

平成29年度

産業技術総合研究所年報



平成29年度

産業技術総合研究所年報

目 次

I. 総 説	1
1. 概 要	1
2. 動 向	4
3. 幹部名簿	20
4. 組 織 図	21
5. 組織編成	22
II. 業 務	23
1. 研 究	23
(1) 研究推進組織	25
1) エネルギー・環境領域	26
①エネルギー・環境領域研究戦略部	26
②創エネルギー研究部門	27
③電池技術研究部門	34
④省エネルギー研究部門	39
⑤環境管理研究部門	48
⑥安全科学研究部門	56
⑦太陽光発電研究センター	62
⑧再生可能エネルギー研究センター	69
⑨先進パワーエレクトロニクス研究センター	75
2) 生命工学領域	81
①生命工学領域研究戦略部	81
②創薬基盤研究部門	82
③バイオメディカル研究部門	86
④健康工学研究部門	111
⑤生物プロセス研究部門	118
⑥創薬分子プロファイリング研究センター	125
3) 情報・人間工学領域	134
①情報・人間工学領域研究戦略部	134
②情報技術研究部門	135
③人間情報研究部門	143
④知能システム研究部門	157
⑤自動車ヒューマンファクター研究センター	165
⑥ロボットイノベーション研究センター	167
⑦人工知能研究センター	176
4) 材料・化学領域	184
①材料・化学領域研究戦略部	184
②機能化学研究部門	185
③化学プロセス研究部門	192
④ナノ材料研究部門	199
⑤無機機能材料研究部門	203
⑥構造材料研究部門	211
⑦触媒化学融合研究センター	216
⑧ナノチューブ実用化研究センター	221
⑨機能材料コンピューショナルデザイン研究センター	223
⑩磁性粉末冶金研究センター	227

5) エレクトロニクス・製造領域	232
①エレクトロニクス・製造領域研究戦略部	232
②ナノエレクトロニクス研究部門	232
③電子光技術研究部門	245
④製造技術研究部門	257
⑤スピントロニクス研究センター	270
⑥フレキシブルエレクトロニクス研究センター	272
⑦先進コーティング技術研究センター	277
⑧集積マイクロシステム研究センター	280
6) 地質調査総合センター	286
①地質調査総合センター研究戦略部	286
②活断層・火山研究部門	286
③地圏資源環境研究部門	302
④地質情報研究部門	309
⑤地質情報基盤センター	330
7) 計量標準総合センター	337
①計量標準総合センター研究戦略部	337
②工学計測標準研究部門	338
③物理計測標準研究部門	346
④物質計測標準研究部門	353
⑤分析計測標準研究部門	361
⑥計量標準普及センター	369
8) フェロー	387
(2) 内部資金	388
(3) 外部資金	414
1) 国からの受託収入	414
①経済産業省	416
②文部科学省	439
③環境省	446
④その他省庁	453
2) 国以外からの受託収入	459
3) その他の収入	605
2. 事業組織・本部組織業務	950
(1) 本部組織・特別の組織	950
1) コンプライアンス推進本部	951
2) 監査室	952
3) 評価部	952
4) 企画本部	953
5) イノベーション推進本部	978
①イノベーション推進企画室	979
②技術マーケティング室	980
③大型連携推進室	980
④ベンチャー開発・技術移転センター	980
⑤知的財産・標準化推進部	982
⑥産学官・国際連携推進部	985
⑦地域連携推進部	1011

6)	環境安全本部	1015
①	環境安全企画部	1015
②	安全管理部	1017
③	建設部	1019
④	情報基盤部	1019
⑤	情報化統括責任者	1020
7)	総務本部	1020
①	人事部	1020
②	経理部	1021
③	業務推進支援部	1022
④	ダイバーシティ推進室	1023
⑤	業務改革推進室	1024
⑥	イノベーションスクール	1025
8)	TIA推進センター	1026
(2)	事業組織	1029
1)	東京本部	1030
2)	つくばセンター	1030
3)	福島再生可能エネルギー研究所	1031
4)	臨海副都心センター	1032
5)	北海道センター	1033
6)	東北センター	1034
7)	中部センター	1036
8)	関西センター	1037
9)	中国センター	1038
10)	四国センター	1038
11)	九州センター	1039
III.	資 料	1043
1.	研究発表	1044
2.	兼 業	1046
3.	中長期目標	1047
4.	中長期計画、年度計画	1058
5.	職 員	1103

I . 総 説

I. 総 説

1. 概 要

任 務：

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

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

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

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

さらに、平成28年10月に産総研が特定国立研究開発法人に指定されたことにより、厳しい国際競争の中で科学技術イノベーションの基盤となる世界最高水準の研究開発成果を生み出し、我が国のイノベーションシステムを強力に牽引する中核機関となることが期待されている。

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

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

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

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

究にも取り組む。

第二に、地質調査及び計量標準に関する我が国における責任機関として、今時の多様な利用者ニーズに応えるべく、当該分野における知的基盤の整備と高度化を国の知的基盤整備計画に沿って実施する。また、新規技術の性能・安全性の評価技術や標準化等、民間の技術開発を補完する基盤的な研究開発等を実施する。

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

組 織：

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

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

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

本部組織としては、第4期中長期計画においては「企画本部」、「コンプライアンス推進本部」、「イノベーション推進本部」、「環境安全本部」、「総務本部」、「評価部」、「監査室」を設置している。

また、特別の組織として「TIA 推進センター」を設置している。（いずれも平成29年3月31日現在の情報）

さらに、平成28年度から新たな組織として「オープンイノベーションラボラトリー（OIL）」及び「連携研究室・連携研究ラボ（冠ラボ）」の設置を行った。

大学等内に産総研の研究拠点を設置する OIL 事業を推進することで、これまで以上にきめ細かな連携と協力関係の構築を目指し、基礎研究、応用研究、開発・実証研究をシームレスに実施し、クロスアポイントメント制度の活用による研究の加速化、リサーチアシスタント制度の活用による若手研究者の育成を行った。OIL は、名古屋大学、東京大学、東北大学、早稲田大学、大阪大学、東京工業大学、京都大学の7大学に設置した。

なお、大学連携の取り組みとして平成27年12月24日閣議決定の「まち・ひと・しごと創生総合戦略（2015改訂版）」に基づく、平成28年3月22日「まち・ひと・しごと創生本部」決定の「政府関係機関移転基本方針」を踏まえ、平成29年1月11日に九州大学にラボラトリーの設置を行った。

「連携研究室・連携研究ラボ（冠ラボ）」は企業の戦略に、より密着した研究開発の実施を目指し設置するもので、4件の連携研究室及び4件の連携研究ラボを設置し、「橋渡し」研究を加速した。

平成30年3月31日現在、常勤役員13名、研究職員2,318名、事務職員693名の合計3,024名である。

沿 革：

① 平成13年1月

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

② 平成13年4月

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

③ 平成17年4月

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

④ 平成27年4月

独立行政法人通則法の改正に伴い、独立行政法人産業技術総合研究所から国立研究開発法人産業技術総合研究所

産業技術総合研究所

へ名称を変更した。

⑤ 平成28年10月

特定国立研究開発法人による研究開発等の促進に関する特別措置法の制定に伴い、特定国立研究開発法人に指定された。

産業技術総合研究所の業務の根拠法：

- ① 独立行政法人通則法 (平成11年7月16日法律第103号)
(最終改正：平成26年6月13日 (平成26年法律第66号))
- ② 国立研究開発法人産業技術総合研究所法 (平成11年12月22日法律第203号)
(最終改正：平成26年6月13日 (平成26年法律第67号))
- ③ 特定国立研究開発法人による研究開発等の促進に関する特別措置法 (平成28年5月18日法律第43号)
- ④ 独立行政法人通則法等の施行に伴う関係政令の整備及び経過措置に関する政令
(平成12年6月7日政令第326号)
- ⑤ 国立研究開発法人産業技術総合研究所の業務運営並びに財務及び会計に関する省令
(平成13年3月29日経済産業省令第108号)
(最終改正：平成27年3月31日経済産業省令第25号)

主務大臣：

経済産業大臣

主管課：

経済産業省産業技術環境局研究開発課

産業技術総合研究所の事業所の所在地 (平成30年3月31日現在)：

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

2. 動 向

産総研の領域別年間研究動向の要約

I. エネルギー・環境領域

1. 領域の目標

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

(1) 新エネルギーの導入を促進する技術の開発

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

(2) エネルギーを高密度で蓄蔵する技術の開発

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

(3) エネルギーを効率的に変換・利用する技術の開発

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

(4) エネルギー資源を有効利用する技術の開発

メタンハイドレート等のエネルギー資源の有効利用にかかわる技術を開発する。

(5) 環境リスクを評価・低減する技術の開発

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

2. 領域の組織構成

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

3. 主な研究動向

平成29年度の主な研究動向は以下のとおりである。

(1) 新エネルギーの導入を促進する技術の開発

- ・太陽光発電では、ハイドライド気相成長法（H-VPE 法）による化合物半導体成長装置により、GaAs 太陽電池の成長速度を従来比10倍以上に高速化することに成功した。また、H-VPE 法で作製した GaAs 太陽電池では世界最高の変換効率22.7%を達成した。
- ・福島再生可能エネルギー研究所（FREIA）に開設した「スマートシステム研究棟」ではパワーコンディショナー（PCS）試験技術を民間企業に提供し、ほぼフル稼動状態が継続している。分散電源の系統連携に係る規格等の国際標準化（成立3件、審議中2件）も推進し、大型 PCS 等の認証試験需要拡大と海外輸出促進が期待される。
- ・風力発電については、これまでの実測データと開発したシミュレーション技術を融合し、洋上風力資源の低コストかつ高精度な推定を可能にした。
- ・2050年を見据えた長期的研究課題として推進している超臨界地熱発電技術の開発について実現可能性検討を実施し、一坑井あたり27～45 MW、岩体あたり100 MW 以上の発電が可能な地下・開発モデルを得た。

(2) エネルギーを高密度で蓄蔵する技術の開発

- ・レアメタルフリー有機二次電池の開発において複数の新規有機正極材料の合成に成功し、現行のレアメタル正極材料 LiCoO₂ と比べ約2.5倍の高容量で充放電可能な材料も見出した。
- ・電池の安全性の飛躍的な向上につながる全固体電池の開発において、緻密で均一な電極製造プロセスを開発し、加圧せずに動作可能な全固体電池として最高のエネルギー密度を有する硫化物全固体電池の開発に成功した。

- ・水素エネルギーの貯蔵源として期待されるアンモニアについて、高性能な合成触媒の開発に成功し、FREA に建設した実証試験プラントで連続製造を開始した。
- ・太陽光発電由来の電気エネルギーにより水電解で製造した水素のカードル充填を実現するとともに、福島県内のガス事業者から人材を受け入れ、高圧ガスの実務経験を付与することで、国内初となる再エネ水素による商用水素ステーションを実現した。

(3) エネルギーを効率的に変換・利用する技術の開発

- ・電気自動車等の電力制御の低コスト・高機能化への応用が期待される次世代 SiC パワーデバイスについて、 $1,600 \text{ A/cm}^2$ もの大電流でも劣化しない新規構造 MOSFET を量産試作レベルで開発することに成功、 $1,200 \text{ V}$ 級 SiC パワーデバイスの最終解と言える成果を得た。
- ・高温超電導線材の開発において世界最高の磁場中臨界電流密度を低コスト線材で実現した。高磁場中での高い性能の維持が要求されるモーター等の省エネ産業用機器や MRI 等の医療機器の超電導磁石への応用が期待できる。
- ・未利用熱エネルギーからの電力回収システムの実現に向けて、これまで毒性元素である鉛などを使用しないと達成が困難であった実用化の目安と言われる熱電性能指数 $ZT \sim 1$ (約 $400 \text{ }^\circ\text{C}$) を、環境調和性の高い銅と硫黄を主成分とした硫化物熱電材料で実現した。

(4) エネルギー資源を有効利用する技術の開発

- ・メタンハイドレート層からのガス生産技術に係る技術開発において、海洋産出試験の実施に貢献しただけでなく、出砂対策技術や生産中における貯留層の挙動などの情報を関連機関に提供し、今後の開発のために有益な技術の抽出や開発方針等の検討に貢献した。
- ・需要拡大による不足が予想される石油化学基幹原料であるベンゼンについて、加圧条件において平衡組成に近い高収率が得られることを実験的に確認した。メタンからベンゼンを直接合成する触媒プロセスの効率と信頼性向上への貢献が期待できる。

(5) 環境リスクを評価・低減する技術の開発

- ・実産業排水の水処理プロセスの高度化に向け、従来法比500倍の超高感度安定同位体追跡法を用いることで、近年排水基準が見直された残留汚染物質「1,4-ジオキサン」を処理する活性汚泥プロセスの菌叢を明らかにすることに成功した。
- ・天然鉱山と価格競争が可能な「戦略的都市鉱山」構想に基づく戦略的都市鉱山研究拠点 (SURE コンソーシアム) において6年間の NEDO プロジェクトを開始、廃製品自動選別技術・廃部品自動選別技術・高効率精練技術の確立に向けた研究開発を推進した。
- ・LCA データベースの開発では、製造プロセスや製品の環境性能を評価するための環境負荷データベースである IDEA をアジア地域のサプライチェーンをカバーするデータベースへ発展させ、対応する環境問題を拡充すべく化学物質や電離放射線のデータを整備した。

II. 生命工学領域

1. 領域の目標

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

2. 領域の組織構成

当領域は1つの研究センター (創薬分子プロファイリング研究センター) と、4つの研究部門 (健康工学研究部門、バイオメディカル研究部門、生物プロセス研究部門、創薬基盤研究部門)、および大学内産学官連携研究拠点である2つのオープンイノベーションラボラトリ (産総研・早大 生体システムビッグデータ解析オープンイノベーションラボラトリ、産総研・阪大 先端フォトニクス・バイオセンシングオープンイノベーションラボラトリ) から構成され、バイオテクノロジーから医工学までの幅広い研究分野の研究開発を実施している。また、バイオ技術と情報技術を融合させた研究など、分野融合研究を推進することにより、新領域の技術開発にも積極的に取り組んでいる。

3. 主な研究動向

以下に平成29年度の主な研究動向を示す。

(1) 創薬基盤技術の開発

これまでの古典的創薬プロセスから脱却し、創薬開発を加速させるために、新薬探索や医薬リード化合物の最適化を効率よく進めて、創薬開発を加速できる技術の開発を目指す。そのために、ロボットやナノテクノロジー、数理解析技術を駆使した創薬最適化技術、新しい分子標的の探索・発見を可能にする電子顕微鏡などのバイオイメージング技術、糖鎖などのバイオマーカーによる疾病の定量評価技術など、新しい創薬の基盤となる技術を開発する。

以下に代表的研究成果を示す。

- 医薬品の副作用として現れる毒性の評価は、薬剤開発の継続/中止を判断する上で重要になる。そこで、AMED 事業「肝毒性予測のためのインフォマティクスシステム構築に関する研究」において、ヒトとラットの肝細胞が150種の薬剤に対してどのような遺伝子発現を生じるかを解析し、遺伝子発現パターンから肝毒性を予測・評価することができるデータベースを構築した。これにより、薬剤開発の早い段階で肝毒性を予測できるようになった。
- B 型肝炎治療薬は、B 型肝炎ウイルス (HBV) が持つ逆転写酵素に結合して、その機能を阻害することでウイルスの増殖を抑制する。既存の核酸アナログ製剤に対する薬剤耐性が問題となっていたが、HBV が持つ逆転写酵素は非常に不安定なタンパク質であるため、構造研究が進んでいなかった。今回、構造的に安定なエイズウイルス (HIV) の逆転写酵素を HBV の逆転写酵素に似せて改変することで、B 型肝炎治療薬が結合できる HBV 型 HIV 逆転写酵素を構築した。その結果、抗 HBV 薬が逆転写酵素に作用した状態での立体構造解析が可能になり、薬剤作用機序及び酵素の薬剤耐性獲得機構を明らかにした。
- タンパク質上の糖鎖修飾は、疾患に対して特異的に変化することから、疾患を見つけるバイオマーカーとして、あるいは疾患部位だけを治療標的とするマーカーとして大いに期待されている。しかし、糖鎖変化を認識する高感度分析技術が未成熟であり、疾患と糖鎖変化の関係も十分に明らかになっていない点が課題であった。AMED 事業「糖鎖利用による革新的創薬技術開発事業」の一環として、平成29年度は企業との共同研究により、糖鎖分析を行うアレイスキャナーの改良を進め、糖鎖変化を認識するために要求される市販分析機器の10倍の感度を達成することができた。また、肺小細胞がん組織に特徴的な糖鎖変化を認識する有用なマーカー候補分子 (フコシル化セクレトグラニン III) を同定した。さらに、膵がん細胞表面に強く発現している糖鎖とそれを特異的に認識するレクチン (糖鎖結合能力を持つタンパク質) を発見した。当該レクチンに抗がん薬を融合させた Lectin Drug Conjugate (LDC) をマウスに投与することで、血液凝集などの副作用を示すことなく、膵がんを発症したモデルマウスの治療に成功した。
- 脳の成長因子 BDNF の分子機能に注目し、その機能異常 (発現低下、活性変化等) により精神・神経疾患が生じることを明らかにするとともに、精神・神経疾患のモデルマウスや診断バイオマーカーの開発を国内企業と実施してきた。平成29年度は、企業と進めてきた肥満タイプのうつ病に関するマウスの実証研究を完了させ、BDNF の機能異常を示すモデルマウスが運動試験後の無動化時間が長期化するうつ病様の表現型を示すことを明らかにした。
- 細胞などの生物試料を液中で生きたままナノオーダー (10 nm) 程度の高分解能で観察することができる誘電率顕微鏡の開発を進めた。この顕微鏡は、対象物の誘電率差を可視化する新しい原理に基づくもので、溶液中の生細胞試料やナノ粒子を非染色、非固定、非侵襲の状態で見ることが可能になる。平成29年度は試料調製方法や画像解析技術の改善により、従来技術では困難であった生きたままの状態の細胞の内部構造について詳細な観察に成功するとともに、溶液中の生物試料や有機ナノ粒子、セラミック粒子等をそのまま観察することにも成功した。

(2) 医療基盤・ヘルスケア技術の開発

豊かで健康的なライフスタイル実現のために、医療基盤・ヘルスケア技術の開発を進めている。具体的には、損傷を受けた生体機能を幹細胞などを用いて復元させる再生医療に必要な細胞操作技術や幹細胞の標準化技術の開発、健康状態を簡単に評価できる技術や感染症などの検知デバイスの開発、さらに、生体適合性や安全性の高い医療材料や医療機器の開発を進めてきた。

以下に代表的研究成果を示す。

- マイクロバイーム (人体などに共生している複合微生物群の遺伝子集合体) は、健康や疾患との関係が近年急速に注目されつつある。しかし、マイクロバイーム解析に適用できるシーケンサーの精度管理用標準物質あるいは適切な精度管理技術がなかったことから、解析結果の定量性を保証できず、解析データの相互利用を阻んでいた。今回、微生物のゲノム配列とは異なる塩基配列を持つ人工的な核酸分子12種類を世界で初めて開発した。これを内部標準として用いることで、次世代シーケンサーを用いたマイクロバイーム解析結果の定量性を保証

することが可能になった。

- 様々なヒト臓器細胞を1つのチップ上に組み合わせ、体内の臓器間ネットワークをチップ上に模倣した「organ(s)-on-a-chip (OOC)」の開発は、薬剤や化粧品の開発に不可欠であった動物実験を代替し、個体差の影響を受けない再現性の良い評価が行えるメリットがあり、その開発に大きな期待が寄せられている。一方で、医薬に関する承認過程では、どんなに優れた技術であっても標準化されなければ活用されないため、規格化・標準化への取り組みが喫緊の課題となっている。平成29年度に立ち上げたAMED事業「再生医療技術に応用した創薬支援基盤技術の開発」において、最も需要の高い肝細胞に関して、国内主要製薬メーカー、国立医薬品食品衛生研究所（国衛研）と共に規格案を策定するとともに、バラツキが生じやすい培養方法を改良し、統一された手法での規格検証を可能とする解析法をマニュアル化した。
 - iPS細胞を介さずに線維芽細胞から神経堤細胞を経て交感神経／副交感神経を選択的に作製する技術を確立した。iPS細胞を作成する初期化プロセスを用いると、細胞内に様々なゲノム変異や染色体異常などの変化が生じることが分かっているため、今回の成果はこれらのリスク克服につながる重要な成果である。
 - カーボン薄膜材料の精緻な設計により、従来電極では検出できなかった化学物質をきわめて高感度かつ再現性良く測定できる「スパッタナノカーボン薄膜電極」を開発した。従来電極では検出できなかった核酸塩基などの生体分子、ビタミン E などの抗酸化物質、ヒ素などを極めて高感度かつ再現性良く測定できるようになった。例えば、てんかん病マーカーであるキヌレン酸は非標識で検出限界20 pM を達成した。従来電極では検出そのものが不可能であり、また論文で報告されている蛍光法では感度が悪く（検出感度数十 nM）、実際の創薬薬効薬理評価の現場で使用するには不十分であった。開発電極により高感度が達成できることから、平成29年度には企業との技術コンサルティング契約の締結に至ることができた。
- (3) 生物機能活用による医薬原材料などの物質生産技術の開発

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

以下に代表的研究成果を示す。

- 企業との共同研究によりバイオプロセス（発酵）を用いて (*R*)-3-ヒドロキシ酪酸（以下、3HB）を製造する方法を開発した。3HB は化学合成プロセスでは得ることが困難なバイオプロセス特有の化合物であり、人の体内でも合成されて様々な生理活性機能を有する。今回開発したバイオプロセスでは、ハロモナス菌を用い、好気発酵と嫌気発酵を切り替えることによって菌体外に3HB として放出させることができた。既存の化学合成技術では熱に弱い3HB の効率的な生成は困難であった。また、3HB のポリマーであるバイオポリエステル（PHB）を蓄積させる微生物の報告はこれまでもあったが、今回のように培養液中に40 g/L の高濃度で3HB を生成させ、単離することに成功したのは世界初である。
- 有用物質生産にあたっては、目的タンパク質の安定した高生産が必須である。そのための手法として、DNA のメチル化・脱メチル化による遺伝子発現の制御が重要となる。平成29年度に立ち上げた NEDO のスマートセルプロジェクト「植物等の生物を用いた高機能品生産技術」の一環として、独自に有するサイトメガロウイルスベクターを用いて、特定の遺伝子のみを高率にメチル化する技術開発を進め、モデル遺伝子実験系において通常全くメチル化されない遺伝子の特異的に約60～80 %メチル化することに成功した。また、遺伝子配列改変による発現量制御の技術開発を進め、微生物由来の5遺伝子について実証した結果、一部の遺伝子では発現量を目標の3倍以上に向上させることに成功した。
- 共生細菌を介した害虫の急速な殺虫剤抵抗性獲得のメカニズムの解明及び葉の消化を担っている共生細菌の役割の解明を行った。わずかに数回殺虫剤を使用しただけで土壤中の殺虫剤分解菌が増殖し、これを農業害虫カメムシが体内に取り込むことで害虫の殺虫剤抵抗性が急速に発達することを明らかにした。また、葉を食べるハムシは細胞壁の主要成分の一つであるペクチンの分解酵素の生産に特化した共生細菌を保有しており、この共生細菌なしでは食べた葉を消化できないことが明らかになった。
- 抗生物質耐性と細菌間コミュニケーションの遮断の両方に寄与する酵素を発見した。一部の細菌は自身が生産するシグナル物質を介して、周囲の仲間とコミュニケーションを取っている。このシグナル物質を分解する新規酵素を多剤耐性菌より単離することに成功し、同酵素がペニシリン等の多様なβラクタム系抗生物質を分解する能力をもち、多剤耐性にも寄与していることを解明した。この成果は、細菌がもつ異なる二つの機能の関係性を問う新しい発見となり、多剤耐性菌の出現に細菌間シグナル分解酵素が関与し得るという新たな知見を提唱した。

Ⅲ. 情報・人間工学領域

1. 領域の目標

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

このミッションを実現するために以下の4つを分野の戦略目標として定めている。

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

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

2. 領域の組織構成

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

3. 主な研究動向

(1) ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の開発

実世界で生成されるデータに基づいて学習し、困難な社会的課題を解決するための人工知能技術群の研究開発を行っている。平成29年度の代表的な成果を3つ示す。1) 深層学習を用いた実世界の物体の認識と姿勢推定を同時に行う新たな深層学習手法（RotationNet）を開発した。日用品を360度あらゆる角度から、その姿勢も含めて、高い精度で認識できる。2) ロボットによる人の移動軌跡収集技術を開発した。自律移動ロボットに本技術を搭載することによって、日本科学未来館における延べ20日の来訪者の移動軌跡データ（約22万本）の収集・分析を行った。3) 人の流れの計測とシミュレーションの融合による避難支援技術を開発した。人の流れの計測を行うモジュールと予測シミュレーションを行うモジュールを融合することで、平常時の混雑緩和、賑わい創出、災害時の避難誘導の支援等へ応用できる。新国立劇場において実施された実証実験「避難体験オペラコンサート」では、3年前に行った実証実験の分析結果から得られた知見を避難方法に反映させ、避難口の流量拡大や避難口への集中回避をさせることにより、より少ない時間で避難させることができた。

(2) サイバーフィジカルシステム技術の開発

生産現場、生活場面での人間行動センシング技術と、それを通じて得られる実世界ビッグデータを集約、分析し、製品の価値向上、サービスの生産性向上に繋げる統合クラウド技術を開発している。平成29年度は歩行者自律測位技術を車両（自動車、フォークリフト、ピックアップカート、鉄道など）の測位に特化した VDR（Vibration-based Vehicle Dead Reckoning）技術を世界で初めて開発した。人間計測結果に基づくサービスシミュレーションクラウド基盤を整備し、物流分野、製造現場での応用、小型デバイス開発への展開を進めた。

安全なサイバーフィジカルシステムの実現を目指し、演算性能や電力に制約のある大量のエッジデバイス上でも実用的な速度で処理が可能な暗号技術と、それを用いたプライバシー保護や認証技術に関する研究開発を実施している。RSA 暗号等の従来技術は、効率性、機能性、安全性のいずれも不十分であり、格子問題等の数学的構造に基づき、エッジデバイスに適した軽量で高機能な暗号・認証技術の実現を目指している。平成29年度は、格子問題に基づく、公開鍵サイズが漸近的評価の下でこれまでで最も小さい ID ベース暗号等の成果を得た。開発した ID ベース暗号は量子計算機に対して耐性があり、安全性レベルを十分に高く設定した場合、公開鍵サイズをほぼ理論限界まで削減可能な世界初の手法となっている。また、平成28年度に開発した大規模並列計算機向け格子問題求解アルゴリズムの高速性について、初めて理論的な裏付けに成功した。

(3) 快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術の開発

自動運転システムの実用化に向けて、自動運転中のドライバー状態の評価手法の開発と、自動運転モード間の遷移を適切に行う HMI の開発を行っている。平成29年度は、ドライバー状態と自動から手動運転への遷移時間の関係性を評価し、ドライバー状態の維持と、より適切なモード遷移のための HMI を検討した。

健康起因事故撲滅に向けて、ドライバの体調急変検出を目指した研究開発を行っている。平成29年度は、筑波大病院・東大・コンソーシアム参加企業と協力して、てんかん・脳卒中・心疾患の発症時のドライバ状態を

特徴づける生体信号や行動学的変化の計測データを収集するとともに、平成30年度以降の構想を立案した。

運転の楽しさ（ドライビングプレジャー）の生理指標による定量化の研究を行っている。平成29年度は、シミュレータや実車(テストコース)における生理計測データを集約し、運転の楽しさの評価方法を確立した。また、操作に対する機械的なサポートが楽しさに与える影響を検討し、資金提供型共同研究による成果の橋渡しを進めた。

高齢者が自らの残存機能を維持、増進して自立移動ができるようにするために、装着型センサで歩行・走行機能を計測、評価して可視化する技術を開発している。平成29年度は、現場でのデータ計測から独自評価指標を計算して提示する一連の技術を3箇所以上の現場に適用し、歩行評価技術の実証を行った。また、下肢切断者用の義足についても、2社以上の企業と連携し、現場と実験室での評価を行うことで、デザインのブラッシュアップを行った。また、スポーツ用義足の認証・標準化活動にも取り組んだ。

(4) 生活の質と豊かさの向上を実現するロボット技術の開発

高齢者の機能と活動を向上させるため、高齢者の運動・コミュニケーション機能を支援するロボット技術、介護者を支援するロボット技術と生活機能モデルに基づく介入効果の定量評価技術等を行っている。平成29年度は、力学モデルに基づいてロボット介護機器の設計を支援する技術、IoT 技術を用いて効果を評価する技術を開発し、実証評価を行った。ニーズシズマッチングに基づいてロボット介護機器の改良開発を支援した。サイバネティックシステムの安全評価技術の開発を行った。座り乗り型移動ロボットの公道実証実験を実施し、安全検証を行った。ロボットソフトウェアプラットフォームの開発と、産業用ロボットへの応用を検証した。

画像センシングおよびパターン認識に関する技術をコアコンピタンスとし、高度な空間情報取得・理解技術を構築している。平成29年度は、空間情報センシング技術に関して、従来の可視光の2次元または3次元計測という枠を超え、ハイパースペクトルデータ（紫外域から赤外域まで連続的に含むデータ）やライトフィールドデータ（空間全体の光情報を4次元で捉えたデータ）を取得・処理するフレームワークを構築した。

ドライバ不足やコスト抑制に対応し、過疎地域や交通弱者への移動手段として期待されている自動走行技術を活用した新たな移動サービスである端末交通システムの社会実装を目指し、必要な技術開発、社会受容性や事業面の検討等を行っている。平成29年度は、小型カートを用いた遠隔操縦等を含む自動走行技術のテストコース上での評価や安全性等の検証を実施し、平成28年度に公募選定した実証地域に合わせた事業モデルやシステム構成の構築検討を進め、実地域において一部の技術検証を実施した。

大型建造物の生産現場における過酷環境での作業に対応するロボットシステム実現のために、これに必要なロボット技術を CNRS、AIRBUS と共同で開発している。平成29年度は、多点接触動作制御技術として、複数の姿勢を並列に考慮するロボスタな動作計画手法と、優先度付きタスクなどの異なる手法を統合する制御手法を開発し、全身動作によるレンチによるボルト締め作業、プレーカのスイッチの点検作業、ケーブル取り付け作業などに適用した。

IV. 材料・化学領域

1. 領域の目標

材料・化学領域では、材料技術と化学技術の融合による、部素材のバリューチェーン強化の実現を念頭に、機能性化学品の付加価値を高めるための技術開発、および新素材を実用化するための技術開発を通じて、素材産業や化学産業への技術的貢献を目指す。第4期における研究開発においては、最終製品の競争力の源となる革新的部材・素材を提供することを目指し、材料の研究と化学の研究との統合によって、「グリーンサステイナブルケミストリーの推進」及び「化学プロセスイノベーションの推進」に取り組むとともに、「ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発」、「新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料の開発」、及び「省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材の開発」の5つの戦略課題に取り組む。

2. 領域の組織構成

当該領域は平成29年度末において、5つの研究部門（機能化学研究部門、化学プロセス研究部門、ナノ材料研究部門、無機機能材料研究部門、構造材料研究部門）と4つの研究センター（触媒化学融合研究センター、ナノチューブ実用化研究センター、機能材料コンピュータショナルデザイン研究センター、磁性粉末冶金研究センター）の計9つの研究ユニットで構成されている。さらに、大学等のキャンパス内に設置する産学官連携研究拠点「オープンイノベーションラボラトリ」、通称「OIL（オー・アイ・エル）」として、産総研・東大 先端オペランド計測技術オープンイノベーションラボラトリ（OPERANDO-OIL）と、産総研・東北大 数理先端材料モデリングオープンイノベーションラボラトリ（MathAM-OIL）が活動中である。また、産総研内に設置した企業名を冠したラ

ボ、すなわち「連携研究室／連携研究ラボ」（通称「冠ラボ」）等としては、平成28年度以前に設立した3つ（「日本ゼオン－産総研 カーボンナノチューブ実用化連携研究ラボ」、「日本ゼオン・サンアロー・産総研 CNT 複合材料研究拠点」、「DIC－産総研東北センター 化学ものづくり連携研究室」）に加え、平成29年度は、「日本特殊陶業－産総研 ヘルスケア・マテリアル連携研究ラボ」、「矢崎総業－産総研 次世代つなぐ技術 連携研究ラボ」の2件がスタートした。

3. 主な研究動向

当該領域の先端研究事業の代表例を以下に示す。

国家プロジェクトの新規獲得に関しては、NEDO 事業「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト、省エネルギー性能等向上のための研究開発」の採択、NEDO エネルギー・環境新技術先導プログラムにおける「革新高飽和磁束密度・低鉄損軟磁性粉体の開発」、「精密制御技術を駆使した脱触媒の高度利用技術開発」、「超高変換効率新規プロトン導電デバイスの開発」、「ナノ半導体材料の高度構造制御と革新低コスト半導体デバイスの研究開発」の4件の採択が主要なプロジェクトとして特筆すべきものである。

平成29年度の主な研究成果を戦略課題ごとに示す。

① グリーンサステイナブルケミストリーの推進

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

- ・「スマート（光可逆性）接着剤の開発」において、アントラセンをベースとした分子設計で、有色粉末状であった接着剤を無色（透明）液状にし、ハンドリング性を大きく向上させることに成功した。
- ・「シラノールの粉体化と構造解析」の研究では、ガラスの基本単位のオルトケイ酸（ $\text{Si}(\text{OH})_4$ ）を安定に合成し、世界で初めて結晶化に成功し、19世紀前半の発見以来、謎とされていた詳細な構造を明らかにした。さらに、オルトケイ酸の2量体、環状3量体、環状4量体、かご型8量体の合成と単離にも成功した。

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

- ・「人工知能（AI）技術による酸化触媒の自動発見」の研究において、触媒の量子化学シミュレーション結果と実験で得られた触媒の反応収率との関係を機械学習し、シミュレーション結果から反応収率を直接予測する手法を開発した。従来の触媒開発では触媒の設計・合成や触媒活性の評価・検証を繰り返す必要があるため、開発期間が長く、多大な労力やコストがかかる等の課題があったが、本研究により AI で触媒の反応収率を簡単に予測できることを初めて示した。
- ・「粘度-温度特性に優れた省エネ潤滑油の開発」では、従来の炭化水素系の潤滑油とは異なる新たな分子設計（液晶の分子設計の応用）と、ケイ素化合物の特性の活用により、従来の基油よりも温度による粘度変化が格段に小さい（粘度指数（VI）が格段に高い）新規構造油（オリゴシロキサン油）を開発した。従来の合成油の VI は120～140で、粘度指数向上剤を加えても200程度にしかならないが、本開発油は単独でも VI は240～290を示した。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

- ・「歯周病菌の即時分析装置の開発」において、遺伝子解析に関わるこれまでの要素技術を統合して、歯周病菌の分析が即時に可能な“装置”や“キット（試薬）”のプロトタイプを開発し、ベンチャーを起業した（ラスケーズ株式会社、平成30年2月2日設立）。
- ・「材料の劣化状態を化学構造レベルで評価する技術の開発」では、高分子材料に対して、超高分解能質量分析と独自のデータ処理技術（二次元マッピング）を適用し、従来技術では不可能であった“材料中の多様な成分の分布の可視化”に成功した。
- ・「燃えるごみの焼却残さ“溶融スラグ”を高付加価値材料に変換する技術開発」では、燃えるごみを焼却した残りかすである溶融スラグから簡単に高比表面積シリカ（約600 m^2/g ）を製造する技術を開発した。現状、工業的に広く用いられている高比表面積シリカは、四塩化ケイ素やケイ酸ナトリウムのようなエネルギーを多く消費する工程で製造される物質を出発原料としているのに対し、本技術では同等の性能を有するシリカを、極めて安価（1トンあたり数百円）な“溶融スラグ”を原料として製造できる。共同研究先の企業でスケールアップ等の実用化に向けた開発を開始した。

② 化学プロセスイノベーションの推進

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

- ・「高効率酵素リアクターの開発」において、シリカ結合タンパク質（Si-tag）を介して複数酵素（還元酵素および補酵素再生酵素）をメソポーラスシリカに安定に固定化することで、通常の酵素反応で問題となる酵

素の凝集および酵素の再利用性の改善に成功した。その結果、医薬中間体（光学活性アルコール）の合成において、Si-tag を融合していない通常の酵素に比べ、同一酵素使用量で5倍の生成量を達成した。

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

- ・「超高純度水素精製の炭素膜モジュールの開発」において、平成28年度より水素透過速度を2倍に向上させた炭素膜で、水素／トルエン混合ガスにおける長期耐久性試験を実施し、炭素膜の実用化に必要な性能（水素透過速度75 GPU、耐久時間2,000時間）を達成できた。また、共同研究先の膜メーカーが製造した炭素膜と膜モジュールについて、モジュールの大型化に向けて性能評価等を行った。その結果、燃料電池自動車（FCV）用超高純度水素のスペック（純度99.99997 %以上）を維持したまま、平成28年度比3倍（1 m³/h 規模の水素製造能力）のモジュール作製に成功し、プロトタイプ機（10 m³/h 規模）開発への展開が可能となった。
- ・「新規高機能界面活性剤の開発」では、アルカリ洗浄にも耐え得る安定なアミド骨格を有するサーファクタン（環状ペプチド型界面活性剤）の類縁物質を生産する菌を発見した。本サーファクタンは、アルカリ洗剤酵素（Subtilisin）存在下で、従来の合成界面活性剤の数倍の洗浄効果を示した。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

- ・「マイクロ波照射技術の開発」において、空洞共振器を用いたマイクロ波照射技術の開発により、従来の電子レンジ型マイクロ波照射装置では困難であった均一照射による秒オーダーでの均一高速加熱や照射装置の小型化が可能になった。このため、平成29年度は本技術をライセンスしたサンプル出荷レベルの大量製造装置（処理量：50 L/day）へとカスタマイズし、共同研究先企業に設置するに至った。さらに、大量製造装置の開発過程で得られた知見を基にしてニーズに応じたマイクロ波照射装置の設計が可能となり、多様な企業への橋渡しが容易となった。

③ ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

- ・「軽量で高導電性な CNT 銅ワイヤーの開発」において、これまでに開発した高配向単層 CNT と銅の二段階電気めっきによる複合化技術の応用により、連続紡糸可能な多層 CNT 糸と 40 vol%以上の銅を緻密に複合化することに成功し、銅よりも 30 %軽量な CNT 銅複合ワイヤーを実現した。
- ・「低加速電子顕微鏡によるカーボン原子鎖の電子状態の観測」では、平成28年度成果を挙げた単色化電子源に加え、平成29年度は真空度を二桁向上させた新型鏡筒やリモート操作システムを応用して高安定環境下での精密観測を開始し、カーボン原子鎖の原子構造やグラフェン等とは異なるエネルギー準位を持つ新たな電子状態を原子レベルで（原子1個ずつから）解明することに成功した。

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

- ・アクチュエータ材料の材料機能シミュレーション技術の構築を目指した「液晶高分子のマルチスケールシミュレーション」の研究において、時間変化する電場条件に対して応答性を持つと期待できる粗視化液晶高分子モデルを新たに構築し、分子動力学シミュレーションを実行した。モデルは液晶高分子に特異な現象／運動を再現し、電場応答性の鍵となる電荷パラメータに依存した物性変化が予測可能になった。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

- ・「工業用グラフェンの開発」において、原子層グラフェンの高スループット連続合成技術の開発、透明導電フィルム作製のための転写法の高度化、新規ドーピング手法の開発を行った。これらの技術により、平均シート抵抗123 Ω、透過率94 %（従来の同手法による高スループット合成品と比較しておよそ2倍の導電性）を有する A4サイズのグラフェンを毎時100枚以上の高スループットで合成できた。また、これまでのグラフェン研究に関する成果をもとに、グラフェン等の二次元材料の合成、デバイス開発等を行うベンチャーを起業した（株式会社エアメンブレン、平成29年7月12日設立）。
- ・「スーパーグロスカーボンナノチューブ（SGCNT）を用いた電磁波遮蔽材料の開発」では、これまでに開発した CNT 分散技術と成膜技術を応用して、99.9 %以上の電磁波遮蔽能を有する CNT 塗布膜の開発に成功した。また、本技術をもとに、電磁波漏れ対策用 CNT コーキング材の開発にも成功した。
- ・「CNT 生産管理技術の開発」では、産総研の保有する CNT 評価技術を、最大限に用途開発企業に活用してもらうため、オープンプラットフォーム共同研究“CNT アライアンス・コンソーシアム”で、民間企業6社と共同研究を行った。CNT の分散液、糸、膜、複合材料の状態を産総研の独自技術を駆使して評価し、企業の CNT 用途開発を強力に支援した。

④ 新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料の開発

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

- ・「“溶けない”蓄熱材料、固体蓄熱材料の部材化」の研究において、新たに焼結技術を開発することにより、従来の樹脂バインダーを使用した成形体では困難であった密度80%以上のVO₂の高密度な大型バルク材の作製に成功した。また、そのバルク材において相転移挙動の実像観測を行い、粉末時と同等の蓄熱性能を維持したまま部材化できることを確認した。

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

- ・「コンパクトハイパワー燃料電池の開発」において、産総研で開発したマイクロ SOFC（固体酸化物形燃料電池）に対して、液化石油ガス（LPG）等の炭化水素燃料使用時の電極への炭素析出抑制に向けて、ニッケルセリア系電極の微構造や LPG 等の改質条件の最適化を行った。その結果、発電性能・耐久性が飛躍的に向上し、数百時間以上の連続発電や数百回の起動停止の繰り返しが可能になった。加えて、NEDO “ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト、省エネルギー性能等向上のための研究開発”の採択により、本マイクロ SOFC の移動体（ドローンやロボット等）電源への応用に向けて、自動車部品メーカーや産業用ドローン開発のベンチャー企業と連携体制を強化できた。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

- ・「全固体電池用セラミックス電解質基板の製作技術開発」において、産総研が開発した LISICON (Li super ion conductor) 系の高 Li イオン伝導性セラミックス電解質シート LiTAP (Li-Ti-AlP₂O₅) のスケールアップに向けて、原料調整や焼成技術開発等を行い、10 cm 角以上の大面積シート状のセラミックス焼結部材の作製に成功した（従来品は1 cm 角程度）。さらに本成果をもとに、佐賀県リーディング企業創出支援事業に採択され、セラミック基板等の量産技術を有する共立エレクトロニクス株式会社との連携を進め、本セラミックス電解質シートの製品化を目指した共同研究を開始した。

⑤ 省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材の開発

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

- ・「複合材料の熱特性解析評価技術の開発」において、フィラーと母材の界面構造の影響を考慮しない、分散配向構造のみに依存する理想的な熱伝導率の理論計算に関して、三次元不連続媒質中におけるランダムウォークによる非対称な界面透過率の定式化に成功した。これにより、X 線 CT 等による実際のフィラーの分散配向構造の解析結果と組み合わせることで、既存数値解法では困難であった、実在構造に対応した複合材料の熱伝導率の高速計算が可能となった。加えて、等方性母材中に板状異方性フィラーをランダム積層分散した系での検証を実施し、本手法の適用対象を拡張することができた。

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

- ・「セラミックス系素材の三次元（3D）積層技術による複雑形状造形」の研究において、3D 造形技術の1つである粉末積層造形技術の向上を進め、反応焼結炭化ケイ素において非3D の従来品に迫る強度（290 MPa）を達成した。加えて、トポロジー最適化法による設計手法を取り入れ、垂直方向の剛性を保ちつつ1/2以下に軽量化したリブ構造ステージ（上板と下板を柱でつないだ構造を持つ半導体露光用ステージ）モデルの試作に成功した。これらの成果を元に、内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）“高付加価値セラミックス造形技術の開発”で共同開発を進めている企業において、事業化に向けた検討が開始された。
- ・「高強度・難燃性マグネシウム合金展伸部材の開発」では、ビレットの押出加工・製造技術により、汎用アルミ合金 A7N01（鉄道車両で利用されている高強度アルミニウム合金）に匹敵する機械強度を持つ難燃性 Mg 合金の大型部材の作製に成功した。加えて、本 Mg 合金押出材の新幹線用軽量部材への応用を目指し、オール Mg 製の新幹線車両構体の1/1サイズ（実寸大）、長さ1 m の簡易モックアップ構体の作成を開始し、Mg 合金の加工のための基礎技術（素形材製造、接合、表面処理等）を構築することができた。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

- ・「顕微インデント」の研究において、幅広い適用範囲（金属、プラスチック、ゴム、セラミックス等）を持ち、多様な力学特性を迅速かつ定量的に計測可能な光学式その場観察試験装置（顕微インデント）のプロトタイプを開発し、ベンチャーを起業した（インデント・プローブ・テクノロジー株式会社、平成29年11月9日設立）。

V. エレクトロニクス・製造領域

1. 領域の目標

エレクトロニクス・製造領域においては、わが国の産業競争力強化への貢献を目的とし、IT 機器の大幅な省エネ化と高性能化の両立を可能とする世界トップ性能のデバイスの開発と、省エネ、省資源、低コストな先端加工

技術の開発、さらに、先端エレクトロニクスを基礎としたセンシング技術と革新的製造技術を結びつけることによる超高効率な生産システムの構築を目指している。当該研究開発を推進するにあたり、以下の4つの研究を重点研究課題として定めている。

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

2. 領域の組織構成

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

3. 主な研究動向

(1) 情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術の開発

- ・ ナノエレクトロニクス研究部門では、CMOS デジタル回路の低消費電力化へ向けて Ge チャネルの超薄膜形成技術を確立し、膜厚10 nm 以下における電子移動度向上を発見した。また、タングステン内包 Si クラスタを用いて、半導体デバイスの消費電力性能に影響する半導体-金属接合の電気抵抗の低減に成功した。新しい情報処理技術の部分では、機械学習の訓練処理過程を高効率・高速に行う手法を開発し、低消費電力化（回路規模を85 %削減）できることを明らかにした。超伝導量子アニーリングマシン関連では、組み合わせ最適化問題に対する8ビット動作シミュレーションに成功した。また、Si トンネル FET でスピンマニピュレーション手法を最適化し、世界最高温度（10 K）での量子ビット動作に成功した。脳型情報処理向けの2端子アナログ型抵抗変化素子の開発では、抵抗変化の制御性に優れた機能性酸化物材料の組み合わせを見出した。
- ・ スピントロニクス研究センターでは、スピン素子を応用した超省エネルギーデバイスに関して、電圧トルク MRAM 高度化へ向けて Ir 希薄ドーパ Fe 電極の MTJ 素子を新規開発した。また、シリコン基板の常温ウェハ接合と基板剥離技術を用いて MTJ 素子の3次元積層プロセスを開発するとともに大径シリコン基板上への MTJ 素子のエピタキシャル成長にも世界で初めて成功した。ニューロモルフィックコンピューティングの基盤技術開発では、スピン発振素子を用いたナノサイズの人工ニューロンを作製し、世界で初めての音声認識に成功した。
- ・ 電子光技術研究部門では、情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術の構築に向け、電力消費量を抑えつつ大容量情報を快適に送受信できる革新的光ネットワーク技術の開発に取り組んでいる。文科省の拠点形成事業「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」(VICTORIES) で開発した技術の実用化のために、協働企業らと協議し標準機器として開発したシリコンフォトリソ・光スイッチ・サブシステムを世界で初めて実フィールド（東京都内）に敷設し、4K 非圧縮映像による「テレセッション」の実運用に成功した。また、同システムの潜在ユーザ50社以上に対してテレセッションデモを実施し、高品質かつ低遅延で伝送される映像が、遠隔地に居ながらもあたかも同じ場所にいるような自然な感覚でコミュニケーションできる、遠隔共存が可能であることを紹介した。

(2) もののインターネット化に対応する製造およびセンシング技術の開発

- ・ 製造技術研究部門では、広範囲に分散した製造設備や労働力を柔軟かつ効率的に活用し、製造設備ネットワーク全体として高い付加価値を創出することが可能となる製造網 (Web of Manufacturing) の実現を目指している。今年度は、戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) における研究開発成果として、航空機 CFRP の内部で発生した破壊予兆を発光可視化できる技術の開発に取り組み、破壊初期過程に内部で発生するトランスバースクラックを世界で初めて発光可視化することに成功した。この結果は、国際航空機疲労委員会 (ICAF2017) で Japan National Review に選出され各国航空関係者に周知され、海外企業からの問い合わせが10件以上、国内企業からの受託研究を1件開始するなど国内外での反響を呼んだ。また、航空機製造・運用現場での破壊予兆の可視化を基にした、設計・運用の高度化やその他の各種輸送機器の接着接合の評価に使われ、全世界的な省エネルギー・省資源・安全安心な社会の構築に寄与できるものである。
- ・ 集積マイクロシステム研究センターでは、スマート社会の実現に向け、道路インフラやライフラインの常時モニタリングを目指した MEMS センサネットワークシステムの開発に取り組んでいる。NEDO 事業「フレキシブル面パターンセンサによる橋梁センシングシステムの開発」では、シート上全面にグラファイト抵抗体印刷ひずみセンサアレイが形成されたフレキシブル面パターンセンサと通信モジュール、受信機、エッジデバイス、小型

太陽光発電パネルからなる低コスト化が可能な橋梁センシングシステムを開発し、太陽光発電のみでシステム全体を動作させることに成功した。NEDO 事業「ライフラインコアモニタリングシステムの研究開発」においては、振動発電を搭載した小型無線振動センサ端末を開発した。開発した圧電 MEMS 振動センサシステムは、市販の加速度ピックアップに比べ3桁近い省電力性能と2桁の高感度性能を有し、消費電力30 μA で加速度10 mG の微小な振動の検出に成功した。心電ウェアについては NEDO 事業「次世代プリントエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発」において、ゲルフリー起毛電極アレイを直接形成したコンプレッションウェアと 24ch アンプおよび超広帯域無線送受信モジュールを開発し、着るだけで多誘導の心電計測が可能な心電ウェアを開発した。この心電ウェアでは、通常の12誘導心電計測の胸部電極数の3倍にあたる18極の電極からの心電波形を同時取得し無線通信することができる。

- ・ナノエレクトロニクス研究部門では、超伝導アレイ検出器の多画素化を進め、従来の10倍以上となる世界最高の1,000画素を実現した。また、機能性氧化物と Pt 電極からなるナノギャップ構造を応用して省電力性に優れた非加熱式水素ガスセンサ素子を開発した。
- (3) ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術の開発
- ・製造技術研究部門では、情報技術を活用したオンデマンドな加工技術・生産システムを目指している。今年度は、3D-CAD で作製された金属部品のポリゴンデータを異形スピニング加工の工具制御指令に一括変換するシステムを構築し、設計図面を簡便かつ忠実に成形する3D スピニング加工法を開発した。従来数日かかっていた複雑な形状の工具指令プログラムが1時間程度、かつ高度な知識やノウハウなしに実行できるようになった。また、市販されている異形スピニング加工機への実装を可能にした。これにより、積層造形法が苦手とする中～大型部品の高速試作や多品種変量生産への適用が期待できる。また、国際標準化活動の取り組み状況については、経済産業省委託事業「スマートマニュファクチャリングに関する国際標準化・普及基盤構築」を受託し、生産管理・機器制御システムと生産機器をつなぎ、情報を共有する場としての「プラットフォーム」を活用した連携方法についての国際標準化活動を推進した。さらに、スマートマニュファクチャリング国際標準化専門委員会に参加し、ロボット革命イニシアティブ協議会への委員参加、200社余りの会員企業を持つ一般社団法人 IVI との連携を強固に継続している。
 - ・フレキシブルエレクトロニクス研究センターでは、スポンジなどの柔軟基板上でも下地に損傷を与えることなく配線回路を形成できる低損傷印刷形成技術、はんだ装着技術などを開発し、それによりウェアラブル呼吸センサ、風圧センサ、温度センサなどの開発に成功した。大面積基板上にサブ μm 台の高精細導体細線を簡便な溶液プロセスで形成可能にする高精細配線印刷形成技術を開発し、その技術の橋渡しを実現することで企業の電子部品製造量産ライン構築に繋がった。また、起毛電極技術等、生体情報を高感度で計測可能にするセンサデバイス形成技術を開発し、ウェアラブル心電計、脈波計、筋電計などのヘルスケア用センサの開発を実現した。さらに、NEDO 事業において、人肌感を有する触感センサを開発し、人工皮膚としてのデモンストレーションを実現させた。
 - ・ナノエレクトロニクス研究部門では、ミニマルファブによる IoT デバイス変量多品種製造技術の開発において、ミニマルファブ技術による装置群を実用レベルに仕上げ、MEMS メンブレン上に CMOS を集積した圧力センサの開発と動作実証に成功した。
 - ・製造技術研究部門では、高性能、高付加価値製品の製造のため、複雑形状・薄肉軽量鋳造部材の製造を可能にする3D プリント精密砂型造形技術及びその高速化を目指している。国家プロジェクト事業「超精密3次元造形システム技術開発プロジェクト」の中で BJT (Binder Jet) 方式積層造形を用いた精密砂型造形の技術開発にプロジェクトリーダーとして新たな1液硬化システムの開発に取り組んだ。その結果、これまで湿体であった材料の乾体化及び硬化速度の高速化を実現し、これまでの約2倍となる世界最高速 (10万 cc/h) の装置及び手法の開発を成功させた。本装置は共同研究企業により市販化され、橋渡しが実現した。輸送機器 (航空機・自動車・トラック等)、建設機械での従来になかった新部材開発 (薄型・複雑形状鋳造品等) が進められ、量産化を念頭に置いた展開も開始した。砂型積層造形装置開発により、これまでにない鋳造品の複雑形状化、薄肉化が可能となり、情報技術を活用した変量多品種生産に対応できる従来の半分の肉厚 (例えば2 mm) で構造と種々の配管構造との複合化したエンジン、油圧バルブを製作するなどオンデマンドな加工技術・生産システムが実現すると考えられる。変量多品種生産の実現は省エネ・省資源製造技術として重要な役割を担うことが期待される。
- (4) 多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術の開発
- ・先進コーティング技術研究センターでは、AD 法や光 MOD 法などの産総研が世界を先導するコーティング技術を核に材料開発及び成膜メカニズム解明に基づいたプロセスの高度化、及びそれを基にした多事業分野での民間企業への橋渡しを目指した開発を行っている。Hybrid AD 法を用いたオンデマンド義歯製造技術開発において

は SIP 革新的設計生産技術・産総研コーティング拠点 (SIP コーティング拠点) を利用し、生体適合性 Ti 合金基材へのジルコニア成膜で、歯科用部材に臨床試験適用可能な白色性と密着強度 (曲げ試験: 曲率半径 5 mm で剥離無し) を実現した。光 MOD 法による高輝度蓄光膜の開発では、平成 28 年度に開発した LED 用蓄光材料について金属ドーピングとプロセス改善により室外応用 (太陽光励起) に対応した高輝度長残光材料 (340 mcd/m²、市販材料の 1.7 倍) を開発した。単結晶固体電解質を用いた全固体電池の開発においては全固体電池の特徴である安全性、信頼性を実電池レベルの使用環境下で実現するため、品質安定化技術・加工技術を大幅に改善することで、粒界が存在する多結晶固体電解質の限界電流密度の約 100 倍 (30 mA/cm²) でも金属リチウムの dendrite 成長が起こらないことを実証した。

VI. 地質調査総合センター

1. 領域の目標

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

2. 領域の組織構成

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

3. 主な研究動向

平成 29 年度の主な研究動向は以下の通りである。

(1) 地質調査のナショナルセンターとしての地質情報の整備

- ・知的基盤整備計画に沿って、地質図幅等の地球科学図の系統的調査研究を実施している。本年度は、5 万分の 1 地質図幅 4 図幅 (4 区画) を出版した。また、20 万分の 1 日本シームレス地質図 V2 (次世代シームレス地質図) の正式公開を行った。
- ・NASA と協力し、衛星の運用や ASTER-VA の品質管理に関する研究を進めることで、地球観測衛星データを処理した付加価値プロダクト「ASTER-VA」の無償配信を継続した。
- ・石垣周辺海域及び奄美大島海域で調査航海を実施し、海洋地質図作成のための基礎データを取得した。また、海洋地質図 1 枚を出版した。
- ・民間受託研究や SIP プロジェクトを通じて、沖縄トラフ東縁や伊豆-小笠原孤のカルデラ域で深海曳航探査装置を用いた表層地質マッピング等により海底鉱物資源の広域ポテンシャル評価を実施した。
- ・都市・沿岸域における地質災害の軽減を目指して、伊勢湾・三河湾沿岸域の調査を実施した。また、駿河湾北部沿岸域に関するシンポジウムを開催した。
- ・都市域の地盤リスク軽減のため、地質層序研究と独自の 3 次元モデル技術によって、千葉県北部地域をモデル地域として、産総研が実施したボーリング調査データを軸に自治体が所有する約 1 万本のボーリングデータを付加して、地下の地層の分布形態を 3 次元で可視化する地質地盤図を作成し公開した。また、その成果のプレス発表を行った。

(2) レジリエントな社会基盤の構築に資する地質の評価

- ・陸域・海域で 4 断層帯の基盤的な調査に加え、2016 年熊本地震に関する布田川断層帯・日奈久断層帯について 4 地域で調査を行なった。活断層データベースは、最新研究成果の収録、表示機能強化などのユーザーインターフェースの改良を行った。また関東地域のテクトニックマップを取りまとめた。
- ・海溝型地震履歴調査のための津波堆積物調査に加え、房総半島の海岸段丘の高解像度 DEM を用いた解析手法の対案を行った。津波堆積物 DB については、三重県と高知県県の調査結果の整備を行った。

- ・東海・東南海・南海地域の地下水観測データを、地震調査研究推進本部、気象庁等へ提供し、国の地震評価等に貢献した。また、地下水観測井の密閉化による観測精度向上の研究を継続し、観測感度10倍を実現できることがわかった。
- ・八丈島火山の地質図の最終とりまとめを行い、恵山火山、御嶽火山、日光白根火山の調査を継続した。2018年1月草津白根火山、3月霧島山新燃岳の噴火についての緊急調査を実施し、噴出物の解析結果など、噴火推移等の予測にかかる情報を火山噴火予知連絡会へ提供した。また、気象庁等の火山監視業務で活用できる火山ガス連続観測システムの開発を進めた。
- ・地層処分技術と規制支援に関して国が整備すべき基盤技術の開発、ならびに安全規制に必要なとなる地質環境の評価技術の確立に向けた研究を継続した。平成29度は超長期（100万年）の将来にわたる地質変動および地下水・深部流体が処分場に及ぼす影響の将来予測・評価手法の開発に向け、沿岸地域での海水準変動に伴う地下水流動のモデル化や、岩盤の隆起速度の高精度評価手法の開発などを行なった。

(3) 地圏の資源と環境に関する評価と技術の開発

- ・南アフリカ共和国産レアアース鉱石の選鉱試験を、南ア・地質調査所（CGS）・鉱物処理研究所（MINTEK）と共同で実施し、粘土分除去技術を開発し、浮選効率を向上させることによって精鉱中のレアアース酸化物濃度を平成28年度実績の4倍（11.6%）、原鉱（0.6%程度）の約20倍に上げることに成功した。瀬戸地方に広く賦存する低品位窯業原料「青サバ」から不純物を除去する技術を開発し、青サバを用いて試作した陶器が商品化に十分な品質を保持することが確認された。優れた粘土系吸着材であるハスクレイを搭載したトラックにて蓄熱システム実用化試験を行い、従来型より2倍以上の蓄熱が可能な可搬コンパクト型蓄熱システムの実証に成功した。
- ・表層型メタンハイドレートの賦存状況を深海曳航式の海洋電磁探査によって調査し、海底下浅部の詳細な比抵抗構造を明らかにした。新生代石炭の熟成度指標を新たに構築し、これを用いて新生代石炭の石油根源岩能力が高いことを解明するとともに、原油を分解する微生物種を新規に発見した。
- ・キャップロックの遮蔽性能評価に関して、微細穴加工を施した岩石試料のスレッシュホールド圧から接触角（液滴と固体表面とで形成される角度）を求める方法を新規に開発する等、二酸化炭素地中貯留技術研究組合の中で、CO₂長期モニタリング技術の開発、長期挙動予測手法の確立、地層安定性評価手法の開発等を引き続き推進した。
- ・海陸連続物理探査手法を確立し、列島特有の地下水流動の一般性を解明するとともに、長期的に安定した地下水塊が氷期に流動した地下水の下位にあることを確認した。また、列島各地の沿岸域から深部試料を採取し、特に北海道サロベツ原野沿岸部の1,200 m 深において異常間隙水圧が存在することを明らかにした。
- ・土壌・地下水汚染の評価と対策技術の開発では、残留性有機化合物（POPs）等の自然減滅メカニズムを解明し、複合汚染において特定の微生物の分解への関与を発見した。また新規法規制物質の微生物分解特性を評価した。表層地質情報を用いて岩盤中の自然由来重金属類の含有量と溶出量等の特性調査を実施し、リスク評価に基づく建設残土の管理技術を提案するとともに、全国版自然由来重金属類データ整備に向けたシンポジウムを通じて、全国版データ整備の必要性とその推進体制等に係る社会ニーズを一層把握した。
- ・水道管腐食リスク評価として、路面を傷つけないローラー電極式高周波電気探査システムを開発した。高精度な比抵抗測定に必要な微小電位の計測とPVA（ポリビニルアルコール）スポンジを用いたローラー電極とを開発することで高い計測再現性を実現し、プレス発表を行った。また、ドローンを利用した空中電磁探査技術を開発し、深度1.5 mの埋没車両の探知に成功する一方、深度3 mの車両をやや不明瞭ながら探知可能であることを実証し、プレス発表を行った。
- ・超臨界地熱発電の実現可能性詳細調査を行い、現実的な規模・経済性での発電が実現可能であることを提示した。国内地熱地域での連続地震モニタリングにより取得した高品質データを用いて、地震波に含まれる反射波、散乱波の高度検出法を開発した。また、地熱貯留層内での流体移動のイメージングを実現し、貯留層能力回復のため地下へ注水した際の効果を可視化することに成功した。熱交換タイプに応じて、地中熱ヒートポンプシステムの適地が分かるマップを開発するとともに、地域の地下環境への適応によって、一層低コスト・高効率な地中熱交換システムを実現した。

(4) 地質情報の管理と社会利用促進

- ・知的基盤整備計画及び政府のIT戦略に沿って、地質情報の普及と活用のための情報管理と成果発信を継続し、地質の調査業務の成果を機関成果物として出版・発信した。地球科学図類、報告書類を出版し、データベース等の電子配信を継続した。
- ・地質情報の発信に関わる信頼性保証のため、印刷校正データも含め、「機関アーカイブ」に定常的に登録・保管を進めた。

- ・地質図情報を利用する上で便利なオープンソースアプリケーションを開発し、GitHub による公開を開始した。また、各種データの Linked Open Data (LOD) 発信を開始した。
- ・地質標本館での成果普及活動(企画展5回、臨時展示、体験イベント等)を例年同様に開催した。地質標本館の大規模展示改修を進め、日本列島地質図のプロジェクトマッピング化、鉱物資源情報展示の更新、地質図情報の展示更新等、最新の地質情報が得られるようにした。博物館実習生、技術研修生の受け入れも継続して行い、人材育成に貢献した。

(5) 国際連携活動

- ・海外の研究機関との共同研究として、南アフリカでのレアアース調査、ミャンマー・アルゼンチンで金属鉱床調査などを実施した。海外の2機関について研究協力覚書を更新し、1機関と新たに覚書を締結した。
- ・東・東南アジア地球科学計画調整委員会(CCOP)の活動では、アジアにおける地下資源、地質災害リスク、環境汚染などの情報について日本が利用できる環境の整備を進めた。GSJ 主導の地質情報総合共有システム(GSi)プロジェクトでは、GSJ が開発し平成28年度に試験公開したウェブシステム上へのデータ登録を継続し、各国で出版済みの地質情報256件を掲載した。
- ・熱帯地域における地中熱利用可能性評価の基礎研究として、タイ・バンコクおよびベトナム・ハノイに設置した地中熱システムを用いた共同研究を継続し、熱応答試験等を実施した。
- ・アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスクマネジメント(G-EVER)に参加する各国と連携して、アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムのデータ拡充を行った。
- ・延べ31カ国から76名の研修生を受け入れ、鉱物資源、地熱資源、海洋地質、WebGIS、シームレス地質図などに関する講習を実施した。

(6) 国内連携活動

- ・ナショナルセンターとして全国の博物館などが行う「地質の日」事業のとりまとめを行うと共に、経済産業省ロビーで地質の日特別展示として「地球の熱を上手に使うー地熱発電と地中熱利用ー」を行った。さらに「地質情報展2017えひめ」の開催、地球惑星科学連合2017年大会等へのブース出展、つくばセンターおよび地域センター(FREA、東北、中国、九州)の一般公開等への出展、霞ヶ関子どもデーへの出展、映画・テレビ番組等への協力、アウトリーチを行った。
- ・これまでつくばで行ってきたジオ・サロンを東京で2回行い、満席の各20名の参加があった。
- ・テクノブリッジフェア、アグリビジネスフェア、アグリテクノ in 北海道など、産総研が実施ないし協力する企業との連携のためのイベントへの出展を行った。また、ICを中心にGSJ 独自に企業との意見交換などを実施した。
- ・連携大学院へ教員を10名派遣した(東京大学、千葉大学、広島大学、東北大学、東邦大学)。
- ・国内の技術者・行政職員の育成では、地震・津波・火山に関する自治体職員用研修プログラムで、ジオパーク関係者を含む8名を受け入れ、野外巡検を含む講習を実施した。この他、博物館14名、薄片作成11名、コアロギング8名、火山活動評価4名の技術研修を行った。
- ・新たに地質人材育成コンソーシアムを立ち上げ、マンツーマンに近い形で行う地質調査研修を地元ジオパークの後援を受けて島根県出雲市で行った(参加者4名)。
- ・地学オリンピック支援として、国内最終選抜(第10回日本地学オリンピック本選「グランプリ地球にわくわく」)におけるトップレクチャーの実施、国際大会派遣高校生4名の指導を行った。
- ・リサーチアシスタント制度では、19名を採用・育成した。
- ・地質情報を使った地域振興を目指して、地質図幅に興味を持った地方自治体と交流し、講演会を行うとともに、産総研ベンチャーが展示物を納品した。さらに、地質を基にした技術的なアドバイスの検討を行った。

VII. 計量標準総合センター

計量標準総合センター(NMIJ)は、2001年4月の独法産総研の発足以来、それまで欧米に比べ不十分とされた計量標準の整備と供給(産総研法に定める第3号業務)を主要課題として活動してきた。この間、2010年までに欧米諸国に比肩しうる計量標準を整備するという、知的基盤整備計画(2000年度~2010年度)を達成し、2010年度~2014年度の産総研第3期中期目標期間では、それまでに確立した計量標準の維持・高度化を継続しつつ、環境、エネルギー、医療、健康に寄与する計量標準を中心とした60を超える計量標準を立ち上げた。一方、貿易の技術的障害に関する協定(WTO/TBT)を契機として国際的な基準認証の同等性・整合性が求められる中、国際的には国際比較を通じた計量標準の同等性評価、国内的には国家標準への校正ルート(所謂トレーサビリティ制度)の確立が求められた。このため、NMIJは国家標準の整備にとどまらず、国際比較の立案遂行など国際同等性確保のスキーム作り、タイ国

家計量標準機関の設立などの途上国支援、国内校正ラボの整備のための標準供給体制の整備も同時並行的に行った。また、法定業務である特定計量器の型式承認、基準器検査、計量人材の育成を着実に執行してきた。これらの活動を通じて、国家計量標準機関としての国際的プレゼンスは2000人以上の職員を擁する米国立標準技術研究所（NIST）、ドイツ物理工学研究所（PTB）などに次ぐ地位を占めるに至った。（2018年3月31日現在の研究職員数：305人）

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

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

（中核となるミッション）

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

これに加えて新たな挑戦として、

（新たな挑戦）

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

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

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

平成29年度の主な研究動向は以下の通りである。

1. 計量標準の整備と利活用促進

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

（社会の安心・安全への貢献）放射線利用施設での線量計測に関する標準整備、インフラ診断用 X 線非破壊検査システムの開発、水素ステーション用水素ディスプレイの校正・検査技術の整備、水道法対応の水質検査標準液の整備など

（次世代計量標準の開発）平成30年-平成31年に新たにキログラムの基準となる予定のプランク定数決定への貢献、

単一光子分光イメージングを用いた光子顕微鏡の開発など

(計量標準の利活用を促進するセンサ・標準器開発) 物体の色や見え方を定量化する精密計測技術の開発、超低周波振動加速度標準の整備、定量 NMR のトレーサビリティ体系構築のための最上位基準物質の開発など

2. 計量標準業務の実施と人材の育成

産総研は国家計量標準機関として、計量法に基づき計量標準を社会に供給する責務を担っている。また、一般の測定器より強い法規制を受ける特定計量器の試験も産総研の役割とされている。平成29年度の標準供給サービスの実施個数は、特定二次標準器の校正560個、特定副標準器の校正32個、依頼試験（一般）220個、依頼試験（特殊）32個、OIML 適合性試験6個であった。研究開発品の頒布が0個、標準物質の頒布数は2,218であった。特定計量器の型式承認試験は104件、基準器検査は3,040個、比較検査20個、検定0個であった。また、計量士等への教習や講習、幅広い計量人材に向けた研修を行い、延べ606人が受講した。

3. 計量標準の普及活動

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

4. 計量標準に関連した計測技術の開発

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

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

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

目的基礎研究では、これまで築いてきた精密計測技術における強みを生かし、量子化による高分解能化・高精度化、新たな計測分析技術の開発、計量標準供給の効率化、新たな現象を評価する技術の開発に取り組んだ。世界初の単一光子分光イメージング技術を開発した他、計測技術の高度化により次世代有機 EL 材料の発光メカニズムの解明や燃料電池等の機構解明に役立つ固液界面のリアルタイム観察などを実現した。

橋渡し前期研究では、国家戦略や法令・規制への対応につながる研究に重点的に取り組み、水素ディスペンサーの校正技術や水俣条約履行評価に資するガス状水銀分析技術を開発した。また、新たな測定・評価技術として、燃焼ガス等のリアルタイム温度計測技術やレーザーパワー精密制御技術、半導体製造プロセスに役立つ結晶欠陥の自動検出技術、食品検査用参照物質製造に役立つ噴霧乾燥技術を開発した。

橋渡し後期研究では、計測技術の民間への技術移転に重点を置きつつ、製品開発における性能評価など計量計測技術によるソリューションの提供にも取り組んだ。民間企業が進める幾何形状計測用 X 線 CT 装置の開発において、三次元計測技術を用いて精度評価と高精度化を全面的に支援した他、食品等の重金属分析の前処理に用いる pH 自動調整装置を企業と共同開発し市販化した。また、産業インフラの老朽化診断に有効な X 線非破壊検査システムを開発した。

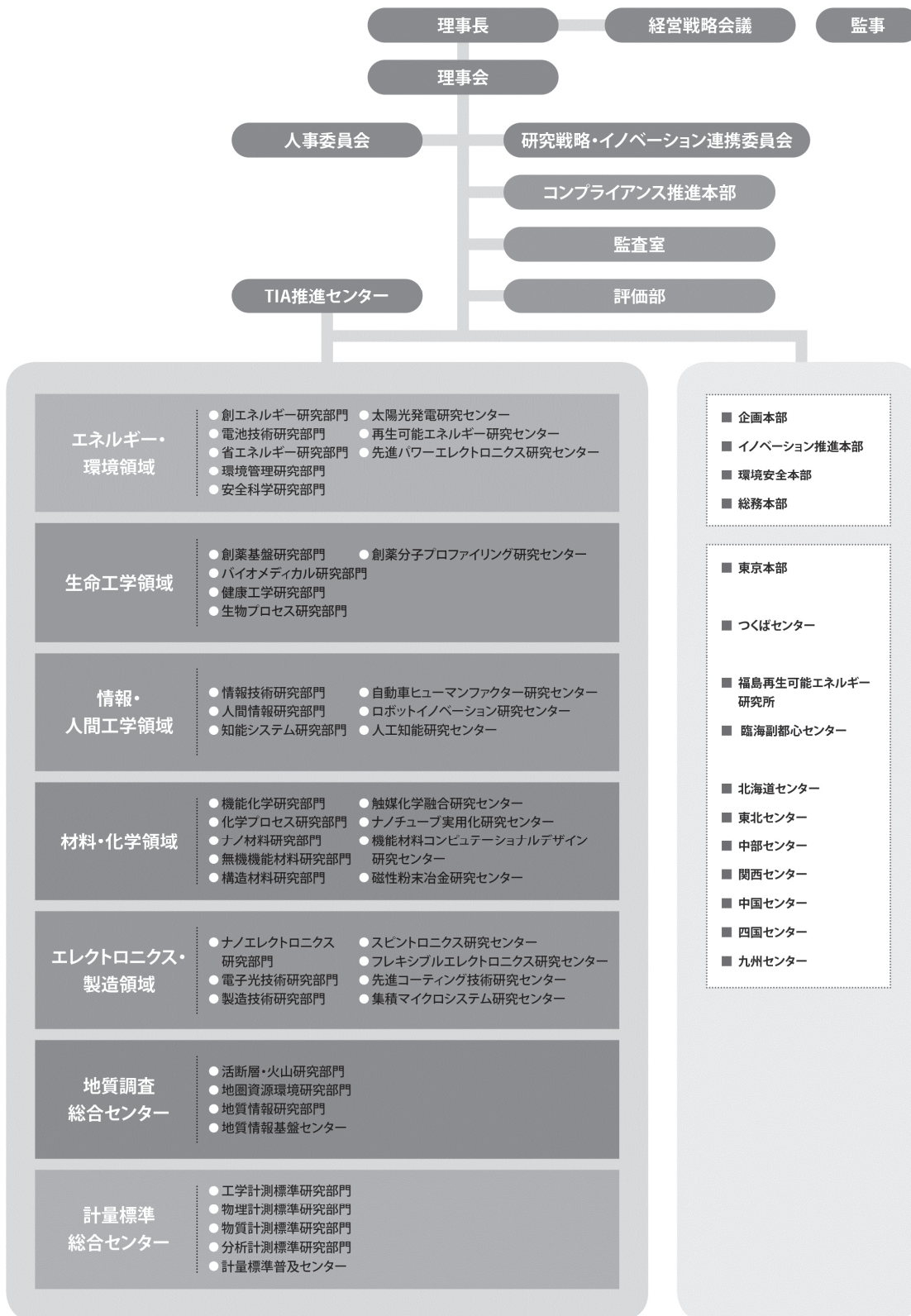
3. 幹部名簿

役職（本務）	役 職（兼務）	氏 名	就任期間	就任年月日	備 考
理事長	コンプライアンス推進本部長	中鉢 良治	5年	平成25年4月1日	
副理事長	コンプライアンス推進本部副本部長、つくばセンター所長	三木 幸信	1年	平成29年4月1日	※H24/4/1～ H29/3/31までは理事
理事	環境安全本部長 情報化統括責任者	島田 広道	5年	平成25年4月1日	
理事（非常勤）		藤川 淳一	3年	平成27年4月1日	
理事	生命工学領域長	松岡 克典	3年	平成27年4月1日	
理事	エネルギー・環境領域長	小林 哲彦	3年	平成27年4月1日	
理事	エレクトロニクス・製造領域長 TIA 推進センター長、TIA 推進センター 戦略ユニット長	金丸 正剛	1年	平成29年4月1日	
理事	情報・人間工学領域長	関口 智嗣	1年	平成29年4月1日	
理事	材料・化学領域長	村山 宣光	1年	平成29年4月1日	
理事	評価部長、総務本部イノベーション スクール長	加藤 一実	1年	平成29年4月1日	
理事	総務本部長	白石 重明	1年	平成29年4月1日	
理事	企画本部長	岡田 武	1年	平成29年4月1日	
監事		風間 澄之	2年	平成27年4月1日	
監事		渡邊 修治	8ヶ月	平成29年8月1日	

（平成30年3月31日現在）

4. 組織図

2017年4月1日現在



5. 組織編成

年月日	組 織 規 程	組 織 規 則
平成29年4月1日	<ul style="list-style-type: none"> ・関西センターに「京都大学連携研究サイト」を設置 	<ul style="list-style-type: none"> ・「京都大学連携研究サイト」に「エネルギー化学材料オープンイノベーションラボラトリー」を設置 ・研究記録に関する業務を「企画本部 経営改革推進室」から「総務本部 業務推進支援部」へ移管 ・「計量標準総合センター 研究戦略部」下にある「計量標準調査室」及び「国際計量室」を、「計量標準普及センター」下に移管 ・「材料・化学領域研究戦略部」に「日本特殊陶業一産総研 ヘルスケア・マテリアル連携研究ラボ」を設置
平成29年6月1日	<ul style="list-style-type: none"> ・「研究戦略・イノベーション連携委員会」を「研究戦略委員会」に名称変更 	<ul style="list-style-type: none"> ・生命工学領域下にある「生物資源管理グループ」を廃止し、当該グループが所掌する「動物飼育施設の管理・運営業務」を環境安全本部 安全管理部下にある「ライフサイエンス実験管理室」へ移管 ・総務本部に「業務改革推進室」を設置
平成29年8月1日		<ul style="list-style-type: none"> ・企画本部に「OIL 室」を設置 ・イノベーション推進本部に「大型連携推進室」を設置
平成29年10月1日		<ul style="list-style-type: none"> ・コンプライアンス推進室が所掌する「訴訟対応業務」を法務室に移管
平成29年10月26日		<ul style="list-style-type: none"> ・「材料・化学領域 研究戦略部」に「矢崎総業一産総研次世代つなぐ技術連携研究ラボ」を設置
平成30年1月23日	<ul style="list-style-type: none"> ・つくば中央第一事業所に「柏サイト」を設置 	
平成30年2月1日		<ul style="list-style-type: none"> ・情報・人間工学領域に「人工知能研究戦略部」を設置
平成30年3月1日		<ul style="list-style-type: none"> ・TIA 推進センターに「戦略ユニット」を設置

II. 業 務

Ⅱ．業 務

1. 研 究

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

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

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

1. 「橋渡し」機能の強化

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

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

2. 地質調査、計量標準等の知的基盤の整備

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

3. 業務横断的な取組

（1）研究人材の拡充、流動化、育成

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

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

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

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

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

研 究

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

(2) 組織の見直し

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

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

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

また、平成28年度から新たな組織として「オープンイノベーションラボラトリー (OIL)」及び「連携研究室・連携研究ラボ (冠ラボ)」の設置を行っている。

大学等内に産総研の研究拠点を設置する OIL 事業を推進することで、これまで以上にきめ細かな連携と協力関係の構築を目指し、基礎研究、応用研究、開発・実証研究をシームレスに実施し、クロスアポイントメント制度の活用による研究の加速化、リサーチアシスタント制度の活用による若手研究者の育成を行う。

「連携研究室・連携研究ラボ(冠ラボ)」は企業の戦略に、より密着した研究開発の実施を目指し設置している。

1) 研究推進組織

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

また、平成28年度から新たな研究推進組織として、研究戦略部の下に「オープンイノベーションラボラトリ（OIL）」及び「連携研究ラボ」の設置を、研究ユニットの下に「連携研究室」を、それぞれ設置できるようにしている。

1) エネルギー・環境領域

(Department of Energy and Environment)

領域長：小林 哲彦
 領域長補佐：仁木 栄

概要：

領域は、世界的規模で拡大しているエネルギー・環境問題の解決に向けたグリーン・イノベーションの推進のため、再生可能エネルギーなどの新エネルギー導入促進や省エネルギー、高効率なエネルギー貯蔵、資源の有効利用、環境リスクの評価・低減などを目指した技術の開発を進めている。領域長は、理事長の命を受けて、研究領域内における研究推進・関連業務の統括管理を行っている。研究ユニット間の研究連携を推進し、関連業務を総括している。

① エネルギー・環境領域研究戦略部

(Research Promotion Division of Energy and Environment)

研究戦略部長：児玉 昌也
 研究企画室長：松岡 浩一

所在地：つくば中央第1
 人員：21名 (19名)

概要：

研究戦略部は中長期目標の具現化に向け、領域における目的基礎研究の育成と橋渡し研究の推進、およびこれらに関連する業務に係る基本方針の企画と立案、総合調整を行っている。研究戦略部長は、領域長の命を受けて、領域における業務の管理および研究戦略部の業務（人事マネジメント及び人材育成；ただし企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く）を統括管理する。

エネルギー・環境領域研究戦略部研究企画室

(Research Planning Office of Energy and Environment)

概要：

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

具体的な業務は以下のとおり。

- (1) エネ環領域における研究の推進に向けた研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営等の策定
- (2) エネ環領域における大型プロジェクトの立案や調整
- (3) 複数の研究領域間の連携や領域融合プロジェクト

トの立案や調整

- (4) エネ環領域に関連した経済産業省等の関係団体等との調整
- (5) 領域長及び研究戦略部長が行う業務の支援。

機構図（2018/3/31現在）

[エネルギー・環境領域研究戦略部研究企画室]

研究企画室長 松岡 浩一 他

オープンイノベーションラボラトリ

産総研・名大 窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリ

(GaN Advanced Device Open Innovation Laboratory)

概要：

エネルギー問題解決や高度情報化社会の実現には、半導体機器が省エネルギー性に優れ、高速に動作することが重要である。従来よりも高性能な半導体の素材として注目されるガリウム（Ga）系の窒化物を使った半導体技術の開発とその発展は、グリーン・イノベーションの達成に大きな役割を担うと考えられており、その中でも、窒化ガリウム（GaN）材料をもちいた発光デバイスやパワーデバイスの開発は、エネルギー利用の高度化・高効率化を支える重要な技術として期待されている。

産総研・名大 窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリは「まち・ひと・しごと創生本部」決定に基づく政府関係機関移転基本方針を踏まえ、2016年4月1日に名古屋大学と共同で名古屋大学東山キャンパス内に設置した。

名古屋大学がもつ世界トップレベルの窒化ガリウムの材料物性や基礎プロセスに関する研究実績と、産総研がもつデバイス化技術や評価・解析技術、企業等との共同開発の実績とを融合させることで、パワーエレクトロニクス技術や発光デバイス技術の実現を目指し、実用化に向けた「橋渡し」研究として、材料から応用に至る一貫した研究を行っている。

機構図（2018/3/31現在）

[産総研・名大 窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリ]

ラボ長 清水 三聡
 副ラボ長 宇治原 徹
 副ラボ長 澤田 真和

オープンイノベーションラボラトリ

産総研・京大 エネルギー化学材料オープンイノベーションラボラトリ

(Chemical Energy Materials Open Innovation

Laboratory)

概要:

化学エネルギーと電気エネルギーの常温・常圧での相互変換やエネルギー貯蔵が可能な電気化学デバイスは、社会の低炭素化に大きく貢献することが期待されている。近年、エネルギーデバイスに対する要求性能が急速に高まり、理論限界に迫る性能を出すことが不可避となりつつある。このためには、電子・イオン伝導性、触媒活性、耐食性などを高度で確保しながら、機能界面としてのサブナノ空間を理想に近いかたちで設計・構築することが不可欠となっている。

産総研・京大 エネルギー化学材料オープンイノベーションラボラトリーは、経済産業省の進めるオープンイノベーションアーリーナ構想を背景に、大学のキャンパス内に設置する産学官連携研究拠点のひとつとして2017年4月1日に京都大学との共同で京都大学吉田キャンパス内に設置した。

京都大学がもつ世界トップレベルの金属配位高分子、溶融塩やナノ触媒などのサブナノ材料に関する研究実績と、産総研がもつ機能界面構築や電気化学デバイス化技術を融合させ、従来にないエネルギー変換、エネルギー貯蔵技術の開発を目指す。「橋渡し」につながる目的基礎研究を強化し、革新的エネルギー化学材料技術の実用化のために必要な基盤技術・材料から、電解質材料、触媒材料・電極設計及びデバイス化技術に至る一貫した基礎・応用研究を推進している。

機構図 (2018/3/31現在)

[産総研・京大 エネルギー化学材料オープンイノベーションラボラトリー]

ラボ長 徐 強
副ラボ長 松原 英一郎
副ラボ長 山田 理

産総研・九大 水素材料強度ラボラトリー
(Hydrogen Materials Laboratory)

概要:

水素は利用段階では CO₂を排出しない究極のクリーンエネルギーと言われており、再生可能エネルギーなどを用いて製造することで大幅な CO₂排出量の削減が期待できる。また、気象によって変動する再生可能エネルギーを水素に変換して蓄えることで、エネルギーの輸送や貯蔵が可能となり、地域を超えてエネルギーを有効活用することができる。一方で、水素をエネルギーとして活用する「水素社会」の実現には、水素を安全に製造・貯蔵・輸送できるインフラの整備とその低コスト化が必要であり、安全性とバランスの取れた規制の確立や、信頼性が高く低コストの水素インフラ用材料の開発が不可欠となる。

産総研・九大水素材料強度ラボラトリーは「まち・ひと・しごと創生本部」決定に基づく政府関係機関移転基本方針を踏まえ、平成29年1月11日に九州大学と共同で九州大学伊都キャンパス内に設置した。

九州大学がもつ世界トップレベルの高圧水素ガス中でのマクロレベルの材料強度評価技術に基づく機械工学的な視点と、産総研がもつ水素環境中でのナノレベルの材料組織評価技術に基づく材料工学的な視点を融合し、水素の安全で経済的な利用のため、水素脆化のメカニズム解明とそれに基づく新規材料の開発を目指した基礎的研究を行う。

機構図 (2018/3/31現在)

ラボ長: 杉村 丈一
副ラボ長: 山辺 純一郎
副ラボ長: 飯島 高志

②【創エネルギー研究部門】

(Research Institute Energy Frontier)

(存続期間: 2015.4.1~)

研究部門長: 児玉 昌也
副研究部門長: 天満 則夫、羽鳥 浩章
総括研究主幹: 長尾 二郎、中村 優美子
吉澤 徳子

所在地: つくば中央第5、つくば西、北海道

人員: 53名 (53名)

経費: 1,410,639千円 (358,516千円)

概要:

1. ミッションと目標

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

2. 主要研究項目と研究推進手段

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

○第4期中長期計画

「エネルギー資源を有効活用する技術の開発」

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

具体的には、経済産業省「メタンハイドレート開発促進事業」において、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）との連携研究により、海洋産出試験等を通して技術の検証・整備を行い、コア解析技術、シミュレータ技術などの信頼性向上に努める。開発主体の企業移行後は、産総研が開発した基盤技術を各社に提供し、外部資金の獲得につなげる。これと並行して、メタンハイドレート資源開発を基礎研究面から支えると共に、その経済性と多様性を高めるためハイドレートの物理特性を応用する機能活用技術の共同研究開発を推進する。また、公的資金による研究プロジェクトや、橋渡し技術の展開を軸にした民間企業との共同研究等を通して、現在未利用の褐炭等や非在来型炭化水素資源の転換利用技術におけるニーズを見極め、新規転換プロセス開発に必要な概念を提案し、これを実証する。加えて、これまでに培った流動層燃焼プロセス技術を基盤とした水素製造のための褐炭ガス化技術を高度化し、応用展開として石炭ガス化ガスやシェールガス等からの化学原料製造のための触媒転換技術を提案することで、民間企業との共同研究への展開を図る。

○中長期計画を達成するための方策

「中長期目標・計画」の達成は、研究所の存立における第一義であることから、これを自らに課せられた最大の使命であるという認識を研究部門全体で共有する。

①研究者のマインドセットの再構築

研究者自身が公的研究機関に在籍することの意義を見つめ直し、自らの使命を再確認することで、「目的基礎研究」や「橋渡し」における役割を明確化し、業務を遂行する。

②研究テーマの選択と集中

研究アセットの棚卸しにより作成されたポートフォリオを基に、意味づけと位置づけを明確にした上で、下記の研究テーマへの選択と集中を加速し、運営費交付金を始めとするリソースを合目的に最適化して投入することで、効率的な部門運営を目指す。

- ・メタンハイドレート資源開発技術
- ・未利用炭素資源を活用する技術開発
- ・水素エネルギー社会実現に資する技術開発
- ・領域内連携課題（自動車関連技術）

③外部連携への取り組み強化

目的基礎研究から橋渡し研究に至る各段階において、技術マーケティング情報の活用を図り、“voice of industry”に耳を傾けることを常態と捉え、その上で外部連携が可能なステージに到達した研究については、部門をあげてサポートを強化し、技術を社会実装化するためのリードタイムの短縮を期する。

○平成29年度の重点化方針

①ユニット戦略課題の推進

メタンハイドレート資源開発では、出砂現象の解明、保圧コア分析や貯留層モデルの構築に注力する。未利用炭素資源の活用では、流動層プロセスのさらなる効率向上に取り組む。また、水素エネルギー社会の実現に資する技術開発では、水素材料の評価技術と性能の向上、ならびにエネルギーキャリア用触媒プロセス開発を行う。加えて領域内連携課題（自動車関連技術）では、主として燃焼技術および省エネ指向性材料の研究に主眼を置く。

②創エネ SIP の実施

H27年度に創設した運営費交付金による創エネ SIP（Seeds, Intellectual properties & Promotion）を、引き続き部門内のシーズ等育成予算と位置づけ、戦略的・効率的な研究資金投入ツールとして活用する。

③部門内協奏の強化

年度当初に行う研究グループ再編と拠点集約化を、部門の研究力充実のまたとない機会と捉え、研究者の協働と研究テーマの融合による研究シーズの骨太化と方向性の明確化を目指す。

外部資金：

経済産業省 資源エネルギー庁

「平成28年度メタンハイドレート開発促進事業」

「平成29年度国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業（メタンハイドレートの研究開発）」

経済産業省 産業技術環境局 産業技術政策課 国際室
平成29年度革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業（クリーンエネルギー技術開発）

「研究テーマ④「CO₂を利用した水素製造・貯蔵技術－二酸化炭素の再資源化技術によるクリーン水素キャリアシステム－」

「研究テーマ⑧「CO₂フリー水素社会を見据えた高効率・安価な水素貯蔵・利用技術開発」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト
 ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発
 「CO₂分離型化学燃焼石炭利用技術開発」

水素利用等先導研究開発事業
 「トータルシステム導入シナリオ調査研究」

国立研究開発法人科学技術振興機構
 戦略的創造研究推進事業（CREST）
 「高性能・高機能なギ酸脱水素化触媒の開発」

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

戦略的創造研究推進事業（ALCA）
 「分画成分の詳細構造解析法の確立および水相中の糖の濃縮法の確立」

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）
 エネルギーキャリア
 「アンモニア合成触媒の開発・評価」

国立研究開発法人量子科学研究開発機構
 国家課題対応型研究開発推進事業（光・量子科学研究拠点形成に向けた基盤技術開発）
 「エネルギー貯蔵システム実用化に向けた水素貯蔵材料の量子ビーム融合研究」のうちの一部「水素貯蔵材料の劣化機構解明と新規軽量材料の探索」

一般財団法人電力中央研究所
 ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト
 「ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発／次世代ガス化システム技術開発「水蒸気添加噴流床ガス化炉におけるタール改質促進技術の開発」」

一般財団法人日本自動車研究所
 水素利用技術研究開発事業
 「HFCV GTR Phase2における水素適合性試験法の審議に必要な材料評価データの取得・解析」

山梨県企業局
 水素社会構築技術開発事業
 「水素エネルギーシステム技術開発／CO₂フリーの水素社会構築を目指した P2G システム技術開発「水素吸蔵合金を用いた低圧水素貯蔵システムに関する技術開発」」

国立大学法人九州大学
 水素利用技術研究開発事業
 「燃料電池自動車及び水素供給インフラの国内規制適正

化、国際基準調和・国際標準化に関する研究開発／水素ステーション用金属材料の鋼種拡大に関する研究開発
 「高圧水素中における破壊靱性試験法の確立とデータベース化」

独立行政法人日本学術振興会
 平成29年度科学研究費助成事業（科研費）
 「H₂TiO₃を原料に用いた V₂O₅-WO₃/TiO₂脱硝触媒製造法の開発」（特別研究員奨励費）
 「水蒸気を水素・酸素源として利用する重質炭化水素の軽質化技術の開発」（基盤研究（C））
 「放射能汚染地域のバイオマス利用・高温減容化・灰分安定貯蔵のための灰分挙動解析」（基盤研究（C））
 「水素化誘起自己組織化構造を利用した高容量低コスト水素貯蔵材料の開発」（基盤研究（C））
 「ガス化ガス中のタール全体像の詳細解析による高性能タール改質塔の開発支援」（基盤研究（C））
 「山を動かすバイオマス利活用による地域環境創生に関する研究」（基盤研究（B））

発表：誌上発表102件、口頭発表161件、その他11件

メタンハイドレート生産技術グループ

(Methane Hydrate Production Technology Research Group)

研究グループ長：神 裕介

(北海道センター)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目1

メタンハイドレート地盤特性グループ

(Methane Hydrate Geo-mechanics Research Group)

研究グループ長：坂本 靖英

(つくば西)

概要：

日本近海の海底下に賦存するメタンハイドレート資源からの経済的かつ安定的な天然ガス生産技術の確立をミッションとして、メタンハイドレート堆積層からのガス生産時の地層の長期変形挙動の予測や坑井健全性評価を可能とする地層特性評価・解析技術の高度化・高精度化に関わる研究開発を進めている。具体的には、繰返し载荷試験や高圧条件下中空ねじり試験の実施による海底地盤の動的変形挙動の実験的評価とモデル化、室内大型出砂評価試験装置を用いた海洋メタンガス産出試験における出砂対策技術の事前評価、さらには、坑井―地層間の接触面摩擦挙動のモデル化に基づき、地層変形シミュレータによるガス生産時の坑井仕上げ法やその健全性確保のための最適条件に関する解析的検討を実施している。

研究テーマ：テーマ題目1

メタンハイドレート生産システムグループ

(Methane Hydrate Production System Research Group)

研究グループ長：天満 則夫

(つくば西)

概要：

メタンハイドレート (MH) 資源開発における生産障害対策・抑制技術として、MH 被覆気泡の生成過程、MH 固体粒子濃度と流動抵抗の関係など管内流動障害の発生条件と閉塞過程の解析、MH 再生成過程における各種物性の変化の解明、坑井内流動解析シミュレータの開発等を行う。また、生産性増進技術として、生産時熱伝導モデルの開発、海洋産出試験等コア試料の熱物性率測定を実施する。大型室内試験装置を用いた技術開発をメタンハイドレートプロジェクトユニット各グループ・委託企業等と連携して推進する。MH 再生成条件コントロール技術として、熱力学的及び動的インヒビタの開発を行う。流動障害対策・生産効率化のため、ハイドレートスラリーの流動性質測定を行う。細粒砂移流砂蓄積モデルの開発、細粒砂移流・蓄積評価シミュレータの開発をメタンハイドレートプロジェクトユニット各グループ、東京大学、東海大学等と連携して行う。ガスハイドレートの機能活用技術として、各種ハイドレートの高圧相の解明、効率的生成による炭酸ガス分離、農業分野への利用等に取り組む。ハイドレートを用いたクロマト分離技術の研究を行う。新規共同研究・受託研究相手先の探索、新規分野開拓に努める。平成29年度は、技術コンサルタントなどによる企業への橋渡しにも努めた。

研究テーマ：テーマ題目1

未利用炭素資源グループ

(Non-conventional Carbon Resources Group)

研究グループ長：鳥羽 誠

(つくば西)

概要：

未利用炭素資源グループでは、未利用炭素資源の利用のために、埋蔵量が豊富で安価な未利用低品位炭、非在来型重質油からの燃料への転換技術開発および輸送用燃料の石油依存度低減に貢献するため、バイオ燃料の導入・普及により直接的に石油代替が期待できる新燃料製造技術の研究開発を行っている。グループでは、1.クリーンコールテクノロジーとして、低品位炭の触媒ガス化技術およびケミカルルーピングによる燃焼技術の開発、2.重質油および超重質油のアップグレーディング技術として、溶剤凝集緩和、水素化分解、水蒸気による酸化分解等の技術開発、3.バイオ燃料製造技術として、バイオディーゼル燃料高品質化技術開発では、原料多様化およびガス化炉の安全運転とコスト向上に資するバイオマスガス化特性の解明と副生ターンの詳細分析手法の開発、4.多様な未利用炭素資源の利用拡大のための基盤技術として、新規詳細構造解析法の開発を実施している。また、自動車のエンジンシステムにおける EGR システムのデポジット生成抑制技術開発に、分析技術を通して寄与した。これらの研究に加え、国際共同研究を通して、我が国とアジア諸国などの諸外国の研究人材・技術者の育成にも貢献している。

研究テーマ：テーマ題目2

炭素資源転換プロセスグループ

(Hydrocarbon Conversion Process Group)

研究グループ長：倉本 浩司

(つくば西)

概要：

炭化水素資源から水素等のガスや化学基幹原料を製造する高効率プロセスの構築を目的に、ガス化等の熱化学変換、燃料電池を用いた高効率発電技術開発、ベンゼン合成等の触媒転換技術の要素技術開発を行う。具体的には、現在未利用の低品位な褐炭、汚泥等を、流動層等の気固反応装置を用いて、水素等の化学エネルギーあるいは熱エネルギーへ変換するための熱分解、ガス化、燃焼プロセスの高度化を行う。また、ガス化により生成した合成ガス、あるいはシェールガスのメタンを化学基幹原料や水素へ転換する触媒転換技術の開発、石炭ガス化燃料電池複合発電 (IGFC) プロセス構築に資する燃料電池の耐久性評価技術開発等も実施する。さらに、低炭素社会実現に資する研究開発の必要性が高まっており、発電所から分離・回収された炭酸ガスのメタン化プロセスの開発といった炭酸ガス回収・利用技術開発 (CCU) も推進する。

研究テーマ：テーマ題目3

水素材料グループ

(Hydrogen Industrial Use and Storage Group)

研究グループ長：飯島 高志

(つくば西)

概要：

様々な材料に与える水素の影響を明らかにすることを目的として、水素ガス環境下での材料評価技術の確立と、それを利用した水素材料の研究・開発を行い、燃料電池自動車や水素ステーションなどの水素利用機器の普及と低コスト化を促進し、経済性と信頼性を両立させた水素エネルギー社会の実現を目指す。そのため、以下の課題に取り組む。1. 破壊力学に基づいた高圧水素ガス中での水素脆性評価方法を確立させ、低合金鋼などの材料試験データを取得することで、水素ステーション用材料としての使用の可能性を見極める。2. 室温以下での高圧水素ガス中材料試験技術を開発し、燃料電池自動車用材料の水素適合性試験法を明らかにすることで、国連基準（GTR）への展開に貢献する。3. 材料と水素との関係を幅広い見地から捉え直し、水素の吸着・解離、材料中への水素の拡散、材料中での水素の分布と存在状態など、材料中に水素が侵入してから材料物性に影響を与えるまでの各過程を把握し、その全体像を理解することで、新たな水素材料開発のための指針を明らかにする。

研究テーマ：テーマ題目4

エネルギー変換材料グループ

(Energy Conversion Materials Group)

研究グループ長：曾根田 靖

(つくば西)

概要：

再生エネルギーや化学エネルギーからのエネルギー変換・創出を推進するためには、電力貯蔵技術がそれらエネルギー利用の多様化と高効率化のために重要な技術の一つであり、大規模な定置型用途から自動車・モバイル機器への搭載用途まで、二次電池やキャパシタなどの電力貯蔵デバイスとして我々の社会に必要不可欠となっている。炭素材料は、導電性や化学的安定性などの優れた基礎的物性に加え、結晶からアモルファスにわたる構造多様性と、紛体から繊維、薄膜といった加工性を有することから、様々な電力貯蔵デバイスの電極用部材として利用されている。さらに最近脚光を浴びる一連のナノカーボン材料の登場により、構造的要素の精密な制御が可能になりつつあり、ナノカーボン材料が持つ種々の特性を必要に応じて、いわばテーラーメイドで引き出すことで、蓄電デバイスの性能をより高いステージへと引き上げることが期待できる。当グループでは、長年培ってきた炭素材料のナノ

構造制御・解析技術を活かして、電気化学キャパシタ用高性能電極の研究開発を進めている。また、革新炭素繊維製造プロセスの開発や、燃焼の関与するエネルギー変換、ハロゲン化合物、窒素化合物の挙動に関する研究も推進している。

研究テーマ：テーマ題目5

エネルギー触媒技術グループ

(Energy Catalyst Technology Group)

研究グループ長：高木 英行

(つくば西、つくば中央第5)

概要：

未利用エネルギーの利用拡大を目的とした技術の開発に向けて、触媒、材料工学および反応工学をベースとした研究開発を実施している。特に、水素・エネルギーキャリア（アンモニア、ギ酸・メタノール等）・メタンの高効率製造・利用技術のための新規触媒や材料およびこれらを用いた新しいシステムの開発、バイオマス利用のための技術の開発、水素・エネルギーキャリア・メタンを中心としたエネルギー関連技術の技術開発課題明確化のための調査・シナリオ策定等に関する研究に取り組んでいる。

エネルギーシステム・シナリオ検討については、長期的な視点のもと、特に、水素・エネルギーキャリアについて、製造から貯蔵、輸送、利用に至るサプライチェーン全体を俯瞰し、開発している技術の速やかな実用化・普及と技術課題の明確化、将来の技術課題・シーズの発掘等を目指して、技術開発シナリオの作成に取り組んでいる。また、低炭素化に向けたメタンを利用した新たなエネルギーシステムの構築に向けた調査・検討も実施している。

エネルギーキャリアとして期待されているアンモニアについて製造・利用のための触媒およびこれらを用いたシステムの開発に関する研究を実施している。また、ギ酸・CO₂を利用したエネルギー貯蔵技術について、基盤となる触媒の開発に関する研究を実施している。

さらに、高品質バイオディーゼル製造技術の実証化に向け、高耐久性部分水素化触媒の開発及び安価な不純物除去材料の開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目6

[テーマ題目1] メタンハイドレートアライアンス活動
[研究代表者] 天満 則夫 (メタンハイドレートプロジェクトユニット)

[研究担当者] 皆川 秀紀、長尾 二郎、神 裕介、木田 真人、今野 義浩、山本 佳孝、室町 実大、村岡 道弘、坂本 靖英、米田 純、野田 翔兵、覺本 真代、森田 洋充 (常勤職員14名、他24名)

〔研究内容〕

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

資源開発の促進のための生産増進法の実フィールド適用可能性の検討として、強減圧法の大水深海底下に存在する砂層型貯留層への適用に関して数値解析による検討を実施した。氷生成による生産増進効果を期待して、坑底圧をより低く減圧したケースについても解析を行ったが、半年程度の期間では氷の生成は見られず、坑底圧を低下させたこと以上の生産増進効果は認められなかったことを明らかにした。また、通電加熱法に関しては、室内実験の結果から、コア中の水飽和率とガス飽和率がコアの電気抵抗率に大きく影響することを明らかにした。

坑井内流動障害対策技術の開発に関しては、管内での分解ガスと水の2相流流動場における障害として、ポンプ内にガスが噛むことによるポンプ性能低下の発生や、人為的操作ミスなどで坑井内の圧力が上昇した場合に坑井内は MH が生成する条件になり、メタン気泡表面が薄い膜状の MH で覆われる MH 被覆気泡が生成する状況について検討した。この MH 被覆気泡が分裂した際に発生する MH の小片がパイプラインを閉塞させてしまう可能性が考えられるため、室内実験を行ったところ、流速の上昇によって気泡分裂の確率が上がる傾向が示唆された。

生産時の海底地盤の変形および坑井の健全性評価の解析精度向上のため、メタンハイドレート層の力学パラメータを実験的に継続して取得した。圧力を保持した状態で力学試験が可能な可視化型の三軸試験装置を用いて、天然コアの圧力を減ずることなく力学試験を行い、フィールドにおける力学パラメータの取得を行った。また、坑井と地層の接触面のせん断ひずみの軟化を考慮できるモデルとしてコンプライアンス可変型の接触面モデルを導入し、地層変形シミュレータの精度向上を図った。また、長期にわたってガス生産を行った場合の広域の地層変形挙動に関して、代表的な MH 濃集帯の特徴を擬似的に反映した地層変形挙動解析用の数値モデルを用いて応力、ひずみ量、地層の沈下量などに関して検討を行った。解析条件として坑底圧3.0 MPa まで減圧し、3~5年間ガス生産を行った場合の計算を実施したところ、坑井近傍の減圧区間の変形は2年間ほどで収束する傾向にあり、ケーシング・セメントに及ぼす影響も同様の傾向を示した。一方、ベースパイプについては互層の泥層の変形に遅れがあることもあり、ベースパイプに生じる塑性ひずみに増加傾向が認められ、長期生産時においてそ

の影響に留意する必要があることが示唆された。さらに、地震（主に海底を震源とする地震）発生によって海底地盤が大きく滑動する海底地すべりが発生していることから、MH 貯留層および周辺海底地盤の地震の安定性に関する室内試験として、豊浦砂において繰返しせん断強度の低下傾向が明らかになった。

また、機能活用技術の開発として、CO₂ハイドレートの利活用に関する検討や、ハイドレート特性に係る技術コンサルタント等も実施した。

さらに、アライアンス事業として、企業、大学が参加する生産手法開発グループを運営し、それぞれ3回の意見交換会および進捗状況検討会を開催した。また、アライアンス事業の一部として、工業化に関心の高い企業と大学を結集した「ガスハイドレート産業創出イノベーション」を運営し、総会のほか、講演会を開催し、産総研成果の発信、調査情報の共有等を行い、連携を促進した。また、大学研修生受入れ、企業への技術移転等の人材育成を行ったほか、実験教室や依頼講演等を通じ、国民との対話を推進したり、他機関と連携して地方でシンポジウムの企画・開催やメタンハイドレート研究に関する講演会を開催したほか、国内のメタンハイドレート関連研究者が一同に会した第9回メタンハイドレート総合シンポジウムを開催した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

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

〔テーマ題目2〕 未利用炭素資源からの新燃料製造技術の研究

〔研究代表者〕 鳥羽 誠（未利用炭素資源グループ）

〔研究担当者〕 鳥羽 誠、中西 正和、村上 高広、安田 肇、Sharma Atul、川島 裕之、麓 恵里、森本 正人、佐藤 信也、杉本 義一、松村 明光、小木 知子、福田 芳雄、Zheng Qingxin
（常勤職員8名、他6名）

〔研究内容〕

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

本年度は、開発した FAME 型バイオディーゼル中の易酸化成分である多不飽和脂肪酸メチルを、選択的に低温流動性が良好で、比較的酸化安定性の高いモノエン酸メチルエステルに水素化できる担持貴金属触媒の高性能

化に取り組み、工業化設備で製造可能で、高活性かつ活性安定性の高い触媒を開発した。

油糧作物や木質系バイオマスの熱分解技術開発では、原料多様化およびコスト向上に資する原料種別のガス化特性や副生物成分同定、タールの組成分析技術の開発を行った。

高い水分量と自然発火性の問題から、これまで輸送が困難であった褐炭、亜瀝青炭等の低品位炭を高効率でクリーンに利用する技術開発のため、触媒を用いた低温ガス化に関する研究開発を行なった。この合成ガス製造技術を商業化プロセスへ展開するため、連続式触媒ガス化装置を用いた実証試験を行っている。

平成29年度は、二段流動式小型ガス化装置およびタール回収装置の設計を完了した。タール回収方法、定性分析、定量分析方法の検討を実施した。試料サンプルの準備、試験条件（温度、ガス化剤）などを設定した。民間企業と共同研究実施中。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】輸送用燃料、バイオ系新燃料、高品質化触媒、バイオディーゼル、ガス化技術、ジェット燃料、固形燃料、燃料品質確保、褐炭、低温ガス化、触媒ガス化、合成ガス製造、水素製造

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

【研究代表者】倉本 浩司（炭素資源転換プロセスグループ）

【研究担当者】倉本 浩司、張 戦国、安藤 祐司、松田 聡、稲葉 仁、劉 彦勇、細貝 聡、松岡 浩一（常勤職員8名、他10名）

【研究内容】

今後数十年も石炭や天然ガスが、一次エネルギーの大宗であることは確実であるが、資源量の制約から現在未利用の褐炭、シェールガス等の利用拡大が見込まれる。これらの未利用資源の転換利用としては、発電、化学原料製造などが想定されるが、いずれにしても CO₂排出抑制の観点から高効率化が極めて重要となる。したがって、化石資源を利用しつつも、CO₂排出を可能な限り抑制する高効率転換プロセスの開発が急務である。

石炭の高効率利用プロセスであるガス化では、反応温度が低い場合、石炭を完全にガスへ転換することは容易ではなく、一部がタールとして排出されてしまい、様々なトラブルを引き起こすため、排出低減が必須である。そこで、石炭ガス化の残渣であるチャーと石炭タールを種々な方式、操作条件の下で流動層反応器内にて接触させることで、タールをチャーに吸着、改質させ、特に重質なタールの排出はほぼ完全に低減可能であることを見出した。

バイオガスなどを燃料として高効率に発電する技術として、固体酸化物形燃料電池（SOFC）発電がある。これを加圧下で操作することにより発電効率向上が期待できる。ここでは、常圧から10気圧まで加圧が可能なチューブ型 SOFC セル発電試験装置を設置し、バイオエタノールやバイオガスを用いた発電試験を実施した。加圧発電時のセル内の温度分布やセル入り口付近での炭素析出挙動などを明らかにした。

低炭素社会の実現に資する CCU（炭素回収・利用）技術開発として、触媒を用いた CO₂の水素化（メタネーション）プロセスの構築に着手した。メタネーション反応特性の評価に加えて、触媒の熱劣化、コンタミによる触媒の化学的劣化などについて実験的研究を展開した。また、メタンからの CO₂フリー水素製造プロセスの開発にも着手し、メタンを鉄系触媒上で熱的に分解し、水素と固体炭素に分解する際の操作条件の最適化を行った。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】石炭、ガス化、燃料電池、流動層、メタン、CO₂、CCU

【テーマ題目4】金属材料中の水素挙動に関する研究

【研究代表者】飯島 高志（水素材料グループ）

【研究担当者】飯島 高志、安 白、榎 浩利、榊 浩司、浅野 耕太、Kim Hyunjeong（常勤職員6名）

【研究内容】

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

平成29年度は、ケルビンフォース顕微鏡（KFM）、表面段差計、AFM を用いて Pd 膜厚と表面ポテンシャルの関係について検証を行った。また、開発した水素雰囲気下放射光 X 線全散乱法を用いて Mg 薄膜の水素吸蔵・放出過程における局所構造変化の観察に成功した。さらに、Mg-Mn 系材料についてナノサイズ化することで、水素化物の不安定化し、水素吸蔵・放出温度の低温化に成功した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境
 〔キーワード〕 水素社会、水素材料、水素脆化、水素吸蔵

〔テーマ題目5〕 車載用エネルギー回生用キャパシタに関する研究

〔研究代表者〕 曾根田 靖（エネルギー変換材料グループ）

〔研究担当者〕 曾根田 靖、加登 裕也、三島 寛、土屋 健太郎、浮須 祐二、北島 暁雄、畑中 健志、塩田 真澄、長井 一郎、山田 実希（常勤職員7名、他3名）

〔研究内容〕

CO₂排出量削減の観点から、自動車の燃費向上に向けた規制強化が国内外で進んでおり、幅広い動力タイプの自動車に対応可能な技術として、制動エネルギー回生システムの導入が進められており、大電流での短時間充電に適したキャパシタが蓄電デバイスとして期待されている。現在、車載用のエネルギー回生用キャパシタとしては、電気二重層キャパシタが主として利用されているが、供給電力量の増大やデバイスの小型化の要求に応えるため、デバイスの高容量化が求められている。高容量化するためには作動電圧の高電圧化が有効であるが、劣化を加速する要因ともなるため、その現象解明と対策が求められている。本研究ではエネルギー回生用キャパシタの高容量化の検討として、多孔質炭素電極の劣化挙動の解明に取り組んだ。

本年度は、現在電気二重層キャパシタの電極材料に使用されている活性炭と、本研究室で開発し特性解析に取り組んできた MgO 铸型メソポーラスカーボン (MgO-MPC) を用いて、フロート試験と呼ばれる高温高電圧下の過酷な加速試験を行った。フロート試験によりデバイスの容量や抵抗などの特性が劣化するが、主として電解液の分解により電極材料表面に固体析出物が堆積し、電気二重層形成に必要な細孔構造を閉塞することが確認された。キャパシタセルの正負極で析出現象が異なること、劣化前の初期特性では活性炭電極の方が MgO-MPC より大きな比容量を示しているが、劣化の進行に伴い逆転することや抵抗の増加の程度が異なるなど、MgO-MPC では細孔閉塞に対する耐性が高いことを明らかにした。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境
 〔キーワード〕 電力貯蔵、電気二重層キャパシタ、メソポーラスカーボン、フロート試験、劣化挙動

〔テーマ題目6〕 温室効果ガス削減およびエネルギーセキュリティ確保に向けた新しいエネルギーシステム構築のための基盤研究

〔研究代表者〕 高木 英行（エネルギー触媒技術グルー

プ）

〔研究担当者〕 高木 英行、姫田 雄一郎、望月 剛久、齊田 愛子、陳 仕元、西 政康、尾西 直哉、山本 恭世、井元 清明、軽部 みゆき（常勤職員7名、他3名）

〔研究内容〕

2016年5月に閣議決定された地球温暖化対策計画において、地球温暖化対策と経済成長を両立させながら、長期目標として2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指すことが明記された。また、同年4月には、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の下で、「エネルギー・環境イノベーション戦略」が取りまとめられており、現在、長期目標の実現に向けた具体的な取り組みについての検討が始まっている。温室効果ガス削減と、エネルギーセキュリティ確保や経済効果を両立させるためには、これまでの延長線上だけではない、新しいエネルギーシステムの提案に向けた技術開発が求められている。そのためには、要素技術からのボトムアップだけでは対応できず、バックキャストを含むトータルでの研究開発戦略と、それに基づく基盤研究が必要となる。

本研究では、水素・エネルギーキャリアに焦点を当てながら、その基盤となる研究開発をソフト・ハードの両面から実施している。本年度は、アンモニア、ギ酸（メタノール）およびメタンについて、その利用技術の基盤となる触媒の研究開発を行った。その結果、アンモニア合成触媒として、メソポーラスカーボンを触媒担体に用いることで高い活性が発現することを見出した。また、ギ酸・CO₂を利用したエネルギー貯蔵技術について、新たな触媒・システムを見出した。さらに、メタンを中心としたエネルギーシステム・シナリオ検討に関する研究を行った。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境
 〔キーワード〕 水素、エネルギーキャリア、メタン、触媒、シナリオ検討

③【電池技術研究部門】

(Research Institute of Electrochemical Energy)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：谷本 一美
 副研究部門長：栗山 信宏、安田 和明
 首席研究員：香山 正憲、徐 強
 総括研究主幹：小林 弘典、秋田 知樹

所在地：関西センター
 人 員：45名（45名）
 経 費：995,102千円（315,960千円）

概 要：

持続可能な社会実現のための開発目標として国連が定めた SDGs がわが国でも広がりを見せています。環境や社会貢献のための投資となる ESD 投資などもその一端と思われます。地球温暖化対策、グローバル化による社会・経済・産業構造の変遷の中で国際的にも着実な取り組みが求められています。開発国においても急速な発展段階を経て持続的発展への移行過程で、それぞれの国々での国内情勢も併せて、先進国と同様な社会保障や経済格差の課題が顕在化となり、それに伴う意見対立が政策方針を決め難しくなっています。そのことが、グローバル化の進み中で国際協調を難しくしている要因ともなっています。結果として、経済優先のグローバル化のみが個別乱立的に進行して経済格差が進むとの負のスパイラルに陥る可能性も否定できない情勢です。SDGs などの共通的な課題解決に向け、低炭素社会を目標として技術開発も求められています。IoT の発展の中での AI 技術の進展も、さまざまな分野で展開が見られており、今後に期待がされます。また、新興国での経済発展での自動車需要が高まり、それに伴う燃料需要の対応として、2016年初め頃から世界的に電気自動車への転換となる EV シフトの流れが見えています。各国ともにこの流れは、新規産業創生や雇用増大効果なども期待しているようにも思われます。これは、エンジンからモーターによる駆動変更だけでなく、AI 活用による自動運転や IoT によるネットワーク接続での安全対策や利便性向上などでも EV への大きく期待されています。さらに、低炭素社会のための方策として、再生可能エネルギーの普及拡大が必要である上に、それをベースとした利活用の技術進展も現在の流れとなっています。自然条件による出力の変動吸収、電力需要時間帯のタイムシフト対応として、蓄電池やエネルギー貯蔵媒体への変換などがその方策として考えられると思われれます。また、2009年からの10年間の太陽光発電余剰電力買取制度の期限である2019年が近づいています。そのため、家庭用の蓄電池なども今後に期待が寄せられています。わが国の持続可能な環境調和型社会の構築と経済発展の両立を持続可能という条件も加えて、国際的な産業競争力の強化を目指し、グリーン・イノベーション推進を図ることが重要と考えています。

上記のような社会背景とグリーン・イノベーション推進の重要性の認識の下で、平成29年度は第4中長期期間の5年間の3年目となりました。第4期に産総研として主要な位置づけとなるグリーン・イノベーション推進に関しては、エネルギー・環境領域が主導的に推進する組織となり、創エネ、蓄エネ、省エネのエネルギー開発を担っています。エネルギー環境領域の中で電池技術研究部門は、エネルギーを高密度に貯蔵する技術としての蓄エネルギー技術の中で、二次電池、燃料電池など材料開発、デバイス化技術及びそれらを支

える材料基礎研究を進め、産業界への技術の橋渡しと共にそのベースとなる革新的なシーズ創出を進めています。

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

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

関西地域は、製造業生産高が関東の約半分であり、家電、繊維、医薬品などの産業界が関西からの移転で、わが国の経済規模の占める割合が十数%程度と従来に比べて低くなっています。しかしながら、関西地域は情報家電・電機、住宅等を支える素材産業やものづくり産業界が高いポテンシャルを持っています。また、京大、阪大、神戸大の外に大阪府大、同志社大、立命館大、関西大等のレベルの高いアカデミアでの当該分野の集積は、関西地域の特徴であり、産総研における電池技術の産学官連携の戦略拠点として、関西地域での活動が重要と言えます。阪大、神戸大とはクロスアポイントメント制度の基で、大学教員と産総研の研究者が相互の役職をもつことで連携機能を強化しています。このような特徴ある研究開発の集積の基に、近畿経済局、大阪科学技術センターなどの公的なコーディネータ機関とのネットワークを活用して、当研究部門ではナショナル・プロジェクトや研究コンソーシアム等を通した研究連携拠点としての役割を果たします。特に蓄電池などの蓄エネルギー技術分野では、技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター（LIBTEC）と連携して、平成29年度は全固体電池に係る NEDO 先導研究プロジェクトを実施しました。これらの活動を通して、蓄電池の開発拠点の強化を図り、関西地域の産業競争力の向上に貢献するとともに、わが国の産業競争力強化に貢献する役割も担っていま

す。

外部資金：

国立大学法人東京大学

「次世代の産業を支える新機能デバイス・高性能材料の創成（サブ課題 E 高信頼性構造材料）」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業／普及拡大化基盤技術開発／先進低白金化技術開発」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「酸化物系全固体二次電池実現のブレークスルーとなる固固界面制御技術開発」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「熱安全性に優れた革新的な全固体有機蓄電池の創製」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ALCA）

イオン液体中でのリチウムデンドライト成長の抑制と保護層への適用

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ALCA）

「粉末焼結プロセスを用いた酸化物バルク型全固体電池の創成」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ALCA）

「②シート型フルセルの作製における多層化検討」
「②蓄電池基盤プラットフォーム」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ALCA）

「ゼロソルベントによる新規電解質の開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ALCA）

「新規硫黄炭素コンポジット正極材料を用いた全電池作製」

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム

「イオン移動マネジメントシステムの構築」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研

究費補助金 基盤研究（B）

「分子／界面の構造機能解析に立脚した新規錯体系電極触媒の開発」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究

「超音波接合による水素吸蔵 Mg/Cu 超積層体の開発原理」

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

「高性能液体化学水素キャリアの研究」

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

「ポーラス炭素の精密構造制御と高効率エネルギー貯蔵の研究」

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

「極強加工と水素誘起分解再結合を利用した高機能積層型水素吸蔵合金の開発」

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

「リチウムの化学状態を評価する電子分光手法の研究」

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

「高機能性エネルギー貯蔵材料としての多孔質炭素の研究」

文部科学省および独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 研究活動スタート支援

「表面化学現象の第一原理計算におけるスピン混入誤差の補正技術確立とその影響の解明」

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

「放射線によるナノ粒子材料創成のその場観察と機能材料の実用化」

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

「真空電気化学 AFM によるリチウムイオン蓄電池電極界面の原子レベルオペランド計測」

発 表：誌上発表61件、口頭発表168件、その他17件

ナノ材料科学研究グループ

(Materials Science Research Group)

研究グループ長：田中 真悟

(関西センター)

概要：

持続可能社会を支える高効率でクリーンなエネルギー貯蔵・利用技術として、高性能な蓄電池、燃料電池等の開発が求められている。そのためには、ナノ界面機能（電極や電解質、触媒等）を活用した優れた機能材料の開発が不可欠である。微視的な構造や現象を原子・電子レベルから解明し、そのメカニズムを明らかにすることは、機能材料の飛躍的な高性能化や優れた新規材料の開発を可能にする。当グループでは、「電子顕微鏡」や「走査プローブ顕微鏡」などナノ・マイクロ解析技術と「第一原理計算」や「分子動力学計算」「モンテカルロ計算」など計算科学との連携・融合による「ナノ材料科学」の立場から、こうした課題に取り組み、ユニットの研究開発の基盤を支えとともに、ナノ材料科学のフロンティアを切り拓いていく。材料開発においては、当グループの精密構造解析技術とコンビケムを例とする迅速評価技術との連携・融合による新しい材料開発方法論「マテリオミクス」の確立を図る。また、近年活発に研究開発や実装化が試みられているデータ科学などにも展開する試みを行なっている。以上から、当ユニットの目的基礎研究の一翼を担い、ユニットのコア技術の醸成を図っている。

エネルギー材料研究グループ

(Research Group of Functional Materials of Energy)

研究グループ長：齋藤 唯理亜

(関西センター)

概要：

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

1) 高エネルギー密度を実現するため金属負極を用いた二次電池系に着目し、電解質として、溶媒を含まないイオンのみからなる電解質系であるゼロソルベントに集中して研究を推進し、アニオンがキャリアとなる電池系の検討を進め、TFSA⁻が高電位で作動することを確認できた。グラファイト合剤電極の組成やイオン液体のゲル化などがサイクル特性に大きく影響することを見出した。

高い理論容量が期待される金属塩化物である BiCl₃ について検討し、電解液にブチルメチルイミダゾリウム (BMI) と TFSA からなる汎用イオン液体に

BMICl を加えた電解液を用いることで、Mg 金属負極ならびに BiCl₃合剤正極が理論電位で作動することを確認した。

2) マイクロ電池の実現を目指した研究では、空隙内のイオン移動機構の解明を図る目的として、ポリエチレン粒子の圧縮膜に電解液を浸潤させたもの、また、ポリエチレン粒子と電解液とを混練したものについて、インピーダンス法によるイオン導電率測定と NMR 法による拡散係数測定を行い、圧縮膜の空隙率は約 42 % であり、既存のセパレータ膜に近い値であるが、拡散挙動は強い制限拡散傾向を示しており、セパレータ膜内の経路構造ほどの均質性がないことが明らかになった。

3) 高性能化学的水素貯蔵技術の研究では、化学水素キャリアとして高い可能性を持つヒドラジン水和物の優れた性質に着目し、研究を進め、窒素ドーピンググラフェンを担体に用いた PtNi 触媒を新たに合成し、ヒドラジン水和物の分解反応において高い触媒活性を有することを見出した。

新エネルギー媒体研究グループ

(New Energy Carrier Research Group)

研究グループ長：竹市 信彦

(関西センター)

概要：

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

(1) リチウムに代えてナトリウムを用いた電気化学デバイスの開発をすすめ、高性能なナトリウム正極材料の開発に成功した、(2) 希少資源を含まない有機物による二次電池開発をすすめ、現行の無機酸化物の容量を超える高性能材料の開発に成功した、(3) 新しい電気化学デバイス構築にむけ、他分野で使用されている技術を用いた電極作製を実施した。

蓄電デバイス研究グループ

(Advanced Electrochemical Device Research Group)

研究グループ長：小林 弘典

(関西センター)

概要：

電動クリーンエネルギー自動車の利便性向上によるさらなる普及のため、また、高効率でのエネルギーマネジメントが可能となるスマートシティ/スマートコミュニティ実現のためには、十分な信頼性・安全性を兼ね備えた高エネルギー密度の蓄電池が必須であることから、当研究グループでは、「(1) 次世代型二次電池のデバイス化に向けた技術開発」、「(2) 高性能電極活物質・固体電解質材料の研究開発」並びに「(3) リチウムイオン電池 (LIB) の評価技術開発」に取り組んでいる。(1) に関しては、新型蓄電デバイスである無機全固体電池の研究開発に注力しており、硫化物系ではシート型全固体電池を作製し、210 Wh/kg のエネルギー密度を実証した。また、酸化物系ではナシコン系固体電解質を用いることで 25 °C での電池作動を確認した。(2) に関しては、鉄系の金属多硫化物で添加剤、表面被覆及び電解液の適切な選択によりサイクル特性が大幅に改善されることを見出した。また、カーボン負極でバルク型電池が作製可能な新規酸化物系固体電解質の開発に成功した。(3) に関しては、車載用 LIB の残存性能評価手法高度化に資するべく蓄積したデータ解析を進めることで、劣化メカニズムを明らかにするとともに、他の用途への残存性能評価手法の適用を試みた。

次世代蓄電池研究グループ

(Advanced Battery Research Group)

研究グループ長：鹿野 昌弘

(関西センター)

概要：

ハイブリッド自動車や電気自動車等の電動車両の動力源、出力変動の大きな再生可能エネルギーの安定化電源など様々な用途で蓄電池への期待が高まっている中、次世代蓄電池の開発が重要になっている。当研究グループでは、「信頼性・安全性の向上」「高エネルギー密度」「高出力密度」「低コスト」など様々な課題に応えた次世代蓄電池を実現するため、金属・合金系負極、高電位酸化物系正極、多電子反応電極などの高エネルギー密度材料の開発に加え、電極と電解質界面の制御技術に関する研究を進めてきた。金属系負極については、非水系電解液で得られた知見を拡張し、溶媒和イオン液体系や高濃度電解液系についてのデンドライト状金属の析出についての測定法を確立し、高電流密度におけるデンドライト抑制を確認した。高電位酸化物系正極については、高エネルギー密度材料として活用するための電解液との界面モデルについて検討し、

充放電の電位範囲と正極活物質表面での副反応との相関を見出した。高エネルギー密度を有する革新的な二次電池の開発も進めており、コンバージョン型のフッ化物材料については、その材料劣化機構を前年度よりさらに明確化し、電解液の最適化などによりサイクルの特性向上を進めた。

電池システム研究グループ

(Battery System Research Group)

研究グループ長：栗山 信宏

(関西センター)

概要：

本研究グループでは、企業との資金提供型共同研究と公的資金プロジェクト研究を主体として、電池材料やデバイスに関する基礎から応用に至る研究開発を実施している。リチウム電池や新型電池の新規電極・電解質材料などの開発とその物性評価、電池デバイスでの性能実証と安全性評価を行っており、具体的な成果は次のとおりである。1) 試加圧炭酸ガスを用いることにより、高容量なリチウム遷移金属酸化物系正極について開発した水系での製造方法について、その機構解明を行った。2) イオウ系正極、シリコン系負極とホウ水素化物系電解質を用いて簡便に全固体電池を作製する方法を開発した。

また、ニッケル・マンガン・コバルト (NMC) 正極に代替可能な正極材料として Co を含まないニッケルマンガン系正極を共沈一焼成法により開発し、酸化物イオンレドックスを用いることにより、200 mAh/g 近い充放電容量と高いサイクル特性を有することを見出した。

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

次世代燃料電池研究グループ

(Advanced Fuel Cell Research Group)

研究グループ長：五百蔵 勉

(関西センター)

概要：

次世代の燃料電池に資する新技術やその派生技術に関する基礎技術研究を進めるとともに、新たなコンセプトの萌芽的研究テーマに取り組んでいる。(1) 昨年度見出した、白金触媒表面に吸着させることで白金

の酸素還元活性（質量活性）が向上する有機材料（テトラアザポルフィリン系分子等）は、Pt/Pd コアシェル触媒のような高活性触媒に対しても、Pt 触媒同様の高い活性向上効果を有することがわかった。(2) 固体高分子形水電解セル用アノード触媒として、Ir/Ti₄O₇触媒を用いることより、0.2 mgIr/cm²の低担持量でも1 A/cm²で1000時間以上安定に作動可能であることを明らかにした。(3) 亜鉛-空気電池の可逆空気極に関して、アニオン交換膜等の隔膜なしでも電解液の漏洩なく作動する非炭素系空気極を作成し、充放電サイクルが可能であることを確認した。

その他、酸化物担体を用いた耐酸性燃料電池触媒の開発、固体高分子形燃料電池-水電解可逆セルの開発、金属錯体系耐CO触媒材料の開発、アルカリ型燃料電池触媒の開発、非白金錯体系酸素触媒材料の開発等を行った。

④【省エネルギー研究部門】

(Research Institute for Energy Conservation)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：宗像 鉄雄

副研究部門長：竹村 文男

首席研究員：周 豪慎

総括研究主幹：丸山 茂夫、嘉藤 徹、堀田 照久

所在地：つくば東、つくば中央第2、つくば中央第5、
つくば西

人員：43名（43名）

経費：992,893千円（393,731千円）

概要：

1. ミッションと目標

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

2. 主要研究項目と研究推進手段

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

・化学エネルギーの省エネのための研究開発を幅広く実施する。

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

(1) 燃料および燃焼の基盤技術の研究開発

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

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

(2) 未利用熱を有効活用する技術の研究開発

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

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

(3) 革新的エネルギー技術の研究開発

一次エネルギーからの高効率電力変換技術の開発、電力・水素など二次エネルギー間の変換技術・貯蔵・利用技術の開発、および物理化学現象の解明を通じた高効率なエネルギー貯蔵・変換デバイスの開発、等を行う。内部連携研究ラボ「固体酸化物エネルギー変換先端技術ラボ」を立ち上げ、エネルギー・環境領域内外の連携を図りつつ、研究開発を推進する。

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

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

内部資金：

「領域を超越したエンジンシステム研究拠点整備」
「温度変化で発電するモバイル発電器」
「熱電発電モジュールの仕様の標準化」

外部資金：

経済産業省

エネルギー対策特別会計

エネルギー需給構造高度化対策費

エネルギー使用合理化設備導入促進対策調査等委託費

「平成29年度革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業（クリーンエネルギー技術開発）「低毒性・超高効率熱電変換デバイスの開発」」

「平成29年度革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業（過酷温度環境作動リチウムイオン二次電池の開発）」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

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

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

「高温超電導実用化促進技術開発/高磁場マグネットシステム開発/高温超電導高安定磁場マグネットシステム技術開発」

「エネルギー・環境新技術先導プログラム/未踏チャレンジ2050/磁気-熱-電気間相互作用の体系的解明と新原理デバイスの開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構

戦略的創造研究推進事業（CREST）

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

「自己組織化ナノ液晶高分子の精密構造評価と二次電池電解質への応用」

「平面配位を有する物質の結晶構造解析及びフォノンの研究」

戦略的創造研究推進事業(先端的低炭素化技術開発) (ALCA)

「50kW 級全超伝導モータ用希土類系高温超伝導固定子巻線の開発」

「過電圧の低い正極触媒の開発」

SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「革新的燃焼技術」

「誘電体バリア放電を用いた予混合気の燃焼促進法の開発」

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

「燃料電池内水分バランスの最適化」

戦略的創造研究推進事業（先端的低炭素化技術開発) (ALCA)

「燃料電池性能および電極反応および過電圧の解析」

独立行政法人日本学術振興会

平成29年度二国間交流事業共同研究

「層状構造における効果的フォノン散乱を利用した高効率熱電カルコゲナイドの開発」

環境省

「平成29年度排出ガス後処理装置の性能低下メカニズムに関する原因究明並びに触媒活性評価試験業務」

独立行政法人日本学術振興会

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

「硬・軟 X 線光電子分光による二次電池電極材料の電子状態と電極性能との関連性の解明」(若手研究 (B))

「リング型プラズマアクチュエータを用いたタービン翼列先端流れの能動制御」(基盤研究 (B))

「1000℃の高温ガス流動の温度速度同時可視化法」(基盤研究 (B))

「結晶化抑制分子の選択的吸着による臭化リチウム水和物結晶の粗大化及び成長抑制」(基盤研究 (B))

「アニオン交換膜水電解におけるイオン置換メカニズムの解明」(基盤研究 (C))

「自己修復可能な絶縁層を有するプラズマアクチュエータ」(挑戦的研究 (萌芽))

「空気中の二次元圧力分布可視化を実現する機能性中空マイクロカプセル」(挑戦的研究 (萌芽))

「CO₂湧出口における造礁サンゴからソフトコーラルへの群集シフト」(基盤研究 (A))

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

発表：誌上发表177件、口頭発表286件、その他13件

熱流体システムグループ

(Thermofluid System Group)

研究グループ長：中納 暁洋

(つくば東)

概要：

持続発展可能な社会の実現、及び産業力強化に資するグリーンイノベーションの実現のため、熱工学、流体工学、燃焼工学等を駆使した省エネルギーに寄与する研究開発、及び要素技術開発を推進している。部門ポリシーステートメントの革新的な熱マネジメント技術、及び萌芽的な研究開発を念頭に、液体水素利用技術開発、低コスト・高効率水電解装置の開発、プラズ

マによる流体制御を駆使した省エネルギー技術開発、及びプラズマ支援燃焼による革新的動力機器開発等を推進している。また、民間企業との共同研究を積極的に展開して技術の橋渡しを図ると共に、研究人材・技術者の育成に貢献している。

研究テーマ：テーマ題目1

熱利用グループ

(Thermal Energy Applications Group)

研究グループ長：稲田 孝明

(つくば東・西)

概要：

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

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

研究テーマ：テーマ題目2

熱電変換グループ

(Thermoelectric Energy Conversion Group)

研究グループ長：山本 淳

(つくば中央第2)

概要：

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

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

当グループでは、未利用熱を効率よく電気エネルギーとして回収するための高性能熱電材料と熱電モジュールの開発を進めている。基礎物性解明と新原理を用いた革新的高性能熱電材料の開発、発電システムの経

済性改善のため高効率かつ安価な元素から構成される熱電モジュールの開発、耐久性をもつ熱電モジュール構造、発電ユニット構造の開発、長時間使用したときの劣化モードの調査や加速試験の方法も含め、熱電モジュールの性能評価技術の開発を実施している。

エネルギー界面技術グループ

(Energy Interface Technology Group)

研究グループ長：松田 弘文

(つくば中央第2)

概要：

電力エネルギーの貯蔵/利用を行う二次電池デバイスは、従来の携帯機器用途から、電気自動車等への搭載による運輸部門の低炭素化、定置用途による再生可能エネルギー発電電力の平準化等による電力エネルギー利用の高効率化にむけ利用場面の飛躍的な拡大と、それに伴う二酸化炭素排出量の大幅な削減が期待されている。

当グループでは、材料界面を通して物質と電荷を交換する物理化学現象により動作する二次電池デバイスを対象に、放射光等の先端計測技術を用い、結晶構造、電子状態、電気化学的挙動、熱挙動等に注目した基礎的な電池材料評価を行い、貯蔵機構や劣化機構解明を目指した研究を実施している。また、材料合成技術を駆使した新たな界面構造やナノ構造の付与により高効率な界面現象の発現を実現するナノ構造の構築と材料開発指針の獲得を目指している。

当グループの目標は、高容量と高出力特性を併せ持ち用途拡大の要請に適応し、特性劣化を克服して使用環境の拡大にも適応する、革新的な高性能二次電池の開発である。これらの研究開発を効率的かつ効果的に遂行するため、国内外の機関との連携を推進している。

研究テーマ：テーマ題目3

燃料電池材料グループ

(Fuel Cell Materials Group)

研究グループ長：山地 克彦

(つくば中央第5)

概要：

固体酸化物形燃料電池(SOFC)の耐久性・信頼性の向上は、商用化・本格普及のために重要な技術課題である。当グループでは、SOFCセル・スタックの耐久性・信頼性の向上に関する研究開発を主として行っており、スタックメーカー及び大学等と協力しながら、その劣化機構解明・耐久性向上を推進している。10年(9万時間)以上の耐久性を確保するためには、微少な化学変化や不純物反応挙動を詳細に捉える必要がある。そこで、微量成分の検出感度が高い二次イオン質量分析法(SIMS)、結晶相の微妙な変化を検知できる顕微ラマン分光法などを適用し、構成部材・材

料の特定部位での変化を詳細に分析し、劣化機構を解明している。実機試料に含まれる微量成分を ppm レベルで分析し、劣化に及ぼす影響を明らかにするとともに、不純物による加速劣化試験法も検討している。また、劣化機構・反応機構をより詳細に解明するための新規分析・解析法の検討も行なっている。さらに、次世代 SOFC への適用を志向した材料基礎研究、SOFC の応用技術である固体酸化物形電解セル (SOEC) に関する基礎研究も実施している。

研究テーマ：テーマ題目4

エネルギー変換・輸送システムグループ
(Energy Conversion and Transportation System Group)

研究グループ長：佐藤 縁

(つくば中央第2)

概要：

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

当グループでは、一次エネルギーの電力への変換技術、電力・水素など二次エネルギー間の変換技術・貯蔵・輸送技術に対し、固体酸化物形燃料電池、水素・合成ガスを生成する高温水蒸気電解セル、電力貯蔵用レドックスフロー電池等の電気化学デバイスとこれらを効率的に接続するための超電導応用機器などの技術開発を進めている。さらに各々の過程において、省エネルギー・エネルギー有効利用の加速を目指し研究を推進し、次世代エネルギーネットワークの構築を先導していくための研究を実施している。

研究テーマ：テーマ題目5、6

ターボマシングループ
(Turbomachinery Group)

研究グループ長：壹岐 典彦

(つくば東・西)

概要：

分散エネルギーネットワークを支える重要な要素技術として (1) 各種タービンシステム、(2) デバイス・制御技術、(3) プロセス技術などの研究開発を行っている。これらの課題に取り組みながら化石資源依存度を抑制しつつ自然エネルギーを取り込んでいく最適な方法を模索している。(1) 各種タービンシステムとしては、再生可能エネルギーが大量に導入されることを想定して、その際に適したターボ機械のシステムについて研究開発に取り組んでいる。(2) デバイス・制御技術としては、ターボ機械を出口として想定して取り組んでいる。流れの能動的制御に関して、

誘電体バリア放電プラズマアクチュエータ (DBD-PA) の開発を進めており、減速領域にできる剥離の抑制について研究している。更にターボ機械の漏れ流れを減らす新しいプラズマアクチュエータを考案し、開発を進めている。無人飛行体の空力技術についても取り組んでいる。(3) ターボ機械に関わる材料・プロセス技術に取り組んでおり、サスペンションプラズマ溶射技術を始め、セラミック基複合材料 (CMC) 等について研究開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目7

エンジン燃焼排気制御グループ
(Engine Combustion and Emission Control Group)

研究グループ長：内澤 潤子

(つくば東)

概要：

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

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

研究テーマ：テーマ題目8

次世代自動車エンジン研究ラボ
(Collaborative Engine Research Laboratory for Next Generation Vehicles)

研究ラボ長：小熊 光晴

(つくば東・西・つくば中央第3・中央第5)

概要：

自動車用エンジンは、燃料、燃焼、動力の発生、気体の流動、排気ガスの処理、温度・濃度の計測、全体システムの制御といった多岐にわたる分野が集積したシステムである。当研究ラボは、自動車技術に関する競争前領域の研究課題に対し、オール産総研として英

知を結集して積極的に取り組み、日本の産業競争力強化に貢献する。具体的には、国内自動車メーカーが直面している「競争前領域」の「共通課題」について、産総研の技術ノウハウを集約・発展させて解決を目指し、自動車メーカーと協力してエンジンシステムの環境適合技術のスピードアップを図る。また、自動車燃料に係わる国内外標準化を継続的に推進する。これらを通じ、技術者の育成に貢献し、エンジンシステム研究に関するイノベーションハブとして機能することを目指す。

エネルギーナノ工学研究ラボ

(Energy NanoEngineering Research Laboratory)

研究ラボ長：丸山 茂夫

(つくば東・つくば中央第2)

概要：

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

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

固体酸化物エネルギー変換先端技術ラボ

(Advanced Technology Laboratory for Solid-State Energy Conversion)

研究ラボ長：堀田 照久

(つくば中央第2、第5、つくば西、中部センター)

概要：

化学・熱・電気エネルギーを高効率にフレキシブルに変換できる電気化学デバイスとして、イオンを透過させる固体電解質を使った固体酸化物形燃料電池(SOFC)や高温水蒸気電解(SOEC)があげられる。本ラボでは、このような固体電解質を使った革新的な電気化学デバイスを創製する研究開発を推進するため、領域や部門の垣根を超えて、つくばセンターと中部センターの研究者をバーチャルに結集させて課題解決に

取り組んでいる。企業・大学10機関以上と産総研とで設立した、「固体酸化物エネルギー変換先端技術コンソーシアム(ASEC)」において、中心的に研究活動をおこなっており、従来のSOFCより10倍高い発電出力や電極反応速度を目指す部材・材料開発を行っている。また、ASECコンソーシアムでの研究よりも広範囲な、萌芽的・革新的な研究にも取り組んでおり、将来の当該技術の普及・拡大のための重要研究を推進している。

[テーマ題目] 熱流体システムに関する研究

[研究代表者] 中納 暁洋(熱流体システムグループ)

[研究担当者] 中納 暁洋、伊藤 博、瀬川 武彦、高橋 栄一、広津 敏博、池本 崇記、坂本 隼、倉持 晃、松原 孝聡、石川 達也、塩澤 晴彦
(常勤職員4名、他7名)

[研究内容]

液体水素利用技術開発では耐圧液体水素試験評価装置を用いて、民間企業との共同研究「船用液体水素温度センサーの開発」を推進した。高い圧力場での液体水素温度計測を試み、大気圧下と同等の精度で温度計測が行えることを実験的に確認した。部門萌芽研究として取り組んだ音波利用液体水素液位計測については、高圧力条件下でもヘルムホルツ共鳴現象を捉えることができ、原理的に液位計測が可能なことを確認した。また、電子光技術研究部門と研究を進めている鉄系超電導液面計についても、高圧力条件下で実験を行いデータ取得・蓄積を進めた。本年度において10気圧までの液体水素試験評価の実験手法を確立した。

低コスト・高効率水電解装置の開発では外部資金研究「アニオン交換膜水電解におけるイオン置換メカニズムの解明」において、アニオン交換膜内に存在するイオン種に影響を及ぼす電解液組成と電解性能の相関関係を実験的に検証した。更に、外部資金研究「燃料電池内水分バランスの最適化」を遂行し、固体高分子形燃料電池において、両極出口から排出されるガスの露点を精密に計測することで、セル内水分バランスを特定する実験に着手した。

プラズマによる流体制御技術開発ではターボマシングループと連携し、プラズマアクチュエータの高機能化と流体機械の効率改善を目的とした実験的研究を実施した。「自己修復可能な絶縁層を有するプラズマアクチュエータ」では、プラズマアクチュエータを構成する誘電体層に低融点の絶縁材料を部分的に挿入し、高電圧印加のもとで時間的に変化するボイド構造の解析を開始した。また、「リング型プラズマアクチュエータを用いたタービン翼列先端流れの能動制御」では、小型風洞では直線翼列と壁面に形成される2次元流れ、環状タービン翼列風洞ではタービン翼列とケーシングの隙間に形成

される3次元流れ流れを対象として、リング型プラズマアクチュエータの駆動条件、電極配置、タービン先端形状の違いが流れ抑制効果に与える影響を明らかにした。

プラズマ支援燃焼による革新的燃焼技術開発では外部資金研究「誘電体バリア放電を用いた予混合気の燃焼促進法の開発」において、前年度に確認したプラズマによる燃焼支援効果のメカニズムを質量分析と詳細化学反応シミュレーションにより解析した。また、民間企業との共同研究「ガス組成が燃料の自着火特性とメタン価に与える影響に関する研究」を実施し、船舶等の大型ガスエンジンに今後使用が見込まれるシェールガス等の非在来型燃料のノッキング等への影響について明らかにした。

【領 域 名】 エネルギー・環境

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

【テーマ題目2】 熱利用に関する研究

【研究代表者】 稲田 孝明（熱利用グループ）

【研究担当者】 稲田 孝明、遠藤 尚樹、上山 慎也、馬場 宗明、平野 聡、染矢 聡、侯 博、小山 寿恵、青山 寛子、坂田 藍美、畑澤 奈緒美、富田 博之、松本 正江（常勤職員6名、他7名）

【研究内容】

蓄熱、熱輸送等の要素技術や計測制御技術、およびそれらを活用した熱利用システム、熱マネジメント技術などに関連して、以下のようにさまざまな研究を実施した。

ヒートポンプ用熱交換器の着霜抑制の研究を行い、合成高分子や界面活性剤を作用させた疎水性固体表面を用いて、凝縮水滴の大幅な凍結遅延効果を実験的に実証することができた。さらに疎水性表面を利用した霜の伝播抑制に向けて、凍結伝播の機序に基づいて実験結果から有効な知見を得た。臭化テトラブチルアンモニウム（TBAB）セミクラスレート水和物を媒体とした潜熱蓄熱の研究を行い、TBAB 水溶液の過冷却限界の濃度依存性を実験的に明らかにするとともに、特定の固体微粒子による TBAB 水和物の核生成促進効果を確認することに成功した。吸収冷凍機の小型化を目指した研究においては、臭化リチウム系の多成分吸収液の物性測定を行い、結晶化温度、蒸気圧、粘度、密度などの物性値を測定し、水溶液温度や濃度をパラメータとした整理式を作成するとともに、希釈熱や比熱測定に基づいて吸収液のエンタルピー線図を作成し、冷凍機の小型化に最適な吸収液を絞り込むことができた。氷スラリーを用いた漁獲物冷却鮮度保持に関する研究を行い、漁獲物冷却の簡易数値計算コードを開発し、実験結果との比較からその妥当性を実証した。また、漁獲物の冷却輸送に有効な脱水氷を氷スラリーから製造する実用的な手法の提案も行った。さらに、関係企業と協力して、生産地から消費者ま

でのコールドチェーンの実現に向けた実証試験に取り組んだ。

オーガニックランキンサイクルの研究では、二相膨張サイクル適用について検討を行い、ペルトン水車型の膨張機を使うことの有効性を解析した。さらにその装置の設計、試作を行うことができた。地中熱を利用したヒートポンプの研究においては、直膨式地中熱交換器の実証試験を行い、熱交換器の温度変動計測を行って基礎的なデータを収集することができた。

固体酸化物形燃料電池（SOFC）の研究では、エジェクタ型燃料転化装置において、起動・停止を模擬した触媒燃焼実験を実施し、多湿多成分ガス中の触媒燃焼特性を明らかにして、二流体偏流エジェクタの設計指針を得ることができた。また中規模業務用の流量可変エジェクタを新規開発し、SOFC 模擬装置を用いて高温ガスリサイクル実験を実施して、さらなる高性能化の指針を得た。さらに、各種産業分野における未利用熱の調査を行い、現地調査を通じて多くの有用な知見を得ることができた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 未利用熱、熱利用、蓄熱、熱輸送

【テーマ題目3】 二次電池の電子状態解析と次世代電池材料の開発

【研究代表者】 松田 弘文（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】 松田 弘文、周 豪慎、齋藤 喜康、細野 英司、劉 銀珠、北浦 弘和、朝倉 大輔、岡垣 淳、須田山 貴亮、Yi Jin、Sun Yang、Guo Shaohua、Li Qi、Wu Shichao、Wang Yarong、河島 明美、八月朔日 美登里、鈴木 謙介、高野 玲子、嶋田 陽子、木之下 彩子、Qiao Yu（常勤職員8名、他14名）

【研究内容】

持続的発展可能な省エネルギー社会の実現に向け、クリーンな省エネルギーデバイスの開発と普及が必要とされている。このため、電気自動車やプラグインハイブリッド自動車の安価な市場導入と普及を促す車載用二次電池の開発や、再生可能エネルギー発電電力の平準化を実現す定置用二次電池の開発は必須の課題となっている。二次電池の用途拡大に伴って、高容量と安全性が低コストで両立することが求められているが、様々な電池反応により動作する二次電池は、メカニズムにおいて未解明な部分が多いのが現状である。

二次電池の高性能化と高い安全性を実現するために、我々のグループでは、先端放射光測定技術、高度な材料合成技術、精密な電気化学評価技術、熱解析技術を用いた基礎研究活動を遂行した。また、学術的知見の獲得と橋渡し研究段階への発展を効果的かつ効率的に推進する

ため、内外の研究機関との分野融合的な共同研究を通じた活動を実施した。

革新的な二次電池の開発として、ナトリウムイオン電池等の検討を行った。代表的なナトリウムイオン電池正極材料である層状構造酸化物は、充放電過程で異なる積層構造を取り、レート特性の劣化、体積変化による活物質の脱落などの劣化要因となり得る。この問題に対し、層間に導入した遷移金属元素が構造安定化に寄与し、サイクル安定性の向上を確認した。また、マンガン酸化物系層状正極材料で特に問題となっている、腐食などによる特性劣化については、チタン添加マンガン酸化物の粉末焼成過程で結晶粒子表面に酸化チタン結晶層が選択的に形成され、稀少金属元素を含まない系としてサイクル特性が飛躍的に向上することを見出した。

酸素の酸化還元反応を利用した高容量正極材料として、リチウムイオン電池では Li_2MnO_3 を典型組成としたリチウム過剰系材料が注目されている。同様の観点から Na 過剰系材料の典型組成として Na_3RuO_4 を合成し、多段の酸素の酸化還元過程からの寄与で、不可逆容量を含む初期充電容量と、可逆性を示す放電容量を得た。不可逆容量への Na_2O 酸化物の寄与および可逆容量への RuO_2 過酸化物の寄与を電位操作下での *in situ* Raman 散乱測定で明らかにした。

ナトリウムイオン電池負極材料では、金属 Na 析出の抑制と安全性の確保が重要である。高容量が期待される新たな炭素系材料として、ボールミル処理した $\text{P}_2\text{S}_5/\text{C}$ 非晶質複合材料を合成し、難黒鉛化炭素を越える大容量と、良好な容量維持率を得た。また、リチウム-空気電池に比べ放電生成物分解に要する充電過電圧が1/5以下となるナトリウム-空気電池の要素技術開発も検討した。フッ化物を微量添加した電解液中で電気化学的な処理を行うことで、表面に保護被膜を形成した金属 Na を負極に用い、副反応の抑制によるサイクル安定性と、デンドライト析出の抑制による安全性の向上を確認した。

先端放射光計測技術を用いた正極材料の電子状態評価では、オペランド発光分光等で得られたスペクトルに対し、遷移金属-配位酸素の電子状態解析を理論計算により行い、電子軌道パラメータからサイクル劣化機構を明らかにした。

リチウムイオン電池の安全性の評価手法の要素技術として、大型電池の発熱挙動シミュレーション用発熱データ取得を目的とした発熱特性計測手法の検討を行った。劣化や熱暴走をもたらす化学反応過程に対応する吸発熱量計測機器を含む、民生電池の熱分析/熱測定システムの開発に取り組んだ。従来に比べ検出感度を3倍以上高めた等温微小熱量計 (IMC)、熱暴走開始温度を簡易的に測定する新たな加熱試験手法等を開発した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 リチウムイオン電池、リチウム-空気電池、リチウムレドックスフロー電池、リ

チウム-硫黄電池、ナトリウムイオン電池、放射光電子分光、放射光発光分光、ナノ構造制御材料

【テーマ題目4】 次世代 SOFC に関する基礎研究

【研究代表者】 山地 克彦 (燃料電池材料グループ)

【研究担当者】 山地 克彦、岸本 治夫、
Katherine Bagarinao、堀田 照久、
石山 智大、Amarasekara Oshadha、
小柴 滉平 (常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

我々のグループでは、次世代 SOFC に関する基礎研究として、薄膜ガラス電解質による中温作動燃料電池の高出力化、薄膜イオン導電体における電解移動挙動の解明に取り組んでいる。

薄膜ガラス電解質による中温作動燃料電池の高出力化については、プロトン導電性のリン酸塩ガラス電解質を用いた中温作動燃料電池の研究開発を実施、本年度は、空気極材料の高性能化を検討するため、RF スパッタリング装置を導入した。まずは、プロトン伝導性電解質の試験電極として一般に用いられる Pd 電極について、モデル電極の作成と性能評価を開始、ガラス電解質と Pd 電極の共存性について明らかにした。

薄膜イオン導電体における電化移動挙動の解明について、薄膜電解質の電導度測定、空気極/電解質中間層の界面ひずみ効果について検討した。薄膜電解質の電導度測定については、PLD 法により SUS 基板上への YSZ 薄膜電解質を作成した。SUS 基板上への緻密な電解質の作成は可能であったが、空气中で昇温すると電解質/SUS 界面で SUS の異常酸化が見られたことから、電導度測定への適用は困難であった。界面ひずみ効果の検証については、PLD 法で YSZ 単結晶基盤 (電解質) 上に GDC 中間層や LSC 空気極層の薄膜を堆積、厚みの違いによる変化を評価した。薄膜化により基板材料の影響でひずみが生じていること、また厚みの違いにより表面酸素交換反応 (電極特性) に違いが出るのが明らかとなり、ひずみを電極性能との相関が示唆される結果が得られた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

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

【テーマ題目5】 エネルギー変換・輸送システムの研究開発

【研究代表者】 佐藤 縁 (エネルギー変換・輸送システムグループ)

【研究担当者】 嘉藤 徹、古瀬 充穂、田中洋平、
大平 昭博、淵野 修一郎、根岸 明、
金子 祐司、八月朔日 英二、
飯村 葉子、吉原 美紀、齊藤 恵美子、

寺山 健、中村 萌恵、阿部 捺美
(常勤職員5名、他10名)

【研究内容】

固体酸化セルを用いた水蒸気・二酸化炭素の共電解(SOEC)によるメタン等のエネルギーキャリア合成技術の研究では、100 W級の共電解セルスタックを試作し、電圧・電流特性等を測定した結果、700℃、熱中性電圧で水蒸気と二酸化炭素の利用率(電解率)が実用水準の78%に到達したとともに、700-750℃では目標の100 W入力を超える120 W以上での電解に成功した。

また、これまでに開発した精密計測技術を用いて、試作スタック試験時の負極生成ガス組成を測定した結果、単セル時よりも多いガスリークを観測し、水素濃度は平衡組成より20ポイントほど低い結果となり、ガスシール技術の向上が実用化に向けての課題であることが判明した。次に、電解スタックの性能向上を検討した結果、セル直列数を現状の3から5セル程度にすることにより、入力電力を5%削減できることが分かった。

さらに、共電解反応のメリットをプロセスシミュレーションなどで検討した結果、メタン化反応熱($3\text{H}_2 + \text{CO} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}(\text{g}); -216 \text{ kJ/mol}$ (300℃))を水の蒸発・加熱に利用することにより、理想的な熱交換の場合、従来技術より20~30ポイント高い、86~95%程度(高位発熱量基準)の非常に高いシステム効率が期待できることが判明した。

また固体高分子膜を用いた固体高分子形水蒸気電解の実現に向けた検討を行い、従来の水電解で用いられているフッ素系電解質膜では劣化が加速されることが分かった。電解質膜の高温対応化のために、新たな材料探索を開始した。

レドックスフロー電池の研究に関しては、これまでの金属イオンを用いる従来の系に加えて、有機系色素を活物質とする有機レドックスフロー電池の研究を進め、知財化を行った。

超電導応用機器に関しては、既存の各種超電導線材を利用した省エネルギー機器の実用化にむけ、主にコイル化技術と冷却技術の研究開発を実施している。輸送分野の低炭素化に資する車載用超電導モータのコイル技術開発、高温超電導体を利用した省エネルギー電気機器の実用化を加速する超電導接続技術開発については、JSTおよびNEDOのプロジェクトの一環として実施している(平成29年度の研究成果は各項に詳述)。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】固体酸化燃料電池(SOFC)、固体酸化物形電解セル(SOEC)、蒸気・二酸化炭素共電解、メタン合成、レドックスフロー電池、超電導、極低温、強磁界、送電ケーブル、回転機

【テーマ題目6】高温超電導応用技術の研究開発

【研究代表者】竹村 文男(省エネルギー研究部門)

【研究担当者】古瀬 充穂、和泉 輝郎、淵野 修一郎、
中岡 晃一、町 敬人
(常勤職員3名、他3名)

【研究内容】

常電導機器に比べて低損失かつ軽量・小型化が期待できる希土類系高温超電導機器を実現するためには、高性能かつ低コストな線材の開発が必要である。本テーマでは、本質的に低コストが期待できる有機酸塩堆積(MOD)法により超電導層を形成する手法において高性能化、長尺化の技術開発を行っている。平成28年度は、極薄塗布MOD法において、一回塗布膜厚の薄層化によるBaZrO₃人工ピンの微細化の効果として、同法による線材が広い磁場、温度範囲で従来手法による膜に比べて高い臨界電流密度特性を示す事を確認した。また、仮焼膜内の組成分布に基づいて、同法による人工ピン粒子の微細化機構を明らかにした。更に、連続塗布・焼成プロセスを用いて極薄塗布法による長尺化への基盤技術の開発を行った。

また、高温超電導線材技術の進展を受け、これを利用した電気機器の開発を実施している。高温超電導マグネットによる大空間への強磁界の発生は、省エネルギーや新たな産業創出につながるシーズ技術であり、高エネルギー理化学分野だけでなく、産業分野からの様々なニーズに応える超電導機器の提案と開発を行っている。平成29年度は、冷凍機による直接冷却高温超電導マグネットを用いた、新たな産業機器の開発を実施した。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】高温超電導、極低温、強磁界、送電ケーブル、回転機、超電導線材、磁場中臨界電流密度

【テーマ題目7】ターボマシンに関する研究

【研究代表者】壹岐 典彦(ターボマシングループ)

【研究担当者】壹岐 典彦、村上 顯、阿部 裕幸、
倉田 修、松沼 孝幸、井上 貴博、
井村 公二、岡田 孝、片岡 照貴、
小宮 孝司、矢作 誠治、小田 幸弘
(常勤職員6名、他6名)

【研究内容】

化石資源依存度を抑制しつつ自然エネルギーを取り込んでいくため、ターボ機械に関連する技術開発を行っている。発電用ガスタービンは電力系統に追従して発電を行うことができるバックアップ電源としての役割が認められているが、再生可能エネルギー大量導入時代においては、電力需要に応じた発電を行うことが困難な太陽光発電設備や風力発電設備の発電量の割合が増加し、バックアップ電源の役割の重要性が増すものとして、負荷変動対応型先進ガスタービン発電設備の研究開発計画の検討を進めている。電力の需給ギャップに対して電力系統

を安定化する様々なシステムについて負荷変動を吸収する能力を調査・検討し、負荷変動対応型先進発電設備の研究開発計画を実効性のあるものを目指す。また、アンモニア内燃機関の技術開発の課題において、福島再生可能エネルギー研究所でアンモニア直接燃焼ガスタービンの実証試験を進めているが、その研究開発にも協力を行っている。

ターボ機械に適用する流体制御技術として、プラズマアクチュエーターの研究開発に取り組んでいる。リング型プラズマアクチュエータを用いてタービン翼列のチップクリアランスからの漏れ流れを抑制するために、回転ディスク実験装置を用いた基礎実験により、ディスク回転による周方向の回転速度成分が、軸方向の漏れ流れに及ぼす影響を調べた。プラズマアクチュエータの制御により、漏れ流れを減少できるものの、周方向速度成分があると、プラズマアクチュエータの漏れ流れ抑制効果が弱まる傾向があり、周方向の回転速度成分があるターボ機械の流れ場では、漏れ流れ抑制効果を高めるために入力電圧をさらに高くする必要がある。

流体制御デバイスの開発において、非接触吸着技術を用いた搬送技術の改良を進めた。また、小型無人機利用による環境観測手法を目的として、無人飛行体の空力技術についても研究を行っている。姿勢制御型超音波風向風速計による風況観測手法の妥当性を確認した。また、日射強度センサーでの空間分布計測を試みた。プロペラ性能の計測・評価方法の検討を行った。劣悪環境下（横風、雪、雨）に対するプロペラ性能への影響を調べた。飛行計画に対応したプロペラ設計について、施策を行い、低 Re による影響を抑制する設計手法の効果を確認した。

材料・プロセス技術としては、セラミック熱交換器の熱交換部のために、高温域において、高い熱伝導率と信頼性を両立させるセラミック基複合材料の製造技術に取り組んだ。セラミック材料特有の脆性破壊を薄層の積層によって回避する構造とした複合材料の開発を進め、微細な BN 粉末により構成される界面層を導入することで、積層構造 CMC の非脆性破壊への破壊挙動の転換に成功した。バランスして特性を向上させるための第2相添加に関しては、添加量が少量であっても影響が大きく、添加する相の選択と添加量の検討に課題が残った。サスペンションプラズマ溶射法（SPS 法）は、溶射のパラメータを適切に選択することにより、粒子径および気孔率の幅広い制御が可能で、緻密な構造と多孔質の構造を作り分ける技術が可能である。そのサスペンションの微粒化過程についてツインカソードプラズマ溶射ガンを用いたサスペンションプラズマ溶射技術開発のため、同軸二流体噴射弁の改良に取り組んでいる。流量増加を目的に、噴孔径を拡大した改良型噴射弁では、噴霧のザウタ平均粒径の制御範囲を広くできることがわかった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ガスタービン、プラズマアクチュエータ

一、空気力学、流体力学、セラミック複合材、セラミックコーティング

【テーマ題目8】 産業ニーズ対応型エンジンシステムの基盤研究

【研究代表者】 小熊 光晴

（エンジン燃焼排気制御グループ）

【研究担当者】 小熊 光晴、小渕 存、内澤 潤子、佐々木 基、木下 幸一、文 石洙、Weidi Huang、Raditya Hendra Pratama、全 知娟、武田 好央、日暮 一昭、阿部 容子、塚崎 好子、飯島 広子、東出 光平、松丸 陽子、君山 尚吾、花房 裕槻、高木 啓示、矢部 孝明、山本 明日香、松岡 正紘、土田 淳、酒井 拓実、茅根 修平
（常勤職員6名、他19名）

【研究内容】

自動車業界のニーズを正確に捉え、エンジン燃焼と排出ガス浄化に関する先進技術の開発に向けた基礎的および先導的研究を行う。平成29年度における主な実施内容は以下の通りである。

自動車用内燃機関技術研究組合（AICE）で行っているディーゼル後処理技術に関する研究テーマの一つとして、エンジン排気の一部を吸気に戻し燃焼温度を低下させ窒素酸化物の生成を抑制するエンジンシステム（排気再循環（EGR）システム）に発生するデポジットの生成メカニズム解明研究を行っている。平成29年度は、デポジット生成に寄与する成分について排ガスおよびデポジットの相互分析を行い、デポジットをテトラヒドロフラン（THF）可溶分及び不溶分に分け、可溶分の主成分が多環芳香族炭化水素（PAH 類）由来であること、排ガス中に高沸点成分である PAH 類で6環のコロネンが検出されたこと、またこれによりデポジット可溶分堆積は PAH 類の架橋反応、重合反応が関与している可能性が高いことを明らかにした。

同じく AICE によるディーゼル後処理技術に関する研究テーマのひとつとして、ディーゼル車から排出される窒素酸化物（NOx）を除去するための選択的触媒還元システム（SCR）において、尿素水が熱分解あるいは SCR 触媒の作用を受けて目的物質（NOx に対する還元剤）のアンモニア（NH₃）へ転化する反応過程を明らかにする研究を行った。このため、フーリエ変換赤外分光法（FTIR）による気体尿素的の定量手法の確立、及び気体生成物（気体尿素、NH₃、イソシアン酸（HNCO））および代表的な固体副生物（ピウレット、シアヌル酸等）の分析による比較的低温（150℃以下）での尿素的の蒸発および熱分解挙動の解明に取り組んだ。90～150℃における尿素的の蒸発および熱分解（無触媒反

応)の挙動を調べた結果、いったん融点(133℃)以上に加熱された尿素については、発生する気体尿素、NH₃、HNCOの濃度は固体(あるいは液体)尿素とほぼ平衡関係にあることがわかった。このことから、尿素分解の速度は、蒸発現象と同様に気体生成物の拡散現象に着目することにより見積もることが可能と推察された。

〔領域名〕エネルギー・環境

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

⑤【環境管理研究部門】

(Environmental Management Research Institute)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：田中 幹也

副研究部門長：尾形 敦

総括研究主幹：大木 達也、村山 昌平

所在地：つくば西

人員：56名(56名)

経費：799,282千円(280,686千円)

概要：

1. 部門のミッション

環境管理研究部門では、大切な資源を有効に利活用するための物質循環技術、産業起源の環境負荷の管理・低減に関する科学技術研究開発を行ない、環境技術産業の振興・創出を図るとともに環境関連政策の立案・実効に寄与することで持続可能な社会の構築に貢献することをミッションとする。

2. 研究開発の方針

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

3. 重点研究課題等

〔重点課題1〕水処理監視・制御技術の開発

21世紀の水不足では、アジア・アフリカを中心

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

具体的には、水質評価では、TOCや重金属、内分泌攪乱物質とその生物影響、微生物などを対象として、「メンテナンスフリー」、「ポータブル」、「リアル

タイム」をキーワードとする技術開発を行っていく。水処理としては、MBR関係では微生物群集の変遷、バイオフィウリングのメカニズム解析と対策技術などの基盤的研究を行う。また、光触媒や吸着剤との複合材料を利用した滅菌、医薬品や化成品等(PPCPs)の吸着分解効率の体系的評価を進めていく。

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

〔重点課題2〕フェムトリアクター設計技術開発

液体の体積を極限まで小さくすることにより、バルクでは達成できない化学反応や化学プロセスの制御が期待できる。本課題では、気中及び液中のエレクトロスプレー法によって、試料液体を直径マイクロメートルサイズ(体積フェムトリットルレベル)の極微小液滴に微細化し、それらの移動を電場で制御することにより、フェムトリットルレベルの極微小液滴内で混合、分離、加熱などを可能にするフェムトリアクター技術を開発し、低環境負荷・省エネルギー化学プロセスの設計に適用することを目指す。

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

〔重点課題3〕都市鉱山技術によるレアメタル等のリサイクル推進

レアメタル等の有用な材料資源の安定供給に資するため、廃電気・電子製品等の未利用資源の高度利用を実現する物理選別技術ならびに化学分離・電解採取技術等を開発する。さらに、コンソーシアムの活動を通じ、国内の静脈関連企業(リサイクル業・製錬業等)、動脈関連企業(家電製造・自動車製造業等)との連携を強化し、産総研開発の技術の普及

や動静脈産業が一体となった戦略的都市鉱山の展開を図り、物質循環型社会の構築を目指す。

内部資金：

標準基盤研究

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

外部資金：

経済産業省 平成29年度試験研究調査委託費

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

経済産業省

「平成29年度希少金属資源開発推進基盤整備事業／アンチモンに選択性を発現する吸着分離剤の開発」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト/クリーン・コール・テクノロジー推進事業/コールバンクの拡充」

「高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術の研究開発事業」

「エネルギー・環境新技術先導プログラム/極微小液滴が形成する反応場を用いたナノ材料の構造・機能制御技術の研究開発」

戦略的創造研究推進事業（CREST）

「時間分解スペクトル法を用いた CO₂還元光触媒反応の機構解明」

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

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

「平成29年度銅原料中の不純物低減技術開発事業/銅鉱石脱砒素選鉱のための選鉱性総合評価装置の開発」

「平成29年度海底熱水鉱床採鉱技術開発等調査に係る海底熱水鉱床選鉱・製錬技術調査研究（選鉱条件最適化支援試験）」

独立行政法人環境再生保全機構 環境研究総合推進費

「水銀を利用する環境とその周辺における水銀ばく露測定システムの開発」

「二段低温ガス化法による CFRP からの炭素繊維の回収」

静岡県 静岡県先端企業育成プロジェクト推進事業

「最先端遺伝子情報解析技術の活用による環境保全・地域資源循環型の有機農産物安定生産システムの開発」

「医療器具用消毒剤の最適管理システムの開発」

文部科学省 科学研究費補助金

「第三の極における強太陽光照射が有害物質長距離輸送に与える影響評価研究」

「大気中アルゴン濃度の超高精度観測に基づく気候システム温暖化のモニタリング」

「レーザー3D 形状解析によるソーティングシステムの高度化」

「高感度同位体追跡と分離培養で拓く地下圏炭素・エネルギー動態の基軸をなす新生物機能」

「ネットワークポリマーの可溶化反応の動力学検討」

「有機分子立体配座コードプログラムの開発」

「再生水中の生理活性物質による潜在的健康リスクの発色評価」

「白金族元素吸着ポリマーの特性の解明及び高レベル廃液からの分離回収への適用研究」

「発光性細胞株アレイを用いた高速 PM_{2.5}評価系の構築」

「ゲル内での層状複水酸化物合成による新規アニオン吸着材の開発」

「単一生細胞での細胞内遺伝子センシング技術の開発とチップデバイス化」

「水処理膜の完全性を脅かすバイオフィルムのリアルタイムイメージング」

「森林生態系の炭素代謝プロセス動態の時空間的変動機構の統合的解明と温暖化影響予測」

「高圧ジェット装置を用いた活性汚泥減量化機構の解明」

「氷成長抑制ポリペプチドと温度応答性物質を用いた水・氷・霜の付着しない機能面の研究」

「タイ低地熱帯季節林の森林タイプの成立要因と降水量シフトによる森林機能への影響評価」

「西太平洋～インド洋海域洋上エアロゾルの光学特性と変質」

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

「マイクロ RNA の量的・質的変動を解析するシステムの構築」

「ヒ素可溶化細菌群とヒ素高蓄積植物を用いたハイブリッド土壌浄化システムの開発」

「都市気候と空調エネルギー需要の相互作用感度（PFB 感度）の定量化とその国際比較」

「熱帯乾燥季節林の水分ストレスと火災が炭素循環に与える影響評価と森林再生への対策」

「多色変化型糖センサーアレイの高機能化と多検体同時検出システムへの展開」

「火山・地熱由来水銀の放出量及び拡散量の推計を目的とした安価な長期観測手法の開発」

「安定同位体プローブ法と次世代シーケンスの融合で拓くレアバイオスフィアの生理生態」

「多色人工生物発光を用いた低分子化学物質の生理活性評価プラットフォームの創製」

「有機相における錯体の凝集化現象の解明及び新規白金族抽出溶媒の開発」

「活性汚泥というブラックボックスの解剖と再構築：遺伝子発現から群中の個の挙動を見る」

「振動エネルギー活用によるラジカル生成エネルギー高効率化とその機構解明」

「ヒト iPS 細胞由来の分化細胞を用いた次世代環境診断システムの開発」

「粒子群の基礎物性に関する2D-3D 変換技術の開発」

「バイオフィーム内の N₂O 生成・消費機構の解明と排出削減が可能な排水処理技術の開発」

経済産業省 平成27年戦略的基盤技術高度化支援事業（機関補助金）

「樹脂／金属接着技術を用いた大気中全マトリクス捕集装置の開発」

環境省 平成28年度環境研究総合推進費補助金

「硝酸性窒素等の有害物を排出しない白金族リサイクルプロセスの開発」

発表：誌上発表119件、口頭発表263件、その他41件

資源選別プロセス研究グループ

(Resources Separation Process Research Group)

研究グループ長：古屋伸 茂樹

(つくば西)

概要：

資源選別プロセス研究グループでは、廃製品等の未利用資源を対象に効率的にレアメタル等を濃縮するための技術開発を推進している。平成29年度は以下の成果を得た。(1) 2D 及び3D 画像認識に基づく廃製品自動認識装置を開発し、ベルトコンベヤで移動するスマートフォン、携帯電話、デジタルカメラの識別性能を検証するとともに、製品 DB に小型家電650機種以上を新たに登録した。(2) 廃製品の筐体解体について9種類の作用機構を検証可能な実験装置を開発するとともに、21項目以上の構造特徴の DB を構築した。(3) 縦カラム型空圧多段選別装置の開発では、電子素子等への選別適応性を確認した。(4) DEM-CFD 連成解析に用いる粒子流体相互作用式の検証を目的に粒子群の堆積構造を直接境界条件に用いたCFD 解析を実施した。(5) 単体分離状態評価技術の研究において、①7種のテクスチャ解析手法からの最適な2手法の選択、②ボロノイ構造粒子解析によるステレオロジカルバイアス (SB) 全体像の解明、③人工材料と X 線 CT による SB 補正法の検証等を実施した。

研究テーマ：テーマ項目2

資源精製化学研究グループ

(Resources Refining Chemistry Research Group)

研究グループ長：成田 弘一

(つくば西)

概要：

当グループでは、化学的手法をベースとした資源精製技術を駆使し、金属およびプラスチックに対するリサイクル率の向上及び再資源化の促進を目指している。今年度は、以下の成果を得た。(1) 希土類元素の吸着分離・回収研究において、隣接元素間の相互分離について検討を行ない、有効な配位子を見出した。(2) 白金族金属の沈殿剤として、ハロゲン含有ピリジン誘導体が有効であることが示された。(3) 溶融塩と合金隔膜を用いた希土類の相互分離試験を行い、ネオジムとジスプロシウムとの分離性を定量評価することに成功した。(4) 炭素繊維のリサイクルに関し、空气中500℃以上で繊維強度が急速に低下することが分かった。また含臭素エポキシ基板の熱分解では、600℃以上で脱臭素が促進され、鉄を添加すると更に加速された。(5) 廃棄物資源化の調査及び技術開発では、木質ガス化発電商業システムについて物質・エネルギー収支を計算した。ガス化炉の性能解析の一環として、ガス収率をラボ実験の結果と比較し、商業システムの結果を説明する量論計算手法を組み立てた。また、廃棄物資源化のための前処理及び熱分解に関わる調査及び技術開発においては、集光加熱炉の超小型化検討を行い、その過程で樹脂・金属複合材の高効率熱処理法を考案した。

研究テーマ：テーマ項目2

環境計測技術研究グループ

(Environmental Measurement Technology Research Group)

研究グループ長：中里 哲也

(つくば西)

概要：

環境リスクを評価・低減する技術の開発を達成するための環境診断技術の開発を目的とし、基盤となる計測・分析法の開発および分析法の標準化活動を実施している。平成29年度は、「水中有害化学物質を対象とする分析技術の開発」については、水俣条約関連の水銀分析法の整備のために、フェニル化トルエン抽出同時処理法とガスクロマトグラフ質量分析法を組み合わせたアルキル水銀分析法を開発し、共存物質が多種・高濃度含まれる工場排水試料や海水試料にも適用可能な条件を見出した。また、本分析法の ISO TC147 の国際標準規格化に向けた委員会原案を作成した。また、「生体応答に基づく化学物質等の生体影響評価技術の開発」については、マウス ES 細胞から分化させた神経細胞およびヒト肝がん細胞それぞれに対する塩化水

銀などの化学物質曝露に応答する長鎖 RNA およびノンコーディング RNA を各々同定し、化学物質の生体影響評価における有用なバイオマーカーである事を見出した。

研究テーマ：テーマ題目1

環境微生物研究グループ

(Environmental Microbiology Research Group)

研究グループ長：羽部 浩

(つくば西)

概要：

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

(1) 膜分離活性汚泥法 (MBR) による高濃度廃水の高効率処理に関わる科学的知見を得るため、膜閉塞をはじめ処理効率に影響を与える微生物の網羅的解析を行った。MBR によって高濃度の有機炭素および窒素を含む畜産廃水の処理を行い、処理効率が安定化するまでの微生物群集の変遷を次世代シーケンサーにより解析し、同時に膜閉塞の状況を共焦点顕微鏡により可視化した。その結果、処理開始直後には畜産廃水に由来する嫌気性微生物群が優占となっており、これらがタンパク質の蓄積による膜閉塞を誘引することで処理が不安定な状態に陥っていた。その後の安定期には多糖やタンパク質分解能を持つ微生物群が優占しており、これらが閉塞物質の分解により膜閉塞を抑制した可能性が示唆された。以上から、畜産廃水処理の不安定化・安定化に関与する微生物種とその機能が見出された。

(2) 生物処理においては細菌のみならず、より大型の原生動物や後生動物といった真核微生物群が処理性能に影響を与えているとされるが、その種類をはじめとする群集構造の詳細は不明であった。そこで真核生物の18S rRNA 遺伝子をターゲットとした次世代シーケンサーによる大規模同定技術を確立した。その結果、真核微生物の群集構造解析が可能になり、細菌-真核微生物や真核微生物同士の捕食-被食関係が水処理システムの処理性能に影響を与えている可能性を見出した。

(3) 社会ニーズ、企業ニーズに対応した環境汚染対策について、複数の企業に対し共同研究、受託研究を通して技術的な貢献を行った。

研究テーマ：テーマ題目1

反応場設計研究グループ

(Reaction Field Design Research Group)

研究グループ長：脇坂 昭弘

(つくば西)

概要：

化学反応効率・選択性を極限まで高め、環境負荷物質の発生削減と分解効率最大化を目指して、(1) 極微小液滴反応場 (フェムトリアクター)、(2) プラズマ反応場、(3) 光化学的反應場、(4) 機能性分子反応場、(5) 液中クラスター反応場に関する研究開発を行った。(1) フェムトリアクターについては、エレクトロスプレー法により極微小液滴を反応場として制御し、触媒、量子ドット、高分子材料、導電インクなどのナノ構造制御に適用した。(2) プラズマ反応場については、プラズマトーチ中の原子発光スペクトルの時間・空間分解変化を計測し、粒子状物質のサイズ・組成の同時計測を可能にした。(3) 光化学的反應場については、複核金属錯体系化合物を光化学反應場とする二酸化炭素の光還元反應機構を解析し、人工光合成系の高効率化に応用した。(4) 機能性分子反応場については、光学活性分子の立体配座コード化技術を薬理活性などの機能性発現構造解析へ応用した。(5) 液中クラスター反応場については、液体のクラスターレベルの構造と物性 (凍結温度、熱容量など) との関係を明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目3

水環境技術研究グループ

(Water Environment Technology Research Group)

研究グループ長：日比野 俊行

(つくば西)

概要：

当グループでは水の高度利用に係る物理化学的処理及び解析に関して検討を行い、実用に資する新規技術創出を目標としている。平成29年度の検討及び成果は以下の通りである。(1) 「吸着剤の開発・改良」では、ゲル内層状複水酸化物合成による新規陰イオン吸着剤の開発において、合成での沈殿剤性能を比較し、生成物に与える影響の差を明らかにした。さらにアガロース以外のゲルやポラスな基材を使った複合体を合成し、陰イオン吸着剤として機能することを確認した。(2) 「有害物の分解触媒の開発・改良並びにシステム構築」では、成形セラミック光触媒の開発に成功するとともに、生理食塩水が光触媒殺菌効果に与える影響を明らかにした。また、炭素系コアシェル型可視光触媒関係では、表面修飾により活性が向上した。さらに、繊維質炭素とグラフェンのブロック状吸着材やナノ銀マイクロ球体、サンドイッチ型グラフェンメソポーラスシリカなどを開発し、二次元ゼオライトの合成も試みた。(3) 「水処理技術に係る現象のメカニズムの分析・解析」では、水の相変化挙動や水中イオン物質の凝集結晶化に対する新しい計算科学手法を導入し

た解析を行い知見を蓄積した。
研究テーマ：テーマ題目1

大気環境動態評価研究グループ

(Atmospheric Environment Study Group)

研究グループ長：兼保 直樹

(つくば西)

概要：

大気環境の動態を解析し、環境の変化を検出するための分析・モニタリング技術の開発を行い、産業活動による環境影響の評価、および地球温暖化対策技術の提言に繋げることを目標に活動を行った。今年度は、

(1) 国内外3箇所の森林生態系において大気とのCO₂交換量と環境因子の観測を継続し、さらに国内外7箇所で海洋貯熱量変動の指標となる大気中アルゴン濃度の測定および発生源の情報を含むCO₂とO₂濃度の同時観測を実施した。(2) 気候変動に伴う空調使用増加が都市の高温化と電力需要に及ぼす追加的な影響を、スーパーコンピューターを用いた計算により定量化した。(3) 微量化学物質の大気からの除去速度の推定に必要な物性取得のため、物性が既知の化学物質を用いて予備実験を行い、また、光化学大気汚染の原因ともなるイソプレンの酸化反応に対する水蒸気の影響を、水との錯体の低温赤外スペクトルの観測と量子化学計算により検討した。(4) 大気中微粒子の動態について、船舶観測により北緯35度～南緯68度の海洋大気中での光学的特性の変化を解析、また、福島事故により放出された放射性核種の山岳域への沈着メカニズムを、航空機観測データを用いて地域毎に類型化した。

研究テーマ：テーマ題目4

海洋環境動態評価研究グループ

(Marine Environment Research Group)

研究グループ長：鈴木 昌弘

(つくば西)

概要：

海洋環境評価研究グループは、陸上での人間活動あるいは海洋を直接利用する産業活動が海洋環境に及ぼす影響の監視や評価を行なう手法を開発し、産業および環境政策の策定の根拠とする知見の提供を研究活動の目的としている。平成29年度は、温室効果ガス排出抑制技術として期待される二酸化炭素の回収貯留(CCS)技術と生態系を利用した二酸化炭素削減技術の効果と環境影響の評価に関連して、海水中のCO₂モニタリングセンサーの開発を進めるとともにCCSにおける海洋環境モニタリングシステムの全体像について検討を実施した。またわが国において重要な金属鉱物資源として期待されるコパルトリッチクラスタの開発に関連した環境影響評価および環境ベースラインモニタリング手法の開発を行なった。さらに、

人工有機汚染物質(POPs)を化学トレーサーとして地球規模環境変動・長距離輸送現象を解析する研究の一環として、中東・インド・中国から日本までのアジアベルト地帯での国際共同研究体制を確立し、モニタリング研究を開始した。また、政策レベルで使用できる信頼性の高い測定値を与えるために、POPsやPOPs候補物質などについて、ISO/CD 21675やISO/FDIS 20596-1国際標準規格原案を策定した。

研究テーマ：テーマ題目4

[テーマ題目1] 水処理監視・制御技術の開発

[研究代表者] 尾形 敦(環境管理研究部門)

[研究担当者] 尾形 敦、鳥村 政基、中里 哲也、青木 寛、谷 秀典、重田 香織、羽部 浩、飯村 洋介、愛澤 秀信、堀 知行、佐藤 由也、稲葉 知大、青柳 智、日比野 俊行、清野 文雄、根岸 信彰、王 正明、菅澤 正己、灘 浩樹、大塚 耕治、川岸 恭司、柳澤 真紀、萱嶋 由美子、宮崎 ゆかり、鈴木 敦子、清水 美春、高橋 信行、青島 政之、呉 浩怡、劉 潔、李 智明、Yang Danni、八木 陽帆、平見 侑季
(常勤職員19名、他15名)

[研究内容]

環境リスクを評価低減する技術開発を目指し、1) 水質分析・評価技術、2) 微生物を用いた水質浄化技術、3) 物理化学的手法を用いた水質浄化技術に取り組んだ。また、4) アジアにおける水環境の調査と海外機関との研究連携を行った。個別の成果、進捗状況は以下の通り。

1) 「水中有害化学物質を対象とする分析技術の開発」については、水俣条約関連の水銀分析法の整備のために、共存物質が多種・高濃度含まれる工場排水や海水試料にも適用できるロバストなアルキル水銀分析法を開発し、ISO TC147の国際標準規格化に向けた委員会原案を作成した。また、「生体応答に基づく化学物質等の生体影響評価技術の開発」については、マウス ES細胞から分化させた神経細胞およびヒト肝がん細胞それぞれに対する塩化水銀などの化学物質曝露に応答する長鎖 RNA およびノンコーディング RNA を各々同定し、化学物質の生体影響評価における有用なバイオマーカーであることを見出した。

2) 膜分離活性汚泥法(MBR)による高濃度廃水の高効率処理に関わる科学的知見を得るため、膜閉塞をはじめ処理効率に影響を与える微生物の網羅的解析を行った。今年度は特に、畜産廃水の処理安定化に関与する微生物群集の解析に注力した。MBRによって高濃度の有機炭素および窒素を含む畜産廃水の処理を行い、処理効率が安定化するまでの微生物群集の変遷を次世代シーケン

サーにより解析し、同時に膜閉塞の状況を共焦点顕微鏡により可視化した。その結果、処理開始直後には畜産廃水に由来する嫌気性微生物群が優占となっており、これらがタンパク質の蓄積による膜閉塞を誘引することで処理が不安定な状態に陥っていた。その後の安定期には多糖やタンパク質分解能を持つ微生物群が優占しており、これらが閉塞物質の分解により膜閉塞を抑制した可能性が示唆された。以上から、畜産廃水処理の不安定化・安定化に関与する微生物種とその機能が見出された。

3) 「吸着剤の開発・改良」については、ゲル内での層状複水酸化化合物合成による新規陰イオン吸着剤の開発において、合成での沈殿剤に NaOH 溶液とアンモニア水を用いて性能を比較し、生成物に与える影響の差を明らかにした。さらにアガロース以外のゲルとして κ-カラギーナンゲルやアルギン酸ゲルを用いたり、ポーラスな基材とアガロースゲルを組み合わせさせた複合体を合成し、いずれの複合体も陰イオン吸着剤として機能することを確認した。「有害物の分解触媒の開発・改良並びにシステム構築」については、成形セラミック光触媒の開発に成功し、従来型の不定形セラミック光触媒と比べて少ない量でも十分な性能がでることを確認した。また、生理食塩水が光触媒殺菌効果に与える影響を明らかにした。「ナノ構造制御による微量新規有機汚染物除去剤の開発」については、炭素系コアシェル型可視光触媒などをベースにし、表面修飾により活性向上した複合型光触媒の開発に成功した。さらに、繊維質炭素とグラフェンのブロック状吸着材を開発し、親水性及び疎水性有機物の両方に吸着能力の向上が確認できた。また、表面増強ラマン用新規基質材として応用可能なナノ銀マイクロ球体やサンドイッチ型グラフェンメソポーラスシリカの開発に成功した。二次元ゼオライトの合成も試み、二次元構造に近いものを得ることができた。「水処理技術に係る現象の吸着メカニズムの分析・解析」については、レア・イベントシミュレーション法を導入した分子レベルで且つ実時間スケールでの水の相変化挙動解析を行った。また、炭酸塩やリン酸塩の凝集結晶化を高効率化させる基盤知見を得るため新しい構造解析手法を確立した。さらに、液晶高分子の自己組織化を利用したイオン・分子の高効率輸送・分離材料開発において、計算科学による材料設計の基盤的知見構築を行うとともに、輸送・分離機構解明に成功した。

4) タイ、ベトナム、中国で調査研究、連携強化を行った。

「タイ」については、タイ国立科学技術研究所 (TISTR) 及びタイ科学技術庁 (NSTDA) との水質調査、水処理技術に関する連携を継続するとともに、新たに地下水資源局 (DGR) も連携に加わることとなった。タイ農村部における飲料水実態調査のため、タイ最北部の山岳集落における飲料水のサンプリング並びにヒアリングを実施した。細菌汚染レベルは今まで調査済みの集

落と同様高いことを確認し、さらに光触媒処理に大きな影響を与える重炭酸イオン及び溶存シリカ濃度の測定も行った。

「ベトナム」については、現地埋め立て処分場の調査・最適処理システムの提案を主体としたベトナム科学技術アカデミー・環境技術研究所 (VAST-IET) との連携を継続し、ベトナム廃棄物処分場からの浸出水処理において、生物処理後の難分解性有機物対策として、促進酸化法の適用に加えて活性炭を用いた吸着剤適用検討を行った。2018年3月には IET の研究者を招へいし、プロトタイプ吸着剤の合成と性能評価検討を行うとともに、情報交換を行った。

「中国」については、清華大との間で11月に高松市にて「水の再生利用に関するワークショップ」を開催し情報交換を行うとともに、香川県多度津町の多度津町再生水施設の見学を行った。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】水質分析、水質評価、水処理、微生物、吸着剤、触媒、アジア

【テーマ題目2】都市鉱山

【研究代表者】大木 達也 (環境管理研究部門)

【研究担当者】大木 達也、古屋仲 茂樹、西須 佳宏、林 直人、上田 高生、片桐 淳、成田 弘一、大石 哲雄、尾形 剛志、鈴木智也 (環境管理研究部門)、田原 聖隆、畑山 博樹 (安全科学研究部門)、森本 慎一郎 (地質資源環境研究部門) 増井 慶次郎、近藤 伸亮、高本 仁志、松本 光崇 (製造技術研究部門) (常勤職員17名、他18名)

【研究内容】

動静脈産業連携による戦略的都市鉱山の展開を図り、高効率な資源循環システムの構築を目指すため、3つのカテゴリに分かれて検討を行った。

<廃製品自動選別技術開発>

製品ソータの研究開発:

製品選別に適した深層学習等による画像認識アルゴリズムを検討し、スマートフォン (スマホ)、フィーチャーフォン (携帯)、コンパクトデジタルカメラ (デジカメ) の自動識別プログラム2件及び表面文字情報の自動認識プログラム1件を開発、ベルトコンベヤ (0.5 m/s) を用いた識別実験で3品目間の識別精度90 %以上を確認した。また、スマホ50機種、携帯38機種、デジカメ73機種のプリント基板 (基板) に含まれる金属元素の種類・量を分析し、資源価値を数値化したデータベースを構築した。さらに、多様な廃製品の単品供給を可能とする供給機の開発を目的として、3D スキャナで計測した製品群の運動挙動を個別要素法により数値解析するシステムを構築した。

自動解体装置の研究開発：

筐体のみを選択的に破壊し、内部の基板や電池を非破壊で解体する技術の開発を目的として、弱点形成—外力付与作用を具現化する複合的外力付与試験装置を開発した。また、スマホ及び携帯100機種種の構造上の要点や電池位置等を数値化したデータベースを構築し、電池を無傷で解体できる装置設計上の指針を導出した。さらに、既存自動解体機（チェーン式破砕機）の改良要件を明らかにした。

モジュールソータの研究開発：

解体後の各モジュールの選別を自動化するため、複数対象物の並列処理が可能な画像認識プログラムを開発して基礎的な選別実験を実施した。

<廃部品自動選別技術開発>部品剥離装置の開発：

DEM-GA 解析による電子部品の理想剥離を具現化するため、機械方式及び水噴射方式の検討を行った。機械方式ではチェーン式破砕機をベースとし、14の主要な設計要素が変更可能で、実験計画法により各設計要素の効果を検討可能な基板剥離機構試験装置を開発した。また、基板を構成する素材の高速度域における変形強度特性を把握した。以上の結果、機械方式の採用が適当と判断した。また、部品剥離状態の定量的評価のため、X線カメラと画像解析を統合した部品剥離状態分析装置を試作した。

選別装置自動制御技術の開発：

ドラム磁選機、渦電流選別機について、装置内粒子運動予測システムの開発に着手した。ドラム磁選機では、測定困難な物性値を複数の実験結果から推定するパラメータ・チューニング機能を開発し、様々な IC・メモリ類について、誤差6 mm 程度で落下位置を予測可能となった。渦電流選別機では、単位時間ごとに磁場空間を構築しなおす有限要素法では、計算が破綻することがわかり、積分要素法による検討を開始した。一方、都市鉱山ポテンシャル推定に必要な将来需要予測をプラチナ、パラジウムについて実施、また、小型家電15製品について、国内出荷数統計と使用年数分布モデルに基づいた廃製品排出量推定モデルを構築した。さらに、技術の進展効果を推定するため、静脈プロセスシミュレーションモデルの構築を進めるとともに、考慮すべき環境側面の評価のため、LCA に必要な金属生産プロセスデータの作成を実施した。

TF 選別システムと一貫制御技術の開発：

選別産物を次工程へ自在に搬送可能なマルチ供給制御システムの開発に着手した。システムをコンパクトにするため、従来のコンベア搬送でなく気流搬送システムを採用し、その試験用モジュールを試作した。

<高効率製錬技術開発>鋳型分離技術を利用した希土類元素の高精密金属イオンサイズ認識分離：

同技術を利用した吸着分離研究について、ジグリコールアミド酸 (DGAA) もしくは PTA を固定化した吸着剤 (10種類) を作製した。DGAA 型および PTA 型吸着剤による低濃度の軽希土類元素の吸着率を調べたところ、隣接した希土類元素間においてその値に差異を確認できた。特に、フェニル基を有する PTA 型吸着剤では Eu ~Gd 付近に吸着率の最大値を示した。

溶融塩を利用した濃縮系少量材料のリサイクル技術：

本プロセスの分離性評価の基礎データとして、各溶融塩系において Nd もしくは Dy との合金の形成電位を測定した。さらに、系統的な透過試験に適した H 型のパイレックスガラスセルを試作し、高性能電気化学測定装置を用いて試験を行った。また、試験装置の高温化対策として、遮熱板による輻射の低減、断熱材の最適化、空冷能力の強化等を行い、フッ化物系向けの電気炉導入準備を終えるとともに、高温塩化物系では既に各種測定を開始した。

また、廃製品・廃部品の自動選別技術開発等を集中的に進めるため、つくば西に集中研究施設の整備を進めた。

これらの成果は、主として国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務において、一部他機関と共同して得られたものである。

【領域名】 エネルギー・環境

【キーワード】 都市鉱山、リサイクル、金属資源循環、循環型社会、動静脈連携

[テーマ題目3] フェムトリアクター化学プロセスによる環境負荷低減技術の開発

【研究代表者】 脇坂 昭弘 (反応場設計研究グループ)

【研究担当者】 脇坂 昭弘、佐野 泰三、小原ひとみ、寺本 慶之、市川 廣保、堀 智子
(常勤職員4名、他2名)

[研究内容]

フェムトリアクターはエレクトロスプレー法で生成した極微小液滴 (直径1~10マイクロメートル、体積0.5~500フェムトリットル) 中で化学反応を制御する技術である。気中でのエレクトロスプレーに加えて液中でのエレクトロスプレーを適用する技術を開発したことで、以下に示すようにフェムトリアクターの制御性が顕著に改善した。i) エレクトロスプレー法で正または負に帯電した極微小液滴を生成し、静電力により正-負液滴を衝突させ高速で2液を混合することができる。また、混合後の極微小液滴の回収効率は液中エレクトロスプレーにより劇的に向上させることができる。ii) 液中エレクトロスプレーにより、極微小液滴の温度を精密に高速で制御することができる。iii) 液中のエレクトロスプレーは気中でのエレクトロスプレーに比べて、高電圧下においても静電破壊 (放電) を起こしにくいと、電圧により液滴のサイズを広範囲で制御することができる。

フェムトリアクターにより、2液の高速混合、反応場

温度の精密・高速制御、及び電圧による反応体積の制御が可能となるため、化学反応の選択性を劇的に高めることができる。例えば2液の混合速度が遅いと化学反応のスタートに時間差が生じ、進行状況に差が生じることにより副生成物を生じやすくなる。同様に反応場温度の高速・精密制御も反応選択性に大きな効果を与える。また、反応体積の制御は連鎖的な反応の制御に効果を発揮し、例えば、ナノ粒子の成長制御、高分子化合物の分子量制御などを反応体積、即ち電圧で制御する極微小液滴のサイズで制御が可能になる。このようにフェムトリアクターはバルクの限界を超えた選択的な反応制御を実現可能にする技術である。反応選択性の向上は分離に要するエネルギーを低減できるため、環境負荷低減に大きく貢献する技術である。

今年度はフェムトリアクターを材料合成に適用し、従来法では困難な構造制御と機能発現を目指して、以下の4分野において開発実績が豊富な企業6社と連携して実現可能性を評価する研究を開始した。

量子ドット分野：

粒径によって発光波長を制御することができる半導体量子ドットの合成法に適用し、目的のサイズの量子ドットを選択的に合成する技術開発を行った。

金属ナノ粒子触媒分野：

排ガス処理用の白金族触媒は粒径によって触媒活性が顕著に変化する。フェムトリアクターにより、高触媒活性を示す2~3 nm の白金族粒子を選択的に合成する技術を開発し、従来法で合成した触媒と比較してより高活性が得られることを確認した。

高分子材料分野：

モノマーと重合開始剤とを液中エレクトロスプレー法により混合して極微小液滴内で重合反応を起こさせることにより、分子量と分子量分布を制御できることを見出した。これにより、これまで乳化剤を大量に使用した乳化重合法でしか合成できなかった樹脂材料を乳化剤フリーの低環境負荷条件下で合成することが可能になった。

導電加工用金属ナノ粒子量産化分野：

フェムトリアクターによる合成法を既に確立している銀ナノ粒子分散液について、エレクトロスプレーノズルを12本設置した試験装置を試作し、量産化試験を行った。銀ナノ粒子の凝集を起こさずに連続して20 nm 以下の銀ナノ粒子を合成・回収できる量産化に関する基盤技術を確認した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

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

【テーマ題目4】 環境動態評価に関する研究

【研究代表者】 村山 昌平（環境管理研究部門）、
兼保 直樹（大気環境動態評価研究グループ）、
鈴木 昌弘（海洋環境動態評価

研究グループ）

【研究担当者】 村山 昌平、兼保 直樹、忽那 周三、
伊藤 文之、古賀 聖治、前田 高尚、
石戸谷 重之、高根 雄也、鈴木 昌弘、
山下 信義、鶴島 修夫、谷保 佐知、
山田 奈海葉、塚崎 あゆみ、
近藤 裕昭（常勤職員14名、他1名）

【研究内容】

大気中の微小粒子状物質（PM_{2.5}）の環境基準達成率を向上させるうえで、短基評価（1日平均値）の未達成地域において、比較的短い時間継続する高濃度の要因・発生源を明らかにすることが課題となる。そこで、東京都心部において大気中の酸素（O₂）濃度と二酸化炭素（CO₂）濃度を高い精度で観測することにより、O₂消費量とCO₂生成量の比（oxidative ratio）が燃料種（石油・石炭・天然ガス）によりそれぞれ異なることを利用して、PM_{2.5}濃度上昇時の大気に影響を与える燃焼排出源の燃料種の推定を進めた。2017年12月のPM_{2.5}濃度の上昇時にはoxidative ratio が低い値を示す例が多く、石炭燃焼系の発生源の寄与を示唆した。また、蛍光 X線分析装置内蔵型PM_{2.5}測定器により得られた元素組成比から、12月の関東平野では、寒冷前線の通過で汚染状態が解消した際には大陸性気団の流入が生じるが、国内起源のローカル汚染によるものよりも大陸から長距離輸送されたPM_{2.5}の方が低濃度となり、一般社会での認識とは逆の結果を示した。

化学物質の環境受容性評価では、大気寿命に関わる物理化学定数等を用いて、環境中除去過程を定量評価する必要がある。しかし、実際には関連物理化学定数の文献値等がない場合も多い。本研究では、化学工業で広く利用される試薬であるヘキサフルオロプロペンオキシド（HFPO）の加水分解速度を室内実験で決定し、雲および海洋への溶解による大気寿命を見積もった。HFPOの水溶性は低く、気液界面の物質移動が加水分解速度より遅いため、気相濃度変化から直接加水分解速度を求めることができず、文献値がなかった。閉鎖循環経路をもつ反応装置を用いて、HFPOを含む試料ガスを循環させながら一定量の水に繰り返し接触させ、HFPO分圧の変化を観察した。実験は、水の攪拌速度、pH および温度を変えて実施した。pH がアルカリ性になると炭素-炭素結合の開裂が起きて一酸化炭素が生成するなど生成物が異なることがわかった。一連の観察結果について、二重膜モデルを用いて加水分解速度定数等をパラメータとしてシミュレーション計算し、観察結果を再現する加水分解速度定数を決定した。決定した値から、他の除去機構がなければ、HFPOは、雲ではなく海洋への溶解により数百年の大気寿命で除去されると推定された。

第四次環境基本計画における、2050年に温室効果ガス排出量を80%削減するための重要な橋渡し技術である海域地層を利用した二酸化炭素回収貯留（CCS）技

術の実現に向けて、海水中に万が一漏洩した CO₂の動態予測、監視、環境影響評価手法の構築が不可欠である。長期間のモニタリングに耐えうる海水中の炭酸系計測センサーの開発を進めてきた。さらに大気中の温室効果ガス削減の担い手として期待される沿岸浅海生態系（ブルーカーボン）に着目し、産業副生物を有効活用した浅海生態系創生技術とブルーカーボンの定量的評価に向けた検討を実施した。また海洋環境の適切かつ積極的な産業利用の推進を図るため、熱水鉱床やコバルトリッチクラスタなどの海底鉱物資源開発に関わる環境影響評価・環境ベースラインモニタリング手法の検討を行った。

産業起源の人工の残留性有機汚染物質（POPs）の長距離輸送現象の解明および POPs を化学トレーサーとして地球規模での物質動態・環境変動の評価を行った。特に全球収支を理解する上での鍵反応である自然環境光下での光分解反応について、中国、インド、4000 m 級の Wolong 山など第三の極における氷河・大気・土壌・植生に残留する POPs の環境調査を行い、特に高山から流出した化学物質が蓄積している底泥試料を分析し汚染等状況を明らかにした。また、ストックホルム条約・バーゼル条約の緊急課題となっているポリおよびペルフルオロアルキル化合物（PFASs）の安全管理について、上の全球レベルの環境残留性調査と合わせ、政策レベルで使用できる信頼性の高い測定値を与えるために、いくつかの ISO 国際標準分析法を開発した。具体的には世界初の PFOS/PFOA 国際標準分析法である ISO 25101 の次期規格として、委員会原案（CD）である ISO/CD 21675を作成し、委員会に回付し承認された。本規格は11ヶ国27機関が参加した精度管理試験の実施により、その測定方法の妥当性確認を行った。また新規 POPs のメチルシロキサンについても最終国際規格原案（FDIS）として ISO/FDIS 20596-1を作成し委員会に回付した。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】PM_{2.5}、発生源指標、大気中寿命、二酸化炭素回収貯留技術（CCS）、残留性有機汚染物質（POPs）、コバルトリッチクラスタ

⑥【安全科学研究部門】

(Research Institute of Science for Safety and Sustainability)

(存続期間：2008.4.1～)

研究部門長：緒方 雄二

副研究部門長：玄地 裕

所在地：つくば西、中央第5、北、中央第1

人員：38名（38名）

経費：537,930千円（188,183千円）

概要：

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

平成29年度は、リスク評価戦略、環境暴露モデリング、排出暴露解析、爆発安全研究、爆発利用・産業保安研究、社会と LCA 研究およびエネルギーシステム戦略の7グループで研究開発を行った。豊かで環境に優しい社会を実現するグリーン・テクノロジーを推進する産総研エネルギー・環境領域の一員として、領域ミッションである環境・安全技術「リスク評価からリスクトレードオフ、リスクコミュニケーションへ」を担当し、化学物質や材料、エネルギーを適切に利用するためのリスク評価・管理手法を開発するとともに、産業事故の防止及び被害低減化に向けた技術開発を行うことを目的として、以下の2つのミッションを挙げている。

ミッション①「化学物質や材料、エネルギーを適切に利用するためのリスク評価・管理手法の開発」：行政・企業等の社会ニーズおよび国際化に対応するため、新規材料や化学物質複合影響のリスク評価手法の開発を進め、これらの成果を行政や国際機関における安全管理枠組みへ反映させる。また、産業のイノベーションを支援するために地球規模のリスク評価・管理手法やエネルギー評価手法を開発する。

ミッション②「産業事故の防止及び低減化に向けた技術開発」：化学物質の爆発影響を評価技術、および有効利用技術を開発するとともに、産業の安全及びリスク低減化に向けた評価技術の開発を行う。

これらのミッションに対応して、平成29年度は、本研究部門のプレゼンスを示す部門重点課題（ユニット戦略課題）として1) 安全管理政策に資するリスク評価研究、及び2) 鉱工業のイノベーションを支える評価技術の開発を選定し、融合研究を実施した。また、本年4月に LCA 評価手法による国内外との連携強化と技術評価の実施と方法論の確保のため IDEA ラボを設立した。

外部資金：

経済産業省 受託研究費「平成29年度化学物質安全対策（ナノ材料気管内投与試験法等の国際標準化に関する

調査)」

経済産業省 受託研究費「平成29年度水素導管供給システムの安全性評価事業（水素導管の大規模損傷リスク評価）」

経済産業省 受託研究費「平成29年度石油精製等に係る保安対策調査等事業（高圧ガスの過去事故分析によるチェックポイントの調査研究）」

経済産業省 受託研究費「平成29年度石油精製等に係る保安対策調査等事業（プラント内における非防爆機器の安全な使用方法に関する調査）」

一般財団法人日本規格協会 受託研究費「火薬類の安定度試験に関する JIS 開発」

公立大学法人静岡県立大学 受託研究費「平成29年度「省エネ型電子デバイス材料の評価技術の開発事業（機能性材料の社会実装を支える高速・高効率な安全性評価技術の開発 - 毒性関連ビッグデータを用いた人工知能による次世代型安全性予測手法の開発-）」

国立大学法人東北大学 受託研究費「住家内汚染の包括的研究及びこれによる内部被ばく線量評価」

国立大学法人京都大学 受託研究費「平成29年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 受託研究費「非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発/CNF 安全性評価手法の開発」

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

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

基盤研究 (A) 科研費補助金「分散型エネルギー取引市場制度設計に関する理論構築、経済実験及び社会実装」

基盤研究 (B) 科研費補助金「放射線被ばくへの効果的な対策に資する問題解決型リスク評価手法・過程の検討と実践」

基盤研究 (B) 科研費補助金「室内環境における SVOC 類の挙動解析及び統合的暴露評価/リスク評価」

基盤研究 (C) 科研費補助金「ミジンコ類の表現型可塑性と化学物質による攪乱影響の評価」

基盤研究 (C) 科研費補助金「太陽光・風力発電の大量連系と電力需給バランスを考慮した CO2削減効果の推計」

若手研究 (A) 科研費補助金「複雑混合物のリスク評価に向けた暴露評価手法開発」

若手研究 (A) 科研費補助金「グローバルサプライチェーンにおける隠れた水資源フローに起因する環境リスク評価手法」

研究活動スタート支援 科研費補助金「家庭用エネルギー技術の包括的評価手法の開発」

研究成果公開促進費 科研費補助金「リレーショナル化学災害データベース」

基盤研究 (C) 科研費補助金「産業事故発生メカニズムの解明と事故抑止のための生産システムの実験的検証」

若手研究 (B) 科研費補助金「化学物質の有害性推論手法の確立に資する統計的手法の深化とその適用」

国際共同研究加速基金（国際共同研究強化） 科研費補助金「放射線被ばく等への効果的なリスク対策に資するリスク評価手法・過程に関する研究（国際共同研究強化）」

基盤研究 (A) 科研費補助金「サプライチェーンが産み出す価値と環境・資源ストレスの統合的ホットスポット分析」

基盤研究 (A) 科研費補助金「システム改革の下での地域分散型エネルギーシステムへの移行戦略に関する政策研究」

基盤研究 (A) 科研費補助金「化学物質の包括的モニタリングを可能にする質量分析法の応用に関する研究」

基盤研究 (B) 科研費補助金「金属素材の持続可能な循環利用システムの構築」

基盤研究 (B) 科研費補助金「住宅における Dampness の室内環境の解明と健康リスクマネジメント」

基盤研究 (C) 科研費補助金「単一パルス高圧衝撃波管によるテトラフルオロエチレン爆発予知のための反応モ

デル構築」

基盤研究 (C) 科研費補助金「チタンと硝酸との反応による爆発性物質の同定及び安全取扱技術の確立」

静岡県 受託研究費「環境に優しいローエミッション花火の製造技術の開発」

静岡県 受託研究費「アルミニウムを反応媒体としたSBH (Sodium Borohydride) の工業的製造技術開発とSBH 製造に伴う副生アルミナのアルミニウムへの再生および副生アルミナの品質制御条件の確立」

独立行政法人自動車技術総合機構 請負研究「大気化学輸送モデルを用いた自動車等排出ガス低減対策の効果推定とその検証」

一般社団法人日本化学工業協会 受託研究費「化学物質の有害性予測および環境リスク評価・管理システムの高度化」

国立大学法人横浜国立大学 厚労省科研費補助金 (分担金)「定性的手法を用いた労働災害防止対策の取り組みに対する労働者の認識の分析」

公益財団法人住友財団 財団助成金「金属資源循環システムの環境影響評価に向けた基礎データの確立」

一般社団法人日本鉄鋼協会 社団助成金「革新的 LCA による鉄鋼材料の社会的価値の見える化」

公益財団法人鉄鋼環境基金 財団助成金「種間差と水質を考慮したミジンコに対するニッケルの生態毒性評価」

発 表 : 誌上発表105件、口頭発表200件、その他27件

リスク評価戦略グループ

(Risk Assessment Strategy Group)

研究グループ長 : 玄地 裕

(つくば西)

概 要 :

化学物質、ナノ材料および放射性物質のリスクに関連する具体的な課題について評価を実施しながら、適切なリスク評価・管理手法の開発や考え方とその適用に関する研究を推進する。平成29年度の研究概要は以下の通り。

① 化学物質のリスク

休廃止鉱山地域での金属の生態リスク評価研究に着手し、本格的な生態リスク評価・管理研究に向けて、某休廃止鉱山において予備的調査を実施し、そ

の結果を解析した。試験生物を用いた生態影響評価を実施するための基盤整備として、生物試験設備の整備と信頼性評価を実施した。人工知能による有害性推論手法開発では、プロジェクトの基盤となるインビボ毒性試験データの整備と解析を行った。複数物質の有害性推定手法については、混合物である洗浄剤の有害性メカニズムの解析を行った。

② 工業ナノ材料のリスク

ナノ材料の気管内投与試験のラボ間比較の統計解析や肺負荷量計測等の分析を実施した。セルロースナノファイバー (CNF) 安全性評価手法開発プロジェクトに着手した。その中で CNF 試料調製条件と分散液中の物理化学的特性との関係性を取得し、気管内投与試験の条件の検討を行った。事業者や関連団体と連携しながら簡易なナノ炭素材料の有害性評価手法について普及に努めた。

③ 放射性物質のリスク

福島県を対象とした被災地の実態に合う個人被ばく線量の推定のためのツール (Web 版) のプロトタイプを開発した。ノルウェーやフランスの研究者と協力して、個人被ばくに関するリスク対策・基準値等の国際比較に資する情報を体系的に整理した。帰還時の清掃や生活におけるリスク評価およびリスク低減策を検討するために、帰宅困難区域の住宅を対象として、ハウスダスト及びエアロゾル中の放射能を計測した。

研究テーマ : テーマ題目1

環境暴露モデリンググループ

(Environmental Exposure Modeling Group)

研究グループ長 : 梶原 秀夫

(つくば西)

概 要 :

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

このような背景から、当グループでは、化学物質の人や生態系へのリスク評価において、最も基礎となる暴露評価技術の開発を行っている。大気、河川、海域、室内 (製品) 等、複数の暴露評価モデルの開発を行い、これらを用いた暴露・リスク評価を他のグループと連携して実施し、その結果を化学物質管理等の政策に反映させる。平成29年度は、以下に示す外部資金及び内部資金によるプロジェクトと民間企業との共同研究を中心に研究を進めた。

① 大気化学輸送モデルを用いた自動車等排出ガス低

減対策の効果推定とその検証

② 非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発／CNF 安全性評価手法の開発

③ AIST-SHANEL の河川底泥濃度推定精度向上に関する研究

また、これまで開発してきたモデルや研究成果の普及や維持管理にも努めた。

研究テーマ：テーマ題目1

排出暴露解析グループ

(Emission and Exposure Analysis Group)

研究グループ長：恒見 清孝

(つくば西)

概要：

新規物質、代替物質や混合物のヒト健康や生態への排出・暴露解析やリスク評価を通じて、行政ニーズおよび国際化対応や新技術のイノベーションを支援することを目標として、排出解析、暴露解析を実施し、物性解析手法、環境中への排出量推定手法、発生源同定手法、環境中動態推定手法、ヒト・生物の暴露量推定手法等の手法の開発を行っている。平成29年度は、以下の研究を実施した。

- ① 混合物の物性推定手法・発生源同定手法の開発
 - ・環境中や製品中の複雑な化合物組成を有する混合物に対して適用可能な物性推定手法を、劣化エンジンオイル試料に適用した。二次元分離分析装置の出力を介した本手法が、本試料のような中程度の複雑混合物に対しても適用可能である事を確認した。
 - ・多数の環境試料から、特徴的な成分を統計学的手法で抽出する方法を開発し、実試料への適用を行った。混合物試料について、本手法が80 %程度の正答率で、成分の特徴に応じた試料分類化を行える事を確認した。
- ② 生態リスク評価ツールの開発
 - ・環境省の生態毒性予測システムと連結して、新規物質を評価できる機能と、汎用生態リスク評価管理ツール (MeRAM) 搭載毒性データベースから物質別、生物種類別、毒性種別に CSV ファイルへエクスポートする機能を、MeRAM-Ver. 2.0.1に搭載した。
 - ・環境省主催セミナーや部門講演会で、複数回 MeRAM のツール講習会を実施し、都道府県の行政担当者や産学官関係者への普及を図った。
- ③ ナノセルロースの排出・暴露評価
 - ・飛散したナノセルロースの計測手法として、エアロゾル計測器や熱炭素分析の計測応答を評価し、その有用性を確認した。
 - ・ナノセルロース乾燥粉体の移し替えや複合材料の切削について、それぞれ模擬排出試験系を作成し、試験条件を確立して、事例の集積を進めた。
- ④ エネルギーキャリアとしての水素活用における先

進的リスク評価

- ・有機ハイドライド型水素ステーションを対象に、爆発・火災と急性毒性影響のスクリーニング評価を実施し、主要な事故シナリオを抽出した。
 - ・ディスプレイ周辺の詳細なリスク評価を実施し、リスク許容レベルに応じた隔離距離を算出した。
 - ・社会受容性調査を実施し、自宅近隣へ水素ステーション建設を想定した場合、リスク情報を含めた情報提供が受容性を向上させる結果を得た。
 - ・水素ステーションおよびその周辺に関するリスク評価書の暫定版を作成した。
- ⑤ 原発事故に起因するリスクの定量化手法開発
 - ・震災後に悪化したとされる糖尿病および精神的ストレスによるリスクの大きさを、放射線被ばくと比較する手法開発を行った。震災前後のリスクの変化量を、損失余命や損失幸福余命の尺度で示した。
 - ⑥ 事故のリスク認知、リスク対応に関する評価
 - ・難燃剤代替を例に製品安全に関する社会受容性調査を実施し、化学物質による定常リスクよりも事故による突発的なリスクを重視している結果となった。
 - ・原発事故後に研究者や行政等によって実施された放射線リスクへの対応やリスクコミュニケーションについて論文や報告書を分析した。その対応内容、開始時期が福島県内でも地域により異なることを示し、事故後必要なリスク対応をパターン化できた。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

爆発安全研究グループ

(Explosion Safety Research Group)

研究グループ長：若林 邦彦

(つくば中央第5、北)

概要：

当グループでは、爆薬に代表される高エネルギー物質等の発火・爆発現象の解明、爆発安全性評価手法や安全化技術、爆発影響の評価と低減化技術、高エネルギー物質を有効に利用する技術等の研究を実施している。爆発影響低減化技術の開発に関する研究では野外爆発実験を実施し、地中式火薬庫模型 (鋼管長さ6 m、鋼管長さ/直径=9) から開放される爆風圧の距離・角度分布等を明らかにした。煙火玉の殉爆試験においては、煙火玉周囲に設置した緩衝材の違いによる殉爆度のデータを取得した。火薬類の威力評価においては、野外及び室内実験によってコンボジット推進薬の放射熱に関するデータを取得した。薬室部分の前方に断面積を縮小した前室を設けた地中式火薬庫模型を用いた室内実験においては、爆風圧は薬室と前室の断面積比に依存しており長さの影響は受けにくいこと、断面積一定の火薬庫模型に比べ爆風圧を低減できることが分かった。化学物質の爆発性評価および保安技術に関する研究においては、主として外部の依頼による発火・爆

発性の評価を実施した。火薬類の安定度試験に関する JIS 開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目1

爆発利用・産業保安研究グループ

(Industrial Safety and Physical Risk Analysis Group)

研究グループ長：久保田 士郎

(つくば西)

概要：

本研究グループでは、火薬類等の高エネルギー物質および高圧ガス、可燃性ガス等の安全利用技術に関する基盤的な研究と産業保安の研究を実施している。火薬類の安全利用に関する研究では、火薬類の爆発による亀裂発生過程を再現するシミュレーション手法の確立を目指し、妥当性検証のための小規模爆破実験と数値解析を実施した。実験では画像相関法を用いて岩石試料に発生する時々刻々の応力状態を評価した。また、地中式火薬庫の爆発影響低減化効果の検証のため、野外実験において地盤振動計測を実施し、技術基準作成に資するデータを提供した。高圧ガスおよび可燃性ガスの安全性に関する研究では、水素導管供給システムの安全性評価研究として、他工事等による掘削坑を模擬したモデル坑中において埋設導管が損傷することを想定し、坑内に放出された水素が着火した際の周囲影響を燃焼・着火実験を実施し、事故発生時のリスク評価に資するデータを得た。また、水素ステーション設置に対する社会受容性向上を目的として、漏洩の発生頻度を推定するとともに、事故シナリオについて検討し、各シナリオにおける火災等の被害予測を実施した。産業保安の研究では、昨年度までの、高圧ガスの過去事故分析によるチェックポイント (CP) の調査研究で抽出されたものと統合して3,000件を超える現場保安 CP 集を作成した。また、CP 活用システムについて、現場からの評価を受けてシステムを改善した。リレーショナル化学災害データベースに約200件の事故概要、約10件の事故進展フロー図を新規登録した。石油精製・石油化学プラントにおける設備の高経年化や熟練作業員の減少等の安全上の課題に対して、プラント内での IoT 機器等の活用のニーズ調査等実施し、プラント内での安全な使用に向けて課題を整理した。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

社会と LCA 研究グループ

(Advanced LCA Research Group)

研究グループ長：工藤 祐揮

(つくば西)

概要：

本研究グループでは、新規技術の社会実装や、その普及を促進するための施策の実施によって生じうる環境や社会経済への影響や波及効果を把握するために、

ライフサイクルアセスメント、資源リスク分析、エネルギーシステム分析等に基づいた評価手法の開発と、それらを用いた技術評価や持続可能な社会を実現するための社会制度設計に関する研究を実施している。ライフサイクルインベントリデータベースとして、世界スケールでの水消費に関わるリスク評価に対応したデータベースを構築し、日本の家計消費に付随する水消費量を対象としたデータ検証を行った。また、木質バイオマスからの各種化学品原料合成プロセスについてライフサイクル GHG 排出量の算出を行い、環境や産業に与える影響を評価した。ライフサイクル影響評価手法では、プラネタリーバウンダリーを地域スケールに発展させた指標を開発し、また環境影響評価手法の世界標準化を実施している UNEP/SETAC Life Cycle Initiative のフラッグシッププロジェクトで、資源消費に関する影響評価モデルのコンセンサス・ビルディングを進めた。資源クリティカリティ評価では、過去の供給障害についてその原因などの背景情報を調査することで、主要原因の抽出や金属ごと、地域ごとのリスク顕在化の傾向を分析した。エネルギーシステム分析では、各種エネルギーキャリアを用いた水素サプライチェーンのライフサイクル分析を実施するとともに、エネルギーシステムモデルを用いて、わが国の将来のエネルギーシステムにおける水素の役割について検討を行った。またエネルギー利用に関するインセンティブ制度の設計を行うため、HEMS (Home Energy Management System) で累積2万世帯以上のデータを用いて蓄電池、再生可能エネルギー導入のインセンティブを定量化し、分散エネルギー導入の阻害要因を抽出した。

研究テーマ：テーマ題目2

エネルギーシステム戦略グループ

(Energy Systems Analysis and Policy Study Group)

グループ長：近藤 康彦

(中央第5、つくば西、中央第1)

概要：

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

国内領域では、水素等のエネルギーキャリアの導入が我が国のエネルギー需給に及ぼす長期的影響の分析、および再生可能エネルギーの大量導入に関する分析を行っている。平成29年度は、太陽光発電を大量に含む電力系統の発電機起動停止計画策定に応用可能な、複数時刻・地点における日射量の多重信頼区間を推定する手法の開発を行った。

気象モデルを用いた日射量予測の信頼区間を設定する新たな手法、また風況に基づく風力発電の出力変動

を考慮した発電量の変動予測を行う手法の開発を行った。さらに太陽光発電・風力発電のポテンシャル評価を行うとともに、地域の電力需要量とマッチングさせた受容可能量を評価する手法の開発を進め、成果を取り纏めた。

グローバル領域では、世界全体のエネルギー、鉱産物、バイオマス・食料の資源需給、ライフサイクル影響評価モデル（LIME）、経済モデルを統合したグローバルな統合評価モデルの開発を行っている。平成29年度は、一昨年度構築した需要推計モデルにおいて IPCC の社会経済に関する新たなシナリオを基に、エネルギーと資源量を内生化することで、従来過大となっていた需要量を精緻に評価することが可能となった。

省エネルギーの分析と評価の研究では、地域の産業構造から業種別の日負荷曲線の違いを考慮した電力需要推計モデルの構築を進め、電力需給調整に関する制約について検討を行った。また電力需要に影響を与える省エネルギー対策に拠る経済効果、温暖化対策効果の定量的評価に着手し、業種・用途あるいは部門横断的に対策優先順位付け意思決定ツールを開発し高度化を行った。

研究テーマ：テーマ題目2

IDEA ラボ

(Research Laboratory for IDEA)

ラボ長：田原 聖隆

(つくば西)

概要：

IDEA ラボは本年度4月に設立した。ラボは呼称であり、研究プロジェクトメンバーを中心に構成され、他部門、他領域を含む組織横断的な組織である。ラボのミッションは、日本国内のほぼ全ての事業における経済活動を網羅的にカバーした3,800以上の製品やサービスのプロセスからなる IDEA (Inventory Database for Environmental Analysis) の開発を基礎として、国内外の研究機関との連携、各種新技術の評価の実施と方法論の確立である。

本年度の主な成果として、最新の電源構成データの反映やデータの更新などを実施した IDEA ver.2.2 のリリースや、海外への販売展開として、ドイツの GreenDelta 社の OpenLCA からの IDEA 販売開始および、GLAD への参加により海外データとの相互利用性を向上させた。また、韓国、台湾、ベトナム、インドネシア、マレーシアのインベントリデータを IDEA のプロセスデータをベースに、その国のエネルギーの状況に応じたデータベースを作成した。昨年度のタイ、中国を合わせた7カ国で、我が国のアジア地域の輸入を9割以上カバーできるようになった。加えて、NEDO、JST、環境省、科研費などの研究プロジ

ェクトに参画し、技術評価やデータベースの構築を実施した。

研究テーマ：テーマ題目2

[テーマ題目1] 安全管理政策に資するリスク評価研究

[研究代表者] 緒方 雄二 (安全科学研究部門)

[研究担当者] 緒方 雄二、東野 晴行、蒲生 昌志、若林 邦彦、松永 猛裕、藤田 克英、内藤 航、加茂 将史、篠原 直秀、竹下 潤一、眞野 浩行、岩崎 雄一、梶原 秀夫、石川 百合子、井上 和也、林 彬勤、小倉 勇、頭士 泰之、薄葉 州、秋吉 美也子、松村 知治、岡田 賢、杉山 勇太、久保田 士郎、椎名 拓海、佐分 利禎、高橋 文明、松木 亮 (常勤職員28名)

[研究内容]

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

- ① 化学物質のリスク評価研究では、新たな社会ニーズに対応するため、新規材料及び化学物質複合影響のリスク評価手法の開発を進める。また、国際的利用も視野に入れて評価ツールを高度化する。平成29年度は、ナノ材料吸入暴露時の有害性評価手法としての気管内投与試験の標準化や、材料の違いによる動態や有害性の同等性判断基準を策定した。金属化合物の評価単位の同定及び石油由来炭化水素の物性推定の手法を確立し、河川や生態リスク等の評価ツールを高度化した。
- ② 爆発安全評価研究では、高エネルギー物質や高圧ガスの発火・爆発現象の解明を進め、安全性評価手法や爆発影響を低減化する技術、有効利用技術を開発する。国連試験法の提案等を通じて、国際的な危険物質の取扱基準の策定に貢献する。平成29年度は、校正ガス NO を用いた、よう化カリウムでんぷん紙の性能試験法を開発し、JIS K 4822改正と火薬類取締法関係告示の一部改正に貢献した。

[領域名] エネルギー・環境

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

吸収、高圧ガス、可燃性ガス、支燃性ガス、微燃性冷媒、爆発影響評価

〔テーマ題目2〕 鈹工業のイノベーションを支える評価技術の開発

〔研究代表者〕 玄地 裕（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 玄地 裕、田原 聖隆、恒見 清孝、村田 晃伸、小野 恭子、牧野 良次、塚原 建一郎、工藤 祐揮、小澤 暁人、河尻 耕太郎、本下 晶晴、本田 智則、畑山 博樹、西尾 匡弘、歌川 学、近藤 康彦、安芸 裕久（常勤職員17名）

〔研究内容〕

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

- ① 水素サプライチェーン等を対象に、事故発生確率、ハザード、脆弱性、暴露、リスク評価から産業保安、社会受容性に至る一貫した安全管理に関わる解析評価を行う。平成29年度は、水素とエネキャリ漏洩事故による爆風圧・火災・急性影響のリスクに関するスクリーニング評価を完了し、詳細に評価すべき主要な事故シナリオを抽出した。
- ② マルチクライテリア評価に向けた影響手法開発とインベントリデータベース IDEA の構築を行う。平成29年度は、資源安定供給を阻害するリスク要因について、450件の供給障害事例を分析することで鈹種や国ごとの傾向を客観的に提示した。また、IDEA は、タイ、中国版 IDEA を構築し、新規技術として、次世代炭素繊維プロセス、非可食バイオマスからの化学製品製造プロセス等の評価を行った。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

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

⑦【太陽光発電研究センター】

(Research Center for Photovoltaics)

(存続期間：2015.4.1～2020.3.31)

研究センター長：松原 浩司

副研究センター長：増田 淳

副研究センター長：吉田 郵司

首席研究員：佐山 和弘

所在地：つくば中央第2、つくば中央第5、九州センター

人 員：44名（44名）

経 費：1,067,856千円（298,705千円）

概 要：

地球上にあまねく降り注ぎ、枯渇の心配もない太陽のエネルギーを利用する太陽光発電は人類の持続的発展のために重要な技術である。産総研では太陽光発電研究に戦略的に取り組むために2004年から研究センターを設置して研究を続けてきた。エネルギー・環境領域のミッションである“豊かで環境に優しい社会の実現”のために、太陽光発電に関連する技術開発等に取り組み、太陽光発電の持続的な普及と発展を通して低炭素社会の実現、エネルギー安全保障の確保、経済発展、雇用創出等に貢献することをミッションとする。そのために、民間企業との共同研究等を通じた材料、デバイス、システムの技術開発や、従来技術の延長線上にない革新的な太陽光発電技術の開発、太陽光発電産業の共通基盤技術である基準セル校正技術やデバイスの高精度性能評価技術の高度化などを推進している。また新たな太陽光エネルギーの有効利用技術として、人工光合成や太陽光エネルギー変換による有用化成品製造などにも取り組んでいる。

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

外部資金：

経済産業省「平成29年度革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業（クリーンエネルギー技術開発）／太陽光による有用化学品製造」

経済産業省「平成29年度革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業（クリーンエネルギー技術開発）／単結晶化・積層化による太陽電池の高効率化技術の開発」

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

太陽電池評価・屋外高精度評価技術の開発)」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発／太陽電池セル、モジュールの共通基盤技術開発／CIS 太陽電池高性能化技術の研究開発（光吸収層の高品質化による CIS 太陽電池の高効率化）」

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

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

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

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「太陽光発電システム効率向上・維持管理技術開発プロジェクト／太陽光発電システムの安全確保のための実証／太陽光発電設備の安全化に関する実証試験および研究」

国立研究開発法人科学技術振興機構「戦略的創造研究推進事業／分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開／太陽光発電予測に基づく調和型電力系統制御のためのシステム理論構築／時空間領域の高精度 PV 発電予測・把握技術」

国立大学法人東京大学「ペロブスカイト系革新的低製造コスト太陽電池の研究開発（新素材と新構造による高性能化技術の開発）」のうち「界面制御技術」

独立行政法人日本学術振興会「科学研究費補助金／若手研究 (A) ／有機鉛ペロブスカイト太陽電池高効率化のための結晶成長制御」

独立行政法人日本学術振興会「科学研究費補助金／新学術領域研究／分子・半導体光触媒による高効率可視光水分解系の開発」

発表：誌上发表136件、口頭発表338件、その他12件

評価・標準チーム

(Calibration, Standards and Measurement Team)

研究チーム長：菱川 善博

(つくば中央第2)

概要：

太陽電池の評価・標準に関わる基盤技術である校正技術・性能評価技術の開発を行い、我が国太陽電池産業の国際競争力強化・大量導入および輸出入の促進に貢献することを目的とする。太陽電池の価値に直結する基準太陽電池校正技術・新型太陽電池性能評価技術・高精度屋外評価技術の開発を行い、太陽電池の評価・標準の高精度化およびトレーサビリティ体系の維持を図ると共に、技能試験・国際比較等を実施し、開発した技術の国際的整合性の検証・確立・維持・普及を推進する。基準太陽電池の校正・各種太陽電池の性能評価測定・共同研究等により、研究成果を積極的に普及・活用すると共に、最新のニーズを把握して効率的な研究を推進する。また、開発した技術の JIS・IEC 規格への標準化にも積極的に貢献する。

年度進捗：

- 1) 一次基準太陽電池セルの校正を実施すると共に、更に高精度な校正技術を実現するための技術開発を実施している。ソーラシミュレータ法による太陽電池校正技術を高度化するための要素技術の開発として、超高温定点黒体放射や6分岐ファイバ型絶対分光放射計、精密構造型キャビティ絶対放射計を用いて高度化し、それぞれの性能の妥当性と技術的課題の抽出を行っている。分光放射計の対光非直線応答を精密に評価し、光電子増倍管の分担保長で無視できない+5%の対光非直線応答を確認し、その解消方法に関する検討を行った。要素技術の改善改良により、現状の最高校正能力を0.65% ($k=2$) に向上した。
- 2) 各種新型太陽電池の高精度性能評価を実施し、各デバイスに最適な評価技術を開発・検証した。ペロブスカイト太陽電池については昨年度までに開発した性能評価法に最大電力点追従制御 (MPPT) 法を併用しデバイス安定性を担保した測定法の提案と検証を実施した。IEC 等国际標準化、学会論文等発表、欧米の太陽電池評価機関との太陽電池セル・モジュール比較測定等による国際整合性検証及び開発成果の普及を推進した。
- 3) PV モジュール日射センサ (PVMS) による日射計測と高速 IV 測定技術等を用いた高精度屋外評価法を開発し、各種結晶シリコン太陽電池モジュールを用いて検証した。実用上重要な日射変動日の時系列測定において、再現性1%以内の高精度な性能評価が可能であることを確認した。更に、開発した性

能評価技術応用として、モジュールを複数直列接続したストリング性能の高精度評価を開始した。

システムチーム

(PV System and Application Team)

研究チーム長：大関 崇

(つくば中央第2)

概要：

太陽光発電設備の健全な普及に資することを目的として、太陽電池モジュールや各種太陽光発電設備の性能評価・不具合事例分析を通じた太陽光発電設備の長期信頼性や安全性に関する研究開発、および、太陽光発電技術が将来におけるわが国の主力電源となるために必要な発電予測手法の技術開発などを実施している。また、太陽光発電の導入ポテンシャルや付加価値を高めるための新しい制御技術の提案や太陽光発電技術の健全な導入を側面的に支援するための社会制度や政策に関する提言も行っている。

年度進捗：

太陽光発電設備の安全化に関して、バイパス回路故障の実態把握と屋内外における信頼性試験方法の検討を行い、温度サイクルの屋内試験方法が屋外故障事象を再現できる可能性を示した。また、不感帯の無い地絡検知手法の開発および屋外試験を実施するとともに、太陽電池モジュールの事故時の無電圧化回路のプロトタイプを作製を行った。太陽光発電設備の長期信頼性に関する研究開発については、太陽電池モジュールの屋外での定格性能判定方法として、多様な日射強度・太陽電池モジュール温度条件のもとで、日射強度や太陽電池モジュールの温度を積極的に取得しなくとも、数回の電流－電圧特性の試行結果から、対象とする太陽電池モジュールの定格性能を判定することが可能な方法について継続的に検証を実施している。さらに、屋内の標準試験状態では出現しないが、屋外の高湿環境下では出現する不具合事例を発見した。

発電予測に関しては、アンサンブル予測を活用することにより、大外れの検知手法を開発し、稀頻度で発生する事象が検知できる可能性を示した。また、衛星観測データからの日射量推定データと導入量の空間的分布を考慮した発電把握技術を開発するとともに、実測された多地点の発電データを用いた持続モデルと数値予測モデルとの融合モデルを開発し、短時間から前日までシームレスに予測を可能とした。また、限られた地点のデータを利用することによるアップスケーリングモデル開発のため、ランダムサンプリングにより選別するサイト数と予測誤差との解析を行い、空間的配置を考慮すれば、500サイト以上の場合、ランダムサンプリングによる方法でも十分であることを示した。

モジュール信頼性チーム

(Module Reliability Research Team)

研究チーム長：千葉 恭男

(つくば中央第2、九州センター)

概要：

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

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

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

年度進捗：

公的資金や民間企業資金による共同研究により、太陽電池モジュールの劣化機構明確化、新規加速試験法開発、実環境での性能推定に資する研究成果を得た。これらの研究を通じて得られた成果のうち、九州センターで得られた成果の代表例について以下に述べる。

九州センターでは、2010年から各種太陽電池の屋外曝露試験を実施し、発電量の評価および劣化率の評価を実施している。ヘテロ接合型やバックコンタクト型を含む結晶シリコン系、フレキシブル型を含む薄膜シリコン系や化合物薄膜系等の市販されている太陽電池を中心に、新規部材を用いた試作品も含め、各種モジュールを設置して系統連系運転を行った。10分毎に各ストリングの電流－電圧特性ならびに気象データを収集し、データを蓄積した。平成30年3月末時点に

において22種類で計72 kWの太陽電池に関してアレイ単位での実環境性能評価を実施している。また、毎年1回以上、屋外に設置したモジュールを取り外し、屋内のソーラシミュレータで性能評価を行うことにより、屋内測定による経年劣化を観測している。平成28年6月に屋外曝露を開始した裏面パッシベーション（PERC）型結晶シリコン太陽電池において、曝露初期に大きな光劣化を起こすことを明らかにしてきた。このPERCモジュールにおいて、平成29年12月に実施した屋内測定では、出力の回復（Regeneration）の兆候が見られ始めた。ドイツの研究グループから、光劣化後、温度と光により出力の回復が見られることが報告されており、我々の系統連系された屋外曝露設備においてもその傾向が見られつつあることが示された。平成30年夏に、これらのモジュールの屋内測定を実施し、Regenerationの傾向がより明確になるか、検証する予定である。

平成28年度までは、設置してきた太陽電池モジュールの屋外発電量の評価とそれらのモジュールの劣化率を評価してきた。我々の最終目標は、生涯発電量を推定することである。平成28年度までに得られた各種モジュールに対する劣化率そして発電量のデータがそろいつつある状況となった。そこで、予備検討として、設置する前の屋内測定値（初期測定値）のあるモジュールに対して、実発電量と推定発電量の差を検証した。その結果、初期測定値を含めた計算では、結晶Si系で2%程度の差となる目処がついた。また、連続する2回の屋内測定値から算出した劣化率と、推定発電量と実発電量の差を比較すると、劣化率が概ね一定となる時、推定発電量と実発電量の差は小さくなる傾向が明らかとなった。

一方で、我々はスマートフォンなどのモバイル機器を直接接続して充電できる太陽電池モジュール（プラグインソーラー）を開発した。開発したプラグインソーラーは、結晶Si太陽電池、シリコン・シート封止材、アルミ板などからなり、軽量で割れることなく、高い難燃性と衝撃耐性といった特徴を持つ。USB接続の端子ボックスを備えている。太陽光のもと、晴天時ではコンセント（AC100V）を用いた場合と同程度の時間でスマートフォンなどを充電することが可能である。このため、巨大地震や集中豪雨などの大規模災害による停電時の非常用電源としての活用も期待される。また、佐賀大学とのクロスアポイントメント制度のもと、各種太陽電池モジュールの温度係数の精密測定を実施した。所外では、鹿児島県の降灰地域に太陽電池モジュールを設置し、定期的な散水による表面汚濁の抑止が発電量に及ぼす影響を調査した。

化合物薄膜チーム

(Compound Semiconductor Thin Film Team)

研究チーム長：柴田 肇

(つくば中央第2)

概要：

化合物薄膜系太陽電池でモジュール変換効率25%（PV2030+目標）を実現するための要素技術を開発すると共に、薄膜系太陽電池の適用範囲の拡大と低コスト化を目指す。具体的には、以下の4項目に重点的に取り組む。

- (1) CIGS系太陽電池の高効率化技術の研究開発
- (2) CZTS系太陽電池の高効率化技術の研究開発
- (3) 透明導電膜材料の高性能化と新規材料開発
- (4) 新規な半導体物性評価技術や太陽電池特性評価技術の開発

年度進捗：

- (1) CIGS系太陽電池の高効率化技術の研究開発

CIGS系太陽電池の小面積セルの研究に集中し、変換効率22%以上を達成するための要素技術に関して、必要な研究開発指針を得た。具体的には、CIGS太陽電池を作製した後に、太陽電池に長時間の熱処理と光照射処理を施すこと、および太陽電池のpn接合に対して順方向の電流を流しながら太陽電池に長時間の熱処理を施すことにより、太陽電池の変換効率が顕著に増大することを見出した。これらの技術により、CIGS太陽電池で22%という高い変換効率を得ることに成功した。高い変換効率を得られた理由の詳細は、現時点においても不明であるが、pn接合に対する順方向の電流注入によっても光照射と同様な効果が得られることから判断すると、熱処理中に太陽電池の光吸収層材料に電子・正孔対を生成させることが必要な条件であると考えられ、電子・正孔対の生成により光吸収層が一種の準安定状態に遷移することが、高効率化の一因であると考えられる。またCIGS太陽電池の高効率化技術の一つとして、CIGS薄膜の表面を硫化する技術の開発にも成功し、表面硫化の影響として、電子・正孔対の再結合を大きく抑制すること、および光吸収層物質の電子が感じるポテンシャルの揺らぎが顕著に減少することを見出し、結果として20.1%という高い変換効率を達成することに成功した。

- (2) CZTS系太陽電池の高効率化技術の研究開発

本年度は、小面積セルの高効率化の研究開発に集中して取り組んだ。本年度は塩素の添加効果および各種アルカリ金属（Li、Na、K、Rb）の添加効果について集中的に調査を行った。CZTS系太陽電池と同様に多結晶薄膜を利用するCdTe太陽電池では、ZnCl₂やMgCl₂を用いて多結晶粒界の不活性化を図っている。そこで、CZTSにおいても、ZnCl₂やMgCl₂を製膜後に添加しその太陽電池特性について調査を行った。ZnやMgはCZTS

系太陽電池の光吸収層の構成元素もしくは同族 (II 族) 元素であるため、 ZnCl_2 や MgCl_2 の添加は CZTS に対して純粋な Cl の添加効果をもたらすと期待できる。しかし太陽電池特性としては、開放電圧および短絡電流密度のいずれにおいても特性が劣化し CdTe と同様な特性向上が得られなかった。II 族塩化物では効果が得られなかったが、その実験に引き続き各種のアルカリ金属の塩化物による添加効果について検討を進めた。CIGS や CZTS では従来光吸収層の真空蒸着後にアルカリを添加することが一般的であるが、本研究ではアルカリ塩化物水溶液により簡便にアルカリ金属を添加できることを明らかにした。今回の実験では、いずれのアルカリ金属の添加によっても、短絡電流密度が増加し、変換効率が增加することが分かった。しかしながら CZTS 系太陽電池で課題の開放電圧は増加しないことが分かった。なお、短絡電流密度の増大は基本的にキャリア濃度の減少による収集長の増大によることを明らかにした。さらに、今年度は3ゾーンの熱処理炉 (従来型は2ゾーン) により加熱原料の厳密な温度管理に取り組んだ。結果、CZTS 系太陽電池において最も高い変換効率12.0%を達成した。

(3) 透明導電膜材料の高性能化と新規材料開発

CIGS 系太陽電池に求められる透明導電膜材料の特性を考察し、その結果に基づいて CIGS 系太陽電池の高効率化の研究を行った。具体的には、透明導電膜材料として IOH:W を選択し、ZnO 系と比較しながら、材料とその組み合わせが太陽電池性能に与える影響を研究した。その結果として、IOH:W を用いた場合に、CIGS セルで20.82% また CIGS サブモジュールで20.26% という高い変換効率を達成することに成功した。特に CIGS セルでは 36.48 mA/cm^2 という従来よりも 1.7 mA/cm^2 程度高い短絡電流密度を実現することに成功しており、IOH:W の有効性を実証することができた。

(4) 新規な半導体物性評価技術や太陽電池特性評価技術の開発

正・逆光電子分光法によるカルコゲナイド系太陽電池の評価技術を開発し、その結果に基づいてカルコゲナイド系太陽電池の高効率化の研究を行うことができた。特に、CZTSe 系のカルコゲナイド物質の正・逆光電子分光法による評価技術の研究を行い、CZTSe とバッファ層および透明導電膜層の間の電子状態の接続について、昨年度に引き続いて詳しい解析を行うことができた。具体的には、Sn を Ge で置換した CZTSe 材料の伝導帯底と、バッファ層である CdS の伝導帯底のエネルギー差 (CBO) の値を測定し、Ge を添加しな

い場合は CBO の値が 0.4 eV 程度であり、添加する Ge の濃度を増加させるに従って CBO の値が系統的に減少し、Sn を Ge で完全に置換した場合には CBO の値はほぼゼロとなることを確認した。

先進プロセスチーム

(Advanced Processing Team)

研究チーム長：松原 浩司

(つくば中央第2)

概要：

シリコン系太陽電池 (結晶系、薄膜系) に広く用いられるアモルファスシリコン系薄膜の高品質化や製膜時における下地・界面に与えるダメージを低減するプロセス開発を行っている。さらに、光吸収係数が小さいシリコン系太陽電池に不可欠な、効果的な光閉じ込め構造の検討や作製プロセスの開発も進めている。また、太陽電池の革新的な低コスト化や高効率化を狙った新しいシリコン系材料の開発も行っている。

年度進捗：

高効率かつ低コストな結晶シリコン (c-Si) 太陽電池の実現に向けて、薄型ウェーハの活用が志向されている。優れた表面パッシベーション効果を持つ水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) 系材料を用いた a-Si:H/c-Si ヘテロ接合太陽電池は、表裏対称構造をもち低温プロセスで形成できるため薄型ウェーハに好適である。疑似太陽電池における光吸収の評価、a-Si:H でパッシベーションしたウェーハの implied V_{oc} および implied FF 値を詳細評価し、ウェーハ厚さが発電効率に及ぼす影響を実験的に評価した。その結果、ウェーハ厚さ $50 \sim 300 \mu\text{m}$ の範囲で発電効率27%が見込めることを明らかにするとともに、理論的に予想される薄型化に伴う implied V_{oc} の増加を厚さ $30 \mu\text{m}$ の超薄型ウェーハで検証することに成功した。さらに、薄型 a-Si:H/c-Si ヘテロ接合太陽電池の開発を進め、界面パッシベーション及びキャリア輸送の制御により、厚さ $60 \mu\text{m}$ 程度でも一般的な厚さ ($200 \mu\text{m}$) と同程度の変換効率が得られることを実証し、厚さ $90 \mu\text{m}$ にて発電効率22%以上を得た。

a-Si:H/c-Si 界面の欠陥パッシベーションメカニズムの検証を目的に、通常用いられるシラン (SiH_4) に加えてジシラン (Si_2H_6) を用いた a-Si:H 膜を形成するなどして、a-Si:H 中の微細構造がパッシベーション特性に与える影響を精査した。さらに、ヘテロ接合太陽電池のコンタクト層として導電性・透明性に優れたナノ結晶化シリコン (nc-Si:H) 薄膜を活用することを目指し、a-Si:H 上への nc-Si:H の成長を促進するための界面制御技術やプラズマ条件の検討を行った。

上記に加え、ヘテロ接合太陽電池に用いる極薄 a-Si:H パッシベーション膜の光電気特性を評価した。

具体的には、光学的ポンプ・プローブ法および一定光電流測定法を用いて電子状態と輸送特性を定量測定した。良好なパッシベーション膜（約10 nm 以下）では、アーバックエネルギーが約60 meV、ダンダリングポンド欠陥密度が 10^{16} cm^{-3} 程度、トラップサイトが 10^{18} cm^{-3} 以下になることを見出した。キャリアの輸送特性は、アーバックエネルギーおよび欠陥密度を低減することによって向上した。本手法から得られる知見を踏まえ、パッシベーション膜の最適化を行い、変換効率21 %以上の太陽電池を作製した。

a-Si:H とは異なる材料系として、シリコン酸化膜材料 (SiO_x) を基調とするパッシベーション膜の作製プロセスを開発した。原子層堆積法 (ALD 法) を用い、Si 基板上に極薄酸化膜 (2 nm 以下) を作製した。サンプル構造 (p-type a-Si:H/ SiO_x :H/c-Si/ SiO_x :H/p-type a-Si:H) に対し、少数キャリア寿命 1.3 ms を得た。今後は、太陽電池デバイスを作製し、本酸化膜の有用性を検証する。

c-Si 太陽電池の更なる高効率化・低コスト化を目指し、非 Si 系材料を用いて電子・正孔を選択的に取出すキャリア選択性コンタクト技術を開発している。酸化チタン (TiO_x) は、従来から電子選択性コンタクトとして機能することが知られていたが、ブラウンホーファー研究機構太陽エネルギーシステム研究所 (ドイツ) との連携により、ALD 製膜した TiO_x は、その製膜条件により電子のみならず正孔コンタクトとしても機能することを世界で初めて見出した。この結果は同一材料系で両極性コンタクトが実現出来ることを示唆し、c-Si 界面で発現するキャリア選択性を理解する上でも興味深い結果である。今後更に詳細な検討を進めるとともに、太陽電池に展開しその可能性を検証する。

従来型のウェーハベースの c-Si 太陽電池に較べて抜本的な低コスト化が期待できる手法として、高密度レーザーを用いた Si の液相結晶化 (LPC) 法を検討している。当年度は、LPC 法によりガラス基板上に形成した極薄多結晶 Si ($\sim 10 \mu\text{m}$) において、レーザーキャン速度が結晶品質に与える影響を詳細に検討した。その結果、スキャン速度低下に応じた結晶粒の大型化、極めて低いスキャン速度における下地層の変質と結晶粒の微細化、大粒径化が必ずしも少数キャリア寿命の増加に寄与しないこと、などを見出した。高効率化に向けては大粒径化に加え粒内欠陥の低減の必要性が示唆される。これらの知見を踏まえて選定した成長条件により、簡易太陽電池構造にて比較的高い開放電圧580 mV を得た。

Si ナノ結晶を用いた革新的太陽電池の開発を進めている。環境に優しい材料・プロセスに基づく薄膜太陽電池の開発を目指し、Si ナノ結晶を高機能化させるための表面プラズマ処理技術を開発した。また、量

子閉じ込め効果を持つ Si ナノ結晶と有機・無機ハイブリッド材料であるメチルアンモニウムビスマス化合物 (MABI) を混合させることにより、MABI 内のエキシトンの乖離を促進させる効果を見出した。

先進多接合デバイスチーム

(Smart Stack Device Team)

研究チーム長：菅谷 武芳

(つくば中央第2)

概要：

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

年度進捗：

高い変換効率を有する多接合型太陽電池の実現のため、様々な太陽電池を低コストで簡便な半導体接合法により接続する技術 (スマートスタック技術) の開発を行っている。スマートスタック技術は、導電性ナノ粒子配列を接合界面に介在させた簡便な直接接合技術である。29年度は、InGaP/GaAs//Si 多接合セルにおいて、非集光として効率 $\sim 27.7\%$ (昨年度は 25.1%) を達成した。また、低倍集光においては、Pd 塗布前の Si 表面処理工程を検討することにより接合抵抗を1/10に削減し、InGaP/GaAs//Si 多接合セルで最大効率 $\sim 28.7\%$ 、10.3倍集光 (昨年度は 23.7%) を達成した。GaAs//CuInGaSe 多接合セルでは、非集光で効率 $\sim 24.2\%$ 、集光で最大効率 $\sim 25.7\%$ 、5.7倍集光 (昨年度は 25.3%) に改善した。これらの結果により、NEDO プロジェクトの中間目標である効率 $\sim 28\%$ を達成することに成功した。

さらに、前年度達成した4接合太陽電池変換効率32 %をさらに向上させるため、GaAs 基板上のInGaP トップセル、InGaP/GaAs 2接合セルの開発を行った。固体ソース分子線エピタキシー (MBE) 法を用いて、InGaP セル成長時の成長温度と成長速度がセル特性に与える影響を調べた。InGaP 結晶を高温、高速で結晶成長させることにより J_{sc} , V_{oc} , FF の全てのパラメータが向上し、変換効率が14.3 %に向上した。構造解析の結果、高温、高速で結晶成長させた場合には、InGaP 中の自然超格子の形成が抑制されることが明らかとなり、その結果バンドギャップがワイド化し、自然超格子のドメイン間で形成される欠陥が抑制され暗電流が低減した。

上記の最適化された InGaP トップセルを導入した InGaP/GaAs 2接合セルの開発を行った。従来の条件

で作製したセルと比較して、InGaP トップセルの V_{oc} が約60 mV 程度増大することが期待され、2接合セルにおいても同等な向上が得られることが分かった。また、2接合セルは GaAs ボトムセルにより J_{sc} が律速されていることを外部量子効率測定により明らかにした。そこで InGaP のバンドギャップをワイド化させた今回開発のトップセルを用いることにより、GaAs ボトムセルの光吸収波長域が増大し、電流整合が向上することで2接合セルの J_{sc} が増大することを明らかにした。結果として、変換効率が26.55 %から27.35 %に向上した。このトップセルを、InGaAsP/InGaAs セルとスマートスタックし、4接合化することで、変換効率33.1 %を達成した。今後はボトムセルも含めた各サブセル特性の向上により、さらなる変換効率の向上を目指す。

有機系薄膜チーム

(Functional Thin Films Team)

研究チーム長：近松 真之

(つくば中央第5)

概要：

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

年度進捗：

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

蒸着法では、クリーンな環境での組成精密制御および結晶成長技術を開発し、高品質な薄膜作製および高効率化を目指している。今年度は、レーザー蒸着法によりルブレ単結晶上に製膜したペロブスカイト薄膜を検討したところ、作製条件により結晶性および結晶成長方位が異なることを見出した。また、大型放射光施設（SPring-8）に持ち込み可能な可搬型のレーザー蒸着装置を構築し、斜入射 X 線回折法により結晶成長過程をリアルタイム解析するシステムを開発した。

塗布法では、印刷プロセスに適用可能な材料・プロセス開発を行い、既存の太陽電池の製造コストを大きく下回る、低コスト化を目指している。特に、界面制御技術に着目し研究開発を行っている。本年度は Cs, ホルムアミジニウム (FA)、メチルアンモニウム (MA)、Pb, I, Br 系ペロブスカイトを用いて、各材料界面の制御およびペロブスカイト層内部粒界の界面制御を行った。新規界面制御材料の開発では分子構造とセル性能との関係を探査し、ペロブスカイトとホール輸送層の界面へ新規材料を導入することでホール輸送層の膜厚を低減できる結果が得られた。電子輸送層

とペロブスカイト界面においてはポーラスチタニアに塩酸処理を施すことで、短絡電流密度と曲線因子 (FF) が向上した。また、ペロブスカイト層をヨウ化メチルアンモニウム (MAI) 溶液で処理することで FF を向上させ効率19.3 %を得ることができた。さらに、Br と I の組成比制御や臭化ホルムアミジニウム (FABr) 溶液に曝すことなどで高電圧化させ、開放電圧1.2 V 以上で FF の値が0.75以上を得た。

有機薄膜太陽電池に向けた新規半導体材料開発では、n 型半導体として非フラレン材料の開発を行った。また、p 型半導体として最高占有分子軌道 (HOMO) の深い新規オリゴチオフェン誘導体の開発と太陽電池作製評価を他ユニットおよび大学と共同で行った。溶媒蒸気アニール法によりセルを作製することで、発電層の構造制御に成功し、高い開放電圧を維持しながら大幅な変換効率の向上が得られた。有機薄膜太陽電池の屋内光評価に向けた標準化の活動では、標準セルの作製と LED シミュレータの立ち上げを行い、低照度下でのセルの特性評価法を構築した。

機能性材料チーム

(Advanced Functional Materials Team)

研究チーム長：佐山 和弘

(つくば中央第5)

概要：

太陽光エネルギーの革新的な利用のために、色素増感太陽電池及び太陽光エネルギーを水素等の化学エネルギーに変換する人工光合成に関して研究を行っている。人工光合成技術については、水素および有用化学品製造のための高性能光触媒や光電極材料の開発やその反応機構の解明、さらに環境浄化光触媒開発等を行っている。

年度進捗：

色素増感太陽電池に関しては、Ru 錯体色素におけるドナー性配位子に関する量子化学計算を行った。種々のピリジン誘導体ドナー性配位子を比較したところ、ヨウ素レドックス種との相互作用が大きく異なり、色素酸化体の再還元機構に影響を及ぼすことが示唆された。人工光合成による有用化学品製造については、 BiVO_4 光電極上を化学蒸着成膜法 (CVD 法) によってアルミナでごく薄く表面処理すると H_2O_2 生成の電流選択性 (Faraday 効率) が著しく向上し、かつ電流電圧特性がほとんど低下しないことがわかった。次亜塩素酸生成においては初期の Faraday 効率は90 % 以上であることがわかった。タングステン系触媒を担持したカソード電極と $\text{BiVO}_4/\text{WO}_3$ アノード光電極を組み合わせるとノンバイアスで両極からの H_2O_2 生成に成功した。光触媒反応については、600 nm 付近までの可視領域を吸収可能な LaFeO_3 を水素生成用光触媒として用いた水分解反応が進行できることを明らかに

した。レドックス媒体として $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-/4-}$ を用いた水分解反応が比較的高い太陽エネルギー変換効率 (0.04 %) で進行することを明らかにした。スピノフ技術である環境浄化用可視光応答型 WO_3 光触媒については、特許実施許諾先の企業の光触媒原料供給による多様な最終製品化への準備を進めた。

⑧【再生可能エネルギー研究センター】

(Renewable Energy Research Center)

存続期間：2015.4.1～2022.3.31

研究センター長：古谷 博秀

副研究センター長：安川 香澄

栗山 信宏 (兼務)

吉田 郵司 (兼務)

所在地：福島再生可能エネルギー研究所

人員：38名 (38名)

経費：2,624,919千円 (1,470,199千円)

概要：

1. ミッションと目標

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

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

2. 研究開発の方針

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

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

「再生可能エネルギーの大量導入のための新システム統合技術」に関しては、時間的に大きく変動する太陽光発電や風力発電の出力をエネルギーネットワークと電池や水素等の貯蔵技術も利用して需要とマッチングさせると共に、商用電力系統との円滑な連系を可能

とする。

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

「地熱・地中熱の適正利用技術」に関しては、地熱発電や地中熱利用に関して高度な地熱モニタリング技術やシミュレーション技術に加え精確なデータマップを提供、開発の鍵となる要素技術の開発により、環境に適合した適切な導入を支援する。

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

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

(1) 再生可能エネルギーネットワーク開発・実証

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

(2) 水素キャリア製造・利用技術

太陽光・風力発電等の変動電源から水素キャリア (有機ヒドライド、アンモニア等) を製造することにより、変動する再生可能エネルギーを大量貯蔵・輸送可能とし、高効率で利用するシステム技術を開発・実証している。有機ヒドライドについて、実証データをもとに150 kW 級アルカリ水電解シミュレータの開発と有効熱利用法の提案等を行う。また水素キャリア利用技術として、環境負荷の少ない燃焼技術を見出す。アンモニア合成技術について、合成触媒の探索及び高活性化を行い、パイロットプラントへ実装してスケールアップ性能を実証する。

(3) 高性能風車要素技術およびアセスメント技術

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

5,000万円（数十 MW 程度のウィンドファームを想定）から2、3割削減を目指す。

(4) 薄型結晶シリコン太陽電池モジュール技術

結晶シリコンインゴットのスライスから太陽電池モジュールまでの一貫製造ラインを用いて、高効率・低コスト・高信頼性を兼ね備えた薄型結晶シリコン太陽電池モジュールの量産化技術を結晶シリコン基盤技術コンソーシアム構成企業などと連携して実現する。厚さ80 μm の太陽電池セルと薄型ガラスを用いた軽量モジュールで、変換効率22%、寿命30年を目指す。また、次世代の高効率太陽電池として、バンドギャップの異なる材料の太陽電池を、金属ナノ粒子を用いて積層化するスマートスタック技術の開発を行う。特に、下部セルとして結晶シリコンセルを用いた結晶シリコンスマートスタックセルの高効率化（>30%）を重点に開発を進める。さらに“熱回収型太陽電池”の実証を進める。

(5) 地熱の適正利用のための技術

2050年以降の実用化を目指す超臨界地熱発電の実現可能性を探求するとともに、地熱発電所の持続的な運転や周辺温泉への影響監視・評価に必要なモニタリング技術、地熱発電可能地域・開発可能なエネルギー量を拡大する技術等を開発する。また、地熱利用の社会的受容性を高めるため、地熱モニタリング技術開発の成果、及び地熱情報データベース等を利用し、地域社会との合意形成支援手法を開発する。

(6) 地中熱ポテンシャル評価とシステム最適化技術

地下水流動・熱交換量予測シミュレーションに基づく高分解能（<1 km メッシュ）地中熱ポテンシャルマップを作成し、それを活用して地中熱利用システムの最適化・高精度設計技術の開発を行う。地中熱ポテンシャルマップと最適設計手法により、1,000万 kW の地中熱利用システムの導入を目指す。

内部資金：

戦略「次世代電力機器評価施設の拡充による地元企業等との連携強化」

外部資金：

経済産業省

「平成29年度革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業（クリーンエネルギー技術開発）」

「系統協調型の分散電源大量導入技術の開発」

「超臨界地熱資源による革新的発電のための坑内機器基礎技術・素材の開発」「EGS 設計技術による地熱発電可能地域の飛躍的拡大」

「平成29年度革新的なエネルギー技術の国際共同研究

開発事業（3D ライダーと AI による風況フルスキャンング手法の開発）」

地熱発電技術に関する委託研究「地熱貯留層評価・管理技術」

NEDO

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

「温泉と共生した地熱発電のための簡易遠隔温泉モニタリング装置の研究開発」

「地熱発電プラントのリスク評価・対策手法の研究開発（スケール/腐食等予測・対策管理）」

「薄型セルを用いた高信頼性・高効率モジュール製造技術開発」「洋上風況観測システム実証研究（洋上風況マップ）」

「超臨界地熱開発実現のための革新的掘削・仕上げ技術の創出」

「天然・人工地熱システムを利用した超臨界地熱発電の発電量、経済性および安全性に関する詳細検討」

科学技術振興機構

「アンモニア合成触媒の開発・評価」

「アンモニア内燃機関の技術開発」

「水素エンジン燃焼技術」

石油天然ガス・金属鉱物資源機構

「地熱貯留層評価・管理技術」

科学研究費補助金

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

「次世代水素ステーションに向けた液体水素冷熱を活用する熱化学水素昇圧材料の探索」

「スマートスタックによるペロブスカイト/結晶 Si タンデム太陽電池の実現」

「列車振動を用いた不整形地盤の探査手法の開発」

「半導体量子ドット-光ナノ共振器結合系を用いた多光子 NOON 状態生成の理論」

文部科学省補助金

「卓越研究員事業」

発表：誌上発表90件、口頭発表187件、その他23件

エネルギーネットワークチーム

(Energy Network Team)

研究チーム長：大谷 謙仁

(福島再生可能エネルギー研究所)

概要：

再生可能エネルギーは自然と共に変化するため、そ

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

具体的には、再生可能エネルギーの導入拡大を進めるため、特に太陽電池に関する各技術の性能を検証、再生可能エネルギーによる電源価値を向上するため、太陽光発電及び蓄電池用パワーコンディショナの高機能化を行う。これらの技術開発により、再生可能エネルギーの導入可能量を大幅に引き上げ、再生可能エネルギー100%による電力自立などの様々な利用シーンの実証を目標とし、米 NREL、独フラウンホーファー、オーストリアの AIT といった国内外の研究機関や、IEA スマートグリッド行動計画（ISGAN）のスマートグリッド研究施設ネットワーク（SIRFN）等の国際的枠組みと連携した共同研究と国際標準化を推進する。

研究テーマ：テーマ題目1

水素キャリアチーム

(Hydrogen Energy Carrier Team)

研究チーム長：辻村 拓

(福島再生可能エネルギー研究所)

概要：

太陽光・風力などの再生可能エネルギーは自然状況に左右されることが大量導入の妨げとなっている。本研究では、再生可能エネルギー発電電力を利用して水電解により水素製造を行い、その水素を効率的に水素キャリアへ化学変換し、安全かつ環境負荷が少なく利用する技術を開発することで、再生可能エネルギーの大規模導入に貢献する。

水素キャリアとして有機ハイドライドの一種であるメチルシクロヘキサン（MCH）、窒化物のアンモニア等に着目し、再生可能エネルギー由来水素を使ったMCH製造やMCHから脱水素する反応器の動的特性などを評価する。また、MCHを効率的に利用するため、脱水素反応器を装着した廃熱回収型コジェネエンジンを開発し、脱水素反応により発生した水素をコジェネエンジンの燃料の一部として安全かつ高効率に利用する技術を開発する。さらに、水素キャリアの製造から利用までを統合化した『水素キャリア製造・利用統合実証システム』を稼働し、実証データの取得及びそれをもとにしたシステムシミュレータの開発を進め、様々なエネルギー貯蔵・利用モデルの検討を行う。

アンモニアについて、ハーバーボッシュ法（500℃、200気圧）よりも低温・低圧の下で高効率化、プラント起動の短時間化などに資する触媒反応技術の開発を進めるため、パイロットプラント向けのアンモニア合成触媒の開発を行う。また、アンモニアを火力発電等の熱機関において直接燃焼利用するためのアンモニア専焼及び天然ガス混焼技術を開発する。その他、液体水素等の純水素を発電利用するため、大型発電向けエンジン燃焼技術等の要素技術の開発も実施する。

研究テーマ：テーマ題目1

水素・熱システムチーム

(H2 and Heat Utilization System Team)

研究チーム長：前田 哲彦

(福島再生可能エネルギー研究所)

概要：

再生可能エネルギーの大量導入のために、長期、大量の蓄エネルギーが可能な水素を用いたエネルギーシステムを開発する。エネルギーシステムで発生する熱のマネジメント及び電力や熱需要に合わせた統合制御技術を高度化する。具体的には、街区内の建物で水素を活用する安全な水素エネルギーシステムのために、水素吸蔵合金を用いた水素貯蔵装置を開発し、水素・熱エネルギーを使いこなすエネルギーシステムを企業と共同で実証した。平成29年度に構築した水素製造装置、水素貯蔵装置、燃料電池や蓄電池からなるエネルギーシステムを、需要や再エネ発電量予測を考慮し、統合制御技術を開発し、実証運転を行って、最適化を図るだけでなく、信頼性を向上させた。またこのシステムを実際のビジネスの現場における実証を行うために、その候補地を選定し、実証の計画を立案した。

さらに、再生可能エネルギーからの水素製造技術を社会に普及するために、福島県企業と連携して、日本初となる、再生可能エネルギー由来水素を利用した商業ベースの70 MPa級水素ステーション事業化を検討した。当チームで保有する水素製造および圧縮設備の施設貸契約や、技術研修を通じた高圧ガスに関する実務経験を付与などの貢献によって、平成30年3月末に、福島再生可能エネルギー研究所内において、福島県企業が、再生可能エネルギー起源の水素ステーションを開業する事業に貢献することができた。

水素ステーション用の圧縮機とその運用コストを低減するために、水素吸蔵合金を用いた水素の昇圧技術について、危険物非該当の合金を用いて、150℃の熱源を利用して、20 MPa以上の昇圧性能を有する合金を特定し、さらに、これまで困難であった10 MPa以上での合金の正確な温度圧力特性を測定することに成功した。これらの手法を用いてさらなる合金の最適化とそのシステムの最適化を図っていく。水素システ

ムに関する周辺技術として、金属水素透過膜による水素精製について、シーズ支援事業を通じた共同研究により、大型の膜の作成とその評価を行って実用化サイズ作成の目途を得た。さらには、同様にシーズ支援事業において、イオン液体を用いた水素除湿システムの試験を行って、電解水素を -60°C 程度の露点まで連続的低下させる能力を確認し、さらなる高性能化の指針を得た。

研究テーマ：テーマ題目1

風力エネルギーチーム

(Wind Power Team)

研究チーム長：小垣 哲也

(福島再生可能エネルギー研究所)

概 要：

風力発電の更なる本格普及のためには、発電コストの更なる低減を目指し、風車の高出力化・長寿命化や低騒音化による設備利用率の向上、事前の設置予定場所・配置の選定や年間発電電力量評価のためのアセスメント技術の高精度化が大きな課題となる。こうした課題に対して、ナセル搭載 LIDAR を活用することにより、風向急変や突風等を事前に察知し、風車の予測制御を実現するとともに、プラズマ気流制御技術を風車翼に応用することにより、発電出力の向上、寿命向上、故障の低減といった事が期待される。本研究では、ナセル搭載 LIDAR プロトタイプ機及びプラズマ電極を試験研究用風車に搭載し、風車の予測制御技術の先導研究として予測制御アルゴリズムの開発を行うと共に、設備利用率、性能評価、荷重低減効果に関する実証研究を実施する。アセスメント技術の高度化については、気象シミュレーション技術と鉛直照射型 LIDAR やスキヤニング LIDAR といった最先端の風況計測技術に加え、衛星画像データによる風速推定技術を統合することにより手法の高精度化、高解像度化だけでなく低コスト化に寄与する研究を行う。さらには、風車の振動・騒音特性の計測を通じた風車の低騒音化技術や、無人航空機を活用した風車の点検・メンテナンス技術についても開発・実証を進める。

研究テーマ：テーマ題目1

太陽光チーム

(Photovoltaic Power Team)

研究チーム長：高遠 秀尚

(福島再生可能エネルギー研究所)

概 要：

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

ウェハ・セル・モジュールを一体とした研究開発を進める。

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

具体的にはシリコンインゴットのスライス技術の開発、高効率・低コストの結晶シリコンセルの実現を目指した厚さ $100\ \mu\text{m}$ 以下の新しい構造のセルの開発、イオン注入技術といった量産に対応した先進的なプロセス技術の開発、高効率・高信頼性・結晶シリコン太陽電池モジュールの実現のための新構造モジュールの開発、バンドギャップの異なる複数の太陽電池を、金属ナノ粒子を用いて積層化するスマートスタック技術の開発、超高効率化を目指した“熱回収型太陽電池”の開発などを行っていく。

研究テーマ：テーマ題目2

地熱チーム

(Geothermal Energy Team)

研究チーム長：浅沼 宏

(福島再生可能エネルギー研究所)

概 要：

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

これに加え、2050年以降の大規模な発電の実現を目指し、超臨界地熱資源開発の可能性を探索するとともに、リードタイムが長い課題について欧米国研等と連携して研究開発を実施する。

研究テーマ：テーマ題目3

地中熱チーム

(Shallow Geothermal and Hydrogeology Team)

研究チーム長：内田 洋平

(福島再生可能エネルギー研究所)

概 要：

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

ムの最適化、および総合的な地中熱システム技術開発を行っている。

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

研究テーマ：テーマ題目3

【テーマ題目1】再生可能エネルギーの大量導入のための新システム統合技術

【研究代表者】 大谷 謙仁（エネルギーネットワークチーム）

【研究担当者】 大谷 謙仁、前田 哲彦、橋本 潤、遠藤 成輝、辻村 拓、難波 哲哉、小島 宏一、眞中 雄一、熱海 良輔、Pavlos Dimitriou、Rahat Javaid、小垣 哲也、嶋田 進、川端 浩和（常勤職員15名、他34名）

【研究内容】

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

再生可能エネルギーネットワーク開発・実証については、以下の研究を実施した。

- ・システム統合技術とエネルギーマネージメント
太陽電池モジュール10種以上、パワーコンディショナ3機種22台で構成された太陽光発電システム、固体高分子型水電解システム（燃料電池機能付）、水素吸蔵合金を用いた水素貯蔵システム等の個別要素技術の性能分析を行い、さらに新設したスマートシステム研究棟も加えて、これらを基盤とする多くの共同研究を実施した。太陽光発電用大型パワーコンディショナに対し、単独運転防止試験、事故時運転継続（FRT）機能試験の様な系統連系試験に加え、次世代型パワーコンディショナ（スマートインバータ）に対する Volt-Var 等の機能試験を行えるようにした。
- ・再生可能エネルギー資源の高度モニタリング
福島県全域の発電量（太陽光・風力）を1時間単位／2 kmc メッシュで推定する技術の精度向上と全国展開を図るため、気象衛星ひまわり8号の雲画像によって日射量をより高解像度、短時間で推定するモデル開発を行った。雲画像の内、可視光バンドの画像を使って日射量を推定可能とし、時間分解能が1時間から1分値に上げられることを確認した。ランダムフォレスト学習法を使うことにより二乗平均誤差が既存モデルと比べて約半分となった。日射観測網の不足を補うこ

とを目的とし、モンゴル国での日射量推定も行った。

- ・再生可能エネルギーによる水素製造・貯蔵・利用システム
再生可能エネルギーによる電解によって製造された水素を安全に貯蔵するために、高压ガス及び危険物とならない水素吸蔵合金を特定し、合金の初期活性化においても低温低压の条件で可能にする手法を特定した。さらに民間企業と資金提供型共同研究において、その合金を用いた大型の水素貯蔵装置構築し、さらに、20 kW 太陽電池と5 Nm³/h 規模の水素製造装置、10 kWh 蓄電池、3.5 kW の燃料電池を組み合わせた水素エネルギーシステム実証設備を構築し、エネルギーマネージメントシステムによる統合制御を進めている。平成27年度に構築した90 MPa 級の水素高压設備に、高压条件下での水素吸放出特性を計測できるための水素流量制御装置を付加し、昇圧用合金の性能試験を行い、典型的な合金を用いて0.2 MPa から、約15 MPa への昇圧を確認し、本格的な材料開発を可能にした。水素キャリア製造・利用技術については、以下の研究を実施した。
- ・水素キャリア製造・利用統合システム実証
積分型反応器を備える水素着脱反応触媒評価装置により、トルエン純度が水素化・脱水素化プロセスへ及ぼす影響等を定量的に評価した。また、大型アルカリ水電解、水素化触媒塔、大型貯蔵タンク、脱水素触媒搭載型コージェネエンジンを統合した世界最大級の水素キャリア製造・利用統合システム実証機では、水素化触媒塔の熱制御・評価システムを改良し、水素／トルエン供給比を変動することによる転化率への影響等を明らかにした。大型アルカリ水電解については、変動電力による電極劣化機構の解明を進め、その対策技術に目途をつけた。コージェネエンジンでは、カーボンフリー燃料と水素との混焼特性を明らかにし、今後は500 kW 級エンジンへのスケールアップ実証事業を支援する計画である。
- ・アンモニアの合成・利用の技術開発
アンモニア合成プラントの高効率・短時間起動を目指し、ハーバーボッシュ法（500 °C、200気圧）よりも低温・低压の下で高い活性を示すアンモニア合成触媒の開発を実施した。また、スケールアップ実証のため、日量生産20 kg 級のアンモニア合成パイロットプラントを完成させた。今後は、産総研の開発触媒等を実装し、プラント性能の実証試験及び再生可能エネルギーによる水の電気分解で製造した水素を原料とするアンモニア合成試験を実施する計画である。アンモニアの燃焼利用技術について、東北大学と共同で小型ガスタービン（50 kW 定格）の燃焼器の改良を継続しており、窒素酸化物と未燃アンモニアを同時に低減する燃焼器の開発及び実機実証に成功した。
- ・液体水素等、純水素エンジン燃焼技術

水素を燃料とする水素発電の実現が求められる中、大型発電向けの往復動式エンジン燃焼技術の開発を実施し、低 NOx と高効率を同時に達成しつつ、既往よりもエンジンの大出力化に成功した。

アンモニアの合成・利用に関する研究開発及び水素エンジン燃焼技術の開発は、内閣府 SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「エネルギーキャリア」（管理法人：国立研究開発法人科学技術振興機構）によって実施した。

高性能風車要素技術およびアセスメント技術については、以下の研究を実施した。

- ・ナセル搭載 LIDAR のフィールド実証結果
国際的にも初めて多ビーム（9ビーム）方式のナセル搭載 LIDAR を試験研究用風車に搭載し計測精度の評価と風車制御の高度化に対する適用性を評価した結果、LIDAR によって評価できるロータ等価風速を使用することにより従来のハブ高さ風速よりも風車性能の評価精度を数%改善するとともに、LIDAR のビーム照射を任意に制御することにより、風車制御に有効な風速情報量と取得率とを両立させたデータ取得が可能であることを実証した。
- ・アセスメント技術の高度化（数値気象モデル）
産総研および京都大学のスーパーコンピュータシステム上にメソ気象モデルの並列実行環境を整備し、洋上風況マップに利用される沿岸風況データベース作成のためのプラットフォームを構築した。また、陸上および海上のデュアルライダー観測を実施し、海上風の吹送距離と増速率の関係について検討した。
- ・アセスメント技術の高度化（衛星リモートセンシング）
長期マイクロ波散乱計データによる外洋風況把握手法を開発するとともに、風速・風向値の精度検証を実施した。加えて風況把握に必須となる、年平均風速等の統計値も合わせて評価を行った。

【領 域 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 エネルギーネットワーク、水素・熱システム、太陽光発電、風力、水素キャリア

【テーマ題目2】 太陽光発電の高効率化・低コスト化技術

【研究代表者】 高遠 秀尚（太陽光チーム）

【研究担当者】 高遠 秀尚、棚橋 克人、水野 英範、Mitchell Jonathon、望月 敏光、立花 福久、上出 健仁（常勤職員7名、他11名）

【研究内容】

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

- ・高効率セル作製プロセスの開発
こイオン注入を用いた新しいセル作製プロセスの開発

を進めた。新規に設計したステンシルマスクを用いて選択的にリンを注入した選択エミッタ構造を有する PERC セルの作製に成功した。さらに、リン拡散層およびボロン拡散層間にギャップを有する裏面電極型セルのセルフアラインプロセスを開発し、変換効率 20.5% を得た。

- ・モジュールの信頼性向上・新規評価方法の開発
モジュールの高信頼性化に関しては、民間企業と共同で、劣化モジュールの分析や劣化モードの把握を進め、インターコネクタとバスバー部の接続部の劣化要因を見出すことができた。

- ・多接合太陽電池「スマートスタック技術」の開発
整列したナノ粒子を用いて異種材料の太陽電池を積層するスマートスタック技術についての検討を進めた。下部セルとして結晶シリコン太陽電池を用いた InGaP/GaAs/Si 構造の3接合セルで、変換効率27.7を達成した。

- ・熱回収型太陽電池の提案
キャリアの熱緩和と取り出しのダイナミクスを考慮したモデルに基づき、キャリアが熱平衡状態にない状況でも成立する枠組みへと理論を拡張することで、太陽電池の非平衡理論を構築した。この理論に基づき、「熱回収型太陽電池」を提案し、その理論的考察を行った。

【領 域 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 太陽光発電、結晶シリコン太陽電池

【テーマ題目3】 地熱・地中熱の適正利用のための研究

【研究代表者】 安川 香澄（再生可能エネルギー研究センター）

【研究担当者】 安川 香澄、浅沼 宏、内田 洋平、村田 泰章、柳澤 教雄、山谷 祐介、最首 花恵、石橋 琢也、渡邊 教弘、岡本 京祐、Shrestha Gaurav、石原 武志、アリフウィディアトモジョ、吉岡 真弓（常勤職員14名、他8名）

【研究内容】

「地熱・地中熱の適正利用技術」に関しては、地熱エネルギー利用に資する高度な地熱モニタリング技術、シミュレーション技術と地中熱利用に資する精確なデータマップを提供する一方、新たな利用技術開発を行うことで、地下環境・社会環境に適合した適切な導入を支援する。地熱の適正利用のための技術については、以下の研究を実施した。

地熱の適正利用のための技術については、以下の研究を実施した。

- ・地熱井への人工刺激シミュレータの開発
坑井を介した貯留層への加圧注水等により地熱貯留層の能力改善を試みることがある。欧米の研究者と連携して加圧注水に対する亀裂の応答に関する室内実験を

実施するとともに、超臨界地熱システムを想定した超高温の貯留層内で発生する様々な現象を模擬可能なシミュレータを開発した。

- ・温泉泉質の遠隔連続モニタリングシステムの開発
地熱発電と温泉との関連を科学的に説明可能にするために、民間企業と連携して、温泉の泉質（温度、流量、電気伝導度等）を計測できるシステムのプロトタイプを開発し、実証試験等を通じて実用モデルの開発に結び付けた。このシステムは自立型計測を可能とし、インターネットを通じて、連続的に取得したデータをサーバへ転送するものであり、今後、地熱資源適正利用のための AI-IoT 機器としての研究開発を継続する。

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

- ・会津盆地の地中熱ポテンシャル評価
3次元地下水流動・熱輸送モデルを福島大学・柴崎研究室と共同で構築した。構築したモデルを現地調査で得られた地下水位分布および地下温度プロファイルデータを用いて検証し、盆地内の湧水地点や自噴井の分布を再現した。また、構築したモデルを用いて、クローズドループシステムを想定した熱交換器必要長分布図を作成した。さらに、現地湧水調査結果と地下水流動解析より、シーズ支援事業で共同研究開発したセミオープンループシステムに対応するポテンシャルマップを開発した。その結果、同一地域で、クローズドループとセミオープンループの両システムについての適地評価を可能とした。
- ・会津盆地の水理地質構造の解明
福島大学との共同研究を通じて、福島県会津地域における第四紀地質構造解析と水理構造（地下温度構造など）解析を行い、地中熱ポテンシャル評価の基盤データを構築した。特に、コア試料に基づく柱状図資料により、第四系の上部層と下部層の区分を行い、上部層／下部層境界面の深度分布図を作成した。これらのデータは、前述した「会津盆地の地中熱ポテンシャル評価」に用いる予定である。
- ・地中熱システム最適化技術開発（シーズ事業）
被災地企業のシーズ支援プログラムを活用して、民間企業3社との共同研究樹脂製細管熱交換器を内蔵したタンク式地中熱交換器の高度化（ジオシステム）「地中熱を利用した電子機器類の排気冷却システムの高度化（ミサワ環境技術）」「準浅層における低コスト熱応答試験の改良及び熱交換器埋設工法への展開（新協地水）」を実施した。いずれも、地域の水文地質環境を活用することにより、従来の地中熱システムよりも高効率の熱交換システムや短時間・低コストの TRT を開発した。

【領 域 名】地質、環境・エネルギー

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

ーション

⑨【先進パワーエレクトロニクス研究センター】

(Advanced Power Electronics Research Center)

(存続期間：2010.4.1～2019.3.31)

研究センター長：奥村 元

副研究センター長：山口 浩、坂本 邦博

所在地：つくば中央第2、つくば西、関西センター

人 員：35名（35名）

経 費：3,438,700千円（1,315,950千円）

概 要：

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

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

本年度の研究内容としては、前年度と同様上記3種のワイドギャップ半導体を包含する内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「次世代パワーエレクトロニクス」と SiC 低損失スイッチングデバイス／電力変換器実証に関する企業との大型共同研究連合体「つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション（TPEC）」を「橋渡し研究」の両輪として進めた。特に、SIP「SiC に関する拠点型共通基盤技術

開発」や TPEC における集中研究拠点としての活動では、企業研究者を特定集中研究専門員として積極的に受入れるなど、各種企業と密接な連携のもとに研究開発を遂行するため、常勤研究員だけでなく、外来共同研究員、併任研究員、ポスドク／補助員等の契約職員、各種フェロー、連携大学院生等を積極的に活用して研究活動を行い、総勢約250名の組織となっている。

内部資金：

TIA 拠点を活用したパワーエレクトロニクス技術の橋渡し研究

外部資金：

原子力エレクトロニクス技術を活用した耐放射線半導体イメージセンサの開発

ダイヤモンド MESFET 作製技術の確立とダイヤモンド IC の要素技術開発

SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) / 次世代パワーエレクトロニクス / 将来のパワーエレクトロニクスを支える基盤研究開発 / ダイヤモンドパワーエレクトロニクス基盤技術開発

低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト / GaN パワーデバイス等の実用化加速技術開発 / 窒化ガリウムパワーデバイス高出力化のための高放熱構造の研究開発

SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) / 次世代パワーエレクトロニクス / SiC に関する拠点型共通基盤技術開発 / SiC 次世代パワーエレクトロニクスの統合的研究開発

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

SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) / 次世代パワーエレクトロニクス / 将来のパワーエレクトロニクスを支える基盤研究開発 / ダイヤモンドパワーエレクトロニクス基盤技術開発

センサデバイス性能向上及びプロセス基盤技術

ダイヤモンド素子化技術

粒子線と光の組み合わせによるワイドギャップ半導体の深い準位評価法の開発

電子励起高密度ラジカル供給による単結晶ダイヤモンドの高効率エピタキシャル成長法

超低損失パワーデバイス用途ダイヤモンド低抵抗ウエハの合成

活性サイト解析による導電性ダイヤモンドの合成プロセス最適化

高品位三原色光源実現に向けた青・緑色面発光レーザ

選択成長法を用いた GaN 系立体チャネル型トランジスタの研究

ダイヤモンド半導体を用いたパッシブな宇宙用電子放出

源の実現可能性評価

ワイドギャップ半導体 (SiC および GaN) MOS 界面欠陥の電子スピン共鳴分光同定

低損失縦型ダイヤモンドパワー MOSFET

発表：誌上発表70件、口頭発表202件、その他5件

ウェハプロセスチーム

(Wafer Process Team)

研究チーム長：加藤 智久

(つくば西)

概要：

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

N-B コドープ技術による3インチ n 型低抵抗 SiC ウエハ (比抵抗 $\leq 10 \text{ m}\Omega\text{cm}$) の開発において、市販品を上回る低転位密度化 ($3 \times 10^3 \text{ cm}^{-2}$ [TSD (Threading Screw Dislocation 螺旋転位) : $3 \times 10^2 \text{ cm}^{-2}$ 、BPD (Basal Plane Dislocation 基底面転位) : $8 \times 10^3 \text{ cm}^{-2}$]) を達成した。また、昨年度開発した N-Al コドープの3インチ n 型低抵抗 SiC ウエハにエピ成長を行い、従来技術より低オン抵抗のショットキーバリアダイオード (SBD) の試作に成功した。また、p 型低抵抗 SiC ウエハの開発では、高電圧 IGBT 開発に向けて3.5インチに開発サイズを拡大し、ウエハ比抵抗と厚エピ成長時の界面転位抑制の関係を明らかにした。溶液法での転位変換現象を利用した低転位化技術の開発は、試作適用に向け3インチに口径を拡大して進めた。SiTi 溶媒による3インチ SiC 成長では、4°オフ C 面成長で TSD から基底面 Frank 欠陥への変換率を80 %以上で達成できることを示した。

研究テーマ：テーマ題目

エピタキシャル成長チーム

(Epitaxial Growth Team)

研究チーム長：児島 一聡

(つくば中央第2、つくば西)

概要：

当チームでは、SiC エピタキシャル薄膜成長技術とその材料評価を中軸に、超高耐圧 SiC バイポーラデバイス用厚膜成長技術と材料評価並びに埋め込みエピ技術を用いた PN カラム (SJ) 構造形成といった SiC デバイスの高機能化に資する新規 SiC 薄膜成長技術の開発を推進継続した。Si 面の厚膜成長では CVD 装置管理を含め成長工程を見直すことで厚さ $270 \mu\text{m}$ の厚膜で欠陥密度 $0.5 \text{ 個}/\text{cm}^2$ 以下を安定して成長できる技術に仕上げ、IGBT 試作へのウエハ提供を行った。また、ウエハ裏面加工により $250 \mu\text{m}$ 厚の3インチエピウエハに於いてウエハのそり量を $9 \mu\text{m}$

まで低減、厚み250 μm で技術の効果を確認した。一方、評価においては BPD の SSF や DSSF への拡張の起点評価を継続、その起点の構造と BPD の拡張条件との関係を明らかにするとともに、X 線 CTR 散乱を用いた SiO₂/SiC 界面評価を継続実施している。加えて Ga₂O₃に関して積層欠陥の存在を見出し、X トポグラフによりその構造を同定した。埋め込みエピ技術を用いた SJ 構造形成では、深さ \sim 50 μm 、幅 \sim 5 μm 、アスペクト比 \sim 10のトレンチを成長レートを5 $\mu\text{m}/\text{h}$ 前後の速度で完全に埋戻すことのできる技術を開発した。SNDM を用いた埋め込み層の濃度評価ではその再現性、精度向上に資するウエハ加工手法を新たに開発した。

