる状況をシナリオとして描写する。シナリオの設計を支援するためのシステムとして、「物質・エネルギー連環シナリオシミュレータ」を開発する。このシステムでは、想定した将来社会の状況に応じたエネルギーシステムの変化を動的に評価可能とすることを目指す。

平成27年度は、省エネ・創エネ機器の将来普及量を推計することを目的として、平成26年度までに開発した「省エネ・創エネ製品普及モデル」、ならびに、収集を進めてきた各種データ（人口動態データ、機器性能データなど）を用いて、2030年の関西地域を対象としたケーススタディを実施した。そこでは、いくつかの機器を取り上げたときの普及量と、それにとまなうエネルギー需要の推計を実施した。「物質・エネルギー連環シナリオシミュレータ」の開発では、省エネ・創エネ機器の段階的な性能向上によるエネルギー消費量への影響を分析するために、ストック・フロー分析の考え方を統合化することによって、既存の「省エネ・創エネ製品普及モデル」の高度化を図った。ケーススタディを実施した結果、本研究で開発した手法およびシステムの動作を確認することができた。平成28年度以降は、省エネ・創エネ機器の普及による資源消費量への影響もあわせて分析可能となるように、手法およびシステムを高度化する計画である。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造、エネルギー・環境

〔キーワード〕 シナリオ分析、エネルギーシステム、低炭素社会、循環型社会、製品普及、ストック・フロー分析、再生可能エネルギー

〔研究題目〕 電磁非破壊検査技術向上に向けた高度磁場解析技術の構築

〔研究代表者〕 中住 昭吾（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 中住 昭吾（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究課題で磁場解析方法の中心となる拡張型有限要素法（XFEM）は、従来型の有限要素法（FEM）を発展させ、あらかじめ解の局所的特性が既知となるような問題に対しそれを表す関数を解の近似公式に入れ込む解法であり、これにより解析のための準備データであるFEMメッシュにき裂などの複雑形状をモデル化することを不必要にさせ運用面で解析の自由度が向上することを期待するものである。本研究では、漏洩磁束の分布データを用いた非破壊検査に必要なXFEM解析手法について、以下の適用対象の検討を行った。すなわち、①構造物表面に分布する「表面欠陥」と②構造物の内部に存在する「内部欠陥」である。①については、複素数のべき乗型関数を用いることで可能となった。また②については、内部欠陥はき裂端を2個持つため、そのき裂端の特異性が相互に影響を及ぼすことで、表面欠陥とは異なる取り扱いが必要となるが、本研究では等角写像の一種であるJoukowski写像を用いることでこれを可能とした。次に、確立したこれらの解析手法に対し、定式化中で現れる積分計算項のアルゴリズムを改良した。すなわち、従来有限要素一個の面積全体に対してガウス積分点座標を分布させて数値積分していた方法に対し、その方法では欠陥線を含む要素の計算精度が大幅に低下することが分かり、その改善策としてこれらの要素を欠陥線に沿って幾つかの三角形領域に分割し、それらを個別にガウス積分する方式に改良した。これにより、従来方式よりも解析精度を向上させることが可能となった。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 非破壊検査、数値解析、欠陥

〔研究題目〕 透過電顕を用いたナノ蛍光体単一の光学特性評価と粒子構造との関係解明

〔研究代表者〕 上原 雅人（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 上原 雅人（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、多層構造蛍光ナノ粒子について、球面収差補正電子顕微鏡によるオングストロームオーダーでの構造評価に加え、エネルギー分解能の高い電子エネルギー損失分光法によるナノ粒子単一の光学特性評価を行う。両者の比較からこれまでの研究で不明な点が多い蛍光ナノ粒子の構造と光学特性の関係を明らかにし、発光効率の高い蛍光ナノ粒子の開発指針を提案することを目的としている。

本年度は、マルチシェル構造ナノ粒子におけるインナーシェルの被覆について、原料逐次投入法や配位子の種類（アミン系、カルボン酸系）や添加量などの条件検討を行った。その結果、発光効率を前年度よりも向上させることができた。また、シェル厚の制御について再現性を改善することができた。しかし、一部には三角形などの異質な形状の粒子も観察された。アウトターシェルにつ

いても原料や被覆方法を検討した。ヨウ化物と硫黄の反応や有機化合物の熱分解などで被覆を試みたが、3 nm以上の厚化は困難だった。合成したこれらのマルチシェル構造ナノ粒子について、HR-TEM および STEM-EDX による構造評価を行うとともに、高分解能電子エネルギー損失分光法による光学特性評価も行った。その結果、厚さや結晶性の相関が見られた。また、理論的な解釈を深めるためにシミュレーションモデルの高度化を試みた。これらの研究成果について、国際学会で2件、国内学会で3件の発表を行った。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 ナノ粒子、電子顕微鏡、コアシェル

〔研究 題目〕 有機応力発光センサの創出

〔研究代表者〕 寺崎 正（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 寺崎 正（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究の狙いは、世界初の有機応力発光センサを創出することである。現在、応力発光体は弾性変形程度の力学刺激に応じて繰り返し発光するセラミック無機粒子と定義されている。有機応力発光体実現の方法は、高輝度無機応力発光体の発光原理を抽出し、有機材料に転写することである。即ち、①“準安定状態にトラップされたキャリアの力学刺激による解放と再結合による発光”、②“圧電性を介して発生する局所電場による電界発光”を有機材料を用いて実現する事である。平成27年度では、その計画に従い下記の成果を挙げた。此れまでにスクリーニングを行った基本圧電場構造である、PVDF（ポリフッ化ビニリデン）-疎水性粘土ナノシートに関して、26年度は各種 EL 性発光色素（Alq3、CBP、DCM 等）を賦活し、各種性能評価を行った。各種ドーパント賦活の結果、圧電性を示すβ体の分子配向形成（X線構造解析）、印加圧力に応じた圧電性能の発現（d33計測等）に成功した。また蛍光特性評価の結果、ナノクレイにより制御された空間において、発光状態を保持する事に成功した。一方、応力印加に伴う光強度変化を確認したものの、究極の目標である高輝度応力発光には至っていない。高効率圧電場、分子配向、スマートな分子選択、応力伝搬効率向上が今後の鍵となる。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 有機応力発光センサ、応力発光場、圧電性高分子、発光中心

〔研究 題目〕 流体操作技術による新たな精子選別技術の開発と実証試験

〔研究代表者〕 山下 健一（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 山下 健一、天本 真里子
（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

マイクロ流路を用いた流体操作による、独自の運動性

精子捕集技術を基盤として、繁殖用精液の簡便な精製技術を確立し、高度に計画的な家畜繁殖の実現を目指して研究を行っている。27年度は、数値流体力学計算により流路構造と送液条件を検討し、試作と試験を繰り返すことで、運動性精子捕集技術としての高度化を図った。その中では、非特異吸着を抑制するための表面処理などの周辺技術も併せて検討した。その結果、使用目的に応じた設計や送液条件を策定することができた。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 繁殖、畜産、マイクロ流体、数値流体力学

〔研究 題目〕 多面体幾何学にもとづく球面駆動システムの研究

〔研究代表者〕 笠島 永吉（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 笠島 永吉、矢野 智昭、徳野 木綿子
（常勤職員1名、他2名）

〔研究 内容〕

球面駆動システムは任意方向に回転駆動できる機構であるが、これを自在に駆動、位置決めする制御方法が確立されていない。この制御方法を開発し、球面モータの実用化を目指している。

多面体にもとづく球面駆動システムにおいて、ロータの姿勢検出にホール素子を多数配置したセンサを用いる方法を開発している。ここでは、ロータ上の任意の二つの磁極位置を検出することにより、ロータ姿勢を簡潔に求めることができる方法を開発した。

また、トルクマップを用いたトルク発生と姿勢検出フィードバックによるロータ位置決めに加えて、力学的な安定点を生成することによりロータの位置決め制御を行う方法について検討を行った。その結果、複数個配置した電磁石を用いることにより、磁極位置を安定化するための数学的条件を求めることに成功した。この条件を満たす電磁石配置のステータを設計・開発する予定である。

球面駆動システムのトルクアップを行うためには、減速機を用いるのが有効である。そのため、駆動球と出力球の間に伝達球を入れた3次元球面減速機構を開発している。この理論モデル、および試作実験システムにおいて実験を行った結果、伝達球の配置や大きさに関係なく、2軸方向についてはトルク伝達と減速が容易に行えることがわかった。しかしながら、残り1軸方向については、さらに別の伝達機構が必要であることがわかった。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 多自由度アクチュエータ、球面エンコーダ、電磁モータ

〔研究 題目〕 磁性金属における電圧誘起磁化反転の低電圧化に向けた研究

〔研究代表者〕 塩田 陽一

（スピントロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 塩田 陽一（常勤職員1名）

〔研究内容〕

スピントロニクス分野では現在、次世代不揮発メモリデバイスとして MRAM の開発が進んでいる。本研究では、現在主流の電流駆動型の書込み手法に比べて、格段に低消費電力化が期待できる電圧駆動型の書込みの電圧誘起磁化反転の低電圧化に向けて研究を行っている。

平成27年度は昨年度に開発した Ta または W キャップ層を有する FeB/MgO 接合を有する垂直磁化型のトンネル磁気接合素子において、電圧誘起磁化反転のエラー率の評価を行った。垂直磁気異方性が小さいほど低電圧で磁化反転が起こせる一方、エラー率に関しては垂直磁気異方性が大きい方が良いことが分かった。この課題を解決するには電圧効果増大させる必要があることがシミュレーション計算を行うことで明らかになった。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 スピントロニクス、磁化反転、電圧誘起異方性制御

〔研究題目〕 電界による磁気光学効果制御技術の開発

〔研究代表者〕 野崎 隆行

（スピントロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 野崎 隆行（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本プロジェクトでは、強磁性超薄膜の磁気光学特性を電圧によって変化させる新しい制御法を開発し、電界駆動型磁気光学空間光変調器等への適用を目指す。

平成27年度は電界効果を大幅に改善することを目的として、高い比誘電率を有し、かつ超薄膜強磁性層との接合において界面磁気異方性を有する誘電層の開発に取り組んだ。特に新材料として SrHfO₃ に注目し、これまで試みていた SrTiO₃ と比較してリーク電流を3桁低減しつつ、室温で約30の比較的大きい比誘電率を達成した。その結果、FeB をベースとした強磁性超薄膜において、約60 fJ/Vm に及ぶ電圧磁気異方性制御を誘起することに成功した。今後は成長条件の最適化および high-k 誘電層の多層化により、さらなる界面磁気異方性、および電圧効果の向上を図る。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 スピントロニクス、磁気光学効果、電圧制御

〔研究題目〕 電子スピンを利用する円偏光レーザーの開発

〔研究代表者〕 揖場 聡

（スピントロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 揖場 聡（常勤職員1名）

〔研究内容〕

電子のスピン自由度を利用した半導体レーザー“スピンレーザー”は円偏光のコヒーレント光を出力できるた

め、次世代の偏光多重通信や量子暗号、更にはキラル分子認識などに応用できる可能性を秘めており、その技術発展が期待されている。本研究では、半導体量子構造中のキャリア・スピンダイナミクスを明らかにすることで、スピンレーザーの基幹構造であるスピン LED の高性能化を目指している。平成27年度は GaAs (110) 面方位上の量子井戸構造の結晶成長条件最適化を行った。その結果、スピンレーザーに要求される表面平坦性・発光効率・スピン寿命を両立できる量子井戸発光層の作製に成功した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 スピン、円偏光、レーザー、LED

〔研究題目〕 熱活性領域におけるスピントルク磁化ダイナミクスの理論的研究

〔研究代表者〕 谷口 知大

（スピントロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 谷口 知大（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究ではナノ強磁性多層膜における磁化ダイナミクスを記述する理論の構築に取り組んでいる。強磁性体内の磁化ダイナミクスは本質的に非線形であるうえに、熱活性によってランダムさが加わるため、発振や確率的反転といった多様な物理現象が発現する。このような物理現象を統一的に記述する理論を構築することは学術面のみならずナノエレクトロニクス・デバイスの実用化という点からも極めて重要である。平成27年度は主に電流誘起磁化発振とマイクロ波アシスト磁化ダイナミクスの理論統一と、それを応用した高速磁化反転の理論的提案を行った。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 スピントルク、熱活性、理論、ナノ構造

〔研究題目〕 電気的スピン変換

〔研究代表者〕 白石 誠司（京都大学）

〔研究担当者〕 斎藤 秀和、揖場 聡（スピントロニクス研究センター）（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

半導体中の電子スピンを使用した新規スピンデバイスとして、スピンと光の相互作用を活用する新たな半導体レーザー“スピンレーザー”の開発を行っている。

通常の半導体レーザーは直線偏光と呼ばれる光でレーザー発振するが、スピンレーザーは強磁性体電極からスピン偏極した電子を利用することにより円偏光と呼ばれる職種な光でレーザー発振する。即ち、スピンレーザーでは半導体中のスピン偏極状態を光の偏光としてコヒーレントな光信号に変換できる。特長としては、片側のスピン状態の電子のみがレーザー発振に寄与するため、省エネルギー（発振閾値の低減）が期待できる。また、次世代の偏光多重通信や量子暗号技術、更には、キラル分

子認識技術やディスプレイなど広範囲に応用できる可能性を秘めており、その技術発展が期待されている。

平成27年度はスピントロニクス発光層としての利用が期待される GaAs/AlGaAs (100) 量子井戸の結晶成長条件の最適化を筑波大学大野裕三教授と共同で行った。その結果、同量子井戸はスピントロニクス発光層としての利用は困難であることが判明した。そこで今年度は、スピン緩和時間が長く高性能スピントロニクスレーザー実現に繋がると期待される GaAs/AlGaAs (110) 量子井戸に関して同様の研究を実施した。具体的には、結晶成長温度と材料供給量を系統的に変化させた試料を作製し、表面観察、発光特性（フォトルミネッセンス）、電子寿命および電子スピン寿命の測定より量子井戸特性を評価した。その結果、従来の (100) 量子井戸を遥かに上回る特性を示す成長条件を見出した。これは、実用的なスピントロニクスレーザーに繋がる成果である。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 スピントロニクスレーザー、スピン注入、スピン・光相互作用

【研究 題 目】 高周波スピントロニクスの研究

【研究代表者】 鈴木 義茂 (大阪大学)

【研究担当者】 久保田 均、福島 章雄、薬師寺 啓、野崎 隆行、甲野藤 真、松本 利映、谷口 知大、今村 裕志 (スピントロニクス研究センター)
(常勤職員8名、他3名)

【研究 内 容】

本研究では、MgO トンネルバリアを有する強磁性トンネル接合をベースとする、マイクロ波発振器および検波器の基礎的なメカニズムの解明に関する研究を行っている。素子を応用する場合には、発振出力の増大、発振周波数の揺らぎの低減が必須であるが、その手法はまだ確立されていない。本研究では、複数素子間の位相ロック現象に着目し検討を行っている。平成27年度は、渦巻き状磁化の複数の発振素子間における相互位相同期について実験を行い、多数素子間の位相同期に成功した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 スピンドYNAMICS

【研究 題 目】 高周波スピントロニクスの研究

【研究代表者】 鈴木 義茂 (大阪大学)

【研究担当者】 今村 裕志、山路 俊樹、松本 利映 (スピントロニクス研究センター)
(常勤職員3名、他1名)

【研究 内 容】

強磁性体を含むナノ構造にスピン流を注入することで生じる高周波 (GHz から THz) 領域におけるスピンの歳差運動を利用する「高周波スピントロニクス」の基礎理論を確立する。このことにより、高性能トンネル磁気

抵抗素子をベースとした高出力・狭線幅な高周波発振器、半導体を凌駕する感度をもつ検波器、単一の超常磁性微粒子が作るダイポール磁場を検出できるような高感度磁気センサーの実現を目指す。

平成27年度は、高次の磁気異方性を有する磁化自由層を用いたスピントロニクス発振器の動作について理論的に精査し、発振に必要な電流地や素子パラメータの条件を明らかにする。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 高周波、スピントロニクス、スピントロニクスダイオード

【研究 題 目】 シリコンゴムを利用した微細パターンニング技術における転写メカニズムの解明

【研究代表者】 日下 靖之 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】 日下 靖之、藤田 真理子 (常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

本研究課題では、シリコンゴム (特にその一種である PDMS) を活用した印刷法における、インクの転写性やインク乾燥特性を評価することによって、エレクトロニクス製造に適用可能な微細印刷技術の基盤的知見を整備することを目的としている。昨年度において、PDMS に対する溶媒吸収特性が異なる溶媒を最適混合することによる、インクの乾燥性および付着力制御技術を開発し、パターン形状を保持しつつ完全転写可能な印刷条件を明らかにした。本知見を活用し、本年度は、PDMS 表面に極紫外線照射することにより局所的に付着性の異なる部位を形成することで、半乾燥化インクのパターンニングを行う付着力コントラスト平版印刷法を開発した。本印刷法においては、受取側 PDMS および塗布側 PDMS における界面付着力の差異が大きいほど、より厚膜のパターンニングが可能であった。本手法は、剪断応力によるパターンニング (反転オフセット印刷)、親撥差によるパターンニング (水なしオフセット平版印刷) などとは異なる、新しいパターンニング原理を活用した印刷法であり、オンデマンド性、製版コスト、R2R 印刷適合性、洗浄容易性、パターン設計自由度等において優位な特徴がある。

また、半乾燥化したインク膜を混和性溶媒蒸気下を暴露することにより、矩形断面形状のインク膜にテーパを形成できる手法として、リフロー技術を開発した。本技術は、積層デバイスの印刷形成におけるステップカバレージ改善に有効な手法である。他に、PDMS ブランケットと反転オフセット印刷版の間に働く付着力を利用することにより、ブランケットを刷版に押し付けずにパターンニングを行う手法 (Push-Pull プロセス) を開発し、底当たり欠陥の回避に成功した。

以上の通り、インクの半乾燥性制御および界面付着力

差に着目して、印刷に関与する諸現象の知見を整備した結果、現状の印刷技術における課題を回避しうるプロセス提案まで展開することができた。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 印刷エレクトロニクス、コロイド界面化学、レオロジー、パターンニング

〔研究題目〕 印刷デバイスの形状自由度を損なわない常温配線実装技術の開発

〔研究代表者〕 野村 健一（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 野村 健一（常勤職員1名）

〔研究内容〕

印刷技術を用いて可撓性基材上に電子デバイスを構成するフレキシブル・プリントデバイスが近年注目を集めているが、こういったデバイスを駆動し、モノとして「使える」状態にするには、外部配線とデバイスの配線を接続させるための、いわゆるコネクタが必要となる。このコネクタには、(i)デバイス基材の変質を防ぐために非加熱で配線を接続できること、(ii)接続部も柔軟性が維持されること、(iii)さらには、(i)、(ii)を満たすようなコネクタ部材は生産性高く製造可能なこと、が要求される。加えて、電子デバイスの高密度化に対応すべく、コネクタの配線サイズは現状最も微細とされる50 μm 以下の幅で形成することが望ましい。これら状況に鑑み、粘着力を用いて配線を接続するフレキシブル配線接続法・コネクタあるいはその配線形成手法の開発を推進している。

今年度は、最終年度に実施する「フレキシブルデバイスの実証駆動」に向けて、高スループットの印刷技術を用いて粘着体上に配線を形成する技術の確立を目指した。このために、具体的には厚膜・細線形成技術として自身が開発したスクリーンオフセット印刷法を適用した。本手法はシリコンゴムに導電性インクをスクリーン印刷し、その後そのインクを基材に転写する手法である。通常の印刷は刷版に粘着体が貼りついてしまうため、タック性のある基材には適用不可であるが、表面自由エネルギーの低いシリコンゴムからならば転写できる。この手法により50 μm を下回る30 μm の幅で配線を形成できた。ただ、実装する上で好ましいとされる厚膜化（5 μm 以上）は実現できておらず、今後はこの解決に向け研究開発を進めていく予定である。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 フレキシブルエレクトロニクス、プリントエレクトロニクス、実装、コネクタ、スクリーンオフセット印刷

〔研究題目〕 印刷技術を用いた両親媒性分子による独立二分子膜の構築と選択的イオン透過膜の創成

〔研究代表者〕 長谷川 達生（フレキシブルエレクトロ

ニクス研究センター）

〔研究担当者〕 長谷川 達生、峯廻 洋美、野田 祐樹（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、近年新しい製膜パターンニング法として注目される印刷技術を活用し、非対称な両親媒性有機分子による独立二分子膜を、望みの位置に望みの数だけ構築・配列する技術の開発、及びそれらの応用展開を目的とする。本年度は、前年度に得られた結果を基盤に、ベンゾチエノベンゾチオフェン（BTBT）骨格を非対称に置換した有機分子を主な対象として、印刷法による独立二分子膜構造の構築に関する研究をさらに進展させた。まず結晶構造解析により、(mono)Cn-BTBT、Ph-BTBT-Cn、および Cn-BTBT-Cn の分子パッキング構造のアルキル鎖長依存性の全体像をほぼ解明するとともに、密度汎関数法を用いた分子軌道計算の系統的な比較から、二分子膜構造の原因となる隣接分子間相互作用の微視的起源を明らかにした。また Ph-BTBT-Cn 系において、二分子膜の積層数が様々に異なる単結晶薄膜をブレードコート法を用いて作製することに成功した。得られた薄膜のキャリヤ輸送特性を薄膜トランジスタ構造を用いて調べ、アルキル鎖絶縁層の積層のため、層数により層間抵抗が著しく増大することを見出した。さらに膜形成に用いる原料として、アルキル鎖長の異なる分子材料を組み合わせ層形成に対するフラストレーション効果について調べることにより、独立な二分子膜一層のみが数センチ角程度の広い領域にわたって広がった均質な二分子膜構造を形成することに成功した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 プリントエレクトロニクス、有機エレクトロニクス、両親媒性分子、有機半導体、イオン透過膜

〔研究題目〕 プリカーサー溶液プラズマ溶射法（SPPS）による遮熱コーティング形成技術の研究

〔研究代表者〕 鈴木 雅人（先進コーティング技術研究センター）

〔研究担当者〕 鈴木 雅人、ムハマド・シャヒン（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

今年度は昨年度に引き続き SPS は法によるジルコニアセラミック膜の形成を試み、各パラメータと皮膜の微細組織との関連について詳細な検討を行った。サスペンション濃度、溶射距離、電流、材料供給量等のパラメータが皮膜の微細組織に及ぼす影響について検討した。その結果、以下のことが確認できた。

・膜の微細組織は、これら全てのパラメータの影響を受けるが、その中でも従来より当チームにおいて重要視してきたサスペンション濃度と溶射距離に最も強く影

響を受ける。

- ・通常の大気中プラズマ溶射（APS）膜の倍程度の開孔率を有する膜が得られる。
- ・サスペンション濃度を高くすることで徐々に緻密にはなるものの APS 膜より緻密なものとは得られていない。最後の点については、本研究で用いているプラズマガンでは一般的に利用されているガンに比べて粒子速度が低いことが原因かと考えられる。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 サスペンションプラズマ溶射（SPS）、プリカーサー溶液プラズマ溶射（SPPS）、ガスタービン、遮熱コーティング（TBC）、微細組織制御、カリフラワー状ポーラスコーティング

【研究 題 目】 光表面化学修飾法によるポリマー材料のフッ素官能基化表面改質に関する研究

【研究代表者】 中村 挙子
(先進コーティング技術研究センター)

【研究担当者】 中村 挙子、土屋 哲男、大花 継頼
(常勤職員3名)

【研究 内 容】

光表面化学修飾法を利用することにより、軽量・フレキシブル性等のポリマー材料の特性を保持しつつ、安全・簡便な各種ポリマー材料最表面へのフッ素官能基表面修飾法の開発を目的とする。

当該年度においては、フッ素官能基含有アゾ化合物を用い、各種汎用およびエンジニアリングポリマー材料のフッ素官能基化光化学修飾法の開発を行い、本手法の基材への影響についても検討した。

具体的には、当該研究室で合成したパーフルオロアルキルアゾオクタンをパーフルオロヘキサランに溶解させ、ポリマー材料を入れて調製した後、残留酸素の影響を除去するためにアルゴン雰囲気下において室温下でキセノンエキシマランプを照射した。XPS 測定によるフッ素／炭素比を検討することにより、紫外光照射時間最適化を行った。基材であるポリマー材料については、比較的取扱いの容易なシート状の各種ポリマー材料（ポリエチレン、ポリプロピレン、PMMA、ポリビニル、PET、ABS 樹脂）を用いてフッ素官能基化の検討を行った。紫外光照射後にポリマー材料を洗浄処理し、XPS、UV-vis、TOF-SIMS、接触角計等を用いて分析を行った。フッ素官能基化反応処理前後の各種ポリマー材料の XPS 測定を行ったところ、未処理ポリマー材料と比較して新たに C-F に由来する C1s および F1s のピークが観測され、フッ素官能基導入が確認された。水に対する接触角測定において、未処理ポリマー材料は75-99°を示したのに対し、フッ素官能基修飾ポリマー材料は PTFE に匹敵する撥水性（104-113°）を示した。また、フッ素官能基修飾 PET 膜について TOF-SIMS による

表面分析を行ったところ、PET 膜およびポリフルオロアルキル基由来のスペクトルが得られた。さらに、本フッ素官能基化処理におけるポリマー基材への影響について検討するため透過度を測定したところ、反応処理前後において基材であるポリマー材料の透過度が維持され、光照射による影響がないことが明らかとなった。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 ポリマー材料、光表面化学修飾、フッ素官能基

【研究 題 目】 配向酸化物薄膜／構造体の高オンデマンド作製手法の開発

【研究代表者】 中島 智彦
(先進コーティング技術研究センター)

【研究担当者】 中島 智彦 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

目標：

化学溶液法と光照射を用いた高オンデマンドプロセス（光 MOD 法）で様々な基板上に種々の酸化物材料を配向成長させる新規手法の開発に取り組む。配向成長による酸化物薄膜／構造体材料の電気伝導性・誘電特性の大幅な向上を目指し、配向成長させた半導体光電極の特性向上など、配向シード層の新たな用途探索も含めた研究展開を行う。

研究計画：

1. ペロブスカイト型酸化物シード層の高機能化のため a)表面平滑化、b)面内粒子サイズ増大を目指した製膜条件最適化を行い、伝導体・誘電体膜を上部に形成してその効果を評価する。
2. 多様な配向シード層の開発：2次元性固体中心にシード層候補物質を探索する。
3. 配向光電極の形成について、単結晶基板及び得られる配向シード層を用いて配向特性と光電極特性の相関を検討し光電極特性の向上を図る。

研究進捗状況：

平成27年度は(1)ペロブスカイト型シード層の高機能化、(2)光 MOD 法を用いた多様な配向シード層の開発、(3)配向制御光触媒アノード材料開発の各小課題について以下の成果を得た。(1)ペロブスカイト型シード層のフレキシブル基板上への製膜を試み、配向シード層の製膜の指針を得ることに成功した。(2)光 MOD 法を用いて Ruddlesden-Popper 相、 $\text{CeO}_2(111)$ 薄膜や $\text{Li}_x\text{VO}_2(001)$ 薄膜の配向成長に成功した。(3)ルチル型 $\text{TiO}_2:\text{Nb}$ の光電極特性の配向方向依存性を調べることによって TiO_2 薄膜の配向方向に対する利得についての情報を得ることに成功した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 薄膜成長、配向制御、セラミックス、ペロブスカイト型酸化物、導電体、光電極

〔研究題目〕 燐光現象を利用した低温場の高速測定技術の構築とその光アニールプロセスへの応用

〔研究代表者〕 篠田 健太郎（先進コーティング技術研究センター）

〔研究担当者〕 篠田 健太郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

機能性酸化物の大気圧下での低温製膜の実現に向けて期待されている塗布光照射法では、エキシマレーザーなどの紫外パルスレーザー照射時の光結晶成長機構の解明が重要であり、高速温度測定による光-熱反応の定量化が求められてきた。そのような背景化、その定量化に向けて、ナノ秒レベルでの高速温度測定法の確立を目指してきた。前年度の研究において、従来計測していた放射温度に蛍光信号が含まれている可能性が示唆された。そこで、本年度は、温度計測の妥当性、実プロセスとの関連をとるためにこれまでの複雑酸化物系に加えて、組成の影響を極力排除するために、単純酸化物系であるスズ酸化物を選定し、中心材料として計測に取り組んだ。塗布光照射法における酸化スズ膜の光結晶化過程においては、初期の塗布膜厚がレーザー照射時の結晶化に大きな影響を与えることを確認した。ただし、得られた結晶相は純粋な SnO_2 相とは異なっており、レーザー照射時の還元の影響が考えられた。結晶相の同定に加えて、引き続き結晶化条件の最適化が必要である。その際に得られる検出光については、膜厚、レーザーフルエンス（強度）によって、最大強度、ピーク数、減衰挙動が異なることを確認した。基材の影響、初期膜厚の影響を系統的に調査した結果、従来の数値計算で予測されるよりも強く基材の影響を受けている可能性が示唆された。得られた検出光から放射温度成分と蛍光成分を分離し、温度計測に結びつける必要性が課題として明らかになった。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 エキシマレーザー、塗布光照射法、高速温度計測、放射温度計

〔研究題目〕 イオン液体ゲルと布状電極を用いたウェアラブル無線筋電計測システム

〔研究代表者〕 高松 誠一（集積マイクロシステム研究センター）

〔研究担当者〕 高松 誠一（常勤職員1名）

〔研究内容〕

スポーツやリハビリを行う被験者の筋肉の動きを長時間、配線に拘束されずに計測することを可能にするイオン液体ゲルと導電性ポリマーをコーティングした布状電極を用いたウェアラブル無線筋電計測システムの開発を目指す。従来のウェアラブル電極は、皮膚と電極の間にある導電性ゲルが短時間で乾燥し、電極自体の抵抗も高いため長時間の計測が困難であった。そのため、布状電極を作る基盤技術として、ダイコーティング法を用いた

ナイロン糸上への機能性材料の連続形成技術とその自動製織技術を開発し、布状タッチパネルなどを実現してきた。この技術を用いて、乾燥しないイオン液体ゲルと高導電の導電性ポリマーを塗布した糸を製織した布状電極を開発し、筋電計測無線端末に実装する。本年度は、導電性ポリマーを布の上に選択的にパターンニングする技術とゲルの形成技術を開発した。さらに、試作したウェアラブル電極と無線心電計を接続し、人間がセンサ電極を身に着けた状態で心電計測を行った。次年度以降は、心電より発生電位が小さい筋電の形成を試みる。この時、アンプ回路、ノイズ処理フィルターの最適化と無線端末化を行う。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 導電性ポリマー、ウェアラブル、イオン液体

〔研究題目〕 フェーズフィールドモデルに基づくマイクロ多孔質体内相変化二相流計算法の開発

〔研究代表者〕 高田 尚樹（集積マイクロシステム研究センター）

〔研究担当者〕 高田 尚樹、松本 純一、井上 朋也、竿本 英貴（常勤職員4名）

〔研究内容〕

本研究の目標は、地質・エネルギー・環境・製造分野の様々な問題に見られる、微小スケールの空隙が不規則に連なる多孔質媒体の内部で気体・液体・固体等複数の相が相変化を伴い混在して流れる複雑な流動現象について、従来よりも高精度・高効率に予測するためのシミュレーション手法及びその計算コードの開発である。

3年間の研究計画では、マイクロスケールの気液・液液・固液等の二相流動を対象として、(1)流体界面と固体の形状を解像可能な空間スケールで流動を予測する詳細シミュレーション手法の開発、及び(2)空間・時間平均化された流動を予測する疎視化シミュレーション手法の開発、の2項目を実施する。

計画2年目の今年度は、固体壁・流入・流出・鏡面対称等の様々な境界条件下でシミュレーションを行うために計算コードを改良し、開発した手法が固体表面に付着したマイクロスケールの液滴の外力下における挙動を適切に予測できることを確認した。また、プラスチックペットの液体吸引力や食材容器内の液体滑落性の向上を図るためのシミュレーション結果が実験結果と定性的に一致する事を確認し、濡れ機能性部材の表面の接触角やマイクロスケール凹凸形状の設計指針を提示した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 マイクロ流体デバイス、濡れ性、表面改質、コンピュータシミュレーション

〔研究題目〕 液滴を用いた環境水試料の毒性計測技術

の開発

【研究代表者】 平間 宏忠（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】 平間 宏忠（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、低毒性の環境水試料の有害性を計測・評価することを目的とした、液滴を用いた新規のハイスループットな環境計測手法を開発することを目的としている。本目的を達成するため、(1) 微生物を内包する試料液滴の生成方法および装置の最適化、(2) 試料液滴を濃縮する装置の作製、の2つの方針に沿って研究を行った。一つ目の微生物を内包する試料液滴の生成方法および装置の最適化では、微生物を内包し分析するための液滴を生成することを目的として、微小流体装置の部分的流路表面修飾技術を開発した。これを用いることで、サイズの揃った液滴を安定に保持することが可能な多相エマルション生成を実現した。二つ目の試料液滴を濃縮する装置の作製では、ターゲットとなる試料を含んだ液滴が濃縮できる装置の実現を目指して、装置を構成する主な要素である、高浸透圧に調整されたゲル基板の組成を検討した。並行して、本装置上で安定した液滴濃縮を可能にするため、液滴の組成を検討した。これらの検討から、一定条件下のゲル基板および液滴を用いた場合において、液滴濃縮が実現できることを確認した。以上の成果を国際学術誌へ論文投稿し、国内学会・国際会議にて発表した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造、生命工学

【キーワード】 微生物、環境計測

【研究題目】 耳内部血管流における左右非対称性の検証

【研究代表者】 森川 善富（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】 森川 善富（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究課題で用いる耳内脈波計測機器は無線で脈波情報を伝送するものであり、研究進展の著しいウェアラブル機器と密接な関連があるため、ウェアラブル機器を中心に広範に人間状態計測技術関連の情報を収集した。

被験者実験実施のために、さらに所属部局内で書類整備（謝金に関する内規作成）が必要であることが判明したため、他研究部門研究者や事務職員と情報交換を積み重ねて謝金に関する内規を作成し承認を受けた。所属機関外の健常者男性を対象に公募をかけて被験者を募集し、所属機関内の人間工学実験委員会より承認を受けた実験実施計画を基に、ハード面、ソフト面両面からブラッシュアップを進めながら被験者実験を実施した。

同時計測した左右耳内脈波データを解析し耳内脈波データの左右差に着目した生体信号解析を進め、誤差を軽減した非対称性指標を抽出することができた。自身初と

なる被験者実験を実現することにより貴重なノウハウを蓄積することができた。また、情報収集や被験者実験を通して現状の耳内脈波計測法の改良点も洗い出すことができ、今後の研究展開に向けて進展した。これらの結果は、2016年1月開催「つくば医工連携フォーラム2016」、同年2月開催第15回産総研・産技連 LS-BT 合同研究発表会において、発表、報告された。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 センサ、生体情報計測、ウェアラブル機器

【研究題目】 低温薄膜シリコンを用いた高速電気光変調器

【研究代表者】 武井 亮平（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】 武井 亮平（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、アモルファスシリコン (a-Si) に代表される低温薄膜シリコンを用いて電気信号を光信号へ変換する光変調器の実現を目指していることを特徴としている。低温薄膜シリコンは400°C 以下で成膜可能であるため、様々な基板や半導体チップ上への展開が期待されている。低温薄膜シリコンを用いて光変調器を実現する上で、平成27年度には微結晶シリコン ($\mu\text{c-Si}$) のキャリア寿命を明らかにした。 $\mu\text{c-Si}$ はシリコン微結晶粒と a-Si の複合材料であり、a-Si に比べて電気的特性に優れるため光変調器の高速動作に有効である。 $\mu\text{c-Si}$ の光通信波長帯 (1.55 μm 帯) の光波とキャリアとの相互作用、具体的にはポンプ&プローブ法を用いた光励起キャリア寿命に関して調査した。ポンプ光により $\mu\text{c-Si}$ 中に励起された自由キャリアによって、プローブ光はそのキャリア密度に応じた吸収を受ける。プローブ光出力の緩和に要する時間を計測することでキャリア寿命を推定した。同様の測定を結晶シリコン (c-Si) と a-Si:H 細線導波路についても行った。調査の結果、 $\mu\text{c-Si}$ は、a-Si あるいは結晶シリコンよりもより長いキャリア寿命を有していることが明らかとなり、 $\mu\text{c-Si}$ 中のシリコン微結晶の粒界におけるキャリア再結合が支配的でないことが示唆された。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 アモルファスシリコン、光変調器、光通信

【研究題目】 工学実用から要請される高性能非構造自由界面多相流数値モデル開発と実証

【研究代表者】 高田 尚樹（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】 高田 尚樹（常勤職員1名）

【研究内容】

非構造格子を用いる自由界面流れのシミュレーション

手法と多相流の数値モデルは工学上必要性が高いがまだ十分確立されていない。そこで、本研究では、東京工業大学の研究者らと協力し、その研究者らが提案している数値解法の採用により従来手法の問題点を克服し、工学実用化に向けた非構造格子に基づく自由界面多相流の数値モデルを開発する。加えて、複雑な幾何形状を持つ流路における多相流実験を数値モデルの検証用に実施し、実際の現象を高精度に再現できるモデルの確立を目指す。

3年間の研究計画では、マイクロスケールの複雑流路内を流れる自由界面多相流の実験を行い、数値モデル検証用ベンチマークデータセットを整備する。具体的には、流路幅が100マイクロメートル程度の流体デバイス内部で非加熱の空気・水や油・水等2種類の流体が混在する二相流れの高速ビデオカメラ撮影による可視化画像等から、気泡や液滴の速度や形状に対する界面張力、粘性、密度等の物性、流量、流路の形状や濡れ性による影響を調査し、物性や流動の条件毎にデータを整理する。

計画初年度の今年度は、混相流体数値モデルの開発・連携方針を東京工業大学の研究者らと検討するとともに、既存の所内設備と流体 MEMS デバイスを活用してマイクロスケールの空気・水系二相流の可視化の予備実験を実施し、その結果を踏まえて本テーマ実施に適する実験計測装置を整備した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】マイクロ流体デバイス、濡れ性、コンピュータシミュレーション

【研究 題目】圧電素子の積層化による振動発電装置の高出力化に関する研究

【研究代表者】一木 正聡（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】一木 正聡（常勤職員1名）

【研究 内容】

エンジン、走行車両、発電機システムなど振動する人工構造物において消散されている振動エネルギーを、高効率に変換する圧電素子を用いた振動発電素子の開発を目的とする。まず、エネルギー変換効率の指標となる電気機械結合係数を高めるために添加剤の種類、濃度および厚さ、積層数を最適化する。さらに、負荷荷重や振動回数が圧電素子の発電性能、耐久性および構造健全性に及ぼす影響を明らかにし、圧電素子の長時間振動発電試験、繰り返し圧縮・除荷試験、破壊試験を行う。一連の研究により、高出力かつ高信頼性な機械構造物のための振動発電素子及びその構造体を開発する。

本研究では、この PZT を用いて、高エネルギー変換効率、かつ高信頼性を有する振動発電用素子を開発することを主目的とする。さらに、鉛フリーの圧電素子の適用性も検討する。

PZT への添加剤、添加濃度、添加剤の組み合わせなど添加剤の最適配合を決定するため、有力な各種添加剤

を組み合わせることで添加した PZT を用いた荷重除荷試験を行い、発電特性を把握する。これらの最適条件を組み合わせることで高エネルギー変換効率を持つ積層型発電素子の最適な材料成分と構造を決定する。

これまで定式化されていなかった圧電素子の発電特性に関する等価電気回路モデルを導出するとともに、最適発電素子を用いた発電装置として蓄電までの周辺回路を含めた最適化を行う。PZT への負荷荷重や1000万回程度の繰り返し荷重が発電性能や強度などの耐久性に及ぼす影響を把握することを通じて、次世代の環境低負荷素材の発電特性向上の検討を行う。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】圧電、発電、セラミックス、素子、高出力化

【研究 題目】ソーレ効果を用いたガス分離デバイスの微細連続構造による高性能化

【研究代表者】松本 壮平（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】松本 壮平（常勤職員1名）

【研究 内容】

芝浦工業大学・茨城大学との協力により、マイクロ化学プロセス等における精製工程での応用を想定したガス分離用マイクロ流体デバイスの開発を行っている。成分分離の原理として、温度勾配によって駆動される分子拡散現象であるソーレ効果を応用することで、廃熱等を利用し化学的処理を一切必要としない新しいガス分離技術の確立を目指す。ソーレ効果による成分分離では、得られる濃度差の上限は一般的に高々数パーセントと小さい点が課題であった。これに対して本提案手法では、分離素子の大規模ネットワーク化という新しいアプローチにより、同じソーレ効果の原理を用いて理論的にはほぼ完全な分離が可能となる。この原理の実証に向けて、比較的小規模な素子ネットワーク構造を実現する実証用流体分離デバイス（約1万3千素子）を MEMS 微細加工技術により作成した。この分離デバイスを用いて、ポリマー微粒子の水分散液を対象に温度勾配印加により分離実験を実施し、理論と良く一致する濃度分布が形成されることを確認した。また、微小な分離素子内を混合流体が通過する際に、ソーレ効果による濃度分布が発達する過程の流体シミュレーションを実施し、ガス分離プロセスで想定される流量条件が妥当であることを確認した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】MEMS、マイクロ流体デバイス、ガス分離、濃縮、廃熱利用

【研究 題目】ブルカノ式噴火前の火山ガス蓄積プロセスの解明

【研究代表者】風早 竜之介（活断層・火山研究部門）

【研究担当者】風早 竜之介（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目的：

本研究の目的は、ブルカノ式噴火前の火山ガス蓄積プロセスを明らかにする事である。特に「噴火前に火道に蓋が形成し、火山ガスが蓄積する事によって増圧し、噴火が発生する」という先行研究によって提唱された噴火モデルの評価・検証を具体的な目標とする。

方法：

桜島火山において SO₂カメラ並びに紫外線分光計を用いたリモートセンシングによる火山ガス放出率の測定を実施した。得られた火山ガス放出率時系列データを解析し、噴火前の火山ガス放出率の変動を評価した。その結果、火山ガス放出率は爆発的ブルカノ式噴火の10-60分前から減少するという事が解った。観測によって得られた火山ガスデータを他の地球物理観測データと直接比較するために、観測データから火山ガス放出によって引き起こされる圧力変化量を見積もる手法を開発した。SO₂放出率と火山ガス組成データから水等を含めた全火山ガス放出量を換算した。

研究成果：

噴火前の火山ガス溜込による圧力増加量 (ΔP_{gas}) を見積もり、地殻変動モデルから示唆される圧力増加量 (ΔP_{gas}) と比較した所、両者は各噴火毎に良い相関を示した。この事実は、噴火前に火道に火山ガスが蓄積されることによって火山ガス放出率の減少及び火道の膨張が引き起こされる事を示唆している。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕火山、火山ガス、噴火活動推移予測、ブルカノ式噴火、噴火準備過程

〔研究題目〕マグマ中ガス成分濃度測定に基づく噴火開始条件の解明

〔研究代表者〕斎藤 元治 (活断層・火山研究部門)

〔研究担当者〕斎藤 元治 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

目標：

マグマ溜まりからマグマが上昇を開始するメカニズムを解明し、火道内でのマグマの脱ガス圧力を推定するため、国内の活動的火山についてメルト包有物分析を行い、マグマのガス成分濃度を決定する。

研究計画：

北海道から九州までの活動的火山15個を研究対象とし、5年計画で実施する。必要に応じて現地地質調査による試料採取と岩石試料について蛍光X線分析 (XRF) による全岩化学組成の決定を行った後、メルト包有物を電子線マイクロアナライザー (EPMA) および二次イオン質量分析計 (SIMS) を用いて分析し、マグマのガス成分濃度 (H₂O, CO₂, S, Cl) を決定する。

年度進捗状況：

H27年度は、桜島1914-15年噴火噴出物、阿蘇中岳

1979年および1989年噴火噴出物、口永良部島1966年および0.2 ka 噴火噴出物について研究を実施した。阿蘇中岳について、1979年噴火メルト包有物7個と1989年噴火メルト包有物6個の EPMA および SIMS 分析を行い、主成分元素組成は安山岩であること、H₂O 濃度が0.3-1.3 wt%、CO₂濃度が0.01-0.05 wt%であることが明らかとなった。桜島1914-15年噴火については、メルト包有物13個の EPMA および SIMS 分析を実施し、主成分元素組成はデイサイト～流紋岩であること、H₂O 濃度が2-3 wt%、CO₂濃度が0.01-0.04 wt%であることが明らかとなった。口永良部島1966年噴火噴出物の岩石学的解析とメルト包有物8個の EPMA 分析を行い、主成分元素組成がデイサイト～流紋岩であることを明らかにした。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕マグマ、ガス成分、噴火開始、メルト包有物

〔研究題目〕ルミネッセンス法を用いたイベント堆積物の運搬過程の解明と高精度年代測定

〔研究代表者〕伊藤 一充 (活断層・火山研究部門)

〔研究担当者〕伊藤 一充 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

ルミネッセンス年代測定法を用いて、イベント堆積物の堆積時の露光状況を推定し、その年代を決定することを目指す。人工太陽による様々な露光環境下において、測定法毎のシグナル減衰時間の違いを調べ、各シグナルの年代からイベント堆積物の真の年代を推定する。前年度までの室内実験により、たとえ光が当たりにくい露光環境下で粒子が運搬されたとしても蓄積線量を完全に保持したまま堆積する可能性は低いことが示唆された。そのため本年は、実際の太陽光による異なる露光環境を人工太陽で再現できるかの検証を行った。使用した人工太陽 UVACUBE400 (光源: SOL500) の放射照度と同等の強さの日に太陽光で実験を行った結果、両者に違いは見られなかった。曇の日や雨の日に関しては、人工太陽に対して波長を変化させない ND フィルターを用いて放射照度を減衰させてから同様の実験を行った結果、シグナルが50%減衰するまでは両者に違いは見られなかったが、それ以降は一致しなかった。これは、太陽光が時間により放射照度が一定ではなく、長時間一定の露光を正確に行うことが困難であることによる。ただし、太陽光の強さが一定である場合は、どのような露光状況であったとしても人工太陽で再現できることがわかったため、次年度は実際の堆積物のみかけの年代を求め、そこから真の年代を推定する。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕ルミネッセンス年代測定法、イベント堆積物、人工太陽

〔研究題目〕 火山噴火の物質収支

〔研究代表者〕 篠原 宏志 (活断層・火山研究部門)

〔研究担当者〕 篠原 宏志、下司 信夫、風早 竜之介
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

桜島においては、セスナ観測や無人ヘリなどを用いた観測を実施し火山ガス組成の特徴を明らかにした。2012-2015年の高放出量期の CO_2/SO_2 比は0.5-1.4の幅を持つが比較的一定ではある。 SO_2/Cl 比は5-20の間で変動している。 $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比は概ね10前後であるが、400と非常に大きな比が2014年12月と2015年1月に得られている。いずれの場合も H_2/SO_2 比が通常の0.15前後に対して0.03前後と低い値が得られている。2015年後半以降の低放出率の時期には、 $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}=0.6-2.5$ 、 $\text{CO}_2/\text{SO}_2=20-50$ と、高放出率時期とは大きく異なる組成が推定され、脱ガス圧力の増加が示唆された。

口永良部島においては2014年8月の噴火以降、セスナ機等による Multi-GAS 観測などを実施した。 CO_2/SO_2 比は、噴火以前(2009-2011)と有意な変化は見られない。 $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比、 H_2/SO_2 比のおよび見かけの平衡温度は、2014年8月噴火後の2014年12月には高い値が得られたが、次第に減少し噴火以前の値に戻りつつある。2015年5-6月の噴火は、この火山ガス組成変化の傾向には影響を及ぼしていないように見える。 H_2/SO_2 比のおよび見かけの平衡温度の低下は、2014年8月噴火以降に生じた新岳地下の高温部分の温度低下が原因と考えられるが、この現象だけでは $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比の低下は説明できない。 $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ 比は脱ガス圧力に反比例するため、脱ガス圧力の増加も同時に生じている可能性が推定された。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 火山、噴火、火山ガス、噴煙、活動推移

〔研究題目〕 岩石強度の時間変化メカニズムに対する水の影響の解明

〔研究代表者〕 増田 幸治 (活断層・火山研究部門)

〔研究担当者〕 増田 幸治 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

岩石強度変化メカニズムに対する水の影響を解明するため、高温高压下及び種々の水蒸気圧下や真空雰囲気環境下で、岩石の摩擦強度を測定したデータを検証する。長期的な岩石強度変化プロセスにおいて、水が関与する化学作用(応力腐食作用)がプロセスの本質を担っているという作業仮説を検証し、岩石強度の長期的変化メカニズムを解明する。

岩石の摩擦強度に対する水の影響を明らかにするために、封圧下での圧縮実験に関する既存のデータについて検討した。その結果、有効圧が同じでも、水のある場合とない場合では、摩擦強度とその温度依存性が異なることを確認した。これは物理的效果とは別の、水が関与する化学反応による効果(化学的效果)が働いていること

を示唆するものである。

また破断面の強度回復に関する実験・データ解析・考察を行った。過去に活動したとされる既存断層面を含む岩石試料を使った、封圧下での圧縮変形破壊実験を行った。新たに形成される断層面は既存面の位置に依存するが、その開始点を詳しく観察すると、既存面とは異なった場所から破壊が発生していることを見出した。これは、既存の断層面の強度が、破壊前の Intact な状態とほぼ同じレベルまで回復していることを示唆しており、このような破壊-回復を繰り返すことが、地表でみられる、幅をもった断層帯が形成されるメカニズムであると考えられる。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 破壊強度、破壊実験、応力腐食、断層強度回復

〔研究題目〕 高温沈み込み帯における初期島弧マグマ発生と沈み込み帯発達過程の解明

〔研究代表者〕 草野 有紀 (活断層・火山研究部門)

〔研究担当者〕 草野 有紀 (他1名)

〔研究内容〕

本研究では、沈み込み帯(海溝)形成初期に発生したマグマの組成変化およびマントルの進化過程を解析することにより、沈み込み帯発生・発達過程を明らかにすることを目指している。オマーンオフィオライトの島弧火成活動では、初期に島弧ソレライト、後期に無人岩を噴出したことがわかっている。これまでに、島弧基盤玄武岩、島弧ソレライト、無人岩の火山ガラスの主要・微量元素組成と、全岩 Nd, Hf 同位体組成を分析し、沈み込みに伴うマグマ組成の変化を明らかにした。

平成27年度は、火山地質学的な観点から、古島弧火山列の形成過程を明らかにした。初期のソレライトは、2-5km 間隔で火道や火口跡が見つかることから、複数火口から火山群のように活動したと推定した。後期の無人岩は層厚の推移が著しいことから、単成火山的な山体が点在していたと推定した。また、これらのマグマの成因について、沈み込んだスラブ由来流体やメルトの寄与を Pb 同位体組成の観点から検討した。分析には新鮮な火山ガラスと、変成岩から分離した角閃石を用いた。その結果、島弧ソレライト生成にはスラブ由来流体のみが、無人岩にはスラブ由来流体と堆積物メルトの両方が必要であることがわかった。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 沈み込み帯、初生マグマ、火山地質学、オフィオライト

〔研究題目〕 高精度年代測定による海洋プレート沈み込み開始過程のタイムスケールとその要因の解明

〔研究代表者〕 石塚 治 (活断層・火山研究部門)

〔研究担当者〕 石塚 治、針金 由美子（地質情報研究部門）、谷 健一郎（国立科学博物館）、森下 知晃（金沢大学）、海野 進（金沢大学）（常勤職員2名、他3名）

〔研究内容〕

本研究では、高精度年代測定技術を駆使し、沈み込み開始時から島弧成長期の連続的な地質記録が保存されている地殻層序（オフィオライト）に精密な時間軸を入れることにより、この期間の火成活動（マグマ）の特徴と地質環境の時間変化を詳細に明らかにする。さらに、沈み込み開始と他の地質学的イベントとの時間的關係から、何がプレート沈み込み開始のきっかけとなる主要な要因であるのかを解明する。

本年度は、9月中～下旬にキプロスで、また10月上～中旬にかけてトルコに分布するオフィオライトについて地質調査と岩石試料採取を4名で実施した。本調査では、マントルかんらん岩、ガブロ、火山岩類と、本研究に必要な上部マントル、下部～上部地殻構成岩石について複数のセクションで観察、採取することができた。調査後、岩石研磨薄片による記載、EPMAによる鉱物化学組成分析、走査型蛍光 X 線顕微鏡による組成マッピング、XRF、ICP-MS、TIMSによる全岩化学組成分析、同位体組成分析を行っている。7月には、九州パラオ海嶺海域で、初期島弧地殻での試料採取、地球物理観測を実施、島弧最初期のマグマ活動の特徴を把握するために必要な火成岩試料採取の回収に成功した。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 プレートの沈み込み、オフィオライト、高精度年代測定、初期島弧地殻、マントル

〔研究題目〕 水試料の放射性炭素濃度の相互比較と前処理手法の検討：RICE-W プロジェクト

〔研究代表者〕 高橋 浩（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕 高橋 浩、南 雅代（名古屋大学）、荒巻 能史（国立環境研究所）（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では、放射性炭素（ ^{14}C ）分析値のコンセンサスを得るために、各手法の特徴を抽出することを目的として、複数の機関が参加する相互比較プロジェクトのRICE-W（Radiocarbon Intercomparison on Chemical Experiments, Water series）を実施する。平成27年度は、海水試料で沈殿法を適用すると炭素収量が少ない原因の検討と相互比較を実施するための試料作成を実施した。

人工海水に塩化ストロンチウム溶液を添加して形成した沈殿は、ストロンチウムと硫酸からなることがわかり、炭酸塩よりも硫酸塩が沈殿するため、炭素収量が低くな

ることわかった。人工海水の作成濃度を変えると、炭素収量が徐々に変化した。DIC と硫酸の濃度比は一定でも、添加溶液との量比により、炭素収量向上の可能性があると考えられる。

生物活動による同位体比への影響を除くための試料ろ過について、同位体比の変化と微生物量の測定の両面から検証した。ろ過の実施は有効であるが、完全ではなく、ろ紙材質によっては逆効果であることがわかった。相互比較を実施するためには、天然試料を殺菌したりろ過したりするよりも、試薬調製の方が試料として適していることがわかり、試薬調製による試料作成を行った。作成試料の化学組成や ^{14}C 濃度は、目標とした値となった。未添加成分が検出され、作業中の汚染が考えられたが、4ヶ月ほどの間隔をおいた ^{14}C 濃度の変化がほとんど無く、相互比較試料は目標としたレベルで作成できたことが示された。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 放射性炭素、水試料、相互比較、ろ過、沈殿法

〔研究題目〕 多面的アプローチによる地球浅部の温度不均質構造解明に関する研究

〔研究代表者〕 田中 明子（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕 田中 明子（常勤職員1名）

〔研究内容〕

系統的に取り扱われる機会の少ない熱伝導率の測定や既存データの活用を通じ、地球熱学の基礎的なデータである地殻熱流量値の拡充に努める。一方、それらでは捉えることのできない広域的な地球内部温度構造に敏感な指標のデータ解析手法の開発・改良を行い、従来には無い多様なデータに基づく地球浅部の温度構造を、高分解能かつグローバルに捉えることを目的とする。

熱的物性値のデータ蓄積に向けて、熱伝導率・熱容量および密度の測定を常温・大気圧条件下で行った。測定には、紀伊半島～四国周辺に地下水等観測施設として整備されている（例えば、小泉・他、2009）。16地点における162個のサンプル、および、火山噴火予知連絡会コア解析グループ（2011）による37火山の42地点における122個のサンプルを用いた。様々な形状にあわせて、異なる測定装置を用いて測定したが、物性値の間で優位な関係を得ることができた。また、複数回の坑内温度測定が得られている坑井の温度プロファイルデータを整備し、平衡温度の推定を始めた。これら補正された温度データと熱伝導率の測定値によって、地殻熱流量を新たに求める予定である。さらに、系統的にまとめられていないデータや資料の整理を始めた。これらを元に、地殻熱流量データベースの構築の基本設計を始めた。

一方、直接的な観測量である地殻熱流量の無い場所の情報を補うために、広域的な温度構造を反映していると考えられている磁化層の下限の分布やそれを規定する要

因を定量的な解釈を行うために、その解析適用範囲についての予備的な解析に着手した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地下温度構造、地下温度構造、地殻熱流量

〔研究題目〕津波堆積物の古生物学的・堆積学的・化学的アーカイブの構築

〔研究代表者〕澤井 祐紀（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕澤井 祐紀、松本 弾、谷川 晃一郎、篠崎 鉄哉（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

平成27年度は、過去に堆積した津波堆積物を採取するため、北海道浜中町において野外調査を行った。また、2011年東北地方太平洋沖地震による津波堆積物を採取するため、福島県新地町および南相馬市、千葉県山武市において現地調査を行った。

北海道東部の浜中町霧多布湿原では、17世紀に千島海溝南部で発生した連動型地震の津波堆積物をターゲットにして、ハンディージオスライサーによる掘削調査を行った。その結果、17世紀とそれより古い津波堆積物を採取することができた。得られた試料は、はぎ取り標本を作製して肉眼による堆積構造の観察をするとともに、CT 写真撮影によって堆積構造の有無を確認した。CT 写真を撮影した後、試料を分割・均一化し、ICP 発光分光分析による陽イオン測定およびイオンクロマトグラフィーによる陰イオン測定を行った。

福島県新地町においては、2011年東北地方太平洋沖地震が発生した直後に津波堆積物を採取した場所を確認した。また、福島県南相馬市において、小高区周辺で2011年の津波堆積物の分布を確認するとともに測量作業を行った。

千葉県山武市においては、2011年東北地方太平洋沖地震が発生した直後に津波堆積物を採取した場所を確認し、VRS-GPS による測量によって地形断面を作成した。また、2011年当時に採取された試料について、珪藻化石群集を抽出し、その種構成を調べた。その結果、珪藻化石が豊富に含まれる層準とそうでない層準が存在することが分かった。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕津波堆積物、粒度分析、化学分析、微化石分析

〔研究題目〕東京地域における都市地下温暖化の形成過程解明と将来予測に関する研究

〔研究代表者〕宮越 昭暢（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕宮越 昭暢（常勤職員1名）

〔研究内容〕

東京地域における地下温度上昇の実態を解明するため、平成27年度においては、平成25年度に選定した地下温

度モニタリングポイント10地点（東京都内6地点、埼玉県内4地点）について観測を継続してデータを取得した。また、これら観測データの解析を実施して、研究成果として取りまとめた。取得した地下温度モニタリングデータには、観測した全ての地点において継続的な上昇傾向が確認され、東京地域の広範囲に地下温暖化が生じていることが確認された。本研究においては地下温暖化に対する都市化の影響を評価するため、都市中心部だけでなく郊外においても観測できるようにモニタリング地点を選定したが、地下温度の上昇傾向は都心中心部に位置する地点で大きく、郊外に位置する地点で小さい傾向が認められた。また、同一地点においては深部よりも浅部で温度上昇が大きい傾向が認められた。この結果から、地下温度の上昇は地表付近からの排熱が地下に影響に影響を及ぼすことによって生じており、都市中心部と郊外の温度上昇率の差異は、ヒートアイランド現象の都市特有の熱環境が地下環境にも影響を与えていることが明らかとなった。一方、特定の深度で局所的に温度上昇率が大きい事例も観測された。このような事例は、都市中心部に位置する地点で確認され、都市インフラである大規模な地下構造物の近傍にある。温度上昇率の解析結果から、季節的な変動パターンを有することが確認されており、地表付近からの排熱だけではなく、地下構造物からの排熱の影響を受けていることが示唆された。また、郊外に位置する地点においても、地下温度の微細な変動が観測された。この変動は、都市中心部に認められた変動パターンとは異なる。水理水頭変化には地下水揚水の影響によって本地域周辺の地下水の流動が変化していることが示されており、このような人為的な地下水流動が地下温度の微細な変動の要因であると考えられた。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地下水、地下温度、都市域

〔研究題目〕地殻流体の実態と島弧ダイナミクスに対する役割の解明

〔研究代表者〕松本 則夫（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕松本 則夫、佐藤 努、宮越 昭暢（常勤職員3名）

〔研究内容〕

本研究では、沈み込むスラブからの脱水による水がマントルウェッジに放出され、地殻を経て地表まで循環する深部流体のフラックスを、流量や水圧の物理的な測定および化学・同位体組成等の測定を通して推定することを目的としている。本年度は現在開発中の野外質量分析装置を設置する観測点の候補として、近畿地域の3ヶ所の観測井戸の揚水試験、採水、ガスの採取および温度・電気伝導度検層を実施した。そのうち、和歌山県田辺市本宮町にある本宮観測点の深さ1000 m の観測井戸の調査の結果、当観測井戸の帯水層の透水係数は十分に大きく、また採取されたガスの $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比は周辺の温泉と同

様に高いことがわかった。一方で、質量分析の障害となる硫化水素などが少なく、野外質量分析装置を設置する有力な候補であることが判明した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕深部流体、揚水試験、ヘリウム、温度・電気伝導度検層

〔研究題目〕岩石変形実験による地殻の力学物性の解明：流体の影響

〔研究代表者〕高橋 美紀（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕高橋 美紀、重松 紀生、清水 以知子（東京大学）、中谷 正生（東京大学）、武藤 潤（東北大学）、大橋 聖和（山口大学）、星野 健一（広島大学）（常勤職員2名、他5名）

〔研究内容〕

本課題は新学術領域研究「地殻ダイナミクスー東北沖地震後の内陸変動の統一的理解ー」のサブテーマの一つである。同じくサブテーマの一つである「観察・観測による断層帯の発達過程とマイクロからマクロまでの地殻構造の解明」の課題とは連携して研究を進めている。この中で産総研が実施するのは主に下記の2テーマである。

①「天然の断層岩の摩擦強度を測定し地殻の強度の議論を行う。」ことと、②「深部塑性変形領域の変形特性を明らかにする。そのために必要な高温炉の開発も含む。」である。

① 中央構造線の断層構成物質のうち、正断層の応力場で形成された比較的新しい断層ガウジ B と断層ガウジ F について摩擦実験を実施した。断層ガウジ B、断層ガウジ F にはスメクタイトが含まれていることから、少なくとも温度150℃以下の環境であったこと、また現在の地温勾配が約20℃/kmであることを考慮し、温度100℃、封圧99.5 MPa の条件を固定し、間隙水圧・変形速度を変化させる実験を実施した。実験試料として用いた断層ガウジ B、断層ガウジ F にはそれぞれスメクタイトが24 wt%、34 wt%含有されている。実験条件全般における平均的な摩擦係数は、断層ガウジ B では0.27、断層ガウジ F は0.15であったが、高間隙水圧の条件においてはより低くなる傾向がみられた。また、速度依存性 a-b は全体としては高速ほど正になる傾向であったが、有効応力が高く、スメクタイトの含有が少ない断層ガウジ B のほうで、1 μm/sec 以下において a-b が負になる傾向がみられた。

② ヒーターの改良については、現状のヒーターの不具合の克服、断熱材の選定で時間を要したが、電熱線の配置に関し試料周辺を同じ温度に均一化されるような設計を数値計算で最適化させ、設計を決めることができた。岩石模擬物質の人工合成については、試作品を作成することができた。今後試作品の評価を実施する。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地殻強度、中央構造線、断層ガウジ、摩擦特性、高温炉

〔研究題目〕異なる時空間スケールにおける日本列島の変形場の解明

〔研究代表者〕大坪 誠（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕大坪 誠、宮川 歩夢（地質情報研究部門）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

日本海東縁集中帯での活褶曲地域（新潟および秋田地域）での野外調査を実施し、合わせて数値計算によって、歪み速度の定量的な検討を予察的に行った。新潟および秋田地域での地形発達度合い（褶曲地形における褶曲軸と稜線の水平距離）の空間分布から、短縮変形場の海側から陸側への水平移動が明らかとなった。野外調査で認められた褶曲岩体内の構造（層面すべり）と二次元の単純な数値計算の結果から、このような短縮変形場の移動が認められる地域では、弾性変形を無視できるような時間スケール（地質学時間スケール：10万年～100万年）においても、空間の取り方によって長期的と短期的なひずみ（速度）の不一致が発生する可能性を示した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕歪み集中帯、東北地方太平洋沖地震、内陸地震、変形、東北日本、褶曲

〔研究題目〕観察・観測による断層帯の発達過程とマイクロからマクロまでの地殻構造の解明

〔研究代表者〕重松 紀生（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕重松 紀生（常勤職員1名）

〔研究担当者〕

中央構造線は断層深部から浅部にかけての断層岩が露出している。そこで本研究の目的は、中央構造線の大規模露頭栗野・田引露頭）において、履歴とそれに対応した断層岩の変形条件を明らかにし、露出している断層岩が経験した、深部から浅部にかけての断層運動を評価することで、地殻のダイナミクスを明らかにすることである。

平成26年度において既に、露頭の概要と断層の異なる部分で複数の異なる断層運動を被っていたことが明らかになっていた。平成27年度は異なる運動を受けて部分ごとに、鉱物組成を X 線回折により鉱物組成を調べるとともに、薄片観察による微細構造観察を行った。この結果、より初期の断層運動は地震発生層深部で発生したものであったのに対し、最新すべりは地表付近で断層運動を被ったことが明らかになった。また、初期の地震発生層深部における断層運動は露頭全体の幅広い範囲が破碎しているのに対し、最新すべりは幅数 cm 以内と局所化した主すべり面と分岐断層で構成されていることが明らかになった。

以上のことから、中央構造線に沿う断層岩が従って異なる地殻深度の断層運動を経験している様子が明らかになった。従って、今後のその解析に基づき将来、地殻のダイナミクスを明らかにできる可能性が開けた。さらにこれらの地殻のダイナミクスは深度による破碎様式の違いを説明できるものと期待される。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕中央構造線、断層露頭、断層運動、鉱物組成、地殻ダイナミクス

〔研究 題目〕地殻流体の実態と島弧ダイナミクスに対する役割の解明

〔研究代表者〕風早 康平（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕風早 康平、高橋 浩、東郷 洋子、佐藤 努、清水 徹、森川 徳敏、高橋 正明、松本 則夫、岩森 光（JAMSTEC）、田中 秀実（東京大学）（常勤8名、他2名）

〔研究 内容〕

本課題は新学術領域研究「地殻ダイナミクスー東北沖地震後の内陸変動の統一的理解ー」のサブテーマの一つである。地震・火山活動、地殻変動など、地殻ダイナミクスの理解に重要と考えられる「地殻流体の分布や流量」を明らかにすることが、本計画研究の目的である。新学術領域「地殻流体」で得られた知見を進展させ、岩石物性測定・地磁気地電流（MT）観測・地殻流体インバージョン・深部由来流体計測により、流体分布や流量の定量的制約を目指す。

2015年度は、2014年長野県北部の地震後の温泉水・ガスの緊急観測を行なった。湧出量の変動データを収集するとともに、水質の変化についても、データを収集した。変動の原因については検討中である。また、東北地方の深部由来流体フラックス分布を推定するために、Br-Cl-I の関係を用いてスラブ起源水・海水・続成水の混合関係を明らかにする手法を開発した。この手法により、これまで分離が困難であった海水起源の続成流体とスラブ起源流体の定量的分離が可能になった。深層地下水の平均滞留時間を推定できれば、深層地下水に含まれる塩水成分のうち、深部から地下水系に流入した塩水のフラックス評価が可能になる。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地殻流体、温泉水、スラブ起源水、フラックス、長野県北部地震

〔研究 題目〕堆積物に記録される西アジアにおける第四紀環境変動の解読

〔研究代表者〕高橋 学（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕高橋 学（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

目標：

西アジアにおける代表的な堆積岩としてカッパドキアの凝灰岩を用いて力学特性や透水係数の拘束圧依存性を実験的に明らかにし、遺跡保存の観点から提言する内容に具体的な数値を提供する。

研究計画：

カッパドキア周辺の凝灰岩類を対象に三軸圧縮応力下における変形・力学・透水特性を実験的に解明し、風化による影響の判断と対策に必要な透水係数や力学特性に関する数値を提供する。

年度進捗状況：

風化による影響を空隙率の変化としてとらえ、物理的な変化の数値をとらえるべく、水銀圧入式ポロシメータおよび μ フォーカス X 線 CT 画像を取得し解析を実施した。空隙率の差異は水銀圧入式ポロシメータのデータから、そして具体的な空隙の幾何学性状は CT データを用いた解析結果から取得した。地表付近のサンプルとの空隙情報の比較から風化の影響に関する空隙モデルを提示することができた。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕透水係数、凝灰岩、マイクロフォーカス X 線 CT、空隙率、岩石内部構造、3次元空隙構造

〔研究 題目〕地殻ダイナミクスー東北沖地震後の内陸変動の統一的理解ー

〔研究代表者〕松本 則夫（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕松本 則夫（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究題目は文部科学省 科学研究費 新学術領域研究「地殻ダイナミクスー東北沖地震後の内陸変動の統一的理解ー」の総括班として領域全体の研究方針の策定や、企画調整等を行う。2015年9月に宮城県栗原市で開催された本領域の全体集會に参加し議論を行うとともに、web を用いた広報を担当して本領域の広報活動に努めた。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地殻ダイナミクス、総括班、広報、全体集會、web

〔研究 題目〕マントル組成半球構造のキャラクタリゼーションと成因解明

〔研究代表者〕石塚 治（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕岩森 光、中村 仁美（海洋研究開発機構）、横山 哲也（東京工業大学）、石塚 治（常勤職員1名、他3名）

〔研究 内容〕

本研究では、1) 他元素。マルチ同位体比を用いたキャラクタリゼーションと、海洋ー島弧ー大陸下マントルの詳細な東西半球空間分布解明、2) 東西半球の組成差を生み出した元素分別過程の機構と年代推定、を行うこ

とを目的とする。分布構造、元素分別の機構と年代に基づき、「いつ、どこで、どんな」物質が沈み込み、地球内部を循環したかを検証し、マンツルの組成半球構造の成因と元素分別一対流モデルの提案を目指す。

27年度はカムチャツカ半島の火山岩について、同位体希釈法による K-Ar 年代測定、及び Ar/Ar 法による年代測定を実施した。これによりこれまで知られていなかった単成火山群の活動時期等が明らかになり、同位体組成データと合わせて、当地域島弧下マンツルの時空変遷についての情報が蓄積された。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕マンツル、同位体、沈み込み、不均質構造、対流

〔研究題目〕地殻応力永年変動

〔研究代表者〕大坪 誠（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕大坪 誠（常勤職員1名）

〔研究内容〕

2015年度は、南琉球弧におけるテクトニクス、第四紀層序、等に関する先行研究をレビューするとともに、宮古島の琉球層群（およそ1.0-0.5 Ma）を対象に野外調査を実施した。露頭規模で認定される小断層は全て正断層であり、それらの断層群から取得した断層スリップデータ（走向、傾斜、運動方向、運動センス）に対して予察的に応力逆解析を適用すると、北東-南西方向と北西-南東方向の σ_3 をそれぞれもつ2つの正断層型応力が検出された。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕琉球弧、沖縄トラフ、応力変化、沈み込み帯、琉球石灰岩

〔研究題目〕動力学的震源を活用した地震ハザード評価の新展開

〔研究代表者〕加瀬 祐子（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕三宅 弘恵（東京大学）、加瀬 祐子、松島 信一（京都大学）、関口 春子（京都大学）（常勤職員1名、他3名）

〔研究内容〕

本研究は、観測事実を説明する想定内の地震動を生成する地震シナリオに、動力学的な知見を加味することにより、想定外の地震動のハザード評価を提示することを目的とする。

平成27年度は、1995年兵庫県南部地震を対象として、地震直後には入手困難であった観測記録の収集および整理、運動学的、疑似動力学的、動力学的震源モデルの収集をおこなった。また、経験的手法、運動学的手法による想定兵庫県南部地震のハザード評価に着手し、疑似動力学的手法、動力学的手法による震源モデル構築に向けた研究動向調査を行った。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地震ハザード評価、疑似動力学的震源モデル、動力学的震源モデル

〔研究題目〕高圧下における地盤材料の圧縮、せん断と固化のマイクロメカニクス

〔研究代表者〕北島 弘子（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕北島 弘子、高橋 美紀、松島 亘志（筑波大学）、波多野 恭弘（東京大学）、渡辺 圭子（立命館大学）、別府 万寿博（防衛大学校）（常勤職員1名、他5名）

〔研究内容〕

高圧下の粒状体の複雑な巨視的物性（圧縮・せん断・固化特性）を、粒子スケールの力学（粒子破碎による粒度や粒子形状の変化、それに伴う粒子骨格構造変化、細粒分粒子の付着力による固着力など）から導く理論を構築するために、地盤工学、衝撃工学、地球科学、材料科学、粉体物理学の観点から、粒状体の高圧载荷実験を系統的に実施し、マクロな力学応答と粒子物性変化情報を取得する。さらに、粒子スケールの数値シミュレーションと比較することにより、幅広い条件下で成立する統一的なマイクロメカニクス構成モデルの枠組みを構築する。

今年度は高圧下での粒子破碎挙動を明らかにするために、岐阜砂および鹿島砂の回転式高圧摩擦せん断試験を垂直応力0.5-3 MPa、すべり速度0.65 mm/s-0.65 m/sの条件下でおこなった。せん断が進行するにつれて砂粒子が粉碎し圧密が進行し、せん断ひずみが約500で定常状態に至ることがわかった。定常状態での摩擦係数は0.6、間隙比は0.1となった。せん断および圧密過程における速度依存性は小さいことが明らかになった。また実験前後の試料について粒度分析を行い、せん断後の砂粒子はフラクタル分布になることが明らかになった。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕摩擦、せん断、粒状体

〔研究題目〕津波痕跡高を用いた地震規模推定法の高度化研究

〔研究代表者〕行谷 佑一（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕行谷 佑一、今井 健太郎（海洋研究開発機構）（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

江戸時代などの過去に襲った津波の高さは、歴史記録の精読とそれに基づいた現地調査から推定されている。歴史記録の中には、流失家屋数といった被害記録のみが記されている場合があり、このような情報から津波の高さへは直接結びつきにくい問題があった。本研究では、被害記録と地面からの津波の高さ（浸水深）とについて定量的な関係（津波被害関数）を構築することを目標としている。

今年度は徳島県海陽町穴喰における、1854年安政南海地震津波による被害記録を検討した。穴喰の旧家に残る『穴喰浦荒図面』には同津波による穴喰集落内の家屋一軒一軒の被害状況や、場所によっては津波の高さにかんする情報が記されている。図面に記された「流失家屋」や「潰・傷潰家屋」の数をカウントし、被害率を「([流失家屋数] + [潰・傷潰家屋数]) / [全家屋数]」により算出した。また、図面に記された床面からの浸水高さについても整理を行い、被害率と浸水深との関係を検討した。この結果、浸水深が1 m 程度のところでは被害率はゼロであった。一方、浸水深が増えると急激に被害率は上昇し、浸水深1.6 m では被害率が0.9近くに達することがわかった。ただし、この値は被害率の定義にも依存するので、どのような定義が妥当かについて今後の検討課題ではある。同様に、和歌山県由良町においても坂口家文書による同町内の被害の調査や浸水深の調査を行ったが、これについては現在分析中である。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕津波被害関数、被害率、浸水深、安政南海地震津波

〔研究題目〕2015年口永良部島噴火に関する総合調査

〔研究代表者〕下司 信夫（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕下司 信夫、篠原 宏志、風早 竜之介（常勤職員3名）

〔研究内容〕

2015年に噴火が発生した口永良部島火山において、噴火活動推移予測を目的とした火山ガス観測を実施した。噴火に伴う全島避難により島への上陸・火口に接近しての観測が限られた状況だったため、セスナを用いて火口風下上空において火山ガス（組成・放出量）観測を実施した。また、噴火活動に対応した火山ガス組成変化をモニタリングする事を目的として、口永良部島島内に火山ガス自動観測装置を設置し、火山ガス組成の連続観測を実施した。これらの観測により、口永良部島火山の火山ガス放出過程の特徴を把握した。また、噴出物の分布及び構成物の調査のため現地調査を計画・実施したが、天候等不良により噴出物分布地域の調査は実施できなかった。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕火山、噴火、火山ガス、火山灰、噴火活動推移予測

〔研究題目〕CO₂地中貯留と生物的原油分解メタン生成反応を両立する資源創成型 CCS 技術の開発

〔研究代表者〕眞弓 大介（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕眞弓 大介（常勤職員1名）

〔研究内容〕

枯渇油田を対象とした CO₂地中貯留（CCS）の影響

を評価するため、国内油田の3カ所の生産井から採取した油層水と原油を用いて、現場油層環境を模擬する高温高圧培養実験と CCS 後の高濃度 CO₂環境を模擬する高温高圧培養実験を進めた。その結果、ある1カ所の油田の現場油層環境の培養条件において生物的原油分解反応が観察された。一方、CCS 環境を模擬する培養条件ではいずれの油田においても、培養27ヶ月で未だ原油分解反応は観察されていない。

一方、原油分解のポテンシャルが存在しない油田に原油分解微生物コミュニティを添加するバイオオーグメンテーションに対して、CO₂地中貯留の影響を評価するため、上記の原油分解微生物コミュニティを用いた高CO₂濃度の高圧培養実験を進め、原油分解メタン生成のモニタリングを継続している。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕油田、油層内微生物、高圧培養、原油分解メタン生成経路、遺伝子解析

〔研究題目〕CO₂地中貯留におけるキャップロックの長期シール性能評価

〔研究代表者〕徂徠 正夫（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕徂徠 正夫（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、キャップロックのシール性能および貯留層の圧入性の両方の観点から、岩石が反応する際の水理特性の変化を定量的に評価した。

日本各地の露頭から採取された堆積岩のうち、3種類の泥岩（浪花層、大原層および一志層群泥岩）、五日町層群泥岩、および2種類の砂岩（灰爪層石灰質貝屑砂岩および大泊有孔虫砂岩）を選定した。初めに、超臨界CO₂-水反応システムにより、閉鎖系での反応実験を行った。次に、超臨界CO₂シール圧測定システムを用いて、それぞれの岩石のスレッシュホールド圧および浸透率の測定を行った。

今回の実験により、水理特性に及ぼす地化学的な影響が岩石種によって全く異なることが確認された。すなわち、浪花層泥岩、大原層泥岩および灰爪層石灰質貝屑砂岩は4週間の反応でほとんど変化がみられなかったが、その他の岩石では、反応時間の経過と共に、浸透率が増加し、スレッシュホールド圧が減少した。ここでは、同じ石灰質の灰爪層石灰質貝屑砂岩では水理特性が変化しなかった点が注目される。この理由に関しては、灰爪層石灰質貝屑砂岩では流路になる空隙が少ない結果、炭酸塩とCO₂溶解水の反応が進行しなかったことが予想される。

〔領 域 名〕エネルギー・環境、地質調査総合センター

〔キーワード〕CO₂地中貯留、キャップロック、シール性能、スレッシュホールド圧、地化学反応

〔研究題目〕光合成とメタン生成のリンケージ：機能

特異分子補酵素 F430分析という新手法の展開

【研究代表者】金子 雅紀（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】金子 雅紀、坂田 将
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

メタン酸化菌が濃集する黒海の微生物マット中のF430定量分析と同位体分析を行った。その結果、世界で初めて天然環境中の補酵素 F430の炭素同位体比の測定に成功した。未培養である嫌氣的メタン酸化アーキア由来の補酵素 F430の炭素同位体比は、基質であるメタンの同位体比を反映し、補酵素 F430の安定同位体比が2つの潜在的な起源生物であるメタン生成アーキアと嫌氣的メタン酸化アーキアを識別する指標となることを明らかにした。また、補酵素 F430の同位体分析のために新しく開発した夾雑物除去法を応用し、下北半島沖の海底下2,000 m の石炭層において、補酵素 F430を検出することに成功し、科学史上最も深部の海底堆積物中から生きたメタン生成アーキアのシグナルを得ることに成功した。これらの成果は2回の国際学会（うち1回はPlenaryセッションに選出）および、学術雑誌3報（うち1報はScience誌）にて発表した。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】補酵素 F430、機能特異分子、メタン生成アーキア、嫌氣的メタン酸化アーキア、安定同位体比、地下生命圏

【研究題目】機能性分子 F430を用いた堆積物深部メタン生成ポテンシャルの精密定量

【研究代表者】金子 雅紀（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】金子 雅紀、坂田 将
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究の目的は、これまで応用されたことのない機能特異分子補酵素 F430の分析法を開発・実用化することにより、これまで不明であった海洋堆積物深部でのメタン生成アーキアのバイオマスや活動を定量的に評価できるようにすることである。

当該年度の研究計画は、補酵素 F430濃度とメタン生成アーキアのバイオマスや活性の関係性を明らかにするとともに、深海掘削コア等への応用を行うことであった。この目的に対し、海洋堆積物を含む様々な環境試料中の補酵素 F430濃度と、微生物学的手法によるバイオマスを比較し、補酵素 F430がバイオマスと相関することを明らかにした。これらの成果は2回の国際学会（うち1回はPlenaryセッションに選出）および、学術雑誌3報（うち1報はScience誌）にて発表した。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】補酵素 F430、メタン生成アーキア、メタン生成バイオマス

【研究題目】重希土類資源として最適な難溶性鉱物の資源評価法の開発

【研究代表者】星野 美保子（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】星野 美保子（常勤職員1名）

【研究内容】

アルカリ火成岩に含まれているジルコンやユージアル石などの鉱物が資源として重要な重希土類元素（HREE）を多量に含有することは古くから知られていたが、風化や変質に強く分解しにくい鉱物（難溶性鉱物）であるため、これまで資源開発の対象になっていなかった。しかし、研究代表者らの研究により、アルカリ火成作用に伴う熱水活動の過程で、形成された HREE 含有ジルコンは、結晶性が著しく低下しており、簡単な酸処理で HREE を抽出できることが判明した。そこで、本研究課題では Mendel 大学の Kynicky 准教授と共同で、モンゴルの Khad Bogd アルカリ岩鉱床の共同調査を実施し、エルピダイト、ジルコンなどの難溶性鉱物の詳細なプループ調査を行った。Khad Bogd などの4地域から採取されたエルピダイト、ジルコン、モサンドライト、ユージアル石、フェルグソン石に対して、EMPA と LA-ICP-MS を用いた希土類含有量の決定と塩酸を用いた HREE の抽出実験を行った。その結果、フェルグソン石とモサンドライトは高濃度の HREE を含有しており、結晶性の低いこれらの鉱物からは、薄い酸を用いて、簡単に HREE を抽出できることが判明した。ジルコン、フェルグソン石、モサンドライト以外の難溶性鉱物中の HREE 含有量はかなり低く結晶性に多様性がない。そのため、HREE 資源として有望な鉱物は、ジルコン、フェルグソン石、モサンドライトである。本研究では、X線粉末回折を用いた難溶性鉱物の簡単な結晶性の評価により、HREE 資源として最適な鉱物の評価法を提案できた。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】重希土類資源、難溶性鉱物、資源評価

【研究題目】除染・帰還を見据えた地域別の放射性 Cs 流出特性評価とリスク管理戦略の構築

【研究代表者】保高 徹生（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】保高 徹生（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、研究代表者らが開発した低濃度の水中の放射性セシウム（以下、rCs という）の迅速モニタリング方法を活用発展させ、土地利用・地域別の rCs の流出特性・長期挙動評価を行い、地域と連携して除染・帰還後の残存する rCs へのリスク管理戦略の構築を目指す融合研究である。本年度の進捗は以下の通りである。

1) 広域モニタリング：本年度は、阿武隈川支流河川および2地区の河川水（7ヶ所）、ため池（10ヶ所）、地下水（1ヶ所）、溪流中（2ヶ所）の溶存態・懸濁態

rCs を4月、5月、7月、8月、10月、11月、12月、3月に測定した。

- 2) 水田からの rCs 流出解析：昨年度に引き続き、3地区の水田を対象として rCs の流入・流出・水田内変化を測定し、水田への rCs の蓄積・流出状況の評価するとともに、簡易モデルを構築して日本における一般水田の流出量の範囲を推定した。
- 3) モニタリングシステム開発：銅置換体プルシアンブルー担持不織布を用いて、海水・汽水中の溶存態 rCs の迅速濃縮方法を開発した。室内試験および現地適用性試験の結果、従来の AMP 法では1週間程度かかっていた20 L の海水の前処理が40分程度で実施できることを確認した。
- 4) 除染等のリスク管理戦略の策定：避難区域内地区における帰還後のリスク管理戦略を構築するため、福島県阿武隈高地内の避難区域内の地元住民と協力して D シャトルを用いた線量調査を実施するとともに、帰還後の生活/生産活動におけるリスクについて定期的な対話を持った。また、減容化技術等も含めた減容化のあり方について基礎的なモデルを構築し、解析実施体制を整えた。
- 5) その他、ため池内における溶存態 rCs の経時変化と変化要因評価に関する研究、都市堆積物中の rCs の存在形態と流出解析に関する研究、水を経由した長期環境動態シミュレーションに関する研究について推進した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕放射性セシウム、水、モニタリング、流出特性、土地利用

〔研究 題目〕生物的原油分解メタン生成ポテンシャルとメカニズムに着目した油層特性評価技術の開発

〔研究代表者〕坂田 将（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕坂田 将、眞弓 大介、玉木 秀幸（生物プロセス研究部門）（常勤職員3名）

〔研究 内容〕

秋田県と山形県の油田（以下、秋田油田と山形油田と略記）の坑井から採取した油層水と原油に WS 培地（無機塩、ビタミン等で調製した塩水培地）を添加後、油層環境を模擬する温度・圧力条件で長期間培養し、原油分解メタン生成ポテンシャルの有無を調査した。培養開始30～60日後の間に、全ての培養系で油層水に元々含まれる酢酸などの有機酸からのメタン生成反応を観察した。その後、秋田油田の培養系からはメタン生成が観察されなかったのに対し、山形油田の培養系からは350日以上経過後に顕著なメタン生成が観察された。山形油田の培養系は同じ培養条件での継代が可能で原油分解メタン生成プロセスが継続的に観察されたため、当該微生物コミュニティの集積が可能となった。集積培養後にメ

タゲノム解析を行った結果、山形油田由来の原油分解メタン生成微生物コミュニティを構成する4種の微生物ゲノムを決定することに成功し、原油分解反応に中核的な役割を担う微生物群を明らかにした。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕油田、微生物、原油分解メタン生成ポテンシャル、油層環境模擬培養実験、メタゲノム解析

〔研究 題目〕堆積物に記録される西アジアにおける第四紀環境変動の解読

〔研究代表者〕安間 了（筑波大学）

〔研究担当者〕安間 了、八木 勇治（筑波大学）、昆 慶明、高橋 学（活断層・火山研究部門）、申 基澈（総合地球環境学研究所）、折橋 裕二（東京大学）、横尾 頼子（同志社大学）、堀川 恵司（富山大学）（常勤職員1名、他7名）

〔研究 内容〕

第四紀は人類紀ともよばれ、東アフリカで人類の祖先が誕生し拡散していく過程を考える上で、その時代を通しての環境変動を解き明かすことは最重要課題である。本研究では、新学術領域のフォーカスである古代西アジア文明の成立と変遷を考えるうえで、特に重要である第四紀完新世の環境変動を遺跡ごとに解き明かしていくことを目標とする。本研究では、遺跡近傍のため池や湖沼などから、第四紀堆積物の分布状況と積み重なり方を調べ、柱状試料を採取し、これに含まれる珪藻・花粉等の微化石、磁性、堆積物を充填する膠着物質の性質や年代などを調べることによって、第四紀環境変動をそれぞれのサイトから明らかにしている。

上記研究活動の一環として、メソポタミアの粘土板16試料に対し粒度分析を行った。測定に際しては、粘土板試料に水を加え攪拌、超音波分散を行った後、産業技術総合研究所設置のレーザー回折式粒度分析装置（Mastersizer 3000, Malvern 社製）を用い各試料の粒度分布を得た。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕メソポタミア、粘土板、粒度分布

〔研究 題目〕環境保全と社会受容性を踏まえた、「地盤環境基準」の構築と実装のための戦略研究

〔研究代表者〕保高 徹生（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕保高 徹生（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究では、科学的根拠と社会受容性に基づき、新しい“地盤環境基準”の構築と実装を目指す融合研究である。具体的な内容としては、(1) ある地盤中に含まれ

る有害物質の“環境受容性”を判断するための、新たな指標・試験方法を科学的根拠に基づき構築するとともに、(2)管理/保管/有効利用のシナリオ構築と環境安全性の評価を行い、新たな管理・循環体制を構築する。さらに、(3)上記の(1)と(2)で構築する新たな「地盤環境基準」の実社会への実装において重要となる「社会受容性」について、規制影響評価による施策の有効性評価、長期的な土壌汚染/建設発生土のマテリアルフロー分析に基づく持続可能性評価を行う。本年度は、バッチ型溶出試験の再現性確保およびシミュレーションによるシナリオに基づく安全性評価に関する研究を推進した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕汚染土壌、重金属、リスク評価、試験方法

〔研究題目〕丘陵地森林の放射性物質の流出・循環の景観生態学的分析と里山の生態的再生の検討

〔研究代表者〕保高 徹生（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕保高 徹生（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、環境中に放出され、地表面に沈着した放射性セシウム¹³⁷の丘陵地森林からの流出特性を評価することを目的としている。本年度は、平成25年度から継続して実施している福島県伊達郡川俣町山木屋地区内の河川水中の放射性セシウム濃度を継続的に測定した。また、林内雨モニタリング装置について亜鉛置換体プルシアンブルー担持不織布を用いた改良を行い、継続して現地にて実証試験を実施した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕放射性セシウム、丘陵地森林、流出特性、林内雨

〔研究題目〕シビアな環境汚染除染以降のブラウンフィールド問題とリスクコミュニケーションの課題

〔研究代表者〕保高 徹生（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕保高 徹生（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、東京電力福島第一原子力発電所の事故以降に発生したブラウンフィールド（未利用地）問題とリスクコミュニケーションに関する研究課題である。

本年度は、持続可能な土壌汚染対策のあり方や評価方法について検討を進めるとともに、長期的な避難に伴う帰還後の課題として、現在も避難を余儀なくされている区域である福島県内の市町村の住民と、都市計画・農村計画等を専門とする有識者を招き、定期的な意見交換会および情報交換を行い、現状および今後対応をするべき課題について整理を行った。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕原発事故、ブラウンフィールド、土地利用、リスクコミュニケーション

〔研究題目〕市場経済移行国における資源開発に関するガバナンス

〔研究代表者〕中野 亜里（大東文化大学）

〔研究担当者〕村尾 智（地圏資源環境研究部門）、
中野 亜里（大東文化大学）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

資源開発をめぐる問題をガバナンスの観点から検討した。今年度はベトナム、モンゴルに加えて、ミャンマーも検討の対象とした。ベトナムについては、引き続き、ボーサイト開発問題について情報を収集した。同国における環境系 NGO に関する問題点も明らかにした。環境系 NGO の役割についてはフィリピンの事例も調査し考察を行った。モンゴルについては人力小規模採掘を管理する動きが加速化し、フェアトレードへ向けた試みがあることを確認した。ミャンマーについては、鉱物資源に関する基礎情報を収集した。成果の一部は学会誌に印刷中である。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕ガバナンス、開発、鉱物資源、ベトナム、ミャンマー、モンゴル

〔研究題目〕超臨界流体を利用したナノマイクロシテムの開発

〔研究代表者〕藤井 孝志（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕藤井 孝志、戸田 雅也（東北大学）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本テーマは、二酸化炭素（CO₂）を超臨界状態で微細加工したナノからサブミクロンレベルの微小空間に閉じ込めることにより、高い伝熱性や拡散性、溶解力、または密度ゆらぎや光学定数変化といった超臨界流体特有の物性をマイクロ解析システムや高感度センシング技術として利用することを目指している。特に、CO₂地中貯留に関連した高精度 CO₂挙動モニタリング技術開発については、これまでの物理探査のように地表面からのアプローチとは異なり、岩石細孔内からの直接的な CO₂挙動モニタリングを試みるものである。そのため、まずは、岩石/水/CO₂相互作用の解明が必要不可欠となる。本研究では、光学的手法を取り入れて、CO₂雰囲気下での岩石の光学定数の変化から、細孔内壁への CO₂吸着挙動が岩石に及ぼす影響を把握することを目的とする。本年度は、窓付き高圧セルの設計および作製を行い、シリコン基板上の酸化膜の厚みが、窓付きセル内と大気圧下で比べた場合、両者はほぼ同じであることを確認した。今後は、岩石モデルとして多孔体シリカを用いて、CO₂

雰囲気下での計測および解析を行う予定である。

〔領域名〕地質調査総合センター、エネルギー・環境

〔キーワード〕CO₂地中貯留、ナノセンシング、岩石/水/CO₂相互作用

〔研究題目〕SQUID 顕微鏡による惑星古磁場の先端的研究の開拓

〔研究代表者〕小田 啓邦（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕小田 啓邦、佐藤 雅彦、片山 礼子、野口 敦史、河合 淳、山本 裕二、臼井 朗、臼井 洋一、中村 教博、宮城 磯治（活断層・火山研究部門）
（常勤職員3名、他7名）

〔研究内容〕

本研究は、SQUID（超伝導量子干渉素子）顕微鏡を用いて惑星古磁場の基礎的研究を開拓することを目的とし、金沢工業大学・高知大学・東北大学・海洋研究開発機構の研究分担者の協力のもとに推進している。本年度は昨年度までに完成したSQUID顕微鏡（Kawai et al., 2016として論文発表）を用いた地質試料の分析を進めると共に、ノイズ低減のためのレファレンスセンサーの導入、XYZステージの高度化を行い、磁気シールドの性能アップ、センサー試料距離の短縮を試みた。FRPロッドの先端にレファレンス用のSQUIDセンサーを装着し、SQUID顕微鏡の液体ヘリウムデュワーのトランスファーポートから挿入を行い、SQUID顕微鏡のセンサーと同時測定を行い、レファレンスセンサーとの差分から環境磁場低減可能であるとわかった。また、XYZステージの高度化を行い、レファレンスセンサーを含めて4チャンネルの入力可能なADコンバーターを導入した。XYZステージの測定ソフトウェアを改良し、各測定点で50Hzで100点連続データ取得を可能とし、X-Y方向にクロスキャンするモードを設定した。磁気シールドの性能アップのために、PCパーマロイ2重磁気シールドの外側、XYZモーター開口部および内側に追加の磁気シールドを構築途中である。SQUIDチップ装着については、サファイアウインドウとシリコンチップの平行度確保、シルバーペイントの配線状況改良などを行って、センサー試料距離を200 μmまで短縮できたが、さらなる努力が必要である。試料ホルダーに磁気点源を2つ配置することによって、光学画像と磁気画像のマッチングを行った。磁気点源の位置は磁気ダイポール理論値から計算を行ったが、100 μm × 100 μmグリッドスキャンで誤差は1 μm以下である。湖の年縞堆積物、地球磁場逆転境界を記録した堆積物、隕石、鉄マンガンクラスト、川砂ジルコン、衝突残留磁化獲得試料、断層岩、火山岩などの地質試料分析を行った。特に鉄マンガンクラストについては、地球磁場逆転境界の確認を行うことができ、¹⁰Be/⁹Beで求めた成長速度と一致することが確認された。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕SQUID 素子、レファレンスセンサー、磁気シールド、XYZ ステージ、岩石薄片試料、古地磁気学、磁気マッピング、惑星古磁場、鉄マンガンクラスト、隕石、衝突残留磁化、川砂ジルコン、断層岩、堆積物

〔研究題目〕オフィオライト海洋地殻を用いた熱水変質に伴う元素移動モデルの確立

〔研究代表者〕山岡 香子（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕山岡 香子（常勤職員1名）

〔研究内容〕

熱水変質した海洋地殻の化学組成は、海洋及び固体地球の化学進化を理解するために不可欠である。まだ実際の海洋地殻を連続的に掘り抜いた例は無いため、オフィオライトは、海洋地殻層序全体の首尾一貫した情報が得られる現在唯一の研究対象である。本研究課題では、高速拡大海嶺で生成した過去の海洋地殻であるオマーンオフィオライトを用い、海底からモホ面に至る海洋地殻断面の総括的な化学組成プロファイルを完成させる。未変質玄武岩の新規分析データとの比較により、各元素・同位体の挙動を詳細に明らかにし、海洋地殻の熱水変質における物質収支を定量的に見積もることを目的とする。

本年度は研究計画の初年度であるが、産休・育休の取得に伴い、8月末まで内定を留保した。そのため本年度は、物品や試薬の購入、クリーンルームの整備、分析機器の調整など、来年度の本格的な作業開始に向けた準備を行った。各種同位体の分析については、イオンクロマトグラフィーを用いた化学分離法の確立に向けた予備実験を行い、概ね良好な結果を得た。また、マルチコレクタ型 ICP 質量分析計を用いて、標準試料の繰り返し測定による分析精度の検証を行い、十分な精度での測定が可能であることを確認した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕海底熱水系、同位体

〔研究題目〕温帯性サンゴ骨格から検証する日本周辺の地球環境変動

〔研究代表者〕鈴木 淳（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕鈴木 淳、岡井 貴司、中島 礼、高田 徳幸（機能化学研究部門）
（常勤職員4名）

〔研究内容〕

日本周辺海域では、サンゴの北上が進行するなど、地球温暖化の影響による環境変動が顕在化している。本研究課題では、亜熱帯海域については、明瞭な年輪を持つハマサンゴ属のサンゴ骨格を用い、本州南方など温帯域では、卓越する枝状群体のミドリイシ類の骨格について、水温計としての利用法を開発し、環境変遷の復元にあた

る。ミドリイシ水温計開発には、水産分野の専門技術の助けにより、従来に比べ格段に良好な状態でサンゴを飼育して、精密な環境制御下で形成された骨格を用いて、気候プロキシの検討を行い、気候変動研究の確度・精度向上を図る。

5段階（13℃～29℃）の調温水の掛け流しによる恒温水温を用いた温帯性ミドリイシ類の飼育実験が、2012年に海洋生物環境研究所において実施されており、研究課題の初年度は、この骨格分析から着手した。対象生物を養生水温23℃から、1日1℃のゆっくりとした昇温/降温による馴化が行なわれた。サンゴ類の光条件は、250 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ の昼夜12時間サイクルとして、対象生物へのストレスは十分に低いと考えられる。約6週間の飼育によって、スギノキミドリイシ (*Acropora muricata*) などの温帯サンゴ類でも約8%の骨格重量の増加が認められ、同位体比および元素分析に十分な試料が得られた。この試料について、骨格の酸素同位体比及び Sr/Ca 比に、明瞭な温度依存性が認められた。これらは、温帯性サンゴの水温計としての高い利用可能性を示すものである。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕酸素同位体比、ストロンチウム/カルシウム比、炭素同位体比

〔研究題目〕強制海退によって規定されたバリアースピットの堆積様式の解明

〔研究代表者〕七山 太（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕七山 太、渡辺 和明（地質情報基盤センター）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

北海道東部、野付湾周辺には、現在も活動的なバリアースystemが認められており、野付崎バリアースピット（NBS）と呼ばれている。NBSには4列の分岐砂嘴（NBS1～NBS4）が認識され、それらの分岐関係によって地形発達史が解読できる。3ヶ年計画の初年度の調査の結果、上位から7層の完新世テフラ、Ta-a および Ko-c2、Ma-b、Ta-c、Ma-d が見いだされ、これらを時間面として、約1,000年オーダーでの地形発達史を読み解くことが出来た。NBSが成立しバックバリアーに湿原が成立したのは、4,000年前であり、当時の汀線高度は-0.6mとなっており、若干沈降していたことが解る。その当時の古いバリアーは既に浸食されて、現地地形としては残されていない。NBS1は17世紀以降、NBS2はTa-a、Ko-c2に直接被覆されることから17世紀に、NBS4はオンニクルのみに分布し、付近に擦文時代の堅穴式住居跡も見つかっていることから、9～10世紀に離水したと推定される。NBS3は一本松の岬から竜神崎を経て茶志骨に連続し、おそらく12～13世紀に離水したと予測される。南千島海溝沿岸域では500年間隔で発生した巨大地震（Mw8.5～）の存在が明確になり、特に

この地の地盤は17世紀巨大地震時（もしくはその後）には2～3 m隆起し、逆に地震以降現在まで1.5 cm/年の速さで沈降し続けてきたゆえに、少なくともNBS4よりも若い分岐砂嘴の出現には、地震性地殻変動が関わっていた可能性が示唆される。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地形発達史、野付崎バリアースピット、地震テクトニクス、南千島海溝、東北海道、北部日本