研究テーマ：テーマ題目

SiC パワーデバイスチーム (SiC Power Device Team)

研究チーム長：原田 信介

(つくば中央第2)

概要：

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

平成29年度は、企業共同研究において、1.2kV 耐圧クラスの SiC MOSFET として、低いオン抵抗と内蔵ダイオードの高い信頼性を両立した独自構造のデバイス (SWITCH-MOS : SBD-Wall Integrated Trench MOS) を開発し、量産レベルの試作品で性能を実証した。SWITCH-MOS はトレンチ型 MOSFET にトレンチ SBD を内蔵することで、1200 V クラスの低い耐圧デバイスでも高い信頼性が実証できた。従来技術では信頼性向上の効果が低いために1200 V 耐圧クラスでは困難であった SiC-MOSFET と SiC-SBD の一体化が量産試作レベルで実証できたので、今後はハイブリッド電気自動車 (HEV) / 電気自動車 (EV) の電力変換システムでの使用が期待されるオール SiC モジュールの市場導入が大幅に前進すると期待される。

国家プロジェクトスーパージャンクション構造形成技術の開発においては、前年度までに構築した6.5 kV 対応 SJ 構造形成技術を用いて pn 接合 TEG を試作し、6.5 kV 対応 SJ 構造による低抵抗化を実証した。MOS 界面メカニズム解析に関しては、ホール効果移動度測定手法を用いて、界面電気特性向上における窒化の効果は、ホール移動度の向上ではなく、可動キャ

リア密度の増加によることを示した。しきい値安定性に関しては、ストレス初期の変動を正確にモニタする手法を確立し、正負ゲートバイアスに対し、短時間で蓄積、緩和する変動成分の存在を明らかにし、窒化は短時間で変動する成分を減少させる一方、長時間の負バイアスで変動する成分を増加させることを明らかにした。3次元アトムプローブ測定からは、窒化により酸化膜界面から1 \sim 2 nm の範囲に窒素が局在することを明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目

SiC デバイスプロセスチーム (SiC Device Process Team)

研究チーム長：宮島 將昭

(つくば西)

概要：

当チームでは、産業界への橋渡し後期にあたる SiC デバイスの製造プロセスにおける研究開発を進め、それらの量産化試作実証を行なうことと、国プロで実施している順方向電流劣化対策を目的とする。29年度は順方向劣化問題の解決策として再結合促進層の限界性能把握と適切なスクリーニング条件導出に取り組んだ。その成果、通電試験時の電流密度と拡大した1SSF (Single-Shockley Stacking Fault) の形状、拡大起点構造の関係について詳細に解析を行い、貫通 BPD は25 A/cm²程度の低電流密度で1SSF が拡大し、TED 転換 BPD は350 A/cm²以上の電流密度で拡大することを明らかにした。UV 照射強度、及び照射温度と SF 挙動の関係を系統的に評価し、SF の拡張/縮小現象と UV 照射条件の関係を明確化し、反応速度論と平衡論に基づき SF の挙動をモデル化した。

研究テーマ：テーマ題目

SiC デバイス設計チーム (SiC Device Design Team)

研究チーム長：福田 憲司

(つくば西)

概要：

西 SCR 棟クリーンルーム SiC 6インチ試作ラインの整備を引き続き進めるとともに、短リードタイム運用に向けた量産試作技術ノウハウの蓄積を進めた。2017年度は、プロセス開発実験ウエファ213枚、V 溝形 MOSFET 等デバイス試作ウエファ97枚を投入した。年度末には試作能力を VMOS 換算で月産30枚程度まで向上した。

昨年度に着手した耐圧1.2 kV の低損失 VMOSFET の量産試作技術開発を進め、標準レシピ4件を登録するとともに、試作した素子は共同研究相手先で、実機評価に供された。今年度の新規取り組みとして、西 5D 棟4インチ試作ラインで開発した、耐圧13 kV を

越える SBD と MOSFET を、SCR6インチ試作ラインで試作するためのプロセス移植に着手した。

上記技術開発と並行して、テクノブリッジ型共同研究の枠組みを構築し、オープンイノベーション拠点である SCR6インチ試作ラインにおいて、秘匿性の高い研究開発も行える体制を整えた。

研究テーマ：テーマ題目

パワーデバイス基礎チーム

(Power Device Fundamentals Team)

研究チーム長：米澤 喜幸

(つくば西)

概要：

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

バイポーラ要素技術としてバイポーラシミュレーション技術向上、順方向劣化対策検討、高温ゲート酸化技術を進めた。順方向劣化対策に関しては、再結合促進層の有効性検証を行い、基板に存在する基底面転位 (BPD) に到達するホール量を制御することにより、4400 A/cm²の高電流密度でも、帯状積層欠陥の発生が抑制され、順方向劣化が防止できることを示した。高温ゲート酸化では、酸素のみの酸化による界面特性向上を、ホール効果測定により確認できた。

バイポーラデバイスでは、シミュレーション技術の向上により、静特性および動特性を把握できるようになった。超高耐圧 PiN ダイオードでは、耐圧構造の検討と低濃度ドリフト層エピ適用によって、世界最高の半導体耐圧である29.6 kV を達成した。超高耐圧 SiC-IGBT においても耐圧23 kV を達成することができた。

さらに試作した IGBT と PiN ダイオードを組み合わせた、スイッチング試験環境の整備を行い、SW 損失低減に向けたフィードバックを行えるよう検討を進めている。

研究テーマ：テーマ題目

GaN パワーデバイスチーム

(GaN Power Device Team)

研究チーム長：奥村 元

(つくば中央第2)

概要：

当チームでは、GaN 半導体を用いた低損失電力素子の実用化を図ることを目的としており、横型デバイスとして GaN on Si の HEMT デバイスの実用化に関する研究と、GaN 単結晶基板を用いた縦型デバイスの実現性について研究開発を行なっている。

GaN on Si を用いた GaN-HEMT デバイスは、現在100~200 V の耐圧まで確保されているが、信頼性や安定性の課題解決が必要であり、同時に高速性と低損失性を生かした応用の開拓とそこに提供できる相当数のデバイスチップが望まれている。また GaN 単結晶を用いた縦型デバイス開発においては、まだ基礎的物性が曖昧でデバイス化要素プロセスが確立していない。

そこで H29年度は、GaN on Si 技術を用いた AlGaN/GaN パワーデバイス的高速スイッチング回路適用へ向けた磁性材料評価等の新要素技術の開発を行った。更に、パワー集積回路技術構築に向け、

(110) Si 基板上的エピ成長高度化を含むデバイス化要素技術開発と損失モデル構築等を行うと共に、TIA パワエレ拠点における GaN 単結晶基板上 GaN デバイスを主体とした量産試作のための設備整備に着手した。また新たなシーズ発掘が重要であると考え、高温 AlN エピ成長等の新しい成長技術、新規デバイス構造、新規用途の開拓などを行なっている。

研究テーマ：テーマ題目

パワー回路集積チーム

(Power Circuit Integration Team)

研究チーム長：佐藤 弘

(つくば中央第2)

概要：

SiC などワイドギャップ半導体パワーデバイスが持つ高性能かつ超低損失な特長を活かした、高機能・小型・低消費電力の電力変換装置実用化のための基盤技術研究開発を目的とする。具体的には、主に SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) プロジェクトのもと、大電流密度・高発熱密度に対応した1.2 kV 級 SiC モジュールの研究開発を進めている。

平成29年度は、前年度までの要素技術開発で得た知見から決定した基本モジュール (ワイヤーボンド型構造と ZnAl ハンダ接合で実装したモジュール) を用いた劣化機構解明・加速試験条件明確化のための信頼性評価を進めるため、基本モジュールの性能ばらつき抑制に取り組んだ。具体的には、実装精度管理の向上等に向けた寸法公差管理の改善を部品製造者や材料製造者との連携を進めるとともに、組立時の条件管理や治具設計の改良を進め、その効果を確認した。これにより、組立製造技術としてもレベル向上が図られたことを確認した。

また、SIP プロジェクト内の他テーマとの連携を進め、インホイールモータ駆動用にモジュールを製造するとともに、これを用いたインバータ回路の設計・製作を行った。製作したインバータ回路の基本性能の確認を行い、ゲート信号の受信、デッドタイムの確保、通電性能等に問題が無いことを確認した。

上記に加え、高速に動作するパワーデバイスの保護回路に関する基礎開発を進め、ゲートドライブ回路の改善を提案し、これによる過電圧保護動作を確認した。また、実装状態の熱物性の測定法である過渡熱測定法に関する技術支援および指導を行った。

研究テーマ：テーマ題目

パワーエレクトロニクス応用チーム

(Power Electronics Application Team)

研究チーム長：坂本 邦博

(つくば西)

概要：

自動車用の民生用途から、高エネルギー加速器電源のような特殊用途にいたる、幅広い電力変換分野でのSiCパワーエレクトロニクスの応用開拓を目指し、SiCパワーデバイスの特長を發揮する高性能モジュール実装技術の開発と、そのモジュールをパワーエレクトロニクス機器開発者に提供して、応用に向けての共同研究を進めた。

高速スイッチング大電流モジュール（150 A、接合温度150℃）では、JEITA規格に基づく産業機械用信頼性試験を完了した。更に高温動作を狙うモジュール（接合温度200℃）では、熱サイクル印加時の線膨張係数差に起因する疲労を抑制する構造改良を進めた。10 kVを越える高電圧小電流用途向けに、15 kV耐圧TO 268表面実装パッケージでは、ユーザが外部沿面放電の不安無く使える高信頼パッケージを開発した。

耐圧10 kVを越える超高耐圧SBDとMOSFETを、産業用や理科学機器用電源を開発する共同研究相手先に提供を開始した。これらの素子は市場で入手できず、産総研が供給することで当該市場が拡大して、半導体製造企業が製造を始める呼び水となることを目指す。

研究テーマ：テーマ題目

ダイヤモンドデバイスチーム

(Diamond Device Team)

研究チーム長：牧野 俊晴

(つくば中央第2)

概要：

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

サー応用に関する研究を進めている。

平成29年度は、ダイヤモンドパワーデバイスのコアコンピタンスである高い絶縁破壊電界を実証するために、T-CADシミュレーションにより設計した電界集中緩和構造を有したpinダイオードを試作し、従来構造の2倍以上の耐圧を実現した。

昨年度、世界で初めて動作実証に成功したp型反転層チャネルダイヤモンドMOSFETにおいて、ポストウェットアニール処理によりゲート絶縁膜界面の高品質化等を進め、チャネル移動度を昨年度より一桁高い31 cm²/Vsまで向上した。またp型ボディMOSキャパシタにおいて、ダイヤモンドで初めてn型反転層容量を確認した。

ダイヤモンドの高濃度ドーピング層を利用したショットキーpnダイオードの動作特性の解析を進め、順方向電流が高電流密度領域では空間電荷制限電流モデルで表されることを明らかにした。

NVセンタを用いた磁気センサ応用では、センサー感度を向上するためにNVセンタに電子がトラップされたNV⁻状態の安定化を図った。縦型nin接合のi層中にNVセンタを形成することでスピン緩和寿命を一定に保持しつつNV⁻状態を安定化できることを実証した。

研究テーマ：テーマ題目

ダイヤモンド材料チーム

(Diamond Materials Team)

研究チーム長：空野 由明

(関西センター)

概要：

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

平成29年度は、1インチウエハ実現に向けた技術開発として、バルク結晶の断面観察により、繰り返し成長時に生ずる、成長界面における欠陥生成を確認した。また、この結果に基づき、連続成長時間の拡大、即ち、成長界面の抑制に取り組んだ。長時間成長時に発生する異常成長を回避する条件を見出し、従来の連続成長時間を10倍程度以上にまで拡張することに成功した。これにより、ミリ単位での厚膜合成を成長界面の導入無しに、途切れることなく達成できるようになった。

低抵抗ウエハ実現に向けた基盤技術として、熱フィラメント法による高濃度ボロンドープ膜の合成技術の高度化を行った。従来のマイクロ波プラズマCVDによる合成と比較し、成長メカニズムの違いの探索を開

始した。

平成28年度に、パワーデバイスの基本素子であるショットキーバリアダイオードを試作し、高い電圧環境下で電極縁辺での電界が電極中央部における電界の3倍以上となることを確認し、ドリフト層中にかかる高い電界が走行する少数キャリア数を増倍させる現象を利用した観測手法を確立したことを踏まえ、平成30年度に新規 pin 接合等で衝突イオン化係数を測定するために、電子線とアルファ線を励起源とした衝突イオン化係数の測定系を立ち上げた。

研究テーマ：テーマ題目

2) 生命工学領域

(Department of Life Science and Biotechnology)

領域長：松岡 克典

概要：

生命工学領域は、健康で安心して暮らせる健康長寿社会や環境負荷を抑えた持続可能な社会の実現に貢献することを目指して、生命工学に係る世界最高水準の研究開発を進め、その成果を産業界に橋渡しするとともに、研究成果により国際的なプレゼンスを高め、優秀な人材が集まる研究所づくりを進めている。領域長は、理事長の命を受けて、各研究分野における研究の推進に係る業務の統括管理を行っている。

①生命工学領域研究戦略部

(Research Promotion Division of Life Science and Biotechnology)

研究戦略部長：鎌形 洋一

研究企画室長：小松 康雄

所在地：つくば中央第1

人員：16名 (15名)

概要：

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

生命工学領域研究戦略部研究企画室

(Research Planning Office of Life Science and Biotechnology)

概要：

産総研として特色ある研究の方向性や、開発技術を社会に還元することを意識し、生命工学領域の人材資源の最適配置を行いつつ以下のような研究管理を行っている。

すなわち、当該領域における研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営に係る基本方針、プロジェクトの企画及び立案や調整、領域間の連携の推進、経済産業省その他関係団体等との調整、当該領域に関する技術組合に関する業務、領域における研究ユニットの評価に関する業務を行っている。また、BioJapan、科学技術振興機構新技術説明会やLS-BTを始めとする各種イベント出展に対する立案や出展テーマの調整、見学・視察対応、新規採用・任期付研究員のパーマネント審査に関する業務などを行っている。

機構図 (2018/3/31現在)

[生命工学領域研究戦略部研究企画室]

研究企画室長 小松 康雄 他

[生物資源管理グループ]

グループ長 海老原 達彦 他

オープンイノベーションラボラトリ

産総研・早大 生体システムビッグデータ解析オープンイノベーションラボラトリ

(Computational Bio Big-Data Open Innovation Laboratory)

概要：

生体で測定された各種ビッグデータと情報解析を融合することによってライフ・イノベーションを達成する。特に、早大が有するメタゲノムデータ・医療系メタデータと産総研の解析技術を合わせることで、疾病メカニズムや医薬品原料の探索・生産に寄与する生命現象のシステマ的理解を目指す。また、最先端のアルゴリズム・数理解析手法の開発を行い、世界標準となる生命情報解析技術の開発を行う。さらに、産学官ネットワークの構築により、民間企業の参画による「橋渡し」を強化した組織運営、欧米を中心とした各種研究機関との人的交流を中心とした国際連携の強化を図っている。

機構図 (2018/3/31現在)

ラボ長 竹山 春子 (早稲田大学教授)

副ラボ長 油谷 幸代

産総研・阪大 先端フォトニクス・バイオセンシングオープンイノベーションラボラトリ

(Advanced Photonics and Biosensing Open Innovation Laboratory)

概要：

産総研の有するニーズ対応型のバイオ分析制御技術を具体的な対象として、大阪大学が有するフォトニクス分析の高度基盤技術を実装し、多彩な生体分子を計測する高感度バイオセンシングシステムの開発を行っている。具体的には革新的な細胞機能操作・イメージング技術の開発、次世代フォトニクスバイオセンサーの開発、バイオセンシングの超高感度IoTプラットフォームの構築を推進している。また産総研の橋渡し技術により大阪大学の基礎研究成果の社会実装を加速することを目標とした、産学官連携体制の構築を進めているところである。

機構図 (2018/3/31現在)

ラボ長 民谷 栄一 (大阪大学教授)

副ラボ長 脇田 慎一

②【創薬基盤研究部門】

(Biotechnology Research Institute for Drug Discovery)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：織田 雅直

副研究部門長：鈴木 理

首席研究員：平林 淳

所在地：つくば中央第2、つくば中央第5、
つくば中央第6、臨海副都心センター

人員：32名(32名)

経費：1,166,640千円(382,853千円)

概要：

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

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

当部門が強みとする糖鎖解析技術、幹細胞工学技術、天然化合物生産技術を基に研究開発を進展させるため、3つの重点課題を設け、基盤研究の推進、基盤技術を利用し産業化を目指した技術の開発、企業連携による製品化を目指した技術開発を実施している。

また、我々が強みとするこれらの技術を融合させることで新たな技術の開発も積極的に行っている。さらに、他の専門分野の技術を取り入れることで分野を超えた融合技術の開発も積極的に実施したいと考えている。

3つの重点課題の概要は以下の通りである。

重点課題1：糖鎖／ペプチド分析・製造技術に基づく診断薬、治療薬の探索と実用化

糖鎖の差異を用いて、がんや自己免疫疾患、生活習慣病等に対する診断薬、治療薬を効率的に開発することを目指し、疾患に関連する糖鎖、糖タンパク質、ペプチド等の構造と機能を解析し、疾患特異的なバイオマーカーや標的因子を探索、究明する。またこれらの

因子を標的化する分子、あるいはそれを高機能化した分子を開発、製造し、疾患の診断薬、治療薬の開発を行う。

重点課題2：細胞を利用した再生医療技術と創薬支援技術の開発

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

重点課題3：ケミカルバイオロジーに基づく創薬基盤技術の開発

微生物等が生産する天然化合物の創薬への利用を目指し、放線菌やカビ等が生産する天然化合物の生理活性評価と天然化合物生産に関わる遺伝子や未利用生合成遺伝子の機能解析と、異種ホストとこれら生合成遺伝子を用いた生産技術の高度化を実施する。またバイオインフォマティクスを用い、遺伝子の組み合わせ等による新規天然化合物生産や有用生体物質の高生産技術の開発を行う。

内部資金：

戦略予算「メダカを使ったフェノタイプ スクリーニングシステムの開発」

戦略予算「臨床用ヒト iPS 細胞作製技術の確立と産総研発ベンチャーによる実用化」

標準化予算「近赤外波長域を利用した医療用画像システムの国際標準化研究」

外部資金：

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発「植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発／高生産性微生物創製に資する情報解析システムの開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST)「レクチン工学を基盤としたエクソソーム糖鎖解析技術の開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推

進事業（さきがけ）「超高感度・非破壊1細胞グライコム解析技術の開発」

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

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 医療分野研究
成果展開事業 先端計測分析技術・機器開発プログラム
「マルチモーダル内視鏡システムによる生体機能診断」

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 生
物系特定産業技術研究支援センター SIP（戦略的イノ
ベーション創造プログラム）「次世代農林水産業創造技
術」「ホメオスタシス維持機能をもつ農林水産物・食品中
の機能性成分評価手法の開発と作用機序の解明」

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 生
物系特定産業技術研究支援センター 革新的技術開発・
緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）「牛の放牧管
理の効率化・生産性向上のための小型ピロプラズマ病ワ
クチンの実証研究」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 次世代がん医
療創生研究事業「D-型ペプチドによる血液・脳腫瘍関門突
破と脳腫瘍治療」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 革新的がん医
療実用化研究事業「ステルス型 RNA ベクターを利用し
た All-in-One 型ゲノム編集ツールの開発」

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

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 再生医療の産
業化に向けた評価基盤技術開発事業 再生医療技術を応
用した創薬支援基盤技術の開発「In-vitro 安全性試験・
薬物動態試験の高度化を実現する organ/multi-organs
-on-a-chip の開発とその製造技術基盤の確立」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 再生医療の産
業化に向けた評価基盤技術開発事業 再生医療技術を応
用した創薬支援基盤技術の開発「デバイスに搭載するヒ
ト自律神経細胞と標的臓器の安定的製造に関する研究開
発」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 再生医療の産
業化に向けた評価基盤技術開発事業 再生医療技術を応
用した創薬支援基盤技術の開発「薬物動態・安全性試験
用 organ(s)-on-a-chip に搭載可能な臓器細胞/組織の基準
作成」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 再生医療の産
業化に向けた評価基盤技術開発事業 再生医療の産業化
に向けた細胞製造・加工システムの開発「ヒト多能性幹
細胞由来の再生医療製品製造システムの開発（網膜色素
上皮・肝細胞）」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 次世代治療・
診断実現のための創薬基盤技術開発事業「糖鎖利用によ
る革新的創薬技術開発事業」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 医療分野研究
成果展開事業 先端計測分析技術・機器開発プログラム
「腫瘍内不均一性を考慮した癌生細胞検査法の開発」

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

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 ゲノム医療実
現推進プラットフォーム事業「保存血清のメタボローム
解析による疾患診断の有用性の検証と応用（レクチンア
レイによる慢性疾患の異常糖鎖検出）」

沖縄県 一般社団法人トロピカルテクノプラス 再生医
療産業活性化推進事業「平成29年度再生医療産業活性化
推進事業」

国立大学法人筑波大学 平成29年度医療研究開発推進
事業費補助金（橋渡し研究戦略的推進プログラム）「癌
に対する革新的治療開発：糖鎖標的レクチンによるがん
幹細胞消滅戦略」

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

日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究（B）
「しなやかでウェットな半立体マイクロ構造体の露光作
製及び新規バイオチップへの応用」

日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究（C）
「動脈硬化性大動脈瘤の網羅的糖鎖解析による新たな疾
患関連指標の探索」

日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究 (C) 「関節軟骨組織の発生・再生機序における転写因子 KLF4の機能解明」

日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究 (C) 「糖鎖アレイを利用した ABO 不適合腎移植における抗体関連型拒絶反応予測検査法の開発」

日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究 (B) 「がん幹細胞糖鎖の構造と機能」

日本学術振興会 科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究 「培養基質の膨潤力を活用した空間自由度の高い細胞力学刺激法の開発」

日本学術振興会 科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究 「遺伝子操作情報トレーシングのための細胞スケール非接触磁気タグの研究」

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

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

日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究 (C) 「酸素感受性 tRNA 修飾酵素の反応メカニズム」

日本学術振興会 科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究 「In vitro 交感神経-血管モデル構築による血管疾患メカニズムの解析」

日本学術振興会 科学研究費助成事業 若手研究 (A) 「膵β細胞・自律神経細胞の人工作製と神経インターフェース化」

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

日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究 (B) 「グライコムクスを革新する新たな分析基盤の構築」

日本学術振興会 科学研究費助成事業 若手研究 (B) 「組織再生における有核血球細胞の動態解明」

日本学術振興会 科学研究費助成事業 若手研究 (B) 「心肥大の分子メカニズム解明を目指した比較グライコプロテオミクス」

日本学術振興会 科学研究費助成事業 研究活動スタート支援 「インフルエンザウイルス-宿主糖質相互作用の包括的解析とその感染病態における意義」

日本学術振興会 科学研究費助成事業 挑戦的研究 (萌芽) 「圧力駆動 Liver-on-a-chip の開発：三次元肝組織の生体外長期灌流培養」

日本学術振興会 科学研究費助成事業 挑戦的研究 (萌芽) 「ムチンプロファイル解析による粘液線維肉腫の悪性形質発現機能の解明」

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

日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究 (A) 「ヒトミニ胃組織を用いた胃癌病態の究明と創薬応用」

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

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

日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究 (B) 「肝線維化進展におけるマクロファージと肝星細胞間の糖鎖シグナルの分子機能解析」

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

日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究 (C) 「FTICRMS を用いた水圏中微量金属元素-溶存有機物錯体の分子構造解析」

経済産業省近畿経済産業局 平成29年度戦略的基盤技術高度化支援事業(機関補助金) 「再生医療の産業化に向けた未分化・造腫瘍性細胞の検出技術の開発」

経済産業省 平成29年度戦略的国際標準化加速事業(政府戦略分野に係る国際標準開発活動) 「細胞の特性評価ならびに製品製造への応用に関する国際標準化」

発表：誌上发表73件、口頭発表144件、その他19件

糖鎖技術研究グループ

(Glycoscience and Glycotechnology Research Group)

研究グループ長：梶 裕之

(つくば中央第2)

概要：

研究目的：タンパク質の糖鎖修飾は小胞体・ゴルジ体内腔で生じる。そのため、これらの分泌経路オルガネラ、これを通して分泌された体液、細胞膜に存在するタンパク質の多くは糖鎖修飾を受けている。糖鎖はタンパク質の局在、活性、相互作用等、機能の調節に重要な働きを担っていることは明白だが、糖鎖は多数の生合成酵素によって非鋳型依存的に合成されるため多様で不均一となり、糖鎖の構造と機能の関係を解明することは極めて困難である。本研究グループは、糖鎖機能やその制御機構の解明を目的とし、そのための解析技術開発、及び産業応用を行う。

研究手段・方法論：まず糖鎖修飾の状態を、細胞や組織における糖転移酵素遺伝子の発現、糖タンパク質の発現、糖鎖構造について、転写物、タンパク質、糖鎖の分析によって解析する。主要分析ツールとしてDNAシーケンサー、質量分析、レクチンアレイ、セルソーター、光学顕微鏡等を用い、解析技術・方法論を開発する。機能解明のためには、糖鎖生合成系を改変したモデル生物（酵母、マウス、培養細胞）などを利用する。糖鎖の産業応用としては、糖鎖変化を基盤としたバイオマーカーや創薬標的分子の探索、検出系の構築（糖鎖修飾抗原、抗体、標準糖タンパク質の作成など）を行う。

テーマ題目1：糖鎖解析技術の開発、テーマ題目2：糖鎖機能、制御機構の解明、テーマ題目3：糖鎖の臨床的応用

幹細胞工学研究グループ

(Stem Cell Engineering Research Group)

研究グループ長：伊藤 弓弦

(つくば中央第5)

概要：

ヒト多能性幹細胞や間葉系幹細胞、そして各種臓器細胞は、治療用細胞や検査用細胞の原材料として注目を集めている。しかしながらそれら細胞は様々なバラツキを有しており、最適な大量培養方法や臓器細胞分化方法に関しても未整備な部分が多く、産業化を進めてゆく上で大きな障壁となっている。そこで幹細胞工学研究グループでは、(1) 再生医療用幹細胞の品質管理技術開発、安定供給技術開発および標準化 (2) 創薬用幹細胞/臓器細胞の安定供給技術開発及び規格化を重点課題とし、関連要素技術と共に研究開発を推進している。具体的には、(1) として、間葉系幹細胞の性能を迅速に判断可能なバイオマーカー開発、移植用細胞内に残存した腫瘍源細胞を除去する技術開発など

を行う。(2) として、薬物動態試験や毒性試験等での使用に耐えうる臓器細胞の規格作りを開始すると共に、外因性のバラツキ要因を極力最小化するためのプロセス管理に関しても検討する。

ステムセルバイオテクノロジー研究グループ

(Stem Cell Biotechnology Research Group)

研究グループ長：木田 泰之

(つくば中央第5)

概要：

再生医療や創薬支援のための技術体系構築には幹細胞が有用である。人工多能性幹細胞 (iPS 細胞) の誘導技術開発は再生医療としての多大な可能性を広げるのみならず、化合物による細胞制御と遺伝子操作による最先端の細胞工学技術開発を導いている。そこでステムセルバイオテクノロジー研究グループでは、幹細胞の特性を明らかにする基礎研究を通じて、細胞改変技術や培養デバイスの作製、医療機器開発を進めている。具体的には、多能性幹細胞や体性幹細胞などの細胞特性と微細加工技術を応用し、リプログラミングやダイレクトリプログラミングおよび細胞分化誘導法の開発や組織3次元構築、工学技術の医療応用を進めている。このような幹細胞改変技術と生体工学の融合によって、創薬基盤技術の開発や疾患モデル研究をはじめとした医療分野への貢献を推進することを目指している。

医薬品アッセイデバイス研究グループ

(Drug Assay Device Research Group)

研究グループ長：金森 敏幸

(つくば中央第5)

概要：

近年、ヒト細胞の産業応用に関心が高まっているが、ただだか数十マイクロメートルの大きさである細胞を精密に取り扱うためにマイクロプロセス技術の活用が期待されており、我々は「マイクロプロセスを応用した創薬支援・がん診断デバイスの開発」に注力している。

具体的には、1) microphysiological system (MPS) のプラットフォームとしての圧力駆動型マルチスループトチップ (PD-MPS)、2) 光分解性ゲルによるがん細胞診断技術、3) 光応答性表面による細胞マニピュレーション技術、に関して研究開発を実施している。

1) については、国立研究開発法人日本医療研究開発機構の再生医療の産業化に向けた評価基盤技術開発事業（再生医療技術を応用した創薬支援基盤技術の開発）の研究代表機関として、昨年までに開発済みのPD-MPS チップについて試生産プロセスの開発を進めると共に、医薬品メーカーと共にその性能評価を実施したところ、複数臓器を連結することによって生じ

る現象を再現できることが分かった。

2) については、プロトタイプ機およびモデルがん細胞を用いて、分離性能の向上目的として光分解性ゲルの組成およびゲル化条件の最適化を実施した。

3) については、企業でプロトタイプ機を製作し、現在は市場開拓を実施している。当研究グループでは、顧客の使用条件に合った光応答性表面の作成条件を提示した。

最先端バイオ技術探求グループ

(Leading-edge Biotechnology Research Group)

研究グループ長：新家 一男

(臨海副都心センター)

概 要：

天然化合物は人智を超えた構造を有し、天然化合物あるいはその構造を模倣して開発した薬剤は、全臨床薬の約6割を占める重要な創薬開発リソースである。当研究室では、国内の製薬系企業から提供を受けた天然物ライブラリーを含む世界最大級の天然物ライブラリーを保有し、製薬企業あるいはアカデミア発の創薬ターゲットを対象に大規模天然物スクリーニングを実施している。29年度は製薬企業3社から6個のスクリーニングを依頼され、それぞれの系で新規化合物の発見に成功した。

天然化合物の中心をなすのは微生物が生産する天然化合物であるが、これらの微生物の中には難培養性のも多く存在する。そのため、従来の菌株を分離し、発酵法による生産が困難あるいは不可能な化合物も多く存在し、医薬品としての開発に十分なサンプル量を確保するのが困難である。本問題を解決するため、我々はこれらの化合物を生産する生合成遺伝子をクローニング、あるいは合成 DNA を用いて人工遺伝子を構築し、これらを異種ホストにて発現生産する技術の開発を行っている。平成29年度は、*Pseudomonas* およびその近縁種が生産する化合物を安定に異種発現生産する技術の開発に成功し、製薬企業の課題解決に貢献した。

細胞グライコーム標的技術グループ

(Cellular Glycome-Targeted Technology Group)

研究グループ長：舘野 浩章

(つくば中央第2)

概 要：

糖鎖は細胞の最外層を覆い、細胞の種類や状態（癌化、分化）により、糖鎖の構造が劇的に変化することが知られている。そのため糖鎖は細胞を見分けるためのマーカー（指標）として有用であり、再生医療に用いる細胞の品質管理や癌などの疾病の創薬標的として期待されている。また抗体などのバイオ医薬品は糖鎖で修飾されており、糖鎖の構造がバイオ医薬品の薬効

や動態と密接な関係があることも明らかにされている。そこで細胞グライコーム標的技術グループでは、国家プロジェクトや企業との共同研究により、(1) 細胞やタンパク質に修飾された糖鎖を迅速・高感度且つ定量的に解析するための新たな技術の開発、(2) 再生医療に用いる細胞を評価選別する技術の開発、(3) 癌や糖尿病等の疾病に対する診断薬・創薬の開発、(4) 抗体等のバイオ医薬品の品質管理技術の開発、(5) エクソソーム表層糖鎖の解析と応用技術の開発、を行う。糖鎖・レクチンをキーワードとして、創薬や再生医療をはじめとした広くライフサイエンス分野に貢献する実用的な技術を開発して、産業界に橋渡しすることを目的とする。

③【バイオメディカル研究部門】

(Biomedical Research Institute)

(存続期間：発足日～終了日)

研究部門長：近江谷 克裕

副研究部門長：本田 真也、大西 芳秋

首席研究員：ワダワ レヌー

総括研究主幹：阪下 日登志、脇田 慎一、
岡田 知子

所在地：つくば中央第6、関西センター

人 員：106名 (106名)

経 費：1,134,644千円 (527,891千円)

概 要：

産総研の第4期中長期目標である「創薬基盤研究を推進する」ために設定された第4期中長期計画「生体分子の構造、機能を理解するとともに、得られた知見を活用し、新しい創薬技術基盤、医療技術基盤を開発する」を推進するため、当部門は目的基礎研究を実施、2つのミッションを設定した。よって、①生体分子の構造・機能を理解・解明し、それらの知見に基づいた創薬基盤技術・医療基盤技術を確立する。②創薬・医療に関わる基礎・基盤技術の動向を把握し、将来に向けた技術の芽を発掘し育成する。を掲げる。特に、「創薬のリードタイムを短縮するために、古典的新薬探索から脱却し、短時間に低コストで成功率の高い創薬プロセスを実現する創薬最適化技術、ゲノム情報解析技術、バイオマーカーによる疾病の定量評価技術などの新しい創薬の基盤となる技術を開発する。さらに、創薬支援ネットワークにおける技術支援にも取り組む。」の研究項目を担当する。そこで、4つの重点課題及び2つの特別課題を設定し、H29年度は、例えば、超解像顕微鏡の導入による再生等における細胞機能解析技術の高度化、腸内細菌叢の解析法の標準化、生物資源からの発光細胞スクリーニング系を利用した有用化合物の探索手法の確立等を実施する。

重点課題1. 生体分子の構造機能解析と分子技術の高度化

タンパク質等の生体高分子の結晶構造解析や高分解能電子顕微鏡による高次構造解析を行い、対象分子の構造と機能の相関関係を明らかにするとともに、臨床薬のターゲットとなる膜タンパク質の迅速構造解析法等の開発を行う。また、タンパク質、機能ペプチド設計技術、改良技術の開発を行うとともに、これらを抗体親和性タンパク質等に適用して、抗体医薬品開発における生産工程および品質管理分析工程の高度化に貢献する。さらには創薬候補化合物構造情報をベースとした AI を活用したミドルスループット化学合成法の開発、及び化合物と標的タンパク質の複合体の高次構造解析を通じて、創薬研究に貢献する。

重点課題2. 生体恒常性機能を利用した疾患予防技術の開発

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

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

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

重点課題4. 生体分子等の計測解析技術開発と標準基盤整備

微細加工技術、表面加工技術と言ったナノテク技術、薄膜材料や自己組織化膜材料などの材料技術、バイオ

分野の技術を融合したバイオ診断計測解析技術やデバイス等の開発を行う。具体的には、生体分子と強く相互作用し信号変換する分子認識材料や発光・蛍光分子プローブの合成、及び一細胞毎の計測が可能なナノ針アレイ等のデバイス技術の開発を行う。また、それら要素技術を融合し、薬剤管理や代謝評価センサ、タンパク質や遺伝子を高感度に認識できるバイオセンサやマイクロ流路型デバイスなどの実現をめざす。併せて遺伝子定量法、イメージング法や核酸標準品の開発を行いバイオ計測の標準化に資するプラットフォームを整備、特に ISO/TC276 バイオテクノロジーの標準化や腸内細菌叢解析の標準化に関して先導的な役割を担う。

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

さらには、産総研職員の育成と共に、産総研イノベーションスクール生、ポスドクや博士課程の学生、企業等からの外部研究員などを受け入れ、研究現場にて研究開発を行いながら人材育成を行う。併せて、インド、タイ等のアジアの各国とバイオ研究分野における国際連携を推進するため、当部門はミッション④アジアのバイオテクノロジーハブを目指した国際連携を推進する。を実施する。アジアのバイオテクノロジーのハブ拠点として国際融合研究を推進、さらにはイメージングなどのコア技術をベースとした国際ワークショップを開催するなど国際的に活躍できる研究所内外の人材を育成する。そこで、特別課題1を設定する。一方、本研究部門の特色である先端イメージング技術を国内外に大きく展開するため特別課題2を設定する。

特別課題1. アジアのバイオテクノロジーハブを目指した日印融合研究の推進

産総研・インド DBT 間共同研究契約をベースとして設立された DBT-AIST ジョイントラボ (DAILAB) の運営を通じてアジア地域との広い連携を可能とする集中研究機能、人材育成機能及び国内バイオ技術の普及機能を持った研究ハブの強化・拡充を目標とする。特に、本ジョイントラボでは AIST と DBT の健康・医療分野における更なる研究協力の推進と人材育成を含めた研究者交流を実施、目標としてはがんや老化をターゲットとした創薬スクリーニングと選択された候補物質の細胞内イメージングを利用した作用機序の解明を通じた創薬開発を目指す。また、タイ TISTR との共同研究をベースに産総研の発光細胞スクリーニング系を用いて生物資源から有用化合物を探索する。

特別課題2. ナノイメージング・ソリューションズセンター構想の推進

無染色細胞やナノ材料をナノスケールで観察するための誘電率顕微鏡の開発及びコンサルタント業務を推進する。超解像顕微鏡を用いた細胞内小器官のリアルタイムの観察を行い、細胞の分化過程や再生過程等をリアルタイムに観察する。また AI 技術と画像解析の融合を目指した研究を推進、創薬開発のためのイメージングプラットフォームの創成を目指す。さらにはクライオ電子顕微鏡をベースにタンパク質の構造解析を行うプラットフォームを構築する。

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

内部資金：

- ・戦略「日印融合を基幹としたバイオ研究の戦略的アジア展開」
- ・JAXA 「きぼう」利用高品質タンパク質結晶生成実験に係る研究開発」

外部資金：

- ・国立大学法人東京工業大学 受託研究費「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」
- ・国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 受託研究費「日本発新規ゲノム編集技術の研究開発」
- ・国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター 受託研究費「(1) 農業のスマート化を実現する革新的な生産システム②収量や成分を自在にコントロールできる太陽光型植物工場」
- ・国立研究開発法人日本医療研究開発機構 受託研究費「自己ゲノム編集機構を利用した安全性の高いゲノムデザイン技術の開発」
- ・独立行政法人日本学術振興会 受託研究費「LED を光らせ、測定して学ぼう・光技術！ 人間が色を視る仕組み」
- ・公益財団法人沖縄科学技術振興センター 受託研究費「ウイルスワクチンを安心安全に生産するための先端

遺伝子工学技術の開発」

- ・沖縄県 受託研究費「おきなわ型グリーンマテリアル生産技術の開発（用途開発研究）」
- ・国立大学法人琉球大学 受託研究費「抗カビ活性酵素の安定性強化のための分子デザインおよび酵素機能解析」
- ・京都高度技術研究所 機関補助金「高発現表層タンパク質を標的とした低コスト迅速分析を可能とする微生物検査の革新」
- ・国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター 受託研究費「食シグナルの認知科学の新展開と脳を活性化する次世代機能性食品開発へのグランドデザイン」
- ・国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 受託研究費「植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発／植物の生産性制御に係る共通基盤技術開発／ゲノム編集の国産技術基盤プラットフォームの確立」
- ・国立研究開発法人科学技術振興機構 イノベーション拠点推進部 受託研究費「研究成果展開事業センター・オブ・イノベーション (COI) プログラム COI 拠点「フロンティア有機システムイノベーション拠点」
- ・国立研究開発法人科学技術振興機構 受託研究費「シグナル攪乱複合体の電子顕微鏡解析」
- ・農林水産省（農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所） 受託研究費「【モモコンソ】国産農産物の輸出先における嗜好性の予測技術開発」
- ・農林水産省（農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所） 受託研究費「【潜在的品質コンソ】国産農産物の潜在的品質の評価技術の開発」
- ・国立研究開発法人国立国際医療研究センター 受託研究費「腸管免疫と肝免疫、プロバイオティクスによる制御法の開発」
- ・国立研究開発法人日本医療研究開発機構 次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業「miRNA 検出用基準物質の構築における定量評価技術の開発」
- ・埼玉県 受託研究費「極微量物質の計測が可能なナノカーボン薄膜電極・計測機器の開発」
- ・琉球大学医学部附属病院 受託研究費「慢性腎臓病重症化予防のための多職種連携ビジュアルツールの開発」
- ・科研費 新学術領域研究（研究領域提案型）「スパースモデリングによる電顕単粒子構造解析の迅速・高分解能化」
- ・科研費 基盤研究 (B)「基本匂い要素の解明と受容体安定発現細胞センサの開発に関する研究」
- ・科研費 基盤研究 (B)「覚醒度と快不快度を考慮したサウンドデザインに関する研究」
- ・科研費 基盤研究 (B)「高分解能変動電位透過観察技術の開発と液中生物試料の解析」

- ・科研費 基盤研究 (B) 「インターフェロノン β による小腸から全身への抗炎症機構」
- ・科研費 基盤研究 (C) 「緊急時に対応可能な血中自己抗体の簡易除去システムの創製」
- ・科研費 基盤研究 (B) 「CRISPR-Cas エフェクター複合体の構造機能解析」
- ・科研費 挑戦的研究 (萌芽) 「骨格筋への糖取り込みをリアルタイム観察可能な蛍光プローブの開発」
- ・科研費 若手研究 (A) 「生細胞における超高解像度 DNA 多色イメージングによる分裂期染色体構造の解明」
- ・科研費 研究活動スタート支援 「寄生原虫トリパノソーマに対する創薬標的の探索」
- ・科研費 基盤研究 (C) 「ゲノム解析と培養試験による海洋のメタン酸化微生物群の共生機構の解明」
- ・科研費 基盤研究 (C) 「色覚バリアフリー照明の高性能化と試作に関する研究」
- ・科研費 基盤研究 (C) 「光ナノ複合材料による健康阻害ガスセンサに関する研究」
- ・科研費 基盤研究 (C) 「金属依存性デアセチラーゼの触媒反応メカニズムの解明と阻害剤の開発」
- ・科研費 基盤研究 (C) 「セルフアセンブリスマートスキン層を持つ生分解性ポリマーの研究」
- ・科研費 基盤研究 (C) 「神経堤細胞の進化的起源」
- ・科研費 基盤研究 (C) 「睡眠障害モデルマウスをプラットフォームとした包括的ストレス疾患改善の基盤研究」
- ・科研費 基盤研究 (C) 「狭食・狩猟性アリ類の神経毒の餌動物ナトリウムチャンネルに対する適応変化の検証」
- ・科研費 基盤研究 (C) 「好塩・好アルカリ・ハロモナス菌による有機酸生産に向けた極限菌との代謝解析」
- ・科研費 基盤研究 (C) 「加齢に伴う睡眠障害性代謝異常のメカニズムの解明と時間栄養学的予防・改善方法の開発」
- ・科研費 基盤研究 (C) 「セルロース繊維に蛋白質機能を付与する基盤技術開発」
- ・科研費 基盤研究 (C) 「ゲノム編集ニワトリを用いたヒト抗体医薬大量生産技術の開発」
- ・科研費 基盤研究 (C) 「ダイニン・微小管・DNA 折り紙複合体の構築による軸糸ダイニンの力発生機構の研究」
- ・科研費 挑戦的萌芽研究 「脳内の標的に特異的かつ高効率な非侵襲送達を可能にする新規高分子タンパク医薬の創出」
- ・科研費 挑戦的萌芽研究 「音源付近の加圧により音声明瞭度を向上させる現象の解明」
- ・科研費 挑戦的萌芽研究 「Toxin-antitoxin 分子基盤の解明と核酸編集技術・細胞応答制御への応用」
- ・科研費 挑戦的萌芽研究 「神経の微細観察系を新たに構築し、アンジェルマン症候群の病理解明を目指す研究」
- ・科研費 挑戦的萌芽研究 「電子線励起の蛍光観察を水中にて実現し、がん細胞や微生物の微細解析を目指す研究」
- ・科研費 挑戦的萌芽研究 「核酸配列上での発光分子構築反応の開発と遺伝子検出技術への応用」
- ・科研費 挑戦的萌芽研究 「シンプル且つ高機能な DNA/RNA キメラ型核酸アプタマーの技術基盤の構築」
- ・科研費 挑戦的萌芽研究 「アミロイド β オリゴマーによる認知機能障害に対する習慣的な運動の効果の解析」
- ・科研費 挑戦的萌芽研究 「抗体のミスフォールディング情報を出力する交差反応性分子ライブラリの創製」
- ・科研費 挑戦的萌芽研究 「Multi-step 細胞融合による複合遺伝子回路の構築工法」
- ・科研費 挑戦的萌芽研究 「細胞への遺伝子導入の順序とタイミングの制御を可能にする遺伝子多重積層界面の作製」
- ・科研費 挑戦的萌芽研究 「エマルジョンを利用したメタゲノミクスのための次世代型ゲノム再構築技術の開発」
- ・科研費 挑戦的萌芽研究 「細胞が組織に占める位置情報を保持したままエピゲノム情報を可視化する方法の開発」
- ・科研費 挑戦的萌芽研究 「新規ストレスメディエーター12-HETE のシグナル伝達メカニズムの解明」
- ・科研費 若手研究 (B) 「シングルドメイン抗体に及ぼす異分子コンジュゲートの影響の検証」
- ・科研費 若手研究 (B) 「ヒト翻訳制御因子の RNA による活性化機構の構造基盤」
- ・科研費 若手研究 (B) 「膜内化学反応と膜ダイナミクスが協同した人工細胞システムの創製と機能創出」
- ・科研費 若手研究 (B) 「マクロファージ機能のスイッチング作用を有するチタン製インプラントの創製」
- ・科研費 基盤研究 (B) 「アミノレブリン酸の X γ -線増感放射線療法の検証と遺伝子発現解析による作用機序の解明」
- ・科研費 若手研究 (A) 「集光レーザー摂動による神経細胞ネットワークダイナミクスの解明」
- ・科研費 国際共同研究加速基金 「原核生物に特異的な遺伝子発現調節機構の解明」
- ・科研費 基盤研究 (B) 「レーザー誘起細胞内分子秩序化による神経活動ダイナミクスの制御」
- ・科研費 基盤研究 (B) 「単一細胞・ゲノムアレイによるエピゲノム解析」
- ・科研費 基盤研究 (B) 「細胞骨格の構造と機能のメカノセンシング」・科研費 基盤研究 (B) 「機能分子を導入する細胞マイクロアレイ技術の創成」
- ・科研費 若手研究 (A) 「細胞刺激応答の非破壊的モニ

- タリングを実現するクルードタンパク質メトリクス法の創製」
- ・科研費 新学術領域研究(研究領域提案型)「ウイルスと宿主の感染・増殖・共生過程の誘電率顕微鏡による構造組成解析」
- ・科研費 新学術領域研究(研究領域提案型)「ダイニン・微小管系の振動運動機構—運動中の姿を捉える電子顕微鏡解析—」
- ・科研費 基盤研究(C)「抗炎症作用を有する機能性タンパク質フィルムの創製と炎症性疾患治療への応用」
- ・科研費 基盤研究(C)「表面高機能化ナノ複合蛍光体による生体影響ガスセンサに関する研究」
- ・科研費 基盤研究(C)「新規神経栄養因子BDNFpro-peptideの作用機序と脳疾患関連の研究」
- ・科研費 若手研究(B)「癌転移抑制に向けたヒトネスチン遺伝子高効率破壊ツールの開発」
- ・科研費 若手研究(B)「split inteinを利用した細胞膜透過性ペプチドスクリーニング法の開発」
- ・科研費 若手研究(B)「ユビキチンリガーゼによるNASH発症抑制機構の解明」
- ・科研費 基盤研究(C)「ゲノムでの遺伝子出現機構のパスウェイ解析」
- ・科研費 若手研究(B)「小胞体ストレスを介した食事性脂肪肝の発症メカニズム:新規脂肪酸センサー分子の同定」
- ・科研費 挑戦的研究(開拓)「細胞間生命情報伝達を担う新規膜小胞の生物物理化学特性の解明」
- ・科研費 挑戦的研究(萌芽)「疾患発症・進行予測に向けた有機薄膜FETによるヒストン化学修飾解析」
- ・科研費 新学術領域研究(研究領域提案型)「革新的イメージング技術とがんモデルメダカを駆使したがん転移研究」
- ・科研費 新学術領域研究(研究領域提案型)「光圧を識る:光圧の理論と計測・観測技術開発による基礎の確立」
- ・科研費 新学術領域研究(研究領域提案型)「細胞機能を司るオルガネラ・ゾーンの解読」
- ・科研費 新学術領域研究(研究領域提案型)「小胞体膜連携ゾーンを介した脂質輸送」
- ・科研費 基盤研究(S)「組織幹細胞におけるゲノム安定性の制御」
- ・科研費 基盤研究(A)「Bull's eyeパターン化プラズモニクチップによる神経細胞ネットワーク解析」
- ・科研費 基盤研究(A)「新規光受容タンパク質による鞭毛繊毛機能の光制御」
- ・科研費 基盤研究(B)「藍藻産生毒素分解菌の分子育種株を用いた新規水環境修復技術の開発」
- ・科研費 基盤研究(B)「イネにおけるセロトニン蓄積の抑制機構の解明:アブラムシによる抵抗性の抑制と利用」

- ・科研費 基盤研究(B)「新規情報伝達因子エクソソームによる変形性関節症治療と診断への展開とその機能解析」
- ・科研費 基盤研究(B)「被損傷前十字靭帯被覆下における移植腱再構築過程促進の分子機序の統合的解明」
- ・科研費 基盤研究(B)「畜産環境における耐性菌出現防止のための抗生物質の磁気分離」
- ・科研費 基盤研究(B)「筋線維芽細胞と血管内皮前駆細胞の創傷治癒作用に着目した難治性顎骨壊死の治療法開発」
- ・科研費 基盤研究(B)「共スパッタ法と電析法による糖類分析用半コアシェルナノ粒子埋め込み炭素電極の開発」
- ・科研費 基盤研究(C)「プロテアーゼ巨大分子複合体とウイルス様膜小胞による細菌の新規細胞機能の確立と応用」
- ・科研費 基盤研究(C)「現代の生活習慣が引き起こす血栓症を予防する新規食品機能成分の探索と応用」
- ・文部科学省 科学技術人材育成費補助金「科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業(未来価値創造実践人材育成コンソーシアム)」
- ・文部科学省 科学技術人材育成費補助金「卓越研究員事業」
- ・経済産業省 平成29年度戦略的基盤技術高度化支援事業(機関補助金)「クライオ電子顕微鏡を用いたタンパク単粒子解析法のための定膜厚試料自動作製装置の開発」

発 表 : 誌上発表175件、口頭発表355件、その他43件

分子細胞育種研究グループ

(Molecular and Cellular Breeding Research Group)

研究グループ長: 本田 真也

(つくば中央第6)

概 要 :

細胞や生体分子が有する高度な機能の広範な産業利用を促すため、これらを合目的に改良する新たな基盤技術(分子細胞育種技術)の研究開発を行う。その遂行においては、細胞や生体分子が高い機能を実現する合理的な機械であるという側面とそれらが長久の進化の所産であるという側面を合わせて深く理解することを重視し、そこに見出される物理的必然性と歴史的偶然性を有機的に統合することで、新たな「育種」技術の開拓を図ることを基本とする。また、技術開発課題の立案においては、内外のライフサイエンス/バイオテクノロジー分野における技術ニーズを把握し、現実的な社会還元が期待される適切な対象と方法論を選択することに努める。平成29年度は主に、バイオ医薬品の品質管理を志向した分析技術開発、出芽酵母の接合を利用した合成生物学技術開発、微細藻類が産生

する多糖類の利用技術開発を進めた。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3

蛋白質デザイン研究グループ

(Protein Design Research Group)

研究グループ長：広田 潔憲

(つくば中央第6)

概要：

欲しい機能を有するタンパク質をデザインし有用なタンパク質を創製することを目指して、酵素の効率的な機能改変を行う技術の開発や、アフィニティ・リガンドタンパク質の開発、医療応用を目指したタンパク質の改変、等に取り組んでいる。具体的には、新機能芳香族化合物の産生における変異タンパク質の利用をはかるべく、個々の変異効果について曖昧な加算性を仮定したタンパク質デザイン法（準加算性歩行法）の開発を行っている。また、抗体医薬品製造プロセスのプラットフォーム技術の高度化を目指して、低分子化抗体医薬品精製用のアフィニティ・リガンドタンパク質の開発を進めている。医療応用を目指したタンパク質の改変においては、例えば、白血球減少症の治療等に用いられる顆粒球コロニー刺激因子（G-CSF）は、血中安定性の低さが課題となっているので、血中安定性の向上を目指して、ポリペプチド鎖の末端をペプチド結合で連結（主鎖環状化）させた環状化改変体の研究開発を進めている。また、Fas リガンドは、疾病の発症原因となる異常細胞のアポトーシス誘導に直接関与する重要なタンパク質なので、その細胞外ドメインを標的として、治療薬や診断用ツールの創製を目指した研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5

構造生理研究グループ

(Structure Physiology Research Group)

研究グループ長：佐藤 主税

(つくば中央第6)

概要：

我々は、生物内の微細な構造の決定に基づいた、生理機構の解明からの研究展開と応用に主眼を置いている。一般に生物の体は、組織から細胞・分子・原子に至る様々な階層で構造を形成し、それらの間での相互作用を積み重ねることにより成立している。本グループでは、主に組織、細胞、微生物を対象に、様々な顕微鏡技術・生化学技術等を駆使して、分子・細胞・複合体レベルで研究展開している。光学顕微鏡で細胞を観察する際、分解能は光の波長から大きく飛躍することは容易ではない。しかし、電子顕微鏡は電子線を十分に照射できるサンプルであれば0.2 nmにも達する高い分解能を得ることができる。しかし、タンパク質は電子線にあまり強くなく、照射線量が限られ微かに

薄い像としてしか写らない。薄い像でも膨大な数の電頭像を組み合わせれば、高分解能の3次元構造を計算できる。我々は、この単粒子解析技術を、情報学を駆使して開発し、神経のシグナル機構、細胞内輸送、抗がん剤に関係する様々な膜タンパク質・複合体・さらには糖鎖の構造を解析している。さらに、生体組織・分泌腺・細胞内の微細構造を、水中において顕微鏡よりも高い分解能で観察するために、超薄膜越しに液中の細胞を直接 SEM で見る方法、電子線走査後の様々なチャージを利用した新顕微鏡法・光電子相関顕微鏡法などを開発した。また、赤外光を利用した新顕微鏡開発も行った。分子動力学法を複数の方法により開発し、免疫機構と癌の転移も様々な方法を駆使して研究した。これら研究を相互に組み合わせながら、生物の構造機能相関と研究応用を幅広く研究しており、将来的に疾病の予防や新治療法への応用を目指している。

研究テーマ：テーマ題目6、テーマ題目7

先端ゲノムデザイン研究グループ

(Advanced Genome Design Research Group)

研究グループ長：大石 勲

(関西センター)

概要：

先端ゲノムデザイン研究グループでは、ゲノムデザインの理解とその利用に向けた研究を行っている。微生物を用いた研究では、細菌細胞を用いた自己ゲノム編集機構の解明研究やこの知見に基づく新たなゲノム編集技術の開発研究を行っている。また、メタン共生細菌群のゲノム解析とこれに基づく共生機構の解明に取り組んでいる。更に、ハロモナス菌を用いた有機酸合成に役立てることを目的とし、ハロモナス菌と好塩菌等の代謝物の分析と比較研究などを行った。多細胞生物を用いた研究では、ニワトリ個体をゲノム編集し、ヒト抗体（バイオ医薬品）を鶏卵内に分泌させる技術を開発している。またメダカ個体のゲノムを改変し、これを利用したがん細胞の転移機構の可視化技術等の開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目8

生体分子創製研究グループ

(Biomolecule Design Research Group)

研究グループ長：上垣 浩一

(関西センター)

概要：

創薬基盤・医療基盤技術開発を推進するために、タンパク質その他高分子を創製するという観点から、酵素や疾患マーカータンパク質の作用機序と立体構造およびそれらの相関の解明、生物発光システムの多様性に着目した高効率自己励起蛍光タンパク質 BAF の開

発および融合タンパク質のデザインによる新規分子の創製、生体適合性・生体模倣材料の開発、脳疾患をターゲットとした創薬支援やモデル系の構築を行う。そのために、タンパク質のX線結晶構造解析および溶液解析、糖質吸着ドメインの利用、生分解性を有する高分子の利用、成長因子の作用機序と分子群の相互作用解析という手法を用いる。このように当グループでは、人工タンパク質や高分子材料など多彩な研究材料を用いた研究から、創薬基盤・医療基盤技術開発を目指している。

研究テーマ：テーマ題目9

生物時計研究グループ

(Biological Clock Research Group)

研究グループ長：大石 勝隆

(つくば中央第6)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目10

健康維持機能物質開発研究グループ

(Physiologically Active Substances Research Group)

研究グループ長：宮崎 歴

(つくば中央第6)

概要：

健康維持機能物質開発研究グループではここところからだの健康維持のための予防および軽度な疾病段階での改善に寄与するツール開発を目的として研究を進め

ている。国内外の天然資源より様々な天然化合物を抽出、単離精製して構造決定するとともに、その天然化合物の有する生理活性をバイオアッセイで検出している。今年度は特にタイ国からの天然資源を「生物多様性条約」に従い、素材として加えることを開始した。また、その生理活性を引き起こす分子メカニズムにアプローチして解析をすすめ、健康維持機能物質としてエビデンスのあるバイオプロダクトへの開発の橋渡し研究を行っている。また、新たな生理活性スクリーニング法の開発やそのための基盤技術となる発光酵素の機能解析・新規蛍光プローブの作成を行っている。

研究テーマ：テーマ題目11

次世代メディカルデバイス研究グループ

(Advanced Medical Device Research Group)

研究グループ長：永井 秀典

(関西センター)

概要：

健康状態の可視化を目指し、次世代メディカルデバイス研究グループでは、様々な環境に対して生命が対応する中で表れるシグナルとしてのバイオマーカーの研究とその計測技術の開発を行う。生命機能は複数のパスウェイやフィードバックが働く複雑なものであり、その機構の根源的理解に基づく工学的研究を展開するためには、分子、細胞、個体レベルの実験を進めるとともに、変化として表れるバイオマーカーを計測評価し、さらにはこれを利用する技術を開発する必要がある。当該グループには、ライフサイエンス実験技術及び材料、機器開発技術についての高度な技術蓄積があり、これらの強みを複合的に組み合わせ、バイオマーカー計測についての本格研究を展開する。さらに、その研究成果により健康な生活の実現に寄与する新たなヘルスケア産業創出に貢献することを目標とする。

研究テーマ：テーマ題目12、テーマ題目13

脳遺伝子研究グループ

(Molecular Neurobiology Research Group)

研究グループ長：戸井 基道

(つくば中央第6)

概要：

超高齢社会に伴い増加の一途をたどる神経・精神疾患において、その発症予測や治療、機能回復に関わる技術に対しての社会的要請が強まりつつある。しかしながら、神経細胞の分化・維持機構、脳におけるネットワーク形成やその可塑的变化を分子レベルで計測し、その詳細を理解することは依然として十分ではなく、そのことが疾患発症の予測や、有効な創薬開発が進まない原因の一つとなっている。そこで当研究グループでは、主にモデル動物を用いた遺伝子解析と光学的イメージング解析に基づいて、神経細胞の維持・再生・

移植技術に関する基礎技術の提供を研究目標とする。特に、モデル動物を用いた遺伝子操作や培養細胞への遺伝子導入手法により、神経細胞の基本特性の制御に関与するキー遺伝子の機能や神経疾患に関連した遺伝子産物機能、さらには脳内神経ネットワークの形成・維持制御機構を解明する。そのために、新規の神経疾患モデル細胞・モデル動物の作製や疾患に関与するキータンパク質群の生体内での動態解析技術、疾患変異型モデル生物を用いた新規のスクリーニング技術の開発を行っている。並行して、これらの解析に必須である、新たな顕微鏡システムや観察基盤技術の開発も進めている。これらの解析により、*in vitro*での分子動態レベルから個体レベルでの生体现象の可視化を可能にし、生体脳内や神経細胞内のイベントを詳細かつ鮮明に解析しながら、個々の疾患状態の把握や治療効率の向上に繋げる新たな知見を創出する。

研究テーマ：テーマ題目14

脳機能調節因子研究グループ

(Molecular Neurophysiology Research Group)

研究グループ長：波平 昌一

(つくば中央第6)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目15

分子複合医薬研究グループ

(Molecular Composite Medicine Research Group)

研究グループ長：宮岸 真

(つくば中央第6)

概要：

分子複合医薬研究グループでは、多様な機能分子と様々な技術要素を複合的に組み合わせた医薬技術の開発、および、健康な社会の実現を目指し、タンパク質構造から、細胞・個体レベルに及ぶ、多面的なテーマに取り組んでいる。ポスト抗体医薬として注目されて

いる核酸医薬に関しては、次世代アプタマーを用いた検出法、核酸デリバリー法の開発、アンチセンス等の核酸医薬品の開発を行っている。構造生物学的アプローチとしては、疾患関連因子等を対象とし、X線結晶構造解析法により、分子認識機構を解明すると共に、その情報に基づいたリサーチツール開発・創薬開発を行った。細胞外膜小胞の研究では、ナノスケールでの分子機構をイメージングできるような電子顕微鏡要素技術の開発を進めると共に、今年新たにクライオ電顕法技術の構築を行った。個体レベルの研究としては、Addicisinの生理機能の解明を目的に、てんかんや損傷治癒との関連を調べ、医療技術や医薬品の開発へと展開している。また、次世代がん治療薬として、X線増感剤の開発を進め、臨床研究に向けた取り組みを進めている。

研究テーマ：テーマ題目16、テーマ題目17

構造創薬研究グループ

(Structure-Based Drug Discovery Research Group)

研究グループ長：本田 真也

(つくば中央第6)

概要：

医薬品の創薬に資する基盤技術開発および実用技術開発を行う。その実施においては、標的構造、候補分子の構造、複合体の構造、構造作用機序等の情報を活用した構造化学的医薬品開発（構造創薬）を基本のアプローチとする。また、これらに関連した萌芽的研究および目的基礎研究にも積極的に取り組む。技術開発課題の立案においては、医療診断分野における技術ニーズを把握し、現実的な社会還元が期待される適切な対象と方法論を選択することに努める。平成29年度は主に、がんのマーカーとなるコアフォーコースに特異性を示すレクチンの立体構造と糖認識機構のNMRによる解析、シャーガス病治療薬開発の標的分子の感染ステージ別探索技術の構築、細胞へのタンパク質デリバリー法の開発、ヒット化合物の取得と化合物最適化設計技術の開発を進めた。

研究テーマ：テーマ題目18、テーマ題目19

細胞分子研究グループ

(Functional Biomolecular Research Group)

研究グループ長：清末 和之

(関西センター)

概要：

生体システム及び構成する分子の機能を、基本的動作原理から理解し、その利用と活用への道を形成することによって、第4期中期目標である「創薬基盤研究を推進する」に資する研究・開発を推進する。創薬基盤として、疾患における生体システムの理解、理解から利用の技術開発が必要である。そのため、疾患モデ

ル動物の創出により、重要な分子群及びネットワークの同定を行う。生体システムの理解から応用の観点で、嗅覚システムによる癌の検出法の開発を、一方、素材としての生体分子の利活用の点で、構造解析から機能改変を行い、高機能高付加価値分子の創造を試みる。また、細胞の活用の点で、再生医療に利用可能な細胞操作技術を開発する。

研究テーマ：テーマ題目20

先進バイオ計測研究グループ

(Advanced Biomeasurements Research Group)

研究グループ長：近江谷 克裕

(つくば中央第6)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目21、テーマ題目22

バイオアナリティカル研究グループ

(Bioanalytical Research Group)

研究グループ長：野田 尚宏

(つくば中央第6)

概要：

- (1) 国内・国際的連携体制構築を通じたバイオテクノロジーの標準化推進

幅広い社会経済活動の中でバイオテクノロジーに関する標準化活動の重要性は理解されているものの、その基盤整備は未熟である。医療診断で活用される遺伝子関連検査や排水処理プロセスなどの環境微生物の群集解析など、バイオテクノロジー

ーが社会で広く利用される昨今ではその標準化の推進が重要である。そのような現状を鑑み、バイオテクノロジーの利用に資する計測技術の妥当性保証、データの品質管理に関する標準化およびそれに貢献する標準物質の作製・評価技術を行った。具体的には次世代シーケンサーのデータ品質保証に関する標準化、その用途のために開発した核酸標準物質の普及促進のために、様々な業界団体と連携体制を構築しそれを強化した。また、ISO/TC276バイオテクノロジーにエキスパートとして参加し、バイオ関連分析技術の標準化を推進した。

- (2) 生体分子解析技術の開発と応用

w/o エマルションやリポソームの技術を応用したナノ反応場を構築し、核酸、タンパク質、細胞等を解析する技術の開発を行った。w/o エマルションのドロップレットやリポソーム内の蛍光シグナル解析技術などを用いて、新たな高感度生体分子解析技術の開発を行った。さらに、開発した技術に関して、創薬基盤技術や生命現象の理解のための応用方策を検討した。

研究テーマ：テーマ題目23、テーマ題目24

ナノバイオデバイス研究グループ

(Nano-biodevice Research Group)

研究グループ長：栗田 僚二

(つくば中央第6)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目25

セルメカニクス研究グループ

(Cell Mechanics Research Group)

研究グループ長：中村 史

(関西センター)

(つくば中央第5)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目26、テーマ題目27

細胞マイクロシステム研究グループ

(Cell Microsystem Research Group)

研究グループ長：藤田 聡史

(関西センター)

概要：

細胞マイクロシステム研究グループでは、バイオマイクロデバイス・細胞マイクロアレイ・細胞センシング・細胞分子操作技術・各種顕微鏡技術・免疫制御技術など、細胞組織の機能評価や制御を行う技術開発に多面的に取り組んでいる。これらの技術を用いて生体組織の包括的な理解を進めると共に、これらの技術を応用した DDS の開発、創薬や予防医療支援ツール、免疫制御による新規治療法など、有用なプラットフォームの整備を進め、産業界への橋渡しを行っていく。

本年度は (1) DDS 用リポソームや生分解性ポリマー、(2) これらを基板に実装した細胞マイクロチップや組織チップ、(3) 集光レーザー技術の開発に取組み、細胞免疫制御、細胞機能評価、ゲノム編集、細胞内分子制御などへの応用展開を進めた。また、(4) SEM、TEM、顕微ラマン等の顕微鏡技術を応用し、リポソームや細胞機能を評価する技術の開発を進めた。

研究テーマ：テーマ題目28

細胞・生体医工学研究グループ

(Medical and Biological Engineering Research Group)

研究グループ長：七里 元督

概要：

細胞から個体レベルのヒトを対象とした医工学研究として以下の基礎研究と応用研究に取り組んでいる。

- 1) 生活習慣病をはじめとした各種疾患の早期診断に有用なバイオマーカーの探索
特に、脂質酸化物の有用性検証、抗酸化物質の治療への応用に関する研究を進めている。
- 2) 細胞の機能を決定する遺伝子動態を可視化・測定する技術の開発
遺伝子の動態の詳細な解析を医療や細胞工学技術への展開を試みている。安全な再生医療の実現を目指して、種々の基盤技術の開発に取り組んでいる。
- 3) 蛋白質工学に基づいたアルパカ由来抗体の開発を行い、バイオマーカー計測や抗体医薬品へ応用していく。
- 4) 脳機能に立脚した聴覚および色覚のメカニズムの解明と、音質、色覚の心理・生理評価に関する技術開発を行っている。非侵襲計測技術を駆使した聴覚・色覚認知メカニズムの高精度な理解に基づき、色覚の補償技術やヒトにとって快適な居住空間の設計技術等へ応用している。
- 5) 上記にて測定されたデータ等を元に分子の動態やヒト等の生物群集の動態をコンピュータ解析することで、生命現象を予想し、新たな問題解決手法として産業展開を図っている。

研究テーマ：テーマ題目29、テーマ題目30

[テーマ題目1] タンパク質の分子育種技術の開発

[研究代表者] 本田 真也 (分子細胞育種研究グループ)

[研究担当者] 本田 真也、小田原 孝行、渡邊 秀樹、宮房 孝光、千賀 由佳子、石川 一彦 (常勤職員6名、他6名)

[研究内容]

タンパク質が有する高度な機能の広範な産業利用を促すため、構造情報を基盤とする論理的分子デザイン法とファージディスプレイ等の進化分子工学法の有機的活用による新規の標的親和性人工タンパク質創製技術の研究開発を行う。また、上記に基づくバイオ医薬品の創薬基盤および製造管理基盤技術の研究開発を行う。

バイオ医薬品の高度品質管理を指向した分析技術開発として、抗体医薬品の高次構造変性を認識する人工タンパク質の新規作出を進めた。当研究グループでは、これまで、抗体 IgG の Fc 領域の高次構造変性を認識する分析プローブとして、人工タンパク質 AF.2A1 を取得している。これら分析プローブの拡充を目指し、抗体 IgG の Fab 領域の高次構造変性を認識する人工タンパク質の作製を試みた。人工タンパク質ライブラリを提示した T7 ファージディスプレイ法により、人工タンパク質 AF.ab9 を作出し、AF.ab9 が、Fab 領域の天然型/非天然型立体

構造を厳密に識別することを明らかにした。

抗体医薬品の製造工程中に生じた抗体凝集体は、経時的に成長して免疫原性の原因になると懸念されており、評価技術のみならず除去技術の開発が求められている。そこで平成29年度は、抗体の非天然型立体構造を認識する AF.2A1を活用した凝集体除去技術の開発を進めた。磁気ビーズに結合させた AF.2A1を使用して凝集体除去を行ったところ、既存の0.22 μm フィルターでは残留する凝集体も除去することに成功した。また、抗体の種類やストレスによらず生じた凝集体を網羅的に除去できること、凝集体に加えて単量体非天然型抗体の除去が可能であることを明らかにした。以上の結果より、本技術は抗体医薬品の安定保管のための有望なツールとなりうる事が示された。

抗体医薬品の凝集化反応メカニズム解明に向けて、平成29年度は、非天然型立体構造抗体が会合体を形成する過程において、共存する天然型立体構造抗体にどのように関与するかを解析した。非天然型立体構造抗体の凝集体形成は中性 pH で連続的に展開する。その凝集体が、天然型立体構造の単量体を組み込み、アミロイド原繊維に見られるように凝集体の成長を触媒的に加速するか否かは未解明であった。そこで、pH シフトストレスによって誘導した非天然型立体構造抗体凝集体形成反応系に、非天然型立体構造抗体および天然型立体構造抗体のいずれかを蛍光分子でラベル化した試料を混和し、蛍光を発する分子の拡散係数を精密決定することで、粒子サイズの時間依存性を蛍光相互相関分光法で評価した。また、同様の系を動的光散乱法でも測定し、蛍光分子を含むすべての試料の凝集体形成も併せてモニタリングした。それらの結果から、天然型立体構造抗体の単量体の拡散速度は凝集体の形成に関与しないことを証明した。この成果に基づいて、酸性から中性に pH シフトによって誘発された抗体のリフォールディングおよび凝集反応における二分岐経路モデルを提案した。このモデルでは、リフォールディングされた抗体単量体は、それらが自発的にアンフォールドするまでは、凝集体に取り込まれず系内に生き残ることになる。以上の成果は、今後の凝集体発生予測技術のための理論構築に有用である。

超耐熱性酵素群の立体構造情報を基に解明した酵素耐熱化ルールを用いて、既存の医薬品合成酵素および疾病検査用抗体をタンパク質工学的手法により論理的耐熱化・安定化改良を行った。その結果、目的酵素および抗体の活性を低下させることなく、熱安定性および最適温度を10 $^{\circ}\text{C}$ 以上向上させることに成功した。特許出願(3件)およびノウハウ登録(1件)に至った。さらに、上記成果を解析することで新たな酵素耐熱化ルールの解明にも成功した。

タンパク質は生体反応の触媒として働くだけでなく、会合することで機能を持つことができる例が知られている。タンパク質会合における塩の役割と効果を明らかに

するために、細胞内に近い環境を作り出す目的でポリエチレングリコールと70種類の塩が個別に添加された水溶液中で、幾つかのタンパク質について会合の程度を調べた。添加された塩から解離したイオンの表面電荷密度が高くなるとともに、イオンによるタンパク質間の短距離立体斥力と疎水性相互作用がともに強くなり、タンパク質間相互作用はこれら2種類の斥力効果と引力効果の兼ね合いによって決まることを明らかにした。タンパク質の会合を疎水性相互作用と水溶媒の表面張力によって説明しようとする試みが数多くなされてきたが、それだけではタンパク質の塩析は説明できなかった。しかし、イオンの性質に依存する短距離立体斥力を考慮することで、タンパク質会合への塩の効果が明らかとなった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】タンパク質、立体構造、バイオ医薬品、抗体医薬品、凝集、酵素安定化、生物物理化学、結晶化理論

【テーマ題目2】微生物の細胞育種技術の開発

【研究代表者】福田 展雄(分子細胞育種研究グループ)

【研究担当者】福田 展雄(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

微生物が有する高度な機能の広範な産業利用を促すため、酵母の接合型変換および接合応答制御技術を確認し、交配育種への応用を目指す。また、酵母のシグナル伝達経路をヒト受容体の機能解析へと利用するための基盤技術を開発し、創薬候補物質の探索での活用を図る。

平成29年度は、出芽酵母をベクターとして遺伝子パーツを統合し、細胞内に遺伝子回路を構築する技術を確認した。緑色および赤色蛍光タンパク質を発現する酵母株と、人工転写因子を発現する酵母株を接合させることで、培地中の糖成分の種類に応じて蛍光発現特性が変化する酵母細胞を創製した。各培地を用いた場合の酵母細胞の蛍光強度を測定することにより、迅速な遺伝子パーツの統合ならびに動作確認が可能であることを実証することに成功した。本研究で確立した技術は、一般的な実験室酵母に適用が可能であることから、酵母細胞を宿主とした合成生物学研究の推進に大きく貢献するものと期待できる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】酵母、接合、遺伝子パーツ

【テーマ題目3】微細藻類育種技術のための多糖類利用技術の開発

【研究代表者】芝上 基成(分子細胞育種研究グループ)

【研究担当者】芝上 基成(常勤職員1名)

【研究内容】

微細藻類が有する物質産生機能の広範な産業利用を促すため、高付加価値物質産生機能の改良とこれらの物質利用技術の開発を図る必要がある。本課題では数ある藻

類由来物質の中で特に多糖類に関する利用技術を確立し、その出口を明確にすることで微細藻類の産業利用を促進することを目的とする。具体的にはユーグレナが産生する多糖（パラミロン）に着目した。パラミロンの高生産性と高純度は工業原料として好適であり、種々の材料素材としての活用が可能である。平成29年度は一定量のカチオン基をパラミロンに導入することにより、溶媒分散性に優れた結晶性ナノファイバーを構築することを確認した。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 微細藻類、ナノファイバー

【テーマ題目4】 蛋白質デザインに関する研究

【研究代表者】 広田 潔憲（蛋白質デザイン研究グループ）

【研究担当者】 広田 潔憲、末森 明夫、竹縄 辰行（常勤職員3名）

【研究内容】

欲しい機能を有するタンパク質をデザインし有用なタンパク質を創製できるようにするための研究開発を行っている。

一つには、新機能芳香族化合物の産生における変異タンパク質の利用をはかるべく、既存フラビントタンパク質系芳香族化合物一水酸化酵素群（flavin containing aromatic compound monooxygenases: FAMOs）の効率的な機能改変をおこなう新技術（準加算性歩行法）の開発をめざしている。具体的には FAMOs の系統学的解析および Rational design に基づく逆進化的探索により、*Mesorhizobium loti* MAFF303099 株由来 2-methyl-3-hydroxypyridine-5-carboxylic acid oxygenase (MHPCO) の基質結合部位における祖先アミノ酸残基群を同定し、準加算性歩行法に基づく MHPCO の基質特異性の改変における戦略的指針の設計をおこなった。具体的には、MHPCO は m-hydroxybenzoic acid にはほとんど反応しないのに対し、二重置換変異体（B 変異+E 変異、B 変異+F 変異）は m-hydroxybenzoic acid より protocatechuic acid を産生し得ることが明らかになったという前年度の成果に基づき、以前に同定した祖先アミノ酸残基群の中から新たに A、B、C 以外のアミノ酸残基置換をおこなうことができるかどうか、また、標的アミノ酸残基（A-G）の新たな組み合わせが可能かどうか、rational design に基づき設計をおこない、新たな組み合わせ一覧を作成した。

また、近年、抗体医薬品製造プロセスのプラットフォーム技術の高度化が要望されているので、低分子化抗体をアフィニティ精製するためのアフィニティ・リガンドタンパク質の開発を進めている。具体的には、プロテイン L の抗体結合ドメインをフレームとした変異体ライブラリーを作製し、親和性を測定して有望な変異型リガンドを選抜し、担体に固定化した結果、結合容量が向上して

いる複数の変異型リガンドを見出すことができた。そこで、このような変異の組み合わせを検討したところ、さらに結合容量が向上した変異型リガンドをデザインすることができた。このように開発したリガンドを民間企業と共同でモノリスシリカゲルに固定化した結果、数秒の短時間で精製を行う場合、市販のスピンカラムの1.5倍以上の結合容量を持つスピンカラムを試作できた。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 タンパク質デザイン、機能設計、基質特異性、準加算性歩行法、芳香族化合物水酸化酵素、抗体医薬品、低分子化抗体、アフィニティ精製、アフィニティ・リガンド蛋白質

【テーマ題目5】 医療応用を目指したタンパク質の改変に関する研究

【研究代表者】 村木 三智郎（蛋白質デザイン研究グループ）

【研究担当者】 村木 三智郎、宮房 孝光、広田 潔憲（常勤職員3名）

【研究内容】

医療応用を目指したタンパク質の改変のための研究開発を行っている。一つには、主鎖を環状化したサイトカインの開発を進めている。がん化学療法による白血球減少症の治療等に用いられる顆粒球コロニー刺激因子（G-CSF）は、血中安定性の低さが実用上の欠点に挙げられる。そこで、ポリペプチド鎖の末端をペプチド結合で連結（主鎖環状化）したサイトカインを開発した。開発した4種の環状化改変体の体内における安定性を見積もるために、酵素消化に対する抵抗性を比較評価した。酵素には、血液中で G-CSF の分解に寄与すると報告されているエラスターゼを用いた。環状化改変体は直鎖型の G-CSF と比較して酵素消化耐性が有意に上昇していることを観察した。

また、ヒトの重大な疾病の発症原因となる異常細胞のアポトーシスの誘導による除去に直接関与する Fas リガンド細胞外ドメイン（hFasLECD）を対象として、がんや各種の自己免疫疾患などに対する治療用タンパク質や診断用分子ツールの創製を目指した技術開発を進めている。今年度は、昨年度開発したトランスシクロオクテン基とメチルテトラジン基間の逆電子要請型ディールスアルダー付加反応を基礎とした hFasLECD の部位特異的な化学修飾法を応用して、hFasLECD と同程度の分子量を有する他の機能性タンパク質との結合体を調製した。これまでにニワトリ卵白由来のアビジンならびにウサギ IgG 抗体由来の Fab' ドメインとの結合体に関する精製試料が得られ、いずれも強いヒト Fas レセプター結合活性を保持していることが明らかとなった。さらに、ニワトリ卵白由来のアビジンとの結合体に関して、MALDI-TOF 質量分析法により両タンパク質を構成す

るサブユニット間の共有結合による連結構造を、また MTT 細胞生存率アッセイ法によりヒトインターフェロンガンマを用いた前処理存在条件下におけるヒト結腸がん由来の HT-29細胞に対する顕著な細胞死誘導活性の発現を確認することができた。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕 サイトカイン、環状化、インテイン、ヒト Fas リガンド、細胞外ドメイン、部位特異的的化学修飾、タンパク質結合体、MALDI-TOF 質量分析、がん細胞、細胞死誘導活性

〔テーマ題目6〕電子線単粒子解析法の開発と新たなタンパク質構造の解明

〔研究代表者〕 佐藤 主税 (構造生理研究グループ)

〔研究担当者〕 佐藤 主税、小椋 俊彦 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

タンパク質の構造は主に X線結晶解析によって決定されてきたが、結晶を必要としないクライオ透過電子顕微鏡を用いた単粒子解析法が近年高い注目を集めている。一般に、電子線を大量照射できる物性サンプルでは、電子顕微鏡は0.05 nm を超える高い分解能が得られる。しかし、相手がタンパク質では、電子線照射量は限られ、個々の投影像は微かな像としてしか写らない。しかしながら、カメラの進歩も加わり、薄いながらも像のコントラストは向上され、膨大な数の電顕像を組み合わせれば、最終的には高分解能のタンパク質3次元構造を計算できることが証明されている。我々は、この単粒子解析技術を、現代の人工知能を駆使して開発している。これらの方法を、新たに開発したサンプル作製法により撮影した多枚数の電顕像に適用することで、高分解能の3次元構造をより短時間で計算できることを目指している。我々は、この単粒子解析アルゴリズム・顕微鏡法により、脳において情報伝達において重要な役割を果たす受容体・イオンチャネル・さらには細胞骨格などにも焦点を当てて研究を進めてきている。さらには、発がんの阻止に重要な酸化ストレスセンサータンパク質 Keap1など創薬に重要なタンパク質構造にスポットを当て、東北大学医学部グループと Keap1の構造決定に成功した。さらには、東大医学部グループと動的に microtubule 上を動く Kinesin 5の microtubule の構造決定を行った。また、これらの構造決定法を行うソフトウエアを AFM 画像に適用して、近年イオンチャネルのダイナミックな構造変化を解析して報告を行った。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕 電子顕微鏡、単粒子解析、イオンチャネル、人工知能

〔テーマ題目7〕新しい SEM 電子顕微鏡技術の開発

〔研究代表者〕 佐藤 主税 (構造生理研究グループ)

〔研究担当者〕 佐藤 主税、小椋 俊彦 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

従来の走査電子顕微鏡はサンプルを真空中に置く必要があった。そのため、生物サンプルは乾かすか凍らせる必要があった。我々は、超薄膜で電顕カラムの真空を遮ることで、水の中の生物サンプルを観察できる全く新しい走査電子顕微鏡を開発した。光学顕微鏡の分解能は、光の波長である数百 nm から飛躍的に向上することは難しい。電子顕微鏡はサブ nm レベルの分解能を誇るが、最も一般的な Epon 樹脂包埋法では、サンプルは真空に耐えるために脱水や蒸着等の長い処理をする必要があり、その処理により特に親水性の細胞内構造に関しては保存性に心配がある。走査電子顕微鏡 SEM の技術を、最新の半導体製造用薄膜技術による原子40-400個厚程度の超薄膜技術と融合させ ASEM を開発した。これを用いて、細胞内の構造を、自然な水溶液環境で観察できる。この ASEM は、膜近くでは8 nm の分解能で液体中のサンプルを観察できる電子顕微鏡である。本顕微鏡は、金属析出など物性サンプルにも適用できる。ASEM は疎水処理を必要としないために免疫電顕としても抗原の保護性能が高く、広く様々な抗原が検出できる。すなわち、金による免疫ラベルや染色法の開発により、今問題となっている様々な疾患に関連するタンパク質の細胞内での局在などを決定した。さらに組織レベルでの観察にも、大脳皮質や脊髄、肝臓、腎臓、骨などを用いて成功し、モーターニューロンが骨格筋に情報を伝える結合点である endplate の形成運命が、糖鎖の欠如によって変化することを可視化した。本年度はさらに、消化管内面に共生する細菌の高分解能観察やアクネ菌が形成するバイオフィルム構造の観察に成功した。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕 電子顕微鏡、光学顕微鏡、細胞内小器官、共生細菌

〔テーマ題目8〕ゲノムデザインの理解とその利用に向けた研究

〔研究代表者〕 大石 勲 (先端ゲノムデザイン研究グループ)

〔研究担当者〕 大石 勲、呉 純、河田 悦和、出口 友則、間世田 英明、竹内 美緒 (常勤職員6名、他9名)

〔研究内容〕

微生物ならびに多細胞生物を用いて、ゲノムデザインの理解とその利用に向けた研究を行っている。抗生物質に対する細菌の耐性取得メカニズムの分析から、自己ゲノム編集機構が共通して生き物に存在していることを発見した。この知見をもとにして、海外に特許がある CRISPR/Cas9と TALEN システムと全く異なる新規な日本発のゲノム編集手法の開発を進めている。これまでに、核酸の導入のみで、意図した配列を改変(組換えで

ない) できることを、細菌細胞で明らかにした。また、核酸導入のみで意図した配列の変更を動物細胞およびがん細胞で行うことを目標にし、研究を行っている。

現在注目されている微生物間共生に関し、多くの環境中で共存するメタン酸化細菌とメタノール酸化細菌のクロスフィーディング(具体的には、メタンに由来する炭素の多くがメタノール酸化細菌に移行する)の機構に着目し、解析を試みている。これまでに海底堆積物から得たメタン酸化共生系から、新属新種の通性メチロトロフ、*Methyloceanibacter caenitepidi* Gela4、従属栄養細菌である *Tepidicaulis marinus*、メタン酸化細菌 *Methylocaldum marinum* S8の3種類の微生物を分離するとともに、それぞれについて完全あるいはドラフトゲノム情報を解読した。更に、トランスクリプトーム解析(RNA-Seq)を実施し、共生時の代謝経路を明らかにするため、メタノールを基質とした単独培養時、S8株との共生培養時について、発現遺伝子比較を行った。その結果、共生時にはメタノールが主要な Gela4株の基質となることや EMC 経路を利用していることが示唆された。

持続可能社会の実現に向けた微生物利用についてハロモナス菌を用いた研究を行っている。独自に見いだしたハロモナス菌 *Halomonas* sp. KM-1は高塩、高 pH 環境で生育し、他の菌のコンタミを認めない。更に、C6糖、C5糖、麩グリセロール等の各種炭素源を利用し、好気条件では菌体内にバイオプラスチック PHB を蓄積し、好気条件に移行すると、蓄積した PHB を分解し、モノマーの3-ヒドロキシ酪酸を著量分泌する。加えて、炭素、窒素、微量金属などをコントロールすることで、各種有機酸を分泌生産すること、この分泌が、一部のハロモナス菌に共通することを見出した。そこで、ハロモナス菌や好塩菌等の代謝物の違いを分析し、工業原料として利用が期待される有機酸・代謝中間体の生産に役立てることを目的とした研究を実施している。

多細胞生物を用いた研究としては、ニワトリおよびメダカ個体のゲノム編集を行い、産業利用を目指した取り組みを行っている。ニワトリをゲノム編集し、有用タンパク質の生産につなげる研究を行っている。現在、ヒト乳がん抗体医薬(トラスツズマブ)をモデルとして、これを卵白に分泌する組換えニワトリの樹立を行っている。卵白タンパク質オボムコイドの翻訳開始点に抗体重鎖および軽鎖遺伝子をゲノム編集によってノックインし、ヘテロ4量体の抗体分子が卵白へ分泌されるか検討した結果、重鎖2軽鎖2からなる四量体のヒト IgG が卵白中に存在することが示された。

メダカを用いた研究では、ゲノム編集による2種類の遺伝子ノックアウトを行い、免疫不全が期待されるメダカ系統(XSCID、SCID)を樹立した。更に両者の交配による2重変異系統の作製を行っており、これらを元にヒトがん細胞移植時の *in vivo* 転移モデル系を開発し、がん転移機構のリアルタイムでの解析が可能なシステム

の構築を目指している。また、遺伝子改変技術を元に、メダカを用いたがんモデル及びそのイメージング技術の開発を実施している。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ゲノム編集、微生物間共生、ハロモナス菌、ニワトリ、メダカ

【テーマ題目9】生体分子創製に関する研究

【研究代表者】上垣 浩一(生体分子創製研究グループ)

【研究担当者】上垣 浩一、中山 敦好、山野 尚子、中村 努、星野 英人、小島 正己(常勤職員6名、他4名)

【研究内容】

タンパク質を基礎とした生体分子創製、特にタンパク質を足場とした新規分子デザインのために、タンパク質分子の会合に着目した。ペルオキシレドキシシン(Prx)は広く生物界に存在する抗酸化タンパク質で、その四次構造は、単量体、二量体、十量体、十二量体と多様性がある。超好熱性古細菌由来 Prx (ApPrx, PhPrx) は二量体が5個リング状に会合した十量体構造をとる。これらの立体構造から二量体どうしの特異的な相互作用に関与するアミノ酸を同定し、変異導入により溶液中で二量体として存在する Prx を創製した(ApPrx6m, PhPrx6m)。ApPrx6m, PhPrx6m ともに X 線結晶構造解析をした結果、反応中心チオール基を酸化するとリング状の四次構造が変化する可能性を示唆するヒントが得られた。そこで、それぞれ過酸化水素により酸化したところ(ApPrxPer, PhPrxPer)、結晶構造解析と溶液解析から、PhPrxPer がリング状十二量体構造をとることが明らかになった。ApPrxPer は十量体のままであった。これらの違いはC末端伸長部分とドメイン間相対配置により説明できた。以上により、Prx 分子の会合を制御し、多様な人工タンパク質を創製するための基盤を整備した。

生体分子創製のためには既知のタンパク質の組み合わせを利用するアプローチも可能である。糖質代謝酵素の基質結合ドメインと抗体を融合することにより、VHH 抗体を紙などのセルロース素材とハイブリッドさせて利用する、新しい抗体利用法を開発した。また、自己励起蛍光タンパク質 BAF の融合タンパク質とバイオマス素材結合ドメインの融合により、ウィルスの特異的なプロテアーゼを検出する新規分子をデザインした。

当グループでは、DSS 担体あるいは生分解性スキャホールドへの展開を想定した生体に適合する生分解性材料を開発している。乳酸系材料の生体内分解性の評価、光触媒含有ポリアミド4の光スイッチング性能の評価、ポリアミド4の熱安定化に向けた末端の重要性の評価、生分解性樹脂の分解に影響する海水中のパラメータの解明を行った。また、生理活性物質として関心の持たれる(R)3HB の材料化について検討し、生分解性の各種ポリエステル、ウレタン誘導体を合成した。

当グループではさらに脳疾患に対する創薬支援、遺伝子の個体差の役割の解明、診断マーカーの開発を行っている。成長因子 BDNF と proBDNF および pro-peptide といった分子群の細胞機能および脳疾患との関係について新規メカニズムを解明した。pro-peptide 部分の一塩基多型がエピソード記憶を低下させることは以前に報告しているが、それが pro-peptide と BDNF の相互作用強化によるものであることを明らかにした。さらに、脳腫瘍のモデル細胞系確立のための基盤研究として、標的分子 P75 が老化モデルマウスでも機能亢進していることを見出した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】タンパク質の会合、タンパク質の立体構造、融合タンパク質、生分解性材料、脳疾患

【テーマ題目10】生体恒常性を積極的に利用した先進的疾患予防技術の開発

【研究代表者】大石 勝隆（生物時計研究グループ）

【研究担当者】大石 勝隆、安倍 知紀、市村 年昭、根本 直、辻 典子
（常勤職員5名、他11名）

【研究内容】

ニコチン脱離症状を示すラット脳組織を、新技術 HR-MAS-NMR-MP にて解析を行い、うつ病様ラットと比較し脳内代謝の差異を可視化検討した。ニコチン退薬症候群からの回復の状況と、その症状の鍵物質を発見した。

腎臓病重症化予防アプリ作成に際し、NMR-MP による可視化・データ再提示の原理やプロファイリング法の実践応用についてのアプリケーション試作を支援し、稼働デモの作成が行われた。また、琉球大学医学部において NMR-MP 導入検討が開始された。

国産農産物の輸出先の国・地域の消費者の嗜好性と輸出する農産物の多様な品質の双方を正確・容易に把握し、輸出先の嗜好性に適合する品質を容易に判別するための非破壊的技術を開発することを目的として、国産生食用モモの凍結乾燥粉末また生果について NMR-MP 法によるメタボローム解析を実施した。過去の品種・作柄データと比較検討した。非破壊分析および嗜好性調査グループへ情報の提供を行った。

国産農産物のもつ品質に対して新しく実用的な非破壊計測尺度の構築を目指し、メーカ提供の通常成分の代わりに特殊な成分を含有する試作品について解析を行い、可視化解析の結果、高順位な商品化検討継続となり、商品化が期待される。

ロコモティブシンドロームの発症メカニズムの解明を目指し、食事時刻の乱れが筋肉に与える影響についてマウスを用いて検討した。時間制限給餌を8週間行くと、活動期のみ時間制限給餌に比べて、非活動期のみ時

間制限給餌は腓腹筋において筋タンパク質分解に関わるユビキチンリガーゼの発現を増大させることで、筋萎縮を引き起こすことを明らかにした。非活動期のみ時間制限給餌は、筋肉量の減少のみならず脂肪化といった筋肉の質を低下させる可能性が考えられた。食事時刻の乱れは、ロコモティブシンドロームのリスクファクターとなることが示唆された。

摂食リズムの乱れによる代謝異常の発症メカニズムを解明するために、昨年度に引き続き、レプチン抵抗性の関与について検討を進めた。マウスを使った実験により、非活動期の時間制限給餌が短期間でレプチン抵抗性を引き起こし、レプチン抵抗性モデル動物である db/db マウスを使った実験により、非活動期時間制限給餌による肥満の発症にはレプチン抵抗性が原因となっている可能性を示してきたが、本年度は、レプチン抵抗性の発症メカニズムを解明すべく、レプチンを欠損した ob/ob マウスを使った実験を行った。ob/ob マウスでは、非活動期時間制限給餌によってレプチン抵抗性を発症しないこと、非活動期時間制限給餌群に比べて活動期時間制限給餌群の方がレプチン感受性が低いことが判明し、レプチン感受性には、非活動期に高い日内リズムが存在し、このことが、非活動期時間制限給餌によるレプチン抵抗性の発症に関与している可能性が考えられた。

時間栄養学的代謝改善法の開発においては、マウスを使った実験において、朝食時の魚油の摂取が、夕食時の摂取に比べて脂質代謝改善効果が高いという昨年度の知見について、そのメカニズムの解明を目指した。糞便中の脂肪酸含量の解析結果から、魚油の朝摂取が、夕摂取に比べて効率的に DHA や EPA を体内に取り込んでいる可能性が示された。

低栄養に起因する低体温は、免疫能の低下などの原因ともなっており、高齢者において深刻な問題となっている。我々は、低栄養状態における体温維持には、骨格筋での熱産生が重要な役割を担っていることを明らかにし、その責任分子として Slc25a25 が関与している可能性を明らかにした。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】体内時計、食生活、肥満、メタボリックシンドローム、機能性食品、免疫恒常性、小腸乳酸菌、抗炎症、血圧、筋萎縮、褐色脂肪組織、メタボロミクス、NMR

【テーマ題目11】健康維持機能物質開発に関する研究

【研究代表者】宮崎 歴（健康維持機能物質開発研究グループ）

【研究担当者】宮崎 歴、河野 泰広、小川 昌克、安野 理恵、富田 辰之介、Saiki Papawee、伊藤 奈々子、鈴木 加奈枝（常勤職員6名、他2名）

【研究内容】

健康維持機能物質開発研究グループではメタボリックシンドロームやストレス軽減およびその軽度な段階での改善、健康維持に寄与する生理活性物質開発を目指している。特に食経歴のある野菜やハーブなどを中心とした生物資源より天然化合物を抽出し、単離精製して構造決定するとともに、それらの天然化合物をサーカディアンリズム、抗酸化活性、抗炎症活性、脂肪細胞分化抑制活性などを指標としたバイオアッセイに供し、その新規な有効生理活性物質を同定し、商品化へとつなげることを最終目的としている。また、近年の機能性表示食品の基準をクリアするため、その生理活性を引き起こす要因となる分子メカニズムについても、転写制御系を中心として解析をすすめ、健康維持に貢献できる物質のエビデンスを積み上げることも目的とする。

沖縄県工業技術センターとの共同研究で沖縄県産植物や海藻約200種類について抗炎症活性を探索し、40種類のサンプルに活性があることが明らかにした。これら中から、活性の高いものでこれまで十分な解析が行われていないものから優先的に解析をすすめ、新しい天然化合物の探索に展開する予定である。また島根県工業技術センターと植物クロモジの抗酸化物質の分離について技術的指導を中心に研究協力を行った。

筑波大学との共同研究である茨城県産の植物Xの葉由来の抽出物については、抗炎症、抗酸化ストレスの活性に加えて、Per2-Luc発現の繊維芽細胞を用いたサーカディアンリズムへの影響評価を行い、抽出物の中に複数の異なる生理活性を合わせて含んでいることが明らかとなった。

多色ルシフェラーゼ解析法を応用した IL-6/IL10の遺伝子発現をリアルタイムモニタリングするアッセイ系を構築し、マウスマクロファージ細胞への安定発現株の単離をおこない、安定的にそれぞれの遺伝子発現を解析する細胞株を得ることに成功した。

我々の開発した睡眠障害モデルマウスにおいて、タイ国由来のハーブについて、タイ国立科学研究所 (TISTR) との共同研究を開始するにあたり、産総研において研究材料として取り扱うため、名古屋議定書・生物多様性条約に基づいた Prior Informed Consent (PIC) および Mutual Agreed Term (MAT) の締結を実行し、産総研で初めて正式な契約形式をとりかわすことができた。また、今後、タイ・カセサート大学理学部生物学科と我々研究室間で、安全性評価および新規有用天然化合物の研究の連携を遂行していくために、Letter of Intent (LOI) の締結を行った。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】機能性食品、天然化合物、メタボリックシンドローム、サーカディアンリズム、多色生物発光技術、

【テーマ題目12】バイオマーカー計測評価用メディカル

デバイスの開発

【研究代表者】永井 秀典（次世代メディカルデバイス研究グループ）

【研究担当者】永井 秀典、安藤 昌儀、山添 泰宗、古谷 俊介、栗之丸 隆章
（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

生体試料等に含まれる各種バイオマーカー計測を目指して、遠心力駆動型ラボ CD システム及び高速核酸増幅システム、高速 DNA シーケンス技術の製品化研究を進めるとともに、チップ表面物性の高度制御技術、計測プロセスのオンチップ集積化、計測評価システムのダウンサイジング化の基盤研究を行う。

平成29年度は、遠心力駆動型ラボ CD システムとして前年度に開発したプロトタイプ装置の改良を行った。具体的には、ノイズ対策のための遮光対策を施し十分な遮光性を確保できることが確認された。また、これまでの一次試作装置では、洗浄液のシリンジを縦置きしていたため、洗浄液が漏れた場合に下部のモーターに触れる可能性が高く電氣的に故障する懸念が高かった。そこで、シリンジを横置きする構造に変更し、電気回路やモーターなどが万が一遠心力による送液により飛び散った場合にも保護される様に、堅牢なカバーを新たに追加した。この改良したプロトタイプ装置を用いて、糖尿病の早期発見に資するマルチマーカーに対して、集積型微小流体デバイスを用いて血清などの実サンプルから再現よく定量できる条件を検討した。分析時間の短縮を目指し、反応時間の短縮についても検討を行ったところ、一次抗体及び二次抗体との反応時間をこれまでの15分から5分まで短縮してもシグナルの減少は生じなかったが、2.5分まで短縮すると大幅な低下が、インスリン、レプチン、アディポネクチンのいずれにおいても確認された。以上から、各反応時間は5分まで短縮できると判断し、その結果、分析時間についてこれまでの約30分から約16分まで大幅な短縮を達成した。

また、高速核酸増幅システムとして、企業と連携し各種感染性微生物に対する高速遺伝子検査技術の開発を推進した。特に、医療機関における使用に特化した専用のプロトタイプ装置を新たに設計開発し、複数の検体に対してランダムアクセスが可能なシステム構成であり、かつ多様な用途に適応可能なように、1つの制御部に対し複数の検出部を並列化し、独立して個別の測定対象を分析可能な構造とした。さらに、検出機構について従来の品質が不均一でかつ高額な市販の蛍光検出システムでは無く、より小型で高集積化に対応した蛍光検出器を独自に開発し、システムの低廉化の見通しを得た。

さらに、高速核酸増幅システムの高度化として高速 DNA シーケンス技術の開発を進め、マイクロチップ電気泳動法により複数のターゲット長の PCR 産物を混合したモデル試料について約6分程度で分離が可能である

ことが確認された。これにより、高速 DNA シーケンスに必要な高速サーマルサイクラーと高速電気泳動の主要な要素技術のシステムを構築した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】Point of care testing、遺伝子検査、免疫アッセイ、微小流路デバイス、抗体

【テーマ題目13】新規ナノ機能性材料のバイオ研究分野への応用

【研究代表者】永井 秀典（次世代メディカルデバイス研究グループ）

【研究担当者】永井 秀典、安藤 昌儀、山添 泰宗、古谷 俊介、栗之丸 隆章
（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

バイオマーカーの実用化に資するタンパク質を活用した新規の界面制御バイオマテリアル、蛍光量子ドットを用いた光学素子の開発と応用を進めるとともに、生体物質や生体適合性材料の本質的理解に基づく研究を進めることで、生命現象の分子メカニズムの解明とその産業・医療応用を目指す。また、蛍光量子ドット型生体影響ガスセンサ等の製品化研究を推進する。

平成29年度はタンパク質を活用した界面制御バイオマテリアルの開発として、タンパク質フィルムの作製やフィルムの *in vivo* 評価に用いる腸炎モデルマウスの作製を行った。タンパク質フィルムに関しては、抗体を疎水性の基板に吸着させた後、その基板上に架橋したアルブミン、SOD、カタラーゼ溶液を加え、乾燥させるという手順で、フィルムの内部に SOD とカタラーゼが、また、フィルムの表面に抗体が組み込まれたフィルムを作製することができた。フィルムを作製する際、基板からフィルムを剥離する工程があるが、界面活性剤への暴露や加熱処理など、様々な手法で剥離することにも成功した。フィルムの抗炎症効果の *in vivo* 評価に用いる腸炎モデルマウスについては、ヒトの潰瘍性大腸炎と似た症状を示し、モデル動物として広く用いられているデキストラン硫酸ナトリウム (DSS) 誘発性腸炎マウスの作製を行った。マウスに投与する DSS の濃度、期間、分子量など本研究に適した実験条件を絞り込んだ。また、タンパク質フィルムをマウスの大腸の炎症部に接触させるために、シリコン製のチューブの外表面にタンパク質フィルムを貼りつけたデバイスを作製した。

また、蛍光量子ドット型生体影響ガスセンサの開発として、独自に構築した蛍光利用型光学式ガスセンサ評価装置を用いて、従来ほとんど研究されていなかった量子ドットのガスセンサ機能について重要な新しい知見を得た。具体的には、CdSe 系コアシェル型量子ドットの蛍光変化により、室温・大気圧で、オゾン、あるいは、アルキルアミンのような VOC 等の健康阻害ガスを光学的

に検知できることを実証し、そのメカニズムの一端を解明した。このように、蛍光量子ドットの新しい光・表面機能開拓に貢献した。

さらに、光学式オゾンセンサ材料として、表面高機能化光ナノ複合材料として、空気中の ppm オーダーの低濃度オゾンに感応して可逆な蛍光強度の消光を示すセレン化カドミウム (CdSe) 系コアシェル型量子ドットと、ガス吸脱着特性・触媒特性・プラズモン吸収・局所電場効果を有する貴金属ナノ粒子からなる複合材料の試作を開始し、分散液塗布法とスパッタリング法を組み合わせた作製法が有効であることを見出した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】生体適合性材料、高分子、タンパク質、量子ドット、オゾン

【テーマ題目14】神経疾患モデル動物の作製と分子動態可視化技術の開発

【研究代表者】戸井 基道（脳遺伝子研究グループ）

【研究担当者】戸井 基道、加藤 薫、海老原 達彦、落石 知世、佐々木 保典、新海 陽一
（常勤職員6名、他3名）

【研究内容】

脳神経系の発生からその機能発現、そして生涯にわたっての機能維持を制御する分子群の動態解析は、神経細胞の基本的な動作機序を理解し、かつその破綻により引き起こされる様々な神経疾患の原因解明と治療法の開発に繋がるのが期待される。当グループでは、神経機能を維持する分子群の同定と、そのための必要な可視化動物の作製、解析に資する種々の測定技術・顕微観察技術の開発を進めている。29年度は、新規可視化タンパク質の改良や、これを発現させたモデル動物の解析、また細胞観察技術開発や画像解析技術の開発に焦点を当て、以下の開発を進めた。

神経ネットワーク動態解析や老化や疾患に伴う神経機能評価に利用可能な、赤色波長域を持つ新規膜電位感受性蛍光タンパク質の開発を進めた。pH 感受性の赤色波長蛍光タンパク質をベースに、カリウムチャンネルの膜感受性領域と組み合わせることで候補融合タンパク質とした。培養細胞に発現させた際の蛍光強度や膜局在化パターンをモニターしながら、2つのドメイン間のリンカーの改変や、各種細胞内輸送シグナルの挿入を行い、最適なものを選択した。最適なものを用いて膜電位変化依存的な蛍光強度を測定し、脱分極に応じて約5%の蛍光変化が観察された。このタンパク質をラットの初代神経培養細胞にも発現させ、その発現パターンを確認した。神経細胞内での最適な局在を示すようさらに輸送シグナルの位置を改変し、現状の最適なものを用いて膜電位変化と蛍光強度変化の解析を行った。今後さらなる蛍光強度の増大と、膜電位変化に応じた蛍光変化を目指して、更なる改良を進める。

生細胞や生きた個体において、遺伝子座や DNA 領域特異的なエピジェネティック変化を観察するための新規可視化技術の開発を行った。ヒストン修飾バリエーション特異的な抗体と蛍光タンパク質を融合させ、解析対象配列とを組み合わせた人工染色体を生細胞内に導入することで、遺伝子配列特異的なヒストン修飾の変化をリアルタイムで観察することを可能にした。このプローブを様々な生育環境や、遺伝的背景の異なる線虫個体に発現させ、細胞の状態特異的なメチル化変化の解析を試みた。核内の遺伝子座非依存的なメチル化ヒストンのダイナミックな変化はリアルタイムで観察可能であったが、目的としている遺伝子座の修飾状態変化は観察時間内では見られなかった。今後よりダイナミックに修飾変化が起こる遺伝子座の選択や、長時間のタイムラプス観察を試みることでこの観察システムの有効性を実証していく。またこの技術を応用し、自閉症発症と関連付けられている遺伝子の線虫突然変異体を用い、神経成熟に関わる遺伝子の発現制御とエピジェネティック変化の解析を行った。その結果、これらの自閉症関連遺伝子が実際に神経成熟に必要な遺伝子発現に関与すること、これまで同定していた転写因子と遺伝的に相互作用することを見出した。今後、さらに自閉症関連遺伝子と神経成熟との関連性を探っていく。

超解像顕微鏡を用いて細胞内分子動態をより詳細に解析するための顕微観察システムの構築を進めた。これらのシステムを用いて、リボソームの観察、植物細胞におけるアクチンアイソフォームの観察等を行い、発表した。また生物分野のみでなく、液晶分子の観察にも超解像顕微鏡を用い、他分野での本技術の有効性を示している。今後さらに開発を進め、最先端の観察技術の提供を試みていく。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】イメージング、神経疾患、創薬スクリーニング

【テーマ題目15】生体分子の高機能化及びそれを利用した脳神経疾患に対する創薬基盤技術開発

【研究代表者】波平 昌一（脳機能調節因子研究グループ）

【研究担当者】波平 昌一、近藤 哲朗、稲垣 英利、大塚 幸雄、平野 和巳（常勤職員5名）

【研究内容】

生物の細胞間・細胞内の情報伝達は生体分子の相互作用により制御されている。その中でも特に神経細胞に存在する受容体やイオンチャネルなどを標的とした生理活性ペプチド、及び、ゲノム DNA やクロマチンを構成するヒストンタンパク質に修飾を施すエピジェネティクス制御タンパク質の標的認識メカニズムを解析し、それを利用した創薬基盤技術開発・機器開発を行う。

ヘビ・クモなどの毒腺には、ヒトの神経細胞の機能に

影響を与える様々な生理活性ペプチドが存在する。これらの分子は自然界において長い時間をかけた進化の過程で特化した機能、すなわち標的分子を特異的に認識し結合する能力を獲得している分子であると考えられる。当グループではこれまでに、それらのペプチドをコードする遺伝子の配列上の特徴を利用して、指向的分子進化工学手法を用いて目的の標的分子に結合する活性分子の探索技術を開発し、多種の生理活性ペプチドの標的分子の認識機構の迅速な解析を可能にした。これらの解析により得られたペプチドの配列・立体構造情報などは、創薬の際有効に利用されることが期待される。現在、脳神経系特異的に機能する生理活性ペプチドの探索と機能解析を遂行している。

また、哺乳類の後天的なゲノム修飾機構であるエピジェネティクスを担うタンパク質についても、その分子が担うゲノム領域の認識機構を解析している。精神疾患や脳腫瘍といった脳神経系疾患は、その発症が思春期以降となるため、原因解明や創薬開発に資するモデル細胞やモデル動物の確立が遅れている。最近、それらの発症にエピジェネティクス制御機構である DNA メチル化やクロマチン制御機構の破綻が起因していることが疑われている。そこで、それらのエピジェネティクス制御タンパク質に焦点を当て、神経系細胞における機能解析と標的領域認識機構を明らかにする。さらにそれを利用して発症依存的な病態モデル細胞や動物を作製する。これらにより、脳腫瘍及び精神疾患治療に対する創薬スクリーニングのための次世代型新規研究材料の開発と提供を目指している。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】指向的分子進化工学、生理活性ペプチド、エピジェネティクス、脳神経疾患

【テーマ題目16】次世代がん治療を実現する「放射線力学療法」の基盤研究

【研究代表者】高橋 淳子（分子複合医薬研究グループ）

【研究担当者】高橋 淳子（常勤職員1名、他4名）

【研究内容】

低分子有機化合物であるプロトポルフィリン IX (PpIX) が X 線照射による活性酸素発生效果を増強することを、細胞を介さない物理化学的な実験系を用いて見出した。放射線によるこの反応は、放射線吸収は大きい毒性の強い重金属等で生じるという既成概念を覆し、生体に安全な低分子有機化合物と X 線の物理化学反応を次世代のがん治療「放射線力学療法」に用いる可能性を拓くものである。

これまで、担癌マウスに対してポルフィリン前駆体の 5-アミノレブリン酸 (5-ALA) を放射線照射前に経口投与すると、腫瘍組織特異的に PpIX が蓄積され、そこに放射線を照射すると、放射線単独で照射する場合より多くの活性酸素が生成し、放射線治療効果を増強すること

を、担がんマウスの腫瘍増殖抑制評価により検証してきた。

PpIX の様な低分子有機化合物の放射線応答性はほとんど知られていなく、他の有機化合物でも生じる反応かを検証する為、多くの化合物の放射線応答性を調べたところ、ルテオリン等が放射線応答性を有する事を見出した。PpIX は放射線照射によりスーパーオキシドと OH ラジカルの両方の生成を促進する、一方、ルテオリンはスーパーオキシドを生成するものの OH ラジカルの生成を抑制する性質を有することが判明した。ルテオリンは食用植物に含まれる天然物質であり、新たな低毒性の放射線増感物質の開発の可能性が示唆された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】放射線治療学、放射線腫瘍学、臨床薬学、放射線増感、低分子有機化合物、ポルフィリン、5-アミノレブリン酸

【テーマ題目17】 てんかん発症時における Addicisin (アディクシン) の生理機能の解明

【研究代表者】池本 光志 (分子複合医薬研究グループ)

【研究担当者】池本 光志 (常勤職員1名)

【研究内容】

Addicisin (アディクシン) は、モルヒネ耐性依存形成に関与する新規因子として我々の研究グループにより発見された。Addicisin は、神経型グルタミン酸輸送体 (EAAC1) とヘテロ複合体を形成することにより EAAC1 の細胞外グルタミン酸を細胞内に取り込む機能を直接的に抑制する。また、Addicisin は、EAAC1 が細胞内酸化還元系の主要な調節因子であるグルタチオン (GSH) の生合成原料であるシステインの細胞内輸送機能も併せ持つことから、EAAC1 を介した細胞内 GSH 合成量の制御にも関与する。従って、Addicisin は、細胞内酸化還元系の異常に起因して発症する神経疾患の発症機序に深く関与すると考えられているが、Addicisin の生理機能に関しては依然不明な点が多い。海馬に発現する Addicisin をノックダウンしたラットでは、てんかん誘発剤であるペンチレンテトラゾール (PTZ) 投与によるキンドリング (痙攣) が顕著に促進されることが報告されているが、Addicisin の細胞内動態は不明である。本年度は、当該報告に着目し、PTZ 投与した神経細胞における Addicisin 細胞内動態を明らかにすることを目的として解析を実施した。NG108-15細胞は、PTZ が選択的に結合する GABA 受容体を豊富に発現する代表的な神経細胞腫として知られることから、本研究における細胞モデル系として使用した。最初に、PTZ 処理時における NG108-15細胞の Addicisin タンパク質発現量をウエスタンブロット法ならびに細胞染色法を用いて解析したところ、20 mM PTZ を1時間以上暴露することにより Addicisin タンパク質量が時間依存的に有意に増加することが明らかとなった。次に、20 mM PTZ の24時間暴

露時における Addicisin 細胞内局在を免疫細胞染色法により解析した。Addicisin は、無刺激時 (正常時) には小胞体 (ER) において Ar16ip1 (細胞死関連因子) と共局在していたが、PTZ 暴露によって Addicisin と Ar16ip1 の ER における共局在は有意に減少した。一方、Addicisin は、細胞膜マーカーとして知られる Na⁺-ATP アーゼや EAAC1 と細胞膜上での共局在が顕著に増加した。さらに、GABAA 受容体アンタゴニストであるピクロトキシン 100 μM の1時間前処置により、PTZ 暴露時に於ける Addicisin の細胞膜上への細胞移行は完全に抑制された。次に、PTZ 暴露時に於いて Addicisin と EAAC1 の細胞膜上の共局在が観察されることから、細胞内酸化還元系への影響をラジカルスカベンジャー (DPPH) 法により検討した。その結果、PTZ 用量依存的なラジカル消去能の低下と 100 μM ピクロトキシン同時暴露によるラジカル消去能力の回復が認められた。また、LDH 法により細胞毒性を解析した結果、PTZ 用量依存的な細胞毒性の増加と、ピクロトキシン用量依存的に PTZ 由来細胞毒性効果の阻害が観察された。これらの結果は、PTZ を暴露した NG108-15細胞では、Addicisin が GABAA 受容体シグナルの活性化により ER から細胞膜へ細胞内局在を変化させ、細胞毒性増加と酸化能低下を誘導することを示唆する。次年度以降、本分子機構を更に精査することで、てんかん発症時の分子機構の解明を進める予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】てんかん、Addicisin (アディクシン)、細胞内移行、GABA 受容体、神経型グルタミン酸輸送体 (EAAC1) 細胞毒性、酸化能

【テーマ題目18】 構造創薬に関する基礎研究および基盤技術の開発

【研究代表者】本田 真也 (構造創薬研究グループ)

【研究担当者】山崎 和彦、加藤 義雄、古川 功治、久保田 智巳、高木 悠友子 (常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

NMR 分光法や X 線結晶解析法を用いて立体構造を可視化することにより疾患関連タンパク質の認識機能や反応機構を明らかにする。構造情報を利用した化合物探索支援技術を開発する。抗原虫薬の開発に向けて、原虫における遺伝子ノックアウト手法の至適化と必須遺伝子の効率的探索法を構築する。ゲノム編集技術の高度化に向けて、タンパク質デリバリー法を開発する。

低分子創薬における化合物探索に活用可能な新規 NMR 解析法を開発した。標的酵素による反応の進行により、基質から生成物への転換が起こるが、これに伴う NMR スペクトル変化を検出し、共存させる阻害剤による影響を定量的に評価した。この時、阻害剤濃度で変化

するスペクトルデータ群に対して因子分析の手法を適用することにより、効果的に阻害効果 (IC50値) を見積もることが可能となった。低分子創薬において、結合評価と併用することにより、偽陽性を最小化し、創薬プロセスの確度と効率の向上に資する技術と考えている。

X線結晶構造解析で、タンパク質の構造だけでなく、リガンドや補欠分子族の認識や相互作用の解析に重点を置いて、創薬支援に繋がる情報の枚挙に焦点を当てた研究を行っている。具体的にはがんや幹細胞に特異的に発現している糖鎖構造を認識しているレクチン様タンパク質の構造解析とリガンド(糖鎖)結合型の結晶構造解析、様々な遺伝子型のノロウイルスを横断的に認識するファージ抗体から Fab 型抗体への組換えと大量発現系の構築、結晶化、立体構造解析などを進めた。また抗原虫薬のターゲットタンパク質に対して、様々な酵素分子種の立体構造解析を行い、1つの酵素分子種の立体構造を報告した。この分子に結合する化合物との複合体構造も決定することが出来、その結果としてこの化合物を母核としての合成展開が可能だと判断した。

原虫の必須遺伝子探索については、従来は遺伝子操作が大変困難であった原虫において簡便にノックアウトを行える手法を開発した。原虫は昆虫ベクターとほ乳類宿主の間を移動する際や宿主内で感染拡大する際に様々な形態に分化する。創薬においては宿主内ステージにおける必須遺伝子の探索が重要な鍵となるが、これまでの技術で行うのは大変困難であった。当グループの開発した手法により、人工的に宿主内ステージに分化させた原虫に対して効率的にノックアウトを行い、迅速に表現型を判定できるようになった。これにより、全てのステージの原虫を使用して必須遺伝子の特定や薬剤候補化合物のスクリーニングを行ることが可能となり、より精度の高い創薬標的探索に繋がると期待される。

ゲノム編集技術を高度化していく上では、ゲノム編集酵素を細胞内に適切に導入して行く必要がある。細胞外で加工した核酸を生物に導入すると遺伝子組み換え体となるが、ゲノム編集の触媒を司るタンパク質酵素を生物に導入した場合には、遺伝子組み換え体に該当せず、幅広い産業へ展開できる可能性がある。特に今年度において、種々の生物種においてタンパク質を細胞内にデリバリーする手法を検証した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】NMR、酵素阻害、X線結晶構造解析、糖鎖マーカー、ゲノム編集、遺伝子組換え、創薬標的

【テーマ題目19】構造創薬の実践および推進のための実用技術の開発

【研究代表者】本田 真也 (構造創薬研究グループ)

【研究担当者】阪下 日登志、古川 功治、高木 悠友子、石原 司

(常勤職員4名、他5名)

【研究内容】

複数の企業と共同でシャーガス病治療薬開発等、国際貢献性の高い創薬を実践する。また、感染症を中心としたアカデミア発創薬標的についても構造創薬を展開する。ヒットからリード化合物への探索と最適化に革新をもたらす化合物自動設計自動合成システムの開発についても企業とともに推進する。

ブルーストリパノゾーマの核酸生成に関与する酵素について、変異型酵素を利用することで、その補酵素結合部位への初期ヒット化合物の取得、および、その立体構造の解明を行った。今後の FBDD による阻害剤創製の基盤となる。

国内医科大学との共同で、歯周病の原因となる細菌群の一つである糖非発酵グラム陰性菌が分泌するプロテアーゼ阻害剤の探索を FBD の手法を用いて行った。独自のフラグメント・ライブラリからスクリーニングした1次ヒットを得ている。またヒット化合物とプロテアーゼの複合体構造解析も終了しており、化合物の展開を図っている。

全世界の創薬に関する論文の知見を経験知として、医薬品開発時の探索研究で必須となる周辺化合物設計を自動で行い、短時間で候補を提示するシステムを開発した。また、この提示化合物を短時間で実際に合成するための自動合成機の開発も企業と共同で行った。提示された候補化合物の薬理活性を実際に精査し、その結果を再び設計システムにフィードバックすることで、自律的な探索研究サイクルを回すことが可能となった。実際に、公開されている臨床検査レベルの医薬品候補化合物に対して、それを上回る活性も持つ化合物の取得を50時間程度の短時間で完了できることを実証した。

複合体構造解析を活用した構造創薬における医薬品候補化合物の設計を自動化するシステムを新たに構築した。本システムを国内大学と共同で進めている医薬品創製を目指した探索研究に適用し、自動合成機と連携させることで、活性が数十倍向上した新規化合物を自動で取得するに至った。更に、新規化合物の合成経路を自動解析するシステムの開発も進めており、自動合成機との連携により、医薬品候補化合物の設計から合成にいたる探索研究の自動化と効率化に繋がると期待される。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】創薬、感染症、国際貢献、歯周病、化合物設計

【テーマ題目20】生体分子・システム機能評価及び活用に関する研究開発

【研究代表者】清末 和之 (細胞分子機能研究グループ)

【研究担当者】清末 和之、佐藤 隆明、藤田 篤、弓場 俊輔、川崎 隆史、峯 昇平 (常勤職員6名、他4名)

〔研究内容〕

生体分子及び生体システムの機能理解から、神経疾患等の疾病に対するアプローチ技術の開発、また代替機能技術の開発を目指し、「生体分子の探索と評価技術の開発」と「生体分子・細胞の活用技術開発」を行っている。前者では、疾患を対象として疾患モデル細胞・動物の創出から関連する分子機構および生体ネットワークの理解を目指している。その利用モデルとして嗅覚システムの理解と応用が進んでいる。後者では、生体分子機能解析、構造解析、新規発現技術の開発、細胞を取り扱う技術として、主に再生医療に係る細胞製造技術、を行っている。H29年度の成果として、以下の成果を報告する。

- ・嗅覚システムの応用：匂いを感知する受容体は GPCR と呼ばれる G タンパク質結合型の受容体であり、5系統の G タンパク質との結合によって細胞内へ情報を伝達している。一部の結合については明らかにされているが、受容体と G タンパク質との特異的結合を説明するモデルはなかった。マウス嗅覚受容体 S6 とキメラ G タンパク質 Ga15-olf および野生型 Ga15 との相互作用形成・応答迅速性の解析から、応答迅速性の改善は受容体 C 末側の helix 8 の 2 番目のアミノ酸が支配していることを明らかとした。このアミノ酸は、オプシンではグルタミン、アドレナリン受容体ではアスパラギン酸、一方、嗅覚受容体ではこれらにグルタミン酸とトリプトファンを加えた 4 種で保存されており、この 1 アミノ酸で支配される初期一過性相互作用が GPCR-G タンパク質の安定相互作用の迅速形成に不可欠であることを示唆している。このことは迅速に検出された信号が要素情報の優位性・階層性を支配していると考えられ、匂い情報処理の理解の一助となると考えている。
- ・疾患モデル動物：アルツハイマー型痴呆ではアミロイドβタンパク質 (Aβ) の作用機序は解明されていない。その作用機序を明らかにするために、脳遺伝子研究グループでは、疾患モデルマウスを作出した。当グループで、この疾患モデル動物解析の電気生理学的解析を分担した。神経回路レベルでの機能解析で、記憶の形成のモデルとされるシナプス可塑性において、顕著に減弱が起きていることを明らかにした。行動解析、生化学的解析をあわせると、細胞内の Aβ オリゴマーは個体が若い時期からシナプス領域で機能不全を引き起こしていることを示唆しており、Aβ-GFP マウスはオリゴマーの機能解析および AD 発症初期のシナプスにおける微細な変化を捉えるための有効なツールになると考えられる。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 疾患モデル、再生医療、匂い、癌、構造解析、グルコサミン、

〔テーマ題目21〕 先進バイオ計測技術開発

〔研究代表者〕 近江谷 克裕 (先進バイオ計測研究グループ)

〔研究担当者〕 関口 勇地、
Kumar Krishna Rajendra Penmetcha、
Tourlousse Dieter (常勤職員4名)

〔研究内容〕

バイオ計測 (特に核酸計測/マイクロバイオーム微生物計測) を念頭に、主に次世代シーケンサなど網羅的計測技術を利用した新規計測技術の開発 (ラボ技術およびバイオインフォマティクス技術) を行った。また、その計測の精度評価、および信頼性確保のための方法開発、標準整備を行った。具体的には、次世代シーケンサーを利用したマイクロバイオームなど複合微生物生態系評価技術の高度化に関する研究開発を実施し、複合微生物生態系を構成する微生物群の活性に着目した新たな計測技術を開発した。また、マイクロバイオームに存在する未培養微生物群の機能予測を行うため、マイクロ流路技術と次世代シーケンサ技術を融合した新たな技術開発を行った。また、次世代シーケンサーを利用したマイクロバイオーム評価の精度管理技術の確立に向け、スパイクイン 16S rRNA 遺伝子による品質管理方法の新たな研究を実施した。また、RNA アプタマー技術を応用したマーカー検出・定量技術開発を想定し、インフルエンザウイルスや特定細菌群を検出、分取するための新規技術開発を実施した。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 遺伝子、DNA 定量、PCR、マイクロチップ、細胞機能評価、バイアビリティ、バイオイメージング

〔テーマ題目22〕 創薬・診断等に有効なバイオマーカーの探索研究 (微生物感染、マイクロバイオーム)

〔研究代表者〕 関口 勇地
(先進バイオ計測研究グループ)

〔研究担当者〕 関口 勇地、
Kumar Krishna Rajendra Penmetcha、
Tourlousse Dieter (常勤職員3名)

〔研究内容〕

ヒト等マイクロバイオーム中に存在する分子遺伝学的、あるいは機能的に新規な微生物を解析、分離、培養するための新しい方法を開発すると共に、それを利用し新規微生物群を分離、記載を進めた。また、腸内マイクロバイオーム内に存在し、特定疾患との関連する可能性がある微生物群の特定に関する研究を実施し、その実態の解明を行った。さらに、抗炎症性 RNA アプタマーの開発に関する基礎的検討を実施すると共に、微生物感染に関連した non-coding RNA の探索に関する基礎的検討を実施した。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 創薬、診断、バイオマーカー

〔テーマ題目23〕 核酸標準物質開発

〔研究代表者〕 野田 尚宏（バイオアナリティカル研究グループ）

〔研究担当者〕 野田 尚宏、陶山 哲志、横田 亜紀子、松倉 智子、佐々木 章（常勤職員5名）

〔研究内容〕

網羅的塩基配列解析技術のデータ品質管理向上に有用な核酸標準物質の作製と評価を行った。すでに物質計測標準研究部門と共同で開発した実績のある核酸標準物質の次期ロットの試作品を作製した。作製方法については前回のロット作製時に開発した方法に準拠しつつ、改良を加えた。また、作製された標準物質の品質の評価をデジタル PCR 法により行った。また、昨年度から引き続き米国標準技術研究所の研究者とゲノム標準物質に関する議論を行い、一分子の次世代シーケンサーに対応した長鎖標準 DNA の開発必要性などについて議論を行った。さらに、日本発ゲノム標準物質の開発を進めるべく、理研をはじめとするアカデミアや関連企業等との議論を行い、開発のためのプロジェクトチームの組織化を進めた。RNA の標準物質に関して、配列の多様性を高めるための検討を進めた。具体的にはすでに頒布体制が整っている5種類の RNA に加えて、それとは異なる配列の RNA 標準物質プロトタイプの開発を行い、さらに作製した RNA 標準物質プロトタイプの品質評価を行った。ISO/TC276バイオテクノロジーの WG3分析化学に参加し、核酸標準物質の規格文書作成についての議論に参加するとともに、合成オリゴの業界団体との連携により、当該規格文書の作成についての検討に加わった。デジタル PCR 法を用いてバイオ医薬品に含まれるウイルス様配列や宿主由来残留 DNA を高精度・高感度で検出する手法の開発を行った。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 核酸標準物質、PCR、DNA、RNA

〔テーマ題目24〕 生体分子解析技術の開発と応用

〔研究代表者〕 野田 尚宏（バイオアナリティカル研究グループ）

〔研究担当者〕 野田 尚宏、陶山 哲志、横田 亜紀子、松倉 智子、佐々木 章、森田 雅宗（常勤職員6名）

〔研究内容〕

核酸と相互作用する核酸関連酵素について遺伝子組換え技術により、それを取得した。さらに、その機能や活性等を評価する手法を利用して、様々な微生物が持つタンパク質の特性評価を行った。特に、RNA を切断するトキシタンパク質およびトキシタンパク質の RNA 切断活性を無毒化するアンチトキシタンパク質に着目し、それらを発現・精製・取得し、網羅的塩基配列解析技術と蛍光色素を用いた活性評価系を利用し、機能を評

価した。その結果、新規なトキシタンパク質/アンチトキシタンパク質を取得することに成功するとともに、取得したタンパク質の基質特異性や活性の有無・強弱などを効率的に評価することができた。さらに、これらの核酸関連酵素の機能を阻害する分子のハイスループットスクリーニング系の構築を行った。具体的には、w/o エマルジョンの系を用いたドロップレットを安定的に大体数のドロップレットを作製する技術を開発した。ドロップレット内でトキシタンパク質の活性を評価するための最適条件を確立することに成功した。さらに、ドロップレット内において大腸菌等の微生物を培養し、増殖の見られたドロップレットのみを選択的かつ効率的に回収・濃縮するための技術を開発した。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 酵素、RNA、蛍光、ヌクレアーゼ、w/o エマルジョン

〔テーマ題目25〕 新規生体分子計測に係る材料、手法、デバイス研究

〔研究代表者〕 栗田 僚二（ナノバイオデバイス研究グループ）

〔研究担当者〕 栗田 僚二、吉岡 恭子、小島 直、加藤 大、富田 峻介（常勤職員5名、他3名）

〔研究内容〕

近年、遺伝子配列解析装置等の飛躍的な技術革新により、莫大な量の遺伝情報が入手可能になり、現在では様々な病気の子知や診断、更には遺伝情報に基づいた治療法の選択（テーラーメイド医療）が可能になりつつある。また最近では、シトシン塩基のメチル化に代表されるエピジェネティックな遺伝子制御機構の異常が、様々ながんや代謝疾患、さらにはアルツハイマー病やパーキンソン病などの精神・神経疾患にも関わっていることが示されている。そのため、疾患に関わる遺伝子配列や DNA のメチル化異常を簡便かつ迅速に高感度で検出する技術の開発が望まれている。我々は、従来用いられている技術に有機化学的手法やナノ材料を融合させることで、高感度な遺伝子検出技術や DNA メチル化の簡便な検出技術の開発を進めている。遺伝子検出では、遺伝子の配列情報を生物発光に変換する新しい核酸プローブの開発を行なっている。生物発光は夾雑物の影響を受けないため、非常に高感度な遺伝子検出が可能になると期待される。

RNA エピジェネティクス計測技術開発に関しては、前年度に実証したバルジ形成を利用した抗体による修飾塩基検出法を用いて、大腸菌 RNA 実試料から23S rRNA 特定配列中の N6メチルアデニンの検出を行った。大腸菌 RNA を制限酵素で断片化することにより、目的 N6メチルアデニンを含む RNA 断片を DNA プローブにより効率的に捕捉し、バルジ構造内の N6メチルアデニンへの抗体の選択的結合により、配列特異的な検出が可能

であることを示した。

抗体のような特異性の高いセンシングとは異なる、交差反応性を利用した新規バイオセンシング技術を利用して、一回のアッセイで簡易に抗体の劣化状態を同定できるセンシング法の開発を推進した。「3'末端に蛍光団を修飾した一本鎖 DNA とナノサイズの酸化グラフェン (nGO) からなる複合体群」をネイティブ状態や変性状態の抗体と混合すると、抗体の状態を反映した蛍光フィンガープリントが得られることを見出した。このアプローチを利用することで、例えば、性質の異なる多様な抗体の天然・凝集状態の識別や、熱による抗体の複雑な劣化過程をモニタリングすることに成功した。DNA/nGO 複合体群を用いる本手法は、1回の簡単なアッセイで迅速に抗体の状態を決定できるため、将来的には抗体産生における条件スクリーニングなどに資する分析技術としての利用が期待できる。

一方、アンバランストマグネトロン (UBM) スパッタ装置を用いたナノカーボン薄膜電極を作製し、生体・食品・環境中の化学物質に有用な電極材料開発を行った。ナノカーボン電極表面のフッ素化条件を最適化することにより、測定溶液中に妨害物となる親水性ビタミンCが混在していてもビタミンEのみを高選択的に再現よく定量することに成功した。また、カーボンと金属の共スパッタにより白金ナノ粒子がドーブされたハイブリッド型カーボン薄膜電極を形成し、土壤中の臭気物質であるジエオスミンの計測を試みたところ、白金ナノ粒子を含むカーボン膜では、白金電極に比して高い電極触媒活性を示すことを実証した。さらには、これらのナノカーボン薄膜電極を搭載可能なポータブル計測機器の試作を完成させた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】DNA、エピジェネティクス、表面プラズモン共鳴、イムノアッセイ、電気化学測定、ナノカーボン薄膜

【テーマ題目26】高性能遺伝子編集ベクターの開発

【研究代表者】長崎 晃 (セルメカニクス研究グループ)

【研究担当者】長崎 晃 (常勤職員1名)

【研究内容】

遺伝子の機能解析を行うには遺伝子機能を破壊する Loss-of-Fuction や過剰に発現させる Gain-of-Fuction による解析は非常に有用である。特に Loss-of-Fuction による機能解析はその遺伝子の喪失により現れる表現型から、遺伝子機能を推察することが容易である。近年、遺伝子編集技術の一つである CRISPR-Cas9法が開発され、哺乳動物細胞等のノックアウト細胞を一般研究室においても容易に得ることが可能となっている。一方で、標的遺伝子が致死の場合や遺伝子破壊により表現型が明確でない場合、既存の CRISPR-Cas9システムではノックアウト株の判定や致死の判断が困難であるため、得られた

トランスフォーマットのスクリーニング作業が膨大となる。そこで、より容易に遺伝子破壊株を取得することが可能となる遺伝子編集ベクターの開発を試みる。

構築する遺伝子編集ベクターは細胞への導入効率を高めるため Cas9 と sgRNA の両者の発現ユニットを有するシングルベクターとし、選択マーカーは蛍光タンパク質遺伝子を融合した薬剤耐性遺伝子とする。また選択性の高い薬剤耐性遺伝子を使用することにより、24時間で形質転換体を確実に濃縮するとともに、蛍光タンパク質を融合した薬剤耐性タンパク質の蛍光により蛍光顕微鏡下で容易に形質転換効率が確認できるように設計した。一方、sgRNA の発現ユニットは、sgRNA 遺伝子をシームレスで U6プロモーター下流に挿入させるために Type IIs 制限酵素である BsmBI の認識サイトを配し、さらに天然 crRNA に由来する U6プロモーターの終止配列 (TTTT) は排除した。加えて、短時間で選択が終了する高選択性薬剤を使用するため、選択終了後直ちに薬剤を除去することによってベクターを細胞から脱落させ、遺伝子編集技術上の懸念であるベクターのゲノムへの挿入を最小限に防ぐとともに、最終的に得られたクローンは EGFP-Bsr の蛍光によって、ベクターのゲノムへの挿入を簡便に判別することも可能である。

すでに、本ベクター pGedit の設計と構築および基本技術に関してほぼ完了しており、本ベクターを使用することにより、一般的に行われている T7エンドヌクレアーゼ I による切断アッセイ等することなく、スクリーニング作業の軽減が可能であることを確認している。今年度は細胞骨格を構成するタンパク質群を標的に遺伝子破壊するとともに、本ベクターの情報を積極的に公開することで本ベクターの有用性をアピールしていく。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】遺伝子編集、ノックアウト、薬剤耐性遺伝子、蛍光タンパク質

【テーマ題目27】1細胞ナノマニピュレーション技術の開発と細胞間相互作用計測への応用

【研究代表者】金 賢徹 (セルメカニクス研究グループ)

【研究担当者】金 賢徹、中村 史、山岸 彩奈、

岡田 知子 (常勤職員4名、他7名)

【研究内容】

原子間力顕微鏡 (AFM) はカンチレバー先端の微細な探針で試料表面を走査し凹凸画像を得る装置であるが、探針先端が試料表面に接触しているため、探針 (に取り付けた分子) と試料間の結合破断力測定にも応用できる。我々は2細胞間の接着力を AFM で測定するために、細胞と同程度の直径 (10-20 μm) を持つお椀形状の金属製マイクロカップを作製し、AFM カンチレバー先端に取り付けた「カップチップ」を作製した。このカップチップ凹面窪み部分に基板上的細胞を捕捉して吊り上げ、別の細胞の上にアプローチすることで2細胞間の接着力

を簡便かつ定量的に測定する技術を開発した。

この方法を用いて、手始めに6種類の異なる表面修飾が施された基板（金、ニッケル、アミノ基、BSA、テフロン、微細構造付テフロン）に対する細胞接着力を測定した結果、細胞が最も強く結合する表面（アミノ基）と結合が弱い表面（微細構造付テフロン）の間では、細胞接着力に約50倍の差があることが分かるなど、各修飾基板表面に対する細胞接着力を定量的に計測・比較評価することに成功した。また、各表面に対する接着力強弱の差を利用し、接着が弱い基板からカップチップで細胞を吊り上げた後に接着が強い基板にアプローチして細胞を配置する操作を繰り返すことで、基板上に細胞をパターン化配置することに成功した。

次に、カップチップを用いて腫瘍微小環境を構成する細胞間の接着力測定を行った。腫瘍微小環境はがん細胞を含む様々な細胞で構成されており、特に近年、腫瘍随伴マクロファージ (TAM) とがん細胞の相互刺激によるがん浸潤・転移促進に注目が集まっている。我々はこの相互刺激により、細胞間接着力など細胞の機械的特性にも変化が生じるのではないかと考え、TAM からの分泌物刺激をがん細胞に供与するモデル系を用いて、この変化に対する解析を行った。具体的には、マウス TAM 様マクロファージ (J774.2) を培養した培地上清を乳がん細胞 (FP10SC2) 培地中に添加することで、マクロファージ分泌物によるがん細胞への刺激供与モデルとした。計測の結果、上記刺激供与により①がん細胞弾性率が低下する、②がん細胞浸潤能が上昇する、③がん細胞間接着力が上昇することが分かった。①、②については、刺激によりがん細胞悪性度が向上したように考えられるが、③については様々な解釈が可能である。我々はこの解釈について考察する目的で、刺激を与えたがん細胞内で発現量が上昇する分子の探索を行った結果、細胞接着に関連するプラログロビンの発現量が上昇していることが分かった。プラログロビン発現量が高いがん細胞はクラスターを形成して血液中を循環しやすく、その結果、転移成立の確率が向上し予後が悪いことが知られているが、TAM 様マクロファージと乳がん細胞株を用いた我々のモデル系での結果も、本現象を示唆している可能性がある。以上をまとめることで、TAM 様マクロファージ分泌物の刺激により、がん細胞の悪性度が向上し、かつクラスター化した血中循環がん細胞が増加する可能性があることが分かった。これらの結果は、2細胞間接着力の変化を定量的に比較計測できたからこそ得られたものであり、カップチップを用いた我々の方法は、細胞の機械的特性変化の計測とそれに伴う疾患進展メカニズムの議論を行う際に有用であることを示している。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】細胞操作、細胞接着、AFM、がん細胞、マクロファージ

【テーマ題目28】機能分子の細胞内導入および細胞内機能分子操作技術の開発と応用

【研究代表者】藤田 聡史（細胞マイクロシステム研究グループ）

【研究担当者】藤田 聡史、川崎 一則、細川 千絵、戸井田 力（常勤職員4名）

【研究内容】

本年度は創薬開発支援ツールとして、従来から開発を行ってきた「細胞マイクロアレイ」技術の拡張を進め、低分子化合物や酵素のマイクロアレイ化技術の開発を進めた。酵素を長期間安定に基板面に固相化し、固相面から細胞内に酵素を導入し、酵素が細胞に与える作用を評価するマイクロアレイの開発を進めた。4種以上の異なる性質を持つタンパク質について固相基板面から細胞に導入し、細胞内で機能させる事に成功した。また、浮遊細胞をハイドロゲルで固定した浮遊細胞マイクロアレイを開発し低分子化合物の機能評価を行った。また、集光レーザーを用いた細胞操作手法として、光ピンセットを用いた細胞内分子制御、およびレーザー細胞刺激技術の開発に取り組んだ。神経細胞シナプス部位に局在する神経伝達物質受容体を対象として、量子ドットで標識した受容体分子の光捕捉について検討した。蛍光相関分光解析と一粒子追跡により細胞表面分子の並進拡散運動を評価し、光捕捉時に分子運動が遅くなることを示した。さらに、薬理実験や神経電位計測を行い、フェムト秒レーザー照射に伴い細胞外溶液が細胞内に流入する一連の機構について考察した。

本技術開発に用いる細胞膜、人工膜や分子集合体の水中における微細構造の解析のために、急速凍結レプリカ法による透過電子顕微鏡技術の開発を実施した。構造体の温度変化の解析を可能にするために、メタル・コンタクト法の急速凍結装置に対して試料環境温度を制御する改良を加えて、試料の微細構造の温度依存性を調査する試験を実施した。温度依存的に粘性が変化する両親媒性分子（アミドアミンオキソド界面活性剤）の水溶液を用いて、転移温度の高温側と低温側のそれぞれで試料を急速凍結し、凍結切断レプリカを作製した後に、電子顕微鏡観察を行った。転移温度の低温側では直径が数ナノメートルの特徴的な繊維構造（ナノファイバー）が密に存在する様子が観察され、両親媒性分子が繊維状のミセルを形成することが確認された。一方、転移温度の高温側では観察される繊維構造の頻度が明らかに低かった。この結果、温度条件によって変化する細胞膜、人工膜や分子集合体の物性と微細構造の相関を評価する技術を整備することができた。

さらにアポトーシス細胞を模倣したマクロファージ指向性・抗炎症性を兼備するホスファチジルセリンリポソーム (PSL) を用いた炎症性疾患治療、組織再生への応用に取り組んだ。マウス床ずれモデルへの PSL 投与により、床ずれの初期サイズの縮小および治療期間の短縮

に成功した。プロテイン G 修飾により炎症組織指向性を向上させた修飾型 PSL は、自己免疫性心筋炎の特徴である、炎症、心肥大、線維化の抑制が可能であった。また、炎症制御による骨再生の促進を目的に、PSL を表面に積層させたチタン性インプラントを開発した。修飾チタン上で、組織修復性マクロファージが誘導できることを明らかにした。さらに、骨欠損モデルに埋植すると、チタン周囲で骨再生を促進することに成功した。一方、マクロファージ由来の炎症メディエータが平滑筋細胞の石灰化を促進することを明らかにし、血管石灰化 *in vitro* モデル開発に必要な基礎データを得た。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】細胞遺伝子操作、光ピンセット、電子顕微鏡、DDS、再生医療

【テーマ題目29】生体メカニズム解明と新規バイオマーカーおよび新型抗体の開発

【研究代表者】七里 元督（細胞・生体医工学研究グループ）

【研究担当者】七里 元督、高田 英昭、赤澤 陽子、上野 豊、中村 真理、添田 喜治、田村 繁治、鈴木 理（常勤職員8名、他12名）

【研究内容】

生体の機能を制御するメカニズムに関する基礎的研究を実施し、疾患の診断に有用なバイオマーカー探索また新たな治療戦略に資する下記の基礎研究・応用研究を実施している。

1) 脂質酸化マーカーを指標とした客観的精神疲労評価手法の確立と精神的健康の増進について研究開発を行うとともに、各種疾患におけるバイオマーカーの有用性をヒト臨床検体やモデル動物の組織サンプルを用いて検討した。既に当グループでは、マウスにストレスを負荷することで脂質酸化酵素を介した酸化反応によってアラキドン酸酸化物が著増することを確認している。前年度までにストレスに伴う不安や興奮に関連する脳内ノルアドレナリンの変動を解析していたが、平成29年度はストレスを緩和する方向に作用するセロトニン系に関しての解析を実施した。その結果、ストレス負荷によって大脳皮質内のセロトニン代謝物（5-HIAA）の含有量が増加することを確認した。これはシナプスでセロトニンの放出が亢進していることを示す。一方、ストレス負荷をしてもアラキドン酸酸化物が生成されない脂質酸化酵素欠損マウスの大脳皮質においても5-HIAA の含有量は増加していた。また、アラキドン酸酸化物レセプター阻害剤の投与実験においても、本阻害剤はストレスに伴うセロトニンの放出には影響していなかった。以上の結果から、ストレスによって増加するアラキドン酸酸化物はノルアドレナリンの放出を誘導するが、セロトニン系には影響しな

いことを明らかとした。

- 2) 細胞内で複数のゲノム DNA 配列を可視化し染色体凝縮時の DNA の時空間的挙動を明らかにし、染色体凝縮メカニズムを解明することを目指している。平成29年度はゲノム編集に活用される手法である CRISPR/dCas9 を利用して、標的 DNA の動態を観測するための基盤技術の開発に取り組んだ。リピート配列であるテロメアとセントロメアを標的とする gRNA を作製し、培養細胞に導入し観察したところ、標的配列のシグナルを細胞内で検出することが可能であった。また、細胞をスライドガラス上に展開し、FISH を行ったところ、予想通り標的シグナルが染色体のテロメアとセントロメアから検出されていることが確認できた。しかしながら、2種類の蛍光タンパク質を用いた多色イメージングは成功には至らず、今後、他の RNA 結合蛋白質や他種由来の dCas9 を利用するなどして多色イメージングを試みる方針となった。また、染色体の動原体構造に2価陽イオンの一つであるカルシウムイオンが関与することを明らかにした。カルシウムイオンがセントロメア構造に与える影響をより詳細を解析するために、上述のイメージングシステムと超解像度顕微鏡法を組み合わせた解析を次年度以降に実施する予定である。
- 3) バイオマーカーの実用化、分子標的治療に資する新型抗体の開発を実施している。特にシングルドメイン抗体（VHH 抗体）を利用し、抗体-薬物複合体の作製に必要な基盤的技術の確立を目指している。この目的のため、まず公知である抗上皮成長因子受容体（EGFR）-VHH 抗体および当グループで独自に取得した VHH 抗体を用いて、付加される物質の種類・サイズによる VHH 抗体の機能や物性への影響の評価を行っている。平成29年度は VHH 抗体種と複合体形成による抗原親和性への影響を検討するため、新たな VHH 抗体の取得を目的として、抗原タンパク質を調製し抗原免疫とスクリーニングを実施した。その結果、11種の VHH 抗体配列を新たに獲得した。これらの VHH 抗体を大腸菌で作製し、抗原親和性の評価と付加体（低分子化合物や核酸）の作製を実施している。VHH 抗体の標的部位への1分子の付加が可能となったが、付加物質による抗体機能への影響改善が今後の課題となった。
- 4) 分子動態のシミュレーション解析技術を応用し、ロボットの革新的なアクチュエーション技術を目指した分子人工筋肉に関する解析技術の開発を実施した。超分子構造の分子モデリングソフトウェア開発の設計を進め、プロトタイプの開発を行った。分子人工筋肉の部品となるタンパク質分子のポリゴンモデルを利用して、分子集合体のフィラメントを複数配置した超分子モデルのファイルを定義し、3次元表示プログラムを開発した。さらに汎用ソフトウェアを用いキネシン、

チューブリン、アクチンおよびミオシン等のフィラメントによるサルコメア構造の動作モデルを作成した。また、分子人工筋肉の機能改良に有力な生体膜構造に関連する脂質二重層膜の小胞やエネルギー供給酵素ATPaseのモデルも利用可能なスクリプトに応用展開した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕バイオマーカー、脂質酸化物、染色体凝集、超解像度顕微鏡法、シングルドメイン抗体

〔テーマ題目30〕ヒトを対象とした聴覚、色覚に関する
医工学研究

〔研究代表者〕七里 元督（細胞・生体医工学研究グループ）

〔研究担当者〕七里 元督、添田 喜治、田村 繁治、高田 英昭、赤澤 陽子、上野 豊、中村 真理、鈴木 理
（常勤職員8名、他12名）

〔研究内容〕

脳機能に立脚した聴覚および色覚のメカニズムの解明と、音質、色覚の心理・生理評価に関して以下の技術開発を行っている。

1) 居住空間内で日常的に知覚される音に着目し、加工を施すことによる高付加価値な音創りに取り組んでいる。ヒトの感性に影響する覚醒度、快不快度を考慮したサウンドデザインに関する基礎的な研究として、鳥類、虫類の鳴き声の調査を実施した。18種類の鳥の鳴き声、16種類の虫の鳴き声について被験者実験を実施したところ、被験者に目立つと判断される鳥類、虫類を同定するに至った。さらに複数音源存在下で目立つ音源を調べるため、複数音源存在下で、注意が脳活動に及ぼす影響を脳磁界反応を用いて調べた。結果として θ (4-8 Hz) 帯域において、ウグイスの鳴き声の聴取時のパワーが大きい傾向が見られた。また、騒音下で目立つ鳥類、虫類の鳴き声の探索を行った。背景騒音として、Hoth スペクトル型ノイズ、鉄道駅構内騒音、自動車内騒音を用いて検討した。鳥類では、等音圧レベル条件ではカケス、ウグイスが多く被験者に目立つと判断され、等ラウドネス条件ではウグイスが多く被験者に目立つと判断された。一方、虫類では、等音圧レベル条件ではツクツクボウシ、ミンミンゼミ、ヒグラシが比較的多くの被験者に目立つと判断され、等ラウドネス条件では個人差が大きい結果となった。暗騒音有無の両条件において、鳥の鳴き声に関しては、ウグイスが比較的目立つことが分かった。虫の鳴き声に関しては、個人差が大きい結果となった。個人差が大きいことから、個人の顕著性と音響特徴量の関係を調べることで顕著性に影響を及ぼす音響特徴量を明らかにできると考えられた。

2) スピーカー音源付近の加圧によって音声明瞭度が向上される現象の解明に取り組んだ。

29年度は前年度よりスピーカーの振動を効果的に加えるための改良を加えた3種類のスピーカーの試作を行った。5種類の音楽を出力し、自己相関関数解析を行い、平均レベル・最大ピーク振幅・遅れ時間・有効継続時間・初期振幅の算出を行った。結果として初期の反射音が増加することによって明瞭度が改善されることが示された。またエンクロージャの形状によって、音圧レベルと明瞭度の増加が可能であることが示され、これまでの板厚や圧力に加えて、エンクロージャの形状を工夫し、個々の効果を最大化することによって、より音圧レベルや音声明瞭度の改善効果を高めることが可能であることが明らかとなった。

3) 色覚に障がいを持つ方が正しい色情報を認識することを可能とするための、色覚バリアフリー照明の高性能化と試作に関する研究を実施した。色覚に障害を有する方は日本人の320万人に上るとされている。平成29年度は、色覚バリアフリー照明のスペクトルをシミュレータによる模擬実験および被験者実験を行った。人間工学的な実験として、照明スペクトルの効果を網羅的に調べると共に、P型(1型)色覚者に対する効果、D型(2型)色覚者との違いに関して理論的考察を行った。観察対象として色覚検査の世界標準である石原式色覚検査表とSPP-1先天性色覚検査表の15枚を使用した。光源として、10 cm角の場所に10×10(合計100個)のLEDを配置したものを使用し、7種類の波長(450, 470, 525, 590, 605, 630 and 660 nm)において検討した。その結果、色覚障がい者の色覚検査表に対する誤答率を低下させるためには赤色光の照射が必要であること、D型(2型)色覚者と比較してP型(1型)色覚者の方がその傾向が大きいことが明らかとなった。しかし、赤色光のみの照射では色が赤色に偏り、一般色覚者にも見にくいため光源の色調、波長にはさらなる工夫が必要であることが分かった。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕音響特徴量、脳磁界反応、色覚障害、色覚バリアフリー、照明スペクトル、バリアフリー照明

④【健康工学研究部門】

(Health Research Institute)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：達 吉郎

副研究部門長：鎮西 清行、大家 利彦

総括研究主幹：黒澤 茂、茂里 康

所在地：四国センター、つくばセンター

人員：47名(47名)

経 費：619,546千円（238,678千円）

概 要：

ライフイノベーションと地域産業競争力強化への貢献をミッションとし、「医療基盤・ヘルスケア技術の開発」の研究課題を担う。

健康工学研究部門では、持続可能な社会の中で健康かつ安全・安心で質の高い生活の実現を目指し、生体工学、生物学、材料化学、物理学、などの知識や知見を結集・融合することによって人間や生活環境についての科学的理解を深め、それに基づいて、人と適合性の高い製品や生活環境を創出するための研究開発を行う。

具体的には、医療基盤・ヘルスケア技術の開発のうち、1) 医療機器の高度化とレギュラトリーサイエンス、2) 健康状態の可視化、3) 生活環境における健康増進、を研究開発の柱とする。大学や産業界とも連携し、基礎研究から橋渡し研究を進め、健康工学研究領域の確立、並びに21世紀における新たな健康関連産業創出に貢献することを目指す。

また、本研究部門は、四国、つくばに研究開発拠点を置き、地域の健康関連産業の活性化への貢献を着実に推進することも任務とする。

内部資金：

戦略

「オンチップ PCR 搭載型マラリア診断装置開発」

外部資金：

経済産業省

平成29年度化学物質安全対策「発光レポーターを導入したマウス初代肝細胞を用いた *in vitro* 肝毒性試験法開発に関する調査」

経済産業省

平成29年度省エネ型電子デバイス材料の評価技術の開発事業「リアルタイム発光測定による細胞内シグナル伝達動的変化の定量化及び毒性発現メカニズムの解析」

国立研究開発法人科学技術振興機構

戦略的創造研究推進事業（CREST）

「細胞チップ MS システムを用いた1細胞マルチ分子フェノタイピング」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構

医療分野研究成果展開事業 平成29年度産学連携医療イノベーション創出プログラム（ACT-MS）

「う蝕、歯周病、誤嚥性肺炎を予防する次世代歯質接着材料の開発と非臨床における有効性評価」

公益財団法人ちゅうごく産業創造センター

中小企業経営支援等対策費補助金（戦略的基盤技術高度化支援事業）

「医療・介護用サポーター等に持続的な抗菌効果を付加するための再生リチャージ可能な抗菌繊維の開発」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「次世代人工知能・ロボット中核技術開発／次世代人工知能技術分野／熟練スキルを搭載した知能ロボットの研究開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構

革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）

「バイオニックヒューマノイド評価法の標準化」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構

「未来医療を実現する医療機器・システム研究開発事業 医療機器等に関する開発ガイドライン（手引き）策定事業」

佐賀県産業労働部ものづくり産業課

平成29年度佐賀県リーディング企業創出支援事業

「九州シンクロトロン光研究センターでの高精度 LIGA プロセスによる X 線格子デバイスの開発」

埼玉県

埼玉県産学連携研究開発プロジェクト補助金

「シリコンゴム（PDMS）親水性化表面修飾法の開発」

国立大学法人筑波大学

平成29年度医療研究開発推進事業費補助金（橋渡し研究 戦略的推進プログラム）「オープンイノベーションの推進により世界のつくばから医療の未来を加速開拓する事業」 シーズ C

「高齢者の粗鬆症骨にも対応可能な整形外科インプラントの開発ーコンビネーション医療機器：アパタイト FGF-2コーティングデバイスー」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（基盤研究 B）

「マイクロ RNA 機能のダイナミズム可視化システムの開発」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（基盤研究 C）研究分担

「3次元画像解析とプロジェクションマッピングを用いた乳房再建手術支援システムの開発」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（挑戦的萌芽研究）研究分担

「接着界面の劣化を検知して殺菌剤と再生誘導物質を徐

放するインテリジェント材料の創製」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（研究活動スタート支援）

「動脈硬化の中赤外レーザー治療における病変選択性の最大化に向けた切削機序の解明」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（基盤研究 C）

「インペラに作用する力の釣り合いを利用した動圧浮上遠心血液ポンプの開発」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（基盤研究 C）

「ネットイツメガエル皮膚ペプチドを用いたスキンケア素材への可能性追求」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（基盤研究 C）

「高集積型細胞チップを用いたオンチップがん診断デバイスの開発」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（基盤研究 C）

「異構造光トラップ場を用いた非接触3次元マイクロ操作の高機能化と汎用化の研究」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（基盤研究 C）

「多種の脳内神経伝達物質を同時検出するための蛍光プローブの創製と医療診断への展開」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（基盤研究 C）

「トリパノソーマにおける Ca²⁺シグナリングの分子基盤の解明と創薬への応用」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（基盤研究 C）

「生体組織のマルチモダリティ音速分布画像化法の開発」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（基盤研究 C）

「多波長光イメージングによる3次元血流情報の獲得と循環器系デバイス定量評価への応用」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（基盤研究 C）

「仮像形成相転移を利用したエナメル質類似組織の構築」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（基盤研究 C）

「超高感度・簡便・迅速な診断を目指した紙・フィルム・テープで作る分析チップ」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（基盤研究 C）

「高付加価値放射線治療を実現する金ナノ粒子増感剤の開発」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（基盤研究 C）

「再石灰化促進作用を有する高機能性フィラーの開発と歯科材料への応用」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（挑戦的萌芽研究）

「メカニカルストレスによる血液凝固反応抑制メカニズムの粘弾性学的定量評価」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（若手研究 B）

「緑内障における酸化ストレス関与の科学的解明」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（基盤研究 A）

「非アルコール性肝障害の発症機序解明および早期診断法の確立と予防法の提案」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（基盤研究 B（海外学術調査））

「マラリア高度流行地における独自開発デバイスを用いた無症候感染者の診断法の確立」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（基盤研究 C）

「がん抗原特異的抗腫瘍免疫の増強と免疫抑制の是正を同時に実現するがんワクチンの開発」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（若手研究 B）

「糖尿病発症時の膵β細胞に発現するグルタミン酸受容体活性化シグナルの解明」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費助成事業（若手研究 B）

「胎児期低栄養による骨形成不良と2型糖尿病発症の関連性の解明」

研究

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費助成事業（基盤研究 C）
「アレルギー疾患対策に資する浮遊病原体モニタリング法の確立と住環境評価への展開」

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費助成事業（若手研究 B）
「超音波治療における生体の3次元変動追従型治療領域検出システムの開発」

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費助成事業（研究活動スタート支援）
「センサー細胞を用いた単一細胞の分泌評価システムの開発」

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費助成事業（若手研究 B）
「止血・骨再建を一挙に可能にする炭酸アパタイト系骨セメントの創生」

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費助成事業（基盤研究 S）研究分担
「高分解能原子間力顕微鏡・分光法による生体分子間認識・相互作用力の直接可視化」

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費助成事業（基盤研究 A）研究分担
「光・超音波の統合及び光の位相空間制御による高機能光音響イメージングシステムの開発」

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費助成事業（基盤研究 A）研究分担
「マイクロ波プロセス・トモグラフィー法による血流内微小血栓モニタリング法の確立」

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費助成事業（基盤研究 B）研究分担
「低電圧高出力な半球殻状超音波トランスデューサの開発」

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費助成事業（基盤研究 B）研究分担
「DNA 損傷と細胞死応答に基づく「がん陽子線・複合免疫療法」の開発」

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費助成事業（基盤研究 B）研究分担
「医療技能の技術化・デジタル化で実現する超音波診断・治療統合システムの超高精度化」

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費助成事業（基盤研究 B）
「脳腫瘍のレーザー治療を確立するための脳光温熱生体数値シミュレーションモデルの開発」

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費助成事業（基盤研究 C）研究分担
「小児用および部分補助用軸流補助人工心臓の開発」

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費助成事業（基盤研究 C）研究分担
「パルスジェットメスを用いた軟性内視鏡下下垂体病変摘出法の開発」

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費助成事業（基盤研究 C）研究分担
「アピオスの潜在的機能の活用とその可能性の検索」

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費助成事業（基盤研究 C）研究分担
「音響放射カインパルスが肺およびその周囲組織に及ぼす影響」

独立行政法人日本学術振興会
科学研究費助成事業（基盤研究 C）研究分担
「難治性潰瘍手術ナビゲーションのための下肢末端血流動態画像解析・投影システムの開発」

埼玉県
埼玉県産学連携研究開発プロジェクト補助金
「超音波治療用モジュール化トランスデューサの開発」

公益財団法人滋賀県産業支援プラザ
中小企業経営支援等対策費補助金（戦略的基盤技術高度化支援事業）
「骨格構造に最適な大腿骨骨折治療用 BHA 人工股関節システムの開発および実用化」

静岡県
平成29年度先端企業育成プロジェクト推進事業「国産技術による高齢者大腿骨骨折治療用インプラントの製品化」

経済産業省
平成29年度工業標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業：政府戦略分野に係る国際標準開発活動）「手術ロボットに関する国際標準化」

経済産業省

平成29年度工業標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業：政府戦略分野に係る国際標準開発活動）「再生医療製品の製造に対して有効なフレキシブルモジュラープラットフォームの要となる無菌接続インターフェースに関する国際標準化」

経済産業省

平成29年度工業標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業：政府戦略分野に係る国際標準開発活動）「発光株化培養細胞の保存管理法に関する国際標準化」

発 表：誌上発表98件、口頭発表186件、その他29件

セラノスティックデバイス研究グループ

(Theranostic Device Research Group)

研究グループ長：小関 義彦

(つくば東)

概 要：

診断と治療を融合する次世代の医療機器＝セラノスティックデバイスの技術開発と、それを迅速に社会に普及させるための評価体系＝レギュラトリーサイエンスを創出する事を目標とする。

超音波を応用する診断治療機器技術に関しては、マルチフェーズの集束超音波機器のコア技術としてアンブ一体型モジュール型超音波トランスデューサーの試作を進めた。エネルギー効率の高いダイレクトドライブ型のトランスデューサーを試作した。

金ナノ粒子による放射線治療増感技術として、難治性がんの放射線治療に高い効果が期待される金ナノ粒子内包リポソームによる標的型放射線増感剤の開発を進めた。昨年度に開発した増感剤について、in Vitroでがん細胞への特異的集積と増感効果の亢進を確認した。

研究テーマ：テーマ題目1

人工臓器研究グループ

(Artificial Organ Research Group)

研究グループ長：丸山 修

(つくば東)

概 要：

生体適合性の高い医療材料や医療機器の開発については、動圧浮上遠心血液ポンプの製品化を特に重視して開発を進めた。動圧浮上遠心血液ポンプについては、製品化に向けて企業と連携し、ポンプ形状を最適化することで、非接触駆動を実現するとともに、市販ポンプと比べて溶血特性を改善することができた。ポンプ内で生じるせん断応力の大きさに基づいて、血液凝固第V因子活性の低下、およびフォン・ビルブランド因子高分子マルチマーが分解されることにより、血液凝固反応は抑制され、すなわち出血傾向となることが定

量的に明らかとなった。動圧浮上遠心血液ポンプ軸受部におけるヒト全血プラズマスキミング現象を発見した。また、市販遠心血液ポンプ用血栓検出光センサの製品化研究を開始し、製品プロトタイプ開発に着手した。完成次第、臨床研究を開始する予定である。さらに、実用化した遠心式体外循環用血液ポンプにさらなる長期信頼性を付与するための検討を進め、羽根出口角が小さくなると、羽根離昇特性や溶血特性が向上する一方で抗血栓性は低下し、羽根出口面積が大きくなると、揚程流量特性、羽根離昇特性、溶血特性および抗血栓性が向上することを数値流体力学解析により確認した。内視鏡手術手技習得過程における空間認識能力の影響を実験的に計測した。初心者の経鼻内視鏡下での切開手技の成績は、空間認識能力テスト結果が悪い群でも学習開始直後に有意に成績が向上した。これは内視鏡が固定され視野空間の変換が一定で、早期に学習できたためと考えられる。より高度な空間認識能力が要求される、手持ち内視鏡条件での実験が望まれる。

研究テーマ：テーマ題目1

生体材料研究グループ

(Biomaterials Research Group)

研究グループ長：伊藤 敦夫

(つくば中央第6)

概 要：

組織再生を促進するシグナル物質を担持した整形外科用インプラント材料の開発・臨床橋渡し研究を行う。がん免疫療法に用いるための高機能免疫賦活剤を開発し、in vitro・in vivo安全性、有効性試験、メカニズム解明を行う。

幹細胞を利用した再生医療の実用化研究、細胞培養加工システムの最適化研究、再生医療等製品の開発促進に資する開発ガイドライン策定業務において、再生医療産業化・普及化に資する研究開発ならびに国際標準化活動を実施する。

医薬品であり、生体材料分野にも適応が期待される各種タンパク質を、迅速且つ低欠陥で結晶化させるために必要なメカニズム、特に特定の結晶化剤でしか結晶化しない理由の解明を行う。人体硬組織、特に歯エナメル質の再生を指向して、エナメルたんぱく質分解生成物の人工エナメル質構造に及ぼす影響を解明する。また骨伝導性の高いリン酸八カルシウムを、セラミック人工骨材料上にコーティングして複合体を作製する技術を開発する。

高生体適合性 Ti 合金等の製品の耐久性と素材特性の関係の検討、人工膝関節摺動部の摩耗特性と超高分子量ポリエチレンの酸化劣化に関する評価方法の検討等を実施する。レーザ積層造形技術等を中心に、患者個々の骨格構造及び症例に最適な脊椎インプラントを

開発する際に必要となる工学的・力学的評価の考え方、必要となる評価項目の検討、試験方法、推奨項目などに関してガイドライン案の取り纏めを行う。

研究テーマ：テーマ題目1

界面・材料研究グループ

(Interface Material Research Group)

研究グループ長：田中 睦生

(つくば中央第6)

概要：

様々な知見や社会的ニーズに立脚した有機機能性材料開発について研究を展開する。分子レベルでの構造・機能解析を実施し、これら材料が目的とする機能を発揮するように分子設計や分子集合体構造設計に反映させることによって、目的とする有機機能性材料の開発を行う。特に界面や生体機能に関する一連の基盤研究を統合的に展開し、センシング素子、選択的透過膜、分子プローブ、脂質等の機能性有機材料設計・合成技術の確立、さらには実用化を目指した応用技術の確立を目標とする。以上の概念に基づき様々な材料の設計・合成を行い、その機能や構造を検討した結果、バイオセンシング界面構築に用いる表面修飾材料、生体内に存在する糖、ドーパミン、ホルモン等を可視化できる分子プローブ、機能性脂質の合成法や核酸の新規合成法確立などの成果を得ることができた。さらには、今までに蓄積した有機化合物合成技術を応用展開して、電池や半導体に用いる有機材料各種の合成法に関する成果も得ることができた。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

生体ナノ計測研究グループ

(Nano-bioanalysis Research Group)

研究グループ長：山村 昌平

(四国センター)

概要：

当研究グループでは、健康状態を可視化するバイオセンシング技術の産業技術化を目指して、高感度生体分子検出、バイオチップ、1細胞解析技術などを中心に、基礎から応用まで幅広い研究開発を進めている。これらの研究、技術開発を極めつつ、分子や細胞などを対象とした簡易、迅速、高精度、高感度な分析、診断技術の研究開発を深化させ、目的基礎研究と産業界への橋渡しを推進する。

高感度生体分子検出の開発としては、高度光技術やナノテクノロジーなどを用いた1分子計測技術を目指し、表面増強ラマン散乱 (SERS) の発現機構解明とその実証研究を行った。また SERS の高感度生体分子計測への応用展開も進めている。バイオチップの開発としては、紙、フィルム、テープを用いたマイクロ流体チップの設計作製を行い、周辺部分も含めた検出系

も構築した。また食品、美容関連などの企業と連携し、実用化研究も進めている。1細胞解析技術の開発としては、細胞内外の生体分子認識プローブ、高性能な光ピンセット技術、および細胞チップの開発を推進している。細胞チップの開発は、大学、企業とともにCREST 研究を産学官連携で進めている。特に当研究グループでは、細胞チップを用いた1細胞の分離、特性評価、回収が可能なシステムの開発を実施した。将来的には、1細胞の質量分析系の構築を目標に細胞チップMS システムの開発を目指している。

研究テーマ：テーマ題目2

バイオマーカー診断研究グループ

(Biomarker Analysis Research Group)

研究グループ長：片岡 正俊

(四国センター)

概要：

マイクロ化学チップを中心としたバイオナノデバイスを用いて、感染症や生活習慣病を対象に発症前診断が可能なデバイス開発を行っている。細胞チップを基盤技術とするマラリア診断チップおよび循環がん細胞診断チップを開発している。診断デバイスの製品化に向けて、企業との共同研究を進めるとともにマラリア診断ではアフリカをはじめとする流行域でのフィールドテストを進めており、さらに循環がん細胞検出系の構築ではがん患者血液を用いて高感度かつ正確な標的細胞の検出系の構築と一細胞レベルでのがん細胞機能解析を進めている。さらに糖尿病など生活習慣病の早期診断実現に向けた各種マーカー検出、さらには脂肪細胞を標的とするリポソームを応用した疾患関連細胞検出法等の構築を進める。

研究テーマ：テーマ題目2

生活環境制御研究グループ

(Health Environment Control Research Group)

研究グループ長：榎田 洋二

(四国センター)

概要：

食品や水、身の回りの物質のリスクと機能性を評価・制御することは、人々が健康な生活を営む上で重要である。当グループでは、無機系吸着剤の細孔制御技術や抗菌成分の徐放技術を活用し、身の回りの微量でも有害なイオンや微生物を低減するための技術開発を行う。有害性が疑われるナノサイズの物質については、現在、信頼性のある生体影響評価技術が確立していないため、汎用的かつ信頼性の高い細胞評価系の構築を目指す。また、全国各地の特産物や加工食品に含まれる成分の機能性を評価するとともに、産総研四国センターが事務局を務める「食品分析フォーラム」の活動に協力し、機能性成分の標準定量分析法を確立す

る。

H29年度は、抗菌繊維の開発、廃水中リン除去技術の開発、二酸化チタン、針状炭酸カルシウムおよび多層カーボンナノチューブの細胞影響評価、食品から得られた機能性分子の生物学的活性の検討、緑藻類スジアオノリからのベータカロテンの分析法のプロトコルの改良を行った。

研究テーマ：テーマ題目3

細胞光シグナル研究グループ

(Cellular Imaging Research Group)

研究グループ長：中島 芳浩

(四国センター)

概要：

生体リズムや免疫応答などの生体メカニズムを、独自に開発した発光レポーター技術を用いて可視化・解析するとともに、高機能化した有用タンパク質、あるいは食品機能性成分により生体機能を制御するための技術開発を行う。

具体的には、以下の4つの主要テーマを推進している。①生物発光技術を活用した細胞機能の可視化・検出システムの基盤技術開発、②発光レポーター導入細胞を用いたセルベースアッセイシステムの構築、および化学物質毒性評価システム開発、③細胞および動物を用いた食品成分の機能性および疾病抑制効果の解析、④ナノ・マイクロソーティング技術を活用したナノ・マイクロ流体チップおよび装置開発。

研究テーマ：テーマ題目3

[テーマ題目1]医療機器の高度化とレギュラトリーサイエンス

[研究代表者] 鎮西 清行 (健康工学研究部門)

[研究担当者] 健康工学研究部門

鎮西 清行、黒澤 茂

(常勤職員2名)

セラノスティックデバイス研究グループ

小関 義彦、高木 亮、永田 可彦、
新田 尚隆、橋村 圭亮、三澤 雅樹、
葭仲 潔、鷺尾 利克

(常勤職員8名、他11名)

人工臓器研究グループ

丸山 修、小阪 亮、迫田 大輔、
西田 正浩、山下 樹里

(常勤職員5名、他5名)

生体材料研究グループ

伊藤 敦夫、岡崎 義光、小沼 一雄、
十河 友、廣瀬 志弘、安永 菜由、
王 秀鵬 (常勤職員7名、他2名)

界面・材料研究グループ

田中 睦生、澤口 隆博、鈴木 祥夫、

平田 芳樹 (常勤職員4名、他2名)

(※アンダーラインは主参画グループ)

[研究内容]

本課題では医療機器等に関する挑戦的な技術開発と、その品質・有効性・安全性等に関する評価技術の研究開発と標準化・ガイドライン化を同時進行的に行ない、臨床成果 (あるいはそれと同等のインパクトを持つ成果) を得る。この分野での企業橋渡しでは、「臨床成果で注目を集めること」が重要となっており、逆に企業共同研究に結びつけるには臨床成果を得るところまで国予算や自己資金で実施する必要がある。本重点課題は挑戦的なテーマを中心に開発ラグを短縮して圧倒的な早期実用化を可能とする、ベンチからベッド、企業への橋渡しまでの一貫した研究開発に繋げることを目指す。

平成29年度は、以下の成果を得た。

- 1) 集束超音波機器のコア技術としてモジュール型超音波トランスデューサーの試作を進めた。エネルギー効率の高いダイレクトドライブ型のトランスデューサーを試作した。
- 2) 高せん断応力を負荷できる新型せん断負荷装置を製作し、ヒト血液にせん断応力を負荷した。その結果、せん断応力の増加に伴って、フォン・ビルブランド因子高分子マルチマー分解量が増加し、血液型ではなく、検体の個体差によって分解量が大きく異なることがわかった。この個体差に基づく分解量の違いが、人工心臓装着患者の出血合併症発症の有無につながるものと予想された。
- 3) ケイ素を固溶した水酸アパタイトナノ粒子のアジュバントとしての性能を評価した。その結果、ケイ素を水酸アパタイトに固溶させることにより、樹状細胞による取込みと成熟、及び細胞性免疫サイトカインと体液性免疫サイトカインの分泌を増強できることを明らかにした。
- 4) 企業等からの要望が高いゴムやプラスチックの表面修飾法を検討し、親水性化およびタンパク質非特異吸着抑制が可能である表面修飾材料・表面修飾法を開発し、その技術を利用したマイクロ流路や細胞培養機器を試作した。

[領域名] 生命工学

[キーワード] 診断治療デバイス、人工臓器、生体機能性材料

[テーマ題目2] 健康状態の可視化

[研究代表者] 大家 利彦 (健康工学研究部門)

[研究担当者] 生体ナノ計測研究グループ

山村 昌平、田中 芳夫、伊藤 民武
淵脇 雄介、宮島 久美子、重藤 元
(常勤職員6名、他2名)

バイオマーカー診断研究グループ

片岡 正俊、八代 聖基、田中 正人

梶本 和昭、橋本 宗明

(常勤職員5名、他5名)

界面・材料研究グループ

田中 睦生、澤口 隆博、村上 悌一

鈴木 祥夫、平田 芳樹

(常勤職員5名、他1名)

(※アンダーラインは主参画グループ)

【研究内容】

国民医療費の削減や健康寿命延伸のために、健康状態や疾患の早期・簡便な評価法が求められているが、アンメットなものが多い。当部門ではライフサイエンス、ナノテク・材料工学の複合技術をもとに新規なバイオマーカーの探索とその計測技術を開発してきたが、今期はその橋渡しに必要なプロトタイプ装置の構築を並行して進めると同時に、上記課題とのシナジーにより、計測機器から診断機器への本格的な展開を加速させる。平成29年度はバイオマーカー計測に対する産業界からのニーズ対応と、計測技術の産業界への橋渡しに向け、検出試薬、マイクロ流路チップ、測定装置それぞれの基盤技術の高度化を図った。また、細胞診断関連では対象となる細胞を一細胞ごとに検出、操作、分析するための基盤技術開発を行った。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 健康状態、可視化、バイオマーカー

【テーマ題目3】 生活環境における健康増進

【研究代表者】 達 吉郎 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 生活環境制御研究グループ

榎田 洋二、苑田 晃成、小比賀 秀樹

堀江 祐範、田部井 陽介

(常勤職員5名、他6名)

細胞光シグナル研究グループ

中島 芳浩、安部 博子、平野 研、

室富 和俊 (常勤職員4名、他4名)

(※アンダーラインは主参画グループ)

【研究内容】

健康な生活を営む上で、食品や水、身の周りの物質のリスクと機能性を評価・制御する技術は、製品の高付加価値化はもとより、公共性・社会インフラ的な要求も強い。これまでに、生物学的な評価技術と、化学的な評価・削減技術を開発してきたが、第四期においては、ナノテク技術などの異分野とも融合・統合的に研究を進めるほか、標準化にも取り組み、持続的な事業として橋渡しできる技術開発を進める。平成29年度は、抗菌技術の繊維への応用研究、廃水処理技術、食品中に含まれる機能性成分の評価、生物発光技術を活用した細胞応答の可視化・検出システムの基盤技術開発を行った。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 健康リスク、健康因子、発光測定

⑤【生物プロセス研究部門】

(Bioproduction Research Institute)

(存続期間：2010.4～)

研究部門長：田村 具博

副研究部門長：鈴木 馨

副研究部門長：佐々木 正秀

首席研究員：深津 武馬

総括研究主幹：町田 雅之

所在地：北海道センター、つくば中央第6

人 員：56名 (56名)

経 費：1,235,511千円 (579,218千円)

概 要：

1. ミッション

○微生物による物質生産技術開発：1) 微生物による物質生産技術開発については、新規有用遺伝子資源探索とその利用技術の開発、微生物間相互作用の機構解明やシグナル物質の発見・同定・機能解明を行う。加えて微生物—動物(昆虫等)間共生に関する基礎的知見を得る。2) 微生物の生理的变化をゲノム科学的解析手法により解析し、物質生産に結び付ける手法の開発ならびに3) 物質生産プラットフォーム開発による有用物質生産技術開発を行う。以上を踏まえ生体分子の構造的特徴、他の機能性物質との相互作用等を勘案し、生産物の高機能化を目指す。

○植物による物質生産技術開発：1) 植物による物質生産技術開発では、実用植物における医薬品など有用物質生産技術をさらに展開するために、新育種技術に分類されているような植物ウイルスベクター、エピゲノム技術、ゲノム編集などを実用作物において利用可能とするための基礎・基盤技術の開発を行う。2) 植物工場およびグリーンケミカル研究所を活用した植物による医薬品等の生産に加え、薬用植物等の栽培環境制御による有用物質高効率生産技術の開発を目指す。以上により事業現場のニーズに即した資源植物や商業作物の改良のための技術開発を進める。

2. 研究の概要

- 1) 核酸の2本鎖構造の独自の安定化技術を利用し、細胞内のマイクロ RNA の効果を、従来技術よりも高効率で制御する新規機能性核酸の開発に成功した。本技術は、生物の遺伝子発現の新たな調節技術として活用可能である。
- 2) エイズウイルス (HIV) の逆転写酵素を B 型肝炎ウイルス (HBV) の逆転写酵素に似せて改変することで、B 型肝炎治療薬が結合できる HBV 型 HIV 逆転写酵素を構築した。また、この改変逆転

写酵素を用いて、抗 HBV 薬が逆転写酵素に作用した状態での立体構造解析を行い、薬剤作用機序及び酵素の薬剤耐性獲得機構を明らかにした。

- 3) ゾウムシ4種の共生細菌ナルドネラの極小ゲノムの配列を決定し、アミノ酸の一種であるチロシン合成に特化し、ゾウムシ外骨格の硬化・着色に関与することを解明した。共生細菌の新規機能の解明のみならず、新たな害虫防除法開発のシーズとして期待される。
- 4) 多剤耐性菌の出現は医療現場を中心に大きな問題となっている。本研究では、新規多剤耐性菌からユニークな機能をもつ新規酵素を発見した。具体的には、本酵素が、アシル化ホモセリンラクトンと呼ばれるシグナル物質を分解することで細菌間コミュニケーションを遮断する機能をもつことを明らかにした。さらに重要なことに、本酵素は、ペニシリンを含む多様な抗生物質をも分解し、多剤耐性にも寄与することを発見した。

外部資金：

- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）「冥王代類似環境微生物」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）「エネルギー保存システムの分子進化で辿る原始生命の機能解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）「硫化金属-ペプチド複合体が初期生命の代謝構築に果たした役割の解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）「カビ新規 RiPPs ライブラリ構築と非天然環状ペプチド創製」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）「逆進化ゲノム株と構造遺伝子内発現調節を用いた生合成リデザイン」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）「アリの社会性行動を制御する神経メカニズムの解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）「昆虫-微生物共生可能性の探索と分子基盤の解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）「植物発生ロジックの多角的開拓」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）「細胞外シグナルと細胞内調節の相互作用による器官形成ロジックの多角的理解」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）「冥王代生命学の創成」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型）「進化の制約と方向性～微生物から多細胞生物までを貫く表現型進化原理の解明～」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（S）「昆虫-大腸菌人工共生系による共生進化および分子機構の解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（A）「生物界の暗黒物質「未知アーキア」の解明-分離培養で開拓する多様な新生物機能-」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（A）「三次元多様性を分子設計上の鍵概念とする論理的創薬方法論の確立」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（A）「水田土壌の自律的な窒素肥沃度維持を担う微生物メカニズムの解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（B）「新規マーカーによる NASH 予防・診断・治療のための食品・薬剤探索システムの構築」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（B）「【H28からの繰越】新規マーカーによる NASH 予防・診断・治療のための食品・薬剤探索システムの構築」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（B）「ケトン食摂取による脳内の糖脂質発現動態に関する研究」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（B）「【H28からの繰越】ケトン食摂取による脳内の糖脂質発現動態に関する研究」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（B）「核酸分子の構造制御を基盤とした microRNA 阻害薬の開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（B）「遠隔作用変異の生成・抑制の分子機構」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（B）「地衣

- 類の共生コンビネーションの可塑性と多様性—北極から南極までの系統地理学」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B)「植物病原性糸状菌における宿主由来の感染プライミング化合物の認識センサーの解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B)「糸状菌二次代謝系の誘導因子コンビネーションの解明と誘導予測の研究」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「成人期 ASD 者の就労支援を目的としたメタ認知訓練の新規開発と効果検証」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「発光ゴカイにおける新規分泌型発光分子機構の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「糸状菌二次代謝プロモーターの応用による有用物質生産系の構築と改良」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「藍染発酵液の染色強度と微生物叢相関の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「高感度な核酸-蛋白質相互作用評価法の開発と核酸医薬への展開」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「DNA を利用した一細胞代謝解析のための酵素固定化電極の開発と心筋細胞評価への応用」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「バイオフィルムでの遺伝子水平伝播と生物進化」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「新規ハイブリッド型ポリケタイド合成酵素 Steely の産物多様性創出機構の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「シリングリグニン生合成を制御する転写因子の網羅的探索と機能解析」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (A)「多段シントロフィーによるアミノ酸・分枝鎖脂肪酸分解微生物群の動態解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (A)「昆虫内部共生の成立に関わる共生細菌の遺伝的基盤」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (A)「【H28 からの繰越】 昆虫内部共生の成立に関わる共生細菌の遺伝的基盤」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (A)「ダイナミックなヒストン複合体形成による植物転写制御メカニズムの解析」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (A)「導電性鉱物を介した電気共生型メタン生成の分子機構および実環境における寄与の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (A)「【H28 からの繰越】 導電性鉱物を介した電気共生型メタン生成の分子機構および実環境における寄与の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (A)「陸域地下圏の未知アーキア系統群：環境ゲノム情報と培養技術で切り拓くその新生物機能」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (A)「全ゲノム操作が拓く難培養細菌の遺伝子工学」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (A)「アカトンボの体色と色覚の進化」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (A)「濾過性細菌が持つ新生物機能を理解する」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B)「メタゲノム由来高機能 β -グルコシダーゼの解析と応用」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B)「遺伝子情報から探る未知の窒素固定微生物の生態と生物肥料としてのポテンシャル」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B)「逆方向 RNA 伸長酵素の RNA 選択機構の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B)「磁硫化鉄(グライガイト)がメタン菌の代謝を促進する機構の分子生物学的解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B)「昆虫の体色形成を担う共生細菌の機能解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費「ハムシ類の水生植物利用への進化における腸内微生物群集の役割」

- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究「一年生植物シロイヌナズナを多年生にする」 「植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発／高生産性微生物創製に資する情報解析システムの開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究「がん特異的なコアフコシル化糖鎖を認識する抗体の創製」
- ・ 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 「エネルギー・環境新技術先導プログラム／非食性バイオマスから高機能化学品・材料を製造するバリューチェーン構築のための生産システムの開発／地域バイオマスからの化成品マルチ生産システム開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究「カビの増殖をトリガーとした抗カビ活性物質オートリリースシステムの開発」
- ・ 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター 革新的技術開発・緊急展開事業（うち先導プロジェクト）「国産果実の供給期間拡大を目指した鮮度保持・栽培技術の開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究「膵癌における新たな細胞内分子ターゲットによる生物学的診断・治療法の開発」
- ・ 国立研究開発法人日本医療研究開発機構 感染症実用化研究事業（肝炎等克服実用化研究事業 B型肝炎創薬実用化等研究事業）「HBV 逆転写酵素の構造情報取得および薬剤阻害メカニズムの解析」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究「高効率物質生産植物体の開発」
- ・ 国立研究開発法人日本医療研究開発機構 感染症実用化研究事業（肝炎等克服実用化研究事業 B型肝炎創薬実用化等研究事業）「次世代抗 B型肝炎ウイルス薬導出に向けた創薬研究」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究「金属鉄を唯一のエネルギー源として生育する鉄腐食・酢酸生成菌の代謝機構の解明」
- ・ 農林水産省 農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「未利用資源である磯焼けウニの食品としての健康機能解明と蓄養技術開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究「自然環境下でゆらぐ遺伝子発現の網羅的同定」
- ・ 国立大学法人島根大学「インドール酢酸のヒト核内受容体レポーターアッセイによる解析・評価及びスクールのヒト核内受容体レポーターアッセイによる解析・評価」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究「植物ウイルスの複製機構を利用した新規酵母タンパク質発現系の開発に関する研究」
- ・ 国立大学法人島根大学「ワサビ成分 6-Methylsulfinylhexyl isothiocyanate (6-MSITC) に関するヒト核内受容体レポーターアッセイによる解析・評価」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 国際共同研究加速基金(国際活動支援班)「冥王代生命学の国際研究ネットワーク展開」
- ・ 国立大学法人島根大学「雲州人参腸内細菌代謝産物 Compound K に関するヒト核内受容体レポーターアッセイによる解析・評価」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金 国際共同研究加速基金(国際活動支援班)「全ゲノム操作が拓く難培養細菌の遺伝子工学（国際共同研究強化）」
- ・ 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発 「植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発／植物の生産性制御に係る共通基盤技術開発／遺伝子発現制御および栽培環境制御の融合による代謝化合物高生産基盤技術開発」
- ・ 国立研究開発法人科学技術振興機構 革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) 「人工細胞デバイスを活用した高速進化実験系の開発と臨床診断用スーパー酵素の創成」
- ・ 国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (ERATO) 「一細胞解析と生物・遺伝子資源情報解析による環境微生物集団の構造と機能動態の統

合的理解」

- ・国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（先端的低炭素化技術開発）（ALCA）「ゼロから創製する新しい木質の開発」
- ・国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（先端的低炭素化技術開発）（ALCA）「新規水生植物共生微生物ライブラリの構築
（旧）水生植物根圏微生物の培養技術開発と根圏微生物ライブラリーの構築」
- ・国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（先端的低炭素化技術開発）（ALCA）「イネにおける技術検証；実用作物での検証・最適化」
- ・国土交通省「下水処理微生物の遺伝子ビッグデータの構築と迅速・簡便な微生物モニタリングシステムの開発」

発表：誌上発表121件、口頭発表241件、その他29件

植物分子工学研究グループ

(Plant Molecular Technology Research Group)

研究グループ長：松村 健

(北海道センター)

概要：

本研究グループでは、植物の遺伝子組換え技術を主に利用して、有用物質、すなわち、他生物種由来の医薬品原材料となるタンパク質遺伝子、および植物が生産する二次代謝産物等を植物で高発現・高生産可能な技術開発を行っている。また、これと並行して完全な人工環境下で栽培・育成から製剤化までの一貫した工程を実施可能な植物工場システムの確立・実用化を目標に研究を進めている。

植物において外来・内在性を問わず目的遺伝子を高発現させるためには、遺伝子サイレンシングなどの植物自身が有する発現制御メカニズムを回避・利用する必要がある。我々は、キュウリモザイクウイルス（CMV）等の植物ウイルスベクターを利用して、簡易にかつ迅速に、目的遺伝子の発現抑制、特に DNA のメチル化誘導技術の開発を試みている。現在まで、転写後サイレンシング機構を抑制した組換え植物体において、DNA メチル化誘導のトリガーである siRNA が多量に生産されていること、CMV による DNA メチル化が接種後僅か4-6日で誘導されるを見出している。

- 研究テーマ：1. 植物ウイルスベクターによる遺伝子発現制御技術開発
2. 人工環境型植物工場での二次代謝増減を制御する水耕栽培技術開発

3. 微小重力下での水耕栽培技術開発

分子生物学研究グループ

(Molecular and Biological Technology Research Group)

研究グループ長：佐々木 正秀

(北海道センター)

概要：

本研究グループは有用タンパク質、脂質および糖質の新たな生産・利用システムの開発、機能性物質の新規合成法の開発、生物材料の化学原料化に関する研究を進めている。

有用タンパク質等の新規利用システムに関する核内受容体アッセイでは、種々の変異体ライブラリー（1420クーロン）のスクリーニングにより、発光強度あるいは発現量の増加が期待できる変異体を得ることに成功した。脂質に関しては、代謝工学的生産法を用いて、機能性脂質生産微生物による脂質生産の最適化を行った。さらに核内受容体活性化では、種々の物質についての評価を行い、特に、低分子リグニン、マイタケについて核内受容体活性化の相違について明らかにした。

機能性物質の新規合成法に関して、昨年度市販化された新マイクロ波利用合成装置の国際市販化を目指したデータを取得し、JETRO の支援のもと、米国での市販化を目指している。

生物材料の化学原料化については木質系バイオマスの超臨界二酸化炭素共存下での反応を行い、加水分解過程における酸触媒としての超臨界二酸化炭素の効果（加水分解効率の向上）を連続反応装置により実証した。

- 研究テーマ：1. 有用タンパク質、脂質および糖質の新たな生産・利用システムの開発
2. 機能性物質の新規合成法開発
3. 生物材料の化学原料化

生体分子工学研究グループ

(Biomolecular Engineering Research Group)

研究グループ長：三重 安弘

(北海道センター)

概要：

本研究グループでは、核酸、タンパク質、細胞の活性等を、有機化学ならびに工学的手法によって解析し、さらにそれらの性質を改良することで物質生産の効率化、医薬品開発、物質検出の高感度化を目標とした開発を行っている。

昨年度までに、2'-O-methyl RNA (MeRNA) の鎖内をクロスリンク (CL) した2本鎖が、それに隣接する1本鎖部位における RNA とのハイブリを高度に安定化する現象を見出し、これを活用したマイクロ RNA

(miRNA) 阻害核酸 (anti-miRNA oligonucleotide; AMO) の開発に着手した。H29年度では、開発した AMO が細胞内の miRNA の効果を強力に阻害できることを見出し、標的 miRNA と安定な結合を形成することを明らかにした。また、従来技術 (市販の AMO) よりも低濃度で、長時間作用することを実証した。生物の遺伝子発現の新たな調節技術になると考えている。

ビタミン、核酸、酵素などの生体関連分子を電気化学法により検出あるいは物質変換反応などに活用する場合、該分子と電極界面との相互作用が検出感度や反応効率に大きく影響する。そこで当グループでは、電極界面構造を機能化することでこれらを向上させる技術開発を進めている。昨年度までに、希薄塩酸中での溶解反応を利用した金ナノポーラス構造の簡便な作製技術を開発した。H29年度においては同ナノ構造電極が、物質生産に有用な酵素の駆動に有用であることを実証した。今後、酵素を活用する物質生産において、有効な基盤技術になり得ると考えている。

- 研究テーマ：1. 核酸の安定化技術の開発と、遺伝子制御技術への応用
2. 電気化学を利用した、生体関連物質の機能解析と検出技術の開発

応用分子微生物学研究グループ

(Applied Molecular Microbiology Research Group)

研究グループ長：田村 具博

(北海道センター)

概要：

本研究グループでは、システム生物学から、物質生産宿主の開発、有用蛋白質の構造機能解析に至るまで、微生物による有用物質生産等の応用利用に向けた包括的な研究開発を行っている。H29年度は、ロドコッカス属細菌や麹菌を物質生産のための優れた微生物宿主として利用するため、遺伝子工学技術を駆使し発現システムの改良などを行った。ロドコッカス属細菌では構造遺伝子内発現制御機構を放線菌で初めて利用し、同じプロモーターを用いながらクローニングした遺伝子の発現量を増大・減少させることに成功した。麹菌では、これまでに代謝工学的改変により構築した遊離脂肪酸生産能力が9.2倍に向上した株を親株として、医薬品やその合成原料として利用が期待される高度不飽和遊離脂肪酸の生産化を行った。高度不飽和化に働く外来酵素遺伝子を当株に導入して発現させた結果、数種類の高度不飽和遊離脂肪酸の生産が確認できた。微生物を用いて高度不飽和脂肪酸を遊離型で生産させた研究報告はこれまでに無いことから、脂肪酸の微生物生産において新たな可能性を見出すことができた。

また、創薬ターゲットである逆転写酵素、および臨床診断用酵素の立体構造解析を行った。具体的には、

B型肝炎治療薬に対して強い薬剤感受性を獲得させた HIV 逆転写酵素変異体の立体構造を解析し、薬剤抵抗性機構に関する知見を得た他、臨床診断酵素であるリパーゼホモログの立体構造解析を行い、高活性化、基質特異性改変に関する基礎的情報を取得した。

ゲノム情報を活用した研究開発としては、特別研究チーム(生物システム工学特別研究チーム)を編成し、迅速・大規模に生産されるゲノム情報を迅速かつ効果的に産業利用へ繋げるシステムの開発を進めている。具体的には、ゲノム情報を解析するソフトを開発し、プロモーターや同族酵素遺伝子の置換を系統的に行い各遺伝子の発現およびそのバランスを制御することで目的遺伝子の生産量を既存の系より数倍高めることに成功した。

- 研究テーマ：1. ロドコッカス属放線菌および麹菌を宿主とした物質生産技術の開発
2. 蛋白質の立体構造情報の取得とその利用
3. 有用なゲノム・遺伝子資源の探索と利用技術の開発
4. システム生物学を利用した生物機能解析・利用技術の開発

環境生物機能開発研究グループ

(Environmental Biofunction Research Group)

研究グループ長：三谷 恭雄

(北海道センター)

概要：

多様な環境中には多様な生物が棲息し、多様性に富んだ独自の機能を発現している。私たちは、こうした生物の持つ多様な機能に独自の視点で取組み、有用性の高い技術開発を行うことを目標に研究を進めている。具体的には、腸内や表皮などの極めて限定された環境に生息する微生物と宿主の相互作用に関する研究、導電性固体表面層などで電気を生産・消費する微生物に関する研究、難培養微生物を培養可能にする研究、特殊環境下で生育する微生物の生命原理に関する研究、薄暗い海中や闇夜でコミュニケーションやカモフラージュのために鮮やかな光を放つ生物に関する研究などを行っている。

農業において害虫カメムシ類が問題となっているが、我々はこれら害虫の腸内共生微生物に着目し、それら共生微生物が地球温暖化により生育阻害を受け、それによって宿主である害虫カメムシの発育阻害が起きることを新たに発見した。加えて、水産業において注目されつつある魚介類の腸内の微生物叢について解析を行い、いくつかの生物種について常在微生物叢を明らかにした。また、微生物と導電性金属や活性炭との相互作用について解析を進め、微生物-固体間電子移動にもとづく新規微生物代謝として金属鉄腐食性の酢酸

生成微生物を新たに発見するとともに、活性炭などの安価な導電性粒子の添加により廃水処理時のメタン生成効率が上昇することを見出した。さらに、発光ゴカイからこれまでに全く知られていなかった新規発光酵素の存在を明らかにした。

- 研究テーマ：1. 腸内微生物叢の群集解析と機能解析
2. 微生物の多様な嫌気エネルギー代謝解析
3. 発光生物の発光分子機構の解析

生物共生進化機構研究グループ

(Symbiotic Evolution and Biological Functions Research Group)

研究グループ長：古賀 隆一

(つくば中央第6)

概 要：

非常に多くの生物が、恒常的もしくは半恒常的に他の生物（ほとんどの場合は微生物）を体内にすまわせている。このような現象を「内部共生」といい、これ以上ない空間的な近接性で成立する共生関係のため、極めて高度な相互作用や依存関係が見られる。このような関係からは、しばしば新規な生物機能が創出される。共生微生物と宿主生物がほとんど一体化して、あたかも1つの生物のような複合体を構築することも少なくない。

我々は昆虫類におけるさまざまな内部共生現象を主要なターゲットに設定し、さらには関連した寄生、生殖操作、形態操作、社会性などの高度な生物間相互作用を伴う興味深い生物現象について、進化多様性から生態的相互作用、生理機能から分子機構にまで至る研究を多角的なアプローチから進めている。

我々の基本的なスタンスは、高度な生物間相互作用を伴うおもしろい独自の生物現象について、分子レベルから生態レベル、進化レベルまで徹底的に解明し、理解しようというものである。

- 研究テーマ：1. 昆虫-微生物間共生関係の多様性の解明
2. 共生微生物が宿主に賦与する新規生物機能の解明
3. 共生関係の基盤となる生理、分子機構の解明

生物資源情報基盤研究グループ

(Microbial and Genetic Resources Research Group)

研究グループ長：鈴木 馨

(つくば中央第6)

概 要：

本研究グループでは、自然界に広く存在する未知・未培養・未利用の生物・遺伝子資源を探索・拡充する技術を開発すると共に、生物機能を活用した新しい物

質生産技術(バイオプロセス)や環境制御技術の創成に資する生物資源・解析情報の提供を目的とした技術開発を行っている。

具体的には、本年は(1)未知・未培養微生物の探索技術の開発および稀少微生物の分離培養・分類同定・ライブラリー化、(2)微生物や高等生物を対象にした有用遺伝子資源の探索と機能解明、(3)環境ゲノム解析技術(メタゲノム、メタトランスクリプトーム等)の開発と利用、(4)全ゲノム操作技術の開発と利用、(5)クローン細胞集団における不均一性の包括的解明とその応用研究、(6)環境制御・浄化や次世代エネルギー生産に資する微生物の生理学的・生態学的機能の解明に関する研究に取組み、特に次の様な成果を得た。深部地下圏や地下湧熱水環境、廃水処理プロセスに棲息する新規微生物、植物に共生する新規微生物を純粋分離するとともに、植物成長促進微生物、多剤耐性菌や嫌気性共生細菌等のゲノム解読等を通じて新たな生物機能の解明に成功した。国内の油ガス田環境や地下湧熱水環境、世界各地の嫌気性バイオリクター内の微生物群集を対象とした環境ゲノム解析を精力的に実施し、未知微生物遺伝子情報の獲得・資源化に取り組むとともに、環境制御・浄化や次世代エネルギー生産に資する未知微生物の生理生態機能の解明を進めた。

- 研究テーマ：1. 未知・未培養微生物ならびに未利用生物資源の探索・同定・分類ならびにライブラリー化
2. 微生物や高等生物を対象にした有用遺伝子資源の探索と機能解明、産業利用
3. 環境ゲノム解析技術(メタゲノム、メタトランスクリプトーム等)の開発と利用
4. 全ゲノム操作技術の開発と利用
5. クローン細胞集団における不均一性の包括的解明とその応用研究
6. 環境制御・浄化や次世代エネルギー生産に資する微生物の生理学的・生態学的機能の解明と利用

合成生物工学研究グループ

(Synthetic Bioengineering Research Group)

研究グループ長：宮崎 健太郎

(つくば中央第6)

概 要：

当研究グループでは、微生物機能を産業利用するための各種基盤技術開発を行う。具体的には、合成生物学的的手法による宿主デザイン、環境ゲノムや微生物ゲノムからの有用遺伝子の探索、進化分子工学による生体分子の機能改変、ドライ解析によるバイオビッグデータからの有用生物資源探索、酵母・糸状菌を用いた

機能性物質の生物生産および高効率化の研究を行う。

合成生物学的手法による宿主デザインでは、大腸菌をプラットフォームとして、リボソーム30S サブユニットに含まれる16S rRNAの変異により、高温適応変異体の獲得を行った。また好熱菌 *Thermus thermophilus* の16S rRNA 遺伝子置換により、生育温度特性など表現型が異なる種々の変異体を創成した。有用遺伝子の探索では、これまでどの生物からも見出されていなかった全く新規な酵素、および新規糖スクレオチド合成経路を超好熱アーキア *Sulfolobus tokodaii* のゲノムから単離した。蛋白質の機能改変では、進化分子工学により臨床診断用酵素の30倍の活性向上に成功した。また環境ゲノムより得たサリチル酸依存的な転写因子の改変により、有用な遺伝子発現系を開発した。

酵母による有用脂質生産では、高度不飽和脂肪酸合成系の中で律速段階とされている $\Delta 6$ 不飽和の生産性向上を検討し、15-60 g/l の TergitolNP40と0.2 g/l のヒスチジンを同時に添加して、0.75-1 g/l の α リノレン酸を基質に7日間培養する条件において、 $\Delta 6$ 不飽和化産物の生産効率が至適となることが判明した。

糸状菌による機能性環状ペプチド生産では、麹菌を用いた異種発現株のデザイン、ゲノムデータベースからの新規化合物生合成遺伝子シーズの探索等により、新規環状ペプチドおよびその生合成遺伝子の同定に成功した。

植物機能制御研究グループ

(Plant Gene Regulation Research Group)

研究グループ長：光田 展隆

(つくば中央第6)

概要：

産業、環境、健康などの様々な面での植物利用の高度化、拡大のために、植物が本来持っている様々な機能を制御するメカニズムの解明と植物機能を有効に利用するための制御技術の開発を目指して研究を進めている。具体的には、①各種植物機能を制御する転写因子の同定と機能解明を進めており、H29年度はとくに植物の窒素栄養条件に呼応した転写制御メカニズムについてその一部を明らかにした。また、老化や重金属イオン応答などに関しても他機関と共同でその制御メカニズムの一部を明らかにした。②熱帯産重要資源植物の増産技術開発においては、パラゴムノキのジャスモン酸応答やラテックスの滲出に関連する候補因子を複数同定し、解析を完了した。③新しい非天然木質を形成する植物の開発においては、リグニンの構造や機能を変化させる遺伝子の同定を進めたほか、遺伝子組換えに依存せず木質改善を行うための基本技術を確立した。

研究テーマ：1. 各種植物機能を制御する転写因子の同

定と機能解明

2. 熱帯産重要資源植物の増産技術開発
3. 新しい非天然木質を形成する植物の開発

バイオデザイン研究グループ

(Bio-Design Research Group)

研究グループ長：矢追 克郎

(つくば中央第6)

概要：

本研究グループでは、ゲノム情報、遺伝子発現情報、生体分子の構造・機能相関等の解析技術を基盤として、生物プロセスによる有用物質生産基盤技術の開発を行っている。具体的には(1)産業的に有用または学術的に重要な糖質関連酵素の探索と解析を行った。特に、セルロース系バイオマスの分解・利活用に資する酵素の単離や詳細な解析を進めた。また、真核微生物(酵母および糸状菌)において高付加価値物質を生産するための基礎研究およびその利用に向けた取り組みを進めた。(2)酵母や糸状菌を用いた有用物質生産技術開発を行った。出芽酵母によるカロテノイド生産、分裂酵母や油脂酵母による脂肪酸生産、糸状菌による天然色素の生産などについて、オミックス解析や代謝工学の手法を用いた生産株開発を行った。(3)スフィンゴ糖脂質の利活用に関して、①糖鎖認識モノクローナル抗体の開発への応用、②疾患に関する代謝制御機構の解析、について研究を実施した。①について、超長鎖脂肪酸構造を有するスフィンゴ糖脂質が強い免疫誘導活性を有することを見出し、その応用によりIgGクラスの糖鎖認識モノクローナル抗体を獲得した。②について、小児てんかんの原因遺伝子として特定されたスフィンゴ糖脂質代謝関連遺伝子の組織発現量の制御が、抗てんかん食の作用の一つであることを見出した。

⑥【創薬分子プロファイリング研究センター】

(Molecular Profiling Research Center for Drug Discovery)

(存続期間：2013.4.1～)

研究センター長：夏目 徹

副研究センター長：堀本 勝久

副研究センター長：久保 泰

所在地：臨海副都心センター

人員：17名(17名)

経費：669,936千円(417,822千円)

概要：

現在、世界的に製薬業界は収益性が激減し、開発研究費は増加の一途をたどり、10年後には製薬が産業と

して成り立たないという悲観的な予測が広がっている。この問題の真因は、開発が長期化し且つ成功率が低いからであるとともに、日本においては国民皆保険制度を維持するための薬価伸び悩みが挙げられる。そのためには産官学が一体となってこの問題に取り組まなければならない。

新薬開発上のボトルネックは、ヒット化合物をリード化するうえでの、化合物プロファイリング※の非効率性・曖昧性である。またドロップ薬を合理的にレスキューするドラッグリポジショニングの技術の未成熟さである。さらに、臨床治験における層別化マーカーの体系的な探索技術の開発も行われていない。

これらの問題が解決されれば、新薬開発の成功率は大幅にアップし、且つ開発期間も劇的に短縮し、その結果開発費の削減効果のみならず、上市前倒しによる収益性の向上が見込まれる。しかし、これらに各企業が単独で取り組むことは出来ず、またアカデミアにおいて、この問題に特化して取り組んでいる研究機関はない。

そこで本研究センターでは、産総研内に構築された世界屈指の研究リソース計測・解析技術やデータベース構築技術を発展させるとともに、近年急速に進歩した人工知能技術も融合し、これらを活用し化合物プロファイリング、リポジショニング、マーカー探索を体系的且つ合理化する技術開発に取り組む。さらに開発された技術をプラットフォーム化し、産業界に広く提供し、創薬開発プロセスの効率化・高度化を実証し、生命科学における新パラダイム創出を目指すことを本研究センターのミッションとする。

※化合物の作用・副作用について、標的、ネットワーク上での位置づけ、原子論的な作用機構などを知り尽くすこと。

重要研究課題としては、下記項目を掲げている。

- (1) *in vitro* proteome を活用した定量プロテオミクスの高度化、およびタンパク質アレイによる創薬支援
- (2) オミックスデータ解析による創薬支援
- (3) 計測と理論計算の融合による分子設計
- (4) 分子シミュレーションによる創薬支援

内部資金：

戦略予算「細胞内シグナル伝達の網羅的解析システム」

外部資金：

国立研究開発法人理化学研究所「生体分子システムの機能制御による革新的創薬基盤の構築」(サブ課題 C①機能制御部位データベース)

国立研究開発法人科学技術振興機構「高品質な培養細胞

を実現する培養液かけ流し細胞培養システムの開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構「汎特異的相互作用を基盤とする多剤耐性機構の動的立体構造解析」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構「再生医療のための細胞システム制御遺伝子発現リソースの構築」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構「自己抗体マーカー探索システムの開発」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構「肝毒性予測のためのインフォマティクスシステム構築に関する研究」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構「プロスタグランジン受容体の立体構造を基盤とした創薬開発を目指す革新的技術の創出」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構「TLR7を標的にした SLE 治療薬の開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構「情報統合基盤サイト MEDALS における統合機能の開発」

国立大学法人三重大学「新規バイオマーカー探索と統計学的手法検討の探索的付随研究」

国立大学法人東京大学「プロテインアレイによる自己抗体の網羅的探索、同一検体での検証と他検体での追試」

一般社団法人バイオ産業情報化コンソーシアム「エクソソームを補足するための抗体及び抗原に関する調査」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構「分子モデリングおよびシミュレーションを活用したインシリコ創薬支援」

一般財団法人大阪科学技術センター「生きた細胞内へ導入可能な細胞膜透過性 VHH 型タグ抗体の開発・実用化」

岡山大学病院「「ホルモン受容体陽性乳がんにおける腫瘍内 heterogeneity の検討」に係る統計解析業務」

日本学術振興会科学研究費補助金「先天性腎尿路異常に合併する膜性腎症の臨床病理学的検討及び原因抗原の探索」

日本学術振興会科学研究費補助金「ミトコンドリア内膜プロテアーゼにより調節をうける新規ストレス応答因子の探索」

日本学術振興会科学研究費補助金「質量分析を用いた ncRNA 結合タンパク質同定技術の高度化とその利用」

日本学術振興会科学研究費補助金「機能的構造平衡に基づく刺激に適合したキナーゼシグナル選別機構の解明」

日本学術振興会科学研究費補助金「X 染色体不活性化を制御する新規 non-codingRNA の解析」

日本学術振興会科学研究費補助金「表現型が雌雄差を示す長鎖ノンコーディング RNA ノックアウトマウスの解析」

日本学術振興会科学研究費補助金「がんの転移先臓器の決定機能の解明に向けたエクソソーム輸送経路可視化技術の開発」

日本学術振興会科学研究費補助金「核磁気共鳴法による膜タンパク質の in situ 機能解明」

日本学術振興会科学研究費補助金「次世代タンパク質医薬品開発に向けた反応システム系の開発と展開」

日本学術振興会科学研究費補助金「ヒト由来膜タンパク質の機能構造解明に向けた NMR アプローチ」

日本学術振興会科学研究費補助金「肝炎ウイルス治療後の肝発癌機序とバイオマーカーの同定に関する研究」

日本学術振興会科学研究費補助金「気道上皮細胞特異的なインフルエンザ感染に対する炎症応答」

日本学術振興会科学研究費補助金「高機能型バイオセンサーの合理的デザインと疾患モデルによる治療評価システム開発」

日本学術振興会科学研究費補助金「Connectivity Map 解析に基づいた新しい大腸癌予防薬の開発」

日本学術振興会科学研究費補助金「新規心臓前駆細胞リプログラミング因子の同定と分子基盤の解明」

日本学術振興会科学研究費補助金「蛋白質立体構造解析と分子動力学に基づく EGFR 分子標的薬の効果予測と創薬」

日本学術振興会科学研究費補助金「試験管内分子進化技術を用いた癌免疫療法のための中分子創薬研究」

日本学術振興会科学研究費補助金「試験管内分子進化技

術を用いた癌免疫療法のための中分子創薬研究」
文部科学省卓越研究員事業

発表：誌上発表37件、口頭発表55件、その他4件

機能プロテオミクスチーム

(Functional Proteomics Team)

研究チーム長：五島 直樹

(臨海副都心センター)

概要：

創薬を支援するために定量プロテオミクスの技術基盤開発を行っている。細胞の構成タンパク質を定量的に計測することにより、細胞の状態、パスウェイの変化をプロファイリングすることが出来る。超々高感度な質量分析システムを構築し、化合物のターゲットおよびオフターゲットの決定、薬理薬効メカニズム解明に利用する。

また、質量分析による網羅的絶対定量を実現するために、プロテオームワイドな内標準タンパク質の合成システム (in vitro proteome) を構築している。

in vitro proteome は、プロテインアレイとしても活用されており、細胞内リン酸化活性プロファイリングとパスウェイ解析、血清中の自己抗体プロファイリングによって疾患の診断やバイオマーカー探索にも応用されている。また、プロテインアレイ等を用いた低分子-タンパク質結合プロファイリングにより、創薬候補化合物のターゲット探索技術開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目1

システム数理統合チーム

(Integrative Systems Biology Team)

研究チーム長：福井 一彦

(臨海副都心センター)

概要：

パブリックやプライベート・クラウドコンピューティングなどの IT 技術を利用し、実験データ、データベース、ソフトウェア、解析ツールを選択・組み合わせ可能とする環境の整備を行い、利用目的に合った情報解析システムを開発している。

また、本センターにおける様々なデータの収集・集約を行い、データの一元管理による品質維持を実施することで、効率的な解析や研究上の意思決定に活用可能となる知的インテグレーション・システムの構築を目指している。

研究テーマ：テーマ題目2

3D 分子設計チーム

(3D Drug Design Team)

研究チーム長：福西 快文

(臨海副都心センター)

概 要：

主に計算によりタンパク質-タンパク質間、タンパク質-薬剤間相互作用の立体構造的解析を行っている。また、溶液 NMR の情報の利用、電子顕微鏡も稼働させ、ウイルス粒子など通常の観察対象に加え、薬物結合を観察する手法も開発している。

さらに、当チームで開発された手法を用いて、NMR の実験結果を満たすように3次元的な構造モデル構築を行うことも可能であり、本手法は市販グラフィックソフトにも採用され視覚的に、薬物の作用様式を高い精度で解明することができる。また、これらの技術のユーザーに向けた技術指導も行っている。

研究テーマ：テーマ題目3

分子シミュレーションチーム

(Molecular Simulation Team)

研究チーム長：広川 貴次

(臨海副都心センター)

概 要：

分子シミュレーションを活用した創薬標的タンパク質分子モデリング法、タンパク質立体構造に基づくリガンド結合予測やケモインフォマティクス技術を融合したバーチャルスクリーニング法の技術開発を行う。

また、分子進化学と有機合成化学を用いて、創薬およびプロテオミクス研究に資する新規人工ペプチドツールの創製システムを構築し、細胞内タンパク質蛍光ラベリング用の人工ペプチドタグや、疾患関連生体分子を標的とする中分子バイオ医薬品の創製を目指す。

産学官および実験系研究グループとの連携を意識した、タンパク質立体構造に関する理論的基礎研究およびインシリコ創薬、中分子創薬等への応用研究を実施する。

研究テーマ：テーマ題目4

構造モダリティ研究チーム

(Structural Modality Research Team)

研究チーム長：竹内 恒

(臨海副都心センター)

概 要：

独自の NMR 解析技術を活用し、新たな創薬技術(創薬モダリティ)を開発する。特に、近年、発展の著しい高分子バイオ創薬や、今後の発展が期待される中分子創薬など、新たな創薬モダリティに着目し、それらの立体構造的な評価と高度化を行う技術を確立することで、創薬の可能性を広げる研究を行う。特に溶液 NMR 法を用いて、立体構造および運動性の観点から、高分子バイオ医薬の立体構造的同一性の検証、中分子医薬の高機能化、リード最適化などに取り組み、新たな創薬の仕組みを確立する。その際、¹⁵N 直接観測技術や FCT 法などの独自に開発した NMR 測定技術を

駆使し、他にはない新しい切り口での研究を推進するとともに、開発した技術による創薬支援を行う。また 3D 分子設計チームなどとも連携し、NMR の実験結果を満たすような3次元的な構造モデル構築を行うことで、薬物の作用様式を視覚的にかつ高い精度で解明する。

研究テーマ：テーマ題目3

[テーマ題目1] in vitro proteome を活用した定量プロテオミクスの高度化、およびタンパク質アレイによる創薬支援

[研究代表者] 五島 直樹 (機能プロテオミクスチーム)

[研究担当者] 五島 直樹、福田 枝里子、足達 俊吾、鍵和田 晴美 (常勤職員4名、他34名)

[研究内容]

研究目的:

in vitro proteome を活用した定量プロテオミクスの高度化およびタンパク質アレイの実証研究への応用

研究内容:

創薬を支援するために定量プロテオミクスの技術基盤開発を行う。細胞内タンパク質を定量化し、超々高感度な質量分析システムを構築し、化合物のターゲット決定と、薬理薬効メカニズム解明に役立てている。

また、質量分析による網羅的絶対定量を実現するために、プロテオームワイドな内標準タンパク質の合成システム (in vitro proteome) を構築している。

in vitro proteome は、プロテインアレイとしても活用されており、血清中の自己抗体プロファイリングによって疾患の診断やバイオマーカー探索にも応用されている。また、プロテインアレイを用いた低分子-タンパク質結合プロファイリングにより、創薬候補化合物のターゲット探索の技術開発を行っている。

平成27年度進捗状況は以下の通り。

(A) in vitro proteome を活用した定量プロテオミクスの高度化

創薬分子プロファイリング技術開発において定量プロテオミクスや一般的なバイオ実験ベンチワークの高度化を目指して、実験手法を汎用ヒト型ロボットにより実施しヒトよりも高い精度と再現性でサンプル調製が行えるプラットフォームの構築を行ってきた。このシステムを運用し製薬企業との実証研究を実施し、化合物の薬理薬効メカニズムを解明するとともに、化合物の分子標的を決定し、メカニズム解明のための検証研究を開始した。定量プロテオミクスを行うためには、網羅的なヒトタンパク質の標準タンパク質および同位体ラベル標準タンパク質が必要となる。我々は、不溶化タグ (特許出願中) というユニークなタグを開発し、ヒト cDNA リソースと融合させることによって標準タンパク質の画一的なハンドリングを可能にした。本技術は2企業との資金提供型共同研究でも活用されている。

(B) 血清中の自己抗体プロファイリングによって疾患の診断やバイオマーカー探索

2万タンパク質を未変性状態で基板上にアレイ化したプロテインアレイの技術開発を行っている。企業との資金提供型共同研究によって、膠原病や自己免疫疾患に対する多項目診断をプロテインアレイで実施することを目指し、プロテインアレイの作製、アレイ上での自己抗体検出の高感度化、画像解析に関する研究開発を行っている。6拠点以上の病院機関、大学医学部との連携も構築し、医療現場のニーズも取り入れた自己抗体プロファイリングによって疾患の診断やバイオマーカー探索を実施している。

(C) プロテインアレイを用いた低分子-タンパク質結合プロファイリング

in vitro proteome である2万種類のタンパク質を未変性状態で基板上にアレイ化したプロテインアレイの開発を行っている。2企業との資金提供型共同研究によって、プロテインアレイ上のタンパク質と低分子化合物の相互作用を、低分子用質量分析計で測定する技術開発を行った。また、低分子化合物を SPR のセンサーチップに固定し、*in vitro* proteome である2万種類のタンパク質を順次流して、低分子-タンパク質の相互作用をプロファイリングする技術開発を行った。

(D) プロテインアレイを用いた細胞リン酸化活性プロファイリング技術の開発

ヒト細胞のシグナル伝達を担うキナーゼ活性（リン酸化活性）の網羅的測定技術（アレイ上でのリン酸化反応・検出）の確立とその測定データによる活性化パスウェイ推定技術の開発を行った（産総研、戦略予算を獲得）。これまでのリン酸化プロテオームとことなり、注目する細胞の特定タイムポイントにおけるリン酸化活性を網羅的に測定し、特定時点でのパスウェイの活性化状態を解析する新技术を構築した（システム数理統合チームとの連携）。

論文

A large-scale targeted proteomics assay resource based on an *in vitro* human proteome.
Nat Methods.;14(3):251-258. doi: 10.1038/nmeth.4116.
Epub 2016 Dec 26. (2017)
Matsumoto M, Matsuzaki F, Oshikawa K, Goshima N, Mori M, Kawamura Y, Ogawa K, Fukuda E, Nakatsumi H, Natsume T, Fukui K, Horimoto K, Nagashima T, Funayama R, Nakayama K, Nakayama KI.

Construction of a novel cell-based assay for the evaluation of anti-EGFR drug efficacy against EGFR mutation.

Oncol Rep. 37(1):66-76. doi: 10.3892/or.2016.5227.
Epub 2016 Nov 7. (2017)

Hoshi H, Hiyama G, Ishikawa K, Inageda K, Fujimoto J, Wakamatsu A, Togashi T, Kawamura Y, Takahashi N, Higa A, Goshima N, Semba K, Watanabe S, Takagi M.

Phosphorylated TandemMBP: A unique protein substrate for protein phosphatase assay.

Anal Biochem. 15:513:47-53. doi: 10.1016/j.ab.2016.08.020. Epub 2016 Aug 24.(2016)
Sugiyama Y, Yamashita S, Uezato Y, Senga Y, Katayama S, Goshima N, Shigeri Y, Sueyoshi N, Kameshita I.

The Sam68 nuclear body is composed of two RNase-sensitive substructures joined by the adaptor HNRNPL.

J Cell Biol. 14;214(1):45-59. doi: 10.1083/jcb.201601024. (2016)
Mannen T, Yamashita S, Tomita K, Goshima N, Hirose T.

Screening of Human cDNA Library Reveals Two differentiation-Related Genes, HHEX and HLX, as Promoters of Early Phase Reprogramming toward Pluripotency.

Stem Cells.;34(11):2661-2669. doi: 10.1002/stem.2436.
Epub 2016 Jul 8. (2016)
Yamakawa T, Sato Y, Matsumura Y, Kobayashi Y, Kawamura Y, Goshima N, Yamanaka S, Okita K.

OVOL2 Maintains the Transcriptional Program of Human Corneal Epithelium by Suppressing Epithelial-to-Mesenchymal Transition.

Cell Rep. 10:15(6):1359-68. doi: 10.1016/j.celrep.2016.04.020. Epub 2016 Apr 28. (2016)
Kitazawa K, Hikichi T, Nakamura T, Mitsunaga K, Tanaka A, Nakamura M, Yamakawa T, Furukawa S, Takasaka M, Goshima N, Watanabe A, Okita K, Kawasaki S, Ueno M, Kinoshita S, Masui S.

Directed Evolution of a Cyclized Peptoid-Peptide Chimera against a Cell-Free Expressed Protein and Proteomic Profiling of the Interacting Proteins to Create a Protein-Protein Interaction Inhibitor.

ACS Chem Biol. 17:11(6):1569-77. doi: 10.1021/acscchembio.5b01014. Epub 2016 Mar 24.

Kawakami T, Ogawa K, Hatta T, Goshima N, Natsume T.

Hepatocyte nuclear factor 1 beta induces transformation and epithelial-to-mesenchymal transition.

FEBS Lett. 2016 Apr;590(8):1211-21. doi:

10.1002/1873-3468.12147. Epub 2016 Mar 31.(2016)

Matsui A, Fujimoto J, Ishikawa K, Ito E, Goshima N, Watanabe S, Semba K.

Ndel1 suppresses ciliogenesis in proliferating cells by regulating the trichoplein-Aurora A pathway.

J Cell Biol. 15:212(4):409-23. doi:

10.1083/jcb.201507046. (2016)

Inaba H, Goto H, Kasahara K, Kumamoto K,

Yonemura S, Inoko A, Yamano S, Wanibuchi H, He D, Goshima N, Kiyono T, Hirotsune S, Inagaki M.

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 網羅的抗体解析、プロテインアレイ、バイオマーカー、抗原タンパク質、免疫モニタリング、定量プロテオミクス、低分子-タンパク質相互作用、リン酸化活性化プロファイリング、キナーゼ活性プロファイリング、自己抗体

〔テーマ題目2〕 オミックスデータ解析による創薬

〔研究代表者〕 福井 一彦 (システム数理統合チーム)

〔研究担当者〕 福井 一彦、足達 俊吾、新木 和孝 (常勤職員3名、他6名)

〔研究内容〕

研究目的:

Bio-IT 融合を目指し、IT 技術を利用し、実験データ、データベース、ソフトウェア、解析ツールを選択・組み合わせ可能とする環境の整備を行い、利用目的に合った情報数理解析システムを開発している。

また独自開発数理解析技術を体系的に融合し、オミックスデータから検証可能な要因候補分子選定のための分子群絞り込みシステムの開発や肝毒性予測及びドラッグリポジショニングのための薬剤候補推定システムを構築している。

研究内容:

平成29年度進捗状況は以下の通り。

センターにおける様々なデータの収集・集約を行い、データの一元管理による品質維持を実施することで、効率的な解析や研究上の意思決定に活用可能となる知的インテグレーション・システムの強化を実施した。またライフサイエンス関連データの省庁間連携として、情報基盤サイトや MEDALS の更新を行い、そのサイトを公開

している。

オミックスデータ解析技術としては、解析基盤の整備を行い、公開データや実データの解析を実施し外部研究機関との連携や共同研究に繋げている。またタンパク質間相互作用に着眼した質量分析計による実験やシミュレーションを行い成果としてまとめると共に、リン酸化活性化プロファイリング解析技術を開発した。

Theoretical investigation on the binding specificity of fluorinated sialyldisaccharides Neu5Ac(2-3)Gal and Neu5Ac(2-6)Gal with influenza hemagglutinin H1 - A Molecular Dynamics Study.

Journal of Carbohydrate Chemistry, v36,p111-128 (2017)

V. Murugan, P. Parasuraman, J. F. A. Selvin, M. Gromiha, K. Fukui & K. Veluraja

ZFP36L2 is a cell cycle-regulated CCCH-protein necessary for DNA lesion-induced S-phase arrest.

Biology Open. Volume 7, pp1-13, (2018)

A Noguchi, S Adachi, N Yokota, T Hatta, T Natsume, H Kawahara

CCR4-NOT deadenylase complex controls Atg7-dependent cell death and heart function.

Science signaling, Volume 11, 516, (2018)

T Yamaguchi, T Suzuki, T Sato, A Takahashi, H Watanabe, A Kadowaki, M Natsui, H Inagaki, S Arakawa, S Nakaoka, Y Koizumi, S Seki, S Adachi, A Fukao, T Fujiwara, T Natsume, A Kimura, M Komatsu, S Shimizu, H Ito, Y Suzuki, JM Penninger, T Yamamoto, Y Imai, K Kuba.

Transcriptional Regulation of PD-L1 Expression By 3'-UTR Binding Proteins.

Blood Volume 130, pp730-730, (2017)

Y Kogure, K Kataoka, S Adachi, Y Watatani, A Kon, K Yoshida, M Nakagawa, T Hatta, T Natsume, S Ogawa

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 システム生物学、システム薬理学、ネットワーク数理解析、多層オミックス、リン酸化活性化解析、データベース、タンパク質構造解析、RNA 構造解析

〔テーマ題目3〕 計測と理論計算の融合による分子設計

〔研究代表者〕 福西 快文 (3D 分子設計解析チーム)

広川 貴次 (分子シミュレーションチーム)

竹内 恒 (構造モダリティ研究チーム)

〔研究担当者〕 福西 快文、広川 貴次、竹内 恒、
三尾 和弘、徳永 裕二
(常勤職員5名、他16名)

〔研究内容〕

研究目的:

理論計算と NMR 計測の融合による新規創薬基盤技術の開発とその適用による新規リード化合物の発見

研究内容:

タンパク質-薬物相互作用解析は、重要な創薬基盤技術であり、センターで研究する主要課題の1つである。我々は既に、独自の NMR によるタンパク質-化合物相互作用の計測技術を開発中であり、この情報を組み込んだ計算手法を開発している。また、電子顕微鏡も稼働させ、ウイルス粒子など通常の観察対象に加え、薬物結合を観察する手法も開発している。

平成29年度進捗状況は以下の通り。

- 化合物データベースの整備では、複数のファイル書式に柔軟に対応できるツールを作成し、従来のナミキ商事のデータ (約700万種類) に加え、キシダ化学 (約500万種類) を加えて整備した。
- 公的データベース ChEMBL に収録された多数のタンパク質と化合物の相互作用情報から自動的に構造活性相関モデルを構築し、与えた新規物質の標的タンパク質への結合エネルギーを予測する手法を改良し、誤差 1kcal/mol まで精度を上げるのに成功した。この誤差は、ほぼ収録データの実験誤差に匹敵する。通常、ドッキングソフトでは、金属酵素へのリガンド結合を正しく扱えないが、当手法では機械学習により、金属酵素へ配位するリガンドの結合エネルギーも正しく評価できた。また、標的タンパク質自体の立体構造がなくても、適用可能であった (Mol. Inf.)。
- マクロサイクル等中分子の膜透過性を分子構造から予測するために、分子の配座発生ソフトの開発を行った。
- 運動性と空間相補性を同時に評価可能で薬剤の構造最適化に資する新たな NMR 解析技術、禁制コヒーレンス遷移 (FCT) 解析法の開発に成功し、本手法に基づく新たな薬物設計戦略を提案した。さらに、本手法を化合物に多く含まれる ^{19}F 核に拡張し、リガンドのレセプター結合時の局所運動性および空間相補性情報を取得することに成功した。
- NMR 計測を発展させる ^{15}N 直接観測法やピルビン酸標識を用いて、高速かつ高感度に帰属を終了する方法など、複数の解析手法を開発し発表した。また開発を行った ^{15}N 直接観測 TROSY 法について、総説を発表した。
- Hsp47阻害剤について NMR 解析を行い、当該分子が Hsp47のコラーゲン結合サイト近傍に結合すること、タンパク質間相互作用を競合的に阻害することを明らかにした。

- リボソームサイクリング反応におけるポストターミネーション複合体の構造解析を行った。また poly A 結合タンパク質と poly RNA との複合体構造を解析し、論文として発表した。
- 創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム BINDS において、10件の支援研究を実施した。民間企業3社との資金提供型共同研究、4社の技術研修指導を行った。
- 神戸大学遠隔講義「計算生命科学の基礎」IV を通じて計算創薬の啓蒙活動を行った。
- 高度化研究では、分子シミュレーションを通じて、肺癌治療を目的としたタンパク質-タンパク質阻害剤の探索や、M2チャンネルを標的とした阻害剤の結合メカニズム解明等を行い、誌上発表した。

Prediction of protein-compound binding energies from known activity data: docking-score-based method and its applications.

Molecular Informatics, 37, 1700120 (2018).

Yoshifumi Fukunishi, Yasunobu Yamashita, Tadaaki Mashimo, Haruki Nakamura.

The crystal structure of a new *O*-demethylase from *Sphingobium* sp. strain SYK-6.

FEBS J., 284, 1855-1867. (2017)

Harada A, Kamimura N, Takeuchi K, Yu HY, Masai E, Senda T

Forbidden coherence transfer of ^{19}F nuclei to quantitatively measure the dynamics of a CF_3 -containing ligand in receptor-bound states.

Molecules 22, 1492, (2017)

Tokunaga Y, Takeuchi K, Shimada I

^{15}N -Detection with TROSY selection enables the study of large nondeuterated macromolecular systems

eMagRes, 6, 369-380, (2017)

Takeuchi K, Arthanari H, Shimada I, Wagner G.

A small-molecule compound inhibits a collagen-specific molecular chaperone and could represent a potential remedy for fibrosis.

J Biol Chem. 292, 20076-20085, (2017).

Ito S, Ogawa K, Takeuchi K, Takagi M, Yoshida M, Hirokawa T, Hirayama S, Shin-Ya K, Shimada I, Doi T, Goshima N, Natsume T, Nagata K.

Mixed pyruvate labeling enables backbone resonance assignment of large proteins using a single experiment.

Nat Commun. 9, 356, (2018).

Robson S, Takeuchi K, Boeszoermenyi A, Coote P, Dubey A, Hyberts S, Wagner G, and Arthanari H,

15N detection harnesses the slow relaxation property of nitrogen: Delivering enhanced resolution for intrinsically disordered proteins.

PNAS, 115, 1710-1719, (2018).

Chhabra S, Fischer P, Takeuchi K, Dubey A, Ziarek JJ, Boeszoermenyi A, Mathieu D, Bermel W, Davey NE, Wagner G, Arthanari H.

Class II-like Structural Features and Strong Receptor Binding of the Nonclassical HLA-G2 Isoform Homodimer.

Journal of Immunology, **198**, 3399-3403 (2017)

Kimiko Kuroki, Kazuhiro Mio, Ami Takahashi, Haruki Matsubara, Yoshiyuki Kasai, Sachie Manaka, Masahide Kikkawa, Daizo Hamada, Chikara Sato and Katsumi Maenaka.

Characterization of the multimeric structure of poly(A)-binding protein on a poly(A) tail.

Scientific Reports. 8(1):1455 (2018)

Sawazaki R, Imai S, Yokogawa M, Hosoda N, Hoshino SI, Mio M, Mio K, Shimada I, Osawa M.

Chemical and structural characterization of a model Post-Termination Complex (PoTC) for the ribosome recycling reaction: Evidence for the release of the mRNA by RRF and EF-G.

PLoS One. 12(5) (2017)

Iwakura N, Yokoyama T, Quaglia F, Mitsuoka K, Mio K, Shigematsu H, Shirouzu M, Kaji A, Kaji H.

福西快文、若林良徳、真下忠彰、データベース利用での分子シミュレーション：半シミュレーション的学習法、アンサンブル、19 巻4 号、245～255、分子シミュレーション研究会、2017年10月

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 システム生物学、システム薬理学、ネットワーク数理解析、多層オミックス、データベース、タンパク質構造解析、RNA 構造解析

〔テーマ題目4〕 分子シミュレーションによる創薬支援

〔研究代表者〕 広川 貴次

(分子シミュレーションチーム)

〔研究担当者〕 広川 貴次、本野 千恵 (常勤職員3名)

〔研究内容〕

研究目的:

分子シミュレーション技術による高度なインシリコ創薬技術の開発

内容:

ドッキング計算、タンパク質モデリング、分子動力学計算等の要素技術に基づく、分子シミュレーションを活用した創薬標的タンパク質分子モデリング法、タンパク質立体構造に基づくリガンド結合予測やケモインフォマティクス技術を融合したバーチャルスクリーニング法の技術開発を行う。

平成29年度進捗状況は以下の通り。

- ・本年度は、支援研究として、支援課題10件、コンサルティング2件を実施した。支援課題をタンパク質-リガンド相互作用の多様性とインシリコ戦略で分類 (難易度低→高) すると、“Lock and key model” レベル (3件)、“Pre-existing equilibrium model” レベル (1件)、“Induce-fit model” レベル (2件)、“Cryptic-site binding model” レベル (1件)、“Protein-protein interaction” レベル (3件) となり、様々なレベルの支援研究を実施している。
- ・代表的な支援成果の一つとして、肺腺癌治療を目的としたタンパク質-タンパク質阻害剤の探索が挙げられる。本支援では、標的タンパク質である SFN と SKP1 との結合部位をタンパク質-タンパク質ドッキングで予測し、SFN タンパク質内の SKP1 結合部位周辺に存在するドラッグブルポケットをインシリコシミュレーションにより予測した。さらに、その部位に特異的に結合し、SKP1 と競合する医薬品候補となりうる小分子化合物を、既存薬データベースからインシリコスクリーニングし、候補化合物の同定に成功した。様々な要素技術を活用する本提案の特徴が生かされた成果といえる。
- ・高度化研究では、タンパク質とリガンドのパスウェイを Metadynamics で推定し、推定パスウェイ情報を利用する“レジデンスに基づくインシリコスクリーニング”を考案した。この高度化研究では、GPCR ファミリーである EP4 受容体とアンタゴニスト結合の結合を例に、受容体に結合するまでのアンタゴニストの経路を探索した結果、最初の段階での膜への介入が重要であることが示唆された。よって、インシリコスクリーニングでは、ドッキング計算のみではなく、膜への親和性や膜内での分子運動の性質をインシリコスクリーニングに取り入れたシステムを構築し、現在、新規化合物の購入と評価を行っている。
- ・誌上発表としては、PDIS の継続課題を含め、7報であった。

Wada Y, Nakano S, Morimoto A, Kasahara KI, Hayashi T, Takada Y, Suzuki H, Niwa-Sakai M,

- Ohashi S, Mori M, Hirokawa T, Shuto S. Discovery of Novel Indazole Derivatives as Orally Available β 3-Adrenergic Receptor Agonists Lacking Off-Target-Based Cardiovascular Side Effects. *J Med Chem.* 2017 Apr 27;60(8):3252-3265.
- Uegaki K, Kumanogoh H, Mizui T, Hirokawa T, Ishikawa Y, Kojima M. BDNF Binds Its Pro-Peptide with High Affinity and the Common Val66Met Polymorphism Attenuates the Interaction. *Int J Mol Sci.* 2017 May 12;18(5)
- Sayama M, Inoue A, Nakamura S, Jung S, Ikubo M, Otani Y, Uwamizu A, Kishi T, Makide K, Aoki J, Hirokawa T, Ohwada T. Probing the Hydrophobic Binding Pocket of G-Protein-Coupled Lysophosphatidylserine Receptor GPR34/LPS1 by Docking-Aided Structure-Activity Analysis. *J Med Chem.* 2017 Jul 27;60(14):6384-6399.
- Okamoto N, Mizote K, Honda H, Saeki A, Watanabe Y, Yamaguchi-Miyamoto T, Fukui R, Tanimura N, Motoi Y, Akashi-Takamura S, Kato T, Fujishita S, Kimura T, Ohto U, Shimizu T, Hirokawa T, Miyake K, Fukase K, Fujimoto Y, Nagai Y, Takatsu K. Funiculosin variants and phosphorylated derivatives promote innate immune responses via the Toll-like receptor 4/myeloid differentiation factor-2 complex. *J Biol Chem.* 2017 Sep 15;292(37):15378-15394.
- Shinohara Y, Koyama YM, Ukai-Tadenuma M, Hirokawa T, Kikuchi M, Yamada RG, Ukai H, Fujishima H, Umehara T, Tainaka K, Ueda HR. Temperature-Sensitive Substrate and Product Binding Underlie Temperature-Compensated Phosphorylation in the Clock. *Mol Cell.* 2017 Sep 7;67(5):783-798.
- Chiba S, Ishida T, Ikeda K, Mochizuki M, Teramoto R, Taguchi YH, Iwadate M, Umeyama H, Ramakrishnan C, Thangakani AM, Velmurugan D, Gromiha MM, Okuno T, Kato K, Minami S, Chikenji G, Suzuki SD, Yanagisawa K, Shin WH, Kihara D, Yamamoto KZ, Moriwaki Y, Yasuo N, Yoshino R, Zozulya S, Borysko P, Stavniichuk R, Honma T, Hirokawa T, Akiyama Y, Sekijima M. An iterative compound screening contest method for identifying target protein inhibitors using the tyrosine-protein kinase Yes. *Sci Rep.* 2017 Sep 20;7(1):12038
- Ito S, Ogawa K, Takeuchi K, Takagi M, Yoshida M, Hirokawa T, Hirayama S, Shin-Ya K, Shimada I, Doi T, Goshima N, Natsume T, Nagata K. A small-molecule compound inhibits a collagen-specific molecular chaperone and could represent a potential remedy for fibrosis. *J Biol Chem.* 2017 Dec 8;292(49):20076-20085.
- Sakai Y, Kawaguchi A, Nagata K, Hirokawa T. Analysis by metadynamics simulation of binding pathway of influenza virus M2 channel blockers. *Microbiol Immunol.* 2018 Jan;62(1):34-43.
- Suno R, Kimura KT, Nakane T, Yamashita K, Wang J, Fujiwara T, Yamanaka Y, Im D, Horita S, Tsujimoto H, Tawaramoto MS, Hirokawa T, Nango E, Tono K, Kameshima T, Hatsui T, Joti Y, Yabashi M, Shimamoto K, Yamamoto M, Rosenbaum DM, Iwata S, Shimamura T, Kobayashi T. Crystal Structures of Human Orexin 2 Receptor Bound to the Subtype-Selective Antagonist EMPA Structure. 2018 Jan 2;26(1):7-19
- 広川貴次、構造データと分子シミュレーション技術によるインシリコ創薬支援研究、アンサンブル、19 巻4 号、225～229、分子シミュレーション研究会、2017年10月

[領 域 名] 生命工学

[キーワード] タンパク質-化合物複合体予測、RNA-RNA 複合体予測、NMR、薬物分子シミュレーション、薬物活性予測

3) 情報・人間工学領域

(Information Technology and Human Factors)

領域長：関口 智嗣

概要：

領域長は、情報・人間工学領域における研究の推進に係る業務の統括管理を行うとともに、領域間の融合を推進する業務を実施している。

① 情報・人間工学領域研究戦略部

(Research Promotion Division of Information Technology and Human Factors)

研究戦略部長：横井 一仁

研究企画室長：渡邊 創

所在地：つくば中央第一

人員：16名（15名）

概要：

研究戦略部長は、領域の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く。）を統括するとともに、領域の広報活動業務や領域間の融合を推進する業務を実施している。また、領域における技術を社会への橋渡しするための企業連携に取り組む体制として、イノベーションコーディネーターを中心とし、技術に関して深い知識を持ったメンバーが専属で企業連携に関わることで、技術相談、技術コンサルティングによる民間企業連携における技術的指導・助言を実施している。

情報・人間工学領域研究戦略部研究企画室

(Research Planning Office of Information Technology and Human Factors)

概要：

当室は、情報・人間工学領域に置かれ、研究所の業務のうち、当該研究領域における研究の推進に関する業務を実施している。

具体的には、研究戦略の策定と研究計画のとりまとめ、研究戦略予算テーマの立案、領域内公募課題研究テーマの選定・評価、研究ユニットへの交付金予算の配分、分野内・分野間のスペース利用の調整、プロジェクトの企画・立案・総合調整、経済産業省その他関係団体等との調整、領域長及び研究戦略部長が行う業務の支援、オープンプラットフォーム推進に係る企画・調整、技術研究組合の窓口業務、見学・視察対応等の業務を行っている。このほか、平成28年度は、2018年2月に人工知能研究戦略部を新設し、人工知能研究センターの活動を強化した。

機構図（2018/3/31現在）

[情報・人間工学領域研究戦略部研究企画室]

研究企画室長

渡邊 創 他

オープンイノベーションラボラトリ

産総研・東工大 実社会ビッグデータ活用 オープンイノベーションラボラトリ

(Real World Big-Data Computation Open Innovation Laboratory)

概要：

実社会ビッグデータ活用 オープンイノベーションラボラトリでは、産総研と東工大が有する計算プラットフォーム構築技術とビッグデータ処理技術を融合し、さまざまな分野に適用でき、新たな価値創造を行うためのビッグデータ処理・解析技術を提供するオープンプラットフォームの構築にむけて研究を進めた。平成29年度は、「研究課題1) ビッグデータ処理オープンプラットフォームの確立」では、本ラボが設計・運用に関与した産総研 AI クラウド (AIST Artificial Intelligence Cloud, AAIC) が省エネ性能スパコンランキング「Green 500」で世界3位を獲得した。「研究課題2) ビッグデータを活用するデータ処理技術の開発」の一部では、成果の産業化や社会実装を目指して民間企業との共同研究を開始した。ラボ全体では20件を超える査読付き論文（プロシーディングス含む）をはじめ、各研究成果を学会等で発表した。

機構図（2018/3/31現在）

ラボ長 松岡 聡

副ラボ長 小川 宏高

他

連携研究ラボ

パナソニック-産総研先進型 AI 連携研究ラボ

(Panasonic-AIST Advanced AI Cooperative Research Laboratory)

概要：

先進型 AI 連携研究ラボ（2017年2月1日設立）では、産総研の情報・人間工学領域が持つ先進の人工知能・ロボット技術と、パナソニックの家電・住宅・車・産業などの事業領域で今後想定される社会課題・顧客課題とを掛け合わせ、より良い暮らしと社会の実現に貢献する先進型 AI 技術の研究開発を開始した。2017年度は、HPC を用いた人物追跡応用において、スポーツ映像を対象に、グラフ理論を用いて選手の動きを追跡するアルゴリズムを開発し、ICCE2018の国際会議で発表した。また、ロボット分野においては、物流環境を想定した物品のピッキング作業で、人間の先験的な知識とロボットの深層強化学習を融合した軌道生成のアルゴリズムを構築し、ロボット学会で発表した。

機構図 (2018/3/31現在)

連携研究ラボ長 小澤 順
他

情報・人間工学領域人工知能研究戦略部
(Research Promotion Division of Information
Technology and Human Factors)

研究戦略部長 兼 研究企画室長：市川 類

所在地：臨海副都心センター

人員：4名 (3名)

概要：

人工知能研究戦略部は、情報・人間工学領域の内、特に人工知能研究分野の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く。）を統括する。また、人工知能技術を社会への橋渡しするための企業連携に取り組む体制として、イノベーションコーディネーターを中心とし、技術に関して深い知識を持ったメンバーが専属で企業連携に関わることで、技術相談による技術的指導に加え、技術コンサルティングによる民間企業連携における技術的指導・助言を実施している。

情報・人間工学領域人工知能研究戦略部人工知能研究企画室

(Research Planning Office of Artificial Intelligence)

概要：

当室は、情報・人間工学領域に置かれ、研究所の業務のうち、特に人工知能における研究の推進に関する業務を実施している。

具体的には、人工知能研究戦略の策定と研究計画のとりまとめ、人工知能に関するプロジェクトの企画・立案・総合調整、経済産業省その他関係団体等との調整、人工知能研究戦略部長が行う業務の支援、見学・視察対応等の業務を行っている。

機構図 (2018/3/31現在)

[人工知能研究戦略部人工知能研究企画室]
研究企画室長 市川 類 他

②【情報技術研究部門】

(Information Technology Research Institute)

(存続期間：2005.7.15～)

研究部門長：田中 良夫

副研究部門長：寶木 和夫

錦見 美貴子

首席研究員：後藤 真孝

所在地：つくば中央第1、つくば中央第2、臨海副都心
センター、関西センター

人員：47名 (47名)

経費：993,018千円 (484,352千円)

概要：

ビッグデータから意味のある情報を引き出して活用することが産業競争力強化や人々の生活の質の向上の鍵となっている。例えば実世界（フィジカル空間）と計算機の世界（サイバー空間）を密接に連携させ、実世界で得られるデータを分析し、その結果を実世界に還元するサイバーフィジカルシステムは、あらゆる産業や社会システムを飛躍的に高度化する技術として期待されている。サイバーフィジカルシステムによるイノベーション創出のためには、数億、あるいは数兆個にもなると言われている大量のセンサから得られるデータを高速に処理する技術が求められる。また、安全なサイバーフィジカルシステムを実現するセキュリティも必要不可欠である。

情報技術研究部門では、サイバーフィジカルシステムの基盤技術と応用技術の研究として、(1) 現在の計算機では現実的に扱うことのできないビッグデータを高速に処理する基盤技術の研究、(2) 安心して利用できるサイバーフィジカルシステムを実現するセキュリティの研究、(3) 価値ある情報コンテンツの創出と利活用を促進するコンテンツ技術（クリエイティブティ・イネープリング技術）の研究を進めた。

「ビッグデータを高速に処理する基盤技術」については、NEDO「平成28年度 IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト」採択課題「省電力 AI エンジンと異種エンジン統合クラウドによる人工知能プラットフォーム」において、異種・複数の AI エンジンノードを自在に結合して、アプリケーションに最適化した実行環境を構築して提供するクラウド (Flow in Cloud) の研究開発を進めた。具体的には、(1) FlowOS のアプリケーションプログラミングインタフェース (FlowOS-API) の試作を行い、AI エンジンや処理内容に応じて Python、C/C++、CUDA、OpenCL で記述された処理の流れを有向非循環グラフとして定義し、実行する仕組みを実装した。さらに FlowOS-API を用いてニューラルネットワークモデル LeNet5の推論部を実装し、機能性の検証を行った。(2) FlowOS が対象とする資源を管理する FlowOS-RM に関して、昨年度開発した試作システムを拡張し Bare Metal Container (BMC)による OS デプロイ機能との連携を実現した。(3) アプリケーションや入力データに応じて、アプリケーションからカーネルまでを一貫して最適化するフル最適化を提案し、HPC アプリケーション

での効果を確認した。(4) 深層学習の訓練におけるデータフォーマットのビット数縮小を検討し、学習精度を保ったまま9ビットまで縮小できる方式を提案した。

「安心して利用できるサイバーフィジカルシステムを実現するセキュリティ」については、サイバーフィジカルシステムや、あらゆるものをネットワークで接続して社会全体の様々なデータを集め、サイバーフィジカルシステムを支える技術でありコンセプトである **Internet of Things (IoT)** のセキュリティに関する研究を進めた。橋渡し後期研究として IoT 環境における製品や製造工程へのサイバー攻撃を防ぐための保護・検知・復旧に関する技術の研究、橋渡し前期研究として次世代産業用ネットワークを守る IoT セキュリティ基盤技術の研究開発、目的基礎研究として高機能暗号技術の研究など、ポートフォリオを組んで研究を進めた。その中でも高機能暗号技術の研究においては、量子コンピュータへの耐性を持つ耐量子暗号の研究において極めて優れた成果を達成した。量子コンピュータが実現されると、現在広く使われている公開鍵暗号やそれを基にした高機能暗号は簡単に解読や偽造されてしまう。量子コンピュータでも解読できない高機能暗号を実現する技術として、「格子暗号」と呼ばれる暗号技術が現在活発に研究されているが、その実用化には、厳格な安全性解析と実用的かつ効率的な実現が必要である。平成29年度は、平成28年度までに開発した、並列数に応じた高速化が可能で、大規模並列計算機の利用に適した格子暗号解読アルゴリズムの理論的根拠づけに成功した。格子暗号が安全である根拠の1つとなっている数学的問題 **SVP (Shortest Vector Problem)** の解読コンテストである **SVP Challenge (ダルムシュタット工科大学主催)** において平成29年1月11日に達成した150次元空間における格子問題 (SVP) の解読は平成30年6月時点でも破られずに世界記録となっているが、解読アルゴリズムの理論的根拠を示し、正当性が学術的に正式に認められた。

「価値ある情報コンテンツの創出と利活用を促進するコンテンツ技術」については、生産者と消費者をつなぎ社会の創造性を高めることを目的とし、生産者の知識・経験・技術を補いながら情報コンテンツの創出を容易にして価値創出を支援する技術と、消費者の鑑賞・検索・推薦・ブラウジング等を多様化して情報コンテンツの価値向上を支援する技術の研究開発を進めた。平成29年度は、コンテンツ自動生成に基づく支援技術として、最適化計算を活用した3DCG キャラクターモーション編集支援システムやギター編曲を音楽音響信号から自動生成するシステムを実現した。需要と供給のマッチングを促進する検索支援技術としては、歌詞のトピックを基に様々な歌詞に出会える歌詞探索サービスや作業用 BGM に特化した楽曲推薦システムを実現した。さらに、JST ACCEL 採択課題「次世代メ

ディアコンテンツ生態系技術に関する研究開発と全体統括」において、音楽の再生にインターネット経由で同期して多様な機器を制御することで一体感のある演出ができる大規模音楽連動制御プラットフォームを開発してプレス発表をし、一般公開を開始した。その実証実験として、ライブステージの音楽に同期して、来場者のスマートフォンの画面の CG 映像が一斉に変わる演出に成功した。

外部資金：

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) / 重要インフラ等におけるサイバーセキュリティの確保 / (b1) 研究開発技術の社会実装を促す適合性確認のあり方

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト / 次世代産業用ネットワークを守る IoT セキュリティ基盤技術の研究開発

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト / 省電力 AI エンジンと異種エンジン統合クラウドによる人工知能プラットフォーム

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST) 汎用秘匿化依頼計算アルゴリズムの理論設計

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (さきがけ) 大規模ゲノム情報の安全な統合分析を実現する超高機能暗号

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (ACCEL) 次世代メディアコンテンツ生態系技術に関する研究開発と全体統括

国立研究開発法人科学技術振興機構 国際科学技術協力基盤整備事業 偽造困難なデバイスを用いた IoT セキュリティ管理システム

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (B) 安全な協調ロボット制御ソフトウェア開発方法の研究

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (B)

【H28からの繰越】安全な協調ロボット制御ソフトウェア開発方法の研究

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (B)

サイバーエスピオナージを防止するデバイス管理技術

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (B)

Linked Open Data 利活用のためのクエリ共有手法に関する研究

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (B)

短い秘密情報に基づいた認証技術と鍵管理技術に関する研究開発

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (C)

次世代メモリのソフトウェア・エミュレーション技術の研究

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 挑戦的萌芽研究

ビッグデータ処理の形式検証に向けて

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 挑戦的萌芽研究

Test Mining : リポジトリマイニングによる組合わせテスト品質最適化

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 若手研究 (B)

Development of Practical and Error-Resilient Encryption and Authentication Mechanisms for Cloud-based Security Systems

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 若手研究 (B)

多ユーザ関数型準同型署名の研究

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 若手研究 (B)

信頼できる機関を仮定しない空間統計データ構築技術の開発

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (B)

検索をベースとした大規模ソフトウェアの変更解析に関する研究

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (B)

第三者による安全性検証が容易な暗号技術の包括的設計手法に関する研究

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 若手研究 (B)

統計手法と形式手法の融合によるサイバーフィジカルシステムの定量的検証

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 若手研究 (B)

継続・派生開発のための組合せテストの研究

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 若手研究 (B)

N次創作支援のための創作予測モデルを用いた派生誘発要因推定

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 若手研究 (B)

歌声ビッグデータを活用した歌声の多様性を考慮する歌声情報処理

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (B)

超広帯域 I/O を想定したアーキテクチャの検討

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (B)

機械学習における統計的安全性の理論

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (C)

多種センサとクラウドを活用した分散リアルタイム機械学習処理基盤

独立行政法人日本学術振興会 科学研究補助金 基盤研究 (C)

次世代暗号の実用化を支える新たな高度鍵更新手法の設計と安全性評価

一般財団法人日本自動車研究所

平成29年度高度な自動走行システムの社会実装に向けた研究開発・実証事業（評価手法調査および海外認証動向調査）

発表：誌上発表142件、口頭発表195件、その他17件

メディアインタラクション研究グループ (Media Interaction Group)

研究グループ長：濱崎 雅弘

(つくば中央第2)

概要：

メディアインタラクション研究グループでは、さまざまなメディアコンテンツ（音楽、動画、テキスト、ユーザ活動、実世界デバイス等）を対象に、人々の生活の豊かさの向上に資するメディアインタラクション技術を研究開発している。具体的には、コンテンツの創出と利活用を促進し、生産者と消費者をつないで社会の創造性を高めることを目的とし、生産者の知識・経験・技術を補いながらコンテンツの創出を容易にして価値創出を支援する技術と、消費者の鑑賞・検索・推薦・ブラウジング等を多様化してコンテンツの価値向上を支援する技術を開発している。そのためのメディア処理技術やインタラクション技術等を研究開発し、音楽情報処理、歌声情報処理、ヒューマンコンピュータインタラクション、ウェブサービス、信号処理、機械学習、検索・推薦、コンピュータグラフィックス・アニメーション、視覚化・聴覚化、クラウドソーシング、コミュニティ分析・支援、大規模データ処理等に関して、基礎研究から応用研究まで幅広く取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目1

サイバーフィジカルクラウド研究グループ (Cyber Physical Cloud Research Group)

研究グループ長：高野 了成

(つくば中央第1)

概要：

人工知能(AI)技術革新による産業の変革や、高齢化社会、災害、テロなどの社会不安に伴う安心安全な社会の要求を受けて、AI・IoT(Internet of Things)・ロボット技術を活用した超スマート社会の実現が期待される一方で、増大する一途のデータをデータセンタにて処理する際の効率化、高性能化が喫緊の課題となっている。当グループでは、上記の課題の解決を目指し、2030年の情報処理を支える次世代データセンタに関するアーキテクチャ、システムソフトウェア、及び分散コンピューティング技術に関する研究開発を行う。

特に次世代データセンタアーキテクチャに関しては、アプリケーション毎に適材適所で GPU(Graphics Processing Unit) や FPGA(Field Programmable Gate Array) 等の処理エンジンやストレージコンポーネントを組み合わせたシステム構成を動的に構築する「フローセントリックコンピューティング」の概念を提案している。まず、この概念を実証するためのオペレーティングシステム及びプログラミングミドルウェアに関する研究開発を橋渡し前期研究として推進する。

さらに、国内外の研究機関との連携を積極的に進め、ポストムーア時代に向けたシステムソフトウェア研究を先導する研究ハブとなることを目指す。

研究テーマ：テーマ題目2

サイバーフィジカルウェア研究グループ (Cyber Physical Architecture Research Group)

研究グループ長：大岩 寛

(つくば中央第1)

概要：

15~20年後、IoT(Internet of Things)やサイバーフィジカルシステムが不可欠の社会基盤として定着する近未来を見据えて、一兆規模の膨大なセンサ等による全世界規模のシステムを安全に連携させ動作させるIoT基盤システムの構築手法を研究する。

我々の日々の生活が大規模なIoTやサイバーフィジカルシステムに依存することになる近未来、その根底を構成するインターネットには、現在とは桁違いに膨大なセンサを創り出す情報の奔流を把握・制御し、サービスを安全かつ大規模に連携させることが求められる。また、システムの誤動作は人の暮らしや生命の危険に今以上に直結するため、現在より格段に高いシステムの動作の安全性・信頼性が求められる。当グループは、一兆規模のIoTシステムを実現する、サービス・センサ・ネットワーク運用の統合された新しいアーキテクチャの検討を行うとともに、IoT基盤の安全性を根底から支えるソフトウェアの高信頼化のためのソフトウェア検証などの基盤技術の実用化に注力する。

研究テーマ：テーマ題目3

サイバーフィジカルセキュリティ研究グループ (Cyber Physical Security Research Group)

研究グループ長：大崎 人士

(つくば中央第1)

概要：

工場やプラント等のネットワークから切り離されたシステムは、標的型メールのようなサイバー攻撃では直接的な影響は受けにくい。クローズ系システムのセキュリティレベルを低下させる手段としては、たとえば、ヒトやモノのある物理(フィジカル)空間でのシステム障害や人災を契機に、サイバー空間が実被害を及ぼすといった、サイバーフィジカル世界への多段攻撃が有力である。サイバーフィジカルセキュリティ研究グループでは、異常状態に陥ったシステムを超高速に機能回復させる技術開発、システムが満たすべきセキュリティ要件を自動分析する技術の開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目4

ソフトウェアアナリティクス研究グループ

(Software Analytics Research Group)

研究グループ長：森 彰

(関西センター)

概要：

IoT (Internet of Things) やサイバーフィジカルシステムを司る高信頼ソフトウェアを開発するための技術に関する研究を行う。具体的には、高信頼化のための技術として、1) 複雑システムを形式的にモデル化し検証する技術、2) モデルに基づき効率よくテストを設計・実施するモデルベーステストの技術、3) ソースコードを含む開発成果物間の関係を追跡可能にして解析し、開発プロセスを通じてシステムの信頼性を向上させるシステムトレーサビリティの技術、の開発に取り組み、多様な側面からサイバーフィジカルシステムの信頼性を高める研究を行う。また、昨今のセキュリティやプライバシーに関する懸念に対処するために、ネットワーク接続される IoT デバイス (センサーやロボット・家電や自動車など) の脆弱性を検知して修復する自動化技術にも取り組む。研究にあたっては、具体的な問題を取り上げ、大規模システムに対しても適用可能なスケーラブルな技術の確立を目指す。

研究テーマ：テーマ題目5

高機能暗号研究グループ

(Advanced Cryptosystems Research Group)

研究グループ長：花岡 悟一郎

(臨海副都心センター)

概要：

領域が研究開発を推進する安心して利用できるサイバーフィジカルシステムの実現に向けた暗号技術として、関数暗号、準同型暗号等に代表されるような、新機能をもつ暗号技術に関する研究を行う。また、量子計算機を有する攻撃者など、現在想定されているものより一段と高度な攻撃モデルにおける安全性について、その実現に向けた目的基礎研究を推し進める。さらに、既存技術の安全性評価を行い、それらの厳密な安全性レベルを明らかにする。たとえば、安全性が未証明なものについて、厳密な数学的安全性証明を与えたり、もしくは、具体的な攻撃方法を提示したりする。これらの研究を主に理論研究の立場から行い、次世代セキュリティ技術を実現していくための盤石な基盤作りを行うことを大きな目的とする。

平成29年度に関しては、昨年に引き続き、有用な新機能を持つ暗号技術である高機能クラウド暗号に関する研究開発を進めるとともに、従来の暗号技術についても高安全化・高効率化するための手法について研究を行った。特に、プライバシー保護が可能なデータ処理秘匿化技術の開発を進め、実用的な処理速度の達成を目指すとともに、その要素技術の洗練化と安全性評価

を行った。

研究テーマ：テーマ題目6

住友電工産総研サイバーセキュリティ連携研究室

(SEI-AIST Cyber Security Collaborative Research Laboratory)

連携研究室長：森 彰

(関西センター)

概要：

近年、サイバー攻撃の増加・巧妙化は激しくなる一方であり、ネットワークにつながる製品に要求されるセキュリティ技術・品質の確立やサイバーセキュリティに通じた専門技術者・開発者の育成が急務となっている。本連携研究室では、住友電工の各事業領域 (情報通信、自動車、環境エネルギー、エレクトロニクス、産業素材) におけるネットワークに接続される電子製品群を対象に、サイバー攻撃への対策技術について研究を行う。特に、産総研の保有する暗号技術、組込みシステム高信頼化技術等を適用した IoT セキュリティ技術を中心的な技術と位置付け、住友電工の主力製品である自動車・交通関連のセキュリティや、自社の工場生産設備のセキュリティを対象に実証実験を行い、技術課題を抽出し、実用化に向けた開発を進めていく。

[テーマ題目1] クリエイティビティ・イネープリング技術の研究

[研究代表者] 後藤 真孝 (メディアインタラクション研究グループ)

[研究担当者] 後藤 真孝、濱崎 雅弘、中野 倫靖、深山 覚、加藤 淳、佃 洗撰、尾形 正泰、小山 裕己 (常勤職員8名)

[研究内容]

本研究は、情報技術の力でコンテンツの能動的な創作・鑑賞体験を可能にすることで、新たな価値を生み出すことを目的とする。従来のコンテンツ産業では、生産者が創作したコンテンツを消費者が受動的に鑑賞する枠組みが中心で、人々が高い価値を感じる体験を効果的に生み出せていない問題があった。そこで本研究は、「その人ならではの能動的な体験は高い価値を持つ」という独自の仮説に基づき、創作と鑑賞の両面の支援によってそうした能動的体験を可能にするクリエイティビティ・イネープリング技術を実現することで解決する。

平成29年度は以下の研究開発を行った。まず、コンテンツ自動生成に基づく支援技術として、最適化計算を活用した3DCG キャラクターモーション編集支援システム「OptiMo」を実現した。アニメーターが効果的に数値最適化計算技術を駆使できるようなインタラクションデザインを提案し、最適化計算によって編集対象のモーションが物理的に自然になるように自動調整することで、手作業による編集と最適化計算による自動調整の双方の長所

を活かせるようにした。さらに、ギター編曲を音楽音響信号から自動生成するシステム「Song2Guitar」も実現した。与えられた音楽音響信号をギターで演奏可能なように自動的に編曲することで、同じ曲を違った雰囲気です楽しむ創作活動を支援することができる。音楽家がメロディとコードを理解して編曲する過程を隠れマルコフモデルで定式化し、ギターによる演奏可能性と元楽曲との類似性の両立を同時最適化によって実現した。演奏難易度を確率モデルで制御し、演奏者の技能レベルに合わせた編曲を生成できる特長を持つ。

一方、需要と供給のマッチングを促進する検索支援技術として、歌詞のトピックを基に様々な歌詞に出会える歌詞探索サービス「Lyric Jumper」を研究開発し、国際会議で発表した。膨大な歌詞の中からユーザの望む歌詞を発見できるようにするために、歌詞のトピック（「永遠の愛」や「夢と未来」）を用いた歌詞探索を実現した。大規模な歌詞データを与えるだけで、アーティスト・歌詞・単語という3階層の構造を考慮した確率モデルによるトピック推定ができる。さらに、作業用 BGM に特化した楽曲推薦システム「FocusMusicRecommender」も実現した。従来の推薦技術が目指してきた「とても好き」な楽曲再生は集中を妨害するため、作業用 BGM に適さないことに着目し、「とても好き」ではなく「好き」もしくは「どちらともいえない」楽曲を推薦する。ユーザの作業ログと楽曲聴取行動のみから、作業用 BGM に適した楽曲を推薦できる特長を持つ。

他にも、コンテンツ利活用を促す能動的鑑賞支援技術として、大規模音楽連動制御を手軽に実現するプラットフォーム「Songle Sync」を実現した。音楽に連動してインターネット経由で数百台以上のデバイスを制御でき、開発者が開発キットを用いて CG 映像・ロボット・照明などを音楽に連動させることもできる。これまでに研究開発してきた音楽理解技術と、今回新たに開発した大規模音楽連動制御技術を融合することで実現した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】メディアインタラクション、音楽情報処理、ヒューマンコンピュータインタラクション

【テーマ題目2】フローセントリックコンピューティングの研究

【研究代表者】高野 了成（サイバーフィジカルクラウド研究グループ）

【研究担当者】高野 了成、池上 努、須崎 有康、田中 哲、Haga Jason、広瀬 崇宏（常勤職員6名）

【研究内容】

データセンタに蓄積・処理されるデータの量は増加の一途を辿っており、このような大規模データを持続可能な形で利活用するためには、データ処理におけるエネル

ギー効率を、今後10～20年の間に10～100倍に高めていく技術が強く求められている。本研究では、大規模データ処理の飛躍的な高効率化を目指し、2030年に実現される次世代データセンタアーキテクチャに向けた技術ロードマップの提示と共に、2020年頃のデータセンタを支えるシステムソフトウェアにおける要素技術の研究開発を目的とした。この目標に対して、我々はアプリケーション毎に適材適所で GPU や FPGA 等の処理エンジンやストレージコンポーネントを組み合わせたシステム構成を動的に構築する「フローセントリックコンピューティング」の概念を提唱してきた。

平成29年度は以下の研究開発を行った。フローセントリックコンピューティングの実証に向けて、異種・複数の AI エンジンノードを自在に結合して、アプリケーションに最適化した実行環境（スライス）を構築できるコンピューティング基盤 Flow in Cloud (FiC) の研究開発を昨年度から継続して実施した。FlowOS は、アプリケーションに対するプログラミングインタフェースを提供する FlowOS-API、AI エンジン（アクセラレータ）の資源管理を行う FlowOS-RM、AI エンジンや PC サーバ等の操作を行う FlowOS-driver の3階層から構成される。具体的には、(1) FlowOS-API の試作を行い、AI エンジンや処理内容に応じて Python、C/C++、CUDA、OpenCL で記述された処理の流れを有向非循環グラフとして定義し、実行する仕組みを実装した。(2) FlowOS-RM に関して、昨年度開発した試作システムを拡張し Bare Metal Container (BMC) による OS デプロイ機能との連携を実現した。(3) アプリケーションや入力データに応じて、アプリケーションからカーネルまでを一貫して最適化するフル最適化技術を提案し、高性能計算アプリケーションを用いて効果を確認した。(4) アプリケーションベンチマークとして動画像による人間行動理解アプリケーションを開発した。ChainerMN 上に SSD と 3D CNN を実装し、16 GPU までは線形に学習処理がスケールすることを確認した。また、技術の出口として、高電力効率大規模データ処理実用化の機運を涵養するために、エレクトロニクス・製造領域と共に IMPULSE コンソーシアムを設立し、セミナーなどを介して産学との議論を開始した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】ビッグデータ、データセンタ、オペレーティングシステム

【テーマ題目3】ソフトウェア高信頼化の研究

【研究代表者】大岩 寛（サイバーフィジカルウェア研究グループ）

【研究担当者】大岩 寛、Reynald Affeldt、小方 一郎、今福 健太郎、川本 裕輔、磯部 祥尚（常勤職員6名）

【研究内容】

センサで得られた情報を元にコンピュータが判断し、ロボットなどを通じて実世界の制御を行うサイバーフィジカルシステムの概念は、IoTの発展とともに急速に日常空間にも浸透すると考えられる。現在においても、工場や社会インフラなど大規模な制御システムにおいては、ソフトウェアの信頼性の欠如による誤動作や、弱点を突くサイバー攻撃による情報盗難・プラント暴走などが、既に極めて深刻な問題となっており、IoTの普及はこれらの問題が我々の生活空間まで直接的に持ち込まれることを意味している。また、AIスピーカーなどセンシング技術の普及や、大規模データの統計的機械学習による分析技術の進展は、誤分析による生活への影響や、個人のプライバシーの意図しない漏えいなどのリスクを増大させている。2030年のIoT/サイバーフィジカルシステム全盛時代を安心して暮らせるものにするためには、このような問題を抜本的に解決することが求められる。

ソフトウェアの高信頼化には、その規模や求められる信頼性の度合いに応じて複数の手段があり、それらの中からコストや信頼の度合いを勘案して適したものを選択し、組み合わせて用いる必要がある。その中で、システム検証によるソフトウェア信頼性保証技術は、ソフトウェアの信頼性そのものを数学的定理として形式化し、その信頼性証明を厳密な論理証明として実現するもので、システムごとに異なる多様な信頼性の目標に対して、他の手法に比べて極めて厳密かつ柔軟にその保証を行える一方で、証明を得るコストの高さが問題となる。本テーマでは、ここ15年ほどの機械定理証明の基礎技術の大幅な発展を背景に、具体的なソフトウェアに対する信頼性証明技術の共通基盤化・利便性の強化などを図ることで、実用的なコストでのソフトウェア信頼性の型式証明技術の確立を目指す。

平成29年度は、前年に引き続きロボットなど理工学系の性質を含むサイバーフィジカルシステムの検証の基盤技術や、統計確率的なソフトウェア振る舞いの分析評価技術、特にセンシング情報などプライバシー保護の必要な情報を扱うシステムにおける情報漏出量の推定技術などの研究を進めた。また、従来型のフォン・ノイマン型計算による情報処理形態とは異なる計算パラダイムとして、新型量子計算機や模擬アニーリング計算機などがサイバーフィジカルシステムや従来のセキュリティシステムの安全性に与える影響や、統計的機械学習による人工知能の誤判断の影響を抑制し安全性を高める技術などについても、脅威分析や技術応用の検討などを進めた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】ソフトウェア信頼性、形式検証、統計的機械学習、安全性評価

【テーマ題目4】組込みシステムセキュリティの研究

【研究代表者】大崎 人士（サイバーフィジカルセキュリティ研究グループ）

【研究担当者】大崎 人士、秋葉 澄孝、坂根 広史、佐藤 豊、瀬河 浩司、竹内 泉、半田 剣一、辰野 功、諸藤 力（常勤職員7名、他2名）

【研究内容】

クローズ系システムを構成する末端の機器やセンサは、その役割のために防護区域外に配置されて運用することが多く、障害を発生する。末端の機器やセンサが意図通りに動作しないと、その影響はシステム全体に及び、システム全体の機能低下やシステム停止を引き起こす。末端では機器自体の防護が手薄なため、自然放電や自然界の電磁波といった自然界にある外乱によって機器内のマイクロ・コンピュータ（以下、マイコンと呼ぶ）が誤動作を起こすことが知られている。人為的に高出力電磁波や高電圧パルスが機器に加えられて、マイコンが暴走することもある。マイコンから漏洩する微弱電磁波を解析されて、暴走を誘起するタイミングと箇所が特定されると、システムに致命的な障害が発生することもある。サイバーフィジカルセキュリティ研究グループでは、マイコンが異常状態に陥った時に、数ミリ秒で機能回復させるソフトウェア技術を開発している。また、マイコンが異常状態に陥るメカニズムを分析するための物理セキュリティの研究も行っている。

特定の環境を想定してシステムを運用する場合、システムが満たすべきセキュリティ要件が多数ある。システムを運用する事業者は、システムの運用レベルやセキュリティレベルを維持するために、セキュリティ管理策を選択する。選択すべきセキュリティ管理策の妥当性や十分性を検証するためには、自身の管理策と他の管理策の抽象度をそろえて、突合比較する必要がある。サイバーフィジカルセキュリティ研究グループでは、管理策の突合分析を支援するソフトウェアツールを開発している。このツールは、自然言語処理技術や統計処理技術を用いることで、分析対象から抽出したキーフレーズを元に各管理策の特徴量を決定し、それを元に管理策群を階層的に構築し直す、あるいは既存の構造に振り分ける、という機能を持つ。これにより、管理策の構造の分析や、管理策の粒度の統一を支援することができる。セキュリティ要件をソフトウェアにより解析できると、人的コストを大幅に削減できて、見落としを減らせることが実験的に判明している。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】組込みシステム、分析設計支援自動化、高レジリエンス、超小型 OS

【テーマ題目5】サイバーフィジカルソフトウェア工学の研究

【研究代表者】森 彰（ソフトウェアアナリティクス研究グループ）

【研究担当者】森 彰、磯部 祥尚、和泉 憲明、

西原 秀明、山形 頼之、崔 銀恵、
北村 崇師、田口 研治、井上 純
(常勤職員7名、他2名)

【研究内容】

さまざまなデバイスがネットワーク接続され、地球規模での最適制御が行われる将来の IoT 環境を想定したソフトウェア開発の手法について研究を行っている。特に、現実空間と仮想空間にまたがるサイバーフィジカルシステムをどのようにテストするか、そして、発見された不具合をどのように修正するか、という点に着目して研究を進めている。2030年には1兆個の規模の IoT デバイスが稼働するとも言われている。このようなシステムを人手で維持・管理することは不可能であるため、不具合の修正や軽微な機能拡張は、多くの部分をクラウド経由で自動化することが必要となるであろう。こうしたプログラミング作業の自動化のために必要な基礎技術の研究にも取り組んでいる。社会インフラの多くの部分が IoT に依存するに従い、セキュリティも大きな問題になってきている。この点に関し、大規模で複雑なシステムの安全性を向上させる開発手法や、脆弱性を早期に発見し迅速に修復する技術について研究を行っている。こうしたソフトウェアの不具合を仮想環境で同定するために、シミュレーション技術と連携した実行時監視の技術についても取り組んでいる。

平成29年度は、サイバーフィジカルシステムについて、実稼働しているシステムのログを分析したり、設計時に定義されたモデルをシミュレーション実行させたりすることで、不具合を同定する研究に取り組んだ。前者については、異常データを明示した教師付き学習によるのではなく、正常時からの外れを教師なし学習により検知する手法の有効性を示した。後者については、モデルの振舞いが仕様から逸脱するような初期状態を、深層学習により探索することで、従来手法よりも効率よく、異常な振舞いを発見することができることを示した。従来から研究を行ってきた組み合わせテスト設計については、自動車や航空機の安全基準で用いられているテスト基準について、これを満たす最適なテストケースを高速に見つける技術について研究を行った。いくつかの例について実験を行い、既存手法を上回る性能を示すことがわかった。

明らかになった不具合の原因を同定する手段としては、ソースコードの変更を構文解析木の差分計算によって正確に再構成し、編集系列を分割・統合して適用することで、テスト結果の反転を引き起こした編集操作を自動的に同定する差分デバッグの技術が有効である。Java プログラムを対象にした昨年度までの取り組みを継続し、数万行規模の大規模プログラムについて、回帰バグの原因となったソースコード変更箇所をピンポイントで自動同定できるばかりでなく、必要最小限の範囲で正常に稼働していた前バージョンに引き戻す修正パッチを、自動

生成することが可能になった。

具体的なサイバーフィジカルシステムの不具合を発見する技術としては、産総研で開発を進めているヒューマノイドロボットの制御ソフトウェアを対象に、実行時情報を常時記録することで、ごく稀にしか発生しない不具合であっても、その原因の究明を容易にする技術の開発に取り組んだ。リアルタイム性やログ記録に伴って発生する処理遅延などの実行時制約をクリアしつつ、不具合発生シナリオを実行時とは異なる環境で再現できる技術について検討を行い、これが実ロボット環境でも有効に機能することを確認した。

一方で、実際に不具合が発生してから対策を取るのではなく、事前に不具合が発生しそうな箇所を予測できれば、効率よくテストを実施したり、迅速に不具合修正を行うことができる。この点に関して、深層学習の技術を用いて、ソースコード修正のコミット単位で、不具合の混入を予測する手法を提案し、既存手法よりも優れた性能を持つことを示した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】IoT、サイバーフィジカルシステム、高信頼ソフトウェア

【テーマ題目6】高機能クラウド暗号技術の研究

【研究代表者】花岡 悟一郎(高機能暗号研究グループ)

【研究担当者】花岡 悟一郎、縫田 光司、辛 星漢、
Nuttapong Attrapadung、松田 隆宏、
Jacob Schuldt、村上 隆夫、
山田 翔太、照屋 唯紀、坂井 祐介
(常勤職員10名)

【研究内容】

現在までに暗号技術は非常に高度な発展を遂げているが、その一方で、ネットワークサービスの目覚ましい進歩に必ずしも追いついておらず、さらなる研究開発の必要性が指摘されている。特に、パーソナルデータなどの機密情報のクラウドを介した利活用により、一層高度な情報サービスの創出が期待されているが、その際、十分に利用者のプライバシーを保護しながら、それらの機密情報の高度利用を可能とする暗号技術は知られていない。たとえば、利用者のゲノム情報を秘匿にしたままで、ゲノム情報に基づく疾病リスクの診断が可能となれば、プライバシーの侵害を受けることなく高度な医療サービスを受けることができるが、従来の暗号技術での実現は困難である。

本研究の目的は、この問題を根本的に解決する新技術 TTP フリークラウド暗号を実現することにある。TTP フリークラウド暗号とは、信頼できる機関 (TTP) が不要であることに加え、下記の要件①～③に応える方式となっている：要件①暗号化したままデータ処理が可能。要件②復号権限を複数の利用者に柔軟に付与することが可能。要件③量子計算機のような強力な攻撃環境に対し

ても高度な安全性が保証される。

上記の目的に対し、本研究においては、準同型暗号や関数型暗号の高安全化・高効率化を推し進め、得られた結果を統合することを基本的な方針とする。その際、関数型暗号においては原理的に TTP が必要となることから、代理再暗号等に関する理論を応用することで、関数型暗号から TTP の必要性を取り除くことを試みる。また、設計を行う方式の安全性評価を行う際、なるべく強固な安全性定義を設計し、その下での安全性証明を行う。さらに、安全性証明においては、量子計算機を用いたとしても求解が困難と予想される数学的問題の困難性に基づくものとなるように方式設計を行う。

平成29年度は、前年度までに開発し解読世界記録を達成した格子問題求解アルゴリズムについて解析を行い、その機能の理論的裏付けに成功した。格子問題の困難性評価は完全準同型暗号や関数型暗号の安全性の基盤であり、これらの暗号技術を用いるうえで重要な検討事項となっている。この成果は、公開鍵暗号分野におけるトップ会議である PKC 2018に採録となっている。また、格子問題の困難性に基づく新たな ID ベース暗号を設計し、その効率性の評価を行った。提案方式においては、漸近的にほぼ最適な水準まで効率化がなされている。この成果も、暗号理論におけるトップ会議の一つである CRYPTO 2017に採録となっている。これらの成果を含め、本年度は Google Scholar サブカテゴリ Top20に含まれる国際会議において13件の成果の発表を行っている。また、IF 付きジャーナルにおいても14件の成果が出版されている。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 高機能暗号、公開鍵暗号、証明可能安全性

③【人間情報研究部門】

(Human Informatics Research Institute)

(存続期間：2015.4～)

研究部門長：持丸 正明

副研究部門長：兵藤 行志、谷川 民生

総括研究主幹：井野 秀一 (2017.7～)

所在地：つくば中央第1、第2、第6、東事業所、
臨海副都心センター

人 員：73名 (73名)

経 費：805,564千円 (417,655千円)

概 要：

人間情報研究部門では、人間の脳から感覚、身体、行動、社会参加に至るまでの人間機能を理解し、その個人差を把握した上で、製品・サービス・社会を人間中心視点で構成するための研究を推進している。特に、

日常生活の様々な製品にセンサが内蔵され、インターネットに接続される IoT (Internet of Things) の時代を見据え、生活における人間の状態や特性を身の回りのセンサで観測し、個人の特性や状況に応じたサービス提供によって、製品の使用価値を高めるための研究を行う。これは、平均的な人間特性に合わせた画一的な製品を提供するのではなく、観測した特性データに応じたカスタマイズを可能とする製品とサービスの融合ソリューションを提供することを指向する。このような製品とサービスの融合は、製品の付加価値を高めるだけでなく、従来の画一的な製品では十分に配慮しきれなかった子どもや高齢者、障がい者など多様な特性を持つ人々の生活を支えるものとなる。

このような研究の推進のために、人間情報研究部門では3つの特徴のある研究アプローチを獲る。(1) 第一は、人間機能の研究と情報技術の統合である。人間機能を深く理解することは重要であるが、それをセンサやクラウド技術と統合し、製品とサービスの融合ソリューションに繋げることを指向したアプローチを獲る。(2) このために、ディープデータとビッグデータの連携を意識した研究を推進する。ディープデータとは、人間機能の精密で詳細なデータであり、実験室や実験的環境で専門的に収集されるものである。質は高い一方、被験者数や条件数などは限られることになる。このディープデータを数理・統計モデル化し、それをIoTで蓄積される人間特性のビッグデータと連携させる。ビッグデータは膨大な被験者数と条件数を網羅できる一方で、測定できる特性の種類やデータの質には限界がある。ディープデータとビッグデータを連携させることで、それぞれの不足を補い、ビッグデータ解析だけでは得られない人間機能の推定と応用を目指す。

(3) このような製品とサービスの融合ソリューションが社会の中で持続的に提供されるために、これらの研究を企業や医療機関、自治体などとの共同研究として実施し、経済的・環境的・人的な継続性を念頭に置いて研究を進める。すなわち、人間情報研究の要素技術研究とは、人間と社会を研究対象とし、それらを「観測」する技術、観測したデータを「分析・モデル化」する技術、その結果を再び人間と社会に「提示」するインタフェースの開発を意味する。ここで、観測・分析によって得られた人間と社会に対する新しい知識そのものも重要な成果物である。われわれは、実験室で得られたディープデータと、観測技術を実社会サービス展開して蓄積されるビッグデータを連携させて、製品とサービスの融合ソリューション提供を実現する。そのソリューションとは、幅広いユーザーに対して安全で快適な生活を実現すること、さらに、その健康を維持し、身体機能等を支えて生活機能を守ること、そして、人々が社会に貢献し、社会から認知される喜びを享受できるようにすることである。

このような人間情報研究を支えるために、人間情報研究部門には10の研究グループを設置している。その研究グループは、大きく3つの研究分野として位置付けられている。情報技術－人間生活工学－脳科学である。情報技術と人間生活工学にまたがる研究を所掌するグループとして、サービスに関わる人の行動等の観測とモデル化技術を研究する「サービス観測・モデル化研究グループ」、それらのデータを活用してサービスプロセスやエコシステムの設計を支援する「サービス設計学研究グループ」、また、人間の身体・行動特性を数理・統計的にモデル化し設計に活用したりサービスに組み込んだりする研究を担当する「デジタルヒューマン研究グループ」がある。人間生活工学と脳科学にまたがる研究を所掌するグループとして、身体・感覚系と製品・環境のインタフェースを研究する「人間環境インタラクション研究グループ」、障がい者の生活支援を主として身体機能的観点で研究する「身体適応支援工学研究グループ」と感覚機能的観点で研究する「感覚知覚情報デザイン研究グループ」を設置している。さらに、これらの人間生活工学と脳科学を繋ぐ生活場面での脳機能計測研究を担当する「脳機能計測研究グループ」がある。脳科学と情報技術にまたがる研究は、ニューロリハビリテーションなどへの展開を見据えた目的基礎研究として脳機能の解明を進める「システム脳科学研究グループ」、脳機能計測と情報技術を統合したBMI (Brain Machine Interface) 技術などを研究する「ニューロテクノロジー研究グループ」、さらに、人間の脳の機能的構造を参考としながら人間機能ビッグデータのモデル化技術としての機械学習技術を研究する「情報数理研究グループ」を置く。

平成29年度では、これらのグループがグループ間、さらには、部門を越えて内外と連携しながら、以下の研究を重点課題として推進した。

a) サービス工学：サービスに従事する従業員の業務を自動化する研究ではなく、従業員や経営者、場合によってはサービスに参加する消費者の能力を拡張することで、サービス提供を効率化しつつ、その提供価値を引き上げることで、サービスの生産性を向上させるための基盤技術研究と、その適用実証研究を推進する。

b) 組込み型デジタルヒューマン：人間機能ディープデータを蓄積・モデル化し、そのモデルであるデジタルヒューマンをシステムに組み込んでインタフェース化することで、個人の特性や状況に適応したサービスを提供するための基盤技術研究と、その実用化研究を推進する。

c) 食べる楽しみの回復技術：健康は、休養（睡眠）、食事、運動のバランスで形成される。人間情報研究部門では、食事にも焦点を当て、嚥下・摂食機能の評価と支援、さらに食べる楽しさを回復させるための技術

を研究する。

d) アクセシブルデザイン：高齢者や障がい者の視覚、聴覚機能の多様性を示すデータベースと、これらに配慮して製品・環境を設計するための研究を推進する。特に、国内外の標準を活用しながら社会実装を推進するアプローチに特徴がある。

e) ニューロコミュニケーター：発話や身体運動での意思伝達が困難な患者に対して、脳波で意思伝達できる技術開発と実証研究を推進する。同装置を用いて、消費者の潜在的な注意状況を評価できる可能性があり、市場調査への適用も研究する。

f) ニューロリハビリテーション：脳卒中などで脳機能が損傷した場合、脳の可塑性を活かして新しい神経回路網を構成することで、身体機能を回復させるニューロリハビリテーション研究を推進する。このために動物実験等で回復目標となる神経回路網を明らかにする研究、脳機能計測により回復過程を可視化する研究、さらに、目標に向けた回復を加速する介入技術の研究を総合的に行う。

内部資金：

交付金 戦略予算

スポーツ用義足の研究開発を通じた障害者スポーツ市場開拓への挑戦

交付金 戦略予算

超多様化社会に対応する革新的IoTデバイスとAIクラウドを組み合わせたサービス技術の開発（柏拠点戦略）

交付金 戦略予算：理研－産総研「チャレンジ研究」

運動による遺伝病情報制御の解明と応用-仮想現実とロボティクスの融合による高度高齢化社会支援の社会実装

交付金 戦略予算：理研－産総研「チャレンジ研究」

量子技術と機械学習の融合による革新的計算基盤の創成

交付金 地域産業活性化人材育成事業

嚥下活動計測用センサシートの計測性能向上方法の検討

交付金 地域産業活性化人材育成事業

デジタルヒューマン技術

交付金 地域企業連携マッチングファンド事業

身体運動特徴評価結果

交付金 標準化戦略FS

日常生活歩行速度によるフレイルティ測定方法と関連機器に関する国際標準化

交付金 標準化戦略FS

Cerebral tissue oximeter の性能と安全に関する国際標準化

交付金 地域企業連携スタートアップ事業
瞬きによる意思伝達装置

交付金 萌芽構築支援事業
近赤外脳機能計測装置及び計測法

外部資金：
経済産業省／一般財団法人日本規格協会 省エネルギーに関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費
ダイナミック・サイニングに関する国際標準化

経済産業省／一般財団法人日本規格協会 戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発・普及基盤構築事業）
社会のユニバーサルデザイン化に向けたアクセシブルデザイン（AD）製品の国際標準化等

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
次世代人工知能・ロボット中核技術開発／次世代人工知能技術分野／人・機械協働生産のための人工知能を活用した作業モデル構築に関する研究開発