〔研究題目〕砂丘堆積物を用いた中世以降の東アジア冬季モンスーン変動の検出

〔研究代表者〕田村 亨（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕田村 亨、伊藤 一充（活断層・火山研究部門）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、過去の風成作用を高時間分解能で記録する砂丘堆積物の詳細な解読から東・東南アジアの冬季モンスーンにおける中世以降の数十～数百年スケールの変動を明らかにすることである。地中探査レーダにより砂丘堆積物の内部構造を連続的に明らかにし、それに基づいて採取したオーガーボーリングによる地下試料に対して光ルミネッセンス年代測定を適用することで、砂丘の発達過程を復元する。研究対象とする砂丘は、日本海の海岸砂丘のほか、ベトナム南東部の Mui Ne 砂丘である。

本年度は、Mui Ne 砂丘、青森県屏風山砂丘、鳥取県弓ヶ浜半島での現地調査と採取試料の年代測定を行った。弓ヶ浜では石英 OSL 法が有効ではなく長石 pIRIR 法が有効であることが明らかになり、その適用から過去500年間の中国山地での鉄穴流しによる土砂急増に伴い砂丘列平野が急拡大したこと、それ以前は一定の速度で拡大していたことが明らかになった。この急拡大には土砂の粒度や鉱物の急変も伴うため、鳥取砂丘で明らかになっている過去500年間の砂丘活動の活発化とは直接の関連は認められない。屏風山ではクロスナ層の C-14年代と砂丘砂の長石 IRSL 年代を総合すると、10～11世紀（平安末期）の砂丘活動期、12～15世紀の不活発期、それ以降の活動期という、鳥取砂丘での復元結果をよく一致した。この変動は内湾堆積物から復元された日本の夏季気温の変動とよく関連しており、冬季モンスーンを含めた広域的な気候変動の結果であることが示唆される。Mui Ne 砂丘では夏季モンスーンによる砂丘地形の変形を観察したが、地中レーダ断面には、冬季モンスーン的作用が記録され、夏季の風向きの反転は再移動面に反映されることが明らかになった。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕海岸、砂丘、アジア、環境変動、小氷期、山陰、日本海

**【研究題目】 砕屑岩岩石学から復元する黒瀬川帯ペ
ルム紀島弧の進化過程**

【研究代表者】 原 英俊（地質情報研究部門）

【研究担当者】 原 英俊（常勤職員1名）

【研究内容】

アジア大陸東縁におけるパンサラッサ海の海洋プレート沈み込みによるペルム紀島弧発達過程を解明するため、ペルム系砕屑岩に着目する。このペルム紀島弧は、日本列島の原型をもたらした初期に当たると考えられるが、現在の日本列島には島弧の主部をなした火山岩や花崗岩の多くは、すでに削割され失われている。そこで黒瀬川帯に分布するペルム系砕屑岩に着目し、砕屑岩に砕屑粒子として保存されている後背地の情報から、島弧の発達及び変遷過程を復元することを目的とした。本年度は、四国東部北川地域及び中央部伊野地域周辺から採取した砕屑岩について、岩石学的記載・全岩化学分析・砕屑性ジルコン U-Pb 年代測定を行った。その結果、時代未詳地質体の年代決定及び地質年代の整理、中期～後期ペルム紀にかけた島弧火成活動の低下とその開析が推定された。またペルム紀島弧海溝系について、浅海成層・付加体・弱変成岩の識別を行い、それらのテクトニクスを取りまとめた。

【領域名】 地質調査総合センター

【キーワード】 黒瀬川帯、ペルム紀、沈み込み帯、島弧、砂岩組成

**【研究題目】 重力・地震波の同時観測によるスロ
スリップ発生域の浅層地下水モニタリ
ング**

【研究代表者】 名和 一成（地質情報研究部門）

【研究担当者】 名和 一成、伊藤 忍、宮川 歩夢、
山谷 祐介（再生可能エネルギーセン
ター）、奥田 隆、田村 良明、池田 博
（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

超伝導重力計連続観測による重力データと地震計連続観測による地震波データを組み合わせ、3次元的な地下水分布の変化を推定する手法を提案する。観測データの検証とモデリングに必要な地下構造を得るため、重力と地震波を用いた構造探査も実施する。それによって地下水挙動を高時空間分解能で把握するとともに、地殻活動域の重力観測の高精度化に資することを目的とする。平成27年度は年間を通して超伝導重力計観測、気象・土壌水分観測、地震計観測を継続した。台風に伴う停電が生じた以外、大きなトラブルが発生することなくデータを取得することができた。これまでに蓄積したデータの解析を進め、超伝導重力計データから地下水変化に伴う重力変化の検出や、地震計データから近傍のダム貯水池の水位変動に伴う振動の検出に成功した。また、地下構造探査について、平成26年度の小型パイブレータに

よる探査の解析に加え、VERA 局近傍での掛矢による追加調査を実施した。平成26年度に設置・観測を始めた短周期地震計データについては、SITES 法による反射波の探索とその時間変化の調査を開始した。重力計・地震計の連続データと地下構造探査の結果と合わせて解析・解釈を進めていく予定である。

【領域名】 地質調査総合センター

【キーワード】 超伝導重力計、地震計、土壌水分、地下水、潮位、セイシュ、ダム、台風、反射法地震探査

**【研究題目】 世界規模の気候変動と地域的な構造運
動に関連した日本海の海洋循環の成立と
進化**

【研究代表者】 板木 拓也（地質情報研究部門）

【研究担当者】 板木 拓也、池原 研、木元 克典（海
洋研究開発機構）、長谷川 四郎（東北
大学）（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

日本海の海洋循環は、固有で僅かな気候変動に対しても影響を受けやすく、更新世における気候変動や氷河性海水準変動に応答して著しく変化してきた。さらに、海洋循環のより長期的な変化の考察においては、構造運動に伴う地形の変化が海洋循環に与える影響を検討することが重要である。本研究の目的は、日本海および東シナ海北部の深海掘削コアを用い、堆積構造や微化石の分析等から過去500万年間の海洋循環システムを復元し、それらが気候・氷河性海水準変動に応答したものなのか、あるいは地域的な構造運動を反映したものなのかを明らかにすることである。2013年に国際深海掘削計画（IODP）の一環として行われた Exp. 346で日本海7地点、東シナ海北部2地点から掘削コアが採取された。主にこれらのコア試料について放射虫などの微化石の分析を実施し、結果の一部を国際学会や航海報告書、国際誌に発表した。また、本研究を推進するために関連する先行研究をレビューし、それらを整理した論文が国際誌に掲載された。これまでの研究成果から、日本海の海洋環境の発達史を理解する上で重要な知見が多数得られており、現在、論文を準備中である。

【領域名】 地質調査総合センター

【キーワード】 海洋地質、古環境、微化石

**【研究題目】 川砂ジルコンを用いた新手法による過
去40億年間の古地磁気強度記録の復元**

【研究代表者】 佐藤 雅彦（地質情報研究部門）

【研究担当者】 佐藤 雅彦（常勤職員1名）

【研究内容】

現在の地球磁場勢力圏（磁気圏）は地球半径の約10倍の距離まで広がり、生命活動に有害な太陽風や宇宙線から地球表層環境を保護している。地球磁場強度の変化

に伴って磁気圏の大きさは変化するため、地球史を通じた磁場強度変化を明らかにする事は、地球環境・生命進化研究において非常に重要な課題である。本研究では、川砂ジルコンを用いた古地磁気研究の新技术により、過去40億年間の地球磁場強度変化を明らかにする。そのために、(1)ジルコン単結晶を用いた磁気測定手法の確立、(2)世界の大規模河川の川砂中からジルコン結晶を採取し、そのジルコン結晶の古地磁気強度測定を行う。平成27年度は、ジルコン単結晶を用いた古地磁気強度実験手法の確立、大規模河川で採取した試料への同手法の適用を行った。具体的な内容は下記の通りである。神奈川県丹沢山地中川でサンプリングした川砂からジルコン試料約1,000粒子の採取、採取したジルコン試料の自然残留磁化測定、等温残留磁化測定、低温消磁・段階交流消磁測定、磁気システリシス測定、低温磁気測定、熱残留磁化測定を行った。測定した磁気パラメータを組み合わせる事で、古地磁気強度測定に適した試料を選別可能である事、選別した試料では試料の熱履歴と調和的な古地磁気強度を示す事が分かった。また、長江及びミシシッピ川でサンプリングした川砂からジルコン試料を採取し、その試料に対して、自然残留磁化測定、等温残留磁化測定、低温消磁・交流消磁測定、磁気システリシス測定、低温磁気測定を行い、古地磁気強度測定に適した試料を選別するための基礎情報を蓄積した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕ジルコン、岩石磁気、古地磁気強度、丹沢、長江、ミシシッピ川

〔研究 題目〕前期ペルム紀巨大オニコイドの形成とパンサラッサスーパーブルームの影響に関する研究

〔研究代表者〕中澤 努 (地質情報研究部門)

〔研究担当者〕中澤 努 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

本研究課題では、ゴンドワナ氷床が衰退する気候期転換期にパンサラッサ海域の海洋島で礁生態系がどのような応答をしたかを検討した。ゴンドワナ氷床が衰退して温暖になったと考えられる中期ペルム紀の礁成石灰岩(礁中核部の石灰岩)を秋吉石灰岩から新たに見だし、大型研磨標本の観察をもとに礁構造を記載した。その結果、この礁成石灰岩には石灰海綿を中心とした原地性礁構造が保存されていること、そして既報の同時期のラグーンの石灰海綿マウンドと比較して、大型の石灰海綿が多く、個体間に微生物によるバインディングが発達し、堅牢なフレームワークを形成していたことが明らかとなった。これまでの我々の調査を総合すると、秋吉石灰岩をはじめとするパンサラッサ海域の海洋島の礁では、ゴンドワナ氷床の最盛期である石炭紀最後期からペルム紀最前期にかけては北方要素である石灰藻類 *Palaeoaplysina* が主要な造礁生物であったが、ゴンド

ワナ氷床が衰退する気候期転換期には *Palaeoaplysina* が衰退し、それに伴い相対的に微生物類が多くなり、巨大オニコイドも形成された。そして中期ペルム紀には温暖域に多いとされる石灰海綿が造礁生物として卓越するようになった。つまりこの時期のパンサラッサ海洋島の造礁生物群集は長期の気候期転換に極めて従順に応答したことが明らかになった。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕ペルム紀、造礁生物、気候期転換、パンサラッサ

〔研究 題目〕第三紀泥岩の分類：分光測色による「色層序学」の構築

〔研究代表者〕辻野 匠 (地質情報研究部門)

〔研究担当者〕辻野 匠 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

本研究の目的は、これまで主観的に記載されてきた泥岩の色を分光測色計を用いて客観的に定量し、その分光値やスペクトラム特性にもとづいて、第三紀泥岩にたいして、定量的な色の層序を構築することである。一連の泥岩の層序において層準ごとに泥岩の色の変化が客観的に確認され、層位による色の変化が如何なる古環境的あるいは続成的差異を反映しているのかを明らかにできれば「色層序学」を樹立することができる。

これまでの新潟県加茂地域(中越)・胎内地域(下越)及び房総半島に加えて本年度は更に、秋田(男鹿・能代)、越中の八尾、会津・出羽の置賜地域、常磐及び掛川の第三紀泥岩の野外調査・分光測色を実施した。大局的に、太平洋側地域はどの層準も同じような呈色であるのに対し日本海側の各地域は色の層位的変化が明瞭であった。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕第三紀泥岩、分光測色、色層序学、スペクトラム、珪藻

〔研究 題目〕地質アナログ模型の開発と地学教育における活用と検証

〔研究代表者〕高橋 雅紀 (地質情報研究部門)

〔研究担当者〕高橋 雅紀 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

我が国の初等・中等教育における理科離れや、高校・大学教育における地学履修率の減少を食い止めるため、さらに一般市民の地学に対する理解と評価の向上を目的に、地学普及活動に効果的な研究成果を優先的に選んで三次元のアナログ模型に再現し、一般市民向けの地学普及活動において活用して地質学の理解度と関心の効果を探ることを目的に研究を行った。

今年度は、関東平野から大阪湾までの20分の1スケールの基盤深度模型を完成させ、一般市民向けの地学普及イベントにおいて活用した。この基盤構造は、大地震の

際に周期地震動を増幅させるため、固有周期の長い超高層ビルの揺れに影響を与える。人口が密集し高層ビルが林立する大都市は堆積平野に広がっており、その結果、大都市ほど長周期地震動に襲われる危険性が高いことを、模型を使って解説を行った。一方、堆積平野の浅層地下には最終氷期に形成された埋没谷があるが、その後の縄文海進時に軟弱な泥や砂によって埋められているため、地表は平坦で一般的には認識されない。そこで、多数のボーリングデータによって復元された埋没谷地形をアナログ模型として再現し、とくに首都圏における埋没軟弱地盤と一般家屋に影響を与える短周期地震動との関係を説明するために役立てた。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地学教育、アウトリーチ、普及活動、アナログ模型

〔研究 題目〕放散虫群集にもとづく黒潮海域の鉛直水塊構造の復元

〔研究代表者〕松崎 賢史（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕松崎 賢史（契約職員1名）

〔研究 内容〕

放散虫は、世界の海洋に分布するプランクトンで、その珪酸塩からなる骨格は海洋堆積物の主要な構成成分のひとつとなっている。堆積物中に記録された化石群集は、過去の海洋環境を反映して変化しているため、古海洋環境の指標として広く用いられている。また、種により生息水深が異なるため、水塊の鉛直構造に関する情報も含んでいることが期待される。本研究の目的は、海底コアに記録された放散虫化石を用いて黒潮海域における海洋構造の変化を復元することである。そのためには、黒潮海域における放散虫群集と水塊構造との関係を明らかにする必要があるため、東シナ海北部の5地点から採取されたプランクトン試料と北西太平洋の60地点から採取された表層堆積物の分析を行った。プランクトン試料からは、黒潮海域における放散虫の生息水深を調査し、鉛直的に亜熱帯性表層種～亜寒帯性中層種が分布していることを明らかにした。本研究の成果は、国際誌に論文が掲載された。表層堆積物の分析結果からは、放散虫群集が、亜寒帯域から熱帯域にかけて水温に関連した分布をすることを確認した。さらに、上述の生息水深の情報を参考にして、表層および中層の水温との関係について議論した。現在、東シナ海北部から採取されたコアの分析を進めている。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕海洋地質、古環境、微化石

〔研究 題目〕「弥生の小海退」の確証による沖積低地における河川地形の発達過程の解明

〔研究代表者〕田邊 晋（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕田邊 晋（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

沿岸低地における沖積層の最上部を構成する河成層は、「弥生の小海退」の海水準変動に伴って形成されたことが近年明らかにされつつある。平成27年度は、利根川低地最奥部において、これまでに取得した7本のボーリングコア堆積物と70点の放射性炭素年代値の解析結果をとりまとめ、「地質学雑誌」に公表した（田辺ほか、2016、122巻、135-153頁）。利根川低地最奥部の沖積層は、下位より内湾堆積物、湖沼堆積物、河川堆積物から構成される。これらの堆積相と放射性炭素年代値は、利根川低地最奥部における古地理が、ステージ I（6～4 cal kyr BP）：内湾の形成、ステージ II（4～3 cal kyr BP）：湾口における上げ潮三角州と湾内における半閉鎖的な湖沼の形成、ステージ III（3～2 cal kyr BP）：湾口の閉塞と湖沼の内陸への拡大、ステージ IV（2～0 cal kyr BP）：湖沼の充填と利根川の東遷による河成層の急激な堆積、に分けられることを示す。上方深海化する湖沼堆積物は、内湾堆積物にオンラップしており、その古水深は植物遺体にもとづいて約1～2 m と推定される。この湖沼堆積物の海水準インデックス・ポイントを整理したところ、当該地域では、縄文海進が4 cal kyr BPに終焉し、海水準が、3 cal kyr BPにかけて標高-2 m まで低下、その後、2 cal kyr BPにかけて現在の水準まで上昇したことが明らかになった。この事象は、利根川低地最奥部に「弥生の小海退」が存在したことを意味し、東京低地における沖積層の最上部を構成する河成層が「弥生の小海退」に伴って形成されたことを支持する。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕完新世、海水準低下、霞ヶ浦、アイソスタシー、堆積物荷重

〔研究 題目〕同位体から制約する核-マンツルの共進化

〔研究代表者〕鈴木 勝彦（海洋研究開発機構）

〔研究担当者〕下田 玄（地質情報研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

コアとマンツルの分離年代は未だに解明されていない。この分離年代の研究には、消滅核種であるタングステン同位体組成がもちいられることが多い。消滅核種は高分解能な時間軸が得られるので、核の形成に関する重要な指標になりえるが、長期間のスケールには対応できない。核の形成やマンツルとの相互作用を、地球史全体の観点から考えた場合、長寿命核種との組み合わせた研究を行うことが求められる。これまでの研究で報告されているタングステン同位体組成と鉛同位体組成を組み合わせる等して、核とマンツルの相互作用を地球史の観点から考え、地球化学的モデリングを行えば、核とマンツルの相互作用や核の形成年代に関して制約が得られる可能性が

ある。そこで、微量の鉛同位体を測定するための閉鎖形カラムシステムを開発した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕同位体地球化学

〔研究題目〕核—マントルの地震・電磁気観測

〔研究代表者〕田中 聡（海洋開発研究機構）

〔研究担当者〕大滝 壽樹（地質情報研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

地球深部構造の動的挙動の解明に向けて、地震学的観測から地球深部の統合的理解に貢献する。本研究では特に地球の外核下部から内核上部の地震波速度の深さ変化・不均質構造を研究対象とし、他の研究と連携して地球深部の統合的理解に取り組む。

今年度は北東太平洋下、外核最下部のP波速度構造を研究対象とした。外核は鉄に少しのニッケル、軽元素をふくむ液体と考えられている。本研究では内核表面で反射する波と外核最下部までしか通らない波の観測点への到着時間差、および後者の波の到着時間の周波数依存性を新たに解析した。到着時間差は底近くの速度に、周波数依存性は速度勾配に敏感である。そのため、外核底近くの地震波速度を従来より精密にきめることができる。解析の結果、この地域ではより浅いところとくらべて深さ方向の速度勾配が少しゆるやかになることが分かった。また、その速度は標準的な地球モデルより少し遅い。得られた成果は国際誌に公表した。従来の手法は外核底を通る波と内核を通る波を合わせて、あるいは外核底を通る波だけを使うため、今回の手法と比べマントルや内核の構造とのトレードオフが大きい。このような従来の手法の構造への感度についても考察した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地球の外核、P波速度、地震波速度の分散

〔研究題目〕海洋酸性化の沿岸生物と生態系への影響評価実験

〔研究代表者〕野尻 幸宏（弘前大学）

〔研究担当者〕鈴木 淳、長尾 正之（地質情報研究部門）
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

人為起源二酸化炭素がもたらす海洋酸性化の沿岸海洋生物への影響を種レベルと生態系レベルで明らかにする研究を、我が国の沿岸生物を主たる対象として実施する。計画第二年度にあたり、精密海水二酸化炭素分圧調整装置を用いて、サンゴの海洋酸性化実験の基本的な実験手法の検討を進めた。生物加入実験において、定着板に付着した藻類を評価する方法として、多波長蛍光光度計による底生藻類の測定を実施した。無傷細胞中の異なる藻類の色素蛍光特性を利用する方法により、原理的には珪

藻、藍藻、緑藻の簡易定量が可能であり、この手法を、異なったCO₂分圧の海水に長期間設置した定着板に付着した藻類について適用したところ、藍藻量が高いCO₂分圧区で高くなる傾向が見られた。

また、屋外型のCO₂分圧調整装置で約300 μatm から1,000 μatm の5段階に調整した海水でハマサンゴ片について予察的な長期飼育を試みたところ、約300 μatm の実験区のみ骨格成長量が他の実験区に比べて大きい結果が得られた。今後、表面積などを用いた各群体サイズの補正方法を採用し、検証実験を行う予定である。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕サンゴ、海洋酸性化、石灰化、ストレス

〔研究題目〕完新世における東アジア水循環変動とグローバルモンスーン

〔研究代表者〕多田 隆治（東京大学）

〔研究担当者〕板木 拓也（地質情報研究部門）、
木元 克典（海洋研究開発機構）、
内田 昌男（国立環境研）、
入野 智久（北海道大学）、
長島 佳菜（海洋研究開発機構）
（常勤職員1名、他5名）

〔研究内容〕

本研究は、東アジア夏季モンスーンに伴う降水の強度および空間分布が、幾つかの特徴的時間スケールで、どの様に、どの程度変動したか、その究極の支配要因は何かを、海水準や二酸化炭素濃度等の境界条件が現在とほぼ同じになった完新世中期以降に的を絞って解明することを目的としている。平成27年度は、沖縄周辺海域から採取されたコアの分析から、最終氷期から完新世にかけて堆積物の化学組成が著しく変化していることを明らかにし、それが海洋の生物生産と陸からの砕屑物の影響が大きく寄与していることを示した。また、同じコアを用いた微化石のMg/Ca比分析から深層水の水温変化を復元した。これらの成果は、国際誌に論文として発表された。また、古環境指標の開発を目的として日本海の表層堆積物および東シナ海のプランクトン試料から放散虫の分析を行い、両者とも国際誌に論文を発表した。現在、完新世における対馬海流の変動と分布の復元を目的として、日本海および東シナ海北部から採取された多数のコアの分析を進めており、平成28年度内の論文投稿を目指している。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕アジアモンスーン、水循環、古環境

〔研究題目〕西部北極海の水氷減少と海洋渦が生物ポンプに与える影響評価

〔研究代表者〕小野寺 丈尚太郎（海洋研究開発機構）

〔研究担当者〕田中 裕一郎（地質情報研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

北極海で、今世紀に顕著になった夏季の海氷減少は、生態系などの物質循環に強い影響を与えており、北極海の環境動態に注目が集まっている。そこで、本研究では、カナダ海盆南西部からチャクチ海西部縁辺を対象に、海洋物理場、プランクトン群集分布と生物起源沈降粒子の観測データを取得し、北極海の海氷減少が海洋表層物理場と生物群集や物質循環に及ぼす影響評価を行うものである。そのプランクトン群集分布と生物起源沈降粒子の観測データ取得や生態系の経年変化を観測するために、海洋研究開発機構所有の海洋地球研究船「みらい」により、2015年9月に、北緯75度、西経162度の海域地点とバロー岬沖の地点に、生物起源沈降粒子を捕集するためのセジメントトラップの投入作業を行った。2016年9月に、2測点のセジメントトラップを含む係留系を回収し、沈降フラックスの経年変化を基に、春季から夏季の基礎生産量と沈降粒子量に関する季節変動や生態系の挙動の解析を行う予定である。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地球温暖化、北極海、海洋生態系、海洋観測、沈降粒子

〔研究題目〕マルチビーム測深技術を用いた浅海底地形学の開拓と防災・環境科学への応用

〔研究代表者〕菅 浩伸（九州大学）

〔研究担当者〕長尾 正之、鈴木 淳（地質情報研究部門）（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

最先端マルチビーム測深を用いて作成する精密海底地形図を基に、知見がきわめて少なかった浅海底地形とその形成について議論を行い、従来の地形学にない「浅海底地形学」を開拓する端緒となる研究へ発展させることを目指す。さらに、可視化した沿岸域の地形を「防災基盤」として評価し、津波および温暖化に伴う台風・高潮災害の増大のリスクに対して、効果的な地形分布を明らかにすることが、本研究課題の目標である。

本年度は、本プロジェクトにより日本最大級の沈水カルスト円錐丘などのカルスト地形が発見された石垣島名蔵湾で、多項目水質計による調査を行い、表層では水温平面分布に差が無い一方、下層での変化が大きく、これは複雑な同湾の地形が関係していることを明らかにした。

また、石垣島屋良部崎沖の海底で発見された屋良部沖海底遺跡について、マルチビーム探査に基づいてとりまとめた論文が国際誌に掲載された。この海底遺跡は水深12～32mの海底に位置し、16～19世紀頃と推測される沖縄近世陶器群と7点の四爪鉄錨からなる。これまでの水中考古学的調査とマルチビーム探査から、この遺跡で発見された遺物群を対象とした近世琉球王国における海運で利用されていた船や、それらの船が搭載していた錨のタイプが明らかになった。この遺跡調査では、新たに

開発した低コスト型のROVによる沿岸海域での効用、水中文化遺産の保全と活用を目的とした教育プログラム開発における新たな可能性についても検討された。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕海洋探査、地形、サンゴ礁、可視化、防災

〔研究題目〕水月湖と日本海の精密対比：ダンスガード・オシュガーイベントの原因論をめざして

〔研究代表者〕中川 毅（立命館大学）

〔研究担当者〕池原 研（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

福井県の水月湖とその沖合の日本海の古環境変動記録を両者に共通して産出するテフラを介在に精密に対比することにより、最終氷期に繰り返し起こった急激な気候変動（ダンスガード・オシュガーイベント）の原因論に迫ることが目標である。本年はこの目標のため、若狭湾沖日本海の5地点において海底堆積物試料の採取を行い、コアの基本情報の取得（写真撮影、色測定、岩相記載、長さ管理など）とともに、対比の基礎となる肉眼で確認できるテフラの採取とその分析を行った。特に長尺のコアが採取できた2地点については、テフラ分析結果をもとに、近傍の隠岐堆でのテフラ層序及び暗色層層序との比較を行い、対比を確立させた。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕日本海、水月湖、テフラ、気候変動

〔研究題目〕複数核種と複数原理に基づく宇宙線年代決定法の新展開

〔研究代表者〕堀内 一穂（弘前大学）

〔研究担当者〕小田 啓邦、片山 礼子（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

パススルー超伝導岩石磁力計による堆積物コア試料の測定とデータの蓄積は、国際深海科学掘削計画（IODP）のジョイデスレゾリューション号・「ちきゅう」ならびに掘削コア試料リポジトリ付属の研究施設をはじめとして弊所を含む世界中の古地磁気実験室で10年以上にわたって行われている。しかしながら、パススルー磁力計による測定はセンサー感度曲線によって平滑化され、なおかつ歪められている。これまでパススルー磁力計のデータについてデコンボリューション処理が試みられてきたが、正確なセンサー感度曲線の取得ができなかったために、その実用化が遅れていた。本研究では、昨年度に引き続き Oda and Xuan (2014) で提案した試料の位置補正、試料の長さ補正の2つのパラメータを加えた新アルゴリズムによる赤池情報量規準に基づくデコンボリューションソフトウェアを MATLAB で開発し、Xuan and Oda

(2015)として論文発表した。また、昨年度に引き続いて精密成型した小型立方体プラスチックに埋め込んだ磁気点源と治具の改良を行い、これを用いてパススルー超伝導岩石磁力計のより正確なセンサー感度曲線を求めることに成功した。さらに、レーザー干渉距離計を用いて、試料トレイの位置決め誤差の評価を行った結果、堆積物試料無しで0.1~0.2 mm、試料有りで0.5 mm程度の誤差が確認された。位置決め誤差を考慮に入れたモンテカルロシミュレーションでは地球磁場の弱い地磁気エクスカージョンの部分で伏角誤差が最大3程度となることがわかった。これらの成果は学術誌に投稿中である。本研究によって、新しいアルゴリズムによるデコンボリューションの実用化に向けてさらに一歩前進した。今後の古地磁気学の発展に寄与すること、特に地磁気逆転・地磁気エクスカージョンによる古地磁気層序学の発展と年代決定の精度向上に役立つと期待される。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】地磁気逆転、地磁気エクスカージョン、デコンボリューション、国際深海科学掘削計画 (IODP)、パススルー超伝導岩石磁力計、センサー感度曲線、赤池情報量規準、ノイズ、モンテカルロシミュレーション、レーザー干渉距離計

【研究題目】水環境モニタリングからみる紅河流域都市の変容と持続可能性—ハノイを中心として—

【研究代表者】米澤 剛 (大阪市立大学)

【研究担当者】Venkatesh Raghavan (大阪市立大学)、
升本 眞二 (大阪市立大学)、
野々垣 進 (地質情報研究部門)
(常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

本研究では北部ベトナムを流れる紅河流域都市における人間活動を含めた社会構造が、洪水 (内水氾濫)、河川・地下水の水質汚染、地盤沈下、地すべりなどの都市環境問題に与える影響を解明することを目的とする。

今年度は、標高測量データ約24,000点、井戸掘削用のボーリングデータ約160点、都市計画地図 (2,000分の1) 約50枚を用いて、ハノイにおける地下構造モデリングを実施した。具体的には、まず、収集したボーリングデータの岩石土を30種類に区分した。次に、岩石土区分したボーリングデータについて岩相対比を行い、そこから地層境界の深度データをもとに、5つ地層境界のDEMを作成した。最後に、これらのDEMを、標高測量データや都市計画図から作成した地表のDEMと組み合わせ、3次元地質モデルを構築・可視化した。これらの成果の一部を国内外の学会で発表した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】ハノイ、ボーリングデータ、3次元地質

モデル

【研究題目】日本内湾の堆積物を用いた高時間解像度の環境復元と人間社会への影響評価

【研究代表者】川幡 穂高 (東京大学)

【研究担当者】鈴木 淳、山岡 香子 (地質情報研究部門) (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

湾内の水温が気温と高い相関を有するという特性を活かして、沿岸堆積物柱状コアを用いて高時間解像度で高精度の気温と関連環境指標の復元を行い、これらに影響を与えた自然環境プロセスを明らかにするとともに、人間活動への影響を評価する。これに基づき、社会の変化が人間社会の内部要因によるのかどうかを判断する。最重要の目標は弥生人が最初に日本に渡来した3,000年前 (^{14}C 年代で紀元前10世紀) 以降とするが、過去数千年間についても自然環境プロセスとの関係を解析する。また、平城京での古代消費社会以前、未汚染時の土壌の化学組成を明らかにする。研究は、1) 自然の作用のみによる環境の定量的復元、2) 環境の人間活動への影響評価より構成される。これらのデータとこれまで報告された文献を比較し、環境と人間活動の関係について考察することが、本課題の目的である。本年度は、課題計画初年度にあたり、沿岸堆積物柱状コアの試料について、有機炭素濃度及び炭素窒素濃度比分析を実施した。これらのデータは、放射性炭素年代、アルケノン古水温、粒度分析、さらに花粉情報から推測される降雨や湿度、森林の開墾など人間活動による土地利用状況の結果と総合して、当時の古環境について検討が実施された。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】古水温、弥生時代

【研究題目】地球史海洋底断面復元プロジェクト：太古代から原生代への環境大変動解明

【研究代表者】清川 昌一 (九州大学)

【研究担当者】後藤 孝介 (地質情報研究部門)
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

生命進化は、地球表層環境 (とくに大気・海洋の化学組成) と密接に関係してきたと考えられている。しかし、太古代や原生代では十分な生物化石が産出しないため、化石記録に基づき、生命や地球表層環境の進化を議論することはほぼ不可能である。そのため、堆積岩などの化学組成に基づき、当時の大気・海洋における物質循環を復元し、生命進化や表層環境変動を制約することが一般的である。本研究では、太古代の生命進化や大気・海洋酸化還元環境変動の理解を念頭に、西オーストラリアのピルバラ地塊より採取されたコア試料の地球化学組成を調べた。本年度は、コア試料よりパイライト鉱物を分離し、そのレニウム・オスミウム同位体を測定した。その

結果、レニウムは現世の硫化物よりも濃度が低い傾向にあるが、オスミウム濃度は、現世の硫化物と同程度あるいは濃集している傾向にあることを確認した。レニウム・オスミウム同位体の放射壊変系に着目したところ、分析したパイライトの形成年代は、32～72億年前と大きくバラつくことが分かった。このことは、様々な起源のパイライトが存在しており、現状の方法では堆積時の情報を正確に求められないことを示している。今後、太古代における海洋環境を復元していくために、堆積時の情報を保持しているパイライトのみを、分析に必要な量（～500 mg）分離する方法を確立していく予定である。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕太古代、地球史、Re-Os 同位体、地球化学

〔研究 題目〕ターミナル海盆の堆積記録を用いた南海トラフの地震発生履歴の高精度化

〔研究代表者〕芦 寿一郎（東京大学）

〔研究担当者〕池原 研（地質情報研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

海溝型巨大地震の過去の発生場所・時期の推定のために、地震動によって発生した混濁流を逃さずに溜められる深い凹地（ターミナル海盆）の堆積物から高精度で欠損のない地震履歴情報を得ることが目標である。本年はこの目標のため、駿河湾から日向灘の海域において調査航海を実施し、深海曳航式探査装置により表層地層探査記録と表層堆積物試料を得た。表層地層探査記録には活構造による変形地形が確認できた。また、熊野トラフの最新の重力流堆積物層の表層地層探査記録と堆積物コアを得た。今後、堆積物コアの解析により、重力流発生時期の特定を進める。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕南海トラフ、地震性タービダイト、ターミナル海盆

〔研究 題目〕国内古生物標本ネットワークの構築とキュレーティング支援方法の確立

〔研究代表者〕伊藤 泰弘（東京大学）

〔研究担当者〕兼子 尚知（地質情報研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

本研究では、国内の古生物標本を所蔵する大学・博物館・資料館等の標本データベースを横断的に検索できるようネットワークを構築し、古生物学の論文に記載された証拠標本（voucher specimen）について所蔵状況を明らかにしてその維持・管理体制を整備する。国内の大学・博物館・資料館等における標本の所蔵状況を把握し、いくつかの中・小型館等について標本整理や目録・データベースの作成からその公開に至るキュレーティング活

動を支援あるいは共同で行い、それらの成果を恒久的に維持できるようにアーカイブ等の仕組みを整備することを目指す。このような活動をケーススタディにして協力・支援方法を確立する。古生物標本を横断的に検索できるネットワークとして「日本古生物標本横断データベース<<http://jpaleodb.org/>>」を構築し、その拡充をはかるため、参加協力機関を増やす取り組みを行う。これは、参加協力機関が収蔵する標本情報のアーカイブを形成し、情報が複数のサーバに保存されていることによるバックアップ体制を継続的に維持するものとなる。

今年度は、参加協力を依頼するための協議の目的で、南相馬市博物館、いわき市石炭・化石館（共に福島県）、山形大学附属博物館（山形県）、秋田大学国際資源学研究所附属鉱業博物館（秋田県）、岩手県立博物館（岩手県）に出張し、各館の担当者と日本古生物標本横断データベースへの参加とデータ提供の依頼を行った。また、日本古生物学会例会（京都大学）において複数機関の担当者にデータ提供を打診し、協力を依頼した。今後、これらの博物館からデータの提供を受けてデータベースを拡充する。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕古生物標本、データベース、博物館学

〔研究 題目〕アラスカ湾堆積物から探る北米氷床の消長と海洋環境動態

〔研究代表者〕須藤 斎（名古屋大学）

〔研究担当者〕今野 進（九州大学）、朝日 博史（韓国極地研究所）、松崎 賢史（地質情報研究部門）（契約職員1名、他3名）

〔研究 内容〕

本研究課題では、アラスカ沖の地域的な構造運動と古気候・古海洋変動との関連性を明らかにすることを目的としている。平成27年度は、IODP サイト U1417で採取された掘削コアの上部200 m について珪質微化石である放散虫の生層序を確立し、年代モデルの構築を行った。分析が完了した全175試料の内、年度内に処理したのは80試料である。その結果、更新世の3つの放散虫化石帯を設定した：*B. aquilonaris* zone (0～0.45±0.1 Ma)、*S. universus* zone (0.45～1.2±0.1 Ma)、*E. matuyamai* zone (1.25±0.15～1.85±0.1 Ma)。その他、年代決定に有効な生層準である *L. sakaii* (0.03 Ma)、*A. setosa* (0.07 Ma)、*S. japoniscus* (0.3 Ma)、*S. robusta* (1.5 Ma) の最終産出イベントを認めた。これらの成果は、平成28年度中に国際誌に論文を投稿する予定である。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕アラスカ沖、生層序、放散虫

〔研究 題目〕パレオテチス収束域における島弧－縁海系の発達・崩壊過程に関する地質学的検

証

【研究代表者】上野 勝美 (福岡大学)

【研究担当者】原 英俊 (地質情報研究部門)
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

東南アジアのパレオテチス沈み込み帯において、ペルム系～三畳系前弧海盆堆積物及び背弧海盆堆積物の後背地解析により、発達した島弧-縁海系の地史を復元する。後背地解析では、砂岩組成、全岩化学組成、及び碎屑性ジルコン U-Pb 年代を融合することで、後背地における島弧火成活動の復元及びその時間変遷を構築することを目的とする。本年度は、タイ北部のナン地域及びベッチャブン地域、またラオス北部ウドムサイ～パックベン地域にて、碎屑岩の調査及び試料採取、また碎屑性ジルコン U-Pb 年代測定を行ない、同時代における前弧海盆と背弧海盆堆積物の後背地の違いについて検討を行った。碎屑性ジルコン U-Pb 年代分布及び砂岩組成の特徴から、前弧海盆堆積物の後背地では島弧火成活動の影響が強く示唆されるのに対し、背弧海盆堆積物の後背地は大陸及び背弧火成活動の影響が加味される。なおタイ南部やラオスでは、地帯構造区分が不明瞭になる。今後タイ北部で明らかになった前弧～背弧海盆堆積物の特徴を他地域に適用することで、タイ南部やラオスにてペルム～三畳紀の島弧発達過程を復元することが可能になる。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】パレオテチス、沈み込み帯、碎屑性ジルコン U-Pb 年代、タイ、ラオス

【研究題目】沈降域の沖積層を用いた最終氷期最盛期以降の海水準変動復元

【研究代表者】堀 和明 (名古屋大学)

【研究担当者】田邊 晋、納谷 友規 (地質情報研究部門) (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究は、テクトニックな沈降に伴って形成された、台湾の南西部に分布する世界最厚の沖積層を用いて、海洋酸素同位体ステージ (MIS) 3から最終氷期最盛期にかけての海水準変動を復元することを目的としている。平成27年度は、台南市付近において300 m 長のオールコア・ボーリングを実施し、ボーリングコア堆積物の岩相と生物化石相の記載のほか、各種解析を行った。300 m 長のボーリングコア堆積物の層序は、暫定的に次のように分けられる。ユニット1 (深度300～250 m) : 貝殻片と植物根を含む泥層、ユニット2 (深度250～200 m) : 貝殻片と植物根を含む砂層、ユニット3 (深度200～150 m) : 植物根を含む砂泥互層、ユニット4 (深度150～60 m) : 貝化石と生痕化石を含む砂泥互層、ユニット5 (深度60～0 m) : 貝化石と生痕化石を含む砂層。このボーリングコア堆積物からは、これまでに20点の AMS 法による放射性炭素年代値を得ており、おおよそ、ユニット

1は>40 cal kyr BP、ユニット2は40～30 cal kyr BP、ユニット3は20～15 cal kyr BP、ユニット4は15～8 cal kyr BP、ユニット5は8～0 cal kyr BP の堆積年代を示す。最終氷期最盛期の年代を30～20 cal kyr BP とみなすと、その層準はユニット2・3境界のハイエイタスに相当し、沖積層の基底は、このボーリングコア堆積物の深度約200 m に位置することになる。従って、ユニット1と2は MIS3の堆積物、ユニット3～5は沖積層に相当すると考えられる。なお沖積層のうち、ユニット3は海進期の河成層、ユニット4は海進期の海成層、ユニット5は海退期の海成層と見なせる。このボーリングコア堆積物からは、2層準において、微化石の有無を調べたが、珪藻化石は全く含まれていなかった。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】台湾、嘉南平野、MIS3、沖積層、沈降

【研究題目】深海における地磁気異常が明らかにする古地磁気変動

【研究代表者】島 伸和 (神戸大学)

【研究担当者】沖野 郷子 (東京大学)、野木 義史 (極地研究所)、佐藤 太一 (地質情報研究部門) (常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

深海における地磁気観測から得られる地磁気異常を利用することで、海洋底の磁化の記録から、地磁気の逆転のより詳細な古地磁気変動を読み取ることが本研究の目的である。具体的には、設定した調査海域において海上および深海における地磁気観測を実施し、得られた地磁気観測データを解析して、海洋底の磁化変化を推定する。

本年度の最も大きな実績は、調査海域1 (インド洋) で観測を、平成28年1月に学術研究船「白鳳丸」による調査航海により実施したことである。観測には、海上曳航式プロトン磁力計、船上3成分磁力計、深海曳航式磁力計を用いて、海上および深海での地磁気観測データを取得した。調査海域1には、2つの長大なトランスフォーム断層がある。トランスフォーム断層は、海洋底にある大きな傷でマントルへの水の取り込みの有力な候補だと考えられている。この長大なトランスフォーム断層の存在は、マントルへの水の取り込みによる蛇紋岩化現象とこれに伴う磁化変化が起こりえる場所である。得られた観測データの解析を開始している。

調査海域1での調査以外では、AUV「うらしま」に取り付けて利用するオーバーハウザー型磁力計の導入を行った。また、調査海域3 (マリアナトラフ背弧海盆) での調査を、(独) 海洋研究開発機構の研究船利用公募課題として提案したが、残念ながら不採択であった。一方、調査海域4 (太平洋ハワイ沖) での海上地磁気異常データのコンパイルも開始している。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】地球磁場変動、地磁気異常、海洋底の磁

化

〔研究題目〕中央海嶺下マントルの再考：マントルの均質／不均質化と海洋プレートの物質科学的実体

〔研究代表者〕森下 知晃（金沢大学）

〔研究担当者〕針金 由美子（地質情報研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

中央海嶺起源とされる「メルト成分に枯渇したかんらん岩」の成因を検討し、海洋マントル最上部物質における不均質性と形成メカニズムを解明するために、拡大速度の異なる海域から採取した中央海嶺のかんらん岩（比較として島弧から採取されたかんらん岩も用いる）の岩石学・地球化学・構造地質学的研究を行う。研究担当者は平成27年度において、北極海のガッケル海嶺と伊豆・小笠原海溝から採取されたかんらん岩について、化学組成分析と構造解析を行った。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕海洋プレート、かんらん岩、不均質性、中央海嶺、島弧

〔研究題目〕生物源マグネタイトの役割の解明による古地磁気・岩石磁気研究の刷新

〔研究代表者〕山崎 俊嗣（東京大学大気海洋研究所）

〔研究担当者〕七山 太（地質情報研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

西部赤道太平洋の西カロリン海盆南部で採取された、過去約40万年をカバーする2本のピストンコア（KR0515-PC2、PC4）のX線CT画像を撮影した。水深はそれぞれ3,583 m（PC2）、4,277 m（PC4）であり、堆積速度はともに平均約4.5 cm/kyrである。これまでの環境岩石磁気学研究により、この海域では北半球夏の日射量変動に伴うモンスーン強度の変動により生物生産量が変化し、それが走磁性バクテリアの生産を通じて生物源・陸源磁性鉱物の割合を変化させているらしいことが判明した。炭酸塩含有量・含水比を補正後の磁化率では、約10万年の周期的変動が卓越することから、氷期・間氷期変動の影響を受けているとも考えられる。粒度分布測定、磁化率異方性測定及び3.5kHz SBP記録からは、底層流の影響を受けていることが推定された。今年度新たに行ったX線CT画像によって、大型生痕が複数の層準で発見され、今後より詳細に解析することにより、この海域の深層水循環の変動と磁化率変動との関係を考察したいと考えている。PC2、PC4コアについてIceland Basin excursion（～190 ka）の古地磁気強度記録を、堆積残留磁化による方法と¹⁰Beフラックスによる方法で比較したところ、lock-in depthは6cm（PC2）、10cm（PC4）と差があった。このことは、両

コア間で堆積残留磁化獲得プロセスに違いがあることを示している。今後bioturbation強度との関係を検討することが重要な課題と考えている。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕生物源マグネタイト、古地磁気、岩石磁気研究

〔研究題目〕タイ国産腕足動物化石の炭素・酸素同位体組成を用いた石炭紀～ペルム紀の古環境復元

〔研究代表者〕井龍 康文（東北大学）

〔研究担当者〕原 英俊（地質情報研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

タイには保存の良い石炭系～ペルム系の腕足動物化石が産出することが知られている。この腕足動物化石殻にて炭素・酸素同位体組成分析を行い、石炭紀～ペルム紀にかけた熱帯赤道域の海洋環境変動を明らかにすることを目的とする。昨年度の成果により、分析に適した腕足類化石について理解が進んだ。今年度は、タイ北中部のペッチャブン地域、タイ中西部のカンチャナブリー地域にて、分析に適した種にしばり腕足類化石の採集を行なった。採取の際には、腕足類化石同位体組成の固体内変異、個体差、地域差、種間差の違いに留意するため、地質柱状図を作成しながら産出層準の記載を行なった。採取した試料について、東北大学にて、腕足類化石の記載・同定を行い、さらに代表的試料の切断面観察を行なった。そして不要な続成作用を被っている化石の除去、炭素・酸素同位体組成が当時の海洋環境を反映している種と部位の選定を行ない、分析を進めた。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕腕足類、石炭紀、ペルム紀、炭素・酸素同位体組成、タイ

〔研究題目〕南鳥島EEZに眠るマンガンジュールとレアアース泥の成因と資源ポテンシャル

〔研究代表者〕中村 謙太郎（東京大学）

〔研究担当者〕加藤 泰浩（東京大学）、藤永 公一郎（東京大学）、沖野 郷子（東京大学）、町田 嗣樹（海洋研究開発機構）、佐藤 太一（地質情報研究部門）
（常勤職員1名、他5名）

〔研究内容〕

最先端の電子技術や環境エネルギー技術に不可欠な希土類元素（レアアース）や有価金属元素（レアメタル）の安定確保は日本の経済・産業の未来を左右する重要課題となっている。共同研究者らは南鳥島の排他的経済水域（EEZ）に、これまで日本のEEZ内には存在しないと考えられていた「マンガンジュール」と「レアアース

ス泥」が存在していることを発見した。EEZ 内に新たに見つかったこれら資源の実態（分布、規模、成因）が明らかとなれば、海底鉱物資源の開発に大きな弾みがつくだけでなく、将来的に資源小国という宿命をも変える可能性がある。本課題では南鳥島 EEZ 内のこれら資源について、「どこに」「どのくらい」「どうして」存在するのかを明らかにすることを目的に研究を行なっている。

本年度は、南鳥島 EEZ 内のマンガンノジュールおよび堆積物についての研究を進め、以下の結果を得た。

(1)南鳥島 EEZ 内において調査船「みらい」による1航海を実施し、ピストンコアラーを用いた海底堆積物のサンプリングを実施した。その結果、超高濃度レアアース泥層の分布する南鳥島南方海域において、合計16本のピストンコアを採取することができた。(2)これまでに得られているサブボトムプロファイラーの解析を行い、南鳥島 EEZ 全域におけるレアアース泥およびレアアース泥を覆う表層泥の分布を明らかにし、学会発表、論文作成および投稿を行った。(3)これまでに得られているマルチビーム音響測深データの解析を行い、南鳥島 EEZ 南部から南東部に掛けてのレアアース泥露出域においてマンガンノジュール分布を示すと考えられる甲板者領域が広く分布していることが明らかとなった。(4)これまでに南鳥島南方海域において採取されたコア試料の化学組成分析を行い、昨年度までに得られたすべてのコア試料の化学組成データを得た。(5)マンガンノジュールの主成分元素・微量元素分析を行い、その組成変化から南鳥島 EEZ 内のマンガンノジュールは、同じく EEZ 内に存在する海山のマンガングラストとよく似た組成およびの組成変化を示すことが明らかとなった。(6)堆積物の化学組成解析から南鳥島 EEZ 内のレアアース泥は、サブボトムプロファイラーによる探査では見分ける事のできない複数の層準に分けられることが明らかとなった。さらに、それらの層序は場所によって欠落が認められ、レアアース泥の堆積期間中に少なくとも1回は大きな剝離イベントが存在していた可能性が高いことが示唆される。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】レアアース泥、南鳥島 EEZ、サブボトムプロファイラー、マルチビーム音響測深機、ピストンコア、マンガンノジュール

【研究 題 目】現代リスク社会の変容における公共政策の役割：公共政策と「不確実性」

【研究代表者】清水 美香（京都大学）

【研究担当者】大谷 竜（地質情報研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本年度は、大規模地震発生に関する予測過程の詳細説明および、予測結果の社会での活用のために国民に伝え

られるプロセス等を解明することを目的に、東日本大震災や東海地震の事例を中心とするケーススタディを行った。政府の地震調査研究推進本部や地震防災対策強化地域判定会において、収集された地震学的データから、どのようなプロセスで地震防災情報に変換されているのか、またそうした情報がどのように評価され社会に届けられているのかについて、既存文献や資料等から整理した。その上で、米国のシンクタンクや地質ハザード評価に対応しているアメリカ合衆国地質調査所ハワイ火山観測所などで行われている同様の活動に関して情報収集や現地調査を実施し、両者を比較した。その結果、両国のハザード評価の実施や検討体制の相違が、地震や火山噴火等といった地質ハザードに対応するための政策形成に大きな影響を及ぼしていることが認められた。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】地震、火山、地質ハザード、公共政策、不確実性、リスク

【研究 題 目】信頼度を含む高分解能地質情報を発信するための Web-GIS 3次元地質モデラーの開発

【研究代表者】升本 眞二（大阪市立大学）

【研究担当者】根本 達也（大阪市立大学）、
Venkatesh Raghavan（大阪市立大学）、
野々垣 進（地質情報研究部門）
（常勤職員1名、他3名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、3次元地質情報を発信するために開発した「Web-GIS による3次元地質モデリングシステム」を実用的なものに進化させ、信頼度を含めた高分解能3次元地質モデルの構築・発信を可能にすることである。

本年度は、理論的基礎の確立とシステム開発を行った。理論的基礎の確立では、モデル空間全体を対象とする、地質モデルの信頼度評価方法を確立した。一般に、複雑な地質構造を示す空間領域では、より多くのデータが必要である。また、個々のデータが影響する範囲は少ない。このことを反映するために、本手法では、モデル空間全体をボクセルで表現した上で、3次元に拡張したカーネル密度推定法により、各セルにおけるデータ密度を求める。また、地質体の分布から求めた地質モデルの複雑さを用いて、データ密度を補正することで、地質モデルの信頼度を得る。システム開発では、確立した信頼度の評価方法に基づき、地質境界面とモデル空間全体の信頼度を求めるプログラムをそれぞれ開発した。また、地質境界の位置や傾きなどのデータを十分に反映するための、不規則節点に基づく双3次 B-スプラインを用いた地層境界面推定法とそのプログラムを開発した。これにより、データが局所的に密集する場合でも、従来と比較して少ない計算量で、精度の高い曲面推定が行えるようになった。これらの成果の一部を国内外の学会で発表した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター
 〔キーワード〕地質情報、信頼度、Web-GIS、3次元地質モデル

〔研究 題目〕低圧変成帯の温度圧力構造と島弧地殻のダイナミクスの解明

〔研究代表者〕池田 剛（九州大学）
 〔研究担当者〕宮崎 一博（地質情報研究部門）
 （常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

島弧及び大陸縁辺部での対の変成帯形成過程を解明するために、未解明の部分の多い低圧型変成帯の温度圧力構造、年代を明らかにし、数値シミュレーションによって地殻内部の物質循環を明らかにする。本年度は、九州西部天草の前期白亜紀高圧グラニュライト～角閃岩とほぼ同時期に同様の条件で形成されたと推定される四国西部の唐崎マイロナイト及び大島の大島変成岩の野外調査を行った。野外調査により、以下のことが明らかになった。1) 唐崎マイロナイトは角閃岩相程度で部分熔融を起こした高温型の変成岩であり、その後著しいマイロナイト化を被り、周囲の三波川変成岩とダクタイルな変形を伴いながら接合している。2) 大島変成岩はグラニュライト相～角閃岩相の部分熔融した高温型変成岩とこれに貫入する閃緑岩～はんれい岩体からなり、部分的にマイロナイト化を被っている。さらに、局所的にはシュードタキライトを生じている。構造的な下位の三波川変成作用を被った御荷鉾帯および北部秩父帯の弱変成岩とは破砕帯を伴う断層で接する。

〔領 域 名〕地質調査総合センター
 〔キーワード〕変成帯、島弧地殻、温度圧力構造

〔研究 題目〕有孔虫安定同位体組成のバラツキを活かす：海洋底層環境指標の時空間評価へ向けた試み

〔研究代表者〕石村 豊穂（茨城工業高等専門学校）
 〔研究担当者〕池原 研（地質情報研究部門）
 （常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

本研究では、海底堆積物中の底生有孔虫遺骸の安定炭素・炭素同位体組成のバラツキから海洋底層環境を評価する手法の確立を目指している。本年度は昨年度に引き続き、北海道沖から採取された表層堆積物中の底生有孔虫の種ごとに1個体ごとの同位体測定を行い、そのバラツキの程度を確認した。特に今年度は通常海底環境復元に使われる *Uvigerina akitaensis* 以外の環境指標種の探索を行った。その結果、十勝沖では *Nonionellina labradorica*、日高沖では *Islandiera norcrossi* が環境指標として有用性が高いことが認定できた。また、日高沖では *Bolivina spissa* が水温指標として利用できることが分かった。

〔領 域 名〕地質調査総合センター
 〔キーワード〕海底環境、底生有孔虫、同位体

〔研究 題目〕東海地震に関する防災政策の経済的インパクトの研究

〔研究代表者〕宮崎 毅（九州大学）
 〔研究担当者〕大谷 竜（地質情報研究部門）
 （常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

昨年度に行った東海地震対策の民間住宅における被害軽減効果について、分析の拡張を行った。具体的には、本研究で用いているcounterfactual analysisの前提である、大規模地震対策特別措置法や地震財特法施行前の地震防災対策強化地域と全国における建物分布の前提条件が満たされているのかを1978年のデータで調べた。また、耐震改修状況別の地震被害推定も行うことによって、耐震改修の効果がどの程度あったのか、またその要因は何であったのかについて検討した。その結果、分析の方法は妥当であること、耐震改修には有意な減災効果が認められなかったことが分かった。

またこうした分析を民間住宅のみならず、公共施設等も含めた全ての建造物に拡張するために、公共施設等のデータベース構築も行った。今回は特に、東海地震の影響が最も大きい静岡県に絞り、静岡県庁を訪問して静岡県の被害想定で使用しているデータや東海地震対策の公共施設への実施状況についてヒアリング調査を行った。その結果、静岡県の第3次被害想定で使用していた100万戸以上の建物およびその属性（場所、階数、建築年、場所、構造、耐震補修状況）のデータを利用できることが分かり、それらのアーカイブを行って、データベースを構築した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター
 〔キーワード〕地震財特法、大規模地震対策特別措置法、東海地震、地震被害軽減効果、地震予知情報

〔研究 題目〕X線ホログラフィ映像法を用いた媒質内屈折率分布の3次元測定

〔研究代表者〕日比野 謙一（工学計測標準研究部門）
 〔研究担当者〕日比野 謙一、Ilpo O. Niskanen
 （地質情報研究部門）
 （常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

生体におけるタンパク質分子や、より単純な生体物質分子の空間分布を高い空間分解能で同定、検出する方法として、X線ホログラフィを利用することを将来目標とする。そのために必要なホログラフィの画像再生とノイズの低減技術を今回研究する。具体的には、加速器放射光から発生したX線で微小球粒子を撮影したホログラムから位相情報を抽出し、円錐波X線を照射した場合

の再生像を計算機内で計算して実像と虚像を分離して再生する。従来の X 線ホログラムは、平面波 X 線で物体を照射するガボール型ホログラムであったが、この場合実像と虚像のふたつの情報が重なって再生されるため、低雑音の鮮明な粒子画像を得ることが困難であった。今回、円錐状発散光で粒子を照明・記録することで、再生時に二つの像の一方が発散光、他方が収束光となるために、適当な距離に絞りを置くことで両者を分離できることが、理論研究で明らかとなってきた。この手法を用いて、例えば実像成分を分離してその雑音強度を大幅に小さくすることが可能であると予想される。今回は、既に撮影されたポリスチレン粒子の X 線ホログラムから、虚像成分ないし実像成分を可視波長レーザー光を用いて抽出、再生像を作り出し、理論の有効性を実証する。

研究担当者の出身である OULU 大学で蛍石と炭酸カルシウムのナノ粒子試料を作成し、可視光レーザー照射時の散乱光強度からナノ粒子の屈折率を決定し、バルク屈折率からの変化を評価する。X 線用の二次元検出器のノイズレベルの情報交換のために、光検出器メーカーである浜松フォトンクスやその方面の研究を行う光産業創成大学院大学の研究グループと情報交換を行う。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】屈折率、ナノ粒子、長さ計測、X 線ホログラフィ、デジタルホログラフィ

【研究 題 目】パルス超音波デコンボリューション法を用いたワイドレンジ流速分布過渡流量計の開発

【研究代表者】和田 守弘（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】和田 守弘（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、パルス超音波デコンボリューション法を用いた従来にない超音波流速分布過渡流量計の基礎システムを構築し、産業技術総合研究所の流量検定設備を用いた実流試験にて検証することを目的とし、本年度は、その基盤となるハードウェア及びソフトウェアを設計・試作した上で、産総研所有の流量検定設備にて基礎検証試験を行った。具体的には、超高速デジタイザを購入し、システム開発ソフトウェア LabVIEW による超高速サンプリングシステムの基礎システムを構築した。また、パルス超音波デコンボリューション法の重要な要素技術である超音波伝搬面の極微小歪み検出アルゴリズムの構築に向け、超音波送信用のセンサ及び超小型の受信専用好感度センサを設計製作するとともに、実際に超音波送受信に関する基礎試験を実施し、成功している。また検出した超音波信号から流れに起因した遅れ時間の過渡変化を演算するアルゴリズムを検討、基本ソフトウェアを製作した。パルス超音波デコンボリューション法の高度化に不可欠なパワーアンプや超低ノイズプリアンプ等を選定・入手し、超音波の特殊形状パルスの送受信器を試

作すると共に、実流試験にてその基本的な効果検証を行っている。上記で試作・構築したシステムにてパルス超音波デコンボリューション法を用いた流速分布過渡流量計の基礎システムを構築し、産総研所有の流量検定設備にて基礎検証試験を行った。加えて、従来不可能とされていたパルス超音波シングルパルスドブブラー法に必要なハードウェア・ソフトウェアを検討・設計した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】超音波、流量、流速分布、過渡変化

【研究 題 目】マイクロレオロジーセンサーで切り拓くインライン粘弾性モニタリングの新展開

【研究代表者】山本 泰之（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】山本 泰之、松本 壮平（集積マイクロシステム研究センター）山本 智子（集積マイクロシステム研究センター）
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

液体レオロジーは、分子の力学的な変形の特長や、液体分子間の相互作用などに関する情報を得ることができる物性値であり、医薬品、化粧品、食品、高分子などの産業分野で高い頻度で測定されている。また、レオメータと呼ばれるレオロジー性質の測定器は、通常1,000万円以上もする高価な機器であり、低価格化と、小型化が望まれていた。特に小型化によって、インライン、その場測定などが実現できれば、液体を用いる産業の広い分野において大きなインパクトを与えられると考えられる。そこで本研究では、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術を用いたマイクロレオロジーセンサーの開発を行っている。

開発の2年目の2015年度は、マイクロレオロジーセンサーの実現に向けて、センサーチップの試作と理論解析を進めた。

センサー試作では、これまでの測定回路ではセンサー部分と測定回路の温度差によって、粘度の検出誤差が発生していたものを、センサーに検出回路の一部を集積化することによって、温度差の影響を除去することに成功し、0.1℃程度の精度で温度制御した状況でセンサーの評価を行い、既知の標準液の校正値との偏差で3%以内の高精度に測定可能であることを実証した。測定環境の温度制御を見直すことによってさらなる高精度化が実現できる見込みも得られている。

理論検討では、これまで数値シミュレーションによって導いていた最適なうずまき形状の設計方法を、解析解を得ることに成功し、数値シミュレーションによる試行錯誤的な探索に頼らずに最適解を導出することが可能になった。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】粘度、粘性率、センサー、MEMS、マイクロマシン、プロセス粘度計

〔研究題目〕 気体定数への新たなアプローチ-6桁の精度で気体密度を測る

〔研究代表者〕 粥川 洋平（工学計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 粥川 洋平（常勤職員1名）

〔研究内容〕

基礎物理定数のひとつである気体定数は現在、気体の音速測定結果から決定した値が採用されているが、他の独立な方法による測定結果との比較検証は未だに出来ない。一方、工学計測標準研究部門における近年の研究で密度の計測技術は信頼性が格段に向上しており、気体の密度計測から6桁レベルの相対不確かさで気体定数を決定する可能性が見えてきた。本研究では8桁の水準を実現しているシリコン固体密度標準を気体の密度計測に応用し、6桁レベルで気体定数の正確さを検証することを目的とする。平成27年度は、前年度に基本設計を完了し仕様を決めた気体密度測定用のシリコン球体および金属製シンカーの寸法、圧力範囲にもとづき、測定対象気体である高純度ヘリウムガスの気体吸着の影響を評価検討した。検討の結果、気体密度測定の基準となる、シリコン単結晶球体の表面粗さ等に関する仕様を決定し、球体研磨加工の可能なメーカーに発注した。同シリコン単結晶球体は2016年4月に納品予定である。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 計量標準、超精密計測、熱工学、基礎物理定数、一般気体定数

〔研究題目〕 光周波数コムを利用した屈折式海水塩分センサの開発

〔研究代表者〕 粥川 洋平（工学計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 粥川 洋平（常勤職員1名）

〔研究内容〕

海洋観測においてこれまで用いられてきた電気伝導度センサは、換算した絶対塩分の値に誤差を生じる特性があり、測定精度についても海洋研究の要求を満たしていなかった。そこで本研究では、絶対塩分をダイレクトに計測可能な屈折率センサを開発することを目的とし、分光干渉計と光周波数コムを組み合わせた計測技術の開発により、従来センサの20倍の測定精度を実現することを目標とする。

初年度である平成27年度は、海水用および純水用として、光路長40 mm のセルをそれぞれ用意し、市販のレーザー分光干渉変位センサを用いて屈折率差の測定を行った。この結果から、屈折率による絶対塩分の計測で従来の電気伝導度センサと同等以上の分解能を有することを確認した。また、屈折率センサの信頼性評価に必要な絶対塩分の測定のため、液中秤量装置を用いた標準海水の密度測定を実施した。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 絶対塩分、屈折率、光周波数コム、海洋物理、センサ

〔研究題目〕 高レイノルズ数円管流れにおける摩擦損失係数の定式化と普遍速度分布に関する研究

〔研究代表者〕 古市 紀之（工学計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 古市 紀之（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、発達した円管流に対して、高レイノルズ数試験設備等において、管摩擦損失係数と LDV を用いた流速分布の同時計測を高精度に行い、それぞれの結果に対して、 10^7 オーダーの高レイノルズ数領域における普遍的な関数形を決定することを目的とする。

平成27年度においては、口径100 mm の配管において、最大 10^6 の管レイノルズ数における流速分布計測を実施し、その速度分布と管摩擦係数との整合性および平均流速分布型、さらに空間情報に対する補正方法について、検討を行った。流速分布計測には LDV を用いた。産業技術総合研究所における高精度流量校正設備を用い、安定した流量および水温条件のもと、流速分布および乱流強度計測を粘性低層から後流にかけて精密に実施した。流速分布計測部の上流において、管摩擦係数の計測を同時に行い、ここから得られる壁面せん断応力から摩擦速度を算出した。平均流速分布において、対数則による整理を行うと、レイノルズ数が 3×10^5 以上において、カルマン定数や切片定数 B が一定となることが分かった。本研究においてカルマン j y 法数は0.382~0.383の値をとる。この平均流速分布から得られたカルマン定数は、 3×10^5 より大きいレイノルズ数に対する管摩擦係数の実験結果から得られる値と良く整合し、Superpipe における結果と大きな差があることが明らかになった。本研究において求められたカルマン定数は、平板境界層やチャネル流ときわめて近い値となっており、壁乱流における相似性を明確に示す結果を得ることができた。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 高レイノルズ数、管摩擦係数、流速分布、不確かさ、管内流

〔研究題目〕 高レイノルズ数条件における高精度流量計測のための複測線式多点同時計測 LDV の開発

〔研究代表者〕 古市 紀之（工学計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 古市 紀之（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究においては、高精度流量計測およびその校正方法がまったく確立されていない高温大流量条件化および高レイノルズ数条件下における絶対的な高精度流量計測を、多点同時計測レーザードップラー流速計 (LDV) をベースとした面的な流速分布計測可能な複測線式多点同時計測 LDV を新規に開発することにより行うことを目的としている。

平成27年度においては、複数測式多点同時計測 LDV

システムの構築を、光学系および制御系において実施した。532 nm と 475 nm の異なる波長のレーザーを用い、二計測線において計測が可能にするための光学システムを構築した。レーザーはシリンダリカルレンズを用い、ライン状の測定体積に変換される。受光は、光ファイバーアレイ上にアクロマティックレンズを用いて集光させるシステムとした。各ファイバはアバランシェフォトダイオードに接続され、ドップラー信号を検知される。

信号処理においては、オンボード上において、高速 AD 変換をチャンネルごとに行う方法を選択した。最大の信号処理可能なチャンネル数は30点となっている。信号処理としては、一定周期における流量情報を出力するために、100 ms の連続データを取得後、データ転送、信号処理の手順を踏み、1秒ごとの出力が可能のようにシステム構築を目指している。なお、連続的には約10秒程度の計測が可能である。流量は、壁面近傍の流速分布を補完したうえで、流速分布を積分することにより算出することとした。

以上の他、複測線式多点同時計測 LDV の設置台および計測用ウィンドーチャンバーの設計等を実施、平成28年度のシステム完成後における実流試験に関する準備を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】多点 LDV、管内流、流速計測、流速分布

【研究 題 目】自己校正型ロータリエンコーダを利用した絶対形状測定システムの開発

【研究代表者】近藤 余範（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】近藤 余範（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、表面の局部傾斜角度測定に基づく新たな形状測定システムを提案した。提案システムでは、まず、口径1-2 mm 程度のレーザービームをペンタミラーの反射を介して測定対象の表面に照射する。次に、ペンタミラーを走査し、レーザービームを対象表面上でスキャンする。ハーフミラーから切り出された対象表面からの反射光を、ミラーの反射を介して、レンズとポジションセンサにより角度検出システムに入射させる。ポジションセンサは、レンズの焦点面に置かれており、ペンタミラーの走査に伴い局部傾斜角度が変化すると、センサ上のビームスポット位置が変化するが、提案システムでは、局部傾斜角度が変化してもスポット位置が変化しないように、ミラーの角度を変更することが可能なフィードバック制御システムを開発した。ミラーの回転角度を自己校正型ロータリエンコーダ (SelfA) によって測定することにより、間接的に対象表面の局部傾斜角度を測定することができる。

提案システムでは、①オートコリメータ (AC) の測定光 (口径6 mm 以上) を使用する多くの装置と比較し、

口径1-2 mm のレーザービームを利用することにより、表面の測定可能な横分解能が向上する。②また、AC の校正として用いられている SelfA を直接角度測定に用いるため、絶対精度が向上する。③SelfA を用いることにより、AC の測定範囲 (1000角度秒程度) を大幅に超える曲率数 $m \sim$ 数十 m 以上 (局部傾斜角度10度以下) の測定も可能となる。

開発したフィードバックシステムを用いた形状測定において、1 nm 以下の形状測定の繰り返し性を達成した。また、間接的な角度を測定する SelfA の絶対角度測定精度を評価した結果、 ± 1 度の範囲において0.036角度秒以下の精度を実現した。平面から数 m 程度までの曲率をもつ表面形状 (自由曲面) を数 nm の絶対精度で測定できることが実験的に検証した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】ロータリエンコーダ、自己校正法、形状測定、平面、球面、自由曲面

【研究 題 目】電磁力による新たなトルク計測技術に関する研究

【研究代表者】西野 敦洋 (工学計測標準研究部門)

【研究担当者】西野 敦洋 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究では、一様な静磁場中に置かれたコイルに電流を流すことでトルクが発生する原理に基づいたトルク発生装置を開発し、電磁力による新たなトルクの計測技術を確立することが目的である。現在、最も精密にトルクを発生させることができる方法は、モーメントアーム先端に分銅 (またはおもり) を載荷する方法 (重力による方法) である。この方法では、質量や発生装置の大きさなどに制限があるため、微小領域への拡張が困難であった。一方、電磁力によるトルクの発生方法は、コイルの形状や磁束密度の厳密な評価が困難であったため、精密にトルクを発生できたという報告はない。本研究では、その課題を、ワットバランス法によるプランク定数の絶対測定に関する研究に着目し、電氣的仕事率と力学的仕事率の関係から克服する。当該年度は、角速度・角度位置計測系の構築、無線型電流・電圧計測装置の開発、永久磁石による異極対向型磁気回路及び矩形コイルの製作、制御プログラム等を開発し、電磁力によるトルク発生装置の開発に成功した。さらに本装置を用い、静磁場中に置かれた矩形コイルを一定の角速度で回転させ、生じる誘導起電力と矩形コイルの角度位置を計測した。それにより、矩形コイル全体を貫く磁束を、誘導起電力の最大値と角速度により評価することができた。現在は、電磁力による国際単位系 (SI) にトレーサブルなトルクの実現に向けて、同じ装置を用いて、矩形コイルに電流を流してトルクを発生させる実験を行っている。さらに、本装置が実現するトルクの不確かさ評価、本装置によるトルク計測機器の校正技術の開発、トルク計測による重

力と電磁力の同等性に関する実験的検証を行う予定である。

〔領 域 名〕計量標準総合研究センター

〔キーワード〕トルク、超精密計測、微小トルク、電磁力、ワットバランス

〔研究 題目〕スペクトラム拡散法を用いた曲流路探傷式高精度超音波流量計測システムの開発

〔研究代表者〕木倉 宏成（東京工業大学・原子炉工学研究所）

〔研究担当者〕古市 紀之（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

スペクトラム拡散を用いた際の超音波の金属壁透過では、壁厚さに対する超音波入射条件の選択が必要であり、最適入射条件は配管壁の材質、厚さおよびセンサの設置角度、発振周波数などが透過率に依存するため、前々年度・前年度に引き続き、音場解析にもとづく透過実験を行った。また、前年度設計・製作した測定部を用いて垂直円管流路実験および水平曲管流路実験を行った。フェイズドアレイ技術を応用した簡単な超音波探傷実験を行い、曲がり管での探傷効果を評価した。前年度改良したフェイズドアレイ流速分布計測システム（UVPf）を用いて水平円管流路内速度分布計測を行い、UVPfの有効性を確認した。実機適用条件の高温条件に適用するための、超音波センサの基本設計を検討した。高温計測には、センサに使用する音素素子の高温対応と、遅延材を冷却して測定する冷却方法を検討した。ここで、遅延材による冷却実験には、センサ感度の温度依存性、遅延材料、遅延材形状、遅延材長さおよび冷却方法を調べるための予備実験を行った。また、音素素子の高温対応に関しては、キューリ温度の高いニオブ酸鉛等を用いたセンサの感度応答を調べ、常温センサ冷却と高温用センサ使用で銅罐が優位であるか調べ、実機適用性を調査した。実機に近い条件で実験を行うための産業技術総合研究所所有の実験流路の前年度予備調査に加え、現地調査を行い、現場適用に向けたシステム設計を検討した。計測結果を基に超音波流量計の流量計測における不確かさ評価として、レイノルズ数依存性、温度圧力依存性、上流攪乱要素の影響（偏流、助走区間等）、配管内面粗さの影響等を検討した。なお、速度分布計測結果にデータ欠損が多い場合は、ディエイリアッシングやフィッティング手法を用いて補正をすることを考えた。また、この場合の不確かさ評価を検討した。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕探傷式高精度流量計測システム、流量、スペクトラム拡散法

〔研究 題目〕in-situ 温度測定によるイッテルビウム光格子時計の高精度化

〔研究代表者〕田邊 健彦（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕田邊 健彦（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究では、申請者所属のグループが世界で初めて開発に成功し、次世代時間標準の有力な候補の一つである「イッテルビウム（Yb）光格子時計」の更なる高精度化を目的としている。現在の Yb 光格子時計の主な不確かさの一つは、原子を取り囲む環境からの黒体輻射に起因する。これは、環境温度の測定の不確かさが大きいことが原因である。そこで、時計遷移の上準位から n （主量子数）が15から40のリュードベリ状態への遷移周波数を測定し、原子を取り囲む環境温度をその場（in-situ）測定する。これは他の理論グループにより提案された手法である。

昨年度までに、磁気光学トラップ中の Yb 原子の数を増やすことを目的として、大強度の399 nm 光源を開発した。しかし、Yb 光格子時計が不調であり、環境温度の in-situ 測定には至らなかった。一方、リュードベリ遷移周波数測定による環境温度の測定は、ストロンチウム（Sr）光格子時計でも可能である。Sr 原子の時計遷移も次世代時間標準の候補の一つである。

そこで、Sr 光格子時計による本研究遂行の可能性を検討した。そのためには、現状の Sr 光格子時計の精度をさらに上げる必要があったために、Sr 光格子時計の絶対周波数測定をさらに進めた。測定方法を工夫することで、以前に本グループが測定した結果よりも、3倍以上の高精度での絶対周波数測定に成功した。この成果は、2015年9月に行われたメートル条約関連会議にて議論され、Sr 原子の時計遷移の推奨周波数値と不確かさの更新に寄与した。リュードベリ遷移周波数の測定には至っていないが、それにに向けた足場を堅牢に固めることができたと言えるだろう。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕光格子時計、黒体輻射、絶対周波数測定、光周波数コム

〔研究 題目〕マイクロプロセス技術を利用した新しい輝度均一標準光源の開発

〔研究代表者〕神門 賢二（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕神門 賢二（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

従来まで利用されてきた輝度均一標準光源は輝度レベル範囲、可搬性や安定性という点において問題があり、現在のディスプレイ評価の要求測定精度を満たすことが難しい。このため本研究では、マイクロレンズや高機能光学素子技術等を利用することにより、高安定かつメガコントラスト範囲の輝度制御可能な輝度均一標準光源の開発を目的としている。

本年度は、まず、光源候補となる LED の基礎光学データ・温度特性データの取得を行った。得られた結果に基づき最適な LED を選択し、更には温度特性データ等

を考慮し、ペルチェ素子および温度センサから構築される温度安定化機能を有する LED 光源ユニットの設計・構築を行った。次に、マイクロレンズアレイや精密アパチャーから構成される拡散光学部の光学モデルの構築と、光学モデルの検証を光線追跡法によるシミュレーションにより行った。シミュレーション結果により、輝度均一標準光源の可搬性を追求し、小型化を目指した場合、筐体内部からの反射成分が均一な輝度面を乱す大きな原因となることが判明した。このため、反射成分を除去するためのライトトラップ構造を検討し、ライトトラップ構造を適切な位置に設計することにより、均一な輝度面が得られることを見出した。また、筐体部からの反射成分削減の検討において、ライトパイプを利用する拡散光学部についても検討を行った。ライトパイプを用いる拡散光学部では、光学部の自由度はマイクロレンズアレイを利用した場合に比べて劣り、ライトパイプの形状に大きく依存してしまうが、マイクロレンズアレイを利用した場合に比べて、輝度均一性は向上することが判明した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】輝度、伸介用標準器、光線追跡法、LED、ディスプレイ、マイクロレンズ

【研究 題 目】可視から中赤外領域にスペクトルを持つ狭線幅光周波数コムの開発

【研究代表者】大久保 章（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】大久保 章（常勤職員1名）

【研究 内 容】

デュアルコム分光によるガス分析の高感度化、異なる波長域の光周波数標準の同時比較のために、高速制御型光周波数コムと非線形光学結晶による波長変換を用いて、可視～中赤外領域にスペクトルを持つ狭線幅光周波数コムを開発する。そのために偏波保持・高速制御型コムを新たに開発し、これを導波路型周期分極反転 LiNbO_3 結晶に直接入射するシンプルな方法で可視・中赤外コムを発生させる。

研究計画としては、まず波長変換を効率良く行うための偏波保持出力の Er ファイバーコムオシレータを開発する。続いて、コムオシレータの出力を広帯域化してオフセット周波数を検出・制御し、同時に狭線幅レーザーに位相同期してコムを狭線幅化する。そして、広帯域化したコムを導波路型周期分極反転 LiNbO_3 結晶で波長変換し、可視および中赤外領域のコムを同時に発生させる。

H27年度は、偏波保持出力型の Er ファイバーコムオシレータを製作した。オシレータ内のファイバの分散を調節し、スペクトル幅が約50nm と非常に広い出力光を得た。これは、この後でスペクトルを広帯域化する際や、オフセット周波数のノイズを低減するのに有利である。その後、光アンプの製作準備を進め、最適な増幅に適した分散量の偏波保持型エルビウム添加ファイバを選定した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】光コム、広帯域光源、波長変換

【研究 題 目】可搬型光格子時計のための光制御型低速原子線源の開発

【研究代表者】安田 正美（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】安田 正美、赤松 大輔（常勤職員2名）

【研究 内 容】

本研究においては、多くの消費電力や冷却水を必要とし、応答速度特性にも問題を持つために、光格子時計の小型化、ならびに、可搬化の大きな制約となっていた、従来型の加熱方式原子線源への代替が期待される、可搬型光格子時計のための光制御型低速原子線源の開発を目標としている。当該年度は、本研究における原子ビーム生成（金属固体から金属蒸気状態への相変化）の主要メカニズムである光誘起原子脱離現象（LIAD）、特に、離脱原子量、および、離脱速度を詳細に観察するためのイッテルビウム原子線装置の真空系の設計、ならびに、製作に着手した。本装置における原子ビーム生成方法は、従来式の加熱方式によるものであり、ここから射出された原子線をパイレックスガラス、BK7、または、合成石英などの清浄な、または、有機物をコーティングした表面をもつ基板に照射することにより、表面に堆積させるものである。また、この基板は回転導入端子によって任意に回転させることができ、真空を破ることなく原子の堆積、ならびに、光誘起原子脱離現象のための紫外線照射を行うことができる設計となっている。但し、当該年度においては、基板表面におけるイッテルビウム原子の堆積にまでは至っていない。なお、加熱方式原子線源からのイッテルビウム原子線の生成自体は、波長399 nm (1S0-1P1)、ならびに、波長556 nm (1S0-3P1) の共鳴遷移を用いたレーザー誘起蛍光 (LIF) の観察によって確認されている。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】可搬型光格子時計、光誘起原子脱離、低速原子線源

【研究 題 目】完全に基礎物理定数に基づく電圧標準体系の確立に向けた量子化ホール抵抗分圧器の開発

【研究代表者】堂前 篤志（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】堂前 篤志（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究の最終目標は「10:1 比の QHR 分圧器の製作、および市販最高精度の計測器を超える 0.1×10^{-6} オーダーの精度（不確かさ）での分圧比評価の実施」である。最終年度の今年度は、「10:1 比 QHR 分圧器の製作」と「分圧比測定システムの構築」の2本立てで進めていた研究成果を組み合わせ、QHR 分圧器の分圧比評価を実施した。

「10:1 比 QHR 分圧器の製作」では、昨年度までの知見を元に10:1 比の QHR 分圧器の設計を行い、製作に着手した。一方で、QHR 分圧器の製作・評価に必要な液体ヘリウムが、世界的供給不足および納入元の設備停止のため十分に確保できない状況となった。また、10 V 以下の任意電圧発生可能な電圧標準システムが実用化に至り、10:1 比が必須ではなくなった。これら研究開始時には想定していなかった事情により、最終的に使用する QHR 分圧器を2:1比の既製作品へ変更した。

「分圧比評価システムの構築」では、2:1比の基準抵抗分圧器の製作・評価を行い、製作品が2:1比 QHR 分圧器の評価で使用するために十分な性能を有することを明らかにした。

上述の成果を組み合わせることで2:1比 QHR 分圧器の分圧比を評価し、公称比0.5の端子における分圧比を $0.5 - 2.4 \times 10^{-6}$ と評価した。また、この分圧比評価の標準不確かさを 0.9×10^{-6} と見積もった。最終目標の10:1 比 QHR 分圧器評価には至らなかったが、2:1比 QHR 分圧器の分圧比を 0.1×10^{-6} オーダーの不確かさで評価することができ、“真に基礎物理定数を基本とした電圧標準体系”を実現する見通しをつけることができた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】量子化ホール抵抗分圧器、抵抗分圧器

【研究 題 目】極低温測定のための音叉型水晶振動子を用いたヘリウム3融解圧温度計の開発

【研究代表者】中川 久司（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】中川 久司（常勤職員1名）

【研究 内 容】

ヘリウム3の融解圧曲線を利用した温度目盛 PLTS-2000の定義計器は、容量歪み圧力計式ヘリウム3融解圧温度計（MCT）である。しかしながら、その温度計の製作や扱いには特殊な技量が必要なため、超低温物理や標準分野での利用に留まっていた。また次世代エネルギー候補の液体水素などの低温流体に目を向けると、安全で高効率な貯蔵・輸送技術開発において、その場で高感度に圧力・温度変動を捉えるセンサが必要であると考えられる。これらの課題を踏まえ、安価で入手可能な工業部品である音叉型水晶振動子（QTF）に注目し、以下の2つの目的を達成するため、本研究を進めた。

1) より簡単にヘリウム3融解圧を測定できる QTF を用いた新しい MCT の開発

2) QTF を低温流体の高感度圧力・温度センサの開発へ活用

H27年度は、QTF の測定系を構築し、QTF の低温流体中での特性評価のための実験セルを製作した。一方、室温からヘリウム3融解圧を実現するミリケルビンの温度領域までの実験を行うための低温評価システムの開発を行った。まず、自作希釈冷凍機、9 T 超伝導磁石および高熱伝導銅核ステージで構成される1 mK 以下の温度

を生成可能な核断熱消磁クライオスタットを完成させた。室温以下、1 K までは、汎用ヘリウム容器、小型ヘリウム4クライオスタット、および核断熱消磁クライオスタットに挿入・設置可能なインサート型1K クライオスタット（i1KC）の開発を進め、連続到達最低温度1.24 K の i1KC を完成させた。これらにより、QTF の室温からミリケルビンまでの特性評価が可能な低温評価システムが整った。今後は継続して、低温評価システムを使用し QTF 特性評価実験を進めていく。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】ヘリウム3融解圧温度計、国際温度目盛 PLTS-2000、音叉型水晶振動子、極低温圧力・温度センサ、低温流体、粘性

【研究 題 目】高精度テラヘルツ絶対電力センサー素子の開発

【研究代表者】飯田 仁志（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】飯田 仁志、木下 基（常勤職員2名）

【研究 内 容】

本研究ではテラヘルツ波絶対電力測定用高精度センサーの開発を目的として、これまでに等温制御型カロリメータの原理を利用したセンサーを試作し研究を進めてきた。平成27年度はセンサーのさらなる高感度化を目指してテラヘルツ波吸収による微弱熱量測定装置の改良を行い、絶対電力測定の不確かさ要因の把握と解析評価を実施して以下の成果を得た。本センサーでは、テラヘルツ波電力を、熱電変換素子を利用した等温制御方式によって直流の電力に置換して測定する。サブマイクロワット以下の微弱なテラヘルツ波電力を正確に定量的に測定するためには、直流電力を高精度かつ安定に測定することが課題であった。超低雑音プリアンプを導入してセンサーの雑音特性を改善し高感度化したところ、さらに測定精度を向上するためには外部からの熱擾乱を抑圧することが極めて重要であることが判明した。検出器の周囲に真空断熱材を利用した多層の断熱遮蔽を施して測定系の最適化を行い、熱擾乱の影響を極限まで抑えることによって、常温において数十ナノワットレベルの高感度検出を実現した。本センサーの不確かさ要因を詳細に解析した。吸収体の反射率、直流置換の等価性、直流測定などの不確かさ要因を定量的に解析し、主要因となっていた熱擾乱に起因する不確かさを改善した。測定の不確かさは、1テラヘルツにおいて、1マイクロワットの測定で2.4%、30ナノワットの測定で13%であり、常温においては世界最高レベルの感度でテラヘルツ波絶対電力を定め得ることを明らかにした。

本研究によって、液体ヘリウムによる極低温環境を必要とせず、常温において容易に使用できる高精度テラヘルツ絶対電力センサーを実現することに成功した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】テラヘルツ、絶対電力測定、不確かさ

〔研究題目〕合金の溶融反応に基づく高温温度履歴モニターの開発

〔研究代表者〕 笹嶋 尚彦（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 笹嶋 尚彦、山田 善郎（常勤職員2名）

〔研究内容〕

イオン注入した SiC パワー半導体の活性化アニールには1500℃以上の高温が必要とされており、その際の温度分布の測定と温度制御が重要とされている。しかし、放射温度計による測定ではウェハ位置や測定窓の問題があり、熱電対による測定では配線や測温接点による温度分布の乱れ等が問題になるため、正確な測定は困難とされている。そこで、熱処理装置内のウェハ面内の温度分布を評価するため、金属-炭素共晶点技術を応用し、試料の表面状態の変化から到達温度の違いを判断する技術の開発を目的とする。

平成27年度は、Pt-C 共晶合金（融点：1738℃）を利用した温度履歴モニターの開発を行った。具体的には、グラファイト基板に白金を蒸着した試料を作製し、その試料をるつぼ内に設置し、温度分布の良い高温炉内で様々な温度で熱処理を行った。試料の昇温速度や到達温度などの温度履歴は標準放射温度計を用いて高精度に測定し、熱履歴の異なる試料の状態を表面 SEM や断面 SEM を用いて確認した。断面 SEM の観察結果から、熱処理温度が高温になるにつれ、白金とグラファイト基板の反応や溶融合金の拡散が大きくなり、溶融合金が試料の奥深くまで拡散する様子を確認した。この結果から、単に白金とグラファイトが共晶点温度において反応したことを示すのみならず、共晶点以外の温度においても表面や断面の状態を確認することにより、到達温度が判別できる技術を確認できる可能性を示した。一方、共晶点温度を挟む±5℃の違いを簡単に判別できる技術として、白金箔とグラファイト板を用いた到達温度判別技術の開発を行い、共晶点温度±5℃の違いを目で見て確認できる技術を確認した。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 高温計測、温度標準、共晶点、温度定点、放射温度計、熱履歴

〔研究題目〕受光素子における応答非直線性とその波長依存性の抑制手法確立に向けた研究

〔研究代表者〕 田辺 稔（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 田辺 稔（常勤職員1名）

〔研究内容〕

シリコンフォトダイオード（Si-PD）は、可視光から近赤外 波長帯、かつ、広い光パワー強度に対して応答を示すため、光情報通信や医療、科学分析等での光計測機器や民生用機器の光受光素子として広く利用されている。しかし、Si-PD によっては、光強度に対してその出力電流が比例関係となる「直線性」が成り立たない「非直線性」が存在する。本研究では、その様な受光素

子（特に Si-PD）の応答非直線性と、その各種依存性（特に波長依存性）の発生機構について、高精度な実測と発生光電流をベースにした理論モデルを用いて説明する研究を進めている。

あるシリコンフォトダイオードの有感領域（可視光から近赤外）に対して、応答非直線性の波長依存性を取得したところ、760 nm 以上の近赤外波長領域、460 nm 以下の可視光波長領域では、それぞれ、1%超、最大で6%の非直線性（スーパリニアリティ）を観測した。これらの結果を半導体内での光電流生成を考慮した理論モデルと比較した結果、近赤外波長ではシリコンバルク内での再結合、可視光ではシリコンとシリコン酸化膜との再結合がスーパリニアリティを発生させる主要因であることを明らかにした。この結果より、それら再結合を抑制することで、非直線性が発生しない Si-PD の開発が可能であるという知見を得た。また、以上の非直線性の波長依存性の結果は、任意波長の入射光に対する Si-PD の出力の応答非直線性を補正でき入射光強度に対して精密な光測定が可能となる。以上の研究成果は、国内学会3件、査読付き論文2件で報告を行った。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 シリコンフォトダイオード、応答非直線性、再結合、受光素子、測光

〔研究題目〕常温常圧でピコワット分解能の MEMS 方式高速大面積光カロリメータの開発と応用

〔研究代表者〕 雨宮 邦招（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 雨宮 邦招（常勤職員1名）

〔研究内容〕

光の強さに関するあらゆる単位の基本量である放射束（光パワー）の標準器、電力置換方式熱型放射計は SI 単位にトレーサブルな高精度計測が可能である。しかし従来の熱電素子センサ方式では、必要な有感面積（5 mm φ ~ 10 mm φ）にするとノイズレベルが数 nW 程度になり、高い信号対雑音比を得るのが困難であった。これを克服すべく、熱型光パワー測定器の温度センサ部にバイメタル MEMS センサを採用し、高感度と大面積を両立した光パワー標準器の開発を目指した。

今年度は、バイメタル MEMS 温度センサの微小熱変位の検出系の構築、及びノイズ源の検討を継続した。数 mm 角の有感領域を持つ、Si/Al で構成されたバイメタル MEMS センサの試作品について、センサの加熱によって生じる微小変位を検出するためのファブリペロー干渉計を構築して、応答およびノイズ特性の評価を行った。その結果、1 μW 未満の光加熱によるセンサの熱変位検出に成功した。干渉計信号のノイズから等価ノイズパワー（NEP）を換算すると、十分な積分時間を取れば10 nW 程度となると見積もられた。センサの応答度は設計値に及ばなかったため、MEMS センサの試作プロセス

には見直しの余地があると考えられるが、設計通りの応答度が得られれば1 nW 未満のノイズレベル達成が見込まれる。また、適切なノイズ対策により、干渉変位計の分解能を向上することでも低ノイズ化が期待できる。

本センサは分散型分光分析など、微弱光の精密計測が必要とされる分野の他にも、微小熱量検出センサとしてバイオ・化学分野にも応用可能であると考えられる。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】カロリメータ、熱量センサ、MEMS、バイメタル、放射計

【研究 題目】新規絶対熱電能計測技術の構築

【研究代表者】天谷 康孝（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】天谷 康孝（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究の目的は申請者が考案したトムソン効果を用いたゼーベック係数の絶対評価技術を確立することである。今年度の研究計画に従い①クライオスタット評価装置の開発、②酸化物超伝導体を用いたゼーベック係数の評価のふたつの課題を実施した。まず、等価熱回路網計算により、断熱型クライオスタットの熱設計を行った。熱設計に基づき、クライオスタットを製作し、評価を行った結果、優れた温度安定度と、0.1 μV レベルの小さなオフセット起電力を実現した。さらに、優れた温度安定度を追求したことで、0.1 $\mu\text{V}/\text{K}$ の高感度な熱起電力測定が実現できる見込みを得た。次年度以降に予定していた、温度勾配増強型の試料ステージの改良にも前倒しで着手した。以上より、予定していたクライオスタットの基本性能の評価は完了した。次に、超伝導転移温度以下では、熱電効果が消失することを利用し、超伝導体を用いたゼーベック係数の絶対測定を実施した。本研究では、従来の合金材料と異なり、酸化物超伝導体を用いることで、より広い温度域でのゼーベック係数の絶対測定を行うものである。電気抵抗測定より確認した超伝導転移温度と、熱電効果の消失温度は正確に一致し、92 K 以下の温度範囲では、従来の Pb（鉛）を基準とした測定結果とほぼ一致する結果を得た。従来の金属系超伝導体では困難であった、液体窒素温度以上でのゼーベック係数の絶対測定に成功した。以上より、本年度予定していた研究目標を達成した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】未利用熱の利活用、熱工学、熱電変換発電、ゼーベック効果

【研究 題目】全冷却方式超高安定マイクロ波発振器の開発

【研究代表者】池上 健（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】池上 健、渡部 謙一、柳町 真也、高見澤 昭文（常勤職員4名）

【研究 内容】

低温サファイア発振器は最も短期安定度の優れた発振器であるが、定期的な液体ヘリウムの補充が必要のため一次周波数標準器の運用には使い勝手が悪い。冷凍機を用いることで液体ヘリウムを使用することなく長期に渡る運転が可能となるため、水素メーザーを超える次世代の実用周波数標準器としても期待される。本研究では発振ループ内に入る素子の温度安定化や低雑音化を図り従来の低温サファイア発振器の周波数安定度を 10^{-17} 台にまで改善するとともに、数年にわたって連続的に動作する超高安定なマイクロ波発振器を開発することを目的とする。

今年度は昨年度に引き続き、2台目の液体ヘリウム冷却方式の低温サファイア発振器を振動抑制型クライオスタットとパルス管冷凍機を用いた電氣的冷却方式に置き換えた。これにより、すべての低温サファイア発振器の電氣的冷却方式への置き換えを完了した。2台の低温サファイア発振器のビート周波数から短期周波数安定度を、また、水素メーザーとの比較により長期の周波数安定度を評価した。それぞれの電氣的冷却方式低温サファイア発振器のアラン標準偏差はそれぞれ、 2×10^{-15} （平均時間1秒～30000秒）、 4×10^{-15} （平均時間1秒～6000秒）より優れていることが分かった。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】低温サファイア発振器、振動抑制冷凍機、極低位相雑音、周波数安定度

【研究 題目】単一分子電気化学の創出を目指したカーボンナノチューブ化学電極の高速電気測定

【研究代表者】岡崎 雄馬（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】岡崎 雄馬（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究では、微小電流標準およびその周辺技術を利用して高感度な電気化学計測を行うことを目標としている。特に、化学的に安定で、微細加工とも組み合わせられるカーボンナノチューブを化学電極として用いることで単一分子分解能での電気化学反応の検出を目指している。それにより電極触媒反応のメカニズム解明や病気の早期検出などといった化学産業、医療分野への応用が期待される。

本研究の計画として、まずカーボンナノチューブを電極として利用する化学電極を作成することを行い、次に電流標準などで利用されるマイクロ波の反射測定を利用した高速な電気測定装置開発を行って、それらを組み合わせ高速に電気化学反応をモニタリングすることを計画している。

初年度である H27年度の研究としては、カーボンナノチューブ電極を作成するための熱分解 CVD 炉の作製を行った。カーボンナノチューブを利用する化学電極の作製は、リソグラフィーと組み合わせるため、基板

上の決まった位置にナノチューブを配置する必要がある。それには、基板上に触媒金属をリソグラフィーで蒸着し、触媒金属からナノチューブを成長させる熱分解 CVD を利用する方式が適当である。そのため石英管管状炉を導入し、キャリアガスであるアルゴンやカーボンソースであるアルコールを流量制御して流せる機構を組み込み、熱分解 CVD 炉を完成させた。ナノチューブの成長は温度や圧力、流量によってコントロールされるため、それらのパラメータを変化させ、成長したナノチューブを電子顕微鏡で観察して成長条件を最適化した。今後は、このようなナノチューブを電極として利用するためのデバイス化を進めるとともに、電気化学実験を行うための実験装置開発を行う予定である。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕カーボンナノチューブ、電気化学、微小電流計測

〔研究 題目〕超高安定セラミック光共振器の開発

〔研究代表者〕保坂 一元（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕保坂 一元、稲場 肇、大久保 章
（常勤職員3名）

〔研究 内容〕

光時計の高精度化と秒の再定義への貢献のため、高い剛性を備え、経年変化の小さな低熱膨張セラミックを用いた光共振器を開発し、世界最高レベルの超高安定レーザーを実現することを目標とする。平成27年度は、メーカー側とセラミックスペーサーの具体的な製作について議論した。その結果、数 cm 以上の厚みを持つ部品の製作は困難であるという結論に至った。当初、有限要素法を用いて設計したスペーサーは最も厚みのあるところで、10 cm 以上になるため、根本的な設計変更が必要になった。超低熱膨張セラミックの利点の一つとして、比較的複雑な形状の部品も製作が可能という点があげられるため、ハニカム構造などを参考にし、スペーサーの軽量化も考えた設計を開始した。光共振器の熱雑音の影響を低減する方法として、本研究テーマでは、超低熱膨張セラミックを用いて長い共振器スペーサーを採用する計画であるが、このスペーサーに半導体薄膜を用いた高反射ミラーを装着する事で、光共振器に対する熱雑音の影響を更に低減できる可能性がある事が分かった。半導体薄膜反射膜によって、熱雑音が十分に抑えられるかをテストするため、ULE ガラスのスペーサー（長さ12 cm 太さ 6 cm）の両端に半導体薄膜を熔融石英にオプティカルコンタクトしたミラーを装着した光共振器による安定化レーザーの開発を並行して開始した。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕狭線幅レーザー、光共振器、低熱膨張セラミック、低熱膨張ガラス、熱雑音

〔研究 題目〕超伝導ナノ構造を用いた量子電流標準の

研究

〔研究代表者〕中村 秀司（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕中村 秀司（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究の目的は単電子デバイスを用いた微小電流標準の実現である。

本研究では、超伝導ナノ構造を用いた単電子ポンプによる定電流発生、高速微小電流計測技術の開発、新奇デバイス開発を行った。具体的には定電流発生に関しては「SINIS ターンスタイルを用いた単電子ポンプの磁場による安定化」「SINIS ターンスタイルの並列駆動、高周波駆動による電流の増幅」を行った。また、新奇デバイス開発に関しては、「微粒子ナノギャップを用いた単電子トランジスタの作製」「半導体二次元電子系を用いた並列単電子ポンプ素子の開発を行った」。結果、100 ピコアンペア以上の電流をおよそ4桁程度の不確かさで発生させることに成功した。また、高速微小電流計測に関しては、「マイクロ波反射・透過測定を用いた実時間単電子検出」を行い、希釈冷凍機中にセットアップの組み込みと予備的な測定を行い、単電子検出へと歩みをすすめた。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕単電子素子、超伝導、電流標準

〔研究 題目〕長期連続運転可能で極めて高い周波数安定度を有する原子泉の開発

〔研究代表者〕高見澤 昭文（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕高見澤 昭文（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

セシウム原子泉を運転するためにはレーザーの周波数が原子の共鳴線にロックされていることが必要であるため、原子泉を長期にわたって連続的に運転するためには、モードホップなく長期間周波数ロックをかけ続けられるレーザー光源が必要である。

こうした要請に応えるため、共振器内にバンドパスフィルタを導入することにより波長選択をし、アライメントに鈍感なキャッツアイ配置を持つタイプの外部共振器半導体レーザーを、位置微調器具を使わないことによって機械的に頑強に作製するとともに、筐体で密閉することにより大気圧変動による空気の屈折率変化の影響を抑制した。これらにより、1ヶ月間連続で周波数ロックをかけ続けた。フィードバック信号から推定されるフリーランでの周波数変動はこの期間で275 MHz に抑えられ、気温変動に依存した。気温変化による周波数変動を補償すると、リニアな周波数ドリフトのレートはアラン偏差から40 Hz/s 未満であると見積もられた。このドリフトレートから、少なくとも110日をこえる連続的な周波数ロックが可能であると推定される。

また、周波数安定度を上げるために冷却原子の数を増やす必要があるため、通常の蒸気による原子の供給では

なく、2次元磁気光学トラップによる光モラセスへの供給にも取り組んでいる。本研究では、粒上のセシウムディスペンザをレーザーで活性化して気体原子を放出させ、2次元磁気光学トラップ中に原子をロードする。これにより、セシウムアンプや電流加熱型のディスペンザを用いるよりも装置を簡便にできる。現在、真空装置の組み立てと、2次元磁気光学トラップに必要な光源を準備したところである。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】原子泉、外部共振器半導体レーザー、2次元磁気光学トラップ

【研究 題 目】長距離光ファイバ伝送路安定化による高精度キャリア分配システムの開発

【研究代表者】和田 雅人（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】和田 雅人（常勤職員1名）

【研究 内 容】

光ファイバを用いた周波数伝送技術は、近年18桁の精度を叩き出した光時計の比較に用いることができると期待されている。中でも特に精度の高い光キャリア伝送では、これまで複数の信号をやりとりする手法が確立されていなかった。そこで本研究では、光ファイバ伝送路を利用した双方向多地点精密キャリア分配システムの開発を目指す。

長距離化に対しては、コヒーレンスを確保するため主光源のスペクトル線幅を1 kHz よりも十分小さくすることが求められるが、市販のファイバレーザー等ではこれを満たさないため、伝送用光源の開発が必要であった。申請者のチームは、ULE (Ultra-Low Expansion) 光共振器を用いて安定化した1064 nm の Nd:YAG レーザーに光コムを位相同期することにより、コム線幅を1 Hz レベルに狭窄化している。これを利用して波長1.55 μm の半導体レーザーをコムにオフセットロックすることで伝送光源の狭線幅化に取り組んだ。