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
次世代人工知能・ロボット中核技術開発／次世代人工知能技術分野／健康増進行動を誘発させる実社会埋込型AIによる行動インタラクション技術の研究開発

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／革新的設計生産技術 リアクティブ3D プリンタによるテーラーメイドラバー製品の設計生産と社会経済的な価値共創に関する研究開発

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
次世代人工知能・ロボット中核技術開発／（革新的ロボット要素技術分野）ブレイン・マシン・インターフェース/脳波によるヒト型ロボット高速制御技術の実現可能性に関する検討

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
エネルギー・環境新技術先導プログラム／生産性と省エネ化を向上させる認知行動支援VR/AR技術の開発

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
次世代人工知能・ロボット中核技術開発／次世代人工知能技術分野／物流サービスの労働環境改善と付加価値向上のためのサービス工学×AIに関する研究開発

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究成果展開事業（COIプログラム）
精神的価値が成長する感性イノベーション拠点

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（さきがけ）
情動や運動の記憶保持機能を基盤とした次世代語彙学習システムの設計

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（さきがけ）
身体環境インピーダンスのアクティブデザインによる運動・感覚能力の獲得手法の具体化とインタラクションの検討

国立研究開発法人科学技術振興機構 未来社会創造事業
次世代計測・デジタル身体モデル

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（RISTEX）
多世代視覚障害者移動支援システムにおけるクラウド・ナビ・訓練システムの社会実装

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（RISTEX）
B.訓練雛形改良とマニュアル改訂 C.HP メンテナンスと広報活動

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究成果展開事業（産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム）（OPERA）
人と知能機械との協奏メカニズム解明と協奏価値に基づく新しい社会システムを構築するための基盤技術の創出に関する国立研究開発法人産業技術総合研究所による研究開発

国立研究開発法人科学技術振興機構 長寿・障害総合研究事業 障害者対策総合研究開発事業
脳性麻痺者・脳卒中者の意思伝達支援のための非接触ジェスチャ認識インターフェースの開発

農林水産省（国立研究開発法人水産研究・教育機構 東北水産研究所）
貝類養殖業の安定化、省コスト化・効率化のための実証研究

公益財団法人精密測定技術振興財団 平成29年度 助成金対象調査・研究事業
歩行動作時の足部機能評価を目的とした足底部圧・剪断力計測デバイスの開発

公益財団法人明治安田厚生事業団 第33回(2016年)若手研究者のための健康科学研究助成
心拍と動作リズムとの同期現象が生じた運動中の脳循環特性の解明—脳循環の維持・改善に効果的な運動様式の探索—

一般財団法人日本健康開発財団 平成28年度研究助成
入浴後の立ちくらみの起こし易さの機序解明—動脈ステイフネスおよび圧受容器反射感受性の関与—

公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団
平成29年度研究助成金
近位大動脈拍動緩衝機能に対する水中運動の効果

一般財団法人日本規格協会
高齢社会対応標準化「フレイルの測定方法・精度に関する調査」

一般財団法人日本規格協会
プラスチックフィルム製キャリー袋に関する日本工業規格(JIS)原案作成に伴う、同原案に規定された評価試験方法の妥当性検証に関する研究請負業務

科学研究費助成事業 新学術領域研究(研究領域提案型)
カーネル法による高次元データの非線形スパースモデリング

科学研究費助成事業 新学術領域研究(研究領域提案型)
スパースモデリングを用いた側頭葉における顔の情報コーディングの研究

科学研究費助成事業 新学術領域研究(研究領域提案型)
顔の質感情報の時間的コーディングの研究

科学研究費助成事業 新学術領域研究(研究領域提案型)
咀嚼筋電音フィードバックを用いた食質感知覚メカニズムの解明

科学研究費助成事業 基盤研究(A)
ホームケアをサポートする人間生活調和型コンパクトアクチュエータの総合的研究

科学研究費助成事業 基盤研究(A)
データ同化手法を用いた身体障害者の共創的衣服作製に関する研究

科学研究費助成事業 基盤研究(A)
超人スポーツのための個人別環境身体ダイナミクス同定技術と身体能力拡張技術の研究

科学研究費助成事業 基盤研究(B)
多感覚情報の統合・分離とその神経基盤

科学研究費助成事業 基盤研究(B)
身体感覚と環境認知の統合モデルを用いた「食事の楽しさ」の評価手法の開発

科学研究費助成事業 基盤研究(B)
音環境理解に基づく音響計測環境の活性化支援の仕組みづくりに関する研究

科学研究費助成事業 基盤研究(B)
重度肢体不自由者支援のための適応的ジェスチャインタフェースの研究

科学研究費助成事業 基盤研究(B)
映像コンテンツのバリアフリー化のための認知特性を考慮した字幕設計評価ツールの開発

科学研究費助成事業 特別研究員奨励費
自己と他者の情報処理に関わる神経基盤の解明—比較認知神経科学によるアプローチ—

科学研究費助成事業 基盤研究(B)
An adjoint functors approach to models of cognition

科学研究費助成事業 基盤研究(C)
動画像特徴による形状予測に基づく変形物体の追跡手法の研究

科学研究費助成事業 基盤研究(C)
自己選択による意思決定情報の可視化と解読

科学研究費助成事業 基盤研究(C)
側頭葉顔ニューロンにみられる時間的情報コーディングの神経機構の解明

科学研究費助成事業 基盤研究(C)
予約取引と現物取引を融合した市場メカニズムの提案

科学研究費助成事業 基盤研究(C)
データマイニングにおける中立・公正性に配慮するデータ変換技術

科学研究費助成事業 基盤研究(C)
地域生活者行動データプラットフォームを活用した高齢者福祉サービスの高度化

科学研究費助成事業 基盤研究(C)
バーチャルリアリティを用いた発達障害児・者の空間認

知能力評価とその改善	科学研究費助成事業 若手研究 (B) ランニング障害予防を目的とした接地方法の提案：関節 のてこ比に着目して
科学研究費助成事業 基盤研究 (C) 移動距離で切り替る作業記憶システム間の海馬一前頭前 野路内相互作用機構の研究	科学研究費助成事業 若手研究 (B) 脳梗塞サルモデルを用いた機能回復メカニズムの統合的 理解
科学研究費助成事業 基盤研究 (C) ニューラルネットワークの特異点の解消	科学研究費助成事業 若手研究 (B) 脳波と末梢神経系指標による感情状態の解読ーコミュニ ケーションにおける感情伝染ー
科学研究費助成事業 基盤研究 (C) 脳損傷後に生じる運動出力経路の再編成	科学研究費助成事業 若手研究 (B) 歩行寿命の延伸を目指した足部支援システムの開発
科学研究費助成事業 基盤研究 (C) 寝具ー人体熱収支モデルの構築による寝床内温熱環境評 価手法の開発	科学研究費助成事業 若手研究 (A) スポーツ用義足における生体力学的特性の解明とデータ ベースの構築
科学研究費助成事業 基盤研究 (C) 電気刺激が認知機能に関わる神経機構に与える影響	科学研究費助成事業 国際共同研究加速基金 (国際共同 研究強化) 動脈硬化の加齢変化の個人差を生むメカニズムの解明ー 10年間の追跡に基づく検討ー (国際共同研究強化)
科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究 ロービジョン者の紙面書字活動を支援する新奇な拡大読 書器の提案と開発	科学研究費助成事業 基盤研究 (A) フレイル予防のための人間支援デバイスに関する医歯看 工の連携研究
科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究 生活習慣病予防の健康セルフチェックのための触覚ヘル スメータの開発	科学研究費助成事業 基盤研究 (B) 情報幾何学に基づく分布データに対する機械学習手法の 開発
科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究 知覚が反射性眼球運動に与える影響ー意識と不随意運動 の相互作用ー	科学研究費助成事業 基盤研究 (B) 感性・意欲・情動系神経ネットワークを駆動する運動ブ ライミングの神経基盤の解明
科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究 運動学習における腹側被蓋野の役割解明と同領域の賦活 化による運動機能調節の試み	科学研究費助成事業 基盤研究 (B) 近位大動脈ウインドケッセル機能・脳循環動態連関の解 明：脳疾患発症予防の基礎研究
科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究 視覚・言語統合型人工知能システムに基づく脳情報イン タフェース技術の開発	科学研究費助成事業 若手研究 (A) 運動制御メカニズムのパラメトリック表現とその変容に よるアクシデントの推定と予防
科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究 学びの「楽しさ」は睡眠中の記憶定着を促進するか	科学研究費助成事業 新学術領域研究(研究領域提案型) サル内包梗塞モデルを用いた身体表現適応機構の解明
科学研究費助成事業 若手研究 (B) 機械学習を利用した反応材料分布と環境エネルギー条件 の推定法構築	科学研究費助成事業 新学術領域研究(研究領域提案型) 疑似制約による上肢機能の変容・適応過程の解明
科学研究費助成事業 若手研究 (B) スパース辞書学習による信号の構造を利用した柔軟な多 次元信号処理	

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
モバイル生体センシング基盤における分散複合イベント
処理に関する研究

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
高齢者・視覚障害者 (ロービジョン) のためのダイナミ
ック・サインの研究

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
時間と質感の接点-質感によって符号化される多感覚情
報の時間ずれについての検討-

科学研究費助成事業 若手研究 (B)
痛み感覚の客観的な評価を目指した触覚刺激呈示装置の
研究

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
視覚情報の眼球運動を超えた時空間統合機構の研究

科学研究費助成事業 特別研究員奨励費
多様な心の性をかたちづくる神経基盤の解明

科学研究費助成事業 若手研究 (B)
情動の潜在機能を引き出す情報基盤技術の構築と活用

科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究
ヘッドマウント式輻輳計測装置による眼球運動計測から
わかる視覚情報処理

科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究
認知症を防ぐオン・ベッド・リハビリテーションシステ
ムの開発

科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究
運動習慣のない高齢者への工学・心理学的アプローチに
よる運動支援手法に関する研究

科学研究費助成事業 新学術領域研究(研究領域提案型)
スパースモデリングと高次元データ駆動科学創成への支
援と広報

科学研究費助成事業 新学術領域研究(研究領域提案型)
潜在的運動における学習適応メカニズムの解明と計算モ
デル構築

科学研究費助成事業 基盤研究 (A)
アパレルの質と国際競争力向上の基盤となる日本人の人
体計測データの構築と多角的分析

科学研究費助成事業 基盤研究 (A)

サービスイノベーションにおける科学的・工学的手法の
役割と価値に関する基礎的研究

科学研究費助成事業 基盤研究 (A)
高齢者、介護スタッフの思いを記録し記憶へと繋ぐシス
テム

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
多利用者・多状況に共通する特性の抽出による情報転移
BMI

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
立体視的3次元知覚に及ぼす背景面の効果-奥行き、方
向、数量知覚について

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
機械学習における統計的安全性の理論

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
未来予測情報を起点とするサービスシステムの設計・運
用手法に関する研究

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
アパレルの国際競争力の強化を目指した3Dバーチャル
工業用ボディアの開発と性能評価

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
3次元機能回復モデル規範型リハビリシステムの開発に
よる麻痺手使用機会の向上

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
ランダム化比較試験による認知症等を有する高齢者に対
するロボットパロの効果

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
行動決定における報酬価値の脳内分散表現メカニズム

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
白杖・車いす・義手義足の身体化モデルの実験的検討を
通した身体知覚に関する考察

科学研究費助成事業 基盤研究 (B)
フェムト秒レーザーを用いた時間分解計測による生体光
学特性値の推定

科学研究費助成事業 基盤研究 (B) (特設分野研究)
「懐かしい匂い」と創造活動による認知症の人の安心で
きる居場所作りとその効果検証

科学研究費助成事業 基盤研究 (B) (特設分野研究)

情報空間による都市空間強化のためのワイヤレス神経網の実証的研究

科学研究費助成事業 基盤研究 (B) (特設分野研究)
人工物ジレンマの解決のための情報設計方法論の構築

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
運動視覚におけるマルチスケール神経情報処理機構の解明

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
手内筋麻痺指に対する指機能再建法の生体工学的検討

科学研究費助成事業 基盤研究 (C)
嗅覚における注意の機能に関する心理学的研究

科学研究費助成事業 挑戦的萌芽研究
「空気を読む」為の発達障害者向け視線誘導訓練の研究開発

経済産業省／一般財団法人四国産業・技術振興センター
平成29年度戦略的基盤技術高度化支援事業 (機関補助金)
大型車に特化した危険予測可能な後側方障害物センサの開発

経済産業省／公益財団法人京都高度技術研究所 平成29年戦略的基盤技術高度化支援事業 (機関補助金)
高精度な人間センシングを低コストで実現するためのウェアラブル IoH センサの開発

企業からの資金提供型共同研究：54件

発表：誌上発表256件、口頭発表392件、その他27件

サービス観測・モデル化研究グループ
(Service Sensing, Assimilation, and Modeling Research Group)

研究グループ長：蔵田 武志

(つくば中央第1、第2)

概要：

サービスの生産性や持続性の向上、サービスオペレーションの革新、新サービス設計及び価値共創社会の構築のために、ヒト、モノ、コト(プロセス)の微視的・巨視的な把握に資する計測・モデル化とその応用としての分析・シミュレーション・オークションに関する研究開発及び実証に取り組む。

現場のラボ化、ラボの現場化について、まず、歩行者推測航法(PDR)及び車両推測航法(VDR)を中核とした広域サブメートル統合測位技術、詳細行動計測技術等のG空間コンピューティング研究開発を推進

する。次に、サービスフィールドシミュレータ(SFS)、人流分析、従業員の作業プロセスデータ同化シミュレーション、可視化(情報循環)等の各技術群の開発を進める。

社会問題解決型研究としては、災害救助支援、医療/障害者支援、都市設計などの各プロジェクトを推進しながら、観測・モデル化等の技術ニーズを捉えた技術開発や実用化研究に取り組む。

オークション技術については、産直販売を促進するための電子商取引市場「おらほのカキ市場」でのオンラインダブルオークションに関する実用化研究とその応用展開を進める。さらに、広告のためのReal-time Bidding(RTB)技術を売買に拡張したH-Marketモデルに基づく応用技術の開発を継続し、ベンチャーでの開発術の社会実装を推進する。

研究テーマ：テーマ題目1

サービス設計学研究グループ
(Service Design and Implementation Research Group)

研究グループ長：竹中 毅

(臨海副都心センター)

概要：

現在、多くのサービス産業では、人口減少に伴う人手不足が大きな社会的課題となっており、さらなる生産性向上とともに、顧客、従業員、企業の三者にとっての価値を高め、持続可能なサービスシステムを再設計することが非常に重要な課題となっている。

一方、製造業では、IoTの発展により、ユーザの製品使用に関わるビッグデータが蓄積されつつあり、製造とサービスの融合による新たな製品サービスシステムの創出が期待されている。

サービス設計学研究グループでは、実サービスを通して得られるビッグデータをもとに、サービスの価値を、機能(品質)、顧客満足、従業員満足、企業の収益性といった異なる視点から多面的に評価するとともに、新たなサービスを(再)設計、創出するための支援技術の開発を行っている。

具体的には、サービス・ベンチマーキング技術の一環として、多様な生活者の価値観やライフスタイルを指標化するためのライフスタイル分類技術、従業員満足度の測定方法や指標を標準化し、業種内、業種間で比較可能にするベンチマーキング技術、さらに、様々な指標をもとにサービスをモデル化し、新たなサービスを(再)設計するための支援技術を開発してきた。平成29年度には、多様な消費者や従業員をエージェントとして、サービスの受容性をモデル化し、新たなサービスシステムの均衡解を検証するビジネスモデルシミュレータの開発を目指す。

また、現在、経済活動の大きな部分を占めるように

なってきた e-commerce やシェアリングエコノミーをはじめとする様々なプラットフォームビジネスをモデル化し、エコシステムの実現に向けたルールやメカニズムを明らかにするためのプラットフォームエコシステムの研究を行う。さらに、製品や環境から取得される IoT データから人間行動や環境変化、サービス提供プロセスをモデル化し、新たなサービスの設計や製造業のサービス化を支援する研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

情報数理研究グループ

(Mathematical Neuroinformatics Group)

研究グループ長：赤穂 昭太郎

(つくば中央第2)

概 要：

脳の神経回路は、従来の情報処理技術では不可能な柔軟で複雑な情報処理を行っている。当研究グループでは、脳の情報表現や学習・適応のアルゴリズムがどうなっているか、なぜ神経回路のような構造が情報処理をする上で有用なのか、といった問題を通じて、脳の計算原理を数理的に理解することを目指す。具体的には、情報幾何学や関数解析学、圏論などといった数学的な道具を使って、データ駆動科学や機械学習、パターン認識などの応用分野にも適用可能な学術的な知見を積み重ねている。

研究テーマ：テーマ題目6

デジタルヒューマン研究グループ

(Digital Human Research Group)

研究グループ長：多田 充徳

(臨海副都心センター)

概 要：

デジタルヒューマン研究グループでは、多様な特性を持つ人々の「生活の質」を向上させるために、(1) 人の形状、感覚、運動、行動、生活を数値化し、計算機上での取り扱いを可能にする計測技術、(2) 計測したデータを統計学的、運動学的、または動力学的に解釈し、再利用に向けたデータベースの構築や、計算機上でのシミュレーションを可能にする数理モデル、(3) 構築した数理モデルを活用し、身体に適合した製品、運動パフォーマンスを向上させる製品、そして生活機能を向上させる環境・サポートなどを可能にする介入技術を研究している。

平成29年度は、デプスセンサや IMU センサのように環境や身体に設置された簡易センサを活用することで、生活環境における人の感覚や振る舞いをリアルタイムに計測するための技術や、身体モデルに対する運動学演算や動力学演算を用いることで、計測データを力学的に解析するための技術を研究した。また、運動中の関節トルク変化や、運動に伴うフットプリントの

軌跡など、解析した情報を視覚的にフィードバックすることで、製品の身体適合性、運動のパフォーマンス、そして生活の楽しみを向上させるための様々な介入技術に関する研究も継続して実施した。特に、計測から解析までがリアルタイムに行える場合には、即時的な介入によるゲーミフィケーションを、リアルタイムな計測と介入が困難な場合には長期的な介入によるサービタイゼーションを実現することで、計測と介入のループが持続するような枠組みを構築する。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目4

身体適応支援工学研究グループ

(Physical Fitness Technology Group)

研究グループ長：井野 秀一

(つくば中央第6)

概 要：

少子高齢社会において安全・安心で質の高い生活 (Quality of Life: QOL) の実現を後押しする多様な人間支援技術の構築を目指し、人間の生理機能・感覚運動機能・スキル等を計測・評価する手法を開発すると共に、それらを基盤とする下記の研究テーマに取り組む。

(A) 心身適応力向上のためのリハビリテーションに関する研究：脳神経系情報処理や循環系機能等を調べる生理計測・評価および刺激制御に関する新しい手法を構築し、これらを応用したニューロリハビリテーションやヘルスケア技術の社会実装に向けた基盤創成を目指す。

(B) 心身親和性と残存機能に着目した生活支援技術に関する研究：運動機能や感覚機能を QOL 向上の視点を交えて評価する人間計測技術を開発し、高齢者や障害のある人たちの楽しく活動的な日常生活や機能訓練を支えるヒューマンインタフェースに関する福祉技術の構築を現場連携で目指す。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目6

人間環境インタラクショングループ

(Human Environment Interaction Research Group)

研究グループ長：小早川 達

(つくば中央第6)

概 要：

人間環境インタラクション研究グループでは、快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術の開発として「ヒトの心身・精神の健康と環境との関係性を導き出す計測を人間および環境側の双方から実施する研究」を行う。また環境とは物理環境のみならず社会環境、労働環境、対人環境、経済環境等を包含する。さらに計測だけではなく、計測結果を計測対象にフィードバックする介入を行った時の計測対象の変化をとらえ、人の内部に存在するメカニズムを解明し、それ

らを基に介入を含めたダイナミックな系を対象とした計測技術の開発に挑戦する。また前述を実現するために、サイバーフィジカルシステム技術の開発として、人と環境の関係性をセンシングする技術またはデバイスにより、人の感覚またはアクティビティをセンシングする研究、および得られたデータをサービスや人の活動にフィードバックすることにより人にとっての環境をより良くする研究開発を実施する。より具体的には、

(1) 視覚・聴覚・触覚・味覚・嗅覚・温熱感覚の各特性を利用した感覚再現インターフェイスおよび質感の再構成や環境デザインに関する研究を実施する。それぞれの感覚の特性の理解を進めつつ、視覚及び触覚による感覚ディスプレイ、音による感覚情報提示環境デザイン、社会実装段階として感覚ディスプレイデバイスによる社会実装研究を推進する。

また、(2) 健康増進と安全に資する人間計測技術および情報提示に関する研究に取り組む。健康増進に取り組む個人またはコミュニティを増加させるために循環器機能、温熱環境、睡眠、継時的な楽しさやモチベーションの変化などの人間計測技術を開発し、計測結果を計測対象群にフィードバックすることにより健康増進活動を加速させるための研究開発を実施する。また、医療機関での医療過誤の原因を探り、既存の医療機器を IoT・高機能化させることで、医療業務の効率化を測る。また、運転中の事故防止技術の開発に取り組む。

そして、(3) 製造現場のリアルタイムの人の動きのモニタリング研究にも取り組み、その結果からより一層の業務の効率を向上させる提言につなげる。

研究テーマ：テーマ題目3

感覚知覚情報デザイン研究グループ

(Sensory and Perceptual Information Design Group)

研究グループ長：氏家 弘裕

(つくば中央第6)

概要：

人間の視覚、聴覚、体性感覚、平衡覚等に関する基礎研究を通じて、これら感覚・知覚特性に適合した人間中心の製品設計技術（感覚知覚情報デザイン技術）の開発を遂行することで、高齢者・障害者への配慮を包含する人間工学の実践や生体安全で利便性の高い視聴覚環境の整備を目標として、以下の主要課題を実施する。

(1) アクセシブルデザイン技術の開発と普及活動：

さまざまな年代や障害者に対して蓄積してきた感覚知覚特性に関するデータベースの公開や、これらに基づく高齢者・障害者配慮の設計（アクセシブルデザイン）指針の国内外での規格化を推進するとともに、製品開発の現場で求められるアクセシブル

デザイン技術の開発・普及とその基盤となる感覚知覚認知特性についての解明を進める。

(2) 映像の生体安全性技術の開発と普及活動：

映像酔いなど映像情報による生体影響の低減に配慮した映像情報提示環境の普及をめざして、生体影響特性を基盤とする映像ガイドラインの規格化や近年注目されつつある HMD の人間工学的指針の規格化を推進するとともに、これら映像の生体安全性の普及展開に資する映像情報評価技術の開発を進める。

(3) 製品・環境等のパフォーマンス適合性技術開発：

複合感覚（視覚、聴覚、体性感覚等）情報に関する諸特性やこれらの感覚情報フィードバックに基づく動作特性の解明を基盤として、インタラクティブなマルチメディア情報提示環境の設計技術開発を進める。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目6

脳機能計測研究グループ

(Brain Function Measurement Research Group)

研究グループ長：谷川 ゆかり

(つくば中央第6、第2)

概要：

ユニットのミッションである「多様な特性を持つ人々の生活・社会参加を、経済産業活動を通じて実現することを目標とし、この実現に向けて、人を知り、人に合わせ、人を高める技術の研究開発と社会実装を行う」において、当グループは、「快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術の研究開発」、そして「従来は計測できなかった、観ることができなかった物理的・生理的事象を計測可能とする技術開発」を基軸として連携研究を推進し、その達成に貢献することを目標とする。

具体的には、電磁波（ラジオ波（MRI）、赤外光、近赤外光、可視光、放射線）を用いた新規検出・解析方法の創出及び高度化と共に、電気生理計測、生化学計測等の相互補完的な活用によって、(1) 生活環境での正確なヒト脳機能モニタリングの実現に資する「ヒト脳活動の機能的分光計測技術」、(2) 脳・生体組織の新規計測方法の開発と機能解明に資する「脳・生体組織の物理・生理情報新規計測技術」の確立を推進する。

研究テーマ：テーマ題目6

ニューロテクノロジー研究グループ

(Neurotechnology Research Group)

研究グループ長：長谷川 良平

(つくば中央第2)

概要：

神経科学研究で得た知見に基づき、人々の「生活の

質 (QOL) 向上や、新産業の創出を視野に入れたさまざまな研究開発を行う。そのため、人や動物の脳・神経系の構造・機能を調べる基礎研究と先端医工学技術を融合させることによって、身体及び精神機能を補償・拡張するブレイン・マシン インターフェース (BMI) 等の開発・実用化を目指している。特に精力的に開発を行っているのは以下のテーマ：

- 1) 脳波による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」、2) セラピー効果のある動物型ロボット「パロ」、3) 障害者・高齢者等配慮視覚支援技術と標準化、4) 脳型人工知能、5) リアルタイムニューロマーケティング、6) マルチモーダル感性支援技術である。

具体例として1) に関する詳細を紹介する。本テーマでは、脳と機械を繋ぐ BMI 技術として、頭皮上で非侵襲的に計測した脳波のリアルタイム解読によって脳内意思を解読し、CG やロボットのアバターを介して外部に伝達する装置「ニューロコミュニケーター」の開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目5

システム脳科学研究グループ

(Systems Neuroscience Group)

研究グループ長：高島 一郎

(つくば中央第2)

概要：

高次脳機能の神経科学的研究を行い、脳で行われている認知や行動様式の基礎となっている情報処理の仕組みの解明を目指す。表情など複雑な視覚刺激の認識、感覚情報の統合、選択的注意、運動指令の構築、時間・空間表現などの脳内メカニズムの解明を進めることにより、脳が持つ高い適応能力を備えた人工知能技術や、脳の潜在能力を引き出し支援する情報システム技術の実現に向けた基盤的研究を展開する。脳機能計測をコア技術として、神経情報を各種電子機器の制御に利用するブレイン・マシン・インタフェース (BMI) 技術や、疾病診断の生理的指標として有用な視線・瞳孔計測装置などの開発を進める。脳内化学的信号伝達の可視化など新しい脳機能計測技術の開発にも挑戦する。また、脳損傷モデル動物を用い、脳損傷後の回復に伴う脳の機能および構造変化を解明することにより、脳のメカニズムに基づく新しいニューロリハビリテーション技術の提案を行う。

研究テーマ：テーマ題目6

【テーマ題目1】 サービス工学

【研究代表者】 持丸 正明 (人間情報研究部門)

【研究担当者】 大隈 隆史、河本 満、蔵田 武志、
興梠 正克、平野 聡、宮下 和雄、
依田 育士 (以上、サービス観測・モデル化研究グループ)、

河本 満、幸島 明男、竹中 毅、
三輪 洋靖、山本 吉伸 (以上、サービス設計学研究グループ)、
車谷 浩一 (人間情報研究部門)、
本村 陽一、櫻井 瑛一、西村 拓一、
福田 賢一郎、渡辺 健太郎 (以上、人工知能研究センター)
(常勤職員18名、他7名)

【研究内容】

サービスは GDP においても雇用においても日本経済の7割を占めるようになった。特に、急速に進む少子高齢化などの社会構造変化や、企業の業務効率化のためのアウトソーシングなどによりサービスへの需要は拡大しており、製造業と並んで日本の経済成長の牽引役となることが期待されている。しかし、このような期待に対してサービス産業の生産性の伸び率は低く、その向上は急務となっている。こうした状況を背景として、政府レベルの政策においても、サービス生産性向上は重要課題と位置づけられている。

これを受け、本研究課題では、サービス現場においてデータに基づいて仮説を立て、それを検証しながらサービスを改善していく「サービスの最適設計サイクル」が自立的に廻るようにすることをグランドチャレンジに据える。このグランドチャレンジに向けて、最適設計サイクルの要素となる観測、分析、設計、適用の各技術群の研究開発と実用化、さらにはサービス産業への最適設計サイクルの普及を目標とする。

サービス観測・モデル化技術に関する研究に関しては、歩行者自律航法 (PDR: Pedestrian Dead Reckoning) の考え方を応用した振動解析ベースの車両自律航法技術 (VDR: Vehicle/Vibration-based Dead Reckoning) の研究開発を立ち上げた。メニーセンサでの全身姿勢と位置方位の同時計測システムを開発した。企業と FPGA (Field Programmable Gate Array) を用いたカメラ一体型ステレオビジョンの開発を行い、車両の衝突検知と人流解析を応用先としたコアパーツの基礎開発を完了させた。統合測位についても、オフライン最適化手法と時系列パーティクル投票によるエリア判定手法を開発した。サービスフィールドシミュレータ (SFS) のパーソナルモビリティシミュレーション等の機能拡張を支援した。

社会問題解決型研究においては、まず、ER (緊急処置室) シミュレーション教育について、心肺停止 (CPA) 症例を1年間継続実施し、その教育モデルをまとめた。災害医療救護訓練難型などを HP で無料配布するとともに、2種のアプリを無料公開した。

シミュレーションによるサービス設計支援に関しては、より公正な生鮮品のオークションメカニズムとして、バイヤーの取引失敗に対して個人合理性を保証しながらペナルティを課すメカニズムを考案し、マルチエージェント

トによるシミュレーション実験により、当該メカニズムがセラーの収益を改善することを確認した。流通分野における具体的な課題を解決するための制度設計に関しては、これまでのカキを対象とした電子商取引実証を、生鮮品の電子商取引一般的に拡張した。

サービス設計工学の実践的アプローチに関しては、看護・介護サービスの現場において、従業員が主体的に作業プロセスを見直し、その作業に必要な道具の仕様を考え、業務改善することを支援する現場参加型開発支援技術の構築を進めた。特に、従業員が暗黙に体得している行動知識を、小さい知識インスタンスとして聞きだし、これを介護マニュアルから構成した介護プロセスの知識構造（オントロジー）のツリー上に配置し、現場起点での介護知識構造体系を構築した。これを従業員に共有することで、従業員個人の暗黙的な知識を組織全体で共有することができるようになった。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 サービス工学、現場のラボ化、ラボの現場化、製造業のサービス化、地域活性化、行動計測、環境センシング、G 空間コンピューティング、複合現実、アクションリサーチ、現場参画型開発、現場共有知、ビッグデータ、機械学習、人工知能、サービス最適化、サービス設計、データ同化、社会シミュレーション、マルチエージェントシミュレーション、情報循環、ビッグデータ、ディープデータ、ピアデータ

【テーマ題目2】 組み込み型デジタルヒューマン

【研究代表者】 多田 充徳（デジタルヒューマン研究グループ）

【研究担当者】 多田 充徳、宮田 なつき、小林 吉之、保原 浩明、村井 昭彦、中嶋 香奈子、橋詰 賢、丸山 翼、河内 まき子（以上、デジタルヒューマン研究グループ）
（常勤職員6名、他3名）

【研究内容】

従来のデジタルヒューマン技術とは、CAD ソフトウェアと連携して、製品の操作性や安全性をコンピュータ上で検証するための身体モデルと、そのような検証を行うための一連のアルゴリズムのことであった。この狭義のデジタルヒューマンに代わり、製品や環境など様々なシステムに組み込むことで、製品の使用価値やサービスの共創を実現するための技術が組み込み型デジタルヒューマンである。実験室での評価実験と、コンピュータを用いたオフライン解析が主たる方法論であった従来のデジタルヒューマン技術とは異なり、実際の使用状況を考慮した生活環境での評価実験と、計測、解析、そしてそれに基づくオンライン介入を実現することで、製品やサー

ビスを開発する設計者が、それを使用する消費者の行動や情動に関する情報を消費者自身と共有しながら、使用価値の高い製品やサービスを創出できるようになる。これを実現するには、環境や身体に設置された IoT センサを用いて生活環境における消費者の行動や情動を簡便に取得するための計測技術、計測した情報と身体モデルに対して運動学・動力学演算を行い筋活動や消費エネルギーのように実測が難しい身体情報を高速に計算するための解析技術、そして計算した身体情報を用いて製品の使用価値、運動パフォーマンス、そして生活機能などが向上するように製品や環境を変容させる介入技術が必要となる。また、計測から介入までのループを持続的に回すためには、即時的な介入によるゲーミフィケーションや、長期的な介入によるサービタイゼーションの実現が有効である。このような組み込み型デジタルヒューマンの具体的な事例として、歩行への介入や Interactive Room におけるリアルタイム運動計測の実現と生活体験の向上に関する研究に取り組んでいる。

歩行への介入では、光学式モーションキャプチャでリアルタイム計測した姿勢情報の歩行者へのフィードバックや、IMU センサでリアルタイム計測した遊脚筋肉への振動介入により、意識的・無意識的に歩行を変容させることを目的とした研究を推進した。これらは、歩行運動のモニタリングによるより良い歩行のコーチングや転倒リスクの低減のように、長期的な健康増進サービスへの展開が期待できる。

Interactive Room とは、組み込み型デジタルヒューマン研究の実証の場である。実験室の制御性と生活空間のリアリティを兼ね備えた模擬生活空間であり、詳細な計測装置と、簡便な IoT センサの双方を備えている。これを活用した運動計測と生活体験の向上に関する研究では、身体に貼付した IMU センサを用いてリアルタイム全身運動計測を実現した。さらに、身体と製品、製品と環境、そして環境と身体の相互作用を計算し、それらを関節トルクや足部の軌跡を通じて視覚的にフィードバックすることで、生活運動に伴う身体負荷や自身の動きを直感的に理解できるようにした。このような技術をベースに、様々な介入とその効果を評価することで、個々の生活者に対して適切なフィードバックをデザインできるようにする。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 生活空間、オンライン計測、オンライン介入、使用価値、サービス、共創

【テーマ題目3】 高齢者食事支援のための「食べる楽しみ」回復技術の開発

【研究代表者】 井野 秀一（身体適応支援工学研究グループ）

【研究担当者】 井野 秀一、遠藤 博史、金子 秀和、関 喜一、近井 学（以上、身体適応支

援工学研究グループ)、
 梅村 浩之 (人間環境インタラクション
 研究グループ)
 三輪 洋靖 (サービス設計学研究グルー
 プ)、
 木村 健太、藤崎 和香 (自動車ヒュー
 マンファクター研究センター)
 (常勤職員9名、他3名)

【研究内容】

私たちは毎日の食事によって健康な生活を営んでいる。しかし、加齢や脳血管障害等で摂食・嚥下機能に障害が起きると、誤嚥による肺炎や窒息、精神的な不安、介護食・嚥下食による食べる楽しみの喪失、そして食事量が減ることによる栄養状態の低下といった様々な問題が負の連鎖的に生じる恐れがある。高齢者らの食事に関するQOL (Quality of Life) の維持・向上は、長寿社会の日本が抱える大きな課題のひとつである。そこで、本研究課題では、病気や加齢などによる摂食・嚥下障害のリスクをできるだけ軽減し、高齢者が食べる楽しみを失わないための新発想の食事支援技術の実現を目指し、「高齢者のメンタルモデルに基づいた嚥下トレーニング法の構築」「嚥下能力の簡易評価技術の開発」「食感向上のための感覚フィードバック技術の開発」を主軸に研究展開し、介護や医療の現場と相互連携しながら、総合的に研究・開発を進めている。

①高齢者のメンタルモデルに基づいた嚥下トレーニング法の構築：高齢者が嚥下機能維持のためのリハビリテーションを楽しみながら行えるようにするための高齢者の心身状態に合わせた口腔機能トレーニングシステムの提供を目的とした研究を行っている。今年度は、昨年度多世代に対して行った食において何を楽しみにしているかのアンケート結果から得られた因子「食事の質」、「一人で楽しめる」、「とにかく食べる」、「親しい人と楽しむ」を用いて高齢者の楽しみがどのように変容しているかを検討した。その結果、高齢者において「とにかく食べる」への楽しみが減少すること及び、「親しい人と楽しむ」が減少する傾向がみられた。前者については食が細くなるためであると考えられ、介入は難しいと考えられるが、後者についてはあきらめも入っていると考えられ、リハビリにおいてもこのような側面を考慮した介入方法があることが示唆された。

②嚥下能力の簡易評価技術の開発：音を利用した嚥下の簡易評価技術の構築のための基礎研究として、従来の音響学的検査として多く用いられてきた計測可能周波数が可聴域の音響センサに加え、計測可能周波数がより広帯域なAE (Acoustic Emission) センサを用いて嚥下動作時の音信号の計測を行った。嚥下機能障害などの原疾患がない被験者を対象とした計測実験において評価試料の粘度を変化させた時のそれぞれの嚥下時の音信号を比較すると、AE センサで計測した嚥下音は音響センサで

計測した嚥下音に比べて嚥下持続時間が相対的に長くなることがわかった。また、地域中核病院における嚥下造影 (VF) 検査時の嚥下音の同時計測を実現するためのシステム構築および実験計画の立案を進め、臨床現場における計測実験の基盤構築を行った。共同研究先の歯学部での計測実験では、上顎腫瘍切除後で口腔と鼻腔の交通のある実験対象者に対して、義歯装着時と非装着時の嚥下音の違いを音響センサによって計測した。この実験では、実験対象者の顎義歯装着有無による嚥下音の違いが認められた。よって、音を利用した嚥下の簡易評価技術が臨床における嚥下機能評価に有用である可能性が示唆された。加えて、食品加工業との結びつきのある地方公設試とは、共同で筋電図を利用した嚥下評価に関する研究を開始し、節電信号の計測結果がばらつく要因の検討を行った。今後、更に高度な嚥下音評価を行うため、人工知能を用いた分析を検討する予定である。

③食感向上のための感覚フィードバック技術の開発：介護食の食べる楽しみの向上を目指して、咀嚼時の筋電信号を音に変換して疑似的な咀嚼音として聞かせる感覚フィードバックシステムの研究を行っている。昨年度までの実験室での実験により疑似咀嚼音の効果が確認されたため、今年度は病院や介護現場で使用できる装置を実現するためのシステム開発を行った。実際の食事場面での使用を想定し、咀嚼側の影響を受けない側頭筋を利用した筋電信号の計測法を実現し、ドライ電極と組み合わせることで装着が簡便な装置を試作した。さらにより簡便でシンプルな装置の実現を目的として、筋電信号を用いない装置の検討も開始した。筋電信号を使わない場合は噛む動作の検出から疑似咀嚼音の提示までに時間遅れが生じる。そこで高齢者を対象に疑似咀嚼音の遅延知覚特性を調べた結果、音の遅れを100~150 ms程度に抑えることができれば、時間遅れを感じない疑似咀嚼音提示装置を実現できることが分かった。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】食事、咀嚼・嚥下、高齢者、リハビリテーション、生体情報、福祉技術

【テーマ題目4】アクセシブル情報デザイン技術

【研究代表者】氏家 弘裕 (感覚知覚情報デザイン研究グループ)

【研究担当者】氏家 弘裕、伊藤 納奈、大山 潤爾、倉片 憲治、渡邊 洋 (以上、感覚知覚情報デザイン研究グループ)、多田 充徳 (デジタルヒューマン研究グループ) (常勤職員5名、他9名)

【研究内容】

日常の営みにおいて、人々は製品や環境から様々な情報を取得し、これを行動や思考に利用しているが、こうした情報が人々に有効に利用されるためには、感覚・知覚及び認知における情報処理特性に適合していることが

必要不可欠である。とりわけ、発達や加齢に伴う処理特性の変化や障害等による影響に配慮して、誰もが安全で快適に生活できる環境を整えることが重要となっている。そこで、当該研究テーマでは、人の感覚知覚及び認知特性の加齢変化や障害者の特性などその機能の多様性に配慮するとともに、情報提示によって健康障害を生じないような情報デザインの普及をめざす。そのために、アクセシブルデザイン技術(高齢者・障害者配慮の設計技術)や映像の生体安全性技術を含むアクセシブル情報デザイン技術について、人間工学的指針の研究開発と標準化、及びその普及活動を実践することを目的とする。

上述の目的を達成するために、主に以下に述べる4つのステップを実施する。第一に、人々の感覚知覚及び認知特性について、高齢者・障害者の機能特性や情報提示に伴う健康障害の特性について、科学的視点にたった知見の集積を基礎研究として進める。この段階では、実験心理学に基づいた心理的計測方法に基づくとともに、必要に応じて生理計測や行動計測を併用する。第二に、集積された基礎的知見をもとに、日常において想定される特定の情報提示において、その提示条件や提示方法による知覚・認知特性の変化を系統的に明確化する。また、これにより、情報デザインとして不可欠な要素を抽出し、さまざまな理由で生じ得る個人差にも配慮しつつ、その影響特性を指標化する。この段階では、データの多様性をどのように効果的に指標化できるかが研究開発のポイントとなる。さらにこの成果を、適宜、データベース化して整理することで、その活用を図る。実際に、これまでに、「高齢者・障害者の感覚特性データベース」をウェブ上で公開している。第三に、指標化された情報デザイン要素について、実際の情報利用場面に即して、その適正範囲や許容限界を決定し、これらを基盤として人間工学的指針を開発するとともに、JIS(日本工業規格)やISO(国際標準化機構)などで、その規格化を図る。第四に、規格化された人間工学的指針の普及を様々な活動により推進する。例えば、基礎的知見をもとに影響要因の指標化を進める中で整理されたデータベースをもとに、実際の情報利用場面に即して条件ごとの提示情報の状況を具体的に示しながらその妥当性を検討できるデータベースシステムを上述のように公開したり、製品に含まれる影響要因を分析することで情報提示が生体に与える影響を推定するシステムを開発したり、あるいは、こうしたシステムの利用促進を進める社会システムの構築を図る。実際に、これまでに、生体に与える影響を推定するシステムとして、「映像酔い評価システム」のプロトタイプを外部研究機関と協力しながら構築している。

当該研究テーマにおいて、平成29年度は具体的に以下の事業が進められた。

高齢者・障害者配慮については、製品やサービスの標準化を念頭においた人間工学データを幅広く網羅した技術報告書である ISO/TR22411の改訂作業および個別テ

ーマの国際規格化提案が進められた。消費生活用製品の操作性は NP 投票準備、報知光と音声案内は NP 投票で可決され新規課題登録となった。色の組み合わせは Part2、Part3となる色覚異常のデータ収集及びロービジョンの原案作成と NP 提案準備、最小可読文字サイズ推定法は CD を原案作成、触知図形の基本設計方法は CD 投票を行い DIS 準備を開始した。また、提案していた映像コンテンツのバリアフリー化に向けた補助字幕の設計手法に関する国際規格が、CD 投票にて賛成多数で採択され、規格発行に近い DIS 投票まで進んだ。また、個人特性に合わせたパーソナライゼーションデザインを、ユーザにもサービス提供者にも負担をかけずに提供できるシステム「デザインソムリエ」を開発した。一方、映像の生体安全性については、ディスプレイの高解像化や VR 技術の急速な進展に対応するため映像酔いの国際規格化を国際標準化機構 (ISO) にて提案を実施し、投票段階に進んだ。また、この規格化の基盤となる基礎的知見を整理した技術報告書の提案も同時に行い、同様に投票段階へと進んだ。

現在、科学技術の進展に伴い、多様な情報提示手法が開発されるとともに、インターネット環境の急速な普及により、情報提示の多様な展開が進みつつある。このような状況において、いわゆる技術優先ではなく、誰もが情報を安全に、また快適に利用できる過ごしやすい環境を整備することの必要性が高まっており、こうした観点から当該研究テーマの役割は大きい。そのために、今後さらにアクセシブル情報デザイン技術の開発と普及促進を図っていく。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】感覚・知覚情報、高齢者・障害者配慮、アクセシブルデザイン、映像の生体安全性、イメージ・セイフティ、標準化

【テーマ題目5】ニューロコミュニケーター

【研究代表者】長谷川 良平(ニューロテクノロジー研究グループ)

【研究担当者】長谷川 良平、稗田 一郎、松本 有央(常勤職員3名、他4名)

【研究内容】

日本のような超高齢化社会では、進行性の神経難病や脳卒中などが原因で、運動機能に重度な障害を持つ障がい者が多数存在する。そのような方々の中には、たとえ感覚機能や認知機能が正常であったとしても、運動機能が極度に低下しまったために発話や書字などによる意思伝達が困難な場合があり、特に既存技術による対応が困難な重度の運動機能障がい者の意思伝達支援技術の開発が急務とされている。

そのような状況のなか、近年、脳と機械を直結するブレイン-マシンインターフェース (BMI) 技術を用いた次世代医療福祉技術の研究開発が盛んとなっている。研究

代表者を中心とする研究チームでは、いち早く BMI 技術に着目して精力的に開発を進めた結果、2010年3月、頭皮上脳波 (EEG) のリアルタイム解析による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」の試作に成功した (多数の関連特許を取得)。現在、この装置の高度化 (CG 及びロボットアバターの導入や解読の高速化) を行いつつ、「完全閉じ込め状態」にある最重度の運動機能障がい者の意思伝達支援のための臨床研究を実施中である。また、S/N 比の悪い脳波をスイッチとして用いるだけでなく、「最重度一歩手前」で瞬き (まばたき) が可能な重度障がい者に関しては、瞬き関連の眼電位をスイッチとして用いるために、ニューロコミュニケーターのコア技術を活用した瞬きによる意思伝達装置「プリンクコミュニケーター」の開発も並行して進め、早期の実用化を目指している。

このような生体信号に基づくスイッチによって選択する技術とともに重要なのが、メッセージを生成する過程を支援する技術である。我々はすでに階層的にデータベース化されたメッセージのなかから選択を繰り返すことで、多様で複雑なメッセージも瞬時に生成することができる技術 (特許取得の「階層的メッセージ生成システム」) を開発し、ニューロコミュニケーターに組み込んでいる。このシステムで用いているメッセージデータベースは、患者ごとにカスタマイズすることが可能であるとは言え、基本的には固定化されているために、どのような状況においてもメッセージを選べるようにするためには予め莫大な数を登録する必要がある。また、その巨大なデータベースから希望の一つを選ぶとなると、複雑な階層構造をすべて把握している必要があり、認知機能の衰えがちな高齢者及び長期の「寝たきり」患者には負担が大きい状況である。さらに、そうして選ばれたメッセージ内容も現在の CG アバターは言語内容しか伝達することができず、コミュニケーションに重要な非言語情報をカバーしていない。

そこで、本年度、対話者 (介護者) の言語/非言語メッセージを把握する画像/音声識別技術に基づいて、現在進行中のコミュニケーションの文脈を的確に把握してユーザー (障がい者) に有用な言語メッセージの候補を提案する人工知能技術の開発を行った。また、提案された複数の候補のうちから、ユーザーにとって最適な言語メッセージを (リアル脳) の脳波スイッチで選べるシステム (ハイブリッド BMI) の試作開発を開始し、2階層 DB の1階層目である会話のテーマを音声識別結果によって限定することに成功した (長谷川、研究開発リーダー 2018)。この成果は、同テーマを発展させる内容の科研費基盤 (B) 採択に繋がった。

ほか、ニューロコミュニケーターのコア技術を用いた認知機能評価システムや感性評価 (ニューロマーケティング) システムの開発も別途、進めており (長谷川、精密国学2017)、その成果は企業連携や大学等との共同研究

に発展している。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】意思伝達、実証実験、脳波、福祉機器、ロボット、認知機能評価、感性評価

【テーマ題目6】テラーメイド化を目指したニューロリハビリテーションの研究

【研究代表者】肥後 範行 (システム脳科学研究グループ)

【研究担当者】肥後 範行、村田 弓、松田 圭司、高島 一郎、渡辺 由美子 (以上、システム脳科学研究グループ)、山田 亨、兵藤 行志、谷川 ゆかり、川口 拓之、岩野 孝之、瀧田 正寿 (以上、脳機能計測研究グループ)、金子 秀和、菅原 順、遠藤 博史、井野 秀一、近井 学 (以上、身体適応支援工学研究グループ)、藤崎 和香 (自動車ヒューマンファクター研究センター) (常勤職員17名、他25名)

【研究内容】

高齢化の進む日本において、脳の損傷による後遺症は深刻な問題となりつつある。脳血管疾患などにより脳に損傷を受けると後遺症が残ることが多く、発症後に介護を必要とする疾病原因の第一位となっている。近年、脳の回復メカニズムに基づいた新しいリハビリであるニューロリハビリテーションが注目を集めているが、十分に効果的な方法が確立されているとは言い難い。本課題では、脳損傷によって身体機能が低下した患者の機能回復訓練において、脳内に代替神経回路網が適切かつ効率よく形成できるように、個人の脳状態をモニタリングしながら訓練支援、介入を行う「テラーメイド型ニューロリハビリテーション」の研究開発を行う。また将来的に、本研究で開発するリハビリ技術を医療の現場だけでなく、フィットネスや在宅での身体機能の訓練技術として汎用性の高いものを目指す。

本研究課題は、(1) 機能回復に関わる脳の変化を知るための適切な脳損傷モデルの開発、(2) 脳の変化をモニターしてフィードバックするfNIRS (機能的近赤外分光法) による評価技術、(3) 望ましい脳の変化を促進する介入技術の3つの技術開発を、動物とヒトの両方を対象とする実験研究と臨床応用研究を連携させて進める。

本年度は要素技術間の連携による成果が得られた。(1) の脳損傷モデルと、(2) のfNIRSを用いた脳機能の評価技術の連携により、モデル動物であるサル脳に対して運動中に安定したfNIRS計測を行うことに成功した。さらに、これまでに本プロジェクトのメンバーが確立した、世界で脳卒中の臨床に最も近い動物モデルであるマカクサル内包梗塞モデルに対してfNIRS計測を適用し、内包

梗塞後の機能回復過程で生じる脳活動変化をとらえることに成功した。運動前野および補足運動野と呼ばれる領域の脳活動が運動機能回復に重要であることが分かったため、これらの脳活動を上昇させるような運動プログラムが、機能回復を促進するために重要であると考えられる。さらに、(1)の脳損傷モデルと、(3)望ましい脳の変化を促進する介入技術の開発に関する連携の成果の一例として、前肢への運動アシストが運動変容にもたらす効果を解明した。健常ラット及び脳梗塞片麻痺ラットに選択反応時間タスクを学習させる際、エラーの起きた試行の次の試行において強制的に応答動作様の運動を引き起こすことで学習過程に介入でき、タスクの学習を促進させ得る可能性を示唆するデータを得た。このようにエラーの起きた試行の次の試行において強制的に応答動作様の運動を引き起こすことは、あるタイミングでうまく身体を動かせなかった場合に正しい動きを教えるという状況を模擬していると考えているが、正応答となる動作を引き起こすことで学習過程が遅延し、誤答となる動作を引き起こすことで促進されるという結果が得られていることから、正しい動きを教えることが必ずしも運動学習を促進するわけではないことを示している。これらの知見を、新たなニューロリハビリテーション技術として応用することで、脳損傷患者に対する臨床に貢献できる。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】リハビリテーション、脳機能回復、トランスレーショナルリサーチ

④【知能システム研究部門】

(Intelligent Systems Research Institute)

(存続期間：2001.4.1～)

研究部門長：河井 良浩

副研究部門長：吉田 英一

研究主幹：安達 弘典

所在地：つくば中央第1、2、臨海副都心センター

人 員：48名(48名)

経 費：1,284,992千円(539,620千円)

概 要：

知能システム研究部門では、情報・人間工学領域の方針に従い、産総研が長期的に「橋渡し」の役割を果たしていくため、将来の橋渡しの基となる革新的な技術シーズを生み出す目的基礎研究に取り組むことを第1のミッションとしている。第3期までに確立した技術シーズ、第4期で確立する技術シーズは、民間企業ばかりでなく、公設試等とも連携し、順次全国レベルでの「橋渡し」研究に繋いでいくことを第2のミッションとしている。

第4期中長期目標期間においては、情報・人間工学領域の重点研究課題の一つである「産業と生活に革命

的変革を実現するロボット技術の開発」を達成するために、「環境変化に強く自律的な作業を実現するロボット中核基盤技術」の研究開発を重点的に推進している。また、ロボットイノベーション研究センターと協力し、介護サービス、屋内外の移動支援サービス、製造業など様々な産業においてロボットによるイノベーションの実現をめざし、人間共存型産業用等のロボットや評価基準・評価技術などの関連技術を開発している。さらに、「ビッグデータから価値を創造する人工知能技術」「産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステム技術」「快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術」についても、人工知能研究センター、情報技術研究部門、人間情報研究部門と協力しながら研究開発を推進している。

第4期中長期計画期間中に、国際的に最高水準の研究機関を目指した組織体質の改革を実施し、第5期中長期計画に継承させる。

平成29年度の重点化方針は、第4期中長期計画に対応した、目的基礎研究、「橋渡し」研究前期における研究開発を重点に実施するとともに、「橋渡し」研究後期についても、直接・間接の両者により民間資金を獲得し実施することとした。

この方針に基づき、知能システム研究部門で実施する代表的な目的基礎研究としては、高度な空間情報取得・理解技術を構築するために、画像センシングおよびパターン認識に関する基盤技術の研究開発を行っている。平成29年度は、空間情報センシング技術に関して、従来の可視光の2次元または3次元計測という枠を超え、ハイパースペクトルデータ(紫外域から赤外域まで連続的に含むデータ)やライトフィールドデータ(空間全体の光情報を4次元で捉えたデータ)を取得・処理するフレームワークを構築した。

当研究部門で実施する代表的な「橋渡し」研究前期における研究開発としては、ドライバ不足やコスト抑制に対応し、過疎地域や交通弱者への移動手段として期待されている自動走行技術を活用した新たな移動サービスである端末交通システムの社会実装を目指し、必要な技術開発、社会受容性や事業面の検討等を行っている。平成29年度は、小型カートを用いた遠隔操縦等を含む自動走行技術のテストコース上での評価や安全性等の検証を実施し、実証地域に合わせた事業モデルやシステム構成の構築検討を進め、各地域において技術検証を実施し、関係省庁と連携して制度的取扱について検討を行った。また、大型建造物の生産現場における過酷環境での作業に対応するロボットシステム実現を目指し、必要なロボット技術を開発している。平成29年度は、多点接触動作制御技術として、複数の姿勢を並列に考慮するロボスタな動作計画手法と、二次計画や優先度付きタスクなど異なる手法を統合する制御手法を開発し、全身動作によるレンチによるボル

ト締め作業、ブレーカのスイッチの点検作業、ケーブル取り付け作業などに適用した。

そして、当研究部門で実施する「橋渡し」研究後期における代表的な研究開発として、先進的な産業車両・物流システム実現を目指し、必要な技術基盤の研究開発を行っている。平成29年度は、フォークリフトの自律運転や作業支援、物流ソリューションに資する技術基盤の研究開発を行った。

内部資金：

- ・戦略予算「次世代ヒューマノイドロボット HRP-5の開発」
- ・エッジランナーズ「畳み込みニューラルネットワークのシンソウ学習」

外部資金：

経済産業省

「平成29年度省エネルギーに関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費（省エネルギー等国際標準共同研究開発：IoT 社会実現に向けた住宅設備連携における機能安全に関する国際標準化）」

「平成29年度「高度な自動走行システムの社会実装に向けた研究開発・実証事業：専用空間における自動走行等を活用した端末交通システムの社会実装に向けた実証」」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト/ロボット・ドローンに関する国際標準化の推進/デファクト・スタンダード」

「次世代人工知能・ロボット中核技術開発/次世代人工知能技術分野/人工知能技術を用いた植物フェノミクスとその応用に関する先導研究」

「次世代人工知能・ロボット中核技術開発/次世代人工知能技術分野/AI×ロボティクスによる高度マテリアルハンドリング・システムの研究開発」

「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト/イメージング技術を用いたインフラ状態モニタリングシステム開発/道路構造物ひび割れモニタリングシステムの研究開発」

「SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）/インフラ維持管理・更新・マネジメント技術/維持管理ロボット・災害対応ロボットの開発/橋梁・トンネル点検用打音検査飛行ロボットシステムの研究開発」

「次世代人工知能・ロボット中核技術開発/（革新的ロボット要素技術分野）自律型ヒューマノイドロボット/非整備環境対応型高信頼ヒューマノイドロボットシステムの開発」

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

機体管理及び安全性検証等に関する研究開発「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト/無人航空機の運航管理システム及び衝突回避技術の開発/運航管理システムの全体設計に関する研究開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構

革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）

「タフ・ロボティクスのためのタフ・ワイヤレス技術の研究開発」

「極限環境シミュレーションプラットフォーム Choreonoid の開発」

研究成果展開事業（戦略的イノベーション創出推進プログラム）（Sイノベ）

「高齢者の記憶と認知機能低下に対する生活支援ロボットシステムの開発」

研究成果展開事業（センター・オブ・イノベーション（COI）プログラム）

「感性とデジタル製造を直結し、生活者の創造性を拡張するファブ地球社会創造拠点」

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

「果実生産の大幅な省力化に向けた作業用機械の自動化・ロボット化と機械化樹形の開発」

「自律移動ロボット技術を用いた半自走式草刈機の開発」

農林水産省（農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所）

「平成29年度栽培・労務管理の最適化を加速するオープンプラットフォームの整備委託事業」

一般財団法人日本自動車研究所

「平成29年度「高度な自動走行システムの社会実装に向けた研究開発・実証事業：自動バレーパーキングの実証及び高度な自動走行システムの実現に必要な研究開発」」に係わる業務委託契約のうち、「認識・判断データベースの性能評価」

独立行政法人日本学術振興会 科研費補助金

基盤研究（A）

「人型システム力学理論の新展開とインタラクション指向モーションシンセシスの創成」

「全身感覚運動情報の多相計測と能動再構成に基づく身体性変化即応認知行動機能の研究」

「運動の獲得と学習に介入するスポーツ・シミュレーション科学」

基盤研究（B）

「Cutting-edge multi-contact behaviors」

「多視点3次元観測画像を用いた衣類の仮想展開に関する研究」

「次世代協働ロボット：行動神経学に基づく「安心でできる」ロボットの動きの解明」

「オブジェクトピッキングの観点に基づく物品配列パターンと把持動作計画」

「一般化差分部分空間に基づく特徴抽出の完全解明と機能強化」

基盤研究 (C)

「パターン認識のための特徴量変換に関する研究」

「異種音声単位と複数言語を用いた高分解能音声特徴空間の構築と応用の研究」

「高度なマニピュレーション作業における失敗からの回復技能の解明」

「複数物体の最密充填と安定性を制御する詰込みに関する研究」

「喉頭全摘出者の代替発声を対象とした声質改善装置の研究開発」

「ロボットの力制御を統合的に扱う拡散パラメータ型マルチスケール・マルチラテラル制御」

「DNN を用いた音声による音声の検索の高精度・高速・低資源システムの実現」

「モバイル機器を利用した反転授業とその効果に関する研究」

研究活動スタート支援

「環境モデル獲得に基づくヒューマノイドロボットの未知環境適応全身移動計画法の実現」

若手研究 (B)

「アシスト装具と身体能力に応じた動作戦略の変化に関する研究」

「深層学習を用いたアクション指向物体認識」

挑戦的萌芽研究

「人工手指を自分の手指のように動かす：ヒト脳活動を用いた人工手指の自然な学習」

特別研究員奨励費

「環境変動を予測したヒューマノイドロボットの動作計画」

発 表：誌上発表113件、口頭発表204件、その他24件

ヒューマノイド研究グループ

(Humanoid Research Group)

研究グループ長：金広 文男

(つくば中央第1)

概 要：

人間工学的に不適切な姿勢での作業や重負荷作業、単純繰り返し作業、有害・危険な環境での作業等が求められる過酷環境で働く人間の活動を代替できるヒューマノイドロボットを目指し、ヒューマノイドロボティクスに関する基盤研究・工学的研究を行っている。転倒にも対応可能な強靱な身体能力に加え、手足の区別なく全身を利用でき、環境との密なインタラクションを可能とするセンシング能力を持つヘビーデューティヒューマノイドロボットのハードウェア及びシミュレータ等の基盤ソフトウェア、過酷環境内を2足歩行に限らず全身を用いて環境に適した方法で移動し、手先のみならず全身を使って作業するための全身運動計画・制御機能、容易な作業の教示手法を実現すべく活動している。

研究テーマ：テーマ題目1

フィールドロボティクス研究グループ

(Field Robotics Research Group)

研究グループ長：加藤 晋 (つくば中央第2)

概 要：

少子高齢化社会において、重労働・危険作業者の減少対策や移動手段の確保のため、人の代わりに作業や移動を支援することや、自律的に行うシステムが期待されている。フィールドロボティクス研究グループでは、特に「災害対応」、「社会/産業インフラの維持・整備」、「快適社会の実現」などに資するロボティクス技術の研究・開発を進め、これらの実環境下における移動、運搬、情報収集、探索、点検や各種作業の安全かつ効率化を実現する移動・作業型システムの実現を目指している。具体的には、災害調査ロボット、インフラ点検用ロボット、自律作業システム、モビリティシステム、ITS (高度道路交通システム) やロボットの自動運転や運転・作業支援を対象に、環境認識技術、移動機構・制御技術、ナビゲーション技術、遠隔制御技術、ヒューマンインターフェース技術、通信技術など、屋外環境で使えるシステム技術や要素技術に関する研究を推進している。

研究テーマ：テーマ題目2

スマートコミュニケーション研究グループ

(Smart Communication Research Group)

研究グループ長：小島 一浩

(つくば中央第1)

概 要：

人と人、人とシステム、システムとシステムなど、つながりが形成されるプロセスに着目し、様々なセンサデバイスと情報ネットワークによる行動・環境分析、ロボット技術 (RT) による統合化によって、より豊かで人間本位のコミュニケーション環境を実現する研究開発を行っている。音や電波による計測・分析技術の

研究開発、住宅から街全体まで考慮したスマートコミュニティ型 RT システムという生活・産業支援を実現するプロトタイプシステムの開発を進めている。モノ、ヒト、社会をスマートにつなげ新たな価値を創造する技術の開発を進めていく。

研究テーマ：テーマ題目3

マニピュレーション研究グループ (Manipulation Research Group)

研究グループ長：喜多 泰代

(つくば中央第1)

概 要：

3次元視覚情報処理、力覚・触覚情報処理、把持・作業計画など、知能システムに要求される作業知能に関する要素技術の高度化を中心にロボット作業の体系化を図り、様々なニーズに応えうるロボットマニピュレーション技術の確立を目指した研究開発を行っている。特にセンシング技術と作業技術の密な融合による高精度で柔軟性の高い作業知能技術を確立し、産業界への展開を目指す。具体的には、一般物体を状況に応じて的確に操作できることを目標に、操作方法のデータベース化及び学習、組立作業の自動計画、対象特性（柔軟性、配列パターン）を考慮した状況認識・動作計画などの基盤技術を高める。また、企業との連携を通じ、確立した技術の産業界への展開を目指した研究を同時に進めている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4、テーマ題目7

コンピュータビジョン研究グループ (Computer Vision Research Group)

研究グループ長：佐藤 雄隆

(つくば中央第1)

概 要：

AI 技術の発達は目覚ましく、実環境を的確にセンシングするためのいわゆる「機械の目」に関する技術開発への産業界のニーズが急速に高まっている。このような技術は、自動運転、製造、セキュリティ、社会インフラ検査など様々な分野において広く重要とされており、その高度化が望まれている。このような背景のもと、多眼カメラレイシステムや高速3次元計測システムなど視覚情報のセンシング能力を大きく向上させるための研究を行うと同時に、パターン認識技術や3次元情報処理技術など、センシングした情報を的確に解析するための技術に関する研究開発を行っている。また、要素技術の高度化に関する研究のみならず、開発した技術を産業界はもちろんのこと、社会インフラ維持管理といった社会的に重要な課題の解決に活用していくための取り組みも行っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4、テーマ題目5、
テーマ題目7

インタラクティブロボティクス研究グループ (Interactive Robotics Research Group)

研究グループ長：吉田 英一

(つくば中央第1)

概 要：

人と機器や環境とのインタラクションをさまざまな角度からとらえ、製品設計や生活支援に役立つ人間工学・ロボット融合技術として、人型システムの運動生成を統合的に取り扱う新たなモーションセンシス技術、深層学習に基づく動きを含む物体認識・操作技術の開発を行っている。まず、デジタル世界で骨格や筋肉を含む人間の身体形状・構造や運動、さらに環境とのインタラクションを再現することで、人間の認知や行動原理の理解・モデル化を進め、支援機器やロボット、住環境製品を含むさまざまな製品の人間中心設計を実現する支援システムを開発する。また、人間の行動をヒューマノイドにより模擬する技術を開発することにより、人では直接測ることが困難な運動・道具・環境の変化に伴う人への力学的効果を定量化し、動作支援機器などの効果を評価する研究を行っている。さらに、環境や物体とロボットとの高度なインタラクションを可能とするため、深層学習に基づく自律行動する知能を構築するためのアクション指向の物体認識手法、動力学的な変分法を備えた運動最適化理論を深層学習と融合による運動の学習・生成に関する新理論の構築を目指している。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目6

豊田自動織機一産総研アドバンスト・ロジスティクス連携研究室

(TICO-AIST Cooperative Research Laboratory for Advanced Logistics)

研究グループ長：西牟田 武史

(つくば中央第1、臨海副都心センター)

概 要：

近年、少子高齢化に伴う労働力人口の減少、eコマース（電子商取引）の拡大による多頻度・小口配送、効率・迅速性への対応など、物流を取り巻く環境や改善ニーズの急激な変化に対応するため、知能化・自動化された機器による省人化や、効率的で効果的なオペレーションの実現など、新たなソリューションによって、物流コスト低減等、お客さまの幅広い改善ニーズに応えることが求められている。豊田自動織機の保有する高品質・高性能で環境にやさしい多様な製品の開発力、IoT 技術や多くのお客さまへの導入実績に基づく豊富なデータやノウハウに、産総研の高度なロボット技術、AI、データ・アナリティクスなどを適用することで、車両・機器の自律作業を可能とする知能化・自動化や高度なシステムインテグレーションの技術開発を加速し、先進的なロジスティクス・ソリューション

の早期実現につなげ、物流現場の課題解決を図る。

研究テーマ：テーマ題目7

[テーマ題目1] 過酷環境でも働けるベビーデューティヒューマノイド技術

[研究代表者] 金広 文男（ヒューマノイド研究グループ）

[研究担当者] 金広 文男、Benallegue Mehdi、
 阪口 健、森澤 光晴、金子 健二、
 神永 拓、梶田 秀司、中岡 慎一郎、
 熊谷 伊織、Cisneros Rafael、
 佐藤 雄隆、片岡 裕雄、郷津 優介、
 吉田 英一、吉安 祐介、
 Kheddar Abderrahmane、
 Escande Adrien、Audren Hervé、
 植芝 俊夫（知能システム研究部門）、安藤 慶昭、中坊 嘉宏（ロボットイノベーション研究センター）、森 彰、
 井上 純（情報技術研究部門）
 （常勤職員17名、他6名）

[研究内容]

大型構造物（航空機、船舶、住宅、ビル等）組立現場や災害現場等の過酷環境における移動・作業から人間を解放するために、環境をロボットにあわせて整備することなく人間の作業員の移動・作業を代替することが可能なベビーデューティヒューマノイドを実現することを目的とし、必要となる基盤技術を開発している。平成29年度の進捗は以下の通りである。

- a) ハードウェアプラットフォームとして試作機 HRP-5P を用いた各種評価試験を行い、電源系、排熱、関節仕様設定に対する改修を行った。また転倒対応能力向上のための機液ハイブリッド関節及び力感受性の向上のための超冗長力センシングの原理検証装置開発を行った。
- b) 環境計測・認識技術として AI 技術（機械学習）を用いた物体検出アルゴリズムと新たに構築した作業環境に適した画像 DB、HRP-ObjectDB により、97%以上の高精度での作業対象物体検出、姿勢推定を実現し、作業の自律化を推し進めた。また各視点における認識尤度を統計的に用いることで認識率を向上させる基礎検討を行った。
- c) 多点接触動作計画・制御技術として従来手法に対して10倍以上短い周期で接触状態に応じた動作変更が可能な多点接触動作生成アルゴリズムを開発した。また Passivity-based control の手法を浮遊系システムに拡張し、50%のモデル化誤差がある場合においてもロバストに動作可能な制御アルゴリズムの開発を行った。複数の姿勢を考慮した動作計画に適用可能な高速でロバストなアルゴリズムを開発し、従来 O (n³) の計算量であった不等式制約条件付き逐次二次計画法を O

(n²) の計算量に削減し、50以上の不等式制約下で市販のライブラリと比較して8倍高速化を達成した。また市販のライブラリが25%しか解を求めることができなかった問題群を、開発したアルゴリズムは全て解くことができ、より複雑な姿勢においても多点接動作の生成が期待できるロバストなアルゴリズムであることを示した。優先度付きタスクや重み付きタスクなどの異なるタスクを目的に応じて切り替え可能な多点接触動作制御のフレームワークを開発した。柔軟物体の接触による変形を含めたモデル化手法を開発し、ケーブル取り付け作業に適用した。

- d) 高信頼システム化技術としてソフトウェアの自動テストを行い、リグレッションを検出した場合に木差分計算または行ごとの文字列比較に基づいて自動的にパッチを生成する差分デバッグ技術を開発した。また極稀にしか発生しない問題でも確実にその原因調査を可能とする Record-replay デバッグ手法に関する試験実装を行った。
- e) 統合実証として建設現場での応用を想定し、作業台に平置きされた石膏ボード（約11 kg）の山に近づき、上に置かれた工具を発見、除去し、ボードを持ち上げ、搬送して壁に立てかけ、工具を発見して掴み上げビス止めを実施する行動を実現した。また、航空機組立作業に見立てたモックアップを作成し、ユースケースであるトルクレンチを用いた垂直や角度のついたナット締めを平均6分30秒、90%の成功率で、3×4のグリッドに配置されたブレーカのスイッチの点検作業を94%以上の成功率で実現した。

[領域名] 情報・人間工学

[キーワード] ヒューマノイド、人工知能、大型構造物組立

[テーマ題目2] 屋外環境で安全かつ効率的に移動・作業可能なシステム化技術

[研究代表者] 加藤 晋（フィールドロボティクス研究グループ）

[研究担当者] 加藤 晋、大山 英明、森川 泰、
 有隅 仁、岩田 拓也、神村 明哉、
 前川 仁、皿田 滋、竹内 厚司、
 越川 知大、孫 嘉偉、川端 伸一郎、
 大楠 祐司、藤枝 隼一
 （常勤職員7名、他9名）

[研究内容]

屋外環境で安全かつ効率的に移動・作業可能なシステム化技術として、新たな移動サービスの実現に向けた研究開発と、インフラ維持管理や災害対応に対するロボットの研究開発を行っている。まず、新たな移動サービスの実現に向けた研究開発としては、ドライバ不足やコスト抑制に対応し、過疎地域や交通弱者への移手段として期待されている自動走行技術を活用した端末交通シ

テム（ラストマイル自動走行）の社会実装を目指して、必要な技術開発を行い、社会受容性や事業面に対する実証評価を行っている。これは経産省・国交省事業の「専用空間における自動走行等を活用した端末交通システムの社会実装に向けた実証」として産総研が幹事機関として企業等と共に進めているものである。平成30年度には、実際に端末交通システムが求められている地域の環境で実証評価を予定しており、平成28年度に実証評価地域を4か所選定している。平成29年度は、特に実証地域の環境整備を進め、それぞれの地域の事業モデルや環境に合わせたシステム構成の検討と開発を実施した。特に、小型電動カートをベースとした車両の活用を目指した3つの地域では、先行して遠隔監視や操縦等を含む自動運転の実車両とシステムを構築し、技術実証を実施し、実証評価を開始した。また、これらの実証評価においては、関係省庁と連携して制度的取扱いについて検討し、実証で必要となる認定や審査、許可などを受けて進めている。次に、インフラ維持管理や災害対応に対するロボットの研究開発としては、現在の日本における喫緊の課題となっている老朽化した社会インフラの点検や災害時の迅速調査対応における人手不足や危険作業の低減、二次災害の防止のためのロボット技術の応用を企業と共に進めた。平成29年度はNEDO「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」の下で、橋梁点検のためのマルチコプタの開発、ダムや河川の点検のための水上・水中ロボットの開発、初期の災害の調査対応用として、電磁探査センサによる広域の地質調査を可能とするマルチコプタや遠隔操作による災害調査用ロボットの開発を行った。プロジェクトの最終年度として、実際の現場での実用性の評価等を行い、有用性や高い実用可能性を示している。また、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の中でも、橋梁点検用の打検機を搭載したマルチコプタの開発を行い、実証評価した。さらに、戦略予算では、「インフラ維持技術の統合的研究開発」として、配管等で複雑化した産業インフラの点検用の打検機を搭載した移動ロボットなどの試作開発等を行った。また、ImPACTのタフ・ロボティクス・チャレンジにおけるタフ・ワイヤレス通信の実現を目指した研究開発の下で、産総研はNICTと共に、通信状況の悪い環境や状況における複数周波周数で低遅延の無線中継システムを開発し、ロボットへの実装とそれらの実証評価等を行い、有用性を検証した。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】社会インフラ、産業インフラ、インフラ維持管理、災害対応、ロボット、ドローン、マルチコプタ、フィールドロボティクス、高アクセス機能、移動機構、タフ・ワイヤレス、遠隔半自律制御、協調制御

【テーマ題目3】偏在するセンサやロボットなどのエッジデバイスをネットワーク化する技術

【研究代表者】小島 一浩（スマートコミュニケーション研究グループ）

【研究担当者】小島 一浩、児島 宏明、李 時旭、鍛冶 良作、佐土原 健、佐宗 晃、金 奉根、関山 守、江渡 浩一郎、江崎 正、西尾 秀樹
（常勤職員9名、他2名）

【研究内容】

偏在するセンサやロボットなどのエッジデバイスをネットワーク化するロボットシステム化技術を確立するために、システム to システム（IoT）、人 to システム（生活支援）、人 to 社会システム（社会システム）を構成するための基盤アーキテクチャを設計・実現すると共に、その手法の体系化を目指している。特に、(1) IoT 活用のための基盤技術の開発、(2) 人間行動観測・異常（兆し）検知技術の開発、(3) 共創型イノベーションシステム構築のためのアクションリサーチ、を3本柱として進めている。

- (1) IoT 活用のための基盤技術の開発に関しては、第5期科学技術基本計画に「超スマート社会」の実現（Society5.0）が掲げられ、様々な生活データが集約されるスマートハウスを軸として、そのデータを他の産業で活用することで、IoT 社会のイノベーションが期待されている。一方、住宅外で生成される他産業のデータを活用することで、付加価値の高いサービスをスマートハウスにおいて提供可能となる。これらデータ収集および各種サービス提供においては、住宅設備のネットワーク連携が必要となる。しかし、現状では、住宅設備機器のネットワーク化において、センサ情報や制御情報の優先度が規定されておらず、安全に設備作動をさせる指針がない。これに対し平成29年度は、住宅設備連携における機能安全規格に関する国際標準化の開発に取り組み、新規業務項目案を国際提案し承認された。
- (2) 平成29年度は、生活支援システムの構成要素として構築した音声対話サブシステムについて、音声認識の言語モデルと、意図タグ識別モデルの改良を行い、識別精度の向上を確認するとともに、意図認識サーバの安定動作と可用性向上を目指して、サーバを多重化可能なシステム構成に改良した。その運用経験に基づいて、ユーザビリティ向上のための課題を抽出し、システムの運用状況や動作状態の把握のためのモニタリングシステムを開発した。
- (3) 共創型イノベーションシステム構築のためのアクションリサーチに関しては、多様なステークホルダが協働できるプラットフォームとして、一般社団法人住みよさ創造機構を活用し、地域共助社会を促進する人・システム協調型スケジューリングによる生

活機能の再設計と社会実装に取り組み始めた。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕IoT、人間行動観察・空間情報理解、共創型イノベーション

〔テーマ題目4〕生産用ロボットのためのマニピュレーション技術と視覚認識技術

〔研究代表者〕喜多 泰代（マニピュレーション研究グループ）

〔研究担当者〕喜多 泰代、河井 良浩、永田 和之、山野辺 夏樹、中村 晃、吉見 隆、植芝 俊夫、音田 弘、長久保 晶彦、北垣 高成、万 偉偉、佐藤 雄隆、増田 健、原田 研介、高瀬 竜一、西 卓郎、朝日 通晴
（常勤職員14名、他3名）

〔研究内容〕

近年、多品種少量生産の製造現場においてもロボットを活用することが強く望まれているが、まだごく一部の作業工程への適用に限られている。その大きな理由として、多種多様な形状・材質の部品を扱わなければならないこと、ロボットへ動作を教示するコストが高いことなどが挙げられる。これらの課題を解決するためには、各種部品を視覚センサで認識でき、その情報に基づいてロボットが作業を行う動作を自動的に生成できる技術、つまり、ロボットに詳細な動作教示をする必要なく、作業内容の変化に自律的に対応して作業できる技術が必要であり、その実現に向けて平成29年度は以下の課題に取り組んだ。

- 1) 棚に陳列された物品の配列パターンを認識する手法として、環境シーンの中、同一陳列パターンで置かれた物品群の切り出しから、陳列パターンの深層学習を用いた識別までを行う手法を開発した。具体的には、本をターゲットとし、代表的な陳列パターンである面陳列・棚差し・平積の識別を行った。
- 2) 日用品を取り扱う動作生成に関連する、道具操作の End-to-End 学習に関する研究を行い、調理用ボールから内容物を扱う動作に関して、人の Tele-operation に基づくロボット動作学習を実現した。
- 3) ロボット用統合 GUI ソフトウェア「コレオノイド」をベースとして、マニピュレータを搭載したクローラー付きの移動ロボットを操作するインタフェース、センサ情報の可視化機能、計画機能の開発を行い、動力学シミュレーションを可能とした。
- 4) 触覚センシングに関して、作業技術との融合を目指し、センサ単体のみでなく、触覚データグローブや触覚機能を持つロボットハンドの開発へと展開している。具体的に、触覚ハンドに関して、高精度な力制御用ダイレクト駆動アクチュエータの磁場シミュレーションや、静電容量による極小径の関節角度センサの検討な

どを行った。

- 5) 物流ピッキングにおけるロボットハンドとして、吸着と平行二指を組み合わせたロボットハンドを開発し、簡単な物品把持の実験を行った。平行二指の機構としてスコットラッセル機構を採用することで、ハンド開閉時に指姿勢と指の高さを一定に保つことができ、かつ、指の開閉幅に対してハンド基部をコンパクトに設計することができた。
- 6) 多品種少量生産システムや日用品の物体把持作業のように前知識の少ない条件下から、大量生産システムのように前知識が十分にある条件下に至るまでの、幅広いシステムに対するリカバリープロセスの信頼性向上を目指した研究を行った。前知識が豊富にある条件下では、エラーリカバリーに対して深層学習のような人工知能の利用の可能性を探った。
- 7) ビンピッキングなどロボットが自動作業を行う際に必要な、ロボット座標系と3次元計測カメラ座標系のキャリブレーションを、特別なキャリブレーションボードやマーカを必要とせずに、ロボットハンド自体を観測することで簡易に行う手法を、種々の形状のハンドに適用し、その汎用性や精度などの検証を行った。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕三次元計測、物体検出、キャリブレーション、部品ピッキング、力覚制御、作業・動作計画、触覚センシング

〔テーマ題目5〕三次元空間計測、空間情報理解技術

〔研究代表者〕佐藤 雄隆（コンピュータビジョン研究グループ）

〔研究担当者〕佐藤 雄隆、佐川 立昌、増田 健、岩田 健司、小林 匠、永見 武司、片岡 裕雄、渡辺 顕司
（常勤職員8名）

〔研究内容〕

三次元センシング技術に対する産業界のニーズが急速に高まっているが、同技術は現状発展途上の段階にあり、従来技術では、高密度のセンシングが困難、センサーまたは対象が動くと像が歪む（移動歪）という問題があった。したがって、高密度かつ移動歪みの無い広域の三次元空間情報を産業界で活用可能にするために、次の1)～3) に示す技術に関する研究を行う。1) パターン投影型アクティブワンショット三次元計測技術に関する研究開発を行う。パターン投影機構の改良、投影パターン最適化、パターン解析アルゴリズム改良、光源の改良、等を行い、対象物を三次元モデリングにおける1つの精度指標となるテクスチャによらず2 m の距離から2 mm 以内の誤差、且つ30 fps またはそれ以上のフレームレートで取得可能となることを明らかにする。また、光源の改良を進め、最終年度までに屋外対応化を目指す。2) センサーの位置関係が任意であっても較正可能な、汎用的

センサーおよびセンサーアレイキャリブレーション技術の開発およびツール整備を行う。キャリブレーションマーカーの最適化、マーカー自動検出アルゴリズム開発、ロバスト統計を導入した較正アルゴリズムの開発、累積誤差分散アルゴリズムの開発、等を行い、センサーの位置関係が任意の場合であっても良較正の1つの指標とされている角度誤差0.3度以内の精度で較正可能となることを明らかにする。3) センサーデータ処理に必須となる欠損補完、三次元点群統合を行うためのアルゴリズムに関する研究開発を行う。統計的ノイズ除去、欠損補完、三次元点群レジストレーション（位置合わせ）等を通して空間情報を再構成・補完・統合する技術を開発し、ソフトウェアとして整備する。

人間の動作分析に用いるセンサーは、カメラなど非接触センサーと、力センサーなど接触センサーに分けられる。これまでの動作分析技術では、非接触センサー、接触センサーそれぞれに問題点があった。モーションキャプチャなど非接触な計測では、位置・速さなど幾何データの収集は可能であるが、力や筋活動のようなデータは取得できない問題がある。一方、接触センサーを用いた計測法においては、人体への装着が必要であることや、設置場所が限られるという問題がある。そこで、4) 非接触センサーだけを用いて、力や筋活動などのデータを取得する技術を開発することを目標とする。そのような技術を開発すれば、場所を選ばず多くの人が利用しやすい力計測システムを実現することができ、スポーツ選手の筋力を計測し、スポーツ用品の開発に利用したり、ロボット介護機器を利用する介護者・被介護者の運動の分析に利用したり、といった応用が考えられる。本研究では、このような技術を実現するために4ステップからなる手法を提案する。まず、カメラを用いて身体の皮膚形状データを計測する。次に、表面形状データと、標準体型表皮・筋骨格統合モデルを合成したモデルを構築する。第3に、筋膨隆をモデル化し、運動時の形状データと、表皮・筋骨格モデルとの位置合わせを行う。最後に、筋FEMシミュレーションに基づき、筋活動と筋変形の関係を表すモデルを生成し、筋力推定を行う。

本年度は1) に関して、パターン光に特殊な変調を加えることで太陽光下でも三次元計測を行うことを可能にし、その成果を分野のトップ会議であるCVPR2017で発表した。また、2) に関して、測定の手間を大幅に軽減し半自動での処理を可能にした、内部・外部キャリブレーションアルゴリズムをプログラムライブラリとして整備した。3) に関しては、広域3次元モデルの品質を維持しながらデータ量を大幅に削減するアルゴリズムの開発に成功し、プログラムライブラリとして整備を行った。従来1秒間あたり0.1フレーム程度しか表示できなかったデータでも、90フレーム以上もの表示が可能となり、今後VR/MR分野での活用も期待される。4) に関しては、筋活動による筋変形に加えて関節角の変化による皮膚形

状の変形が同時に起こる場合を考慮し、表面形状から関節角、筋活動度が異なる状態を識別可能であること、関節角が変わっても筋活動度が推定可能であることを示した。本研究内容に関連して、査読付き国際会議6件、英文論文誌2件、和文論文誌1件の発表を行い、1件の特許出願を行った。今後の目標として、筋肉モデルの精度向上を図るとともに、様々な運動に対して推定を実現することを目指す。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 コンピュータビジョン、画像情報処理、センシングシステム

【テーマ題目6】 人間中心製品評価・設計のためのインタラクティブ指向ロボット技術

【研究代表者】 吉田 英一（インタラクティブロボティクス研究グループ）

【研究担当者】 吉田 英一、遠藤 維、吉安 祐介、鮎澤 光、今村 由芽子（知能システム研究部門）、多田 充徳、蔵田 武志、宮田 なつき、村井 昭彦、丸山 翼、大隈 隆史、一刈 良介（人間情報研究部門）（常勤職員10名、他2名）

【研究内容】

人体モデルにおいて、製品や環境などの外界とのインタラクティブを伴う身体への力学情報（運動、外力、筋活動、関節拘束力など）をセンサ情報をもとに解析し、その運動や高次の行動をオンラインで解析・推定するためのロボット工学・デジタルヒューマン融合技術の開発を、人間情報研究部門との密な協力のもと進めた。平成29年度は、人間動作計測のためのセンサ、移動軌跡、全身姿勢、身体力学的負担を推定する手法の開発、行動認識手法の開発、およびこれらの技術の外部展開を行った。センサの開発では、作業者の腰部に装着する拡張型PDR（Pedestrian Dead Reckoning）モジュール1台と、四肢に装着するワイヤレスセンサモジュール4台から構成され、リアルタイムに測定データをストリーミングできる行動計測IoTデバイスを試作した。PDRに要求される精度を検証するため、作業者に装着した15個の市販のワイヤレス慣性センサ（IMU）を用いて、リアルタイムに作業者の姿勢を推定・検証可能なシステムを試作した。これを用いて、運動の関節角度の推定誤差平均は骨盤・腰・胸部・首において約6°以下であることを確認した。このように測定したデータを利用し、全身の筋骨格モデルに基づいて関節運動データから筋張力・関節間力を高速に推定する計算アルゴリズムを開発した。推定問題を数値最適化問題として扱った上で、最適化計算をロボティクスの分野で発展してきた運動学・動力学計算アルゴリズムに分解することで、計算の高速化を実現した。具体的には、自由度47・筋数354の筋骨格モデルを用いて関節間力を30 fpsで実装し、腰部の関節間力（椎間板圧縮

力)をリアルタイムで作業者に提示することにより、過大な筋力を発揮した場合に警告することが可能となった。行動認識においては、取得した全身動作データを、プリミティブ動作特徴抽出とランダムフォレストに基づく動作識別手法により処理した結果、10種類の動作を85%の精度で識別することができた。開発した動力学的な人間負担解析手法の人間中心設計への適用も進め、住空間において、着座状態から立ち上がる際、手すりや棚に手を置くことで膝にかかる負担が低減されることを示した。また、人間動作解析とその再現技術により、装着型支援機器の標準化に貢献した。膝と腰の2関節が駆動可能なダミーを用いて、腰補助支援ロボットを人間と同様に装着してその補助効果を定量的に評価できる手法を開発し、2017年10月に発効したJIS B 8456-1「腰補助用装着型身体アシストロボット」に関する標準化の制定に貢献した。

【領 域 名】情報・人間工学領域

【キーワード】デジタルヒューマン、歩行者観測航法、全身姿勢推定、逆運動学解析、機械学習、筋骨格解析、人間中心設計

【テーマ題目7】次世代物流ソリューション事業のための研究

【研究代表者】西牟田 武史(豊田自動織機-産総研アドバンスト・ロジスティクス連携研究室)

【研究担当者】西牟田 武史、神徳 徹雄、加藤 紀彦、原田 奈弥、古室 達也、岡山 健、本村 陽一、蔵田 武志、大隈 隆史、河本 満、佐藤 雄隆、片岡 裕雄、喜多 泰代、音田 弘、阪野 貴彦、横塚 将志、Thompson Simon、田中 秀幸、安藤 慶昭、Chew Jouh Yeong(常勤職員20名)

【研究内容】

先進的物流ソリューション事業を早期に実現し、かつ長期的な持続発展性を支える技術の研究が必要である。本年度は、作業現場におけるマテハン用車両・機器の自律作業の実現へ向け、自己位置の推定、安全確保のための作業者の認識、荷物の認識、フォークリフト作業の支援に資する研究を行い、また物流現場における顧客価値創造に資する物流データの解析の研究に着手した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】物流システム、ロジスティクス、マテリアルハンドリング、作業支援、自己位置推定、画像認識、自律移動、自動運転、ロボティクス、ビッグデータ解析、機械学習

⑤【自動車ヒューマンファクター研究センター】

(Automotive Human Factors Research Center)

(存続期間：2015.4～2022.3)

研究センター長：北崎 智之

副研究センター長：岩木 直、吉川 正

首席 研 究 員：赤松 幹之

所在地：つくば中央第6

人 員：19名(18名)

経 費：617,254千円(194,964千円)

概 要：

近年、自動車は、急速に発達したコンピューター技術により、機械の目や知能を備え、ドライバーを支援することが可能となった。

しかし、高度に情報化された自動車は、運転中の情報機器操作等の新たな負担をドライバーへもたらしている。高齢ドライバーを含めたすべてのドライバーにとって、自動車を安全で使いやすく、運転していて楽しいものにするためには、様々なドライバーの認知特性や運転行動特性を解明して、自動車を人間に適合させることが重要である。

本研究センターでは、人の認知機能の計測・評価、行動特性の計測・評価及び生理的状態の計測・評価技術の研究開発を基にして、1. 超高齢社会に対応した高齢ドライバーの認知特性の理解と支援技術、2. 開発が進められている自動運転車の安全性のためのインターフェイス技術、3. 自動車のある快適で豊かな生活を実現するための運転意欲・運転スキル・感性技術の開発を行う。

内部資金：

交付金 戦略予算「自動車運転パフォーマンス評価の標準パッケージ開発」

外部資金：

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) 自動走行システム/大規模実証実験/HMI

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(B)「高齢期・超高齢期における歌いと語りの神経機構」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C)「動脈血圧反射による脳血管および心臓調節メカニズムの解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手

研究 (B)「あがり巧みな運動に与える影響—情動と運動学習の接点—」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B)「小脳を中心とした脳内ネットワークによる認知制御機構の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (B)「認知課題訓練効果の汎化と自動車運転能力向上の脳活動データにもとづく予測」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B)「移動に伴う注意の神経メカニズム」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「神経伝達物質の直接計測に基づく視覚的注意の脳機能モデル構築」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的研究(萌芽)「脳波ハイパースキャン技術を用いた非言語的意思疎通の評価と操作」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 研究活動スタート支援「中脳ドーパミン細胞は見込み的に循環系を制御するか?」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (B)「セントラルコマンド発現機構の探索—大脳辺縁系皮質から筋血管に至る神経回路の同定」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「『認知空間の歪み』を定量し運動パフォーマンスの向上に活かす」

国立水俣病総合研究センター「平成29年度水俣病患者の感覚障害定量評価技術に係る研究支援業務」

公益財団法人博報児童教育振興会第11回児童教育実践についての研究助成(財団助成金)「読み書き習得に伴う脳内視覚処理システムの変化」

発 表：誌上発表43件、口頭発表69件、その他5件

認知システム研究チーム

(Cognitive System Research Team)

研究チーム長：武田 裕司

(つくば中央第6)

概 要：

安全かつ快適な自動車の運転には、ドライバーが外界情報や車両情報を適切に知覚・認知し、適切に行動する必要がある。また、他車のドライバーや歩行者と

のコミュニケーション、ドライバーの適切な感情状態なども快適な運転環境の構築における重要なファクターである。

そこで、脳機能計測、眼球運動計測、行動計測による知覚・認知・感情・コミュニケーションの評価技術を開発する。既存の評価技術を高度化し、実車及びドライビングシミュレータにおいて評価の基盤となるデータの蓄積を進めるとともに、新しい評価技術の開発を行う。また、ドライバーの認知情報処理メカニズムの解明に関する研究開発を行う。外界情報の知覚から行動や感情喚起に至る過程を一つのシステムとして捉え、それらを総合的に理解するための実験的研究を推進し、安全かつ快適な自動車運転に資する科学的知見を蓄積する。さらに、自動運転車両に乗り込んでいる時の認知・感情状態に関する研究、ドライビングプレジャーを決定する要因に関する研究、車載機器の新しいインターフェイスの研究など、当該研究分野の次の展開を視野に入れた研究テーマに取り組む。

行動モデリング研究チーム

(Behavioral Modeling Research Team)

研究チーム長：佐藤 稔久

(つくば中央第6)

概 要：

当チームでは、ドライバー並びに新しい社会に適合したモビリティ・高度運転支援システムの開発に寄与することを目的とし、高齢ドライバー支援、自動運転・運転支援のヒューマンインタフェース、ドライビングプレジャーに関して、以下の研究開発を行う。

- (1) 交通参加者（ドライバー、同乗者、他車両、歩行者等）の状態・行動データの計測とモデリング技術の研究
- (2) ヒトの状態や行動メカニズムの解明に関する研究開発
- (3) ヒトの状態・行動の計測および評価の新たなセンサー技術の創出に資する萌芽的研究

研究開発に当たって、個別企業、センター内のメンバー、他ユニット、大学、地域試験場等とのコミュニケーションをこれまで以上に密にし、論文・学会を中心に様々なチャンネルを活用した研究成果発信を積極的に行う。

生理機能研究チーム

(Physiology Function Research Team)

研究チーム長：小峰 秀彦

(つくば中央第6)

概 要：

高齢ドライバー支援、ヒューマンマシンインタフェース、及びドライビングプレジャーに資する技術の構築を目指し、主に以下の点に重点を置いた研究開発

を実施する。

- (1) 生体・生理計測技術を活用した自動車運転支援技術の研究開発：

脳波、心拍数、血圧、筋電図、バイオマーカー等の生体・生理計測技術を用いて、ドライビングシミュレータや実路で生体・生理データを収集・解析し、ドライバーの特性や状態を把握する手法の開発や、ドライバーを支援する技術の開発を目指す。具体的には、安全に運転するために必要な生体モニタリング技術や運転支援技術、自動運転を含めた運転支援に役立つインターフェイス技術、及びドライバーの意図・感情推定技術等の研究開発を行う。また、運転時におけるドライバーの疾患発症や体調急変を検出するための研究開発を行う。

- (2) 自動車運転支援技術の基盤となるヒトの生体・生理メカニズムの解明及び評価手法の開発：

自動車運転に関わるヒューマンファクターの理解と、基盤的な技術・知見の蓄積を目的として、ヒトの生体・生理メカニズムの解明、及び生体・生理状態を評価するための研究開発を行う。これら基盤的研究開発の推進によって、自動車関連の新たな研究開発シーズを生み出すとともに、他分野の研究や技術と自動車との融合を目指す。

⑥【ロボットイノベーション研究センター】

(Robot Innovation Research Center)

(存続期間：2015.4.1～)

研究センター長：比留川 博久

副研究センター長：大場 光太郎

総括研究主幹：松本 治

所在地：つくば中央第2

人員：25名 (25名)

経費：1,022,311千円 (297,536千円)

概要

1. 研究目的

人と共栄する情報技術の分野横断的活用と深化により社会課題へ取組み、産業競争力の強化と豊かで快適な社会の実現を目指して人間に配慮した情報技術の研究開発を行う情報・人間工学領域のミッションを実現するため、ロボット技術の適用対象業務の分析や投資効率の算定方法、ロボットの仕様設計を支援するための効果・安全評価プロトコル、運用効果を評価するためのログデータの取得・解析技術を確立し、ロボットによるイノベーションを実現することを研究目的とする。

2. 研究手段・方法

ロボット介護機器、マイクロモビリティ、RaaS (Robot as a Service)、安全・高信頼技術、ロボットソフトウェアプラットフォームを重点課題とする。

ロボット介護機器については、5年計画の経済産業省ロボット介護機器・導入促進事業の最終年度であるので、効果安全プロトコルを完成させ、デジタルヒューマンモデルに基づく設計支援ツール、効果評価のための IoT ツールの開発を完了させる。ICF や機械安全等の国際基準と人との関わりに拡張した V 字モデルに基づく安全・性能・効果基準、それぞれの評価指標に従った試験手法・装置を開発する等の社会基盤の提供により、民間企業が開発中のロボット介護機器の早期の実用化・普及を目指す。また、大手民間介護事業者をリーディングユーザーとすべく、業務分析・情報発信等の活動を行う。成果物は、ロボット介護機器開発ガイドブック、ロボット介護機器のための安全ハンドブック、ロボット介護機器実証試験ガイドライン、倫理審査申請ガイドライン、ロボット介護機器開発導入指針等の文書として取りまとめる。

マイクロモビリティについては、高齢者の近距離移動を安全・安価でかつ利便性高く実現することを目標として、座り乗り型パーソナルモビリティの実証試験、関連基盤技術の開発を行う。RaaS については、AI×健康の研究課題として、サービスロボットを実フィールドに導入して大規模データを蓄積し、AI 技術による解析によりサービスの最適化を目指す。安全については、ロボット介護機器の安全評価試験技術に加えて、ImPACT サイバニックシステムの安全検証技術、農業用ロボットの安全ガイドラインの策定を継続するとともに、人工知能の安全の研究に着手する。ロボットソフトウェアプラットフォームについては、NEDO ロボット活用型市場化適用技術開発において、第1版の開発を行う。以上の技術を統合して、ロボットサービスプラットフォームの実現を研究センターの目標とする。

これらの最重要課題に加えて、生活支援移動ロボットの非接触センシング技術に関する国際標準化、高精度視覚マーカの実用化に向けたハード・ソフトの高性能化、国規模の3次元環境モデルを構築するための低コストセンシングの研究を推進する。

また、基盤技術として、システム安全情報モデリング技術 SafeML やシステムモデリング技術 SysML を中心としたシステム記述方法を確立し、認証ドキュメントの自動生成やトレーサビリティの向上、ミドルウェア技術によるシステム実装技術や IoT 技術に基づくシステムモニタリング技術を確立することで、生産システムからサービスロボットまで、安全・高信頼なシステムを構築する技術の確立を目指す。

次の3つの考え方を運営方針とする。

- **Change the world.**-研究開発成果により、社会の変革を目指す。
- **Eat your dog food.**-研究センターの成果物である開発ツールを使う。
- **Two heads are better than one.**-個人研究よりグループ研究を推奨。

運営体制としては、研究センター長、副研究センター長、総括研究主幹、研究チームリーダー、ユニット支援マネージャーから成る研究センター幹事会を月に2回、研究センター常勤職員全員から成る研究センター会議を月に1回開催し、運営方針・研究進捗状況・外部予算獲得状況、最新の研究トピック等について議論し、情報共有を行う。

ロボット介護機器開発・導入促進プロジェクトユニットを知能システム研究部門、人間情報研究部門、人工知能研究センターと構成、ロボットソフトウェア研究ラボを知能システム研究部門と構成し、協力して研究を実施する。この他、エレクトロニクス・製造領域、エネルギー・環境領域ともデバイスや電池の開発で引き続き協力していく。

知的財産としては、特許性のあるものについては特許、ノウハウについてはこれを実装したソフトウェアの著作権で確保し、普及を目指す。

内部資金：
経済産業省

「平成29年度工業標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発・普及基盤構築事業：生活支援移動ロボットの非接触センシング技術に関する国際標準化）」

外部資金：

国立研究開発法人科学技術振興機構

革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)

「サイバニックシステムに対する安全検証手法の開発」

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「次世代農林水産業創造技術」

「情報・通信・制御の連携機能を活用した農作業システムの自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発」

国立研究開発法人日本医療研究開発機構

ロボット介護機器開発・導入促進事業

「安全評価基準、効果性能基準、実証試験基準、中間審査会およびステージゲート審査会における審査基準、ロボット介護機器開発・導入指針の作成、開発補

助事業支援、ロボット介護機器に関する調査、共通基盤技術開発支援」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「次世代人工知能・ロボット中核技術開発／次世代人工知能技術分野／AI 活用による安全性向上を目指したスマートモビリティ技術の開発」

「次世代人工知能・ロボット中核技術開発／次世代人工知能技術分野／ロボットをプローブとした高齢者の生活機能の計測・分析・介入技術の研究開発」

「ロボット活用型市場化適用技術開発プロジェクト／ロボットのプラットフォーム化技術開発（ソフトウェア）／オープンソースロボットソフトウェアのプラットフォーム化技術開発」

独立行政法人日本学術振興会

基盤研究 (B)

「マイクロレンズアレイを用いた高精度視覚マーカの技術基盤構築」

「白杖・車いす・義手義足の身体化モデルの実験的検討を通じた身体知覚に関する考察」

基盤研究 (C)

「前腕切断端部の筋電信号特性と運動・生理学的分析による筋電義手操作基準に関する研究」

若手研究 (B)

「立ち乗り型パーソナルモビリティの操縦評価手法の開発」

発表：誌上発表71件、口頭発表72件、その他6件

ディペンダブルシステム研究チーム

(Dependable Systems Research Team)

研究チーム長：中坊 嘉宏

(つくば中央第2)

概要：

ディペンダブルシステム研究チームでは、人と共存する次世代ロボット普及のため、システムを高信頼かつ安全（ディペンダブル）に構成するための技術についての体系化を図っている。人と機械の協調をシステムオブシステムズとして捉え、目的指向開発、V字モデル開発、モデルベース、リスクアセスメント、機能安全などの設計・分析・開発・検証の技術に加え、安全センサ、人体モデルなどの要素技術や試験技術を用いて人との共存を実現し、国際標準化を推進する。

具体的な研究開発事例として、高信頼車椅子、SafeML/SysML、介護ロボットとその開発プロセス、冗長化メカニズム、各種センサとその外乱試験、人体モデル、サービスロボットの国際安全規格 ISO13482への貢献や企業が開発するロボットやモジュールの規格認証支援がある。

研究テーマ：テーマ項目1、テーマ項目2、テーマ項目4、
テーマ項目6

サービスロボティクス研究チーム
(Service Robotics Research Team)

研究チーム長：松本 吉央

(つくば中央第2)

概要：

高齢化社会における QOL 向上やサービスの効率化を目指して、日常生活・介護業務等において人の支援を行うロボット技術 (Assistive Robot, Assistive Technology) の研究開発を行い、社会に資する次世代ロボットの実用化を目指している。個別の支援技術の実装のための要素開発に加え、ユーザの生活や業務を分析し機器の設計につなげる設計支援や、安全性および効果の評価技術の開発を行い、実証実験や企業との連携を通じて、実用化による社会への成果還元を目指している。

具体的な研究内容としては、生活支援の設計・評価技術として、IoT 介護ロボットによる生活センシング・分析、人を模したロボットによる力学評価に、また生活支援の基盤技術として、ビジョンによる空間センシングに取り組んでいる。医療・福祉応用として、アンドロイドロボットによるコミュニケーション支援、リハビリ支援にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ項目1、テーマ項目2、テーマ項目3、
テーマ項目5、テーマ項目7、テーマ項目9

スマートモビリティ研究チーム
(Smart Mobility Research Team)

研究チーム長：阪野 貴彦

(つくば中央第2)

概要：

中心市街地での移動を自動車に過度に依存せず、パーソナルモビリティを有効活用することで、CO₂削減や省エネ等を実現しようとする機運が高まっている。また、高齢者など気軽に屋外移動ができない人の足として、電動車いすを含めたモビリティにも注目が集まっている。スマートモビリティ研究チームでは、これまでに蓄積してきた広域3次元環境構築技術やロボット自律移動技術をコア技術とし、さらに技術の高度化や関連技術との統合化を図ることにより、高信頼かつ安全性の高いパーソナルモビリティ技術とその運用手法の先行研究開発を行っている。また、ロボット技術を搭載したパーソナルモビリティの公道走行実験に関して、つくばモビリティロボット実証実験推進協議会と連携し、開発した技術の検証やシェアリング運用を行い、実運用データを取得・解析・蓄積することにより、シミュレータによる交通予測や充電インフラの最適配置、搭乗者の操作支援、安全情報提供など、パ

ーソナルモビリティを活用した効率的な都市交通計画を支援するための研究開発も実施している。

研究テーマ：テーマ項目1、テーマ項目2、テーマ項目3、
テーマ項目8

ロボットソフトウェアプラットフォーム研究チーム
(Robot Software Platform Research Team)

研究チーム長：安藤 慶昭

(つくば中央第2)

概要：

未活用領域へのロボット普及や次世代ロボットの実用化には、導入コストを削減し開発・運用効率の向上に資する開発プロセスの確立やソフトウェア基盤が不可欠となる。

ロボットソフトウェアプラットフォーム研究チームでは、ロボットシステムの開発効率向上、安全かつ効率的なシステム運用を支援する技術として、安全設計を含めたロボットシステム開発プロセスの確立や、リスクアセスメント等を支援する手法やツールの研究、手間のかかるロボットの教示を効率化する技術の研究、モデルベース開発を支援する分散コンポーネント指向ソフトウェア基盤の研究等、ロボットシステム開発手法体系化のための研究・開発を行っている。研究・開発された基盤技術や手法を活用するため、これら技術をソフトウェアやツールとして実装するとともに、一部についてはオープンソースソフトウェアとして配布、教育・普及活動や標準化活動を通じて、研究成果の社会実装や実用化に貢献し、ロボット技術によるイノベーションを目指している。

研究テーマ：テーマ項目1、テーマ項目2、テーマ項目6

[テーマ項目1] 安全基準、性能基準、効果基準、共通基盤技術開発支援および審査基準作成・審査

[研究代表者] 比留川 博久 (ロボットイノベーション研究センター)

[研究担当者] 比留川 博久、大場 光太郎、松本 吉央、中坊 嘉宏、松本 治、梶谷 勇、本間 敬子、角 保志、脇田 優仁、田中 秀幸、宮腰 清一、原 功、藤原 清司、尾暮 拓也、尾形 邦裕、小栢 進也、大川 弥生、澤田 英繁 (ロボットイノベーション研究センター) 吉田 英一、吉安 祐介、鮎澤 光、今村 由芽子、遠藤 維、小島 一浩、児島 宏明 (知能システム研究部門) 堀 俊夫、三輪 洋靖、多田 充徳、小林 吉之 (人間情報研究部門) 西村 拓一、北村 光司、西田 佳史、福田 賢一郎 (人工知能研

究センター) (常勤職員31名、他2名)

【研究内容】

移乗・移動支援機器等のロボット介護機器実用化のため、国際生活機能分類や機械安全等の国際基準と、人との関わりに拡張したV字モデルに基づく安全、性能、効果基準を開発し、それぞれの評価指標に従った試験手法、装置の開発、検証手法の開発を行っている。最終年度である今年度は以下の研究開発を実施し、最終成果としてまとめた。

サブテーマ①の「効果性能基準の開発」では、高齢者の人体特性同定実験結果を人体シミュレーションソフトウェアに反映し、さらに体型変更可能な人体シミュレーション技術を開発した。移乗・移動支援機器に対して、静的安定性・関節トルク・接触力・体格差による姿勢変化等を指標として、機器の動作軌道や幾何パラメータを評価した。高齢者模擬装置(センサーダミー)により、非装着移乗支援ロボット使用時の身体負荷・快適性を定量化した。介護作業記録システム、位置計測システム、簡易モーションキャプチャシステムを用いた介護施設等での実証・評価を行った。画像による人物位置検出システムのシステム統合・検証を行い、介護施設における実用性の検証を実施した。ビーコンによる人物位置検出システムの学習フェーズ強化・改良、統合システム検証を実施した。

サブテーマ②の「安全評価基準の開発」では、本質安全設計支援ツールのコンテンツの更新、リスク見積もり機能に係る一部改良を行い、最終成果版を作成した。さらに、安全化設計技術指導書、安全化設計事例集をまとめた。被介護者の各種行動計測センサ、施設内の事故・インシデントデータの時空間記録やリスク可視化可能なウェブ版ソフトウェアなどを開発し、実際の介護現場に導入・実証した。ISO 13482認証を活用した欧州MDD認証等の活動により、ロボット介護機器にとって汎用性のある安全化設計に関する適合性評価手法を開発した。

さらに、本事業で実施した中間審査会およびステージゲート審査会における審査基準の妥当性確認のため、事業全期間の中間審査、SG審査、実証試験、補助事業者開発機器のデータベース化を行い、開発プロセス分析に基づいた開発機器のモデル分析を実施した。

「介護機器開発における実証試験ガイドライン」、「ロボット介護機器開発・導入指針」、「ロボット介護機器開発コンセプトシート」の完成版を作成した。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】ロボット、介護支援機器、基準、評価、安全、効果

【テーマ題目2】サイバニックシステムに対する安全検証手法の開発

【研究代表者】比留川 博久(ロボットイノベーション研究センター)

【研究担当者】比留川 博久、松本 治、中坊 嘉宏、原 功、本間 敬子、角 保志、梶谷 勇、藤原 清司、ジェフ ビグス、尾暮 拓也、田中 秀幸、宮腰 清一、佐々木 牧子、尾形 邦裕(ロボットイノベーション研究センター)、吉田 英一、鮎澤 光、吉安 祐介、今村 由芽子(知能システム研究部門)(常勤職員17名、他1名)

【研究内容】

目標、研究計画：

平成28年度はこれまで検討・施策を行ってきた安全検証手法の改良を進めるとともに、事例構築を通しての評価を行う。

- (1) システム安全情報モデリング技術 SafeML による安全検証技術に関しては、昨年度認証機関より取得した要件情報に基づき、データ出力およびデータ解析に関する改良設計をおこなう。また、実環境での安全性を重視するサイバニックシステムの事例について、当該機器開発機関よりシステム情報・安全分析情報の提供が受けられる範囲において、ツール内にモデルを構築する。この事例モデルを用い、データの解析・出力機能について認証機関による可用性の評価を得る。
- (2) 移動支援に関しては、前年度試作した動的安定性試験装置およびその試験手順について試験試行を通し改良する。具体的には、試験装置に計測系を追加する。加えて、4種以上の歩行支援機器を対象として試験データを蓄積するとともに試験手順の改善をおこなう。また、歩行支援機器以外の形態の移動支援機器について、その安全評価手法の検討を行う。
- (3) 排泄支援に関しては、介護現場リサーチなどにもとづき、より現実的な評価用排泄支援器を要件として定める。またそれに応じて28年度に導入した試験装置の治具を作成するなど改良をおこなう。また文献調査により、試験にかかるパラメータ調査をおこなう。以上をもとに、安全試験に必要な一連の手順を策定する。

年度進捗状況：

- (1) システム安全情報モデリング技術 SafeML による安全検証技術に関して：
SafeML ツールについてウェブベースのソフトウェア技術開発を継続し、モデル生成インタフェースを試作した。またサイバーダイン社からの情報提供に基づき作成したものを2例のモデル構築を実施した。この事例に基づき SafeML の文法改良をおこなったほか、認証機関による可用性についての評価を改訂した。
- (2) 移動支援分野の安全検証技術に関して：
動的安定性試験装置の試験実施時の安全性を改善

するとともに、転倒挙動再現ダミーのためのリフターを追加するなどして試験効率を大幅に改善した。また高速度カメラ等による計測系を追加し、試験評価をより詳細に行なうことが可能となった。当該試験の仮想試験対象機器として開発したロレータ型歩行者2種および市販の歩行支援機器の4種による試験を実施し、試験手順および評価方法の妥当性を検討した。同歩行者の物理特性を用いた力学的シミュレーションを継続して実施するとともに、リズムアシスト方式の歩行支援機器に関する安全性について基礎的な検討を実施した。

(3) 排泄支援分野の安全検証技術に関して：

介護施設、教育施設、大腸肛門病学会でのヒアリング等リサーチに基づき、より現実的な評価用排泄支援機器の要件定義を行った。また継続して文献調査を行い、パラメータの妥当性を確認した。また前年度導入した動圧、陰陽圧、押し当て、引張りの各種計測試験機器について改良および試行をおこない、試験手順書を策定した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 安全検証、ロボット、介護機器、生活支援、サイバニクス

〔テーマ題目3〕 次世代人工知能・ロボット中核技術開発
／次世代人工知能技術分野・AI 活用による
安全性向上を目指したスマートモビリティ
技術の開発

〔研究代表者〕 松本 治（ロボットイノベーション研究センター）

〔研究担当者〕 松本 治、阪野 貴彦、横塚 将志、
田中 秀幸、堀内 英一、富田 康治、
宮腰 清一、トンプソン サイモン、
橋本 尚久（常勤職員9名）

〔研究内容〕

現在、高齢者個人移動支援用のモビリティとして電動車いすがあるが、自動車と同様、操縦ミスによる事故が数多く報告されている。その内訳としては、交通事故による死亡事故の約8割が道路横断中、交通事故以外による死亡事故の約6割が転落によるものである。一方で、現状の電動車いすはユーザによるマニュアル操縦が基本であり、自律的に周囲の環境を検知・判断し、危険を回避するなどの搭乗者をアシストする機能は搭載されていない。歩行者空間を走行するパーソナルモビリティには、自動車に求められる安全技術とは違った、より複雑な静的・動的環境に対応する必要があり、現状の外界センサ情報処理技術では認識が困難なハザードに対応可能な安全技術が求められる。さらに、クラウド活用による危険環境マップとの関連付けにより各モビリティの安全性を高める方策も有効であるが、都市空間や屋内空間などのGPSの信頼度が低い環境において、それを補完する安価

な測位インフラ整備やその利活用技術も必要となる。このような技術的課題に対し、AIを用いて解決する技術を開発し、さらに開発した技術については実際の都市空間において実証実験を行うことで実用可能性を検証し、新たなスマートモビリティ技術の創製を目指す。

本研究開発では、①静的危険環境認識技術、②動的障害物回避技術、③高精度マーカによるシームレス測位技術を開発し、④都市空間での実証実験を行った。

① AI 活用による静的危険環境認識技術の研究開発

柏の葉キャンパス駅周辺において、歩道を中心に3次元計測を行ったうえで、段差等が識別できる3次元モデルを作成した。このモデルから生成したRGB画像と距離画像を学習データとし、カメラ画像のみから、段差のない安全走行可能な領域抽出をおこなった。学習データに関しては95%以上の識別率を実現することができた。柏の葉キャンパス駅周辺での車道と歩道で撮影された映像や、Google Street View や youtube で公開されているいわゆる一人称映像を、大量に効率よく収集できるスクリプトを作成し、それらの映像が車道と歩道のどちらで撮影されたかアノテーションを付加した学習データセットを作成した。画像の歩車道識別においては、識別率95%以上を達成することができた。

② AI 活用による動的障害物回避技術の研究開発

トライ&エラーを繰り返すことで障害物回避に成功する行動を徐々に獲得していく枠組みを構築するため、実機による学習ではなくゲームエンジン（Unity）を利用したシミュレータを開発した。このシミュレータは、実機上の制御信号をそのまま受け取り再現することができ、柏の葉キャンパス駅周辺の3次元計測データを基にした物理シミュレーションを行うことができるものである。結果として、実践に近い障害物回避行動学習が行えるシミュレータを構築できた。

③ 高精度マーカによるシームレス測位システムの開発

屋内外の幅広い照明条件に対応してロボスタにマーカを認識するソフトウェアを開発した。その結果、暗い環境・明るい環境ともに、人間の眼で辛うじて見える程度のマーカであっても認識可能となった。現行の正方形マーカよりも省スペースな長方形マーカを設計した。また、そのための新しいモアレパターン（角度に応じて変化するパターン）を試作し、実現可能性を実証した。上記に加え、マーカの計測精度評価を行い、10mの撮影距離で、カメラ位置姿勢推定誤差が3cm未満、1度未満であることを確認した。

④ 都市空間での実証実験

技術検証用モビリティとして、スズキ（株）社製セニアカーET-4Dに各種外界センサを搭載した機体を整備した。本機体は、歩行者扱いでの公道走行が許可されているため、歩行者環境での環境データ取得や走行実験が可能である。

つくば市の「搭乗型移動支援ロボットの公道走行実証実験事業」の枠組みの中で、産総研とつくば駅を結ぶ遊歩道上において、上記機体の公道走行実証実験(約1 km)を実施した。柏の葉キャンパスエリアについては、計測車両等を用いて3D 環境データ取得・モデリング、ハザード調査などを実施した。UDCK(柏の葉アーバンデザインセンター)、柏市と、次年度以降の柏の葉キャンパスエリアにおける公道走行実証実験に関する協議を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 モビリティ、搭乗型移動支援ロボット、AI、強化学習、安全性向上

〔テーマ題目4〕 平成29年度工業標準化推進事業委託費(戦略的国際標準化加速事業(国際標準共同研究開発・普及基盤構築事業:生活支援移動ロボットの非接触センシング技術に関する国際標準化))

〔研究代表者〕 角 保志(ディペンダブルシステム研究チーム)

〔研究担当者〕 角 保志、藤原 清司、中坊 嘉宏(ロボットイノベーション研究センター)、金奉根(知能システム研究部門)、山田 陽滋(名古屋大学)(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

本研究は、ISO13482で規定される生活支援ロボットの中で、移動ロボットのための非接触センシング技術の試験方法に関する国際標準化を行うことを目的とする。具体的には、屋外での使用を想定した環境及び路面の変化に対する耐外乱試験、及び、移動ロボットに接近する人の運動ベクトルを検出する対人運動検知性能試験について、国際標準案を作成し、国際標準化機関への提案を目指す。生活支援移動ロボットの対人運動検知技術に関する規格ができることにより、ロボットの移動に関する安全方策の指針が確立される。また、屋外における環境や路面の変化が検知できるようになると、生活支援ロボットの活躍の場が広がり、経済社会へのインパクトが大きい。

耐外乱試験方法の開発については、生活支援ロボットの非接触センサの人検知性能が、屋外の気象現象によってどのような影響を受けるかについての評価基準を策定し、センサの試験方法を開発する。また、対人運動検知性能試験方法の開発については、生活支援ロボットの非接触センサの人検知性能が、人や人の部位、障害物等の移動・運動によってどのような影響を受けるかについても評価基準を策定し、センサの試験方法を開発する。そして、開発した耐外乱試験方法と対人運動検知性能試験方法を規格素案としてとりまとめる。

プロジェクト3年目であり、最終年度である平成29年

度は、耐外乱試験方法の開発と対人運動検知性能試験方法の開発を実施し、得られた結果をもとに、試験手順および規格素案の策定を行った。特に、対人運動検知性能試験方法の開発に関しては、IEC/TR 62998-2の原案を策定し、IEC/TC44/WG14に提案した。

① 耐外乱試験方法の開発

昨年度までに開発した環境シミュレータ装置を用いた実験で得られる基盤データと知見をとりまとめて試験方法を策定した。必要に応じて装置を改良し、試験装置としての完成度を向上させた。具体的な実施内容は以下の通りである。

- 1) 降雨に関しては、降雨環境試験装置で複雑な試験片の移動制御を行うためのスライダ制御装置を開発した。改良した試験装置で得られたデータをもとに昨年度開発した降雨空間におけるセンサ試験方法をブラッシュアップした。
- 2) 降雪に関しては、模擬降雪装置と前年度開発した模擬降雪定量化装置を組み合わせ、模擬降雪環境試験装置を開発した。開発した装置による模擬降雪と自然降雪の物理的特性を比較するとともに、各種センサを用いた物体検知の予備試験を行い、模擬降雪によるセンサ性能評価の可能性を示した。自然降雪に対する実験は、国立研究開発法人防災科学技術研究所雪氷防災研究センターとの共同研究によって実施した。
- 3) 霧に関しては、霧空間におけるセンサ試験を簡易に実現するための霧環境シミュレータを開発し、霧空間におけるセンサ評価試験方法を開発した。

② 対人運動検知性能試験方法の開発

移動ロボットによる人や障害物の運動情報に関する信号取得の信頼性を評価する手法と試験装置の開発を行った。IEC/TR 62998-2原案における生活支援移動ロボットのSRSS(Safety-Related Sensor System、安全関連センサシステム)のインテグレーション事例の策定に関する基盤データの取得を行った。また、同事例を実際のロボットシステムによって実証するためのシステムを開発した。さらに、開発したシステムにより、移動ロボットと歩行者との相対速度計測の信頼性を評価するための実験を実施した。本項目の一部は名古屋大学への再委託によって実施した。

③ 規格素案の策定

耐環境試験方法の開発については、降雨、霧環境試験装置による試験方法を策定した。

対人運動検知性能試験方法の開発については、IEC/TR 62998-2原案をIEC/TC44/WG14に提案した。また、同WGにエキスパートとして参加し、審議を主導した。その結果、同TRは2018年に「発行段階」となる予定である。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 生活支援移動ロボット、安全センサ、性能評価、国際標準化

**[テーマ題目5] 次世代人工知能・ロボット中核技術開発
／次世代人工知能技術分野／ロボットを
プローブとした高齢者の生活機能の計
測・分析・介入技術の研究開発**

[研究代表者] 松本 吉央（サービスロボティクス研究
チーム）

[研究担当者] 松本 吉央、脇田 優仁、本間 敬子、
梶谷 勇、小栢 進也、尾形 邦裕、
比留川 博久（ロボットイノベーション
研究センター）、西田 佳史（人工知能研
究センター）（常勤職員8名）

[研究内容]

少子高齢化の急速な進展に伴う高齢者介護における課題の解決策の一つとして、ロボット技術を応用した介護機器（以下、ロボット介護機器）に大きな期待が寄せられている。本研究では、共同受託機関であるキング通信工業株式会社、パナソニック株式会社、および再委託機関の筑波大学と連携し、ロボット介護機器にセンサおよび通信機能を組み込むことで、ロボットの利用と同時に生活データをオンラインで計測・蓄積できる仕組みを構築し、分析、評価等を行うことにより、高齢者の生活モデル化や介入効果のモデル化を行うことを目的に取り組みを推進してきた。以下にその成果を述べる。

(1) IoT ロボット介護機器の開発

まず、屋外歩行支援のためのロボット介護機器である RT.ワークス社の RT.1および RT.2を改良し、産総研のクラウドサーバに利用状況を収集する機能を組み込んだ。具体的には、機器本体内に内蔵されている GPS、力センサ、ジャイロ等のセンサを用いて歩行状況を取得し、内蔵されている SIM カードを用いて「IoT ロボット介護機器向けクラウドサーバ」に逐次送信するロガー機能を追加した。送信内容には、屋外歩行中の歩行位置、ハンドル把持力、バッテリー残量、速度、加速度などが含まれる。

IoT ロボット介護機器のデータを収集するためのクラウドサーバは、AWS を利用して構築した。セキュリティを考慮し、機器から携帯電話回線経由でインターネットを介さず直接受け取る仕様とした。また、産総研にてこれまでに研究開発した、介護者が持つスマートフォンによる介護業務の記録システムも利用できるようにした。

また上記に加えて、移乗支援型ロボット Hug へのロギング機能の追加や、その他の各種ロボット介護機器や福祉機器で利用するための「汎用ロガーシステム」の開発を行った。汎用ロガーシステムのセンサ部分はモジュール化し、人体の生体信号を取得する「生体データ計測モジュール」、人の身体運動を計測する「運動データ計測モジュール」、排泄に関する情報を取得する「化学データ計測モジュール」、屋外移動を計測する「屋外位置情報計測モジュール」、コ

ミュニケーションロボットとのやり取りを計測する「コミュニケーションデータ計測モジュール」の5つを開発した。

(2) 生活データの収集と分析・モデル化

介護に関するアウトカム指標の一つとして、介護者の身体負担も重要である。そこで、ロボット介護機器導入による介護者の動作や行動の変化を観測するために、センサスーツ (Xenoma 社 e-skin) を用いた手法を開発した。本装置は歪センサを上半身の衣服上の合計14箇所を実装することで、薄くて柔らかい素材だけで構成されている。しかし、歪センサは大きなヒステリシスを持ち、センサ値から直接関節角度を推定することは困難である。そこで、様々な動作を計測した上で、そのセンサ特性を畳み込みニューラルネットワークによって回帰モデルを導出し、関節角度の推定を実現した。

また、ロボット介護機器からとれるデータを用いて、使用者の身体機能を推定・判別する手法の研究も行った。具体的には、RT.2を使用して歩行した歩行、すり足歩行、跛行の3種類について RT.2に搭載した加速度センサの値を収集した。多クラスサポートベクターマシン等の機械学習手法を適用したところ、通常歩行では8割程度、跛行では5割以上の識別率であった。

今後は、実際の介護現場にて様々なロボット機器からの利用データを収集し、利用者の状態を推定したり、機器利用の効果を評価すべく分析を進めていく予定である。

[領域名] 情報・人間工学

[キーワード] 介護ロボット、AI、IoT、データ収集、分析

**[テーマ題目6] ロボット活用型市場化適用技術開発プロ
ジェクト／ロボットのプラットフォーム
化技術開発（ソフトウェア）／オープン
ソースロボットソフトウェアのプラット
フォーム化技術開発**

[研究代表者] 安藤 慶昭（ロボットソフトウェアプラ
ットフォーム研究チーム）

[研究担当者] 安藤 慶昭、原 功、Biggs Geoffrey、
花井 亮、黒瀬 竜一、中坊 嘉宏、
角 保志、藤原 清司、尾暮 拓也、
Floris Erich、Abhilasha Saksena、
河内 のぶ、宮本 信彦
（常勤職員9名、他4名）

[研究内容]

2015年2月に日本経済再生本部より打ち出された「ロボット新戦略」において、未活用領域へのロボット導入には、ロボット知能化技術の高度化、ユーザの要望を適切に解釈しロボット技術を活用して自動化を促進するシ

システムインテグレーション技術、コストの多くを占めるインテグレーションを効率化するためのロボットのプラットフォーム化、といった「ロボット創出力の強化」の重要性が指摘された。システムインテグレータ（以下 Sler）の能力向上や開発プロセス確立による生産性の向上、ハード・ソフトのモジュール化や多様なメーカーや技術の統合を容易にするハード・ソフトのプラットフォーム化、システム設計・調整に要する時間を大幅に短縮するための標準化や要素技術開発等を進めることにより、最終的には、誰もが使いこなせる「Easy to use」なロボットを確立することが必要である。

本プロジェクトでは、上記ロボット新戦略での指摘を受けて、未活用領域へのロボット導入に資するロボットのプラットフォーム化に係る種々の研究開発を実施している。本テーマではソフトウェア技術を中心に、ロボットシステム統合に必要なミドルウェア・ロボット OS、マニピュレーションやナビゲーション等の各種要素技術を提供する機能別ソフトウェア、ロボットシステムの開発・システムインテグレーションを支援・効率化するためのツールを含む様々な技術の研究開発を実施している。開発効率の向上やより高度な技術の導入のため、近年広く利用され始めているオープンソースのロボット関連ソフトウェアの実用システムへの適用を目指し、上記の機能的な研究開発にとどまらず、テスト・品質保証、ドキュメント、ライセンス・特許や、安全規格への対応等、機能的な要素以外（非機能要件）に関連する種々の環境整備を、採択された他の8つのロボットハードウェア開発事業者と連携して推進している点は、本プロジェクトの大きな特徴である。ロボットをハードウェア・ソフトウェアの両面からプラットフォーム化し、個別対応が必要なカスタマイズ領域を減らすことで、ロボット導入コストを削減、これまで導入が難しかった領域へロボットを広く普及させることを目指す。

今年度は、これまで研究を進めてきたロボットアーム教示データ再利用ツールの他事業者への展開を目指し改修・拡張を実施した。また、各種 RT ミドルウェア用モジュール群（RT コンポーネント）のバイナリパッケージ化、ビジョンセンサ定量的性能評価用ソフトウェアの開発、音声認識・合成ソフトウェアのパッケージ化等、既存の分野別ソフトウェアの再利用性向上等、ロボット Sler がシステム開発をより容易に実施するための技術開発を実施した。加えて、RT ミドルウェアの商用リアルタイム OS（VxWorks、QNX）対応、故障原因究明や利用状況データ取得など開発時のみならず運用時の利便性を向上させるためのロギング・モニタリング機能の実現、RT ミドルウェアや ROS（Robot Operating System）等異なるミドルウェア間の相互運用性向上に関する研究、システムの配置（デプロイメント）・統合のためのミドルウェアおよびツールの改良等、ロボットシステム開発・運用基盤としての RT ミドルウェアに関する研究開発を

実施した。

また、上述したように、機能的な研究開発のみならず、テスト・品質保証、ドキュメント、ライセンス・特許や、安全規格への対応等の非機能要件に関して、内部での研究開発のみならず、ハードウェア開発を実施する他の事業者に対して国際規格に基づく安全なロボットの開発支援の実施や、ロボットの安全設計を効率よく行うためのガイドライン作成を目指した議論を行うため、ロボット革命イニシアティブ協議会（RRI）のロボットイノベーション WG 内に、調査検討委員会を設置した。また、オープンソースソフトウェアを利用した開発において問題となる、品質管理・性能評価指標、特許・ライセンス、システムアーキテクチャ、実装技術等、システム開発プロセスの各フェーズにおける活動に関する、ガイドライン、仕様策定を目指した4つの委員会を RRI 内に組織し議論を開始した。

本プロジェクトにおいては、1つのソフトウェア開発事業者と8つのハードウェア事業者間で、より密接に連携した研究開発活動を推進するため、東京大学フューチャーセンター推進機構（東京大学柏の葉キャンパス駅前サテライト）内に集中研究拠点を設置し、平成30年度からの本格運用を目指して準備が進められた。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】ロボット、ソフトウェア、プラットフォーム化、オープンソース、安全

【テーマ題目7】高精度視覚マーカの実用化に向けたハード・ソフトの高性能化と応用システム開発

【研究代表者】田中 秀幸（サービスロボティクス研究チーム）

【研究担当者】田中 秀幸、角 保志、松本 吉央、脇田 優仁、本間 敬子、梶谷 勇、尾形 邦裕、小栢 進也（ロボットイノベーション研究センター）、金 奉根（知能システム研究部門）（常勤職員9名）

【研究内容】

視覚マーカは、画像による位置姿勢計測を支援するツールである。我々は、「マイクロレンズアレイが作る干渉縞」を用いて姿勢を測る世界初・世界最高精度（誤差1 mm、1 deg）の視覚マーカを開発し、従来型マーカの長年の未解決問題（正面観測時の姿勢精度の悪化等）を解決した。本マーカは、カメラ1個による低コスト・コンパクトな位置姿勢計測を行う新しい光学系を提供するものであり、ロボット制御、計測、拡張現実等、幅広い分野への応用が期待されている。本研究では、技術的にはそのまま製品化が可能なレベルの「課題①高品質なマーカの設計と製造技術の開発（ハードウェア）」と「課題②ロボスト・高速なマーカ認識アルゴリズムの開発（ソフ

トウェア)」を行う。また、ポータブル6自由度モーショントラッカー等、本マーカの「課題③応用システムの開発と性能検証」を企業や他機関と連携して行い、他システムと比較した技術的優位性および実用性を明らかにすることで事業化への見通しをつける。本年度の進捗は以下の通りである。課題①については、波型二色構造による「反転検知パターン」を高精度マーカに付加することで、従来マーカの未解決問題の一つであった「姿勢の不定性」の問題を解決する手法を確立した。そして、この反転検知パターンを搭載した高精度マーカの製造法を確立し、準製品版となるマーカを開発した。また、これまで用いてきた VMP（可変モアレパターン）は、回転軸方向と黒線の動く向きが直交する「直交 VMP」であったのに対し、レンズ裏の印刷パターンを変えることで、回転軸方向と黒線の動く向きが平行となる「平行 VMP」を開発した。これにより、正方形のマーカを、計測精度を落とすことなく長方形にすることが可能となり、マーカ貼付の対象の幅を広げることができた。課題②については、これまでに開発してきた計測精度向上および照明変動に対するロバスト化のアルゴリズムを改良するとともに、マーカ認識・計測プログラム全体の整理を進め、今後の実用化に向けてソフトウェアの利用性を向上させた。課題③については、高精度マーカを用いた動作計測・身体負荷可視化システムのプロトタイプを開発し、実験によりその有用性を実証した。また、20 cm 四方のサイズの超高精度マーカを活用した屋内外シームレス測位システムの開発を開始した。本システムでは、屋内やビル街等、GPS の信頼性が低下する環境の要所にマーカを測位インフラとして設置し、自律移動ロボットや歩行者等の移動体がカメラでマーカを撮影することで位置推定誤差10 cm 未満の高精度な測位を行う。今後、実環境においてシステムプロトタイプを開発し、実証試験を行う予定である。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】視覚マーカ、画像計測、ロボット制御、拡張現実、測位

【テーマ題目8】国規模の3次元環境モデルを構築するための低コストセンシング

【研究代表者】阪野 貴彦（スマートモビリティ研究チーム）

【研究担当者】阪野 貴彦、松本 治、横塚 将志、富田 康治、橋本 尚久、トンプソン サイモン（常勤職員6名）

【研究内容】

数年以内に自動運転車両は段階的な実用化が始まる見込みであるが、自動運転に必須とされる3次元地図データを日本全土に渡って整備するには膨大な数の計測車両が必要であるものの、現状では数十社の測量会社が1台あたり数千万円の計測車両を使って運用中である。本研

究課題では、一般車両を安価に計測車両に仕立てるセンサユニットを実現するため、その基盤アルゴリズムを開発し、計測車両数十台の運用から、一般車両数万台規模に変えることを目指している。具体的には、ノイズが多く低解像度のレンジセンサやカメラを用いて、大規模範囲な3次元形状を復元することを目標とする。さらに、その技術を手持ちのセンサでも可能すべく、電動車いす等の自動運転にも応用し、車両が進入できない歩行者環境の地図作成・維持にも拡張する。最終年度である29年度は以下の3つのサブテーマに関して研究開発を実施した。

① 実時間処理が可能な3D LiDAR SLAM と環境形状復元の研究開発

2018年から安価な Sold State 3D-LiDAR（Velodyne 社は600\$程度で提供予定）が複数社のメーカーから販売が予定されている。今後は安価なデバイスとして LiDAR も視野に入ることから3D-LiDAR に適した実時間処理が可能な SLAM と形状復元手法の研究開発に取り組んだ。LiDAR 出力結果より、部分空間行列式を用いた安定で高速な面法線推定手法を開発し、構造化されていない膨大な点群から面の復元を可能にした。また、ループクロージングでは、全探索をすることなく、グラフ上での外れ値を用いて間違った相対位置を検出する手法を開発し、リアルタイム処理が可能な最適化を実現した。

② 安価なデバイスによる高精度6自由度軌跡推定

主要な幹線道路は国・企業等が高精細な3次元地図を全国的に展開するため、本手法ではそれらに含まれない歩道や自動車が進入できない細い道路を安価なレンジセンサでカバーする必要がある。車速度センサ、安価な GPS、加速度計、ジャイロ、方位センサにより、デバイスの6自由度軌跡をオフラインで導出することによって、細い道路等への地図の拡張を試みる。ここで想定している安価なセンサでは解像度が低いうえノイズが大きく、先述した高精細な幹線道路の3次元地図と直接繋ぎ合わせることは、これまでの手法では計算コストが膨大になり困難であった。そこで、3次元データにフィルタを適用することで、計算コストと位置合わせ精度との関係性を明らかにし、安価なデバイスであっても高精度な軌跡推定を可能とする条件を評価した。

③ カメラのみによるつくば中央地図作成

広範囲領域をカメラのみによって行う地図作成の一例として、産総研つくば中央敷地内の主要道路をカメラを搭載したモビリティで走行し、得られた画像データを処理することで3次元復元した点群地図を取得した。今回、全方位カメラを用いて、敷地内をおよそ10 km 走行し、画像18万枚（動画像として1時間40分に相当）を得た。全方位画像に特化した特徴点記述手法と、ランドマーク3点から高速に自己位置を推定する

手法を開発し、シーケンシャルな Structure From Motion (SFM) を適用した。結果として、300メートル四方の撮影移動範囲であれば1メートル以内の誤差でサブマップ生成が可能となった。また、生成した地図内において、カメラ画像からリアルタイムで自己位置算出が可能となった。今後の課題としては、サブマップを拡大化する場合の最適化や撮影ルートのプランニング、異種センサのマージングが考えられる。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕3次元地図、SLAM、カメラ、LiDAR、3次元復元、自己位置推定

〔テーマ題目9〕運動神経スーツの開発

〔研究代表者〕比留川 博久（ロボットイノベーション研究センター）

〔研究担当者〕比留川 博久、松本 吉央、本間 敬子、梶谷 勇、小栢 進也（ロボットイノベーション研究センター）、肥後 範行、山田 亨、九里 信夫、金子 秀和（人間情報研究部門）、遠藤 維、今村 由芽子、吉田 英一（知能システム研究部門）（常勤職員12名）

〔研究内容〕

運動用の高機能タイツのように、衣服の下に常時着用可能な薄い布状で、伸縮長さを計測するセンサと運動制御のための最低限の力を発生するアクチュエータを備えたスーツにより、運動の動作タイミングを制御することで、残存筋力を最大限利用した運動アシストするとともに、運動能力の回復を図る技術を開発し、運動機能が低下した高齢者の自立支援を行うことを目的とする。

研究の第1段階では、歩行動作と起き上がり動作を対象として、股関節・膝関節・足首関節の矢状面での動作のみをアシスト対象とし、アクチュエータはワイヤをモーターで牽引する方式を採用する。これら3関節の動作タイミングの制御のみで、歩行動作と起き上がり動作をアシストできるかどうかの原理検証を目的とする。動作制御方式の設計はヒューマノイドの全身運動制御技術と理学療法の知見に基づいて行う。設計された動作は、デジタルヒューマン技術と筋骨格シミュレーション技術により検証する。その結果に基づいて、スーツに装着するセンサとアクチュエータの仕様を決定する。

今年度は、装具をベースとした試作1号機、ウェットスーツをベースとした試作2号機を開発し、ワイヤの取り付け位置、牽引力等について仕様作成を行った。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕装着型ロボット、歩行支援、ニューロリハビリテーション、デジタルヒューマン、筋骨格シミュレーション

⑦【人工知能研究センター】

(Human Factors Artificial Intelligence Research Center)

(存続期間：2016.5.1～)

研究センター長：辻井 潤一

副研究センター長：市川 類、麻生 英樹、
谷川 民生、宮本 晃之

首席研究員：西田 佳史、本村 陽一、
Horton Pau l

総括研究主幹：野田 五十樹

所在地：臨海副都心センター、つくば中央第1

人員：67名（66名）

経費：8,514,899千円（1,012,553千円）

概要：

人工知能の研究では、実世界問題への先端技術の適用が新たな先端技術を生み出すという、応用研究と基礎研究の密接な連関が不可欠になっている。また、応用分野の急速な拡大により、人工知能の研究は、ますますその学際性を強めており、多様な分野の専門家の共同研究が不可欠となっている。

本センターは、(a) 人工知能とその隣接分野の国内外のトップ研究者、新進気鋭の研究者が共同して大規模な研究を推進するための核となること、また、(b) 研究成果の実世界への応用を行うための産業界と学界との連携を促進する核となること、を目的として設立された。本センターの研究面からの大きな目標は、「人間の知能と親和性の高い」人工知能を実現することである。急速な発展を遂げてきた人工知能技術は、大きな期待とともに、人間とは異質な知性体を作り出してしまうのではないかという不安も引き起こしている。この不安感は、人工知能への不信任という、人工知能技術のユーザビリティを限定する主要な要因ともなっている。膨大な記憶と計算の能力を使う機械学習技術は、膨大なデータから隠れた規則性を学習するという、個々の人間には不可能な能力を実現した。しかし、その反面、たとえば、文脈や場面によってさまざまに変わる言葉の意味を汲み取るといった、人間にとっては自然で簡単なことが、人工知能には難問となるという逆説的な状況も多く残っている。人間と人工知能という2つの異質な知性体が共同して挑戦的な課題を解決していくためには、人工知能を人間の知能との親和性が高いものにし、不安感や不信任を払拭することが必要である。

本センターは、次の2つの研究の柱を設定し、人間の知能との親和性が高い人工知能の実現を目指す。

(1) 人工知能研究プラットフォームの形成

電子的なデータの量はあらゆる科学・業分野に

において指数関数的に増大しており、人手での利活用が困難になっていることから、そうした大量のデータを解析することで新たな価値を生み出す人工知能技術へのニーズと期待が高まっている。海外ではインターネット企業を中心として、人工知能の研究開発のために優れた基礎研究者が世界中から集められ、その結果完成した人工知能技術が実世界で使われ、豊富な知見が蓄積し、実世界から基礎研究へのフィードバックが得られる、という好循環が生まれている。しかし、我が国では、研究者が個別に基礎研究を行っており、優れた研究も多いが、これらを統合的に社会的インパクトの大きい人工知能技術を開発する動きは少なく、海外で見られるような好循環が十分に生まれていない。こうした状況を打破するために、本研究センターは、魅力ある研究拠点として、国内外の多様な人工知能研究のトップ・新進気鋭の研究者や優れた技術を集結し、先進的な人工知能の開発・実用化と基礎研究の進展の好循環を生むプラットフォームを形成することを通じて、日本の技術・人材の拡大再生産と産業競争力の維持・強化に貢献する。

(2) 人間との親和性の高い人工知能技術の確立

現在の主流であるデータ駆動型人工知能は、大量のデータから学習を行い、高度な予測・識別・分類を実現しているが、その理由の説明などはできない。そうしたブラックボックス性が、人工知能に対する不安や脅威に結びついている。そこで、神経科学の知見に学ぶ脳型人工知能や、データ駆動型人工知能と記号的な知識駆動型の人工知能を融合するデータ・知識融合型人工知能の研究を通じて、人工知能に人間との共通言語、共通表現を持たせ、従来のブラックボックス的な人工知能の気持ち悪さを解消し、人間にとって理解・制御・協働しやすい人間協調型の人工知能技術を確立することにより、人工知能技術の幅広い分野での利用を促進する。

この2つの研究テーマは野心的で、長期間の継続的な努力が必要である。本センターは、国内外の研究者の集積と交流の核として、また、学界と産業界の連携の核として、具体的で明確な応用を設定することで、その研究を推進していく。

内部資金：

戦略予算「月面データ解析への人工知能の応用」

近年、地球だけでなく月惑星探査においても大規模なリモートセンシングデータが収集・蓄積されるようになってきている。これまでに地球観測衛星画像を対象として開発してきた、自動地物検出用の深層学習アルゴリズムを、JAXAの月探査衛星「かぐや」の全量画像アーカ

イブに適用することで、クレーターや Dark Mantle Deposit といった特徴地形の自動抽出を試みる。また教師データの作成コストを低減するために Generative Adversarial Network (GAN) を用いた機械学習技術の適用についても検討行う。

外部資金：

平成29年度商取引適正化・製品安全に係る事業（ピンテージソサエティの実現に向けた高齢者等の行動データ取得事業）

次世代人工知能・ロボット中核技術開発／次世代人工知能技術分野／AI×ロボットによる高品質細胞培養の自動化とオミックスデータの大規模取得

未発生事故リスクの評価技術の開発

位置姿勢変化に頑健な3次元地図作成および3次元空間内音源探索

マルチモーダル画像融合による極限センシング

IoT 活用による糖尿病重症化予防法の開発を目指した研究／交換規約改訂・共通データベース構築・データ活用法の開発・基礎アルゴリズム開発の統括

次世代人工知能・ロボット中核技術開発／次世代人工知能技術分野／人間と相互理解できる次世代人工知能技術の研究開発

統計的検定手法構築、高速化・大規模化及び手法の普及
機械学習を用いた倍数体オミックス解析とモデリング技術の開発

エピジェネティクス解析及び医療画像データ解析を中心とした機械学習全般の解析手法を用いた統合的解析
予防安全分野の多機関分散データの統合的利活用技術のテストヘッド開発

データ利用技術の開発と普及

見守り技術の実装のための現場変容ライブラリの構築

計算論的代数幾何学によるデータ駆動科学の発展

安全・安心・満足以資する高齢者支援技術—高齢者と介護関係者をつなぐデジタル—ヒューマンネットワークの構築

レジリエントな最適化技術の開発

タンパク質の高次構造情報を利用した創薬等研究加速に向けたバイオインフォマティクス研究

日本産コムギ標準品種のゲノム解析によるコムギ多様性情報の整備

多層マルチ時空間スケール社会・経済シミュレーション技術の研究・開発

完全自動リアルタイムフルデマンド交通システム SAV 向けプラットフォームの研究開発

風力等自然エネルギー技術研究開発／風力発電高度実用化研究開発／スマートメンテナンス技術研究開発(分析)(リスク解析等)

SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術／点検・診断技術の

実用化に向けた研究開発／学習型打音解析技術の研究開発

様々な形式のデータを言語で柔軟に記述する汎用的技術の開発 — 数値データの言語化技術等の開発 —

大規模社会シミュレーション実行計画機構の開発および全体調整とパッケージ統合

大規模社会シミュレーション実行計画機構の開発および全体調整とパッケージ統合

言語横断検索手法の検討

ハイブリッド新種ゲノムが有するオミクス適応能の包括的な解析

ミッシングヘリタビリティを埋める複合因子解析手法の開発

使うほど医師の知識と経験を蓄積する育成型内視鏡画像診断支援プラットフォームの研究

救急医療現場での動線分析と会話分析の融合によるチーム医療の評価と教育効果の向上

家政学と人間工学を融合した家事労働の解析— ケイパビリティ・アプローチを用いて —

正確な看護業務時間測定と評価に基づく看護業務改善システムの構築と検証に関する研究

正確な看護業務時間測定と評価に基づく看護業務改善システムの構築と検証に関する研究

植物新種誕生の原理— 国際的研究中心形成に向けた国際活動支援センター —

マルコフ連鎖モンテカルロ法の挙動に基づくベイズ推定におけるモデル選択手法の開発

交通流映像とセルオートマトンに基づく新たなドライバモデリング手法の確立

機械学習と網羅シミュレーションによる MA 共有資源選択の効率化・安定化手法の確立

大規模機械学習のための並列計算基盤の研究

糸状菌由来リボソーム・ペプチド合成遺伝子のパイオインフォマティクス解析による探索

物体の分かりやすい説明表現のための絵描き歌自動生成に関する研究

大規模空間における避難訓練の科学的解析に基づく屋内避難経路ピクトグラムの作成

集合移動パターン分析によるセマンティック軌跡データベースの研究

多様な読み手のための単語難易度指標指標の統計的構築手法の開発

サービス現場を活性化させる現場起点の業務デザイン知識循環手法の開発

Tree Transducers for Question-Answering over Large Databases

現場事例と規範知識を組み合わせた業務プロセス知識の獲得に関する研究

ビッグデータ解析環境への効率的なデータステージングの研究

Regulatory DNA conserved between Phyla

超混雑環境における群集ナビゲーションに関する研究

Radiometric Calibration for Photo Collections

Studies on Belief and Opinion Propagation in Multi-Agent Systems

Recognizing Phrasal Entailments using Image Groundings

Framework for context-sensitive fact extraction over web data.

クラウドソーシングのためのヒューマンセントリックメカニズム設計理論の構築

エクストリームコンピューティングに向けた不揮発性メモリによるプログラム構成法

多階層共分散ネットワークによるオミクス間制御ファクターの解明

児童の安全知識共創を可能とする「繋げる AI」援用型ピアエデュケーション

実環境下での単極脳波信号を入力としたアーチファクトフリーシステムの実現

階層モデルの幾何学に基づく深層学習の理論構築と制御深層学習を用いた化合物とタンパク質の表現学習と創薬への応用

子ども虐待におけるリスク予測と効果的対応のリコメンド：人工知能技術活用の基礎研究

スパースモデリングによる潜在構造の抽出

先進ゲノム解析研究推進プラットフォーム

植物新種誕生の原理— 生殖過程の鍵と鍵穴の分子実体解明を通じて —

人工知能を用いた化学コミュニケーション空間の多様性と共通性の解明

組織幹細胞におけるゲノム安定性の制御

裁判過程における人工知能による高次推論支援

高齢者、介護スタッフの思いを記録し記憶へと繋ぐシステム

知識表現付き高精度3次元地図を用いた自律協調型自動運転システムに関する研究

あかつき・地上観測と数値モデリングの連携による金星大気力学の研究

エピトランスクリプトーム解析のための RNA インフォマティクス基盤技術

マーケットデザインの実践的理論の構築

状態遷移列からの関係ダイナミクス学習

メタ認知タスクを用いたヒューマンコンピューテーションの品質制御

地域救急医療の質の向上に資する科学的証拠の構築に関する研究

地域救急医療の質の向上に資する科学的証拠の構築に関する研究

ケアリングの実践知を日常的に共有するための支援モデルの構築

ケアリングの実践知を日常的に共有するための支援モデルの構築

ケアリングの実践知を日常的に共有するための支援モデルの構築

大自由度モデルに基づくデータ同化のための革新的4次元変分法の開発

ソーシャルビッグデータにおけるデータ分析とデータ管理の統合理論の構築と実践

多種センサとクラウドを活用した分散リアルタイム機械学習処理基盤

MAFFT 多重アラインメントプログラムの大量配列データへの対応と機能拡張

卓越研究員事業

「複数の社会経済現象の相互作用のモデル構築とその応用研究（多層マルチ時空間スケール社会・経済シミュレーション技術の研究・開発）」(④サブ課題D 交通・人流シミュレーション、④-1 網羅的交通・人流シミュレーションとその解析)

Mining for explanations to claims published on the Web

発表：誌上発表323件、口頭発表371件、その他41件

知識情報研究チーム

(Knowledge and Information Research Team)

研究チーム長 高村：大也

(臨海副都心センター)

概要：

研究目的は、数値や文字列といった羅列的なデータの中から、知識を抽出する技術を研究開発することである。従来のコンピュータはデータで考え結論を出す、人間は知識で考える。この差があるため、人間のように意味や価値判断に基づく深い思考を人工知能に行わせることには、まだ困難がある。研究手段として、データの中に含まれる命題間の関係を抽出し、それらの間に潜む矛盾や一致の関係を検出し、また時間経過による命題関係の変化を追跡することで、コンピュータが雑多な情報から最も信頼性の高い知識を抽出する技術を主に研究する。そして、キーワードの有無で尋ねる従来の検索ではなく、論理的な質問(クエリ)を受け付ける技術と併せることで、知識のレベルで人と対話する人工知能を研究開発する。方法論として、研究のいたずらな抽象化を避けるために、産業事故の報告書や新聞記事といった時世界の出来事を表すテキストを題材として取り上げ、実用性を検証することに主眼を置く。

研究テーマ：テーマ題目1、2

確率モデリング研究チーム

(Probabilistic Modeling Research Team)

研究チーム長：本村 陽一

(臨海副都心センター)

概要：

現実社会の中で行われるサービスや生活における現象の観測・分析・予測・制御を可能にするために、サービスや生活を通じて得られる大規模データから、現実社会の現象を予測可能な計算モデルである確率モデルとして構築し、それを活用して新たな現象の生成や制御を可能にする技術を開発する。実際の生活現場やサービス現場の中でデータを観測するためにはアクションリサーチが必要になる。すなわち実際の生活やサービス活動を改善しながら、現場で日常的に行われているサービスの活動や生活者の行動を、主観的な領域も含めて観測可能な大規模データとして観測・分析し、計算モデル化を行う確率データモデリングの技術開発し、を現場で利用可能な状態で提供することが重要である。具体的には、人間行動を観測する情報工学的技術、心理学的特性を推定する認知・行動科学的技術、大規模データから潜在的な意味カテゴリを抽出する数理的手法や計算技術、計算モデルを構築する確率の情報処理技術、計算モデルを用いた予測・制御・シミュレーション技術、これらの技術をサービス現場に実装し、社会化を促進する応用開発技術の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目1

機械学習研究チーム

(Machine Learning Research Team)

研究チーム長：瀬々 潤

(臨海副都心センター)

概要：

第4期中期計画3-(1)「ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の開発」に貢献することを目的とする。そのために、人工知能の基盤技術の一つである機械学習技術に関して、基礎理論から応用まで幅広く研究開発を実施する。基礎理論に関しては、ベイジックな確率モデリングに基づいて、スケーラブルな機械学習・確率モデリング技術、機械学習と数理統計学をシームレスに繋ぐ理論の開発、超複雑な機械学習・確率モデリング技術、深層表現学習技術、等の研究開発を進める。機械学習の応用に関しては、医療・農業データの解析への応用、物質科学のデータ解析への応用、ビデオ・センサー情報を基にした行動解析等に関する研究開発を中心として実施する。

研究テーマ：テーマ題目1、2

人工知能クラウド研究チーム

(Artificial Intelligence Cloud Research Team)

研究チーム長：小川 宏高

(臨海副都心センター)

概要：

計算機・ネットワーク技術の普及と各種センサ技術の発展に伴い、多種多様なモノがネットワークに接続され、実世界のさまざまな事象を「データ」として情報技術の世界から捉えることが可能になってきた。特に人工知能・IoT 技術の最先端の研究開発、産業分野等への社会実装を加速するには、機械学習技術をはじめとするアルゴリズム、実社会から取得される多種多様な大量のビッグデータ、両者の組み合わせを可能とする膨大な計算能力の供給が不可欠である。本チームでは、世界最高水準の機械学習処理能力、高性能計算能力、省電力性能を備えた大規模 AI クラウド基盤を開発・整備している。併せて、本クラウド基盤の効率的利用に資するコンテナベースの AI モジュールフレームワーク、次世代アーキテクチャを見据えた I/O 最適化ミドルウェア技術・システムソフトウェア技術等を研究開発している。開発した技術は基盤に早期に統合してサービスとして提供している。これらの活動を通じてオープンイノベーションプラットフォームの構築、最先端の AI 技術の早期橋渡しを推進する。

研究テーマ：テーマ題目1、2

人工知能応用研究チーム

(Artificial Intelligence Applications Research Team)

研究チーム長：坂無 英徳

(つくば中央第1)

概要：

社会課題を解決することを目的とした人工知能技術の活用方法について研究を行う。特に、機械学習に基づく画像解析や音響データ解析による異常検知などをコア技術とし、社会インフラ診断および医療診断・創業支援に資する技術の実用化に向けて研究開発を行う。取り組む課題それぞれのステークホルダーと密接に連携し、PDCA サイクルを短期間に回していくことで、早期の橋渡しを目指すとともに、人工知能技術を実社会で活用するために必要なノウハウや知見を蓄積し、共通部分を抽出することで横展開のフレームワーク化を目指す。また、橋渡しの過程で必要性が浮き彫りになる基盤技術については、他のチームにもフィードバックし連携することで、目的基礎研究の推進にも貢献する。

研究テーマ：テーマ題目1、2

サービスインテリジェンス研究チーム

(Service Intelligence Research Team)

研究チーム長：西村 拓一

(臨海副都心センター)

概要：

人々が主体的・共創的にインテリジェンス（観察、判断、行動力）を高める方法論とそれを効率的に実現する人工知能技術を研究する。そのために、モノだけ

でなく人々の活動とその意味、感情、知識を「コト」としてデータベース化、モデル化し、新たなコトとモノを設計することを支援する技術を開発する。具体的には、介護、看護、健康増進、保育、教育、地域活性化理美容などの現場に知識工学、設計工学、データ工学、認知科学、バイオメカニクスなどを適用し、横展開可能な人間行動モデリング技術を開発する。これにより、サービス現場のインテリジェンスを高め、究極の個別対応サービスが効率的に創出される社会を目指す。

このベース知識を元に、現場従業員が現場固有の知識を追加する知識発現の方法論を構築、効果を実証した。この知識発現方法論をもとに、健康増進として認知症予防に有効なダンスと音楽指導に関する基本知識の構築を開始した。健康増進や介護現場で重要となる身体運動の質の可視化のために特に動きの基本となる体幹の評価技術を確立した。サービス現場により適した ICT の社会実装を促進するため、サービス現場に加え、現場を支える経営・制度も含めたサービスシステム全体の分析手法の開発に着手し、介護サービスを対象として国内外で調査を実施した。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

社会知能研究チーム

(Computational Social Intelligence Research Team)

研究チーム長：大西 正輝

(つくば中央第1)

概要：

様々な社会現象を社会サービスシステムとみなし、人々の知的なふるまいを中心とした計算機モデルを構築し、センシングとシミュレーションにより現象を多方面から評価し、システム設計を支援する技術を構築する。対象とする社会現象としては、地域における公共交通サービスや地域防災施策、イベントや施設における人流制御を取り上げる。これらを対象に、人の動きや判断を継続的かつ非接触型でモニタリングする技術とともに、社会現象のデータ化と、それらのデータに基づく計算機モデルの構築、さらには、その社会現象に関係する多様な状況・要素を網羅して大規模にシミュレーションし分析する技術の開発を進める。これを基に、社会システムやサービスの改善施策の効果を見える化する手法を構成して、人工知能技術を用いた効果的な社会制度設計の支援手法を探索し、地域活性化・付加価値向上のための基盤情報技術を確立する

研究テーマ：テーマ題目1、2

地理情報科学研究チーム

(Geoinformation Science Research Team)

研究チーム長：中村 良介

(臨海副都心センター)

概要：

あらゆる情報は、「いつ」「どこで」という時空間情報にタグ付けされています。こうした多種多様かつ膨大な地理空間情報を知的に処理できる基盤を開発し、科学研究だけでなく環境管理・資源開発・防災といった具体的な応用に結びつけます。直近の課題は、宇宙から地球・惑星を観測する衛星群をセンサーネットとみなし、そこから得られる画像や測位データを即時・全量処理できる人工知能フレームワークの構築。

研究テーマ：テーマ題目1、2

生活知能研究チーム

(Living Intelligence Research Team)

研究チーム長：西田 佳史

(臨海副都心センター)

概要：

多様な生活機能変化者に適合した安全な生活、自立した生活、高度な社会参加のある生活の実現といった社会的インパクトのある具体的課題をいくつか設定し、IoT 技術、画像処理技術、生活データベース技術、ロボット技術などの技術を垂直統合する研究を推進することで、人工知能技術創出と社会インパクトの相乗効果を狙う。また、地域生活が営まれる現実のコミュニティや産業界と連携することで、大規模生活データからニューノーマル化した生活課題をいち早く見つけ、そのソリューションを開発可能にする生活知識循環エコシステムの創造、および国が推進しているビンテージ・ソサエティ（生活機能変化者が活躍できる社会）への貢献を長期的な狙いとする。も長期的な狙いとする。平成29年度は、生活データを保有する複数の機関との共同研究を実施し、スポーツ外傷、家庭内の事故、介護施設の事故分析を行った。また、これらのセマンティックな情報源に加え、センサ情報を用いた情報処理技術として、これまでに構築してきた産総研内リビングラボや介護施設や病院や一般住宅などをセンサ化したサテライトリビングラボを用いたアノテーション付き行動データベースの開発や、その基本技術となる大規模 RGBD ネットワークシステムを用いて各種画像データをタイムスタンプ付きデータとして整合させ記録する技術、顔識別機能付き個人補足技術やプライバシー確保技術の開発を進めた。生活理解技術に関しては、画像からどこに何が映っているかを認識する一般物体認識する技術を深層学習を応用し開発した。複数の生活データベースを用いてデータ駆動型でペルソナを作成する技術や、前年度まで開発した KPI 付きテキストデータの分析技術を傷害ビッグデータに適用し検証した。生活空間を扱うロボット技術に関しては、深層学習を用いた新たなナビゲーションアルゴリズムを開発した。

研究テーマ：テーマ題目1、2

オーミクス情報研究チーム

(Computational Omics Research Team)

研究チーム長：光山 統泰

(臨海副都心センター)

概要：

近年、ライフサイエンス分野では、測定技術の進歩によって、大量のデータが産生されるようになった。疾病の予防や、再生医療、新薬開発といった健康と医療の諸問題を解決するためには、このようなライフサイエンスのビッグデータを活用することが不可欠である。ライフサイエンスのビッグデータのなかでも、細胞内の分子の様子を観測したデータ、すなわちゲノムデータ、遺伝子発現データ、エピゲノムデータなど、多種のデータがある。これらの総称をオーミクス情報という。がん抑制や治療をはじめ様々な疾病を緩和させたり治療したりするための方法を考えるには、オーミクス情報を解読する必要があるが、人間が直接見ても理解は難しいため、オーミクス情報から有用な知識を抽出する技術が必要である。我々は、人工知能技術を生かして、オーミクス情報を解読する技術を開発している。

研究テーマ：テーマ題目2

インテリジェントバイオインフォマティクス研究チーム

(Intelligent Bioinformatics Research Team)

研究チーム長：富井 健太郎

(臨海副都心センター)

概要：

ゲノム情報をはじめとする多様かつ膨大な生命情報に関するデータから生命科学に資する知識発見を行うためのバイオインフォマティクス技術の開発及びそれらを用いた応用研究を行う。生体分子の有する生物機能活用に向け、膨大な科学技術論文からの知識の再構築を目指し、酵素の機能分類に必要となる文献情報解析技術やデータベースなどの開発を進める。また生体分子の配列・構造データを利用した疾患関連遺伝子の推定や創薬支援などへの応用に向け、バイオインフォマティクス技術や機械学習等に基づくゲノム関連データの情報解析技術及びデータベース等の技術開発を推進するとともに、開発技術を利用した生体分子の機能・構造解析などを行い、創薬などへの応用を目指す。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

研究チーム長：金 京淑

(臨海副都心センター)

概要：

IoT (Internet of Things)、ビッグデータ、人工知能 (AI) などの情報技術の革新により、様々な社会問題を解決し、より豊かにかつ効率的な日常生活と安全・安心で持続可能な社会を実現するためには、実世

界のモノ・ヒト・コトから多種多様なビッグデータをサイバー空間でリアルタイムに収集・解析し、私たちの生活の中で必要な情報を身近に提供することが不可欠である。本チームでは、様々な IoT 生成データを効率的に収集・格納し、利活用促進をはかるためのデータガバナンス基盤技術を研究開発している。具体的には (a) 多種多様大量のデータを対象としたスケーラブルなデータ処理を可能にする分散データ基盤技術、(b) オープンデータ等の高度利活用を可能にする AI 強化形データ前処理・検索・融合技術、(c) 高頻度な時空間データと高精度 3 次元空間データを効率的に扱う時空間データ管理技術、などの開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

NEC-産総研人工知能連携研究室

(NEC-AIST AI Cooperative Research Laboratory)

連携研究室長：鷲尾 隆

(臨海副都心センター)

概要：

シミュレーション技術と AI 技術を融合し、特殊・極限・不測事象を知る技術、過去のデータを超越する高度意思決定技術、多数 AI システム間挙動調整技術について、出口を見据えた基礎原理研究から産業応用研究開発に至るまでを取り組む。(プロジェクト1：機械学習とシミュレーションの融合、プロジェクト2：自動推論とシミュレーションの融合、プロジェクト3：自律型人工知能間の挙動調整)

研究テーマ：テーマ題目2

【テーマ題目1】人間と相互理解できる次世代人工知能技術の研究開発

【研究代表者】辻井 潤一 (人工知能研究センター)

【研究担当者】辻井 潤一他 (常勤職員53名、他63名)

【研究内容】

人間と人工知能が協働して重要な社会的課題を解決する世界の実現を目指して、人間と相互理解可能な次世代人工知能技術の研究開発を進めている。大学、公的機関、産業界から人材、技術、データを集結させ、①大規模目的基礎・先端技術研究開発、②次世代人工知能フレームワーク研究・先進中核モジュール研究開発、③次世代人工知能共通基盤技術研究開発、という3つの研究開発項目を一体的に実施した。特に、3年目である平成29年度には、平成28年度のステージゲート通過を経て、プロジェクトの出口分野を生活現象モデリング、地理空間情報処理、ロボット作業、科学技術研究加速の4つに集約して、より目的志向型の研究開発を進めた。主な実施内容は以下の通り(再委託先での実施内容を含む)。次世代脳型人工知能の研究開発：既存の深層ニューラルネット (Alexnet) の全結合層 (fc6層) における情報表現がサルの高次視覚野の情報表現と類似していること、サルの

脳に見られる時間的なコーディングが Alexnet には欠けていることを明らかにした。スパイクニューロンモデルを用いた500万ニューロン、100億シナプスの全脳モデルを構築し、自発発火活動の再現を試みた。サルの視覚野単純方細胞の時空間 STA と複雑型細胞の STC の推定手法を開発した。小脳を超並列強化学習器としてモデル化し GPU 上の実装を進めた。海馬・扁桃体・前頭前野の各機能部位について、パルスタイミングで情報表現する時間領域集積回路方式での実装を想定したモデル化を進めた。カリキュラム学習による学習効率向上を目指した能動学習技術の研究を進めた。データ・知識融合型人工知能の研究開発：絵画や写真の構造の解析、セマンティックパーズングを用いた自然言語によるデータベース問い合わせ、経済時系列データの説明文生成を進めた。テキストの分散表象を用いることで知識グラフに必要なエンティティの関係を精度高く抽出する手法、知識グラフの誤りを自動的に修正する手法、欠けた知識を自動的に検出する手法の開発を行い、テキストから従来よりも精度の高い知識を生成すること可能にした。機械学習・確率モデリングの高度化：これまでに開発した。学習用データ拡張手法やデータ圧縮手法を脳波データ等の実用データで評価した。高速な時系列データマイニング手法である Matrix Profile を用いた、新たな時系列データの分解手法について検討を開始した。確率プログラミング言語 PRISM にランク学習を導入し、学習制御法を改良した。分子式などのグラフ構造データから適切な特徴ベクトルを抽出する手法を提案した。これまでに開発した深層生成モデル (マルチモーダル VAE) と深層強化学習の融合手法を提案した。深層ニューラルネットの超パラメータ探索手法を実装し評価した。エッジデバイスでの推論用に3値化 DNN の学習方法を提案して有効性を示した。次世代人工知能フレームワーク研究：産総研 AI クラウド (AAIC) をターゲットとして、人工知能モジュール・アプリリポジトリの公開及び拡充 (10件)、モジュール IF の改良、GPU 配置等を考慮したリソーススケジューリング・配備・実行機構のプロトタイプ開発、深層学習エンジン等の高速実行環境開発、データプラットフォーム改良、人工知能応用に用いられるデータの整備 (10件) を行った。AAIC の利用者数200名以上、外部機関利用10以上を達成した。人間とロボットのインタラクションデータ収集用のクラウド VR 環境を活用し、ロボット競技会でのインタラクションデータや料理動作データを収集した。学術・産業技術俯瞰システムを Pubmed や Scopus などの文献データセットに適用し、引用文献ネットワークの分散表現を用いた学術領域のトレンド把握と萌芽予測を高精度に行う手法の有効性を示した。先進中核モジュール研究開発：これまでに構築したリビングラボ環境を活用し、複数の人が存在する環境下で、個人を同定し個人ごとの行動情報を取得するためのノンウェアラブル生活センシング技術を開発した。ク

ラウド型日用品データベースを拡充し、これと連動した生活支援ロボットによる実証実験を開始した。動画79,822本、日本語キャプション399,233件（各動画に対して平均5個のキャプション）で構成される大規模動画日本語キャプションデータセットを構築した。これまでに開発した人流計測システムを使いやすく拡張し、関門海峡花火大会や新国立劇場での避難体験オペラコンサートで人の流れを計測して有効性を評価した。これまでに構築した人の物体操作や組立作業の計測法とそれを利用した行動計画法を用いて形状の大きく異なる10種類のペットモデルで人の注ぐ動作を学習し、ロボットで95%以上の成功率で実行できることを確認した。布製品を三次元距離画像センサで観測し、適切な把持点と操作軌道を生成することを可能にした。生活現象モデリングタスク：3箇所以上の実証フィールド（お台場、千葉稲毛、三重、石川七尾、昭島、佐賀等）における実証と、新たなユースケースの検討（観光タスク、食品の需要予測タスク）を実施した。また、実証フィールドの一つである幼稚園に構築した子供の行動観測システムを用いてデータを収集し、子どもの関心と物理的な状態とについてのアノテーションと分析を実施した。地理空間情報プラットフォーム構築と空間移動のスマート化：お台場地区のマルチスケールなデータ収集を試験的に実施した。衛星画像や航空機画像上での地物認識や変化認識を行うための大規模データセット MUSIC4P3および ABCD を公開した。オントロジーに基づく論理知識型 AI とデータ駆動型の自動運転システムを融合させ、試験車両での実証実験を行える状態にした。AI を基盤としたロボット作業：画像上での把持可能性を評価する Graspability 評価指標を拡張し、利用するハンド種類（挟持／吸着）を自律的に選択するアルゴリズムを開発した。模倣学習システムに必須となる学習データ収集システムの構築と双腕協調作業に必要な神経回路モデルの基礎特性に関する研究を実施した。動作模倣学習手法を複数のタスクに適用し、機能拡張の可能性を評価した。科学技術研究加速のためのテキスト情報統合：重複したエンティティをエンティティの階層として表現する深層学習手法を提案し、抽出を行う手法を実現した。既存のコーパスでの評価を行い、従来法と比べて5%程度の精度向上を実現した。人材育成項目：NEDO/AIRC=東京大学 人工知能先端技術人材育成講座として Deep Learning 基礎講座、実践講座を実施した（合計の受講者数139名）。NEDO/AIRC=東京大学 人工知能基礎技術人材（データサイエンティスト）育成講座のコンテンツを改良し、オンライン講座を実施した（修了者数70名、修了率63.6%）。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】人工知能

【テーマ題目2】NEC-産総研 人工知能連携研究室

【研究代表者】辻井 潤一（人工知能研究センター）

【研究担当者】辻井 潤一、鷲尾 隆、野田 五十樹、本村 陽一、中田 亨、森永 聡、鶴岡 慶雅、中台 慎二、木佐森 慶一、大西 貴士、Alvarez Ayerza Nahum、Ba Seydou、Mohammad Yasser、江原 遥、伊藤 孝行、梶原 隆文、亀田 義男、吉田 孝志、窪澤 駿平、五福 明夫、山崎 啓介、山本 風人、小森 雄斗、森 達哉、西岡 到、川田 拓也、曾 弘博、猪爪 宏彰、田中 友紀子、藤田 桂英、平岡 拓也、Klein Mark、大嶋 真理絵
（常勤職員10名、他24名）

【研究内容】

社会システムがますます複雑化する中で、個別の技術では満たせない高度なニーズが増大している。当連携研究室では、増大するニーズに応えるためにシミュレーション技術と AI 技術を融合し、特殊・極限・不測事象を知る技術、過去のデータを超越する高度意思決定技術、多数 AI システム間挙動調整技術について、出口を見据えた基礎原理研究から産業応用研究開発に至るまで取り組む。第一に、データマイニングやシミュレーション技術などの人工知能技術を融合することにより、複雑・大規模な社会システムの理解と設計支援を可能にする技術を確認することを目指す。社会の中で頻発する現象やその構造を捉えるビッグデータに加え、災害・イベント等稀にしか起きない事象や未知の状況をマルチエージェント社会シミュレーションなどで補い、異種混合学習などのマイニング技術で分析することで、複雑な社会現象の理解や新しい施策の効果検証を工学的にすすめる手法を開発した。代表的な成果として、稀にしか生起しない望遠鏡の迷光現象を解析する研究に取り組み、光路のシミュレーションによってデータを生成することで、迷光の原因を推測する技術をプレスリリースした。第二に、シミュレーションと自動推論技術を統合し、プラントや IT システムなど、複雑で動的なシステムのオペレーションを支援する技術を開発した。シミュレータを利用したプランニングと推論により、問題の原因分析や対処方針の作成を行い、人間が理解・実行できる形で解決策を研究し、システムの開発を進めている。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】人工知能

4) 材料・化学領域

(Department of Materials and Chemistry)

領域長：村山 宣光

概要：

領域長は、理事長の命を受けて、材料・化学領域における研究の推進に係る業務の統括管理を行っている。研究領域間の融合を推進し、業務を実施している。

① 材料・化学領域研究戦略部

(Research Promotion Division of Materials and Chemistry)

研究戦略部長：濱川 聡

研究企画室長：遠藤 明

所在地：つくば中央第1

人員：15名 (15名)

概要：

材料・化学領域における研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関する業務、研究領域間の連携の推進、プロジェクトの企画及び立案並びに総合調整に関する業務、経済産業省その他関係団体等との調整に関する業務、領域長が行う業務の支援に関する業務等を研究企画室と協力して行っている。

材料・化学領域研究戦略部研究企画室

(Research Planning Office of Materials and Chemistry)

概要：

材料・化学領域における研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関する業務、研究領域間の連携の推進、プロジェクトの企画及び立案並びに総合調整に関する業務、経済産業省その他関係団体等との調整に関する業務、領域長が行う業務の支援に関する業務等を研究戦略部と協力して行っている。

- ・材料・化学領域ビジョンと予算案の策定
- ・国プロの立案に向けた総合調整
- ・領域推進プロジェクト、萌芽的研究推進、産総研フェローシップ等の選定・調整
- ・領域運営や橋渡し状況のPDCA管理
- ・企業等との外部連携の推進
- ・ナノセルロースフォーラム事務局の運営
- ・nano tech 2018への出展の取り纏め
- ・化学フェスタ等の出展補助
- ・技術研究組合との各種調整

機構図 (2018/3/31現在)

[材料・化学領域研究戦略部研究企画室]

研究企画室長 遠藤 明

オープンイノベーションラボラトリ

産総研・東大 先端オペランド計測技術オープンイノベーションラボラトリ

(Advanced Operando-Measurement Technology Open Innovation Laboratory)

概要：

産総研と東大の連携研究拠点として、平成28年6月1日に東大柏キャンパスに設置した。相互のシーズ技術や研究人材を融合し、素材やデバイス開発分野での新産業創出を目的とした研究開発を連携して行い、技術の実用化と社会実装を目指す。さらに、RA(リサーチアシスタント)制度を活用した研究人材育成、産学官ネットワークの構築による「橋渡し」につながる目的基礎研究の強化や、先端オペランド計測技術を活用した新素材、革新デバイス等の産業化・実用化のための研究開発を推進する。

機構図 (2018/3/31現在)

[産総研・東大 先端オペランド計測技術オープンイノベーションラボラトリ]

ラボ長 雨宮 慶幸(東大特任教授)

副ラボ長 石井 順太郎(産総研)

オープンイノベーションラボラトリ

産総研・東北大 数理先端材料モデリングオープンイノベーションラボラトリ

(Mathematics for Advanced Materials Open Innovation Laboratory)

概要：

産総研と東北大の連携研究拠点として、平成28年6月30日に東北大片平キャンパスに設置した。相互のシーズ技術を合わせ、材料の構造・機能・プロセスの関連原理の明確化を目指した研究開発を連携して実施する。それにより、機能性材料開発のスピードアップにつながる産業化・実用化のための研究開発を進めていく。

機構図 (2018/3/31現在)

[産総研・東北大 数理先端材料モデリングオープンイノベーションラボラトリ]

ラボ長 中西 毅(産総研)

連携研究ラボ

日本ゼオンー産総研 カーボンナノチューブ実用化連携研究ラボ

(Zeon-AIST Nanotube Industrialization Cooperative Research Laboratory)

概要:

平成28年7月1日に日本ゼオン株式会社（以下 日本ゼオン）と共同で設立した。本連携研究ラボでは、組織間の垣根を取り払い、産総研が開発したカーボンナノチューブ（CNT）の合成法「スーパーグロース法（SG法）」の実証プラント等の基盤研究設備と研究員を活用して、SG法をベースとした高効率合成法、ならびに次世代合成法によるCNTの量産化に係る研究開発を推進し、CNTの各種工業材料としての展開を見据えた、より一層のコストダウンおよび生産量向上を目指す。これにより、産総研が推進する評価技術・リスク評価・新規用途開発等の広くCNT産業の振興に努める研究の促進も期待される。これらを通して、世界一のCNT産業の構築を目指す。

機構図（2018/3/31現在）

[日本ゼオンー産総研 カーボンナノチューブ実用化連携研究ラボ]

ラボ長 上島 貢（日本ゼオン）

連携研究ラボ

日本特殊陶業-産総研 ヘルスケア・マテリアル連携研究ラボ

(NGK SPARK PLUG – AIST Healthcare・Materials Cooperative Research Laboratory)

概要:

平成29年4月1日に日本特殊陶業株式会社（以下 日本特殊陶業）と共同で設立した。本連携研究ラボでは、ニューセラミックスを素材とした製品開発に強みを持ち、医療分野を新規事業の重点領域としている日本特殊陶業と、医療材料や先進セラミックスの合成・デバイス化・評価に対して高い技術ポテンシャルを持つ産総研が連携し、革新的なヘルスケア製品の実現を目指す。また、創薬、健康評価、健康維持などの医療／ヘルスケア分野においてトップレベルの技術蓄積を持つ、産総研の生命工学研究との連携促進等、オール産総研を視野に入れた研究分野横断型の連携研究ラボを目指す。

機構図（2018/3/31現在）

[日本特殊陶業-産総研 ヘルスケア・マテリアル連携研究ラボ]

ラボ長 加藤 且也（産総研）

連携研究ラボ

矢崎総業ー産総研 次世代つなぐ技術 連携研究ラボ

(YAZAKI-AIST Next-generation Connecting Technology Cooperative Research Laboratory)

概要:

平成29年10月26日に矢崎総業株式会社（以下、矢崎総業）と共同で設立した。本連携研究ラボでは、自動車部品事業を重点領域とし、自動車用ワイヤーハーネスの世界トップクラスのサプライヤーとして接続技術をコアとした製品開発に豊富な実績がある矢崎総業と、新規ナノ材料の合成・デバイス化・評価・理論解析に関して技術蓄積がある産総研が連携し、新規ナノ材料を活用し、未来のクルマに対応可能な高性能かつ高信頼な「つなぐ」技術の研究開発を推進する。

機構図（2018/3/31現在）

[矢崎総業ー産総研 次世代つなぐ技術 連携研究ラボ]

ラボ長 清水 哲夫（産総研）

副ラボ長 白須 賢治（矢崎総業）

②【機能化学研究部門】

(Research Institute for Sustainable Chemistry)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：北本 大

副研究部門長：榊 啓二、吉田 勝

首席研究員：新納 弘之

総括研究主幹：須田 洋幸

所在地：つくば中央第5、中国センター

人員：58名（58名）

経費：582,796千円（380,644千円）

概要:

1. ミッション

近年、地球温暖化防止等の視点から、石油からバイオマス等の再生可能資源への原材料転換に関わる技術の確立が急務の課題となっている。当研究部門では、再生可能資源等から、高効率かつ低環境負荷な反応・プロセスで、各種の基幹・機能性化学品を製造し、高度利用するための基盤技術開発を目指す。化学品の製造面からは、バイオマス処理技術、微生物や酵素等を用いた変換技術、有機合成を基軸とする材料創製技術などに取り組む。また、化学品の高度利用面からは、分子や界面の精密制御、素材の形成・加工・機能化、光化学反応、材料特性評価・標準化などに関わる研究開発を進める。

環境と経済の両立を指向するグリーン・サステイナブルケミストリーの理念のもと、当部門が母体である触媒化学融合研究センターと連携を図りながら、これらの技術開発を一体的に押し進め、化学品の多様な産業分野への展開や、機能性化学品産業の国際競争力強化に貢献する。

2. 研究開発の方針

当部門は、第4期中期計画が筆頭に掲げる「橋渡し」機能の強化を念頭に、化学・バイオ系分野の研究者の集団力をベースに、下記の4つの戦略課題に取り組む。

- 1) 再生可能資源を利用する反応・プロセス技術
- 2) 化学材料の創製・高機能化技術
- 3) 光化学利用技術
- 4) 先端化学材料の評価技術

課題1) では、バイオマス等から高効率かつ環境低負荷で、基幹・機能性化学品を製造し、高度利用するための基盤技術を開発する。課題2) では、日用品、機械および電子デバイス、分析機器等の高度化や省資源化に向けて、動的・感覚・診断知能を有する新材料・システム、及びスマート接着剤等に関わる基盤技術を開発する。課題3) では、新しい光源（LED、ファイバーレーザーなど）を活用して、局所的に機能を付与できる材料プロセスを開発する。加えて、光機能材料を的確に改良し、フレキシブル透明電極、反射防止フィルムや、CIGS 薄膜太陽電池部材等への展開を進める。課題4) では、機能性化学品の高付加価値化に向け、特に有機・高分子材料や複合材料に関して、「耐久性・劣化評価」、「界面・高次構造評価」を可能とする独自技術を構築する。これらの課題推進にあたっては、技術の出口を、より一般消費者に近い位置（健康増進新素材：スポーツ・ヘルスケア・農業系素材など）にフォーカスし、連携すべき事業・企業の幅を広げていくことを目指す。また、バイオマス資源からの機能性化学品製造を第一の目標としていることから、原料供給や製造拠点、製品市場に密接に関わるアジア地域との連携開拓も視野に入れる。

産総研は産業技術の向上を担う公的研究機関であることを踏まえ、自ら革新的なシーズ技術の創出に努めると共に、大学や企業等との連携のもと、社会に点在する優れたシーズ技術を汲み上げ、着実に実用化フェーズへと「見える化」することにも注力する。特に、競争力のある新技術の創出には、部門員の強みを生かした持続的なコア技術の醸成・深化が不可欠であり、そのための研究環境整備や、リソース配分を優先的に実施する。当部門がつくばと中国センターに跨ることから、地域センター間での技術融合にも積極的に取り組み、多様な視点から地域創成へも貢献する。

知財は、「技術移転の必需品、かつ事業を守り育てる手段」との認識を持ち、成果の特許出願等においては、開発技術の立ち位置、連携すべき企業、想定される事業内容、最終的な市場や顧客等を、多角的な視点から精査する。「広く強い」知財に向けて、ポートフォリオ分析に従い、質と量の拡充を目指す。特許出願後は、可能な限り公開までの間に、的確なスケジューリングで成果発信（学会・論文・プレス発表、展示会等）を行い、技術マーケティングと相補して、最適な連携企業の選定、資金提供型共同研究に繋げる。

3. 運営方針と体制

本部門は、グループ長を一次管理者、部門長を二次管理者とする二階層による部門運営を基本とする。部門長は、ライン上にあるグループ長の一次判断を尊重しつつ、部門スタッフ（副部門長・首席研究員・総括研究主幹・ユニット支援）や、研究業務推進部等の意見を参考に、運営の最終決定を行う。部門スタッフは、部門長とグループ長のラインとは別に位置づけ、部門運営全般に関して部門長を補佐しつつ、必要に応じて各グループの研究活動を先導・支援する。当部門の研究のキーワードである「グリーン・サステイナブルケミストリーの推進」には、化学、バイオに加え、多様な技術の集積・融合が不可欠である。個人、あるいはグループの「独創力」をベースとして、領域内外のユニットは勿論、所外組織との実効的な連携を強く奨励し、集団力を生かした研究展開を図る。

産総研の社会的立場・責務を常に認識し、「分かりやすく、明快に」を念頭に、広く産業界や一般社会に対する、積極的なアウトリーチ活動にも力点を置く。

外部資金：

国立研究開発法人農業環境技術研究所 農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業委託事業 畑作の省力化に資する生分解性マルチフィルム分解酵素の製造技術と利用技術の高度化

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発 木質系バイオマスから化学品までの一貫製造プロセスの開発

国立研究開発法人科学技術振興機構 ImPACT リチウムイオン電池向けレーザークリーニング（テーブルトップレーザーによる一括ビーム照射）

独立行政法人環境再生保全機構 環境研究総合推進費 ナノセルロース系廃材を利用したリサイクル樹脂の改質

国立研究開発法人科学技術振興機構 ALCA バイオマスプラスチックを使いこなすための高機能バイオ界面活性剤の開発

国立研究開発法人科学技術振興機構 国際科学技術共同研究推進事業 生物多様性保全のためのパーム油産業によるグリーン経済の推進プロジェクト

文部科学省 科学研究費補助金 サブ10フェムト秒位相制御光による非熱的原子レベルレーザーカーヴィング技術の開発

文部科学省 科学研究費補助金 高分子のガラス転移温度を光により巨大変化させることが可能な分子システムの構築

文部科学省 科学研究費補助金 生体材料インターフェイスにおける末梢概日リズムの可逆性分子機構の解明

文部科学省 科学研究費補助金 質量分析法及び関連技術を用いた機能性ポリマー材料の劣化解析

文部科学省 科学研究費補助金 光によるナノ炭素材料の界面物性制御技術の高度化

文部科学省 科学研究費補助金 多官能アントラセン誘導体の合成と可逆相構造制御

文部科学省 科学研究費補助金 安全でしなやかな酵素燃料電池実現のための酵素-電極界面材料開発

文部科学省 科学研究費補助金 並行複発酵に最適なキシロース発酵性酵母創製に向けた基盤研究

文部科学省 科学研究費補助金 動きを生み出す分子集合体：静電気応答性の解明と応用

文部科学省 科学研究費補助金 並行複発酵に最適なキシロース発酵性酵母創製に向けた基盤研究

文部科学省 科学研究費補助金 レーザー合成技術を駆使した鋳型フリーの自励振動マイクロゲルアクチュエータの開発

文部科学省 科学研究費補助金 自己集積性の低分子有機物を吸着剤として使用する含油排水処理技術の開発

文部科学省 科学研究費補助金 超弾性レジリンモデルハイブリッドポリペプチドの創製

文部科学省 科学研究費補助金 固液界面レーザー誘起反応を利用した透明樹脂上への微細周期構造付加技術の開発

文部科学省 科学研究費補助金 オールナノカーボン電極による透過型有機太陽電池の研究

文部科学省 科学研究費補助金 非可食バイオマスの直接発酵を可能とする宿主微生物の開発

文部科学省 科学研究費補助金 末端官能基化ポリカチオンの微生物合成とこれを用いた既存材料のポリカチオン化

文部科学省 科学研究費補助金 可変シワ構造による表面摩擦機能の拡張

文部科学省 科学研究費補助金(分担) ゲルポンプ内蔵マイクロチップ分析システムの創生

文部科学省 科学研究費補助金(分担) ホモ・ヘテロ・ナノギャップ構造を持つ周期ナノドット転写法の開発

文部科学省 科学研究費補助金(分担) 2次元無機有機ペロブスカイト材料によるハイブリッド特有の光学応答

公益財団法人新産業創造研究機構 サポイン セルロースナノファイバーとゴム材料との複合化技術を活用した環境配慮型超軽量・高機能シューズの開発

公益財団法人ひろしま産業振興機構 サポイン 平成29年戦略的基盤技術高度化支援事業 航空機用繊維強化樹脂材料の高効率曲面仕上げを可能とするフレキシブルメタルシートの実用化開発

高圧ガス保安協会 平成29年度高圧ガス保安対策事業(高圧ガス保安技術基準作成・運用検討) 高圧ガスの燃焼性試験方法に関する試験

発表：誌上発表115件、口頭発表247件、その他30件

バイオベース材料化学グループ

(Bio-based Materials Chemistry Group)

研究グループ長：木原 秀元

(中国)

概要：

当グループでは、バイオマスを原料とした、生物学的もしくは化学的な変換を利用する機能性化学品製造に

において、その反応効率や生成物収率に大きく影響する、木質の主要3成分（セルロース、ヘミセルロース、リグニン）の高効率分離技術について、高温高压下での水熱反応を中心に、様々な研究開発を行っている。さらに、特に分離したリグニン成分に着目し、これを原料とした機能化学品への変換技術の研究も行っている。加えて、天然由来の素材や材料の機能に着目し、その機能性発現の機構を科学的に解き明かすと共に、有機合成の手法により、機能性高分子の調製に反映させることで、これまでにない高機能性・多機能性新材料の創製にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

バイオ変換グループ

(Bioconversion group)

研究グループ長：松鹿 昭則

(中国)

概 要：

キシロオリゴ糖は、非可食バイオマスから生産される、プレバイオティクス効果が高いオリゴ糖の一つである。昨年度までに開発した耐熱性オリゴ糖蓄積型酵素の生産性向上を図るために、糸状菌タロマイセス・セルロリティカスを用いて、目的遺伝子への糖鎖付加アミノ酸の導入、ならびに、イントロン配列を付加させた変異株を作製した。その結果、酵素生産量を約2.5倍向上させることに成功した。今後は、変異株の大量培養条件を最適化することにより、更なる酵素生産性の向上が期待できる。

D-アミノ酸は、製薬や抗生剤などの医薬品や化粧品や機能性食品などのヘルスケア製品などの生産において、その需要が近年急激に高まっている。そこで、D-アミノ酸の新規酵素合成法を開発するため、D-アミノ酸脱水素酵素の素となる *meso* ジアミノピメリン酸脱水素酵素を新たに分離し、酵素化学的性質を詳細に解析した。その結果、新規分離酵素は、既知の酵素に比べて10倍程度高い活性を有することを明らかにした。今後は、新規分離酵素に対してタンパク質工学的な変異を導入することで、より活性の高い D-アミノ酸脱水素酵素の作製が期待できる。

研究テーマ：テーマ題目1

バイオケミカルグループ

(Biochemical Group)

研究グループ長：森田 友岳

(つくば中央第5)

概 要：

当グループでは、バイオマス等の未利用資源の積極的な活用を目的として、各種の生物・化学プロセスを活用した高付加価値製品の生産技術に取り組むとともに、革新的な産業技術の創出を目指した機能性化学品

の利用技術の開発を行っている。具体的には、環境適合性と機能性を併せ持つ機能性バイオ化学品であるバイオ界面活性剤の各種産業分野への応用拡大を目指し、酵素や微生物を利用した製造技術の高度化や用途開拓等を進めている。特に、次世代シーケンサーで取得した微生物ゲノム情報等を活用して、遺伝子組換え技術によるバイオ界面活性剤の構造制御および生産効率の向上を目指し、また、素材としての基礎物性情報等を蓄積することで、各種産業からの要求に適合した製造および利用技術の開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1

高分子化学グループ

(Polymer Chemistry Group)

研究グループ長：佐藤 浩昭

(つくば中央第5)

概 要：

当グループは、持続可能な社会の構築を目指し、機能性高分子材料の種々の評価手法の開発を行う。高分子材料評価は物理的な手法による解析に留まる場合が多い現状に対し、当グループでは高分子材料の機能や信頼性を化学構造に基づいて評価する技術の開発を進める。具体的には、(1) 質量分析法、クロマトグラフィ、分光分析法、陽電子消滅法など各種機器分析手法を用いた高分子の分子構造やナノ構造などを解析する手法を開発する。(2) 化学構造情報に基づく解析結果と機能物性との相関を明らかにし、高分子複合材料の性能や耐久性の評価技術を開発する。(3) 環境適合性に優れた高分子材料の評価手法を開発するとともに高分子評価法の国際標準規格化の業務を遂行する。

研究テーマ：テーマ題目4

光材料化学グループ

(Photo-Induced Materials Chemistry Group)

研究グループ長：佐藤 正健

(つくば中央第5)

概 要：

当グループでは、光反応を基軸として、機能性化学品や化学部材製造の高付加価値化・高効率化・省工程化に貢献する材料機能化技術および材料評価技術を開発することを目的としている。各種レーザー光源の利用をはじめとし、光の波長や強度に基づいて示される反応の選択性や、超短パルス化や任意形状高速操作などの優れた時間・空間制御性、高感度検出性など、光反応の特異性を最大限に活用することにより、素材の形成・加工・機能付与技術、光化学反応利用技術、材料特性評価技術に関する研究開発を進めている。特に、異種材構造接着において必要とされる非接触で実施可能な高速、高感度な被着体表面検査技術の開発、およ

び、超短パルスレーザー光による太陽電池の高速高品位スクライプ加工技術の開発に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目3

スマート材料グループ

(Smart Materials Group)

研究グループ長：松澤 洋子

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、有機分子の相変化や分子間相互作用に関わる材料技術をベースに、高度な機能を発現する化学品「スマート材料」の開発を目指している。併せて、その材料開発に必要な新しい分子組織体や分子複合体の探索と、それらと光、熱、溶媒等の外部環境に係る相互作用について基礎的研究を行っているが、特に利便性、環境調和性の高い「光」の利用に注力している。具体的には、可逆接着剤や自己修復塗料などに応用可能な、刺激により可逆的に相変化する有機材料の開発、およびカーボンナノチューブやグラフェン等の炭素材料の分散性を制御できる分散剤の開発、ならびに炭素材料の薄膜化・パターン化技術の開発を目指す。グループの研究スタンスの特徴は、各種の機能性有機化合物の設計・合成から、基礎物性測定、組織体構築、機能評価までを一貫して行うことである。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3

セルロース材料グループ

(Cellulose Materials Group)

研究グループ長：遠藤 貴士

(中国)

概要：

当研究グループが開発した、水熱・メカノケミカル処理技術を基盤としたリグノセルロースナノファイバー・バイオマスファイラー製造技術、特性評価技術および樹脂複合化技術に関する研究開発を行った。

リグノセルロースナノファイバー・バイオマスファイラー製造技術開発では、蓄積したナノ解繊技術および特性評価技術を基盤として、樹種や産地、部位がナノ解繊効率へ与える影響について評価を実施した。また、各種条件により製造したリグノセルロースナノファイバーの特性と樹脂やゴムの補強効果との関係性評価を実施し、部分的ナノ解繊物においても、複合材料の強度物性が向上できることを明らかにした。さらに、セルロース系複合材料において、セルロースと樹脂との界面における添加剤の効果について、精密分子構造解析を行い、エステル結合が形成されていることを明らかにした。ナノファイバー系複合材料のリサイクル技術開発では、ナノファイバーをリサイクル樹脂の結晶核剤として活用するため、過酸化物を用いたベース樹脂の低分子化条件を構築した。

研究テーマ：テーマ題目1

知能材料グループ

研究グループ長：原 雄介

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、日々の生活を豊かにする知能材料の開発を目指して、3つのカテゴリー（【動的知能】・【感覚知能】・【診断知能】）に関連する素材や分析技術、即時分析装置の開発等を目指している。【動的知能】のカテゴリーにおいては、生物模倣型アクチュエータや電場応答型ソフトアクチュエータ、有機デバイスなどの研究開発を通して、日々の生活やスポーツをアシストする素材やシステムの開発を目指している。【感覚知能】のカテゴリーにおいては、日々の生活を快適にする機能性ゲルの開発や、体の動きを感知・計測するウェアラブルセンサー等の開発を目指している。またそれらの研究開発を支援する X 線構造解析技術や、有機デバイスのインピーダンス分光技術の向上を目指している。また、【診断知能】のカテゴリーにおいては、人の健康に関わる口腔、肌、美容、食品の診断・分析を支援する素材や即時分析装置等の研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目2

化学材料評価グループ

(Chemical Materials Evaluation Group)

研究グループ長：水門 潤治

(つくば中央第5)

概要：

新素材の実用化には、機能に加えて信頼性の向上が必要不可欠であり、機能と信頼性を両立する材料の開発が求められている。当グループでは、化学材料の信頼性を正しく評価し、更にその向上に資する評価技術の構築を目的とする。具体的には、①化学材料の劣化構造や劣化メカニズムを解析する技術、②熱や光などの刺激に伴う構造変化を in-situ で解析する技術、③新型冷媒の燃焼性や環境影響を評価する技術の3本柱を中心とする研究開発に取り組む。これらの評価技術を活用して先端化学材料の信頼性向上に必要な材料設計指針を提案することにより、民間企業等による製品開発を支援する。

研究テーマ：テーマ題目4

【テーマ題目1】再生可能資源を利用する反応・プロセス技術

【研究代表者】森田 友岳 (バイオケミカルグループ)

【研究担当者】森田 友岳、福岡 徳馬、佐藤 俊、
雑賀 あずさ、牛丸 和乗、吉田 勝、
木原 秀元、柳下 立夫、青柳 将、
花岡 寿明、藤本 真司、渡邊 宏臣、

伊藤 祥太郎、松鹿 昭則、村上 克治、井上 宏之、渡邊 真宏、秋田 紘長、中道 優介、遠藤 貴士、伊藤 弘和、井上 誠一、岩本 伸一朗、熊谷 明夫、北本 大（常勤職員25名、他18名）

【研究内容】

化石資源に替わってバイオ原料から化学品を製造するための技術開発及びプロセス開発は、日米欧を中心に戦略的な取り組みが始まっている。本テーマでは、バイオマス等からバイオと化学技術のベストミックスにより、高効率かつ環境低負荷で、基幹・機能性化学品を製造し、高度利用するための基盤技術の開発を目指して、バイオベース化学品の製造・利用技術の開発およびセルロースナノファイバーの製造・材料利用技術の開発に取り組んでいる。

（バイオベース化学品の製造・利用技術の開発）

木質系バイオマスの成分分離により得られるリグニンを原料とし、1,3-ブタジエンの合成に着目した。理論的に合成が可能な3つの合成プロセスを提案し、シミュレーションにより1,3-ブタジエン収率、プラント運転に必要なエネルギー（熱、電力）を評価し、単位重量リグニンを処理した場合の利益を計算した。その結果、最も利益が高いのは、合成ガス、ジメチルエーテル、n-ブテンを経由し、1,3-ブタジエンを合成するプロセスであることがわかった。さらにこのプロセスの改良を試みた。ジメチルエーテルから n-ブテンを合成する工程には、空気分離による窒素が必要である。当該工程に必要な窒素量を減らすことで、電力が低減でき、その結果トータルプロセスの利益も増加した。一方、この工程に用いる触媒性能の向上が技術的課題であることが明らかになった。

機能化学品の原料となる D-アミノ酸を効率良く酵素合成するため、基盤酵素となる *meso*-ジアミノピメリン酸脱水素酵素の広範なスクリーニングを行った。その結果、従来の酵素とは異なる補酵素依存性を有する酵素を新たに2種分離した。さらに、本分離の解析を進め、酵素化学的性質の詳細を明らかにした。

バイオ界面活性剤の製造および利用技術の高度化を目指して、バイオ界面活性剤を高生産する微生物の育種・改良を進めた。バイオ界面活性剤の生合成に関与する2種類の遺伝子をターゲットとして、バイオ界面活性剤を高生産する微生物の遺伝子組換え体を作製した。その結果、従来は混合物としてのみ得られていた、脂肪酸が1個結合したタイプおよび脱アセチル化したタイプのバイオ界面活性剤を、単独で生産することが可能となった。また、バイオ界面活性剤の産業利用の拡大を目指して熱安定性のデータを取得した。

（セルロースナノファイバーの製造・材料利用技術の開発）

木質系バイオマスから得られるセルロースナノファイバーは、幅が3~20 nm 程度と超微細でありながら、軽

量・高強度・高弾性・低熱膨張という特徴を持っている。本テーマでは、木質等バイオマスからの直接的なナノファイバー・バイオマスフィラー製造技術、樹脂やゴムとの複合化技術、およびナノファイバー・バイオマスフィラーの特性評価技術の開発を進めた。成果として、樹種や産地、部位によるナノ解繊効率の違いを明らかにした。また、解繊度合いと、樹脂・ゴム補強効果の関係性を評価した結果、部分ナノ解繊物においても、十分な補強効果が発揮できることを明らかにした。また、各種製品試作も行き、ナノファイバーの特長を生かした複合材料製品として、ミリサイズの歯車試作も達成した。さらに、セルロースと樹脂複合化における、添加剤効果として、精密分子構造解析から、セルロース・樹脂界面ではエステル結合が形成されていることを明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】バイオマス、成分分離、D-アミノ酸、バイオ界面活性剤、セルロースナノファイバー、複合材料

【テーマ題目2】化学材料の創製・高機能化技術

担当 G：スマート材料グループ、知能材料グループ

【研究代表者】須田 洋幸（総括研究主幹）

【研究担当者】須田 洋幸、原 雄介、南川 博之、小木曾 真樹、中住 友香、増田 光俊、青柳 将、大園 拓哉、岩坪 隆、寺岡 啓、西村 聡、武仲 能子、木原 秀元、秋山 陽久、山本 貴広、吉田 勝、渡邊 宏臣、伊藤 祥太郎（常勤職員18名、他4名）

【研究内容】

電子デバイス、電化製品、輸送機器等の高度化に向けて、様々な界面表面で利用する機能材料の開発に取り組んでいる。製品のリサイクル性向上と長寿命化を可能にする可逆接着剤や自己修復塗料、ヘルスケア用途のための有用物質を徐放する有機ナノカプセル、簡便・高感度な診断が可能なセンサーシステム等の実現を目指している。

今年度は、光照射に伴う液化固化相変化を示す光可逆接着剤の開発、低摩擦材料を的確に徐放できる技術の開発、および可変凹凸構造を用いた新規な摩擦可変部材において評価検討を行った。

光可逆接着剤の開発では、これまでの材料における課題（初期状態が粉、着色）を解決するために、アントラセン部位を分子内に複数有する中分子化合物において、アントラセンの光2量化と熱解離を利用した可逆接着剤の開発を行った。置換位置の異なる3種類のアントラセン多量体を合成し機能性を比較検討し、無色液状で、可逆に接着制御可能なスマート接着剤を得ることができた。

有機ナノカプセルの開発では、水に濡れて構造変化し、内容物を放出するナノカプセルの研究開発を進めている。

有機溶剤を用いたナノカプセルの作成方法を新たに見出した。有機溶剤を用いた製法を応用することで、ナノカプセルに内包させることが難しかった水難溶性物質についても、取扱いが可能になった。

摩擦や付着機能を拡張する部材表面の実現に向けて、微粒子とゴムの複合材を新規に開発し、延伸操作で付着力を瞬時に低下できることを見出した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】接着剤、塗料、摩擦部材

【テーマ題目3】光化学利用技術

【研究代表者】新納 弘之（首席研究員）

【研究担当者】新納 弘之、松澤 洋子、神徳 啓那、
佐藤 正健、川口 喜三、高田 徳幸、
大村 英樹、奈良崎 愛子、
（常勤職員8名、他2名）

【研究内容】

新材料開発やプロセス高度化を通じた化学産業の国際競争力強化に資する、光を利用する反応プロセス・材料創製に取り組んでいる。機能性フィルムや薄膜太陽電池等の電子デバイスの開発において、表面機能（反射防止機能、透明導電性、バリア特性、耐摩耗性など）を必要な個所に局所的に付与する技術、あるいは表面物性を局所的に改変する技術が求められている。時間・空間的制御性に優れた光は、これらの技術開発において強力なツールとなり得る。近年の技術革新によって得られた新しい光源（LED、ファイバーレーザーなど）に対応して局所機能付与プロセスを最適化するとともに、ニーズに応じて光機能材料を改良することで、高付加価値を有する材料や部材の開発に取り組んでいる。

今年度は、光製膜技術により得られるナノ炭素材料膜の評価、並びに、異種材構造接着のための被着体表面光検査技術について検討を行った。ナノ炭素材料の光製膜技術では分散制御技術の高度化を進めた。具体的には、新規分散剤を開発することで対象溶媒の拡大化を図るとともに、ガラス基板などの様々な基板上への製膜に成功した。被着体表面光検査技術では、高感度検出系、およびダブルパルス照射システムを備えた測定システムについて基本設計を完了し、基板上に付着したシリコンオイルの検出下限は $1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 程度であることを実証した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】光化学表面反応プロセス、光製膜技術、レーザー化学技術

【テーマ題目4】先端化学材料の評価技術

【研究代表者】佐藤 浩昭（高分子化学グループ）、
水門 潤治（化学材料評価グループ）

【研究担当者】水門 潤治、奥本 肇、陳 亮、
滝澤 賢二、新澤 英之、山根 祥吾、
寺岡 啓、大園 拓哉、佐藤 浩昭、

船橋 正弘、大石 晃広、萩原 英昭、
渡邊 亮太、八木 久彰、
Fouquet Thierry、岩坪 隆、西村 聡
（常勤職員17名、他9名）

【研究内容】

先端デバイスや軽量構造材等に利用される高機能化学材料は、我が国化学産業の強みである。本分野における国際競争力を確保し、また持続可能社会の実現に貢献するために、化学材料の信頼性評価に対する共通基盤的な評価技術に対するニーズが高まっている。

本テーマでは、化学材料の信頼性を正しく評価し、更にその向上に資する材料設計指針を提案するための評価技術を開発する。具体的には、①耐久性・劣化評価パッケージ、②界面・高次構造評価パッケージ、③新型冷媒の燃焼性・環境影響評価の3本柱を中心とする評価技術の構築に取り組む。具体的には、①材料の劣化に伴う構造変化やメカニズムの評価・解析技術、構造変化と機能低下の相関解析、②複合材料等の機能に影響を及ぼす界面構造や高次構造の評価・解析技術、③新型冷媒の燃焼危険性を実用的に評価するための試験法などの構築を目指す。

（①耐久性・劣化評価パッケージ）

炭素繊維強化プラスチックの劣化評価に関して、これまでに開発した熱と水による加速劣化法を適用した炭素繊維強化ナイロン6の劣化構造を熱分析や陽電子消滅法等を用いて明らかにした。また、炭素繊維強化プラスチックの急速吸湿法について ISO/TC61（プラスチック）/SC13（強化プラスチック）に規格提案を行い、委員会段階（CD）へ進めることが認められた。高分解能質量分析法により得られる測定データを処理して成分分布を表現する方法を考案し、劣化材料の分析に応用して劣化生成物を簡便に可視化する技術を開発した。

ポリマー劣化を引き起こす過酸化物の一種であるヒドロペルオキシド（ROOH）をスピントラップ ESR 法により定量解析する新しい評価法を考案した。ポリエチレンオキシド（PEO）について、水溶液の ESR 測定を行ったところ、ポリマー中に含まれる ROOH 量を解析できることを明らかにした。カーボンナノチューブ（CNT）によるポリマーに対する酸化劣化抑制メカニズムを明らかにするため、モデルとして PEO/CNT 複合材料を用いて解析を行った。熱分解 IR や高分解能質量分析法により解析した結果、酸化劣化により生成する特定のラジカル種に CNT が作用することにより酸化を抑制していることを明らかにした。

（②界面・高次構造評価パッケージ）

高分子複合材料の構造と機能の相関評価に関して、フィラーとしてメソ多孔質材料を加えたポリプロピレン複合材料の構造を、熱分解分析法を用いて解析し、高機能発現に寄与する構造を明らかにした。

顕微 IR により得られたスペクトルを二次元相関解析

することにより、材料間の界面構造を解析する二次元赤外相関マッピング法を考案した。モデルとしてポリメタクリル酸メチルとポリエチレンオキシドのポリマーブレンドの解析を行った結果、両材料間の水素結合状態を表す界面構造をマッピングできることを明らかにした。

③新型冷媒の燃焼性・環境影響評価

地球温暖化係数（GWP）の低い冷媒等について、大型容器を用いた燃焼限界測定を行い、高圧ガス保安協会が検討している燃焼限界測定法の改訂に向けた検討に必要なデータを提供した。容器内で冷媒濃度に分布がある場合の燃焼挙動や湿度の及ぼす影響を明らかにした。新型冷媒等2種について、相対速度法や絶対速度法によるOHラジカルとの反応速度測定及び赤外吸収測定を行い、GWPを決定した。いずれもGWPは150未満であり温暖化効果が小さいことを明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】化学材料、高分子材料、信頼性評価、耐久性評価、加速劣化試験、劣化解析、材料設計指針

③【化学プロセス研究部門】

(Research Institute for Chemical Process Technology)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：濱川 聡

副研究部門長：角田 達朗、古屋 武

首席研究員：蛭名 武雄

総括研究主幹：宮沢 哲

所在地：東北センター、つくば中央第5事業所

人 員：45名（45名）

経 費：744,881千円（357,223千円）

概 要：

1. ミッション

化学プロセス研究部門は、低環境負荷で高効率な機能性化学品の製造プロセス実現に向け、特異な空間・反応場を利用した高温・高圧技術やマイクロフロー技術、さらに、これらを支える流体や物性制御技術などの研究開発を通じ、化学反応プロセスの基盤技術の構築を目指します。基礎・機能性化学品の製造時に発生する二酸化炭素の排出量低減に貢献するためには、高性能の膜分離や吸着吸収分離などに係る材料・プロセスの研究開発を行い、化学プロセスにおける分離技術の基盤構築を目指します。また、コンソーシアム活動などを活用した地域中核企業との連携による「技術の橋渡し」を通じて、わが国の化学プロセスイノベーションの推進を目指します。

2. 研究の方向性

化学プロセスのイノベーション推進を先導するた

めには、産業界から見て「キラリと光る」化学プロセス技術が不可欠である。当該研究部門は、103社の企業が参加するコンソーシアムから得られる技術マーケティング情報をもとに、強みを伸ばす技術の精鋭化と様々なニーズに応えるための技術の総合化をそれぞれ推進し、我が国の化学ものづくり産業の競争力の強化を図る。上記を実現するため、(1)化学プロセスの高効率化に向けた反応制御技術の開発、(2)化学プロセスの省エネ化に向けた分離技術の開発、(3)化学プロセスの革新に向けた新機能材料の開発、の3つの戦略課題を設定し、「技術の橋渡し」のスピードアップを図る。以下に戦略課題の内容をまとめる。

3. 戦略課題

(1) 化学プロセスの高効率化に向けた反応制御技術の開発

高温・高圧、マイクロ流体等の特異反応場を制御することにより、従来にない高い反応効率を有する化学プロセス技術の開発を行う。具体的には、グリーン溶媒（高温・高圧CO₂、イオン流体など）、マイクロ波、マイクロリアクター、触媒（固体、酵素）、等を利用した研究開発を実施した。さらに、プロセス開発の基盤となる、各種のデバイスとエンジニアリングに関わる研究開発を実施した。

(2) 化学プロセスの省エネ化に向けた分離技術の開発

新概念、新材料を用いた分離プロセスの提案と評価により、従来にない省エネな化学プロセス技術の開発を行う。具体的には、ナノ多孔材料（カーボン、ゼオライト、MOF）、界面制御（サーファクタン）等の開発とそれらの利用に関わる研究開発を実施した。さらに、化学プロセスの省エネ化に関わる評価の手法等についても研究開発を実施した。

(3) 化学プロセスの革新に向けた新機能材料の開発

分離や反応の目的に応じた最適な化学プロセスの提案を目指して、無機・複合材料のナノ構造制御と量産化に資する製造技術の研究開発を行う。具体的には、クレースト、コアシェルナノ粒子、等の材料に関わるナノ構造の制御技術並びにその量産化技術に関わる研究開発を実施した。

内部資金：

標準基盤研究 「ガスバリアフィルム用ナノクレイ規格」

外部資金：

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「エネルギー・環境新技術先導プログラム／革新的分離技術の導入による省エネ型基幹化学品製造プロセスの研

究開発」	と現象解明」
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 「エネルギー・環境新技術先導プログラム／超精密原子 配列制御型排ガス触媒の研究開発」	独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤 研究 (C)「多量体膜タンパク質の <i>in situ</i> 機能解析を実 現する新規ナノディスク創製」
国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推 進事業 (CREST)「乳酸脱水素化触媒による高圧水素供 給プロセスの構築」	独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤 研究 (C)「1分子からの DNA 増幅を可能にする酵素の ナノ空間への精密配置」
国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推 進事業 (ALCA)「高純度同時糖化リグニンベース機能 素材の開発」	独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤 研究 (C)「有機ケイ素を層間に持つ層状ペロブスカイ トの機能強化」
国立研究開発法人科学技術振興機構 平成29年度地域 産学バリュープログラム 「食品中発がん性物質処理用 酵素のマイクロカプセル固定化技術の開発」	独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤 研究 (C)「有機半導体の板状ナノ粒子の生成機構解明 に基づく連続製造プロセスの最適化」
国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推 進事業 (CREST)「珪素系ナノ空間材料に内包された水 の吸着・移動の熱制御」	独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤 研究 (C)「収差補正電子顕微鏡を用いたヘテロポリ酸 触媒のキャラクタリゼーションと設計」
国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的イノベーシ ョン創造プログラム (SIP)「有機ハイドライド向け実 用型炭素膜の開発と膜分離システム設計」	独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手 研究 (B)「イオン液体の機能設計とアンモニア分離回 収技術への応用」
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構生物 系特定産業技術研究支援センター 戦略的イノベーショ ン創造プログラム (次世代農林水産業創造技術) (SIP) 「地域のリグニン資源が先導するバイオマス利用システ ムの技術革新」	独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手 研究 (B)「微小空間の移動現象に着目した気液固触媒 反応器の設計法構築と C1化学への応用」
独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤 研究 (B)「アゾベンゼン修飾膜の光照射水透過・海水 淡水化に関する研究」	独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手 研究 (B)「ナノ粒子規則配列と空隙構造制御を可能と する超低密度ナノコンポジットの創製」
独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤 研究 (B)「連続的なバイオマス変換を可能にする流通 式触媒反応システムの開発」	独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手 研究 (B)「イオン液体の水和制御に基づくインテリジ ェント高分子電解質の開発と機能開拓」
独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤 研究 (B)「食品廃棄物を循環利用するエネルギー・物 質の製造技術の開発と導入効果の検討」	独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤 研究 (A)「バイオマスの全構成成分有効利用を目指し た化成品原料への逐次的変換」
独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤 研究 (C)「新規ヘミセルロース変換プロセス開発によ るバイオマスカスケード利用モデルの構築」	独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤 研究 (B)「ファインケミカルを指向するゼオライト単 結晶の創成とその全合成プロセスの解明」
独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤 研究 (C)「特異環境場における輸送物性の計測法開発	独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤 研究 (B)「分離膜の性能設計に向けた多孔質材料の物 性評価法開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B)「有機構造規定剤及びゲルマニウムフリー合成法による超大細孔ゼオライトの開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B)「高アスペクト有機修飾ペーメイドアルミナの連続合成技術開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的研究 (萌芽)「AFI 型多孔質単結晶とアントラセンの複合物質における協奏的光学機能の創成」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 新学術領域研究 (研究領域提案型)「界面活性剤を用いた多連続多孔質構造の形成」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (B)「メソ細孔空間における酵素構造の理解と機能集積酵素センサーの開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (B)「新規固体電解質の開発を目指した高 Li イオン伝導性カーボネート型共重合体の創製」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (B)「親/疎水性ナノ空間を併せ持つ有機-無機ハイブリッド型多孔体の開発と触媒への応用」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「シリカ膜マイクロカプセルを用いた自己修復性炭素繊維強化ポリマーの開発」

発 表 : 誌上発表97件、口頭発表216件、その他33件

コンパクトシステムエンジニアリンググループ

(Compact System Engineering Group)

研究グループ長 : 金久保 光央

(東北センター)

概 要 :

コンパクトシステムエンジニアリンググループは、高温高压の水や二酸化炭素およびイオン液体等のグリーン溶媒を用いたコンパクトで高効率な低環境負荷型プロセスの開発を目的として、高压マイクロデバイス技術の開発や特殊反応場の測定・評価技術の高度化等を幅広く進めている。また、本グループは産総研における関連分野のエンジニアリング拠点として機能することを目指している。

高温高压エンジニアリング技術として、二酸化炭素を用いた粘度低減・霧化技術による革新的な塗装プロセスや最先端ものづくり技術の開発、高温高压流体に

よる有機修飾無機微粒子合成の体系化ならびに材料化技術への展開等を進めている。また、マイクロ混合器を適用した高压二酸化炭素による高速連続液液抽出分離技術の開発を進めている。さらに、イオン液体を用いた高効率な分離・反応プロセスの開発とその特性評価、および新規分野の開拓や機能材料への展開を図っている。

研究テーマ : テーマ題目1

化学システムグループ

(Energy-efficient Chemical Systems Group)

研究グループ長 : 井村 知弘

(つくば中央第5)

概 要 :

当グループでは、化学プロセスの省エネルギー化や環境負荷低減の分野において、化学工学、界面化学および材料科学の観点から材料技術とシステム技術を一体化して捉えた研究を展開し、得られた成果を積極的に社会・産業界に還元していくことを通じて、持続発展可能な社会の構築に資することを目標としている。

具体的には、ナノ界面及び空間での物質移動・吸着現象・化学反応に注目し、材料の合成-構造-機能の関係を意識しつつ、化学プロセスイノベーションの推進を目指した高性能な材料合成技術・構造評価手法の開発を行っている。さらに、ナノ空孔材料の特性を活かした反応場の構築およびその部材化、これを利用したプロセスの解析とプロセス強化に関する研究を進めている。

研究テーマ : テーマ題目2

マイクロ化学グループ

(Micro Flow Chemistry Group)

研究グループ長 : 川波 肇

(東北センター)

概 要 :

マイクロ化学グループでは、高温高压技術、マイクロ波技術そしてマイクロ空間技術を軸に、各種有機材料、機能性有機物質、化成品、微粒子、無機-有機複合材料などを合成するための基盤技術を構築している。これら基盤技術を土台に、社会 (主に化学産業、エネルギー産業等) ニーズを素早く受け取り、適切に対応しながら各種合成プロセス技術の高度化を図り、モノづくり産業の低環境負荷に貢献、更に新たなグリーンイノベーションを引き起こすことを目指している。

具体的には、マイクロ空間反応場で高温高压状態やマイクロ波技術などによる精密な制御技術を駆使して、水素製造技術、有機溶媒を限りなく排除した水中での各種有機合成プロセス、そして粒径が高度に制御された有機・無機ナノ粒子合成法などの研究・開発を行っている。例えば反応制御技術を駆使したギ酸分解によ

る水素製造技術を開発し、水素エネルギー関連技術へと応用展開もしている。また、超臨界二酸化炭素を反応媒体とした酸化還元、特に金属ナノ粒子担持メソポーラスシリカ触媒による還元法を行い、各種化成品やバイオマス由来の化合物変換技術も開発している。

研究テーマ：テーマ題目1

有機物質変換グループ

(Organic Material Conversion Group)

研究グループ長：山口 有朋

(東北センター)

概要：

有機物質変換グループでは、化学プロセスの高効率化に向けた反応制御技術開発として、クリーンな反応場と触媒や酵素を組み合わせた有機物質の効率的な変換技術の開発に取り組んでいる。特に、高温高圧の水や二酸化炭素と触媒や酵素を利用する有機物質変換反応の開発、炭素資源変換技術の開発、多孔質材料に集積した酵素や機能分子による機能性化学品製造プロセス開発を重点的に進めている。

具体的には、1) 水や二酸化炭素と触媒・酵素を利用する有機物質変換反応の開発により、医薬品中間体や化成品原料の製造プロセスを開拓した。2) 触媒による炭素資源変換技術の開発では、炭素資源の多様化のために、バイオマス、有機廃棄物等を汎用高分子や機能性化学品の原料に変換する高効率かつ省エネな触媒反応技術を開発した。3) 多孔質材料に集積した酵素や機能分子による機能性化学品製造プロセス開発では、多孔質材料への酵素および機能性分子の精密配置とそれによる活性制御を実現し、機能性化学品の高効率な製造プロセスおよび海水淡水化技術の開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目1

膜分離プロセスグループ

(Membrane Separation Processes Group)

研究グループ長：根岸 秀之

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、省エネ性の高い膜分離技術の社会への実装化を究極の目的として、高機能分離膜の開発と省エネ型膜分離プロセスの設計・評価手法の開発、およびその要素技術である多孔体素材の合成や、マイクロ波を用いた高効率な化学品製造プロセス技術まで、基礎から応用にわたる基盤技術を一貫して推進している。中空糸カーボン膜やゼオライト膜、金属有機構造体と高分子の複合膜などの分離膜や、水蒸気吸着膜に着目し、膜性能の向上に向けた膜作製法の開発と、実用化に向けたモジュール開発を行っている。また、膜分離と蒸留の最適な複合化プロセス構成を見出すため、

計算機シミュレーションを活用した省エネ分離プロセス技術の開発を進めている。さらに要素技術開発として、世界最大クラスのゼオライト単結晶の合成が着実な進捗を見せるとともに、マイクロ波加熱を用いた高効率な化学品製造プロセスについても開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目2

ナノ空間設計グループ

(Nanopore Design Group)

研究グループ長：佐藤 剛一

(東北センター)

概要：

ナノ空間設計グループでは、化学プロセスの従来にない省エネ化に向けた分離技術、シンプルで新しい化学反応プロセスの提案を目指して、ナノメートルサイズの空孔を有するゼオライト等の材料開発や部材化を図り、分離、触媒反応への適用に関する研究を実施している。

材料の創成においては、多孔質材料のマイクロ・ナノ構造をはじめとした物性や機能の詳細な解析結果をフィードバックして、高性能なナノ空間材料の設計と合成法開発を進めている。材料部材化では膜化に関する研究に注力し、緻密で高耐久性のゼオライト薄膜や機能性有機高分子等との複合膜を開発している。

これらの利用として、多孔質構造を活用した化学反応用触媒、膜部材の気相・液相での選択的分離精製プロセスや環境浄化、分離と触媒反応を融合した膜反応プロセス、等の用途開発を進め、成果の企業への橋渡しを推進している。

研究テーマ：テーマ題目2

階層的構造材料プロセスグループ

(Panoscopic Materials Processing Group)

研究グループ長：依田 智

(つくば中央第5)

概要：

当グループではナノ粒子・ナノ構造材料を幅広い産業分野へ応用していくためのオンデマンド連続製造、階層化および関連するプロセス技術の研究開発を目標とする。ナノ粒子・ナノ構造を作り出し、それらを階層的に構築して、デバイス、材料、製品へと結びつけるプロセスの技術は、新機能、高機能の創出、製品開発速度の向上、ナノリスクの低減などに貢献できる。

連続的な製造および階層化においては、溶媒、流体をベースとしたプロセスを構築し、流体の特性、物質の溶解度や相状態の把握、化学反応の精密制御を行うことが不可欠となる。これらの物性・反応を緻密に制御するパラメータとして、“圧力”を導入し、さらにマイクロ流路、マイクロミキサーなどのプロセス技術

を組み合わせることによって、様々な新規ナノ粒子・ナノ構造材料に対応したプロセスを構築することが可能となる。

当グループでは各種ナノ粒子、ナノ構造材料の連続製造、および階層化プロセスの開発に取り組むとともに、高圧下での諸物性測定・化学反応など必要な基盤技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目3

機能素材プロセッシンググループ

(Functional Materials Processing Group)

研究グループ長：石井 亮

(東北センター)

概要：

機能素材プロセッシンググループでは、様々な素材から機能性材料を効率的に作製する材料プロセス技術並びに材料機能の応用開発に取り組んでいる。

具体的には、粘土鉱物や植物バイオマスなどの天然資源や生物由来資源、炭素固体、有機高分子等の各種素材を用い、当グループの独自技術である、高温水利用合成技術やマイクロ波・高周波加熱技術、有機・無機ハイブリッド化技術、印刷技術、圧縮ガスを用いたナノ加工技術、化学修飾技術等をさらに深化させることにより、耐熱ガスバリア膜などの膜材料、ナノ粒子やナノシート等の新規無機ナノ材料、光学特性や電気特性、特異的イオン吸着能を有する材料を開発する。

材料機能の応用例として、1) 粘土素材等を利用したガスバリア、耐熱、絶縁性を有する機能化膜への応用、2) 二酸化炭素ガスを用いた繊維の接着による多孔性材料の開発、3) 植物バイオマス由来抽出物を利用した耐熱用有機フィルターの開発、等がある。

また、他グループや外部との連携により、機能化膜や導電性ナノ粒子等の企業への橋渡しに取り組んだ。特に、低炭素社会の実現に寄与する用途等への展開に取り組んでいる。また、国内、特に東北地域の企業との連携に基づく産業振興に努めた。

研究テーマ：テーマ題目3

[テーマ題目1] 化学プロセスの高効率化に向けた反応制御技術の開発

[研究代表者] 濱川 聡 (化学プロセス研究部門)

[研究担当者] 濱川 聡、角田 達朗、古屋 武、
 蛭名 武雄、宮沢 哲、金久保 光央、
 川崎 慎一郎、牧野 貴至、藤井 達也、
 河野 雄樹、川波 肇、西岡 将輝、
 石坂 孝之、長尾 育弘、福田 貴史、
 山口 有朋、藤原 正浩、佐藤 修、
 三村 直樹、伊藤 徹二、松浦 俊一、
 新妻 依利子、長瀬 有貴、槻田 祐二、
 塩飽 浩美、信楽 千鶴、寺崎 恵子、

澤田 則子、櫻井 優子、松尾 康輝、
 中川 洋祐、高橋 滉希、石田 憲士、
 平岡 領子、佐藤 貴一、
 Litwinowicz Andrzej-Alexander、
 井口 昌幸、鍾 恒、Chatterjee Maya、
 小川 佳代子、伊藤 早枝子、
 宮川 正人、喜多川 智子、大沼 宏子、
 佐藤 雅英、村上 由香、村松 なつみ
 (常勤職員21名、他27名)

[研究内容]

我が国の化学産業の強い国際競争力を維持しつつ持続可能な成長を展開していくためには、新しい機能を持つ物質や材料の発見とそれらを限られた資源から無駄なく利用することに加えて、省エネルギー、低環境負荷で安全に製造・利用していくことが必要である。なかでもスペシャリティケミカルズと呼ばれる高付加価値化学品類においては、ハイスループットな化学プロセスが求められている。本テーマでは、特異的な反応場を提供する高温・高圧状態の水・二酸化炭素、イオン液体、マイクロ流路やナノ空間等の微小空間、マイクロ波による高周波加熱および触媒(金属、酵素)等を単独あるいは複合的に組み合わせることにより、従来の化学プロセスから飛躍的な効率向上・省エネルギーを実現する化学プロセス技術(化学プロセスイノベーション)に向けた研究を行っている。

有機溶媒の代わりに CO₂を用いる高圧 CO₂塗装技術では、従来の塗料をそのまま適用できないことが多い。そこで、溶解度パラメータなどを利用して高圧 CO₂塗装に適合した塗料の設計指針を構築し、微粒化と成膜のメカニズム解析を合わせて高圧 CO₂塗装の基盤技術の体系化を進めている。平成29年度は、ポリマー特性(分子量、粘弾性等)の異なる塗料の微粒化実験及び噴霧微粒化状態の可視化実験を行い、微粒化挙動の解明を進めた。さらに、本技術のモノづくり技術への展開として、無溶剤、非防爆プロセスの実現可能性が高い、撥水処理、連続乳化、医薬品微粒子製造技術の研究開発を進めた。また、水溶液中の疎水性有価物を対象として、高圧 CO₂を抽出溶媒として用いマイクロ混合により高速かつ連続的に液液抽出する技術を開発している。本年度は、モデル溶液や実液に適用し、10 s 以内で抽出平衡に到達させ、有価物を CO₂に80 %以上の収率で連続的に抽出できることを実証した。イリジウム錯体を触媒としたギ酸分解により、燃料電池車に必要な供給圧力70 MPa を超える高圧水素の発生技術を構築するとともに、発生した水素と二酸化炭素の分離性能を向上させることにより水素純度95 %を達成した。一方、高圧下での触媒の分解挙動から高圧下での触媒の耐久性向上に向けた指針を得、これを基に、昨年度開発した固体触媒を用いて二酸化炭素と水素からギ酸を生成させる技術の開発にも成功した。高温高圧水反応システムを利用した合成ブ

ロセスにおいては、高耐熱性樹脂のポリベンゾイミダゾールの簡便な合成法の開発に成功した。循環型社会の実現に資するバイオマス原料を、化学原料に変換する触媒反応システムも開発した。例えば、固体触媒を用いて木質バイオマスに含まれるセルロース、ヘミセルロース、リグニンを逐次的に糖アルコールや芳香族化合物に変換する技術を開発した。また、バイオマス由来のグルコース（セルロース）やキシロース（ヘミセルロース）を有用化学物質へ効率的に変換可能な固体触媒および反応システムを開発した。

イオン液体等の機能性グリーン溶媒利用技術では、低環境負荷型のガス吸収分離プロセスや化学反応プロセスの開発を行っている。これらのプロセス開発に不可欠な機能性溶媒の特性や機能について、エンジニアリングデータを蓄積し、分子構造と関連づけた体系化を図っている。また、並行して、機能性溶媒の部材化・多機能化技術の研究開発を進めている。平成29年度は、イオン液体等の吸収液の分子修飾によるガス吸収特性の制御法を進展させ、ガス吸収液の性能を向上した。また、イオン液体吸収液を用いた水電解水素除湿法が、従来吸収液よりも低露点の水素を製造できることを実証した。さらに、イオン液体を用いた、省エネルギーな環境維持技術や反応分離技術への応用展開を進めた。

マイクロ流路やナノ空間等の微小空間を利用する技術では、ナノメートルサイズの空孔を有する材料（酵素の固定化支持体）と酵素から成る固定化酵素技術において、双方の表面親和性を反応制御因子とし、物質変換反応における反応速度および持続的な酵素固定化能に及ぼす影響を明らかにした。具体的には、グルタミン酸脱炭酸酵素を利用したγ-アミノ酪酸（機能性アミノ酸）の合成において、通常は酵素活性が抑制される低温や高温域で反応速度の増大を可能にする新規の両親媒性ナノ空間材料を見出した。また、酵素支持体表面に高い親和性を有するタンパク質タグを酵素に融合した「ハイブリッド酵素」を適用することによって、固定化酵素の繰り返し利用時の耐久性向上を達成することができた。

マイクロ波照射による高速加熱、選択加熱を利用した化学プロセス技術の開発において、磁場を利用した加熱手法を開発し、シート上の材料を均一加熱することに成功した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】高温高压、マイクロリアクター、マイクロデバイス、超臨界水、超臨界二酸化炭素、脱有機溶媒、流体特性、反応場観測、反応場制御、有機合成、無機-バイオ複合、タンパク質リフォールディング、固定化酵素、酵素センサー、イオン液体、ガス分離、マイクロ波、マイクロ波反応場、ナノ粒子、固体触媒、水素製造

【テーマ題目2】化学プロセスの省エネ化に向けた分離技術の開発

【研究代表者】濱川 聡（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】濱川 聡、角田 達朗、古屋 武、蛭名 武雄、宮沢 哲、遠藤 明、井村 知弘、川合 章子、片岡 祥、久保 史織、上村 佳大、平 敏彰、Nguyen Thuy、根岸 秀之、吉宗 美紀、原 伸生、長畑 律子、小平 哲也、山木 雄大、佐藤 剛一、長瀬 多加子、池田 拓史、長谷川 泰久、日吉 範人、桶本 篤史、下村 真理江、鈴木 邦夫、徳橋 頼子、楮山 夏実、石崎 雄輝、河野 良平、蕪木 和孝、戴 瑤文、穂吉 紀子、荒井 陽子、斎藤 優子、竹内 和彦、森 由紀江、土屋 和恵、岡本 裕子、関口 ちか子、原谷 賢治、阿部 千枝、羅 紅岩、佐藤 恭子、松浦 和佳子（常勤職員25名、他21名）

【研究内容】

本テーマでは、従来にはない省エネ化を実現する化学プロセス技術の開発と実装化に貢献するため、基礎及び機能性化学品の製造プロセスにおいて、新概念、新材料を用いた分離プロセスの提案と実証・評価により、高い性能の膜分離や吸着吸収分離などに係る材料・プロセスの開発に取り組み、高機能な分離技術の基盤を構築することを目指している。本年度は、これまで無機物質の膜化に関する研究開発で培ってきた分離技術の適用範囲を拡張し膜メーカーへの技術移転を行うことで、高機能な分離膜を開発する。また、従来にはない特異な界面を構築しうる新規高機能界面活性剤に着目し、新規材料の界面活性や触媒性能等を向上するとともに、その耐アルカリ性の向上を目指す。

（高シリカチャバザイト長尺膜の開発）

有機溶媒からの脱水プロセス等において、ゼオライト分離膜は有望であるが、適用範囲を広げるためにも耐酸性などをより向上させる必要がある。これまでに優れた透過分離特性と高い安定性を両立した高シリカチャバザイト膜を開発し、その実用化へ向けて、企業との共同研究により長尺膜の製造技術に関する研究開発を実施してきた。ゼオライト膜はゼオライト粉末の成形では調製できず、支持体上に付着させた種結晶を成長させ、ゼオライト多結晶薄膜を基材上に直接合成する必要がある。今年度は、膜製造工程を改良することで、より精密な製膜技術が要求される二酸化炭素等のガス分離が可能な高シリカチャバザイト長尺膜を製造することに成功した。

（化学プロセスのための新規水素分離膜の開発）

水素社会の実現のためには、水素の製造・輸送・供給に関わる技術開発が必須であり、アンモニアや有機ハイ

ドライドなどの水素エネルギーキャリアからの高効率水素精製プロセスの省エネルギー化が重要である。本研究では有機ハイドライドの一つであるメチルシクロヘキサンからの超高純度水素精製プロセスに用いる水素分離膜として、優れたガス分離性能と耐薬品性を有する分子ふるい炭素膜の適用検討を行っている。これまでに燃料電池自動車用の水素純度スペックを満足する炭素膜の必要分離性能を明らかにしてきたが、今年度は昨年度見出した、膜の必要選択性を維持しつつ、水素透過速度を向上させた炭素膜に関して、想定される実環境下である水素／トルエン混合ガスにおける長期耐久試験を実施し、目標値を超える膜分離性能を2000時間保持することを確認した。また、膜メーカーに技術移転して作製された燃料電池自動車用の水素純度スペックを満足する中空糸炭素膜を用いたモジュール製造において、昨年度の3倍規模の1m³/h規模モジュールを実現した。

(高機能界面を利用した反応・分離プロセス技術の開発)

各種化学品製造プロセスの省エネ化において、高効率な反応・分離技術の開発が必要である。本研究では、界面活性剤やこれを鋳型とすることによって形成される高機能ナノ界面を活用した反応・分離プロセスの構築に向け、特に、難水溶性の原料を水中に可溶化・分散化できる界面活性剤型触媒の開発を進めている。これまでに、パラジウムなど多様な遷移金属を自在に配位可能な *N*-ヘテロサイクリックカルベンを骨格に持つ新規界面活性剤型触媒を開発し、その炭素-炭素結合形成反応に対する触媒性能の評価や、触媒を反応後に分離・回収する手法の構築を検討してきた。本年度は特に、触媒が形成する特異な反応界面に関する知見を明らかにするため、水中における自己集合挙動の評価を行った。その結果、界面活性剤型パラジウム触媒は、希薄水溶液中において、自発的に界面にパラジウムが配置したミセルを形成するのに対し、濃厚水溶液中においては、パラジウム層と水層が積み重なったラメラ構造を形成することが分かった。

さらに、環状ペプチドを特徴とする高機能界面活性剤・サーファクチンの幅広い用途での実用化に向け、企業との共同研究により分子構造の拡充を行った。その結果、エステル結合で環化したサーファクチンとは異なり、耐アルカリ性が期待されるアミド結合で環化したサーファクチン類縁体の単離に成功した。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕分離プロセス、省エネルギー、膜分離、脱水プロセス、チャバザイト膜、長尺膜、水素分離、炭素膜、吸着、界面活性剤、ミセル、ラメラ構造

〔テーマ題目3〕化学プロセスの革新に向けた新機能材料の開発

〔研究代表者〕濱川 聡 (化学プロセス研究部門)

〔研究担当者〕濱川 聡、角田 達朗、古屋 武、

蛭名 武雄、宮沢 哲、依田 智、
中村 浩之、竹林 良浩、陶 究、
竹下 覚、石井 亮、林 拓道、
相澤 崇史、和久井 喜人、棚池 修、
中村 考志、敷中 一洋、武 学麗、
常松 奈緒、森井 奈保子、大場 貴子、
田中 隆司、大嶋 哲、小林 由河、
菊地 章雄、佐藤 豪人、小野 健太、
鈴木 麻実、庄司 絵梨子、志村 瑞己、
外門 恵美子、夏井 真由美、
阿部 真之、梶井 孔左
(常勤職員17名、他17名)

〔研究内容〕

化学プロセスのシンプル化やグリーン化を進める上で、機能性シート材、例えば、耐熱性や不燃性、ガスバリア性などを有するシート材の開発は重要である。粘土を主成分とする新しい膜材料「クレスト」は、高いガスバリア性や耐熱性、不燃性等を持つため、上記機能性シート材としての利用が期待される。これまでに用途として、i) 透明耐熱材の開発、ii) ガスバリア層としてクレストを含む燃料電池車用水素タンクの作製、iii) 薄膜太陽電池等次世代電子デバイスに使用可能な超水蒸気バリア膜の開発、に展開してきた。さらに、原料粘土の低コスト生産方法の検討を行ってきた。

今年度は、開発したリグニンと粘土鉱物を用いた耐熱ガスバリアフィルムの連続生産品(長尺膜)の加速劣化試験を実施し、実用化に必要な耐久性獲得のための指針を得ることを目標とした。リグニンとして、酸可溶媒分解法により得られた、ポリエチレングリコール修飾型リグニン(以下、改質リグニン)を用いた。具体的には、温度85℃及び湿度85℃の環境下に上記長尺膜を3000時間静置し、試験前後の表面平坦性及び組成等の劣化について調査した。

長尺膜は、3000時間の上記条件の静置後においても表面平坦性及び膜の組成にほとんど変化はなく十分な耐久性を有することが分かった。また、その他開発品について同様の試験を実施し、組成と耐久性との関係について調査を行った。その結果、表面処理を施さない粘土原料を用いた耐熱ガスバリアフィルムは、表面上に析出物が生成し、表面平坦性の劣化及び組成変動を生じることが判明した。劣化の原因は膜内に侵入した水が膜の構成成分を溶出させ、膜表面上の析出物の形成したためと考えられる。よって、耐熱ガスバリアフィルムの耐久性獲得のためには粘土原料の表面処理が重要であることが分かった。

以上のことから、改質リグニンと粘土鉱物からなる耐熱ガスバリアフィルムの長尺膜について、その実用化に必要な耐久性獲得のための指針を得るという今年度の計画を十分に遂行できた。

〔領 域 名〕材料・化学

[キーワード] ナノ粒子、ブルシアンプルー、セシウム、吸着、除染、色変化素子、レーザー溶解、強誘電体、マイクロミキサー、マイクロリアクター、MOF、粘土膜、高温シール材、ガスバリア、水素タンク、粘土膜、耐熱性、難燃性、ゼオライト、水熱合成、パラジウム膜、ゼオライト膜、メンブレンリアクター、膜反応、分離機能、膜透過機能、層状珪酸塩、構造解析

④【ナノ材料研究部門】

(Nanomaterials Research Institute)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：佐々木 毅

副研究部門長：川口 建二

首席研究員：片浦 弘道、末永 和知

総括研究主幹：原 重樹、井上 貴仁

所在地：つくば中央第五

人員：47名（47名）

経費：871,751千円（401,027千円）

概要：

1. 研究ユニットのミッション

新素材を実用化するための技術開発を通じて、素材産業や化学産業への技術的貢献を目指すために、当部門では、ナノ材料の実用化へ向けて、カーボンナノチューブやグラフェンといったナノカーボン材料、ナノ粒子やナノ薄膜などのナノ材料の開発とその用途開拓を推進すると共に、高度な計測・加工技術を利用した材料開発を進めナノ材料の産業化へ大きく貢献することをミッションとする。

2. 研究ユニットの研究開発の方針

ナノ材料研究部門では、以下の3つの戦略課題に加えて、平成29年度からは健康の維持や増進に関わる新たな戦略課題を設定して、実用化へ向けたTRLを意識したマイルストーンを設けて次の研究を推進する。

1) ナノカーボン・デバイス材料の製造および応用技術の開発

ナノカーボン・デバイスを実現させるために、高品質グラフェン合成のためのプラズマ CVD 技術の開発ならびに透明導電フィルム作製技術の開発を進めると共に、eDIPS 法による CNT 製造技術、カラムクロマト法や ELF 法など種々の金属半導体分離およびカイラル分離技術などの高度化を進める。また、開発したナノカーボン・デバイス材料のデバイス実証および用途探索を行う。

2) 低次元ナノ複合体による物質・エネルギー有効利

用技術の開発

配位高分子をはじめとする複合ナノ粒子と、有機材料複合膜をコア材料と位置づけ、物質・熱・光などを吸収し、必要な時期に、必要に応じて形態を変換し、放出する材料の開発を進める。ここでは特にエネルギーキャリア及び有用／有害物質を適切に回収することのできる材料および高効率熱電変換薄膜材料や、ナノ粒子の効果的な利用技術を開発する。

3) 高度計測およびナノ加工・界面制御技術の開発

ナノレベルの構造・元素解析のための電子顕微鏡をはじめとする各種の高度計測技術を用い、材料における界面状態や物性を評価し、ナノ材料に必要なとされる物性・構造・高機能化に資する知見を得る。更に、プラズマやマイクロ波を用いて、材料のナノ加工技術を開発し、異分野融合型の安心・安全・快適な社会に必要とされるデバイス開発を目指す。

4) ナノバイオ材料の健康増進に向けた応用技術の開発

ナノチューブやナノ粒子をはじめ、酵素、糖鎖などのナノバイオ材料を活用して、生体機能の改善や計測などに応用するために必要となるナノバイオ材料の構造や表面・界面の制御技術の高度化を図ると共に、生理活性物質等を検知、輸送することが可能なセンサデバイス、デリバリーシステム等を開発する。

3. 中長期目標・計画を達成するための方策

これまでの成果を基に、企業との連携を進めて橋渡し研究を推進すると共に次の研究シーズを創出するための目的基礎研究についても、これらを研究開発駆動の両輪として推進・展開していく。

特に、企業との連携を模索するために、研究グループや接着・界面現象研究ラボ、研究部門で運営しているグラフェンコンソーシアムなどの産総研コンソーシアム等の組織を活用して連携研究のマーケティングを行う。また、積極的に大型プロジェクトの立案に関わると共にプロジェクトへの参画を通じて研究拠点の構築を進めるなどして、目的基礎研究から企業への橋渡し研究にシームレスにつながることができるように組織的な研究マネジメントを強化する。

また、研究領域が行う、萌芽研究プロジェクトのみならず、科学研究費補助金や科学技術振興機構が実施する研究助成制度へも積極的に応募して、研究シーズを開拓するとともに、インパクトファクター付論文発表等の成果発信にも努める。

4. 平成29年度の重点化方針

領域において、設定された重点的に推進する課題のうち、カーボンナノチューブに続く新素材の探索と開発に関して、高機能二次元材料の創製とその応用技術の開発を積極的に進める。産総研・東大 先

端オペランド計測技術オープンイノベーションラボラトリとの連携や企業冠連携ラボ等を活用して目的基礎から橋渡しへ向けた研究展開を図る。また、環境変化にアクティブに応答する材料や食糧・水関連新素材やシステムの開発についても、部門のポテンシャルを生かした検討を進める。更に、健康増進のための材料開発を展開するに当たり、ナノバイオ材料の応用技術の研究開発を推進する研究グループを設置して、その研究を強化する。

また、特に、ユニットの組織力を強化するためにグループ長の強いリーダーシップのもとグループ内での連携の強化を図ると共に、研究部門内のグループ間での連携研究についても促進する。更に、アジアとの研究機関の連携を強化するためにタイ国の NANOTECH 研究所とのワークショップを開催して更なる連携の進化を図る。

さらに、ユニット内の知財について分析を行うなどして企業との連携研究に繋がるよう知財活用の強化を図る。

発表：誌上発表130件、口頭発表244件、その他25件

CNT 機能制御研究グループ

(CNT Function Control Group)

研究グループ長：斎藤 毅

(つくば中央第5)

概要：

カーボンナノチューブ (CNT) は、1次元材料として知られているものの中でも極めて微細で且つ化学的に安定な、いわゆる“究極材料”である。優れた電気的・半導体的・熱的な特性を有し、さらにクラーク数が大きい元素 (ユビキタス元素) である炭素から構成されるため環境調和性も高い。CNT は現行材料では実現困難な屈曲性や可撓性を有する透明導電膜や半導体材料等として、フレキシブルデバイス等の幅広い応用分野における実用化が期待されている。そこで当グループでは、CNT の優れた特性を生かした各種デバイス応用の開発を目指して、①合成技術、分離技術などの CNT 材料製造技術、②CNT を利用した素材 (薄膜、線材、複合材料など) を加工・製造するための種々の技術を開発し、CNT 産業応用の基礎的基盤を確立するとともに、③各種 CNT デバイス応用に関する技術開発など応用展開のための探索的研究開発も併せて行う。得られた成果の学会発表や論文発表・広報活動を行い、さらに技術移転などの橋渡し活動をはじめとする産学官での連携・共同研究推進を通じて、社会的ニーズが高い省資源・低コスト製造プロセス等に資する研究開発を行い、最終的に CNT の実用化達成を目指す。

研究テーマ：テーマ題目1

炭素系薄膜材料グループ

(Carbon-Based Thin Film Materials Group)

研究グループ長：長谷川 雅考

(つくば中央第5)

概要：

グラフェンおよびナノ結晶ダイヤモンド薄膜 (ナノダイヤモンド薄膜) を中心とした新しい炭素系材料の薄膜形成技術を開発する。さらに構造、物性、機能等の評価技術を合わせて開発し、真に工業的に魅力ある特性を利用可能な形で引き出すための研究開発を実施する。これらにより、機械的、化学的、電気的、熱的、光学的な機能に優れ、環境に適合する炭素系薄膜材料を用いた用途開発に貢献することを目的としている。独自開発のプラズマを利用した気相化学蒸着法 (CVD) をベースに、高品質なグラフェンの大面積・高速形成技術を開発するとともに、ロールツーロール合成法などの実用化に必須となる量産技術へと発展させる。さらに転写法など原子層膜のハンドリング技術を確立することにより材料本来の魅力ある特性を存分に引き出し、特徴ある用途へと結びつける。

研究テーマ：テーマ題目1

ナノ粒子機能設計グループ

(Nanoparticle Functional Design Group)

研究グループ長：川本 徹

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、多孔性配位高分子をはじめとする機能材料をナノ粒子化し、材料の有する機能の改良及び新機能の発現を実現することで、有害・有用物質回収などの資源・エネルギー技術を確立することを目的としている。その目的のため、(1) 多孔性配位高分子などのナノ粒子化技術の研究開発、(2) ナノ粒子を利用した有害・有用物質回収技術の研究開発、(3) ナノ粒子を用いた電気化学素子による資源・エネルギー技術の研究開発を進めている。(1) は、プルシアブルー型錯体や金属有機構造体のナノ粒子をマイクロミキサーなどの手法を用いナノ粒子化を行うとともに、組成制御なども行う。(2) は特に放射性セシウム、アンモニアなどの回収技術の開発を進め、農業用途への展開を進めている。(3) はエレクトロクロミック素子を利用した調光ガラス技術の研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目2

ナノ粒子構造設計グループ

(Nanoparticle Structural Design Group)

研究グループ長：清水 禎樹

(つくば中央第5)

概要：

当グループは、形態・寸法・結晶性に代表される構造が精密に制御されたナノ粒子やナノシートの合成を目指し、急激気相酸化、液中レーザー照射、マイクロ波照射、超臨界、プラズマ照射、液中酸化などで創出される特殊な反応場を利用した合成プロセス技術を開発している。各技術の強みを活かして合成される、金属一酸化物ハイブリッドナノ粒子、サブミクロン球状粒子、立方体状ナノ粒子、二次元単層シートなどの実用化に向けて、精密に構造制御するためのプロセス技術高度化に取り組む。更に、デバイス化に向けた検証や、実用化で求められる量の粒子合成に向けた粒子生産効率向上のための研究開発に取り組む。

研究テーマ：テーマ題目2

ナノ薄膜デバイスグループ

(Nanofilm Devices Group)

研究グループ長：石田 敬雄

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、有機材料において世界最高レベルの熱電変換性能を達成してきた技術ポテンシャルを基に、省エネルギーに資する熱電変換材料など、エネルギー変換薄膜デバイスの応用をめざし、分子性薄膜や高分子薄膜のナノスケールの構造制御や CNT などとのハイブリッド化により、高性能な薄膜デバイスおよびデバイス材料の創出を目指している。具体的には1) ナノ高分子薄膜の熱電変換デバイス、熱化学電池、クロミックデバイス等、機能性デバイスへの応用研究；2) 分子性薄膜の太陽電池など機能性デバイス応用研究；3) 省エネルギーに資するナノ薄膜デバイス設計指針の理論的な提案と解析に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目2

ナノバイオ材料応用グループ

(Nanobio Materials and Devices Group)

研究グループ長：平塚 淳典

(つくば中央第5)

概要：

ナノスケールの無機、有機、バイオ材料の、単独あるいは複合、コンポジットによるナノバイオ材料の開発とその応用技術を開発する。具体的には有機・無機ナノチューブやナノ粒子、酵素や糖鎖等の基盤技術を開発し、これらナノ材料とバイオ材料を組み合わせた、またはこれらを高度化したシステム、デバイス開発を行う。

基盤技術開発として、再生医療用素材、DDS 用ナノ薄膜・粒子の開発を目的とした、リン酸カルシウムのナノコンポジットを開発する。また機能性化粧品、貼付・装着型薬剤徐放デバイスなどの開発を目的とした、刺激応答性ナノカプセルを開発する。さらに生

体・食品・環境・災害用対策用バイオセンサ、バイオ燃料電池の開発を目的とした、生体素子・ナノ材料複合素子を開発する。

応用技術開発として、美容・健康・医療での診断や機能改善、食品衛生・環境保全・安全社会実現のためのツール等応用技術開発を目的とした、薬物輸送等デリバリーシステム、高度医用材料、高機能化成品、生体・環境計測用センサデバイス等を開発する。

研究テーマ：テーマ題目4

ナノ界面計測研究グループ

(Nanoscale Interface Characterization Group)

研究グループ長：久保 利隆

(つくば中央第5)

概要：

ナノ材料の開発において、その構造・物性・機能を明らかにするための高度計測技術の重要性は高い。今日、材料開発だけでなく、そのデバイス応用に向けた複合化・システム化の各段階においては、ナノ加工技術や異種界面制御技術の確立も必要不可欠となっている。これらの要素技術を積み上げ、先端計測技術開発、ナノ材料の精密加工制御をおこない、社会に必要とされるデバイス開発を目指す。具体的には、産総研の目指す橋渡し事業を進めるため、計測・加工・界面制御の分野から貢献をする。そのためには、我々の持つポテンシャルをさらに高め、「(1) 高度計測技術開発とその材料評価への適応」を進める。ナノレベルの構造・元素解析のための電子顕微鏡をはじめとする各種顕微鏡や和周波発生分光法等の各種分光装置を用い、材料における界面状態や物性を評価し、そこから得られるデータから、ナノ材料に必要とされる物性・構造・高機能化に資する知見を得る。また出口実用を見据えたナノ材料のシステム化・デバイス化を行うため、同時進行で、「(2) ナノ加工技術・異種界面制御技術開発」を進める。(1)の項目と密接に連携をし、ナノ材料の持つ機能性発現メカニズムを解明しながら、プラズマやマイクロ波を用いて、材料の持つ物性や構造を制御し、目標とする材料になるよう作り込みを行う。また一部にスマートセンシング技術を融合させる事により、異分野融合型の安心・安全・快適な社会に必要とされるデバイス開発を目指す。

研究テーマ：テーマ題目3

電子顕微鏡グループ

(Electron Microscopy Group)

研究グループ長：末永 和知

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、電子顕微鏡技術を用いた計測技術のさらなる高機能化・高性能化の実現を目指すとも

に、計測評価技術によって社会のニーズに応える情報をフィードバックする。界面での原子レベル解析が求められる接着の原理や剥離の化学機構の本質を微細構造評価技術により解明し、素材および製品開発に反映する研究を進める。一方、計測技術の開発においては、低次元物質、原子や分子などの挙動を高速・高感度で捉えるための最先端計測評価技術を開発する。特に、従来の電子顕微鏡よりも低加速、高分解能、高感度なイメージングとその電子状態解析技術を生かし、形態、界面、欠陥などの構造情報や組成、元素分布、化学結合情報を原子レベルで解析し、物質の機能や科学現象の解明に貢献する。これら評価技術を駆使したナノスペース科学の構築とそれを制御した新機能発現とその応用を目指した研究開発を行う。また電子顕微鏡内での化学反応の素過程の観察や単分子の構造解析など、化学・生物分野への電子顕微鏡解析手法の展開を図る。新しい収差補正技術の確立、単色化技術の応用および新規電子顕微鏡法を開発するとともに、試料作製技術などの発展にも貢献する。

研究テーマ：テーマ題目3

[テーマ題目1] ナノカーボン・デバイス材料の製造および応用技術の開発

[研究代表者] 斎藤 毅 (CNT 機能制御グループ長)
 長谷川 雅考 (炭素系薄膜材料グループ長)

[研究担当者] 斎藤 毅、片浦 弘道、田中 丈士、丹下 将克、平野 篤、都 英次郎、栞原 有紀、魏 小均、王 国偉、于 躍、和田 百代、都築 真由美、久保田 真理子、周 波、今井 裕恵、浅野 敏、杉木 誠、杉田 知子、田山 雄一、米山 美幸、渡邊 律、小林 明美、吉田 咲千子、長谷川 雅考、水谷 亘、山田 貴壽、沖川 侑揮、川木俊輔、川田和則
 (常勤職員12名、他18名)

[研究内容]

ナノカーボン・デバイスを実現させるために、高品質グラフェン合成のためのプラズマ CVD 技術の開発ならびに透明導電フィルム作製技術の開発を進めると共に、eDIPS 法による CNT 製造技術、カラムクロマト法や ELF 法など種々の金属半導体分離およびカイラル分離技術などの高度化、他材料と CNT との複合材料化などの融合領域研究を進める。また、開発したナノカーボン・デバイス材料のデバイス実証および用途探索を行う。

[領域名] 材料・化学

[キーワード] グラフェン、カーボンナノチューブ、プラズマ CVD、透明導電フィルム

[テーマ題目2] 低次元ナノ複合体による物質・エネルギー有効利用技術の開発

[研究代表者] 川本 徹 (ナノ粒子機能設計グループ長)
 清水 禎樹 (ナノ粒子構造設計グループ長)
 石田 敬雄 (ナノ薄膜デバイスグループ長)

[研究担当者] 川本 徹、田嶋 一樹、田中 寿、中村 徹、南 公隆、高橋 顕、Parajuli Durga、渡邊 浩、野田 恵子、杉山 泰、川上 正美、桜井 孝二、塩見 亜紀子、高村 智恵子、西野 瑞香、道川 健、樋渡 武彦、清水 禎樹、石川 善恵、古賀 健司、杉山 順一、畠山 一翔、伯田 幸也、佐藤 千佳、森住 真紀、石田 敬雄、関 和彦、桐原 和夫、土原 健治、向田 雅一、衛 慶碩、鈴木洋一
 (常勤職員19名、他13名)

[研究内容]

配位高分子をはじめとする複合ナノ粒子と、有機材料複合膜をコア材料と位置づけ、物質・熱・光などを吸収し、必要な時期に、必要に応じて形態を変換し、放出する材料の開発を進める。ここでは特にエネルギーキャリア及び有用/有害物質を適切に回収することのできる材料および高効率熱電変換薄膜材料や、ナノ粒子の効果的な利用技術を開発する。

[領域名] 材料・化学

[キーワード] プルシアンブルー、吸着、調光ガラス、ナノ粒子、液中レーザー、微小プラズマ、超臨界流体、気相熱酸化、ナノコンポジット、表面処理、複合材料、生体活性材料、導電性高分子、熱電変換、光触媒、色素増感太陽電池、熱化学電池

[テーマ題目3] 高度計測およびナノ加工・界面制御技術の開発

[研究代表者] 久保 利隆 (研究グループ長)
 末永 和知 (首席研究員・電子顕微鏡研究グループ長)

[研究担当者] 久保 利隆、清水 哲夫、宮前 孝行、宮脇 淳、阪東 恭子、末永 和知、越野 雅至、堀内 伸、佐藤 雄太、千賀 亮典、Yung-Chan Lin、
 (常勤職員11名、他38名)

[研究内容]

ナノレベルの構造・元素解析のための電子顕微鏡をはじめとする各種の高度計測技術を用い、材料における界面状態や物性を評価し、ナノ材料に必要なとされる物性・構造・高機能化に資する知見を得る。更に、プラズマや

マイクロ波を用いて、材料のナノ加工技術を開発し、異分野融合型の安心・安全・快適な社会に必要とされるデバイス開発を目指す。

【領域名】材料・化学

【キーワード】電子顕微鏡、走査トンネル顕微鏡、和周波発生分光法、放射光、炭素系ナノ材料、プラズマ加工技術、接着、密着
透過電子顕微鏡、電子エネルギー損失分光

【テーマ題目4】ナノバイオ材料の健康増進に向けた応用技術の開発

【研究代表者】平塚 淳典（研究グループ長）

【研究担当者】大矢根 綾子、中村 真紀、坂巻 育子、荒木 裕子、黒岩 輝代子、亀田 直弘、岡崎 朝美、丁 武孝、Wu Dongwei、鶴沢 浩隆、田中 大輝、平塚 淳典、折原 耕平、辻 勝巳、岩佐 尚徳
（常勤職員6名、他9名）

【研究内容】

ナノチューブやナノ粒子をはじめ、酵素、糖鎖などのナノバイオ材料を活用して、生体機能の改善や計測などに応用するために必要となるナノバイオ材料の構造や表面・界面の制御技術の高度化を図ると共に、生理活性物質等を検知、輸送することが可能なセンサデバイス、デリバリーシステム等を開発する。

【領域名】材料・化学

【キーワード】生体・環境モニタリング、診断・治療、食中毒・災害対応、生活密着素材、バイオセンサ、リン酸カルシウム、再生医療、ドラッグデリバリーシステム、ナノカプセル、高機能日用品（化粧品・肥料・塗料）、酵素、糖鎖

⑤【無機機能材料研究部門】

(Inorganic Functional Materials Research Institute)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：淡野 正信

副研究部門長：松原 一郎、藤代 芳伸

総括研究主幹：加藤 且也

所在地：中部センター、関西センター

人員：54名（54名）

経費：689,245千円（304,011千円）

概要：

我が国の製造産業は、二酸化炭素排出量の削減、資源制約の緩和、高付加価値製品の開発、製品開発のスピードアップ、エネルギー・環境関連製品の製造力強

化、メンテナンス・アフターサービスの強化、少子高齢化の中での技術技能の継承等の課題に直面している。

当研究部門では、領域ミッションにおける、新素材を実用化するための技術開発として、新たなものづくり技術を牽引する無機系機能材料の高度化と橋渡し研究の積極的な推進に注力する。そのために、無機系新素材の創製とスケールアップ製造技術及び部材化技術を開発し、耐環境性および信頼性に優れた各種の産業部材を提供する。

具体的には、第4期の研究開発の方向として、＜1＞新機能粉体の創成及びそのスケールアップ製造技術を開発する。それにより、新機能粉体の実用化を実現する。また、＜2＞新素材のバルク組織化技術を開発する。それにより、耐環境性及び信頼性に優れたエネルギー・環境部材やヘルスケア部材を提供する。これらの中長期目標・計画を達成するために、以下の3つの戦略課題を設定し推進する。

① 無機系新機能粉体合成と高効率製造技術の開発

セラミックスや金属等の無機系新素材（機能粉体等）を主対象とし、新機能を発現・付与するためのメカニズムの実証、合成技術の確立、量産化技術の開発により、実用化を図る。

② 高次機能部材化及び集積技術の開発

セラミックス粒子材料による構造制御や高機能集積化を行い、無機材料の特徴である高温対応の機能性部材を創製し、エネルギー・環境関連のデバイスの耐環境性と信頼性を向上させ、光エネルギーを利用した高次機能化のための基盤技術を開発する。

③ 機能融合部材化技術の開発

ガラス材料やハイブリッド材料を主対象とし、部材化に必要な精密成型、高度加工による形状賦与技術の確立、最適材料の組み合わせ技術、材料界面の制御技術、材料複合化プロセスの構築により、実用化レベルの部材創成と高度利用のための基盤技術を開発する。

新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料に関して、平成29年度は以下の研究開発を重点的に推進した。特に、新たな無機機能材料技術の開発を最重点課題として、その展開を強力に推進するために、材料関連の民間企業との連携での集中研究体制や公的資金研究でのプロジェクト推進体制の構築を図った。

橋渡し研究（前期）として、コンパクトハイパワー燃料電池部材の開発展開として、改質触媒機能を有するナノ構造マイクロ SOFC 電極材料の実現し、産業用ドロー向けの電源技術への展開をスタートした。また、ガラス成型の基盤となる物性測定技術を中心としたガラスの科学の普及と情報交換を容易にする為に、ガラス物性測定コンソーシアムを設置した。

橋渡し研究（後期）へ向けた取り組みとして、多孔質シリカを出発して得られる近紫外光励起蛍光シリカ

での波長変換材料（ダウンコンバージョン）を化学メーカーにて製品化した。また、企業での全固体電池開発に必要な部材供給への要望に応える為、次世代蓄電池用セラミック電解質基板の量産プロセス適合技術の開発として、酸化物系リチウムイオン電導セラミックス電解質の合成スケールアップ手法の検討と、製造メーカーとの連携を加速した。

目的基礎研究の推進として、有機助剤を添加した噴霧乾燥プロセスにより、世界最高の945 m²/gの高表面積を有するメソポーラスアルミナ粉体の合成を実現した。さらに、迅速乾燥キャスト法によって作製した固体を用い、近赤外光照射による可視光のアップコンバージョン発光を得ることに成功（量子収率0.7 %程度）した。

戦略課題：

- ・「無機系新機能粉体合成と高効率製造技術の開発」
- ・「高次機能部材化及び集積技術の開発」
- ・「機能融合部材化技術の開発」

萌芽研究：

- ・「低温熔融プロセスを用いた無機ガラスの開発および材料特性評価」
- ・「複数の革新的無機機能材料を融合したデバイス化技術開発」
- ・「電気化学自己組織化反応を活用する高選択性SMACTIVE電極作製技術に向けた基盤研究」

内部資金：

- ・「陶磁器製洋食器の食器洗浄に対する耐久性試験法」

外部資金：

経済産業省中小企業庁

戦略的基盤技術高度化支援事業（サポイン事業）

- ・「単一の測定装置による熱電3物性値の同時計測可能な方法の開発」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

エネルギー・環境新技術先導プログラム

- ・「ナノクリスタルエンジニアリングによる材料・デバイス革新」
- ・「超高変換効率新規プロトン導電デバイスの開発」
- ・「精密制御技術を駆使した脱硝触媒の高度利用技術開発」

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）

- ・「革新的設計生産技術／ガラス部材の先端的加工技術開発」

次世代人工頭脳・ロボット中核技術開発

- ・「革新的ロボット要素技術分野／可塑化PVCゲルを用いたウェアラブルロボット用ソフトアクチュエータの研究開発」

独立行政法人日本学術振興会（JSPS）

科学研究費助成事業（科研費）

新学術領域研究（研究領域提案型）

- ・「原子層の量子物性測定と新規物性探索」
- ・「理論と実験の協奏的アプローチによる複合スピン励起子変換制御」

基盤研究(A)

- ・「マルチラジカル性を有する開殻超分子系の光磁気機能物質の創成」

基盤研究(B)

- ・「全固体電池における力学・電気・化学的因子相互作用機構の解明とその応用」
- ・「リチウムの循環利用による環境調和型白金族回収システムの構築」
- ・「呼気ガスセンシングによる病状診断と予測アルゴリズム開発」
- ・「自己センシング高分子人工筋肉の開発と物理原理に基づく制御指向モデリング」

基盤研究(C)

- ・「シート構造を有するメソポーラスシリカの創製とその応用に関する研究」
- ・「DNA由来高分子を利用した高分子アクチュエータの創製」
- ・「空中駆動する透明導電性高分子・ナノカーボンハイブリッドアクチュエータの研究」

若手研究(A)

- ・「ns²型発光中心を含有したガラス蛍光体における局所構造と発光特性の制御」

若手研究(B)

- ・「高分子ロボットカテーテルシステムの開発」
- ・「両イオン伝導体を用いた高効率メタン発電用固体酸化物形燃料電池の開発」
- ・「ガラス構造と内部応力を利用した結晶化ガラスエンジニアリングの構築」
- ・「次世代圧電デバイスに向けた単結晶ナノキューブコンポジット三次元配列集積体の開発」

独立行政法人科学技術振興機構（JST）

戦略的創造研究推進事業

CREST

- ・「新規固体酸化物形共電解反応セルを用いた革新的エネルギーキャリア合成技術（キャリアファーム共電解技術）の開発」

先端的低炭素化研究開発（ALCA）

- ・「カルノー効率の60%に達する廃熱回生熱音響システム／熱音響機関の音場制御とエネルギー変換の実測」
- ・「リチウム空気二次電池の基盤技術開発／セラミックスセパレータ技術の開発」

研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）

シーズ顕在化タイプ

- ・「耐熱性 γ -アルミナを用いた高性能 Ni 触媒の開発応用」

産業ニーズ対応タイプ

- ・「ナノブロック高次秩序化による配向性ナノ構造体の開発と表面ドーピングによる高機能化」
- ・「単結晶ナノキューブの自己組織化を利用した新成形技術の開発」
- ・「レイヤード結晶シェルによる“単一結晶面粒子”の創製とその超精密機能化」

静岡県 先端企業育成プロジェクト推進事業

- ・「寒冷地用アルコール飲酒検知センサユニットの開発」

佐賀県 リーディング企業創出支援事業

- ・「次世代蓄電池用セラミック電解質基板の量産プロセス適合技術の開発」

発表：誌上発表134件、口頭発表313件、その他31件

テラードリキッド集積グループ

(Tailored Liquid Integration Group)

研究グループ長：伊豆 典哉

(中部センター)

概要：

今後の高度情報化社会の益々の進展、環境調和型社会の持続的発展及び高齢化社会における医療福祉技術のさらなる高度化のためには、電子機器や医療用機器に対して極めて高性能な電子部材・機能部材が必要となる。当研究グループでは、これら部材開発に資する無機系新機能粉体合成、高効率製造技術開発等の無機系機能材料の高度化に関する研究を担当する。特に、溶液化学をベースとし、機能発現ユニットの合成技術、溶液反応を経由したナノ～マイクロ領域の構造形成技術、精密構造体の集積化技術等に関する研究開発を実施し、産業技術基盤と国際競争力の強化を図る。具体的には、酸化物ナノクリスタルの合成・配列・接合及び解析・評価に関する基盤技術の開発、誘電/蓄電デバイスの高性能化・小型化に向けた単結晶ナノキューブのボトムアップ技術・集積化技術の開発、高分散性酸化物微粒子を使った構造発色技術の開発、医療用センサ・エネルギー関連部材に向けた集積化ナノ構造に関する基盤技術の開発等を実施した。また、多様な外部機関との連携を通して、開発した材料のバリューチェーン強化や産業応用の可能性を検討した。

研究テーマ：テーマ題目1

粒子機能化技術研究グループ

(Particle Functionalization Group)

研究グループ長：加藤 且也

(中部センター)

概要：

当研究グループでは、セラミックスを始めとする無機系粒子の合成・機能化・デバイス化技術を確立し、安心安全や生活環境改善に資する機能性部材を提案することをミッションとしている。本年度は、「テーマ1 多孔性無機粒子の合成技術と機能化技術の開発」及び、「テーマ2 ヘルスケア部材用無機有機ハイブリッド粒子の開発と機能解析」に重点を置いて研究を展開した。テーマ1では、新規に合成したジルコニアやシリカ粒子の表面処理を行い、タンパク質の吸着特性について評価を行った。その結果、上記多孔体の粒子サイズや細孔径がタンパク質の吸着特性に大きく影響を及ぼすことが明らかとなった。テーマ2では、新規な無機有機ハイブリッド粒子として、ペプチド鎖とリン酸カルシウム粒子を混合することで、タンパク質を選択的に吸着する複合粒子を開発することに成功した。またペプチドの種類や量を制御することで、タンパク質の吸着特性を大きくコントロールすることができる材料であることが分かった。

研究テーマ：テーマ題目1

電子セラミックスグループ

(Electroceramics Group)

研究グループ長：申 ウソク

(中部センター)

概要：

電子セラミックスを中心とした、耐環境性及び信頼性に優れたエネルギー・環境部材やヘルスケア部材を提供するために、新材料によるデバイス開発、デバイスを活用したヘルスケア用センシング技術開発、高分散ナノ粒子の合成から塗膜化及びデバイスまでの開発における基盤技術を開発するとともに技術の橋渡しに取り組む。

平成29年度は、ガスセンサの高性能化及びガス検知器の応用として、高温動作型のセンサにおいては、電極デザインを改良した1チップ4素子の高温駆動ガスセンサを試作し、高温動作と省電力化を実現した。また、混成電位型の新しいセンサ技術を開発した。医療機関との連携では、呼気水素検知器の応用を検証した。高性能導電性材料の開発については、熱電材料を含む導電性材料の開発において、ペロブスカイト型酸化物の厚膜プロセスを開発し、ガスセンサなどの高温デバイスに応用した。また、焼結体及びレーザー加熱プロセスを活用した発電デバイスを試作した。

研究テーマ：テーマ題目2

機能集積化技術グループ

(Functional Integration Technology Group)

研究グループ長：藤代 芳伸

(中部センター)

概 要：

高性能且つ用途拡大に繋がるコンパクト・高性能な固体酸化物形燃料電池や電気化学的な高効率物質変化が可能なセラミックリアクター、さらには次世代全固体蓄電デバイス等の実現に向け、エネルギー部材・モジュール製造技術および革新的な材料・製造技術の発展が必要とされる。このようなセラミックス電気化学デバイスの飛躍的な性能向上を実現するためには、従来技術では不可能であった機能を発現する部材構造の構築を開発し、それらの高度集積構造を造り込むモジュール化技術の開発が不可欠となる。特に、将来スケールアップ化が可能な製造技術を用い、その中で、ナノレベルでのセラミック電極構造制御やイオン伝導性材料・機能触媒材料等の最適化が重要となる。当研究グループでは、高度なセラミック集積化プロセス技術の開発により、次世代型固体酸化物形燃料電池（SOFC や PCFC）等の電気化学デバイスにおいて、多燃料利用技術や低温域からの急速起動・停止運転での耐久性向上等を目指した研究開発に取り組んでいる。例えば、マイクロ燃料電池等の接続技術として、高効率作動に不可欠な $2 \text{ A/cm}^2 @ 700 \text{ }^\circ\text{C}$ を超える高電流密度での作動が可能な新規ナノ複合酸化物高性能電極材料技術を開発し、燃料電池発電や、水と二酸化炭素の共電解反応で高い性能を実現した。また、液体炭化水素燃料での直接発電可能なコンパクト燃料電池電源開発向けの触媒機能付き燃料極材料を開発した。さらに、低温域で高効率発電・電解が可能なプロトン伝導性セラミックスを活用する新規燃料電池セル製造技術等を開発した。これらの成果は電動化が進む次世代モビリティやドローン・ロボット等の移動体向けポータブル分散電源や、高効率発電機技術等の実現に大きく寄与すると考えられる。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目5、テーマ題目6

物質変換材料グループ

(Materials for Chemical Transformation Group)

研究グループ長：木村 辰雄

(中部センター)

概 要：

当研究グループでは、革新的な機能発現と耐環境性や信頼性を両立させた産業部材の製造技術開発に向けて、ナノ粒子設計、界面設計、ナノ複合化、精密多孔化等の各種ナノ構造制御技術を駆使した触媒材料或いはその利用技術の高度化を推進している。研究テーマの方向性や目標は、企業ニーズを意識するとともに、資源制約や需給ギャップ等の社会情勢の変化を反映させながら、適切かつ柔軟に設定し、触媒作用や吸着現象を原子・分子レベルで理解、更にはその場観察技術を組み合わせることで、効果的な機能設計や触媒性能の最大化を目指している。具体的には、排ガス浄化等

に用いられる触媒材料の高機能化、資源回収に資する材料等技術開発に関する研究を推進している。

研究テーマ：テーマ題目3

高機能ガラスグループ

(Advanced Glass Group)

研究グループ長：赤井 智子

(関西センター)

概 要：

当グループでは、機能性ガラス及びその先端加工技術を開発し、電子・情報、エネルギー関連の新規デバイスの開発や高性能化を目指している。具体的には、ガラスの精密プレス成型による新規な光学素子、太陽電池の高効率化を目指した蛍光ガラス材料、屋外での夜間光源を目指した高輝度蓄光ガラスなどの各種の機能性ガラスの開発にとりくんでいる。

本年度は、ガラス先端加工技術については、大型モールドの迅速作製技術として切削加工では数ヶ月必要な金型作製を半導体プロセスを用いて数日で加工することを目的として、深さ $25 \text{ } \mu\text{m}$ 、直径約 $200 \text{ } \mu\text{m}$ のマイクロレンズパターンを、6インチ用の SiC 基板に迅速に形成する技術を開発した。また、その金型を用いて成型可能であることを確認した。また、ガラス物性の情報交換や物性測定についての技術支援等の為のガラス物性測定コンソーシアムを新たに開始した。また、機能性ガラス材料の開発については、蛍光ガラス材料の新しい用途展開を目指し、放射線励起発光やアップコンバージョン特性を検討した。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目4

機能調和材料グループ

(Integrated Functional Materials Group)

研究グループ長：松原 一郎

(関西センター)

概 要：

本研究グループでは、製膜技術、接合技術の高次構造材料への集積化を行い、光-エネルギー変換技術ならびに熱電変換技術により、電気や水素等の高品位エネルギーを産生する部材の創製を行っている。

平成29年度は、光-エネルギー変換材料として、モノリス型シリカ多孔質内への Pt/TiO₂ の分散担持技術を検討し、犠牲剤存在下での水分解による水素生成速度が従来の1.3倍の速度となる水素生成触媒を開発した。アップコンバージョン材料の開発として、近赤外光から可視光への変換を目指し、迅速乾燥キャスト法を適用して固体状態の試料で、近赤外光から可視光へのアップコンバージョン発光を得ることに成功した。熱電発電の普及を目指し、高性能熱電モジュール・ユニットの開発として、ヒートパイプを用いる事で、高い熱流束を熱電素子に導入することができ、600 °Cま

での温度域で、空冷による発電出力を高められる技術を開発した。

研究テーマ：テーマ題目2

ハイブリッドアクチュエータグループ

(Hybrid Actuator Group)

研究グループ長：安積 欣志

(関西センター)

概要：

本研究グループでは、ナノ粒子と高分子の制御されたハイブリッド構造による高性能なアクチュエータ材料を研究開発し、医療福祉機器を中心とした様々な分野への応用を行う。すなわち、高分子の軽量性、加工性にナノ材料の高機能性を兼ね備えた従来にはないソフトでフレキシブルな高性能アクチュエータあるいはセンサーの開発を行うことで、携帯、ウェアラブルなデバイスを開発し、様々な分野への応用を行う。具体的には、導電性ナノ粒子を高分子に分散したハイブリッド電極によるソフトアクチュエータやセンサーの開発を進め、マイクロポンプや能動カテーテル・内視鏡などの医療デバイスや、触覚デバイス等の新しい情報機器への応用展開を進める。さらに、これらデバイスの量産化技術の開発による実用化、あるいは積層などの大型化技術の開発、また、コントロール回路や構造材料との一体化技術の開発、さらにナノカーボンによる軽量電線の開発などにより、ウェアラブルロボットによるアシスト技術の開発などを進め、高福祉社会に貢献する。

研究テーマ：テーマ題目3

【テーマ題目1】無機系新機能粉体合成と高効率製造技術の開発

【研究代表者】加藤 一実、伊豆 典哉、加藤 且也
(理事、テラードリキッド集積グループ、粒子機能化技術グループ)

【研究担当者】加藤 一実、伊豆 典哉、安井 久一、
劉 崢、増田 佳丈、三村 憲一、
高田 瑤子、加藤 且也、永田 夫久江、
稲垣 雅彦、大橋 優喜、堀内 達郎、
楠本 慶二 (常勤職員13名)

【研究内容】

セラミックスや金属等の無機系新素材 (機能粉体等) を主対象とし、新機能を発現・付与するためのメカニズムの実証、合成技術の確立、量産化技術の開発により、実用化を図る。

平成29年度は、前年度に開始した公的研究開発事業2件を継続し、高性能誘電体デバイス、蓄電デバイス、自動車排ガス触媒等のキラードバイスの実現に向けて、化学組成、結晶構造、形状、サイズをナノレベルで精密に制御した単結晶ナノキューブの、個々の粒子の機能の向

上、新たな集積化プロセス、量産したナノキューブの品質管理に関する基盤技術の開発を推進した。具体的には、チタン酸バリウムナノキューブにジルコニウムを固溶することにより、既存セラミックスと同様に誘電特性の温度依存性が低減することを確かめた。また、水層表面に展開したナノキューブ分散液において、固液界面の制御を通してナノキューブ単層膜を形成、基板上に転写する手法を見出し、緻密で高秩序に配列したナノキューブ単層膜を比較的大面積に集積できることを示した。表面増強ラマン散乱法により、20 nm サイズのチタン酸バリウムナノキューブ単一粒子が強誘電相であることを確かめた。さらに、チタン酸ジルコン酸鉛キューブの合成法にも着手した。他方、共同研究先企業においては、量産ナノキューブの品質管理に必要なキューブ形状を数値化するための指標を考案した。

コアシェルナノ粒子の開発では、高分散性コアシェルナノ粒子及びバイオコアシェルナノ粒子の研究開発を行った。高分散性コアシェルナノ粒子では、シェルが水やアルコールに対して親和性が高いため、水やアルコールへの分散性が非常に良好で、かつ、粒度分布が狭いという特長を有する。この粒子については、民間企業と共同研究を実施し、既に量産化技術を確立しており、当該民間企業と共に技術マーケティング活動を積極的に行っている。樹脂への無機微粒子添加を検討している電機系ユーザー企業に、上記民間企業からサンプル提供・販売を行ったところ、当該ユーザー企業において絶縁破壊電解強度の向上が確認され、高分子学会で報告された。また、新しい展開として、短距離秩序を有するコロイドアモルファス集合体を視野に配列化技術・固定化技術の開発に取り組み、コロイドアモルファス集合体を作製でき、その短距離秩序に由来する構造発色 (粒径200 nm では青色の構造発色、粒径250 nm では緑色の構造発色) を確認することができた。新しい用途展開への足掛かりができて、高分散性コアシェルナノ粒子の事業化に向けて積極的に研究活動を展開している。

バイオコアシェル粒子の開発において、バイオコアシェル粒子の粒径制御技術の開発を目的として、平成29年度は粒径増大因子の探索について詳細に検討した。その結果として、従来は約30 nm であった粒子径を100 nm 以上へと増大させることができた。

カラム用多孔質粒子の開発について、平成29年度中に開発した表面処理化シリカ粒子のカラム充填化のために造粒方法とリガンドタンパク質の活性向上のための表面処理方法の最適化を詳細に検討した。造粒方法として、エバポレータを用いた簡便な手法を取り入れ、回転数や粉体の前処理条件を検討することで、カラム充填に必要な約100 μm 程度のサイズで粒径を制御することが可能となった。また造粒体多孔体へのリガンドタンパク質の活性安定を継続させる固定化は、表面処理として用いるシランカップリング剤の量が極めて重要であることが明

らかとなった。作成した最適な構造を持つ造粒体について、カラム充填化を行い、20 μ フリットを持つ1 mL カラムを完成させた。本カラムを用いて、バイオ医薬品の分離精製を行った結果、100回のリサイクルが可能な高性能カラムとして利用が可能であった。今後は、担体のさらなる低コスト化を目指し、シリカのみならず異なる酸化物粒子を取り上げ、バイオ医薬品の製造に関わる材料の開発を進める予定である。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ナノクリスタル、単結晶ナノキューブ、チタン酸バリウム、誘電特性、強誘電特性、表面増強ラマン散乱法、コアシェル型ナノ粒子、構造色、表面修飾、多孔質、セラミックス、粒子

【テーマ題目2】高次機能部材化及び集積技術の開発

【研究代表者】申 ウソク、藤代 芳伸、松原 一郎
(電子セラミックスグループ、機能集積化技術グループ、機能調和材料グループ)

【研究担当者】申 ウソク、藤代 芳伸、松原 一郎、伊藤 敏雄、赤松 貴文、鶴田 彰宏、山口 十志明、濱本 孝一、鷺見 裕史、島田 寛之、山口 祐貴、櫻井 宏昭、木内 正人、鎌田 賢司、溝黒 登志子、ヘック クライレ、村井 健介、神 哲郎、石堂 能成、舟橋 良次
(常勤職員20名)

【研究内容】

セラミックス粒子材料による構造制御や高機能集積化を行い、無機材料の特長である高温対応の機能性部材を創製し、エネルギー・環境関連のデバイスの耐環境性と信頼性を向上させ、光エネルギーを利用した高次機能化のための基盤技術を開発する。

平成29年度は、燃料電池発電や電解水素製造に活用可能な高性能電極材料技術、超高効率プロトン伝導性セラミックス電解質を用いたセル化技術、全固体蓄エネデバイスのためのイオン伝導性セラミックス材料・構造化技術、電子セラミックスの機能性ナノ粒子合成及びセンサデバイス開発技術、光エネルギー機能化材料創製の要素技術を開発した。

エネルギー・環境関連デバイスとして、固体酸化物形燃料電池 (SOFC) や水と二酸化炭素の共電解セル (SOEC) において、高電流密度での電気化学反応が可能な新規構造のナノ複合化電極材料の開発や、新原理でのプロトン伝導性セラミックス電解質膜を活用する超高効率燃料電池発電セル製造に向けた基盤研究を進めた。また、全固体蓄エネデバイスのためのイオン伝導性セラミックス材料・構造化技術においては、酸化物系リチウムイオン伝導性セラミックス材料の3D 構造化薄膜を活用する全固体電池作製に向けたプロセス技術開発を推進

した。

センサデバイスの開発においては、呼吸検知器を活用し医療機関において疾患と呼気ガスの相関を実証する応用研究を進めた。新規センサとして、混成電位型の低温動作センサを開発した。高温動作型のセンサにおいては、高温駆動型の複数素子のガスセンサを試作し省電力動作を確認した。熱電材料を含む導電性材料の開発においては、酸化物導電性材料の厚膜プロセスを用いて、高温動作デバイスを試作した。

光エネルギー利用高次機能化のための基盤技術開発においては、実環境で使用できる水素生成光触媒の開発として、Pt/TiO₂を10マイクロメートル級のマクロ孔シリカ粒子担持体への担持技術を検討し、1.3倍の水素生成速度の向上と、モノリス型シリカを用いたディスク触媒媒体の試作開発にも成功した。アップコンバージョン材料の開発として、迅速乾燥キャスト法による製膜技術を活用し、800 nm 付近の近赤外照射による600 nm 域の可視光のアップコンバージョン発光が可能な材料の開発に成功した。熱電材料の研究では、熱電材料の高速合成を行い、既存の熱電材料の他にシリサイドを中心とした一連の材料系における熱電特性を評価することで熱電材料探索を実施した。また、プロセス技術による熱電性能向上の可能性とそのメカニズムを解明し、高 ZT 化技術として塑性変形を伴う焼成技術により、BiSb 合金、シリサイド、層状コバルト酸化物の熱電性能を向上させた。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】燃料電池・電解セル・イオン伝導電気化学デバイス・デバイス集積化用触媒、ガスセンサ、熱電、酵素、酸化チタン、溶液析出法、ナノ結晶、光触媒

【テーマ題目3】機能融合部材化技術の開発

【研究代表者】赤井 智子、安積 欣志、多井 豊
(高機能ガラスグループ、ハイブリッドアクチュエータグループ、物質変換材料グループ)

【研究担当者】赤井 智子、山下 勝、福味 幸平、北村 直之、三原 敏行、金高 健二、篠崎 健二、安積 欣志、清原 健司、杉野 卓司、寺澤 直弘、物部 浩達、堀内 哲也、向 健、多井 豊、木村 辰雄、尾崎 利彦、三木 健、大橋 文彦、富田 衷子、粕谷 亮
(常勤職員21名)

【研究内容】

機能性ガラス及びその先端加工技術については、電子・情報、エネルギー関連の新規デバイスの開発や高性能化を目指している。8インチのマイクロレンズを成型することを目標として大面積精密成型技術を行っている

が、本年度は6インチ以上のマイクロレンズをPV精度2 μm 以内で成型する技術を開発した。また、成型に必要な成型点近傍での粘弾性測定と解析をリン酸塩ガラスについて行った。機能性ガラス材料については、高効率で発光するシリカガラスの太陽電池への応用を目指して、青色で励起可能なナノ結晶をポーラスシリカガラスの中に閉じ込めることに成功した。また酸フッ化物系のガラスに Eu^{3+} を添加すると95 %という高い内部量子効率を有する蛍光ガラスが得られるが、この構造を EXAFS により解析した。その結果、このガラスは3次元ランダム構造にはなく、層状あるいはチャネル状の構造を取っていることが示唆された。

無機有機ハイブリッドアクチュエータ材料について、その創製と高度化を行った。具体的にはナノカーボンとイオン液体ゲルの複合電極による電気駆動アクチュエータ素子の材料最適化開発と駆動メカニズムの解明、および印刷法などによる大面積化、および積層法のプロセス開発を進めた。また、イオン導電性高分子を用いたソフトアクチュエータによる白内障治療用の医療デバイスの開発とアクチュエータの逆応答を利用したソフトメカニカルセンサーの開発及び応答メカニズムの解明、さらにソフト高分子ゲルを用いた新規アクチュエータ材料の創製を行った。また、ナノカーボンを用いた軽量電線の開発を企業と共同研究で開始し、高い導電率を持ったナノカーボンのファイバーを開発することに成功した。これらの開発をベースに、今後さらに新しい無機有機ハイブリッドアクチュエータ材料の開発を進め、ウェアラブルロボットに適用可能な人工筋肉型高性能ソフトアクチュエータの開発を目指す。

排ガス浄化触媒の開発に関しては、触媒構造の設計指針を具現化する触媒調製プロセスの開発等を開始し、粒径制御した Pd 触媒をアルミナに担持したモデル触媒を調製することができた。他方、両親媒性有機分子を利用する多孔化技術を駆使した触媒担体等の精密合成を進め、世界最高レベルの高表面積メソポーラスアルミナの合成を可能にした。クリーンエネルギー開発に資する成果として、キレート剤で構成元素すべてを化学修飾してアルミナ担体上に Ni、La が高分散した水素製造触媒を調製し、メタンの改質反応で耐カーボン析出性能が大きく改善できることを確認した。環境に優しい金属資源のリサイクル技術としては、リチウムイオン電池模擬材料を乾式処理して回収した炭酸リチウムを使用しても、試薬を用いた場合と同様に、白金族との反応から複合酸化物が生成し、塩酸への溶解が可能であることを確認した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ガラス、精密成型、蛍光、ハイブリッドアクチュエータ、人工筋肉、環境触媒、改質触媒、触媒調製、高機能化、資源回収、貴金属溶解

【テーマ題目4】低温溶融プロセスを用いた無機ガラスの開発および材料特性評価

【研究代表者】正井 博和（高機能ガラスグループ）

【研究担当者】正井 博和（常勤職員1名）

【研究内容】

アモルファス（ガラス）材料は、高い透明性や広い透過波長性、高い化学的耐久性（優れた耐熱性、耐光性、あるいは、耐候性）、優れた賦形性（成形加工が容易）などの特徴を併せ持つユニークな材料である。現在、有機高分子やシリコン系ポリマー等が、ガラスの競合材料として挙げられるが、有機材料では決して達成することができない、言い換えれば、屈折率、耐熱性、あるいは紫外域の耐光性・透過性のように無機ガラスのみが到達可能な特性は確固として存在する。このような特性を生かした材料展開が今後の研究開発に必要とされると考えられる。

現在の産業界からの要求の1つに、低温溶融可能なオール無機ガラスの開発が挙げられる。これは、主として昨今の LED 部材に対応可能な新規光学用部材である。これに関して、研究代表者は、民間企業との共同研究により、従来のゾル-ゲル法などの低温合成法でなく、リン酸を用いた液相法を用いて新規無機ガラスの低温での作製に成功した。ただ、実際のガラスの構造、物性等の評価は不十分であり、更なる高機能化に向けてその物性を精査する必要があった。本年度は、ガラス試料における粘度曲線を測定し、そのガラス転移温度、屈服点、作業温度を正確に求めた。光学特性に関しては、屈折率の波長依存性、光学吸収端を求めて、既存の材料との比較を行った。更に、ヤング率、ポアソン比などといった機械的特性を評価した。これらの機械的特性は、既存の無機ガラスと比べるとはるかに小さく、高分子に近い値であった。このことは、熱膨張係数が無機ガラスにおいては、非常に小さいことと関係があり、本ガラス系の特徴であるといえる。また、SPring-8における XAFS 実験により、ガラス中における構成カチオンの局所状態を評価した。カチオン比が同一のガラスにおいて、溶融法で作製したガラスと液相法で作製したガラスのカチオンの局所構造を比較したところ、液相法で作製したガラスにおいて配位数の減少が見られた。このことは、緩いネットワークが形成されていることを示すものであり、材料設計の指針の1つになると考えられる。当該研究に関するプレスリリース、および NanoTech2018における展示では多くの反響があった。今後は、新しい組成系の開拓、および、レーザ等を用いた低融点ガラスの3次元造形なども検討してゆき、その可能性を拓いていきたいと考えている。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ガラス、低融点、液相法

【テーマ題目5】複数の革新的無機機能材料を融合した

デバイス化技術開発

【研究代表者】 鷲見 裕史（機能集積化技術グループ）

【研究担当者】 鷲見 裕史、山口 祐貴、鶴田 彰宏、伊豆 典哉（常勤職員4名）

【研究内容】

燃料電池は、イオン伝導を担う電解質と、燃料や酸化剤（空気）をイオン化する2つの電極（燃料極、空気極）の少なくとも3層から構成される。固体酸化物形燃料電池（SOFC）では、本格的な研究が開始された1980年代から長らくの間、電解質にイットリア安定化ジルコニア（YSZ）、燃料極に Ni-YSZ サーメット、空気極に (La,Sr)MnO₃や(La,Sr)(Co,Fe)O₃等のペロブスカイト型導電性セラミックスが用いられてきた。これらの材料は、化学的安定性や材料両立性、材料間の熱膨張係数の整合性等を考慮し、性能よりも耐久性を優先して選定されている。現在、SOFC は家庭用コージェネレーションシステム（商品名：エネファーム）として商品化され、9万時間（約10年）の耐久性が担保されている。しかし、移動体や可搬電源等、定置用以外の用途で SOFC を用いる場合には体積あたりの出力密度を向上させる必要があり、更なる高性能化が求められる。本研究では、本来他用途で用いられている機能性セラミックスを SOFC に適用した時の高性能化の可能性と課題について検討した。光学特性の改善に用いられるナノセラミックスを従来の Ni-YSZ サーメット燃料極に含浸法にて導入することによって、特に LPG 等の炭化水素燃料使用時における触媒性能および耐久性がともに向上した。ペロブスカイト型導電性セラミックスの A サイトの La を Ba で置換した高性能(Ba,Sr)(Co,Fe)O₃(BSCF)空気極に対して産総研独自の低温焼結技術を適用したところ、BSCF 空気極と YSZ 電解質間の反応が抑制され、材料両立性が飛躍的に向上した。また、センサーの配線等で用いられる A サイト秩序型ペロブスカイト型導電性セラミックス CaCu₃Ru₄O₁₂が、空気極内の電気抵抗低減に寄与する可能性があることを確認した。

【領域名】 材料・化学

【キーワード】 燃料電池、エネルギー効率化、触媒、低温焼結技術、導電性セラミックス

【テーマ題目6】 電気化学自己組織化反応を活用する高選択性 SMACTIVE 電極作製技術に向けた基盤研究

【研究代表者】 山口 祐樹（機能集積化技術グループ）

【研究担当者】 山口 祐樹（常勤職員1名）

【研究内容】

固体酸化物形燃料電池や全固体セラミックス二次電池などの電気化学デバイスにおいて、目的・用途や用いるガス・物質の違いによって、それぞれ異なる最適な電極構造が必要となる。従来では目的や用途に合わせて電極の構造を設計し作製することで高い性能を持つ電極を得

るが、様々な条件に合わせてそれぞれ電極を作製することは容易ではない。そのため、任意の構造から最適な構造へ自発的に変化する電極を作製できれば、それぞれのデバイスの用途も大きく拡大することが見込める。本研究ではナノスケールの各種セラミックス粒子が均一に混合した状態の電極を作製し、そこに電気化学的な反応を加えることで、もとの電極構造から新しい電極構造へ自在に変化する電極の作製を目指す。その初期検討として、NiO と BaZrO₃電解質材料が均一かつ微粒子で混合されたコンポジット焼結体が作製可能かを検討した。微粒子で均一に混合されたセラミックスコンポジットの焼結体を作製するためには、互いのセラミックスの反応を抑え、粒成長を抑制しながら焼結可能な技術が必要となる。本研究では水酸化物原料と金属酸化物ゲルの酸・塩基反応を利用し、室温付近で複合酸化物ナノ粉体が得られる技術を応用して、低温でセラミックスコンポジット焼結体を作製する技術の開発を目指した。まずは基盤技術の構築として、プロトン伝導性セラミック材料であるイットリウム添加ジルコニアバリウムの低温焼結技術の開発を試みた。

まず、原料となるイットリウム添加ジルコニア含水ゲルを沈殿法によって作製した。このイットリウム添加ジルコニア含水ゲルを、窒素雰囲気下で各種バリウム原料と乳鉢で混合した。バリウム原料として、無水水酸化バリウム、水酸化バリウム一水和物、および水酸化バリウム八水和物を用いた。これらの混合物を加熱可能な軸加圧錠剤成形用セルに充填した。これをマントルヒーターで75度に保持し、種々の圧力で加圧しながら1から12時間保持した。それぞれの原料について10 kN の加圧で12時間保持して合成した試料の XRD 測定を行ったところ、無水水酸化バリウムとイットリウム添加ジルコニア含水ゲルの沈殿の混合物を原料に用いた試料は、この条件では目的物質の Y 添加 BaZrO₃が形成されていなかった。これに対して水酸化バリウム一水和物および八水和物を原料に用いた試料は、目的の BaZrO₃が合成可能であった。しかしながら、水酸化バリウム八水和物を原料に用いた場合、多量の水が副生成物として生成するために、得られた試料はスラリー状となってしまった。これに対して、水酸化バリウム一水和物を原料に用いた場合は、バルク状の BaZrO₃が得られた。この試料について内部の組織を走査型電子顕微鏡にて観察したところ、一部では、BaZrO₃と思われる粒子がネックを形成し焼結している様子が観察された。しかしながら、走査型電子顕微鏡では粒子界面がどのような接合状態であるかを観察することは難しいため、今後は透過型電子顕微鏡などを用いた詳細な検討が必要である。また、一部未反応の原料や BaCO₃などの副生成物の形成も確認され、雰囲気制御および反応条件の改良が必要であると考えられる。今後は、NiO との複合化を行い、電気化学的は反応による電極構造変化を観察する。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕燃料電池、二次電池、低温焼結、化学反応

度を両立するセラミックス、高熱伝導率を有するセラミックスの開発を進めた。

また、材料研究の基礎をなす表面改質技術、再生可能資源の代表である木質材料の成形加工法の研究、材料評価に関する様々な技術の研究開発を進めた。

⑥【構造材料研究部門】

(Structural Materials Research Institute)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：田澤 真人

副研究部門長：吉澤 友一

所在地：中部センター

人員：52名(52名)

経費：616,011千円(325,423千円)

概要：

構造材料研究部門では、省エネルギー社会の構築に貢献するため、輸送機器の軽量化による輸送エネルギーの削減、住宅やオフィスといった生活環境などにおける比較的低い温度領域での熱制御、あるいは、工場やデバイスなど産業分野で使われる比較的高い温度領域での熱制御のための材料の研究開発を中心として行っている。すなわち、1) 軽量構造材料などの設計技術やプロセス技術を活用した輸送機器の軽量化に貢献する構造部材の開発、ならびに2) さまざまな利用環境に適した熱制御構造部材の開発を行う。第1の課題においては、材料創成・加工・評価技術を活用した信頼性の高い軽量構造部材の開発を行うとともに、実用化に向けた部材化技術、プロセス技術の開発、信頼性評価を行い、第2の課題においては、生活環境から工場までのそれぞれの温度領域で熱エネルギーを制御する材料を組織や構造を制御することによって開発するとともに、実用化に向けた部材化技術、高信頼化技術、プロセス技術の開発を行う。

平成29年度において、重点的に推進したテーマは下の通り。

- ① マグネシウム合金やアルミニウム合金等の軽量金属、および無機/樹脂複合材料の設計やプロセスの開発、信頼性技術に関する研究開発を行った。特にアルミニウム合金並みの特性を有するマグネシウム合金の開発、アルミニウム合金の凍結鋳造型の高度化、電析技術によるバルクナノメタル技術、マイクロ波を利用したリサイクル炭素繊維の利用技術の研究を推進した。
- ② 日射や熱の透過性を制御する窓材料において、調光ミラーやサーモクロミックシートなどの研究開発を推進するとともに、液晶を使った調光材料に関する研究を行った。また、高温での熱伝導性や断熱性など熱制御性に優れたセラミックスの製造・評価に関する研究開発を進め、セラミックスの3D造形技術、セラミックス・金属の接合技術、高气孔率と強

外部資金：

内閣府総合科学技術・イノベーション会議「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) /革新的設計生産技術 /高付加価値セラミックス造形技術の開発」(管理法人国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO))

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「エネルギー・環境新技術先導プログラム 生物表面模倣による難付着・低抵抗表面の開発」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「SIP(戦略的イノベーション創造プログラム) /次世代パワーエレクトロニクス/SiCに関する拠点型共通基盤技術開発/SiC次世代パワーエレクトロニクスの統合的研究開発 /③次世代 SiC モジュールの技術開発(高耐熱部品技術開発)」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト」

静岡県

「水素可視化シートの低コスト製造技術の開発と高機能化」

独立行政法人日本学術振興会

「種々の改質剤を導入した木質素材への電磁波照射・分子振動励起による変形能向上と応用」

独立行政法人日本学術振興会

「不均一光重合で誘起される液晶/高分子メゾ相分離と自律配向形成の機構解明」

独立行政法人日本学術振興会

「集合組織制御による高成形性を持つ難燃性マグネシウム合金板材の創製」

独立行政法人日本学術振興会

「双晶形成に基づく集合組織変化を活用した易成形性マグネシウム合金の創出」

独立行政法人日本学術振興会

「コレステリック液晶材料の螺旋構造制御による温度駆動型調光フィルムの開発」

独立行政法人日本学術振興会

「生体材料インターフェイスにおける末梢概日リズムの可逆性分子機構の解明」

独立行政法人日本学術振興会

「ミリ波帯における超低損失コンポジット誘電体の材料設計指針の確立」

国立大学法人京都大学

「双晶～転位間相互作用の体系化に基づく高加工性マグネシウム合金の創出」

公益財団法人科学技術交流財団

「竹の流動成形による高音質な薄肉・複雑形状スピーカー振動板の実用化」

公益財団法人名古屋産業振興公社

戦略的基盤技術高度化支援事業「ロボット摩擦重ね接合法 (FLJ) による金属/CFRP の直接異材接合の製品化に向けた最適制御を伴う高機能ロボット FLJ システムの研究開発」

発 表：誌上発表99件、口頭発表185件、その他39件

軽量金属設計グループ

(Light Metal Design Group)

研究グループ長：千野 靖正

(中部センター)

概 要：

軽量金属材料の一次成形プロセスに関する研究として、マグネシウム合金の加工熱処理プロセスに関する研究、マグネシウム合金の信頼性（疲労特性・発火特性・耐食性）評価に関する研究を主に実施した。

マグネシウム合金の加工熱処理プロセスに関する研究では、産総研で開発した難燃性マグネシウム合金 (Mg-Al-Ca 系合金) を対象として、押出材の高強度化と高延性を同時に実現するための手法を検討した。そこでは、H28年度にラボスケールで得られた知見をスケールアップすることを企業と共同で検討し、複雑形状部材を試作することに成功した。

難燃性マグネシウム合金の疲労特性評価に関する研究では、各種合金 (MIG 継手等) の疲労特性を平面曲げ疲労試験等で評価し、組織（第2相粒子や集合組織の形成）や継手形状が疲労特性に及ぼす影響を明らかにした。発火特性評価に関する研究では、各種難燃性マグネシウム合金対象として、粉じん爆発特性（下限界濃度等）を評価し、汎用アルミニウム合金 (A6N01合金) と比較した。さらに、代表的な難燃性マグネシウム合金押出材を対象として耐食性の評価を行った。

研究テーマ：テーマ題目1

軽量部材 casting 技術グループ

(Light metal casting process Group)

研究グループ長：尾村 直紀

(中部センター)

概 要：

アルミニウム合金を中心とした軽量金属材料の高性能化に資する技術開発として含有水素量の低減および casting 組織微細化に取り組んだ。アルミニウム合金の脱ガス技術開発においては、高強度化を目的として開発した高亜鉛含有7000系アルミニウム合金を対象として、脱水素処理条件が含有水素量に及ぼす影響を詳細に調べた。その結果、適切な条件で脱水素処理することにより、試料中の水素量を0.05 ppm 程度にまで低減することを可能とした。電磁攪拌プロセスを用いた casting 組織微細化技術開発においては、円形断面を有する所謂ビレットだけでなく角型断面を有するスラブへの適用可能性について検討を行い、断面のアスペクト比・角部半径などが微細化領域に及ぼす影響を明らかにした。また、実生産サイズ (φ300 mm 以上) への適用を進めるうえで必要となる大型コイル設計に必要な基礎データの収集を行った。

新しい産業を創出するための萌芽研究として、電析プロセスの高度化に取り組み、断続添加法による軽元素の制御技術を開発した。これにより電析ニッケル中に均質にホウ素を導入することが可能となり、耐熱性の向上を達成した。更に、部門の戦略課題を支える共通基盤技術として、顕微インデンテーション計測システムの研究開発を行うとともに、本システムの実用化を促進するべく、ベンチャー企業『インデント・グループ・テクノロジー株式会社』を創業した。

研究テーマ：テーマ題目1

無機複合プラスチックグループ

(Inorganic-based plastics Group)

研究グループ長：堀田 裕司

(中部センター)

概 要：

次世代の輸送機器などにおいて、軽量性・高機械特性、高機能性に優れた軽量構造材料が注目されている。当研究グループは、機能性に優れたセラミックス、カーボン等の無機材料と軽量性・成形性に優れた樹脂・プラスチックの異種材料を複合化するためのプロセス技術及び先進複合材料の創製に関して研究開発を遂行し、無機材料の特性を最大限に引出した軽量複合材料の開発および新規な製造プロセス技術の構築に取り組んでいる。平成29年度は、軽量複合材料として注目されている炭素繊維強化プラスチック (CFRP) の高速成形にマイクロ波プロセスを適用するための、成形

型の開発に取り組んだ。開発成形型は、低熱浸透率、大型化可能、易加工性の特徴を有し、マイクロ波プロセスを CFRP の製造プロセスに適用するための技術的な構築に近づいた。また、当該プロセスによって、熱硬化性樹脂と炭素繊維の密着性を促すサイジング剤がなくても密着性が向上し、機械特性などの物性向上が引き起こされることを見出した。その科学的根拠を追求し、マイクロ波照射によって樹脂の硬化収縮が 5 %程度であり、繊維界面の樹脂収縮によって物性向上が引き起こされることを証明した。現在、マイクロ波照射装置の設計を検討するため、マイクロ波チャンバの導波管形状に対する電界分布をシミュレーションし、製造装置の検討を行っている。また、普及が始まっている CFRP の廃棄に対応するため、リサイクル炭素繊維の評価技術の開発、再 CFRP 化、高付加価値のマテリアルリサイクルへの検討を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1

光熱制御材料グループ

(Light and heat control material Group)

研究グループ長：山田 保誠

(中部センター)

概要：

省エネルギー効果の大きい窓ガラス材料として、ガスクロミック調光シート・ガラス、ナノ粒子を用いたサーモクロミックシート、液晶を用いた新規調光ガラスの研究を行なった。調光ガラスの研究においては、マグネシウム・イットリウム合金薄膜を用いた調光ミラーをロール to ロール法を用いて 30 cm 幅のフィルムに連続成膜する技術を企業と共同で開発した。また、湿式法で作製する WO₃系調光ガラスに関しては、良好なガスクロミック特性を示す調光膜を常温・大気中で作製できる前駆体液を開発した。さらに、ポリマーや金属錯体等を用いた新規なクロミック材料に関して研究を行い、多色化を進めた。サーモクロミックガラスについては、ナノ粒子の特性の更なる向上を行った。液晶を用いた新規な調光ガラスの研究では、液晶の相転移を用いた熱応答型光制御素子の特性向上を行った。

研究テーマ：テーマ題目2

材料表面グループ

(Advanced Surface and Interface Chemistry Group)

研究グループ長：穂積 篤

(中部センター)

概要：

当グループは、部門の重要課題の一つである「基盤的技術開発」の中で、二酸化炭素排出量の削減に貢献する、物質の流動性を制御する表面改質技術の開発に取り組んでいる。主として、ウエット/ドライプロセスによる各種高機能材料（ハイブリッド材料、層状化

合物、多孔質材料、ポリマーブラシ、有機単分子膜、オルガノゲル等）創製技術と、それらを利用した動的濡れ性制御技術に積極的に取り組んでいる。平成29年度は、最近開発した、自己修復機能と防曇性を兼ね備えた透明ハイブリッド材料のその他の機能（抗カビ、抗菌性他）について調査するとともに、課題であった基材との密着性改善について取り組んだ。基材表面に有機官能基を導入し、それと反応する添加剤を前駆液に加えることで、透明ハイブリッド材料と基材との密着性が大幅に向上した。また、付着抑制材料、SLUGに注入する反応性/非反応性機能液体を最適化することで、酸素プラズマ、紫外線を長時間照射した後も表面機能が自己修復する、これまでにない画期的な超撥水性材料を開発することに成功した（Langmuir 2017, 33, 9972-9978）。現在、屋外暴露試験を行っているが、2年経過後も性能の劣化は観察されておらず、極めて優れた耐候性があることを確認している。

研究テーマ：テーマ題目1、2

循環材料グループ

(Eco-renewable materials Group)

研究グループ長：田澤 真人

(中部センター)

概要：

住宅等の省エネルギー性と快適性の両立を目指し、当グループでは新しい建築用素材/部材等の開発に取り組んでいる。木材や竹などの天然由来素材の、機械的・化学的機能向上を目的とした各種プロセス技術開発を進めている。例えば、バルク状の素材に塑性流動性を付与することで3次元複雑形状加工を可能にするなど、天然由来素材を省エネ型建材の材料として活用するための基礎・応用研究を行っている。併せて、相対湿度60パーセント前後での吸放出挙動に優れた新規調湿材料の開発と内装建材・空調機器等に应用するための技術開発を進めている。

平成29年度は、木材や竹の流動成形技術を中心に、強度や音響特性、耐久性の向上およびそれらの評価・保証技術の高度化、バラツキを低減する前処理方法の開発に取り組んだ。また、添加剤を加えずに木質自体の成形性を向上させる化学修飾技術の開発を継続して実施した。無機系吸放湿材の研究においては、80℃以上の低温廃熱を用いる革新的蓄熱材として利用する改良型ハスクレイの開発を企業とともに進めた。

研究テーマ：テーマ題目2

セラミック機構部材グループ

(Ceramic structural components Group)

研究グループ長：近藤 直樹

(中部センター)

概要：

構造用セラミックスを、各種産業の製造装置用部材、あるいは、熱消費型製造業や熱エネルギー分野でのサーマルマネジメント部材として用いるための製造技術開発を進めている。

セラミック多孔体の開発では、セラミック/樹脂混合原料の樹脂中に含まれるガスによる発泡を利用して作製する表層部のみが高密度化されたセラミック多孔体について、その作製技術の改良を進め、耐火物グレードの粗粒天然原料からの多孔体作製を可能とした。セラミックスと金属の接合技術の開発では、熱膨張を制御できる中間層の改良をすすめ、セラミック-アルミニウム接合体の信頼性向上を図った。

他、粉末積層法によるセラミックスの3次元造形技術の開発、新規な炭化ケイ素セラミック繊維開発のための基礎検討、セルロースナノファイバーを用いたセラミックス作製プロセスの検討にも取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目2

セラミック組織制御グループ

(Ceramic microstructure control Group)

研究グループ長：日向 秀樹

(中部センター)

概要：

高度化・高性能化する製造システムや産業機器を支えるための中核となる先進構造部材を創製することを目的として、セラミックスの材料機能を合目的かつ効率的に部材構造中に付与する材料組織制御技術の開発を行っている。特にセラミックスが本質的に有する高い硬度、耐熱性、耐食性、化学的安定性等を部材機能に取り込んだ高熱伝導部材、高性能多孔体部材、新規高硬質材料等の開発を目指している。このため、材料特性を支配する因子を検討するとともに、その因子を制御するプロセス技術の開発に取り組んでいる。平成29年度は高熱伝導窒化ケイ素では、微細組織と耐電圧との関係を明らかにした。高気孔率多孔体では、高強度化の指針構築を行った。新規高硬質材料の開発では不純物の少ない常圧焼結 ZrB_2 や高熱伝導硬質材の開発に取り組んだ。また、これらの材料の評価技術開発や標準化にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目2

マルチスケール部材評価グループ

(Multi-Scale Material Evaluation Group)

研究グループ長：早川 由夫

(中部センター)

概要：

効率的な熱制御を実現するための材料・媒体に対する計算科学的手法による解析を行った。フィルター分散材料などのマルチスケールな不均質構造が熱伝導特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、ランダム

ウォーク描像に基づく熱伝導・熱拡散現象に関する研究に取り組んだ。界面における熱拡散現象について粒子の連続性を担保するための方法論を構築し三次元不連続媒質中におけるランダムウォークを定式化、その後、異方的な媒質のランダム分散系への適用拡張を行った。また、新冷媒の開発に関する研究の一環として、温室効果の低い新規代替フロン（安定性を裏付けるため、フロンの自己分解（爆発）反応の機構解明を行い、さらに添加物を加えたときの爆発抑制効果を理論化学的に明らかにした。

核磁気共鳴法等の分光学的手法により、物性や材料機能などの発現機構の解明に取り組んだ。特定のフッ素系高分子の熱分解過程ではスペクトルではなく緩和時間が大きく変化することから、ポリマー鎖の切断のみが起り、その後の分子間の反応はほとんど起こっていないことを固体 NMR 等により明らかにした。また、金属アルコキシドゾル中での水の運動性や拡散現象の解析を行い、金属粒子近傍の水の回転運動がゲル化反応に大きな影響を与えることを見出した。

微細気泡水に関する基盤技術開発として、粒子トラッキング法による植物工場養液中の気泡数密度の計測に取り組み、また、微細気泡水に対する外部からの静的加圧や脱ガス水との混合による気泡数密度・気泡径の変化を明らかにした。更に、微細気泡と超音波照射の併用による洗浄効果を検証し洗浄効率の評価方法を提案した。

研究テーマ：テーマ題目1、2

[テーマ題目1] 輸送機器用の軽量構造材料の開発

[研究代表者] 田澤 真人

[研究担当者] 小林 慶三、兼松 渉、千野 靖正、齋藤 尚文、渡津 章、黄 新シヨウ、鈴木 一孝、中津川 勲、尾村 直紀、宮島 達也、楠森 毅、村上 雄一朗、松井 功、堀田 裕司、今井 祐介、佐藤 公泰、島本 太介、富永 雄一、杉本 慶喜、穂積 篤、犬飼 恵一、園田 勉、浦田 千尋、佐藤 知哉、早川 由夫、柘植 明、西田 雅一、辻内 亨、深谷 治彦、丸山 豊

(常勤職員30名)

[研究内容]

本テーマでは、省エネルギー社会の構築に貢献する先進構造材料ならびにその部材化技術を開発して、自動車・鉄道・航空機などの輸送機器を軽量化するための基盤技術の構築を目指す。輸送機器の軽量化は、輸送エネルギーの削減・低 CO_2 社会の実現に直結するテーマであるため、基盤となる個々の素材の材料創成・加工・評価技術を活用しながら、信頼性の高い軽量構造部材の開発を目指す。さらに、軽量構造材料の実用化に向けては、

産業界との連携を加速しながら部材化技術、プロセス技術の開発を行い、製造工程での省エネルギー化や高リサイクル性の実現を目指す。具体的には、マグネシウム合金やアルミニウム合金などの軽量金属材料や炭素繊維強化プラスチック（CFRP）などの複合材料に対して、材料設計やプロセス開発、材料の信頼性評価技術の開発を行い、将来のマルチマテリアル化への展開を視野にいたした検討を行う。

平成29年度は、実用金属材料の中で最軽量であるマグネシウム合金に関して、難燃性マグネシウム合金（Mg-Al-Ca系合金）を中心とする展伸材料について、押出材の高強度化と高延性を同時に実現するための手法を検討した。そこでは、平成28年度までにラボスケールで得られた知見をスケールアップすることを企業と共同で検討し、高速車両構体の構造部材を想定した複雑形状部材を試作することに成功した。また、難燃性マグネシウム合金を構造部材として利用する際に必要となる信頼性データを系統的に取得した。具体的には、各種合金（MIG継手等）の疲労特性を平面曲げ疲労試験等で評価し、産総研が企業と共同で開発した合金（AX92）のMIG継手の疲労強度が約50 MPaであることを確認した。また、粉塵爆発特性（下限濃度等）や耐食性の調査を実施した。粉塵爆発特性に関しては対象物質が微粉になるとカルシウム添加の効果が少なくなること、耐食性に関してはアルミ濃度の上昇とともに耐食性が改善することを確認した。

汎用の軽量金属材料として知られるアルミニウム合金については、アルミニウム合金鋳物の品質向上に向けた溶解・鋳造技術を開発し、その有用性を検証した。高強度化を目的として開発した高亜鉛含有7000系アルミニウム合金を対象に含有水素量の低減に取り組み、昨年度までに開発した脱水素処理技術を改良することで、本開発合金においても含有水素量を0.05 ppm程度まで低減することに成功した。また、電磁攪拌プロセスによる鋳造組織微細化技術を高度化するため、円形断面を有するピレットだけでなく角型断面を有するスラブへの適用検討を行い、断面のアスペクト比が5程度までのスラブに対して均質微細な組織が得られることを明らかにした。さらに、アルミニウムのマルチマテリアル化において必要となる電食対策に関する研究にも着手した。

軽量構造材料としての実用化が始まった炭素繊維を樹脂で複合化したCFRPについては、コスト低減を実現できるCFRPの成形技術の開発を行った。特に、成形プロセスへマイクロ波を適用することにより短時間で界面密着性に優れたCFRPを作製できることを明らかにした。本年度はマイクロ波照射によって密着性が向上する科学的根拠を追求した。マイクロ波照射によって炭素繊維界面の樹脂が5%程度収縮することを実験的に捉え、繊維界面の樹脂収縮の方向を制御することによって機械物性向上が引き起こされることを証明した。さらに、低

熱浸透率、大型化可能、易加工性の特徴を有した成形型を開発し、マイクロ波プロセスをCFRPの製造プロセスに適用するための技術的な構築に近づいた。現在、マイクロ波照射装置の設計を検討するため、マイクロ波チャンバの導波管形状に対する電界分布のシミュレーションを進めている。また、普及が始まっているCFRPの廃棄に対応するため、リサイクル炭素繊維の評価技術の開発、再CFRP化、高付加価値のマテリアルリサイクルへの検討を進めている。特に、マテリアルリサイクルの検討では、機械特性に寄与できなくなった繊維長の炭素繊維を用いて、絶縁性・高熱伝導性を有したSiCやSi₃N₄の高付加価値フィラーへ変換するための技術を見出した。

研究成果の実用化については、新構造材料技術研究組合（ISMA）に参画し、民間企業と連携した研究開発を推進している。また、軽量構造材料に関する産総研の研究成果を広く社会へ橋渡しするため、「軽量構造材料シンポジウム」を平成29年11月16日にTECH Biz EXPO 2017（名古屋）の中で開催した。平成29年度は「低炭素社会に向けたわが国発の軽量構造材料を積極的に活用するために」と題して、樹脂複合材料であるCFRPに焦点を合わせた講演会を企画し、大変盛況に開催することができた。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】マグネシウム合金、アルミニウム合金、炭素繊維強化プラスチック（CFRP）、難燃性、高強度、晶出物、成形技術、溶解、電磁攪拌、鋳造、マイクロ波、材料設計、リサイクル

【テーマ題目2】熱エネルギー制御を高効率化する部材の開発

【研究代表者】田澤 真人

【研究担当者】吉澤 友一、大司 達樹、吉村 和記、平尾 喜代司、兼松 渉、山田 保誠、中尾 節男、西澤 かおり、垣内田 洋、岡田 昌久、胡 致維、重松 一典、三木 恒久、前田 雅喜、太田 一徳、関 雅子、穂積 篤、高尾 泰正、犬飼 恵一、園田 勉、浦田 千尋、佐藤 知哉、近藤 直樹、長岡 孝明、堀田 幹則、北 憲一郎、嶋村 彰紘、日向 秀樹、周 游、宮崎 広行、福島 学、古嶋 亮一、松永 知佳、早川 由夫、柘植 明、西田 雅一、辻内 亨、深谷 治彦、丸山 豊
(常勤職員40名)

【研究内容】

減少傾向にある産業部門、運輸部門のエネルギー消費と比較して、民生部門のエネルギー消費は増大を続けて

おり、これを抑えることが喫緊の課題となっている。民生部門のエネルギー消費の中でも冷暖房に消費されるエネルギーは3割程度に達することから、日射や熱の透過を制御することで、これらを抑制できる省エネルギー建材の開発に取り組んでいる。冷暖房負荷を大きく低減できる窓材料として、多層薄膜を積層した調光ミラーシート、ナノ粒子を分散したサーモクロミックシート等を実用化するための研究を継続した。また、窓のサッシ部分の材料を提供するため、木質の「流動成形」という手法を用いて効率的に木製サッシを製造する技術の開発を継続した。さらに、表面の濡れ性を制御することで、着氷雪防止機能、生物付着抑制機能、防曇性を発現するコーティング材の開発も行った。

製造業における消費エネルギーの削減についてもエネルギー・環境問題の両面から極めて重要な課題であり、これらを支えるための中核となる先進構造部材を創製することを目的として、セラミックスの材料機能を合目的かつ、効率的に部材構造中に付与する材料組織制御技術の開発を行っている。特に、セラミックスが本質的に有する高い硬度、耐熱性、耐食性、化学的安定性等を部材機能に取り込んだ高熱伝導部材、高性能多孔体部材、高耐摩耗性部材等の開発を目指している。このため、材料特性を支配する因子を検討するとともに、その因子を制御するプロセス技術の開発に継続的に取り組んだ。高熱伝導窒化ケイ素材料では、粒径等の微細構造と耐電圧の関係を明らかにすることに取り組み、多孔体材料では、気孔の形状、孔径、気孔率などを制御するプロセスの開発と高強度化のための指針構築、表層部の高密度化プロセスの制御性向上とスケールアップを行った。これらの材料の評価技術開発や標準化にも継続的に取り組み、その製造技術として、セラミックスの3次元造形技術の開発、さらに、セラミックスと金属材料の接合技術の開発も行った。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】調光ミラー、ナノ粒子、流動成型、遮熱性、断熱性、濡れ性制御、多孔体、気孔、隔壁、断熱、中空ユニット、搬送容器、蓄熱、熔融塩、耐食性

⑦【触媒化学融合研究センター】

(Interdisciplinary Research Center for Catalytic Chemistry)

(存続期間：2015.4.1～2022.3.31)

研究センター長：佐藤 一彦
副研究センター長：浅川 真澄
総括研究主幹：田村 正則
総括研究主幹：藤谷 忠博

所在地：つくば中央第5

人 員：36名（36名）

経 費：648,865千円（248,879千円）

概 要：

1. ミッション

触媒は、化学品製造技術の要であり、グリーン・イノベーションを通じた持続可能社会構築に向けた、キーテクノロジーの一つである。そこで研究センターでは、持続可能な社会の実現に貢献する革新的触媒を開発し、基礎化学品並びに機能性化学品に関する新規製造法の提案をミッションとする。

具体的には、「ケイ素化学技術」「革新的酸化技術」「官能基変換技術」「製造プロセス技術」の4つの戦略課題に取り組む。化学品製造技術は、酸化技術、還元技術、炭素結合制御技術、官能基変換技術（機能付加技術）、に大別できる。また、ケイ素化学技術は、石油化学由来の化学品製造技術とは別な体系を持つ。当研究センターでは、化学品製造技術のうちの2つと、ケイ素化学技術、製造プロセス技術に取り組むことで、基礎化学品並びに機能性化学品製造に適応できる技術を開発する。

2. 戦略課題への取り組み

(1) ケイ素化学技術

砂からの有機ケイ素原料製造プロセス、および有機ケイ素原料からの高機能有機ケイ素部材製造プロセス技術開発を行い、有機ケイ素材料の性能向上・新機能発現、大幅なコストダウンの達成を目指す。主要課題として、シリカからのアルコキシシラン合成の高効率化、シロキサン化合物類の素材分野での用途開発を行う。

(2) 革新的酸化技術

酸素や過酸化水素水など、クリーンな酸化剤を利用した酸化技術について、人工知能研究と連携した新規触媒の設計、触媒の機能化（反応活性、選択性、および耐久性の向上）、を通して酸化技術の拡充・深化を図り、実用的プロセス構築によって、多様な高機能化学品製造への展開を進める。「空気を資源化」する触媒開発を目指して、空気中の酸素を利用した酸化触媒を見出す。

(3) 官能基変換技術

触媒反応による官能基変換・制御・付加技術を駆使して、セルロースに代表される生物由来原料や二酸化炭素に代表される難反応性原料および含ヘテロ元素化合物からの有用化学品合成反応の開発、および官能基変換技術を応用した高機能部材開発に取り組む。また、含フッ素精密洗浄剤・溶剤化合物製造に関わる触媒反応を効率化する。

(4) 製造プロセス技術

固体触媒と触媒固定化技術の研究開発を通じて、再生可能な有機資源あるいは非在来型資源から基礎化学品並びに機能性化学品の製造システムを構築し、環境負荷の低い新規化学工業プロセスの開発に取り組む。

外部資金：

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
エネルギー・環境新技術先導プログラム ファインケミカル製造のためのフロー精密合成の開発

国立研究開発法人科学技術振興機構 プログラム・マネージャー（PM）の育成・活躍推進プログラム キャタリストインフォマティクスによる機能性化学品イノベーション

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（先端的低炭素化技術開発）（ALCA） 触媒の表面化学、構造解析と設計

国立研究開発法人科学技術振興機構 新学術領域研究（研究領域提案型） ファインケミカル合成を指向した酸素酸化用触媒の開発

国立研究開発法人科学技術振興機構 若手研究（B） 触媒の自己組織化を鍵とする実用的酸化反応の開発

国立研究開発法人科学技術振興機構 若手研究（B） レブリン酸を活用した新規機能性バイオマスプラスチックの開発

国立研究開発法人科学技術振興機構 基盤研究（C） カルボニル化合物やアミン化合物の sp^3 炭素-水素結合を官能基化する新戦略の実践

国立研究開発法人科学技術振興機構 基盤研究（C） ケイ素-ケイ素三重結合化合物を基盤とする新規なケイ素不飽和結合化合物の創製

文部科学省 科学技術人材育成費補助金 卓越研究員事業

発表：誌上発表65件、口頭発表175件、その他20件

ケイ素化学チーム

（Silicon Chemistry Team）

研究チーム長：中島 裕美子

（つくば中央第5）

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目1

革新的酸化チーム

（Innovative Oxidation Team）

研究チーム長：今 喜裕

（つくば中央第5）

概要：

当チームでは、有機合成化学・触媒化学・錯体化学・計算化学・分析化学を基盤技術として、当センターの戦略課題である「革新的酸化技術」を中心に研究開発を進めている。すなわち、環境負荷の高い重金属類が排出されず有機溶媒の使用量を極小化する反応・プロセス技術を目指し、従来にない高効率且つ高選択的な触媒を創製し、高機能な化学品を製造でき且つ環境にやさしい酸化反応などを開発している。具体的には、過酸化水素または酸素を用いることで、反応後の廃棄物が水のみ且つ塩素フリーな方法で酸化し、電子材料として有用なエポキシやカルボン酸を含む新規機能性材料を、実用化可能なレベルで製造できる技術を推進している。また、機械学習やデータ分析を取り入れた触媒反応の開発や酸化技術に直接的につながる連続的な官能基変換技術による実践的原料の調製方法の開発に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3

官能基変換チーム

（Functional Group Transformation Team）

研究チーム長：富永 健一

（つくば中央第5）

概要：

物質が持つ様々な特性や機能は、その物質を構成する分子の骨格と官能基により発現する。それらの骨格

や官能基を変換したり、新たな官能基を付加することにより、物質に新たな機能を与え、有用な化学品を合成することが可能になる。

当チームは、触媒反応による官能基変換・制御・付加技術を駆使して、当センターの中核的課題の一つである「官能基変換技術」の開発に取り組んでいる。具体的には、(1) 生物由来原料からの有用化学品合成、(2) 小分子の付加による機能性化学品合成、および(3) 官能基変換技術を応用した高機能部材開発を進めている。また、(1)に関する社会実装を推進するため、「生物資源と触媒技術に基づく食・薬・材創生コンソーシアム」を運営している。

研究テーマ：テーマ題目3

ヘテロ原子化学チーム

(Heteroatom Chemistry Team)

研究チーム長：韓 立彪

(つくば中央第5)

概 要：

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

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

触媒固定化設計チーム

(Catalyst Design Team)

研究チーム長：崔 準哲

(つくば中央第5)

概 要：

当チームでは、化学プロセスにおける廃棄物の更なる低減、エネルギー効率の一層の向上、循環型資源への原材料転換を目指し、その実現のためのキーテクノロジーである触媒の分子・原子レベルでの設計・開発を行っている。当センターの4つの戦略課題の中の「官能基変換技術」において、二酸化炭素からの触媒反応による有用化学品製造技術の開発に取り組んでいる。また「ケイ素化学技術」に関連して、有機ケイ素化学品の高効率製造技術の開発を行っている。さらに「製造プロセス技術」として、分子触媒の固定化技術や、省資源のための貴金属代替・小量化技術の開発に取り組んでいる。研究開発のキーワードは、高効率(高活性、高選択性)、高品質(残留金属低減、ノンハロゲン)、低環境負荷(E-ファクター低減)、再生

可能資源(ケイ砂、二酸化炭素)利用等である。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3、テーマ題目4

固体触媒チーム

(Advanced Heterogeneous Catalysis Team)

研究チーム長：甲村 長利

(つくば中央第5)

概 要：

物質循環型社会の実現のためには、炭素資源、鉱物資源等、多様な資源の確保とその有効利用が不可欠である。当チームでは、センターの技術目標の一つである「官能基変換技術」および「製造プロセス技術」の構築を目指し、シェールガス等の非在来型資源や、バイオマス等の再生可能資源などから、高効率かつ低環境負荷で、各種の基礎及び機能性化学品を製造するための触媒による物質変換技術の創出を行っている。具体的には、有機ケイ素機能性化学品を製造するための高機能触媒の開発、基礎及び機能性化学品の自在合成を可能とするフローリアクターに関する基盤技術開発、機能性化学品製造におけるフロー精密合成用固定化触媒の開発、シェールガス等の非在来型資源やバイオマス等の再生可能資源の有効利用法の開発、アンモニア内燃機関において発生する大気汚染物質の低減を目的とした高機能触媒および触媒プロセスの開発に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3、テーマ題目4

フロー化学チーム

(Flow Chemistry Team)

研究チーム長：島田 茂

(つくば中央第5)

概 要：

当チームは、有機合成化学、触媒化学、錯体化学等の有機・無機合成化学技術を中心とした諸分野のポテンシャルを併せて、当センターの中核的研究課題の1つである「製造プロセス技術」の開発を中心に推進している。ファインケミカルズの製造は、従来主にバッチ法により行われてきたが、これをより効率的なフロー法に置き換えることにより、大幅な省エネルギー・廃棄物削減等を達成することを目指している。具体的には、ファインケミカルズ製造において使用頻度が高い反応(炭素-炭素結合生成反応、酸化反応、還元反応、エステル化・アミド化反応、クロスカップリング反応等)を中心に、フロー法に適した高効率・高選択的・長寿命な固体触媒・固定化触媒の開発に取り組んでいる。また、ファインケミカルズは多段階の反応により製造されるものが大部分であることから、多段階連続フロー合成の実現を目指している。

研究テーマ：テーマ題目4

【テーマ題目1】ケイ素化学技術

【研究代表者】佐藤 一彦（研究センター長）

【研究担当者】佐藤 一彦、深谷 訓久、島田 茂、
浅川 真澄、藤谷 忠博、田村 正則、
清水 政男、中島 裕美子、
五十嵐 正安、松本 和弘、田中 真司、
永縄 友規、佐藤 靖、別部 輝生、
江口 勝哉、石原 吉満、崔 準哲、
中村 功、韓 立彪、山下 浩、
遠藤 明、片岡 祥、上村 佳大、
崔 隆基、清水 禎樹、Nguen Thuy、
福島 基夫（常勤職員27名、他25名）

【研究内容】

シリコンに代表される有機ケイ素材料は、耐熱性、耐候性、耐光性、高光透過性、耐寒性、離型性等の様々な優れた特性を有しており、他の材料では代替できない材料として極めて広範な分野において利用されている。しかし、有機ケイ素原料の製造は、高エネルギー消費プロセスであり、また、有機材料に比べ、触媒技術の開発が大きく遅れており、有機ケイ素材料の性能向上、新機能発現、コストダウンに大きな余地を残している。そこで、本研究開発では、①砂から有機ケイ素原料を低エネルギー低コストで製造する触媒技術、②有機ケイ素原料から高機能有機ケイ素部材を製造する触媒技術の2つの研究課題に取り組むことにより、有機ケイ素材料の性能向上、新機能発現とともにコストダウンを達成することを目的としている。

平成29年度は、砂等の原料から金属ケイ素を経由せずにアルコキシシランを製造する触媒技術に関して、反応のスケールアップに取り組み、これまでの小スケールでの検討と同程度収率で目的物を得ることに成功した。さらに開発した技術について、現行の工業的製造方法に対する省エネルギー性や二酸化炭素排出削減効果などを定量的に評価した。また、固体触媒を用いたアルコキシシランのアルキルシランへの変換について、流通型反応器を用いた高温条件での反応について検討を継続した。高機能有機ケイ素部材を製造する触媒技術のうち、ケイ素-炭素結合を形成する触媒技術に関しては、工業的に有用性の高い基質の選択的な合成に有効な触媒を見出した。ケイ素-酸素結合を形成する触媒技術に関しては、構造制御され分子量分散度の小さい、特異なシロキサン高分子を選択的に合成可能な触媒を開発した。また、ケイ素-ケイ素結合形成技術に関しては、高次シランの製造に有効な触媒について触媒寿命の評価の検討を継続して行った。

【領域名】材料・化学

【キーワード】ケイ素、触媒、シリコン、シリコーン、機能性材料

【テーマ題目2】革新的酸化技術

【研究代表者】佐藤 一彦（研究センター長）

【研究担当者】佐藤 一彦、田村 正則、藤谷 忠博、
今 喜裕、中村 功、志村 勝也、
田中 真司、矢田 陽、洪 達超
（常勤職員9名、他9名）

【研究内容】

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

近年、本テーマの推進により、過酸化水素を酸化剤に用いて半導体封止材用途の二官能エポキシ化合物や鉄を触媒に用いるスチレンオキシドの製造法開発に成功している。これら成果により、レアメタルを用いない鉄によるエポキシ化反応が可能になり、工業品のエポキシ化への適用可能性を探っている。酸素を酸化剤に用いる技術に関しては、近年、本テーマの推進により、鉄とアルカリ金属のカルボン酸塩を組み合わせた触媒を用いることにより、 α, β -不飽和アルデヒドの選択的な酸素酸化反応が進行すること、および、銅塩を触媒として用いることにより、ピコリン類のアルキル置換基の α 位が酸素により選択的に酸化され、対応するアルデヒドまたはケトンが得られることを見出し、触媒反応として開発することに成功している。これは、低コスト性、安全性から理想的な酸化剤である酸素が、実際に機能性化学品の製造に適用しうる端緒となる発見といえる。さらに、固体触媒による気相酸素でのメタンからホルムアルデヒドの一段階合成用触媒として、 $V_2O_5-Ga_2O_3/SiO_2$ に注目し、その中で触媒担体シリカの、反応活性を向上させる要因となる、粒子径を小さく制御したまま表面シラノール濃度を高める有用な触媒作成方法を新規開発した。今年度

はさらなる発展として、香料原料の製造を目指した液相流通系装置での過酸化水素酸化反応検討を行うとともに、メタンの酸素酸化反応の利用技術を開発した。

(過酸化水素を酸化剤とする酸化反応の検討)

過酸化水素を酸化剤に用いるアルコールから香料原料のアルデヒドを合成する酸化反応について検討し、触媒カラムに充填し再使用が可能な金属触媒を用いることで、標的とする香料原料のアルデヒドを選択率90%以上で合成可能な触媒反応を開発した。充填剤と触媒の比を調節することで、反応速度と目的物の純度を制御することができる。

(酸素を酸化剤とする酸化反応の検討)

気相酸素でのメタンの部分酸化反応について検討した。特に、本反応は大きな発熱を伴う反応で、その熱を吸熱反応である二酸化炭素の水素化反応と組み合わせることで、高効率の二酸化炭素変換システムの可能性を検討した。Pt系複合触媒を用いることで、メタンの部分酸化反応を選択的に進行させ、かつ反応熱利用により、二酸化炭素、一酸化炭素および水素の混合ガスからの低温メタノール合成が進行することも確認した。

[領域名] 材料・化学

[キーワード] 選択酸化、過酸化水素酸化、遷移金属触媒

[テーマ題目3] 官能基変換技術

[研究代表者] 富永 健一 (官能基変換チーム長)

[研究担当者] 富永 健一、有村 隆志、今野 英雄、根本 耕司、佐々木 一憲、藤谷 忠博、高橋 厚、Asima Sultana、宮澤 朋久、韓 立彪、崔 準哲、高橋 利和、藤田 賢一、深谷 訓久、松本 和弘 (常勤職員15名、他15名)

[研究内容]

物質を構成する分子の骨格変換や官能基付加は、物質に新たな機能を与え、有用な化学品を合成することを可能にする。今日、有機合成反応技術は高度なレベルに達しているが、高性能・高機能部材をさらに高効率かつ省資源なプロセスにより製造するための触媒開発が望まれている。本テーマでは、(1)セルロースに代表される生物由来原料からの有用化学品合成、(2)小分子の付加による機能性化学品合成、(3)ヘテロ元素系反応技術および(4)官能基変換技術を応用した高機能部材開発に取り組んでいる。今年度の進捗の概要は下記の通り。(生物由来原料からの有用化学品合成)

レブリン酸はセルロース系バイオマスから合成可能な化学品の中でも、燃料、基本化学品、機能性化学品の中間体として利用可能であり、基幹物質として高いポテンシャルを有している。これまで、安価で取り扱いやすいアルミニウム化合物とスルホン酸化合物の組み合わせからなる触媒系を用いることで、木粉等の実バイオマス原

料からも既存の触媒系に匹敵する収率でレブリン酸メチルが生成することを見出した。今年度は、本触媒系をベースに固体触媒化を検討し、アルミニウム系固体酸触媒とスルホン酸化合物の組み合わせからなる触媒系を用いることで、同様の反応が効率よく進行することを確認した。

また、得られたレブリン酸のエンブレ原料化についての検討を行った。レブリン酸の水素化による γ バレロラクトン合成用触媒の開発を行った。今年度は、低温においても高効率で γ バレロラクトンを得ることができる触媒開発を検討した。水素化の水素源として、反応の副生成物であるギ酸を用いて検討した結果、Cu-SiO₂触媒で、反応温度200℃においてレブリン酸転化率70%、 γ バレロラクトン選択率95%の性能を示すことを明らかにした。Cu金属粒子の分散性を向上させ高温で水素還元することにより、CuとSiO₂の化合物(スピネル前駆体)が形成し、これが触媒活性店となることを解明した。

(小分子の付加による機能性化学品合成)

グリーン・サステナブル・ケミストリーの推進に貢献する技術開発の一環として、二酸化炭素からの化学品製造の研究開発を推進している。二酸化炭素を用いたウレタンの合成では、再生可能な反応剤であるテトラアルコキシランを用い、亜鉛錯体触媒存在下、アミンとの反応により収率よくウレタンが得られることを明らかにした。特に、フェナントロリン配位子と亜鉛アセテート(Zn(OAc)₂)との組み合わせからなる錯体触媒が、最も良好な触媒活性を与えることが分かった。

また、CO₂をCOに変換する逆水性ガスシフト反応に活性なRu錯体触媒を、イオン液体を用いたSILP(supported ionic liquid phase)触媒化して多孔質担体に担持したところ、反応速度が550%向上することを見いだした。

(ヘテロ元素系反応技術)

パラジウム触媒によるP(O)Hのアルキン類の付加反応の詳細を明らかにした。すなわち、配位子や酸の有無により、 α 付加体と β 付加体を高選択的に作り分けられる。また反応の適応範囲や反応の機構を明らかにした。

(高機能部材開発)

有機EL素子の発光材料として用いることが可能なイリジウム錯体の開発を行った。3つの配位子が全て異なった新規フェニルピリジン系イリジウム錯体を合成することに成功した。また、このイリジウム錯体がテトラヒドロフラン中で強く緑色発光することを見出した。

また、自励運動ハイドロゲルの開発を行ない、フェロインを触媒とする自励運動ハイドロゲルの流動性にナノシートを関与させることに成功した。ゲル中の信号分子運動は、ナノシート環境で制御されることを見出した。

[領域名] 材料・化学

[キーワード] バイオマス、二酸化炭素、リン化合物、シアノ化、有機EL素子、機能性ゲル

【テーマ題目4】製造プロセス技術

【研究代表者】甲村 長利 (固体触媒チーム長)

【研究担当者】小林 修、佐藤 一彦、浅川 真澄、
藤谷 忠博、中村 功、高橋 厚、
Asima Sultana、宮澤 朋久、
志村 勝也、甲村 長利、崔 準哲、
藤田 賢一、島田 茂、小野澤 俊也、
市塚 知宏、井上 朋也、今 喜裕、
矢田 陽、洪 達超

(常勤職員19名、他15名)

【研究内容】

日本の化学産業は基礎化学品から機能性化学品まで、世界トップレベルの品質、機能を有する製品を数多く製造している我が国の一大産業である。その一方で、同産業は基幹化学品から機能性化学品まで様々な化学品の原料としてナフサ等の化石資源を大量に消費し、二酸化炭素排出量においても産業分野の約18%を占めている。COP21においてパリ協定が採択され、世界的に地球温暖化対策に向けて歩み始めている中、わが国では「エネルギー・環境イノベーション戦略」が策定され、その中でも省エネルギー分野における技術開発の課題として第一に「革新的生産プロセス」が挙げられている。そこで本テーマでは、固体触媒技術および触媒固定化技術の研究開発を通じて、二酸化炭素排出削減やエネルギー消費削減を目指した基幹化学品ならびに機能性化学品の革新的な製造プロセス技術の構築に取り組む。特に、化学品の自在合成を可能にするフローリアクタープロセスやフロー精密合成に関する基盤技術を開発する。

(二酸化炭素を原料とした触媒反応プロセス技術開発)

0.5 MPa の二酸化炭素雰囲気下で四級アンモニウム塩を非金属触媒として用いることにより、プロパルギルアミンのカルボキシル化-環化反応が進行することを見出した。*t*-ブタノールを溶媒とし、110℃で各種四級アンモニウム塩の触媒としての有効性を検討したところ、四級アンモニウム塩のアルキル鎖長およびカウンターアニオンの種類によって触媒活性が大きく異なることが分かった。特に触媒としてフッ化テトラブチルアンモニウムを用いることにより、最も良好な収率で、医薬品中間体として有用な種々の2-オキサゾリジノンが得られることが分かった。

(機能性化学品製造に向けたフロー精密合成法の開発)

機能性化学品にかかわる世界市場は約120兆円と言われ、今後さらに成長することが見込まれている。しかしながらその製造法は、有機合成化学に立脚したバッチ法で行われ、多くの廃棄物を排出し、その処理に膨大なエネルギーが消費されている。今後、我が国の持続可能な発展のためには、この機能性化学品製造の効率化と、廃棄物の削減は必要不可欠な技術である。そこで本研究開発では、機能性化学品の製造の中でも使用頻度が高い反応(「基幹5反応」と定義)をフロー法で行えることを

実証するため、「1. 反応・触媒の開発」を中心に取り組んでいる。また、反応開発のみでは実現し得ない、平衡移動や共生生成物の分離のための「2. 合成用反応器の開発」や「3. 分離・精製技術の開発」とも連携しながら研究を推進している。

平成29年度は、基幹5反応の中でも、主に「酸・塩基触媒を用いる炭素-炭素結合生成反応」、「酸化反応」及び「クロスカップリング反応」の3反応を中心に、フロー反応用固体触媒・固定化触媒の開発に取り組んだ。「酸・塩基触媒を用いる炭素-炭素結合生成反応」に関しては、フロー条件での Diels-Alder 反応に適した固体触媒を見出し、良好な触媒活性・選択性・寿命を持つことを明らかにした。「酸化反応」に関しては、アリルアルコール類の選択的かつ高効率な酸化反応を達成するとともに、フェノール類の酸化的カップリングに適した触媒を明らかにした。また、「クロスカップリング反応」に関しては、これまでフロー法で用いられてきた触媒に比べ長寿命な固定化触媒の開発に成功した。

【領域名】材料・化学

【キーワード】固体触媒、固定化触媒、二酸化炭素、フローリアクター、連続生産

⑧【ナノチューブ実用化研究センター】

(CNT-Application Research Center)

(存続期間：2015.4.1～)

研究センター長：畠 賢治

副研究センター長：岡崎 俊也

首席研究員：湯村 守雄

所在地：つくば市東1-1-1 つくば中央第5

人員：13名 (13名)

経費：410,310千円 (173,597千円)

概要：

本研究センターではナノテクノロジーを代表する新素材であるカーボンナノチューブを実用化するための研究開発および研究支援業務を行う。民間に技術を橋渡しすることを前提とした、CNTの低コスト量産技術の開発、CNTの分散・成形加工・複合化などの共通基盤技術開発やCNTの用途開発技術を行う。これらを通じて、わが国の新たな産業創出に貢献すると共に、世界をリードするナノカーボン材料の総合研究センターとして、日本の産業を支える科学技術の開発を強力に推進する。

具体的には、以下の研究開発を実施する。

1) カーボンナノチューブの低コストおよび高品質化量産技術の開発

スーパーグロース法をもとに、産業応用を実現する上で重要な低コスト大量生産技術を開発する。さ

らに、次世代カーボンナノチューブ合成技術として、超長尺・高結晶なカーボンナノチューブの合成技術開発を行う。

2) カーボンナノチューブの用途開発

スーパーグロース法で合成された単層カーボンナノチューブを中心に、ゴム・樹脂などとの複合材や軽量線材などの用途開発を進める。さらに、これらを企業と共同連携し、製造メーカーと用途開発メーカーの間で BtoB の流れの形成を促進し、カーボンナノチューブ実用化・産業化の達成を目指す。

3) カーボンナノチューブの品質管理評価技術の開発

カーボンナノチューブ実用化のための品質管理評価技術の開発を行う。特に、分散液ならびに複合材中のカーボンナノチューブの分散状態や品質を評価する手法を開発する。また、カーボンナノチューブ産業の国際競争力強化の点から、開発した評価法の国際標準化を進める。

内部資金：標準基盤研究

「光吸収測定によるカーボンナノ材料の細胞内の取り込み量測定方法の国際規格化」

「近赤外波長域を利用した医療用画像システムの国際標準化研究」

外部資金：

独立行政法人日本学術振興会

科研費補助金

「カーボンナノチューブの生分解性の解明と制御」

「貴金属合金化鉄触媒ナノ粒子による過酷な条件下での長尺 CNT フォレスト成長」

「触媒で改質した炭素源ガスを用いた単層カーボンナノチューブ合成技術の開発」

「メタン菌の付着機構解明による先端的コーティング配置技術の開発と高性能電極の試作」

発 表：誌上発表22件、口頭発表54件、その他6件

CNT 合成チーム

(CNT Synthesis Team)

研究チーム長：Futaba Don

(つくば中央第5)

概 要：

画期的なカーボンナノチューブの合成法、スーパーグロース法（水添加化学気相成長法）を開発し、基板から垂直配向した単層カーボンナノチューブを高効率に高純度で成長させることに成功している。

このスーパーグロース法に基づく量産基盤技術開発を行い、「かつてない規模・価格での単層カーボンナノチューブの工業的量产」を目指している。より具体的にはカーボンナノチューブ成長効率を高める炭素

源・温度・触媒賦活剤の開発、大面積合成技術や連続合成技術開発などである。さらに、カーボンナノチューブには直径・長さ・結晶性・密度・カイラリティなど、さまざまな構造の多様性を有するが、これらの構造が各用途に適したものに調整されたカーボンナノチューブの成長技術を開発する。さらにはこれらの合成技術の量産化検討を進める。

研究テーマ：テーマ題目1

CNT 用途チーム

(CNT Application Development Team)

研究チーム長：山田 健郎

(つくば中央第5)

概 要：

カーボンナノチューブを用途で活用するためには、その優れた性能を損なうことなく、分散・成形加工・複合化する技術を開発して、部材・部品などに作り、デバイスに組み込む必要がある。特に当チームでは長尺配向のスーパーグロース法で作製した単層カーボンナノチューブを中心に、その特長を活かした、分散手法・複合化・成形加工・微細加工の開発を行う。

これらの技術を活用して、カーボンナノチューブのポテンシャルを十分に引き出し、従来にない革新的な機能を有する複合材料の開発およびその部材化、それらを組み合わせたデバイス開発、実用化研究に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目2

CNT 評価チーム

(CNT Characterization Team)

研究チーム長：岡崎 俊也

(つくば中央第5)

概 要：

新規材料開発において材料特性を的確に評価する手法は、組成、形状あるいは合成条件を最適化していく上でなくてはならないものである。CNT 開発においても、それは例外ではない。当研究チームでは、各用途に必要な CNT 分散液および複合材、あるいは CNT 自身の特性を可視化する評価技術の開発を行う。また、CNT 実用化によって重要である、ナノ安全性に資する評価法の開発も行う。そして、開発した手法の国際標準規格化を目指し、わが国の生産する CNT の差別化をはかる。

研究テーマ：テーマ題目3

【テーマ題目1】単層カーボンナノチューブ成長の触媒下地層に関する研究

【研究代表者】Futaba Don (CNT 合成チーム)

【研究担当者】Futaba Don、桜井 俊介、松本 尚之、陳 国海、辻 亨志、山田 真保、

何 金萍（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

長尺単層 CNT の垂直配向体（フォレスト）合成を可能にするスーパーグロース法をもとに、産業応用を実現する上で重要な高結晶かつ低コストの単層 CNT の大量生産技術を開発することを目的として、本年度は様々な合成手法の開発に取り組んだ。

スーパーグロース法では平面基板がこれまでに用いられてきたが、合成条件を調整しないと原料ガスが効率的に基板（触媒）に接触しないため単層 CNT の合成効率は低下した。そこで、基板（触媒）への原料ガス接触効率の向上を目指して、基板形状に着目し、金属メッシュ基板を用いた単層 CNT 合成技術を検討した。その結果、ガス接触効率の向上で単層 CNT の合成効率は向上し、平面基板と比較して8倍の収量、合成時間10分で長尺（3 mm 以上）の単層 CNT 合成を実現している。

また、触媒賦活剤として従来の水に代えて一酸化炭素を用いることで、単層 CNT フォレストの合成可能な温度領域を拡張出来ることを見出した。水使用時には100 μm を超えるフォレストは850 °C以下の温度でのみ成長できたが、一酸化炭素を用いることで800 μm 以上のフォレストを900 °C以上の高温で成長させることができた。

【領域名】 材料・化学

【キーワード】 カーボンナノチューブ、触媒、化学蒸着（CVD）法

【テーマ題目2】 CNT の実用化検討用途開発研究

【研究代表者】 山田 健郎（CNT 用途チーム）

【研究担当者】 山田 健郎、岸 良一、関口 貴子、阿多 誠介、

Meenakshi Sundaram Rajyashree、

西村 光佳（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

カーボンナノチューブ（CNT）を用い、その特徴を駆使した新しい CNT の部材開発を行い、用途開発へとつなげることを目的としている。たとえば、ゴム材料にスーパーグロース法で合成した長尺の単層 CNT を均一に複合化することにより、ゴムの性質を維持したまま、導電性を付与できるばかりでなく、耐熱性等のゴムの特性も向上することを明らかにした。さらに、CNT の分散状態がそれらゴム複合材料の特性に影響を及ぼすことも明らかになってきており、CNT をゴム材料に複合化させる効果およびその原理を探索中である。これらの新しい CNT ゴム複合材料の成果を民間企業へ橋渡しすべく、実用化に資する民間企業との共同研究を開始している。

また目的基礎研究として、特異な性質を示す CNT と銅との複合化において、実用化を踏まえ安定的に複合化できる手法の開発を行っている。

さらに CNT のポテンシャルを十分に引き出し、従来にはない革新的な機能を有する部材の、成形加工技術の開発を行っている。これらの成果を通じ、CNT の実用化研究を展開している。

【領域名】 材料・化学

【キーワード】 カーボンナノチューブ、スーパーグロース、CNT 複合材料、CNT デバイス

【テーマ題目3】 実用化に向けた CNT 評価法開発

【研究代表者】 岡崎 俊也（CNT 評価チーム）

【研究担当者】 岡崎 俊也、張 民芳、小橋 和文、森本 崇宏、田島 奈穂子、中島 秀朗、渡邊 敬之、生田 美植、巽 かおり、揚 梅、飯泉 陽子、鄧 引梅、浦野 由香里（常勤職員4名、他10名）

【研究内容】

溶液中および複合材中のカーボンナノチューブ（CNT）分散状態を総合的に評価する手法の開発を行った。具体的には、遠赤外吸収による CNT 実効長計測や分散液中の CNT 凝集体評価法、ロックインサーマルスコープ法による複合材料中の CNT ネットワーク構造の可視化手法などを確立させ、用途開発企業等が作製した試料の評価を行った。特に、様々な方法で作製された CNT 系について、その構造解析を行った。

また、近赤外吸収測定による CNT 細胞取り込み量評価法について、ISO において国際標準規格成立に向けた活動を行った。また、同法を利用し、一部の CNT には生分解性があることを発表した。

また、発光効率を向上した酸化 CNT を近赤外光プローブとして実用化させるため、分散方法を改良し、技術移転を行った。

【領域名】 材料・化学

【キーワード】 カーボンナノチューブ、品質評価、分光、臨床検査、ナノ安全

⑨【機能材料コンピューショナルデザイン研究センター】

(Research Center for Computational Design of Advanced Functional Materials)

(存続期間：2015.11.1～2022.10.31)

研究センター長：浅井 美博

副研究センター長：宮崎 剛英

総括研究主幹：青柳 岳司

所在地：つくば中央第二事業所

人員：30名（30名）

経費：756,335千円（160,650千円）

概要：

1. 研究ユニットのミッション

高機能性産業材料開発に要する研究期間を大幅に短縮する事を目指し、従来の経験と勘に依存する研究開発現場に計算シミュレーションを活用した非経験的な材料設計技術を導入する。そのために最も有効な計算材料設計手法を産業界や大学・研究機関と協力して開拓すると同時にその研究開発ハブとして活動する。材料の相反する現象・機能を直接的に計算シミュレーションで予測する技術（マルチフィジックスシミュレーション技術）を構築すると同時にそれを高速に実施する計算シミュレーション技術（マルチスケールシミュレーション技術）を確立する事により、材料の組成・構造情報からその機能を予測する順方向予測技術の性能と信頼性を飛躍的に高める。同時にそれらで得た多数の順方向予測解に対して人工知能やデータ科学等の情報技術を適用・活用する事により、所望の機能を得るために必要な材料の組成・構造を逆方向に予測する材料設計技術を開拓する。それらを束ねる事により機能性部材・デバイスの開発効率を格段に高めるための設計インフラを構築し産業界に普及する。

2. 研究ユニットの研究開発の方針

機能材料コンピューショナルデザイン研究センターには6つの研究チームを設置する。これらを横断する以下4つの戦略課題を設定し、計算シミュレーションの産業普及の観点から整理作成する TRL を意識したマイルストーンを設けた研究を推進する。

1) 材料機能シミュレーション技術開発

材料インフォマティクス研究やフェーズフィールド法を用いたマルチスケールシミュレーション研究に関して先行実績が多い金属・合金等の機能性固体化合物（有機・無機）や、高分子・レオロジー材料等を含めた広範な材料の機能を対象とした信頼性の高い順方向予測技術を確立・実証する。電子レベルから始める第一原理計算・*ab initio* 計算、その結果から原子・分子の力場を得て行う分子動力学計算・粗視化分子動力学計算、更にはそれらの長波長極限と繋がる連続体シミュレーションまで、多階層な計算シミュレーション技術の各々を、その長さ・時間で分類される各階層で大規模化する為に必要な階層内のスケールアップ技術と、階層間を紡ぐマルチスケール化技術を重点的に開発し、マクロな材料機能の組成依存性やマイクロ構造依存性に関する化学的な予見性を飛躍的に高め、計算シミュレーションの実用材料開発に対する有用性ポテンシャルを飛躍的に向上する。

2) デバイス材料シミュレーション技術の開発

材料をデバイス・モジュール環境で用いた時の動作性能を電子・原子・分子・イオンレベルから第一

原理的に予測する計算シミュレーション技術を開発する。材料が示す複数の現象・機能を計算シミュレーション内で再現できるような、高度に物理的・化学的な現実性を持ったマルチフィジックス計算シミュレーション技術を開発する事により、デバイス・モジュール環境下での動作性能を最大化する為に必要な材料設計条件を導き出す。これらの技術開発を1) で開発するマルチスケール計算技術と組み合わせる事により、世界に類を見ない高い順方向予測性能を持った計算シミュレーション技術を開発し、これをもって産業界のデバイス研究を牽引する。

3) 反応プロセスシミュレーション技術の開発

触媒反応、レーザー反応などの内、産業界で有用な反応プロセスにつき、それを非経験的に予測する為の反応路探索技術を確立する。多孔性材料を用いた触媒反応、分離・吸着反応などを含め、拡散律速の反応や、多数の素反応過程からなる複合的な反応等の実空間的な取り扱いが必要な反応につき、それを取り扱う為の計算シミュレーション技術を開発し、反応プロセスに対するコンピューショナルデザインを実用化すべく研究開発を行う。

4) 連続体シミュレーション技術の開発

有限要素法を用いた流体解析および固体解析におけるマイクロマクロを繋ぐメゾスケール解法、マルチスケール解法による大規模並列連成解析技術の開発を行う。マイクロマクロを繋ぐフェーズ・フィールド法、格子ボルツマン法や、例えば触媒などの多孔質構造を想定したメゾスケール解析技術の開発研究を行う。

(1) 中長期目標・計画を達成するための方策

アメリカでの「マテリアルズ・ゲノム」プロジェクト、ヨーロッパ各国やアジア諸国での「マテリアルズ・インフォマティクス」プロジェクト等、世界各国で計算科学、データベースと情報技術を活用した新たな材料開発研究スキームに関する開拓プロジェクトが急増している。この影響が各国の特許審査のあり方に変化を与え、計算シミュレーション結果のみで成立する特許が増加する可能性が高い。産業界においても、この動きに取り残される事に対する危機感が強い。一方、機能性材料に関してはビッグデータが殆ど存在せず、従来型の「データ駆動型」のみでは困難が生じる場合が多い事も予想される。際立って性能の高い機能性材料に対する高速材料探索に関して、その基盤技術を高める必要が広く認識されており、高機能性材料の開発期間を飛躍的に短縮する事ができるような計算材料設計手法・解析手法に関わる基盤技術の開発を目指す本研究センターはその開発推進主体として最適な研究組織である。本センターで開発を目指す計算材料設計システムは材料・化

学領域で目指す「最終製品の競争力の源となる革新的部材・素材の提供」の開発・支援に必要な研究インフラストラクチャーであり、機能材料の高速探索を目指す為には必須の資源である。計算材料設計の活用は企業において未だ充分に進んでおらず、企業が苦手としている分野である。これに関わる飛躍的な研究開発とその普及活動を行う本研究センターの設置は、産総研第4期中長期計画において最も重要な「橋渡し機能の強化」に有用である。

(2) 平成29年度の重点化方針

平成28年度には、各階層内での計算シミュレーションのスケールアップ技術の研究開発を重点的に行ったが、平成29年度においては材料の相反する現象・機能を計算機上で直接シミュレートするために必要なマルチフィジックスシミュレーション技術をそれらのシミュレータに対して付加する事により、計算シミュレーション技術に高い順方予測性能を付与する。これを活用する事により新機能材料のコンピューショナルデザイン例を創出し、材料・化学領域の重点化方針であげられている材料と化学のシナジー効果の発揮において中核的に重要な役割を果たしていく。

独立行政法人日本学術振興会平成29年度科学研究費助成事業（科研費）

「単一分子と組織化分子ネットワークの非線型伝導理論」（新学術領域研究（研究領域提案型））[研究代表者] 浅井 美博

「分子アーキテクニクス：単一分子の組織化と新機能創成」（新学術領域研究（研究領域提案型））[研究代表者] 夢田 博一（大阪大学）

「デバイス応用に向けた2次元材料の電子物性の理論設計」（新学術領域研究（研究領域提案型））[研究代表者] 宮本 良之

「高次元空間自由度のスパース化による反応シミュレーション解析」（新学術領域研究（研究領域提案型））[研究代表者] 安藤 康伸

「陽電子消滅による結晶特異構造のキャリア捕獲・散乱ダイナミクスの評価」（新学術領域研究（研究領域提案型））[研究代表者] 上殿 明良（筑波大学）

「高分子高次構造の階層的シミュレーション」（新学術領域研究（研究領域提案型））[研究代表者] 青柳 岳司

「次世代材料探索のための離散幾何解析推進」（新学術領域研究（研究領域提案型））[研究代表者] 小谷 元子（東北大学）

「アルケノン生産性藻類の物質生産性向上のための基盤技術の研究」（基盤研究(A)）[研究代表者] 鈴木 石根（筑波大学）

「界面原子・分子層における局所高電界効果の理論計算」

（基盤研究（B））[研究代表者] 渡邊 聡（東京大学）

「電気化学界面における溶媒和イオン液体の特異な電荷移動反応」（基盤研究（B））[研究代表者] 獨古 薫（横浜国立大学）

「糖鎖結合性タンパク質の分子認識/反応機構に関する分子基盤の構築」（基盤研究（C））[研究代表者] 石田 豊和

「凝集系の構造変化を誘起する短パルスレーザーの理論的研究とレーザー装置の調査」（基盤研究（C））[研究代表者] 宮本 良之

「溶液内化学反応やアモルファス材料のダイナミクスへ向けた大規模量子化学計算法の開発」（基盤研究（C））[研究代表者] Fedorov Dmitri

「平均力ダイナミクスの拡張による生体分子のレア・イベント予測」（基盤研究（C））[研究代表者] 森下 徹也

「帯電系のための新規分子動力学法の開発と有機熱電変換材料への応用」（若手研究（A））[研究代表者] 高橋 和義

「第一原理計算による全固体リチウムイオン電池の正極/電解質界面の研究」（若手研究（B））[研究代表者] 春山 潤

「パーシステントホモロジーを用いた非晶質の統計物理学」（挑戦的萌芽研究）[研究代表者] 中村 壮伸

「パラジウムクラスターによる窒素と水からのアンモニア生成触媒反応」（挑戦的萌芽研究）[研究代表者] 村上 純一（埼玉大学）

国立研究開発法人科学技術振興機構 先端的低炭素化技術開発（ALCA）

「特異的溶解性・電荷輸送を示すリチウムイオン液体の計算化学的解析」[研究代表者] 都築 誠二

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST）

「粗視化シミュレーションを用いたエラストマー材料の動的解析」[研究代表者] 森田 裕史

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（さきがけ）

「トポロジカルデータ解析に基づくアモルファス構造の包括的記述と特徴抽出」[研究代表者] 中村 壮伸

文部科学省科学技術試験研究委託事業「元素戦略磁性材料研究拠点」

「平面波基底法（QMAS）等を基軸にした磁気物性量の高精度計算手法の開発」[研究代表者] 三宅 隆

文部科学省科学技術試験研究委託事業「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」

「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開

発③評価基盤領域実施機関 陽電子状態・消滅パラメータの理論計算」[研究代表者] 石橋 章司

文部科学省科学技術試験研究委託事業「ポスト「京」
「次世代の産業を支える新機能デバイス・高性能材料の創成サブ課題 D：高性能永久磁石・磁性材料」[研究代表者] 三宅 隆

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
受託研究「超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト」
[研究代表者] 村山 宣光

文部科学省科学技術人材育成費補助金
「卓越研究員事業」[研究代表者] 屋山 巴

発表：誌上発表95件、口頭発表181件、その他11件

多階層第一原理計算手法開発チーム

(First-principles multi-scale simulation Team)

研究チーム長：石橋 章司

(つくば中央第2)

概要：

当チームでは、第一原理計算手法・プログラムの開発・高度化、および、多階層化に向けた整備を行なっている。現実の問題の解決に際して、最善のスキームの確立を図り、必要に応じてデータ科学的手法を活用している。平成29年度の研究成果の例を以下に示す。フラグメント分子軌道法を様々な病気に関わる幾つかの GPCR 系蛋白質に適用し、高速計算法 (DFTB) でも、高精度計算法 (MP2法) や実験と比較して、良好な結果が得られることを確認した。密度汎関数理論 (DFT) による大域的電子構造計算と、動的平均場理論 (DMFT) による高精度低エネルギーソルバーを組み合わせた磁気異方性の解析手法を開発し、希土類磁石化合物 $RFe_{12}X$ ($R=Nd, Sm$; $X=Li, N$) に適用した。大規模な水のモデルについて、オーダーN法を用い200ピコ秒以上の第一原理非平衡分子動力学計算を遂行し、熱伝導率を見積もった結果、実験結果と良い一致を得た。水素結合型有機強誘電体 (反強誘電体が電場印加によって強誘電転移したものも含む) の自発分極を理論計算により予測し、物質開発および作成プロセス最適化の指針とした。

研究テーマ：材料機能シミュレーション技術開発、デバイス材料シミュレーション技術の開発、反応プロセスシミュレーション技術の開発

物性機能数理設計手法開発チーム

(Functional mathematical modeling Team)

研究チーム長：大谷 実

(つくば中央第2)

概要：

当チームでは、物質の性質を理解するために数理モデルを構築し、支配方程式の解法を提案する。モデルを第一原理計算手法に組み込むことにより、実環境下における物質の特性を予測し、デバイス設計指針の提示を行っている。(1) アモルファス材料設計のための基盤技術としてこれまでに創出した多面体コードを実装した原子配列解析プログラムを開発した。(2) 電気・スピン・熱等の第一原理伝導シミュレーション手法を進展させ、相変化メモリ材料等への適用を行った。電圧駆動での構造相転移と機械的外力によるトポロジカル相転移が共存する相変化メモリ材料といった新規な機能性デバイスの可能性を理論シミュレーションから初めて明らかにした。(3) 計算シミュレーションデータと実験データの協奏的活用に向けた機械学習応用研究を行った。特に機械学習を用いることで触媒分子に対する量子化学計算の結果から実験で得られた収率を予測することに成功した。この成果は実験データと計算データを直接結びつけた点に意義があり、キャタリスト・インフォマティクスにつながる先駆的な成果と位置づけることができる。

研究テーマ：材料機能シミュレーション技術開発、デバイス材料シミュレーション技術の開発、反応プロセスシミュレーション技術の開発

多階層分子シミュレーション手法開発チーム

(Multi-scale molecular simulation Team)

研究チーム長：下位 幸弘

(つくば中央第2)

概要：

高い信頼性で材料機能を予測するマルチスケール計算材料設計技術の確立・実証ならびに触媒反応・電気化学反応などの産業界で有用な反応プロセスを非経験的に予測するための反応路探索技術の確立を最終目標に、昨年度に引き続き、量子化学計算法や分子動力学法等の分子シミュレーション技術とそれを用いた材料研究について研究開発を行った。より具体的には、生体分子機能における酵素反応のモデリング・反応機構解析、量子化学計算を用いた触媒等の化合物の特性や反応性の解明、分子間相互作用やイオンの相互作用の精密解析、ならびに、機能材料の構造-物性相関ならびに材料設計技術開発等に取り組んだ。特に、分子動力学計算の新しい手法開発として、LogMFD法を拡張した LogPD法についてアデニル酸キナーゼ分子の畳み込み構造変化に適用し、本手法の有効性を明らかにした。さらに、数学と計算材料科学の連携を新たに開始し、研究領域の開拓を図った。

研究テーマ：材料機能シミュレーション技術開発、反応プロセスシミュレーション技術の開発

多階層ソフトマテリアル解析手法開発チーム

(Multi-scale soft matter simulation Team)

研究チーム長：森田 裕史

(つくば中央第2)

概要：

接着、ゴム・エラストマー、複合材料などの高分子材料に対して、効率のよい材料設計手法の開発が望まれている。当チームでは、粗視化モデルと多階層化技術を駆使しながら、ソフトマテリアル材料の階層的構造・物性・機能について解析する研究を進めている。本年度も昨年度から引き続き、粗視化モデルに関わる研究、ゴム材料の研究、接着技術に関する研究を進めた。具体的には、全原子 MD と粗視化 MD の接続に関する研究、主鎖に液晶部位をもつ液晶エラストマーのモデリングと電場や温度に対する相転移や変形挙動についての研究、金属-高分子間接着における全原子分子動力学法を用いたシミュレーション研究、FRP の破壊に関する実験の3次元構造を用いたデータ同化型のモデルシミュレーション研究を行った。さらに2012年から進めているコンソーシアム「ゴム・エラストマーにおける理論・シミュレーション基礎研究会」では、フィラー充填ゴムのレオロジー特性、及び純ゴム系における新たなモデルについて、メンバー企業と連携しながら研究をすすめ、成果の橋渡しを進められた。

研究テーマ：材料機能シミュレーション技術開発

統合マクロ計算手法開発チーム

(Integrated macroscopic simulation Team)

研究チーム長：松本 純一

(つくば中央第2)

概要：

当チームでは、連続体モデルに基づくマクロ計算における流体、固体、熱などの連成解析、マイクロ計算との親和性を考慮したメゾ、マルチ、ブリッジングスケールにおける方法を取り入れた解析技術、これらの順解析および逆解析を可能とする統合的なマクロ計算手法の開発を目指している。非定常熱流体（圧縮性粘性流体）解析における陽的および陰的有限要素法の開発を行った。流体・固体連成問題において、循環器系のバイオメカニクスへの適用を目的に、対象物の座屈や接触などの考慮が可能な拡張有限要素法に基づく計算技術の構築を進めた。また、開発した計算手法の高速化へ向け、有限要素法による連立一次方程式の対称行列用反復ソルバ（CG法）について GPU による高速化を行った。複数の GPU を用いて計算を行うマルチ GPU の計算法を開発し、4GPU を用いた2千2百万自由度の3次元 Laplace 方程式の問題で1GPU に対して3.5倍の高速化を実現した。

研究テーマ：連続体シミュレーション技術の開発

統合シミュレーション実験検証チーム

(Multi-simulations Verification Team)

研究チーム長：宮本 良之

(つくば中央第2)

概要：

当チームはマルチスケールシミュレーションの手法の実験結果への適用性を検証することを目標としている。そのために、時間と空間それぞれの軸において異なる次元の現象を連結するスキームの確立を目指し、産業用シミュレーション技術の開発に貢献する。H29年度は、酸素ドーピングされた Si ナノクラスターの第一原理計算を行い、ボロンやリン単体のドーピングの極性が、Si クラスター中の置換位置や酸素との結合に依存することを見出した。ゲノム改変を試みる産総研内実験チームと協力しそのメカニズムを第一原理計算にて探索し、ヌクレオチドの水酸基ラジカル反応障壁を計算した。励起状態ダイナミクスに応用されている時間依存密度汎関数理論と古典的な分子動力学計算を組み合わせる手法にて、フェムト秒レーザー照射による水分解においてグラフェンなどの2次元シート近傍では水分解のレーザー閾強度が低下することを見出し、高効率レーザープロセスの可能性を示唆した。その他、高速ラジカル衝突やレーザーアブレーションのシミュレーション基盤技術を開発した。

研究テーマ：材料機能シミュレーション技術開発

⑩【磁性粉末冶金研究センター】

(Magnetic Powder Metallurgy Research Center)

(存続期間：2016.4.1～)

研究センター長：尾崎 公洋

副研究センター長：多田 周二

所在地：中部センター

人員：21名 (21名)

経費：280,189千円 (140,830千円)

概要：

磁性材料は、機能性材料として従来からさまざまな産業用途に利用されてきたが、近年、環境意識の高まりにともなってその需要は大幅に増加している。そのため、社会の持続性を担保し、産業の発展を実現する観点から、より高い性能を可能とする新たな磁性材料およびその応用技術の開発が強く要求されている。特に、ハード磁性材料（永久磁石）やソフト磁性材料は、低炭素社会の実現に貢献する次世代自動車や電化製品などに用いられる高性能モーターを構成する重要な材料である。また、磁気熱量材料は地球温暖化ガスを全く使用しない次世代の冷凍システム（磁気冷凍システ

ム)の構成材料として期待されている。

当研究センターでは、我が国における磁性材料技術が世界を牽引し、関連産業の市場拡大に向けた礎を築くことを大命題と掲げる。限りある資源のなかで省エネルギーや環境に対応した高性能の磁性材料を実現するために、実用化に向けたコア技術や周辺プロセス技術などモジュール化ならびにシステム化を含めて実験レベルから実用化レベルまでの一貫した技術開発を行っている。すなわち、資源リスクに対応できる磁石材料、省エネルギーに寄与できるソフト磁性材料、環境問題に対応できる磁気熱量材料などの実用化を出口として、それぞれに必要なプロセス技術の開発を進めるため、1)高性能磁石およびソフト磁性材料の開発、2)フロン類フリーを実現する冷凍システムと磁性材料開発、ならびに3)バルク磁性材料創製のためのプロセス技術の開発を3本柱のテーマとして掲げ、その解決に取り組んでいる。

磁性粉末冶金研究センターは、産総研として上述のミッションを強力に推進するため、平成28年4月に新ユニットとして設立された。ハード磁性材料チーム、エントロピクス材料チーム、ソフト磁性材料チーム、磁性材料プロセスチームおよび焼結プロセスチームの5チームから構成され、それぞれのチームの特徴を活かしながら磁性材料にかかる研究開発を包括的に進めている。

センター設立から2年目にあたる平成29年度は、それまでの研究を継続する形で以下4つの戦略課題を設定し、研究を推進した。

研究テーマ1. 耐熱性・耐環境性に優れた永久磁石材料の開発

ハイブリッド自動車用モーターに使われる高性能磁石など、資源・環境・エネルギー問題に対応した永久磁石材料を開発する。これまでに培った粉末合成技術や粉体・粉末冶金技術を駆使して新しい磁石製造プロセスを開発し、優れた特性を有する磁石の創製を行う。特に、サマリウム-鉄-窒素磁性材料に着目し、ネオジム磁石より高い保磁力と耐熱性を持つ焼結磁石の実現を目指す。

研究テーマ2. フロン類フリーを実現する冷凍システムと磁性材料開発

環境負荷が小さくエネルギー効率の高い固体冷凍の実現を目指して、磁場や電場などの印加により熱量効果を生じる材料の特性解明・制御方策と作製技術を構築する。具体的には La-Fe-Si-H 磁気熱量材料の合成技術および相安定化技術の開発や、そのシステム応用技術の開発に加え、新規エントロピクス材料の探索を行う。

研究テーマ3. 高性能軟磁性材料の開発

高効率モーターを実現するために、高飽和磁化と低鉄損を両立するソフト磁性材料の実現が求められてい

る。化学的粉末合成技術と粉末修飾技術を駆使して、自動車用モーターのコア材料としてのソフト磁性材料や、高周波に対応したソフト磁性材料など、用途に応じた特性を有する高性能ソフト磁性材料の開発を目指すとともに、その実用化のための基盤技術の構築を行う。

研究テーマ4. バルク磁性材料創製のためのプロセス技術の開発

金属の凝固プロセス、電磁振動プロセス、マイクロ波プロセスなど様々なプロセス及び組織評価技術を駆使して、バルク磁性材料の開発ならびにその周辺技術を開発し、さらに実用化に向けたプロセス技術を目指す。これらのプロセスにより、組織が高度に制御された磁性材料や磁性粉末を開発する。同時に、磁気特性を十分に発揮したバルク磁性材料を作製可能な焼結プロセスを開発し、特に、高い耐熱性を有するサマリウム-鉄-窒素磁性材料の高密度固化成形を目指して、焼結プロセスの高度化を推進する。具体的には、粉末性状、焼結圧力、焼結温度などの最適化、および高温高加圧焼結に耐えうる金型材料の開発を進める。これらの共通プラットフォームとして、材料設計における計算科学的アプローチも協力体制として整備し、研究開発の効率化も図っている。

磁性粉末冶金研究センターでは、開発した技術の早期事業化も重要な使命と位置づけている。橋渡し研究として、資金提供を受けながら民間企業との研究交流を幅広く実施し、磁性材料産業の牽引にも注力している。橋渡し研究として、高性能耐熱磁石の創製や磁気冷凍技術の実現に向けた材料開発を実施し、産業としての展開を見据えながら企業と共同で事業化に向けた経済的プロセス技術の確立に取り組んでいる。

一方、磁性材料分野における目的基礎の研究にも力を入れている。磁性材料の新しい用途や応用分野を開拓する目的で、磁性金属ナノ粒子の合成技術ならびに電磁振動やマイクロ波を用いた熱処理プロセス技術など関連技術も含め研究開発を行っている。

戦略課題：

- ・「耐熱性・耐環境性に優れた永久磁石材料の開発」
- ・「フロン類フリーを実現する冷凍システムと磁性材料開発」
- ・「高性能軟磁性材料の開発」
- ・「バルク磁性材料創製のためのプロセス技術の開発」

外部資金：

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
エネルギー・環境新技術先導プログラム

- ・「革新的高飽和磁束密度・低鉄損軟磁性粉体の開発」

独立行政法人日本学術振興会
基盤研究 (C)

- ・「粒界の精密制御による Sm-Fe-N 焼結磁石の高保磁力化」
- ・「結合相制御による高温高強度 TiCN 系サーメットの創製と摩擦攪拌接合ツールへの応用」
- ・「金属鉄/窒化鉄ナノ複合軟磁性粉末の創製」

若手研究 (B)

- ・「熔融塩を用いた低温還元拡散法による高性能 Sm-Fe-N 磁石粉末の開発」

発表：誌上発表17件、口頭発表69件、その他5件

ハード磁性材料研究チーム

(Hard Magnetic Materials Research Team)

研究チーム長：高木 健太

(中部センター)

概要：

エネルギー問題や環境問題の解決に寄与する高効率モーターの主要部材となる高性能永久磁石材料の研究開発を行った。特に、電気自動車の駆動モーター用永久磁石を対象とし、耐熱性や耐候性に優れ、かつ資源枯渇が危惧される重希土類元素を使用しない磁石の開発に注力した。当チームでは、高温で Nd-Fe-B 磁石を超える潜在力をもつ Sm-Fe-N 磁石に着目しており、本化合物磁粉の難焼結を克服する研究開発を実施している。その取組みの一つが低酸素環境下による焼結磁石製造法の開発であり、本年度は主に残留磁化を向上させる研究を中心に実施し、向上のための指針を科学的に明示できた。一方で、焼結時の保磁力低下に対して、還元拡散法によって巨大保磁力をもつ超微粉を作製する研究も行った。今年度は、表面改質や微量元素添加などにより焼結性向上の指針を得た。加えて、磁石性能を決める重要工程である磁粉成形の改善を目指し、世界で初めて粉末形状を考慮できる磁粉成形シミュレーションを開発した。さらに、次世代磁性材料として、強加工技術を利用した異方性ナノコンポジット磁石や、熱プラズマ法による新規鉄リッチ希土類磁性化合物の探索も行った。

研究テーマ：テーマ題目1

エントロピクス材料チーム

(Entropics Materials Team)

研究チーム長：藤田 麻哉

(中部センター)

概要：

磁気冷凍や固体蓄熱など、磁性体内の電子自由度（電荷・スピン・軌道）に関わるエントロピー現象を、環境・エネルギー問題解決などの SDGs に役立てることを目指して、“エントロピクス”の概念を確立し、材料の特性解明・制御方策と作製技術を構築する。特に橋渡し前期テーマとして La-Fe-Si-H 磁気熱量材料

の合成技術は、民間企業との共同研究を交え、水素の安定性と熱特性向上を意識して、合金設計の改良を行った。また、磁場以外の外場で駆動するエントロピクス材料の探索を行った。特にヴァナジウム系酸化物に見られる金属-絶縁体転移に付随する熱量効果について、応力・ひずみの影響を調べ、これらの機能を保持して応用に向けた部材の大型化につなげる方策を検討した。また、大学研究者との共同により、材料とシステムが協調できるベッド（冷凍機内の磁性体格納部）の成形性に関する実験体制の構築を始動した。

研究テーマ：テーマ題目2

ソフト磁性材料チーム

(Soft Magnetic Material Team)

研究チーム長：松本 章宏

(中部センター)

概要：

高効率モーターを実現するためのコア材料としてのソフト磁性材料や、高周波に対応したソフト磁性材料など、用途に応じた特性を有する高性能ソフト磁性材料の開発を目的とする。新規ソフト磁性材料の開発を目指して、窒化物の分解によるナノ結晶組織形成を試みた。TEM 観察、XRD 測定、メスバウア分光測定等を行うことにより、合成条件が構造・磁気特性に与える影響を評価した。飽和磁化値は合成条件にあまり依存しないが、保磁力値は熱処理条件に大きく依存する事が判明した。また磁性材料を中心とした機能材料への応用展開を目指して、フェライトへの他元素の複合化・表面修飾技術について検討した。その結果、数種の金属酸化物粒子をフェライト粒子表面に被覆できることを確認した。

研究テーマ：テーマ題目3

磁性材料プロセスチーム

(Magnetic Material Processing Team)

研究チーム長：田村 卓也

(中部センター)

概要：

資源や環境を考慮した高性能磁性材料の開発、ならびに磁気特性を活用した材料プロセス技術を開発した。その結果、これまで液体急冷法にて作製が不可能であった高鉄族元素組成における鉄-希土類2元系アモルファス合金の作製方法を確立した。また、磁石材料への適用可能性を検討する為、ハイエントロピー合金の溶解・ casting を行い、更に冷却速度と組織が関連付けられた合金系を精査することでハイエントロピー合金の冷却速度に関して調査した。磁場中プロセスにおける磁場の影響に関しては銅相中の Fe 粒子の形態および分布状態へ及ぼす磁場の影響を調査することにより、Fe 相の磁場による形態変化のメカニズムを明確にし

た。また、フェライト系磁石のスラリーに関してマイクロ波による乾燥過程における配向性付与についての検討を行った。

研究テーマ：テーマ題目4

焼結プロセスチーム

(Sintering Process Team)

研究チーム長：細川 裕之

(中部センター)

概 要：

当研究チームでは、高性能磁石材料を作製するための高密度固化成形技術を確立することを主なミッションとし、①高性能磁石作製を目指したプロセス技術の開発、②難焼結性磁石の緻密な焼結を可能とするため、高温高負荷に耐えうる金型材料の開発を行っている。①に関しては急冷凝固法を用いて、高性能磁粉を作製可能な条件を検討した。熱処理・窒化条件については最適条件の導出に取り組んだ。②に関しては、高温強度等の特性を向上させることを目的として、第三炭化物を添加することを検討した。第三炭化物添加による焼結性の検討として、室温での機械的特性等を調査した。結果、硬度への影響は小さかったが、室温強度は低下するものが多かった。ただし、第三炭化物添加により無添加材よりも高い値を示す材料を見出すことができ、健全な特性を有する第三炭化物添加材料の探索に成功した。また、該技術を利用した難接合材料の摩擦攪拌接合ツールへの応用など広く展開を図るべく、開発材料のツール形状への加工技術を開発した。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4

【テーマ題目1】耐熱性・耐環境性に優れた永久磁石材料の開発

【研究代表者】高木 健太、細川 裕之（ハード磁性材料チーム、焼結プロセスチーム）

【研究担当者】高木 健太、山口 渡、鈴木 一行、岡田 周祐、曾田 力央、細川 明秀、平山 悠介、細川 裕之、下島 康嗣（常勤職員9名）

【研究内容】

本研究では、ハイブリッド自動車用モーターに使われる高性能磁石など、資源・環境・エネルギー問題に対応した永久磁石材料を開発する。これまでに培った粉末合成技術や粉体・粉末冶金技術を駆使して新しい磁石製造プロセスを開発し、優れた特性を有する磁石の創製を行う。特に、サマリウム-鉄-窒素磁性材料に着目し、ネオジム磁石より高い保磁力と耐熱性を持つ焼結磁石の実現を目指す。

平成29年度は、昨年度までに見出した知見を活かし、粉砕から成形までのプロセスが全て非暴露となる低酸素プロセスを構築した。特に、残留磁化を向上させる研究

に力点を置き、残留磁化向上のための指針を科学的に明示した。また、高性能 Sm-Fe-N 原料粉末の実現に向け、巨大保磁力をもつ超微粉を作製するために還元拡散法を利用した化学合成法の開発も実施した。特に、今年度は、表面改質や微量元素の添加などによって焼結性向上の指針を得ることができた。一方において、磁石性能を決める重要工程である磁粉成形の改善をめざし、世界で初めて粉末形状を考慮できる磁粉成形シミュレーションを開発した。さらに、次世代磁性材料として、強加工技術を利用した異方性ナノコンポジット磁石や、熱プラズマ法による新規鉄リッチ希土類磁性化合物の探索も行った。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】永久磁石、還元拡散法、成形シミュレーション、窒化技術、ナノセル化、低酸素プロセス、低温焼結技術

【テーマ題目2】フロン類フリーを実現する冷凍システムと磁性材料開発

【研究代表者】藤田 麻哉（エントロピクス材料チーム）

【研究担当者】藤田 麻哉、楠森 毅、杵鞭 義明、中山 博行（常勤職員4名）

【研究内容】

本研究では、環境負荷が小さくエネルギー効率の高い固体冷凍の実現をめざして、磁場や電場などの印加により熱量効果を生じる材料の特性解明・制御方策と作製技術を構築する。具体的には La-Fe-Si-H 磁気熱量材料の合成技術および相安定化技術の開発や、そのシステム応用技術の開発に加え、新規エントロピクス材料の探索を行う。

平成29年度は、橋渡し前期の位置づけとして La-Fe-Si-H 磁気熱量材料の合成技術に関し、民間企業との共同研究を交えながら水素の安定性および熱特性の向上に重点を置いて合金設計を改良した。また、磁場以外の外場で駆動するエントロピクス材料についても引き続き探索した。特にヴァナジウム系酸化物に見られる金属-絶縁体転移に付随する熱量効果について、応力・ひずみの影響を調べ、これらの機能を保持して応用に向けた部材の大型化につなげる方策を検討した。また、大学研究者との共同により、材料とシステムが協調できる冷凍機内の磁性体格納部（ベッド）について、その成形性に関する実験体制を構築した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】エントロピクス、磁気冷凍、ランタン、ヴァナジウム系酸化物、第一原理計算、モジュール化

【テーマ題目3】高性能軟磁性材料の開発

【研究代表者】松本 章宏（ソフト磁性材料チーム）

【研究担当者】松本 章宏、砥綿 篤哉、山本 真平（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

高効率モーターを実現するために、高飽和磁化と低鉄損を両立するソフト磁性材料の実現が求められている。本研究では、化学的粉末合成技術と粉末修飾技術を駆使して、自動車用モーターのコア材料としてのソフト磁性材料や、高周波に対応したソフト磁性材料など、用途に応じた特性を有する高性能ソフト磁性材料の開発を目指すとともに、その実用化のための基盤技術の構築を行う。

平成29年度は、新規ソフト磁性材料の開発をめざして、窒化物の分解によるナノ結晶組織形成を試みた。また、TEM 観察、XRD 測定、メスバウア分光測定等を行うことにより、合成条件が構造・磁気特性に与える影響を評価した。これらの取り組みにより、飽和磁化値は合成条件にあまり依存しないが、保磁力値は熱処理条件に大きく依存する事を明らかにできた。さらに、磁性材料を中心とした機能材料への応用展開を目的としてフェライトへの他元素の複合化・表面修飾技術について検討した結果、数種の金属酸化物粒子をフェライト粒子表面に被覆できることを確認した。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕ソフト磁性材料、高飽和磁化、低保持力、XPS 分析、窒化物、ナノ組織形成

〔テーマ題目4〕バルク磁性材料創製のためのプロセス技術の開発

〔研究代表者〕田村 卓也、細川 裕之（磁性材料プロセスチーム、焼結プロセスチーム）

〔研究担当者〕田村 卓也、細川 裕之、安岡 正喜、李 明軍、中山 博行、加藤 清隆、下島 康嗣（常勤職員7名）

〔研究内容〕

本研究では、金属の凝固プロセス、電磁振動プロセス、マイクロ波プロセスなど様々なプロセス及び組織評価技術を駆使して、バルク磁性材料の開発ならびにその周辺技術を開発し、さらに実用化に向けたプロセス技術を目指す。これらのプロセスにより、組織が高度に制御された磁性材料や磁性粉末を開発する。同時に、磁気特性を十分に発揮したバルク磁性材料を作製可能な焼結プロセスを開発し、特に、高い耐熱性を有するサマリウム-鉄-窒素磁性材料の高密度固化成形を目指して、焼結プロセスの高度化を推進する。具体的には、粉末性状、焼結圧力、焼結温度などの最適化、および高温高加圧焼結に耐える金型材料の開発を進める。

平成29年度は、凝固プロセスとして、資源や環境を考慮した高性能磁性材料の開発ならびに磁気特性を活用した材料プロセス技術の開発を行った。その結果、これまで液体急冷法にて作製が不可能であった高鉄族元素組成における鉄-希土類2元系アモルファス合金の作製方法を確認することができた。また、磁石材料への適用可能性を検討するため、ハイエントロピー合金の溶解・ casting

を行い、更に冷却速度と組織が関連付けられた合金系を精査することでハイエントロピー合金の冷却速度に関して調査した。磁場中プロセスにおける磁場の影響に関しては銅相中の Fe 粒子の形態および分布状態へ及ぼす磁場の影響を調査することにより、Fe 相の磁場による形態変化のメカニズムを明確にした。また、フェライト系磁石のスラリーに関してマイクロ波による乾燥過程における配向性付与についての検討を行った。

一方、高性能磁石材料を作製するための高密度固化成形技術については、安定した性能を可能にする急凝固磁石粉末作製技術の開発、熱処理条件、窒化条件、および焼結条件などプロセス技術の開発に取り組んだ。その結果、急凝固法を用いた高性能磁粉の作製条件および熱処理・窒化処理の最適条件の導出に向けた知見が得られた。また、高温強度等の特性向上を目的とした第三炭化物の添加について検討した結果、硬さへの影響は小さかったが、室温強度は低下するものが多かった。しかしながら、第三炭化物添加により無添加材よりも高い値を示す材料を見出すことができ、健全な特性を有する第三炭化物添加材料の探索に成功した。さらに、難接合材料の摩擦攪拌接合ツールへの応用など広く展開を図るべく、開発材料のツール形状への加工技術を開発した。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕凝固、電磁振動、マイクロ波、焼結技術、金型材料、硬質材料

5) エレクトロニクス・製造領域
(Department of Electronics and Manufacturing)

領域長：金丸 正剛

概 要：

領域長は、エレクトロニクス・製造領域における研究の推進に係る業務の統括管理を行うとともに、領域間の融合を推進する業務を実施している。

① エレクトロニクス・製造領域研究戦略部
(Research Promotion Division of Electronics and Manufacturing)

研究戦略部長：原市 聡
研究企画室長：芦田 極

所在地：つくば中央第1
人員：14名（13名）

概 要：

研究戦略部長は、領域内企業連携強化に向けたマーケティング業務、各領域の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く。）を統括するとともに、領域間の融合を推進する業務を実施している。

エレクトロニクス・製造領域研究戦略部研究企画室
(Research Planning Office of Electronics and Manufacturing)

概 要：

当室は、エレクトロニクス・製造領域研究戦略部に置かれ、研究所の業務のうち、当該領域における研究の推進に関する業務を実施している。

具体的には、研究戦略の策定と研究計画のとりまとめ、研究戦略予算テーマの立案、領域重点化課題研究テーマの選定・評価、研究ユニットへの交付金予算の配分、領域内・領域間のスペース利用の調整、プロジェクトの企画・立案・総合調整、経済産業省その他関係団体等との調整、領域長及び研究戦略部長が行う業務の支援、オープンプラットフォーム推進に係る企画・調整、技術研究組合の窓口業務、見学・視察対応等の業務を行っている。

機構図（2018/3/31現在）

[エレクトロニクス・製造領域研究戦略部研究企画室]
研究企画室長：芦田 極 他

②【ナノエレクトロニクス研究部門】
(Nanoelectronics Research Institute)
(存続期間：2011.4.1～)

研究部門長：安田 哲二
副研究部門長：中野 隆志、昌原 明植
首席研究員：富永 淳二、Kolobov Alexander、
原 史朗
総括研究主幹：安藤 淳、秋永 広幸、高橋 健司

所在地：つくば中央第1、つくば中央第2
つくば中央第5

人 員：65名（65名）
経 費：1,420,549千円（544,731千円）

概 要：

1. 社会的・技術的背景と研究ユニットのミッション
データの生成・蓄積・流通の量は、10年で10倍以上の指数関数的な速度で増加している。この大規模データの利活用はビジネスの成功や公共サービスの向上のために益々重要となっている。増加を続けるデータを効率的に収集・解析・活用していくためには、様々な IT 機器やセンサを多様なニーズに応じて実現し、その性能を向上させ低消費電力化していくことが必要である。しかし、IT 機器等の高性能化・低消費電力化を支えてきたシリコン集積回路の微細化は、技術的な限界のために従来の所謂ムーアの法則に沿った進展が困難になっている。また、最先端半導体の開発や製造に要する投資規模の巨大化という経済的理由も加わって、微細化が終焉しつつあることが広く認識され、2020年代後半に訪れると予想されるポストスケール時代に向けて様々な技術オプションが提案されるなど、技術開発の潮流が変化している。

上述の認識に基づき、ナノエレクトロニクス研究部門では第4期中長期計画期間のミッションを以下のように設定している。すなわち、集積回路に用いられる材料、デバイス、作製プロセス、設計、及び、解析評価に関する革新技術を創出し、大規模化・多様化するデータ利活用を高速化・超低消費電力化するハードウェア開発を先導する。また、超伝導、ミニマルファブ、FPGA 等の技術を応用して、社会や市場の多様なニーズに対応する高性能センシングや変量多品種デバイス製造・回路設計を実現する。研究成果を企業との共同研究・受託研究や地域センターとの連携を通じて橋渡しすると共に、そのプロセスを通じて研究人材や技術経営人材を育成する。これらの取り組みにより、急速な変化を続ける半導体関連分野における我が国の産業競争力を強化し、イノベーション創出の基盤である情報通信プラットフォーム

フォームの高度化と高効率化に貢献する。

2. 重点的に取り組む課題

ナノエレクトロニクス研究部門は主に以下の4項目について重点的に研究を進めている。

(1) 半導体集積化技術の追求による情報通信システムの高性能化および超低消費電力化

大規模化するデータに対応して高性能な情報処理を高エネルギー効率で行うための技術として、ギガバイトクラスの集積度を持つ相変化メモリ技術、シリコン MOSFET の駆動力省エネ性を超えるロジックデバイス技術、これらを三次元集積する技術を開発する。

(2) 新規情報処理技術による情報通信システムの高性能化および超低消費電力化

通常の CMOS 集積回路では実現できない新規の情報処理技術を創出するために必要となる新材料技術および新原理デバイス技術を開発する。

(3) ものインターネット化に対応する製造およびセンシング技術

社会インフラや産業インフラの保守や点検等に資するため、高エネルギー分解能の超伝導検出器の多画素・多重化技術を開発する。

(4) ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術

エレクトロニクス・MEMS の変量多品種オンデマンド生産技術として、ミニマルファブ技術の開発を行う。

平成29年度は、上記(1)については、NEDO「IoT 技術開発加速のためのオープンイノベーション推進事業」で TIA 推進センターと協力してスーパークリーンルーム等の共用施設に整備した装置群を用いて、3次元実装・集積に関する研究開発を推進した。また、特筆する成果としては、CMOS デジタル回路の低消費電力化へ向けた取り組みにおける、Ge チャネルの超薄膜形成技術の確立や電子移動度向上の条件の発見や、タングステン内包 Si クラスタを用いた、半導体デバイスの消費電力性能に影響する半導体-金属接合の電気抵抗の低減成功が上げられる。上記(2)に関しては、受託している NEDO「IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト」等において、新しいコンピューティングに向けた回路・デバイス・材料の研究開発を進めた。特に、超伝導量子アニーリングマシン関連では、組み合わせ最適化問題に対する8ビット動作シミュレーションに成功した。脳型情報処理向けの2端子アナログ型抵抗変化素子の開発では、抵抗変化の制御性に優れた機能性酸化物材料の組み合わせを見出した。また、Si トンネル FET でスピスマニピュレーション手法の最適化による世界最高温度 (10 K) での量

子ビット動作の成功や、機械学習の訓練処理過程を高効率・高速に行う手法を開発し、低消費電力化(回路規模を85%削減)できることを明らかにした。上記(3)については、世界最高レベルである1,000画素の超伝導アレイ検出器の実現や、機能性酸化物と Pt 電極からなるナノギャップ構造を応用して省電力性に優れた非加熱式水素ガスセンサ素子の開発を進めた。上記(4)に関しては、平成30年度以降のミニマルファブ共用ラインの公開を想定して、変量多品種デバイス製造技術開発を加速させた。特にミニマルファブによる IoT デバイス変量多品種製造技術の開発では、ミニマルファブ技術による装置群を実用レベルに仕上げ、MEMS メンブレン上に CMOS を集積した圧力センサーの開発と動作実証に成功した。

3. 研究の実施体制

ナノエレクトロニクス研究部門では、「半導体デバイス集積技術」、「超伝導体デバイス集積技術」、「新材料・新デバイス・ナノスケール計測技術」、「変量多品種製造技術」の4つを研究部門としてカバーすべき分野として設定している。H29年度も前年度に引き続き、「半導体デバイス集積技術」についてはナノ CMOS 集積グループ、新材料デバイス集積グループ、3D 集積システムグループ、エレクトロインフォマティクスグループの4グループ、「超伝導体デバイス集積技術」については超伝導計測信号処理グループと超伝導分光エレクトロニクスグループの2グループ、「新材料・新デバイス・ナノ計測技術」についてはシステムティックマテリアルズデザイングループとエマージングデバイスグループの2グループ、「変量多品種製造技術」についてはミニマルシステムグループとカスタムデバイスグループの2グループを置いて研究を実施した。また、クロスアポイントメント制度を引き続き活用し、東北大学の寒川誠二教授を招聘し、中性粒子ビーム加工による微細加工プロセスの適用例拡大を進めた。

4. 研究部門の運営

ナノエレクトロニクス研究部門の成果の主たる橋渡し先は半導体関連企業(デバイスメーカー、半導体ユーザー企業、装置・計測器メーカー、材料メーカー、ファブレス、ファウンドリ等)である。半導体産業では、微細化が限界に近づく中で、多様化が著しい技術オプションについて、技術や市場の急速な変化に対応しつつ研究開発を行うことが求められている。この状況の中で半導体関連企業が求めているのは、ナノエレクトロニクスに関する科学的・技術的な蓄積を有する当部門をパートナーとして研究開発を進めることにより、技術潮流を見通した研究開発を先導し世界市場の中での競争力を維持・向上

していくことである。この認識に基づき、当研究部門の軸足は、橋渡し前期の研究、及び、目的基礎研究に置いた。ただし、製品や製造技術の実用化に向けた個別具体的な問題解決にも一定のエフォートを振り分け、この橋渡し後期の研究開発の中で、目的基礎や橋渡し前期の研究の課題設定を研ぎ澄ましていくことを狙った。すなわち、目的基礎研究と橋渡し研究とをリニアモデルの枠組みで捉えるのではなく、両者の間で好循環を回していくことをユニット運営の基本とした。

研究資金に関しては、戦略予算と外部資金（公的資金、企業との共同研究等）を用いて、上記2.の4つの研究項目についての代表的な成果を創出した。領域から配分された重点化課題予算は、これら代表的成果創出の基盤となる各研究グループの要素技術を磨くと共に、シーズ技術を育てるために用いた。

外部資金：

受託研究／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構／次世代スマートデバイス開発プロジェクト／車載用障害物センシングデバイスの開発

受託研究／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構／IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト／超低消費電力データ収集システムの研究開発

受託研究／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構／IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト／組合せ最適化処理に向けた革新的アニーリングマシンの研究開発

受託研究／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構／IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト／超高速・低消費電力ビッグデータ処理を実現・利活用する脳型推論集積システムの研究開発

受託研究／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構／IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト／Sensor-to-Cloud Security ～ ビッグデータを守る革新的 IoT セキュリティ基盤技術の研究開発

受託研究／国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構／IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト／複製不可能デバイスを活用した IoT ハードウェアセキュリティ基盤の研究開発

受託研究／JST 戦略研究推進部／国立研究開発法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／極薄強誘電体膜の形成と機能デバイスの開発

受託研究／JST 戦略研究推進部／国立研究開発法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／極薄強誘電体膜の形成と機能デバイスの開発

受託研究／JST 戦略研究推進部／国立研究開発法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／カルコゲン超格子によるトポロジカル機能発現とマルチフェロイック機能デバイスの創製

受託研究／JST 戦略研究推進部／国立研究開発法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／テラヘルツ検知用半導体ナノ素材・素子の研究

受託研究／JST 戦略研究推進部／国立研究開発法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／長期保管メモリの材料設計および評価

受託研究／JST 戦略研究推進部／国立研究開発法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／超伝導集積化プロセス

受託研究／JST 戦略研究推進部／国立研究開発法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／原子層ヘテロ構造デバイスの実証と3次元集積 LSI のための原子層成膜プロセスの開発

受託研究／JST 戦略研究推進部／国立研究開発法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／低雑音・広帯域超伝導信号読出技術の開発

受託研究／JST 戦略研究推進部／国立研究開発法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（さきがけ）／量子プロセッサの大規模化へ向けた量子インターコネクションの基盤技術の創成

受託研究／JST イノベーション拠点推進部／国立研究開発法人科学技術振興機構／SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「革新的構造材料」／微細加工施設及び陽電子施設を中心とした先端計測技術開発と拠点形成、構造材料の未活用情報を取得する先端計測技術開発

受託研究／独立行政法人日本学術振興会／平成29年度二国間交流事業共同研究／ゲルマニウムスズ系薄膜のキャリア・熱輸送特性の最適化と高性能トランジスタ応用

受託研究／国立大学法人東北大学／国立大学法人東北大学／橋渡し研究戦略的推進プログラム「医工連携を基盤としたオープン・イノベーション・プラットフォーム構築」／層状化合物を利用した電界効果トランジスタと分子の光励起を組み合わせたフォトニクスデバイス生体

分子センサーの開発

受託研究／国立大学法人横浜国立大学／FEA プロセスによるイオン源の高密度実装ならびにグラフェン電子源の高効率化

文部科学省／科研費／新学術領域研究（研究領域提案型）／低コストナノギャップ電極作製手法と単一分子ガスセンサーの開発

文部科学省／科研費／基盤研究（A）／超伝導検出器多面素化と冷却系簡素化を両立するマトリョーシカ型周波数多重読出回路

文部科学省／科研費／基盤研究（A）／多層界面ダイポール変調不揮発メモリの酸化膜界面構造最適化とアナログ動作モデリング

文部科学省／科研費／基盤研究（B）／トポロジカル絶縁体/超伝導体接合におけるスピン流を用いた熱制御デバイスの理論

文部科学省／科研費／基盤研究（B）／革新的な超伝導分子検出技術の開拓と宇宙における分子進化の精密評価への展開

文部科学省／科研費／基盤研究（B）／超低消費電力トランジスタ SOTB における IC チップ偽造防止技術 PUF の有効性検証

文部科学省／科研費／基盤研究（C）／2次元超伝導相転移から見た超伝導デバイスの革新的評価方法の開発

文部科学省／科研費／基盤研究（B）／超伝導光検出器を用いた液体ヘリウム TPC の開発と軽い暗黒物質の探索

文部科学省／科研費／若手研究（A）／金属蒸気触媒 CVD によるグラフェンの絶縁基板上直接合成と高効率 MOS 冷陰極の開発

文部科学省／科研費／若手研究（A）／トンネルトランジスタのトラップエンジニアリングによる新機能素子の創製

文部科学省／科研費／若手研究（A）／単一細胞内タンパク質のイメージング質量分析を実現する撮像型分子検出器

文部科学省／科研費／基盤研究（C）／閾値電圧制御に

よる低消費電力 FPGA の設計・評価環境の開発

文部科学省／科研費／基盤研究（C）／Ab-initio study of topological chalcogenide van-der-Waals heterostructures and superlattices

文部科学省／科研費／挑戦的萌芽研究／原子層シリサイド半導体による革新的エレクトロニクス要素技術

文部科学省／科研費／挑戦的萌芽研究／絶縁基板上グラファイト層間化合物集積化技術の開発とデバイス応用

文部科学省／科研費／若手研究（B）／真贋判定技術 PUF のチップ出荷前の効率的な認証情報取得技術

文部科学省／科研費／若手研究（B）／ナノワイヤにおけるフォノン熱輸送とひずみの関係の原子論的解析

文部科学省／科研費／基盤研究（A）／シリコン量子ビット集積化に向けたスピン結合基本技術の創製

文部科学省／科研費／基盤研究（C）／100V 量子交流標準素子の開発

文部科学省／科研費／若手研究（B）／超伝導トンネル接合-超伝導コイル一体構造型 X 線検出器の開発

文部科学省／科研費（研究分担者）／基盤研究（S）／熱力学的極限に挑む断熱モード磁束量子プロセッサの研究

文部科学省／科研費（研究分担者）／基盤研究（S）／layer transfer による高移動度材料3次元集積 CMOS の精密構造制御

文部科学省／科研費（研究分担者）／基盤研究（S）／layer transfer による高移動度材料3次元集積 CMOS の精密構造制御

文部科学省／科研費（研究分担者）／基盤研究（A）／大規模 SSPD アレイによるシングルフォトンイメージング技術の創出

文部科学省／科研費（研究分担者）／基盤研究（A）／超並列アナログ脳型 LSI に向けたナノ構造メモリ素子とその集積回路化の研究

文部科学省／科研費（研究分担者）／基盤研究（A）／超伝導転移端センサーが実現する粒子線治療用線量標準の高精度化

文部科学省／科研費（研究分担者）／基盤研究（A）／

文部科学省／科研費（研究分担者）／基盤研究（A）／
超伝導転移端センサが実現する粒子線治療用線量標準の
高精度化

文部科学省／科研費（研究分担者）／基盤研究（B）／
革新的グラフェンフラット電極の開発による単分子デバイスの機能計測

文部科学省／科研費（研究分担者）／基盤研究（C）／
最高速 CPU 開発に向けた高品質バルク混晶シリコンゲルマニウム単結晶育成方法の確立

文部科学省／科研費（研究分担者）／基盤研究（C）／1
次元超伝導一

機関補助金／経済産業省／一般社団法人研究産業・産業
技術振興協会／平成29年度戦略的基盤技術高度化支援事
業（機関補助金）／マスクレス超低損傷加工を実現する
ミニマル・バイオテンプレート形成装置とミニマル中性
粒子ビームエッチング装置の開発

機関補助金／経済産業省／国立大学法人東北大学未来科
学技術共同研究センター／平成29年度戦略的基盤技術高
度化支援事業（機関補助金）／ナノパーティクルデポジ
ション法で形成する微細金コーンバンプを使った微細ピ
ッチ低温バンプ接合技術の実用化研究開発

機関補助金／経済産業省／一般財団法人金属系材料研究
開発センター／平成29年度戦略的基盤技術高度化支援事
業（機関補助金）／金属蒸気触媒 CVD 技術を用いたミ
ニマルファブ用絶縁基板上グラフェン直接合成装置の開
発

機関補助金／文部科学省／科学技術人材育成費補助金／
卓越研究員事業

受託研究／経済産業省／株式会社三菱総合研究所／平成
29年度省エネルギー等国際標準開発（国際電気標準分野）
／酸化物デバイスと電極界面の電気的特性評価方法に関
する国際標準化

機関補助金／経済産業省／よこはまティールオー株式
会社／平成29年度戦略的基盤技術高度化支援事業（機関
補助金）／微細パターンの基板に対応した真空差圧式レ
ジスト剥離、エッチング装置の開発

発 表：誌上発表202件、口頭発表464件、その他13件

ナノ CMOS 集積グループ

(Nano-CMOS Integration Group)

研究グループ長：松川 貴

(つくば中央第2)

概 要：

IoT や AI など今後さらに発展する IT 技術は、ハードウェアの面でシリコン集積回路の進化に支えられている。当グループはシリコン集積回路・ハードウェアのさらなる高性能化・低消費電力化を推し進めるための基盤技術を開発し、我が国の IT 社会と半導体関連産業に貢献することを目指している。近年、半導体の単純な寸法縮小ではハードウェア性能向上が困難になってきている中、シリコン CMOS プラットフォームに適用可能な新規デバイス技術として、MOSFET の限界を超える省電力性を有する新原理トランジスタ、新規記憶機能デバイスの研究を行っている。加えて、新規デバイスを活用する回路技術、機械学習や新原理コンピューティングに対応する回路・ハードウェア技術の研究開発を行っている。上記研究テーマの推進にあたり、ナノエレクトロニクス研究部門で管理するナノ棟 CMOS 試作設備や設計環境を整備・活用し、新規デバイス・回路・ハードウェアの開発、評価を行っている。また、上記研究開発によるシーズ技術を元に、産学との積極的な連携を進めている。

研究テーマ：テーマ題目3

新材料デバイス集積グループ

(Advanced Materials and Devices Integration Group)

研究グループ長：遠藤 和彦

(つくば中央第2)

概 要：

情報イノベーションで日々増大する大容量データを効率的に処理するには、半導体集積回路の集積度や性能を更に向上させる必要がある。これまでは、スケールリングと呼ばれる半導体集積回路の微細化によりその性能が向上し、飛躍的な情報処理技術の発展に寄与していた。しかしながら、半導体集積回路の微細化が、近年はいよいよその物理的限界に近付きつつあり、微細化による性能向上に限界が見え始めている。そこで本研究グループは、微細化に頼らない集積回路高性能化のために、ポストシリコン材料と呼ばれるシリコンを凌駕する特性を持つ半導体材料の導入を積極的に進め、主として下記の研究課題を進めている。(1) 化合物半導体や、ゲルマニウム、遷移金属ダイカルコゲナイド等の高移動度チャネルを用いた高性能トランジスタ技術、(2) 上記異種材料のシリコンウエハー上への集積化技術、(3) 複数の異種材料トランジスタ層をシリコンウエハー上に3次元に積層化するための基盤技術、(3) 磁性やスピンを利用した新構造メモリや新原理トランジスタ、(4) 負性容量をゲートス

タックに持つ新規トランジスタや、ゲートスタックの信頼性評価、(5) 物理モデルの搭載が容易で、大規模並列計算により幅広いデバイス開発に貢献するテクノロジー-CAD (TCAD) の開発

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目4、
テーマ題目11

3D 集積システムグループ

(3D Integration System Group)

研究グループ長：菊地 克弥

(つくば中央第1本部・情報棟)

概要：

3次元集積実装技術を活用した超低消費電力 LSI 集積システムの研究開発に取り組む。平成29年度は、車載用センシングデバイスやスーパーコンピュータ等 IoT 社会の実現に向けてエッジデバイスからクラウドシステムまで応用可能な3次元集積実装システムの設計・プロセス技術・プロセス評価技術に関する研究開発を進めた。特に、3次元積層構造の構築に向けて、シリコン貫通電極(TSV)技術において、熱応力の解析技術及びその評価技術の構築を含め、3次元積層構造の高信頼性に向けた研究開発を進めた。また、3次元積層構造の構築に向けた、チップ積層技術やウェーハ積層技術の研究開発を進めた。また、3次元集積実装システムにおける、シグナルインテグリティ (SI) ・パワーインテグリティ (PI) に向けて、設計・解析評価技術の研究開発を進めた。

エレクトロインフォマティクスグループ

(Electroinformatics Group)

研究グループ長：川畑 史郎

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、ナノ・量子エレクトロニクス技術が生み出すシーズと情報技術からの多様なニーズとを垂直統合的に分野融合させ、市場開拓が見込まれる未知の新しい電子・量子情報技術の創出を目指して以下の研究を進めている。(1) FlexPowerFPGA の開発：新型デバイスの応用例として、しきい値電圧をプログラム可能な超低消費電力 FPGA である FlexPowerFPGA および関技術を開発する。(2) IC チップの偽造防止および認証手法の開発：IC チップの偽造防止技術である Physically Unclonable Function (PUF) の特性評価を行なう。(3) 非ノイマン型計算機に関する研究：近年期待の高まる新しいコンピューティング技術について、産総研でチップ開発可能な超伝導量子アニーリングを中心として検討する。(4) 新型デバイス回路応用技術等の研究：エレクトロニクス技術の提供するシーズと情報処理技術からのニーズとを一元的に融合させた、新たな付加価値

を生む情報システム技術について、デバイスの特性を巧みに利用した新しい回路技術に重点を置きつつ、新たな応用技術の模索、関連技術の調査、基本特許の出願、論文発表、新規プロジェクトの提案を行なう。

(5) トポロジカル・原子層材料フォトニクスの研究：近年新機能材料として注目を集めているトポロジカル物質及び原子層材料の光物性に関して理論的に研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目7、テーマ題目8

ミニマルシステムグループ

(Minimal System Group)

研究グループ長：原 史朗

(つくば中央第2)

概要：

低コスト集積回路製造の究極の姿は、ルームサイズのファクトリーである。それぞれの製造装置は1フィート立方程度大きさとなる。この新しい産業システム構築構想を「ミニマルファブ構想」と名付け、2010年1月にファブシステム研究会（設立時：企業16社2大学、本報告執筆時点：119社14大学4特許事務所7公的機関）を立ち上げ、構想実現のための技術開発を進めている。ミニマルファブは、現行300 mm ウェーハと比較しておおよそ面積が1/1,000のハーフインチウェーハ（正確には直径12.5 mm）を用いることで、装置サイズを幅30 cm まで縮小し、これによって設備投資額も1/1,000の5億円程度まで抑える最小単位の半導体デバイス生産システムである。

研究会企業、そして2017年に設立した一般社団法人ミニマルファブ推進機構とともに産総研を中核としてミニマルファブの開発を進めている。本グループのミッションは、その開発全体を統括し開発をリードすること、ミニマルファブの共通コア技術であるウェーハ搬送系の開発を行うこと、ミニマルファブに関する様々な要素の仕様決定を推進すること、開発装置群を用いたデバイスを試作することなどである。本年度は、開発した前工程装置群を用いて、実用 CMOS のプロセス技術開発を行い2入力 NAND ゲートの動作に成功した。また、ミニマル装置の制御系を一新しセキュリティ対策を万全にした新型システムを実用化した。今後は、集積回路へ向けた実用 CMOS 技術の開発と、実用 MEMS 技術開発に注力してゆく。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目9

カスタムデバイスグループ

(Custom Device Group)

研究グループ長：長尾 昌善

(つくば中央第2)

概要：

我々は、社会や市場の多様なニーズに応える新機

能・集積デバイス技術を提供することをめざして、多様で特徴のあるデバイスの基盤技術・プロセス技術を開発することを目標としている。特に多様化が求められるセンサーデバイスやメモリデバイスなどへの応用が可能な、産総研独自の基盤要素技術の開発に注力するとともに、各デバイス開発の共通基盤インフラとなるミニマル装置群と既存ファブのハイブリッドプロセスの開発を進めている。産総研独自の基盤技術開発として、以下の課題を推進している。不揮発メモリへの応用が有望な強誘電体トランジスタのデバイス構造やプロセスの最適化。耐放射線撮像素子や大電力高周波デバイスなど半導体では実現できないデバイス応用が可能な産総研独自の電子源技術の開発。多様なセンサへの展開が期待できる、CMOS-MEMS 融合デバイスの開発。また、絶縁基板上へダイレクトにグラフェンを成膜できる技術を活用して、ガス中や溶液中で動作する新規な MOS 型電子源の開発や、透明導電膜への応用を目指している。以上のデバイス技術開発に加え、デバイス開発を下支えする計測技術として、走査プローブ顕微鏡を用いた不純物分布の計測・評価技術にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目6

超伝導計測信号処理グループ

(Superconducting Sensors and Circuits Group)

研究グループ長：山森 弘毅

(つくば中央第2)

概要：

科学技術・産業技術に関わるあらゆる分野で重要性が認識される計測と、その信頼性を保証する計量標準の発展に資するため、半導体や磁性体等、他の素材では実現不可能な高精度計測・低雑音計測を実現する超伝導デバイス、およびそれを中核とする計測器を開発し、産業発展に不可欠な基盤技術と分析評価技術や、国民の健康や安全・安心な生活に資する技術の拡充を目指した研究を行っている。現在の主流であるノイマン型コンピュータの欠点を補完する計算手法として近年注目を集めている、超伝導デバイスに基づく量子アニーリングの研究開発と、万能型量子コンピュータを実現するために、空間的に離れた複数の超伝導量子ビット間や量子チップ間をマイクロ波光子によって量子的に接続する“量子インターコネクション”の基盤技術開発を行っている。また、超伝導検出器の性能向上に必要な多重読み出し技術の研究開発や、量子電圧標準素子の研究開発を行っている。標記をはじめとした広汎な応用において、日本の超伝導エレクトロニクス研究の土台を支えるため、共同研究機関に頒布できる超伝導デバイス・集積回路を CRAVITY (Clean Room for Analog digital superconductiVITY) で作製するための技術の維持・発展に必要な研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目7、テーマ題目8

超伝導分光エレクトロニクスグループ

(Superconducting Spectronics Group)

研究グループ長：浮辺 雅宏

(つくば中央第2)

概要：

超伝導エレクトロニクスを利用して、従来技術の限界を超える分光、計算性能を実現する。このために、ナノテクノロジー微細加工技術と超伝導理論の双方を活用したアレイセンシングデバイスの開発とそれを活用した先端計測分析機器や、非ノイマン型情報処理のための革新的コンピューティングデバイスの開発を推し進め、計測分析機器のユーザーへの公開や、情報処理能力の飛躍的向上の実現による社会貢献をなすことをミッションとする。具体的には、軟 X 線蛍光収量 X 線吸収分光及び蛍光 X 線分光にて微量軽元素等の分析を可能にする、放射光ビームラインに設置の分析ステーション (SC-XAFS) 及び SEM-EDX システム (SC-SEM) にて、SIP 等の国プロ、企業等からのニーズに対して有効性をアピールする他、センシングデバイスが検出可能な X 線エネルギーの拡大にも努め、国内外の放射光施設等への超伝導軟 X 線検出器の新規導入やラボベースの同検出器システムの商用化を推進する。質量分析では、新原理に基づく粒子検出器の性能向上による分析能力の向上を実現、ファージ等の分析へと展開する。量子計算機では、開発する量子演算チップの基本演算性能を検証し、将来の量子アニーリング機械実現への道筋を作る。運営する超伝導アナログ・デジタルデバイス開発施設 (CRAVITY) では、商用も含めた超伝導デバイスの外部供給を実現する。

研究テーマ：テーマ題目8

エマージングデバイスグループ

(Emerging Device Group)

研究グループ長：秋永 広幸

(つくば中央第5)

概要：

「新しい研究分野あるいは研究概念を創造し、将来のナノエレクトロニクス技術の発展方向を明確な科学的根拠を以て社会に提示すること」、「研究及び開発の成果を社会に実装する駆動力となること」が本研究グループの長期目標である。機能性酸化物を主たる研究対象とし、それらの物質をナノ構造化、あるいは異種材料の界面を原子レベルで精密に接合することによって、合目的的に設計されたデバイス機能の発現と制御を可能としたナノデバイスの開発成功例を積み上げていくことを本グループの活動指針としている。具体的には、不揮発性メモリ、非ノイマン型情報処理用デバイス・回路、センサーを含むインテリジェントエッジ

システム等の研究開発を推進している。また、目標達成に向けて、「新機能・高機能」、「省エネ・省資源」、そして「高生産性・低コスト」の3つの性能指標を相反させないこと、「材料」、「デバイス」、「回路」、「アーキテクチャ」、「システム」の5つのレイヤーにおける研究開発を連携・最適化することをガイドラインとしている。さらに、研究開発成果の社会実装を効率的に推進するため、開発技術のオープンプラットフォーム化と国際標準化を実施している。

システマティックマテリアルズデザイングループ

(Systematic Materials Design Group)

研究グループ長：宮田 典幸

(つくば中央第5)

概要：

情報通信機器に組み込むハードウェアの性能向上や新機能追加等を目的として、従来とは異なる半導体材料や新原理デバイスの研究開発が進められている。その中でも、当グループが主体となって進めているカルコゲン化合物超格子材料は、不揮発性メモリやテラヘルツ検出器など、広い応用が見込める材料である。不揮発メモリとしては、従来のカルコゲン化合物合金を用いた相変化型メモリ比べて格段にエネルギー効率や信頼性の向上が可能であり、将来の大規模データ処理・管理に向けたストレージ技術として期待されている。本年度は、企業が進める実用化研究に参加し、GeTe/Sb₂Te₃系超格子膜の形成および材料設計で貢献した。一方、カルコゲン化合物超格子は、トポロジカル絶縁体とよばれる新しい量子物理現象を発現する材料でもある。当グループでは、超格子膜のトポ絶縁性を応用したマルチフェロイックデバイスや室温テラヘルツ検出器の研究開発を進めている。また、SiGeSn 半導体、原子層カルコゲナイド薄膜や酸化物超格子などの新しい電子材料の研究も行なっており、それらの研究では、走査プローブ顕微鏡やヘリウムイオン顕微鏡などの分析手法、さらに第一原理計算による材料設計を積極的に取り入れている。

研究テーマ：テーマ項目2、テーマ項目4

[テーマ項目1] Impulse TCAD の実用化に向けた研究開発

[研究代表者] 福田 浩一 (エレクトロインフォマティクスグループ)

[研究担当者] 福田 浩一、服部 淳一、浅井 栄大、酒井 滋樹、高橋 光恵、池上 努
 (情報技術研究部門) (常勤職員6名)

[研究内容]

情報技術研究部門と協力し、次世代の半導体デバイスを設計するためのオリジナルなデバイスシミュレータ Impulse TCAD を開発してきた。本テーマは Impulse

TCAD の実用化を目指し、デバイス研究者と協力して必要な機能・物理モデルを搭載し、様々なデバイスの解析を可能にすることを通じて、実用度の向上を図るものである。昨年度は実用化を目指す例として、フィン型 MOS トランジスタ、有機半導体薄膜トランジスタ (TFT) 等の解析に必要な機能・物理モデルを搭載し、これらデバイスの解析例を示すことに成功した。中でも新原理の負性容量トランジスタについては、その解析を世界に先駆けて実現し、IEDM2016で発表した。これにより Impulse TCAD の威力を内外に示すことができた。

今年度はコーディングが難しい非局所バンド間トンネルモデルを Impulse TCAD に組み込み、新たにトンネル FET (TFET) の解析を可能にした。また、界面準位の動的な挙動を解析するための物理モデルを搭載した。これにより界面準位を含む MOS 型デバイスの解析が可能になった。また負性容量トランジスタについては、今年度も世界で初めてトランジェント解析を可能にし、IEDM2017で発表した。これについては海外の研究機関からも問い合わせが来ており、今後研究機関同士の協力関係に発展する可能性がある。以上の解析における物理モデルの組み込みにおいて、Impulse TCAD の特徴である自動微分の機能が十分に効果を発揮し、短期間で新しい物理モデルの追加が可能であることを実証した。

Impulse TCAD については他ユニットが主体のプロジェクトで活用中であり、その中で技術組合が使うための環境や契約を整備した。今後外部機関が使う環境を整備するための準備となった。

TCAD 技術はさらに回路シミュレータ用のデバイスモデル (コンパクトモデル) への展開も重要な側面である。トンネル FET のコンパクトモデルについて、TCAD で得られた短チャネル効果に関する知見をもとに、短チャネル効果を含めたコンパクトモデルに発展させた。強誘電体トランジスタ (FeFET) については、昨年度回路シミュレーションに用いる素子動作モデルを世界で初めて開発し、回路応用上の検討を可能にしたが、今年度はモデルの物理的な理論の向上を検討し、精度向上をおこなった。TCAD の実用上の発展としてコンパクトモデルへの集約も重要な役割となる。

[領域名] エレクトロニクス・製造領域、情報・人間工学

[キーワード] 半導体デバイスシミュレーション、トンネルトランジスタ、強誘電体トランジスタ、負性容量トランジスタ、有機半導体、薄膜トランジスタ、自動微分、界面準位

[テーマ項目2] オプトエレクトロニクスのための SiGeSn 半導体形成技術

[研究代表者] 内田 紀行 (システマティックマテリアルズデザイングループ)

〔研究担当者〕 内田 紀行、前田 辰郎、大内 真一、
入沢 寿史、Chang Wen Hsin、
Pobortchi Vladimir
(常勤職員4名、他2名)

〔研究内容〕

半導体チップ間の光通信のために、Si フォトニクスを用いた光 I/O が開発されている。その核になるゲルマニウム (Ge) のフォトダイオード (PD) は、光通信波長のマルチ化への対応が課題である。本研究では、Ge にシリコン (Si) と錫 (Sn) を混ぜることで、SiGeSn 合金薄膜を作製し、SiGeSn のバンドギャップ変調を用い、波長マルチ化に対応した PD を開発する。さらに、この PD と3次元積層した Ge 系トランジスタによる信号増幅機能等と融合したオプトエレクトロニクスデバイスを開発することを目指す。

SiGeSn 半導体成長のための Sn 析出を抑えた新 chemical vacuum deposition (CVD) プロセス開発において、量子化学計算によって、GeH₄ガスと SnCl₄の反応で SnCl₄の Cl を GeH₃リガンドに置き換えた前駆体の合成を見出した。SnCl₄を、GeH₄ガスと比較して100分の1以下の供給量にすれば、Sn を Ge で包み込んだ前駆体分子の供給が可能になる。この準安定構造である前駆体を固体基板に堆積することで、Sn の拡散・析出を抑えた CVD プロセスが可能になると考える。また、前駆体を使わない、通常の基板表面反応による SiGeSn の CVD 堆積では、SnCl₄の付着確率がカギとなることがわかっている。そこで、SnCl₄の供給レンジを GeH₄の1%から20%まで変化できるように、産総研のスーパークルーシブルーム (SCR) に整備された SiGe-CVD (Epsilon2000 plus) 装置に設置する100%の SnCl₄ガス供給システムの仕様を決定した。既存の GeSn 系薄膜の作製方法は、SnCl₄を水素で希釈する方式を取るため、Sn 供給量が小さく、Sn が2-6%程度取り込まれた GeSn が作製されている。本システムを用いることで、GeSn 直接遷移化を望める~10%を目指すことが可能になる。

CVD 法による製膜プロセスの整備と並行して、分子ビームエピタキシャル (MBE) 法やスパッタ法で作製した SiGeSn 膜を用いて、物性評価とデバイス化に向けた要素技術開発を行った。MBE 製膜した GeSn (Sn=7%) を熱酸化 Si 基板に貼り合わせて作製した GeSnOI 基板を作成し、エッチングで GeSn 層の厚さを5nm-40nmで制御することができた。膜厚が40nmの GeSn 膜からは、バルク Ge とは異なる直接遷移を示唆するフォトルミネッセンスが得られ、オプトエレクトロニクス材料としてのポテンシャルを示すことができた。

また、GeSn は、バックエンドライン (BEOL) に埋め込む薄膜トランジスタ (TFT) のチャネルとしても有用で、センサやオプトエレクトロニクスデバイスの信号を処理する (パワーゲーティング等) 機能を有する

BEOL の回路設計を可能にする。本研究では、スパッタ堆積したアモルファス GeSn を多結晶化し、チャネル材料として評価した。特に、BEOL の TFT は、絶縁層で囲まれていることから自己加熱でデバイス特性が劣化してしまうので、熱の影響を正確に見積もり、TFT の設計に反映させる必要がある。そのために、多結晶 GeSn や Al₂O₃ゲート絶縁膜、NiGe ソースドレイン構造など、TFT を形成する材料やナノ構造の熱輸送特性を評価し、TCAD によるデバイスシミュレーションのパラメータとした。多結晶 GeSn チャネル TFT の動作時熱シミュレーションの結果、埋め込み膜として SiN 系膜を用いることで、GeSn チャネルの自己加熱を劇的に低減することが可能であることが分かった。さらに、TFT 性能を向上するため、遷移金属内包 Si クラスタ膜を用いたコンタクト抵抗低減技術の開発もおこなった。以上の結果は、IEDM や SISC などの国際会議を中心に発表している。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 オプトエレクトロニクス、直接遷移半導体、フォトダイオード、トランジスタ

〔テーマ題目3〕 3端子型記憶素子を活用する非ノイマン型アナログ演算集積回路の開発

〔研究代表者〕 松川 貴 (ナノ CMOS 集積グループ)

〔研究担当者〕 松川 貴、右田 真司、太田 裕之、
更田 裕司、大内 真一、小池 帆平
(常勤職員6名、他2名)

〔研究内容〕

ビックデータ処理、人工知能、機械学習など近年急速に拡大する計算器アプリケーションにおいては、現状のフォンノイマン型アーキテクチャにおけるデータ転送ボトルネックが顕在化し、この問題に対処するための新しい計算ハードウェアの研究が活発化している。この中でアナログ演算については、計算器アーキテクチャ、回路、およびそこで必要となる新機能デバイスに関する開発指針の確立が急務である。そこで、産総研に技術シーズのある強誘電性 Hf 材料をベースとする3端子アナログ記憶素子と、アナログ演算回路技術を研究課題とした。波及効果として、ノイマン型計算機の不得意とするエッジ向け極低消費電力の推論・学習や、イジングモデルに基づく組み合わせ最適化 (因数分解など) を想定した新たな計算機ハードウェアの創出、及びこれに向けた産業界との連携が期待される。本年度は、項目1. 非ノイマン型アナログ演算回路技術の開発として、3端子アナログ記憶素子を CMOS トランジスタでエミュレートするニューロモルフィック演算回路の設計、アニーリングアナログ演算で行う為の要素回路の設計とプロトタイプボード作製を行った。また、項目2. CMOS コンパチブル3端子アナログ記憶素子の開発として、Hf 系強誘電体薄膜材料の最適化と、Hf 系強誘電体トランジスタ

(FeFET)の開発を進めた。

・項目1：非ノイマン型アナログ演算回路技術の開発

ニューロモルフィック演算回路として、組み合わせ最適化問題への適用が可能なボルツマンマシン (BM) 回路の開発を行った。分極状態による FeFET 駆動電流の差異をシナプス重み値として利用することを想定したシナプス・ニューロン回路、およびこれにより構成される BM 回路を設計した。シミュレーション上で、16ニューロン BM で、4×4の数独が解けること、これまで報告されている汎用ニューロモルフィック集積回路と比較して短時間で演算できることの見込みを得ている。回路動作実証に向け、FeFET を通常の MOSFET とメモリ・基準電圧源で代用した集積回路を設計、外注試作まで行っている。

アニーリングアナログ演算回路の開発に関しては、アニーリング演算回路の構成要素であり、イジングモデルのスピンの対応する疑似 Qbit アナログ回路を考案した。疑似 Qbit を複数組み合わせることで1bit の乗算回路の機能を持たせ、1つのボードとして設計、製作を行った。このボードは $n \times m$ 個横方向接続することで、 $n \times m$ ビットの乗算器を構成できる。疑似 Qbit の「エネルギー」を最小にする演算により、因数分解が可能である。2×3bit の乗算器で、 $10=2 \times 5$ の因数分解演算のデモを行うことに成功している。

・項目2：CMOS コンパチブル3端子アナログ記憶素子の開発

強誘電体材料をトランジスタのゲート絶縁膜に導入した FeFET において、強誘電体材料の分極による「記憶」と、分極量に応じたトランジスタしきい値変化によるアナログ値記憶・読み出し機能が期待できる。また近年、薄膜化とシリコン CMOS 親和性の点で有利な Hf 系強誘電材料が注目されている。本研究ではまず、Hf 系強誘電材料 (HfZrO) において、Hf-Zr 比と分極強度、リーク電流の関係を調査し、最適な材料組成の探索を行った。また、Hf 系強誘電体は薄い膜厚での強誘電動作が可能であるが、高い分極電荷密度のため、FeFET の MFIS 構造において絶縁破壊をいかに避けるかが大きな課題である。この問題を本質的に解決するために、トランジスタと強誘電キャパシタ部に面積比を付けた新規な FeFET 構造を考案、試作を行った。ゲート掃引電圧1~2 V の比較的小さな電圧範囲で、掃引幅に応じて、分極量の変化に対応したヒステリシスの発生を確認している。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕非ノイマン計算器、ニューロモルフィック演算回路、アニーリング演算回路、強誘電体トランジスタ、HfZrO

〔テーマ題目4〕原子層カルコゲナイド薄膜の高度成長技術と革新デバイス開発

〔研究代表者〕遠藤 和彦 (新材料デバイス集積グループ)

〔研究担当者〕遠藤 和彦、水林 亘、入沢 寿史、森 貴洋、安藤 淳、齊藤 雄太、ポールフォンス、寒川 誠二 (常勤職員8名)

〔研究内容〕

近年、原子層材料を用いたエレクトロニクスの創生が注目されている。特に原子層カルコゲナイドを利用した、新規チャネルデバイス、光デバイス、縦・横型ヘテロ接合 TFET、バレートロンクス素子等の革新デバイスが期待されているが、実用化には大面積高品質成長技術と加工技術の確立が鍵である。本研究では、原子層堆積法 (ALD) やスパッタリングによる薄膜成長技術、ダメージレス加工技術を開発するとともに、計算による物性予測フィードバックを行い、高移動度、電子スピンや k 空間におけるバレー自由度等を利用した次世代革新デバイスの創生を目指すことを目標とした。ALD 薄膜成長技術としては H_2S とガスソースを用いた成膜装置の整備を行い、数層の厚みで MoS_2 や WS_2 がコンフォーマルに形成されている事が確認された。現在堆積膜を用いてトランジスタ特性を得るための検討を進めている。光特性に関しては、 $MoTe_2$ 単結晶において長寿命のコヒーレントフォノンを観測した。これは原子層カルコゲナイドにおけるフォノンを介した物性制御を示唆するもので、フォノンによる量子情報処理の可能性が期待される。ダメージレス修飾加工技術に関しては、中性粒子ビーム装置を立ち上げ、 MOS_2 への照射効果を検証した。ボトムゲート型の MoS_2 トランジスタに窒素中性ビームを照射したところ、照射前後において特性が大きく変動することが分かり、現在表面修飾と電気特性との相関を調査している。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕原子層カルコゲナイド、薄膜成長

〔テーマ題目5〕ミニマル集積化プロセス・MEMS 共通基盤プロセスの開発

〔研究代表者〕来見田 淳也 (ミニマルシステムグループ)

〔研究担当者〕長尾 昌善、柳 永勲、村上 勝久、辰巳 憲之、来見田 淳也、クンプアン ソマワ、原 史朗 (常勤職員6名、他1名)

〔研究内容〕

研究目的：

ミニマルファブを利用したデバイス作製に不可欠となる、集積化を目指したサブミクロンレベルの微細化技術、多層配線技術、MEMS デバイス作製技術の共通基盤プロセスを開発する。

研究手段と方法論：

トランジスタ作製においては、ミニマルマスクレス露光装置の公称露光分解能が1 μm であるため、それ以上のサイズの試作にとどまっていたが、リソグラフィ後の処理を工夫することで、サブミクロンレベルにまで微細化するプロセス技術を開発する。また、さらなる集積化のための多層配線の基礎となる平坦化プロセス技術、ミニマル化学機械研磨装置を用いて開発する。さらにミニマル深掘り反応性イオンエッチング装置を活用して、MEMS プロセスの基盤となる深掘りエッチング技術を高度化し、メンブレン作製技術を開発する。同時に、なめらかな表面とスムーズな曲線を形成するエッチングの技術開発を進め、光導波路形成を目指す。これらトランジスタ、MEMS メンブレン、光導波路という具体的なトピックで研究開発を進め、その基盤となるプロセス技術をミニマルファブ装置群によって具現化し、目標を達成する。

年度進捗：

ミニマルリソグラフィ装置のデータ分解能よりも微細なパターン形成技術を開発、この技術をベースに0.36 μm の CMOS トランジスタを1122個集積し、回路動作することを実証した。ミニマルファブにおける1000個レベルのトランジスタ動作は初である。また、ミニマル化学機械研磨プロセスを探索し、配線をウェハ絶縁層に埋め込んだ構造で、平坦化を実現した。これは多層配線の基礎となる。さらには、MEMS メンブレン構造をターゲットとし、エッチストップ層と深掘りエッチングとを組み合わせる技術で、サブミクロンの薄さで壊れにくい大面積メンブレン構造を作製することに成功した。この技術は超小型人工衛星用の宇宙推進デバイスへの応用につながり、予想外の成果を得ている。また、ミニマルファブとしては新規材料となるグラフェンを、1層から30層程度の層数のメンブレン構造にする技術を開発した。これは電子線透過用真空隔壁等への応用が期待されている。光導波路応用については、ミニマル露光機の特徴である多重露光技術を駆使し、0.5 μm 幅のシリコン光導波路作製が進行中である。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 ミニマルファブ、トランジスタ、MEMS、メンブレン構造、シリコン光導波路

〔テーマ題目6〕 低電圧駆動平面型平面型深紫外発光素子に関する連携（融合）研究

〔研究担当者〕 村上 勝久、高島 浩、長尾 昌善（常勤職員3名）

〔研究内容〕

波長300 nm 帯の深紫外発光素子は、殺菌・浄水、医療分野、高密度光記録、高演色照明、公害物質の高速分解処理など安心・安全社会構築のための基盤技術として非常に幅広い分野での応用が期待されている。従来これ

らの応用は、主に水銀ランプを用いて行われてきたが、水銀ランプは波長が可変でなくまた寿命も短い等の問題があり、水銀自体が環境に悪いため国連の水銀条約（水俣条約）により2013年からその使用が規制され、2020年にはその完全使用禁止の方向で動いている。深紫外光源の市場は世界でおよそ1000億円と言われており、現在水銀ランプのシェアはその9割以上を占める。そのため代替光源の開発が緊急不可欠となっている。深紫外 LED の開発は盛んであるが、発光層への電子注入効率が悪いため効率が低く、点発光素子であるため、大面積領域への深紫外照射には素子をアレイ化し拡散しなければならず、平面型の深紫外発光素子が望まれている。本研究では、ナノエレクトロニクス研究部門で開発している、グラフェンを用いた高効率平面型電子放出デバイスと電子光技術研究部門で開発している、深紫外発光無機材料をフリップチップ接合することにより、低電圧で駆動する平面型深紫外発光素子を開発することを目的としている。目的達成のために本年度は、主に平面型電子放出デバイスの電子放出効率向上とデバイスの大面積化について研究を推進した。

深紫外光の高出力発光には発光材料へ注入可能なホットエレクトロンの絶対量を増加する必要がある。そのためこれまで1 %程度であった平面型電子放出デバイスの電子放出効率の高効率化を推進した。上部グラフェン電極の真空加熱クリーニングおよびグラフェン合成温度の800度への低温化により、電子放出効率最大48 %を達成した。平面型電子放出デバイスの真空クリーニングの効果について原著欧文論文1報を学術誌に掲載した。

発光材料と平面型電子放出デバイスのフリップチップ接合を実現するためには、発光層の成膜装置の制約から電子放出領域を10 mm 角まで大面積化する必要がある。ところが、これまで電子放出エリア50 μm 以上の電子放出デバイスでは、グラフェン成膜時に酸化膜に欠陥が発生し動作不良を起こしていた。電子放出デバイスの大面積化のために、酸化膜に欠陥を作らないグラフェン合成手法を探索し、酸化膜の絶縁耐圧向上を図った。これまで1050度であったグラフェン合成温度を、800度まで低温化することに成功した。これにより200 μm 角のデバイスまで動作を可能とした。また、誘導結合型プラズマ源の導入により合成温度を350度まで低温化することに成功し、500 μm 角のデバイスまで安定動作可能となった。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 グラフェン、深紫外発光

〔テーマ題目7〕 量子インターコネクションのための基盤研究

〔研究代表者〕 猪股 邦宏（超電導計測信号処理グループ）

〔研究担当者〕 猪股 邦宏、山田 隆宏、山森 弘毅、

藤井 剛、川畑 史郎、浮辺 雅宏、
前澤 正明、今福 健太郎
(常勤職員8名)

[研究内容]

◆研究目的

現在、世界中で量子コンピュータの実用化に向けた研究開発がすすめられている。しかし、大規模量子コンピュータを実現するためには、量子 CPU、量子メモリ、量子通信モジュールなどの小規模量子チップ間での量子情報転送技術“量子インターコネクション”が必須となる。そこで、本提案では、量子インターコネクションの基盤技術を開拓し、光量子ビットと固体量子ビット間のコヒーレント量子情報変換を世界で初めて実証することを目的とする。

◆研究開発の概要と目標

量子インターコネクションの基盤技術となる異種量子ビット間（光子量子ビットと固体量子ビット）の量子状態コヒーレント変換を世界で初めて実証することを最終目標とする。そのためには、固体量子ビットの長寿命化と無損失マイクロ波サーキュレータの開発が必要となる。

1. 超伝導量子ビットの長寿命化：量子情報変換を行うために、産総研オリジナルのプロセス技術を用いて固体量子ビット（超伝導磁束量子ビット）のコヒーレンス時間を8 ns以上で長寿命化する。
2. 無損失マイクロ波サーキュレータの開発：80%以上の高効率量子情報変換を実現するために、超伝導マイクロ波回路技術を駆逐することで、無損失マイクロ波サーキュレータを開発する。
3. 量子情報変換の実証：超伝導量子ビット・マイクロ波単一光子間の量子情報転写を実証する。

◆年度進捗

超伝導量子ビットのコヒーレンス時間 T_1 (= 寿命) を改善するためには、 T_1 を制限するデコヒーレンス源の制御が重要である。このデコヒーレンス源は、量子ビットと結合するマイクロ波共振器と基板界面、もしくは量子ビットと基板界面に存在する欠陥準位であることがこれまでの研究で明らかとなっている。このような欠陥準位は、サンプル作製プロセス中において形成される。従って、プロセス中において如何に欠陥準位の形成を抑制するかが量子ビットの長寿命化のポイントとなる。今年度は、研究開発目標1に対する取り組みとして、磁束量子ビットの T_1 改善に取り組んだ。具体的には、マイクロ波共振器作製用の Nb 膜成膜前に、Si 基板表面に形成されている自然酸化膜を HF で除去し、Si 基板表面ダングリングボンドの水素終端を行った。さらに、マイクロ波共振器-量子ビット間の結合構造デザインを最適化し、電束密度の集中を避ける設計とした。基板表面の欠陥準位は、電界を介して共振器や量子ビットと結合するため、上記のように設計を工夫することによって、デコヒーレンスを抑制できると考えた。

作製したデバイスを希釈冷凍機システムにて10 mKまで冷却し、 T_1 の評価を行った。測定中の T_1 の揺らぎなども考慮し、測定は量子ビットのエネルギー $\hbar\omega/2 = 4.090$ GHz において100回繰り返して行った。100回の測定で得られた結果を解析したところ、磁束型量子ビットの T_1 が目標値である8 nsを超え、最大13.1 nsとなった。測定毎の T_1 のばらつきは、報告されている他の量子ビットのそれと比較して十分に小さく、このことは、 T_1 測定中において量子ビットのエネルギー揺らぎが小さいことを示唆している。

今年度は研究開発目標1に取り組み、磁束型量子ビットの大幅な T_1 改善に成功した。今後は、今年度採択されたさきがけにおいて、量子インターコネクション実現に向けた研究を展開していく。

[テーマ題目8] 超伝導デバイスの欠陥制御技術に関する研究

[研究代表者] 浮辺 雅宏（超電導分光エレクトロニクスグループ）

[研究担当者] 浮辺 雅宏、志岐 成友、全 伸幸、藤井 剛、川畑 史郎、山森 弘毅、平山 文紀、山田 隆宏、猪股 邦宏、神代 暁、伊坂 美千代、岩田 比呂志、添谷 進、野尻 真士、原島 栄喜
(常勤職員10名、他5名)

[研究内容]

研究目的：

超伝導トンネル接合を用いた革新的デバイス（量子計算機用量子ビット、先端計測機器用検出素子（STJ, SQUID 等）の極限能力発揮に必須な、トンネル層及び超伝導体中に内在する欠陥（不対電子）の劇的削減のため、高品質トンネル膜作製技術、欠陥評価用の低温下での電子スピン共鳴（ESR）&低周波雑音測定技術を開発、更にそれらをベースとした高性能超伝導トンネル接合素子作製工程の構築を試みる。

研究手段：

トンネル接合中の欠陥評価・制御技術のため3つの課題を遂行する。

1. 低欠陥密度なトンネル障壁（AlOx）の成膜技術開発：

真空中基板加熱による清浄化、酸化剤の変更等を組み合わせ高品質 Al 成膜技術を開発のため、サファイヤ基板の加熱温度、酸化剤（O₃または O₂）、成膜条件が、欠陥密度に与える影響を調査し、低欠陥 AlOx 層作製の為の指針を得る。
2. 欠陥評価技術の開発：

第1原理計算による状態密度シミュレーションと、極低温下 ESR 測定及び SQUID を用いた高精度1/f 雑音測定による膜中の欠陥種及び量の同定を可能とする評価技術を開発のため、両測定手法の確立と、その評

価を通じて AlOx 層作製条件最適化に向けた指針を得る。

3. 集積化対応高性能トンネル接合デバイス作製技術開発：

低ダメージエッチング等を活用した高性能トンネル接合作製技術を開発のため、AlOx 膜に対するエッチングの条件出しを行う。

年度進捗：

1. 低欠陥密度なトンネル障壁 (AlOx) の成膜技術の開発：

急速加熱処理 (RTA) によるサファイヤ基板の表面再構成 (改質) を試み、加熱温度900度 (昇温速度40度/秒、加熱時間1時間) での処理による、サファイヤ表面への原子ステップ形成を確認した。更に、同改質サファイヤ上の欠陥 (不対電子) 量評価のため、ESR 測定用の Nb 共振器を形成した。また、O₃による AlOx 層作製を試み、同じ臨界電流密度 (J_c:~1kA/cm²) で O₂に比べ、漏れ電流値が半分以下、Q 値 (R_d/R_n) が約2倍 (~10⁶) に改善された事を確認した。

2. 欠陥評価技術の開発：

極低温下の ESR 測定システム構築を進め、磁場強度の変調用超伝導コイル及び磁気回路部材を購入、現在、希釈冷凍機内に ESR 用システム構築中。また、ESR 測定用チップも作製した。更に1/f 磁束雑音測定用 SQUID チップを設計した。

3. 集積化対応高性能トンネル接合デバイス作製技術開発：

スパッタチャンバーのターボ分子ポンプ大型化による真空環境改善を実現した。ウェットエッチングを用いて Al トンネル接合 X 線検出素子を作製、従来手法に遜色ない漏れ電流値を得た。

[領 域 名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] ジョセフソン接合、光子検出器、超伝導量子干渉計 (SQUID)、電子スピン共鳴、量子コンピュータ、超伝導エレクトロニクス、人工知能、組合せ最適化問題

[テーマ題目9] ミニマルファブ製造チップを用いたフレキシブルエレ技術開発に関する連携 (融合) 研究

[研究代表者] クンプアン ソマワシ (ミニマルシステムグループ)

[研究担当者] クンプアン ソマワシ (ナノエレ RI)、小笠原 泰弘 (ナノエレ RI)、植村 聖 (フレキ RC)、吉田 学 (フレキ RC)、小林 健 (集積マイクロ RC)、竹下 俊弘 (集積マイクロ RC) (常勤職員6名)

[研究内容]

研究目的：

ミニマルファブの製造チップをフレキシブル基板に実装するための要素技術を検討する。

研究手段と方法論：

ナノエレクトロニクス研究部門が保有するミニマルファブ技術を用いると、多品種少量デバイスが作製できる。既に一部のデバイスの作製に成功しているが、今後は、様々なチップを組み合わせたシステム、すなわち IoT デバイスを作製して行く必要がある。集積マイクロシステム研究センターの保有する技術を用いると、センサ製造、配線印刷、センサチップをフィルムに転写し、IC チップ薄化ができる。さらに、フレキシブルエレクトロニクス研究センターの保有する技術を用いると、配線印刷、フィルム上のデバイス印刷ができる。以上の3セクションの3つの長所と技術を融合して、ハイブリッドエレクトロニクスによる IoT デバイスの高度化と普及を牽引していく。

年度進捗：

ミニマルファブの製造チップをフレキシブル基板に実装するための要素技術を検討した。要素技術として求められるのは、(1) フレキ基板上にチップを貼り付ける技術、(2) チップ上の配線とフレキ基板配線を接続する技術、(3) どうしても曲げで変形してはいけないチップ (歪みゼロが求められるチップ) をフレキ基板に実装する技術、(4) (1) ~ (3) に適した電極端子を持ったチップの製造技術である。フレキセンターは (1) と (2)、集積マイクロセンターは (1) と (3)、ナノエレ部門ミニマルファブは (4) を担当した。試作に当たっては、予めチップサイズ、電極端子サイズ、割れない厚み等を決定し、その電極構造を持つチップをミニマルファブを用いて形成した (4)。また、フレキシブルシートからシリコン基板上へと立ち上がる配線技術 (2) を開発した。立ち上がり配線技術 (2) とそのための電極構造を有するチップ形成技術 (4) を組み合わせ、実際にフレキ基板にそのチップを貼り付ける (1) ことに成功した。また、集積マイクロセンターでは、基板の曲がりやをチップに伝えることを阻止するゼロ歪み構造 (3) を開発した。このことで、ミニマルファブを用いてフレキシブル基板上にチップ形成を行うことができることが原理的に示された。ナノエレ (ミニマルファブ)・フレキ・集積マイクロ、3ユニットでの総合力を結集し、次のデバイスプラットフォームである新しいフレキシブルデバイス技術の基礎的な技術体系創出と3者連携の方法、それに今後への大きな展開の見通しを見いだすことに成功した。最初の試作の取組みに成功した段階であり、今後はフレキシブルデバイス・プラットフォームを本格的に連携創出すべきである。

[領 域 名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] ミニマルファブ、フレキシブルハイブリッドエレクトロニクス

〔テーマ題目10〕 常温接合技術を用いた高効率 STJ 検出器作製に関する連携（融合）研究

〔研究代表者〕 藤井 剛（超電導分光エレクトロニクスグループ）

〔研究担当者〕 藤井 剛、浮辺 雅宏、野尻 真土、高木 秀樹、倉島 優一、松前 貴司（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

我々の Nb-STJ（超伝導トンネル接合） X 線検出器を搭載した SEM は、既存 SEM では測定困難な化合物半導体（SiC、GaN など）や構造材料（CFRP、Ti 合金など）中の微量軽元素分析に成功している。しかし、より低濃度元素分析や化学状態分析のためには、STJ の構成材料を Nb からより超伝導転移温度が低く、超伝導ギャップの小さい Al に変更し、エネルギー分解能を大幅に向上させることが必須である。Nb から Al への変更で、エネルギー分解能は2倍以上向上する。しかし、Al は Nb より原子番号が小さく、X 線の吸収率が低いいため、Al-STJ は Nb-STJ に比べ検出効率が劣る。そのため、Al-STJ 上に原子番号の大きい重金属の超伝導体から成る吸収体を作製、検出効率を高める必要がある。しかしながら、Al-STJ 上に吸収体を直接成膜する場合、熱の問題から高品質な吸収体を作製することが困難であった。

本研究では、熱を加えない常温活性化接合技術を用いることで、Al-STJ 上に高品質な Sn 吸収体を作製する。10 μm 程度の Sn 吸収体をつけることで、5keV までのエネルギー範囲で99 %以上の X 線吸収率を実現できる。常温活性化接合は、各膜の接合面を真空中で表面処理することにより、表面の原子を化学結合形成しやすい活性な状態とすることで、室温での接合が出来る。この技術では、熱がかからないため接合時の Al-STJ へのダメージは少ないと考えられる。

今年度は、このような Sn 吸収体を付けた Al-STJ の作製に必要な要素技術開発を行った。常温活性化接合のためには、平均二乗粗さ1 nm 以下の非常に平坦な膜を作製する必要がある。そのため、活性化接合を行う Al 膜及び Sn 膜の平坦性評価および平坦性の向上を行った。スパッタで作製した Al 膜は、10 nm 程度の平均二乗粗さであったが、成膜条件（スパッタ圧力、パワー）の最適化を行うことで、3 nm 程度まで低減することに成功した。一方で、電解メッキにより作製した10 μm 厚の Sn 膜は、3 μm 程度の平均二乗粗さであったが、CMP によって2.3 nm まで低減することに成功した。次に、平坦性を改善した Al 膜および Sn 膜を用いて、Al-Sn 常温活性化接合を実施した。接合した膜は、時間経過により、剥がれが進行した。今後、各種分析を行い、剥がれの原因究明を行っていく。

Al 膜厚150 nm、臨界電流密度200 A/cm²、STJ サイズ100 μm 角の Al-STJ の作製を行った。作製した Al-

STJ は、0.3 K での20 nA の低リーク電流を実現した。リーク電流の温度依存性から、更に動作温度を低温にすることでリーク電流の低減が可能であることがわかった。今後、100 mK 程度での電流電圧特性評価や X 線に対する応答特性評価を実施する予定である。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 超伝導、X 線検出器、常温活性化接合

〔テーマ題目11〕 シリコンナノ構造体を用いた熱電変換材料に関する連携（融合）研究

〔研究代表者〕 遠藤 和彦（新材料デバイス集積グループ）

〔研究担当者〕 遠藤 和彦、服部 淳一、山本 淳、村田 正行（常勤職員4名）

〔研究内容〕

近年 IOT エッジデバイスのための様々な環境発電が検討されており、その一つに熱を起電力に変換する熱電変換素子が注目を集めている。しかしながら、熱電材料は Bi、Sb、Te、Pb、Se などが主成分であり、環境問題、資源問題の懸念から開発が停滞している。一方、シリコンナノ構造体のフォノンエンジニアリングを用いることにより、シリコンで新規の熱電変換材料を実現できる可能性がある。更にナノ構造の熱解析は、集積デバイスの放熱の観点からも重要な課題である。本提案では、将来の環境発電や、TCAD によるデバイス熱設計への応用を目指して、シリコンナノ構造体の熱特性の解析を行い、将来の設計指針を得るために以下の検討を行った。

(1) キャリアの散乱を抑制しつつ、フォノン散乱のみを増大させてゼーベック係数を増加させるために、半導体の微細加工技術を用いて、シリコンナノ構造体を作製した。(2) シリコンナノ構造の熱輸送能力と構造の関係を明らかにするために、音響フォノンに関する弾性波近似法を用いてフォノンバンドを計算し、熱輸送特性を予測した。(3) これまでの垂直方向のみの熱伝導測定ができる2 ω 法を拡張し、金属細線を周期加熱し3倍高調波を検出することで面内・面直方向の3D 熱伝導率を測定可能な拡張3 ω 法の検討を開始した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造領域、エネルギー・環境領域

〔キーワード〕 熱電変換、フォノンエンジニアリング、シリコンナノ構造

③【電子光技術研究部門】

(Electronics and Photonics Research Institute)

(存続期間：2011.4～)

研究部門長：森 雅彦

副研究部門長：並木 周

副研究部門長：阿澄 玲子

副研究部門長：澤 彰仁

首席研究員：柏谷 聡
 首席研究員：永崎 洋
 総括研究主幹：榊原 陽一
 総括研究主幹：河島 整
 研究主幹：鍛塚 治彦

所在地：つくば中央第2、
 つくば中央第5、つくば西
 人員：81名（81名）
 経費：1,730,039千円（623,501千円）

概要：

(1) 当部門のミッション

安全・安心で持続可能な社会の実現に向けて、電子と光の特性を最大限に活かした情報処理・通信技術の高度化および超低消費電力化に加えて、新たな電子と光の可能性を追求していく。具体的には、光ネットワーク、光インターコネクションなどの電子と光が融合する領域の新技术や、量子情報処理や強相関電子系、超伝導、化合物半導体、有機材料など、新しい電子・光技術の応用の拡がりを目指した理論や材料、デバイスの研究開発を進め、情報通信システムの高性能化や超低消費電力化を実現する。またプラズマやレーザー基盤研究に基づく加工プロセスによる新しい製造技術の開発を進める。さらに、光・電子による新しい計測技術や生体情報センシングを実現するシステムまで、幅広い課題解決手段によるイノベーションを推進する。

(2) 世界規模の社会システムの急激な変化がもたらしつつある環境・エネルギー問題を初めとして、超高齢化社会の課題、社会基盤インフラ老朽化の問題、大規模災害対策の問題等を解決して、安全安心で持続的な人類の発展に貢献するために、電子と光という従来は個別に発展してきた技術を統合的に捉え、様々な社会課題に対する解決の方向性を探る。電子・光技術の新しい応用の拡がりを目指すとともに電子と光が融合する領域の新技术について研究開発を推進するために、当部門が有するコア技術を軸に、以下の三つの重点研究課題を設定する。

光情報技術

高度な光伝送技術、光・量子エレクトロニクス、シリコンフォトニクス技術などを駆使して、光・電子融合領域における革新的情報通信技術の研究開発を推進する。また、その成果を生かした光デバイスに関するエコシステムの創成もめざす。

a-1) 次世代光伝送および光ネットワーク技術を、デジタルコヒーレント、非線形信号処理、量子光学技

術、資源管理などを用いて開発する。具体的には、光パラメトリック過程を用いた波長変換や非線形補償技術などを開発する。また、シリコンフォトニクス光スイッチなどを用いて、次世代コンピューティングを実現する光ネットワーク技術の検討を行う。

a-2) 次世代シリコンフォトニクスデバイスを実現するために重要な3次元構造を可能とする基盤技術を開発する。具体的には、シリコンフォトニクス光導波路を湾曲させ、面垂直方向に光入出力部を形成する技術などを開発する。また、光インターコネクション応用に向けたポリマーフォトニクス技術などを開発する。

a-3) ダイナミック光パスネットワークを構成する小型低電力光スイッチを、シリコンフォトニクス技術を活用して開発する。シリコンフォトニクス光スイッチチップと、これを実装するパッケージング技術の開発を行う。

a-4) 高集積光トランシーバなどに幅広く適用可能な汎用シリコンフォトニクス技術を開発する。具体的には、光変調器をはじめとする要素デバイスの設計、製造技術の開発を行う。また汎用シリコンフォトニクスファブの実現にむけて、上記開発技術のプロセスデザインキット（PDK）化を進める。

光応用技術

光を用いた微量物質検出技術を核とした生活安全に向けたウイルスや細菌、環境物質などに対する実用的な光センサシステムの開発を行うとともに、分光技術を核とした生体機能イメージング技術を確立する。また次世代プロセスや極限計測技術への応用を目指して、超短パルスレーザー研究、短パルス光プロセス、プラズマプロセスの医療応用を含めた加工応用研究を推進する。

b-1) 先進プラズマ技術の高度制御による革新的な省エネルギー・低環境負荷エレクトロニクスデバイスの開発と成果の社会還元、及び、安心・安全な超高齢化社会実現への貢献を目指す。

b-2) 高出力かつコンパクトな光源開発と加工プロセス等への応用の超高速フォトニクス研究を重点的に進めるとともに、新たなプロセスや高度計測の開拓を目指した光ファンクションジェネレータの研究開発を行う。特にレーザー加工プロセスについては、内外との連携研究により、医療用材料、難加工材料等の次世代高速高品位加工プロセス開発を進める。

b-3) 独自に開発した光を用いたセンシング技術や計測技術をコアとして、健康な暮らしを誰もが享受できる社会、安全安心な住環境、より高い国際競争力を持つ工業・農業生産技術の実現に資するセンシングシステムを開発する。具体的には、ウイルスや細菌、汚染物質などに対するセンサシステム、生体内

物質の低侵襲・無侵襲センシング技術、インフラの安全を見守る分光技術、工業・農業生産プロセスを管理するセンサシステムの開発を進めている。

- b-4) 各種材料（有機・無機・微粒子など）の精密な構造制御や集積化による機能発現を利用した高性能光／電子デバイスの開発、および関連する基盤技術の開発を行う。具体的には、有機材料の設計・合成、マイクロ・ナノパターン形成技術、デバイス作製技術、計測評価技術の開発を行う。

新原理エレクトロニクス

高温超伝導体、強相関酸化物などの機能性酸化物や、化合物半導体、有機半導体を中心に、省エネルギーに貢献する機能性材料の探索を行うとともに、従来技術の延長では達成できない極限的な省エネルギーデバイスの研究開発を推進する。

- c-1) 分子線エピタキシー、有機金属気相エピタキシーなどの高度な結晶成長技術、ナノレベルの微細構造設計・作製技術を駆使して、IoT 時代における低環境負荷社会に貢献しうる化合物半導体・有機半導体先端光デバイスを開発する。
- c-2) 情報通信・エレクトロニクス技術の革新にむけ、卓越した機能を有する超伝導材料の開発、理論・実験両面からのアプローチによる高温超伝導発現機構解明、および産業利用に向けた超伝導技術の応用の提案とその実現に向けた技術開発を推進する。
- c-3) 低環境負荷酸化物デバイス技術の基盤確立をめざして、既存の電子材料にない新機能を示す酸化物半導体、鉛フリー圧電体、酸化物発光材料などの酸化物材料を探索し、デバイス化へむけた可能性を検証する。加えて、これら酸化物材料の機能発現機構の解明、機能制御手法の技術開発を推進する。
- c-4) 情報通信技術のイノベーション創出を目的に、強相関電子材料の特長である電氣的、磁氣的、光学的な特性が劇的に変化する電子相転移を、電場、磁場、光などの外場で制御する技術、ダイヤモンド NV センターを利用した量子センシング技術などを開発し、それらの技術を利用した革新的な先端デバイスの研究開発を推進する。

内部資金：

- 「近赤外波長域を利用した医療用画像システムの国際標準化研究」
「超情報接続フォトニクス」
「次世代メデイカルデバイス技術創製」

外部資金：

- 経済産業省
平成29年度革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業（革新的省エネルギー技術開発）

「第3世代パワー半導体 β -Ga2O3 の高品質化・高性能化技術」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「次世代人工知能・ロボット中核技術開発／（革新的ロボット要素技術分野）自律型ヒューマノイドロボット／広角・多波長レーザーレーダーによる超高感度コグニティブ視覚システム」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「エネルギー・環境新技術先導プログラム／データセンタ向け低消費電力・超多ポート高速光スイッチシステムの研究開発」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「高温超電導実用化促進技術開発／高磁場マグネットシステム開発／高温超電導高磁場コイル用線材の実用化技術開発」

公益財団法人さいたま市産業創造財団
平成29年度戦略的基盤技術高度化支援事業（機関補助金）

「表面プラズモン共鳴励起蛍光測定による微細流路型バクテリア検出装置の開発」

文部科学省

国立研究開発法人科学技術振興機構
戦略的創造研究推進事業（CREST）
「待機電力ゼロ型フォトニックルータに向けた集積チップ実装モジュールと制御システムの開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構
戦略的創造研究推進事業（CREST）
「トポロジカル量子計算に向けたデバイス技術の開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構
戦略的創造研究推進事業（CREST）
「シリコン低遅延光ゲート集積化技術の研究」

国立研究開発法人科学技術振興機構
戦略的創造研究推進事業（ACCEL）
「光レーダー用シリコンフォトニクス基板開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構
研究成果展開事業（戦略的イノベーション創出推進プログラム）（Sイノベ）

「テラバイト時代に向けたポリマーによる三次元ベクトル波メモリ技術の実用化研究」

国立研究開発法人科学技術振興機構

研究成果展開事業（先端計測分析技術・機器開発プログラム） 「量子センシング方式を用いたポータブル NMR 装置の開発」	「ナノカーボン材料を用いたフレキシブルペロブスカイト太陽電池の開発」
国立研究開発法人科学技術振興機構 国際科学技術共同研究推進事業（戦略的国際共同研究プログラム）（SICORP） 「ポルフィリン集合体の作製と構造評価」	特別研究員奨励費 「モット絶縁体の単結晶薄膜を制御してモット FET のプロトタイプを作る」
新学術領域研究（研究領域提案型） 「新規複合アニオン化合物の創製：物質合成と設計指針の確立」	科学研究費補助金 基盤研究（C） 「価数スキップ揺らぎによる新超伝導体の理論設計」
科学研究費補助金 基盤研究（A） 「軌道純化に基づく高温超伝導体の圧力・非平衡制御と転移温度増強の理論・実験的研究」	科学研究費補助金 基盤研究（C） 「通信波長帯動作するサブバンド間遷移フォトダイオードの開発」
科学研究費補助金 基盤研究（A） 「強相関電子系の電界効果とモット FET のプロトタイプ開発」	科学研究費補助金 基盤研究（C） 「光通信波長帯スピン制御光デバイスの研究」
科学研究費補助金 基盤研究（B） 「消化器系悪性腫瘍検出のための高感度自家蛍光イメージング技術の開発」	科学研究費補助金 基盤研究（C） 「金属 - 絶縁体転移を利用した光スイッチ機能の創出」
科学研究費補助金 基盤研究（B） 「固体内部におけるレーザーアブレーションモデルの創成」	科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 「液相剥離法の高度化による原子層薄膜の作製とデバイス化」
科学研究費補助金 基盤研究（B） 「超100K 級銅酸化物高温超伝導体の単結晶育成技術の開発とデバイス応用の検討」	科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 「フェムト秒レーザーによる医療用セラミックスの表面微細構造形成技術の開発」
科学研究費補助金 基盤研究（B） 「光誘起結晶移動現象の機構解明と高度制御」	科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 「固体表面を光で自在に物質運搬する材料の創製」
科学研究費補助金 基盤研究（B） 「銅酸化物における Tc 向上のための超伝導圧力相図の決定とその理論的解明」	科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 「“Interconnected” カーボンナノチューブ合成と応力センサ材料の開発」
科学研究費補助金 基盤研究（B） 「立体湾曲シリコン導波路を用いた革新的空間光学の開拓」	科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 「量子限界に挑む新原理の超伝導単一光子検出器の実証」
国際共同研究加速基金（国際活動支援班） 「複合アニオン化合物の創製と新機能に関する研究の国際活動支援」	科学研究費補助金 若手研究（B） 「鉄系超伝導体の臨界電流特性向上指針の確立と実証」
研究活動スタート支援	科学研究費補助金 若手研究（B） Research on monolithically integrated autocorrelator using PIN-type silicon waveguide
	科学研究費補助金 若手研究（B） 「局所的ナノ構造配列を用いた液晶装荷シリコンフォトリクス技術の開拓」
	科学研究費補助金 基盤研究（B）

「サイクロイド様サブ波長断面構造での高効率局在プラズモン発生と超高感度センサー応用」

科学研究費補助金 基盤研究 (A)

「実環境中ウイルス検出用外力支援近接場照明バイオセンサシステム」

科学研究費補助金 基盤研究 (B)

「スライドボート法による有機半導体ダブルヘテロ積層構造と微小共振器レーザーの開発」

科学研究費補助金 基盤研究 (B)

「異方場に配されたアトリットル空間への電場集中と2波長高感度モバイルセンサへの応用」

新学術領域研究 (研究領域提案型)

「分子協調作用に基づく光応答固液相転移システムの構築」

科学研究費補助金 基盤研究 (C)

「最適化量子モンテカルロ法に基づく高温超伝導機構の研究」

科学研究費補助金 基盤研究 (C)

「分子リソグラフィーに向けた分子集積技術の開発」

科学研究費補助金 基盤研究 (C)

「構造制御した固体光アップコンバージョン材料の三重項励起子拡散異方性の解明」

科学研究費補助金 基盤研究 (C)

「Ga_N系共鳴トンネルダイオードでのサブバンド間遷移を用いた高速不揮発メモリの開発」

科学研究費補助金 若手研究 (B)

「ダイヤモンド表面近傍の NV 中心と外部核スピン集団との量子コヒーレント結合」

科学研究費補助金 若手研究 (B)

「オンチップ型フーリエ変換赤外分光 (FT-IR) システムの実証」

新学術領域研究 (研究領域提案型)

「原子層の電子物性、量子輸送および光物性の理論」

新学術領域研究 (研究領域提案型)

「対称性に基づいた新奇なトポロジカル相の探求」

新学術領域研究 (研究領域提案型)

「複合アニオン化合物の創製と新機能に関する研究の総括」

科学研究費補助金 基盤研究 (S)

「ダイヤモンド量子センシング」

科学研究費補助金 基盤研究 (A)

「ナノチューブファイバレーザを用いた超広帯域デュアルコム光源の開発」

科学研究費補助金 基盤研究 (A)

「ナノチューブファイバレーザを用いた超広帯域デュアルコム光源の開発」

科学研究費補助金 基盤研究 (A)

「アルケノン生産性藻類の物質生産性向上のための基盤技術の研究」

科学研究費補助金 基盤研究 (B)

「奇周波数電子対の物理 理論と実証」

科学研究費補助金 基盤研究 (B)

「ダイヤモンド量子制御による高感度核磁気共鳴イメージング」

科学研究費補助金 基盤研究 (B)

「超広帯域 I/O を想定したアーキテクチャの検討」

科学研究費補助金 基盤研究 (B)

「Approximate Computing ネットワークの研究」

科学研究費補助金 基盤研究 (B)

「圧力波フォーカシングを利用した高純度シリコンクラスタービーム生成技術の高度化」

科学研究費補助金 基盤研究 (C)

「ナノサイズ光学窓の形成による超解像効果発現の最適条件の理論的探索」

科学研究費補助金 基盤研究 (C)

「近接・低歪み多重積層構造を適用した量子ドットレーザの高効率化に関する研究」

科学研究費補助金 基盤研究 (C)

「多バンド超伝導体において生成するトポロジカルソリトンの観測」

地域産学官連携科学技術振興事業費補助金

イノベーションシステム整備事業

「先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム

「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」

科学技術人材育成費補助金

「卓越研究員事業」

独立行政法人日本学術振興会
平成29年度二国間交流事業共同研究
「Ba-122系高温超伝導体の異常なピニング特性の解明と臨界電流の向上」

静岡県
岡山先端企業育成プロジェクト推進事業
「超高性能多層膜光学フィルタの開発」
「先進パワーエレクトロニクスと時分割変調を活用したマイクロ波応用フロー化学装置の開発」

地方自治体
平成29年 沖縄科学技術イノベーションシステム構築事業
「高分解能低侵襲医療画像診断用レーザ光源開発を旨とした新素材カーボンナノチューブを用いた可飽和吸収体—光デバイスの開発」

国立大学法人筑波大学
平成29年度医療研究開発推進事業費補助金（橋渡し研究戦略的推進プログラム）
「オープンイノベーションの推進により世界のつくばから医療の未来を加速開拓する事業」
シーズ A
「高い信頼性と骨固着力を有するジルコニア人工関節実現のための新しい表面修飾技術」

発 表：誌上発表242件、口頭発表413件、その他71件

光ネットワーク技術グループ (Optical Network Technologies Group)

研究グループ長：井上 崇

(つくば中央第2)

概 要：

- ・目的：将来の高機能かつ持続発展可能な光ネットワーク像を模索し、これを実現する研究を行う。具体的には、光ネットワークで大容量の情報を低遅延・低エネルギーで通信するための「ダイナミック光パスネットワーク」の研究開発を行う。また高度な光信号伝送を行うにあたって必要となる各種信号処理技術の研究開発を行う。
- ・意義、当該分野での位置づけ：従来技術では、情報伝送機器の消費エネルギーが情報量に比例して増大していくため、このまま情報量が指数関数的に増大していけば、ネットワークが原因となって深刻なエネルギー問題を引き起こすことになる。当グループの研究活動はこの問題に取り組むものであり、将来の高度情報化社会を実現するうえで、必須の検討課題と位置付けられる。
- ・国際的な研究レベル：光ネットワーク、光信号処理、

光伝送のそれぞれに関して、当該分野トップレベルの国際会議や論文誌で招待論文・招待講演も含めて多数発表を行っており、世界トップレベルにあると言える。

- ・研究手段：光スイッチ等の光デバイス、デジタルコヒーレント伝送技術、非線形光信号処理技術、量子光信号処理技術などを用いて、研究対象である光ネットワークや信号処理技術に対する新規提案を行い、理論検討、シミュレーション、システム実験により実証のための検討を行う。

研究テーマ：テーマ題目1 (a-1)

3次元フォトニクスグループ (Three-Dimension Photonics Group)

研究グループ長：榊原 陽一

(つくば中央第2)

概 要：

- ・目的：次世代シリコンフォトニクスにおける革新的な3次元加工プロセスの開発とその機能デバイスへの応用を行う。また、シリコンフォトニクスに異種材料を組み合わせたハイブリッド型デバイスおよび光インターコネクション応用に向けたポリマーフォトニクス技術の開発なども行う。
- ・意義、当該分野での位置づけ：シリコンフォトニクス光回路技術を3次元化し立体空間へ伸長することは、集積密度の向上やデバイス実装の自由度の向上のために極めて効果的であり、当該分野における革新的なイノベーションの基盤技術となる。また、ポリマーフォトニクス技術は次世代光インターコネクションへの応用が期待されており、独自開発の技術による研究展開は重要である。
- ・国際的な研究レベル：当グループの開発してきたイオン注入によりシリコン導波路の先端を立体湾曲する技術は国際的にも全く独創的なものであり、世界を先導する最先端の研究レベルにある。また独自の直角形状シングルモードポリマー導波路作製技術を持つ。
- ・研究手段：シリコン導波路のイオン注入による立体曲げ加工技術、3次元構造シリコン導波路の数値シミュレーション技術、シリコン導波路と液晶材料を組み合わせたハイブリッド型光デバイスの作製技術などを用いる。ポリマー導波路は独自開発の直角形状作製技術を用いる。

研究テーマ：テーマ題目1 (a-2)

光パスプロセッサグループ (Optical Path Processor Group)

研究グループ長：池田 和浩

(つくば西)

概 要：

- ・目的：産総研に形成されている「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」が目指すダイナミック光バスネットワークにおいて、その鍵となるシリコンフォトニクス・スイッチを開発し、同ネットワークの社会実装に貢献する。また、TIA-SCRにおけるシリコンフォトニクス・ファウンドリの立ち上げ・高度化に貢献する。さらに、産総研戦略予算、CREST等も活用し、次世代データセンタ向け光ネットワーク技術等に向けたシリコンフォトニクス集積デバイスの基礎検討を進める。
- ・国際的な研究レベル：広帯域・偏波無依存8×8光スイッチを光通信分野の世界最大の国際会議・展示会にて動態展示・学会発表、世界最大規模32×32光スイッチの完全動作実証を国際会議のポストデッドラインペーパーとして発表、などの世界的に大きなインパクトとなる成果を挙げた。
- ・研究手段：大規模な数値シミュレーションおよびインハウス・プロセスによる試作・評価を基にした精緻なシリコンフォトニクスデバイス設計と、多電極シリコンフォトニクス・スイッチチップの電気・光実装技術を積み重ね、これらの技術をTIA-SCRの300 mm CMOSラインを活用した試作に移植し、均一性・量産性の高い作製技術を用いて研究を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1 (a-3)

シリコンフォトニクスグループ (Silicon Photonics Group)

研究グループ長：山田 浩治

(つくば西)

概要：

- ・目的：爆発的な情報流通量の増大に対して、情報伝送能力および消費電力の現状技術での限界を打破すべく、将来の情報伝送用光デバイス技術として、集積性、経済性およびエネルギー効率に優れるシリコンフォトニクスの研究開発を総合的に推進し、持続成長可能な情報ネットワークシステムの実現に貢献する。
- ・意義、当該分野での位置づけ：本研究開発を通じ、高集積光トランシーバなどに幅広く適用可能な汎用シリコンフォトニクス技術を開発し、さらに産業展開にむけたR&D拠点や産業エコシステムを構築することにより、通信ネットワークやデータセンタネットワークの大容量化・省エネルギー化・高機能化を実現するとともに、日本の産業競争力強化に資する。
- ・国際的な研究レベル：産業用CMOS互換プロセスを利用した高精度で均質性の高いデバイス製造技術、およびこれまでの光/電子デバイスの研究開発経験を活かしたデバイス設計技術は世界最高水準である。

また、窒化珪素やアモルファスシリコンなどのバックエンド異種材料集積によるシリコンフォトニクスデバイスの高性能化、先鋭化においても世界をリードしている。

研究テーマ：テーマ題目1 (a-4)

先進プラズマプロセスグループ (Innovative Plasma Processing Group)

研究グループ長：榊田 創

(つくば中央第2)

概要：

- ・目的：プラズマ現象は太陽など宇宙において普遍的であり、地球上においても様々な科学・産業分野において利用され、人類の発展に貢献してきている。そこで、プラズマ等に関する技術を核として更に発展させることで、エレクトロニクス、製造、エネルギー・環境、医療など様々な分野への融合・展開を図り、新産業創出を目指して研究開発を行っている。
- ・意義、当該分野での位置づけ：1) 高In組成InGaN素子を実現するCVD装置を開発し、窒化物系材料として緑色LED・赤色LEDを提供することで、LEDの利用拡大に資する。高品質なh-BN成膜を実現するプラズマ源を開発し、シリコン酸化膜上に接合させることで、グラフェン等の半導体利用促進に資する。高平均出力な緑色レーザーを実現するために、数値解析モデルを開発しレーザー波長変換結晶の破壊回避法を明らかにすることで、実用化に資する。2) 生命工学系研究開発として、外科手術用の低侵襲なプラズマ止血装置を開発し、更に新規に成立した国際標準を参照し、機器の早期実用化に資する。また、近赤外イメージング素子の開発として、窒素パッシベーションの研究を行い高感度化に資する。3) 大面積・高速・低温プロセスを同時実現する大気圧プラズマ表面処理装置を開発し、被処理物を提供することで、産業ニーズに資する。また、カーボン系材料として高熱伝導率を有した低価格で高品質なグラフェン等を提供することで、産業競争力強化に資する。
- ・国際的な研究レベル：低侵襲プラズマ止血医療機器の国際標準規格化は世界を先導している。高品質なカーボン系材料を低温合成する技術は世界をリードしている。固体元素由来の定常プラズマ生成技術は世界をリードしている。結晶破壊を回避する数値解析モデルは世界を先導している。

研究テーマ：テーマ題目2 (b-1)

超高速フォトニクスグループ (Ultrafast Photonics Group)

研究グループ長：鳥塚 健二

(つくば中央第2)

概要：

- 目的：パルス光波合成等の新技術を開発し、未踏領域の光パルス発生、制御、応用を開拓するとともに、先進的光源を新しい加工等へ応用することで、超高速技術を先導する。
- 意義、当該分野での位置づけ：超高速光技術を利用した加工や物質プロセス制御、計測に資する技術である。主な研究内容は、(1) 超短パルスレーザーの特性を生かした表面加工等の技術開発。特に、熱負荷に弱い医療用材料や次世代太陽電池材料等の新しいレーザー加工プロセスの開発に他領域の研究者とも連携して取り組む。(2) パルス光を電界波形のレベルで制御することで、未踏時間分解の光波合成等の新しい光源技術を開拓すると共に、それらの新機能を精密加工や計測に応用する技術を開発する。
- 国際的な研究レベル：超短光パルスの関連技術を持ち、特に、異波長パルス光間の位相制御及びタイミング制御は当所が先導して開拓してきた技術で、世界最高の時間精度を有する。また、パルス内光波位相 (CEP) 制御光の増幅を、再生増幅器と回折格子ストレッチャーを組合せた高出力化が可能な方式で実現した。これらの基盤技術に基づいて超短パルスレーザーの医療用材料加工への応用技術、ファイバーレーザーによるコンパクトで高効率な超短パルス発生とレーザーパラメータ制御技術の開発を実施する。

研究テーマ：テーマ題目2 (b-2)

光センシンググループ

(Optical Sensing Group)

研究グループ長：藤巻 真

(つくば中央第5)

概要：

- 目的：健康な暮らしを誰もが享受できる社会、安全安心な住環境、より高い国際競争力を持つ工業・農業、の実現に資する光学的センシングシステムの開発を行う。より具体的には、生活安全に向けたウイルス、細菌、環境汚染物質などを迅速かつ高感度に検出可能な光センサシステム、生体組織内の機能や形態の低侵襲、無侵襲センシング技術、インフラの劣化診断用システム、工業用材料の管理用センサシステム、高付加価値農産物の品質管理システムの開発を推進する。
- 研究手段：専門性の高い光学的知識の上に立脚した独自の光学的検出・計測技術をベースとした微量微小物質検出技術、高機能分光技術、イメージセンシング技術をコア技術とし、これらの技術を微細加工技術や各種高度計測手法によってサポートすることにより、各技術を高度化するための研究開発を実施すると共に、実用化及び技術移転に向けた研究を實

施する。菌、ウイルス、汚染物質などの検出においては、当グループが開発した、光ディスク型センサ、導波モードセンサ、外力支援近接場照明バイオセンサなどをベース技術として用い、検出対象物質に最適化した検出手法の確立を行っていく。人の無侵襲な健康診断技術や、コンクリート構造物の非破壊診断技術、各種工業プロセスのモニタリング技術、農産物の管理技術には、当グループが得意とし世界的にも高いレベルにあるマルチスペクトルイメージング技術、高感度フーリエ分光技術、小型分光システム、高 OD 分光システム、などの個々の技術をより高度化させながら、また、各技術の長所を生かしながら組み合わせることによって、その課題解決に資する技術開発を実施する。

研究テーマ：テーマ題目2 (b-3)

分子集積デバイスグループ

(Molecular Assembly Group)

研究グループ長：則包 恭央

(つくば中央第5)

概要：

- 目的：各種材料 (有機・無機・微粒子など) の精密な構造制御や集積化による機能発現を利用した高性能光/電子デバイスの開発、および関連する基盤技術の開発を行う。
- 研究手段、方法論：有機分子の設計、有機合成、分子パッキングの予測、粒子分散技術、各種薄膜作製技術、微粒子の自己組織化、薄膜の計測・観察技術、光化学/マイクロ波化学などの技術を駆使して、エレクトロニクス・フォトニクスに有用な部材・プロセスの開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目2 (b-4)

光半導体デバイスグループ

(Optical Semiconductor Device Group)

研究グループ長：森 雅彦

(つくば中央第2)

概要：

- 目的：分子線エピタキシー、有機金属気相エピタキシーなどの高度な結晶成長技術、ナノレベルの微細構造設計・作製技術を駆使して、IoT 時代における低環境負荷社会に貢献しうる化合物半導体・有機半導体先端光デバイスの開発を目的としている。具体的に、高効率・高指向性発光ダイオード、黄色半導体レーザー、超小型テラヘルツ光源、有機半導体レーザー、サブバンド間遷移素子などの開発に取り組んでいる。
- 意義、当該分野での位置づけ：可視からテラヘルツまでの広い波長帯域の革新的発光・受光デバイスを開発することで、車載・ウェアラブル情報機器や計

測・医療機器、セキュリティ認証・センシングシステムなどの超低消費電力化・高機能化・新機能化を通じて、広く IoT 社会の実現に貢献する。

- ・国際的なレベル：エバネッセント光の結合効果に基づく高指向性発光ダイオードや II-VI 族化合物半導体黄色レーザーは、世界初の成果であり、高い独自性と優位性を有している。また、化合物半導体・有機半導体結晶成長技術や微細加工技術において、世界最高水準の技術を保有している。

研究テーマ：テーマ題目3 (c-1)

超伝導エレクトロニクスグループ

(Superconducting Electronics Group)

研究グループ長：吉田 良行

(つくば中央第2)

概要：

- ・目的：情報通信・エレクトロニクス技術の革新に向けた、新奇超伝導材料の物質開発、理論・実験両面からのアプローチによる高温超伝導機構解明、および、産業利用を見据えた超伝導線材の開発、新機能超伝導デバイスの提案と技術開発を推進する。
- ・研究手段、方法論：高圧合成法をはじめとする物質合成手法と理論予測、更には高圧下物性測定を組み合わせることにより、より高い性能を有する超伝導体、従来にはない性質を示す超伝導体の開発を行う。また、高品質単結晶試料を用いた系統的物性評価を通して、銅酸化物、鉄ヒ素系に代表される高温超伝導体の超伝導発現機構を明らかにする。産業利用を見据えた高温超伝導線材をシミュレーションと実験的評価の組合せにより開発するとともに、新機能超伝導デバイスの提案と技術開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目3 (c-2)

酸化物デバイスグループ

(Oxide Electronics Group)

研究グループ長：相浦 義弘

(つくば中央第2)

概要：

- ・目的：低環境負荷酸化物デバイス技術の基盤確立に向けて、酸化物半導体、鉛フリー圧電体、酸化物発光材料など材料開発および機能開拓を行う。
- ・研究手段、方法論：半導体、圧電体、誘電体、磁性体から超伝導まで広範な物性を示す金属酸化物について、革新的な省エネルギーに貢献する材料を探索する。機能性酸化物材料の物性発現の機構解明を行い、機能向上、材料設計の新たな指針および機能制御手法を確立する。更に、酸化物材料がもたらす革新的な電子デバイスの実現を目指して、酸化物材料を用いた電子デバイスの可能性を検証する。

研究テーマ：テーマ題目3 (c-3)

強相関エレクトロニクスグループ

(Correlated Electronics Group)

研究グループ長：澤 彰仁

(つくば中央第5)

概要：

- ・目的：新しい電子デバイス動作原理である強相関電子系の電子相制御技術、ダイヤモンド NV センターを利用した量子センシング技術などの開発と、それに基づく低消費電力不揮発性メモリ、高感度磁気センサなどの革新的な先端デバイスの開発を行う。
- ・意義、当該分野での位置づけ：原理的にサイズ効果のない強相関電子系の電子相転移を外場により制御する技術や量子現象を利用したセンシング技術等の研究開発により、半導体デバイスの限界を超える超高密度・低消費電力不揮発性メモリや、半導体デバイスでは実現できない超高感度磁気センサ等を開発し、情報通信技術を活用したグリーンイノベーションに貢献する。
- ・国際的な研究レベル：強相関酸化物など金属酸化物の大型・良質単結晶を作製可能なレーザー加熱単結晶作製技術、金属酸化物デバイス開発に不可欠な最先端の計測解析技術と微細加工技術・設備を有している。

研究テーマ：テーマ題目3 (c-4)

[テーマ題目1] 光情報技術

[研究代表者] 並木 周 (副研究部門長)

[研究担当者] 井上 崇、榊原 陽一、山本 宗継、池田 和浩、山田 浩治 他
(常勤職員27名、他16名)

[研究目的]

光・電子融合領域の情報通信技術の革新を目指した研究開発を推進する。また、光デバイスに関するエコシステムの創成をめざす。主な研究課題は下記の通りである。

a-1) 光伝送・光ネットワークに関する研究開発

次世代光伝送および光ネットワーク技術を、デジタルコヒーレント、非線形信号処理、量子光学技術などを用いて開発する。また、次世代コンピューティングを実現する光ネットワーク技術の検討を行う。

平成28年度は以下の成果が得られた。

- ・ダイナミック光パスネットワークの普及を図るため、従来は各企業の独自規格であった光伝送ネットワークシステムを機能ごとに分割し、製造元が異なる装置群を共通規格の同一ラックに収納することで、個別に迅速な機能追加や性能改善を図ることが可能なディスプレイ型システムのシステムについての共通規格を策定した。また、制御方法の異なる各装置を一括運用するための中間制御装置（コードネーム BlueBox）を開発し、国際標準化団体である IEC に対して標準化の働きかけを行い、テクニカルレポ

ートとして出版された。

- ・上記提唱した規格にもとづいて各種機能を持つ装置群を試作して共通のラックに収納し、ラック間を光ファイバで接続した光ネットワークを構成して、光通信関連で世界最大級の国際会議 OFC2017において動態展示を実施し、海外の光通信事業者および研究者に対して規格の周知を行った。さらに、同学会のテクニカルセッションにおいて8件の口頭発表を実施し、動態展示を行う上で開発した技術内容を最新かつ最先端の研究開発成果として報告した。
- ・敷設されているフィールドファイバを利用したダイナミック光パスネットワークテストベッド上で、低遅延・高精細が特徴の4K テレセッションシステムを構築し、ダイナミック光パスネットワークによる低遅延伝送が極めて有効であることを明らかにしたうえで、技術普及の足掛かりとした。

a-2) 3次元フォトニクス基盤技術の開発

次世代シリコンフォトニクスデバイスを実現するために重要な3次元構造を可能とする基盤技術を開発する。具体的には、シリコンフォトニクス光導波路を湾曲させ、面垂直方向に光入出力部を形成する技術の高度化などを行う。また、光インターコネクション応用に向けたポリマーフォトニクス技術を開発する。

平成28年度は以下の成果が得られた。

- ・シリコン光回路の配線末端部にイオン注入し、ウェハ垂直方向に立体湾曲する加工技術の高度化に成功した。また、ビーム径5マイクロメートルの光ファイバと高効率に光の入出力が可能なデバイス形状を数値シミュレーションにより導出した。
- ・シリコン光回路の進行波の位相制御のために、周囲に局所配向した液晶を装荷する新技術の開発に成功した。
- ・ポリマー導波路構造を最適化し、シングルモード伝搬を実証した。

a-3) 光パスプロセッサ技術の開発

ダイナミック光パスネットワークを構成する小型低電力光スイッチを、シリコンフォトニクス技術を活用して開発する。シリコンフォトニクス光スイッチチップと、これを実装するパッケージング技術の開発を行う。

平成28年度は以下の成果が得られた。

- ・偏波ダイバーシティ回路（偏波無依存化）、ダブルゲート回路（広帯域化・低漏話化）を搭載した8×8光スイッチをの1RU ブレードに実装し、光通信分野の世界最大の国際会議 OFC2017にて発表、および併設の展示会にて動態展示を行った。
- ・32×32光スイッチを1RU ブレードに実装し、この規模の光スイッチとしては初めて全経路の動作を実証し、光通信分野の主要国際会議の一つである OECC2016にてポストデッドラインペーパーとし

て採択され、講演を行った。

- ・小型・省電力な新しい方式の偏波ダイバーシティ回路を用いた8×8光スイッチを実現し、OFC2017にて発表、さらに注目発表として News Releases に掲載された。

a-4) シリコンフォトニクス技術の開発

高集積光トランシーバなどに幅広く適用可能な汎用シリコンフォトニクス技術を開発する。また汎用シリコンフォトニクスファブの実現にむけて、上記開発技術のプロセスデザインキット（PDK）化を進める。

平成28年度は以下の成果が得られた。

- ・300 mm シリコンラインを用いたシリコンフォトニクスデバイス製造技術、および設計技術の開発を推進し、トランシーバ応用を想定した高速高効率変調器（動作速度32 Gbps³、変調効率 $V\pi L \sim 3V \cdot \text{cm}$ ）を実現するとともに、伝搬損失0.8 dB/cmの世界最高水準の低損失導波路や、グレーティング型ファイバカップラなどの重要光配線要素を実現した。
- ・開発した設計・製造技術を体系的にまとめ、暫定版PDKを完成した。また、ゲルマニウム受光器のシリコン導波路上への集積基盤技術を開発し、受光基本動作を確認した。
- ・さらなる技術の先鋭化や革新的応用展開をめざし、完全 CMOS 互換ファイバ結合や装荷導波路型高効率光変調器、超高効率オートコリレータなどの新技術を提案した。
- ・産総研コンソーシアムや様々な民間パートナーと連携し、シリコンフォトニクスデバイスの産業展開や製造エコシステム構築にむけた活動が進展した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 光伝送、光ネットワーク、光インターコネクション、シリコンフォトニクス、3次元光回路、光電子集積素子、ポリマー光導波路、ナノ構造デバイス、非線形光学、非線形歪補償、コヒーレント光信号処理、光波長変換、光信号波形計測、量子もつれ光子対、光子検出、量子暗号通信

【テーマ題目2】 光応用技術

【研究代表者】 阿澄 玲子（副研究部門長）

【研究担当者】 榊田 創、鳥塚 健二、藤巻 真、則包 恭央 他
（常勤職員30名、他17名）

【研究目的】

光やプラズマを利用した加工・センシング・計測技術や、光機能性デバイスに関する研究開発を行う。主な研究課題は下記の通りである。

b-1) プラズマ利用技術に関する研究

先進プラズマプロセス技術の高度制御による革新

的な省エネルギー・低環境負荷エレクトロニクスデバイスを開発を行う。

平成29年度は下記のような成果が得られた。

- ・医療用途のプラズマ装置等に関わる国際標準化として、Low energy ionized gas haemostasis equipment に関する IEC / TC 62 - SC 62D - WG34最終原案 (IEC 60601-2-76) を策定し、国際投票回覧を行い、承認された。
- ・高 In 組成 InGaN 素子を実現する CVD 装置の製作に着手した。
- ・近赤外イメージング素子の開発として、新規窒素パッシベーション法の原理試験に成功した。
- ・準大気圧環境下での窒化プラズマ生成において、窒素原子の密度計測を行った。
- ・大面積・高速・低温プロセスを同時実現する大気圧プラズマ表面処理装置の製作に着手した。
- ・半導体用 h-BN 膜生成研究として、新規成膜装置を開発した。
- ・緑色レーザー用の波長変換結晶の損傷メカニズムとして、熱効果を取り入れたことで、変換効率等の最適化が行える計算コードを開発した。
- ・従来の CVD 技術の限界を乗り越える革新的プラズマプロセスとして、グラフェンの成膜試験を行い、共同研究先に提供した。
- ・医療機器開発ガイドラインとして、「外科手術用、及び内視鏡下手術用（体腔鏡下手術に使用される）低侵襲プラズマ止血装置開発ガイドライン」に関するガイドラインを策定した。

b-2) 超高速フォトニクス技術

高出力かつコンパクトな光源開発と加工プロセス等への応用研究を重点的に進めるとともに、超短パルスレーザーの医療用材料加工への応用技術の開発を行う。平成29年度は下記のような成果が得られた。

- ・医療用セラミックス材料のレーザー表面加工に、所内、生命工学領域、材料・化学領域、大学医学部の研究者らと連携して取組んだ。特に、超短パルスレーザーアブレーション加工とアパタイトのレーザー成膜技術にり作製した試料について、疲労試験を実施して、インプラントに求められる強度、長期安定性を実証するとともに、結晶化挙動や周期構造形成のメカニズム解明に資する結果が得られた。
- ・高効率、高出力が可能な Yb ドープファイバーレーザー技術に基づいた加工研究用プラットフォームを開発し、3桁におよぶ広域なパルス幅可変、とともに平均100 W 以上の高出力を達成した。加工機及び観察系を同時プログラミング可能な試験加工機を開発し、パルス幅、照射パルス数、パルスエネルギー等の加工条件の網羅的探索ができることを確認した。

b-3) 光センシング技術に関する研究

健康な暮らしを誰もが享受できる社会、安全安心な住環境、より高い国際競争力を持つ生産技術、の実現に資する光学的センシングシステムの開発を行う。

平成29年度は下記のような成果が得られた。

- ・磁性ビーズと光信号用標識とで検出対象物をサンドイッチして、外部磁場によって動作させてその動きを検出する外力支援近接場照明バイオセンサを用いたノロウイルス検出技術の開発において、100 μ l 当たり10から10000粒子のノロウイルス検出が可能になった。また、インフルエンザウイルス検出においては、ウイルスタンパク質を検出ターゲットとすることによって、実質的に1ml 当たり1ウイルス粒子の検出に成功した。
- ・土壌の栄養成分分析への適用を目的に、小型ポータブル分光光度計を開発し、企業への技術移転を通じて当該分光光度計の製品化に成功し、販売が開始された。簡単・低コストな土壌分析技術の普及によって、肥料の過剰散布の防止、ひいては、収量向上、施肥コスト低減、環境保全などの効果がもたらされるものと期待される。
- ・指先に光を照射して非侵襲に血中中性脂肪濃度を推定する技術を開発した。近赤外波長領域で検出される光のうち、心拍と連動する脈波振幅成分を抽出する。血中中性脂肪の多くはカイロミクロンと呼ばれる散乱粒子として血液中に存在するため、検出光から血液の濁度を求めることで血中中性脂肪濃度を推定することに成功した。
- ・光ディスク型のバクテリアイメージングシステムの開発においては、検出対象である大腸菌の適切な蛍光染色とシステム光学系の改良によって、ディスク試料が高速で回転する中での蛍光検出が可能となった。非生物の夾雑物がある中で菌のみを光らせて検出することができるため、検出結果のイメージングから、菌の有無や菌数を1枚の画像で高速に判定することに成功した。
- ・高性能な光学フィルタの性能評価を可能とするため、高 OD 分光光度計の開発を行った。可視光領域において、最大 OD 値13（一兆分の一の減光率）相当の測定を可能にした。また、高 OD 値を有するフィルタの標準化の検討を開始した。
- ・高感度分光器のコンパクト化と高分解能化を行った。従来は重さ1 kg 以上、大きさ250 mm×50 mm×50 mm の高感度分光器を、重さ0.1 kg 以下、大きさ110 mm×20 mm×20 mm へと大幅に軽量化させた。また、分光器としての性能向上のため、全くコストをかけずに光学配置の改良のみで波数分解能を約2倍向上させる技術開発を行った。近赤外・赤外では高解像のアレイ検出器が高価であるため、本技術の有効性は高い。

b-4) ボトムアップ集積型デバイスの構築

各種材料（有機・無機・微粒子など）の精密な構造制御や集積化による機能発現を利用した高性能光／電子デバイスの開発、および関連する基盤技術の開発を行う。具体的には、有機材料の設計・合成、マイクロ・ナノパターン形成技術、デバイス作製技術、計測評価技術の開発を行う。

平成29年度は下記のような成果が得られた。

- ・フロー型マイクロ波加熱技術を進展させ、低極性溶媒中でも高温反応が可能にした。有機半導体材料であるフラーレン誘導体合成において、従来法の10倍の生産性向上を実証した。
- ・単層カーボンナノチューブの分散技術、ドーピング技術を向上させ、液状ゴムと複合化させることによってコーキング剤を開発し、電磁波遮蔽材として優れた性質を示すことを実証した。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 プラズマプロセス、安全安心、超短パルスレーザー、レーザー加工、センシング、光計測、QOL、ボトムアップ集積技術、光機能性材料

〔テーマ題目3〕 新原理エレクトロニクス

〔研究代表者〕 澤 彰仁（副研究部門長）

〔研究担当者〕 王 学論、吉田 良行、相浦 義弘 他（常勤職員35名、他33名）

〔研究目的〕

高温超伝導体、強相関酸化物などの機能性酸化物や、化合物半導体、有機半導体を中心に、省エネルギーに貢献する機能性材料の探索を行うとともに、従来技術の延長では達成できない極限的な省エネルギーデバイスの研究開発を推進する。主な研究課題は下記の通りである。

c-1) 化合物・有機半導体先端光デバイスの開発

分子線エピタキシー、有機金属気相エピタキシーなどの高度な結晶成長技術、ナノレベルの微細構造設計・作製技術を駆使して、IoT 時代における低環境負荷社会に貢献しうる化合物半導体・有機半導体先端光デバイスを開発する。

平成29年度は下記のような成果が得られた。

- ・高指向性 LED 開発を目指した研究開発においては、光取出し面に微小円錐台構造を付与することで、高効率・高出力な InGaAs 系1.2～1.7 μm 帯赤外 LED の開発に成功した。
- ・有機半導体レーザーの研究では、マイクロメートルサイズの単結晶膜が比較的容易に作製可能なキャストキャッピング法を開発し、無機・有機ペロブスカイト半導体を用いて室温光励起レーザー発振及び EL 発光の実現に成功した。
- ・緑～黄色半導体レーザーの高信頼化に向け、BeZnCdSe 量子井戸活性層に着目し、光誘起欠陥

反応メカニズムやフォトルミネッセンスの増強効果を明らかにした。

- ・GaN 系のデバイスに関しては、サファイア基板と GaN 系共鳴トンネルダイオードとの格子不整合歪による貫通転移や量子井戸中の結晶欠陥を低減させた素子を用いることで、パルス電圧を用いた不揮発メモリ動作の高安定化に成功した。

c-2) 先進機能超伝導材料の開発と新規超伝導応用の開拓

情報通信・エレクトロニクス技術の革新にむけ、卓越した機能を有する超伝導材料の開発、理論・実験両面からのアプローチによる高温超伝導発現機構解明、および産業利用を見据えた超伝導線材の開発、新機能超伝導デバイスの提案と技術開発を推進する。

平成29年度は下記のような成果が得られた。

- ・線材開発：銅酸化物高温超伝導体を用いたテープ線材に対して、昨年に引き続き、細線化における電磁応答、MRI コイルの磁場安定性に関する理論解析を行った。また、BaFe₂As₂を Na で置換した (Ba, Na) Fe₂As₂において、Powder-in-tube (PIT) 法を用いて超伝導線材を作製した。その結果、(Ba, Na) Fe₂As₂は、4.2 K、2 T の磁場中で J_c = 50000 A/cm²に達し、また4 T の磁場中でも J_c = 40000 A/cm²を維持しており、良好な磁場中特性が得られた。
- ・物質開発：鉄系超伝導体 (La_{0.5-x}Na_{0.5+x}) Fe₂As₂において、合成温度の最適化により、 $x > 0$ での素量作製に成功し、その電子相図を明らかにした。0.15 $\leq x \leq 0.35$ において超伝導が出現し、超伝導転移温度(T_c)は、最大で27.0K を示すことを明らかにした。また、(La, Na) Fe₂As₂を元に新鉄系超伝導体 (La, Na) AFe₄As₄ (A = Rb, Cs) を発見した。A = Rb, Cs の時、超伝導転移温度は、それぞれ、25.5 K および24.0 K であった。
- ・超伝導理論：最適化モンテカルロ法により理論面から高温超伝導機構解明へのアプローチを行い、最適化された波動関数により強相関系において超伝導相が存在することを示した。パイロクロア酸化物における3次元フラットバンドの存在、及びホールドロープによる「磁性元素フリー強磁性」の可能性を示した。また、光子を吸収した超伝導ナノストリップに生じる量子化磁束を単一磁束量子 (SFQ) 回路で検出するための理論設計を行った。

c-3) 低環境負荷酸化物デバイスの開発および機能性酸化物電子材料の新機能開拓

低環境負荷酸化物デバイス技術の基盤確立をめざして、既存の電子材料にない新機能を示す酸化物半導体、鉛フリー圧電体、酸化物発光材料などの酸化物材料を探索し、デバイス化へむけた可能性を検証する。加えて、これら酸化物材料の機能発現機構の解明、機能制

御手法の技術開発を推進する。

平成29年度は下記のような成果が得られた。

- ・ Sn シワイドギャップ p 型酸化物半導体の開発を行い、キャリア生成とその輸送を空間的に分離した結晶構造をもつ新材料の開発に成功し、昨年度までに開発した材料よりも高いキャリア濃度と移動度が両立することを明らかにした。
- ・ 昨年度開発した共振周波数～650 kHz の極低温対応非鉛圧電 AE センサを、極低温下での特性を評価し、高精度位置検出する技術を確認した。
- ・ BaSnO₃ペロブスカイト型酸化物薄膜において、波長400 nm 以下の紫外線蛍光による波長905 nm に中心を持つブロードな発光スペクトルを確認した。また、薄膜単体で95 %以上の透過率を確認し、太陽電池の発電効率を向上させる波長変換デバイスとして有用であることを明らかにした。
- ・ 磁束量子分割デバイスを設計・作製し、性能評価を行った。
- ・ 独自開発を行った高精度試料マニピュレーターを組み込んだ高分解能光電子分光装置の有効性を確認した。

c-4) 強相関デバイスおよびダイヤモンド量子センシング技術の研究開発

情報通信技術のイノベーション創出を目的に、強相関電子材料の特長である電気的、磁氣的、光学的な特性が劇的に変化する電子相転移を、電場、磁場、光などの外場で制御する技術、ダイヤモンド NV センターを利用した量子センシング技術などを開発し、それらの技術を利用した革新的な先端デバイスの研究開発を推進する。

平成29年度は下記のような成果が得られた。

- ・ 強誘電トンネル接合による不揮発性抵抗変化素子について、CMOS プロセスと親和性のよい HfO₂系強誘電体によるトンネル接合の開発に向け、室温で電極の酸化物 ITO と強誘電バリア層の Y ドープ HfO₂のアモルファス膜を製膜した後、アニール処理して結晶化させることにより、良好な強誘電特性とトンネル素子に不可欠な膜厚均一性と表面平坦性を有する接合構造を作製する技術を開発した。
- ・ 不揮発かつ連続な抵抗変化特性とゲート電圧印加履歴に対する閾値電圧変化を示す酸化物半導体 SrTiO₃チャネル電界効果素子 (FET) により、ニューロモルフィックチップの構成要素の一つであるスパイク時刻依存可塑性 (STDP、Spike-Timing Dependent Synaptic Plasticity) の機能を有する人工シナプスの開発に成功し、単純な全結合型ニューラルネットワークのシミュレーションから、手書き数字画像の認識を可能にした。
- ・ ダイヤモンド NV センターを用いた量子センシング技術と、それを利用したデスクトップ型 NMR 装

置の研究開発について、センサ・試料間距離が2 nm となるセンサ構造を完成させるとともに、検出対象物を360° 方向から取り囲む NMR センサを内蔵したマイクロチャンバー構造の形成に成功した。また、位相が90度異なるマイクロ波パルスを照射する装置を構築し、NV センター集団のコヒーレンス時間を50 μs から200 μs まで改善することに成功した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 化合物半導体、有機半導体、超伝導、酸化物エレクトロニクス、強相関エレクトロニクス

④【製造技術研究部門】

(Advanced Manufacturing Research Institute)

(存続期間：2015.4.1～2020.3.31)

研究部門長：市川 直樹

副研究部門長：加納 誠介、秋山 守人

総括研究主幹：手塚 明、岡根 利光、澤田 浩之、徐 超男

所在地：つくば東、九州センター

人 員：68名 (68名)

経 費：688,916千円 (407,840千円)

概 要：

日本の強みと言われていた製造業は、少子高齢化や産業の空洞化という社会構造の問題だけでなく、デジタルマニファクチャリングや Internet of Things (IoT)、Industrie4.0等をはじめとするセンサ・情報技術の急速な進展などにより、新しい局面を迎えています。従来の消費者への安価・高性能・高機能な製品の供給のための大量生産・大量消費を是とした製造技術から、消費者の個々のニーズの取り込みとオンサイトでの供給、限りある地球上の資源・エネルギーを将来の人類にできるだけ長く引き継ぐことへの考慮、さらには自然災害等への対応のためのレジリエンス (柔軟性) 強化などへの転換が求められてきています。

当研究部門では、国立の研究開発機関として、こうした長期的な視点での製造技術の方向性を見据え、革新的な加工プロセス・システムの開発、先端センシングデバイスを用いた測定・評価技術の開発、顧客価値や物流・製品リサイクルなども含めた設計・情報技術の開発に統合的に取り組んでいます。

具体的には、この第4中長期 (2015-2019年度) において、下記の4つの重点化課題を定めて、製造技術の新たな潮流への取組みを進めます。

①付加加工技術の開発：自由な形状創成が可能な3D 積層造形技術の特徴を生かした応用と3D 複層化

や3D 造形技術と加工・成膜技術の複合化による新たな機能発現部材の実現

②複合加工技術の開発：加工現象の解明をもとにした加工プロセスを最適に複合化する製造プロセスを開発し、プロセスチェーンの短縮化のみならず、従来の手法では困難な形状や精度の加工と高機能を付与した部材デバイスの製造

③製造網および情報と製造の融合に関する技術の開発：情報技術との融合により、工場・生産設備のムダ・ムリ・ムラや不具合・診断を行うモニタリングシステム・データモデルの構築、社会的要素も含めたシナリオ分析による生産レジリエンス強化、つながる工場、つながる生産設備等、全体最適を指向した生産システムの実証

④構想設計・超上流設計に関する技術の開発：顧客価値の高い製品・システムの開発を可能にするために、複数業種の製造企業における共通問題の抽出、設計プロセス効率を下げずにデライト設計の質向上を実現

新たに開発される特性の高い素材・材料やこれまで利用されてこなかった高付加価値素材・材料に対して、様々な加工プロセスの最適化、異なる加工プロセスの複合化、加工プロセスやプロダクトのその場計測・評価技術とその設計や加工へのフィードバック、そして機能設計や加工プロセスを上流から考慮する設計情報技術の開発に加え、今年度からは、つながる工場・スマートマニファクチャリングとして、つながることによる全体最適を指向した生産システムに関する新しい展開を③製造網および情報と製造の融合に関する技術の開発における課題として加えています。それぞれ将来を見据えた先端技術の開発とその実現のための基礎的知見の集約、技術同士の統合・融合化をはかっていきます。また、これらの成果は、地域産業の活性化を念頭においた公設研や地域企業の技術との連携により、新しいものづくりのコンセプトとして、産業界への提案・実証や展開などを行っていきます。

当研究部門の研究拠点は、機械・加工・設計技術に関する研究ポテンシャルを有するつくばセンター（7研究グループ）と計測モニタリングに関する研究ポテンシャルを持つ九州センター（4研究グループ）の2カ所にあり、計11研究グループで研究を進めました。本年度においては、重点化課題①～④の推進のための部門重点課題として6課題、領域として推進する領域プロジェクト1課題、領域 FS 連携課題3課題、また、次のシーズ探索として7課題の萌芽課題、つくば九州の連携課題として1課題を行いました。

部門重点課題 [テーマ題目1-6]

- ・「超微細・超精密3D 異種材積層造形技術と実用・

量産に向けた新機能部材創成に関する研究」

- ・「マルチマテリアル製造インテリジェンスに関する研究（M3インテリジェンス）」
- ・「遡り情報解析による IoT 社会実装の研究開発強化」
- ・「生産システムモデル作成技術に関する研究」
- ・「表面機能化による高付加価値表面の開発」
- ・「複合加工法による高付加価値製品をもたらす難加工材・難加工形状の加工に関する研究」

領域プロジェクト [テーマ題目7]

- ・「産総研コンソにおける実証化支援」

領域 FS 連携 [テーマ題目8-10]

- ・「風車点検・モニタリング技術に関する連携（融合）研究」
- ・「表面機能化プロセスに関する連携（融合）研究」
- ・「つながる工場モデルラボ推進に向けた連携（融合）研究」

萌芽研究 [テーマ題目11-17]

- ・「簡易迅速分析によるめっき工程の高度化技術」
- ・「プラズマ回転ディスク法による3D 積層造形用金属粉末生成技術」
- ・「複合窒化物ナノロッドの創生」
- ・「熱刺激応答性ゲルを用いたペーパーマイクロ分析技術のためのバルブ機構の開発」
- ・「VIV を利用した生体向けエナジーハーベスタの開発」
- ・「マグネトロンスパッタのエロージョン領域拡張に資する永久磁石の創生」
- ・「高温摺動用ボロシリサイド合金の開発」

連携研究 [テーマ題目18]

- ・「表面修飾技術を利用した色素分子を界面に濃縮する手法の開発」

内部資金：

- ・「スマート製造ツールキットの開発
－ MZ Platform EX ー」
- ・「複合ナイドライド薄膜を核とした事業展開への知財アセットの強化」
- ・「液中粒子濃度計測に係る一般的ガイドライン開発」

外部資金：

経済産業省

エネルギー需給構造高度化対策費

- ・「スマートマニファクチャリングに関する国際標準化・普及基盤構築」

戦略的基盤技術高度化支援事業

- ・「電解レーザー微細複合加工技術の実用化による微細医療器具の開発」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費補助金 基盤研究 (B)

- ・「流体操作技術による新たな精子選別技術の開発と実証試験」
- ・「革新的3D トリリオンセンサ作製技術の開発」

科学研究費補助金 基盤研究 (C)

- ・「社会様態の変化を促し環境負荷を低減する積層造形 (AM) 技術利用シナリオの設計」
- ・「製品リマニュファクチャリングの成立条件分析と需要予測モデルの研究」
- ・「電磁非破壊検査技術向上に向けた高度磁場解析技術の構築」
- ・「常磁性低融点金属スパッタリングに用いる新規プラズマ源の研究開発」
- ・「金属積層造形技術の化学分析システムへの応用」

科学研究費補助金 若手研究 (B)

- ・「プラズマ中の微粒子が及ぼすプラズマインピーダンス変化のモニタリングと現象解明」
- ・「微小金属材料の両振応力条件における疲労挙動の評価」
- ・「Modelica と機能モデリングを統合したシステム全体構成自動合成の研究開発」
- ・「微小観察下での温度負荷による潜傷先端の光散乱強度変化の実験的解明」

科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究

- ・「走査型プローブ顕微鏡によるアコースティックエミッションの複合計測技術の開発」

科学研究費補助金 特別研究員奨励費

- ・「応力制御型光スイッチの研究開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構

戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)

- ・「構造材料開発に利用する計算熱力学に関する技術基盤構築」

熊本復興支援事業

- ・「物品消費実績記録装置への機械学習実装による物品使用適正化」

研究成果展開事業

- ・「ヘテロ凝固機構により高造形性・高強度を実現する積層造形用金属粉末の開発」

戦略的創造研究推進事業

- ・「真空プロセス装置における酸化・窒化影響評価」

文部科学省地域イノベーション・エコシステム形成プログラム事業

- ・「車載用着座姿勢センサの開発に関する研究」

農林水産省農林水産技術会議事務局 繁殖性の改善による家畜生涯生産性向上技術の開発委託事業

- ・「H29年度繁殖性の改善による家畜生涯生産性向上技術の開発」

環境省環境研究総合推進費

- ・「全体の統括と消費と生産の関連性を強化した政策デザインによる温室効果ガス排出抑制と資源循環方策」

一般社団法人ファインバブル産業界 医工連携事業化推進事業

- ・「ファインバブル利用による滅菌装置の開発」

一般社団法人製造科学技術センター

- ・「エネルギー・資源効率評価実験」

平成29年度佐賀県リーディング企業創出支援事業

- ・「ウルトラファインバブル (UFB) 及び溶存ガスの測定評価法確立並びに UFB 発生装置の性能評価」

発表：誌上発表116件、口頭発表306件、その他33件

素形材加工研究グループ

(Material Processing Group)

研究グループ長：中野 禪

(つくば東)

概要：

製品はその構成要素として多種の部品や素形材の組み合わせによる。製品の機能性や特性は各部品の性能に依存することが多く、部品・素形材レベルでの品質を向上、維持することが望まれている。特に医療やエネルギー、航空宇宙、自動車産業では、より高性能で高品位な部品・素形材へのニーズが高く、これを実現するために新素材を用い、プロセスの高度化が求められる。一方既存の製品群であっても社会の要求、例えば鉛フリーの実現等、に応えるため、新しい素材を用いた製品の実現が求められる。当グループにおいては、**鋳造、塑性加工、積層造形 (Additive Manufacturing:AM)** を中心に、特に金属素形材、部品の製造について高度化を図っている。材料・形状・特性・意匠などの要求を満足できるような加工を容易に実現できるようにする技術開発である。新しい材料を、自由な形状に加工し、かつその特性が求められる特性を満足できるようにする。素材となる材料技術、加工プロセスを通じた特性の向上、CAD データから容易に形状を実現するプロセス化、プロセスの評価技術などを実施している。産総研発ベンチャーによる生分解性マグネシウム材料の展開にも尽力している。

研究テーマ：テーマ題目1

積層加工システム研究グループ

(Additive Processes and Systems Group)

研究グループ長：廣瀬 伸吾

(つくば東)

概 要：

本研究グループでは、表面処理／積層造形技術の高度化を目指して、新規表面処理／新規造形方法の発見・確立や、加工現象の計測と解明、プロセス・インフォマティクスの実践検証に取り組んでいる。特に、積層造形プロセス技術開発に関しては、平成26年度から開始されている経産省／NEDO 大型プロジェクト「次世代型産業用3D プリンタ技術開発」に参画し、指向性エネルギー堆積法（DED 法）の造形装置開発に取り組み、DED プロセスの細書造形、異種材造形を行っている。この成果は、技術研究組合 TRAFAM を通し、展示会などで発信している。そのほかにも新たな方法であるワイヤ DED 技術の基礎研究も実施している。積層造形物の評価技術としては、付加製造（AM）造形物の内部欠陥をインプロセスでモニタリングする技術の開発をめざし、レーザ超音波法を用い、非接触、非破壊で、AM 造形物内部の欠陥を検出しその構造を推測する研究を行なっている。さらに AM を実製品に展開するとき不可欠な AM 部材の前/後処理を念頭に、プラズマ球状化やめっき修飾による粉末処理や電解砥粒研磨による鏡面化・発色技術などにも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ項目1、テーマ項目6、テーマ項目11、テーマ項目12

機械加工情報研究グループ

(Cyber Machining Group)

研究グループ長：澤田 浩之

(つくば東)

概 要：

加工工程のセンシング・データ解析によって加工機や工具、被削材の状態を把握し、それに基づいて工程や品質の管理・制御を行うことがグループの主たる研究目標である。そのために、切削情報の統合モニタリング装置、信号解析による状態把握、3軸回転駆動を実現する球面モータ、「マイクロファクトリ」を基本コンセプトとしたマイクロ加工、そしてそれらを連携させる IT ネットワークの研究開発を実施している。さらに、これらをシステムと実装し、生産管理や在庫・物流管理等、企業の業務プロセスの情報化を推進するため、IT システム構築ツール MZ Platform の開発とその導入のための研修やコンサルティングを行っている。また、MZ Platform をベースに、IoT システムの導入とそのカスタマイズを行うためのツール群として、スマート製造ツールキットの研究開発を進めている。

研究テーマ：テーマ項目4、テーマ項目7、テーマ項目10

モデルベース設計製造研究グループ

(Model-based Design and Manufacturing Research Group)

研究グループ長：増井 慶次郎

(つくば東)

概 要：

本年度は、重点課題「生産システムモデル作成技術に関する研究」および NEDO プロジェクト「動静脈産業連携による循環制御型資源再生技術」において、設計・製造・使用・リサイクルといった製品ライフサイクルに係る知識の獲得とその知識表現方法（モデリング手法）の開発に注力した。この成果は、環境省プロジェクト「リマニュファクチャリングを中心とした持続可能な生産」を検討して行く上でも利活用可能であり、設計・製造分野における計算機援用基盤技術として整備していく。平成27年度から始まった、つくばセンターと九州センターとの連携においては、重点課題でもトリリオンセンサーグループと、間接モニタリングの事例研究を通じて共通課題に取り組み、生産モデリング技術と生産計測技術の融合に取り組んだ。

研究テーマ：テーマ項目2、テーマ項目4、テーマ項目7、テーマ項目10

トライボロジー研究グループ

(Tribology Group)

研究グループ長：大花 継頼

(つくば東)

概 要：

摩擦摩耗（トライボロジー）に係わる諸問題についての研究開発を行った。製造分野における省エネルギー、省資源に資する技術として、トライボロジーは重要な課題であり、様々な取り組みが求められている。当グループでは、表面機能の高度化を中心として、システムとしてのトライボロジー技術を社会的な課題解決に向けた取り組みとしての基盤的トライボロジーと摩擦現象解明による新しいトライボシステムの開発を目指した先端的トライボロジーの二つの取り組みを有機的に連携させながら課題に取り組んでいる、

今年度は表面テクスチャリングを有する摺動面の開発において、潤滑油の流れの解析や数値シミュレーションによる低摩擦の発現原理の解明、トライボフィルムの形成と摩擦特性の相関、トライボコーティングとしての硬質膜のはく離評価技術の開発、高温摺動材料の開発、さらにメンテナンス・トライボロジーや AFM を用いた摺動面のその場観察技術の構築にも取り組んだ。また、トライボロジーを軸とした共同研究を通じて実用化を目指した応用研究および標準化に取り組む、産業界の根幹技術であるトライボロジー技術の向上と普及に努めた。

研究テーマ：テーマ項目5、テーマ項目7、テーマ項目9、テーマ項目17

表面機能デザイン研究グループ

(Surface Interaction Design Group)

研究グループ長：三宅 晃司

(つくば東)

概要：

本研究グループでは、表面という場を利用した材料の高機能化を目指した研究を行っている。企業からの要望に応え、目的に応じた機能を発揮する表面創製技術を確認すべく、「表面構造形成（加工）」と「表面修飾」とが一体となって取り組むことのできる体制を構築し、基礎現象解明のための「評価技術の高度化」と併せ、表面機能創製技術を構築するための基礎データを取得する。これらを通し得られた知見をもとに、基礎現象解明に基づいた「表面機能設計技術」の開発とその応用展開に取り組んでいる。「表面構造形成」では表面（微細）加工による形状形成と機能（摩擦摩耗特性、吸着特性、物質移動等）との相関についての指針を得る為の研究を推進している。「表面修飾」では抗菌表面を例として、抗菌作用の基礎原理解明を行うことにより、表面形状と表面の化学的物性制御を利用した機能性表面創製技術の開発を行っている。「評価技術の高度化」では複雑現象であるトライボロジーや加工の基礎原理解明に向けて、圧力下、しゅう動環境下での固液界面のその場観察技術の開発を行っている

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目6、テーマ題目9、
テーマ題目18

構造・加工信頼性研究グループ

(Structural and Processing Reliability Group)

研究グループ長：原田 祥久

(つくば東)

概要：

産業機器や輸送機器等の構造部材や加工後の部材において「安全・信頼性」を確保することが要求されている。その要求に応えるためには、製造時や加工時の初期欠陥や箇所を検出技術、供用過程中における劣化・損傷評価だけでなく、これらに基づく「寿命・余寿命予測」に反映させていくことが必要となる。本研究グループでは、発電プラント、輸送機器、産業機器、社会インフラ等の様々な構造部材や付加加工を施した加工部材を対象に、材料の耐久性評価、き裂解析、欠陥検出等を行い、その劣化損傷メカニズムを解明するとともに、寿命・余寿命予測が可能となる評価技術の開発を行う。また、実用部材で見られる複雑な形状欠陥についても評価が可能な非破壊損傷評価技術の開発を行う。さらには、これらの知見をもとに「複合加工技術の開発」へ反映させるような要素技術の提示に取り組む。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目6

センサシステム技術研究グループ

(Sensor System Engineering Group)

研究グループ長：田原 竜夫

(九州センター)

概要：

ものづくりの現場では、製造工程や製品に対する信頼性を高めかつスループットの向上を図るために、製造プロセスをその場監視できるオンサイトモニタリング技術への期待が高い。その一方で、監視対象となる設備や工程の変更には、通常、消極的である。そこで、工程の変更を前提とせず、大きな設備の増設も不要でありながら、より高度なプロセスモニタリングが可能となるセンサシステム技術の開発を進めている。今年度はその実現に向けた三つの要素技術開発を進めた。①薄膜圧電体を利用したセンサシステムの開発では、従来よりも口径の小さな M5ポートに取付け可能な燃焼圧センサの試作に成功した。②半導体プロセスの効率改善技術の研究開発では、スパッタリングターゲットの歩留まり向上が期待される磁気ミラー型マグネトロンカソードを開発した。③信号処理技術の研究開発では、深層学習を活用した真空排気ポンプの異常検知技術の提案と効果検証を行った。

研究テーマ：テーマ題目15、テーマ題目16

センシング材料研究グループ

(Functional Material and Sensor Group)

研究グループ長：山田 浩志

(九州センター)

概要：

複雑化する社会問題や環境問題の解決手法として、また経済的価値を付与するツールとして、ICT とビッグデータの活用（CPS）が注目されている。その中で、センサや高周波フィルタ等は情報の「フロントエンド」となるキーデバイスとして必要不可欠のものである。センシング材料研究グループは、生産技術・製造技術への技術貢献を念頭に置きながら、下記に列挙するような3つの課題に取り組む。①新しい機能性材料の開発と性能向上：市場における IoT に係るデバイスニーズを把握しながら、圧電材料を主とする機能性材料の開発と性能向上に取り組む。また機能性材料の学術的な側面についても目的基礎研究として積極的に取り組む。②センサ素子の開発：機能性材料をセンサ素子やその他デバイスとして機能させるための成膜技術、デバイスの開発に取り組む。開発したデバイスの社会実装に向けた研究開発にも注力する。③素材・製品、並びに製造プロセスの解析・評価技術の開発：多元系材料開発の指針や熱力学に係わる諸現象の解明の基盤となる計算熱力学ソフトウェアとデータベースの開発に取り組む。また素材・製品の非破壊評価技術の開発にも注力する。

研究テーマ：テーマ題目13、テーマ題目15

トリリオンセンサ研究グループ

(Trillion sensing Group)

研究グループ長：寺崎 正

(九州センター)

概要：

トリリオンセンサ研究グループでは、非連続的で膨大なセンサ・プローブを用いたトリリオン（1兆個）センサ時代、すなわち情報オリエンテッドな社会の到来を見据え、「見えないものの可視化」、「価値分布の可視化」の技術開発を行う。開発にあたっては、製造分野におけるもののインターネット化（IoT）、製造業の革命、持続的産業競争力強化を意識し、トリリオンセンサが拓く健康・グリーン・環境・食糧の観点での「無意識による損失」の無い「潤沢な社会」に貢献する。具体的に「見えないものの可視化」に関して、①業界の諦め（例えば、潜傷、静電気等）の可視化、②見えている筈（応力分布の様に経験やシミュレーションで見えているが時に異なる、もしくは時間と共に変化するもの）の可視化、更には③製造現場における暗黙知の可視化など、独自の可視化技術の開発を行っている。特に、マルチマテリアル製造で注目度が高い炭素繊維強化プラスチック（CFRP）に着目し、高速の破壊過程でのひずみ分布可視化、破壊予兆となるトランスバースクラックの可視化検知に成功したことは特筆に値する（国際航空機疲労委員会 ICAF2017の Japanese National Review として公表）。更に、既設センサや一見無関係な情報、現場情報と、可視化技術とのデータ相関を活用し、直接計測困難な情報を類推する間接可視化技術の取組みを行っている（特に、SiC 製造についてつくば・モデルベース設計製造研究グループとの連携）。製造企業ニーズオリエンテッドな革新的可視化技術開発を通して、材料・プロセス・品質の革新・改善・決断を促す直接的な情報・解決策を提示する事で製造網の構築に貢献するとともに、根源となる学術知見の抽出・集積・カスタマイズを行い、学術、企業、地域を含めた広い産業社会への還元を目指している。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目4

生物化学プロセス研究グループ

(Biochemical Process Group)

研究グループ長：山下 健一

(九州センター)

概要：

マイクロ化学、ナノ科学技術を用いて、生産現場での計測技術開発や生産プロセスの強化などについての研究を行っている。また、計測データを社会実装するために必要な情報技術の開発にも併せて取り組んでい

る。マイクロ流体の持つ高い流体操作性を基盤として、化学産業のみならず、環境、医療、製薬、バイオ関連、食品産業、化成工業等への応用展開に関する検討を行う。具体的には、流体操作性による最少試料化（微量）、集積化などによるその場計測や化学反応自体の加速による効率的な計測（迅速）、短い実効拡散距離などの効果を利用した分析（精密）・計測、表面や界面の化学現象を利用した分析などを行う。特に食品、農産物、医療関連の計測デバイスの開発を企業や大学と連携して進めている。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目5、テーマ題目14、テーマ題目15、テーマ題目18

〔テーマ題目1〕超微細・超精密3D 異種材積層造形技術と実用・量産に向けた新機能部材創成に関する研究

〔研究代表者〕岡根 利光（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕岡根 利光、中野 禅、荒井 裕彦、花田 幸太郎、梶野 智史、加藤 正仁、徳永 仁史、佐藤 直子、本山 雄一、廣瀬 伸吾、小木曾 久人、瀬渡 直樹、佐藤 治道（常勤職員13名）

〔研究内容〕

3D 積層造形技術は自由な形状創成が可能であり、その特徴を生かした輸送機器用の軽量構造部材、流体制御による高冷却金型・航空宇宙機器部材への活用が期待されている。3D 積層造形技術の高度化とプリ・ポストプロセス技術の開発を行い、電荷やイオンの輸送制御部材、超耐熱部材、耐摩耗材など新たな機能発現部材の実現を目的に研究を行った。

レーザー積層造形技術（PBF、DED）・インクジェット積層造形技術（BJ）をコア技術とし、特に世界最高レベルの150 μm の造形精度を有する細書・異種材DED 造形技術をこれまで培ってきた。異種ヘテロ構造による機能部材への展開を目指し、100 μm 以下の造形ラインパターン超微細・超精密3D 異種材積層造形技術を開発する。そのための、レーザー積層プロセス・材料の基礎的検討、低品質粉末利用技術の開発、造形機構を試作し、実験による検証を行った。

結果として、金属3D 積層造形中の欠陥インプロセス計測手法の開発のために、パウダーベッド法に組み込むことを念頭に新たにガルバノスキャナーを用いたレーザー超音波法のシステム構築を実践し、加工条件の異なる造形試料に対して欠陥の発生状況を非破壊で検出することを可能とした。

DED 積層造形においては、異形・安価なステンレス水アトマイズ粉末のプラズマ表面処理による粉末球状化および低欠陥化に成功するとともに、流動性改善や細書造形に利用可能となる粉末の微細化にも成功した。

PBF 積層造形においては、これまで培ってきた非接

触欠陥検出技術・材料評価技術、材料開発・表面修飾技術をコア技術とし、PBFによる微細ラティス構造などの機能構造部材の造形技術開発、量産適用を目指しCAE連携3D通貫設計プロセスの開発、処理時間半減を目指したBJ高スループット化技術の開発を行い、金属3D積層造形(PBF)における基礎現象解明として、造形中の融凝固現象の評価を行い、レーザー照射部周辺の伝熱環境の変化が溶融凝固形態に影響し、造形物の形状に影響することを明らかにした。さらに3D積層造形による精密砂型(BJT)の積層造形技術開発では、1液硬化による世界最高速レベルの装置及の開発を成功させ、実用化に至っている。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】3D積層造形、レーザー積層造形、インクジェット積層造形、プラズマ援用DED、2波長レーザーDED、非接触欠陥検出技術、EBSD法、機能発現部材、セラミックス鋳型

【テーマ題目2】マルチマテリアル製造インテリジェンスに関する研究(M3インテリジェンス)

【研究代表者】寺崎 正

(トリリオンセンサ研究グループ)

【研究担当者】寺崎 正、古賀 淑哲、菊永 和也、藤尾 侑輝、坂田 義太郎、増井 慶次郎、近藤 伸亮、松本 光崇、往岸 達也、高本 仁志、原田 祥久、名越 貴志(常勤職員12名)

【研究内容】

自動車・航空機を中心に、材料の適材適所、複合使用(マルチマテリアル)構想による次世代機開発が加速している。材料で世界をリードする日本企業から、高速移動体の新材料の加工、接着・接合、安心使用の為の破壊機構、標準化が望まれている。そこで、特にニーズの高い新構造材料群の破壊検査法の確立として、下記に注力した。

1. CFRP破壊起点・破壊プロセスの解明
2. 接着不良検出法の開発 目標：接着強度0MPa(キッキングボンド) 領域の検出

CFRP破壊起点・高速破壊プロセスの解明(1ms精度)における課題は、センサに使用する応力発光膜であり、高速で進展するCFRP構造体の破壊に追従できない欠点があった。これに対して、応力発光膜の作製概念、組成・硬化等、根本から検討・開発し、「高速破壊可視化膜センサ」の特許出願に至った。新開発の応力発光膜センサを利用し、綾織CFRPの高速破壊プロセスを初めて可視化する事に成功した(①バンドル間き裂進展、②単一バンドルでの応力分配、③バンドル繊維破断、①～③繰返し)。なお、通常の構造体・構造材料破壊における明視野撮影時間精度は1ms～100μs精度より、今回

の時間精度30μs精度は十分カバーできるもの、かつ目標の30倍を達成した。結果に対して、国内外の多くのCFRP構造体の専門家・企業から「可視化された破壊プロセスは、予想はしていたが、実際に初めて見た」との評価が相次ぎ、世界初の知見であることが伺える。更にCFRP破壊起点としてのトランスバースクラック検出成功は、国際航空機疲労委員会(ICAF)でJapan National Reportに採択され、産総研の技術と明示しつつ、各国航空機関連者に周知されるなど、世界展開への戸を開いたと評価できる。2. 接着不良検出法の開発は、様々な接着強度0MPa領域領域パターンに対して、いずれも応力発光を介して検出することに成功し、目標を達成した。またM3ライン型可視化センシングに関しては、M3製造ラインに実績のあるサーモグラフィとの比較、製造への還元(接着・機械締結比較)を進めている。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】製造網、マルチマテリアル、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)、接着、破壊、破壊予兆

【テーマ題目3】遡り情報解析によるIoT社会実装の研究開発強化

【研究代表者】山下 健一

(生物化学プロセス研究グループ)

【研究担当者】山下 健一、石地 友香、襖田 真由美、松浦 和真(常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

IoTは、膨大な生情報を得て、その情報を解析し、ユーザーが望む形で出力することで社会実装へとつながる。しかしながら、製造業では、バランスよく大量のデータを確保することが難しいため、少量や偏り、抜けのあるデータ、断片的なヒント情報を活かす技術が重要である。この課題では、ベイジアンネットワークを中心として、その他の機械学習(転移学習など)の技法を組み合わせることで、このような性質を持つ業種として農業(ここでは特に畜産)における人工知能技術の活用に取り組んだ。特に、収益性の予測や、予測することによる牛群の動態の変化の可視化などを通じ、ユーザーが得られるメリットを明示することを重要視しながら進めた。畜産分野への適用において、ベイジアンネットワークの特徴のうち、最も威力を発揮したのが、「異なる種類のデータを組み合わせることで推定すること」であった。この特徴を活かすことで、事前の専門家の判断記録の学習データから、繁殖履歴や牛の外貌目視情報だけで、エコーやカラードップラーなどの高価な機材を持っていなくても、一定のレベルの推定(精度80%前後)ができるようになり、農家普及に向けたブレイクスルーになった。つまり、見た目の情報だけで、熟練者の知恵と高価な装置の恩恵を拝借できるようになった。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造
 〔キーワード〕 機械学習、人工知能、ベイジアンネットワーク

〔テーマ題目4〕 生産システムモデル作成技術に関する研究

〔研究代表者〕 増井 慶次郎
 (モデルベース設計製造研究グループ)
 〔研究担当者〕 増井 慶次郎、近藤 伸亮、松本 光崇、
 往岸 達也、高本 仁志、寺崎 正、
 古賀 淑哲、藤尾 侑輝、坂田 義太郎、
 古川 慈之(常勤職員10名)

〔研究内容〕
 生産システムの効率化のため、生産シミュレーション導入が加速している。一般化モデルの作成により、生産計画とメンテナンス計画の融合や、不具合発生時の原因探索に活用が期待できる。また多品種少量の生産を行っている工場や、多系統のシステムが混在しているシステム(システムオブシステムズ)の統合管理に適用が期待できる。

本年度は、平成28年度に作成した基本フレームに基づき、各種モデル間の関係分析技術を開発した。具体的には、レジリエントな生産実施およびメンテナンスを目的とした、グラフモデル特徴量等を用いたエンジニアリング知識の抽出手法の開発を目指した。本件の具体事例としては、半導体や高機能ガラスといった製品上の潜傷検知について、プロセスファクタをモニタリングすることで間接的に検知することを試行した。また生産ラインの状況を可視化し、サイバー空間で最適化された結果を作業指示として情報提供するシステムの開発を目指した。さらにこれまで工場内について検討してきたモデル化の対象を工場間の連携まで拡張したサプライチェーンのレジリエンス性評価を検討した。

これまで製造された製品の品質管理は、作成後の検査で保証することが多く、また製造プロセス内でのモニタリングによる事前検知の場合であっても、特性要因図を用いた管理方法であったために、独立した事象の管理しか行えなかった。CMP装置によるSiCウェハの研磨工程における潜傷発生に関する知識を、ネットワーク構造の知識体系として整備することで、複雑な因果関係を表現できるようになり、新たな装置開発やプロセスパラメータの設定を容易にする可能性を見出した。

一方、生産計測技術については、AE信号のスペクトル解析により、プロセスパラメータの変更(加工荷重・研磨治具等)による加工機器情報の把握を試みた。今後は、より簡便な計測方法である稼働機械の電力消費計測、加工品質情報となる潜傷可視化との比較・相関を行う事で、潜傷発生の無いCMP装置のプロセスパラメータ(荷重、パッド温度・種類など)への還元・予想について調査することとした。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造
 〔キーワード〕 製造網、生産システムモデル、生産計測技術、CPS、不具合診断、レジリエンス評価、CMP、SiC

〔テーマ題目5〕 表面機能化による高付加価値表面の開発

〔研究代表者〕 三宅 晃司
 (表面機能デザイン研究グループ)
 〔研究担当者〕 三宅 晃司、大花 継頼、中野 美紀、
 日比 裕子、西村 憲治、平澤 誠一、
 藤澤 悟、栗田 恒雄、是永 敦、
 間野 大樹、鈴木 健、村上 敬、
 大村 彩子、松田 直樹
 (常勤職員14名)

〔研究内容〕
 表面は、そこで起こる現象の理解が難しく、バルクの高機能化と比較すると、これまで評価の対象となることが少なかった。しかしながら最近では、表面の高機能化に関する企業からの問い合わせが多く、その要望に応え得る技術開発が必要となっている。主な用途としては、「抗菌・防汚」、「摩擦・摩耗特性の改善」、「物質吸着制御」、「光学特性制御」である。これら機能を実現するためには、表面コーティング技術、表面構造制御技術を組み合わせ、目的に応じた表面創製技術が必要となる。

そこで上記技術を確立すべく、表面コーティング、表面構造作成(加工)が一体となって取り組むことのできる体制を確立、基礎現象解明に基づく表面機能創製技術を構築する。本課題では、最終的なアウトプットを、企業からの問い合わせが多い「表面と生体分子の相互作用の制御」および「環境や適切なトライボロジー特性に応じた表面の創製技術(デザインナブルトライボロジー)」とし、「表面構造制御」、「無機材料コーティング」、「分子修飾技術」の要素技術に着目し、課題解決を行った。「表面構造制御」では、粒解析を活用することにより、ランダムな凹凸構造を対象とした周期性の抽出に対する有用性が示された。表面形状と機能(摩擦摩耗特性)との相関について検討できる基盤が構築できた。

「無機材料コーティング」では、膜の密着性評価に着目し、摺動を伴う用途における硬質薄膜の耐はく離性の評価にあたっては、従来の手法では不十分であり、実使用条件に近い往復動型の摩擦試験機を用いる手法が有用であることを示した。

「分子修飾技術」では、スラブ光導波路(SOWG)分光法等分析手法を用いた吸着評価を行い、チトクロムcの固定化に与える表面分子被膜の影響について評価を行い、吸着モデルを提案するなど、その有用性を示した。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造
 〔キーワード〕 表面構造、粒解析、密着性、ダイヤモンド、ドライカーボン、スラブ光導波路分光、

表面機能化

【テーマ題目6】複合化工法による高付加価値製品をもち
たらず難加工材・難加工形状の加工に関する研究

【研究代表者】松崎 邦男

(構造・加工信頼性研究グループ)

【研究担当者】松崎 邦男、原田 祥久、笹本 明、
中住 昭吾、名越 貴志、三宅 晃司、
栗田 恒雄、廣瀬 伸吾、小木曾 久人、
所 和彦、板垣 宏知(常勤職員11名)

【研究内容】

製造業において国際競争力を維持するためには労働生産性の向上と高付加価値製品の製造が要求される。これらの要求に答えるためには従来の個々の製造技術では対応が困難なため、複数のプロセスを統合した新たな複合加工法の開発が必要となる。本研究ではいくつか加工を複合化し、生産性の向上と製品の高付加価値の付与が期待でき、従来の方法では困難な材料、構造の加工を達成する複合加工法を開発する。

複合加工を用いた難加工材の迅速成形・接合技術の開発では、電磁成形に加熱機構を組み合わせることで難加工材である Mg 合金の成形性を大きく改善できた。板材に対して加熱したダイを用いることで十数秒での加熱と成形を可能にした。成形性の改善を目的としてコイルの最適な形状を把握するため、磁場のシミュレーションを行い、実測値と比較してシミュレーションの有効性を確認した。また、電磁力と電磁誘導による加熱を用いた金属と CFRP との接合に関して、電気抵抗の高いほど接合に有効であることが分かった。電解レーザ複合加工では電解加工液を選ぶことで、電解加工速度を2倍に向上させた。また電圧付与方法に交流パルスを用いることで、電解加工表面再不動態化を遅延させることに成功し、これにより電解加工1工程当たりの加工量を増加させることが可能となった。また、既存の加工法では不可能なテクスチャを加工するために、加工反力、振動などを軽減、高エネルギー消費デバイスの使用を抑える新しいコンセプトの小型低消費エネルギー型複合加工機を開発した。電気化学と機械摩擦の相乗効果を利用した湿式複合改質加工技術の開発を行い、自動車部品の面状態の改質を実施し、従来の切削と比べて表面粗さの低減と加工影響層の高速除去を同時に満たすことができた。電解砥粒改質において製造工程としての高度化や試作ラインでの検証を行い、複数の企業へ技術移転を図りつつ、個別企業が目標とする表面の機能性について研究開発を進めた。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】電解加工、レーザ加工、ハイブリッド加工、電磁成形、接合、医療デバイス、電解砥粒、表面、機械研磨、電気化学

【テーマ題目7】産総研コンソにおける実証化支援

【研究代表者】手塚 明、徐 超男(製造技術研究部門)

【研究担当者】手塚 明、澤田 浩之、増井 慶次郎、
近藤 伸亮、高本 仁志、古川 慈之、
鈴木 健、米津 克己、徐 超男、
古澤 フクミ、津山 美紀、川崎 悦子、
末成 幸二、久保 正義、有本 里美、
岩崎 孝志(常勤職員8名、他8名)

【研究内容】

SIP プロジェクト等で開発された産総研独自の研究成果を軸に、成果普及をミッションとする産総研コンソーシアム(構想設計コンソーシアム及び応力発光技術コンソーシアム)において、企業の参画を強く促進するために、実用化を見据え、実証を意識した活動を行っている。

構想設計コンソーシアムにおいては、月一回の会合、年一回の一泊二日の合宿を中心に、会員企業の問題意識とマッチングが良い話題提供者を招聘し、話題提供者も含めた議論検討及び試用検証を中心に活動を行っている。今年度は構想設計コンソーシアムの検討を拡大し、研究開発成果活用のコミュニティ形成のために構想設計革新イニシアティブを立ち上げ、構想設計コンソーシアム課員による研究成果活用事例等の紹介を頂いた。また、本分野に対する理解者や協力者を増やす目的で、書籍「デザインレイアウトマッピング」を構想設計コンソーシアム監修で、出版する事が決定した。

来年度以降、これらの統合的パッケージの中で、研究成果の先駆的ユーザーとしてのコンソーシアムでの試験実証(プロトタイプング)の活動をより強化していく。

応力発光技術コンソーシアムにおいては、産総研独自の応力発光技術の研究成果を中心に、産総研コンソーシアムを立ち上げており、コンソを実用化に向けた課題を議論する中心と位置づけ成果普及を行っている。また、企業との共同研究などを通して社会での実用化を目指している。

本年度は、JASIS2017や、計測分析展などの展示会へ出展し、注目を集めた。また、国際会議(ML-3等)での広報を行い、先駆的ユーザーの発掘とその拡大、および市場開拓に向けた先導的な取り組みを行った。さらに、コンソメンバーの協力の元、共同実証試験の結果を共有することにより、新たな応用展開を促進し、正のスパイラルを起こしつつある。

今後は、システムメーカ、材料メーカ、ユーザー等の企業連携、および関連大学との緊密に連携の元、新たな実施成果による展開を予定。また、ML-3国際会議と共に、国際標準 ISO 化検討のための標準化委員会を開催した結果、国際標準に向けて6か国以上、20機関以上の研究者・技術者の参画の元、国際標準化の検討を進める予定である。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】産総研コンソーシアム、構想設計、デザ

イン思考、プロトタイピング、システム工学、応力発光、非破壊検査、応力分布可視化

〔テーマ題目8〕 風車点検・モニタリング技術に関する連携（融合）研究

〔研究代表者〕 徐 超男（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 徐 超男、小垣 哲也、阿部 裕幸、森川 泰、川崎 悦子、久保 正義（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

本研究は、風車検査のための応力発光法とシステムを検討・提案するために、応力発光現象を観測、解析・評価を行うことにより、破損予兆を早期に把握可能な、高所での安全な非破壊検査技術の確立を目指している。

本年度は、微損傷風車モデルや小型風車モデルの設計・試作技術、および風洞実験技術を融合し、高輝度・高感度・高速度の応力発光塗膜を開発することにより、微小内部損傷に対応した応力発光パターンを瞬時に捉えることに成功した。

また、回転体内部の微損傷を、その場で可視化することに初めて成功した。

今後は、風環境による風車ブレードの破損部位を応力発光現象による定量的に検出・モニタリングし、破損予兆を把握することを目指していく予定である

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 風車、応力発光、モニタリング

〔テーマ題目9〕 表面機能化プロセスに関する連携（融合）研究

〔研究代表者〕 三宅 晃司（表面機能デザイン研究グループ）

〔研究担当者〕 三宅 晃司、大花 継頼、中野 美紀、栗田 恒雄、高田 尚樹、栗原 一真、穂苅 遼平（常勤職員7名）

〔研究内容〕

表面の高機能化に関する企業からの問い合わせが多く、その要望に応え得る技術開発が必要となっている。しかしながら、これまでは個別の目的（機能）に対して、経験をもとに最適化されてきた。今後も表面機能についての要望が続くことを考えると、表面機能化に関する当領域の技術的優位性を明確にするとともに、表面機能化について共通的に対応できる体制を築くことが重要となる。そのためには、表面修飾技術、微細構造作製技術、そしてシミュレーションと評価技術、の3者が一体となり取り組み、現象解明に基づく設計指針を構築、目的に応じた機能を発揮する表面創製技術を確立することが必要である。

産総研が有する表面機能化にかかわる加工技術、表面処理技術、評価技術についてマップを作製し、保有する

各技術の得手不得手を明確にした。上記取り組みを通して、表面機能化について大きくくり化することにより、企業への宣伝も効果的に行うことができると同時に、技術相談についても窓口を一本化して対応し、情報収集の効率化も可能となると期待できる。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 表面微細構造形成、表面修飾、表面コーティング、シミュレーション、その場観察、表面機能化

〔テーマ題目10〕 つながる工場モデルラボ推進に向けた連携（融合）研究

〔研究代表者〕 澤田 浩之（機械加工情報研究グループ）

〔研究担当者〕 澤田 浩之、増井 慶次郎、近藤 伸亮、山野辺 夏樹（知能システム研究部門）（常勤職員4名）

〔研究内容〕

産総研では、臨海副都心センターにおいて、加工機械・組立ロボットが連携する「つながる工場モデルラボ」の構築を進めている。ここでは、異なるメーカーの異なる制御系を備えた機器の間で設計情報や加工情報を共有し、機器単体のみならず、生産ラインを構成する全体システムの解析や評価を行うことのできる環境の実現を目指している。そのためには、それらのデータや情報を一元的に管理する連携技術が必要である。そこで、機器の動作状況モニタリングを対象に、機器から取得した異なるデータを統合的に可視化する手法について検討し、それを統合モニタリングシステムとして試作した。

試作システムの実装には、産総研が開発した IT システム構築ツールである MZ Platform を用いた。MZ Platform は、エンドユーザ開発を実現するソフトウェア開発実行環境であり、操作性、柔軟性と拡張性に特長がある。そして、つながる工場モデルラボには、MZ Platform をベースとした IoT システム構築用パッケージ、スマート製造ツールキット（MZ Platform EX）を導入することが予定されている。

作成した試作システムは、異なるデータを統合的に可視化することにより、それらの関連性を分析することを目的とする。このシステムには以下の二つの機能を実装し、それぞれについて検証実験を実施した。

①形式の異なるデータの受け入れ

データ本体とデータ形式情報を照合することにより、機器ごとの形式の差異を吸収してデータの取得を行う。様々な機器に対応できるようにするためには、データ形式情報の記述方法を定め、テンプレートとなるものを用意することが有効である。その際、実際に用いられる機器は相当に個性が高いため、工作機械やロボットといった技術分野に基づいて分類を行うよりも、スカラー、ベクトル、単位といった物理学視点での分類が汎用的かつ有効との結論に至った。

②複数種類データの可視化と関連付け（同期）

取得データをグラフや動画として可視化し、関連付ける。今回は、時間同期による関連付けを試みた。その結果、動画と計測データを同期させて提示することは動作状態を直観的に把握するため有効であることが分かった。一方、同期機能を備えていない計測システムから取得したデータ（動画）を、可視化時にどのように関連付けるかが課題として挙げられた。

今後、つながる工場モデルラボでの実装へ向けて、データベースとの連携機能や、規模の異なる生産システムにも対応できるような柔軟性と拡張性を確保するための機能の開発等を進める。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】スマート製造、統合モデル、機器連携、動作状況モニタリング

【テーマ題目11】簡易迅速分析によるめっき工程の高度化技術

【研究代表者】所 和彦

（積層加工システム研究グループ）

【研究担当者】所 和彦、廣瀬 伸吾（常勤職員2名）

【研究内容】

めっき技術は金属材料から、比較的簡易に金属被膜を作成することが出来る表面処理技術であり、金属のみならず樹脂・セラミックスなどの基板に対して耐食性・耐摩耗性・導電性・装飾などを付与でき、金属材料に限定してもニッケル、鉄、コバルト、亜鉛、金、銀と多岐にわたっている。

しかし、実際のめっき作業工程においては、所望の被膜特性にあわせて、被めっき物・めっき浴・めっき装置が個別に選定されており、なかでも被膜特性に直接影響するめっき浴に関しては、主成分以外の薬剤・微量添加剤については、ブラックボックス化されているのが現状である。

本来重要であるはずのめっきプロセスの管理については、温度、pH など特定のパラメーターのみであったり、めっき浴の成分管理に至っては手作業による間欠式のサンプリングであるなど、手間がかかる上に必要なデータが十分に得られていないなどの問題があった。さらに、得られたデータ・プロセスとめっき結果の相関が検討されることはまれで、めっきのプロセス管理は現在でも作業者の経験に依存せざるを得ない状況である。そのため、不良品の発生の原因解明が遅れたり、本来不必要なめっき浴成分の補給・交換が行われ、コストの上昇につながっている。

本研究では、めっき条件のパラメーター（電流・pH・温度・成分濃度など）をインプロセスかつできるだけ簡易な方法で取得することにより、異常の早期検出やめっき不良解決手段への手がかり、さらには、めっきプロセス改良のための基礎データを取得するシステムを

構築することを目標とする。

本年度は、電解めっきにおける操作条件である電流・電位に対して、基本的なパラメータである pH・温度・溶存酸素濃度の測定に加えて、めっき浴のフローIR・ATR 測定をインプロセスで行いその変化を観察した。その結果、めっき浴種の違い（電解めっき浴・無電解めっき浴）、めっき浴添加剤の有無により、赤外領域での吸収スペクトルの変化が観察された。特に電解ニッケルめっきにおいては、めっきプロセスの進行に伴う IR 吸収スペクトルの経時変化の測定により、めっき浴成分の劣化・副生成物の発生が観察された。

これらの結果を応用することにより、めっき浴更新・成分補給の適正化が図れ、結果としてめっきプロセス効率化が可能となる。さらに、得られた結果と既存のめっきデータとの比較により、めっき不良の原因の解明とプロセスのモニタリングによる不良品の低減・製品に対する信頼性の向上により、めっきプロセスの高度化が図れる。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】めっき、めっきプロセス管理、IR-ATR
インプロセスモニタリング

【テーマ題目12】プラズマ回転ディスク法による3D 積層造形用金属粉末生成技術

【研究代表者】板垣 宏知

（積層造形システム研究グループ）

【研究担当者】板垣 宏知、廣瀬 伸吾、小木曾 久人
（常勤職員3名）

【研究内容】

3D 積層造形技術において、原料となる金属粉末には高い粉末供給性能（高流動性）や純度、均一な粒径分布、粉末の微細化が求められる。ディスクアトマイズ法は熔融金属を高速回転するディスク上に落下させ真球度が高くシャープな粒径分布の微細粉が得られる一方で、熔融金属の分裂形態がその粘性により制限されるため、粒径の微細化が困難である（～100 μm）。本研究は、アークプラズマジェットにより熔融金属粉末をディスク上に吹き付ける方法を用いることで分裂形態による制限を克服し、より微細な金属粉末の生成が可能な技術の実現を目的に実施した。本年度は、プラズマ電極の開発・試作を行い、プラズマ生成試験を実施、開発した電極および電源装置でアルゴンプラズマの電極間での生成を確認した。また、本手法を用いた低品位微細粉末の高品位化可能性について、既存のプラズマ溶射装置を用いた鉄系異形粉末の球状化試験の実施により検討した。その結果、水アトマイズ SUS316L 粉末の球状化に成功し、プラズマ処理粉末の流動性が改善されたことに加えて、粉末内部の欠陥（ポロシティ）が低減可能であることを明らかとした。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 積層造形、粉末球状化、プラズマジェット

〔テーマ題目13〕 複合窒化物ナノロッドの創生

〔研究代表者〕 上原 雅人

(センシング材料研究グループ)

〔研究担当者〕 上原 雅人 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

窒化物圧電材料は誘電率が低く、Q 値が高いことから、センサやスマートフォン用高周波フィルタに利用され、今後もニーズ拡大が予想されている。最近、GaN についてナノワイヤ化することで圧電定数が4倍に増加すると報告された。産総研シーズである Sc-AlN 高圧電性複合窒化物に適用できれば、エナジーハーベスタの可能性も大きくなる。一方、ナノロッド製造は CVD 法が一般的であるが、Sc 等遷移金属を多量に含む、高圧電性複合窒化物を製造するのは容易ではない。本研究では、Sc-AlN をナノロッド化し、更なる特性向上を目指す。ピラー加工したシリコン基板に対して PVD 法であるスパッタリング製膜することで、ピラー上で AlN を優先的に成長させて製造を試みる。また、内部構造を詳細に評価して、これまでの薄膜で特性低下の原因である異相析出に関する表面・粒界の影響を調査し、析出抑制技術に資する知見を得る。本年度は基板となるナノピラー群の作製方法の確立と AlN ナノロッド作製のための最適構造の検討を行った。マスク露光や電子ビームによるフォトリソグラフィ法を用いて、ナノピラー群の作製条件を探索した結果、それぞれ直径1 μ 、500 nm、100 nm のナノピラー群を作製することができた。反応性スパッタリング法で AlN の析出実験を行った結果、ナノピラー上でも AlN は c 軸配向すること、ピラーサイズに関係なく、AlN 柱状組織の直径は100 nm 程度であることが分かった。ピラー間隔が大きいとピラー側面への析出が多くなる傾向にあった。来年度は間隔を狭めたピラー群を作製し、AlN および Sc-AlN ナノロッドの作製し、その特性や構造評価を行う。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 圧電体、窒化物、ナノロッド、スパッタリング

〔テーマ題目14〕 熱刺激応答性ゲルを用いたペーパーマイクロ分析技術のためのバルブ機構の開発

〔研究代表者〕 岩崎 渉

(生物化学プロセス研究グループ)

〔研究担当者〕 岩崎 渉 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

近年分析化学の分野では紙(多孔質膜)を基材とした分析手法がペーパーマイクロ分析チップ(μ PAD)としてみが注目をあびている。 μ PAD は紙の毛細管力を利用して

ポンプレスで試薬類を流すことが可能であり、安価で簡単に分析を行うことができる。一方で、その利点がゆえに流体の制御技術はほとんど開発されておらず、マイクロ流体デバイスで行われている様な反応部や検出部に複数の試薬を順番に送液して行う分析を μ PAD で行うことは難しい。そこで本研究では μ PAD に適用可能な流体制御技術として温度応答性樹脂を用いたバルブ機構を開発した。バルブの基材にはポリフッ化ビニリデン(PVDF)多孔質膜を、温度応答性樹脂にはポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)(PNIPAAm)を用いた。PNIPAAm は32度以下で親水性、32度以上で疎水性を示す樹脂である。この性質を利用し、PVDF 膜内で PNIPAAm を膨潤や脱水収縮させることで PVDF 膜の孔を閉じたり開いたりさせることができる。PNIPAAm はレドックス重合によって PVDF 膜表面に重合させて塗布した(PVDF-PNIPAAm 膜)。作製した PVDF-PNIPAAm 膜は走査型電子顕微鏡(SEM)や X 線光電子分光(XPS)による分析で、PNIPAAm が PVDF に塗布されていることを確認した。また、タンパク質に対するバルブ機能試験を行い、32度以上と32度以下でタンパク質の透過を制御することに成功し、PVDF-PNIPAAm 膜を μ PAD 内の流体制御に適用できる可能性が示された。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 ペーパーマイクロ分析チップ、温度応答性樹脂、流体制御

〔テーマ題目15〕 VIV を利用した生体向けエナジーハーベスタの開発

〔研究代表者〕 森田 伸友

(生物化学プロセス研究グループ)

〔研究担当者〕 森田 伸友、山下 健一、岩崎 渉、

田原 竜夫、上原 雅人 (常勤職員5名)

〔研究内容〕

人や動物の生体情報を検出するためのウェアラブルセンサ、体内埋め込み型センサに向けた振動発電デバイスが注目を集めているが、人や動物の歩行等の動きから得られる生体由来の振動は振動周波数が低くかつ不規則な振動であるために、発電効率が低く十分な電力を得ることが難しいという課題がある。本研究では、振動そのものではなく、周辺環境の風や生体の動きによって周辺に生じる対向流といった周辺流体の流れに着目し、カルマン渦等によって発生する振動として知られる VIV (vortex induced vibration) によって高周波数の振動を発生させることで発電を行う VIV 型エナジーハーベスタの開発を行った。ポリイミドフィルム上に、圧電材料である窒化アルミニウム及び電極材料をスパッタにより成膜した圧電フィルムを幅2 mm、長さ9 mm となるよう切断し、圧電カンチレバーを試作した。ポリイミド、電極材料(アルミニウム)、窒化アルミニウムの厚みは

それぞれ、25 μm 、200 nm、2 μm とした。試作したカンチレバーにドライエアーを流速0～25 m/s にて吹付け発電試験を行った。流速5 m/s (レイノルズ数：680) を超えたところで VIV の発生が確認され、その際の発電量は0.45 nW であった。その後の流速に比例して発電量は上昇し、流速25 m/s において4.0 nW の発電量が得られ、VIV 型エナジーハーベスタによって発電が可能であることを示した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 環境発電、ウェアラブルセンサ、圧電デバイス

【テーマ題目16】 マグネトロンスパッタのエロージョン領域拡張に資する永久磁石の創生

【研究代表者】 本村 大成

(センサシステム技術研究グループ)

【研究担当者】 本村 大成、田原 竜夫 (常勤職員2名)

【研究内容】

プラズマスパッタリング法は金属膜の作成工程で多用される手法である。マグネトロンスパッタリング法は、プラズマを閉じ込める磁場配位であるマグネトロン磁場配位を用いており、スパッタリング速度が速いという特徴を持つ。マグネトロン磁場配位を用いると、金属ターゲット外周部にエロージョン領域が局在し、エロージョン領域がドーナツ状になる、そのため、ターゲットの中心付近はスパッタリングが生じないことになり、金属ターゲットの使用効率が悪いことが指摘されている。しかしこれまでターゲット使用効率を改善させる簡単かつ有効な手段は提案されておらず、長年の懸案事項となっていた。そのような中、スパッタリングターゲットの使用効率を向上させる磁場配位及び、プラズマ閉じ込め効果を促進させるアイデアを磁場計算によって見出したので、本取り組みで試作機を製作した。その結果、実験よりターゲット使用効率が改善する可能性が示され、試作した DC スパッタリングカソードを用いると、0.15 Pa (Ar) で放電が持続できることを確認した。前年度に引き続き、特にターゲットの中心近傍の未放電領域を狭めることを目標に、ターゲットの使用効率の向上が期待される磁場配位を提案し、本予算により試作装置を製作した。その結果、本装置を用いると、原理上スパッタリングが生じないとされていたターゲット中心領域においても、スパッタリングが可能になることを明らかにした。すなわち、従来まで常識とされていたマグネトロンスパッタリングのドーナツ状放電構造の改善に成功した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 スパッタリング、ターゲット使用効率

【テーマ題目17】 高温摺動用ボロシリサイド合金の開発

【研究代表者】 村上 敬 (トライボロジー研究グループ)

【研究担当者】 村上 敬、是永 敦、大花 継頼

(常勤職員3名)

【研究内容】

MoSi₂や Mo₅SiB₂、NbSi₂などの超高温融点金属シリサイド、ボロシリサイドは高温強度、耐酸化性に優れることから、将来の超高温用構造材料として国内外で広く研究されている。特に最近では、Mo₅SiB₂にやや近い組成で摩擦攪拌溶接用ツール用 Mo-Mo₅SiB₂系合金が国内の他研究機関で開発・特許出願されている。他にも超高温融点シリサイド、ボロシリサイドは超高温用金型や軸受、シール材としての応用も考えられるが、これらの材料の高温摩擦・摩耗特性はほとんど調べられていない。このため本研究では数種類の組成を持つ Mo-Si-B 系合金の高温摩擦・摩耗特性評価や摩耗痕の XPS、SEM-EDS 等の表面分析、高温硬度測定等を行い、1000 °C まで低摩耗でかつ高摩擦 (摩擦攪拌溶接用ツール)、あるいは低摩擦 (超高温用金型など) の材料を開発することを試みた。本研究の結果、大気中軸受用 Si₃N₄ボール相手に摩擦試験を行った場合、MoB が800 °C で摺動面に BN や MoO₃等の低摩擦被膜を形成し0.15程度の低摩擦を示すことを明らかにした。さらに以前研究代表者らが水中で低摩擦・低摩耗であることを明らかにしている AlB₁₂、SiB₆についても高温摩擦・摩耗試験を実施してみた。その結果、AlB₁₂、SiB₆も1000 °C で摺動面に B₂O₃等の低摩擦被膜を形成し、0.07～0.08程度の低摩擦を示すことを明らかにした

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 トライボロジー、固体潤滑、高温酸化、金属間化合物、ホウ化物

【テーマ題目18】 表面修飾技術を利用した色素分子を海面に濃縮する手法の開発

【研究代表者】 中野 美紀

(表面機能デザイン研究グループ)

【研究担当者】 中野 美紀、松田 直樹、三宅 晃司

(常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

微生物等の臨床検査で用いられる生化学反応では、微生物等に由来する酵素反応で培養液中に生じる色素分子の吸収スペクトルを測定することで微生物の同定を行っている。色素分子をバルクの培養液から表面に濃縮することができれば、培養時間を短縮することができ、迅速で、高感度な微生物等の検査技術の開発への適用が期待できる。本研究課題においては、DNA (deoxyribonucleic acid) 修飾膜、および、自己組織化膜 (SAM) などの表面修飾膜を用いて、色素を表面により高濃度で吸着する手法を検討した。また、色素の吸着特性の評価には、スラブ光導波路分光法 (SOWG) を用いた。SOWG は、表面・界面のその場測定ができ、エバネッセント波と界面に存在する分子の相互作用の解析が可能であるため、界面における吸着の評価に有効で

ある。

表面修飾膜については、H-DNA (hydrophobic DNA) をスピントロニクスにより薄膜化したものを利用した。色素には、BTB (プロモチモールブルー) を用いた。H-DNA 膜を用いた場合には、修飾膜を使用しない場合よりも BTB に由来する吸収スペクトルが強くなることが確認できた。また、洗浄により、色素の固定化を検証した。その結果、修飾膜を使わない表面では10回程度の洗浄で、色素が脱離したのに対し、H-DNA 膜上の色素の場合には、100回の洗浄後も、洗浄前の95%の色素が表面に残っていることが確認できた。さらに、H-DNA 修飾膜を用いることにより、官能性色素の機能を保ったまま、色素の固定ができることが確認できた。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】色素、吸着、DNA、自己組織化膜、スラブ光導波路分光法

⑤【スピントロニクス研究センター】

(Spintronics Research Center)

(存続期間：2010.4.1～)

研究センター長：湯浅 新治

副研究センター長：福島 章雄

所在地：つくば中央第2

人 員：20名 (20名)

経 費：527,227千円 (221,582千円)

概 要：

電子の電荷のみを用いた従来の半導体エレクトロニクス対して、電子の持つ“スピン”の自由度も活用した新しいエレクトロニクス技術が「スピントロニクス」です。IT 社会の発展に伴って急増する電子機器の消費電力を抑制するために、電子機器が仕事をしていない“入力待ち”時間の消費電力(待機電力)を大幅に削減する必要があり、そのためには電源を切っても記憶が保持される「不揮発性メモリ」の開発が不可欠となります。

当研究センターでは、この不揮発性を最大限に引き出すため、固体中のスピン制御技術を極める学術的基礎研究からデバイス応用研究まで、スピントロニクスの技術開発を企業や大学と連携し推進します。

当研究センターでは以下の3つのミッションを掲げ電子スピンを活用したスピントロニクス技術とナノテクノロジーを融合した「ナノスピントロニクス技術」により、大容量・高速かつ高信頼性を有する不揮発性メモリの開発を行い、この技術を中核にして、待機電力ゼロの究極グリーン IT である「ノーマリー・オフ・コンピュータ」の実現を目指します。また、半導体中でのスピン注入、スピン操作、スピン検出の「半

導体スピントロニクス技術」を開発し、「スピン・トランジスタ」を開発します。さらに、半導体中のスピンと光の相互作用に基づく「光スピントロニクス技術」を活用し、光通信ネットワークの高度化のための新デバイス「スピン光メモリ」の研究開発を行います。

- ・ミッション1 グリーン・イノベーションの実現
ナノスピントロニクス技術を中核にして、大容量・高速・高信頼性の不揮発性メモリ STT-RAM および電圧トルク MRAM の基盤技術を開発し、コンピュータの主要メモリを不揮発化することによるグリーン・イノベーションの実現を目指す。
- ・ミッション2 半導体スケール限界の突破
スピン RAM によるメモリの不揮発化だけでなく、ナノサイズでも安定に動作するメモリセルを開発することにより、半導体メモリのスケール限界を打破することも目標とする。
- ・ミッション3 革新的電子デバイスの開発
光メモリ、スピン・トランジスタ、高周波デバイスなど、将来的に IT に革新をもたらすポテンシャルを有する新デバイスの創出を目指す。

内部資金：

戦略予算「極限微細構造による未踏ハードウェア創出」

外部資金：

総務省「次世代人工知能技術の研究開発(課題II)」

独立行政法人科学技術振興機構(S-Iノベ)「3次元磁気記録新ストレージアーキテクチャのための技術開発」

独立行政法人科学技術振興機構(ImPACT)「無充電で長期間使用できる究極のエコ IT 機器の実現」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費・一部基金(若手研究(B))「非線形解析に基づくマイクロ波アシスト磁化反転の理論構築」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費・一部基金(若手研究(B))「コーン磁化薄膜を利用した高速・低消費電力 MRAM 素子の理論研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費・一部基金(若手研究(B))「スピン波共鳴を利用した磁化反転ダイナミクスの理論的研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金(新学術領域研究)「電氣的スピン変換」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費・一部基金(基盤研究(B))「低エネルギー高速磁化反転技術のた

めの反強磁性構造の創製)

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費・一部基金
(基盤研究 (B)) 「高強度テラヘルツパルスによる極限
スピン制御」

発表: 誌上発表41件、口頭発表83件、その他6件

金属スピントロニクスチーム

(Metal Spintronics team)

研究チーム長: 薬師寺 啓

(つくば中央第2)

概要:

MgO-MTJ 素子の巨大 TMR 効果とスピントルク磁化反転を用いた大容量不揮発メモリ「スピン RAM」の研究開発を行っています。特に、垂直磁化電極を用いた nm サイズ MTJ 素子の開発を行い、書き込み時の低消費電力化と電源を切っても情報が保持される不揮発性の両立を目指しています。また、同じ基盤技術を活用した新デバイスの研究開発、具体的には、ナノサイズのマイクロ波・ミリ波発振器および検波器、物理乱数発生器、不揮発性スイッチング素子の開発も行っていきます。さらに、薄膜成長技術を応用した新規スピントロニクス素子の開発も進めています。

研究テーマ: テーマ題目1、テーマ題目3

半導体スピントロニクスチーム

(Semiconductor Spintronics team)

研究チーム長: 齋藤 秀和

(つくば中央第2)

概要:

半導体スピントロニクスと呼ばれる新技術を用いた新奇伝導及び光素子の研究開発を行っています。具体的には、不揮発的に情報を記憶できる(電源を切っても情報を保持する)スピントランジスタの実現を目指した半導体へのスピン注入・制御・検出、およびシリコン導波路一体型強磁性薄膜光アイソレータや円偏光発振するスピンレーザなどの光デバイスの研究開発を行います。スピントランジスタの実現により、従来技術では困難であったコンピュータの消費電力の劇的な削減に繋げ、将来的には待機電力がほぼ零である「ノーマリー・オフ・コンピュータ」に繋がることが期待されます。また、新型光アイソレータはシリコンフォトニクス技術を用いた情報通信に大きく貢献し、スピンレーザはレーザ発振の省電力化や光通信のブロードバンド化と共に、スピン情報の増幅装置としての役割が期待されています。

研究テーマ: テーマ題目2

理論チーム

(Theory Team)

研究チーム長: 今村 裕志

(つくば中央第2)

概要:

ナノ構造における磁性・スピンドYNAMIXを記述する新規理論の構築、および理論的なアプローチを用いた新規ナノスピントロニクス素子開発の先導を目指して研究を行っています。具体的には、ナノ構造におけるスピンドYNAMIXを利用した超高密度磁気記録の読み出し・書き込み技術の開発、スピントルクを利用したナノサイズのマイクロ波発振器の開発、および電圧を用いたスピン制御に関する基礎理論の構築・理論解析を行っています。

研究テーマ: テーマ題目1

電圧スピントロニクスチーム

(Voltage-driven Spintronics Team)

研究チーム長: 野崎 隆行

(つくば中央第2)

概要:

電流をほとんど用いずに、電界(電圧)によって高速にナノ磁性体のスピン操作を行う基盤技術の研究を行っています。電流制御型に比べて情報書き込みの消費電力が1桁から2桁小さい次世代磁気メモリの実現を目標に、基本材料・素子構造の探索、および高速スピンドYNAMIX制御技術の開発に取り組んでいます。

研究テーマ: テーマ題目1

TEL-産総研先端材料・プロセス開発連携研究室

(TEL-AIST Cooperative Research Laboratory for Advanced Materials and Processes)

連携研究室長: 前原 大樹

(つくば中央第2)

概要:

半導体デバイスの超高集積化と低消費電力化を実現するために、次世代不揮発性メモリを中心に新材料・新プロセス技術を開発し、その量産技術を実現することを目指します。

研究テーマ: テーマ題目1

[テーマ題目1] 高速スピンドYNAMIX制御技術の研究開発

[研究代表者] 久保田 均

[研究担当者] 福島 章雄、薬師寺 啓、野崎 隆行、甲野藤 真、常木 澄人、谷口 知大、松本 利映、荒井 礼子、今村 裕志
(常勤職員10名、他4名)

[研究内容]

本研究では、MgO トンネルバリアを有する強磁性トンネル接合をベースとする、マイクロ波発振器および検

波器の開発に取り組んでいる。原理は、強磁性トンネル接合中を流れるスピントルクがつくるスピントルクとスピンの配置に依存してトンネル確率が変化する強磁性トンネル効果に基づく。これらのデバイスは、サイズが非常に小さく、自励発振であるため共振器不要で回路中に組み込みやすいなどの特徴を持ち、半導体素子にない特徴を有している。29年度は、ダイオード感度の向上、並びに、ニューロモルフィックハードウェアへの適用を検討した。また、発振の緩和時間、2つの STO の位相同期について理論的に調べた。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 スピントルク発振素子

【テーマ題目2】 革新的スピン伝導素子に関する研究

【研究代表者】 齋藤 秀和

【研究担当者】 Aurelie Spiesser（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究では、電子のスピン自由度を半導体素子中で積極的に利用することにより、従来型素子には実現不可能であり、将来の高度情報社会に貢献し得る新機能素子の開発を目指す。昨年度、Si をチャンネル層としたスピン偏極金属-酸化物-半導体電界効果型トランジスタ（MOSFET）の基盤技術となる、強磁性トンネル接合ソース/ドレインを用いた Si チャンネル中へのスピン偏極電子の電氣的注入および検出（スピン輸送）に低温で成功した。本年度は、室温での高効率スピン輸送を目指し、Fe/MgO から成る強磁性トンネル接合の更なる高品位化および接合面積・距離等のデバイスパラメータの最適化を行った。その結果、室温で明確な電氣的スピン輸送を実現すると共に、スピン MOSFET の代表的な性能指数である注入電子のスピン偏極率において世界最高値（～50%）を達成した。この成果はスピン MOSFET に繋がること期待される。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 スピントランジスタ、シリコン

⑥【フレキシブルエレクトロニクス研究センター】

（Flexible Electronics Research Center）

（存続期間：2011.4.1～2019.3.31）

研究センター長：鎌田 俊英

副研究センター長：牛島 洋史

総括研究主幹：白川 直樹、長谷川 達生

所在地：つくば中央第5

人 員：23名（23名）

経 費：331,988千円（191,912千円）

概 要：

1. ミッション

社会の隅々にまで行きわたる情報通信技術の普及には、人々が直接情報の入手・発信に触れるためのツールとなる情報端末機器の利便性の向上と高度普及化が重要な課題となっている。本研究センターでは、こうした課題を解決し、これにかかる新産業創出、国際競争力強化に貢献していくために、ディスプレイやセンサーなどの情報通信端末機器用のデバイス技術としての使用利便性の向上および省エネルギー化の促進を目指して、軽い、薄い、落としても壊れない、形状自由度が高いという特徴を備えたフレキシブルデバイス技術の開発を推進する。これにより、より利便性の高い革新的情報端末機器を社会に普及させ、新市場創出による経済効果の拡大を図る。また、これら情報端末デバイスの低消費電力化技術の開発とともに、フレキシブルデバイスを省エネルギー・省資源・高生産性で製造する技術となる印刷法を駆使したデバイス製造技術の開発に取り組み、大量普及する情報端末用デバイスの低消費電力化、製造エネルギーの削減を推進して、グリーン・イノベーションに貢献する。さらに、これらの技術に係る材料基盤・計測標準化技術の開発に取り組み、産業基盤支援と国際競争力強化に貢献することを目指す。

2. 研究開発の課題

ミッション遂行のために、下記の研究開発課題を設定して、技術開発を推進する。

① フレキシブルデバイス技術の開発研究

超薄型、軽量、形状自由度、大面積、耐衝撃性に優れた情報入出力インターフェースデバイスの創出を目指し、柔軟性を有するフィルム基板上に回路・デバイスを設置したフレキシブルデバイス技術の開発を行う。特に、ディスプレイなどの表示・出力デバイス、圧力、光、熱応答の入力デバイスをフレキシブルデバイス化する技術を中心に技術開発を推進する。

② プリントブルデバイス製造技術の開発研究

フレキシブルデバイスの省エネルギー・省資源・高生産性製造プロセス技術として、脱真空プロセス、脱高温プロセス、脱フォトリソグラフィプロセスによりデバイスの製造エネルギーを著しく軽減させ、高速高生産性デバイス製造を可能にする溶液プロセスに立脚した印刷デバイス製造技術の開発を推進する。特に、高精度高精細印刷デバイス製造技術、低温印刷デバイス製造技術、高機能化印刷デバイス製造プロセス、大面積高均質デバイス製造技術などを中心に、技術開発を推進する。

③ フレキシブルデバイス用材料基盤・評価技術の開発研究

フレキシブルデバイス用材料の開発ならびにそれらの基礎物性、寿命、効率、素子性能等にかかる評価、計測に関する技術の開発を推進する。特に、有機半導体材料などのデバイス用有機機能性材料の開発

3. 研究開発の推進体制

研究開発の推進に当たっては、本研究センター内に下記5つの研究チームを設置し、それぞれ設定研究課題に対応した研究開発課題を推進する。

- (ア) フレキシブル材料基盤チーム
- (イ) 印刷プロセスチーム
- (ウ) ハイブリッドプロセスチーム
- (エ) フレキシブルデバイスチーム
- (オ) ハイブリッドIoTデバイスチーム