また、ファイバ長が100 km 以上になると伝播損失を補うため、光アンプやリピーターレーザーを用いて光増幅を行うことが必須となる。リピーターレーザーを本研究に組み込むとシステムが煩雑になり、リンクの堅牢性が犠牲になるので光アンプ方式の採用を検討した。光アンプとしては利得20 dB が得られる双方向 EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) を中間点に配置するのが最もシンプルである。線幅1 kHz の光源を用いて、120 km の距離で EDFA による光増幅が伝送光源の安定度を劣化させないことを確認した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】光キャリア伝送、光ファイバ、光周波数コム、狭線幅レーザー

【研究 題 目】半導体イメージセンサの熱雑音を用いた赤外線レーザービームプロファイラの開

発

【研究代表者】沼田 孝之（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】沼田 孝之（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、半導体イメージセンサの温度に由来する暗電流信号に着目し、赤外波長のレーザーに適用可能なビームプロファイル評価技術の開発を目的とする。研究初年度の今年度は、実験サンプルとするイメージセンサの選定と準備、センサ表面に設置する赤外線吸収材料の選定と設置方法の検討、可視光ノイズの評価、赤外線レーザーの照射光学系の構築に取り組み、提案原理の基礎的検証までを行った。実験サンプルの準備では、裏面照射型 CMOS センサを搭載するデジタルカメラのうち、撮影機能を維持したまま前面のレンズやフィルタ類を分解・除去可能なことを条件に機種を選定を行った。これと並行して汎用の CCD センサを用いた実験を進めた。モノクロ CCD カメラの表面の保護ガラスを取り除いてセンサ部を露出させ、赤外波長に於いて高い光熱変換効率を有しかつ絶縁性の材料を用い、スプレー方式により上記センサ表面をコーティングする手法を開発した。このとき十分な厚さに製膜することで可視光のセンサへの到達を防ぎ、可視光由来の信号を効果的に抑制できることを確認した。中赤外線を発する炭酸ガスレーザーを用いた集光照射光学系を構築し、上記センサのコート面に照射する実験を行った。その結果、レーザー照射の ON/OFF に応じたセンサの熱雑音信号の増減を検出することが出来た。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】熱雑音、暗電流、赤外線、レーザー、イメージセンサ、CCD、CMOS

【研究 題 目】量子力学に基づいた高周波磁界測定

【研究代表者】石居 正典（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】石居 正典、木下 基（常勤職員2名）

【研究 内 容】

従来、高周波の電磁界を測定または観測する際には、金属製のアンテナを利用する電磁界センサが用いられてきた。本研究では、量子現象を利用し、原子の構造と基礎物理定数に基づき、金属製のアンテナを用いない高周波電磁界センサの実現のための初期検討を行う。

具体的な測定原理としては、セシウム気体が封入されたガラスセルを空間中に配置し、それにホーンアンテナによりマイクロ波帯の被測定電磁界を照射する。この時、この照射電磁界とは別にレーザーを照射することで二重共鳴スペクトルを観測する。これまでの実験では初期検討であるため、二重共鳴スペクトルを観測の際には、電磁界側に位相変調を加えてパラメトリック励振を起こすことで、系の固有振動数であるラビ周波数を測定するアトミックキャンデルと呼ばれる手法により測定を行っている。なお本研究では、電磁界の中でも磁界成分を測定

対象としている。

今回、観測するラビ周波数のセシウム入りガラスセルの位置依存性を調べることで、ホーンアンテナから放射された電磁界の磁界強度の空間分布（放射方向の分布とそれに垂直な方向の2方向の分布）の測定に成功した。これは金属体を不要とする低侵襲性磁界センサの実現可能性を示す重要な結果となっているが、実際にセシウム入りガラスセルが、測定される電磁界の磁界成分に対してどの程度の侵襲性を有しているかについても計算により検討している。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】電磁界測定、磁界センサ、ラビ周波数、セシウム

【研究 題 目】次世代超大型光学赤外線望遠鏡 TMT と高分散分光器による宇宙の加速膨張の直接検証

【研究代表者】臼田 知史（国立天文台）

【研究担当者】稲場 肇、大苗 敦、大久保 章
（物理計測標準研究部門）
（常勤職員3名、他1名）

【研究 内 容】

2020年代に稼働する次世代超大型地上光学赤外線望遠鏡（TMT）により(1)「宇宙の加速膨張の直接測定」のための科学的・技術的検討を行う。TMT の大集光力を活かして多数の遠方天体の超高分散分光観測を行い、その吸収線の赤方偏移の10年にわたる経年変化を超精密に測定し、ダークエネルギーの正体にも迫る。また、この超高分散分光観測から、(2)「微細構造定数、陽子・電子質量比の時間変化に対する制限」、(3)「銀河間物質の3次元構造の解明」、というこれまで不可能だった天文学を実現する。これらを実現するための基礎技術の習得と要素開発、および試験観測が本研究の主眼である。3つのサイエンスゴールに共通する超高分散分光観測の実現のために必須である光周波数コムを開発し、すばる望遠鏡高分散分光器に搭載し、全体性能の評価と試験観測を実施し、TMT での本格的な宇宙論研究の手法を確立する。平成27年度は、電気通信大学、横浜国立大学と協力してモード同期ファイバレーザの繰り返し周波数、波長、および制御方法等について最適な仕様を検討した。波長安定化レーザについては波長1.5 μm 帯アセチレン安定化レーザを使用する方針とした。広帯域光発生に必要な励起パワー、最適な光パルスの時間波形を検討、決定し、具体的な光学系についても検討を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】光コム、TMT、高分散分光器、天文学、宇宙の加速膨張、ダークエネルギー、微細構造定数、陽子・電子質量比

【研究 題 目】Er ファイバーコムを用いた可視域デュアルコム分光に関する研究

【研究代表者】洪 鋒雷（横浜国立大学）

【研究担当者】大久保 章、稲場 肇（物理計測標準研究部門）（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

光コム2台を使うデュアルコム分光法は、従来のフーリエ変換分光法と比べて分解能が高くかつ測定時間が短いため、燃焼ガスの分析などに役に立つと期待され、その実用化が望まれている。しかし、Er ファイバーコムを用いた可視域のデュアルコム分光はまだ実現されていない。高効率の非線形波長変換デバイスによる光コムの広帯域化メカニズムを解明し、可視域のデュアルコム分光計を構築し、Er ファイバーコムによる信頼性の高いデュアルコム分光を実証することを目標とする。

研究計画としては、まず近赤外の Er ファイバーコムによる広帯域可視光コムの発生という課題を取り上げ、導波路型周期反転 LiNbO_3 結晶による広帯域近赤外コムから広帯域可視コムへのダイレクトな波長変換を実施し、そのメカニズムを解明する。さらに、発生した広帯域可視コムを用いて、デュアルコム分光計を構築し、緑から赤まではヨウ素分子など、青では Yb 原子や Te2 などを使ってデュアルコム分光の実証を行う。また、新たに開発された分光計の性能評価を行い、その信頼性に関しても総合的な検証を行う。

H27年度は、デュアルコム分光に向けて2台のモード同期エルビウムファイバレーザをレファレンス用 CW レーザに同期し、相対線幅1Hz 以下となっていることを確認した。光コムの出力を Er ファイバーアンプで増幅し、チャープ付き導波路型 PPLN 結晶に入射して中心波長780nm の第2次高調波コムを発生させた。高効率かつ広帯域な第2次高調波発生が可能な PPLN 結晶のチャープ量、結晶長などのパラメータを探り、出力パワー20 mW 以上、スペクトル幅45 nm 以上の第2次高調波コムを得た。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】光コム、デュアルコム、分光、ガス分析

【研究 題 目】光コムによる環境自己補正型の精密長さ計測エコ技術の開発

【研究代表者】美濃島 薫（電気通信大学）

【研究担当者】稲場 肇（物理計測標準研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

日本のものづくり産業の強みは高品質にあるが、その生産過程において精密空調による環境制御が必要で、昨今の厳しいエネルギー事情によりグローバル競争力低下の要因となりうる深刻な課題である。本研究では、精密産業の基盤である高精度長さ計測において、主要な誤差要因である空気屈折率の環境変動を、多波長光における

空気屈折率の波長分散関係を用いることで、高精度かつリアルタイムに補正するための基礎技術を開発する。そのため、光コムと呼ばれる広帯域な等間隔の光周波数列を用いて、環境変動に追従する「自己補正型」の波長基準を構築することにより、空気屈折率分散に依存した光学信号のみを広帯域・高精度に測定し補正する。これにより、特に従来補正不可能だった湿度を含むトータルな環境要件を大幅に緩和、科学・産業の省エネルギー化に寄与する。3年間の研究の結果、高精度長さ計測において主要な誤差要因である空気屈折率の環境変動に対し、光コムを用いて光学距離測定の高精度化を図り、空気屈折率補正の大幅な高精度化を実現した。多波長光コムの周波数制御による干渉計測により、空気屈折率の波長分散関係を高精度に測定し、目的の光学的距離測定のみで高精度かつリアルタイムに自己補正するための基礎技術を開発した。特に、空気屈折率の経験式との比較を用いない自己評価手法の開発を行い、式の精度に制限されない高精度な空気屈折率補正法を実証した。実用的環境の高精度長さ測定の実現により、エネルギー消費低減の道を拓くと同時に、空気屈折率の経験式自体の書き換えにも繋がる期待される。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】光コム、自己補正、長さ測定

【研究 題 目】マンガン窒化物の電気抵抗極大：特異な伝導機構解明と抵抗標準材料への展開

【研究代表者】金子 晋久（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】金子 晋久、大江 武彦（常勤職員2名）

【研究 内 容】

目標：

マンガン窒化物の精密抵抗器への応用可能性の検討

研究計画：

マンガン窒化物焼結体を用いて、これまでに従来の抵抗器材料であるマンガニンに勝る -0.2 ppm/K^2 の抵抗温度係数、及び年間数 ppm の経年変化を実現した。今後、抵抗温度係数や経年変化等諸特性をさらに向上し得る組成や実装方法について検討を進める。

年度進捗状況：

電流依存性や圧力依存性に関し検討を行った。電流依存性評価の結果、電流依存係数がサンプルの有する温度係数にほぼ相関する結果を得た。電流依存性は大きいもので数 ppm/mW であり、市販の標準抵抗器に比べ2桁以上高い結果となった。そこで焼結体サンプルの実装方法を検討し、従来のガラスエポキシ基板に対して熱伝導性の良い窒化アルミニウム基板を用いて放熱性を高めることにより、電流依存性を 0.34 ppm/mW から 0.16 ppm/mW と、半分以下に低減可能であることを実証した。またより高精度な電流依存性の評価に向けて、比較的大きな電流を許容可能なチャネル幅の広い量子ホール素子を作製した。現在の電流依存性評価に際しては抵抗

ブリッジと巻き線型基準抵抗器を使用している。この基準抵抗器も電流依存性を有するため、精密な評価は困難である。一方、量子ホール素子を用いると量子崩壊が起きない電流範囲において量子化抵抗値は電流値によらず一定である。作製した量子ホール素子に関して、 $\pm 1 \text{ mA}$ の電流値にて縦抵抗の上昇がみられず、量子化抵抗値が安定であることを確認した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】直流抵抗標準、標準抵抗器、精密抵抗、逆ペロブスカイトマンガン窒化物、温度係数、経年変化

【研究 題 目】非接触電力伝送の高効率化に向けた電力計測技術の確立

【研究代表者】堂前 篤志（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】堂前 篤志（常勤職員1名）

【研究 内 容】

共鳴型非接触電力伝送技術が実用化されつつあり、電気自動車の充電、携帯電話の充電、体内埋め込み型医用機器への電力伝送などに応用が期待されている。それらの機器開発には高精度な電力測定器が必要となる。現在、低周波領域では高精度な電力計が存在し、高周波領域ではインピーダンス整合を前提とした電力計が存在する。しかしながら、上記の中周波領域では、整合を前提としない場合、浮遊インダクタンスや浮遊容量により高精度な電力計測が困難であった。本研究では、高精度小型チップ抵抗など最新の部品技術を用い整合を前提としない中周波領域での高精度電力計測技術の確立を目的とした研究を行う。

産総研における研究分担として今年度は、高精度な電力計測で必要となる抵抗分圧器の周波数特性について検討を行った。高精度小型チップ抵抗で構成した抵抗分圧器の比誤差を広い周波数範囲において小さく抑えるには、浮遊容量の影響を補正する必要がある。この補正のために付加する高精度小型コンデンサ素子について、市販素子の周波数特性評価（キャパシタンスおよび損失係数）を行い、本研究に使用可能であるか検討を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】非接触電力伝送、電力計測

【研究 題 目】ホタルルシフェリン生合成経路の解明とキラルフリー発光システムへの応用

【研究担当者】丹羽 一樹（常勤職員1名）

【研究 内 容】

蛍の光は生物発光反応と言われる酵素化学反応の結果放出され、発光する基質分子はルシフェリンと呼ばれている。このルシフェリンがホタル体内で生合成される化学メカニズムに関して産総研では、光学反転反応が最終段階の反応として働いていることを世界に先駆けて解明してきた。本研究では、この光学反転反応の生化学的解

析を行い、されにこれを応用した発光反応系の構築を目的としている。

ルシフェリンの光学反転反応では、CoA - チオエステラーゼ (CTE) と呼ばれる加水分解酵素が機能していることがこれまでの研究で明らかにされている。そこで、次世代シーケンサによりゲンジボタルのゲノム解析を行い、チオエステラーゼ遺伝子を予測し、これをリコンビナント発現精製系により酵素サンプルの調製を行った。また、大腸菌およびヒトの CTE である TESB および ACOT8 についても同様に酵素サンプルの調整を行った。このうち、TESB にのみ加水分解活性が確認できた。TESB が *in vitro* 発光反応系の構築に応用できるかどうかを調べるために、ルシフェリン反転反応の効率について酵素反応速度論的な解析を行った。その結果、発光基質 D - ルシフェリンの光学異性体である L - ルシフェリンを、1時間で70%程度の収率で D - ルシフェリンに光学変換することに成功した。このとき、反応液中の発光酵素ルシフェラーゼに対する TESB の濃度比が、D - ルシフェリンの生成効率に大きく寄与することが明らかになった。

以上のように、ルシフェリンの光学反転反応を応用した発光反応系の構築には成功したが、ホタル自身はほぼ100%の効率で光学変換が可能である。今後は、ホタル自身の CTE の探索を引き続き進めていく。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】生物発光、ルシフェリン、生合成、光学異性体、ホタル

【研究 題目】「測定の不確かさ」の情報がある場合の試験所間比較における統計的方法

【研究代表者】城野 克広 (物質計測標準研究部門)

【研究担当者】城野 克広 (常勤職員1名)

【研究 内容】

本研究では、試験所 (測定者) の「測定の不確かさ」の見積りもりの妥当性も含めた測定能力を検証するために、必要な統計的方法を開発した。近年、試験においては、その値を報告するのみならず、その値の質、すなわち、「測定の不確かさ」を報告することも求められてきている。複数の試験所で同一の測定対象物を測定した結果を比較し、試験所の技量を評価することを技能試験と呼ぶ。上の目的のために参照となる試験所との比較による技能試験がよく行われている。しかしながら、参照となる試験所がない試験分野も多く、客観的に試験結果の妥当性を確認することはしばしば困難な課題であった。

統計学的側面からは、この問題のためには主に二つの課題があり、一つ目は「外れ値に頑健な手法の開発」である。この目的のために、我々は各試験所が報告した値の (標準偏差にあたる) 標準不確かさに加えて付加的な不確かさを導入し、ベイズ統計の推定値とした。どのように付加的な不確かさを与えるかについてはベイズ統

計によるモデル選択の考え方を適用した。実際の技能試験の解析では、統計モデルに基づかない解析手法が用いられることが多かった。統計モデルに基づく頑健な手法を与えることで、解析の客観性を高めることができた成果は大きい。

もう一つの課題は「統計的に意義の明確な統計量の決定」である。技能試験の結果は個々の試験所にとって、実際上の影響は非常に大きいにも関わらず、従来提案されてきた評価量は経験的なもので、その背景にある考え方は明瞭ではなかった。本研究では、この目的のために、統計モデルを定め、そのベイズ事後予測統計量を与えた。この際、例えば100試験所が参加した場合でも、数分の計算時間で済む程度に計算上の負担を抑えることが現実的である。我々の開発した手法はこれを達成し、現実の問題に適用しうるものとなり、いくつかの試験的な解析事例を示すことができた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】技能試験、測定の不確かさ、ベイズ統計

【研究 題目】C 末端標識によるタンパクの高感度かつ高精度 LC-MS 法と脱アミド化評価法の開発

【研究代表者】坂口 洋平 (物質計測標準研究部門)

【研究担当者】坂口 洋平 (常勤職員1名)

【研究 内容】

LC-MS 法に誘導体化法を組み合わせた分析手法は、目的対象物を高感度かつ高精度分析へと導く方法として、あらゆる分野に応用されている。タンパク質分析もその一つであるが、そのほとんどが、タンパク質が持つアミノ基またはチオール基を誘導体化対象としたものであり、カルボキシル基を誘導体化対象とした方法はほとんど報告されていない。カルボキシル基を誘導体化することで、高感度化がされるのはもちろんのことであるが、さらに、タンパク質の劣化の一つとされる、アスパラギンまたはグルタミン残基の脱アミド化の評価が可能となる。今後、バイオ医薬品の進歩に伴い、高感度かつ高精度なタンパク質分析法に加え、タンパク質の品質評価も重要になり、本研究は、その一つのツールとなり得ると考えている。本年度は、本誘導体化に関する基礎検討と機能評価を行った。本誘導体化に最適な誘導体化試薬を選定するため、タンパク質の基本構造となるアミノ酸や2~8残基のペプチドを用いて検討を行った。LC-MS への感度と分析対象物への反応性の両方の側面から最適な誘導体化試薬を選定した。また選定した誘導体化試薬について誘導体化反応条件や LC-MS 分析条件など各種条件の最適化を行い、感度や操作性だけでなく、分析法の信頼性 (真度、再現性) も検討した。また脱アミド化評価の機能性を確認するため、既知の濃度比で調製したアスパラギンとアスパラギン酸やグルタミンやグルタミン酸及びこれらを含む短鎖ペプチドを用いて検討を行った。得られた結果

より算出した濃度比が調製した濃度比と一致したことを確認し、脱アミド化評価へ利用可能であることが示唆された。今後、ペプチド及びタンパク質へ応用する。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕LC-MS、タンパク質、ペプチド、アミノ酸、誘導體化、カルボキシル基

〔研究題目〕デュアルキャビティリングダウン分光法を用いたガス中微量水分計測法の開発

〔研究代表者〕阿部 恒（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕阿部 恒、橋口 幸治、天野 みなみ（常勤職員3名）

〔研究内容〕

水分（水蒸気）は大気中に大量に存在し、一度装置等の内部へ入り込むとその高い吸着性によって除去することが非常に困難なため、高純度ガスや高真空を必要とする科学実験・製造プロセスでは、不純物としてよく問題にされる物質である。それらの分野では、微量レベルでの水分管理が必須であり、それを確実に実行するには、ガス中微量水分の高精度な測定が不可欠となる。しかし、水分のモル分率が10 nmol/mol（10 ppb）以下の領域では、信頼性の高い計測法がまだまだ十分確立されていない。本研究では、2波長のキャビティリングダウン分光法を使った高感度で高精度な微量水分計を開発し、国際単位系（SI）へのトレービリティが確保された実験に基づいてその性能評価を行うことで、サブ ppb レベルでも信頼性の高い測定が可能なガス中微量水分計測法を確立する。

2波長のレーザー光を使って、一方の波長は水の吸収線のピーク位置で制御し、もう一方の波長は吸収線のない位置（ベースライン）で制御して測定を行い、それぞれの波長で得られる信号を用いて、ガス中微量水分のモル分率を決定した。2つのレーザー光による測定を交互に短時間のうちに切り替えることで、ベースラインノイズの変動の影響を抑えたデータの取得に成功した。微量水分の一次標準を使ったリアルタイム測定の実験を行い、積算時間30 s程度でノイズの標準偏差0.08 ppb が実現されていることを確認した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕高感度、吸収分光法、湿度計測、高純度ガス

〔研究題目〕強太陽光環境下での塩素化ナフタレンの光分解挙動の実態把握

〔研究代表者〕羽成 修康（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕羽成 修康、山下 信義（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究課題の目的は、PCBと同様に難分解性・高蓄積性を有し、残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約（POPs条約）の対象物質である塩素化ナフタレ

ン（PCN）の強太陽光環境下での光分解挙動を解明するために、実環境での太陽光照射試験及びウェザーメーターでの耐候試験を並行して行い、試験前後のPCNを二次元ガスクロマトグラフ質量分析計により異性体別分析し、分解経路等の実態を把握することである。この課題解決により、POPs条約での議論に必須の物性やリスクプロファイルの知見を得ることだけでなく、POPsの環境中での挙動に関する再評価の必要性も高まるため、汚染源推定やリスク評価の高度化に繋がることが期待される。

当該年度の結果として、中国雲南省での太陽光照射試験後の試料中には、試験前試料と比較し、明らかなPCN量の減少が観測され、太陽光による分解の可能性を再実証したことが挙げられる。また、PCNは塩素の置換数・位置が異なる異性体を有する化合物群であるため、光照射試験後に残留したPCN異性体を詳細解析したところ、ダイオキシン様毒性の懸念が示唆されている一部異性体の含量が、試験前試料よりも増加しており、分解挙動の特徴に関する一端を把握することもできた。従って、特定環境下ではあるが、PCNに関するリスクプロファイルの高度化に繋がる成果であると考えられた。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕有害化学物質、塩素化ナフタレン、光照射試験、分解挙動

〔研究題目〕極限環境の熱伝導率計測技術による地球コア内部の熱移動の解明

〔研究代表者〕八木 貴志（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕八木 貴志（常勤職員1名）

〔研究内容〕

産総研が開発したレーザー光を温度プローブとする最先端の薄膜用熱伝導率測定技術を活用することで、ダイヤモンドアンビルセル（DAC）によって発生した地球中心部に相当する極限環境（圧力360 GPa、温度5000 K）における金属の熱伝導率を測定し、最終的に地球コア内部の熱移動の解明に挑む。今年度は、超高压における純鉄の熱伝導率測定を行うとともに高温化に関する装置の機能拡張に取り組んだ。測定対象として初期厚み10 μmのFe箔を先端径150 μmのダイヤモンドアンビルに封入し40 GPaでの熱伝導率測定を行った。さらに先端径40 μmの超高压対応アンビルを新たに導入することで圧力を120 GPaまで拡張した。アンビル内のサンプル形状をin situで評価する方法として、KEKのビームラインを用いたX線CTによる形状観察法が利用できることを確認した。現在は、地球コアの模擬物質として純Fe、⁹⁵Fe-⁵Ni、⁹⁰Fe-¹⁰Ni、⁸⁵Fe-¹⁵Niのサンプルに対して熱伝導率測定を進めている。また、熱伝導率測定の高温対応化について装置開発を進め、狭帯域バンドパスフィルタと観察用CCD画像の輝度情報を基にした温度測定手段について構築を進めた。これらの研

究成果は、招待講演を含む複数の国内学会発表において報告を行った。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 熱拡散率、高圧、高温、地球コア

〔研究 題目〕 固体 NMR によるプロトン伝導性無機固体酸塩における相転移のメカニズム

〔研究代表者〕 林 繁信 (物質計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 林 繁信 (他2名)

〔研究 内容〕

AO₄型四面体イオンの水素結合ネットワークを持つ無機固体酸塩では液体に匹敵する高いプロトン伝導を示す超プロトン伝導相が出現する。一方、(SO₄)₂-および(PO₄)₃-イオンの混合した系では、高温で実現した超プロトン伝導相が温度を下げても室温相にもどらず、室温でも高いプロトン伝導を維持する。本研究では、プロトン伝導性を支配する相転移挙動の制御を目指して、AO₄型四面体イオンの水素結合ネットワークを持つ無機固体酸塩における、相転移のメカニズムを微視的に明らかにすることを目的とする。無機固体酸塩としてCs₂(HSO₄)(H₂PO₄)を中心に上げ、手法として固体NMRを用いた。

平成27年度は、Cs₂(HSO₄)(H₂PO₄)試料を合成し、プロトン拡散のパスに存在する¹H、³¹Pの一次元固体高分解能NMRスペクトルの測定を行った。試料の純度の確認には、粉末X線回折および熱分析測定を行って目的とする化合物が得られたことを確認した。また、CsHSO₄やCsH₂PO₄を比較対照物質とした。

¹H NMR スペクトルでは、60 kHz の高速回転により、4種類の水素結合の存在が明らかとなった。従来の10 kHz 程度の回転では2成分にしか分離できなかった。一方、CsHSO₄では1種類、CsH₂PO₄では2種類の水素結合が存在した。Cs₂(HSO₄)(H₂PO₄)の水素結合ネットワークが複雑であることが示された。³¹P NMR スペクトルでは、Cs₂(HSO₄)(H₂PO₄)、CsH₂PO₄のいずれも1つのシグナルを示し、Pのサイトが1種類であることを示した。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 固体 NMR、プロトン伝導、無機固体酸塩、相転移、水素結合

〔研究 題目〕 高い時間分解能を持つ PM2.5中の無機元素分析技術の開発

〔研究代表者〕 朱 彦北 (物質計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 朱 彦北 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

本研究は大気中の微小粒子状物質 (PM2.5) の多元素同時測定において、高い分析感度を有する分析技術を確立し、短時間の試料採取 (従来24時間、目標1時間) で分析が実現できる高い時間分解能 (従来経日変化、目標

経時変化) を持つ分析法の開発とその JIS 化を目指している。また、高い分析感度 (大気中の金属検出能力: 従来約50 ng/m³、目標1 ng/m³以下) を有する分析技術の新規開発とその有効性検証を目的としている。本技術では、従来法の一環である酸分解を必要せず、無機元素をオンライン溶出し分析することによって、分析時間を短縮し (従来4時間以上、目標10分以内)、高い時間分解能の確保を目指している。

本年度は、チューブ状繊維フィルターによる PM2.5の捕集効率確認、および本法と既存法を用いて大気試料中のPM2.5分析の同等性確認を行った。

捕集効率の確認では、エレクトロスプレー方式微粒子発生装置を用いて微粒子物質を発生させ、初年度で最適化されたチューブ状繊維フィルターを用いて捕集・分析を行った。本法を用いて、直径20-100 μmの微粒子物質の捕集効率は99%以上であることを確認できた。また、微粒子物質の元素成分の濃度は捕集時間と性の相関性があることも確認できた。したがって、本法はPM2.5中の元素の捕集・分析に有効であることが確認された。

また、本法の妥当性を確認するため、従来技術であるインビンジャー式捕集デバイスとの比較実験を行った。同一場所同一時間で採集した試料を分析した結果、銅について両者一致した結果が得られた。これらの結果から、PM2.5中の元素分析における本法の脱党性が確認された。また、銅以外にも方法は10元素ほど分析できたが、従来法では十分な感度が得られず測定できなかった。このことから、本法は高感度であることが確認された。

来年度は、本研究の最終年度であって、本法の応用研究と成果発表を中心に行っていく予定である。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 PM2.5、多元素同時測定、高い分析感度、オンライン溶出

〔研究 題目〕 細胞内元素量情報に基づく血中循環腫瘍細胞 (CTC) 検出システムの開発

〔研究代表者〕 宮下 振一 (物質計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 宮下 振一 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

本研究は、細胞内元素量情報に基づく新たな血中循環腫瘍細胞 (CTC) 検出システムの開発を目標とし、①マイクロ流体デバイスを用いたハイスループットな細胞分離技術の構築、②一細胞質量分析技術による各種細胞中元素マーカーの高感度分布計測法の確立、③上記①、②で得られた技術・手法を融合した血中 CTC 検出システムの実証試験に取り組むものである。3年計画の2年目である本年度は、①細胞分離用マイクロ流体デバイスの作製と、②元素マーカーの高感度分布計測法の確立に取り組んだ。

①細胞分離用マイクロ流体デバイスの作製

昨年度試作した密度差に基づく微粒子分離用マイクロ流体デバイスについて、血液細胞の分離能について予備検討を行った。しかしながら、十分な性能が見込めなかったため、密度差とは異なる原理（遠心分離等）による細胞分離手法について最新の文献を調査した。その結果、血液細胞の分離に最適なデバイス形状を把握できた。

②元素マーカーの高感度分布計測法の確立

別課題で開発を進めてきた、細胞直接導入による一細胞質量分析技術については、これまでに直径2.0 μm ～3.0 μm の細胞の導入効率約100 %を実証済みであるが、高効率導入可能な細胞のサイズ下限域を拡張するため、金属ナノ粒子を用いた導入効率評価を行った。その結果、直径70 nm の白金ナノ粒子について導入効率約100 %を実証した。このことから、3.0 μm 以下の広範囲のサイズの細胞については約100 %の効率で導入可能であることが示唆された。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】マイクロ流路分析、がん診断、血球、循環腫瘍細胞、質量分析

【研究 題目】食品試料中の $^{210}\text{Pb}/^{210}\text{Po}$ 高精度分析法の開発と標準化

【研究代表者】三浦 勉（物質計測標準研究部門）

【研究担当者】三浦 勉（常勤職員1名）

【研究 内容】

食品試料、特に魚類、貝類等の海産物中の ^{210}Pb 、 ^{210}Po 高精度分析法を開発し、測定信頼性の向上につがる分析法の国内標準化をめざす。本研究では既存の ^{210}Pb 、 ^{210}Po 分析法を比較検証するとともにブラインドサンプルを用いた共同実験により、試験所間差、測定のばらつきを明らかにし、国内同等性を評価する。被ばく線量上寄与が高い ^{210}Pb 、 ^{210}Po 測定の信頼性を向上させることが目的である。27年度は Po の化学分離法の各段階での回収率を確認するための標準液を調製、共同実験用試料の探索、液体シンチレーションカウンターによる Po 測定の検討を行った。回収率検証用の標準液は、市販の高純度金属鉛から Po を分離して調製した。

現在、この標準液を用いて化学分離法の各段階での回収率を検証中である。共同実験用試料の探索では、共同研究機関である日本分析センターが市販の食品用魚粉を購入し、 α 線スペクトロメトリーで ^{210}Po を測定した。その結果、乾燥かつお粉末、乾燥いりこ粉末が10 Bq/kg 以上の ^{210}Po 濃度を示し、共同実験試料として有望なことがわかった。液体シンチレーションカウンターによる Po 測定の検討では、Si 半導体検出器の計数効率は30%程度であるのに対して、分解能が低いものの液体シンチレーションカウンターによる α 線の計数効率はほぼ100%である。この利点を生かし、 ^{210}Po 測定の適応性を検証した。その結果、 α 線スペクトロメトリーによる測定値と液体シンチレーションカウンターによる測

定値は双方の不確かさの範囲内で一致し、液体シンチレーションカウンターの α 線測定への有用性を確認できた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】ポロニウム-210、鉛-210、食品

【研究 題目】水分子によって構成されるかご型ナノ空孔を有する物質の構造相転移

【研究代表者】竹谷 敏（物質計測標準研究部門）

【研究担当者】竹谷 敏、藤久 裕司（常勤職員2名）

【研究 内容】

包接化合物の構造と物性の相関を調べるうえで包接分子（ゲスト分子）の占有率の解析は重要であるが、従来の分光学的手法では、その精密評価は困難であった。新たなホスト-ゲスト化合物の設計へとつなげることを目指し、本研究では、位相差 X 線イメージング法を用いた密度解析によりこの問題を克服し、粉末 X 線回折によるゲスト分子の平均分布位置の解析と組み合わせ、骨格構造とゲスト分子の分子間相互作用の解析手法として確立させることを目指している。この方法論に基づき、かご型包接化合物であるガスハイドレートの、ゲスト分子種と温度の影響による骨格構造（ケージ）の変化とそれに伴う結晶構造相転移の関係を明らかにし、ガスハイドレートの物性への影響の理解と物性コントロールを目的としている。

今年度は、メタンと1-プロパノールもしくは2-プロパノールを含む混合ガスハイドレートに関し、大気圧でも結晶が安定な低温（ $\sim -180^\circ\text{C}$ ）での粉末 X 線回折測定を行うことにより、結晶構造解析を行った。初期構造モデルの無い状態から、直接空間法とリートベルト法を用いた解析により、水分子で構成されるケージ構造中におけるゲスト分子の占有率、平均分布位置の解析に成功した。メタン+2-プロパノール混合ハイドレートの場合、温度低下させるとケージ内における2-プロパノールの分布位置の変化し、結晶構造が立方晶から正方晶へと相転移することが明らかとなった。

また、従来のハイドレートの非破壊イメージング方法として、低温型位相コントラスト X 線 CT 測定で、昨年度に引き続き、常圧下においても $+4^\circ\text{C}$ まで安定に存在可能なテトラヒドロフラン（THF）ハイドレートの X 線イメージングを実施した。また、金属容器内や細孔内でのハイドレートの非破壊観察測定を可能にするための、最適な測定条件の検討も進めた。

今回の一連の研究においては、二つの異なる計測手法を用いてのハイドレート結晶の測定、解析手法を個別に最適化することができた。今後は、これらをあわせ総合的な解釈が可能になるような実験の実施を予定している。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】X 線構造解析、位相コントラスト X 線イメージング、包接化合物、ガス貯蔵

〔研究題目〕 走査電子顕微鏡法における低エネルギー損失反射電子像の高度化～電子分光的アプローチ

〔研究代表者〕 熊谷 和博 (物質計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 熊谷 和博 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

現在、走査電子顕微鏡法 (SEM) では信号電子のエネルギー弁別検出が注目されており、後方散乱電子 (BSE) のエネルギー領域においても、低エネルギー損失電子 (LLE) を選択的に検出することで、ナノ材料評価に有効な表面・組成敏感な顕微鏡像が得られることがわかってきた。しかし、LLE 像のコントラスト形成原理の解明や検出エネルギーの最適化など多くの課題が残されている。そこで、報告者は電子分光的アプローチを導入することで、放出電子スペクトルから LLE 像形成の解明を進めた。

本研究ではシリコン基板上に Langmuir-Blodgett 法により配置したチタニアナノ薄膜を典型試料とし、まず、その LLE 像の像形成を調査した。この試料の BSE 像を検出器のエネルギーフィルターにより検出エネルギー条件を変化させながら取得した。この SEM-BSE 像と電子分光装置より得られた放出電子スペクトルを比較することで、薄膜試料 LLE 像における基板に対する薄膜のコントラスト形成を議論した。本試料においては、LLE のうち、とくにプラズモンロスピーク付近のエネルギーをもつ電子に薄膜と基板間での放出電子強度に大きな差異が見られた。すなわち、このエネルギー領域の電子を選択的に捕集することでナノ薄膜の情報を強調したコントラストが得られることが明らかとなった。

上での知見をもとに、MoS₂ナノシートといった類似の薄膜試料についても同様に像形成の議論を進めた。さらに、幅広い原子番号の金属を同一基板上に配置したモデル試料を作成し、SEM の観察条件を変化させながら、SEM 像のコントラスト変化を調べ、金属試料の LLE 像における原子番号コントラスト形成の解明に着手した。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 走査電子顕微鏡法、SEM、電子分光、低エネルギー損失電子、像コントラスト形成

〔研究題目〕 土壌菌核が高濃度に含有するキノンの役割解明

〔研究代表者〕 伊藤 信靖 (物質計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 伊藤 信靖 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

平成27年度は、電子顕微鏡を用いて菌核粒子の隔壁内部における 4,9-dihydroxyperylene-3,10-quinone (DHPQ) の局所分布を明らかにするとともに、電子スピン共鳴 (ESR) を用いて DHPQ と菌核粒子のラジカル活性を評価した。また、DHPQ を Fe³⁺と錯形成し

た化合物 (DHPQ-Fe) を新たに合成し、DHPQ や Al³⁺と錯形成した化合物 (DHPQ-Al) との比較評価についても行った。

具体的には、菌核粒子を樹脂に包埋した後に薄切片を作成し、透過型電子顕微鏡 (TEM) とエネルギー分散型 X 線分析 (EDX) により評価した。その結果、菌核粒子の隔壁内部における構成成分のほとんどが炭素 (恐らく DHPQ 由来) であり、隔壁内部で一様に分布していることがわかった。

菌核粒子に含まれる色素を抽出して吸光スペクトルを確認したところ、DHPQ に加えてメラニンも存在することが明らかになった。ESR による評価では、DHPQ とメラニンの両者にラジカル活性が認められ、DHPQ の方が強い活性を示した。菌核粒子自体にもラジカル活性が認められたものの、DHPQ-Al と DHPQ-Fe については、ラジカル活性が認められなかった。これらのことから、菌核粒子のラジカル活性は DHPQ やメラニンに由来するとともに、菌核粒子内では Al³⁺及び Fe³⁺と錯形成していないことが示唆された。

DHPQ やメラニンに抗菌性が認められなかったこれまでの結果を鑑みると、DHPQ は菌核粒子中で電子伝達系としての役割、あるいは環境中でのラジカル暴露から生体を防御する役割を果たしているものと考えられた。また、これらの役割を長期にわたって効果的に果たすためには、DHPQ とメラニンの共通した水への不溶性と高い耐光性も、重要な性質であるものと考えられた。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 キノン、菌核粒子、錯形成、*Cenococcum geophilum*

〔研究題目〕 シリカ膜のナノチューニングと超薄膜製膜プロセスの確立

〔研究代表者〕 都留 稔了 (広島大学 工学研究科)

〔研究担当者〕 伊藤 賢志 (物質計測標準研究部門) (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

分子設計したアルコキシシランを出発原料として、シリカネットワークの間隙サイズを分子選択透過性の分離原理とする Molecular-Net をナノチューニングし、超薄膜アモルファスシリカ膜の製膜プロセスを確立し、化学プロセスの革新的分離を可能とするため、実用化を念頭においた超薄膜製膜の学理を明らかにするだけでなく、Molecular-Net 中の透過分子の移動現象を明らかにとする。これにより従来の10倍以上の透過速度を有する分離膜を開発するとともに、分離困難な各種気体および液体分離プロセスの省エネルギー分離を可能とすることを目標とする。

本年度は作製膜中の細孔構造を調べるために蒸気吸着偏光解析法の高信頼性化を検討した。100 nm 厚の CVD シリカ及びシリコン熱酸化膜のメタノール吸着等

温線の測定を試み、得られた結果を陽電子消滅法による細孔構造と比較した。その結果、メタノール吸着等温線からは、CVD シリカ膜でのみ1%程度のマイクロ孔が有意に観測できた。緻密と思われるシリカ超薄膜中のマイクロ孔解析も可能であることを示した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】陽電子消滅、吸着偏光解析、ナノ細孔、分離膜

【研究 題 目】大強度パルス及び連続中性子を駆使した革新的元素・同位体分析技術の開発と応用・評価

【研究代表者】海老原 充（首都大学東京理工学研究科）

【研究担当者】三浦 勉（物質計測標準研究部門）

（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究は大強度パルス中性子源 J-PARC の物質・生命科学施設に設置した中性子核反応測定装置（以下、ANRRI と略称する）と大強度連続中性子源 JRR-3原子炉に設置した多重即発ガンマ線検出装置（以下、MPGA と略記する）を用いて、新しい元素分析法の開発を行い、宇宙・地球化学試料、環境科学試料、標準物質試料のそれぞれに適用して分析法としての特徴を明らかにすることを目的とする。27年度は J-PARC、JRR-3 ともに運転休止となり、装置を利用した実験は事実上でできなかったため、すでに取得されているデータの解析を進めた。JRR-3の連続中性子による即発ガンマ線分析法を日本セラミックス協会窒化けい素標準物質 JCRM R003中のけい素の定量に適用した。既知量添加した Cd を内標準として利用することで、試料ごとの中性子照射量の変動を精度良く補正することができ、けい素定量に用いた検量線の直線性を改善することができた。その結果、JCRM R003中のけい素を分解することなく、相対拡張不確かさ2.4%で定量値を得た。定量値は、認証値と不確かさの範囲内で一致しており、本法の有効性を検証することができた。一方、J-PARC で行った Pd-Ag 合金中の測定結果の解析を進めた。解析の結果、飛行時間スペクトル中の109Ag ピーク（190 ms）を用いて Ag を定量したところ、10%以内で組成値と一致する値を得ることができた。しかしながら、試料厚み及び中性子捕獲断面積の大きい同位体による遮蔽の影響を考慮する必要があることが明らかになった。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】中性子放射化分析、加速器中性子、多重ガンマ線検出法

【研究 題 目】新粒子成長過程における大気エアロゾル粒径別化学組成の追跡分級計測システムの開発

【研究代表者】竹川 暢之（首都大学東京理工学研究科）

【研究担当者】桜井 博（物質計測標準研究部門）

（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

エアロゾルは直接・間接効果によって気候変動に大きな影響を与える。新粒子生成は、雲凝結核（CCN）数濃度を変化させる要因として重要である。そのメカニズム解明のためには、新粒子から CCN への成長過程で鍵となるエイトケンモードのエアロゾル粒子（粒径10-100 nm）に着目し、従来行われてきた数濃度粒径分布の計測に加え、化学組成や混合状態を同時に実時間計測することが必要である。本研究では、エアロゾル数濃度粒径分布計測装置や粒子質量分析計等を駆使することにより、新粒子成長過程における粒径・混合状態別の化学組成（硫酸塩、硝酸塩、有機炭素）を計測するシステムの開発に取り組む。H27年度は、粒径が揃い、かつ、すべて+1価に帯電した粒子を効率よく選別する手法として、電気移動度分級と静電遠心質量分級を組み合わせた手法を導入するとともに、粒径50 nm および100 nm での最適化を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】エアロゾル、新粒子生成、粒径分布、化学組成、粒径別分析

【研究 題 目】サハリン島西方沖タートルトラフの天然ガスハイドレート生成環境の解明

【研究代表者】八久保 晶弘（北見工業大学 工学部）

【研究担当者】竹谷 敏（物質計測標準研究部門）

（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

新たな天然ガス資源として期待され、地球上の海底下や永久凍土地帯等に天然ガスハイドレートの存在が確認されている。音波・音響探索により海底表層のガスチムニーや海底から立ち上がるガスブルームを指標とした海底堆積物の採取により、オホーツク海や日本海北部海域に海底表層型の天然ガスハイドレートの存在が確認されている。本研究では、粉末 X 線回折法と位相コントラスト X 線イメージング法を用いた天然ガスハイドレートの測定手法、結晶解析手法を確立する。天然に含まれるメタン以外の炭化水素にも焦点をあて、これらの成分が天然ガスハイドレートの結晶構造安定性に及ぼす影響を理解することを目的としている。

今年度は、海底から採取された天然ガスハイドレートに関して放射光を用いた X 線 CT 測定を実施し、天然試料の非破壊観察をおこなった。また、同試料を粉末 X 線回折法による結晶構造解析により調べ、I 型構造と呼ばれる立方晶の結晶構造であることを明らかにした。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】X 線構造解析、包接化合物、ガス貯蔵

【研究 題 目】遮熱コーティングの界面熱抵抗評価方法

の開発

【研究代表者】高橋 智（首都大学東京理工学研究科）
 【研究担当者】阿子島 めぐみ（物質計測標準研究部門）
 （常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

高温部品を被覆する遮熱コーティング（Thermal Barrier Coating、以下 TBC）について、レーザーフラッシュ法による熱拡散率測定方法において多層モデルを適用して基材から剥がさずに TBC を構成するセラミックトップコート（TC）、ボンドコート（BC）の熱拡散率を評価する方法が実用的に適用できることが確認され、標準化された。この方法を発展させ、TBC を構成するセラミックトップコート（TC）の熱拡散率と TC/ボンドコート（BC）界面熱抵抗を評価する実用的な方法を考案し、TC 組織や TC/BC 界面に生成する熱成長酸化物（TGO）を調べ、熱時効温度や時間ならびに熱サイクル数の増加に伴う熱拡散率や界面熱抵抗の変化を TBC の組織変化と関連付けて究明することを目的とした研究である。

本年度は、金属基材に TBC を施工した多層試料および基材から剥がした TC 単層試料の熱拡散率測定を実施した。多層試料は、試料を削って厚さを変化させながら見かけの熱拡散率を測定し、その結果から界面熱抵抗の評価を試行した。TC 単層試料は、熱処理を与える前後で熱拡散率を測定し、熱時効による熱拡散率と組織の変化を検討した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】遮熱コーティング、熱拡散率、熱伝導率、界面熱抵抗、レーザーフラッシュ法、多層解析、ガスタービン

【研究題目】高温高湿度の高度利用のための湿度測定法と精度評価技術に関する研究

【研究代表者】伊與田 浩志（大阪市立大学 工学部 工学研究科）

【研究担当者】阿部 恒（物質計測標準研究部門）
 （常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

高温高湿度条件(大気圧の過熱水蒸気を含む)は、近年、樹脂材料の加速耐久試験、農・水産物の乾燥や加工工程、塗料の硬化過程や樹脂の熱処理などで利用が進んでいる。乾湿球湿度計は、このような利用条件下においても原理的に湿度測定が可能であり、簡便で安価な測定法としての利用技術の確立が期待される。本研究は、300℃以上、水蒸気モル分率0.01(室内空気)～1.0(過熱水蒸気)において、同湿度計の原理を利用した湿度測定装置の開発と精度及び誤差要因の検証、そのための湿度発生装置の開発を目的とする。

本研究では、過熱水蒸気と圧縮空気を混合することで、高温高湿度の発生が可能となる装置を試作した。その性

能評価のために産総研で校正された鏡面冷却式露点計を用いて、露点50℃～95℃の範囲で、国際単位系(SI)へのトレーサビリティが確保できる条件で比較実験を行った。この実験における、発生湿度の値と鏡面冷却式露点計の指示値との最大偏差は0.6℃程度であった。次にこの発生装置を用いて、開発中の乾湿計と鏡面冷却式露点計の比較実験を行い、その最大偏差が0.8℃程度であることも確認した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】乾湿計、高湿度、信頼性、トレーサビリティ

【研究題目】海水からサンゴ各部位へのメタロミクスとその環境応答

【研究代表者】伊藤 彰英（麻布大学 生命環境科学部）

【研究担当者】朱 彦北（物質計測標準研究部門）
 （常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究は、サンゴとその生育環境である海水について多元素プロファイリングアナリシスを行うことにより、生育環境の違いによって、サンゴの各部位の微量元素の摂取・代謝・蓄積に与える影響をメタロミクスの観点から考察し、モデル化することを目的とした。このため、天然のサンゴを採取し、生育環境を制御した海水槽を用いた飼育実験により海水及びサンゴ各部位（軟組織、褐虫藻、骨格、粘液）における微量元素の含有量と各元素間の関連性の特徴を明らかにして、微量元素の総量だけでなく、サンゴの石灰化との関与が考えられている Zn 酵素・炭酸脱水酵素、および栄養塩であるリン酸塩の代謝に関与するアルカリフォスファターゼなど生体内の重要な金属酵素に着目し、活性中心元素である Zn を指標として前記の酵素の含有量と活性量の変化を分析し、他の生体必須微量元素の増減とともに検討してきた。

今年度はサンゴ試料には骨格の成長速度が速いアザミサンゴを用いた。また、添加する重金属に濃縮安定同位体を用い、コントロール海水、⁵⁷Fe、⁶⁸Zn 添加海水、⁵⁷Fe、¹¹¹Cd 添加海水、⁵⁷Fe、⁶⁵Cu、⁶⁸Zn、¹¹¹Cd、²⁰⁶Pb 添加海水でアザミサンゴ群体を飼育した。各海水槽での添加金属濃度は、より実際の海水中に近い濃度となるよう瀬底島沿岸海水の5倍程度に調整した。12～24時間経過後に群体の一部を取り出して分割し、褐虫藻、軟体組織、骨格に分けて前処理を行い誘導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS)で測定した。

その結果、生体必須微量元素である Zn と Fe は海水から褐虫藻に、24～48時間程度で摂取されることが明らかになった。しかし、軟体組織への摂取は、光合成が盛んな夏期は褐虫藻を経由して取り込まれるプロセスが確認されたが、秋期には海水から直接取り込まれるプロセスもあることが示唆された。一方、骨格への取り込みについては、海水からサンゴ骨格への Zn と Pb の

蓄積が確認された。また、固体試料の局所分析が可能なレーザーアブレーション ICP-MS 測定により、Zn や Pb の取り込みが同位体比の変動ピークとして確認されたことから、サンゴ組織が石灰成分を分泌する過程のある時点でのみ、各元素が取り込まれたと考えられる。つまり、海水から直接金属元素が取り込まれるのではなく、サンゴ組織を経由して取り込まれたことが示唆された。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】海水、サンゴ、微量元素、多元素プロファイリングアナリシス、メタロミクス

【研究 題 目】CO₂ハイドレートの内部生成および分解制御による革新的な青果物貯蔵技術の開発

【研究代表者】中野 浩平（岐阜大学・大学院連合農学研究科）

【研究担当者】竹谷 敏（物質計測標準研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

高圧 CO₂環境下に青果物を暴露し、植物組織の内部に CO₂ハイドレートを生成させ、細胞内水の流動性を低下させることを基本原理とする品質保持技術の開発を目標としている。本研究では、青果物内部に生成される CO₂ハイドレートの量や分布の定量評価、可視化により、品質保持評価に資する細胞内水の結晶構造評価技術の確立を目指している。

青果物を2℃、3MPa の CO₂ガスで3~24時間加圧処理し、氷点下温度で凍結させたのちに大気圧に開放、分析用試料とした。今年度は、-100℃以下の低温条件下での粉末 X 線回折測定および X 線 CT 測定を実施、細胞内水の一部が CO₂ハイドレートへと構造変化することを検証した。さらに X 線 CT 測定により、組織内で通常の氷と共存する様子の可視化実験をおこなった。また、高圧 CO₂ガス処理した青果物の保存性に関しても、数週間にわたる長期保存実験により評価した。

今後、青果物へ施す温度・圧力条件を最適化することで、青果組織内部の CO₂ハイドレートの生成率を制御し、青果物の品質保持に有効な方法の検証が必要である。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】X 線構造解析、位相コントラスト X 線イメージング

【研究 題 目】X 線自由電子レーザー絶対強度計測のためのマイクロカロリメータ

【研究代表者】齋藤 則生（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】齋藤 則生（常勤職員1名）

【研究 内 容】

平成27年度は、計画通り、前年度開発したマイクロカロリメータの性能評価を中心に行った。性能評価は、X 線領域のシンクロトン放射光を使って行った。具体

的には、3 keV~5 keV の放射光の絶対強度をマイクロカロリメータで測定し、国家標準器である極低温放射計による絶対強度と比較した。

放射光ビームラインに設置した条件下でのマイクロカロリメータのバラツキは、極低温放射計と同等の±1μW 程度であることを確認した。このバラツキは、X 線自由電子レーザーの10分の1程度の強度（約100 μW）である放射光の絶対強度を高精度に測定できる性能である。マイクロカロリメータによる放射光強度の絶対値は、極低温放射計と比べて約5 %以内で一致することを確認した。しかし、この比較を3 keV から5 keV の範囲の様々なエネルギーの放射光に対して行った結果、マイクロカロリメータの測定値が極低温放射計と比べて一律に約3 %高いことが明らかとなった。この原因として、小型化に伴う受光部内部の温度分布の影響が考えられ、受光部内部の温度センサとヒータの配置を見直し、改造を行った。

受光部のセンサは温度分布の影響が少ない場所に再配置し、制御・加熱用ヒータは、光強度測定の状態をより忠実に模擬できる配置へと変更した。以上の改造を行い、平成27年度後半にシンクロトン放射光での再評価実験を実施した。その結果、マイクロカロリメータの測定値が約3 %高く、改善が見られなかった。しかし、3 %高く測定される結果は再現しているため、この効果を補正項および誤差として考慮することによってマイクロカロリメータを絶対測定器として使用できると考えられる。また、X 線自由電子レーザーの強度には10 %程度の強度変動があることから、このマイクロカロリメータは X 線自由電子レーザーの絶対強度測定器として十分な精度があると考えられる。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】X 線自由電子レーザー、光パワー、常温カロリメータ、マイクロカロリメータ

【研究 題 目】イオン液体を用いた高集束性液滴ビーム源の開発：有機系試料の高精度 SIMS への展開

【研究代表者】藤原 幸雄（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】藤原 幸雄（常勤職員1名）

【研究 内 容】

二次イオン質量分析法（Secondary Ion Mass Spectrometry：SIMS）は、一次イオンビームを試料表面に照射することで生じた二次イオンを質量分析する手法である。分析対象が無機材料の場合には、酸素やセシウム等のイオンビームが用いられ、高い面分解能の SIMS 分析が可能となっている。一方、有機材料の場合には、イオンビーム照射に起因する有機分子の解離（=フラグメンテーション）が避けられず、分子量の大きな二次イオンはほとんど検出できないという問題があった。

ところが、近年、炭素や金等のクラスターイオンを一

次イオンビームとして用いることで、比較的大きな有機分子も検出できるようになり、半導体産業のみならず、化学分野等においても、SIMS の応用範囲が広がっている。

本研究は、有機系試料に対する SIMS 分析の更なる高度精度化を目的として、イオン液体を高真空中でエレクトロスプレーする方式の帯電液滴ビーム源を開発し、SIMS 分析に応用するものである。イオン液体は、室温においても液体状態である塩（えん）の総称である。蒸気圧がほとんど無いため、真空中でも蒸発せずに液体として存在し、またそれ自身がイオン性の液体であるため、高真空中においてもエレクトロスプレーが可能であることが大きな特徴である。

本年度は、昨年度に用いたイミダゾリウム系のイオン液体とは異なるプロトン性のイオン液体を用いて実験を行った。実験結果から、プロトン性イオン液体から試料分子にプロトンが移動することによりプロトン付加反応が促進され、分子イオン強度が大幅に増大することが明らかとなった。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】表面分析、イメージング質量分析、イオン化

【研究 題目】コンパクトカロリメータを用いた外部放射線治療現場における絶対線量計測技術の開発

【研究代表者】清水 森人（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】清水 森人（常勤職員1名）

【研究 内容】

放射線治療の治療計画の基準となる水吸収線量計測の不確かさを抑えることは非常に重要であり、リニアックからの放射線の水吸収線量標準の開発や供給が産業技術総合研究所において行われている。一方で、治療に用いられる放射線の種類は年々増える傾向にあり、これらに全て対応するには、必要とするユーザーの施設においてカロリメータによる絶対線量計測を行う必要がある。そこで、医療現場において使用可能な小型グラフアイトカロリメータを開発し、医療現場における高エネルギー光子線の絶対水吸収線量計測を行うこととした。

今年度はグラフアイトカロリメータの計測システムの開発を行い、実際に医療施設における測定を行った。測定の結果、カロリメータによる測定の統計不確かさを0.2 %以下に、抑えることができ、水吸収線量計測を行う見通しがついた。今後は、グラフアイト吸収線量を水吸収線量に変換する補正係数の導出を行うと共に、医療施設での実験によるデータの蓄積を図る。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】高エネルギー光子線、リニアック、カロリメータ、水吸収線量

【研究 題目】タンパク質機能発現の解明を目指した高強度テラヘルツ時間分解分光システムの開発

【研究代表者】黒田 隆之助（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】黒田 隆之助、田中 真人、平 義隆（常勤職員3名、他1名）

【研究 内容】

本研究はキロアンペア級ピーク電流値を持つ超短パルス電子ビームから高強度テラヘルツコヒーレント放射光を発生するとともに、シングルショットテラヘルツ分光法、およびバンドパスフィルタを用いた簡易分光によって、タンパク質のテラヘルツ吸収分光計測を実施している。本年度は、小型加速器による高強度テラヘルツ生成手法を確立し、その特性を詳細に計測することができた。特にパルス強度・集光特性・偏光・スペクトルを評価することで原理通りに動作していることを確認した。非常にパルス強度が強く、スペクトルも広いため、タンパク質試料の詳細計測に非常に有効な光源が構築することができた。タンパク質計測に関しては、テラヘルツバンドパスフィルタを用いた水溶液計測を実施し、ヒト血清アルブミン（HAS）等のタンパク質、及び各種イオンの計測を行い、濃度を変化させて吸収係数の計測に成功した。次年度以降のタンパク質試料における水和状態の詳細解析に向けた準備を整えることができた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】テラヘルツ、シングルショット時間領域分光、コヒーレント遷移放射

【研究 題目】テラヘルツ領域における世界初の円二色性スペクトル計測への挑戦

【研究代表者】田中 真人（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】田中 真人、黒田 隆之助、平 義隆（常勤職員3名）

【研究 内容】

本課題はテラヘルツ領域における円二色性や光学活性などに代表される円偏光を用いた分析手法の構築に向けた計測手法や要素技術に関する指針を出すこと等を目指している。その中で本研究グループが開発してきた電子加速器からの高強度テラヘルツ光源などの技術を基盤にして、テラヘルツ領域における円二色性・光学活性計測手法の構築やそのための重要な要素技術である検出器の安定化方法、偏光度計測手法、偏光光学素子開発・評価手法の確立などを進めてきた。

本年度は主に現在構築中の光学活性・円二色性計測システムの高度化のための要素技術の開発を進めた。特に光学活性・円二色性の信号は非常に弱く、かつ偽の信号成分が重量してくることが知られているため、各光学素子や検出器の高度化や評価は非常に重要である。そこでテラヘルツ検出器の安定化方法を開発した。用いているテラヘルツ検出器はボロメータなど熱を検出して、強度

を計測するものであるが、これは人など温度を発生するものによる偽の信号も検出してしまう場合がある。またテラヘルツ光は水に強く吸収されるため、周囲の温度変化による湿度の変化によってもテラヘルツ強度が変化する。これらの偽の信号成分は微弱な光学活性・円二色性計測において、大きな障害の一つである。そこでできる限り不要な熱や光成分を遮ることのできる検出器システムを開発した。これにより検出器信号のドリフトや人などの温度物体由来のノイズ成分を大きな削減に成功した。さらに雰囲気温度を0.1℃の精度で制御できる光学システムの構築も行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】テラヘルツ、円二色性、光学活性、キラリティ、偏光分光、禁止薬物

【研究 題 目】ファイバ・リング・レーザーを用いた
FBG 振動検出システムの開発

【研究代表者】津田 浩（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】津田 浩（常勤職員1名）

【研究 内 容】

ファイバ・リング・レーザーの共振ミラーを FBG とする振動システムの基礎的特性を明らかにすることを目的に、今年度はファイバ・リング・レーザーシステムを用いて FBG マイクロフォンの試作とブレード衝撃荷重の検知へ適用し、下記の結果を得た。

円筒形状のアクリルの一端を葉包紙で覆い、葉包紙に FBG を接着させたマイクロフォンを試作し、音響を検出するシステムを構築した。音圧、周波数を変化させたときの FBG マイクロフォンの応答強度の変化や共振特性の評価を行った。その結果、FBG マイクロフォンは周波数に依存せず音圧のデシベル変化に比例する応答出力を示し、またマイクロフォン構造から予想される共振特性を示し、従来多用されている電気式マイクロフォンと同等の性能を有することを実証した。

この FBG マイクロフォンを風力発電タービンプレードの衝撃荷重を検出する実験に供した。長さ3メートルの小型タービンプレード内部に FBG マイクロフォン、電気式マイクロフォン、ひずみゲージ、および FBG をブレード側面に貼り付けて、落球衝撃を与えた際の応答信号を検出した。衝撃検出感度はひずみゲージ、電気式マイクロフォン、FBG マイクロフォン、接着された FBG センサの順に高かった。ひずみゲージによる衝撃荷重はブレードに大きな振動が生じるような大きな衝撃荷重を与えたときのみ応答が現れた。一方、電気式マイクロフォンは後段でアンプによる信号増幅とフィルタ処理による外乱ノイズ除去なしでは衝撃荷重の検出は難しかった。一方、FBG マイクロフォンはフィルタ処理なしでも衝撃荷重を検出することができた。最も高感度であった貼り付けた FBG センサは他のセンサでは全く検出できないような微弱な衝撃荷重も検出することがで

きた。ファイバ・リング・レーザーシステムを用いると可聴域から超音波域に渡る広帯域な振動検出が可能で、高感度な衝撃負荷検出が実現できた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】非破壊検査、光ファイバセンサ、衝撃検知

【研究 題 目】マイクロ蛍光比例計数管を用いた放射線
イメージングデバイスの開発研究

【研究代表者】藤原 健（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】藤原 健（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究ではガラス製のマイクロ比例計数管と蛍光ガスを組み合わせ、放射線の反応媒体に“ガス”を用いた放射線イメージングデバイスの開発を行う。そのための本研究の具体的な目的は、①ガラス製のマイクロ比例計数管と組み合わせる“蛍光に特化したガス”の組成の探索（発光輝度・マイクロプラズマ生成率）と、②“個体”に対し“ガス”が持つ優れた物理的特性を活かしたアプリケーション（軟 X 線・高 LET 放射線）で有用性を実証することであり、本デバイスが放射線イメージングデバイスの新たな選択肢となることを目指す。

本研究ではガスの発光を利用するシンチレーションガスに着目し、ガラス製のガス増幅器である Glass GEM と組み合わせシンチレーション光を用いたガス検出器の開発に取り組んでいる。微細加工技術を用いてガラス製マイクロ比例計数管：Glass GEM（Glass Gas Electron Multiplier）の開発に成功している。この微細加工を施したガラスの両面に電極を付けた電極間に高電圧を印加することで、ガラスに開けられた多数の穴一つ一つがマイクロ比例計数管として動作させることが可能になる。その後の Glass GEM の改良やオペレーションノウハウの蓄積により、Glass GEM は従来のポリイミド製の GEM（Sauli, NIM A 1999）と比較し、二桁以上高いガス増幅率(3×10^4)が得られることや、優れた高計数特性を示すなど、優れた性能を有していることを示している。

本研究では CF₄（蛍光ガス）の励起発光と Glass GEM の高いガス増幅率に着目し、マイクロ蛍光比例計数管とする着想を得たが、ガス検出器と組み合わせるのにより適したガスの組成を探索するために、ガスマスフローによるガス混合装置を導入した。混合用のガスには Ar, Kr, Xe, CF₄, CO₂, N₂を導入して、ガスの混合比を変えた試験を行っている。

試作した検出器は、ガス検出器として世界最高レベルの高解像イメージングに成功しており、従来の X 線ラジオグラフィでは困難であった、軽元素で構成される生体試料のイメージングに成功した。検出器の有感面積は100 mm までを達成しており、今後さらなる大面積化を目指す。空間分解能に関しては400 μm（FWHM）を

達成しており、今後ガスの組成を変えることで空間分解能の向上を目指していく。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕X線検出器、放射線イメージング、ラジオグラフィ、ガス検出器、放射線検出器、非破壊検査

〔研究題目〕レーザーコンプトン散乱 X 線による可視不能生体材料のリアルタイム可視化装置の開発

〔研究代表者〕豊川 弘之（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕豊川 弘之、黒田 隆之助、平 義隆、田中 真人、三浦 永祐、鶴島 英夫（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、小型電子リニアックと高出力レーザーとを駆使したレーザーコンプトン散乱 X 線発生技術の高度化によって、可視不能ステントのような体内に注入した超微細構造材料をリアルタイムに可視化する技術を開発することを目的としている。

これまでにエネルギー数10 MeV の電子ビームと800 nm チタンサファイアレーザー光子によるレーザーコンプトン散乱によって約30 keV の準単色 X 線を発生し、これを用いて模擬血管内部に封入した塞栓コイルの可視化に成功した。具体的には35 MeV の電子ビームを用いて約28 keV の X 線を生成した。光源から約1.8 m 地点にステント及び塞栓材であるコイルを、約4.0 m の地点に検出器（イメージングプレート）を設置し、拡大系（2倍程度）によるイメージングを行い、血管内コイルの可視化に成功した。

今年度は衝突用レーザーの波長を短波長化することを試み、2倍波の発生に成功した。これによって80 keV の X 線生成の目的が立った。衝突用レーザーシステムの小型化を目指して Er ファイバーレーザーシステムの試作を行った。同レーザーの繰り返し周波数調整が可能であることが確認できたことから、Er ファイバーレーザーを電子加速周波数に同期させることが可能であることが分かった。

X 線発生に関しては、レーザー加速で得られる電子線を用いた LCS-X 線発生の研究も並行して進めた。波長800 nm、エネルギー700 mJ、パルス幅40 fs のレーザーパルスヘリウムガスジェットに集光照射し、高エネルギー電子線の発生に成功した。更にこの電子に波長800 nm、エネルギー140 mJ、パルス幅100 fs のコライディングパルスを照射して60 keV の X 線発生と計測に成功した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕レーザーコンプトン散乱、単色 X 線源

〔研究題目〕強磁性体／超伝導体接合におけるアンド

レーエフ反射およびスピン緩和に関する研究

〔研究代表者〕柏谷 裕美（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕柏谷 裕美（常勤職員1名）

〔研究内容〕

超伝導トンネル接合を用い、既存の冷凍機と組み合わせ、超伝導トンネル接合上で（既存の）冷凍機の冷却温度以上に低い温度を実現させる固体冷凍機の冷凍能力改善を目指すための研究を行っている。

実際の冷却は、超伝導接合上に冷却したい微小サンプルを熱的に接触させ、固体冷凍機から排熱を行うことを想定しており、冷却が必要なセンサー部分のみを局所的に冷却することにより効率のよい冷却を行うことができる。固体冷凍機は、素子中の準粒子を利用して排熱を行う。アンデレーフ反射により排熱が行われにくくなるが、強磁性体を用いるとスピンによりアンデレーフ反射が起こりにくくなると想定されるため、強磁性体を用いた場合の接合の冷却効果の改善を検証するための実験を行っている。

育児休暇により研究を中断していたため、それまでに作製を行っていた常伝導体（N）／絶縁体（I）／超伝導体（S）接合の作製プロセスに関し、装置の変更が生じたものもあり、プロセスの再構築を行った。作製した素子の冷却に関しては、（既存の）冷凍機の引越しのため、冷凍機の移設および動作確認を行い、確認後に接合の冷却を行った。

今年度は、常伝導体の代わりに強磁性体を用いた接合のプロセス構築および作製した素子を冷凍機に配置し、特性を測定することによる冷却効果の検証、また超伝導体中の排熱プロセスに関しても測定を行い、研究を進める予定である。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕超伝導トンネル接合

〔研究題目〕近接場過渡吸収イメージング分光装置の開発と次世代有機太陽電池への応用

〔研究代表者〕松崎 弘幸（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕松崎 弘幸（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、近接場顕微鏡技術を始めとする光学顕微分光技術とフェムト秒時間分解分光技術を組み合わせ、数百ナノメートルオーダーの高い時間分解能を実現する過渡吸収イメージング分光装置の開発を行う。さらに実際に開発した過渡吸収イメージング分光装置を有機ナノ構造体の一つであるバルクヘテロ接合型有機薄膜太陽電池材料等に適用し、それら太陽電池において、光生成した励起子や電荷の振る舞いを高時間分解能・高空間分解能で精密に追跡し、時間軸・空間軸の両面でアプローチし実証的に把握することで、電池性能の向上を阻む要因を明らかにすることを主な目的とする。

平成27年度は、昨年度から引き続いて、励起光と検出光を独立に位置制御し、励起子やキャリアといった光励起種の時空間ダイナミクスを、高感度・高空間分解能・広時間領域で時間分解して追跡可能なフェムト秒過渡吸収イメージング分光装置の構築と、実材料・デバイスへの応用を進めた。昨年度から発生していた実験温度環境に由来するフェムト秒パルスレーザー光源の不具合について、恒温処置の昼夜連続運転を施して、安定化を行った。開発装置の安定的な動作環境を確保し、有機薄膜太陽電池材料等の実材料・デバイスへの応用展開を含めた装置のデモンストレーションを進めた。また、同装置の高感度性を活用した有機薄膜太陽電池材料における過渡吸収測定の結果について、招待講演 (227th ECS Meeting) での成果発表も行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】有機薄膜太陽電池、フェムト秒過渡吸収分光、顕微分光、光電変換

【研究 題目】構造体健全性診断のための超音波伝搬可視化法による定量的非破壊評価

【研究代表者】山本 哲也 (分析計測標準研究部門)

【研究担当者】山本 哲也 (常勤職員1名)

【研究 内容】

パルスレーザー走査を適用した欠陥検出装置において、センサ (探触子) を複数か所に配置することにより、レーザー励起された超音波の伝搬挙動を異なる場所での多系統の信号として同時にモニタリング・映像化を行う手法を提案し、その有効性の検証をこれまで行ってきた。本年度は、2センサを裏面欠陥を有する厚板試験片に対して適用した際の映像化に関して検討を行った。センサを2か所に向かい合わせに (対向) 配置して映像化した場合には、欠陥からの散乱波が確認しにくい、1か所だけにセンサを配置した場合には欠陥から拡がる波が適切に確認できる。裏面欠陥を有する厚板試験片に対してセンサを対向配置して映像化を行うと、底面からの反射波が原因で欠陥からの弱い散乱波が判別しにくくなってしまふことを B スコープの図から明らかにした。

併せて、より高い信頼性を有する欠陥検出法の確立に向け、金属円形パイプ内部にマイクロ波を伝搬させるための給電回路に関して検討を行った。これまで11 GHzにおいて当該回路の最適設計を行い、周波数特性が文献値と一致することを確認してきたが、本年度は、5 GHz帯において同様にモーメント法を用いて反射特性が最適となる中心導体の長さの最適化、並びに、外導体内径の形状をステップ状に変化させた広帯域構造におけるパラメータの最適化を行い、最適化されたパラメータを用いてプロトタイプを作製し、計算値と実験値が一致することを確認した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】非破壊計測、波動伝搬、劣化予測・診断、

可視化

【研究 題目】質量分析法による金属結合タンパク質の構造解析

【研究代表者】浅川 大樹 (分析計測標準研究部門)

【研究担当者】浅川 大樹 (常勤職員1名)

【研究 内容】

質量分析法による金属結合タンパク質の構造解析手法開発の基礎研究として、金属-ペプチド複合体のフラグメンテーションについて研究を行っている。

昨年度までに、ペプチドの電子移動解離タンデム質量分析法において、金属塩添加により生成する金属-ペプチド複合体をプリカーサーイオンとして用いることでアミノ酸配列を反映する良好なスペクトルが得られることを明らかにしている。このメカニズムについて詳細に検討するために、分子内に遊離プロトンを含まない金属-ペプチド複合体を密度汎関数理論による計算化学的知見に基づき設計し、電子移動解離および電子捕獲解離タンデム質量分析法によるフラグメンテーションの実験を行った。このモデル金属-ペプチド複合体のフラグメンテーション過程について、*J. Phys. Chem. B* 誌および *J. Am. Soc. Mass Spectrom.* 誌に論文発表を行った。

さらに、金属結合タンパク質の構造解析に有用であるマトリックス支援レーザー脱離イオン化インソース分解についても分解効率の評価法を提案し、*J. Mass Spectrom.* 誌に論文発表を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】アミノ酸配列、フラグメンテーション、電子移動解離、電子捕獲解離、マトリックス支援レーザー脱離イオン化

【研究 題目】純ベータ核種の高感度オンサイト絶対測定器の開発

【研究代表者】海野 泰裕 (分析計測標準研究部門)

【研究担当者】海野 泰裕 (常勤職員1名)

【研究 内容】

本研究では、オンサイトでの混在試料中の純ベータ核種の迅速な放射能測定装置の実現を目指している。本年度は、前年度のベータ線検出器の開発に続いて、ガンマ線検出器について検討した。

ガンマ線検出器については、本研究で重要な感度の点で無機シンチレータが最適である。さらに、波高分解能が高い方が、核種弁別能が高く、検出限界を低くすることができる点で有利である。

スルーホール型 NaI (Tl) シンチレーション検出器は波高分解能が662 keV 光電ピークにおいて17 %であり、改善する余地がある。そこで、本年度は、シンチレータと受光素子の素材の選択に立ち返って検討した。

オンサイトで測定を実施するためには遮蔽を含めて小型化する必要があり、装置全体のサイズを決定づける受

光素子の選択が重要と考えた。そこで、近年開発が進んでいる半導体受光素子（浜松ホトニクス社製 MPPC）とシンチレータを組み合わせた測定を実施した。

シンチレータは、MPPC の感度波長と発光量の観点で、NaI (Tl) に加えて、CsI (Tl)、BGO、GAGG を選択した。従来の光電子増倍管との比較で、性能を評価した。

上記の検出器の評価に加えて、ベータ線検出器とガンマ線検出器の組み合わせ方法を決定する上で必要となるシミュレーション技術を開発し、国際学会で発表し、国際誌 (Applied Radiation and Isotopes, vol.109, p. 363-368) で論文を発表した。

また、精度は追求せず、簡便で迅速な測定を実現する方法を考案し、国内誌 (日本原子力学会和文論文誌, vol.14, p. 141-150) で論文を発表した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】放射能測定、シンチレーション検出器、ベータ線、ガンマ線、シミュレーション

【研究 題 目】真空紫外マイクロビームを用いた円二色性計測による隕石中のキラリティ分析手法の検証

【研究代表者】田中 真人 (分析計測標準研究部門)

【研究担当者】田中 真人 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本提案は紫外～真空紫外線領域における円二色性スペクトル計測を用いて、隕石試料などに含まれる有機分子のキラリティを直接分析する手法を提案し、その有効性の検証を目標としている。そのために紫外～真空紫外線領域における円二色性スペクトル計測装置の高度化、特にマイクロビーム化などによる高感度化や二次元分布計測システムの開発などを行うとともに、テスト試料を用いた本装置・手法の評価を行い、実際の計測の可能性や必要な要素技術・計測法などに関する指針を得る。

本年度はまず前年度開発したシュバルツシルトミラーを用いたマイクロビームによる円二色性、光吸収の二次元分布計測システムの高度化を行った。光学系の慎重な調整により、光スポット径を40 μm×60 μm程度にまで縮小化した。さらにピンホールを用いた2次元分布計測より、マイクロビームの形状が楕円に近いものであることも明らかにした。

またこれまでの研究などから、隕石中の有機分子試料のキラリティ分析には、直線二色性由来の成分を正確に考慮する必要が有ること、円二色性計測の場合にはできる限り薄い試料にしないと計測が困難であること、円二色性だけでなく光学活性の計測も有用であるという指針を得ることができた。光学活性計測では円二色性より試料厚さを厚くできるので試料の薄膜化などの準備が容易になるなどの利点がある。今後これら指針を基により有用な手法開発を進めていく。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】円二色性、宇宙科学、アミノ酸、真空紫外線、キラリティ、構造解析、分子構造

【研究 題 目】針葉樹型カーボンナノ構造体電子源を用いた高輝度白色 X 線源の開発

【研究代表者】加藤 英俊 (分析計測標準研究部門)

【研究担当者】加藤 英俊 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

入射電子エネルギー100～150 keVにおいて、従来の金属ターゲットに対して輝度の向上が予想される透過型カーボンターゲットにより高輝度な X 線が発生できることを実証するとともに、当研究グループにおいてこれまで使用してきた針葉樹型カーボンナノ構造体冷陰極電子源と組み合わせることにより X 線スペクトルにコンタミネーション (不要な特性 X 線ピーク) がない高輝度な白色 X 線源の開発を行う。

針葉樹型カーボンナノ構造体電子源の製作を行い、電子源とターゲット共にカーボンで構成される X 線発生装置の製作を行った。ターゲットには炭素板及び熱伝導性の高い導電性ダイヤモンドを使用した。また、冷却機構の導入、及び、回転ターゲット化を行い、高出力時におけるターゲットの発熱に対する対策を行った。製作した X 線発生装置は陰極 (電子源)、中間電極、陽極 (ターゲット) の3極構造とし、出力電流制御を陰極-中間電極間電圧で制御し、陰極-陽極間電圧で管電圧を決定することとした。陰極-中間電極間電圧70 kVにおいて針葉樹型カーボンナノ構造体電子源から1 mA以上の出力が得られることを確認し、陰極-陽極間電圧は150 kVの高電圧をかけても放電等を起こさないように対策をとった。これら製作した X 線発生装置を用いた白色 X 線の出射、及び、エネルギースペクトルの測定を行った。測定時は、X 線を真空外へ取り出すため、X 線窓 (真空窓) にはベリリウムを用い、タングステン製コリメータにより不要な散乱 X 線成分の除去を行っている。製作した X 線源から発生する X 線強度を X 線検出器 (サーベイメータ、シリコンドリフト検出器、ゲルマニウム半導体検出器) を用いて測定した。管電圧上昇 (70～150kV) に伴い、白色 X 線強度 (輝度) が向上することが実験的に確認できた。本成果による高輝度白色 X 線源は、その場で X 線分析が従来よりも高精度でできるようになることが予想され、利用範囲拡大が望める。さらに、各種工業用 X 線源および装置への応用が期待できる。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】カーボンナノ構造体、カーボン、X 線源、白色、高輝度

【研究 題 目】水晶振動子型水素漏洩検知器の屋外使用のための温度・湿度補正法に関する研究

【研究代表者】鈴木 淳 (分析計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 鈴木 淳（常勤職員1名）

〔研究内容〕

温度安定型水晶振動子（TSQO）の電気的インピーダンスを変換した電圧出力への湿度の影響について調べた。相対湿度一定条件で温度を15℃から50℃に変化させた際のTSQO出力の最大変化率は湿度の増加と共に増加し、湿度の影響があることがわかった。現状、水素漏洩検知器として必要な安定性の最終目標と比較しても湿度の影響が大きいため、TSQOにおいても水素漏洩検知器の屋外使用のためには湿度の影響を抑制するための対策が必要である。そこでTSQO出力への湿度の影響を低減するため、水分のみを分離、排出する中空糸膜のエアドレイヤーを用いて湿度の影響を低減することを試みた。その結果、10℃一定条件下においては相対湿度30～100RH%の範囲においてTSQO出力の変化は、TSQOを測定子として用いる水素漏洩検知測定での必要最低検知下限測定時の三分の一以下であり、十分に湿度の影響を低減できることがわかった。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 温度安定型水晶振動子、水晶摩擦圧力計、水素漏洩検知器、粘性計測、回路インピーダンス、共振周波数、湿度、エアドレイヤー

〔研究題目〕 水等価電離箱の開発

〔研究代表者〕 森下 雄一郎（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 森下 雄一郎（分析計測標準研究部門）
河内 徹（千葉県がんセンター）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

放射線治療の発展に伴い、様々な放射線が治療目的に利用されている。光子線に限ったとしても、そのエネルギーは数100 keVから数10 MeVにわたっている。これらの治療では計測した水吸収線量に基づいて患者の線量を決めていて、水吸収線量の測定には空気が吸収体の電離箱が用いられる。空気式電離箱では、その出力が空気と水の阻止能比に比例し、阻止能比は放射線治療に使われる光子エネルギーの範囲では強いエネルギー依存性をもつ。従って、線量を精度良く決めようとする、エネルギーごとの校正が必要であり、世界的にはエネルギーごとに標準を用意する方向に流れができてつつある。しかしこの方式では、細分化をすればするほど、校正の体系は複雑になる。また、標準を整備し供給するコストは増大するので、治療にかかるコストも増大してしまう。

そこで本研究では、ユーザーの電離箱としてより理想的な水等価電離箱を開発し（ここではエネルギー依存性の観点で水等価と呼んでいる）、増え続ける線質に効率的に対応することを目指している。

本年度は、ある水等価な絶縁物を吸収体とした平行平板式の電離箱を試作し、実際に放射線を照射した。その

結果、照射する放射線量に比例した電流が流れていることが確認された。その後、既製品を流用して、指頭型電離箱についても試作し、照射テストを行った。こちらでは照射に応じた電流は得られなかった。二つの計測結果の違いを調べる過程で、平行平板式の電離箱では信号線のガードが不完全になっており、大気中にできた電荷が流れ込んでいることが判明した。流れ込む部分を完全に塞いで、再度照射を行ったところ、平行平板式でも電流が取り出せないことがわかった。現状では5 mm厚さ程度の吸収体に数100 Vの電圧をかけているが、液体電離箱などでは生成電荷を取り出すためには1000 V/mm以上の電圧が必要とされている。現在電場強度を大幅に上げるため吸収体の幅を狭くした上で、大きな電圧が印加できるように改良を検討している。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 水吸収線量、水等価電離箱

〔研究題目〕 生体光計測のための強度相関イメージング技術の研究

〔研究代表者〕 白井 智宏（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 白井 智宏（常勤職員1名）

〔研究内容〕

予防医学分野において重要視されている生体光イメージング技術の性能を飛躍的に向上させるブレークスルーとして、光の強度相関に基づく量子イメージングの原理が有望であることを見出してきた。本研究では、この技術の実用化に向けた新しい展開として、量子イメージングの特徴を活かしつつ、量子光源を使用せずに生体イメージングへの応用に適した強度相関イメージングを実現する方法の確立を目指す。具体的には、検出光学系を大幅に単純化するために、半導体光検出器における二光子吸収を利用した古典的強度相関検出法の適用可能性を検証する。また、高感度かつ機械的な走査が不要な古典的強度相関に基づく断層イメージング（OCT: Optical Coherence Tomography）技術を新たに構築する。

平成27年度は、OCTの研究について、より現実的な被測定対象のモデルとして、2つの反射面をもつ物体に対するイメージング特性を理論と実験により明らかにした。当該技術では、量子OCTと同様に、アーティファクト（不要な像）が発生することが問題となっていたが、前述の理論に基づき、検出器の物理的な微小シフトもしくは計算機内での等価な操作によりアーティファクトを低減できることを明らかにし、その有効性を実験的に検証した。一方、二光子吸収を利用した同時計数/強度相関検出法の研究については、検出器としてGaAs型の光電子増倍管を、光源として中心波長1.3 μm帯のスーパーミネセントダイオードを利用した実験を行い、二光子吸収の証拠となる入射光強度と検出光子数との間の2乗特性を確認した。また、二光子吸収を安定して発生させるための諸条件を明らかにした上で、その強度相

関イメージング技術への適用可能性を検討した。これらの成果は、生体計測に適した強度相関イメージング技術の確立に向けて、重要な知見を提供するものとなった。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】生体医用光計測、強度相関、断層イメージング

【研究 題目】超短電子ビームによる高強度ラジアル偏光テラヘルツを用いた巨視的光ピンセットの開発

【研究代表者】黒田 隆之助（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】黒田 隆之助、平 義隆、豊川 弘之（常勤職員3名）

【研究 内容】

本研究は産総研の S バンド小型リニアックから出力されるキロアンペア級ピーク電流値の高輝度・超短パルス電子ビームを用い、金属薄膜等へ照射することでテラヘルツ領域の高ピーク強度コヒーレント遷移放射等を発生させ、これをラジアル偏光として観測する。そしてこれを用いて光ピンセットの原理実証を行うことを目指している。

今年度は、ラジアル偏光したテラヘルツ光を発生させ、これまでの直線光学系により集光点でのドーナツプロファイルを確認した。また、放射ノイズ等のバックグラウンド低減のため、オフアキシス集光光学系の構築を行い、実際にバックグラウンドの低減に成功した。更に、集光点でのテラヘルツ光ピンセット実現のため、Z 軸方向の電場に感度のある微細テラヘルツプローブを導入し、Z 軸方向の電場強度を概算する目途が立ち、テラヘルツ光ピンセット実現への知見を得ることができた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】電子加速器、光ピンセット、コヒーレント放射、ラジアル偏光

【研究 題目】電界放成型 C バンド高周波電子銃を用いたサブピコ秒電子ビーム源の開発

【研究代表者】平 義隆（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】平 義隆、黒田 隆之助、豊川 弘之（分析計測標準研究部門）
（常勤職員3名）

【研究 内容】

本研究では、小型でシンプルな構造でありながら、ピコ秒電子ビームの発生が可能な電界放成型 C バンド高周波 (RF) 電子銃を開発し、さらにそれをサブピコ秒にまでパルス圧縮する技術開発に挑戦する。装置の小型化に資するために、電子源には電界放成型の針葉樹型カーボンナノ構造体 (CCNS) を使用する。

平成27年度は、CCNS に対する電界放出特性の測定を行った。CCNS 表面に印加される電界強度が 28 MV/m 以下の領域では電界強度を上げるに従って放出

電流値が上昇するが、28 MV/m を上回っても電流値は頭打ちの傾向になることが分かった。また、電界強度を上げるに従って、カーボン構造体から突き出ているナノメートルオーダーの先端部が破壊され、電界放出の重要な特性が劣ることも分かった。そのため、CCNS を RF 電子銃の電子源として利用するには、28 MV/m 以下の電界強度で使用することが一つの目安になる。しかしこの値は、例えばフォトカソード RF 電子銃で利用されている電界強度 100 MV/m に比べて 1/3 以下の値である。そのため、RF 電子銃内の RF 空洞の数を増やし、初段の空洞で CCNS から電子を発生し、後段の空洞で電子を加速するのが現実的である。

また、同年度に RF 空洞の数が合計3つのテスト空洞を民間の加工業者の協力の元、製作した。C バンド空洞はその内径が小さいため目標の共振周波数に合わせるためには、空洞内径の高い加工精度が要求される。結果として、共振周波数 5324.6 MHz、Q 値 9800、各セルの電界強度比もほぼ均一の 3セル空洞を製作することに成功した。このテスト機製作で得た経験は、今後の実機製作に十分活かすことができる。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】C バンド、高周波電子銃、カーボンナノ構造体、電界放出

【研究 題目】複合的実験手法による⁷Li (p,n) 反応準単色中性子スペクトル構造の解明

【研究代表者】増田 明彦（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】増田 明彦（常勤職員1名）

【研究 内容】

サイクロトロン施設において⁷Li (p,n) 反応で生成される準単色高エネルギー中性子場に混在する低エネルギー連続成分のスペクトルを、複数のシンチレータを用いた中性子飛行時間 (TOF) 法と放射化ボナー球検出器を用いたアンフォールディング法との組み合わせにより測定した。

今年度は、高エネルギー環境でもシンプルな測定をするために開発した放射化ボナー球検出器を用い、散乱中性子が支配的とみられる熱中性子領域までを含む全エネルギーのスペクトルを評価した。放射化ボナー検出器の応答特性をより精度良く評価するため、モンテカルロシミュレーションと産総研の中性子標準場での実験を引き続き行った。アンフォールディングに用いる初期推定スペクトルとして 100 keV 近傍まで信頼性の高い TOF 測定の結果(昨年度成果)を用いることで、より信頼性の高い全エネルギー領域に対する中性子スペクトルを得た。

また、入射陽子エネルギーの違いによるスペクトル構造への影響を調査するため、複数のエネルギー (50 MeV および 65 MeV) での実験を行い比較した。大阪大学 RCNP のサイクロトロン施設を利用しさらに高エネルギー (100-400 MeV) での実験も実施し、TIARA で

得た低エネルギー構造の知見を適用して全エネルギー領域に対する中性子スペクトル測定を実施した。さらに、波及的な展開として、放射化ボナー技術のホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) 用の大強度中性子の測定への応用を計画している。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 中性子、高エネルギー中性子、中性子飛行時間法、アンフォールディング法、中性子標準、計測標準

〔研究題目〕 立木用ポータブル X 線検査装置の開発と材質研究およびマツ材線虫病研究への適用

〔研究代表者〕 加藤 英俊 (分析計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 加藤 英俊 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

木材の材質研究をはじめ野外の林木・樹木を対象にした立木用 X 線検査では、軽量、小型、バッテリー駆動可能な X 線源が必要とされている。本研究では、フィールド実証試験に用いることを目的として、年輪配置、材密度分布、節・腐朽等の欠点分布、辺心材や年輪内の水分分布等を二次元的に表示することが可能な立木用のポータブル非破壊材質検査装置開発を行う。

本年度は、針葉樹型カーボンナノ構造体電子源を用いた小型軽量の X 線源を搭載した立木用 X 線 CT 装置の調整・画像化処理を行った。調整及び画像化処理では、水や油及び空洞部を含んだ各種サンプルの撮影を行い、フィルター (銅板、アルミ板) を用いた画像処理方法の検討及び撮影条件だしを行い、得られた CT 画像の評価を行った。九州大学が用意した直径20 cm 以下の松、杉、からまつのサンプルを撮影し、年輪等の断面情報が得られることを確認した。撮影条件等を調整することで木材中心周辺の鮮明度は向上したが、木材外周部は年輪間隔が狭く、検出器及び撮影角度間隔の制約によって外周部における分離が難しい現状となっている。今後は、検出器の検討、画像の鮮明化、及び、さらなる X 線 CT 装置の小型軽量化を行い、フィールド実証試験で使用可能な装置開発を進める。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 カーボンナノ構造体、X 線源、立木、材質評価、非破壊検査

〔研究題目〕 陽電子発生用超伝導加速器の電子銃開発

〔研究代表者〕 オローク・ブライアン

(分析計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 オローク・ブライアン (常勤職員1名)

〔研究内容〕

陽電子は物質中で電子と消滅して γ 線 (光子) を放出する。陽電子消滅分光は、試料中の欠陥等を非破壊的に評価する最も有効な手法である。産総研では、電子線形

加速器を利用して発生した高強度低速陽電子ビームにより世界最先端測定技術を開発してきた。近年陽電子ビームをマイクロビーム化することにより欠陥イメージングや実環境測定を成功した。その技術を公開し、産業ニーズに十分対応可能な施設を構築することを目標とし、陽電子ビーム強度を増強するための超伝導加速器による陽電子発生の研究を行っている。

超伝導加速器の場合、入射電子パルスの特徴は短パルス幅と高い繰り返しが必要となり、今まで通常のサーマル電子銃 (とバンチャー) かレーザーフォトカソード電子銃がよく使われてきた。本研究はカーボン・ナノ構造ベースの電界放出型電子銃を利用して超伝導加速器用電子銃を開発した。27年度は、26年度に製作した超伝導加速器と同期を取れる500 MHz の同軸型空洞にカーボン・ナノ構造カソードを設置して、高周波電力を導入して電界放出電子の電流を評価した。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 超伝導加速器、電子銃、電界放出型、カーボン・ナノ構造・陽電子発

〔研究題目〕 粒子線治療における線量評価技術の開発

〔研究代表者〕 齋藤 則生 (分析計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 齋藤 則生、田中 隆宏、清水 森人 (常勤職員3名)

〔研究内容〕

本年度も昨年度に引き続き放射線医学総合研究所の HIMAC の共同利用実験を行った。昨年度は単色炭素線を使い測定システムの妥当性評価を含め基礎的な測定が中心であった。本年度は、治療用の線質に近い SOBP 6cm の線質評価 (深部電離量分布) を行った。グラフアイトカロリメータについては、昨年度明らかになった測定システムの課題を解決し、炭素線の熱量測定を再度行った。水カロリメータについては、放射化学反応による吸収エネルギーの消費 (熱欠損) を抑えるため、水中に水素を限界量まで溶かしこんだ飽和水素水の製造システムの構築を行うとともに、ガラス温度プローブの製作を行った。

線質評価については、治療の条件に近い290 MeV/n の炭素線の SOBP 6 cm の線質での深部電離量分布測定を行った。その結果、線量の絶対測定を行う水深さ (SOBP 中心) での物理線量の勾配が大きいことが分かった。そこで、SOBP 中心において水吸収線量を一層高い精度で絶対測定するため、SOBP の物理線量分布がより平坦となるようなリッジフィルタを設計した。グラフアイトカロリメータについては、昨年度の実験で判明したシステムの問題点の解決を図り、その結果 SN 比が約4倍向上した。改良した測定システムを用い、グラフアイトカロリメータによる単色290 MeV/n の炭素線の熱量測定を行った。その結果、約0.2 %の再現性で熱量測定ができることを確認した。

水カロリメータは、水温の絶対値を評価するため、4端子測定法を用いたより高精度な絶対温度計測を可能にし、グラフィイトカロリメータを用いた試験測定を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】粒子線、水吸収線量標準、グラフィイトカロリメータ、水カロリメータ

【研究 題目】超伝導転移端センサが実現する粒子線治療用線量標準の高精度化

【研究代表者】大野 雅史（東京大学）

【研究担当者】清水 森人（分析計測標準研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

今年度は粒子線の線量分布計算プログラムの開発を行った。来年度は大規模計算システムを構築し、より高精度な計算を実施する予定である。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】粒子線、ブラッグピーク、モンテカルロ

【研究 題目】超伝導転移端センサが実現する粒子線治療用線量標準の高精度化

【研究代表者】大野 雅史（東京大学）

【研究担当者】黒澤 忠弘（分析計測標準研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

重粒子線がん治療において被ばくを最小限に抑えつつ高い治療効果を得るためには、体内の吸収線量分布の正確な把握が必要不可欠である。本研究では極めて高いエネルギー弁別機能を有する超伝導転移端センサ (TES) とグラフィイト製重粒子吸収体を組み合わせたマイクロカロリメータを開発し、従来の電離箱では到達し得ない優れた精度を有する重粒子線絶対線量標準を確立する。また重粒子線 TES 検出システムを水中に設置し、炭素線が水を通過する距離を変化させ、水中における重粒子線の LET (線エネルギー付与) 深度分布を μm オーダーで測定することを目標とする。H27年度はグラフィイト製重粒子吸収体の設計等に携わり、装置の製作補助を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】超伝導転移端センサ、重粒子線

【研究 題目】超伝導転移端センサが実現する粒子線治療用線量標準の高精度化

【研究代表者】佐藤 泰（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】大野 雅史、松崎 浩之（東京大学）、松藤 成弘、坂間 誠（放射線医学総合研究所）、大谷 知行（理化学研究所）、浮辺 雅宏、神代 暁（ナノエレクトロニクス研究部門）、清水 森人、

黒澤 忠弘、佐藤 泰（分析計測標準研究部門）、（常勤職員5名、他5名）

【研究 内容】

重粒子線癌治療において被曝を最小限に抑えつつ高い治療効果を得るには、体内の吸収線量分布の正確な把握が必要不可欠である。本研究では極めて高いエネルギー弁別性能を有する超伝導転移端センサ (TES) とグラフィイト製重粒子線吸収体を組み合わせたマイクロカロリメータを開発し、従来の電離箱測定法では到達しえない優れた精度を有する重粒子線絶対線量標準を確立する。さらにこの重粒子線 TES 検出システムを水ファントム中に設置し、炭素線が水を通過する距離を変化させ、水中での LET (線エネルギー付与) 深度分布を μm オーダーにて測定する。これにより鋭いブラッグピーク形状の高精度な検出のみならず、核破砕片によるエネルギー付与も正確に把握しうる。これらの知見・データは高精度な吸収線量予測に必須であり、今後主流になると考えられるスポットスキニング照射での治療精度向上にも大いに役立つものと期待される。

本研究では、寒剤フリーパルス管搭載希釈冷凍機を適用し、重粒子 TES 検出素子を冷却する。本冷凍機には、放射線入射用の極薄 Be 窓が装備されており、冷凍機デュワー外部から直接極低温ステージ上の TES 検出素子へ重粒子線を入射させることが可能である。本年度では、この冷凍機の整備を行い、重粒子線を検出する実験を行うための準備を進めた。

また、200 MeV 程度の粒子線入射に対して高いエネルギー弁別特性を有する TES 素子開発のため、超伝導薄膜作成のためのスパッタリング装置の整備を行った。

今後、開発された TES 素子を冷凍機の中で冷却し、動作確認を行い、引き続き、量子科学技術研究機構にて、重粒子線検出実験を行う予定となっている。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】癌治療、重粒子線、超伝導転移端センサ、放射線標準、グラフィイト

【研究 題目】マイクロ蛍光比例計数管を用いた放射線イメージングデバイスの開発研究

【研究代表者】藤原 健（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】藤原 健（常勤職員1名）

【研究 内容】

放射性廃棄物の核変換処理など、様々な分野で中性子核データの高精度化が求められており、高精度測定が行える核データ測定が求められている。パルス中性子を用いることにより、より高精度な核データを測定する事が可能になると期待される。一方、高精度核データ測定を行うためには、中性子検出器に高いエネルギー分解能が要求されるため、本研究では中性子用の単結晶シンチレータ Ce:LiCAF を用いた計測の検討を行った。Ce:LiCAF は、励起後の減衰時間が短く時間分解能に優

れている。しかしシンチレーション検出器はガンマ線に対する感度が高く、ガンマ線に起因する信号は測定精度に大きく影響するため、高精度核データ取得のためにはガンマ線に対する感度を 10^{-6} 以下に低減させる事が求められる。

Ce:LiCAF は α/β 比が優れた中性子用無機シンチレータあり、蛍光寿命が40 nS と高速な単結晶シンチレータである。また、Ce:LiCAF は熱中性子に対して高い検出感度を有するとともに、He-3検出器並の中性子・ガンマ線の弁別能を有しているため、より高精度な中性子核データの測定に有用であると考えられる。しかし、Ce:LiCAF は発光波長が270 nm と紫外線領域にあり、その短い波長のために、特殊な光電子増倍管でないと検出が困難という問題があった。そこで Ce:LiCAF シンチレータとプラスチックシンチレータを組み合わせたハイブリッドシンチレータを考案し、これにより熱中性子に対し様80%以上の検出効率が得られることや、光電子増倍管を用いた際にガンマ線と中性子線を完全に波高分離できることを明らかにした他、世界で初めてアバランシェフォトダイオード (APD) と組み合わせて中性子のピークを得られることを明らかにした。He-3に匹敵する γ 線・中性子弁別能をしめしており、光電子増倍管を使用する従来手法に比べ装置の大幅な小型化に成功した。

本研究で開発した検出器はベルギーの IRMM で評価を行い、従来の Li-Glass を用いた検出器と比較してガンマ線感度が大幅に低減できていることを外部機関でも実証できた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】中性子検出器、核データ、核変換処理、加速器駆動炉、放射線検出器

【研究 題 目】フェムト秒電子バンチの6D 位相空間分布計測可能な単一ショット非破壊モニターの開発

【研究代表者】黒田 隆之助 (分析計測標準研究部門)

【研究担当者】黒田 隆之助、平 義隆
(常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

本研究では、理化学研究所が実施している極短電子バンチを10 fs の時間分解能で計測する電子ビームモニター開発に産総研が参画している。

今年度は、産総研 S バンド小型リニアックにおいて、フォトカソード RF 電子銃からの高輝度電子ビームを追加速し、磁気パルス圧縮器によりキロアンペア級のピーク電流量まで電子パルスを圧縮、各種ターゲットに集光することで発生可能なコヒーレント遷移放射の特性計測を行った。これまでの計測から、コヒーレント遷移放射は理論式で予測される通りに、その強度分布が円環状となり、放射状の偏光分布をもつラジアル偏光であること

が分かっている。テラヘルツの検出には、偏光特性のある導波管タイプのショットキーダイオードや、偏光依存の少ないレンズタイプの広帯域検波器を用いた。導波管タイプでは、種々の周波数帯域のものを使用し、カットオフ周波数の計測、及び高周波領域の感度計測を行った。広帯域タイプでは、カットオフ周波数がないことから、低周波ノイズが大きくなることがわかった。これらの検波器によるテラヘルツ波の特性計測とともに、EO 結晶を用いた EO サンプリングによるテラヘルツ検出法の開発も進め、最適な計測手法の検討を進めた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】電子ビーム診断、コヒーレント放射、回折放射、EO サンプリング

【研究 題 目】NRF を利用した同位体3D イメージングに関する基礎研究

【研究代表者】平 義隆 (分析計測標準研究部門)

【研究担当者】平 義隆 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究では、同位体によってそのエネルギー準位が異なる核共鳴蛍光散乱 (Nuclear Resonance Fluorescence: NRF) とガンマ線 CT を組み合わせた新しい原理による同位体の3次元イメージングを行うことを目標としている。エネルギーメガ電子ボルト領域の単色レーザーコンプトン散乱 (Laser Compton scattering: LCS) ガンマ線を対象物に照射し NRF ガンマ線を計測する。ガンマ線の照射位置や角度を変えて NRF ガンマ線と透過ガンマ線を同時に測定する事で原理的には任意の同位体の3次元分布が測定可能である。このために、同位体3次元イメージング測定システムを開発し、分子科学研究所の放射光施設 UVSOR-III において LCS ガンマ線の開発を行い、実証実験と空間分解能などの性能評価までを最終的に行う。

平成27年度は、UVSOR-III において発生可能な LCS ガンマ線の最大エネルギーと光子数の測定を行った。ガンマ線のエネルギーは、エネルギー分解能の高いガンマ線検出器を用いて行い、最大エネルギーが 5403 ± 16 keV であることが分かった。また、光子数は、モンテカルロシミュレーションコードとの計算結果との比較を行い、発生点での光子数が 10^7 photons/sec と推定することができた。これらの結果については、第12回日本加速器学会年会プロシーディングス (p. 461) において詳しい内容が記載されている。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】原子核共鳴蛍光散乱、レーザーコンプトン散乱ガンマ線、同位体イメージング