特に、本研究センターの研究開発技術は、産業界の技術開発と密接に関係していることから、関連する多業種の企業群からなる技術研究組合を構成し、その中で企業と一体的な技術開発をすることで、技術の円滑な産業普及と推進を図っていく。現在、次世代プリンテッドエレクトロニクス技術研究組合（JAPER）、および未利用熱エネルギー 革新的活用技術研究組合（TherMAT）の二つの技術研究組合に参加し、それぞれ印刷技術に基づくフレキシブルデバイスの製造技術、フレキシブル熱電変換材料デバイス技術の開発を行っている。さらに、産業界との情報交換の場としての産総研コンソーシアム「次世代プリンテッドエレクトロニクスコンソーシアム」を設置し、当該関連分野の最新の産業動向を反映させた技術開発の推進を図っている。

内部資金：

戦略予算

「スマートテキスタイル基盤技術の研究開発（北陸プロジェクト）」

外部資金：

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

「エネルギー・環境新技術先導プログラム／生物機能によって大幅な省エネルギー又は創エネルギーを実現する新規デバイス創出のための革新的基盤技術開発／生物機能としての生体情報のAI活用による生活環境制御」

独立行政法人日本学術振興会（JSPS）

「圧電機能開拓のための強誘電性分子固体の研究」

「超高齢化社会の医療人材不足を克服する次世代医療用ウェアラブルセンサーの新規開発」

「多結晶薄膜デバイスのための高空間分解能キャリアイメージング技術開発」

「オットー光学配置を利用したペーパープラズモニック

センサの構築」

「ヘテロジニアスモデリングによるアダプティブ溶液プロセスシミュレーション手法の開発」

「シリコーンゴムの動的歪み制御による微細積層印刷エレクトロニクスの創出」

「高感度 MEMS 可動部の完全アディティブ形成技術の開発とセンサ応用」

「切り紙構造を利用したフレキシブルディスプレイ」

「印刷技術を用いた両親媒性分子による独立二分子膜の構築と選択的イオン透過膜の創成」

国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）

「新しい高性能ポリマー半導体材料と印刷プロセスによるAM-TFTを基盤とするフレキシブルディスプレイの開発」

「ミラー、透明、黒の状態可変技術による革新的省エネ調光窓の開発」

佐賀県産業労働部ものづくり産業課長

「次世代型高品質スクリーン印刷技術と新規スクリーンマスクの開発」

文部科学省

「卓越研究員事業」

経済産業省

平成29年度戦略的基盤技術高度化支援事業（機関補助金）

「銅ナノ粒子ペーストを用いた大型ガラス基板への高精度スクリーン印刷と多面取り加工技術による低コスト次世代パワー半導体用実装基板の製造技術開発」

「焼結による高均熱、高熱輸送平面ヒートパイプの開発」

発表：誌上発表60件、口頭発表134件、その他30件

フレキシブル材料基盤チーム

（Flexible Materials Base Team）

研究チーム長：米谷 慎

（つくば中央第5）

概要：

- ・目的：フレキシブルエレクトロニクスによるグリーン・イノベーションを目指し、有機半導体・導電体・強誘電体などの電子機能性材料を印刷プロセスに適用するための材料基盤技術を開発する。特に、プロセス適合性をもつ高性能な電子機能性材料の開発、材料の特質に立脚した革新的印刷プロセスの開発、高性能化に必要な不可欠となる高度な微視的材料評価技術の開発を推進する。
- ・意義、当該分野での位置づけ：物性物理学・物性化学・電子工学を基盤とする先端的知見を活用しながら

ら、新規材料・新機能開拓と、印刷プロセスの革新、微視的評価技術の開発に取り組み、主に学術雑誌を通じた成果発信により情報通信・エレクトロニクス・材料分野に貢献する。

- ・国際的な研究レベル：銀ナノメタルインクと反応性表面により高解像度配線を実現できる超簡易印刷法を世界に先駆けて開発、常温常圧の溶液・印刷プロセスで製膜可能な高性能有機半導体や高分極、低損失、大変位型有機（反）強誘電体の材料を開発、材料評価技術として電荷変調分光法を用いた有機半導体のキャリア輸送の研究で世界のトップを走るなど。

研究テーマ：テーマ題目1

印刷プロセスチーム

(Print Process Team)

研究チーム長：牛島 洋史

(つくば中央第5)

概要：

従来の真空技術・フォトリソグラフィー技術を用いた大規模大量生産製造から脱却し、省エネルギー・省資源で変量多品種分散製造を行うため、印刷手法を用いたプロセス技術の開発を行なっている。当グループで開発したスクリーンオフセット印刷法や付着力コントラスト平版印刷法の材料、プロセス、評価手法の各要素技術開発を進めており、これら新規印刷手法は企業とともに装置開発および印刷に必要な版の製版技術についても開発を進めている。Si 製造技術等では取り組みにくい曲面へのパターン製造や3次元の製造技術にも挑戦している。機能を向上させるための表面処理技術等の基礎的研究開発を進めながらフレキシブルなトランジスタアレイやセンサ等のデバイス製造も行っており、フレキシブルエレクトロニクスの実現を目指している。

研究テーマ：テーマ題目2

ハイブリッドプロセスチーム

(Hybrid Process Team)

研究チーム長：山本 典孝

(つくば中央第5)

概要：

IoT 社会に必要とされる、多品種センサーを量産製造するためには革新的な製造プロセスが必要となる。ハイブリッドプロセスチームでは、フレキシブルエレクトロニクスの実用化に向け、印刷パターンニング技術、プラズマ焼成技術、レーザー加工技術、ホットメルト接着接合技術等を用い、フレキシブル配線板の製造プロセスの生産性を従来のリソグラフィー技術による製造プロセスと同等にする技術を開発している。

具体的には、スーパーインクジェットと金属ナノ粒子を用いた一桁ミクロン線幅のマスキング配線パターン

形成、銅ナノ粒子インクに関して酸素ポンプ技術を用いた還元焼成とその発展形である低温プラズマ焼結による低抵抗銅配線作製、低出力レーザーを用いた金属粉末融解による配線形成、ホットメルトによる配線・端子接続や箔化デバイス転写形成などの研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目3

フレキシブルデバイスチーム

(Flexible Device Team)

研究チーム長：吉田 学

(つくば中央第5)

概要：

- ・目的：自由形状、大面積軽薄、生体適合性など、優れた使用感を持つデバイスとしての期待の高いフレキシブルデバイスやストレッチャブルデバイスの早期実用化が望まれている。これらの柔軟なデバイスは、生体情報や環境情報を取得するためのマルチモーダルセンサーとして用いることを想定している。このようなウェアラブルマルチモーダルセンシングデバイスにおいて、人間の体動や外部環境変化に伴うセンサーデータへの影響を考慮したデバイス設計やソフトウェアによる処理技術の開発が必要となる。また、センシングのみでなく、センシングデータを利用して反応するアクティブデバイス等の開発も重要である。これらのセンシングデバイスは無線によりデータを送受信することが想定されるため、これらのデータのセキュリティを担保するためのデバイスも必要不可欠となる。本研究チームでは、これらの実現のために、フレキシブルマルチモーダルセンシングデバイスの設計・動作解析技術の開発、高感度柔軟アクティブデバイスの開発等を推進する。平成29年度は、特に柔軟な材料を用いて、心電等の複数種の生体情報をセンシングするためのマルチモーダルセンサーの原理実証を行うと共に、電圧等の入力に対して変位を発生するアクティブデバイスの開発を重点化していく。
- ・手段：大型プロジェクト、技術研究組合との連携、企業・大学との共同研究等における研究開発を積極的に推進するとともに、社会のニーズや新規研究テーマの発掘に努める。またフレキシブルエレクトロニクス開発に必要な要素技術の高度化・集積化を図るため、分野横断的な連携を推奨する。
- ・方法論：導電性繊維を用いた高伸縮圧力センサーアレイの開発や情報機器のための新たなアクティブデバイスの開発を行う。低電圧駆動可能な有機エレクトロニクスデバイスの創製と応用展開を行う。

研究テーマ：テーマ題目4

ハイブリッドIoT デバイスチーム

(Hybrid IoT Device Team)

研究チーム長：植村 聖

(つくば中央第5)

概要：

- 研究目的：IoT 機器の爆発的な増大により生じる消費電力の問題やユーザビリティの向上に向けて、非連続的なイノベーション創出に資する部素材、デバイス、及びそのプロセス技術やアセンブリー技術の基盤的な研究開発を行う。IoT 社会の実現と進展、我が国の情報通信・エレクトロニクス関連産業の持続的な発展に貢献することを目的とする。
- 研究手段：IoT デバイスの低消費電力化と高生産性を両立させる製造基盤技術の開発を行う。IoT デバイスとして革新的なセンサーの要素技術の開発とそれらのユーザビリティを向上させるフレキシブル、プリンタブル電子デバイスの要素技術基盤の開発、またそれらを実用化するための電子部材をフレキシブル基板上に実装する技術の開発など、多様な形状の物体等への適応性、耐衝撃性を向上させるフレキシブル実装・プロセス技術の開発を行う。
- 方法論：
 - IoT 機器の低消費電力化、フレキシブル化を同時に成立させるための基盤的技術として低消費電力な電子回路チップ等の電子部品を実装するフレキシブルハイブリッド実装技術の開発、2) IoT 機器の低消費電力化のため、フィルム状の発汗センサー、フレキシブル熱流センサー等の実現に向けた部素材、デバイス設計技術、動作検証の研究開発を進める。

研究テーマ：テーマ題目5

[テーマ題目1] フレキシブル材料基盤に関する研究

[研究代表者] 米谷 慎

(フレキシブル材料基盤チーム)

[研究担当者] 米谷 慎、堀内 佐智雄、峯廻 洋美、堤 潤也、東野 寿樹、長谷川 達生他 (常勤職員5名、他6名)

[研究内容]

フレキシブルエレクトロニクスによるグリーン・イノベーションを目指し、有機半導体・導電体・強誘電体などの電子機能性材料を印刷プロセスに適用するための材料基盤技術開発を行う。プロセス適合性をもつ高性能な電子機能性材料の開発、材料の特質に立脚した革新的印刷プロセスの開発、高性能化に必要な不可欠となる高度な微視的材料評価技術の開発を推進する。平成29年度には、次の成果を得た。

金属配線印刷技術の開発では、産総研が独自開発した、高速・大面積にサブミクロン銀配線をパターン形成できる「新原理印刷技術・スーパーナップ®法」の橋渡しを

加速するため、その出口戦略として、量産化による大幅なスケールメリットが期待できるスマートフォン用タッチパネルセンサに特化し、これをスーパーナップ®法により製造した不可視な極細線メタルメッシュフィルムで置き換えることを目標に、共同研究先である田中貴金属工業株式会社による国プロ (JST・NexTEP) 受託と、量産システム開発を支援・指導してきた。結果、前記プロジェクトの期間前倒しによる成功認定が得られた (H29.12.14)。

高性能化・高安定化を目指す印刷プロセス用有機半導体材料の開発では、従来の p 型半導体 BTBT (ベンゾチエノベンゾチオフェン) 系材料が本質的に抱える課題 (耐熱性/キャリア注入効率/溶解性) の解決に向けて材料開発を行った。BTBT 骨格の π 電子共役系を拡張させることにより、耐熱性150 °C以上とキャリア注入効率の向上 (BTBT 系材料と比較して1.5倍以上) を達成するとともに、BTBT 系材料で抱えていた溶解性とキャリア輸送特性 (主に異方性) のトレードオフ関係を打開する結果が得られ、印刷適合性材料を高度化する新たな分子設計指針への足がかりを作った。

有機強誘電体の材料開発においては、電場に誘起される相変化機能に着目した反強誘電体を開発し、PZT に匹敵する巨大な電気歪み (ナフトイミダゾール、 d_{33} 換算で ~ 80 pm/V、誘起分極 $6 \mu\text{C}/\text{cm}^2$) や、高分極・低損失な静電エネルギー貯蔵機能 (四角酸、 $13 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 、貯蔵エネルギー密度 $1.5 \text{ J}/\text{cm}^3$ 、効率94 %) を新たに見出すことができた。

また、分子回転機構を組み込んだ新規有機強誘電体材料開発のシミュレーションによる材料開発支援を目指し、そのテストケースとして、過レニウム酸キヌクリジニウムの分子動力学シミュレーションによる解析を行い、その結晶相・強誘電相・柔粘性結晶相の再現を確認した。さらに強誘電相での自発分極の推算値として実験値の $3.5 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ に近い $2.9 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ を得、材料開発支援の足がかりを作った。

微視的材料評価技術では、独自技術のゲート変調イメージング技術について大幅な高時間分解能化 (最高50 ns) を達成し、有機薄膜トランジスタの性能律速要因とされる電極界面、結晶粒界の局所電気伝導の様子を観測することに初めて成功した。さらに、測定結果をモデルシミュレーションにより高い精度で再現し、本技術の高い信頼性を確認した。上記に加え、有機強誘電体の分極ドメインのイメージングにも取り組み、PFM 等の従来技術では不可能な、薄膜深さ方向の分極ドメイン分布のイメージングを実現した。

[領域名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] 有機半導体、有機デバイス、プリンテッドエレクトロニクス、材料評価技術

[テーマ題目2] 印刷プロセスに関する研究

〔研究代表者〕 牛島 洋史

(印刷プロセスチーム)

〔研究担当者〕 牛島 洋史、安部 浩司、野村 健一、
日下 靖之、金澤 周介、高武 正義、
尾上 美紀、藤田 真理子、堀井 美徳、
忽那 志満子(常勤職員5名、他5名)

〔研究内容〕

印刷製造技術がエレクトロニクス分野に実用化されるためにはパターンニングの精細度、均一性、信頼性が必要である。精細度については高精細および版製造がオンデマンドで行える技術として“付着力コントラスト平版印刷法”に取り組んでいる。印圧によるパターン歪みを抑制でき、寸法忠実性を $5\ \mu\text{m}$ (凸版)から $2\ \mu\text{m}$ 未満(平版)に向上させている。パターンニングを行う際、刷版や被印刷物表面に施す修飾や改質処理技術、表面の形状や物理化学的性質を評価する技術にも取り組んでいる。また、厚膜印刷では経験の少ないユーザーでも容易に高精細なスクリーン印刷が行える“スクリーンオフセット印刷法”の装置化を進めており、線幅 $20\ \mu\text{m}$ の印刷が実現できている。重ね刷り精度の向上や、膜厚の均一化と平坦化を中心にデバイス作製プロセスの開発を行っている。さらに、評価法としてはコロイド化学や表面化学的手法と走査型プローブ顕微鏡の技術を統合した表面分析技術による評価法の開発も進めている。デバイス製造技術に関しては、MEMS技術のような3次元構造物を印刷プロセスで作製する“印刷MEMS技術”について挑戦しており、歪センサー等への応用を検討している。これらプロセス技術を中心に技術開発を行い、フレキシブルエレクトロニクスの実現に貢献する。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 マイクロコンタクトプリント、反転オフセット印刷、付着力コントラスト、スクリーンオフセット印刷、走査型プローブ顕微鏡、印刷技術、コロイド化学、表面化学、プリンテッドエレクトロニクス

〔テーマ題目3〕 ハイブリッドプロセスに関する研究

〔研究代表者〕 山本 典孝

(ハイブリッドプロセスチーム)

〔研究担当者〕 山本 典孝、白川 直樹、徳久 英雄、
福田 伸子、粕谷 陽子、真中 潤、
中野 栄司、森田 智子
(常勤職員4名、他4名)

〔研究内容〕

低温プラズマ焼結技術の改良により、リソグラフィーを用いないフレキシブル配線製造技術を開発した。

酸素分圧が 10^{-30} 乗以下の極低酸素雰囲気を作ることができる固体電解質型酸素ポンプを用い、それによって作られた極低酸素化窒素を大気圧プラズマにして吹き付け試料を焼結する、低温プラズマ焼結プロセスを開

発した。 $180\ ^\circ\text{C}$ 以下の低温処理であるにもかかわらず、抵抗率の面でも金属組織の面でもバルク材料と遜色無いものが得られる。小型化装置の開発を継続して続けている。

また、低温プラズマ焼結により銅配線を有するフレキシブル基板の全印刷作製が可能となったので、その技術デモとしてフレキシブルラジオ付き野球帽を試作し、JPCA Show2017や PrintableElectronics2018展に出展した。多くの報道等でも取り上げられ話題となった。

低融点金属粉末を用いたレーザー加工技術を開発した。低出力レーザーを走査することで金属を融解させながらパターンニングすることにより、PET上に面抵抗 $1\ \Omega/\square$ のメッシュ電極を作製した。同技術では葉上への電極作成にも成功している。また、近赤外領域で透明な基材を用いることで基材背面よりレーザー照射が可能となった。これまでの方法では扱いが困難であった付着力支配の粒子径領域の金属粒子を粉体として用いることが可能となった。さらに、後工程としてガルバニック置換反応により、SnとCuを交換することで2ヶタ以上の低抵抗化に成功した。これらの結果を用いることで熱に弱い葉上やこれまでに加工が困難であったPET内部のレーザーによる導配線加工が可能であることを示した。

ホットメルトを用いた実装および配線接合技術を開発した。基材のフレキシビリティを損なわず印刷配線同士の接続および配線とチップ端子を接続するため、配線パターン以外の部分を接着加工することで電氣的接続を確保することが可能となった。強固に安定な配線接続が実現でき、同時に回路表面を保護するものである。フレキシブル回路全体を壁・ファブリックなど、自由な場所に転写形成することが可能となった。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 酸素ポンプ技術、大気圧プラズマ技術、低温プラズマ焼結技術、スーパーインクジェット技術、非接触印刷技術、無版印刷技術、低損傷レーザー加工、ホットメルト実装および配線接合

〔テーマ題目4〕 フレキシブルデバイスに関する研究

〔研究代表者〕 吉田 学(フレキシブルデバイスチーム)

〔研究担当者〕 吉田 学、小笹 健仁、武居 淳、
栗原一徳、延島 大樹
(常勤職員5名、他3名)

〔研究内容〕

1) マルチモーダル生体情報センサーの研究開発

- 心電、脈拍、体温などのセンサーを作製、動作確認し、原理検証を行う。
- 圧電デバイスや静電デバイスを利用したアクティブデバイス作製し動作確認を行う。具体的には、 $100\ \text{Hz}$ の入力信号に対し、 $100\ \text{Hz}$ 程度の出力を発生させる。

平成29年度は、

- ・心電・脈波計測用サポーターを製造し、ワイヤレスでPCにデータ送信できることを確認した。
- ・エレクトレット薄膜と銀メッキ繊維電極を用いたアクティブデバイスを製造し、20 kHz 付近までの振動を発生できることを確認した。

2) 印刷製造プロセスを利用した新概念セキュリティーデバイスに関する研究開発

- ・印刷形成した SRAM 回路等を利用したセキュリティーデバイスの開発を行う。PUF 回路としてエラー率が10%以下であることを実証する。

平成29年度は、

- ・有機半導体と極薄ゲート絶縁膜を用い、2 V 以下で駆動する電界効果トランジスタを用いてバスキーパーPUF を作製することに成功した。PUF 回路としてはエラー率が10%以下であることが確認された。

3) 印刷電子デバイス技術に関する標準化活動

- ・印刷電子デバイス設計技術、また、それらのデバイス性能向上のための製造プロセス技術の国際競争力を維持するため、国際標準化活動に積極的に取り組む。

平成29年度は

- ・印刷エレクトロニクスに関する国際標準化委員会 (IEC/TC119) において、プリントドエレクトロニクスにおける印刷適性の概要規定 (IEC 62899-401) の国際標準 (IS) を発行させた。
- ・印刷トランジスタの信頼性に係る接触抵抗の計測方法の標準化提案に向けて技術調査と予備検討を行い、国際ワーキンググループにて来年度以降の標準化提案に向けた議論を行った。

[領域名] エレクトロニクス・製造、エネルギー・環境、材料・化学

[キーワード] プリントドエレクトロニクス、印刷金属配線、印刷メモリ、圧力センサー、RFID タグ、有機エレクトロニクス、評価解析技術

[テーマ題目5] ハイブリッド IoT デバイス技術に関する研究

[研究代表者] 植村 聖 (ハイブリッド IoT デバイスチーム)

[研究担当者] 植村 聖、星野 聰、末森 浩司、渡邊 雄一 (常勤職員4名、他4名)

[研究内容]

IoT 社会の実現と進展、我が国の情報通信・エレクトロニクス関連産業の持続的な発展に貢献することを目的とし、IoT 機器のユーザビリティの向上と低消費電力化、また非連続的なイノベーション創出に資する部素材、デバイス、及びそのプロセス技術やアSEMBリー技術の基盤的な研究開発を推進した。平成29年度は PET 等の低

耐熱性のフレキシブル基材上に電子回路チップを基板ダメージなしに実装する技術として、基板の全体加熱なしにはんだを溶融できるプロセス開発を行った。通常チップ実装プロセスは、基板を全体加熱することではんだを溶融させてチップを固定化するが、低耐熱性の基板ではその溶融温度に耐えることができず、基板変形が生じる。それを抑制し、はんだ実装を可能にする方法としてマイクロ波を用いて局所的、選択的にはんだを加熱する技術を開発し、基板変形なしに電子回路チップを実装することに成功した。それによりフィルム上に印刷等で形成されたフレキシブルデバイスと電子回路チップ等のハイブリッドデバイスの製造が可能となり、低消費電力なモジュールが実現できる。その実装の検証として温湿度センサーチップを PET 基板上にアレイ実装し、その正常動作を確認し、基板に対して低ダメージな実装プロセス技術を確立した。

革新的なセンサー技術としては、人間の発汗を検出するための蒸散水蒸気量変化の連続検出やウェアラブル化を可能にするデバイス技術の開発を推進した。また IoT 機器等の電源的に孤立するデバイスの消費電力をまかなう方法として、印刷形成可能でフレキシブル化が可能な熱電変換素子の開発を推進した。平成29年度はこれまで開発してきた熱電素子材料であるカーボンナノチューブ分散高分子中の配向制御技術を開発し、塗布型として最高性能の熱電変換効率を実現した。また同様の素子構成でデバイスの熱流計測が可能なフレキシブル熱流センサー素子の開発を推進した。IoT 機器はチップの高密度化等により放熱技術の開発が必要不可欠であり、そのデバイス設計には材料の潜熱や熱流を理解しなければならない。フレキシブルデバイス等の任意形状のデバイスの熱流計測にはフレキシブル熱流センサーが必要であることから平成29年度はそれらの定量的な熱流量計測を確認した。またこのフレキシブル熱流センサーを用いたユースケースとして、温度環境管理用センサーとして物流分野への適用を検討し、保冷剤に巻きつけて熱流計測を行い、その結果から温度保持時間の予測ができることを確認した。その情報をワイヤレス伝送できるシステムを構築した。

[領域名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] フレキシブルディスプレイ、プリントドエレクトロニクス、フレキシブルデバイス、フレキシブルハイブリッド実装、低消費電力化

⑦ 【先進コーティング技術研究センター】

(Advanced Coating Technology Research Center)

(存続期間：2015.4.1～)

研究センター長：明渡 純

副研究センター長：土屋 哲男

総括研究主幹：相馬 貢

所在地：つくば中央第5、つくば東、つくば西

人 員：16名 (16名)

経 費：435,554千円 (212,354千円)

概 要：

21世紀の“ものづくり”は、最少の資源、最小のエネルギー消費で、コスト競争力のある製造技術を基本とすることが強く求められている。また、CO₂削減をはじめとした省エネルギー、省資源化などの環境負荷低減の観点から、電子機器の小型・集積化、高エネルギー密度、高耐久性の各種電池開発(太陽電池、蓄電池、燃料電池)、軽量で耐久性の高い自動車部品、航空機部材などの開発が世界的に大きな潮流になってきている。これらのニーズに応えるべく新しい材料・部材・デバイスの創成を実現するためには、多種・多様な性質を併せ持つセラミックス・合金などの機能材料を低コストでコーティング可能な製造プロセスが、今後、益々重要になってくる。

当センターでは、産業競争力強化の観点から、従来コーティング技術とはその原理から一線を画すエアロゾルデポジション法 (AD) 法や塗布光分解法 (光MOD 法) など、センター独自の先進的なコーティング技術やこれに資する独自の材料技術を柱に多様な課題を解決し、先進コーティング技術を企業に橋渡しすることを目的としている。これらの目的を達成するため、具体的には、第4期では、下記の3つの分野重点化課題 (戦略課題) を定め、多事業分野で実生産に資するレベルまでプロセス技術の高度化を図る。また、昨年度設立した先進コーティングアライアンスも活用し、地方公設試、大学との連携活動を全国展開し、より積極的に地方企業、地域ニーズ把握に努め、ニッチトップを目指す地方・中小企業の本格的な事業支援を行う。

第4期重点課題「多様な産業部材に適用可能な表面機能付与技術の開発」において、29年度は以下の3テーマを重点化する。

①AD 法では、大型の企業資金獲得につながりつつある蓄電池や燃料電池応用、ガスタービンなどの構造部材応用に絞り込み、実用性能の達成に取り組むとともに、Hybrid AD 法を用いたオンデマンド義歯製造技術開発を SIP 革新的設計生産技術・産総研コーティング拠点 (SIP コーティング拠点) を利用し、生体適合性 Ti 合金基材へのジルコニア成膜を検討する。

②光 MOD、光化学修飾法などの化学溶液法では、高感度センサ、電子部品及び発光部材の事業化に向けグリーンデバイス開発 (創エネ・蓄エネ・省エネ・センサ) に資する材料、電子・光デバイスや先進センサの開発とそのコーティングインク開発から評価・解析

を行なう。

③リチウム二次電池は、更なる高容量化・低コスト化実現のため、新しい電極材料、電解質材料をはじめとする高性能酸化物材料の開発とコーティング技術を適用した部材化・電池システム化、また、そのための新しい製造プロセスの開拓や、正確な結晶構造・物性評価技術を適用することで、新しい材料設計を行なう。

当研究部門の研究拠点は、材料・プロセスに関する研究ポテンシャルを持つ、つくばセンター (4研究グループ) で研究を進めた。

領域重点課題：

- ・「先進コーティング技術を用いたグリーンデバイス開発と事業化促進」
- ・「AD 法と光 MOD 法の融合による先進ハイブリッド・コーティング基盤技術の研究開発」

外部資金：

経済産業省

平成29年度革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業 (革新的省エネルギー技術開発)

- ・「研究テーマ2. (2) 光反応による低消費電力型製造プロセスとグリーンデバイスの開発」

平成27年戦略的基盤技術高度化支援事業

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

平成28年度戦略的基盤技術高度化支援事業

- ・「Steel Heater 性能向上のための新規絶縁層形成技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費補助金 基盤研究 (B)

- ・「光電極のエネルギー変換効率を革新的に向上させる酸化物 - 窒化物傾斜構造の創製」

科学研究費補助金 基盤研究 (C)

- ・「光表面化学修飾法によるポリマー材料のフッ素官能基化表面改質に関する研究」

国立研究開発法人科学技術振興機構

- ・「ガーネット型酸化物電解質材料の創出」
- ・「プラスチック基材への常温セラミックコーティング法の開発」

発 表：誌上発表32件、口頭発表100件、その他7件

微粒子スプレーコーティング研究チーム

(Fine Powder Spray Coating Team)

研究チーム長：明渡 純

(つくば中央第5)

概 要：

本研究チームは、AD 法、HAD 法、サスペンションプラズマ溶射法（SPS 法）など「微粒子スプレー法による高機能セラミックコーティング技術の開発」を担当。エネルギー関連部材や生体・医療関連部材、半導体製造関連部材、航空機・自動車関連部材などの高度化に資する省エネルギー製造技術の確立をミッションとし、以下の課題に取り組んでいる。1) AD 法の高度化に関する研究、2) SPS 法の高度化に関する研究、3) AD 法の用途拡大に関する研究開発。1)、2)については、平成29年度領域重点課題「AD 法と光MOD 法の融合による先進ハイブリッドコーティング基盤技術の研究開発」、H29年度戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）／革新的設計生産技術「高付加価値セラミックス造形技術の開発」を中心にプラズマ援用によるハイブリッドAD 法のプロセスパラメータの抽出、また、コーティング拠点として基盤整備を行った。また、AD 法、SPS 法では民間企業資金を中心にエネルギー関連部材での製造プロセスとしての実用性を検証した。3)については、実用化支援チームや先進コーティングアライアンスを活用し、出口戦略を見据えた用途開発を44社の会員企業連携の中で展開し、耐摩耗・耐傷コーティングによる樹脂基材上へのハードコーティングによる部材軽量化、金属基材へのセラミックス薄膜形成による高性能放熱基板など、複数の企業ニーズにこたえるテーマに取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目2

光反応コーティング研究チーム

(Photo-assisted Coating Team)

研究チーム長：真部 高明

(つくば中央第5)

概要：

本研究チームは、「光反応を用いた表面機能付与技術の開発」を主に担当し、グリーン・ライフイノベーションに資する材料・部材・デバイスの省資源・省エネルギー製造に貢献するフレキシブルなコーティング技術の確立をミッションとし、以下の課題に取り組んでいる。1) フレキシブルコーティング技術開発、2) コーティング材料開発、3) 部材・デバイスへの応用展開 これらの課題について本年度は、平成29年度領域重点課題「AD 法と光MOD 法の融合による先進ハイブリッドコーティング基盤技術の研究開発」において光MOD 法とAD 法それぞれの長所を生かしたハイブリッドコーティング技術の開発を重点的に推進した。また超電導線材応用に向けた光MOD プロセス高速化の検討、液相マイクロ波プロセスを用いたスマートウインドウのためのコーティング用ナノ結晶の合成研究を行った。各種官能基化学修飾コーティング技術の開発に関しては、カーボン・ポリマー・金属各種基材への化学修飾コーティング手法の開発を推進して、ナノ

ダイヤモンド粒子表面上へのGd イオン固定技術の開発に成功した。

研究テーマ：テーマ題目2

エネルギー応用材料研究チーム

(Energy Conversion and Storage Materials Team)

研究チーム長：秋本 順二

(つくば中央第5)

概要：

リチウム二次電池は、今後、様々なIoT センサ・デバイス用電源から自動車用途、定置型電源などの大型用途での普及・展開が期待されており、そのためには安全性向上、長寿命化と共に、更なる高容量化・低コスト化がキーとなっている。我々は、このような次世代蓄電池や燃料電池等の実現のため、新しい電極材料、電解質材料をはじめとする高性能酸化物材料の開発とコーティング技術を適用した部材化・電池システム化を目指している。また、そのための新しい製造プロセスの開拓や、正確な結晶構造・物性評価技術を適用することで、新しい材料設計を進めている。

具体的には、イオン交換合成法、水熱合成法、ゾルゲル法などの溶液を用いた素材低温合成技術を開拓・適用し、コバルトフリー正極材料に代表される高容量・低コストの電極材料であるマンガン酸化物、チタン酸化物、シリコン系負極材料、新規固体電解質材料の合成・開発を実施した。また、全固体電池部材として、単結晶固体電解質の開発、並びに基盤技術である結晶構造解析技術・物性評価技術の高度化に関する研究開発を行った。さらに、AD 法を適用した新たな蓄電池部材化技術・全固体リチウム二次電池の開発を実施した。

研究テーマ：テーマ題目1

グリーンデバイス材料研究チーム

(Green device Materials Team)

研究チーム長：土屋 哲男

(つくば中央第5)

概要：

本研究チームは、グリーンデバイス開発（創エネ・蓄エネ・省エネ・センサ）に資する材料、電子・光デバイスや先進センサの開発をミッションとして、市場規模の大きいスマートウインドウ、光デバイス更には、光、エネルギー使用量削減に有効な各種センサ、光電極、フレキシブル圧電コーティングによるエネルギーハーベスティングなどを主なテーマとし、グリーンデバイス材料合成とそのコーティングインク開発から評価・解析を行なうとともに、光反応コーティングチームや微粒子コーティングチームとの連携によるコーティング部材開発に取り組んでいる。本年は、平成29年度領域重点課題「先進コーティング技術を用い

たグリーンデバイス開発と事業化促進」を中心として、塗布光照射法、ナノ粒子光反応法更には、ハイブリッド溶液光反応法を適用するための、高耐熱抵抗材料、新規蛍光体材料を開発した。また、レーザー照射手法によって作製する自己組織化カーボン構造体及び銀ナノ粒子のコンポジットを用いることにより10,000回以上安定に駆動することを確認し安定性を飛躍的に高めることに成功した。

また、SIPプロジェクトにおいて「高耐熱電子部品の開発と信頼性評価」、革新的エネルギー技術の国際共同研究開発事業「光反応による低消費電力型製造プロセスとグリーンデバイスの開発」「太陽光による有用化学品製造」、サポイン「CFRTP 専用ファスナーを用いた自動車用 CFRTP と異種材料の革新的接合技術の開発」などを行った。一方、企業との共同研究では、屋外用の蓄光材料開発、新規抵抗体開発、安全表示部材、太陽電池、また、国際連携では、CSIRO と共同で有機 EL デバイス開発を検討した。

研究テーマ：テーマ題目1

【テーマ題目1】先進コーティング技術を用いたグリーンデバイス開発と事業化促進

【研究代表者】 土屋 哲男（グリーンデバイス材料研究チーム）

【研究担当者】 土屋 哲男、中島 智彦、中村 拳子、山口 巖、松井 浩明（常勤職員5名）

【研究内容】

光 MOD は、産総研の独自技術として、低温、大気圧でありながら結晶化膜を作製する手法として注目されている。本プロジェクトでは、光 MOD を用いたグリーンデバイスを開発するため、昨年度までの領域重点課題で開発した「蓄光蛍光体とそのコーティング」の高輝度化、また、アライアンス企業を中心に高いニーズのある酸化物半導体の樹脂基板コーティングや次世代デバイスの高性能化に必須な配向膜などの要素技術を開発することを目的とした。

本年は、新しい照明用の蛍光体部材の開発として、蛍光体積層化により、3000 cd/m²の発光輝度を達成した。また、フレキシブル膜の低コストプロセスとして、ナノ粒子光反応法により酸化物半導体膜の室温プロセスを検討し、樹脂基板上へ VO₂、SnO₂などの結晶化膜の作製に成功した。更に、次世代デバイスの高性能化を実現するため、アモルファス基板への配向膜用の C 軸配向した下地基板を開発した。今後、光 MOD の多様な企業ニーズ、試作に対応するため、多様な波長での光反応コーティングなどの基盤技術を開発し、企業連携につなげていく予定である。

【領域名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 光 MOD、フレキシブル、ハイブリッド溶液、光照射、酸化物半導体体、蓄光

【テーマ題目2】AD法と光MOD法の融合による先進ハイブリッド・コーティング基盤技術の研究開発

【研究代表者】 真部 高明（光反応コーティング研究チーム）

【研究担当者】 真部 高明、野田 浩章、青柳 倫太郎、相馬 貢、Saya BORDORET、佐伯 貴紀、津田 弘樹、土屋 哲男、明渡 純（常勤職員5名、他4名）

【研究内容】

パワエレ用放熱基板、透明ハードコートは各々千億円/年の市場規模を有しており、AD アルミナ膜への期待が極めて大きい。これら分野への AD 膜実用化の課題として、大面積コーティングにおけるピンホールからの通電、空孔による光散乱、圧縮応力による破損等があるが、本研究では AD 法と光 MOD 法の融合によるハイブリッドコーティングを開発し、課題解決を目指すことを目的とした。

パワエレ部材用ハイブリッドコーティングに関しては、金属基材上に酸化アルミニウム等各種酸化物の AD/MOD 複合膜を作製してその耐電圧評価を行い、AD 膜単体との比較を行った。また、光学部材用ハイブリッドコーティングに関しては、ガラス基板上に酸化アルミニウム、酸化ジルコニウム等各種酸化物の AD/MOD 複合膜を作製して光学特性（透過率、ヘイズ値等）を測定し、AD 膜単体と比較した。その結果、AD/MOD ハイブリッドコーティング膜においては AD 膜単体と比較して、耐電圧、透過率、ヘイズ値それぞれについて特性の向上が確認された。また各コーティング膜の微細組織観察を行い、微細表面組織と各種特性との相関について考察を行った。

今後は特性向上発現機構の解明と高特性化の指針の明確化を図るとともに、企業との共同研究あるいは JST A-STEP FS 等において応用展開を進める予定である。

【領域名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 エアロゾルデポジション法（AD 法）、塗布光分解法（光 MOD 法）、絶縁膜、放熱基板、透明ハードコート

⑧【集積マイクロシステム研究センター】

(Research Center for Ubiquitous MEMS and Micro Engineering)

(存続期間：2015.4.1～)

研究ユニット長：廣島 洋

副研究センター長：松本 壮平

総括研究主幹：高木 秀樹、一木 正聡、

伊藤 寿浩

所在地：つくば東

人員：24名（24名）

経 費：454,606千円（230,437千円）

概 要：

エレクトロニクス・製造領域は、IT 機器の大幅な省エネ化と高性能化の両立を可能とする世界トップ性能のデバイスの開発と、省エネ、省資源、低コストの産業活動の実現を可能とする革新的な製造技術の開発、および、先端エレクトロニクスを基礎としたセンシング技術と革新的製造技術を結びつけた超高効率な生産システムによるわが国の産業競争力強化を掲げている。当研究センターではこの中で、特に情報技術分野に必要とされる、微細加工を利用したマイクロデバイスに関する研究開発およびその分野に関連する人材を養成することをミッションとする。

スマートで安全安心な社会の実現に向けて、モノのインターネット（Internet of Things: IoT）技術が注目されている。当研究センターは、マイクロ電子機械システム（MEMS）に関するコア技術である低温接合技術、ナノ構造作製技術、圧電 MEMS 技術などの研究開発を通じて、エネルギー、農業、健康医療、自動車、社会インフラ監視などの応用分野における MEMS センサネットワークシステムの社会実装に取り組み IoT の実現を目指す。さらに、MEMS プロトタイプングのためのファウンドリー機能の充実を図るほか、高付加価値で少量多品種の生産に適用可能な製造システムの構築などにより、研究・開発・試作・人材育成等の産業ニーズに応える。

MEMS 技術の実証の場として、これまでに、クリーンルームやデータセンター、およびコンビニでの省エネを行ってきたが、第4期は社会インフラや産業インフラの保守や点検等に資するため、ひずみ、振動、温度など複数のセンシングと通信機能を集積化したネットワーク MEMS システムを開発し、大規模社会実験を行う。このほか、生体情報のセンシング等の実証実験等も行い、関連産業の競争力の強化にも資する。産総研では NIMS、筑波大学、KEK、東京大学と協力してオープンイノベーション拠点 TIA を形成し、知の創出から産業化までを一貫して支援しており、MEMS 分野はこの TIA の7つの重要なコア領域のうちの一つとなっている。当研究センターは、先端集積化 MEMS の研究開発や汎用大口径ラインによるデバイス試作などを行う「MEMS ファウンドリー」の環境を整備し、精密機械工業と情報産業、装置ベンダー、材料メーカーを融合した業界とのオープンイノベーション拠点形成を目指す。

◆第4期加速のための重点化課題

微細加工を利用したマイクロデバイスに関する研究開発において、H29年度は、下記の3つの重点化課題に取り組んだ。

- ・集積化 MEMS センサ製造技術に関する研究

IoT に貢献する集積化 MEMS センサを実現するための、異種デバイス集積化技術を開発する。具体的には、耐熱材料の微細高アスペクト比パターン形成のためのナノインプリント技術の開発、低温でのウェハ接合技術及び電極接合技術のデバイス応用展開、小型高集積 MEMS センサノード実現のための実装技術の開発を進める。H29年度は、ナノインプリントによるチップ上へのアンテナパターン形成技術、接合封止による集積化光 MEMS デバイスの開発を進めるとともに、鉄道車両等へのワイヤレスセンサノード適用の検討などから、実用化に向けてのプロセス技術の課題抽出を行った。

- ・極薄シリコン集積化マルチセンシング IoT デバイスの開発

本研究では、多様なセンシングをワンチップで可能にする極薄 MEMS 積層マルチセンシングデバイスの開発と、多種大量なデータを効率的に処理可能なゲートウェイを開発する。H29年度は昨年度開発した極薄極小 MEMS を、極薄回路チップと共に2次元、3次元集積化したマルチセンシング IoT デバイスを開発した。また、マルチセンシング IoT デバイスからのデータをエッジ処理する高機能ゲートウェイの開発を行った。

- ・機能化表面利用マイクロデバイスの開発

部材表面の凹凸微細加工や化学修飾により特殊な光学特性や液体流動性等の機能を発現させる技術は多くの産業分野で普及が期待されている。光学やぬれ性等に関する機能化表面を利用するマイクロデバイス、及びその最適な機能発現に必要な表面作製プロセスを開発する。H29年度は、微細加工や修飾によるナノ構造体や親疎水パターンの表面への不均一な付与を利用し、粗密極細線スクリーン印刷によるデバイスを開発するとともに、化学バイオマイクロ流体デバイスのための微量液体操作技術を開発した。さらに、これら表面に関する実験・理論・シミュレーションに基づく設計技術の高度化を進めた。

内部資金：

戦略予算「フレキシブルハイブリッドエレクトロニクス技術（センサタグ2.0）」

外部資金：

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

次世代プリンテッドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発／⑥フレキシブル複合機能デバイス技術の開発「極薄シリコン回路と配線・電極形成テキスタイルによるセンシングウェアの開発」

インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト／インフラ状態モニタリング用セン

サシステム開発「道路インフラ状態モニタリング用センサシステムの研究開発」

インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト／インフラ状態モニタリング用センサシステム開発「ライフラインコアモニタリングシステムの研究開発」

戦略的基盤技術高度化支援事業（プロジェクト委託型）／IoT、AI等を活用した「超スマート社会」の実現のための技術／「ウェハーサイズ3次元ナノインプリントモールド用超高速電子ビーム加工装置の研究開発」

次世代人工知能・ロボット中核技術開発／次世代人工知能技術分野／「高齢者の日常的リスクを低減するAI駆動アンビエントセンサ・アクチュエータシステムの研究開発」

次世代人工知能・ロボット中核技術開発／次世代人工知能技術分野／「空間移動時のAI融合高精度物体認識システムの研究開発」

国立研究開発法人 日本医療研究開発機構

未来医療を実現する医療機器・システム研究開発事業／術者の技能に依存しない高度かつ精密な手術システムの開発／「変形切除が可能な肝切除シミュレーションシステムに器具の触覚センシングと位置モニタリング可能な医療用ワイヤレスマイクロセンサシステムを合体した腹腔鏡下肝切除術のリアルタイムナビゲーションシステムの開発」

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター

革新的技術開発・緊急展開事業（うち人工知能未来農業創造プロジェクト）／「AIを活用した呼吸器病・消化器病・周産期疾病の早期発見技術の開発」

国立研究開発法人 科学技術振興機構

プログラム・マネージャー（PM）の育成・活躍推進プログラム／「イノベーション塾」

静岡県

静岡県先端企業育成プロジェクト推進事業／「光インターコネクトモジュール用光ナノインプリント装置の開発」

独立行政法人 日本学術振興会

科学研究費補助金（基盤研究（C））「フェーズフィールドモデルに基づくマイクロ多孔質体内相変化二相流計算法の開発」

科学研究費補助金（基盤研究（C））「マイクロデバイスの高気密封止のための金属の常温接合に関する研究」

科学研究費補助金（基盤研究（C））「ナノインプリント領域全域での高速充填と均一残膜を実現するモールド設計技術の研究」

科学研究費補助金（若手研究（B））「混合凝縮性ガスを導入する光ナノインプリント技術の開発」

科学研究費補助金（若手研究（B））「表面微細構造を用いたナノ印刷技術の開発と光学応用」

科学研究費補助金（若手研究（A））「MEMS 筋音センサを用いた筋肉の定量的評価」

科学研究費補助金（基盤研究（A））「非線形モード局在型マイクロレゾネータアレイによる超微小質量計測とバイオセンシング」

科学研究費補助金（基盤研究（B））「工学実用から要請される高性能非構造自由界面多相流数値モデル開発と実証」

科学研究費補助金（基盤研究（C））「ソーレ効果を用いたガス分離デバイスの微細連続構造による高性能化」

発表：誌上发表91件、口頭発表116件、その他10件

ウエハレベル実装研究チーム

（Wafer-level Packaging Research Team）

研究チーム長：高木 秀樹

（つくば東）

概要：

MEMS をキーとするセンシングシステムの高機能化と低コスト化を実現するための、微細加工技術および集積化技術の研究開発を進めている。ナノメートルオーダーの微細構造を、簡便な装置により大面積に形成可能なナノインプリント技術により、ファインピッチ配線やアンテナパターン、光配線基板などを製造するプロセスを開発している。高速電子ビーム描画装置とナノインプリントを組み合わせることにより、非常に高い生産性を有する微細パターン形成プロセスを実現するため、大面積で光硬化樹脂の残膜厚を一定にする手法を開発した。一方、異種デバイスおよび異種材料を集積化するため、表面の活性化処理を用いた低ダメージ接合技術を開発し、次世代のデバイスとして期待される高移動度半導体や、スピントロニクス、パワーエレクトロニクスへの展開を進めている。また、剥離転写を用いた表面の平坦化手法や、焼きだし脱ガス処理が可能な薄膜金属を中間層とする低温接合技術を開発し、MEMS デバイスの封止プロセスや、高密度化する電子デバイスの放熱パッケージングへの適用について検討を進めた。

研究テーマ：テーマ題目1

マルチスケール機能化表面研究チーム

（Multiscale Smart Surface Research Team）

研究チーム長：高田 尚樹

(つくば東)

概要：

微細加工技術の活用により、さまざまな部材の表面にマイクロ・ナノメートルオーダーの微細な構造体を広域形成し、各種の有用な表面機能を発現させる技術の実現を目指す。具体的には、プラスチック等の固体部材表面に、低コストな成型プロセス等のみを用いて所望の微細凹凸構造を付与できる加工技術の開発、微細構造を付与した表面により、低反射率などの光学的性能や親水性・はっ水性などの特殊なぬれ性といった機能を発現させる手法の開発、成型プロセスを用いて部材表面に付与した微細凹凸構造に毛細管現象を利用してインクを充填する高精細・厚膜印刷技術の開発、また微細構造を付与した部材表面のぬれ性に起因する液滴などの挙動を予測可能な流体シミュレーション技術の開発を行う。さらに、これらの要素技術を応用して流体物性センサや光学素子等の MEMS デバイスを開発する。

研究テーマ：テーマ題目3

社会実装化センサシステム研究チーム

(Socially-Integrated Sensor System Research Team)

研究チーム長：小林 健

(つくば東)

概要：

MEMS およびフレキシブルデバイス設計、プロセス、評価技術、低電力アナログ回路設計技術、無線センサ端末及びネットワークシステム技術、ビッグデータ解析技術を駆使することによって産業機器、橋梁、健康医療、それぞれに適したセンサシステムを実現し、実際の現場に社会実装することでセンサシステムの有効性を実証する。社会実装化センサシステムの実証試験による結果を、それぞれの研究開発にフィードバックすることで、MEMS デバイスの高性能化、アナログ回路の低電力化、無線センサ端末とネットワークシステムの高度化、及びビッグデータ解析技術の高度化を目指す。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

ウェアラブル IoT 研究チーム

(Wearable IoT Research Team)

研究チーム長：一木 正聡

(つくば東)

概要：

ウェアラブル IoT 研究チームでは、集積マイクロシステム研究センターが従来から推進してきたマイクロ電子機械システム (MEMS) およびセンサーネットワーク技術を基盤として、モノのインターネット (IoT) やサイバーフィジカルシステム (CPS) 分野

の先駆的な取り組みを推進した。これらの取り組みは、未来の産業創造と社会変革、経済・社会的な課題への対応、科学技術イノベーションの基盤的な力の強化、人材・知・資金の好循環システムの構築といった第5期科学技術基本計画での主要な柱の具体的な取り組みとして中心的な位置づけとなっており、世界に先駆けた「超スマート社会」の実現 (Society 5.0) に貢献するために、「ウェアラブル (またはユビキタス)」「IoT」「MEMS」「データ解析 (またはソリューション提供)」に関係する内外のプロジェクトや共同研究等への貢献を通じて、新たな技術基盤となる研究開発を推進することを目指した活動を行っている。

研究テーマ：テーマ題目2

化学バイオインターフェース研究チーム

(ChemBio Interface Research Team)

研究チーム長：井上 朋也

(つくば東)

概要：

本チームのミッションは、環境低負荷かつ安心・安全・健康な社会・生活の実現に化学・バイオ分野の MEMS 技術を通して貢献することである。ミッション遂行のために、とくに MEMS 技術および化学・バイオ技術の融合によるデバイス・インターフェースを含めたデバイスシステム、さらにデバイスを用いて製造されるものの用途開発を研究開発対象とする。とくに現在化学応用に向けた取り組みとしてファインケミカルズ等の合成を効率よく行う連続製造プロセスへの応用 (触媒化学融合研究センターとの共同)、ならびにバイオ・メディカル機能デバイス・機能材料製造のためのデバイス開発 (計量標準総合センターとの共同) を行っている。

研究テーマ：テーマ題目3

MEMS プロトタイプ研究チーム

(MEMS Prototype Research Team)

研究チーム長：日暮 栄治

(つくば東)

概要：

エネルギー、農業、健康医療、自動車、社会インフラ監視などの様々な分野における IoT 構築に向けたデバイス開発およびそのために必要となる要素技術の開発を行う。具体的には、ワイヤレスセンサ・給電技術、MEMS 環境発電システム、ナノ構造作製技術、低温接合技術、光 MEMS の集積化技術の研究開発を推進する。また、MEMS プロトタイプピングのためのファンドリー機能を利用した高付加価値で少量多品種の生産に適用可能な製造システムの構築を目指す。

研究テーマ：テーマ題目1

〔テーマ題目1〕集積化 MEMS センサ製造技術に関する研究

〔研究代表者〕高木 秀樹

(ウエハレベル実装研究チーム)

〔研究担当者〕高木 秀樹、日暮 栄治、倉島 優一、
尹 成圓、松前 貴司、魯 健、張 嵐、
鈴木 健太 (常勤職員8名)

〔研究内容〕

IoT に貢献する集積化 MEMS センサを実現するためには、異種デバイス集積化とその実装技術が重要である。本研究では、MEMS センサネットワークノードの小型集積化の基盤技術開発を進めるとともに、発展が期待される光 MEMS と MEMS 実装技術関連の研究の強化を進める。また、従来のリソグラフィーで対応が困難なサイズ、材料の微細成形加工技術の開発により、新たな応用分野の開拓を進める。

MEMS センサノード開発では、小型実験動物の体温を連続計測できるインプラント型無線センサノードや、鉄道車両用の MEMS 振動センサ、完全固体型 pH センサの開発を行った。また、人工磁場空間と磁気センサの組み合わせにより患者の手術対象位置を自動計測する、手術ナビゲーションシステムを提案した。MEMS の実装技術に関して、脱ガスアニール後の封止接合を実現するため、Au/Ti 膜にかわり Au/Pt/Ti 膜を接合層として用いる手法を提案し、MEMS 原子時計用のガスセルを試作して、レーザーの共鳴吸収を確認した。インプリントリソグラフィーによる微細配線形成技術では、IC チップ上にループアンテナを目指した配線パターンの形成を行い、シリコーンゴム樹脂を絶縁層として、 $L/S=2\ \mu\text{m}/2\ \mu\text{m}$ で高さ $5\ \mu\text{m}$ というアスペクト比2以上の微細配線パターンの形成に成功した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕センサネットワークノード、光 MEMS、MEMS パッケージング、低温接合、微細成形、メッキ

〔テーマ題目2〕極薄シリコン集積化マルチセンシング IoT デバイスの開発

〔研究代表者〕小林 健

(社会実装化センサシステム研究チーム)

〔研究担当者〕小林 健、一木 正聡、山下 崇博、
武井 亮平、岡田 浩尚、竹井 裕介、
竹下 俊弘、牧本 なつみ、大内 篤
(常勤職員7名、他2名)

〔研究内容〕

MEMS 技術を用いた、極薄極小のシリコンデバイスをフレキシブル基板に集積化する技術を開発し、この技術を用いたマルチセンシング IoT デバイスの研究開発を行う。本年度は極薄 MEMS ミラーデバイスの作製とその特性の基礎評価を行った。フレキシブル基板上に実

装された厚さ $5\ \mu\text{m}$ の極薄 MEMS ミラーデバイスはフレキシビリティを有しており、曲率半径 $70\ \text{mm}$ においても動作した。このデバイスは曲面に貼り付けることができ、また極薄・極軽量であるため、眼鏡や腕時計などの微小スペースに実装することが可能であり、ウェアラブルなヘルスケアモニタリングデバイスへの応用が期待できる。また本研究で得られた成果で、学術論文1件、国際学会2件、国内学会1件の発表を行い、国内学会にて優秀ポスター賞を受賞した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕FHE、MEMS フレキシブルデバイス、
光スキャナデバイス、IoT

〔テーマ題目3〕機能化表面利用マイクロデバイスの開発

〔研究代表者〕高田 尚樹

(マルチスケール機能化表面研究チーム)

〔研究担当者〕高田 尚樹、栗原 一真、穂苅 遼平、
井上 朋也、銘苅 春隆、平間 宏忠
(常勤職員6名)

〔研究内容〕

部材表面の微細加工や化学修飾により特殊な液体流動性の機能を発現させる技術は、多くの産業分野で普及の期待が大きい。特に、凹凸構造や親水・はっ水などのぬれ性が不均一な表面のパターンを利用した、液滴や液体中に浮遊する微細な粒子の挙動の制御は、さまざまなマイクロデバイスに必要とされる共通基盤の技術である。例えば、がん治療などの薬剤の治療効果の向上と副作用の軽減が可能なドラッグデリバリーシステムの開発では、ナノメートルオーダーの直径を持つナノ粒子の特性を評価可能なデバイスが必要とされている。そこで、本テーマでは、液体中のナノ粒子の部材表面への吸着や粒子どうしの凝集などの特性を評価するためのマイクロ流体デバイスの基盤を構築することを目的として、具体的には以下の2課題について取り組みを行った。

① 機能化表面デバイス設計支援シミュレーション技術の開発

マイクロ流体デバイスの流路の内部を流動する液体に分散するナノ粒子の濃度の拡散及び部材への吸着に関する計算モデルを文献に基づき構築し、ナノ粒子濃度の拡散を伴う液体流動現象を高精度且つ高効率に解析できるよう上記の計算モデルを実装した CFD (Computational Fluid Dynamics; 数値流体力学) コードを整備して性能評価のためのテストシミュレーションを実施した。そのシミュレーション結果を理論解と比較したところ、マイクロ流体デバイス内の流動に対して、整備した CFD コードは、ベースとなった従来の CFD コードと同等の計算精度を維持しつつ、従来よりも10倍以上高速に解析できることを確認した。また、シミュレーションと実験の各結果から、様々な

材質の部材表面へのナノ粒子の吸着現象をシミュレーションで高精度に予測するためには、部材と個々のナノ粒子との相互作用の重要な因子の理解に基づくナノ粒子の吸着率の推算式の構築と計算モデルへの導入が必要であることを確認した。

② 機能性表面によるナノ分散系吸着制御技術の開発

ナノ粒子の部材表面への吸着性を評価するため、材質が異なる市販のマイクロ流体デバイスを使用してナノ粒子が分散している液体試料の流動実験を実施した。実験では、幾つかの代表的な測定法として、動的光散乱（DLS）法、電気抵抗ナノパルス法、吸光光度法、誘導結合（ICP）発光分光分析法などを使用して、液体試料中のナノ粒子の濃度と平均直径を測定した。その結果、同じ液体試料を使用した場合でもそれら測定値が測定法によって各々異なった上、測定法によっては装置内でナノ粒子の吸着が生じて再現性が不十分であったり、ナノ粒子の濃度が測定法で本来可能とされる範囲に無かったりしたために十分な信頼性をもって測定することが困難であることが確認された。以上により、本テーマで対象とするナノ粒子の測定に対する各計測法の特性を理解するとともに、高精度なナノ粒子測定を実現するために必要な実験条件や今後解決すべき測定法の課題を明らかにした。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 微細加工、ナノインプリント、スクリーン印刷、マイクロ流体デバイス、ナノ粒子、流体シミュレーション

6) 地質調査総合センター

(GSJ: Geological Survey of Japan)

総合センター長：矢野 雄策

総合センター長補佐：牧野 雅彦

概要：

地質調査総合センターは、独立行政法人通則法第35条の5の認可を受けた中長期計画に基づき、地質の調査に係る研究と開発及びこれらに関連する業務を行う。地質調査総合センター長は、総合センターにおける業務の統括管理を行っている。また、各研究領域間の融合を推進し、業務を実施している。

① 地質調査総合センター研究戦略部

(Research Promotion Division for Geological Survey of Japan)

研究戦略部長：中尾 信典

研究企画室長：森田 澄人

所在地：つくば中央第1、つくば中央第7

人員：10名（9名）

概要：

研究戦略部は、地質調査総合センターにおける研究と開発及びこれらに関連する業務に係る基本方針の企画、立案、総合調整を行う。研究戦略部長は、地質調査総合センターにおける業務の管理及び研究戦略部の業務を統括管理するとともに、人事マネジメント及び人材育成に係る業務を統括している。また、研究領域間の融合に係る業務を行う。

地質調査総合センター研究企画室

(Research Planning Office for Geological Survey of Japan)

概要：

研究企画室は、地質調査総合センターにおける研究の推進に関する業務を行っている。具体的には以下のとおり。

1. 地質調査総合センターの運営に関する業務
2. 原課及びその他関係機関との調整に関する業務
3. 国際連携に関する業務
4. 国内連携に関する業務
5. 技術研究組合に関する業務
6. 地震・火山噴火等の自然災害に対する緊急対応

これら業務の結果として、傑出した研究成果の創出、知的基盤としての地質情報整備、外部研究資金獲得の増加、所内外及び海外での関係機関との連携と総合センターの存在アピール向上に貢献している。

1. については、研究戦略や予算編成等の基本方針の

策定、年度計画・年度実績の取りまとめ、プロジェクトの企画と総合調整、ユニット間の連携の推進等を行っている。

2. については、経済産業省等の省庁原課との連携調整に関する業務全般、視察への対応等を行っている。

3. については、地質調査総合センター（GSJ）としての MOU 締結等、海外の地球科学研究機関との連携に関する業務、海外からの研修生の受け入れ、その他国際機関や国際会議への対応等を推進している。

4. については、産業技術連携推進協議会の講演会の開催、地質情報展などのアウトリーチ活動、テクノブリッジフェア出展のとりまとめを行う等、外部機関との連携の強化を図っている。

5. については、平成28年度に立ち上がった二酸化炭素地中貯留技術研究組合で、長期モニタリング技術の開発、長期挙動予測手法の開発、地層安定性評価手法の開発等を引き続き担当した。

6. については、災害発生に際して社会的要請に応じて緊急調査の実施及び成果の発信に係る業務を行っている。平成29年度は、霧島新燃岳噴火に関して、各ユニットとの連携のもと、現地調査のための研究者の派遣やマスコミ対応に関する支援、ホームページを通じた情報発信等を実施した。

機構図（2018/3/31現在）

[地質調査総合センター研究企画室]

研究企画室長 森田 澄人

[国際連携グループ]

グループ長 内田 利弘

[国内連携グループ]

イノベーションコーディネータ 斎藤 眞

②【活断層・火山研究部門】

(Research Institute of Earthquake and Volcano Geology)

(存続期間：2014.4～)

研究部門長：桑原 保人

副研究部門長：増田 幸治

副研究部門長：伊藤 順一

首席研究員：岡村 行信

首席研究員：篠原 宏志

総括研究主幹：山元 孝広

研究主幹：星住 英夫

所在地：つくば中央第七

人員：67名（67名）

経費：1,271,868千円（453,299千円）

概要：

(1) 部門のミッション

活断層・火山研究部門は、2014年（平成26年）4月に設置された研究部門である。設置の背景としては、2011年東日本大震災以後、地震・火山噴火等の大規模自然災害への社会的関心が高まり、より精度の高い地震・津波や火山情報の提供への期待が大きくなっていること、原子力施設の立地・廃止・廃棄・最終処分安全規制等に関わり、より長期的な視点での地質変動予測研究に対しての行政・社会ニーズも増加していることがあった。本部門は、これらのニーズに応えるため、地震、火山、長期的な地質変動の研究の発展を図ることとされ、そのミッションは下記の通りである。これは、2015年度から始まる産総研第4期中期計画の「レジリエントな社会基盤の構築に資する地質の評価」に対応する。

- ① 地質の調査や観測を基に、我が国およびアジア太平洋地域も含めた地震・火山・長期地質変動に関する地質情報の整備・社会への提供を行う。
- ② 地震・火山・長期地質変動のプロセス・予測手法の組織的な研究によって社会の災害リスクの軽減に貢献する。
- ③ 我が国の地震火山の調査研究の施策、原子力施設の立地・廃止・廃棄・最終処分のための安全規制施策に貢献する。

(2) 重点課題と研究概要

第4期中期目標・計画達成のため、1) 活断層評価および災害予測手法の高度化、2) 海溝型地震評価の高度化、3) 火山活動予測の高度化、4) 放射性廃棄物地層処分の地質環境評価、を4つの重点課題として研究を進めた。また、これまでも進めてきたアジア太平洋地域の地震火山情報整備についても、当部門での重要な取り組む課題として設定した。さらに、地震や火山に関わる突発災害が起こった場合には、その後の現象の推移の予想や、その時にしか得られないデータの取得のための緊急調査を実施することも重要な任務である。

それぞれの重点課題の中で、外部資金による研究を交え、下記の研究を実施した。

- 1) 内陸地震に関しては、陸域・沿岸海域の4断層帯の基盤的な調査に加え、2016年熊本地震に関する布田川断層帯・日奈久断層帯について4地域で調査を行った。また関東地域のテクトニックマップを取りまとめると同時に、関東地域の基盤構造の解明、活断層の変形予測手法開発を進めた。
- 2) 海溝型地震に関しては、千島・日本海溝・相模トラフ・南海トラフでの地震・津波履歴情報、津波堆積物データベースの整備を進めた。また南海トラフの深部すべり等のモニタリングを行い、深部すべり履歴データの整備および地下水観測感度の向上のための北勢観測井の井戸の密閉化を行い、観測感度

10倍程度を実現させた。

- 3) 火山に関しては、八丈島火山の地質図の最終とりまとめを行い、また防災上重要な7火山の火山地質図の整備等を目指して、3火山の調査を進めた。また噴火推移評価手法開発のため、現地での火山ガス観測を行い、大規模噴火に関わる岩石学的研究を進めた。また噴火噴出物の系統的な解析方法を提示するための「火山灰カタログ」の作成も進めた。

- 4) 放射性廃棄物地層処分の地質環境評価の研究に関しては、超長期（100万年）の将来にわたる地質変動および地下水・深部流体が処分場に及ぼす影響の将来予測・評価手法の開発に向け、沿岸地域での海水準変動に伴う地下水流動のモデル化や、岩盤の隆起速度の高精度評価手法の開発などを行った。

また、アジア太平洋地域の地震火山情報整備については、「東アジア地域地震火山情報図」の内容をWEB上で公開し、さらに追加情報の整備を進めた。

2017年度の緊急調査としては、2018年1月草津白根火山、3月霧島山新燃岳の噴火について、調査解析等を実施した。

(3) 成果の発信

上記の調査研究の成果については、内外の学術論文や産総研発行の地質図、研究報告、外部機関の調査報告書等での公表のほか、プレスリリースの実施やGSJ地質ニュース、部門ニュースでの研究紹介の執筆、また、特に緊急調査に関しては産総研ホームページ上で速やかな情報発信を行った。また、研究成果を行政に直接的に生かすための活動として、自治体の防災施策の中に地質情報を適確に活用し行くための自治体職員研修（5県から6名、ジオパーク関係者2名の参加）や気象庁職員（4名）への火山灰の分析・解析研修を実施した。一般への成果普及として、研究紹介のためのイベント出展や、報道への積極的な対応も行った。

外部資金：

石狩低地東縁断層帯（沿岸海域）の調査（内陸及び沿岸海域の活断層調査）（文部科学省 受託研究 科学技術基礎調査等委託事業）

鴨川低地断層帯の調査（内陸及び沿岸海域の活断層調査）（文部科学省 受託研究 科学技術基礎調査等委託事業）

糸魚川ー静岡構造線断層帯（北部区間）の調査（内陸及び沿岸海域の活断層調査）（文部科学省 受託研究 科学技術基礎調査等委託事業）

地域評価のための活断層調査（関東地域）（文部科学省

受託研究 科学技術基礎調査等委託事業)

火山噴火の予測技術の開発「火山噴出物分析による噴火事象分岐判断手法の開発」(文部科学省 受託研究 次世代火山研究推進事業)

平成28年熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査 (文部科学省 受託研究)

活断層帯から生じる連動型地震の発生予測に向けた活断層調査研究 (文部科学省 受託研究 科学技術基礎調査等委託事業)

火山噴火の予測技術の開発「噴火履歴調査による火山噴火の中長期予測と噴火推移調査に基づく噴火事象系統樹の作成」(文部科学省 受託研究 次世代火山研究推進事業)

平成29年度原子力発電施設等安全技術対策委託費自然事象等の評価手法に関する調査事業 (原子力規制庁 受託研究)

平成29年度原子力施設等防災対策等委託費火山影響評価に係る技術知見の整備 (原子力規制庁 受託研究)

火山ガス組成および火山灰モニタリング技術の開発 (科学技術振興機構 受託研究 戦略的イノベーション創造プログラム【SIP】レジリエントな防災・減災機能の強化)

浅部スロー地震域は津波波源域? 1662年日向灘地震の地球物理学・地質学的検証 (日本学術振興会 科学研究費 基盤研究 (C))

マグマ中ガス成分濃度測定に基づく噴火開始条件の解明 (日本学術振興会 科学研究費 基盤研究 (C))

多面的アプローチによる地球浅部の温度不均質構造解明に関する研究 (日本学術振興会 科学研究費 基盤研究 (C))

津波堆積物の古生物学的・堆積学的・化学的アーカイブの構築 (日本学術振興会 科学研究費 基盤研究 (C))

岩石強度の時間変化メカニズムに対する水の影響の解明 (日本学術振興会 科学研究費 基盤研究 (C))

火山ガス観測による水蒸気爆発噴火の推移予測研究 (日本学術振興会 科学研究費 基盤研究 (C))

巨大カルデラ噴火のマグマ溜まりにおける噴火準備過程の解明 (日本学術振興会 科学研究費 基盤研究 (C))

海溝型巨大地震発生の理解と予測を目指した粘弾性地震発生サイクルシミュレーション (日本学術振興会 科学研究費 若手研究 (B))

正しい K-Ar 年代値とは何か? -アルゴン初期値の質量分別に関する検討 (日本学術振興会 科学研究費 若手研究 (B))

マグマ脱ガス圧力変動解析に基づく噴火推移過程の解明 (日本学術振興会 科学研究費 基盤研究 (B))

火山体崩壊: マグマ供給系及び噴火様式への影響 (日本学術振興会 科学研究費 基盤研究 (C))

動的応力変化による地震の誘発されやすさの定量的評価 (日本学術振興会 科学研究費 若手研究 (B))

河床礫と三次元流路形状にもとづく河川遷急点に着目した河床縦断形変化の速度論的解明 (日本学術振興会 科学研究費 若手研究 (B))

地殻ダイナミクスー東北沖地震後の内陸変動の統一的理解ー (日本学術振興会 科学研究費 新学術領域研究 (研究領域提案型))

異なる時空間スケールにおける日本列島の変形場の解明 (日本学術振興会 科学研究費 新学術領域研究 (研究領域提案型))

観察・観測による断層帯の発達過程とマイクロからマクロまでの地殻構造の解明 (日本学術振興会 科学研究費 新学術領域研究 (研究領域提案型))

岩石変形実験による地殻の力学物性の解明: 流体の影響 (日本学術振興会 科学研究費 新学術領域研究 (研究領域提案型))

地殻流体の実態と島弧ダイナミクスに対する役割の解明 (日本学術振興会 科学研究費 新学術領域研究 (研究領域提案型))

地殻流体の実態と島弧ダイナミクスに対する役割の解明 (日本学術振興会 科学研究費 新学術領域研究 (研究領域提案型))

測地観測によるスロー地震の物理像の解明 (日本学術振興会 科学研究費 新学術領域研究 (研究領域提案型))

浅部マグマ過程のその場観察実験に基づく準リアルタイム火山学の構築（日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（S））

地殻応力永年変動（日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（A））

強震動と液状化の複合作用を受けるライフラインネットワークの被害推定システムの開発（日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（A））

遠隔操作の多項目観測による西之島形成プロセスの解明（日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（A））

動力学的震源を活用した地震ハザード評価の新展開（日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（B））

複合測地データを活用した震源断層即時推定システムの開発（日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（B））

大陸誕生：ケルマディック弧と小笠原弧からの検証（日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（B））

非火山域における深部流体の起源と上昇過程（日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（C））

地中熱利用システム普及による地下熱環境への影響予測と監視手法の確立（日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（C））

盆地端部でのやや短周期パルス地震動の増幅を考慮した地震危険度評価手法に関する研究（日本学術振興会 科学研究費 基盤研究（C））

南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト（海洋研究開発機構 受託研究）

西南日本弧におけるアンチモン濃集プロセスの解明（日本鉱業振興会試験研究）

発表：誌上発表102件、口頭発表263件、その他74件

活断層評価研究グループ

(Active Fault Research Group)

研究グループ長：宮下 由香里

(つくば中央第七)

概要：

将来発生する内陸地震の規模や時期を予測することを目的として、全国の陸上および沿岸海域の活断層を対象に、活断層の位置や形状を詳細に把握し、過去の

活動履歴を明らかにするための各種調査研究を実施する。また、隣接する活断層が同時に活動して地震規模が大きくなる可能性や、地形表現が不明瞭なため通常の調査では認定しにくい活断層についても、新たな調査・評価手法とこれらに必要な年代測定手法の開発研究を行う。調査の結果得られたデータは、文部科学省の地震調査研究推進本部に提出し、国としての活断層評価に活用するほか、既存の研究成果とともに「活断層データベース」へ収録し、インターネット上で公開する。さらに、大地震が発生した場合には、地表に現れた断層のずれ等の地殻変動を把握するため、速やかに緊急調査を実施し、結果を公表する。

研究テーマ：テーマ題目1

地震テクトニクス研究グループ

(Seismotectonics Research Group)

研究グループ長：今西 和俊

(つくば中央第七)

概要：

本研究グループは地震が発生する場や発生にいたるプロセスを断層岩の地質調査、室内岩石実験、数値シミュレーション、地震観測・解析など多面的なアプローチにより解明し、地震の規模等の予測精度を向上させるための技術確立を目指す。具体的には、高分解能地殻応力場の解明と造構造場の研究に基づく地震テクトニックマップの作成、脆性から塑性に至る断層変形プロセスの室内実験およびフィールド調査による解明、地震発生の物理モデルに関する研究を実施する。さらに、グループのコア技術やグループ員のポテンシャルを生かしたプロジェクト研究に積極的に貢献するとともに、南海トラフの深部構造・応力状態解明のための地震観測の維持なども行っている。これらの成果は論文・データベースなどを通じて社会に発信する。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3

地震地下水研究グループ

(Tectono-Hydrology Research Group)

研究グループ長：松本 則夫

(つくば中央第七)

概要：

南海トラフ地震の短期・中期予測をめざして地下水および地殻変動の観測および解析を実施するとともに、国の南海トラフ地震に関するモニタリング事業および地震調査研究業務を分担している。東海・近畿・四国地域を中心に全国で50以上の観測点において地下水の水位・水圧・水温等を観測し、一部の観測点では、歪・傾斜・GNSSによる地殻変動や地震の同時観測も行っている。これは、地震予測研究のための地下水観測網としては質・量において世界有数のものである。観測データは通信回線等を通じて当グループに送信さ

れ、それらのデータを用いて南海トラフ巨大地震の予測精度向上に不可欠な深部ゆっくりすべりや深部低周波微動のモニタリングや地下水等の変動メカニズム解明のための研究などを行っている。特に重要なデータは気象庁にリアルタイムで送られて南海トラフ地震のモニタリングのための監視データとなっている。観測結果は、解析手法とともにホームページを通じて公開しており (<https://gbank.gsj.jp/wellweb/>)、南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会・地震調査委員会・地震予知連絡会にデータを報告・説明している。

研究テーマ：テーマ題目4

海溝型地震履歴研究グループ

(Subduction Zone Paleoseismicity Research Group)

研究グループ長：宍倉 正展

(つくば中央第七)

概要：

海溝型地震は2011年東北地方太平洋沖地震のようにまれに巨大化し、大きな津波を発生させることがある。そのような巨大地震は数百年以上の長いきり返し間隔を持つため、正確な規模や長期的な発生時期を予測するには、過去にどのような地震や津波が起きていたのかを数千年オーダーで遡って解明する必要がある。そこで海溝型地震履歴研究グループでは、歴史記録や地形・地質に記録された痕跡の調査から、過去の海溝型巨大地震の発生時期や規模を解明し、地球物理学的な検討を通して震源域・波源域を復元する研究を行っている。特に東日本大震災以降は、最大クラスの地震や津波の評価に資する具体的な地形、地質データの提示によって今後の想定に役立てること、またそのための津波堆積物の識別精度の向上を目指している。各地で得られたデータについては、津波堆積物データベースで web 公開していき、被害予測に貢献する成果を社会に提供している。

研究テーマ：テーマ題目5

地震災害予測研究グループ

(Earthquake Hazard Assessment Group)

研究グループ長：阿部 信太郎

(つくば中央第七)

概要：

地震災害の軽減を目指し、地質学、地球物理学、地震学、地震工学の融合を意識しながら、地盤変形、地下構造、強震動、震源破壊過程に関する研究に取り組む。地盤変形に関する研究では、陸域および海域に分布する活断層を対象とし、地盤変形予測手法の開発と実フィールドへの適用性の検討をすすめる。地下構造と強震動に関する研究では、陸域および海域の地下構造調査データに基づき、既往の地震を対象に解析手法

を検証しながら断層の深部形状も含めて基盤構造と地震動に関する考察を行う。震源断層の破壊過程に関する研究では、断層形状と広域応力場に基づく動力学的破壊シミュレーションの高度化をすすめる。

研究テーマ：テーマ題目6

火山活動研究グループ

(Volcanic Activity Research Group)

研究グループ長：石塚 吉浩

(つくば中央第七)

概要：

中期的な火山噴火予測のため、活動的火山の噴火履歴・成長史を解明し、将来の活動様式・時期を予測するとともに、火山地質図を作成する。また、長期的な火山活動場変遷の規則性を明らかにするために、日本の第四紀火山活動の時間空間分布を明らかにする研究を実施する。これらに加え、年代測定法や化学分析法などの技術開発および高度化を行うとともに実測定を実施し、物質科学的な見地から火山の総合理解を深める。火山噴火あるいは火山活動時においては、社会的要請に応えるための組織的かつ機動的な緊急調査を実施する。また、地質調査総合センター全体で実施する陸域地質図プロジェクトのコアグループの一つとして、新生代火山岩地域における地質図幅の作成を行う。これらの研究成果は、論文・地質図・データベースなどを通じて社会に発信する。

研究テーマ：テーマ題目7、テーマ題目8、テーマ題目9、テーマ題目12、陸域地質図（地質情報研究部門テーマ題目）

マグマ活動研究グループ

(Magmatic Activity Research Group)

研究グループ長：田中 明子

(つくば中央第七)

概要：

火山活動の推移予測に資する、噴火機構・マグマ供給系の物理化学モデルの構築を目指し、マグマ系における化学反応・力学過程などの素過程の実験・理論的研究と活動的火山の観測・調査に基づくマグマ活動の把握及びモデル構築を行う。具体的には、火山ガス放出量・組成観測、放熱量観測、地殻変動観測など活火山の観測研究と、メルト包有物や斑晶組織・組成の解析によるマグマの性質と進化の研究、地質調査に基づく岩脈貫入や噴火時系列の解析、測定・実験技術・観測手法・データ解析手法などの開発・確立・改良、高温高压実験などを実施する。これらの研究成果は、論文等を通して社会に還元されるほか、火山噴火予知にも報告され、火山活動の評価などの基礎資料としても用いられる。

研究テーマ：テーマ題目10、テーマ題目12

大規模噴火研究グループ

(Caldera Volcano Research Group)

研究グループ長：下司 信夫

(つくば中央第七)

概要：

大規模噴火の短期的・長期的な噴火の準備過程及び駆動メカニズムの解明とそれを用いた大規模火山の噴火活動評価を行うため、国内外の大規模カルデラ火山を主な対象とする地質学的・岩石学的及び力学的な研究を推進する。大規模噴火による噴出物や火山構造に対する地質学的手法による噴火プロセスの復元や噴出量・噴出率等の基礎的な噴火パラメータの推定を行うとともに、噴出物に対する岩石学的解析や、天然の噴出物を用いた高温高压実験、熱力学計算に基づく大規模噴火のマグマ溜りの深さや大きさ、温度条件等に関する制約を与える。これらの実際の大規模火山における観測量を用いて、マグマ溜りの活動に起因する地殻変動等のモデルを構築し、大規模火山のマグマ供給系の活動評価を行う。これらの研究成果は、論文等を通して社会に還元されるほか、原子力規制庁による原子力施設に対する噴火影響評価に対する基礎資料としても用いられる。

研究テーマ：テーマ題目11、テーマ題目12

地質変動研究グループ

(Geodynamics Research Group)

研究グループ長：塚本 斉

(つくば中央第七)

概要：

日本列島における、長期的な地殻変動（隆起・沈降・侵食・堆積・地震・断層・火山・火成活動など）の基礎的理解を深めることを目的として、隆起・侵食速度やそのメカニズムに関する研究、地質・地形学的手法による第四紀地殻変動の研究、地震・断層活動の解析による地殻応力場の推定やその変遷史の研究、断層活動とその水理特性との関係性を検討するための実験岩石学的研究、第四紀火山の地質・岩石学・鉱物学的研究を行う。これらの調査結果による知見や各種の調査手法開発による研究結果は、地質環境の長期変動予測や安定性評価手法の開発に応用される。さらに、原子力規制委員会による放射性廃棄物の埋設処分（中深度処分や地層処分など）の安全審査時のバックデータとして活用され、国による安全規制を科学的にサポートする。

研究テーマ：テーマ題目13、テーマ題目16

深部流体研究グループ

(Crustal Fluid Research Group)

研究グループ長：森川 徳敏

(つくば中央第七)

概要：

日本列島各地における浅層～深層地下水、温泉、ガスなどを調査し、その起源、成因や流動状態を解明するための手法を開発することにより、深層に存在する地下水系や深部流体の流動や循環を明らかにすることを目的とする研究を行う。具体的研究手法は、地下水・ガスの各種化学・同位体組成からわかる地下水やガスの物質収支および形成機構の解明、希ガス同位体等を用いた超長期地下水年代測定、地質や地質構造と深層地下水流動の関係を明らかにする GIS ベースの DB 開発などである。これらの調査結果による知見や各種地下水調査手法開発による研究結果は、深層地下水系の長期変動予測や安定性評価の開発に応用される。さらに、原子力規制委員会による放射性廃棄物地層処分の安全規制ガイドライン作成等に活用され、国による安全審査を科学的にサポートする。

研究テーマ：テーマ題目14

水文地質研究グループ

(Hydrogeology Research Group)

研究グループ長：伊藤 一誠

(つくば中央第七)

概要：

放射性廃棄物の処分において重要な地下100～数100 m 程度までの深度における地下水流動とその長期的変動、物質移行特性の調査・評価手法の研究を行う。放射性廃棄物の処分の安全規制に関わる支援研究として、原子力規制庁からの委託研究「自然事象等の長期予測に関する予察的調査」により、地質学的変動・海水準変動等を考慮した地下水流動系の評価手法と、水文学的データと数値解析手法を用いた地下環境の変動予測手法の研究を実施する。また、交付金を活用し、福島第一原子力発電所における汚染水問題の研究、関東平野の広域地下水流動系の研究、地下水の³⁶Cl 年代を用いた堆積岩地域や富士山の地下水流動に関する研究、岩石の化学的浸透現象に関する研究、岩石の空隙構造と透水性に関する研究、水理力学連成シミュレーション等の研究を実施する。

研究テーマ：テーマ題目15

[テーマ題目1] 活断層評価の研究・活断層データベースの研究

[研究代表者] 宮下 由香里 (活断層評価研究グループ)

[研究担当者] 宮下 由香里、栗田 泰夫、吾妻 崇、丸山 正、近藤 久雄、東郷 徹宏、白濱 吉起、宮本 富士香、飯尾 由子 (常勤職員7名、他2名)

[研究内容]

活断層評価の高精度化および評価手法の高度化を図る

ため、今年度は下記の研究を実施した。

- 1) 国内の主要活断層帯の長期評価の高精度化のため、文科省委託調査として、鴨川低地断層帯（千葉県）、糸魚川—静岡構造線断層帯（北部区間：長野県）、沼田断層（群馬県）について、地形地質調査と古地震調査を実施し、既存評価を改定する古地震パラメータを取得した。
- 2) 昨年度に引き続き、2016年熊本地震の地表地震断層を含む地表変状の認定・記載とマッピングを行った。結果は、学会等で迅速に公表した。
- 3) 2016年熊本地震発生の影響を受け、地震活動が活発化したと推定される領域に存在する日奈久断層帯未破壊区間の地震切迫度を高精度で評価するため、文科省委託調査として、同断層帯の日奈久区間において古地震調査を実施した。また、昨年度実施したトレンチ調査の際に壁面から採取した試料の火山灰分析、放射性炭素年代測定を実施し、古地震履歴をより高精度で限定した。
- 4) 2016年熊本地震の震源断層のひとつである布田川断層帯布田川区間の北東延長部（南阿蘇村）と南西延長部（宇都区間：益城町）において古地震調査を実施した。その結果、両地点において、これまで知られていなかった古地震履歴を明らかにした。
- 5) 連動型地震の評価手法開発のため、文科省委託調査として、糸魚川—静岡構造線断層帯（北部区間）等において古地震調査を実施し、基礎データとなる最新活動時期と地震時変位量、平均変位速度等を明らかにした。
- 6) 重要地域の活断層の調査として、昨年度山口県周防大島町において掘削したボーリングコア試料の年代測定を実施した。
- 7) 宇宙線生成核種を用いた年代測定手法の高度化のため、中国の山西地溝帯及び千屋断層帯周辺の断層について、地形地質調査と試料採取・分析を実施した。
- 8) 放射性炭素年代測定のトレンチ調査への応用的適用例として、熊本県日奈久断層帯のトレンチ壁面から採取した連続試料について、放射性炭素年代測定を実施した。
- 9) 地形表現が不明瞭な活断層の評価手法の開発を目的として、高解像度地形データを用いた地形解析手法の確立の研究を実施した。
- 10) 調査結果の普及と有効活用の目的で公開中の活断層データベースについて、10-1) 断層セグメント検索画面での背景画像の追加、10-2) 画面表示機能の高速化、10-3) 活断層位置情報のタイル化、10-4) 調査地点写真データの登録、10-5) 学術論文、地震本部の地域評価結果、調査報告書の精査及びデータベース登録フォーマットへの変換を実施した。また、活断層データベースの活用方法について、産総研テクノブリッジで解説した。

〔領 域 名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 活断層、地震、古地震、評価、データベース

〔テーマ題目2〕 地震テクトニクスの研究

〔研究代表者〕 今西 和俊（地震テクトニクス研究グループ）

〔研究担当者〕 今西 和俊、重松 紀生、高橋 美紀、内出 崇彦、大谷 真紀子、北村 真奈美、香取 拓馬、松下 レイケン、中井 未里（常勤職員5名、他4名）

〔研究内容〕

- 1) 高分解能地殻応力場の解明と造構造場の研究
地 殻 応 力 場 デ ー タ ベ ー ス (<https://gbank.gsj.jp/crstress/index.html>) に最新の S 波異方性データを追加するとともに、地震の発震機構解を表示できる機能を追加し、公開した。震源域の応力状態とそこで発生する地震の発生様式を明らかにするため、2014年長野県北部の地震の解析を進めた。特に前震活動の震源特性を詳しく調べたところ、通常の地震と異なり、モーメントマグニチュード (M_w) 1.5以下で震源パラメータの相似則が崩れることが明らかとなった (Imanishi and Uchide, GRL, 2017)。また、適切な応力場と断層形状を与え、動的破壊シミュレーションにより、本震の破壊過程の再現にも成功した (Ando et al., EPS, 2017)。
- 2) 脆性から塑性に至る断層変形プロセスの解明
地質調査と高温・高圧下での摩擦実験を組み合わせ、三重県飯高町中央構造線における断層強度プロファイルを明らかにした。中央構造線栗野—田引露頭周辺において、3次元的地質モデルを構築し、左横ずれの古い構造をより新しい右横ずれの構造が切断すること、左横ずれの構造がその形成中に脆性—塑性遷移を経験し、その際に幅10 m 程度の領域に変形する状況を明らかにした。そのほか、アルパイン断層掘削に関して、3編の共著論文（アルパイン断層上盤の温度構造モデル (Sutherland et al., Nature, 2017)、掘削結果に基づく物理検層等測定結果 (Townend et al., G3, 2017)、掘削で得られたカッティングス解析結果 (Toy et al., NZ. J. Geol. Geopys, 2017))、中央構造線に関しては2編の共著論文（カタクレサイト化に伴う変質 (Kaneko et al., InTec, 2017)、掘削孔の各種水理観測に基づく断層の透水構造 (Matsumoto and Shigematsu, EPS, 2018)) が公表された。
- 3) 地震発生の物理モデルの研究
粘弾性緩和応答の効果を導入した地震発生サイクル計算に関して、等価体積力法と呼ばれる手法が計算高速化手法である H 行列法と相性が良いことを見出し、一番の課題であった計算量の削減に成功した。この手

法を用いて昭和東南海・南海地震後の周囲の応力の時間変化を求めた。また、茨城県北部・福島県浜通りにおける地震の震源スペクトル解析により、微小地震のモーメントマグニチュード (M_w) を精密に決定し、気象庁マグニチュード (M_j) と比較した結果、 M_j が M_w に比べて系統的に小さいことを発見した (Uchide and Imanishi, JGR, 2018)。2016年大韓民国慶州 (キョンジュ) 地震については、韓国地質資源研究院 (KIGAM) と共同研究を実施した (Uchide and Song, GRL, 2018)。本震 (M_L 5.8) と最大前震 (M_L 5.1) について、強震波形を用いた断層すべりインバージョン解析を行った結果、応力降下量が平均で15 MPa 以上の高い値を持つことを示した。

4) 超臨界地熱開発域における誘発地震の発生ポテンシャル研究

地下深部で誘発地震を抑制しながら貯留層を保持もしくは形成する技術の開発のため、高温下での花崗岩の変形挙動について実験した。650 °Cを超える高温では破壊時の変形の加速が抑えられる傾向があり、低温での局所化した剪断に比べれば剪断は試料全体に細かく分布していることが示された。また、葛根田地熱発電所において臨時観測を立ち上げ、データ蓄積を開始した。

5) 地下水等モニタリング施設の維持管理

産総研の保有する地下水等観測施設の地震計に関する部分の観測維持とデータの整理を行った。このデータは他機関のデータと合わせて気象庁により一元化処理され、その結果は地震調査推進本部による「地震活動の総合的な評価」等に活用されている。また、観測点の見直しにより王滝観測点周辺の3カ所で行っていた観測点を廃止することになり、廃止に伴う各種対応を行った。

[領域名] 地質調査総合センター

[キーワード] テクトニクス、応力場、地震発生物理モデル、脆性-塑性遷移、中央構造線、高温高压、超臨界地熱、誘発地震

[テーマ題目3] 関東地域における地震テクトニックマップの試作

[研究代表者] 今西 和俊 (地震テクトニクス研究グループ)

[研究担当者] 今西 和俊、内出 崇彦、大谷 真紀子、松下 レイケン、中井 未里、阿部 信太郎、堀川 晴央、大坪 誠、桑原 保人、石田 瑞穂、杉山 雄一、宮川 歩夢 (地質情報研究部門) (常勤職員8名、他4名)

[研究内容]

将来起こり得る地震の規模や発生様式を含めたポテンシャル評価を行う上で、応力情報や地形地質情報等をも

とに地震発生場の地域性を総合的に検討した地図 (地震テクトニックマップ) の整備が急務の課題である。今年度は、昨年度まで独自に推定してきた関東地域の微小地震の発震機構解に加え、気象庁の発震機構解、Imanishi et al. (2012, GRL)、今西ほか (2013, 地震2) の発震機構解をコンパイルし、関東地域の応力マップの最終版を作成した。応力マップを作成する際には応力テンソルインバージョンを使用することが多いが、今年度は水平面内に作用する最大圧縮応力方位 (S_{Hmax}) と応力場のタイプを簡便に推定する方法を検討した。具体的な手順は以下の通りである。

(1) 個々の地震について、 S_{Hmax} 方位と応力場のタイプを推定する。 S_{Hmax} 方位については、Zoback (1992, JGR) に従い、P 軸、T 軸、B 軸の plunge 角から推定した。応力場のタイプについては、Shearer et al. (2006, JGR) に従い、すべり角に基づき推定した。推定されるパラメータ (fptype) は -1~1の範囲を取り、正断層タイプの時に-1、横ずれタイプの時に0、逆断層タイプの時に1となる。

(2) 10 km メッシュ毎に応力場を推定する。半径10 km 以内の位置にある地震を抽出し、 S_{Hmax} および fptype の平均値を計算し、そのメッシュの応力場とする。

推定された応力分布の特徴は、応力テンソルインバージョンによる結果と調和的である。応力テンソルインバージョン法と比較すると応力比を推定できない欠点があるが、断層面の選択をしないで済むという大きな利点がある。今後他地域に展開する際には、この方法をベースとし、必要に応じて応力テンソルインバージョンを適用することが妥当である。

その他、中国地域を新たな対象地域とし、地震データの分析を開始した。

[領域名] 地質調査総合センター

[キーワード] 地震テクトニックマップ、関東地域、応力、地形地質情報、中国地域

[テーマ題目4] 地震地下水研究の研究、地下水観測維持費、南海トラフ巨大地震予測のための地下水等データ表示・解析システムの更新

[研究代表者] 松本 則夫 (地震地下水研究グループ)

[研究担当者] 松本 則夫、木口 努、北川 有一、落 唯史、武田 直人、板場 智史、佐藤 努、小泉 尚嗣 (滋賀県立大学)、梅田 康弘 (京都大学名誉教授)、角森 史昭 (東京大学)、頼 文基 (台湾国立成功大学) (常勤職員6名、他5名)

[研究内容]

本研究は、国の南海トラフ地震に関するモニタリング

事業及び「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の推進について（建議）」（文科省測地学分科会）の地下水等総合観測による研究に相当し、平成21年度より継続している。平成29年度に実施した内容は以下の通りである。

産総研と防災科研および気象庁との共同研究により、3機関のひずみ・地下水・傾斜データをリアルタイムで共有して南海トラフ周辺地域の短期的ゆっくりすべり（SSE）を解析するシステムの運用を継続した。2016年11月～2017年10月の間に27の短期的 SSE の断層モデルを決定した。

2016年に観測井戸をパッカーで密閉した三重県の北勢観測点の水圧変化について引き続き研究を実施し、地殻歪に対する水圧の感度が密閉前に比べて約10倍となったことがわかった。また、伊勢湾付近での深部低周波微動活動に同期した水圧変化は、上述の短期的 SSE の断層モデルで計算した水圧変化と矛盾しないことがわかった。

短期的 SSE の検出と断層すべり分布の時空間変化の推定を同時に行う方法を提案した。シミュレーションデータで検出精度を評価した結果、高い精度ですべり開始時点・終了を推定し、また、従来法に比べすべり量の時空間変化の推定精度の改善を確認した。さらに、実際の歪データを用いて推定したすべり開始・終了時点は微動発生期間と一致した。

東海・近畿・四国地域を中心に全国約50の観測点において、地下水位・水圧・水温等データおよび一部観測点での歪・傾斜計等による地殻変動データの観測を継続し、同データを地震予知連絡会報で報告すると共に「地震に関連する地下水観測データベース WellWeb」（<https://gbank.gsj.jp/wellweb/>）で毎日データを更新し公開を継続した。また、更新が必要な地下水等データ表示・解析システムのソフトウェアを最新のハードウェアや OS で稼働できるよう、改良を開始した。

台湾・国立成功大学との共同研究の一環として、水文学的・地球化学的手法による地震予知研究についての日台国際ワークショップを共催し、プロシーディングスを公開した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】南海トラフ地震、地震火山観測研究計画、ゆっくりすべり、地下水位

【テーマ題目5】海溝型地震履歴の研究

【研究代表者】 宋倉 正展（海溝型地震履歴研究グループ）

【研究担当者】 宋倉 正展、澤井 祐紀、行谷 佑一、松本 弾、谷川 晃一郎、伊尾木 圭衣、中村 淳路、竹田 大輔（常勤職員6名、他2名）

【研究内容】

海溝型地震は通常、数十年から百年程度のサイクルで発生するが、数百年から千年に1度、まれに巨大化することが知られ、2011年東北地方太平洋沖地震はその典型例である。本研究テーマの目的は、海溝型巨大地震の履歴を解明すること、および過去の巨大地震に伴う津波や地殻変動を復元して地球物理学的検証から震源・波源の断層を推定することである。平成29年度に実施した内容は次の通りである。千島・日本海溝沿いでは、北海道東部における17世紀の津波堆積物の採取および化学分析、また断層モデルの検討のための地形調査およびデータ整備をそれぞれ実施した。相模トラフ沿いでは千葉県千倉低地の海岸段丘で採取された地質柱状試料の¹⁴C年代測定から離水年代の見直しを行うとともに、高解像度のデジタル地形データの解析を行い、旧汀線の自動抽出技術を開発して段丘区分を再評価した。南海トラフ沿いについては主に受託研究「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」において実施しているため、そちらを参照いただきたい。海外では、カナダ地質調査所との共同研究としてブリティッシュコロンビア州にて前年度まで行ってきた津波堆積物調査で得られた試料について、分析を実施した。津波浸水履歴情報の整備として、津波堆積物データベースでの web 公開に向け、主に青森県、静岡県、三重県、高知県の各沿岸の調査で論文公表されている地質柱状図を整理した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】千島海溝、日本海溝、相模トラフ、南海トラフ、海溝型地震、津波、地殻変動、津波堆積物、断層モデル、データベース

【テーマ題目6】地震災害予測の高度化に関する研究

【研究代表者】 阿部 信太郎（地震災害予測研究グループ）

【研究担当者】 阿部 信太郎、堀川 晴央、吉見 雅行、竿本 英貴、加瀬 祐子、大上 隆史、森 宏（信州大学）、林田 拓己（建築研究所）、木村 治夫（電力中央研究所）、関口 春子（京都大学）、吉田 邦一（地域地盤環境研究所）（常勤職員6名、他5名）

【研究内容】

本研究では、地震被害軽減に資するよう地震動予測および断層運動に伴う地盤変形予測に関する調査・研究を実施している。

地盤変形に関する研究では、断層長と断層変位に関する経験式（松田式）を3次元有限要素解析に組み込んだ。本ツールを上町断層系に適用し、様々な広域応力場に対する各断層面の応答を系統的に調べた。最大主応力軸方位が N65W の場合、上町断層系の平均的な断層変位量が最大となる結果を得た。また、実フィールドにおける地盤変形を検討するため、文部科学省委託「内陸及び沿

岸海域の活断層評価」で取得した沿岸海域のデータ解析を進めた。長岡平野西縁断層帯（海域部）の浅層を対象とした高分解能な地下構造断面にもとづいて、最近の断層活動1回に伴う地盤変動を解明するとともに、1回の断層活動に伴う地表の上下変位量を推定可能であることを示した。

関東平野の基盤構造の解明については、3次元構造を把握するため、既存の反射法地震探査結果およびその再解析結果や先新第三系の基盤に達した坑井を拘束条件として重力異常データを解析した。解析にあたっては、重力勾配テンソルの値や既往の情報から地下構造に不連続があるとされるところには明示的に不連続構造を導入した。得られた結果では、東京都の東部において重力基盤が浅くなっている箇所があることが示唆された。

震源断層の破壊過程に関する研究としては、活断層の運動性について布田川断層帯・日奈久断層帯をケーススタディーとして動力学的震源モデルを構築した。このモデルを用いたパラメータ・スタディの結果、破壊開始点の位置により破壊領域が大きく異なり、日奈久区間高野-白旗区間北東端に破壊開始点を置いたときに、2016年熊本地震と同様の破壊過程を再現できることを示した。

活断層近傍の地震動予測の高度化のため、平成28年度で終了した文部科学省受託「別府-万年山断層帯（大分平野-由布院断層帯東部）における重点的な調査観測」で作成した、別府湾周辺域の地下速度構造モデルの検証を行った。また、文部科学省受託「平成28年熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査」に関連して、京都大学防災研等との共同で、布田川断層帯・日奈久断層帯周辺における微動・地震観測および反射法地震探査を実施し、断層帯周辺の地下速度構造の概略を見積もった。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地震動、地盤変形、反射法地震探査、重力、関東平野

〔テーマ題目7〕火山活動の研究

〔研究代表者〕石塚 吉浩（火山活動研究グループ）

〔研究担当者〕石塚 吉浩、中野 俊、石塚 治、及川 輝樹、山崎 誠子、草野 有紀、星住 英夫、松本 哲一、川邊 禎久（常勤職員9名）

〔研究内容〕

国の地震火山観測研究計画を分担し、日本の第四紀火山活動の時間空間分布及び活動的火山の噴火履歴を明らかにするとともに、火山の総合理解を深める研究を実施している。平成29年度は、活火山の白山火山で噴火履歴調査を実施し、那須茶臼岳で1408-1410年噴火の火口近傍噴出物と降下火山灰の対比を行い、伊豆大島で高精度地形図を使用した側火山と溶岩流の噴出年代、分布および形態についての調査を行った。また第四紀火山の時間空間分布を明らかにするために、日光火山群及び伊豆半

島等に産する火山岩のAr/Ar年代測定を行い、また感度法によるK-Ar年代測定システムの評価とより若い年代測定のための技術検討のため、オレゴン州立大学においてAr/Ar年代測定による比較実験を実施した。霧島山新燃岳2017年10月及び2018年3月の噴火、並びに草津白根（本白根）山の2018年1月の噴火では、速やかに現地地質調査を実施して噴火堆積物の現状把握を行い、得られた成果を火山噴火予知連絡会に報告すると同時に、HP上や地質標本館で公開した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕第四紀火山活動、噴火履歴、年代測定、活火山、噴火対応

〔テーマ題目8〕火山地質図

〔研究代表者〕石塚 吉浩（火山活動研究グループ）

〔研究担当者〕石塚 治、下司 信夫、古川 竜太、及川 輝樹、山崎 誠子、石塚 吉浩、草野 有紀、三浦 大助（電力中央研究所）、荒井 健一（アジア航測（株））、竹下 欣宏（信州大学）（常勤職員8名、他3名）

〔研究内容〕

火山噴火予知連絡会によって選定された「火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な火山」（50火山）を重点に、活動的火山の噴火履歴を野外地質調査及び室内実験に基づき解明し、火山地質図として整備している。平成29年度は、伊豆諸島の八丈島火山で海域と陸域を統合した新たな形で火山地質図の最終とりまとめを行った。北海道の恵山火山、中部地方の御嶽火山及び関東地方の日光白根火山では、火山地質図作成のための噴火履歴調査を昨年度に引き続き実施し、噴出物の層序関係や放射性炭素年代等を得ることにより、噴火史に定量的な時間軸を入れた。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕活火山、噴火履歴、火山地質図、火山防災、噴火予測

〔テーマ題目9〕火山データベース

〔研究代表者〕石塚 吉浩（火山活動研究グループ）

〔研究担当者〕中野 俊、川邊 禎久、宝田 晋治、石塚 吉浩、星住 英夫、古川 竜太、及川 輝樹、山崎 誠子、草野 有紀、工藤 崇（地質情報研究部門）（常勤職員10名）

〔研究内容〕

日本列島全域の第四紀火山活動及び活動的火山の噴火履歴を明らかにするために、H25年度から「日本の火山」データベースを整備・公開している。H29年度は第四紀火山データに151枚の画像を追加し、最近の研究成果から北海道の3火山を第四紀火山から除外して更新し

た。また、詳細火山データ集に三宅島、岩手及び口永良部島火山のデータを CD-ROM 版を修正して公開し、富士火山の地質斜度図を追加公開した。1万年噴火データ集では、阿蘇山に関するデータを公開し、択捉島の全8火山に関するデータをとりまとめた。更に1/20万縮尺で日本列島全域をカバーする全国火山図（H31年度公開予定）では、中部、甲信越及び伊豆箱根地域において第四紀火山のデータ編纂を行い、あわせて九州地域において GIS データの校正を行った。また、これら GIS データをユーザーが簡便に利用できる閲覧活用システムの開発を、北海道及び東北地方の火山を対象に進めた。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】活火山、第四紀火山活動、日本列島、噴火履歴、火山データベース

【テーマ題目10】 マグマ活動の研究

【研究代表者】田中 明子（マグマ活動研究グループ）

【研究担当者】篠原 宏志、田中 明子、斎藤 元治、松島 喜雄、東宮 昭彦、風早 竜之介、森田 雅明、大西 里佳、鈴木 敏弘（常勤職員7名、他2名）

【研究内容】

活動的な火山において放熱量等の熱的観測や電磁氣的観測を行い、地質構造や、他の地球科学的観測を参照しつつマグマ放熱過程のモデル化を行うことを目的としている。広帯域MT法のデータを用いた3次元イメージの再解析を行い、2016年度に求めた阿蘇火山の比抵抗構造をリバイスした。再解析にあたって、第一火口周辺の9観測点のデータを追加し、67観測点のうち人工的ノイズの大きい9地点のデータを削除、鉛直方向のグリッドの再配置、地形データの再読み込みを行った。その結果、海水準より浅い構造が評価できるようになり、おおよそ15 kmの深度から第一火口へ至る円柱状の低比抵抗域に代表される阿蘇火山のマグマ供給系の構造が明確になった。また、マグマ活動を規制する地殻の不均質構造をとらえるために、地殻熱流量・熱伝導率など熱構造に関わるデータの測定・収集・コンパイルなどを行い、データベースのプロトタイプを作成した。

マグマ供給系の長期的進化の解明を目的として、薩摩硫黄島火山の鬼界アカホヤ噴火の噴出物について岩石学的解析を行い、マグマ溜まりの流紋岩マグマの温度（874 °C）と安山岩マグマ温度（975 °C）を明らかにした。この温度とメルト含有物分析から得られた圧力条件（133±46 MPa）を熱力学解析結果と比較し、調和的であることを確認した。

マグマ溜まりにおける噴火準備過程を、噴出物中の斑晶の累帯構造の多成分分析等をもとに推定するために、洞爺火砕流等の岩石学的データの取得を進めた。霧島山新燃岳等の噴火に関して、緊急的に対応し、火山灰の岩石学的観察から噴火推移を把握し、火山噴火予知連へ速

報として報告した。

火山活動推移の把握と火山ガス放出過程のモデル化を目的として、浅間山・阿蘇・霧島等の火山において火山ガス組成・放出率観測を実施した。エクアドルのSierra Negra、Guagua Pichincha、Cotopaxi火山において、海外研究グループと合同で火山ガス組成・放出率観測を実施し、観測・解析手法・結果の比較・議論を行った。

阿蘇山で2016～2017年に取得した土壌CO₂放出率の連続観測結果について、気象条件等を考慮した多変量解析を行った。その結果、2016年噴火前後における放出率異常の存在を明らかにし、研究成果を火山学会で発表した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】火山、噴火、マグマ、噴火予知

【テーマ題目11】 大規模噴火の研究

【研究代表者】下司 信夫（大規模噴火研究グループ）

【研究担当者】下司 信夫、宝田 晋治、宮城 磯治、山崎 雅、松本 恵子（常勤職員5名）

【研究内容】

大規模噴火の短期的・長期的な準備過程の理解や噴火駆動メカニズムの解明と、大規模火山の噴火活動評価を行うため、国内外の大規模カルデラ火山を主な対象とする地質学的・岩石学的及び力学的な研究を実施している。大規模火砕噴火の履歴調査研究では、日本国内で発生した過去の巨大噴火の推移を地質学的手法により調査することで、長期的な活動推移や巨大噴火の推移について高精度での解析を実施している。阿蘇カルデラにおいて地質学的調査を実施し、阿蘇1～阿蘇4火砕流噴火や大規模火砕流間の噴火活動の推移の復元を行った。始良カルデラでは、始良入戸噴火噴出物の層序の地質学的解析および岩石学的解析を行い、巨大噴火にいたる約3万年間のマグマ溜まり進化過程の解析を行った。また、後カルデラ期の大規模軽石噴火の噴出物の地質学的解析を行いその特徴を明らかにするとともに、噴出物の岩石学的特徴の記載を行った。また、桜島では大正噴火および文明噴火を例に降下火砕物の地質学的解析を行い、大規模軽石噴火の推移等の復元を行った。また、洞爺及び屈斜路カルデラの大規模火砕流の分布の既存データの再解析による噴出量の再見積りを実施した。摩周、屈斜路、池田、阿多カルデラの大規模噴火の推移・長期的短期的前駆現象を取りまとめた。

巨大噴火のマグマシステムの研究では、阿蘇・始良カルデラなどを対象に、噴出物の岩石学的解析に基づくマグマシステムの進化過程を熱力学的手法により解析した。またその噴出物の岩石学的解析結果に基づき、高温高压実験に基づくマグマシステムの温度圧力条件の解析を実施した。特に、阿蘇カルデラのマグマシステムの進化については原子力規制庁委託業務として研究を実施し、阿蘇4火砕流噴火の珪長質単成分マグマの噴火直前の温度

圧力条件を制約することができた。また、始良入戸噴火、阿蘇4火砕流などの大規模火砕流噴火の直前から噴火中のマグマ組成の変化について、系統的な全岩組成の測定を実施した。マグマシステム変動過程の研究では、マグマ溜まりを含む火山システムの力学的挙動を解析し、粘弾性リソスフェアモデルを用いて予測される地表変形のモデル化を実施した。カルデラ火山においてマグマ溜り圧力変動に励起される地殻変動のモデル計算を推測されるマグマ溜りの深さや規模のデータに基づき実施し、実際のカルデラ火山において観測された地殻変動量との比較検討を実施した。さらに、巨大噴火の推移からマグマ溜まりの増減圧モデルを作成し、カルデラ陥没プロセスの力学的解析を実施した。噴火観測手法の開発として、桜島などの火山灰の構成粒子の微細組織や化学組成を用いた解析を行い、噴火プロセスと噴出物の関連性についての解析を行った。また防災科学技術研究所との共同研究として、噴出物の即時自動解析装置の開発を実施し、試作機を実際に野外で運用し、噴火活動に対応した火山灰の採取・解析に成功した。また、噴火対応として、桜島、霧島新燃岳、草津白根山などの噴火に対して、関係機関と連携し噴出物解析等により活動推移把握を行い、結果を迅速に公表した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】大規模噴火、噴火履歴、マグマ供給系、活火山、噴火対応

【テーマ題目12】火山噴火推移予測の高度化

【研究代表者】篠原 宏志（活断層・火山研究部門）

【研究担当者】篠原 宏志、伊藤 順一、星住 英夫、石塚 吉浩、石塚 治、古川 竜太、及川 輝樹、山崎 誠子、草野 有紀、下司 信夫、宝田 晋治、松本 恵子、田中 明子、松島 喜雄、斎藤 元治、宮城 磯治、東宮 昭彦、風早 竜之介、森田 雅明、大槻 静香、濱崎 聡志（地質情報研究部門）（常勤職員20名、他1名）

【研究内容】

火山灰粒子構成物の解析から、火道浅部における爆発的噴火駆動過程の解明を試みた。桜島では2017年3月下旬から4月にかけて相次いで再活発化した昭和火口および南岳火口の噴出物の構成粒子を系統的に解析し、昭和火口で8月にみられた連続噴泉活動前後の火山灰構成粒子の変化を明らかにした。また2017年10月及び2018年3月に発生した霧島新燃岳噴火では、噴出物構成粒子から、10月噴火についてはマグマ水蒸気噴火であることを明らかにした。18年3月噴火では、溶岩流出に至る構成粒子の変化を捕捉した。2018年1月の草津白根火山噴火では、噴出物構成粒子から熱水系の水蒸気爆発であることを明らかにした。

霧島山新燃岳においてセスナ機を用いた火山ガス観測を実施した結果、2017年10月11日の噴火開始直後の10月12日には SO_2 放出率1-2万 t/d の大量の火山ガスが放出されており、その組成が $\text{CO}_2/\text{SO}_2=1.6$ 、 $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}=2.7$ （モル比）であることを明らかにした。また、断続的な噴火を再開・継続していた2018年3月に、セスナ機を用いた上空観察に基づき、火口地形の詳細な変化を把握するとともに溶岩体積の定量化を行った。

噴火活動期のマグマの貫入、脱ガスに伴う熱水系変動をモデリングするため、地下水流動を反映する自然電位の連続観測を伊豆大島で継続した。静穏時の自然電位の経時変化は、降水の地中への浸透過程を表すことを数値シミュレーションによって再現し、その結果を国際誌にて発表した。地質調査総合センターのホームページで連続観測データを閲覧できるようにした。移動観測を行い、連続観測点を含む山頂カルデラ域の自然電位分布をマッピングし過去のデータとの比較を行った。

三宅島火山におけるカルデラ及び側火口形成と地殻内マグマ長距離移動プロセスの成因的關係、及びマグマ供給システムの全体像を解明する目的で、沿岸域の調査を実施した。東海大学と共同で三宅島北部、東部及び南部沿岸域でマルチナロービーム測深機による高精度海底地形調査を実施し、溶岩流の分布、形態等を明らかにした。さらにブーマー音源を用いた反射法地震探査を北部、北東部沿岸で実施、薄い堆積物で埋積された複数の側火山を確認することに成功した。また、三宅島火山の噴火シナリオの高度化のための噴火史調査を行い、7世紀の噴火イベントの高分解能な復元を行うとともに、東から北東麓に分布する最近2500年間の噴火イベントの詳細を明らかにした。

大規模噴火における噴火プロセスの解明を目的として、桜島の歴史時代における軽石噴火の噴出物の微細組織解析を実施した。桜島島内において、大正噴火堆積物の詳細な層序の解析とそれに沿った試料採取を行い、軽石噴火最盛期から末期の火山灰放出卓越期に至る噴火推移の復元を行った。また軽石粒子の酸化組織を用いた噴煙内部での粒子の熱履歴解析を行った。

噴出物解析にもとづく水蒸気噴火現象の解明のための研究として、箱根火山の2015年水蒸気噴火堆積物について噴火推移に対応する構成物の変化を確認した。また、関連事例として岩手火山の水蒸気噴火堆積物に関するとりまとめを行った。

噴出物の微小領域分析技術の高度化を進めるため、反射 FTIR 法の測定条件について標準ガラス試料を用いて検討し、火山ガラス CO_2 濃度測定の見極めと測定誤差を把握した。反射 FTIR 法による火山ガラスの含水量簡易測定のための標準ガラス試料マウントを作成した

若い火山噴出物の年代測定の高度化に向けて、これまで K-Ar 年代測定を実施した蔵王および九重火山の試料を対象に、オレゴン州立大学において Ar/Ar 年代測定

との比較研究を実施した。両手法の誤差範囲で一致する年代測定結果を得るとともに、従来は測定限界以下であった若い試料についてもアルゴン初期値を補正することで層序に調和的な年代値を得られることを確認した。

火山噴火予知連絡会衛星解析グループなどを通じて取得された緊急観測のデータを用い、干渉 SAR 解析による火山活動に伴う地殻変動モニタリングを実施し、他のデータや解析手法で得られている結果との比較を通じて、その整合性を確認した。

北海道駒ヶ岳1929年火砕流堆積物の堆積構造に基づき、火砕流の流動堆積機構の検討を行った。北海道駒ヶ岳の火砕流堆積物の各フローユニットの内部は、層厚0.2~1.5 m 程度のサブユニットに区分できる。比較的伸びた軽石の長軸方向を測定した結果、卓越方向はほぼすべてのレベルで、流れの方向と一致していることが分かった。これらの堆積構造は、火砕流が、乱流状態の基底部の境界層部分で、堆積サブユニット (DSU) を形成しつつ、順次定置していたことを示唆している。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕火山、噴火、マグマ、噴火予知

〔テーマ題目13〕地質変動研究グループ

〔研究代表者〕塚本 斉 (地質変動研究グループ)

〔研究担当者〕塚本 斉、大坪 誠、朝比奈 大輔、伊藤 一充、佐藤 稔、高橋 学、富島 康夫、宮川 歩夢 (地質情報研究部門) (常勤職員6名、他2名)

〔研究内容〕

隆起・侵食量評価手法の検討として、過年度に実施した青森県上北平野に発達する海岸段丘の OSL 年代測定を用いた高精度隆起速度評価手法について、研究成果の取りまとめを行った。地震・断層活動評価手法の検討として、熊本地震発生域における構造地質学的調査や沖縄県石垣市の第四系を対象とした断層調査を行った。岩盤中の亀裂・断層等の力学水理特性評価手法の検討として、真三軸透水試験における中間主応力効果に関して、実験手法に関する取りまとめと間隙水圧の影響に関する予察的実験結果の取りまとめを行った。福島再生可能エネルギー研究所からの内部委託として、地中熱ポテンシャル評価用ボーリングコアの熱伝導率・空隙率測定を実施した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕長期地質変動、隆起・侵食活動評価、断層活動性評価、力学・透水試験に基づく岩盤評価

〔テーマ題目14〕深部流体の研究

〔研究代表者〕森川 徳敏 (深部流体研究グループ)

〔研究担当者〕森川 徳敏、風早 康平、高橋 正明、清水 徹、高橋 浩、東郷 洋子、

安原 正也 (立正大学)

〔研究内容〕

沈み込むスラブから脱水した深部流体を検出するための指標として、ハロゲン元素比 (Br/Cl-I/Cl) を用いた手法を新たに提案した。この手法を東北地方の湧水・地下水に適用し、詳細な深部流体分布の把握を可能にした。関東地方 (東京都・埼玉県) において、深部流体の混入の有無及び広域地下水流動系の時間スケールや流動地域を解明するため、地下水・湧水の現地調査を行った。採取した地下水・湧水等については、主要化学成分、水の安定同位体比、無機炭素種の炭素同位体比、ヘリウム同位体比等の分析を行い、その化学・同位体的特徴について検討を行った。また、過去の熱水活動域 (菱刈鉱床など) の脈鉱物・流体包有物の分析より、熱水変質の形成環境の特性の検討を行った。深層地下水 DB に収録している文献値について、品質管理のため位置情報のデータについてチェックを行った。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕深部流体、温泉水、地下水流動、熱水鉱床、流体包有物

〔テーマ題目15〕水文地質の研究

〔研究代表者〕伊藤 一誠 (水文地質研究グループ)

〔研究担当者〕伊藤 一誠、佐藤 努、竹田 幹郎、宮越 昭暢、戸崎 裕貴、稲村 明彦 (常勤職員5名、他1名)

〔研究内容〕

地下水流動系の評価・検討として、関東平野の地盤沈下・地下水位観測井網を活用して地下水情報収集による地下温度プロファイルの変遷から、地下温度分布の変化を把握し、温度変化の要因に関する検討結果を日本地球惑星科学連合連合大会2015年大会及び国際水文学会 (IAH) で報告した。また、2015年度から継続的に調査・研究を進めている広島平野の結晶質岩地域における塩水及び淡水の分布、年代に関する検討結果を、*Geochemical Journal* で公表した。

地下環境の変動予測手法の検討として、地下水中の塩分濃度と岩石の半透膜性から発生する浸透圧に対して応力及び塩分濃度の変化が与える影響を、固有浸透率、拡散係数への影響と合わせて実験、解析を行い、固有浸透率及び拡散係数は過去最大埋没深度相当の応力載荷を行うことによって一定となること、浸透圧のパラメータである反射係数は応力及び塩分濃度の変化に顕著な影響を受けるが、粘土粒子間の電位場を考慮したモデルによって定量的に表せることを示し、その結果を日本地質学会大会で報告した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地下水システム、地下水年代、水理特性、水理-力学連成解析

〔テーマ題目16〕地質現象の長期変動に関する影響評価 技術の研究

〔研究代表者〕伊藤 順一（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕伊藤 順一、伊藤 一誠、塚本 斉、森川 徳敏、風早 康平、大坪 誠、朝比奈 大輔、伊藤 一充、高橋 正明、佐藤 努、清水 徹、高橋 浩、東郷 洋子、富島 康夫、竹田 幹郎、宮越 昭暢、戸崎 裕貴、大和田 道子、宮川 歩夢（地質情報研究部門）、田村 亨（地質情報研究部門）、安原 正也（立正大学）、堀口 桂香（京都大学）、尾山 洋一（釧路市教育委員会）（常勤職員19名、他4名）

〔研究内容〕

放射性廃棄物の埋設処分に係る地質現象の長期的変動の影響を評価するため、10～100万年程度の将来にわたる地質変動および地下水・深部流体が処分場に及ぼす影響の将来予測・評価手法の開発を行っている。

長期的な隆起現象に関連して、下北半島においてH31年度以降に予定している掘削調査に関して予察的な現地調査を行なった。また、長期的な侵食現象に関して宇宙線生成核種に基づく侵食速度評価の可能性を検討するため、掘削調査予定地域周辺において検土杖による表層堆積物の調査を行った。

断層による地下水流動への影響を検証するため、上北平野西部の野辺地断層周辺において浅層地下水や河川水の水収支を見積もるための河川調査を行なった。

群馬県・栃木県北部、および神奈川県地域において地下水を用いた深部流体調査を行い、深部流体上昇域等について検討を行った。2011年東日本大地震に伴う地下水流動への影響の検討として、福島県いわき市における地下水湧出現象に対して、引き続き流出量の観測および水質の変動を4回調査した。その結果、流量大きな変動がみられないこと、および、1箇所については、2011年以来ほぼ一定の流量を保っている。湧出が止まらない原因の検討を引き続き行った。また、長野県大鹿村鹿塩温泉周辺における河川を介した地表への深部流体フラックスを見積もるため、大鹿村周辺の河川（塩川・小渋川など）の流量調査、試料採取・化学分析を行った。

有馬－高槻断層破碎活動その熱水変質時期の検討のため、破碎帯を構成する花崗岩から黒雲母及び正長石（ともに K 含有鉱物）を分離し、それぞれの K-Ar 年代測定を行った。その結果、得られた年代は 72.4 ± 1.6 Ma（黒雲母）及び 73.1 ± 1.6 Ma（正長石）であり、誤差の範囲で一致した。

亀裂性花崗岩が分布する沿岸部の深層に賦存する Ca/Na 比の高い高 Cl 濃度地下水の起源を探るため、Ca/Na の高い地下水が湧出する萩市内の温泉ボーリングコアの充填鉱物の観察を行い、濁沸石・方解石の沈澱

を確認した。岩石の薄片観察、化学分析には至っていない。

地下環境の長期変動予測手法の一環として原子力規制庁からの委託事業で実施している化学浸透圧試験をより精密かつ効率的に実施するため、精密流量制御が可能なギアポンプを導入し、原子力機構幌延地下研究所で採取された珪質泥岩試料に対し、原位置の応力及び塩分濃度環境下における化学浸透圧発生実験とデータ解析を実施し、原位置で観測される異常間隙水圧が化学浸透圧で説明可能であることを示した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕長期地質変動、地下水、深部流体、深部地下環境

〔テーマ題目17〕アジア太平洋地域の地震火山情報の整備

〔研究代表者〕伊藤 順一（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕伊藤 順一、桑原 保人、宝田 晋治、古川 竜太、吾妻 崇、吉見 雅行、丸山 正、松本 弾、石川 有三、Joel Bandibas（常勤職員8名、他2名）

〔研究内容〕

G-EVER 推進チームでは、CCOP を始めとするアジア太平洋地域の研究機関と協力し、災害の軽減に向けた検討時に活用される各種災害情報の整備、データ交換・共有・分析のための国際標準化等を進めている。本年度は、H28年度に出版した東アジア地域地震火山災害情報図の記載項目（震源域、活断層分布、津波分布、カルデラ、大規模火砕流、降灰分布、地震及び火山イベントの犠牲者数、1000万分の1地質図）の数値化を行い、アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システム上で閲覧検索し、GIS データをダウンロードできるようにした。また、紙面上の災害情報図では、スペース等の関係で掲載できなかった未掲載データの整備を開始した。アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムのモバイル版の試作を行った。1995年以降の近年の地震及び火山イベントのハザード関連情報（イベントの概要、犠牲者の要因など）を取りまとめ、H30年以降の公開に向けてデータ整備を進めた。また、火山災害予測支援システムでは、Titan2D によるオンラインシミュレーションの結果を、直接システム上で表示できる機能を追加した。さらに、火山災害予測支援システムの内容を国際誌に掲載した。フィリピン火山地震研究所に対し、モバイルデバイスでフィリピンの活断層を閲覧検索できる PHIVOLS FaultFinder の機能拡張、データ更新の協力を行った。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕G-EVER、災害図、地震、火山、アジア太平洋、ハザード、CCOP

〔テーマ題目18〕ガス圧装置を中心とした実験岩石学研

研究拠点の整備（活断層・火山研究部門）

【研究代表者】 東宮 昭彦（マグマ活動研究グループ）

【研究担当者】 東宮 昭彦、鈴木 敏弘、田中 明子、
宮城 磯治、潮田 雅司、大槻 静香、
下司 信夫（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

火山の中長期的活動（数十年以上）を理解・予測し、減災等に応用するには、火山深部（数 km 以上）でのマグマの発生・蓄積・上昇過程の解明が必要である。これには、地下のマグマを高温高压実験で再現する実験岩石学的研究が不可欠である。産総研には既に、代表者が所有する最大2000気圧（≒深さ8 km）まで発生可能な高温高压実験装置（内熱式ガス圧装置）があり、浅部マグマ溜まり条件や噴火時マグマ上昇の再現実験等を行っている。一方、大規模カルデラ噴火を引き起こす珪長質マグマの発生過程など、深さ十数 km～30 km 程度（中部～下部地殻）におけるマグマ過程の実験的研究は、技術的困難から世界的にも例が少ない。本研究では、上記の中部～下部地殻に相当する圧力範囲をカバーする高温高压実験装置を導入し、既存設備とも合わせ、ガス圧装置を中心とした実験岩石学研究拠点を産総研に整備することを目的としている。

平成29年度は、東工大に設置されていたガス圧装置を産総研へ移設するための準備作業を実施した。準備すべき工程の一つは、装置の解体・移設・再組立及び検査作業に関することである。もう一つは、設置場所の選定（最終的に第7事業所7-6棟に決定した）と整備工事（床基礎・障壁・実験室等整備）、および関連作業（工事範囲の物品退避等）に関することである。工事自体は平成29年度内に始まっているが、工程が複雑で長期にわたるため、装置の移設完了は平成30年12月ころになる予定である。

移設するガス圧装置は、内熱式ガス圧装置2台1組からなり、それぞれ最大約7000気圧（≒深さ26 km）および4000気圧（≒深さ16 km）まで発生可能となる予定である。いずれもアルゴンガスを圧縮機で加圧し、圧力容器内の電熱線で試料を加熱して高温高压を発生させる。試料落下急冷システムにより、高温高压で熔融状態にある岩石試料（シリケートメルト）を“凍結”して取り出せる独自の機構を持つ。試料落下急冷システムを持つ5000気圧以上の内熱式ガス圧装置の稼働例は世界的にもほとんどない。本装置の導入により、火山学のみならず、高温高压領域に関わる様々な関連研究への波及効果も期待できる。

【領 域 名】 地質調査総合センター

【キーワード】 高温高压実験、マグマ溜まり、噴火準備過程、内熱式ガス圧装置

【テーマ題目19】 K-Ar 年代測定システムの自動化に向けた装置改造（活断層・火山研究部門）

【研究代表者】 山崎 誠子（火山活動研究グループ）

【研究担当者】 山崎 誠子、石塚 治（常勤職員2名）

【研究内容】

噴火活動履歴の解明において、年代データは必要不可欠である。K-Ar 及び Ar/Ar 年代測定法は多くの試料に適用でき、最も基本的なデータとして使われてきた。しかし、これまで10万年より若い噴火活動については、活動的火山の噴火履歴解明の上で極めて重要にも関わらず、条件のよい（たとえばカリウム含有量の高い）試料に関しての測定に限られていた。火山活動研究グループでは普遍的にかつ高精度で10万年より若い火山噴出物の年代測定を可能にすることを目指した手法開発を進め、得られた結果を迅速に地質調査へフィードバックする体制で実施してきている。本課題では、K-Ar 年代測定システムの前処理ラインの操作を自動化することで、効率的な測定を可能とし、補正計算に利用する標準試料の繰り返し測定も安定的に実施することにより、年代値の精度を上げることを目的とする。数万年前の年代測定は、従来の K-Ar 法と¹⁴C 法との空白域であり、この年代ギャップを埋める本手法による年代値が大量生産されることは、噴火履歴解明に大きく貢献できる。従来本手法で測定不可能であった1万年前の年代が精度よく決められ、層序との整合性が示されることは年代学的にもインパクトが大きい。

本課題では、既存の前処理ラインを改造する形で手動バルブを自動バルブに交換し、また制御部の改造により試料加熱～ガス抽出・精製における操作を全自動化することを計画している。ラインは超高真空が要求され、真空部品が特注品であるため、繰り返し測定に重要な部分から改造を進める。コントロール条件と分析手法を決定、繰り返し測定による測定値の評価と手順の最適化を行う。精度評価は年代測定計算に反映させ、どのくらい若い年代測定まで可能となるか明らかにするとともに、高精度化に不足する箇所を特定する。

平成29年度は、試料ガスを抽出・精製するための前処理ラインの自動化に着手した。具体的には、標準大気試料の汲み出し部に自動バルブを取り付け、ラインの超高真空を達成した。また、質量分析装置の制御部から自動バルブをコントロールするための電子部品を導入し、制御システムの改造および試料に応じた自動測定に向けたコントロール条件の検討を進めた。試料の測定においては、精製時間等を試料に応じて変更することが必要な場合も考えられるため、将来的な全自動化システムに向けたコントロール条件を明らかにし、超高真空の維持に最適なライン設計と操作部品の検討を進める。

【領 域 名】 地質調査総合センター

【キーワード】 年代測定、質量分析装置

【テーマ題目20】 島嶼部活動的火山における海陸統合調査手法の開発とマグマ供給システムの解

〔活断層・火山研究部門〕

〔研究代表者〕 石塚 治 (火山活動研究グループ)

〔研究担当者〕 石塚 治、井上 卓彦 (地質情報研究部門)、坂本 泉 (東海大学)、及川 輝樹、下司 信夫 (常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

伊豆弧の活動的火山 (三宅島火山) について、沿岸域での最適な調査手法の確立を目指し観測を実施した。本研究では、まず防災上重要であるが地質情報の空白域となっている1) 沿岸海底部火山体調査手法の開発を行う。その上で2) 島嶼部活動的火山 (例えば三宅島火山) における沿岸部での噴火活動の記録、噴出物の分布、変動地形の分布や地殻構造を明らかにする。同時に、3) 陸上火山噴出物の系統的採取と年代決定、化学分析を合わせて実施、海陸を統合したマグマ供給系の全体像と時間的変遷に迫る。採択額が提案額の4割強だったため、本予算で提案内容のうち、海底地形調査と海底映像取得装置の導入までを実施した。

三宅島火山の海底側火口が存在する可能性が高い沿岸域、特に陸上にマグマ水蒸気爆発の噴出物や側火口列が認められる沿岸域において、小回りのきく小型船舶 (漁船) にマルチナロービーム測深機 (Kongsberg 社製 EM2040システム) をセット、航走することにより高分解能海底地形観測を実施した。使用する機種と観測モードに関しては、火山地形の詳細を明らかにするために必要な分解能と、観測すべき最大水深を考慮して決定した (すなわち音波の周波数とエネルギー)。40-80 m 間隔の測線を航走し、高密度かつ抜けのない水深データの取得に成功した。取得データより1 m メッシュの海底地形データを作成、主に火山活動に関連すると考えられる地形の抽出とその成因について検討した。

取得したデータにより、1) 三宅島南西部沿岸域で溶岩流が広範囲かつ水深300 m 以深まで海底に繰り返し流入したこと、2) 北東及び南東部沿岸域において複数の海底側火口と考えられる地形を確認、3) 北部において1874年の溶岩が広く海底に溶岩デルタを形成していること、などが明らかになった。まだデータは極めて部分的だが、今回の仕様の観測により十分な精度、分解能のデータが得られることがわかった。今後他の三宅島沿岸の重要な海域や、他の島嶼部活動的火山の沿岸域調査に適用していきたい。

導入した海底映像取得装置 (Open ROV 社製小型 ROV) については、火山プロジェクトの部門重点予算での調査時に、海底撮影及び海底観察に成功すると同時に、運用上の問題点の抽出を行った。地形調査と併用することで、より確度の高い海底火山地形の解釈に活用が期待できる。

本研究の成果の一部を、地球惑星科学連合大会や日本地質学会で発表する予定である。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 三宅島火山、島嶼部活動的火山、沿岸域、海底地形観測

〔テーマ題目21〕 X線 CT 観察による岩石内部の原油・水の置換現象と化学的浸透の関連性の解明 (活断層・火山研究部門)

〔研究代表者〕 竹田 幹郎 (水文地質研究グループ)

〔研究担当者〕 竹田 幹郎、中島 善人 (地圏資源環境研究部門)、間中 光雄 (地質情報研究部門) (常勤職員3名)

〔研究内容〕

低塩分濃度水攻法の原油増進回収効果における化学的浸透現象の寄与を明らかにするために、X線 CT 観察によって岩石内部で油と水の置換が塩分濃度差に応じて発生するかを調査した。調査では、X線 CT 装置の選定、模擬貯留層岩石の物理物性の測定、目視による予備観察実験、X線 CT 装置を用いた観察実験を順に実施した。以下に、得られた成果を示す。

- X線 CT 観察に用いる装置を選定するために、高知コアセンターのマイクロフォーカス X線 CT スキャナ (Zeiss) と物質材料研究開発機構のマイクロフォーカス X線 CT 装置 (SMX-160CTS) によって乾燥状態のペレア砂岩の空隙観察を行い、解像度と観察手法との適合性を検討した。その結果、Zeiss による観察では、岩石空隙の形状を明瞭に観察でき、水と油が空隙内で混在する岩石試料を観察する場合でもメニスカスの状態が判別できる見通しが得られた。SMX-160CTS による観察では、解像度に限界はあるものの、岩石の構成鉱物と空隙内部の流体 (空気) の識別が可能であり、最低限の要求性能は満たしていることを確認した。
- 模擬貯留層岩石として使用するペレア砂岩の固有浸透率及び岩石空隙性状等の基本的な物理物性を測定した。その結果、固有浸透率は $8.5E-16 \sim 1.25E-15 \text{ m}^2$ の範囲にあり、ペレア砂岩としては比較的高いものの、大きくかけ離れていないことを確認した。なお、若干固有浸透率が大きい原因は封圧を載荷していないためと考えられる。空隙率は18~20%、最多空隙サイズは10 μm 弱であり、SMX-160CTS による観察でも水と油が混在する大きな空隙 (例えば10 μm) の観察は可能と判断した。
- X線 CT 観察に先立ち、塩水濃度差に応じた水・油の移動現象が起きることを確認することを目的に、目視による予備観察実験を実施した。実験では、原油及び塩水を模擬する流動パラフィン及びヨウ化カリウム溶液をペレア砂岩試料に注入し、試料両端の塩水濃度を変え、試料端面からの流動パラフィンの滲出を観察した。実験開始直後には、高塩分濃度水側から流動パラフィンが滲出し、その後、低塩分濃度水

側からの滲出が始まった。この滲出状況は、塩分濃度差に従ってはじめに低塩分濃度水貯留槽から高塩分濃度水溶液槽へと向かう化学的浸透とそれに伴う流動パラフィンの移動が生じ、その結果として上昇する高塩分濃度水の圧力が低塩分濃度水側への移流を発生させ、低塩分濃度側へ流動パラフィンを移動させたものと捉えられる。

- ・予備観察実験と同様の実験方法及び実験条件で SMX-160CTS を用いて X 線 CT 観察をおこなったが、岩石試料内部での塩水の分布の変化を明瞭に観察することができなかった。この理由として、最多空隙サイズと同等の分解能で観察するために岩石試料の寸法を小さくしたことによって、1回目の CT 観察が終了する時点までに、化学的浸透の発生とその後の低塩分濃度水側への油の移動が短時間で終了してしまっていた可能性が考えられる。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕低塩分濃度水功法、化学的浸透、X 線 CT

〔テーマ題目22〕ストロンボリ式噴火における火山ガス放出過程の解明

〔研究代表者〕風早 竜之介（マグマ活動研究グループ）

〔研究担当者〕風早 竜之介、Mike BURTON（マンチェスター大学）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

イギリス、マンチェスター大学にて約11ヶ月の在外研究を行い、活動的な火山で火山噴煙合同観測を実施し、火山地下のマグマ活動及び噴火プロセスのモデル化を行うことを目的としている。また、産総研とマンチェスター大学の研究手法を比較し、火山ガス観測手法の高度化を行い、成果を国際論文に投稿することを目標とする。

中米およびイタリアの火山にて火山噴煙観測を実施し、火山ガス放出量や火山ガス組成等のデータを測定、取得する。観測結果を他の観測量と比較し、ストロンボリ式噴火前後の火山ガス放出過程のモデル化を行う。また、産総研とマンチェスター大学のそれぞれ異なる観測装置で同時観測を実施し、定量性能・研究手法の比較を行い、各々の手法の利点・欠点を明らかにする。

2018年1月中米において、ニカラグアのマサヤ火山、グアテマラのサンティアゴ火山にて火山噴煙観測を実施した。マサヤ火山では、産総研のガスセンサーをベースにした火山ガス組成観測装置とマンチェスター大学の赤外分光を用いた火山ガス組成装置の同時観測を行った。結果は概ね整合的であったが、特にマンチェスター大学の分光を用いた手法の方が時間分解能に優れている事を確認した。同じくマサヤ火山にて、産総研・マンチェスター大学で紫外線リモートセンシングによる火山ガ

ス放出量合同観測を実施した。両者の結果を比較した所、マンチェスター大学で行われている装置校正方法では紫外線散乱の影響をモデルによって適切に評価しないと火山ガス放出量の値を大幅に過小評価してしまう事が分かった。

サンティアゴ火山では、マンチェスター大学で開発中の紫外線分光を用いた火山噴煙中の火山灰検出装置の試験測定を実施した。その結果、肉眼や通常のカメラでは捉えられない噴煙から分離し降下する火山灰の挙動を捉える事に成功した。

今後の予定として、2018年6月より、イタリアの火山研究所（INGV）に1ヶ月強滞在し、イタリアのエトナ火山及びストロンボリ火山にて中米と同様の火山噴煙観測を実施する。エトナ火山では産総研のガスセンサーをベースにした火山組成観測装置とマンチェスター大学で開発中の分光法によるコンパクト火山ガス組成観測装置の比較観測を実施し、開発中の観測装置の定量性能試験を行う。ストロンボリ火山では、産総研の火山ガス可視化装置とマンチェスター大学の火山灰検出装置の同時観測を行い、火山噴煙中のガスと火山灰の挙動の類似性・非類似性について評価を行う。また、観測結果をINGVの観測網にてモニタリングされている地震や地殻変動データと比較する事で、火山地下のマグマ活動・噴火プロセスのモデリングを実施する。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕火山、噴火、火山ガス、噴火予知

③【地圏資源環境研究部門】

（Research Institute for Geo-Resources and Environment）

（存続期間：2001.4.1～）

研究部門長：光畑 裕司
副研究部門長：今泉 博之
総括研究主幹：丸井 敦尚

所在地：つくば中央第7

人 員：54名（54名）

経 費：1,715,473千円（417,828千円）

概 要：

現代社会の営みは、多くの天然資源の消費の上に成り立っている。しかし、20世紀後半からの我々人類の生産及び消費活動の活発化は著しく、21世紀の近い将来においても天然資源の枯渇が現実的な問題になりつつある。また、化石燃料資源の大量消費による地球温暖化を始めとして、資源と環境の分野は密接に関連しており、それらの関係を見据えた対応が今なお差し迫った課題となっている。このような状況を背景に、地圏資源環境研究部門は、国の資源エネルギー施策立

案や産業の持続的発展に役立てるために、地下資源の安定供給に向けたポテンシャル評価、および地圏環境の利用と保全に関する調査を行い、そのための技術を開発することをミッションとする。

ミッション達成のための具体的な研究及び技術開発として、以下のユニット戦略課題を設定して取り組む。

①地下資源評価

①-1 燃料資源に関する情報整備と評価技術の開発 (テーマ題目1)

①-2 鉱物資源に関する情報整備と評価技術の開発 (テーマ題目2)

②地下環境利用評価

②-1 二酸化炭素地中貯留に関する評価技術の開発 (テーマ題目3)

②-2 地層処分に関する評価技術の開発 (テーマ題目4)

③地下環境保全評価

③-1 土壌汚染に関する情報整備と評価技術の開発 (テーマ題目5)

③-2 地下水の資源と環境に関する情報整備と評価技術の開発 (テーマ題目6)

これらの研究の推進にあたっては、国立研究開発法人の位置づけを十分に意識し、目的基礎研究、“橋渡し”前期研究、“橋渡し”後期研究とつながる研究発展の流れの中で、我が国の経済・産業が順調に推移するための資源及び環境分野における研究貢献を果たしていく。また、社会ニーズを把握しながら、資源の安定供給や地圏環境の保全に必要な萌芽的・基盤的研究にもバランスよく取り組む。

【内部資金】

「上向流カラム通水試験」および「各種溶出特性試験」の標準化

ガスバリアフィルム用ナノクレイ規格

メタン生成補酵素を用いた革新的バイオガス生産システムの創製

【外部資金】

一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構 平成29年度希少金属資源開発推進基盤整備事業（探査基盤技術高度化支援事業）に係る再委託（その2）

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 平成29年度地熱発電技術研究開発事業「地熱貯留層掘削技術」

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 メタンハイドレート開発促進事業「取得コア試料の微生物学的

分析」

二酸化炭素地中貯留技術研究組合 平成29年度安全なCCS 実施のためのCO₂貯留技術の研究開発事業「安全なCCS 実施のためのCO₂貯留技術の研究開発事業に係る再委託」

環境省 平成29年度環境経済の政策研究委託業務

「水俣条約に基づく水銀削減政策として経済手法の活用可能性と期待される効果に関する調査・分析」

環境省 平成29年度環境研究総合推進費「機器分析と溶出特性化試験を組合せた自然・人為由来汚染土壌の判定法の開発（サブテーマ：溶出特性化試験に基づく自然由来汚染土からの元素の溶出挙動の解明に関する研究）」

環境省 平成29年度環境研究総合推進費「土壌・地下水中のクロロエチレン等の分解・吸脱着等挙動解析と汚染状況評価技術の開発（サブテーマ名：多次元シミュレーションに基づく土壌・地下水中の挙動の予測解析に関する研究）」

環境省 平成29年度環境研究総合推進費「土壌・地下水中のクロロエチレン等の分解・吸脱着等挙動解析と汚染状況評価技術の開発（サブテーマ名：塩素化エチレン・エタン類の分解挙動に関する研究）」

環境省 平成29年度環境研究総合推進費「1,4-ジオキサンの環境動態の把握に基づいた土壌調査法の開発に関する研究（サブテーマ名：複合成分の相互作用と化学・生物特性）」

経済産業省 エネルギー対策特別会計 エネルギー需給構造高度化対策費 エネルギー使用合理化設備導入促進対策調査等委託費「平成29年度鉱物資源開発の推進のための探査等事業（資源開発可能性調査）」

経済産業省 エネルギー対策特別会計 電源利用対策費 放射性廃棄物処分基準調査等委託費 「平成28年度地層処分技術調査等事業「地層処分共通技術調査：沿岸部処分システム高度化開発」

経済産業省 エネルギー対策特別会計 電源利用対策費 放射性廃棄物処分基準調査等委託費 「平成29年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（沿岸部処分システム高度化開発）」

国立研究開発法人海洋研究開発機構 IODP 乗船後研究「Exp. 370. 海底下生命圏を支配する地質学的、物理化学的環境要因の解明」

日本鉱業協会 一般財団法人日本鉱業振興会助成金事業
「海底熱水鉱床試料の比抵抗測定方法の標準化に関する研究」

農林水産省（一般社団法人食品需給研究センター） 食料生産地域再生のための先端技術展開事業「野菜栽培による農業経営を可能とする生産技術の実証研究」

一般財団法人日本ガス機器検査協会 経年埋設ガス管リスク調査事業「土壌抵抗率測定事業」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（A））「光合成とメタン生成のリンケージ：機能特異分子補酵素 F430分析という新手法の展開」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「 $\text{FeS}_2/\text{H}_2\text{O}/\text{O}_3$ 反応系における難分解有機化合物の酸化分解」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「新規重希土類資源としてのアパタイトの資源ポテンシャル評価」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「マルチ同位体分析による次世代型リチウム鉱床の成因と同位体分別に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）「資源創成型 CCS 技術の開発に向けた国際共同研究（国際共同研究強化）」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A））「油層の地球化学的・微生物学的特性に合わせたテララーメード型枯渇油田再生技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「生物的石炭分解メタン生成ポテンシャルとメカニズムに着目した炭層特性評価技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（A））「枯渇油田再生化技術開発を志向した原油分解メタン生成機構の解明と新規微生物の獲得」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「ナノトンネル構造を有する鉄鉱物を用いたヒ素・フッ素複合汚染土壌の不溶化」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「堆積物環境に優占する未培養アーキアの分離培養と生理生態機能の解明」

独立行政法人日本学術振興会 新学術領域研究（研究領域提案型）「初期地球解読に向けた陸上蛇紋岩温泉の炭素循環研究」

独立行政法人日本学術振興会 挑戦的研究（萌芽）「メタン生成触媒を用いた革新的バイオガス生産システムの創製」

独立行政法人日本学術振興会 研究活動スタート支援「東南アジア地域における環境低負荷型の地域発展を目指した資源開発由来の水質汚染対策」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A））「環境保全と社会受容性を踏まえた、「地盤環境基準」の構築と実装のための戦略研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A））「バックキャスト法による放射性物質汚染に対するモニタリング・対策の戦略研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A））「二相流動－変形－化学的浸透の統合的連成による遅い流れ場での泥質岩岩石物理学の創成」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「高圧下微小破壊音測定実験によるスラブ内地震発生メカニズムの解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「環境汚染を内包する産業ランドスケープのGI化のためのプラットフォーム構築」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「人力小規模金採掘が農水産物に与える水銀汚染の時空間的影響評価と対策手法」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「鉄コロイドによるレアメタル濃集探査のための新同位体指標」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「硫酸還元反応に着目した帯水層蓄熱による地下水水質への影響評価」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「史上最大大量絶滅期の無酸素海洋の要因としての火山活動と高一次生産の評価」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「超臨界流体を利用したナノマイクロシス

テムの開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「ダイヤモンドによる固体内秘匿情報記録媒体の開発」

公益財団法人発酵研究所 一般研究助成 研究課題1 「微生物の分類に関する研究（分離、分類、保存、生態、進化など）」 「地下深部油ガス田におけるメタン生成機構の解明ー共生培養法によるリグニン関連物質分解微生物の網羅的分離培養」

独立行政法人国際協力機構 2017年度課題別研修 「ASEAN 鉱物資源データベース運用能力向上」

発表：誌上発表128件、口頭発表226件、その他55件

地下水研究グループ

(Groundwater Research Group)

研究グループ長：丸井 敦尚

(つくば中央第7)

概要：

地球の水循環系を構成する地下水について、その流域規模での量・質・流れ・変動等を明らかにする調査研究を実施するとともに、地下水の開発・利用・管理・環境改善に関わる評価手法の開発やモデリングの高度化を行う。また、地下水に関わる知的基盤情報を水文環境図により公開する。

研究テーマ：テーマ項目3、テーマ項目4、テーマ項目6

鉱物資源研究グループ

(Mineral Resources Research Group)

研究グループ長：高木 哲一

(つくば中央第7)

概要：

国民生活、日本の産業にとって不可欠な各種の鉱物資源、特に産業界からの要請の強いレアアース等のレアメタル資源および非金属資源の成因研究および探査手法の開発を行う。また鉱物資源に関する基礎的情報を提供するとともに、鉱物資源のポテンシャル評価を行う。

研究テーマ：テーマ項目2、テーマ項目5

燃料資源地質研究グループ

(Fuel Resource Geology Research Group)

研究グループ長：中嶋 健

(つくば中央第7)

概要：

メタンハイドレート等天然ガス資源をはじめとする燃料地下資源の探査技術高度化を目指し、燃料資源探

査法、燃料鉱床形成機構及び燃料資源ポテンシャル評価法の研究を行うとともに、我が国土及び周辺海域の三次元的地質調査情報に基づく燃料資源ポテンシャル把握の精度向上のための基盤的研究を進める。

研究テーマ：テーマ項目1

地圏微生物研究グループ

(Geomicrobiology Research Group)

研究グループ長：坂田 将

(つくば中央第7)

概要：

地圏における微生物の分布と多様性、機能、活性を評価することにより、元素の生物地球化学的循環に関する基盤的情報を提供するとともに、天然ガス等の資源開発、地圏の利用や環境保全に資する研究を行う。

研究テーマ：テーマ項目1、テーマ項目3、テーマ項目5

地圏化学研究グループ

(Resource Geochemistry Research Group)

研究グループ長：鈴木 正哉

(つくば中央第7)

概要：

地圏内の物質の分布・挙動を、地化学的・地質学的・鉱物学的手法により明らかにすることを旨とし、燃料資源、非金属鉱物資源・材料及びこれらに関連する流体等を研究対象として、資源の成因解明・開発、環境保全、製品化、標準化等に資する研究を行う。

研究テーマ：テーマ項目1、テーマ項目2、テーマ項目5

物理探査研究グループ

(Exploration Geophysics Research Group)

研究グループ長：横田 俊之

(つくば中央第7)

概要：

地圏の利用や環境保全、資源・エネルギー開発あるいは地質災害に対する防災等のための基盤技術として、各種物理探査手法の高度化と統合的解析手法の研究を行うとともに、地層処分や二酸化炭素の地中貯留等における岩盤評価、地下水環境・地質汚染等における浅部地質環境評価・監視、地熱・鉱物・燃料資源探査などの分野へ物理探査法を適用し、対象に即した効果的な探査法の研究を行う。

研究テーマ：テーマ項目1、テーマ項目2、テーマ項目3、テーマ項目4、テーマ項目5、テーマ項目6

CO₂地中貯留研究グループ

(CO₂ Geological Storage Research Group)

研究グループ長：徂徠 正夫

(つくば中央第7)

概要：

環境に調和した地下の有効利用を促進するために必要な技術開発を行う。特に、地球温暖化対策としての二酸化炭素地中貯留に関わる技術の開発を行うとともに、環境に負荷を与えない地下利用・資源開発のための技術、環境を保全し安全を評価する技術などについて研究を実施する。

研究テーマ：テーマ目3

地圏環境リスク研究グループ

(Geo-Environmental Risk Research Group)

研究グループ長：張 銘

(つくば中央第7)

概 要：

土壌・地下水汚染に係る調査・評価技術、浄化・対策技術ならびにリスク評価・管理技術の研究開発と知的基盤整備を重点的に推進する。また、関連開発技術と成果を広く社会へ還元するために、原発事故や二酸化炭素地中貯留、核廃棄物の地層処分、休廃止鉱山跡地管理およびスモールスケールマイニングなどの多くの実社会問題にも適用し、社会実装と普及を図る。

研究テーマ：テーマ目3、テーマ目5、テーマ目6

地圏メカニクス研究グループ

(Geomechanics Research Group)

研究グループ長：雷 興林

(つくば中央第7)

概 要：

実験岩石力学、地球物理学、構造地質学、熱・水理・力学連成数値解析等の手法を用いて、地層処分、CO₂地中貯留、超臨界地熱資源開発、注水誘発地震等を研究対象として、地圏環境との調和を考えた地下の有効利用および資源開発に必要な包括研究と技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ目3、テーマ目4

[テーマ目1] 燃料資源に関する情報整備と評価技術の開発

[研究代表者] 中嶋 健 (燃料資源地質研究グループ)

[研究担当者] 中嶋 健、佐藤 幹夫、後藤 秀作、朝比奈 健太、高橋 幸士、坂田 将、吉岡 秀佳、持丸 華子、片山 泰樹ほか (常勤職員13名、他2名)

[研究内容]

経済産業省委託研究「平成29年度国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業 (メタンハイドレートの研究開発)」を推進し、オホーツク海網走沖海域、日本海の最上トラフ海域および隠岐トラフ海域において、表層型メタンハイドレートの賦存状況を把握するための深海曳航式の海洋電磁探査 (CSEM: Controlled-source Electromagnetics) を実

施した。

国内石油開発企業との複数の共同研究では、今年度は、陸海域の堆積盆の解析、炭化水素ポテンシャル評価、砂岩貯留岩の分布様式の解明に資する目的で、(1) 水溶性ガス田の地層水を採取して、微生物によるメタン生成ポテンシャル評価や、培養試験、遺伝子解析を行った。

(2) 構造的ガスコンデンセートの油や地表の油徴試料を採取して、バイオマーカー分析を行った。(3) 新潟地域の地表調査と地化学サンプリングを行い、凝灰岩層の年代測定と層準の評価、および根源岩の地化学分析を行った。(4) 釧路堆積盆の炭化水素ポテンシャルを評価する目的で、これまで採取した石炭試料の熟成度を評価した。(5) 日高地方の貯留岩砂岩の供給源と供給経路を解明するための砂岩鉱物組成分析を行った。

燃料資源開発に関わる鉱床成因の解明や、安定供給に向けたポテンシャル評価に関する研究成果について、第28回 GSJ シンポジウム地圏資源環境研究部門成果報告会 (タイトル「地圏資源環境の研究ストーリーー社会へつなげる研究を目指してー」) において講演およびポスター発表を行い、当該分野における産総研のプレゼンスと社会貢献をアピールした。

[領 域 名] 地質調査総合センター、エネルギー・環境

[キーワード] メタンハイドレート、表層型、海洋電磁探査、メタン生成アーキア、遺伝子解析、ガス田、メタン生成経路、嫌気培養、バイオマーカー分析、熟成度評価、年代測定、砂岩供給源解析

[テーマ目2] 鉱物資源に関する情報整備と評価技術の開発

[研究代表者] 高木 哲一 (鉱物資源地質研究グループ)、鈴木 正哉 (地圏化学研究グループ)

[研究担当者] 高木 哲一、鈴木 正哉、大野 哲二、児玉 信介、実松 健造、星野 美保子、森本 慎一郎、昆 慶明、荒岡 大輔、綱澤 有輝、三好 陽子、森本 和也ほか (常勤職員12名、他11名)

[研究内容]

鉱物資源国と共同で資源調査を実施し、我が国の資源権益確保に必要な各種資源情報を獲得するためにレアメタル鉱床の現地調査等を実施し、これらの調査研究を推進する目的で、レアメタル分析・選鉱実験手法の改良・高度化を進めた。

経済産業省委託事業「平成29年度鉱物資源開発の推進のための探査等事業 (資源開発可能性調査)」では、ミャンマー、アルゼンチン、南アフリカ、カナダ、米国の5カ国において、現地の公的地質調査機関と共同で鉱床・鉱徴地の現地調査または試料解析等を実施し、資源

ポテンシャルを評価した。各種鉱物資源データ統合化に関しては、“Geological Map of Asia” (GSJ, 2011) の地質情報に関する鉱山位置情報について、過去に作成したシステムを用いて評価を行った。また、アフリカ地域における鉱山位置情報について調査とデータの電子化を行わない、GRIAS システム (Geo-Resource Information Archive System : 資源地質情報システム) へ掲載した。さらに、可視～短波長赤外領域におけるレアメタル鉱物の分光反射率を測定し、GRIAS システムに登録した。

レアメタル鉱物分析施設にて、金属元素安定同位体分析手法の開発・高度化や、蛍光 X 線分析装置の管球交換、岩石カッターや示差熱天秤装置の更新など、施設の整備を行った。昨年度に引き続き、レアメタルの需給予測およびマテリアルフロー解析の研究を実施した。

瀬戸・東濃地区の未利用資源に関する同地区組合・企業との共同研究では、「青サバ」と呼ばれる未利用資源の賦存状況調査および精製実験を実施し、2回の共同研究チーム会合を瀬戸市にて開催した。また、国内珪質資源の再評価を開始し、愛知県豊田地区、島根県温泉津地区の珪砂鉱床および静岡県宇久須地区、山口県美祿地区、島根県益田地区、栃木県鹿沼地区の珪石鉱床の現地調査を実施した。

非金属鉱物資源としての粘土鉱物の創製と産業利用において、NEDO プロジェクトでのトン (ton) レベルでの低コストでかつ水蒸気吸着性の高い粘土系吸着剤の工業的製造方法を確立するとともに、熱利用に関するオフラインの実証試験を行った。また幅広い分野にて工業的に利用されているベントナイトについて、ベントナイト中の粘土 (モンモリロナイト) 含有量の指標となるメチレンブルー吸着法について、JIS の原案作成に取り組んだ。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】鉱物資源、レアメタル、レアアース、施設整備、GRIAS、鉱物資源データ統合、粘土鉱物、ベントナイト、粘土系吸着材、メチレンブルー吸着法

【テーマ題目3】二酸化炭素地中貯留に関する評価技術の開発

【研究代表者】 俣 正夫
(CO₂地中貯留研究グループ)

【研究担当者】 俣 正夫、西 祐司、雷 興林、
横田 俊之ほか
(常勤職員8名、他5名)

【研究内容】

本研究では、我が国の貯留サイトとして最も可能性が高いと想定される沿岸域での CO₂地中貯留に関して、その実現のために不可避となる安全性評価に向けた基礎的な実験や観測調査を実施する。このため、地下の流体挙動や岩石の安定性に関する室内実験、安全性を監視す

るためのモニタリング技術開発、長期挙動予測を行うためのシミュレーション技術開発など、萌芽的課題を含めて多岐にわたった研究を行っている。

苫小牧大規模実証試験サイトにおいて高感度の超伝導重力計による連続重力観測を実施しているが、当該重力計の感度を決定し、かつドリフト量を評価するためには、絶対重力計による定期的なチェックが不可欠である。本年度は、絶対重力計のレーザー出力を維持するため、絶対重力計のレーザー装置の点検とレーザーチューブの交換を行った。また、定点計測の補完の観点から、可搬型重力計を用いた巡回測定により周辺地点の重力変動評価も重要であるが、この際の測定精度を裏付けるため可搬型重力計の調整および検定を行った。

ジオメカニクス研究に関しては、変形と流動に係る地質モデリングの精緻化を目指し、貯留層やキャップロックを構成する岩石について、変形 (体積ひずみ) と浸透率の相関関係を岩種ごとに定式化する試みに取り組んでいる。本年度は、産総研が保有する泥岩や砂岩、凝灰岩、礫岩の各種コア試料について一軸圧縮試験および三軸圧縮試験を実施し、基礎データとなる力学的パラメータを取得した。

さらに、2008年度から日本と韓国で交互に開催していた AIST-KIGAM 合同ワークショップを、CO₂地中貯留のみならず、地下水、放射性廃棄物地層処分まで含めた形で、地下水研究グループと共同で開催することで、当該分野における国際連携強化に努めた。

【領 域 名】エネルギー・環境、地質調査総合センター

【キーワード】CO₂地中貯留、モニタリング、重力、自然電位、苫小牧大規模実証試験、断層、モデリング、ジオメカニクス、ナチュラル・アナログ、遮蔽性能、シール圧、地化学プロセス

【テーマ題目4】地層処分に関する評価技術の開発

【研究代表者】 丸井 敦尚 (地下水研究グループ)

【研究担当者】 丸井 敦尚、光畑 裕司、町田 功、
井川 怜欧、小野 昌彦、松本 親樹ほか
(常勤職員5名、他5名)

【研究内容】

高レベル放射性廃棄物の地層処分について、国の特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針 (平成27年) では、国は日本列島の科学的特性マップを提示し、科学的に適正が高いと考えられる地域 (好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い地域) が示された。各地域の科学的特性については、総合資源エネルギー調査会地層処分技術ワーキンググループ (丸井が委員として参画) にて専門家による検討が進められている。この状況の中、本研究課題では沿岸域において、原子力政策大綱という、地上からの調査を想定した、ボーリングによ

る地質・地下水環境を調査・観測しながら、段階的かつ繰り返し地下水の流動解析を行い、沿岸域における塩淡水境界の形状把握と地下水の長期的な流動・滞留状況を評価することを目的とした。これによって、ボーリング掘削を含めた地下水調査と物理探査との組合せや関連データベースの活用等により地下水流動の把握及びその長期的な変遷の評価に係る総合的な調査評価手法として構築することをゴールとしている。

当該年度においては、国民への丁寧な説明を意識しつつ、全国の地質環境特性にあわせた調査手法の確立に焦点を当てて研究を実施している。例えば、調査候補地が選定された場合、所有者の同意を得ることはもちろんであるが、所属する市町村や都道府県にも同意を得た後に、調査にあたることを旨とした。我が国には多くの地質環境が存在するため、まずは堆積岩地域として北海道と新潟県を選定し、これらの地域においては既存井を用いて、深部の地下水試料を採取し、温度等の現場観測と試料分析により水質や同位体を測定した。さらに日本列島沿岸部の深部地下水の調査により、温度勾配や塩分濃度、滞留時間等を把握することができるようになった。先に挙げた地域の科学的特性の要件・基準において THMC（温度・水理・地盤変動・化学）と呼ばれる事項が重要視されているが、本研究課題においては、独自の調査に加え、これまでに公表されている既存のデータベースも再評価しつつ全国で深部地下水の特性が把握できるデータセットを構築している。

この一方で、我が国の地質環境にかかわる文献調査を実施し、70万件を超える関連既存文献を収集した、沿岸海底下の地質・地質構造ならびに地質環境特性に関わる情報整備を行いつつ、地質環境や調査の実態を的確に把握することができるようになっている。これまでの成果を“とりまとめ”としてまとめた。

さらには、平成30年度以降に実施予定となっている国の第三次五カ年計画の先駆けとして、深部掘削技術（日本原子力研究開発機構・原子力環境整備・資金管理センターと共同）ならびに海底湧出地下水・立坑を利用した物質移動（電力中央研究所と共同）をそれぞれ視野におき、予察的な研究も開始している。沿岸部をメインターゲットとし、総合的な深部地下水研究をシステムティックに行い、国民の安心につながる成果を残すべく課題を遂行した。

【領 域 名】地質調査総合センター、エネルギー・環境

【キーワード】地層処分、深部地下水、断層、三次元放射法調査、深部地質環境

【テーマ題目5】 土壌汚染に関する情報整備と評価技術の開発

【研究代表者】今泉 博之（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】張 銘、今泉 博之、村尾 智、

川辺 能成、原 淳子、杉田 創、
保高 徹生、井本 由香利、
坂本 靖英、吉川 美穂ほか
（常勤職員10名、他10名）

【研究内容】

産総研コンソーシアムである「環境水等の放射性セシウムモニタリング」活動を介して、河川水のみならず、海水中の低濃度放射性セシウムモニタリング技術を普及し、放射性リスクコミュニケーションにも寄与した。土壌を対象としたカラム試験法の標準化について、ISO/TS 21268-3のアップグレードにおいてリーダー的な役割を果たし、同標準の改訂素案を ISO 技術委員会での議論を踏まえ、ISO 規格としての承認に向けて大きく前進させた。

土壌汚染対策法の改正に伴う土壌汚染の原位置浄化の高いニーズを背景に、技術の実用化と普及による社会への還元を目標として、関連調査・評価技術、浄化・対策技術及びリスク評価・管理技術に関する体系的な研究開発を民間企業および他研究機関との研究協力も重視して継続的に実施している。本年度は、ヒ素吸着材の環境安定性の評価に重点を置き、カルシウム及びマグネシウム系化合物の環境安定性の差異を明らかにした。また、産総研コンソーシアム「Sustainable Remediation」における各種活動を介して、環境・社会及び経済的側面を統合的に考慮する汚染浄化対策の選択に係る意思決定手法の開発を行い、ハイアラーキカル・デジジョン・モデリング法に基づくサステナブル・レメディエーション意思決定手法を提案した。

揮発性有機化合物（VOCs）の原位置浄化技術の実用化に向けて関連企業と連携し、特に微生物を利活用した低コスト・低環境負荷バイオレメディエーションに関する研究を戦略的に推進し、環境微生物によるベンゼン、トルエン及びジクロロメタン（DCM）などによる複合汚染の完全分解のみならず、安定同位体プロービング（Stable Isotope Probing, SIP）技術による分解微生物の特定にも成功を収め、国内外誌で発表した。科学的自然減衰（MNA : Monitored Natural Attenuation）研究に関しては、実汚染サイトでのモニタリングを継続的に実施し、汚染物質の濃度減衰と酸化・還元環境との関連性を評価し、対象汚染物質の分解メカニズムに対する理解を深めた。

我が国の地圏環境における環境リスクを評価するための解析手法として、地圏環境リスク評価システム（GERAS）の開発、改良を継続実施している。本年度は、クロロエチレンなどの新規汚染物質も評価対象に取り入れ、評価サイトの特性を考慮したモデルの改良を重ね、複数の企業サイトへ適用可能性を検討し、対策の低コスト化に寄与した。

表層土壌評価基本図に関しては、宮城県地域、富山県地域、鳥取県地域、茨城県地域及び高知県地域の出版に

続き、平成29年度には GSJ 研究企画室と連携し、「全国版自然由来重金属類データ整備に向けて」のシンポジウムを第27回 GSJ シンポジウムとして開催し、全国各地・各界から140名以上の参加者が集まり、全国版整備の意義について深く議論することができた。また、水俣条約に基づく水銀削減政策としての経済手法活用可能性の検討し、水銀汚染の拡大防止に係る枠組みと方策の提案を行った。

【領 域 名】地質調査総合センター、エネルギー・環境

【キーワード】土壌汚染、地下水汚染、浄化技術、リスク評価、放射性セシウム、知的基盤、国際規格、GERAS、表層土壌評価基本図、水俣条約

【テーマ題目6】地下水の資源と環境に関する情報整備と評価技術の開発

【研究代表者】丸井 敦尚（地下水研究グループ）

【研究担当者】丸井 敦尚、町田 功、井川 怜欧、吉岡 真弓、小野 昌彦、松本 親樹ほか（常勤職員6名、他5名）

【研究内容】

当該課題においては、環境問題の解決に必要な水文学・地下水学および地下の開発・利用に係る技術に関する調査・研究を行う。特に、社会への貢献や研究成果の反映先を意識しつつ、外部研究機関との連携も保ち、研究計画を策定し体系的な研究を実施する。また、水文環境図の作成を基軸に地下水の資源・環境に関する情報を体系的に取りまとめる。地中熱研究や CO₂地中貯留プロジェクトとも連携し、地下水資源の多角的な活用を推進する。さらに、経常的な研究課題を通して、看板性の強化、知的基盤整備の加速化、研究シーズの創出に関わる研究などを担当し、部門のミッション達成に貢献する。研究対象地域は日本国内のみならず、CCOP（Coordinating Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast Asia：東・東南アジア地球科学計画調整委員会）活動などを通して海外にも進出する。

当該研究課題を次に挙げる。

- 1) 地下水の研究（基礎研究）
- 2) 水文環境図の作成
- 3) 海域地質環境研究
- 4) 東南アジア沿岸国における地下水の管理と評価
- 5) 工業用地下水資源の研究

「地質の調査（2号業務）」ミッションの一つである知的基盤情報整備の一環として、水文環境図の作成・出版に向けた現地水文調査、水質・同位体分析などを実施している。また、水文環境図は既存の全国統一情報に加え、地域ごとにユーザーが必要とするローカル情報を分かり易く盛り込むことを検討している。本年度は水文環境図第10号「大阪」の現地調査を終了し、編集に取り

かかった。また、これまでの出版において問題が発生していた点を解決し、再公開を可能にした。海域地質の環境研究においては、沿岸域の地下水特性や流動（とりわけ深部地下水）についての実証試験を実施している。本年度の研究においては、駿河湾の海域地質調査や地形調査、断層調査の結果を取りまとめ、海底に湧き出す地下水の流動経路を把握し、広域・深部・長期にわたる地下水流動解析を行った。

また、東南アジア諸国における沿岸地域の地下水の管理と評価に係る研究も実施している。昨年度から AIST-CCOP 地下水プロジェクトとして、東南アジア諸国における沿岸域・都市域の水文環境図作成が開始された。CCOP 地下水プロジェクト PhaseⅢ（2014～）では、ベトナム・ホン河デルタにおける最新の地下水に関する情報をコンパイルした水文環境図を作成・出版することで合意が成されており、本年度は、そのベースマップと収録する水文データ、地中熱情報を整備している。

さらに、工業用地下水資源の確保のため、地下水賦存量調査を実施してきた。これまでに全国60の地下水盆地の地下水流動解析を実施し、日本列島全域の工業用地下水資源の賦存量と流動量を算出した。さらには、水循環基本計画に伴う国の審議会にも経済産業省の命を受けて参加し、専門的な立場から水管理に貢献した。国際活動、内外学会への寄与、学協会等委員参加、産業技術総合研究所イベントへの協力、地質調査総合センター内あるいは地圏資源環境研究部門内への貢献、技術相談・指導など多角的な活動を実施した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】水文環境図、知的基盤情報整備、地下水流動解析、CCOP、工業用地下水資源

④【地質情報研究部門】

(Research Institute of Geology and Geoinformation)

(存続期間：2004.5.1～)

研究部門長：田中 裕一郎
副研究部門長：宮崎 一博、荒井 晃作
首席研究員：齋藤 文紀、池原 研
総括研究主幹：土田 聡、利光 誠一
研究主幹：高橋 雅紀

所在地：つくば中央第7

人 員：75名（75名）

経 費：1,204,667千円（779,698千円）

概 要：

1.1 研究目的

地質調査に関する我が国における責任機関として、国の知的基盤整備計画に沿って地質情報の整備と高

度化を実施し、我が国の産業基盤を引き続き強化する。

地質情報研究部門のミッションは、日本の国土および周辺海域を対象として地質学的な実態を明らかにし、陸域・海域地質情報を国の知的基盤として整備することにある。日本は、四方を海に囲まれ、大地震や火山噴火が頻発する変動帯に位置する。このような地質条件の中、防災・資源・環境に関わる社会的な課題を解決し、社会の安全・安心で持続的発展を支える地質情報が求められている。そこで、最新の地質情報を整備し、その科学的根拠に基づいて地球の過去・現在を知り、地球環境の健全性の評価および自然災害発生リスクに関する科学的理解と将来予測を社会に発信する。これにより、①産業立地評価、自然災害軽減、資源の利用と地球環境保全、地下利用などに関する科学的根拠の提示、②地球を良く知り、地球と共生するための国民の科学的理解の増進、③国際貢献、④地質情報や調査技術による地質ビジネスの支援を目指す。

1.2 中期目標・計画達成のための方針

地質調査のナショナルセンターとしての地質情報の整備を実施する。我が国の知的基盤整備計画に基づいて、国土およびその周辺海域の地質図、地球科学基本図のための地質調査を系統的に実施し、地質情報を整備する。具体的には下記の通り。

- ・知的基盤整備計画に沿った地質図幅・地球科学図等の系統的な整備、及び1/20万シームレス地質図の改訂を行う。日本の陸域の地質情報を整備するとともに、地質情報としての衛星データの整備と活用を行う。
- ・南西諸島周辺地域の地質調査を着実に実施し、日本周辺海域の海洋地質情報の整備を行う。
- ・沿岸域の海陸シームレス地質情報の整備を行う。ボーリングデータを活用した都市域の地質・地盤情報を整備する。
- ・地質調査の人材育成を行う。

1.3 グループ体制と重点課題

中長期目標・計画を達成するため、研究グループをベースにした基礎・萌芽研究と、ユニット・グループを横断するプロジェクト研究によるマトリックス方式を継続して採用する。研究グループは専門家集団としての特徴を生かし、プロジェクト研究の基礎を支え、将来のプロジェクト創出の基となる研究を実施する。当部門の組織体制は12研究グループから構成される。当部門では研究グループを横断する以下の5プロジェクト（P）を設定し、連携・協力して研究を進める。

- ・陸域地質図 P：国土基本情報としての陸域の島弧

地質と知的基盤整備。

- ・海域地質図 P：国土基本情報としての海域の島弧地質と知的基盤整備。
- ・海底鉱物資源 P：海底熱水鉱床ポテンシャル評価に資するための広域調査。
- ・沿岸域の地質・活断層調査 P：陸域－沿岸域－海域をつなぐシームレス地質情報の整備と活断層の評価。
- ・衛星情報 P：衛星情報の整備と利活用の研究。

1.4 内外との連携

社会の要請に積極的に応えるために、地質情報の信頼性の確保と利便性の向上を図り、国・自治体・産業界との「橋渡し」を強化して、科学的根拠に基づいて提言などを行う。

他の関連ユニットとの連携を強め、産総研における地質調査総合センター（GSJ）としての機能を十分に果たす中核を担うとともに、産総研内外の連携を推進する。

研究によって形作られる地質情報はもちろんのこと、地球を理解する科学技術は、地質学的にも関連の深いアジアをはじめとする世界にとって共通の財産であり、地質情報研究部門は CCOP（東・東南アジア地球科学計画調整委員会）等の国際組織や IODP（統合国際深海掘削計画）、ICDP（国際陸上科学掘削計画）などの国際プロジェクトを通じて世界に貢献する。また、地すべりなど地質災害の緊急課題についても、地質調査総合センターとして迅速に取り組む。

内部資金：

（戦略予算）「新たな高分解能曳航型探査パッケージ AISTs の開発」

（標準化戦略 FS）「3次元地質情報の標準化」

外部資金：

経済産業省 ものづくり産業振興費（産業技術研究開発委託費）「ハイパースペクトルセンサ・データの高度利用等に係る研究開発」

中国地方整備局出雲河川事務所「人との相互作用によって持続する汽水湖生態系の構築に関する研究」

農林水産省 水産業再生プロジェクト「生態系ネットワーク修復による持続的な沿岸漁業生産技術の開発」

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター 革新的技術開

発・緊急展開事業「二枚貝養殖の安定化と生産拡大の技術開発」

国立研究開発法人海洋研究開発機構 科学技術試験研究委託事業「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「温帯性サンゴ骨格から検証する日本周辺の地球環境変動」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「次世代シーケンシング技術を用いた日本近海産宝石サンゴの幼生分散の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「堆積物の残留磁化獲得過程における生物学的作用の研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「沈降域の沖積層を用いた最終氷期最盛期以降の海水準変動復元」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（研究活動スタート支援）「プレート二重沈み込み領域におけるマグマ供給系の研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「強制海退によって規定されたバリアースピットの堆積様式の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「ジルコン U-Pb 年代を用いた日高衝突境界周辺の地体構造解析」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「海洋地殻進化解析に基づく、三波川帯－御荷鈴帯－秩父帯北帯の統合的理解」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「新たな変成反応進行過程の提案と反応継続時間の推定」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「松島湾の泥の物理的変遷解明に基づいた閉鎖性海域の長期環境評価」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「樹木年輪に記録された地磁気・地球環境変動の SQUID 顕微鏡による超高分解能復元」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「オフィオライト海洋地殻を用いた熱水変質に伴う元素移動モデルの確立」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「過去1,000年間における洪水履歴とそれに応じた微高地の地形発達過程」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「信頼性の高い3次元地質情報の Web 共有手法の研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（新学術領域研究（研究領域提案型））「海溝型巨大地震の最大規模推定に資する地質構造の強度推定」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「前弧堆積盆の累積様式から島弧前縁のひずみ履歴を復元する手法の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「津波堆積物の地層中への埋没・保存過程と堆積学的特徴の保存可能性の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「ポリミネラル微粒子を用いた第四紀後期海底堆積物の高精度 OSL 年代測定」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「南関東の前弧海盆における不整合と大規模な海底地すべりの関係の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「ハロゲンと塩素同位体組成から探るマントル不均質とその起源の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「極小アレイを用いた新しい微動探査法の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（研究活動スタート支援）「炭質物を利用した新しい地質温度圧力速度計の開発と地球科学への応用」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（A））「堆積環境-生物攪拌-生痕相の関係性の解明：北西太平洋全域調査からのアプローチ」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（新学術領域研究（研究領域提案型））「同位体から制約する核

ーマントルの共進化」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（新学術領域研究（研究領域提案型））「核ーマントルの地震・電磁気観測」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（新学術領域研究（研究領域提案型））「アジアにおけるホモ・サピエンス定着期の気候変動と居住環境の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（新学術領域研究（研究領域提案型））「南大洋の古海洋変動ダイナミクス」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（S））「海洋酸性化の沿岸生物と生態系への影響評価実験」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（S））「浅海底地形学を基にした沿岸域の先進的学際研究－三次元海底地形で開くパラダイム－」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A））「地球史海洋底断面復元プロジェクト：太古代から原生代への環境大変動解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A））「西部北極海の海氷減少と海洋渦が生物ポンプに与える影響評価」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A））「日本内湾の堆積物を用いた高時間解像度の環境復元と人間社会への影響評価」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A））「水月湖と日本海の精密対比：ダンスガード・オシュガーイベントの原因論をめざして」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A））「別府湾柱状堆積物の解析にもとづく過去8,000年間の太平洋十年規模変動の復元」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「国内古生物標本ネットワークの構築とキュレーティング支援方法の確立」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「ターミナル海盆の堆積記録を用いた南海トラフの地震発生履歴の高精度化」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「堆積平野における不整形地盤構造のモデル化精度が強震動予測に及ぼす影響の評価」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「深海における地磁気異常が明らかにする古地磁気変動」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「完新世の地球環境変動に対するサンゴ礁堆積物生産量変動モデルの確立」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「低逆転頻度期の古地球磁場強度長期連続変動の解明－外核プロセスへの新たな制約」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「最終氷期以降の太平洋子午面循環と気候変動」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「ドミニカ共和国沿岸の重金属汚染の時空間的推移と流入実態の調査と負荷源対策の検証」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「大陸下マントルの形成とその改変過程：世界最古のかんらん岩体での物質科学的検証」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「サイドスキャンソナーと画像解析を組み合わせた海底質の面的モニタリング手法の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「南海トラフ東部におけるレベル1.5地震・津波の実態解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「低圧変成帯の温度圧力構造と島弧地殻のダイナミクスの解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「現代リスク社会の変容における公共政策の役割：公共政策と「不確実性」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「Web GIS 3次元地質モデラーを効率的に活用するための地層対比支援システムの開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「シームレス地質図を活用した学習モデルの

実践的構築」

文部科学省 科学技術人材育成費補助金「卓越研究員事業」

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「平成29年度海洋鉱物資源開発に向けた資源量評価・生産技術等調査に係るコバルトリッチクラスト国際鉱区における環境ベースライン調査データ解析業務」

国立研究開発法人海洋研究開発機構 戦略的イノベーションプログラム「次世代海洋資源調査技術 海洋資源の成因に関する科学研究に基づく調査海域絞込み手法の開発」

島根県「宍道湖における水産資源再生に関わる地学的因子の解明」

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「平成29年度海洋鉱物資源調査に係る海洋鉱物探査研究」

民間調査・研究等助成金 平成29年度東京地学協会「上総層群指標テフラの供給源と年代の再検討」

発表：誌上発表174件、口頭発表315件、その他179件

平野地質研究グループ

(Quaternary Basin Research Group)

研究グループ長：中島 礼

(つくば中央第7)

概要：

堆積平野とその周辺丘陵地を主な研究対象とし、それらの実態把握と形成プロセスの総合的な理解に努め、自然災害の軽減・産業立地・環境保全等に貢献する地質情報を提供する。この目的のため、陸域地質図プロジェクトや沿岸の地質・活断層調査プロジェクトにも積極的に参加し、また関連する内外の諸研究グループや機関とも連携して研究を進める。関東平野、三河平野、濃尾平野、伊勢平野、駿河湾沿岸、下北半島などの沿岸平野及び会津盆地などの内陸盆地を重点的に調査・研究している。平野を構成する地層の詳細な層序・地質特性・地質構造などを把握し、またそれらの形成プロセスを明らかにするとともに、地質情報のマップ化、データベース化を進めている。さらに平野地域に関連した自然災害が発生した場合は関係諸グループと連携を取り、被害調査などを実施する。

年代層序や堆積環境復元などに資する古生物学や堆積学的手法、火山灰層序など、地層の年代や堆積環境復元に資する基礎研究も進めている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目8、テーマ題目12、テーマ題目13、テーマ題目23

層序構造地質研究グループ

(Stratigraphy and Tectonics Research Group)

研究グループ長：中江 訓

(つくば中央第7)

概要：

活動的島弧である日本列島と大陸縁辺域であるアジア周辺地域における地質学的実態を把握しその長期的造構過程を解明するために、①沈み込みに伴う海溝-前弧海盆での堆積過程ならびに過去の島弧-海溝系である造山帯(沈み込み型及び衝突型)の造構過程の解明、②火山弧周辺(前弧-火山フロント-背弧内堆積盆)における火山活動の時空間変遷と弧内堆積盆の形成過程の解明、③年代層序区分の高精度化に向けた微化石層序区分の構築ならびに化石生物の解析による古海洋地理区の解明、などの地質学的問題を主要な課題と位置づけた「層序構造地質の研究」を、系統的かつ総合的に展開する。さらに国土の基本地質情報整備のために部門重点課題として実行される「陸域地質図プロジェクト」の中核研究グループとして、「層序構造地質の研究」の成果と最新の地質学的知見を融合し、我が国の知的基盤情報として各種の陸域地質図整備を担当する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目24

地殻岩石研究グループ

(Orogenic Processes Research Group)

研究グループ長：宮崎 一博

(つくば中央第7)

概要：

地殻岩石の研究では、変成帯・火成岩体を研究対象とし、その形成において本質的な沈み込み帯での変形・変成作用、島弧地殻での変形・変成・火成作用などを、地層・岩体の地質調査、岩石・鉱物の化学分析・構造解析、及び形成モデリングにより明らかにする。また、国土の基本地質情報整備のために部門重点課題として実行される陸域地質図及び次世代シームレス地質図の研究に、その中核研究グループとして参画する。陸域地質図の研究においては、地殻岩石の研究成果及び既存の地質体形成過程に関する知見を融合・適合することにより高精度の地質図の作成を行う。次世代シームレス地質図の研究では、日本列島に分布する火成岩及び変成岩の分類及び区分を担当する。研究成果は論文・地質図・データベースなどを通じて公表する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4、テーマ題目

25

シームレス地質情報研究グループ

(Integrated Geo-information Research Group)

研究グループ長：西岡 芳晴

(つくば中央第7)

概要:

陸域地質図プロジェクトの主要グループとして5万分の1及び20万分の1地質図幅の研究を行う。また、20万分の1日本シームレス地質図ウェブサイトの改良を行うとともに、20万分の1日本シームレス地質図V2の編集を行う。20万分の1日本シームレス地質図をベースとした地球科学図の統合データベース「地質図Navi」の構築及びオープンデータ化、野外地質データのデータベース化を行う。更に、地質情報を、社会に役立つ、新たな価値を創出する情報として発信するための研究開発や標準の策定を行う。アジアの地質情報の研究・整備・解析、野外調査を基礎にした地質学的・地球物理学的研究も実施する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4、テーマ題目19、テーマ題目26

情報地質研究グループ

(Geoinformatics Research Group)

研究グループ長：中澤 努

(つくば中央第7)

概要:

情報地質研究グループは、地層や地質試料から新たな地質情報を抽出し、それらを高度化・統合化することによって、新たな地質学的視点を創出する研究を行う。野外地質踏査やボーリング調査、常時微動観測、各種室内分析、X線CT等の機器を用いた解析により、基礎的な地質情報を抽出し高精度化するとともに、それら地質情報の処理技術の開発研究を実施する。またシームレス化・デジタル化された地質情報を統合することにより、地質災害軽減等に資する研究を行い、それらの研究をベースに、都市域の地質地盤図、海陸シームレス地質図、陸域地質図等、部門が推進する地質情報整備に積極的に取り組む。地質情報を公開するための仕様の検討やシステム構築についても取り組む。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目8、テーマ題目14、テーマ題目22、テーマ題目27

リモートセンシング研究グループ

(Remote Sensing Research Group)

研究グループ長：岩男 弘毅

(つくば中央第7)

概要:

産総研では資源探査を中心に JERS-1 (OPS、SAR)、ASTER、PALSAR といったセンサー開発、およびそのデータ利用に関する研究を行ってきた。リモートセンシング研究グループは、これらのデータと、地質情報を統合することにより、環境・資源・防災等に資するリモートセンシングに関する研究開発を行うことを目的とする。具体的には、衛星アーカイブ・配

信に関する研究、品質管理（校正・検証および標準化）に関する研究、衛星情報の利活用促進のための研究を実施する。衛星アーカイブ・配信に関する研究では日米共同運用中の ASTER を長期アーカイブするための仕組みおよび、その処理に係る研究を、品質管理に関する研究では光学センサーの経年劣化を把握するための代替校正・相互校正手法に係る研究、利活用促進に関する研究では、特に ASTER を用いた防災、資源、環境・基盤データ作成に関する利用研究を実施する。

研究テーマ：テーマ題目15、テーマ題目28

海洋地質研究グループ

(Marine Geology Research Group)

研究グループ長：片山 肇

(つくば中央第7)

概要:

海域地質図プロジェクトおよび沿岸域プロジェクトの中核を担って研究を遂行する。日本周辺海域の海洋地質情報を整備公開するとともに、それらのデータを基に日本周辺海域の地質構造発達史、活断層評価、堆積作用、古環境変動、および海底火山や熱水活動に伴う地質現象の解明を行うことを目的とする。白嶺等の調査船を用いて音波探査、堆積物および岩石採取を行い、それらの解析によって海洋地質図（海底地質図および表層堆積図）を作成、出版する。これらの調査で得られたデータをデータベースとして整備しインターネットでの公開も進める。地質情報に乏しい沿岸海域についても、小型船舶を用いて音波探査と堆積物採取を行い、沿岸域の地質情報の整備を進めるとともに沖合と陸上の地質情報の統合的な解析を行う。これらの調査およびこれ以外の内外の調査航海や他機関のデータ等を活用し、活動的構造運動や堆積作用、古環境変動等の海域における地質現象の解明を行う。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目7、テーマ題目9、テーマ題目14、テーマ題目16、テーマ題目17、テーマ題目29

地球変動史研究グループ

(Paleogeodynamics Research Group)

研究グループ長：渡辺 真人

(つくば中央第7)

概要:

古地磁気・岩石磁気層序及び微化石層序学的研究を統合した高分解能年代スケールを基盤とし、海陸の地質・古生物学的及び地球物理学的情報を統合して、地質学的時間スケールの地球システム変動やテクトニクスを解明する。これらの研究を基盤として、当部門のミッションである陸域・海域地質情報の整備に貢献する。具体的には以下の研究を進める。1. 新生代統合

高分解能年代タイムスケールに関する研究。微化石層序、古地磁気強度変化、同位体層序、テフラ層序、サイクル層序等を統合した高分解能タイムスケールを構築しつつ、日本列島の新生代層序の枠組みの改善にそれを活用する。2. 日本列島及び周辺海域のテクトニクスと古環境の解明。海陸の地質・地球物理情報を総合的に解析しモデル化することにより、日本列島と周辺海域のテクトニクスを解明するとともに当時の環境を明らかにする。その基礎的解析法として海底及び沿岸域における高分解能表層物理探査、堆積物の解析および大型化石の古環境指標に関する研究と技術開発を行う。3. 古地磁気変動の解明。数千年から数十万年の時間スケールを持つ古地磁気強度・方位の変動や地磁気エクスカージョンの実態解明を進め、地磁気変動と地球軌道要素・気候変動のリンクの可能性を探るとともに、岩石磁気学的手法を応用した古環境研究を進める。これらの3つの研究のポテンシャルを生かし、陸域・海域地質図・地球物理図作成、海底鉱物資源ポテンシャル評価・資源情報整備に関して貢献する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目5、テーマ題目6、
テーマ題目30

資源テクトニクス研究グループ

(Tectonics and Resources Research Group)

研究グループ長：下田 玄

(つくば中央第7)

概要：

我が国周辺海域における海底鉱物資源の広域ポテンシャル評価に資する研究を行った。その為に我が国周辺海域で採取された地質試料に対して地質学的・岩石学的・地球化学的な研究を行った。これらの複数の研究手法を組み合わせることで、海底鉱床の生成に重要な元素の移動や濃集過程を解明し、鉱床形成につながる元素濃集過程の指標を科学的に見いだすことを試みた。岩石学的研究は、日本周辺海域の構造発達史を明らかにする為に用いた。日本周辺の広大な海域について海底鉱物資源のポテンシャル評価を行うためには、海底熱水鉱床が形成されるテクトニックセッティング、すなわち、前弧海底拡大、超低速拡大軸、背弧・島弧内リフト盆地の形成過程の解明が不可欠である。これらの形成過程を科学的に解明することで海底鉱物資源の広域的なポテンシャル評価に資する研究を行った。地球化学的な研究は、海底鉱床の生成に重要な元素の移動や濃集過程の解明に応用することができる。すなわち、同位体比や化学組成が変化する過程を科学的に解明することで、鉱床形成につながる元素濃集過程の指標を科学的に見いだす為の研究を行った。

研究テーマ：テーマ題目7、テーマ題目20、テーマ題目

32

海洋環境地質研究グループ

(Marine Geo-Environment Research Group)

研究グループ長：鈴木 淳

(つくば中央第7)

概要：

地球環境保全や地質災害などに関する科学的根拠の提示のため、都市沿岸域の環境、及びそれに大きな影響を及ぼす海洋地球環境について、その環境変動幅と変動要因を明らかにする。地球環境問題、すなわち温暖化（海域・内水域）、海水準上昇、海洋酸性化に係る地質学的諸問題の解明に当たるとともに、それらの過去の変遷を復元する研究に注力する。これら目標実現に向けて、安定同位体比分析を始め各種地球化学的分析法及び光ルミネッセンス（OSL）年代測定法等の高度化について重点的に取り組むと共に、堆積学、海岸工学、古生物学など多様な手法の連携により、研究課題に対して総合的なアプローチを取る。また、部門の重点プロジェクト「海域地質図プロジェクト」及び「沿岸域の地質・活断層調査」に参画する。海底鉱物資源については、生物地球化学及び海洋生態学的手法を用いた物質循環と環境変遷の調査・分析を企画し、海洋環境ベースライン調査、環境影響評価の観点からの貢献を図る。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目31

地球化学研究グループ

(Geochemistry Group)

研究グループ長：岡井 貴司

(つくば中央第7)

概要：

地殻における元素の地球化学的挙動の解明を中心とした地球化学情報の集積・活用と高度な分析技術の開発を目的とし、元素の地球化学的挙動解明の基礎となる地球化学図の作成、あらゆる地質試料の分析の基礎となる地球化学標準物質の作製、地質関連試料の高度な分析技術の開発と維持・普及を行う。地球化学図の研究では、大都市市街地における元素のバックグラウンドを明らかにするために、従来の10倍の精度を持つ精密地球化学図を作成するとともに、既に公開している地球化学図データベースの充実を図る。標準物質の研究では、岩石標準試料の国内唯一の発行機関として、ISO に対応した各種地質試料の認証標準物質の作製を行うとともに、岩石標準試料の各種情報をデータベースとして公開する。また、地球化学の基礎技術として、様々な地質試料中の元素の高度な分析技術の開発と、それらを用いた元素の挙動解明の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目33、テーマ題目

35

地球物理研究グループ

(Geophysics Group)

研究グループ長：名和 一成

(つくば中央第7)

概要：

地球物理データを取得する調査手法、解析技術、シミュレーション技術の開発・高度化を行い、地下地質構造・地下動態を解明する。重力図・磁気図の作成及び重力等の地球物理関連データベースの拡充を行うとともに、地球物理情報と他の地質情報を統合・連携した研究を推進する。また、平野部や沿岸域において地震探査や重力・磁気探査など物理探査を実施し地質・活断層に関する詳細な地下構造を求めることで、国土の知的基盤地質情報整備とその利活用に貢献する。これらの研究成果は論文・地球科学図・データベースや産総研一般公開・地質情報展などを通じて社会に発信する。各種探査技術を活用して民間企業との共同研究、技術コンサルティングも実施する。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目10、テーマ題目11、テーマ題目18、テーマ題目34

【テーマ題目1】陸域地質図の研究（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】中江 訓（層序構造地質研究グループ）

【研究担当者】中江 訓、原 英俊、野田 篤、
工藤 崇、辻野 匠、宇都宮 正志、
伊藤 剛、大井 信三、水野 清秀、
小松原 琢、小松原 純子、納谷 友規、
宮崎 一博、高橋 浩、濱崎 聡志、
山崎 徹、佐藤 大介、細井 淳、
巖谷 敏光、板野 靖行、内野 隆之、
長森 英明、高橋 雅紀、尾崎 正紀、
井上 卓彦、名和 一成、大熊 茂雄、
宮川 歩夢、山元 孝広（活断層・火山
研究部門）、川邊 禎久（活断層・火山
研究部門）、石塚 治（活断層・火山研
究部門）、及川 輝樹（活断層・火山研
究部門）、古川 竜太（活断層・火山研
究部門）、宮下 由香里（活断層・火山
研究部門）、吾妻 崇（活断層・火山研
究部門）、白濱 吉起（活断層・火山研
究部門）、高木 哲一（地圏資源環境研
究部門）、昆 慶明（地圏資源環境研
究部門）、中嶋 健（地圏資源環境研
究部門）、村田 泰章（福島再生エネル
ギー研究センター）、中川 充（北海道
センター産学官連携推進室）、宮地 良
典（地質調査総合センター研究戦略部）、
駒澤 正夫（客員研究員）、久保 和也
（客員研究員）、横山 俊治（客員研
究員）、鎌田 耕太郎（弘前大学）、

竹内 誠（名古屋大学）、植木 岳雪
（千葉科学大学）、遠藤 俊祐（島根大
学）、脇田 浩二（山口大学）、
大和田 正明（山口大学）
（常勤職員42名（うち他研究ユニット
14名）、他9名）

【研究内容】

「陸域地質図の研究」の実施にあたっては、本部門・他研究ユニット及び外部研究機関の研究者との協力体制のもと、「層序構造地質」・「平野地質」・「地殻岩石」・「シームレス地質情報」・「火山活動」（活断層・火山研究部門）の5つの研究グループが中心となって推進している。

20万分の1地質図幅では、1区画（宮津）の調査研究を継続させるとともに3区画（広尾・野辺地・輪島）の調査・編纂を終了し、新たに1区画（富山）の改訂に着手した。5万分の1地質図幅に関しては、新規に1区画（大河原）の調査を開始、1区画（陸中関）の調査を再開、8区画（浄法寺・外山・角館・桐生及足利・川越・和気・池田・栗野）の調査研究を継続させるとともに、7区画（十和田湖・上総大原・稲取・明智・本山・馬路・久賀）の調査が終了した。また、4区画（網走・吾妻山・糸魚川・身延）の地質図及び報告書を完成させた。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】地質図幅、20万分の1地質図、5万分の1地質図

【テーマ題目2】地球物理図（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】名和 一成（地球物理研究グループ）

【研究担当者】名和 一成、伊藤 忍、大熊 茂雄、
住田 達哉、宮川 歩夢、村田 泰章
（福島再生エネルギー研究センター）、
駒澤 正夫、中塚 正
（常勤職員6名、他2名）

【研究内容】

活動的島弧に位置する国土の地下地質構造を体系的に解明するために重力図、空中磁気図、データベースなどの作成を行う。20万分の1重力図については、金沢地域重力図（ブーゲー異常）をWEB出版した。また、名古屋地域重力図（ブーゲー異常）の編集作業を進めた。以降出版予定の伊勢、静岡地域で重力データを取得した。東北地方南部沿岸域高分解能空中磁気異常図の出版に向けたデータ処理を進めた。重力データベース・日本列島基盤岩類物性データベース（地質情報データベース）の維持作業を行った。精密重力測定技術開発のための基礎的・実験的研究を行った。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】地球物理図、重力図、空中磁気図、岩石物性、データベース

〔テーマ題目3〕地球化学図（運営費交付金：重点プロジェクト）

〔研究代表者〕岡井 貴司（地球化学研究グループ）

〔研究担当者〕岡井 貴司、今井 登、太田 充恒、御子柴 真澄、間中 光雄、久保田 蘭、立花 好子（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

元素の地球化学的挙動解明の基礎となる地球化学図の作成において、大都市市街地を含む地域における元素のバックグラウンドを明らかにするために、従来の日本全国図の10倍の精度を持つ精密地球化学図を作成する。また、日本全国のヒ素、水銀、カドミウムなどの有害元素をはじめとする53元素の濃度分布の全データをデータベース化し、地球化学図データベースとしてインターネットを通して活用できるようにするとともに、日本における地球化学基盤情報を提供する。

精密地球化学図の作成では、一昨年度出版した関東地方「関東の地球化学図」の次の地域として、名古屋市を中心とした中部地域について調査を行った。予定地域の南西部（滋賀県、三重県、奈良県、和歌山県、京都府）から247個の河川堆積物試料を採取し、計画した予定地域内全ての試料採取を完了した。試料は各河川の指定された地点の周辺において、その河川の上流域から供給された細粒の堆積物（最大粒径3 mm 程度以下）約1 kg をスコップ等で採取し、実験室で乾燥したのち80メッシュ以下の成分を篩分け、自然乾燥した後、粉砕し、分析に用いる試料とする。また、昨年度の調査で中部地域（愛知県、滋賀県、三重県、静岡県）から採取した試料について化学分析を開始した。化学分析は、試料を硝酸、過塩素酸、フッ化水素酸で分解後、硝酸酸性の試料溶液を作成し、主成分元素は ICP 発光分光分析法、微量成分元素は ICP 質量分析法で行い、水銀については試料を直接、加熱気化原子吸光法により分析した。

地球化学図データベースでは、日本全国の陸域とそれにつながる沿岸海域のヒ素、水銀、カドミウムなどの有害元素をはじめとする53元素の濃度分布図を公開しており、作成に用いた河川堆積物試料（陸域、約3,000個）及び海底堆積物試料（海域、約5,000個）の採取地点の他、各元素の分析データを閲覧・ダウンロードできる。また、試料中のカリウム、ウラン、トリウム含有量から計算式により求めた、日本における大地からの自然放射線図についても公開している。一昨年度からは、関東地方精密地球化学図を「関東の地球化学図」として公開（53元素及び自然放射線）するとともに、作成に用いた河川堆積物試料（約1,500個）の情報も日本全国図と同様の内容を公開している。「関東の地球化学図」公開に際しては、日本全域の地球化学図と、表示縮尺に応じた地図の切り替えを行う必要があるため、Google Maps を用いて縮尺レベルによるフィルタリングで日本全域版と関東の地球化学図を切り替えられるようにして

おり、大縮尺時は日本全国図を表示し、一定のズームレベルに達すると関東の地球化学図に自動的に切り替わるようになっている。今年度は、地球化学図の3D化に取り組んだ。これまで公開してきた地球化学図は、二次元的な表現であるため、地形の起伏形状と元素の分布との位置関係が把握しづらかったことから、3D 地図表示用ライブラリである Cesium を用いて3D 地図上に地球化学図を重ね合わせ表示する機能を構築し、銅、鉛、水銀、クロムの4元素の全国版地球化学図について、3D 地球化学図として公開した。3D 地球化学図では、スライダーによる地図の透過率の変更（0～100 %）及び地形の強調表示（1～3倍）を可能にし、試料採取地点の表示も切り替え可能にした。試料採取地点の表示では、元素濃度をピンの長さで表示すると共に、ピンをクリックすると試料詳細情報を表示するようにして、地球化学図を見ながら試料の様々な情報を表示できるよう、利便性も向上させた。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地球化学図、データベース、有害元素、バックグラウンド、環境汚染、元素分布

〔テーマ題目4〕次世代シームレス地質図の編纂（運営費交付金：重点プロジェクト）

〔研究代表者〕西岡 芳晴

（シームレス地質情報研究グループ）

〔研究担当者〕西岡 芳晴、坂野 靖行、長森 英明、内野 隆之、川畑 大作、斎藤 眞（常勤職員6名、他3名）

〔研究内容〕

正式公開された20万分の1日本シームレス地質図 V2 の約2,400個の凡例に対応した配信システムを開発する。主として新規出版図幅によりデータの更新を行う。

本年度は、20万分の1日本シームレス地質図 V2 の正式公開を行った。また、新規出版された20万分の1地質図幅「松山」のデータを追加、シームレス化を行い、公開した。さらに、2次利用を促進させるために、外部ウェブサイトやアプリケーションから20万分の1日本シームレス地質図 V2 を利用できるようにするための Web API を公開、シェープファイルダウンロードサービスを開始した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕シームレス地質図、Web API、タイルマップ、シェープファイル

〔テーマ題目5〕海域地質図プロジェクト（運営費交付金：重点プロジェクト）

〔研究代表者〕荒井 晃作（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕荒井 晃作、池原 研、片山 肇、板木 拓也、井上 卓彦、佐藤 智之、天野 敦子、杉崎 彩子、三澤 文慶、

小田 啓邦、佐藤 太一、佐藤 雅彦、鈴木 淳、長尾 正之、田中 裕一郎、兼子 尚知、下田 玄、針金 由美子、石塚 治(活断層・火山研究部門)、阿部 信太郎(活断層・火山研究部門)、岡村 行信(活断層・火山研究部門)、古山 精史朗、味岡 拓、多惠 朝子、片山 礼子、井上 絵里
(常勤職員20名、他6名)

〔研究内容〕

日本周辺海域の地球科学的調査・研究を通じて、地殻を中心とした海洋地球に関する基盤的情報を系統的に整備し、広く社会へ提供する。特に、海洋地質図の整備、海洋地質データベースの構築とインターネット公開、これらを支え、発展・高度化させる基盤的研究を行い、世界をリードする研究に取り組む。なお、海洋地球に関する基盤的情報及び科学的知見は、国や社会の持続的発展を支える基本的公共財として、産業立地を含む各種海洋開発・災害軽減・環境管理などに対する基礎的資料となる。

本年度は、沖縄県石垣島周辺海域及び鹿児島県奄美大島西方海域において調査航海を実施するとともに、これまでの調査航海の結果に基づき、海洋地質図の整備を進めた。その結果、石垣島周辺の調査航海では1,730海里的の航走観測（音波探査・表層地層探査・地形調査・地磁気観測・重力測定）と5地点での有索無人探査機による海底観察と岩石採取を行った。奄美大島西方海域では72地点でのグラブ採泥、4地点での柱状採泥を行うとともに、音響測深と地磁気観測を行った。石垣島南方海域では前弧域に海盆状の地形が形成されており、フィリピン海プレート沈み込みに伴う構造が発達している様子が確認された。これらの結果は速報に取りまとめた。また、響灘海底地質図（CD）を出版した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕海底地質図、重力・地磁気異常図、表層堆積図、データベース、日本周辺海域、南西諸島海域、白嶺

〔テーマ題目6〕大陸棚調査（運営費交付金：重点プロジェクト）

〔研究代表者〕渡辺 真人（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕渡辺 真人、岸本 清行、小田 啓邦、下田 玄、石塚 治（活断層・火山研究部門）、湯浅 真人（地圏資源環境研究部門客員研究員）、西村 昭（地圏資源環境研究部門客員研究員）、棚橋 学（地圏資源環境研究部門客員研究員）
(常勤職員5名、他3名)

〔研究内容〕

本テーマは部門の重点プロジェクトのひとつであるが、

部門を横断する大陸棚チーム員および招聘研究員、研究顧問等の協力のもとに取り組んだ。現在「大陸棚調査」では、二つの課題がある。ひとつは2012年4月26日にわが国が受領した「延長大陸棚勧告」の技術的検討に関する「大陸棚延長部会（2015年度改定）」（総合海洋政策本部所掌）を通じたフォローアップ作業であり、他のひとつは、大陸棚申請作成のために用いた資試料のうち産総研が保有するものを研究利用も含め維持管理することである。

1) 2012年に受領したわが国の「延長大陸棚勧告」には一部の審査未了海域が含まれており、早期の審査実施（再開）を国連大陸棚限界委員会に国として働きかけているところである。産総研としての役割は「勧告」内容の精査と分析を行い、今後の大陸棚画定の国内作業や国連大陸棚限界委員会とのさらなる対応における地球科学的・技術的な検討を「大陸棚延長部会」を通して行うことである。本年度は、国連大陸棚限界委員会（CLCS）の発足20周年に合わせて、外務省および内閣府総合海洋政策本部主催の「第4回海洋法に関する国際シンポジウム」が国連大学エリザベス・ローズ国際会議場（東京）で開催され、CLCS委員や内外の国際法の専門家による活発な議論がなされた。また、我が国の大陸棚申請海域と一部境界を接する米国およびパラオ共和国の大陸棚に関連した情報収集を行った。特にパラオ共和国は審査手続が進んでいない自国の大陸棚申請の内、日本の申請の審査未了海域と関連するパラオ北部海域の分離修正申請を2017年10月に行い、2018年3月の国連の大陸棚の限界に関する委員会で今後審査を進める決定がなされたことは、注目される。

2) 前述のように「大陸棚延長部会」機能の一部は、将来の審査再開のためにも当面維持することが求められている。このことに連動して、大陸棚調査で得られた岩石試料等の適切な保管と利活用が産総研の責務となっている。コンパイルされたこれらの解析資料やコア試料は、今後日本の周辺海域で必要となる詳細な地球科学的調査の基礎となる資試料であり、関連する地形・地球物理データとともに試料庫やコンピュータに保管されている。また系統的に採取されたコアリングによる海底岩石試料とその分析データは検索可能な新たなデータベースとして登録した。このデータベースは、試料庫に保管されたコア試料とも関係づけられており、資試料の利活用のための検索ツールとして利用できる。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕海洋地質調査、大陸棚画定、国連大陸棚限界委員会

〔テーマ題目7〕海底鉱物資源（運営費交付金：重点プロジェクト）

〔研究代表者〕下田 玄（資源テクノス研究グルー

プ)

〔研究担当者〕 下田 玄、針金 由美子、佐藤 太一、
後藤 孝介、遠山 知亜紀、井上 卓彦、
石塚 治（活断層・火山研究部門）、
田中 弓（常勤職員7名、他1名）

〔研究内容〕

石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）との連携を強化して海底鉱物資源の広域ポテンシャル調査を引き続き推進した。熱水鉱床形成が起きている可能性の高い地域、及び過去に生成された鉱床が存在している可能性のある地域を抽出するため、日本周辺海域に分布する島弧-前弧-背弧域における火成活動について検討した。特に、伊豆-小笠原弧の北部を中心として検討した。また、海底鉱物資源の広域ポテンシャル調査に資する調査方法の検討を行った。調査方法として検討を行ったのは、試料採取を伴う地質学的な方法と、船上航走観測や深海曳航体を用いた地球物理的な方法である。陸上の基盤岩についても調査・研究を進めており、本年度に採取した岩石試料を中心に化学分析や鉱物学的岩石学的研究の為に試料調整を進めた。さらにフィリピン海プレートを構成している前弧域にあたる伊豆-小笠原海域で採取された岩石試料を用いた島弧形成初期の上部マントル構造について研究を行った。JOGMEC との海底鉱物資源に関するタスクフォース再開の可能性について両機関で検討した。タスクフォースにより、伊豆小笠原海域の海底鉱物資源の広域ポテンシャル調査として適切な海域が火山前線周辺の島弧火山列なのか、伊豆小笠原弧西方の背弧リフトなのかを両機関で検討する必要があるという認識で一致した。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 海底鉱物資源、テクトニクス、伊豆-小笠原弧、沖縄トラフ、フィリピン海プレート、地球化学、岩石学

〔テーマ題目8〕 沿岸域の地質・活断層調査-都市域の地質地盤図（運営費交付金：重点プロジェクト）

〔研究代表者〕 中澤 努（情報地質研究グループ）

〔研究担当者〕 中澤 努、野々垣 進、小松原 純子、
納谷 友規、長 郁夫、宮地 良典
（常勤職員6名）

〔研究内容〕

本研究課題では、独自のボーリング調査データ及び公共工事等のボーリングデータを活用して、都市平野部の3次元地質情報の整備に取り組んでいる。平成29年度は千葉県環境研究センターとの共同研究成果として、千葉県北部地域の3次元地質情報をとりまとめ、都市域の地質地盤図ウェブサイトで公開した。このサイトでは、産総研のボーリング調査に基づく最新の地質研究成果及び千葉県が保有する1万地点以上の土木・建築工事のボー

リング調査データに基づいて作成した地下数10 m までの3次元地質モデルを立体図画像で表示できる。またPDF形式で3次元地質モデルの断面図を出力できるシステムを開発し、任意の側線の断面図も描画できるようにした。さらに3次元地質モデリングに使用した個々のボーリングデータをウェブ GIS 上で選択することにより閲覧できるようにした。千葉県北部地域の地質層序等を解説した説明書も作成し、ウェブサイトにて公開した。

また平成29年度には、東京都土木技術支援・人材育成センターと共同研究を締結し、東京都23区域の地質地盤図作成に向けた調査を開始した。新規のボーリング調査は、武蔵野台地地下の世田谷層及び東京層の層序を明らかにする目的で東京都世田谷区内の3地点（総掘進長125 m）、東京湾岸地域の東京層及び江戸川層の層序を明らかにする目的で東京都江東区で1地点（掘進長110 m）、計4地点で実施した。世田谷区のボーリング調査では、堆積相解析、花粉化石分析、挟在するテフラの同定により、下総層群模式地との層序対比をおこなうことができた。また、江東区のボーリング調査では、下総層群特有の堆積サイクルの認定により、層序対比の糸口をつかむことができた。公共工事等のボーリングデータを使用して、予察的に層相に基づく3次元モデリングも実施した。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 ボーリングデータ、地質層序、3次元地質モデル、地質地盤図

〔テーマ題目9〕 沿岸域の地質・活断層調査-伊勢湾・三河湾沿岸海域の海洋調査（運営費交付金：重点プロジェクト）

〔研究代表者〕 荒井 晃作（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 荒井 晃作、佐藤 智之、井上 卓彦、
阿部 信太郎（活断層・火山研究部門）、
大上 隆史（活断層・火山研究部門）、
池原 研、片山 肇、天野 敦子、
杉崎 彩子、古山 精史朗、味岡 拓、
多恵 朝子、井上 絵里、横山 心一郎、
西田 尚央（東京学芸大学）
（常勤職員9名、他6名）

〔研究内容〕

陸域と海域の間に存在する地質情報の空白域を埋めるため、小規模な高分解能マルチチャンネル音波探査と試料採取によって海域の層序と地質構造を明らかにし、地質図を作成する。陸域の地質情報とあわせ海陸シームレス地質情報を作成するための基礎情報を取得する。

本年度は、伊勢湾・三河湾の地質調査を行った。地質層序及び地質構造の情報を得るために、高分解能マルチチャンネル音波探査を実施した。7月に実施した調査では、総測線長740 km に及ぶ良好な反射記録を得ることができた。同海域の層序については、大まかに三層に区

分でき、既存のボーリング調査の結果から、熱田層及び濃尾層と南陽層に対比できる。活断層については、伊勢湾断層、鈴鹿沖断層、白子一野間断層が確認できた。今後、詳細な解釈とボーリング調査を行い、これらの活構造の分布や活動性などを明らかにしていくとともに堆積層の層序についても解明し、地質図を作成する予定である。また、調査終了している房総半島東部沿岸域の取りまとめを行い、公表に向けて準備を進めている。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】反射法音波探査、沿岸域、層序、活断層、伊勢湾、三河湾

【テーマ題目10】沿岸域の地質・活断層調査－陸海接合の物理探査（地球物理 RG-1）（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】伊藤 忍（地球物理研究グループ）

【研究担当者】伊藤 忍、山口 和雄、住田 達哉、木下 佐和子、横倉 隆伸（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

沿岸付近の陸域と海域の地質情報の整備を目的として、地震探査・重力探査の新規調査、既存データの情報収集と再解析を行う。平成29年度は、三重県鈴鹿市で新規の反射法地震探査を実施した。また、愛知県碧南市で新規の反射法地震探査および雑振動収録、VSP（Vertical Seismic Profiling）を実施した。

三重県鈴鹿市内の調査は、市内北中部を流れる金沢川付近の測線と、市内南部を流れる堀切川付近の測線で実施した。前者は、四日市断層の南方延長域に位置し、四日市断層の南方への延長可能性を検討するために約4.2 km の測線で実施した。後者は、地形判読等によって千里断層と推定されている複数の地表トレースを横断する約3.8 km の測線で実施し、千里断層の全容を明らかにすることを目的としている。

愛知県碧南市の調査は、当該年度に実施されたボーリング調査の掘削地点と、地形判読等によって推定されている高浜断層・高浜撓曲をつなぐ約800 m の測線で実施した。また、このボーリング孔を利用して、VSP を実施した。さらに、地震波干渉法の実用性検証等を目的として、断層の存在する可能性がより確実と予想される北西部で雑振動を収録した。

反射法地震探査については、いずれも深度数百 m 程度までを対象とし、震源に P 波油圧インパクトを使用した。VSP については、P 波油圧インパクトおよび掛矢による板叩きを実施した。地震波干渉法については名古屋鉄道三河線を走行する電車の振動が利用できることを期待したものである。いずれも良好にデータを収録することができた。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】沿岸域、伊勢平野、四日市断層、千里断層、岡崎平野、高浜断層、高浜撓曲、反射法地震探査

層、岡崎平野、高浜断層、高浜撓曲、反射法地震探査

【テーマ題目11】沿岸域の地質・活断層調査－陸海接合の物理探査（地球物理 RG-2）（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】大熊 茂雄（地球物理研究グループ）

【研究担当者】大熊 茂雄、宮川 歩夢、住田 達哉、岩田 光義、江戸 将寿、駒澤 正夫、中塚 正（常勤職員3名、他4名）

【研究内容】

陸域と沿岸海域とをつないだシームレス地球物理図を作成し、活断層や地下地質を含めた統合化された地質情報を提供することを目的として、本研究では陸海接合の物理探査を行う。平成29年度は、愛知県碧南市の高浜断層（撓曲）を横断する方向に測線を配置して高密度の重力探査を実施した。ブーゲー異常の2次元モデリングの結果、高浜断層付近に伏在する断層構造を推定できた。また、神奈川県三浦半島の横須賀市南部地域の約5 km の測線において50 m 間隔で重力探査を行い、ブーゲー異常分布を得た。この結果、北武断層及び衣笠断層の位置、北武断層の派生断層の推定位置等において、重力異常の変化が認められた。相模湾北部沿岸域の空中磁気異常の3次元解析の結果、国府津－松田断層沿いに高磁性岩体が解析された。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】重力探査、重力異常、ブーゲー異常、地球物理図、伊勢湾、相模湾東部、三浦半島

【テーマ題目12】沿岸域の地質・活断層調査－平野域の地質調査（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】中島 礼（平野地質研究グループ）

【研究担当者】中島 礼、水野 清秀、佐藤 善輝、小松原 純子、小松原 琢、田邊 晋、納谷 友規、阿部 朋弥、久保 純子（早稲田大学）、堀 和明（名古屋大学）、國本 節子、田中 ゆみ子、藤田 千枝子（常勤職員8名、他5名）

【研究内容】

陸域と沿岸海域とをつないだシームレス地質図を作成し、活断層や地下地質を含めた統合化された地質情報を提供することを目的として、本研究では平野域の地質調査、特に沖積低地の地下地質と丘陵～台地の地質構造に関する調査を行う。平成26年度から28年度にかけて実施された相模湾沿岸域から房総半島沿岸域調査のとりまとめを行っており、房総半島沿岸については報告書の作成を実施した。相模湾沿岸については花粉・珪藻化石分析や沖積層及び埋没段丘分布の深度分布図を作成した。

平成29年度からは、伊勢湾沿岸域の調査が開始となり、西岸である伊勢平野と東岸である西三河平野に分かれて調査を実施した。

伊勢平野北部については、野外調査と文献調査を行い、鈴鹿川以北の露頭観察と記載を行い、桑名市の浅層地下地質情報を調査した。伊勢平野南部においては、桑名市から松阪市にかけての空中写真判読や地形地質踏査、既存ボーリング資料の収集を行った。沖積層層序確立のため、深度60 m のボーリング調査を実施し、含まれる火山灰や層序の検討を行った。西三河平野については、高浜市、碧南市、西尾市周辺にかけて地形と地質踏査を実施し、各自自治体や愛知県から既存ボーリング資料を収集した。碧南市油が淵地区において、高浜断層の構造運動評価のために、80 m のボーリング調査を実施した。また、愛知県が掘削した高浜市での50 m ボーリング2本についても検討した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】ボーリング調査、活断層、シームレス地質情報、地下地質、足柄平野、相模平野、九十九里平野、大磯丘陵、伊勢平野、西三河平野

【テーマ題目13】沿岸域の地質・活断層調査—東京湾西部の沖積層アトラス（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】田邊 晋（平野地質研究グループ）

【研究担当者】田邊 晋、中島 礼、國本 節子
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究は、現在の荒川の河口から横浜市にかけた東京湾西部の沿岸低地を対象として、沖積層の分布と層序、物性、成因を明らかにし、地震動予測などの応用研究に資する地質情報を整備することを目的としている。平成28年度までに、多摩川低地における更なるボーリングコア堆積物の掘削地点の選定を行った。解析結果としては、多摩川低地における基底礫層の上位の沖積層が、下位よりユニット A（干潟堆積物）、ユニット B（湾頭デルタ堆積物）、ユニット C（デルタ堆積物）、ユニット D（河川堆積物）に区分された。沖積層の同時間線は、最大海氾濫面より下位では後退的かつ累重的、それより上位では前進的な累重様式を示すことがわかり、ユニット C は軟弱な地盤であることなどが分かっている。そこで、平成29年度は、より詳細な環境変遷や物性を明らかにするため、東京都大田区萩中で10 m、同区西蒲田で10m、川崎市中原区木月住吉で20 m、横浜市港北区綱島東で40 m のオールコアボーリングの掘削を実施した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】多摩川低地、沖積層、層序、物性、堆積相、ボーリング

【テーマ題目14】沿岸域の地質・活断層調査—海陸空間情報の整備（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】尾崎 正紀（情報地質研究グループ）

【研究担当者】尾崎 正紀、荒井 晃作、川畑 大作、加藤 敏、佐藤 美子
（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

沿岸域の地質・活断層調査で得られた成果を空間情報として整備・標準化させるとともに、インターネットでの公開手法などを検討し、広く国内に流通させていくことを目的とする。また、プロジェクト内の情報の共有環境の構築を行う。更に、年度毎の速報及び地域毎の成果（海陸シームレス地質情報集）の取りまとめや公開データの作成などを行う。

平成29年度は、平成28年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告（速報）を冊子出版、海陸シームレス地質情報集「房総半島東部沿岸域」をまとめた。また、「駿河湾北部沿岸域」の成果を空間情報として整備した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】空間情報、情報共有、標準化、海陸シームレス地質情報集

【テーマ題目15】衛星データのアーカイブ・品質管理・配信に関する研究（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】岩男 弘毅（リモートセンシング研究グループ）

【研究担当者】土田 聡、岩男 弘毅、山本 浩万、小畑 建太、浦井 稔、堂山 友己子
（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

地球観測衛星から撮影した衛星データは地球規模の地質防災、資源探査等の利用において極めて重要な情報であり、本研究では、地質情報としての衛星データの整備と活用を目指す。衛星情報から潜在的な地質情報を抽出し、これをデータベース化・デジタル化された地質情報と統合することにより、資源管理、地質災害等に関する研究に資するデータを整備する。特に ASTER については、NASA で受信した生データの処理を定常的に行い、その結果を宇宙システム開発利用推進機構、米国 NASA/USGS に定常的、かつ安定的に提供（年間、約16,000シーンを処理・提供）する環境を維持した。また、2016年4月1日より、ASTER-VA として無償公開を継続している。特に2018年度には衛星の地球周回数が10万周（6桁）に達し、設計周回数（5桁）を超えることが予想されたため、いち早くこの問題に取り組み、システムの改修を行い、長期の運用体制を維持した。また、ASTER 短波長赤外バンドの推定に関する研究を進めた。

データの提供にあたって、品質管理されたデータを提

供する必要がある。これを実現するため代替校正、相互校正等に係る品質管理研究を引き続き行った。特に今年度は月校正実験が実施され、その結果は代替校正実験と整合することを確認することができた。品質管理は、国際標準に関する議論が衛星データを管理する国際機関で議論されている。当グループでは、国際的団体 IEEE GRSS GISIS や CEOS IVOS において、衛星情報の国際標準化に基づく他機関の情報との連携と融合に向けた支援を行い、IVOS については会合の討議に参加した。また、国際的衛星データ品質保証のためのサイト上における ASTER データの定期的なデータ取得の調整を行った。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】ASTER、衛星、品質管理、校正

【テーマ題目16】新たな高分解能曳航型探査パッケージ AISTs の開発（運営費交付金：戦略予算）

【研究代表者】荒井 晃作（地質情報研究部門）

【研究担当者】荒井 晃作、井上 卓彦、下田 玄、佐藤 太一、片山 肇、名和 一成、石塚 治（活断層・火山研究部門）、森田 澄人（地圏資源環境研究部門）、小島 時彦（計量標準総合センター工学計測標準研究部門）、梶川 宏明（計量標準総合センター工学計測標準研究部門）、粥川 洋平（計量標準総合センター工学計測標準研究部門）、横山 心一郎、井上 絵里（常勤職員11名、他2名）

【研究内容】

海底地質情報の高分解能化を目指し、海底近傍での探査を可能にする新探査パッケージ AISTs（Advanced Integrated Sensors Towing system for High-resolution Geo-survey）を開発し、日本周辺海域の有効利用を促進する。本パッケージは反射法音波探査機のみでなく、高分解能海底地形探査装置、海底面音響探査装置に加え、新たに即時観測型高精度磁力計、化学センサー類を同時取得可能で、より効率的に海底面及び海底下の微細地質構造を明らかにできる世界唯一の装置の開発となる。領域連携として、曳航深度精度向上と新たな絶対塩分センサーの開発を行い、曳航技術開発とともに水中での成分検出精度の向上を目指す。

本年度は光ファイバーケーブルの導入を行い、即時解析可能なシステム化を行った。さらに、共同研究で開発中のストリーマケーブルシステムを具現化し、水深約1,000 m の実用化試験に成功した。海底曳航型三成分磁力計及び化学センサーの導入や新しい技術の塩分計の試作を行った。圧力計（深度センサー）の現場校正装置・システム化を目指し、実測定に近い圧力変化を与えることによるドリフト試験を実施し、圧力計の挙動に関する

知見が得られた。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】深海曳航、探査技術、高分解能、反射法音波探査、地形、音響、地層探査、磁力探査

【テーマ題目17】海底鉱物資源調査に資する化学指標の検討（運営費交付金：戦略的課題推進費）

【研究代表者】井上 卓彦（地質情報研究部門）

【研究担当者】石塚 治（活断層・火山研究部門）、荒井 晃作、下田 玄（常勤職員3名）

【研究内容】

我が国において海底鉱物資源調査を実施する際には、これまで水中音響異常の検知等の音響機器が主に使用されてきた。しかし、これまでの調査により、音響機器では発見できない海底鉱物資源ポテンシャル海域が日本周辺に存在することが知られてきている。そこで本課題では現在産総研が所有する深海曳航装置2400DT-2に海底面近傍の海水特性を直接観測できる複数の化学センサー（マルチ化学センサー）を導入し、その化学指標の検出精度や有用性、現場観測時の異常値の抽出法を検討するものである。

平成29年度には、取り回しが容易なスタンドアローン型（オフライン）の水素イオン指数（pH）、酸化還元電位（ORP）、濁度の各センサー（海洋計測社製 MarinoScan シリーズ）を導入し、実地試験を行った。これらセンサーの導入・利用実地試験は、海底鉱物資源広域調査への適合性の確認・検証を行うため独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）からの受託調査航海の一環として実施した。本実地試験は東青ヶ島カルデラ及びスミスリフトにおいて実施され、特に東青ヶ島カルデラ域では酸化還元電位計（ORP）値に明瞭な異常が確認された。また異常値を示した海域の近傍においては、2400DT-2に搭載しているサイドスキャンソナーにより、尖塔形の地形が認められた。これらの地点において ROV を用いた海底観察を実施した結果、新たな大規模熱水噴出域を確認することができた。

以上の結果を受け、より効率的に海底鉱物資源ポテンシャル域を把握できる化学指標と調査法について検討するため、深海曳航装置2400DT-2に合わせたオンラインマルチ化学センサーについては導入を行った。また現在これらの化学センサーを深海曳航装置2400DT-2に接続し、曳航ケーブルを通じて、船上でデータを確認できるようにシステムを構築中である。平成30年度にオンラインマルチ化学センサーについては実施試験を行う予定である。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】化学センサー、海底鉱物資源、熱水噴出域、pH、酸化還元電位

〔テーマ題目18〕道東地域におけるスーパー・ハイブリッド重力測定拠点の構築：カルデラ・火山活動モニタリング（運営費交付金：戦略的課題推進費）

〔研究代表者〕名和 一成（地球物理研究グループ）

〔研究担当者〕名和 一成、宮川 歩夢、住田 達哉、山崎 雅（活断層・火山研究部門）、望月 一磨（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

本課題は、先進的な重力モニタリング手法を駆使して、北海道東部地域にあるカルデラ・火山の地下構造の経年的な時間変化の検出を目的としている。その先進的な手法とは、従来の絶対重力計と相対重力計を組み合わせたハイブリッド測定に、絶対基準点として超伝導重力計を加え、かつ、相対重力点も連続測定が可能なシントレックス重力計を用いて、潮汐・気圧・地下水等の応答成分や機械的ドリフト等のノイズ成分を分離し、高精度に面的な重力時間変化を検出する方法である。この「スーパー・ハイブリッド重力測定」（Imanishi et al., IAG Symposia, 2018）の実施のためには、研究フィールド近傍に基準となる超伝導重力計観測点の構築が必須である。超伝導重力計（iGrav-17）を北海道大学弟子屈観測所に移設して使用するにあたって、重力計のスムーズな移設作業とその後数年間の連続運転のため、新規にiGrav 用冷凍機システム一式を導入した。

超伝導重力計は相対重力計であるため、絶対重力測定を行って感度と機械的ドリフトの検定を行う必要がある。そのため、超伝導重力計の移設に先立って、北海道大学弟子屈観測所と阿寒カルデラ・雌阿寒火山に近い阿寒湖畔において、絶対重力測定を実施した（名和他、北海道大学地球物理学研究報告、2018）。その際、物理計測標準研究部門と実施した平成27年度産総研戦略予算課題で導入した機器を用いて（望月他、測地学会誌、2018）、絶対重力測定の時間標準として用いるルビジウム発振器の周波数をモニターした。

現在、北海道大学地震火山研究観測センターの協力を得て、弟子屈観測所への移設準備を進めている。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕重力モニタリング、超伝導重力計、絶対重力計、時間周波数遠隔校正

〔テーマ題目19〕20万分の1日本シームレス地質図 V2 利用システムの構築（運営費交付金：戦略的課題推進費）

〔研究代表者〕西岡 芳晴（シームレス地質情報研究グループ）

〔研究担当者〕西岡 芳晴、斎藤 眞、坂野 靖行、内野 隆之、川畑 大作、宝田 晋治、（常勤職員6名、他3名）

〔研究内容〕

20万分の1日本シームレス地質図 V2は本年度5月に公開されたが、2,000を超える凡例数を有効に活用した表示システムは開発されていなかった。詳細かつ広域の地質情報を簡便に利用するためのデータ設計、表示システムの研究・開発を行い、20万分の1日本シームレス地質図 V2の表示システムに導入する。

本年度は、多数凡例から目的の情報を取得しやすくするために、画面に表示されている凡例のみに絞り込んでリストアップする機能、およびそれらから1凡例を選択して地質図上でその凡例のみを表示する機能を開発、実装した。また、凡例を簡略化して少ない凡例にまとめて表示する機能を開発、2D/3D を統合化したテストシステムを完成させた。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕シームレス地質図、ウェブサイト、地図、タイルマップ、3D

〔テーマ題目20〕ハロゲン元素を用いた海底鉱物資源広域調査の指標の開発（運営費交付金：戦略的課題推進費）

〔研究代表者〕遠山 知亜紀（資源テクニクス研究グループ）

〔研究担当者〕遠山 知亜紀、下田 玄、後藤 孝介（常勤職員3名）

〔研究内容〕

ハロゲンは水に選択的に取り込まれやすい液相濃集元素である。そして、マントルに乏しく、表層物質（海水、海底堆積物など）に多く含まれていることから、地球内部への流体の循環を探るトレーサーとして広く利用されている。また、流体中におけるハロゲンの存在は、岩石から流体への有用元素の溶出を促進させるので、鉱床の形成にハロゲンが重要な役割を果たすと考えられている。さらに、流体、ケイ酸塩メルト、ケイ酸塩鉱物、有機物における分配係数が元素ごとに異なるため、ハロゲンの元素比は、海水、海底堆積物、間隙水、海洋地殻、マントルで異なる特徴を持つ。これらの特徴を利用することで、元素濃縮等の鉱床生成プロセスに関する情報を得られる可能性がある。このことから、ハロゲン組成は海底鉱物資源の広域調査の新たな指標として期待できる。しかし、鉱床の母岩となる火成岩やカンラン岩のハロゲン分析は、低濃度のため容易ではない。そこで、本研究ではまず、産総研において低濃度のハロゲン分析が可能な実験室の立ち上げを行った。具体的には、イオンクロマトグラフィーを導入し、試料からハロゲンを分離する工程やその濃度測定までの一連の作業を行えるようにした。そして、実験室のハロゲンのブランクチェック、イオンクロマトグラフィーの分析条件の検討と再現性の確認後、産総研の岩石標準試料（JB-1a、JR-1）を用いて試分析を行った。イオンクロマトグラフィーについては、民間企業では通常ハロゲン濃度が数 ppm

以上の試料のみ測定可能であるが、本研究では、ppmの1,000分の1の濃度の ppb レベルまでの測定を可能にした。また、岩石標準試料の分析結果は、文献値と誤差の範囲内で一致を示した。今後は産総研におけるハロゲンの濃度分析法と塩素同位体分析法を確立し、これらを組み合わせ、新たな海底鉍物質資源広域調査の指標の開発を行う。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】ハロゲン、塩素同位体、海底鉍物質資源、地球化学

【テーマ題目21】ジオ・ストーリー型地質アナログ模型の創出と能動的理解の促進（運営費交付金：戦略的課題推進費）

【研究代表者】高橋 雅紀（地質情報研究部門）

【研究担当者】高橋 雅紀（常勤職員1名）

【研究内容】

一般市民の方には理解することが難しい地質学の課題を克服するために、様々な地質学的事実を三次元のアナログ模型として再現することによって地質学の理解を促進し、研究成果の普及の後押しを行った。製作した模型は、2017年6月に記者発表(日本列島の地殻変動の謎を解明)で公開した、日本列島で多発する内陸地震の原因を再現した A1サイズの可動式地殻変動アナログ模型である。展示に際しては実際に模型を稼働させるため、2 mm 厚の亚克力板を用いて強度を高めた。併せて、A4サイズの厚紙製アナログ模型キットを製作し、講演会や地質普及イベント等で活用した。さらに、地殻変動の原因とアナログ模型の製作の仕方を解説した記事をGSJ 地質ニュースに掲載し、厚紙模型キットと組み合わせてプリントアウトを配布して理解の手助けとした。これまでにのべ1,000人以上の一般市民を対象とした講演会等を行い、地質学ならびに研究成果の普及活動を推進した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】アウトリーチ、地学教育、アナログ模型、地質学、普及活動

【テーマ題目22】3次元地質情報の標準化（運営費交付金：標準化戦略 FS）

【研究代表者】中澤 努（情報地質研究グループ）

【研究担当者】中澤 努、野々垣 進、宮地 良典（常勤職員3名）

【研究内容】

3次元地質情報の標準化を検討するにあたり、現状で3次元地質情報にどのようなファイル形式が利用され、またどのような需要があるのかを知るために、本 FS 課題では、3次元空間情報を取り扱う電子ファイルの仕様の比較調査、及び地質調査関連企業への3次元地質地盤モデルの普及・需要のアンケート調査を行った。

3次元空間情報を取り扱う電子ファイルの仕様比較調査で取り扱ったファイル形式は、(1) OGC をはじめとする学術界より開発されたファイル形式、

(2) 地球科学向けのソフトウェアの専用ファイル形式、(3) CAD ソフトウェアのファイル交換用ファイル形式、(4) kml をはじめとする広く普及した無償ソフトウェアで利用できるファイル形式、の4つに大別される。それぞれのファイル形式の特徴をまとめると、(1) は学術的に厳密な属性情報を管理できるが対応するソフトウェアが少ない。(2) は形状情報と属性情報を別ファイルで管理できる利点をもつが対応するソフトウェアが限定的かつ高価な場合が多い。(3) は属性情報の管理方法が複雑であるが対応するソフトウェアは多い。(4) は管理できる属性情報は限られるが自由記載による情報の追加が可能である。このように、それぞれのファイル形式は一長一短があることが明らかになった。

地質調査関連企業への3次元地質地盤モデルの普及・需要のアンケート調査では、地質調査関連企業に対し、3次元地質モデルの業務での利用の有無、用途、使用ソフトウェア・データ形式、データ形式の標準化についての考えなどについてアンケートを実施した。その結果、3次元地質モデルは地質調査結果や施工について顧客への説明用に作成されることが多く、地質調査業向けの専用のソフトウェア・データ形式を使用していることが多いことが明らかになった。データ形式については標準化されるべきという考えが多い一方で、標準化によって起こる問題が多数存在することもわかった。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】3次元地質モデル、標準化、地質地盤図

【テーマ題目23】平野地質の研究（運営費交付金）

【研究代表者】中島 礼（平野地質研究グループ）

【研究担当者】中島 礼、水野 清秀、小松原 琢、小松原 純子、田邊 晋、納谷 友規、佐藤 善輝、阿部 朋弥、田中 ゆみ子、國本 節子（常勤職員8名、他2名）

【研究内容】

本研究は、平野・盆地内あるいはその周辺丘陵地・台地や低地地下を構成する主に第四紀堆積物の堆積プロセス・層序・地質構造あるいは地形の形成プロセス、環境変動などを明らかにすることを目的としている。

平成29年度は、第四紀の年代層序や環境復元の研究として、房総半島上総層群に挟まるガラス質火山灰層の屈折率測定・火山ガラスの化学組成分析を行い、多くの広域火山灰層が認識されることを示した。茨城県内に分布する更新統下総層群の珪藻化石群集を調査し、古東京湾の沿岸珪藻フロラ的一端を明らかにした。沿岸域における珪藻の特徴種について九州南部で採集し、その形態や分子生物学的特徴を検討した。

地質災害に関する研究として、歴史時代の地震の震央

を人的犠牲から求める方法が過密都市でも適用できるかどうかを検討するために1995年兵庫県南部地震の事例について検討した。地震時における降雨と地すべりの規模に関連について研究発表を行った。地震液状化した地層のラミナ構造についてフラクタル解析と堆積学的な考察を行った。福島県とタイ南西部において津波堆積物の保存状態について調査した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】第四紀、ボーリング調査、広域火山灰、珪藻化石、津波堆積物、液状化現象

【テーマ題目24】層序構造地質の研究（運営費交付金）

【研究代表者】中江 訓（層序構造地質研究グループ）

【研究担当者】中江 訓、原 英俊、野田 篤、
工藤 崇、辻野 匠、宇都宮 正志、
伊藤 剛、大井 信三、富永 紘平、
栗原 亜弥（常勤職員7名、他3名）

【研究内容】

日本列島を構成する活動的島弧と、周辺の東・東南アジア諸国を含む大陸縁辺域における様々な地質現象を解明するための地質調査・研究を実施した。その結果は以下の通りである。造山帯や前弧域の造構過程に関連した研究では、i) タイ国においてパレオテチシス沈み込みに伴い形成されたペルム系～三畳系背弧海盆堆積物を対象に後背地解析を行いスコタイ島弧及びインドチャイナ地塊からの堆積物供給を明らかにしたことと、ii) 前弧堆積盆の形成プロセスと付加体成長との相互作用を解明するため数値シミュレーションとアナログ実験を実施し陸からの土砂供給量の変動が堆積盆内の埋積様式に影響を与えているという結果を得た、iii) 房総半島に露出する前弧海盆堆積物に挟まれる海底地すべり堆積物の内部構造を詳細に記載し粗粒火山灰層が深層すべりのすべり面形成に寄与していることを示した、という3つの成果を得た。火山弧周辺における研究では、iv) 十和田火山のマグマ発達史解明のために実施したカルデラ形成期噴出物の火山ガラス化学組成分析の結果は、時代とともにメルト組成がデイサイトから流紋岩組成へと珪長質化することとカルデラ形成期最後の噴火において若干苦鉄質化し組成幅が広がったことを示し、v) 丹後地域では西黒沢海進と火山活動の実態を明らかにするため地質図未整備地域の野外調査を実施し海進による急激な深海化と火山活動による局所的な浅海化の様子が明らかになった。また古海洋地理区の解明に関する研究では、vi) ペルム紀放射虫に見られる二形性の特徴を理解するために沖縄県伊江島のチャートから抽出した標本の解析を行いその形態的差異などを明らかできたという成果がある。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】層序、構造地質、微化石、活動的島弧

【テーマ題目25】地殻岩石の研究（運営費交付金）

【研究代表者】宮崎 一博（地殻岩石研究グループ）

【研究担当者】宮崎 一博、高橋 浩、濱崎 聡志、
山崎 徹、佐藤 大介、細井 淳、
中村 佳博、長田 充弘、羽地 俊樹、
鈴木 文枝（常勤職員7名、他3名）

【研究内容】

島弧地殻形成において重要な変形作用・変成作用・火成作用の進行過程を明らかにするため、日本列島の主要な変成帯・火成岩体の野外調査、岩石試料の分析・解析、地質体及び岩石の形成モデリングを行い、以下のような成果を得た。1) 四国中央部池田地域の三波川変成岩のジルコン U-Pb 年代及びフェンジャイト K-Ar 年代から、原岩の海溝充填堆積物年代と三波川変成年代を特定した。また、同地域領家変成岩の原岩に三畳紀堆積岩があることを明らかにした、2) 南アルプス大河原図幅内に分布する様々な変成岩・堆積岩が記録する重複変形に関して、それぞれの岩相ごとの変形ステージと運動方向のセンスの決定を行った。3) 日本海拡大に伴った古～新第三系（グリーンタフ）の調査を行い、出羽山地の背弧活動および奥羽脊梁山脈に分布する古第三系から新第三系の層序を明らかにした。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】地殻、岩石、島弧、沈み込み帯、変成作用、火成作用

【テーマ題目26】シームレス地質情報の研究（運営費交付金）

【研究代表者】西岡 芳晴

（シームレス地質情報研究グループ）

【研究担当者】西岡 芳晴、坂野 靖行、長森 英明、
内野 隆之、川畑 大作、斎藤 眞、
森尻 理恵、宝田 晋治、内藤 一樹、
吉川 敏之（常勤職員10名、他4名）

【研究内容】

20万分の1日本シームレス地質図の改訂に必要な基礎的な野外調査を行う。20万分の1日本シームレス地質図のシステム開発を行うと共に、20万分の1日本シームレス地質図 V2の編集作業を主導する。地質調査の際にデータをデジタルデータとして直接収集するシステムの開発を行う。標準化の国際動向を把握して、シームレス地質図や地質情報のアジア地域での共通化に関する研究を行う。

本年度は、20万分の1日本シームレス地質図については、2D 版と3D 版を統合して表示できる新ビューアを開発、公開した。また各種パラメータを設定して描画を調整できる Web サイト「シームレス傾斜量図」を公開した。地質図 Navi については、シームレス地質図 V2の表示機能を追加したほか、プレート等深線や赤色立体図に対応した。標準化については、地質関連 JIS (A0204,A0205) の改定作業を進めた。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕シームレス地質図、数値地質図、標準化、JIS、傾斜量図、3D

〔テーマ題目27〕情報地質の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕中澤 努（情報地質研究グループ）

〔研究担当者〕中澤 努、尾崎 正紀、中野 司、長 郁夫、野々垣 進（常勤職員5名）

〔研究内容〕

本研究課題では、地層や地質試料から新たな地質情報を抽出し、それらを高度化・統合化することによって、新たな地質学的視点を創出する研究を行っている。

H29年度は、2016年熊本地震で甚大な建物被害が生じた熊本県益城町のボーリングコア解析と既存ボーリングデータの対比を実施した。その結果、被害集中域では、特定の火砕流堆積物が他地域よりも厚く分布するとともに、表層には地下水で飽和し粘土化したラハール堆積物が分布することが明らかになった。また、筑波台地の更新統下総層群の層序を再検討した。既存のコア試料の層相・テフラ・花粉化石解析を行うことにより、これまで提示されていた層序を大きく改訂した。

極小微動アレイの精度評価を目的として、茨城県潮来市で表面波探査と極小微動アレイ探査をそれぞれ実施し位相速度の解析結果を比較した。新しい速度構造推定手法の研究として、浅部地盤の微動アレイ探査に適した速度構造インバージョンアルゴリズムを開発した。また東京近郊の地質に対応する地盤データを得るために同地域で微動観測を実施し、地盤の共振周波数と地層分布との対応を評価した。

双3次 B-スプラインを用いた地層境界面推定法に関する研究として、測定データの分布に基づく節点の配置方法を検討した。等間隔に配置する方法、各区間の基準座標の個数を均等にする方法、基準座標の個数の大きい区間を2分割する方法、測定データの分散を利用する方法、という4つの節点配置方法を検討し、それぞれの特徴をまとめた。

X 線 CT 岩石学の研究として、SPring-8で開発中の scanning and imaging X-ray microscope (SIXM) CT 装置と micro-focus X-ray CT 装置用の画像再構成ソフトウェアを高度化した。それらを含む SPring-8 で開発した各種 X 線 CT 装置を用いて「たんぼぼ」計画の回収試料を分析し、小惑星探査機「はやブサ2」の回収試料の分析のための予備実験を行った。また平行な X 線光束や扇状もしくは円錐状に広がる X 線ビームを用いた X 線 CT 装置を模した、与えられた3次元画像の上の物体像を透視して透明体として表示する X 線 CT シミュレータのソフトウェアを開発した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕情報地質、3次元解析、地質層序、X 線 CT 岩石学

〔テーマ題目28〕リモートセンシングの研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕岩男 弘毅（リモートセンシング研究グループ）

〔研究担当者〕岩男 弘毅、二宮 芳樹、山本 浩万、小畑 建太、浦井 稔、堂山 友己子（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

衛星情報を用いた地質・資源・防災・環境等の研究開発を行った。地質・資源に係る研究としては、広大な「チベット高原西部区域」を対象とした広域岩相・鉱物マッピングを推進した。作成中のデータセットによる予備的な解析の結果、これまでの手法では検出できなかったオフィオライト岩体分布域が精度よく得られることが確認された。環境に係る研究としては、植生量推定のための植生等値線方程式（モデル）の精度を高める研究を行い、逆算時の誤差を現状の1/5程度に低減させるモデルに発展させた。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕ASTER、衛星、チベット、岩相・鉱物マッピング

〔テーマ題目29〕海洋地質の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕片山 肇（海洋地質研究グループ）

〔研究担当者〕片山 肇、板木 拓也、井上 卓彦、天野 敦子、佐藤 智之、杉崎 彩子、三澤 文慶（常勤職員7名、他6名）

〔研究内容〕

日本周辺海域の海洋地質情報を整備公開するとともに、日本周辺海域の地質構造発達史、活断層評価、堆積作用、古環境変動、海底火山や熱水活動等に伴う地質現象の解明を目指している。今年度は以下のような成果を得た。

日本周辺海域の地質構造に関する研究では、石垣島周辺海域および伊勢湾海域の音波探査や地形調査から、これらの海域の層序や活構造、地質構造発達史に関する解析を行った。また、房総半島沿岸において海域と陸域との連続性について検討を進めた。さらに、伊豆小笠原海域や日本海溝において海底鉱物資源ポテンシャル、火山およびプレート運動等に関連した地質構造探査を行った。堆積作用の研究では、奄美大島周辺海域の堆積物調査を行うとともに、沖縄・奄美周辺海域、房総半島周辺および相模湾における堆積作用の検討を進めた。古環境変動の研究では、沖縄東方海域、日本海および房総沖等で採取された柱状試料および表層堆積物試料を用い、微化石、バイオマーカー、岩石磁気、放射性炭素および光ルミネセンス年代等の分析結果などを基に海洋環境の変遷およびその原因となった海水準変動や海洋循環の変動との関係について検討した。さらに、これまでの海洋調査で取得された音波探査記録および堆積物試料のデータベース化を進めた。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕海洋地質、日本周辺海域、海底地質構造、
海域活断層、堆積作用、古環境

〔テーマ題目30〕地球変動史の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕渡辺 真人（地球変動史研究グループ）

〔研究担当者〕渡辺 真人、七山 太、小田 啓邦、
兼子 尚知、佐藤 雅彦
（常勤職員5名）

〔研究内容〕

1) 新生代統合高分解能タイムスケールの研究

珪藻、火山灰、古地磁気等を統合する中新世以降の高分解能タイムスケールの高精度化に関する研究を行うとともに、高分解能タイムスケールを利用して日本列島の新生界の層序を再検討する。本年度は北海道産鯨類化石の年代決定と、道東新第三系の珪藻化石層序の予察的検討を行った。

2) 古地磁気変動と岩石磁気に関する研究

古地磁気強度変動に関する研究、地磁気逆転・エクスカージョンの詳細とその宇宙線生成核種との関連に関する研究、古地磁気記録の信頼性向上と古地磁気層序への応用、磁気顕微鏡に関する基礎技術開発等を行う。また、岩石磁気手法の古環境研究への応用も行う。本年度は SQUID 磁気顕微鏡の SN 比向上のための改良を行い、古地磁気連続測定データのデコンボリューションの改良を行った。また、Jack Hills ジルコンの残留磁化強度の分析と加熱実験を行った。磁気記録と気候変動における機械学習手法の開発に関する国際共同研究プロジェクトを立ち上げた。

3) 堆積物の分析手法に関する基礎的研究

堆積物の採取方法、堆積物の非破壊イメージング、粒度分析等の基礎的研究を行う。本年度は北海道において、暁新統～下部始新統の碎屑岩の LA-ICP-MS による砂岩化学分析と U-Pb 年代測定を行い、幾つかの新知見を得た。

4) 物理探査の研究

地球物理マッピング技術を用いて海底拡大系の研究を行う。また、海底地質構造探査を高分解能化するために潜水船や ROV を用いた海底近傍での磁気探査技術の研究を行う。さらに、地中レーダーや高分解能地層探査装置を用いた沿岸域堆積物のイメージングに関する技術、およびその基礎となる堆積学的研究を行う。本年度は沖縄島南部周辺海域重磁力異常図の作成を行った。

5) 大型化石による古環境解析に関する研究

過去の地球環境のより高精度な復元をめざし、大型化石の記載分類学的研究に基づく古環境指標ポテンシャルの評価と、化石の炭酸塩骨格を対象とした酸素・炭素同位体組成分析結果に基づく古海水温推定に関する研究を行う。本年度は奄美大島西方海域で採取した試料からコケムシ骨格を抽出し検討した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕複合年代層序、タイムスケール、テクトニクス、物理探査、地球物理マッピング、古地磁気、岩石磁気、沿岸堆積物、地中レーダー、粒度分析、大型化石、古環境解析

〔テーマ題目31〕海洋環境地質の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕鈴木 淳（海洋環境地質研究グループ）

〔研究担当者〕鈴木 淳、高橋 暁、長尾 正之、
田村 亨、山岡 香子、清家 弘治
（常勤職員6名）

〔研究内容〕

人類活動により影響を受ける将来の環境を考えるため、都市沿岸域の環境及び海洋・地球環境について、環境変動幅と変動要因を明らかにすべく、安定同位体比分析法及び光ルミネッセンス（OSL）年代測定法の高度化を進めると共に、海洋環境地質に関する研究を実施した。

海洋酸性化や水温上昇が炭酸塩殻生物に与える影響に関する研究の一環として、琉球列島の造礁サンゴ骨格の化学分析から過去100年間の人為起源の二酸化炭素の地球表層への排出に伴う海洋酸性化の履歴を明らかにした。また、粉末 X 線回折技術より高感度に方解石結晶を検出することができる新たな熱ルミネッセンス分光技術を用い、正確な古海洋情報復元のために不可欠な続成変質をほとんど受けていない化石サンゴ試料を選別する評価技術の検討を行った。

砂質沿岸域の古環境復元に関する研究については、国内では、昨年度に引き続き鳥取県弓ヶ浜半島などの海岸砂丘の堆積物について風成堆積作用の変動及びそれに起因する気候変動の復元を実施した。国外では、オーストラリア東部～南部のクリーズランド州からビクトリア州にかけての地域に加え、アジアデルタ（メコンデルタ、長江デルタの堆積物）を対象とした研究を展開し、採取した試料について光ルミネッセンス（OSL）年代測定を行うことにより、環境の詳細な変遷を解明した。

海底鉱物資源の環境影響評価に係わる研究として、コバルトリッチクラストを対象にして、国際海底機構の定める環境ガイドラインの適用を想定した環境ベースライン調査法についての基礎的な検討を実施した。コバルトリッチクラストや海底熱水鉱床の成因に関する基礎研究から、環境影響評価への応用可能性を探る検討を実施した。また、海域における地質情報研究部門整備の一環として、日本周辺海域鉱物資源分布図を出版した。

この他、地質調査関連技術の高度化と普及を進めた。音響反射強度から底質判別を行う沿岸観測手法の高度化を進めた。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地球温暖化、海洋酸性化、海面上昇、沿岸、炭素循環、気候変動、古海洋学、サ

ソゴ礁、デルタ、酸素同位体比、土壌、
光ルミネッセンス年代測定法

【テーマ題目32】資源テクトニクスの研究（運営費交付金）

【研究代表者】下田 玄

（資源テクトニクス研究グループ）

【研究担当者】下田 玄、針金 由美子、佐藤 太一、
後藤 孝介、遠山 知亜紀、田中 弓
（常勤職員5名、他1名）

【研究内容】

海底鉱物資源探査指標の確立のため、高精度化学分析に適した実験室環境の構築しつつある。これにより、海底熱水鉱床、マンガンクラスト、海底噴出熱水、海底堆積物などの元素・同位体分析の為の環境を整え、沈み込む海洋地殻や堆積物、海底鉱物資源の形成プロセスに基づいた探査手法の開発に着手し始めた。今年度も安定同位体分析の高感度化を重点的に行った。安定同位体比の分析に関しては、ICP-MS（誘導結合プラズマ質量分析計）による測定条件の決定が概ね終了した。今年度からは塩素の同位体比分析を目指した実験を開始した。標準岩石試料からのハロゲン元素の分離方法を産総研内で確立しつつある。また、海底鉱物資源に関連する様々な試料の元素分析や同位体分析を行い、地球化学的指標の検討を引き続き行った。海底鉱物資源探査指標の確立には、海底岩石中に、どのような種類の有用元素が分布しているのかを解明することが求められる。なぜなら、鉱床の成因や規模を特定することが期待できるからである。これらの手法を陸域の塊状硫化物鉱床に適用して有用性を検証すれば、海域の鉱化作用の分布と規模の評価への応用が可能になると考えているので、画像解析に関する研究も行った。地磁気異常に関しては、深海曳航磁気探査等の海底近傍磁気探査による研究を行っている。熱水噴出域の賦存が期待できる背弧リフトでの応用を見据えた研究に着手した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】海底鉱物資源、テクトニクス、伊豆-小笠原弧、沖縄トラフ、フィリピン海プレート、地球化学、岩石学

【テーマ題目33】地球化学の研究（運営費交付金）

【研究代表者】岡井 貴司（地球化学研究グループ）

【研究担当者】岡井 貴司、太田 充恒、御子柴 真澄、
間中 光雄、久保田 蘭
（常勤職員5名）

【研究内容】

地殻における元素の地球化学的挙動解明の研究として、炭酸塩中の元素の挙動と分析法の研究、島弧-大陸地域の火成活動に関する地球化学的研究、鉄・マンガン酸化物、炭酸塩鉱物、河川-海洋堆積物、土壌などに取り込

まれた微量元素の挙動及び存在状態解析の研究及び、地表環境下における粘土鉱物が関与する岩石-水反応の研究を行った。

炭酸塩中の元素の挙動と分析法の研究では、サンゴ中の Sr/Ca 比及び Mg/Ca 比等を用いた環境変動の解明について、天然及び飼育サンゴを用いて検討した。また、石灰岩中の水銀について加熱気化原子吸光法により分析を行った結果、試料によるバラツキが大きかったことから、ペインの有無等岩相による違いの検討を開始した。島弧-大陸地域の火成活動に関する地球化学的研究では、阿武隈山地深成岩類の地球化学的・岩石学的特性の検討及び、深成岩類の年代測定結果のとりまとめを行うと共に、蛍光 X 線分析による主成分定量分析の最適化を検討した。鉄・マンガン酸化物、炭酸塩鉱物、河川-海洋堆積物、土壌などに取り込まれた微量元素の挙動及び存在状態解析の研究では、奄美大島周辺海域の表層堆積物試料の化学分析及び奄美諸島の河川堆積物・土壌試料の採取・化学分析を行い、奄美諸島における元素分布及び陸域から海域への元素移動について検討すると共に、土壌試料については存在状態解析も行い、同様の分析・解析を同時に行った八丈島土壌試料との比較検討を行った。また、淡路島河川堆積物の元素分布について、瀬戸内海諸島の河川堆積物試料の元素の分布と合わせて、その挙動について陸域からの影響も含めて検討し結果を報告するとともに、九州周辺諸島の河川堆積物分析結果を取りまとめて報告した。その他、九州地方の河川堆積物の元素分布と Sr 同位体比の解析、BCR 法による地質試料中の元素の存在状態分析における乾燥方法による形態の変化及び経年変化の検討、X 線吸収スペクトルに基づくランタノイドの化学形態分析の検討を行った。地表環境下における粘土鉱物が関与する岩石-水反応の研究では、岩石の鉱物組成と化学的浸透圧による地下水流動への影響について、室内実験により浸透圧パラメータの塩分濃度依存性を評価して報告すると共に、有馬温泉周辺及び蓬莱峡における水理特性と熱水変質鉱物との関係を取りまとめて報告した。また、粘土鉱物共存化の黄鉄鉱とアルカリ性水溶液の反応実験において、水溶液の pH の違いによって、生成する水酸化鉱物が異なることを確認すると共に、幌延の堆積岩と溶存酸素の反応実験において、岩石の化学組成を明らかにし、ノルム鉱物量を計算して構成鉱物量を確認した。その他、新たに簡易な岩石-水反応装置を作製し、予備試験を実施して改良を進めている。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】地球化学、土壌、堆積物、炭酸塩、火成岩、存在形態

【テーマ題目34】地球物理の研究（運営費交付金）

【研究代表者】名和 一成（地球物理研究グループ）

【研究担当者】名和 一成、大熊 茂雄、伊藤 忍、

山口 和雄、大滝 壽樹、大谷 竜、
住田 達哉、宮川 歩夢、木下 佐和子、
村田 泰章（福島再生可能エネルギー研
究センター）、横倉 隆伸、駒澤 正夫、
稲崎 富士、中塚 正
（常勤職員10名、他4名）

〔研究内容〕

国土及び周辺地域の地下構造・地下動態の把握・解明の為に、各種物理的手法による計測・探査・解析・解釈技術の開発・改良を行う。複数の地質・地球物理情報に基づく、モデリング・モニタリング手法やシミュレーション手法の開発を行う。所内外の連携研究を中心としたプロジェクト研究の基礎を支え、将来の新しいプロジェクト創出となる萌芽の研究も実施する。具体的には、日本の陸域の地質情報整備の一環としての地球物理図の整備と沿岸域の海陸シームレス地質情報の整備の基礎を支える。また地質調査総合センターの他部門・グループとの連携研究を推進するとともに、計量標準総合センターや他の研究機関、民間企業との連携・共同研究にも積極的に携わる。H29年度には、地質調査総合センターの出版物として金沢地域重力図（ブーゲー異常）、平成28年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告を出版・公開した。科学研究費補助金による継続課題を進捗させるとともに、新規課題も採択された。大学・公的研究機関との共同研究・共同利用に加えて、財団法人・民間企業等との共同研究・技術コンサルティングも実施した。前年度から引き続きリサーチアシスタントとポスドクを雇用し、物理探査をコア技術とした地質の調査に携われる人材の育成にも取り組んだ。H30年3月の地質情報研究部門主催研究会「浅層地盤・地質の詳細構造解明に資する精密物理探査の現状と課題」を企画・開催した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地球物理、地殻構造、地球ダイナミクス、地球科学情報、重力探査、重力モニタリング、地震探査、地震波解析、磁気探査、データベース

〔テーマ題目35〕地球化学標準試料 ISO（地質分野特定事業費）（成果普及品自己財源）

〔研究代表者〕岡井 貴司（地球化学研究グループ）

〔研究担当者〕岡井 貴司、今井 登、太田 充恒、御子柴 真澄、間中 光雄、久保田 蘭、立花 好子（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

地質試料は多種・多様な成分で構成され、化学分析の際には各成分が互いに影響しあうため、正確な分析を行うためには、目的とする試料と主要な化学組成が良く似た、目的成分の濃度が決められている標準試料が必要不可欠である。地質情報研究部門は化学分析用岩石標準試料の国内唯一の発行機関として、1964年以来50年以上

にわたって地質関連試料の標準試料を作製し、世界各国の研究機関との共同研究により、化学組成や同位体組成、年代値の信頼性の高いデータを定め公表してきた。この標準試料は世界中で活用されており、分析精度を高める標準として世界的に大きな貢献をしている。しかしながら、近年の国際化の動きの中で、標準物質は国際的な標準である ISO のガイドラインに対応することが必要とされるようになってきたため、当部門発行の岩石標準試料についても、NITE 認定センターより、ISO に対応した標準物質生産者としての認定（ASNITE 認定）を取得し、ISO の規定に則った認証標準物質（地球化学標準物質）とした。標準試料の各種情報はデータベースとしてインターネット上で公開しており、認証書の見本や、これまでに報告された各試料および成分毎の個別的分析データ等を見ることができる。

本年度は、昨年度作製した花崗岩標準試料 JG-3a（島根県雲南市三刀屋花崗岩）について初期分析を行うとともに、均質性の確認及び共同分析を行った。初期分析の結果は、各成分とも既存の JG-3試料とほぼ同程度であった。均質性の確認は、主要な9成分について、試料作製時に6つに分割した各スプリットからランダムに各2本ずつ抜き取り、計12本を用いて行った。また、スプリット5については同一スプリット内から5本を抜き取り、スプリット内での均質性を確認するとともに、特定の瓶について瓶の上部から5分割し、瓶内の均質性も確認した。共同分析は、外部7機関及び地球化学研究グループの計9機関で、主成分（12成分）について行ったが、外部1機関については分析が来年度になったため、仮認証値の設定は全機関分のデータがそろそろ来年度とした。

標準物質生産者としての ISO 認定については、2016年11月に ISO 17034: 2016 General requirements for the competence of reference material producers が制定されたため、認定基準がこれまでの ISO Guide34:2009 (JIS Q0034:2012) General requirements for the competence of reference material producers から ISO 17034に変更になった。移行期間は2016年11月から3年となっており、今年度の定期検査については、Guide34で受けることも可能であったが、次回の検査スケジュールが制約されるため、今年度の検査から、新しい ISO 17034にしたがって受審した。認定基準の変更に伴い、リスクマネジメントの明確化や記録類の追加・書式変更等が必要であったが、適切にマニュアル類の改訂及び記録・データ類の管理を行って認定基準に適合させ、指摘事項無しで認定の継続が認められた。また、要員教育においては、特性値決定要員の育成を目指し、湿式法による化学分析手法の教育訓練を重点的に行った。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕国際標準、標準物質、地球化学、岩石、土壌、化学組成

⑤【地質情報基盤センター】
(Geoinformation Service Center)

所在地：つくば中央第7

人員：26名（8名）

概要：

地質情報基盤センターは、地質調査総合センターの研究部門及び同研究企画室との密接な連携のもとに、地質・地球科学に関する信頼性の高い、公正な地質情報を国民に提供している。国土の利用、地震・火山噴火等の災害対策、資源の確保、環境問題などへの対応に効果的に使われるべき公共財として、地質情報の活用の利便性向上を図っている。また、世界的にユニークな地球科学専門の博物館である地質標本館を運営している。ここでは地質標本とともに日本や世界の地質、天然資源、地質災害、地球と人類の関わりについての最新の科学的成果を展示し、土・日・祝日も開館している。さらに、地質試料等の整備・調製、並びにこれらに係る研究支援業務を行っている。

機構図（2018/3/31現在）

[地質情報基盤センター] センター長 佐脇 貴幸

次長 吉川 敏之

次長 藤原 治

総括主幹 加瀬 治

総括主幹 川鈴木 宏

[整備推進室] 室長 吉川 敏之

[出版室] 室長 加瀬 治

[アーカイブ室] 室長 内藤 一樹

[地質標本館室] 室長 川鈴木 宏

整備推進室

(Data Services and Communication Office)

(つくば中央第7)

概要：

整備推進室は、地質情報の整備・統合・発信に関するニーズ把握・計画・調整・ウェブサービス、ならびに法制度・標準化・国際関係・産学官連携にかかる管理機能を所掌する組織として、地質調査総合センター公式研究成果の地理空間情報に係るデータ整備とウェブからの発信、そして利活用調査を行った。

データ整備では既刊の25区画分の5万分の1地質図幅 Shapefile と kml のベクトル形式のデータを追加公開した。また、出版済み19地域の火山地質図のベクトルデータと WMS/WMTS を公開した。

ウェブからの発信では、地質調査総合センター公式ウェブサイトの管理、クラウドコンピュータ上でのデータベースシステムの運用及び改善を進めるとともに、GitHub によるオープンソースソフトウェアのソース

コードを公開した。また、地質標本館キッズページの制作を担当し、更新を進めた。

利活用調査では、国内外の地質情報利活用事例や市場ニーズの調査を進め、とりまとめた結果を公開した。

出版室

(Publication Office)

(つくば中央第7)

概要：

出版室は、産総研の「地質の調査」業務に基づく地質・地球科学に関する研究成果の出版及び管理、地質情報の標準化整備及び数値化、並びにこれら研究成果の普及に関する業務を行った。各研究部門で作成された地質図・地球科学図の編集と出版、研究報告書、GSJ 地質ニュースの編集と出版を行った。また、地質出版物・データベースの著作物利用申請に対応した。

地質情報整備では地質情報に関する標準化を進めており、既刊地質図類のラスターデータ整備を実施した。また、地質領域の研究企画室と協力して地質情報展等の地質関連イベントで成果普及活動を行うとともに、地質図類のより一層の利活用促進を目指し、ウェブ等を通じて研究成果品の紹介・普及を進めた。

アーカイブ室

(Archive Office)

(つくば中央第7)

概要：

アーカイブ室は、「地質の調査」に係るメタデータの整備及び提供、地質文献資料・地質図等の収集・管理、地質試料の登録・管理・利用支援・データベース化及び機関アーカイブに関する業務を掌る。

メタデータの整備については、地質文献データベース及び地理空間情報クリアリングハウスにおいて、それぞれの管理・運営とデータの追加更新を行った。文献資料・地質図等の収集活動については、国内外関連機関との文献交換等を通じて行った。明治～戦前発行の貴重図等の永久保存のために、簡易修理及び脱酸性化作業を行った。文献収集活動等の情報の整備とデータベースによる提供を組織的に行うことにより、地質情報の活用を促進した。既刊出版物、標本館グッズ、標準試料の管理・頒布・払い出し・オンデマンド印刷を行った。地質試料の管理については、登録試料の現品確認を進めた。機関アーカイブに関しては、印刷校正データも含め、登録・保管を進めた。

地質標本館室

(Geological Museum Office)

(つくば中央第7)

概要：

地質標本館室は、運営グループ及び地質試料調製グ

ループの2つのグループから構成される。平成29年度においては、以下を実施した。

運営グループは、地質標本館の運営、展示及び管理に関する業務並びに地質標本館における地質の調査に係るアウトリーチに関する業務を担当し、「2016年熊本地震 活断層に備えよう」や「魅惑の鉱物 ―北川隆司鉱物コレクションと青柳・今吉鉱物標本―」など定期的に特別展を開催したほか「化石クリーニング体験教室」などのイベントをはじめ講演会等の実施並びに外部出展協力を実施した。また、日本列島立体模型をプロジェクションマッピング化するなど、展示内容の更新を実施した。

地質試料調製グループは、薄片及び研磨片等試料の調製に関する業務を担当し、岩石薄片・研磨片等1,599枚を作製するとともに、「リケジョサイエンスカフェ」等で薄片ラボツアーなども実施し、成果普及活動への協力等を行った。また、技術コンサルタント契約を1社から請負った。

両グループとも、技術研修生を受け入れる等、研究所外の人材育成等にも協力した。

研 究

地質の調査

① 地球科学図

本年度の各種地質図類の編集・発行は、重力図1件、5万分の1地質図幅4件、海洋地質図1件、特殊地質図2件である。

刊 行 物 名	件 数	発行部数	摘 要
	図類・冊子		
重力図（ブーゲー異常図）	ウェブ出版	—	No.33 金沢地域重力図
5万分の1地質図幅	4・4	各 1,500	「観音寺」、「泊」、「鳥羽」、「一戸」
海洋地質図	CD-ROM 1	1,000	No.89 響灘海底地質図
特殊地質図	1・0	1,000	No.33 日本周辺海域鉱物資源分布図（第2版）
	ウェブ出版	—	No.41 栃木県シームレス地質図

② 地球科学研究報告

本年度の研究報告書は、地質調査研究報告が第68巻1号～6号6件、GSJ 地質ニュース第6巻4号～12号 第7巻1号～3号12件、活断層・古地震研究報告1件、地質調査総合センター速報2件である。

刊 行 物 名	件 数	発行部数	摘 要
地質調査研究報告	6	各 200	Vol.68 No. 1, 2, 3, 4, 5, 6
GSJ 地質ニュース	12	各 650	Vol.6 No. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 Vol.7 No. 1, 2, 3
活断層・古地震研究報告	1	1,450	活断層・古地震研究報告 第17号（2017年）
地質調査総合センター速報	2	ウェブ出版 300	No.74平成28年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告 No.75平成29年度研究概要報告書・石垣島・奄美大島周辺海域・

③ 普及関連出版物

本年度の普及関連出版物は24件を登録した。そのうち無償が16件（他部門筆頭が2件）、有償（標本館グッズ）が8件であった。

④ 刊行物販売状況

研究成果普及品のうち「地質の調査」に係るものは、地質情報等有料頒布要領（27要領第122号）により、地質調査情報センター及び地質標本館が有料頒布業務を遂行することになっている。平成29年度は、下記のように有料頒布を実施し、収入を得た。

○平成 29 年度 研究成果普及品及び標準試料頒布収入

地球科学図及び地球科学データ集

3,729,070 円

内 訳	頒布部数	頒布金額
委託販売収入 (6社合計)	2,175	3,365,418
直接販売収入 (地球科学図ほか)	141	188,800
直接販売収入 (オンデマンド)	157	174,852
合 計	2,473	3,729,070

普及出版物及び標準試料

1,802,550 円

内 訳	頒布部数	頒布金額
直接販売収入 (普及出版物ほか)	4,446	1,802,550

標準試料

7,931,520 円

内 訳	頒布部数	頒布金額
委託販売収入 (2社合計)	623	7,931,520

⑤ 文献交換

「地質の調査」に係る研究成果物をもとに、国内外の「地質の調査」に関係する機関と文献交換を行い、地質文献資料の網羅的収集に努めている。さらに、収集資料の明確化と広範囲の利用者の利便性を考慮して、地質文献データベースを構築し、インターネットで公開を行っている。

国内外交換先

	計	JAPAN	EUROPE	ASIA	AFRICA	U.S.A.	CANADA & C. AMERICA	SOUTH AMERICA	OCEANIA
国 数	147	1	34	37	42	1	10	12	10
機関数	1,033	417	211	160	56	82	29	44	34

交換文献内訳

	計	地質調査研究報告	その他報告類	地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅)	その他図幅	CD-ROM
件 数	11	5	1	3	1	1
所外送付部数	1,636	749	209	323	104	251
国外送付部数	1,418	55	208	663	221	271

⑥ 文献情報活動

文献交換等で収集した地質文献資料の効果的・効率的な利用を目指して、地質文献データベース（統合版 GEOLIS 及び貴重資料データベース）を構築しウェブ公開を継続している。今年度は、オンラインジャーナル RSS 発信データ取得システムの改良についての機能拡張を行った。統合版 GEOLIS の登録数は12,045件、ウェブ公開で17,037,878件のアクセス数（Webalizer による、以下同様）である。貴重資料データベースの登録はなし、アクセス件数は141,001件であった。また、地質文献データベースのデータを使用した Linked Open Data(LOD) の構築のため、GBANK 上に統合版 GEOLIS、日本の火山データベース、地質標本データベース及び地質調査総合センター出版物の各データとの LOD データセット (GSJ LD) の構築を継続するとともに、画像公開サービス (IIIF) サーバーを整備した。

受 入

	単行本 (冊)	雑誌 (冊)	地図類 (枚)	電子媒体資料 (個)
購 入	213	106	35	44
寄贈・交換	136	2,390	374	65
計	349	2,496	409	109

製本・修理 (冊) 1,039
 脱酸性化 (冊) 2,709、 (枚) 277

地質文献データベース登録数・アクセス件数など

	登録数	登録総数	アクセス件数
統合版 GEOLIS	12,045	493,909	17,037,878
貴重資料データベース	0	976	141,001
計	12,045	494,885	17,178,879

閲覧・貸出など情報提供

所外閲覧者	入館者	閲覧件数	貸出件数
101	4,717	3,897	5,011

地質文献複写外部委託

件数 (件)	コピー (枚)
459	7,384

⑦ メタデータ及びデータベースの整備

「地質の調査」の成果である地質図・地球科学図等の情報に関し、インターネットを通じて利活用出来るよう、メタデータ作成、数値化及びデータベース化を行っている。

メタデータ整備業務では、国土交通省国土地理院の地理空間情報クリアリングハウス用の地理標準フォーマット JMP2.0版に基づくメタデータを1,663件整備しウェブ公開した。

⑧ 数値化・地理空間情報の配信

地質図類ベクトル数値化整備業務では、20万分の1地質図幅1図幅、5万分の1地質図幅4図幅および富士火山地質図をベクトル数値化し、データの校正・編集を行った。5万分の1地質図幅25区画の Shapefile と kml 形式のベクトルデータを公開した。

○平成29年度 地質図・地球科学図データベース及びメタデータ整備

1. 地質図・地球科学図データベース整備 (件数)	
20万分の1地質図幅、5万分の1地質図幅等の数値化数	3
5万分の1地質図幅ベクトルデータ公開	25
2. メタデータ整備 (件数)	
地理空間情報クリアリングハウス：メタデータ登録数	1,663

⑨ 5万分の1地質図幅調査等に係る機関アーカイブ作成

地質図幅をはじめ、重力図や海洋地質図などの産総研地質調査総合センター発行出版物についての、基礎データの登録・保管を進めた。平成29年度は、22件の基礎データの受付・登録を行った。

⑩ 地質試料の管理

岩石試料510点、化石試料13点、鉱物試料2点を標本登録した。標本利用（画像利用を除く）は、38件（322点）であった。

○地質標本館関係行事一覧

実施期間	特別展及び速報	講演会	外部出展	イベント	入館者・参加者
2017/4/4～6/4	春の特別展・地震・活断層巡回展 「2016年熊本地震 活断層に備えよう」				期間中の入館者数 6,856人
2017/4/22		科学技術週間特別講演会 ー活断層研究日奈久断層帯の「履歴書」ー			聴講者数 45人
2017/5/13～14			つくばフェスティバル 2017への出展協力		化石塗り絵、地質図塗り絵配布枚数 150枚
2017/7/1				化石クリーニング体験教室 プレイイベント「植物化石から環境を探る」ビデオ上映会	聴講者数 88人
2017/7/11～10/1	夏の特別展 「魅惑の鉱物ー北川隆司鉱物コレクションと青柳・今吉鉱物標本ー」				期間中の入館者数 20,884人
2017/7/22		一般公開特別講演 「鉱物が語る地球の進化」 「資源になる鉱物」			聴講者数 72人
2017/8/25				地質標本館 夏休み化石クリーニング体験教室 2017	参加者数 27人
2017/8/26				夏休み 地球何でも相談	相談数 34組
2017/9/16～18			「地質情報展2017えひめ」への出展協力		来場者数 1,101人
2017/10/17～12/27	秋の特別展「えひめの地質ー四国の五億年ー」				期間中の入館者数 7,574人
2017/11/18～19			つくば科学フェスティバル2017への出展協力		実験参加者 260人 しおり作成 150枚
2018/1/10～3/4	冬の特別展「日本ー長い国立研究所の歴史ー地質図で見るGSJの135年ー」				期間中の入館者数 3,827人
2018/1/19～3/31	ミニ企画展 「富士山5,000mの科学ー駿河湾北部の地質と自然を探るー」				期間中の入館者数 6,214人
2018/3/6～3/25	特別展 「GSJのピカイチ研究ー2017年のプレスリリース、主な研究成果よりー」				期間中の入館者数 2,200人
2018/3/28				第27回「自分で作ろう！化石レプリカ」	参加者数 41人

研 究

○地質標本館入館者数（平成 29 年度総数 46,787 人）

入館者数	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
個人	2,222	2,289	1,281	7,281	8,589	2,148	2,491	1,683	1,164	1,246	1,745	2,451	34,590
団体	1,819	415	1,001	1,062	1,572	1,017	1,473	1,373	872	205	571	817	12,197
計	4,041	2,704	2,282	8,343	10161	3,165	3,964	3,056	2,036	1,451	2,316	3,268	46,787

○団体見学への地質標本館内説明実績（対応件数 397件）

	区分	件数	内容
学校関係	小学校	22	地層・岩石の話
	中学校	24	地層・岩石の話
	高校	75	地質調査に係る研究成果紹介
	大学・専門学校（国内）	28	地質調査に係る研究成果紹介
	大学・専門学校（海外）	5	地質調査に係る研究成果紹介
視察・VIP	視察・VIP（国内）	15	地質調査に係る研究成果紹介
	視察・VIP（海外）	5	地質調査に係る研究成果紹介
国際関係	海外研修生等	19	地質調査に係る研究成果紹介
その他	その他（一般団体）	204	地質調査に係る研究成果紹介
合 計		397	

○地質標本館室 職場体験学習生・研修受入

職場体験学習生	桜並木学園つくば市立並木中学校4人	1日間（4人）	中学生の職業観の育成等（中学校のカリキュラム対応）
	芝浦工業大学柏中学高等学校 6人	2日間（6人）	中学生の職業観の育成等（中学校のカリキュラム対応）

博物館実習	川村学園女子大学 8人	10日間（8人）	博物館業務に係る試・資料の収集・保管・展示等の指導
	東洋大学 1人	10日間（1人）	
	筑波大学 3人	10日間（3人）	
	千葉科学大学 1人	10日間（1人）	
	お茶の水女子大学 1人	10日間（1人）	

薄片技術研修	丸本ストルアス株式会社	3日間（1人）	岩石薄片作製に必要な基本技術の習得
	警察庁科学警察研究所	3日間（1人）	岩石薄片作製に必要な基本技術の習得
	国立研究開発法人物質・材料研究機構	3日間（1人）	岩石薄片作製に必要な基本技術の習得
	高知大学理学部海洋コア総合研究センター	2日間（3人）	岩石薄片作製に必要な基本技術の習得
	東京大学大気海洋研究所	5日間（1人）	岩石薄片作製に必要な基本技術の習得
	アースサイエンス株式会社	5日間（1人）	岩石薄片作製に必要な基本技術の習得
	国土交通省国土技術政策総合研究所	3日間（1人）	岩石薄片作製に必要な基本技術の習得
	農業・食品産業技術総合研究機構	3日間（1人）	岩石薄片作製に必要な基本技術の習得

7) 計量標準総合センター

(National Metrology Institute of Japan)

総合センター長：白田 孝

所在地：つくば中央第3

概要：

計量標準総合センター（National Metrology Institute of Japan：NMIJ）は、工学計測標準研究部門、物理計測標準研究部門、物質計測標準研究部門、分析計測標準研究部門、計量標準普及センター、研究戦略部から構成される。計量標準の整備は計測技術の研究開発とともに、計量標準総合センターの重要なミッションであり、産業技術の基盤として大きな発展が望まれている。計量標準を整備する4つの研究部門とその成果普及業務等を実施する「計量標準普及センター」、企画調整等を担う「研究戦略部」が互いに連携を取りながら、経済産業省が企画立案する政策のもと、計量標準や計測分析技術に関する先導的な研究開発を行うとともに、質の高い標準供給を行い、我が国のトレーサビリティ制度と法定計量制度の発展に貢献している。また、計量標準総合センターは、外部からは産総研の計量に関わる活動の中核的な組織として、国際的にはメートル条約などにおいて日本の代表機関として位置付けられている。なお計量標準総合センターの計量標準以外の活動については該当する部署の記載を参照されたい。

計量標準の整備・普及や研究成果の橋渡しに関わる活動を円滑かつ確実に実施するため、NMIJ 運営協議会、NMIJ 技術マーケティング会議、物理標準分科会、化学標準分科会を、それぞれ定期的に開催している。

具体的な、主な活動は以下の通りである。

- 1) 標準整備計画に基づく、既存の計量標準の維持・改善と新しい標準の研究・開発
- 2) 高品質な標準の供給、共同研究・技術指導、広報・啓発活動等による成果の普及
- 3) 計量標準の需要動向の調査と、それに基づく標準整備計画や研究課題への反映
- 4) メートル条約、OIML 条約などの国際条約に基づく活動（計量標準の国際相互承認 [MRA]、各国の国家計量標準機関 [NMI] との研究協力・技術協力など）
- 5) 計量や計測に関する人材の育成
- 6) 計量法に基づく計量器の型式承認、基準器検査等
- 7) 計量や計測に関する橋渡しに関連した他機関との連携業務等

① 計量標準総合センター研究戦略部

(Research Promotion Division of National Metrology Institute of Japan)

研究戦略部長：藤本 俊幸

研究企画室長：保坂 一元

イノベーションコーディネーター：加藤 英幸

パテントオフィサー：座間 達也

総括企画主幹：齋藤 則生

所在地：つくば中央第1、第3

人員：8名（7名）

概要：

領域長（計量標準総合センター長）は、理事長の命を受けて、各研究領域における研究の推進に係る業務の統括管理を行っている。研究領域間の融合を推進し、業務を実施している。

研究戦略部長は、領域長の命を受けて、各研究領域の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く。）を統括している。研究領域間の融合を推進し、業務を実施している。研究企画室長、イノベーションコーディネーター、およびパテントオフィサー、総括企画主幹は、研究戦略部長の指示の下、これらの業務の実施を分掌補佐している。

計量標準総合センター研究企画室

(Research Planning Office of National Metrology Institute of Japan)

概要：

当室は、産総研組織規程第6条の規定に基づき、計量標準総合センターにおける研究の推進に関する業務を行っている。具体的には、第4期中長期目標の達成に向けて、産総研のミッションの遂行のための戦略を策定し、他独法、国立研究開発法人、地域公設試験研究機関、産業界、大学等への働きかけと連携の強化、ならびに領域内外の融合研究などの種々の取り組みを促進するため、平成29年度は主に下記6つの計画の下、業務を行った。

- 1) 研究戦略、予算編成等に係る方針の企画及び立案並びに総合調整
- 2) 領域プロジェクトの企画、立案及び総合調整
- 3) 領域間連携推進、プロジェクトの企画及び立案並びに総合調整
- 4) 関係団体等との調整
- 5) 領域長及び研究戦略部長が行う業務の支援
- 6) 領域における研究の推進に関する諸業務の遂行

1) については、研究領域における研究の推進に係る研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関する業務を行った。また、第4期中長期目標にもとづいた年度計画の策定を関係各部署・機関と調整の上行った。

2) については、研究領域におけるプロジェクトの企画、立案及び総合調整に関する業務を行った。さら

に、シーズ発掘、各種連携や融合などへの発展を促進した。また、領域の成果の発信の支援として、テクノブリッジフェアへの参加調整の他、各種講演会及び展示会などの企画と運営を行った。

3) については、研究領域間の連携の推進、プロジェクトの企画及び立案並びに総合調整に関する業務を行った。

4) については、研究領域における経済産業省その他関係団体等との調整に関する業務を行った。他独法、国立研究開発法人、地域公設試験研究機関、産業界、大学等への働きかけにより組織的な対話の機会を設け、連携の強化やプロジェクトの共同提案などの発展を支援した。

5) については、領域長及び研究戦略部長が行う業務の支援に関する業務を行った。

6) については、研究領域における研究の推進に関する諸業務を行った。委員会等の事務局、各種発注等の取りまとめなど、領域運営・研究推進に係る諸業務を遂行した。研究ユニットと情報交換を行い、研究ユニットの円滑な運営を支援した。また、ユニット幹部とともに、企業幹部を訪問し、共同研究の推進に努めた。

 機構図 (2018/3/31現在)

[計量標準総合センター研究戦略部研究企画室]
 研究企画室長 保坂 一元 他

②【工学計測標準研究部門】

(Research Institute for Engineering Measurement)
 (存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：高辻 利之
 副研究部門長：小島 時彦
 総括研究主幹：寺尾 吉哉、大田 明博、根本 一
 首席研究員：藤井 賢一

所在地：つくば中央第3、つくば北
 人員：77名 (77名)
 経費：890,056千円 (617,715千円)

概要：

本研究部門では、自動車に代表されるものづくり産業の高度化に役立つ、幾何学量・質量・力学量・流量などに関連する国家計量標準の整備と普及、関係する計測・評価技術の開発・高度化を行っている。これら開発・高度化した計測・評価技術および計測機器を用いて、ユーザーが必要とするソリューションの提供に務める。また、アボガドロ定数精密測定による質量標準など、次世代計量標準の開発を推進する。さらに、

工業標準化や国際標準化をはじめとする基準認証業務への貢献を図る。加えて、計量法の規制が要求される、特定計量器と呼ばれる計量器の型式承認やその検定に必要な基準器の検査など、商取引における消費者保護などを目的とした法定計量業務を実施する。

 内部資金：

交付金 標準基盤研究 円形管路の絞り機構による流量測定方法—スロートタップ式フローノズル

交付金 標準基盤研究 半導体製造工程で使用するプロセスガス流量の標準化

交付金 戦略予算 革新的超微小質量・力・トルク計測技術の開発

交付金 標準基盤研究 高圧気体用圧力計の校正方法及び特性試験方法の標準化

交付金 戦略予算 3D 計測エボリューション

交付金 標準基盤研究 座標測定機 (CMM) による幾何形状測定結果の不確かさ算出法の標準化

外部資金：

経済産業省 平成29年度工業標準化推進事業委託費 (戦略的国際標準化加速事業 (国際標準共同研究開発事業：水素燃料計量システム等に関する国際標準化))

(国研) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 水素利用技術研究開発事業/燃料電池自動車及び水素ステーション用低コスト機器・システム等に関する研究開発/水素ステーションにおける水素計量管理方法に関する研究開発

国立大学法人九州大学 HFO-1123などを成分物質とする混合冷媒の音速の測定「高効率低 GWP 冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発/低温室効果冷媒の性能、安全性評価/中小型空調機器に適合する新規低 GWP 冷媒の物性評価および基本サイクル性能評価」

経済産業省/(一財) 製造科学技術センター 平成29年度エネルギー使用合理化国際標準推進事業 「自動検査プロセス実現のための測定データ標準処理手順」接触式測定との整合性評価実験

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 高レイノルズ数円管流れにおける摩擦損失係数の定式化と普遍速度分布に関する研究

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 質量の単位「キログラム」を基礎物理定数によって定義するための研究開発

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (A) パルス超音波デコンポリューション法を用いたワイドレンジ流速分布過渡流量計の開発

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 高衝撃・高周波領域における三軸加速度センサの周波数特性に関する研究

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B) AFM による線幅計測の不確かさ低減のための探針形状の絶対評価技術開発

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (B) マイクロレオロジーセンサーで切り拓くインライン粘弾性モニタリングの新展開

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (A) 音波と電磁波のマルチスペクトロスコピーによる有極性分子間ポテンシャルの解明

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 新学術領域研究 (研究領域提案型) サーマル分子ピンセット～溶液中の溶質分子を局所温度分布で摘み動かす技術

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 質量単位キログラムの定義改定のための原子空孔濃度の精密計測

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 電磁力によるトルク計測技術を用いた万有引力定数の精密測定に関する研究

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B) ナノポア計測に向けた X 線微小角散乱法の研究開発

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B) 反射光が断続しても動作し続けるハイブリッドレーザ干渉型変位計

埼玉県 産学連携研究開発プロジェクト補助金 高効率カークレイモデル高精度加工ロボットの開発

経済産業省／(公財)長野県テクノ財団 平成29年度戦略的基盤技術高度化支援事業 (回転軸の軸ガタ検出機能を付加した自己校正型ロータリエンコーダの開発)

静岡県 先端企業育成プロジェクト推進事業 (次世代超薄板ガラスのインライン検査を可能とする超高速複屈折計測装置の開発)

経済産業省／株式会社三菱総合研究所 平成29年度工業標準化推進事業委託費 (戦略的国際標準化加速事業: 政府戦略分野に係る国際標準開発活動) 非直交光学式座標測定システムの精度評価法に関する国際標準化

発表: 誌上発表88件、口頭発表109件、その他77件

長さ標準研究グループ

(Length Standards Group)

研究グループ長: 尾藤 洋一

(つくば中央第3)

概要:

長さの標準供給は、産業・科学技術の要であり、その安定的供給には大きな期待が寄せられている。この分野では、高精度な上位の標準から、現場で用いられる下位の標準まで、幅広い標準が求められる。これらの要望に応えるためには、信頼性の高い長さ測定技術の開発が不可欠である。当グループでは、産業界から求められ、また国際比較などで求められている長さ及び平面度などの偏差量に関して標準の確立とそれらの供給体制の整備を行うとともに、民間との連携によって、階層構造に基づく我が国のトレーサビリティ体系を構築している。

研究テーマ: テーマ題目1

幾何標準研究グループ

(Dimensional Standards Group)

研究グループ長: 阿部 誠

(つくば中央第3)

概要:

ものづくり産業からの要請の強い、工業製品・部品の複雑な形状・寸法を2次元または3次元的に評価・検証するための幾何学量の標準の研究開発を推進している。幾何標準研究グループは産業界からのニーズおよび研究開発動向に基づき、三次元計測、画像計測、計測用 X 線 CT、および角度計測などに関する標準の確立と供給体制の整備を進めるとともに、民間企業等との活発な共同研究等に取り組むことにより橋渡し機能の一翼を担っている。

研究テーマ: テーマ題目2

ナノスケール標準研究グループ

(Nanoscale Standards Group)

研究グループ長: 平井 亜紀子

(つくば中央第3)

概要:

ナノメートルサイズの寸法・形状標準についての標準設定・供給、研究開発を行っている。長さ標準にトレーサブルな高分解能レーザー干渉計、測長型原子間力顕微鏡、干渉顕微鏡、触針式粗さ計を開発し、走査電子顕微鏡も組み合わせて、一次元・二次元回折格子ピッチ、段差、線幅、表面粗さの校正サービスを行っている。また、これらの標準供給の範囲拡大や信頼性を高めるための研究開発を実施している。

研究テーマ：テーマ題目3

質量標準研究グループ

(Mass Standards Group)

研究グループ長：藤井 賢一

(つくば中央第3)

概要：

質量と重力加速度についての標準から現場計測に至るまでのトレーサビリティを確保するとともに、2018年に予定されているキログラムの定義改定に対応するためにアボガドロ国際プロジェクトを運営し、X線結晶密度法によって原子の数からキログラムを実現するための研究開発を行い、現行のキログラム原器に代わる新しい質量標準を確立する。また、プランク定数にもとづく新しいキログラムの定義を利用した微小質量計測技術を開発し、ナノテクノロジーなどに広く貢献するための計測技術を開発する。分銅の質量校正については JCSS 校事業者登録制度や依頼試験によって標準を供給する。重力加速度についてはその国際比較や国土地理院が主催する国内比較に参加することによって標準を供給し、国内の重力加速度マップの整備に貢献する。

研究テーマ：テーマ題目4

流体標準研究グループ

(Fluid Property Standards Group)

研究グループ長：藤田 佳孝

(つくば中央第3)

概要：

固体や流体の密度、液体の屈折率、粘度、および関連する流体物性に関する標準の設定、供給範囲の拡張や高精度化などの計測・校正技術の開発を行う。これらに基づき構築した高精度で信頼性の高いトレーサビリティ体系による標準供給や流体物性の計測・評価を通じて、広範な産業分野で求められる製造工程・品質の管理における信頼性確保や液体材料の物性評価に基づく高度利用に貢献する。

研究テーマ：テーマ題目5

カトルク標準研究グループ

(Force and Torque Standards Group)