【研究 題 目】立木用ポータブル X 線検査装置の開発と材質研究およびマツ材線虫病研究への適用

【研究代表者】鈴木 良一（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】鈴木 良一（常勤職員1名）

【研究内容】

木材の材質研究をはじめ野外の林木・樹木を対象にした立木用 X 線検査では、軽量、小型、バッテリー駆動可能な可搬型 X 線検査装置が必要とされている。当グループで開発したカーボンナノ構造体電子源を用いた X 線源は、このような現場での X 線非破壊検査に有効であると考えられることから、本研究では、フィールド実証試験に用いることを目的として、樹木の年輪配置、密度分布、節・腐朽等の欠点分布、辺心材や年輪内の水分分布等を立木のままで二次元的に表示することが可能なポータブル X 線非破壊検査装置の開発を行う。

本年度は、小型軽量のカーボンナノ構造体電子源を用いた X 線源を搭載した立木用 X 線 CT の実験装置を用いて、水や油及び空洞部を含んだ各種サンプルの撮影や、フィルター（銅板、アルミ板）を用いた画像処理方法の検討及び撮影条件だしを行い、得られた CT 画像を評価した。さらに、九州大学が用意した直径20 cm以下の松、杉、からまつのサンプルを撮影し、年輪等の断面情報が得られることを確認した。また、フィールドで使用できるようにするための、軽量で可搬性の高い検出器の検討を行った。

【領域名】計量標準総合センター

【キーワード】カーボンナノ構造体、X 線源、立木、材質評価、非破壊検査

【研究題目】立木用ポータブル X 線検査装置の開発と材質研究およびマツ材線虫病研究への適用

【研究代表者】加藤 英俊（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】加藤 英俊（常勤職員1名）

【研究内容】

木材の材質研究をはじめ野外の林木・樹木を対象にした立木用 X 線検査では、軽量、小型、バッテリー駆動可能な X 線源が必要とされている。本研究では、フィールド実証試験に用いることを目的として、年輪配置、材密度分布、節・腐朽等の欠点分布、辺心材や年輪内の水分分布等を二次元的に表示することが可能な立木用のポータブル非破壊材質検査装置開発を行う。

本年度は、針葉樹型カーボンナノ構造体電子源を用いた小型軽量の X 線源を搭載した立木用 X 線 CT 装置の調整・画像化処理を行った。調整及び画像化処理では、水や油及び空洞部を含んだ各種サンプルの撮影を行い、フィルター（銅板、アルミ板）を用いた画像処理方法の検討及び撮影条件だしを行い、得られた CT 画像の評価を行った。九州大学が用意した直径20 cm以下の松、杉、からまつのサンプルを撮影し、年輪等の断面情報が得られることを確認した。撮影条件等を調整することで木材中心周辺の鮮明度は向上したが、木材外周部は年輪間隔

が狭く、検出器及び撮影角度間隔の制約によって外周部における分離が難しい現状となっている。今後は、検出器の検討、画像の鮮明化、及び、さらなる X 線 CT 装置の小型軽量化を行い、フィールド実証試験で使用可能な装置開発を進める。

【領域名】計量標準総合センター

【キーワード】カーボンナノ構造体、X 線源、立木、材質評価、非破壊検査

【研究題目】リニアック X 線による新たな電離箱線量計校正法と水吸収線量計測に関する研究

【研究代表者】齋藤 秀敏（首都大学東京）

【研究担当者】清水 森人（分析計測標準研究部門）

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

医療現場における水吸収線量評価の不確かさ改善を図るため、基準電離箱線量計となる電離箱の線質変換係数などの特性を評価し、より効率の良い標準供給方法を確認する。

今年度は Co γ 線標準場、高エネルギー光子線標準場を用いて、電離箱線量計の水吸収線量校正定数の評価を行った。

【領域名】計量標準総合センター

【キーワード】高エネルギー光子線、リニアック、水吸収線量、線質変換係数

【研究題目】a-Si:H/c-Si ヘテロ接合界面近傍のボイド構造解明

【研究代表者】松木 伸行（神奈川大学・工学部・准教授）

【研究担当者】オローク・ブライアン、大島 永康

（分析計測標準研究部門）

（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

水素化アモルファスシリコン／結晶シリコン（a-Si:H/c-Si）ヘテロ接合太陽電池は25.6%の高変換効率が達成されている有望な太陽電池であるが、a-Si:H の構造内に微小ボイド欠陥構造が形成されるためにさらなる変換効率向上が妨げられている。本研究では、陽電子プローブマイクロアナライザー装置を用いて入射エネルギー2 keV の陽電子を a-Si:H/c-Si ヘテロ接合構造試料に入射して陽電子寿命測定を行った。

共同研究者が行っていた分光エリプソメトリーと陽電子寿命測定の結果では、a-Si:H/c-Si ヘテロ構造における少数キャリア寿命が a-Si:H 膜厚10 nm 以下で急激に短寿命化する一般的傾向とも合致し、界面近傍 a-Si:H 構造の特異性を明瞭に表していることがわかった。

【領域名】計量標準総合センター

【キーワード】水素化アモルファスシリコン、ヘテロ接

合太陽電池、陽電子寿命測定

【研究題目】 針葉樹型カーボンナノ構造体を用いた超小型タイミング X 線源による分光観測の革新

【研究代表者】 加藤 英俊 (分析計測標準研究部門)

【研究担当者】 加藤 英俊 (常勤職員1名)

【研究内容】

産総研の針葉樹型カーボンナノ構造体製作技術と理研のマイクロパターン電子増幅フォイル製作技術を組み合わせ、ナノ秒で ON/OFF を制御できる超小型 X 線源を製作する。本研究開発による X 線源は医療機器や非破壊検査などの産業への応用、宇宙空間における X 線通信などに応用が期待できる。

本年度は、針葉樹型カーボンナノ構造体を産総研で成膜し、理研で製作した電子増幅フォイル (GEM) を組み合わせ、X 線発生装置の特性調査を行った。GEM は厚さ 100 μm の絶縁体の片面に銅極板が付いており、表面には規則的な $\phi 300 \mu\text{m}$ の穴をもつ。針葉樹型カーボンナノ構造体に GEM を被せて銅極板に 100 V を印加すると構造体に 1 MV/m の電界が印加され、電子電界放出現象によって電子を放出させることが出来る。放出された電子を加速してターゲットに衝突させることで X 線の発生を行う。GEM に印加する電圧の ON/OFF を行い、印加電圧 100 V において X 線の発生を確認した。ただし、現状の X 線源には X 線出力が不安定、また、GEM が汚れることによる耐電圧低下等の問題が起こっている。これは針葉樹型カーボンナノ構造体の一部が破損することに起因すると考えられる。成膜した針葉樹型カーボンナノ構造体は、成膜基板上における構造体のサイズや分布にばらつきを持っており、構造的に弱い部分がある。そのため、針葉樹型カーボンナノ構造体単体における電圧印加を行い、構造的に弱い部分を除去後に GEM と組み合わせる方法を検討中である。また、針葉樹型カーボンナノ構造体の成膜技術の向上を合わせて実施し、X 線出力の安定化を行う。

【領域名】 計量標準総合センター

【キーワード】 カーボンナノ構造体、電子増幅フォイル、小型 X 線源

【研究題目】 加水分解産物からサリドマイドへの逆反応過程の検証と代謝経路の新規構築

【研究代表者】 田中 真人 (分析計測標準研究部門)

【研究担当者】 田中 真人 (常勤職員1名)

【研究内容】

サリドマイドはその催奇形性により一旦は禁止薬物となっていたが、現在はその薬効が見直され、多発性骨髄腫などの治療薬として再び利用され始めている。サリドマイドは水溶液中で容易に加水分解等を起こすなど、複雑な代謝経路を示すことが知られている。その詳細な理

解は、より安全かつ効果的なサリドマイドや類似薬剤の利用に不可欠である。

本研究グループは、サリドマイドの加水分解産物が有機溶媒中で再び脱水反応を起こして、またサリドマイドに戻るといった興味深い現象を発見した。本研究ではその詳細なメカニズムの理解を目的としている。

本年度はサリドマイドの第一段階の加水分解産物3種類 (CBG、PIG、PG) の有機溶媒中における擬脱水反応の定量的な解析を行った。サリドマイドと各加水分解物のクロマトグラフィー分析条件を詳細に検討した後、恒温静置した CBG のエタノールやアセトニトリル溶液をクロマトグラフィー分析したところ、サリドマイドのピークを確認した。また同溶液から育成した結晶の X 線結晶構造解析からもサリドマイドの生成を確認した。また他の加水分解物 (PIG、PG) ではサリドマイドの生成は確認されなかった。また反応温度を 28 $^{\circ}\text{C}$ から 45 $^{\circ}\text{C}$ に上昇させると、反応速度は約6倍になった。これらから、CBG はエタノールやアセトニトリル溶液中で擬脱水反応によりサリドマイドになることが確認され、この反応は一次反応ではなくサリドマイドと CBG とが触媒的に作用しあう反応であることが示唆された。

【領域名】 計量標準総合センター

【キーワード】 サリドマイド、加水分解産物、液体クロマトグラフィー、量子化学計算、脱水反応

【研究題目】 多結晶効果の高効率・高精度解明を実現するコンビナトリアル型照射損傷研究の新提案

【研究代表者】 大島 永康 (分析計測標準研究部門)

【研究担当者】 大島 永康 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、原発機器構造物の照射環境下での経年劣化現象の機構解明を効率的に行うための“コンビナトリアル法”を取り入れた非破壊評価技術を開発するものである。コンビナトリアル法とは試料作製と特性評価を高効率・高精度に行う強力な実験手法で、元素濃度・損傷度等を多条件含む試料を1度に作製し、走査型プローブによる非破壊特性評価を行うことで、極めて効率良くデータを取得できる。さらに同時作製・評価により実験値のばらつきが低減される。本研究では添加元素の濃度勾配をもたせたモデル金属試料を、電子顕微鏡と陽電子マイクロビーム等を複合的に用いて特性評価を実施する計画である。このなかで、産総研では、陽電子マイクロビームを用いて非破壊的に原子空孔評価を評価する方法を開発し、実際にモデル試料に適用する実験をすすめる。

本年度は、直径数ミリメートル程度の試料内で、空間的に組成濃度が変化するモデル試料の準備をすすめた。また、産総研の陽電子マイクロビームを用いた計測と解析の手順について検討し決定した。その際、陽電子マイ

クロビーム法の分析深さ、試料準備時に導入される加工変質層の欠陥の影響、あるいは電子顕微鏡と陽電子マイクロプローブとの複合解析のデータ処理法についても検討を行った。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕陽電子マイクロビーム、原子空孔、コンピナトリアル法

〔研究題目〕**a-Si:H/c-Si ヘテロ接合界面近傍のポイド構造解明**

〔研究代表者〕大島 永康（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕大島 永康（常勤職員1名）

〔研究内容〕

水素化アモルファスシリコン／結晶シリコン（a-Si:H/c-Si）ヘテロ接合太陽電池は Si 系太陽電池の中でも25.6%の最高変換効率を有する有望な構造の太陽電池であるが、その一方で、結晶 Si 表面欠陥を終端しキャリア再結合を抑制するために形成されている厚さ10 ナノメートル程度の a-Si:H 薄膜中で生成する SiH₂結合の存在が太陽電池特性の向上を阻害するというジレンマも抱えている。したがって、a-Si:H 薄膜中の SiH₂生成過程を追究することが変換効率の向上にとっての重要な課題である。最近、SiH₂結合は a-Si:H ネットワーク内のポイドと共存していることが明らかとなった。すなわち、SiH₂結合を伴うポイドそのもののサイズや密度分布の詳細を解明することが、変換効率向上への重要な知見を与える。

本研究は、誘電関数虚数部最大値の低下（光吸収の低下）と、陽電子消滅測定によるポイド評価結果との相関性を確認する。本年度は、産総研において、入射深さ可変の陽電子ビームを用いて、Si 基板上に種々の条件で製膜した a-Si:H における陽電子寿命（ポイドサイズ）を計測するために、陽電子ビームの制御条件を考慮した試料作成条件を確定した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕陽電子ビーム、ポイド、太陽電池

〔研究題目〕**医療・介護用サポーター等に持続的な抗菌効果を付加するための再生リチャージ可能な抗菌繊維の開発**

〔研究代表者〕榎田 洋二（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕榎田 洋二、小比賀 秀樹（常勤職員2名）

〔研究内容〕

医療・福祉分野で使用するサポーターやコルセットは、使用が長期間に亘る場合が多く、汗や汚れから発生する悪臭、皮膚感染（皮膚炎）とそれに起因するアナフィラキシーショックといった課題を有している。本研究は、サポーターやコルセットの抗菌性ならびに抗菌効果の持続性を担保するために、再生リチャージ可能な抗菌繊維

を企業・大学と共同開発するものであり、産総研は「繊維への添加に適した抗菌剤の超微細加工技術の開発」、「抗菌効果再生技術の開発」、「抗菌剤の安全性および品質安定性の確認」、「抗菌繊維の開発」を担当する。

平成27年度は、「繊維への添加に適した抗菌剤の超微細加工技術の開発」に関して、抗菌剤の大量製造方法の検討および抗菌剤の超微細加工の検討を行った。抗菌剤の大量製造方法の検討においては、ラボスケールでの抗菌剤の合成条件を概ねそのままスケールアップすることで、キログラムレベルで均一な抗菌剤を製造できた。また、抗菌剤の超微細加工の検討においては、粉碎方式、粉碎機器、粉碎時間等を変えて検討し、繊維への添加に適した大きさに微細化できることを明らかにした。さらに、抗菌剤からの抗菌成分の溶出特性を明らかにした。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕抗菌、繊維、サポーター、コルセット

〔研究題目〕**可搬型生物剤・化学剤検知用バイオセンサの開発**

〔研究代表者〕永井 秀典（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕永井 秀典、古谷 俊介、鳴石 奈穂子（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

目標：

生物剤を用いたテロ事案発生時に、ファーストレスポンスが迅速に現場へ駆けつけ適確な判断が出来る様、炭疽菌等の生物剤を検知するバイオセンサを搭載した小型軽量で携帯可能なシステムを開発する。超高速なセグメントフローPCR や熱安定性に優れ抗体に匹敵する特性を有する人工糖鎖を用いた局在表面プラズモン共鳴（LSPR）バイオセンサ等を搭載し、測定開始から結果表示まで15分以内に大気中致死濃度の検知を実現する。そのため、①炭疽菌検出用バイオセンサの開発に関する研究ならびに、統合システムの開発に関する研究と実証試験を実施する。

研究計画：

2001年アメリカ炭疽菌郵便テロ事件において無差別殺人を引き起こした炭疽菌を、迅速に検知可能な小型バイオセンサの開発を行う。本年度は、セグメントフローPCR 用微小流体デバイスを射出成形により大量生産し、ロット間誤差や試薬の長期保存性の検証など、測定系や開発装置のバリデーションを継続して実施する。

進捗状況：

炭疽菌芽胞の擬剤として広く使用される枯草菌芽胞標準溶液を用いて、セグメントフローPCR デバイス技術に基づく炭疽菌遺伝子検出用バイオセンサの実証試験を行った。セグメントフローPCR 用微小流体デバイスを射出成形により大量生産し、ロット間誤差や試薬の長期保存性の検証など、測定系や開発装置のバリデーションを実施したところ、炭疽菌擬剤に対して5.3%のロット

間誤差を確認し、長期保存性については室温保存では4ヶ月まで、一方、冷蔵保存では1年間の試薬コーティングチップの保存性が確認された。セグメントフローPCRデバイスの流路内壁への吸着抑制などの検討により、遺伝子増幅効率の改善による感度の向上を実現し、当初目標の大気中致死濃度以下に相当する10 cells/μlを超える8 cells/μlの検出に成功した。さらに炭疽菌の滅菌培養液を用いて、12分以内に8 cellsからの検出できることを検証した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕PCR、POCT、遺伝子、炭疽菌

〔研究題目〕糖尿病の早期発見のための Point of care testing (POCT) システムの開発

〔研究代表者〕萩原 義久 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕萩原 義久、吉田 康一、片岡 正俊、永井 秀典、七里 元督、堀江 祐範、赤澤 陽子、古谷 俊介、梅野 彩、石田 規子、星野 可奈子
(常勤職員8名、他3名)

〔研究内容〕

本研究開発では糖尿病の早期発見のための Point of care testing (POCT) システムの開発を目指し、境界型糖尿病の早期発見に資するマルチマーカの検証、多項目測定可能な免疫アッセイ用集積型微小流路デバイスおよびこれを使用する小型かつ安価な機器開発、POCTに適した新型抗体の開発を三位一体で行い、平成29年度中には上記全ての要素技術を実装したプロトタイプを作製することを目標としている。

本年度はマルチマーカの検証では3つの生活習慣病バイオマーカを用いたモデルにおいて平成26年度の101名の被験者について良好なインスリン抵抗性予測を確認した。機器・デバイス開発では3流路型検証デバイスを拡張した15レーン型デバイスを作製し、これを用いた免疫測定を行うための冷却カメラを搭載した回転装置試作機を作製した。さらに試薬注入の自動化を目指し、試薬カートリッジのモックを試作、ソレノイドにより駆動する試薬カートリッジ穿孔装置を含む回転装置試作機を作製した。機器の小型、低廉化のために小型光学ユニットの制御系を開発し、HRPの標準条件での化学発光強度の測定を行い、小型受光デバイスが利用できることを明らかにした。新型抗体の開発では生活習慣病バイオマーカを免疫したアルパカ白血球由来 VHH 抗体ファージライブラリーを取得し、このライブラリーより2種類の生活習慣病バイオマーカに親和性を有する M13 ファージクローンを単離し、その配列情報を得た。また通常の抗生活習慣病マウスモノクローナル抗体を用いた免疫アッセイ系を確立した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕生活習慣病、糖尿病、Point of care

testing、免疫アッセイ、微小流路デバイス、抗体

〔研究題目〕竹の流動成形による高音質な薄肉・複雑形状スピーカー振動板の実用化

〔研究代表者〕三木 恒久 (構造材料研究部門)

〔研究担当者〕三木 恒久、重松 一典、太田 一徳、関 雅子、桐生 智明 (RA)
(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

高音質音源の普及により、それを再現できるスピーカー振動板が求められ、木製振動板は従来最も有望であった。本研究では、木材の流動成形をシーズ技術として、金属成形ノウハウを融合し高度化する事で、音響特性の勝る竹の緻密化・極薄肉・複雑形状化、高生産化プロセスを開発する。この実用化により、世界でも類のない高音質振動板と金型装置を開発・事業化し、日本の森林を蝕む放置竹林を解消する新規ビジネスを創出する。

事業初年度となる平成27年度は、素材である竹の供給から成形前処理、成形によるサンプル作製のすべての課題を並行して進めた。検討課題と主な成果は以下のとおりである。

(1-1) 竹素材の品質評価及び供給・流通ルート開発

間伐を行った竹材料を現場で迅速に品質評価するための方法(動的弾性率、音速、密度、含水率などの測定方法)はラボレベルで確立した。

(1-2) 成形性ならびに音響特性を満足する竹の樹脂含浸処理方法の開発

竹のフェノール樹脂含浸処理について、ベースとなる小試験片でのデータを取得し、各種前処理の効果を検討し、弱アルカリ煮沸と予備圧縮による含浸前処理が難注入材である竹の注入性改善と繊維方向における含浸量のバラツキを低減できる可能性があることを明らかにした。

(1-3) 優れた音響特性・耐久性が得られる含浸竹の成形条件の検討

理想的に含浸処理された竹の熱物性、摩擦特性に関するデータ取得と小型薄物成形品の試作により、板厚0.5mm以下の良好な成形品を得るための材料条件、成形条件を導出した。

(2-1) 金型材質・表面改質条件の検討

摺動試験による摩擦評価実験により、成形時に低摩擦状態が得られる金型仕上げ・コーティング条件を選定した。

(2-2) プレスモーションの検討

(3-1) セグメント金型の温度制御方法の検討

サブテーマ1-1から1-3の基礎結果を背景にして、大型・薄物成形品の高速成形用金型の製作のために、有限要素法によるシミュレーションを行い、加熱・冷却機構と金型温度分布の関係、成形時の型応力分布から金型構造を提案する金型検討課題についても計画通りに遂行

した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】竹、流動成形、塑性加工、金型、スピーカー、音響特性

【研究 題目】タンパク質の立体構造及び相互作用推定のための構造インフォマティクス技術の開発

【研究代表者】富井 健太郎（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】富井 健太郎、今井 賢一郎、清水 佳奈、深沢 嘉紀、LIM Kyungtaek、小田 俊之（常勤職員3名、他3名）

【研究 内容】

創薬等に向けた研究課題に対してバイオインフォマティクス技術による支援を行った。事業で選定された課題については、インフルエンザウイルスに対する新規阻害剤開発に向けた研究、疾患対象寄生生物の細胞内輸送因子の構造・機能解析に関する研究、タンパク質医薬品の改良に関する研究、種々の疾患に関与する細胞死を司る caspase の作用機序の解明に向けた比較解析に関する研究、ミトコンドリアのタンパク質輸送因子に関する研究等に対して、タンパク質ドメインの推定や立体構造予測、あるいは相互作用推定といった多様なインフォマティクス技術を用途に応じて利用した支援を行い、それらの成果を *PLoS Pathog.*, *Mol. Biochem. Parasitol.*, *BMC Genomics*, *Science* 誌等で発表することができた。また、上記以外の申請あるいは選定に至っていない支援要請や事業内拠点の研究者からの依頼に対し、インフォマティクス技術を活用し、実験の計画・立案や解析の効率化等の支援や提案を行うとともに、必要に応じ技術活用のための指導等を行った。さらに、こうした研究活動を支えるインフォマティクス技術の高度化に向けた研究開発を行い、タンパク質立体構造予測法 FORTE の改良版 DELTA-FORTE の開発を行い、<http://forteprtl.cbrc.jp/> で公開するとともに、支援にも活用した。これまでに開発した新規高感度アミノ酸置換行列 MIQS の活用と普及にもつとめた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】タンパク質、創薬支援、バイオインフォマティクス

【研究 題目】分子モデリングに基づく高度創薬支援

【研究代表者】広川 貴次（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】本野 千恵、福井 一彦（常勤職員3名）

【研究 内容】

創薬標的タンパク質を対象に、ホモロジーモデリング、ドッキング計算（タンパク質-タンパク質、タンパク質

-低分子、タンパク質-核酸）、分子動力学計算要素技術に基づいた、立体構造に指南されるドラッグデザインを高精度で実施するための高度分子モデリング技術の支援と高度化を行う。申請者らが取り組んできた、GPCR やキナーゼなど代表的な創薬標的タンパク質に対する分子モデリング実績や、網羅的モデリングデータベース SAHG の活用による外部研究者への「支援」活動と、次世代の標的とされるタンパク質-タンパク質（核酸）相互作用や、分子認識に大きな構造変化を伴う難易度の高い標的タンパク質への創薬支援を目指した、大規模計算、分子動力学計算を積極的に活用した「高度化」研究を実施する。

(1) 支援研究

バイオインフォマティクス、ケモインフォマティクス技術による、ホモロジーモデリング、ドッキング計算（タンパク質-タンパク質、タンパク質-低分子、タンパク質-核酸）、分子動力学計算等の要素技術、ヒトタンパク質の網羅的立体構造データベース SAHG を用いて、立体構造に指南されるドラッグデザインを高精度で支援するための分子モデリング技術の支援を行う。創薬標的に重点をおきつつも、申請者らのこれまでの分子モデリング実績や、既知構造の活用のし易さなどを考慮し、外部研究者へ実現可能なアウトプットを提供できることを優先して標的タンパク質を選定する。特に分子モデリング実績の観点から、GPCR およびキナーゼを重点標的タンパク質とし、外部研究者へ共同研究を提案する。安定した技術の支援により、バイオインフォマティクスの貢献を外部研究者が実感でき、当該分野や横断的分野への波及効果を狙う。ホモロジーモデリングは、成熟した計算手法と認識されているが、GPCR やキナーゼなど化合物などの分子認識や選択性のメカニズムが求められる創薬標的タンパク質のモデリング構造では、標準設定の自動化されたプロトコールのみでは、精度に問題があることが指摘されている。またドッキング計算においても市販のプログラムを用いるだけでは、擬陽性のドッキングポーズが多く、天然/非天然の結合ポーズの判別が困難である。本申請では、ホモロジーモデリングにおける、創薬標的タンパク質ファミリーに特徴的なアラインメント技術や鋳型構造の選定・組み合わせ方法、ドッキング計算におけるスコア関数の使い分けや、ドッキングポーズの擬陽性を改善する、タンパク質-化合物相互作用フィンガープリント、分子動力学計算を活用したポストドッキング処理など、これまでの独自の実務経験のノウハウを支援内容として提供することで独自性も示したい。分子認識に大きな構造変化を伴う標的タンパク質を対象としたインシリコスクリーニングやドラッグデザインが可能となることは、医薬品探索における標的疾患の拡大につながり、創薬分野での波及効果が期待できる。しかし、本研究課題

は、国内外でも長年取り組まれている重要かつ難易度の高い研究課題である。よって、本申請では、申請者ら開発した多数の現存の基盤技術を積極的に融合する戦略で独自性と優位性を持たせ、実現可能な達成目標をもった高度化研究を行う。

(2) 高度化研究

分子認識に大きな構造変化を伴う難易度の高い標的タンパク質や、次世代の創薬標的であるタンパク質—タンパク質 (RNA) 相互作用など、安定した創薬支援技術として更なる高度化が必要な研究課題について、大規模計算、分子動力学計算を積極的に活用した研究を実施する。「支援」課題との関係を図1に示す。図1の(a) Lock & Key モデルおよび構造変化が比較的小さい(c) pre-existing equilibrium model が「支援」における対象標的タンパク質となり、構造変化が大きい(c) pre-existing equilibrium model および(b) Induced-fit model の高精度予測を「高度化」研究課題の対象とする。

[領域名] 生命工学

[キーワード] 分子モデリング、創薬支援、バイオインフォマティクス、ケモインフォマティクス

[研究題目] 表層型メタンハイドレート調査

[研究代表者] 森田 澄人 (地圏資源環境研究部門)

[研究担当者] 森田 澄人、佐藤 幹夫、坂田 将、吉岡 秀佳、金子 雅紀ほか
(常勤職員4名、他1名)

[研究内容]

平成25年度から実施している経済産業省の受託研究「メタンハイドレート開発促進事業」の平成26年度補助事業として、表層型メタンハイドレートの調査を行った。実質的な実施期間は平成27年度中であった。調査実施種目は、1) 広域地質調査、2) 詳細地質調査(AUV)、3) 地質サンプリング(掘削コアリング)で構成される。1) および3) については公募により明治大学に委託した。

広域地質調査では調査船による MBES (マルチビーム測深器) により広域な海底地形図を取得し、SBP (サブボトムプロファイラ) で海底下浅層部の音響学的構造断面の取得を実施した。これにより、マウンド地形等の表層型メタンハイドレートが胚胎しうる特異点とそれらに伴う音響学的ブランキングの分布を明らかにした。同調査は平成15年度から3年継続して実施しているため、日本海縁辺部および北海道周辺の表層型メタンハイドレートの分布が期待されるほとんどの海域について探査を完了させた。

詳細地質調査は、MBES、SBP および SSS (サイドスキャンソナー) を装着した AUV (Autonomous Underwater Vehicle: 自律型海中巡航探査機) を用い、

広域地質調査の結果による特異点の特徴から判断して探査対象エリアを抽出し、その周辺の海底の性状と地下浅層部の地質構造を明らかにした。

掘削コアリングでは、特異点における地質サンプリングを行うとともにメタンハイドレート試料の採取を行った。塊状、板状、脈状、粒状など様々な産状のメタンハイドレートを掘削採取した。掘削調査後は試料分析等を進めた。

[領域名] 地質調査総合センター、エネルギー・環境

[キーワード] メタンハイドレート、表層型、広域地質調査、AUV、掘削コアリング

[研究題目] 高度 IT 融合社会の安全・安心を支える次世代自動車用セキュリティ・ゲートウェイ・ECUの開発

[研究代表者] 堀 洋平 (ナノエレクトロニクス研究部門)

[研究担当者] 堀 洋平、片下 敏宏、古原 和邦
(常勤職員3名)

[研究内容]

自動車が他の自動車やデータセンター、IoT デバイス等と通信することで交通の最適化や事故の防止を図る「つながるクルマ (Connected Car)」の研究が盛んに行なわれている。このようにネットワークに繋がる次世代の自動車は、サイバー攻撃に対するセキュリティが必要不可欠である。本研究では、ハードウェア・セキュリティ技術とソフトウェア・セキュリティ技術を融合した車載向け「セキュリティ・ゲートウェイ・ECU」を開発する。

産総研では、セキュリティ・ゲートウェイ・ECU に搭載するセキュリティ・コア・モジュールである Physically Unclonable Function (PUF) の仕様検討を行う。PUF の特性評価を行い、その結果に基づいて誤り訂正等における適切なパラメータについて検討する。

今年度は、共同実施者と共に Altera Cyclone V SoC 上に PUF を実装し、評価を行った。Cyclone V SoC の ARM プロセッサの周辺回路として Pseudo LFSR PUF (PL-PUF) を FPGA ファブリック上に実装し、性能評価を行った。今回の実装では PUF 出力のランダム性が低いという結果が得られた。FPGA は基本アーキテクチャが固定されているため、PUF は FPGA 上では性能を出すことが難しい回路である。タイミング生成回路や出力取得回路の修正、あるいは配線長を揃えるための要素回路の配置指定の実施等、次年度に向けた課題が明らかになった。

[領域名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] つながるクルマ (Connected Car)、車載セキュリティ、サイバーセキュリティ、Physically Unclonable Function (PUF)、

Pseudo-LFSR PUF (PL-PUF)

〔研究題目〕無電解めっきによるカーボン／金属複合
体製造プロセス技術の開発

〔研究代表者〕堀内 伸（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕堀内 伸、島田 悟、中尾 幸道、
李 成竺（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

炭素繊維強化複合材料（CFRP）やカーボンナノチューブ（CNT）／樹脂複合材等に代表されるカーボン繊維複合材は炭素繊維と樹脂との複合材料で、軽量性や高い強度、放熱性を有する優れた材料である。しかしながら、カーボン繊維複合材は金属と比較すると導電性が低いいため、構造材料としての応用では、落雷等で大電流が流れたときに構造が大きく損傷する恐れがある。

本研究開発では、カーボン繊維複合材料表面に金属皮膜を形成した“カーボン／金属ナノ複合体”製造プロセス技術の開発を目的としている。カーボン繊維複合材は機械的特性に優れた新素材で、様々な分野の発展に欠かすことが出来ない材料であるが、導電性の低さに由来する大電流に対する弱さが課題となっている。さらに、本技術はパターンニング技術等との組み合わせにより、カーボン繊維複合材上へのアンテナ形成や配線形成等の新しい市場を開拓する技術になると予想される。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕カーボン、無電解めっき、耐雷性

〔研究題目〕射出成形の超微細構造プリズムレス
SPF バイオセンサーチップ及び装置の
開発

〔研究代表者〕細川 千絵（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕細川 千絵（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、射出成形により透明樹脂基板に光の波長以下の超微細構造を高精度に施し、高感度、低コスト、簡便性に優れたプリズムレス表面プラズモン増強蛍光バイオセンサーチップの開発を目標としている。共同研究機関が大量生産可能な射出成形加工によるプラズモニクチップを作製し、それを用いた高感度イムノセンサーを開発する。今年度は、イムノセンサーに必要な抗原－抗体反応検出のための蛍光プローブとして、従来より広く使用されている蛍光色素分子と比べて光安定性の高い量子ドットを新規蛍光プローブとして採用し、表面プラズモン増強蛍光（SPF）の蛍光強度値を比較した。基板表面における SPF 蛍光強度値は、蛍光色素分子では励起光照射とともに蛍光強度が減衰する光褪色現象が顕著にみられたのに対し、量子ドットでは同じ計測時間においても蛍光強度の減衰がみられず、光安定性が高いことを示した。さらに、プラズモニクチップを装置に組み込むためのマイクロ流路に関して検討を開始した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕表面プラズモン共鳴、蛍光増強

〔研究題目〕科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業（未来価値創造実践人材育成コンソーシアム）

〔研究代表者〕中鉢 良治（理事長）

〔研究担当者〕近江谷 克裕、中村 史、上田 太郎
（バイオメディカル研究部門）
（常勤職員3名、他5名）

〔研究内容〕

東京農工大学、国際基督教大学、早稲田大学、産業技術総合研究所の3大学1機関でコンソーシアムを構成し、Biological Materials Science 分野を中心とした豊かで持続的な生活を実現するイノベーションを真に牽引できる次世代研究者を、コンソーシアム構成機関間を流動させることにより、「未来価値創造実践人材」として育成する。育成人材は、PI として新たな時代を拓く先端研究に邁進すると共に、独創的な研究成果や革新的な技術開発をもとに、従来の価値観を越えた新事業を国際展開するためにチーム形成、組織間連携、交渉によって目標を完遂することができる実践力を発揮し、学術界のみならず国内外の産業界、実社会でも主導的な役割を果たせる人材となる。本事業では日本全国の多数の外部連携大学および世界有数の海外大学、研究機関、企業との連携により、大学の常勤教員ポストを確保する他、広く国際社会で活躍するための研修機会と次段階での雇用機会創出を国際社会に拡張する。

平成27年度は、ナノバイオ材料の創製をテーマとして、PI 人材の国際公募を行った。日本人4名、外国人3名の中から1名を選出した。バイオメディカル研究部門セルメカニクス研究グループへ配属し、乳癌細胞の転移メカニズムに関する研究を課題として計画を策定した。分野横断的な研究スキル獲得を目指し、集積マイクロシステム研究センターと協力して、同施設内でナノ微細加工技術の習得を開始した。コンソーシアム内で、特につくば市（産総研）、小金井市（農工大）の2拠点で流動的に活動出来る環境を整備した。産総研所属のイノベーション創出人材養成対象者1名を選考し、産総研臨海副都心センターでのインターンシップを行うこととなった。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕細胞工、ナノバイオテクノロジー、バイオセンシング

〔研究題目〕食品のプロファイル解析プラットフォームの構築と実証研究

〔研究代表者〕根本 直（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕根本 直（常勤職員1名）

〔研究内容〕

有用な生理活性と安定性を兼ね備えた高品質の魚油の

開発には、その主成分であるトリグリセライド (TG) の構造解析技術が必須である。マルハニチロ中央研究所と協力し、水産物より得られた各種 TG を超臨界クロマトグラフィー質量分析法により網羅的に分析し、組成推定を行った。また、各種水産物由来脂質を NMR、質量分析によるプロファイリングにより、成分の特徴把握を試みた。

マルハニチロ中央研究所が保有する各種水産物由来脂質、およびその一部を酵素的手法により n-3系脂肪酸濃度を高めた脂質各々についてクロマトグラフィーにより精製し、トリグリセライド (TG) 画分を得て各種分析を試みた。

各種 TG を前処理なしに、サンプルをそのまま NMR (1H、13C) を用いてプロファイリングを実施した。得られたスペクトルを主成分分析することで、魚種の由来あるいは DHA・EPA 等の n-3系脂肪酸の比率等の特徴を容易に抽出することが可能であった。すなわち、有用な機能性素材成分である n-3系脂肪酸を高含有に含む成分の探索や酵素改変過程の物質変化を容易に追跡でき、原料の選定や加工技術における追跡手法として有用であることを実証できた。また、魚油は容易に酸化劣化を受けるが、その劣化過程を前処理なく包括的に評価できるので、実際の品質管理においても活用が期待できる。品質保証においても、NMR を用いた簡便迅速な分析手法が有用で、今後も食品産業界における普及が期待できる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】メタボロミクス、NMR、非標的分析、探索的統計解析、魚油

【研究 題 目】「細胞性粘菌リソースの安定供給と発展」
(凍結条件の検討と文献調査)

【研究代表者】上田 太郎 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】上田 太郎、長崎 晃
(常勤職員2名、他1名)

【研究 内 容】

1. バックアップ保存

昨年度以前からの保存サンプルに加え、筑波大学および理化学研究所より受け取ったバックアップサンプルを適切に保存した。

2. 最適な凍結条件の確立

昨年度に引き続き、予備的調査から特に凍結による生存率低下が著しい HS1 (mhcA-) 株を用いて、下記の4条件で凍結融解を行い、生存率を調査した。その結果、標準的な条件 (10% DMSO in HL5) と比べ、pH6.8に調整したセルパンカー-2を加えた場合に若干の生存率向上が見られたが、有意な差とは言えなかった。ただし浸透圧を調整する目的で10%スクロースを加えた場合は、有意に生存率が低下した。

3. 凍結変異アメーバの生存率調査

当初、震災後1年以内に回復して凍結保存したアメ

ーバ株387株について、4年経過時点としてその生存率を全数調査する計画であったが、この測定には当初想定以上に時間を要し、昨年度内には78株しか測定を完了することができなかった。しかし78株は統計的解析を行うためには十分な数であり、統計解析を行ったところ、mhcA (ミオシン II 重鎖) ナル HS1株とその派生株のみならず、細胞骨格関連の変異株は全体として顕著に生存率が低く、4年程度の短い周期で定期的に再保存等の対処が必要であることが判明した。細胞骨格系以外に、系統的に生存率の低いカテゴリーは見いだせなかった。

4. 文献調査

Dictyostelium, Acytostelium, Polysphondylium をキーワードに Medline 検索を行い、ヒットした158件のうち、PDF を入手できた107件について NBRP から提供された試料の使用の有無を判定した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】細胞性粘菌、ナショナルバイオリソースプロジェクト

【研究 題 目】結晶科学の国際拠点形成ーバンドデザインによる機能融合ーリチウム空気二次電池の基盤技術開発/セラミックスセラレータ技術の開発

【研究代表者】藤代 芳伸 (無機機能材料研究部門)

【研究担当者】藤代 芳伸、濱本 孝一
(常勤職員2名)

【研究 内 容】

電子材料の機能は、それぞれの物質の電子構造 (バンド構造) に依存する。したがって、結晶に人工的な欠陥を加えて電子構造を変えることで既存の性能を超えた材料を生み出す可能性がある。このような電子構造をデザインするバンドエンジニアリングは半導体分野ではある程度研究が進んでいるが、他の材料系への波及は限定的である。我々は結晶の機能を最大限に引き出し、あるいは融合するためには、界面をも含んだバンド構造のデザインが重要であるとの考えを基に、近年の物質科学研究によって明らかになった先進的なナノテクノロジーや物質合成技術により、伝統的な組成制御による化学的な機能デザインの手法を超えるような、結晶に新たな機能を付加する学術的な研究を組織化することを目指している。本年度は、既に開発に成功している高イオン伝導性セラミック電解質や電気化学デバイス用の高次構造電極製造技術を活用し、次世代エネルギーデバイスとして期待される燃料電池及び蓄電池等のイオン電気化学デバイスの高性能化にバンドエンジニアリングを用いた電極や電極-電解質界面の設計の可能性について、燃料電池及び蓄電池等の研究開発で高いポテンシャルを有する Northwestern 大学と共同で研究を開始した。その中で、ディアルビームを用いた3次元構造解析により、凍結乾

燥プロセスを応用し作成した高次構造を有するリチウムイオン蓄電池用の電極微構造と電気化学特性の相関についての研究を行い、電極中の活物質の密度や複合化したカーボンの微構造状態が、蓄電池の性能向上に強く影響する可能性があることを明らかにした。より詳細な情報を明らかにするため、次年度に渡って研究を継続している。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕次世代燃料電池、次世代蓄電池、セラミックス電解質、電気化学、エネルギー部材製造技術

〔研究題目〕ナノカーボン高分子アクチュエータを用いたスマートフォン用薄型点字表示器の開発

〔研究代表者〕安積 欣志（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕安積 欣志、杉野 卓司
（常勤職員2名、その他1名）

〔研究内容〕

産総研で開発を行ったナノカーボン高分子アクチュエータを用いることにより、これまでにない薄型、軽量の視覚障害者用点字表示器の作製が可能である。この研究開発テーマでは、関係企業と共同で、この点字表示器の点字ピンの均一性等の技術的課題を解決し、スマートフォン用の薄型点字表示器プロトタイプを開発し、ユーザーへのフィジビリティ調査（F/S）を通じて商品化を行うことを目的とする。本プロジェクトは本年度から3年間の計画であり、プロジェクト終了後、プロジェクト参画の企業により、薄型軽量点字表示器付きのスマートフォン用ケースとその点字表示器のアプリの開発、販売を行う予定である。

本年度は、厚生労働省自立支援器等研究開発プロジェクトで開発を行った点字ディスプレイプロトタイプの改良版を作製、さらに、点字高さばらつき評価装置を作製し、点字表示器のピンの間隔3 mm、あるいはピン高さ、発生力、そのバラつき許容幅、維持時間について、ユーザーによる評価を行い、それらの値の再設定を行った。その結果、ピン間隔等は従来の設定値を採用できるが、ピン高さ、発生力について、ある程度素子のばらつきを考慮した上で、必要なピン高さが0.5 mm、発生力が5 gであることが、本デバイスの実現に重要なスペックであることが明らかとなった。それらの評価のフィードバックをアクチュエータの作製法、および駆動法の設計へ行い、平成28年度、29年度のスマートフォン用点字表示器プロトタイプ的设计、製作への指針とした。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕ナノカーボン高分子アクチュエータ、点字表示器、スマートフォン、視覚障害者、点字ディスプレイ、触覚デバイス

〔研究題目〕人の能力を超える緊急事態対応ロボットに関する国際共同研究

〔研究代表者〕比留川 博久（ロボットイノベーション研究センター）

〔研究担当者〕比留川 博久、阪野 貴彦（ロボットイノベーション研究センター）、横井 一仁、吉田 英一、原田 研介、佐川 立昌、山野辺 夏樹、吉安 祐介、Ramirez-Alpizar Ixchel（知能システム研究部門）（常勤職員8名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、若手研究者を海外の先端研究機関へ派遣し、共通の高度な目標を持った国際共同研究開発へ参加させ、個々の研究員の研究能力を高めるだけでなく、国際的視野を涵養し、将来の頭脳循環を促すことを目的とする。産総研が国際戦略として掲げている「グローバル化によるハブ機能の強化」に呼応し包括研究協力覚書（MOU）を結んでいる研究機関を主なパートナーとして国際共同研究を推進し、ハブとして研究成果の集約と循環を担うことで、緊急事態への対応において人間の労働代替となるロボット開発の国際連携プロジェクトの日本主導による立ち上げを目指す。これにより、極限環境において人を超越する踏破性能や運動性能、作業精度を発揮する緊急事態対応人間型ロボット基盤技術の研究開発を推進する。具体的には、1. 緊急事態のシナリオの設定とこれに対応するための基盤技術の構築、2. これらのシステム統合を通じたタスク実行、3. 各研究機関のロボットプラットフォーム群を利用した実証を段階的に進めることで、人と同等かそれ以上の能力を持つ緊急事態対応ロボット実現に道筋をつける。

平成27年度は、カーネギーメロン大学（CMU）、カールスルーエ工科大学（KIT）、フランス国立科学研究センター（CNRS）への研究者の派遣を継続し、前年度より研究開発を進めてきたタスク実行手法を実際の緊急事態シナリオに組み込み、より実環境に近い状況において機能するシステムとして実装した。これらの成果に基づき、CNRS に設置したヒューマノイドロボット HRP-2や KIT の ARMAR-3 など複数のロボットプラットフォームによるタスク実行機能を実現した。また、スタンフォード大学に研究支援補助者を派遣し、ロボットと環境とのインタラクションモデルとそれに基づく動作の最適化手法を構築した。

平成28年3月には、総括ワークショップを参加研究機関の一つ LAAS-CNRS（フランス・トゥールーズ）で開催し、他の研究機関の参加も得てセミナー形式で各研究者が発表し、研究成果を共有した。本課題終了後にも国際研究プロジェクトにつなげるため、成果については、災害対応ロボットの基盤技術の統合をめざし、共通のインタフェースにより利用可能なソフトウェアとして共有していくことで合意した。また、当プログラムを出発点

として、新たな協力関係を構築し、今後より大きな共同研究に発展させていく方向性を確認した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】ロボット、緊急事態対応、視覚認識、物体操作、全身運動制御

【研究 題 目】樹脂／金属接着技術を用いた大気中全マトリクス捕集装置の開発

【研究代表者】山下 信義（環境管理研究部門）

【研究担当者】山下 信義、谷保 佐知、山崎 絵理子（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

近年注目されている PFOS 等新規有害物質や臭素系難燃剤、放射性物質等の大気経由人暴露評価・環境モニタリングのニーズは増大する一方であるが、この多くは極低濃度で存在し、フッ素系有機酸はガラス等で吸着・反応することから、光・熱分解しやすい臭素系物質と合わせ、従来技術での測定値のばらつきが大きく、測定結果に疑念が持たれている。また、国際的越境汚染物質としての粒子状物質、PM2.5監視が地方自治体に義務付けられており数多くの粒子量自動測定機（光散乱など間接測定技術）が全国規模で設置されつつある。一方で、大気中に同時に存在する粒子・ガス状物質の同時暴露に危険性がより高まる事が指摘されているが、既存の粒子測定技術ではガス成分測定法とは整合性がないため、これに対応できない。特に、世界保健機構・厚生労働省でも必要性が指摘されている、捕集した分級粒子に含まれる化学物質やインフルエンザウイルス・薬剤耐性菌についての正確なリスク評価も、既存技術での対応は困難である。

このような中、大気中有害物質調査は分析対象・依頼機関毎に100種以上の異なる捕集・分析技術を使い分けるため、人件費・コスト増が事業者経営を圧迫している。結果として、知的財産や信頼性が確保できない安い海外資本外注先に業務が流れており、国内事業者の衰退が懸念されている。本研究開発では発想を転換し、これまで装置を構成してきた壊れやすく重いガラスの使用をやめ、試料接触部は全てプラスチック（合成樹脂）を用いることとした。合成樹脂は、PFOS 等の吸着が生ぜず、化学反応活性点を持たないことから、PFOS、PBDE 等のより精度の高い捕集を可能にする。

平成27年度については、樹脂／金属接着技術を用いた捕集装置部材の検討を行い、材料選定・製造条件最適化・強度／封止性能評価を行った。この結果を用いて大気中全マトリクス捕集装置の試作品1号機を製作し、PFASs 類を指標とした回収試験と実環境性能評価を実施した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】大気中全マトリクス捕集装置、PM2.5、ペルフルオロアルキル化合物

【研究 題 目】CFRTP 専用ファスナーを用いた自動車用 CFRTP と異種材料の革新的接合技術の開発

【研究代表者】竹森 信（環境管理研究部門）

【研究担当者】竹森 信、古屋仲 茂樹（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

目標：

自動車の軽量化として、金属（鉄・アルミニウムなど）製の骨組みに、CFRTP（炭素繊維を複合した、熱で軟化するプラスチック）製の板を接合する方法として、NC ナット（圧入による接合）が考えられる。NC ナットの、CFRTP への高い密着力の実現、取付けおよび取外し作業の簡便さの実現、そして電食をおこさないことなどが、技術的な目標である。

研究計画：

初年度（今年度）の計画は、圧入型ファスナーの開発とその CFRTP との密着強さの評価、圧入型ファスナーの加重と加熱温度の適当な条件を見出すこと、CFRTP の組成と金属材料の組み合わせによる電蝕量の測定、と関連する検討であった。産総研は、電蝕防止のためのシリカ系コーティング技術開発を担当した。シリカコーティングの塗布性、膜厚、密着性、機械的特性などと、合成条件（成膜条件）の関係の詳細を明らかにするため、コーティング液の調整条件、塗布後の加熱・水浸条件の影響を調べた。

年度進捗状況：

三種の NC ナットのサンプル（M6,M8,M10）、各々に、洗浄・乾燥後、シリコンアルコキシドと、ポリジメチルシロキサン（直鎖状、無官能基）を混合・加熱したシリカコーティングを行い、そのコーティングの性質を特に電気絶縁性と密着性に着目し検討した。既存 NC ナットに行ったシリカコーティングは、ほぼ電気絶縁性であった。コーティングの特性などと合成条件（成膜条件）の関係の詳細を明らかにするため、鋼材、あるいはステンレス SUS304を基板材料として調べた。絶縁特性を有するシリカ被膜が成膜できたものの、硬さ、密着性に乏しく、改良が必要であった。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】炭素繊維強化熱可塑性プラスチック、圧入型ファスナー、ナット、電蝕防止コーティング

【研究 題 目】コンタクトプローブ耐久性向上表面処理及び微小部品多品種少量生産めっきシステムの開発

【研究代表者】木原 秀元（機能化学研究部門）

【研究担当者】木原 秀元、松澤 洋子（常勤職員2名）

【研究 内 容】

半導体 IC やパッケージ部品（以下、半導体デバイス）

の検査工程では、半導体ソケットに装着したコンタクトプローブの先端を半導体デバイスの電極に接触させ、デバイスの電気特性を測定している。そこでは、電極に使用されている錫ベースのハンダ（以下、錫）がコンタクトプローブの接点部に転写し、めっき金属と錫との金属間化合物の生成等が原因となり通電性の劣化を引き起こす。その結果、プローブの寿命を著しく低下させる。このため、検査装置のメンテナンス費用がかさみ、検査費用をコスト高にしている。本研究では、従来の金、光沢銀、下地ニッケル-PTFE 微粒子複合めっき加熱法に替わる、異種金属トップコート、光沢銀複合めっき、金-PTFE 微粒子複合めっきの3つのめっき新技術を確立し、従来技術の問題点の解決を図ることを目的としている。我々はこの3つのめっき新技術のうち、特に金-PTFE 微粒子複合めっきによる錫転写防止技術の開発に取り組んだ。本年度は、昨年度までに確立した、めっき液に複合可能な表面処理を施した PTFE 粒子の表面物性を、 ζ 電位測定により評価し、良好で安定な分散性を示す PTFE 粒子の条件を確立した。さらに、これらの表面処理済 PTFE 粒子の帯電性も評価した。以上の結果を知財化し、展示会（表面技術要素展等2016年1月）出展により広く成果をアピールした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】高分子微粒子、複合めっき、コロイド界面化学、 ζ 電位、帯電率

【研究 題 目】非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発／木質系バイオマスから化学品までの一貫製造プロセスの開発／高機能リグノセルロースナノファイバーの一貫製造プロセスと部材化技術開発

【研究代表者】吉田 勝（機能化学研究部門）

【研究担当者】遠藤 貴士、齋藤靖子、清水 美智子、齋藤 有紀、市木 佳奈（常勤職員3名、他2名）

【研究 内 容】

本テーマは、木質系バイオマスから、リグノセルロースナノファイバー（リグノ CNF）を製造し、樹脂と複合化することによる、高強度複合材料化の開発を目的としている。当グループの担当課題として、本年度は、種々の条件で製造したパルプの化学的反応性の精密解析および化学処理と機械処理により製造したリグノ CNF の形状評価手法開発を行った。

化学的反応性の精密解析では、樹種や蒸解条件の異なるリグノパルプをアセチル化し、生成物の化学構造解析結果から各種木質成分の反応性の違いを評価した。いずれのパルプでも、多糖類ではヘミセルロースがセルロースより、同一多糖中では一級水酸基が二級水酸基より反応性が高いことが判明した。また、蒸解を行っていないパルプではヘミセルロースとリグニンの後にセルロース

のアセチル化が進行するが、蒸解したパルプではヘミセルロースの全水酸基が置換される前にセルロースでも反応が起こることが示された。

形状評価手法開発では、リグノ CNF 水分散液の濁度測定により、CNF の幅を評価する技術の開発を行った。リグノ CNF の他に、漂白パルプに対して機械処理のみを行った CNF や、有機触媒である TEMPO 酸化による幅が3 nm とほぼ均一な CNF など様々な種類の CNF を用いて評価法の妥当性を検討した。分散液の濃度など測定条件を検討した結果、濁度により測定した CNF 幅は AFM 測定による幅と相関関係を示し、CNF の平均幅の相対評価として利用できる可能性が見出された。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】リグノセルロースナノファイバー、バイオマス、木質

【研究 題 目】純銅を凌ぐりん青銅の最高抗菌性発現及びその高抗菌性を効果的に発揮させるための薄膜化・表面加工法技術の確立

【研究代表者】松崎 邦男（製造技術研究部門）

【研究担当者】松崎 邦男、原田 祥久（常勤職員2名）

【研究 内 容】

抗菌性りん青銅合金の薄板化することで、コストの低減が可能となるが、強度的な問題が生じ、りん青銅板単体での使用は困難となるため、他の素材との複合化が必要なる。そこで、本研究開発では、アルミニウムの管材や棒材との複合化を行うために電磁成形を適用した。

りん青銅板材の組織は FCC の Cu からなり、0.2 mm の板材でもほぼランダムな配向組織であるが、0.05 mm の板材では002面が強く配向している。0.2 mm の板材では20 μm のほぼ等軸晶であったが、0.05 mm の板材の結晶粒は圧延方向に長くのばされた形状を示し、約10 μm の長さであった。

0.05 mm の板材のビッカース硬さおよび電気比抵抗はそれぞれ184および12.4 $\mu\Omega\text{cm}$ であり、0.2mm の板材では72および4.5 $\mu\Omega\text{cm}$ であった。電磁成形には強度が低いほど、また、比抵抗が小さいほど望ましく、板厚の減少は電磁成形を困難すると考えられる。Al のパイプあるいは棒材の外周に Cu の薄板を電磁成形で締結するために、板を半田づけによりパイプ状にして、直径35 mm のパイプ状にして電磁成形を行った。りん青銅パイプと Al パイプとの締結を電磁成形により行った結果、0.2 mm パイプでは締結が十分可能であった。また、Al のパイプの表面に溝等の加工を施すことで締結力の改善ができた。一方で、薄いパイプでの電磁成形は困難ではあったが、熱処理等により電気抵抗の低減および強度を低減させることや電磁成形の条件として、コンデンサーの容量を小さくすることで、薄板での電磁成形による締結が期待できる。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 リン青銅、抗菌材料、電磁成形、クラッド、締結

〔研究題目〕 材料、プロセス、表面処理の三位一体イノベーションによる次世代ヒートシンクの創製

〔研究代表者〕 松崎 邦男（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 松崎 邦男、永井 秀明（常勤職員2名）

〔研究内容〕

LED ライトは高輝度化のための大注入電流により、発熱量が激増している。これに伴い冷却用のヒートシンク材も冷却性能向上のために大型化により重量が増加し、軽量化・高冷却性能・低コストを兼ね備えたアルミダイカスト製次世代ヒートシンクが熱望されている。そこで、軽量化、高熱伝導、铸造性に優れた過共晶 Al-25%Si 合金を用いて、製造プロセスの開発を行うとともに、リン(P)の添加による合金の凝固挙動、光学顕微鏡組織、ヒートシンク材に必要な特性の一つである熱伝導性について調べた。

熔融状から冷却した場合、液相線温度、共晶温度は789、567Kであり、冷却速度の増加に液相温度は低下するが、共晶温度の変化はわずかであった。X線回折から構成相はAlとSiからなっており、P添加合金でも同様であった。Al-25%Si合金の組織は、初晶Siが約20 μm 径で観察されるとともに、他の部分は、AlのマトリックスにSiが薄い板状として見られる典型的な共晶組織であった。Al-25%Si合金の密度は2.598g/cm³であり、P添加材では2.587-2.594 g/cm³であり、ほとんど差は認められなかった。いずれもAl単体よりも密度は減少しており、軽量化が期待できる。ホットデスク法で測定した、熱伝導率も116-120 W/mKでありほぼ同じ値であった。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 鋳造、過共晶、熱伝導、軽量化、アルミ合金、ヒートシンク

〔研究題目〕 電解式不動態皮膜改質技術によるステンレス鋼の耐塩素孔食・耐応力腐食割れ性の飛躍的向上技術

〔研究代表者〕 松崎 邦男（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 松崎 邦男、佐藤 直子（常勤職員2名）

〔研究内容〕

各種プラント設備の破壊・損傷の原因となる「孔食」ないし「応力腐食割れ」を防止することは、設備の長寿命化にとって最重要課題の一つである。本研究開発は、ステンレス鋼の不動態化処理を電解法で行う際に、ある種の元素を添加することで、孔食や応力腐食割れを改善し、その機構を明らかにする。

SUU304に不動態化処理した試料について、X線光電子分光分析(XPS)装置および飛行時間型二次イオン

質量分析(TOF-SIMS)などにより、不動態皮膜中のフッ素やホウ素の分布や結合状態を調べた。F添加処理材では表面から3~4nmの範囲で酸化皮膜を呈しており、その構造において不動態化処理を施した場合にフッ素(F)の濃化が見られ、耐食性の向上に寄与していると考えられる。一方で、FおよびBの不動態化処理溶液で処理した場合には、ボロン(B)は、極めて微量の含有しかしていないことが分かった。

TOF-SIMSではボロンは、正イオンとしてB、負イオンではBOおよびBO₂の状態ですべての試料においても検出されたが、いずれのイオンもFおよびB処理材の方が多く含有している傾向が見られた。しかし、他の化合物とピークを分離することができないため、Bの存在形態を明らかにするために他の手法での分析をする必要がある。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 ステンレス、応力腐食割れ、不動態化処理、F添加、表面分析

〔研究題目〕 光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点

〔研究代表者〕 中鉢 良治（理事長）

〔研究担当者〕 中鉢 良治、並木 周、高野 了成、河島 整、鋤塚 治彦
（常勤職員31名、他19名）

〔研究内容〕

映像情報を中心としてネットワークトラフィックが増大しており、対応してネットワーク機器の消費電力が急激に増大している。ネットワークを活用した効率的な社会インフラを構築するには、低消費エネルギーで大量の情報を処理することのできる新しいネットワーク技術が必要となる。この新しいネットワーク技術として、光スイッチを用いた回線交換型の光パスネットワーク技術を開発する拠点を協働企業10社とともに形成している。この拠点では、デバイス、システム化技術からアプリケーションとのインターフェースまでをカバーする垂直融合の技術開発を進めている。具体的には、以下の四つの技術に関して検討を進めた。第一はネットワークアプリケーションインターフェース技術で、主に、光パスネットワークとネットワーク仮想化を組み合わせ、仮想ネットワークの機能・性能を向上・確保する技術の開発をNTTと共に行った。第二はダイナミックノード技術で、ODUスイッチ、ダイナミックROADM、ならびに波長可変レーザに関する高性能化・標準化などについて検討を行った。第三はパコンディショニング技術で、主にパラメトリック波長変換器の高性能化・小型化に関する検討を行った。第四は光パスマシナリーで、シリコン細線導波路型の干渉計構造による光スイッチの実装・制御に関する技術開発を進めるとともに、実フィールドで使用するための実用化検討を行った。また、波長選択性ス

イッチについては独自方式による高性能化の原理実証を行った。以上に加えて、将来のデータセンターネットワークアーキテクチャについて検討を行い、本研究開発の適用可能性について調査した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 光バス、省エネルギー、ネットワーク、シリコンフォトニクス、光スイッチ、波長変換

2. 事業組織・本部組織業務

平成27年からの産総研第4期中長期計画の開始に伴い、「コンプライアンスの強化」「『橋渡し』のための研究企画」「知財・標準化、産学連携等の強化」「研究職と事務職の人事の一元的管理と適材適所の配置、人材育成の強化」「広報活動の強化」に関する組織及び業務体制の見直しを行うとともに、研究支援体制（事業組織）を再編することで、より一層の業務効率化を図った。

(1) 本部組織・特別の組織

平成27年度からの産総研第4期中長期計画の開始に伴い、組織の再編を行うことで第3期までの「6本部、15部、59室」から「5本部、11部、44室」へのスリム化を行った。

再編の一例として、「広報部」の廃止と「企画本部」への統合、「知的財産部」と「国際標準推進部」を統合した「知的財産・標準化推進部」の設置、「産学官連携推進部」と「国際部」を統合した「産学官・国際連携推進部」の設置、「イノベーション推進企画部」と「産学官連携推進部」の地域・中小企業戦略の推進機能を集約した「地域連携推進部」の設置、「つくばイノベーションアリーナ推進本部」（本部組織）の「つくばイノベーションアリーナ推進センター」（特別の組織）への再編がある。（組織再編の詳細は「5. 組織編成」に記載）

また、業務の効率化及び適正化を図るため、各組織が所掌する業務の調整を実施した。

【本部組織】

- ・企画本部
- ・コンプライアンス推進本部
- ・イノベーション推進本部
- ・環境安全本部
- ・総務本部
- ・評価部
- ・監査室

【特別の組織】

- ・つくばイノベーションアリーナ推進センター

<凡 例>

本部・事業組織名（英語名）

所在地：つくば中央第×、△△センター

人 員：常勤職員数（研究職員数）

概 要：部門概要

機構図（2016/3/31現在の役職者名）

××室（英語名）

（つくば中央第○）

概要：業務内容

△△室（英語名）

（△△センター）

概要：業務内容

業務報告データ

1) コンプライアンス推進本部 (Compliance Headquarters)

所在地：つくば中央第1

人員：9名 (3名)

概要：

コンプライアンス推進本部は、研究所のコンプライアンスに関する体制の構築、コンプライアンス推進に関する取組みの実施、研究不正への対応等を行っている。

平成27年度の主な活動は以下のとおりである。

1. リスク管理及び危機対策の取組み
 - ・顕在化したリスクについての情報を現場から収集した上で、組織のトップである理事長が幹部を毎週招集し、リスク情報の共有、対応方針の現場への指示を行った。また、役員の連絡会及び事業所長等の連絡会議を月11回開催し、リスク情報の共有を図った。
 - ・テロや風水害等が発生した場合の情報伝達体制において、職員が安否情報を自発的に報告し、担当部署が統括できる仕組みを導入した。
2. コンプライアンスの普及啓発活動
 - ・組織文化を一層強化するための意識づくりが行われるよう研修の充実を図った。従来から実施している5種類の階層別等の研修に加えて、模擬事例を用いてロールプレイング型のディスカッションを導入した研究ユニット向け研修を実施した。平成27年度のコンプライアンス研修の参加者は376名と前年度より30%増加した。
 - ・身近な事例を基に「コンプラ便り」を毎月作成し、イントラへ掲載して周知を図った。
3. 研究不正への対応
 - ・文科省ガイドライン、経産省指針に適合させるため、「研究ミスコンダクトへの対応に関する規程」を改訂した。
 - ・研究活動の不正の未然防止に資する剽窃探知オンラインツールを導入し、運用を開始した。
 - ・研究ノート使用の義務付け、上司による確認、指導、一元管理等を定めた「研究記録の管理等に関する規程」を制定するとともに、実施体制を整備し、研究記録制度の導入を開始した。制度の円滑な立ち上げ、確実な実施が可能となるよう、制度の所内周知・徹底、紙及び電子媒体を用いた研究記録を管理する環境整備、情報の一括管理を可能とする台帳システムの構築等を行った。

コンプライアンス推進室 (Compliance Office)

概要：

コンプライアンス推進室は、(1)研究所全体のリスク管理のとりまとめ及び組織横断的なリスクの管理・対策に係る企画立案・総合調整、(2)研究所におけるリスクの定量的な評価の実施、重大リスク（優先的に取り組むべきリスク）と共通する原因・背景の掌握、(3)過去の失敗事例やリスク評価の結果に立脚した重大リスクの低減策の策定、(4)事故・事件等の危機に対応し、被害を最小限に留める対策、(5)適切なコミュニケーション（情報提供・公表等）による信頼の維持・確保に向けた各部門等との調整、(6)コンプライアンス推進委員会の事務局に係る業務、(7)内部通報制度に係る業務、(8)コンプライアンスに係る訴訟対応業務を行っている。

2) 監査室 (Audit Office)

所在地：つくば中央第1

人員：4名

概要：

監査室は、(1)①業務の有効性及び効率性、②事業活動に係る法令等の遵守、③資産の保全、④財務報告書等の信頼性の実現のため、各業務が適正かつ効率的に機能しているかモニタリングすることを目的とした内部監査業務、(2)研究所の財務内容等の監査を含む業務の適性かつ能率的な運営を確保することを目的とした通則法第19条第4項に基づく監事の監査業務の支援に関する業務、(3)会計検査院法（昭和22年法律第73号）に規定する検査への対応に関する業務を行っている。

機構図 (2016/3/31現在)

[監査室]

室長	渡邊 修治
総括主幹	加藤 信隆

平成27年度の主な活動

内部監査については、監査の必要性の高い特定のテーマに加え、研究ユニット単位で業務全般について包括的な監査を実施し、監査を通じて把握・取得した業務の実態及び客観的データを分析・評価することにより、当該業務の合規性、有効性、効率性の把握と課題等を抽出し、監査対象部署等に対する改善提言等を行い、併せて、過年度の内部監査における改善提言に対する改善状況のフォローアップ監査を行った。

また、監事の監査業務の支援として、監事監査が適正

かつ効率的に行えるよう監事との打合せを十分に行うとともに、監査対象部署の事前情報収集、データ作成、日程調整及び監査記録作成等を行った。

平成27年11月1日より会計検査院による検査対応業務を監査室に移管し、内部監査と会計検査院による検査の情報を一元的に管理することで、より効率的・効果的な内部監査並びに適正かつ迅速な会計検査院対応を実施する体制を構築した。

3) 評価部 (Evaluation Department)

所在地：つくば中央第1

人員：12名(9名)

概要：

評価部のミッションは、公正かつ中立的な立場から研究所の活動が評価されることを通じて、研究所運営におけるPDCAサイクルが徹底されるための役割を果たすことである。

具体的には、研究所に対する外部委員の指摘が、①研究、研究関連及びその他の業務活動の活性化と質的向上、②経営層による優れた経営判断、に繋がるよう、効果的かつ効率的な評価委員会運営を行うことである。また、③評価結果を公開して透明性の確保と国民への説明責任を果たすことである。

平成27年度は、独立行政法人通則法の改正によって、独立行政法人の評価制度が変更になったことから、所内における評価制度を再構築した。

また、以下の業務を実施した。

1. 平成27年度の評価

(1) 研究評価委員会

研究開発の成果の最大化等の評価のため領域ごとに設けた7委員会(一部小委員会を含む。)において、平成27年度の研究成果等の評価を行うとともに、その結果を報告書として公開した。

(2) 研究関連業務評価委員会

マーケティング、知財、人材育成等の研究関連業務について、平成27年度の評価を行うとともに、その結果を報告書として公開した。

(3) 業務運営・財務等評価委員会

業務運営の効率化や財務内容の改善等について、平成27年度の評価を行うとともに、その結果を報告書として公開した。

2. 平成26年度までの自己評価

平成26年度及び第3期中期目標期間の自己評価(研究所の総合評価)内容の検証のために、外部委員で構成する自己評価検証委員会を行って、検証結果をとりまとめた。

機構図(2016/3/31現在)

評価部	部長	(兼) 島田 広道
	首席評価役	栗本 史雄、竹内 浩士、 挟間 壽文、本間 一弘、 三戸 章裕、八瀬 清志
	次長	秋道 斉
	審議役	中村 徳幸
	室長	中山 一彦、田村 収

評価企画室 (Evaluation Planning Office)

(つくば中央第1)

概要：

評価に係る業務の企画及び立案並びに総合調整、外部評価に関する業務(研究評価室の所掌に属するものを除く。)、評価に係る業務であって、他の所掌に属しないものに関する業務を行う。

研究評価室 (Research Evaluation Office)

(つくば中央第1)

概要：

外部評価のうち、研究及び研究に関連する業務の評価に関する業務を行う。

業務報告データ

平成27年度 研究評価委員会等 評価報告書(平成28年5月)

*産総研公式ホームページから閲覧可能

(<http://unit.aist.go.jp/eval/ci/report.html>)

4) 企画本部 (Planning Headquarters)

所在地：東京本部、つくば中央第1

人員：73名(37名)

概要：

企画本部は、理事長を補佐し、研究所の総合的な経営方針の企画及び立案、研究所の業務の実施に係る総合調整並びに業務合理化の推進、研究所の広報等に係る業務を行っている。

具体的には、理事長の執務補佐を行うとともに、研究所の経営企画業務として、経済産業省と密接なコミュニケーションをとりつつ、法人運営全体に係わる企画調整、経営方針の企画立案、中長期計画及び年度計画の取りまとめ、研究資源の配分、研究センター・研究部門の新設及び改廃案の策定、広報業務の企画立案、研究成果の発信等を行っている。

また、国会、経済産業省、総合科学技術・イノベーション会議や国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構等の外部機関への総括的な対応を担っ

ている。

 機構図（2016/3/31現在）

【企画本部】

企画本部長	安永 祐幸
企画副本部長	中村 吉明
	四元 弘毅
審議役	田村 厚雄
	助川 友之
	石井 武政
	高橋 正春

— 【総合企画室】

室長	石井 順太郎
総括企画主幹	荒井 晃作
	亀山 仁彦
	澤田 浩之
	安田 弘之
	池上 徹
	和田 有司

— 【経営改革推進室】

室長	小林 富夫
----	-------

— 【報道室】

室長	川村 栄浩
----	-------

— 【広報サービス室】

室長	長山 隆久
----	-------

広報サービス室

(Public Relations Information Office)

概要：

広報サービス室は、コーポレートアイデンティティの活用及び企画・推進、情報ネットワークを用いた研究成果等の発信、広報誌等刊行物の発行・頒布、映像及び画像の制作、常設展示施設「サイエンス・スクエアつくば」の運営、研究所の公開等の企画・運営、外部イベントへの出展、見学受入対応等の業務を行っている。

 総合企画室

(General Planning Office)

概要：

企画本部4室を総括し、研究所の総合的な経営方針及び研究方針の企画及び立案並びに総合調整に関する業務を行っている。

経営改革推進室

(Governance Reform Office)

概要：

経営改革推進室は、研究所の組織及び人員配置にかかる基本方針の企画及び立案並びに総合調整、研究所の経営戦略会議、理事長が参加する外部委員会等への対応及び研究記録に関する業務を行っている。

報道室

(Media Relations Office)

概要：

報道室は、広報業務の企画立案及び総合調整、マスメディアを通じた広報及び照会への対応を中心とした業務を行っている。

1) 報道関係

平成27年度プレス発表件数（所属別）

所属名	件数
企画本部	1
再生可能エネルギー研究センター	2
太陽光発電研究センター	3
創薬分子プロファイリング研究センター	2
ロボットイノベーション研究センター	1
触媒化学融合研究センター	2
ナノチューブ実用化研究センター	4
スピントロニクス研究センター	3
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	6
集積マイクロシステム研究センター	1
人工知能研究センター	1
機能材料コンピューテーションデザイン 研究センター	1
活断層・火山研究部門	1
創エネルギー研究部門	1
省エネルギー研究部門	1
環境管理研究部門	1
安全科学研究部門	1
バイオメディカル研究部門	3
創薬基盤研究部門	4
生物プロセス研究部門	5
情報技術研究部門	1
人間情報研究部門	1
機能化学研究部門	1
化学プロセス研究部門	4
ナノ材料研究部門	4
無機機能材料研究部門	2
構造材料研究部門	1
ナノエレクトロニクス研究部門	4
電子光技術研究部門	4
製造技術研究部門	2
地圏資源環境研究部門	1
工学計測標準研究部門	1
物理計測標準研究部門	5
物質計測標準研究部門	1
分析計測標準研究部門	1
情報・人間工学領域	1
材料・化学領域	1
産学官・国際連携推進部	5
所属名	件数
つくばイノベーションアリーナ推進センター	1
関西センター	1
四国センター	1
福島再生可能エネルギー研究所	1
総計	89

（*発表件数は82件。）

産業技術総合研究所

平成27年度取材対応件数（所属別）

所属名	件数
理事	3
企画本部	12
太陽光発電研究センター	12
創薬分子プロファイリング研究センター	5
再生可能エネルギー研究センター	18
先進パワーエレクトロニクス研究センター	3
自動車ヒューマンファクター研究センター	23
ロボットイノベーション研究センター	34
触媒化学融合研究センター	4
ナノチューブ実用化研究センター	10
スピントロニクス研究センター	6
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	3
人工知能研究センター	57
機能材料コンピューショナルデザイン研究センター	2
集積マイクロシステム研究センター	3
地圏資源環境研究部門	32
環境管理研究部門	17
知能システム研究部門	57
地質情報研究部門	16
情報技術研究部門	17
安全科学研究部門	18
電子光技術研究部門	9
ナノエレクトロニクス研究部門	9
電池技術研究部門	2
省エネルギー研究部門	5
バイオメディカル研究部門	18
創薬基盤研究部門	17
健康工学研究部門	8
生物プロセス研究部門	23
人間情報研究部門	74
機能化学研究部門	11
化学プロセス研究部門	6
ナノ材料研究部門	10
無機機能材料研究部門	8
構造材料研究部門	8
製造技術研究部門	4
活断層・火山研究部門	195
工学計測標準研究部門	5
物理計測標準研究部門	7
物質計測標準研究部門	1
分析計測標準研究部門	2
名誉フェロー	1
エネルギー・環境領域研究戦略部	1
情報・人間工学領域	1
情報・人間工学領域研究戦略部	3
材料・化学領域研究戦略部	1
地質調査総合センター研究戦略部	17
地質情報基盤センター	4
計量標準総合センター研究戦略部	5
地質標本館	9
イノベーション推進本部	2
産学官・国際連携推進部	4
共用施設運営ユニット	1
イノベーションスクール	1

所属名	件数
つくば中央第五事業所	1
北海道センター	1
東北センター	2
臨海副都心センター	1
中部センター	2
関西センター	1
中国センター	1
四国センター	1
九州センター	4
福島再生可能エネルギー研究所	18
総計	856

平成27年度マスコミ等報道件数（媒体別）

媒体名		件数
新聞	朝日新聞	69
	読売新聞	97
	毎日新聞	57
	産経新聞	38
	日本経済新聞	134
	日刊工業新聞	348
	フジサンケイ ビジネスアイ	22
	日経産業新聞	153
	化学工業日報	194
	科学新聞	55
他	1,118	
計	2,285	
雑誌等	135	
TV/ ラジオ	NHK	60
		民放 他
	計	128
WEB/ その他		1,225
	総計	3,773

事業組織・本部組織業務

2) 主催行事等

平成27年度講演会等実施一覧

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
1	2015.4.8	米国エネルギー省 EMSL 研究所一研究と共同利用の紹介	産総研 生物プロセス研究部門バイオデザイン研究グループ	主催	茨城県	産総研共用講堂中会議室
2	2015.4.28	計測・診断システム研究協議会 平成27年度 総会・講演会	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」	主催	福岡県	リファレンス駅東ビル
3	2015.4.29	ミニ講演「地球の活動を知らう ～地震と火山～」 工作体験「親子で作ろう！断層トレンチ模型」	産総研 活断層・火山研究部門、地質情報基盤センター	主催	茨城県	つくばエキスポセンター
4	2015.6.12	第28回精密加工プロセス研究会 講演会 (第7回ワイドバンドギャップ半導体デバイスに関わる超精密加工プロセス研究分科会 講演会)	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」	主催	大阪府	エル大阪
5	2015.6.23	第1回 AIST (産総研) /ESIP 合同セミナー	組込みシステム産業振興機構、産総研 情報技術研究部門ソフトウェアアナリティクス研究グループ	主催	大阪府	大阪大学中ノ島センター
6	2015.7.16～2015.7.17	平成27年度(第11回)九州・沖縄公設試及び産総研九州センター研究者合同研修会	産総研九州センター 九州産学官連携センター 九州経済産業局 地域経済部技術企画課	主催	沖縄県	沖縄県青年会館
7	2015.7.24	フェムトリアクター化学プロセスシンポジウム	産総研 フェムトリアクター研究開発推進委員会、NEDO、産総研 環境管理研究部門	主催	東京都	産総研臨海センター
8	2015.8.21	産総研健康工学研究部門 講演会	産総研 四国センター	主催	香川県	産総研 四国センター
9	2015.9.2	第2回 AIST (産総研) /ESIP 合同セミナー	組込みシステム産業振興機構、産総研 情報技術研究部門ソフトウェアアナリティクス研究グループ	主催	大阪府	大阪大学中ノ島センター
10	2015.9.3	NMIJ 標準物質セミナー2015	産総研 計量標準総合センター	主催	千葉県	幕張メッセ
11	2015.9.3	「研究成果事業化セミナー」～ベンチャー創造エコシステムの構築に向けて～	産総研、三井住友銀行	主催	東京都	三井住友銀行本店
12	2015.9.18	平成27年度実践セミナー『Bio&計測実践セミナー』	産総研 TIA 推進センター・共用施設ステーションナノプロセッシング施設(NPF)、筑波大学微細加工プラットフォーム	主催	茨城県	産総研つくばセンター
13	2015.9.23	日独国際交流ワークショップ：学際領域における分子イメージング技術の新展開	産総研	主催	茨城県	産総研つくばセンター
14	2015.10.8	第17回医療福祉技術シンポジウム	産業技術連携推進会議 医療福祉技術分科会、(地独)東京都立産業技術研究センター、産総研	共同主催	東京都	東京都立産業技術研究センター 本部
15	2015.10.9	テクニカルワークショップ 産総研を使う	産総研中部センター	主催	福井県	福井県中小企業産業大学校
16	2015.10.13	第10回産総研レアメタルシンポジウム	産総研レアメタルタスクフォース	主催	東京都	石垣記念ホール
17	2015.10.26	金属3Dプリンタ・シンポジウム	あいち産業科学技術総合センター、岐阜県情報技術研究所、三重県工業研究所、名古屋市工業研究所、産業技術連携推進会議製造プロセス部会3Dものづくり特別分科会、産総研	主催	愛知県	あいち産業科学技術総合センター
18	2015.11.2	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」第16回プラズマ技術研究会 講演会 第6回ミナマル3DIC ファブ開発研究会 講演会	プラズマ技術研究会、ミナマル3DIC ファブ開発研究会	主催	福岡県	リファレンス駅東ビル
19	2015.11.4	第3回 AIST (産総研) /ESIP 合同セミナー	組込みシステム産業振興機構、産総研情報技術研究部門ソフトウェアアナリティクス研究グループ	主催	大阪府	大阪大学中ノ島キャンパス
20	2015.11.10	第8回「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」シンポジウム	光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点、産総研	主催	東京都	秋葉原ダイビル
21	2015..11.13	第1回3次元積層造形精密後加工技術 WG (分科会) 講演会第30回精密加工プロセス研究会講演会 (第9回ワイドバンドギャップ半導体デバイスに関わる超精密加工プロセス研究会講演会)	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」精密加工プロセス研究会「計測・診断システム研究協議会」精密加工プロセス研究会 3次元積層造形精密後加工技術WG 共催：ワイドバンドギャップ半導体デバイスに関わる超精密加工プロセス研究会九州半導体・エレクトロニクスイノベーション協議会	主催	福岡県	リファレンス駅東ビル
22	2015.11.17	産業技術総合研究所技術普及講演会	産総研 中部センター、一般財団法人北陸産業活性化センター	主催	石川県	ANA クラウンプラザホテル金沢
23	2015.11.19	産業技術連携推進会議 知的基盤部会 計測分科会年会	産業技術連携推進会議	主催	青森県	八戸プラザホテル
24	2015.11.19	第7回 産総研軽量構造材料シンポジウム	産総研 構造材料研究部門、名古屋国際見本市委員会	主催	愛知県	名古屋市中小企業振興会館

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
25	2015.11.27	産総研北海道センター講演会/長崎大学経済学部地域連携ワークショップ合同シンポジウム 観光と水産：水産資源の利活用・異分野融合の可能性	産総研 北海道センター、長崎大学経済学部	主催	北海道	ホテル札幌ガーデンパレス
26	2015.12.4	第3回産総研サイエンスカフェ in 東広島	産総研中国センター	主催	広島県	サンスクエア東広島
27	2015.12.8	ミニマルファブ ビジネスセミナー『～ミニマルファブを見る。知る。可能性を探る。～』(第17回プラズマ技術研究会講演会、第7回ミニマル3DIC ファブ開発研究会講演会)	九州経済産業局、計測・診断システム研究協議会 プラズマ技術研究会、ミニマル3DIC ファブ開発研究会	主催	福岡県	産総研吸収センター
28	2015.12.10	産業技術連携推進会議 知的基盤部会 分析分科会年会	産業技術連携推進会議	主催	京都府	京都平安ホテル
29	2015.12.10	地圏資源環境研究部門 第14回研究成果報告会	産総研 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門	主催	東京都	秋葉原ダイビル
30	2015.12.11	産業技術連携推進会議 知的基盤部会総会	産業技術連携推進会議	主催	京都府	京都平安ホテル
31	2015.12.11	産総研北海道センター講演会/長崎大学経済学部地域連携ワークショップ合同シンポジウム 「観光と水産：水産資源の利活用・異分野融合の可能性」	長崎大学経済学部、産総研北海道センター	主催	長崎県	長崎大学
32	2015.12.14	平成27年度実践セミナー『薄膜実践セミナー』講演	産総研つくばイノベーションアリーナ推進センター共用施設ステーションナノプロセス施設(NPF)	主催	茨城県	産総研つくばセンター
33	2015.12.15	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」平成27年度 第1回出前シンポジウム「製造業を変える人工知能とIoT」	産総研九州センター計測・診断システム研究協議会	主催	熊本県	ホテルメルパルク熊本
34	2015.12.16	平成27年度 産総研国際標準推進戦略/NEDO 出口戦略シンポジウム「日本を飛躍させる戦略的技術開発を目指して～知財活用と標準化の一体的推進～」	産総研、日本を元気にする産業技術会議、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、経済産業省、一般社団法人日本経済団体連合会、日本経済新聞社、独立行政法人製品評価技術基盤機構	主催	東京都	イイノホール
35	2015.12.21	第1回 GSJ ジオ・サロン「模型でのぞくジオ・ワールド」	産総研 地質調査総合センター	主催	茨城県	地質標本館
36	2016.1.20	第4回交流サロン AIST(産総研) / ESIP 合同セミナー	組込みシステム産業振興機構、産総研	主催	大阪府	大阪大学中ノ島センター
37	2016.1.21	産総研中国センターシンポジウム-材料・化学研究が切り拓く産業競争力強化への道筋-	産総研中国センター材料・化学領域	主催	広島県	ホテル広島ガーデンパレス
38	2016.1.29	平成27年度 産総研 エネルギー・環境シンポジウムシリーズ安全科学研究部門講演会「産業ニーズに応えるデータベース・評価ツール群～安全で持続可能な社会にむけて～」	産総研エネルギー・環境領域安全科学研究部門	主催	東京都	産総研臨海副都心センター
39	2016.1.29	ナノテクノロジー国際標準化ワークショップ～ナノテクノロジーの国際標準化における日本の戦略～	産総研、ナノテクノロジー標準化国内審議委員会	主催	東京都	東京ビックサイト
40	2016.2.1	第2回 GSJ ジオ・サロン「化石のおいしい話」	産総研地質調査総合センター	主催	茨城県	産総研つくばセンター
41	2016.2.3	平成27年度 食品・バイオテクノロジー技術研究会講演会	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」食品・バイオテクノロジー技術研究会	主催	佐賀県	産総研九州センター
42	2016.2.8	産総研・筑波大学「合わせ技ファンド」ピッチ会	筑波大学、産総研	主催	東京都	筑波大学東京キャンパス
43	2016.2.9	2015年度計量標準総合センター成果発表会	産総研計量標準研究センター	主催	茨城県	産総研つくばセンター
44	2016.2.17	NMIJ 国際計量標準シンポジウム「新時代を迎える計量基本単位 —新 SI 最新動向—」	産総研計量標準総合センター	主催	東京都	TKP 東京大手町コンファレンスセンター
45	2016.2.19	第5回電子光技術シンポジウム「電子・光デバイスの未来技術 —革新的材料技術が拓くイノベーション—」	産総研電子光技術研究部門	主催	東京都	秋葉原 UDX
46	2016.2.24	平成27年度 第19回インスペクション技術研究会講演会「競争力のあるものづくりを目指して」— あたらしい計測・評価技術との融合 —	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」インスペクション技術研究会共催、福岡県工業技術センターSHIQ、九州半導体エレクトロニクスイノベーション協議会産業技術連携推進会議、九州・沖縄地域部会計測、分析分科会光計測研究会	主催	福岡県	福岡合同庁舎本館
47	2016.2.25	第31回 精密加工プロセス研究会講演会第2回 3次元積層造形精密後加工技術 WG 講演会(第10回ワイドバンドギャップ半導体デバイスに関わる超精密加工プロセス研究会講演会)	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」精密加工プロセス研究会「計測・診断システム研究協議会」精密加工プロセス研究会 3次元積層造形精密後加工技術WG	主催	福岡県	リファレンス駅東ビル

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
48	2016.2.26	第18回プラズマ技術研究会 講演会 第8回ミニマル3DIC ファブ開発研究会 講演会	プラズマ技術研究会、ミニマル3DIC ファブ開発研究会	主催	福岡県	リファレンス駅東ビル
49	2016.3.1	2016年産業技術総合研究所中部センター研究講演会	産総研中部センター	主催	愛知県	愛知県産業労働センター
50	2016.3.8	つくば発イノベーション 第32回講演会/常陽nextX セミナーものづくり企業のための「標準化」丸わかり講座	産総研、常陽銀行	主催	茨城県	常陽つくばビル
51	2016.3.8	第7回 NMIJ 法定計量クラブ講演会	産総研計量標準総合センター法定計量クラブ	主催	東京都	臨海副都心センター
52	2016.3.29	ワークショップ「次世代航空機・宇宙産業に資するセラミックス基材料」	産総研構造材料研究部門	主催	愛知県	桑山ビル

産業技術総合研究所

主催行事（共同主催を含む）

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
1	2015.4.16	電気化学界面シミュレーションコンソーシアム設立シンポジウム	電気化学界面シミュレーションコンソーシアム、計算物質科学イニシアティブ (CMSD)、産総研	主催	東京都	秋葉原 UDX
2	2015.4.16	サイエンスカフェ in 臨海副都心センター～パンプスを進化させる!!～	産総研臨海副都心センター	主催	東京都	産総研臨海副都心センター
3	2015.5.22	「明日を拓く」日本を元気にする産業技術会議シンポジウムー成長の新しい姿もの×こイノベーションー	産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	日経ホール
4	2015.6.5	開所一周年記念 福島再生可能エネルギー研究所 成果報告講演会	産総研福島再生可能エネルギー研究所	主催	福島県	ホテルハマツ
5	2015.6.23～ 2015.6.24	エネルギー・環境シンポジウムシリーズ AIST 太陽光発電研究 成果報告会 2015	産総研太陽光発電センター、再生可能エネルギー研究センター	主催	茨城県	つくば国際会議場
6	2015.6.26	日本の EGS 将来像に関するワークショップ	新エネルギー・産業技術総合開発機構、石油天然ガス・金属鉱物資源機構、産総研	共同主催	東京都	大同生命霞が関ビル内 NEDO 分室
7	2015.6.30	「アクション JAT」技術交流・展示会	産総研福島再生可能エネルギー研究センター、常陽銀行、東邦銀行	主催	福島県	産総研福島再生可能エネルギー研究所
8	2015.7.8	電気化学界面シミュレーションコンソーシアム第1回研究会	産総研電気化学界面シミュレーションコンソーシアム	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
9	2015.7.9	第21回分子複合医薬研究会	産総研バイオメディカル研究部門、大阪医薬品協会産業技術総合研究所	主催	産総研	産総研関西センター
10	2015.7.13	平成27年度地震・津波・火山に関する自治体職員用研修プログラム	産総研地質調査総合センター	主催	茨城県	産総研つくばセンター
11	2015.7.14	第45回産総研・新技術セミナー	産総研東北センター	主催	宮城県	産総研東北センター仙台青葉サイト
12	2015.7.18	平成27年度産総研つくばセンター一般公開	産総研つくばセンター	主催	茨城県	産総研つくばセンター
13	2015.7.31	再生可能エネルギー世界フェア 併催フォーラム AIST-FREA (産総研 福島再生可能エネルギー研究所) セッション	産総研	主催	東京都	東京ビックサイト
14	2015.8.20	産総研四国センター一般公開	産総研四国センター	主催	香川県	産総研四国センター
15	2015.8.21	地質標本館 夏休み化石クリーニング体験教室2015	産総研地質調査総合センター	主催	茨城県	産総研つくばセンター
16	2015.8.22	2015 福島再生可能エネルギー研究所 (FREA) 一般公開	産総研福島再生可能エネルギー研究所	主催	福島県	福島再生可能エネルギー研究所
17	2015.8.22	地質標本館 何でも相談	産総研地質調査総合センター	主催	茨城県	産総研つくばセンター
18	2015.9.1	平成27年度産総研 エネルギー・環境シンポジウムシリーズ水資源の現状と循環利用のための技術展望-アジアに向けた技術貢献を目指して-	産総研	主催	東京都	機械振興会館ホール
19	2015.9.3	平成27年度 法定計量セミナー in KOBE	産総研計量標準総合センター	主催	兵庫県	神戸市産業振興センター
20	2015.9.17	第46回産総研・新技術セミナー	産総研東北センター	主催	宮城県	産総研東北センター仙台青葉サイト
21	2015.9.17	第6回 TIA-nano シンポジウムー資源好循環を促すオープンプラットフォーム TIA-nanoー	つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点 (TIA-nano)	主催	東京都	イイノホール
22	2015.10.1	3rd BPPT-AIST Joint Symposium on Health, Food and Agricultural Technology	産総研。Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi(BPPT)	共同主催	インドネシア・バンドン	Grand Royal pangegar
23	2015.10.9	富士フローケミストリーフォーラム産総研つくば (FFCFつくば2015)	産総研富士フローケミストリーフォーラム	共同主催	茨城県	産総研つくばセンター
24	2015.10.25	JAXA・AIST・NIMS による特別企画 ラジオ日本「ディープな宇宙をつまみぐい」おかわりスペシャル 深井戸端会議 2015秋 in つくば	宇宙航空券旧開発機構・物質材料研究機構・産総研	主催	茨城県	つくばカピオ
25	2015.10.29	医療機器ガイドライン活用セミナー #9整形インプラントガイドライン解説 II	日本医療研究開発機構、産総研	主催	東京都	AP 八重洲通り
26	2015.11.14	第47回産総研・新技術セミナー	産総研東北センター	主催	宮城県	産総研東北センター仙台青葉サイト
27	2015.11.10	四国オープンイノベーションワークショップ	産総研四国センター	主催	香川県	アルファあなぶきホール
28	2015.11.10	第8回「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」シンポジウム	産総研	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
29	2015.11.13	茨城県民の日は地質標本館へ行こう！ ー県民の日イベント スペシャルガイドツアーー	産総研地質標本館	主催	茨城県	産総研つくばセンター
30	2015.11.13	シンポジウム「環境ハーモニック建材による快適空間」	産総研中部センター、一般社団法人岐阜県工業会	主催	岐阜県	岐阜メモリアルセンター
31	2015.11.25	産総研 STAR シンポジウム産総研による創薬基盤技術の最前線	産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	虎ノ門ヒルズ森タワー
32	2015.11.26	つくば発イノベーション第31回講演会つくば発先端技術発表会	つくば市、産総研	主催	茨城県	つくば市役所
33	2015.12.1	産総研 エネルギー・環境シンポジウムシリーズエネルギー技術シンポジウム2015特集「サイエンスで挑む次世代自動車エンジン技術の研究開発」	産総研省エネルギー研究部門、省エネルギー研究部門	主催	東京都	東京国際交流館
34	2015.12.1	平成27年度 法定計量セミナー in SAPPORO	産総研、北海道計量検定所	共同主催	北海道	北海道庁
35	2015.12.1～ 2015.3.21	地質情報展2015ながのー知っていますか信濃の大地ー	産総研地質標本館	主催	茨城県	産総研つくばセンター
36	2015.12.2～ 2015.12.3	産総研エネルギー・環境シンポジウムシリーズ第7回メタンハイドレート総合シンポジウム(CSMH-7)	産総研メタンハイドレートプロジェクトユニット	主催	東京都	臨海副都心センター
37	2015.12.2	産総研ロボットフォーラム	産総研	主催	東京都	東京ビックサイト
38	2015.12.7～ 2015.12.8	第41回(2015年)感覚代行シンポジウム	感覚代研究会、産総研	主催	東京都	産総研臨海副都心センター
39	2015.12.9	未来エネルギーセミナー	四国地域イノベーション創出協議会	主催	香川県	サンメッセ香川
40	2015.12.11	ジェロントテクノロジー研究フォーラム 2015	産総研、国際ジェロントテクノロジー学会日本支部	主催	東京都	産総研臨海副都心センター
41	2015.12.14	第5回次世代プリントドエレクトロニクスシンポジウム	産総研フレキシブルエレクトロニクス研究センター、次世代プリントドエレクトロニクス技術研究組合、産総研次世代プリントドエレクトロニクスコンソーシアム	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
42	2015.12.15	人間情報研究部門シンポジウム2015(SHI2015)	産総研情報・人間工学領域	主催	東京都	日本科学未来館
43	2015.12.17	シンポジウム「新材料で構成する快適建築空間」ー建築材料の機能劣化と材料の評価についてー	産総研構造材料研究部門、環境ハーモニック建築部材研究会、産総研コンソーシアム「低炭素化材料評価システム技術コンソーシアム」	主催	東京都	石垣記念ホール
44	2015.12.21	第48回産総研・新技術セミナー	産総研東北センター	主催	宮城県	産総研東北センター青葉サイト
45	2016.1.13	微生物研究の新展開ー産総研生物プロセス研究部門の挑戦ー	産総研生物プロセス研究部門	主催	東京都	秋葉原コンベンションセンター
46	2016.1.14	医療機器開発ガイドライン総合解説セミナー	日本医療研究開発機構、産総研	主催	東京都	イノホール
47	2016.1.15	産業技術総合研究所 技術セミナー ～技術で事業を育てよう！～	産総研、山梨県	主催	山梨県	山梨県工業技術センター
48	2016.1.18	産総研発ベンチャーTODAY -TECH Meets BUSINESS-	産総研、日本を元気にする産業技術会議後援 日本経済新聞社	主催	東京都	日経ホール
49	2016.1.19	第1回電池技術研究部門フォーラム-社会とくらしを支える電池・燃料電池技術-	産総研関西センター	主催	大阪府	梅田スカイビル
50	2016.1.21	産総研中国センターシンポジウム 材料・化学研究が切り拓く産業競争力強化への道筋	産総研中国センター、材料・化学領域 機能化学研究部門	主催	広島県	ホテル広島ガーデンパレス
51	2016.2.2	第15回産総研・産技連 LS-BT 合同研究発表会	産総研、産業技術連携推進会議 ライフサイエンス部会 バイオテクノロジー分科会	主催	茨城県	産総研つくばセンター
52	2016.2.5	先進パワーエレクトロニクスシンポジウム「注目される次世代技術の現状と今後の展望」	産総研、日刊工業新聞社、モノづくり日本会議	主催	大阪府	大阪科学技術センター
53	2016.2.5	ガラス先端加工に関するシンポジウム新たな製品設計のためのガラスの高機能化と先端加工	産総研、京都大学	主催	大阪府	グランフロント大阪
54	2016.2.5	平成27年度 産総研 材料・化学シンポジウム21世紀の化学反応とプロセスー快適な社会に向けた新機能材料の創出を目指してー	産総研	主催	茨城県	つくば国際会議場
55	2016.2.15	日本を元気にする産業技術会議シンポジウム「インフラ・イノベーション～スマートメンテナンス最前線～」	産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	日経ホール
56	2016.2.16	第49回産総研・新技術セミナー	産総研東北センター	主催	宮城県	産総研東北センター仙台青葉サイト
57	2016.2.17	平成27年度先端産業研究交流会(環境・新エネルギー関連) 産総研技術シーズ発表会	静岡県、産総研	主催	静岡県	ホテルセンチュリー静岡

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
58	2016.2.17	産総研 - 大阪市工研連携協定締結記念シンポジウム - 「大阪発イノベーション」に向けて -	産総研、地方独立行政法人 大阪市立工業研究所	主催	大阪府	産総研関西センター
59	2016.2.24	第11回つくばビジネスマッチング会	つくば研究支援センター、三井物産、産総研	主催	東京都	産総研臨海副都心センター
60	2016.2.29	第一回構造接着研究 シンポジウム～構造接着本格研究に向けて～	産総研材料・化学領域、着・界面現象研究ラボ化学領域 ナノ材料研究部門、機能化学研究部門	主催	茨城県	産総研つくばセンター
61	2016.2.29	高付加価値セラミックス造形技術シンポジウム	高付加価値セラミックス造形技術シンポジウム実行委員会	主催	愛知県	ホテルメルパルク名古屋
62	2016.3.4	革新セラミックス製造技術国際シンポジウム - 無機機能材料エンジニアリングのイノベーション -	産総研無機能材料研究部門、日本ファインセラミックス協会	主催	東京都	フクラシア東京ステーション
63	2016.3.6	楽しみながら災害医療を学ぼう「災害医療クエスト」	産総研	主催	茨城県	つくば総合インフォメーションセンター交流サロン
64	2016.3.7	次世代ナノテクフォーラム2016	産総研関西センター、産業技術連携推進会議近畿地域部会ナノテクノロジー分科会	主催	大阪府	千里ライフサイエンスセンター
65	2016.3.7	情報・人間工学領域シンポジウム「IoT とセキュリティ」	産総研情報・人間工学領域	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
66	2016.3.8	2015年度「足入れの良い革靴プロジェクト」報告会	産総研人間情報研究部門	主催	東京都	JA ビル
67	2016.3.16	第一回表層型メタンハイドレート資源量調査結果検討委員会	産総研地質調査総合センター地圏資源環境研究部門	主催	東京都	経済産業省別館
68	2016.3.17	日本を元気にする産業技術会議シンポジウム “材料データマイニング” 技術が生み出す新たな素材開拓スキーム - 機能材料コンピューターショナルデザイン研究センター設立記念シンポジウム -	産総研、日本を元気にする産業技術会議機能材料コンピューターショナルデザイン研究センター	主催	東京都	ココヨホール
69	2016.3.23	産総研公開シンポジウム～オープンイノベーションで強みを増す超電導技術～	産総研	主催	東京都	有楽町マリオン
70	2016.3.26	万華鏡実験工作教室 in BiVi つくば	産総研	主催	茨城県	つくば総合インフォメーションセンター交流サロン
71	2016.3.27	第3回 GSJ ジオ・サロン「鉱物とあそぼう！～さあ、アクアマリンの世界へ」	産総研地質調査総合センター	主催	茨城県	産総研つくばセンター
72	2016.3.29	第15回ガスハイドレート産業創出イノベーション講演会（第16回メタンハイドレート研究アライアンス講演会）	産総研メタンハイドレートプロジェクトユニット	主催	東京都	産総研臨海副都心センター

事業組織・本部組織業務

その他参加行事

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
1	2015.4.8～ 2015.4.10	第15回光通信技術展 FOE2015	リードエグジビションジャパン	出展	東京都	東京ビックサイト
2	2015.4.8～ 2015.4.10	ファインテック ジャパン2015	リードエグジビションジャパン	出展	東京都	東京ビックサイト
3	2015.4.11	平成26年度再生可能エネルギー中核的専門人材養成事業成果報告会	ふくしま産学官コンソーシアム	後援	福島県	コラッセふくしま
4	2015.4.17	四国マイクロ波プロセス研究会第14回フォーラム	四国マイクロ波プロセス研究会	後援	香川県	e-とびあ・かがわBBスクエア
5	2015.4.22～ 2015.4.24	OPTICS & PHOTONICS International Congress 2015	OPTIC&PHOTONICS International 協議会	協賛	神奈川県	パシフィコ横浜会議センター
6	2015.4.22～ 2015.4.24	CPhI Japan 2015 (国際医薬品原料・中間体展)	UBM ジャパン、化学工業日報社	出展	東京都	東京ビックサイト
7	2015.4.23	つくばものづくりオーケストラ 技術展示会 in AIST	つくばものづくりオーケストラ	協力	茨城県	産総研つくばセンター
8	2015.4.24～ 2015.4.27	日本堆積学会2015年つくば大会	日本堆積学会	共催	茨城県	筑波大学大会館他
9	2015.4.28～ 2015.11.14	Science Jam 2015	グーグル株式会社	協力	東京著	日本科学未来館
10	2015.5.9～ 2015.5.10	つくばフェスティバル2015	つくばフェスティバル実行委員会、つくば市	協力	茨城県	つくばセンター広場
11	2015.5.18～ 2015.5.22	第14回マシニングビジョン応用に関する IAPR 国際会議 (MVA2015)	MVA2015 実行委員会	共催	東京都	日本科学未来館
12	2015.5.18～ 2015.5.22	2015年度春季地質調査研修	一般社団法人 日本地質学会	共催	千葉県	君津市その他周辺地域
13	2015.5.20～ 2015.5.22	第25回西日本食品産業創造展	日刊工業新聞社	後援	福岡県	マリノメッセ福岡
14	2015.5.20	第55回 AIST・筑波大学・TCI ベンチャー技術発表会	筑波大学、産総研、(株)つくば研究支援センター	共催	茨城県	つくば研究支援センター
15	2015.5.24～ 2015.5.28	日本地球惑星科学連合2015年大会	公益社団法人日本地球惑星科学連合	後援	千葉県	幕張メッセ
16	2015.5.24～ 2015.5.26	アジア・アントレプレナーシップ・アワード2015	一般社団法人ヒューチャーデザインセンター	後援	千葉県	柏の葉スマートシティ「ゲートスクエア」
17	2015.5.27～ 2015.5.29	第91回 2015年度春期低温工学・超電導学会	公益社団法人 低温工学・超電導学会	共催	茨城県	産総研つくばセンター
18	2015.5.29	出前講義：地下水観測による東海地震予知	静岡県中遠地域地下水利用対策協議会	協力	静岡県	磐田市立豊田図書館
19	2015.6.3～ 2015.6.5	JPCA Show2015 (第45回国際電子回路産業展)	一般社団法人日本電子回路工業会 (JPCA)	出展	東京都	東京ビックサイト
20	2015.6.5	日本ゾルゲル学会第12回セミナー	日本ゾルゲル学会	協賛	大阪府	地方独立行政法人大阪市立工業研究所
21	2015.6.6	江戸川区環境フェア2015	江戸川区子ども未来館	協力	東京都	江戸川区総合文化センター
22	2015.6.8	新食品表示制度に関する講習会	公益財団法人かがわ産業支援財団「新機能性表示食品開発相談センター」	協力	香川県	サンポートホール高松第二小ホール
23	2015.6.17～ 2015.6.19	スマートコミュニティ Japan2015	日刊工業新聞社	協賛	東京都	東京国際展示場
24	2015.6.19	第4回国際技術カンファレンス in 長岡	国際技術カンファレンス in 長岡組織委員会	後援	新潟県	長岡科学技術大学
25	2015.6.26～ 2015.6.28	日本古生物学会2015年年会・総会	日本古生物学会	共催	茨城県	産総研つくばセンター
26	2015.6.29	セラミックス研究交流セミナー	九州ファインセラミックス・テクノロジーフォーラム (KFC)	後援	福岡県	福岡朝日ビル
27	2015.7.1～ 2015.7.31	平成27年度 蓄熱月刊	一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター	後援	東京都	東京ビックサイト
28	2015.7.1～ 2016.3.31	イノベーションネットアワード2016	一般財団法人日本立地センター全国イノベーション推進機関ネットワーク	後援	東京都	都内各地
29	2015.7.3	平成27年度福島県ハイテクプラザ研究成果発表会	福島県ハイテクプラザ	出展	福島県	福島県ハイテクプラザ 多目的ホールおよびテクノホール
30	2015.7.5～ 2015.7.8	「第4回 JACI/GS 第7回 GSC 東京国際会議」	公益社団法人 新化学技術推進協会	後援	東京都	一橋大学
31	2015.7.7	第31回産学官交流のつどい	福島県電子機械工業会、福島県中小企業団体中央会	後援	福島県	ウェディングエルティ
32	2015.7.8～ 2015.7.10	第25回環境工学総合シンポジウム	一般社団法人 日本機械学会	共催	東京都	産総研臨海副都心センター

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との 関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
33	2015.7.13～ 2015.7.15	ISUPT/EXAT2015超高速フォトニクス技術と光通信インフラの飛躍的高度化に関する国際シンポジウム	EXAT 時限研専,SUPT 運営委員会	出展	京都府	コープイン京都
34	2015.7.15～ 2015.7.16	Tsukuba nano MA 2015	Tsukuba nano MA 2015 実行委員会	協力	茨城県	つくば国際会議場
35	2015.7.17～ 2015.8.17	日本マグネシウム協会九州支部・第4回マ技術者育成セミナー	(一社) 日本マグネシウム協会九州支部、(公財) くまもと産業支援財団、熊本マグネ事業推進会後援：経済産業省九州経済産業局、(一社) 軽金属学会九州支部、	後援	熊本県	桜の馬場 城彩苑
36	2015.7.18～ 2015.8.31	特別展「ひかり～身近な光の科学～」	公益財団法人つくば科学万博記念財団	協力	茨城県	つくばエキスポセンター
37	2015.7.19	学都「仙台・宮城」サイエンスデイ2015	特定非営利法人 natural science	共催	宮城県	東北大学川内北キャンパス
38	2015.7.22～ 2015.7.23	第9回 ビジネスマッチングフェア in Hamamatsu 2015	浜松商工会議所	後援	静岡県	アクトシティ浜松
39	2015.7.22～ 2015.7.23	深海底資源開発研究セミナー(2015)ー安全かつ高効率なメタンハイドレート資源開発を目指してー	深海底資源開発研究 山口大学研究推進体	共催	山口県	山口大学工学部
40	2015.7.23	北洋銀行ものづくりテクノフェア2015	北洋銀行	後援	北海道	アクセスサッポロ
41	2015.7.26～ 2015.8.2	国際第四紀学連合第19回大会	国際第四紀学連合第19回大会組織委員会	共催	愛知県	名古屋国際会議場
42	2015.7.29～ 2015.7.31	第10回再生可能エネルギー世界展示会	再生可能エネルギー協議会	共催	東京都	東京ビックサイト
43	2015.7.29	第1回徳島ナノメディシン・シンポジウム	徳島大学医歯薬研究部	共催	徳島県	藤井節郎記念ホール
44	2015.7.30	第56回 AIST・筑波大学・TCI ベンチャー技術発表会	筑波大学、産総研、つくば研究支援センター	共催	茨城県	つくば研究支援センター
45	2015.7.31	郡山市産業クラスターセミナー	郡山市	後援	東京都	明治記念館
46	2015.8.1	産業技術総合研究所中部センター一般公開(なごや・サイエンス・ひろば)	なごや・サイエンス・ひろば実行委員会	共催	愛知県	産総研中部センター
47	2015.8.5	NEDO フォーラム2015 in 中部	新エネルギー・産業技術総合開発機構後援：中部経済産業局、愛知県、(株)日本政策金融公庫	協賛	愛知県	ミッドランドホール
48	2015.8.7～ 2015.8.8	サイエンスキャスティング2015	つくば国際会議場、株式会社 JTB コーポレートセールス	協力	茨城県	つくば国際会議場
49	2015.8.16～ 2015.8.22	第24回国際冷凍会議(ICR2015)	公益社団法人 日本冷凍空調学会	後援	神奈川県	パシフィコ横浜
50	2015.8.21	NEDO フォーラム2015 in 四国	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構	協賛	香川県	かがわ国際会議場
51	2015.8.27～ 2015.8.28	第10回水素若手研究会	第10回水素若手研究会実行委員会	協賛	福島県	産総研福島再生可能エネルギー研究所
52	2015.8.27～ 2015.8.28	イノベーション・ジャパン2015～大学見本市&ビジネスマッチング	国立研究開発法人科学技術振興機構	出展	東京都	東京ビックサイト
53	2015.8.29～ 2015.8.30	SAGA ドリームフェスタ2015	佐賀県農林水産商工本部	協力	佐賀県	佐賀県総合体育館
54	2015.9.1～ 2015.9.5	第13回 全日本 学生フォーミュラ大会ーものづくり・デザインコンペティションー	公益社団法人自動車技術会	協賛	静岡県	エコパ小笠山総合運動公園
55	2015.9.2～ 2015.9.4	JASIS2015(Japan Analytical&Scientific Instruments Show)	一般社団法人日本分析機器工業会、一般社団法人日本科学機器協会	出展	千葉県	幕張メッセ
56	2015.9.6～ 2015.9.11	The XVIII International Sol- Gel Conference (Sol-Gel 2015) 第18回国際ゾルーゲル会議	国際ゾルーゲル学会	協賛	京都府	メルバルク京都 およびホテルグランヴィア京都
57	2015.9.9	緊急 IoT フォーラム	東京理科大学	後援	東京都	秋葉原コンベンションホール
58	2015.9.10～ 2015.9.11	地域産業活性化人材育成事業成果発表会(パートナーシップ発表会)	産総研、産業技術連携推進会議	共催	茨城県	産総研つくばセンター
59	2015.9.15～ 2015.9.20	第4回アジア太平洋ジオパークネットワーク山陰海岸シンポジウム	第4回アジア太平洋ジオパークネットワーク (APGN) 山陰海岸シンポジウム組織委員会	後援	京都府	アミティ丹後
60	2015.9.16～ 2015.9.18	セラミックス&ガラス技術展2015	公益社団法人日本セラミックス協会	後援	東京	東京ビックサイト
61	2015.9.16～ 2015.9.20	International Tribology Conference TOKYO2015	一般社団法人 日本トライボロジー学会	後援	東京	東京理科大
62	2015.9.17	JCII 標準化調査研究 成果発表会	一般財団法人 化学研究評価機構	後援	大阪府	東大阪市立産業技術支援センター
63	2015.9.18	第9回組込み開発企業展示会	組込みシステム産業推進機構	後援	滋賀県	ダイキン工業株式会社 滋賀製作所

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との 関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
64	2015.9.22	つくばサイエンスツアーバス特別イベント「Do you want to make a robot?」	つくばサイエンスツアーオフィス(一財)茨城県科学技術振興財団	協力	茨城県	産総研つくばセンター
65	2015.9.25～ 2015.9.27	第67回郡山市発明工夫展	郡山市	後援	福島県	郡山イトーヨーカドー
66	2015.9.26	超解像イメージング講習会2015	日本バイオイメージング学会	共催	東京都	筑波大学東京キャンパス
67	2015.9.30	産業技術総合研究所 人工知能研究センター設立記念シンポジウム	産総研人工知能研究センター,日本を元気にする産業技術会議	共催	東京都	日経ホール
68	2015.9.30	講習会 (No.01-15)「自動車開発における人間工学の理論と実践」	公益社団法人自動車技術会	協賛	東京都	産総研臨海副都心センター
69	2015.10.3～ 2015.10.4	ET ソフトウェアデザインロボットコンテスト2015関西地区大会	一般社団法人組込みシステム技術協会(関西地区:ETソフトウェアデザインロボットコンテスト関西地区実行委員会)	後援	京都府	京都コンピューター学院京都駅前校
70	2015.10.4～ 2015.10.6	科学技術と人類の未来に関する国際フォーラム第12回年次総会	特定非営利活動法人 STS フォーラム	後援	京都府	国立京都国際会議
71	2015.10.5～ 2015.10.6	標準化と品質管理全国大会2015	一般財団法人 日本規格協会	後援	東京都	都市センターホテル
72	2015.10.7～ 2015.10.10	ジャパンバーチャルロボティクスチャレンジ	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構	協力	千葉県	幕張メッセ
73	2015.10.7～ 2015.10.10	最先端 IT・エレクトロニクス総合展 CEATEC JAPAN 2015	一般財団法人 電子情報技術産業協会一般財団法人 情報通信ネットワーク産業協会一般社団法人 コンピュータソフトウェア協会	後援	千葉県	幕張メッセ
74	2015.10.7～ 2015.10.9	エコテクノ2015～地球環境ソリューション展/エネルギー先端技術展～	福岡県、北九州市、経済産業省、経済産業局、(公財)西日本産業貿易コンベンション協会	後援	福岡県	西日本総合展示場
75	2015.10.7	つくばものづくりオーケストラ技術展示会 in AIST	つくばものづくりオーケストラ	協力	茨城県	産総研つくばセンター
76	2015.10.7	『知』の集積と活用場の構築に向けたシンポジウム	一般財団法人 日本総合研究所	後援	東京都	農林水産省
77	2015.10.8～ 2015.10.9	北陸技術交流テクノフェア2015	技術交流テクノフェア実行委員会	出展	福井県	福井県産業会館
78	2015.10.9～ 2015.10.11	2015年度 日本水文学会学会大会	日本水文学会	後援	茨城県	産総研つくばセンター
79	2015.10.10	九州シンクロトロン光研究センター一般公開	公益財団法人佐賀県地域産業支援センター九州シンクロトロン光研究センター	後援	佐賀県	佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター
80	2015.10.10	ベイエリアおもてなしロボット研究会・アップデートセミナー2015	芝浦工業大学 複合領域産学官民連携推進本部	後援	東京都	芝浦工業大学豊洲キャンパス
81	2015.10.13～ 2015.10.15	第5回 CSJ 化学フェスタ2015	公益社団法人 日本化学会	後援	東京都	タワーホール船堀
82	2015.10.13	第16回 KFC 特別講演会	九州ファインセラミックス・テクノフォーラム	後援	福岡県	福岡朝日ビル
83	2015.10.14～ 2015.10.16	モノづくりフェア2015	日刊工業新聞社	後援	福岡県	マリメッセ福岡
84	2015.10.14～ 2015.10.16	東京エアロスペースシンポジウム2015	東京都、(株)東京ビックサイト	出展	東京都	東京ビックサイト
85	2015.10.14～ 2015.10.16	Bio Japan 2015・World Business Forum	Bio Japan 組織委員会	後援	神奈川県	パシフィコ横浜
86	2015.10.14～ 2015.10.16	粉体工業展大阪2015	一般社団法人日本粉体工業技術協会	後援	大阪府	インテックス大阪
87	2015.10.15	平成27年度第2回 AMIC セミナー「ナノ構造を制御した無機機能材料の展開」	公益財団法人三重県産業支援センター	後援	三重県	三重県産業支援センター北勢支所
88	2015.10.16～ 2015.10.18	いきいき福祉健康フェア2015	いきいき福祉・健康フェア2015実行委員会	後援	北海道	アクセスサッポロ
89	2015.10.17	埼玉県立総合教育センター一般公開	埼玉県立総合教育センター	出展	埼玉県	埼玉県立総合教育センター
90	2015.10.17	第8回新☆エネルギーコンテスト	一般社団法人日本機械学会 技術と社会部門	後援	福島県	日本大学工学部
91	2015.10.17	第27回サイエンスカフェ in SAGA	佐賀県	協力	佐賀県	佐賀ワシントンホテルプラザ
92	2015.10.19	SAGA テクノ2015～産学官連携技術交流会～	佐賀県	共催	佐賀県	産総研九州センター
93	2015.10.19～ 2015.10.21	ICH2015 (International Conference on Hydrogen Safety、水素安全国際会議)	ICH2015 準備委員会事務局(株)テクノバ	後援	神奈川県	横浜ベイシェラトン
94	2015.10.21～ 2015.10.23	びわ湖環境ビジネスメッセ2015	びわ湖環境ビジネスメッセ実行委員会	後援	滋賀県	県立長浜ドーム
95	2015.10.21～ 2015.10.24	日本地熱学会平成27年学術講演会	日本地熱学会	協賛	大分県	別府国際コンベンションセンター

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との 関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
96	2015.10.23～ 2015.10.24	おおさき産業フェア2015	おおさき産業フェア実行委員会	後援	宮城県	大崎市古川体育館
97	2015.10.24～ 2015.11.3	TOKYO DESIGN WEEK 2015 トーキョーデザインウィーク2015	TOKYO DESIGN WEEK 株式会社	出展	東京都	明治神宮外苑絵画館前
98	2015.10.24～ 2015.10.25	つくば産業フェア&農産物フェア2015	つくば市,つくば市商工会	協力	茨城県	つくばカピオ
99	2015.10.24～ 2015.10.25	サッポロヘルス&ビューティーフェア2015	サッポロヘルス&ビューティーフェア2015実行委員会	後援	北海道	アクセスサッポロ
100	2015.10.28～ 2015.10.30	Critical Metal Symposium in Sendai (仙台レアメタルシンポジウム)	東北大学多元物質科学研究所	後援	宮城県	東北大学片平キャンパス
101	2015.10.28～ 2015.10.29	第4回ふくしま復興 再生可能エネルギー産業フェア2015	福島県,公益財団法人福島県産業振興センター	出展、後援	福島県	ビックパレットふくしま
102	2015.10.28～ 2015.10.30	マイクロジェネレーション及び関連技術に関する第4回国際会議	国際会議 Microgen IV 実行委員会	協賛	東京都	東京大学
103	2015.10.29	第54回機能紙研究発表・講演会「機能紙、消費者志向から価値主導の時代に向けて」	特定非営利活動法人機能紙研究会	後援	香川県	サンポートホール高松
104	2015.10.29	茨城県研究開発支援型企業技術展示会 in 産総研	茨城県,いばらき成長産業振興協議会	協力	茨城県	産総研つくばセンター
105	2015.10.30	エンジニアリングシンポジウム2015	一般財団法人エンジニアリング協会	協賛	東京都	日本都市センター会館
106	2015.10.31～ 2015.11.1	第4回マンモグラフィ X線トレーサビリティ講習会	NPO 法人 日本乳がん検診精度管理中央機構	協賛	茨城県	産総研つくばセンター
107	2015.10.31～ 2015.11.1	第10回環境展	土浦市環境基本計画推進協議会	協賛	茨城県	新治トレーニングセンター
108	2015.10.31～ 2015.11.1	つくば科学フェスティバル	つくば市,つくば市教育委員会,筑波研究学園都市交流協議会	出展	茨城県	つくばカピオ
109	2015.11.3	平成27年度茨城県高等学校文化連盟自然科学部研究発表会	茨城県高等学校文化連盟自然科学部	協力	茨城県	産総研つくばセンター
110	2015.11.3	ロボットフェスタふくしま2015	福島県	後援	福島県	ビックパレットふくしま
111	2015.11.3～ 2015.11.29	ちょこっとシアター「たんけん!？うごく大地 地球の“果て”な？」	ギャラクシティ	協力	東京都	ギャラクシティ まるちたいけん ドーム
112	2015.11.4	四国食品健康フォーラム2015	一般財団法人四国産業・技術振興センター	後援	香川県	サンポートホール高松
113	2015.11.5～ 2015.11.6	ビジネス EXPO「第29回 北海道 技術・ビジネス交流会」	北海道 技術・ビジネス交流会 実行委員会	後援	北海道	アクセスサッポロ
114	2015.11.5～ 2015.11.6	再生可能エネルギーフォーラム・土湯温泉2015	(株)元気アップつちゆ, NPO 法人 土湯温泉観光まちづくり協議会, MPO 法人経営支援 NPO クラブ	出展	福島県	福島テルサ
115	2015.11.5～ 2015.11.6	BIZ SAITAMA さいたま市産業交流展	さいたま市産業交流実行委員会	協力	埼玉県	ソニックシティ
116	2015.11.6～ 2015.11.8	第41回筑波大学学園祭「雙峰祭」	平成27年度筑波大学学園祭実行委員会	出展	茨城県	筑波大学
117	2015.11.9～ 2015.11.11	熱電変換材料科学国際シンポジウム2015	熱電変換材料科学国際シンポジウム実行委員会	共催	愛知県	名古屋大学
118	2015.11.10	第13回環境研究シンポジウム - 2050年の地球と暮らし - 環境技術と地球規模課題 -	環境研究機関連絡会	共催	東京都	一橋大学
119	2015.11.10	第11回日独産業フォーラム2015	ドイツ貿易・投資振興機関	後援	東京都	ホテルニューオータニ東京
120	2015.11.10	第24回日本 NCSLI 技術フォーラム	非営利団体 日本 NCSLI	後援	東京都	大田区産業プラザ PiO
121	2015.11.10	平成27年度ベンチャープラザ ファンD in Tokyo	独立行政法人中小企業基盤整備機構	後援	東京都	中小企業基盤整備機構
122	2015.11.11～ 2015.11.12	Energy Storage Summit Japan	株式会社メッセ・デュッセルドルフ・ジャパン	後援	東京都	ベルサール渋谷ファースト
123	2015.11.13	中四国環境ビジネスネット (B-net) フォーラム2015	岡山県、公益財団法人岡山県産業振興財団	後援	岡山県	岡山県コンベンションセンター
124	2015.11.13	生分解性プラスチックと分解酵素の活用シンポジウム	農業環境技術研究所	後援	東京都	産総研臨海副都心センター
125	2015.11.13～ 2015.11.14	ものづくり岐阜テクノフェア2015	一般社団法人岐阜県工業会	出展	岐阜県	岐阜県メモリアルセンター
126	2015.11.13～ 2015.11.15	サイエンスアゴラ2015	科学技術振興機構	共催	東京都	科学未来館
127	2015.11.16～ 2015.11.18	第28回国際超伝導シンポジウム (ISS2015)	公益財団法人 国際超伝導産業技術研究センター	後援	東京都	タワーホール船堀
128	2015.11.16～ 2015.11.17	Matching HUB Kanazawa 2015 Autumn	国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学、独立行政法人中小企業基盤整備機構北陸支部、公益財団法人北陸先端科学技術大学院大学支援財団	出展	石川県	ANA クラウンプラザホテル金沢
129	2015.11.16～ 2015.11.18	Advanced Methodologies for Bayesian Networks	一般社団法人 人工知能学会	共催	神奈川県	慶應義塾大学日吉キャンパス

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との 関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
130	2015.11.16～ 2015.11.19	IS-GNSS2015 (GNSS 国際シンポジウム2015)	GNSS 国際シンポジウム組織委員会	後援	京都府	京都歓業館みやこめっせ
131	2015.11.17	バイオメテイクス研究会	公益社団法人 高分子学会 バイオメテイクス研究会 ISO/TC266 バイオメテイクス国内審議委員会	共催	茨城県	産総研つくばセンター
132	2015.11.18～ 2015.11.20	アグリビジネス創出フェア2015	農林水産省	後援	東京都	国際展示場
133	2015.11.18	埼玉県産学連携支援ネットワーク会議 産学官金連携セミナー	産学連携支援ネットワーク会議	協力	茨城県	産総研つくばセンター
134	2015.11.19～ 2015.11.21	第5回 次世代ものづくり基盤技術産業展 -TECH Biz EXPO 2015-	名古屋国際見本市委員会	出展	愛知県	吹上ホール
135	2015.11.20	第3回 JMAC シンポジウム「バイオ市場拡大戦略としての国際標準化」	特定非営利活動法人バイオチップコンソーシアム	後援	東京都	東京ウィメンズプラザ
136	2015.11.25～ 2015.11.27	INCHEM TOKYO 2015	公益社団法人化学工学会 一般社団法人日本能率協会	協賛	東京都	東京都ビックサイト
137	2015.11.26～ 2015.11.27	第37回風力エネルギー利用シンポジウム	一般財団法人日本風力エネルギー学会	後援	東京都	科学技術館
138	2015.11.27～ 2015.11.28	2015アグリビジネス創出フェア in Hokkaido	特定非営利活動法人グリーンテクノバンク	後援	東京都	サッポロファクトリー
139	2015.11.27	つくばプロモーションイベント FUTURE ROBOTICS FORUM	文部科学省	後援	東京都	筑波大学東京キャンパス
140	2015.12.2～ 2015.12.4	モノづくりマッチング Japan2015 3D 造形技術展	日刊工業新聞社	協賛	東京都	東京ビックサイト
141	2015.12.2	次世代海洋資源調査技術 (海のジバング計画) シンポジウム	内閣府、海洋研究開発機構	後援	東京都	大崎プライトコアホール
142	2015.12.2	第8回 大阪大学共同研究講座シンポジウム	大阪大学産学連携本部	後援	大阪府	大阪大学中ノ島センター
143	2015.12.2～ 2015.12.4	計測展2015TOKYO	一般社団法人日本電気計測器工業会	出展	東京都	東京ビックサイト
144	2015.12.3～ 2015.12.4	ビジネス・エンカレッジ・フェア2015	株式会社池田泉州銀行	協賛	大阪府	大阪国際会議場
145	2015.12.7	県内5金融機関との連携による“茨城ものづくり企業交流会2016 (製品技術展示会)	一般社団法人茨城県経営者協会	後援	茨城県	水戸プラザホテル
146	2015.12.8	JST 成果発表・展示会「復興から新しい東北の創生へー科学技術の英知・絆の成果ーin 福島」	科学技術振興機構	後援	福島県	ビックパレット福島
147	2015.12.9	日本情報地質学会2015年度シンポジウム - 地形・地質三次元モデリングの最前線 -	日本情報地質学会	共催	東京都	飯田橋レインボービル
148	2015.12.9	東北大学イノベーションフェア2015	東北大学	後援	宮城県	仙台国際センター
149	2015.12.9	第8回「常陽ものづくり企業フォーラム」技術商談会	(株)常陽銀行、(株)常陽産業研究所	後援	茨城県	つくば国際会議場
150	2015.12.9	産学官連携フェア2015みやぎ	公益財団法人みやぎ産業振興機構	共催	宮城県	仙台国際センター
151	2015.12.10	触媒学会つくば地区講演会	触媒学会つくば地区講演会	後援	茨城県	産総研つくばセンター
152	2015.12.10～ 2015.12.12	エコプロダクツ2015	一般社団法人産業環境管理協会、日本経済新聞社	出展	東京都	東京ビックサイト
153	2015.12.12	平成27年度福島大学研究・地域連携成果報告会	福島大学	後援	福島県	郡山ビューホテルアネックス
154	2015.12.14～ 2015.12.16	第16回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会	公益社団法人計測自動制御学会システムインテグレーション部門	協賛	愛知県	名古屋国際会議場
155	2015.12.22	グリーン・イノベーション研究成果企業化促進フォーラム	関西広域連合	後援	大阪府	グランフロント大阪
156	2016.1.6～ 2016.1.8	第16回「脳と心のメカニズム」冬のワークショップ	脳と心のメカニズム	共催	北海道	北海道留寿都
157	2016.1.12～ 2016.1.31	CERAMIC LIFE DESIGN AWARD	愛知県公立大学法人 愛知県立芸術大学 CERAMIC LIFE DESIGN AWARD 開催委員会	後援	東京等	yamagiwa tokyo
158	2016.1.14	福岡大学新春産学官技術交流会2016	福岡大学	後援	福岡県	福岡大学文型センター
159	2016.1.16	放射線計測研究会第59回研究会	放射線計測研究会	協賛	埼玉県	理化学研究所後援センター
160	2016.1.25	平成27年度先端技術交流会シンポジウム「再生医療産業の現状と将来展望～細胞医薬品開発から周辺ビジネスまで～」	一般社団法人 研究産業・産業技術振興協会	後援	東京都	機会振興会館
161	2016.1.25～ 2016.1.26	機能性「素材・食品・化粧品」ビジネスマッチング in 札幌2016	経済産業省北海道経済産業局、札幌市、北海道バイオ産業クラスターフォーラム、公益財団法人北海道科学技術総合振興センター、一般社団法人北海道バイオ工業会	協力	北海道	京王プラザホテル札幌

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との 関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
162	2016.1.27～ 2016.1.29	nano tech 2016 第15回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議	nano tech 実行委員会	後援	東京都	国際展示場
163	2016.2.1	かがわ糖質バイオフィォーラム第8回シンポジウム	公益財団法人かがわ産業支援財団	後援	香川県	かがわ国際会議場
164	2016.2.3～ 2016.2.4	水素先端世界フォーラム2016	九州大学水素材料先端科学研究センター	後援	福岡県	九州大学伊都キャンパス
165	2016.2.4	SAT テクノロジー・ショーケース2016	一般財団法人茨城県科学技術振興財団つくばサイエンス・アカデミー	共催	茨城県	つくば国際会議場
166	2016.2.5	世界に勝つものづくりシンポジウム 日系企業技術交流会2016 in バンコク	地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター 公益財団法人東京都中小企業振興公社公立大学法人首都大学東京	後援	タイ	PULLMAN BANGKOK GRANDE SUKHUMVIT
167	2016.2.5	サービスデザイン/マネジメント/エンジニアリング ワークショップ (SDME WS)	サービス学会	共催	東京都	産総研臨海副都心センター
168	2016.2.5	平成27年度サービス産業生産性・付加価値向上セミナー	茨城県	協力	茨城県	ホテルグランド東雲
169	2016.2.9	第9回 つくば産産学連携促進市 in アキバ	つくば市	共催	東京都	秋葉原ダイビル
170	2016.2.10	Japan Venture Awards 2016	独立行政法人 中小企業基盤整備機構	後援	東京都	虎ノ門ヒルズ
171	2016.2.12	未来2016	株式会社 三井住友フィナンシャルグループ	協賛	東京都	東京ミッドタウン
172	2016.2.13	「再生可能エネルギー関連産業の成長を牽引する中核的専門人材の養成」成果発表会	福島大学地域創造支援センター	後援	福島県	福島大学地域創造支援センター
173	2016.2.17	第10回企業情報交換会 in いちのせき	公益財団法人岩手県南技術研究センター	後援	岩手県	一関市総合体育館、ペリーノホテル一関
174	2016.2.18～ 2016.2.19	「京都産学公連携フォーラム2016」	公益社団法人京都工業会	後援	京都府	京都パルスプラザ
175	2016.2.19	「第5回全国組込み産業フォーラムおよび地域連携セミナー」	組込みシステム産業振興機構、車載組込みシステムフォーラム	共催	愛知県	名古屋大学工学部
176	2016.2.22～ 2016.2.23	The 6th AICS International Symposium	理化学研究所 計算科学研究機構	後援	兵庫県	理化学研究所 計算科学研究機構
177	2016.2.22～ 2016.9.16	物流オープンデータコンテスト	株式会社フレームワークス	後援	東京都	東京大学大学院情報学環ダイワユビキタス学術研究館
178	2016.2.23	元素戦略/希少金属代替材料開発<第10回合同シンポジウム>	新エネルギー・産業技術総合開発機構、科学技術振興機構	後援	東京都	東京国際フォーラム
179	2016.2.24	造水シンポジウム2015	一般財団法人造水促進センター	後援	東京都	主婦会館プラザエフ
180	2016.2.26	先端加工技術講演会「素材革命で拓がる3D プリンター技術の最前線」	一般財団法人 先端加工機械技術振興会	後援	東京都	日本工業大学 神田キャンパス
181	2016.2.26	化学物質の安全管理に関するシンポジウム - 複数化学物質のリスク評価 -	化学物質の安全管理に関するシンポジウム実行委員会	共催	東京都	中央合同庁舎
182	2016.2.27	ものこと双発学会2015年度年次研究発表会	ものこと双発学会	後援	東京都	東京理科大学 PORTA 神楽坂
183	2016.2.29	データシェアリングシンポジウム	科学技術振興機構	共催	東京都	一橋講堂
184	2016.2.29	高付加価値セラミックス造形技術シンポジウム	高付加価値セラミックス造形技術シンポジウム実行委員会	協賛	愛知県	ホテルメルパルク名古屋
185	2016.3.3	NEDO/AIRC 次世代人工知能国際シンポジウム	新エネルギー・産業技術総合開発機構、産総研	共催	東京都	タイム24ビル
186	2016.3.3～ 2016.3.5	第9回としまものづくりメッセ	としまものづくりメッセ実行委員会	後援	東京都	サンシャインシティ展示場
187	2016.3.10～ 2016.3.11	シンポジウム「モバイル'16」	特定非営利活動法人モバイル学会	共催	茨城県	産総研つくばセンター
188	2016.3.11	第14回同位体科学会研究会	同位体科学会	後援	東京都	産総研臨海副都心センター
189	2016.3.11	つくばプロモーションイベント 健康長寿 Biz-Seeds	文部科学省	後援	茨城県	常陽銀行つくばビル
190	2016.3.11	モバイル学会主催シンポジウム「モバイル'16」公開セッション	特定非営利活動法人 モバイル学会	共催	茨城県	産総研つくばセンター
191	2016.3.11	札幌市環境報告書展	札幌市	出展	北海道	札幌駅前地下歩行空間
192	2016.3.23	有機系太陽電池の高度利用に向けた評価・標準化ワークショップ	有機系太陽電池技術研究組合	協賛	東京都	東京大学 先端科学技術研究センター 191センター ENEOS ホール
193	2016.3.24	第2回サービスデザイン/マネジメント/エンジニアリング ワークショップ (SDME WS)	サービス学会	共催	東京都	株式会社パソナ 東京本社

3) 見 学

平成27年度見学視察対応件数（所属別）

所属名	件数
創エネルギー研究部門	120
電池技術研究部門	84
省エネルギー研究部門	66
環境管理研究部門	107
安全科学研究部門	80
太陽光発電研究センター	31
再生可能エネルギー研究センター	672
先進パワーエレクトロニクス研究センター	40
創薬基盤研究部門	64
バイオメディカル研究部門	93
健康工学研究部門	68
生物プロセス研究部門	58
創薬分子プロファイリングセンター	21
情報技術研究部門	16
人間情報研究部門	176
知能システム研究部門	153
自動車ヒューマンファクター研究部門	199
ロボットイノベーション研究センター	61
人工知能研究センター	65
機能化学研究部門	34
化学プロセス研究部門	73
ナノ材料研究部門	58
無機機能材料研究部門	56
構造材料研究部門	67
触媒化学融合研究センター	13
ナノチューブ実用化研究センター	57
機能材料コンピューテーショナルデザイン研究センター	1
ナノエレクトロニクス研究部門	62
電子光技術研究部門	29
製造技術研究部門	105
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	70
先進コーティング技術研究センター	17
集積マイクロシステム研究センター	14
活断層・火山研究部門	20
地圏資源環境研究部門	14
地質情報基盤センター	367
工学計測標準研究部門	246
物理計測標準研究部門	160
物質計測標準研究部門	46
分析計測標準研究部門	79
計量標準普及センター	50
エネルギー・環境領域研究企画室	39
生命工学領域研究企画室	29
情報・人間工学領域研究企画室	49
材料・化学領域研究企画室	20
エレクトロニクス・製造領域研究企画室	35

所属名	件数
地質調査総合センター	19
計量標準総合センター	49
企画本部	292
イノベーション推進本部	365
つくばイノベーションアリーナ推進本部	146
環境安全本部	0
総務本部	25
コンプライアンス推進本部	0
評価部	1
北海道センター	30
東北センター	13
つくばセンター	3
東京本部	3
臨海副都心センター	131
中部センター	75
関西センター	116
中国センター	28
四国センター	10
九州センター	29
福島再生可能エネルギー研究所	1173
総計	6,492

5) イノベーション推進本部
(Research and Innovation Promotion
Headquarters)

所在地：つくば中央第1

人員：21名（19名）

概要：

イノベーション推進本部は、産学官連携、知的財産の活用、国際標準の推進、ベンチャー創出・支援、国際連携、地域創生などの業務を一体的かつ密接に連携して実施する体制を敷き、これらのイノベーション推進業務を一元的なマネジメントの下、総合的かつ横断的に執行する。特に、マーケティング力の強化、企業や大学との連携強化、戦略的な知的財産マネジメント、地域イノベーションの推進に重点的に取り組み、橋渡し機能の強化を推進している。

さらに、企業や大学などの外部機関とのインターフェースとなって連携コーディネーションを担う「上席イノベーションコーディネータ」、「イノベーションコーディネータ」あるいは、橋渡し機能の強化にむけて、知的財産アセットの戦略的な構築、そのための知的財産施策、テーマ強化に向けた知的財産支援などを担う「チーフパテントオフィサー」、「パテントオフィサー」を配置し、本部、領域、研究ユニットが一体となって外部との連携を推進する体制をとっている。

本部はこの体制の下、産業技術に関する産業界や社会からの多様なニーズを迅速かつ的確に捉え、有望な技術シーズの発掘と育成、研究開発プロジェクトの企画立案と推進・支援、さらには中小、中堅企業支援や新産業の創出に貢献する。

機構図（2016/3/31現在）

[イノベーション推進本部]

本部長	瀬戸 政宏
副本部長	吉田 康一 四元 弘毅
研究参与	石川 正俊 田中 芳夫
審議役	五十嵐 光教 高井 一也
総括企画主幹	河井 良浩 山田 由佳 大田 明博 中村 優美子

津田 浩
美濃輪 智朗
鈴木 馨

上席イノベーションコーディネータ

Granrath Lorenz
綾 信博
安宅 龍明
宮崎 芳徳
黒島 光昭
山田 澄人
渡利 広司
陶山 一雄
樋口 哲也
尾崎 浩一
米田 晴幸
米満 潤

イノベーションコーディネータ

栗津 浩一（兼）
橋本 亮一
黒澤 茂
佐脇 政孝
池上 敬一（兼）

チーフパテントオフィサー

菅生 繁男

パテントオフィサー

桐原 俊夫
小林 秀輝

連携主幹

伊達 正和
花井 修次
山内 真（兼）

総合戦略室

技術マーケティング室

ベンチャー開発・技術移転センター

知的財産・標準化推進部

産学官・国際連携推進部

地域連携推進部

①【総合戦略室】

(Research and Innovation Strategy Office)

所在地：つくば中央第1

人員：7名（3名）

概要：

イノベーション推進本部の各部を統括し、研究戦略

および連携戦略の基本方針にかかわる企画・立案を行う。また、産総研を代表する研究課題、領域間の融合や地域連携を促進する研究課題を重点的に支援するなど、イノベーションの創出を推進する事業を行う。総合戦略室の平成27年度における主な活動は、次のとおりである。

- ・戦略予算事業の事務局として、実施課題の選定、予算配賦、総合調整等を行うと共に、平成26年度実施課題の成果報告会の運営等を行った。戦略予算事業では、産総研の総合力を発揮する看板的な研究課題である「産総研 STAR 事業」の3課題（約9億円）、異分野融合や地域連携の促進を目的とした41課題（約26億円）、コア技術の創出を促進するための32課題（約2億円）が採択された。
- ・連携拡大を目的として、主に経営層を対象とした、「テクノブリッジ事業」の一環であるテクノブリッジフェアを開催した。
- ・日本経済新聞社とタイアップして産業界と議論を行う「日本を元気にする産業技術会議」では、産総研の技術シーズや国際標準化戦略、ベンチャー支援等をテーマとしたシンポジウムを開催した（8回）
- ・産学官連携功労者表彰（内閣府主催）においては、産総研内の事務局を担当した。推薦案件1件が、内閣総理大臣賞を受賞した。
- ・論文数の向上を目的とした産総研論文賞の事務局を運営した。7領域より計15件の推薦があり、その中から受賞論文4件が採択された。
- ・産総研の研究成果を活用して事業を行う民間企業等に、産総研の研究施設等の使用を認め、4事業が実施された。
- ・産総研が参画する22の技術研究組合により、21の外部資金プロジェクトを推進するとともに、技術研究組合に関する運営方針の取り決めや、事務手続きに関する総合調整を行った。

 機構図（2016/3/31現在）

[総合戦略室]

室長（兼）	大田 明博
室長代理	木原 和彦
総括企画主幹（兼）	津田 浩
連携主幹（兼）	伊達 正和

②【技術マーケティング室】

(Technology Marketing Office)

 所在地：つくば中央第1

人員：7名（4名）

概要：

産総研の研究成果を社会に普及するため、イノベー

ションコーディネータとともに領域や地域センターを跨ぐ横断的なマーケティング活動を行い、企業との連携の強化、拡大を推進している。

平成27年度における主な活動は、次のとおりである。

- 1) 産総研の技術ポテンシャルを活かした指導助言等を有償で提供する「技術コンサルティング制度」を創設した。84件の技術コンサルティングを実施した。
- 2) 技術マーケティング会議等の開催を通じて企業連携のケーススタディや領域の収集したマーケティング情報の共有を行うことで、イノベーションコーディネータの活動を活発化させ、組織的なマーケティング活動を強化した。

 機構図（2016/3/31現在）

[技術マーケティング室]

室長（兼）	渡利 広司
総括企画主幹（兼）	鈴木 馨
総括主幹	北川 由紀子
総括主幹	濱崎 陽一
総括主幹	関根 重幸
連携主幹（兼）	花井 修次

 ③【ベンチャー開発・技術移転センター】

(Innovation Center for Technology Transfer and Startups)

 所在地：つくば中央第1

人員：11名（1名）

概要：

ベンチャー開発・技術移転センターは、産総研の革新的な技術シーズを事業化に繋ぐ「橋渡し」の出口の強化を図ることをミッションとして、産総研技術の事業化支援（ハンズオン支援）及びベンチャー創業とライセンス実績の強化を推進している。

産業界への技術移転においては、技術移転マネージャーを中心に、産業界の技術ニーズや事業化戦略の動向等を把握し、研究現場と連携して、既存企業への知的財産のライセンス等の技術移転を実施している。ベンチャーによる事業化においては、「スタートアップ開発戦略タスクフォース」（以下、タスクフォース）によるベンチャー企業を創出する取組みと産総研ベンチャー技術移転促進措置実施規程に基づく創出後支援を柱に、産総研技術移転ベンチャーの創出推進と、ベンチャーの企業価値及び収益の向上のための支援を実施している。

機構図 (2016/3/31現在)

[ベンチャー開発・技術移転センター]

- センター長 (兼) 高井 一也
- 総括主幹 小池 英明
- スタートアップ・アドバイザー
- 技術移転マネージャー
- [事業企画グループ] グループ長 小林 光司
- [事業化推進グループ] グループ長 (兼) 高井 一也
- [事業支援グループ] グループ長 飯竹 秀行

スタートアップ・アドバイザー (Start-up Advisor)
(つくば中央第1)

概要:

産総研内のベンチャー化に適した技術シーズを発掘するとともに、タスクフォースを統括し、ベンチャー創業に向けて必要な研究開発やビジネスモデルの策定・検証、マーケティング、顧客開拓及び資金調達活動等を行っている。必要に応じて、産総研の職を離れ、創業後の企業経営に参画する。また、既存の産総研技術移転ベンチャーの事業支援として、ビジネスモデルのブラッシュアップ、イグジット戦略、販路開拓及び資金調達等に関する支援を行っている。

技術移転マネージャー

(Technology Licensing Manager)
(つくば中央第1)

概要:

産総研の研究成果の社会への普及を推進するため、知財アセット構築に関する知的財産戦略の策定、産業界における技術ニーズおよび事業化戦略の動向等に関する情報の収集、技術移転のマーケティング活動、ライセンス交渉及び契約締結等に関する業務を行っている。

事業企画グループ (Business Planning Group)

(つくば中央第1)

概要:

ベンチャー開発・技術移転センターの活動に係る企画・立案、活動に伴う総合調整、予算の管理及びベンチャー企業創出の支援を行っている。

具体的には、タスクフォースの運営管理に関する業務、有望な産総研技術移転ベンチャー及びタスクフォースを部署横断的に支援する「AIST ハンズオン支援チーム (HOST)」の運営、産総研内部の人材育成や意識改革を図るために、ベンチャー創出に関する職員向け研修やセミナーの企画・運営、さらに、成果の発信のための広報活動を行っている。

事業化推進グループ (Technology Transfer Group)

(つくば中央第1)

概要:

産総研の研究成果を社会に普及するため、技術移転マネージャーと連携し、保有する知的財産のライセンス等の技術移転を推進している。

具体的には、研究成果の産業化に向けた技術移転戦略の構築、産業界における技術ニーズおよび事業化戦略の動向等に関する情報の収集、秘密保持契約等の交渉及び締結事務、マーケティング活動、ライセンス交渉および契約締結、ライセンス収入の徴収・管理、産総研技術移転ベンチャーへの知的財産に関する支援等に関する業務を行っている。

事業支援グループ (Business Support Group)

(つくば中央第1)

概要:

産総研技術移転ベンチャーを対象として、創業を行おうとする者及び技術移転を受けた者等に対する支援、並びに出資に係る総合調整に関する業務を行っている。

具体的には、産総研の知的財産を用いて起業を希望する者からの事業プラン、資金調達及び販路開拓等、創業前後に関する相談等にグループ員、専門家により対応すると共に、外部機関を活用してベンチャーの企業価値及び収益向上のための支援を行っている。

また、「産総研ベンチャー技術移転促進措置実施規程」に基づく称号付与及び技術移転促進措置の実施に関する事務を行う。併せて、産総研内外と連携し新たな支援策の創出を図っている。

平成 27 年度実績

○技術移転

表1 平成27年度技術移転関連統計

実施契約等件数	960件
技術移転収入	333百万円

○スタートアップ開発戦略タスクフォース

- ・ベンチャー創出・支援研究事業 5件
- 新規案件 3件
- 継続案件 2件

○産総研技術移転ベンチャー

- ・産総研技術移転ベンチャー企業数
- 新規 6社 (累計129社)
- ・支援期間中ベンチャー企業数
- 18社 (2016年3月31日現在)
- ・産総研技術移転ベンチャーのうち、スタートアップ開発戦略タスクフォース発ベンチャー企業数
- 新規 2社 (累計50社)

○研修

- ・成果活用人材育成研修
「プロジェクトマネジメント、アントレプレナーシ

ップに関する研修」

実施回数：3回（3回合計で140名が参加）

平成27年度に称号付与した産総研技術移転ベンチャー一覧

	企業名	称号付与年月日	創出元研究ユニット	備考
1	グライコバイオマーカー・リーディング・イノベーション（株）	2015/04/01	糖鎖創薬技術研究センター	TF 案件
2	アルロボット（株）	2015/05/01	ロボットイノベーション研究センター	
3	ロボテック・バイオロジー・インスティテュート（株）	2015/07/06	創薬分子プロファイリング研究センター	
4	（株）アイデア	2015/11/30	環境管理研究部門	
5	日本インフラ計測（株）	2016/01/15	分析計測標準研究部門	
6	メスキュー（株）	2016/03/07	バイオメディカル研究部門	TF 案件

○ベンチャー開発・技術移転センターの主催のイベント

- ・産総研発ベンチャーTODAY
開催期間：2016年1月18日
開催場所：日経ビル6階日経カンファレンスルーム、セミナールーム
参加者数：275名

○ベンチャー開発・技術移転センター共催のイベント

- ・研究成果事業化セミナー
開催期間：2015年9月3日
開催場所：三井住友銀行本店3階大ホール
参加者数：152名
- ・協創マッチングフォーラム
開催期間：2016年2月4日
開催場所：かながわサイエンスパーク
参加者数：272名
- ・つくばビジネスマッチング会
開催期間：2016年2月24日
開催場所：産総研 臨海副都心センター 別館11階会議室
参加者数：156名

○展示会・見本市への出展

1. CPhI Japan 2015

開催期間：2015年4月22日～4月24日
開催場所：東京ビッグサイト

2. 第3回 TOKYO イノベーションリーダーズサミット

開催期間：2015年10月26日～10月27日
開催場所：虎ノ門ヒルズ

3. 産業交流展2015

開催期間：2015年11月18日～11月20日
開催場所：東京ビッグサイト

4. 未来2016

開催期間：2016年2月12日

開催場所：東京ミッドタウン

④【知的財産・標準化推進部】

(Intellectual Property and Standardization Promotion Division)

所在地：つくば中央第1

人員：23名（7名）

概要：

産総研の研究成果を社会に普及させることにより、経済及び産業の発展に貢献していくことは、産総研の大きな使命である。このため、知的財産・標準化推進部においては、幅広い分野において活用が見込まれる研究成果に係る知的財産権の戦略的な取得を支援し、当該知的財産権を適切に維持・管理するとともに、橋渡し機能の強化に向けて、研究戦略と一体化した戦略的知的財産マネジメントの強化を推進している。また、知的財産活用と標準化の一体的推進に取り組みつつ、我が国の産業競争力強化や安心・安全な社会の実現に貢献する標準化活動を支援している。

さらに、職員に対して知的財産や標準化に関する研修や説明会を開催することにより、研究開発やそれにより創製される発明等について、知的財産権及び標準化を強く意識するよう促すとともに、内部弁理士（パテントリエゾン）、技術移転マネージャー、パテントオフィサー、イノベーションコーディネータ及び連携主幹と連携し、産総研内外の知的財産や標準化に関する各種ニーズに対応している。

機構図（2016/3/31現在）

[知的財産・標準化推進部]

部長	内山 隆史
審議役	倉片 憲治
部総括	北川 良一
— [知財・標準化企画室]	室長 川村 大輔
— [知財管理室]	室長 吉原 公一
— [国際標準化室]	室長 中田 功一

知財・標準化企画室

(Intellectual Property and Standardization Planning Office)

(つくば中央第1)

概要：

産総研の知的財産及び標準化に関する企画及び立案並びに総合調整を行うとともに、知的財産に係る各種業務や標準化等支援業務を行うことで、産総研職員の知的財産マインドの向上や研究成果の最大化、知的財

産活用と標準化の一体的推進を図っている。

具体的には、知的財産や標準化に関する研修企画業務、共同研究契約や技術研究組合の知的財産関連規程等に関する支援業務等、知的財産及び標準化に関する業務を幅広く行っている。

知財管理室

(Intellectual Property Administration Office)

(つくば中央第1)

概要：

産総研の研究成果を戦略的かつ効率的に知的財産権化するため、パテントリエゾン、パテントオフィサー並びに知的財産を共有する企業や大学等と協力し、研究者が創製した発明等を速やかに国内外特許庁に対し出願するとともに、特許権、プログラム等著作権、ノウハウ等として適切な知的財産の保護と権利満了までの管理業務を行っている。

出願時には、研究者、パテントオフィサー、パテントリエゾン、技術移転マネージャー等と連携し、速やかな特許相談対応、共有者との知的財産権持分契約の締結、特許明細書等の作成及び出願等手続を行っている。

特許権等の維持管理にあたっては、「産総研知的財産ポリシー」等を踏まえた、権利維持の要否判断の業務及び当該業務に係る特許審査委員会の事務局業務を行っている。

また、特許権等の登録や製品化に係る発明者補償に関する業務も行っている。

産総研平成27年度特許関連統計

国内特許	出願件数	576件
	登録件数	426件
国外特許	出願件数	169件
	登録件数	232件

国際標準化室（International Standards Office）

(つくば中央第1)

概要：

研究成果の規格化の推進、知的財産活用・標準化に関する活動の支援、ナノテク標準化活動等の国際標準化活動に関する支援・事務局業務、標準化普及のための広報活動を行っている。

また、標準への適合性評価に関する活動の調査・支援、認証及び認定に関する活動の調査・支援、鉱工業の科学技術に係る依頼試験等の受付、管理及び立ち上げ支援を行っている。

1) 標準提案

標準化を通じた研究開発成果の普及や社会からの要請への対応のため、標準基盤研究や工業標準化推進事業等の外部制度の活用を通じて、知的財産活用・標準化のために必要な研究を実施している。

平成27年度 標準提案数	計33件
国際標準 (ISO、IEC 等)	24件
国内標準 (JIS、TS)	9件

2) 国際会議の役職者等

産総研の研究者は、ISO 等の国際会議の議長、幹事、コンビーナといった役職者や、技術専門家(エキスパート)として審議に貢献している。役職者及び将来の役職者候補への渡航旅費補助などを行い、国際標準化活動を支援している。

議長、幹事、コンビーナ	のべ 48人
エキスパート	のべ282人

3) 鉱工業の科学技術に係る依頼試験

産総研の研究成果に基づく試験、分析、校正を有料で実施している。

平成27年度 依頼試験実施件数		計4件
材料及び製品の試験	火薬類の試験 (自動車用緊急保安炎筒試験)	1件
糖鎖分析	定量的糖鎖結合特異性評価	1件
基準太陽電池セル校正	一次基準太陽電池セルの校正	2件

産業技術総合研究所

平成27年度ユニット別出願件数（届出時のユニット名）

(2016/3/31 現在)

研究ユニット	27年度国内出願件数			27年度外国出願件数			27年度外国基礎出願件数		
	単	共	計	単	共	計	単	共	計
触媒化学融合研究センター	17	17	34	3	8	11	3	5	8
再生可能エネルギー研究センター	1	4	5	0	0	0	0	0	0
創エネルギー研究部門	3	2	5	3	0	3	3	0	3
化学プロセス研究部門	12	21	33	3	3	6	3	2	5
先進パワーエレクトロニクス研究センター	10	18	28	4	3	7	4	3	7
太陽光発電研究センター	11	1	12	1	0	1	1	0	1
機能化学研究部門	9	5	14	3	3	6	2	3	5
電池技術研究部門	14	15	29	9	6	15	9	5	14
環境管理研究部門	14	7	21	3	1	4	3	1	4
スピントロニクス研究センター	4	1	5	0	0	0	0	0	0
省エネルギー研究部門	8	4	12	0	0	0	0	0	0
安全科学研究部門	0	1	1	1	1	2	1	1	2
創薬基盤研究部門	6	23	29	5	10	15	5	8	13
バイオメディカル研究部門	21	11	32	3	2	5	3	2	5
健康工学研究部門	8	6	14	2	0	2	2	0	2
自動車ヒューマンファクター研究センター	3	0	3	0	0	0	0	0	0
生物プロセス研究部門	10	8	18	1	1	2	1	1	2
人間情報研究部門	15	5	20	5	0	5	5	0	5
人工知能研究センター	1	0	1	1	0	1	1	0	1
物質計測標準研究部門	6	1	7	2	1	3	2	1	3
物理計測標準研究部門	7	3	10	0	0	0	0	0	0
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	9	16	25	6	5	11	6	3	9
知能システム研究部門	7	5	12	0	0	0	0	0	0
情報技術研究部門	2	0	2	0	0	0	0	0	0
電子光技術研究部門	23	13	36	4	3	7	4	2	6
ナノエレクトロニクス研究部門	14	6	20	10	2	12	9	1	10
分析計測標準研究部門	4	4	8	1	1	2	1	1	2
ナノチューブ実用化研究センター	3	1	4	5	0	5	5	0	5
集積マイクロシステム研究センター	6	4	10	1	0	1	1	0	1
先進コーティング技術研究センター	11	3	14	6	2	8	6	2	8
構造材料研究部門	15	11	26	3	9	12	3	5	8
ナノ材料研究部門	8	7	15	4	0	4	4	0	4
製造技術研究部門	11	6	17	1	3	4	1	3	4
工学計測標準研究部門	4	5	9	2	1	3	2	1	3
ロボットイノベーション研究センター	0	0	0	1	0	1	1	0	1
地圏資源環境研究部門	2	3	5	0	0	0	0	0	0
地質情報研究部門	0	0	0	0	0	0	0	0	0
創薬分子プロファイリング研究センター	1	3	4	1	2	3	1	2	3
無機機能材料研究部門	21	15	36	7	0	7	7	0	7
福島再生可能エネルギー研究所	0	0	0	0	1	1	0	1	1
合計	321	255	576	101	68	169	99	53	152

※外国基礎出願件数：外国出願を行う基礎となった国内出願の件数。

平成 27 年度研究領域別登録件数（登録時の研究領域）

(2016/3/31 現在)

領域	国内			外国		
	単願	共願	合計	単願	共願	合計
エネルギー・環境領域	43	55	98	12	36	48
生命工学領域	46	26	72	22	29	51
エレクトロニクス・製造領域	41	43	84	30	31	61
材料・化学領域	68	63	131	24	25	49
計量標準総合センター	14	7	21	9	1	10
地質調査総合センター	1	2	3	0	0	0
情報・人間工学領域	7	10	17	8	5	13
合計	220	206	426	105	127	232

⑤【産学官・国際連携推進部】

(Collaboration Promotion and International Affairs Division)

所在地：つくば中央第1

人員：50名（7名）

概要：

産業界、大学、公的研究機関、海外機関等と産総研の連携推進および人材交流の促進を通して、第四期中長期計画における取組の大きな柱である「橋渡し機能の強化」に貢献することを目的とした活動を行っている。具体的には、産学官が一体となって研究開発や実用化等を推進するために、共同研究や受託研究をはじめとした各種産学官連携制度の企画・立案および各種契約の適切な締結、および執行を行う。また、外部資金に関するコンプライアンスの推進、海外機関との連携に伴う海外活動の支援や、試料や技術の提供を適切に行うための安全保障輸出管理業務を行っている。

機構図（2016/3/31現在）

[産学官連携推進部]

部長 酒井 夏子
次長 栗津 浩一
松崎 一秀
審議役 今井 寛
田村 修

—[連携企画室]

—[国際連携室]

室長（兼）美濃輪 智朗
室長（兼）中村 優美子
総括主幹 橋本 佳三
総括主幹 村井 保夫
総括主幹 森本 慎一郎
総括主幹 Sharma Atul
総括主幹 岩本 和世

[共同研究支援室] 室長 三田 芳弘
[プロジェクト支援室] 室長 柳堀 昭
[連携管理室] 室長 徳田 澄夫

連携企画室

(Collaboration Promotion and International Affairs Division Planning Office)

(つくば中央第1)

概要：

産学官連携、国際連携活動全般の企画及び立案を行うとともに、産学官・国際連携推進部全体の業務を円滑に推進するための総合調整を行っている。さらに、国内機関、海外機関との連携協定の締結に関すること、連携大学院協定の締結等の大学連携に関すること、産総研コンソーシアムの設立手続に関すること等の業務を行っている。

国際連携室

(Collaboration Promotion and International Affairs Division Global Collaboration Office)

(つくば中央第1)

概要：

海外の主要研究機関等との研究ネットワークを構築・強化し、国際研究協力や人材交流を推進している。具体的には、研究協力覚書等の締結により、組織的連携を強化し、海外派遣型マーケティング人材育成事業や、研究者の派遣・招へい制度、事務職員短期人材交流等による、国際的な人材交流を推進している。また、産総研に来訪する海外要人の視察対応や、産総研幹部の海外研究機関への往訪支援、世界研究機関長会議の開催、ワークショップの企画・運営などを通して、産総研の国際プレゼンス向上および研究連携の推進・拡大に寄与している。

さらに、外国為替及び外国貿易法及び関係法令等を

確実に遵守するため、産総研の安全保障輸出管理体制の整備・輸出管理・監査・教育を実施している。

(つくば中央第1)

共同研究支援室

(Collaboration Promotion and International Affairs
Division Collaborative Research Support Office)

(つくば中央第1)

概要：

産総研における外部機関との連携、技術移転等を図るための共同研究に係る業務を行うとともに、「人」と「場」を活用した産学官連携活動を推進するため、技術研究組合からの研究員等の受入に関する覚書締結及び技術研究組合事業に参加する職員に関する覚書締結等の支援業務を行っている。また、平成27年度より新設した技術コンサルティング契約に係る業務を行っている。

プロジェクト支援室

(Collaboration Promotion and International Affairs
Division National Project Support Office)

概要：

産総研における研究成果の普及、技術移転等を図るための受託研究及び請負研究並びに産総研から他機関への委託研究に係る契約事務等の業務を行うとともに、受託研究及び研究助成金等外部からの研究資金受入のための支援業務を行っている。

連携管理室

(Collaboration Promotion and International Affairs
Division Inspection and Administration Office)

(つくば中央第1)

概要：

受託研究、個人助成金等の外部研究資金について、その適正な執行を確保するため、職員説明会の開催、自主点検等の実施を通じ、産総研における外部研究資金のコンプライアンス向上に努めている。また、外部研究資金に係るルールの整備、相談窓口の設置及びマニュアルの整備等により研究者による円滑な事務手続きを支援している。

事業組織・本部組織業務

1. 国内機関等との連携

1) 共同研究

企業、大学や公設研究所などと産総研が、共通のテーマについて対等な立場で共同して研究を行う制度である。

表1 共同研究ユニット別件数一覧

平成28年3月31日現在

領域	研究ユニット	大学	独法等	大企業	中小企業	国等	その他	総計
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	13	5	22	1			41
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	12	2	42	10			66
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	30	5	32	3	1		71
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	38	13	40	26	9		126
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	10	6	21	9			46
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	25	6	30	9	4	1	75
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター	27	2	46	34	1		110
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	23	15	85	19			142
生命工学領域	創薬基盤研究部門	63	13	25	19			120
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	67	14	45	36	3		165
生命工学領域	健康工学研究部門	62	8	20	36	7		133
生命工学領域	生物プロセス研究部門	44	23	18	21	3		109
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター	31	28	27	8			94
情報・人間工学領域	情報技術研究部門	5	2	19	9		1	36
情報・人間工学領域	人間情報研究部門	54	8	47	18	3		130
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	28	3	29	19	3		82
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター	7	2	14	3	1		27
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター	6	7	11	2	1		27
情報・人間工学領域	人工知能研究センター	8	9	24	2			43
材料・化学領域	機能化学研究部門	23	1	16	7	9		56
材料・化学領域	化学プロセス研究部門	33	3	49	21	2		108
材料・化学領域	ナノ材料研究部門	36	5	19	14	1	1	76
材料・化学領域	無機機能材料研究部門	35	7	55	12	2		111
材料・化学領域	構造材料研究部門	28	7	37	40	6		118
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター	9	1	17	2			29
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター	4		4				8
材料・化学領域	機能材料コンピューショナルデザイン研究センター	1		10	2			13
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門	47	18	45	18		1	129
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	53	3	30	20	1		107
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門	33	7	32	23	5		100
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター	3		6				9
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター	8	2	16	6	1		33
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター	12	3	19	5	4		43
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター	4	3	13	9			29
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	10	4	3		4		21
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	5	6	30	6	1	3	51
地質調査総合センター	地質情報研究部門	4	6	3	2	2		17
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門	9	4	24	17	1		55
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門	13	12	17	10	2		54
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	28	11	39	18	3	1	100
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門	24	21	26	11	2		84
	小計	975	295	1,107	527	82	8	2,994
その他	フェロー、本部・事業組織等	2		2	1	5		10
	計	977	295	1,109	528	87	8	3,004

※国内案件のみ

※区分の定義

独法等：特殊法人、公益法人を含む

国等：国、自治体、公設試を含む

産業技術総合研究所

2) 委託研究

産総研で研究するより、産総研以外の者（大学、企業等）に委託した方が、研究の効率性や経済性が期待出来る場合に、産総研以外の者に委託する制度である。

表2 委託研究ユニット別件数一覧

平成28年3月31日現在

領域	研究ユニット	大学	独法等	大企業	中小企業	国等	その他	計
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	9	2	4	2			17
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門							
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	4						4
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	3						3
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	3	1	1				5
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター							
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター	1	1	3	1			6
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	9						9
生命工学領域	創薬基盤研究部門	13	3			2		18
生命工学領域	バイオメディカル研究部門							
生命工学領域	健康工学研究部門	1			2			3
生命工学領域	生物プロセス研究部門	4						4
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター	4	1		6			11
情報・人間工学領域	情報技術研究部門				2			2
情報・人間工学領域	人間情報研究部門							
情報・人間工学領域	知能システム研究部門							
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター							
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター	2	1		1			4
情報・人間工学領域	人工知能研究センター	9	1					10
材料・化学領域	機能化学研究部門							
材料・化学領域	化学プロセス研究部門							
材料・化学領域	ナノ材料研究部門				1			1
材料・化学領域	無機機能材料研究部門	1		1	1			3
材料・化学領域	構造材料研究部門	1						1
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター	1						1
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター							
材料・化学領域	機能材料コンピューショナルデザイン研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門							
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	2		1	1			4
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門				1			1
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター	1						1
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	7				1		8
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	10	1		2	2		15
地質調査総合センター	地質情報研究部門	2			1			3
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門	1						1
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門							
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門							
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門	2			1			3
	小計	90	11	10	22	5		138
その他	フェロー、本部・事業組織等							
	計	90	11	10	22	5		138

※国内案件のみ

事業組織・本部組織業務

3) 受託研究

企業、法人など他機関から産総研に研究を委託する制度である。その成果は委託元で活用できる。委託元の研究者を外来研究員として受け入れることも可能である。

表3 受託研究ユニット別件数一覧

平成28年3月31日現在

領域	研究ユニット	大学	独法等	大企業	中小企業	国等	その他	計
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	2	10	6	2	3		23
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	2	8	2				12
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門		17	6		2	1	26
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	1	12	3	7	2	1	26
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	2	5	2	2	6	1	18
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	1	12	2		3		18
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター		13	1	1	5		20
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	1	12	2		1		16
生命工学領域	創薬基盤研究部門	3	17		1	1		22
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	1	11	3	3	2		20
生命工学領域	健康工学研究部門		11	6	5	1		23
生命工学領域	生物プロセス研究部門	1	7	2	1	2		13
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター	1	11	3	1			16
情報・人間工学領域	情報技術研究部門		7	1	3	1	1	13
情報・人間工学領域	人間情報研究部門	2	19	4	1	2	1	29
情報・人間工学領域	知能システム研究部門		16	1	3			20
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター			2				2
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター		3		1	1		5
情報・人間工学領域	人工知能研究センター		3		2			5
材料・化学領域	機能化学研究部門	4	9	3		1		17
材料・化学領域	化学プロセス研究部門		10	5	2			17
材料・化学領域	ナノ材料研究部門	1	2	1	2			6
材料・化学領域	無機機能材料研究部門		13	2	3			18
材料・化学領域	構造材料研究部門		8	4	1			13
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター		3	1				4
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター							
材料・化学領域	機能材料コンピュータシミュレーションデザイン研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門	3	18	2	1			24
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門		10		3	4		17
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門		17	1	1	2		21
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター		3	1				4
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター		5	2	2	1		10
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター		3					3
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター		3		1	1		5
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	1	6	1	1	3		12
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	1	6	1	2	7	1	18
地質調査総合センター	地質情報研究部門	1	5			3		9
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門		4	3	14	2		23
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門		5	3	15	1		24
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	1	3	7	2			13
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門		7	6	7	1		21
	小計	29	334	89	90	58	6	606
その他	フェロー、本部・事業組織等				1	1		2
	計	29	334	89	91	59	6	608

※国内案件のみ

産業技術総合研究所

4) 請負研究

受託研究によることができない研究を他機関からの依頼に応じて産総研が行うものであり、その経費は依頼者に負担していただく。

表4 請負研究ユニット別件数一覧

平成28年3月31日現在

領域	研究ユニット	大学	独法等	大企業	中小企業	国等	その他	計
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門							
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門							
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門				1			1
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門		2		1			3
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門					2		2
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	1			1			2
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター							
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター							
生命工学領域	創薬基盤研究部門			2				2
生命工学領域	バイオメディカル研究部門							
生命工学領域	健康工学研究部門							
生命工学領域	生物プロセス研究部門				2	1		3
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター							
情報・人間工学領域	情報技術研究部門							
情報・人間工学領域	人間情報研究部門			1				1
情報・人間工学領域	知能システム研究部門							
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター			1				1
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター		1					1
情報・人間工学領域	人工知能研究センター							
材料・化学領域	機能化学研究部門		1					1
材料・化学領域	化学プロセス研究部門							
材料・化学領域	ナノ材料研究部門							
材料・化学領域	無機機能材料研究部門							
材料・化学領域	構造材料研究部門							
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター							
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター							
材料・化学領域	機能材料コンピュータショナルデザイン研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門							
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門							
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門			2	1			3
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター							
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門				1			1
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門							
地質調査総合センター	地質情報研究部門							
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門			1				1
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門			1				1
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門							
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門			1				1
	小計	1	4	9	7	3		24
その他	フェロー、本部・事業組織等							
	計	1	4	9	7	3		24

※国内案件のみ

事業組織・本部組織業務

5) 技術研修/産総研リサーチアシスタント制度

技術研修は外部機関等の研究者、技術者を産総研が受け入れ、産総研の技術ポテンシャルを基に研修を行う制度である。技術研修のうち、リサーチアシスタント制度は、優れた研究開発能力を持ち、年間を通して自立的に産総研の研究開発プロジェクトの業務に従事できる大学院生を雇用する制度であり、平成26年度に開始した。

表5 技術研修ユニット別人数一覧

平成28年3月31日現在

領域	研究ユニット	大学	うちRA	独法等	大企業	中小企業	国等	その他	計
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	21			3	4			28
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	18			1	2			21
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	49	(3)	1	2	1			53
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	34	(3)		4	4			42
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	14	(1)	1	6	4			25
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	21	(1)		2	1			24
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター	38	(15)			1			39
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	15							15
生命工学領域	創薬基盤研究部門	57			3	2			62
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	95	(4)						95
生命工学領域	健康工学研究部門	44		3		1	1		49
生命工学領域	生物プロセス研究部門	45	(2)		1			15	61
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター	10			11				21
情報・人間工学領域	情報技術研究部門	39	(14)						39
情報・人間工学領域	人間情報研究部門	73	(3)						73
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	25	(9)						25
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター	12	(2)						12
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター	5							5
情報・人間工学領域	人工知能研究センター	18	(4)						18
材料・化学領域	機能化学研究部門	15		1	4		1		21
材料・化学領域	化学プロセス研究部門	25			1	1	1		28
材料・化学領域	ナノ材料研究部門	14	(2)		1	1			16
材料・化学領域	無機機能材料研究部門	44			1	3			48
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター	15	(2)			1			16
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター	2	(2)						2
材料・化学領域	機能材料コンピューショナルデザイン研究センター	1							1
材料・化学領域	構造材料研究部門	10	(2)		2				12
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門	22	(6)		1				23
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	57		4		2			63
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門	43	(6)		2	3			48
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター	5	(1)						5
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター	14	(2)				1		15
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター	3							3
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター	10	(1)		1				11
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	6	(2)				17		23
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	10	(1)	4					14
地質調査総合センター	地質情報研究部門	22	(12)						22
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門	6		5					11
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門	6	(2)	2		2	1		11
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	20	(1)		6	4			30
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門	12	(2)						12
	小計	995	(105)	21	52	37	22	15	1,142
その他	フェロー、本部・事業組織等	17		1				1	19
	計	1,012	(105)	22	52	37	22	16	1,161

※国内案件のみ

産業技術総合研究所

6) 外来研究員

外部機関等の研究者等が産総研において研究を行う際に研究員として受け入れる制度である。

表6 外来研究員ユニット別人数一覧

平成28年3月31日現在

領域	研究ユニット	大学	独法等	大企業	中小企業	国等	その他	総計
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	11	4	6		1	2	24
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	1						1
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	9	1	2	1	1	19	33
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	6	3		2	4	10	25
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	10	5		1		10	26
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	3	4	1	1		6	15
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター	6	1	2	1		5	15
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	14	3	1	1		9	28
生命工学領域	創薬基盤研究部門	22	2		2	3	4	33
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	20	2	3	2	1	17	45
生命工学領域	健康工学研究部門	29	3	1	3	10	6	52
生命工学領域	生物プロセス研究部門	5	1		2	1	4	13
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター	5		4	2			11
情報・人間工学領域	情報技術研究部門	5		1	2		1	9
情報・人間工学領域	人間情報研究部門	34	11	2	1	8	12	68
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	7	1			2	3	13
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター	11			1			12
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター	4				1	1	6
情報・人間工学領域	人工知能研究センター	35	4	3	1	1	1	45
材料・化学領域	機能化学研究部門	6	3		1	1	2	13
材料・化学領域	化学プロセス研究部門	11	2		3		3	19
材料・化学領域	ナノ材料研究部門	4	1		1		1	7
材料・化学領域	無機機能材料研究部門	3		1	1			5
材料・化学領域	構造材料研究部門	3	1			3	3	10
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター		3	3			2	8
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター							
材料・化学領域	機能材料コンピュータシミュレーション研究センター	3	3					6
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門	6	2	7	7		14	36
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	15	5	2	4		8	34
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門	20	3	3	4	3	15	48
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター	2	2				1	5
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター	8	3	2	2	2	2	19
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター	1						1
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター	3				1	3	7
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	57	9	2		2	11	81
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	13	1	2		1	9	26
地質調査総合センター	地質情報研究部門	35	10	1	3	2	16	67
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門	2	1		1	2	2	8
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門	2	1			1	1	5
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	2					5	7
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門	6	1		1	1		9
	小計	439	96	49	51	52	208	895
その他	フェロー、本部・事業組織等	3	3		3	37	21	67
	計	442	99	49	54	89	229	962

※国内案件のみ

7) 連携大学院

大学と産総研が協定を結び、産総研研究者が大学から連携大学院教官の発令を受け、大学院生を技術研修生として受け入れ、研究指導等を行う。この制度による大学院生には被指導者であると同時に研究協力者としての側面があり、産総研にとっても研究促進を図ることができる。

(参考：大学院設置基準「第13条第2項 大学院は、教育上有益と認めるときは、学生が他の大学院又は研究所等において必要な研究指導を受ける事を認めることができる。(後略)」)

表7 連携大学院ユニット別派遣教員数及び受入学生数

平成28年3月31日現在

領域	研究ユニット	派遣教員数・受入学生数							教員数計	学生数計
		国公立大学			私立大学					
		教授	准教授他	学生数	教授	准教授他	学生数			
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門				4			4	0	
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	2	2	4	2		2	6	6	
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	7	3	15	3		1	13	16	
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	3	2	1	1			6	1	
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	2	1		1			4	0	
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	3	2		2	1	5	8	5	
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター	7	3	1	2			12	1	
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	4	1		4			9	0	
生命工学領域	創薬基盤研究部門	5	13	11		2	1	20	12	
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	10	5	17	4	3	4	22	21	
生命工学領域	健康工学研究部門	7	4		2	1	5	14	5	
生命工学領域	生物プロセス研究部門	13	7	18	1			21	18	
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター	4	4	1	2	1		11	1	
情報・人間工学領域	情報技術研究部門	2	8	6	3	2		15	6	
情報・人間工学領域	人間情報研究部門	13	7	8	2	1		23	8	
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	7	3	14	2		2	12	16	
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター	3	1	3				4	3	
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター	2						2	0	
情報・人間工学領域	人工知能研究センター			1	1		2	1	3	
材料・化学領域	機能化学研究部門	6			2	1	1	9	1	
材料・化学領域	化学プロセス研究部門	2	1		5	1	3	9	3	
材料・化学領域	ナノ材料研究部門	4			1			5	0	
材料・化学領域	無機機能材料研究部門	6	2	2	9		7	17	9	
材料・化学領域	構造材料研究部門	2			4			6	0	
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター	3	2	3	1		2	6	5	
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター		1		1			2	0	
材料・化学領域	機能材料コンピューショナルデザイン研究センター							0	0	
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門	3			8		2	11	2	
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門		1	7	6	1	3	8	10	
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門	9	4	7	3	1		17	7	
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター	1			1	1	1	3	1	
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター	1			1			2	0	
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター	2			4	1	2	7	2	
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター	1						1	0	
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	2	1					3	0	
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門		1					1	0	
地質調査総合センター	地質情報研究部門	2	3					5	0	
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門				2	1	2	3	2	
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門				1		1	1	1	
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	1	1			2	2	4	2	
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門	1			2		2	3	2	
	小計	140	83	119	87	20	50	330	169	
その他	フェロー、本部・事業組織等	9			3			12	0	
	計	149	83	119	90	20	50	342	169	

産業技術総合研究所

表8 連携大学院大学別派遣教員数及び受入学生数

平成28年3月31日現在

	地域	国立私立 の別	大学名	学科名	教授	准教授 他	教員数	受入 学生数
1	北海道	国立	北海道大学	情報科学研究科	1	2	3	1
				生命科学院	3	3	6	11
				総合化学院	2		2	
				農学院	4	4	8	2
2	東北	国立	東北大学	理学研究科	2	4	6	
3	東北	国立	福島大学	共生システム理工学研究科	12	4	16	
4	関東	国立	茨城大学	理工学研究科	2	1	3	1
5	関東	国立	筑波大学	グローバル教育院	1	4	5	
				システム情報工学研究科	12	7	19	37
				人間総合科学研究科	5	4	9	7
				数理物質科学研究科	12	3	15	7
				生命環境科学研究科	5	4	9	17
6	関東	国立	宇都宮大学	工学研究科	2		2	
7	関東	国立	群馬大学	理工学府	1	1	2	
8	関東	国立	埼玉大学	理工学研究科	8	2	10	1
9	関東	国立	千葉大学	工学研究科	2		2	
				理学研究科	2		2	
10	関東	国立	東京大学	新領域創成科学研究科	5	8	13	9
11	関東	国立	東京工業大学	総合理工学研究科	8	1	9	4
				理工学研究科	1		1	
12	関東	国立	東京農工大学	工学研究科	4		4	7
				工学府	1	2	3	
13	関東	国立	お茶の水女子大学	人間文化創成科学研究科		1	1	
14	関東	国立	横浜国立大学	環境情報研究院		1	1	
15	関東	国立	長岡技術科学大学	工学研究科	2	2	4	
16	関東	公立	首都大学東京	システムデザイン研究科	3	2	5	
				理工学研究科	5	2	7	1
17	関東	公立	横浜国立大学	生命医科学研究科	1	1	2	1
18	中部	国立	金沢大学	自然科学研究科	1	1	2	1
19	中部	国立	北陸先端科学技術大学院大学	マテリアルサイエンス研究科	3	1	4	
				情報科学研究科		2	2	
				知識科学研究科		2	2	
20	中部	国立	岐阜大学	工学研究科	2	1	3	
	中部	国立		連合創薬医療情報研究科	1	1	2	
	中部	国立		連合農学研究科	2		2	
21	中部	国立	名古屋工業大学	工学研究科	2		2	2
22	関西	国立	福井大学	工学研究科	1		1	1
23	関西	国立	京都工芸繊維大学	工芸科学研究科		1	1	
24	関西	国立	大阪大学	理学研究科	3		3	
25	関西	国立	神戸大学	工学研究科	4	3	7	4
				人間発達環境学研究科	1	1	2	
26	関西	国立	奈良先端科学技術大学院大学	情報科学研究科	3	1	4	1
27	関西	国立	和歌山大学	システム工学研究科	2		2	
28	中国	国立	広島大学	工学研究院		1	1	
				工学研究科	2		2	
				生物圏科学研究科	1	1	2	
				先端物質科学研究科	2		2	
29	四国	国立	香川大学	農学研究科	2	1	3	
30	九州	国立	九州大学	総合理工学研究院		1	1	
				総合理工学府	2		2	4
31	九州	国立	九州工業大学	生命体工学研究科	1		1	
32	九州	国立	佐賀大学	工学系研究科	4	2	6	

事業組織・本部組織業務

	地域	国立私立 の別	大学名	学科名	教授	准教授 他	教員数	受入 学生数
33	九州	国立	熊本大学	自然科学研究科	1		1	
34	九州	国立	鹿児島大学	理工学研究科	3		3	
				国公立大学小計	149	83	232	119
35	東北	私立	東北学院大学	工学研究科	5		5	
36	関東	私立	東邦大学	理学研究科	6	3	9	1
37	関東	私立	東京理科大学	基礎工学研究科	4	2	6	6
				理学研究科	4		4	
				理工学研究科	16	2	18	19
38	関東	私立	東京電機大学	先端科学技術研究科・工学 研究科	3		3	
39	関東	私立	芝浦工業大学	工学研究科	1		1	
				理工学研究科	2	2	4	2
40	関東	私立	日本大学	理工学研究科	1		1	1
41	関東	私立	上智大学	理工学研究科	1		1	
42	関東	私立	立教大学	理学研究科	3		3	
43	関東	私立	青山学院大学	理工学研究科	1	2	3	2
44	関東	私立	早稲田大学	理工学術院	1	6	7	5
45	関東	私立	東京都市大学	工学研究科	1	1	2	1
46	関東	私立	明治大学	理工学研究科	5		5	2
47	関東	私立	中央大学	理工学研究科	4		4	
48	関東	私立	神奈川工科大学	工学研究科	9		9	
49	中部	私立	金沢工業大学	工学研究科	6		6	
50	中部	私立	大同大学	工学研究科	1		1	
51	中部	私立	名城大学	理工学研究科	1		1	
52	中部	私立	中部大学	工学研究科	2		2	
53	中部	私立	愛知工業大学	工学研究科	2		2	
54	関西	私立	同志社大学	理工学研究科	1		1	
55	関西	私立	関西大学	理工学研究科	7		7	6
56	関西	私立	関西学院大学	理工学研究科	2	2	4	5
57	関西	私立	近畿大学	システム工学研究科	1		1	
				私立大学小計	90	20	110	50
				合計	239	103	342	169

(注) 教授、准教授以外の役職で登録されている場合は准教授とする

産業技術総合研究所

8) 依頼出張・受託出張

外部機関からの要請により、研究打ち合わせ、調査、講演等のために、職員が出張する制度である。

表9 依頼・受託出張ユニット別人数一覧

平成28年3月31日現在

領域	研究ユニット	大学	独法等	大企業	中小企業	国等	その他	計
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	3	11	1		1	1	17
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	3	2		1		2	8
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	4					1	5
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	7	16	1				24
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	11	4			2		17
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	11	1	2			2	16
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター	7	3			1	9	20
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	2					1	3
生命工学領域	創薬基盤研究部門	7	7	2			2	18
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	9	10		3	2	2	26
生命工学領域	健康工学研究部門	10	1	1		1	1	14
生命工学領域	生物プロセス研究部門	13	9				57	79
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター	26						26
情報・人間工学領域	情報技術研究部門	4	3		3	40		50
情報・人間工学領域	人間情報研究部門	17	8			7	1	33
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	3				5	1	9
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター	3	1					4
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター	6	4			5		15
情報・人間工学領域	人工知能研究センター		1	1				2
材料・化学領域	機能化学研究部門	11	2			1	1	15
材料・化学領域	化学プロセス研究部門	1	1	1				3
材料・化学領域	ナノ材料研究部門	16	5					21
材料・化学領域	無機機能材料研究部門	2	7		1			10
材料・化学領域	構造材料研究部門	2	6			1	3	12
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター	1						1
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター		2					2
材料・化学領域	機能材料コンピュータシミュレーションデザイン研究センター	9	3					12
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門	6	4			1	5	16
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	10	3					13
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門	11	7	1		2		21
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター	2						2
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター		1					1
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター	8						8
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	26	6			14	9	55
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	6	4		4		2	16
地質調査総合センター	地質情報研究部門	36	9	1	1	3	4	54
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門	11	4	2				17
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門	10	6			3	1	20
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	5	7		1	7	2	22
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門	4	1					5
	小計	323	159	13	14	96	107	712
その他	フェロー、本部・事業組織等	6	7			8	7	28
	計	329	166	13	14	104	114	740

※国内案件のみ

事業組織・本部組織業務

9) 委員の委嘱

産総研の職員が外部の委員等に就任し、必要とされる情報、アドバイス等の提供を行う。

表10 委員の委嘱ユニット別人数一覧

平成28年3月31日現在

領域	研究ユニット	大学	独法等	大企業	中小企業	国等	その他	計
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	7	40	1	2	1	8	59
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	11	75			4	3	93
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	6	72			5	5	88
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	6	46	1		7	10	70
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	4	62	5	2	17	31	121
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	4	31	1		1	10	47
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター	3	30	2	3	7	21	66
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	2	18			1	3	24
生命工学領域	創薬基盤研究部門	9	7		1	4	1	22
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	20	37			4	17	78
生命工学領域	健康工学研究部門	31	44			7	22	104
生命工学領域	生物プロセス研究部門	3	20			10	19	52
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター	8	2					10
情報・人間工学領域	情報技術研究部門	8	108	6		13	12	147
情報・人間工学領域	人間情報研究部門	11	98	5	1	17	25	157
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	7	93	5	2	10	14	131
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター	2	11			3	2	18
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター	4	33	1	3	7	11	59
情報・人間工学領域	人工知能研究センター	1		1		1		3
材料・化学領域	機能化学研究部門	4	44		1	3	10	62
材料・化学領域	化学プロセス研究部門	5	23	1		4	3	36
材料・化学領域	ナノ材料研究部門	16	30			1	10	57
材料・化学領域	無機機能材料研究部門	3	81	2		10	11	107
材料・化学領域	構造材料研究部門	3	60		1		5	69
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター	6	19			3	2	30
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター		10				1	11
材料・化学領域	機能材料コンピュータシミュレーション研究センター		2					2
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門	11	82			1	9	103
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	12	49			3	1	65
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門	5	77		1	8	20	111
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター		4					4
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター	5	9				2	16
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター	2	12				1	15
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター	4	23			1	6	34
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	7	64			40	33	144
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	1	50	3	3	23	37	117
地質調査総合センター	地質情報研究部門	6	51			18	47	122
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門	2	158		1	11	16	188
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門		176	3	1	17	8	205
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	6	114	1		17	22	160
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門	8	86	3	1	9	23	130
	小計	253	2,051	41	23	288	481	3,137
その他	フェロー、本部・事業組織等	25	215	6		195	80	441
	計	278	2,266	47	23	483	561	3,578

※国内案件のみ

2. 海外機関等との連携

1) 海外出張

研究の推進を目的とした職員の海外出張について、平成27年度の出張者総数（国・地域別）は、3409名。実出張者数（組織別）は、3168名。の категорияは以下のとおり。

産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）…運営費交付金等により行う出張

外部予算による出張…文部科学省科学研究費補助金等、外部予算により行う出張

依頼出張…外部機関からの依頼による出張。依頼元は、公益法人、民間企業、海外の大学・研究機関等。

表11 平成27年度外国出張者数（国・地域別）

国・地域名	人数	計	1. 産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2. 外部予算による出張	3. 依頼出張
アジア・大洋州地域					
インド		73	52	19	2
インドネシア		72	49	14	9
韓国		187	110	61	16
カンボジア		20	12	7	1
シンガポール		70	36	34	
スリランカ		2	2		
タイ		144	99	42	3
台湾		81	39	29	13
中国		278	159	84	35
日本（海外在住）		18	12	6	
ネパール		1	1		
フィリピン		18	11	5	2
ベトナム		39	27	8	4
マカオ		1		1	
マレーシア		35	21	9	5
ミャンマー		5	3	2	
モンゴル		2	1	1	
ラオス		5	3	1	1
オーストラリア		76	36	33	7
北マリアナ諸島		1	1		
ニュージーランド		10	3	6	1
パプアニューギニア		2	1	1	
パラオ		1			1
米州地域					
米国		984	477	470	37
カナダ		92	47	41	4
アルゼンチン		1		1	
チリ		5	2	3	
バハマ		2		2	
プエルトリコ		1	1		
ブラジル		13	7	4	2
ブリティッシュバージン諸島		2	1	1	
ペルー		1		1	
メキシコ		16	8	5	3
ヨーロッパ地域					
アイスランド		3	2	1	

事業組織・本部組織業務

国・地域名	人数	計	1. 産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2. 外部予算による出張	3. 依頼出張
アイルランド		10	4	6	
イタリア		97	40	54	3
英国		117	64	50	3
エストニア		1	1		
オーストリア		30	18	12	
オランダ		42	25	14	3
カザフスタン		1			1
キプロス		3		3	
ギリシア		9	7	2	
クロアチア		11	4	6	1
スイス		38	11	17	10
スウェーデン		20	9	10	1
スペイン		63	30	31	2
スロバキア		1		1	
スロベニア		4	2	2	
チェコ		56	28	25	3
デンマーク		14	4	8	2
ドイツ		253	133	105	15
ノルウェー		11	3	7	1
ハンガリー		1	1		
フィンランド		28	15	10	3
フランス		200	111	82	7
ブルガリア		1		1	
ベラルーシ		2	1	1	
ベルギー		28	14	10	4
ポーランド		25	18	7	
ポルトガル		9	3	5	1
マルタ		1		1	
モナコ		1	1		
リヒテンシュタイン		1	1		
ルーマニア		2	1	1	
ルクセンブルク		1	1		
ロシア		6	4	1	1
その他					
アラブ首長国連邦		5	5		
イスラエル		3	2	1	
ウガンダ		1		1	
エジプト		3	1	2	
オマーン		1		1	
ケニア		6	6		
サウジアラビア		5			5
トルコ		11	1	10	
南アフリカ		26	3	22	1
合 計		3409	1795	1401	213

※1つの出張で数ヶ国にまたがる場合には、それぞれの国にカウントしております。

表12 平成27年度外国出張者数（組織別）

組織別 \ 人数	計	1. 産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2. 外部予算による出張	3. 依頼出張
理事長、理事、フェロー、顧問	39	39		
エネルギー・環境領域	625	279	306	40
生命工学領域	321	163	141	17
情報・人間工学領域	541	247	272	22
材料・化学領域	354	189	133	32
エレクトロニクス・製造領域	466	242	211	13
地質調査総合センター	303	142	131	30
計量標準総合センター	377	262	94	21
本部組織	101	72	16	13
事業組織	34	15	3	16
特別の組織	7	5	1	1
合 計	3168	1655	1308	205

表13 平成27年度外国出張者数（目的別）

目的 \ 人数	計	1. 産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2. 外部予算による出張	3. 依頼出張
国際会議	1519	839	568	112
学会等	907	459	428	20
動向調査	174	91	81	2
実地調査	133	58	65	10
在外研究	65	45	19	1
共同研究	218	94	112	12
技術協力	45	28	13	4
交渉折衝	46	25	21	
在外研修	12	11	1	
その他	49	5		44
合 計	3168	1655	1308	205

【各区分の定義】

- 国際会議・学会等：国際会議や学会への参加
 動向調査：海外の大学・研究所・企業等を訪問し、動向を調査
 実地調査：地質調査等の野外における調査
 在外研究：海外の大学・研究所等における研究
 共同研究：海外の大学・研究所等との共同研究の実施
 技術協力：JICA 専門家等として、海外機関における技術協力
 交渉折衝：海外の大学・研究所等における交渉、折衝
 在外研修：海外の大学・研究所等における研修
 その他：上記に属しないもの

2) 外国人研究者受入

研究の推進を目的として、海外の研究機関、大学等から外国人研究者の受け入れを実施している。平成27年度は、146名を受け入れた。

表14 平成27年度外国人研究者受入実績

受入制度	受入人数
外国人外来研究員 (内 JSPS フェロー18人)	146
合 計	146

※新規受入分、滞在6日以上

【各区分の定義】

- ・外来研究員：産総研以外の者であって、自己の知見、経験等を活かし研究の推進に協力するために行う研究、調査、指導、助言等を行う者で原則として5年以上研究に従事した者をいう。
- ・JSPS フェロー：JSPS フェロースhipにより来日している外国人外来研究員

表15 平成27年度外国人研究者受入実績（国・地域別）

国・地域別	人数	
	外来研究員	
アジア・大洋州地域		
インド	9	
インドネシア	8	
韓国	5	
カンボジア	1	
タイ	17	
台湾	2	
中国	25	
パキスタン	1	
バングラデシュ	1	
フィリピン	5	
ベトナム	7	
マレーシア	4	
ミャンマー	2	
モンゴル	1	
オーストラリア	2	
米州地域		
米国	12	
カナダ	5	
アルゼンチン	2	
メキシコ	1	
ヨーロッパ地域		
イタリア	5	
英国	4	
オランダ	2	
スウェーデン	2	
スペイン	1	
スロバキア	1	
チェコ	1	
ドイツ	2	
ハンガリー	1	
フィンランド	1	
フランス	10	

国・地域別	人数	外来研究員
ポーランド		1
ポルトガル		1
ロシア		1
その他の地域		
チュニジア		1
トルコ		1
マリ		1
	合 計	146

表16 平成27年度外国人研究者受入実績（組織別）

領域	研究ユニット	人数
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	7
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	3
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	2
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	7
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	3
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	3
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター	1
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	2
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	7
生命工学領域	健康工学研究部門	2
生命工学領域	生物プロセス研究部門	2
情報・人間工学領域	情報技術研究部門	4
情報・人間工学領域	人間情報研究部門	6
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	6
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター	1
材料・化学領域	ナノ材料研究部門	5
材料・化学領域	無機機能材料研究部門	3
材料・化学領域	構造材料研究部門	1
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター	1
材料・化学領域	機能材料コンピューショナルデザイン研究センター	2
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門	6
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	5
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門	2
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	9
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	7
地質調査総合センター	地質情報研究部門	3
計量標準総合センター	計量標準総合センター研究戦略部	11
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門	6
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門	3
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	3
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門	13
	つくばイノベーションアリーナ研究センター	10
	計	146

3) 国際技術研修

「国立研究開発法人産業技術総合研究所技術研修規程」(13規程第23号)に則り、外国の大学及び研究機関等から派遣された者に対して研究所が蓄積してきた技術ポテンシャルを基に、産業科学技術の発展及び継承を図るために技術研修を実施している。

また、(独)国際協力機構(JICA)や(独)日本学術振興会(JSPS)からの依頼により、JICA 集団研修、個別研修、JSPS サマープログラム研修を実施している。

平成27年度は、6日以上滞在の技術研修員受入数は72名、5日以下14名の総数86名を受け入れた。

(平成26年度から継続滞在[6日以上滞在15名]を含むと、101名となる。)

表17 平成27年度 国際技術研修受入実績(制度別)

制 度	6日以上	5日以下	計
技術研修(JICA/サマー研修以外)	58	14	72
JSPS サマープログラム研修	3		3
JICA 集団研修	11		11
小 計	72	14	86

平成26年度からの継続

技術研修	15		15
小 計	15		15
合 計	87	14	101

表18 平成27年度 国際技術研修受入実績(組織別) (6日以上滞在)

領域	研究ユニット	計	JICA	サマープログラム	技術研修
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	2			2
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	2			2
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	14			14
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	3			3
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	1			1
生命工学領域	創薬基盤研究部門	1		1	
生命工学領域	生物プロセス研究部門	4		1	3
情報・人間工学領域	情報技術研究部門	9			9
情報・人間工学領域	人間情報研究部門	2			2
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	2		1	1
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター	1			1
情報・人間工学領域	人工知能研究センター	2			2
材料・化学領域	化学プロセス研究部門	1			1
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	12			12
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門	1			1
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	11	11		
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門	1			1
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	2			2
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門	1			1
	合計	72	11	3	58

表19 平成27年度 国際技術研修 国・地域別受入一覧表 (6日以上滞在)

国・地域別	人数	受入人数計	JICA	サマープログラム	技術研修
アジア・大洋州地域					
インド		1			1
韓国		17			17
カンボジア		3	3		
シンガポール		1			1
タイ		6			6
台湾		2			2
中国		7			7
日本		1	1		
フィリピン		1	1		
ベトナム		2	2		
マレーシア		3	2		1
ミャンマー		2	2		
米州地域					
米国		4		1	3
カナダ		1		1	
メキシコ		1			1
ヨーロッパ地域					
英国		3			3
オランダ		1			1
ハンガリー		1			1
フランス		5		1	4
ポーランド		9			9
その他の地域					
アラブ首長国連邦		1			1
	合計	72	11	3	58

表20 平成27年度 国際技術研修受入実績 (組織別; 平成26年度からの継続; 6日以上滞在)

領域	研究ユニット	技術研修
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	1
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	1
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	2
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	1
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	1
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	1
生命工学領域	創薬基盤研究部門	2
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	1
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	3
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門	1
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門	1
	合計	15

表21 平成27年度 国際技術研修国・地域別受入一覧表 (平成26年度からの継続；6日以上滞在)

国・地域別	人数	技術研修
アジア・大洋州地域		
インド		1
タイ		2
台湾		1
中国		4
米州地域		
カナダ		1
ヨーロッパ地域		
ドイツ		1
フランス		4
ベルギー		1
	合計	15

※ 公式訪問 全82件

4) 外国機関等との覚書・契約等

外国機関等との組織的な研究協力を推進するにあたり、研究協力覚書を締結している。研究協力覚書は、産総研全体として諸外国の主要研究機関との連携強化を目指して戦略的に締結する包括研究協力覚書、個別研究分野での研究協力促進を目的とする個別研究協力覚書の2種類がある。平成27年度に有効な包括研究協力覚書、個別研究協力覚書の実績は表11、12のとおりである。

平成27年度は、組織的な研究協力や人材交流の促進、国際共同研究の提案等のための基盤整備を継続して行うために、米国ブルックヘブン国立研究所（BNL）と包括研究協力覚書の新規締結を行い、フランス原子力代替エネルギー庁技術研究部門（CEA-DRT）、ベルギーIMEC インターナショナル、フィンランド技術研究センター（VTT）との間で3件の包括研究協力覚書の更新を行った。また研究協力覚書に基づいて、研究機関との間でワークショップ等を実施し、連携成果の確認や新たな研究連携課題の探索等、情報交換の場を設けた。これにより各外国機関等との科学技術分野での連携を実施し、研究協力活動、研究者交流の促進を図っている。

表22 外国機関等との包括研究協力覚書

国・地域名	機関名
アジア・大洋州地域	
インド	科学技術省バイオテクノロジー庁（DBT: Department of Biotechnology, Ministry of Science and Technology）
	科学技術省科学産業研究機構（CSIR: Council of Scientific and Industrial Research）
中国	中国科学院（CAS: Chinese Academy of Sciences）
	上海交通大学（SJTU: Shanghai Jiao Tong University）
台湾	工業技術研究院（ITRI: Industrial Technology Research Institute）
インドネシア	インドネシア技術評価応用庁（BPPT: Agency for the Assessment and Application of Technology）
マレーシア	マレーシア標準・工業研究所（SIRIM Berhad）
ベトナム	ベトナム科学技術院（VAST: Vietnam Academy of Science and Technology）
タイ	国家科学技術開発庁（NSTDA: National Science and Technology Development Agency）
	タイ国科学技術研究所（TISTR: Thailand Institute of Scientific and Technological Research）
オーストラリア	連邦科学産業研究機構（CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation）
モンゴル・日本	モンゴル鉱物資源・エネルギー省（MMRE: Ministry of Mineral Resources and Energy in Mongolia）、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC: Japan Oil, Gas and Metals National Corporation）
米州地域	

国・地域名	機関名
米国	国立標準技術研究所 (NIST: National Institute of Standards and Technology)
	ローレンス・バークレー国立研究所 (LBNL: Lawrence Berkeley National Laboratory)
	国立再生可能エネルギー研究所 (NREL: National Renewable Energy Laboratory)
	ロスアラモス国立研究所 (LANL: Los Alamos National Laboratory)
	ローレンス・リバモア国立研究所 (LLNL: Lawrence Livermore National Laboratory)
	サンディア国立研究所 (SNL: Sandia National Laboratories)
	ニューヨーク州立大学ナノスケール理工学部 (CNSE: College of Nanoscale Science and Engineering of the University at Albany - State University of New York)
	オークリッジ国立研究所 (ORNL: Oak Ridge National Laboratory)
	サバンナリバー国立研究所 (SRNL: Savannah River National Laboratory)
ブルックヘブン国立研究所 (BNL: Brookhaven National Laboratory) *	
ヨーロッパ地域	
ノルウェー	ノルウェー科学技術大学 (NTNU: Norwegian University of Science and Technology)
	エネルギー技術研究所 (IFE: Institute for Energy Technology)
	産業科学技術研究所 (SINTEF: The Foundation for Scientific and Industrial Research)
フィンランド	フィンランド技術研究センター (VTT: Technical Research Centre of Finland)
フランス	国立科学研究センター (CNRS: Centre National de la Recherche Scientifique)
	原子力代替エネルギー庁技術研究部門 (CEA-DRT: Commissariat à l'Energie Atomique et aux énergies alternatives)
ドイツ	フラウンホーファー研究機構 (FhG: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.)
ベルギー	IMEC インターナショナル (IMEC: IMEC International)

注) 平成27年度に有効な包括研究協力覚書。*印は27年度新規締結分。

表23 外国機関等との個別研究協力覚書

国・地域名	機関名	研究ユニット名
アジア・大洋州地域		
タイ	タイ国立計量研究所 (NIMT: National Institute of Metrology, Thailand)	計量標準総合センター
	タイ天然資源環境省鉱物資源局 (DMR: Department of Mineral Resources, Ministry of Natural Resources and Environment)	地質調査総合センター
	アジア工科大学 (AIT: Asian Institute of Technology)	情報技術研究部門
インドネシア	インドネシア・エネルギー・鉱物資源省地質総局 (GA : Geological Agency of the Ministry of Energy and Mineral Resources of the Republic of Indonesia)	地質調査総合センター
ニュージーランド	ニュージーランド GNS サイエンス (GNS: GNS Science)	地質調査総合センター
モンゴル	モンゴル鉱物資源石油管理庁 (MRPAM: Mineral Resources and Petroleum Authority of Mongolia)	地質調査総合センター
ミャンマー	ミャンマー鉱山省地質調査・鉱物資源局 (DGSE: Department of Geological Survey and Mineral Exploration, Ministry of Mines) *	地質調査総合センター
韓国	韓国標準科学研究院 (KRISS: Korea Research Institute of Standards and Science)	計量標準総合センター
	韓国技術標準院 (KATS: Korean Agency for Technology and Standards)	計量標準総合センター