研究グループ長：大串 浩司

(つくば中央第3)

概要：

力・トルク（力のモーメント）の各量についてこれまで開発を進めてきた国家計量標準の範囲を拡大・高度化することにより、標準を維持して産業界に安定的に供給することを主たるミッションとしている。また他国 NMI との国際比較を積極的に行い、国際整合性を確保し、世界最高水準の標準維持に努めている。力に関しては力標準機から力計さらには材料試験機へ、トルクに関してはトルク標準機からトルクメータ・トルクレンチやトルク試験機へと、国家標準から現場の一般計測器につながるトレーサビリティを確保するために必要な課題について研究・技術開発を行っている。重力ではない電磁気等原理に基づく微小力、微小トルク標準の開発や、高精度・高安定な力計、トルクメータの開発にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目6

圧力真空標準研究グループ

(Pressure and Vacuum Standards Group)

研究グループ長：新井 健太

(つくば中央第3)

概要：

圧力真空標準は、圧力計や真空計による圧力測定の基準であり、産業を支える基盤技術である。当グループでは、世界最高水準の圧力・真空・分圧・リーク標準を整備し、産業界並びに科学技術分野からの超高压力から極高真空までの計測技術の要望に応える事を目標として、研究開発を進めている。既に jcss 校正、あるいは、依頼試験で供給開始済みの圧力・真空・分圧・リーク標準について、標準供給を円滑に行うとともに、標準の高度化及び供給技術の効率化を進めている。また、圧力・真空・分圧・リーク標準及び関連する計測技術の高度化のための研究開発を実施し、外部連携による産業界等への技術移転を進めている。国際比較等の国際計量機関の活動へ積極的に参加し、国際計量システムの構築に貢献している。関係する国内外規格の標準化活動への参加、国内トレーサビリティ制度への協力も行っている。更に、圧力・真空・分圧・リーク標準及び関連する計測技術の研究開発成果と技術情報の普及に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目7

強度振動標準研究グループ

(Vibration and Hardness Standards Group)

研究グループ長：服部 浩一郎

(つくば中央第3)

概要：

振動加速度に関連する量と材料強度に関連する量について、計測標準の維持および供給を行っている。振

動加速度の領域では低周波数振動加速度、中・高周波数振動加速度、衝撃加速度、および角速度について供給を行うとともに、各国の標準研究所との国際比較を行い国際同等性の確保に努めている。材料強度領域では、ロックウェル硬さ、ピッカース硬さ、ブリネル硬さ、およびシャルピー衝撃値について校正サービスを行うとともに、標準供給の範囲拡大およびその信頼性向上のため、測定技術や校正技術について研究開発を実施している。

研究テーマ：テーマ題目8

液体流量標準研究グループ

(Liquid Flow Standards Group)

研究グループ長：古市 紀之

(つくば中央第3、つくば北)

概要：

液体流量の標準の設定と供給および関連する計測技術の研究開発を担っている。液体（水）流量、石油大流量、石油中流量、石油小流量の国家標準設備（特定標準器）を保有し、校正サービスを行いながら、これらの標準供給の範囲を広げ、また信頼性を高めるための研究開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目9

気体流量標準研究グループ

(Gas Flow Standards Group)

研究グループ長：森岡 敏博

(つくば中央第3)

概要：

気体流量、気体流速の標準設定・供給、気体流量測定技術の開発を行っている。気体中流量、気体小流量、気体大流速、気体中流速、微風速の国家標準設備（特定標準器）を保有し、校正サービスを行いながら、これらの標準供給の範囲を広げ、また信頼性を高めるための研究開発を実施している。

研究テーマ：テーマ題目10

型式承認技術グループ

(Type Approval Group)

研究グループ長：伊藤 武

(つくば中央第3)

概要：

特定計量器の性能に関する試験データ及び図面審査の両面から総合評価を行い、計量法に基づく型式承認並びに OIML 勧告に基づく OIML 計量器証明書適合性評価を行っている。また、技術革新又は国際勧告に調和した技術基準を導入するとともに、合理的かつ効果的な試験・評価方法の検討・策定を行っている。

研究テーマ：テーマ題目11

計量器試験技術グループ

(Testing and Inspection Group)

研究グループ長：森中 泰章

(つくば中央第3)

概要：

計量法に定められた血圧計、タクシーメーター及びアネロイド型圧力計の型式承認試験、特定計量器の標準である基準器検査及び酒精度浮ひょうの比較検査や計量器の依頼校正等を行い、計量が正確に行われることに貢献している。密度標準につながる浮ひょうの計量標準の供給及び標準供給方法の開発、計量器の JIS 原案作成、JCSS の普及活動及び OIML 勧告等の規格に関連した国際化対応にも貢献している。

研究テーマ：テーマ題目12

質量計試験技術グループ

(Legal Weighing Metrology Group)

研究グループ長：三倉 伸介

(つくば中央第3)

概要：

計量法に定められた質量計関連特定計量器の型式承認試験と計量器の基準器検査、公的質量標準に関する管理マニュアルの審査など、法定計量業務に貢献している。基準適合性評価として、型式承認において活用する個別要素試験としての依頼試験と OIML 適合性試験を実施している。また、計量研修センターが実施する計量教習と特定教習に講師を派遣し、人材育成に貢献している。その他、計量行政審議会答申による計量法関連政省令改正に技術面で貢献している。

研究テーマ：テーマ題目13、テーマ題目14

流量計試験技術グループ

(Legal Flow Metrology Group)

研究グループ長：神長 亘

(つくば中央第3)

概要：

計量法に基づく型式承認試験、基準器検査のうち、体積・流量に関する試験・検査を行っている。その他、国際基準による OIML 適合性試験（自動車等給油メーター、水道メーター）、校正サービスによる標準タンク、標準フラスコ等の校正を行っている。また、これらの技術基準について規格の検討及び策定を行っている。

研究テーマ：テーマ題目15

[テーマ題目1] 長さ標準の研究開発・維持・供給

[研究代表者] 尾藤 洋一（長さ標準研究グループ長）

[研究担当者] 尾藤 洋一、寺田 聡一、近藤 余範、
工藤 良太、松井 源蔵
（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

長さ関連（ブロックゲージ、標準尺、距離計等）及び偏差量（平面度、真円度等）の各標準に関して、品質システムに従って維持、供給を行った。技術アドバイザーとして製品評価技術基盤機構が行う校正事業者の認定審査に参加するとともに、各種技能試験の参照値を提供した。平面度に関しては、アジア地域の国際比較に参加した。さらに、関連する計測技術の高度化のための研究開発を実施し、共同研究、技術コンサルティング等、外部連携による産業界等への技術移転を進めた。また、平面度標準において、角度測定を利用した測定装置の高度化（2次元化）のための技術開発を進めた。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕長さ、幾何偏差量

〔テーマ題目2〕幾何学量の高精度化に関する研究

〔研究代表者〕阿部 誠（幾何標準研究グループ長）

〔研究担当者〕阿部 誠、渡部 司、藤本 弘之、
鍛島 麻里子、佐藤 理、松崎 和也、
福島 博之、呂 明子、加藤 裕美、
上山 裕理（常勤職員6名、他4名）

〔研究内容〕

X線CTによる幾何形状の標準開発のための幾何誤差の要因に関する知見の集積を進め、標準供給に目処をつけた。jcss校正「ロータリエンコーダ」を1件行った。依頼試験校正について、「CMMによる幾何形状測定」：12件、「多面鏡」：2件、「ロータリエンコーダ」：4件の計18件を実施し、円滑に標準供給できるように設備及び測定環境を整備した。JCSS認定制度への協力として、認定・更新審査における技術アドバイザーの派遣を行った。また、工業標準化への協力としてJIS化1件、ISO原案開発における国際エキスパート派遣（プロジェクトリーダー2件およびタスクフォースリーダー1件を含む）、国内委員会委員等の派遣を行い、JIS原案開発における委員等の派遣を行った。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕幾何寸法・幾何形状、角度標準、座標測定機、ステップゲージ、X線CT

〔テーマ題目3〕ナノメートルスケール寸法・形状標準の開発に関する研究

〔研究代表者〕平井 亜紀子（ナノスケール標準研究グループ長）

〔研究担当者〕平井 亜紀子、土井 琢磨、直井 一也、
三隅 伊知子、菅原 健太郎、堀 泰明、
木津 良祐（常勤職員7名）

〔研究内容〕

測長型原子間力顕微鏡、走査電子顕微鏡、干渉顕微鏡、触針式粗さ計などについて、これまで標準供給を宣言した9項目に対して円滑に標準供給できるように設備及び

測定環境を維持した。JCSS認定制度への協力として、認定・更新審査における技術アドバイザーの派遣を行った。また、工業標準化への協力として、JIS原案作成における委員等の派遣を行った。関連する計測技術の高度化のための研究開発を実施し、共同研究、技術コンサルティング等、外部連携による産業界等への技術移転を進めた。超微細スケールの校正のための小角入射X線回折技術の開発を進めた。また、線幅（フォトマスク、シリコンパターン寸法）測定の高精度化を目指して測定手法やデータ処理法の技術開発を進めた。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕ナノメートルスケール、原子間力顕微鏡、走査電子顕微鏡、干渉顕微鏡、粗さ計

〔テーマ題目4〕質量標準の開発と供給

〔研究代表者〕藤井 賢一（質量標準研究グループ長）

〔研究担当者〕藤井 賢一、孫 建新、植木 正明、
倉本 直樹、水島 茂喜、藤田 一慧、
田中 良忠（常勤職員7名）

〔研究内容〕

質量標準に関しては、JCSSや依頼試験など多数の校正依頼に対応して着実な標準供給を行うとともに、2017年12月にASNITEによるピアレビューの査察を受け、1 mgから5 tの範囲の質量標準のCMCについてCIPM-MRAへの適合性認定を取得した。

キログラムの定義改定に向けた研究開発については、同位体濃縮シリコン結晶から求めたアボガドロ定数についての最終的な値を論文発表し、科学技術データ委員会（CODATA）によるプランク定数の特別調整値の決定に貢献した。2018年11月に開催される第26回国際度量衡総会でキログラムの定義改定が採択されれば、この値がキログラムの新しい定義として用いられることになり、約130年ぶりのキログラムの定義改定に貢献する成果が得られた。この成果については2017年10月にプレス発表を行った。

1 mgよりも小さい微小質量領域での標準確立については、電圧天びんと光放射圧を測定する装置を製作し、従来の技術では測れなかったナノグラムオーダーの微小質量を新しい定義のもとでトレーサブルに計測するための計測技術開発を行った。

重力加速度標準に関しては、国土地理院などとの定期的な国内共同観測への参加を通して、重力加速度計測の国際整合性確保に協力した。

この他に、JCSSトレーサビリティ制度に関しては、質量の技術分科会に参加し技術基準の作成や改定並びに技術的諸問題の解決に協力するとともに、校正事業者の登録審査や定期検査において技術アドバイザーを務め、JCSS認定機関の活動に協力した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕質量、重力加速度、キログラム、定義改

定、X線結晶密度法、アボガドロ定数、プランク定数、微小質量、JCSS、依頼試験

[テーマ題目5] 密度・屈折率・粘度標準の開発・維持・供給

[研究代表者] 藤田 佳孝（流体標準研究グループ長）

[研究担当者] 藤田 佳孝、早稲田 篤、粥川 洋平、山本 泰之、狩野 祐也（常勤職員5名）

[研究内容]

固体密度・密度差、密度標準液（水溶液、有機液体、バイオ燃料）、PVT 性質、液体屈折率、粘度標準液、非ニュートン性液体に関して、品質システムに基づいた標準供給に対応するとともに、標準の高度化開発、校正設備の管理・整備等の標準の維持・管理を行った。固体密度については、特定標準器による jcss 校正2件を実施した。バイオディーゼル燃料の認証標準物質（CRM-8302a）について、密度と動粘度に関する保存安定性試験を実施した。液体屈折率の基幹比較 CCM.D-K6の実施に向けた検討事項について、国際度量衡委員会の質量関連量諮問委員会・密度粘度作業部会において報告した。粘度の基幹比較 CCM.V-K4に参加し、二つの試料の15℃から100℃における6つの測定結果を幹事機関に提出した。JCSS 制度への協力として、技術アドバイザーとして固体密度に関する校正事業者の審査に対応した。

[領域名] 計量標準総合センター

[キーワード] 密度、密度標準液、PVT 性質、屈折率、粘度、粘度標準液、非ニュートン流体、流体物性

[テーマ題目6] 力・トルク標準の研究開発・維持・供給

[研究代表者] 大串 浩司（力トルク標準研究グループ長）

[研究担当者] 大串 浩司、上田 和永、林 敏行、西野 敦洋、前島 弘、朱 俊方、木村 栄、柴野 容一（常勤職員6名、他2名）

[研究内容]

力標準・トルク標準に関して、着実に標準供給並びに性能維持管理を行った。力標準・力計測技術については、音叉式力センサを参照標準とした力比較器の開発、ASTM 規格の改定に伴う校正方法の違いの影響の検証等の研究成果をまとめ、論文掲載・研究集会発表を行った。10 N を下回る小容量力標準の開発・設計を推進した。老朽化した540 kN 実荷重式力標準機、20 MN 油圧式力標準機の更新をそれぞれ進め、高精度・高安定な力標準供給体系の維持に努めた。トルク標準・トルク計測技術に関しては、現状0.1 N・m～20 kN・m の範囲で標準供給を行っているトルクメータの校正範囲を下限方向に

0.01 N・m まで拡大し、校正サービスを開始した。電磁力を利用したトルク標準研究開発を推進し、0.27 $\mu\text{N}\cdot\text{m}$ までの実現に成功した。トルクメータの校正に関して韓国 KRISS との二国間比較結果をまとめ、また0.1 Nm～10 Nm の小容量域における参照用トルクレンチの校正能力の検証を行い、論文掲載に至った。

計量法校正事業者登録制度（JCSS）に関しては、力・トルクの各技術分科会に参画し技術基準の作成や改定並びに技術的諸問題の解決に努めると共に、校正事業者の登録審査や定期検査で技術アドバイザーを務めるなど JCSS の認定機関（NITE）に協力した。

[領域名] 計量標準総合センター

[キーワード] 力標準、トルク標準、力計測、トルク計測

[テーマ題目7] 圧力真空標準の研究開発・維持・供給

[研究代表者] 新井 健太（圧力真空標準研究グループ長）

[研究担当者] 新井 健太、小島 桃子、吉田 肇、梶川 宏明、杉沼 茂実、飯泉 英昭、武井 良憲、井出 一徳、小松 栄一（常勤職員7名、他2名）

[研究内容]

既に jcss 校正、あるいは、依頼試験で供給開始済みの気体ゲージ圧力標準、気体絶対圧力標準、気体差圧標準、液体圧力標準、真空標準、分圧標準、リーク標準について、標準供給を円滑に行うとともに、標準の高度化及び供給技術の効率化を進めた。依頼試験による校正について、気体圧力の上限を100 MPa へ、リークの下限を 10^{-10} Pa m^3/s へとそれぞれ拡大した。圧力・真空・分圧・リーク標準及び関連する計測技術の高度化のための研究開発を実施し、共同研究、技術コンサルティング等、外部連携による産業界等への技術移転を進めた。国際度量衡委員会（CIPM）質量関連量諮問委員会（CCM）及びアジア太平洋計量計画（APMP）等の国際計量機関の活動に参加し、圧力・真空・リーク標準の国際比較を進め、国際計量システムの構築・発展に貢献するために、APMP.M.P-K7.3に参加した。圧力・真空・リークに関わる JIS、ISO、OIML など、国内外規格の標準化活動へ積極的に参加し、計量法校正事業者登録制度（JCSS）等、国内トレーサビリティ制度への協力も行った。更に、圧力真空クラブの開催、論文発表等により、圧力・真空・分圧・リーク標準及び関連する計測技術の研究開発成果と技術情報の普及に取り組んだ。

[領域名] 計量標準総合センター

[キーワード] 圧力標準、真空標準、分圧標準、リーク標準、重錘形圧力天びん、圧力計、真空計、分圧真空計、標準コンダクタンスエレメント、標準リーク

〔テーマ題目8〕強度振動標準の研究開発・維持・供給

〔研究代表者〕服部 浩一郎（強度振動標準研究グループ長）

〔研究担当者〕服部 浩一郎、清野 豊、高木 智史、野里 英明、穀山 渉、田中 幸美、石神 民雄、三森 弘美（常勤職員6名、他2名）

〔研究内容〕

振動加速度および材料強度に関する各標準の円滑な供給を行うとともに、その高度化や範囲拡大のため計測技術の研究開発を進めた。特定標準器による校正や依頼試験による供給を行うとともに、技術アドバイザーや技術分科会委員として製品評価技術基盤機構が行う校正事業者認定制度に協力することで計測標準の国内供給体制整備を進めた。

本年度は材料強度領域についてロックウェル硬さ Bスケールについて供給を開始するとともに、校正事業者の組み立てによるブリネル硬さの JCSS の開始に向けた取り組みを行った。振動加速度領域について供給済みの低周波数振動加速度について不確かさを低減した形で供給を開始するとともに、位相シフトについても供給を開始した。国際同等性を確保するため、衝撃加速度および中・高周波数振動加速度の国際基幹比較に参加した。広帯域地震計の特性評価について大学と共同で特性評価技術の研究開発を行った。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕振動加速度、地震計、振動試験、材料強度、硬さ、シャルピー衝撃値

〔テーマ題目9〕液体流量標準の研究開発・維持・供給

〔研究代表者〕古市 紀之（液体流量標準研究グループ長）

〔研究担当者〕古市 紀之、土井原 良次、Cheong KarHooi、和田 守弘、武田 一英、渡部 理夫、沼口 昌美、佐々木 丈太、矢島 美代子、菱沼 裕子、草野 英祐（常勤職員4名、他7名）

〔研究内容〕

水流量については、従前と同じく0.005 m³/h～3000 m³/h の範囲で特定標準器による校正、0.002 m³/h～12000 m³/h の範囲で依頼試験を行った。石油流量標準については、0.1 m³/h～300 m³/h 並びに0.022 kg/s～67 kg/s の範囲に対して灯油及び軽油を使用した特定標準器による校正並びに依頼試験を行い、0.1 m³/h～15 m³/h 並びに0.022 kg/s～3.4 kg/s の範囲に対しては、スピンドル油を使用した特定標準器による校正並びに依頼試験を行った。また、0.02 L/h～0.1 m³/h 並びに4.4×10⁻⁶ kg/s～2.2×10⁻² kg/s の範囲に対して灯油及び軽油を使用した依頼試験を行った。技術アドバイザーとして製品評

価技術基盤機構が行う校正事業者の認定審査に参加した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕水用流量計、石油用流量計

〔テーマ題目10〕気体流量・気体流速標準の研究開発・維持・供給

〔研究代表者〕森岡 敏博（気体流量標準研究グループ長）

〔研究担当者〕森岡 敏博、寺尾 吉哉、石橋 雅裕、栗原 昇、船木 達也、岩井 彩、櫻井 真佐江、平山 徹（常勤職員6名、他2名）

〔研究内容〕

気体小流量、気体中流量、微風速、気体中流速の各標準の品質システムに関し、品質システムに従って維持、供給を行った。気体流速の特定標準器による校正範囲を拡大した。特定標準器による校正、依頼試験を行い、技術アドバイザーとして製品評価技術基盤機構が行う校正事業者の認定審査に参加した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕気体流量計、風速計

〔テーマ題目11〕特定計量器の型式承認及び基準適合性評価

〔研究代表者〕伊藤 武（型式承認技術グループ長）

〔研究担当者〕伊藤 武、分領 信一、長野 智博、島田 正樹、松岡 聡、渡邊 宏、西川 賢二（常勤職員7名）

〔研究内容〕

平成29年度の型式承認審査業務は、タクシメーター、非自動はかり、水道メーター、各種燃料油メーター、液化石油ガスメーター、ガスメーター、積算熱量計、圧力計、アネロイド型血圧計（電気式・機械式）、体温計（抵抗・ガラス製）、照度計及び環境用計量器に当たる濃度計（大気）、濃度計（pH）、振動レベル計等の特定計量器110型式について国内法に規定する技術基準への適合性を評価し、型式承認の審査をするとともに、承認型式軽微変更届出296件の審査業務を実施した。これらは、計量標準総合センターの認証システム（ISO/IEC17065）に則って、当グループが実施する特定計量器の型式の承認に関わる認証マニュアルに従って業務を実施しているものである。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕特定計量器の基準適合性評価、OIML計量器証明書、医療用計量器、環境計量器

〔テーマ題目12〕血圧計・タクシメーター等の型式承認試験及び基準器検査

〔研究代表者〕森中 泰章（計量器試験技術グループ長）

〔研究担当者〕 森中 泰章、井上 太、堀越 努、
高橋 豊、原田 克彦（常勤職員5名）

〔研究内容〕

当グループが担当する基準器検査（基準ガラス製温度計、基準液柱型圧力計、基準重錘型圧力計、基準密度浮ひょう、液化石油ガス用基準浮ひょう型密度計、基準酒精度浮ひょう、基準比重浮ひょう、基準重ボーム度浮ひょう、基準サーボ式ピックアップ）931件及び計量器の型式承認試験（タクシーメーター、抵抗体温計、ガラス製体温計、アネロイド型圧力計、アネロイド型血圧計）26件、比較検査（酒精度浮ひょう）20件、及び依頼試験（ガラス製温度計、密度浮ひょう等）1件を品質システム（技術マニュアル）の適正な運用を図りつつ実施した。JCSS 校正事業者登録制度による技術審査において、技術アドバイザーとして協力した。血圧計の基準器検査への JCSS 校正証明書の活用を促進させた。非観血式電子血圧計 JIS T1115（2018）の改定に貢献した。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 法定計量、基準器検査、型式承認試験、基準適合性試験、比較検査、標準供給、医療用計量器、JCSS

〔テーマ題目13〕 質量計に関する法定計量業務

〔研究代表者〕 三倉 伸介（質量計試験技術グループ長）

〔研究担当者〕 三倉 伸介、池上 裕雄、薊 裕彦、
大谷 怜志、田中 良忠、根本 晴夫
（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

質量計に関する特定計量器の型式承認試験と計量器の基準器検査などの法定計量業務について、計量法の技術基準に基づき実施した。非自動はかりの型式承認試験は7件、基準はかりの基準器検査は139台、特級基準分銅の基準器検査は1,524個をそれぞれ実施した。

自動捕捉式はかり、充填用自動はかり、コンベヤスケールなど計量行政審議会の答申により法規制化が予定されている計量器の JIS 原案作成委員会に積極的に参加し、規格改正作業に貢献した。また、法規制化に伴う関連事項の検討を行い経済産業省の関連する政省令改正作業にも貢献した。

法定計量における国際整合化の推進に関し、国際法定計量調査研究委員会、質量計作業委員会に委員長、委員を派遣するなど積極的に参加・協力し、常に国際基準・規格に対応するように技術能力の確保に努めた。特に質量計作業委員会では、非自動はかりにおける OIML R76改正のキックオフであるプロジェクト・グループ会議に1名を派遣し、改正作業草案作成への協力を行った。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 法定計量、特定計量器、型式承認、基準器検査、非自動はかり、分銅、天びん、OIML、法定計量クラブ、

NMIJ 計測クラブ

〔テーマ題目14〕 基準適合性評価

〔研究代表者〕 三倉 伸介（質量計試験技術グループ長）

〔研究担当者〕 三倉 伸介、池上 裕雄、薊 裕彦、
大谷 怜志、田中 良忠、根本 晴夫
（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

OIML 条約に基づく国際勧告に従い、非自動はかり及び質量計用ロードセルの性能評価試験を実施し、テストレポートの発行を行った。他にも、非自動はかりの性能評価を円滑かつ効率的に行うためのモジュール試験（非自動はかりの指示計及びロードセル）を実施した。また、これらの試験に使用する設備の整備及び OIML 勧告に従った試験において、品質マネジメントシステム ISO/IEC17025に基づくトレーサビリティの確保と機器管理等を実施した。

経済産業省が実施する計量関連調査事業において、特定計量器の試買品検査として非自動はかり30台の検査を JIS B 7611-2に基づき実施した。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 OIML、質量計用ロードセル、質量計用指示計、適合性評価、個別要素試験、モジュール試験

〔テーマ題目15〕 特定計量器の適合性評価に関する研究開発・試験検査

〔研究代表者〕 神長 亘（流量計試験技術グループ長）

〔研究担当者〕 神長 亘、戸田 邦彦、西川 一夫、
藤本 安亮、岩井 彩、河田 達男、
秋元 由貴、本多 香奈絵
（常勤職員5名、他3名）

〔研究内容〕

計量法に規定される体積・流量関係について、特定計量器の型式承認試験（水道メーター、温水メーター、燃料油メーター、液化石油ガスメーター、ガスメーター）及び基準器検査（基準フラスコ、基準ビュレット、基準ガスメーター、基準水道メーター、基準燃料油メーター、基準タンク、基準体積管）の試験・検査を行った。また、国際基準に基づく OIML 適合証明書（自動車等給油メーター、水道メーター）のテストレポートを発行した。その他、適合性評価基準の JIS 素案等（排水流量計、CNG ディスペンサ）の作成を行った。また、2016年度に作成した水素ディスペンサ JIS 原案をもとに、国際基準として採用するため、国際会議において日本発信の技術基準として提案をした。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 特定計量器の適合性評価、OIML、JIS

③【物理計測標準研究部門】

(Physical Measurement)

(存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：中村 安宏
副研究部門長：島田 洋蔵、石井 順太郎（兼）
総括研究主幹：座間 達也（兼）
首席研究員：山田 善郎、金子 晋久
研究主幹：市野 善朗
主任研究員：岩佐 章夫

所在地：つくば中央第3、第2、第1

人員：68名（68名）

経費：917,445千円（557,372千円）

概要：

研究ユニットのミッション：

電気、時間（周波数）、温度、光の4つの物理量に関して、国の知的基盤整備計画に基づいて計量標準の整備を行うとともに、標準の管理・供給と国際同等性の確保、及び計量ユーザへの情報提供等による利活用の促進を行う。また、測定方法の高精度化と基礎物理定数の追及・探求によって、次世代計量標準の開発を進める。さらに、これら物理量に係る高度計測技術の開発や計測機器、分析装置、センサー等の開発を、民間企業等と連携して行い、民間企業等との共同研究・受託研究に結びつく、目的基礎研究、橋渡し研究に取り組む。

研究開発の方針：

国の知的基盤整備計画（第2期計量標準整備計画）に定められた計量標準を計画通り開発・整備するとともに、民間企業等への校正サービスを着実にを行い、計量標準の普及に努める。また、当部門が有する、電気・光等に係る高度な精密計測技術と専門知見を活用して、モノづくり産業に有用な新たな計測技術や計測装置、センサー等の開発を行い、企業への技術の橋渡しを目指す。

内部資金：

標準予算「ミリ波帯二平衡平板型共振法による誘電体評価技術の研究」

戦略予算「ナノ構造と単一電子制御技術を用いた極限量子計測の実現」

外部資金：

総務省「次世代無線通信基地局システムへの実装を想定したアンテナ一体型低損失伝送路の研究開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST）「単一光子スペクトル計測によるイメージング技術開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推

進事業（さきがけ）「広帯域スクイーズド光源による低侵襲深部多光子分光」

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究成果展開事業（産学共創基礎基盤研究プログラム）「高速・高精度テラヘルツ時間領域ポーラリメータの開発と産業応用展開」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ERATO）「ERATO 美濃島知的光シンセサイザプロジェクト」

科研費 基盤研究（A）「全冷却方式超高安定マイクロ波発振器の開発」

科研費 挑戦的萌芽研究「浮遊法と放射率フリーの温度計測法を融合した完全非接触熱物性計測法の構築」

科研費 若手研究（A）「単一 Si ナノ粒子と極低温原子集団の混合システム」

科研費 若手研究（A）「国際単位系改訂に向けた電気素量の絶対測定と高速超精密電流測定への展開」

科研費 基盤研究（C）「合金の熔融反応に基づく高温温度履歴モニターの開発」

科研費 基盤研究（C）「ドレスト原子を利用したボース・アインシュタイン凝縮体の相互作用制御」

科研費 基盤研究（C）「可搬型光格子時計のための光制御型低速原子線源の開発」

科研費 基盤研究（C）「マイクロプロセス技術を利用した新しい輝度均一標準光源の開発」

科研費 基盤研究（C）「デュアルコム分光による非平衡混合気体の温度測定技術の開発」

科研費 基盤研究（C）「Cs 原子を用いた MHz 帯量子磁界センサの研究開発」

科研費 基盤研究（C）「広帯域テラヘルツパルス電力の精密測定技術の開発」

科研費 基盤研究（C）「新しい電力計測技術の開発」

科研費 挑戦的萌芽研究「半導体イメージセンサの熱雑音を用いた赤外線レーザビームプロファイラの開発」

科研費 若手研究（B）「単一分子電気化学の創出を目指したカーボンナノチューブ化学電極の高速電気測定」

科研費 若手研究（B）「長距離光ファイバ伝送路安定化による高精度キャリア分配システムの開発」

科研費 若手研究（B）「長期連続運転可能で極めて高い周波数安定度を有する原子泉の開発」

科研費 若手研究（B）「量子効果に基づく世界最高水準の高抵抗精密測定技術の開発」

科研費 若手研究（B）「レーザー誘起格子を用いた高温燃焼ガス温度測定法の開発」

科研費 若手研究（B）「テラヘルツセンサの線形性自己校正技術の開発」

科研費 若手研究（B）「基礎物理乗数に基づく先端エネルギーデバイス評価体系構築に向けた計測標準の開発」

科研費 若手研究（B）「移動体への高効率ワイヤレス電力伝送のための新規高周波電力計測手法の開発」

科研費 基盤研究（A）「光周波数標準を用いた光時系

の実現」

科研費 基盤研究 (C) 「集積型量子電圧雑音源を用いたジョンソン雑音温度計による熱力学温度の精密測定」

科研費 若手研究 (B) 「次世代の時刻供給を担う高安定光時計の開発」

科研費 若手研究 (B) 「微弱光イメージングを可能にする超伝導転移端センサ多素子読み出しの開発」

科研費 若手研究 (B) 「熱放射自己干渉ホログラフィによる三次元放射温度計測」

科研費 若手研究 (B) 「誘電体導波線路一体型誘電体アンテナの研究」

科研費 研究活動スタート支援 「表面弾性波を用いた単一飛行電子の量子制御の実現」

科研費 研究活動スタート支援 「交流ハーマン法の高精度化と単結晶の熱電物性精密評価への応用」

科研費 新学術領域研究 (研究領域提案型) 「次世代超大型光学赤外線望遠鏡 TMT と高分散分光器による宇宙の加速膨張の直接検証」

科研費 基盤研究 (A) 「Er ファイバーコムを用いた可視域デュアルコム分光技術の開発」

文部科学省 科学技術人材育成費補助金 「卓越研究員事業」

埼玉県 埼玉県産学連携研究開発プロジェクト補助金 「未利用熱発電のための高耐久型熱発電モジュールの開発」

静岡県 静岡県先端企業育成プロジェクト推進事業 「光生物学的安全性リスク評価のための実用計測技術および評価装置の開発」

公益財団法人さいたま市産業創造財団 平成29年度戦略的基盤技術高度化支援事業 (機関補助金) 「ドライ・ウェット複合めっきプロセスによる IoT 制御用 RFID タグの開発」

公益財団法人千葉県産業振興センター 平成29年度戦略的基盤技術高度化支援事業 (機関補助金) 「次世代光通信インフラのための高周波特性評価用の110 GHz 帯高周波コネクタ測定基準器の開発」

公益財団法人名古屋産業振興公社 平成29年度戦略的基盤技術高度化支援事業 (機関補助金) 「めっきの多層化とグラフェン複合銀めっきによる大電流電気接点めっきの開発」

公益財団法人鉤路根室圏産業技術振興センター 平成29年度戦略的基盤技術高度化支援事業 (機関補助金) 「マイクロ波による食品混入異物の検出装置及び異物除去装置の研究開発」

発表 : 誌上発表161件、口頭発表207件、その他43件

時間標準研究グループ

(Time Standards Group)

研究グループ長 : 安田 正美

(つくば中央第3)

概要 :

時間周波数国家標準である UTC (NMIJ) の維持・管理・供給と国際同等性の確保、および、計量ユーザーへの利活用の促進を行う。また、UTC (NMIJ) を高安定化、高信頼化するとともに時間周波数比較精度を向上させるための研究を推進する。

次世代の周波数標準を目指す光周波数標準については、 10^{-17} 以下の不確かさを実現すること、および UTC (NMIJ) の高度化に貢献する事を念頭に研究を進めている。

研究テーマ : テーマ題目1

周波数計測研究グループ

(Frequency Measurement Group)

研究グループ長 : 稲場 肇

(つくば中央第3)

概要 :

光 (周波数) コムの開発、およびその応用の研究開発を行っている。周波数標準 UTC (NMIJ) を基準として SI メートルを実現する長さの国家標準を運用し、国内、および国際的な計量標準に貢献している。また、周波数計測の不確かさ要因の探索と低減、環境モニターなどのためにガスを分光して高速高精度に温度や種類を検知する技術、そして分光器を広帯域にわたって校正する技術などについての目的基礎研究を行っている。さらに、光コムや安定化レーザーに関する保有技術を用いた橋渡し研究に取り組んでいる。

研究テーマ : テーマ題目2

量子電気標準研究グループ

(Quantum Electrical Standards Group)

研究グループ長 : 金子 晋久

(つくば中央第3)

概要 :

量子電気標準に関わる研究開発・維持・供給を行っている。量子電気標準とは、量子ホール効果やジョセフソン効果、単一電子素子など量子効果を利用した電気標準である。微細加工技術による素子作製、基礎物理実験、装置実装、各種不確かさ要因の追求と低減の研究、従来の標準との整合性の確認、標準供給にいたるまで、基礎研究からその産業応用にいたるまで様々な研究を行っている。

研究テーマ : テーマ題目3

応用電気標準研究グループ

(Applied Electrical Standards Group)

研究グループ長 : 島田 洋蔵 (兼)

(つくば中央第3)

概要 :

交流電圧・電流、インダクタンス、キャパシタ、変成器などの交流電気に関連する国家標準の供給を行っている。次世代の交流電圧標準の開発にも取り組んでおり、サーマルコンバータ素子や量子現象のジョセフソン効果を利用した正弦波の開発を行っている。再生エネルギーの普及に貢献する計測技術の開発にも力をいれており、高調波電力測定技術の開発、リチウムイオン電池や電気二重層キャパシタのインピーダンス特性評価の研究、廃熱利用に関連した熱電材料のゼーベック係数の新規評価技術などの研究開発も行なっている。

研究テーマ：テーマ題目4

電磁気計測研究グループ

(Electromagnetic Measurement Group)

研究グループ長：堀部 雅弘

(つくば中央第3)

概要：

通信機器や電子機器の設計・製造および性能の保証において、電子回路やデバイスの特性であるインピーダンスや電磁波の伝播特性（散乱パラメータ、Sパラメータ）の測定は必須となっている。これら特性について、kHz から THz の領域に至る広周波数帯域における計測技術と計量標準の研究開発および標準供給を行っている。これにより、ベクトルネットワークアナライザによる高精度な測定を実現するとともに、産業分野でニーズの高い材料の誘電率等の電磁波特性評価技術や、電磁波吸収・遮蔽材料、平面回路、アクティブデバイスなどの計測および設計の技術研究開発も行っている。さらに、農産物や医薬品の品質評価を現場で実現することを目的として、電磁波計測技術に基づく非接触・非破壊センシング技術の研究を推進している。

研究テーマ：テーマ題目5

高周波標準研究グループ

(Radio-Frequency Standards Group)

研究グループ長：飯田 仁志

(つくば中央第3)

概要：

高周波・マイクロ波等の電磁波は、近年、産業分野で幅広く利用されている。高周波領域の電磁波では、分布定数的、波動的な取り扱いが必要となるため、低周波における電圧、電流、抵抗などに代わって、電磁波の伝送に関わる高周波電力や高周波減衰量など種々のパラメータが基本的な測定量として重要になってくる。高周波標準研究グループでは、計量標準の研究開発を通してこれまでに蓄積した高度な高周波計測技術を応用し、電波の有効利用を開拓するテラヘルツ帯計測技術、量子効果に基づく新しい高精度マイク

ロ波計測、セシウム蒸気セルを使った超小型原子時計などの研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目6

電磁界標準研究グループ

(Electromagnetic Fields Standards Group)

研究グループ長：黒川 悟

(つくば中央第3)

概要：

放射 EMI 計測用アンテナ、無線通信用アンテナ用各種標準アンテナの整備、各種アンテナのアンテナ利得校正方法やアンテナパターン測定法等のアンテナの各種特性測定方法の研究開発を行っている（写真：ミリ波ホーンアンテナ校正装置）。さらに、50 Hz 以上の低周波磁界標準の整備、20 MHz 以上の電界標準の整備と校正方法に関する研究開発、光ファイバ無線技術を用いた電磁界計測と国際標準化にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目7

温度標準研究グループ

(Thermometry Research Group)

研究グループ長：中野 享

(つくば中央第3)

概要：

-200 °Cの低温から2000 °C近くの超高温までの温度標準の設定と、温度計校正システムの開発、および、その標準供給を行っている。また、熱力学温度測定などの基礎研究を行っている。さらに、100 °Cを超える高温域で使用されている接触式表面温度計の評価装置や、深海の海水温などを0.001 °Cレベルの精度で測定するための温度計校正技術の開発など、産業や研究の現場で必要とされている要素技術の開発にも従事している。

研究テーマ：テーマ題目8

極限温度計測研究グループ

(Frontier Thermometry Research Group)

研究グループ長：浦野 千春

(つくば中央第3)

概要：

極低温の0.9 mK から、室温付近までの温度標準を実現するための技術開発を行うとともに、独自に開発した³He 循環式無冷媒冷凍機による低温実現技術や0.1 mK を下回る安定度での温度制御技術等を用いて、極低温から室温付近までの標準供給を行っている。高周波雑音標準についても維持・管理・供給を行っている。また、これまでに開発した技術を活用し、研究や産業の現場で必要とされている温度計測のための要素技術の開発に着手している。また、他研究グループ

と共同で、単一光子計測や絶対熱電能計測のための低温度精密温度制御技術の開発などを行うとともに、トポロジカル絶縁体を用いた量子ホール効果の精密測定を行っている。熱力学温度測定に向けてジョンソン雑音温度計、気体音響温度計の開発、回転状態分布温度計の高度化にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目9

応用放射計測研究グループ

(Applied Radiometry Research Group)

研究グループ長：薮 洋司 (兼)

(つくば中央第3)

概要：

熱放射、レーザー、LED 等に代表される様々な放射に対する計測技術の開発およびその応用に関する研究を行っている。具体的には、黒体輻射を利用した常温付近から超高温域の非接触温度計測、黒体に近い性質を持つ光吸収体・光放射体の開発および光熱変換技術、サーモグラフィやハイパースペクトルセンサ等のイメージング測定、次世代発光デバイスの高精度分光計測および放射計測への応用、高強度レーザーのための放射計測などを対象に、計測法の開発や高度化に関する研究を推進すると共に、これらに関する標準の開発・維持・供給を行っている。

研究テーマ：テーマ題目10

光放射標準研究グループ

(Photometry and Radiometry Research Group)

研究グループ長：薮 洋司

(つくば中央第3)

概要：

国際単位系 (SI) の基本単位の一つである光度単位 (カンデラ：cd) を筆頭に、測光標準および紫外・可視・近赤外域における放射標準の開発・維持・供給、ならびに関連する精密計測技術の開発と応用に関する研究を行っている。主な計測の対象は、放射源の強度・分光特性、光放射検出器の応答特性、材料の基本光学特性に大別することができ、分光全放射束標準および仲介標準器の開発、紫外発光ダイオードの精密評価技術、分光配光測定技術、広いダイナミックレンジを持った応答非直線性評価技術、色・見え方の定量評価を目指した三次元分光反射・透過計測技術など、国家標準の高精度化や拡張に向けた研究に加え、産業利用につながる橋渡し研究にも積極的に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目11

量子光計測研究グループ

(Quantum Optical Measurement Group)

研究グループ長：福田 大治

(つくば中央第3)

概要：

光が持つ量子的な性質を最大限引き出し制御するための基礎研究及びその産業応用に関する研究開発を行っている。パラメトリック下方変換を用いたスクイーズド光発生による量子光生成技術や、超伝導転移端センサを用いた単一光子分光計測技術等を研究開発し、情報通信、医療、精密計測など、様々な産業分野での応用を目指している。また、Single Photon Radiometry に向けた標準開発にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目12

[テーマ題目1] 時系 (UTC-NMIJ) の維持と周波数標準の維持・供給と高度化

[研究代表者] 安田 正美 (時間標準研究グループ 研究グループ長)

[研究担当者] 萩本 憲、鈴木 智也、赤松 大輔、田邊 健彦、小林 拓実、保坂 一元 (兼)、久井 裕介 (常勤職員7名、他1名)

[研究内容]

時間周波数国家標準である UTC (NMIJ) を高安定化・高信頼化するとともに、比較精度を向上させ標準供給を実施する。平成29年度も連続して UTC (NMIJ) を発生させ、協定世界時 UTC に対して $-20 \text{ ns} \sim +20 \text{ ns}$ 、周波数偏差は $\pm 1\text{E}\cdot 14$ 台で運用することが出来た。この UTC (NMIJ) を用いた高精度な校正サービスを周波数標準器に対して提供した。特に GPS 衛星を仲介とした遠隔校正サービスは、年々件数が増加し普及が進んでおり、現在21ユーザに対して利便性の高い標準供給を、年間を通して円滑に実施している。時間周波数に関する技術コンサルティングも開始した。

[領域名] 計量標準総合センター

[キーワード] 協定世界時 (UTC)、周波数標準器、GPS、遠隔校正

[テーマ題目2] 光周波数 (波長) 標準の維持・供給と高度化

[研究代表者] 稲場 肇 (周波数計測研究グループ 研究グループ長)

[研究担当者] 清水 祐公子、柏木 謙、大久保 章、和田 雅人、中村 圭佑 (常勤職員5名、他1名)

[研究内容]

SI メートルを実現して国家標準を維持供給するため、また、国際的な計量標準に貢献するため、「光周波数コム」を用いたレーザー周波数の校正サービス (jess3件、依頼試験1件) などを行った。

また、周波数計測の不確かさ要因の探索と低減、環境モニターなどのためにガスを分光して高速高精度に温度

や種類を検知する技術、そして分光器を広帯域にわたって校正する技術などについての目的基礎研究を行い、論文10報（内筆頭7報）、口頭発表24件（内登壇16件）、プレス発表2件などといった成果を挙げた。

さらに、光コムおよび安定化レーザーに関する保有技術を用いた橋渡し研究に取り組み、4件の技術コンサルティングなどを行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】光周波数コム、光コム、デュアルコム分光、周波数計測、メートル、長さの国家標準、ヨウ素安定化ヘリウムネオンレーザー

【テーマ題目3】直流電圧標準、直流抵抗標準の維持・供給と高度化

【研究代表者】金子 晋久(兼) (量子電気標準研究グループ 研究グループ長)

【研究担当者】福山 康弘、丸山 道隆、大江 武彦、中村 秀司、岡崎 雄馬、高田 真太郎、小野木 有佳、Gorwadkar Sucheta、皆広 潔美 (常勤職員6名、他3名)

【研究内容】

直流抵抗標準16件、直流電圧標準5件の特定二次標準器などの校正を行った。直流電圧に関しては、プログラマブルジョセフソン電圧標準 (PJVS) による校正システムを整備しそれに基づく標準供給を開始している。昨年に引き続き高安定小型標準抵抗器、高安定ツェナー標準電圧発生器の開発を実施した。次世代交流プログラマブルジョセフソン電圧標準について、主に低周波領域の交流電圧標準として応用電気標準研究グループと共同研究を行っている。接触抵抗の基礎・応用研究を企業と実施している。これに関し、接触構造の微細加工物理モデルと測定値の比較検証・実サンプルの精密測定実験などを実施した。単一電子ポンプ素子、量子ホールアレー素子、PJVS を用いた量子電気トライアングルの実験について素子の基本特製の検討を行いシステムの実装中である。同時に微小電流計測、量子電流標準の実現に向けた研究、単一電子操作に関わる基礎研究に取り組んだ。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】ジョセフソン効果、量子ホール効果、単一電子トンネリング効果、標準電圧発生器、標準抵抗器

【テーマ題目4】インピーダンス標準、交流電圧・電流標準の維持・供給と高度化

【研究代表者】島田 洋蔵 (兼) (応用電気標準研究グループ 研究グループ長)

【研究担当者】山田 達司、坂本 憲彦、堂前 篤志、天谷 康孝、西本 幸夫 (常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

誘導分圧器標準、AC/DC 標準、交流電圧標準、キャパシタンス標準、インダクタンス標準、交流抵抗標準について、特定二次標準器、特定副標準器、依頼試験、所内校正を行った。電気標準の研究開発においては、プログラマブル型ジョセフソン電圧標準を用い、交直変換素子の10 Hz 以下の精密評価を行った。また、100 mV 以下の低電圧交直変換標準の高精度化を行った。再生可能エネルギーの普及で必要な計測技術の開発のため、高調波標準では、1 MHz までの広帯域分圧器の開発中である。交直差測定技術を応用したゼーベック係数の評価手法の開発を進めている。

物理標準整備計画に基づき、交流電流比標準の校正範囲を最大100 A まで範囲拡張した。蓄電池の内部インピーダンス測定器のための標準を、1 Ω ~ 100 Ω / 1 kHz において開発し、供給を開始した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】キャパシタンス、交流抵抗、インダクタンス、誘導分圧器、サーマルコンバータ、交直変換器、変流器、高調波

【テーマ題目5】高周波インピーダンス標準の維持・供給と高度化

【研究代表者】堀部 雅弘 (電磁気計測研究グループ 研究グループ長)

【研究担当者】平野 育、渡部 謙一、昆 盛太郎、岸川 諒子、坂巻 亮、加藤 悠人、埴 晴美、小林 恵、三好 洋一 (常勤職員7名、他3名)

【研究内容】

高周波インピーダンス標準について、jcss 登録事業者に対して校正を実施した。また、計量標準の利用促進も目的として、シャント抵抗標準の拡張技術および1 GHz 以下における低周波領域の高周波インピーダンス標準の拡張技術を校正事業者と実施した。さらに、高周波インピーダンス評価技術を活用して、同軸コネクタの評価方法および4K/8K 放送回りのコネクタに関する国際標準化を経済産業省事業として推進した。国際比較について、3.5 mm 同軸 S パラメータに関する CCEM 国際比較、高周波同軸エアラインのインピーダンスに関する APMP 国際比較をパイロットラボとして推進するとともに、高周波誘電率に関するパイロットスタディをパイロットラボとして開始した。計測技術開発においては、高周波誘電率に関し低損失材料の不確かさ解析手法などの基礎技術技を、オンウェハデバイス計測については、高精度な計測を実現する計測アルゴリズムの開発をおこなった。さらに、電磁波を用いた農産物・食品などの品質を評価する電磁波センシング技術についても研究を進めた。開発した誘電率測定技術、オンウェハ計測技術および電磁波センシング技術などを活用した共同研究や技

術コンサルティング、公的資金プロジェクトや内部連携プロジェクト等を35件実施し、特許やプログラムのライセンスも行った。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕マイクロ波、ミリ波、インピーダンス、誘電率、オンウェハ、電磁波センシング、標準化

〔テーマ題目6〕高周波電圧・電力標準、減衰量標準の維持・供給と高度化

〔研究代表者〕飯田 仁志（高周波標準研究グループ 研究グループ長）

〔研究担当者〕池上 健、柳町 真也、高見澤 昭文、木下 基、東島 侑矢、島岡 一博（兼）、Widarta P Anton（兼）、吉本 礼子（常勤職員8名、他1名）

〔研究内容〕

高周波電圧・電力標準及び高周波減衰量標準に関する jcss 校正を実施した。これらの精密計測技術を活用した技術コンサルティングを実施した。高周波電力標準の開発では、140 GHz から220 GHz の帯域を持つ導波管カロリメータの試作・評価を進めた。さらに、セシウム原子を利用した次世代高周波電力測定技術の研究を実施した。高周波減衰量標準に関し、ネットワークアナライザを利用した110 GHz～170 GHz 帯の減衰量標準の実現へ向けた不整合不確かさ低減法の研究や自己校正型減衰量標準に関する研究を実施した。国際比較について、高周波減衰量に関する CCEM 国際比較をパイロットラボとして推進した。巡回測定を完了し、ドラフト A 報告書作成に着手した。JCSS 制度の支援に関し、高周波減衰量技能試験の技術支援を行った。さらに、電気（高周波）分野の JCSS 各種委員会や国計連分科会の運営支援を行った。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕マイクロ波、ミリ波、テラヘルツ、高周波電圧、高周波電力、高周波減衰量

〔テーマ題目7〕電磁界標準の維持・供給と高度化

〔研究代表者〕黒川 悟（電磁界標準研究グループ 研究グループ長）

〔研究担当者〕森岡 健浩、石居 正典、飴谷 充隆、She Yuanfeng、松川 沙弥果、廣瀬 雅信、豊野 由美、奥田 敦子（常勤職員6名、他3名）

〔研究内容〕

国際的な不要電磁波放射規制測定用の30 MHz～1 GHz で用いられる各種アンテナ、ループアンテナ9 kHz～30 MHz 等の jcss 校正を実施した。電磁波耐性試験に用いられる電界センサの特性測定を技術コンサルテ

ィングで実施した。新たに、100 kHz までの磁界強度、電界センサ3.6～6 GHz、金属円柱の散乱断面積標準70～110 GHz について、依頼試験による校正サービスを開始した。携帯電話用各種基地局アンテナ（第3世代～第5世代携帯電話用）のアンテナ特性評価を技術コンサルティングにより実施した。ミリ波帯のアンテナ利得評価を技術コンサルティングにより実施した。新しい電界測定技術として光電界センサを用いた測定システムの研究開発、光デバイスを用いたベクトルネットワークアナライザの研究開発、各種レーダー用アンテナの開発と評価技術の研究開発等を企業との資金提供共同研究により実施した。産業技術連携推進会議知的基盤部会電磁環境分科会活動として、不要電磁波放射規制に関する地方公設研との比較測定を実施した。比較測定は、電磁界標準研究グループにて開発した新しいアンテナ自己校正法等について実施した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕マイクロ波、ミリ波、アンテナ、アンテナ係数、アンテナ利得、電界、磁界

〔テーマ題目8〕温度標準の維持・供給と高度化

〔研究代表者〕中野 享（温度標準研究グループ 研究グループ長）

〔研究担当者〕Widiatmo V Januarius、小倉 秀樹、河村 泰樹、斉藤 郁彦、笹嶋 尚彦（兼）、黄 毅、金子 由香（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

温度範囲-189 °C～1554 °Cの特定標準器である温度定点群の維持・管理を行った。そして、温度範囲-40 °C～420 °Cについては特定副標準器の校正を行った。-189 °Cのアルゴン点、660 °Cのアルミニウム点では、特定二次標準器（標準用白金抵抗温度計）の校正を行った。APMP 国際比較（APMP:T-K9）について-189 °C～420 °Cまでの測定を行い、その結果をパイロットである中国 NIM に送付した。また、-196 °C～-100 °Cの任意温度において、標準用白金抵抗温度計を高精度に評価するシステムを構築した。

また、熱電対では、銀点（962 °C）、銅点（1085 °C）、パラジウム点（1554 °C）において特定二次標準器の校正を行った。新規に開発した、ロジウム-炭素共晶点（1657 °C）では、より高精度に測定が可能になるように装置の改良を行うとともに、高温用熱電対の標準整備を2000 °C近傍まで拡張するための準備も進めた。

熱力学温度に関しては、音響気体温度計（Acoustic Gas Thermometer）の測定を継続して行なった。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕熱電対、白金抵抗温度計、温度定点、熱力学温度測定

〔テーマ題目9〕低温計測とボルツマン定数に関する研究

〔研究代表者〕浦野 千春（極低温計測研究グループ研究グループ長）

〔研究担当者〕島崎 毅、中川 久司、三澤 哲郎、飯田 保（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

室温以下の校正システムの維持管理を行い、4 K～25 K の温度範囲にて低温抵抗温度計の評価を行った。CCT-K1.1 (0.65 K～25 K) の国際基幹比較のデータの解析をパイロットである米国 NIST で継続している。25 K 以下の温度範囲に関して、半導体系抵抗温度計を校正対象（依頼試験特殊）に追加した。トポロジカル絶縁体の輸送特性を評価した。集積型量子電圧雑音源を用いたジョンソン雑音温度計および気体音響温度計を用いてボルツマン定数の測定に取り組んだ。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕ロジウム鉄抵抗温度計、白金コバルト温度計、低温生成技術、トポロジカル絶縁体、熱力学温度測定

〔テーマ題目10〕放射温度標準、レーザ放射標準の維持・供給と高度化

〔研究代表者〕蓆 洋司（兼）（応用放射計測研究グループ 研究グループ長）

〔研究担当者〕笹嶋 尚彦、沼田 孝之、山口 祐、井邊 真俊、神門 賢二（兼）、雨宮 邦招（兼）（常勤職員6名）

〔研究内容〕

下記に代表される、熱放射、レーザ、LED 等に対する様々な精密放射計測技術の開発およびその応用に向けた橋渡し研究を展開した。

耐久性に優れ、広い波長範囲で従来にない低い反射率を有した光吸収体を作製した。二波長反射測定法に基づく放射率測定の温度範囲拡張および高速化のための開発を行った。測定距離に依存せず同じ大きさの再生像が取得可能な自己干渉ホログラフィの計測系を構築し、三次元放射温度分布計測への適用を進めた。エバネッセント光を利用したパワー調整素子に基づく、加工用高出力レーザのパワー制御技術を開発した。LED に基づく輝度均一光源およびスペクトル可変光源の開発・評価を行った。放射温度計による衛生用スペクトルセンサの打上前校正の不確かさ評価を行った。カーボンナノチューブを用いた黒体炉の製品化に向けた共同開発を行った。

さらに、光減衰量および赤外放射温度計の jcss 校正を実施したほか、ビームプロファイラ用 CCD センサの感度均一性評価技術および ISO 規格に準じたビームサイズ計測システムの開発を行い、校正システムを整備した。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕黒体炉、放射温度計、放射率、光吸収体、光ファイバパワー、レーザパワー制御、標準光源、熱画像計測

〔テーマ題目11〕光放射標準の維持・供給と高度化

〔研究代表者〕蓆 洋司（光放射標準研究グループ 研究グループ長）

〔研究担当者〕木下 健一、田辺 稔、中澤 由莉、功刀 芳美（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

光度・照度、全光束、分布温度、分光放射照度の特定副標準器校正、分光応答度やレーザパワーの特定二次標準器校正など、測光・放射標準の維持・供給に関する業務を実施した。標準開発に関する研究では、標準 LED を仲介器として用いた分光全放射束（2 π 幾何条件）標準を立ち上げたほか、応答非直線性校正の波長範囲拡張およびアレイ型分光放射計に対する校正技術の開発を行った。また、分光全放射束（4 π 幾何条件）の jcss 化の申請を行った。国際比較に関しては、全光束（CCPR-K4）および光度（APMP.PR-K3.a）で中央局として活動中であるほか、計5件の国際比較に対応した。光放射計測技術の開発および橋渡しに向けた研究としては、光生物学的安全性評価のための実用評価装置のプロトタイプ開発および妥当性検証、近距離・高強度場での紫外発光ダイオードの精密放射測定、紫外放射照度計の応答特性改善に向けた試作・評価、シリコンフォトダイオードの応答非直線性に関する実験的・理論的検証、三次元画像計測に基づく配光測定の高度化、三次元分光反射・透過計測システムに基づく色・見え方の定量化技術などに関する研究開発を推進した。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕測光・放射測定、分光全放射束、紫外放射照度、応答非直線性、配光測定、三次元分光反射・透過計測

〔テーマ題目12〕単一光子分光計測および量子光源に関する研究

〔研究代表者〕福田 大治（量子光計測研究グループ 研究グループ長）

〔研究担当者〕丹羽 一樹、衛藤 雄二郎、服部 香里、鷹巣 幸子、池田 裕真、小林 稜、中田 直樹（常勤職員4名、他4名）

〔研究内容〕

量子光生成技術では、光導波路デバイスを用いたスクイーズド光発生装置の研究開発を立ち上げ、高強度2次高調波発生とパラメトリック増幅のパルス波形成形に取り組んだ。単一光子分光計測技術では、昨年より開発を行っている超伝導転移端センサ（TES）の複素インピーダンス測定による性能パラメータの高精度導出に取り組んだ。また、広帯域レーザ光源を用いた検出効率の波

長依存性評価技術の研究を進めた。超伝導体と光ファイバーの高効率光結合の研究でも、昨年度に引き続き光損失精密測定と損失低減に向けた研究を実施した。また TES を共焦点顕微鏡に実装した単一光子分光イメージング装置を開発し、実細胞からの蛍光イメージング像撮影を通して技術の実証研究に取り組んだ。日本大学と共同でプラズモン導波路の二光子干渉についての応用研究を実施した。Single Photon Radiometry については、Si-APD 単一光子検出器に関する検出効率標準を開発し、標準供給を開始した。また、近赤外域波長帯における検出効率の国際比較参加に向けた研究開発を実施した。パルスレーザに対する測定器の応答度測定に関する技術コンサルティングを実施した。バイオ分野における微弱光応用の標準化に向け、光計測的見地から ISO 原案作成を主導した。

【領域名】計量標準総合センター

【キーワード】極微弱光、検出効率、超伝導光検出器、単一光子、バイオイメージング、量子情報通信

④【物質計測標準研究部門】

(Research Institute for Material and Chemical Measurement) (存続期間：2015.4.1～)

研究部門長：高津 章子
副研究部門長：竹歳 尚之
総括研究主幹：井原 俊英、齋藤 剛

所在地：つくば中央第3、つくば中央第5

人員：76名(76名)

経費：707,992千円(427,984千円)

概要：

本研究部門では、化学分析の基礎を支える pH 標準液や元素標準液、生活・食品の安全性確保に不可欠な生体関連標準物質や組成系標準物質、高品質な工業製品の開発・生産で利用される先端材料系標準物質など、材料・化学産業などへ資する国家計量標準の設定と標準物質の整備・普及、関係する計測・評価技術の開発を実施している。また、材料、計量、評価技術等に係る信頼性が明示されたデータベースの維持・高度化を行っている。

内部資金：

標準基盤研究 「流動場分離法を用いたナノ材料分級法に係る国際規格の提案」

外部資金：

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 「新型加熱機構の設計・製作、装置基礎特性確認試験及び高融点酸

化物加熱試験」

内閣府食品安全委員会 「無機ヒ素曝露評価およびその手法に関する研究」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 「超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト/先端ナノ計測評価技術開発/ナノ物質計測技術開発・ナノ欠陥検査用計測標準開発」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 「エネルギー・環境新技術先導プログラム/ビッグデータ適応型の革新的検査評価技術の研究開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 「界面熱抵抗計測技術の開発と固液界面における熱的接合の解明」

国立研究開発法人科学技術振興機構 「相界面の動的構造観察のための波長分散型表面 X 線回折計の開発と応用」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (A) 「極限環境の熱伝導率計測技術による地球コア内部の熱移動の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 「ポジトロニウム消滅による機能性薄膜のサブナノ空隙化学解析法の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「陽電子寿命測定による高分子材料の変形・ひずみのオペランド分析」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「ナノ超流動ヘリウム3の創成と新奇準粒子状態の局所検出」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「廃 Cs 吸着材中 Cs-135 のレーザーアブレーション ICP-MS による迅速定量法」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「強太陽光環境下での塩素化ナフタレンの光分解挙動の実態把握」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「食品試料中の²¹⁰Pb/²¹⁰Po 高精度分析法の開発と標準化」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤

研究 (C) 「固体 NMR によるプロトン伝導性無機固体酸塩における相転移のメカニズム」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「デュアルキャパシティリングダウン分光法を用いたガス中微量水分計測法の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「顕微分光法による元素状炭素の特性評価と風化メカニズムの解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「MEMS 式熱量計によるナノ粒子表面比熱の検証と比熱法則拡張への挑戦」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 「ナノ材料の4次元構造解析を目指した高速 X 線逆空間マッピング法の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「C 末端標識によるタンパクの高感度かつ高精度 LC-MS 法と脱アミド化評価法の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 「高感度顕微分析を実現する高速クラスター2次イオン質量分析における照射技術の高度化」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「流動場分離法に立脚したナノセルロースの長さ・形状評価手法の確立」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「クラスレート水和物の構造相転移を誘発するゲスト分子の挙動の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「有効磁気モーメント法と定量磁気共鳴法の組み合わせによるフリーラジカル数分析」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「波長計制御型 CRDS 微量水分計を用いた高感度・高分解能スペクトル測定技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「高速濃度変更可能な小型ガス中微量水分発生装置の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「測定値間の相関に着目した効率的な試験所間比較の設計」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 新学術領域研究 (研究領域提案型) 「CTR 散乱による表面・界面3D 原子イメージング」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (A) 「シリカ膜のナノチューニングと超薄膜製膜プロセスの確立」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 「表面 X 線回折直接法を用いた精密構造解析による超薄膜化に伴う新規物性発現の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 「先端エネルギーと医療応用のための多機能性ナノポーラス材料の理論設計と実験的創製」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「高温高湿度の高度利用のための湿度測定法と精度評価技術に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「遮熱コーティングの界面熱抵抗評価方法の開発」

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター 「先端技術を活用した世界最高水準の下痢性貝毒監視体制の確立」

一般社団法人研究産業・産業技術振興協会 平成29年度戦略的基盤技術高度化支援事業 (機関補助金) 「サイレントチェンジ対策/スクリーニング分析用質量分析装置・技術の開発研究」

国立大学法人東京学芸大学 「放射線計測に関するカリキュラムの開発」

一般財団法人日本規格協会 「TMB/REMCO 対応」

公益財団法人名古屋産業科学研究所 平成29年度戦略的基盤技術高度化支援事業 (機関補助金) 「機械保全に資する潤滑油オンサイト監視装置の開発」

公立大学法人首都大学東京 「高感度分析技術に基づく空港周辺における超微小粒子状物質の動態解明」

株式会社テクノエーピー 平成29年度茨城県次世代技術実用化産学連携事業 「陽電子寿命ヒストグラム解析プログラムの最適化及び陽電子消滅パラメータの高信頼性計測と低速陽電子ビームによる実証試験」

発表：誌上発表121件、口頭発表266件、その他99件

無機標準研究グループ

(Inorganic Standards Group)

研究グループ長：三浦 勉

(つくば中央第3)

概要：

当研究グループでは、日本国における pH 標準液、電気伝導率標準液および元素標準液の一次標準液、および高純度無機標準物質や元素分析用の材料系標準物質などについて、国内ニーズに応じた開発・維持・供給を行っている。これらの標準を開発するために、一次標準測定法およびそれになり得る測定法（Harned セル法、電量分析法、滴定法、重量法、同位体希釈質量分析法、中性子放射化分析法など）を正確な値付けのために適切に実行するとともに、それら測定法の高度化およびそれらを用いた応用研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

環境標準研究グループ

(Environmental Standards Group)

研究グループ長：稲垣 和三

(つくば中央第3)

概要：

快適な環境や食の安全・安心を担保する上で、検査等における分析の信頼性確保は必要不可欠である。当研究グループでは、環境・食品分析分野における信頼性確保に資する研究活動として、無機計測技術の開発・高度化を推進するとともに、それを基盤とした組成標準物質の開発・供給及び分析実務者の技能向上支援を推進している。

研究テーマ：テーマ題目3

ガス・湿度標準研究グループ

(Gas and Humidity Standards Group)

研究グループ長：下坂 琢哉

(つくば中央第3)

概要：

当研究グループは、国際単位系に計量トレーサブルな各種標準ガスの開発と供給、ppb レベルの微量水分から露点95℃の高湿度までの湿度標準の開発と供給を行っている。これら標準のために、高精度な質量測定に基づく標準ガス調製法やキャピティリングダウン分光法（CRDS）による高感度分光法の研究を行っている。また、昨今話題となっている温室効果ガスやそれに関連する標準ガスの開発を、国内観測機関と協力して行っている。

研究テーマ：テーマ題目4

有機組成標準研究グループ

(Organic Analytical Standards Group)

研究グループ長：羽成 修康

(つくば中央第3)

概要：

農産物、工業製品の品質管理や環境へのリスク評価を適切に行うためには、標準物質の使用や技能試験への参加による分析精度の管理を欠かすことはできない。当研究グループでは、農薬、PCB、多環芳香族炭化水素（PAH）、ふっ素系界面活性剤（PFAS）や水分などについて正確な分析法を開発するとともに、食品、工業材料、環境試料や標準液などに信頼性の高い特性値を付与した認証標準物質の供給、残留農薬分析についての技能試験の主催などを行っている。またラマン装置の標準化を図るため、VAMAS 等での活動を進めている。

研究テーマ：テーマ題目5

有機基準物質研究グループ

(Organic Primary Standards Group)

研究グループ長：沼田 雅彦

(つくば中央第3)

概要：

食品や環境中の有害成分などの分析に用いられている計測機器の多くは、物質量の物差しである標準物質による目盛付け（校正）を必要とする。当研究グループでは、計測機器の校正に用いられる有機標準物質に純度あるいは濃度を正確に付与するために、国際単位系にトレーサブルな評価技術（凝固点降下法、定量 NMR 法、滴定法など）を適用するとともに、簡便に物質量の絶対値が得られる NMR と混合物の分離分析に適したクロマトグラフィーの利点を組み合わせた定量 NMR/クロマトグラフィーなど、新規技術の研究開発を行っている。研究成果は認証標準物質や校正サービスという形で供給している。また、信頼できる標準物質をより迅速かつ低コストに供給できる効率的な開発・供給システムの確立を目指している。

研究テーマ：テーマ題目6

バイオメディカル標準研究グループ

(Bio-medical Standards Group)

研究グループ長：加藤 愛

(つくば中央第3)

概要：

健康状態の把握や食品分析、医薬品の品質管理などのために行われる生体物質の測定は、私たちの健康で快適な生活の土台となる。当研究グループでは、ステロイドホルモンやアミノ酸などの低分子化合物からタンパク質や核酸などの生体高分子に至るまでのさまざまな生体物質を対象に、濃度を正しく決定できる分析

法の開発に取り組み、標準物質開発・供給、国際比較への参加等の国際統合化活動を行うことで、バイオ分析や医療計測の信頼性確保に貢献することを目指している。

研究テーマ：テーマ題目7

表面・ナノ分析研究グループ

(Surface and Nano Analysis Research Group)

研究グループ長：黒河 明

(つくば中央第5)

概 要：

当研究グループでは、電子・エックス線・イオンのマイクロビームを用いた表面化学分析法と、ナノ構造を有する材料の分析・解析手法の研究開発を行っている。また分析法の精度を向上させるための標準物質の開発を行い、鉄鋼材料の組成標準物質やナノスケールの薄膜標準物質を供給している。薄膜の層構造の校正は迅速な標準供給を行うため依頼試験に対応している。表面化学分析技術の高度化と技術普及化を図るため、ISO 等での国際標準化活動への貢献や、CCQM での国際比較への参加を実施している。

研究テーマ：テーマ題目8

ナノ構造化材料評価研究グループ

(Nanostructured Materials Characterization Research Group)

研究グループ長：伊藤 賢志

(つくば中央第5)

概 要：

当研究グループでは、半導体デバイス、反射防止膜、分子選択センサー、イオン分離膜といったナノオーダーの分子構造や極微量成分の制御が重要となる革新的機能性材料の研究開発、および、製造時の品質管理に必要な薄膜、表面組成、空孔などに関係する計量標準の確立、および、ニーズに即した実用標準の開発を推進している。これまでに、半導体組成分析用認証標準物質や超微細空孔測定用認証標準物質を開発し、現在、供給しているとともに、関連分析技術（質量分析法、吸着偏光解析法、走査型トンネル顕微鏡、X線回折法等）の研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目9

粒子計測研究グループ

(Particle Measurement Research Group)

研究グループ長：桜井 博

(つくば中央第3、5)

概 要：

当研究グループでは、粒子・粉体・高分子計測に関わる研究を行っている。粒子、粉体、高分子材料は、先端材料開発、医療、日常用品などで利用されてお

り、また、PM_{2.5}などとして測定されるように、環境中に存在する粒子もある。粒子サイズなどの特性の正確な計測を実現するため、ナノ領域を含む粒子・粉体・高分子標準を供給している。さらに、特性値を高精度に計測する技術の開発、新しい標準物質や校正技術の開発、ISO 等での国際標準化活動を行っている。

研究テーマ：テーマ題目10

熱物性標準研究グループ

(Thermophysical Property Standards Group)

研究グループ長：山田 修史

(つくば中央第3)

概 要：

省エネルギーや低炭素化社会実現のための断熱・蓄熱などによる高効率なエネルギーの利活用技術の開発や電子機器・精密機器における発熱とそれに起因する諸問題の解決など、熱に関連した様々な問題の解決が社会的な重要課題となっている。当研究グループではこれらの課題解決に不可欠な様々な先端機能材料の熱物性量および熱関連量に関する高精度・高機能な計測技術の開発、熱物性計測により得られるデータの信頼性を確保するためのSIトレーサブルな熱物性標準の開発と供給およびデータベース構築による熱物性情報の提供を行っている。

研究テーマ：テーマ題目11

計量標準基盤研究グループ

(Metrological Information Research Group)

研究グループ長：齋藤 剛

(つくば中央第5)

概 要：

当研究グループは、RoHS指令等に対応した添加剤分析で計量トレーサビリティを確立するための標準物質の供給、プラスチック添加剤の分析法の開発やISO/IEC規格の活動などを行う高分子分析に関わる研究、「有機化合物のスペクトルデータベース(SDBS)」の運営、新規スペクトルの追加・更新作業、ウェブでのスペクトルデータの無料公開を行うスペクトルデータベースの活動、計測・計量に関するソフトウェアおよびデータの適合性評価技術の研究開発を行うソフトウェア認証に関する研究及び、不確かさの普及・啓発活動を含む測定の不確かさ評価、試験所間比較における同等性評価を中心とした統計的手法の開発・応用を行う応用統計の研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目12、テーマ題目13、テーマ題目14、テーマ題目15

精密結晶構造解析グループ

(Accurate Crystal Structure Analysis Research Group)

研究グループ長：後藤 義人

(つくば中央第5)

概要：

イノベーション創出に向けた先端材料の研究開発では、原子・分子～ナノレベルの効果に起因する物性を巧みに応用し、制御することが機能の高度化にとって益々重要になっており、原子レベルの精密な構造解析や物性発現機構の解明に必要不可欠な基盤技術である X 線結晶構造解析、固体 NMR 等について精密な計測解析評価手法を開発して、高い信頼性を得るための材料評価基盤技術の確立を目指している。具体的には、環境・省エネルギー分野において重要な次世代高機能材料の開発に必要な固体の原子構造、分子配向、化学結合状態、電荷・イオン・分子種の移動現象等に関する情報の解明を目的とした研究をおこなっている。とりわけ、軽元素含有材料の結晶構造あるいは組成・状態変化の解明のため、X 線回折測定データから解析される構造情報を基に、計算化学あるいは統計的モデリングの方法との融合による精密かつ定量的な結晶構造推定技術の高度化を進めている。

研究テーマ：テーマ題目16

【テーマ題目1】無機標準物質に関する研究

【研究代表者】 三浦 勉 (無機標準研究グループ)

【研究担当者】 三浦 勉、野々瀬 菜穂子、
大畑 昌輝、鈴木 俊宏、朝海 敏昭、
チョン 千香子、和田 彩佳、
山内 喜通、城所 敏浩、石澤ゆかり
(常勤職員7名、他3名)

【研究内容】

平成29年度は新規認証標準物質としてチタン標準液、よう化物イオン標準液を開発した。JCSS 基準物質として金属標準液認証標準物質71試料を指定校正機関に継続して供給した。1物質 (フタル酸水素カリウム) をロット更新した。既存の認証標準物質の安定性モニタリングの結果をまとめ、5物質の有効期限を延長した。CCQM 国際比較1件、APMP 国際比較1件に参加した。

【領域名】 計量標準総合センター

【キーワード】 無機標準物質

【テーマ題目2】pH および電気伝導度の標準確立

【研究代表者】 三浦 勉 (無機標準研究グループ)

【研究担当者】 三浦 勉、鈴木 俊宏、朝海 敏昭、
Maksimov Igor、大沼 佐智子
(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

Harned セル法による pH 測定システムの改良を引き続き進めた。このシステムを用いて6種類の pH 緩衝液に対しての保存安定性の測定を継続した。pH 標準液認証標準物質16試料を、JCSS 基準物質として指定校正機

関に継続して供給した。1件の CCQM 国際比較に参加した。

【領域名】 計量標準総合センター

【キーワード】 pH 標準、電気伝導率標準

【テーマ題目3】環境分析用組成標準物質および微量分析技術に関する研究

【研究代表者】 稲垣 和三 (環境標準研究グループ)

【研究担当者】 稲垣 和三、成川 知弘、朱 彦北、
宮下 振一、有賀 智子、黒岩 貴芳、
小口 昌枝、工藤 いずみ
(常勤職員6名、他2名)

【研究内容】

食品・環境分析における信頼性確保に資することを目的として、組成型標準物質の開発、分析技術の高度化に取り組んだ。

組成型標準物質の開発に関して、平成29年度は3物質の開発を進めた。うち、無機ひ素分析用白米粉末標準物質2nd ロット (NMIJ CRM7503-b) は開発を完了、頒布を開始した。次年度以降に認証を予定しているひ素糖分析用海藻粉末標準物質 (NMIJ CRM7405-b) に関しては、ひ素糖の分析技術を確立し、均質性試験および値付け分析を開始した。同じく次年度以降に認証を予定している河川水標準物質3rd ロット (NMIJ CRM7202-c) は、候補物質1000ボトルの調製を終え、均質性試験を開始した。また、標準物質開発に関連する分析能力証明の場でもある国際比較に関しては、2件の CCQM 基幹比較に参加し、良好な結果を得た。また、新規に白米粉末中ストロンチウム同位体分析の CCQM 基幹比較、河川水中微量元素分析の APMP パイロット試験を提案した。その他、既開発の標準物質に関して安定性試験を実施した。

分析手法の高度化としては、pH 自動調整器の高度化、液体試料噴霧器の開発、ナノ粒子分析用高速信号読み取りシステムの開発等を進めた。うち、液体試料噴霧器に関しては2つの技術に関して新たに特許出願した。

【領域名】 計量標準総合センター

【キーワード】 標準物質、分析技術

【テーマ題目4】標準ガス・湿度標準の開発と高度化に関する研究

【研究代表者】 下坂 琢哉 (ガス・湿度標準研究グループ)

【研究担当者】 下坂 琢哉、松本 信洋、渡邊 卓朗、
青木 伸行、阿部 恒、天野 みなみ、
橋口 幸治、石渡 尚也、丹羽 民夫、
北野 寛、高田 佳恵子
(常勤職員8名、他3名)

【研究内容】

既存の標準ガス・湿度標準の維持・供給を行うと共に、

気候変動の機構や予測に必要となる高精度環境大気分析用標準ガスの開発、半導体製造や次世代のハイテク材料の性能評価等で必要とされる気体中微量水分の標準発生・測定技術の開発を目的として研究を行った。多種ガス用微量水分発生装置の流量測定・制御部の改良を行った。JAXA 宇宙探査イノベーションハブによる共同研究において、月面探査用小型微量水分計の開発を開始した。新規開発予定の高温高湿度発生装置の設計を行った。企業と共同開発しているレーザー式露点計の改良を進めた。質量比混合法により大気観測用の高精度酸素標準ガスの調製法を開発した。天然ガス組成分析用の原料となる純 *n*-ブタン、純 *iso*-ブタン、純窒素標準ガスを開発した。また、JIS 規格で求められている N_2/Ar 標準ガスを開発した。露点95℃～70℃の領域の湿度標準に基づく校正を15件行った。湿度計測に関する技術コンサルティングを6件行った。JCSS 制度の運営支援のため、技術アドバイザーを派遣した。他国の標準研究機関の技術的なレビューを行い、国際的な貢献も行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】標準物質、湿度、微量水分、高感度水分測定、天然ガス、大気観測

【テーマ題目5】有機組成標準物質の開発と供給

【研究代表者】羽成 修康（有機組成標準研究グループ）

【研究担当者】羽成 修康、伊藤 信靖、大竹 貴光、稲垣 真輔、中村 圭介、沼田 雅彦、岩澤 良子、青柳 嘉枝
（常勤職員6名、他2名）

【研究内容】

工業製品、食品の品質管理や環境のリスク評価を正確に行うために不可欠な分析精度管理用の標準物質や分析方法の開発、技能試験を実施した。標準物質開発として、既開発の水分分析用標準液のロット更新を実施しただけでなく、濃度水準の高い新規水分分析用標準液を開発した。また農薬分析用ヒト尿標準物質の開発にも取り組んだ。玄米試料を用いた残留農薬分析の技能試験コンソーシアム（33機関が参加）を運営し、産総研が付与する参照値によって参加機関の分析技能を評価するとともに、技術講習会を開催した。ラマン分光法の標準化に向けて、国際的な活動に参加するとともに、国内分析機器メーカーによるラウンドロビンテストを実施した。ISO ガイド34に基づく標準物質生産のための品質システムを維持するとともに、供給中の標準物質の安定性モニタリングを行い、2標準物質の有効期限を延長するなど、継続的な標準物質供給を行った。CCQM 国際比較1件、ACRM 国際比較1件に参加した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】組成型標準物質、有機標準物質、技能試験、国際比較

【テーマ題目6】有機化学標準の開発と供給

【研究代表者】沼田 雅彦（有機基準物質研究グループ）

【研究担当者】沼田 雅彦、北牧 祐子、山崎 太一、齋藤 直樹、黒江 美穂、石川 啓一郎、清水 由隆、井原 俊英、山中 典子、大手 洋子、大塚 聡子、鮑 新努、藤木 直美、中村 哲枝
（常勤職員8名、他6名）

【研究内容】

計量トレーサビリティの確保された標準物質を市場へ供給するため、約100種の高純度有機標準物質の純度校正サービスを提供中で、平成29年度は農薬など20件について校正を実施した。また、純度校正の中核技術として用いている定量 NMR 法などに関して、共同研究などにより技術の改善に努めた。また、作成に協力した JIS K 0138「定量核磁気共鳴分光法通則」が発行された。

そのほか、水道法における規制物質について標準液の整備を進め、3件については計量標準部会で承認されたことから、2018年5月には依頼試験を開始する運びとなったほか、非イオン界面活性剤と陰イオン界面活性剤の値付け手法の開発を進めた。認証標準物質については、定量 NMR 用の基準物質1種類を新規に認証した他、既存品の継続的供給に必要な作業を行った。

また、定量 NMR 法に関する国際比較を幹事として実施したほか、MoU に基づいてグループ員を国際度量衡局（BIPM）に派遣し、定量 NMR 用基準物質10種の適格性を確認した（結果は BIPM ウェブサイト上で順次公表予定）。さらに、国際純正・応用化学連合の熱分析による純度評価法に関するワーキンググループにおいて、グループ員が主査を務めた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】標準物質、計量トレーサビリティ

【テーマ題目7】バイオメディカル標準の研究

【研究代表者】加藤 愛（バイオメディカル標準研究グループ）

【研究担当者】加藤 愛、絹見 朋也、藤井 紳一郎、川口 研、柴山 祥枝、坂口 洋平、宮本 綾乃、恵山 栄、吉岡 真理子、水野 亮子（常勤職員7名、他3名）

【研究内容】

臨床検査や食品分析、医薬品分析など様々な分野で生体関連物質の測定が行われている。これらの測定結果の信頼性確保に資するために、低分子化合物から生体高分子に至るまでのさまざまな生体関連物質を対象に、標準物質開発や国際統合化活動等に取り組んだ。

標準物質開発については、臨床検査の測定項目のひとつである C 反応性蛋白について、同位体希釈質量分析とアミノ酸分析法を組み合わせた高感度・高精度な定量法を利用することで、認証標準物質のロット更新を行っ

た。また、国際統合化活動としては、国際度量衡委員会物質質量諮問委員会が主宰する国際比較 CCQM-P184（デジタル PCR によるがん遺伝子変異（BRAF、EGFR）の定量）と CCQM-P164（血清中のヒト成長ホルモン（hGH）の定量）に参加した。そのほか、ISOガイド34に基づく品質システムを維持し、これまでに開発した標準物質の安定性評価を行うとともに、ヒドロコルチゾン、L-メチオニン、L-シスチン、定量解析用リボ核酸（RNA）水溶液、コルチゾール分析用ヒト血清（4濃度レベル）、アルドステロン分析用ヒト血清（3濃度レベル）、ヒトインスリン溶液、ホタテガイ中腸線（下痢性貝毒分析用）について有効期限延長を行うことで、標準物質の安定的な供給を継続した。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕標準物質、臨床検査医学、バイオ分析、生体物質

〔テーマ題目8〕表面・ナノ分析用の標準物質の開発と計測技術の研究

〔研究代表者〕黒河 明（表面・ナノ分析研究グループ）

〔研究担当者〕黒河 明、寺内 信哉、張 ルウルウ、東 康史、城 昌利、福本 夏生、今村 元泰、熊谷 和博、内田 みどり、伊藤 美香（常勤職員8名、他2名）

〔研究内容〕

表面分析法やナノ構造材料の測定手法の開発研究と、分析手法の精度向上のための標準物質開発を行った。走査電子顕微鏡法（SEM）の倍率校正および像シャープネス評価に用いるためのタングステンドットアレイ標準物質 NMIJ CRM 5207-a を開発した。この標準物質は、タングステン製のナノドットを、7 mm×7 mm の大きさのシリコン基板上に、正方格子状に等ピッチ間隔で配置したものである。ナノドットは大きさの異なる3種類を備える。国際単位系の定義改定に備えて行われた物理定数の精密測定の一環として、シリコン同位体（²⁸Si）製の球体表面をエックス線光電子分光法（XPS）で測定した。これにより NMIJ によるアボガドロ定数（ N_A ）の決定に貢献した。マイクロビームを用いた表面化学分析技術や電子顕微鏡による評価技術の高度化とその技術普及を図るため、ISO/TC201,202,229での国際標準化活動を支援した。また CCQM の表面分析ワーキンググループ（SAWG）で、ナノスケール HfO₂膜の厚さ測定を行う国際比較 P-190に参加した。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕標準物質、エックス線蛍光分析、走査電子顕微鏡、像シャープネス、物理定数、国際比較

〔テーマ題目9〕機能性ナノ構造化材料の分析技術と関連標準の開発

〔研究代表者〕伊藤 賢志（ナノ構造化材料評価研究グループ）

〔研究担当者〕伊藤 賢志、富樫 寿、平田 浩一、高塚 登志子、山脇 正人、白澤 徹郎（常勤職員6名）

〔研究内容〕

供給中の認証標準物質の安定性試験を行い、品質に問題がないことを確認した。特に CRM5602-a（陽電子寿命による超微細空孔測定用ポリカーボネート）と CRM5606-a（陽電子寿命による空孔欠陥測定用単結晶シリコン）については、十分な安定性が確保されていることから有効期限を延長した。鉄鋼部材による構造物の疲労検査や材料研究へ適用可能な陽電子寿命計測に関する非破壊検査方法の高度化をさらに推し進めた。イオンビームを用いた2次粒子計測による高感度表面分析法の開発と同法のナノ薄膜分析への応用を行い、金属系ナノ薄膜へ高速イオンビーム照射では1次イオン中の原子の数が数個程度でも高分子量を持つ金属クラスター2次粒子が放出することを見出した。半導体分析用標準物質に付与する特性値の定量精度向上を目的とした同位体希釈中子放射化分析実験を実施すると共に、得られたデータを解析した。積層薄膜を断面からナノ領域評価するために必要な、走査型トンネル顕微鏡に付属する断面測定装置の設計を行った。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕材料分析、イオン注入標準物質、微細空孔標準物質、質量分析、X線回折

〔テーマ題目10〕粒子標準の開発と供給

〔研究代表者〕桜井 博（粒子計測研究グループ）

〔研究担当者〕桜井 博、飯田 健次郎、加藤 晴久、車 裕輝、坂口 孝幸、高橋 かより、高畑 圭二、水野 耕平、村島 淑子、砂押 慶子（常勤職員9名、他1名）

〔研究内容〕

粒径、気中および液中における粒子数濃度、粉体比表面積、高分子分子量の標準について、依頼試験や標準物質の維持と供給を行うとともに、標準の新規開発や高度化のための研究を行い、H29年度は、ガス吸着量に関する認証標準物質1種と、高分子分子量の依頼試験1種を新たに完成させた。計量標準の国際統合化活動として、気中粒子数濃度とガス吸着量に関する国際比較3件に参加した。粒子・粉体・高分子に関する粒径・粒子数濃度・ガス吸着量・分子量等の計測の高精度化に向けた研究を進め、また、これら計測に関する ISO・JIS 等の工業標準化をプロジェクトリーダー、国内委員長、国内委員として推進した。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕粒径、粒径分布、粒子質量、粒子数濃度、比表面積、ガス吸着量、分子量

〔テーマ題目11〕 固体熱物性標準の整備

〔研究代表者〕 山田 修史（熱物性標準研究グループ長）

〔研究担当者〕 山田 修史、渡辺 博道、阿子島 めぐみ、八木 貴志、阿部 陽香、山下 雄一郎（常勤職員6名）

〔研究内容〕

固体材料を対象とした熱物性（熱膨張率、熱拡散率、熱伝導率、比熱容量、薄膜熱物性、熱流密度など）に関して、熱膨張率標準については、室温付近での依頼試験の供給範囲の拡張を完了すると共に既存標準物質（NMIJ CRM5805-a 熱膨張率測定用高純度銅）の有効期限の延長を行った。比熱容量標準に関して、高温領域での断熱法による校正システムの試作器の製作を進めた。また、その他の各標準供給項目に関して継続的な研究開発と校正技術の改良と高度化を実施した。熱物性関連の計測規格および標準化に関して、断熱材の比熱の測定法等に関する国際標準化委員会、放熱性シート材料の熱拡散率測定方法の規格原案作成委員会、遮熱コーティングの熱伝導率測定の ISO 規格化に関する国内審議委員会などに参画した。分散型熱物性データベースに関して、固体材料の新規熱物性データセット119件を追加登録すると共に、データ整合性検証システム Web 版および WebAPI によるデータ提供システムの開発を行った。産業技術連携推進会議知的基盤部会計測分科会の温度・熱研究会の運営を担当し、熱機械分析器（TMA）等による熱膨張率測定ラウンドロビン試験を開始した。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 固体熱物性標準、標準物質、熱膨張率、熱拡散率、熱伝導率、比熱容量、薄膜熱物性、熱流密度、熱物性データベース

〔テーマ題目12〕 高分子中の添加剤標準物質の開発と供給

〔研究代表者〕 松山 重倫（計量標準基盤研究グループ）

〔研究担当者〕 松山 重倫、齋藤 剛、折原 由佳利（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

プラスチック中の低分子成分含有量に関する認証標準物質について、NMIJ CRM 8108-b、及び8109-a の認証期限延長を行った。また、H30年度新規認証予定の CRM 8156-a の安定性試験を行った。IEC における RoHS 指令に対応したプラスチック中の成分測定法の規格制定に関与した。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 プラスチック添加剤、RoHS 指令、SVHC、測定法

〔テーマ題目13〕 有機化合物のスペクトルデータベース

（SDBS）の高度化研究

〔研究代表者〕 齋藤 剛（計量標準基盤研究グループ）

〔研究担当者〕 齋藤 剛、渡邊 宏、松山 重倫、小野 千里、滝澤 祐子、鍋島 真美（常勤職員3名、他3名）

〔研究内容〕

H29年度に産総研で測定し、評価を行った¹H 及び¹³C 核磁気共鳴、赤外分光と質量の合計376スペクトルを有機化合物のスペクトルデータベース（SDBS）に登録した。インターネットを通して公開し、公開するスペクトル数は約11万件となり、アクセス数は一日平均約11.5万件だった。インターネット上公開している SDBS の Web サイトを保守運営した。そのなかで情報セキュリティの脅威への対策も実施した。今後、産総研内外の化学物質情報と連携していくための媒介として、スペクトルごとのランディングページを整備し、公開するための準備を整えた。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 有機化合物、核磁気共鳴スペクトル、赤外分光スペクトル、質量スペクトル、インターネット

〔テーマ題目14〕 ソフトウェア認証に関する研究

〔研究代表者〕 松岡 聡（計量標準基盤研究グループ）

〔研究担当者〕 松岡 聡、渡邊 宏（常勤職員2名）

〔研究内容〕

ソフトウェア認証に関する基礎研究として、multiplicative linear logic (MLL) 非決定的多項式時間計算クラス (NP) 完全問題の解探索に関する研究・開発を行うとともに、データの信頼や品質の文書化方法を検討するため、SDBS の公開データを題材にアシュアランスケースを作成する実験を行った。

MLL 証明探索に基づく NP 完全問題の解探索に関する研究・開発では、MLL への多くの NP 完全問題のエンコーディングが可能であることを見つけ、成果の一部が、国際シンポジウム FLOPS に採択され、論文が springer から出版された。アシュアランスケースの作成実験では、形式アシュアランスケースの適用範囲を拡大させるとともに、モジュール化の要件および具体的事例を得た。作成実験は神奈川大学との共同研究として実施した。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 ソフトウェア、認証、適合性評価、NP 完全問題、アシュアランスケース、形式化

〔テーマ題目15〕 不確かさ評価及び同等性確認における統計的問題の研究と技術支援

〔研究代表者〕 田中 秀幸（計量標準基盤研究グループ）

〔研究担当者〕 田中 秀幸、城野 克広（常勤職員2名）

〔研究内容〕

不確かさ評価に関わる統計的手法の開発・応用を行うとともに、産総研内外での不確かさ評価の技術支援・普及啓発活動を行うことを目標としている。今年度は、バイズ統計を不確かさ評価で用いる際の不具合についての解決策を新たに開発し提案した。不確かさクラブでは、大阪にて総会を開催し、不確かさの普及に努めた。また、中上級者用不確かさ講習会の開催をはじめとする不確かさセミナーでの講師、不確かさ評価の技術相談、JIS 原案作成委員会での不確かさに関する部分の作成等の普及・啓発活動を行った。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕不確かさ、試験所間比較、トレーサビリティ、適合性評価、バイズ統計

〔テーマ題目16〕精密結晶構造解析の高度化に関する研究

〔研究代表者〕後藤 義人（精密結晶構造解析グループ長）

〔研究担当者〕後藤 義人、山脇 浩、藤久 裕司、竹谷 敏、服部 峰之、林 繁信、治村 圭子（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

粉末 X 線回折データを用いるリートベルト解析による結晶構造情報を基に、軽元素や不安定分子種等を含めた、より詳細な位置情報について確度の高い結晶構造を推定するため、量子化学計算の一種である DFT 計算、分子力場計算、分子動力学 (MD) シミュレーション等との融合によって構造モデリングを行う手法の開発を進めた。具体的には122型並びに231型の新規超伝導体について、粉末 X 線回折データと DFT 計算の併用によって構造解析を行った。イオン液体の高圧下で固化した結晶について、粉末 X 線回折データと分子力場計算の併用によって構造解析を行った。TIA かけはし調査研究では各種超硬材料の構造モデリングならびに DFT 計算によるピッカース硬さ計算を行った。また安全科学研究部門と共同で化学物質の爆発安全情報データベースとして公開するため、高エネルギー物質10種について DFT 計算を用いた構造最適化や MD シミュレーションを行うとともに、それぞれの結晶構造の等温圧縮過程、断熱圧縮過程における構造変化を調べた。

一方、信頼性の高さにおいて結晶構造解析の最も重要な基盤技術であり標準不確かさに基づいた解析評価が有効な単結晶 X 線精密構造解析法の高度化については、原子構造モデルの推定と決定に関して、解析の汎化能力の向上を期待することができる統計的モデリングの手法の一つである情報量規準を用いた開発を進めた。複数の部分構造から成る複合結晶の基本構造モデルへのパラメーター導入の有意性を検証するために、半世紀以上もの間、広く利用され続けてきた Hamilton's test の方法で

は優劣の判断が本質的に困難と思われる構造モデルの過適合問題に対して、情報量規準を適用することの優位性並びに有効性を示すことに成功し、情報量規準が複合結晶の基本構造モデルの決定精度も向上することが出来る優れた指標と成り得ることを明らかにした。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕X 線結晶構造解析、固体 NMR

⑤【分析計測標準研究部門】

(Research Institute for Measurement and Analytical Instrumentation)

(存続期間：2015.04.01～)

研究部門長：野中 秀彦

副研究部門長：齋藤 則生、時崎 高志、齋藤 直昭

首席研究員：鈴木 良一

総括研究主幹：津田 浩、権太 聡

研究主幹：松林 信行

所在地：つくば中央第2、第3、第5、西事業所

人員：61名 (61名)

経費：856,976千円 (395,977千円)

概要：

当部門では、医療用リニアックを用いた治療レベル線量標準、食品の放射能測定、環境騒音の低減に資する標準などに代表される、医療の信頼性、分析・検査産業の発展を支える放射線・放射能・中性子・音響・超音波に関連する国家計量標準の整備と普及を行うとともに、ナノ材料の評価などに必要な微細構造解析と製品や施設など構造物の非破壊検査のために、陽電子、X 線、レーザー光やイオンなどをプローブとした先端計測、評価、分析および検査技術の研究開発を行う。これら分析と計測に関する標準と先端技術を分析・検査産業などを通じて普及し、より豊かで安全な社会の構築に貢献することを目指す。各グループの特徴は以下のとおりである。

・音響超音波標準研究グループ

規制値以下の環境騒音確保等のための空中伝搬音の精密計測技術や計量標準の開発供給、および医療・産業用超音波放射機器の性能や安全性評価のための水中伝搬音の精密計測技術や計量標準の開発供給。

・放射線標準研究グループ

放射線防護や医療用および産業用放射線に関連するγ線、X 線、β線の線量標準の開発・維持・供給、および放射線検出器の評価技術や放射線利用機器の安全性評価技術の提供。

・放射能中性子標準研究グループ

放射能および中性子に関わる計量標準の開発・維持・供給、並びに放射能測定用食品試料の認証標準物

質、中性子の精密計測など関連する計測技術の開発。

・X線・陽電子計測研究グループ

電子加速器により発生した高強度短パルス陽電子ビームを用いた高機能材料の計測評価技術の開発、および加速器技術をベースとしてインフラ等の診断のための可搬型超小型X線検査装置開発。

・ナノ顕微計測研究グループ

次世代産業の中核を担う基盤材料として期待されているナノ材料の開発の基盤技術となる計測技術の新規開発。顕微鏡法や質量分析法において新規要素技術の開発から計測のための試料調整技術、装置校正技術、データ解析手法、国際標準化等の開発。

・放射線イメージング計測研究グループ

放射線計測と電子加速器技術を利用した産業技術の開発を目指した、X線イメージングの研究と産業利用に適した小型加速器の開発。

・非破壊計測研究グループ

社会インフラの老朽化に対応する点検や維持に役立つ超音波や画像解析技術を利用した現場情報の可視化技術の開発と炭素材料の特性評価のための計測技術の開発。

・ナノ分光計測研究グループ

光をプローブとした光学的・分光学的な計測・分析手法の開拓と計測・分析機器の開発及びこれらの機能材料分析から生体・環境の診断・モニタリングへの応用。

各グループは有するコア技術を磨くとともに、新しい標準、計測、分析技術の芽を育てている。

第4期中期目標期間（2015年度～2019年度）においては、計量標準総合センターの一研究部門として、産業界のニーズを取り込みながら、計量標準の開発・維持・供給と先端計測技術とその応用技術の研究開発を、目的基礎、橋渡し前期および橋渡し後期のそれぞれのフェーズを見極めながら推進する。そのために、当部門独自の重点課題を実施した。以下にそれらの重点課題の概要、外部資金による研究テーマ、及び各グループの活動状況を述べる。

【重点課題1】医用広帯域超音波の安全性確保に資するハイドロホン感度の位相特性校正技術の開発：音響超音波標準研究グループ

パルス等の広帯域超音波が用いられる超音波診断装置の安全性評価に資する、ハイドロホン感度位相特性校正技術を開発する。そのために、音源（超音波振動子）からハイドロホンに到達する超音波の音圧の位相を計測する装置を試作した。

【重点課題2】ダイヤモンド線量計の応用範囲拡大に関する研究：放射線標準研究グループ
人工ダイヤモンドを用いたダイヤモンド線量計を試作

し、ダイヤモンド線量計の安定性や温度特性などの諸特性を調べ、応用範囲拡大についての検討を行った。

【重点課題3】多電極比例計数管を用いたラドン濃度絶対測定精度検証：放射能中性子標準グループ
一般公衆の被ばく要因として重要な、ラドンの放射能測定基準となる高精度測定システムの確立に向け、専用の多電極比例計数管の特性評価を継続し、併せて基準となる測定システムの全体設計を行い製作に着手した。

【重点課題4】材料の微視的構造分析に向けた高輝度陽電子プローブ発生装置の構築：X線・陽電子計測研究グループ

高輝度陽電子プローブ発生による計測速度向上を目指して、低速陽電子ビーム源高強度化のために装置改造をすすめた。具体的には、陽電子発生用電子加速器のビーム電流安定性向上およびビーム輸送効率改善を目的として、陽電子源を電子加速器ビームラインの最短直線ライン部に移設し連結させた。また、陽電子発生部の温度測定システムの改良、および、放射線遮蔽の増強を行うことで、高強度陽電子ビームの安定供給が可能となった。

【重点課題5】光分析機器の空間分解能向上：分散試料の調製及び時空間分解計測技術の開発：ナノ顕微計測研究グループ、ナノ分光計測研究グループ

光分析法に求められる新たな付加価値の一つが高空間分解能イメージング測定であり、またそのために必要な均一試料の作製技術の確立である。そこで、凍結乾燥法によるナノ粒子の分散制御技術の開発と時間分解能を有する過渡吸収分光装置に空間分解能を付与した分析機器の開発を行い、走査プローブ顕微鏡の全視野において均一に分散したナノ粒子試料の作製や、サブ μm （ $\sim 800\text{ nm}$ ）以下の空間分解能での過渡吸収イメージング測定を実現した。

【重点課題6】欠陥自動認識アルゴリズムを組み込んだ完全非接触超音波可視化検査システムの開発：非破壊計測研究グループ

実構造物の超音波伝搬映像をその場で非接触計測し、欠陥を自動的に検出・評価する超音波可視化検査システムを開発する。そのために、レーザードップラー振動計による非接触超音波計測の感度向上技術の開発を行い、さらに計測された超音波伝搬映像から機械学習とコンピュータビジョンによって欠陥を自動的に検出するための画像解析技術の開発を進めた。

内部資金：

戦略予算「インフラヘルスイノベーション」

標準基盤研究「甲状腺モニタ用ファントム標準化のための研究」

外部資金：

原子力規制庁 平成29年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費「眼の水晶体等価線量評価に用いる線量計の試験校正手法の開発」

原子力規制庁 平成29年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費「環境モニタリング線量計の現地校正に関する研究」

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 実電池を用いた in situ NBI 技術および解析技術開発「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」

文部科学省 科学技術試験研究委託事業「微細構造解析プラットフォーム」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト「インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発／超小型 X 線及び中性子センサを用いたインフラ維持管理用非破壊検査装置開発」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 「高輝度・高効率次世代レーザー技術開発」

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 「エネルギー・環境新技術先導プログラム／大型超軽量構造材料の AI 利用・高解像度計測技術の研究開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究成果展開事業【研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP) 産業ニーズ対応タイプ】「中性子フラットパネルディテクタの研究開発」

国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (ERATO)「熱活性化遅延蛍光分子における励起状態ダイナミクスの解明」

静岡県 静岡県先端企業育成プロジェクト推進事業「高画質で小型軽量の卓上 X 線3D スキャナの開発」

一般財団法人日本ガス機器検査協会「AI による解析事業」

公益社団法人日本アイソトープ協会「Ir-192小線源基準空気カーマに対する井戸型電離箱の校正」

独立行政法人日本学術振興会 平成29年度科学研究費

助成事業 (科研費)

「真空紫外領域の円偏光分光法による隕石中のキラリテイの非破壊分析法の確立」新学術領域研究 (研究領域提案型)

「テラヘルツ帯高強度コヒーレントエッジ放射の利用による自由電子レーザー制御の研究」基盤研究 (B)

「レーザー駆動フェムト秒ガンマ線パルスを用いた中性子発生」基盤研究 (B)

「分子双極子の強制配向を利用した有機半導体デバイスの内部電界エンジニアリング」挑戦的萌芽研究

「強度輸送方程式に基づくシングルショット複素振幅動画像計測システムの開発」研究活動スタート支援

「構造体健全性診断のための超音波伝搬可視化法による定量的非破壊評価」基盤研究 (C)

「J-PARC パルス中性子ビームを用いた鉄鋼材料や植物中のホウ素の可視化の研究」基盤研究 (C)

「光波面制御を利用した深部計測のための強度干渉断層イメージング技術の開発」基盤研究 (C)

「プロトン性イオン液体を用いたビーム源の開発：有機系 SIMS の感度と面分解能の向上」基盤研究 (C)

「光学的マルチスケールひずみ分布計測法の開発と損傷メカニズムの実験的解明」基盤研究 (C)

「キャビテーション気泡の運動状態の計測制御に関する研究」基盤研究 (C)

「BNCT 領域の熱外中性子線量精密評価用可搬型検出器の開発」基盤研究 (C)

「光電子収量分光法を応用した、励起準位エネルギーの大気下計測手法の開発」若手研究 (B)

「Development of high-accuracy and large-view-field deformation measurement technique to investigate micro-nano-scale deformation distributions around interfaces」若手研究 (B)

「加速器 BNCT 用中性子エネルギー分布測定技術の開発」若手研究 (B)

「ポジトロニウム負イオン系における光誘起ダイナミクスの研究」若手研究 (B)

「次世代有機光材料の物性研究を切り拓く超広域時間分解光電子分光法の開発」基盤研究 (B)

「金属原子とタンパク質イオンの反応による新規ラジカル分解質量分析法の開発」若手研究 (B)

「熱流束計測に基づく X 線自由電子レーザーのパルスエネルギー絶対測定」若手研究 (B)

「陽電子消滅による結晶特異構造のキャリア捕獲・散乱ダイナミクスの評価」新学術領域研究 (研究領域提案型)

「フェムト秒電子バンチの6D 位相空間分布計測可能な単一ショット非破壊モニターの開発」基盤研究 (A)

「立木用 X 線検査装置による国産主要造林樹種の非破壊的材質および水分特性の評価」基盤研究 (B)

「a-Si:H/c-Si ヘテロ接合界面近傍のポイド構造解明」

基盤研究 (C)

「IVR 医療スタッフの水晶体被ばく防護のより良い最適化方法に関する研究」基盤研究 (C)

発表：誌上発表129件、口頭発表339件、その他41件

音響超音波標準研究グループ

(Acoustics and Ultrasonics Standards Group)

研究グループ長：堀内 竜三

(つくば中央第3)

概要：

音響および超音波の標準は、環境、医療、ものづくりなどの分野において不可欠であり、ニーズに応じた新規標準の立ち上げや供給範囲の拡大・高度化に必要な研究開発を行っている。既存の標準の維持・供給や MRA 対応の国際基幹比較への参加も継続的に実施している。また橋渡しの実現に向けた計測技術の開発や、将来のシーズとなりうる目的基礎研究にも積極的に取り組んでいる。

音響関連では、音響計測器の jcss 等校正サービスについて、品質システムの継続的運用の下、jcss 校正 10 件、騒音基準器検査 11 件、低周波域でのマイクロホン音圧感度の依頼試験 1 件、音響パワー計測で使用される基準音源の音響パワーレベル校正 3 件を実施した。JCSS 登録申請事業者に対しては、4 件の登録審査を行った。音響パワーレベル標準は将来的に校正周波数範囲を現行の 100 Hz～10 kHz から 50 Hz～20 kHz へ拡張することを計画している。本年度は音響パワーレベル絶対校正システムの改良を行い、50 Hz～20 kHz の測定を可能とした。また、マイクロホンの存在による音の反射や回折の影響を受けない計測法として、レーザを用いた光学的音圧計測技術の開発を進めている。本年度は測定システムの振動が音圧測定 of SN 比に与える影響の確認を行った。

超音波関連では、天秤法及びカロリメトリ法による超音波パワー校正、光干渉法によるマイクロホン感度校正の一次校正、同比較校正、超音波音場パラメータ校正の各標準を維持し、依頼試験を継続した。29 年度には、超音波パワー校正は 1 件、マイクロホン感度校正は 26 件の依頼試験を実施した。また、医用超音波機器の性能、安全性評価や産業応用のニーズに応えるため校正範囲の拡張などを進めた。超音波パワー校正の範囲拡張のため、圧電材料の直径をこれまでの 20 mm から 30 mm に拡大した 200 W 用超音波振動子を試作した。高出力領域の超音波パワー標準であるカロリメトリ法では、飽和水と脱気水で超音波パワーの測定値に有意差があり、その原因が気泡にある可能性を実験で確認した。マイクロホン感度校正については、40 MHz を超える超音波の送信効率を向上させるために、圧電素子を積層した振動子を設計製作した。また

光検出器の校正帯域を拡張するために、光変調器への入射ビームを集束し S/N を改善した結果、60 MHz まで校正範囲を高周波化できる見通しを得た。

研究テーマ：テーマ題目1

放射線標準研究グループ

(Ionizing Radiation Standards Group)

研究グループ長：黒澤 忠弘

(つくば中央第2)

概要：

放射線標準は、放射線防護、医療、産業、先端科学にとって非常に重要であり、ニーズに対応した標準の立ち上げと高度化、および関連する計測技術の研究開発、標準の維持・供給、MRA 対応の国際基幹比較に努めている。特に、ライフインベションへの貢献として、放射線を用いた診断・治療の信頼性向上に資するするために、医療用線量標準等の物理標準の開発・範囲拡張・高度化等の整備を知的基盤整備計画に沿って行うとともに、震災復興支援に関連する線量標準や関連する計測技術の開発などを積極的に進めている。

今年度は、医療用リニアックからの高エネルギー電子線標準の開発のために、水カロリメータの改良を行った。粒子線治療に関わる標準開発として、炭素線の線質測定、カロリメータを用いた熱量測定を行うとともに、水カロリメータの開発を引き続き行った。

軟 X 線の線量当量標準の開発のために、X 線スペクトルの測定を行った。X 線自由電子レーザ用のマイクロカロリメータを開発した。

水晶体の被ばく線量限度の引き下げについて検討が行われ、それに関連して測定量である Hp (3) の X 線場の構築を行った。

また環境モニタリング線量計のトレーサビリティ確保のために、現地校正手法の開発を行った。

放射線線量計の校正に関して、jcss 11 件 (γ線 15 件、水吸収線量 6 件、中硬 X 線 1 件、軟 X 線 1 件、β線 1 件)、依頼試験 1 件 (軟 X 線 1 件) 行った。

研究テーマ：テーマ題目2

放射能中性子標準研究グループ

(Radioactivity and Neutron Standards Group)

研究グループ長：柚木 彰

(つくば中央第2)

概要：

放射能計量標準に関して、放射性表面汚染検査装置の特性評価に用いる大面積線源について、従来の 10 cm×10 cm の線源に加え、10 cm×15 cm の線源の標準供給を開始した。液体シンチレーション計数装置を用いた放射能測定の精度向上に向けた開発を継続した。ラドン放射能標準立ち上げに向けて、専用の放射線検出器の評価試験を継続した。国際比較では、放射性セ

シウムを含む小麦試料を用いた放射能国際比較を開始し試料を参加機関に配布した。校正サービスについては、jcss 校正3件、依頼試験3件を実施した。

中性子計量標準に関して、1.2 MeV の速中性子フルエンス標準について、中性子発生に使用するペレットロン加速器のパルス化装置の調整、飛行時間測定による加速エネルギーの決定、中性子フルエンスの絶対測定、不確かさ評価等を実施し、依頼試験を立ち上げた。Cf-252中性子放出率、熱中性子フルエンス率標準、中性子線量標準、高エネルギー中性子フルエンス率標準の国際比較の準備を進めた。校正サービスについては、依頼試験14件を実施した。連続中性子フルエンス標準の JCSS 技術指針を策定、運用を開始した。

研究テーマ：テーマ題目3

X線・陽電子計測研究グループ

(X-ray and Positron Measurement Group)

研究グループ長：大島 永康

(つくば中央第2)

概要：

非破壊検査や医療診断では、現場で使用できる小型軽量、ロボット等に搭載可能な X 線等の非破壊検査装置が望まれている。当グループでは、カーボンナノ構造体を用いた小型軽量の X 線源、X 線や中性子を用いた非破壊検査技術、放射線線量計等の技術シーズを有しており、ニーズに合わせた開発を行うことによって様々な状況に対応できる計測技術の開発を行う。また、先端材料開発では、原子からナノレベルの構造制御が鍵になっており、これらの極微構造の評価を実現するため、電子加速器を用いて陽電子や中性子のビームを発生し、高度に制御して、各種の材料に適用することによって原子からナノレベルの構造等を評価する計測技術の研究を実施している。

今年度は、カーボンナノ構造体 X 線源と大面積 X 線フラットパネル検出器を用いて、屋外配管の X 線検査実験を行い、配管の減肉検査を既存の検査法より効率的に実施できることを確認した。また、電子加速器を利用した高強度低速陽電子ビームによる材料計測技術の機器公開を継続し、外部の計測・分析ニーズに応えた。中性子ビームによる材料計測技術では、構造材料分析用の小型電子加速器を用いた中性子計測システムの設計とその性能試験を行った。

研究テーマ：テーマ題目4

ナノ顕微計測研究グループ

(Nanoscopic Measurement Group)

研究グループ長：中村 健

(つくば中央第2)

概要：

ナノスケールオーダーで構造や特性を制御したナノ

物質や物質・材料の機能を飛躍的に向上させるナノ製造技術の研究開発において、計測技術は基盤技術として重要である。当グループでは、電子線・イオンビーム等を含めた各種プローブを用いた顕微鏡的手法及び質量分析法を中心としたナノ領域の計測技術の研究開発を実施している。具体的には、電子顕微鏡を用いたナノ粒子の生体への安全性評価、原子間力顕微鏡 (AFM) や走査型近接場光顕微鏡 (SNOM) 等のプローブ顕微鏡によるナノ粒子の形状観察のための技術開発、質量分析法高度化のためのイオン化及び検出技術の開発、ナノ製造プロセス等のモニタリング用の水晶振動子センサの開発である。

平成29年度は質量分析法に関しては、ソフトイオン化のためのクラスターイオンビーム源において、プロトン性イオン液体である硝酸プロピルアンモニウムを利用することの有効性を実証した。また、ソフトイオン化の一つである真空紫外レーザー光による一光子レーザーソフトイオン化検出技術の開発に着手し、有機分子の118 nm 光一光子イオン化検出のための装置群の整備を行った。さらに顕微鏡法に関しては、引き続きプローブ顕微鏡の試料前処理技術である凍結乾燥法の開発を進めると同時に、表面走査プローブ顕微鏡の機器公開を継続し、外部の計測・分析ニーズに適宜応えた。前年度に引き続き ISO TC201 (表面化学分析) 及び TC229 (ナノテクノロジー) を通じて、これら手法に関わる国際標準化の推進を行った。

研究テーマ：テーマ題目5

放射線イメージング計測研究グループ

(Radiation Imaging Measurement Group)

研究グループ長：豊川 弘之

(つくば中央第2)

概要：

電子加速器を用いて発生する X 線、テラヘルツ波、ガンマ線、中性子等の先端量子ビーム発生手法およびその利用方法について研究し、産業に役立つ先端分析計測技術を開発する。従来になかった新規量子ビームを発生する技術、既存の量子ビームの性能を格段に向上したり使い易くする技術、量子ビームを高効率かつ正確に計測する放射線計測技術の開発、および技術を社会に広く普及させるための研究を行う。これらの一連の研究活動によって、産総研で開発した技術を社会へ広く橋渡しする。

今年度は、高エネルギーガンマ線の光渦をレーザーと電子ビームの相互作用によって発生する手法を考案して論文発表とプレスリリースを行った。電子加速器を用いて、平面波コヒーレントチェレンコフ放射による高出力テラヘルツ波の発生と計測に成功し、理論解析を行って論文発表した。さらに、蛍光ガスとマイクロパターンガス検出器を組み合わせた放射線検出器の

開発に成功し、その業績が評価され2件の学会賞を受賞した。

非破壊計測研究グループ

(Non-destructive Measurement Group)

研究グループ長：遠山 暢之

(つくば中央第2、西事業所)

概要：

全視野計測による材料の微視的変形から構造物全体の巨視的変形評価技術の開発、構造物を伝搬する超音波の可視化映像から構造物中の欠陥を検出する超音波検査システムの開発、並びに炭素材料の適用環境における材料特性評価とその評価手法の開発を行っている。

今年度は、サンプリングモアレ法による振動計測を鉄道の高架橋に適用し、従来の変位計を利用した場合と比較して、より経済的に同程度の精度で計測できることを実証した。ミクロンスケールの材料評価では、モアレ法と幾何学位相解析を融合したひずみ計測法を開発し、材料変形時の微小領域のひずみ分布計測に適用した。さらに、デジタルホログラフィとモアレ法を融合させた高精度3次元計測システムを開発し、半導体デバイスのナノオーダーの3次元熱変形計測に適用した。超音波可視化技術においては、自動車用接着構造部材の迅速検査への適用を目指し、レーザードップラー振動計を用いた完全非接触検査システムの開発および機械学習による欠陥自動検出手法の実現を行った。炭素材料の材料特性評価においては、各種工業用炭素材料の超高温物性試験を行うとともに、炭素繊維の単繊維特性評価のために繊維径分布を精密に計測して、ねじり・引張り特性などの力学的特性評価を行った。

研究テーマ：テーマ題目6

ナノ分光計測研究グループ

(Nanoscale Spectroscopic Measurement Group)

研究グループ長：中村 健

(つくば中央第2)

概要：

先端産業技術各分野の横断的基盤である（生体構成物質を含む）物質の多様な性質・機能の適切な維持と効果的・効率的な利活用のためには、種々の計測・分析・評価手法を駆使した物質系の正確かつ精密な認識の下で制御を与え、現状の課題解決と目標達成を実現することが必要である。このような基盤としての計測・分析技術のうち、第4期中長期目標期間の開始期に新たに設立された当グループでは、プローブである光と物質の相互作用である吸収・反射・干渉等の物理現象を利用した先端計測・分析技術の研究開発を実施している。具体的には、パルスレーザー光による過渡吸収分光法や多光子吸収イオン化を介した分光法によ

るナノ物質・材料の表面・界面あるいは気相中での挙動を高時空間分解能で計測する技術の開発、照射した赤外線反射光の検出と解析により不可視領域にある被写体画像を可視化する技術の開発と高度化、医療応用などを念頭に置いた光の干渉を用いた断層イメージング技術の開発と高度化、等である。

平成29年度は、パルスレーザー光励起による光電子放出の検出と解析を利用した時間分解二光子光電子分光装置及び二光子ー光電子収量法（2P-PYS）の開発では、パルスピッキング法の検討と試料分析室等の整備及び波長可変な光源の調整を行い、それぞれの機器開発を進めた。また過渡吸収分光装置により、引き続き次世代有機 EL 発光材料の物性評価を進めた。不可視領域の可視化技術の開発では、より遠方の被写体の動画撮影の実現に加えて、屋外における環境光を除去した赤外線撮影の実現に向けた機器の変調動作の組み合わせなど、当該技術の高度化も進めた。深部計測のための強度干渉断層イメージング技術の開発では、複数のアーティファクトの同時低減法を理論的に提案すると同時にその有効性を実験的に検証するなどの進捗があった。

研究テーマ：テーマ題目5

【テーマ題目1】 医用広帯域超音波の安全性確保に資するハイドロホン感度の位相特性校正技術の開発

【研究代表者】 堀内 竜三

(音響超音波標準研究グループ)

【研究担当者】 堀内 竜三、吉岡 正裕、内田 武吉

(常勤職員3名)

【研究内容】

ハイドロホンは、水中を伝搬する超音波の音圧を電圧に変換するデバイスである。超音波診断装置の安全性評価のため、ハイドロホンをを用いた超音波音場計測法がIEC規格で規定されている。これまでは取扱いが容易な狭帯域超音波の使用を想定し、超音波の中心周波数におけるハイドロホン感度の振幅特性のみを用いて音圧の瞬時波形を求めていたが、より精密計測が可能な、超音波の周波数帯域をカバーする複数の周波数におけるハイドロホン感度の振幅と位相特性の両方を用いる方法の導入が検討されている。我が国の医用超音波機器の製造・販売業者においては、自社製品の性能・安全性評価のため、この新たに導入される計測法の利用が不可欠である。既に標準供給しているハイドロホン感度の振幅特性に加え、位相特性の校正技術も開発するため、本研究では、音源（超音波振動子）からハイドロホンに到達する超音波の音圧の位相を計測する装置を試作した。超音波音圧の位相の精密計測には、振幅の計測では無視できるわずかな振動による位置のばらつきや水温変化にも細心の注意を払い、ハイドロホンに到達する超音波の音圧の位相

変動を抑える必要がある。そのため、今後は試作した装置の位置決め機構の堅牢性を評価し、装置を完成させる予定である。また、限られた周波数でのハイドロホン感度の振幅及び位相特性校正値により広帯域超音波の瞬時音圧を精密計測するための信号処理法の技術的要件の検討も進め、これら計測技術の開発を通じて我が国の事業者への橋渡しに繋げる。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】診断用広帯域超音波、瞬時音圧、ハイドロホン、ハイドロホン感度位相特性

【テーマ題目2】ダイヤモンド線量計の応用範囲拡大に関する研究

【研究代表者】黒澤 忠弘

(放射線標準研究グループ)

【研究担当者】黒澤 忠弘、清水 森人、山口 英俊、加藤 昌弘、森下 雄一郎、小倉 政彦、加藤 有香子、壺野 由明、(先進パワーエレクトロニクス研究センター)

(常勤職員8名)

【研究内容】

近年、人工ダイヤモンドの合成技術が進歩し、高品質な人工単結晶ダイヤモンドが供給されるようになったことから、人工ダイヤモンドを使った放射線検出素子の研究開発が行われている。リファレンス線量計としてよく使用されている空気電離箱の検出材料である空気に比べ、ダイヤモンドは温度や気圧などの周辺環境の影響を受けず、さらに高い耐放射線性を持つため、長期的な安定性を有している。さらに、ダイヤモンドは密度や原子番号が水に近いことから、入射する γ 線や X 線、電子線のエネルギーによらず水吸収線量に対して一定の応答を示すことから、理想的な検出材料とされている。

ダイヤモンドのこの特徴を利用すれば、放射線の線量によらず水吸収線量に対する感度が一定という理想的な水吸収線量標準器を実現できる。そこで本研究では人工ダイヤモンドを用いた線量計を試作し、温度特性などの諸特性を確認すると共に、その結果から応用範囲拡大についての検討を行うこととした。

人工単結晶ダイヤモンドを用いてダイヤモンド線量計を試作し、恒温槽で温度制御された水中にダイヤモンド線量計を入れて、繰返し性や印加電圧に対する感度変化、温度特性などの評価を行った。実験の結果、ダイヤモンド線量計の繰返し性は0.1%であり、市販の電離箱線量計と同等の性能を有することが分かった。また、ダイヤモンド線量計の感度は同体積の空気に比べて5千倍以上あり、空気に比べて極めて高感度であることが確認できた。従来から言われているとおり、ダイヤモンド線量計は温度や気圧に対して感度が変化しないことも確認できた。

以上の特性は、工場の生産ラインや、原子炉周辺など

の過酷環境における測定とダイヤモンド線量計との相性が良いことを示している。今後は、ダイヤモンド線量計の線質依存性などを確認し、さらなる応用範囲拡大について検討する。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】人工ダイヤモンド、ダイヤモンド線量計、線量計、水吸収線量

【テーマ題目3】多電極比例計数管を用いたラドン濃度絶対測定の精度検証

【研究代表者】柚木 彰

(放射能中性子標準研究グループ)

【研究担当者】柚木 彰、古川 理央、海野 泰裕

(常勤職員3名)

【研究内容】

本テーマは、一般公衆の被ばく要因として重要な、ラドンの放射能測定の基準となる高精度測定システムの確立に向けた、要素技術開発を目的とする。平成29年度は専用の多電極比例計数管の特性評価を継続し、併せて基準となる測定システムの設計を行い製作に着手した。多電極比例計数管の特性評価については、当該の比例計数管で高精度な測定を可能にするための測定条件を検討した。具体的には、測定の再現性に影響する、比例計数管の陽極線の印加電圧と計数率との関係を試験により調査した。基準となる測定システムについては、比例計数管による基準放射能の測定、伸介器の校正、及び値付けされたラドンによるラドンモニタの校正を実現する試験体系を設計した。そして試験体系の製作に着手し、主要構成部品を製作した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】ラドン、放射能、被ばく評価

【テーマ題目4】材料の微視的構造分析に向けた高輝度陽電子プローブ発生装置の構築

【研究代表者】満汐 孝治

(X線・陽電子計測研究グループ)

【研究担当者】満汐 孝治、大島 永康、

O'Rourke Brian、鈴木 良一、

小林 慶規(常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

先端機器共用イノベーションプラットフォーム(ANCF)等にて外部公開利用をしている材料の微視的構造分析用の陽電子プローブの高輝度化をすすめた。高輝度化とは、陽電子ビーム強度を増強する等、ビームの質をよくすることであり、これにより測定計数率は増大(測定時間の短縮)し、空間分解能等の測定精度も向上する。高輝度化達成のために、高エネルギー電子ビームラインの改造、ビーム高輝度化システムの移設と高度化、陽電子寿命測定装置の改造、を実施した。

高エネルギー電子ビームラインの改造では、陽電子発

生用電子加速器のビーム電流安定性向上およびビーム輸送効率改善を目的として、電子加速器ビームラインをシンプル化させた。ビーム高輝度化システムの移設と高度化では、コンパクト化した電子加速器ビームラインの末端に、陽電子源を移設し、陽電子発生部の温度測定システムの改良、および、放射線遮蔽の増強を行うことで、高強度陽電子ビームの安定供給を可能とした。陽電子寿命測定装置の改造では、陽電子ビームの加速/集束用電磁レンズの安定化のために、電流・電圧の低ノイズ化システムを開発し、データ自動取得ソフトを開発した。これらの改造をすすめたことで、陽電子プローブのパフォーマンスが向上した。

高輝度陽電子プローブ発生装置を用いて、年間10件程度の研究課題程で試料評価を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】中性子源、非破壊イメージング

【テーマ題目5】光分析機器の空間分解能向上：分散試料の調製及び時空間分解計測技術の開発

【研究代表者】中村 健

(ナノ顕微計測研究グループ、ナノ分光計測研究グループ)

【研究担当者】中村 健、重藤 知夫、松崎 弘幸
(常勤職員3名)

【研究内容】

紫外・可視・赤外分光光度計に代表される光分析機器が汎用の材料評価手法のために幅広く利用されているが、一方で光分析法には新たな付加価値が求められており、その一つが高い空間分解能を有した顕微鏡的なイメージング測定であり、またそのために必要な均一な試料の作製技術の確立である。そこで本テーマでは、これまで当部門で推進してきた凍結乾燥法を用いたナノ粒子分散制御技術の開発と走査顕微過渡吸収イメージング分光装置の開発をさらに着実に進捗させ、ナノ粒子分散の均一性の確保及び時間分解イメージング分光測定の実現を図ることを目標とすると同時に、試料調製技術の開発成果を時空間分解能測定に活かすことも目指した研究を進めた。

ナノ粒子分散制御技術の開発に関しては、これまで「サンドイッチ法」とも呼べる凍結乾燥法による分散制御技術の開発を進めてきた。すなわち、シリコン基板対にナノ粒子分散液をはさんで最大粒径程度の厚さの薄膜とし、上下から -80°C の銅板を密着させて凝集する間もなく凍結させた後に、低温のまま水分を昇華させることで高密度相互非接触のナノ粒子分散試料ができるものである。この粒子分散の再現性や位置均一性を評価するために、本手法によって作製したシリカや炭酸カルシウム等のナノ粒子分散試料の広域評価として視野内全粒子測定を行い、十分に広い視野内でのナノ粒子分散の良好な均一性と任意の視野における分散試料の代表性を実現できたことを確認した。

また、走査顕微過渡吸収イメージング分光装置の開発では、従来の励起光と検出光の対向配置では反射測定や測定対象に不透明な波長の光の検出が困難なので、これを克服するために励起光と検出光を同一方向から入射・検出するシステムに改良した。励起光・検出光の試料表面での同一場所への集光及びその2次元走査だけではなく、励起光の集光位置を固定する一方で2軸ガルバノミラーにより検出光のみを独立に走査することも可能にした。これにより、サブ μm ($\sim 800\text{ nm}$) 以下の空間分解能での過渡吸収イメージング測定を実現し、微小試料の光誘起現象や光励起した微小領域からの励起状態の拡散・伝播等の時空間ダイナミクスが計測可能なシステムを構築することができた。

平成30年度以降は、平成29年度開発を進めたナノ粒子分散制御法の他種粒子への適用の展開や、走査顕微過渡吸収イメージング分光装置の波長・時間・光学配置等の仕様拡張を図り、ナノ粒子を含む実材料やデバイスでの評価を試みる予定である。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】ナノ粒子、分散、過渡吸収分光法、空間分解能

【テーマ題目6】欠陥自動認識アルゴリズムを組み込んだ完全非接触超音波可視化検査システムの開発

【研究代表者】遠山 暢之

(非破壊計測研究グループ)

【研究担当者】遠山 暢之、叶 嘉星、山本 哲也
(常勤職員3名)

【研究内容】

実構造物にパルスレーザーを照射した際に発生する超音波の伝搬を可視化して、伝搬映像から構造物の欠陥を検出する超音波可視化検査システムの開発および製品化を進めてきた。ここで、社会実装に際する各種産業分野におけるニーズとして、完全非接触での超音波計測技術および欠陥の自動検出技術が挙げられている。これらのニーズに応えるべく、欠陥自動認識アルゴリズムを組み込んだ完全非接触超音波可視化検査システムの開発を行うことを本研究の目的としている。

非接触で超音波を計測するためには、空間分解能が高く、遠隔計測が可能なレーザードップラー振動計(LDV)の適用が有望であるが、現状の性能では超音波領域での検出感度が不十分なために、センチメートルオーダー領域のごく限られた範囲内の超音波しか計測できない。そこで、対物レンズをLDVに取り付けることで被検体からの戻り光量の増加を試みた結果、信号雑音比を約20倍程度向上させることに成功した。さらにランダムノイズを低減させるためのデータの積算平均化処理を組み合わせることによって、完全非接触でCFRP積層板を伝搬するレーザー超音波の可視化計測を実現し、

CFRP に存在する衝撃損傷を明確に検出することに成功した。

超音波伝搬映像から欠陥を自動検出するために、人工知能による画像解析技術として、欠陥による異常部位を自動的に検出するアルゴリズムの開発を行うこととした。そのために、まず超音波伝搬映像に対して時空間パターン抽出を行い、欠陥パターン特徴抽出法の開発に着手した。さらに部分空間法や1クラスサポートベクトルマシンなどの非線形異常値検出法を利用した異常検知アルゴリズムの開発にも着手した。これらの機械学習に必要な各種条件下における超音波伝搬映像データベースの構築も併せて進めている。現段階での進捗状況としては、金属板に存在する円孔やスリット傷の自動検出に成功している。

今後、LDV による非接触超音波計測のさらなる高感度化および人工知能による超音波画像解析技術の開発を進めることによって、本検査システムを完成させ、幅広い産業分野の非破壊検査への社会実装を目指す。

【領域名】計量標準総合センター

【キーワード】非破壊検査、超音波探傷、レーザードップラー振動計、人工知能、機械学習

⑥【計量標準普及センター】

(Center for Quality Management of Metrology)

所在地：つくば中央第三

人員：25名（18名）

概要：

計量標準は円滑な国際通商を実現するために不可欠であり、さらに産業技術や研究開発の技術基盤であるとともに、環境・安全を評価するための技術基盤を与えるなど、国民の生活に密着したものである。

社会に必要なとされる計量標準を的確に把握してその整備・普及の方向性を見出し、標準の供給を的確に行うとともに、計量標準に係わる活動の成果を社会に広く普及していく役割を担っている。

機構図（2018/3/31現在）

計量標準普及センター長：藤間 一郎

計量標準調査室長：島岡 一博

国際計量室長：齋藤 則生

標準供給保証室長：岸本 勇夫

標準物質認証管理室長：黒岩 貴芳

法定計量管理室長：根本 一

計量研修センター長：小谷野 泰宏

計量標準調査室（NMIJ Public Relations Office）

概要：

計量標準の開発や供給を通じて産業界や社会のイノベーションを促進させるため、研究実施部門と密接に

連携して、計量標準整備計画の策定、維持、改善を図るとともに、講演会や成果発表会などの開催、報告書・技術資料の発行などを通して、新しい計量標準に関する研究成果の発信を行っている。

また、計量標準に係る活動内容や研究成果などを広く普及するため、産技連知的基盤部会、NMIJ 計測クラブ、計測標準フォーラムなどと連携し、NMIJ ホームページ、展示会出展、パンフレット等、様々な形態の広報・啓発普及活動の企画運営を行っている。

国際計量室（NMIJ International Cooperation Office）

概要：

国際計量室は計量標準・法定計量の国際活動を支援する。

メートル条約、及び OIML 条約に係る各種国際会議（国際度量衡総会、国際度量衡委員会、各種諮問委員会、国際法定計量会議、国際法定計量委員会、APMP、APLMF 等）や関連する国内委員会・作業委員会（国際計量研究連絡委員会、国際法定計量調査研究委員会等）への対応、国際相互承認（CIPM MRA、OIML CS）への対応、各研究部門が参加する国際比較等の支援・管理、二国間 MoU、LoI に基づく国際活動の取りまとめ、AOTS 等の研修事業の支援、途上国向け技術研修の受入支援、海外からの来訪者への対応、国際機関 APMP 事務局としての活動および APLMF 事務局との連絡・調整、国際活動にかかわる広報などを実施している。

標準供給保証室（Metrology Quality Office）

概要：

産総研の成果である多岐にわたる物理系計量標準の供給事務（申請受付、証明書類発行など）を一元的に行うとともに、その信頼性を保証するために必要な ISO/IEC17025、ISO/IEC17065 に基づいた品質システムの運営及び関連する支援業務を行う。

標準供給業務としては、次のものがある。

- ・特定計量器の検定、比較検査、基準器検査
- ・特定計量器の型式承認試験
- ・特定二次標準器の校正
- ・依頼試験規程に基づく計量器の校正（一般・特殊・特定副標準器の校正・OIML 適合試験）
- ・研究開発品の頒布

標準物質認証管理室（Reference Materials Office）

概要：

産総研において研究開発された標準物質の頒布に関する事務を行うとともに、その品質を保証するために必要な ISO ガイド34、ISO/IEC17025 に基づいた品質システムの支援業務を実施している。主な業務としては、標準物質の認証のための業務（標準物質認証委

委員会の開催、標準物質認証書の発行等)、標準物質の該当法規に従った安全な管理、標準物質の頒布業務、標準物質に関わる技術相談、ホームページやカタログ配布等による標準物質関連情報のユーザーへの発信などがある。

法定計量管理室 (Legal Metrology Management Office)

概 要 :

法定計量管理室は、次の業務において、関連する研究部門との連携及び調整を図る。

法定計量システム政策の支援のために経済産業省を始めとする行政機関や国内産業界との連携及び技術的支援を行う。関連する全国計量行政会議技術委員会の運営を行う。

法定計量業務の技術基準となる標準化 (JIS 制定・改正及び標準化調査研究委員会等) 作業として、自動はかり JIS 及びアネロイド型血圧計 JIS の改正を行う。水銀条約に関するものとして、ガラス製温度計、ガラス製体温計、液化石油ガス用浮ひょう型密度計の JIS 改正を行う。併せて、上述の JIS 改正に伴い、計量法政省令改定に係る検討、提案を行う。

国際法定計量に関しては、OIML (国際法定計量機関) や ISO/IEC の国際文書、勧告及び規格等の発行又は改訂に関する国内のテーマごとの作業委員会に参加し、その内容の検討、審議を行う。また、国際的な計量器の適合性試験結果の活用に係る OIML CS の運営に関与する。

計量行政機関、それら関連する団体等を対象に、法定計量に関する啓発活動として、法定計量セミナーを始め、法定計量クラブ、技術相談会等の計画、実施、運営を行う。その他計量研修センター、外部機関が行う研修会、講習会への講師派遣等に関する実施支援及び調整を行う。

計量研修センター (Metrology Training Center)

概 要 :

計量研修センターは、都道府県・特定市の計量行政公務員の研修及び民間の計量技術者に対して、一般計量士、環境計量士の資格付与などのため、一般計量関係及び環境計量関係の教習を企画・実施する研修機関である。前身は、1952年に当時の通商産業省傘下に創設された計量教習所で、2001年に独立行政法人化された産総研に合流した。

年間約600人の研修生を迎えて一般計量教習、一般計量特別教習、環境計量特別教習、短期計量教習、環境計量講習 (濃度、騒音、振動関係)、及び計量行政機関の職員並びに計量士になろうとする者のための特定教習などを企画し実施している。また、計測技術者向けの技術研修などを実施している。

業務報告データ

・ NMIJ 全体会合 3回 (4月4日、7月26日、1月9日)

・ NMIJ 運営協議会 45回

・ 2017年度供給開始標準項目

物理標準 (校正) 10、化学標準 (校正) 2、
標準物質 10

・ ピアレビュー及び ASNITE 認定審査

国際ピアレビュー・ASNITE 認定の合同審査を通じて、校正サービス・標準物質の3技術分野について認定を継続・拡大した。

・ JCSS 審査等への技術専門家の派遣

延べ79件、技術専門家の派遣を実施した。

・ 講演会等 9回

NMIJ 標準物質セミナー2017「化学分析の信頼性確保のための基礎知識」(NMIJ 主催) 9月7日 幕張メッセ

法定計量セミナー (大阪) 12月13日 CIVI 研修センター新大阪東

1. NMIJ 国際計量標準シンポジウム2018「新時代を迎える計量基本単位—SI 定義改定のインパクト—」1月24日 TKP 東京駅大手町カンファレンスセンター

2. 2017年度計量標準総合センター成果発表会 2月1日～2日 産総研つくばセンター共用講堂

3. 法定計量セミナー (香川) 2月20日 香川県産業技術センター

4. NMIJ 法定計量クラブ (東京) 2月23日 産総研臨海副都心センター

5. 法定計量セミナー (北海道) 2月26日 ネストホテル札幌駅前

6. 法定計量セミナー (神奈川) 3月9日 神奈川県計量検定所

7. 技術相談会 「非自動はかり、体積計、タクシメーターについて」計6回開催 産総研関西センター

・ 主なイベント参加 計2回

1. 経済産業省こどもデー 8月2日～3日 経済産業省会議室

2. 「JASIS 2017」ブース出展 9月6日～8日 幕張メッセ

①物理標準

最上位に位置する国の計量標準の設定・維持・供給という責務を果たすため、さまざまな量に対する国の計量標準を整備して、計量・計測器の校正・試験、標準物質の頒布といった形で利用者への標準供給サービスを行っている。

法定計量

	種 類	申請受理個数	検査・ 試験個数	不合格個数	不合格率 (%)
イ	検定	0	0	0	-
ロ	型式承認	95	104	6	5.8
ハ	基準器検査	3,059	3,040	41	1.3
ニ	比較検査	20	20	0	0.0

校正・試験等

	種 類	申請受理個数	校正・試験個数
ホ	特定標準器による校正 (特定二次標準器)	602	560
へ	依頼試験 (一般)	192	220
	依頼試験 (特殊)	33	32
	特定標準器による校正 (特定副標準器)	32	32
	OIML 適合性試験	3	6

研究開発品等

	種 類	頒布個数
ト	研究開発品頒布	0

イ、検 定

当所で現在行われている計量法に基づいた検定業務は、精度の極めて高いものと高度の検定設備能力を必要とするものなどの機種だけがその対象となっている。

種 類	項 目	申請受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
ガラス製温度計		0	0	0	-

研 究

ロ、型式承認

計量器の構造（性能及び材料の特性を含む。）をあらかじめ十分に試験して、一定の基準に適合するものに「型式の承認」を与え、同一構造のものについては、その後の計量器の検定に際し、構造の検定を省略（一部残るものもある）し、検定の適正化と効率化を図る制度である。

種 類	項 目	申請受理個数			試 験 個 数	承 認 個 数	不承認 個 数	不承認率 (%)
		新規	追加	計				
タクシーメーター		0	3	3	3	2	1	33.3
質量計	非自動はかり	4	10	14	15	14	1	6.7
温度計	抵抗体温計	7	0	7	6	4	2	33.3
体積計	水道メーター	5	1	6	11	10	1	9.1
	燃料油メーター	0	2	2	0	0	0	-
	ガスメーター	0	13	13	16	16	0	0.0
	小 計	5	16	21	27	26	1	3.7
圧力計	アネロイド型血圧計	6	11	17	16	15	1	6.3
熱量計	積算熱量計	2	1	3	8	8	0	0.0
照度計		1	0	1	1	1	0	0.0
騒音計	普通騒音計	1	0	1	1	1	0	0.0
	精密騒音計	3	0	3	3	3	0	0.0
	小 計	4	0	4	4	4	0	0.0
濃度計	ジルコニア式酸素濃度計	0	2	2	3	3	0	0.0
	磁気式酸素濃度計	1	4	5	6	6	0	0.0
	非分散型赤外線式二酸化硫黄濃度計	0	2	2	3	3	0	0.0
	非分散型赤外線式窒素酸化物濃度計	0	2	2	3	3	0	0.0
	非分散型赤外線式一酸化炭素濃度計	1	4	5	6	6	0	0.0
	化学発光式窒素酸化物濃度計	1	4	5	5	5	0	0.0
	ガラス電極式水素イオン濃度検出器	3	0	3	3	3	0	0.0
	ガラス電極式水素イオン濃度指示計	1	0	1	1	1	0	0.0
	小 計	7	18	25	30	30	0	0.0
合 計		36	59	95	110	104	6	5.5

ハ、基準器検査

計量器の製造、修理などの事業を行う者及び計量関係行政機関等が、検定、定期検査、立入検査などを行う場合には、その標準として基準器検査に合格して基準器検査成績書が交付された基準器を用いることになっている。基準器検査の対象機種の大半については当所が検査を行っており、これらの業務は計量法に基づいて行う重要な標準供給業務となっている。なお、基準器検査は検定手数料の関係から次の二つに大別される。

(1) 手数料を徴収する検査（計量器メーカー等が使用するもの）

(2) 手数料を伴わない検査（計量行政機関等が使用するもの）

種 類		項 目	申請受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
長 さ		基準巻尺	16	16	0	0.0
質 量 基 準 器		基準手動天びん	136	133	1	0.8
		基準直示天びん	4	4	0	0.0
		特級基準分銅	1,525	1,523	7	0.5
		小 計	1,665	1,660	8	0.5
温 度 基 準 器		基準ガラス製温度計	299	290	14	4.8
体 積 基 準 器		基準フラスコ	11	11	0	0.0
		基準ビュレット	5	5	0	0.0
		基準ガスメーター	119	109	1	0.9
		基準水道メーター	56	56	0	0.0
		基準燃料油メーター	65	65	0	0.0
		液体メーター用基準タンク	81	87	1	1.1
		液体タンク用基準タンク	2	2	0	0.0
		ガスメーター用基準体積管	4	4	0	0.0
		液体メーター用基準体積管	30	30	3	10.0
		小 計	373	369	5	1.4
密 度 基 準 器		基準密度浮ひょう	38	38	2	5.3
		液化石油ガス用浮ひょう型密度計	61	61	3	4.9
		小 計	99	99	5	5.1
圧 力 基 準 器		基準液柱型圧力計	145	145	3	2.1
		基準重錘型圧力計	331	331	2	0.6
		小 計	476	476	5	1.1
騒 音		基準静電型マイクロホン	11	10	0	0.0
振 動		基準サーボ式ピックアップ	6	6	0	0.0
比 重 基 準 器		基準酒精度浮ひょう	8	8	0	0.0
		基準比重浮ひょう	88	88	0	0.0
		基準重ポーム度浮ひょう	18	18	5	27.8
		小 計	114	114	5	4.4
総 計			3,059	3,040	42	1.4

研 究

二、比較検査

比較検査は、検定と同様に合否の判定を行うが、具体的な器差を明らかにして成績書を交付し、精密な計量に奉仕する制度である。

種 類	項 目	申請受理 個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
酒精度浮ひょう		20	20	0	0.0

ホ、特定標準器による校正

特定標準器による校正（特定二次標準器）

種 類	申請受理個数	校 正 個 数
01.長さ 波長安定化レーザ装置	3 3	3 3
02.幾何学量 ロータリーエンコーダ	2 2	2 2
03.時間 原子時計 周波数標準器 兼 周波数標準器	229 229	188 188
04.質量 標準分銅	113 113	113 113
05.力 実荷重式、こうかん式又は油圧式力基準機	20 20	20 20
06.トルク 参照用トルクメーター 参照用トルクレンチ	8 3 5	8 3 5
07.圧力 ピストン式重錘型圧力標準器	8 8	8 8
09.真空 粘性真空計	2 2	2 2
10.流量 気体流量構成装置 ISO型トロイダルスロート音速ノズル 液体流量校正装置 石油用流量計	11 0 8 2 1	9 1 8 0 0
11.密度 シリコン結晶	5 5	3 3
14.音響 I形標準マイクロホン II形標準マイクロホン	10 10	9 9
16.振動加速度 振動加速度計	3 3	3 3
19.直流・低周波 ジョセフソン効果電圧測定装置 標準抵抗器・標準抵抗装置 キャパシタ・標準キャパシタ 交流抵抗器 誘導分圧器 交直変換器	27 4 11 4 2 3 3	27 4 16 4 0 0 3
20.高周波 高周波電力 7 mm 同軸 高周波電力 2.9 mm 同軸 ピストン減衰器	61 6 4 2	62 6 4 2

産業技術総合研究所

種 類	申請受理個数	校 正 個 数
可変減衰器（同軸）	5	5
同軸固定減衰器	1	1
減衰器（高周波インピーダンス）	31	31
固定長エレメント型ダイポールアンテナ	1	2
広帯域アンテナ	4	4
レーザビーム用熱型光パワー測定装置	4	4
光電検出器	2	2
電圧測定装置（高周波電圧）	1	1
21.測光量・放射量	4	4
分光応答度	2	2
分光放射照度	2	2
22.放射線	24	25
放射線線量計	23	24
β線用測定器	1	1
23.放射能	3	3
放射能測定装置（遠隔校正）	3	3
24.中性子	1	1
減速材付中性子検出器	1	1
25.温度	24	25
貴金属熱電対	15	15
白金抵抗温度計	9	9
赤外放射温度計	0	1
26.湿度	14	15
露点計	14	15
28.硬さ	30	30
ロックウェル硬さ標準片	30	30
合 計	602	560

へ、依頼試験

依頼試験（一般）

種 類	申請受理個数	校 正 個 数
01.長さ	15	15
波長（周波数）安定化レーザー	1	1
ブロックゲージ絶対測定	10	10
距離計	4	4
02.幾何学量	29	30
ボールプレート	2	3
ステップゲージ	1	0
ボールバー	1	1
CMMによる幾何形状測定	8	7
ロータリーエンコーダ	1	1
多面鏡	2	2
平面度	13	15
真円度	1	1
03.時間	0	28
周波数（遠隔校正）	0	28
04.質量	1	1
05.力	0	0
06.トルク	4	4
トルクメータ	4	4
07.圧力	2	2
液体	1	1
気体	1	1
08.重力加速度	0	0
09.真空計	15	14
リーク	6	6
真空計	2	1
標準コンダクタンス	7	7
10.流量	8	7
気体	3	3
液体	5	4
11.密度	1	0
固体材料	1	0
12.粘度・動粘度	0	0
13.体積	0	0
14.音響	6	4
音圧感度（計測用マイクロホン）	1	1
音場感度（計測用マイクロホン）	1	0
音響パワーレベル	3	3
音響校正器	1	0
15.超音波	27	25
音場感度（ハイドロホン）	26	24
超音波パワー	1	1
16.振動加速度	0	0
17.衝撃加速度	0	0
18.角振動・角速度	0	0
19.直流・低周波	0	0
20.高周波	0	0
21.測光量・放射量	4	4
分光応答度	1	1
N-9 分光全放射束（4π放射光源用）	3	3
22.放射線	1	1
照射線量（率）測定器	1	1

産業技術総合研究所

種 類	申請受理個数	校 正 個 数
23.放射能	2	3
放射能濃度	2	3
24.中性子	9	9
中性子サーベイメータ校正試験	4	4
中性子測定器校正試験	1	1
中性子測定器照射試験	4	4
25.温度	2	2
ガラス製温度計	1	1
非接触温度計・校正装置	1	1
26.湿度	0	0
27.熱物性	20	20
熱拡散率	2	2
熱膨張率（線膨張係数）	14	14
熱流密度	1	1
比熱容量測定	3	3
28.硬さ	0	0
29.衝撃値	1	1
衝撃試験機	1	1
30.粒子・粒子特性	7	8
粒径	0	1
粒子数濃度	6	5
気中粒子数	1	2
31.純度	23	27
高純度有機標準物質	23	27
32.薄膜・多層膜	0	0
33.濃度	0	0
51.計量器の構成要素及び検査装置の試験	4	4
質量計用ロードセル	2	2
燃料油メーター用空気分離器	2	2
52.その他	11	11
体積	8	8
流量	3	3
合 計	192	220

へ. 依頼試験

依頼試験（特殊）

種 類	申請受理個数	校 正 個 数
01.長さ	0	0
03.時間	0	0
04.質量	0	0
05.力	0	0
09.真空	0	0
10.流量	1	1
微風速、気体中流速	1	1
11.密度	0	0
12.粘度・動粘度	0	0
13.体積	0	0
14.音響	1	0
サウンドレベルメータ	1	0
16.振動加速度	0	0
19.直流・低周波	0	0

研 究

種 類	申請受理個数	校 正 個 数
20.高周波	0	0
21.測光量・放射量	0	0
22.放射線	0	0
23.放射能	0	0
25.温度 非接触温度計・校正装置	1 1	1 1
27.固体物性	0	0
28.硬さ	0	0
33.濃度	0	0
52.その他 非自動はかり（3級、4級）	30 30	30 30
合 計	33	32

へ、依頼試験

特定標準器による校正（特定副標準器）

種 類	申請受理個数	校 正 個 数
19.直流・低周波 交流電圧用交直変換器 交流電流用交直変換器 電圧発生装置 標準抵抗器	8 4 1 1 2	8 4 1 1 2
21.測光量・放射量	15	15
25.温度 温度計用 放射温度計校正用	9 5 4	9 5 4
合 計	32	32

へ、依頼試験

OIML 適合性試験

種 類	項 目	申請受理 個数	試験個数	不合格個数	不合格率 (%)
非自動はかり		1	1	0	0.0
自動車等給油メーター		0	1	0	0.0
質量計用ロードセル		2	3	0	0.0
水道メーター		0	1	0	0.0
合 計		3	6	0	0.0

ト、研究開発品

種 類	頒布個数
1.熱拡散率試験片（4枚）	0
2.石英ヨウ素セル	0
3.パッシブ型シールドループアンテナ	0
4.ジョセフソン電圧標準素子	0
5.極低温電流比較器インサート	0
合 計	0

②認証標準物質及び標準物質

計量標準総合センターでは品質システムを整備し、生産計画に基づいて標準物質の生産を行っている。特性値は安定性と均一性を確認し、妥当性が確かめられた測定方法とトレーサビリティの確立された計測標準を用いている。また、不確かさを算出した上で認証書を付した、認証標準物質（NMIJ CRM）として随時頒布している。また、一部は標準物質（NMIJ RM）として頒布している。

認証標準物質・標準物質の一覧表

(NMIJ 認証標準物質・標準物質)

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 1001-a	鉄-クロム合金 (Cr 5%)	1
NMIJ CRM 1002-a	鉄-クロム合金 (Cr 15%)	1
NMIJ CRM 1003-a	鉄-クロム合金 (Cr 20%)	1
NMIJ CRM 1004-a	鉄-クロム合金 (Cr 30%)	1
NMIJ CRM 1005-a	鉄-クロム合金 (Cr 40%)	1
NMIJ CRM 1006-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 5%)	2
NMIJ CRM 1007-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 10%)	2
NMIJ CRM 1008-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 20%)	2
NMIJ CRM 1009-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 40%)	2
NMIJ CRM 1010-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 60%)	2
NMIJ CRM 1016-a	鉄クロム合金 (Cr 40%)	0
NMIJ CRM 1017-a	EPMA用ステンレス鋼	0
NMIJ CRM 1018-a	EPMA用 Ni (36%) - Fe 合金	0
NMIJ CRM 1019-a	EPMA用 Ni (42%) - Fe 合金	0
NMIJ CRM 1020-a	EPMA用高ニッケル合金	1
NMIJ CRM 3001-b	フタル酸水素カリウム	37
NMIJ CRM 3002-a	ニクロム酸カリウム	2
NMIJ CRM 3003-b	三酸化二ひ素	14
NMIJ CRM 3004-a	アミド硫酸	31
NMIJ CRM 3005-a	炭酸ナトリウム	8
NMIJ CRM 3006-a	よう素酸カリウム	10
NMIJ CRM 3007-a	しゅう酸ナトリウム	3
NMIJ CRM 3008-a	塩化ナトリウム	8
NMIJ CRM 3009-a	亜鉛	10
NMIJ CRM 3011-a	塩化アンモニウム	0
NMIJ CRM 3012-a	トリス (ヒドロキシメチル) アミノメタン	2
NMIJ CRM 3013-a	炭酸カルシウム	9
NMIJ CRM 3201-a	塩酸 (0.1 mol kg ⁻¹)	0
NMIJ CRM 3402-c	二酸化硫黄	0
NMIJ CRM 3403-b	亜酸化窒素標準ガス (窒素希釈、300 μmol/mol)	0
NMIJ CRM 3404-c	酸素	0
NMIJ CRM 3406-d	一酸化炭素	1
NMIJ CRM 3407-b	二酸化炭素	0
NMIJ CRM 3408-a	窒素希釈酸素 (10 μmol/mol)	0
NMIJ CRM 3601-a	ナトリウム標準液 Na (1000)	0
NMIJ CRM 3602-a	カリウム標準液 K (1000)	0
NMIJ CRM 3603-a	カルシウム標準液 Ca (1000)	0
NMIJ CRM 3604-a	マグネシウム標準液 Mg (1000)	2
NMIJ CRM 3605-a	アルミニウム標準液 Al (1000)	2
NMIJ CRM 3606-a	銅標準液 Cu (1000)	3
NMIJ CRM 3607-a	亜鉛標準液 Zn (1000)	2
NMIJ CRM 3608-a	鉛標準液 Pb (1000)	14
NMIJ CRM 3609-a	カドミウム標準液 Cd (1000)	2
NMIJ CRM 3610-a	マンガン標準液 Mn (1000)	2

研 究

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 3611-a	鉄標準液 Fe (1000)	3
NMIJ CRM 3612-a	ニッケル標準液 Ni (1000)	2
NMIJ CRM 3613-a	コバルト標準液 Co (1000)	2
NMIJ CRM 3614-a	ひ素標準液 As (1000)	7
NMIJ CRM 3615-a	アンチモン標準液 Sb (1000)	2
NMIJ CRM 3616-a	ビスマス標準液 Bi (1000)	2
NMIJ CRM 3618-a	水銀標準液 Hg (1000)	2
NMIJ CRM 3619-a	セレン標準液 Se (1000)	2
NMIJ CRM 3620-a	リチウム標準液 Li (1000)	0
NMIJ CRM 3621-a	バリウム標準液 Ba (1000)	2
NMIJ CRM 3622-a	モリブデン標準液 Mo (1000)	2
NMIJ CRM 3623-a	ストロンチウム標準液 Sr (1000)	2
NMIJ CRM 3624-a	ルビジウム標準液 Rb (1000)	0
NMIJ CRM 3625-a	タリウム標準液 Tl (1000)	2
NMIJ CRM 3626-a	すず標準液 Sn (1000)	3
NMIJ CRM 3627-a	ほう素標準液 B (1000)	2
NMIJ CRM 3628-a	セシウム標準液 Cs (1000)	0
NMIJ CRM 3629-a	インジウム標準液 In (1000)	2
NMIJ CRM 3630-a	テルル標準液 Te (1000)	2
NMIJ CRM 3631-a	ガリウム標準液 Ga (1000)	2
NMIJ CRM 3644-a	銀標準液 Ag (1000)	0
NMIJ CRM 3632-a	バナジウム標準液 V (1000)	2
NMIJ CRM 3645-a	けい素標準液 Si (1000)	0
NMIJ CRM 3681-a	鉛同位体標準液	6
NMIJ CRM 3802-a	塩化物イオン標準液 Cl ⁻ (1000)	0
NMIJ CRM 3803-a	硫酸イオン標準液 SO ₄ ²⁻ (1000)	0
NMIJ CRM 3804-a	アンモニウムイオン標準液 NH ₄ ⁺ (1000)	0
NMIJ CRM 3805-a	亜硝酸イオン標準液 NO ₂ ⁻ (1000)	0
NMIJ CRM 3806-a	硝酸イオン標準液 NO ₃ ⁻ (1000)	0
NMIJ CRM 3807-a	りん酸イオン標準液 PO ₄ ³⁻ (1000)	0
NMIJ CRM 3808-a	臭化物イオン標準液 Br ⁻ (1000)	0
NMIJ CRM 3809-a	シアン化物イオン標準液 CN ⁻ (1000)	2
NMIJ CRM 3811-a	塩素酸イオン標準液 ClO ₃ ⁻ (1000)	2
NMIJ CRM 3812-a	臭素酸イオン標準液 BrO ₃ ⁻ (2000)	7
NMIJ CRM 3813-a	有機体炭素標準液 TOC (1000)	2
NMIJ CRM 4001-b	エタノール	2
NMIJ CRM 4003-b	トルエン	3
NMIJ CRM 4004-a	1,2-ジクロロエタン	0
NMIJ CRM 4005-a	ジクロロメタン	0
NMIJ CRM 4006-a	四塩化炭素	0
NMIJ CRM 4011-a	<i>o</i> -キシレン	1
NMIJ CRM 4012-a	<i>m</i> -キシレン	0
NMIJ CRM 4013-a	<i>p</i> -キシレン	0
NMIJ CRM 4014-a	1,1-ジクロロエチレン	2
NMIJ CRM 4019-a	ブロモホルム (トリブロモメタン)	4
NMIJ CRM 4020-a	ブロモジクロロメタン	16
NMIJ CRM 4021-a	エチルベンゼン	0
NMIJ CRM 4022-b	フタル酸ジエチル	0
NMIJ CRM 4030-a	ビスフェノール A	2
NMIJ CRM 4036-a	ジブロモクロロメタン	7
NMIJ CRM 4038-a	1,2-ジクロロプロパン	0
NMIJ CRM 4039-a	1,4-ジクロロベンゼン	0
NMIJ CRM 4040-b	アクリロニトリル	8

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 4041-b	塩化ビニル	1
NMIJ CRM 4051-c	メタン	1
NMIJ CRM 4052-b	プロパン	0
NMIJ CRM 4052-c	プロパン	0
NMIJ CRM 4054-a	アセトアルデヒド	14
NMIJ CRM 4055-a	スチレン	5
NMIJ CRM 4056-a	ペルフルオロオクタン酸	8
NMIJ CRM 4057-a	1,4-ジオキサン	3
NMIJ CRM 4058-a	<i>tert</i> -ブチルメチルエーテル (MTBE)	3
NMIJ CRM 4064-a	エタン	0
NMIJ CRM 4074-a	トリクロロ酢酸	5
NMIJ CRM 4203-a	γ -HCH 標準液	8
NMIJ CRM 4213-a	ベンゾ[a]ピレン標準液	13
NMIJ CRM 4215-a	燃料中硫黄分分析用標準液	14
NMIJ RM 4216-a	トルエン (燃料中硫黄分分析用ーブランク)	3
NMIJ CRM 4217-a	燃料中硫黄分分析用標準液-高濃度	2
NMIJ CRM 4220-a	ペルフルオロオクタンスルホン酸カリウム標準液 (メタノール溶液)	14
NMIJ CRM 4221-a	ジブチルスルフィド (燃料中硫黄分分析用ー高純度)	2
NMIJ CRM 4222-b	水分分析用標準液 (0.1 mg/g)	97
NMIJ CRM 4222-c	水分分析用標準液 (0.1 mg/g)	44
NMIJ CRM 4403-a	SF ₆ ・CF ₄ 混合標準ガス (窒素希釈、排出レベル)	0
NMIJ CRM 4601-a	定量 NMR 用標準物質 (1H, ¹⁹ F) (3,5-ビス (トリフルオロメチル) 安息香酸)	68
NMIJ CRM 5001-a	ポリスチレン2400	7
NMIJ CRM 5002-a	ポリスチレン500	7
NMIJ CRM 5004-a	ポリスチレン1000	3
NMIJ CRM 5005-a	ポリエチレングリコール400	2
NMIJ CRM 5006-a	ポリエチレングリコール1000	4
NMIJ CRM 5007-a	ポリエチレングリコール1500	1
NMIJ CRM 5008-a	ポリスチレン (多分散)	2
NMIJ RM 5009-a	ポリスチレン8500	2
NMIJ CRM 5010-a	ポリエチレングリコールノニルフェニルエーテル	0
NMIJ CRM 5011-a	ポリエチレングリコール (23量体)	0
NMIJ RM 5012-a	ポリスチレン (光散乱用)	0
NMIJ CRM 5101-a	しゅう酸塩 pH 標準液	2
NMIJ CRM 5102-a	フタル酸塩 pH 標準液	3
NMIJ CRM 5103-a	中性りん酸塩 pH 標準液	2
NMIJ CRM 5104-a	りん酸塩 pH 標準液	2
NMIJ CRM 5105-a	ほう酸塩 pH 標準液	5
NMIJ CRM 5106-a	炭酸塩 pH 標準液	5
NMIJ CRM 5121-a	電気伝導率標準液 (塩化カリウム水溶液 (1 mol kg ⁻¹))	0
NMIJ CRM 5122-a	電気伝導率標準液 (塩化カリウム水溶液 (0.1 mol kg ⁻¹))	10
NMIJ CRM 5123-a	電気伝導率標準液 (塩化カリウム水溶液 (0.01 mol kg ⁻¹))	32
NMIJ CRM 5202-a	SiO ₂ /Si 多層膜標準物質	6
NMIJ CRM 5203-a	GaAs/AlAs 超格子	0
NMIJ CRM 5204-b	極薄シリコン酸化膜	0
NMIJ CRM 5205-a	デルタ BN 多層膜	0
NMIJ CRM 5206-a	デルタ BN 多層膜 (As ドープ Si 基板)	0
NMIJ CRM 5208-a	金/ニッケル/銅金属多層膜	6
NMIJ CRM 5401-a	シクロヘキサン (熱分析用標準物質)	12
NMIJ CRM 5502-a	動的粘弾性 (PVC)	12
NMIJ CRM 5503-a	動的粘弾性 (PMMA)	1
NMIJ CRM 5504-a	動的粘弾性 (PE-UHMW)	24
NMIJ CRM 5505-a	動的粘弾性 (PEEK)	10

研 究

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 5506-a	シャルピー衝撃試験 (PVC)	3
NMIJ CRM 5507-a	シャルピー衝撃試験 (PMMA)	1
NMIJ CRM 5601-a	陽電子寿命による超微細空孔測定用石英ガラス	0
NMIJ CRM 5602-a	陽電子寿命による超微細空孔測定用ポリカーボネート	0
NMIJ CRM 5603-a	低エネルギーひ素イオン注入けい素 (レベル: 3×10^{15} atoms/cm ²)	0
NMIJ CRM 5604-a	低エネルギーひ素イオン注入けい素 (レベル: 6×10^{14} atoms/cm ²)	0
NMIJ CRM 5605-a	ハフニウム定量用酸化ハフニウム薄膜	0
NMIJ CRM 5606-a	陽電子寿命による空孔欠陥測定用単結晶シリコン	0
NMIJ RM 5607-a	陽電子寿命による空孔欠陥測定用ステンレス鋼	0
NMIJ CRM 5701-a	ポリスチレンラテックス ナノ粒子 (120 nm)	23
NMIJ CRM 5702-a	ポリスチレンラテックス ナノ粒子 (150 nm)	2
NMIJ CRM 5703-a	ポリスチレンラテックス ナノ粒子 (200 nm)	11
NMIJ RM 5711-a	酸化チタンナノ粒子 (比表面積11 m ² /g・大粒子径・表面無処理)	5
NMIJ RM 5712-a	酸化チタンナノ粒子 (比表面積57 m ² /g・小粒子径・脂肪酸表面修飾)	0
NMIJ RM 5713-a	酸化チタンナノ粒子 (比表面積76 m ² /g・小粒子径・イソブチル基表面修飾)	2
NMIJ CRM 6001-a	コレステロール	5
NMIJ CRM 6002-a	テストステロン	4
NMIJ CRM 6003-a	プロゲステロン	6
NMIJ CRM 6004-a	17β-エストラジオール	3
NMIJ CRM 6005-a	クレアチニン	1
NMIJ CRM 6006-a	尿素	2
NMIJ CRM 6007-a	ヒドロコルチゾン	1
NMIJ CRM 6008-a	尿酸	0
NMIJ CRM 6009-a	トリオレイン	0
NMIJ CRM 6011-a	L-アラニン	8
NMIJ CRM 6012-a	L-ロイシン	7
NMIJ CRM 6013-a	L-イソロイシン	7
NMIJ CRM 6014-a	L-フェニルアラニン	7
NMIJ CRM 6015-a	L-バリン	7
NMIJ CRM 6016-a	L-プロリン	7
NMIJ CRM 6017-b	L-アルギニン	6
NMIJ CRM 6018-a	L-リシンー塩酸塩	3
NMIJ CRM 6019-a	L-チロシン	5
NMIJ CRM 6020-a	L-トレオニン	2
NMIJ CRM 6021-a	L-セリン	3
NMIJ CRM 6022-a	グリシン	4
NMIJ CRM 6023-a	L-メチオニン	12
NMIJ CRM 6024-a	L-ヒスチジン	3
NMIJ CRM 6025-a	L-シスチン	12
NMIJ CRM 6026-a	L-グルタミン酸	5
NMIJ CRM 6027-a	L-アスパラギン酸	5
NMIJ CRM 6201-b	C反応性蛋白溶液	0
NMIJ CRM 6201-c	C反応性蛋白溶液	1
NMIJ CRM 6202-a	ヒト血清アルブミン	2
NMIJ CRM 6204-b	定量解析用リボ核酸 (RNA) 水溶液	18
NMIJ CRM 6205-a	定量分析用デオキシリボ核酸 (DNA) 水溶液 (1 ng/μL、600塩基対)	2
NMIJ CRM 6206-a	オカダ酸標準液	101
NMIJ CRM 6207-a	ジノフィシストキシニン-1 (DTX1) 標準液	106
NMIJ CRM 6209-a	ヒトインスリン溶液	17
NMIJ CRM 6401-b	コルチゾール分析用ヒト血清 (4濃度レベル)	1
NMIJ CRM 6402-a	アルドステロン分析用ヒト血清 (3濃度レベル)	21
NMIJ CRM 6901-b	C-ペプチド	15
NMIJ CRM 7202-b	河川水 (微量元素分析用-添加)	145

産業技術総合研究所

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 7203-a	水道水 (有害金属分析用-添加)	38
NMIJ CRM 7302-a	海底質 (有害金属分析用)	9
NMIJ CRM 7303-a	湖底質 (有害金属分析用)	5
NMIJ CRM 7304-a	海底質 (ポリクロロビフェニル、塩素系農薬類分析用-高濃度)	0
NMIJ CRM 7307-a	湖底質 (多環芳香族炭化水素分類分析用)	1
NMIJ CRM 7308-a	トンネル粉じん (多環芳香族炭化水素分析用・有害元素分析用)	0
NMIJ CRM 7402-a	タラ魚肉粉末標準物質 (微量元素・アルセノベタイン・メチル水銀分析用)	14
NMIJ CRM 7403-a	メカジキ魚肉粉末 (微量元素・アルセノベタイン・メチル水銀分析用)	15
NMIJ CRM 7404-a	スズキ魚肉粉末(有機汚染物質分析用)	8
NMIJ CRM 7405-a	ひじき粉末 (微量元素・ひ素化合物分析用)	47
NMIJ CRM 7406-a	イカ粉末 (微量元素分析用)	3
NMIJ CRM 7407-a	ヒト血清 (有機汚染物質分析用)	0
NMIJ CRM 7501-a	白米粉末 (微量元素分析用 Cd 濃度レベル I)	24
NMIJ CRM 7502-a	白米粉末 (微量元素分析用 Cd 濃度レベル II)	24
NMIJ CRM 7503-b	白米粉末 (ひ素化合物・微量元素分析用)	0
NMIJ CRM 7504-a	玄米粉末 (残留農薬分析用)	2
NMIJ CRM 7505-a	茶葉粉末 (微量元素分析用)	9
NMIJ CRM 7507-a	ネギ粉末 (残留農薬分析用)	0
NMIJ CRM 7508-a	キャベツ粉末 (残留農薬分析用)	1
NMIJ CRM 7509-a	大豆粉末 (残留農薬分析用)	5
NMIJ CRM 7510-a	リンゴ粉末 (残留農薬分析用)	3
NMIJ CRM 7511-a	大豆粉末 (微量元素分析用)	3
NMIJ CRM 7512-a	ミルク粉末 (微量元素分析用)	9
NMIJ CRM 7520-a	ホタテガイ中腸腺 (下痢性貝毒分析用)	6
NMIJ CRM 7531-a	玄米粉末 (カドミウム分析用)	22
NMIJ CRM 7532-a	玄米粉末 (ひ素化合物・微量元素分析用)	29
NMIJ CRM 7533-a	玄米粉末 (ひ素化合物・微量元素分析用)	14
NMIJ CRM 7541-a	玄米 (放射性セシウム分析用)	55
NMIJ CRM 7541-b	玄米 (放射性セシウム分析用)	3
NMIJ CRM 7601-a	海水 (栄養塩; 極低濃度)	11
NMIJ CRM 7602-a	海水 (栄養塩; 中濃度)	37
NMIJ CRM 7603-a	海水 (栄養塩; 高濃度)	12
NMIJ CRM 7901-a	アルセノベタイン水溶液	26
NMIJ CRM 7906-a	ポリクロロビフェニル混合標準液 (KC 混合物ノナン溶液)	3
NMIJ CRM 7912-a	ひ酸 [As(V)] 水溶液	28
NMIJ CRM 7913-a	ジメチルアルシン酸水溶液	32
NMIJ CRM 8001-a	ファインセラミックス用炭化けい素微粉末 (α型)	1
NMIJ CRM 8002-a	ファインセラミックス用炭化けい素微粉末 (β型)	3
NMIJ CRM 8003-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末 (直接窒化合成) I	3
NMIJ CRM 8004-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末 (直接窒化合成) II	12
NMIJ CRM 8005-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末 (イミド分解合成)	4
NMIJ CRM 8006-a	ファインセラミックス用アルミナ微粉末 (低純度)	3
NMIJ CRM 8007-a	ファインセラミックス用アルミナ微粉末 (高純度)	5
NMIJ CRM 8102-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd,Cr,Pb; 低濃度)	9
NMIJ CRM 8103-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd,Cr,Pb; 高濃度)	6
NMIJ CRM 8105-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク (Cd,Cr,Pb; 低濃度)	1
NMIJ CRM 8108-b	臭素系難燃剤含有ポリスチレン	23
NMIJ CRM 8109-a	臭素系難燃剤含有ポリ塩化ビニル	0
NMIJ CRM 8110-a	臭素系難燃剤含有ポリスチレン (高濃度)	57
NMIJ CRM 8112-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd,Cr,Hg,Pb; 低濃度)	7
NMIJ CRM 8115-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク (Cd,Cr,Hg,Pb; 低濃度)	19
NMIJ CRM 8123-a	重金属分析用 PVC 樹脂ペレット(Cd,Cr,Hg,Pb; 高濃度)	4
NMIJ CRM 8133-a	重金属分析用 PP 樹脂ペレット (Cd,Cr,Hg,Pb; 高濃度)	6

研 究

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 8136-a	重金属分析用 PP 樹脂ディスク (Cd,Cr,Hg,Pb; 高濃度)	18
NMIJ CRM 8137-a	臭素分析用 PP 樹脂ペレット	2
NMIJ CRM 8152-a	ポリ塩化ビニル (フタル酸エステル類分析用)	114
NMIJ CRM 8155-a	ABS 樹脂 (ペルフルオロアルキル化合物分析用)	2
NMIJ CRM 8202-a	鉛フリーはんだチップ (Sn96.5Ag3Cu0.5) (Pb 低濃度)	6
NMIJ CRM 8203-a	鉛フリーはんだチップ (Sn96.5Ag3Cu0.5) (Pb 高濃度)	3
NMIJ CRM 8301-a	バイオエタノール	1
NMIJ CRM 8302-a	バイオディーゼル燃料 (パーム油由来)	5
化学系標準物質計		2163
NMIJ RM1101-a-1	熱膨張率標準物質 (単結晶シリコン) 形状: 1	6
NMIJ RM1101-a-2	熱膨張率標準物質 (単結晶シリコン) 形状: 2	2
NMIJ RM1102-a-1	熱膨張率標準物質 (ガラス状炭素) 形状: 1	4
NMIJ RM1102-a-2	熱膨張率標準物質 (ガラス状炭素) 形状: 2	2
NMIJ RM1301-a	熱拡散時間標準薄膜 (窒化チタン薄膜/石英ガラス基板)	10
NMIJ RM1401-a	熱伝導率標準物質(等方性黒鉛)	3
NMIJ CRM5803-a-1	熱膨張率測定用単結晶シリコン (低温用) 形状: 1	3
NMIJ CRM5803-a-2	熱膨張率測定用単結晶シリコン (低温用) 形状: 2	0
NMIJ CRM5804-b	熱拡散率測定用等方性黒鉛	15
NMIJ CRM5805-a	熱膨張率測定用高純度銅	1
NMIJ CRM5806-a	比熱容量測定用単結晶シリコン (低温用)	3
NMIJ CRM5807-a	熱拡散率測定用セラミックス (Al ₂ O ₃ -TiC 系)	3
NMIJ CRM5808-a	熱拡散率測定用モリブデン薄膜 (400 nm)	3
物理系標準物質計		55
合 計		2218

③外国出張・招へい、協力協定、国際比較

外国出張

出張件数	出張先	出張目的
128件	フランス	国際度量衡委員会 国際度量衡委員会諮問委員会 国際法定計量委員会 アジア太平洋計量計画 アジア太平洋法定計量フォーラム 二国間比較 その他
	インド	
	中国	
	韓国	
	コロンビア	
	マレーシア	
	ドイツ	
	オランダ	
	カナダ	
	カンボジア	
	オーストラリア	
	アメリカ	
	台湾	
	タイ	
その他5か国		

外国人招へい

件数	招へい国または経済圏	招へい目的
6	韓国（4名）、台湾、中国	ピアレビュー
6	台湾、シンガポール、フィリピン（13名）	技術研修 （放射線、長さ、圧力、質量、体積密度、無機標準）
2	台湾、韓国（2名）	研究協力（研修）（幾何、流量標準）
1	中国、韓国（31名）	日中韓の若手研究者のワークショップ ESW 2017
1	フランス（1名）	計測標準フォーラム講演者 The Meter Convention and the future of the International System of Units (SI)

JST 予算による外国人の受入

- 1件 日本・アジア青少年サイエンス交流事業（さくらサイエンスプラン）
台湾、カンボジア、フィリピン、ベトナム、タイ（計10名）

AOTS プログラムによる外国人の受入

- 1件 Training course on Implementation for Social and Industrial Infrastructure in Metrology
バングラデシュ、ブータン、フィジー、インド、インドネシア、マレーシア、モンゴル、ミャンマー、パプアニューギニア、フィリピン、スリランカ、タイ、ベトナム（計13名）

外国機関との研究協力覚書締結

- LoI：1件（タイ DSS）

国際比較

分野（BIPM）	件数
時間・周波数	0
長さ	0
質量関連量	2
音響・超音波・振動	1
測温	0
物質質量	6
測光・放射	0
放射線	0
電気・磁気	0
合計	9

研 究

④講習・教習

平成29年度計量教習実績

計量標準普及センター 計量研修センター

講習・教習名		対 象 者	期 間		場 所	受講者数
一般計量教習	前 期	計量士になろうとする者及び計量行政機関の職員	未実施	—	—	—
	後 期		H29. 9. 12～12. 8	3月	つくば	31
一 般 計 量 特 別 教 習		計量士になろうとする者及び計量行政機関の職員で一般計量教習を修了した者	H30. 1.10～ 3. 7	2月	つくば	18
環境計量特別教習	濃 度 関 係		H30. 1.10～ 2.28	7週間	つくば	6
	騒音・振動関係	H30. 3. 1～ 3.16	2.5週間	つくば	5	
短 期 計 量 教 習		計量行政機関等の職員	H29. 7.10～ 8. 4	1月	つくば	28
特 定 教 習	基 礎 計 量 教 習	特定市の職員	H29. 8.21～ 9. 1	2週間	つくば	24
	計量検定所・計量検査所新任管理職教習	都道府県及び特定市の新任所長等管理職	H29. 6. 5～ 6. 7	3日	つくば	24
	都道府県・特定市計量行政新人教習	都道府県及び特定市の新任計量公務員	H29. 5. 9～ 5.11	3日	つくば	36
			H29. 5.23～ 5.25	3日	関西（池田）	43
	指 定 製 造 事 業 者 制 度 教 習	当該制度の検査に携わる都道府県等の職員	H29. 6.28～ 7. 7	2週間	つくば	20
	指定製造事業者制度フォローアップ教習	平成27年度以前に「指定製造事業者制度教習」を修了した都道府県等の職員	H29.11.21～11.22	2日	つくば	10
	環 境 計 量 証 明 事 業 制 度 教 習	都道府県及び特定市の職員	H29. 6. 5～ 6.16	2週間	つくば	10
	計量指導者教習	都道府県及び特定市の計量公務員等で所属長より推薦を受けた者	H29.12.12～12.13	2日	つくば	8
特定計量証明事業管理者講習		当該事業の環境計量士（濃度関係）であって、ダイオキシン類の実務の経験一年以下等の者	H29.10.16～10.20	5日	つくば	3
環 境 計 量 講 習	濃 度 関 係	環境計量士の国家試験に合格した者であって、施行規則第51条（登録条件）の条件を満たさない者。登録しようとする区分に係る環境計量証明事業者等に属し、かつ、計量に関する実務に1年以上従事している者については、その実務経験が認められれば環境計量士として登録することが出来るので本講習を受講することは不要	H29. 7.11～ 7.14	各4日	つくば	30
			H29. 7.25～ 7.28			28
			H29. 8. 1～ 8. 4			24
			H29. 8.22～ 8.25			28
			H29. 9.12～ 9.15			29
			H29.10. 3～10. 6			26
	H29.10.24～10.27		20			
	騒音・振動関係		H29. 9. 4～ 9. 8	各5日	つくば	25
			H29. 9.25～ 9.29			25
			H29.11. 6～11.10			21
計 量 研 修	計測における不確かさ研修（中・上級コース）	計量関係技術者	H29.10.10～10.11	2日	つくば	23
	特定計量器技術習得研修（非自動はかり／計量性能試験及び機能確認試験コース）	ASNITE 試験事業者—計量法第71条第1項第一号の技術上の基準で規定する試験方法（非自動はかり）に係る認定の申請を予定している試験所の試験責任者または試験担当者	H29.11.6～11.10	いずれか1日	つくば	7
			H29.11.20～11.22			
特定計量器技術習得研修（非自動はかり／電磁環境試験コース）		H29.11.13～11.17	いずれか1日		7	
		H29.11.27～11.30				
計 量 技 術 セ ミ ナ ー		都道府県及び特定市の計量公務員等でスキルアップを目指す者	H29.11. 8～11.10	3日	岐阜	30
			H29.11.28～11.30	3日	仙台	17
合 計 （人）						606

8) フェロー

【フェロー】

(AIST Fellow)

所在地：つくば中央第1、つくば中央第5、
中部センター、臨海副都心センター

人員：4名

概要：

フェローは、理事長の諮問を受けて、研究者の代表として他の研究者の指導にあたりるとともに、特別な研究を行っている。

平成29年度は、4人のフェローを置いている。

機構図

フェロー	清水 敏美
フェロー	金山 敏彦
フェロー	大司 達樹
フェロー	辻井 潤一

(2) 内部資金

〔研究題目〕領域を超越したエンジンシステム研究拠点整備

〔研究代表者〕 小熊 光晴（省エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 木下 幸一、文 石洙、佐々木 基、小淵 存、内澤 潤子、工藤 祐揮、伊藤 信靖、ほか13名（常勤職員20名）

〔研究内容〕

これまでの「産（自動車用内燃機関技術研究組合：AICE）」と「学（SIP事業）」での取り組みを発展させ、裾野の広い研究者を持つ産総研の強みを最大限に活かし得る、領域を超越した真の連携によるエンジンシステムの総合研究拠点を産総研に整備する。拠点設立に向け、H29年度にコンソーシアムを設立した。研究開発としては、RDE（Real Driving Emission）等自動車業界ニーズに対応したエミッション対策などを短期的テーマ、熱効率向上やCO₂排出量低減を中期的テーマと設定し、学と産を繋ぐエンジンシステム研究のイノベーションハブ機能を目指している。

(1) エンジンシステム研究の学連携拠点の構築

a) エンジンテストベンチ整備

排気量2.0L クラスディーゼルエンジンの性能試験が可能なエンジン実験室（エンジン制御システム、吸排気システム、燃料供給ライン、冷却水系統整備、消火設備など）の整備準備を行った。

b) エンジンシステム研究の学連携拠点の構築

内燃機関の高度化にかかる共通課題の研究を、産学官との連携を図りながら推進していくためのプラットフォームを目指し、内燃機関産学官連携コンソーシアムを設置（H29年6月30日）した。自動車業界からのニーズを受け取り、アカデミアの力を結集して効率的な課題解決を持続的に実施できることを目指し、自動車用内燃機関技術研究組合（AICE）と連携しながら、運営の軌道に乗せるべく活動中である。

(2) 見えなかったものを見る、測れなかったものを測る現象解明研究

a) EGR デポジット生成メカニズム解明研究

「EGR 凝縮水挙動解明およびデポジット堆積予測技術研究」を AICE の H29～H30 年度新規テーマとして開始した。AICE 組合員 OEM9 社 + サプライヤや計測・分析メーカー等 11 社の全 20 社による WG を運営し、茨城大学、東京工業大学及び東海大学と連携し、デポジット生成予測モデルの構築を目指し実施中である。

b) X線技法による燃料噴霧の詳細解析

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の「革新的燃焼技術」や、民間共同研究等での推進を継続している。鉄ノズル内部流の現象解明を可能とする計測技術の開発と、エンジン開発に活用できる新たな噴霧予測モデルを H30 年度末までに構築する予定である。

(3) 産業ニーズ対応と標準化・標準物質開発の一体化研究

有用な共通 soot 試料を開発・作成するため、soot 構成成分の全体把握を目的とした基礎検討を実施した。市場回収した soot 試料に対し、これまでとは異なる処理方法や測定方法を適用することにより、soot 構成成分の全容解明を試みている。関連事業として、1 件の技術コンサルティングを実施した。

(4) モビリティエネルギーの在るべき姿評価研究

代替燃料を用いたエンジン燃焼評価研究を、民間企業との新規共同研究として契約締結に向けた調整作業を実施した。エンジン性能評価と共に、Well to Wheel（燃料採掘からエンジン排気まで）での LCA 評価も検討する。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 エンジン、内燃機関、燃焼、ディーゼル、ガソリン、新燃料、LCA、産学官連携、研究拠点

〔研究題目〕熱電発電モジュールの仕様の標準化（平成29年度標準化 FS 課題）

〔研究代表者〕 山本 淳（省エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 山本 淳（省エネルギー研究部門）、舟橋 良次（無機機能材料研究部門）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

熱電発電技術は未利用熱エネルギーの有効活用法として注目を集めている。発電システムを構築する際の最小構成部品は熱電発電モジュールと呼ばれ、現在耐熱温度が 200℃ 程度の製品が市販されている。今後はより多くの種類の熱電モジュールが開発され、商取引が活発になると考えられている。

熱電発電モジュールの性能は、一般に特定の温度条件のときの発電出力や発電効率で表される。しかしこれらの特性値の計測方法については、まだ決められた手法が存在しない。このため、本研究では、モジュールの発電出力の計測手法について将来の国際標準化を目指して、検討を行った。研究では計測対象となるモジュールの設計、試作、評価を行い、また発電効率の精密評価、耐久評価、振動評価など複数の項目について、計測の手法について検討を行った。

合金を使用した熱電発電モジュールでは 500℃ までの範囲で繰返し精度や温度計測誤差のデータを集積した。また酸化物セラミクス熱電発電モジュールを使用して 700℃ の高温での計測や、温度差一定の耐久性評価、ヒートサイクル試験、振動試験等を実施し、良好な熱電発電モジュールの耐久性を確認した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 熱電発電モジュール、発電出力、発電効率、耐久性

〔研究題目〕 温度変化で発電するモバイル発電器

〔研究代表者〕 山本 淳 (省エネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 山本 淳、藤井 孝博、李 哲虎
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

温度差や微小な温度変化から電力を回収する新しい原理について、筑波大、高エネ研、東京大学、物材機構、産総研が連携して研究を実施した。温度変化や温度差を直接電力に変換する原理として最も一般的なものはゼーベック効果であるが、本研究では筑波大が提唱する正極／活物質／負極といった二次電池と同じ構造を持つセルを使用した熱・電気変換の現象論的な解明をすすめた。起電力の温度係数が正の物質と負の物質を組み合わせることにより温度変化に伴う起電力変化の大きいセルが得られ、高温と低温を繰り返す間に充放電を行うことで、原理的にエネルギー利得があることを解明した。物性値の温度依存性変化により状態変化サイクルの中でエネルギー利得がある事例についても調査を行った。同様に、半導体のゼーベック効果ではなくβアルミナ内のナトリウムの活量変化を電力として取り出すアルカリ金属熱電変換についても電極構造について検討を行った。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 温度差、環境発電、熱起電力、電気化学

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

〔研究代表者〕 谷保 佐知 (環境管理研究部門)

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

〔研究内容〕

ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS) は残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約 (POPs 条約) で製造や使用が規制された化学物質である。POPs 条約ではPFOSの代替ができない用途に適用除外規定が設けられたが、現在この適用除外がさらに必要か検討が進められている。そのため代替物質を評価するための分析法の国際標準化が必要である。また、ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOA) やペルフルオロヘキサンスルホン酸 (PFHxS) とそれらの塩は現在 POPs 条約への追加が検討されている。本研究では、PFOS/PFOA やその代替物質を含むペルフルオロアルキル化合物 (PFASs) の高感度高精度な分析方法を開発し、国際標準規格の発行を目的とした。

本年度は、委員会原案 (CD) を作成し、委員会に回付し承認された。また、前会議で要請された保存期間中の安定性確認試験を実施したが、CD 投票時に新たな測定物質の追加が提案されたため、その測定物質も含めた安定性確認試験を再度行った。

さらに、CD 投票の際に上がったコメントにより修正

した ISO/CD 21675 (revised) 案の測定方法を用いてラウンドロビンをテストを実施した。TC 147 (水質) 内に参加機関の募集を回付したほか、PFAS 研究機関や分析機関へ個別に案内した。さらに2つの国際学会でも参加者を募集し、ISO の周知も行った。その結果、およそ50機関からの参加申し込みがあり、12ヵ国34機関に参加を依頼した。試料は飲料水・河川水・海水・排水を選定し、試験試料を参加機関に配布し、11ヶ国27機関から試験結果が報告された。次回総会にて、本試験結果の解析結果を含めた国際規格原案 (DIS) 案を提示し、議論を行う予定である。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 国際標準化、ISO、ペルフルオロアルキル化合物

〔研究題目〕 次世代電力機器評価施設の拡充による地元企業等との連携強化

〔研究代表者〕 百合野 真司 (再生可能エネルギー研究センター)

〔研究担当者〕 大谷 謙仁、菅原 秀一、末包 和夫、志田 浩義、吉岡 康哉、合田 忠弘、竹中 清 (常勤職員1名、他6名)

〔研究内容〕

グローバル認証基盤整備事業で産業技術総合研究所福島再生可能エネルギー研究所に設置されたスマートシステム研究棟の機能について、利用企業等の要望を踏まえて機能拡充することによって、同棟の有効利用拡大を目指した。具体的には主に以下の内容を実施した。

- ① 次世代型パワーコンディショナ (スマートインバータ) に対応させ、スマートインバータ機能開発と試験を実施できるように、リアルタイム電力システムシミュレータ RTDS を用いてスマートインバータの試験を HIL (ハードウェア・イン・ザ・ループ) 手法で行うための研究を実施した。
- ② 国内最大規模の電波暗室の利用価値向上のため、サイトアッテネーション特性等の性能評価を実施した。また、EMC 計測事業者との連携による利用拡大を目指し、EMC 試験におけるラウンドロビンを手法を検討し、実験による評価を行った。
- ③ 電気安全環境研究所が製品評価技術基盤機構 (NITE) から大型パワーコンディショナに関するタイの試験規格に基づく試験所として初めて認定されることを支援し、地元企業等の国内企業がタイ向け海外認証試験を国内で行えるようにした。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 太陽光発電、電力変換、国際標準化

〔研究題目〕 TIA 拠点を活用したパワーエレクトロニクス技術の橋渡し研究

〔研究代表者〕 奥村 元 (先進パワーエレクトロニクス

研究センター)

【研究担当者】 奥村 元、坂本 邦博、原田 信介
(常勤職員14名、他約30名)

【研究内容】

西5D棟クリーンルームに完備された SiC パワーデバイスの4インチ量産試作ラインを GaN パワーデバイス試作にも利用できるように、新たな連携が見込まれる企業と協議しながら、デバイスプロセス装置の SiC、GaN デバイス共用化を進めると共に、共用が困難な GaN ドライエッチング装置とタングステンメタル CVD 装置を新たに導入した。

SiC-MOSFET の更なる低オン抵抗化として、1.2 kV 耐圧クラスのスーパージャンクション (SJ) 構造のマルチエピタキシャル法による形成プロセスを確立し、トレンチ MOSFET と組み合わせることで同耐圧クラスの SiC デバイスで世界初となる SJ-MOSFET を実現し、スイッチング試験および短絡耐量試験に成功した。

オール SiC モジュールを構成する SiC-SBD の代わりに SiC-MOSFET に構造的に内包されている PiN ダイオードが使えれば SBD が不要となり低コスト化できるが、SiC の PiN ダイオードには順方向に電圧をかけていると電流が徐々に低下してしまう順方向劣化があり、従来型 SiC-MOSFET には信頼性に問題があった。これに対して西5D棟で量産レベル開発に成功したトレンチ MOSFET をベースにトレンチ SBD を内蔵した独自構造である SWITCH-MOS を開発し、耐圧1200 V クラスで世界初となる順方向劣化が無い高い信頼性を有する SiC-MOSFET を実現した。この成果は2017年12月にプレス発表している。

西 SCR 棟クリーンルーム SiC 6インチ試作ラインの整備を引き続き進めるとともに、短リードタイム運用に向けた量産試作技術ノウハウの蓄積を進めた。H29年度は、プロセス開発実験213枚、VMOS 等デバイス試作97枚を投入した。H29年度末現在、VMOS 換算で月産30枚程度の試作を行っている。技術開発と同時に、テクノブリッジ型共同研究の枠組みを構築し、共同研究相手先企業が SCR6インチ試作ラインを用いて秘匿性の高い研究開発も行える体制を整えた。

SiC 6インチ試作ラインでは、車載用など大きな市場が想定される、耐圧1.2 kV の低損失 VMOSFET の量産試作技術開発を先行して実施した。試作した素子は共同研究相手先で実装され、実機評価に供されている。

また、産総研主導で H28年度に西5D棟4インチ試作ラインで開発した、耐圧13 kV を越える SBD と MOSFET を、SCR6インチ試作ラインで試作するためのプロセス移植に着手した。

これらの素子を実装する 15 kV 耐圧 TO268表面実装パッケージの開発を進め、高圧電源を開発するチップユーズが放電の不安無く使える高信頼パッケージを開発した。

耐圧13 kV を越える超高耐圧素子は、産業用や理科学機器用電源を開発する TPEC 応用研究パートナーからの供給要請が強い。しかし、応用が多岐に及び、他品種少量生産にとどまるため、なかなか半導体製造企業が製品開発行わない。そのため、市場で入手できる製品が無く、事実上世界で産総研の TIA パワーエレクトロニクス拠点のみが供給できるものである。

【領域名】 エネルギー・環境

【キーワード】 SiC、GaN、パワーデバイス、量産試作、TPEC、SCR

【研究題目】 産業保安分野の最適管理を実現するリスク評価・管理手法の確立

【研究代表者】 恒見 清孝 (安全科学研究部門)

【研究担当者】 恒見 清孝、小野 恭子、林 彬勲、井上 和也 (常勤職員4名)

【研究内容】

これまでの産業保安分野における安全性評価は、限定された条件下でのハザード評価で安全性のみを強調し、想定以外のことが起こった場合の質問に答えられない。また、技術性能を個別かつ詳細に規定することで安全を担保しているが、コストと人的資源が増大し、イノベーションを阻害している懸念がある。

そこで、ハザード管理からリスク管理への転換を促し、リスク許容基準で判断して企業や現場に即した柔軟な管理手法を提供するために、産業分野のリスク評価 (火薬類、都市ガス、高圧ガス) と、新規技術プロセスのリスク評価 (アンモニア混焼発電) を実施する。平成29年度は、以下の研究・調査を実施した。

(1) 事故発生状況調査

アンモニア取扱施設における漏洩頻度について既存文献を調査するとともに、国内のアンモニア取扱施設における事故件数を調査した。その結果、冷凍・冷蔵、貯蔵設備からの漏洩が多く、弁、管、継手、貯槽の不具合による事故が多いことを明らかにし、アンモニア取扱施設においても事故頻度を機器別に推定できるデータを整理した。国外で実施されている各機器の相対的重要度の感度解析について、手法および漏洩頻度データを整理し、これらを参照して国内施設の事故頻度を推定する基盤を整った。

また、アンモニア取扱施設での事故による死傷者数を調査し、既存の被害関数とも比較しながら、事故によるヒト被害率の推定を行う方向を明確にした。さらに、火薬庫に関する海外の事故事例調査を実施し、施設名称、時期、事故原因、爆発規模、ハザード種類、事故被害等を整理した。

(2) 事故時、定常時の影響評価およびリスク評価

関東地域の21の LNG 火力発電所で、アンモニア混焼発電を行うと仮定して、アンモニアの大気排出に伴う PM2.5 の生成によるヒト健康リスク評価を実施した。そ

の結果、アンモニア排出に伴う二次生成物質による広域の暴露解析が必要と判断した。

また、アンモニアの水生生物への影響について、水中アンモニア濃度と生物影響に関する文献調査を行った。その結果、水温と pH の急性毒性影響への影響が大きいことが明らかになり、水域のアンモニア濃度解析において、pH と水温に配慮した暴露解析が必要と判断した。さらに、汎用生態リスク評価管理ツール(AIST-MeRAM)のデータベースを利用して、アンモニアによる水生生物への有害性データを整理した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 産業保安、リスク評価、アンモニア、火薬

【研究題目】 社会実装を見据えたエネルギー技術評価手法の開発

【研究代表者】 工藤 祐揮 (安全科学研究部門)

【研究担当者】 工藤 祐揮、小澤 暁人、村田 晃伸、
本田 智則、高木 英行、斉田 愛子、
宮本 銀一、野津 育朗
(常勤職員6名、他2名)

【研究内容】

産総研で研究開発を行っている各種エネルギー技術を社会実装していくための加速要因・阻害要因を特定するとともに、社会実装による製品や産業への連鎖を通じた影響や波及効果を把握するための、技術評価の枠組みを構築する。平成29年度は最適化型エネルギーシステムモデル MARKAL を用いて、モデルに用いるパラメータの不確実性が、わが国の将来のエネルギーシステムに与える影響を分析し、将来の水素導入量に左右するパラメータを特定した。また電力の平均価格が算出できるように MARKAL モデルの改良を行い、将来に向けた電力価格の変化に関する知見を得た。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 エネルギー技術、社会実装、エネルギーシステムモデル、波及効果

【研究題目】 新材料・新技術の環境評価と評価基盤の整備

【研究代表者】 田原 聖隆 (安全科学研究部門)

【研究担当者】 田原 聖隆、塚原 建一郎、
小林 謙介、藤井 千陽、横田 真輝
(常勤職員2名、他3名)

【研究内容】

研究現場において、研究開発中の技術の環境適合性を LCA によって評価しておくニーズが高まっており、国家プロジェクトにおいても LCA が組み込まれる場合が増えている。これに伴い、企業や産総研内の新材料や新技術開発現場から、特にインベントリデータ作成を伴う環境負荷分析の共同提案や共同実施の申し込みが多くなっ

ている。産総研内でも LCA 研究者と新技術の開発者が早い段階より協同して LCA に取り組むことで、評価に用いるデータベースそのものの精度向上のみならず、新技術開発への LCA のフィードバックや LCA 視点を含めた技術の橋渡しなどの利点が期待されている。また、我が国最大のインベントリデータベース IDEA は、UN environment が中心に実施している国際的枠組みの GLAD (Global LCA Data Access) の参加 DB (Node) の1つとして対応を実施している。参加 DB としてデータの相互利用に当たりフォーマット変換などのツール作成などは完了しているものの、更なる技術的な課題の克服が必要とされている。加えて、IDEA としても、グローバルサプライチェーンへの対応としてアジア地域のデータの拡充をさらに行う必要がある。

そこで本課題では、産総研内の新材料開発研究と、新技術開発の2つのプロジェクトに LCA 評価を実施すべく連携を開始した。また、海外との連携を目的として GLAD のプロトタイプデータベースへ IDEA を試験的にアップロードし、2018年の秋から本格運用へ技術的課題抽出などへも貢献した。加えて、韓国、台湾、ベトナム、インドネシア、マレーシアのインベントリデータを IDEA のプロセスデータをベースに、製品製造時に使用される燃料種とエネルギー消費量を各国の状況に反映させ、その国の状況にカスタマイズしたデータベースを作成した。昨年度のタイ、中国を合わせた7カ国で、我が国のアジア地域の輸入を9割以上カバーできるようになった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 インベントリデータ、データベース、海外連携

【研究題目】 爆発影響低減化に関する研究開発

【研究代表者】 緒方 雄二 (安全科学研究部門)

【研究担当者】 緒方 雄二、若林 邦彦、松村 知治、
杉山 勇太、久保田 士郎、椎名 拓海、
佐分利 禎、牧野 良次、松木 亮
(常勤職員9名)

【研究内容】

今年度の火薬類の大規模野外実験では、地中式火薬庫の保安距離評価に関する実験と火薬類の性能評価に関する実験を実施した。これらの実験では、火薬類取締法の改正に必要なデータを取得することを目的としている。地中式火薬庫に関する実験では、火薬類の爆発で発生する爆風や地盤振動等を計測することで、火薬類の保安距離に対して指向性と爆風圧低減効果が確認できた。火薬類の性能評価においては、煙火玉の殉爆試験を実施し、煙火玉周囲に設置した緩衝材が殉爆に及ぼす影響を調査した。また、コンジット推進薬の燃焼実験を実施し、放射熱を評価した。高圧ガス関係では、水素の導管供給において、他工事掘削抗内での漏洩を想定し、室外実験

及びシミュレーションを用いて調査した。爆風圧、放射熱、火炎挙動について評価し、抗内漏洩条件では特に爆風圧の影響が顕著であることを示し、水素の漏洩条件と爆風圧との関係を明らかにした。シミュレーションと実験結果とを比較し、いくつかの条件で良い一致を得た。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 火薬類、火薬類保安実験、性能評価、爆風、放射熱、地盤振動、飛散物、保安距離、水素、導管供給、漏えい、着火、火薬類取締法

【研究 題目】 放射能汚染に対する効果的なリスク管理のための計測・評価技術の開発と適用

【研究代表者】 内藤 航（安全科学研究部門）

【研究担当者】 内藤 航、小野 恭子、黒澤 忠弘、鈴木 良一、金京 淑、小川 宏高、上坂 元紀（常勤職員6名、他1名）

【研究 内容】

福島における放射線に関わるリスク問題の解決には、現場で何が問題となっているかを的確に把握し、その問題解決に資する科学的エビデンスや評価・計測技術を、それらを活用するユーザー（個人や行政）が利用しやすいかたちで提供することが重要である。産総研の有する高い情報・計測・評価の技術や体制は、そのような課題の解決に大きく貢献できるポテンシャルを秘めており、利害関係者（例えば被災住民、除染特別地域の自治体、相談員制度担当者等）からの期待も高い。本研究では、福島における放射能汚染に対し、地域や個人の状況に応じた効果的な対策に資する放射線計測・評価技術の開発を行う。

平成29年度の主な成果は次の通り。個人の行動パターンに応じた実態に合う将来の被ばく線量の評価を行うツール（Web版）のプロトタイプを開発した。地図上の任意の地点を選択すると航空機モニタリングによる空間線量推定値が表示・利用できるGUIを構築した。評価ツール内の推定式で用いるパラメータの妥当性評価のためのデータ取得と整備を行った。被災住民の放射線管理に資する信頼できる計測技術と被ばくを効果的に低減させる方法を知るための計測技術の開発を行い複数の地点において実証調査を行った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 福島、放射性物質、被ばく線量、線量計測、リスク、除染廃棄物、リスクトレードオフ

【研究 題目】 メダカを使ったフェノタイプ スクリーニングシステムの開発（戦略予算）

【研究代表者】 新家 一男（創薬基盤技術研究部門）

【研究担当者】 出口 友則（バイオメディカル研究部門）（常勤職員2名、他1名）

【研究 内容】

全ての薬剤開発において、パイプライン化合物へ前進させるには個体（動物）レベルでの薬効評価は必須である。本技術開発では創薬スクリーニングも可能な究極の個体レベルでのハイスループットスクリーニング系を構築することを目的に、疾患メダカモデル等を用いて産総研が世界に誇る天然物ライブラリーを適用し、アッセイ系のファインチューニングを行うと共にヒット化合物の取得を目指すことを目的に研究開発を行った。

メダカを用いたスクリーニングは、究極の表現型スクリーニングの一つと考えられ、スループットの高いスクリーニングシステムが構築できれば、医薬品開発を大きく加速することが期待される。本研究開発では、臨海センターでハイスループットスクリーニング用に整備している、サンプル分注機およびイメージングアナライザー（Opera Phoenix）に適合するメダカ観察用プレートの開発を行った。このプレートは、96もしくは384ウェルプレートの底部に、観察時の成長ステージにあるメダカ胚や稚魚の形状にあった形の穴を作ることで、メダカを全てのウェルで同じ向きに揃えて観察できるものである。3次元計測および3Dプリンターを用いた試作を繰り返すことで、高い整置率と384ウェルでの実現を世界で初めて成功した。また、本プレートを用いて、産総研独自のリンパ管可視化メダカを用いて、阻害剤セットでの活性評価検証を開始し、形態変化を誘導する化合物も見出すことにも成功した。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 メダカ、ハイスループットスクリーニング系、最小個体動物モデル

【研究 題目】 近赤外波長域を利用した医療用画像システムの国際標準化研究

【研究代表者】 池原 譲（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】 榊田 創（電子光技術研究部門）、岡崎 俊也（ナノチューブ実用化センター）（常勤職員3名）

【研究 内容】

医療画像システムのコアとなる超1000 nm 域の近赤外画像技術は、水や脂質に特徴的な光吸収を検出して画像化する産総研の技術である。従来の技術では、描出が困難であった臓器や神経を造影剤の使用なしに可視化可能としている。当該技術の医療分野における利用を実現するには、安全性と基本性能を鑑みた画像システムの規格・標準化が不可欠であるが、これが十分に整備されていない状況にある。そこで本研究では、近赤外波長域を利用した医療用画像システムの国際標準化を実現するため、必要技術、関連製品、そしてその他構成部品等を対象に、国際標準化の可能性を調査研究した。

【年度進捗状況】

調査研究を通じて、同波長域を画像診断や手術ナビゲ

ーションでの利用を普及させるには、医療機器認証で使用する規格の整備が不可欠であることが明確になった。とくに、医用照明の規格・標準で使用されている照度単位ルクス (lx) は、近赤外波長域を利用した医療用画像システムにまったく対応できていないことから、これに代わる照度単位を設定し、これを使用した国際規格を準備することの必要性が明らかになった。以上の調査研究の成果より産総研は、戦略的国際標準化加速事業に応募し、近赤外波長域を利用した医療用画像システムに関する国際標準化を先導することに決定した。

【領 域 名】生命工学、エレクトロニクス・製造、材料・化学

【キーワード】近赤外、画像システム、国際標準

【研究 題 目】臨床用ヒト iPS 細胞作製技術の確立と産総研発ベンチャーによる実用化

【研究代表者】中西 真人 (創薬基盤技術研究部門)

【研究担当者】中西 真人、佐野 将之、吉田 尚美、宮腰 ゆり、廣瀬 由美 (常勤職員1名、他4名)

【研究 内 容】

現在、日本と米国とを中心に、臨床用 iPS 細胞を活用した再生医療の準備が進められている。しかしながら、iPS 細胞作製技術への深い理解を伴わずに細胞バンクの作製が進められた結果、その品質には疑問が持たれることとなった。特に問題なのは、iPS 細胞の作製過程に特徴的な DNA 二重鎖切断によるゲノム DNA の変異であり、現在の細胞バンクで採用されている技術では効率最優先で DNA 二重鎖切断の増加に目をつぶっているため、作製した iPS 細胞の安全性を確保するために多数の iPS 細胞株の全ゲノムシーケンシングを行うなど、多額の資金を投入している。

本戦略予算では、iPS 細胞の作製過程に特徴的な DNA 二重鎖切断がなぜ生じるのか、その原因を検討すると共に、解決策を見いだして安全性の高いヒト iPS 細胞の樹立技術を確立することを第一の目標としている。さらに、その結果を産総研技術移転ベンチャー「ときわバイオ株式会社」に移転して、臨床用 iPS 細胞作製の標準技術として世界展開することを目指している。

本年度は、iPS 細胞の作製過程に特徴的な DNA 二重鎖切断の原因を調べ、その解決策を探った。その結果、国内の iPS 細胞バンクで採用している技術ではほぼ 100 %の細胞で生じている DNA 二重鎖切断が、産総研で開発された最新技術では 10 %台にまで抑制できていることを見いだした。次年度は実際にこの技術で末梢血から iPS 細胞を樹立し、実際に変異の発生率が低下していることを実証して、技術の普及につなげる予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】iPS 細胞、再生医療、細胞バンク、突然変異

【研究 題 目】日印融合を基幹としたバイオ研究の戦略的アジア展開

【研究代表者】近江谷 克裕 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】近江谷 克裕、ワダワ レヌー、カウル スニル、大西 芳秋、戸井 基道、加藤 薫、落石 知世、栗田 僚二、富田 辰之介、田村 具博 (常勤職員10名)

【研究 内 容】

産総研・インド DBT 間 MOU 協定をベースとして設立された DBT-AIST ジョイントラボ (DAILAB) の運営を通じてアジア地域との広い連携を可能とする集中研究機能、人材育成機能及び国内バイオ技術の普及機能を持った研究ハブの強化・拡充を目標とする。特に、本ジョイントラボでは AIST と DBT の健康・医療分野における更なる研究協力の推進と人材育成を含めた研究者交流を実施する。具体的成果は、1) これまでのインドでの DAILAB 共同研究活動が評価され、DBT より約8,500万円/年の3年間(更新有)の共同研究契約を締結した。2) IIT-Guwahati と MTA を締結して微生物研究に関する研究を加速した。3) 企業との連携関係を構築し、外部連携7件を達成した。4) 研究成果を知財に関して3件特許申請した。また、研究成果を30報を超える国際学術雑誌に成果発表したのみならず、総説や国際学会にて情報発信した。5) 平成30年1月にインド若手研究者を含めたアジア若手研究者のための最先端技術ワークショップを実施した。本ワークショップには国内イメージング関連企業ニコン、オリンパス、アトー社が参加、協力した。6) ジョイントラボ主催のネットワーク講演会 (DAILAB-CAFÉ、日本を中心とした中国、韓国、インドネシア、インドを繋げる) を5回、DAILAB のセミナーをインドで2回、国内で1回実施、産総研のポテンシャルを紹介すると共に、アジアのバイオ関連の若手研究者の育成を実施した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】イメージング、スクリーニング、国際連携

【研究 題 目】「きぼう」利用高品質タンパク質結晶生成実験に係る研究開発

【研究代表者】近江谷 克裕 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】近江谷 克裕、三谷 恭雄、安野 理恵、久保田 智巳、光田 展隆、梶 裕之 (常勤職員6名)

【研究 内 容】

生命現象を的確に捉えるため、バイオイメージング技術は必要不可欠になっている。本研究では、発光タンパク質の改変技術を用いて、生命における基本的現象の探

索ツールとなりうる生体イメージングプローブやそれに関わるシステムの開発を目指すものである。特に発光タンパク質の構造を明らかにすることで、生体イメージング技術の応用を見据えた発光基質設計・発光強度増強・発光色の制御・融合フラグメントの導入部位に係る基礎的知見を獲得する。本年度は国際宇宙ステーションの「きぼう」日本実験棟において、宇宙環境を利用した高品質なタンパク質の結晶生成を行うため、発光タンパク質についての結晶化条件の探索を行う。条件の最適化が完了した場合、宇宙実験による結晶生成及びそのタンパク質の構造機能相関の解明につながる精密な立体構造解析及びその応用に係る研究を行うこととする。これまでに、ウミホタルルシフェラーゼを植物細胞等で発現、精製したサンプルの結晶化を目指したが、糖鎖の影響のため、均一なタンパク質を得ることができなかった。そこで、ウミホタルルシフェラーゼ中にある2か所の糖鎖部位を改変し動物細胞で発現させ、糖鎖の機能を調べた結果、糖鎖部位を改変した場合、発光活性は数分の1程度に低下するが、本質的に発光活性に影響しないことが判明した。現在、糖鎖を削除した変異体を動物細胞、植物細胞で発現させ、タンパク質を精製中である。また、天然のウミホタルルシフェラーゼを取得、糖鎖を切断したものを精製中である。次年度以降、糖鎖を欠失させたウミホタルルシフェラーゼの結晶化を目指す。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】イメージング、結晶化、ルシフェラーゼ

【研究 題 目】ナノイメージングソリューションズ

【研究代表者】山田 澄人、近江谷 克裕（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】近江谷 克裕、小椋 俊彦、加藤 薫、佐藤 主税、戸井 基道（常勤職員5名）

【研究 内容】

産総研が蓄積してきた、「先端且つ多様なイメージング技術」、「画像処理技術や AI 応用技術」を融合し、世界でオンリーワンの高感度・高機能イメージング技術を確立し、世界に冠たるナノイメージング研究拠点の確立を目指す。具体的には、下記に記載する4つの研究テーマを実施、ナノ材料や生体試料のありのままの姿が見える技術を開発及びコンサルタント事業を推進する。研究課題、目標、研究成果は、以下の通り。

●新誘電率顕微鏡（小椋）：「溶液中のウィルス、有機ナノ粒子を高分解能での No ダメージ観察技術」のコンサルタント事業の展開、及び企業との共同研究契約の元、汎用機の試作を継続した。

●超解像顕微鏡（加藤）：「生きた細胞の中を覗く世界で最も分解能の高い（30 nm）超解像顕微鏡」を目指し、検出限界を超える波面制御技術の開発を目指し、超解像顕微鏡の最適化を実施した。また、超解像顕微鏡をベースにしたコンサルタント事業を展開した。

●Cryo-TEM 単粒子解析技術（佐藤）：「結晶化の難しいタンパクの高次構造解析迅速化技術：分解能2 Å以下」を目指し従来法の革新とサンプル作成の最適化を検討した。

●スマートイメージングシステム（戸井）：「人工知能の力を組み込んだ画像解析手法」を開発、医療や創薬に関わる画像解析のコンサルタント事業を展開、また企業と製品化を目指した共同研究を開始した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】イメージング、電子顕微鏡、光学顕微鏡

【研究 題 目】オンチップ PCR 搭載型マラリア診断装置開発

【研究代表者】片岡 正俊（健康工学研究部門）

【研究担当者】片岡 正俊、山村 昌平、梶本 和昭、橋本 宗明、飯田 健次郎（物質計測標準研究部門）（常勤職員5名）

【研究 内容】

マラリアはハマダラ蚊を媒介昆虫とするヒト赤血球への寄生虫感染症で、年間患者数2億人を数える世界3大感染症の一つであり、その根絶には感染者の早期検出・治療が不可欠である。

原虫検出に関して、産総研のオリジナル技術であるマイクロチップ細胞整列技術を基に、民間企業との共同研究により、マラリア原虫の低感染状態で症状のない無症候マラリア患者検出も可能な CD 型超高感度マラリア原虫検出装置を開発している。現在、フィールド使用に向け操作法を含めた改良を進めている。一方、治療面では治療薬選択のための感染マラリア種の同定と薬剤耐性の判定が課題になる。

このため我々は、検出場として用いてきたマイクロチャンバーを遺伝子増幅場としても利用することで、感染種の同定・薬剤耐性の判定が可能で、且つインフラの乏しい流行地域でも利用可能なオンチップ PCR 搭載型マラリア診断装置の開発を進めている。本装置によってフィールドでの感染者検出から治療薬投与までの一気通貫の処置が可能となる。臨床検査・治療法との一体的開発を行うため、マラリア流行域での現地医療機関との連携を行っている。さらに本技術の展開として、血液中に存在してがん転移の指標となる循環がん細胞やがん幹細胞を対象とするがん細胞の一細胞検出・機能解析用診断技術開発を、大学医学部や企業との共同研究により展開している。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】マラリア、循環がん細胞、医療機器開発、一細胞機能解析

【研究 題 目】細胞内シグナル伝達の網羅的解析システム（戦略予算）

【研究代表者】堀本 勝久（創薬分子プロファイリング

研究センター)

【研究担当者】 福井 一彦、五島 直樹、
鍵和田 晴美、福田 枝里子
(常勤職員5名、他7名)

【研究内容】

産総研の資産である HuPEX (管理：五島) 収納のクロウンによるタンパク質を有効活用して、細胞において情報伝達を担うリン酸化活性化アレイ解析技術の開発を行った。初年度(28年度)、リン酸化活性化の計測可能性をカーボン基板のアレイにより確認し、次年度(29年度)より、情報伝達を担うパスウェイを構成するタンパク質群をガラス基板に搭載するようにデザインしたアレイによる計測・解析システムのパッケージ開発(担当：堀本、福井、鍵和田)と、HuPEX においてリン酸化関連クロウンの充実と網羅的計測を目的としたカーボン基板アレイの開発(担当：五島、福田)を行った。ガラス基板を用いた計測・解析パッケージが完成し、「どのパスウェイが活性化もしくは不活性化しているのか」という要求にサンプル受領のみで応えることが可能になった。本格的な解析サービスの提供のため、独自で性能検証を行うと共に、臨床系医学部を中心に細胞株及び検体での共同研究を多数行い、極めて良好な結果が得られた。現在、アカデミアとの本格的な研究段階に進むと共に、AMED のパイロット研究において活用されることが決まっている。また、アレイ計測・解析パッケージによる世界のデファクトスタンダードを目指して、計測・解析を一体化した専用機器の開発中である。今年度の成果は、以下のとおりである。

- ・377のシグナル伝達経路(1169構成タンパク質)を搭載するようデザインされたガラス基板リン酸化活性化アレイを開発し、計測データから活性化パスウェイを推定するソフトウェアを完成させ、パッケージ化を実現。
- ・解析パッケージを活用した薬効機序及び薬剤抵抗性機序の解明のため、聖路加病院(慢性白血病)、慶応義塾大学医学部(肺癌)、東海大学医学部(乳癌)、岡山大学医学部(肺癌)、金沢大学医学部(肝炎)、徳島大学医学部(肝癌)と外部連携6件を達成した。
- ・カケンジェネックス(株)と共同で、自動リン酸化反応の試作機を完成した。
- ・パッケージ化に関する2つの特許を出願した。

【領域名】 生物学

【キーワード】 リン酸化活性化、タンパク質アレイ、数理システム解析、ネットワーク解析

【研究題目】 スポーツ用義足の研究開発を通じた障害者スポーツ市場開拓への挑戦

【研究代表者】 保原 浩明(人間情報研究部門)

【研究担当者】 保原 浩明(常勤職員1名)

【研究内容】

障害者スポーツでは高機能な用具を巧みに使いこなすことが競技力向上に必須である。しかしこうした用具の多くは高額で大型の海外製品であり、日本人の体格、運動特性を全く加味していない。そこで本プロジェクトでは、人間計測技術および情報工学手法を用いて、人間一義足系の客観的評価法を構築し、製品開発、部品の国際認証、標準化、リハビリテーションの提案等を行い、障害者スポーツにおける市場開拓に挑戦する。

まず、ランニング計測システムによる走速度漸増実験を行い、義足ランナーの地面反力計測を行った。その結果、義足側の地面反力が低中速度で頭打ちになることが明らかになった。これは、義足側で力を発揮する際には部品間で生じる力学エネルギー伝達をより効率よくする必要のあることを示唆している。次に、計算機支援工学手法によりチタン合金製軽量義足コネクターを日本人選手向けに開発した。同製品は民間企業および製造技術研究部門と共同で製造し、2017年の世界パラ陸上選手権において日本人選手が銀メダルを獲得するに至った。その後、更に製品を再設計し、走幅跳時の生体力学指標を計測した。その結果、従来部品の支持部角度およびオフセット位置を変更することで助走速度、鉛直および水平地面反力を改善できることが得られた。次年度以降はこのデータをもとにさらなる製品設計を行っていく。最後に、実レース環境におけるパラアスリートの運動指標、障害特性およびレース情報等の相互関係を大規模に解明するため、クラウド上のレース動画を利用した分析を行った。その結果、日本人の義足ランナーは外国人選手と比較して、一歩あたりの平均ステップ長が約10%短いことが明らかとなった。平均ステップ長は接地中の地面反力が支配的なため、義足全体の応力改善が製品設計に重要であることを決定付けた。なお、毎年2月に開催してきたスポーツ用義足の国際研究フォーラムを当該年度も開催し、国内外の著名な研究者を招き、障害者スポーツに関する社会受容の促進・理解を深める活動を行っている。当該年度は約100名が参加し、参加者も国内外の企業、医療機関、研究機関と多岐にわたり、単なる研究開発のみならず、製品の国際認証および標準化の実態に関する情報交換も行った。

【領域名】 情報・人間工学

【キーワード】 バイオメカニクス、義足、ランニング、パラリンピック

【研究題目】 超多様化社会に対応する革新的IoTデバイスとAIクラウドを組み合わせたサービス技術の開発(柏拠点戦略)

【研究代表者】 持丸 正明(人間情報研究部門)

【研究担当者】 持丸 正明、多田 充徳、村井 昭彦、小林 吉之、中嶋 香奈子、大隈 隆史、森 郁恵、梅村 浩之、小早川 達
(以上、人間情報研究部門)、

鎌田 俊英、吉田 健、植村 聖（以上、フレキシブルエレクトロニクス研究センター）、
 廣島 洋、小林 健、魯 健（以上、先進マイクロシステム研究センター）、
 淡野 正信、赤井 智子（以上、無機機能材料研究部門）、
 北本 大、寺岡 啓（以上、機能化学研究部門）、
 田澤 真人（構造材料研究部門）
 （常勤職員19名、他10名）

【研究内容】

【目標】

生活ビッグデータを蓄積し AI で知識化してサービスに環流する新産業の創出を目指し、生活場面で使用できる IoT デバイス、生活指標の推定モデル、ユーザの心理属性等に応じた介入技術の開発を行う。

【研究計画】

生活場面の IoT デバイスとして、運動状態・負担を推定できるウェアラブルデバイスシステム（筋電位8 ch、100 Hz、精度80%）を開発する。身体運動ディープデータを健康者20名以上で計測。そのデータベースに基づいて IoT デバイスデータから筋力、歩行特徴推定モデルを開発する。さらに、800名以上の定量調査で、健康維持行動の心理行動セグメントを解明する。介入技術として、転倒予防技術（暗い場所での蓄光ガラスによる障害物提示）、歩行習慣化技術（快削感を賦活する素材を用いた靴）を開発するとともに、それらの有効性を検証する。これらの基盤として、ウェアラブル筋電スーツ技術の知財化とともに、計5報以上の成果論文文化を目指す。

【年度進捗状況】

上腕部に装着可能なウェアラブル筋電バンドを開発した。既存筋電計との比較で、デジタル信号処理後の精度が70%以上であることを検証した。また、人体寸法・歩行・基礎体力データ（健康者10名）、VR システムを活用した空間行動データ（健康者80名）を収集し、データベースとして整備した。次年度は、これらのデータベースから、ウェアラブルセンサから高度な人間機能評価指標（筋負担、歩行特徴、転倒リスクなど）を推定するモデルを構築する計画である。これらと並行して、健康維持行動に関する心理行動特性の定量調査（800名）を実施し、分析した。次年度は、これらの分析結果に基づいて、簡単な質問から利用者の心理行動特性セグメントを特定する方法論（質問紙）を開発する計画である。また、介入技術については、蓄光ガラス障害物提示による転倒リスク低減効果を検証した。これらの成果として、ウェアラブル筋電スーツ技術の特許出願2件、論文・査読付き学会発表、3件。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】デジタルヒューマン、人間工学、ウェアラブルセンサ、材料科学

【研究題目】Cerebral tissue oximeter の性能と安全に関する国際標準化

【研究代表者】谷川 ゆかり（人間情報研究部門）

【研究担当者】谷川 ゆかり、川口 拓之、市川 祝善（人間情報研究部門）、
 江田 英雄（光産業創成大学院大学）
 （常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

近赤外光を利用して簡便に脳機能を計測可能な NIRS 装置の中でも、1照射・1受光を一つのプローブセットとして単数ないし複数のセットをヒト頭部に設置、麻酔や術中の酸素飽和度の時系列変化をモニタリングする Cerebral tissue oximeter は2016年10月末に米国より NP 提案された。この際に米国が提案した装置の性能検査法、データ解析法は日本や EU の方式と異なる上、それらの製品には非常に不都合かつ装置性能の担保には不十分という規格であった。そこで、日本の国内対応 PT 活動および国際会議への参加や、同様に不利益が懸念される EU 各国のエキスパートと連携を図り、この規格作成に関与し、日本の優位性の確保を目指す。また同時に NIRS 装置開発ならびに製品化における日本の優位性を確保するため、装置較正用ファントムや装置のデータフォーマットの国際標準化の可能性についても調査検討を行う。

平成29年度は、Cerebral tissue oximeter 装置の国際標準化において、米国提案の試験規格に対し、日本製品にとって妥当と思われる国際規格提案を行うため、日本提案のファントムを用いた性能試験方法を規格に盛り込むべく、国際対応 PT を中心に関連規格の調査および米国・欧州などのエキスパートらと Web や国際会議で討議を行い、Annex の一つとして盛り込まれることになった。また、NIRS 装置較正用ファントムの国際標準化について、米国・欧州等各国エキスパートも交えた検討を行った。さらに、NIRS 装置の医療応用におけるデータフォーマットの標準化についても調査を行い、国際標準化の可能性について検討を行い、3年以内の NP 提案を目指し、各種調査の元、原案作成へと進めていくことになった。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】NIRS 装置、バリデーション、医療データフォーマット、ファントム

【研究題目】運動による遺伝病情報制御の解明と応用—仮想現実とロボティクスの融合による高度高齢化社会支援の社会実装

【研究代表者】持丸 正明（人間情報研究部門）

【研究担当者】持丸 正明、村井 昭彦、金子 秀和、

肥後 範行（以上、人間情報研究部門）、
吉田 英一、鮎澤 光（以上、知能システム研究部門）、
太田 聡史、横田 秀夫、野田 茂穂、
Oleg Gusev（以上、理化学研究所）
（常勤職員6名、他4名）

【研究内容】

【目標】

高度高齢社会に向けて、薬剤によって健康を維持するのではなく身体活動によって健康を維持するためのロボット介入技術を開発するとともに、その介入によって身体側に生じるリモデリングを遺伝子発現レベルで解明することを目標とする。

【研究計画】

チャレンジ研究の先導研究として、VR 介入技術の要素技術調査と試験実装を行うとともに、げっ歯類を対象として持続的な運動形成とそれに伴う筋内部のリモデリングによる遺伝子発現状態変化を行い、研究の実現可能性を確認する。また、研究内容全般について、より精査を加え、平成29年度7月頃までに独創性と実現可能性を兼ね備えた研究計画として完成させる。

【年度進捗状況】

平成29年度では、げっ歯類（ラット）を対象として持続的な運動形成を起こさせるためのトレーニング（毎日15分1-2週間訓練）を行った。トレーニングしたラットとしなかったラット双方から試料を取得し、CAGE法で分析した結果、脳神経系（大脳皮質）に変化（遺伝子発現）が生じていることを示唆するデータが得られた。また、これらのげっ歯類の運動負荷をヒトに翻訳するため、げっ歯類とヒトの筋骨格系モデルを開発し、さらに、両者の形態学的対応に基づいてげっ歯類筋骨格系モデルをヒト筋骨格系モデルに変形する方法論を開発した。これらと並行して、VR システムで運動介入をするためのシステムについて調査、検討を行った。これらの研究進捗の確認や研究計画の精査を行うため、月1回程度の定期全体ミーティングを実施した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 デジタルヒューマン、ロボット工学、ニューロリハビリテーション、遺伝子工学

【研究題目】 瞬きによる意思伝達装置「ブリンクコミュニケーション」の実用化検討

【研究代表者】 長谷川 良平（人間情報研究部門）

【研究担当者】 長谷川 良平、稗田 一郎、中村 美子
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究の目的は、まばたきによる意思伝達装置「ブリンクコミュニケーション」を開発することである。本装置は、実用に向けた開発を行っている脳波による意思伝達装置「ニューロコミュニケーション®」（「関連した知的財

産」参照）のコア技術を用いているが、取得する信号の性質と想定ユーザーに関してニューロコミュニケーターとは異なっている。具体的に、まばたきと関連した眼電位は脳波（事象関連電位）の数重倍のピーク値を持つためにS/N比も良く、かつ前額部と耳たぶに装着した一対の電極で簡便に計測が可能である。ただし、本技術を使うためには、メッセージメニュー画面の変化に対して、タイミングよくまばたきが可能かどうかを検証する必要がある。そこで、本年度はブリンクコミュニケーターの試作開発を行うとともに、試作機を用いて健常者対象の予備的実証実験を行った。

1. 試作開発・・・前額部と耳たぶに装着した電極によって測定されるまばたき関連電位からユーザーの脳内の気持ちを解読し、その結果をCG/ロボットアバター（スイッチサイエンス社製 Rapiro の改造品や近藤科学製 KHR-3HV）に表出させるシステムを開発した。
2. 実証実験・・・計12名の成人健常者に対し実証実験を実施した。まばたきで反応する場合、脳波の実験と同じ絵カードのフラッシュ速度の設定（8 Hz）では速すぎる可能性があるため、半分の速さ（4 Hz）でのフラッシュ速度での解読実験も行い、両条件で解読結果を比較した。その結果、4 Hz のみならず8 Hz でも1ブロック（1～2秒）で95%以上の解読精度に達することが明らかとなった。この値は、ニューロコミュニケーターを用いて5ブロック（5秒間）で脳波解読を行ったときと同じレベルであった。

これらの成果については国内研究会等で報告した（稗田ほか、SATテクノロジー・ショーケース2018）。また、一般公開や視察見学など多数のイベントにも出展し、好評を博した。今後、最適なフラッシュ条件や解読アルゴリズムの改良などを行うことによって、実用的な福祉機器候補として想定ユーザーを対象とした実証実験を予定している。また、健常者にとっても便利な汎用ハンズフリーインターフェースとしての実用化を促進したいと考えている。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 意思伝達、実証実験、眼電位、福祉機器

【研究題目】 身体運動特徴評価結果のフィードバック効果に関する評価研究

【研究代表者】 小林 吉之（人間情報研究部門）

【研究担当者】 小林 吉之（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

本研究では、加速度センサから評価した歩き方や走り方の特徴（個人差）をユーザにフィードバックすることの効果を検証することを目的とする。健康増進を目的として、加速度センサから得られた信号から個々人の歩き方や走り方の特徴を推定する技術は既に人間情報研究部門で開発している（身体運動特徴評価技術）。しかし、その特徴をフィードバックした際に、歩き方や走り方が変

容するかについては科学的に検証していない。そこで本研究では、人間情報研究部門で開発した歩行特徴評価装置で出力される歩行年齢を用いて、歩行特徴のフィードバックと簡単な介入を行う前後で歩行年齢を比較することとした。

被験者は若年健常者10名であった。加速度センサを伸縮性のあるベルトで腰部に装着し、実験者の合図で10 m程度の直線歩行を行った。計測は計2回行い、1回目と2回目の間に歩行年齢のフィードバックと簡単な介入（30秒程度の体操）を行った。

1回目と2回目の歩行年齢を比較した結果、統計学的な有意差は認められなかったが（ $p=0.33$ ）、10名中6名が2回目は1回目よりも若々しい歩き方となることが確認された。本研究は簡易的な評価しか実施していないが、今後より詳細な分析を行い、より効果的な身体運動特徴評価結果のフィードバック方法を開発していく。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 フィードバック、歩行年齢、歩行特徴、動作評価技術

【研究 題目】 日常生活歩行速度によるフレイルティ測定方法と関連機器に関する国際標準化

【研究代表者】 小林 吉之（人間情報研究部門）

【研究担当者】 小林 吉之、持丸 正明
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内容】

「フレイル」とは、ヒトが高齢になることで筋力や精神面が衰える状態をさす。

「Frailty 測定方法と関連機器」とは、フレイルティの測定を、日常生活での歩行速度変化などで測るという新技術と測定アプリのことである。測定技術、測定器の精度、ビッグデータの収集・解析のための測定値とそのデータフォーマット等の標準化が開発対象となる。

測定端末の機能や精度、計測結果のデータ等の標準化がなされれば、厚労省が進めているデータヘルス計画等での日々の生活活動を蓄積したライフログの活用から、国の健保や民間の生命保険等への活用の突破口になる標準開発である。

現在、フレイルを含むヒトの身体能力の評価方法についてはほとんど標準化が行われていない。そのため各社ばらばらの基準で人の身体能力を評価しており、その信頼性に懸念が示されている。またフレイルは、従来病院などの施設で計測された歩行速度で評価されてきた。しかしこのような状況での歩行速度では、対象者の意思などが影響するため、個々人の歩行能力を正しく反映していない可能性が指摘されている。そこで近年、日常生活での歩行速度を計測することで、より精度高く個々人の歩行能力を評価する手法が提案されつつある。

このような状況下で日本が主導となり新たな国際標準を作れば、短期的な国内企業の国際競争力増加だけで

なく、計測されたデータを用いた業界の中長期的な成長戦略を立てることができると考えられる。

上記のような流れの中で、2017年初春に日本規格協会及び業界団体より、日常生活歩行速度によるフレイルティ測定方法と関連機器に関する国際標準化に向けての相談があった。産総研の役割としては、①人の計測に関する国際標準に長く携わった経験に基づく、国際標準化に必要なデータの計測・整備、②それらによる円滑な標準化事業の支援、及び③企業が持つ短期的な視野だけでない、業界としての中長期的な成長戦略の検討と舵取り、の3点が求められている。

今回検討する国際標準は、日常生活歩行速度から個々人のフレイルを評価するものであるが、そのためには最低限、①日常生活歩行速度によるフレイルの評価手法、及び②日常生活歩行速度測定機器の精度検証プロトコル、という2つの国際標準を立てる必要がある。また、その先にはフレイル以外の指標を評価するための、より包括的な国際標準の提案に発展できることが期待される。

産総研からの支援を受けた本研究では、当該規格案について国内外の専門家らと議論を進めたほか、ISO が開催した新規国際標準作成のための研修（2017年11月シンガポール）を受講し、より質の高いWD案を作成するための活動を行った。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 国際標準、ISO/TC 159/SC 3、日常生活歩行速度、フレイルティ

【研究 題目】 量子技術と機械学習の融合による革新的計算基盤の創成

【研究代表者】 兼村 厚範（人間情報研究部門）

【研究担当者】 兼村 厚範、林 浩平、永田 賢二、瀬々 潤（以上、人工知能研究センター）、福原 武、中村 一平、大塚 朋廣、中島 峻、米田 淳、武田 健太（以上、理化学研究所）（常勤職員4名、他6名）

【研究 内容】

ムーアの法則が破綻し、ノイマン型コンピュータが発展の限界を迎えつつあるとの現状認識・予測のもと、2050年に向け、温暖化、エネルギー問題などの将来の社会問題を解決するために必要な、大規模情報処理に適用できる情報処理スキーム・技術を、量子技術と機械学習の融合により開発することを目指している。

ここ5年間の機械学習の発展の理由は、次の2点に集約される。1) 情報通信技術の発達により、大規模データが集積され、効率的な計算が可能になったこと、そして、2) 深層学習という、複雑なモデルを高精度に推定するアルゴリズムが生まれたことである。本研究が目指すものはこれになぞらえて理解することができる。すなわち、1) 機械学習技術により発展させる量子コンピューティングにより、物理世界を写しとった計算世界の構築を高

速化する。2) NP 困難性で阻まれてきた機械学習アルゴリズム設計の壁を、量子コンピューティングにより取り払い、高度なアルゴリズムが現実的な時間で実行できるようにする。これらの実現により、革新的計算基盤が創成される。この計算基盤で、現実世界では困難なシミュレーション・予測を多数行い、それにより科学・工学を進展させることで、様々な社会的課題の解決が可能となると期待している。

2017年度は、主に量子技術の深化に機械学習を用いることを想定し、量子状態制御の最適化や各スピン揺らぎの状態推定に取り組んだ。今後は、各研究課題の推進、長期的視野で取り組むためのチームビルディング、長期研究計画の策定などに取り組む予定である。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】量子技術、機械学習、人工知能、シミュレーション

【研究 題 目】嚥下活動計測用センサシートの計測性能向上方法の検討

【研究代表者】遠藤 博史（人間情報研究部門）

【研究担当者】遠藤 博史、井野 秀一、近井 学
（以上、人間情報研究部門）、
大森 信行（長野県工業技術総合センター）（常勤職員3名、他1名）

【研究 内 容】

食べやすい食品の開発のためには、食品の物性値評価や食べやすさの主観評価だけでなく、生体信号に基づく評価指標の開発が必要である。食べやすさの中でも嚥下の評価は高齢者の誤嚥防止の観点からも非常に重要である。嚥下活動評価のために、嚥下関連筋の筋電図を用いる方法があるが、データのばらつきが大きいことが評価のための課題となっている。本研究では、データのばらつきがヒトの嚥下そのものによるものか、計測法や解析法によって生じるものかを検討することを目的とした。

検査試料として水の嚥下を繰り返し行い、筋電図を計測した。嚥下関連筋の筋活動強度は四肢の筋群の筋活動と比較して非常に小さいため、通常の筋電図検査で用いられている閾値に基づいて筋活動の開始時刻と終了時刻を求める方法では、S/N 比の低下が開始、終了時刻の推定に大きく影響を与えていることが分かった。また、より小型の電極を用いて電極位置のレイアウトについて検討を行ったところ、電極をより良いパターンに配置することでS/N 比や筋電図の波形形状が改善される可能性が示唆された。

本研究により、計測法や解析法を工夫することでデータのばらつきを小さくすることができる可能性が示唆された。一方で、ヒトの嚥下動作そのものにもばらつきがあり、評価時の嚥下ではこのばらつきを小さくすることも重要であることが分かった。今後は、嚥下動作に由来するばらつき要因の検討も進めることで、筋電図を用い

た嚥下活動評価の精度向上を行っていく予定である。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】嚥下機能評価、筋電図、食品開発、高齢者

【研究 題 目】デジタルヒューマン技術

【研究代表者】宮田 なつき（人間情報研究部門）

【研究担当者】宮田 なつき、多田 充徳（以上、人間情報研究部門）、
堀 剛（長野県工業技術総合センター）、
平田 一郎（兵庫県立工業技術センター）、
佐藤 博紀（山梨県産業技術センター）、
小松 剛（静岡県工業技術研究所）
（常勤職員2名、他4名）

【研究 内 容】

本研究では、デジタルヒューマン技術の活用による製品設計支援技術の移転を目的とし、地域産業活性化事業の枠組みの中でご滞在頂いた、長野県工業技術総合センター、兵庫県立工業技術センター、山梨県産業技術センター、静岡県工業技術研究所とそれぞれ共同で推進した。

長野県工業技術総合センターとは、デジタルハンドモデルを活用した口腔ケア用品のグリップ部形状の評価手法を検討した。口腔ケアのプロセスによって把握姿勢が異なることから、想定される複数の把握姿勢を計測してデジタルハンドモデルにより再現し、グラスブクオリティで評価を行った。

兵庫県立工業技術センターとは、工具のグリップ部などの形状設計を想定し、個別被験者の手のモデルおよび握り姿勢を簡易に取得し再現するシステムを、計測センサとして LeapMotion を用いて構築した。

山梨県産業技術センターでは、同県固有の文化資産（伝統的な柄の画像や文化財の三次元形状）をデザインに活用できるようライブラリ化してきた。このうち三次元スキャンした形状を同県で盛んな宝飾産業に活用するには、見る者に与える印象を保持したまま縮小するデフォルメ技術が必要となる。本取り組みでは、人がモデルのどの部分から印象をうけているかを明らかにするため、いくつかの文化財を3Dプリンタで実体化し視線解析装置により注視点を計測するとともに、プロのモデラによるデフォルメ結果の考察を行った。

静岡県工業技術研究所とは、冷凍された大型魚類をバンドソーで加工する際に多発する怪我を防ぐための防護手袋開発のため、手のどの部分がけがをしやすいかをシミュレーションにより推定した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】デジタルヒューマン、シミュレーション技術、把握解析

【研究 題 目】次世代ヒューマノイドロボット HRP-5の開発

〔研究代表者〕 河井 良浩（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 河井 良浩、金広 文男、
Benallegue Mehdi、阪口 健、
森澤 光晴、金子 健二、神永 拓、
梶田 秀司、中岡 慎一郎、熊谷 伊織、
Cisneros Rafael、佐藤 雄隆、
片岡 裕雄、郷津 優介、吉田 英一、
吉安 祐介、
Kheddar Abderrahmane、
Escande Adrien、Audren Hervé、
植芝 俊夫（知能システム研究部門）、安
藤 慶昭、中坊 嘉宏（ロボットイノベ
ーション研究センター）、森 彰、
井上 純（情報技術研究部門）
（常勤職員18名、他6名）

〔研究内容〕

大型構造物組立現場や災害現場等の過酷環境における移動・作業から人間を解放するヒューマノイドを実現することを目的とした基盤技術を開発している。平成29年度の進捗は以下の通りである。

a) ハードウェアプラットフォームとして試作機 HRP-5P を用いた各種評価試験を行い、電源系、排熱、関節仕様設定に対する改修を行った。また転倒対応能力向上のための機液ハイブリッド関節及び力感受性の向上のための超冗長力センシングの原理検証装置開発を行った。b) 環境計測・認識技術として AI 技術（機械学習）を用いた物体検出アルゴリズムと新たに構築した画像 DB により、97%以上の高精度での作業対象物体検出、姿勢推定を実現した。また各視点における認識尤度を統計的に用いることで認識率を向上させることに成功した。c) 多点接触動作計画・制御技術として従来手法に対して10倍以上短い周期で接触状態に応じた動作変更が可能な多点接触動作生成アルゴリズム、50%のモデル化誤差がある場合においてもロバストに動作可能な制御アルゴリズムの開発を行った。d) 高信頼システム化技術としてソフトウェアの自動テストを行い、リグレッションを検出した場合に木差分計算または行ごとの文字列比較に基づいて自動的にパッチを生成する差分デバッグ技術を開発した。e) 統合実証として建設現場での応用を想定し、作業台上に平置きされた石膏ボード（約11 kg）の山に近づき、上に置かれた工具を発見、除去し、ボードを持ち上げ搬送して壁に立てかけ、工具を発見して掴み上げビス止めを実施する行動を実現した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 ヒューマノイド、人工知能、大型構造物組立

〔研究題目〕 畳み込みニューラルネットワークのシミュレーション

〔研究代表者〕 小林 匠（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 小林 匠（常勤職員1名）

〔研究内容〕

近年に見られる AI の隆盛は、深層学習による畳み込みニューラルネットワーク（ConvNet）の高い画像認識性能に起因していると言える。しかしながら、単純な畳み込みフィルタから構成される ConvNet の振る舞い自体に関しては、未解明の部分が多い。本研究では、従来の可視化や構成論的アプローチとは根本的に異なる現象論的アプローチによりフィルタの解析を試みる。深層学習により適切に最適化された様々な ConvNet の構成要素である畳み込みフィルタ群をある種の物理現象として捉え、現象論的に多数の最適化されたフィルタに共通する本質的なルールや法則を導き出す。膨大な数のパラメータから成る ConvNet は冗長な表現と容易に予想されるため、上記のフィルタに関する法則を ConvNet 構成時に事前に適用することで、そのような冗長性を排した効率的な表現が可能になると期待できる。つまり、本研究で得られる法則は、ConvNet の高い性能を維持しつつパラメータ数を大幅に削減するという実際的に有益な効果をもたらす。

本年度は、畳み込み層に見られる比較的小さなフィルタに関する解析を行った。また一方で、ConvNet の構成要素である活性化関数や学習データセットに関しても、ConvNet の効率化に資する研究を並行して行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 ニューラルネットワーク、深層学習、畳み込みフィルタ

〔研究題目〕 自動車運転パフォーマンス評価の標準パッケージ開発

〔研究代表者〕 北崎 智之（自動車ヒューマンファクター研究センター）

〔研究担当者〕 北崎 智之、赤松 幹之、岩木 直、
武田 裕司、小峰 秀彦、佐藤 稔久、
小高 泰、木村 元洋、吉江 路子、宇
津木 明男、高橋 昭彦、熊谷 徹、甲
斐田 幸佐、木村 健太（自動車ヒュー
マンファクター研究センター）、
申 ウソク、伊藤 敏雄、赤松 貴文（無
機機能材料研究部門）、梅村 浩之（バ
イオメディカル研究部門）、寺田 聡一
（工学計測標準研究部門）、
蔵田 武志、大隈 隆史（人間情報研究
部門）、大西 正輝（人工知能研究セン
ター）、松田 圭司（人間情報研究部門）、
橋本 尚久、宮腰 清一（ロボットイノ
ベーション研究センター）
（常勤職員25名）

〔研究内容〕

車載情報機器の HMI（Human Machine Interface）

の手段が多様化し、新規な車載情報機器 HMI の導入による安全性や快適性の向上が期待できる。しかし、新たな HMI に対して不適切な情報処理がなされると、ドライバーが運転以外へ過度に注意を配分する、ペダル操作が遅れる、緊張感が増大する等、却って運転を阻害することとなる。自動車技術における人間研究では、ドライバーの評価方法や評価環境間の結果の比較方法が確立されておらず、自動車メーカーやサプライヤーでは、車載情報機器の HMI がドライバーへ及ぼす影響の定量的評価方法の確立に対するニーズが非常に高い。また、車載情報機器に限らず、普及の促進が期待される運転支援システムや自動運転機能の導入においても、同様にドライバーへの影響を評価する方法の確立が産業界より期待されている。さらに、車対歩行者事故の増加、高齢者の車運転断念から代替交通への移行により、移動支援利用における汎用な評価手法の必要性が高まっている。

そこで、ドライバーが使いこなせる移動支援技術の開発に向けて、ドライバーの認知・行動・生理の評価方法、評価指標、評価デバイス、評価基準となるデータベース、さらに評価環境間のトレーサビリティ構築までを含めたパッケージを開発する。開発する評価パッケージは、移動におけるヒューマンパフォーマンスのベースラインデータとして活用でき、様々な企業の研究課題・ニーズに合わせた抜本的な実験効率化が期待できる。

2017年度は、以下を実施した。

- 平均年齢44.6歳（18～75歳）の一般ドライバー115名参加によるモーション付ドライビングシミュレータを用いた走行実験を実施した。手動運転時および自動走行乗車時における視認行動データ、脳活動データを収集し、ドライバーの運転における認知機能評価の基準となるデータベースとして整備した。
- ドライバー状態評価指標の新機軸を探索するため、粒界応答型半導体式センサ（VOC センサ）を車載可能に改良し、定置型ドライビングシミュレータのカーブ走行にて、一般ドライバー24名の呼気計測実験を行った。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 認知、行動、生理、歩行、自動車運転、呼気、モビリティロボット、評価方法、シミュレータ、トレーサビリティ

【研究 題 目】 安全情報のモデリング言語「SafeML」の標準化

【研究代表者】 ジェフ ビグス（ロボットイノベーション研究センター）

【研究担当者】 ジェフ ビグス、安藤 慶昭
（常勤職員2名）

【研究 内 容】

近年、様々な分野で複雑化するシステムの安全性確保が重要な課題となっている。本来重要であった鉄道や自動車などの従来分野だけでなく、ロボット技術が導入

されつつある新しい分野においても安全性確保が製品を市場に投入するため課題となっている。現在、安全性に関する情報の管理と利用は人海戦術で検討している。そのため、間違いや対策漏れが多く、安全認証を受けるまでに膨大な人手と時間がかかっており膨大な費用負担となっている。上述の問題を解決するために、我々は安全情報をコンピュータを利用した計算機処理することが可能となる安全情報のモデリング言語「SafeML」を開発した。本活動では、OMG（Object Management Group）において SafeML 技術をベースに安全情報のモデリング言語の標準化を行い、様々なツールベンダーが安全情報のモデリング言語をサポートできることを目指す。平成29年度に第一標準規格提案書（Initial Submission）を、JPL、Ford、CEA 等のような組織が含まれている国際的なチームと作成した。8月に OMG に提出し、9月にモデル言語の標準化を管理する ADTF（Analysis and Design Task Force）に発表した。平成30年に第二標準規格提案書の作成が主な仕事である。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 高信頼システム、モデルベース開発

【研究 題 目】 ガスバリアフィルム用ナノクレイ規格

【研究代表者】 蛭名 武雄（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】 蛭名 武雄、吉田 肇、新井 健太、鈴木 正哉、三好 陽子、犬飼 恵一
（常勤職員6名）

【研究 内 容】

粘土（ナノクレイ）には、ハイガスバリアフィルムの製造に用いることができる高品質な粘土と、用いることができない安価な粘土があり、それにより、大きな価格差がある。現状では、粘土製造メーカーによって、カタログの特性データの項目や取得方法が異なっているため、ユーザーはどのメーカーの粘土を購入すべきか、直ちに判断ができず、粘土を用いたハイガスバリアフィルムの開発や普及の妨げになっている。

本研究では、ハイガスバリアフィルムの製造に適した粘土の特性と、その測定方法を標準化することにより、ハイガスバリアフィルムの製造にとって、適した粘土と不適な粘土の差別化を図るとともに、ハイガスバリアフィルム製造に適した高品質な粘土が得られる技術基盤を作ることによって、粘土を用いたハイガスバリアフィルムの開発や普及を促進することを目的とする。業界関係者等とのヒアリング等を通して、測定データの項目や取得方法の検討を行い、その結果を反映させた規格案を作成した。本規格案（ISO/TC229/WG4/PG12；ガスバリア用ナノクレイ）については、2017年10月の ISO/TC229ソウル総会において、TC229議長、日本代表団団長、イラン代表団団長、WG4コンビーナ、PL、エキスパート等の間での調整を行った。その結果、NWIP 投票に進めることで合意した。2017年12月に本規格案の

NWIP 投票が行われ、2018年3月に賛成多数で採決された。規格作成期限は36か月である。

〔領 域 名〕材料・化学、計量標準総合センター、
地質調査総合センター

〔キーワード〕粘土、標準化、フィルム、ガスバリア性

〔研究 題目〕ポスト CNT 材料開発に向けた高機能二
次元材料の創出と応用研究開発

〔研究代表者〕佐々木 毅 (ナノ材料研究部門)

〔研究担当者〕佐々木 毅、井上 貴仁、清水 哲夫、
久保 利隆、古賀 健司、長谷川 雅考、
石原 正統、山田 貴壽、水谷 亘、
沖川 侑揮 (ナノ材料研究部門)、
安藤 淳 (ナノエレクトロニクス研究部
門)、三宅 晃司 (製造技術研究部門)
(常勤職員12名)

〔研究 内容〕

銅やニッケル基板上に、複合的に二次元層状物質を成膜し、電気伝導特性を確保しつつ、酸化防止効果、機械的強度、摩擦特性を評価し、電極として利用する諸特性を満たす試作品を製作し、実用化へ向けた応用展開を図ることを目指した。

電極上に二次元材料を直接成膜する気相成長 CVD 装置を開発し、グラフェンの直接成膜に適用した。更に、走査型プローブ顕微鏡を用いたナノスケール評価を進め、電気伝導の劣化機構を解明した。本研究テーマによる成果も活用しつつ、高品質グラフェンのプラズマ CVD 製造技術の知財を基にベンチャーを起業した。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕二次元層状物質、グラフェン、接点、電気伝導

〔研究 題目〕陶磁器製洋食器の食器洗浄に対する耐久
性試験法

〔研究代表者〕杉山 豊彦 (無機機能材料研究部門)

〔研究担当者〕杉山 豊彦、大橋 優喜、堀内 達郎、
楠本 慶二 (常勤職員4名)

〔研究 内容〕

国内では陶磁器製洋食器の食器洗浄に対する耐久性試験法に関する標準試験方法が無く、現在各社各機関が異なる評価試験を行っている。「食洗機可」の表示は現状では各自の責任と判断で表示されており、正当な基準はないため、流通業界では表示を行わない例も多い。一方、消費者側からの問合せは多く解決すべき課題となっており、標準化の要望が高い。標準化により陶磁器食器の売買において性能表示が可能となる。また、高品質の製品が正当に評価され、技術水準の向上も促進される。高耐久性製品開発の研究は複数の公的研究機関でも実施されているが、それらの研究開発においてもこれまで標準試験法が無く、研究上の困難が発生していた。

2015年10月から2017年3月までの標準化 FS において、日陶連 (日本陶磁器工業協同組合連合会)、日陶商連 (日本陶磁器卸商業協同組合連合会)、JAPPI (日本陶磁器産業振興協会)、各地の陶業地の組合関係者、大手洋食器メーカーなどと意見交換を行って、標準化に対する要望の強さ、標準化に関連する事情や要求を調査した。また、製造、流通業界への周知を図った結果として、反対意見を表明した陶磁器組合との意見交換や調整を行った。特に現時点で目標としている洋食器の試験法標準化について、大手洋食器メーカーの標準化に対する期待は高く、実験および標準化において多くの協力を得ながら、JIS 化を目指している。2017年度の標準基盤研究では、洋食器 (ボーンチャイナ) を主な対象とし、食洗機を使用した連続試験による継続的なデータ収集を行った。更に実験研究を中心に進め、促進試験法の条件設計と、その結果を用いた判定基準検討、促進試験後の表面劣化の評価法の検討を行った。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕陶磁器、洋食器、ボーンチャイナ、食器
洗浄乾燥機

〔研究 題目〕ゲル配列構造体の動的表面を用いた難付
着

〔研究代表者〕浦田 千尋 (構造材料研究部門)

〔研究担当者〕浦田 千尋 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

固体表面に付着した汚れ・液滴は被付着物の機能を大きく損なうことから、付着抑制効果に優れた薄膜は高い経済効果が期待できるほか、安心・安全な社会の実現に寄与する。従来、固体表面を清浄に維持するために、人力や機械等を用いて表面を清浄する“能動的方法”と、撥液・難付着性薄膜を用いる“受動的方法”が一般的に用いられており、これらは独立した手法として扱われてきた。本研究では、粘弾性および潤滑性に富むオルガノゲルを基本ユニットとし、異なるゲルユニットを相互に連結し、液体成分のゲル間移動を促すことで、革新的な難付着薄膜の創製を目指した。

まず、本研究では、潤滑液 (液体成分：シリコーンオイル) と樹脂骨格 (固体成分：架橋したポリジメチルシロキサン) の親和性を制御するパラメーターとし、(1) 潤滑液の粘度、および (2) 樹脂骨格の架橋密度に着目し、これらが与える離漿および難付着性への影響を調査した。PDMS 樹脂の膨潤度は、シリコーンオイルの粘度増加に伴い低下し、低粘度のシリコーンオイルほど、PDMS 骨格と高い親和性を示した。次に、これらのシリコーンオイルを用いて作製したオルガノゲルは、50 cSt 以上のシリコーンオイルを使用した場合に、表面に離漿層が形成し、離漿ゲルとなった。次に PDMS 骨格架橋密度が与える離漿への影響を調査した。例えば、粘度50 cSt のシリコーンオイルを使用した場合、架橋密度が小

さくなると離漿が抑制された。同様の傾向がその他のシリコンオイルでも観察された。

次に、架橋密度の異なる領域をオルガノゲル表面に付与することで、液体成分のゲル間移動性を調査した。低架橋密度ゲル表面に高架橋密度領域を形成すると、低架橋密度領域から高架橋密度領域へ油成分が移動し、離漿が促された。この高架橋密度領域表面の離漿層は、拭取り後も繰返し再生した。また、離漿した高架橋密度領域表面では離漿ゲルと同様の難付着性を示した。以上より、オルガノゲル表面の架橋密度を制御することで、局所的に離漿を制御できることが明らかとなった。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】オルガノゲル、ポリジメチルシロキサン、シリコンオイル、難付着性

【研究 題 目】セルロースナノファイバーのセラミックプロセスへの適用性の検証

【研究代表者】長岡 孝明（構造材料研究部門）

【研究担当者】長岡 孝明、堀田 幹則、近藤 直樹
（常勤職員3名）

【研究 内 容】

本研究はセルロースナノファイバー（CNF）が持つ高比表面積、高比強度等の特長をセラミックプロセスへ適用するものである。これまでに、アルミナセラミックスを対象に CNF 添加スラリーから焼結体作製までの各種基礎データを取得した。本年度は、反りや亀裂の無い成形体作製に不可欠なスラリーの分散安定性に及ぼす CNF 添加効果を、CNF のサイズと添加量の観点から検討した。その結果、分散安定性には CNF のサイズ、特に幅が大きく影響することが判明した。また、分散安定性の評価に由来から用いられる目視法ではその評価に時間を要し、さらにスラリー中の粒子挙動の評価が困難であったが、今回レーザー光による光多重散乱法を適用することで、短時間で分散安定性と粒子挙動の評価が可能になり、CNF 添加による分散安定性発現のメカニズムが、アルミナ粒子の沈降抑制であることが判明し同法の有効性を示した。さらに、分散安定性に優れた CNF 添加スラリーから作製した湿式成形体は、従来スラリーで作製した成形体よりも乾燥亀裂が抑制されることを示した。今後は、乾燥亀裂抑制効果の定量的評価とともに、分散安定性と成形体の高密度化を両立するスラリー作製の検討と成形体や焼結体の各種評価を行い、成形用助剤としての CNF の適用性を検証する。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】セルロースナノファイバー、湿式成形、アルミナ、スラリー、分散安定性

【研究 題 目】ゾルーゲル反応を利用した大面積ポリマーブラシ実用コーティング技術の開発

【研究代表者】佐藤 知哉（構造材料研究部門）

【研究担当者】佐藤 知哉、穂積 篤、浦田 千尋
（常勤職員3名）

【研究 内 容】

ポリマーブラシは、耐久性に優れ、親水性、防曇性、生体適合性、抗菌性などを示すため、機能性コーティングとしてのニーズがある。しかし、作製時には、基材への反応点の固定化（重合開始層の形成）が必要であり、多くの場合、特殊な合成装置や反応条件の制御が必要となる点が課題であった。

本研究では、基材表面に官能基を導入可能なゾルーゲル反応に着目し、1) ガラス、プラスチック、金属等、各種基板上への重合開始層の形成、2) グループ独自のポリマーブラシ形成技術である「Paint-on 法」（はけ塗り式の作製法）と組み合わせ、親水性ポリマーブラシの大面積（50 cm×50 cm）処理を実施した。また、roll-to-roll 法を用いることにより、大型の PET ロールフィルム（40 cm×100 m×125 μm）上に重合開始層を高速かつ連続で形成することに成功した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】表面処理、コーティング、高分子、ポリマーブラシ、大面積、親水性、ゾルーゲル反応

【研究 題 目】ベンチャー創出促進事業

【研究代表者】宮島 達也（構造材料研究部門）

【研究担当者】宮島 達也（構造材料研究部門）、
名倉 義幸（イノベーション推進本部）
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

本事業は、ベンチャー開発・技術移転センターが運営する「スタートアップ開発戦略タスクフォース」を通じて、材料の各種力学物性を極めて迅速に評価できる「顕微インデンテーション技術」の実用化を目標としている。顕微インデンテーション（装置名：顕微インデント）は、ダイヤモンドなどの微小で透明な圧子を試料の表面に圧入し、その際に生じる接触面積や表面変形を光学顕微鏡でその場観察する新しい技術である。この計測原理により、従来の圧子圧入深さ計測方式では接触面積等を直接計測できないという課題を克服できた。一方、ビッグデータや人工知能を活用したマテリアルズ・インフォマティクス（MI）は新材料の開発時間とコストの大幅な削減が期待できるが、実現には材料の各種力学物性を迅速にデータ化する計測技術が重要になる。当該スタートアップ開発戦略タスクフォースでは、顕微インデンテーション技術が MI 実現を支える基盤技術であることに着目し、知的財産権の取得・強化を行うと共に、製品プロトタイプ（試作装置）の開発研究を実施した。その結果、ベンチャー企業（インデント・プローブ・テクノロジー）の創業に成功した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】スタートアップ、ベンチャー、力学物性、機械的特性評価、顕微インデント

【研究題目】革新的成形・焼結技術の開発

【研究代表者】日向 秀樹（構造材料研究部門）

【研究担当者】日向 秀樹、近藤 直樹、福島 学、古嶋 亮一（常勤職員4名）

【研究内容】

次世代の精密製造可能な陶磁器を作製するための要素技術開発を行った。具体的には原料としては市販の磁器土を用いて焼成時変形を抑制するためのアクティブインダグの活用、焼成時の体積変化と相変化を活用して収縮前の充填密度を高める、軽量で変形の少ない配合組成の研究を行った。アクティブインダグを粘土に練り込んだ場合、焼成後の収縮率が50%低減できた。また、体積変化を活用した場合は焼成前の陶磁器の密度が約10%増加し、最終的な収縮を約10%低減可能であることが確認された。軽量化では、磁器土に造孔剤を加えて内部に閉気孔を形成させることで軽量化し、自重による焼成変形を抑制できる配合の方向性を見出した。

【領域名】材料・化学

【キーワード】陶磁器、変形抑制、粘度

【研究題目】技術シーズの見える化支援事業

【研究代表者】穂積 篤（構造材料研究部門）

【研究担当者】穂積 篤、浦田 千尋、佐藤 知哉（常勤職員3名）

【研究内容】

我々が最近開発した各種防曇皮膜の大面积化技術に取り組んだ。各種基材へのコーティングにはスプレー法とroll-to-roll法を用いた。特にroll-to-roll法では、50 cm×100 m×125 μmのPETフィルムロール上にプライマー（反応開始）層を均一に塗布できることが明らかとなった。このプライマー層は基材との密着性にも優れ、各種有機溶剤に対しても安定であることがわかった。さらに、この基材を用いて、親水性ポリマーブラシを形成したところ、優れた防曇性を示すことが明らかとなった。本手法の開発により、各種防曇皮膜の大面积化に一定の道筋をつけることができた。

【領域名】材料・化学

【キーワード】大面积、防曇性、親水性

【研究題目】軽量で高強度なセラミックス

【研究代表者】嶋村 彰紘（構造材料研究部門）

【研究担当者】嶋村 彰紘（常勤職員1名）

【研究内容】

当研究グループが開発したシーズ技術として、多孔体の内部を高気孔率に、表面のみを比較的低気孔率にすることで軽量かつ高強度な複層セラミックス多孔体の簡便な製造プロセスを開発し、小型サンプルの作製を行って

きた。

平成29年度は、大型セッターの製造に関してノウハウのある企業と連携して、実用化に近い耐火物原料を用いて中型サイズ（Φ90、厚さ5 mm）の複層セラミックス多孔体を作製に成功した。作製した多孔体は、内部に気孔率が約65%の高気孔率な多孔質構造が形成、一方で、表面には気孔率が30%の比較的低気孔率な表面層（数百μm）を形成した複層構造を有している。このような複層構造を持つことで、低気孔率な表面層を備えないものに比べて、同様の気孔率を持ちつつ曲げ強度を約30%向上することができた。

上記で開発した技術をより実用化に向けて発展させるため、本年度は研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）機能検証フェーズへの応募を行った。

【領域名】材料・化学

【キーワード】耐火物、セラミック、多孔体、セッター、焼成用治具

【研究題目】高特性ユビキタス硬質材料の開発

【研究代表者】古嶋 亮一（構造材料研究部門）

【研究担当者】古嶋 亮一、日向 秀樹（常勤職員2名）

【研究内容】

精密加工分野における工具・金型材料として超硬合金（WC-Co）が広く用いられている。本材料は、硬度と靱性を高レベルで両立した材料であるが、原料であるタングステン（W）やコバルト（Co）は日本で産出されることのないレアメタルである。本研究ではWC-Co代替のレアメタルフリー硬質材料として、WCをAl₂O₃に、CoをFeAlに置き換えたAl₂O₃-FeAlに着目した。ただし、本材料はAl₂O₃とFeAlの濡れ性が悪く、WC-Coのような液相焼結を用いた緻密化が困難な材料であるため、作製プロセスの改良とAl₂O₃以外のセラミック粒子の添加により緻密なAl₂O₃-FeAl硬質材料の作製を目指すとともに、その機械的特性について評価した。

作製プロセスにおいては、原料であるAl₂O₃とFeとFeAl₂の粒度を調製し、通電加圧焼結装置を用い固相焼結を実現することで、Al₂O₃とFeAlが均一に分散した相対密度96%以上のAl₂O₃-FeAlを作製するのに成功した。本硬質材料の緻密化にはAl₂O₃の粒径とFeAlの組成が重要な因子であり、これらの因子を制御することにより、硬さ1.2 GPaで破壊靱性7 MPam^{0.5}以上の特性を有するAl₂O₃-FeAlを作製することに成功した。

また、WCやTiCなどの炭化物セラミック粒子を添加することで機械的特性がさらに向上することがわかった。この要因はこれらの炭化物がAl₂O₃よりもFeAlとの濡れ性に優れるためであると考えられる。

以上得られた成果は、特許出願を行った（特願2018-043096）。今後実用化を目指し、特性改善に関する研究を行っていく予定である。

【領域名】材料・化学

〔キーワード〕 超硬合金、工具材料、ユビキタス元素、 Al_2O_3 、FeAl

〔研究題目〕 産総研一名工大の包括連携協定によるFS 調査共同研究

〔研究代表者〕 日向 秀樹（構造材料研究部門）

〔研究担当者〕 日向 秀樹、周 游、平尾 喜代司（常勤職員3名）

〔研究内容〕

次世代耐火物コーティング材の材質として有望な Al_4SiC_4 を省エネルギーかつ短時間で合成するため、燃焼合成法を活用し合成を試みた。熱力学による検討の結果、Al と Si と C の反応で Al_4SiC_4 の合成が可能であることが確認された。一方で、実際に燃焼合成を行ったところ、燃焼反応が持続せず、生成物には多くの未反応物質が残存していた。雰囲気の影響についても調査した結果、真空、窒素、Ar 中での燃焼合成では、いずれの場合も燃焼が持続しなかった。さらに窒素雰囲気下での燃焼成では AlN の生成が支配的であったため、真空及びAr 加圧下での燃焼合成を試みたが、いずれの場合も燃焼を持続させることができなかった。

そこでAl、Si、Cに加えて燃焼活性化剤の添加を検討し、熱の伝播を考慮した着火方法かつAr 雰囲気下で加圧し、燃焼活性化剤の添加量を～30%までの範囲で調整した原料粉末を同様に燃焼合成した結果、 Al_4SiC_4 の燃焼合成法による合成に成功した。そのときの最適活性化剤の添加量は15 wt%でArの加圧は3 MPaであった。今後スケールアップと燃焼合成時の雰囲気圧力の低減、活性化剤量の低減、収率の向上を目指した取り組みを実施していく。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 耐熱材料、耐火物

〔研究題目〕 自己修復性を有するマグネシウム合金用

〔研究代表者〕 中津川 勲（構造材料研究部門）

〔研究担当者〕 中津川 勲（常勤職員1名）

〔研究内容〕

軽量構造材料であるマグネシウム合金材料は腐食を被りやすく、実環境に暴露される場合には表面処理が必須である。現在主流の非クロメート型化成処理は塗装下地処理として用いられ、耐食性は限定的である。提案研究では耐食性に優れ、万一表面に欠損を生じても自己修復機能により腐食の拡大を遅延する、マグネシウム水素化物(MgH_2)層の形成に基づく新しい非クロメート型表面処理の開発を目的とした。

純マグネシウムを用い、pH6-13の溶液中の自然電位±500 mVの領域中で MgH_2 の生成挙動を調査した。その結果、安定領域が従来報告とは大きく異なること、特定の条件下に保持することで MgH_2 層が自律的に形成されることを吸蔵水素量の測定および表面分析により見出し

た。 MgH_2 層は優れた耐食性を有するとともに、有害成分を全く含まないことから、生体材料マグネシウム用表面処理としても期待できる。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 マグネシウム、表面処理、 MgH_2

〔研究題目〕 超薄板脆性材料の引張強度の測定法の開発

〔研究代表者〕 宮崎 広行（構造材料研究部門）

〔研究担当者〕 宮崎 広行（常勤職員1名）

〔研究内容〕

薄いシート状のセラミック基板やガラス薄板などは多くの工業製品に用いられており、製品の信頼性を保証するために、機械的強度を正しく評価する必要がある。しかしながら、これらの製品の厚みが薄いために、JIS やISO規格で定めるセラミックスやガラスの曲げによる強度試験法の測定対象外となっている。特に厚みが200 μm 以下の場合、たわみが大きすぎて曲げ試験自体が困難となる。当研究グループではこの問題を解決すべく、薄板試験片の引張試験法を開発してきた。この新試験法は従来の曲げ試験に替わる方法として、いずれ重要度を増していくものと予想されるが、現時点では標準化のニーズがどれだけあるかが掴みきれていない。そこでセラミックス薄板製品と薄板/超薄板ガラス製品の計10製品に着目し、その市場規模や将来展望を明らかにした。また、その製品の代表的な企業に、現状の試験方法と新規引張試験法に対するニーズをヒアリング調査した。その結果、市場規模は製品により異なるが、大きいもので数100億円～1兆円であることが分かった。また、多くのメーカーにおいて、現状の曲げ試験法による測定の正当性に疑念を抱きつつも、やむなく曲げ試験により製品の強度評価を行っており、適切な試験法に対するニーズは確実にあることが分かった。そして、市場規模の大きな製品に対しては、標準化のニーズがあるものと推察された。今後、新規試験法の学会等での報告により業界での認知度を上げ、将来的に新規試験法の国際標準化を進めていく。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 セラミックス、シート、機械特性、規格

〔研究題目〕 光吸収測定によるカーボンナノ材料の細胞内の取り込み量測定方法の国際規格化

〔研究代表者〕 張 民芳、岡崎 俊也

（ナノチューブ実用化研究センター）

〔研究担当者〕 張 民芳、岡崎 俊也、楊 梅

（ナノチューブ実用化研究センター）

（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

カーボンナノ材料(CNM)の安全性評価やバイオ分野への応用開発にとって、細胞試験による毒性評価は不可欠である。その際、細胞内に取り込まれたCNMの量を

測定することが必要となるが、その手法が確立されていない。本研究では、CNMであるカーボンナノチューブ、ナノホーン、グラフェンに共通している近赤外光吸収特性を利用して、細胞に取り込まれたCNMの測定方法を開発し、国際標準規格として提案する。

平成29年度は、提案した本技術の測定手順・条件を最適化し、測定結果の再現性を確認した。そして、国際規格の草案を作成し、ISO/TC229国内環境安全分科会(WG3)に提案&審議を行い、ISO/TC229 WG3のシンガポール総会で、ポテンシャル新作業項目(NWIP)として提案した。ISO/TC229に本測定方法をNWIP(新業務項目提案)として提案した。2017年10月末に各国投票の結果により、NWIPとして登録された。

【領域名】材料・化学

【キーワード】カーボンナノ材料、安全性評価、細胞内取り込み量、測定技術

【研究題目】超情報接続フォトニクス

【研究代表者】並木 周(電子光技術研究部門)

【研究担当者】河島 整、鯨塚 治彦、山田 浩治、池田 和浩、井上 崇
(常勤職員20名、他12名)

【研究内容】

IoT・ビッグデータを人工知能で解析する技術の先にあるのは、地球上のあらゆる情報・知識が融合しこれを万人が瞬時に享受する「超スマート社会」である。これを形成するために、「超情報接続フォトニクス」の創出が急がれる。これは、単芯シングルモードファイバ出力型マルチテラビット級低電力光トランシーバと、10万ポート以上拡張可能な光スイッチシステムである。この実現に向け、産総研が保有するシリコン製造設備などを活用して、シリコンフォトニクス技術および持続発展可能なエコシステム創出を目指す。主な活動内容は、①光デバイス企業11社が参加する産総研コンソーシアム「PHOENICS」の運営を完結させ、②産総研CMOSプロセスラインをシリコンフォトニクスのR&Dファブに促進する「シリコンフォトニクスコンソーシアム」設立準備を行う。③文科省プロジェクト「光ネットワーク超低エネルギーネットワーク技術拠点」で培った大規模シリコンフォトニクス光スイッチ技術をポストムーアコンピューティング用に展開する。④VICTORIES拠点終了後の新しい体制として「サイバーフォトニックプラットフォームコンソーシアム」を新設する準備を行う。

具体的な成果としては、まず、シリコンフォトニクスR&Dファブ運営のために必要な基本プロセスデザインキットの整備を行った。PHOENICSに参加する光デバイス企業と議論を行い、ハイブリッド実装の技術開発課題を整理した。世界最小の32x32光スイッチの損失や帯域などを大幅に改善し完全動作を世界で初めて実証した。サイバーフォトニックプラットフォームコンソーシアム

設立準備委員会を構成しその設立準備を行った。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】シリコンフォトニクス、光集積回路、光トランシーバ、光スイッチ、ポストムーアコンピューティング

【研究題目】液中粒子濃度計測に係わる一般的ガイドライン開発

【研究代表者】平澤 誠一(製造技術研究部門)

【研究担当者】平澤 誠一、綾 信博(イノベーション推進本部)、桜井 博(計測標準研究部門)、兼松 渉、辻内 亨(構造材料研究部門)、
(常勤職員5名)

【研究内容】

粒子計測のニーズの高まりに対応して、多くの手法が開発・実用化され、国際標準化が進められている中で、液中分散粒子の粒子径あるいはその分布計測についての規格に比して、濃度計測については、開発が殆どなされてきていない。パーティクルカウンタ法以外の測定装置の表示値は、実は、粒子径(分布)のみが規格に基づくもので、濃度の値は、正しさが評価されない、参考値でしかないが、実際には装置の利用者は多くの場合、それが参考値であること、誤差要因としてどのようなものがあるかということを知らずに、プロセス管理、品質保証等に活用している。また、微細気泡や、ナノ物質の測定においても、濃度の計測値が、機器、プロセス、材料開発に使われつつある。粒子濃度計測に係わる一般的ガイドラインの開発を行うことで、市場の混乱を防ぎ、公正な商取引の実現に資することが、喫緊の課題である。

そこで本課題では、国内外の計測メーカー、専門家と連携しつつ、国際標準化のフレームワークを検討し、規格のベースとなる国際ラウンドロビン試験を実施した。ラウンドロビン試験は、同一ロットのポリスチレンラテックスと、同一装置で製造されたウルトラファインバブルを用いて、各所の測定値の比較を行い、試料調整上の課題等が明らかになった。標準化については、液体中分散粒子一般について、ISO/TC 24/SC 4(粒子特性評価)のWG7(動的散乱法)及び同WG5(電気的検知帯法)における議論を経て、ISO/TC 24/SC 4/WG 11(標準粒子)の中で、一般的ガイドラインをTRとして開発することとなり、草案作成の着手に至った。一方、ファインバブルに関しては、ISO/TC 281(ファインバブル技術)において、上記TC 24/SC 4の規格を引用し、ポリスチレンラテックス粒子を用いた検量線を用いて、濃度指数(Concentration index)を評価する方向で標準化する方向が定まった。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】粒子計測、液中分散粒子、コロイド、ファインバブル、ウルトラファインバブル

〔研究題目〕スマート製造ツールキットの開発
－ MZ Platform EX

〔研究代表者〕加納 誠介（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕加納 誠介、古川 慈之、近藤 伸亮、
高本 仁志、澤田 浩之、松本 光崇、
増井 慶次郎（製造技術研究部門）
（常勤職員7名）

〔研究内容〕

産総研が開発した中小企業向け IT 化支援ツール「MZ Platform」をベースに、中小企業が独自に各種製造機器と連携したスマート製造環境を構築できるツールキットを開発している。

製造業における生産形態は、社会からの要請に迅速に対応可能な「柔軟なものづくり」に移行すると考えられ、生産システムの数理モデルを核とした計測と予測および最適化計算で高生産性を実現する「スマート製造環境」の構築が急務である。このため、計測データを基にしたモデル化技術、ハードウェアおよびソフトウェアのシステム統合技術を開発し、実証していく必要がある。H29年度の研究開発では、MZ Platform をベースとした「スマート製造ツールキット」の要素技術として、①生産システム統合記述のためのモデル編集プログラム、②モデルに基づく実行機能を有するサーバ常駐プログラム、③ウェアラブル機器を用いた作業支援プログラム、および④生産ライン模擬検証用ロボット制御プログラムの開発を行い、スマート製造環境を実現するための基盤部分を構築した。特に重要な要素技術であるモデル化技術を行った。なお、このモデル化技術に関しては、資金提供型共同研究を1件実施しており、H30年度も継続している。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕MZ Platform、柔軟なものづくり、スマート製造環境、スマート製造ツールキット、モデル化技術

〔研究題目〕複合ナイトライド薄膜を核とした事業展開への知財アセットの強化

〔研究代表者〕秋山 守人（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕秋山 守人、田原 竜夫、山田 浩志、
上原 雅人、本村 大成、石田 秀一、
Sri Ayu Anggraini、市川 直樹（製造技術研究部門）、渡利 広司、
高井 一也、助川 友之、渡辺 一寿、
奥田 誠、神谷 雅己（イノベーション推進本部）、馬場 創（エレクトロニクス・製造領域研究戦略部）
（常勤職員15名）

〔研究内容〕

次世代スマートフォン用圧電材料となる、窒化スカンジウムアルミニウム（Sc-AlN）薄膜の研究を進め、本年

度は莫大なライセンス収入（特許名：圧電体薄膜、圧電体およびそれらの製造方法、ならびに当該圧電体薄膜を用いた圧電体共振子、アクチュエーター素子および物理センサ（特許第5190841号））を得た。しかし、スマートフォンの市場は世界規模であり、世界中の複数企業の参入によりライセンス収入の減額が心配される。また、AlN系薄膜は優れたセンサ感度や発電性能、耐熱性を持ち、従来の酸化物系圧電材料を適用できない車載用燃焼圧センサやスマートフォン用電源、マイクロフォンとしても期待されている。AlN 薄膜は半導体プロセスとの整合性も高く、量産性も高いことも期待されている。

このような背景から、これまで産総研で培ってきた複合ナイトライド薄膜作製技術に加え、計算科学（第一原理計算）的な見地での研究も取り入れることによって、複合ナイトライド薄膜の特性向上及び理論解析に関する研究を強力に推進する。

また、新しい複合ナイトライド圧電体薄膜を用いたセンサなどの電子デバイスの作製及び評価を行い、周辺知財の創出による知財アセットの強化を進め、企業連携を通じて事業化展開を図る。更に、薄膜センサと人工知能（AI）やモノのインターネット（IoT）を用いた、燃焼圧モニタリング技術や製造装置の生産性向上などへのアプリケーションの拡充を図り、複合ナイトライド薄膜技術の中核とした技術開発の拠点化を目指す。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造、

〔キーワード〕複合窒化物薄膜、圧電体、高周波フィルタ、センサ、スマートフォン

〔研究題目〕極限微細構造による未踏ハードウェア創出

〔研究代表者〕湯浅 新治（スピントロニクス研究センター）

〔研究担当者〕福島 章雄、薬師寺 啓、久保田 均、
野崎 隆行（常勤職員21名）

〔研究内容〕

本研究課題は、10 nm 加工プラットフォームを産総研に整備し、将来の社会ニーズに備える革新的デバイス実証を目指すものである。最先端の EB 描画装置を別予算で導入・立ち上げ・整備を行い、以下の項目について研究開発を行った。

- ・加速電圧130 kV で300 mm ウェーハ対応の EB 描画装置および付帯設備（自動レジスト塗布現像装置、自動リフトオフ装置）を TIA-NPF 内に設置し、立ち上げ時の条件出しとバグ取りを行い、稼働を開始した。
- ・次世代不揮発性メモリ MRAM の超省電力化を目指し、10 nm サイズの超微細 MTJ 素子を作製した。まだ歩留まりは低い直径10 nm の MTJ 素子作製に成功し、10 nm までスケラブルな読み出し特性を実現した。
- ・三次元集積に適した GeOI トランジスタについてサブ 10 nm 世代のチャンネル材料としての有効性を実証した。

GeOI トランジスタ等について、Ge 層の転写技術の高度化と10 nm 以下の膜厚精密制御技術により、電子移動度の向上という新しい物理現象を発見した。

- ・IoT 向けの高セキュリティ暗号源として、産総研オリジナルの物理乱数発生器「スピンドイス」に超常磁性体を導入した。直径25 nm の MTJ 素子を用いて、超常磁性を利用した超省電力の乱数生成に成功した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 超微細加工、EB 描画装置、不揮発性メモリ MRAM、GeOI トランジスタ

【研究 題 目】 スマートテキスタイル基盤技術の研究開発（北陸プロジェクト）

【研究代表者】 牛島 洋史（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】 牛島 洋史、吉田 学、野村 健一、金澤 周介、延島 大樹、山下 崇博、堀田 裕司、安積 欣志、堀井 美徳、尾上 美紀、藤田 真理子（常勤職員8名、他3名）

【研究 内 容】

北陸地域に集積する繊維企業は優れた独自技術を有するものの電子技術に関する知見に乏しいため、産総研が優位性を持つ印刷エレクトロニクスや微細加工技術、先端機能材料を、織布・編立・紡糸・縫製技術の強みを生かせる形の技術シーズに仕上げれば、生活者にIoTの恩恵を直接もたらすスマートテキスタイルが実現できるものと考え、ヒトの動きや心拍、呼吸、体温を測定することで、乳幼児や寝たきり患者などの体調変化を察知して警報を発する服や着用者の疲労度を検知しコンプレッション圧を制御するスポーツウェア、運転者の眠気を検知し警告と運転の制御を行うドライバーズシートなどのほか、荷重分布の時間変化を計測することで会議室やトイレ等の入退室を管理するマットなど、一億総活躍社会の構築に資する具体的・象徴的ターゲットを掲げ、洗濯耐性をもった伸縮性導電ペーストとその印刷技術やテキスタイル表面に導電性インクを印刷しても裏面に染みず表裏の電極を短絡させない技術などのほか、低温で IC と導電糸との電気的接合を行う技術やモーションアーティファクトの少ないテキスタイルセンサなど、各繊維企業の新事業への効果が目に見える基盤技術の開発と実証を行い、公設試を通じて橋渡しすることを想定し、公設試や地域企業と連携を図りながら、それらの企業が事業化可能な技術シーズを開発することを目指す。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 スマートテキスタイル、e-テキスタイル、ウェアラブルデバイス、フレキシブルエレクトロニクス、導電性テキスタイル、バイタルセンシング

【研究 題 目】 フレキシブルハイブリッドエレクトロニクス技術（センサタグ2.0）

【研究代表者】 廣島 洋（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】 廣島 洋、小林 健、尹 成圓、岡田 浩尚、山下 崇博、竹下 俊弘、牛島 洋史、吉田 学、野村 健一、延島 大樹、日下 靖之、金澤 周介（常勤職員12名）

【研究 内 容】

本研究は、曲げても壊れず、薄くて軽い高性能なセンサデバイスを作製するため、集積マイクロシステム研究センターの極薄シリコン技術とフレキシブルエレクトロニクス研究センターの非加熱実装技術を融合させフレキシブルハイブリッドエレクトロニクスの製造技術の確立を目的としている。

本年度は、センサ信号処理・通信用のシリコン回路チップの薄化技術およびゼロひずみ構造フィルム基板への搭載、アライメント精度±10 μm で温度100 °C以下での実装技術、PET フィルム基板上への極薄シリコン回路チップの実装試作を試みた。

厚さ30 μm に薄化したオペアンプをゼロひずみ構造フレキシブル回路基板にフェイスダウン実装し、テキスタイルに集積化した。この試作したストレッチャブルハイブリッドエレクトロニクスデバイスでは10 %の伸びひずみ、および45° のねじりに対してもオペアンプが正常に動作することが確認された。また、ゼロひずみ構造フレキシブル回路基板技術により形成した印刷銅配線を低温プラズマ焼結法で低抵抗化し、静電植毛による起毛電極を形成してコンプレッションウェアに実装して心電計測ウェアを試作した。この心電計測ウェアを着衣することで心電図が計測できることを実証した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 フレキシブルハイブリッドエレクトロニクス、ウェアラブル、MEMS、プリンテッドエレクトロニクス、極薄シリコン、非加熱実装、心電計測

【研究 題 目】 「上向流カラム通水試験」および「各種溶出特性試験」の標準化

【研究代表者】 保高 徹生（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】 保高 徹生（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、汚染土壌からの溶出挙動を正確に把握するための試験方法について、ISO/TC190において既に国際規格がある「上向流カラム通水試験」に関して、国際標準化を進めるための研究を推進する。本試験は、TC190 Soil quality（地盤環境）下の SC7 Soil and site assessment（土とサイト評価）において、ISO/TS 21268-3（技術仕様）として標準化されている。しかし、

この標準は技術仕様にとどまっていることから、正式な ISO 化に向けたアップグレードを主導するリーダーとして取り組みを実施した。具体的には、過年度に実施した国内17機関が参加したリングテストの取りまとめ、規格改定に向けた条件変更試験（流速・初期飽和時間等）を実施し、ISO/TC190総会にて ISO/TS 21268-3 の ISO 化に向けた議論を実施した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】土壌汚染、カラム試験、国際標準化

【研究 題 目】ガスバリアフィルム用ナノクレイ規格

【研究代表者】蛭名 武雄（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】蛭名 武雄（化学プロセス研究部門）、吉田 肇、新井 健太（工学計測標準研究部門）、鈴木 正哉、三好 陽子、犬飼 恵一（構造材料研究部門）（常勤職員6名）

【研究 内 容】

粘土（ナノクレイ）にはハイガスバリアフィルムの製造に用いることができる高品質な粘土と用いることができない安価な粘土があり、両者は大きな価格差がある。しかし、品質を示すデータの項目やその測定方法は粘土販売メーカーによって異なるため、ユーザーはどのメーカーの粘土を購入すべきか直ちに判断ができず、粘土を用いたハイガスバリアフィルムの開発や普及の妨げになっている。本提案では、ハイガスバリアフィルムの製造に適した粘土の特性と、その測定方法を国際標準化することを目的とする。

本規格案を ISO（国際標準化機構）に提案した結果、ISO の技術委員会の1つである TC229（ナノテクノロジー専門委員会）の議長から、先に提案されたイランの規格案の内容と重複していることを指摘された。2017年10月のソウル会議において、TC229議長、日本代表団団長、イラン代表団団長、エキスパート等の間での調整を行った結果、本規格案をナノクレイ規格 Part-1とし、イランの規格案を Part-2とすることで合意した。本規格案は、2017年12月に NWIP（新規事業案件提案）投票が行われ、2018年3月に採決され、国際標準化に向けて進むことが決定した。

【領 域 名】材料・化学、計量標準総合センター、地質調査総合センター

【キーワード】粘土、ガスバリアフィルム、国際標準化

【研究 題 目】メタン生成補酵素を用いた革新的バイオガス生産システムの創製

【研究代表者】金子 雅紀（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】金子 雅紀、辻村 清也（筑波大学）（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究ではメタン生成アーキアが特異的に持つ補酵素をメタン生成触媒として活用するためのシーズ研究を行う。当該年度は、メタン生成補酵素を生産および抽出・精製するためのジャーファンメンターおよび抽出・精製ラインを整備し、現在までに2 kg の培養菌体を獲得し、数10ミリグラムの粉末補酵素を得た。また、触媒として応用するために、ポテンシオスタットをはじめとする、実験環境を整備した。今後は粉末補酵素を触媒として機能させるための活性化実験および各種メタン生成反応を試みる。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】メタン生成アーキア、メタン生成補酵素、触媒反応

【研究 題 目】円形管路の絞り機構による流量測定方法—スロートタップ式フローノズル

【研究代表者】古市 紀之（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】古市 紀之、寺尾 吉哉（常勤職員2名）

【研究 内 容】

現在の蒸気タービンの評価方法に関する IEC60953は、流量計測に関して ISO5167におけるオリフィス等の使用を定義している。蒸気タービンの評価結果は流量計測における精度が支配的であるが、このオリフィス等の持つ不確かさは非常に大きい。より高い精度における蒸気タービンの評価を行うためには、オリフィス等に比して高い精度を有するスロートタップ式フローノズルを使用することが望ましい。一方、すでに ASME における蒸気タービンの評価方法（PTC6）の中においては、スロートタップ式フローノズルが採用されているが、この規格の最大の問題点は高レイノルズ数領域の流出係数に対する外挿が許容されているにも関わらず、これが必ずしも実情の流出係数を示していない点である。現実的には低レイノルズ数領域における試験結果から高レイノルズ数域に外挿により流出係数を求めざるを得ない。このためには高い推定精度を有する式が規格の中に必要である。したがって、蒸気タービンの高精度評価の実施を背景に、高精度に流出係数を推定することができる式を含めたスロートタップ式フローノズルを標準（ISO）化することを目的とする。

ISO5167-3を改訂する形でフローノズルに関する規格を追加することとし、そのための実験を平成29年度において行った。行った実験は整流板の影響および上流側配管レイアウトによる流出係数におよぼす影響調査である。本研究においては、フローノズルのその他のパラメータの影響調査をすでに終えており、これらの実験結果を元にして、ISO 規格の原案を作成した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】スロートタップフローノズル、差圧式流量計、不確かさ、蒸気タービン

〔研究題目〕半導体製造工程で使用するプロセスガス流量の標準化

〔研究代表者〕森岡 敏博（工学計測標準研究部門）

〔研究担当者〕森岡 敏博（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、半導体製造工程において使用されている可燃性・腐食性・毒性等の特殊プロセスガスの流量計測技術を開発する。半導体製造におけるプロセスガスの中には、可燃性、腐食性や毒性等の特殊な性質を持つものが多くあるが、これらのガスに使用する流量計の校正や評価試験は不活性や非毒性の代替ガスによらざるを得ず、評価結果の信頼性が低く、計測技術も未確立となっている。近年、半導体業界では、半導体デバイスの製造技術の高精度化とともに、再現性や互換性が求められている。

本研究では、特殊ガス供給設備（シリンダキャビネット）、ガス漏れ警報設備、排ガスダクト、排ガス処理装置（スクラバー）等の特殊ガス対応設備を導入し、反応性・毒性ガスに対応した静的衡量法を用いた気体流量標準設備による特殊プロセスガスの計測技術を確立し、プロセスガス流量の標準化を目標とする。

本年度は、ラウンド・ロビンテストによるメーカー間器差の原因究明のため、仲介器及びラウンド・ロビンテスト方法の再検討を行い、将来の標準化へ向けた継続的な実施体制と計画を確立した。本研究の成果は、プロセスガス流量の標準化による半導体デバイスの微細化や極薄膜形成・エッチング技術の高精度化が期待され、半導体製造メーカー、半導体製造装置機器メーカー、流量計メーカー、特殊ガス供給会社等に貢献できるものと考えている。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕気体流量、半導体、プロセスガス、マスフローコントローラ、ラウンド・ロビンテスト

〔研究題目〕革新的超微小質量・力・トルク計測技術の開発

〔研究代表者〕藤井 賢一（工学計測標準研究部門）

〔研究担当者〕藤井 賢一、山本 泰之、藤田 一慧、西野 敦洋（常勤職員4名）

〔研究内容〕

キログラムの基準が人工物であるキログラム原器からプランク定数に移行すると、これまで測定することが困難だった超微小な質量、力、トルクなどの力学量をプランク定数にトレーサブルな方法で測定することが可能になる。2018年に予定されているキログラムの定義改定の効果を活用して、超微小な質量・力・トルクなどの計測技術を開発し、これらの技術を世界に先駆けて微量分析技術やナノテクノロジーなどに応用するために、電圧天びん、光放射圧測定装置、超微小トルク測定装置などを開発し、企業との共同研究などを通じてこれらの計測技