国・地域名	機関名	研究ユニット名
	韓国地質資源研究院 (KIGAM: Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources)	地質調査総合センター
	韓国窯業技術院 (KICET: Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology)	無機機能材料研究部門
台湾	国立成功大学防災研究センター (DPRC-NCKU: Disaster Prevention Research Center, National Cheng Kung University)	活断層・火山研究部門
中国	中国計量科学研究院 (NIM: National Institute of Metrology)	計量標準総合センター
	華東理工大学 (ECUST: East China University of Science and Technology)	機能化学研究部門
中国・韓国	中国計量科学研究院 (NIM: National Institute of Metrology)、 韓国標準科学研究院 (KRISS: Korea Research Institute of Standards and Science)	計量標準総合センター
米州地域		
カナダ	国立ナノテクノロジー研究所 (NINT: National Institute for Nanotechnology, National Research Council of Canada)	機能化学研究部門
	カナダ天然資源省 (NRCan : Department of Natural Resources Canada)	地質調査総合センター
米国	米国地質調査所 (USGS: U.S. Geological Survey)	地質調査総合センター
メキシコ	メキシコ計量センター (CENAM: National Center for Metrology)	計量標準総合センター
	メキシコ国立自治大学 (UNAM: Instituto de Biotecnologia, Universidad Nacional Autónoma de México)	健康工学研究部門
ブラジル	ブラジル国立工業度量衡・品質規格院 (INMETRO: National Institute of Metrology, Quality and Technology)	計量標準総合センター
	ブラジル鉱産局 (DNPM: National Department of Mineral Production)	地質調査総合センター
アルゼンチン	アルゼンチン地質鉱物資源調査所 (SEGEMAR: Argentine Geological and Mining) *	地質調査総合センター
ヨーロッパ地域		
オーストリア	オーストリア地質調査所 (GBA: The Geological Survey of Austria)	地質調査総合センター
ドイツ	ドイツ連邦物理工学研究所 (PTB: Physikalisch-Technische Bundesanstalt)	計量標準総合センター
	パウル・ドルーテ固体電子工学研究所 (PDI: Paul Drude Institute for Solid State Electronics)	ナノエレクトロニクス研究部門
オランダ	オランダ計量研究所 (NMI: NMI Certin B.V the Nederlands Meetinstituut)	計量標準総合センター
スロバキア	スロバキア科学アカデミー (IMS SAS: Institute of Measurement Science, Slovak Academy of Sciences)	電子光技術研究部門
ロシア	ロシア計量試験科学研究所 (VNIIMS : Russian Scientific-Research Institute for Metrological Service of Gosstandart of Russia)	計量標準総合センター
英国	シェフィールド大学 (The University of Sheffield)	省エネルギー研究部門
フランス	国際度量衡局 (BIPM : International Bureau of Weights and Measures)	計量標準総合センター
	フランス地質鉱山研究所 (BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières)	地質調査総合センター
イタリア	イタリア地球物理学・火山学研究所 (INGV : Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)	地質調査総合センター
その他の地域		

国・地域名	機関名	研究ユニット名
トルコ	トルコ鉱物資源開発調査総局 (MTA: General Directorate of Mineral Research and Exploration of the Republic of Turkey)	地質調査総合センター
南アフリカ	南アフリカ地質調査所 (CGS : Council for Geoscience)	地質調査総合センター
米国・ドイツ	国立再生可能エネルギー研究所 (NREL: National Renewable Energy Laboratory)、 フラウンホーファー研究機構太陽エネルギーシステム研究所 (Fraunhofer ISE: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.)	太陽光発電研究センター
APMP 加盟国	アジア太平洋計量計画 (APMP: Asia Pacific Metrology Program)	計量標準総合センター
アボガドロ定数協定加盟国	国際度量衡局 (BIPM: Bureau International des Poids et Mesures)、イタリア計量研究所 (INRIM: Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica)、オーストラリア国立標準研究所 (NMIA: National Measurement Institute, Australia)、ドイツ連邦物理工学研究所 (PTB: Physikalisch-Technische Bundesanstalt)	計量標準総合センター

注) 平成27年度に有効な個別研究協力覚書。 *印は27年度新規締結分。

5) その他の連携活動

表24 平成27年度 主な国際シンポジウム等 (国際連携室扱い)

国際シンポジウム等名称	開催場所	開催期間	備考
タイ科学技術研究所 (TISTR) およびタイ国立科学技術開発庁 (NSTDA) との合同ワークショップ	東京およびつくば (日本)	2015年4月27日、28日	共催
エネルギー技術研究所(IFE)とのワークショップ	つくば (日本)	2015年5月29日	共催
台湾工業技術研究院 (ITRI) とのワークショップ	つくば (日本)	2015年6月15日、16日	共催
インド工科大学デリー校 (IIT-Delhi) とのシンポジウム	つくば (日本)	2015年6月18日	共催
第4回世界研究機関長会議	京都 (日本)	2015年10月3日	共催
ベトナム科学技術院 (VAST) とのワークショップ	ハノイ (ベトナム)	2015年11月12日	共催
フィンランド技術研究センター (VTT) 人材交流ワークショップ	ヘルシンキ (フィンランド)	2016年2月9日	共催

表25 平成27年度 主な外国要人來訪 (時系列順)

国地域名・機関名・役職	来訪者
タイ科学技術院 (TISTR) 院長	ヨンブット・サオバブルック
駐日ブルガリア大使	ゲオルギ・ヴァシレフ
台湾工業技術研究院 (ITRI) 副院長	張所鉉
マレーシア科学技術革新省 大臣	マディウス・タンガウ
オーストラリア連邦科学産業研究機構 (CSIRO) 理事長	ラリー・マーシャル
オランダ Noord Brabant 州知事	ウィム・ヴァン・ドン
フランス特許庁長官	イーブス・ラピエール
インド科学技術・地球科学省 大臣	ハルシュ ワルダン
駐日ベトナム大使	グエン・クオック・クオン
タイ副首相	ソムキット・チャトウシーピタック
タイ科学技術大臣	ピチュート・ドゥロンカウエロート

※ 公式訪問 全82件

⑥【地域連携推進部】

(Regional Collaboration Promotion Division)

所在地：つくば中央第1

人員：13名（7名）

概要：

地域連携推進部は、地域イノベーションの推進のため、必要となる施策・事業に積極的に取り組んでいる。地域における「橋渡し」を効果的かつ効率的に行うため、自治体・公設試験研究機関等との連携を一層推し進めるとともに、公設試験研究機関と協調してシームレスな支援サービスの中堅・中小企業に対して行うこと、及び産総研の「橋渡し」の波及効果を最大とするために、特に地域における影響力の大きな企業（地域中核企業）との関係を強化して、地域連携を拡大することに努めている。

具体的な活動として、以下を行っている。①地域企業のニーズと産総研のシーズを結びつける橋渡し活動の担い手として、地域の産学官連携に十分な知識及び経験を有する公設試験研究機関の職員またはOBの方を産総研イノベーションコーディネータ（産総研 IC）として委嘱、または雇用している。公設試験研究機関との連携を更に強化し、産総研 IC の増強と効果的な活用を図る。②地域中核企業を訪問するあるいは地域中核企業を産総研に招待することで産総研との連携強化を図るイベント「テクノブリッジフェア」ならびに地域中核企業とのコミュニケーションを一段高めることを目的とした連携協議体である「テクノブリッジクラブ」の2つを柱とする「テクノブリッジ事業」を推進する。各地域センターの「テクノブリッジクラブ」の増強と活用を促すとともに、「テクノブリッジフェア」の開催を積極的にサポートする。③自治体との関係強化、特に新たな連携の枠組みの創出、及び既存の連携の枠組みの活用を図る。④中堅・中小企業への直接的な連携事業として、スタートアップ事業や外部資金獲得、技術相談等への対応に積極的に取り組む。⑤公設試験研究機関と産総研との協力体制を強化することを目的に組織された産業技術連携推進会議のネットワークの活用を進めるとともに、より効果的な事業や制度を検討・運用していく。⑥各地域センターの連携機能の強化を進める。例えば、地域センターのスペース活用や領域との協力体制の強化等に努める。⑦関東甲信越静地域に対しては、関東地域連携室を中心に連携の強化を図る。

機構図（2016/3/31現在）

【地域連携推進部】

部長	谷口 正樹
次長	池上 敬一

審議役	関 高史
[地域連携企画室] 室長(兼)	河井 良浩
[中小企業連携室] 室長(兼)	橋本 亮一
	室長代理 宮本 英明
[関東地域連携室] 室長(兼)	関 高史

地域連携企画室

(Regional Collaboration Planning Office)

(つくば中央第1)

概要：

地域の中堅・中小企業及び公設試験研究機関等との連携強化を通じて、地域イノベーションを推進することを目的とし、産総研の地域における産学官連携戦略の策定及び地域センターの産学官連携活動の支援等を行っている。

中小企業連携室

(SMEs Collaboration Office)

(つくば中央第1)

概要：

- ①産業技術連携推進会議事務局として、産総研と公設試験研究機関とのネットワークの構築・強化に係る業務、及び公設試験研究機関への各種技術支援事業を実施している。
- ②中小企業等との共同研究の推進のため、産業技術指導員によるコーディネート活動、及び中小企業との連携推進事業として、研究開発規模が数千万円から億円レベルの競争的研究資金の応募を支援する「中小企業共同研究スタートアップ事業」等を行っている。
- ③技術相談の総合受付業務等を実施している。

関東地域連携室

(Kanto Collaboration Office)

(つくば中央第1)

概要：

関東甲信越静地域における、公設試験研究機関・自治体等との連携ネットワークの構築・強化を行うとともに、域内の技術開発力を持つ中堅・中小企業等との共同研究等による技術移転に向け、研究開発に関する情報の収集および発信を行うなど、成果普及活動を行っている。また、産学官連携共同研究施設（つくば本部・情報技術共同研究棟）の運営に関する業務を行っている。

産業技術総合研究所

1) 技術相談

産総研産業技術総合研究所が蓄積してきた技術ポテンシャルを基に、民間企業、公設試験研究機関等からの技術相談を受ける。

1) 平成27年度「技術相談届け出システム」に入力された件数： 4,584件 (内、地質情報 (GSJ) 492件)

2) 拠点別相談件数

拠点名	相談件数
北海道センター	239
東北センター	70
つくばセンター	2,583
東京本部	7
臨海副都心センター	60
中部センター	928
関西センター	347
中国センター	112
四国センター	248
九州センター	126
福島再生可能エネルギー研究所	30
上記の合計 (※)	4,750
相談件数 (拠点間重複を除いた件数)	4,584

※一相談で複数拠点にまたがる案件は、複数カウントされるため正味の相談件数より大きくなっている。

3) 相談者の分類別相談件数

相談者の分類	全体件数		GSJ 以外		GSJ	
	件数	割合	件数	割合	件数	割合
大企業	1,771	38.6%	1,736	42.4%	35	7.1%
中小企業	1,819	39.7%	1,718	42.0%	101	20.5%
教育機関	224	4.9%	167	4.1%	57	11.6%
公的機関	419	9.1%	352	8.6%	67	13.6%
放送出版マスコミ	67	1.5%	11	0.3%	56	11.4%
個人	219	4.8%	49	1.2%	170	34.6%
その他	65	1.4%	59	1.4%	6	1.2%
合計	4,584	100.0%	4,092	100.0%	492	100.0%

2) 産業技術連携推進会議

92の公設試験研究機関（支所を含む）並びに産総研との協力体制を強化し、これらの機関が持つ技術開発力及び技術指導力をできる限り有効に発現させることにより、機関相互の試験研究を効果的に推進して、産業技術の向上を図り、我が国の産業の発展に貢献するために、産業技術連携推進会議を設置し運営している。

6技術部会と8地域部会（事務局：地域センター産学官連携推進室）及び、8地域産業技術連携推進会議（事務局：地方経済産業局）を設置し、産業技術関連情報の相互提供、戦略の検討、活動状況及び活動成果の情報発信等を行っている。

産業技術連携推進会議開催実績

平成28年3月31日現在

部会等名称		開催回数
総 会		1
企画調整委員会		1
技 術 部 会	ライフサイエンス部会	8
	情報通信・エレクトロニクス部会	6
	ナノテクノロジー・材料部会	29
	製造プロセス部会	26
	環境・エネルギー部会	12
	知的基盤部会	7
地 域 部 会	北海道地域部会	14
	東北地域部会	12
	関東甲信越静地域部会	6
	東海・北陸地域部会	34
	近畿地域部会	16
	中国地域部会	22
	四国地域部会	11
	九州・沖縄地域部会	22
地 域 産 技 連	北海道地域産業技術連携推進会議	1
	東北地域産業技術連携推進会議	0
	関東甲信越静地域産業技術連携推進会議	1
	東海北陸地域産業技術連携推進会議	4
	近畿地域産業技術連携推進会議	6
	中国地域産業技術連携推進会議	3
	四国地域産業技術連携推進会議	1
	九州・沖縄地域産業技術連携推進会議	11
合 計		254

※技術部会・地域部会の開催回数には傘下の分科会・研究会の開催回数を含む。

6) 環境安全本部

(Environment and Safety Headquarters)

①【環境安全企画部】

(Environment and Safety Planning Division)

所在地：つくば中央第1

人 員：19名（1名）

概 要：

環境安全企画部は、安心・安全で良好な研究環境を持続的に提供することを目的として、環境安全本部傘下各部との有機的連携の下に、研究環境安全に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整等を通じて、産総研としてふさわしい研究環境の創出及び環境負荷低減に向けたエネルギーの有効活用の促進に関する業務

を行っている。

機構図（2016/3/31現在）

[環境安全企画部]

部 長 鈴木 浩一

[環境安全企画室]

室 長 青木 一彦 他

[施設計画室]

室 長 菊地 義男 他

平成27年度の主な活動

1. 省エネルギー及び地球温暖化対策

- ・夏季のピークカットに貢献するため、下記施策の実施により、平成22年度比、つくばセンター17.1%、地域センター4～21%のピーク電力削減を達成した。
 - i) つくばセンター及び臨海副都心センターにおいて1週間の夏季輪番一斉休暇を実施した。
 - ii) 研究廃水処理施設やヘリウム液化施設などの輪番運転、休日・夜間シフト運転、空調負荷の低減を行った。
 - iii) 技術研究組合に対して、夏季のピークカットへの協力を依頼した。
 - iv) 使用電力を可視化したページにより節電意識の向上を図った。
2. 施設整備計画の策定と実行
- ・基本インフラの更新時期や建物の閉鎖時期を示した産総研施設整備計画（平成27年度版）を策定した。計画に基づき、利用率の低い建物について、16棟10,058m²を閉鎖し、閉鎖決定された建物について、2棟1,303m²の解体撤去を完了した。
3. 産総研レポートの作成
- ・環境配慮の取組及び実績について、SR 報告書「産総研レポート2015社会・環境報告」として公表し

- た。特に、環境トピックスとして、安全・環境に配慮した耐震改修事業について紹介した。
4. スペースの有効活用の推進
- ・スペースを有効活用するため、事業所長・地域センター所長による年2回の巡視を実施した。
 - ・スペース有効活用審査委員会を毎月開催することにより、スペース配分及びスペースに関する方針決定に迅速に対応し、効率的な研究スペースの確保及びスペースの有効活用を推進した。
 - ・平成28年1月より従来のスペース有効活用審査委員会体制から、新たに、スペース利活用推進体制を充足させ、事業所等の長の主導によるスペース資源の利活用を推進した。また、事業所等における計画の立案と遂行を担う事業所等スペース委員会を新設し、効率的な研究スペースの確保及びスペースの有効活用を推進した。
5. 工事及び工事関連役務の提供等の契約業務
- 契約業務の実績として、工事及び工事関連役務の提供等の総契約件数は140件、うち入札によるものは49件。

施設の整備（施設整備費補助金関係）

新営棟建設

(1) 目的

福島再生可能エネルギー研究所の機能強化として、パワーコンディショナの試験評価、研究拠点等を整備する。

(2) 整備費用 89.9億円（平成25年度施設整備費補助金（グローバル認証基盤整備事業））

工事件名	施 工	工 期
グローバル認証基盤整備事業（大型パワーコンディショナ）	九電工・フジタ特定建設工事共同企業体	平成26年5月30日 ～平成28年1月31日

②【安全管理部】

(Safety Management Division)

所在地：つくば中央第1

人 員：25名（8名）

概 要：

安全管理部は、研究所の安全衛生の管理並びに環境保全、防災対策等に関する業務を行っている。安全管理及び環境保全は、産総研で働く職員のみならず周辺住民の安全及び環境にも関わる重要な事項である。また、産総研の組織にとっても生命線であり、あらゆる種類の事業を実施するにあたって最優先事項であると位置付けている。

安全管理部は、産総研環境安全憲章に記載する基本的活動理念を実現、遂行するために、他の関連部署との密接な連携と協力のもと、安全で快適な研究環境を創出し、これを確保することを最上の活動目的としている。この目的を実現するため、安全ガイドラインやマニュアル等の整備と普及、環境安全関連の施設及び

設備整備と改善等のハード及びソフト両面での積極的活動を行うとともに、環境影響低減化に向けた活動及び事故発生数抑制のため全職員の環境安全に対する意識の向上を図る活動を重点的に行っている。

機構図（2016/3/31現在）

[安全管理部]

部 長 上岡 晃
次 長 望月 経博
審議役 飯田 光明
部総括 金田 孝雄

[安全衛生室]

室 長 金田 孝雄
室長代理 國府田 勝美
総括主幹 森本 研吾
総括主幹 白波瀬 雅明 他

[環境保全室]

室長 望月 経博
室長代理 斎藤 敏明 他

[ライフサイエンス実験管理室]

室長 石村 美雪 他

[放射線管理室]

室長 井坪 信一
室長代理 吉成 幸一
総括主幹 松本 哲一 他

- ・水質汚濁防止法、下水道法、労働安全衛生法等の法令に基づく特定施設等の届出を適切に行った。
- ・廃棄物処理の委託先の中間処理場及び最終処分場の現地調査を実施し、処理が適正に行われていることを確認した。
- ・「フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律」の施行にともない、対象機器の点検を実施した。
- ・水質汚濁防止法にかかる特定施設等の点検並びに下水道法にかかる水質分析及び騒音規制法等にかかる環境測定を、地域センター及びつくばセンターにおいて実施した。
- ・有害物質の漏えい・流出を想定した緊急事態対応訓練を全事業所で実施した。

平成27年度の主な活動

1. 安全衛生管理体制の水準向上及び維持

1) 安全衛生管理の徹底、強化等

- ・安全衛生委員会（各事業所月1回）への出席及びユニット長巡視（年2回）の立会い、指導を行った。
- ・グループ／チーム安全衛生会議（最低月1回）の実施状況の把握及び実施の徹底、指導を行った。
- ・事故、ヒヤリハット報告の原因分析等を行い、再発防止策等の周知及び安全意識の醸成等による事故低減の対策を行った。
- ・安全ガイドラインについて、適宜法改正の反映や実状にあわせた新たな対策の追加等の改定を日本語／英語両方で行った。
- ・高圧ガス及び薬品管理に関し、高圧ガス製造保安責任者及び危険物取扱者等の資格取得の促進措置を講じるとともに、安全講習会を5回開催した。また、各事業所において高圧ガス及び薬品の取扱に関する安全講習会を開催した。
- ・上記の他、資格取得講習会や安全教育の企画及び開催を行った。

2) 環境安全マネジメントシステム（ESMS）

- ・各事業所の内部監査に立会い、運用に関するアドバイスを行った。また、全国安全衛生管理担当者会議において、各事業所における改善点や参考となる取組み事例などの情報共有を図るとともに、実行計画をまとめるシートの改善を行った。

3) 事故防止活動

- ・全国総括安全衛生管理者補佐会議（月1回）を開催し、事故ヒヤリハット報告及び環境安全に関する各種情報等の共有及び周知を行った。
- ・全国の地域センター所長及び事業所長とTV会議による安全管理報告会（毎朝）を実施した。また、報告事項を毎月取りまとめ、各事業所の事業所会議等を経由して職員等全員へ周知した。
- ・全国安全衛生管理担当者会議（年2回）を開催し、安全衛生に関する意見交換及び情報共有を行い、実務担当者の意識醸成を図った。

2. 環境影響低減化活動

3. 個別事項の法令遵守並びに施設、設備及びシステムの整備、運用

環境や化学物質等の関連法規を遵守するため、危険物、高圧ガス、ライフサイエンス実験、放射線管理等の個別事項の管理監督、薬品・ボンベのデータベースによる管理を実施した。

1) 化学物質管理

- ・薬品ボンベ管理システムを用いて、消防法、建築基準法、高圧ガス保安法等の法令遵守状況を監視し、管理状況について各事業所の総括安全衛生管理者あてに報告を行った。
- ・各事業所を通して、法改正情報の周知、危険薬品等の減量化等の薬品管理の徹底を推進した。また、研究成果物等の外部提供に際しては、法令遵守の確認を行うため、安全管理部長等の承認手続きを実施した。
- ・平成26年度より、一定数量以上の危険薬品等を管理等する研究者については、法令の定めによらず、危険物取扱者、高圧ガス製造保安責任者等の資格の取得を義務付けるとともに、危険薬品等の取扱者等については、所内で実施する安全講習会への参加を義務付けることにより、危険薬品等に関連する事故等の未然防止に取り組んだ。

2) ライフサイエンス実験管理

- ・ライフサイエンス実験の倫理面及び安全面から、実験計画を審議する7つの委員会の運営を行うとともに、ヒト由来試料実験、組換えDNA実験、動物実験及び生物剤毒素使用実験現場の実地調査を実施した。
- ・人を対象とする医学系研究に関する倫理指針の施行に対応し、委員会体制及び規程要領類の見直しを行った。
- ・動物実験の実施に関わる自己点検評価を公開するとともに外部検証に向けた準備を行った。
- ・組換えDNA実験、動物実験及び微生物実験並びにヒト由来試料実験、人間工学実験、医工学応用実験

の従事者向けの教育訓練を実施した。

3) 放射線管理

- 放射線業務従事者等の一元管理を継続して実施し、一層の効率化を推進するために管理システムの改修を行った。
- 放射線業務従事者、エックス線装置の使用者等に対する教育訓練を実施した。
- 各事業所における放射線管理体制を強化するため、放射性物質の使用及び管理に関する現地調査を行い、法令遵守状況に問題が無いことを確認した。つくばセンターに集約化した核燃料物質の法的管理を継続して行った。
- 放射線管理業務の効率化について、つくば西事業所の非密封放射線関連施設の廃止を完了させた。また、防護対象核燃料物質の残りについて、国外移管に向けた作業に着手した。
- 平成27年度に実施された事業所統合に関して、核燃料関連規程類の変更作業を行い、必要な法定手続き等を行った。
- 福島第一原子力発電所事故由来の放射性物質について、調整池浚渫工事関係部署からの相談に対応した。

4) 施設の維持保全

- つくばセンターにおける施設、設備及び植栽に係る維持管理及び定期点検の実施並びにエネルギー供給施設及び廃水処理施設の運営管理を行った。
- 施設設備の維持管理・修繕に関しては、安全確保と設備機能確保の観点、また、品質とコストの調和を考慮して優先順位を判定し、維持管理及び修繕を実施した。

4. 防災及び地震対策

- 緊急地震速報の全国訓練への参加とともに地域センター及びつくばセンターにおいて防災訓練を実施した。また、訓練結果等を踏まえ、つくばセンター防災業務マニュアルの見直しを行った。
- 防災対応マニュアル及び産総研業務継続計画（BCP）で定める安否確認の訓練を各地域センター及び事業所ごとに実施した。また、地震発生時に安否確認メールを自動的に発信し、職員等からの回答を自動集計する安否確認システムを導入した。防災対応マニュアル及び産総研業務継続計画（BCP）で定める安否確認の訓練を各地域センター及び事業所ごとに実施した。また、地震発生時に安否確認メールを職員に一斉自動送信し、安否状況を Web 上で自動集計する機能を持つ安否確認システムを導入した。
- 防災用品の備蓄マニュアルに基づく食糧等の一括調達の実施により地域センター及びつくばセンターの備蓄品の標準化を推進した。

③【建設部】

(Facilities Division)

所在地：つくば中央第1

人員：15名

概要：

建設部は、産総研が掲げる世界最高水準の研究とその成果の「橋渡し」を施設整備の面から貢献するため、施設整備計画に基づく施設・設備について、ライフサイクルコストの低減、省エネ・省資源を効率的かつ効果的に推進し、安全で良好な研究環境の整備を実施している。また、工事品質の向上、事故・ヒヤリハットの低減に向けた取り組みや、施設整備業務の体制強化を図るため、施設専門人材の育成にも取り組んでいる。

機構図（2016/3/31現在）

[建設部]

部長 五十嵐 直幸

--[建設管理室]

室長 須貝 正秋 他

[建設技術室]

室長 箕輪 克美 他

平成27年度の主な活動

新たな研究開発新拠点の円滑な整備や老朽化対策を含む施設整備計画を迅速かつ適切に実施するとともに、主に以下の業務を実施した。

1. 「グローバル認証基盤整備事業（大型パワーコンディショナ）」

- 福島再生可能エネルギー研究所における、大型パワーコンディショナ等を対象とした試験施設について、適切な監理・監督を行い、事故による工事の遅延防止並びに高品質な施工の確保を図るとともに、安全で環境に配慮した研究施設を当初の計画どおり完成させた。（平成28年1月完成）

2. 施設及び設備の整備事業の実施

- 安心、安全な研究環境の維持及び整備のため、施設整備計画に基づき、特に老朽化が進んでいる施設・設備の整備、および研究ユニットからの依頼工事においては、工事中の安全確保、環境保全に配慮するとともに、研究活動への影響の最小化し工事を実施した。また、各事業所、地域センターからの施設整備に係る技術的な相談業務を行った。

④【情報基盤部】

(Information and Communication Infrastructure Division)

所在地：つくば中央第1

人員：15名（1名）

概要：

情報基盤部は、我が国有数の情報技術に関する研究を行っている産総研の特長を最大限に活かし、最先端の技術の知見を用いて、全所的な情報ネットワークの構築・管理、情報セキュリティポリシーの運用、及び基幹業務システムの構築・管理・支援を実施している。また、産総研の情報基盤の高度化を図り、より生産的な研究活動と円滑で効率的な業務推進を支援する役割を担っている。情報基盤部は、全所的な情報ネットワークの構築・管理、基幹業務システムの構築・管理・支援、及び情報セキュリティポリシーの運用を実施している。また、産総研の情報基盤の高度化を図り、より生産的な研究活動と円滑で効率的な業務推進を支援する役割を担っている。

機構図（2016/3/31現在）

[情報基盤部]

部長 正木 篤

審議役 坂上 勝彦

部総括 関根 英二

情報総括グループ長 林 直樹 他

情報基盤グループ長 久保 真輝 他

平成27年度の主な活動

情報総括グループ、情報基盤グループの2グループ体制で、下記の業務を実施した。

1. 情報セキュリティの向上

- ・情報セキュリティ並びに個人情報保護に関する意識の向上及び確認のためのセルフチェックを実施した。
- ・イントラシステム利用者の全員に対して情報セキュリティ研修（e-ラーニング）を実施した。
- ・メールアカウント利用者の全員を対象とした標的型攻撃メール訓練を実施した。
- ・産総研の情報セキュリティ対策の PDCA サイクルを確立するため、研究推進組織等に対する情報セキュリティ監査及び全ての外部公開サーバに対するセキュリティ診断を実施した。また、前年度の監査対象についてフォローアップ監査（改善状況の確認）を実施した。
- ・「政府機関の情報セキュリティ対策のための統一規範」（平成26年度版）に準拠した情報セキュリティポリシー（基本方針、規程、実施要領、実施ガイド）の改定作業を行った。

- ・ばらまき型や標的型メールの対策のために、未知の不正ファイルも検知できるようメールシステムのセキュリティを強化した。

2. 基幹業務システムの運用、保守、管理

- ・基幹業務システムを安定的かつセキュアな運用管理を継続して実施した。
- ・重要なデータを蓄積するファイルサーバの災害対策のため、遠隔地にバックアップを取得する仕組みを構築した。

3. 情報ネットワークの運用、保守、管理

- ・つくばセンターにおける基幹ネットワーク機器の更新のための調達を実施した。
- ・全国の共用会議室に無線 LAN アクセスポイントとTV 会議システムの整備を推進した。
- ・関西センターに災害対策用ネットワーク回線を整備し、災害時の事業継続性を高めた。

⑤【情報化統括責任者】

(Chief Information Officer)

所在地：つくば中央第1

概要：

情報化統括責任者（CIO）は、産総研の情報化戦略の企画及び立案並びに研究所の情報化に関する業務の統括をミッションとしている。そのため、(1) 電子行政推進国・独立行政法人等協議会を通じて、情報化に関して政府との調整を行うこと、(2) 産総研の情報化戦略委員会を主宰して、情報化戦略及び情報化に関する重要事項を審議すること等を実施している。

機構図（2016/3/31現在）

情報化統括責任者 (兼) 島田 広道

情報化統括責任者補佐 (兼) 正木 篤

平成27年度の主な活動

- ・情報化戦略委員会を開催（2回）し、基幹業務システムにかかるソフトウェアの更新やメールセキュリティサービス等について審議した。情報化戦略委員会を開催（2回）し、情報ネットワークやメールサービスの高度化等について審議した。
- ・情報化推進タスクフォースを開催（1回）し、次期基盤業務システムのあり方等について検討を開始した。

7) 総務本部

(General Affairs Headquarters)

①【人事部】

(Human Resources Division)

所在地：つくば中央第1、

つくば中央第6

人員：60名（7名）

概要：

人事部は、研究所の人事、労務、人材育成、福利厚生に係る業務を実施している。

機構図（2016/3/31現在）

[人事部]

部長	野口 聡
審議役	小滝 義昭
	菊池 恒男
	矢吹 聡一
部総括	田崎 英弘
	狩野 篤
総括企画主幹	玄地 裕

[人事室]	室長 榊原 修 他
[勤労室]	室長(兼) 狩野 篤 他
[人材開発企画室]	室長 吉澤 徳子 他
[厚生室]	室長 大川 裕之 他
[健康管理室]	室長 吉川 順子 他

人事室 (Personnel Office)

(つくば中央第1、つくば中央第6)

概要：

- ① 役職員の任用に関する事。
- ② 個人評価制度の構築、実施に関する事。
- ③ 給与の支給に関する事。
- ④ 人件費の把握、見直しに関する事。
- ⑤ 兼業の許可に関する事。
- ⑥ 栄典及び表彰に関する事。
- ⑦ 人事委員会に関する事。
- ⑧ 障害者の雇用の促進に関する事。

勤労室 (Staff Office)

(つくば中央第1)

概要：

- ① 職員等の労働条件の基準に関する事。
- ② 労使関係に係る総合調整に関する事。
- ③ 服務規律に関する事。
- ④ 役職員等の懲戒等に関する事。
- ⑤ コンプライアンス推進委員会に関する事（ハラスメントに関するものに限る。）。

人材開発企画室

(Human Resources Development Planning Office)

(つくば中央第1)

概要：

- ① キャリアパス開発及び研修企画に関する事。
- ② 職員等の研修の実施に関する事。
- ③ その他人材開発に関する事。

厚生室 (Welfare Office)

(つくば中央第1)

概要：

- ① 役職員等の福利厚生に関する事。
- ② 役職員等の災害補償に関する事。
- ③ 宿舎に関する事。
- ④ 職員等の退職の相談に関する事。
- ⑤ 経済産業省共済組合に関する事。
- ⑥ 職員等の社会保険事務に関する事。

健康管理室 (Healthcare Office)

(つくば中央第1)

概要：

- ① 役職員等の健康診断、健康管理及び保健指導に関する事。
- ② 職員等のメンタルヘルスに関する事。
- ③ 産業医に係る業務に関する事。

業務報告データ

年度特記事項

1. 平成27年度採用実績

① 事務職員	24名
② 研究職員 (パーマネント)	9名
③ " (年俸制任期付)	6名
④ " (博士型任期付)	73名
⑤ " (研究テーマ型任期付)	17名
計	129名

2. 平成27年度研修実績

	コース	実施回数	受講者数
① 職員等基礎研修 (e-ラーニング)	2	2回	5,560名
② 階層別研修	19	19回	612名
③ プロフェッショナル研修	16	126回	1,666名
合計	37	147回	7,838名

② 【経理部】

(Accounting Division)

所在地：つくば中央第1

人員：41名

概要：

経理部は、独立行政法人制度の趣旨に則り、研究支援の高度化及び組織運営の高度化を、財務及び会計に係る諸施策を通じて実現することにより、産総研ミッションの遂行に寄与することとしている。

なお、財務及び会計に係るコンプライアンスとリスク管理を適切に行いつつ支援業務を遂行するため「経理企画室、経理決算室、出納室及び調達室」を配置している。

＜平成27年度活動トピックス＞

○独立行政法人会計基準等の改訂への対応

「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」（平成25年12月24日閣議決定）、「独立行政法人会計基準」（平成27年1月17日改訂）に従い、セグメント区分を第4期中長期計画における事業等のまとまりに見直し、平成27年度財務諸表より開示した。

○有形固定資産等の適正な管理

産総研内での再利用先がなかった研究備品等の資産について、産総研 HP に10日間以上の公示期間を設けて産総研以外での再利用先を探す積極的な活用促進の取り組みをルール化して運用した。また、産総研全職員を対象として、e-ラーニング方式の研修を実施し、さらに高いレベルの研究用備品等の管理に対する意識向上に努め、一層の適正化を図った。

○公正性・透明性を確保した合理的な調達の推進

外部有識者及び監事から構成する契約監視委員会から、公正性・透明性を確保し合理的な調達を可能とする随意契約によることができる事由の考え方についての委員会審議による意見・指導等を受け、産総研の研究開発業務を考慮した「随意契約によることができる事由（19項目）」について規定化し、合理的な調達の推進を図った。

機構図（2016/3/31現在）

[経理部]	部長	菊地 正寛	
	部総括	屋代 久雄	
— [経理企画室]	室長	関 浩之	他
— [経理決算室]	室長	新井 清和	他
— [出納室]	室長	小林 京子	他
— [調達室]	室長	吉成 美智夫	他

経理企画室（Accounting Planning Office）

概要：

財務及び会計に係る業務の企画及び立案並びに総合調整、予算のとりまとめ、予算の領域別情報の管理、余裕金の運用、資金の借入及び償還、年度計画に基づく収入額の確定並びに実行予算の配賦の計画及び示達、予算の執行管理、財務及び会計に係る制度の整備、運用及び推進、財務及び会計に係る業務の審査、財務分析、財務会計システムの管理、財務及び会計に係る業務であって、他の所掌に属しないものに関する業務を行っている。

○収入件数 約8,000件、収入金額 約989億円。

経理決算室（Accounting Office）

概要：

決算、消費税の確定申告、計算証明、財務会計システムの管理、有形固定資産の管理（他の所掌に属するものを除く。）に関する業務を行っている。

出納室（Treasury Operations Office）

概要：

資金計画、金銭の支払、出納及び保管、有価証券の管理、税務、旅費の支給に関する業務を行っている。

○支払件数 約12万件、支払金額 約1,044億円。

○旅費件数 約8万5千件、支払金額 約23億円。

調達室（Procurement Office）

概要：

物件の調達、物件の売払及び賃貸借等の契約、役務の提供等の契約、調達物品等の市場調査、競争参加者の資格審査、調達業務の調整、政府調達に係る協定に基づく調達公告等の官報掲載、物件の調達等に係る監督及び検査に関する業務を行っている。

○全契約件数 約7.1万件

○政府調達協定の対象案件数 126件、約95.7億円

○インターネット調達

単価契約を締結している電子購買業者の電子購買サイト上で、商品検索・注文を行い、翌日又は翌々日には指定場所まで納品され、支払は毎月一括というスキームのインターネット調達を運用している。文具・事務用品、理化学用品、電子部品、試薬類、書籍、工具等雑貨の調達が可能。

利用件数約4.9万件、利用金額約9.8億円

○グリーン購入法の適用

「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律」に基づき、産総研として、平成27年度における「環境物品等の調達の推進を図るための方針」を定め、取り組んでいる。

③【業務推進支援部】

（General Affairs Support Division）

所在地：つくば中央第一

人員：13名

概要：

業務推進支援部は、研究所における研究支援事務及び庶務等業務の総合的な運用方針の調整及び業務効率化の推進、並びに研究所の情報公開及び個人情報保護

に係る基本方針の企画・立案・総合調整を行っている。
また、研究所における法務業務及び法人文書管理、並びに外部機関による監査への対応を担っている。

<平成27年度活動のトピックス>

○法人文書管理システムの構築

「行政文書の管理に関するガイドライン（平成23年4月11日内閣総理大臣決定）」において法人文書の集中管理が求められており、これに対応するため法人文書管理システムを新たに構築した。

○マイナンバー制度導入への対応

マイナンバー制度導入に伴い、役職員等からマイナンバーを含む特定個人情報を収集に当たり、厳格な管理、保管が可能となるよう管理体制や関係規程等を整備した。

機構図（2016/3/31現在）

[業務推進支援部]	部長	鈴木 光男
	部総括	山口 洋二
[業務室]	室長	池田 勉 他
[法務室]	室長	米山 千佳子 他
[情報公開・個人情報保護推進室]	室長(兼)	山口 洋二 他

業務室（General Affairs Office）

（つくば中央第一）

概要：

業務室は、研究所における研究支援事務及び庶務等業務が適正且つ効率的に遂行されることを目的とし、研究支援業務等を担う事業組織と緊密に意思疎通を図り、当該業務に係る統一的な運用方針の企画・立案・総合調整を行っている。また、研究所の法人文書管理及び職員の勤務・サービス管理について、研究所の事務の総括を行っている。この他、会計監査人による会計監査への総括的な対応業務を担っている。

法務室（Legal Office）

（つくば中央第一）

概要：

法務室は、研究所の法務業務を担う部署として、所内規程類及び外部機関との間で締結する契約書等の形式審査、訴訟（他の所掌に属するものを除く。）及び法律相談に関する業務を行っている。また、役職員が安心して産学官連携活動に取り組める環境を整備するとともに、産総研に対する社会的信頼の確保を目的とし、利益相反マネジメントを実施している。

情報公開・個人情報保護推進室

（Disclosure and Personal Information Protection

Promotion Office）

（つくば中央第一）

概要：

情報公開・個人情報保護推進室は、情報公開及び個人情報保護に関する法令等に基づいて研究所の業務が適正に遂行されることを目的とし、当該業務に係る基本方針の企画・立案・総合調整を行っている。また、研究所外部からの情報開示請求等への対応及び研究所が保有する情報の公開及び提供に努めている。

業務報告データ

1. 平成27年度法人文書等開示実績

①法人文書開示請求4件（うち、開示等決定3件[※]）

②保有個人情報開示請求1件（うち、開示等決定1件）

※平成27年度中に開示等決定をした件数。残りの1件に関しては、平成28年度に開示決定を行った。

2. 利益相反マネージメント定期自己申告実施状況

上期（11月）実施状況（申告者/対象者）：

3,095名/3,095名（実施率100%）

下期（3月）実施状況（申告者/対象者）：

3,117名/3,117名（実施率100%）

④【ダイバーシティ推進室】

（AIST Diversity and Equal Opportunity Office）

所在地：つくば中央第12

人員：7名（2名）

概要：

ダイバーシティ推進室は、性別、年齢、国籍などにかかわらず、個人の能力を發揮できる環境の実現を目指し、女性および外国人研究者の積極的な採用と活躍の支援、ワーク・ライフ・バランスの実現、キャリア形成など、多様性の活用（以下ダイバーシティ）を総合的に推進することに係る業務を行う。

【平成27年度の主な活動】

「産業技術総合研究所第4期中長期目標期間（平成27～31年度）におけるダイバーシティの推進策」を策定し、職員の多様な属性がもたらす価値・発想を活かす職場環境の整備を目指して、関係部署等と連携して以下の活動を実施した。

●ダイバーシティ意識の啓発・浸透

所内研修においてダイバーシティについての講義を実施した。産総研におけるダイバーシティ推進の各種取り組みの発信のため、「産総研のダイバーシティ推進」等のパンフレットを作成した。

●女性研究者の積極的な採用・活躍支援

第4期中長期目標期間における、研究職における累積採用者の女性比率を18%以上とする目標に向けて、理系

女子学生に向けたラボツアーや女性研究者ロールモデルとの懇談会の企画・開催、大学・学会の就職関連イベントへの参加などを通じ、産総研が女性にとって働きやすい職場であることを積極的にアピールした。

●外国人研究者支援

AIST インターナショナルセンター（AIC）では、外国人研究者の生活や滞在の支援とともに、情報交換や交流の場の提供など支援を広げ、各担当部署と連携し英語による所内業務説明会の開催や、情報発信（英語版メールマガジンの発行）をするなど、外国人研究者の産総研での活躍を支えている。

●ワーク・ライフ・バランスの実現

例年開催しているワーク・ライフ・バランスセミナーについて、平成27年度は仕事と育児・介護の両立促進を目的として、外部専門家による介護および育児関連セミナーを各々開催した。

産総研の育児・介護制度のさらなる普及を目的としたリーフレットを作成し、地域の各研究拠点でキャリア形成などのイベントと併せて制度説明会を行った。

在宅勤務の導入に向けた試行を行った。

●キャリア形成

全所的な人材育成の取り組みの一環として、性別、年齢、国籍などにかかわらず、産総研職員の多様で柔軟なキャリアを形成できるよう、外部講師によるキャリア形成支援研修を実施し、キャリアパス設計の重要性の提示に努めた。

キャリアカウンセリングを継続して実施した。

●国、自治体及び他の研究教育機関等との連携

国内21の研究教育機関が参画しているダイバーシティ・サポート・オフィス（DSO）の会長機関（事務局）として懇話会開催等を行い、定期的な情報交換の場を設けて連携を進めた。

つくば市の男女共同参画審議会委員を務める等連携協力を行った。

●ダイバーシティの総合推進

ダイバーシティ推進委員会を開催し、関連事項の審議を行い、全所的な取り組みを展開した。

これまでのダイバーシティ推進に関する取り組みが評価され、ワーキングウーマン・パワーアップ会議が主催する「女性活躍パワーアップ大賞」奨励賞を受賞した。

機構図（2016/3/31現在の役職者名）

室長 井出 ゆかり
総括主幹 奈良崎 愛子

主幹 小野 恭子

⑤【イノベーションスクール】 (Innovation School)

所在地：つくば中央第1、つくばセンター

人員：3名（3名）

概要：

「産総研イノベーションスクール制度」は、産総研特別研究員および産総研にて技術研修を行う大学院生を対象として、専門分野について科学的・技術的な知見を有しつつ、より広い視野を持ち、異なる分野の専門家と協力するコミュニケーション能力や協調性を有する人材の輩出を目指す事業である。

気づきをもとに社会で必要とされる知識や技能を習得するための講義・演習、受入責任者の指導のもと産総研における最先端研究の実践、キャリアカウンセリング、人材育成にご協力いただける企業にて実施する実践的な長期企業研修など、産総研イノベーションスクール独自のカリキュラムを通じて専門性の高い即戦力として活躍できる人材を輩出し、社会的なニーズと有用な人材とのミスマッチの解消に寄与することを目的としている。

平成27年度の活動の概要

・イノベーションスクールの運営の基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関すること：

平成27年度は、ポストドクコースの博士研究員15名、博士課程コースの博士課程学生9名、講義専門コースの博士研究員3名の計27名に対して9期生として開講した。具体的には、標準化と研究、知的財産と研究、技術経営とイノベーション、リスク評価、地域研究拠点の役割、公的研究機関の研究戦略・研究経営、経済産業省の人材育成政策、企業の研究経営・研究開発、研究開発とベンチャー起業、キャリア開発などについて講義し、インクルーシブデザイン、構成学輪講、研究発表会などの演習や、マナー・コミュニケーション研修などを行った。そして、ロールモデルとして就業している修了生を招聘し、「先輩との交流会」を6月と11月に企画した。また、企業研修をポストドクコースの全てのスクール生15名に対して実施した。

また、10月からは、博士課程コース10名、講義専門コース5名の計15名に対して9期ショートプログラムを開講。プレゼンテーション技術、提案書作成技術、論文構成法などについての講義・演習を実施し受講者の『研究基礎力』の強化を目指した。

育成效果の検証のため、過去のスクール生の受入責任者に対するアンケート調査を行った。

・その他イノベーションスクールの運営等に関するこ

と：

講義・演習に関し受講者の提出した受講レポートや構成学輪講・研究発表レポート、企業研修参加報告書を取りまとめた。また、研究の意義を異分野の方々の説明する実践の場として、SAT テクノロジーショーケース2016 (2015.1.21) にてスクール生の研究紹介を行った。

より大きな効果を得るために、企業・大学等との連携を推進し、筑波大学と「企業と博士人材との交流会」を2回開催 (2015.8.20, 2015.9.14, 53名参加) し、イノベーションスクール制度の周知に努めた。

機構図 (2016/3/31現在)

[イノベーションスクール]

├ イノベーションスクール長 富樫 茂子
└ 事務局長 一木 正聡

出版物・プレス発表等業務報告データ

【広報誌】

- ・AIST LINK 「若手博士の活躍を後押しし企業に新たな風を吹き込む」 No.2 (2015.9)
- ・産総研は人をつくる (2015.12)

【取材対応等】 (かっこ内は発表日)

- ・日本経済新聞 (2015.12)

【シンポジウム開催】

- ・「第1回企業と博士人材との交流会」、共催：産総研／筑波大学、筑波大学、7企業、参加者23名 (2015.8.20)
- ・「第2回企業と博士人材との交流会」、共催：産総研／筑波大学、筑波大学、12企業、参加者28名 (2015.9.14)
- ・博士人材キャリア支援連携連絡会、主催、6団体参加 (2015.12.18)

【活動紹介等】

- ・「平成27年度第4回エネルギーハーベスティングコンソーシアム総会」、機械振興会館 (2016.12.25)
- ・「アカデミアから企業への転身を実現するために」、神戸国際ビジネスセンター (2016.1.30)
- ・「COCN 産学官技術人材流動化プログラム」(年間6回参加)

【自主研修】

- ・「現地調査会」、福島県ハイテクプラザ、福島再生可能エネルギー研究所、地元企業、福島県富岡町 (被災地) 他 (2015.12.14-15)

【海外研修】

- ・「事業創造トレーニングワークショップ」、深圳、香港 (2016.1.9-14)

8) つくばイノベーションアリーナ推進センター (Tsukuba Innovation Arena Central Office)

所在地：つくば中央第1、第2、つくば西

人員：35名 (13名)

概要：

つくばイノベーションアリーナ推進センターは、つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点 (TIA-nano) の形成を通じて、産総研のミッションである「21世紀型課題の解決」、「オープンイノベーションのハブ機能の強化」を業務としている。

TIA-nano は、つくば市のに立地する公的4機関 (産総研、物質・材料研究機構、筑波大学及び高エネルギー加速器研究機構) が内閣府、文部科学省及び経済産業省の支援と産業界との連携によって構築するナノテクノロジー研究・教育拠点である。

1. パワーエレクトロニクス拠点運営

パワーエレクトロニクス研究拠点の効率的運用のためにインフラ、管理体制および及び所内の制度の整備を行った。民活型研究体 TPEC には企業30社が参画し、SiC 素材やデバイスからアプリケーションに渡るオープンイノベーションを推進した。

また、つくば応用超伝導超電導コンステレーションズ (ASCOT) の設立準備を行った。

2. 人材育成

TIA 連携棟を中心として開催した「TIA 連携大学院サマー・オープン・フェスティバル2015」(7/21~9/4、参加者：334名、うち当所関連165名) によって人材育成に努めた。人材育成コンソーシアム Nanotech CUPAL を活用し、NRP 育成対象者2名を受け入れ、4つの NIP コース (育成対象者24名) を実施した。また、JST さくらサイエンスプランによりタイの若手研究者10名を受け入れた。

3. 共用施設の運営

約款制度によって、スーパークリーンルーム (SCR)、ナノプロセッシング施設 (NPF)、先端ナノ計測施設 (ANCF)、超伝導アナログ・デジタルデバイス開発施設 (CRAVITY)、蓄電池基盤プラットフォーム (BRP) 及び MEMS 研究開発拠点 (MEMS) を外部に公開している。この制度について、H26度のヒアリングで受けた要望を検討し、複数年度にまたがる利用申込みを可能にするなどの改善を図った。特に SCR においては大手企業が複数回の利用を申し込むなど、産総研の施設・装置の利用による当該企業の研究開発を促進する契機となるとともに、産総研の保有する技術の橋渡しに大いに貢献した。また、「つくば共用研究施設データベ

ース」を改修し、各種イベントにおいて利用促進のPRに努めた。

4. 所外連携と広報

東京大学と協議を重ね、H28年度より TIA-nanoへ参加することで合意が得られた。つくば国際戦略総合特区の推進機関、茨城県、つくば市及び TGIとの連携を深め、ハイレベルフォーラム in つくばの一部を TIA 連携棟で開催した。各種展示会への出展、TIA-nano シンポジウムの開催、学術誌への TIA-nano 関連記事の投稿、パンフレット・ホームページの更新等、幅広い広報活動を行った。

機構図 (2016/3/31現在)

[つくばイノベーションアリーナ推進センター]

センター長	三木 幸信
審議役	岩田 普
	和田 敏美
	今井 寛
上席イノベーションコーディネータ	岡田 道哉
	大久保 雅隆
	前田 龍太郎
イノベーションコーディネータ	発 正浩
	有本 宏
	元木 健作
総括企画主幹	小川 晋

[連携推進ユニット]

ユニット長 青柳 昌宏

[企画チーム]

チーム長 清水 貴思

[連携調整チーム]

チーム長 國府田 眞奈美

[マーケティングチーム]

チーム長 岡田 道哉

[共用施設運営ユニット]

ユニット長 井佐 好雄

[共用施設ステーション]

ステーション長 多田 哲也

[スーパークリーンルームステーション]

ステーション長 右田 真司

[パワーエレクトロニクスステーション]

ステーション長 奥井 富士雄

連携推進ユニット

(Collaboration Promotion Unit)

(つくば中央第1)

概要:

担当業務は次のとおりである。

1. つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点の施策とプロジェクトの企画・立案・調整に関すること。
2. つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点の情報収集・分析及び調査に関すること。
3. つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点の運営に関すること。

企画チーム

(Planning Team)

(つくば中央第1)

概要:

担当業務は次のとおりである。

1. つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点の施策の推進 (以下「つくばイノベーションアリーナ推進」という。)に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関すること。
2. つくばイノベーションアリーナ推進におけるプロジェクトの企画、立案及び総合調整に関すること。
3. つくばイノベーションアリーナ推進に関する情報の収集、分析及び調査に関すること。
4. つくばイノベーションアリーナ推進に関する業務であって、他の所掌に属しないものに関すること。

連携調整チーム

(Collaboration Team)

(つくば西)

概要:

担当業務は次のとおりである。

1. つくばイノベーションアリーナ推進に関する外部機関との調整等の総括に関すること。
2. つくばイノベーションアリーナ推進に関する研究所の関係部署との調整に関すること。
3. TIA 連携棟見学視察対応。
4. 「科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業」(Nanotech CUPAL) の企画運営。

マーケティングチーム

(Marketing Team)

(つくば中央第1)

概要:

1. つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点の全般に係るマーケティング戦略の企画・立案・実行に関すること。
2. 魅力ある拠点形成のための各種施策の企画と実行

に関すること。

3. 共同研究体 TPEC の事務局業務。
4. TIA パワーエレクトロニクス MG と SG の事務局業務。
5. つくば応用超伝導コンステレーションズ (ASCOT) の事務局業務。

共用施設運営ユニット

(Open Research Platform Unit)

(つくば西、つくば中央第2)

概要：

担当業務は次のとおりである。

1. 共用施設ステーション (IBEC, SCR, MEMS) に係る制度整備、運用、総合調整。
2. イノベーション創出機器共用プラットフォーム (IBEC)、スーパークリーンルーム (SCR)、パワーエレクトロニクス拠点の運営。

共用施設ステーション

(Open Research Facilities Station)

(つくば中央第2他)

概要：

担当業務は次のとおりである。

1. 共用施設調整室ステーションに登録された施設、機器及び装置の利用（技術指導を含む。）に係る制度の整備及び運用並びに総合調整に関すること。
2. 共用施設調整室ステーションに登録された施設、機器及び装置を利用した依頼分析並びに研究用品の依頼試作及び工作に関すること。
3. 微細加工プラットフォーム事業の運営・実施。

スーパークリーンルームステーション

(Super Clean Room Station)

(つくば西)

概要：

担当業務は次のとおりである。

1. スーパークリーンルーム等を利用したデバイス等の設計、試作、評価及び実証に係る研究開発支援に関すること（産学官連携推進部イノベーション推進本部の所掌に属するものを除く）。
2. スーパークリーンルーム等を利用したデバイス等の設計、試作、評価及び実証に係る技術基盤の整備及び高度化に関すること。
3. スーパークリーンルーム等を利用したデバイス等に係る技術指導又は成果の普及に関すること（広報部企画本部の所掌に属するものを除く）。
4. スーパークリーンルームの運営に関すること。

パワーエレクトロニクスステーション

(Power Electronics Station)

(つくば西、つくば中央第2)

概要：

担当業務は次のとおりである。

1. つくばイノベーションアリーナ推進のうち、パワーエレクトロニクス拠点の運営に関すること。
2. つくばイノベーションアリーナ推進のうち、パワーエレクトロニクスに係るイノベーションの推進の支援に関すること。
3. パワーエレクトロニクスに係る人材の育成に関すること。

(2) 事業組織

「事業組織」のトップ（「事業所長」、「地域センター所長」）の下に、「研究業務推進部」又は「研究業務推進室」を配置するとともに、地域センターにおいては、所長の下に第4期から「産学官連携センター」に替わり「産学官連携推進室」を配置している。

【事業組織】

- ・ 東京本部
- ・ 北海道センター
- ・ 東北センター
- ・ つくばセンター（つくば中央第一事業所、つくば中央第二事業所、つくば中央第三事業所、つくば中央第四事業所（平成27年10月につくば中央第五事業所へ統合）、つくば中央第五事業所、つくば中央第六事業所、つくば中央第七事業所、つくば西事業所、つくば東事業所）
- ・ 臨海副都心センター
- ・ 中部センター
- ・ 関西センター
- ・ 中国センター
- ・ 四国センター
- ・ 九州センター
- ・ 福島再生可能エネルギー研究所

<凡 例>

地域拠点名（English Name）

所在地：住所

代表窓口：TEL：、FAX：

人 員：常勤職員数（研究職員数）

概 要：部門概要

機構図

（2016/3/31現在の役職者名）

1) 東京本部 (AIST Tokyo Headquarters)

所在地：〒100-8921 東京都千代田区霞が関1-3-1

代表窓口：TEL：03-5501-0900

人員：50名 (30名)

概要：

産業技術総合研究所は、それぞれの地理的な特長を生かした活動を行い効率的な運営を行っている。東京本部を行政との接点、情報収集、広報活動の拠点として産総研の機動的な活動に有効に活用するとともに、研究現場と隣接して配置され、産学官連携、国際、研究業務推進等の効率的な組織運営を行っているつくばセンターをはじめとする他の事業組織等とテレビ会議システムの活用等により、有機的・効率的連携を図っている。

機構図 (2016/3/31現在)

[東京本部] 事業所長 中村 吉明
└─ [企画本部]

2) つくばセンター (AIST Tsukuba)

所在地：〒305-8561 茨城県つくば市東1-1-1

人員：2,238名 (1,728名)

概要：

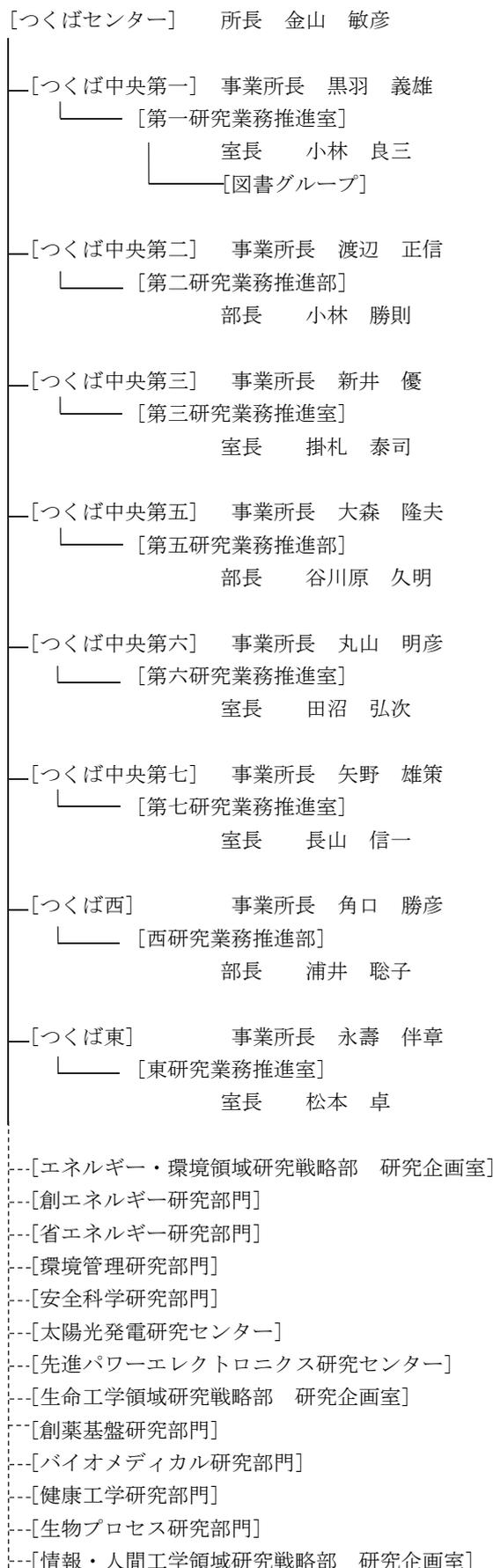
産総研つくばセンターは、産総研全体の研究機能の中核としておよそ70パーセントの研究者や施設が集積した大規模研究拠点である。つくばセンターでは、グリーン・イノベーションやライフ・イノベーションにかかわる幅広い研究分野をカバーするとともに、分野を融合したこれまでにない新しい研究成果を目指している。

さらに、基礎的・基盤的研究から実用に供されるような製品化の研究までを一貫して行い、我が国の産業技術を革新する「オープンイノベーションハブ」の役割を果たすことを目指している。

つくばセンターは、立地するつくば市や茨城県、さらには全国の大学・研究機関・民間企業とも密接な連携を進め、研究人材の供給や研究成果の移転を促進する役割を果たしている。地域の各種の取り組みにも積極的に参画し、共同研究の推進、技術相談や科学技術の普及活動を進めている。

また、つくばセンターは、つくば地域に展開する最大規模の研究の一つとして、地域の環境と安全への取り組みも行っている。

機構図 (2016/3/31現在)



- [情報技術研究部門]
- [人間情報研究部門]
- [知能システム研究部門]
- [自動車ヒューマンファクター研究センター]
- [ロボットイノベーション研究センター]
- [人工知能研究センター]
- [材料・化学領域研究戦略部 研究企画室]
- [機能化学研究部門]
- [化学プロセス研究部門]
- [ナノ材料研究部門]
- [触媒化学融合研究センター]
- [ナノチューブ実用化研究センター]
- [機能材料コンピュータシミュレーション研究センター]
- [エレクトロニクス・製造領域 研究企画室]
- [ナノエレクトロニクス研究部門]
- [電子光技術研究部門]
- [製造技術研究部門]
- [スピントロニクス研究センター]
- [フレキシブルエレクトロニクス研究センター]
- [先進コーティング技術研究センター]
- [集積マイクロシステム研究センター]
- [地質調査総合センター研究戦略部 研究企画室]
- [活断層・火山研究部門]
- [地圏資源環境研究部門]
- [地質情報研究部門]
- [計量標準総合センター研究戦略部 研究企画室]
- [工学計測標準研究部門]
- [物理計測標準研究部門]
- [物質計測標準研究部門]
- [分析計測標準研究部門]
- [企画本部]
- [コンプライアンス推進本部]
- [イノベーション推進本部]
 - [イノベーション推進企画部]
 - [技術マーケティング室]
 - [ベンチャー開発・技術移転センター]
 - [知的財産・標準化推進部]
 - [産学官・国際連携推進部]
 - [地域連携推進部]
- [環境安全本部]
 - [環境安全企画部]
 - [安全管理部]
 - [建設部]
 - [情報基盤部]
- [総務本部]
 - [人事部]
 - [経理部]
 - [業務推進支援部]
 - [ダイバーシティ推進室]

- [イノベーションスクール]
- [評価部]
- [監査室]

研究業務推進部室 (General Affairs Division/Office)

(つくば中央第一、つくば中央第二、つくば中央第三、つくば中央第五、つくば中央第六、つくば中央第七、つくば西、つくば東)

概要:

つくばセンターの各事業所研究業務推進部室は、研究支援業務、職員等の勤務及びサービス管理、物件の調達業務、施設及び設備等の管理等の業務、環境及び安全衛生の業務等を行っている。

これらの業務を迅速に行うことにより、効率的な組織運営を図っている。

図書グループ (Library Office)

つくば中央第七 (図書室: つくば中央第二、つくば中央第三、つくば中央第五、つくば中央第六、つくば中央第七、つくば西、つくば東)

概要:

研究活動を行うために不可欠な情報源である学術雑誌の収集・管理、文献情報の提供、各図書室の運営、各図書室からの図書情報の一元管理を行っている。

オンラインジャーナルによるサービスの提供、文献データベースの利用促進並びに所蔵データの整理・統一を推進している。

3) 福島再生可能エネルギー研究所
(Fukushima Renewable Energy Institute, AIST)

所在地: 〒963-0298 郡山市待池台2-2-9

代表窓口: TEL: 024-963-1805、FAX: 024-963-0824

人員: 49名 (37名)

概要:

福島再生可能エネルギー研究所は、東日本大震災復興基本法第3条に基づき制定された「東日本大震災からの復興の基本方針」および「福島復興再生基本方針」などを受けて、産総研が「再生可能エネルギー先駆けの地、福島」に設立することを決定した新たな研究拠点であり、福島県郡山市において平成26年4月1日に開所した。

福島再生可能エネルギー研究所は「世界に開かれた再生可能エネルギーの研究開発の推進」と「新しい産業の集積を通じた復興への貢献」をミッションとする、再生可能エネルギーに関する研究開発に特化した拠点である。研究実施ユニットとして再生可能エネルギー研究センターを擁し、再生可能エネルギーの大量導入

を支えるための、導入制約解消のためのシステム開発、一層のコスト低減、環境負荷低減や社会受容のための適切なデータ提供等の研究を実施する。また、当所の施設の一部を使用して文部科学省の「革新的エネルギー研究開発拠点形成事業」が実施されている。

連携活動として、当所の掲げるミッションの一つである「新しい産業の集積を通じた復興への貢献」の実現に向けて、平成25年度より「被災地企業のシーズ支援プログラム」を実施している。この事業は、東日本大震災により甚大な被害を受けた被災地（福島県、宮城県、岩手県）に所在する企業が開発した再生可能エネルギーに関連した技術やノウハウに対する技術支援を産総研が経費を負担して実施し、その成果の当該企業への移転を通じて、地域における新産業の創出を支援する事業である。平成27年度末までに累計63件の支援を実施した。平成28年度事業は平成28年1月に募集を行った（4月に採択課題決定予定）。平成26年度より、「再生可能エネルギー分野の産業人材育成事業」を実施し、地元の大学等から様々な制度で学生を受け入れ、最先端の設備や知見を活用した研究開発への参画を通じて、将来の再生可能エネルギー分野を担う産業人材の育成に取り組んでいる。平成27年度末までに、延べ131名の受入、育成を実施した。

その他の連携・広報活動として、開所一周年記念福島再生可能エネルギー研究所成果報告講演会（6月）、福島再生可能エネルギー研究所一般公開（8月）の開催、第10回再生可能エネルギー世界展示会（7月）、ふくしま復興・再生可能エネルギー産業フェア2015（10月）、エコプロダクツ2015（12月）への出展、等を実施した。地域の自治体、大学との連携においては、産総研として、平成24年2月に福島大学、同年11月に福島県郡山市、平成26年2月に東北大学、同年3月に福島県と東日本大震災からの復興再生を目的とした包括連携協定を締結した。また、福島再生可能エネルギー研究所として、平成27年2月に福島県内の4つの高等教育機関（会津大学、いわき明星大学、日本大学工学部、福島工業高等専門学校）と再生可能エネルギー分野の研究開発、人材育成の推進を目的として、連携・協力に関する協定を締結した。

平成27年10月に、大型パワーコンディショナ等の分散電源システムに関する研究開発及び試験評価用の「スマートシステム研究棟」（平成28年4月オープン予定）の利用に関する制度整備及び運用管理等に関する業務を行う「分散電源施設運営室」を設置した。

機構図（2016/3/31現在）

[福島再生可能エネルギー研究所]

所長：大和田野 芳郎
所長代理：坂西 欣也

上席イノベーションコーディネータ：近藤 道雄
イノベーションコーディネータ： 阪口 圭一

[産学官連携推進室]

室長：安田 進

[研究業務推進室]

室長：小林 昭彦
室長代理：山口 雄一
中澤 新吾

[分散電源施設運営室]

室長：(兼) 坂西 欣也
室長代理：庭野 和明

[再生可能エネルギー研究センター]

4) 臨海副都心センター

(AIST Tokyo Waterfront)

所在地：〒135-0064東京都江東区青海二丁目3番地26号
人員：99名（74名）

概要：

産業技術総合研究所臨海副都心センターは、文部科学省及び経済産業省の連携協力によって整備された国際研究交流大学村に、産学官連携の役割を担う研究拠点として、平成13年4月1日に設置された。当センターは国内外産学官各分野の一線級研究者による多様な研究に対応できるフレキシビリティの高い空間を設けている。

平成17年4月からは、産学官連携の研究拠点を拡張し、新たにバイオテクノロジーと情報工学の融合研究のための施設として、バイオ・IT 融合研究施設の運用を開始し、技術者等の人材育成から最先端の研究開発まで積極的な事業活動を展開している。

そして5つの研究ユニット（創薬分子プロファイリング研究センター、人工知能研究センター、創薬基盤研究部門、人間情報研究部門、情報技術研究部門）が、新産業の創出や市場拡大につながる独創的かつ先端的技術シーズの研究開発とともに国内外の研究者との交流や研究成果の情報交換を行っている。

当センターへは、平成27年度に内外の大学・企業・政府関係者等約1100名が視察に訪れており、国際的な産学官による研究交流拠点としての役割を果たしている。

平成27年度における外部機関と行った連携研究は、共同研究218件、受託研究42件である。

また、平成27年3月リニューアルしたライフ・テクノロジー・スタジオ、臨海副都心を平日に公開（来訪者約890名）するとともに、国際研究交流大学村を中

心に開催された、サイエンス・アゴラ2015の開催に合わせて臨海副都心センターの一般公開を実施するなどの広報活動を行っている。

機構図 (2016/3/31現在)

[臨海副都心センター]	所長 宇都 浩三
	所長代理 花田 康行
— [研究業務推進部]	
	部長 小野瀬 克信
— [産学官連携推進室]	
	室長(兼)花田 康行
--- [創薬分子プロファイリング研究センター]	
--- [人工知能研究センター]	
--- [創薬基盤研究部門]	
--- [人間情報研究部門]	
--- [情報技術研究部門]	

5) 北海道センター (AIST Hokkaido)

所在地：〒062-8517 札幌市豊平区月寒東2条17丁目2-1

代表窓口：TEL：011-857-8400、FAX：011-857-8900

サイト：札幌大通りサイト

(住所：〒060-0042 札幌市中央区大通西5丁目8

TEL：011-219-3359、FAX：011-219-3351)

人員：56名 (42名)

概要：

北海道センターは北海道の中核研究機関として、「バイオものづくり」をテーマにした戦略的研究拠点の構築とともに、新産業創出に資するための地域連携拠点の構築を目指している。

生物プロセス研究部門では、植物工場を活用した農工商連携、微生物による物質生産プラットフォームの開発などバイオテクノロジーを応用した研究を推進している。植物工場の研究では、既に実用化したイヌインターフェロン α 生産遺伝子組換えイチゴ果実を原薬とした動物用医薬品に続き、ヒト・動物用の医薬品を植物で効率的に生産させる研究を展開している。また、ヒト核内受容体を利用してさまざまな農水産素材や加工品の機能性を分析している他、低温に順応した極地の微生物を利用して寒冷地における排水処理を効率化する技術を企業と共同で開発するなど、地域の企業と協力しながら地域性のある課題を解決するための研究を進めている。

また、創エネルギー研究部門メタンハイドレートプロジェクトユニットは、メタンハイドレート資源の実用化を目指すナショナルプロジェクトの中心的な役割を担っている。

地域連携拠点の強化として、道内3国立大学法人、4高専、市立大、公設・独法研究機関、北海道経済産

業局、自治体、経済団体等21機関と協力して R&B パーク札幌大通サテライトを運営し、企業の技術開発・新事業創出のための各種相談に対するワンストップサービス、セミナー・交流会等の人的交流を促進する場の提供、新規ビジネスのためのファシリティ提供など、産業界、行政と産総研との連携強化を進めてきた。平成27年度のサテライトの利用者数は2,728人、技術相談の件数は242件であった。

北海道センター独自の活動として平成15年度より「バイオテクニシャン育成事業」を実施し、専門学校生を受け入れ、バイオ技術者としての人材育成支援を推進してきた。平成27年度は14名を受け入れ、これまでに総数54名のバイオテクニシャンを輩出している。

広報活動として、産総研北海道センター講演会(全4回)等の開催、ビジネス交流会等のイベント出展(全4件)、近隣住民を対象にした一般公開、中高生の職場体験、見学者(499名)の受入などを行った。

機構図 (2016/3/31現在)

[北海道センター]	所長 八木 康之
	所長代理 扇谷 悟
— [北海道センター産学官連携推進室]	
	室長 (兼)扇谷 悟
	産学官連携イノベーションコーディネータ
	(兼)扇谷 悟、太田 英順
	永石 博志、谷田 昌稔
	総括主幹 鈴木 正昭、中川 充
— [北海道センター研究業務推進室]	
	室長 坂本 修
--- [生物プロセス研究部門]	
--- [創エネルギー研究部門]	

6) 東北センター (AIST Tohoku)

所在地：〒983-8551 仙台市宮城野区苦竹4-2-1

代表窓口：TEL:022-237-5211、FAX：022-236-6839

(サイト) 仙台青葉サイト

〒980-0811 仙台市青葉区一番町4-7-17

TEL：022-726-6030、FAX：022-224-3425

人員：43名 (32名)

概要：

東北センターは、東北地域における研究拠点および連携拠点として、先端的な低環境負荷型化学ものづくりのイノベーションを目指すとともに、東北6県の公

設試験研究機関との連携を基軸にした広域連携のハブ機能としての役割を果たしている。

当センターには、化学プロセスイノベーションの推進、すなわち、材料・プロセスの機能化による化学ものづくりへの貢献を目指す「化学プロセス研究部門」が置かれている。当研究部門の研究成果を基に、ものづくり産業におけるエネルギー多消費型化学プロセスから省エネルギー・省資源・低環境負荷型化学プロセスへの革新的転換を目指した技術開発と、実用化及び新しい産業創出を目的として企業会員41社が参加する「グリーンプロセスイノベーションコンソーシアム（GIC）」では、研修セミナーを開催するなど研究情報の交流促進に努めている。その結果、平成27年度は会員企業との共同研究を13件実施し、研究ユニットのシーズを核とした連携強化が図られている。また、当研究部門が独自開発した粘土膜系新素材「クレースト®」の実用化に向けた取り組みを促進するコンソーシアム「Clayteam」では、企業会員50社のうち10件の共同受託研究により具体的な製品づくりを積極的に進めている。

高温高圧実験室、防塵室、除振室を備えた東北産学官連携研究棟（とうほく OSL）では、平成27年度末で、25実験・研究室が使用され、東北地域における新たな産業技術創生のための研究開発が行われている。

主な成果普及活動として、地域の方々に産総研の研究活動への理解を深めていただくことを目的に、8月に産総研東北センター一般公開を開催し、473名の来場があった。また、7月に学都「仙台・宮城」サイエンス・デイ2015に共催・出展した。12月には産学官連携フェア2015みやぎを経済団体等と共催し、研究成果の紹介や技術相談を通して成果普及に努めた。12月に行ったテクノブリッジフェア in 東北では16社と個別・集団面談を行うと共に、合計52機関を招待し、オール産総研の技術紹介を東北並びに全国の企業等に紹介した。7件の新たな面談、分科会発足、FS連携提案に発展した。

市内に連携オフィスとして設置している仙台青葉サイトでは、産技連東北地域部会事務局、東北航空宇宙産業研究会事務局、東北再生可能エネルギー研究会事務局として、公設試験研究機関・大学・企業との連携業務の中核として活動している。産総研全体の新しい研究成果を東北地域産業界に発信する「産総研・新技術セミナー」を公設試と共催で隔月開催した。また、連携担当が工業会に多数のキー技術を簡潔に伝える「広域コラボ47」セミナーをいわきで開催した。さらに積極的な企業訪問を行う「東北コラボ100」を東北6県の公設試験研究機関の協力のもとに行った。東北経済産業局と共催で東北6県の金融機関15行と意見交換会を行うなど、産学官金連携活動を強化した。

業務報告データ：

○刊行物

名称 (Vol. No.)	刊行区分	発行部数
産総研東北 Newsletter No.42	不定期	900部/回

○主な行事（主催・共催・協賛）

開催年月日	名称
27.5.12	H27総会および第21回 Clayteam セミナー
27.5.27	GIC 平成27年度総会及び第42回セミナー
27.6.22	平成27年度 産業技術連携推進会議 東北地域部会 幹事会・総会・春季合同分科会
27.7.14	第45回産総研・新技術セミナー
27.7.17	Clayteam アカデミックシンポジウム
27.7.19	学都「仙台・宮城」サイエンス・デイ2015
27.8.08	産総研東北センター一般公開
27.9.06	学都「仙台・宮城」サイエンス・デイ in 気仙沼
27.9.07	GIC 第43回研修セミナー
27.9.07	産技連 東北航空宇宙産業研究会総会および第1回東北航空宇宙産業広域連携フォーラム2015
27.9.10	第1回東北6県合同 IC 会議
27.9.16	第46回産総研・新技術セミナー
27.9.11	第22回 Clayteam セミナー
27.10.23~10.24	おおさき産業フェア2015
27.10.28	ものづくり産業パートナーフォーラム in ひろさき
27.11.04	第47回産総研・新技術セミナー
27.11.06	産技連 プラスチック成形加工技術研究会総会・講演会
27.11.09~11.10	平成27年度 日本セラミックス協会 資源・環境関連材料部会見学会
27.11.11	第23回 Clayteam セミナー
27.11.27	GIC 第44回研修セミナー
27.12.07	テクノブリッジフェア in 東北
27.12.09	産学官連携フェア2015みやぎ
27.12.17	第3回広域コラボ47
27.12.21	第48回産総研・新技術セミナー
28.1.19	東北再生可能エネルギー研究会 平成27年度総会・講演会
28.2.2	東北地域金融機関との意見交換会
28.2.05	産技連 東北航空宇宙産業研究会総会および第2回東北航空宇宙産業広域連携フォーラム2015

28.2.16	第49回産総研・新技術セミナー
28.2.18	第24回 Clayteam セミナー
28.2.22	平成27年度 東北大学ー産総研連絡協議会
28.2.24	GIC 平成27年度報告総会／第45回研修セミナー
28.3.24	第2回東北6県合同 IC 会議

 機構図 (2016/3/31現在)

所 長：松田 宏雄
 所長代理：南條 弘
 上席イノベーションコーディネータ：伊藤 努
 イノベーションコーディネータ：
 (兼) 南條 弘 橋本 等

 [東北センター産学官連携推進室]
 室 長：(兼) 南條 弘

 [東北センター研究業務推進室]
 室 長：佐藤 学

 [化学プロセス研究部門]

7) 中部センター (AIST Chubu)

 所在地：〒463-8560
 名古屋市守山区大字下志段味字穴ヶ洞2266-98
 代表窓口：TEL:052-736-7000、FAX:052-736-7400
 サイト：名古屋駅前サイト：
 〒450-0002名古屋市守山区中村区名駅4丁目4-38
 TEL：052-583-6454
 人 員：140名 (117名)
 概 要：

産業技術総合研究所中部センターは、ものづくり産業が高度に集積した中部地域において、機能部材技術を核とした「材料系ものづくりの総合的な研究拠点化」を目指しており、材料・化学領域に属する無機機能材料研究部門及び構造材料研究部門が、材料・プロセス・計測評価技術に関わる高度な研究を展開している。また、中部地域の産業界、大学、公設試や行政機関との緊密な連携により、広範な産業・社会ニーズに応える連携拠点として活動している。特に、中部センターだけでなく全産総研が有する革新的な技術シーズを、中部地域を中心とした企業による事業化に繋ぐ「橋渡し」の役割を果たしている。平成27年度に実施した主な研究成果発信、産学官連携等の活動を以下に示す。
 ①研究成果発信：中部センター所属の2研究ユニットと合同で中部センター研究発表会・オープンラボ及び

中部センター研究講演会を開催し、研究発表会では27件の研究発表、オープンラボでは12件の研究現場紹介、研究講演会では5件の研究講演を行った。研究発表会・オープンラボには延べ人数で326名の参加者、研究講演会には98名の参加者があり、中部センターの研究活動と成果をアピールした。また「TECH Biz EXPO 2015」(来場者18,775名)において、他地域センターならびに中部地域の3公設試と合同で、成果等の展示を行った。北陸地域でのシーズ発信活動として金沢市で技術普及講演会(参加者99名)を開催した。産総研の技術シーズを発信する技術シーズ発表会を、定期的実施した。その他、本年度の延べ見学者数は293名に達している。

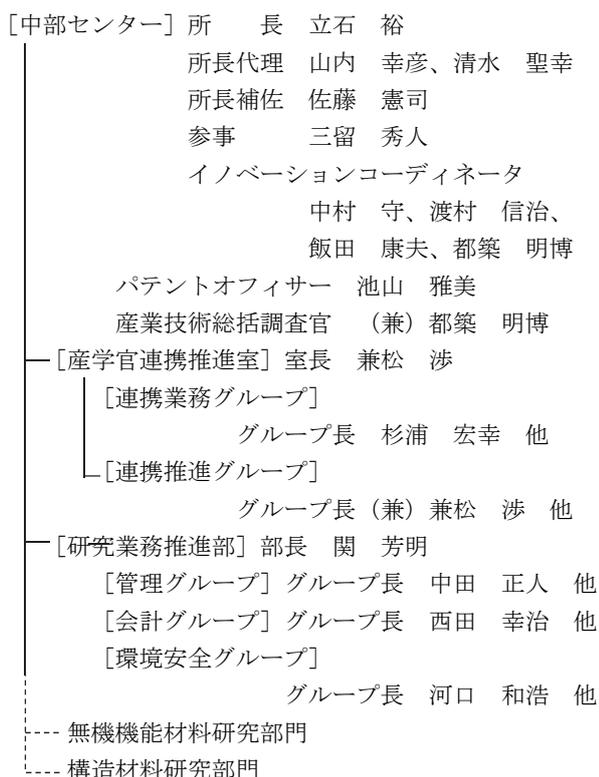
②知的財産権取得状況：知的財産権の取得を積極的に推進し、国内特許53件、外国特許21件を出願した。技術相談件数は928件あった。

③連携拠点、連携活動：連携・協力提携協定を締結している名古屋大学および名古屋工業大学それぞれと連携協議会を開催すると共に、連携強化のため技術交流会や共同研究構築のためのFS調査研究を実施した。特に名古屋大学とは、対象となる領域を拡大し、全産総研の事業として実施した。中部地域の公設試験研究機関とは、産業技術連携推進会議東海・北陸地域部会の活動を通じ、産総研を中核とした連携を構築するための活動を展開した。特に、6公設試の職員(OBを含む)を産総研イノベーションコーディネータに委嘱し、地域企業との連携の強化に努めた。産業界をはじめとする外部機関との連携も積極的に展開し、共同研究189件、受託研究23件を行った。平成22年度から愛知県が開始した「知の拠点あいち」重点研究プロジェクトに21名の研究者が参加し、2プロジェクトに取り組んだ。また、国家プロジェクトに関して、戦略的基盤技術高度化支援事業3テーマ、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)3テーマ、エネルギー使用合理化国際標準化推進事業1テーマなどに参加した。

中部地域の産学官連携に携わる7機関(現在は8機関)が活動拠点を共同で運営し、当地域のイノベーション創出基盤を強化することを目的として設置した「名古屋駅前イノベーションハブ」を活用し、ワンストップサービスが可能な企業向けの技術相談事業を実施するとともに、各種イベントを開催した。

④人材育成等：連携大学院の拡充強化に努め、9大学(名古屋工業大学、岐阜大学、大同大学、名城大学、中部大学、愛知工業大学、長岡技術科学大学、上智大学、北海道大学)に14名が就任している。また、地域住民へのアウトリーチ活動として、8月に一般公開を開催した(参加者2,359名)。

機構図 (2016/3/31現在)



8) 関西センター (AIST Kansai)

所在地：〒563-8577 大阪府池田市緑丘1-8-31
 代表窓口：TEL：072-751-9601、FAX：072-754-1939
 サイト：
 尼崎支所：〒661-0974 兵庫県尼崎市若王寺3-11-46
 TEL：06-6494-7854 (2016/3/31閉鎖)
 人 員：154名 (127名)
 概 要：

産業技術総合研究所関西センターは、旧大阪工業技術研究所、旧電子技術総合研究所大阪ライフエレクトロニクス研究センター、旧計量研究所大阪計測システムセンター、旧地質調査所大阪地域地質センターの4所を母体としている。

現在、当センターには、5研究部門・1研究センター（電池技術研究部門、バイオメディカル研究部門、健康工学研究部門、情報技術研究部門、無機機能材料研究部門、先進パワーエレクトロニクス研究センター）が置かれている。

関西センターは、持続的発展可能な社会の実現、産業競争力の強化、地域産業の発展への貢献を目指し、健康な暮らしを支える技術、豊かな暮らしを創る技術、安心・安全な暮らしを守る技術の生活に密着する研究開発を推進している。

関西地域は、産業界とアカデミアが集積し産学官連携が組みやすい構造にある。この特徴を活かし、産総

研の研究ポテンシャルを地域産業の振興に役立たせる連携活動も積極的に展開している。

近畿経済産業局をはじめ、企業、大学、公的研究機関、自治体、企業団体や研究開発支援団体などとの交流・連携を深めている。

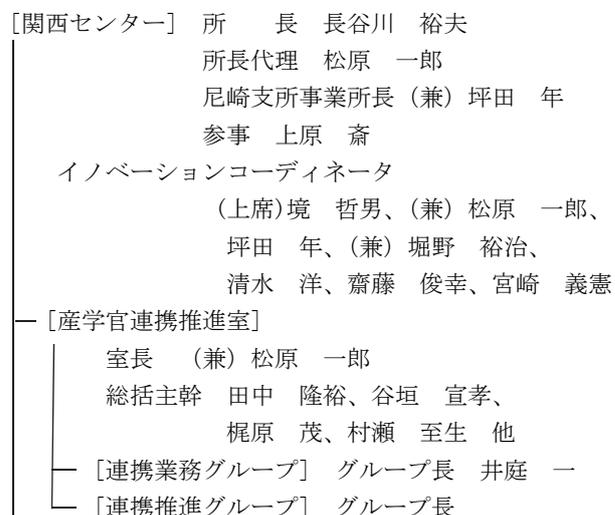
産総研の研究活動を紹介するため、「AIST 関西懇話会」、「オープンラボ関西」（池田市）、「第1回電池技術研究部門フォーラム：社会と暮らしを支える電池・燃料電池技術」（大阪市）、「先進パワーエレクトロニクスシンポジウム：注目される次世代技術の現状と今後の展望」（大阪市）、「ガラス先端加工に関するシンポジウム：新たな製品設計のためのガラスの高機能化と先端加工」（大阪市）、「産総研-大阪市工研連携協定締結記念シンポジウム」（池田市）、「次世代ナノテクフォーラム」（豊中市）、「分子複合医薬研究会」（池田市）等を開催した。

連携業務の平成27年度実績（共同研究218件、技術研修102件、受託研究34件、国内特許出願（単願35件、共願36件）、外国特許出願（単願37件、共願34件））には活発な産学官連携の実態が表われている。

また、科学技術の啓蒙普及を主眼に開催した研究所公開（池田9月12日：494名）、サイエンスカフェ（1回：19名）、全国の科学館や地方自治体等の要請による科学教室を実施した（47回：6586名）。毎回多数の参加者を得ており関西センターに寄せられている期待は大きい。

情報技術研究部門と協力して組込みシステム産業との連携活動を進めている。人材高度化プログラムである「組込み適塾」（関西、中部、東北から延べ103名の技術者が受講）、国内各地域の組込み関連団体との連携強化を図る「全国組込み産業フォーラム」、製品開発の現場で技術展示を行う「出張展示会」などを組込みシステム産業振興機構と開催した。

機構図 (2016/3/31現在)



(兼) 齋藤 俊幸

- [関西センター研究業務推進部] 部長 芝原 徹
- [管理グループ] グループ長 乾 直樹
- [会計グループ] グループ長 平松 宏之
- [環境安全グループ] グループ長 稲田 正利

- [電池技術研究部門]
- [バイオメディカル研究部門]
- [健康工学研究部門]
- [情報技術研究部門]
- [無機機能材料研究部門]
- [先進パワーエレクトロニクス研究センター]

9) 中国センター (AIST Chugoku)

所在地：〒739-0046 広島県東広島市鏡山3-11-32
 代表窓口：TEL：082-420-8230、FAX：082-423-7820
 人員：28名 (20名)
 概要：

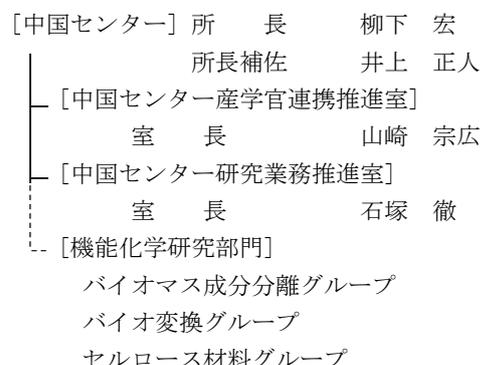
産業技術総合研究所中国センターは、中国地域における中核的な研究拠点として活動を展開しており、機能化学研究部門では木質バイオマス等の再生可能資源から高効率かつ低環境負荷で各種の基礎・機能性化学品を製造し、高度利用するための基盤技術開発を進めている。また産総研の中国地域におけるイノベーションハブとして、企業の技術相談・支援に注力するとともに、大学、公設試との連携を推進している。

機能化学研究部門では、木質等の植物系バイオマスからの機能性化学品製造において、その収率に大きく影響するセルロース、ヘミセルロース、リグニンの主要3成分の高効率分離技術の研究開発、リグニンから機能化学品への変換技術の研究開発、植物系バイオマスに適した糖化酵素による安価で効率的な糖類の生産技術、これら糖類を用いた発酵による機能化学品の生産に適した宿主微生物の研究開発を行っている。また、植物系バイオマスの主要成分であるセルロースをターゲットとして、物理的・化学的手法により、ナノセルロースやバイオマスファイバーを製造し、その高い強度等のポテンシャルを生かして、樹脂複合材料や高性能材料の研究開発を行っている。さらに、ナノセルロースを高度利用するための特性評価技術の開発にも取り組んでいる。

中国センター産学官連携推進室は、地域企業の技術課題と産総研の研究成果のマッチングの強化等を目的に創設した産総研中国センター友の会(産友会)の活動として、会員企業訪問、メルマガ発信等を継続して行っている。また、産総研中国センターシンポジウム、産業技術連携推進会議中国地域部会、中国地域産総研技術セミナー、中国四国地域公設試験研究機関研究者

合同研修会等を開催した。平成27年度には、地域の中小企業、公設試験研究機関、知能システム研究部門との連携による産総研戦略予算「中小企業支援のためのランダムピッキングロボットシステムの開発」を継続してコーディネートしている。

機構図 (2016/3/31現在)



10) 四国センター (AIST Shikoku)

所在地：〒761-0395 香川県高松市林町2217番地14号
 代表窓口：TEL(087)869-3511、FAX(087)869-3553
 人員：33名 (23名)
 概要：

産業技術総合研究所四国センターは、'94.7月に香川県が技術・情報・文化の複合拠点として旧高松空港跡地に整備した「香川インテリジェントパーク」内に立地し、「研究拠点」として健康工学研究部門の研究成果や技術を活用した「健康関連産業の創生」に取り組むとともに、「連携拠点」として全産総研のポテンシャルを活用したものづくり基盤技術力の向上および先端技術の導入による「ものづくり産業の競争力強化」に取り組んでいる。

健康工学研究部門は「人間の健康状態を計測・評価し、その活動を支援するため、先端的なバイオ技術と材料システム開発技術を融合し、健康な生活の実現に寄与する技術を確立する」ことをミッションとし、四国センターでは特に、1)バイオマーカーの機能解析・同定とその検知デバイス技術開発、2)健康リスク計測・評価とリスクモニタリング技術の開発を戦略課題として、境界型糖尿病マーカー、酸化ストレスマーカー、炎症性糖脂質マーカーなどの探索と疾患予知診断のためのバイオデバイス開発、および感染症の超早期診断機器の開発などに取り組んでいる。

四国地域の企業を中心に組織化した「四国工業研究会」への研究成果の発信や普及、イノベーションコーディネータを中心とした個別企業との対話や技術相談、テクノブリッジ in 四国の開催等、四国地域における工業技術の振興、産業の発展を目指した活動を実施し

た。また、公設試職員に産総研 IC を委嘱して公設試との連携を強化し、さらに4月には香川県と産総研との包括協定を締結して、共同で産業振興に取り組む体制とした。

「四国地域イノベーション創出協議会」の副事務局として、産総研と経済局・自治体との情報共有を主とした連絡会議の開催に加え、産業支援機関などの支援ツールを活用することで企業の多様なニーズに応える活動を実施、特に近年注目の集まっている燃料電池をはじめとした電池技術に関する幅広いテーマを扱った「未来エネルギーセミナー」を開催した。また“四国産業技術大賞・革新技術賞”として、技術開発成果が特に優秀であった四国内企業1社の表彰を実施した。

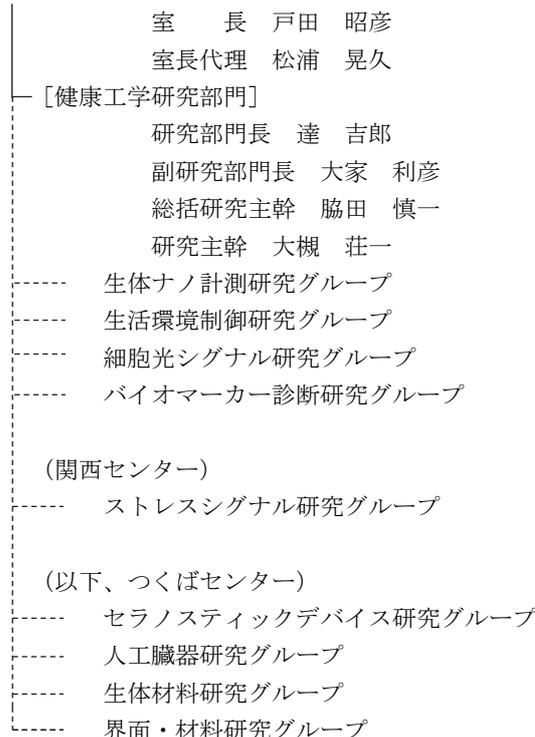
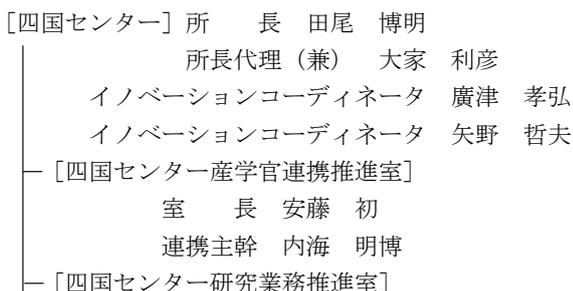
「産業技術連携推進会議四国地域部会食品分析フォーラム分科会」は、今年度時点で21の公設試を含む30会員で構成されている。本分科会は、地域特産食品の機能性成分の分析法を標準化し、食品商品への機能性成分量表示を図り、我が国の地域食品関連産業の振興を期することを目的としている。今年度は、フォーラム標準化1件を達成し、さらに室間共同分析1件を実施した。

11月には、組織や県の枠を越えて、四国内の大学、国研、公設試、高専、企業、産業支援機関などの研究・開発に携わる人々が一堂に会し、「健康・介護」と「食」を中心とする多様な技術シーズを学ぶとともに、今後の交流のための人的ネットワークを形成することを旨とした、「四国オープンイノベーションワークショップ」を開催した。

1月には、四国4県の特徴ある食品等の機能を活かした産業を創出するため、産総研と四国の公設試の連携を強化するとともに、それぞれが保有する研究開発資源の共有・活用を促進することを目的として、産業技術連携推進会議 四国地域部会 食品健康産業分科会内に「食品機能性評価技術研究会」を設置した。

その他、産業界向けの講演会として、四国4県の公設試や産業支援機関の協力のもと「新技術セミナー」を計3回開催した。また、青少年に科学技術のおもしろさを体験する機会を提供し、理解増進を図ることを目的に一般公開を開催、約230名の参加があった。

機構図 (2016/3/31現在)



11) 九州センター (AIST Kyushu)

所在地：〒841-0052 佐賀県鳥栖市宿町807-1
代表窓口：TEL：0942-81-3600、FAX：0942-81-3690
福岡支社：〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東
2-13-24 (財)九州産業技術センター内 2F
TEL：092-292-5051、FAX：092-292-5998

人 員：38名 (26名)

概 要：

産業技術総合研究所九州センターは、九州地域におけるオール産総研の窓口として、「研究拠点」と「連携拠点」の二つの機能を活かすための研究開発に取り組んでいる。

「研究拠点」としては、「製造技術研究部門」を設置し、生産システムの高度化や維持管理のためのセンシングシステム、センサネットワーク技術、データ利用技術開発の推進している。また、「太陽光発電研究センター」を設置し、世界で例を見ない30種類以上の太陽電池の屋外暴露施設の運営により、実環境性能や長期信頼性評価技術の開発を推進している。

「連携拠点」としては、「九州産学官連携推進室」を設置し、関係機関と連携して行う事業では、産技連九州・沖縄地域部会等が一体となって地域企業等へ技術情報提供、情報交換等を行う交流の場として「平成27年度九州・沖縄 産業技術オープンデー」を鳥栖市にて12月に開催し、企業から多数の参加者を得た(来場者：318名)。また、九州経済産業局、中小機構九州本部、九州産業技術センターおよび九州ニュービジネス協議会との5者共同主催による「産学官交流

研究会「博多セミナー」を中小機構九州本部において原則毎月第一金曜日に開催し、産学官の出会いと交流・相談の場を提供した（参加者：延べ1,047名）。

研究成果の橋渡し加速のための企業との連携拡大の場として、「産総研テクノブリッジフェア in 九州」を1月に、10社の企業を招待して開催した。ここでは産総研の成果展示、ラボツアーならびに理事長との面談会を開催した。これにあわせて、理事長と九州各県の公設試所長との意見交換会も行った。

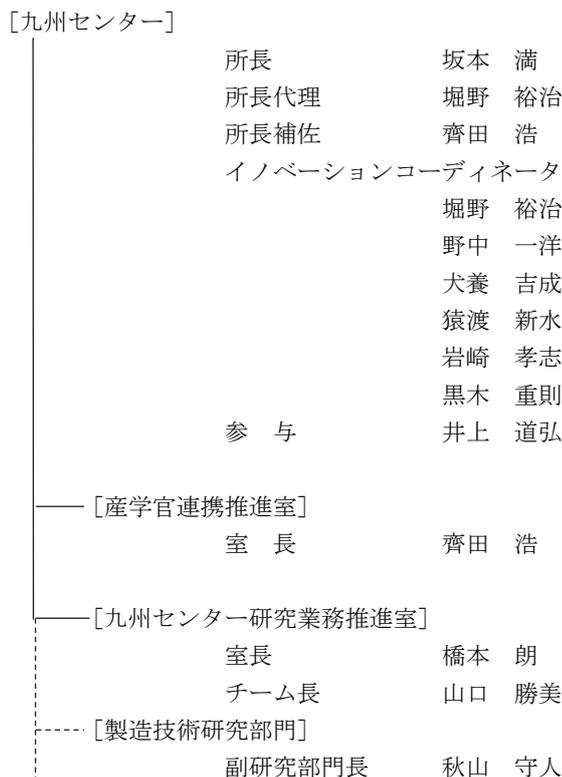
自治体、大学との連携では、佐賀県と平成24年5月に締結した連携・協力に関する協定に基づき、県内中小企業を中心に「御用聞き型企业訪問」を実施した。九州工業大学および北九州市とは、平成24年2月に締結した連携・協力に関する協定に基づく連携事業として、環境エレクトロニクスの研究を推進するとともに、10月の「北九州学術研究都市第15回産学連携フェア」において合同セミナー「ミニマルファブ構想と開発状況」を開催（参加者：54名）した。

地域において産総研に対する理解を深めてもらうことを目的とした「産総研九州センター 一般公開」をと8月に開催した（来場者：745名）。

また、産総研コンソーシアムである「計測・診断システム研究協議会（5研究会、会員数102）」を運営しており、開発会議や講演会（13回、参加者：延べ617名）を開催した。（注：他の研究会、学会等との共催開催を含む）

----- [太陽電池モジュール信頼性評価センター]
副センター長 増田 淳

機構図（2016/3/31現在）



産業技術総合研究所

◆図書蔵書数

蔵書

平成27年度末

センター・事業所	区分	単行本				蔵書数 (冊)	雑誌				製本冊数 (冊)	蔵書数 (冊)
		27年度受入数(冊)					27年度受入数(冊)					
		購入	寄贈	除籍・移動	計		購入	寄贈	除籍・移動	計		
北海道センター	外国	0	0	△ 21	△ 21	567	0	9	0	9	0	339
	国内	0	208	0	208	1,744	0	75	0	75	50	3,027
	計	0	208	△ 21	187	2,311	0	84	0	84	50	3,366
東北センター	外国	0	5	0	5	321	6	0	0	6	6	195
	国内	0	59	0	59	1,203	0	0	0	0	0	26
	計	0	64	0	64	1,524	6	0	0	6	6	221
つくばセンター 第2事業所	外国	0	0	0	0	71	0	0	0	0	0	0
	国内	2	1	△ 56	△ 53	371	0	0	0	0	0	0
	計	2	1	△ 56	△ 53	442	0	0	0	0	0	0
第3事業所	外国	0	481	0	481	1,022	0	66	0	66	66	431
	国内	0	23	0	23	210	0	0	0	0	0	74
	計	0	504	0	504	1,232	0	66	0	66	66	505
第5事業所	外国	0	0	0	0	168	0	0	0	0	0	0
	国内	1	3	0	4	809	0	0	0	0	0	0
	計	1	3	0	4	977	0	0	0	0	0	0
第6事業所	外国	0	0	0	0	149	0	16	△ 4	12	37	15,582
	国内	1	0	0	1	575	0	0	0	0	1	2,119
	計	1	0	0	1	724	0	16	△ 4	12	38	17,701
第7事業所	外国	107	1,272	△ 669	710	82,426	212	213	△ 44	381	1,163	145,183
	国内	160	1,518	△ 1,182	496	69,600	236	80	△ 17	299	432	41,812
	計	267	2,790	△ 1,851	1,206	152,026	448	293	△ 61	680	1,595	186,995
東事業所	外国	204	90	△ 8	286	17,710	62	14	△ 461	△ 385	74	37,219
	国内	0	170	△ 1	169	14,475	56	6	△ 105	△ 43	95	9,960
	計	204	260	△ 9	455	32,185	118	20	△ 566	△ 428	169	47,179
西事業所	外国	5	77	0	82	8,671	34	1	0	35	34	23,229
	国内	11	220	0	231	10,766	98	16	0	114	90	11,248
	計	16	297	0	313	19,437	132	17	0	149	124	34,477
中部センター	外国	6	10	0	16	7,299	0	0	0	0	0	44,507
	国内	0	91	0	91	9,864	21	16	0	37	37	12,109
	計	6	101	0	107	17,163	21	16	0	37	37	56,616
関西センター	外国	11	183	0	194	11,329	0	101	△ 23	78	101	26,135
	国内	0	291	0	291	8,992	11	106		117	113	6,855
	計	11	474	0	485	20,321	11	207	△ 23	195	214	32,990
中国センター	外国	0	9	0	9	1,508	1	0	0	1	1	5,825
	国内	0	51	0	51	3,786	13	6	0	19	18	3,051
	計	0	60	0	60	5,294	14	6	0	20	19	8,876
四国センター	外国	0	3	0	3	1,565	0	5	0	5	5	6,609
	国内	0	28	0	28	3,757	0	0	0	0	0	2,663
	計	0	31	0	31	5,322	0	5	0	5	5	9,272
九州センター	外国	0	9	△ 16	△ 7	2,181	0	0	△ 39	△ 39	0	15,004
	国内	0	28	△ 216	△ 188	5,072	0	0	△ 57	△ 57	0	7,267
	計	0	37	△ 232	△ 195	7,253	0	0	△ 96	△ 96	0	22,271
産総研 合計	外国	333	2,139	△ 714	1,758	134,987	315	425	△ 571	169	1,487	320,258
	国内	175	2,691	△ 1,455	1,411	131,224	435	305	△ 179	561	836	100,211
	計	508	4,830	△ 2,169	3,169	266,211	750	730	△ 750	730	2,323	420,469

※産業技術総合研究所全センターで利用可能な電子ジャーナルタイトルは約3,300、電子ブックは約27,900

※平成24年度よりつくばセンター内の第2、第3、第5、第6の単行本は第7、製本雑誌は第7及び第6書庫に集約

Ⅲ. 資 料

Ⅲ. 資 料

従来の工業技術院年報で大部分を占めていた研究発表、特許登録などのデータは、産業技術総合研究所年報からは、研究ユニット別の成果等にて記載している。これらのデータは、産業技術総合研究所公式ホームページ (<http://www.aist.go.jp/>) データベースにて提供されている。

資料

1. 研究発表

ユニット名	誌上发表	口頭発表	著書・刊行物・調査報告	地球科学情報	計量技術情報・工業標準化	ソフトウェア	データベース	イベント出展	プレス発表	合計
フェロー		9								9
理事	3	2								5
エネルギー・環境領域研究戦略部	7	8	1					3		19
創エネルギー研究部門	102	178	6					9		295
電池技術研究部門	67	177	8					9		261
省エネルギー研究部門	145	292	10		2			9	2	460
環境管理研究部門	103	321	7		1	1		18	1	452
安全科学研究部門	112	195	16					6	1	330
太陽光発電研究センター	92	183	10					3	2	290
再生可能エネルギー研究センター	96	197	9	1				6		309
先進パワーエレクトロニクス研究センター	71	126						1		198
生命工学領域研究戦略部	2	5	1							8
創薬基盤研究部門	116	212	4					10	5	347
バイオメディカル研究部門	186	360	18					29	5	598
健康工学研究部門	124	296	16		2			8		446
生物プロセス研究部門	117	297	11		1			13	5	444
創薬分子プロファイリング研究センター	51	55					1	1	2	110
情報・人間工学領域研究戦略部		7								7
情報技術研究部門	141	206	5					3	1	356
人間情報研究部門	260	372	21		4			26		683
知能システム研究部門	114	211	6		1			13		345
自動車ヒューマンファクター研究センター	35	86	28					6		155
ロボットイノベーション研究センター	36	70	1					12	2	121
人工知能研究センター	78	110	2					10		200
材料・化学領域研究戦略部	3									3
機能化学研究部門	88	265	9		4			16	3	385
化学プロセス研究部門	63	244	20					10	3	340
ナノ材料研究部門	118	313	3		4			11	5	454
無機機能材料研究部門	111	329	6					12	1	459
構造材料研究部門	92	235	18		1			22	2	370
触媒化学融合研究センター	53	125	1					1	2	182
ナノチューブ実用化研究センター	25	85						5	3	118
機能材料コンピュータショナルデザイン研究センター	33	103	2					2		140
エレクトロニクス・製造領域研究戦略部	1									1
ナノエレクトロニクス研究部門	224	326	3					3	2	558
電子光技術研究部門	236	392	11					41	4	684
製造技術研究部門	121	239	9			1		31	1	402
スピントロニクス研究センター	35	102						1	3	141
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	73	145	6		1			12	7	244
先進コーティング技術研究センター	14	78	3					3		98
集積マイクロシステム研究センター	67	89	5					7	1	169
地質調査総合センター研究戦略部	3	10						9		22
活断層・火山研究部門	99	256	50	19			1	25	2	452
地圏資源環境研究部門	104	213	32	15		3		7	1	375
地質情報研究部門	112	338	16	74				19		559
地質情報基盤センター	1	4	1	11				18		35
計量標準総合センター研究戦略部	4	1	7					1		13
工学計測標準研究部門	67	93	3		41			13	1	218
物理計測標準研究部門	132	195	2		33			5	5	372
物質計測標準研究部門	87	244	23		54			3	1	412
分析計測標準研究部門	89	270	3		6			12	1	381
計量標準普及センター	1	4			2			5		12
コンプライアンス推進本部	2									2
評価部	7	5	1							13
企画本部	2	1						5		8
イノベーション推進本部	3	3								6
つくばセンター		1								1

産業技術総合研究所

ユニット名	誌上 発表	口頭 発表	著書・ 刊行 物・調 査報告	地球科 学情報	計量技 術情 報・工 業標準 化	ソフト ウェア	データ ベース	イベン ト出展	プレス 発表	合計
福島再生可能エネルギー研究所		3								3
東北センター	1									1
中部センター	4	2	2							8
関西センター	5	9								14
四国センター	2	2	1		3					8
合計	4,140	8,699	417	120	160	5	2	494	74	14,111

資 料

2. 兼 業

平成27年度兼業一覧

所属/依頼元	高等教育機関	公的機関	公益法人	民間企業等	総計
太陽光発電研究センター	2	2	3		7
再生可能エネルギー研究センター	5	2	4	2	13
先進パワーエレクトロニクス研究センター			1	1	2
創薬分子プロファイリング研究センター	2	1	2	1(1)	7(1)
自動車ヒューマンファクター研究センター	5		9	5(2)	19(2)
ロボットイノベーション研究センター	8		3		11
人工知能研究センター	5	2	4	1	12
触媒化学融合研究センター	6	2	5		13
ナノチューブ応用研究センター	1		1		2
機能材料コンピュータシミュレーションデザイン研究センター	3		1		4
磁性粉末冶金研究センター				1	1
スピントロニクス研究センター		2	1		3
フレキシブルエレクトロニクス研究センター				(2)	(2)
先進コーティング技術研究センター	1	1	4		6
集積マイクロシステム研究センター	2				2
創エネルギー研究部門	6	1	22	4	33
電池技術研究部門	1	4	12	1	18
省エネルギー研究部門	6	1	16	7	30
環境管理研究部門	7	10	42	1	60
安全科学研究部門	14	15	24	25(2)	78(2)
創薬基盤研究部門	13	2	16	9(2)	40(2)
バイオメディカル研究部門	34	7	29	4(1)	74(1)
健康工学研究部門	14	3	17	6(3)	40(3)
生物プロセス研究部門	12	4	7	2	25
情報技術研究部門	8	2	14	5	29
人間情報研究部門	37	11	34	14(8)	96(8)
知能システム研究部門	38	4	15	9(5)	66(5)
機能化学研究部門	12		5	1	18
化学プロセス研究部門	1		7	1	9
ナノ材料研究部門	4	2	4	1	11
無機機能材料研究部門	9	2	5	(1)	17(1)
構造材料研究部門	5		2		7
ナノエレクトロニクス研究部門	5	2	10	3	20
電子光技術研究部門	4	3	16	(2)	25(2)
製造技術研究部門	15	5	6	9	35
活断層・火山研究部門	6	4	5		15
地圏資源環境研究部門	6	4	6		16
地質情報研究部門	6	2	7	(2)	17(2)
地質情報基盤センター	3				3
工学計測標準研究部門	4	1	4		9
物理計測標準研究部門	8	3	4	2	17
物質計測標準研究部門	3		4		7
分析計測標準研究部門	4	2	10	(3)	19(3)
計量標準普及センター	1	1	1		3
地域センター	4	7	18	3	32
本部組織・事業組織・その他	22	33	39	7(2)	101(2)
総計	352	147	439	136(36)	1074(36)

() 内は役員兼業の数を示している

3. 中長期目標

I. 政策体系における法人の位置付け及び役割（ミッション）

1. 政策体系における産総研の位置付け

国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下「産総研」という。）は、鉱工業の科学技術に関する研究開発等の業務を総合的に行う国立研究開発法人として、経済産業省がその所掌事務である「民間における技術の開発に係る環境の整備に関すること」、「鉱工業の科学技術の進歩及び改良並びにこれらに関する事業の発達、改善及び調整に関すること」、「地質の調査及びこれに関連する業務を行うこと」、「計量の標準の整備及び適正な計量の実施の確保に関すること」を遂行する上で、中核的な役割を担っている。

産総研は、この役割を果たすため、①鉱工業の科学技術に関する研究開発、②地質の調査、③計量の標準の設定並びに計量器の検定、検査、研究開発、計量に関する教習、④これらに係る技術指導及び成果普及、⑤技術経営力の強化に資する人材の養成等の業務を行うこととされている。

現下の産業技術・イノベーションを巡る状況を見ると、これまで我が国企業は世界最高水準の品質の製品を製造・販売することで世界をリードしてきたが、近年、大企業においても基礎研究から応用研究・開発、事業化の全てを自前で対応することは一層難しくなっている。他方で、我が国には、まだ事業化に至っていない優れた技術シーズが数多くある。イノベーションは、技術シーズが企業や研究機関など様々な主体の取り組みにより、事業化に「橋渡し」されることで、初めて生み出されるものである。その意味で、革新的な技術シーズを迅速に事業化につなげていくための「橋渡し」機能の強化によるイノベーション・ナショナルシステムの構築が、我が国の産業競争力を決定づける非常に重要な要素となっている。

こうした状況認識の下、経済産業省の産業構造審議会産業技術環境分科会 研究開発・評価小委員会の「中間とりまとめ」（平成26年6月）において我が国のイノベーション・システム構築に向けての提言がなされ、「日本再興戦略」改訂2014（平成26年6月24日）及び「科学技術イノベーション総合戦略2014」（平成26年6月24日）においては、産総研及び新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）において「橋渡し」機能強化に先行的に取り組み、これらの先行的な取組について、適切に進捗状況の把握・評価を行い、その結果を受け、「橋渡し」機能を担うべき他の研究開発法人に対し、対象分野や各機関等の業務の特性等を踏まえ展開することとされた。

加えて、「まち・ひと・しごと創生総合戦略」（平成26年12月27日閣議決定）においては、地域イノベーションの推進に向けて、公設試験研究機関（公設試）と産

総研の連携による全国レベルでの「橋渡し」機能の強化を行うこと等を通じて中堅・中小企業が先端技術活用による製品や生産方法の革新等を実現する仕組みを構築することとされた。

また、地質情報や計量標準等の知的基盤は、国民生活・社会経済活動を支える重要かつ不可欠な基盤であり、国の公共財として国民生活の安全・安心の確保やイノベーション促進、中堅・中小企業のものづくり基盤等、国民生活や社会経済活動を幅広く支えており、社会資本と同様に国の責務として整備すべきソフトインフラである。

現下において、地質情報については、東日本大震災以降レジリエントな防災・減災機能の強化の必要性が高まる中、その重要性が再認識されているところである。また、計量標準については、イノベーション創出の基盤であり、昨今の高度化する利用者ニーズへの対応を図ることが求められている。

2. 本中長期目標期間における産総研のミッション

こうした現下の状況や政府方針を踏まえ、平成27年度から始まる新たな中長期目標期間における産総研のミッションは以下のとおりとする。

第一に、産業技術政策の中核の実施機関として、革新的な技術シーズを事業化につなぐ「橋渡し」の役割を果たすものとする。この「橋渡し」については、これまでの産総研における取組方法の変革が求められること、我が国のイノベーション・システムの帰趨にも影響を与えること、所内でも多くのリソースを投入し取り組むことが不可欠であることから、最重要の経営課題と位置づけて取り組むべきものである。また、地域イノベーションの推進に向けて、公設試等とも連携し、全国レベルでの「橋渡し」を行うものとする。さらに、産総研が長期的に「橋渡し」の役割を果たしていくため、将来の橋渡しの基となる革新的な技術シーズを生み出す目的基礎研究にも取り組むものとする。

第二に、地質調査及び計量標準に関する我が国における責任機関として、今時の多様な利用者ニーズに応えるべく、当該分野における知的基盤の整備と高度化を、国の知的基盤整備計画に沿って実施するものとする。また、新規技術の性能・安全性の評価技術や標準化等、民間の技術開発を補完する基盤的な研究開発等を実施するものとする。

第三に、これらのミッションの達成に当たって、研究人材の拡充と流動化、育成に努めるとともに、技術経営力の強化に資する人材の養成を図るものとする。

II. 中長期目標の期間

産総研の平成27年度から始まる第4期における中長期目標の期間は、5年（平成27年4月～平成32年3月）とする。

Ⅲ. 研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上に関する事項

第4期中長期目標期間においては、研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上のため、以下のとおり、「橋渡し」機能の強化及び地質調査、計量標準等の知的基盤の整備を推進するとともに、これらの実現のため業務横断的に研究人材の拡充、流動化、育成及び組織の見直しに取り組むものとする。

また、産総研の強み等も踏まえ、同期間に重点的に推進すべき研究開発の方針は、別紙1に掲げるとおりとする。また、研究領域を一定の事業等のまとまりと捉え、評価に当たっては、別紙2に掲げる評価軸等に基づいて実施することとする。

1. 「橋渡し」機能の強化

「橋渡し」機能については、将来の産業ニーズを踏まえた目的基礎研究を通じて革新的な技術シーズを次々と生みだし、これを磨き上げ、さらに橋渡し先として最適な企業と連携して、コミットメントを得た上で共に研究開発を進めて事業化にまで繋げることが求められるものであり、当該機能は、広範な産業技術の各分野に関して深い専門的知見と基礎研究から製品化に至る幅広いリソース、産業界をはじめとした関係者との広範なネットワーク、さらに大規模な先端設備等を有する我が国を代表する総合的な国立研究開発法人である産総研が、我が国の中核機関となって果たすべき役割である。

産総研は、これまで、基礎研究段階の技術シーズを民間企業等による事業化が可能な段階にまで発展させる「橋渡し」の役割を、様々な分野で行ってきたところであるが、第4期中長期目標期間中にこの「橋渡し」機能を抜本的に強化することを促すため、同目標期間の終了時（平成32年3月）までに、受託研究収入等、民間企業からの資金獲得額を、現行（約46億円/年）の3倍（約138億円/年）以上とすること目標として掲げ、以下の取り組みを行うものとする。なお、当該目標の達成に当たっては、大企業と中堅・中小企業の件数の比率に配慮するものとする。

民間からの資金獲得目標の達成に向けては、年度計画に各研究領域の目標として設定するとともに、産総研全体として目標を達成するためのPDCAサイクル等の方法について、中長期計画に記載するものとする。

【目標】

本目標期間の終了時（平成32年3月）までに、受託研究収入等、民間企業からの資金獲得額を、現行（約46億円/年）の3倍（約138億円/年）以上とすることを最も重要な目標とする。

【重要度：高】 【優先度：高】

本目標期間における最重要の経営課題である「橋渡し」に係るものであり、また、我が国のイノベーション

ン・システムの帰趨にも影響を与えうるものであるため。

【難易度：高】

マーケティング力の強化、大学や他の研究機関との連携強化、戦略的な知的財産マネジメント等を図ることが必要であり、これまでの産総研における取組方法の変革が求められるため。

併せて、一定金額規模以上の橋渡し研究を企業と実施した案件については、正確な事実を把握し、PDCAサイクルの推進を図るため、その後の事業化の状況（件数等）の把握を行うものとする。

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

「橋渡し」機能を持続的に発揮するには、革新的な技術シーズを継続的に創出することが重要である。このための目的基礎研究について、将来の産業ニーズや内外の研究動向を的確に踏まえ、産総研が優先的に取り組むべきものとなっているかを十分精査して研究テーマを設定した上で、外部からの技術シーズの取り込みや外部人材の活用等も図りつつ、積極的に取り組むものとする。また、従来から行ってきた研究テーマについては、これまで世界トップレベルの成果を生み出したかという観点から分析・検証して世界トップレベルを担う研究分野に特化するものとする。

これにより、将来の「橋渡し」研究に繋がる革新的な技術シーズを創出するとともに、特定国立研究開発法人（仮称）の目指す世界トップレベルの研究機関としての機能の強化を図るものとする。

目的基礎研究の評価に当たっては、研究テーマ設定の適切性に加え、優れた論文や強い知財の創出（質及び量）を評価指標とする。

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

将来の産業ニーズや技術動向等を予測し、企業からの受託研究に結び付くよう研究テーマを設定し、研究開発を実施するものとする。

「橋渡し」研究前期の評価に当たっては、研究テーマ設定の適切性に加え、強い知財の創出（質及び量）等を評価指標として設定するものとする。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

「橋渡し」研究後期においては、事業化に向けた企業のコミットメントを最大限高める観点から、企業からの受託研究等の資金を獲得した研究開発を基本とするものとする。

「橋渡し」研究後期の評価に当たっては、産業界からの資金獲得額を評価指標として設定するものとする。

(4) 技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施

企業からの技術的な相談に対して、研究開発の実施による対応のみならず、産総研の技術的なポテンシャルを活かした指導助言等の実施についても、適切な対価を得つつ積極的に推進するものとする。

(5) マーケティング力の強化

橋渡し機能の強化に当たっては、①目的基礎研究を

行う際に、将来の産業や社会ニーズ、技術動向等を予想して研究テーマを設定する、②「橋渡し」研究前期を行う際に、企業からの受託に繋がるレベルまで行うことを目指して研究内容を設定する、③「橋渡し」研究後期で橋渡し先を決定する際に、法人全体での企業からの資金獲得額の目標達成に留意しつつ、事業化の可能性も含め最も経済的効果の高い相手を見つけ出し事業化に繋げる、④保有する技術について幅広い事業において活用を進める、という4つの異なるフェーズでのマーケティング力を強化する必要がある。

これら4フェーズにおけるマーケティング力を強化するためには、マーケティングの専門部署による取組に加え、各研究者による企業との意見交換を通しての取組、さらには、研究所や研究ユニットの幹部による潜在的な顧客企業経営幹部との意見交換を通しての取組が考えられるが、これらを重層的に組合せ、組織的に、計画的な取組を推進するものとする。

(6) 大学や他の研究機関との連携強化

産総研が自ら生み出した技術シーズのみならず、大学や他の研究機関（大学等）の基礎研究から生まれた優れた技術シーズを汲み上げ、その「橋渡し」を進めるべく、優秀な研究者が大学と公的研究機関等、複数の機関と雇用契約関係を結び、どちらの機関においても正式な職員として活躍できるクロスアポイントメント制度の導入・活用や、大学等の研究室単位での産総研への受け入れ、産総研の研究室の大学等への設置により、大学等との連携強化を図るものとする。

こうしたクロスアポイントメント制度の活用については、「橋渡し」機能の強化を図る観点に加え、高度研究人材の流動性を高める観点から重要であることを踏まえ、積極的な推進を図るものとする。

(7) 戦略的な知的財産マネジメント

「橋渡し」機能の強化に当たっては、研究開発によって得られた知的財産が死蔵されることがなく幅広く活用され、新製品や新市場の創出に繋がっていくことが重要であり、戦略的な知的財産マネジメントが鍵を握っている。

このため、まず優れた研究成果について、特許化するか営業秘密とするかも含め、戦略的に取り扱うこととし、いたずらに申請件数に拘ることなく、質と数の双方に留意して、「強く広い」知財を取得するものとする。

また、積極的かつ幅広い活用を促進する観点から、受託研究の成果も含め、原則として研究を実施した産総研が知的財産権を所有し、委託元企業に対しては当該企業の事業化分野における独占的実施権を付与することを基本とする。なお、企業からの受託研究の成果ではない共通基盤的な技術については非独占実施権を付与するなどにより活用を図るものとする。

さらに、知的財産マネジメントや知的財産権を活用

した事業化に向けた体制整備等、戦略的なマネジメントの実現に向けた組織的な取組を行うものとする。

(8) 地域イノベーションの推進等

① 地域イノベーションの推進

産総研のつくばセンター及び全国8カ所の地域センターにおいて、公設試等と密接に連携し、地域における「橋渡し」を推進するものとする。特に、各都道府県に所在する公設試に産総研の併任職員を配置することなどにより、公設試と産総研の連携を強化し、橋渡しを全国レベルで行う体制の整備を行うものとする。

また、第4期中長期目標期間の早期の段階で、地域センターごとに「橋渡し」機能の進捗状況の把握・評価を行った上で、別紙に掲げる重点的に推進すべき具体的な研究開発も踏まえつつ、橋渡し機能が発揮できない地域センターについては、他地域からの人材の異動と併せて地域の優れた技術シーズや人材を他機関から補強することにより研究内容の強化を図るものとする。その上で、将来的に効果の発揮が期待されない研究部門等を縮小若しくは廃止するものとする。

② 福島再生可能エネルギー研究所の機能強化

平成26年4月に開所した福島再生可能エネルギー研究所については、これまで国や福島県の震災復興の基本方針に基づいて整備が行われてきたところ、エネルギー産業・技術の拠点として福島の発展に貢献するため、再生可能エネルギー分野における世界最先端で、世界に開かれた研究拠点を目指し、引き続き当該分野に関する研究開発に注力するものとする。また、地元企業が有する技術シーズ評価を通じた技術支援及び地元大学等との連携による産業人材育成に取り組むことにより、地元企業等への「橋渡し」を着実に実施するとともに、全国レベルでの「橋渡し」を推進するものとする。さらに、発電効率の極めて高い太陽電池や世界第3位の地熱ポテンシャル国であることを活かした大規模地熱発電、再生可能エネルギーの変動を大幅緩和するエネルギー貯蔵システム等の再生可能エネルギーに関する世界最先端の研究開発・実証拠点を目指し強化を図るものとする。強化に当たっては、東日本大震災復興関連施策の動向等を踏まえつつ、それまでの取組の成果を評価した上で、平成27年度中にその具体的な強化内容を明らかとし、残りの中長期目標期間において取り組むものとする。

(9) 世界的な産学官連携拠点の形成

世界的な競争が激しく、大規模な投資が不可欠となる最先端の設備環境下での研究が重要な戦略分野については、国内の産学官の知を糾合し、事業化への「橋渡し」機能を有する世界的な産学官連携拠点の形成を、産総研を中核として進め、国全体として効果的かつ効率的な研究開発を推進するものとする。

特に、つくばイノベーションアリーナ・ナノテクノロジー拠点（TIA-nano）については、融合領域にお

ける取組や産業界への橋渡し機能の強化等により、一層の強化を図るものとする。

(10)「橋渡し」機能強化を念頭に置いた研究領域・研究者の評価基準の導入

「橋渡し」研究では事業化に向けた企業のコミットメント獲得が重要であることから、「橋渡し」研究を担う研究領域の評価を産総研内で行う場合には、産業界からの資金獲得の増加目標の達成状況を最重視して評価し、資金獲得金額や受託件数によって、研究資金の配分を厚くするなどのインセンティブを付けるものとする。但し、公的研究機関としてのバランスや長期的な研究開発の実施を確保する観点から、インセンティブが付与される産業界からの資金獲得金額や受託件数に一定の限度を設けることも必要である。また、具体的な評価方法を定めるにあたっては、一般に一社当たりの資金獲得金額は小さい一方、事業化に関しては大企業以上に積極的である中堅・中小企業からの受託研究等の取り扱いや、研究分野毎の特性に対する考慮などを勘案した評価方法とすることが必要である。

他方、研究領域内の各研究者の評価については、目的基礎研究や「橋渡し」研究前期で革新的な技術シーズの創出やその磨き上げに取組む研究者と、「橋渡し」研究後期で個別企業との緊密な関係の下で研究開発に従事する研究者がおり、研究段階によっては論文や特許が出せない場合もあること等を踏まえる必要がある。このため、目的基礎研究は優れた論文や強い知財の創出（質及び量）、「橋渡し」研究前期は強い知財の創出（質及び量）等、「橋渡し」研究後期は産業界からの資金獲得を基本として評価を行うなど、各研究者が意欲的に取り組めるよう、各研究者の携わる研究段階・研究特性を踏まえて適切な評価軸の設定等を通じてインセンティブ付与を行い、結果として、研究領域全体として効果的な「橋渡し」が継続的に実施されるよう努めるものとする。

2. 地質調査、計量標準等の知的基盤の整備

我が国の経済活動の知的基盤である地質調査や計量標準等は、資源確保に資する探査・情報提供や産業立地に際しての地質情報の提供、より正確な計測基盤を産業活動に提供する等の重要な役割を担っており、我が国における当該分野の責任機関として、これらの整備と高度化を通じて我が国の産業基盤を引き続き強化するものとする。

その際、他の研究機関等との連携も積極的に図るとともに、国の知的基盤整備計画に基づいて知的基盤の整備を進め、その取組状況等を評価する。その評価に当たっては、PDCA サイクル等の方法について、中長期計画に記載するものとする。

こうした業務への貢献を産総研内で評価する場合には、「橋渡し」とは異なる評価をしていくことが必要かつ重

要であり、各ミッションに鑑み、最適な評価基準を適用するものとする。

【目標】

国の知的基盤整備計画に基づき知的基盤の整備を進める。

【重要度：高】【優先度：高】【難易度：中】

地質情報や計量標準等の知的基盤は、国民生活・社会経済活動を支える重要かつ不可欠な基盤であり、産総研は我が国における責任機関として知的基盤整備計画に基づく着実な取組が求められているため。

3. 業務横断的な取組

(1) 研究人材の拡充、流動化、育成

上記1. 及び2. に掲げる事項を実現するとともに、技術経営力の強化に資する人材の養成を図るため、以下の取り組みにより、研究人材の拡充と流動化、育成に努めるものとする。

第一に、橋渡し研究の実施はもとより、目的基礎研究の強化の観点からも、優秀かつ多様な若手研究者の確保・活用は極めて重要であり、クロスアポイント制度や大学院生等を研究者として雇用するリサーチアシスタント（RA）制度の積極的かつ効果的な活用を図ることとする。また、現在、新規研究者採用においては、原則として任期付研究員として採用し、一定の研究経験の後に、いわゆるテニユア審査を経て定年制研究員とするとの運用がなされているが、採用制度の検討・見直しを行い、優秀かつ多様な若手研究者の一層の確保・活用に向けた仕組みの構築を進めるものとする。

さらに、産総研における研究活動の活性化に資するだけでなく、民間企業等への人材供給を目指し、実践的な博士人材等の育成に積極的に取り組むものとする。具体的には、産総研イノベーションスクールの実施やリサーチアシスタント（RA）制度の積極活用等を通して、産業界が関与するプロジェクト等の実践的な研究開発現場を経験させるとともに、事業化に係る人材育成プログラムなどを活用することによって、イノベーションマインドを有する実践的で高度な博士研究人材等の育成を進めるものとする。

第二に、特に、「橋渡し」機能の強化に向けたマーケティング機能強化に当たっては、内部人材の育成に加え、企業等外部人材を積極的に登用するものとする。

第三に、「橋渡し」研究能力やマーケティング能力を有する職員の重要性が増大する中、こうした職員の将来のキャリアパス構築も重要であり、優れた「橋渡し」研究能力やマーケティング能力を有する職員については、60歳を超えても大学教員になる場合と比べ遜色なく、その能力と役割を正当に評価した上で処遇を確保する人事制度等の環境整備を進めるものとする。

第四に、ワーク・ライフ・バランスを推進し、男女

がともに育児や家事負担と研究を両立するための具体的な方策、女性の登用目標や必要に応じた託児施設等の整備等を含む具体的なプログラムの策定等を行い、女性のロールモデルの確立と活用を飛躍的に増大させるための環境整備に取り組むものとする。

(2) 組織の見直し

上記に掲げる事項を実現するため、本部組織と各研究領域等との役割・責任関係のあり方も含め、現在の組織・制度をゼロベースで見直し、目的基礎研究から実用化までの「橋渡し」を円滑かつ切れ目無く実施するため、研究領域を中心とした最適な研究組織を構築する。

「橋渡し」機能を強化するには、中核となる研究者を中心に、チームとして取り組む体制づくりも重要であり、支援体制の拡充を図るとともに的確なマネジメントが発揮できる環境を整備するものとする。

また、産学官連携や知財管理等に係るイノベーション推進本部等の本部組織についても、研究領域との適切な分担をし、産総研全体として「橋渡し」機能の強化に適した体制に見直すこととする。「橋渡し」の一環で実施する産学官連携等については、産業界のニーズ把握と大学等の有する技術シーズの分析を行い、それらのマッチングにより課題解決方策の検討と研究推進組織に対して、研究計画の設計まで関与できる専門人材を強化するものとする。

IV. 業務運営の効率化に関する事項

1. 研究施設の効果的な整備と効率的な運営

我が国のオープンイノベーションを推進する観点、さらには「橋渡し」機能の強化を図る観点から、産学官が一体となって研究開発を行うための施設や仕組み等を含め戦略的に整備・構築するとともに、それら施設等の最大限の活用を推進するものとする。

2. PDCA サイクルの徹底

各事業については厳格な評価を行い、不断の業務改善を行うものとする。評価に当たっては、外部の専門家・有識者を活用するなど適切な体制を構築するものとする。また、評価結果をその後の事業改善にフィードバックするなど、PDCA サイクルを徹底するものとする。

3. 適切な調達の実施

調達案件については、主務大臣や契約監視委員会によるチェックの下、一般競争入札を原則としつつも、随意契約できる事由を会計規程等において明確化し、公正性・透明性を確保しつつ、合理的な調達を実施するものとする。

4. 業務の電子化に関する事項

電子化の促進等により事務手続きの簡素化・迅速化を

図るとともに、利便性の向上に努めることとする。また、幅広い ICT 需要に対応できる産総研内情報ネットワークの充実を図ることとする。情報システム、重要情報への不正アクセスに対する十分な強度を確保するとともに、震災等の災害時への対策を確実に行うことにより、業務の安全性、信頼性を確保することとする。

5. 業務の効率化

運営費交付金を充当して行う事業は、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、一般管理費は毎年度3%以上を削減し、業務費は毎年度1%以上を削減するものとする。

V. 財務内容の改善に関する事項

運営費交付金を充当して行う事業については、本中長期目標で定めた事項に配慮した中長期計画の予算を作成し、効率的に運営するものとし、各年度期末における運営費交付金債務に関し、その発生要因等を厳格に分析し、減少に向けた努力を行うこととする。また、保有する資産については、有効活用を推進するとともに、不断の見直しを行い保有する必要がなくなったものについては廃止等を行う。

さらに、適正な調達・資産管理を確保するための取組を推進することとし、「平成25年度決算報告」（平成26年11月7日会計検査院）の指摘を踏まえた見直しを行うほか、「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」（平成25年12月24日閣議決定）等既往の閣議決定等に示された政府方針に基づく取組について、着実に実施するものとする。特に、「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」において、「法人の増収意欲を増加させるため、自己収入の増加が見込まれる場合には、運営費交付金の要求時に、自己収入の増加見込額を充てて行う新規業務の経費を見込んで要求できるものとし、これにより、当該経費に充てる額を運営費交付金の要求額の算定に当たり減額しないこととする。」とされていることを踏まえ、本中長期目標の考え方に従って、民間企業等からの外部資金の獲得を積極的に行う。

VI. その他業務運営に関する重要事項

上記のほか、産総研の運営を一層効果的かつ効率的にするとともに、適切な運営の確保に向けた見直しとして、以下等の取組を行うものとする。

1. 広報業務の強化

産総研の研究成果の効率的な「橋渡し」を行うためにも、産総研の主要なパートナーである産業界に対して、活動内容や研究成果等の「見える化」を的確に図ることが重要であり、広報業務の強化に向けた取組を行うものとする。また、「橋渡し」のための技術シーズの発掘や産学官の連携強化等の観点からも、大企業、中小企業、

大学・研究機関、一般国民等の様々なセクターに対して産総研の一層の「見える化」につながる取組を強化するものとする。

2. 業務運営全般の適正性確保及びコンプライアンスの推進

産総研が、その力を十分発揮し、ミッションを遂行するに当たっては、調達・資産管理、研究情報管理、労務管理、安全管理などを含む業務全般や公正な研究の実施について、その適正性が常に確保されることも必要かつ重要である。このため、研究者中心の組織において業務が適正に執行されるよう、業務執行ルールの不断の見直しに加え、当該ルールの周知徹底、事務職員による研究者への支援・チェックの充実、包括的な内部監査等を効率的・効果的に実施するものとする。

また、コンプライアンスは、産総研の社会的な信頼性の維持・向上、研究開発業務等の円滑な実施の観点から継続的に確保されていくことが不可欠であり、昨今その重要性が急速に高まっている。こうした背景やこれまでの反省点等も踏まえ、コンプライアンス本部長たる理事長の指揮の下、予算執行及び研究不正防止を含む産総研における業務全般の一層の適正性確保に向け、厳正かつ着実にコンプライアンス業務を推進するものとする。

さらに、「橋渡し」機能を抜本的に強化していくに当たっても、適切な理由もなく特定企業に過度に傾注・依存することは避ける必要がある。このため、国内で事業化する可能性が最も高い企業をパートナーとして判断できるような適切なプロセスを内部に構築するとともに、コンプライアンス遵守に向けた体制整備等、ガバナンスの強化を図るものとする。

3. 情報セキュリティ対策等の徹底による研究情報の保護

これまでと同様に電子化による業務効率化を推進することとするが、研究情報等の重要情報を保護する観点から、外部の専門家の知見を活用しつつ、情報セキュリティの確保のための対策を徹底するものとする。また、営業秘密の特定及び管理を徹底するものとする。

4. 内部統制に係る体制の整備

内部統制については、法人の長によるマネジメントを強化するための有効な手段の一つであることから、「独立行政法人の業務の適性を確保するための体制等の整備」（平成26年11月28日付け総務省行政管理局長通知）等に通知した事項を参考にしつつ、必要な取組を推進するものとする。

5. 情報公開の推進等

適正な業務運営及び国民からの信頼を確保するため、適切かつ積極的に情報の公開を行うとともに、個人情報

の適切な保護を図る取組を推進するものとする。具体的には、「独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律」（平成13年12月5日法律第140号）及び「個人情報の保護に関する法律」（平成15年5月30日法律第57号）に基づき、適切に対応するとともに、職員への周知徹底を行うものとする。

(別紙1) 第4期中長期目標期間において重点的に推進すべき具体の研究開発の方針

【エネルギー・環境領域】

○新エネルギーの導入を促進する技術の開発
太陽光についてはコスト低減と信頼性向上を実現するとともに、複合化や新概念に基づく革新太陽電池の創出を図るものとする。また、再生可能エネルギー大量導入のためのエネルギーネットワーク技術、さらには大規模地熱利用技術等にも取り組むものとする。

○エネルギーを高密度で貯蔵する技術の開発
再生可能エネルギー等を効率良く水素等の化学エネルギー源に変換し貯蔵・利用する技術を開発すると共に、電源の多様化にむけた車載用、住宅用、産業用の蓄電技術を開発するものとする。

○エネルギーを効率的に変換・利用する技術の開発
省エネルギー社会を実現するために、ワイドギャップ半導体パワーエレクトロニクス技術、熱エネルギーの利用技術、自動車用エンジンの高効率燃焼技術等を開発するものとする。

○エネルギー資源を有効活用する技術の開発
メタンハイドレート等のエネルギー資源の有効利用にかかわる技術を開発するものとする。

○環境リスクを評価・低減する技術の開発
産業と環境が共生する社会の実現に向けて、ナノ材料等の環境リスクを分析、評価する技術、レアメタル等の資源循環を進める技術並びに、産業保安を確保するための技術を開発するものとする。

【生命工学領域】

○創薬基盤技術の開発
創薬のリードタイムを短縮するために、古典的新薬探索から脱却し、短時間に低コストで成功率の高い創薬プロセスを実現する創薬最適化技術、ゲノム情報解析技術、バイオマーカーによる疾病の定量評価技術などの新しい創薬の基盤となる技術を開発するものとする。

○医療基盤・ヘルスケア技術の開発
豊かで健康なライフスタイル実現のために、再生医療等の基盤となる細胞操作技術と幹細胞の標準化を行うものとする。また、健康状態を簡便に評価できる技術の開発を行うとともに、生体適合性の高い医療材料や医療機器の研究開発を行うものとする。

○生物機能活用による医薬原材料等の物質生産技術の開発
遺伝子組換え技術を用いて微生物や植物の物質生産機

能を高効率化し、医薬原材料等の有用物質を効率的に生産する技術を開発するものとする。

【情報・人間工学領域】

○ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の開発
ビッグデータの分析・試験・評価による知的なサービス設計等を支援するため、脳のモデルに基づく人工知能技術や人工知能の活用を促進するプラットフォーム技術など、人工知能が効率良く新たな価値を共創する技術を開発するものとする。

○産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステム技術の開発

ひと、もの、サービスから得られる情報を融合し、産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステムを実現する統合クラウド技術や軽量でスケラブルなセキュリティ技術、そこから得られるデータをサービスの価値に繋げる技術などを開発するものとする。

○快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術の開発

人間の生理・認知・運動機能などのヒューマンファクターを明らかにし、安全で快適な社会生活を実現するため、自動車運転状態をはじめとする人間活動の測定評価技術を開発するものとする。また、人間の運動や感覚機能を向上させる訓練技術の研究開発を行うものとする。

○産業と生活に革命的変革を実現するロボット技術の開発

介護サービス、屋内外の移動支援サービス、製造業など様々な産業においてロボットによるイノベーションの実現をめざし、人間共存型産業用等のロボットや評価基準・評価技術などの関連技術を開発するものとする。また、環境変化に強く自律的な作業を実現するロボット中核基盤技術を開発するものとする。

【材料・化学領域】

○グリーンサステイナブルケミストリーの推進
再生可能資源等を用いて、高効率かつ低環境負荷で、各種の基礎及び機能性化学品を製造し、高度利用するための基盤技術を確立するものとする。また、空気を新たな資源として利用可能な触媒技術の開発にも取り組むものとする。

○化学プロセスイノベーションの推進
各種の基礎及び機能性化学品等の製造プロセスの高効率化・省エネルギー化を実現するための化学プロセス技術を開発するものとする。また、高温・高压等の特異な

反応場を積極的に利活用し、精密な制御が可能な新しい化学プロセス技術を開発するものとする。

○ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発

ナノカーボン高効率合成およびナノカーボン複合材料製造技術等、ナノ材料のナノ構造精密制御技術や複合化技術、及び先端計測技術を開発するものとする。また、材料・デバイス開発促進のために、高度な計測技術、理論・計算シミュレーションを利用した材料開発を行うものとする。

○新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料の開発

無機系新素材の創製とスケールアップ製造技術及び部材化技術を開発し、資源制約の少ない元素だけを使った高耐熱磁石等の、耐環境性および信頼性に優れた各種の産業部材を提供するものとする。

○省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材の開発

省エネルギー社会構築を目指し、軽量構造材料などの設計やプロセス技術の開発によって、輸送機器の軽量化に資する構造部材、ならびに広い温度領域を想定し、各温度領域に適した熱制御部材を開発するものとする。

【エレクトロニクス・製造領域】

○情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術の開発

情報データの処理量や通信量の増加に対応するため、省電力で高性能な IT 機器を実現する情報処理・記憶デバイス技術とその集積化技術、あるいはフォトニクス関連技術等を開発するものとする。更なる高性能化に向けたポストスケリング集積化技術の確立や新しい情報処理技術の創出を目指すものとする。

○もののインターネット化に対応する製造およびセンシング技術の開発

社会インフラや生産設備の維持管理を効率化・高度化させるために、あるいは安全な社会生活を実現するために、新たなセンシング技術、センサネットワーク技術、収集データ利用技術などを開発するものとする。

○ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術の開発

産業や社会の多様なニーズに対応した製品を省エネ、省資源、低コストで製造するために、設計マネジメント技術、印刷デバイス技術、ミニマルファブ技術、複合加工技術などを開発するものとする。製品の更なる高付加価値化を目指し、高機能フレキシブル電子材料等の新材料、機能発現形成型技術等を開発するものとする。

○多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術の開発

パワーモジュール、燃料電池、構造材料等、種々の産業用部材、基材に対し自在なコーティングを可能とするために、コーティング技術を高度化するものとする。

【地質調査総合センター】

○地質調査のナショナルセンターとしての地質情報の整備

我が国の知的基盤整備計画に基づいて、国土およびその周辺海域の地質図、地球科学基本図のための地質調査を系統的に実施し、地質情報を整備するものとする。

○レジリエントな社会基盤の構築に資する地質の評価

国および地域の防災等の施策策定に役立てるために、地震・火山活動および長期地質変動に関する調査と解明を行い、地質災害リスクの予測精度向上のための技術を開発するものとする。

○地圏の資源と環境に関する評価と技術の開発

国の資源エネルギー施策立案や産業の持続的発展に役立てるために、地下資源のポテンシャル評価および地圏環境の利用と保全のための調査を行い、そのための技術を開発するものとする。

○地質情報の管理と社会利用促進

国土の適切な利用と保全などを目指して、地質情報や地質標本を体系的に管理するとともに、効果的に成果を発信することにより、地質情報の社会利用を促進するものとする。

【計量標準総合センター】

○計量標準の整備と利活用促進

知的基盤整備計画に基づき、物理標準と標準物質の整備を行うとともに、計量標準の利活用を促進するため、計量標準トレーサビリティシステムの高度化を進めるものとする。さらに、単位の定義改訂に対応するなどの次世代計量標準の開発を推進するものとする。

○法定計量業務の実施と人材の育成

計量法の適切な執行のため、特定計量器の基準器検査、型式承認試験等の試験検査・承認業務を着実に実施するとともに、計量教習などにより人材育成に取り組むものとする。さらに、新しい技術に基づく計量器の規格策定等にも積極的な貢献を図るものとする。

○計量標準の普及活動

中小企業なども計量標準の利活用ができるよう環境を整備し、情報提供や相談などにより計量標準の普及に取り組むものとする。また、計量標準の管理・供給、国際

計量標準と工業標準への貢献及び計量標準供給制度への技術支援を行うものとする。

○計量標準に関連した計測技術の開発

計量標準に関連した計測・分析・解析手法及び計測機器、分析装置の開発、高度化を行うものとする。また、計量に係るデータベースの整備、高度化に取り組むものとする。

(別紙2) 国立研究開発法人産業技術総合研究所における評価軸

	研究領域等	評価軸	関連する評価指標、モニタリング指標
「橋渡し」機能の強化	エネルギー・環境領域	○革新的技術シーズを事業化につなげる橋渡し研究が実施できているか。	・民間からの資金獲得額（評価指標） ・大企業と中堅・中小企業の研究契約件数の比率（モニタリング指標） ・技術的指導助言等の取組状況（モニタリング指標） ・マーケティングの取組状況（モニタリング指標） ・研究人材の育成等の取組状況（モニタリング指標）
	生命工学領域	(目的基礎研究) ○将来の橋渡しの基となる革新的な技術シーズを生み出す目的基礎研究に取り組んでいるか。	(目的基礎研究) ・テーマ設定の適切性（モニタリング指標） ・具体的な研究開発成果（評価指標） ・論文の合計被引用数（評価指標） ・論文数（モニタリング指標） ・大学や他の研究機関との連携状況（モニタリング指標）等
	情報・人間工学領域		
	材料・化学領域	(「橋渡し」研究前期) ○民間企業との受託研究等につなぐ研究開発に取り組んでいるか。	(「橋渡し」研究前期) ・テーマ設定の適切性（モニタリング指標） ・具体的な研究開発成果（評価指標） ・知的財産創出の質的量的状況（評価指標） ・戦略的な知的財産マネジメントの取組状況（モニタリング指標）等
	エレクトロニクス・製造領域	(「橋渡し」研究後期) ○民間企業のコミットメントを最大限高めて研究開発に取り組んでいるか。	(「橋渡し」研究後期) ・民間からの資金獲得額（評価指標）【再掲】 ・具体的な研究開発成果（評価指標）等
	地質調査		
	計量標準		
	(その他本部機能等)	○戦略的な知的財産マネジメントに取り組んでいるか。 ○公設試等と密接に連携し、地域における「橋渡し」機能の強化に取り組んでいるか。 ○世界的な産学官連携拠点の形成及び活用がなされているか。 ○優秀かつ多様な研究者の確保が図られているか。	・戦略的な知的財産マネジメントの取組状況（モニタリング指標） ・公設試等との連携の取組状況（モニタリング指標） ・産学官連携拠点の形成の取組状況（モニタリング指標） ・採用及び処遇等に係る人事制度の整備状況（モニタリング指標）等
地質調査、計量標準等の知的基盤の整備	地質調査	○国の知的基盤整備計画に基づいて着実に知的基盤の整備に取り組んでいるか。	・地質図・地球科学図等の整備状況（評価指標） ・地質情報の普及活動の取組状況（モニタリング指標）
	計量標準	○国の知的基盤整備計画に基づいて着実に知的基盤の整備に取り組んでいるか。 ○計量法に係る業務を着実に実施しているか。	・計量標準及び標準物質の整備状況（評価指標） ・計量標準の普及活動の取組状況（モニタリング指標） ・計量法に係る業務の実施状況（評価指標）
業務横断的な取組		○技術経営力の強化に資する人材の養成に取り組んでいるか。 ※この他の事項については、「橋渡し」機能の強化において評価を実施するものとする。	・産総研イノベーションスクール及びリサーチアシスタント制度の活用等による人材育成人数（評価指標）

4. 中長期計画、年度計画

【第4期中長期計画】

国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下、「産総研」という。）は、平成13年4月の発足以来、基礎的研究の成果を「製品化」に繋ぐ役割を担い、基礎的研究から実用化研究まで一体的かつ連続的に取り組んできた。同時に、研究分野や研究拠点の枠にとらわれることなく全産総研の視点から人材、施設・設備、予算等の研究資源を最適化し、社会的・政策的課題に応じて研究実施体制を見直すなど、イノベーション創出と業務の効率化を進めてきた。結果として、産総研の技術シーズに基づいた社会インパクトのあるいくつかの実用化事例も創出してきているが、数多くの革新的技術シーズを事業化にまでつなげるため、更なる強化を図る必要がある。

現下の産業技術・イノベーションを巡る状況を見ると、これまで我が国企業は世界最高水準の品質の製品を製造・販売することで世界をリードしてきたが、近年、大企業においても基礎研究から応用研究・開発、事業化の全てを自前で対応することは一層難しくなっている。さらに技術の複雑化、高度化、短サイクル化が加わるなど、産業技術・イノベーションを取り巻く世界的潮流は大きく変化している。他方で、我が国にはまだ事業化に至っていない優れた技術シーズが数多くある。イノベーションは、技術シーズが企業や研究機関など様々な主体の取り組みにより、事業化に「橋渡し」されることで、初めて生み出されるものである。その意味で、革新的な技術シーズを迅速に事業化につなげていくための「橋渡し」機能の強化によるイノベーション・ナショナルシステムの構築が、我が国の産業競争力を決定づける非常に重要な要素となっている。

こうした中、我が国としても「橋渡し」機能の抜本的強化が必要との認識の下、経済産業省の産業構造審議会産業技術環境分科会 研究開発・評価小委員会の「中間とりまとめ」（平成26年6月）において我が国のイノベーション・システム構築に向けての提言がなされ、「日本再興戦略」改訂2014（平成26年6月24日）及び「科学技術イノベーション総合戦略2014」（平成26年6月24日）においては、産総研及び新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）において「橋渡し」機能強化に先行的に取り組み、これらの先行的な取り組みについて、適切に進捗状況の把握・評価を行い、その結果を受け、「橋渡し」機能を担うべき他の研究開発法人に対し、対象分野や各機関等の業務の特性等を踏まえ展開することとされている。

加えて、「まち・ひと・しごと創生総合戦略」（平成26年12月27日閣議決定）においては、地域イノベーションの推進に向けて、公設試験研究機関（公設試）と産総研の連携による全国レベルでの「橋渡し」機能の強化を行うこと等を通じて中堅・中小企業が先端技術活用による製品や生産方法の革新等を実現する仕組みを構築す

ることとされている。

また、地質情報や計量標準等の知的基盤は、国民生活・社会経済活動を支える重要かつ不可欠な基盤であり、国の公共財として国民生活の安全・安心の確保やイノベーション促進、中堅・中小企業のものづくり基盤等、国民生活や社会経済活動を幅広く支えており、社会資本と同様に国の責務として整備すべきソフトインフラである。

中でも地質情報については、東日本大震災以降レジリエントな防災・減災機能の強化の必要性が高まる中、その重要性が再認識されているところである。また、計量標準については、イノベーション創出の基盤であり、昨今の高度化する利用者ニーズへの対応を図ることが求められている。

こうしたイノベーションを巡る世界的潮流や国家戦略等を踏まえ、産総研の平成27年度から平成31年度までの新たな中長期目標期間においては、以下の通り取り組む。

第一に、産業技術政策の中核的实施機関として、革新的な技術シーズを事業化に繋ぐ「橋渡し」の役割を果たすことを目指す。このため、技術シーズを目的に応じて骨太にする「橋渡し」研究前期及び実用化や社会での活用のための「橋渡し」研究後期に取り組むとともに、「橋渡し」研究の中で必要となった基礎研究及び将来の「橋渡し」の芽を生み出す基礎研究を目的基礎研究として推進する。この「橋渡し」については、これまでの産総研における取り組み方法の変革が求められること、我が国のイノベーション・システムの帰趨にも影響を与えること、所内でも多くのリソースを投入し取り組むことが不可欠であることから、最重要の経営課題と位置づけて取り組む。また、地域イノベーションの推進に向けて、公設試等とも連携し、全国レベルでの「橋渡し」を行うものとする。さらに、産総研が長期的に「橋渡し」の役割を果たしていくため、将来の橋渡しの基となる革新的な技術シーズを生み出す目的基礎研究にも取り組む。第二に、地質調査及び計量標準に関する我が国における責任機関として、今時の多様な利用者ニーズに応えるべく、当該分野における知的基盤の整備と高度化を国の知的基盤整備計画に沿って実施する。また、新規技術の性能・安全性の評価技術や標準化等、民間の技術開発を補完する基盤的な研究開発等を実施する。

第三に、これらのミッションの達成に当たって、新たな人事制度の導入と積極的な活用等を通じて研究人材の拡充と流動化、育成に努めるとともに、技術経営力の強化に資する人材の養成を図る。

I. 研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上に関する事項

第4期中長期目標期間においては、研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上のため、以下のとおり、「橋渡し」機能の強化及び地質調査、計量標準等の知的

基盤の整備を推進するとともに、これらの実現のため業務横断的に研究人材の拡充、流動化、育成及び組織の見直しに取り組む。

特に研究組織に関しては、①融合的研究を促進し、産業界が将来を見据えて産総研に期待する研究ニーズに応えられるよう、また、②産業界が自らの事業との関係で産総研の研究内容を分かり易くし、活用につながるよう、次の7つの領域を設ける。領域の下には研究ユニット（研究部門および研究センター）を配置し、研究開発等の業務は各研究ユニットにおいて実施する。

また、産総研の強み等も踏まえ、同期間に重点的に推進する研究開発等は、別表1に掲げるとおりとするとともに、領域を一定の事業等のまとまりと捉え、評価を実施する。（評価軸や評価指標については本文中項目ごとに記載）

(1) エネルギー・環境領域

エネルギー・環境問題の解決に欠かせない技術を提供することを目指し、新エネルギーの導入を促進する技術、エネルギーを高密度で貯蔵する技術、エネルギーを効率的に変換・利用する技術、エネルギー資源を有効活用する技術、及び環境リスクを評価・低減する技術を開発する。

(2) 生命工学領域

健康長寿社会を実現するための技術を創出することを目指し、創薬基盤技術、医療基盤・ヘルスケア技術、及び生物機能活用による医薬原材料等の物質生産技術を開発する。

(3) 情報・人間工学領域

産業競争力の強化と豊かで快適な社会の実現に繋がる人間に配慮した情報技術を提供することを目指し、情報技術の研究と人間工学の研究を統合し、ビッグデータから価値を創造する人工知能技術、産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステム技術、快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術、産業と生活に革命的変革を実現するロボット技術を開発する。

(4) 材料・化学領域

最終製品の競争力の源となる革新的部材・素材を提供することを目指し、材料の研究と化学の研究を統合し、グリーンサステナブルケミストリーの推進及び化学プロセスイノベーションの推進に取り組むとともに、ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術、新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料、及び省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材を開発する。

(5) エレクトロニクス・製造領域

世界をリードする電子・光デバイス技術と革新的な製造技術を開発することを目指し、エレクトロニクスの研究と製造技術の研究を統合し、情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術、もののインタ

ーネット化に対応する製造およびセンシング技術、ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術、及び多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術を開発する。

(6) 地質調査総合センター

地質調査のナショナルセンターとしての地質情報の整備、レジリエントな社会基盤の構築に資する地質の評価、地圏の資源と環境に関する評価と技術の開発、及び地質情報の管理と社会利用促進を行う。

(7) 計量標準総合センター

計量標準の整備と利活用促進、法定計量業務の実施と人材の育成、計量標準の普及活動、及び計量標準に関連した計測技術の開発を行う。

1. 「橋渡し」機能の強化

「橋渡し」機能については、将来の産業ニーズを踏まえた目的基礎研究を通じて革新的な技術シーズを次々と生みだし、これを磨き上げ、さらに橋渡し先として最適な企業と連携して、コミットメントを得た上で共に研究開発を進めて事業化にまで繋げることが求められるものであり、当該機能は、広範な産業技術の各分野に関して深い専門的知見と基礎研究から製品化に至る幅広いリソース、産業界をはじめとした関係者との広範なネットワーク、さらに大規模な先端設備等を有する我が国を代表する総合的な国立研究開発法人である産総研が、我が国の中核機関となって果たすべき役割である。

産総研は、これまで、基礎研究段階の技術シーズを民間企業等による事業化が可能な段階にまで発展させる「橋渡し」の役割を、様々な分野で行ってきたところであるが、第4期中長期目標期間中にこの「橋渡し」機能を抜本的に強化することを促すため、同目標期間の終了時（平成32年3月）までに、受託研究収入等に伴う民間資金獲得額を、現行（約46億円／年）の3倍（約138億円／年）以上とすること目標として掲げ、以下の取り組みを行う。なお、当該目標の達成に当たっては、大企業と中堅・中小企業の件数の比率に配慮する。

民間からの資金獲得目標の達成に向けては、年度計画に各領域の目標として設定するとともに、目標達成度を領域への予算配分額に反映させること等を通じて産総研全体として目標を達成するためのPDCAサイクルを働かせる。さらに、領域においては、領域長の下で目的基礎研究、「橋渡し」研究前期、「橋渡し」研究後期、及びマーケティングを一体的かつ連続的に行うことで目標達成に向けた最適化を図る。

【目標】

本目標期間の終了時（平成32年3月）までに、受託研究収入等に伴う民間資金獲得額を、現行（約46億円／年）の3倍（約138億円／年）以上とすることを最も重要な目標とする。

【重要度：高】【優先度：高】

本目標期間における最重要の経営課題である「橋渡し」に係るものであり、また、我が国のイノベーション・システムの帰趨にも影響を与えうるものであるため。

【難易度：高】

マーケティング力の強化、大学や他の研究機関との連携強化、戦略的な知的財産マネジメント等を図ることが必要であり、これまでの産総研における取り組み方法の変革が求められるため。

併せて、一定金額規模以上の橋渡し研究を企業と実施した案件については、正確な事実を把握し、PDCA サイクルの推進を図るため、その後の事業化の状況（件数等）の把握を行う。

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

「橋渡し」機能を持続的に発揮するには、革新的な技術シーズを継続的に創出することが重要である。このための目的基礎研究について、将来の産業ニーズや内外の研究動向を的確に踏まえ、産総研が優先的に取り組むべきものとなっているかを十分精査して研究テーマを設定した上で、外部からの技術シーズの取り込みや外部人材の活用等も図りつつ、積極的に取り組む。また、従来から行ってきた研究テーマについては、これまで世界トップレベルの成果を生み出したかという観点から分析・検証して世界トップレベルを担う研究分野に特化する。

これにより、将来の「橋渡し」研究に繋がる革新的な技術シーズを創出するとともに、特定国立研究開発法人（仮称）の目指す世界トップレベルの研究機関としての機能の強化を図る。

目的基礎研究の評価においては、将来の橋渡しの基となる革新的な技術シーズを生み出しているかを評価軸とし、具体的な研究開発成果及び論文の合計被引用数を評価指標とする。さらに、研究テーマ設定の適切性、論文発表数及び大学や他研究機関との連携状況を評価の際のモニタリング指標として用いる。また、知的財産創出の質的量的状況も考慮する。

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

将来の産業ニーズや技術動向を予測し、企業からの受託研究に結び付くよう研究テーマを設定し、必要な場合には国際連携も行いつつ、国家プロジェクト等の外部資金も活用して研究開発を実施する。

「橋渡し」研究前期の評価においては、民間企業からの受託研究等に将来結びつく研究開発に取り組んでいるかを評価軸とし、具体的な研究開発成果及び知的財産創出の質的量的状況を評価指標とする。さらに、テーマ設定の適切性及び戦略的な知的財産マネジメントの取り組み状況等を評価の際のモニタリング指標として用いる。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

「橋渡し」研究後期においては、事業化に向けた企

業のコミットメントを最大限高める観点から、企業からの受託研究等の資金を獲得した研究開発を基本とする。

産総研全体の目標として前述の通り民間資金獲得額138億円／年以上を掲げる。「橋渡し」研究後期の評価においては、民間企業のコミットメントを最大限に高めて研究開発に取り組んでいるかを評価軸とし、民間資金獲得額及び具体的な研究開発成果を評価指標とする。さらに、戦略的な知的財産マネジメントの取り組み状況を評価の際のモニタリング指標として用いる。

(4) 技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施

企業からの技術的な相談に対して、研究開発の実施による対応のみならず、産総研の技術的なポテンシャルを活かした指導助言等の実施についても、適切な対価を得つつ積極的に推進する。具体的には、受託研究等に加えて、産総研が有する技術の強みを活かした指導助言等を実施する制度を拡充し、技術面からのコンサルティングを通じて適切な対価を得つつ民間企業への「橋渡し」を支援する。これにより、研究開発から事業化に至るまで切れ目のない連続的な技術支援に資する「橋渡し」機能の一層の強化を目指す。評価に当たっては、コンサルティングが産総研の「橋渡し」機能の一部として重要な役割が期待されることから、得られた収入は評価指標である民間資金獲得額の一部として取り扱う。

(5) マーケティング力の強化

橋渡し機能の強化に当たっては、①目的基礎研究を行う際に、将来の産業や社会ニーズ、技術動向等を予想して研究テーマを設定する、②「橋渡し」研究前期を行う際に、企業からの受託に繋がるレベルまで行うことを目指して研究内容を設定する、③「橋渡し」研究後期で橋渡し先を決定する際に、法人全体での業からの資金獲得額の目標達成に留意しつつ、事業化の可能性も含め最も経済的効果の高い相手を見つけ出し事業化に繋げる、④保有する技術について幅広い事業において活用を進める、という4つの異なるフェーズでのマーケティング力を強化する必要がある。

これら4フェーズにおけるマーケティング力を強化するためには、マーケティングの専門部署による取り組みに加え、各研究者による企業との意見交換を通じた取り組み、さらには、研究所や研究ユニットの幹部による潜在的な顧客企業経営幹部との意見交換を通じた取り組みが考えられるが、これらを重層的に組合せ、組織的に、計画的な取り組みを推進する。すなわち、マーケティングの中核たる研究ユニットの研究職員は、上記①～④を念頭に置き、学会活動、各種委員会活動、展示会等あらゆる機会を捉えて技術動向、産業動向、企業ニーズ、社会ニーズ等の情報を収集し、普段から自分自身の研究をどのように進めれば事業化に繋がるかを考えつつ研究活動を行う。さらに、マー

ケティングを担う専門人材（イノベーションコーディネータ）と連携したチームを構成し、企業との意見交換等を通じて、民間企業の個別ニーズ、世界的な技術動向や地域の産業動向などを踏まえた潜在ニーズ等の把握に取り組む。収集したマーケティング情報は各領域がとりまとめ、領域の研究戦略に反映する。また、領域や地域センターを跨ぐ横断的なマーケティング活動を行う専門部署を設置し、マーケティング情報を領域間で共有する。さらに、マーケティング情報に基づき、領域をまたぐ研究課題に関する研究戦略や連携戦略の方向性に反映する仕組みを構築する。加えて、産総研と民間企業の経営幹部間の意見交換を通じたマーケティングも行い、研究戦略の立案に役立てるとともに、包括的な契約締結等への展開を図る。

なお、イノベーションコーディネータは研究職員のマーケティング活動に協力して、民間企業のニーズと産総研のポテンシャルのマッチングによる共同プロジェクトの企画、調整を行い、民間資金による研究開発事業の大型化を担う者として位置づける。マッチングの成功率を上げるため、研究ユニットや領域といった研究推進組織内へのイノベーションコーディネータの配置を進めるとともに、それぞれが担当する民間企業を定めて相手からの信頼を高める。イノベーションコーディネータに要求される資質として、民間企業、外部研究機関等の多様なステークホルダーに対応できる経験や、人的ネットワークなどを有することが求められることから、内部人材の育成に加え、外部人材を積極的に登用して、その専門性に適した人材の強化を図る。

(6) 大学や他の研究機関との連携強化

産総研が自ら生み出した技術シーズのみならず、大学や他の研究機関（大学等）の基礎研究から生まれた優れた技術シーズを汲み上げ、その「橋渡し」を進める。これまで大学や他の研究機関との共同研究や兼業等の制度を用いて連携に取り組んできたが、さらに平成26年度に導入したクロスアポイントメント制度等も積極的に活用し、基礎研究、応用研究・開発、実証、事業化といった各段階において他の機関に所属する優秀な人材を取り込んで最大限に活用する。これにより、組織間の連携推進を実効的に進めるとともに、多様な連携の方策から最適な仕組みを選びつつ推進する。これに加えて大学等の研究室単位での産総研への受け入れ、産総研の研究室の大学内もしくは隣接地域等への設置により、大学等との連携強化を図る。

クロスアポイントメント制度の活用については、「橋渡し」機能の強化を図る観点に加え、高度研究人材の流動性を高める観点から重要であることを踏まえ、積極的な推進を図る。

(7) 戦略的な知的財産マネジメント

「橋渡し」機能の強化に当たっては、研究開発によ

って得られた知的財産が死蔵されることがなく幅広く活用され、新製品や新市場の創出に繋がっていくことが重要であり、戦略的な知的財産マネジメントが鍵を握っている。

このため、まず優れた研究成果について、特許化するか営業秘密とするかも含め、戦略的に取り扱うこととし、いたずらに申請件数に拘ることなく、質と数の双方に留意して、「強く広い」知財を取得する。

また、積極的かつ幅広い活用を促進する観点から、受託研究の成果も含め、原則として研究を実施した産総研が知的財産権を所有し、委託元企業に対しては当該企業の事業化分野における独占的実施権を付与することを基本とする。具体的には、民間企業等のニーズを踏まえて民間企業が活用したい革新的技術や産業技術基盤に資する技術を創出するために、マーケティングにより把握した産業動向や技術動向に加えて特許動向などの知的財産情報を活用し、オープン&クローズ戦略に基づいた研究の実施と研究成果の戦略的な権利化を進める。なお、企業からの受託研究の成果ではない共通基盤的な技術については非独占的な知的財産権の実施許諾や国際標準への組み込みによる成果普及を目指す等、知的財産の戦略的活用を図る。

さらに、これらの取り組みのため、知的財産や標準化の知見と研究開発に関する知見の双方を有するパテントオフィサーを、領域およびイノベーション推進本部に配置し、知的財産活用化に向けた体制の強化を図る。パテントオフィサーは、知的財産情報の分析支援や、それに基づく領域の知的財産戦略の策定に取り組む。また、パテントオフィサーを中心とした会議体を設置し、知的財産の創出、活用、並びに技術移転を連続的・一体的にマネジメントすることにより、民間企業への「橋渡し」の最大化を目指す。

(8) 地域イノベーションの推進等

① 地域イノベーションの推進

産総研のつくばセンター及び全国8カ所の地域センターにおいて、公設試等と密接に連携し、地域における「橋渡し」を推進する。特に、各都道府県に所在する公設試に産総研の併任職員を配置することなどにより、公設試と産総研の連携を強化し、橋渡しを全国レベルで行う体制の整備を行う。具体的には、産総研職員による公設試への出向、公設試職員へのイノベーションコーディネータの委嘱等の人事交流を活かした技術協力を推進し、所在地域にこだわることなく関係する技術シーズを有した研究ユニットと連携して、地域中堅・中小企業への「橋渡し」等を行う。加えて、公設試の協力の下、産総研の技術ポテンシャルとネットワークを活かした研修等を実施し、地域を活性化するために必要な人材の育成に取り組む。

さらに、第4期中長期目標期間の早期の段階で、地域センターごとに「橋渡し」機能の進捗状況の把握・

評価を行った上で、橋渡し機能が発揮できない地域センターについては、他地域からの人材の異動と併せて地域の優れた技術シーズや人材を他機関から補強することにより研究内容の強化を図る。その上で、将来的に効果の発揮が期待されない研究部門等を縮小若しくは廃止する。

② 福島再生可能エネルギー研究所の機能強化

平成26年4月に開所した福島再生可能エネルギー研究所については、これまで国や福島県の震災復興の基本方針に基づいて整備が行われてきたところ、エネルギー産業・技術の拠点として福島の発展に貢献するため、再生可能エネルギー分野における世界最先端で、世界に開かれた研究拠点を目指し、引き続き、当該分野に関する研究開発に注力する。また、地元企業が有する技術シーズ評価を通じた技術支援及び地元大学等との連携による産業人材育成に取り組むことにより、地元企業等への「橋渡し」を着実に実施するとともに、全国レベルでの「橋渡し」を推進する。さらに、発電効率の極めて高い太陽電池や世界第3位の地熱ポテンシャル国であることを活かした大規模地熱発電、再生可能エネルギーの変動を大幅緩和するエネルギー貯蔵システム等の再生可能エネルギーに関する世界最先端の研究開発・実証拠点を目指し強化を図る。強化に当たっては、東日本大震災復興関連施策の動向等を踏まえつつ、それまでの取り組みの成果を評価した上で、平成27年度中にその具体的な強化内容を明らかとし、残りの中長期目標期間において取り組む。

(9) 世界的な産学官連携拠点の形成

世界的な競争が激しく、大規模な投資が不可欠となる最先端の設備環境下での研究が重要な戦略分野については、国内の産学官の知を糾合し、事業化への「橋渡し」機能を有する世界的な産学官連携拠点の形成を、産総研を中核として進め、国全体として効果的かつ効率的な研究開発を推進する。

特に、つくばイノベーションアリーナ・ナノテクノロジー拠点 (TIA-nano) については、融合領域における取り組み、産業界への橋渡し機能の強化等により、一層の強化を図る。具体的には、①TIA-nano でこれまでに作った技術シーズの「橋渡し」、②新たな次世代技術シーズの創生、③オープンイノベーション推進のためのプラットフォーム機能の強化に取り組む。このため、他の TIA 中核機関 (物質・材料研究機構、筑波大学、高エネルギー加速器研究機構) や大学等と連携して、材料研究からシステム開発に至る総合的なナノテクノロジー研究開発プラットフォームを整備して、これを外部ユーザーにワンストップで提供し、拠点の利便性を向上させる。また、拠点運営機能にマーケティング機能を付加し、拠点を活用する産学官連携プロジェクトや事業化開発を企画提案することにより、研究分野間・異業種間の融合を促進してイノベーショ

ン・システムを駆動させる。さらに、上記のプラットフォームを活用する人材育成の仕組みを強化し、これを国内外に提供して国際的な人材流動の拠点を目指す。

(10) 「橋渡し」機能強化を念頭に置いた領域・研究者の評価基準の導入

「橋渡し」研究では事業化に向けた企業のコミットメント獲得が重要であることから、「橋渡し」研究を担う領域の評価を産総研内で行う場合には、産業界からの資金獲得の増加目標の達成状況を最重視して評価し、資金獲得金額や受託件数によって、研究資金の配分を厚くするなどのインセンティブを付ける。但し、公的研究機関としてのバランスや長期的な研究開発の実施を確保する観点から、インセンティブが付与される産業界からの資金獲得金額や受託件数に一定の限度を設ける。また、具体的な評価方法を定めるにあたっては、一般に一社当たりの資金獲得金額は小さい一方、事業化に関しては大企業以上に積極的である中堅・中小企業からの受託研究等の取り扱いや、研究分野毎の特性に対する考慮などを勘案した評価方法とする。

他方、領域内の各研究者の評価については、目的基礎研究や「橋渡し」研究前期で革新的な技術シーズの創出やその磨き上げに取り組む研究者と、「橋渡し」研究後期で個別企業との緊密な関係の下で研究開発に従事する研究者がおり、研究段階によっては論文や特許が出せない場合もあること等を踏まえる必要がある。このため、目的基礎研究は優れた論文や強い知財の創出 (質及び量)、「橋渡し」研究前期は強い知財の創出 (質及び量) 等、「橋渡し」研究後期は産業界からの資金獲得を基本として評価を行うなど、各研究者が研究開発に必要な多様な業務に意欲的に取り組めるよう、研究職員の個人評価においては各研究者の携わる研究段階・研究特性を踏まえて適切な評価軸を設定して行う。こうした評価の結果に対しては研究職員の人事や業績手当への反映等の適正なインセンティブ付与を行い、結果として、研究職員が互いに連携し、領域全体として効果的な「橋渡し」が継続的に実施されるよう努める。さらに、個人の業績に加えて、研究ユニット、研究グループ等に対する支援業務、他の研究職員への協力等の貢献、マーケティングに関わる貢献も重視する。こうして領域全体として効果的な「橋渡し」が継続的に実施されるように取り組む。

(11) 追加的に措置された交付金

平成27年度補正予算 (第1号) により追加的に措置された交付金については、「一億総活躍社会の実現に向けて緊急に実施すべき対策」の生産性改革の実現及び「総合的な TPP 関連政策大綱」のイノベーション等による生産性向上促進のために措置されたことを認識し、IoT 等先端技術の研究開発環境整備事業のために活用する。

2. 地質調査、計量標準等の知的基盤の整備

我が国の経済活動の知的基盤である地質調査や計量標準等は、資源確保に資する探査・情報提供や産業立地に際しての地質情報の提供、より正確な計測基盤を産業活動に提供する等の重要な役割を担っており、我が国における当該分野の責任機関として、これらの整備と高度化を通じて我が国の産業基盤を引き続き強化する。その際、他の研究機関等との連携も積極的に図るとともに、国の知的基盤整備計画に基づいて知的基盤の整備を進め、その取り組み状況等を評価する。こうした業務への貢献を産総研内で評価する場合には、「橋渡し」とは異なる評価をしていくことが必要かつ重要であり、各ミッションに鑑み、最適な評価基準を適用する。知的基盤整備の評価においては、国の知的基盤整備計画に基づいて着実に知的基盤の整備に取り組んでいるか、及び計量法に関わる業務を着実に実施しているかを評価軸とし、地質図・地球科学図等の整備状況、計量標準及び標準物質の整備状況、及び計量法に係る業務の実施状況を指標とする。さらに、地質情報の普及活動の取り組み状況、計量標準の普及活動の取り組み状況の評価の際のモニタリング指標として用いる。さらに、国が主導して平成26年度から毎年定期的に行うことになった知的基盤整備計画の見直しとも連動し、PDCA サイクルを働かせる。

【目標】

国の知的基盤整備計画に基づき知的基盤の整備を進める。

【重要度：高】【優先度：高】【難易度：中】

地質情報や計量標準等の知的基盤は、国民生活・社会経済活動を支える重要かつ不可欠な基盤であり、産総研は我が国における責任機関として知的基盤整備計画に基づく着実な取り組みが求められているため。

3. 業務横断的な取り組み

(1) 研究人材の拡充、流動化、育成

上記1. 及び2. に掲げる事項を実現するとともに、技術経営力の強化に資する人材の養成を図るため、以下の取り組みにより、研究人材の拡充と流動化、育成に努める。

第一に、橋渡し研究の実施はもとより、目的基礎研究の強化の観点からも、優秀かつ多様な若手研究者の確保・活用は極めて重要であり、クロスアポイント制度や大学院生等を研究者として雇用するリサーチアシスタント制度の積極的かつ効果的な活用を図る。また、現在、新規研究者採用においては、原則として任期付研究員として採用し、一定の研究経験の後に、いわゆるテニユア審査を経て定年制研究員とするとの運用がなされているが、採用制度の検討・見直しを行い、優秀かつ多様な若手研究者の一層の確保・活用に向けた仕組みの構築を進める。例えば産総研においてリサー

チアシスタントやポスドクを経験して既に高い評価を得ている者、極めて優れた研究成果を既に有している者、及び極めて高い研究能力を有すると判断できる者については、テニユア化までの任期を短縮する、もしくは直ちにテニユア職員として採用するなど、優秀な若手研究者の確保・活用の観点から柔軟性を高めた採用制度を検討し、平成27年秋の新入職員採用試験から導入する。

また、研究者の育成においては、E ラーニングを含む研修等により、研究者倫理、コンプライアンス、安全管理などの基礎知識や、職責により求められるマネジメントや人材育成の能力の取得、連携マネジメント等の多様なキャリアパスの選択を支援する。

さらに、産総研における研究活動の活性化に資するだけでなく、民間企業等への人材供給を目指し、実践的な博士人材等の育成に積極的に取り組む。具体的には、産総研イノベーションスクールの実施やリサーチアシスタント制度の積極活用等を通して、産業界が関与するプロジェクト等の実践的な研究開発現場を経験させるとともに、事業化に係る人材育成プログラムなどを活用することによって、イノベーションマインドを有する実践的で高度な博士研究人材等の育成を進める。産総研イノベーションスクールにおいては、広い視野とコミュニケーション能力を身につけるための講義と演習、産総研での研究実践研修、民間企業インターシップ等の人材育成を実施し、民間企業等にイノベティブな若手博士研究者等を輩出する。

第二に、特に、「橋渡し」機能の強化に向けたマーケティング機能強化に当たっては、内部人材の育成に加え、企業等外部人材を積極的に登用する。

第三に、「橋渡し」研究能力やマーケティング能力を有する職員の重要性が増大する中、こうした職員の将来のキャリアパス構築も重要であり、優れた「橋渡し」研究能力やマーケティング能力を有する職員については、60歳を超えても大学教員になる場合と比べ遜色なく、その能力と役割を正當に評価した上で処遇を確保する人事制度（報酬・給与制度を含む）等の環境整備を進める。

第四に、ワーク・ライフ・バランスを推進し、男女がともに育児や家事負担と研究を両立するための具体的な方策、女性の登用目標や必要に応じた託児施設等の整備、在宅勤務制度の試行的導入等を含む具体的なプログラムの策定等を行い、女性のロールモデル確立と活用を増大させるための環境整備・改善に継続的に取り組む。

(2) 組織の見直し

上記に掲げる事項を実現するため、本部組織と各領域等との役割・責任関係のあり方も含め、現在の組織・制度をゼロベースで見直し、目的基礎研究から実用化までの「橋渡し」を円滑かつ切れ目無く実施する。

具体的には、研究組織をⅠ.の冒頭に示した7領域に再編したうえで各領域を統括する領域長には「1.『橋渡し』機能の強化」を踏まえた目標を課すとともに、人事、予算、研究テーマの設定等に関わる責任と権限を与えることで領域長が主導する研究実施体制とする。領域内には領域長の指揮の下で研究方針、民間企業連携など運営全般に係る戦略を策定する組織を設ける。戦略策定に必要なマーケティング情報を効果的かつ効率的に収集・活用するため、この組織内にイノベーションコーディネータを配置し、研究ユニットの研究職員と協力して当該領域が関係する国内外の技術動向、産業界の動向、民間企業ニーズ等の把握を行う。領域の下に研究開発を実施する研究ユニットとして研究部門及び研究センターを配置する。このうち研究センターは「橋渡し」研究後期推進の主軸となり得る研究ユニットとして位置づけを明確にし、研究センター長を中核として強力なリーダーシップと的確なマネジメントの下で研究ユニットや領域を超えて必要な人材を結集し、チームとして「橋渡し」研究に取り組める制度を整備する。また、研究センターにおいては、「橋渡し」研究に加え、将来の「橋渡し」につながるポテンシャルを有するものについては、目的基礎研究も実施する。

また、産学官連携や知財管理等に係るイノベーション推進本部等の本部組織についても、領域との適切な分担をし、産総研全体として「橋渡し」機能の強化に適した体制に見直す。「橋渡し」の一環で実施する産学官連携等については、産業界のニーズ把握と大学等の有する技術シーズの分析を行い、それらのマッチングにより課題解決策の検討と研究推進組織に対して、研究計画の設計まで関与できる専門人材を強化するため、内部人材を育成するとともに、外部人材を積極的に登用する。

さらに、機動的に融合領域の研究開発を推進するための予算を本部組織が領域に一定程度配分できるようにするとともに、研究立案を行うために必要に応じて本部組織にタスクフォースを設置できるようにする。

Ⅱ. 業務運営の効率化に関する事項

1. 研究施設の効果的な整備と効率的な運営

我が国のオープンイノベーションを推進する観点、さらには「橋渡し」機能の強化を図る観点から、産学官が一体となって研究開発を行うための施設や仕組み等を戦略的に整備・構築するとともに、それら施設等の最大限の活用を推進する。

2. PDCAサイクルの徹底

各事業については厳格な評価を行い、不断の業務改善を行う。評価に当たっては、外部の専門家・有識者を活用するなど適切な体制を構築する。また、評価結果をそ

の後の事業改善にフィードバックするなど、PDCAサイクルを徹底する。

3. 適切な調達の実施

調達案件については、一般競争入札等（競争入札及び企画競争・公募をいい、競争性のない随意契約は含まない。）について、真に競争性が確保されているか、主務大臣や契約監視委員会によるチェックの下、契約の適正化を推進する。「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」（平成25年12月24日閣議決定）を踏まえ、一般競争入札を原則としつつも、研究開発型の法人としての特性を踏まえ、契約の相手方が特定される場合など、随意契約できる事由を会計規程等において明確化し、「調達等合理化計画」に基づき公正性・透明性を確保しつつ合理的な調達を実施する。

第3期から継続して契約審査体制のより一層の厳格化を図るため、産総研外から採用する技術の専門家を契約審査に関与させ、調達請求者が要求する仕様内容・調達手段についての技術的妥当性を引き続き検討するとともに、契約審査の対象範囲の拡大に向けた取り組みを行う。

4. 業務の電子化に関する事項

電子化の促進等により事務手続きの簡素化・迅速化を図るとともに、利便性の向上に努める。また、幅広いICT需要に対応できる産総研内情報ネットワークの充実を図る。情報システム、重要情報への不正アクセスに対する十分な強度を確保するとともに、震災等の災害時への対策を確実に行うことにより、業務の安全性、信頼性を確保する。

5. 業務の効率化

運営費交付金を充当して行う事業は、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、一般管理費は毎年度3%以上を削減し、業務費は毎年度1%以上を削減する。

Ⅲ. 財務内容の改善に関する事項

運営費交付金を充当して行う事業については、本中長期目標で定めた事項に配慮した中長期計画の予算を作成し、効率的に運営するものとし、各年度期末における運営費交付金債務に関し、その発生要因等を厳格に分析し、翌年度の事業計画に反映させる。

目標と評価の単位である事業等のまとまりごとにセグメント区分を見直し、財務諸表にセグメント情報として開示する。また、事業等のまとまりごとに予算計画及び執行実績を明らかにし、著しい乖離がある場合にはその理由を決算書にて説明する。

保有する資産については有効活用を推進するとともに、所定の手続きにより不用と判断したものについては、適時適切に減損等の会計処理を行い財務諸表に反映させる。さらに、適正な調達・資産管理を確保するための取り組

みを推進することとし、「平成25年度決算検査報告」（平成26年11月7日）会計検査院）の指摘を踏まえ、関連規程の見直し、研究用備品等の管理の適正化を図るために整備した制度・体制について、フォローアップを実施するとともに、必要に応じて見直しを行う。

「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」（平成25年12月24日閣議決定）等既往の閣議決定等に示された政府方針に基づく取り組みについて、着実に実施する。特に、「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」において、「法人の増収意欲を増加させるため、自己収入の増加が見込まれる場合には、運営費交付金の要求時に、自己収入の増加見込額を充てて行う新規業務の経費を見込んで要求できるものとし、これにより、当該経費に充てる額を運営費交付金の要求額の算定に当たり減額しないこととする。」とされていることを踏まえ、経済産業省から指示された第4期中長期目標の考え方に従って、民間企業等からの外部資金の獲得を積極的に行う。

1. 予算（人件費の見積もりを含む）【別表2】

（参考）

[運営費交付金の算定ルール]

毎年度の運営費交付金（G(y)）については、以下の数式により決定する。

$$G(y) \text{ (運営費交付金)} \\ = \{ (Aa(y-1) - \delta a(y-1)) \times \beta + (Ab(y-1) \times \varepsilon) \} \\ \times \alpha a + \delta a(y) \\ + \{ (Ba(y-1) - \delta b(y-1)) \times \beta + (Bb(y-1) \times \varepsilon) \} \\ \times \alpha b \times \gamma + \delta b(y) - C$$

- ・ G(y)は当該年度における運営費交付金額。
- ・ Aa(y-1)は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費※の17のうち一般管理費相当分のA分類人件費相当分以外の分。

- ・ Ab(y-1)は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費※のうち一般管理費相当分のA分類人件費相当分。

- ・ Ba(y-1)は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費※のうち業務経費相当分のA分類人件費相当分以外の分。

- ・ Bb(y-1)は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費※のうち業務経費相当分のA分類人件費相当分。

- ・ Cは、当該年度における自己収入（受取利息等）見込額。

※運営費交付金対象事業に係る経費とは、運営費交付金及び自己収入（受取利息等）によりまかなわれる事業である。

- ・ αa 、 αb 、 β 、 γ 、 ε については、以下の諸点を勘案した上で、各年度の予算編成過程において、当該年度における具体的な係数値を決定する。

- ・ αa （一般管理費の効率化係数）：毎年度、平均で前年度比3%以上の削減を達成する。

- ・ αb （業務経費の効率化係数）：毎年度、平均で前年度比1%以上の効率化を達成する。

- ・ β （消費者物価指数）：前年度における実績値を使用する。

- ・ γ （政策係数）：法人の研究進捗状況や財務状況、新たな政策ニーズや技術シーズへの対応の必要性、独立行政法人評価委員会による評価等を総合的に勘案し、具体的な伸び率を決定する。

- ・ $\delta a(y)$ 、 $\delta b(y)$ については、新規施設の竣工に伴う移転、法令改正に伴い必要となる措置、事故の発生等の事由により、特定の年度に一時的に発生する資金需要について必要に応じ計上する。 $\delta a(y-1)$ 、 $\delta b(y-1)$ は、直前の年度における $\delta a(y)$ 、 $\delta b(y)$ 。

- ・ ε （人件費調整係数）

2. 収支計画【別表3】

3. 資金計画【別表4】

IV. 短期借入金の限度額

（第4期：15,716,781,000円）

想定される理由：年度当初における国からの運営費交付金の受け入れが最大3ヶ月遅延した場合における産総研職員への人件費の遅配及び産総研の事業費支払い遅延を回避する。

V. 不要財産となることが見込まれる財産の処分に関する計画

関西センター尼崎支所の土地（兵庫県尼崎市、16,936.45m²）及び建物について、国庫納付に向け土壤汚染調査など所要の手続きを行う。

VI. 剰余金の使途

剰余金が発生した時の使途は以下の通りとする。

- ・ 重点的に実施すべき研究開発に係る経費
- ・ 知的財産管理、技術移転に係る経費
- ・ 職員の資質の向上に係る経費
- ・ 広報に係る経費
- ・ 事務手続きの一層の簡素化、迅速化を図るための電子化の推進に係る経費
- ・ 用地の取得に係る経費
- ・ 施設の新営、増改築及び改修、廃止に係る経費
- ・ 任期付職員の新規雇用に係る経費 等

VII. その他業務運営に関する重要事項

1. 広報業務の強化

産総研の研究成果の効率的な「橋渡し」を行うためにも、産総研の主要なパートナーである産業界に対して、

活動内容や研究成果等の「見える化」を的確に図ることが重要であり、広報業務の強化に向けた取り組みを行う。また、「橋渡し」のための技術シーズの発掘や産学官の連携強化等の観点からも、大企業、中小企業、大学・研究機関、一般国民等の様々なセクターに対して産総研の一層の「見える化」につながる取り組みを強化する。

2. 業務運営全般の適正性確保及びコンプライアンスの推進

産総研が、その力を十分発揮し、ミッションを遂行するに当たっては、調達・資産管理、研究情報管理、労務管理、安全管理などを含む業務全般や公正な研究の実施について、その適正性が常に確保されることも必要かつ重要である。このため、研究者中心の組織において業務が適正に執行されるよう、業務執行ルールの不断の見直しに加え、当該ルールの周知徹底、事務職員による研究者への支援・チェックの充実、包括的な内部監査等を効率的・効果的に実施する。

また、コンプライアンスは、産総研の社会的な信頼性の維持・向上、研究開発業務等の円滑な実施の観点から継続的に確保されていくことが不可欠であり、昨今その重要性が急速に高まっている。こうした背景やこれまでの反省点等も踏まえ、コンプライアンス本部長たる理事長の指揮の下、予算執行及び研究不正防止を含む産総研における業務全般の一層の適正性確保に向け、厳正かつ着実にコンプライアンス業務を推進する。

さらに、「橋渡し」機能を抜本的に強化していくに当たっても、適切な理由もなく特定企業に過度に傾注・依存することは避ける必要がある。このため、国内で事業化する可能性が最も高い企業をパートナーとして判断できるような適切なプロセスを内部に構築する。

加えて、コンプライアンス遵守に向けた体制整備等、ガバナンスの強化を図る。具体的には次の措置を講ずるとともに、必要に応じて不断の見直しを行う。

業務執行については、調達・資産管理、委託研究、共同研究、旅費に係るルールを平成26年度に厳格化したところ、毎年度、そのルールを全職員に対し周知徹底する。また、研究ユニットにおける事務手続に対応する支援事務職員を配置する等のサポート体制を維持するとともに、毎年度、その執行状況をチェックする。

同時に、内部監査においても、テーマごとの監査に加え、研究ユニットごとの包括的監査を実施する。

また、研究不正の防止のための研修を毎年度実施するとともに、研究記録の作成、その定期的な確認及びその保存を確実にを行う。

3. 情報セキュリティ対策等の徹底による研究情報の保護

これまでと同様に電子化による業務効率化を推進するが、研究情報等の重要情報を保護する観点から、「政府

機関の情報セキュリティ対策のための統一基準」に準拠した情報セキュリティ関連規程類の改訂等を行うとともに、情報セキュリティ委員会に外部の専門家を加えるほか、外部専門家に依頼してチェックを行うなど、情報セキュリティ対策を一層強化する。さらに、これに関わる研修やセルフチェックを通じて情報セキュリティの確保のための対策を職員に徹底する。また、営業秘密の特定及び管理を徹底する。

第4期の早期に情報セキュリティ規程等に基づき情報セキュリティ対策を十分に施した信頼性と堅牢性の高い情報システム基盤を構築し、維持・向上を図る。

4. 内部統制に係る体制の整備

内部統制については、法人の長によるマネジメントを強化するための有効な手段の一つであることから、「独立行政法人の業務の適正を確保するための体制等の整備」（平成26年11月28日付け総務省行政管理局長通知）等に通知した事項を参考にしつつ、内部統制に係る体制の整備を進める。

5. 情報公開の推進等

適正な業務運営及び国民からの信頼を確保するため、適切かつ積極的に情報の公開を行うとともに、個人情報の適切な保護を図る取り組みを推進する。具体的には、「独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律」（平成13年12月5日法律第140号）及び「個人情報の保護に関する法律」（平成15年5月30日法律第57号）に基づき、適切に対応するとともに、職員への周知徹底を行う。

6. 施設及び設備に関する計画

下表に基づき、施設及び設備の効率的かつ効果的な維持・整備を行う。また、老朽化によって不要となった施設等について、閉鎖・解体を計画的に進める。

エネルギー効率の高い機器を積極的に導入するとともに、安全にも配慮して整備を進める。

施設・設備の内容	予定額	財源
<ul style="list-style-type: none"> ・外壁・屋根改修 ・エレベーター改修 ・電力関連設備改修 ・給排水関連設備改修 ・空調関連設備改修 ・研究廃水処理施設改修 ・その他の鉱工業の科学技術に関する研究及び開発、地質の調査、計量の標準、技術の指導、成果の普及等の推進に必要な施設・設備 	総額 24,002百万円	施設整備 費補助金

(注) 中長期目標期間を越える債務負担については、当該債務負担行為の必要性及び資金計画への影響を勘案し、合理的と判断されるものについて行う。

7. 人事に関する計画

(参考1)

期初の常勤役職員数 3,006人

期末の常勤役職員数の見積もり：期初と同程度の範囲を基本としながら、受託業務の規模や専門人材等の必要性等に応じて増員する可能性がある。

(参考2)

第4期中長期目標期間中の人件費総額

中長期目標期間中の常勤役職員の人件費総額見込み
：130,975百万円

(受託業務の獲得状況に応じて増加する可能性がある。)

ただし、上記の額は、役員報酬並びに職員基本給、職員諸手当、超過勤務手当、退職者給与及び国際機関派遣職員給与に相当する範囲の費用である。

8. 積立金の処分に関する事項

なし

◀別表1▶第4期中長期目標期間において重点的に推進する研究開発等

1. エネルギー・環境領域

1- (1) 新エネルギーの導入を促進する技術の開発

太陽光についてはコスト低減と信頼性向上を実現するとともに、複合化や新概念に基づく革新太陽電池の創出を図る。また、再生可能エネルギー大量導入のためのエネルギーネットワーク技術、さらには大規模地熱利用技術等にも取り組む。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・国内産業振興に向けて、Si、CIGS等の太陽光発電システムにおける発電コスト低減と信頼性向上を達成する技術を開発する。また、スマートスタック等の先進多接合技術や新概念による発電効率の極めて高い太陽電池を創出し、国際競争力の向上に資する。
- ・再生可能エネルギーの変動を大規模で緩和するための大型パワーコンディショナーの制御技術やエネルギーネットワーク技術を開発する。また、深部超臨界水利用ギガワット級地熱発電等の地熱・地中熱資源の利用技術開発を行う。

1- (2) エネルギーを高密度で貯蔵する技術の開発

再生可能エネルギー等を効率良く水素等の化学エネルギー源に変換し貯蔵・利用する技術を開発すると共に、電源の多様化にむけた車載用、住宅用、産業用の蓄電技術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・再生可能エネルギー等の長時間貯蔵や海外の未利用エネルギーの輸送に資するエネルギー貯蔵・輸送技術として、メチルシクロヘキサン (MCH)、アンモニア、ギ酸等の水素・エネルギーキャリア高効率利用技術を開発する。また、化学エネルギーの有効利用のための高効率燃料電池や液体燃料利用によるダイレクト燃料電池技術を開発する。
- ・次世代リチウムイオン電池のためのレアメタルフリーの高性能材料を開発すると共に、リチウムイオン電池を越える硫化物電池や全固体型電池等の新概念蓄電技術を開発し、国際競争力の向上に資する。

1- (3) エネルギーを効率的に変換・利用する技術の開発

省エネルギー社会を実現するために、ワイドギャップ半導体パワーエレクトロニクス技術、熱エネルギーの有効利用技術、自動車用エンジンの高効率燃焼技術、高温超電導コイル化技術等を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・先進的なパワーエレクトロニクス技術確立に向けて、SiCのウェハ高機能化技術、デバイス技術/モジュール

化技術とその量産化技術等を開発する。また、パワーエレクトロニクス産業の幅を広げるGaN、ダイヤモンドなどポストSiC半導体の材料基盤及びパワーデバイス化技術等を開発する。

- ・未利用熱を有効活用する高効率熱電変換等の排熱利用技術、蓄熱、断熱、ヒートポンプ等を活用した熱マネジメント技術を開発する。また、自動車産業に資するクリーンディーゼル車向け高効率エンジン燃焼のための基盤技術を開発する。省エネルギー電力機器を実現する、高温超電導コイルを開発する。

1- (4) エネルギー資源を有効活用する技術の開発

メタンハイドレート等のエネルギー資源の有効利用にかかわる技術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・未利用エネルギー資源の開発・利用を目指して、メタンハイドレート資源からの天然ガス商用生産に必要な基盤技術や、流動層燃焼プロセスを基盤とする褐炭等の低品位炭や非在来型資源等の環境調和型利用技術を開発する。

1- (5) 環境リスクを評価・低減する技術の開発

産業と環境が共生する社会の実現に向けて、ナノ材料等の環境リスクを分析、評価する技術、レアメタル等の資源循環を進める技術並びに、産業保安を確保するための技術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・環境の変化を検出するための分析・モニタリング技術を開発するとともに、環境負荷を低減するための水処理監視・制御技術や都市鉱山技術によるレアメタルリサイクル等、資源循環等対策技術の開発を行う。
- ・化学物質や材料、エネルギーを適切に利用するためのリスク評価・管理手法を開発するとともに、産業事故の防止及び被害低減化に向けた技術開発を行う。

2. 生命工学領域

2- (1) 創薬基盤技術の開発

創薬のリードタイムを短縮するために、古典的新薬探索から脱却し、短時間に低コストで成功率の高い創薬プロセスを実現する創薬最適化技術、ゲノム情報解析技術、バイオマーカーによる疾病の定量評価技術などの新しい創薬の基盤となる技術を開発する。さらに、創薬支援ネットワークにおける技術支援にも取り組む。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・産総研が優位性を有しているバイオとITを統合した

医薬リード化合物最適化技術の高度化・高速化を進め、新薬開発の加速および開発コストの低減に資する創薬基盤技術を開発する。

- ・産総研がもつ優れた糖鎖解析技術や天然物ライブラリー等を用いた解析技術を応用して、疾患に特異的に反応する分子標的薬の開発に資する基盤技術の開発を行う。
- ・生体分子の構造、機能を理解するとともに、得られた知見を活用し、新しい創薬技術基盤、医療技術基盤を開発する。

2 - (2) 医療基盤・ヘルスケア技術の開発

豊かで健康なライフスタイル実現のために、再生医療等の基盤となる細胞操作技術と幹細胞の標準化を行う。また、健康状態を簡便に評価できる技術の開発を行うとともに、生体適合性の高い医療材料や医療機器の研究開発を行う。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・先進医療技術を確立するための基盤となる幹細胞等の細胞操作技術と医療機器・システムの技術開発。さらにガイドライン策定と標準化による幹細胞ならびに医療機器等の実用化支援。
- ・健康状態を簡便に評価する技術や感染症等の検知デバイスの開発を目指して、健康にかかわる分子マーカーや細胞の計測技術、生理状態の計測技術、そのデバイス化技術の研究開発を行う。

2 - (3) 生物機能活用による医薬原材料等の物質生産技術の開発

遺伝子組換え技術を用いて微生物や植物の物質生産機能を高度化し、医薬原材料等の有用物質を効率的に生産する技術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・産総研が有する完全密閉型植物工場やロドコッカス属細菌等を用いたバイオプロセスによる高効率な物質生産技術の開発を進め、医薬原材料、有用タンパク質、生物資材、新機能植物品種、化石燃料代替物質、化成品原料などの有用物質の高効率生産技術開発を行う。

3. 情報・人間工学領域

3 - (1) ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の開発

ビッグデータの分析・試験・評価による知的なサービス設計等を支援するため、脳のモデルに基づく人工知能技術や人工知能の活用を促進するプラットフォーム技術など、人工知能が効率良く新たな価値を共創する技術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・大量のデータを解析し意味のある情報を引き出して利

活用する、ビッグデータを用いた人工知能の要素技術に関する研究開発を行う。脳のモデルに基づく脳型人工知能や静的データから得られる知識と動的に得られるデータを融合して学習・理解するデータ知識融合人工知能などの基礎技術の研究を行う。

- ・実世界のビッグデータを収集・蓄積・解析する要素技術の研究を行うとともに、これらをシステム化して人工知能プラットフォームを構築する技術の研究開発を行う。

3 - (2) 産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステム技術の開発

ひと、もの、サービスから得られる情報を融合し、産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステムを実現する統合クラウド技術や軽量でスケラブルなセキュリティ技術、そこから得られるデータをサービスの価値に繋げる技術などを開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・遍在するセンサやロボットなどのエッジデバイスをネットワークして得られる生活や生産の膨大なデータや情報の流通と処理を円滑にすることで、ひと、もの、サービスから新たな価値を創造する統合クラウドを研究開発する。
- ・安心して利用できるサイバーフィジカルシステムを実現するためのセキュリティ基盤として、ソフトウェア工学や暗号技術を用いてシステムの品質と安全性を向上する技術を研究開発する。

3 - (3) 快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術の開発

人間の生理・認知・運動機能などのヒューマンファクターを明らかにし、安全で快適な社会生活を実現するため、自動車運転状態をはじめとする人間活動の測定評価技術を開発する。また、人間の運動や感覚機能を向上させる訓練技術の研究開発を行う。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・ひとの活動の基盤となる様々な状況の認識プロセスを、ひとの感覚やこころの状態、ひとのからだの機能やその状態として測定し、測定結果からひとのこころやからだの状態を評価する技術を開発する。
- ・障がい者や高齢者などが、自らの残存機能を活かして人や社会とのコミュニケーションを実現し、向上させるための機能訓練・機能支援技術の研究開発を行う。

3 - (4) 産業と生活に革命的要変を実現するロボット技術の開発

介護サービス、屋内外の移動支援サービス、製造業など様々な産業においてロボットによるイノベーションの

実現をめざし、人間共存型産業用等のロボットや評価基準・評価技術などの関連技術を開発する。また、環境変化に強く自律的な作業を実現するロボット中核基盤技術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・高齢者の機能と活動を向上させるため、高齢者の運動・コミュニケーション機能を支援するロボット技術、介護者を支援するロボット技術と生活機能モデルに基づく介入効果の定量評価技術・高齢者支援ロボット技術の基準作成等を行う。
- ・ロボットの空間計測、動作計画、過酷環境移動などのロボットの基盤技術の研究と、生活支援ロボット等における応用研究を行う。

4. 材料・化学領域

4 - (1) グリーンサステイナブルケミストリーの推進

再生可能資源等を用いて、高効率かつ低環境負荷で、各種の基礎及び機能性化学品を製造し、高度利用するための基盤技術を確立する。また、空気を新たな資源として利用可能な触媒技術の開発にも取り組む。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・シェールガス等の非在来型資源や、バイオマス等の再生可能資源から、高効率かつ低環境負荷で、各種の基礎及び機能性化学品を製造するため、原料処理、微生物・酵素によるバイオ変換、触媒による精密合成などに関わる技術開発に取り組む。
- ・化学品の高付加価値化や高度利用を目指し、分子や界面の制御、素材の形成・機能化、材料特性評価・標準化などに関わる技術開発を一体的に進め、機能性化学材料の多様な産業分野への展開に資する。

4 - (2) 化学プロセスイノベーションの推進

各種の基礎及び機能性化学品等の製造プロセスの高効率化・省エネルギー化を実現するための化学プロセス技術を開発する。また、高温・高圧等の特異な反応場を積極的に利活用し、精密な制御が可能な新しい化学プロセス技術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・高い効率で機能性化学品などを開発・製造するために、特異空間や特異反応場を利用した高温・高圧技術、マイクロリアクター技術などの開発や、これを支える流体や物性制御の技術開発を通じ、低環境負荷型の反応プロセス技術の基盤を構築する。
- ・基礎及び機能性化学品の製造プロセスの省エネルギー化に貢献するため、高い性能の膜分離や吸着吸収分離などに係る材料・プロセスの開発に取り組み、高機能な分離技術の基盤を構築する。

4 - (3) ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発

ナノカーボン高効率合成及びナノカーボン複合材料製造技術等、ナノ材料のナノ構造精密制御技術や複合化技術、及び先端計測技術を開発する。また、材料・デバイス開発促進のために、高度な計測技術、理論・計算シミュレーションを利用した材料開発を行う。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・CNT及びグラフェンなどのナノカーボン材料の構造を精密に制御するスーパーグロース法、e-DIPS法等の製造技術や、CNTの各種分離技術、CNTの複合材料化技術など、省エネルギーに貢献する新素材やフレキシブルデバイス等の新デバイス創出等に資する研究を遂行する。
- ・物質回収や効率的エネルギー利用等に資する材料やデバイス開発のためにナノ粒子やナノ薄膜の微細構造制御や複合化ならびに積層技術、及び先端計測技術を開発する。また、高度な理論・計算シミュレーションを展開し、環境やエネルギーに貢献する次世代材料の開発を加速する。