術を製品化することを目標とする。

超微小質量・力計測技術については、静電容量 C の鉛直方向の変位 z への依存性 (dC/dz) の測定から微小な静電気力を正確に発生できるボルトバランス装置を開発した。また、クロスキャパシタ型の MEMS 質量センサの基本構造を製作し、 dC/dz の校正を省くことが可能な測定原理の検討を進めた。また、光放射圧の測定から超微小質量・力を測るボルトバランス装置も開発し、多様な測定原理を応用した計測技術開発を行った。

超微小トルク計測技術についてはキップルバランス法の測定原理を回転計に応用し、国際単位系 (SI) にトレーサブルなトルクとしては世界初となる $0.27 \mu\text{N}\cdot\text{m}$ の発生に成功した。また、微小トルク標準を供給するために、電磁力方式によるトルク計測機器の校正技術を開発した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕微小質量、微小力、微小トルク、電圧天びん、光放射圧、プランク定数

〔研究題目〕高圧気体用圧力計の校正方法及び特性試験方法の標準化

〔研究代表者〕梶川 宏明（工学計測標準研究部門）

〔研究担当者〕梶川 宏明、小島 桃子、飯泉 英昭、小島 時彦（常勤職員4名）

〔研究内容〕

水素ステーション、化学プラントなどの高圧ガス利用施設では、使用する圧力計の定期的な校正・検査が必要である。現在、高圧気体用圧力計の校正方法について共通の技術基準はなく、方法の妥当性の検証も十分でない。校正事業者や検査事業者からは、校正方法やトレーサビリティ確保の方法についての技術基準（標準化）が要望されている。方法の妥当性や校正結果の整合性の検証は、国際整合性の確保された気体圧力標準と液体圧力標準の両方を維持している産総研の技術により可能となるため、産総研が主導して検証実験や規格化を進めることが期待されている。

本研究では、高圧気体を利用する事業者に対して圧力計の校正・検査に関する技術課題とニーズ調査を行い、調査で挙げた方法について検証実験を行う。複数の方法で行った校正結果の整合性を確認すると共に、それぞれの方法で適切な校正結果を得るために必要な技術要件（装置構成や加圧手順など）を明らかにする。技術調査及び検証実験の結果を基に、校正方法・特性試験方法の規格化を行うことを目的とする。

平成29年度は、国内の圧力計校正事業者、及び水素ステーションの製造や管理を行う企業に対して本標準化活動の紹介とヒアリングを行った。また、高圧気体用圧力計に対して揮発性の高い液体を用いて液体圧力で校正を行う方法について実証実験を行った。高圧気体を用いた校正結果と揮発性の高い液体を用いた校正結果とを比較

し、不確かさの範囲内で一致することを確認した。規格作成の準備として、高圧気体用圧力計の製造・校正・検査等を実施している校正事業者の技術担当者と検討会を行い、規格内容や項目立てについて議論を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】圧力校正、圧力計、高圧ガス、水素ステーション

【研究 題 目】3D 計測エポリューション

【研究代表者】高辻 利之（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】高辻 利之、阿部 誠、佐藤 理、
鍛島 麻理子、松崎 和也、寺崎 正
（製造技術研究部門）、呂 明子、
加藤 裕美（常勤職員6名、他2名）

【研究 内 容】

製品の設計・製造・検査などの一連の工程においてデジタルデータを使って効率化する試みがデジタルエンジニアリングとして取り組まれている。さらにデジタルデータを活用してもものづくりの工程の PDCA を有機的に回すことによって生産性を向上する、クローズドループエンジニアリングに対する期待が高まっている。こうした動向に対し、46の公設試験研究機関（以下、公設研）、16社の民間企業オブザーバ、さらに3者の有識者の参画を得て研究会活動に取り組んだ。平成29年度は日本全国を4地域に分割した地域分科会活動により、地域産業ニーズに密着した効率的な地域連携および情報交換を進めた。研究活動として、全体課題1件、地域課題2件、自由選択課題2件、挑戦的課題1件の合計6件の研究課題を設定し、参加公設研のニーズに沿った課題設定を可能とするとともに、研究活動の効率化、研究成果のさらなる充実を図った。得られた成果は成果報告書および資料集としてとりまとめ、参加公設研による情報共有を推進した。また産総研から参加公設研を経て地域産業に波及するインパクトを参加公設研に対するアンケート結果としてとりまとめた。それによると、当プロジェクトの成果によって、共同研究・受託研究48件、依頼試験・機器利用1,133件、技術相談・技術支援1,569件、およびセミナー・講演会90件につながる成果を得ることができた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】3Dプリンタ、3Dスキャナ、3D造形、3D計測、3Dものづくり、クローズドループエンジニアリング

【研究 題 目】座標測定機（CMM）による幾何形状測定結果の不確かさ算出法の標準化

【研究代表者】佐藤 理（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】佐藤 理、阿部 誠、松崎 和也
（常勤職員3名）

【研究 内 容】

2000年代に入り機械・電機製造業を中心に、製品構想

及び設計段階における三次元 CAD の利用と、そこから生成する加工データの活用が増加している。製品の検査においては、座標測定機（Coordinate Measuring Machine: CMM）を中心とする三次元寸法形状測定システムを利用した、設計値と三次元形状測定データとの照合が行われており、測定の不確かさを考慮して合否判定を行うことが求められている（ISO 14263-1:2017）。しかしながら CMM は複雑な計測システムであり、その測定の不確かさを算出することは容易ではない。CMM を使用した検査における測定不確かさ算出法の標準化として、日本側からは産総研を中心として、製造現場にも普及させやすい、複数姿勢・複数回測定から不確かさを算出する方法の標準化を ISO 15530 シリーズの1パートとして制定するよう、ISO TC213 に働きかけてきた。

本 FS 事業では今後の ISO における標準化活動において多くの票数を持つ欧州側と、不確かさ算出法における方法論などの意見調整を行い、必要な技術的エビデンスを収集する準備を行った。欧州の複数の国立研究所と連名で、本手法を含む一連の測定の不確かさ評価手法（ISO 15530-2 及び ISO 15530-5）の標準化推進プロジェクト（EUCoM Project）に応募した。提案した EUCoM プロジェクトは2018年1月に採択され、2018年 6 月からの3年間で実施されることが決定した。このプロジェクトによる成果は、日本をプロジェクトリーダとして提案する ISO 15530-2 の審議において、理論面、技術面での根拠として活用される。今後の年次展開としては、EUCoM プロジェクト期間開始から18ヶ月目を目標に、マイルストーンとして複数姿勢・複数回測定から不確かさを算出する方法を確立する計画となっている。またプロジェクト34ヶ月目までに ISO TC213 WG10での審議のための検証実験を完了し、ISO 15530-2（日本から）及び ISO 15530-5（欧州から）として提案し、国際標準化を進める計画となっている。

技術面の検討については産総研とドイツ物理工学研究所が連携して進める。検証実験の実施にあたっては、東京都立産業技術研究センターも協力することとなった。検証実験のプロトコル作成に先立ち、複数の幾何公差を含むゲージを作成し、提案する手法で妥当な大きさの測定の不確かさを付与できるかを検討した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】適合性評価、不確かさ、3D 計測

【研究 題 目】ミリ波帯二平衡平板型共振法による誘電体評価技術の研究

【研究代表者】加藤 悠人、堀部 雅弘（物理計測標準研究部門）（常勤職員2名）

【研究 内 容】

自動車衝突防止レーダー、短距離無線通信（WiGig）や第5世代携帯電話などの部品（回路・アンテナ）の設計に不可欠な誘電率は、ミリ波帯においては測定の再現

性や信頼性に課題があり、設計に使用できるパラメータとして信頼することができていない。そこで、産総研の保有するミリ波帯の電磁波計測技術によりミリ波帯の誘電率測定の実現性を改善し、測定結果の不確かさを明確にした誘電率計測技術を実現し、その測定手順や解析方法を標準化に取り組む。そして、国際標準化の取り組みと平行して、測定システム（ノウハウ）および解析プログラムの利用普及を推進してきた。

今年度は、共振器の堅牢性（長期的な使用における性能の安定性）や測定再現性・精度の評価と改良、解析プログラムのプログラムの利便性向上を進め、測定方法自体の妥当性検証のための、国際的なラウンドロビンを開始した。これに平行して、共振器製造業者、計測器メーカーと連携して、産総研のプログラムをライセンスし、測定システムとしての普及を図り、5件のプログラムのライセンスを行った。また、原理と実証データに基づき、NP 提案文書を作成するとともに、提案に向けて IEC TC46/SC46F 国際会議にて提案内容を説明するとともに、関係者と著性を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】誘電率計測、ミリ波、国際標準化、ライセンス

【研究 題目】ナノ構造と単一電子制御技術を用いた極限量子計測の実現

【研究代表者】金子 晋久（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】金子 晋久、福山 康弘、丸山 道隆、大江 武彦、中村 秀司、岡崎 雄馬、高田 真太郎、浦野 千春、三澤 哲郎、内藤 裕一、板谷 太郎
（常勤職員10名）

【研究 内容】

超高感度単一電子センサと超高性能単一電子ポンプは、共に極限量子計測における発生器とセンサという相対的な基本要素技術の関係にある。新しいデジタル社会の実現と目指すべき未来社会には、「極微小で高感度なセンサ」とそれをサポートする基盤量子技術が必須であり、本研究では単一電子操作技術を中心にその基盤量子技術の確立を目指している。基盤技術の面では、抵抗、電圧、電流を量子力学的に発生させ、それらの整合性を検証するメトロロジートライアングル実験に必要な技術である単一電子ポンプ、高抵抗量子ホールアレ、ジョセフソン電圧測定系を完成させた。これらの研究で単一電子ポンプ電流を100 pA 以上まで高めることに成功した。超伝導単一電子ポンプのエラー原因についてはそのエラー低減機構も含め完全に解明した。さらに半導体量子ドット単一電子ポンプを用い世界初の単一電子ポンプのデジタル交流動作を実現した。人工分子（二重量子ドット）における Fano 効果と呼ばれる量子効果の世界初観測にも成功した。またグラフェンナノリボン、Si 欠陥素子、産

総研内領域連携を強めつつ外部研究所・大学とも連携研究を続けている。1 MΩ 量子ホールアレ素子の検証においては、韓国 KRISS での直接検証実験、伊トリノ工科大における数値計算など国際的な協力も得られ、量子化抵抗値の不確かさ検証に成功した。電圧測定においては国家電圧標準を元に検証実験を実施した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】光子、光量子、超伝導、スペクトルイメージング、分光測定、近赤外、高感度光センサー、光検出器

【研究 題目】流動場分離法を用いたナノ材料分級法に係る国際規格の提案

【研究代表者】加藤 晴久（物質計測標準研究部門）

【研究担当者】加藤 晴久、中村 文子、伴野 秀邦
（常勤職員1名、他2名）

【研究 内容】

欧米で急速に進捗するナノ材料の輸出入規制やナノ適合判定に係る法整備展開により、本来高品質であるとされる国産ナノ材料の競争力にマイナスの影響を与えうる懸念が高い。優れた国産ナノ材料の特性を示しつつ、ナノ適合判定を実施するには分級法を用いたナノ材料の特性評価は欠かすことができない。そこで、本研究ではナノ材料分級法の中でも最も適用範囲が広く、世界規模で利用されている流動場分離法（Field Flow Fractionation: FFF）に対し、材料の適用範囲ならびに規定すべき分級条件因子等を決定する評価研究を実施した。研究代表者はプロジェクトリーダーとして国際規格の策定を主導し、H29年度9月に Technical Specification (TS21362) としての最終案を作成した。投票の結果、10月末に棄権を除くすべての国からの賛成投票を受け、出版に進むことが合意された。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】流動場分離法、分級、粒子径、粒子径分布

【研究 題目】甲状腺モニタ用ファントム標準化のための研究

【研究代表者】柚木 彰（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】柚木 彰、佐藤 泰、海野 泰裕、古川 理央（常勤職員4名）

【研究 内容】

本テーマは、震災後、体内被ばくを評価するために広く使われている体内放射能測定装置のうち、甲状腺モニタのレスポンス評価について、ファントム及び試験体系の標準化、並びに試験精度の向上を図り、製品規格である JIS Z 4343及び IEC 61582に反映することを目標とする。そのため、甲状腺モニタ用ファントムについて、線源及びファントム形状の違いによるレスポンス評価の違い、並びに線源及びファントムに対する検出器の幾何

学的配置とレスポンスの関係を試験評価する。平成29年度は市場占有率が高い米国製品が準拠する、ANSI規格に基づくファントム、及び国際的な標準となる国際放射線防護委員会が定めた標準的人体寸法に基づいて製作した甲状腺模擬線源を用いたレスポンス試験を行った。これらの結果と平成28年度に実施した様々なファントムを用いた試験結果とを比較することにより、標準的な試験条件を絞り込み、レスポンス評価の標準化を裏付ける試験結果としてまとめた。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕体内放射能測定装置、甲状腺モニタ、ファントム、レスポンス、工業標準

〔研究題目〕インフラヘルスイノベーション

〔研究代表者〕津田 浩（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕津田 浩、鈴木 良一、李 志遠、王 慶華、夏 鵬、叶 嘉星（分析計測標準研究部門）、神村 明哉、森川 泰、前川 仁（知能システム研究部門）、村川 正宏（人工知能研究センター）、倉島 優一、小林 健（集積マイクロシステム創成センター）、神宮司 元治、横田 俊之（地圏資源環境研究部門）
（常勤職員14名）

〔研究内容〕

高度成長期の建設された老朽化した我が国の社会インフラの健全性を高い信頼性で経済的に評価する新規な検査技術を開発することを目的に、画像計測技術を利用した構造物の変形分布計測、ロボット、およびX線を利用した被覆配管の腐食検出、MEMSセンサを利用した土石流発生検出、および比抵抗測定による土壤水分評価技術を開発した。

画像計測についてはモアレを利用することで高精度に変位分布を計測できるサンプリングモアレ技術を開発し、デジタルカメラ撮影した鉄道橋、および道路橋の変形分布を計測した。

被覆配管の腐食検出に関しては内径25 mmを移動できる打音機構を有する小型ロボットを作成し、収録した打音データをAI解析することで、40%減肉を検出できることを確認した。また小型X線源を利用して、130×130×50 mm、重さ1.5 kgの可搬X線発生装置を開発し、配管の20%減肉を検出できることを実証した。

鹿児島県桜島野尻川の砂防ダムにMEMS加速度センサを設置し、収録された加速度データのAI解析から、土石流発生時の加速度データの特徴量を抽出し、90%以上の確率でセンサ信号から「異常なし」、「降雨」、「土石流」の3つのイベントを分類できる解析ツールを開発した。

土壤水分評価では水分を含んだスポンジ電極を利用することで穿孔することなく土中水分計測が可能な比抵抗

計測装置を開発した。横須賀市、富士市などで開発システムを適用した結果、土壤水分計測において高い再現性と十分な精度を有することが実証された。

〔領域名〕計量標準総合センター、情報・人間、エレクトロニクス・製造、地質調査総合センター

〔キーワード〕構造物健全性評価、変形計測、配管検査、土石流検知、土壤水分計測

(3) 外部資金

中期目標や中期計画で定められているように、産業技術総合研究所は、業務の効率的な実施による費用の低減、自己収入の増加その他の経営努力により財務内容の改善を図ることとなっており、そのため、外部資金や自己収入の増加と固定的経費の割合の縮減に努めている。

外部資金の多くは、各省庁からの様々な制度に基づく委託研究費で、その多くが、公募型資金となってきている。産業技術総合研究所が受け入れる外部資金は、制度的には、主に受託研究として受け入れられ、研究終了後それぞれの委託元に詳しい成果報告がなされている。

平成29年度に受け入れた受託収入等の状況

資 金 名	件数 (テーマ)	決算額 (千円)
受託収入		24,704,575
(1) 国からの受託収入		4,076,463
1) 経済産業省		3,087,670
石油天然ガス基礎調査等委託費	2	1,383,227
放射性廃棄物処分基準調査等委託費	2	597,507
エネルギー使用合理化設備導入促進対策調査等委託費	8	830,310
工業標準化推進事業委託費	2	53,342
産業技術研究開発委託費	1	119,332
非化石エネルギー等導入促進対策調査等委託費	1	26,899
石油製品需給適正化調査等委託費	2	16,244
化学物質安全対策委託費	2	29,253
中小企業消費者行政推進調査等委託費	1	31,555
2) 文部科学省		196,020
科学技術基礎調査等委託事業	3	182,413
国家課題対応型研究開発推進事業	1	13,607
3) 環境省		661,592
原子力施設等防災対策等委託費	2	596,486
環境保全調査等委託費	1	9,493
放射線対策委託費	2	19,210
試験研究調査委託費	1	14,484
その他	2	21,919
4) その他省庁	16	131,181
(2) 国以外からの受託収入		20,628,112
1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構	104	14,916,004
2) その他公益法人	329	5,039,575
3) 民間企業	132	662,822
4) 受託出張		9,711
その他収入		11,129,371
(1) 資金提供型共同研究収入		6,533,615
(2) 知的所有権収入		428,932
(3) 技術コンサルティング費		602,102
(4) 外部グラント (個人助成金の間接経費分)		544,606
(5) その他		3,020,116
合 計		35,833,946

※ 千円未満四捨五入のため、合計と一致しないことがあります。

1) 国からの受託収入

【経済産業省】

■石油天然ガス基礎調査等委託費 2テーマ 13.8億円

日本周辺海域に相当量の賦存が期待されているメタンハイドレートを将来のエネルギー資源として利用可能とするため、平成30年度までに商業的産出のために必要な技術整備を行うための経費、他。

■放射性廃棄物処分基準調査等委託費 2テーマ 6.0億円

我が国における沿岸部固有の環境を踏まえ、概要調査段階で必要となる地質環境の調査・工学・安全評価に関する技術開発に取り組むための経費、他。

■エネルギー使用合理化設備導入促進対策調査等委託費 8テーマ 8.3億円

世界最先端の海外研究機関等と我が国の研究機関等が連携を強化し、省エネ・新エネ技術分野ごとにターゲットを絞って戦略的に革新的エネルギー技術を創出する国際的共同研究を推進するとともに、エネルギー分野の技術開発に関する海外の優れたイノベーションシステムを取り込むための経費、他。

■工業標準化推進事業委託費 2テーマ 0.5億円

我が国において、燃料電池自動車の本格的な普及を進めるに当たり、水素ステーションにおける水素燃料取引に使用される計量器に関する国際標準化事業を実施するための経費、他。

■産業技術研究開発委託費 1テーマ 1.2億円

国際宇宙ステーション (ISS) に搭載したハイパースペクトルセンサにより取得されるデータの利用基盤技術について、研究開発を実施し、宇宙実証を通じてその実用化に向けて必要なデータ等の取得を行うための経費。

■非化石エネルギー等導入促進対策調査等委託費 1テーマ 0.3億円

想定される新設の中低圧水素導管供給システムを実際に運用していく際の維持管理上の課題について、技術調査等を通じて安全かつ合理的な維持管理方法を明らかにすることにより、水素ガスの工作物の技術基準の整備に資するための経費。

■石油製品需給適正化調査等委託費 2テーマ 0.2億円

過去事故を詳細分析して現場作業員が安全に作業するためのチェックポイントを抽出してチェックポイント集を充実させ、また、チェックポイントを活用する為の検索システムを構築し、現場レベルでの評価を受け改善するための経費、他。

■化学物質安全対策委託費 2テーマ 0.3億円

ナノ安全プロジェクトの成果について、OECD のテストガイドライン又はガイダンスドキュメントとすることを目標に、成果物の手順書を用いたラボ間比較試験を実施し追加データを取得するとともに、OECD への情報発信や有識者の意見交換等を行い、また、これらの活動から得られた知見を基に、ナノ安全性プロジェクト成果物である手順書の改良を行うための経費、他。

■中小企業消費者行政推進調査等委託費 1テーマ 0.3億円

進展する高齢化社会への対応や IoT、AI といった新たな情報技術を活用してより安全性の高い製品開発をする際に不可欠となるビッグデータの整備を行うための経費。

【文部科学省】

■科学技術基礎調査等委託事業 3テーマ 1.8億円

内陸の主要活断層及び沿岸海域の活断層について、各活断層から発生する大地震の発生確率の算出及び地震規模の推定を高度化し、また地震調査研究推進本部による評価の改訂に資するための調査を行い、具体的なデータ取得と総合解析を実施するための経費、他。

■国家課題対応型研究開発推進事業 1テーマ 0.1億円

高放射線環境下においても安定して動作する半導体イメージセンサの実現をめざし、耐放射線性の極めて高い半導体である炭化ケイ素を活用した耐放射線半導体イメージセンサを実現するための各種要素技術を開発するとともに、プロトタイプを試作するための経費。

【環境省】

■原子力施設等防災対策等委託費 2テーマ 6.0億円

火山の特性、地下構造、地球物理学的及び地球化学的調査手法等の最新知見に基づく火山活動に起因する事象調査から、原子力施設に影響を与える火山活動の可能性をより定量的に評価するための評価基準・指標、火山活動モニタリング評価基準・指標に関する知見を整備するための経費、他。

■環境保全調査等委託費 1テーマ 0.1億円

水銀を利用しているアジアの採掘現場を調査し、その実態を明らかにするとともに、採掘時に水銀利用を伴わない「エシカルジュエリー」を導入する可能性について調査し、調査結果を踏まえた政策 手段や経済的手法を提案するための経費。

■放射線対策委託費 2テーマ 0.2億円

水晶体等価線量評価に用いる線量計の試験・校正手法を開発するために、β線標準場のエネルギーの拡大と X

線・β線標準場の水晶体等価線量評価に関する実用量の導出によって線量計を試験・校正できる環境を整備し、水晶体等価線量評価に用いる線量計の試験・校正の実証実験を行うための経費、他。

■試験研究調査委託費 1テーマ 0.1億円

環境省設置法第4条第3号の規定に基づいて、関係府省の試験研究機関が実施する地球環境の保全に関する試験研究費を「地球環境保全試験研究費（地球一括計上）」として環境省において一括して予算計上し、その配分を通じて国の環境保全に関する試験研究の総合調整を行うための経費。

■その他 2テーマ 0.2億円

【その他省庁】 16テーマ 1.3億円

2) 国以外からの受託収入

■新エネルギー・産業技術総合開発機構

平成29年度は、104テーマを149.2億円で実施した。

■その他公益法人

平成29年度は、329テーマを50.4億円で実施した。

■民間企業

平成29年度は、132テーマを6.6億円で実施した。

■受託出張

平成29年度は、受託出張の経費0.1億円を受け入れた。

3) その他収入

■資金提供型共同研究収入

平成29年度は、民間企業から61.5億円、民間企業以外から3.8億円の合計65.3億円の資金提供を受け共同研究を実施した。

■知的所有権収入

平成29年度は、当所が所有する産業財産権等を企業等に利用させた実施料収入等として4.3億円を獲得した。

■技術コンサルティング費

平成27年度から、多様な民間企業ニーズに応えるため、新たに技術コンサルティング制度を新設し、平成29年度は6.0億円を獲得した。

■外部グラント

平成29年度は、科研費補助金及び研究助成金の経理委任収入（間接経費分）として5.4億円を受け入れた。

■その他

平成29年度は、計量標準供給業務・計量教習業務に

よる手数料収入、地質図幅等の頒布収入、産学官連携活動の一環として当所施設内で連携先が共同研究等を行うときの経費負担収入及び国等からの機関補助金等として、30.2億円を受け入れた。

1) 国からの受託収入

①経済産業省

・石油天然ガス基礎調査等委託費

【研究題目】平成28年度メタンハイドレート開発促進事業

【研究代表者】天満 則夫（創エネルギー研究部門）

【研究担当者】長尾 二郎、皆川 秀紀、神 裕介、木田 真人、今野 義浩、木村 匠、山本 佳孝、室町 実大、清水 努、村岡 道弘、森田 洋充、坂本 靖英、米田 純、片桐 淳、野田 翔兵、覺本 真代、清野 文雄（兼務）、佐藤 章子、長原 さゆり、内海 崇、袴田 陽子、池田 育子、林 順子、眞城 一憲、渡邊 瑞穂、大島 基、深見 英司、羽田 博憲、金子 広明、西村 興男、泉 彰子、西川 泰則、榊井 明、加藤 晃、山田 剛士、明円 文子、青木 一男、熊谷 小百合、古屋 敦子、大竹 道香、宮田 雅子、須々木 尚子、野崎 たみ、椿 卓也、白鳥 治子、永瀬 茂紀（派遣）、吉田 卓（派遣）、金澤 達男（派遣）、糠沢 拓真（派遣）
（常勤職員18名、他32名）

【研究内容】

メタンハイドレート開発促進事業の生産手法開発に関する研究開発では、メタンハイドレート層からメタンガスを長期的に大量かつ安定的に生産するための生産技術の整備を進めている。本技術開発では減圧法では十分に回収できない貯留層に対して、追加するエネルギーを抑えながら回収率、生産量の増進を図る生産性増進化技術の開発、坑井のガス生産性およびメタンハイドレート貯留層の生産挙動を高い精度で予測する生産性・生産挙動評価技術の高度化および生産に伴う地層変形・圧密挙動について長期的な安全性を評価するための地層特性評価技術の高度化を実施している。

生産性増進化技術の開発においては、メタンハイドレート堆積物層の初期有効浸透率を増加させる方法の一つとして考えている通電加熱法の現場での適用を検討するために、数値シミュレーション用のパラメータ取得のための要素実験を実施した。各濃度の NaCl 溶液における飽和堆積物の電気抵抗を測定し、MH 堆積物の通電加熱結果と比較検討を行いデータの整理を行った。CO₂/水エマルジョン圧入による生産増進法では、現場への適用性として 0℃に近い地層における効果を確認するための室内実験による検討を行った。初期温度 3.5℃で、70%の NaCl 溶液を用いた場合には、発熱による温度上昇の結果が得られ、本手法の適用可能性が示された。

また、長期安定生産を実現するための生産障害対策技

術として、生産井周辺堆積層における MH 再生成による浸透率低下の防止・対策が重要である。そこで、堆積物モデル内で生成したハイドレートの形態と、有効浸透率の関係に関する実験的解析を実施した。実験装置内に設けた堆積物を模擬したセルの温度圧力を制御して堆積物モデルセル内に MH が生成する際の差圧・有効浸透率と時間の関係を計測したところ、MH の生成に伴って、浸透率の低下が確認された。浸透率の低下のメカニズムとして、水とガスの界面で MH の薄膜が形成し、MH 膜で覆われた領域がガスの流路本数を減少させる様子が観察され、堆積物モデル内で形成する MH の形態と浸透率を同時に観察・測定することに世界で始めて成功した。

坑井内流動障害対策技術の開発に関しては、低温・高圧混相フロー装置内でメタン-水系気泡流を生成し、一定温度の下でガス圧入および水圧入により系の圧力を変化させ、メタンハイドレート生成を含むメタン-水系混相流が、生成プロセスにおける流速や圧力条件に応じて異なる流動パターンが形成されることを明らかにした。インヒビタに関する検討として、実際に生産ガスに含まれる他の天然ガス成分や CO₂ 圧入生産増進法などへの MH インヒビタの可用性を検討するため、エタンまたは二酸化炭素ハイドレートに与える阻害効果を実験的に測定した。その結果、MH に対する阻害効果と同等の効果が得られることを確認した。坑井内システムの最適な配管様式や生産条件の解明のために、海洋産出試験での坑底圧を想定した条件で、坑井スクリーン通過直後のメタンガス気泡を含む気液二相流の測定を行った。圧力、液流量、温度を様々に変化させた場合のスクリーン下流における気泡径分布に関する画像解析を実施したところ、全ての条件において、流速の増加に伴い、気泡の平均直径が小さくなる傾向を示した。これは、流量増加に伴う流速増加によりせん断力が増加するため、気泡の崩壊が促進されるためと考えられた。

さらに、大型室内試験装置による実証として、シミュレータの精度向上に資するデータ取得として、大型室内試験装置を用いた実験を行った。珪砂に細粒分を混合することで原位置でのメタンハイドレート胚胎砂層の浸透率を再現し、同様の減圧試験を適用することで長期的かつ不均質に広がる変形挙動の取得を行った。土層の浸透率はメタンハイドレートが胚胎した南海トラフの堆積土の初期有効浸透率を再現し、解析結果からは土層内での微小な圧力勾配を確認することができた。これに対応し、土層の天端で鉛直変位が出現し、井戸の近傍より徐々に大きくなり、最終的にはある沈下面に収束することが確認された。

生産性・生産挙動評価技術の高度化においては、生産シミュレータの機能強化と商業生産の生産性評価に関しては、生産シミュレータ MH21-HYDRES に CO₂/水エマルジョン圧入による増進回収法の計算機能を付加する

ため計算プログラムの物性計算サブルーチンと連立方程式ソルバーなどに改良を加えた後で、C/W (CO₂-水) エマルジョン圧入法による増進回収効果 (CO₂の溶解熱/ハイドレート生成熱による増進回収効果) を数値実験で検討した。解析では、減圧法終了時に残存する MH の数 10 % を増進回収する効果があることが推察された。これまで開発してきた水理モデル (MH21-HYDRES) と力学モデル (COTHMA) の統合化プログラムは、力学挙動を反映して MH の分解・生産挙動を予測することを可能としたが、解決すべき課題として、計算時間の短縮 (ハイブリッド法の適用)、繰り返し計算における収束判定の見直し、両モデル間のデータの移送法、圧密に対する温度の影響の考慮、等があることを明らかにした。

高精度貯留層モデルの開発および産出試験の予測・検証については、貯留層およびその周辺に存在する断層の生産挙動に与える影響を評価するため、その浸透率を実験的に解析した。高い有効垂直応力 8.0 MPa の下で浸透率は、せん断変位 200 mm 程度まで急激な減少が認められた。せん断速度が 10 倍、50 倍となった場合においても、せん断に伴う浸透率の変化は同様の傾向を示した。有効垂直応力 0.5~3.0 MPa 下では、大きいせん断速度で低い浸透率が得られた。これは、せん断速度増加によってせん断層における粒子破碎が著しくなり、より発達した、せん断層が形成されたものと推察された。また、コア解析より、メタンハイドレート分解に伴うさまざまな地層破壊痕跡 (分解痕跡) が詳細に分類され、地層中にはガス生産時に脆弱になる可能性がある層準が存在することが示唆された。特に MH 濃集帯の分解痕跡は、小塊構造を呈し、塊状 (団子状) に収縮しているものの、堆積物の流動構造はほとんど見られなかった。一方、低比抵抗層準に当たる部分のコア岩相は、泥層破壊構造を呈し、堆積物が流動しやすかったことを示しており、移流物質を排出するには、高い含水率と少量でも MH の存在が必要であることが明らかになった。

一方、貯留層モデル構築技術の一環として、インド洋東岸沖で採取された保圧コアを用いて、生産挙動予測のための貯留層モデル構築に資するコアを中心に、堆積物粒度、鉱物組成、孔隙率、飽和率およびハイドレート結晶の包接ガス組成と水和数、熱物性、浸透率や力学パラメータなどのデータ取得を行った。ハイドレート分解ガスは、ほとんどメタンからなり、微量のエタンを含んでいた。採取地点によっては、微量のプロパンが検出された。また、浸透率とハイドレート飽和率との間には緩やかな正の相関が認められた。一方、絶対浸透率は、初期有効浸透率に比べ 1 桁から 2 桁程度大きい値を示し、絶対浸透率のコア間の大小関係は、初期有効浸透率においてもおおむね維持されており、絶対浸透率が高い堆積物ほど高飽和率でハイドレートが胚胎していること、また、初期有効浸透率は主に絶対浸透率に支配されていること

が明らかになった。

地層特性評価技術の高度化においては、地層変形シミュレータの機能強化の一つとして、メタンハイドレート飽和率や地層変形の時間依存性などを考慮した様々な構成式の最適化を図るため、実験を通じたパラメータの見直しや構成式の改良を行い、シミュレータの高機能化を進めた。具体的には、精度向上のために MH 飽和率や地層変形の時間依存性などを考慮した様々な構成式に、時間依存性を考慮するために導入した二次圧係数や、载荷速度依存性に係るパラメータを追加した。これにより、段階的なクリープ挙動を定量的に評価できることを確認した。また、ユーザーインターフェイスの改良として、地層変形解析のための入力データの作成を支援するプリプロセッサおよび膨大な解析結果の後処理を行うポストプロセッサの機能を追加して、解析作業全体の大幅な効率化を図った。

坑井周辺力学挙動・広域地層変形の評価においては、地層と坑井の接触面強度を定量的に評価するために、個別要素法 (Discrete Element Method: DEM) により、接触面挙動の解析として坑井表面凹凸の間隔 (R_{sm}) に関する検証を行った。 R_{sm} が大きくなるにつれ摩擦強度も高くなるが、ある一定値以上になると強度が再び低下することがわかった。このメカニズムには「破壊面の移動」が関わって、 R_{sm} に応じて破壊面が砂内部に移行するため、摩擦強度は砂のせん断強度になるまで増加するが、一定以上に R_{sm} が大きくなると、破壊面が再び接触界面に戻ることから強度低下を生じることを示唆した。さらに、出砂現象の検討の一環として、第1回海洋産出試験で観測された出砂現象に関して、出砂した砂の粒径に対応した土層を作成し、地圧を模擬した上載圧を負荷した条件下で、産出試験の生産条件を模擬した連続注水試験を行うことで、出砂の有無を確認するとともに、スクリーンの健全性を評価した。本試験では、実機スクリーンの破損の有無をパラメータとして、1) 健全スクリーン、2) 中央部破断スクリーン、3) 湾曲変形スクリーンの3種類を用い、4回の連続通水試験を実施した。7日間の連続注水において、入口と出口の差圧は0.45 MPa で一定に保たれており、土層自体の大きな変化は確認されなかった。また、7日間連続で注水し、シミュレーションからはスクリーン近傍での流速は100 m/day以上と推算されるものの、出砂は確認されず、スクリーンの健全性は保たれることを明らかにした。さらに、長期安定生産のための海底地盤の安定性に関する評価として、地震発生による海底地すべりに関する室内実験および解析を実施した。

【領域名】エネルギー・環境

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

試験、東部南海トラフ、地層変形、生産障害

【研究題目】平成29年度国内石油天然ガスに係る地質調査・メタンハイドレートの研究開発等事業 (メタンハイドレートの研究開発)

【研究代表者】天満 則夫 (創エネルギー研究部門)

【研究担当者】皆川 秀紀、神 裕介、木田 真人、今野 義浩、山本 佳孝、室町 実大、村岡 道弘、森田 洋充、坂本 靖英、米田 純、野田 翔兵、覺本 真代、大島 基、清野 文雄 (兼務)、佐藤 章子、長原 さゆり、内海 崇、袴田 陽子、池田 育子、林 順子、眞城 一憲、渡邊 瑞穂、深見 英司、羽田 博憲、泉 彰子、榊井 明、加藤 晃、山田 剛士、明円 文子、熊谷 小百合、古屋 敦子、大竹 道香、宮田 雅子、須々木 尚子、白鳥 治子、永瀬 茂紀 (派遣)、吉田 卓 (派遣)、糠沢 拓真 (派遣)

(常勤職員15名、他24名)

【研究内容】

メタンハイドレート開発促進事業の生産手法開発に関する研究開発では、メタンハイドレート層からメタンガスを長期的に大量かつ安定的に生産するための生産技術の整備を進めている。本技術開発では減圧法では十分に回収できない貯留層に対して、追加するエネルギーを抑えながら回収率、生産量の増進を図る生産性増進化技術の開発、坑井のガス生産性およびメタンハイドレート貯留層の生産挙動を高い精度で予測する生産性・生産挙動評価技術の高度化および生産に伴う地層変形・圧密挙動について長期的な安全性を評価するための地層特性評価技術の高度化を実施している。

生産性増進化技術の開発においては、メタンハイドレート堆積物層の初期有効浸透率を増加させる方法の一つとして考えている通電加熱法の現場での適用を検討するための予察的検討として、コア温度 0 °C における減圧実験 (10 MPa → 3 MPa) の後に強減圧 (3 MPa → 2 MPa) を行い、減圧や温度条件などの違いによる通電効果によるガス生産量の違いに関して室内実験を行ったところ、コア中の残留ガス濃度、すなわちコア中の水飽和率とガス飽和率がコアの電気抵抗率に大きく影響することが明らかとなった。CO₂/水エマルジョン圧入による生産増進法では、現場への適用性として 0 °C に近い地層における効果を確認するための室内実験による検討を引き続き行い、低温条件下での、本手法の適用可能性の検証が進められた。

また、長期安定生産を実現するための生産障害対策として、生産井周辺堆積層における MH 再生成による浸

透率低下の防止・対策が必要であり、防止・対策法の開発のため、堆積層内での水、MHの生成分解挙動の把握のための浸透率に関する室内実験を行った。装置内のセルの流路は40本あるが、いずれの温度条件についても、結晶形態に関係なく、40本の流路が全てMHに覆われた瞬間に、全体の閉塞が生じた。以上により、閉塞防止には流路の一部でも詰まらないようにすることと、その閉塞される領域を少なくすることが必要であることが示唆された。

坑井内流動障害対策技術の開発に関しては、流動障害となる条件を見出す技術整備の一環として、生産時の坑井内の高圧下でのメタンガス・水の気液二相流の流動を解析できる坑井内流動解析シミュレータ（生産システム内のメタンガス・水の気液二相流動解析ツール）の開発を進めた。これまで開発してきたシミュレータに、熱エネルギー方程式（解析モデル）を組み込むとともに、ガスラインだけでなく、水ラインの解析を同時に（連成解析）できる機能を追加し、気液分離効率50%の場合の管内水位変化や流量変化などの坑内流動解析に関する予察的な解析が出来ることを確認した。

生産性・生産挙動評価技術の高度化においては、生産シミュレータの機能強化と商業生産の生産性評価に関しては、生産シミュレータMH21-HYDRESの挙動予測精度の向上を図るとともに、大規模問題・実践的問題にも対応させるために、通電加熱法のための計算ルーチンの開発の検討や入力データ作成支援用グラフィカルユーザーインターフェースプログラムの改良・機能強化を実施した。まず、通電加熱法のための計算ルーチンの開発の検討として、通電による発熱量を計算可能な機能をMH21-HYDRESに導入して予備的な解析を実施したところ、初期温度が低い場合には、減圧法のみよりも通電加熱法を併用したケースの方が若干高い回収率が得られることを示唆した。また、MH21-HYDRESが大学や民間企業等において使用されることを想定して、シミュレーションの入力データ作成を支援するためのグラフィカルユーザーインターフェース（GUI）プログラムの改良・機能強化作業を行った。これまで開発してきた水理モデル（MH21-HYDRES）と力学モデル（COTHMA）の統合化プログラムは、力学挙動を反映してMHの分解・生産挙動を予測することを可能としたが、計算時間の問題などが残った。そこで、計算精度を維持しつつ計算時間を短縮する手法として、ハイブリッド統合法などについて検討した。特に、MH挙動予測シミュレーションに求められる精度が低くても良い段階では、流動シミュレータのみによる計算や1次元圧密解析解との統合計算を行うこと、最終的な段階でMH21-HYDRESとCOTHMAsとを繰り返し法で統合する際にはハイブリッド統合法が有効であること、さらには有限要素モデルに適合細分化格子法を適用して計算時間を短縮すること、等の方法を示した。

高精度貯留層モデルの開発および産出試験の予測・検証については、メタンハイドレート貯留層での断層等の不連続面の透水性・力学特性を繰り返し一面せん断試験から評価を試みた。海底地盤試料を模擬した市販NSF粘土を用い、定体積条件および定圧条件の繰返し一面せん断試験を実施し生成させた不連続面（せん断帯）の透水係数、せん断波速度について検討した。繰返しせん断に伴い想定したせん断帯の範囲で透水係数の値は低下することが明らかになった。また、繰返しせん断に伴いせん断速度は減少し、200 kPaの供試体においては、繰返しせん断5回目以降ほぼ同じ値を示した。供試体内部変形を可視化した結果より、200 kPaの供試体では5回目以降はせん断帯の形成が確認されており、せん断帯の形成段階ではせん断速度が減少し残留状態に至ると一定値に収束する可能性が示唆された。また、コア解析より、泥層破壊もしくは類似の物性を持つ層準が不均質性をもたらす移流物質の供給源になる可能性について検討したところ、泥層破壊層準は物性から高い含水率が示唆された。また、混在する砂層と泥層の観察から、間隙水と同時に少量のメタンハイドレートを含有していたことが考えられた。このメタンハイドレートが分解すると、間隙水が激しく動き、砂粒間のフロックを洗い流し、骨格構造を破壊する結果、砂層は流動しやすくなると推察された。

一方、貯留層モデル構築技術の一環として、貯留層を単一層として扱った単層モデル、砂泥互層の1シーケンスを抜き出したモデル、貯留層の層数を1/10程度にまとめたアップスケールモデル、坑井地質モデルをそのまま使用した全層モデルなど、様々な2次元モデルを構築し、数値解析による検討を行うとともに、側方方向に不均質なMH飽和率分布を与えた3次元モデルにより、不均質性が生産挙動に与える影響についても調査・検討を行った。

地層特性評価技術の高度化においては、地層変形シミュレータの機能強化の一つとして、接触面のせん断ひずみの軟化を考慮できるモデルとしてコンプライアンス可変型の接触面モデルを導入し、坑井と地層の接触部分に関する力学挙動に関する高機能化を進めた。また、地層変形解析のための入力データの作成を支援するプリプロセッサ及び膨大な解析結果の後処理を行うポストプロセッサの機能を追加することにより、解析作業全体の効率化を図った。

坑井周辺力学挙動・広域地層変形の評価においては、第2回海洋産出試験が実施されたP2井およびP3井に関して、坑井仕様に合わせたモデル化を行い、最新の3次元貯留層モデルを用いて坑井の健全性評価を行った。P2井およびP3井において坑井ケーシングの健全性は保たれる結果が得られたが、坑井下端のセメント部で引張による塑性ひずみが発生し、ベースパイプについても塑性ひずみが生じる結果となった。また、地層の変形に関

しては、海底面沈下はほとんど見られないことが示唆された。さらに、出砂現象の検討の一環として、第2回海洋産出試験において使用される出砂対策装置に関する事前検討を実施して、室内実験の条件では出砂は確認されず、出砂対策装置が十分に機能することを確認した。さらに、長期安定生産のための海底地盤の安定性に関する評価として、海底地すべり現象を模擬した室内模型実験を実施し、海底地層の不連続的な変形挙動について検討を行った。実験結果より、粘土分含有率が小さい場合は法肩よりやや上流側から法尻にかけての部分ですべりが発生する斜面崩壊的な挙動を示すのに対し、粘土分含有率が大きくなるほどすべりの発生領域が大きくなり、より一体的（土塊的）な破壊形態を示す傾向が確認された。また、地震発生時の海底地盤の挙動を把握するために、MH 貯留層および周辺海底地盤の地震による動的荷重が作用した時のせん断応力に関して、細粒分を含む試料を用いて検討したところ、豊浦砂より細粒分を含むMH 貯留層模擬試料のほうの強度が低く液化化しやすいことが明らかになった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

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

・エネルギー使用合理化設備導入促進対策調査等委託費

【研究 題 目】 平成29年度革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業（クリーンエネルギー技術開発）研究テーマ1 超臨界地熱資源による革新的発電のための坑内機器基礎技術・素材の開発

【研究代表者】 浅沼 宏（再生可能エネルギー研究センター）

【研究担当者】 浅沼 宏、石橋 琢也、岡本 京祐、
山谷 祐介（常勤職員4名）

【研究 内 容】

国内研究者は2050年以降の大規模発電の実用化を目指して超臨界地熱資源開発の実現可能性を検討しているが、その中で、深度4000～5000 m、500℃、60～70 MPa、高腐食性流体環境下で動作可能なモニタリングシステム、サンブラ等坑内機器の開発が、重要かつ難易度が高い課題として取り上げられている。本事業では、最終的に超臨界地熱井内での実用化を目的とし、その第一ステップとして5年の期間で350℃、60 MPa、弱酸性の坑内で使用可能な素材、各種機構の実現を目標に研究開発を行っている。

研究期間第3年目の本年は、次年度末に SiC/SiC 複合材製圧力容器と光ファイバ分布型センサを組み合わせた

坑内モニタリング機器プロトタイプを実現することを目標に、光ファイバセンサについて重点的に研究開発を行った。その結果、550℃、60 MPaの坑内で弾性波を検出可能な世界最高レベルの性能を有する光ファイバ分布型センシングシステムのコア部分を開発することができた。今後、米国 EGS 研究開発サイトでの実証試験実現を念頭に坑内機器プロトタイプの開発を行って行く予定である。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 超臨界地熱、坑内機器、シリコンカーバイド、光ファイバセンサ

【研究 題 目】 平成29年度革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業（クリーンエネルギー技術開発）研究テーマ2 EGS 設計技術による地熱発電可能地域の飛躍的拡大

【研究代表者】 浅沼 宏（再生可能エネルギー研究センター）

【研究担当者】 浅沼 宏、山谷 祐介、渡邊 教弘、
石橋 琢也、鈴木 陽大
（常勤職員5名）

【研究 内 容】

地下への加圧注水等により人工的に能力を改善した地下地熱システムを EGS（Enhanced Geothermal Systems）と呼ぶ。EGS 型の地熱開発では、地下の状態、開発目的等に応じて事前に工程設計を行うとともに EGS の性能を事前予測するための一連の技術構築（シミュレーション技術）が不確定性の低減、種々のリスク回避のために重要である。

本事業では超臨界地熱開発を含めた EGS 型地熱開発を念頭に、地下への注水により誘発された亀裂のせん断滑りにともなう透水性変化、地震現象、亀裂安定性変化等の現象理解の深化を進め、さらに得られた知見をシミュレータへ組み込み、より現実性の高い EGS 造成シミュレーションを実現することを目的として、5年間の計画で実施している。

本研究開発では、最終的に米国 DOE が実施している EGS 実験サイトでの実証試験を通じた性能評価を目的としているが、本年度は本事業を通じて平成28年度までに設計・製作してきた「岩石せん断滑り室内実験装置」を使用して亀裂面への注水によりせん断滑りを誘発した際における、亀裂の応力状態、亀裂浸透率、滑り速度、地震特性等の変化を実験的に明らかにした。特に、一般的に「亀裂の滑り」と称される変位の大きな地震性滑り（高速な滑り）に先立ち発生する、変位および滑り速度の小さな非地震性滑り時に、最終的な透水性変化の50%が生じることを見出したことは特筆すべき成果である。また、シミュレータをスパコン対応化し、計算速度をこれまでの1000倍以上に向上させることを可能にした他、貯留層内での物質移動計算モジュール等を開発

した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 EGS、加圧注水、貯留層シミュレーション

【研究 題目】 経済産業省「平成29年度革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業（クリーンエネルギー技術開発）／太陽光による有用化学品製造」

【研究代表者】 佐山 和弘（太陽光発電研究センター）

【研究担当者】 佐山 和弘、小野澤 伸子、草間 仁、船木 敬、三石 雄悟、小西 由也、中島 智彦、井口 翔之、舘野 拓之、高杉 壮一（常勤職員8名、他2名）

【研究 内容】

さまざまな化学薬品の製造には膨大な化石燃料のエネルギーが使用されており、その省エネルギー化やCO₂フリー化は非常に重要な課題である。もし、太陽光エネルギーを利用した光電気化学的な化学薬品製造プロセスが高効率・低電圧で実現できれば大きな省エネ効果と低コスト化が期待できるが、そのような検討例はほとんど無かった。水分解で水素を製造販売するだけで利益を上げることが大変であるが、水素や酸素よりも数十～百倍付加価値のある化成品を製造できれば経済性は飛躍的に向上できる可能性がある。この光電気化学的な化学薬品製造プロセスの実用化に向けた基礎研究を米国のブルックヘブン国立研究所（BNL）と協力して行った。

半導体光アノード電極の高性能化に関しては、BiVO₄光電極上を化学蒸着成膜法（CVD法）によってアルミナでごく薄く表面処理するとH₂O₂生成の電流選択性（Faraday効率）が著しく向上し、かつ電流電圧特性がほとんど低下しないことがわかった。その外部バイアス下での太陽エネルギー変換効率（ABPE効率）は世界最高の2.57%であった。次亜塩素酸生成においては初期のFaraday効率は90%以上であることがわかった。WO₃光電極はCr³⁺からFaraday効率100%でCr⁶⁺酸化剤を生成できることがわかった。このCr⁶⁺/Cr³⁺レドックス反応を用いて有機合成反応を進行できることを確認できた。安価なカソード電極の高性能化に関しては、BNLのタングステン系触媒を用いて、酸素還元によるH₂O₂生成が効率よく進行できることが分かった。このカソード電極とBiVO₄/WO₃アノード光電極を組み合わせるとノンバイアスで両極からのH₂O₂生成に成功した。

【領 域 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 有用化学品、太陽光、酸化剤、光電極

【研究 題目】 研究テーマ④「CO₂を利用した水素製造・貯蔵技術—二酸化炭素の再資源化技術によるクリーン水素キャリアシステム—」

【研究代表者】 姫田 雄一郎（創エネルギー研究部門）

【研究担当者】 姫田 雄一郎、川波 肇、徐 強、神 哲郎、眞中 雄一、王 林、鍾 恒、Wei Hong、Li Zhangpeng、村田 和久、伊藤 早枝子、岩松 雅子、松本 由子（常勤職員5名、他8名）

【研究 内容】

本事業では、二酸化炭素の再資源化技術によるクリーン水素キャリアシステム構築のための、高性能・高耐久性固体（固定化）触媒の開発と、それらを用いた高圧水素連続発生・供給プロセスの構築を図り、ギ酸を用いた水素貯蔵システムの実証化に向けた基盤的研究開発を行っている。

平成29年度は、金属ナノ粒子触媒開発の新しい手法として溶媒スイッチ法を開発することにより多孔質炭素担体のメソ孔の中にパラジウム塩前駆体を導入し、その場還元法を用いて、超微細なパラジウム（Pd）ナノ粒子を炭素担体のメソ孔の中に固定化することに成功した。通常の還元法による還元や、パラジウム塩前駆体をメソ孔の中に導入せずに作製した試料と比べ、本手法で調製した試料は、ギ酸脱水素化による水素放出反応において、極めて高い活性を示し、本年度目標である金属1g当たり1時間1.5 m³の水素発生を超える水素放出速度を達成した。また、銅薄膜触媒を作成し、二酸化炭素の電気化学還元を行った結果、ギ酸が合成されたことを確認した。さらに、この触媒の活性と耐久性の向上を図るため、Pd-Au ナノ粒子を担持させた改良型の固体触媒を用い、更なるギ酸の高圧ガス発生に利用できるばかりでなく、水素による二酸化炭素の還元を行うことでギ酸生成に有効であることを見いだした。これにより水素製造だけでなく、水素貯蔵プロセス構築にも利用可能であることを示した。また、米国パシフィックノースウェスト国立研究所（PNNL）と包括研究協力覚書（MOU）を締結し、水素エネルギー社会に向けた研究を日米で強化していくことで合意し、二酸化炭素とギ酸の相互変換による安全な水素の貯蔵・輸送・製造を可能とする水素キャリアシステム構築に向けた研究開発を進めている。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 炭素固定、水素貯蔵

【研究 題目】 経済産業省「平成29年度革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業（クリーンエネルギー技術開発）／単結晶化・積層化による太陽電池の高効率化技術の開発」

【研究代表者】 菅谷 武芳（太陽光発電研究センター）

【研究担当者】 菅谷 武芳、西永 慈郎、大島 隆治、永井 武彦（常勤職員4名）

【研究 内容】

地球規模・長期の温暖化対策として、CO₂の削減は不

可欠の技術課題である。本研究においては、我国の地球規模・長期の温暖化対策への貢献として、2030年で1年あたりの太陽光発電による省エネルギー21億 kWh およびCO₂削減量116万 tCO₂を達成することを目標として、太陽光発電技術における革新的なイノベーションの創出を行う。具体的には、本事業の貢献による化合物薄膜系太陽電池の国内生産量を2030年に2 GW/年とすることを目標とする。この目標を達成するためには、太陽光発電技術を大規模に普及させる必要があり、発電コストを7円/kWh（ジェネレーションパリティ）まで低下させる必要がある。そのためには、従来技術の延長上ではない、新しい太陽電池の開発が必要である。従って、本事業の目的は、最終的には太陽光発電技術で発電コスト7円/kWhを実現することであり、具体的には以下の(1)~(3)を目的とする。

- (1) CIGS (CuIn_{1-x}Ga_xSe₂) 太陽電池などの化合物薄膜太陽電池に注目し、理論限界効率に迫る高性能な単接合化合物薄膜太陽電池を開発する。
- (2) 産総研が持つスマートスタック技術を駆使して、上記(1)で開発した単接合化合物薄膜太陽電池を多接合化し、高効率な多接合薄膜太陽電池を開発する。
- (3) 多接合薄膜太陽電池の低コスト化・信頼性向上を図り、発電コスト7円/kWhを実現する。

平成28年度までに、高効率 CIGS 太陽電池製造に実用化されている3段階法を用いて、単結晶 CIGS 層の成膜を行った。3段階法は Cu 濃度の精密制御に優れ、高い変換効率に重要な Ga 濃度勾配を作ることができる。しかし、3段階法では結晶欠陥発生を抑制できないことが明らかとなった。そこで平成29年度は結晶欠陥抑制可能な分子線エピタキシー (MBE) 法を採用した。MBE 法とは高温の結晶基板上に Cu, In, Ga, Se を同時供給し、単分子層ごとに高品質な結晶を成長させる方法である。本方法を用い、Cu 分子線強度と In, Ga 分子線強度を精密に計測することで、CIGS 層の組成制御技術を確立した。これにより、平坦性の高い、結晶欠陥のない単結晶 CIGS 層の成膜に成功し、太陽電池を作製したところ、変換効率14%以上であった。

3段階法にて CIGS 層を成膜する場合、Ga 組成に濃度勾配が存在することにより、電子の拡散距離が増大し、変換効率が向上することがわかっている。MBE 法においても、その高い組成制御性により同様の濃度勾配を形成することが可能で、裏面層として CuIn_{0.3}Ga_{0.7}Se₂層を成長し、その後 CuIn_{0.6}Ga_{0.4}Se₂層を成長させることにより、連続的な Ga 濃度勾配を持ち、平坦性の高い単結晶 CIGS 層を得ることに成功した。この Ga 濃度勾配によって変換効率は増大し、変換効率17%以上となった。

CIGS 太陽電池の高効率化技術のうち、最も重要な技術はアルカリ金属添加技術である。この技術を用い、GaAs 基板上単結晶 CIGS にフッ化ナトリウム (NaF)

をドーピングし、CIGS 層成膜後に、フッ化カリウム (KF) 処理を行った。KF 処理は、CIGS 表面を平坦にすることが明らかになり、両技術によって、変換効率19%以上を達成した。さらに、単結晶 CIGS 層を熱・光処理することにより、ホール濃度を10¹⁷ cm⁻³に増大させることに成功した。この処理により直列抵抗が低減され、開放電圧および曲線因子 (FF) が向上し、変換効率20%以上を達成した。単結晶 CIGS 層を用いて20%を超える変換効率を報告したのは世界で初めての成果である。

次に集光条件下での変換効率を測定したところ、集光倍率4倍にて、変換効率22.1%を達成した。低集光にて変換効率が飽和した理由は、電極構造および窓層抵抗率の最適化を行っていないためであり、最適化を行えば変換効率はさらに向上する。

【領 域 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 太陽電池、化合物半導体

【研究 題 目】 低毒性・超高効率熱電変換デバイスの開発

【研究代表者】 太田 道広 (省エネルギー研究部門)

【研究担当者】 太田 道広、山本 淳、Jood Priyanka、Bouyrie Yohan、Chetty Raju、相原 誠、藤本 直子 (省エネルギー研究部門) 舟橋 良次、松村 葉子、鈴木 美穂、池西 ひとみ (無機機能材料研究部門) (常勤職員4名、他7名)

【研究 内 容】

熱の有効利用は省エネルギーと CO₂排出削減の重要な柱であり、特に、熱を電力として回収できる熱電変換には大きな期待が寄せられている。本研究では、産総研が米国と欧州の技術を取り込み、実用化に資する低毒性・超高効率熱電変換デバイスを開発することを目的とする。

昨年度までの研究開発において、低環境負荷の熱電変換材料としてコルーサイト (Cu₂₆A₂E₆S₃₂ (A = V, Nb, Ta; E = Ge, Sn)) の開発に成功して、さらに性能の向上を達成した。本年度は、このコルーサイトの特徴である低い熱伝導率の起源を、仏国クリスマット研究所の有する透過型電子顕微鏡技術を用いて原子レベルで解析した。その結果、金属原子が相互置換した乱れた相がフォノンを効果的に散乱し、熱伝導率を大きく低減させることを明らかにした。

カルシウム・コバルト酸化物 (p 型 Ca₃Co₄O₉ と n 型 CaMnO₃) を用いて熱電変換デバイスを作製し、空気中で様々な耐久試験を実施した。低温側を20℃、高温側を700℃に保ち、1 A の電流を発生させる条件で1800時間の連続発電試験した後でも、その出力電力は初期値の98%を維持していた。非常に優れた耐久性を実証できた。

米国アルゴンヌ国立研究所と共に、ナノ構造を形成したテルル化鉛 (PbTe) を用いて熱電変換デバイスを開発して、高温が600℃、低温が10℃という条件で非常に高い変換効率12%を達成した。この成果は、熱電変換の社会実装を進めるうえで大変重要な進展である。

さらに、米国ブルックヘブン国立研究所と共に熱電変換デバイスの開発、独国航空宇宙センターと熱電変換デバイスの相互評価を実施した。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕熱電変換、国際共同研究、元素代替、耐久性試験、ナノテクノロジー

〔研究題目〕平成29年度革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業（クリーンエネルギー技術開発）：研究テーマ7 系統協調型の分散電源大量導入技術の開発

〔研究代表者〕大谷 謙仁（再生可能エネルギー研究センター）

〔研究担当者〕大谷 謙仁、橋本 潤、
タハ セリム ウスツン、鈴木 正一、
小西 博雄、菅原 秀一
（常勤職員3名、他3名）

〔研究内容〕

IEA スマートグリッド行動計画 (ISGAN) のスマートグリッド研究施設ネットワーク (SIRFN) の各機関と共に、試験プロトコルの自動化を想定した試験プラットフォームの開発を行った。このために、SIRFN に加盟するオーストリア工学研究所 (AIT) の研究者派遣を受け、2機関での相互運用性 (Interoperability) の確保を目的として、スマートインバータの機能試験の手順・方法を実験によって明確化した。特に、既存規格である IEC TR 61850-90-7記載の機能の中から、電圧-無効電力 (V-V) 制御、周波数-有効電力 (F-W) 制御を選び、実際の蓄電池用パワーコンディショナ (PCS) に対する試験を行った。結果として、同等の試験結果を得るためには、タイミングパラメータ (ランプレートや遅れ時間等の時間に関する設定値の全て) の共通の定義が必要であることが分かった。

また、PCS のスマート化によって達成可能な電圧等の安定化の効果を検証し、通信制御を用いた最適化運用の方式を検討するため、電力系統に再生可能エネルギーが大量導入されることを想定し、再生可能エネルギーの制御方法や電力系統の制約を考慮できる潮流計算を実施できるシミュレーションプログラム (SoRA-Grid) の開発を行った。具体的には、周波数を考慮した潮流計算のモデル化手法の検討、系統シミュレーションへのディーゼル発電機の実装検討、および、系統シミュレーションソフトの課題抽出を行った。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕太陽光発電、電力変換、スマートグリッ

ド

〔研究題目〕研究テーマ⑧「CO₂フリー水素社会を見据えた高効率・安価な水素貯蔵・利用技術開発」

〔研究代表者〕榊 浩司（創エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕榊 浩司、浅野 耕太、
Kim Hyunjeong、中村 優美子、
Lu Yanshan、石山 智大（省エネルギー研究部門）（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

目標：

CO₂フリー水素社会を見据えた高効率・安価な水素貯蔵・利用技術に必要な要素技術の開発を行う。具体的には、水素の高効率な貯蔵技術として、材料のナノ構造界面を利用した新たなコンセプトに基づくマグネシウム系高容量水素吸蔵合金の開発に取り組む。また、水素利用技術として、300℃近傍で作動する新規なリン酸塩ガラス系プロトン伝導性固体電解質を用いた燃料電池システムの電極材の開発に取り組む。

年度進捗状況：

今年度はより小さなサイズの Mg クラスタを得ることで MgH₂の不安定化を促進することを狙って、Mg 組成と材料作製条件だけでなく、出発原料に水素化物を使用するなど工夫し、種々の Mg-Mn 系合金を創製した。Mg_{0.25}Mn_{0.75}および Mg_{0.30}Mn_{0.70}などで平衡水素放出圧力が高压側に向かって傾斜し、250℃での水素の吸蔵・放出が認められ、MgH₂を不安定化させることに成功した。電子顕微鏡観察により、水素を吸蔵した Mg_{0.25}Mn_{0.75}中には数 nm オーダーの MgH₂が高分散していることが確認された。

長周期積層合金 (LPSO) では、今年度は合金構成遷移金属として Pd および Cu を選択し、Mg-Y-X および Mg-Gd-X 系の LPSO 合金の創製に挑戦した。また、ボルドー大学における超臨界流体を用いた触媒添加技術を利用して合金の水素吸蔵特性の向上を試みた。ナノメートルサイズの触媒を添加することでより低温での水素と合金の反応性が向上し、200℃でも触媒添加が無い場合と比べて反応開始までの潜伏期が短く、水素を吸蔵・放出できることが明らかとなった。また、デルフト工科大学にて3元系合金薄膜をマグネトロン多元同時スパッタ法で LPSO 組成の薄膜試料の合成および水素吸蔵特性評価を実施した。今回試作した薄膜材料は120℃でも水素を吸蔵・放出できることを見出した。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕水素貯蔵、ナノ構造、燃料電池

〔研究題目〕過酷温度環境作動リチウムイオン二次電池の開発

〔研究代表者〕朝倉 大輔（省エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 朝倉 大輔、細野 英司、松田 弘文、
河島 明美、嶋田 陽子、木之下 彩子
(常勤職員3名、他3名)

〔研究内容〕

二酸化炭素の排出量を削減し、地球温暖化対策のキーテクノロジーとして、リチウムイオン電池 (LIB) 開発は近年、小型の携帯やノート PC 用途から自動車や定置用等の大型用途にも展開され始めた。一方で、最新鋭航空機の発煙事故に代表されるように、安全性の毀損が極めて大きな問題として表面化することとなった。特に低温運用による特性劣化が注目され、金属リチウムの成長による短絡が原因として考えられているが、そのメカニズムは未解明であり、抑制手法も考案されていない。本研究では、低温等の過酷な温度環境での劣化メカニズムの解明と、その抑制法の考案に基づく実用化への検討を分野融合的国際共同研究体制のもと進め、安全性を備えた低コスト・高容量電池の実現と社会への普及を目指す。

H29年度は、①低温環境下におけるリチウムイオン二次電池 (LIB) の電気化学特性評価と安全試験、②低温環境下における劣化機構解明のための LIB の電子状態解析と先端放射光分析手法の開発、③低温対策を施した電極材料の開発を実施し、④欧州の研究機関と連携し、電池シミュレーションや電池内部の非破壊観察を目的とした研究を推進した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 リチウムイオン二次電池、電気化学、放射光分光

〔研究題目〕 平成29年度革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業 (3D ライダーと AI による風況フルスキャニング手法の開発)

〔研究代表者〕 小垣 哲也 (再生可能エネルギー研究センター)

〔研究担当者〕 嶋田 進、小垣 哲也、川端 浩和、永見 武司 (常勤職員4名)

〔研究内容〕

本研究は、近年発展が著しいライダー (レーザーによる風計測装置) と人工知能 (機械学習) の2つの先端技術を融合し、実フィールドにおける風況の3次元構造を詳細に計測できる手法の開発を目指すものである。この新たな風計測技術を開発する本テーマは、従来の気象観測マストを用いた手法を格段に進化させるもので、将来的に風車制御技術と融合することでウィンドファーム全体の最適制御を実現するというイノベーション創出にチャレンジするものである。

平成29年度は、単一のライダーを用いて遠方の風向風速を推定する技術を開発した。国立研究開発法人港湾空港技術研究所・波崎海洋研究施設の観測棧橋において、産総研が所有している3D ライダーを用いた野

外実験を開始した。海岸線から400 m 沖合の棧橋先端に設置された風向風速計をターゲットにレーザーを照射し、そこから得られる視線風速を風向風速に変換する式をニューラルネットワークを適用して自己導出した結果、従来の DBS 法 (Doppler Beam Swinging method) よりも優れた結果が得られることを確認した。国際共同研究についても着実に進め、オランダ大使館主催のセミナーにおいて、オランダ・エネルギー研究センター (ECN) および産総研の双方から当該プロジェクトでの連携内容や意義について共同発表した。また、ドイツ・風力エネルギー研究センター (ForWind) との共同研究状況としては、産総研研究員が ForWind を訪問し、3D ライダーの解析技術に関する意見交換を行った。得られた知見を国内で実施した野外観測条件の修正および解析プログラムの開発に反映した。

〔領域名〕 エネルギー・環境、情報・人間工学

〔キーワード〕 風力発電、遠隔風計測、スキャニングライダー、人工知能技術、ニューラルネットワーク

〔研究題目〕 平成29年度革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業 (革新的省エネルギー技術開発)

研究テーマ1. (1) 第3世代パワー半導体 β -Ga₂O₃ の高品質化・高性能化技術

〔研究代表者〕 伊藤 利充 (電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕 伊藤 利充、富岡 泰秀、渡邊 幸志、山田 寿一、清水 三聡
(常勤職員5名)

〔研究内容〕

電力変換等に用いられるパワー半導体で生じる電力損失をいかに小さく抑えるかが CO₂ 排出量削減に向けて重要な課題となっている。各種パワー半導体の中でも β -Ga₂O₃ は高性能・低コストを両立できる有望な第3世代パワー半導体として期待されている。本研究では材料本来の高い性能を発揮できるよう、高品質なウエハ用 β -Ga₂O₃ 大型単結晶を開発することに重点をおき、材料物性を通じて結晶の品質を評価するとともにパワーデバイスの高性能化に必要な信頼性の高い物性値を解明する。

(1) 結晶育成装置の開発、(2) 高品質大型結晶育成、(3) 材料評価を研究課題とした。(1) の高出力レーザーシステムに関してフラウンホーファー研究機構と国際共同研究を展開する。

(1) 結晶育成装置の開発：1 kW クラス低出力レーザーシステムを用いた結晶育成炉の完成を計画した。低融点材料を用いて熔融試験を行い、熔融ゾーンの形状など結晶育成炉に要求される条件を満たしていることを確認した。以上を基に、フラウンホーファー研究機構において高出力レーザーシステムの仕様の打ち合わせを行った。

(2) 高品質大型結晶育成：従来の結晶育成装置を用い

て β -Ga₂O₃結晶の高純度化を計画した。結晶製造各工程での不純物混入経路を追究し、混入防止対策により、ドナー元素であるSiの結晶中濃度を2 ppmに抑制することに成功した。その成果を利用してドーパントの精密制御に取り組み、Siドーピング濃度が 10^{17} /cm³、 10^{18} /cm³、 10^{19} /cm³の三段階の結晶を得た。

(3) 材料評価：接合作製技術の確立を計画した。金蒸着によりショットキー接合を、チタン蒸着によりオーミック接合を再現性良く実現させることに成功した。IV/CV測定による素子評価技術を確認した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 第3世代パワー半導体、高品質結晶、レーザー加熱結晶育成法

【研究題目】 平成29年度革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業（革新的省エネルギー技術開発）研究テーマ2. (2) 光反応による低消費電力型製造プロセスとグリーンデバイスの開発

【研究代表者】 土屋 哲男（先進コーティング技術研究センター）

【研究担当者】 土屋 哲男、真部 高明、山口 巖、木嶋 倫人、鈴木 宗泰、中島 智彦（常勤職員6名）

【研究内容】

本プロジェクトでは、産総研が開発した化学溶液や光反応を用いることで、室温、大気中で高速に太陽電池、ディスプレイ、照明、センサに使われている機能性セラミックス膜（透明導電膜、酸化物半導体、極限センサ膜）を製造する低消費電力型の次世代型プロセスを開発し、産業構造改革によるエネルギー消費の大幅削減を目的とする。また、産総研で開発した蓄光材料、酸化物半導体膜をデバイスに組み込むことで、残光型有機EL照明（オーストラリア連携）、更には、パワエレ用モジュール電子部品（米国連携）、高耐熱の極限センサ、などグリーンデバイスを開発し、省エネルギー社会の構築に向けた基盤技術を開発する。

当該年度は、フレキシブルセラミックス低消費電力型プロセス開発（透明導電膜、酸化物半導体）において、室温結晶膜製造用の光反応性ナノ粒子インクを、液相マイクロ波プロセス法、水熱合成法、ソルボサーマル法を用いて、各種酸化物ナノ粒子（透明導電酸化物、酸化バナジウム、酸化スズ）の合成実験を行い、短時間での単相の透明導電酸化物の合成法を開発した。また、仕事関数が高い酸化物膜をフィルム上に作製するため、光反応による低温薄膜形成を検討し、酸化スズ、酸化バナジウム更には酸化モリブデン膜をポリイミド基板上やPET基板上に作製することに成功した。特に、樹脂上の透明導電膜の作製では、ナノ粒子溶液の高度化と照射条件を最適化することで、室温でタッチパネルの仕様を満たす

透明導電膜（PET基板上に85Ω/□、透過率83%（550nm））を開発した。これらの技術を用いて有機ELデバイスをCSIROで作製し、特性評価を行った結果、レーザー処理した膜において未処理材料（コントロール）と比べて25%の高効率化に成功した。

更に、パワーエレクトロニクス用受動部品の開発では、金属基板への低温成膜プロセスを開発するとともに、ピスマス層状構造強誘電体（BLSFs）をAD法により金属箔上へ堆積し、500℃で熱処理を施したところ、比誘電率が213以上を示した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 グリーンデバイス、光MOD、金属有機化合物堆積（MOD）法、透明導電膜、フレキシブル

【研究題目】 平成29年度「高度な自動走行システムの社会実装に向けた研究開発・実証事業：専用空間における自動走行等を活用した端末交通システムの社会実装に向けた実証」

【研究代表者】 加藤 晋（知能システム研究部門）

【研究担当者】 加藤 晋、有隅 仁、川端 伸一郎（知能システム研究部門）、橋本 尚久、Thompson Simon、阪野 貴彦（ロボットイノベーション研究センター）（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

本事業では、2020年以降に実現が期待される、専用空間における自動走行等を活用した端末交通システムを対象として、安全性・社会受容性・経済性の観点や、国際動向等を踏まえつつ、必要な技術開発と実証を通じて、その社会実装に必要な事業環境等を整備することを目的としている。なお、『日本再興戦略』改訂2015』において「改革2020」プロジェクトとして位置づけられている、高齢者等の移動手段については、この技術開発や実証等を通じて、2020年にショーケース化を目指している。そこで本研究開発では、自動走行技術を取り入れた地域の活性化等につながる新しい交通手段の実現と社会実装を目指し、導入場所の特徴や事業性などを鑑みて、小型電動カートと小型バスという乗車人数の異なる車両を用い地域に応じた運行管理システム等の開発を行っている。

平成29年度は、各車両の開発と共に、1) 基準策定に向けた研究開発として、端末交通システムの要件を整理し遠隔操縦のための通信環境やカメラ配置等を検討、実証評価用車両における制御機能の構築と、自動走行と遠隔制御等の検証、遠隔監視・操作制御を含む運行管理システムの構築と検証、実証評価用車両（6人乗り、車椅子対応）の開発、乗り心地の改良検証を行った。また、2) 実証実験における課題抽出として、実証評価地域に

おける事業性、採算性の検討、技術検証、実証実験を開始した。さらに、3) 社会受容性の構築と実証実験における評価検証として、実証実験における受容性評価と調査計画、端末交通システムの在り方と社会受容性の検討、事業面の検討と評価を行った。実証評価に向けては昨年度に選定した実証評価地域の環境整備を行い、特に小型電動カートを活用した沖縄県北谷町、石川県輪島市での実証実験を先行的に開始し、福井県永平寺町においても積雪路面での自動走行などの技術実証などを行った。輪島市では国内初の試みとして12月に公道での車両内無人の遠隔型自動走行も実施し、これらを報告書にまとめている。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】自動運転、自動走行、遠隔監視・操作、ラストマイル自動走行、ラストマイルモビリティ、端末交通、実証評価、社会実装

【研究 題 目】平成29年度省エネルギーに関する国際標準の獲得・普及促進事業（省エネルギー等国際標準 共同研究開発：IoT 社会実現に向けた住宅設備連携における機能安全に関する国際標準化）

【研究代表者】小島 一浩（知能システム研究部門）

【研究担当者】小島 一浩、関山 守、谷川 民生、江崎 正、西尾 秀樹（常勤職員3名、特定集中研究専門員2名）

【研究 内 容】

様々な生活データが集約されるスマートハウスを軸として、そのデータを他の産業で活用することで、IoT 社会のイノベーションが期待される。一方、住宅外で生成される他産業のデータを活用することで、付加価値の高いサービスをスマートハウスにおいて提供可能となる。これらデータ収集および各種サービス提供においては、住宅設備のネットワーク連携が必要となる。しかし、現状では、住宅設備機器のネットワーク化において、センサー情報や制御情報の優先度が規定されておらず、安全に設備作動をさせる指針がない。本事業では、上記の指針として、住宅設備連携における機能安全規格に関する国際標準の開発と提案を行う。具体的には、IoT を活用したスマートハウスの実証実験を行いつつ、ネットワーク化された設備機器の連携動作によるユースケースを抽出し、安全性におけるリスクアセスメントを行う事で、機能安全規格としての規定内容を明確にし、国際提案する。本事業で開発される標準で住宅設備連携における安全性が確保され、IoT を活用したスマートハウスが普及することにより、電力消費量を削減し省エネルギー化に貢献する。

29年度は、NP 案を事務局にて作成、規格作成 WG で修正し、平成29年7月に IEC SyC AAL に提案をおこ

なった。その結果、同年9月に米国・クリーブランドで開催された SyC AAL 総会で承認された。また、周辺規格の動向調査として、SEG9に出席し情報収集を行った。WD 原案の構成として、IEC61508、ISO26262、ISO13482を参考に事務局案を作成し、規格作成 WG にて議論を行い、WD を作成した。IEC61508、ISO26262、ISO13482を本規格の参考とするため、適合性評価に関する調査を行った。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】IoT、住宅、安全、国際標準

【研究 題 目】スマートマニュファクチャリングに関する国際標準化・普及基盤構築

【研究代表者】加納 誠介（製造技術研究部門）

【研究担当者】加納 誠介、増井 慶次郎、近藤 伸亮、古川 慈之、Ryabov Oleg、松本 光崇、大岩 寛（常勤職員7名、他1名）

【研究 内 容】

ものづくりに関わる情報を高度に活用したスマートマニュファクチャリングを実現するためには、生産管理・機器制御システムと生産機器をつなぎ、情報を共有する場としての「プラットフォーム (PF)」を構築することが必要である。そこで PF 構築のためのガイドラインとなる「プラットフォーム・リファレンスモデル」を開発し、国際標準規格として提案することを目的とした事業を富士通とともに実施した。本プロジェクトは3年間の事業で平成29年度は2年目である。

本プロジェクトは、国際標準提案を念頭に置いた「プラットフォーム (PF)・リファレンスモデルの検討」及び「実証実験」から構成されている。PF は、プロファイル、及びプロトコルにより構成される。プロトコルについては旧来のシステム、情報との互換性を最大限に確保することが必要であり、既存規格を利用することとし、本事業ではプロファイルについて検討した。例えば、異なる情報モデルについては、単一の国際標準規格によりデータ連携を担保するのは困難と考えられるため、今後の課題として国際標準提案について検討を進めることとした。国際標準提案に向けた活動では、IEC/SC65E/ahG1 において、情報互換性を担保するスマート製造情報モデルの必要性が議論され、平成29年12月末に報告書が発行され、各国に意見募集があり、本事業から、情報モデルの拡張ルール策定について、回答を提起し、国内委員会回答に採択された。提案先である IEC/TC65 と関連する議論を展開する ISA-95会議 (2/28~3/2) に参加し、我々の問題意識と提案項目について説明し、概ね理解された。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】スマートマニュファクチャリング、ものづくりと情報技術の融合、国際標準化

・産業技術研究開発委託費

【研究題目】ハイパースペクトルセンサー・データの高度利用等に係る研究開発

【研究代表者】土田 聡（地質情報研究部門）

【研究担当者】土田 聡、岩男 弘毅、山本 浩万、小畑 建太、浦井 稔、堂山 友己子（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

地球観測の中で高波長分解能を有するハイパースペクトルセンサーは、高波長分解能のデータを取得することができるため従来センサーに比較し、より詳細な対象物の性質分析が期待される。経済産業省が現在開発中の国際宇宙ステーション（ISS）に搭載したハイパースペクトルセンサー（以下、HISUI）により取得されるデータ（以下、HISUI）を活用するためには、校正・検証の技術開発が不可欠である。当部門では、代替校正、相互校正、校正アーカイブシステムの開発およびデータの処理アルゴリズム、特に大気補正プロダクトに係る作成処理技術を実施した。代替校正については、反射板校正について取り組んだ。現地観測で基準となる反射板の室内実験による校正手法の技術開発を進めた。また、代替校正実験については、ハイパースペクトルセンサーをISSに搭載することによって生じる観測頻度減少・観測条件悪化に対応すべく、自動観測サイトの整備にあたった。

相互校正に関しては、米国によるISS搭載予定のCLARREO Pathfinder (CPF) を対象として、感度解析アルゴリズムにおける入力変数をより現実的なものに発展させて感度解析を行った。結果より、大気窓における相互校正時では大気変数の正確な推定の必要性は低いことが明らかとなり、また、太陽照度モデル値の精度改善が相互校正の精度改善に比較的寄与することを確認した。それら解析結果にもとづき相互校正のエラーバジェット表の作成を開始した。また近似した不確かさの正確さについて検証するための実験方法を提案し、実験結果から近似した不確かさは十分な正確さであることを確認した。さらにマルチスペクトルセンサーの相互校正アルゴリズムの概念設計を行った。

次に、校正アーカイブシステムについては、校正アーカイブシステム構築に向けた開発環境の整備及び実装を進めた。平成29年度までにHISUI地上系開発会議にて討議・決定された内容にもとづいてインターフェースに係る部分の更新及びラジオメトリックDBフォーマットの更新を行った。システムの機能性を高め情報セキュリティを確保するため、内部アーカイブ機能の更新やディレクトリ構成・アクセス権の再検討及び更新を行った。校正アーカイブシステムを用いた校正運用のための文書（「校正アーカイブシステムに係わる文書（案）」）を新たに作成した。ラジオメトリックDBに関しては、平成29年度の校正WG会合において議論・決定されたラジ

オメトリックDBに関する修正項目をラジオメトリックDBに反映させた。またラジオメトリックDB生成ソフトの作成・改修を行い、ラジオメトリックDB更新手順を作成した。

最後に大気補正処理については、ISS搭載に対応すべく、大気補正手法及びユーザへ補正情報を提供するためのサービス機能を追加する開発環境を整えた。また、検証計画を実施するために必要な技術を取りまとめた。

全ての研究開発の結果を踏まえて、今年度も校正技術及びデータ処理アルゴリズムの研究開発に係る、「ISS HISUI ハイパースペクトルセンサー放射量校正計画書」「ラジオメトリックDBに入るパラメータ定義書」「大気補正処理アルゴリズム理論記述書」の三文書を更新した。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】衛星画像、校正・検証、ハイパースペクトルセンサー、ISS

・工業標準化推進事業委託費

【研究題目】戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発・普及基盤構築事業：生活支援移動ロボットの非接触センシング技術に関する国際標準化）

【研究代表者】角 保志（ロボットイノベーション研究センター）

【研究担当者】角 保志、藤原 清司、中坊 嘉宏（ロボットイノベーション研究センター）、金 奉根（知能システム研究部門）、山田 陽滋（名古屋大学）（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

本事業は、ISO 13482で規定される生活支援ロボットの中で、移動ロボットに関する非接触センシング技術の試験方法に関する国際標準化を行うことを目的とする。以下の研究開発を実施する。

- ① 非接触センサーの人検知性能が、気象現象から受ける影響についての評価基準を策定し、試験方法を開発する。平成29年度は、昨年度までに開発した環境シミュレータ装置を改良し、実験で得られる基盤データと知見を取りまとめて試験方法を策定した。降雨に関しては、降雨環境試験装置で複雑な試験片の移動制御を行うためのスライダ制御装置を開発した。降雪に関しては、模擬降雪装置と前年度開発した模擬降雪定量化装置を組み合わせ、模擬降雪環境試験装置を開発した。霧に関しては、霧環境シミュレータを開発し、霧空間におけるセンサー評価試験方法を開発した。
- ② 非接触センサーの人検知性能が、検知対象の部位の移動・運動によってどのような影響を受けるかについての評価基準を策定し、試験方法を開発する。平成29年度は、IEC/TR 62998-2原案における生活支援移動

ロボットのSRSS (Safety-Related Sensor System、安全関連センサシステム) のインテグレーション事例の策定に関する基盤データの取得を行った。また、同事例を実際のロボットシステムによって実証するためのシステムを開発した。さらに、移動ロボットと歩行者との相対速度計測の信頼性を評価するための実験を実施した。

- ③ 開発した耐外乱試験方法と対人運動検知性能試験方法をとりまとめ、規格素案を策定する。平成29年度は、降雨、霧環境試験装置による試験方法を策定した。また、IEC/TR 62998-2 原案を策定し、IEC/TC44/WG14に提案した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 生活支援移動ロボット、安全センサ、性能評価、国際標準化

〔研究題目〕 戦略的国際標準化加速事業 (国際標準共同研究開発事業：水素燃料計量システム等に関する国際標準化)

〔研究代表者〕 高辻 利之 (工学計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 高辻 利之、寺尾 吉哉、森岡 敏博、神長 亘、平山 徹
(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

燃料電池自動車への水素燃料の充填に際して用いられる水素燃料計量システムの高精度化を目的として、研究を行った。

脱圧量算定方法に関しては、実際の配管仕様と充填終了圧から算定される脱圧量と脱圧した水素ガスを流量計で実測した量の比較試験を行った。その結果、流量計の計測精度や接続配管容積の見積りが原因と考えられる大きな差が確認された。

また、水素燃料計量システムに用いられている3社のコリオリ流量計について特性評価試験を行った。その結果、特性に定性的・定量的な差異が見られたが、全体の傾向としては、基準流量計の精度向上、データ取得システムの改良、および、試験設備の性能向上等の理由により、昨年度の結果に比べて偏差が小さくなった。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 国際標準化、水素燃料計量システム、燃料電池自動車、水素ステーション、コリオリ流量計、法定計量

〔研究題目〕 戦略的国際標準化加速事業：政府戦略分野に係る国際標準開発活動 (非直交光学式座標測定システムの精度評価法に関する国際標準化)

〔研究代表者〕 阿部 誠 (工学計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 阿部 誠、高辻 利之、佐藤 理、松崎 和也 (常勤職員4名)

〔研究内容〕

非直交光学式座標測定システム (以下「非直交光学式CMS」という) の性能評価法の国際標準化を日本が主導して推進し、日本製品の市場獲得を後押しし得るISO 国際規格を制定することを目的とする。ISO/TC213/WG10において平成31年度末までに非直交光学式CMSの性能評価法のDISの登録(40.00)1件を達成することを目標とする。平成29年度は事業の1年度目として、ISO 10360-13「非直交光学式座標測定システム」新規プロジェクト案投票の承認(00.99)を目標とする。

平成29年9月のISO/TC213/WG10東京会議において非直交光学式CMSの性能評価法規格をNWIP投票に付す議決を得た。これに基づいてNWIP投票が平成29年11月に開始され、平成30年1月26日に締め切られた。投票結果は賛成12票、反対0票、棄権6票により承認となった。さらに平成30年2月に開催のISO/WG10ロンドン会議においてNWIP投票が賛成多数で承認となったことが報告され、これにより非直交光学式CMSの性能評価法に対し、正式に10360-13の番号が付与され、当初計画を上回る成果(20.20:WDの検討開始)を得ることができた。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 座標測定、座標計測、光学式、非接触、非直交

〔研究題目〕 戦略的国際標準化加速事業：政府戦略分野に係る国際標準開発活動「再生医療製品の製造に対して有効なフレキシブルモジュラープラットフォームの要となる無菌接続インターフェースに関する国際標準化」

〔研究代表者〕 廣瀬 志弘 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 廣瀬 志弘 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

再生医療等製品は滅菌ができないため、無菌操作法に基づく製造工程の構築が必要である。再生医療等製品の製造工程は極めて煩雑であり、多くの設備・機器が使用されている。また、製造期間は、数週間から数カ月と長期であることが多く、厳密な無菌性の維持が不可欠なため、汚染源である作業員から製品を物理的に隔離し、無菌環境の維持が長期にわたって可能なアイソレータシステムが有望であり、無菌的に装置群を脱着するための接続インターフェースが大きな役割を果たす。既に、無菌製剤製造においてはISO/TC198/WG9にて、ISO13408-6(アイソレータシステム)が策定済みであるが、再生医療等製品製造に対応する国際規格は未策定である。フレキシブルモジュラープラットフォーム(fMP)の要となる無菌接続インターフェースの国際標準化を行うことで、原料から最終製品まで一貫した無菌操作を達成でき

るとともに、製造コストを抑制するシステム構築が可能となる。また、アイソレータ本体や様々な周辺装置を含めたアイソレータシステムに対し、固有技術を有する企業間の相互開発や新規参入を容易にし、再生医療分野における産業拡大へと導き、日本が得意とする要素技術のシステム化をもたらし、本産業分野における製造技術の国際競争力を高めるものと考え。

ISO/TC198/WG9国内委員会および無菌接続インターフェース有識者委員会において、無菌接続インターフェースの内容を含めた ISO WD 13408-6について議論し、CD 投票に向けた国内コンセンサスを得た。その後、ISO/TC198/WG9国際会議にて、ISO WD 13408-6に対するコメント収集と議論を継続した結果、全てのコメント対応が終了し、本年度の目標（規格開発段階:20.60）を達成した。現在、CD 投票期間中である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】再生医療、無菌操作、アイソレータ

【研究 題 目】戦略的国際標準化加速事業：政府戦略分野に係る国際標準開発活動「手術ロボットに関する国際標準化」

【研究代表者】鎮西 清行（健康工学研究部門）

【研究担当者】鎮西 清行、鷲尾 利克、小関 義彦（常勤職員3名）

【研究 内 容】

本研究課題は、手術ロボットとその周辺機器等の関連分野に関して、国際標準として盛り込むべき内容、我が国の強みを踏まえた標準化戦略と、その一環として今後強化をはかるべき点につき提言して、国際提案へつなげるものである。

平成28年度においては、ISO/TC 299/IEC/SC 62D/JWG 35にてプロジェクトリーダー国として安全性規格 IEC 80601-2-77の策定を進め、その結果2017年11月より DIS 投票を行い、賛成多数にて通過した。CD2は行わなかった。2018年4月にコメント対応を行い、2018年6月に FDIS、2018年12月に IS とする予定である。

また同規格案の国内審議委員会として国内の産学官の有識者からなるワークグループ（「手術ロボット国際標準化国内検討委員会」）を組織し、4回開催した。このほか、当該分野の技術、開発状況につき調査した。

また昨年度まで、本事業により策定作業に参画してきた医用電気機器の自律性（degree of autonomy）に関するテクニカルレポート IEC TR 60601-4-1:2017が発行された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】手術ロボット、医用電気機器

【研究 題 目】戦略的国際標準化加速事業：政府戦略分野に係る国際標準開発活動「発光株化培養細胞の保存管理法に関する国際標準

化」

【研究代表者】中島 芳浩（健康工学研究部門）

【研究担当者】中島 芳浩、野田 尚宏、丹羽 一樹（常勤職員3名、他1名）

【研究 内 容】

本事業では、細胞培養メーカーや細胞バンク等の細胞保存施設、および細胞を使用するユーザーにおける発光培養細胞の品質管理の客観性を担保するため、

- ① 発光計測装置の絶対値校正法等を活用した計測精度管理方法
- ② 遺伝子解析によって得られる情報に基づいた発光培養細胞の品質検定のため簡便な測定方法を構築し、これらの技術的要求事項の規格文書原案を作成し、ISO/TC276バイオテクノロジーでの国際標準化提案を目指す。規格原案の作成では、国内ステークホルダーにより構成される国内ワーキンググループにおいて検討し、ワーキングドラフトおよび Form4を完成させるとともに、遺伝子検定法に関する規格については、「光学測定に基づくセルベースアッセイに関する一般的定義および最少要求事項」の中の Annex として記載することとし、全体で1本の強い規格とすることとした。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】標準化、発光細胞、セルベースアッセイ

・化学物質安全対策委託費

【研究 題 目】ナノ材料気管内投与試験法等の国際標準化に関する調査

【研究代表者】蒲生 昌志（安全科学研究部門）

【研究担当者】蒲生 昌志、篠原 直秀、竹下 潤一、藤田 克英、山本 和弘、丸 順子、小原 佐和枝、遠藤 茂寿、柳橋 智子（常勤職員5名、他4名）

【研究 内 容】

ナノ材料の安全性評価手法である気管内投与試験方法と同等性判断基準の国際標準化に関する活動を行った。具体的には、以下の通りである。

経済産業省「ナノ材料の安全・安心確保のための国際先導的安全性評価技術の開発」プロジェクト（平成23年度から27年度）（以下、METI ナノ安全プロジェクト）で開発された気管内投与試験方法について、5つの動物試験機関によるラボ間比較試験を実施した。そこでは、2種類の形状の異なるカーボンナノチューブ（CNT）として単層 CNT と多層 CNT を用いて炎症反応の確認を行った。そのために、それぞれのナノ材料について、試料調製、キャラクタリゼーション、気管内投与試験、肺組織中ナノ材料分析、気管支肺胞洗浄液検査、肺の病理組織学的検査等を実施した。

得られた知見に基づいて気管内投与方法に関する議論を行い、「手順書 ラットを用いたナノ材料の気管内投与試験の標準的手法」の改良を行った。

気管内投与試験方法及び同等性判断基準に関する成果の発信としては、OECD WPMN（ナノ材料作業部会）の第17回会合と第18回会合に参加し、意見の表明やガイダンス作成提案を行った。

また、昨年度及び今年度の事業での検討及び METI ナノ安全プロジェクトでの成果を事業者に発信するため、外部の講師の方々も招聘し、2018年1月29日に産業技術総合研究所臨海副都心センターにて、シンポジウム「ナノ材料の安全性評価の現在：国内外の状況と気管内投与試験方法」を開催した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ナノ材料、同等性、キャラクタリゼーション、有害性評価、体内動態、炎症反応、気管内投与試験、ラボ間比較、国際発信

【研究 題 目】 発光レポーターを導入したマウス初代肝細胞を用いた *in vitro* 肝毒性試験法開発に関する調査

【研究代表者】 中島 芳浩（健康工学研究部門）

【研究担当者】 中島 芳浩、安部 博子、室富 和俊（常勤職員3名、他1名）

【研究 内 容】

本調査研究では、発光レポーター導入トランスクロモソミックマウスの凍結初代肝細胞を用いた *in vitro* 肝毒3次元培養による *in vitro* 肝毒性試験系の汎用性向上に向け、凍結肝細胞の品質向上のための細胞凍結方法の最適化について検討した。その結果、コラゲナーゼ灌流条件の改良、凍結保存溶液および凍結用容器を最適化することで昨年度よりも凍結肝細胞の品質が改善されたことを3次元培養により確認した。さらに、凍結肝細胞を用い陽性および陰性物質を長期暴露する *in vitro* 毒性試験を実施、品質を改善した凍結肝細胞を用いることで試験系の精度が向上する可能性が示唆された。今後、更に多くの被験物質を用い、当該 *in vitro* 毒性試験系の判定基準の妥当性を検討する必要があるが、今年度実施した試験結果より現在設定している判定基準に問題はないことが示唆された。

以上、当該調査研究では、初代肝細胞の凍結方法を改良し、*in vitro* 毒性試験系での検証と施設間再現性について確認した。本調査研究の成果により当該試験系の汎用性が大きく向上したものと考えられる。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 ルシフェラーゼ、3次元培養、レポーターアッセイ、人工染色体ベクター、化学物質毒性評価

・非化石エネルギー等導入促進対策調査等委託費

【研究 題 目】 平成29年度水素導管供給システムの安全性評価事業（水素導管の大規模損傷リスク評価）

【研究代表者】 久保田 士郎（安全科学研究部門）

【研究担当者】 久保田 士郎、松木 亮、椎名 拓海、佐分利 禎、牧野 良次、高橋 明文、緒方 雄二、若林 邦彦、松村 知治、杉山 勇太、金山 正明、高柿 大輔、出雲 充生、河辺 圭美、佐藤 利明（常勤職員10名、他5名）

【研究 内 容】

水素エネルギーの利活用を強力に推進する手段として水素パイプラインの整備が期待されている。想定される新設の中低圧水素導管供給システムの安全を確保するため、周辺への火災や爆風等の影響を明らかにすることは重要である。本研究では、他工事等による掘削坑を模擬したモデル坑中において埋設導管が損傷することを想定し、坑内に放出された水素が着火した際の周囲影響を評価した。実験条件として、掘削坑モデル（深さ1.3 m、幅および奥行き0.3-1.2 m）内における埋設水素導管の損傷（供給圧0.1-0.5 MPa、孔径φ10 mm、埋設深さ1.2 m）を想定し、漏えい流量および掘削坑の大きさを変化させて水素漏えい・着火影響実験を実施し、漏えい流量や掘削坑の大きさ等が漏えい水素濃度や爆風圧等に与える影響を調査した。

その結果、モデル坑のサイズと水素放出流量によって、坑内の水素は異なる燃焼挙動を示すことが明らかとなった。実験結果を元に、爆風圧を評価するためのモデルを提案した。特に、放出孔φ10 mm、放出圧力0.1 MPaの放出条件では、着火時の爆風による過圧ピークの上限值を、モデル坑の辺長さをを用いて整理した。また、これらの爆風圧評価モデルの適用範囲は水素放出条件に依存することが確認された。これらの結果は事故発生時のリスク評価に資するものである。実験で得られた漏えい水素濃度や爆風圧等について、シミュレーションにより再現、比較検証を行い、掘削坑内における漏えい水素の着火影響について、シミュレーションが可能かどうかについて検証した。実験と比較し、いくつかの条件で良い一致を得た。また、モデル坑内水素燃焼に起因する爆風の発生メカニズムを示した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 水素、導管供給、漏えい、着火、影響評価

・希少金属資源開発推進基礎整備事業

【研究 題 目】 アンチモンに選択性を発現する吸着分離剤の開発

【研究代表者】 尾形 剛志（環境管理研究部門）

【研究担当者】 尾形 剛志、成田 弘一、大石 哲雄、鈴木 智也（常勤職員4名）

【研究 内 容】

銅電解精製で使用される銅電解液には不純物としてアンチモン、ビスマスなどが含まれ、これらの成分が一定

濃度を超えると製品である電気銅の品質に影響を及ぼすことから、不純物除去プロセスが必要となる。一方でアンチモンは樹脂等の難燃助剤などに用いられており、今後の使用量増加が見込まれるが、その生産は一部の国に集中しており、供給構造の脆弱性が指摘されている。このような現状のもと、銅電解液からの効率的なアンチモンの回収を検討している。現行の不純物除去プロセスにおいて広く用いられている吸着剤ではアンチモンとともにビスマスや鉄などが吸着してしまうため、後段において分離プロセスが必要となる。ここで、アンチモンを選択的に吸着分離することができれば、銅電解液から資源としてアンチモンを効率的に回収することが可能となる。しかしながらアンチモンはビスマスと同族であるため化学的性質が類似しており、湿式分離においては相互分離が極めて困難な系である。

本研究では銅電解液からのアンチモンを選択的に吸着分離・回収するため、アンチモンに選択性を有する天然高分子タンニンを原料とした吸着剤の開発を目的とする。本研究の結果、タンニン吸着剤による銅電解液中の不純物であるアンチモン、ビスマス、ヒ素吸着の硫酸や塩酸濃度依存性および塩化物イオンや酒石酸塩濃度依存性を明らかにした。また、タンニン吸着剤および市販吸着剤について銅電解液の実液に近い条件で選択性、吸着速度、耐久性等の項目において評価を行ない、実液に近い条件においてもタンニン吸着剤はアンチモンに高い選択性を有していること、吸着速度も市販吸着剤と同程度に高いことを明らかにした。

【領域名】 エネルギー・環境

【キーワード】 アンチモン、非鉄製錬、レアメタル

【研究題目】 探査基盤技術高度化支援事業

【研究代表者】 高倉 伸一（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】 高倉 伸一、大野 哲二、児玉 信介、高木 哲一、小森 省吾、光畑 裕司、坂野 靖行（地質情報研究部門）
（常勤職員7名）

【研究内容】

本事業では、各種鉱物資源データ統合化と物理探査技術検証の2つのテーマを担当している。前者はアジア地域の地質・鉱物資源データ統合化、分光反射スペクトルライブラリ整備、鉱物資源データの追加・統合化の評価の3つのサブテーマがあり、後者は岩石の電気物性データベースの整備と IP (Induced Polarization) 法電気探査技術の検証の2つのサブテーマがある。

アジア地域の地質・鉱物資源データ統合化に関しては、“Mineral Resources Map of Asia” (GSJ, 2014) の地質情報のうち、小規模鉱床2,330件について位置情報等を更新したデータを、GRIAS (Geo-Resource Information System: 資源地質情報システム) で利用可能な ESRI ShapeFile の形式で提供した。また、南

アフリカ Council for Geoscience (CGS) の監修したアフリカ大陸およびアラビア半島についての資源図について GRIAS で利用可能な GeoTIFF 形式で提供し、鉱物資源情報7,645件について ESRI ShapeFile の形式で提供した。

分光反射スペクトルライブラリ整備では、レアメタル鉱物試料および斑岩銅鉱床に関する岩石・鉱石試料を収集し、平成27年度に構築した可視域から短波長赤外域 (0.4~2.5 μm) の光を計測可能な反射スペクトル計測システムを用いて、66個の反射スペクトルデータを取得した。取得したスペクトルデータを GRIAS のスペクトルライブラリにするため、データ形式を整えてデータセットを作成した。

鉱物資源データの追加・統合化の評価では、アフリカ大陸および周辺地域の鉱物資源図である“International Metallogenic Map of Africa” (CGS & CGMW, 2001) の鉱床情報に関連して、主に位置情報に関する統計的な検討を行い、データの有用性を確認した。また、南アフリカ地質調査所との共同研究で実施したレアメタル鉱微地調査において、本事業で GRIAS に整備したリモートセンシングデータを利用し、資源ポテンシャルの解析・評価に活用した。さらに、分光反射スペクトルライブラリのデータをハイパースペクトルデータ解析に適用することで、レアアース鉱床やスカルン鉱床・斑岩銅鉱床に関連する鉱物分布が取得され、資源探査の効率化が期待できることを示した。

岩石の電気物性データベースの整備では、JOGMEC と連携して国外2地域の鉱石・胚胎母岩等から収集した40試料 (IOCG 型鉱床 (酸化鉄型銅金鉱床): 19試料、斑岩銅型鉱床: 21試料) の広帯域周波数領域の SIP (スペクトル IP) 測定を行った。また、標本として購入した14個の標準的鉱石試料の SIP 測定を実施し、それらの化学分析および帯磁率測定を実施した。SIP 測定を行った試料については、湿潤密度、乾燥密度、有効間隙率を計測した。さらに、80試料に対して TDIP (時間領域 IP) 測定を実施した。過去に化学分析をしたデータを見直し、22試料の定量オーバー分析を行った。そして、試料ごとに比抵抗、位相、充電率などの電気物性を求め、他の物性データ、化学分析結果、採取場所および鉱物学的な情報などとともに整理・分類し、電子ファイルにまとめた。

昨年度に構築した GRIAS の「岩石電気物性ライブラリ」について、ユーザーからの意見・希望を参考にして、数値データをダウンロードする機能を追加した。そして、今年度は14個の標準的鉱石試料および95個の鉱石・母岩試料をライブラリに登録した。

IP 法電気探査技術の検証では、解析システムの整備を進めた。昨年度に検討した感度解析評価に加え、探査データの品質そのものを評価して3次元逆解析を実行するための手順を考案した。また、解析結果に影響を与え

ると考えられる解析手法・条件に関するパラメータを整理し、それらを評価するプロセスを手順に組み込んだ。

実データの適用・評価として、ペルー国コンドール地域のスカルン鉱床を対象に平成27年度に取得された4測線の SIP データに対して、4周波数の見掛比抵抗と見掛位相のデータを用いて3次元解析を実施した。データ再評価プロセスを組み込んだ逆解析の結果、極端に低い見掛比抵抗、極端に高い見掛位相、逆極性の見掛位相のデータが効果的にデータセットから除去されることで解析精度が向上し、本テーマで考案した解析手順が良好に機能していることが確認された。さらに、探査技術の検証を目的に、コンドール地域において実施された2本のボーリング調査で推定された地質構造およびコアサンプルの電気物性計測結果を考察し、地質構造と浅部の解析比抵抗断面および位相断面は概ね一致することを確認した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】鉱物資源情報、リモートセンシング、反射スペクトル、物理探査、IP 法、電気物性、データベース

・石油製品需給適正化調査等委託費

【研究 題 目】高圧ガスの過去事故分析によるチェックポイントの調査研究

【研究代表者】牧野 良次（安全科学研究部門）

【研究担当者】牧野 良次、久保田 士郎、佐分利 禎、椎名 拓海、高橋 明文、松木 亮、和田 有司、若倉 正英、中島 農夫男、金山 正明、阿部 祥子、伊藤 貴子、鈴井 真紀（常勤職員7名、他6名）

【研究 内 容】

本調査研究の目的である「事故が発生するまでの事象を抽出・分析し、チェックポイントを抽出する」に関しては、産総研が運営する「リレーショナル化学災害データベース（RISCAD）」から8件の事故事例を選び、産総研で開発した「事故分析手法 PFA®」を用いて事故進展フロー図を作成するという科学的手法によって事故原因を抽出した。これを、化学プラントの現場経験を有するシニアを中心とする「現場保安チェックポイント集検討会」の検討員が、化学工学会安全部会で提案した「3M3E 分析」を用いて「人」、「設備/機器」、「管理」の要因を分析したのちに、それぞれの要因に対して、現場経験に基づく「チェックポイント」を作成した。

作成されたチェックポイントは8事例分を集めて「現場保安チェックポイント集」としてまとめ、「対象者と活用場面」、および「物質」、「機器」、「作業」のキーワードで分類した。

さらに、「現場保安チェックポイント集」を実際に現場で活用しやすくするための「現場保安チェックポイント集検索システム Ver.3」を構築した。このシステムは、Web ブラウザもしくは専用アプリケーションソフトを

用いて管理者が現場に伝えたいチェックポイントを選択、チェックポイントリストとして保存、それを PC やタブレット端末に転送して、現場で作業者が閲覧・チェックができるようにし、さらに、チェック結果を保存、現場作業や管理者が後から確認できるようにしたものである。Ver.3では新たなマスタ管理機能として「分類」の追加変更機能を実装することにより、チェックポイントに付与するキーワードをユーザーがオリジナルで追加することが可能となった。

また、平成28年度石油精製業保安対策事業（高圧ガスの過去事故分析によるチェックポイントの調査研究）の成果の発表、およびチェックポイント集や検索システム Ver.2の問題点や今後に向けた改善点など企業のニーズに関してアンケート調査を行い情報収集することを目的として「現場保安チェックポイント集および検索システム説明会」を合計2回開催した。1回目は関西地域として平成29年7月13日に産業技術総合研究所関西センター（大阪府池田市）にて、2回目は関東地域として7月20日に産業技術総合研究所臨海副都心センター（東京都江東区）にて開催した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】高圧ガス保安、リレーショナル化学災害データベース、事故分析手法 PFA、RISCAD、事故進展フロー図、化学プラント、現場保安、チェックポイント

【研究 題 目】プラント内における非防爆機器の安全な使用方法に関する調査

【研究代表者】久保田 士郎（安全科学研究部門）

【研究担当者】久保田 士郎、牧野 良次、椎名 拓海、佐分利 禎、松木 亮、若倉 正英、中島 農夫男、大松 未稀、佐藤 利明（常勤職員5名、他4名）

【研究 内 容】

石油精製・石油化学プラントでは、設備の高経年化や熟練作業員の減少等の課題に対して、プラント内で IoT 機器を活用し、ヒューマンエラーの防止あるいは作業の効率化を進めることが望まれている。さらに、各種センサーをプラント内に多数配置し、ビッグデータを収集・分析し、予測モデルや人に気づきを与えるシステム等を開発し、異常を早期発見して事故を未然に防止することが重要である。そこで、本事業では（1）石油精製・石油化学事業者のニーズ調査、（2）海外の事例調査、国内実態調査、（3）我が国の規制と事業者の使用ニーズ等の関係整理を実施し、プラント内における非防爆機器の安全な使用方法に関するガイドライン等に資する基礎情報を整理した。

（1）では、石油精製・石油化学関係の事業者に対してニーズ調査ヒアリングを実施しニーズを整理した。同時に、プラント内での実地調査、文献調査等により、ガ

イドライン等の作成に必要となる基礎情報の整理を実施した。さらに意見聴取会を開催し業界からの意見を整理した。(2)ではシンガポール等における、ポータブル機器や非防爆のインターロック機能付きの遠隔監視機器を含む非防爆機器等の使用実態や爆発危険箇所の指定の状況、関係する規制について調査した。(3)では、事業者の非防爆ポータブル機器や非防爆のインターロック機能付きの遠隔監視機器等の使用ニーズと「工場電気設備防爆指針」で許されている使用方法について整理した。「工場電気設備防爆指針」で現行認められていない使用範囲については、どのような安全確保措置が妥当なのか、また技術的検証はどのような内容が必要なのか等についての課題を整理した。さらに有識者等へのヒアリングと意見聴取会を実施し、「工場電気設備防爆指針」と整合するガイドライン作りに資する論点整理を実施した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】防爆指針、石油精製・石油化学プラント、ヒューマンエラー、IoT 機器、ビッグデータ、インターロック機能

・商取引適正化・製品安全に係る事業

【研究 題 目】ビンテージソサエティの実現に向けた高齢者等の行動データ取得事業

【研究代表者】西田 佳史 (人工知能研究センター)

【研究担当】西田 佳史、北村 光司、松本 吉央 (ロボットイノベーション研究センター)、小林 吉之 (人間情報研究部門) (常勤職員4名)

【研究 内 容】

「人生100年」の超高齢社会の到来が迫る中、高齢者が長く健康に働き、生活できる経済社会環境の実現が求められる。そのためには、既存の経済社会システム、制度から個人の生活レベルで利用するサービス・製品に至るまで、社会の各界・各層で新たな時代への対応(ビンテージ・シフト)を進めていく必要がある。本研究の目的は、人生100年を前提とした新たな経済社会システムを支えるため、特に高齢者にとって安全性の高い製品開発等を産み出すために必要なデータ取得・分析を行うことにある。

平成29年度は、高齢者が施設および一般住宅でどのように製品を使用しているかの映像ライブラリーの作成を行った。高齢者介護施設等にカメラ等を設置し、高齢者の生活行動等を動画で収集し、ライブラリ化することを目的に、本事業に賛同、同意した施設内の共有スペース、及びその施設内で個人の撮影に同意した利用者の居室を対象にセンサーカメラで生活行動を取得した。平成28年度の事業(高齢者等製品安全基盤情報収集事業)で行った22名に加え、平成29年度新たに一般家庭で協力が得られた人数は12居宅19名であった。開発した動画ライブラリ検索システムは、高齢者行動ライブラリと

して公開した。また、高齢者行動ライブラリを活用した企業との共同研究として、手すりの視認性に関する実験、脚立の昇段動作に関する実証実験、高齢者にとっての使いやすさ評価技術のための運動機能計測と解析、高齢者のセンサーを用いた位置情報認識や歩行速度の実証実験などを行った。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】高齢者、製品安全、インシデント分析、介護施設、生活機能、ビデオサーベイランス、オープンデータ

・高機能 JIS 等整備事業

【研究 題 目】火薬類の安定度試験に関する JIS 開発

【研究代表者】岡田 賢 (安全科学研究部門)

【研究担当】岡田 賢、加藤 和彦、秋吉 美也子、松永 猛裕 (常勤職員3名、他1名)

【研究 内 容】

硝酸エステルを代表とする火薬等は、その特性から、時間経過とともに内部分解が進み、場合によっては自然発火等が生じる危険性がある。そこで火取法第36条では火薬等の輸入や、製造後一定期間を経過したものは、経年劣化の状況を確認するための所定の安定度試験(遊離酸試験、耐熱性試験、加熱試験)を実施し、その安全性を評価しなければならない。現在行われている火薬等の安定度試験に追加し、定量的に経年劣化の評価が可能な方法を検討する。得られた成果は以下の通りである。

(1) 検知管試験の JIS 原案作成では、検知管試験すなわち、アーベル試験で発生した NO ガスを攪拌後、プラスチックバッグに分取し検知管で測定を行う試験手法を開発した。この検知管試験を JIS K 4810へ追加し、JIS 原案を作成した。

(2) よう化カリウムでんぷん紙の品質試験では、JIS K 4822において規定されている標準ガスを使用したよう化カリウムでんぷん紙の品質試験方法の改良を行った。確認方法としては、薬液を50%増量した試験紙と50%減量した試験紙を準備し、変色時間が規定範囲内で収まるかどうかの確認実験を行った。その結果、適正な NO 濃度の範囲が30-50 ppm であることがわかった。この結果を JIS K 4822へ追加変更し、JIS 原案を作成した。

(3) ニトロセルロースに MgO を添加し、模擬劣化火薬を調整した。この模擬劣化火薬を使用し、8分以内で試験紙が変色する不合格となる火薬を準備した。検知管試験とよう化カリウムでんぷん紙を併用して比較を行ったところ、8分で変色する NO 濃度しきい値が110 ppm に相当することがわかった。そこで、火薬類取締法で定める耐熱時間8分に相当する NO 濃度を110 ppm と定め、経済産業省に提案した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】火薬・爆薬、安定度試験、火薬類取締法、火薬類経年劣化評価、検知管、ガス分析、

JIS

・試験研究調査委託費

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

〔研究代表者〕村山 昌平（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕村山 昌平、石戸谷 重之、武藤 勝彦、宇佐美 哲之（環境管理研究部門）
下坂 琢哉、青木 伸行（物質計測標準研究部門）（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では、気象庁南鳥島観測所において、大気中酸素（O₂）濃度、二酸化炭素（CO₂）安定同位体比の高精度連続観測を実施する。また、大気観測用酸素濃度標準ガスを開発し観測データの標準化を図る。

H29年度は、南鳥島観測所において、フラスコサンプリング法および連続観測による大気中 O₂濃度の観測を継続した。連続観測によって、フラスコサンプリングでは捉えられない南鳥島における O₂濃度変動の詳細が過去2年間に亘って明らかになり、大気輸送モデルを用いた計算結果との比較解析を行うことで、短周期変動から季節的な変動の時間スケールにおける O₂濃度の変動要因の定量的解明が進展した。

フラスコサンプリング法と質量分析計を用いた手法による大気中 CO₂の安定同位体比の高精度観測を継続してデータを蓄積し、CO₂濃度データと組み合わせた解析により変動要因について考察を行った。また、バックグラウンド清浄大気中の CO₂安定同位体比連続観測に適した観測システムを製作し、産総研構内で試験観測を実施し、分析条件の最適化を図った。さらに当該観測システムを南鳥島観測所に設置し、連続観測を開始した。

新たに明らかになった高圧ガス容器の秤量における不確かさの寄与を小さくする秤量方法を開発し、再現性よく高精度 O₂標準ガスを調製する方法を確立した。さらに、その方法を用いて、濃度の不確かさが1 ppm 以下の SI トレサブルな高精度 O₂濃度標準ガスを調製して、巡回比較実験を開始した。

〔領域名〕エネルギー・環境、計測・計量標準

〔キーワード〕南鳥島、酸素濃度、二酸化炭素安定同位体比、バックグラウンド大気、連続観測、高精度酸素濃度標準ガス、炭素循環、SI トレサビリティ

・その他

〔研究題目〕平成29年度省エネ型電子デバイス材料の評価技術の開発事業「リアルタイム発光測定による細胞内シグナル伝達動的变化の定量化及び毒性発現メカニズムの解析」

〔研究代表者〕中島 芳浩（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕中島 芳浩、安部 博子、室富 和俊、田部井 陽介、油谷 幸代、古川祐光、谷 英典、青木 寛
（常勤職員7名、他4名）

〔研究内容〕

本研究は、細胞内シグナル伝達の動的变化をリアルタイム発光測定で定量化し、同データと既知毒性データの関連性を解析・評価することにより、安全性予測システムの構築に必要な化学物質の毒性発現メカニズムに関する情報の取得を目的とする。

本年度は、7種類のストレス応答シグナル伝達を評価するための HepG2発光細胞を樹立するとともに、リアルタイム発光測定の精度を向上させるための解析法の基盤を構築した。続いて、検証用化合物を用い、酸化ストレス応答に対する試験を実施し、測定システムを検証するとともに、毒性予測システムへ入力するデータについて一次案を決定した。さらに、HESS 化合物56物質について酸化ストレス応答の解析を実施し、データを取得した。今後は、今年度取得した結果の再現性を確認するとともに、試験プロトコルを確立し、試験系の信頼性の確保に努める。さらに、他の HESS 化合物について酸化ストレス応答に加え、炎症応答等の解析を実施する予定である。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕ルシフェラーゼ、セルベースアッセイ、人工染色体ベクター、リアルタイム発光測定、シグナル伝達、化学物質毒性評価

〔研究題目〕平成29年度 銅原料中の不純物低減技術開発事業／銅鉱石脱砒素選鉱のための選鉱性総合評価装置の開発

〔研究代表者〕大木 達也（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕大木 達也、上田 高生（環境管理研究部門）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

選鉱性総合評価装置（CAMP）の開発に向け、X線測定情報に基づく2Dデータの取得方法の開発及び2Dデータの解析による統計的3D情報推定技術の開発について着手した。2Dデータ取得方法の開発では、SEM-EDXのプライマリデータに基づくシステムの構成を検討し、統合システム DeMPESの開発に着手した。DeMPESの元素ダイアグラムは、プライマリデータを解読しつつ速やかに計算するプログラムの開発となる。ただし、5元素以上になると図示することができず、これがどのような影響を及ぼすかについて検討中である。一方、クラスタリングとは、正解の分からないデータを複数の集団に分ける機械学習の「教師なし学習」に分類されるプロセスである。汎用法はあるものの、実際の鉱物状態を反映した最適なアルゴリズムの設計が必要となる。

現在、各種鉱物分布に対応した検証作業を実施中であり、5元素以上の元素ダイアグラムにも拡張可能なアルゴリズムを模索中である。また、2D データの解析による統計的3D 情報推定技術の開発では、ステレオロジカルバイアス補正法のためのデータベース構築を行った。単体分離状態の統計的信頼性と測定粒子数の関係性に関するモデル（統計モデル）を構築し、数値解析及び実験による検証を行い、構築した統計モデルの有効性を確認した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】選鉱、単体分離、鉱物分析、SEM-EDX、3D 変換

【研究 題 目】TMB/REMCO 対応

【研究代表者】齋藤 剛（物質計測標準研究部門）

【研究担当者】齋藤 剛、藤本 俊幸、朝海 敏昭、
宮下 振一（常勤職員4名）

【研究 内 容】

国際標準化機構の標準物質委員会（ISO/REMCO）国内審議委員会の運営及び、本会議等への専門家派遣等を通して、REMCO で審議中の標準物質に関わるガイド新規作成状況、並びに諸外国の対応状況の調査を行い、日本に優位な形でのガイド作成が進められるよう方針案の作成とその反映ができるように活動を行なった。具体的には、国内審議委員会を2回開催し、第1回目の国内審議委員会では第40回 ISO/REMCO 本会議での対処方針案の作成等を、第2回目の国内審議委員会では、REMCO 本会議の報告、新規ガイドの提案に対する対処方針案の審議等を行った。第40回 ISO/REMCO 本会議に専門家を派遣して、国内審議委員会で議論した方針案の反映活動及び、新規ガイド作成作業へ向けた方針等の調査を行った。これらの調査結果を第2回目の国内審議委員会へ報告し対処方針案を作成した。REMCO 本会議での新規ガイド作成に係る2件の提案については、国内審議委員会を通して賛成した。これらのガイド作成作業は承認され、作業が開始されることが決定した。また、中国及び韓国の標準物質研究者と Asian Collaboration on Reference Materials (ACRM) を通じて REMCO に関係する情報交流を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】ISO、標準物質、認証標準物質、標準物質生産、ガイド30シリーズ

【研究 題 目】平成29年度地熱発電技術研究開発事業
「地熱貯留層掘削技術」

【研究代表者】唐澤 廣和（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】唐澤 廣和、雷 興林、大野 哲二、
宮崎 晋行、今泉 博之
（常勤職員4名、他2名）

【研究 内 容】

地熱井の掘削コストは地熱開発における全コストの

40～60 %に達するとされている。掘削コストを削減するための最も重要な技術的課題の一つとして、高効率・長寿命の掘削用ビットの開発が挙げられる。本研究では、地熱貯留層の掘削に適応した PDC ビットの開発を進めた（PDC：多結晶ダイヤモンド焼結体の略）。既に石油開発分野で広く使われている PDC ビットは、従前より用いられてきたローラーコーンビットと比べ、掘進速度が速く、寿命が長いという特徴を有している。本研究は具体的に、①耐摩耗性・耐欠損性・耐熱性に優れた PDC カッター（PDC ビットの先端に取り付けられた刃物）の開発、②高効率・長寿命の PDC ビット的设计および製作手法の開発、③PDC カッターや PDC ビットの掘削性能評価、の3つのサブテーマより構成され、民間企業2社と産業技術総合研究所が共同で実施した。産業技術総合研究所では、③PDC カッターや PDC ビットの掘削性能評価に関する研究を主として推進し、また、開発された8-1/2インチ PDC ビットを用いた現場実証試験を実施した。

室内掘削試験装置を用い、コアビットや現場実証試験用8-1/2インチ PDC ビットによる岩石の掘削試験、PDC カッターによる岩石の切削試験および数値シミュレーションを行った。コアビットの掘削試験により、開発された PDC カッターは、石油開発分野で使用されている市販品と比較して、同等以上の耐久性を有していることがわかった。現場実証試験用8-1/2インチ PDC ビットの掘削試験では、現場実証試験に使用した後の掘進率は使用する前に比べて大きく低下しているものの、掘削する岩石が一軸圧縮強度90 MPa 程度の安山岩であれば、引き続き使用可能である、すなわち、ビット寿命には到達していないことが示唆された。PDC カッターによる岩石の切削試験では、切削抵抗に及ぼすさまざまな実験パラメータ（岩種、切削深さ、レーキ角、チャンファの大きさ）の影響を系統的に取得した。その結果、レーキ角 -5° または -10° のときに切削抵抗が小さくなることや被削岩石の一軸圧縮強度が大きいほど切削抵抗が大きい傾向があること等を明らかにした。また、切削抵抗が切削深さにほぼ比例することに注目し、切削抵抗を各実験パラメータの関数として表した。さらに、これらの結果に対して、数値シミュレーションによる検証を行ったところ、定性的には概ね実験結果と整合性があることを確認した。開発された8-1/2インチ PDC ビットを用いて、地熱井掘削現場でのフィールド実証試験を行った。開発された PDC ビットの性能は概ね良好であったが、PDC カッターや PDC ビットの仕様に関する改善点を複数抽出し、今後の研究開発における課題と位置づけた。

【領 域 名】エネルギー・環境、地質調査総合センター

【キーワード】地熱、PDC（多結晶ダイヤモンド焼結体）、掘削、ビット、カッター

〔研究題目〕ダイナミック・サイニングに関する国際標準化

〔研究代表者〕 渡邊 洋（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 渡邊 洋、氏家 弘裕、伊藤 納奈、
（以上、人間情報研究部門）、
堀 武幸、松原 勉、坂田 礼子、
西平 宗貴、福高 新作、相川 真実、
久野 徹也（以上、三菱電気株式会社）
（常勤職員5名、他7名）

〔研究内容〕

駅や商業施設、オフィスビル内等の移動では、施設の複合化やセキュリティ強化等により動線が複雑化している。本事業ではこの課題解決のため、投影型照明により通路や道路などの床面や路面へ表示する高度な情報提供（以下、ダイナミック・サイニングと呼ぶ）のための、動的な図記号の表示ルールに関する高機能 JIS 開発を行うことを目的とする。

ダイナミック・サイニング技術の適用事例として、床面や壁面への情報表示により、目的施設への誘導や非常時の誘導、危険回避を実現し、効率的で快適な移動を提供することが考えられる。従来から行われている通路や路面での情報表示の方法は固定式のサイン表示にとどまっており、時々刻々変化する状況に対応して、適切な場所に適切なタイミングで動的に必要な表示を行う例はない。こうした新たな技術は現在技術的には実現可能である。これを人間工学的な側面を考慮した上で、誰にでも瞬時に理解できる情報表示技術として確立することにより、社会的な必要性が得られるであろう。この観点から、標準化の実現性は高いと言える。

本事業は、三菱電機株式会社（以下、三菱電機）との共同研究である。

平成29年度は、上記技術に関する ISO 開発を見据え、人間工学に基づく視認性・分かり易さの見地から、次の人間工学実験を実施した。

ダイナミック・サイニングによる歩行者に対する誘導情報の伝達効率（誘導方向および誘導距離）を、VR 装置を用いて定量的に明らかにした。実験条件として、被験者の年齢層、誘導方向、誘導距離を表す複数のサインの空間内の位置関係、提示時間を設定した。

結果は、若年層に比較して、高齢者がサインの情報を読み取るためにより長い時間を要し、かつ、正答率が下がったことを示した。興味深い点は高齢者の正答率の変化である。すなわち、若年被験者は方向情報、距離情報の配置に関わらずほぼ9割以上の正答率を示したのに対して、高齢被験者は方向を示すサインを左右に分離することによって正答率が下がった。空間的に離れた方向情報と距離情報を統合し判断を下すことが高い認知的負荷を与えたことが示唆される。反応時間の面からも、高齢者の認知的負荷への処理能力の低下が示唆されている。すなわち、若年層では提示時間の長短にかかわらず1.5

秒程度の反応時間が必要であり、これはすべての提示時間条件でサインの提示中に意思決定がなされたことを意味する。一方、高齢者では提示時間が短くなると、意思決定に要する時間が長くなる傾向が示された。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 プロジェクションサイン、バーチャルリアリティ、視認性、アクセシブルデザイン

〔研究題目〕取得コア試料の微生物学的分析

〔研究代表者〕 吉岡 秀佳（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 坂田 将、吉岡 秀佳、片山 泰樹、
金子 雅紀（常勤職員4名）

〔研究内容〕

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム（MH21）の研究の一部として、東部南海トラフ海底堆積物を用いて微生物学的分析を行うことにより、微生物によるメタン生成能力を評価し、メタンハイドレートの集積メカニズムの解明に貢献する。

本年度は、静水圧で加圧できる培養容器の改良を行い、東部南海トラフにおける地盤調査及び海洋産出試験事前掘削において採取されたコア堆積物試料から単離されたメタン生成菌を用いて高圧培養試験を行い、圧力がメタン生成活性に与える影響を評価した。同サイト海底堆積物の表層部からメタンハイドレート濃集帯までの広い範囲で補酵素 F430を検出し、メタン生成活性の分布を明らかにした。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 海洋ガスハイドレート、微生物、メタン生成菌、メタン生成活性

〔研究題目〕社会のユニバーサルデザイン化に向けたアクセシブルデザイン（AD）製品の国際標準化等

〔研究代表者〕 伊藤 納奈（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 持丸 正明、伊藤 納奈、大山 潤爾、
佐川 賢（以上、人間情報研究部門）、
倉片 憲治（早稲田大学）
（常勤職員3名、他5名）

〔研究内容〕

本事業では、JIS「高齢者・障害者配慮設計指針」シリーズ、ISO/IEC Guide 71、及び ISO/TR 22411に基づいて、高齢者及び障害者のニーズに対応した製品やサービスに関する一連の国際規格原案を作成し、ISO に提案する。また、その目的のために国際標準の開発を行うとともに、消費者と生産者を繋ぐ仕組み構築も行う。また開発する国際標準は、AD 製品であることを認証するための基準としても活用される。

平成29年度は、同 TC/SC4及び SC5、TC159/WG2に提案した下記8件の規格及び技術報告書案の審議を進め、

それぞれの関連国際委員会3回、国内委員会2回、WEB会議を数回開催した。

1. WI 24505-2 "Ergonomics - Accessible design - Method for creating colour combinations - Part 2: for people with colour deficiencies"

2. WI 24505-3 "Ergonomics - Accessible design - Method for creating colour combinations - Part 3: for (JIS 未提案、高齢者・障害者配慮設計指針—視覚表示物—色の組合せ方法—第3部：ロービジョン)

3. WI 24505-4 "Ergonomics - Accessible design - Method for creating colour combinations - Part 4: general guidance on the use of colour-combination standards"

(JIS 未提案、高齢者・障害者配慮設計指針—視覚表示物—色の組合せ方法—第4部：色の組合せ方法規格の使用に関する一般通則)

4. ISO/2CD 21055 "Ergonomics - Accessible design - Minimum legible font size for people at any age"

(JIS S 0032、高齢者・障害者配慮設計指針—視覚表示物—日本語文字の最小可読文字サイズ推定方法)

5. ISO/DIS 21056 "Ergonomics - Accessible design - Guidelines for designing tactile symbols and letters"

(JIS S 0052、高齢者・障害者配慮設計指針—触覚情報—触知図形の基本設計方法)

6. ISO/WD 24500-1 "Ergonomics - Accessible design - Indicator lamps on consumer products"

(JIS 未制定、消費生活用製品の報知光)

7. ISO/WD 24500-2 "Ergonomics - Accessible design - Voice guides for consumer products"

(JIS S 0015、消費生活用製品の音声案内)

8. TR22411(2nd edition) Part1: Ergonomics data and guidelines for the application of ISO/IEC Guide 71 to products and services to address the needs of older persons and persons with disabilities

(高齢者及び障害者のニーズに対処するための製品及びサービスに対する ISO/IEC ガイド71の適用に関する人間工学的データ及び指針)

また、下記の規格案について、国際標準化提案に向けた準備を行った。

9. Ergonomics - Accessible design - Ease of handling for consumer products

(JIS 未制定、消費生活用製品の操作性)

平成30年度は、引き続き個々の ISO 規格原案及び技術報告書の作成作業等を進めていく予定である。

【領 域 名】情報・人間工学領域

【キーワード】高齢者・障害者配慮、ISO/IEC Guide 71、国際標準化、JIS、感覚特性、身体特性、アクセシブルデザイン

【研究 題 目】地熱発電技術に関する委託研究「地熱貯

留層評価・管理技術」

【研究代表者】浅沼 宏 (再生可能エネルギー研究センター)

【研究担当者】浅沼 宏、山谷 祐介、石橋 琢也、村田 泰章、岡本 京祐
(常勤職員5名)

【研究 内 容】

地下への加圧注水等により人工的に能力を改善した地下地熱システムを EGS (Enhanced Geothermal Systems) と呼ぶ。EGS 型の地熱開発には様々な形態があるが、何れも地熱エネルギー生産量の拡大、開発可能地点の増大、熱エネルギー抽出の持続性維持等に大きく寄与可能であるとされている。福島県の奥会津地熱地域では柳津西山地熱発電所が約20年間操業を行っているが、地下の地熱貯留層への流体供給が不足していることに起因して地熱流体の生産量が減少するとともに様々な操業上の問題が生じている。石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) は、我が国における連続的な注水により地熱貯留層の能力回復を図る「涵養型 EGS」の工程を確立する目的で、2013年度から5年間のプロジェクトを地熱技術開発株式会社、奥会津地熱株式会社、当所へ委託する形で実施している。本プロジェクトにおいて、当所はモニタリングの部分を担当しており、微小地震、ならびに自然電磁波を用いて地下への注水の影響のモニタリングを目指している。プロジェクト5年目の本年は当所が同地域に設置した高密度・高感度微小地震モニタリングシステムを使用して微小地震の連続モニタリング、セミリアルタイム解析を継続して実施した。また、共同受託者と連携し、これまでの成果を技術マニュアルとして取りまとめた。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】EGS、地熱開発、涵養注水、微小地震、MT 法

【研究 題 目】平成29年度「省エネ型電子デバイス材料の評価技術の開発事業 (機能性材料の社会実装を支える高速・高効率な安全性評価技術の開発—毒性関連ビッグデータを用いた人工知能による次世代型安全性予測手法の開発—)」

【研究代表者】竹下 潤一 (安全科学研究部門)

【研究担当者】竹下 潤一 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

ラットインビボでの毒性予測を目指し、平成29年度は以下の2項目について研究を実施した。

(1) HESS (有害性評価支援システム統合プラットフォーム) データの抽出・整形

HESS より既存インビボデータを抽出し、インビトロ試験等で利用する化合物選択や、インシリコ予測手法の構築に使える形に、28日間反復投与毒性試験及び42

日間生殖発生併合毒性試験データをそれぞれ整理した。28日間試験データは233化合物×867所見の、42日間試験データは272化合物×434所見のテーブルとなった。また主要な所見を把握するために、これらを用いてLOEL（最小影響量）報告化合物数のランキング表をまとめた。

(2) インビボ毒性予測手法のプロトタイプ構築

28日間試験データのある化合物から、分子記述子が計算可能であること、インビトロ試験が実施可能であること、入手可能であることなどを考慮し120個の化合物を選択した。そして、その120化合物の分子記述子データに基づきラットインビボ毒性予測手法のプロトタイプの構築を行った。なお、予測対象とした所見は4つとした：(a) 血中 ALT（アラニンアミノトランスフェラーゼ）の上昇、(b) 6個の肝関連所見（血中 ALT の上昇、肝細胞浸潤、肝細胞壊死（小葉中心性）、肝細胞壊死（門脈周囲性）、肝細胞壊死（その他）、剖検による肝臓でのその他の所見をグループ化した所見）、(c) 10個の肝臓関連所見（(b) の6所見に、血中総ビリルビンの増加、血中 ALP（アルカリホスファターゼ）の増加、血中 AST（アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ）の増加、血中 γ -GTP（ガンマーグルタミルトランスペプチターゼ）の増加を加えグループ化した所見）、(d) 6個の貧血関連所見（赤血球の減少、ヘモグロビンの減少、ヘマトクリットの減少、MCV（平均赤血球容積）の減少、MCH（平均赤血球ヘモグロビン量）の減少、HCHC（平均赤血球ヘモグロビン濃度）をグループ化した所見）。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 化学物質、毒性試験データベース、インシリコ解析、肝関連所見、貧血関連所見

【研究題目】 平成29年度安全な CCS 実施のための CO₂貯留技術の研究開発事業に係る再委託

【研究代表者】 俣 正夫（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】 俣 正夫、西 祐司、藤井 孝志、加野 友紀、後藤 宏樹、雷 興林、及川 寧己、横田 俊之（常勤職員10名、他2名）

【研究内容】

1) CO₂長期モニタリング技術の開発

超伝導重力計を苫小牧 CO₂地中貯留実証試験サイトの観測点に設置し、海岸近傍の厳しい環境下で観測開始後3年間の重力計測を実施した。海岸近傍点における重力データを蓄積すると同時に、新たに導入した2台の超伝導重力計を活用して、並行観測によるドリフト比較、移設の影響評価、短時間重力変化計測の可能性調査等の研究を進めた。また、重力変化に対する降雨の影響の検討に加えて、土壤水分の影響低減を考慮した観測基台を

苫小牧に新設し、苫小牧における並行観測も開始した。

長期モニタリングへの課題となる技術開発においては、初段のデータ処理となるルーチン的解析の検討を進め、また苫小牧サイトで取得される重力データから降雨に起因する重力変化を取り除く方法を構築することを目標とした検討を実施した。ここでは、降雨発生後の重力の増加とその後の減少が確認されたことを踏まえ、降雨に伴う土壌浸透プロセスの数値シミュレーションにより、土壌水分分布の変化に起因する重力変化を算出した。その結果、降雨開始後30時間程度までの実測値を説明できることが示された。

2) 長期遮蔽性能評価技術の開発

地化学反応プロセスがキャップロックの遮蔽性能に及ぼす影響について、岩石内部のスロート径（空隙構造）と接触角（界面状態）に注目した検討を行った。空隙構造に関しては、各種堆積岩と炭酸塩含有焼結体とをCO₂地中貯留を模した含CO₂温泉水中で反応させ、反応に伴う水理特性の変化を解析した。一部の堆積岩で、炭酸塩の成長による浸透率の低下と、溶解による浸透率の増加が示唆された。

界面状態に関しては、昨年度考案した接触角導出法を検証した結果、試料の浸透率を増加させることが不可欠であることが判明した。二次元放射流モデルを用いた数値シミュレーションからは、地化学反応により接触角が変化した場合に、キャップロックの長期的な遮蔽性能に影響を及ぼす可能性が示された。ここでは、特に枯渇ガス田などに想定されるCH₄の存在が流体挙動およびスレッシュホールド圧による遮蔽効果に影響することが示唆された。

3) ジオメカニクスモデリング技術の開発

光ファイバーモニタリングで得た歪データをジオメカニクスモデリングへ有効に利用するため、モンテカルロ手法を用いてランダム的な不均質の等価モデルとその信頼空間を求めた。次に、巨視断層の等価的なモデルを得るため、断層沿いの高速な圧力の拡散と定常流での流体移流速度の両方を近似的に保つことを前提条件とし、断層を含む基本数値モデル単位であるセルの端面積を人為的に変える方法を提案した。簡易放射流モデルの解析解に基づく初期物性値を決めるためのヒストリーマッチング等の作業では、グリッド操作による逆解析手法を導入した。また、観測データの平滑処理において、情報量基準を用いる手法を取り込んだ。

一方、シミュレーションの高度化を図るため、貯留層および遮蔽層岩石試料について、間隙圧および封圧の変動に対する歪および水理特性の変化を室内実験により測定した。水で飽和した円柱形岩石試料に対して下端から空気を浸入させる実験を実施した結果、岩石試料のSkempton の B 値、排水条件における体積弾性率、絶対浸透率の計測が可能であることが確認された。

また、変成度の異なるキャップロックや貯留岩を用い

て、岩石の変形、破壊、すべりまでの浸透率変化を調べた。き裂発生に伴う浸透率の変化は、き裂発生の前後で適用される式が異なることが示された。特に、き裂発生後の浸透率変化は、変形に伴うき裂幅の変化に関連づけた既往の解釈とは異なる傾向を有することが確認された。

4) 社会受容性の向上、国際標準化との整合

CCS 普及のため、CCS のステークホルダーの特性を整理するとともに CCS のプロセスのステークホルダーエンゲージメントを考察し、社会的受容性確保の要件を探るとともに、特にリスクマネジメントに留意して CCS 技術事例集と ISO 内容の整合性検討を実施した。内外のステークホルダーとの理解の構築や公衆との理解の構築、公衆との対応マネジメントといったコミュニケーションについての対応を、プロジェクトマネジメントやリスクマネジメントの観点で構築できるよう検討を進めることが必要との認識が得られた。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境、地質調査総合センター

〔キーワード〕 CO₂地中貯留、CCS、モニタリング、重力、自然電位、苫小牧大規模実証試験、断層、モデリング、ジオメカニクス、ナチュラル・アナログ、遮蔽性能、接触角、地化学プロセス、社会的受容性、国際標準化

②文部科学省

〔研究 題目〕 石狩低地東縁断層帯（沿岸海域）の調査（内陸及び沿岸海域の活断層調査）

〔研究代表者〕 阿部 信太郎（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕 阿部 信太郎、大上 隆史、八木 雅俊、内田 康人（北海道立総合研究機構）、仁科 健二（北海道立総合研究機構）（常勤職員3名、他2名）

〔研究 内容〕

陸棚縁辺～海盆においてマルチチャンネル音波探査を実施し、石狩低地東縁断層帯の海域部に発達する活構造のうち、最も変形フロント側の活背斜（勇払沖背斜）を追跡した。勇払沖背斜は前期～中期更新世以降に形成された堆積層を累積的に変形させており、その変形構造は日高町の沖合に至って構造的には認識できなくなる。勇払沖背斜は、臨海低地～沿岸海域に分布する勇払背斜とともに、伏在衝上断層に伴う一連の断層関連褶曲を構成していると判断される。この一連の断層関連褶曲の南端部は勇払沖背斜が認識できなくなる領域にあると判断され、海岸線から海域に延びる一連の活構造の長さは約 44 km となる。ただし、勇払沖背斜の東側に並走する鶴川沖背斜までが一連の断層関連褶曲であるならば、その活構造の海域における長さは 44 km 以上となる。

陸棚上において高解像度音波探査記録を実施し、水平成層した堆積物が勇払背斜と概ね調和的に撓み下がった

変形構造を捉えた。柱状採泥調査の結果にもとづくと、水平成層した堆積物は後氷期の海水準上昇期に浅海で形成された泥質堆積物と解釈される。変形構造を認識できる地層は少なくとも 11.1 千年前までに形成されているため、この変形構造が勇払背斜を成長させる断層活動に伴って形成されたと解釈すれば、少なくとも 11.1 千年前以降に 1 回以上の断層活動があったことになる。変形構造に伴う地層の上下変位量は約 1.3 m であり、これは 1 回の断層活動に伴う上下変位量である可能性がある。ただし、勇払背斜が低角（10～20°）の伏在衝上断層の活動に伴って成長していると解釈すれば、断層面上のすべり量は上下変位量の 2.9～5.8 倍程度となる可能性がある。

〔領 域 名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 石狩低地東縁断層帯、活断層、活動履歴、音波探査、柱状採泥

〔研究 題目〕 鴨川低地断層帯受託研究 科学技術基礎調査等委託事業）

〔研究代表者〕 丸山 正（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕 栗田 泰夫、吾妻 崇（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

平成 29 年度内陸及び沿岸海域の活断層調査の一環として、房総半島南部に位置する鴨川低地断層帯の活動性および存在性に関する調査を実施した。断層帯のうち、主要な活断層として評価されていた南断層については、南房総市平久里下地区において、断層線を挟んで分布する完新世段丘面群の地形判読と 9 孔・合計掘進長 98 m のボーリング掘削による地質調査を実施した。この結果、同一段丘面の可能性が指摘されてきた下流側および上流側において最もよく発達する段丘は、時代も堆積環境も異なる別々の段丘であることが明らかとなった。また、断層崖とされる崖を挟んだトレンチ調査では、完新世段丘の基底礫層が連続して分布しており、基盤岩中にも指摘されてきたような断層が存在しないことが確認できた。さらに、断層帯の北断層および南断層の全域について、本調査で新たに取得した 1 mDEM（30 平方 km）および平久里地点の 1970 年代の空中写真に基づく 2 mDEM（0.25 平方 km）と既存の 5 mDEM などに基づく地形判読を実施し、活断層とされてきた崖地形は、破碎された泥岩と砂岩の境界に一致し、地すべり地形によって開折されていることが確認できた。加えて、複背斜軸付近に指摘されていた活断層とされるリニアメントは、泥岩中に貫入する塩基性岩に起因する組織地形であることも確認された。以上の結果、既存の調査研究において活断層の根拠とされていた地形が変動地形である可能性が低いことが確認できた。

〔領 域 名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 鴨川低地断層帯、主要活断層帯、活断層の長期評価

〔研究題目〕糸魚川―静岡構造線断層帯（北部区間）の調査（内陸及び沿岸海域の活断層調査）

〔研究代表者〕近藤 久雄（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕近藤 久雄、木村 治夫（電力中央研究所）、杉戸 信彦（法政大学）
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

北部区間を構成する神城断層のうち、2014年長野県北部の地震では活動しなかった区間を対象として、次の調査を実施した。北安曇郡白馬村の北城新田地区において、比高約6 mの低断崖を横断してボーリング調査及びS波反射法地震探査を実施した。その結果、約4千年前から7千年前の間に約6 mの累積上下変位が生じたことが明らかとなり、これを基に従来よりも高精度に平均的な上下変位速度を推定した。また、低下側を埋積する細粒堆積物の分布状況から判断して、約7千年前以降に2回の地震イベントが生じた可能性を指摘した。北安曇郡白馬村の神城佐野地区において、トレンチ・ボーリング調査及びS波反射法地震探査を実施した。その結果、調査地では主として2条の東傾斜の逆断層と西側低下の撓曲変形がイメージされ、その地質構造に基づき平均変位速度を推定した。上盤側の副断層トレース上で掘削したトレンチでは、河川性堆積物と湿地性堆積物を切断し、西側低下の撓曲変形を生じる明瞭な逆断層が露出した。断層と地層の切断・被覆関係や上下変位量の差異、変形の程度などから、約1.3万年前以降に2回の地震イベントを検出した。副断層における最近2回の活動間隔は1万年程度であり、最新活動に伴う地震時上下変位量は1.0 mである。また、北部区間を構成する松本盆地東縁断層北部においてボーリング調査を実施し、同断層の位置を確認するとともに約5千年前以降の層序を明らかにした。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕活断層、古地震、糸魚川―静岡構造線断層帯、長野県北部の地震

〔研究題目〕地域評価のための活断層調査（関東地域）

〔研究代表者〕吾妻 崇（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕吾妻 崇、熊原康博（広島大学）、水野 清秀（地質情報研究部門）、近藤 久雄（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

関東地域に分布する主要な活断層帯のうち、群馬県東部に位置する太田断層について、活断層から発生する大地震の発生確率の算出及び地震規模の推定を高度化し、また地震調査研究推進本部による評価の精度向上に資するため、変動地形調査、ボーリング調査、反射法地震探査などの地形・地質・地球物理学手法を用いた調査を行

い、活動時期、活動間隔、平均変位速度、地震時変位量や活動区間などの検討に資する具体的なデータを取得した。本研究においては、太田断層の位置・形状および活動性を明らかにするため、同断層の北西方向に延長することが推定される北部地点（群馬県みどり市笠懸地区）と既往調査によって同断層の活動性に関する情報が得られている南部地点（群馬県太田市龍舞地区）の2か所においてS波反射法地震探査、群列ボーリング調査をそれぞれ実施した。また、これらの調査によって得られた試料を用いて、断層活動時期や地形面の形成年代を明らかにするため、段丘堆積物やその被覆層に含まれる炭素含有物の年代測定と段丘堆積物を覆う被覆火山灰の分析を実施した。これらの結果から、太田断層がこれまでの活断層評価で確認されているよりも延長される可能性があることを示すとともに、その平均変位速度（上下方向）を算出した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕活断層、関東地域、太田断層、群馬県、ボーリング調査、反射法地震探査

〔研究題目〕微細構造解析プラットフォーム

〔研究代表者〕齋藤 直昭（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕齋藤 直昭、松林 信行、鈴木 良一、大島 永康、大平 俊行、ORourke Eugene Brian、中村 健、松崎 弘幸、井藤 浩志、浮辺 雅宏、志岐 成友、全 伸幸、藤井 剛、後藤 義人、服部 峰之
（常勤職員15名、その他10名）

〔研究内容〕

本委託事業は、ナノテクノロジーに関わる最先端の研究設備とその活用のノウハウを有する機関が、緊密に連携して全国的なナノテクノロジーの研究基盤（プラットフォーム）を構築することにより、産学官の多様な利用者による共同利用を促進し、個々の利用者に対して問題解決への最短アプローチを提供するとともに、産学官連携や異分野融合を推進することを目的としている。

公開装置は、独自に開発した計測装置や技術を中心に以下の7つの装置（群）である：①陽電子プローブマイクロアナライザー装置（周辺設備含）（PPMA）②超伝導蛍光収量 X線吸収微細構造分析装置（周辺設備含）（S-XAFS）③可視―近赤外過渡吸収分光装置（4台、周辺設備含）（VITA）④リアル表面プローブ顕微鏡装置（3台、周辺設備含）（RSPM）⑤固体 NMR 装置（3台、周辺設備含）（SNMR）⑥極端紫外光電子分光装置（EUPS）⑦超伝導蛍光 X線検出器付 SEM 装置（SC-SEM）。

これらの装置を用い、企業・大学研究機関からの要望に応じてナノ材料などの計測を実施して研究開発に貢献した。具体的な計測の支援実績は、①課題件数：76件

(目標64件以上) ②外部共用率:平均69% (目標35%以上) (装置毎に異なる) ③外部共用のうち民間企業の占める割合:平均52% (目標:平均20%以上) (装置毎に異なる) であり、いずれも目標の値を達成した。

利用講習会(スクール)として、「第1回設備利用講習会」(2018年3月)をつくば産総研にて開催した。また、地域公開セミナーとして、「北海道大学・産総研 微細構造解析プラットフォーム合同セミナー」(札幌、2017年6月)、「産総研 微細構造解析プラットフォーム地域セミナー」(2017年11月、東京)を開催した。これらにより、事業の宣伝とユーザ拡大、および人材育成を図った。さらに、JASIS2017展示会、次世代ものづくり基盤技術産業展 TECH Biz EXPO 2017 や Nanotech2018など、各種の展示会にも出展し、事業の宣伝によるユーザ拡大とユーザニーズの把握を実施した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】ナノテクノロジー、機器公開、研究支援、先端計測機器、産学官連携、イノベーション

【研究題目】「エネルギー貯蔵システム実用化に向けた水素貯蔵材料の量子ビーム融合研究」のうちの一部「水素貯蔵材料の劣化機構解明と新規軽量材料の探索」

【研究代表者】榊 浩司(創エネルギー研究部門)

【研究担当者】榊 浩司、中村 優美子、Kim Hyunjeong、榎 浩利、浅野 耕太、斉田 愛子(常勤職員6名)

【研究内容】

目標:

定置型の水素によるエネルギー貯蔵システムにとって、体積あたりの水素貯蔵密度に優れた水素吸蔵合金は魅力的である。水素吸蔵合金に求められる課題として、繰り返し耐久性がある。そこで、放射光 X 線および中性子を用いて、材料の特性劣化の因子を局所構造の観点から明らかにし、劣化メカニズムの解明に取り組む。また、測定技術の高度化として、マルチビームの有効利用法および薄膜の構造解析技術の確立を行う。

年度進捗状況:

放射光 X 線および中性子全散乱を用いることで、バナジウム系 BCC 合金の劣化は転位の蓄積と相関性が強いことをこれまで示してきた。今年度は劣化因子の熱的安定性の観点から劣化の起源を調べた。その結果、サイクルに伴い低下した吸蔵圧と吸蔵量はそれぞれ異なる温度域で回復することを確認した。すなわち、サイクルに伴う吸蔵圧と吸蔵量の変化は別の劣化因子であることを示唆していることが明らかとなった。今後は格子ひずみ、結晶子サイズの変化に注目し、特性の回復との相関性を評価する予定である。

Mg 系薄膜の局所構造解析手法の確立を目指した。今年度は試料からのシグナルの割合を増やすため、基板の両面に製膜した。また、薄膜を粉砕しても薄膜特有の特性を保持できることを確認できたため、粉砕し選択配向性の影響を軽減させることで良質な二体分布関数が得られた。その場観察 PDF の結果から薄膜の MgH₂ の不安定化はおそらく Pd の保護膜や基板による拘束によって生じていると考えられる。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】水素貯蔵、放射光、中性子、構造解析

【研究題目】火山噴火の予測技術の開発「火山噴出物分析による噴火事象分岐判断手法の開発」

【研究代表者】宮城 磯治(活断層・火山研究部門)

【研究担当者】宮城 磯治、東宮 昭彦(常勤職員2名)

【研究内容】

噴火前のマグマの温度・圧力・含水量を明らかにするため、マグマの熱力学計算ソフトウェア(Gualda et al., 2012)の制御スクリプトを改良し、分別結晶モード計算と、マグマの粘性の評価指標 RAI 値(Genova et al., 2017)の温度圧力変化の把握を可能にした。阿蘇 ACP1(ACP1; 宮縁, 2017)と、山形県大蔵村肘折の噴出物を対象に応用した結果、肘折火山の斜長石の晶出温度は鉄チタン鉱物から推定されていたよりも高かった可能性が示された。ACP1の RAI 値は温度・圧力・含水量によって複雑に変化し、8~9 kbar 850~950 °Cと、0.4 kbar 775 °Cの二領域で粘性が上昇し、逆に常圧 1050 °C~3 kbar 700 °Cにかけた温度・圧力条件では粘性が低下することが示された。

噴火前のマグマ過程やそのタイムスケールを明らかにするため、有珠火山で最新の2000年デイサイト質軽石について、既存分析データの整理と、EPMA と LA-ICP-MS で化学分析を行った。LA-ICP-MS の分析結果は SIMS とほぼ同様で、より簡便な分析法で十分なデータが得られる見通しが得られた。分析の結果、1663年噴火から最新の2000年噴火に向け斜長石中の苦鉄質微量成分が増加したこと、マグマの含水量が減少(=減圧)したこと(Tomiya and Takahashi, 2005)、1663年噴火直前のマグマ混合以降 Mg が拡散したことが観察された。拡散モデル計算(Costa et al., 2003)の適用によって、マグマ過程のタイムスケールを推定できる可能性が示された。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】有珠、阿蘇、肘折、マグマ、EPMA、LA-ICP-MS、温度、圧力、含水量、熱力学

【研究題目】平成28年熊本地震を踏まえた総合的な活

断層調査

〔研究代表者〕 岡村 行信 (活断層・火山研究部門)

〔研究担当者〕 岡村 行信、阿部 信太郎、
宮下 由香里、吾妻 崇、東郷 徹宏、
白濱 吉起、栗田 泰夫、丸山 正、
大上 隆史、近藤 久雄、井村 隆介
(鹿児島大学)、堤 浩之 (同志社大学)、
後藤 秀昭 (広島大学)、
熊原 康博 (広島大学)
(常勤職員10名、他4名)

〔研究内容〕

平成28年度に作成した2016年地震断層分布図に、精細 DEM、空撮画像等の解析、地表踏査などによって確認した地表変状分布を重ね合わせて、さらに詳しい地震時の地表変動分布を明らかにし、その結果が国土地理院などから公表されている地殻変動データと調和的であることを確認した。また、日奈久断層帯の平均変位速度推定のため、空中写真等を用いて変動地形を検討した。活動履歴を解明するための調査は、阿蘇カルデラ内、布田川断層宇土区間、日奈久断層帯の八代市内の3カ所で実施した。その結果、阿蘇カルデラ内では過去約29000年前以降少なくとも4回以上の活動があり、2016年以前では1500-1000年前に活動したことを明らかにした。宇土区間では3万年~1万年前に明瞭な地表変位が生じたが、それ以降は大きな変位が生じていないことを明らかにした。八代市では約7000年前以降に平野側が沈降した変動が生じたことを確認した。

海域では、平成28年度に八代海で取得した海底ボーリング堆積物試料の CT イメージの取得や帯磁率測定等の解析を行うとともに、詳しい年代測定を実施することによって、2つのコアの対比精度を向上させ、最新活動時期がおおよそ3000~5000年前である可能性を明らかにした。さらに、反射断面の解析に基づき、ボーリング地点が横ずれ断層のステップする場所に相当するため、沈降量が大きいことも解明した。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 2016年熊本地震、活断層、日奈久断層、布田川断層、トレンチ調査、海上音波探査、八代海

〔研究題目〕 車載用着座姿勢センサの開発に関する研究

〔研究代表者〕 長瀬 智美 (製造技術研究部門)

〔研究担当者〕 長瀬 智美、野中 一洋、山田 浩志
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

安全安心な社会をより高度に実現するため、自動車運転者の居眠りや体調不良などを、高精度かつ非拘束型で感知するドライバーモニタリングシステムが求められている。本研究では、そのドライバーモニタリングのセン

サの一つである、着座姿勢センサを、酸化亜鉛 (ZnO) 圧電シートを用いて開発することを目的とする。この ZnO 圧電シートは、車載用途で要求される 120 °C の高温耐熱性、低コスト化に有利な塗布法により作製可能という特長を有する。

本年度、ZnO 圧電シートの圧電応答の周波数特性を、PVDF 市販センサと比較して評価した。その結果、ZnO 圧電シートと PVDF センサは、振幅および位相差の周波数特性の観点では、同様の傾向を示すことを確認した。この結果は、PVDF を用いた計測デバイスの基盤技術が、ZnO 圧電センサにも転用可能であることを示唆する。ZnO 圧電シートの試作において、製造企業への技術移転や機械的強度確保の観点から、ポリイミド基材の膜厚が 10 μm 以上の基材を用いて検討した。感圧センサ面積は、50×50 mm² の大きなセンサシートも作製した。

本年度の成果として、所望の形状の ZnO 圧電センサシートを試作し、ZnO 圧電センサ用計測デバイスも完成し、着座姿勢センサシステムの要素技術が完成した。次年度より、本格的な実車評価を開始し、センサの応答特性やデバイス構造の最適化を図る予定である。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 高耐熱性圧電シート、塗布法、酸化亜鉛、フレキシブルセンサ、車載応用

〔研究題目〕 「生体分子システムの機能制御による革新的創薬基盤の構築」 (サブ課題 C①機能制御部位データベース)

〔研究代表者〕 広川 貴次 (創薬分子プロファイリング研究センター)

〔研究担当者〕 本野 千恵、伊藤 祐子
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

医薬品開発プロセスにおいて、計算技術の利活用が最も期待されている工程は、「化合物ライブラリーから疾患原因タンパク質に結合し制御する化合物を探索するスクリーニング段階」と、「スクリーニングで特定した候補化合物の活性向上と副作用回避を目指して化学構造を変換するリード最適化段階」である。製薬現場では市販のソフトなどを用いて候補化合物の探索や分子デザインがなされているが、予測精度の低さや評価できる化合物数・標的タンパク数の限界などの問題から、実際の実験に置き換わるほどの革新的技術に至っていない。

そこで本サブ課題では、他の2つのサブ課題 (ポスト京での MD の高度化とアルゴリズム深化、次世代創薬計算技術の開発) でポスト京に対してチューンナップされた MD ソフトおよび創薬計算手法を、創薬計算フロー (スクリーニングからリード最適化) にそって連結した統合システムの開発を目指す。また、ポスト京のスケールメリットを最大に活かし、多数の創薬関連タンパク質 (副作用関連タンパク質を含む) やそれらの分子ネ

ットワークと化合物ライブラリーとの膨大な組合せから最適解を高速に計算し、ベストな医薬品候補化合物を自動でデザインできる創薬計算基盤を構築し、製薬会社に提供する。

平成29年度は、以下の3つの課題が代表的な成果となった。①機能制御部位データベースの実装に向けて、DrugBank ver.5.08より立体構造既知の創薬標的ターゲット41834件について、ホモロジーモデリング法により、野生型配列および欠損部位の修復と最適化計算を実施し、更にリガンド結合部位 (SiteFinder および PLBindex 法を適用) を同定し、rDock に必要な入力ファイルの設置まで完了した。今後、本システムを用いて、具体的な化合物を例に、標的タンパク質 (又は副作用タンパク質) の検証を行う予定である。②バーチャルスクリーニングおよびドッキングの精度を向上させるためのアンサンブル法の選定については、5種の有機溶媒をプローブとした Mixed Solvent 法が効果的であることを代表的な創薬標的であるキナーゼ、GPCR、プロテアーゼにて検証した。MD 後の RMSD プロット解析から、TIP3P の時と比べても全体構造に大きな構造的不安定化は生じていないことがわかる。また、ATP 結合部位周辺のポケット空間の解析比較では、Mixed Solvent 法によって得られたアンサンブルは、リガンド構造に適したポケット空間が形成されやすいことが示唆された。最後に、③共同研究を通じた機能部位予測法の検証については、体内時計に関するキナーゼ CKI δ を対象に、温度補償性に重要な部位を予測することに貢献した (東京大学医学部上田研究室との共同研究。Mol Cell. 2017 Sep 7;67(5):783-798にて誌上発表)。本件は、CKI δ の機能部位が未知であったことから、網羅的な機能部位の推定、プローブ分子の ATA のドッキングおよびポストドッキング処理による結合モデルの決定まで、創薬現場で最も遭遇する解析事例といえる。ATA の結合予測部位の精度は、細胞系の実験でも証明され、ATA の結合部位を予測することにより温度補償性の鍵となる構造領域を同定し、更に、結合部位周辺の変異体作成により温度補償性を制御することに成功した。来年度以降も、共同研究を通じて本手法の妥当性を検証していく予定である。

【参考文献】

1. Shinohara Y et al. Temperature-Sensitive Substrate and Product Binding Underlie Temperature-Compensated Phosphorylation in the Clock. Mol Cell. 2017 Sep 7;67(5):783-798

【領 域 名】生命工学

【キーワード】生体分システム制御、創薬基盤、標的タンパク質、分子動力学計算、京コンピュータ、ポスト京コンピュータ、インシリコ創薬

【研究 題 目】新型加熱機構の設計・製作、装置基礎特性確認試験及び高融点酸化物加熱試験

【研究代表者】渡辺 博道 (物質計測標準研究部門)

【研究担当者】渡辺 博道、室谷 健吾、山口 将太郎 (常勤職員1名、他2名)

【研究 内 容】

パルス通電加熱法を利用した直接加熱熱量法を酸化物融体の比熱・溶融エンタルピーの測定に適用するため、タングステン製の試料容器を通電加熱して容器内の酸化物試料を間接的に加熱溶融する装置の開発を行った。従来のパルス通電加熱システムでは1回数秒程度に限定されるパルス通電加熱を複数回繰り返す必要があり、実験効率の低下や試料容器の破断が問題となった。そこで、試料容器温度を予め1000℃以上に予備加熱するための直流電源を導入すると共に高温に曝される電極部分の耐熱性を向上させる改良を行った。また、試料温度の測定精度向上に必要な試料容器表面へのカーボンナノチューブ成長を実現するため、最適な成膜条件の探索を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】酸化物融体、比熱、熱量法、カーボンナノチューブ、高温、放射温度計測

【研究 題 目】活断層帯から生じる連動型地震の発生予測に向けた活断層調査研究

【研究代表者】近藤 久雄 (活断層・火山研究部門)

【研究担当者】近藤 久雄、今西 和俊、内出 崇彦、竿本 英貴、加瀬 祐子、木村 治夫 (電力中央研究所) (常勤職員5名、他1名)

【研究 内 容】

我が国の主要活断層帯で最も地震発生可能性が高い断層帯の1つである糸魚川-静岡構造線断層帯の北部~中南部区間を対象として、これまで未解明であった連動型地震の発生確率の算出や連動条件の検討を目的とした調査研究を3カ年の計画で行う。今年度は各研究項目間の成果の共有や連携を図りつつ、次の4つの調査研究に着手した。

1) 変位履歴に基づく連動性評価のための地形地質調査では、北部区間を構成する神城断層と松本盆地東縁断層北部において変位履歴調査を実施し、当該断層区間を含む連動型地震の発生確率をポアソン過程で試算した。

2) 速度構造不均質を考慮した精密震源決定では、2017年12月6日に長野県中部で発生した Mj5.3の地震を対象に解析を実施し、松本盆地東縁断層北部と震源断層との関係や応力場に関する新たな知見を得た。

3) 三次元 FEM による断層モデルの高度化では、松田式を新たに導入した断層変位評価手法を提案・実装し、深さ方向に角度が変化する単純な断層面でシミュレーションを開始した。その結果、深部の断層傾斜角が地表変位分布に与える影響や、断層面間の静的な相互作用に関

する知見を得た。

4) 動的破壊シミュレーションによる連動性評価では、断層帯で起こりえる連動型地震を数値計算から検討するため、本業務で実施するシミュレーションのプロトタイプとして、2014年長野県北部の地震における動力学的震源モデルを構築した。その結果、強震波形インバージョン結果と概ね調和する破壊伝播過程を再現でき、各断層面の活動履歴と変位量を考慮したモデル設定と応力低下量の条件によって、破壊過程の再現性がより高まる可能性を示した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】活断層、古地震、糸魚川ー静岡構造線断層帯、連動型地震

【研究 題 目】原子力エレクトロニクス技術を活用した耐放射線半導体イメージセンサの開発

【研究代表者】田中 保宣（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】田中 保宣（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究では、SiCを活用した原子力エレクトロニクス技術を駆使し、耐放射線半導体イメージセンサを実現するための各種要素プロセス技術を開発するとともに、イメージセンサのプロトタイプを試作し、累積線量2 MGy以上の耐放射線性を達成することを最終目標としている。平成29年度は、耐放射線半導体イメージセンサを構成する要素デバイスであるSiC-JFET及びSiフォトダイオードを試作し、その耐放射線性を評価した。その結果、1 MGyを超える放射線照射後、何れの素子においても安定した動作を確認し、高い耐放射線性を実証した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】SiC（シリコンカーバイド）、イメージセンサ、耐放射線

【研究 題 目】多層マルチ時空間スケール社会・経済シミュレーション技術の研究・開発

【研究代表者】野田 五十樹（人工知能研究センター）

【研究担当者】野田 五十樹、山下 倫央（常勤職員2名）

【研究 内 容】

異なるスケールの事象が密接に連携・相関している多層な社会システム・社会現象をスーパーコンピュータにより解明する技術を、ポスト京コンピュータを念頭に、研究・開発する。特に経済および交通でのリスクの解明と制御とを中心に進める。社会経済現象では、多様なサブシステムが多層的に相互作用し合いつつ、時間的にも空間的にも異なったスケールの事象が不可分となっている。例えば、一か所の災害が広域的な移動を生じさせ、思わぬ場所での二次災害を引き起こす。こうした現象を

事象の因果を明確にしつつ予測し制御できるようになるためには、いわゆる「ビッグデータ」を分析して相関関係を探すだけでは不可能である。現象の発展を記述する動学的モデルが必要となり、モデルをシミュレートするコンピュータが必要となる。本研究は、ポスト「京」に向けて複数のサブシステムの相互作用モデルを構築し、社会経済現象上の課題を予測し制御する技術を開発することを目的とする。

本研究所ではこのなかで、交通・人流シミュレーションのサブ課題の中で、自動車や人の移動・避難を記述する地域振興・防災・減災のための交通・人流シミュレーションとして、自動車交通・災害避難シミュレーションアプリケーションの構築を目指す。

本年度は、人流シミュレーションについて、大規模・網羅的なシミュレーション実行を可能とするため、これまで開発してきた人流シミュレータ CrowdWalkの京への移植と、連成シミュレーションに向けた CrowdWalkの機能拡張を進めた。また、サブ課題の取りまとめを行い、スケールのまたがるシミュレーションの連携や、交通・人流と異種の現象の連成シミュレーションへの準備を進めた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】社会シミュレーション、マルチエージェントシミュレーション、HPC

【研究 題 目】南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト

【研究代表者】金田 義行（海洋研究開発機構）

【研究担当者】池原 研、板木 拓也、杉崎 彩子、宇佐見 和子、岩井 雅夫（地質情報研究部門）、金松 敏也（海洋研究開発機構）（常勤職員3名、他3名）

【研究 内 容】

本研究では、南海トラフ沿いを中心に関東から琉球諸島沖の海域において、海底堆積物に残された地震発生記録から過去の巨大地震・津波の発生履歴を解明することを目標とする。本年度は、海洋研究開発機構の「みらい」による調査航海を沖縄宮古島～西表島南方前弧海域で実施し、海底地形、表層堆積構造と海底堆積物試料を得た。これらの結果から石垣島南方前弧域では海底谷を通じた石垣島側からの粗粒炭酸塩砕屑物の供給があることが確認されたが、堆積物の色調変化を基にするとタービダイトの挟在頻度は石垣島南西方海域よりも少ないことが明らかとなった。石垣島南西方でのタービダイトの挟在頻度は石垣島での津波堆積物の頻度とほぼ一致している。また、琉球海溝底には海溝に続く海底谷を通じた台湾側からの堆積物供給があることが粒子組成などの検討から分かった。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】海底堆積物、タービダイト、地震、津波、

八重山前弧域

〔研究題目〕次世代の産業を支える新機能デバイス・高性能材料の創成（サブ課題 E 高信頼性構造材料）

〔研究代表者〕香山 正憲（電池技術研究部門）

〔研究担当者〕香山 正憲、田中 真悟、石橋 章司、徐 卓（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

金属系構造材料の微細組織（粒界・析出物・転位・添加元素等）の構造・性質・機械的挙動を、原子・電子レベルからメゾ・マクロまで連携して、高精度に再現・予測・設計する理論・手法の開発を目指している。本年度は「大規模第一原理計算の実行」として、鉄中の転位と添加元素との相互作用、鉄粒界での添加元素の偏析挙動の大規模第一原理計算を実行した。鉄中の転位と添加元素との相互作用では、転位と置換型の遷移金属・典型原子と格子間型の炭素・水素の三者の間の相互作用を様々な配置で詳細に検討し、高精度データとして蓄積した。鉄中の粒界と添加元素との相互作用では、一連の3d 遷移金属の偏析エネルギーを求め、局所エネルギー分析から偏析機構を検討した。遷移金属の周期表の位置に依存して、偏析エネルギーや偏析機構が変化する様子が初めて明らかになった。一方、こうした高精度データをメゾ・マクロの計算に連結する方法として、粒界等の乱れた原子配置から粒界エネルギーを高精度に予測するための機械学習の応用を検討した。また、第一原理計算と Phase Field 法の連結について、プロジェクトの他グループとも連携して検討を進めた。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕大規模第一原理計算、次世代スパコン、粒界、転位、添加元素、計算科学

〔研究題目〕ダイヤモンド MESFET 作製技術の確立とダイヤモンド IC の要素技術開発

〔研究代表者〕梅沢 仁（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕梅沢 仁、大曲 新矢、空野 由明、茶谷原 昭義、坪内 信輝、渡邊 幸志（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

過酷事故環境へ適用可能な基盤技術として革新的原子炉システムの安全性・信頼性強化に資するため、耐熱・耐放射線性（X線、 γ 線、中性子線）にすぐれたダイヤモンド電界効果トランジスタおよび前置増幅器を開発することを目標とした研究を分担している。

研究計画全体は、①バルク結晶、電気特性評価用基本的電子デバイスに対する X線、 γ 線、中性子照射による放射線照射実験、②エリアモニターならびに CAMS 用 γ 線検出器の開発、③前置増幅器用金属-絶縁体-半

導体電界効果トランジスタ（MISFET）及び金属-半導体電界効果トランジスタ（MESFET）の開発、④ダイヤモンド FET をもちいた前置増幅器の開発からなり、当機関では③の MESFET および④の前置増幅器の開発を主体的に遂行し、①の支援研究を実施している。

今年度は、CAMS 用ダイヤモンド FET 前置増幅器の目標性能を達成可能なダイヤモンド MESFET の開発と供給を行うため、トランジスタ作製用プロセス要素技術開発を行った。特に素子の電流・高利得化と低容量化に向けて最適化設計を行い、エッチング、選択成長等のプロセス条件を確立した。さらにモノリシック IC 化のために MIM キャパシタ、抵抗を形成し、高温および放射線耐性等の評価を行った。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕ダイヤモンド、耐放射線、トランジスタ

〔研究題目〕火山噴火の予測技術の開発「噴火履歴調査による火山噴火の中長期予測と噴火推移調査に基づく噴火事象系統樹の作成」

〔研究代表者〕伊藤 順一（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕伊藤 順一、山元 孝広、星住 英夫、石塚 吉浩、草野 有紀、及川 輝樹、下司 信夫、古川 竜太（常勤職員8名）

〔研究内容〕

国内の活火山に対する噴火系統樹作成時に活用される噴火履歴情報を得るために、1) 恵山火山及び日光白根火山でトレンチ調査、2) 大規模噴火の活動推移に関するデータベースの整備を実施した。主な成果は以下の通りである。

1) トレンチ調査に関して恵山火山では、恵山町中心部にあたる南部の山麓の2カ所（長さ6 m×幅2 m×深度5 m）で重機トレンチを実施し、11個の放射性炭素年代測定値を得た。その結果、完新世初頭に新たな小規模噴火堆積物を見いだした。その噴火年代は放射性炭素年代測定の結果、約11.6-11.3千年前である。これは恵山火山元村噴火堆積物（約8.6千年前）と濁川火山噴出物（約15千年前）に挟まれることと層序的に調和する。完新世の水蒸気爆発に起因する Es-3と Es-1噴火堆積物は、Es-3が少なくとも5つに、Es-1が3つに細分されることが判明した。更に、恵山町中心部に、Es-3層準（約2800-2900年前）の火砕物密度流堆積物が到達していることが確認された。

また、日光白根火山では、火山体山頂域の6カ所（長さ1 m×幅1.5 m×深さ2 m）で人力トレンチを実施し、9個の放射性炭素年代測定値を得た。その結果、鍵層である榛名二ツ岳伊香保軽石（6世紀）の上位に、3枚の噴火堆積物があることを再確認し、放射性炭素年代値からそれぞれ1649年、12世紀、7世紀の噴火に対比した。

このうち従来不明確だった7世紀の噴火は、1649年噴火よりも山頂域で噴出物の層厚が厚く粒径が大きいことから、1649年噴火よりも噴火規模が大きかったと考えられる。

2) 大規模噴火の活動推移に関するデータベースの整備においては、海外における歴史噴火の事例として、9火山、10噴火事例についての噴火時系列データの収集を行った。具体的には、Krakatau 1883年噴火、Tarawea 1886年噴火、Lassen Peak 1915年噴火、Novarpta 1912年噴火、Vesuvius 1944年噴火、Pinatubo 1991年噴火、Chaiten 2007年噴火、Calbuco 2015年噴火である。これらの事例を基に VEI=5~6クラスの爆発的噴火の推移のパターンおよび時間推移のバリエーションの種類分けを実施した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】文科省次世代火山人材プロジェクト、噴火履歴、トレンチ調査、大規模噴火データベース

【研究 題 目】(1) 円滑な応急・復旧対応を支援する災害情報提供手法の開発 (b) マイクロメディアサービス開発 2) マイクロメディアサービスにおけるマッシュアップ・双方向インタラクション技術の開発

【研究代表者】野田 五十樹 (人工知能研究センター)

【研究担当者】野田 五十樹、小島 一浩、江渡 浩一郎 (常勤職員3名)

【研究 内 容】

本サブプロジェクトは、阪神・淡路大震災、東日本大震災をはじめとする過去の地震災害での経験・教訓をもとに、高い災害回復力(レジリエンス)を持つ社会の実現を研究の全体目的とする。具体的には、日本全国の防災研究者の英知を集め、他のサブプロジェクトと協働しつつ、防災担当者の災害対応能力と一般市民の防災リテラシーの双方の向上のための災害情報提供手法とトレーニング手法について提案することを達成目標とする。構築した災害情報提供サービス(マイクロメディアサービスと名付ける)と防災リテラシーハブ教育・訓練システムについて、我が国の人口の2/3、資産の3/4が集中する首都圏・中京圏・関西圏の3圏を中心とする実証実験によってその効果を検証する。

本年度は、マイクロメディアサービスの持続的システム設計・実装にむけたコミュニティ構築・維持を目的として、IT-DARTをはじめとする情報ボランティアの活用普及に向け「減災ソフトウェア開発に関する一日会議」を開催し、これまでの当会議の参加者やスピーカーとともに、新たな情報共有と活動継続の土台作りを進めた。また、一日会議やIT-DARTおよびこれまでのマイクロメディアサービスに関する取り組みについて、複数の自治体の防災担当者に解説・講演をおこない、成果の

普及及びマイクロメディアサービスの実装に向けた継続的な取り組みの実現を試みた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】減災情報技術、情報ボランティア、災害対策

③環境省

【研究 題 目】住家内汚染の包括的研究及びこれによる内部被ばく線量評価

【研究代表者】篠原 直秀 (安全科学研究部門)

【研究担当者】篠原 直秀、内野 加奈子 (常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

福島県双葉町及び大熊町の主に帰還困難区域にある住宅23軒において、住民の掃除を模した掃除機がけ、ハタキがけ、掃き掃除を行いながらハウスダストとエアロゾルを粒径別に捕集し、放射性Csを測定した。ハウスダスト中の放射能は、より福島第一原子力発電所から遠い住宅での調査を多く行ったこともあり、昨年度調査より低かった。ただし、粒径が小さいほどダスト重量当たりの放射性Cs濃度が高くなることや、ハウスダスト中の放射性Csの20%弱は水溶性であり、30%強は1規定の塩酸に溶解し、50%強がそれらに溶けないことについては、昨年度と同様の傾向を示した。フィルターにグリースを塗布せずにサンプリングした場合、跳ね返りなどによって正しい粒径分布が得られない可能性が示唆された。グリースを塗布したフィルターを用いて捕集した結果、エアロゾルの粒径が大きいほど、室内空気中の放射性Csは大きかった。はたき掛けと比べて、掃除機を使用した場合の空気中の放射性Csは低く、ほとんどが検出下限以下だった。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】ハウスダスト、エアロゾル、室内環境、放射性セシウム、放射能、換気回数、溶解性

【研究 題 目】平成29年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務

【研究代表者】田原 聖隆 (安全科学研究部門)

【研究担当者】田原 聖隆、塚原 建一郎、高 智紅、黒澤 宏美、藤井 千陽、蒲生 吉弘 (常勤職員2名、他4名)

【研究 内 容】

本研究は、セルロースナノファイバー(CNF)複合材料を搭載したNCV(Nano Cellulose Vehicle)の普及による、CO₂削減効果の将来予想について検討することを目的としている。本年度は、自動車「軽量化」の目標シナリオを作成し、CNF複合材料の導入可能性について検討した。まず、次世代自動車などの普及シナリオを参考に、将来におけるGV、HEV、PHEV、EV、FCVの

占める割合を設定した。乗用車保有台数の増減を考慮しつつ、2050年のCO₂排出量削減目標からバックキャストリングにより、車種別のCO₂削減シナリオを作成した。なお、PHEVのCO₂排出量は電気によるプラグイン走行とガソリンによるハイブリット走行を半々とした。次に、2020年、2030年の電源構成予測、自動車の燃費改善目標に対する軽量化の貢献比率を車種ごとに設定することにより、自動車の軽量化シナリオを作成した。GVの軽量化目標（2020年：10%、2030年：25%）を達成するために必要となる、車体・外装・内装・足周りの鋼鉄材料及び樹脂の軽量化率から、CNF複合材料への置換を必要とする割合を試算した。また、シナリオ分析結果に基づく、IDEA（Inventory Database for Environmental Analysis）マトリックスを用いた産業影響評価を実施するために必要となるデータベースの整備を実施した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 セルロースナノファイバー（CNF）、シナリオ分析

【研究 題目】 水俣条約に基づく水銀削減政策として経済手法の活用可能性と期待される効果に関する調査・分析

【研究代表者】 村尾 智（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】 村尾 智、中島 和夫（山形大学）、布施 正暁（広島大学）
（常勤職員1名、他2名）

【研究 内容】

零細及び小規模金採掘（ASGM）で使用される水銀の量を削減するために必要な経済的インセンティブとしてエシカルジュエリーに注目し、その適用可能性を調査した。今年度はモンゴルとフィリピンにおける採掘・選鉱・製錬の現場で関係者から聞き取り調査を行い、環境についての意識や経済関連の情報を収集した。両国とも、研究者があらかじめ訓練した調査員を現地に派遣し、協力を申し出た地元の数百名に、現地語でインタビューを行った。

その結果、現地では水銀中毒と思われる症状が出ていることを確認した。関係者の多くはASGMによる環境問題を認識しており、特に女性は環境保護に対する意識が高く、水銀使用を中止する意向を持っているが、技術が追いついていないことも判明した。

経済面の調査では、金の生産、買い取り、加工、販売のチェーンにおいて、最も大きな利益を得るのは中間業者であることが定量的に明らかになった。

聞き取り調査に加えて、本研究では、モンゴルにおける水銀のマテリアルフローを分析するとともに、昨年フィリピンについて実施したマテリアルフロー分析をさらに精緻化し、両国とも、水銀流通においては、ASGMによる影響が極めて大きいことを確認した。さらに、モ

デルを動学化、水銀削減のシナリオを数種類想定し、それぞれが水銀削減にどの程度効果があるかを計算によって示した。

成果の一部は、国内の学会及び国際機関の総会で発表するとともに、JICA および環境省主催の国際研修で活用した。現在、さらに詳しい分析を進め、国際誌への投稿を準備中である。

なお、内外の文献多数を研究の参考としたが、そのうちハーバード大学が出した「Treasure of the Earth」については逐語訳を行い、同大学および著者の了解を得た上で、神田の書店から「人類の鉱物史」と題して出版した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ASGM、零細及び小規模採掘、金、水銀、アマルガム、水俣条約、エシカルジュエリー

【研究 題目】 リマニュファクチャリングを中心とした持続可能な生産

【研究代表者】 松本 光崇（製造技術研究部門）

【研究担当者】 松本 光崇、増井 慶次郎、田原 聖隆（IDEA ラボ）
（常勤職員3名、他3名）

【研究 内容】

本事業はアジア地域における持続可能な消費・生産パターン定着のための政策デザインと評価を目的として、その中でリマニュファクチャリング（リマン）の位置付け・ビジョン・推進のための施策の検討を行うものである。二年目である本年度は、アジア新興地域におけるリマンの現状分析と課題抽出、成立要件分析を進め、またアジア地域および日米における消費者のリマン製品に対する受容性の分析および比較分析を実施し、またリマン普及のシナリオ分析を行うためのリマン普及シミュレータの構築を進めた。

アジア地域のリマンの現状把握のために、シンガポール、マレーシア、インドネシアで現地視察・ヒアリングを実施し、加えて調査外注により4カ国20企業（マレーシア、フィリピン、インドネシア、シンガポール）のインタビュー調査を実施し、アジア地域のリマンの現状分析と課題抽出、成立要件分析を行った。

リマンの需要サイドの分析のために、昨年度に実施した4カ国（タイ、マレーシア、インドネシア、ベトナム）の自動車パーツのリマン製品に対する消費者 Web アンケート調査の分析を進め、リマンの製品知識、便益認識、リスク認識、購買意思の関係、および品質認証制度や生産国情報が購買意思に与える影響の定量分析を実施した。

またリマン普及シミュレータの構築を東京大学と共同で進め、タイの複写機市場を対象とした定量モデルを構築し、製品価格戦略や回収制度などの制度設計要員がリ

マン普及に及ぼす影響のシミュレーション分析を実施し、結果の検証を行った。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造、
エネルギー・環境

〔キーワード〕 リマニュファクチャリング、持続可能な消費と生産、国際資源循環、アジア、制度設計

〔研究 題 目〕 高感度分析技術に基づく空港周辺における超微小粒子状物質の動態解明

〔研究代表者〕 桜井 博（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 桜井 博、村島 淑子（常勤職員2名）

〔研究 内 容〕

H29年度の目標は、H30年2月に行われた空港での超微小粒子の観測に先立ち、観測に用いられた計測器に対して事前に試験・校正を行うことであった。前半に試験・校正設備の整備を、後半には、整備した設備を用いての試験・校正を行った。対象とした計測器には、当初予定していた凝縮粒子カウンター2点、電圧変化型電気移動度式粒径分布測定器、揮発粒子除去用加熱管の他に、成田空港での観測に用いた高速応答型数濃度粒径分布測定器とエンジン排出ガス測定用粒子カウンターを追加した。試験・校正の項目は、凝縮粒子カウンターの検出効率、粒径分布測定器の粒径および濃度測定精度、加熱管とエンジン排出ガス測定用粒子カウンターの揮発性粒子除去効率および不揮発性粒子透過効率であった。

試験・校正設備の整備では、粒子サイズ分級器・不揮発性粒子発生器・揮発性粒子発生器の製作、制御プログラムの作成、性能確認実験を行った。

試験・校正では、凝縮粒子カウンター2点のいずれも仕様通りの検出効率を有することを確認した。エンジン排出ガス測定用粒子カウンターに対する試験では、産総研の試験設備及び試験手法の妥当性を検証するとともに、エンジン排出ガス測定用粒子カウンターの揮発性粒子除去率及び不揮発性粒子除去率がおおむねエンジン排ガス規制での規定を満たすことを見出した。揮発性粒子除去用加熱管に対して行った透過効率・除去効率の試験では、加熱管がエンジン排出ガス規制の仕様に準拠していることを確認した。粒径分布測定器2点に対する粒径および濃度測定精度に関する試験では、実大気を模擬した多分散粒子に対する粒径分布の同時測定を行い、2つの試験対象粒径分布測定器および産総研の参照粒径分布測定器によって得られた粒径分布がおおむね一致することがわかった。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 環境計測、超微小粒子状物質、航空機排出ガス

〔研究 題 目〕 機器分析と溶出特性化試験を組合せた自然・人為由来汚染土壌の判定法の開発

（サブテーマ：溶出特性化試験に基づく自然由来汚染土からの元素の溶出挙動の解明に関する研究）

〔研究代表者〕 保高 徹生（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 保高 徹生、井本 由香利
（常勤職員2名）

〔研究 内 容〕

本研究は、機器分析と溶出特性化試験を組み合わせた自然・人為由来汚染土壌の判定法の開発研究の一環として、溶出特性化試験に基づく自然由来汚染土からの元素の溶出挙動の解明を目指すものである。

溶出特性化試験に基づく自然由来汚染土からの元素の溶出挙動の解明を実施するため、前年度の実験に引き続きカラム通水試験を実施し、各溶出液の各種共存イオン濃度、全有機炭素量、pH、酸化還元電位についても同時に分析を行い、各種イオン濃度等と重金属類の溶出特性の関係性を評価し、汚染起源の判定方法を提示するための基礎データを蓄積した。また、溶出メカニズムの把握を目的として、カラム試験条件（通水速度、積算液固比）を変えた場合の破過曲線から溶出機構の判別を検討した。

①カラム通水試験

自然由来重金属を含む人為・模擬汚染土壌、海成堆積物、陸生堆積物を対象としてカラム通水試験を実施し、各溶出液の重金属濃度、共存イオン濃度、全有機炭素量、pH、酸化還元電位の測定を実施した。その結果、ヒ素の溶出特性は、海成堆積物、陸生堆積物、人為汚染土壌で異なるケースが確認された。これらの類型化された結果は、特定の重金属に関して、カラム試験の破過曲線の形状から自然由来／人為由来を把握できる可能性を示唆した。

②カラム試験の結果から溶出メカニズムの検討

カラム試験条件下における土壌からの有害物質等の浸出挙動に関わる溶出機構を既往の文献により整理し、試験条件の異なるカラム試験の破過曲線の形状から溶出機構を判別する可能性を検討するとともに、自然由来金属を含む土壌を用いてカラム試験を実施した結果を用い、得られた破過曲線から溶出機構の判別を試みた。カラム試験の結果から、通水速度を変化させた試験結果を比較することで、溶出プロセスの平衡・非平衡状態が明確になることを確認できた。この結果により、これらの溶出挙動が固液間の分配の影響を受けている可能性が示された。

〔領 域 名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 カラム試験、自然由来重金属、土壌、判定方法

〔研究 題 目〕 土壌・地下水中のクロロエチレン等の分解・吸脱着等挙動解析と汚染状況評価技術の開発（サブテーマ：多次元シミュレ

ーションに基づく土壌・地下水中の挙動の予測解析に関する研究

【研究代表者】保高 徹生（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】保高 徹生（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、テトラクロロエチレン（PCE）、トリクロロエチレン（TCE）、ジクロロレチレン（DCE）、塩化ビニルモノマー（VC）の分解経路を対象として、我が国の一般的な地下水流動データ（帯水層厚、動水勾配、透水係数など）を整理した上で、基本解析モデル条件を決定し、PCE からエチレン以降（無害化）までの既往分解・吸着データを用いた帯水層での分解を考慮した3次元シミュレーション（MODFLOW と MT3D を使用）を実施した。そして、スプレッドシート形式の解析解モデルの開発および妥当性評価、さらに分解速度を中心としたパラメータスタディを実施した。

PCE の分解に関する半減期のパラメータスタディとして、基準値（0.01 mg/L）の PCE が汚染源に常時に存在した場合の、PCE 等の各半減期を10、100、300、1,000、3,000日と変化させた625通りの計算を実施した。TCE は全てのケースで基準値に対する比濃度が0.3以下、DCE は全てのケースで基準値に対する比濃度が0.1以下であった。一方、基準値が低い VC については、基準値に対する比濃度は、TCE、DCE よりも高く、PCE、TCE、DCE の半減期が10日、VC の半減期が3,000日の1ケースでは基準値を超える判定となった。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】クロロエチレン、分解、物質移動シミュレーション、地下水

【研究題目】土壌・地下水中のクロロエチレン等の分解・吸脱着等挙動解析と汚染状況評価技術の開発（サブテーマ名：塩素化エチレン・エタン類の分解挙動に関する研究）

【研究代表者】張 銘（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】張 銘、吉川 美穂（常勤1名、他1名）

【研究内容】

新規法規制物質であるクロロエチレン（VC）及びその親物質であるテトラクロロエチレン（PCE）やトリクロロエチレン（TCE）を含む汚染物質の室内分解実験を実施し、分解経路や分解微生物、分解の阻害・促進メカニズムを解明するとともに、文献調査と合わせて分解速度に関する整理と取りまとめにも着手、推進した。

その結果、幾つかの重要な知見が得られた。①PCEを除けば、好氣的酸化分解も浄化対策の一つのオプションとして利用できる。②クロロエチレン類の濃度が30 mg/L 以下であれば、環境微生物を利活用したバイオレメディエーションを有効に利用することが可能である。

③塩素の数が少なければ少ないほど分解速度が遅くなり、現場の分解速度は室内実験結果（栄養剤添加した加速分解条件）より数十倍以上も遅いことがある。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】クロロエチレ、新規法規制物質、微生物分解、分解経路、分解速度

【研究題目】1,4-ジオキサンの環境動態の把握に基づいた土壌調査法の開発に関する研究（複合成分の相互作用と化学・生物特性）

【研究代表者】川辺 能成（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】川辺 能成、坂本 靖英（常勤職員2名）

【研究内容】

1,4-ジオキサン分解菌として知られている *Pseudonocardia dioxanivorans* (ATCC 55486) の土壌への吸着量について検討した。その結果、豊浦砂や赤土などの土壌が水溶液中に0.1~0.2 %存在する場合には、微生物量の40~50 %程度が土壌へ吸着することが明らかになった。次に、ATCC55486に及ぼす各種イオンの影響を検討した。ヒ素については10 mg/L 存在すると大きく分解速度が低下することが確認されたが、何度か繰り返し培養することにより順応し、分解速度の低下が軽減されることが明らかになった。また、塩化物イオンでは0.3 % (0.05 M) 以上、硫酸イオンおよび硝酸イオンについても、それぞれ0.3 % (0.02 M) および0.2 % (0.02M) 以上となると阻害が認められた。これらの結果より速度パラメータを取得したところ、これらのイオンが存在する場合には比分解速度が小さくなった。

得られた速度パラメータや土壌への吸着に関するパラメータを産総研で開発している地圏環境リスク評価システム（GERAS）に実装し、実汚染現場の地形データや降雨量等のデータを利用し、本モデルを用いて1,4-ジオキサンの移動特性を評価した。微生物の土壌への吸着を考慮することにより、微生物が汚染現場の帯水層に留まることから、1,4-ジオキサン濃度は吸着を考慮しない場合よりも明瞭に減少し、移動範囲も小さくなった。また、汚染発覚時における微生物の注入時期および注入期間を変化させた場合には、注入時期が早いほど、汚染の広がりが小さくなり、注入期間についてはそれほど効果が認められなかった。したがって、微生物分解による浄化効果を想定した場合には、汚染発覚から早い段階で微生物を注入することが重要であるものと考えられた。

【領域名】エネルギー・環境、地質調査総合センター

【キーワード】1,4-ジオキサン、微生物、分解速度、重金属類、有機塩素系化合物、移動特性

【研究題目】水銀を利用する環境とその周辺における水銀ばく露測定システムの開発

〔研究代表者〕野田 和俊（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕野田 和俊、愛澤 秀信、古川 聡子
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

WHO の作業環境基準値である1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の水銀濃度を高感度測定可能な、100 g 以下のシステムを開発することを目的に実施した。

低濃度域、高濃度域での検知特性を求め、その応答特性から水晶振動子表面での反応時間（検知時間）を明らかにした。測定（ばく露）時間、水銀濃度に関わらず、最大周波数変化量がほぼ一定であることが示された。また、その電極表面についても走査型電子顕微鏡による観察を行い、比較検討してその相違が示された。

零細小規模金採掘現場（ASGM）およびその周辺施設等での使用を考慮し実用的な検知システムとして、小型、軽量で測定データを内蔵メモリに記録するロガータイプの機器を試作したシステム化を行った。このシステムでの水銀に対する検量線を求め、水銀濃度変化に対する周波数変化量は正の相関関係が示された。また、この検量線から WHO の作業環境基準である1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （約0.12 ppb 程度）の測定の可能性が示され、本システムの有効性も分かった。また、従来のリード型素子のほか、表面実装型素子（SMD）についても同様な実験を行った結果、検知特性等同等以上であることが示された。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕水銀、水晶振動子、センサ、環境計測、個人ばく露

〔研究題目〕二段低温ガス化法による CFRP からの炭素繊維の回収

〔研究代表者〕加茂 徹（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕加茂 徹（常勤職員1名）

〔研究内容〕

プレプリグを窒素および酸素濃度5%、10%、20%の雰囲気ガス中、400℃～600℃で加熱処理した場合、窒素雰囲気下400℃では回収された炭素繊維表面に多くの残渣が残っているため、炭素繊維とエポキシ間の親和性が低く引張強度が小さく観測された。酸素濃度が高くなるに従って引張強度は増加し、酸素濃度10%以上ではほぼ一定であることから酸素濃度10%以上では炭素繊維表面の残渣はほぼ完全に除去された。酸素濃度が10%以上では、炭素繊維の引張強度は処理温度が高くなるに従って低下し、回収された炭素繊維が雰囲気中の酸素によって酸化され劣化した。これに対し窒素雰囲気および酸素濃度5%では、回収された炭素繊維の引張強度は処理温度500℃で極大となった。これは、処理温度が低い場合には炭素繊維表面の残渣のため、処理温度が高い場合には回収した炭素繊維自身の劣化のためと考えられる。炭素繊維単体の場合、窒素雰囲気下では処理温度が600℃以上でも引張強度の劣化は観測されな

かったが、プレプリグの処理ではエポキシ樹脂の分解時に発生するラジカルが炭素繊維強度の劣化に関与していることが示唆された。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕炭素繊維、CFRP、リサイクル

〔研究題目〕平成29年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費（眼の水晶体等価線量評価に用いる線量計の試験校正手法の開発）

〔研究代表者〕加藤 昌弘（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕加藤 昌弘、黒澤 忠弘、山口 英俊
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

水晶体等価線量の職業被ばく限度値は2011年に国際放射線防護委員会（ICRP）により引下げの声明があり、国内規制に取り入れるための検討が行われている。信頼性の高い水晶体等価線量の管理を行うには国内における線量計の試験・校正システムの確立が欠かせない。本事業の目的は平成29年度から平成30年度までの2年間において、水晶体等価線量評価に用いる線量計の試験・校正手法を開発することである。具体的には①β線標準場のエネルギーの拡大と、②X線・β線標準場の水晶体等価線量評価に関わる実用量の導出によって線量計を試験・校正できる環境を整備し、③水晶体等価線量評価に用いる線量計の試験・校正の実証実験を行う。

平成29年度は、β線標準場のエネルギーの拡大としては、既存設備による研究手法の検証を行うとともに、平成30年度に導入するβ線源の検討を行った。この成果により平成30年度の拡大エネルギーβ線場の設定が堅実に遂行できると考えられる。水晶体等価線量評価に関わる実用量の導出のテーマでは、ISO4037、IEC61267、JIS Z 4511で規定されている X 線標準場における空気カーマを3 mm 線量当量に換算する係数を求めた。対象とするファントムは ICRU 球、ICRU スラブ、円柱ファントムである。これにより水晶体等価線量評価にかかわる線量計の試験や校正を実施することが可能となった。平成30年度はβ線に関して実用量を導出する。線量計の試験・校正の実証実験としては対象とする線量計を選定し、一部の線量計には照射試験を行った。平成30年度に実際に試験・校正を行うことで、開発した標準場及び試験校正システムの評価が可能となり、標準場設定法や校正手法の改善につながる事が期待できる。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕放射線防護、水晶体等価線量、空気カーマ、組織吸収線量、線量当量、X線、β線

〔研究題目〕平成29年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費環境モニタリング線量計の現地校正に関する研究

〔研究代表者〕 黒澤 忠弘（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 黒澤 忠弘、加藤 昌弘、山口 英俊
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

国内の主要地域、またイギリス・ドイツでの環境モニタリングの状況について調査を行った。国内では、線量計の検出器は3種類（電離箱式、シンチレーション式、半導体式）で統一されていた。設置方法も、局舎屋根か地上に固定する2パターンであった。ただ半導体検出器の設置については、ソーラーパネルや雪よけの屋根など周辺機器の配置が様々であることが確認できた。管理状況については、少なくとも年に1回は線源を用いた確認校正や調整が行われていた。またプロジェクトオフィサとの議論の中で、値付けされた線源を用いた校正の有効性についても認識し、次年度の検討項目とした。

イギリス・ドイツでは、環境モニタリングで重要視されていたのが、放射線利用施設の周辺住民の追加被ばく線量測定であった。追加被ばく線量として年1 mSv を担保するため、主に積算型線量計を敷地境界周辺に配置し、3か月～半年に一度線量の読出しを行い1年間の線量を実測しているとのことであった。また補足的に線量率の計測のために、GM 管式の線量計も用いているとのことであった。この GM 管は、容量が大小のペアのものを用いているようで、低線量率から比較的高線量率まで対応できるように設計されていた。積算型線量計の測定サービスや GM 管式線量計については、測定サービスの認定や線量計のトレーサビリティが確保されているとのことであった。ただ、施設境界ではなく、主要地域に配置されている環境モニタリング線量計については、訪問先の研究所等での校正実績を確認することができなかった。

コリメータを有する現地校正用の照射装置を設計・製作した。この照射装置に Co-60、Cs-137、Ba-133、Co-57線源をセットして、線源から100 cm、50 cm、30 cm 位置での周辺線量当量率の設定を大型の10L 電離箱で行った。環境モニタリング用の半導体検出器がまだ入手できていないため、模擬的にシンチレーション式サーバイメータに対して、産総研で所有する従来の照射装置、また今回開発した現地校正用照射装置の双方で Cs-137線源に対する校正を行い、2 %以内で一致していることが確認できた。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 環境モニタリング線量計、現地校正

〔研究題目〕 平成29年度原子力発電施設等安全技術対策委託費（自然事象等の評価手法に関する調査）事業

〔研究代表者〕 伊藤 順一（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕 伊藤 順一、伊藤 一誠、塚本 斉、森川 徳敏、風早 康平、大坪 誠、

朝比奈 大輔、伊藤 一充、高橋 正

明、佐藤 努、清水 徹、高橋 浩、東郷 洋子、富島 康夫、竹田 幹郎、宮越 昭暢、戸崎 裕貴、佐藤 稔、宮川 歩夢（地質情報研究部門）、田村 亨（地質情報研究部門）

（常勤職員19名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、廃棄物埋設にかかる立地及び安全評価に関する安全規制の支援に必要となる隆起・侵食活動、断層活動、地下水流動等の自然事象等の将来予測に関する調査・評価手法について検討を行い、科学的知見の収集・整備を行うことを目的として実施されたものである。

1) 隆起速度及び侵食速度に関する評価手法の検討

堆積相解析と光ルミネッセンス（OSL）年代測定手法を組み合わせた隆起速度評価手法の検討においては、山口県宇部市周辺に分布する花崗岩地域における OSL 年代測定手法の適用性について検討し、同手法が花崗岩地域のカリ長石にも適用可能であることを示した。過年度に実施した青森県上北平野や石川県能登半島などのデータと比較すると、カリ長石の最大蓄積線量は後背地が異なってもそれほど変化しないが、測定限界に対応する年代値については堆積物中の放射性元素含有量（年間線量）に依存し、花崗岩地域の宇部地域では35万年程度であるのに対し、上北平野では100万年程度とより長期間の評価が可能であることが明らかになった。また、MIS11より古い段丘堆積物を対象に OSL 年代測定の精度・確度に関する検討を行い、より古い試料については測定 disc 数を従来の2倍程度増加させる必要があることを示した。

時間スケールの異なる複数手法を使った隆起速度評価手法や侵食速度評価手法について文献レビューに基づく適用性・適用限界及び適用可能条件について検討した。

2) 力学的指標による断層活動性評価手法の検討

九州地方の正断層型断層が卓越した地域を対象に力学的指標による断層活動性評価を行い、断層活動履歴との整合性について検証を行ったところ、逆断層型が卓越する東北日本、横ずれ断層型が卓越する西南日本（九州地方を除く）と同様に、力学的指標による断層活動性評価手法が適用可能であることが明らかになった。また、力学的指標による断層活動性評価手法を適用する個々の断層に関して、地表付近での走向・傾斜の情報に加えて地震発生域（深さ約10～20 km 程度）までの断層の形状・姿勢情報を把握する手法や、地下深部で断層の傾斜が低角化することを仮定した数値シミュレーションが必要であることを示した。

沿岸陸域・海域を対象とした力学的指標による断層活動性評価手法の適用性を検討するため、沿岸陸域・海域の大局的な応力場・テクトニックセッティングの傾向・特徴を把握する観点から、東北日本弧と西南日本弧の海

溝から陸域にかけての前弧ウェッジスケールを対象とした検討を行った。

3) 低透水性環境下での地下水流動評価手法の検討

海水準変動に伴う地下水流動系の変化を検討するため、亀裂性花崗岩地域として広島県東部から岡山県沿岸域（瀬戸内海沿岸中部）、多孔質媒体分布地域（堆積岩地域）として青森県東部（上北平野）における浅層・深層地下水系の海水および淡水起源地下水の侵入年代を決定した。亀裂性花崗岩分布地域の沿岸部においては縄文海進期以降の若い塩水が広く分布し、最終氷期に淡水地下水が深層へ侵入したことが明らかとなった。しかし、瀬戸内海沿岸中部には、縄文海進以前と考えられるやや古い地下水も存在し、地下水流動が最終氷期における周辺の地形に依存している可能性を指摘した。また、青森県東部（上北平野）においては、地質構造に規制された地下水流動が示唆されるものの、亀裂性花崗岩地域とは異なり、内陸部には地層堆積時にも及ぶような古い海水が停滞していることが明らかになった。

我が国の深層地下水に関する新規データの収集・分析を行い、分析データの品質管理を行った上で深層地下水データベースに登録した。沿岸域地下水の Cl 濃度の分布と表層地質の関係を検討したところ、Cl 濃度の高い地下水は海岸線より1 km 以内に集中するが、比較的内陸に存在する Cl 濃度の高い地下水は、明らかに新第三紀以降の堆積岩に集中していることがわかった。

瀬戸内海沿岸部及び上北平野で観察されるような海水準変動による塩水と淡水の流動系変化の解析のために、海水準変動を模擬した数値解析を実施した。その結果として、堆積岩地域のような鉛直方向と水平方向の透水係数の異方性が存在する場合には、海進時における鉛直方向の塩水侵入が生じないこと、深度方向に透水係数が減少するケースにおいては、海進時の鉛直方向の塩水侵入が顕著に見られることが示された。

長期的な地下水流動及び物質移行の要因として、堆積岩地域における地下水中の塩分濃度分布と化学浸透圧の発生による間隙水圧分布の異常に関する実験的検討を行い、過去の最大埋没深度に相当する応力载荷を行うことで、浸透圧パラメータの応力（深度）依存性を評価できること、そこから評価したパラメータを用いることで、原位置における異常間隙水圧の発生及びその長期的持続性を評価可能であることが明らかになった。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】放射性廃棄物、埋設処分、安全規制、隆起・侵食活動、断層の活動性、地下水流動、地下水年代、海水準変動、深層地下水データベース、深部地下環境

【研究 題 目】平成29年度原子力施設等防災対策等委託費火山影響評価に係る技術知見の整備

【研究代表者】山元 孝広（活断層・火山研究部門）

【研究担当者】山元 孝広、下司 信夫、石塚 吉浩、田中 明子、石塚 治、古川 竜太、宮城 磯治、斎藤 元治、松島 喜雄、東宮 昭彦、星住 英夫、山崎 誠子、宝田 晋治、山崎 雅、風早 康平、森川 徳敏、高橋 正明、工藤 崇（地質情報研究部門）、高倉 伸一（地圏資源環境研究部門）、中川 光弘（北海道大学）、宮縁 育夫（熊本大学）、井口 正人（京都大学）、巽 好幸（神戸大学）、島 伸和（神戸大学）
上嶋 誠（東京大学）
（常勤職員19名、他6名）

【研究 内 容】

本業務は、火山の特性、地下構造、地球物理学的及び地球化学的調査手法等の最新の知見に基づく火山活動に起因する事象調査から、原子力施設に影響を与える火山活動の可能性をより定量的に評価するための評価基準・指標、火山活動のモニタリング評価基準・指標に関する知見を整備することを目的としている。その達成のため、以下の3項目の調査研究を実施した。

1) 火山活動評価のための調査研究

将来の火山活動の可能性評価のためには、過去に大規模噴火を起こした火山や主要な活火山の活動履歴情報を整備し、性評価基準・指標を策定する必要がある。今年度も巨大噴火の事例調査として、支笏カルデラ・十和田カルデラ・大山火山・阿蘇カルデラを対象とした調査研究を実施した。また、過去1千年間に3回のカルデラ形成噴火を起こしたインドネシアでの事例調査については、これまでの成果を総括した。

2) 噴火規模及び影響範囲推定のための調査研究

短時間のうちに膨大な量のマグマを噴出し大規模火砕流となるカルデラ形成噴火に関する岩石学的知見を整備することは、大規模噴火のマグマ溜まりの物理化学条件や、噴火準備理解のために不可欠である。今年度も、支笏・阿蘇・始良・鬼界カルデラ形成噴出物を対象とした検討を実施し、それぞれからマグマ溜まりの深さを拘束する分析結果を得た。

3) 火山モニタリング評価のための調査研究

大規模なカルデラ形成噴火のマグマ噴出量は数十～数百 km³程度であり、同様な規模の噴火が起こるためには、噴火準備過程でこれと同等以上の規模のマグマ溜まりが地下に形成されるものと考えられる。このような大規模噴火を想定した火山活動モニタリングに求められるマグマの蓄積に伴う広域地殻変動を評価するためのシミュレーション技術開発と、実際のカルデラにおけるマグマだまりの位置確認のための地下構造調査を実施した。具体的には昨年度に引き続き阿蘇カルデラでの MT 法による電磁探査と始良カルデラでの地震波トモグラフィ

ー・レシーバー関数による地下構造境界の検出を実施している。また、海底カルデラである鬼界カルデラを対象に、海底下に存在する可能性があるマグマ起源の低抵抗体の検出が可能かどうかを検討するために、海底電位磁力計設置位置決定のための海底地形データの取得と、観測機器の海底への設置を実施した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】火山活動履歴、大規模噴火、カルデラ、シミュレーション

④その他省庁

【研究 題 目】H29年度繁殖性の改善による家畜生涯生産性向上技術の開発

【研究代表者】山下 健一（製造技術研究部門）

【研究担当者】山下 健一、石地 友香、松浦 和真
（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

繁殖検診に関連する知見を情報処理技術により整理し、繁殖機能回復の程度の判断を支援する技術の開発を行うことで、全体平均として分娩後の早期回復を成し遂げるという課題に取り組み、家畜の生涯生産性向上を実証することが、本プロジェクトの最終目的である。このプロジェクトでは、情報処理技術により顕在化していない牛の状況を予測する技術の開発を行うという進め方採っており、外貌と基本情報からプログラム授精（乳用牛）や早期化処置（肉用牛）の適用の可否の推定や、黄体の機能性に着目して分娩後回復状況を把握することについて検討した。特に平成29年度は、情報処理技術により、顕在化していない牛の状況を予測し、対応をとることにより分娩間隔の短縮を図ることを目指した。繁殖検診の結果をデータベース化し、統計的手法、ならびに社会実装時の現場負担などを考慮し、影響の大きい項目を整理した。ベイジアンネットワークという技法により、外貌と基本情報から、プログラム授精や早期化処置の適用可能性を推定する数理モデルを構築し、推定精度80%程度を達成した。卵巣の黄体の機能ステージに着目した繁殖機能早期診断法を確立するとともに、ディープラーニングにより自動的に判断する技術を構築し、推定精度80%超を達成した

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】繁殖、畜産、獣医学、機械学習、人工知能

【研究 題 目】平成29年度鉱物資源開発の推進のための探査等事業（資源開発可能性調査）

【研究代表者】高木 哲一（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】高木 哲一、大野 哲二、児玉 信介、実松 健造、星野 美保子、昆 慶明、荒岡 大輔、綱澤 有輝、森本 慎一郎、横山 隆臣、向井 広樹、徐 維那、

月村 勝宏、Buenaveturada C.

Segwaben、宮腰 久美子、徳本 明子
（常勤職員9名、他7名）

【研究 内 容】

本事業は、平成29年度特別会計により、資源エネルギー庁から受託したものである。本事業は、1) 北米におけるレアメタル鉱床の資源開発可能性調査、2) 南アフリカ共和国ブッシュフェルト地域におけるレアメタル鉱床の資源開発可能性調査、3) 南米におけるレアメタル等資源開発可能性調査、4) 東南アジア地域におけるレアメタル等資源開発可能性調査の4項目である。

1) では、米国地質調査所（USGS）との共同研究として、ミズーリ州 Pea Ridge 鉱床、Iron Mountain 鉱床産鉱石の安定同位体比の測定を実施し、USGS デンバー支所にて情報交換を行った。また、米国地質学会（シアトル）に参加し、最新の研究動向を調査した。また、カナダ・ブリティッシュコロンビア州地質調査所との共同研究として、同州東部 Rock Canyon Creek 岩体から採取した試料の鉱物・地球化学的解析を実施した。得られたデータは現在解析中である。2) は南アフリカ地球科学審議会（CGS）と共同で、ブッシュフェルト花崗岩体西部のボラカラロ国立公園周辺の現地調査を実施し、粘土化変質帯1ヵ所を発見した。そこで、採取した試料の地球化学的解析を実施したが、レアアース等鉱徴地の確認には至らなかった。3) はアルゼンチン地質調査所（SEGEMAR）と共同で、同国カタマルカ州を中心としたレアメタル・ベースメタル鉱床の現地調査を実施し、同国鉱物資源に関する基礎資料とした。また、現地にて平成30年度以降の研究計画等を協議した。4) では、ミャンマー地質調査所（DGSE）と共同で、同国ザガイン地方域、チン州、マグウェ地方域に分布するレアメタル鉱床および非金属鉱床の現地調査を実施した。また、採取した試料の鉱物・地球化学的解析を実施し、同国鉱物資源に関する基礎資料とした。

これらの調査研究を進めるために、レアメタル分析・選鉱実験手法の改良・高度化を進めた。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】レアメタル、ベースメタル、地質調査、米国、カナダ、南アフリカ、アルゼンチン、ミャンマー

【研究 題 目】平成28年度地層処分技術調査等事業（地層処分共通技術調査：沿岸部処分システム高度化開発）

【研究代表者】丸井 敦尚（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】丸井 敦尚、町田 功、小野 昌彦、井川 怜欧（常勤職員4名、他3名）

【研究 内 容】

我が国では、これまでの原子力エネルギー利用に伴い放射性廃棄物が多量に発生しており、この処理処分対策

を着実に進める必要がある。高レベル放射性廃棄物等の地層処分については、「原子力政策大綱」等に沿って、国や研究開発機関等がそれぞれの役割分担を踏まえつつ、密接な連携の下で基盤研究開発を着実に進めていくこととしている。平成27年5月22日に閣議決定された「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」では、国が科学的有望地を提示し、処分地選定調査への協力を自治体に申し入れるよう改定され、平成29年3月に総合資源エネルギー調査会地層処分技術ワーキンググループにて地層処分地の具体的な要件・基準について検討が進められた。この中で、詳細な現地調査を行った場合に安全な地層処分が成立すると確認できる可能性が相対的に高い地域は「好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い地域」とされ、さらに、この中から海岸からの距離が短い地域（沿岸海底下や島嶼（とうしょ）部を含む）を「輸送面でも好ましい地域」と整理されており、さらに、沿岸部における特性と留意事項が示され、今後も技術の高度化やデータ等の拡充に取り組むことが重要であるとの指摘がなされた。

本委託事業である、沿岸部処分システム高度化開発は、産業技術総合研究所に加え、日本原子力研究開発機構、電力中央研究所、原子力環境整備・資金管理センターとの共同受託研究である。沿岸部における地層処分技術の信頼性及び安全性の向上を目的に、沿岸部を対象とした技術課題の整理を行うとともに、概要調査段階等で必要な技術開発を地質環境の調査技術・工学技術・安全評価技術に区分した上で取り組む。この枠組みにより、各分野の技術開発が事業全体の進捗を確認しながら進められるようになることから、地層処分研究全体の中の各分野の位置付けがより明確になり、全体の流れを意識した研究開発を行うことができる。具体的な事業内容は、

- (1) 沿岸海底下等における地層処分の技術的課題に関する検討
- (2) 沿岸部における地質環境の調査技術の高度化開発
- (3) 沿岸部における工学技術の高度化開発
- (4) 沿岸部における安全評価技術の高度化開発

の4項目からなる。(1)では、平成27年度に組織した、関連する専門性を有した学識者と、原子力発電環境整備機構及び関連研究開発機関等から構成される研究会を開催し、研究の運営や取りまとめに関する議論を実施した。

(2) 沿岸部における地質環境の調査技術の高度化開発には、①沿岸部の地下水長期安定性評価技術の検討、②沿岸部における地質環境の調査・解析・評価技術の検討、③沿岸部の地質環境の情報整備が含まれており、産業技術総合研究所は、これらの課題に対して、日本原子力研究開発機構ならびに電力中央研究所と共同して研究を進めた。

①沿岸部の地下水長期安定性評価技術の検討では、日本列島の沿岸部の深層地下水の性状（水質、地下水年代など）を調査する。この目的のために、既存の観測井か

らダブルパッカーを用いた揚水あるいは温泉井からの地下水の採取を行い、適用例の少ない放射性同位体や希ガスを含む年代トレーサーの分析を行う。そして得られた地下水年代値と、調査地点の地形、地質、地理学的特性などを比較する。これらの調査は県、市町村、井戸所有者への丁寧な説明後に行われるものであり、平成28年度は4地域約30地点の調査を実施した。

②沿岸部における地質環境の調査・解析・評価技術の検討では、非ダルシー領域、すなわち動水勾配が小さいときに地下水の流速が著しく低減する領域の範囲を示し、その評価方法を提示することを目的としている。加えて、従来未解明な部分の多かった、深層（海面下200 m以上）での海底湧出地下水の実態把握などを行う。平成28年度は、選定された地域において地下水流動概念モデルを構築し、定められた深度での地下水年代を求めてダルシー則に基づく流動解析結果との比較を行った。また、海底湧出地下水調査については遠隔操作型無人潜水艇の予備試験等を行った。

③沿岸部の地質環境の情報整備では、沿岸部の自然現象及び地下水長期安定性に係る検討を行うためのデータ提供を目的として、沿岸部の地球科学に係る文献を収録したデータベースを構築するとともに、統計学に基づく整理を行う。さらに構築したデータベースを用い、文献数の地域的な違い、調査手法の適用数などの考察を加え、沿岸部研究全体の研究進捗状況を明らかにする予定である。平成28年度の収録文献数は約80万件である。

(3)、(4)については、日本原子力研究開発機構および原子力環境整備・資金管理センターが中心となり、精力的に課題の推進を図った。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】沿岸域、地層処分、地質環境、深部地下水、長期安定性、調査技術

(注) 当該課題は平成29年6月30日まで実施。

【研究題目】平成29年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（地層処分共通技術調査：沿岸部処分システム高度化開発）

【研究代表者】丸井 敦尚（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】丸井 敦尚、町田 功、井川 怜欧、小野 昌彦、松本親樹
（常勤職員5名、他3名）

【研究内容】

我が国では、これまでの原子力エネルギー利用に伴い放射性廃棄物が多量に発生しており、この処理処分対策を着実に進める必要がある。高レベル放射性廃棄物等の地層処分については、「原子力政策大綱」等に沿って、国や研究開発機関等がそれぞれの役割分担を踏まえつつ、密接な連携の下で基盤研究開発を着実に進めていくこととしている。平成27年5月22日に閣議決定された「特定

放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」では、国が科学的有望地を提示し、処分地選定調査への協力を自治体に申し入れるよう改定され、平成29年3月に総合資源エネルギー調査会地層処分技術ワーキンググループにて地層処分地の具体的な要件・基準について検討が進められた。この中で、詳細な現地調査を行った場合に安全な地層処分が成立すると確認できる可能性が相対的に高い地域は「好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い地域」とされ、さらに、この中から海岸からの距離が短い地域（沿岸海底下や島嶼部を含む）を「輸送面でも好ましい地域」と整理されている。そして、これをまとめた日本列島の科学的特性マップが平成29年7月28日に資源エネルギー庁から提示された。並行して議論された、沿岸海底下等における地層処分の技術的課題に関する研究会においても、沿岸部における特性と留意事項が示され、今後も技術の高度化やデータ等の拡充に取り組むことが重要であるとの指摘がなされた。

本委託事業である、沿岸部処分システム高度化開発は、産業技術総合研究所に加え、日本原子力研究開発機構、電力中央研究所、原子力環境整備・資金管理センターとの共同受託研究である。沿岸部における地層処分技術の信頼性及び安全性の向上を目的に、沿岸部を対象とした技術課題の整理を行うとともに、概要調査段階等で必要な技術開発を地質環境の調査技術・工学技術・安全評価技術に区分した上で取り組む。この枠組みにより、各分野の技術開発が事業全体の進捗を確認しながら進められるようになることから、地層処分研究全体の中の各分野の位置付けがより明確になり、全体の流れを意識した研究開発を行うことができる。具体的な事業内容は、

- (1) 沿岸海底下等における地層処分の技術的課題に関する検討
- (2) 沿岸部における地質環境の調査技術の高度化開発
- (3) 沿岸部における工学技術の高度化開発
- (4) 沿岸部における安全評価技術の高度化開発

の4項目からなる。(1)では、平成27年度に組織した、関連する専門性を有した学識者と、原子力発電環境整備機構及び関連研究開発機関等から構成される研究会を開催し、研究の運営や取りまとめに関する議論を実施した。

(2) 沿岸部における地質環境の調査技術の高度化開発には、①沿岸部の地下水長期安定性評価技術の検討、②沿岸部における地質環境の調査・解析・評価技術の検討、③沿岸部の地質環境の情報整備が含まれており、産業技術総合研究所は、これらの課題に対して、日本原子力研究開発機構ならびに電力中央研究所と共同して研究を進めた。

①沿岸部の地下水長期安定性評価技術の検討では、日本列島の沿岸部の深層地下水の性状（水質、地下水年代など）を調査する。この目的のために、既存の深層地下水観測井からの揚水あるいは温泉井からの地下水の採取を行い、複数の放射性同位体や希ガスを含む年代トレー

サーの分析を実施し、地下水年代を求めた。そして得られた地下水年代値と、調査地点の地形、地質、地理学的特性などを比較し、システマティック解析と称する深部地下水の促成把握を実施した。平成29年度には全国60地点以上での調査を実施した。

②沿岸部における地質環境の調査・解析・評価技術の検討では、先に採取・分析したポイント（地点と深度）における地下水の滞留時間を推定する解析を実施している。その結果、多くの地点で解析値よりも実際の測定値の方が滞留時間が大きく、地下水の安定性が確認できることが判明した。また、海底湧出地下水調査については遠隔操作型無人潜水艇による実地試験を行った。

③沿岸部の地質環境の情報整備では、沿岸部の自然現象及び地下水長期安定性に係る検討を行うためのデータ提供を目的として、沿岸部の地球科学に係る文献を収録したデータベースを構築するとともに、統計学に基づく整理を行った。これより、文献数の地域的な違い、地質と調査手法の適用数などから、沿岸部研究全体の研究進捗状況を明らかにした。

(3) 沿岸部における工学技術の高度化開発に関しては原子力環境整備・資金管理センターならびに日本原子力研究開発機構が、(4) 沿岸部における安全評価技術の高度化開発に関しては日本原子力研究開発機構が中心となり、精力的に課題の推進を図った。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】沿岸域、地層処分、地質環境、深部地下水、長期安定性、調査技術

【研究 題 目】次世代人工知能技術の研究開発（課題Ⅱ）

【研究代表者】久保田 均（スピントロニクス研究センター）

【研究担当者】久保田 均、福島 章雄、葉師寺 啓、野崎 隆行、谷口 知大、常木 澄人、山本 竜也（常勤職員7名）

【研究 内 容】

本研究では、磁性体の不揮発性を利用して記憶及び短期記憶に電力を要しない「脳型計算機」を構成し超低消費エネルギー化を実現する。さらに、これまで計算にとっては邪魔者と考えられていた熱を利用した「スキルミオン型ボルツマン計算機」を提案し低消費エネルギー化の可能性を実証することを目標とする。

脳型計算機の開発では、蓄積のある MRAM 技術を利用して磁氣的相互作用が働く磁気ドットアレイを作製し、「スピングラス/アイスリザーパー計算器」技術を実現・実装する。「スキルミオン型ボルツマン計算機」の開発では、ナノサイズでありながらトポロジカルに安定な磁気構造を持つスキルミオンの熱運動（ブラウン運動）を用いた超省エネルギー計算器を提案実証する。

29年度は、脳型計算機の基本素子として、磁氣的相

相互作用により結合した隣接する2つの微小磁気抵抗素子を作製し、基本的な作製技術を確立した。また、重金属を用いた磁性金属多層薄膜を作製し、室温でのスキルミオンの安定生成とブラウン運動の観測、および、電圧による制御に成功した。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 脳型計算機、磁性体、リザーバ計算機、ボルツマン計算機

〔研究 題目〕 次世代無線通信基地局システムへの実装を想定したアンテナ一体型低損失伝送路の研究開発

〔研究代表者〕 加藤 悠人（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 加藤 悠人、堀部 雅弘、坂巻 亮（常勤職員3名）

〔研究 内容〕

本研究の最終目的は、第5世代（5G）無線通信で利用が有力視されている28 GHz～60 GHz 超のミリ波帯電波で動作する、低損失・低侵襲かつフレキシブルな誘電体導波路と一体となったアンテナを実現することである。従来の誘電体アンテナでは、アンテナと送受信機を接続する金属伝送線路の損失、接続部における反射損失や高電力による信号歪が問題となっていた。我々が提案しているアンテナ構造では、伝送線路として誘電体線路を用い、また誘電体線路と誘電体アンテナを一体形成することでこれらの課題を解決すると期待される。

この最終目的に向けて、本年度は、28 GHz 程度の周波数において信号損失が1.5 dB/m 以下（既存の金属同軸線路の信号損失以下）のアンテナ一体型低損失誘電体線路を開発した。信号の低損失化技術は、最終目標である5G 無線通信応用、特にその基地局システムに実装する上で不可欠であるため、提案するアンテナ一体型誘電体線路の実用化可能性を探る上で初めに検討すべき項目である。研究成果は国際学会 The 39th PIERS で発表した。

また、試作品の誘電体導波線路の用途開発として、平面回路計測におけるプローバと測定機器をつなぐケーブルにおける、従来の金属ケーブルからの代替性の検証を行った。検証結果は電子情報通信学会総合大会で発表した。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 誘電体導波路、ミリ波、信号損失

〔研究 題目〕 下水処理微生物の遺伝子ビッグデータの構築と迅速・簡便な微生物モニタリングシステムの開発

〔研究代表者〕 玉木 秀幸（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 玉木 秀幸、成廣 隆（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

下水処理システムにおいて、その主役である微生物の動態はプロセス管理には殆ど反映されていない。その理由として、下水処理プロセスにおける微生物動態に関するビッグデータがなく、処理性能や運転方法との関連性が未解明であること、下水処理場において迅速・簡便にモニタリングできるシステム（方法）がないことなどが挙げられる。

そこで本研究では、1. 下水処理プロセス中の微生物を網羅的に解析し、微生物遺伝子ビッグデータを構築し、そして流入下水性状や処理性能、運転管理と微生物ビッグデータの関連性を明らかにし、水処理プロセス管理のための微生物学的視点からの提言を行うとともに、2. 構築した微生物遺伝子ビッグデータを運転管理の効率化に直接役立てるよう、下水処理場で分析可能な迅速・簡便な微生物モニタリングシステムを開発することを目指している。

本年度は、迅速・簡便な微生物モニタリングシステムの開発を進めるとともに、複数の下水処理場において定期的なサンプリングを実施し、開発途上ではあるものの上記解析システムを用いて微生物動態のモニタリングに挑戦した。活性汚泥試料から核酸試料を抽出し、16S rRNA および18S rRNA を PCR 増幅した後、次世代シーケンズ解析に供することで、原核生物（バクテリアやアーキア）だけでなく廃水処理において重要な役割を果たしていると考えられている原生動物等の真核生物をも網羅した微生物モニタリングシステムのプロトタイプを確立した。実際の、本技術を用いて、下水処理場から採取したサンプルのモニタリングを継続して実施し、下水処理場毎に特徴的な生物群が存在しうること等を明らかにしている。今後は、モビリティのある小型の第3世代次世代シーケンサーを活用して、原位置で微生物動態モニタリングを可能にするための技術開発を進めてゆくとともに、微生物遺伝子ビッグデータの収集とデータ利活用に関する研究開発を継続して進めてゆく予定である。

〔領 域 名〕 生命工学、エネルギー・環境

〔キーワード〕 環境微生物、複合微生物、廃水処理、下水処理、マイクロバイオーム、遺伝子ビッグデータ、環境ゲノム情報解析

〔研究 題目〕 人との相互作用によって持続する汽水湖生態系の構築に関する研究

〔研究代表者〕 山室 真澄（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 山室 真澄、浅枝 隆（埼玉大学）、井上 徹教（港湾航空技術研究所）大谷 修司（島根大学）、神谷 宏（島根県保健環境科学研究所）、菅原 庄吾（島根大学）、清家 泰（島根大学）、勢村 均（島根県水産技術センター）、谷 幸則（静岡県立大学）、矢島 啓

(島根大学)、(常勤職員1名、他9名)

【研究内容】

島根県の宍道湖では、洪水対策としてダム建設、放水路の整備、大橋川の拡幅が進められている。これらの防災事業で予測される環境変化に対して、表在性海産二枚貝ホトトギスガイの侵入予測など、河川管理者によって様々な検討やモニタリングが為されている一方で、近年の宍道湖ではアオコが頻発し、水質基準は達成されたことがない。また近年は汽水性二枚貝ヤマトシジミの漁獲量が激減し、水草が大量繁茂するなどの「異変」が生じている。本研究ではこのような現状を踏まえ、ダム建設による土砂動態の変化や近年の気候変動による降雨の変化などの影響を含む、宍道湖における環境変動と生態系の反応の関係を抽出し、人がどのような働きかけをすることで生態系が持続的になるか明らかにすることを目的とした。

今年度は FS を含む6年間の成果を整理し、1950年代以降に宍道湖生態系に生じた事象を整理した。その結果、宍道湖では近年、越境大気リンの影響で湖水の N/P が減少したことで、過去と同じ塩分でもラン藻類が優占しやすい状態になっていることが分かった。加えて、近年の水草の繁茂は湖水中の二酸化炭素を水草が光合成で使用するから pH がアルカリに傾き、珪藻は利用できないがラン藻は利用できる HCO_3^- が卓越する状態を引き起こす。宍道湖では2012年に過去最大のアオコが発生したが、同じく水草に覆われている琵琶湖でも2016年には過去最多、2017年には過去最速でアオコが発生している。本研究で水草が繁茂している場所の方がそうでない場所より貧酸素化しやすい傾向があることが示されたが、それに加えてラン藻類の優占を促進する影響も生じると考えられた。その水草は、暖候期の塩分が平年値の2倍である8PSU で推移した2013年にはほとんど繁茂せず、同時に珪藻の優占によってシジミ資源の回復につながっていた。以上より、宍道湖では塩分の制御によって生態系を望ましい状態に保つことができる可能性が示唆された。

【領域名】 地質調査総合センター

【キーワード】 N/P 比、塩分、ラン藻、珪藻、ヤマトシジミ

【研究題目】 完全自動リアルタイムフルデマンド交通システム SAV 向けプラットフォームの研究開発

【研究代表者】 野田 五十樹 (人工知能研究センター)

【研究担当者】 野田 五十樹 (常勤職員1名)

【研究内容】

情報通信技術を用いて地域住民の活動目的を踏まえた移動サービスを提供し、地域活性化の基盤となる公共交通システムを実現する。

本課題の目的は、情報通信技術を用いて地域住民の活

動目的を踏まえた移動サービスを提供し、地域活性化の基盤となる公共交通システムを実現することである。我々は、2012年10月～2015年9月にかけて JST・RISTEX の研究費を得てリアルタイムデマンド応答型交通システム SAV (Smart AccessVehicle) システムの研究開発を行ってきた。SAV システムとは従来のタクシーとバスを統合したような公共交通システムであり、固定路線・時刻表を持たず、呼び出しに応じて、場合によっては乗合いをしながら乗客を目的地まで届ける。2015年5月に我々は、函館市街地において4日間、SAV 車輛20台 (1日間は30台)、乗客211名で世界初となる完全自動リアルタイムデマンド交通システムの社会実装実験を成功させた。本課題ではこの成功を礎にして、プラットフォーム構築、実装実験とプラットフォームの改良、有用性検証を行う。

本年度は、配車プラン生成に関して、配車ポリシー制御の API の設計を行い、様々な評価軸における最適化を柔軟に選択できる方式の開発を進めた。また、プライシング決定のためのアルゴリズムの設計を支援するため、シミュレーションにより評価する枠組みを構成し、プライシング評価を進めた。配車ポリシー制御に関しては、これまで進めてきた、締切時刻以前の到着条件下での旅行時間最小化に加え、早着時間最小化を新たな評価軸に選べる方式を開発した。本課題で開発する SAV システムとほかの交通機関の乗り継ぎを考えた場合、乗り継ぎ時間を最小化するような配車という要望に応える必要がある。これを可能とするために、締切時刻のできるだけ近い時間に到着できるように配車を行う方法を開発した。また、プライシング支援については、多治見市のタクシーの実乗車データを利用し、シミュレーションにより平均速度および乗降時間の推定したうえで、その推定パラメータに基づいて、与えられたプライシングポリシーによりどのような利用者にとってどのような利便性や減額を提供できるかを評価した。

【領域名】 情報・人間工学

【キーワード】 社会シミュレーション、エージェントシステム、サービス工学

【研究題目】 未利用資源である磯焼けウニの食品としての健康機能解明と蓄養技術開発

【研究代表者】 浦 和寛 (北海道大学)

【研究担当者】 森田 直樹、坂下 真実 (生物プロセス研究部門) (常勤職員2名)

【研究内容】

浅海の岩礁域において海藻の群落(藻場)が著しく衰退または消失して貧植生状態となる「磯焼け」が問題となっている。藻場の回復には、磯焼け域にいるウニ(磯焼けウニ)の排除が最も有効とされており、コストをかけ移植や堆肥化など、現場からの磯焼けウニ排除による密度管理が講じられている。未利用資源である磯焼けウ

ニの商品化技術が開発できれば、磯焼け対策に繋がるとともに、磯焼け域の沿岸漁業の衰退問題が解決できる。本研究では、藻場回復の阻害要因である磯焼けウニに高付加価値を与える技術を開発するとともに、新規ウニ蓄養技術を開発することを目指した。

磯焼けウニの高付加価値化の可能性を調べるために、ウニより抽出物を調製し、それらをヒト核内受容体レポーターアッセイ系に供することで、20種類以上の核内受容体について活性化を評価した。その結果、ウニには幾つかの核内受容体を活性化する成分が含まれていることを明らかにした。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】磯焼けウニ、機能性食品、核内受容体、ヒト核内受容体レポーター

【研究 題 目】無機ヒ素曝露評価およびその手法に関する研究

【研究代表者】吉永 淳（東洋大学）

【研究担当者】成川 知弘（物質計測標準研究部門）
（常勤職員1名）

【研究 内 容】

平成29年度内閣府食品安全委員会食品健康影響評価技術研究「無機ヒ素ばく露評価およびその手法に関する研究」にて計画する健康影響発現のメカニズムの解明において、食品中の微量化学物質・汚染物質のばく露と健康影響に関する研究、および食品中汚染物質の生物学的モニタリングによるばく露量推定に関する研究を行った。

高速液体クロマトグラフィー-ICP 質量分析法による食品および生体試料中無機ヒ素の定量技術の確立と妥当性確認を行った。さらに、開発した技術を用いて、一般的な食事からの無機ヒ素一日摂取量、各食品群に含まれる無機ヒ素量、および食事を摂取した人の尿中無機ヒ素排泄量を測定した。得られたデータを重回帰分析することで、無機ヒ素摂取に寄与する食品群の特定と代謝濃度の推定を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】化学形態分析、ヒ素化合物、暴露評価

【研究 題 目】構造材料開発に利用する計算熱力学に関する技術基盤構築

【研究代表者】菖蒲 一久（製造技術研究部門）

【研究担当者】菖蒲 一久、山田 浩志、岡本 悦子、
田中 和佐（常勤職員1名、他3名）

【研究 内 容】

本研究は計算熱力学に関する国産の技術基盤構築を目的とする。計算熱力学は実用性が高いことに特徴があり、本来の熱力学解析や状態図解析での利用の他、非平衡現象の数値モデリングのベースとして、また、実材料の物性パラメータの高精度推算法として、マルチスケールシミュレーションにおけるキーテクノロジーの一つとなっ

ている。しかし、既存の関連技術はほとんどが外国製で、主要部分は秘匿・暗号化されている。そのため、実利用で必須の修正や拡張は勿論、独自の改良も不可能であるなど問題が多く、国産の技術開発が喫緊の課題となっている。そこで本研究では国産のデータベースとソフトウェアの開発を行い、計算熱力学に関する独自の技術基盤を構築する。具体的には、データベース開発として熱力学データベースと物性データベースを開発し、また、ソフトウェアの開発として既開発の平衡計算ソフトを基に、物性推算機能、他のシミュレータとのインターフェース機能、および熱化学反応シミュレータの開発を行う。

本年度はセラミックスコーティングとの反応が懸念される異物との反応を検討するため、異物の主成分であるCaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂系の各擬三元系と擬四元系の最適化を行った。また、Yb シリケートと水蒸気やSiC 繊維との反応を検討するためYb₂O₃-SiO₂-Al₂O₃-H₂O-SiC系の暫定的データベースを構築し、Yb シリケートと水蒸気の反応性を検討した。さらに非平衡反応シミュレータのGUI開発を行った。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】計算熱力学、データベース、ソフトウェア

2) 国以外からの受託収入

【研究題目】 SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／次世代パワーエレクトロニクス／将来のパワーエレクトロニクスを支える基盤研究開発／ダイヤモンドパワーエレクトロニクス基盤技術開発

【研究代表者】 杵野 由明（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】 杵野 由明、茶谷原 昭義、坪内 信輝、山田 英明、梅沢 仁、大曲 新矢（常勤職員6名、他1名）

【研究内容】

本研究では、ダイヤモンドを用いたパワーデバイスの実現と検証とを可能とするウエハ作製技術を開発することで、ダイヤモンドのパワーデバイスとしての有用性、他材料との使い分けを明確にし、世界に先がけたダイヤモンド半導体の実用化に向けた環境づくりを行うことを目的とする。また、ダイヤモンド半導体のパワーデバイスへの展開を可能とするために必要となるダイヤモンド結晶成長技術の高度化を実現し、デバイスプロトタイプ試作により、ダイヤモンドパワーデバイスのコアコンピタンスを実証することを目的とする。本研究（E001）は前者の研究を中心に実施し、後者は E035にて実施する。

本年度は、合成条件の見直しを実施し、成長継続時間の拡大を試みた。長尺結晶の断面観察を実施したところ、成長と成長との界面欠陥の生成や不純物濃度の不連続性を確認した。そこで、成長継続時間を拡大することで界面の影響を抑制することを目的として、多結晶ダイヤモンドガイドの採用やホルダ形状の最適化等を実施した。その結果、長時間成長時に発生する異常成長やプラズマの異常集中などを抑制し、連続成長継続時間を200時間超まで拡大することに成功した。5 mm 超の長尺結晶を得るために、従来は合成1回につき数0.1 mm 程度の膜厚が限界で、それを複数回積層する必要があるが、クラックが入る頻度も高かったが、本年度の成果によって、クラックフリーで5 mm 超の切目ない成長を1回の合成で実証した。

【領域名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ダイヤモンド、パワーデバイス、ウエハ

【研究題目】 SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／革新的設計生産技術／ガラス部材の先端的加工技術開発

【研究代表者】 赤井 智子（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】 赤井 智子、福味 幸平、北村 直之、金高 健二（常勤職員4名）

【研究内容】

ガラスは、ディスプレイ、太陽電池、照明、光通信等の製品において、基板、カバーガラス、レンズとして使

用されており、製品サイズ、デザイン、性能を決めるキーマテリアルのひとつである。しかしながら、ガラスは割れやすいという典型的な難加工材料であることから、広範な製品への適用が阻害されている。本研究開発においては、成型・切断・接合という3つのガラス加工の要素について、ガラス内部に生じる複雑な現象を解明することで、速度、精度、面積を飛躍的に向上させる革新的な生産技術を開発する。また、加工のベースとなるサイエンスの構築やシミュレーション技術の開発を関西圏に集積するガラス関連の大学・研究所で実施する。その結果を元に、現在、技術、市場で世界的に優位性をもつ複数のガラス企業で製品開発し、ユーザーからのフィードバックを受けながら部素材、加工方法をパッケージで供給することを目指す。当所では大面積精密成型技術に必要な成型温度付近における粘弾性挙動の解明、ガラス融液とモールドの反応機構の解明に取り組む。また、それらの知見を元に8インチの大面積マイクロレンズアレイの成型技術を開発することを目的とする。

本年度は、ガラス先端加工技術については、大型モールドの迅速作製技術として切削加工では数ヶ月必要な金型作製を半導体プロセスを用いて数日で加工することを目的として、深さ25 μm、直径約200 μmのマイクロレンズパターンを、6インチ用のSiC基板に迅速に形成する技術を開発した。また、その金型を用いて成型可能であることを確認した。

【領域名】 材料・化学

【キーワード】 ガラス、加工、プレス成型、マイクロレンズアレイ

【研究題目】 次世代ロボット中核技術開発／革新的ロボット要素技術分野／可塑性PVCゲルを用いたウェアラブルロボット用ソフトアクチュエータの研究開発

【研究代表者】 安積 欣志（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】 安積 欣志（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

ポリ塩化ビニル（PVC）に可塑化剤を大量に加えた可塑性PVCゲルに電圧を加えると大きく変形を生じ、それを用いたソフトアクチュエータの研究が進められている。本研究テーマは、この「PVCゲルアクチュエータ」を用いて、衣服のように人の皮膚に沿って柔軟に変形し、電圧印加によって伸縮するシート状ソフトアクチュエータの創製を試みることを目的とする。昨年度まで2年間の先導研究を行ない、ステージゲートを通過後、本年度から3年間の計画で本プロジェクトを開始した。

研究開発の概要は、PVCゲルアクチュエータのウェアラブルロボットのためのデバイス化の開発、及び電場応答メカニズムの解明、さらにモデリングとフィードバック制御系の開発によるPVCゲルアクチュエータの正確な位置制御法の開発からなり、産総研では、電場応答

メカニズムの解明を担当する。

本研究では、可塑性 PVC ゲルの電場応答メカニズムを解明しモデル化することで、アクチュエータデバイス開発研究と相互にフィードバックすることにより、よりアクチュエータに適した材料を見出すと共に、アクチュエータの特性の改善を試みる。

先導研究では、可塑性 PVC ゲルの電場応答のメカニズムが、電圧印加によるイオンドラッグ流が生じ、アノード極側での溶媒膨潤層が生じる第1のプロセスと、そのアノード側での溶媒膨潤層がアノード表面での電気界面応力によるクリープ現象が生じる第2のプロセスからなることを見出した。その成果に基づき、本年度は、そのモデルについて、三角波電圧印加による実験に基づく、より定量的なモデル構築を行った。さらに、そのモデルを基礎として、各種イオン液体添加による PVC ゲルの電場応答の低電圧化について確認した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ゲル、ポリ塩化ビニル、電場応答、可塑性、PVC、ソフトアクチュエータ、ウェアラブルロボット、モデル、メカニズム

【研究 題 目】次世代人工知能・ロボット中核技術開発

【研究代表者】上野 豊（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】上野 豊（常勤職員1名）

【研究 内 容】

新エネルギー・産業技術総合開発機構に採択された東京工業大学との共同研究で、ロボットの革新的なアクチュエーション技術を目指した分子人工筋肉の研究開発に参画している。超分子構造の分子モデリングソフトウェア開発の設計を進めグラフィックスライブラリとして GeeXLab を採用しプロトタイプ開発を実施した。分子人工筋肉の部品となるタンパク質分子のポリゴンモデルを利用して、分子集合体のフィラメントを定義し、それらフィラメントを複数配置した超分子モデルのファイルを定義し、3次元表示プログラムを開発した。さらに汎用ソフトウェア blender を用いた超分子モデル構築を進め、キネシン、チューブリン、アクチンおよびミオシン等のフィラメントによるサルコメア構造の動作モデルを作成した。共同研究者の検討する DNA オリガミをモデルに導入するため、粗視化した DNA 分子の体積モデルで表現し柔らかな動作や重合過程の動作を付与して再利用可能なスクリプトとした。また、分子人工筋肉の機能改良に有力な生体膜構造の付与モデル検討のため脂質二重層膜の小胞やエネルギー源となる ATP 分子の供給酵素 ATPase のモデルも利用可能なスクリプトに作成した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】モータータンパク質・分子シミュレーション・分子アニメーション

【研究 題 目】次世代人工知能・ロボット中核技術開発
／次世代人工知能技術分野／人・機械協働生産のための人工知能を活用した作業
者モデル構築に関する研究開発

【研究代表者】谷川 民生（人間情報研究部門）

【研究担当者】谷川 民生、多田 充徳、村井 昭彦

（以上、人間情報研究部門）、
吉田 英一、遠藤 維、鮎澤 光（知能システム研究部門）（常勤職員6名）

【研究 内 容】

本事業では、工場における人と機械の状況の見える化と活用のための技術基盤を確立する。具体的には、工場において人の動きを見える化するために、作業を阻害せずに人の動作計測を行う簡易な IoT デバイスの開発と、その計測データを用いた移動軌跡、全身姿勢、力学的負担をリアルタイムで推定する手法の開発を行う。さらに、これらのデータに人工知能技術、特に機械学習を適用することで、より高次の行動分析を行い、身体活動とともに作業内容の把握も行えるシステムの構築を目指す。

平成29年度の実績は以下のとおりである。(1) 作業者の腰部に装着する拡張型 PDR (Pedestrian Dead Reckoning) モジュール1台と、四肢に装着するワイヤレスセンサモジュール4台から構成され、リアルタイムに測定データをストリーミングできる行動計測 IoT デバイスを試作し、モーションキャプチャーとの比較を実施した。今後、他のデバイスの必要性・工場適用性の検討を行い、計測システムデザインを実施していく予定である。(2) 全身の筋骨格モデルに基づいて関節運動データから筋張力・関節間力を高速に推定する計算アルゴリズムを開発した。それらの推定問題を数値最適化問題として扱った上で、最適化計算をロボティクスの分野で発展してきた運動学・動力学計算アルゴリズムに分解することで、計算の高速化を実現した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】工場、人工知能、サイバー・フィジカル・システム、IoT

【研究 題 目】平成28年度：人工知能技術適用によるスマート社会の実現／健康、医療・介護分野／健康増進行動を誘発させる実社会埋込型 AI による行動インタラクション技術の研究開発

【研究代表者】持丸 正明（人間情報研究部門）

【研究担当者】持丸 正明、小林 吉之、村井 明彦、森 郁恵、中嶋 香奈子、梅村 浩之、藤村 友美、安在 絵美（以上、人間情報研究部門）、西田 佳史、本村 陽一（以上、人工知能研究センター）、佐藤 洋（企画本部総合企画室）（常勤職員10名、他1名）

〔研究内容〕

国民の健康維持は、生活習慣病の予防による医療費の削減とともに、労働・消費・社会参加人口の増加という2つの側面で非常に大きな社会的意義を持つ。本プロジェクトでは、健康な高齢者もしくは中高年のうち、仲間と楽しい共体験が得られることなら活動する、社会で役割を得て認知されるような活動ならする、家族との楽しい共体験が得られることなら活動する、という3つの心理行動セグメントにターゲットを絞り、それらの性向と心理属性を理解した上で、行動を変容させるための行動インタラクション技術と、健康モニタリング技術を連携させることで「健康以外の動機づけによる個人の身体活動の持続」と「結果としての個人の健康増進」を両立させるシステムを開発することとした。さらに将来的には、それらのシステムを柏市などの地域で実証し、上記のセグメントに相当する参加者に健康増進行動が誘発されるか、持続的に定着するかの検証を行う予定である。本プロジェクトによって、最終的には参加者の10%に持続的な健康増進行動を起こさせることを本研究の数値目標とする。

本研究は大きく4つのサブ課題からなる。第1は、仲間と共体験、家族と共体験を動機づけとするセグメントに対して、新たなインタラクティブスポーツプログラムをデザインするとともに、リアルタイム応答性の高い実社会埋込型 AI を用いてこのスポーツプログラムの基盤となる行動インタラクション技術を開発する研究である。第2・第3は、役割と社会認知を動機づけとするセグメントに対するものである。ここで第2では特に、社会における役割を生み出すジョブマッチング技術（柏市で実証中の GBER）を基盤として、ここに個人の健康モニタリング技術を連携させたシステムを開発することとした。ここにも実社会埋込型 AI を導入し、健康増進に資するジョブデザイン支援を実現する。主として退職した高齢者をターゲットとする。これに対して第3では、中高年の社会人をターゲットとする研究を実施することとした。日常生活での回遊ルートやその中で見出した発見を健康増進効果とともに Web 上で広く共有し、その情報が第三者に認められ回遊ルートが再利用される仕組みを構築する。自ら発見し、発信した情報が第三者に認められるという社会認知のモチベーションによって、回遊ルート発掘のための身体活動を誘発させる。そして、第4は質問紙調査などによって、上記の5つの心理行動セグメントの定義を明確化し、さらに、そのセグメントを簡単な質問で分類する方法を開発するとともに、そのセグメントごとのサービス介入効果などを調査する研究である。

第1の研究では、ミズノ（株）と産総研が協力し、①運動における共体験の価値構造の解明、②称賛による運動への動機づけ向上の検証、③スポーツ障害リスク推定技術及び動作分析と VR での共体験技術の開発を行った。

第2の研究では、東京大学が中心となって、社会における役割を生み出すジョブマッチング技術に個人の健康モニタリング技術を連携させたシステムを開発した。第3の研究では、（株）竹中工務店と産総研が協力し、回遊ルートコンテンツ共有技術を開発するために、①モーションキャプチャシステムを用いた身体運動データの計測、②指標化・可視化技術開発、③回遊ルート情報の Web 共有システムの開発を行った。第4の研究では、産総研が中心となり、健康増進に関する行動意識調査として、定性調査と定量調査を実施した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 健康増進、人工知能、心理行動特性、身体特性

〔研究題目〕 次世代人工知能・ロボット中核技術開発
／次世代人工知能技術分野／AI×ロボットによる高品質細胞培養の自動化とオミックスデータの大規模取得

〔研究代表者〕 光山 統泰（人工知能研究センター）

〔研究担当者〕 光山 統泰、夏目 徹、加藤 薫、
足達 俊吾、瀬々 潤、富井 健太郎、
Bajpai Archana
（常勤職員6名、他1名）

〔研究内容〕

目標：

細胞培養を自動化するロボットを実現するための人工知能技術を開発する。

研究計画：

上記研究目標を具現化したアウトプットとして「AI自律型細胞培養プラットフォーム」を構築する。このための技術課題は（1）イメージングデータからの特徴抽出技術の研究開発（2）オミックス大規模データからの特徴抽出技術の研究開発（3）最適条件探索を自律的に行うロボット基盤技術開発（4）ロボットによる細胞培養自律的最適化技術の実証研究を掲げている。H29年度は、（1）において、マウス筋芽細胞 C2C12の画像データを取得し、細胞の分化度を判別可能な特徴抽出技術を開発する。（2）において、C2C12の分化度に沿ったオミックスデータを取得する。（3）細胞のイメージングデータを自動的に取得できるシステムを構築する。（4）ロボットで培養した C2C12細胞と人により培養された C2C12を比較して、培養細胞の品質を検証する。

年度進捗状況：

（1）について、今年度目標である C2C12のイメージングデータを46474枚取得し、来年度目標であるヒト実用細胞のイメージングデータも13552枚取得できた。また、細胞の分化度を判別可能な特徴抽出技術について複数の手法を検討し、有望な手法を見出すことができた。進捗度100%。（2）C2C12の23条件について RNA-Seqを、内16条件についてはプロテオーム解析を行い、オ

ミックスデータを取得した。進捗度100 % (3) 51培養条件について、最適培養細胞に近づける自律最適化アルゴリズムが適用可能であることが検証できた。細胞のイメージングデータを自動的に取得できるシステムを構築した。進捗度100 % (4) 最適培養条件でロボット培養された C2C12細胞について、光学顕微鏡による細胞形態の観点から観察し、ヒト培養と比較して明確な違いを見出すことはなかった。進捗度100 %。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ロボット、細胞培養、自動化、人工知能、細胞画像

【研究 題 目】固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業／普及拡大化基盤技術開発／先進低白金化技術開発

【研究代表者】五百蔵 勉（電池技術研究部門）

【研究担当者】五百蔵 勉、山崎 眞一、朝日 将史、秋田 知樹、田口 昇
（常勤職員5名、他4名）

【研究 内 容】

本研究では、白金担持カーボン等の実用触媒に有機物を修飾することで酸素還元（ORR）活性を向上させるコンセプトの確立を目指している。最終的には共同実施機関等で開発されるコアシェル触媒などの次世代高活性触媒に有機物修飾技術を活用することで、出力密度×耐久時間×1／（単位出力あたりの貴金属使用量）が現行の10倍以上を見通せる技術の開発を行う。

昨年度、白金触媒の表面に吸着させることにより ORR 活性を向上させる有機物としてテトラアザポルフィリン（TAP）系の大環状有機分子を見出したが、更なる高活性化を目指すため、今年度 TAP 吸着による白金触媒の高活性化メカニズムの検討に取り組んだ。また、TAP は PtPd 系コアシェル触媒など高活性触媒に対しても、単味 Pt 触媒の場合と同等の活性向上効果を発揮することを見出した。触媒本体と表面修飾による活性向上を相乗的に機能させることにより、大幅な高活性化を実現できると考えている。

次世代の低白金触媒候補の一つであるコアシェル触媒では、原子レベルでの組成や粒子構造が ORR 活性に大きく影響するため、触媒粒子の組成構造を明らかにすることが触媒改良の指針を得るために極めて重要である。収差補正高分解能分析電子顕微鏡を用いて、当該事業に参画する機関において開発された種々の高活性触媒の構造解析を実施した。3元系 PtPdM 合金触媒については、3次元的な組成・構造情報を得るために TEM トモグラフィ技術を用いた解析を進め、粒子最外層の M の分布や Pt シェルの被覆状態について有益な情報を取得可能であることが確認できた。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】燃料電池、酸素還元、白金触媒、錯体触

媒、電子顕微鏡

【研究 題 目】酸化物系全固体二次電池実現のブレークスルーとなる固固界面制御技術開発

【研究代表者】小林 弘典（電池技術研究部門）

【研究担当者】小林 弘典、小池 伸二、竹内 友成、倉谷 健太郎、奥村 豊旗、松本 勝、木坂 和正、鈴木 友美、古谷 恭代、名倉 規代（常勤職員5名、他5名）

【研究 内 容】

酸化物系全固体二次電池の「塗工プロセスでの正極シート作製技術開発と電気化学特性評価」及び「全固体電池評価技術の開発」について取り組むことで、酸化物系全固体二次電池実現のブレークスルーとなる固固界面制御技術開発することを目的とする。

「塗工プロセスでの正極シート作製技術開発と電気化学特性評価」の取り組み内容としては、正極シートの原料粉体であるアモルファス正極材料（ $80\text{LiCoO}_2 \cdot 20\text{Li}_2\text{SO}_4$ ）に関して、従来法と比べて、1回あたり8倍のスケールアップに成功した。一方、正極シート（自立膜）の作製には成功したが、作製した正極シートは十分な容量を示さず、性能向上のためには溶媒やバインダーをより幅広く検討する必要があることが課題として残った。

「全固体電池評価技術の開発」の取り組み内容としては、固体電解質に添加剤を少量加えることで導電率が向上することを見出した。正極活性物質粉末と固体電解質シートを400℃以下で通電焼結を実施して接合することで、80℃で約140 mAh/gの容量を示す半電池を作製することができた。一方、レート特性については今後の検討課題として残った。

また、酸化物系全固体二次電池正極・電解質としての電池特性及び量産性について検討し、実用化までの道筋を示した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】酸化物系全固体二次電池、通電焼結、アモルファス正極材料

【研究 題 目】熱安全性に優れた革新的な全固体有機蓄電池の創製

【研究代表者】八尾 勝（電池技術研究部門）

【研究担当者】八尾 勝、竹市 信彦、加藤 南
（常勤職員3名、他1名）

【研究 内 容】

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）のエネルギー・環境新技術先導プログラムとして実施した。温室効果ガス削減に有効である電気自動車の普及のカギを握るのは蓄電池の開発であるが、現行のリチウムイオン電池は、希少金属（レアメタル）を含有するためコストが高くなり、さらには熱挙動にも課

題を抱えている。今回、代替材料として、低コスト化が可能で熱安全性にも優れた有機物を適用する研究開発を行った。具体的には、電解液の代わりに柔粘性の有機結晶を固体電解質として用い、正極には資源リスクの低い元素で構成される有機材料を用いた。研究対象として用いた有機正極は、ナフタザリン類で、この誘導体は一分子あたり四つの酸化還元部位を有しており、高容量ユニットとなることが期待される。充放電機構解明の一環として核磁気共鳴測定に取り組み、充電状態ではその全てがカルボニル基に変換され、放電状態では全てがフェノラートになっていることを確かめた。さらに、同骨格をジチン環で縮環した二量体に関しては、新しい合成ルートの開拓や、中間体の単結晶構造解析、電子エネルギー損失分光法 (EELS) を用いた充放電機構の解析を行った。有機電極材料に対する EELS 測定の取り組みは世界的にも例は少なく、学術的にも貴重な成果が得られた。充放電特性に関して、この二量体の初期容量は400 mAh/g を超える高容量であり、電解液を工夫することで、100サイクル以上の寿命が到達可能となることを見出した。柔粘性電解質を用いた全固体電池の試験では、予備的ながら試作および動作確認に成功した。

以上のように、正極および電解質に有機材料を用いた全固体電池の可能性を検討し、実証試験を行った。得られた成果は、将来の新しい形の電池の開発に向けた端緒となりうるものであり、今後のさらなる発展に繋がると期待される。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 リチウム二次電池、全固体、レアメタルフリー、柔粘性結晶、有機活物質

【研究 題目】 低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト/GaN パワーデバイス等の実用化加速技術開発/窒化ガリウムパワーデバイス高出力化のための高放熱構造の研究開発

【研究代表者】 杵野 由明 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】 杵野 由明、茶谷原 昭義、山田 英明、大曲 新矢 (常勤職員4名)

【研究 内容】

窒化ガリウム (GaN) パワーデバイスに期待される様々な応用を実現し、市場を形成・牽引していくためには、特徴を最大限に活かすための研究開発が必要である。

本研究開発では、ダイヤモンドの高い熱伝導率を利用した、高出力化のための高放熱構造の原理実証の実施、並びに、従来装置の効率を上回るダイヤモンド合成装置開発を行う。ダイヤモンド合成に用いられる従来のマイクロ波プラズマ CVD 装置は、合成可能面積が2インチ程度に留まる。更に面積を拡大するには、低周波数化によるスケールアップも考えられるが、電力効率が著しく

低下し、装置コストも増加する。

分担項目では、新規大面積合成方式の原理実証を行うための研究開発を実施する。今年度は、既存のマイクロ波プラズマ CVD 装置におけるプラズマ・電界強度分布を検討し、これを基に新方式による大面積化原理検証機の方式検討を実施した。既存反応容器形状をベースとした新型マイクロ波導入構造のシミュレーションを実施し、構造変化による電界強度分布変化を確認した。さらに、新方式用に構造を変化させた場合の電界強度分布も求め、共振器構造において電界強度分布を変化できることを確認した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 GaN on ダイヤモンド、ヒートシンク、ヒートスプレッド、マイクロ波プラズマ CVD

【研究 題目】 日本発新規ゲノム編集技術の研究開発

【研究代表者】 間世田 英明 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 間世田 英明、金 世怜 (常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

ゲノム編集技術 (特に CRISPR/Cas9 システム) の発展は、医学分野だけでなく、生産現場をも変えようとしている。しかし、ゲノム編集技術の特許は、CRISPR/Cas9 システムを含み、外国で海外独占状態になっており、日本のバイオインダストリーを大きく低迷させ、国益の大きい損失を招こうとしている。間世田らは、抗生物質に対する細菌の耐性取得メカニズムを分析したとき、自己ゲノム編集機構が共通して生き物に存在していることを発見した。この知見をもとにして、海外に特許がある CRISPR/Cas9 と TALEN システムと全く異なる新規な日本発のゲノム編集手法の開発を進めている。

本システムによるゲノム編集の正確な効率を測定するために、マーカーとして GFP 遺伝子やクロラムフェニコール耐性遺伝子を用いた種々のアッセイプラスミドの作成を行っている。GFP 遺伝子では、ヒト型の GFP を微生物でも効率的に発現・機能化させることに成功した。また、より詳細な検討を可能にすべく、GFP とクロラムフェニコール耐性遺伝子を融合させ、ゲノム編集が起こった際に GFP タンパク質の発現とクロラムフェニコール耐性の両活性を測定できよう、アッセイプラスミドを構築している。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 ゲノム編集

【研究 題目】 木質バイオマスから各種化学品原料の一貫製造プロセスの開発
新エネルギー・産業技術総合開発機構

非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発

【研究代表者】吉田 勝（機能化学研究部門）

【研究担当者】吉田 勝、柳下 立夫、田原 聖隆、
塚原 建一郎（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

本研究 PJ で当所が担当している課題は、木質系バイオマスをアルカリ処理して得られる成分を原料とし、種々の化学品を製造する一環プロセスの環境影響評価を行うことである。当該課題の2年目である平成29年度では、物質収支やエネルギー収支の最適化を行った一貫プロセスシステムのシミュレーション結果に基づき、一貫プロセスの各種生産物の製造で生じる温暖化ガス排出量を試算した。さらに、各種生成物と同等用途として想定される、化石燃料由来の既存製品製造時の温暖化ガス排出量と比較した。その結果、フェノール樹脂、エポキシ化リグニン、粗ポリオール、粗 GVL の製造時における GHG 排出量は、既存製品と同程度以下であった。本試算では、廃棄時の温暖化ガス排出量をカウントしていないため、非可食性バイオマスを利用することによる温暖化ガス排出量のさらなる減少が見込める。

【領域名】材料・化学

【キーワード】バイオマス、ライフサイクルアセスメント

【研究題目】非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発／木質系バイオマスの効果的利用に向けた特性評価

【研究代表者】吉田 勝（機能化学研究部門）

【研究担当者】遠藤 貴士、伊藤 弘和、井上 誠一、
岩本 伸一朗、熊谷 明夫、齋藤 有紀、
市木 佳奈、間世田 安希
（常勤職員5名、他3名）

【研究内容】

本テーマは、種々の木質を原料として、種々の条件でパルプ化およびナノ解繊を行い、得られたセルロースナノファイバー（CNF）の製品への用途適正評価を実施することで、CNF の実用化・社会実装を加速することを目的としている。当グループ担当課題として、本年度は、各種スギを原料として製造されたパルプおよび CNF の特性解析、各種スギからのリグノ CNF の製造特性、得られたリグノ CNF の物理・化学的特性評価、樹脂・ゴム複合化特性評価を実施した。

木質原料として、茨城県産、富山県産および熊本県産スギを用い、樹齢による影響についても評価するため成熟材および未成熟材の部位に分けて試験を実施した。事業分担機関で製造された、クラフト法およびソーダ AQ 法パルプについて、解繊性、物性解析（比表面積、結晶化度）を行った。その結果、成熟材と比較して未成熟材の方が、また、クラフト法と比較してソーダ AQ 法の方

が比表面積の大きなパルプが製造できることが分かった。

また、各種スギチップを直接的原料とした評価では、グラインダー法により、性状の異なるリグノ CNF を製造し、特性解析を実施した。その結果、グラインダー処理回数により、生成物の比表面積は増大するが、富山県産スギが最もナノ解繊が進行し、また、成熟材と比較して、未成熟材の方がナノ解繊が進行することが分かった。また、樹脂・ゴム補強性評価では、中程度解繊処理でも、高い補強効果を示し、パルプ化およびナノ解繊効率と相関性があることが分かった。

【領域名】材料・化学

【キーワード】セルロースナノファイバー、木質、特性評価、解繊

【研究題目】植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発／植物の生産性制御に係る共通基盤技術開発／遺伝子発現制御および栽培環境制御の融合による代謝化合物高生産基盤技術開発

【研究代表者】松村 健（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】福澤 徳徳、松尾 幸毅、厚見 剛、
大谷 祐子、田坂 恭詞、伊藤 亮
（常勤職員6名、他4名）

【研究内容】

本研究では、植物自身が有する遺伝子に対して、配列特異的に DNA のメチル化を誘導する基盤技術を開発する。植物における遺伝子発現制御、特に発現抑制には RNAi などを利用した技術が多用されている。一方、DNA のメチル化・脱メチル化により遺伝子の発現が制御されていることは知られており、特に植物においては他の生物種には無い、複雑なメチル化システムを有している。これまで、植物に人為的に導入した外来遺伝子に対して RNAi 等によりメチル化を誘導した報告はあるが、内在性遺伝子のメチル化誘導の例は未だわずかである。

そこで、高メチル化誘導が可能と推測している植物ウイルスベクターを用いて、目的の植物遺伝子にのみ高頻度にメチル化を誘導する技術開発を試みている。これまで、当グループが保有する植物ウイルスベクターを用いて、植物の内在性遺伝子プロモーター領域を標的とし、ウイルス誘導遺伝子サイレンシングを試みたところ、メチル化誘導に用いた DNA 配列領域特異的に24塩基の siRNA が量産、シトシンの60-80 %が一週間前後でメチル化され、mRNA の転写も抑制されることが明らかになった。

また、メチル化誘導目的のプロモーター配列を遺伝子導入した組換え体を作出したところ、同じ配列を有する内在性プロモーターにおいては遺伝子抑制が認められないが、導入した配列において遺伝子抑制が引き起こされていることを見出した。この植物体に脱メチル化を誘導す

る植物ウイルス由来の遺伝子を一過的に導入したところ、遺伝子の発現回復が認められたことから、この抑制がメチル化によって引き起こされていると推測された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】植物ウイルス、一過性発現、アグロインフェクション、DNA メチル化、クロマチン

【研究題目】植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発／高生産性微生物創製に資する情報解析システムの開発

【研究代表者】田村 具博（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】油谷 幸代、菅野 学、亀田 倫史、北川 航、木村 信忠、齋藤 裕、佐原 健彦、玉野 孝一、富永 大介、中島 信孝、西宮 佳志、野田 尚宏、藤森 一浩、松沢 智彦、光山 統泰、三谷 恭雄、矢追 克郎、安武 義晃（常勤職員18名、他7名）

【研究内容】

本研究では、生物がもつ多様な化学物質を作り出す能力を最大限に活用し、化学合成プロセスを経ることなく高効率に高機能物質を製造するため、情報技術とバイオテクノロジーを融合させてシステム化することにより、わが国独自の産業微生物「スマートセル」を超高速に育種する技術を開発する。そのため以下3課題を設定して研究開発を推進し、それぞれ新たな成果・知見が得られた。

課題1 ハイスループット合成・分析・評価技術の開発
信頼性の高い RNA-seq 解析プロトコル策定に向けて、Quality の評価手法策定及び Quantity の評価手法策定の2つの課題に取り組んだ。前者は、複数の細胞固定・破砕法、RNA 精製法を組み合わせ得られる RNA に関し、その品質を確認し、それぞれの長所・短所を整理した。後者は、現状のスパイクイン用 RNA(5種)に加え、より精度が高い定量が可能となるよう10種類のスパイクイン用 RNA の設計・生産に取り組んだ。並行して、蛍光相関分光法等を利用したより簡便なスパイクイン用 RNA の定量手法の検討を進めた。

課題2 遺伝子配列設計システムの開発

情報解析基盤として、標的物質の生産に寄与している遺伝子選択手法の開発と遺伝子発現制御ネットワークモデルの構築を実施し、標的物質生産を制御している遺伝子を予測した。候補遺伝子を実験的に実証した結果、物質生産に寄与する新規の改変候補遺伝子を発見した。昨年度開発した、様々な遺伝子配列特徴量を組み合わせた蛋白質発現量制御法の改良により、蛋白質生産量増加を75%の確率まで高めることに成功した。また、分子動力学シミュレーションを用いた蛋白質高耐熱変異体設計法を導入することで、複数のタ

ーゲットすべてに対し耐熱性が向上することを確認した。
課題3 新規情報解析システムの有効性検証

上記2課題のシステムを統合しながら企業等の産業微生物を利用した物質生産に関する10テーマに適用し、トランスクリプトーム解析、ゲノム比較解析、メタボローム解析等各種解析を行い、標的物質生産向上に必要なデータ取得を行った。テーマによっては、事業化に有効な成果が得られた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】スマートセル、微生物育種、情報科学、オミクス解析、遺伝子制御ネットワーク、遺伝子配列設計、産業微生物

【研究題目】次世代人工知能・ロボット中核技術開発／次世代人工知能技術分野／人間と相互理解できる次世代人工知能技術の研究開発

【研究代表者】辻井 潤一（人工知能研究センター）

【研究担当者】辻井 潤一、本村 陽一、西田 佳史、櫻井 瑛一、中田 亨、Geczy Peter、Lynden Steven、Leblay Julien、Laokulrat Natsuda、北村 光司、西村 拓一、福田 賢一郎、渡辺 健太郎、西村 悟史、梁 滋路、小川 宏高、谷村 勇輔、的野 晃整、金 京淑、亀山 空道、宮尾 祐介、岡崎 直観、中山 英樹、松尾 豊、市瀬 龍太郎、佐藤 泰介、尾形 哲也、松下 康之、佐藤 仁、吉村 玄太、彦坂 修平、今泉 友之、藤田 藍斗、野田 遼子、伊東 里保、今関 宏房、中村 友昭、山崎 隆紀、森永 聡、大屋 勝敬、我妻 広明、杉村 領一、麻生 英樹、中田 秀基、一杉 裕志、高橋 直人、川田 正晃、佐野 崇、尾崎 竜史、中村 良介、岩田 敏彰、神山 徹、赤穂 昭太郎、兼村 厚範、高野 了成、広瀬 崇宏、村川 正宏、河西 勇二、岩田 昌也、坂無 英徳、野里 博和、高橋 栄一、緒方 淳（人工知能研究センター）、原田 研介、万 偉偉、永田 和之、花井 亮、Ixchel Ramirez-Alpizar、佐藤 雄隆、岩田 健司、佐川 立昌、増田 健、小林 匠、長坂 洋輔、堂前 幸康（知能システム研究部門）、大羽 成征（京都大学）、岡田 真人、鶴岡 慶雅（東京大学）、山崎 匡（電気通信大学）、高村 大也（東京工業大学）、大森 隆司（玉川大学）、稲邑 哲也

(国立情報学研究所)、村田 昇 (早稲田大学)、橋本 学 (中京大学)、藤吉 弘亘 (中部大学)、辻 徳生 (金沢大学)、山崎 公俊 (信州大学) 松原 崇充 (奈良先端科学技術大学院大学) (常勤職員53名、他38名)

〔研究内容〕

人間と人工知能が協働して重要な社会的課題を解決する世界の実現を目指して、人間と相互理解可能な次世代人工知能技術の研究開発を進めている。大学、公的機関、産業界から人材、技術、データを集結させ、①大規模目的基礎・先端技術研究開発、②次世代人工知能フレームワーク研究・先進中核モジュール研究開発、③次世代人工知能共通基盤技術研究開発、という3つの研究開発項目を一体的に実施した。先導研究の2年目である平成28年度の主な進捗は以下の通り。次世代脳型人工知能の研究開発：大脳皮質モデル BESOM の効率的なオンライン学習法、プロトタイプ用疑似ベイジアンネットワーク、文脈情報を利用した頑健な文字認識システムの提案と評価、視覚野細胞の STA の効率的かつ安定的な推定手法、運動野-大脳基底核モデルによる運動シーケンス生成手法、能動学習による効率的な物体追跡手法の確立、人工言語野のプロトタイプ、ニューロン数500万超、シナプス数100億超の全脳スパイクモデルの初期プロトタイプの構築、等の成果を得た。データ・知識融合型人工知能の研究開発：研究用データセットの整備を行い、動画に説明文を付与する手法やニューラルネットワークが学習した分散表象知識を、人間が理解可能な記号的知識に変換する手法を提案・評価した。機械学習・確率モデリングの高度化：4種類のスケラブルな機械学習手法の提案と評価、確率プログラム処理系への Viterbi 推論の組み込み、マルチモーダル VAE の提案と画像の修飾への応用、等の成果を得た。次世代人工知能フレームワークの研究：次世代人工知能フレームワークプロトタイプの構築と評価、データモデルの標準化への貢献、人工知能研究用クラウドおよび商用クラウド上を用いた計算基盤の構築、人間とロボットとの大規模対話データ収集のための仮想環境の構築、科学技術文献の俯瞰と技術の未来予測のためのプラットフォーム構築、等の成果を得た。先端中核モジュールの研究開発：日常生活データを観測・収集するためのリビングラボの整備、日用品の3次元データベースと認識モジュールの構築、人の物体操作や組立作業の計測法とそれを利用した行動自動計画手法、動作模倣学習および不定形物操作生成手法の提案と実ロボットでの検証、自然言語処理ツールの構築、等の成果を得た。人間行動モデリングタスク：pLSA とベイジアンネットワークを組み合わせた人間行動モデリングモジュールの構築、ユースケースの調査と社会実装シナリオの可視化、介護、健康増進の現場での知識発現を支援するシステム構築と知識構築、等の成果を得た。画像解析タ

スク：中分解能衛星画像データをクラウド上に整備して公開するとともに、深層学習によって変化検出や地物検出が行えることを確認した。100種類の人の動作に対して1,000本ずつ、合計10万本の動画からなる学習データセットを構築するとともに、深層ニューラルネットワークを用いた動画認識手法を開発した。テキスト情報からの知識獲得タスク：米国航空安全報告制度のヒヤリ・ハット情報や米国労働安全局の事故データの分析を実施した。酵素反応データベースに向けて、関連文献を解析するための辞書・キーワードの整備と分析の試行を実施した。対人インタラクションタスク：実験フィールドとして選定した幼稚園に園児を識別・追跡するための環境を構築し、ロボット等を用いたインタラクション実験とデータの収集を実施した。産業用ロボットタスク：産業用ロボットシステムとピッキングシミュレータを構築した。自動運転タスク：データ収集用の車両を構築し3次元地図データを構築した。先進運転支援システムオントロジーおよび実験環境を整備し、交差点での運転に適用して有効性を確認した。人材育成活動として NEDO-AIRC=東京大学人工知能基礎技術/先端技術人材育成講座をそれぞれ開講した。人工知能技術の普及・実用化に向けた活動として人工知能セミナー・ワークショップを11回開催するとともに、NEDO プライベート展示会・ワークショップやドイツでの展示会 CeBIT において成果の展示を行った。ステージゲート評価を通過し、研究開発フェーズに進むこととなった。先導研究の成果について中間成果報告会を実施した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 人工知能

〔研究題目〕 植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発/高生産性微生物創製に資する情報解析システムの開発

〔研究代表者〕 油谷 幸代 (創薬基盤研究部門)

〔研究担当者〕 油谷 幸代 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

化合物発酵生産株の育種においては、細胞内代謝の改変が必要だが、同時に生産物を細胞外に排出するプロセスの強化も重要である。本研究開発では、ゲノム情報や最新の質量分析技術を応用し、有用な化合物を菌体外に排出する輸送体をハイスループットに探索するプラットフォームの構築を目標とし、ハイスループットに化合物排出輸送体を探索する技術開発を行っている。

細胞内輸送体タンパク質は機能解析の難しさから基質の同定が困難であり、また既知の情報も限定的かつ散逸している。そこで、第一にゲノム情報から輸送体タンパク質と推定されるものを網羅的に検索したうえで、これらの候補遺伝子群について既知の情報を付加した輸送体候補遺伝子群リストの整備を行っている。特に、平成29年度はゲノム解読がなされている多数の生物のゲノ

ム配列データから、目的化合物の排出に関連すると考えられる遺伝子配列を探索して抽出してきた。具体的には、選定された目的化合物産生微生物のゲノム情報を用い、その全予測遺伝子配列から膜輸送に関連するドメイン検索およびファミリー分類を行い、目的物質およびその類縁物質の膜排出輸送に関わる可能性がある膜タンパク質遺伝子群の抽出を行った。さらに、推定された遺伝子群のそれぞれについて、KEGG, ChEBI, TransportDB および TCDB などの文献情報を用いて化合物に関連する情報を収集するとともに、目的物質生産時の遺伝子発現データから推定した輸送体候補遺伝子群についてスコア付けを行った。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕輸送体、膜排出輸送、ゲノム情報、遺伝子発現

〔研究題目〕SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／革新的設計生産技術 リアクティブ3D プリンタによるテーラーメイドラバー製品の設計生産と社会経済的な価値共創に関する研究開発

〔研究代表者〕持丸 正明（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕持丸 正明、多田 充徳、村井 昭彦（常勤職員3名）

〔研究内容〕

実環境におけるユーザのランニングパターンにもとづいたテーラーメイドシューズ選定システムの開発のため、ランニング中にウェアラブルセンサによるランニング障害リスクに関するパラメータを抽出するシステムを開発した。

ここでは、加速度・角速度を計測する IMU センサをシューズに装着する。そして、実験室において計測されるランニング障害リスクに関わるパラメータ（支持期時間、接地パターン、衝撃荷重、プロネーション）と IMU センサから得られるデータの相関を検証することにより、ウェアラブルセンサによるランニング障害リスクに関するパラメータの抽出を実現する。また、本システムを実際の長距離走に適用し、上記パラメータが得られることを確認した。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕デジタルヒューマン、ランニング、障害リスク、IMU センサ

〔研究題目〕戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）／重要インフラ等におけるサイバーセキュリティの確保／(b1) 研究開発技術の社会実装を促す適合性確認のあり方の研究開発

〔研究代表者〕寶木 和夫（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕寶木 和夫、大崎 人士、半田 剣一、

坂根 広史、田口 研治、三科 雄介、（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

本研究は、有用なセキュリティ機能を速やかに社会実装するための仕組みを設計するため、(1) SBD（Security by Design）を着実に推進するための基本を構築する、(2) ゼロから作るのではなく、新旧混在系におけるセキュリティの確保を図る、(3) 我が国を取り巻く状況を考慮したセキュリティ適合性確認の仕組みと社会実装のあり方を調査、評価し、その実現のための環境整備を行うことを目的としている。

研究計画としては、重要インフラシステムの制御ネットワークや機器、および、その製造者を対象とし、セキュリティ適合性を評価・認証するための妥当な制度のあり方を検討する。そのため、有用となる第三者認証の確立と普及策を設計、試行する。第一者、第二者評価を支援する評価ツールも併せて検討する。また、他プロジェクトの開発技術の活用とともに、大量のセキュリティ要件を半自動的に分類し可視化する要求分析支援ツール、効率的に分析ミスや見落としを低減するセキュリティ・セーフティ可視化支援ツールの研究開発と概念検証により有用性を示すこととした。

平成29年度は、国際会議5件（Black Hat USA, SafeComp 2017, Black Hat Europe, TEISS 2018, InfoSec 2018）、海外機関1件（UNIST）の往訪調査、分析を実施した。要求分析プロセス支援ツール TACT に機能を追加し、試適用により、自社用に作成したガイドラインと外部基準との整合性の確認を行うこと、および、多数の乱立するセキュリティ基準やガイドラインを比較分析することを支援できる見通しを得た。また、既知の攻撃事例を活用してセキュリティ・セーフティ設計を支援する脅威分析ツールを検討し、その基本設計を行った。本ツールに関して、学会発表等3件を実施し、特許1件を出願した。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕セキュリティ、サイバー攻撃、要求定義、システム検証技術、適合性評価技術

〔研究題目〕未発生事故リスクの評価技術の開発

〔研究代表者〕中田 亨（人工知能研究センター）

〔研究担当者〕中田 亨（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究の目標は、大事故に至らなかったがそのリスクがあった重大事例（いわゆるヒヤリハット）の報告書の情報をもとに、未発生ながら今後起こりえる事故の様態を予測する技術を開発することにある。

研究計画は、まず、ヒヤリハット報告文に対して自然言語処理を適用し、ヒヤリハットのシーンや起承転結が抽出する技術を研究開発することを目指す。次に、開発した技術を、実際の工場プラントでのヒヤリハット報告

文の分析に適用し、ヒヤリハットの発生状況の傾向を整理し、大事故につながる得るシナリオをシステムが検知し、実際の運転員を啓発する。すなわち、ヒヤリハットでの各シーンにすいて、それらの間の共通性や前後関係、因果関係を分析すれば、どのシーンの後に、どのようなシーンが起こりやすいかを定量的に評価することができる。このようにして、事故につながる事態の進展パターンの候補を推定することができる。その逼真性を評価するために現場の作業員等から意見を聞く。

平成29年度の進捗状況は、シーン抽出技術を開発させる段階まで終えている。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】自然言語処理、安全工学、人間工学

【研究 題 目】革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発

【研究代表者】小林 弘典（電池技術研究部門）

【研究担当者】小林 弘典、柴部 比夏里、妹尾 博、竹内 友成、鹿野 昌弘、倉谷 健太郎、奥村 豊旗、吉井 一記、マセセ タイタス、香山 正憲、田中 真悟、前田 泰、田口 昇、藤原 直子、五百蔵 勉、松井 啓太郎、小金井 寿人、目代 英久、山内 恵理奈、田下 勝則、向井 裕二、横田 秀則、太田 静生、森 正弘、竹内 靖、西田 泰博、名越 由彦、池田 裕司郎、堤 隆裕、中谷 芳雄、阿座上 理恵、中村 亜希子、岡野 美紀、山田 薫、上谷 智英子、吹谷 直美、八坂 美枝、辻川 直樹、葛西 由香、土屋 真裕子（以上電池技術研究部門）大谷 実、安藤 康伸、春山 潤、中野 藤之、池庄司 民夫（以上機能材料コンピューショナルデザイン研究センター）濱本 孝一、島田 寛之、山口 祐貴（以上無機機能材料研究部門）（常勤職員20名、他28名）

【研究 内 容】

本委託研究は研究開発項目「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発（RISING2）」①「高度解析技術」②「革新型蓄電池開発」について、車載用電池としての使用に耐えうる500 Wh/kg のエネルギー密度を示す革新型蓄電池の構築とその開発を支える高度解析技術の開発を目指すものである。

今年度の成果は下記のとおりである。①高度解析技術では、本委託研究で開発すべき革新型蓄電池の特性向上において障壁となる因子を明らかにし、高性能化・高度安定化に貢献可能な解析技術開発とその組み合わせの提案を行うための検討を行った。まず電極材料表面の構造

変化の電位依存性について検討し、高電位で保護的に働く皮膜の組成を把握した。同時に解析実験の理解を深める第一原理計算手法及び分子動力学手法によるシミュレーションを行い、特に FeF_3 の初期の大きな構造変化に関する知見を得た。さらに昨年度開発した電極/電解質界面での電気化学反応の解析プログラムを革新型蓄電池系に適用するための準備を進めた。②の革新型蓄電池開発では、RISINGにて見出した500 Wh/kgを見通せ300 Wh/kg のエネルギー密度を有する電池を構築可能な水系空気電池、ナノ界面制御電池（コンバージョン）と硫化物電池について、要素技術の絞込みと実証用電池の構築を開始した。水系空気電池では炭素の代わりに導電性酸化物の Sb ドープ SnO_2 (ATO) または Sn ドープ In_2O_3 (ITO) を使用した非炭素系空気極について、アニオン交換膜等の隔壁を用いずとも従来の炭素系空気極に匹敵する初期性能を得ることに成功した。ナノ界面制御電池（コンバージョン）では FeF_3 の劣化挙動を詳しく解析し、劣化抑制のための酸化物との複合化、電解液選定を行い、厚膜塗工電極を試作した。硫化物電池でも劣化の改善に取り組み、Fe 系金属多硫化物材料では表面被覆を、V 系金属多硫化物では充放電範囲の調整と電解液の選定を行い、容量増加と充放電可逆性の向上を実現し、V 系材料を用いて電池試作を開始した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】二次電池、リチウム電池、革新電池、正極、負極、界面、自動車、コンバージョン、硫黄、空気電池

【研究 題 目】水素利用技術研究開発事業/燃料電池自動車及び水素ステーション用低コスト機器・システム等に関する研究開発/水素ステーションにおける水素計量管理方法に関する研究開発

【研究代表者】森岡 敏博（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】森岡 敏博、寺尾 吉哉（常勤職員2名）

【研究 内 容】

本研究では、将来の FCV 及び水素供給インフラの普及開始及び拡大に備え、水素計量方法や水素ディスペンサーの評価方法の段階的な基準化・規格化のため、トレーサビリティを確保した水素計量技術の開発と技術実証を行う。本研究開発では、当研究グループが所有する気体流量国家標準にトレーサブルなマスターメーター法による校正装置の構築及び臨界ノズルの最適化を行うとともに、共同実施者と協力して「水素計量基準」案の策定を目指す。

本年度は、マスターメーター法の基準となる臨界ノズル式流量計について、高圧水素の実在気体効果を解明するため、低圧から高圧域（0.7 MPa～82 MPa）に渡る特性評価を行った。特に、環境温度やガス温度の影響を

解明するための試験を行った。また、国家標準からマスターメーターまでの水素流量に関する不確かさ評価を行い、約0.3%という結果が得られた。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕水素、気体流量標準、燃料電池自動車、水素ステーション、取引計量器

〔研究題目〕固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究

〔研究代表者〕山地 克彦（省エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕山地 克彦、石山 智大、岸本 治夫、Katherine Bagarinao、堀田 照久、Jeffrey De Vero、Riyan Budiman、Shu-Sheng Liu、石塚 香、高橋 綾子（常勤職員5名、他5名）

〔研究内容〕

これまで、平成17年度より平成19年度まで行われたNEDO プロジェクト「固体酸化物形燃料電池システム技術開発／信頼性向上に関する研究開発」をスタートとして、平成20年度から平成24年度には「固体酸化物燃料電池システム要素技術開発／耐久性・信頼性向上に関する基礎研究」、さらに平成25年度からは、NEDO「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発／固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究」に参画、SOFCのスタック・モジュールメーカー及び民間研究機関や大学と連携し、SOFCの耐久性向上に向けた基礎研究を遂行してきた。弊所では熱力学解析をベースに、二次イオン質量分析法やラマン分光分析法など種々の分析技術を駆使し、SOFC材料の信頼性を向上させるべく、その劣化挙動の把握とメカニズムの解明に取り組んでいる。現在のプロジェクトでは、10年間の耐久性（劣化率0.1%/1000h）を早期に見通すことを目標に、4つの課題、①中温筒状平板形の耐久性評価、②業務用中温平板形の耐久性評価、③熱力学的解析による劣化機構解明と加速要因分析、④耐久性迅速評価方法の開発、に取り組んでいる。

①中温筒状平板形の耐久性評価では、1）都市ガス燃料用セルスタックとH28年度改良セルスタックについて耐久性を検討した。都市ガス燃料用セルスタックについて、4万時間超の長期運転を行ったセルスタックの解体分析を実施、これまで明らかになった劣化挙動以外に新たな劣化要因が生じていないことを確認した。H28年度改良セルスタックについてはケミカルフィルター有りの条件で昨年度に引き続き電中研にて連続運転試験を実施、S被毒に起因する特異的な劣化挙動は現れないことを確認して終了した。

②業務用中温平板形の耐久性評価について、B被毒低減を狙ったH29年度モデルについて、電中研にて耐久試験と性能表示式解析、その後産総研や他の基盤機関にて解体分析を実施した。その結果、9万時間耐久性能を

見通す為のセルスタックの改良実施項目として、ガスクロスリークの完全抑制による空気極側へのS、Crの不純物蒸散抑制、及び、集電体構造の再設計による発電時に生じるセル変形吸収、の2点が重要であると考えられた。

③熱力学的解析による劣化機構解明と加速要因分析については、1）セルスタックの劣化挙動解析とまとめ、2）劣化基礎データの収集、3）加速劣化試験法の検討を実施した。劣化挙動解析とまとめにおいては、電中研試験におけるケミカルフィルターの設置による空気極のS被毒低減効果が共通的に確認された。基礎データの収集については、LSCF/GDC/YSZモデル界面における高抵抗層の発現の有無など劣化解析に必要なデータを収集した。加速劣化試験法については、被毒のメカニズムを理解するためのデータの収集を進め、Srの拡散現象をベースにした劣化挙動の解釈をまとめた。

④耐久性迅速評価方法の開発については、東北大と連携、実測のボタンセル試験で観察された現象を明瞭にシミュレーションすることに成功した。また、電子伝導度の増加現象の温度依存性を加味した電導度低下計算のための式、相変態の進行度を考慮に入れより定量性良く伝導度低下量を把握するための式、を新たに構築した。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕燃料電池、固体酸化物形燃料電池、SOFC、耐久性、信頼性

〔研究題目〕次世代スマートデバイス開発プロジェクト／車載用障害物センシングデバイスの開発

〔研究代表者〕青柳 昌宏、菊地 克弥
（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕菊地 克弥、昌原 明植、高橋 健司、藤野 真久、入沢 寿史、渡辺 直也、馮 ウェイ、青柳 昌宏、荒賀 佑樹、林 瑛瑛、島本 晴夫、浮田 茂也、馬 菜娜、橋野 健、藤井 裕美
（常勤職員8名、他7名）

〔研究内容〕

本研究では、昼夜問わず20m以上先の歩行者等多数の障害物の位置と距離を同時にリアルタイムで測定できるセンシングデバイス及び3次元集積実装技術といった省スペース化と高速信号伝送特性を併せ持つ車載品質のデバイスの小型化技術を株式会社デンソー、ラピスセミコンダクタ株式会社とともに共同で開発する。

平成29年度は、想定する車載用センシングデバイスのために、3次元集積実装システムからの要求仕様（電気、熱、応力）に応じた、積層チップを含む3次元積層構造全体に関する解析評価技術の開発を進めた。特に3次元集積実装技術のキーテクノロジーであるシリコン基板の縦方向配線であるシリコン貫通電極（TSV）から

の応力・熱の連成解析評価技術を構築し、新規 TSV 構造の熱応力解析評価を行い、新規 TSV 構造における材料・プロセスの最適化に向けた解析評価を進めた。また、顕微レーザーラマン分光測定装置を導入し、実測と解析の比較検証を進めた。また、TSV の実用化に向けた設計指針を得るための PDK TEG のプロセス技術の構築を行い、3次元集積実装構造の設計指針を導出した。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 車載用センシングデバイス、三次元 LSI 集積実装技術、省スペース化・小型化、シリコン貫通電極 (TSV)

〔研究題目〕 風力発電高度実用化研究開発／スマートメンテナンス技術研究開発 (分析) (リスク解析等)

〔研究代表者〕 村川 正宏 (人工知能研究センター)

〔研究担当者〕 村川 正宏、緒方 淳、岩田 昌也 (人工知能研究センター)、小垣 哲也、阿部 裕幸、川端 浩和 (再生可能エネルギー研究センター)
(常勤職員6名、他2名)

〔研究内容〕

本研究開発は、風車の不適切なメンテナンスや技術欠落を原因とする風車の稼働率低下 (設備利用率の低下)、故障の増加や風車の停止時間の増大といった課題の解決を目的とする。このために、目標稼働率95 %を達成可能なメンテナンス技術を開発し、風力発電事業で適切に活用されるためのメンテナンスチェックリスト、保険やO&M (運転管理・保守点検) 認証への適用性検討など実効的なスキームを検討する。体制としては、プロジェクトリーダーである東京大学、助成事業に参画する企業群と連携して研究開発を遂行し、産総研は、各種要素部品の状態監視システム CMS (Condition Monitoring System) の活用と、関係するセンサデータからの故障検知技術の開発を分担する。