4 - (4) 新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料の開発

無機系新素材の創製とスケールアップ製造技術及び部材化技術を開発し、資源制約の少ない元素だけを使った高耐熱磁石等の、耐環境性及び信頼性に優れた各種の産業部材を提供する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・新機能粉体の創成及びそのスケールアップ製造技術を開発する。それにより、新機能粉体の実用化を実現する。
- ・新素材のバルク組織化技術を開発する。それにより、耐環境性及び信頼性に優れたエネルギー・環境部材やヘルスケア部材を提供する。

4 - (5) 省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材の開発

省エネルギー社会構築を目指し、軽量構造材料などの設計やプロセス技術の開発によって、輸送機器の軽量化に資する構造部材、ならびに広い温度領域を想定し、各温度領域に適した熱制御部材を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・輸送機器の軽量化などで輸送エネルギーの削減に貢献するために、材料創生・加工・評価技術を活用し、信頼性の高い軽量構造材料の開発を行うとともに、実用化に向けた部材化技術、プロセス技術の開発を行う。これをもって省エネルギー社会構築への貢献を目指す。

- ・材料の組織や相、構造を制御することによって、生活環境から工場までの広い温度領域において熱エネルギーを制御する材料を開発するとともに、実用化に向けた部材化技術、高信頼性化技術、プロセス技術の開発を行う。これをもって省エネルギー社会構築への貢献を目指す。

5. エレクトロニクス・製造領域

5 - (1) 情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術の開発

情報データの処理量や通信量の増加に対応するため、省電力で高性能な IT 機器を実現する情報処理・記憶デバイス技術とその集積化技術、あるいはフォトニクス関連技術等を開発する。更なる高性能化に向けたポストスケール集積化技術の確立や新しい情報処理技術の創出を目指す。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・大規模化するデータに対応して高性能な情報処理を高エネルギー効率で行うための技術として、ギガバイトクラスの集積度を持つ相変化メモリ技術、シリコン MOSFET の駆動力省エネ性を超えるロジックデバイス技術、これらを三次元集積する技術を開発する。
- ・揮発性メモリ STT-MRAM の大容量化と省電力化の実用化技術、およびさらなる低消費電力で動作する電圧トルク MRAM、スピン演算素子の基盤技術を開発する。
- ・シリコンフォトニクス技術の中核として、ネットワークのエネルギー効率を3-4桁高める光バスネットワーク技術の開発と普及、これとチップ間、チップ内の光インターコネクトを利用した高性能集積デバイス技術を開発する。
- ・通常の CMOS 集積回路では実現できない新規の情報処理技術を創出するために必要となる新材料技術および新原理デバイス技術を開発する。

5 - (2) ものインターネット化に対応する製造およびセンシング技術の開発

製造レジリエンス強化と産業競争力強化を目指した製造網 (Web of Manufacturing) の実現と社会インフラの維持管理を効率化・高度化を可能とする新たなセンシング技術、センサネットワーク技術、収集データ利用技術などを開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・生産ラインの予防保全や障害対応、設備総合効率向上のために、過酷環境下等、定常的モニタリングが困難とされてきた状況でも適用可能な計測技術や、設備へのセンサ後付けなどによる比較的簡便に収集したデータ群から設備状況に関わる情報を導出する間接モニタリング技術を開発する。また、それらの情報に基づい

て生産性やメンテナンス性などの生産システム評価を行えるデータモデル構成技術及び分析技術を開発する。

- ・社会インフラや産業インフラの保守や点検等に資するため、ひずみ、振動、温度など複数のセンシングと通信機能を集積化したネットワーク MEMS システムを開発し、大規模社会実験を行う。さらに、構造物をその場・非破壊でかつ簡便に検査診断するために、高エネルギー分解能の超伝導検出器の多画素・多重化技術や過酷環境計測デバイス、光イメージング技術や生体非侵襲センサを開発する。

5 - (3) ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術の開発

産業や社会の多様なニーズに対応した製品を省エネ、省資源、低コストで製造するために、設計マネジメント技術、印刷デバイス技術、ミニマルファブ技術、複合加工技術などを開発する。製品の更なる高付加価値化を目指し、高機能フレキシブル電子材料等の新材料、機能発現形成型技術等を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・顧客価値の高い製品・システムの開発を可能にするために、複数業種の製造民間企業における共通問題を抽出し、デライト設計の質向上を実現する上流設計マネジメント環境を構築する。
- ・エレクトロニクス・MEMS の変量多品種オンデマンド生産技術として印刷デバイス製造技術およびミニマルファブ技術、フレキシブルで高効率なマイクロナノレベルの製造技術の開発を行う。また、それらの技術を活用して、大面積フィルムデバイス、MEMS センサ等の開発を行う。
- ・付加製造の高度化と、切削、プレス、電解加工などの加工技術の深化と体系化を進めるとともに、これらの複合化により、加工物に合わせた高効率な加工を行うことが可能な複合加工プロセス技術を開発する。積層造形に関しては、レーザー、電子ビーム、インクジェット技術を活用した高速化、高精度化、傾斜構造化などプロセスの高度化の研究を行う。複合加工に関しては、電解加工とレーザー加工の複合化による医療用脳血管用極細管ステント等の医療機器やエネルギーデバイスなどを想定し、そのために必要な材料・形状を低コスト・高効率で製造する。

5 - (4) 多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術の開発

パワーモジュール、燃料電池、構造材料等、種々の産業用部材、基材に対し自在なコーティングを可能とするために、コーティング技術を高度化する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・AD（エアロゾルデポジション）法や、光 MOD（金属有機化合物分解）法、LIJ（レーザー援用インクジェット）法などの産総研が世界を先導するポテンシャルを有する先進コーティング技術を核に、産総研の基礎研究ポテンシャルを活かし成膜メカニズム解明に基づくプロセスの高度化と、それを基にした多事業分野での民間企業への橋渡しを実現する。

6. 地質調査総合センター

6 - (1) 地質調査のナショナルセンターとしての地質情報の整備

我が国の知的基盤整備計画に基づいて、国土およびその周辺海域の地質図、地球科学基本図のための地質調査を系統的に実施し、地質情報を整備する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の地質の調査が見込まれる。

- ・知的基盤整備計画に沿った地質図幅・地球科学図等の系統的な整備、及び1/20万シームレス地質図の改訂を行う。日本の陸域の地質情報を整備するとともに、地質情報としての衛星データの整備と活用を行う。
- ・南西諸島周辺地域の地質調査を着実に実施し、日本周辺の海洋地質情報の整備を行う。
- ・沿岸域の海陸シームレス地質情報の整備を行う。ボーリングデータを活用した都市域の地質・地盤情報を整備する。
- ・地質調査の人材育成を行う。

6 - (2) レジリエントな社会基盤の構築に資する地質の評価

国および地域の防災等の施策策定に役立てるために、地震・火山活動および長期地質変動に関する調査と解明を行い、地質災害リスクの予測精度向上のための技術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の地質の調査が見込まれる。

- ・地震・津波の痕跡調査、過去の巨大地震の復元、活断層の評価手法の高度化ならびに海溝型地震に係わる地殻深部の高精度変動モニタリング技術の開発を行う。
- ・火山地質調査、年代測定技術による過去の火山噴火履歴の系統的解明、火山地質図の整備ならびに噴火推移評価手法の開発を行う。
- ・地下深部の長期安定性に関する予測・評価手法の開発のため、10万年オーダーの地震・断層活動、火山・マグマ活動、隆起・侵食活動ならびに地下水流動に関する長期地質変動情報を整備する。

6 - (3) 地圏の資源と環境に関する評価と技術の開発

国の資源エネルギー施策立案や産業の持続的発展に役立てるために、地下資源のポテンシャル評価および地圏環境の利用と保全のための調査を行い、そのための技術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可

能性はあるが、現時点では次の地質の調査が見込まれる。

- ・地下資源評価として、燃料資源、鉱物資源ならびに地熱・地中熱に関するポテンシャル評価と調査を実施する。
- ・地下環境利用評価として、二酸化炭素地中貯留等に関する地質モデリング技術の開発と調査を実施する。
- ・地下環境保全評価として、資源開発や各種産業活動等に起因する土壌・地下水に関する評価手法の開発と調査を実施する。

6 - (4) 地質情報の管理と社会利用促進

国土の適切な利用と保全などを目指して、地質情報や地質標本を体系的に管理するとともに、効果的に成果を発信することにより、地質情報の社会利用を促進する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の地質の調査が見込まれる。

- ・整備された地質情報や地質標本を体系的に管理する。
- ・信頼性の高い公正な地質・地球科学情報を、出版物やWEB、地質標本館等を通じて国民へ提供する。
- ・国や自治体、民間企業、研究機関や一般社会での地質情報の利用を促進する。

7. 計量標準総合センター

7 - (1) 計量標準の整備と利活用促進

知的基盤整備計画に基づき、物理標準と標準物質の整備を行うとともに、計量標準の利活用を促進するため、計量標準トレーサビリティシステムの高度化を進める。さらに、単位の定義改訂に対応するなどの次世代計量標準の開発を推進する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・ユーザーニーズ、規制対応など緊急度の高さ、グリーン・ライフ・震災対応等の優先分野を勘案し定期的に更新される知的基盤整備計画に基づいて、長さ、質量、時間などの物理標準と高純度、組成系などの標準物質の開発・範囲拡張・高度化等、整備を行う。
- ・計量標準の利活用を促進するため、定量 NMR、計測計量に係るセンサや参照標準器等の開発を通じ、計量標準トレーサビリティの高度化を進める。
- ・アボガドロ定数精密測定や光格子時計の開発を含め、単位の定義改定や関連する国際勧告値に関わる物理定数の精密測定、および新たな定義に基づき計量標準を実現する現示技術など、次世代計量標準の開発を推進する。

7 - (2) 法定計量業務の実施と人材の育成

計量法の適切な執行のため、特定計量器の基準器検査、型式承認試験等の試験検査・承認業務を着実に実施するとともに、計量教習などにより人材育成に取り組む。さらに、新しい技術に基づく計量器の規格策定等にも積極

的な貢献を図る。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の業務が見込まれる。

- ・特定計量器の基準器検査、型式承認試験等を実施する。また、当該業務の現状を把握し、現行の国内技術基準の国際基準への移行、新しい技術に基づく計量器の規格策定等にも積極的な貢献を図る。
- ・法定計量技術を教習して、国内の法定計量技術者の計量技術レベルの向上を図る。

7 - (3) 計量標準の普及活動

中小企業なども計量標準の利活用ができるよう環境を整備し、情報提供や相談などにより計量標準の普及に取り組む。また、計量標準の管理・供給、国際計量標準と工業標準への貢献及び計量標準供給制度への技術支援を行う。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の業務が見込まれる。

- ・中小企業なども含むより広いユーザーに計量標準の利用を促進するため、情報提供及び講習・技能研修活動の拡充を図る。工業標準化、国際標準化へ貢献する。
- ・計量標準の管理・供給を行う。製品の認証に必要な計量標準の国際同等性を確保する。計量法の運用に係る技術的な業務と審査、およびそれに関連する支援を行う。

7 - (4) 計量標準に関連した計測技術の開発

計量標準に関連した計測・分析・解析手法及び計測機器、分析装置の開発、高度化を行う。また、計量に係るデータベースの整備、高度化に取り組む。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・計量標準に関連した計測・分析・解析手法及び計測機器、分析装置の開発、高度化を行う。工業標準化や国際標準化を推進し、開発した機器・技術、コンサルティング業務により、ユーザーが期待するソリューションを提供する。
- ・研究開発の基盤強化に資する信頼性の高い物質のスペクトルデータや熱物性データ、国内外の計量標準サービスに関する情報を更新・拡充し、ウェブサイトを通じて広く提供する。

《別表2》予算

中長期目標期間：平成27～31年度予算

(単位：百万円)

区 別	エネルギー・環境領域	生命工学領域	情報・人間工学領域	材料・化学領域	エレクトロニクス・製造領域
収入					
運営費交付金	50,254	32,733	27,308	38,316	34,163
施設整備費補助金	0	0	0	0	0
受託収入	39,210	4,607	8,715	2,298	1,113
うち国からの受託収入	15,750	1,851	3,501	923	447
その他からの受託収入	23,460	2,757	5,214	1,375	666
その他収入	8,481	6,758	5,534	8,028	7,132
計	97,945	44,098	41,557	48,642	42,408
支出					
業務経費	58,735	39,491	32,842	46,344	41,295
うちエネルギー・環境領域	58,735	0	0	0	0
生命工学領域	0	39,491	0	0	0
情報・人間工学領域	0	0	32,842	0	0
材料・化学領域	0	0	0	46,344	0
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	41,295
地質調査総合センター	0	0	0	0	0
計量標準総合センター	0	0	0	0	0
その他本部機能	0	0	0	0	0
施設整備費	0	0	0	0	0
受託経費	39,210	4,607	8,715	2,298	1,113
うち国からの受託	15,750	1,851	3,501	923	447
その他受託	23,460	2,757	5,214	1,375	666
間接経費	0	0	0	0	0
計	97,945	44,098	41,557	48,642	42,408

資 料

(単位：百万円)

区 別	地質調査総合センター	計量標準総合センター	その他本部機能	法人共通	合計
収入					
運営費交付金	26,865	32,835	34,273	28,540	305,288
施設整備費補助金	0	0	0	24,002	24,002
受託収入	5,411	3,124	104	8,470	73,052
うち国からの受託収入	2,173	1,255	42	2,209	28,151
その他からの受託収入	3,237	1,869	63	6,261	44,901
その他収入	5,213	8,591	10,747	13,507	73,991
計	37,489	44,550	45,125	74,520	476,333
支出					
業務経費	32,078	41,426	45,021	0	337,232
うちエネルギー・環境領域	0	0	0	0	58,735
生命工学領域	0	0	0	0	39,491
情報・人間工学領域	0	0	0	0	32,842
材料・化学領域	0	0	0	0	46,344
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	41,295
地質調査総合センター	32,078	0	0	0	32,078
計量標準総合センター	0	41,426	0	0	41,426
その他本部機能	0	0	45,021	0	45,021
施設整備費	0	0	0	24,002	24,002
受託経費	5,411	3,124	104	0	64,582
うち国からの受託	2,173	1,255	42	0	25,942
その他受託	3,237	1,869	63	0	38,640
間接経費	0	0	0	50,518	50,518
計	37,489	44,550	45,125	74,520	476,333

《別表3》収支計画

中長期目標期間：平成27～31年度収支計画

(単位：百万円)

区 別	エネルギー・環境領域	生命工学領域	情報・人間工学領域	材料・化学領域	エレクトロニクス・製造領域
費用の部	104,181	43,435	44,961	50,684	38,214
経常費用	104,181	43,435	44,961	50,684	38,214
エネルギー・環境領域	51,642	0	0	0	0
生命工学領域	0	34,722	0	0	0
情報・人間工学領域	0	0	28,876	0	0
材料・化学領域	0	0	0	40,747	0
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	36,308
地質調査総合センター	0	0	0	0	0
計量標準総合センター	0	0	0	0	0
その他本部機能	0	0	0	0	0
受託業務費	34,475	4,051	7,662	2,020	979
間接経費	0	0	0	0	0
減価償却費	18,064	4,662	8,422	7,916	927
財務費用	0	0	0	0	0
支払利息	0	0	0	0	0
臨時損失	0	0	0	0	0
固定資産除却損	0	0	0	0	0
収益の部	104,567	43,421	44,176	49,576	38,934
運営費交付金収益	44,185	28,780	24,010	33,689	30,038
国からの受託収入	15,750	1,851	3,501	923	447
その他の受託収入	23,460	2,757	5,214	1,375	666
その他の収入	8,481	6,758	5,534	8,028	7,132
資産見返負債戻入	12,692	3,276	5,917	5,562	651
財務収益	0	0	0	0	0
受取利息	0	0	0	0	0
臨時利益	0	0	0	0	0
固定資産売却益	0	0	0	0	0
純利益 (△純損失)	386	(14)	(784)	(1,108)	720
前中期目標期間繰越積立金取崩額	0	0	0	0	0
総利益 (△総損失)	386	(14)	(784)	(1,108)	720

資 料

(単位：百万円)

区 別	地質調査総合センター	計量標準総合センター	その他本部機能	法人共通	合計
費用の部	34,915	44,682	40,013	44,808	445,893
經常費用	34,915	44,682	40,013	44,808	445,893
エネルギー・環境領域	0	0	0	0	51,642
生命工学領域	0	0	0	0	34,722
情報・人間工学領域	0	0	0	0	28,876
材料・化学領域	0	0	0	0	40,747
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	36,308
地質調査総合センター	28,204	0	0	0	28,204
計量標準総合センター	0	36,424	0	0	36,424
その他本部機能	0	0	39,584	0	39,584
受託業務費	4,757	2,747	92	0	56,783
間接経費	0	0	0	44,417	44,417
減価償却費	1,953	5,511	337	391	48,185
財務費用	0	0	0	0	0
支払利息	0	0	0	0	0
臨時損失	0	0	0	0	0
固定資産除却損	0	0	0	0	0
収益の部	35,617	44,457	41,223	47,346	449,318
運営費交付金収益	23,621	28,870	30,134	25,094	268,421
国からの受託収入	2,173	1,255	42	2,209	28,151
その他の受託収入	3,237	1,869	63	6,261	44,901
その他の収入	5,213	8,591	10,747	13,507	73,991
資産見返負債戻入	1,372	3,872	237	275	33,854
財務収益	0	0	0	0	0
受取利息	0	0	0	0	0
臨時利益	0	0	0	0	0
固定資産売却益	0	0	0	0	0
純利益 (Δ純損失)	702	(225)	1,210	2,538	3,425
前中期目標期間繰越積立金取崩額	0	0	0	0	0
総利益 (Δ総損失)	702	(225)	1,210	2,538	3,425

《別表4》資金計画

中長期目標期間：平成27～31年度資金計画

(単位：百万円)

区 別	エネルギー・環境領域	生命工学領域	情報・人間工学領域	材料・化学領域	エレクトロニクス・製造領域
資金支出	97,945	44,098	41,557	48,642	42,408
業務活動による支出	86,117	38,773	36,538	42,768	37,287
エネルギー・環境領域	51,642	0	0	0	0
生命工学領域	0	34,722	0	0	0
情報・人間工学領域	0	0	28,876	0	0
材料・化学領域	0	0	0	40,747	0
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	36,308
地質調査総合センター	0	0	0	0	0
計量標準総合センター	0	0	0	0	0
その他本部機能	0	0	0	0	0
受託業務費	34,475	4,051	7,662	2,020	979
その他の支出	0	0	0	0	0
投資活動による支出	11,828	5,325	5,018	5,874	5,121
有形固定資産の取得による支出	11,828	5,325	5,018	5,874	5,121
施設費の精算による返還金の支出	0	0	0	0	0
財務活動による支出	0	0	0	0	0
短期借入金の返済による支出	0	0	0	0	0
次期中期目標期間繰越金	0	0	0	0	0
資金収入	97,945	44,098	41,557	48,642	42,408
業務活動による収入	97,945	44,098	41,557	48,642	42,408
運営費交付金による収入	50,254	32,733	27,308	38,316	34,163
国からの受託収入	15,750	1,851	3,501	923	447
その他の受託収入	23,460	2,757	5,214	1,375	666
その他の収入	8,481	6,758	5,534	8,028	7,132
投資活動による収入	0	0	0	0	0
有形固定資産の売却による収入	0	0	0	0	0
施設費による収入	0	0	0	0	0
その他の収入	0	0	0	0	0
財務活動による収入	0	0	0	0	0
短期借入れによる収入	0	0	0	0	0
前年度よりの繰越金	0	0	0	0	0

資 料

(単位：百万円)

区 別	地質調査総合センター	計量標準総合センター	その他本部機能	法人共通	合計
資金支出	37,489	44,550	45,125	74,520	476,333
業務活動による支出	32,962	39,170	39,676	44,417	397,707
エネルギー・環境領域	0	0	0	0	51,642
生命工学領域	0	0	0	0	34,722
情報・人間工学領域	0	0	0	0	28,876
材料・化学領域	0	0	0	0	40,747
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	36,308
地質調査総合センター	28,204	0	0	0	28,204
計量標準総合センター	0	36,424	0	0	36,424
その他本部機能	0	0	39,584	0	39,584
受託業務費	4,757	2,747	92	0	56,783
その他の支出	0	0	0	44,417	44,417
投資活動による支出	4,527	5,380	5,449	30,103	78,626
有形固定資産の取得による支出	4,527	5,380	5,449	30,103	78,626
施設費の精算による返還金の支出	0	0	0	0	0
財務活動による支出	0	0	0	0	0
短期借入金の返済による支出	0	0	0	0	0
次期中期目標期間繰越金	0	0	0	0	0
資金収入	37,489	44,550	45,125	74,520	476,333
業務活動による収入	37,489	44,550	45,125	50,518	452,331
運営費交付金による収入	26,865	32,835	34,273	28,540	305,288
国からの受託収入	2,173	1,255	42	2,209	28,151
その他の受託収入	3,237	1,869	63	6,261	44,901
その他の収入	5,213	8,591	10,747	13,507	73,991
投資活動による収入	0	0	0	24,002	24,002
有形固定資産の売却による収入	0	0	0	0	0
施設費による収入	0	0	0	24,002	24,002
その他の収入	0	0	0	0	0
財務活動による収入	0	0	0	0	0
短期借入れによる収入	0	0	0	0	0
前年度よりの繰越金	0	0	0	0	0

【平成27年度計画】

独立行政法人通則法第31条第1項及び第35条の8に基づき、国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下、産総研）の平成27年度の事業運営に関する計画（以下、年度計画）を次のように定める。

1. 「橋渡し」機能の強化

- ・第4期中長期目標期間終了までに民間資金獲得額を138億円/年以上にすることを目指し、平成27年度は現状の40%増である64.4億円/年を産総研全体の目標として掲げる。
- ・各領域においては、領域長の下で目的基礎研究、「橋渡し」研究前期、「橋渡し」研究後期、及びマーケティングを一体的かつ連続的に行う。領域ごとの数値目標を表1の通り定める。
- ・民間資金獲得額の増加とともに大企業との研究契約に偏ることのないよう、中堅・中小企業の資金提供を伴う研究契約件数の大企業に対する比率は現在の水準（約35%）を維持するよう努める。
- ・各領域は一定金額規模以上の「橋渡し」研究を企業と実施した案件について、その後の事業化の状況（件数等）の把握を行う。

表1 領域ごとの民間資金獲得額の目標（億円）

	平成27年度目標	(参考) 平成23年度～平成25年度実績の平均
エネルギー・環境領域	24.7	19.0
生命工学領域	7.7	5.0
情報・人間工学領域	7.3	4.8
材料・化学領域	10.0	6.6
エレクトロニクス・製造領域	9.6	6.3
地質調査総合センター	1.5	1.0
計量標準総合センター	3.6	2.4

- (1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）
- (2) 「橋渡し」研究前期における研究開発
- (3) 「橋渡し」研究後期における研究開発
 - ・(1)～(3)に関わる研究開発等の年度計画については領域ごとに別表1に記載する。
- (4) 技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施
 - ・多様な民間企業ニーズに応えるために、「技術コンサルティング制度」を新設する。平成27年度は、翌年度からの本格的な制度運用に向け、産総研の技術的なポテンシャルを活かした指導助言等を試行的に開始する。この際、研修の実施やマニュアルの整備等サポート体制を整える。
- (5) マーケティング力の強化
 - ・平成27年度は異なる領域や地域センターにまたがる

横断的なマーケティング活動を行う機能を整える。

- ・イノベーションコーディネータに要求される資質として、民間企業、外部研究機関等の多様なステークホルダーに対応できる経験や、人的ネットワーク等を有することが求められることから、内部人材の育成に加え、外部人材を積極的に登用して、その専門性に適した人材の強化を図るとともに、それぞれのミッション及び個人評価手法を確立し、適切に評価する。
- (6) 大学や他の研究機関との連携強化
 - ・クロスアポイントメント制度を本格的に運用し、従来の連携制度も用いることで、基礎研究、応用研究・開発、実証、事業化といった各段階において他の機関に所属する優秀な人材を取り込んで最大限に活用する。これにより、組織間の連携推進を実効的に進めるとともに、多様な連携の方策から最適な仕組みを選びつつ推進する。これに加えて大学等の研究室単位での産総研への受け入れや、産総研の研究室の大学内もしくは隣接地域等への設置を通じて、大学等との一層の連携強化を図る。
 - (7) 戦略的な知的財産マネジメント
 - ・知的財産の専門人材であるパテントオフィサーについて、研修等による内部人材の育成及び外部人材の招へいを行い、第4期早期に各領域へ配置する等、知的財産活用に向けた体制の強化を図るとともに、それぞれのミッションと個人評価手法を確立し、適切に評価する。
 - ・戦略的な知的財産の活用に向けた全所的な取り組み体制の強化を図るために、研究職員に対して知的財産に関する教育及び研修を実施する。
 - ・秘密保持の一層の強化を図るために、営業秘密に係る組織的な管理・運用体系を見直す。加えて、全職員に対して秘密保持契約の遵守等を目的とした研修を実施する。
 - (8) 地域イノベーションの推進等
 - ① 地域イノベーションの推進
 - ・地域ニーズの把握やグローバルニッチトップ（GNT）企業等の地域中核企業の発掘等を行うため、公設試との連携により橋渡し機能を強化する。平成27年度においては、公設試職員またはその経験者の20名以上を「産総研イノベーションコーディネータ」として任用する。また、公設試の求めに応じ、産総研の職員を外向させ、人事交流を活かした技術協力を推進する。結果として10件以上の中堅・中小企業との受託研究等に結びつける。
 - ・地域中核企業からなる「テクノブリッジ・クラブ」を各地域センターが所在する地域ごとに創設し、地域中核企業へのマーケティング機能を高め、地域における技術開発ニーズと産総研技術シーズとのマッチング機能を強化する。当該年度は、全国で100社以上の企業の「テクノブリッジ・クラブ」への参加を図るとも

に、「テクノブリッジ・クラブ」をきっかけとした10件以上の受託研究等の獲得を目指す。

- ・地域中核企業の技術シーズの実用化の推進に向けて、各地域センターはその所在地域にこだわることなく、関係する技術シーズを有する研究ユニットと大学・公設試等の研究機関や中小企業と連携して、外部研究資金等を活用した本格的な研究開発に結びつけるための活動を行なう。具体的には、新技術活用促進事業（5課題）、中核企業アライアンス事業（10テーマ）、地域産業活性化人材育成事業（10名以上）等を積極的に実施する。
- ・産業技術連携推進会議の技術部会と地域部会を通じて、公設試の技術レベル向上を図るための研究会や研修、地域経済の現状を踏まえたプロジェクトの共同提案等の取り組みを積極的に実施する。
- ・イノベーション推進本部を改組し、地域戦略を担当する部を新たに創設し、地域センターごとに「橋渡し」機能の進捗状況を把握し、オール産総研としての活動の調整を行う。

② 福島再生可能エネルギー研究所の機能強化

- ・福島再生可能エネルギー研究所については、エネルギー産業・技術の拠点として福島の発展に貢献し、再生可能エネルギー分野における世界最先端かつ世界に開かれた研究拠点の形成を目指して活動を行う。
- ・平成27年度において、復興支援を目的として、地元民間企業の技術シーズへの技術支援を25件以上、及び地元大学等との連携を10件以上実施し、産業人材育成に取り組むことにより、地元民間企業等への「橋渡し」を実施する。また、東日本大震災復興関連施策の動向等を踏まえつつ、平成27年度中にこれまでの取り組みの成果を評価した上で、具体的な強化内容を明らかにする。

(9) 世界的な産学官連携拠点の形成

- ・平成27年度は TIA 推進センターに「マーケティングチーム」を設置し、TIA-nano において創成した技術を「橋渡し」するため、複数企業の戦略や市場動向を把握し、魅力的な提案を行うことにより企業からの委託研究等に結びつける。また、TIA-nano 第1期（平成22年度～平成26年度）に検討を開始したナノパイオ領域や先端計測領域において、4機関（物質・材料研究機構、筑波大学、高エネルギー加速器研究機構及び産総研）連携して国家プロジェクトの獲得を目指す。さらに、TIA-nano が提供してきた材料研究、システム化開発及び共通基盤にわたる研究開発プラットフォームを統合し、これを外部ユーザーにワンストップで提供して利便性を向上するため、全てを統括する運営体制を整備する。結果として施設使用料等の民間企業からの収入を平成26年度の0.8億円から2億円に拡大することを目指す。さらに、平成26年度に開始した文部科学省事業「ナノテクキャリアアップアライア

ス」においては、その事業計画に従って平成26年度採択の3名を含め8名の若手研究者育成を事務局として推進する等、TIA-nano の人材育成機能を一層強化する。

(10) 「橋渡し」機能強化を念頭に置いた領域・研究者の評価基準の導入

- ・「橋渡し」研究では事業化に向けた企業のコミットメント獲得が重要であることから、平成27年度より「橋渡し」研究を担う領域への研究予算は民間資金獲得実績を最重視して行う。
- ・各領域の評価に際しては、数値目標を掲げた民間資金獲得額、論文発表数、実施契約等件数、イノベーション人材育成人数の達成状況に加え、具体的な研究成果や知的基盤の整備状況等、上述の評価軸、評価指標及びモニタリング指標に基づいて行う。評価結果については平成28年度の研究予算の予算配分に反映させる。
- ・「橋渡し」機能の強化等第4期中長期計画に対応し、人事評価制度について、以下の見直しを行い、実施する。

- 1) 「橋渡し」実現等の産総研ミッションへの寄与により各研究者が研究開発に必要な多様な業務に意欲的に取り組めるよう、研究段階・研究特性を踏まえて適切な評価軸を設定して評価する仕組みの運用を開始する。
- 2) 研究者個人の実績に加えて、他の研究職員への支援や協力、マーケティング活動等、組織的な貢献を重要な個人業績として位置付ける。
- 3) 評価結果の給与等への反映について、賞与に一層反映できるよう制度を見直し、運用を開始する。

(11) 追加的に措置された交付金

- ・平成27年度補正予算（第1号）により追加的に措置された交付金については、「一億総活躍社会の実現に向けて緊急に実施すべき対策」の生産性改革の実現及び「総合的な TPP 関連政策大綱」のイノベーション等による生産性向上促進のために措置されたことを認識し、IoT 等先端技術の研究開発環境整備事業のために活用する。

2. 地質調査、計量標準等の知的基盤の整備

- ・我が国の経済活動の知的基盤である地質調査や計量標準等については、我が国における当該分野の責任機関として、これらの整備と高度化を通じて我が国の産業基盤を引き続き強化する。平成27年度は特に以下の業務に取り組む。詳細については別表1に記載する。
- ・知的基盤整備の評価においては、国の知的基盤整備計画に基づいて着実に知的基盤の整備に取り組んでいるか、及び計量法に関わる業務を着実に実施しているかを評価軸とし、地質図・地球科学図等の整備状況、計量標準及び標準物質の整備状況、及び計量法に係る業務の実施状況を指標とする。さらに、地質情報の普及活動の取り組み状況、計量標準の普及活動の取り組み

状況を評価の際のモニタリング指標として取り扱う。

【地質調査総合センター】

- ・国民生活・社会経済活動を支える地質情報の着実な整備のために、政令指定都市岡山市東部の和気地域等の調査を開始するとともに、関東平野東部太平洋側の茂原地域の地質情報の整備を行う。
- ・日本周辺海域の海洋利用促進のため、奄美大島西方海域の海洋地質調査を実施、相模湾から房総半島沿岸域の海域及び陸域での地質調査を実施し、知的基盤情報の整備を行う。
- ・安心安全な社会活動を支えるため、千葉県湾岸低地及び谷埋め分布の地質地盤の調査・情報整備、及びボーリングデータ管理システムの構築を行う。
- ・地質災害に強い社会を構築するために、陸域・沿岸海域の5地域以上の活断層調査を行い、地震調査研究推進本部へ情報を提供する。また、気象庁等の火山監視業務で活用できる火山ガス連続観測システムの実用化を行う。
- ・地下環境保全のための、高知県地域の表層土壌調査・分析を継続するとともに、富士山地域の水文環境図の編集を進める。

【計量標準総合センター】

- ・物理標準については、高温熱電対、蓄電池の内部インピーダンス、医療用線量標準等の物理標準の開発・範囲拡張・高度化等の整備を知的基盤整備計画に沿って行う。
- ・標準物質については、既存標準物質の安定性評価を行い、水道法等の規制に対応した標準物質を知的基盤整備計画に沿って開発、整備する。
- ・計量法に係る業務については、特定計量器の基準器検査、型式承認試験等の効率的な実施に取り組む。また、計量教習、計量講習、計量研修を実施し、法定計量技術に関わる人材育成を行う。
- ・計量標準の利用を促進するため、情報提供及び講習・技能研修活動の拡充を図り、計量標準に関連する工業標準化、国際標準化へ貢献する。また、国際比較等を通じて計量標準の管理を行い、計量法トレーサビリティ制度に定められた参照標準等の供給を行う。

3. 業務横断的な取り組み

(1) 研究人材の拡充、流動化、育成

- ・優秀かつ多様な研究人材の獲得のため、以下の制度の活用を進めるとともに、制度の一層の活用に向けて必要に応じ制度改善を図る。
- 1) クロスアポイントメント制度の活用により、大学等の優れた研究人材を受け入れ、組織の枠組みを超えた研究体制を構築する。
- 2) リサーチアシスタント制度を活用し、優秀な若手人

材を確保する。

- 3) 産総研においてリサーチアシスタント又はポストドクとして既に高い評価を得ている者、極めて優れた研究成果を上げている者及び極めて高い研究能力を有すると判断できる者のテニュア化までの期間の短縮又は直ちにテニュア化する制度を平成27年度から導入する。
- ・研究人材の育成のため、以下の取り組みを行う。
- 1) 職員が、研究者倫理、コンプライアンス、安全管理等の必要な基礎知識を取得するよう、e-ラーニング等の研修を徹底する。
- 2) 職責により求められるマネジメントや人材育成能力の取得を研修を通して支援する。
- 3) 研究者が、連携マネジメントや知財マネジメント等の多様なキャリアパスを選択することを支援するため、研修や説明会等の充実を図る。
- ・産総研イノベーションスクールにおいては、民間企業等にイノベティブな若手博士研究者等を輩出することを目的として、第9期生として公募選考した若手博士人材を対象として、講義及び演習、産総研の研究現場での一年間の本格研究実践、企業等へのインターンシップ実施を組み合わせた独自カリキュラムによる人材育成プログラムを実施する。
- ・マーケティング機能の体制強化のための内部人材の育成、外部人材登用を柔軟に行うこととする。
- ・優れた研究能力、マーケティング能力等を有する職員の定年後の処遇に係る人事制度を検討する。
- ・男女がともに育児や家事負担と研究を両立するための具体的な方策、女性の登用目標や必要に応じた託児施設等の整備、在宅勤務制度の試行的導入等を含む具体的なプログラムとして、第4期中長期目標期間におけるダイバーシティの推進策を策定し、実施する。
- ・平成26年度に策定した産総研「次世代育成支援行動計画」（計画期間：平成26年6月26日から平成29年3月31日まで）によるワーク・ライフ・バランス支援及びキャリア形成支援の実施を通じて、女性のロールモデル確立と活用を増大させるための環境整備・改善に継続的に取り組む。
- (2) 組織の見直し
 - ・平成27年度は新組織への移行や制度見直しを行い、その安定的な運営に努める。研究組織は4月1日より従来の6分野から7領域に再編する。各領域を統括する領域長には民間資金獲得額、論文発表数、実施契約等件数及びイノベーション人材育成数の数値目標を課すとともに、人事、予算、研究テーマの設定等に関わる責任と権限を与えることで領域長が主導する研究実施体制とする。領域内には領域長の指揮の下で研究方針、民間企業連携等運営全般に係る戦略を策定する組織を設ける。戦略策定に必要なマーケティング情報を効果的かつ効率的に収集・活用するため、この組織内にイノベーションコーディネータを配置し、研究ユニ

ットの研究職員と協力して当該領域が関係する国内外の技術動向、産業界の動向、民間企業ニーズ等の把握を行う。領域の下に研究開発を実施する研究ユニットとして研究部門及び研究センターを配置する。このうち研究センターは「橋渡し」研究後期推進の軸となり得る研究ユニットとして位置づけを明確にし、研究センター長を中核として強力なリーダーシップと的確なマネジメントの下で研究ユニットや領域を超えて必要な人材を結集し、チームとして「橋渡し」研究に取り組めるよう制度を整備、運用を開始する。また、研究センターにおいては、「橋渡し」研究に加え、将来の「橋渡し」につながるポテンシャルを有するものについては、目的基礎研究も実施する。

- ・産学官連携や知財管理等に係るイノベーション推進本部等の本部組織についても、領域との間で適切に役割を分担し、産総研全体として「橋渡し」機能の強化に適した体制に見直す。「橋渡し」の一環で実施する産学官連携等については、産業界のニーズ把握と大学等の有する技術シーズの分析を行い、それらのマッチングにより課題解決方策の検討と研究推進組織に対して、研究計画の設計まで関与できる専門人材を強化するため、内部人材を育成するとともに、外部人材を積極的に登用する。
- ・機動的に融合領域の研究開発を推進するための予算を本部組織が領域に一定程度配分できるようにするとともに、研究立案を行うために必要に応じて本部組織にタスクフォースを設置する。

II. 業務運営の効率化に関する事項

1. 研究施設の効果的な整備と効率的な運営

- ・オープンイノベーションハブ機能の強化を目的としたコンソーシアム型の共同事業や他機関との包括協定の締結を通じて、産学官が一体となって研究開発を行うための施設・仕組み等の整備・構築を戦略的に実施する。
- ・最先端施設を活用したプロトタイプ試作やサンプル供給、産総研の技術に基づく実用化を希望する企業への産総研独自の施設の貸出し等により、橋渡しにむけた施設等の最大限の活用を図る。

2. PDCA サイクルの徹底

- ・外部の専門家・有識者からなる評価委員会を組織する等、評価制度・体制を構築する。
- ・評価委員会での指摘事項及び評価結果を継続的な自己改革へ反映し、今後の研究及び経営判断に資するための取り組みを充実させる。
- ・領域評価に当たっては、意欲的な目標を設定して目標未達になった領域が、達成容易な目標を設定して目標達成した領域に比べて不利にならないよう、領域間で評価調整を行う。さらに評価結果を領域への予算配分

額に反映させること等を通じて産総研全体として目標を達成するためのPDCAサイクルを働かせる。

3. 適切な調達の実施

- ・契約監視委員会を平成27年6月以降に開催する。また、委員会点検による意見・指導等については、全国会計担当者会議等において共有し、改善に向けた取り組みを行う。
- ・競争入札を行う調達案件については、事業内容に応じて適切な公告期間を設けるとともに、必要に応じた説明会を実施し、公告日から締切日までの期間を十分に確保する取り組みを実施する。
- ・「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」（平成25年12月24日閣議決定）を踏まえ、一般競争入札を原則としつつも、研究開発業務を考慮し、「調達等合理化計画」に基づき公正性・透明性を確保し合理的な調達を可能とすべく、随意契約によることができる事由につき、契約監視委員会の意見も踏まえ、規定化する。
- ・民間企業での技術的な専門知識を有する契約審査役を引き続き雇用し、請求者が要求する仕様内容・調達手段について適切な仕様や条件となっているかにつき審査を実施する。
- ・地域センターの契約案件については、前年度の競争入札手続きによる契約のうち、契約額が上位から数えて10%にあたる契約案件の契約額を平成27年度の契約審査役が行う技術審査の基準額とする。

4. 業務の電子化に関する事項

- ・法人文書管理の電子化を図るため、新規に法人文書管理システムを構築する。
- ・共用会議室（30箇所）に高機能無線LANを整備し、所内の情報ネットワークの充実を図る。
- ・ファイアーウォールによる24時間のセキュリティ監視を徹底する。
- ・つくばセンター以外にインターネットのバックアップ回線を整備することで震災等の災害に備える。

5. 業務の効率化

- ・運営費交付金を充当して行う事業は、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、一般管理費は毎年度3%以上を削減し、業務費は毎年度1%以上を削減する。

III. 財務内容の改善に関する事項

- ・運営費交付金を充当して行う事業について、セグメント毎、ユニット毎等の執行状況を定期的に調査し、早期執行を促す。
- ・運営費交付金債務については、その発生要因等を厳格に分析し、翌年度の事業計画に反映させる。

- ・目標と評価の単位である事業等のまとまりごとにセグメント区分を見直し、平成27年度財務諸表からは改訂した5領域、2総合センター、その他本部機能、法人共通の区分でセグメント情報を開示する。
- ・資産使用者及び資産管理者が、自らは使用しないと判断した資産については、引き続き、所定の手続きに基づき、所内でのリサイクル活用を行う。所定の手続きにより不用と判断した資産については、適時適切に減損等の会計処理を行う。
- ・平成26年度に、研究用備品等の管理の適正化を図るために整備した制度・体制について、フォローアップを実施する。
- ・第4期中長期目標期間終了までに民間資金獲得額を138億円/年以上にすることを目指し、平成27年度は現状の40%増である64.4億円/年を産総研全体の目標として掲げる。

1. 予算（人件費の見積もりを含む）【別表2】

2. 収支計画【別表3】

3. 資金計画【別表4】

IV. 短期借入金の限度額

- ・なし

V. 不要財産となることが見込まれる財産の処分に関する計画

- ・平成27年度中に関西センター尼崎支所の各建物を閉鎖する。また、国庫納付に向けた手続きにつき自治体等関係機関と協議を行う。

VI. 剰余金の使途

- ・剰余金が発生した時の使途は以下の通りとする。
- ・重点的に実施すべき研究開発に係る経費
- ・知的財産管理、技術移転に係る経費
- ・職員の資質の向上に係る経費
- ・広報に係る経費
- ・事務手続きの一層の簡素化、迅速化を図るための電子化の推進に係る経費
- ・用地の取得に係る経費
- ・施設の新営、増改築及び改修、廃止に係る経費
- ・任期付職員の新規雇用に係る経費 等

VII. その他業務運営に関する重要事項

1. 広報業務の強化

- ・報道機関が関心を集める情報素材の掘り起こしを行うため、関係部署との連携を強化し、プレス発表や取材等の情報発信の増加を目指す。プレス発表は、わかりやすく平易な文章での資料発表や社会的に関心の高い

話題の発信に努める。取材対応は、取材の目的を正確に把握したうえで、迅速かつ丁寧に対応する。これらにより、産総研の活動が報道される機会を増やすことに努める。

- ・つくばセンター及び地域センターにおいて記者との定期的な意見交換会等を通して情報を提供する。これにより、地域での情報発信の強化と地域の報道機関との信頼関係を高め、地域での認知度向上に努める。
- ・リニューアルした展示施設「サイエンス・スクエア つくば」では、一般見学者対応はもとより、産総研の橋渡し機能の一貫として、企業の経営層及び研究者・技術者向けに、最新の研究成果と過去の代表的な研究成果を専門的な視点で展示し、見える化に貢献する。
- ・一般国民に産総研の研究内容・成果を分かりやすく情報提供することを目的として「サイエンスカフェ」「出前講座」「実験教室」を引き続き実施して、対話型広報活動を実施する。また、青少年に科学・技術のおもしろさや興味を高める機会を提供するため、つくばセンター及び各地域センターにおいて一般公開を開催して地域貢献に努める。さらに、外部機関と連携したイベントへの出展等を実施し、来場者の産総研への理解促進を図る。
- ・出版物は、広報誌を発行して、イノベーションへの取り組みや研究成果等をわかりやすく伝える。産総研レポートについては、産総研が取り組んでいる社会的責任に関する活動等をより分かりやすく紹介するように工夫し、平成27年9月末までに発行する。また、パンフレット等の印刷物については、最新の研究成果の紹介や読者層を意識した編集、発行により、産総研への更なる理解促進に向け機動的な改訂に努める。
- ・地域拠点のホームページをリニューアルし、研究成果等の情報発信を推進する。また、産業界及び一般国民等への情報発信の利便性向上のため動画配信やソーシャルメディアネットワークの運用改善を図る。

2. 業務運営全般の適正性確保及びコンプライアンスの推進

- ・全職員を対象として、e-ラーニング研修等の研修（調達・資産管理、研究情報管理、労務管理、安全管理等の業務全般及び研究者倫理等を含むもの）を実施する。
- ・研究ユニットにおける事務手続に対応する支援体制を維持するとともに、執行状況のチェックを実施する。
- ・内部監査として、従来から実施している個別業務等に着目したテーマごとの監査に加え、研究ユニットごとの包括的な監査を実施する。
- ・研究記録の作成、その定期的確認、及びその保存に係るルールを整備し、平成27年度から導入する。

3. 情報セキュリティ対策等の徹底による研究情報の保護

- ・外部の専門家を情報セキュリティ委員会の委員として委嘱するとともに、その知見を活用して、「政府機関の情報セキュリティ対策のための統一基準」に準拠した情報セキュリティ規程、情報セキュリティ実施要領及び情報セキュリティ実施ガイドの改正を行う。
- ・全役職員等を対象として情報セキュリティ研修及び定期セルフチェックを実施し、情報セキュリティの脅威と対策方法を周知徹底する。
- ・情報セキュリティ対策を強化するため、重要な機密情報への外部からのアクセスを遮断できるよう、産総研内情報ネットワークの改修を計画する。

4. 内部統制に係る体制の整備

- ・「独立行政法人の業務の適正を確保するための体制等の整備」（平成26年11月28日付け総務省行政管理局長通知）等に通知した事項を参考にしつつ、内部統制に係る体制の整備を進める。

5. 情報公開の推進等

- ・情報公開窓口、個人情報保護窓口及び苦情相談窓口の円滑な運用を行い、開示請求及び問い合わせ等に対し法令等に基づき、適切に対応する。
- ・個人情報等の取り扱いについて、e-ラーニングを活用した研修により、職員への周知徹底を図る。

6. 施設及び設備に関する計画

- ・産総研施設整備計画（平成27年度版）を策定し、同計画に基づき施設及び設備の整備と、老朽化した施設の閉鎖・解体を進める。
- ・空調設備等の電力多消費設備を整備する際には、エネルギー効率の高い機器を採用する。

7. 人事に関する計画

8. 積立金の処分に関する事項

《別表1》第4期中長期目標期間において重点的に推進する研究開発等

1. エネルギー・環境領域

1 - (1) 新エネルギーの導入を促進する技術の開発

- ・国際的なコスト競争力の向上に向けて、Si、CIGS等の太陽光発電システムにおける発電コスト低減と信頼性向上を達成する技術を開発する。平成27年度はNEDO事業「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」の下で、企業・大学との連携によって高性能化やプロセス高度化を進め、発電コストの低減に不可欠な技術要素を抽出する。Si型太陽電池については本研究開発を通じて発電コストの30%削減と20年以上の長期信頼性を実証する。
- ・発電コスト7円/kWhを目指し、革新的太陽電池の要素技術を確立する。平成27年度は、スマートスタック技術を利用した薄膜多接合太陽電池について、コスト低減を実現するための実用的なプロセスを確立する。また、NEDO事業「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」の下、装置メーカーと協力して超高速製膜装置を試作する。
- ・大型パワーコンディショナーの制御技術については、3 MW 評価設備の稼働に向けて、大容量パワーコンディショナーの評価試験法を構築する。また、エネルギーネットワーク技術として、ネットワークの制御に利用可能な太陽光、風力に関するモニタリング技術を構築する。
- ・深部超臨界水利用ギガワット級地熱発電等の地熱・地中熱資源の利用技術開発においては、EGS (Enhanced Geothermal Systems、涵養地熱系) 開発時の現象の解明や高温坑井用機器の試作を行う。さらに東北主要地域の地中熱ポテンシャルマップを完成させる。

1 - (2) エネルギーを高密度で貯蔵する技術の開発

- ・再生可能エネルギー等の長時間貯蔵技術として、メチルシクロヘキサンの水素・エネルギーキャリアシステムの水素混焼率を80%まで向上できる技術の開発、ガスタービンを用いたアンモニアの水素・エネルギーキャリアについて、小型試験用ガスタービンを用いてアンモニアの専焼での運転検証を行う。さらに、利用が期待される天然ガスとの混焼を想定して、メタンとの混焼技術試験を実施し、技術の検証を行う。ギ酸については、鍵となる触媒を用いたギ酸の生成、ギ酸からの水素発生について、さらに高い反応効率の錯体触媒を設計する。
- ・電気自動車がガソリン車並の航続距離を実現するためには、500 Wh/kg のエネルギー密度を持つ二次電池が不可欠である。その実現のためには、電池主要構成部材の新規材料の開発が必要であり、特に正極材料には高容量化が求められている。そこで、高容量正極材

料として金属硫化物材料に着目し、高容量を発現する組成及び結晶構造を解明することでさらなる性能向上に取り組むとともに、数Ah級のラミネートセルの硫化物電池を試作実証する。

1 - (3) エネルギーを効率的に変換・利用する技術の開発

- ・先進的なパワーエレクトロニクス技術の確立に向けて、SiC デバイス/パワーモジュールの量産技術について民間企業と共同研究を行う。平成27年度は、SiC スイッチングデバイスについて、1200 V、30 A級の世界最高レベルの低オン抵抗を有するトレンチ型電界効果トランジスタの量産技術を開発する。パワーモジュールとしても世界最高レベルのスイッチング損失性能を持つ50 kHz 級高速スイッチング用2in1、6in1型モジュールを開発する。また、これらのパワーモジュールを応用企業に提供して次世代パワエレ機器としての応用先開拓をめざした共同研究を行う。
- ・ダイヤモンド、GaN等、将来実用化普及が期待されるワイドギャップ半導体の材料・デバイス技術を開発する。平成27年度はGaN縦型デバイスに必要となる 10^{16} cm^{-3} 台の低濃度でのn形/p形ドーピングの制御性向上、及びそれらの結晶中や絶縁膜/半導体界面のトラップ準位の評価と評価手法の妥当性検討を行う。また、デバイス化が可能な 1 cm^2 級低欠陥ダイヤモンドウェハの合成とその口径拡大のための要素技術開発を行うとともに、ダイヤモンドの負性電子親和力を利用した真空スイッチの15 kVスイッチングを実現する。
- ・国内自動車業界の産業競争力強化に向けて、クリーンディーゼル車向け等、高効率エンジン燃焼及び排気制御の基盤技術を開発し、民間企業への橋渡しを推進する。平成27年度は、自動車用内燃機関技術研究組合事業として、経済産業省の「エネルギー使用合理化先進的技術開発(クリーンディーゼルエンジン技術の高度化に関する研究開発)」の下で、EGR(排気ガス再循環)デポジット生成機構解明やDPF(ディーゼルパーティキュレートフィルタ)酸化触媒の機能評価等を実施し、2~5年後に民間企業でエンジン開発に利用可能な評価手法等を確立する。また、燃料噴霧・着火・燃焼に関する高度解析技術の開発を、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の「革新的燃焼技術」や、民間共同研究等で推進する。
- ・国内産業振興に向けて、省エネルギー化に資する未利用熱有効利用のための熱マネジメント技術を開発する。平成27年度は、NEDOの「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」の下で、熱利用量の多い9業種の工場の未利用熱の排出、活用状況を調査分析するとともに、熱発電ユニットを実装した場合の効果を

検証する。また、硫化物等の環境調和型熱電材料の量産化及び高耐久化技術について、3年後に民間企業からの受託研究に結びつくレベルにまで技術を高める。

1 - (4) エネルギー資源を有効活用する技術の開発

- ・メタンハイドレート資源からの天然ガス商用生産に向けて、海洋産出試験で生じた出砂現象に係る室内実験や解析評価を行い、長期的に安定な生産に必要な出砂対策手法を構築する。さらに、現場コア等を用いた圧力コア解析等を実施し、貯留層特性評価技術の高度化等に重点的に取り組み、生産技術を構築する。流動層ガス化技術については、褐炭等の未利用炭化水素資源を水素や化学基幹原料へ転換するガス化等のプロセス技術を開発するため、ガス化の課題であるタール排出を50%低減する反応器設計を行う。

1 - (5) 環境リスクを評価・低減する技術の開発

- ・環境負荷を低減するための水処理監視・制御技術を開発する。平成27年度は微生物を利用した廃水処理システムを用いて各種廃水に対する適用性の検討を行い、変化する微生物の群集構造を監視しながら、処理水のCODレベルを排水規制以下になるような運転条件を提示する。また、処理システムの性能変化を5分以内に検知・分析できるオンライン計測装置を試作する。
- ・都市鉱山技術によるレアメタルリサイクル等、資源循環等対策技術を開発する。平成27年度、物理選別プロセスでは、石油天然ガス・金属鉱物資源機構のリサイクル優先レアメタル回収技術開発事業「廃小型家電製品等からの tantalum 回収技術の開発」の下、四管式気流選別機実証プラントにおける複数電子素子回収技術を確立する。また、新規開発したアリーナソータの時間当たり処理量を1.5倍に拡大する。化学分離プロセスでは、開発した金属分離剤を用い共同研究企業での実用化試験を開始するとともに、分離剤の改良を進め、金属分離効率の10%向上を目指す。プラスチック類の再資源化・リサイクル技術では、企業数社と太陽電池や複合材料、有機系廃棄物等を液化・ガス化して有用資源を効率的に回収し、プラスチック類の再資源化効率30%以上を目指す。
- ・化学物質や材料、エネルギーを適切に利用するために、ナノ材料の審査を想定したガイダンス原案を作成するとともに、新規技術の導入が環境及び産業に与える影響を含めた技術評価モデルを試作する。産業事故防止と被害低減化のために、産業用ガス等爆発危険性物質の計測・評価技術に関する報告書を作成するとともに、法令改正に必要な野外爆発実験を実施する。また、中小企業向けの保安力評価手法を開発する。さらに、エネルギーキャリアのリスク評価に向けた一次スクリーニング手法を開発する。

2. 生命工学領域

2 - (1) 創薬基盤技術の開発

- ・創薬リードタイムを短縮するために、効率的なターゲット探索、ゲノム情報解析技術の開発を行う。平成27年度は、これまでに開発を進めてきたロボット創薬支援技術とITによる計算創薬支援技術の高度化を進め産業界への導入事例の増加を狙う。生命情報データベースの有効活用を図るため、秘匿検索技術、ビッグデータ統計解析手法の開発を進め、臨床データに適用して有効性を評価する。
- ・がんや自己免疫疾患等の診断薬・治療薬の開発を目指して、糖鎖、糖タンパク質、ペプチド等を活用した創薬技術の開発を行う。平成27年度は、膵臓がん等の疾病に対する糖鎖マーカー等の探索を行い、臨床的有効性を確認する。また創薬支援ネットワーク(AMED)の一員として、技術研究組合等を介して産業界での創薬開発の支援を行う。
- ・生体分子の構造と機能を明らかにすることにより、効果的な薬剤開発を支援する基盤技術の開発を行う。平成27年度は、がんや熱帯病等の疾患関連タンパク質の構造機能解析技術を高度化するとともに、抗体精製用マルチカラムプレートの最適利用条件を見出す。

2 - (2) 医療基盤・ヘルスケア技術の開発

- ・幹細胞等を用いた再生医療技術の基盤技術開発を目指して、幹細胞等操作技術とそのための医療機器技術の開発を行う。平成27年度は、RNAベクター、細胞の安定供給のための技術の開発及び機器の標準化に組み込み、標準化素案を作成する。
- ・健康状態や疾病の早期・簡便な評価法の開発を目指して、健康評価のためのバイオマーカー探索と評価デバイスの開発を行う。平成27年度は、健康評価候補となるバイオマーカーを計測する健康診断デバイスの試作に取り組み課題抽出を行う。また、医療機器等の品質・有効性・安全性等に関する標準化・ガイドライン化を進めるとともに、医療機器支援ネットワーク(AMED)の一員として産業界での医療機器開発の支援を行う。

2 - (3) 生物機能活用による医薬原材料等の物質生産技術の開発

- ・効率的な物質生産技術の構築を目指して、遺伝子組換え技術を活用した生物による物質生産技術の開発を行う。平成27年度は、遺伝子組換え植物を活用したワクチン等の医療原材料の生産技術開発に取り組み実用化評価を行う。また、遺伝子組換え植物を用いたゴムの木のラテックス生産性向上に寄与する遺伝子の探索を行う。さらに、遺伝子組換え微生物による物質生産に資する有用遺伝子の探索・評価を行う。

3. 情報・人間工学領域

3 - (1) ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の開発

- ・現在は神経科学的現象を説明する自然科学的モデルにとどまっている脳型人工知能については、工学応用可能な機械学習アルゴリズムの形に統合した情報処理技術として完成するとともに、有用性を実証することを目指す。平成27年度は脳型人工知能機構の基本原則を構築し、それに基づく人工視覚野及び人工言語野の実現方式を設計する。
- ・データ知識融合人工知能については、連続値と離散値の組み合わせや時間的変化をともなう実世界のデータと知識を融合するための新しい確率モデリング技術の研究開発を実施する。平成27年度にはデータの複雑さに対応できるような確率モデリング方式の開発を進め、実世界データを収集・整備し、研究開発に利用する人工知能研究開発環境を構築する。
- ・点検者の技術に左右されず熟練者並の質の高い点検業務を可能とする、人工知能によるインフラ診断支援技術の研究開発を実施する。各種センサデータに対する診断事例を収集し、機械学習に基づく手法で解析し、異常検知やその要因を推定できるシステムを開発する。平成27年度は戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」において、高速道路管理社、装置メーカー等とともに「学習型打音解析技術の研究開発」を行い、橋梁、道路等の実構造物において実証試験が実施可能な打音検査システムのプロトタイプを完成させる。

3 - (2) 産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステム技術の開発

- ・生産現場、生活場面での人間行動センシング技術と、それを通じて得られる実世界ビッグデータを集約、分析し、製品の価値向上、サービスの生産性向上に繋げる統合クラウド技術を開発する。平成27年度は3社以上の企業との資金提供型共同研究を通じて、人間行動センシング技術の省電力化と小型化を進め、名札大のセンサによる生産現場、生活場面での長時間計測を実現する。多人数の行動データと属性、環境データを統合し、文脈に応じた行動パターン類型を自動的に抽出する技術を開発する。これらの技術を基盤とし、2～3年後に、文脈に応じた製品カスタマイズ、サービスプロセス改善を支援する統合クラウド技術を実現し、企業へのライセンス提供に繋げることを目指す。
- ・安全なサイバーフィジカルシステムの実現を目指し、演算性能や電力に制約のある大量のエッジデバイス上でも実用的な速度で処理が可能な暗号技術と、それを用いたプライバシー保護や認証技術に関する研究開発を実施する。RSA 暗号等の従来技術では、効率性、機能性、安全性のいずれも不十分であり、格子問題等の

数学的構造に基づき、エッジデバイスに適した軽量で高機能な暗号・認証技術の実現を目指す。平成27年度は、目標とする暗号・認証技術の部分的な機能の個別の達成に挑む。特に、関数暗号等の高機能暗号についての効率化・高安全化を進め、従来より暗号文長を削減する方式や、より強力で安全性を証明できる方式を開発する。また、暗号技術の安全性評価手法の原型を作成し、本年度において設計した方式や、他の既存方式の安全性を明らかにする。

3 - (3) 快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術の開発

- ・国内自動車メーカー・サプライヤーが新規導入する車載装置が運転へ及ぼす影響を評価する際に活用できる評価シナリオと評価方法を開発する。平成27年度は、まず高速道路にて評価対象とすべきドライバの認知・心身状態を企業数社との意見交換を通じて特定する。さらに、産総研内での評価環境を整備した上で、評価シナリオの作成と評価手法の選定を行い、ドライビングシミュレーター実験と分析に基づいて個人差を考慮した評価方法の妥当性を示す。2～3年後には、高速道路版の標準評価手法として民間企業への提供を目指す。
- ・高齢者が自らの残存機能を維持、増進して自立移動ができるようにするために、装着型センサで歩行・走行機能を計測、評価して可視化する技術を開発する。平成27年度は企業と有料のコンソーシアムを設立し、さらに企業との資金提供型共同研究を通じて、高齢者の歩行機能データベースを20例以上拡充するとともに、そのデータベースに基づいて筋力維持、転倒リスク低減のための歩行評価指標を計算、提示するクラウド技術を開発する。これらの計測評価技術を、下肢切断者の義足走行機能評価と訓練に適用し、東京パラリンピック前年までに義足走行記録を向上させる新型義足を開発し、訓練方法を確立する。

3 - (4) 産業と生活に革命的要変革を実現するロボット技術の開発

- ・生活支援ロボットの安全検証技術について、ロボット介護機器の実証試験を行うための最低限の安全評価基準を確定し、必要な安全試験技術を開発する。平成27年度は、ロボット介護機器の効果基準・評価技術について、生活機能モデルに基づく介入効果の定量的評価を行うソフトウェアを開発し、実証評価を行う。また、高齢者の移動支援ロボットについては、第1次試作機を開発する。
- ・災害現場等の過酷環境における移動・作業から人間を解放するために、環境をロボットにあわせて整備することなく人間の作業員の移動・作業を代替するための基盤技術を開発する。平成27年度は、悪通信条件下

においても遠隔操作により不整地や階段の移動、バルブの回転や工具の操作、プラグの挿入作業が可能なヒューマノイドロボットシステムの実現に挑み、実証実験から各機能の実用性を評価する。またこのようなロボットシステムを開発するための基盤として、国内外のロボット用ミドルウェアと親和性の高いシミュレーション環境を開発・公開し、これを用いた競技会により、それらの実用性について実証する。

- ・現在の日本において、社会インフラの老朽化への対応は喫緊の課題であり、人手不足や危険作業の低減のために、企業とともに、社会インフラの維持管理を支援するためのロボット技術の開発を行う。平成27年度は、NEDO「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」の下で、実現場での検証に耐えうるプロトタイプに搭載するセンシング、自律制御、安全性の向上のための技術の開発とシステム化を行い、その実用可能性について評価検証を行う。また、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の中で、マルチローター搭載用の打検機や光学センサ等の開発を進め、実際の運用に適したシステムを作製する。
- ・認知症を含む高齢者とロボットとの対話により、生活に必要な情報を確実に伝達する情報支援システムを、JST 戦略的イノベーション創出推進プログラム「高齢者の記憶と認知機能低下に対する生活支援ロボットシステムの開発」において、企業数社とともに開発する。平成27年度は、意図抽出手法について、雑音抑圧、音声強調処理、韻律の利用、対話による利用者の意図を確認等の改良を行う。さらに、日常行動のモデル化手法について、異常検出や活動量を計測する技術の開発等の改良・拡張を行い、時間見当識の確認等ロボットとの対話を通じて認知機能低下の兆しを検出する手法の妥当性を評価する。

4. 材料・化学領域

4-(1) グリーンサステイナブルケミストリーの推進

- ・平成27年度は、企業ニーズに基づいて、目的とするエポキシ化合物の過酸化水素酸化法を用いた合成法を見出す。また、含フッ素精密洗浄剤・溶剤化合物製造に関わる触媒反応を効率化する。
- ・枯渇性資源の代替や地球温暖化防止への対応から、再生可能資源を原料とする、基礎・機能性化学品への転換技術の確立を目指し、平成27年度は、バイオマス成分分離の最適化や、生産菌の育種・改良等を進め、バイオベース化学品（D-アミノ酸、高機能界面活性剤、光学活性有機酸、セルロースナノファイバー等）の合成条件を見出す。さらに、エネルギーを多く消費する既存の有機ケイ素原料の製造プロセスに代わる、新たな革新的省エネルギープロセスと高機能な有機ケイ素部材の製造プロセスを実現するための触媒技術及

び触媒プロセス技術に関し、主要課題として、シリカからのアルコキシシラン合成の高効率化を行う。

- ・「空気を資源化」する触媒開発を目指して、平成27年度は、究極的に環境に優しい酸化剤である空気中の酸素を利用した酸化触媒を見出す。また、空気中の二酸化炭素を植物が固定化して生成するリグノセルロースを原料としてレブリン酸エステルに変換し、さらに有用な化学品群を合成するための触媒と反応プロセスを検証する。
- ・産総研が有する独自の材料創製・評価技術をパッケージ化し、我が国が強みを持つ機能性化学品の開発の効率化や付加価値向上・高度利用を支援するために、平成27年度は、次世代飛行機やパワーエレクトロニクスへの応用が期待される複合材料のモデル素材（エポキシや炭素繊維等）について、「劣化反応」や「界面・高次構造」を的確に把握可能な評価・解析法を探索し指針を示す。さらに、ヒートポンプ冷媒開発に関し、合成検討から有望な化合物群を選択する。

4-(2) 化学プロセスイノベーションの推進

- ・低環境負荷な化学・材料産業の振興に向けて、高効率で精密制御を可能とするマイクロ化学プロセスの構築を目指し、平成27年度は、企業とともに高温高压反応制御やマイクロ波・マイクロリアクターの利用技術等の利用に向け、産業利用に必要な特異反応場の反応制御因子の抽出を行う。
- ・粘土膜等との材料複合化技術に基づいた分離・遮蔽特性を制御する技術開発を目指し、平成27年度は、エレクトロニクス素材用の耐熱性ガスバリア膜材料を開発し、従来プラスチック材料の透湿度等の性能と比較して、優位性を検証する。
- ・高機能な分離膜の開発を目指し、平成27年度は、これまで無機物質の膜化に関する研究開発で培ってきた分離・遮蔽特性を制御する技術の適用範囲を検討し、設計指針を得る。
- ・物質の吸着と移動特性を利用する高機能相界面の創成による新しい分離プロセスの提案を目指し、平成27年度は、従来にない特異な界面を構築しうる新規高機能界面活性剤に着目し、新規材料の界面活性や触媒性能等の評価手法を見出す。

4-(3) ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発

- ・精密に構造を制御したナノカーボン材料の量産化を目指し、平成27年度は、スーパージョイント法での実証プラントと比較して、現在のプラントでの収量を10倍程度（15 mg/cm²）に向上させるための製造技術を開発する。
- ・屈曲性を有し、薄い透明導電膜や印刷形成可能な高性能トランジスタ等のナノカーボン・デバイスの実現を

目指して、平成27年度は、静電容量式タッチパネルに応用できるレベルの高品質グラフェンとそれを用いた高品質な透明導電フィルムを試作する。さらに、カーボンナノチューブ（CNT）複合材料製造技術や、量産化可能な CNT 分散体の作製技術、CNT 複合材料での熱や電気伝導パスを100 μm の空間精度で実空間計測する技術を開発する。また e-DIPS 法による CNT 製造技術、カラムクロマト法や ELF 法等種々の金属半導体分離及びカイラル分離技術等の高度化を進める。

- 自動車用モーターコイルに向け、ナノカーボンを適用し、銅よりも30%軽量で、銅と同程度の導電率（ $5.8 \times 10^5 \text{ S/cm}$ ）と Si 並みの線膨張係数（ $3 \times 10^{-6} \text{ ppm/K}$ ）を有する CNT 銅配線製造技術を開発する。
- 希少物質の有効利用、エネルギーマネジメントのために、低次元ナノ複合体による物質・エネルギー有効利用技術の開発を目指し、平成27年度は、多孔性配位高分子の構造最適化したナノ複合体を開発し、有用・有害物質の吸脱着機能を検証する。また、エネルギーマネジメント材料として注目される高効率熱電変換薄膜材料を開発するために、民間企業と連携して研究展開し導電性高分子の構造最適化により熱電性能の向上を検証する。
- 電子顕微鏡等による構造・元素解析の評価手法の高度化を進めて、原子レベルでの化学結合や構造解析の適応範囲を拡充する。また、材料やデバイス機能のシミュレーション技術の高度化を目指し、電池等を主なターゲットとした反応プロセスシミュレーション技術等の研究開発を並行して行い、産業技術上の実問題への適用事例を得る。

4 - (4) 新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料の開発

- セラミックスや金属等の無機系新素材について、平成27年度は、高性能誘電体デバイスや、蓄電デバイスの実現に向け、結晶構造、形状、サイズをナノレベルで精密に制御したチタン酸バリウム等のナノキューブの量産化技術に関する設計指針を得る。
- 産総研で開発した高集積化が可能なマイクロ SOFC 部材技術を活用し、平成27年度は、民間企業の常駐研究等で、新たな製品開発や新規事業に結びつく発電モジュール部材等の試作を行う。
- 高温における磁石特性に優れ、且つ、焼結プロセスに適した、耐熱性・耐候性の Sm-Fe-N 異方性焼結磁石を試作し、5年後に「橋渡し」研究後期へつなげることを目指す。
- 機械式コンプレッサに比べて、30%程度の消費電力低減につながる新規電気化学セラミックコンプレッサを試作し、昇圧動作確認を行う。さらに、フロンフリー冷凍システム等の実現に向けた、エントロピクス材料

等を見出す。

4 - (5) 省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材の開発

- 軽量材料の輸送機器への適用を促進するために、マグネシウム合金、アルミニウム合金、チタン合金、炭素繊維強化プラスチック等の新構造材料について、平成27年度は、企業数社との共同研究により成形性に優れた自動車部品等を試作し、3～5年後に民間からの研究受託に結びつける材料特性の実現を図る。
- 軽量化による省エネ性と快適性の両立を目的とした自動車部品等の開発において、木質材料の流動成形技術を用いて、作製条件の最適化ならびに意匠性や耐環境性の向上のための処理技術を検討し、具体的なパーツの形状を試作する。
- 工場での熱管理やデバイスでの熱制御等産業分野でのエネルギー制御を実現する構造材料に関し、民間企業と連携し、セラミックスの熱伝導性と強度を両立させる部材を試作する。
- 生活環境温度領域における熱エネルギーを制御する構造材料として、断熱性、遮熱性等のダイナミックな制御が可能となる材料を試作する。また、熱移動の3要素（熱伝導、熱伝達、熱放射）のそれぞれを個別に制御する方法について、原理実証を行う。

5. エレクトロニクス・製造領域

5 - (1) 情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術の開発

- 相変化メモリについては、トポロジカル特性を発現させる初期化プロセスを完成させ、低電圧で動作するメモリ技術の企業への技術移管とマルチフェロイック機能デバイス創成に向けた基盤技術を確立する。ロジックデバイスについては、ゲルマニウムを用いたフィン FET においてシリコンを超えるキャリア移動度を実現するプロセス技術を確立する。3次元集積については、積層方向に近接したデバイス間の相互作用を熱と電界を考慮したシミュレーションにより解明し、回路設計において満たすべきデバイス間の距離や位置関係等についての条件を明確化する。
- 国内半導体産業の振興に向けて、不揮発性メモリ STT-MRAM の高度化のための研究開発を行う。平成27年度は NEDO「ノーマリーオフコンピューティング基盤技術開発」の枠組みで国内企業と共同で研究開発を行い、垂直磁化 STT-MRAM の記憶素子の材料及び作製プロセスを改良することにより120 mV以下の超低電圧書き込み技術を開発するとともに、1ナノ秒以下の超高速書き込み技術の理論設計を行う。これらの技術開発により、国内企業の事業化に向けた研究開発を支援する。
- シリコンフォトリソグラフィ技術を、民間企業と連携しながら

ら開発する。平成27年度は、文部科学省のイノベーション推進事業「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」の下で、ダイナミック光パスネットワーク・テストベッドの整備等、実用化・標準化検討のための環境を整える。また、シリコンフォトニクススイッチや波長選択スイッチ等のデバイスの実用化検討用の試作を行う。さらに、産総研 STAR 事業 IMPULSE の一環として、産総研コンソーシアムを形成し、シリコンフォトニクス・プラットフォーム上で機関を跨って製造可能なハイブリッド集積デバイスの基本仕様を決める。

- 量子力学原理を用いて最適化問題を高速に解く量子アニーリングは、現在の主流であるノイマン型コンピュータの短所を補完する計算手法として近年注目を集めている。産総研では平成27年度から、アナログデジタル超伝導デバイスのためのクリーンルーム施設（CRAVITY）を利用して超伝導量子アニーリング機械の研究開発に着手し、アニーリング機械の性能向上のための鍵である量子ビットのコヒーレンス時間について、欠陥等の要因が与える影響を明らかにし、現在のレベル（ナノ秒）に対して改善するための指針を示す。また、エラーの原因であるノイズ等の影響をシミュレーションを用いて定量的に評価する。
- 電気・磁気・光の複合スイッチ機能等、デバイス機能の多様化を実現する技術として、強相関電子相を状態変数とする強相関デバイスの開発が期待されているが、その開発には電子相の制御手法やゲート絶縁層等、いくつかの技術的課題を解決する必要がある。平成27年度は、強相関電界効果素子の開発に不可欠な大量の電荷を蓄積可能にする固体ゲート絶縁層を開発し、素子の動作特性から固体ゲート絶縁層の適否を評価する。また、強相関電子相の相転移を利用した光スイッチを試作する。

5 - (2) ものインターネット化に対応する製造およびセンシング技術の開発

- 生産設備の不具合の発見スピードを上げるため、モニタリングデータのみでは困難な生産設備の診断を、工場モデル等を参照することで可能にする。具体的には、上位概念の機能モデルから構造モデル、最下層の生産管理モデルまで異なるデータモデル間の情報流通を図り、例えば、生産管理モデルにおいて製造する製品に不具合があったときに、速やかに構造モデル上の設備不具合箇所を同定するための手法を開発する。そのため平成27年度は各層におけるモデルを詳細に定義し、モデル間を流通する共通データおよび情報の関係性を明確化する。
- 社会インフラや生産設備の維持管理を効率化・高度化させるために、NEDO の維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト「道路インフラ状態

モニタリング用センサシステムの研究開発」及び「ライフラインコアモニタリングシステムの研究開発」の下で、自立電源無線センサ端末・システムに関する技術をプロジェクト参画企業とともに開発する。平成27年度は、前者ではフレキシブル回路基板上に極薄シリコン転写技術によるひずみセンサ等を集積化したデバイスを試作する。後者では自立電源振動検出デバイスの振動発電部の一連の作製プロセス技術を開発する。

5 - (3) ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術の開発

- 秘匿情報なしで企業内設計プロセスを把握するため、産総研独自開発の関係性記述ソフト（デジタル KJ 法）であるデザインブレインマッピングツールを進展させ、構想設計コンソーシアムの企業を中心に試行としての導入およびプロセスの検証を行う。製造企業を対象とする我が国初のデザイン・設計費用対効果の数値化及び因子分析手法を開発する。
- 次世代情報端末機器として期待の高い大面積フレキシブルデバイスを高効率・高生産性で製造する技術として、印刷法を駆使してデバイスを製造する印刷デバイス製造技術を開発する。平成27年度は、高効率有版印刷デバイス製造技術、製版技術、低抵抗配線形成技術等の開発を行い、それにより大面積フレキシブル基板上に厚膜高精細パターンを形成させる技術を開発する。これらの技術を、フレキシブルディスプレイやフレキシブル電子部品の製造技術として適応可能とするよう民間企業との共同研究を行う。
- 半導体や MEMS に対する多様なニーズに対応する製造技術として、産総研は多品種少量生産向けのミニマルファブ構想を提唱し、局所クリーン化搬送システムを搭載した装置群の開発を進めている。平成27年度は、小型化の難度が高いイオン注入装置と CVD 装置について開発を進め、デバイス試作に供することのできるレベルにまで仕上げる。また、開発した一連の装置がユーザーにとって使いやすいデバイス製造プラットフォームとなるように、標準的なデバイスについてプロセスを開発し、レシピを整備する。
- レーザー、電子ビーム、インクジェットを用いた積層技術について、国プロでの継続的な開発により高速化、高精度化、傾斜構造化等プロセスの高度化を行う。さらに共同研究・事業化を目指し、民間企業からの注目の高い、積層造形応用技術、積層造形と他加工との連成プロセスについてその有用性を明確化し、当該プロセスを開発する。
- 製造業におけるイノベーションを促進し競争力強化のため、電解加工とレーザー加工の複合化やプレスと電磁成形等の塑性加工との複合加工プロセスを開発する。平成27年度は複合加工を実証することで、従来手法

に対して優位性を示す。またそのプロセスの加工メカニズムを明らかにする。

5 - (4) 多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術の開発

- ・エアロゾルデポジション法では、エネルギー部材、構造部材応用で実用レベルの生産性と低コスト化を実現するため、本年度はプラズマの援用等により大幅な成膜速度向上の目途を得る。光金属有機化合物分解法については、高感度センサ、高耐熱部品及び発光部材の事業化に向けて実装成膜、特性評価を行い、部材・デバイスレベルに必要な性能を立証する。高容量化と低コスト化が期待されている全固体電池など次世代蓄電池のための高容量負極材料の特性改善と製造技術の確立を行うとともに、上記コーティング法への適用可能性を検証する。

6. 地質調査総合センター

6 - (1) 地質調査のナショナルセンターとしての地質情報の整備

- ・国民生活・社会経済活動を支えるため、地質図幅・地球科学図等の系統的調査研究を行い、5万分の1地質図幅4区画の完成、20万分の1地質図幅1区画の出版、次世代シームレス地質図全体調整と配信システム開発、及び衛星情報校正アーカイブシステム基本設計を行う。
- ・日本周辺海域の海洋利用促進のため、奄美大島西方海域の海洋地質調査の実施、及び海洋地質の知的基盤情報の整備を行う。また、日本周辺海域の海底鉱物資源調査による鉱物資源成因及び賦存資源ポテンシャルの情報整備を行う。
- ・安心安全な社会活動を支えるため、相模湾から房総半島沿岸域の海域及び陸域での地質、活断層調査研究を実施する。また、千葉県湾岸低地及び谷埋め分布域の地質地盤の調査・情報整備、及びボーリングデータ管理システムの構築を行う。
- ・昨年の倍となる15人の博士課程の学生をリサーチアシスタントとして採用し、地質調査のできる人材に育成する。

6 - (2) レジリエントな社会基盤の構築に資する地質の評価

- ・地質災害に強い社会を構築するために、陸域・沿岸海域の5地域以上の活断層調査を行い、地震調査研究推進本部へ情報を提供する。関東地域のテクトニックマップの試作、関東地域東部の基盤構造の解明、活断層の変形予測手法の3次元化を進める。南海トラフ・千島・日本海溝の5地域以上で地震・津波履歴情報の整備を進める。南海トラフの深部すべり等のモニタリングを行い、深部すべり履歴データの整備を進める。
- ・地質災害リスクの軽減のために、富士山地域の地質図

を刊行し、また防災上重要な7火山の火山地質図の整備等を目指して、3火山以上の調査を進める。大規模噴火に関わる噴火履歴情報整備のため2地域以上のカルデラ火山を調査し、マグマに関わる地殻変動計算、阿蘇でのMT法探査を実施する。噴火推移評価手法開発のため、2火山以上で火山ガス観測を行い、また気象庁等の火山監視業務で活用できる火山ガス連続観測システムの実用化を行う。

- ・原発廃炉に関する安全規制支援研究を開始し、超長期（100万年）の将来にわたる地質変動および地下水・深部流体が処分場に及ぼす影響の将来予測・評価手法の開発に向け、従来の評価手法の適応条件・範囲や予測精度の検討を行い、今後、規制当局が備えるべき考慮事項や科学的知見として整理する。

6 - (3) 地圏の資源と環境に関する評価と技術の開発

- ・米国・南ア等での希土類等レアメタル資源概査から探査段階に移行可能な案件を抽出する。工業原料鉱物の評価ならびに機能性鉱物材料の合成及び工業的利用に関する技術開発等を行う。日本海等の表層型メタンハイドレートの調査ならびに資源量評価及び非在来型を含む石油・天然ガス等燃料資源鉱床の成因解析、資源量評価手法の開発を行う。微小地震監視による地熱貯留層評価管理技術の開発ならびに1地域以上での地中熱ポテンシャルマップ作成等を行う。
- ・二酸化炭素地中貯留のための多面的監視手法の実施指針を作成し、遮蔽性能評価用地質モデリング手法のマニュアル化ならびに圧入条件予測手法の技術手順等を取りまとめる。駿河湾周辺の陸域から海域へ連続する地下水流動解析や長期安定領域判定等を通じた沿岸域地質環境の調査ならびに評価を行う。
- ・地下環境保全のために、水中低濃度放射性セシウム等の有害物質汚染に係る計測・浄化及びリスク評価技術の高度化、ヒ素含有地下水用吸着材の開発等を行い、高知県地域の表層土壌調査・分析を継続する。水循環基本計画を視野に入れたデータベース整備、工業用地下水資源の確保と安定供給に資する調査・情報発信ならびに富士山地域の水文環境図の編集を進め、取りまとめる。

6 - (4) 地質情報の管理と社会利用促進

- ・地質の調査業務において取得・整備された地質情報や地質標本について、組織成果物としての体系化の下で標準化を含めた品質管理を行うとともに、成果の1次データのアーカイブ管理を研究記録管理の一環として進める。
- ・体系化した研究成果を組織出版物として発行するとともに、電子化・標準化を計画的に推進し、地図系データベースよりオープンデータとして配信を進める。新規データベースの整備・発信を進めるとともに、総合

ポータルサイト「地質図 Navi」に他機関の標準配信データとの統合機能等を付加し、国や自治体、民間企業、研究機関や一般社会での地質情報の利用を促進する。

- ・地質情報の利活用に関するユーザー層の把握とニーズ調査を行うとともに、公式ウェブサイトや地質標本館、ならびに所外の地質情報展等のアウトリーチ業務を通じて、社会における地質情報二次利用促進を進める。

7. 計量標準総合センター

7 - (1) 計量標準の整備と利活用促進

- ・物理標準については、高温熱電対、蓄電池の内部インピーダンス、医療用線量標準等の物理標準の開発・範囲拡張・高度化等の整備を知的基盤整備計画に沿って行う。
- ・標準物質については、既存標準物質の安定性評価を行い、水道法等の規制に対応した標準物質を知的基盤整備計画に沿って開発、整備する。
- ・定量 NMR については、認証標準物質の特性値を SI トレサブルかつ信頼性高く決定する方法として世界的に認められている、一次標準測定法（primary method）としての確立を目指した検討を継続し、国際同等性確立に向けて国際度量衡委員会物質質量諮問委員会（CCQM）において国際比較を実施する。
- ・キログラムの定義改定に備えるために、仮に定めたプランク定数の値を基準として、同位体濃縮シリコン結晶球の直径・表面等の計測から、その質量を求め不確かさを評価する。光格子時計の開発については、黒体輻射による不確かさの影響を低減するために、冷却原子捕獲部周辺の温度を3 K 以下の不確かさで評価する。

7 - (2) 法定計量業務の実施と人材の育成

- ・特定計量器の基準器検査、型式承認試験等を実施については、効率的な実施に取り組む。また、アネロイド型血圧計について、現行の国内技術基準である JIS を ISO/IEC を基本とする国際基準に整合するよう、改正作業を行う。さらに、燃料電池自動車の普及に伴い、インフラ整備される水素ディスペンサーに係わる規格の作成に必要な技術的実証作業を行う。
- ・計量教習、計量講習、計量研修を計20回以上実施し、法定計量技術に関わる人材育成を行う。

7 - (3) 計量標準の普及活動

- ・計量標準の利用を促進するため、情報提供及び講習・技能研修活動の拡充を図る。計量標準に関連する工業標準化、国際標準化へ貢献する。玄米中の農薬残留分析技能向上のために、分析機関の比較試験プログラムを実施する。
- ・国際比較等を通じて計量標準の管理を行い、計量法トレサビリティ制度に定められた参照標準等の供給を

行う。計量標準の国際同等性を向上させるため、特に ASEAN 地域に技術協力を行い、連携を強化する。計量法の運用に係る技術的な審査に関連する支援を行う。

7 - (4) 計量標準に関連した計測技術の開発

- ・ユーザーが抱える計測課題を解決するため、開発、高度化した計測・分析・解析手法及び計測機器、分析装置を利用して、技術指導や機器公開による計測支援等を行う。
- ・目的基礎研究の研究課題に取り組む。特に超高安定マイクロ波発振器、加速器利用等の研究に注力する。超高安定マイクロ波発振器の開発については、水素メーザーを上回る短期の周波数安定度を達成する。加速器利用等の研究については、材料・構造物分析用の小型装置の設計とシミュレーションによる評価を実施する。
- ・「橋渡し」研究前期の研究課題に取り組む。特に3次元形状計測技術、ナノ粒子を含むナノ構造体計測、放射線を用いたイメージングの基盤技術等の研究に注力する。3次元形状計測技術については、高エネルギー CT を完成させて特性を評価するとともに、ユーザーへ公開し試用の機会を提供する。ナノ粒子を含むナノ構造体計測について、構造体サイズ分布を信頼性高く評価できる複合システムのプロトタイプを開発する。放射線を用いたイメージングの基盤技術等の研究については、高エネルギー X 線源を開発して透過法や後方散乱法によって金属材料の内部を可視化する。
- ・「橋渡し」研究後期の研究課題に取り組む。特に流量計測技術、表面形状計測技術、レーダー用アンテナ等の研究に注力する。流量計測技術および流量計校正技術について、流量計メーカー等との間の校正設備間比較を通じて、民間校正設備の精度向上に結びつく技術開発を行う。表面形状計測技術については、角度測定を利用した形状計測装置の2次元化を推進しつつ、民間企業に導入する装置の仕様、設計の最適化を図る。レーダー用アンテナ等の研究について、高性能アレイアンテナの要求仕様を実現するアンテナ形状を確定し、商品化に向けた試作を行う。
- ・スペクトルデータや熱物性データ、国内外の計量標準サービスに関する情報を更新するとともに社会的ニーズの高い農薬のスペクトルを拡充する。特に日本国内で入手可能な標準物質のデータベースに関して、データ提供者の要望に応じた改善を行い、データ更新頻度を前年度より増加させる。また、単位の定義改定に関わる啓発資料を作成し、ウェブサイトを通じて広く提供する。

《別表2》

平成27年度予算

(単位：百万円)

区 別	エネルギー・環境領域	生命工学領域	情報・人間工学領域	材料・化学領域	エレクトロニクス・製造領域
収入					
運営費交付金	10,690	6,691	6,298	7,833	6,984
施設整備費補助金	0	0	0	0	0
受託収入	7,431	873	1,652	435	211
うち国からの受託収入	3,150	370	700	185	89
その他からの受託収入	4,281	503	952	251	122
その他収入	1,300	1,013	827	1,199	1,070
計	19,422	8,577	8,777	9,467	8,265
支出					
業務経費	11,991	7,704	7,126	9,032	8,054
うちエネルギー・環境領域	11,991	0	0	0	0
生命工学領域	0	7,704	0	0	0
情報・人間工学領域	0	0	7,126	0	0
材料・化学領域	0	0	0	9,032	0
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	8,054
地質調査総合センター	0	0	0	0	0
計量標準総合センター	0	0	0	0	0
その他本部機能	0	0	0	0	0
施設整備費	0	0	0	0	0
受託経費	7,431	873	1,652	435	211
うち国からの受託	3,150	370	700	185	89
その他受託	4,281	503	952	251	122
間接経費	0	0	0	0	0
計	19,422	8,577	8,777	9,467	8,265

資 料

(単位：百万円)

区 別	地質調査総合センター	計量標準総合センター	その他本部機能	法人共通	合計
収入					
運営費交付金	5,492	6,712	7,006	6,061	63,767
施設整備費補助金	0	0	0	0	0
受託収入	1,025	592	20	1,614	13,854
うち国からの受託収入	435	251	8	442	5,630
その他からの受託収入	591	341	11	1,172	8,224
その他収入	781	1,357	1,939	2,310	11,797
計	7,298	8,661	8,964	9,985	89,418
支出					
業務経費	6,273	8,069	8,945	0	67,193
うちエネルギー・環境領域	0	0	0	0	11,991
生命工学領域	0	0	0	0	7,704
情報・人間工学領域	0	0	0	0	7,126
材料・化学領域	0	0	0	0	9,032
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	8,054
地質調査総合センター	6,273	0	0	0	6,273
計量標準総合センター	0	8,069	0	0	8,069
その他本部機能	0	0	8,945	0	8,945
施設整備費	0	0	0	0	0
受託経費	1,025	592	20	0	12,240
うち国からの受託	435	251	8	0	5,188
その他受託	591	341	11	0	7,052
間接経費	0	0	0	9,985	9,985
計	7,298	8,661	8,964	9,985	89,418

《別表3》

平成27年度収支計画

(単位：百万円)

区 別	エネルギー・環境領域	生命工学領域	情報・人間工学領域	材料・化学領域	エレクトロニクス・製造領域
費用の部	20,579	8,445	9,350	9,859	7,447
經常費用	20,579	8,445	9,350	9,859	7,447
エネルギー・環境領域	10,543	0	0	0	0
生命工学領域	0	6,774	0	0	0
情報・人間工学領域	0	0	6,265	0	0
材料・化学領域	0	0	0	7,941	0
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	7,081
地質調査総合センター	0	0	0	0	0
計量標準総合センター	0	0	0	0	0
その他本部機能	0	0	0	0	0
受託業務費	6,534	768	1,452	383	185
間接経費	0	0	0	0	0
減価償却費	3,503	904	1,633	1,535	180
財務費用	0	0	0	0	0
支払利息	0	0	0	0	0
臨時損失	0	0	0	0	0
固定資産除却損	0	0	0	0	0
収益の部	20,661	8,422	9,196	9,630	7,551
運営費交付金収益	9,399	5,883	5,538	6,887	6,140
国からの受託収入	3,150	370	700	185	89
その他の受託収入	4,281	503	952	251	122
その他の収入	1,300	1,013	827	1,199	1,070
資産見返負債戻入	2,530	653	1,180	1,109	130
財務収益	0	0	0	0	0
受取利息	0	0	0	0	0
臨時利益	0	0	0	0	0
固定資産売却益	0	0	0	0	0
純利益（△純損失）	82	△ 23	△ 154	△ 229	105
前中期目標期間繰越積立金取崩額	0	0	0	0	0
総利益（△総損失）	82	△ 23	△ 154	△ 229	105

資 料

(単位：百万円)

区 別	地質調査総合センター	計量標準総合センター	その他本部機能	法人共通	合計
費用の部	6,796	8,684	7,947	8,855	87,963
經常費用	6,796	8,684	7,947	8,855	87,963
エネルギー・環境領域	0	0	0	0	10,543
生命工学領域	0	0	0	0	6,774
情報・人間工学領域	0	0	0	0	6,265
材料・化学領域	0	0	0	0	7,941
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	7,081
地質調査総合センター	5,515	0	0	0	5,515
計量標準総合センター	0	7,095	0	0	7,095
その他本部機能	0	0	7,864	0	7,864
受託業務費	902	521	17	0	10,762
間接経費	0	0	0	8,779	8,779
減価償却費	379	1,069	65	76	9,343
財務費用	0	0	0	0	0
支払利息	0	0	0	0	0
臨時損失	0	0	0	0	0
固定資産除却損	0	0	0	0	0
収益の部	6,909	8,623	8,166	9,308	88,467
運営費交付金収益	4,829	5,902	6,160	5,329	56,067
国からの受託収入	435	251	8	442	5,630
その他の受託収入	591	341	11	1,172	8,224
その他の収入	781	1,357	1,939	2,310	11,797
資産見返負債戻入	274	772	47	55	6,750
財務収益	0	0	0	0	0
受取利息	0	0	0	0	0
臨時利益	0	0	0	0	0
固定資産売却益	0	0	0	0	0
純利益（△純損失）	113	△ 61	218	453	505
前中期目標期間繰越積立金取崩額	0	0	0	0	0
総利益（△総損失）	113	△ 61	218	453	505

《別表4》

平成27年度資金計画

(単位：百万円)

区 別	エネルギー・環境領域	生命工学領域	情報・人間工学領域	材料・化学領域	エレクトロニクス・製造領域
資金支出	19,422	8,577	8,777	9,467	8,265
業務活動による支出	17,076	7,541	7,717	8,324	7,267
エネルギー・環境領域	10,543	0	0	0	0
生命工学領域	0	6,774	0	0	0
情報・人間工学領域	0	0	6,265	0	0
材料・化学領域	0	0	0	7,941	0
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	7,081
地質調査総合センター	0	0	0	0	0
計量標準総合センター	0	0	0	0	0
その他本部機能	0	0	0	0	0
受託業務費	6,534	768	1,452	383	185
その他の支出	0	0	0	0	0
投資活動による支出	2,345	1,036	1,060	1,143	998
有形固定資産の取得による支出	2,345	1,036	1,060	1,143	998
施設費の精算による返還金の支出	0	0	0	0	0
財務活動による支出	0	0	0	0	0
短期借入金の返済による支出	0	0	0	0	0
次期中期目標期間繰越金	0	0	0	0	0
資金収入	19,422	8,577	8,777	9,467	8,265
業務活動による収入	19,422	8,577	8,777	9,467	8,265
運営費交付金による収入	10,690	6,691	6,298	7,833	6,984
国からの受託収入	3,150	370	700	185	89
その他の受託収入	4,281	503	952	251	122
その他の収入	1,300	1,013	827	1,199	1,070
投資活動による収入	0	0	0	0	0
有形固定資産の売却による収入	0	0	0	0	0
施設費による収入	0	0	0	0	0
その他の収入	0	0	0	0	0
財務活動による収入	0	0	0	0	0
短期借り入れによる収入	0	0	0	0	0
前年度よりの繰越金	0	0	0	0	0

資料

(単位：百万円)

区 別	地質調査総合センター	計量標準総合センター	その他本部機能	法人共通	合計
資金支出	7,298	8,661	8,964	9,985	89,418
業務活動による支出	6,417	7,616	7,882	8,779	78,620
エネルギー・環境領域	0	0	0	0	10,543
生命工学領域	0	0	0	0	6,774
情報・人間工学領域	0	0	0	0	6,265
材料・化学領域	0	0	0	0	7,941
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	7,081
地質調査総合センター	5,515	0	0	0	5,515
計量標準総合センター	0	7,095	0	0	7,095
その他本部機能	0	0	7,864	0	7,864
受託業務費	902	521	17	0	10,762
その他の支出	0	0	0	8,779	8,779
投資活動による支出	881	1,046	1,083	1,206	10,798
有形固定資産の取得による支出	881	1,046	1,083	1,206	10,798
施設費の精算による返還金の支出	0	0	0	0	0
財務活動による支出	0	0	0	0	0
短期借入金の返済による支出	0	0	0	0	0
次期中期目標期間繰越金	0	0	0	0	0
資金収入	7,298	8,661	8,964	9,985	89,418
業務活動による収入	7,298	8,661	8,964	9,985	89,418
運営費交付金による収入	5,492	6,712	7,006	6,061	63,767
国からの受託収入	435	251	8	442	5,630
その他の受託収入	591	341	11	1,172	8,224
その他の収入	781	1,357	1,939	2,310	11,797
投資活動による収入	0	0	0	0	0
有形固定資産の売却による収入	0	0	0	0	0
施設費による収入	0	0	0	0	0
その他の収入	0	0	0	0	0
財務活動による収入	0	0	0	0	0
短期借り入れによる収入	0	0	0	0	0
前年度よりの繰越金	0	0	0	0	0

5. 職員

平成27年度形態別・機能別職員数

所属名称	役員	職員								事務職等	総計
			研究職	(内)パーマネント	(内)招へい型任期付	(内)プロジェクト型任期付	(内)研究テーマ型任期付	(内)博士型任期付	(内)産業技術人材育成型任期付		
理事	11										11
監事	2										2
エネルギー・環境領域研究戦略部		11	10	10						1	11
創エネルギー研究部門		56	56	40		1	6	7	2		56
電池技術研究部門		49	49	42				5	2		49
省エネルギー研究部門		46	46	41				5			46
環境管理研究部門		57	57	46				9	2		57
安全科学研究部門		42	42	37				3	2		42
太陽光発電研究センター		38	38	30		1	1	4	2		38
再生可能エネルギー研究センター		34	34	17			1	16			34
先進パワーエレクトロニクス研究センター		37	37	28			2	5	2		37
生命工学領域研究戦略部		12	11	11						1	12
創薬基盤研究部門		45	45	39				5	1		45
バイオメディカル研究部門		100	100	89		1		8	2		100
健康工学研究部門		49	49	43				6			49
生物プロセス研究部門		58	58	48				9	1		58
創薬分子プロファイリング研究センター		14	14	11				3			14
情報・人間工学領域		1	1	1				0			1
情報・人間工学領域研究戦略部		14	13	13						1	14
情報技術研究部門		44	44	34	1			9			44
人間情報研究部門		73	73	64				9			73
知能システム研究部門		47	47	42				5			47
自動車ヒューマンファクター研究センター		15	14	10		1		2	1	1	15
ロボットイノベーション研究センター		23	23	20				1	2		23
人工知能研究センター		38	37	27		4		5	1	1	38
材料・化学領域		1	1	1							1
材料・化学領域研究戦略部		10	9	8					1	1	10
機能化学研究部門		61	61	49			1	9	2		61
化学プロセス研究部門		47	47	38				7	2		47
ナノ材料研究部門		46	46	38				7	1		46
無機機能材料研究部門		68	68	57				9	2		68
構造材料研究部門		60	60	50				9	1		60
触媒化学融合研究センター		32	32	24		3		5			32
ナノチューブ実用化研究センター		12	12	10		1		1			12
機能材料コンピューショナルデザイン研究センター		25	25	23				2			25
エレクトロニクス・製造領域		1	1	1							1
エレクトロニクス・製造領域研究戦略部		14	13	13						1	14
ナノエレクトロニクス研究部門		59	59	49		1		8	1		59
電子光技術研究部門		83	83	69		1		11	2		83
製造技術研究部門		69	69	59				9	1		69
スピントロニクス研究センター		17	17	9	1			7			17
フレキシブルエレクトロニクス研究センター		21	21	15				6			21
先進コーティング技術研究センター		15	15	13				1	1		15
集積マイクロシステム研究センター		22	22	14				7	1		22
地質情報基盤センター		29	9	9						20	29
地質調査総合センター研究戦略部		9	8	8						1	9
活断層・火山研究部門		62	62	48	1		1	11	1		62
地圏資源環境研究部門		57	57	47				8	2		57
地質情報研究部門		74	74	64				8	2		74
計量標準普及センター		21	16	16						5	21

資料

所属名称	役員	職員								事務職等	総計
			研究職	(内)パーマ ネット	(内)招へい 型任期付	(内)プロジ エクト 型任期付	(内)研究テ ーマ型 任期付	(内)博士型 任期付	(内)産業技 術人材 育成型 任期付		
計量標準総合センター研究戦略部		15	12	12						3	15
工学計測標準研究部門		76	76	75				1			76
物理計測標準研究部門		70	70	65				5			70
物質計測標準研究部門		76	76	70				4	2		76
分析計測標準研究部門		56	56	49				5	2		56
コンプライアンス推進本部		9	3	3						6	9
監査室		4								4	4
評価部		12	9	9						3	12
企画本部		73	37	35					2	36	73
イノベーション推進本部		20	18	18	1					2	20
総合戦略室		7	3	3						4	7
技術マーケティング室		7	4	4						3	7
ベンチャー開発・技術移転センター		11	1	1						10	11
知的財産・標準化推進部		23	7	7						16	23
産学官・国際連携推進部		50	7	7						43	50
地域連携推進部		13	7	7						6	13
つくばイノベーションアリーナ推進センター		35	13	10	1	1		1		22	35
環境安全本部											
環境安全企画部		19	1	1						18	19
安全管理部		25	8	8						17	25
建設部		15								15	15
情報基盤部		15	1	1						14	15
総務本部		1	1	1							1
人事部		60	7	7						53	60
経理部		41								41	41
業務推進支援部		13								13	13
ダイバーシティ推進部		7	2	2						5	7
イノベーションスクール		3	3	3							3
つくばセンター		3	1	1						2	3
つくばセンターつくば中央第一事業所		21								21	21
つくばセンターつくば中央第二事業所		34								34	34
つくばセンターつくば中央第三事業所		15								15	15
つくばセンターつくば中央第五事業所		30	2	2						28	30
つくばセンターつくば中央第六事業所		14	1	1						13	14
つくばセンターつくば中央第七事業所		16								16	16
つくばセンターつくば西事業所		23								23	23
つくばセンターつくば東事業所		12								12	12
福島再生可能エネルギー研究所		16	3	3						12	15
臨海副都心センター		26	2	2						24	26
北海道センター		20	6	6						14	20
東北センター		14	3	3						11	14
中部センター		33	10	10						23	33
関西センター		38	11	11						27	38
中国センター		11	3	3						8	11
四国センター		13	3	3						10	13
九州センター		16	4	4						12	16
職員合計	13	2928	2256	1921	5	15	12	257	46	672	2941