5年計画の4年目となる平成28年度は、当事業でこれまで進めてきた国内実機風車データ解析 (異常検知) の実施・検証を継続するとともに、実機故障ギアボックスのベンチ試験のデータ計測並びに解析実験を行った。実機故障ギアボックスベンチ試験では、従来の診断アプローチでは異常 (損傷状態) の検知が困難な振動データに対して、当委託事業で開発を進めてきた人工知能アプローチ (独自特徴量+機械学習) により異常検知が可能である見通しを得た。また、風車実運用との連携・協調による異常検知技術の高度化に係る研究開発を進めた。具体的には、CMS 異常検知結果の提示インターフェース、運用者による異常検知結果検証機能等、風車実運用の中で異常検知技術を効率的かつ効果的に利用できるシステムのプロトタイプを開発した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 風力発電、メンテナンス、異常予兆検知、データ解析、機械学習

〔研究題目〕 有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発

〔研究代表者〕 佐藤 一彦

(触媒化学融合研究センター)

〔研究担当者〕 佐藤 一彦、深谷 訓久、島田 茂、浅川 真澄、藤谷 忠博、田村 正則、清水 政男、中島 裕美子、五十嵐 正安、松本 和弘、田中 真司、永縄 友規、佐藤 靖、別部 輝生、江口 勝哉、石原 吉満、崔 準哲、中村 功、韓 立彪、山下 浩、遠藤 明、片岡 祥、上村 佳大、崔 隆基、清水 禎樹、Nгуen Thuy、福島 基夫 (常勤職員27名、他25名)

〔研究内容〕

シリコンに代表される有機ケイ素材料は、耐熱性、耐候性、耐光性、高光透過性、耐寒性、離型性等の様々な優れた特性を有しており、他の材料では代替できない材料として極めて広範な分野において利用されている。しかし、有機ケイ素原料の製造は、高エネルギー消費プロセスであり、また、有機材料に比べ、触媒技術の開発が大きく遅れており、有機ケイ素材料の性能向上、新機能発現、コストダウンに大きな余地を残している。そこで、本研究開発では、①砂から有機ケイ素原料を低エネルギー低コストで製造する触媒技術、②有機ケイ素原料から高機能有機ケイ素部材を製造する触媒技術の2つの研究課題に取り組むことにより、有機ケイ素材料の性能向上、新機能発現とともにコストダウンを達成することを目的としている。

平成29年度は、砂等の原料から金属ケイ素を経由せずにアルコキシシランを製造する触媒技術に関して、反応のスケールアップに取り組むとともに、開発した技術について、現行の工業的製造方法に対する省エネルギー性や二酸化炭素排出削減効果などを定量的に評価した。また、固体触媒を用いたアルコキシシランのアルキルシランへの変換についても検討を継続した。高機能有機ケイ素部材を製造する触媒技術のうち、ケイ素-炭素結合を形成する触媒技術に関しては、工業的に有用性の高い基質の選択的な合成に有効な触媒を見出した。ケイ素-酸素結合を形成する触媒技術に関しては、構造制御され分子量分散度の小さいシロキサン高分子を選択的に合成可能な触媒を開発した。また、ケイ素-ケイ素結合形成技術に関しては、高次シランの製造に有効な触媒について触媒寿命の評価の検討を継続して行った。

〔領 域 名〕 材料・化学

〔キーワード〕 ケイ素、触媒、シリコン、シリコン、機能性材料

〔研究題目〕インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト／イメージング技術を用いたインフラ状態モニタリングシステム開発／道路構造物ひび割れモニタリングシステムの研究開発

〔研究代表者〕永見 武司（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕永見 武司、増田 健、小林 匠、佐々木 久之、熊谷 進
（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

道路構造物における重要な点検項目であるコンクリートのひび割れについて、その定量的把握および経過観察を精密かつ効率的に行うための自動検出技術およびモニタリングシステムの実現を目的としている。このため、点検対象である床版、橋台、橋脚、トンネル、道路、付帯構造物に対し、幅0.2 mm以上のひび割れを80%以上の確率で検出するひび割れ自動検出技術、パノラマ合成技術、経年変化検出技術等の要素技術を開発し、これを実装したモニタリングシステムを平成28年度末までに稼働させ、その後2年間の実証評価を行うこととしている。本年度は、画像データをもとにひび割れを自動で検出する技術について特徴抽出および判別処理部分の改良を行い、床版、橋台、トンネルを対象にした評価実験で82.4%の検出精度を得た。この技術を Web ブラウザから簡単に利用可能なシステムとして実装し、インターネット上で試験公開した。また、パノラマ合成技術について、点検事業者から点検資料として十分な品質との評価を得た昨年度開発した技術に、一般的な利用者が利用しやすいようにグラフィカルユーザーインターフェースを追加開発し、実装した。経年変化検出技術では、点検年度の違うひび割れどうしの詳細な形状を比較する手法を開発し、異なる部分を抽出する方法について検討した。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕インフラ点検、人工知能、画像処理

〔研究題目〕インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト／インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発／超小型 X 線及び中性子センサを用いたインフラ維持管理用非破壊検査装置開発

〔研究代表者〕鈴木 良一（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕鈴木 良一、加藤 英俊、藤原 健
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

高度成長期に整備された社会インフラ及び産業インフラを適切に維持管理するには、その健全性を効率的に検査し対策をとることが必要である。X 線は、検査対象物を透過させて対象物を壊すことなく内部の様子を調べることができることから各種検査に使われている。また、

中性子は水分等に対する散乱・吸収等の相互作用が大きく、インフラ構造物の腐食に係る水分の有無を非破壊で調べることができる。本研究では、これらの検査装置を小型化・軽量化して非破壊検査装置をロボットに搭載することにより効率的なインフラ維持管理を実現することを目指している。

この研究では、X 線及び中性子水分計測の応用として、化学プラント配管検査用非破壊検査システムの開発を行っている。本年度は、中性子水分センサ搭載配管検査ロボットの安全性を高めるために脱落防止機構の付加などの改良を行うとともに、X 線非破壊検査ロボットに X 線検査装置を搭載して、モデル配管の肉厚計測を実施し、肉厚検査精度の検証実験を行った。その結果、保温材付の状態では0.3 mm程度の精度で配管の肉厚検査ができることを確認した。また、低リーク型フラットパネル X 線2次元検出器の有感面積を26 cm×35 cmに拡大したパネルの試作を行い、高感度の X 線像撮影が可能であることを確認した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕カーボンナノ構造体、X 線源、インフラ診断、プラント保温材付き配管、非破壊検査、X 線イメージセンサ

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

〔研究代表者〕内田 洋平（再生可能エネルギー研究センター）

〔研究担当者〕内田 洋平、シュレスタ ガウラブ、石原 武志、吉岡 真弓、金子 翔平
（常勤職員4名、RA1名）

〔研究内容〕

従来の地中熱研究の中で構築されたポテンシャルマップにおいては、熱応答試験による有効熱伝導率の測定や現地でも得られた地質サンプルの熱物性計測などによる十分な検証が行われた例はほとんど見られない。本研究テーマでは、現地データに基づく地中熱ポテンシャルマップの高度化を目的として研究を実施している。

H29年度は、オールコアボーリングによる試料採取（深度約50 m）および熱物性データの計測を山形県山形市と石川県金沢市の2ヶ所で行った。また、昨年度、宮城県仙台市で行った地質試料採取後のボーリング孔においても、熱物性計測を実施した。現地における熱物性データの計測については、オールコアボーリング地点において、コア採取後、ボーリング孔を熱交換井仕上げし、熱応答試験および光ファイバ温度センサーを用いたTCP（熱伝導率鉛直プロファイル）測定を実施した。熱応答試験結果より、有効熱伝導率は仙台市：1.52 W/(m・K)、金沢市：1.22 W/(m・K)、山形市：1.78 W/(m・K)の結果がそれぞれ得られた。しかしながら、

金沢市と山形市においては、冬季の消雪のために周囲で地下水を揚水しており、この揚水に伴う人工的な地下水流動による熱移流の影響が試験結果には明確に現れていた。H30年度に、揚水の影響がない春季～夏季にかけて、再度、熱応答試験を実施する予定である。

また、3次元地下水流動・熱輸送モデルを利用し、山形盆地におけるオープンループシステムのポテンシャル評価のために、地下水流速や揚水・還元の可能性等に基づく感度解析を実施した。また、宮城県仙台市内のポテンシャル評価を実施するため、仙台平野全域を含めた地下水流動・熱輸送に関する概要モデルを構築した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 地中熱、シミュレーション、地中熱ポテンシャル、熱応答試験

【研究 題 目】 温泉と共生した地熱発電のための簡易遠隔温泉モニタリング装置の研究開発

【研究代表者】 浅沼 宏（再生可能エネルギー研究センター）

【研究担当者】 浅沼 宏、最首 花恵、柳澤 教雄
桑名 栄司、大月 文恵
（常勤職員3名、他2名）

【研究 内 容】

温泉と地熱発電の共生を実現するためには、正確な温泉データを連続的に取得し、その解析に基づき、地熱発電が温泉へ与える影響を評価することが重要である。本事業では温泉の基本的な情報である温度、流量、電気伝導度等を連続モニタリング可能なシステムの実現を目指し、地熱エンジニアリング株式会社、横河電機株式会社と共同し、4年間の研究期間で研究開発を実施している。本システムはセンサ、制御装置、記録装置、通信装置等が一体となった構造を有しており、温泉配管の途中に取り付けることにより、1分間に一度の頻度でデータを取得し、インターネット上のサーバーへ転送する機能を有している。

研究開発の最終年度である本年度は、モニタリング装置のプロトタイプ器を開発し、その評価および改良を通じて、実際の温泉地で使用可能な実証試験器を製作し、国内地熱・温泉地域10カ所で最大約1年半の実証試験を前年度から継続して行った。さらに、そこで得られた現地での性能や課題を検討・改良し、ほぼそのままの形で実用可能な実用モデルを製作し、当初の達成目標を満たすシステムを実現した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 温泉モニタリング、地熱発電、社会合意形成

【研究 題 目】 地熱発電プラントのリスク評価・対策手法の研究開発（スケール／腐食等予測・対策管理）

【研究代表者】 柳澤 教雄（再生可能エネルギー研究センター）

【研究担当者】 柳澤 教雄、増田 善雄、原 淳子、古澤 みどり（常勤職員3名、他1名）

【研究 内 容】

本研究では、既存の地熱材料腐食データの整備や現地試験での検証を通して、地熱発電プラントにおける材料腐食やスケールなどのリスクを事前に予測するシステムを構築することを目標としている。産総研では、既存データの整備と現地試験による検証を担当した。

研究開発の最終年度である本年度は、材料腐食速度のpH依存性を検証するために、葛根田地熱発電所内の熱水配管に材料腐食試験用のループ配管を接続し、酸添加によるpH調整試験を行った。pH調整による腐食速度の変化は、既存の材料腐食予測式から計算される変化とほぼ一致した。また、同試験において試験中の熱水の化学分析、試験後の試料表面の顕微鏡観察、化学分析を行った。その結果、pHが低い試験では、特に炭素鋼の材料表面にアンチモン等が析出する傾向が見られた。

また、二相流配管による材料腐食速度については、同一温度、pHにおいて、熱水単相条件での室内腐食試験を実施し、二相流との差異を検証した。その結果、二相流配管の気液体積比をファクターに加えることで、計算値と実測値の差は1.5倍以内となった。

これらの試験により、材料腐食リスク評価に組み込む材料腐食予測式の検証を行った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 地熱発電、材料腐食、スケール

【研究 題 目】 SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／次世代パワーエレクトロニクス／SiCに関する拠点型共通基盤技術開発／SiC次世代パワーエレクトロニクスの統合的研究開発

【研究代表者】 奥村 元（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】 奥村 元、山口 浩、加藤 智久、米澤 喜幸（常勤職員24名）

【研究 内 容】

本開発テーマでは、SiCパワーエレクトロニクスの普及と適用先拡大を目指した次世代技術として、①エピ成長やウェハ加工をも含めて革新的手法を取り入れた次世代SiCウェハ（基板）作製技術、②低損失性・高耐圧性をより向上させる新規構造／プロセスを取り入れた次世代SiCデバイス作製技術、③高電流密度デバイスを搭載したうえで小型軽量化と信頼性評価法確立を目指す次世代SiCモジュール作製技術を対象に、一貫した統合的研究開発を当該分野における産学官の有力研究機関の研究者を結集し、産総研を中核拠点として、産総研に設置されたTIA（Tsukuba Innovation Arena）のパワー

エレクトロニクス拠点を活用すると共に、京大・電中研・阪大産研・東大のサブ拠点および共同実施大学、企業との緊密な連携のもと推進している。

平成29年度は SIP 実施5年間の4年目として、上記①～③の研究開発と酸化膜信頼性基盤研究および出口調査を推進し、以下の成果を得た。

①次世代 SiC ウェハ作製技術では、前期3年間で培った技術を基に、②次世代 SiC デバイスに必要な仕様を満たす新規な高品質ウェハ技術開発を、②と連携して進めた。具体的には、ウェハのさらなる高品質化としてバルクウェハの転位抑制とエピウェハによるデバイス劣化抑制、及びエピ活性層におけるライフタイム制御範囲の拡大に重点的に取り組んだ。

バルクウェハの転位抑制では、低抵抗8 mΩcm（最終目標5 mΩcm）かつ低転位密度 BPD<300 cm⁻²（最終目標<100 cm⁻²）を両立した3インチ n 型 SiC バルクウェハを開発した。また、p 型バルクウェハにおいて、デバイス仕様を満たす低抵抗300-500 mΩcm を維持しながら、基底面転位密度 BPD<950 cm⁻²を達成し、更なる高品質化（最終目標；BPD<100 cm⁻²）を進めている。

エピウェハによるデバイス劣化抑制では、昨年度までに開発したホール注入時のデバイス特性劣化を抑制する再結合促進層技術に加え、平成29年度は、IGBT における電子注入時の順方向特性劣化を抑制する技術として、ライフタイム30 nsec 以下の p 型再結合促進層を Al-B コドープを用いて安定に作製する技術を開発した。デバイス劣化の完全な抑制の為に、上記再結合促進層技術に加えて、もともとのエピウェハ自体の高品質化、すなわちキラ欠陥、特に貫通基底面転位を低減する厚エピ技術の開発が不可欠である。エピ成長パラメータと成長モードの詳細な研究により、270 μm 厚で、エピ膜中の貫通基底面転位密度<0.1 cm⁻²、キラ欠陥密度<0.4~0.5 cm⁻²と最終目標と同等の値を達成した。

エピ活性層におけるライフタイム制御範囲の拡大では、安定して長ライフタイムを実現するのに必要な不純物濃度範囲を見出し（Al+B 濃度<3×10¹³ cm⁻³）、27 μs～最大68 μs の長ライフタイムを実現した。

上記の重点課題の達成に加え、最終年度での内製低抵抗 p 型基板を用いたデバイス作製に向け、低抵抗（高不純物濃度）p 型基板上の厚膜エピにおいて、基板からのオートドーピングの影響を受けずに、20 kV 耐圧に必要な低キャリア濃度制御が可能であることを確認した。

②次世代 SiC デバイス作製技術では、新構造ユニポーラデバイス（SJ : Super Junction Device）開発において、実測と合わせ込んだシミュレーションを用いて耐圧設計した SJ 構造に対して、抵抗評価 TEG を作製し、オン特性を評価した。その結果、最新の通常構造 SiC-MOS に対して、オン抵抗を64 %低減@175 °Cでできる見通しを得た。最終年度における、耐圧、オン抵抗、SW 特性の両立へ向けて、現在、p 型ピラー濃度制御による

チャージバランスの最適化と終端部耐圧構造の最適化を行っている。なお、特殊な表面凹凸構造を有する SJ ウェハの加工では、①の次世代 SiC ウェハ作製技術において、高加工精度と低加工ダメージの仕様を満たす加工条件のレセピー化を行った。

バイポーラデバイス開発においては、13-20 kV SiC-IGBT と PiN ダイオードを組合せて、6.5 kV Si-IGBT の2-3直列に対して、導通損、SW 損が1/2以下を実証する最終目標を目指し、平成29年度は、IGBT においてマージンを持った20 kV 以上の耐圧確保、PiN ダイオードにおいて微分オン抵抗60 mΩcm²以下の達成に取り組んだ。まず、パラメータを独自に高精度化したシミュレーション技術を開発・適用することで、デバイス特性改善指針を得た。次に、この指針を基に、必要な要素技術として、周辺耐圧構造の最適化とマージン確保、エビアノード構造作製技術の開発、電極の改良、炭素イオン注入による厚エピ膜のライフタイムエンハンスメント技術の開発を行った。それらを総合した結果、IGBT では、耐圧24 kV を達成し、PiN ダイオードでは、耐圧29.6 kV（世界最高）で微分オン抵抗50 mΩcm²以下を達成した。平成29年度目標は達成したが、IGBT の順方向動作は、理想的な導電率変調に対し、未だ改善の余地があり継続して開発中である。合せて、導通損と SW 損を両立するライフタイム分布の最適化を進めている。

SiC デバイス実用化の最大の障害である順方向劣化問題の解決に向けては、①次世代 SiC ウェハ作製技術と連携して再結合促進層開発を行うと共に、限界特性の把握、実用化を見据えたスクリーニング技術の開発に取り組んだ結果、4.4 kA/cm²の大電流（③次世代 SiC モジュール作製技術で掲げる最大チップ電流密度の4倍）において、劣化を抑制することに成功した。更に、劣化現象のモデル化に取り組み、ホールと空乏層の影響を取り入れてエネルギー利得を求めその増減で、積層欠陥の拡張/縮小の臨界現象を説明できることを示した。

③次世代 SiC モジュール作製技術では、昨年度までの要素技術開発から決定した基本モジュール構造に対して、平成29年度から、劣化機構解明・加速試験条件明確化のための長期信頼性試験を始めるに当たって、基本モジュールの性能ばらつき抑制に取り組んだ。接合強度制御等の工程改良、電極材変更等の高耐熱部品改良（産総研・構造材料研究部門、先進コーティング技術研究センターとの連携開発）、ZnAl ハンダ接合形成の工程改良等を行い、所望の性能を達成した。

更に、モジュールに関連した SIP 内の他のテーマと連携した開発として、芝浦工大での機電一体型応用テーマに、当テーマで開発したモジュールを用いた変換器の提供を行い、接続試験を実施してゲート信号の伝達、デッドタイム確保等、問題がないことを確認した。更に、九州早稲田大での実装テーマとは、評価技術に関する知見提供や試験条件の共通化検討を行った。

高耐熱部品成果の早期実用化を目指し、抜熱性能と機械的強度を両立した高熱伝導窒化ケイ素基板（130 W/[m・K]級、構造材料研究部門中心に開発）に関して、参画企業と共に製品化の準備を進めている。また、現プロジェクトで得た加速劣化試験などの方法・試験条件の国際標準化可能性の予備的検討を開始した。

上記①～③の研究開発推進に当っては、これまで同様、相互の連携や SIP 内他テーマとの連携を重視した。連携の具体的成果は、既に①～③の中で述べた通りであるが、他の重要な取組みとして、プロジェクト発足当初から酸化膜信頼性基盤研究を行っている。

これは、信頼性を支えるもう一つの基盤である SiC/酸化膜界面の安定化確保の課題に対し、当プロジェクト内外の関係機関との一体的運営で、移動度制限要因の解明を行うものである。平成29年度は、昨年度開発した Hall 測定と split-CV 測定を組合せて可動キャリア数と移動度を分離解析する手法を用い、物理分析を併用して、濃度、面方位、プロセスによる差異の体系的な評価を行った。その結果、窒化が界面準位不活性化とキャリア散乱へ与える影響を明らかにする等の成果を得た。

出口へ向けた活動では、産総研研究者と参画企業の技術マネージャー及び有識者で構成された SIP 応用技術調査委員会による動向調査を継続実施した。最終年度へ向け、SiC パワエレを世の中に役立てるために残った課題は何かと言う視点でまとめるべく、準備を開始した。

〔領域名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕SiC、ウェハ、デバイス、SJ、IGBT、モジュール、耐圧、電流密度

〔研究題目〕SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／次世代パワーエレクトロニクス／SiC に関する拠点型共通基盤技術開発／SiC 次世代パワーエレクトロニクスの統合的研究開発／③次世代 SiC モジュールの技術開発（高耐熱部品技術開発）

〔研究代表者〕平尾 喜代司（構造材料研究部門）

〔研究担当者〕平尾 喜代司、日向 秀樹、宮崎 広行、周 游（構造材料研究部門）、伊豆 典哉（無機機能材料研究部門）、土屋 哲男、中島 智彦、鈴木 宗泰、相馬 貢（先進コーティング技術研究センター）（常勤職員9名、他2名）

〔研究内容〕

本研究開発では、プロジェクト参加機関及び産総研・先進パワーエレクトロニクス研究センターとの緊密な連携のもと、1.2 kV 級 SiC チップを利用した高チップ電流密度モジュール用部品として、高い耐久性（-40～250℃の温度サイクル1000回以上、耐熱性250℃）と優れた電気特性を有するセラミック回路基板（中部セン

ター：構造材料及び無機機能材料研究部門）、高い耐久性と小さい電気特性変動、高い周波数特性をもつ高耐熱受動部品（先進コーティング技術研究センター）の開発を目指している。産総研は、過酷環境下でのモジュール部品の劣化・損傷機構の解明及び解析結果に基づく部品の設計指針の構築、並びに加速劣化試験法の開発を担っている。

セラミック回路基板については、これまでに解明した温度サイクル下での回路基板の劣化・損傷メカニズムに基づき、セラミックス基板の強度、破壊靱性をパラメータとしたメタライズ基板の耐温度サイクル性を示す指標を提示した。さらに、耐温度サイクル性に関する加速劣化試験としての動的疲労試験の精度を向上させた。抵抗器に関しては、高温環境下での部品の劣化が水蒸気の影響であることを明らかにするとともに、本知見に基づき加速試験の条件を確定した。また、コンデンサの高温での加速劣化試験に関して、温度、電圧をパラメータとした試験に着手した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕高耐熱部品、窒化ケイ素、メタライズ基板、回路基板、受動部品、抵抗器、コンデンサ、加速劣化試験

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

〔研究代表者〕清水 三聡（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕山田 永、山田 寿一、清水 三聡、井手 利英、沈 旭強、中島 昭（常勤職員6名）

〔研究内容〕

GaN の絶縁破壊電界は3.3程度あり、SiC の絶縁破壊電界の2.5と比較すると2～3割程度大きい。縦型パワーデバイスにした場合に単位面積当たりの素子抵抗が絶縁破壊電界の3乗分の1に比例する。よって SiC の場合に比較して単位面積当たりの素子抵抗は半分程度にすることが可能なため縦型デバイスの研究開発が行なわれている。しかしイオン注入が困難であり、特に Mg のイオン注入では活性化率が低い。また、縦型デバイスの実現に必要なドーピングの制御技術が確立されておらず、具体的には、1立方 cm 当たりのドーピング濃度を16乗台で制御するエピ結晶成長技術の開発が必要となる。そのため当グループでは、ダイオード等の縦型デバイスで必要となるエピ成長技術の開発を行なっている。

エピ技術開発で必要なのは、MOCVD 成長における不純物の混入を防ぐことである。MOCVD 法では石英などの部材を用いているため、この部材からシリコンや

酸素がエピ中に混入するのが問題となる。

平成29年度は、m 面上の高純度のエピの特性を調べた。また、デバイス開発担当の富士電機などへ高純度エピ基板を供給し、デバイス動作を確認した。

〔領 域 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 縦型パワーデバイス、GaN 単結晶

〔研究 題目〕 SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／次世代パワーエレクトロニクス／将来のパワーエレクトロニクスを支える基盤研究開発／ダイヤモンドパワーエレクトロニクス基盤技術開発

〔研究代表者〕 牧野 俊晴（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 牧野 俊晴、小倉 政彦、加藤 宙光、加藤 有香子、竹内 大輔、山崎 聡（常勤職員5名、他1名）

〔研究 内容〕

本研究では、ダイヤモンドを用いたパワーデバイスの実現、検証を可能とする低欠陥、低抵抗のウエハ作製技術を開発することで、ダイヤモンドのパワーデバイスとしての有用性、他材料との使い分けを明確化し、世界に先がけたダイヤモンド半導体の実用化に向けた環境づくりを行うことを目的とする。また、ダイヤモンド半導体のパワーデバイスへの展開を可能とするために必要となるダイヤモンド結晶成長技術の高度化を実現し、デバイスプロトタイプ試作により、ダイヤモンドパワーデバイスのコアコンピタンスを実証することを目的とする。本研究（E035）は後者の研究を中心に実施し、前者はE001にて実施している。

本年度は、T-CAD シミュレーションにより電界集中緩和構造を有した pin 接合構造を設計し、これを基に pin ダイオードを試作した。試作プロセスにおいては、ドライエッチングによるメサ構造形成時にエッチング表面にダメージ層が残留することを避けるため、選択成長技術を適用した。その結果、電界集中緩和構造を有さない従来の pin ダイオードでは逆バイアス印加時の耐圧は300 Vであったが、新規 pin ダイオードでは700 Vが得られた。また、T-CAD シミュレーションによる逆バイアス印加時の電界分布解析から、設計通りにメサ構造端で電界集中は起こっていないことを実証した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 ダイヤモンド、絶縁破壊電界、pin ダイオード

〔研究 題目〕 SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／インフラ維持管理・更新・メンテナンス技術／点検・診断技術の実用化に向けた研究開発／学習型打音解析技術の研究開発

〔研究代表者〕 村川 正宏（人工知能研究センター）

〔研究担当者〕 村川 正宏、河西 勇二、高橋 栄一、岩田 昌也、緒方 淳、鈴木 綾子、叶 嘉星（人工知能研究センター）、蔵田 武志、大隈 隆史、張 慶春、一刈 良介（人間情報研究部門）（常勤職員7名、他4名）

〔研究 内容〕

インフラ老朽化に伴い急激に増加する点検作業に対し、点検員の技術に左右されず正確に損傷の検出が可能な打音検査技術の開発を目的とする。産総研が有する学習型の音響解析技術を核として、打音装置および打音解析システムを開発する。打音装置は、株式会社テクニーが担当し、首都高技術株式会社および東日本高速道路株式会社東北支社が実構造物における打音収集を分担する。この実データに基づき、開発した打音解析システムの実証評価を共同提案者4者で行い、高性能化と実運用性を高めたシステム開発を行う。

4年計画の3年目となる平成28年度は、打音解析手法の研究においては、教師有り学習手法の開発を行った。特に、クラスタリング手法を用いることで熟練者によるラベル付けのコストを大幅に減らす手法を開発した。

打音解析システムにおいては、昨年度開発した打音解析サーバ上に、これまで開発した教師なし学習手法のうち最も性能のよい手法を実装した。また、これまで開発してきた打音解析結果を打音収集端末（タブレット）上でAR表示できるシステムと連携動作するようにした。この結果、打音装置で収集した打音データを自動的に解析サーバに送信して解析後、その結果をタブレットにダウンロードし、オンサイトで作業者が確認することが可能となった。また、壁面検査向けに点検ハンマの位置取得システムの開発も行い、人手によるハンマの打撃位置を簡便に取得できるようになった。

性能評価においては、プロジェクトメンバーである首都高技術、NEXCO 東日本、テクニーと共同で、実構造物において打音取得実験を継続して行い、開発手法を用いて取得データを解析し、その結果を打音装置開発にフィードバックし、装置の改良を進めた。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 コンクリート構造物、異常検知、打音解析、機械学習、拡張現実感技術

〔研究 題目〕 SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）／インフラ維持管理・更新・メンテナンス技術／維持管理ロボット・災害対応ロボットの開発／橋梁・トンネル点検用打音検査飛行ロボットシステムの研究開発

〔研究代表者〕 岩田 拓也（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 岩田 拓也（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究開発では、小型軽量のマルチロータヘリを飛行ロボットのプラットフォームとして、そこに打検機、目視用光学センサ等を搭載することにより、作業車などの大型設備を使用せずにインフラ内高所の壁面状況のモニタを実現し、収集した打音情報・画像情報をデータベース化し、その変化・変状についての把握を容易とする情報処理システムを実現することを目標としている。実際のトンネル定期点検時の交通規制の多くは片側交互通行規制であり、片側2車線のうち1車線を規制して点検を行い、他の1車線では交通を通す方式であるため、飛行ロボットを使用した点検は、道路上の作業となることから「建設工事公衆災害防止対策要綱土木工事編（建設省事務次官通達：平成5年1月12日）」により、一般交通への危険及び渋滞の防止、歩行者の安全等を図るための交通の処理方法について検討し、道路管理者及び所轄警察署長の指示するところに従い、必要な対策を講じることとなる。産総研では、この必要な対策として、航空の安全3原則である（1）機体の安全（2）操縦の安全（3）運航体制・運航環境の安全、の観点に基づき、安全対策技術を開発している。具体的には、（1）としては、マルチローター型飛行ロボットの衝突安全技術、（2）としては、操縦補助用リードシステム、（3）としては、風は通すが飛行ロボットは通さない安全ネットの開発を行っている。平成29年度は、（1）ではクラッシュアブソーバー用の炭素繊維複合発泡材料の開発と強度試験を実施した。（2）に関しては、ドローンの操縦に支障をきたす騒音の騒音計測試験法の開発と、低騒音プロペラの開発を実施した。（3）に関しては、前年度のシステムをインフラ点検現場へ搬送し、現地で安全ネット展開システムの展開試験し組立法の最適化実証を実施した。また、安全ネットを機体側に搭載した安全ドローンの開発を行い、実証試験を実施した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 インフラ点検、無人航空機、飛行ロボット

〔研究題目〕 高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発／共通基盤技術の開発（太陽光発電システムの信頼性評価技術等）／太陽電池性能高度評価技術の開発（新型太陽電池評価・屋外高精度評価技術の開発）

〔研究代表者〕 菱川 善博（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 菱川 善博、増田 淳、土井 卓也、猪狩 真一、吉田 正裕（常勤職員5名）

〔研究内容〕

I) 新型太陽電池高精度性能評価技術

① 各種新型太陽電池性能評価技術の開発

NEDO 開発品等を含む新型太陽電池約50サンプル（結晶シリコン、ペロブスカイト、各種薄膜等）の高精度評価を実施し、各デバイスに最適な評価技術を開発・検証した。ペロブスカイト太陽電池については昨年度までに開発した性能評価法に最大電力点追従制御（MPPT）法を併用しデバイス安定性を担保した測定法の提案と検証を実施した。結晶シリコン太陽電池についてはベアセル多数バスバーや特殊形状バスバー構造に対応するよう測定装置改良と新評価法の開発と検証を行なった。IEC 国際標準化、学会論文等発表、欧米の太陽電池評価機関との太陽電池セル・モジュール比較測定等による国際整合性検証及び開発成果普及を推進した。

② 一次基準太陽電池校正技術の高度化

一次基準太陽電池セルの最高校正能力を向上させるための高度化を行った。スペクトルミスマッチ補正係数の不確かさの主要因である分光放射計の対光非直線応答の評価に関して、昨年度開発したキセノンランプの放射の重量法による結果と、積分球、LED 並びにND フィルタの組み合わせで精密に評価したディテクタ単体での結果の整合度が高いことを確認した。その結果、光電子増倍管の分担波長で+5%の対光非直線応答を確認し、その解消方法に関する検討を行った。超高温定点黒体炉との併用により、現状の最高校正能力が0.72% ($k=2$) から0.65% ($k=2$) に向上した。WPVS Qualified Lab 間の基幹比較校正を開始した。

II) 屋外性能高度評価技術の開発（屋外高精度評価技術の開発）

① 屋外性能評価技術の高精度化

PV モジュール日射センサ（PVMS）による日射計測と高速 IV 測定等の技術を用いた高精度屋外評価法を開発し、各種結晶シリコン太陽電池モジュールを用いて検証した。実用上重要な日射変動日の時系列測定において、再現性1%以内の高精度な性能評価が可能であることを確認した。更に、開発した性能評価技術応用として、モジュールを複数直列接続したストリング性能の高精度評価を開始した。市販結晶シリコン太陽電池10枚直列アレイ屋外用 IV 測定装置を九州センターへ構築し、つくばからの遠隔監視による連続測定を実施し、開発技術がストリング性能の高精度評価にも適用可能な目処を得た。また、屋外評価の高精度化として従来法よりも高度な新しい温度補正式を開発した。太陽電池 IV 特性の理論式に整合し、様々な結晶シリコンモジュール型式と電圧範囲において適用可能であることを検証した。

② 各種 PV モジュール日射センサーの角度特性評価

各種 PVMS の入射角特性を屋外実測データにより評価するとともに各種テスト PV モジュールとの

特性を比較した。その結果、照度差を2 %以内に収めるには、入射角を50度以内とすることが有効であることが分かった。

〔領域名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 太陽電池、太陽光発電、エネルギー、環境、性能評価、信頼性評価、システム

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

〔研究代表者〕 柴田 肇（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 柴田 肇、石塚 尚吾、鯉田 崇、反保 衆志、永井 武彦、上川 由紀子、西永 慈郎、仁木 栄（常勤職員7名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、NEDO が2014年9月に策定した「太陽光発電開発戦略」で掲げる発電コスト低減目標の達成に資する研究開発として、CIS 太陽電池を用いた発電コストで、2020年に14円/kWh（グリッドパリティ）、2030年に7円/kWh（ジェネレーションパリティ）を達成するために必要な、共通基盤技術の開発を行うことを目的とする。具体的には、多元同時蒸着法によって製膜した CIS 薄膜を光吸収層に利用した CIS 小面積セルを作製し、2017年度および2019年度に、CIS 太陽電池の光電変換効率でそれぞれ22 %と23 %を達成するための技術開発を行う。実際には、① CdS/CIS 界面の高品質化技術の開発、および② CIS 結晶の高品質化技術の開発、そして③ 新規透明導電膜材料の探索と CIS/Mo 界面の制御技術という、3種類の研究開発課題に取り組む。

平成29年度は、平成28年度に引き続いて CIGS 系太陽電池の小面積セルの研究に集中し、変換効率22 %以上を達成するための要素技術に関して、必要な研究開発指針を得た。具体的には、CIGS 太陽電池を作製した後に、太陽電池に長時間の熱処理と光照射処理を施すこと、および太陽電池の pn 接合に対して順方向の電流を流しながら太陽電池に長時間の熱処理を施すことにより、太陽電池の変換効率が顕著に増大することを見出した。これらの技術により、CIGS 太陽電池で22 %という高い変換効率を得ることに成功した。高い変換効率を得られた理由の詳細は、現時点においても不明であるが、pn 接合に対する順方向の電流注入によっても光照射と同様な効果が得られることから判断すると、熱処理中に太陽電池の光吸収層材料に電子・正孔対を生成させることが必要な条件であると考えられ、電子・正孔対の生成により光吸収層が一種の準安定状態に遷移することが、高効率化の一因であると考えられる。また CIS 太陽電池

の高効率化技術の一つとして、CIGS 薄膜の表面を硫化する技術の開発にも成功し、表面硫化の影響として、電子・正孔対の再結合を大きく抑制すること、および光吸収層物質の電子が感じるポテンシャルの揺らぎが顕著に減少することを見出し、結果として20.1 %という高い変換効率を達成することに成功した。

〔領域名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 太陽電池、化合物半導体、CIS

〔研究題目〕 高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発／共通基盤技術の開発（太陽光発電システムの信頼性評価技術等）／太陽光発電システムの高精度発電量評価技術の開発（経年劣化を考慮した各種太陽電池の発電量評価技術の開発）

〔研究代表者〕 増田 淳（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 増田 淳、松原 浩司、吉田 郵司、佐山 和弘、菱川 善博、柴田 肇、近松 真之、千葉 恭男、原 浩二郎、櫻井 啓一郎、崔 誠佑、棚橋 紀悟、佐藤 梨都子（太陽光発電研究センター）大谷 謙仁、橋本 潤（再生可能エネルギー研究センター）（常勤職員13名、他2名）

〔研究内容〕

産業技術総合研究所九州センター（佐賀県鳥栖市）の屋外サイトで長期曝露試験を実施している太陽電池モジュールを用いて経年劣化を調査するとともに、発電量推定技術を開発した。これらのモジュールはアレイを構成しており、モジュールの直流回路は非接地で、高周波絶縁トランス方式を採用しているパワーコンディショナに接続されている。モジュールは半年もしくは1年毎に架台より取り外し、屋内のソーラーシミュレータで電流－電圧特性を測定するとともに、エレクトロルミネセンス像を観測することにより、特性等の経時変化を観測した。曝露時にモジュールカバーガラス表面に付着した汚れの電流値への影響を排除するため、測定前にはモジュールを洗浄した。

屋外曝露試験を実施しているのは、結晶シリコン系ならびに薄膜系の全22型式の太陽電池モジュールであり、現在商業生産されているモジュールの種類の大半を含む。各モジュールにおける屋外曝露にともなう特性の経時変化の振舞いについて以下に纏める。

結晶シリコン系に関しては、p 型ウエハを用いて拡散接合で作製した単結晶シリコン太陽電池モジュールや多結晶シリコン太陽電池モジュールでは、曝露初期に光劣化に起因する2 %程度の性能低下を示すものの、低下は短期間で飽和し、年劣化率は0.3 %/年以下と比較的小さい。一方、n 型ウエハを用いたシリコンヘテロ接合

(SHJ) モジュールやバックコンタクト (IBC) モジュールでは、年劣化率は0.6~1.2%/年程度と p 型ウエハを用いたモジュールに比べて大きい。また、曝露後4年以上を経ても性能低下が飽和傾向にないことも p 型ウエハを用いたモジュールと異なる点である。一方、p 型ウエハを用いたモジュールにおいても裏面パッシベーション (PERC) モジュールにおいては、曝露初期の性能低下が比較的大きく、水素と関連する光劣化もしくは光熱劣化に起因する可能性がある。

薄膜系に関しては、薄膜シリコン系太陽電池モジュールにおいて、夏季の温度上昇にともなう光生成欠陥の熱アニールにともなう回復が観測され、季節依存性が明瞭に示された。また、薄膜シリコン、テルル化カドミウムの双方のモジュールに共通して、曝露初期に大きな性能低下が観測されるものの、その後は概ね性能は安定した。一方、CIGS モジュールでは、光照射効果による初期の性能向上が観測された後、性能は安定した。また、有機薄膜モジュールは、電流低下をとともなう一次劣化、直列抵抗増加をとともなう二次劣化に加え、薄膜シリコンと類似の季節依存性を示した。

これらの屋外曝露にともなう性能変動を踏まえ、各種太陽電池における定量的な発電量推定を試みた。平成29年度は、比較的経年劣化が小さく、解析が容易な p 型ウエハを用いて拡散接合で作製した単結晶シリコン太陽電池モジュールで構成されるアレイを中心に検討を開始した。日射計で測定した日射強度、バックシート面で測定したモジュール温度、屋外曝露開始後1年間の発電量から算出した出力の温度係数ならびにソーラーシミュレータを用いて測定した標準試験条件での出力から、推定発電量を算出する式を考案した。計算の結果、2012年10月から2014年12月の概ね2年2ヶ月の範囲で劣化率を算出して推定した2015年の発電量は5,453.2 kWhであった。一方、実際の2015年の発電量は5,573.4 kWhであった。両者の差は2.16%となり、±5%の精度で発電量を推定する技術を開発するとの間目標を達成した。さらに、上記計算法ではモジュール温度として日射量が700 W/m²以上の場合の平均値を採用していたのに対して、10分毎に計測しているモジュール温度を採用する等の計算法の改善を図ったところ、推定発電量と実発電量の差は最小で0.04%まで改善した。また、年劣化率が小さくなるほど、両者の差が小さくなる傾向にあることも、4種類の結晶シリコン太陽電池アレイのデータから見出した。

一方、研究用サイト以外では、モジュール温度を常に測定しているわけではなく、より実用的な温度指標として気温を用いて発電量を推定することも試みた。その結果、上記 p 型単結晶シリコン太陽電池アレイにおいては、日平均の気温+20℃をモジュール温度とすることで、推定発電量と実発電量は概ね一致した。さらに、推定例を蓄積することにより、気温による発電量推定の可

能性について検証を進める。

〔領域名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 太陽電池、太陽光発電、モジュール、屋外曝露、結晶シリコン、薄膜シリコン、化合物薄膜、有機薄膜

〔研究題目〕 高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発／共通基盤技術の開発（太陽光発電システムの信頼性評価技術等）／太陽光発電の寿命予測ならびに試験法の開発（太陽電池モジュールの劣化現象の解明、加速試験法の開発）

〔研究代表者〕 増田 淳（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 増田 淳、松原 浩司、吉田 郵司、柴田 肇、千葉 恭男、原 浩二郎、櫻井 啓一郎、棚橋 紀悟、山本 千津子、原 由紀子、城内 紗千子、秋富 稔、太和田 善久（太陽光発電研究センター）
須田 洋幸、佐藤 浩昭、水門 潤治、萩原 英昭（機能化学研究部門）
（常勤職員11名、他6名）

〔研究内容〕

①モジュール劣化メカニズムの解明

長期屋外曝露された結晶シリコン (Si) 太陽電池モジュールは、封止材に使用されているエチレン-酢酸ビニル共重合樹脂 (EVA) とモジュール内に浸入した水分との加水分解反応で発生した酢酸により、経年劣化することが知られている。本劣化現象を模擬・加速するために、結晶 Si 太陽電池セルを湿熱環境下で酢酸蒸気に曝露する手法を用い、劣化メカニズムの解明を試みた。酢酸蒸気曝露によってセルの交流等価回路に新たなインピーダンス成分が発現し、発電特性の変化にともない、新たな成分も変化した。交流インピーダンス測定による詳細な解析の結果、電極腐食機構は電極直下のギャップ形成過程と電極直下に残存した銀ピラーの電気特性が整流性へと変化する過程に分離でき、前者は曲線因子の低下を、後者は短絡電流の低下をとともなうことを明らかにした。

高温高湿試験や紫外光照射試験により劣化させたモジュールから取り出した EVA について、陽電子消滅寿命測定により自由体積空隙サイズの解析を行った。その結果、脱酢酸反応に起因した自由体積空隙サイズの減少が観測され、出力低下と相関することを明らかにした。また、高温高湿試験後のモジュールについては、セルとの界面で脱酢酸反応が促進されていたことから、バックシートから浸入した水蒸気がセル界面を拡散し、界面で優先的に EVA を加水分解して酢酸を発生させるメカニズムを提唱した。さらに、高温高湿試験前に紫外光照射試験を施したモジュールでは、短時間の高温高湿試験でも

自由体積空隙サイズが顕著に減少した。このことから、光反応により生成した酢酸等が触媒として働き、短時間の高温高湿試験でも加水分解反応が顕著に進行した可能性が示唆された。

②各種加速試験法の開発

高温高湿試験を施したモジュールならびに、長期に屋外曝露されたモジュールにおいても、セルの電極には、①項で述べた酢酸蒸気曝露と同等の腐食が生じていることを明らかにした。セルの酢酸蒸気曝露、モジュールの高温高湿試験、モジュールの屋外曝露における、発電パラメータならびに交流インピーダンス成分を比較したところ、三者が類似の劣化挙動を示すこと、さらには、温度85℃、相対湿度85%の高温高湿試験は宮古島での屋外曝露に対して約65倍の加速係数を有すること、酢酸蒸気曝露試験は当該高温高湿試験に対して約70倍の加速係数を有すること、結果的にセルの酢酸蒸気曝露試験は宮古島での屋外曝露に対して約4500倍の加速係数を有することを明らかにした。

太陽電池モジュールの急激な出力低下を引き起こす電圧誘起劣化（PID）現象についても検討した。PID試験時にp型多結晶Si太陽電池セルのpn接合に0.4～0.8Vの順方向バイアスを印加するとPIDが抑制されるものの、-0.2～-0.6Vの逆方向バイアスを印加するとPIDが促進され、それぞれバイアス電圧が大きいほど、抑制もしくは促進の効果が大きいことを見出した。n型フロントエミッタ単結晶Si太陽電池モジュールの屋外PID試験では、わずか115Vの低電圧において7日間の屋外曝露を施すことにより、最大出力が8%低下した。短絡電流と開放電圧が低下し、曲線因子が維持されることから、n型セルに典型的な電荷蓄積に基づくPIDと推測される。このモジュールにおいては、屋外曝露と屋内加速試験を対比させることで、屋内加速試験の屋外曝露に対する加速係数は200～600倍程度と算出された。

③国際標準化とワークショップの創設

①、②項で述べた酢酸蒸気曝露試験は、SEMI国際標準として平成29年8月2日発行した（SEMI PV79-0817 - Test Method for Exposure Durability of Photovoltaic (PV) Cells to Acetic Acid Vapor）。

日本電機工業会との共催のもとに、平成29年11月11日～12日に、滋賀県大津市において国際ワークショップ SAYURI-PV 2017を開催した。本ワークショップは、米国ならびに欧州で毎年開催される太陽電池モジュール信頼性に関するワークショップとの連携を図り、科学的な知見に基づき、国際標準化に貢献することを目的とし、平成28年より毎年開催されている。今回のワークショップには、世界7ヶ国から58名が参加した。講演件数は18件であった。モジュールの劣化現象、モジュール部材、信頼性試験法開発、国際標準化等に関して議論した。次回は平成30年10月に開催予定である。

〔領 域 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 太陽電池、太陽光発電、モジュール、湿熱劣化、酢酸蒸気曝露、電圧誘起劣化、加速試験、結晶シリコン、国際標準

〔研究題目〕 高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発／革新的新構造太陽電池の研究開発／超高効率・低コスト III-V 化合物太陽電池モジュールの研究開発（低コスト化技術・量子ドット成長技術）

〔研究代表者〕 菅谷 武芳（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 菅谷 武芳、牧田 紀久夫、太野垣 健、大島 隆治、水野 英範、望月 敏光、加藤 俊一、熊谷日出生、金井 作信（常勤職員6名、他3名）

〔研究内容〕

本研究においては、一般には普及していないⅢ-V族太陽電池等の超高効率太陽電池において、現在普及している太陽電池並みのコストで製造するための低コスト化の要素技術開発、並びに太陽電池の効率向上により発電コスト低減を実現する要素技術開発をあわせて行う。それにより、Ⅲ-V族太陽電池の将来の普及を目指し、2030年に7円/kWhを達成する手段を明らかにすることが研究目的である。

具体的には、Pdナノ粒子配列を利用したスマートスタック技術により、SiやCIGSをボトムセルとして、モジュール発電効率30%以上を有しかつコストミナムなセル構造および実用化技術を検討する。また、低コストⅢ-V族トップセル成長技術の開発として、超高効率・低コストエピタキシャル結晶成長法であるハイドライド気相成長法（H-VPE法）により、Ⅲ-V族化合物半導体太陽電池作製技術の研究開発を行う。GaAsセルの製膜速度を現状の6倍以上、成膜コストを1/10以下に削減する革新的成膜技術の開発を目指す。さらに、単接合で飛躍的な高効率を達成できる技術として期待されている量子ドット太陽電池において、ワイドギャップホストを用いたバンド構造の最適化、タイプⅡ構造によるマルチバンド内キャリアの長寿命化を利用した量子ドットセルを作製する。キャリアダイナミクス解析をもとに最適化を行い、マルチバンドセルの超高効率化を実現する。

平成29年度の進捗状況としては、InGaP/GaAs//Si多接合セルで設計最適化等を行うことにより電流整合を改善し、非集光として効率～27.7%（昨年度は25.1%）を達成した。また、低コスト化の観点より開発を進める低倍集光においては、Pd塗布前のSi表面処理工程を検討することにより接合抵抗を1/10に削減し、InGaP/GaAs//Si多接合セルで最大効率～28.7%_{10.3}倍集光（昨年度は23.7%）を達成した。これらの結果により、プロジェクト中間目標である効率～28%を達成することに成功した。

実用化の観点より、大面積実装技術および信頼性向上技術の開発を行った。大面積実装技術に関しては、前年度に GaAs 系トップセルの一括剥離・転写法を提案、実証したが、今年度は自在実装が特徴である個別搬送法の開発を行った。個別搬送法は、剥離した GaAs 系トップセルを CO₂超臨界・洗浄乾燥装置を用いて処理し、その後プローバ等により所望の位置に搬送、接合する技術である。本技術を用いて作製した2インチ Si 上に GaAs セルをアレイ実装することに成功した。これらの実装技術の完成度を上げることにより、4インチ相当の大面積実装は可能と考えられる

また、信頼性向上技術に関しては、素子レベルでの信頼性検討を開始した。加速劣化試験は、非集光および10倍集光相当の電流を印加しながら150℃、100時間で行った。100時間経過後の非集光および低倍集光時の相対効率劣化が10%以内であることを実証した。また、-40℃～+85℃、200サイクルの温度サイクル試験、85℃/85%、1000時間のダンプヒート試験においても発電特性は劣化しなかった。これらより、初期的ではあるが、素子の環境耐性が極めて優れていることがわかった。

太陽日酸との共同研究で新規に導入した H-VPE 装置に関しては、低コスト GaAs セル、InGaP セルの開発を行った。基板部温度750℃、HCl 流量30 sccm の条件で成長速度41.6 μm/h の GaAs の結晶成長、基板部温度660℃、HCl (Ga/In) 流量2/8.5 sccm の条件で成長速度30.0 μm/h の InGaP の結晶成長を実現した。GaAs 太陽電池において、InGaP 窓層、InGaP BSF 層をそれぞれ導入することにより、22.7%の変換効率 (in house 測定) が得られた。InGaP 太陽電池では、通常用いられる InAlP 窓層が現 H-VPE 装置では結晶成長できないため、Ga リッチな InGaP 歪み窓層を導入し、導入していない場合の変換効率1.6%と比較して、9.4%に向上させた。

量子ドット太陽電池においては、MBE 装置を用いたタイプ II 型 InP/InGaP 量子ドット太陽電池の開発を進めた。InGaP 太陽電池セルに InP 量子ドットを10層挿入した試料を作製した。分光感度特性より InP 量子ドット層による光電流生成を確認し、10%以上の量子効率が得られた。デバイス構造の最適化のため、InGaP 層をさらに積層した太陽電池試料を作製することで、光電流生成に特性向上が見られた。一方で、タイプ II 型 InP 量子ドットの面内密度が従来の InAs 量子ドットと比べ小さい値であることがわかった。今後、これを改善することによって、量子ドットによる光電流生成の更なる高効率化の実現が期待される。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】多接合太陽電池、化合物半導体、スマートスタック、量子ドット

【研究 題 目】高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発／太陽電池セル、モジュールの共通基盤技術開発／薄型セルを用いた高信頼性・高効率モジュール製造技術開発

【研究代表者】高遠 秀尚 (再生可能エネルギー研究センター)

【研究担当者】高遠 秀尚、棚橋 克人、望月 敏光、立花 福久、Supawan Joonwichien、白澤 勝彦、福田 哲生、伊野 祐司、Shalamujiang Simayi (以上、再生可能エネルギー研究センター)、松井 卓矢、齊 均、布村 正太、Lozach Mickael、佐藤愛子、海汐 寛史 (以上、太陽光発電研究センター)
(常勤職員8名、他7名)

【研究 内 容】

本研究は、薄型で変換効率の高い太陽電池セルをより低コストで作製するための新規プロセス技術開発および、薄型セルを用いた長寿命・高効率モジュール (モジュール効率22%) を実現するための技術開発を行うことを目的とする。本年度は、セルの薄型化・高効率化を進めるとともに、イオン注入技術による簡易プロセス技術や、モジュールの劣化原因や劣化モードの検討を行った。

ウェハの薄型化に関しては、厚さ85 μm のウェハに対応する a-Si/c-Si ヘテロ接合 (SHJ) セルプロセスを開発し、変換効率22.2%を得るとともに、発電特性の厚さ依存性を実験的に検証した。セルの高効率化に関しては、選択エミッタ構造を有する PERC 型セルを作製し、高い Voc (663 mV) を得ることができた。さらに、裏面電極型セルの作製において、エミッタ (B 層)、FSF (P 層)、BSF (P 層) の形成すべてにイオン注入法を用いながら、パターンングが1回のみの簡易プロセスを開発し、変換効率20.5%を得た。また、新たに開発した注入マスクを用いてリンの選択注入を行い、ライン幅が狭く、注入端が急峻なリンの注入層を形成することに成功した。信頼性試験に関しては、民間企業と共同で劣化モジュールの分析や劣化モードの把握を進めるとともに、PCT 試験において観測されるセルバスバー部からの EL 暗部の発生原因について、インターコネクタと Ag バスバー電極とのはんだ付けの際に用いられるフラックスが影響していることを明らかにした。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】太陽光発電、太陽電池、結晶シリコン

【研究 題 目】洋上風況観測システム実証研究 (洋上風況マップ)

【研究代表者】嶋田 進 (再生可能エネルギー研究センター)

〔研究担当者〕 嶋田 進、小垣 哲也、川端 浩和、
往岸 達也、井川 亜紀
(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

本事業では、メソ気象モデルによる洋上風況シミュレーションを実施し、約500 m 格子で日本沿岸（離間距離30 km 以内）の洋上風況データを整備する。計算精度は、観測鉄塔、ライダー観測、ブイ観測等により包括的に検証・改善し、風車ハブ高度の実測の年平均値に対して±5%以内を目標とする。また、人工衛星観測値を利用して我が国の排他的経済水域内における外洋風況データについても整備する。これに加えて、洋上風力発電の適地選定に必要な漁業権、航路および水深、底質等の社会環境・自然環境情報を GIS データとして整備する。平成28年度は、外部の共同受託者とともに、日本全国の洋上風況データおよび社会環境・自然環境情報を整備し、それらを一元化した新たな洋上風況マップ閲覧システムを完成させた。

平成29年度は、洋上風況シミュレーション手法の高度化を実施した。陸上沿岸で得られる鉛直ライダー観測値を WRF シミュレーションにデータ同化することにより、計算精度の改善を試みた。波崎海洋研究施設における2台のライダー同時観測の結果を対象に、このライダー観測値ナッジングによる精度改善効果について検証した結果、陸上ライダー観測値を同化することで WRF の海上風シミュレーション精度が大幅改善する可能性があらることが明らかとなった。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 洋上風力、風況マップ、気象モデル、スパコン、人工衛星観測値

〔研究題目〕 ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発／CO₂分離型化学燃焼石炭利用技術開発

〔研究代表者〕 Sharma Atul（創エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 Sharma Atul、畑中 健志、鳥羽 誠、
松村 明光、堀江 裕吉、余田 幸陽
(常勤職員3名、他3名)

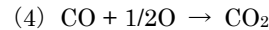
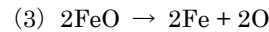
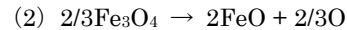
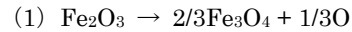
〔研究内容〕

ケミカルルーピングを利用した化学燃焼技術とは、流動層反応器を用い流動材の化学変化を介して、燃料を O₂ガス（空気）と直接接触させることなく、熱や燃料ガスに転換し、CO₂を分離する方法である。石炭を燃料とする場合、空気分離の必要がなく、CO₂を回収してもプラント効率（送電端効率）が低下しない高効率の石炭火力発電の実現が期待される。

本事業はエネルギー損失のない高効率でありながら、CO₂の分離・回収が可能な化学燃焼石炭利用技術（以下「ケミカルルーピング技術」という）について、実用化

に向けた高性能キャリアと基盤技術を開発することを目的とする。

キャリア反応速度の測定、評価方法の策定においては、下記の簡略化されたメカニズムを仮定しキャリア反応速度の測定、評価を行う。



ここで、(1) の反応は優先的に進行し、酸素を生成し、それが (4) の反応で CO と反応して CO₂が生成する。すべての Fe₂O₃が反応した後、CO と反応する O₂が減少する。結果として、CO₂生成速度の減少が観察される。その時点において、Fe₂O₃由来で生成する酸素はすべてなくなったと考える。よって CO₂が減少するまでの生成速度曲線の面積から Fe₂O₃由来の酸素量が推定される。反応前の Fe₂O₃内の酸素のうち、上記の CO₂生成に用いられた酸素量の割合を計算することで、各温度での酸素利用率が計算できる。これを酸素キャリアの還元反応速度の指標として考える。

平成29年度は、6タイプ以上の酸素キャリアを用いて 950 °C、900 °C、800 °C、700 °Cでの温度で酸化・還元繰り返し試験を実施し、反応温度、反応性ガス雰囲気、反応性ガス分圧、滞留時間の還元反応への影響を調べた。得られたデータから反応速度の動的解析し、VR 塔の設計に必要なキャリア側反応速度モデルパラメータを導出した。キャリアの組成・形態の XRD 解析を実施した。ILau3 (CTFO) の反応前後の XRD 測定し、反応による形態の変化を定量的に確認した。常高温対応の摩耗評価装置を製作し、耐摩耗性評価試験は常温と 800 °C で実施した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 ケミカルルーピング、石炭、燃焼、酸素キャリア、二酸化炭素

〔研究題目〕 ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／クリーン・コール・テクノロジー推進事業／コールバンクの拡充

〔研究代表者〕 中里 哲也（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 中里 哲也、重田 香織
(常勤職員2名、他2名)

〔研究内容〕

クリーン・コール・テクノロジー (CCT) の持続的な発展を支援すると共に、CO₂排出量低減、環境負荷低減、および我が国の石炭エネルギー技術の開発や海外事業展開等の国際競争力の強化を図るために必要となる基礎的情報として、データベースとして高い価値を有するコールバンクの継承発展を目指すことを目的としたコールバンクの拡充を目標とする。平成29年度において、石炭試料の微量元素分析については、産総研が開発し

ISO ガイドライン規格化したふっ酸フリーマイクロ波抽出・誘導結合プラズマ質量分析法（以下、AIST 法）を基に、ヒ素およびカドミウム分析について高感度化を図り、既存の AIST 法と比較して定量下限を低減化した。また、この改良した AIST 法を利用して、8種の石炭種の各炭種について15種の微量元素の分析値を取得してデータベース化した。さらに、改良 AIST 法による水銀分析について、別の分析原理の標準規格法であるポンプ燃焼-還元気化原子吸光分析法との比較検証の結果、ほぼ同等に正確な水銀分析が可能であることを明らかにした。さらにまた、入手した石炭試料の保管および配布については、昨年度と同様に石炭試料保管マニュアルを基に粉碎・縮分作業を行い気密容器に窒素雰囲気下で保管した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 クリーン・コール・テクノロジー、石炭、データベース、コールバンク、微量元素、低品位炭、分析

【研究 題 目】 超臨界地熱開発実現のための革新的掘削・仕上げ技術の創出

【研究代表者】 柳澤 教雄（再生可能エネルギー研究センター）

【研究担当者】 柳澤 教雄、増田 善雄、最首 花恵、石橋 琢也（常勤職員4名）

【研究 内 容】

最終年度となる本年度は、超臨界掘削のターゲットとなる500℃、60 MPaの地熱流体のNaCl濃度を推定するために地質学的情報を収集し、6 wt%程度と求めた。

次に、掘削工程で想定される坑内および周辺地層の温度・圧力条件をモデル化し、地球化学シミュレータによりpH変化を求めた。シミュレータの制約上、流体密度が0.35 g/cm³以下の領域での計算は不可能であったが、60 MPaで300～500℃の範囲では温度が低いほどpHが低くなること、および350℃付近で腐食速度が最大となることを示した。

さらに、超臨界温度領域における材料試験例の事例調査や、世界各地の高温地熱の事例収集を行い、超臨界地熱掘削において特にリスクの高い箇所について次のようにまとめた。

- 1) 生産時の坑口付近(坑内)：高温流体の気液分離や凝縮水による腐食リスク
- 2) 坑底部（坑内および坑外）：超臨界酸性流体そのものおよび減圧掘削、水圧破碎、生産による温度・圧力急変に伴う腐食リスク
- 3) 生産方式として同軸熱交換の場合（坑外）：温度変化に伴う腐食リスク

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 超臨界地熱、掘削、材料腐食、化学計算

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

【研究代表者】 村田 正行（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】 村田 正行、青山 佳代
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

熱電材料の形状を高精度にナノ構造化制御することによって、電子の波動関数を均質に閉じ込め（量子閉じ込め効果）、それに伴った状態密度の1次元化に伴う熱電変換材料の高効率化を目指した研究を行っている。本研究では、Bi ナノワイヤー熱電変換素子の開発と熱電物性評価を行った。低温領域で極めて大きい内部抵抗を持つナノワイヤー材料のゼーベック係数と電気抵抗率を測定する際、通常のデジタルマルチメータでは入力抵抗が10 GΩであることと、入力バイアス電流がpA以上ある為に、大きな測定誤差を生じることが分かった。そこで、入力抵抗が200 TΩと大きく、入力バイアス電流がfAレベルのエレクトロメータを導入することで、内部抵抗が極めて大きいナノワイヤー試料でも、電気抵抗率とゼーベック係数を室温から低温領域まで測定する事に成功した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 熱電変換、ナノ構造制御、量子閉じ込め効果、高効率化

【研究 題 目】 次世代人工知能・ロボット中核技術開発／（革新的ロボット要素技術分野）自律型ヒューマノイドロボット／広角・多波長レーザーダーによる超高感度コグニティブ視覚システム

【研究代表者】 森 雅彦（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 森 雅彦、佐藤 雄隆、上塚 尚登、黒須 隆行、土田 英実、姚 兵、石田 豊典（常勤職員4名、他3名）

【研究 内 容】

人間らしい“目”、②人間より感度の良い“目”、③人間には見えないものをみる“目”を実現する。この“目”すなわち視覚システムを災害現場の人代替への適用として考えられている災害ロボットや極寒冷地、深海、火山近傍などの調査・情報収集を行う調査・情報収集ロボットの視覚システムに適用することを目的としている。新規に開発した重みづけスキューンが可能なスキャナーと新たな原理に基づいたデジタルコヒーレントライダーを実現し、これを用いて外界3次元イメージを高速に取得する。取得した3次元イメージより人・物体・物質などを抽出し、認知・認識できる人工知能ソフトウェアを視覚システムへ実装する。さらに、レーザーダーによるハザート環境における有害ガス検出システムも構築する。以上の開発した視覚システムをロボットに組み込み火災

を模擬した実証実験を実施する。今年度は、開発したスキャナーと安価な通信用レーザと受光素子およびデジタル信号処理（DSP）を実装したライダーモジュールの試作を行い、視程2.7 m の環境で10 m 先を確認できる高感度ライダーを実現する。また、毒ガスの光指紋である、2、3本の特徴的な吸収線を検知するために、吸収線近傍の波長を掃引する光源と対象物からの反射光を高感度に受信する受光回路を設計し、プロトタイプを構成して動作確認を行う。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 ライダー、ロボット

〔研究題目〕 次世代人工知能・ロボット中核技術開発／（革新的ロボット要素技術分野）自律型ヒューマノイドロボット／非整備環境対応型高信頼ヒューマノイドロボットシステムの開発

〔研究代表者〕 金広 文男（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 金広 文男、佐藤 雄隆、片岡 裕雄、森澤 光晴、金子 健二、吉田 英一、加藤 晋、小島 一浩、Cisneros Rafael、郷津 優介（知能システム研究部門）、森 彰、山形 頼之（情報技術研究部門）
（常勤職員10名、他2名）

〔研究内容〕

自律型ヒューマノイドロボットの有望な出口アプリケーションである大型構造物組立作業での応用を実現するために必要な基盤要素技術の技術開発を行い、1つのヒューマノイドロボットシステム上に統合してその有用性を検証すると共に、模擬環境において実証実験を行い、実現可能性を示すことが目的である。

平成29年度は（a）環境計測データからの作業対象物検出・追跡技術については、ヒューマノイドの作業環境に適した学習データの収集に注力し、約1万枚の画像からなる学習用データベース HRP-ObjectDB を構築し、これを用いて学習を行うことで、画像に含まれる10種の物体について、最大94.2 %の精度での物体検出を実現した。（b）環境計測データに基づいたロボスタ多点接触運動技術については、高速3次元重心運動生成技術および関節の積分ゲインを考慮した二次計画法を用いたロボスタな全身運動制御のフレームワークを開発し、身体4箇所が環境と接触した状態における高速な運動生成、関節の摩擦などのモデル化誤差に対するロボスタな制御を実現した。（c）ロボットシステム高信頼化技術について、Java 言語向けに、木差分計算に基づく自動パッチ生成機能を実装するとともに、C++言語向けに、行ごとの文字列比較に基づくツールを開発した。また不具合の同定と修正に効果的であると考えられる record-replay デバッグの手法に関する調査と試験実装を

試みた。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 ヒューマノイド、物体検出、多点接触運動、自動テスト

〔研究題目〕 次世代ロボット中核技術開発／（革新的ロボット要素技術分野）ブレイン・マシン・インターフェース／脳波によるヒト型ロボット高速制御技術の実現可能性に関する検討

〔研究代表者〕 長谷川 良平（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 長谷川 良平、松本 有央、稗田 一郎
（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

本研究開発の目的は、脳波によるロボットアバター制御システムの実用化に必須なコア技術「脳波解読の高速化」の可能性を調査することである。

本年度は、先導研究内容として設定した以下の3テーマについて実施した。

- ・テーマ①：脳波解読の高速化を目指した仮想意思決定関数による打ち切り手法の実装
- ・テーマ②：重度障がい者によるロボット制御の有用性を調べる調査研究
- ・テーマ③：人工知能とリアル脳を融合したハイブリッド型 BMI 技術に関する調査研究

このうち、特に項目③を紹介する。人工知能の文脈把握による脳波解読の効率化を目標とし、数値目標として、64種類のうちからメッセージを選ぶために、従来方式では8択を2回繰り返すことによって行っていたところを、音声識別によるセリフの認識によって文脈を特定し、1階層目をスキップすることで8択1回のみの選択で選べるように改変した（ペッパー搭載の音声認識システムをベースにした試作により実現）。

この成果については、国内の臨床系学会で発表を行う予定であるとともに、以下の総説論文として発表した（長谷川、研究開発リーダー 2018）。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 意思伝達、実証実験、脳波、福祉機器

〔研究題目〕 エネルギー・環境新技術先導プログラム／データセンタ向け低消費電力・超多ポート高速光スイッチシステムの研究開発

〔研究代表者〕 鯨塚 治彦（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 鯨塚 治彦、松浦 裕之、高野 了成、石井 紀代、岡崎 史裕
（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

2030年にデータセンタ内を流れる情報量は現在の約100倍に達すると予想され、各構成機器の電力を劇的に減少させなければ、今後の IoT 社会の中核をなすデー

タセンタの構築が電力消費の観点から困難になると懸念される。本研究では、データセンタネットワークの低消費電力化に向けた、光スイッチと電気スイッチのハイブリッド構成によるネットワークアーキテクチャ及びスイッチシステムの基本方式検討、シミュレーション、原理確認実験等のフィジビリティスタディを実施した。産総研は、コントロールアルゴリズムの研究と高速波長切替技術の研究を担当した。コントロールシステムに関して、光スイッチと電気スイッチの分岐点にてトラフィックを光と電気に振り分けるコントロール方式の検討を行った。サービス駆動およびデータ駆動方式を比較検討し、各方式が適したシーンと、その使い分け方式について検討を行った。これらの方式を、現在のデータセンタシステムと親和性良く具現化するためのデータセンタネットワーク運用管理システムについて検討し、その概要を明らかにした。高速波長切替技術の研究においては、昨年度の検討に基づき、Si-フォトリソグラフィ波長可変レーザの基本設計を完了した。熱伝導率の高い Si を基板として採用し、熱分布目標への到達時間が短くなる光回路・部品の配置を選定した。波長可変部等の主要な要素部の詳細設計・試作を行い、フォトマスク設計を完了するとともにシミュレーションにより、動作を確認した。要素部分の部分試作を行い、設計通りに作製可能なことを確認した。以上の検討に基づき、後継の国家プロジェクトにおける研究計画を策定した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造、情報・人間工学

【キーワード】データセンタ、光通信ネットワーク、光スイッチ

【研究題目】エネルギー・環境新技術先導プログラム／革新的分離技術の導入による省エネ型基幹化学品製造プロセスの研究開発

【研究代表者】遠藤 明（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】遠藤 明、根岸 秀之、吉宗 美紀、原 伸生、山木 雄大、岡本 裕子（常勤職員5名、他1名）

【研究内容】

本先導研究では、膜分離、又は膜と他の分離技術や反応技術のハイブリッド化の適用が期待でき、かつ省エネ効果も大きい多様な分離対象について、C2・C3炭化水素等の分離技術の基盤となる材料開発を実施した。また、それらの分離材料を用いた場合の新規分離プロセス検討を行い、プロセス構成に応じた省エネルギー効果について定量的に評価した。

炭素膜の開発では、プロピレン／水素分離系を検討対象とし、炭素膜の製造条件を最適化した結果、10,000以上の水素選択性を維持したまま、水素透過率の向上に成功した。この炭素膜を用いてプロピレン／水素混合

ガス分離条件下で、水素透過速度 $3.5 \times 10^{-8} \text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$ 、水素選択性20,000以上の目標分離性能を達成した。

金属有機構造体（MOF）膜の開発では、微細化した各種 MOF 粒子とポリスルホン複合膜の作製方法の検討を行い、MOF 粒子を最大20 wt%まで導入した平膜状の複合膜を作製した。膜透過解析においては、最大8.5の酸素／窒素透過率比を得た。MOF 粒子の導入により、ベースとなるポリスルホン膜を越える膜透過特性が得られることを明らかにした。

分離プロセス検討では、エチレン／エタンの分離系を検討対象とし、原料中のエチレン濃度に応じた膜分離と蒸留のハイブリッドプロセスの構成を明らかにした。さらに、ハイブリッドプロセス内で熱統合することで、エネルギー消費量を削減できることも明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】炭素膜、MOF 膜、ハイブリッドプロセス

【研究題目】エネルギー・環境新技術先導プログラム／超精密原子配列制御型排ガス触媒の研究開発

【研究代表者】遠藤 明（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】遠藤 明、上村 佳大、谷 遼太郎（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本先導研究では、内燃機関自動車の燃費を向上させ、排出 CO₂の削減を可能とする燃焼条件（リーンバーンエンジン等）において、窒素酸化物（NO_x）を低減するための新規排ガス浄化用触媒を開発することを目的とした。産総研では、次世代 NO_x 浄化用触媒として期待される8員環ゼオライトについて、従来合成法と比べて有機構造規定剤（OSDA）を使用しない、新しい合成法の開発を担当した。また、本先導研究で合成されるゼオライト触媒について、高分解能ガス吸着等温線の測定により細孔構造評価を実施し、得られたゼオライト触媒の構造規則性を精密に評価した。

平成29年度は、候補ゼオライトである AFX 型の OSDA フリー合成を種結晶添加法により実施した。OSDA フリー合成に必要な SSZ-16（AFX 型）を既往の文献に基づいて合成し、その後高温焼成によって OSDA を除去したものを SSZ-16種結晶（焼成品）として利用した。本研究では、OSDA を含まないアルミノシリケート反応混合物を調製し、そこへ SSZ-16種結晶（焼成品）を添加した。その後、高温高圧下で水熱処理を行うことで OSDA フリー条件下での AFX 型の結晶化を試みた。種結晶添加法において、合成条件（反応混合物組成、水熱処理温度と時間、攪拌の影響等）を検討した結果、OSDA を用いずに不純物（GME 型、ANA 型、MOR 型等）の少ない AFX 型を合成することが可能となった。

ガス吸着による細孔構造評価については、粉碎および再結晶化による細孔特性や表面親水性・疎水性を、極低相対圧からの窒素、アルゴンおよび水蒸気の吸着等温線を測定することにより評価した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕ゼオライト、触媒、OSDAフリー合成、吸着

〔研究題目〕次世代プリントエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発／フレキシブル複合機能デバイス技術の開発／極薄シリコン回路と配線・電極形成テキスタイルによるセンシングウェアの開発

〔研究代表者〕小林 健（集積マイクロシステム研究センター）

〔研究担当者〕小林 健、吉田 学（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）、竹井 裕介、竹下 俊弘、内田 広夫（名古屋大学）、檜 顕成（名古屋大学）、牧本 なつみ、大内 篤（常勤職員4名、他4名）

〔研究内容〕

NEDO 事業「次世代プリントエレクトロニクス材料・プロセス開発」において、極薄シリコン回路チップをフレキシブル回路基板に集積化したフレキシブル無線モジュールと、多誘導心電測定ウェアの研究開発を行う。フレキシブル無線モジュールの開発に関しては、まず既製品のベアダイのオペアンプを厚さ20 μm まで研磨加工し、歪緩衝構造を有したフレキシブル基板上への実装を行った。また歪緩衝構造を工夫することで、曲げ・引っ張りがオペアンプの動作に与える影響を低減することに成功した。今後は開発した実装技術を応用し、フレキシブル無線モジュールの開発を目指す。多誘導心電測定ウェアの開発に関して、銀メッキ繊維を静電植毛することで、衣類上に胸部18誘導分の配線及び電極の形成を行った。また UWB を用いた無線モジュールと作製した多誘導心電測定ウェアを用いて18誘導分の心電波形の同時取得に成功した。この心電波形は既製品の心電波形とよく一致しており、医療的意義のある心電波形の取得に成功したといえる。また静電植毛技術で作製した電極を用いた心電測定において、接触圧力とモーションアーティファクトの関係を明らかにした。実験結果より接触圧力が2000 Pa の時、モーションアーティファクトが低減されることが確認でき、今後この成果を多誘導心電測定ウェアのデザインにフィードバックする。本研究で得られた成果で、国際学会1件、国内学会2件の発表を行った。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕FHE、MEMS、フレキシブルデバイス、ヘルスケアモニタリング、ウェアラブル

デバイス

〔研究題目〕高温超電導実用化促進技術開発／高磁場マグネットシステム開発／高温超電導高磁場コイル用線材の実用化技術開発

〔研究代表者〕吉田 良行（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕吉田 良行、古瀬 充穂、和泉 輝郎、馬渡 康徳、町 敬人、衣斐 顕、中岡 晃一、栗木 礼二、東 陽一、渡邊 利夫、大沼 未央、薄井 友紀江、和田 圭介、青木 大志（常勤職員4名、他10名）

〔研究内容〕

イットリウム系（以下、Y系と称す）高温超電導線材は、従来医療用MRI装置等で用いられてきた金属系超電導線材に較べ、小型軽量かつ充分高い温度で動作する超電導コイル実現の可能性が有り、ヘリウム資源枯渇に対応した省エネルギー・省スペースの超電導機器を実現出来ると期待されている。本事業では、これらの課題を解決するため、外部磁場により線材内部に励起される遮蔽電流を抑制可能な「高磁場下高特性安定線材技術」を開発のため、低損失構造線材を開発することを目的とする。

本年度は、細線化に伴う臨界電流の低下、均一性の低下などの性能劣化などの課題の解決に取り組んだ。また、電磁応答のシミュレーションにより最適な撚り線形状の検討を行うとともに、既存の CORC 線材の評価を行った。

シミュレーションに関して、超電導テープ線材の磁場中の電磁応答について解析を行い、細線化と撚線化との組み合わせにより、マグネット励消磁時の損失低減が可能であることを明らかにした。具体的には、MRI マグネットで想定される磁場掃引速度において、細線化による損失低減が有効に働くためには、撚線ピッチ長を数メートル以下にすれば良いことを明らかにした。スクライプ加工線材開発に関しては、Plane-plume PLD 法を導入し、人工ピン有線材における臨界電流特性の均一性向上を目指した。同法は、単体では位置による不均一要素を含むブルームをマルチ化することで面として均一化が可能になる手法である。成膜条件の適正化の結果として、人工ピン有線材においてもフィラメント臨界電流のパラツキ値として大きな改善を実現した。また、スクライピング加工の高速化を目的としたマルチビーム化の一環として、デュアルビーム化を行い、2本の加工において加工深さや幅の均一性を確認し、高速化への原理を検証した。撚り線構造については、薄膜線材を集合化して丸い形状にした CORC 導体を主な対象として交流損失の実験的評価を行い、低磁界領域では通電損失が支配的で、高磁界領域では磁化損失が支配的であることを明らかにした。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造
 〔キーワード〕 高温超電導、高磁場コイル用線材

〔研究題目〕 高温超電導実用化促進技術開発／高磁場
 マグネットシステム開発／高温超電導高
 安定磁場マグネットシステム技術開発

〔研究代表者〕 古瀬 充穂（省エネルギー研究部門）
 〔研究担当者〕 古瀬 充穂、吉田 良行、高島 浩、
 馬渡 康徳、石田 茂之、和泉 輝郎、
 清水 雄平、町 敬人、衣斐 顕、
 和田 圭介、薄井 友紀江、栗木 礼二、
 青木 大志、淵野 修一郎、松澤 充子、
 岡野 眞、野田 和希、土屋 佳則
 （常勤職員6名、他12名）

〔研究内容〕

将来のヘリウム資源問題、機器の小型・省エネ化また高磁場化に対応できる医療用 MRI 超電導マグネットを広く普及させるため、高温超電導高安定磁場マグネットシステムの実用化のための要素技術として、高温超電導による実用的永久電流マグネットの実現に向けた超電導接続技術開発（高温超電導線材同士の接続抵抗として1カ所あたり $10^{-12}\Omega$ 以下の実現）、および、永久電流モード高温超電導コイルの保護・焼損対策手法の開発を実施している。特に超電導接続技術においては、接続部を低温低磁場環境におき、様々な超電導材料を接続に利用できることを前提に、多種多様な接続プロセスの開発を行っている。

平成29年度は、課題となっていた低温低磁場アシストステージへの熱侵入量の低減方策として、接続線の安定化銅を除去することにより接続可能数を大幅に増加させる方法の検討を行った。接続技術としては、昨年度に引き続き、ペースト接合および異種超電導薄膜接合を中心とした技術開発を行った。ペースト接合としては、金・銀ナノペーストによる圧着接合について、成膜プロセスの差異による接合部界面状態の影響を調査し、熔融成長で界面抵抗が高くなることを確認した。更に超電導材料の影響を調べた結果、これまで一般的に用いていた GdBCO や EuBCO 超電導材料に比べて YBCO の表面抵抗が低いことが分かった。表面酸素の離脱性の差によるものと推察された。また金属系超電導体である Nb 粒子を含んだ接着ペーストの開発に成功した。対象物に印刷、加温硬化させるだけで超電導接続が可能となる技術の確立にむけて大きく前進した。異種超電導薄膜接合として、YBCO 薄膜と格子定数の近い SrTiO₃単結晶基板上に、室温で Nb 薄膜を成膜する技術を開発した。高温超電導材料の特性を劣化させる高温プロセスを用いないため、接続プロセスとして有望な方法の一つである。永久電流モード超電導コイルの保護方法として、異常が発生したコイルの電流を速やかに他の健全なコイルに移し、焼損を防ぐ技術として、抵抗ショート法の開発を行

った。他に、コイル間接続のための鉄系高温超電導線材の高特性化技術、接続抵抗の高精度評価技術の開発を行った。

〔領域名〕 エネルギー・環境
 〔キーワード〕 高温超電導、医療用 MRI、永久電流マグネット

〔研究題目〕 水素利用等先導研究開発事業／トータル
 システム導入シナリオ調査研究

〔研究代表者〕 高木 英行（創エネルギー研究部門）
 〔研究担当者〕 高木 英行、斉田 愛子、野津 育朗
 （創エネルギー研究部門）、
 工藤 祐揮、玄地 裕、小澤 暁人、
 村田 晃伸、村松 良二、匂坂 正幸
 （安全科学研究部門）
 （常勤職員6名、他3名）

〔研究内容〕

本調査研究では、水素利用等先導研究開発事業で開発する技術の速やかな実用化・普及と技術課題の明確化、将来の技術課題・シーズの発掘を目指し、製造から利用までのトータルシステムについて、研究開発から普及までを含む多様なシナリオを提示することを目的として、下記①～③の調査研究を実施する。①水素本格的導入に向けたシステム分析、②学理に根差した技術評価・予測および新技術普及に向けた分析、③技術開発シナリオの作成

本調査研究は、国立大学法人東京工業大学（以下、「東工大」）、国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下「産総研」）、一般財団法人エネルギー総合工学研究所（以下「エネ総工研」）が連携して実施するものであり、産総研は、「①水素本格的導入に向けたシステム分析」および「③技術開発シナリオの作成」を実施した。

「①水素本格的導入に向けたシステム分析 (1) 経済性・環境性・技術マクロ分析 b) ライフサイクル分析」において、最新のプロセスデータを用いてライフサイクル分析の精緻化を図るとともに、水素利用技術として発電を想定し、海外からの再エネ由来水素・褐炭由来水素を輸入して水素発電を行なった場合のライフサイクル GHG 排出量を、石炭火力・LNG 火力と比較した。「①水素本格的導入に向けたシステム分析 (1) 経済性・環境性・技術マクロ分析 c) 経済波及効果・国富流出分析」について、最新の産業連関表に水素関連部門を追加するとともに、将来の産業構造変化を反映可能な拡張産業連関モデルを構築し、水素発電・電気自動車・燃料電池車を軸として、水素バリューチェーンにおける経済波及効果の検討を行った。「①水素本格的導入に向けたシステム分析 (1) 経済性・環境性・技術マクロ分析 d) 我が国の長期需給影響分析」では、技術開発によるコスト改善速度が水素導入量に及ぼす影響の評価を目的として、水素関連技術の学習効果に関するこれまでに実施し

た水素等の受入・転換技術に続き、水素利用技術を対象とする感度分析を実施した。3種類の低炭素水素キャリア（液体水素、MCH、アンモニア）をそれぞれ単独で輸入することを想定し、水素関連技術の学習効果を組み込んだ MARKAL モデルを用いた分析を行った。

「①水素本格的導入に向けたシステム分析（2）ケーススタディーの実施」では、エネ総工研と連携しながら、環境条件および技術の俯瞰的整理を実施した。また、これらの整理を踏まえ、ケーススタディーとして、再生可能エネルギー起源の CO₂フリー水素の国内での利用・消費に関し、化石燃料との競合性も踏まえながら、最適化分析を行った。

「③技術開発シナリオの作成」では、東工大、産総研およびエネ総工研と連携し、①②で得られた成果をもとに、水素エネルギー技術の社会的位置づけを示すとともに、水素エネルギー技術の有するポテンシャルを最大限発揮するための技術開発シナリオを作成した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 水素、エネルギーキャリア、サプライチェーン、技術開発、シナリオ

【研究題目】 超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト／先端ナノ計測評価技術開発／ナノ物質計測技術開発・ナノ欠陥検査用計測標準開発

【研究代表者】 加藤 晴久（物質計測標準研究部門）

【研究担当者】 加藤 晴久、中村 文子、大内 尚子、松浦 有祐（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

本事業では、ナノ材料製造領域における目的外異物粒子計測評価法を新規に開発している。具体的には、当該課題対象計測法として、産総研が独自に開発した Flow Particle Tracking (FPT) 原理に基づく新規計測法を開発している。H29年度は FPT 法による粒径分布計測精度を評価するために、流速、流速分布が粒径計測値に与える影響を議論し、課題点の整理を行った。また、FPT 法による粒径分布計測の高精度化を実施するために、ブラウン運動に由来する粒径分布のブロードニング効果を補正する方法を開発した。さらに、粒子からの散乱光強度の評価を異なる材質を用いて実施し、材質識別を実施するための基礎データ蓄積を行った。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 粒子径、粒子径分布、オンライン計測、個数濃度計測、材質識別、選択計測

【研究題目】 太陽光発電システム効率向上・維持管理技術開発プロジェクト／太陽光発電システムの安全確保のための実証／太陽光発電設備の安全化に関する実証試験および研究

【研究代表者】 大関 崇（太陽光発電研究センター）

【研究担当者】 大関 崇、加藤 和彦、高島 工、宇野 史睦、池田 一昭、山田 隆夫、菊池 勉（太陽光発電研究センター）（常勤職員3名、他4名）

【研究内容】

太陽光発電設備の構造安全・電気安全等の課題に関する調査・研究・実証試験を実施して工学的なデータや知見を取得し、太陽光発電設備の安全を確保する評価・設計手法の確立に貢献することを目的としている。

平成29年度は、太陽光発電設備の安全に関する実態調査とリスク分析に関して、地上設置の発電所（静岡・山梨）、雪害に遭遇した発電所（鳥取）、雷害に遭遇したメガソーラー発電所の2か所（熊本・茨城）、全国の高専にある発電設備について東海北陸地区の鈴鹿高専、関西地区の舞鶴高専、九州地区の鹿児島高専で現地調査を行い、不具合事例の収集および、平成28年度に構築した太陽光発電設備（以下、PV）の点検項目および手順を実践した。また、平成28年度に開設した「太陽光発電設備の安全に関するヒヤリハット・インシデント事例情報収集システムウェブサイト」の運用を継続し、サイト閲覧数約1500件に対して、施工業者を中心に36件の事例収集を行った。

太陽電池モジュール内バイパス回路の長期耐久性の検証に関して、屋外運用においてバイパス回路の開放故障が発生していた太陽電池モジュールについて、屋内試験と屋外暴露試験を実施した。いずれのモジュールにおいても、屋内試験では比較的短時間で、屋外試験でも約60日で開放故障が発生したことで、試験の妥当性や加速性を検証するための知見が得られた。

太陽光発電設備の電気安全性（火災危険・感電危険）に関して、市販の地絡検知装置を評価するために、屋内に太陽電池模擬電源を利用した模擬地絡試験装置の構築を行い、一部装置について予備的に試験を行った。同様に屋外太陽電池アレイを利用した模擬地絡試験装置の構築を行った。また、ブラインドのない地絡検知装置の検討を行い、プロトタイプを作製し、屋外の稼働中の PV での動作確認を行った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 太陽光発電、太陽電池、モジュール、安全、火災、感電

【研究題目】 IoT 技術開発加速のためのオープンイノベーション推進事業／IoT 技術開発加速のための設計・製造基盤開発

【研究代表者】 金 正剛

（エレクトロニクス・製造領域長）

【研究担当者】 金丸 正剛、青柳 昌宏、森田 行則、福田 浩一、遠藤 和彦、菊池 克弥、山田 浩治、多田 哲也、池原 毅、

竹下 直、安田 哲二、服部 淳一、
浅井 栄大、前田 辰郎、入沢 寿史、
渡辺 直也、馮 ウェイ、池上 努、
岡野 誠、Cong Guangwei、
前神 有里子、大野 守史、

Chang Wen Hsin

(常勤職員21名、他2名)

【研究内容】

低消費電力化につながる IoT (Internet of Things) デバイスの開発を対象として、その試作等を行うための高度なオープンイノベーション研究開発拠点を産総研のスーパークリーンルーム (SCR) およびナノプロセッシング施設 (NPF) に整備することにより、民間企業、大学、公的研究機関等による IoT 技術開発を加速させることが目的である。SCR では三次元実装 (中間工程) 関連装置群およびシリコンフォトニクス関連装置、老朽化した計測装置群の整備を行い、NPF では電子線描画装置、薄膜堆積装置、エッチング装置等を導入した。また、本拠点と連携して実用化研究を行う事業者の拠点活用を円滑に進めるために不可欠なデバイス設計基盤の構築、新規導入装置の立ち上げ、プロセス基盤確立等のデバイス開発支援を行った。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 IoT、Internet of Things、拠点形成、オープンイノベーション、TIA、SCR、NPF

【研究題目】 IoT 推進のための横断的基盤技術開発プロジェクト／省電力 AI エンジンと異種 AI エンジン統合クラウドによる人工知能プラットフォーム

【研究代表者】 工藤 知宏

(東京大学情報基盤センター)

【研究担当者】 工藤 知宏 (東京大学情報基盤センタ

ー)、高野 了成、池上 努、
須崎 有康、田中 哲、広瀬 崇宏、
Jason HAGA (情報技術研究部門 常勤職員6名)、大内 真一、更田 裕司 (ナノエレクトロニクス研究部門 常勤職員2名)、村川 正宏、野里 博和 (人工知能研究センター 常勤職員2名)、
並木 周、石井 紀代、天野 建 (電子光技術研究部門 常勤職員3名)

【研究内容】

人工知能による高度なデータ処理の実現と、これに必要な消費電力の低減が IoT における差し迫った課題である。本プロジェクトでは、エッジ側とクラウド側双方で電力性能比10倍を実現する人工知能処理の共通基盤技術を開発する。エッジ側では、推論処理の省電力・省スペース化と実時間対応を目標に、人工知能アルゴリズ

ムをハードウェアで実装した省電力 GPU 推論学習エンジンと、設計・実装プラットフォームを開発する。クラウド側では、最適な AI エンジンを組み合わせることでより学習処理を効率化する異種エンジン統合アーキテクチャ及びシステムソフトウェアを開発する。

産総研分担の活動内容は、異種エンジン統合クラウドにおけるシステムソフトウェア FlowOS の開発である。

3年計画の2年目となる平成29年度は、(1) FlowOS-API の試作を行い、AI エンジンや処理内容に応じて Python、C/C++、CUDA、OpenCL で記述された処理の流れを有向非循環グラフとして定義し、実行する仕組みを実装した。さらに FlowOS-API を用いてニューラルネットワークモデル LeNet5の推論部を実装し、機能性の検証を行った。(2) FlowOS-RM に関して、昨年度開発した試作システムを拡張し Bare Metal Container (BMC)による OS デプロイ機能との連携を実現した。

(3) アプリケーションや入力データに応じて、アプリケーションからカーネルまでを一貫して最適化するフル最適化を提案し、HPC アプリケーションでの効果を確認した。(4) 深層学習の訓練におけるデータフォーマットのビット数縮小を検討し、学習精度を保ったまま9ビットまで縮小できる方式を提案した。これらの活動を通して、国際会議発表1件、国内研究会発表3件、国際展示会出展1件、特許出願1件を行った。

【領 域 名】 情報・人間工学、エレクトロニクス・製造

【キーワード】 計算機システム、オペレーティングシステム、人工知能、ネットワーク

【研究題目】 IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト／超低消費電力データ収集システムの研究開発

【研究代表者】 松川 貴 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 松川 貴、森 貴洋、森田 行則、
福田 浩一、右田 真司、更田 裕司、
服部 淳一、浅井 栄大、昌原 明植
(常勤職員9名、他1名)

【研究内容】

本研究テーマは、IoT センサーノード向けの超低消費電力な集積回路の実現を目指したものである。このために、現状の MOSFET を凌駕する on/off 急峻性をもつシリコントンネル FET (TFET) の研究開発を進めている。平成29年度においては下記項目につき研究開発を推進した。

i) オフ電流目標 (0.1 pA/μm) を実測ベースで達成することを旨とし、TFET の試作評価を進めた。ドレイン接合をゲート電極から一定距離離すドレインオフセット構造により、オフ電流を有効に低減できることが、シミュレーションベースの検討で明らかになっている。

この知見を元に試作を行い、実測ベースで、オン電流を犠牲にすること無くオフ電流を低減でき、目標となる0.1 pA/μm 以下が達成されることを確認した。

ii) TFET の短チャネル効果に関する研究を推進した。シミュレーションベースでゲート長を縮小した場合の影響を検討した。通常構造 TFET ではゲート長30 nm 以下でリーク電流が増加するが、ドレインオフセット導入でリーク電流増加がほぼ抑制できる見通しを示した。

iii) TFET の大規模集積回路化を進めるにあたり解決すべき問題として、TFET 固有の特性ばらつきについて研究を進めた。ソース接合端の不純物に関して、離散的な不純物の位置ばらつきを再現するシミュレーションを行い、離散的な不純物位置に応じた特性変動が発生すること、平均的な不純物濃度を向上させることでばらつきが抑制できる見通しを得た。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 IoT、トンネル FET、センサーノード、CMOS、省電力

【研究 題目】 IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト／組合せ最適化処理に向けた革新的アニーリングマシンの研究開発

【研究代表者】 川畑 史郎（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 川畑 史郎、小池 帆平、菊地 克弥、遠藤 和彦、山森 弘毅、浮辺 雅宏、神代 暁、前澤 正明、猪股 邦宏、今福 健太郎、牧瀬 圭正、片下 敏宏、日置 雅和、山田 隆宏、渡辺 直也、フェン ウェイ、渡邊 千春、藤井 剛、日高 睦夫、永沢 秀一、中川 格、バシリオス カラニコラス
（常勤職員18名、他4名）

【研究 内容】

大規模な超伝導量子アニーリングマシンの実現を目指して、以下の研究テーマに関して研究開発を行った。産総研が提案した拡張性を有する量子アニーリングマシンを実現するための量子ビットとカプラーからなる量子ビットチップと読み出し回路と制御回路からなる能動インターポーザのデバイス構造と作製プロセスを決定した。また、因数分解回路と要素回路評価を行うための評価回路のデバイス構造と作製プロセスも構築した。ASAC (Application Specific Annealing Circuit) 方式を用いた3ビット因数分解回路の設計およびインダクタンスなどの回路パラメータ抽出、動作マージンの評価を行うための要素回路の設計を行った。これらの要素回路を統合して因数分解回路全体の設計を行い、要素回路とともに試作用フォトマスクを作製し、試作に着手した。量子ビットチップと能動インターポーザとのフリップチップ接

続を行うためのテスト回路設計、作製プロセス構築を行い、この仕様を満たすチップが作製できることを確認した。また、因数分解回路のデータを取り込んだ熱解析を行い、フリップチップ接続された量子ビットチップが十分な温度に冷却されることを確認した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造、情報・人間工学

【キーワード】 量子アニーリング、組合せ最適化問題、超伝導エレクトロニクス、人工知能、量子コンピュータ、超伝導集積回路、IoT

【研究 題目】 IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト／超高速・低消費電力ビッグデータ処理を実現・利活用する脳型推論集積システムの研究開発

【研究代表者】 秋永 広幸（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 秋永 広幸、内藤 泰久、島 久、高橋 慎（常勤職員3名、他1名）

【研究 内容】

目的：

情報処理に要する消費エネルギーを非連続的に低減し、機能的にも従来型計算機の不得意な処理を補完する革新的情報処理である「脳型推論集積システム」の研究開発を行う。日本の強みとされているエッジ処理に「脳型推論集積システム」を適用することで、リアルタイムで画像映像解析等に係わる大規模データ処理を可能とする。具体的には、極低消費電力の脳型推論システムを構成する新アナログ型抵抗変化素子の、大規模集積化プロセス開発、エッジ側処理における機械学習器・アクセラレータの電力を大幅低減する技術開発と、ビッグデータ応用開拓のためのニューラルネット演算モデルを開発する。年度進捗状況：

項目1：効率的・適応的機械学習回路「試行錯誤エンジン」の研究開発に関しては、1 V以下の動作電圧の実証に成功した。

項目2：アナログ型抵抗変化素子の大量集積化プロセスの研究開発に関しては、低消費電力で、かつアナログ動作制御性の高い素子構造の最適化に関する指針を得ることができた。

項目3：ハードウェア指向深層学習とシステムアーキテクチャの構築に関しては、重み符号固定学習方法の定量的評価を行った。

項目4：脳型推論集積システムの機能実証と実用化に関しては、低電力ニューラルネットワークシステム演算回路が実装された原理検証用テストチップの評価を行った。

項目5：脳型推論集積システム社会実装に向けた成果最大化に関しては、FPGA Shield for Arduino のパブリックベータテスト、試作環境等を活用した第2回の人材育成スクール開催、国際標準化提案を行った。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造
 〔キーワード〕 脳型推論、深層学習、電子デバイス

〔研究題目〕 超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト

〔研究代表者〕 山田 保誠（構造材料研究部門）
 〔研究担当者〕 田澤 真人、山田 保誠、岡田 昌久、
 垣内田 洋、胡 致維、堀田 裕司、
 今井 祐介、富永 雄一、伊豆 典哉、
 劉 崢（常勤職員10名、他3名）

〔研究内容〕

超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクトのうち、「⑥様々な界面制御技術による自在なヘテロ接合素材の開発」を分担し、平成30年度末までにポリマーへの均一ナノ粒子を分散するプロセス技術を確立することを目標としている。具体的には、均一ナノ粒子の合成プロセスを確立し、さらに、表面改質することで分散液中に凝集することなく均一に分散させるプロセスを確立する。また、湿式ジェットミル法を用いた新たな粒子解砕・混練システムを構築し、並行してポリマー中への粒子分散過程に係るモデル実験を実施する。

平成29年度は、マイクロ波水熱合成装置および連続水熱合成装置を用いて作製することで VO₂ ナノ粒子が従来の水熱合成法で作製した粒子と比べ大幅に小径化・短時間合成できることを示した。また、湿式ジェットミル法に関しては、アルミナの原料粉をモデル材料として、前処理を施すことでアルミナナノ粒子の凝集体を易解砕することができ、もともと易解砕できるものでは、原料の1/5程度の力で凝集体が解砕できることを見出した。また、凝集体がせん断を加えた時にポリマー中に分散される様子を顕微鏡下でリアルタイムに直接観察し、凝集状態やせん断条件と分散の進行の関係についてデータの蓄積を進めた。このようなデータをファイラー分散予測シミュレータの予測精度向上につなげている。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 ナノ粒子、均一分散、解砕、混練、水熱合成、湿式ジェットミル、ナノ粒子分散材料

〔研究題目〕 高輝度・高効率次世代レーザー技術開発

〔研究代表者〕 黒田 隆之助（分析計測標準研究部門）
 〔研究担当者〕 黒田 隆之助、三浦 永祐、田中 真人、
 大島 永康、O'Rourke Brian、
 藤原 健、齋藤 直昭、高鍋 彰文、
 澁谷 達則、MAO Wenfeng（分析計測標準研究部門）鳥塚 健二、高田 英行、
 吉富 大（電子光技術研究部門）
 大村 英樹、奈良崎 愛子、吉田 剛
 （機能化学研究部門）宮本 良之（機能材料コンピューショナルデザイン研究

センター）（常勤職員13名、他4名）

〔研究内容〕

レーザー技術は、世界的に次世代ものづくり産業技術の中核として期待されており、今後も市場の拡大が見込まれている。しかし、様々な加工条件に合わせて効率良く、また付加価値の高い加工等するためには、現在のレーザーは、波長や輝度（出力とビーム品質）、効率等の多くの点で技術的な課題を有する。日本が世界的トップランナーとして、これまでにない高効率かつ高輝度（高出力・高ビーム品質）なレーザー技術を開発することで温室効果ガス排出の削減を図るとともに、日本のものづくり産業の競争力強化を目指す。

その中で、レーザー加工の計測評価基盤技術の開発に向けた取組として H29年度は以下の研究開発を進めた。レーザー加工部位の特性を原子レベルで計測可能なフラグメントイオン計測装置の開発については、パルス幅100フェムト秒のレーザー光源を用い、性能評価を行い、さらに典型的な固体材料として金及び石英試料のフラグメントイオン計測を行った。さらに、第一原理シミュレーションを用いて酸化グラフェンおよび石英の高強度レーザー照射による非熱的挙動の解析及びそのパルス幅依存性を検討した。

また材料と光との相互作用データベース構築のための取組としては、前年度に実施した光学設計等を基に、可視～真空紫外域でのエリプソメトリー分光計測装置を製作し、Si ウェハなどの標準的な試料の計測から装置性能を評価した。この装置や既設の分光分析装置等により、ガラス材料等の吸収係数や屈折率スペクトルの計測を開始した。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 次世代レーザー技術、レーザー加工評価技術、光計測技術、超短パルス技術

〔研究題目〕 IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト／Sensor-to-Cloud Security ～ビッグデータを守る革新的IoTセキュリティ基盤技術の研究開発

〔研究代表者〕 菊地 克弥（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕 菊地 克弥、昌原 明植、高橋 健司、
 藤野 真久、入沢 寿史、渡辺 直也、
 馮 ウエイ、青柳 昌宏、荒賀 佑樹、
 林 瑛瑛、島本 晴夫、浮田 茂也、
 馬 菜娜、橋野 健、藤井 裕美
 （常勤職員8名、他7名）

〔研究内容〕

近年、IoT に代表されるように、さまざまな情報の高度利活用が検討されている。それに従い、プライバシー保護の観点などから、それらの情報のセキュアな管理が一層重要となっている。しかしながら、従来の暗号技術

を単純に適用した場合、暗号化状態のままデータ処理・管理を行うことが困難であるため、情報の高度利活用を行う上で問題となる。この問題に対し、単にデータの秘匿性を保証するだけでなく、高度なセキュリティを保ったまま、データの高度利活用を可能とする暗号技術は、高機能暗号と呼ばれている。高機能暗号とは、単一の暗号技術の呼称ではなく、従来の暗号技術の単純な利用が問題となるさまざまな状況に対応するための個別の新規暗号技術の総称であり、主として公開鍵暗号の機能を究極に近い形で発展された暗号技術と位置づけられる。

高機能暗号をスケーラブルにハードウェアとして構築するため、アーキテクチャ、回路システム、デバイス集積、セキュア実装を垂直統合する研究開発を推進する。

平成29年度は、高機能暗号向け先端デバイス集積においては、高機能暗号チップの2.5D及び3D物理実装に向けたシリコン貫通電極 TSV の小径化と厚膜配線の構築に向けてプロセス技術の構築を進めた。また、微細 TSV 及び低電源インピーダンス配線、超多ピン積層構造において、計測や不良解析等が必要になるため、この構造における電気・熱応力に関する評価技術の解析や実測に向けた評価技術の構築を進めた。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 IoT、セキュリティ、高機能暗号、先端デバイス集積、2.5D 及び3D 実装、シリコン貫通電極 TSV、電気・熱応力特性解析

【研究題目】 植物等の生物を用いた高機能品生産技術の開発／植物の生産性制御に係る共通基盤技術開発／ゲノム編集の国産技術基盤プラットフォームの確立

【研究代表者】 加藤 義雄
(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 加藤 義雄、宮岸 真
(常勤職員2名、他4名)

【研究内容】

植物等による物質生産機能の制御・改変及びその産業化に向けて、既存のゲノム編集酵素では対応が困難な新規のゲノム編集関連技術を開発し、生物を利用した物質生産における我が国の産業競争力を向上させるための新たな技術基盤の形成を目指す。ゲノム編集とは生命の設計図とも呼ばれるゲノム DNA 配列を、DNA 配列を認識する認識ドメインと DNA 配列を改変する酵素ドメインから構成される人工的な酵素を用いて自由自在に書き換える技術である。これまでに ZFN、TALEN および CRISPR といったゲノム編集酵素が海外において開発されているが、各々の技術では対応しきれない課題も見受けられる。そこで、新規な DNA 認識ドメインを開発して多様な標的配列や精度の高い配列設計を行うことを目的とする。既に国内外において苛烈な研究競争が行わ

れている中で新規酵素を探索または創製することは極めてハードルが高いことが予想されるものの、これまでの専門分野の知見を活用した独自のアプローチにより、新規認識ドメインの開発に挑戦していくことを目標とする。今年度においては、核酸化学の知見を活用し修飾核酸等を利用した核酸性の DNA 認識ドメインの新規開発に向けて、探索条件の最適化やモデル実験系の組み立てを行った。細胞内へのゲノム編集酵素の導入に関しては、従来は適用が報告されてこなかった生物種においてタンパク質デリバリー法によりゲノム改変できることが明らかとなり、さらなる条件の最適化を行なっている。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 ゲノム編集、DNA、RNA

【研究題目】 再エネ出力抑制対応水素製造及び熱化学昇圧と街区における水素利用マネジメントの技術開発

【研究代表者】 前田 哲彦 (再生可能エネルギー研究センター)

【研究担当者】 前田 哲彦、遠藤 成輝、五舛目 清剛、黒坂 万里子 (常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

再エネ出力抑制対応水素製造及び熱化学昇圧と街区における水素利用マネジメントの技術開発について、平成29年度は、フィジビリティスタディとして終了年度であり、プロジェクトの総括を行った。以下に要約をまとめる。将来システム全体の姿の仮説の検討において、2030年に現時点での福島県の PV の認定量が全量入ると仮定し、1時間ごとの太陽光発電量データベースを作成するとともに、全国の長期エネルギー需給見通しを基に、福島県全体の2030年の電力需要量を推定して1時間ごとの電力需要量のデータベースを作成した。これらのデータベースと、各地区の火力発電所、水力発電所の発電量、基幹系統を考慮してシミュレーションモデルを構築し、福島県における余剰電力を算出した。また、経済性・技術成立性の評価については、水素製造、貯蔵・輸送、利用に分けて検討した。水素製造については、アルカリ水電解と PEM 水電解と比較・検討し、PEM は起動停止が可能であることや部分負荷運転時にも高効率であり、アルカリ電解に対して優位性があると評価した。貯蔵・輸送技術については、吸蔵合金、液化水素、MCH との比較・検討し、郊外から街区へ輸送・利用する場合には、水素昇圧して輸送する方式が、経済的には有利となることを確認した。街区での利用については、余剰電力の50%を水素に置換するものと仮定してシミュレーションにより装置の規模を決定し、各機器の10年 LLC から水素供給コストを算出して経済性を評価した。

技術開発フェーズにおける実証に必要なミニマムシステムの検討では、メガソーラの PCS サイズから、PEM 型水電解装置100 kW クラスを1ユニットと想定し、そ

こから水素昇圧速度、輸送量、建物での水素利用量を想定した。また、実証における設備機器仕様の検討では、水素製造装置は20 ft コンテナに除湿塔、電源装置も含めて格納するものとし、水素昇圧装置は12 ft コンテナに反応器、防消火設備等を格納した移動式の昇圧装置とした。利用側の水素貯蔵は、2ユニット構成として合金には消防法危険物非該当のものを使用し、FC 排熱は回収して水素貯蔵装置の加温および給湯、空調に利用するシステムの仕様を決めた。技術開発フェーズ試験計画概要の策定では、水素製造、貯蔵・輸送、利用に分けて確認すべき技術課題の抽出をおこなうとともに、達成すべき定量的目標値の設定、試験計画概要の策定をおこなった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 水素エネルギーシステム、街区利用、水素吸蔵合金、熱化学昇圧

【研究 題目】 エネルギー・環境新技術先導プログラム
／大型超軽量構造材料の AI 利用・高解像度計測技術の研究開発

【研究代表者】 藤原 健（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】 藤原 健、加藤 英俊（常勤職員2名）

【研究 内容】

本研究開発は、X 線を用いた画像診断技術を高度化することにより、大型構造部材であってもナノオーダーの欠陥（異物、歪み）まで解析可能な健全性検査システムに必要な基本技術の開発を行い、以下の結果を得た。

プラズマディスプレイの製造技術として開発された、画素を区切るための高精細隔壁形成技術をシンチレータの製造技術に適用し、X 線検出面を画素化することで光拡散を抑制した高解像度シンチレータの開発を行った結果、検出面積：25 cm×30 cm、ピッチ：200 μm であるセル方式シンチレータを作製した。

高精細隔壁形成技術を用いて試作したピクセルサイズ 200 μm ピッチのシンチレータと、低消費電力の IGZO を素子に用いたセンサー基板と組み合わせ、高解像度な X 線カメラ（検出器）の試作と評価を行った結果、検出面積：25 cm×30 cm、解像度（鮮鋭度）：>0.72@2 lp/mm である X 線検出器が作製できた。

乾電池で駆動可能な低消費電力を実現し、かつナノオーダーの検査用に焦点を微小化した、微小フォーカス X 線源を開発した結果、X 線エネルギー：20 kV～80 kV、X 線焦点サイズ：一般的な小型バッテリー（容量5000 mAh 以下）で駆動可能な X 線発生装置を作製できた。

さらに、AI 技術により、膨大な計測データをビッグデータ化し、ディープラーニングによって新たな材料・構造設計を提案可能な解析システムの調査研究を行い、AI 技術により、膨大な計測データをビッグデータ化し、ディープラーニングによって新たな材料・構造設計を提案可能な解析システムを調査研究した結果、AI のイン

ット、アウトプットなどの仕様を明確にし、CFRP のニーズ把握、材料設計へのフィードバック方法の道筋を明確にした。また、本計測技術が完成した後、自動化等を含むシステム化の実現の見通しを得た。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 X 線イメージセンサ、CFRP、カーボンナノ構造体、X 線源、非破壊検査、AI

【研究 題目】 エネルギー・環境新技術先導プログラム
／ビッグデータ適応型の革新的検査評価技術の研究開発

【研究代表者】 藤本 俊幸（物質計測標準研究部門）

【研究担当者】 藤本 俊幸、加藤 晴久、黒河 明、桜井 博、東 康史、熊谷 和博、高橋 かより、中村 文子、時崎 高志、重藤 知夫、稲垣 和三、宮下 振一（常勤職員11名、他1名）

【研究 内容】

「ナノ粒子複合計測システム」を構成する個別計測法毎に、測定値の計量計測遡及および信頼性に及ぼす効果が図示されたフィッシュボーンダイアグラム（FBD）を作成した。さらに作成された FBD の適切性評価を、ナノ材料の産業利用を支える計測ソリューションコンソーシアム（COMS・NANO）で開発している「ナノ粒子複合計測システム」評価方法に基づいて作成されたモデル試料を利用して実施した。具体的にはフィールドフローフラクショネーション（FFF（CF3））処理における出力の変動要因を明確にし、FFF（CF3）の変動要因が各計測法の評価結果に及ぼす効果を FBD に取り入れることを達成した。開発された FBD は本事業内容項目 B-1（複数の分析計測装置によるデータを統合的に取り扱う環境の整備）で開発されたビューアーにおける“分析機器ユーザー”への“測定時または解析時における測定者の注意すべき点の提示”ならびに、“装置メーカー”への“精確な計測値を出すための計測機器開発のための改善点の提示”に該当する“各種データの信頼性・質の評価と取扱いに関する指針”の根幹となっていることを付記する。さらに評価結果を元に計量計測の3R 評価を実施し、独立可用性適用範囲の観点から計測に関する課題を各種計測法毎に整理した（課題抽出完了）。本3R 評価は本事業内容項目 A（共通データ・フォーマットを用いたデータコンバータの開発）において選択された要素群に独立可用性に係り、重要な役割を持つ。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 ナノ材料、電子顕微鏡、動的光散乱、原子間力顕微鏡、誘導結合プラズマ質量分析、流動場分離法、不確かさ、フィッシュボーンダイアグラム

【研究 題目】 エネルギー・環境新技術先導プログラム

／ファインケミカルズ製造のためのフロー精密合成の開発

【研究代表者】 小林 修 (触媒化学融合研究センター)

【研究担当者】 小林 修、佐藤 一彦、浅川 真澄、島田 茂、小野澤 俊也、市塚 知宏、藤谷 忠博、甲村 長利、田村 正則、今 喜裕、矢田 陽、洪 達超、井上 朋也、平間 宏忠、古屋 武、根岸 秀之、吉宗 美紀、宮沢 哲、金久保 光央、川崎 慎一郎、川波 肇、石坂 孝之、藤井 達也、長尾 育弘 (常勤職員24名、他7名)

【研究内容】

ファインケミカルズにかかわる世界市場は約120兆円と言われ、今後さらに成長することが見込まれている。しかしながらその製造法は、有機合成化学に立脚したバッチ法で行われ、多くの廃棄物を排出し、その処理に膨大なエネルギーが消費されている。今後、我が国の持続可能な発展のためには、このファインケミカルズ製造の効率化と、廃棄物の削減は必要不可欠な技術である。そこで本研究開発では、ファインケミカルズの製造の中でも使用頻度が高い反応(「基幹5反応」と定義)をフロー法で行えることを実証するため、「1. 反応・触媒の開発」を中心に、反応開発のみでは実現し得ない平衡移動や共生生成物の分離のための「2. フロー合成用反応器の開発」、「3. 分離・精製技術の開発」を協調しながら進める。また、将来的に装置の自動化に必要となる、「4. モニタリング制御技術の課題明確化」にも取り組み、フロー法でファインケミカルズを製造する技術への道筋をつけることを目的とする。

平成29年度産総研において、「1. 反応・触媒の開発」では、基幹5反応の中でも、主に、酸・塩基触媒を用いる炭素-炭素結合生成反応、酸化反応および水素化反応の3反応を中心に、フロー反応用触媒の検討を行った。結果、ディールスアルダー反応(酸・塩基触媒を用いる炭素-炭素結合生成反応)やアルコールをアルデヒドに選択的に変換する反応(酸化反応)などにおいて、 $1 \text{ g h}^{-1}\text{dl}^{-1}$ 以上の効率で24時間以上反応を促進する触媒を見出した。また、「2. フロー合成用反応器の開発」では、エステル化・アミド化反応を促進する反応器に用いる脱水膜を指向した中空糸炭素膜を作成し、水/IPA(イソプロパノール)をモデル系とした脱水性能の評価を行った。結果、水透過度 $8 \times 10^{-7} \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$ 、水選択性10000以上の脱水性能を有する膜を見出した。「3. 分離・精製技術の開発」では、連続抽出技術の一つとして、液体 CO_2 を用いた連続抽出の検討を行った。4-シアノビフェニルを鈴木カップリング反応で合成する場合のモデル溶液を作り、モデル溶液流量 0.1 g s^{-1} 、液体 CO_2 流量 0.2 g s^{-1} 、温度 $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 、圧力 20 MPa の条件において、85%の抽出率で目的物を連続抽出することに成功し

た。

【領域名】 材料・化学

【キーワード】 フロー合成、連続生産、固定化触媒、分離膜、連続抽出

【研究題目】 ライフラインコアモニタリングシステムの研究開発／コアモニタリング用センシング・発電デバイスの開発

【研究代表者】 伊藤 寿浩 (集積マイクロシステム研究センター)

【研究担当者】 伊藤 寿浩、小林 健、岡田 浩尚、武井 亮平、魯 健、張 嵐、鈴木 章夫、牧本 なつみ (常勤職員6名、他2名)

【研究内容】

本開発では、振動発電センサデバイスと鹿威し回路を組み合わせることで、振動波形のピーク値だけをモニタリング可能となり、消費電力を1/100程度に低減しながらポンプの異常診断ができるセンサ端末を実現する。具体的には、平成29年度は特に、センサ端末の高機能化に資する超低消費電力の振動センサを開発した。当該端末は、鹿威し回路を利用して無線送信の頻度による異常診断を行うが、より堅牢な異常診断を実現するためには 1 kHz 以上の周波数の振動線分を検知可能な振動センサを別途付与することが望ましい。ところが、振動発電から得られる電力は極めてわずかであるため、これを端末へ実装するには低消費電力であることが必須であって、既存の振動センサを活用することは困難である。そこで、圧電MEMS技術を活用したセンサと低消費電力の増幅回路を組み合わせることにした。センサには AlN 圧電薄膜を用いたMEMS片持ち梁を採用し、増幅回路は、省電力を削減するために一つのオペアンプから成る簡易な回路構成とした。その結果、消費電流を $30 \mu\text{A}$ に抑制しつつ感度 $80,000 \text{ mV/g}$ を有する振動センサを開発した。既存の高感度加速度センサが $1,000 \text{ mV/g}$ 程度の感度であることを考えると、極めて高感度である。開発された振動センサを実際に商用運転されている地冷設備のポンプに取り付けたところ、ポンプの運転中と停止中の振動を完全に判別可能であることが明らかとなった。また、周波数によっては、ポンプに接続されている配管を通して伝搬してくる微小な振動を検出し、ポンプの異常診断だけにとどまらず、配管の異常診断にも活用できる可能性が示唆された。

【領域名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 圧電、MEMS、振動発電、低消費電力回路

【研究題目】 ウェハサイズ3次元ナノインプリントモールド用超高速電子ビーム加工装置の研究開発

〔研究代表者〕 廣島 洋（集積マイクロシステム研究センター）

〔研究担当者〕 廣島 洋、高木 秀樹、尹 成圓、
倉島 優一、鈴木 健太
（常勤職員5名）

〔研究内容〕

ウェハーサイズ高輝度光学部品、半導体レーザー、実装配線基板等、多品種デバイスの量産技術として、大面積ナノインプリントリソグラフィの必要性が高まっており、大面積モールドの低コスト作製技術が重要課題となっている。

本事業では、3年間の全体目標において、産総研と民間企業が共同で、従来の加工技術に比べて生産性が1万倍以上高い、100 nm レベルの（レーザー描画では実現不可能な領域の）微細加工技術、および、リソグラフィ用特殊モールド作製技術を開発する。

本年度には、モールドパターン形状パラメータがインプリント時の充填時間や残膜均一化効果に及ぼす影響を調べ、容積均一化モールドの設計手法の体系化に必要なデータベースを構築した。また、樹脂の変形挙動を考慮した元モールド図面の分割処理法、容積均一化のための補正パターンの生成法等、ソフトウェアのコア機能のプログラム化原理を体系化した。これら結果に基づき、大容量モールド図面ファイルに対しての高速区画分割、高速描画、高速データ処理を可能とする大規模 GDSII データの高速切り出し機能を実装した容積均一化モールド設計ソフトウェアを試作した。また、セルアライメントエッチング技術による8インチ容積均一化マスターモールドの作製プロセスを開発した。

凝縮性ガスを用いる貼り合せ機のベースとなるプロトタイプ機の作製においては、高精度貼り合せ装置のベースとなるプロトタイプ機的设计や作製を行い、貼り合わせ機構の基本動作テストを行った。基板とモールド支持部の構成の検討のため、シリコンレプリカモールドの作製プロセスを構築した。凝縮性ガス濃度シミュレーションと小型基板用の貼り合せ治具等を用いて、凝縮性ガスによる気泡欠陥防止の検証を行った。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 光ナノインプリント、超高速電子ビーム加工装置、モールド設計ソフトウェア、残膜均一化、大面積高精度ナノインプリントリソグラフィ

〔研究題目〕 エネルギー・環境新技術先導プログラム／極微小液滴が形成する反応場を用いたナノ材料の構造・機能制御技術の研究開発

〔研究代表者〕 脇坂 昭弘（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 脇坂 昭弘、小原ひとみ、佐野 泰三、
寺本 慶之、富永 健一、根本 耕司、

市川 廣保、嶋本 康広、渡辺 悟
（常勤職員6名、他3名）

〔研究内容〕

フェムトリアクターは、エレクトロスプレー法により液体をフェムトリットルレベルの極微小液滴に微細化し、それらの移動を電場で制御することにより、極微小液滴内で混合、分離、加熱を高速化し、高選択的な化学反応制御を省エネルギー・低環境負荷で実現する革新的な反応制御技術である。このフェムトリアクター技術の基本原理が確立したため、具体的な用途に適用し実用性を評価する段階となった。今年度はフェムトリアクター技術をナノ材料の構造・機能制御に適用することを目的として、以下の4分野で開発実績が豊富な企業と連携して研究を進めた。i) 量子ドット分野：ディスプレイ用発光性半導体ナノ粒子のサイズ制御を目指して、フェムトリアクターによる高温混合反応制御を行い、サイズ制御因子を特定した。ii) 高分子材料分野：乳化重合に変わる高分子材料合成法として、極微小液滴内でモノマーと重合開始剤を混合する合成法を開発した。iii) 金属ナノ粒子触媒分野：排ガス用触媒となる白金族ナノ粒子のサイズ制御を可能にして、従来法よりも高活性な触媒調整が可能となることを実証した。iv) 導電加工用金属ナノ粒子量産化分野：フェムトリアクターにより導電加工用銀ナノ粒子の合成制御が可能なることを実証し、量産化に対応した試験装置を製作してスケールアップに関する基盤技術を開発した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 フェムトリアクター、エレクトロスプレー、触媒、有機合成、量子ドット

〔研究題目〕 エネルギー・環境新技術先導プログラム／ナノ半導体材料の高度構造制御と革新低コスト半導体デバイスの研究開発

〔研究代表者〕 片浦 弘道（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕 片浦 弘道、平野 篤、斎藤 毅、
栗原 有紀、田中 丈士、浅野 敏、
田山 雄一（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

本研究課題では、低コスト・高性能な半導体デバイスの実現に必要となる、半導体型カーボンナノチューブ（CNT）の飛躍的な性能向上に向けた基本検証として、半導体 CNT の直径と長さを高度に制御する分離技術の研究開発に取り組んでいる。今年度は、直径分布が広い単層 CNT 原料から金属・半導体分離＋直径分離により直径が制御された高純度半導体 CNT を得る技術の開発を行った。CNT 試料には名城ナノカーボン社の eDIPS CNT（EC1.5）を用いた。CNT の金属・半導体分離には、産総研で提案者らが開発した量産型分離技術であるゲルカラムクロマトグラフィー法を用いた。半導体型 CNT を選択的にゲルに吸着させた後、3種類の陰イオン界面

活性剤の混合溶液を用いて溶出条件を段階的に変化させ、直径分離ができる条件を検討した。その結果、産総研で直径を制御して合成した eDIPS-CNT から得られる半導体型 CNT と同等の直径分布を示す高い直径均一性を持つ半導体型 CNT を分離することに成功した。また、サイズ排除クロマトグラフィーにより長さ1 μm 以上の長尺 CNT の分離を目指した研究も進めた。当初は金属型と半導体型の CNT を分離した後に得られる半導体型 CNT をサイズ排除クロマトグラフィーで長さ分離を行った。しかしながら、分離の順序が重要であることが判明し、長さ分離の後に金属型・半導体型分離を行うことにより、長さの平均値が1.7 μm の半導体型 CNT を得ることができた。光吸収スペクトル測定の結果から、長さの異なる CNT でも同等の純度の半導体型 CNT が得られることを示した。年度途中でステージゲート評価が行われたが無事通過し、次年度も引き続き研究を推進する。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】カーボンナノチューブ、半導体型、直径、長さ、分離

【研究 題目】エネルギー・環境新技術先導プログラム
／生産性と省エネ化を向上させる認知行動支援 VR/AR 技術の開発

【研究代表者】大山 潤爾（人間情報研究部門）

【研究担当者】大山 潤爾、井野 秀一、近井 学、大隈 隆史、村井 昭彦（常勤職員5名、他）

【研究 内容】

本研究が先導する国家プロジェクトでは、様々な分野における BtoB の認知行動支援サービスを創出・整備する共通開発基盤として、「情報支援技術評価プラットフォーム」を構築し、設計・工程計画・作業・コミュニケーションにおける認知と行動を効率化する情報支援技術の実用化を推進することで、生産性を向上し、消費電力を削減することを目指す。

本年度の先導研究では、2つのテーマで国プロ実施に向けた研究開発を行った。一つは、情報支援技術の具体事例としての溶接作業支援技術の開発である。触覚フィードバックに関する研究、作業行動の計測・解析技術の開発、行動のリアルタイム3次元可視化技術の開発、注意誘導技術に関する研究、そして、動作と視線と触覚フィードバックに対応した溶接作業支援評価コンテンツの開発を行った。これらを統合することで、溶接作業の認知行動支援技術を開発し、溶接未経験者を対象に、開発した溶接作業支援システムでの学習効果と、従来の一般的なマニュアル情報を使った学習効果を比較し、作業効率の5%以上の向上を達成できることを確認した。

もう一つのテーマとして、共通の評価プラットフォームの設計が可能であるか検討した。具体的には、高齢者

や障害者の生活支援全般における多種多様な課題に関する調査データをもとに、情報支援が必要な状況と支援すべき認知行動との関係性を分析し、実務作業において認知行動支援に必要な情報要素が具体場面に応じて無数にあるのではなく、有限数の情報要素の伝達で説明できることを示した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】応用認知心理学、認知支援工学、映像認知、時短デザイン、アクセシブルデザイン、技能解析、技能支援、情報工学、MEMS 技術、人間工学

【研究 題目】エネルギー・環境新技術先導プログラム
／非可食性バイオマスから高機能化学品・材料を製造するバリューチェーン構築のための生産システムの開発／地域バイオマスからの化成品マルチ生産システム開発

【研究代表者】矢追 克郎（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】矢追 克郎、松沢 智彦（常勤職員2名）

【研究 内容】

木質バイオマスの分解に資する酵素を選定するために、マンナナーゼやスウォレニン等のヘミセルラーゼやアクセサリー酵素をクローニングし、メタノール資化性酵母を宿主とした異種宿主発現させた。これらの組換え酵素を精製し、その効果を検証した。本実験では、シーケンシャル水熱処理及びリグニン除去を施したスギを基質として使用し、糸状菌トリコデルマ由来セルラーゼによる酵素糖化の際に添加効果を示すかどうかの試験を行った。また、メタゲノムを遺伝子資源として利用し、木質バイオマスの分解に資する新規酵素の探索も行った。本探索ではメタゲノム DNA を遺伝子資源、大腸菌を発現宿主としてファンクショナルスクリーニングを行った。不溶性マンナンを炭素源とする培地においてメタゲノム DNA によって形質転換した大腸菌を生育させ、マンナンの分解性を指標にスクリーニングを行った。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】バイオマス、セルラーゼ、セルロース、ヘミセルロース、ヘミセルラーゼ、酵素糖化

【研究 題目】エネルギー・環境新技術先導プログラム
／生物機能によって大幅な省エネルギー又は創エネルギーを実現する新規デバイス創出のための革新的基盤技術開発／生物機能としての生体情報の AI 活用による生活環境制御

【研究代表者】鎌田 俊英（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 吉田 学、植村 聖、末森 浩司、
渡邊 雄一、延島 大樹
(常勤職員5名、他2名)

〔研究内容〕

- ・目標：人間の皮膚感覚に近い高機能・多機能な入出力インタフェースとして、温冷（熱、温度）、圧痛（圧力）、汗（ガス、水分）をリアルタイムに電気信号として検出するセンサー材料・構造及びその計測システムの開発を行い、生体機能材料を適用したセンシングの高機能化設計指針を得ることを目的として研究開発を行った。設計指標として、標準指圧に対応する0.2～20 Nの範囲での圧検出を確認することを目標とした。また医療や介護の現場で人間の体に装着される支援機器においては、体にどれだけフィットしているかを定量的に評価する手段がほとんどないのが現状である。快適な介護や効率的なリハビリを実現するためには、このような支援機器をどれだけ違和感なく装着できるかがキー技術となってくる。支援機器と人体との間に発生する接触圧の分布を計測することにより直接的に人体にかかる負担を計測することができるが、この際に接触圧をセンシングする圧力センサー自身が計測に影響を与えたり、不快感を招くことが懸念される。それゆえに曲面に実装できる薄くて柔軟な圧力センサーを開発することが必須となるため、本研究開発では皮膚機能を模した大面積・多点・マルチモーダルという特徴を有する三次元局面シートセンサを開発し、それを身の回りのあらゆるものに浸透させていくことによって、多面的、多角的に人間の情報をセンシングし、人間と高度に強調する人工知能システムを実現することを目指す。こうしたシステムは、まずはコンソールやコントローラーにおいて、生体情報取得入力を実現させ、ヒト感覚に基づいた快適入力、握りから取得する生体情報に基づく無駄のない快適生活環境制御を実現させる。生体機能材料を適用したセンシングの高機能化設計指針を提示する。
- ・研究計画：握り面等からの生体情報を取得し、そのデータを人工知能（AI）等の最先端の解析手法を適応して抽出された有価値情報を、生活環境制御等へ活用することを目指して、皮膚等の生物機能を模倣したセンサーを高度化した伸縮性超薄センサーシートの開発を行った。具体的には生体機能物質の機能を活用した生体情報センシング技術として、伸縮性電極の開発とそれを用いてリアルタイムに生体情報を電気信号を検出するセンサー材料・構造及びその計測システムの開発を行った。また皮膚等の生物機能を模倣した伸縮性超薄フレキシブルセンサの高機能化、高耐久性化、高信頼性化設計技術を開発した。また、任意自由形状面へ欠陥なく装着させるための高生産性立体加工製造技術の開発を行った。
- ・進捗状況：人肌に近い極薄ウレタンフィルム上に銀メ

ッキ短繊維をパターンニングした電極を用いて超柔軟・高感度圧力センサーシートの開発に成功した。このセンサーシートは、標準指圧に対応する0.2～20 Nの圧力範囲に感度を有し、コンピューターマウス上のような3次元曲面に貼りつけることも可能であり、マウスの操作時に指の血管の脈動である指尖脈波の検出からクリックによる押圧といった非常に広い圧力範囲の指の動きを一枚のセンサーシートで検出できることを確認した。また、このセンサーシートの詳細な特性を評価したところ、1 g単位での重量変化を判別できることが分かり、高感度の圧力センシングが可能であることを示した。一般的に血圧測定器では1 mmHg以下の圧力検出分解能が必要になるが、本開発の圧力センサーシートは0.75 mmHg以下の圧力検出分解能を持っており、血圧のセンシングにも用いることができることが明らかとなった。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 生体情報センシング、伸縮電極、圧力センサー

〔研究題目〕 ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト／ロボット・ドローンに関する国際標準化の推進／デファクト・スタンダード

〔研究代表者〕 河井 良浩（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 河井 良浩、阪口 健、山野辺 夏樹、万 偉偉、喜多 泰代（知能システム研究部門）、花井 亮（ロボットイノベーション研究センター）、横井 一仁（情報・人間工学研究戦略部）
(常勤職員7名)

〔研究内容〕

ロボット新戦略においてロボットの研究開発を加速し、社会実装を進める一つの方法として、様々なロボットを対象とした競技会 World Robot Summit (WRS) を2020年に実施する。各種競技のうちものづくりカテゴリーに関して、ものづくり競技手法の研究開発を他機関と共同で行った。ものづくりカテゴリーにおいては、競技会形式による製品組立に関する挑戦的なテーマを設定し、技術開発課題解決に向けた競技会を活用する研究開発手法の策定に取組んだ。具体的には、製品組立チャレンジに関するトライアル競技としてギアユニットの組立タスクを設定、競技設計を行い、国際会議 IROS2017において既存の競技会の一部として実施した。また、2017国際ロボット展においてギアユニット組立チャレンジとタスクボード（IROS2017競技会で実施されたもう一つの競技種目）のデモンストレーションを実施した。

これらで得られた知見に基づき、2018年に実施するプレ大会の競技設計に着手した。具体的には、組立タス

クとして、新たにベルトドライブユニットの設計・製作、競技内容の設計（タスクボード、キッキング、組み立て）、競技ルールの策定、競技フィールドの設計、安全設計等を行うとともに、学会・展示会・デモ会・競技会・Web ページなどを活用して世界中に競技会への参加の呼び掛け等を行った。また、競技ルールに沿ってプラットフォームとなるロボットアームを選定した。他にも、有識者を糾合したものづくり競技委員会、ものづくり競技国際委員会を通じて、競技内容について指導・助言を得て、競技設計等に反映させた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】WRS、ものづくり競技、競技タスク、競技大会

【研究 題目】非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発／CNF 安全性評価手法の開発

【研究代表者】梶原 秀夫（安全科学研究部門）

【研究担当者】梶原 秀夫、藤田 克英、小倉 勇、東野 晴行、蒲生 昌志、矢追 克郎、松沢 智彦、岡崎 俊也、田島 奈穂子、遠藤 茂寿、小原 佐和枝、小竹 真理、丸 順子、村井 賀子
（常勤職員9名、他5名）

【研究 内容】

セルロースナノファイバー（CNF）の社会実装化を加速させるためには、CNF の安全性の評価が求められる。しかし、CNF は天然由来の新たなナノ材料であり、CNF の有害性試験手法及び排出・暴露評価手法が未確立である。そこで、1) CNF の分析及び有害性試験手法の開発、及び 2) CNF の排出・暴露評価手法の開発を、実施した。研究内容を以下に示す。

1) -1 CNF の検出・定量手法の開発

糖分解や熱分解等の分析条件を検討し、共存物がない条件では1 µg の CNF の検出が可能であることを確認した。電子顕微鏡観察の染色方法について適切な条件を取得した。

1) -2 CNF の気管内投与手法の開発

3種類の CNF 分散液試料を使って、経口ゾンデからの射出状態を検討し、投与最高用量の CNF 濃度を算出した。この結果を基に、短期ラット気管内投与試験を実施し、投与後1週間のラットの状態を確認して CNF 分散液試料の投与用量を設定できた。

1) -3 CNF の皮膚透過性試験手法の開発

皮膚透過性試験が可能な CNF 分散液試料を調製した。高機能人工合成膜を使用して、3次元培養ヒト皮膚細胞モデルの透過性試験の条件を検証した。3次元培養ヒト皮膚細胞モデルによる CNF 分散液試料の皮膚刺激性試験を行い、刺激性の無いことを確認した。

2) -1 排出 CNF の計測手法の確立及び排出・暴露評価事例の集積

既存のナノ材料計測手法を適用し、分析条件を設定するとともに、応答を確認した。移し替えや切削の模擬排出試験系を作成し、試験条件を確立して、事例の集積を進めた。

2) -2 CNF 応用製品に対する暴露シナリオによるケーススタディ

ヒアリングと文献調査によって CNF が現在または将来使われる応用製品について代表的な製品ケースを抽出した。CNF（TEMPO 酸化 CNF）について生分解性試験を行い、良好な分解性を示すことを確認した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】セルロースナノファイバー、ナノ材料、安全性評価、有害性評価、気管内投与、皮膚透過性、暴露評価、排出、暴露シナリオ

【研究 題目】高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術の研究開発事業

【研究代表者】大木 達也（環境管理研究部門）

【研究担当者】大木 達也、古屋仲 茂樹、西須 佳宏、林 直人、上田 高生、成田 弘一、大石 哲雄、尾形 剛志、鈴木智也（環境管理研究部門）、田原 聖隆、畑山 博樹（安全科学研究部門）、森本 慎一郎（地質資源環境研究部門）、増井 慶次郎、近藤 伸亮、高本 仁志、松本 光崇（製造技術研究部門）
（常勤職員16名）

【研究 内容】

研究開発項目①「廃製品自動選別技術開発」：製品ソータでは、自動識別プログラム2件及び文字情報自動認識プログラム1件を開発した。自動解体装置では、独自の弱点形成—外力付与作用を具現化する複合的外力付与試験装置を開発した。モジュールソータでは、並列処理が可能な画像認識プログラムを開発した。

研究開発項目②「廃部品自動選別技術開発」：部品剥離装置では機械方式を採用し、X 線カメラと画像解析を統合した部品剥離状態分析装置を試作した。選別装置自動制御技術ではドラム磁選機シミュレータにおいて、測定困難な物性値を推定するパラメータ・チューニング機能を開発し、IC 類の落下位置が誤差約6 mm で予測可能となった。また、将来需要予測をプラチナ、パラジウムについて行い、LCA に必要な金属生産プロセスデータを作成した。さらに、小型家電15製品の廃製品排出量推定モデルを構築した上、開発技術の効果推定に資する静脈プロセスシミュレーションモデルの構築を進めた。TF 選別システムでは、選別産物を次工程へ自在に搬送可能なマルチ供給制御システムの開発に着手し、試験用モジュールを試作した。

研究開発項目③「高効率製錬技術開発」：鋳型分離利

用イオンサイズ認識分離では、吸着分離に関して、DGAA 型および PTA 型吸着剤による低濃度の軽希土類元素の吸着率を分析し、隣接した希土類元素間においてその値に差異を確認できた。熔融塩を利用した技術では、H 型のパイレックスガラスセルを試作し、高性能電気化学測定装置を用いて試験を行った。フッ化物系向けの電気炉導入準備を終えるとともに、高温塩化物系では既に各種測定を開始した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 都市鉱山、リサイクル、金属資源循環、循環型社会、動静脈連携

〔研究 題目〕 IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト／複製不可能デバイスを活用した IoT ハードウェアセキュリティ基盤の研究開発

〔研究代表者〕 堀 洋平（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕 堀 洋平、片下 敏宏、小笠原 泰弘、日置 雅和、植村 聖、吉田 学、栗原 一徳、峯廻 洋美、東野 寿樹（常勤職員9名、他4名）

〔研究 内容〕

IoT 機器の真正性、データの完全性及び機密性を、「物理複製不可能デバイス PUF（Physically Unclonable Function）」を用いることで飛躍的に向上させるための基盤技術開発を行う。特に、IoT エッジデバイスにおいて低コストかつフレキシブルで多用途なハードウェアセキュリティを実現するため、印刷技術を用いたフレキシブルな PUF の研究開発を行う。また、従来型 PUF を含むテストビークルを共同実施機関と共に試作し、PUF の性能指標や脆弱性評価を行う。PUF の評価基準及び評価手順を ISO/IEC で国際標準化することで、PUF 技術が産業界で広く使われるよう活動する。

平成29年度は、リングオシレータ型の印刷 PUF を作製すると共に、専用の評価ボードの設計と製造を行い、PUF の評価に着手した。低電圧駆動トランジスタのばらつき評価の実現に向けて、歩留まりを90 %以上とすることに成功した。このほか、共同実施機関と共に180 nm CMOS プロセスを用いた PUF TEG チップの設計を行った。国際標準化活動に関しては、「PUF 標準評価基盤検討委員会（PUF 検討委員会）」を設置し、国内の産・学・官のセキュリティ専門家を招いて PUF の標準化について議論した。この議論の結果に基づき、ベルリンで開催された ISO/IEC JTC 1/SC 27会議において、PUF の評価手法に関する国際標準 ISO/IEC 20897に対して提案とコメント提供を行った。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 Internet of Things (IoT)、ハードウェアセキュリティ、Physically Unclonable

Function (PUF)、印刷フレキシブル PUF, ISO/IEC 国際標準化

〔研究 題目〕 IoT 推進のための横断的基盤技術開発プロジェクト／次世代産業用ネットワークを守る IoT セキュリティ基盤技術の研究開発

〔研究代表者〕 新 善文（アラクサラネットワークス株式会社）

〔研究担当者〕 新 善文、大岩 寛（情報技術研究部門）、新 麗（株式会社 IIJ イノベーション・インスティテュート）、中村 宏（東京大学情報理工学系研究科）（常勤職員1名、他3名）

〔研究 内容〕

工場や病院などにおける産業用 IT/IoT 通信基盤のセキュリティを強化するためのネットワーク管理・制御・運用技術を研究開発する。これによりコンピュータウィルスなどの通信基盤内での蔓延等を防止する効果的な手段を提供するとともに、近い将来、構内 IoT 通信基盤と広域の IoT ネットワークとの間での情報の相互流通連携を積極的に行う際に必要となる動的なセキュリティ保護機能を提供できるようにする。

産総研はこのプロジェクトのうち、IoT 機器のサービス要求とネットワークの設定・運用情報から、ネットワーク上の通信流の想定を計算し、ネットワーク機器に対して通信制御指示の送出を行うネットワークコントローラの研究開発を担当する。

初年度である平成29年度は、(1) ネットワーク層における通信制御指示と、サービス要求情報について、それぞれの必要要件分析と情報交換形式と通信プロトコルの設計、(2) 比較的単純なネットワークにおいてサービス要求に対応する通信のみを透過させるネットワーク制御指示の確立に取り組んだ。

成果として、(1) RESTCONF・REST API の基本仕様にそれぞれ準拠する、通信制御指示プロトコルとサービス要求プロトコルの仕様を策定、(2) その仕様に基づき、単連結トポロジーのローカルネットワークにおいて、複数のネットワーク機器を介した IoT 機器の IP 通信の制御指示を、それぞれのネットワーク機器に送出するネットワークコントローラの試作が完成した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 Internet of Things、ネットワーク、セキュリティ、Software-Defined Network

〔研究 題目〕 IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト／実社会ビッグデータ処理基盤を実現する大規模データセンター構築・運用技術の研究開発

〔研究代表者〕 滝澤 真一郎

(実社会ビッグデータ活用オープンイノベーションラボラトリ)

〔研究担当者〕 滝澤 真一郎、松岡 聡、高野 了成、小川 宏高、佐藤 仁、広瀬 崇宏、谷村 勇輔、須崎 有康、

Attia Mohamed

(常勤職員7名、他2名)

〔研究内容〕

大規模データセンターが有する多数のセンサーポイントから時系列、あるいはイベントベースで発生する稼働・運用・利用状況データを効率的に管理し、機械学習・シミュレーションにて有効活用し、データセンター自身の運用にフィードバックする「スマートデータセンターシステム」を実現することを目標に、次の2点を実施した。1つ目はデータセンターの運用効率化に向けて取れうる効率化戦略の調査であり、近年のデータセンターの電力改善に関する学術論文や、一般公開されている実運用システムの事例を中心に調査を行なった。その結果、ABCI システムにおける運用改善の目標として、資源利用率の向上と消費電力の削減を設定し、最大で30%の向上を目指す計画とした。2つ目は運用効率化戦略の判断根拠とする、膨大なセンサーデータ・ログデータの管理手法の調査であり、オープンソースソフトウェアとして開発されているデータベース・データコレクタソフトウェアを中心に調査を行った。その結果、ABCIの各種運用データを蓄積するデータストアを、関係データベースと時系列データベースの2種類のデータベースから構成されるシステムとして設計した。

本研究は NEDO の先導調査研究として1年間のプロジェクトで実施しており、年度末にて計画通りに完了した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 データセンター運用、データ分析

〔研究題目〕 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 自動走行システム／大規模実証実験／HMI

〔研究代表者〕 北崎 智之 (自動車ヒューマンファクター研究センター)

〔研究担当者〕 自動走行システムの実現に向けた HMI 等のヒューマンファクターに関する調査検討コンソーシアム (産総研、筑波大、慶應義塾大、(株)デンソー、東京都ビジネスサービス(株)、産総研；北崎 智之、赤松 幹之、佐藤 稔久、武田 裕司、小峰 秀彦、岩木 直、木原 健、長谷川 国大、自動車ヒューマンファクター研究センター (常勤職員8名)

〔研究内容〕

安全で社会的受容性の高い自動運転車を開発するために、ヒューマンファクターおよび HMI (ヒューマン・マシン・インターフェース) に関わる課題は重要である。本研究は SIP 自動走行システムの取り組みの一環として、NEDO より受託した研究開発事業である。平成29年度は、以下の3つの課題に取り組み成果が得られた。

課題 A (筑波大学で実施)：自動走行システムの機能・状態・動作の理解に関わる課題。ドライビングシミュレータ実験により、ドライバーが適切な運転引継ぎを実行するために必要な動的システム情報と、それを表示する HMI の基本要件を導出した。

課題 B (産総研で実施)：ドライバーの状態と自動走行から手動走行への遷移に関わる課題。①ドライバー状態の検出生理指標およびドライバー状態と運転引継ぎパフォーマンスの関係性をテストコース実験によって検証した。またそれらを公道実走行において検証するためのベースラインデータを取得した。②ドライバー状態 (Readiness) と運転引継ぎパフォーマンスの関係を、様々なシステム条件および道路条件において導出した (ドライビングシミュレータ実験)。③適切な運転引継ぎを実行するためのドライバー状態を維持するための、HMI の基本要件を導出した (ドライビングシミュレータ実験)。

課題 C (慶応大学で実施)：自動走行システムと他の交通参加者とのノンバーバル・コミュニケーションに関わる課題。閉鎖フィールド内実験によって、外向け HMI の効果 (対他車両と対横断歩行者) を検証した。また路上コミュニケーションの地域性をアンケート調査によって行うとともに、アンケート調査手法の妥当性を検証した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 SIP、自動運転、ヒューマンファクター、HMI

〔研究題目〕 天然・人工地熱システムを利用した超臨界地熱発電の発電量、経済性および安全性に関する詳細検討

〔研究代表者〕 浅沼 宏 (再生可能エネルギー研究センター)

〔研究担当者〕 浅沼 宏、柳澤 教雄、山谷 祐介、渡邊 教弘、石橋 琢也、最首 花恵、岡本 京祐、増田 幸治、今西 和俊、雷 興林、竹原 孝、高橋 美紀、増田 善雄、北村 真奈美 (常勤職員13名、他1名)

〔研究内容〕

将来的に我が国の地熱発電容量を数10 GW 以上に引き上げ、エネルギーの安定供給と温室効果ガス排出量の削減に大きく寄与するためには、従来型の地熱開発を着実に推進することに加え、これまでの開発の概念を大き

く転換可能な革新的手法の可能性を探求する必要があると言わざるを得ない。

近年の物理探査の結果によれば、沈み込み帯で発生したマグマを起源とし、火山やカルデラの下部数 km に存在する貫入岩内部に大量の高温（400～500℃、超臨界状態）の熱水（超臨界地熱資源）が存在する可能性が示されている。このような超臨界地熱資源を開発ターゲットにすれば、国内の地熱発電総容量を大きく拡大できる可能性がある。しかし、超臨界地熱資源の性状には未解明な点が多く、また、想定される温度・圧力条件、および地熱流体の化学組成は、現在の開発・生産技術の限界を大きく超えている。

本事業は、2050年頃に超臨界地熱資源を利用して、従来の地熱井の5倍程度の生産能力を有する地熱井を実現し、導入ポテンシャルの飛躍的増大を図ることを最終的な目標とし、NEDO からの委託を受けた12の組織が連携し、Ⅰ．超臨界水の状態把握、超臨界地熱システムのモデル化、及び地下現象のシミュレーションによる熱抽出可能性の検討、Ⅱ．超臨界発電に必要な材料、機器の検討・試験、Ⅲ．経済性詳細評価、Ⅳ．誘発地震、暴噴等、環境影響の最小化と安全性確保に関する検討を通じて、超臨界地熱発電の工学的・経済的な実現可能性について調査・検討すること。さらに、当該技術の今後の研究開発の方向性を示すことを目的として実施した。

本事業により得られた主要な成果は以下の通りである。

- ①現実的な規模の天然超臨界地熱システム、もしくは人工地熱システムを使用して、在来型地熱発電の数倍以上の能力を有する坑井が実現可能であることを示した。
- ②不確定な要素があるものの、現在の地熱発電と同等以下の経済性で発電可能な開発モデルを得た。
- ③発電に資する人工貯留層の造成、管理は原理的に可能であるが、それを実現するための工学的手法については今後も継続的検討が必要である。
- ④間接熱交換（同軸熱交換）については、坑井周りの透水性を非現実的な値まで増大させれば坑井あたり数 MW の発電が可能であるが、他の抽熱法に対する経済的優位性を得ることは困難である。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】

【研究 題目】 ロボット活用型市場化適用技術開発プロジェクト／ロボットのプラットフォーム化技術開発（ソフトウェア）／オープンソースロボットソフトウェアのプラットフォーム化技術開発

【研究代表者】 安藤 慶昭（ロボットイノベーション研究センター）

【研究担当者】 安藤 慶昭、原 功、ジェフ ビグス、花井 亮、黒瀬 竜一、中坊 嘉宏、

角 保志、藤原 清司、尾暮 拓也、
Floris Erich、Abhilasha Saksena、
河内 のぶ、宮本 信彦
（常勤職員9名、他4名）

【研究 内容】

本プロジェクトでは、未活用領域へのロボット導入を目指し、ロボットシステム統合に必要なミドルウェア、各種要素技術を提供する機能別ソフトウェア、ロボットのシステムインテグレーションを支援・効率化する技術の研究開発を実施するとともに、ロボットのソフトウェアに関する、テスト・品質保証、ドキュメント、ライセンス・特許や、安全規格への対応等、機能的な要素以外（非機能要件）に関連する種々の環境整備を実施している。今年度は、これまで研究を進めてきたロボットアーム教示データ再利用ツールの改修・拡張、ビジョンセンサ定量的性能評価用ソフトウェアの開発、音声認識・合成ソフトウェアのパッケージ化等、ロボット Sier がシステム開発をより容易に実施するための技術開発を実施した。加えて、故障原因究明や利用状況データ取得など開発時・運用時の利便性を向上させるためのロギング・モニタリング機能の実現、RT ミドルウェアや ROS（Robot Operating System）等異なるミドルウェア間の相互運用性向上に関する研究、システムの配置（デプロイメント）・統合のためのミドルウェアおよびツールの改良等、ロボットシステム開発・運用基盤としての RT ミドルウェアに関する研究開発を実施した。また、機能的な研究開発のみならず、テスト・品質保証、ドキュメント、ライセンス・特許や、安全規格への対応等の非機能要件に関して、ロボット革命イニシアチブ協議会（RRI）のロボットイノベーション WG 内に、調査検討委員会を設置し、議論を開始した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 ロボット、ソフトウェア、プラットフォーム化、オープンソース、安全

【研究 題目】 次世代人工知能・ロボット中核技術開発／次世代人工知能技術分野／ロボットをプロンプトとした高齢者の生活機能の計測・分析・介入技術の研究開発

【研究代表者】 松本 吉央（ロボットイノベーション研究センター）

【研究担当者】 松本 吉央、脇田 優仁、本間 敬子、梶谷 勇、小栢 進也、尾形 邦裕
（常勤職員6名）

【研究 内容】

(1) IoT ロボット介護機器の開発

まず、屋外歩行支援のためのロボット介護機器である RT.ワークス社の RT.1および RT.2を改良し、産総研のクラウドサーバに利用状況を収集する機能を組み込んだ。具体的には、機器本体内に内蔵され

ている GPS 等のセンサを用いて、利用中（屋外歩行中）の歩行経路、歩行速度等を取得し、内蔵されている SIM カードを用いて逐次クラウドサーバに送信できるようにした。

IoT ロボット介護機器のデータを収集するためのクラウド型のサーバシステムを、AWS を利用して構築した。セキュリティを考慮し、機器から携帯電話回線経由でインターネットを介さず直接受け取る仕様とした。また、産総研にてこれまでに研究開発した、介護者が持つスマートフォンによる介護業務の記録システムも利用できるようにした。また、上記に加えて、移乗支援型ロボット Hug へのロギング機能の追加や、その他の機器で利用できる汎用のロガーシステムの開発を行った。

(2) 生活データの収集と分析・モデル化

まず、介護者の介護動作を計測するための手法の開発を行った。歪みセンサが組み込まれたセンサスーツを用いて様々な動作を計測し、深層学習などの AI 技術を用いて動作を判別する手法を構築した。また、RT.2を用いて機器からとれるデータを用いて歩行状態を判別する手法の構築も試みた。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 介護ロボット、AI、IoT、データ収集、分析

〔研究題目〕 次世代人工知能・ロボット中核技術開発
／次世代人工知能技術分野・AI 活用による安全性向上を目指したスマートモビリティ技術の開発

〔研究代表者〕 松本 治（ロボットイノベーション研究センター）

〔研究担当者〕 松本 治、阪野 貴彦、横塚 将志、田中 秀幸、堀内 英一、富田 康治、宮腰 清一、トンプソン サイモン、橋本 尚久（ロボットイノベーション研究センター）（常勤職員9名）

〔研究内容〕

現在、高齢者個人移動支援用のモビリティとして電動車いすがあるが、自動車と同様、操縦ミスによる事故が数多く報告されている。その内訳としては、交通事故による死亡事故の約8割が道路横断中、交通事故以外による死亡事故の約6割が転落によるものである。一方で、現状の電動車いすはユーザによるマニュアル操縦が基本であり、自律的に周囲の環境を検知・判断し、危険を回避するなどの搭乗者をアシストする機能は搭載されていない。歩行者空間を走行するパーソナルモビリティには、自動車に求められる安全技術とは違った、より複雑な静的・動的環境に対応する必要があり、現状の外界センサ情報処理技術では認識が困難なハザードに対応可能な安全技術が求められる。さらに、クラウド活用による危険

環境マップとの関連付けにより各モビリティの安全性を高める方策も有効であるが、都市空間や屋内空間などの GPS の信頼度が低い環境において、それを補完する安価な測位インフラ整備やその利活用技術も必要となる。このような技術的課題に対し、AI を用いて解決する技術を開発し、さらに開発した技術については実際の都市空間において実証実験を行うことで実用可能性を検証し、新たなスマートモビリティ技術の創製を目指す。本研究開発では、①段差検知や歩車道認識といった静的危険環境認識技術、②他の通行人を避ける経路を学習する動的障害物回避技術、③自己位置を正確に算出する高精度マーカによるシームレス測位技術を開発し、④都市空間での実証実験を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 モビリティ、搭乗型移動支援ロボット、AI、強化学習、安全性向上

〔研究題目〕 次世代人工知能・ロボット中核技術開発
／次世代人工知能技術分野／熟練スキルを搭載した知能ロボットの研究開発

〔研究代表者〕 鎮西 清行（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 鎮西 清行、江渡 浩一郎、小関 義彦、坂無 英徳、橋村 圭亮、山下 樹里（常勤職員6名、他2名）

〔研究内容〕

本研究課題は、NEDO「次世代人工知能・ロボット中核技術開発／次世代人工知能技術分野」事業の先導研究の一部である。本研究では、他の参加機関とともに「形状や硬さなど特性のばらつきが大きく、柔らかい対象物のロボットによるハンドリング」に、「その作業を行う人間の熟練者に特徴的な動作や判断（＝熟練スキル）を学んだ AI」を応用することで「熟練スキルを搭載した知能ロボット」を実現するための基盤技術を開発する。熟練スキル AI と、熟練スキルを搭載した知能ロボットの社会実装の適用先として、「病理検体の切り出し作業支援ロボット」を開発するための先導研究を行う。このうち、産総研では「熟練スキル AI の開発と熟練データ集積・処理基盤技術」を担当する。

平成29年度には以下の成果を得た。

①熟練スキル AI の基本設計を完了した。熟練スキル AI を3つの学習モデルからなる AI に分解し、そのプログラミングを開始した。インターネット上のデータと模擬標本を用いて病変部の特徴量を学習し、大腸のサンプル画像における病変部の有無の確率分布を推定する実験を開始した。

開発物・ソフトウェアとしては、熟練スキル AI による病変部位の特定を試行するための熟練スキル AI 装置の試作を開始した。また、タブレット端末で熟練病理医が動画にコメント（アノテーション）を追加する機能も手技評価アプリケーションを他機関と連携して開発し

た。

事業に参加していない他の多くの機関の被験者が AI 構築に参加する基盤技術として、手技記録集積・処理のネットワーク対応のための基本設計を完了した。クラウド上のデータの真正性を保証する技術を導入した。手技記録集積・処理アプリケーション、手技評価アプリケーションの開発を開始した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】人工知能、深層学習、技能伝承、クラウドデータベース、サイバーセキュリティ

【研究 題 目】次世代人工知能・ロボット中核技術開発
／次世代人工知能技術分野／空間移動時の AI 融合高精度物体認識システムの研究開発

【研究代表者】高木 秀樹（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】高木 秀樹、日暮 栄治、倉島 優一、松前 貴司（常勤職員4名）

【研究 内 容】

NEDO 事業「空間移動時の AI 融合高精度物体認識システムの研究開発」では、自律移動ロボットやパーソナルモビリティ等の、自律移動機能を持つロボットに着目し、様々な外乱のある実環境において、空間の認識精度を従来にないレベルに高める技術の開発に取り組んだ。可視光と同じ視点から撮影した赤外光の画像情報とカメラの姿勢情報とを AI で融合した、物体認識アルゴリズムについて研究開発した。さらに、ロボットに搭載可能で、画像情報と姿勢情報の質を飛躍的に高める革新センサとして、プラズモニクワイドバンドイメージャと高精度分子慣性ジャイロの研究開発を実施した。

プラズモニクワイドバンドイメージャに向け、基板接合技術により光共鳴アンテナ構造を保護する技術の要素開発を進めた。アンテナ表面に成膜する厚さ数十 nm の Au 薄膜を利用して、ウェハレベル、常温、大気圧雰囲気下でウェハを接合する技術を開発し、接合界面は十分な強度を有していることを立証した。また、表面を活性化化するプラズマ源として、酸素プラズマよりもアルゴンプラズマが、機械的な強度および電気抵抗の観点から優れていることを示した。分子慣性ジャイロの性能向上のため、圧力センサとして用いる超小型カンチレバーの高感度化に取り組んだ。活性層 50 nm の極薄 SOI 層をピエゾ抵抗センサとして用いるため、SOI ウェハと酸化膜を形成した Si ウェハを、プラズマ表面処理を用いて接合した。機械研削および化学エッチングにより SOI の支持基板を除去することで、50 nm の薄膜 Si 層を転写するプロセスを開発した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】画像センサ、赤外線画像、ジャイロセンサ、基板接合、MEMS、AI、IoT

【研究 題 目】次世代人工知能・ロボット中核技術開発
／次世代人工知能技術分野／高齢者の日常的风险を低減する AI 駆動アンビエントセンサ・アクチュエータシステムの研究開発

【研究代表者】小林 健（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】小林 健、竹井 裕介、銘苅 春隆、平間 宏忠、魯 健、張 嵐、本村 陽一、瀬々 潤（常勤職員8名）

【研究 内 容】

本研究では、誤嚥リスクを低減させるためのセンサシステムとして、食べ物の種類や量、喫食時の姿勢や体調などの身体情報を、カメラやマイク機能付き眼鏡（スマートグラス）でモニタリングし、これらのセンシング情報をもとに AI が、誤嚥の可能性が高い状況だと判断した場合に警告音を発してヒトに注意を促すことで、能動的に注意深く摂食・嚥下を行わせるシステムを提案している。

平成29年度は、摂食時の誤嚥リスクを判別するための計測項目の選定、画像による飲食品種別判別のための飲食品画像の収集、誤嚥リスク判別のためのメガネ型デバイスの試作の3項目を実施した。

摂食時の誤嚥リスクを判別するための計測項目の選定では、医学的な知見に基づき、嚥下音、頭部・下顎の動き、筋電に着目し、メガネ型デバイスでこれらの情報を取得可能な検討を行った。本研究では、市販の音響センサを用いて液体を嚥下した際に発生する嚥下音を喉およびメガネが顔に触れるこめかみ、鼻で計測し、信号の強度を比較することで、メガネ型デバイスのどこに音響センサを取り付ければよいか検討を行った。

画像による飲食品種別判別のための飲食品画像の収集では、食卓をカメラで撮影することで、これから食べる食事に誤嚥リスクが高い食品が含まれていた場合に、事前にヒトに注意を促すことを目指し、AI が画像から食品の種類を判別するために、必要な学習用の食品画像の収集を行った。

誤嚥リスク判別のためのメガネ型デバイスの試作では、3D プリントでメガネフレームを作製し、装着時にヒトのこめかみ及び鼻と接触する箇所音響センサ、弦の部分に3軸加速度を配置し、咀嚼・嚥下時の生体情報が取得できることを確認した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】嚥下、誤嚥、生体計測、人工知能、ディープラーニング

【研究 題 目】道路インフラモニタリングシステムの研究開発

【研究代表者】小林 健（集積マイクロシステム研究センター）

〔研究担当者〕 小林 健、山下 崇博、岡田 浩尚、
高松 誠一、ダニエル ジメルカ、
伊藤 寿浩（常勤職員3名、他3名）

〔研究内容〕

NEDO 事業「フレキシブル面パターンセンサによる橋梁センシングシステムの開発」において、道路インフラモニタリングに必要な不可欠なフレキシブルひずみセンサレイシートの開発を行った。高速道路橋における実証試験に関しては、実証試験フィールドである阪神高速13号法円坂出口付近、および阪神高速4号湾岸線箱桁内の環境に適したセンサのレイアウトや無線システムの構築、センサ施工方法の選定などを行い、実際にセンサを貼り付けて測定を実施した。特に阪神高速13号法円坂出口付近に関しては、無線送信機の電源以外のシステムに関してはソーラーパネルによる給電で自立駆動し、遠隔操作ができる状況を確認した。大規模インフラモニタリングに関しては、実証現場が決定し、実際にダム監査廊内にセンサを施工した。また、リモート操作や遠隔モニタリングするための通信環境整備計画を立案した。具体的には10台の無線中継器を用いてセンサ設置場所からコンセントレータ設置箇所であるダム管理所まで通信を繋ぐ検討を行った。極小面積ひずみセンサチップの設計手法と製造プロセスの開発に関しては、センサ面積を1/10以下に極小化し、低コスト化を図ることを目的として開発を行った。ピエゾ抵抗ひずみセンサの小型化における切り離し構造の最適化を行い、アンカー数4、アンカー幅5 μm の切り離し構造で長さが1/10で面積では1/100のデバイスの実装が可能となった。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 ひずみセンサ、MEMS、センサネットワーク、IoT、インフラモニタリング

〔研究題目〕 次世代人工知能・ロボット中核技術開発
／次世代人工知能技術分野／物流サービスの労働環境改善と付加価値向上のためのサービス工学×AIに関する研究開発

〔研究代表者〕 大隈 隆史（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 大隈 隆史、蔵田 武志、河本 満、
一刈 良介、張 慶椿、前川 廣太郎、
Thangamani Kalaivani（以上、人間情報研究部門）、吉田 英一、鮎沢 光
（以上、知能システム研究部門）、堀部 雅弘（物理計測標準研究部門）、
吉田 学（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）、武田 裕司（自動車
ヒューマンファクター研究センター）、佐々木 洋子、竹中 毅、大西 正輝
（以上、人工知能研究センター）
（常勤職員11名、他4名）

〔研究内容〕

物流サービス分野では、経営者、従業員、顧客に地域社会を加えたステークホルダー間での価値共有と、人手不足解消のための労働環境改善による物流サービスの持続性向上が重要な課題として設定される。このような背景を踏まえ、物流現場の協力を得て人工知能と融合させるサービス工学技術についての研究開発を実施した。このとき、人工知能を活用する上で重要な教師データとなる「ディープデータ」の効率的な整備を技術課題として設定した。また、既存センシング技術による物流現場プロセスの「ビッグデータ」、新たに整備する「ディープデータ」、人工知能研究センターの成果の一つである ABCI 等の「AI クラウド」の高度な統合による、物流サービス現場の改善案や新サービスの設計を支援する技術の実現も重要な技術課題であった。

本先導研究では産業技術総合研究所、筑波大学、東京大学人工物工学研究センターの3機関で連携し、①物流現場の労働環境の詳細把握と AI による学習・モデル化技術の開発、②改善案や新サービスの効率的な事前評価のためのヒューマンファクターを含むシミュレータ開発、③サービス・トライアングルと地域社会の持続性に関する分析とサービス設計、④新バリューチェーン具体案実証の4テーマで研究開発を実施した。

①のテーマでは、データの欠損率1%未満での行動計測可能な計測システムを開発した。また、学習用ディープデータとして、実際の物流倉庫作業員による全身運動計測を達成した。今後正解データラベル付けの完了後、学習と認識率評価を実施する予定である。IR ビーコンによる屋内測位技術についても開発し、5%以下のデータ欠損率で安定した測位が可能であることを確認した。また、薬局の実店舗における従業員、買い物カゴ、一部の高額商品を模した対象、これに加えて、ピッキングカートの実験も実現した。

②のテーマでは、従業員視点評価指標を取り入れたシミュレータを用いて、15%程度の誤差で移動距離をシミュレーション可能とした。この誤差をモデルとして考慮することで、作業時間に関しては、実測値による作業時間に対するシミュレーションによる作業時間は約1.008倍で推定できることを確認した。

③のテーマでは、物流サービス分野に関与する経営者、従業員、顧客それぞれのステークホルダーにおける価値共有と人手不足解消のための労働環境改善による物流サービスの持続性向上に関する大規模アンケートを実施し、消費者30000人、従業員3000人、経営者1600人強からの回答を得た。また、個人顧客の参加意識の現状モデルについても構築し、計算機上へのモデル化を実現し、現在の物流サービス業の特徴分析を実施した。

④のテーマでは、鋼製橋梁模型を用いたラボ実験により、計測デバイス、損傷検知を行う解析・評価モデルが機能することを確認した。ラボ実験における損傷検出率は、重度損傷（横桁喪失）では100%、軽度損傷（横桁

ボルト緩み) の場合は80 %であり、目標値を上回る成果を得た。ただし、GPS 精度がこれらの結果を得るには不十分であることも分かった。今回は手作業によるデータ補正と選別(異常値除去)を実施している。また、要介護者などにも容易に着用可能なウェアラブル BLE を開発し、5 m 以上の距離から検知できることを確認した。また、技術適合認証も取得することができ、開発目標を達成した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 サービス工学、行動計測・分析・可視化、行動シミュレーション

〔研究 題目〕 次世代人工知能・ロボット中核技術開発
／次世代人工知能技術分野／人工知能技術を用いた植物フェノミクスとその応用に関する先導研究

〔研究代表者〕 永見 武司(知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 永見 武司、増田 健、小林 匠(知能システム研究部門)、中坊 嘉宏、藤原 清司(ロボットイノベーション研究センター)、谷川 民生(人工知能研究センター)(常勤職員6名)

〔研究 内容〕

植物の遺伝情報および生育環境からあらわれる表現型を解析する植物フェノミクスが注目されている。本研究課題ではこのアプローチを、レタスなどの園芸植物の生産技術に活用する。このため、センシング技術と人工知能技術によって植物の成長過程を非侵襲で包括的に計測する植物フェノタイプ解析基盤を開発し、特性や成長量を総合的定量的に把握する手法として確立する。具体的には、人工光型植物工場の諸機能をもとに植物フェノミクス実験環境を構築し、複数の植物(レタス類、葉草)を対象に環境情報(温度、湿度、光エネルギー、養液成分等)と形質情報(3次元構造、葉温分布、葉数、葉面積、葉傾斜、花芽、含有成分等)を収集し、人工知能技術を用いて解析することとしている。本年度は、姿形と葉の活性度等の形質情報を計測するためのセンシングシステムを開発し、植物工場でのレタスを対象に苗から収穫前までの計測を開始した。これとともに、人工知能による栽培制御が迅速かつ円滑に行える栽培プラットフォームを新たに開発することを目標に、本年度は設置規模に応じた増減が可能な栽培システムと、これに実装する駆動装置と制御インタフェースの仕様策定および設計を行った。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 植物工場、環境センシング、植物フェノミクス、人工知能、画像処理

〔研究 題目〕 エネルギー・環境新技術先導プログラム
／未踏チャレンジ2050／磁気-熱-電気

間相互作用の体系的解明と新原理デバイスの開発

〔研究代表者〕 村田 正行(省エネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 村田 正行、青山 佳代
(常勤職員1名、他1名)

〔研究 内容〕

インターネットの普及によるユビキタス社会は年々進み、様々なものがインターネットにつながる IoT デバイスの普及と共に、今後年間数千億個のセンサが社会実装されると予想されている。それに伴いエネルギー消費量が増加することが懸念され、環境に与える負荷を最小限にするセンサや電源技術の確立が、IoT の普及の鍵を握っている。そこで本研究課題では、その基盤要素技術となる省電力センサや微量の熱源から電力を供給する環境発電デバイスの技術開発を行う。これまで研究の空白領域になっている、磁気と熱と電気が作用し合う「熱磁気効果」に着目し、温室効果ガス削減へ寄与する新しい技術を提案する。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 熱電変換、熱磁気効果、磁気ゼーバック効果、ネルンスト効果

〔研究 題目〕 次世代人工知能・ロボット中核技術開発
／次世代人工知能技術分野／AI×ロボティクスによる高度マテリアルハンドリング・システムの研究開発

〔研究代表者〕 谷川 民生(知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 谷川 民生、永田 和之、吉安 祐介、金 奉根(知能システム研究部門)、金崎 朝子(人工知能研究センター)
(常勤職員5名)

〔研究 内容〕

人工知能を自律移動とマニピュレーションの両者に適用・統合する技術と、それを実装したロボット・システムの研究開発に取り組み、高度な自動化マテハン・システムの実用化を目指す。コンビニエンスストアという自動化難易度の高い環境を想定して技術開発を行うことで、店舗内作業以外の物流分野や介護・福祉など物流以外の作業分野のサービス・ロボットにも展開可能な開発成果を得ることが期待できる。さらにその社会実装を加速すべく、市場ニーズ調査と有望アプリケーションの検討を行って実用化エリアの優先順位を見極め、本格研究での開発内容と目標の明確化につなげる。

本年度の成果として、障害物の有無を記述した環境の二次元地図とロボットおよびゴールの位置を入力とし、ゴールに近づくための最適な移動方向を出力する深層ネットワークを学習した。深層ネットワークへの入力データとして、周囲の地図形状と過去の移動履歴を6チャンネル画像で表現する方法を提案し、従来手法 VIN [Tamar et al., NIPS 2016] と比べて高速・高性能な

ロボットナビゲーションが可能であることを示した。また、商品のマニピュレーション戦略を建てる上で、まずは、商品の位置・姿勢のリアルタイム計測が重要となる。これに対して畳み込みニューラルネットワーク（CNN）を用いたコンビニ商品の位置・姿勢推定を行った。4種類の商品（おにぎり、サンドイッチ、紙パック紅茶、カフェラテ）について、画像（計8500枚）、2次元物体領域、3次元姿勢、3Dモデルを含むデータセットを構築し、CNNを学習した。その結果、物体位置・姿勢を20 fps程度で検出可能であることを確認した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】マニピュレーション、人工知能、移動技術

【研究題目】高付加価値セラミックス造形技術の開発

【研究代表者】大司 達樹（材料・化学領域）

【研究担当者】大司 達樹（材料・化学領域）、
近藤 直樹、日向 秀樹、長岡 孝明、
堀田 幹則、北 憲一郎、嶋村 彰紘
（以上、構造材料研究部門）、明渡 純、
篠田 健太郎、鈴木 雅人、森 正和、
Shahien Mohammed、佐伯 貴紀、
野田 浩章（以上、先進コーティング技術
研究センター）
（常勤職員9名、他5名）

【研究内容】

本事業では、従来のセラミックス製造プロセスでは困難であった高付加価値部材の製造を可能とし、革新的部品設計を高付加価値製品群として実現できるセラミックス造形技術として、複雑形状付与技術（3D積層造形技術）および表面構造付与技術（ハイブリッドコーティング技術）を新たに開発するとともに、実際にこれらの新技術を活用した高付加価値部材開発を通じて、イノベーションスタイルを実証することを目的とする。

3D積層造形技術では、主として、粉末積層造形において、前年度までに得られたプラットフォーム技術を基に、原料混合装置を導入して、乾式混合や湿式混合等の混合方法を試すことにより造形用原料の改良を進めた。また、平成26年度導入の粉末積層造形装置の予熱温度高温化改造をおこない、実部材作製に向けて従来より高い予熱温度下での造形条件最適化を図った。さらに、実部材を想定したモデル部材等の試作技術を構築し、「部材化技術の開発」やその他部材へ反映させた。また、トポロジー最適化手法を適用したモデル部材として、ステージモデルの試作をおこなった。さらに、成果普及に向けて、公開可能な技術の整理をおこない、SIP内外企業によるテストユースの実施方法を検討した。

ハイブリッドコーティング技術では、主として、前年度までに開発したハイブリッドAD法をコアとするプラ

ットフォーム技術を基に、複雑形状対応化技術の検討をおこなった。大型複雑形状への製膜時のステージ安定性が課題であったが、ステージ動作状況を改善し、200mm角程度のサンプルの製膜が可能となった。このプラットフォーム技術により、「部材化技術の開発」における各開発課題の目標達成に貢献した。また、ハイブリッドAD法において前年度までに明らかになった原料粉末利用率向上因子についてモデル実験等を通して知見を深化させ、複合原料粒子の再設計・試作をおこなった。出発原料に機能特性をもたせた原料粒子のコーティング試験開始し、原料粒子の流動性の向上と解砕特性の制御により、原料利用率の改善を行った結果、原料粉末利用率で、現状AD法の3倍をほぼ実現した。さらに、これにより得られた複合原料粒子を用いて付着効率向上の検討をおこない、成膜速度で、現状AD法の10倍をほぼ実現した。

また、前年度に立ち上げたコーティング拠点（先進コーティング技術研究センター）が第三者企業に幅広く利用できる支援体制の構築をおこなった。コーティング拠点事例化装置を導入し、試作希望企業の対応可能な体制を整えるとともに、連携可能な他拠点、技術を増やし、拠点利用企業の改善要望により迅速に対応できる体制とした。B to B事例では、40社以上の拠点利用希望企業の試作ナビゲートを行い、試作品の作製・評価まで至った中でも、特に2社から高い評価を受け、量産化・事業化に向けた課題解決を検討するステージへと移行する事例を得ることができた。B to C事例では、調理器具を例題として、新潟県公設試を始めとした地方公設試との連携を行い、アジャイル設計・試作を行って行く中で、拠点の運営方法の検討、利用対象企業の拠点利用方法の整理を行った。また、B to B、B to C試作を通して、特定のアプリケーションを参考に拠点データベースの特性項目の整理をおこない、拠点データベースの基本仕様を策定した。また、拠点データベースの汎用ツール化を進め、デライトデザインマップの活用により、付加価値の見える化に取り組むことが、改良試作を重ねる中で新たな企業ニーズを引き出す上で有効であることがわかった。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】セラミックス、造形技術、コーティング技術

【研究題目】生物表面模倣による難付着・低抵抗表面の開発

【研究代表者】穂積 篤（構造材料研究部門）

【研究担当者】穂積 篤、浦田 千尋、佐藤 知哉
（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

革新的な着氷雪防止機能を有する光透過性に優れた多機能性フィルムの開発を行った。本プロジェクトでは、

我々が開発した「粘液分泌によるナメクジの防汚性」を模倣した“離しょうポリマー：SLUG (Self-Lubricating Gels)” (特許 6245714 号, *J. Mater. Chem. A*, 3 (2015) 12626.) を改良した新規樹脂と陽極酸化アルミナを利用し、SLUG 表面にモスアイ構造 (無反射機能) を付与する技術を確立した。特に、ナノスケールでの微細加工に適した硬度を持ち、0 °C 以下でのみ樹脂表面から不凍液がにじみ出して着氷雪防止機能が発現するこれまでにない機能性樹脂の開発に取り組んだ。モスアイ効果による優れた光透過性に加え、外部エネルギーに依存することなく氷・雪・霜の付着を抑制できる、温度応答型の多機能性透明フィルム (40×60 cm² サイズ) を作製することに成功した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】モスアイ構造、着氷雪防止、離しょう、SLUG

【研究 題 目】ナノクリスタルエンジニアリングによる材料・デバイス革新

【研究代表者】三村 憲一 (無機機能材料研究部門)

【研究担当者】三村 憲一、高田 瑤子、加藤 一実 (常勤職員3名、他2名)

【研究 内 容】

本研究開発では、ナノキューブ集積体の優れた物性を応用することにより、多くの電子デバイスの小型化、高性能化を目指し、特に次世代小型大容量キャパシタ、大容量強誘電体メモリ、超高性能誘電エラストマー、高機能光学フィルム等の革新的デバイスを実現することを目的としている。本年度は、チタン酸バリウム系ナノキューブおよびチタン酸ジルコン酸鉛ナノキューブの合成および集積化技術の開発を行った。特に、チタン酸バリウムの Ti サイトの一部を Zr に置換した Ba (Zr, Ti) O₃ ナノキューブについて、Zr 置換量が10 mol%の三次元集積体の誘電特性の温度依存性が非常に小さくなることなどを明らかにし、個々のナノキューブ自体の固溶体組成の調節による特性制御に関する基礎的な知見を得た。さらに、チタン酸バリウムナノキューブの大面积モノレイヤー集積化技術を新たに開発し、チップ増強ラマン散乱測定による単一粒子の構造解析の結果、個々のチタン酸バリウムナノキューブが強誘電性を有する正方晶構造であることが明らかとなった。また、チタン酸ジルコン酸鉛キューブを水熱法により合成し、透過電子顕微鏡観察や走査プローブ型圧電応答顕微鏡測定により、単結晶であることや組成制御が可能であることを確認し、個々のキューブにおいて圧電性・強誘電性を発現することを明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ナノクリスタル、組成制御、自己組織化、誘電体材料、強誘電体材料

【研究 題 目】革新的高飽和磁束密度・低鉄損軟磁性粉体の開発

【研究代表者】山本 真平

(磁性粉末冶金研究センター)

【研究担当者】山本 真平、今岡 伸嘉、松本 章宏、尾崎 公洋 (常勤職員3名、他1名)

【研究 内 容】

高性能モータやコイル用のコア材料に求められる高い飽和磁束密度 (Bs) と低い保磁力 (Hc) を併せ持つ軟磁性材料を作製し、その磁気特性、特に周波数特性を評価し、低鉄損材料としての可能性を明らかにすることを目指した。従来の電磁鋼板やアモルファス・ナノ結晶リボンとは一線を画す粉体状の軟磁性材料を合成し、粉体特有の高い成形自由度を活かした高密度成形技術開発を行うとともに、既存の軟磁性粉体では困難な焼結プロセスによる高強度成形も試みた。具体的には、予備実験で見いだされた2.0 T以上のBsと10 A/m以下のHcを併せ持つ軟磁性粉体系を対象として研究を行い、以下の成果を得た。①第3元素の添加などによりさらなる特性向上・生産の安定化を図ることを目的して探索を行い、多数の新規軟磁性材料系を見いだした (特許出願：7件)。②成形体で1.8 TのBsを実現するために90 %程度以上の焼結密度を実現することを目的として研究を行い、90 %程度以上の焼結密度を実現する条件を見いだした。③固化成形体の作製が比較的容易な板状試料を用いたスクリーニング、およびリング状試料を用いた詳細・定量的な特性評価を行いうる体制の確立を目的として研究を行い、詳細・定量的な特性評価を行いうる体制を構築した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】軟磁性粉体、化学合成

【研究 題 目】エネルギー・環境新技術先導プログラム／超高変換効率新規プロトン導電デバイスの開発

【研究代表者】山口 十志明 (無機機能材料研究部門)

【研究担当者】島田 寛之、山口 祐貴、藤代 芳伸 (常勤職員3名)

【研究 内 容】

新規プロトン導電性材料として、Yb ドープ BaZrO₃ (以下、BZYb) を薄層電解質材料に選択し、多孔質サーメット負極支持体との接合技術開発を行った。難焼結性で知られるBZYbは、1,550 °Cの焼成においても5 %以下しか収縮していなかった一方、負極支持体は1,550 °Cにかけて収縮率が増加し、20 %以上の収縮ミスマッチが存在した。比較組成として、2 wt%NiO 添加BZYb 組成では、1,450 °Cの焼成で完全に緻密化され、60 wt%NiO-40 wt%BZYb 負極支持体との収縮ミスマッチを数%以内に抑制できる可能性を示した。PCFC 動作時には NiO は水素により還元され Ni になり、54

wt%Ni-46 wt%BZYb 組成へ変わると同時に、開気孔率は20 vol.%以上増加し、25 °Cおよび Ni が再酸化されない300 °Cでの曲げ強度は、焼成温度1,500 °Cにて120 MPaであった。

約10 μm の層厚みを有する BZYb 電解質が60 wt%NiO-40 wt%BZYb 負極支持体により構造保持されたハーフセルに対し、(La_{0.8}Sr_{0.2}) CoO₃空気極層(φ8 mm)をスクリーン印刷で形成し、950 °Cにて焼き付けた PCFC について電気化学的な評価を行った。なお、60 wt%NiO-40 wt%BZYb 負極支持体について、水素雰囲気中で導電率測定を行った結果、1,450 °C以上の焼成で1,100 S/cm の導電率を有しており、平成29年度目標の1,000 S/cm 以上を達成した。60 wt%NiO-40 wt%BZYb 負極支持体厚みを600 μm と一定にし、BZYb 電解質層厚みを7 μm~13 μm で変えたときの電流-電圧特性を示す。BZYb 厚みを13 μm とすることで、BZYb 電解質の課題であった電子リーク損失を低減でき、PCFC モードにて1.008 V 以上の開回路電圧を達成した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕プロトン導電、セラミック焼結、接合

〔研究題目〕エネルギー・環境新技術先導プログラム／精密制御技術を駆使した脱硝触媒の高度利用技術開発

〔研究代表者〕木村 辰雄（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕木村 辰雄、富田 衷子
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

研究プロジェクト全体の研究開発責任者としての役割を果たすとともに、研究推進に於いては、脱硝触媒の高性能化に資する無機機能材料の開発として、両親媒性有機分子を利用した精密多孔化技術を駆使し、アルミナ、チタニア、希土類酸化物（Y₂O₃等）といった候補組成について、高表面積の酸化物薄膜として得るための成膜プロセスの高度化／最適化を推進し、触媒材料として利用可能な粉体試料として回収できるよう、噴霧乾燥プロセスへの適用を検討した。両親媒性有機分子を利用した規則性多孔体の研究分野では、シリカやカーボンといった組成を除くと、ほとんどの組成で粉体試料の合成技術が確立できていないため、両親媒性有機分子が溶媒揮発の過程で自己集合する現象を利用した酸化物薄膜の多孔化技術を粉体合成に拡張し、最適な組成に前駆溶液を調製する等して、より均質な多孔質アルミナの粉体試料化を試みた。その結果、世界最高レベルの高表面積メソポーラスアルミナの粉体合成に成功するとともに、両親媒性有機分子の自己集合や球状に凝集する挙動を利用した多孔質アルミナ粉体の孔径制御の可能性についての知見も得ることができた。回収したメソポーラスアルミナ粉体試料を異なる温度で焼成してアルミナ骨格の結晶化挙動を調査した結果、多孔性のある程度保持したままアル

ミナ骨格の結晶性を90 %程度にまで高めることができ、孔径が大きい方がメソポーラス構造の安定性が高くなることを実験的に明らかにした。また、その場観察測定用セルを用いた赤外分光測定により、アルミナ表面或いは導入した触媒成分への窒素酸化物の吸着挙動やアルミナ骨格の結晶性の影響等を調査し、開発材料の表面での各種窒素酸化物の吸着挙動を明確化した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕脱硝触媒、精密多孔化、メソポーラス材料、アルミナ、粉体合成

〔研究題目〕触媒の表面化学、構造解析と設計

〔研究代表者〕藤谷 忠博

（触媒化学融合研究センター）

〔研究担当者〕藤谷 忠博、中村 功（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究では、昨年度に引き続き、Ag(111)上でのDMTSの吸着と分解特性を調べ、これまでに得られたAu(111)との違いについて検討した。

昨年度までの検討により、100 KでDMTSの解離吸着により生成したCH₃Sは、Au上では加熱してもC-S結合の切断は進行しないが、Ag上では切断されることを明らかにした。そこで今年度は、Ag(111)上でのCH₃SおよびCH₃SSの熱反応特性が、Au(111)でみられたように、それらを生成させる温度によって変化するかどうかについて調べた。その結果、100-300 Kのどの温度で生成させた表面でも、加熱後は、CH₃SとCH₃SSに基づくSと同じ量の原子状Sが認められたことから、Ag(111)上では生成温度とは関係なく、両吸着種のC-S結合がすべて切断されたものと考えられる。これは、昇温脱離の結果からも確認された。したがって、解離吸着種の生成温度によって種々の反応過程がみられたAu(111)とは大きく異なることが明らかとなった。これは、本質的には、Au-S結合とAg-S結合の強さの違いに起因すると考えられる。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕貴金属触媒、ジメチルトリスルフィド、吸着と分解

〔研究題目〕イオン液体中でのリチウム dendroライト成長の抑制と保護層への適用

〔研究代表者〕佐野 光（電池技術研究部門）

〔研究担当者〕佐野 光、橘田 晃宜、鹿野 昌弘、山下 奈美子、灰塚 ユミ
（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化研究開発(ALCA)次世代蓄電池プロジェクトに参画し、次々世代電池チーム金属-空気電池サブチームおよびLi金属負極特別ユニットにて、リチウム金属空気電池やリチウム

金属負極を用いた電池の実用化に向けた取組みを行っている。

最近報告の多い溶媒和イオン液体系や高濃度電解液系の電解液を用いた場合について、SEM や光学顕微鏡での負極での dendrite 生成の可能性の検証に加え、dendrite 成長の解析において重要となる初期過程の挙動の調査として、AFM を用いた金属リチウム電析のその場観察も行っている。特に溶媒和イオン液体系や高濃度電解液系を用いた場合について、測定手法を工夫することで、より安定した測定を実現した。

高濃度電解液 (LiFSA:DMC(1:1.1 mol)) において、一般の電解液と同様に、電流密度に依存して析出形態が変わること、特に 1 mA cm^{-2} 程度以上の電流密度であれば dendrite 抑制能があること、低電流密度域においては析出形態がより dendritic となることを SEM 観察により明らかにした。またこの電解液は析出初期においても他の従来電解液に比べ dendrite 抑制能が高いことを、in-situ AFM による初期挙動調査でも明らかにした。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 金属リチウム、dendrite 抑制、空気電池

【研究 題 目】 粉末焼結プロセスを用いた酸化物バルク型全固体電池の創成

【研究代表者】 奥村 豊旗 (電池技術研究部門)

【研究担当者】 奥村 豊旗、小池 伸二、鹿野 昌弘、竹内 友成、田港 聡、山口 洋一、山本 貴憲、和合 由美子 (常勤職員4名、他4名)

【研究 内 容】

先端的低炭素化技術開発次世代蓄電池プロジェクトに参画し、粉末焼結プロセスを用いた酸化物バルク型全固体電池の創成に取り組んでいる。

すでに昨年度、粉体焼結プロセスを用い、当プロジェクト内で着目する低融点電解質と高イオン伝導性酸化物固体電解質とを組み合わせてモデル半電池を作製し、目標とする室温 (25 °C) 作動が実証できることを示した。しかしながら実用化を見据えるには、さらに大幅な出力特性の改善が必要となる。そこでチーム内では、その方法の一つとして高イオン伝導性酸化物固体電解質に可塑性固体電解質を被覆したコア・シェル固体電解質の開発を検討することにシフトしている。弊所では今年度、上記に適用可能なシェル電解質として LISICON 型酸化物をベースにしたアモルファス酸化物電解質を新たに見出した。この電解質は、電極活物質と簡便に固固界面を形成することや、耐還元性が高いこと、組成選択の幅が広いこと、といった他の酸化物にない特色を併せもっていることがわかった。そして、高イオン伝導性酸化物固体電解質を使用せずに、このシェル電解質のみを用いても室温 (25 °C) 作

動可能であることがわかった。

また、このシェル電解質を用いれば乾式粉体処理を施すことでコア・シェル固体電解質を作製可能であることも明らかになり、次年度以降にコア・シェル固体電解質を用いることで酸化物バルク型全固体電池の更なる出力特性向上に繋がることが期待できる。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 二次電池、リチウムイオン電池、酸化物バルク全固体電池、通電焼結法

【研究 題 目】 ①シート型フルセルの作製における多層化検討、②蓄電池基板プラットフォーム

【研究代表者】 倉谷 健太郎 (電池技術研究部門)

【研究担当者】 倉谷 健太郎、竹内 友成、河村 雄司、荒木 美幸、瀧川 一雅 (常勤職員2名、他3名)

【研究 内 容】

全固体リチウム二次電池の実用化の促進には、シート型の全固体電池を試作し、本質的な課題抽出を行った上で新技術を開拓する必要がある。先端的低炭素化技術開発次世代蓄電池プロジェクトに参画し、電池作製プロセスの設計・電極のシート化技術開発・シート型全固体電池の試作に取り組んでいる。

今年度はプロジェクトの最終目標である 200 Wh/kg のエネルギー密度を全固体電池で実証すべく、正負極ならびに固体電解質シートの開発・セル構築手法の確立にむけて研究を推進した。正極に関して、スラリーの作製条件を最適化することにより電極中の活物質割合ならびに電極厚みの増加が可能となり、単位面積当たりの容量が 6 mAh/cm^2 以上あるシート型電極の開発に成功した。固体電解質に関して、特定の離型シートの適用により従来 $100 \mu\text{m}$ 程度あった固体電解質層の厚みを約 $60 \mu\text{m}$ まで低減したシートの作製に成功し、固体電解質層の薄層化技術を確立できた。さらに甲南大学との協業により、上記正極・固体電解質シートと Si 溶射膜を負極に用いた全固体電池を構築し特性評価を行った。試作した全固体電池は単位面積当たりの容量がいずれも 6 mAh/cm^2 以上の正負極シートと 5 mg/cm^2 以下の比較的薄い固体電解質独立シートの積層体である。この電池は高拘束圧下において、集電体及び外装を除くセル重量当たりのエネルギー密度として 210 Wh/kg を示すことが確認でき、プロジェクト目標を超える成果を得ることができた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 二次電池、リチウム電池、革新電池、硫黄、正極

【研究 題 目】 ゼロソルベントによる新規電解質の開発

【研究代表者】 松本 一 (電池技術研究部門)

【研究担当者】 松本 一、大藪 理恵、赤井 尚人、竹田 和美 (常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

本提案課題では、最終的には300 Wh/kg～500 Wh/kgのエネルギー密度を実現できる電池系として金属負極を用いた二次電池系に焦点をあて、これに適用可能な電解質として、溶媒を含まないイオンのみからなる電解質系であるゼロソルベントに集中して研究を推進する。研究開始当初はリチウム金属系に焦点をあて、その後より挑戦的なマグネシウム等の多価金属イオン電池に必要な電解液の開発およびその固体化を検討する。

前年度からアニオンがキャリアとなる電池系の検討を開始した。10種類以上のパーフルオロアニオンからなるイオン液体中でのグラファイトへのアニオン挿入脱離について検討し、TFSA⁻が120 mAh/gの容量ならびに+5.0 V vs Li/Li⁺の高電位で作動することを確認した。また、グラファイト合剤電極の組成やイオン液体のゲル化などがサイクル特性に大きく影響することを見出した。

一方、高い理論容量が期待される金属塩化物であるBiCl₃（理論容量255mAh/g）について検討した。電解液にブチルメチルイミダゾリウム（BMI）とTFSAからなる汎用イオン液体にBMIClを3:2のモル比で溶解した電解液を用いることで、Mg金属負極ならびにBiCl₃合剤正極が理論電位で作動することを3極式セルによって確認した。合剤電極組成、電解液の最適化を今後検討し、利用率、サイクル特性の向上を目指す。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】金属負極二次電池、イオン液体、アルカリ金属中低温熔融塩、アニオン系電池

【研究題目】新規硫黄炭素コンポジット正極材料を用いた全電池作製

【研究代表者】竹市 信彦（電池技術研究部門）

【研究担当者】竹市 信彦、妹尾 博、小島 敏勝、安藤 尚功、森本 辰美、八木 三鈴（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

本研究課題においては、高エネルギー密度・低環境負荷・低価格・資源制約のないリチウム硫黄電池を実現化するため、1. 高性能正極材料の開発、2. 電解液の探索、3. セル構成の選定を開発項目とした。開発する電池性能の数値目標は、エネルギー密度200 Wh/kg、出力密度600 W/kg、充放電サイクル寿命200回が見越せていることとなっている。

今年度は、当研究所で開発した硫黄系正極材料を用いた大型電池評価に向けての電極作製と電池要素材料の最適化、更に劣化機構解明を中心に進めた。また、高性能な電池材料になり得るLi₂S/グラフェン複合体材料の大量合成の検証も進めた。

実用化を見据えセルメットを用いた電極を作製する際、調厚することによりセルメット内の空隙率が小さくなり、導電性が向上した結果、充放電時の分極が小さくなるこ

とを見出した。本材料を用いた電池では、初期段階に約30%の不可逆容量があり、その後も徐々に劣化する傾向を有している。充放電後の電解液を分析すると、活物質からの硫黄の溶出割合が、初期における活性劣化の割合と比較すると非常に小さな値であることから、劣化の要因は活物質の溶出ではないことを強く示すものであった。更に、分光学的評価方法からは、充放電時に体積変化を伴った構造変化がおきており、集電体からの剥離を生じ、この剥離が劣化の一要因になっている知見を得た。

また、Li₂S/グラフェン複合体の合成工程を検討し、出発原料の濃度や前駆体合成時に混合粉碎工程の追加、熱処理温度など種々改善を試みた結果、材料合成の大幅なスケールアップに成功し、安定的に合成できる見通しを得た。また、より簡便かつ大量に処理できる方法を検討し、この合成経路が確立されれば、合成にかかる期間が半減する可能性を見出した。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】リチウム二次電池、硫黄系正極、溶媒和イオン液体

【研究題目】研究成果展開事業センター・オブ・イノベーション（COI）プログラム COI 拠点「フロンティア有機システムイノベーション拠点」

【研究代表者】脇田 慎一

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】脇田 慎一、栗田 僚二、富田 峻介（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

本研究は研究成果展開事業センター・オブ・イノベーション（COI）プログラム「フロンティア有機システムイノベーション拠点」の産総研サテライトとして行っているものである。

平成28年度は、FET型唾液硝酸イオンセンサの社会実装を加速するために、プロトタイプの高性能化及び、新たに第三者評価実験として運動負荷被験者実験を立ち上げた。平成29年度は、開発を進めている唾液硝酸イオン検知膜を用いたセンサの高性能化を図り、特注のポケットmV計を用いた電子体温計型のFET唾液硝酸イオンセンサの第1プロトタイプの試作研究及び被験者実証実験を行った。

唾液300検体の実証試験を行った被験者実験で簡便な金属スプーン法を採用した結果、唾液試料中に含まれるムチンなどの夾雑物により、若干であるがセンサ応答値のドリフトが観測され、社会実装する際の大きな課題となった。そこで、膜材料に昨年度良好な結果を得た医用ポリウレタンに加えて、市販、入手可能な新規ポリウレタンの探索研究を行った。その結果、従来からの膜材料であるPVC、実証試験に使用したKP-13よりも、特注のポケットmV計を用いた第1プロトの試作研究を行っ

た結果、人工唾液溶液のみならずヒト全唾液を用いた場合でも、唾液硝酸イオン計測第1プロト機はドリフト特性の飛躍的な改善結果を得た。

さらに、COI プログラムに連携参画しているスポーツ健康学の専門家による定量的な運動負荷被験者実験を行った結果、簡単な急性運動負荷による運動ストレス前後の唾液硝酸イオン濃度測定した結果は、他の自律神経系指標よりも良好な結果が得られた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ストレス、バイオセンサ、実証研究、自律神経系評価

【研究 題 目】戦略的創造研究推進事業（CREST）
「ギ酸脱水素化触媒による高圧水素供給プロセスの構築」

【研究代表者】川波 肇（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】川波 肇、井口 昌幸
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究では、再生可能エネルギーを安定的・効率的に利用する水素エネルギー社会の実現に向け、安価・大規模な化学系水素貯蔵材料としてギ酸を用いて、優れた特性を持つ水素供給システムの基礎的・基盤的な技術開発を行った。即ち、均一系遷移金属錯体触媒を用いて、水中で高効率・高選択的なギ酸の脱水素化反応による水素供給システムの開発を行った。具体的には、水中100℃以下の温和な条件下、高性能・高エネルギー効率で、ギ酸から一酸化炭素を含まない“高圧・高品質水素”の連続供給を可能とする技術開発を目標として検討を行った。特に、この技術を実現すべく、“独自開発の触媒技術”と“世界屈指の高圧技術”をもつ産総研内のグループ同士とでタッグを組み研究を行った。

まず、平成29年度は、平成28年度に発見した40 MPa以上の高圧水素発生挙動から、これまでの装置の耐圧を98 MPaに対応するよう、新たに連続水素発生システムの改良および構築を行った。そのシステムを用いて98 MPa までの高圧条件下において触媒の反応挙動について検討を行ったところ、従来使用していた触媒より活性の高い触媒を使用し、劣化機構を速度論的に詳細に調べた。これまで皆無だった触媒の劣化機構を明らかにした。特に、配位子の置換基の位置の効果について明らかにし、高耐久性にむけた設計指針を示すことに成功した。昨年度からの KAUST の Huang 博士との国際共同研究を本年度も行い、彼らの合成した触媒の活性について検討を行った。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】二酸化炭素、水素、ギ酸、触媒

【研究 題 目】戦略的創造研究推進事業（ALCA）
「高純度同時糖化リグニンベース機能素

材の開発」

【研究代表者】敷中 一洋（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】敷中 一洋（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、従来法に比して環境負荷が極めて少ない植物高分子成分抽出法「同時酵素糖化粉碎」を通じた、非可食植物バイオマスの多糖類・リグニンの利用による低炭素社会の実現を目的とする。本研究の中で、当グループは同時酵素糖化粉碎で抽出される未変性リグニンの機能素材利用を担当する。

本年度は、多糖類酵素糖化と同時の植物粉砕「同時酵素糖化粉碎」を通じ抽出されたナノ粒子状未変性リグニンが、固体高分子電解質としての利用が期待されるポリエチレンカーボネートに対する耐熱フィラーとして機能することを見出した。具体的には、未変性リグニンを5重量%添加するだけでポリエチレンカーボネートの質量分解温度が70℃近く上昇した。これは、既存石油由来耐熱フィラーに比しても極めて優れた耐熱機能であり、耐熱性の低さがネックであったポリエチレンカーボネートの各種応用を促進する。リン・ハロゲンといった元素も必要としないため未変性リグニンは、環境に優しい耐熱フィラーとしての利用も期待される。また、放射光 X線散乱による構造評価より、未変性リグニンが板状粒子であることを解明し、表面積の大きい板状ナノ粒子であるリグニンが表面に持つグアイアコール構造が耐熱性付与をもたらしている可能性を解明した。本成果に関する論文が高インパクトファクターの国際誌に掲載された。また成果に関連した特許出願もおこなった。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】リグニン、耐熱フィラー

【研究 題 目】平成29年度地域産学バリュープログラム
「食品中発がん性物質処理用酵素のマイクロカプセル固定化技術の開発」

【研究代表者】藤原 正浩（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】藤原 正浩、石川 一彦
（常勤職員2名）

【研究 内 容】

本研究は、酒類等の食品中に存在する微量ではあるが無視できない発がん性物質を、酵素を用いて効率良く分解できる固定化酵素プロセスを研究する。産総研独自の方法によりシリカ・マイクロカプセル内へ発がん性物質を分解できる酵素を固定化し、この固定化された酵素を用いて発がん性物質の分解、および固定化酵素の回収・再利用に関する基盤技術を確立する。

上記技術の基盤を構築するためには、マイクロカプセル内の酵素含有量の向上、マイクロカプセル殻中の細孔径・細孔構造の最適化、分離性能の向上のための粒径最適化を研究する。それらの検討と共に、固定化酵素の発がん性物質の分解活性の評価も行い、本プロセスの実用

化の基礎を確立する。

本年度では、マイクロカプセルへの酵素内包において、シリカ原料溶液である水ガラス溶液（ケイ酸ナトリウム溶液）への酵素の混合法やエマルジョン作製時の操作法等を改良することで酵素含有量を向上させた。その結果、本研究期間内に目標とする酵素含有率を達成することができた。また、細孔径・細孔構造の最適化では、水ガラスからシリカを生成する溶液を改良することで、マイクロカプセルの殻中の細孔径を制御することを可能にした。一方、マイクロカプセルの粒径は、分離性能の向上のためには大きいほど良いが、高分散させ反応を速めるには小さい方が良い。そこで、エマルジョン作製時のホモジナイザー回転数等を調節することで、ピーク粒径を一定範囲内で制御することができた。こうして作製したマイクロカプセル固定化酵素による発がん性物質分解活性を評価し、比較的高い活性を保持していることも確認した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】マイクロカプセル、酵素固定化、発がん性物質、分解酵素、食品安全

【研究題目】生物多様性保全のためのパーム油産業によるグリーン経済の推進プロジェクト
国際科学技術共同研究推進事業 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム

【研究代表者】藤本 真司（機能化学研究部門）

【研究担当者】藤本 真司（常勤職員7名）

【研究内容】

ボルネオ島にはパームオイル工場が多数存在するが、いずれもエネルギー効率は悪く、大量の廃棄物が環境中に排出され、生物多様性の保全に悪影響を及ぼしている。そこで九州工業大学が代表となり、九州大学、産総研と、マレーシアプトラ大学、サバ大学が連携して、パーム産業から発生する廃棄物を有効利用する技術を開発するとともに、パームオイル工場のエネルギー効率を改善することによって、グリーン産業の創出と環境保全を目指した研究を進めている。

共同研究先であるマレーシアプトラ大学と共同で、パームオイル残渣として産業利用の可能性のある Empty Fruit Bunch (OPEFB)、メソカーブファイバー (OPMF) からのアセトイン、セルロースナノファイバーといった有用品製造について検討してきた。

これまでに、前処理を施していない未処理のサンプルではグルコースの糖化収率が20%以下と低い値であることを確認した。このため、水熱処理、メカノケミカル処理を個別に実施した。これにより糖化率が向上することを確認したが、目標である糖化率80%には到達しなかった。このため、水熱処理とメカノケミカル処理を組み合わせた処理を施して酵素糖化を行ったところ、目標である糖化率80%を超えることを確認できた。具体的には、OPFF の場合、水熱処理を190℃で20分間行

った後にディスクミル処理を9回、あるいは水熱処理を150℃で240分行った後にディスクミル処理を3回以上行うことで、糖化収率が80%を超えることがわかった。OPMF の場合、水熱処理を180℃で20分間行った後にディスクミル処理を3回、あるいは水熱処理を200℃で20分行った後にディスクミル処理を5回以上行うことで、糖化収率が80%を超えることがわかった。

さらに、アセトイン生産大腸菌を用いて、培養温度・pH、空気供給量、攪拌速度がアセトイン生産におよぼす影響を検討し、最適培養条件を決定した。50時間の培養で、グルコースを主成分とする合成培地から、30g/L程度、OPMF から調製した糖化液から13g/L程度のアセトインの生産をそれぞれ確認した。この成果を論文として公表した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】パームバイオマス、分解、糖化、発酵、ナノファイバー

【研究題目】戦略的創造研究推進事業 (CREST) 「細胞チップ MS システムを用いた1細胞マルチ分子フェノタイピング」

【研究代表者】山村 昌平（健康工学研究部門）

【研究担当者】山村 昌平、山田 恵理子、木村 露子、重藤 元、宮島 久美子（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

本研究は、CREST の研究領域「統合1細胞解析のための革新的技術基盤」における研究課題「細胞チップ MS システムを用いた1細胞マルチ分子フェノタイピング」の主たる共同研究者として研究を進めている。本課題では、1細胞におけるプロテオームおよびメタボロームの解析が可能な超高感度マルチ分子フェノタイピングシステムの構築を目的として、1細胞分離、1細胞成分分画、細胞成分高感度質量分析の3つの要素技術を開発する。またそれらの技術を統合し、各種分子計測データを1細胞レベルで取得することが可能なプラットフォーム“細胞チップ MS システム”を構築する。

本課題で主に担当する1細胞分離・特性計測プラットフォームの開発において、ヘテロな細胞集団から目的とする細胞を分離、特性解析、回収する技術の開発を進める。その中で今年度は、1細胞チップの開発、1細胞チップにおける特性計測技術の開発、1細胞回収技術の開発の3つの課題の開発を進めた。1細胞チップの開発においては、様々な種類の細胞を1細胞に分離するために、1枚のチップ上に直径31-40マイクロメートルの異なる形状のマイクロチャンバーを有する1細胞マイクロレイチップを設計作製した。細胞のサイズ、接着性などが異なる接着性肺がん細胞 (H1650) および浮遊性白血球細胞 (CEM) を、それぞれ異なる直径のマイクロチャンバーで約80%の導入率で1細胞に分離することに成

功した。1細胞チップにおける特性計測技術の開発においては、作製した1細胞チップ上で H1650および CEM をそれぞれ1細胞に分離配置した後、チップ上で抗体多重染色を行い、それぞれ識別することも可能であった。1細胞回収技術の開発では、独自の1細胞回収システムを構築し、1細胞チップ上に配置された H1650および CEM をそれぞれ回収できた。

さらに、質量分析 (MS) 系に繋げるため、より多くの細胞を自動的に回収できる新規1細胞回収システムの開発を開始した。1細胞チップ上の標的単一がん細胞を半自動的に回収し、PCR チューブに移動し、吐出する一連の流れを画像確認できるシステムの構築に成功した。現在10個程度しか回収できないが、MS 系の測定感度にも考慮して100個程度の細胞を回収できるようにシステム改良を進めていく予定である。

【領域名】生命工学

【キーワード】細胞チップ、1細胞解析、マイクロアレイ、がん細胞、バイオチップ、ハイスループットスクリーニング

【研究題目】研究成果展開事業 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム/有機材料の極限機能創出と社会システム化する基盤技術の構築及びソフトマターロボティクスへの展開/ソフト蓄電デバイス/イオン移動マネジメントシステムの構築

【研究代表者】齋藤 唯理亜 (電池技術研究部門)

【研究担当者】齋藤 唯理亜、竹田 さほり (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究では、有機材料を用いたロボットの駆動電源としての電池開発を最終目標とする。

リチウム二次電池は充放電に伴い電池内にヒステリシスが発生するため、バッテリーマネージメントシステム (BMS) なるソフト管理システムを用いて性能制御を行っている。ロボットは他の駆動システム (携帯電子機器、自動車など) と比べてデータ発生個所が多数存在するため、電池の分散化、小型化が必要であるが、それに伴い BMS 制御が複雑になりコスト増につながるという課題が生じる。そのため、BMS のクラウド化、最終的には BMS フリーの電池開発の実現が期待される。

本研究テーマでは、電池内のリチウムイオンの移動機構を解明し、電池内に生じるヒステリシスを線形モデルで近似できる理想電池を作成することにより、BMS フリーのマイクロ電池の実現を目指す。このため、電池セル内の易動度や電解質構造変化を支配する因子を定量的に評価し、セル内のイオン移動機構、電解質構造変化機構とそれに伴うイオン移動機構の変化をナノスケールで解明することを目指す。

今年度は、空隙内のイオン移動機構の解明を図る目的で、1) ポリエチレン粒子 (10 μm 径) の圧縮膜に電解液を浸潤させたもの、また2) ポリエチレン粒子と電解液とを混練したものについて、インピーダンス法によるイオン導電率測定と NMR 法による拡散係数測定を行った。圧縮膜の空隙率は約42 %であり、既存のセパレータ膜に近い値であるが、拡散挙動は強い制限拡散傾向を示しており、セパレータ膜内の経路構造ほどの均質性がないことが示唆された。粒子と電解液との混練体材料では、測定核種 (^7Li , ^{19}F) の緩和時間が極めて短く、NMR エコーの拡散減衰を正確にとらえることができなかった。これらの結果から、固体内のイオン輸送には、移動抵抗を低減するための径路のネットワーク構造化が重要であることが分かった。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】リチウム二次電池、セパレータ、イオン易動度、相互作用力

【研究題目】汎用秘匿化依頼計算アルゴリズムの理論設計

【研究代表者】花岡 悟一郎 (情報技術研究部門)

【研究担当者】花岡 悟一郎、Nuttapong Attrapadung、縫田 光司、松田 隆宏、Jacob Schuldt、山田 翔太、照屋 唯紀 (情報技術研究部門 常勤職員7名) 浅井 潔、清水 佳奈、光成 滋生、森 遼太 (他4名)

【研究内容】

本研究においては、入出力情報を秘密に保ったままデータ処理を高速に実行する汎用のプラットフォームを構築し、情報漏えいの心配のない多様なアプリケーションを社会に実装可能とする、汎用秘匿化依頼計算技術の実現を目的としている。

平成29年度においては、前年度に引き続き、関連する要素技術と応用技術について研究動向調査を行い、それを踏まえ、暗号理論設計グループにおいて秘匿化処理システムの初期設計と要素技術の洗練化を、応用分野実装グループにおいてアプリケーションの開発と汎用秘匿化依頼計算技術に求められるシステム要件の洗い出しをそれぞれ進めている。具体的には、暗号理論設計グループにおいては、これまでに行った研究動向調査に基づいて要素技術の選定を行い、秘匿化処理システムの初期設計を行った。また、その基盤となる理論的フレームワークの構築を進め、さらに、要素技術となるツールセットの洗練化も行っている。本年度開発された要素技術の例として、耐量子性をもつ効率的な ID ベース暗号等が挙げられる。本年度開発を行った初期設計システムはすでに高度な汎用性を備えており、いくつかのアプリケーションを容易に構成できただけでなく、実用に耐えうる処理

速度が得られている。

応用分野実装グループでは、これまで、加法準同型暗号を中心に応用アプリケーションを開発してきたが、より広範囲の対象に秘匿計算を適用するための基本的なツールとして、任意の回数回の加法に加えて1回の乗算を暗号空間で行うことができ、かつ効率的な暗号を開発して実装した。具体的な応用としては、秘匿文字列検索を準同型暗号と Wavelet Matrix を用いて高速に行う手法を開発して実装し、有効性を検証した。また、差分プライバシーとマルチパーティ計算を組み合わせ、薬剤感受性予測の性能を向上させることに成功した。

さらに、より社会実装に近い応用アプリケーションとして、SNS 会話から秘匿計算によって最も広告価値の高い広告を表示するデモを、レベル2準同型暗号を用いて作成した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 秘匿化データ処理、プライバシー保護

【研究 題 目】 統計的検定手法構築、高速化・大規模化及び手法の普及

【研究代表者】 瀬々 潤 (人工知能研究センター)

【研究担当者】 瀬々 潤、Raissa Relator
(常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

本年は LAMP を理研・東大の収集している20万人47疾患にわたる1塩基置換 (SNP) 情報であるバイオバンクジャパンの情報の中から4疾患に適用、および、東北メディカルメガバンクの収集している1000人分の次世代シーケンサで得られた変異情報と、検診情報に適用した。目的は、LAMP が十分高速に動作しうるか、解析結果有意な結果が出るかどうかの調査を行うことである。その結果、遺伝モデルの内、劣性遺伝のモデルにおいては十分に動作しうる速度が得られ、計算終了することができるが、優性遺伝のモデルにおいては、現状の LAMP の速度では計算が困難であることが判明した。しかし、劣性遺伝のモデルであっても、今までに確認されていない統計的に有意に疾患に関連した SNP 群が観測されたため、LAMP は新規遺伝要因の発見に十分寄与できる可能性が示唆された。今後、検出された組合せの生物学的・医学的意義の解明を行い、手法の有用性を示していく。

【領 域 名】 情報・人間工学、生命工学

【キーワード】 機械学習、統計検定、ゲノム、遺伝子

【研究 題 目】 機械学習を用いた倍数体オミクス解析とモデリング技術の開発

【研究代表者】 瀬々 潤 (人工知能研究センター)

【研究担当者】 瀬々 潤 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

作物の多くは複数のゲノム DNA が融合した倍数体で

あるために、これまでゲノムレベルの研究が困難でした。本研究ではシロイヌナズナ属のモデル倍数体ミヤマハタザオを用いて、野外栽培での大量データ取得技術と、今後懸念される環境変動への適応性、「環境頑健性」の高い植物体を予測する人工知能技術を開発することを目標にしています。さらに、横浜市立大学の木原生物学研究所グループは、木原均博士以来の倍数体コムギ研究の伝統を生かし、ゲノム構成の異なる様々なコムギを解析します。本年度は、個々のオミクスデータの取得技術の開発にとりかかり、植物育成を行ってデータ取得も開始しました。まず、倍数体ゲノム DNA の解析の最大の難関は、重複遺伝子 (ホメオログ) を分けることです。遺伝子発現解析をする際にも、個体変異を解析する際にも重複遺伝子に分ける技術が必要になります。そこで、産総研で開発したソフトウェア HomeoRoq の改良をすすめています。また、スイスグループにてこの解析を検証する中で、既存のゲノムアセンブリと個体変異解析手法を使うと、配列場の特定の位置に誤って変異を同定されやすいというバイアスを発見し、論文として発表しました (Briskine, B.V., Shimizu, K.K. (2017) Positional bias in variant calls against draft reference assemblies. BMC Genomics, 18; 263)。この問題は、倍数体解析で重要であるのみならず、どの生物にも当てはまる一般的なものです。また、野外での植物生育状況の自動画像取得・解析を目指して、エルピクセル株式会社を中心として画像解析技術の開発を進めています。

【領 域 名】 情報・人間工学、生命工学

【キーワード】 機械学習、オミクス、コムギ、ホメオログ

【研究 題 目】 エピジェネティクス解析及び医療画像データ解析を中心とした機械学習全般の解析手法を用いた統合的解析

【研究代表者】 瀬々 潤 (人工知能研究センター)

【研究担当者】 瀬々 潤 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

プロジェクトがスタートし、倫理申請および、データの準備等を実施した。

【領 域 名】 情報・人間工学、生命工学

【キーワード】 機械学習、エピジェネティクス、医療画像

【研究 題 目】 予防安全分野の多機関分散データの統合的利活用技術のテストヘッド開発

【研究代表者】 西田 佳史 (人工知能研究センター)

【研究担当者】 西田 佳史、北村 光司、本村 陽一、山中 龍宏 (緑園こどもクリニック)
(常勤職員3名、他1名)

【研究 内 容】

ビッグデータの解析結果は新製品開発など様々な活用

が期待され、データ収集・解析・利用を促進するビッグデータ流通システムの構築は必須だが、その促進・定着には、データ所有者、解析機関、利用機関の各エンティティが win-win の関係を築けることが重要である。既存研究では解析機関に着目した研究が多いが、本研究課題では、データ所有者に着目し、データ解析結果の適切な対価の還元・フィードバックを実現し、データ所有者、解析機関、利用機関を信頼の環で連結し、ビッグデータの収集・解析・利活用・所有者還元をセキュアかつフェアに実現し、サイバー攻撃など各種攻撃に対して頑健なビッグデータの流通プラットフォームを実現する。さらに、予防安全及び医療でビッグデータ利活用の実証実験を行い、運用時の課題も解決する。産総研は、この中で、予防安全分野（事故予防分野）におけるセキュリティ基盤技術による多機関分散データの利活用技術を現場と連携し実証的に開発する部分を担当する。

平成28年度は、平成27年度までに開発してきた傷害データを統合した分析・活用するシステムと、セキュリティコア技術グループが開発した PSI とを統合することで、セキュリティに配慮して利用可能なシステムを開発するとともに、PSI 利用時の処理時間など実用を見据えた検証を行った。具体的には、複数の小学校で発生した事故情報を、どこの小学校で起きた事故かは知られることなく、統合して統計的な分析が可能となった。さらに、医療費の情報を元に、類似状況で特にリスクが高い事故を把握可能なクリク分析機能を開発した。また、事故に関連した製品・環境の形状と類似した形状特徴を持つ製品・環境を見つけ出す機能や、製品・環境の形状とそれに対する子どもの行動の関係をモデリングすることで、形状特徴から子どもの行動を予測する機能を開発した。これにより、製品・環境の形状情報がある場合に、存在する環境だけでなく、設計段階の製品・環境について、起きる可能性が高い事故や子どもの行動を予測することが可能となった。また、平成28年度は、平成27年度に試作して検討してきた、小さな物体の誤嚥による窒息事故や刺傷事故を防ぐために、傷害予防ツールに関して、平成27年度に開発したものの完成度を高めた試作品を製作して、のべ40名に対してユーザビリティテストを実施し、商品化に向けた検証を行った。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 多機関分散データ、データ融合、ビッグデータ、データマイニング

【研究 題目】 データ利用技術の開発と普及

【研究代表者】 西田 佳史（人工知能研究センター）

【研究担当者】 西田 佳史、北村 光司、
山中 龍宏（緑園こどもクリニック）
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内容】

本課題は、政策当局、メーカー、消費者等の関与者が

必要とする情報を、政府統計、各種ビッグデータ等を基礎として抽出し、リスクマネジメントに応用する具体的方策論を開発・提案する。リスク情報に関するデータモデルを構築するとともに、関与者の具体的なリスクマネジメント事例を通じてアプローチの有用性を実証し、当事者のインセティブを顕在化させる。また、研究成果の社会実装を進め、オープンデータコミュニティ形成を図る。この中で、産総研は、生活空間における事故発生プロセスのモデル化、人間行動データや事故行動シミュレーション技術に基づく、傷害発生確率や危険回避の可能性に関する評価技術、生活安全上の支援機器等の開発を支援する生活空間リスクの可視化技術等の開発を担当する。

H28年度は、開発したシステムの機能（下記1と2）を拡張し、新たに、3）の機能を追加した。1）収集された事故データを施設利用者や他の施設環境に合わせて事故予防に再利用できるデータ蓄積を可能とする事故事例記録・可視化機能、2）多様な生活機能を有する各被介護者の生活動線に合わせたリスク把握を可能とする生活動線考慮型リスク予測機能、3）介護タスク構造を用いた事故データの特徴化によって、事故状況の類似性計算に基づいて潜在的なリスクを予見可能にする類似事故事例可視化機能である。H27年度は、施設で収集されたデータだけを用いたが、H28年度は、新たに「事故データバンクシステム」の776件の介護施設で発生した事故データを、他施設で発生した事故データと仮定してリスク予見を行うことで有効性の検証を行った。

また、平成28年度は、平成27年度までに開発した手すりセンサを用いて、実環境において実証実験をした。実証実験のため、88歳の一人暮らしの女性を対象に、被験者宅の廊下に手すりセンサを取り付け、1年間の連続データ取得に成功した。位置推定機能を用いて被験者の移動速度を求められることを確認した。歩行速度の低下に関して、高齢者の歩行速度は加齢と共に低下することが知られており、歩行速度の低下に伴い歩幅、歩行率といった歩行パターンや下肢の筋力の低下もみられることが知られている。このことからニーズの高い在宅という生活空間においても、低コストで、タイムリーに高齢者の健康状態（このケースでは歩行状態）やそれに関連するリスク（このケースでは転倒リスク）を把握するサービスの実現可能性が確認された。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 リスクアセスメント、子どもの傷害予防、オープンデータ

【研究 題目】 高品質な培養細胞を実現する培養液かけ流し細胞培養システムの開発

【研究代表者】 夏目 徹（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】 夏目 徹、足達 俊吾、茂木 克雄

(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

細胞培養は生物の研究において最も重要な技術の一つである。細胞の培養は通常37℃-5%CO₂環境下、ANSI/SBS規格サイズの培養皿内で培養液とともに培養を行う。さらに、栄養源などの補給や代謝物の除去のために1~4日間に1回の頻度での培養液の交換を行うが、この方法(断続的な培地交換)では老廃物の蓄積が起きやすく老廃物によって引き起こされたアシドーシスにより細胞がストレスを受け品質が低下する。かん流(掛け流し)培養による連続的な培養液の交換は老廃物の蓄積を低減させる有効な手法であり、自動的かつ程速度で培養液のかん流培養を行う装置を開発、使用することにより、アシドーシスやせん断応力による細胞ストレスが少ない培養を実現できると考えられる。本年度はまず、昨年度作成したかん流培養装置について、培地交換効率、培養液の流れについての解析を行い、装置が目的通りに機能していることを確認した。また、293T細胞、C2C12細胞、THP1細胞について、通常のマニュアルによる培地交換手法を用いた培養および、昨年度作成したかん流培養装置を用いた培養、さらには培地交換を行わない培養を行い、それぞれの培養細胞よりRNAを回収、細胞ストレスに関わるmRNA量についてRealtime PCRを用いた解析により細胞ストレスの定量を行なった。その結果、かん流培養装置を用いた培養は通常のマニュアルによる培地交換手法を用いた培養や、培地交換を行わない培養に比べて顕著にストレスが少ない事が明らかとなった。我々はさらに、293T細胞を用いた培養実験について、次世代シーケンサーを用いたトランスクリプトーム解析を行い、培養手法の違いが細胞内のmRNA全体に与える影響の確認を行ない、各手法により影響を受けるmRNA群を同定することに成功した。現在、同定したmRNA群が盈虚を受ける経路および、変化する意義について解析を行なっている。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 かけ流し細胞培養システム、質量分析、次世代シーケンス、培養技術

【研究題目】 精神的価値が成長する感性イノベーション拠点

【研究代表者】 持丸 正明(人間情報研究部門)

【研究担当者】 持丸 正明、梅村 浩之、藤村 友美(以上、人間情報研究部門)、本村 陽一、櫻井 瑛一(以上、人工知能研究センター)(常勤職員5名)

【研究内容】

本プロジェクトは広島大学が中核となり受託したJST革新的イノベーション創出プログラム(COISTREAM)に産総研が参画し実行されている。本プロジェクトでは主に「ワクワク感」を対象として、快-

快、活性-非活性、過去志向-未来志向などの多次元の心理軸に基づいて、脳、生理指標計測による感性の可視化技術、感性情報の解読技術、及びバイオセンシング技術の開発を通して、BEI(Brain Emotion Interface)の開発を行っている。そして、この技術を用いて感性価値を高めるような製品の作成を目指している。

後者のBEIの社会実装のためには、製品・サービスの使用者の嗜好性を推定するための類型化が必要となる。産総研では、類型化のために必要な消費者属性とその感性をモデル化することを行っている。平成29年度においては、モデル化の対象を自動車についてから食に関するモデリングに拡大して行った。モデルを新鮮に保つためにはデータが持続時に観測するための仕組みが必要となる。その目的のために、モデル化した結果を社会に実装してデータを取得する仕組みにむけた事前調査と仕組自身の作成を行った。

感性価値を高めるためには、使用者の共感というものも重要になる。平成28年度から開始した共感の測定では10組20名の被験者に対して実験を行った。実験では、会話中の笑顔・表情筋・身体運動を指標として、場の盛り上がりや共感度の推定を行った。そこで得られた指標と被験者自身の盛り上がり度などの自己評価の関係や、同時に行った共感度アンケートや相手への好感度との関係を推定することを目的とした基礎を得るための検討を行い、一部の感性について高い相関を見出した。今後は、これらの相関をもとに画像情報や表情筋情報から共感度を推定できるようなシステムを構築し、さらには共感度を向上させるような仕掛けと組み合わせることを視野に入れている。

【領域名】 情報・人間工学

【キーワード】 感性工学、データ収集、社会実装、共感

【研究題目】 汎特異的相互作用を基盤とする多剤耐性機構の動的立体構造解析

【研究代表者】 竹内 恒(創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】 竹内 恒(常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、多剤耐性転写因子が薬剤との汎特異的相互作用を介して転写を制御する分子機構の解明と基盤技術としての動的立体構造解析の確立を目的とする。この研究目標を実現するために、以下のような3テーマの実験項目に取り組む。①「汎特異的」相互作用に基づく多剤・高親和結合の横断的理解②「汎特異的」多剤結合による転写制御機構の解明③転写制御機構のin vivo解析による検証まず①「汎特異的」相互作用に基づく多剤・高親和結合の横断的理解により、様々な薬剤との「汎特異的」相互作用がどのような分子機構により成立するかを明らかにする。次に②「汎特異的」多剤結合による転写制御機構を、定常状態および薬剤存在下における

DNA 複合体の立体構造および動的平衡を明らかにすることで解明する。さらに提案する転写制御機構に基づく合理的な変異体を設計し、ゲノム編集とルシフェラーゼアッセイを組み合わせた実験系を構築することで、③転写制御機構を *in vivo* 解析により検証し、多剤耐性転写因子が薬剤との汎特異的相互作用を介して転写を制御する分子機構の解明と、動的立体構造解析の基盤技術の確立を行う。

今年度はこれまでに解析を行ってきた PadR-like family 多剤耐性転写因子 LmrR に加えて、その他のファミリーの代表として QacR (TetR Family, 44 kDa) の発現・精製法および Ile メチル基シグナルの帰属を確立した。さらに、確立した帰属に基づき、結合定数が一定以上で転写活性化効率の6種の異なる複数の薬剤を用いて QacR に対する薬剤滴定実験をおこなった。その結果、添加したすべての薬剤について、化学シフト変化量の絶対値は異なるものの、薬剤結合部位から離れたアロステリック部位での化学シフト変化が互いに相関しており、薬剤結合に伴い共通の構造平衡の変化を示すことが示唆された。さらに立体構造変化量（化学シフト変化の総和）を転写活性誘導比と比較したところ、両者は良い相関を示し、構造平衡の変化量が転写誘導比を決定していることが示唆された。一方、QacR に対する DNA の滴定を行ったところ、DNA 結合に伴う化学シフト変化から1オペレーターサイトに対して2対の QacR 2量体が結合することが確認された。また Rho6G と DNA が誘起する化学シフト変化は逆相関をしめし、薬剤と DNA は互いに相反する構造平衡を好み、化合物サイズが大きな寄与を示す構造平衡の変化度が転写抑制の解除の度合いを決めていると考えられた。

また QacR に対する化合物の結合量比が、2量体につき化合物2分子となっていることから、化合物結合やそれに伴う QacR の構造変化に協同性が見られるかどうかを検証した。まず各状態間の交換速度が遅く、異なる結合状態 (F:F, F:B, B:B) を分離して観測することが可能な Rho6G の滴定を行った。その結果、QacR に対し0.5等量の Rho6G を滴定したスペクトルから不結合状態のシグナルが消失し、2量体の片方に化合物が入った (B:F) 複合体に相当するシグナルのみが観測された。このことは化合物結合が強い負の協同性を示すことを意味する。多剤耐性転写因子は細胞内に比較的多く発現している。よって、親和性に加え、結合量はその活性制御に重要となる。負の協同性があると低い化合物濃度で活性化された QacR の濃度が速やかに増大することから、低濃度域での鋭い活性化が可能になる合理的な機構であると考えられる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】汎特異的相互作用、NMR、動的立体構造解析、多剤耐性

【研究 題 目】情動や運動の記憶保持機能を基盤とした次世代語彙学習システムの設計

【研究代表者】福嶋 政期（人間情報研究部門）

【研究担当者】福嶋 政期（他1名）

【研究 内 容】

記憶に関する神経生理学や心理学の最新の研究成果により、人が新たな出来事や言語を記憶する際に、「情動（感情を含む）」や「運動」がその事象の五感覚情報を長期記憶として保持させることが明らかになりつつある。本プロジェクトは、この情動や運動の記憶保持効果と VR・AR 技術を統合し、人の記憶に効果的に介入する新たな語彙学習の潮流を創ることを目指している。

平成29年度は、「情動」の記憶保持機能を活用した語彙学習手法に注力し、情動喚起を伴う立体音響ナレーションで覚える体感型の英単語学習手法（「えもたん」）を設計し、その記憶保持効果を確認した。英単語帳やフラッシュカードアプリで利用される発音を確認する用途の音声の多くは、英語母語かつ訛りの少ないナレータの発音であり、正しく聞き取りやすいが単調で印象に残りにくい。「えもたん」は、まず表現力豊かな国内声優を、英語母語者の監修のもとナレータとして採用した。次に英単語の意味およびニュアンスを体感できる数秒の物語を立体音響技術で表現し、意味記憶ではなく、感情豊かなエピソード記憶として覚えられるようにした。例えば、「aerate・空気を吹き込む」という単語の場合、ダミーヘッドマイクに息を吹きかけながら音声を録音する。

英単語を10語覚えるタスクで本手法の記憶保持効果を確認したところ、従来の音声（発音を確認する用途で利用されている音声）は、英単語の平均正答数が1週間で8.9語から3.0語まで減少し、平均忘却数が5.9語であった。一方で、提案音声（えもたん）では、平均正答数が1週間で9.0語から4.8語まで減少し、平均忘却数が4.2語であった。忘却数について対応のある t 検定を行なったところ、従来音声と提案音声の条件間に有意差が認められ、提案音声によって忘却数が低減されることが示唆された。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】情動、感情、ナレーション、バイノーラル録音、フラッシュカード、語彙学習

【研究 題 目】大規模ゲノム情報の安全な統合分析を実現する超高機能暗号

【研究代表者】縫田 光司（情報技術研究部門）

【研究担当者】縫田 光司（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、データベースの個々のデータは隠したままデータ全体の性質の分析を可能とする「プライバシー保護データ分析」(PPDM) という暗号応用技術を研究している。例えば、難病患者の遺伝子情報リストを専門家が詳細に分析することで予防医学や遺伝子治療技術の

向上が期待される一方、個々の遺伝子情報は患者のプライバシーと密接に関わるため、専門家相手といえどむやみに公表することは憚られる。ここで PPDM 技術を導入すれば、特殊な暗号技術で個々のデータを暗号化し隠したまま、データ全体の統計情報（例えば最頻値など）のみを抽出でき、プライバシー保護とデータの有効活用の両立の実現が期待できる。特に本研究では、個人ゲノム情報のような超大規模なデータベースにも適用可能な高い効率性と強固な安全性の実現を目指している。

平成29年度は、PPDM 技術の主要構成要素である準同型暗号技術、中でも機能面に優れた完全準同型暗号について、前年度までに取り組んできた新構成原理の探求や関連する数学理論の整備を継続し、特に、本方式の構成原理を安全な形で実現するために必要な性質を満たす代数的構造の候補の探索を行った。その結果、必要な性質を部分的に満たすと期待される具体的な代数的構造を見出した一方、ある種類の代数的構造では必要な性質を決して満たせないため候補から除外できる、という理論的な解析結果を得た。また、これまでに研究開発した効率的な PPDM 技術をどれだけ幅広い問題設定へと拡張できるか検討し、本 PPDM 技術の拡張可能性を記述する新たな計算モデルを考案した。この計算モデルの適用範囲の分析など、上記研究成果のさらなる発展は今後の継続研究課題である。他にも、PPDM 技術に関する標準的な安全性モデルを再考し、実システムにおける PPDM 技術の実装の安全性を評価する上で同安全性モデルの使用時に注意すべき点の提示などを行った。

さらに、本研究の認知度向上のため、研究者・学生向けの公開ワークショップを開催し研究成果を発表した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】暗号技術、プライバシー保護、秘匿データ分析、応用数学

【研究題目】計算論的代数幾何学によるデータ駆動科学の発展

【研究代表者】永田 賢二（人工知能研究センター）

【研究担当者】永田 賢二（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、代数幾何学を利用して、特異モデルにおけるベイズ推定のアルゴリズム開発を行い、さらに、そのアルゴリズムの結果として得られるサンプリングを利用した代数多様体の系統的構造抽出法の開発を行う。まず、ベイズ比熱と呼ばれる量を導入することで、ベイズ推定における推定の成否を判断できる可能性があることを発見した。この有効性を検証するために、スペクトル分解の問題においてデータに重畳されるノイズの大きさを変化させたときのベイズ比熱の変化を追跡し、推定の成否の前後でベイズ比熱が発散することを確認した。その基礎的成果として、スペクトル分解においてピーク個数とノイズレベルの同時推定を行う枠組みを提案し、論

文採択に至った。また、ベイズ推定で利用していたアルゴリズムであるレプリカ交換モンテカルロ法を利用することで、代数幾何学において重要とされる対数的閾値をブローアップなしで計算機により求めるアルゴリズムを開発し実装に上半期で成功した。その推定精度向上のためにマルチヒストグラム法を開発中であり、検証実験として、スピンモデルからの有効モデル抽出の問題に適用した。この成果が論文採択まで至っている。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】データ駆動科学、計算論的代数幾何学、ベイズ推定、交換モンテカルロ法、対数的閾値

【研究題目】身体環境インピーダンスのアクティブデザインによる運動・感覚能力の獲得手法の具体化とインタラクションの検討

【研究代表者】村井 昭彦（人間情報研究部門）

【研究担当者】村井 昭彦（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、ヒトの身体と環境の間の一見パッシブに思われるインタラクションを表現する“身体環境インピーダンス”をモデル化し、アクティブデザインする理論を構築、社会実装することで、アクティブに健康な運動・感覚能力を獲得する枠組みを創ることを目指す。本年度特定課題調査においては、身体環境インピーダンスを軸とした具体的な環境制御によりヒトの運動に介入し、運動計測・解析することにより身体環境インピーダンスが変容することを明らかにする。これにより、ヒトと環境のインタラクション部における環境制御により身体環境インピーダンスを軸としてヒトの運動をデザインし、支援・改善する実現性を示す。

まず、ヒトの身体環境インピーダンスモデルを構築、その解析技術を開発し、実際の実験データにおいて身体環境インピーダンスを解析した。身体環境インピーダンスはヒトが環境から受ける力に対する身体の挙動を表現するため、床反力の水平成分に対する足底圧力中心（COP）の挙動としてモデル化した。

次に、運動力学的環境制御リアルタイム重心動揺を用いた際の身体環境インピーダンスの変容を計測・解析した。リアルタイム重心動揺は静止立位時の SLIP の前後変化にもとづき床面をリアルタイムに動揺させ、本人の知覚に上らないレベルで SLIP 動揺量を増幅／減衰させる。この結果、SLIP 動揺量を増幅させると身体環境インピーダンスのパネ係数が大きくなり、減衰させると小さくなるという結果が得られた。

そして、上記で得られた運動力学的環境制御による身体環境インピーダンスの変容と同様の効果、を身体と環境のインタラクション部のマテリアルデザインにより実装できることを確認した。ここでは、ショア硬度が異なるシリコンブロック上での静止立位における身体環境イ

ンピーダンスを計測・解析し、やわらかいマテリアル上では身体環境インピーダンスのパネ係数が大きくなるという結果が得られた。

これらの結果から、運動力学的環境制御のデザインやマテリアルのデザインにより身体環境インピーダンスを変容させられることを明らかにし、一見パッシブに思われる身体環境インピーダンスのアクティブデザインが可能であることを示した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】身体環境インピーダンス、ヒトと環境のインタラクション、運動生成・制御メカニズム

【研究 題 目】次世代計測・デジタル身体モデル

【研究代表者】多田 充徳（人間情報研究部門）

【研究担当者】多田 充徳、丸山 翼、持丸 正明
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

「生活者に意識させない計測とフィードバック」を実現するために、環境または身体に装着された簡易センサと、生活者の個人別デジタルヒューマンモデルを用いて、生活者の運動をリアルタイムに計測・解析する技術を開発する。本年度は、(a) 少数寸法値から個人別デジタルヒューマンモデルを生成するためのプログラム整備、(b) 寸法値を簡易的に計測するための無線式測距センサの開発、そして (c) IMU センサを用いた重心計測精度の検証を行った。

(a) については、身長と体重の2項目に加えて上肢長さや下肢長さなど、モデルの要求精度に応じて、異なる寸法セットから個人別デジタルヒューマンモデルを生成できるようプログラムを拡張した。(b) については、ToF 式の測距センサを搭載した無線測距モジュールのプロトタイプを開発した。2000 mm までを4 mm 以下の誤差で計測できる。(c) については、IMU センサと光学式 MoCap で計測した重心位置の比較を行った。IMU センサで計測できるのは姿勢変化だけであるが、足部と床面との接触判定アルゴリズムを用いて、接地脚を基準とした姿勢復元を逐次実施することで、全身の移動の推定を実現した。進行方向には8 %程度の推定誤差が乗るものの、上下方向には20 mm 程度の誤差で重心動揺の推定が実現できた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】デジタルヒューマン、個別モデル、測距センサ、IMU センサ、運動計測

【研究 題 目】安全・安心・満足に資する高齢者支援技術 —高齢者と介護関係者をつなぐデジタルヒューマンネットワークの構築

【研究代表者】渡辺 健太郎（人工知能研究センター）

【研究担当者】渡辺 健太郎、三輪 洋靖、西村 拓一、

福田 賢一郎（常勤職員4名）

【研究 内 容】

本研究は高齢者支援・介護支援技術の統合的な開発・適用・評価手法を提案することを目的とする。本目的の実現に向けた本年度の計画は、特に日本側の技術を、両国の高齢者支援・介護支援に対して試験的に適用し、その適用性や要件・使い方の違いの分析を行うことであった。また、フィンランドの高齢者やその家族、並びにサービス現場の従業員に関する意識調査、及び介護サービスの業務調査を行い、日本・フィンランド両国間の高齢者支援サービスの特徴をより明らかにすることであった。

まず、フィンランドにおいて、産総研で開発された介護情報共有支援システム2種類の試用をワークショップ形式で行ったところ、特に写真や動画を用いた情報共有の可能性について、日本と共通の期待が見られた。また、日本の介護機器事業者とフィンランドの自治体、介護・医療関係者と連携し、リハビリ支援機器の活用に関するワークショップを行った。日本においては介護業務分析のための行動センシング技術の評価を実施した。

次に、フィンランドにおける、介護を必要としない高齢者層に対する意識調査の結果から、期待する介護のあり方や技術に対する受容性の違いが明らかになった。また、フィンランドの介護施設における介護士の業務計測を実施し、日本との比較を行った。加えて、フィンランドの施設介護サービス経営者、自治体に対するインタビュー調査を実施し、介護支援機器の導入にあたっての課題・重点領域の分析を行った。次年度、さらに追加調査を行う予定である。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】介護、高齢者支援、サービスシステム、支援技術、比較研究

【研究 題 目】マルチモーダル画像融合による極限センシング

【研究代表者】田中 正行（人工知能研究センター）

【研究担当者】田中 正行（常勤職員1名、他4名）

【研究 内 容】

現在のロボットを災害環境下へ適応する際には「現場で動けない」、「現場の状況が不明」、「失敗すると全体が破綻」、「作業条件が合わない」等が露になることが課題として挙げられ、それらの課題の克服が、本プログラムにおける PM の達成目標実現のために必要である。そこで本研究開発では、上記4つの解決すべき課題のうち「現場の状況が不明」（=極限環境センシング・状況理解・推定の問題）に着目し、これらを解決もしくは改善するために、極限環境下でタフな画像処理技術の研究開発を実施する。

当該期間においては、二台の広角遠赤外線カメラ間の幾何学的なキャリブレーション手法の研究開発を行う。また、二台の広角遠赤外線カメラを用いた広角遠赤外線

画像生成のアルゴリズムおよびシステムの研究開発を行う。また、これまでの ImPACT における研究成果である、可視カメラと遠赤外線カメラの高精度同時キャリブレーション技術を応用して、広角遠赤外線カメラシステムだけでなく、魚眼可視カメラの情報を同時に提示することを当該年度の研究目標とする。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 遠赤外線カメラ

〔研究題目〕 キャタリストインフォマティクスによる機能性化学品イノベーション

〔研究代表者〕 浅川 真澄

(触媒化学融合研究センター)

〔研究担当者〕 浅川 真澄 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本提案プロジェクトの中で構想する将来立案するプログラムは、大きな資源と長期を要することから、幅広い関係者(アカデミア並びに文部科学省、経済産業省、産業界など)による議論に基づき、理解していただいた上で関係者の協力を得ながら提案することが重要であり、本プロジェクトの活動の中でワークショップやシンポジウムなどの場を企画運営し、関係者を集めると共に議論の場を設定し、プログラムの必要性を理解してもらうことを目標とする。①北大-理研-物材機構-産総研「触媒技術」+「人工知能」連携並びに②FlowST コンソーシアム(東大-京大-産総研)「プロセス技術」連携それぞれにおいてシンポジウムを企画、開催した。①においては第3回キャタリストインフォマティクスシンポジウム(2017年11月22日)を開催し、232名の参加者を集めた。また、競争的資金の獲得に関しては、理研-産総研「チャレンジ研究」(共同研究)課題「触媒探索システム「AiMAC²」の構築による空気・砂の資源化」が先導課題を経て準本格研究として採択された。②においては、第2回 FlowST シンポジウム(2018年1月12日)を開催し、360名の参加者を集めた。また、NEDO エネルギー・環境新技術先導プログラム E1「大幅な省エネルギー及び CO₂削減を可能とするファインケミカルズの連続フロー合成プロセス技術」、課題「ファインケミカルズ製造のためのフロー精密合成の開発」採択に貢献した。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 プログラム立案、触媒開発、フロー合成、人工知能との連携

〔研究題目〕 イノベーション塾

〔研究代表者〕 一木 正聡 (集積マイクロシステム研究センター)

〔研究担当者〕 一木 正聡 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

産業構造変革のスピードアップと長寿命化によるライ

フステージの変容に伴って、ワークライフ期間延伸の必要性が高まっている。また、人口動態からは生産年齢人口の継続的減少に加えて、企業内保蔵者が数百万人程度あり、今後の社会的な課題として対応が必要となることが予想される。こうした状況を踏まえて、ベースとなる専門性に加えて新たな技術を「学び足す」機会を通じて新たな活躍の機会の創出に向けての意識改革の促進が今後一層必要と考えられる。一方、現在の第5次科学技術計画においては、研究機関・大学等の役割として「橋渡し」機能の拡充が期待されており、これらを担う人材の流動性の向上とともに「学びの場」の構築が必要とされている。技術主体であるイノベーションにおいては、技術シーズの習得の場である研究機関・大学においてこの「場」を構築することが有効かつ合理的であり、先端的な技術分野の習得を通じて高生産性技術への継続的な従事を通じて、日本の産業競争力の持続的発展に貢献することが可能となる。こうした社会制度の整備を通じて、就業ピラミッドにおけるミドル層の底上げとともに社会的配置転換と個人のライフキャリアの両立を下支えする制度導入を図ることが可能となる。このことは、共創イノベーション社会の働き方改革を促進することとなり、結果的に人材流動性を高める第1ステップに位置づけることができる。

本提案では、主に高度技術人材の「学び足し」システムの導入を提案している。PM 研修の第2ステージには、このために第1ステップとして、社会的課題の論点整理、入口出口戦略等の議論の場の設置、既存の制度の内側での試行展開を行う。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 プログラムマネージャー (PM)、人材流動、学び足す

〔研究題目〕 大規模社会シミュレーション実行計画機構の開発および全体調整とパッケージ統合

〔研究代表者〕 野田 五十樹 (人工知能研究センター)

〔研究担当者〕 野田 五十樹、山下 倫央、松島 裕康、落合 純一 (常勤職員2名、他2名)

〔研究内容〕

本研究ではシステム挙動分析・データ同化等の手法を HPC プラットフォーム上で簡便に実現するため、「MASS 計画・管理モジュール」および「MASS 分散実行ミドルウェア」の2つのレイヤからなる MASS 管理・実行フレームワークの構築を目標としている。この目標に対し、本年度は、共同研究先とともに、これまで開発を進めてきた MASS 計画・管理モジュール OACIS/CARAVAN および MASS 分散実行ミドルウェア X11/XASDI について、多数のアプリケーションに提供しながら、機能の拡張を行い、HPC 上でマルチエージェント社会シミュレーションを活用する枠組みの完成

度を高めた。

MASS 計画・管理モジュール OACIS の機能拡張では、実験計画法と分割探索手法を組み合わせ、少ない実験数とその結果から、相転移のように急激に出力が変化するシミュレーション設定を探索する手法を開発し、それを OACIS モジュールとして実装した。このモジュールの性能検証として行った津波避難における避難人数の影響分析では、単純な網羅的シミュレーションでは 72,171 回必要であったシミュレーションの試行回数を 486 回まで削減でき、その少ない回数で網羅的実行と同じ解析結果が得られることを示した。

また、MASS 分散実行ミドルウェア X10 を用いた大規模マルチエージェントシミュレーションの実行基盤開発では、ノード間にまたがったエージェント群とその処理を効率的に管理するため、分散集合ライブラリおよび動的負荷分散機構の研究を進めており、応用事例として人工市場シミュレーション基盤 Plham の大規模並列化に向けた研究を進めた。

〔原著論文7〕

このほか、これらモジュールやミドルウェアの機能検証のための応用事例では、大規模商業施設における人流や、より一般の人流における集団運動形成、東京証券取引所などの株式・金融市場における制度設計や規制の設計支援、大都市のタクシープローブデータや国体におけるバス運行計画を題材とした都市交通とそのサービス設計などを題材として取り上げた。

さらに、これら開発してきたモジュール・ミドルウェアの普及を図るため、上記応用事例で用いたアプリケーションシミュレータとセットにしたパッケージを docker などの形式でまとめて公開した。さらには、これらのパッケージの利用方法の講習会を多数開催し、幅広いユーザ層の構築と同時に、不具合などの洗い出しを進めた。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 社会シミュレーション、人工知能、ハイパフォーマンスコンピューティング

〔研究題目〕 シグナル攪乱複合体の電子顕微鏡解析

〔研究代表者〕 佐藤 主税

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 佐藤 主税、川田 正晃、三尾 和弘

(常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

目標：

ピロリ菌は、アジアで特に深刻である胃がんの最大の原因の一つである。菌が分泌するタンパク質 CagA は、胃粘膜細胞でリン酸代謝系シグナルの攪乱を行うため、本プロジェクトではその構造解析と粘膜細胞内への移行経路の解析を行う。

研究計画：

CagA の理解が進まない原因としては、細胞内に移行する過程を捉えた高分解能像がないことが挙げられる。ASEM を用いることで、光学顕微鏡より高分解能で、細胞内に移行して行く過程の CagA の像を得る。水溶液中で抗原性を損なわずに画像を取得することで、免疫ラベルを行う。

極低温電子顕微鏡を用いた解析では、CagA 単体とシグナル攪乱複合体を対象とする電子顕微鏡による単粒子解析と X 線結晶構造解析により得られたシグナル攪乱複合体の部分構造を活用し、シグナル攪乱複合体の全体像を得るべく解析を行う。

年度進捗状況：

CagA の細胞内移行観察に必要な水中電顕観察の基盤技術開発を、ASEM を用いて進めた。さらに、蛍光免疫電顕により CagA が *Helicobacter pylori* 菌で生産され、ヒト細胞へと注入される様子の可視化を行った。さらにその結果を、SEM による固定乾燥標本での表面構造観察と組み合わせた。宿主細胞に入ったシグナルが観察され、今後 CagA および4型分泌機構に関してその局在決定を進める。

クライオ電顕を用いても、CagA 単量体は分子量 130kDa と小さく微かにしか見えない。そのため、130kDa でもより明解な像の撮影が可能な電子線直接検出カメラ (DDC) を使い、クライオ透過型電顕により撮影しその姿を鮮明に捉えた。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 電子顕微鏡、単粒子解析、pylori 菌、CagA

〔研究題目〕 戦略的創造研究推進事業／分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開／太陽光発電予測に基づく調和型電力系統制御のためのシステム理論構築／時空間領域の高精度 PV 発電予測・把握技術

〔研究代表者〕 大関 崇 (太陽光発電研究センター)

〔研究担当者〕 大関 崇、大竹 秀明 (太陽光発電研究センター)、村田 晃伸 (安全科学研究部門)、嶋田 進 (再生可能エネルギー研究センター)、高根 雄也 (環境管理研究部門) (常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

本研究では、太陽光発電の大量導入のもとで調和した電力供給を実現するための、次々世代の電力系統制御のためのシステム理論を構築することを研究目標としている。そのため、太陽光発電・需要予測を活用し、また、供給側・需要側に加えてアグリゲータといった様々な状態が想定される中間層 (調和型アグリゲータ) の機能や特性に着目し、太陽光発電予測、需給制御、需要側制御、送配電システムの制御、基盤理論の視点から研究を行っ

ている。産総研のグループでは、太陽光発電の発電予測技術の高精度化、複数予測の統合予測技術の開発、区間予測/外れ値解析技術の開発を行っている。

平成29年度は、広域エリア（電力管区程度）における発電予測の大外れを予測する指標の開発を行った。具体的には、複数の海外予測機関のグローバルアンサンブル予測を併用し、各予測機関のばらつきを指標として利用した。本研究で開発したアンサンブル予測を活用した予測の大外れ検出指標と、あるエリアを対象とした日射量予測の誤差との時系列を比較した結果、開発した検出指標と予測誤差のピークが良く一致していることから、本手法が予測の大外れを予測できることを示した。また、前日の日射量予測の不確実性に関して、複数の地点・時刻における多重信頼区間推定を評価可能なモデル構築を行った。

【領域名】 エネルギー・環境

【キーワード】 太陽光発電、太陽電池、発電予測、日射予測、電力需給、系統連系、エネルギーネットワーク

【研究題目】 高性能・高機能なギ酸脱水素化触媒の開発

【研究代表者】 姫田 雄一郎（創エネルギー研究部門）

【研究担当者】 姫田 雄一郎、尾西 尚哉、松岡 浩一、久松 秀梧、神 哲郎、前川 秀、齊藤 愛（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

本研究では、水中100℃以下の温和な条件下、高性能・高エネルギー効率で、ギ酸から一酸化炭素を含まない“高圧・高品質水素”の連続供給を可能とする技術開発を目標とする。具体的には、実用に適した温度領域で、低環境負荷型かつ高性能なギ酸分解触媒の開発と、ギ酸から発生する高圧ガスを利用した簡便な水素の濃縮・精製プロセスの構築を行うことにより、他の化学系液体燃料からでは得られない優れた特性を持つ水素供給システムの開発を行う。

これまでにピリジリイミダゾリン触媒がギ酸脱水素化反応により発生したガスの圧力が100 MPaを超えることを見出している。そこで、平成29年度は、ピリジリイミダゾリン触媒をベースに高性能触媒開発を進めた。イミダゾリンの触媒機能部はアミジンと考え、アミジン部を有する配位子を用いた触媒は、想定通りピリジリイミダゾリンと同程度の触媒性能が観測された。さらに、類似構造のカルボン酸配位子、アミド系配位子を確かめたところ、アミド系配位子を有する触媒が高い触媒速度を示すことが分かった。アミン上にメチル基、フェニル基を置換した配位子を用いて、反応速度と耐久性を検討した。その結果、1 M ギ酸水溶液でこれらの触媒が反応速度および耐久性が良好であることが分かった。次に、高濃度ギ酸水溶液を用いた触媒の耐久性を調べた。その

結果、メチルアミン部を有する触媒は4 M 以上のギ酸水溶液では、徐々に触媒が分解していることが分かったが、フェニルアミン部を有する触媒は、8 M ギ酸水溶液でも、完全にギ酸を分解させることが分かった。また、6 M ギ酸水溶液が最適で、高い反応速度を示した。また、10 %ギ酸ナトリウムを添加することで、反応速度が大幅に向上することも分かった。反応温度60℃における反応速度は、現時点で最も高い値であることが分かった。最後に、高濃度ギ酸水溶液を用いた耐久試験を行った結果、フェニルアミン部を有する触媒は、これまでにない反応速度で、安定的にギ酸脱水素化反応が進行することが分かった。最終的に、触媒回転数は100万回に達した。現時点で、有機添加物を用いないギ酸水溶液で100万回を超える例は、4例あるが、比較的反応速度は低かった。今回は、高耐久性でかつこれまでに以上に高い反応速度を有する触媒を見出すことができた。さらに、アミド系触媒は簡単な構造のために様々な誘導体の調整が容易であり、高圧ガス発生試験の結果をフィードバックすることにより、耐久性、触媒活性を向上させていく。

【領域名】 エネルギー・環境

【キーワード】 炭素固定、水素発生

【研究題目】 センサデバイス性能向上及びプロセス基盤技術

【研究代表者】 牧野 俊晴（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】 牧野 俊晴、小倉 政彦、加藤 宙光、加藤 有香子、竹内 大輔、山崎 聡、宮崎 剛英、宮本 良之（常勤職員7名、他1名）

【研究内容】

本テーマでは、東工大、京大、阪大、ルネサスとともにダイヤモンド中の窒素-空孔複合欠陥（NV センタ）を利用した、常温・高感度・高空間分解能でイメージング可能な磁気センサシステムの創生を目的として研究を行っている。NV センタは、固体では唯一、室温で単一スピンを操作・検出でき、さらに磁気共鳴の光検出が可能であることから、高空間分解能かつ高感度な磁気センサへの応用が可能である。

本年度は磁気センサの感度を向上するために NV センタに電子がトラップされた NV⁻状態を安定化する研究を行った。具体的には、NV センタの長いスピン位相緩和時間を維持しつつ NV⁻の電荷状態を安定化させるために、縦型 nin 接合構造を形成した。NV センタは不純物濃度の低い i 層中に導入し、nin 接合によるバンドエンジニアリングによって i 層中のフェルミレベルを変化させて、NV⁻の電荷状態の安定化が図れることを実証した。また、測定結果がシミュレーションと良い相関を示すこと、スピン位相緩和時間は i 層中の位置に関係なく一定に保持できていることを実証した。

NV センタ形成プロセスにおいて意図せずしてできる NV-H 複合欠陥について、第一原理計算により水素原子の脱離の可能性を検証した。電子励起の状況での1000 K 相当の運動エネルギーの付与やゲッターリング材料による NV センタから水素原子の脱離を検証したが、いずれも困難であることが示唆された。

NV センタ以外のIV族 (Si、Sn、Ge、Pb) -空孔複合欠陥についても第一原理によりバンド計算を行い、これらの複合欠陥の準位は十分局在性を持ったフラットなバンドでダイヤモンドのギャップ中に得られることを確認した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ダイヤモンド、窒素-空孔複合欠陥、磁気センサ

【研究 題 目】 時間分解スペクトル法を用いた CO₂還元光触媒反応の機構解明

【研究代表者】 小池 和英 (環境管理研究部門)

【研究担当者】 小池 和英 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究の目的は、太陽光をエネルギー源、水を選元剤とした CO₂の資源化技術の中核となる光触媒の開発を目指す。CO₂還元機能に優れた金属錯体を中心に、(1) 水の酸化機能をもつ半導体との複合化触媒、(2) 光増感機能や電子プール機能を持つ錯体ユニットと複合化した多核多電子還元光触媒、(3) 稀少性の少ない金属を中核とする CO₂光還元触媒の開発である。

機能を分担した超分子多核錯体触媒について、高速赤外過渡吸収吸収と発光減衰の測定を行い、光増感部の還元過程は光励起状態の還元的消光で支配されること、後続のユニット間電子移動は高速 ($>10^9 \text{ s}^{-1}$) であることを証明した。

比較的稀少性の低い銅錯体について、光励起状態の還元的消光過程を可視紫外過渡吸収分光で定量評価し、CO₂光還元収率は1電子還元状態の生成収率に依存することを明らかにした。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 人工光合成、CO₂、金属錯体、光触媒

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

【研究代表者】 佐藤 縁 (省エネルギー研究部門)

【研究担当者】 佐藤 縁、嘉藤 徹 (常勤職員2名)

【研究 内 容】

本研究では、小型かつ省電力で、長期に安定的に微量・連続試料のアルカリ度をフロー系で計測するシステムを開発することを目的にしており、システムの目標性能を達成するために、以下の開発項目について検討を行

っている。

A) 微量計測：微小電極の開発。マイクロチップポンプの導入。

B) 省電力・小型化： マイクロチップポンプの導入。温度制御方式の検討。

C) 安定計測：電極の安定性を高める。ドリフト対策。比色法の検討。

D) 実験室・実海域への適用：最適な電源ユニット、ブイシステム。

E) 標準海水の作製・維持：2次標準試料の作製・維持。

今年度は、これらの開発項目に関連し、主にチーム代表の東京大学大学院理学系研究科 (茅根研究室) と一緒に研究を進めた。A) と B) のポンプ部については小型のピエゾポンプ長期的な試験を行ったところ、どうしても連続運転に問題が生じることを突き止め、ポンプの選定を再度進めた。C) については、ミリメートル系の分析流路装置を用いて、小型化を計り、液混合のシステムについて詳細に検討を行った。D) についてはポンプ変更に伴う系の消費電力の計算をし直し、系全体の見直しを図った。E) の、2次標準試料の作製と維持については、H29年度に、米国 Scripps 海洋研究所の Dickson 教授を招へいし、実際に情報を交換しながら今後の進め方と協力体制構築を図った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 pH 測定、環境計測、電気化学分析、比色測定、マイクロタス

【研究 題 目】 自己組織化ナノ液晶高分子の精密構造評価と二次電池電解質への応用

【研究代表者】 細野 英司 (省エネルギー研究部門)

【研究担当者】 細野 英司、河島 明美

(常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

資源やエネルギーを有効に活用するため、あるいは環境に問題の無い安全安心社会を作るため、必要なモノを必要な量だけ選択的かつ効率的に輸送・分離する材料や有害物質やウイルスなどを高度に除去する材料の開発が期待されている。本研究では、規則的なソフトナノ空間を有し、分子やイオンを高選択的に輸送・分離する革新的素材の開発において、自己組織化ナノ液晶高分子の精密構造評価と二次電池電解質への応用を行うことを目的とする。

液晶高分子のナノスケールあるいはサブナノスケールにおける自己組織化プロセスによる規則的な孔の構造形成・配向・界面機能を制御することにより、従来では不可能であった高効率な輸送・分離を達成することを目標としており、H29年度には、自己組織化ナノ液晶高分子の構造評価とリチウムイオン二次電池の電解質への応用について、液晶分子、リチウム塩およびカーボネート小

分子から構成される3成分系の液晶電解質を開発することで、イオン伝導度の向上に成功し、電池特性の向上を達成した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 リチウムイオン二次電池、電気化学、高分子

〔研究題目〕 自己組織化ナノ液晶高分子によるイオン・分子の輸送・分離の計算機シミュレーション（戦略的創造研究推進事業（CREST））

〔研究代表者〕 灘 浩樹（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 灘 浩樹（常勤職員1名）

〔研究内容〕

資源やエネルギーを有効に活用するため、あるいは環境に問題の無い安全安心社会を作るため、必要なモノを必要な量だけ選択的かつ効率的に輸送・分離する材料や有害物質などを高度に除去する材料の開発が期待されている。本研究では、規則的なソフトナノ空間を有し、分子やイオンを高選択的に輸送・分離する革新的素材を開発するにあたり、計算科学シミュレーションにより貢献することを目的とする。本研究では、規則的なナノ空間を自発的に形成し、かつナノ空間の機能や構造を制御できる材料として開発される「自己組織化ナノ液晶高分子」のシミュレーションを行い、材料の高機能化・高効率化に活用する。液晶分子のナノスケールあるいはサブナノスケールにおける自己組織化プロセスによる規則的な孔の構造形成・配向・界面機能を制御することにより、従来の膜材料では不可能であった効率的な輸送・分離を達成することを目標とする。

本年度は、昨年度に引き続き膜チャンネルにおける水分子やイオンの輸送挙動の第一原理計算法や分子動力学法など計算科学手法によるシミュレーションを行い、幾つかの異なる液晶高分子膜による NaCl イオン除去の実験結果の理解をサポートする理論的知見を得た。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 水処理材料、分離・濃縮膜、液晶高分子、自己組織化、シミュレーション

〔研究題目〕 極薄強誘電体膜の形成と機能デバイスの開発

〔研究代表者〕 右田 真司（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕 右田 真司、太田 裕之、黒澤 悦男（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、 HfO_2 系強誘電体薄膜を用いた新機能デバイスの開発を目指して材料の性能制御技術の開発、メモリ特性の評価、そしてシミュレーションを用いたデバイス性能の予測を行っている。

HfO_2 系強誘電体は膜厚が10ナノメートルと非常に薄く、かつ金属元素を微量に添加することで性能が調整できる。この特徴に着目し、LSIの製造技術として用いられているイオン注入法を利用した局所的な金属元素添加手法を試みた。その結果、元素の添加量によって強誘電特性を制御することに成功した。ごく微細な強誘電相領域の生成など、超高集積なメモリの製造に貢献する技術が開発できた。

HfO_2 系強誘電体は分極反転に必要な電界が非常に大きいという特性を持つ。このことはメモリ状態の安定性に有利である一方で、書き換え時に絶縁破壊を引き起こす危険にもつながる。膜厚や金属組成を変えた実験でこの特性の物理起源について調べ、分極反転領域がナノスケールに閉じ込められている可能性を明らかにした。

LSIの基本素子であるトランジスタを0.3 V以下の低電圧で動作させる研究が世界中で進められており、強誘電体を用いた負性容量効果もその候補の一つとして注目されている。我々は強誘電特性を表す非線形方程式を取り扱うことが可能なシミュレーションを開発し、これに時間項を取り入れた計算ルーチンも取り入れた。その結果、従来の計算手法では異常解が現れていた動作状態においても、連続的に正常な特性を得ることに成功した。負性容量効果を始めとする多様な非線形現象を取り扱う計算システムが構築されつつある。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 薄膜、強誘電体、トランジスタ、メモリ

〔研究題目〕 カルコゲン超格子によるトポロジカル機能発現とマルチフェロイック機能デバイスの創製

〔研究代表者〕 富永 淳二（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕 富永 淳二、中野 隆志、コロボフ アレクサンダー、フォンス ポール、齊藤 雄太、牧野 孝太郎、浅沼 周太郎、浅井 美博、宮崎 剛英、中村 恒夫、川畑 史郎、柏谷 聡、宮田 典幸、森田 行則、多田 哲也、飯田 仁志、木下 基、島田 洋蔵、ミトワノフ キリル（常勤職員19名、他4名）

〔研究内容〕

$\text{GeTe/Sb}_2\text{Te}_3$ 超格子膜を組み込んだ微細メモリセル (<100 nm) を試作し、超格子の縦方向抵抗変化とマルチレベルスイッチングの可能性および素子温度上昇の影響について調査した。

プラズモニクスデバイスではプロセスの再設計を行った。テラヘルツデバイスでは Sb_2Te_3 等の単膜も含めてテラヘルツ波透過特性、フェムト秒レーザー励起による

テラヘルツ波発振特性の測定・評価を行い、各特性とバンド構造やフェルミレベルとの関係性についての検討をした。

理論においては、スピン軌道相互作用を取り込んだ第一原理電気伝導計算から、超格子型相変化材料において、電界駆動でのバイポーラモードによる抵抗スイッチが実現可能であることを初めて示した。さらにデバイスとしては高抵抗である抵抗層の構造がディラック半金属状態でもありうるというパラドックスを理論的に解明できた。トポロジカル物質及び二次元原子層材料の光学応答理論を構築し、二次元原子層材料における異常な電磁応答の起源を明らかにし、ワイル半金属においてトポロジ性に起因する異常な光学応答が出現することを明らかにした。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 カルコゲン化合物、超格子、トポロジカル絶縁体、マルチフェロイック素子、不揮発メモリ

【研究 題 目】 テラヘルツ検知用半導体ナノ素材・素子の研究

【研究代表者】 前田 辰郎（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 前田 辰郎、高木 秀樹、倉島 優一、石井 裕之、久米 英司、服部 浩之、Wen-Hsin Chang（常勤職員3名、他4名）

【研究 内 容】

テラヘルツ（10の12乗ヘルツ、THz と表記する）の周波数をもつ電磁波は、電波と光の中間的な性質を併せ持つため、これを感じて映像化する装置を実現できれば、例えば金属製所持品を、着衣等を透過して即座に識別できるようになるなど、安全・安心の社会の実現を大きく加速することができる。本研究開発は、テラヘルツ電磁波を超高感度で検知する受信器を開発し、それをひとつの半導体チップ内に縦横に配列した撮像素子（イメージセンサー）を実現することを目標としている。昨年度までに、開発中の半導体を検波素子に用いて1 THzの電磁波を検知できることを実証した。本年度は検波素子の感度向上など、撮像素子の実現に必要な要素技術の高度化を進めた。

テラヘルツ波をとらえるアンテナとして、集積化可能な高感度平面アンテナを提案、前年度までにシミュレーションで最適化を進めてきた構造を、本年度はガラス基板上の製造するプロセスを開発して試作した。その結果、無方向性アンテナに比べて約4倍の感度をもつことを実証した。アンテナで受信した電波の大きさに比例した電気信号を作り出す検波素子として、本研究で提案しているガラス基板上的高移動度トランジスタの性能検証を進めた。計測システムが発生する電圧の不安定性を回

避するための配線上の工夫を試験素子に施すなどして測定精度を向上させた結果、前年度に比べて感度を約100倍向上できることがわかった。周波数1 THz でのこの感度は世界最高水準であり、本研究の最終目標にほぼ匹敵する。理論的な面からも研究を進め、検出信号が理論的に予測されるものにはほぼ一致することを確認するとともに、検波素子のさらなる高性能化に向けた設計指針を得た。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 テラヘルツ検知、化合物半導体、トランジスタ

【研究 題 目】 長期保管メモリの材料設計および評価

【研究代表者】 内藤 泰久（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 内藤 泰久、秋永 広幸、島 久、柳 永助、宮崎 剛英、西尾 憲吾、角谷 透（常勤職員6名、他1名）

【研究 内 容】

デジタルデータを100年の長期にわたって保管する超高信頼メモリシステムを開発する。100年のデータ保管を保証できるように、データ解析手法、寿命予測の物理モデルの確立、メモリデバイスの不良メカニズムの解明、加速試験や劣化予知、エラー修復の手法等の開発を行う。メモリデバイスとして動作原理の異なる3つの候補（フラッシュメモリ、ReRAM、ナノピーポッドメモリ）を取り上げる。産総研ではそのうち、ReRAM、ナノギャップメモリについて、長期保管に適した材料探索、およびその評価を行う。その際、理論的な予測の元に、実証実験を行うなど、理論と実験が相互に連携した効率的な研究開発により、100年を超えた情報保持と集積化素子に適應できる長期保管メモリ素子を実現することを目的とする。

本年度は、ReRAM の材料設計の取り組みとして、不純物ドーブによる酸素拡散抑制効果の第一原理シミュレーションを引き続き行い、複数の温度領域で計算することで、室温付近での酸素拡散について見積もることに成功した。次に、このドーブ効果のデバイス実証のため、数種類のドーブ ReRAM を試作し、メモリ動作を確認した。さらに微細構造における ReRAM 評価を目指し、50 nm 以下のサイズで ReRAM 素子を作製できる試作プラットフォームを実現した。ナノギャップメモリについて、昨年度メモリ動作および情報保持が600 °C超えても可能で或る高信頼性を有するメモリであることを見出したが、さらに今年度は、読み込み温度が500 °C以下で、どの温度で抵抗状態を計測してもその状態の抵抗はほぼ一定の値であることを示した。本結果は、抵抗変化の状態の抵抗が、温度依存性のないトンネル抵抗が支配的であることを強く示唆している。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 不揮発性メモリ、ストレージ、長期保存情報素子

〔研究題目〕 待機電力ゼロ型フォトニックルータに向けた集積チップ実装モジュールと制御システムの開発

〔研究代表者〕 池田 和浩（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 池田 和浩、河島 整、鈴木 恵治郎、鴻池 遼太郎（常勤職員4名）

〔研究内容〕

異種材料集積による新規要素デバイスのシリコンチップ上への一体集積、システム実装・モジュール化を担う。そのために、産総研 SCR の300-mm プロセスを活用したシリコン受動光回路の開発およびその高性能化、異種材料の貼り合わせ工程に適合した構造の開発を行うことが第一の目的である。

平成29年度は、これまでに開発した設計ライブラリを活用して光スイッチやパラレル-シリアル変換回路などの比較的規模の大きい光回路の試作・評価に注力した。TE 用シリコン受動光部品を大規模集積に活用できることを実証するために、8入力8出力の光スイッチを試作した。チップと光ファイバの間の損失を除いたオンチップ損失の平均値は2.5 dB であり、シリコンフォトニクスによる光スイッチとしては極めて小さな値となった。これは、導波路損失や交差損失を大幅に低減したことによる。また、最も多く他の経路と交差する経路における他経路からのクロストークを評価したところ、-30 dB 以下となる帯域が110 nm と極めて広帯域な動作を実現した。これは、交差の広帯域化とダブル MZI 構成を採用したことによる。さらに、TE モードではシリコン光導波路への閉じ込めが強いため熱光学効果の効率が向上し、従来の TM モードの光スイッチに比べて消費電力を約1/3に低減できた。また、本研究のフォトニックルータの多ビット光メモリにおいては、読み出したビットをシリアル信号に変換するパラレル-シリアル変換器が必要であり、TE 設計光カプラを用いてパラレル-シリアル変換器を設計・試作した。シンボルレート 10 Gbaud および40 Gbaud において所望のパラレル-シリアル信号変換を実現した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 シリコンフォトニクス、異種材料集積、大規模光回路

〔研究題目〕 平面配位を有する物質の結晶構造解析及びフォノンの研究

〔研究代表者〕 李 哲虎（省エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 李 哲虎、山本 淳、村田 正行、藤井 孝博（常勤職員4名）

〔研究内容〕

ラットリング原子とローンペアを持つ平面3配位およ

び擬平面5配位の熱電材料を対象として、熱伝導度と結晶構造の相関関係を明らかにした。特にラットリング原子及びローンペアの周囲の局所構造と熱伝導度の相関に着目し、それらの材料の結晶構造と格子振動を調べた。結晶構造は X 線回折と中性子散乱を相補的に用いて同定した。フォノンは中性子非弾性散乱により測定し、非調和振動している原子の同定など、格子振動のダイナミクスを明らかにした。平成29年度は特に Cu 原子が平面3配位をとるテトラヘドライトの低熱伝導率の起源を解明するため、J-PARC にて中性子非弾性散乱実験などを行った。その結果、Cu を取り囲む S_8 三角形の面積が小さくなるほど、非調和振動が大きくなることを発見した。これは大きなカゴがなくともラットリング効果が現れるということを示すものであり、熱電材料の新しい設計指針を与えるものである。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 熱電変換、ラットリング、平面配位

〔研究題目〕 超伝導集積化プロセス

〔研究代表者〕 日高 睦夫（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕 日高 睦夫、永沢 秀一、前澤 正明、浮辺 雅宏、山森 弘毅、遠藤 和彦、猪股 邦宏、牧瀬 圭正、野田 周一（常勤職員9名）

〔研究内容〕

目標および研究計画

超伝導材料、誘電体材料および作製プロセスの最適化を超伝導共振器実験などの手法により研究し、超伝導共振器および超伝導量子光学集積回路作製プロセスの開発を行う。また、開発したプロセスを用いて理科大が設計した超伝導量子光学デバイスの作製を行う。本プロセス開発は東北大学と連携して行う。

年度進捗状況

量子媒体である光子の寿命を保持するため、超伝導共振器の品質を高めることは本量子情報処理回路の性能を高めるために極めて重要である。超伝導体として Nb および Al を用いた共振器を作製し、ベース温度10 mK の極低温冷凍機で冷却した共振器の Quality factor Q を測定した。Nb、Al 共振器とも 10^5 台の良好な Q が観測されたが、量子情報処理で重要となる単一光子レベルと比較すると、Nb 共振器の方が約1.5倍高い Q を有することがわかった。また、Nb 共振器の下地絶縁体材料依存性を調べたところ、ノンドープ Si ウエハ、CVD 成膜 SiN_x 、スパッタ成膜 a-Si、熱酸化および CVD 成膜 SiO_2 の順に高い Q 値が得られることが分かった。さらに超伝導膜加工時の反応性イオンエッチング (RIE) において、共振器特性が劣化する現象が観察され、低損傷の中性ビームエッチング (NBE) 法の検討が行われた

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 量子コンピュータ、ジョセフソン接合、

超伝導集積回路プロセス、SFQ 回路、
中性ビームエッチング

【研究題目】高移動度超薄膜材料の創出と化学ポテンシャル制御

【研究代表者】片浦 弘道（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】片浦 弘道、田中 丈士、平野 篤、
久保田 真理子、杉田 知子
（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

IOT 技術の進展により、生活空間内に多くのセンサーやタグが配置され、それらからの信号を受信し、活用する技術開発が進められている。しかし、それら多数の IOT センサー機器を駆動する電源確保が大きな課題になっている。CREST 事業では、これらの問題を解決するため、環境に存在する微小エネルギーを効率良く取り出す事により、IOT 機器の電源として活用する技術開発を行っている。本研究課題では、原子レベルで薄く高移動度な導電性超薄膜の表面で電解液を流す事により、電気エネルギーを取り出すという新奇の電解液発電デバイス開発を行っている。産総研が担当する課題は高移動度の導電性薄膜の創製と、そのキャリア制御である。

様々な薄膜での発電試験により、効率よく発電を行うためには、金属型ではなく、高抵抗の半導体型カーボンナノチューブ（CNT）を用いた薄膜が好ましい事が明らかとなった。そこで、直径が細く、バンドギャップが大きな CNT を準備し、それを特殊なプロトコルで、高純度半導体分離を行ったところ、従来よりも高い抵抗値を示す薄膜を得ることに成功した。この薄膜で発電試験を行ったところ、従来よりも一桁近く発電効率が向上した。さらなる効率向上には、移動度の向上が必要である。そこで、CNT に欠陥を極力導入せずに孤立分散する技術の開発を行った。特に、分散液中の溶存酸素の効果について調べ、溶存酸素を除去し、不活性な窒素に置換することにより、超音波分散処理時の欠陥導入が大きく抑えられることを明らかにした。また、材料の良否を評価するため、ロボットアームとデータロガーによる、簡易な性能試験システムを構築した。

【領域名】材料・化学

【キーワード】環境発電、超薄膜、カーボンナノチューブ

【研究題目】新規メタン酸化反応用触媒の精密構造解析

【研究代表者】阪東 恭子（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】阪東 恭子、久保 利隆、小平 哲也
（常勤職員3名）

【研究内容】

本年度は、東大・北九州市立大、首都大グループが開発したシリカ担持サイト分離クラスター触媒のキャラク

タリゼーションを行うとともに、変調分光法を利用した反応システムの構築と試験を行った。

1) シリカ担持サイト分離クラスター触媒のキャラクタリゼーション

本年度購入した XRF により、NiPt(1:1)/SiO₂触媒（Ni 濃度が 2.3×10^{-3} mmol/g-cat まで減少してしまったサンプルに関しても十分な精度で測定が可能であることを確認した。また、合成した Cu-Pt/SiO₂触媒の構造について、高エネルギー加速器研究機構 放射光科学研究施設において、各金属成分の XAFS（Cu K-edge XANES）測定を実施した。さらに、北九州市立大チームの Pd/SiO₂, Pd-Ru/SiO₂触媒について、X 線光電子分光（XPS）によるキャラクタリゼーションを行った。その結果、Pd 3d で比較すると、Pd-Ru/SiO₂触媒の方が、結合エネルギーが若干高エネルギー側にシフトしていることが分かった。

2) 変調分光法を利用した反応システムの構築

同システムを触媒等の解析に利用している、スペインの実験グループから得られた情報を参考に設計を行ってシステムを構築した。それをを用いて北九州市立大グループが合成した Pd/SiO₂, Pd-Ru/SiO₂, Ru/SiO₂について、反応条件下での in situ FTIR 測定を行った。その結果 Ru を含む触媒上では Ru ニトロシル基による 1884 cm^{-1} の吸収が観測された。更に、Pd-Ru の合金触媒上では、 2600 cm^{-1} に新たな吸収が観測された。

【領域名】材料・化学

【キーワード】変調分光法、メタン選択酸化、触媒構造解析

【研究題目】原子層ヘテロ構造完全制御成長と超低消費電力・3次元集積デバイスの創出

【研究代表者】入沢 寿史（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】入沢 寿史、岡田 直也、
Wen-Hsin Chang、森 貴洋、
服部 淳一、浅井 栄大、福田 浩一、
遠藤 和彦、安藤 淳
（常勤職員9名、他2名）

【研究内容】

近年、層状カルコゲナイドに代表される原子層半導体材料が基礎・応用の両面から注目され、活発に研究が行われている。本研究では、原子層物質の横方向接合部に生じる「1次元界面」を利用した超低消費電力・3次元積層デバイスの実現に向けた学理と技術を構築する事を目的としている。具体的には、1次元界面を工業展開可能な手法で形成する気相成長技術の開発とデバイス要素技術の開発、さらには関連する基礎物理の解明を共同研究機関と連携を図りつつ実施する。

今年度は、工業展開を見据える上で必須であり、かつ、3次元集積化にも好適な低温成膜を可能とするガス

ソース気相成長の検討を開始し、2インチ酸化膜付き Si 基板上への均一な層状カルコゲナイドの成膜を確認した。得られた膜の光学特性は、従来の固体原料気相成長で得られた試料に匹敵するものであったが、電気的特性は小さい結晶粒に起因して劣る結果となっており、今後、結晶粒増大に向けた取り組みを進めていく。一方、デバイス集積化に向けては位置制御した成膜技術が重要であるが、Si 微細構造を核とする位置、および成長方向制御が固体原料を用いた気相成長において確認され、今後ガスソース成長への展開を進めていく。

デバイス要素技術開発に関しては、高性能デバイス実現に必須となる高品質ゲート絶縁膜形成技術、およびドーピング技術に関する検討を進め、ゲート絶縁膜に向けては原子層堆積法により成膜した ZrO_2 が界面特性、および高誘電性の観点で有望であり、ドーピング技術に関しては同じく原子層堆積法による Al_2O_3 の成膜によって高濃度の n 型ドーピングが可能である事が明らかとなった。今後これらの要素技術を適用したデバイス開発を進めていく。

【研究題目】トポロジカル量子計算に向けたデバイス技術の開発

【研究代表者】 柏谷 聡（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 柏谷 聡、柏谷 裕美、青木 秀夫、石川 豊史、中川 久司、津村 公平、小柳 正男（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

電子（粒子）と正孔（反粒子）の性質を兼ね備えた全く新しい電子状態をもつマヨラナ粒子を使うことで、粒子同士の交換順序を決めるだけで論理計算の行える「トポロジカルな量子コンピュータ」が作れると予言されている。その実現に向けて、本研究では要素技術（マヨラナ粒子の生成法・検出法・操作法）の確立と革新的素材（最適トポロジカル超伝導体）の創製とに挑戦する。本年度は磁性元素をドーピングしたトポロジカル絶縁体上にジョセフソン接合を作成し、非自明なゼロバイアスコンダクタンスピークと 4π 周期の AC ジョセフソン電流を観測した。このデータがマヨラナの発生を示唆するかに関して理論的考察を行い、マヨラナとは確定できないが、少なくとも近接効果による非従来型クーバー対の存在を意味することを明らかにした。これにより、今後のトポロジカル量子ビットの構築において、磁性ドーピングトポロジカル絶縁体が極めて有望なプラットフォームになりうることを確認した。

【領域名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 トポロジカル量子現象、マヨラナフェルミオン、トポロジカル量子ビット

【研究題目】シリコン低遅延光ゲート集積化技術の研究

【研究代表者】 山田 浩治（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 山田 浩治、岡野 誠、コン グアンウエイ、前神 有里子、山本 宗継、井上 崇、大野 守史
（常勤職員6名、他1名）

【研究内容】

本研究では、Gbps 級の高速動作とピコ秒の伝搬遅延を両立する低遅延光ゲートの大規模集積を実現するために、シリコン低遅延光ゲート素子の最適構造や駆動方法を検討するとともに、小型集積性、経済性、エネルギー効率に優れたシリコンフォトニクス技術によりゲート素子の製作を行い、その動作を確認する。さらに、高機能的な演算アーキテクチャを実現すべく、ゲート素子を短尺配線で大規模に集積するためのデバイス構成を検討するとともに、デバイス集積技術を開発し、実用展開性に富む演算回路を製作する。

平成29年度は上記目標に向けた第一段階として、シリコン光導波路中に構築した PIN または PN 接合を利用した高速、高効率位相シフタの設計の設計をおこない、その製造技術を加工精度と量産性に優れ大規模な演算回路集積が可能な300 mm ウエハシリコン CMOS デバイス製造プロセスを用いて開発した。さらに、位相シフタデバイスとこれを用いた検証用簡易演算素子（MZI 干渉計）を作成し、これらを評価と高速駆動技術を開発することにより、開発した位相シフタの光ゲート素子への適用性を確認した。また、当初計画では想定されなかった成果として、Si 位相シフタの高度な演算機能への適用として、光任意波形発生器やニューロモルフィック用デバイスの提案を行った。

【領域名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 光演算、光集積回路、シリコンフォトニクス、低遅延

【研究題目】単一光子スペクトル計測によるイメージング技術開発

【研究代表者】 福田 大治（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】 福田 大治、丹羽 一樹、服部 香里、中川 久司、小林 稜、中田 直樹
（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

単一光子スペクトル計測によるイメージング技術を実現させるため、研究初年度である平成29年度は超伝導転移端センサ（TES）による光子検出技術の更なる高度化に向けた研究開発を進めた。可視域から近赤外領域の波長域で高い光吸収特性をもつ光吸収構造をシミュレーションにより設計し、そのプロトタイプを試作した。さらに、超伝導光検出素子の検出効率を単一光子レベルの微弱光で評価できる測定系の開発に取り組んだ。その結果、波長400 nm から3オクターブに至る波長領域で光を効率的に吸収させる構造を見出すことに成功した。

単一光子検出器の検出効率の評価技術は、不確かさも含めてその信頼性の担保が重要となる。そこで、レーザーパワーに関する国家標準とトレーサビリティの確立や国際同等性確保に向けた国際比較参画への実験準備を進めた。また、光 TES の超伝導特性や信号応答特性を評価するために、複素インピーダンス測定と理論モデルとの比較による TES 動作パラメータ抽出技術の開発にも取り組んだ。これにより、波長分解能や計数率特性、検出効率など、光子検出に関連した理論的な予測が可能となる。今後の TES の多素子化開発に向けては、これらの光子検出の超伝導特性・検出器性能の評価技術により、素子動作の最適化や効率的な制御を行うための重要な設計指針が得られるものと期待できる。さらに、光 TES を共焦点顕微鏡に搭載した新しい顕微鏡を設計し、単一光子スペクトル計測技術に基づく蛍光標識細胞のイメージ像取得に向けたシステムを構築した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】単一光子、分光、量子イメージング、検出効率、超伝導センサ

【研究 題 目】低雑音・広帯域超伝導信号読出技術の開発

【研究代表者】山森 弘毅（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】山森 弘毅、神代 暁、平山 文紀（常勤職員3名）

【研究 内容】

本課題では、マイクロ波多重読出しという手法を用いて超伝導 TES 分光素子を100素子まで多素子画素化し読み出すことを計画している。この目的の実現に向け、読出し回路の「高速化」・「低雑音化」・「均一化」の三つの開発課題に取り組んでいる。まず、「高速化」については、マイクロ波超伝導量子干渉素子（MW-SQUID）の読出し回路を線形化するためのフラックスランプ変調について、その変調周波数と達成可能な TES エネルギー分解能の相関について検討した。その結果、変調周波数 $f=480$ kHz でも、色分離に必要なエネルギー分解能 0.22 eV を実現できることが数値計算により明らかとなった。「低雑音化」については、世界的にもまだ試みられていない TES 入力コイルと SQUID 間の磁気的な結合の最適化について検討を行い、磁気的な結合である相互インダクタンスを従来素子の6倍にまで高めた素子を新たに設計・試作した。「均一化」については、読出し回路チップの共振器特性を均一化する取り組みを行った。これまで、入力するマイクロ波のパワーや素子作製プロセスによって、共振器の共振器深さ（Q 値）が大きくばらついてしまうという問題があったが、素子作製プロセスの見直しや、入力マイクロ波の最適条件を探索したところ、 10^5 程度の Q 値を保ったまま 10 dB 以内のばらつきとなる最適動作条件を見出し

た。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】超伝導転移端センサー（TES）、マイクロ波多重読出し、超伝導量子干渉素子（SQUID）

【研究 題 目】レクチン工学を基盤としたエクソソーム糖鎖解析技術の開発

【研究代表者】平林 淳（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】舘野 浩章（常勤職員1名、他3名）

【研究 内容】

国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業（CREST）の一環で、細胞外微粒子に起因する生命現象の解明とその制御に向けた基盤技術の創出を目指す研究プロジェクトが H29年度より開始され、本グループは糖鎖を基軸とするエクソソームの多様性解析と生体応答・制御のための基盤研究を推進する秋吉班（京大工）の一翼を担うべく、レクチン工学を基盤としたエクソソーム表層糖鎖の解析にあたった。全体の戦略目標、「細胞外微粒子により惹起される生体応答の機序解明と制御」を果たすため、本年度はすでに当グループで解析実績のある細胞種、ヒト iPS 細胞（hiPSCs）に焦点を絞り、そこから調製される細胞外微粒子の糖鎖構造を由来する親細胞の糖鎖構造と比較することで、エクソソーム表層糖鎖の起源と同一であるか否かを解析した。解析手法には、当グループが独自に開発した高密度レクチンアレイを用い、hiPSCs 由来とそれ以外の細胞由来の細胞外微粒子の糖鎖プロファイルと比較した。その結果、hiPSCs 由来のエクソソーム表層糖鎖構造はそれ以外の細胞由来エクソソームの糖鎖プロファイルは明確に異なっており、hiPSCs とそれ由来するエクソソームの糖鎖プロファイルは近似していた。また、未分化細胞由来エクソソームは、親細胞である未分化細胞と同様、Tra-1-60や SSEA4、R-10G といった抗体と反応したが、その程度はレクチンプローブである rBC2LCN と比べると弱く、rBC2LCN がエクソソーム上に発現された糖鎖エピトープを鋭敏に検出可能であることが示された。さらに、細胞外へと分泌されるエクソソームの特性と表面に提示される Tim4分子を標的とするレクチン（rBC2LCN）サンドイッチアッセイ法を開発した。本手法によれば iPSCs に由来する細胞外微粒子を特異的、かつ高感度に検出することができ、エクソソームの多様性の解析と生体内における様々な応答・制御のための基盤研究の推進につながる事が期待される。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】細胞外微粒子、エクソソーム、糖鎖プロファイリング、レクチンアレイ、未分化性、細胞表層、サンドイッチアッセイ

【研究 題 目】ダイヤモンド素子化技術

〔研究代表者〕加藤 宙光（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕加藤 宙光、牧野 俊晴、小倉 政彦（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

モノのインターネットによるビッグデータ社会に向け、情報通信は飛躍的な量的進化を要求される一方で、マイナンバーやゲノム情報などの個人情報、スマートグリッドなどのエネルギー情報、電子決済や電子投票などの秘匿情報を安全に配信し、超スマート社会をサイバーテロから守るため量子暗号通信ネットワークの実現が急務である。本プロジェクトでは、従来の100 km以下の第一世代量子通信を1000 km級の第三世代量子通信に拡張するため、量子中継システム機能の創成を目的とする。具体的には、ダイヤモンド中の窒素空孔（NV）中心を用い、光子から核子へのアダプティブな伝令付き量子テレポーテーション転写、電子と核子の万能な幾何学的量子もつれゲート、光子と電子の自発的な幾何学的量子もつれ発光、核子間の完全な幾何学的量子もつれ測定、ダイヤモンド光共振器による光子場の制御などの要素技術開発により、集積化・高速化可能な決定論的量子もつれ中継のシステム機能の実証である。

ダイヤモンド NV 中心の空孔に局在する電子を量子制御素子、窒素核子を読み出し素子、同位体炭素の核子を量子メモリー素子として用いるが、その量子情報の入出力制御には光を用いる。一方、ダイヤモンドは高い屈折率2.42を有するため、臨界角（光取り出し効率）が極めて小さいことが課題である。そのため、ダイヤモンド表面へレンズ構造や光共振器構造などの微細加工を施し、量子デバイスとしての機能を最大限に引き出す構造を探索する必要がある。本年度は、Ga イオンを用いたフォーカスイオンビーム（FIB）法により、ダイヤモンド表面上へ半球形状のソリッドイマルジョンレンズ構造を試作した。FIB 加工中のチャージアップによる半球構造の歪みや軸ズレを補正するため、ビーム条件の最適化やプロセス段数の多段化を行った。また、FIB 加工直後、ダイヤモンド表面がグラファイト化、表層部にダメージ層の形成、Ga イオンの残留などが明らかとなり、これらの除去方法が今後の課題となる。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕ダイヤモンド、窒素-空孔複合欠陥、量子中継器、デバイス化技術

〔研究題目〕界面熱抵抗計測技術の開発と固液界面における熱的接合の解明

〔研究代表者〕八木 貴志（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕八木 貴志、山下 雄一郎、新田 詠子（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

固体や分子層と液体との界面熱抵抗の定量的かつ精密

な計測を実現するために、新しい界面熱抵抗計測技術の開発に着手した。本技術は、100 MHz クラスの高速周期変調を加えたパルスレーザ光を試料に照射することで、周期加熱成分による試料内部への熱拡散長を100 nm前後に制限した上で、パルス光加熱によるピコ秒オーダーの熱拡散現象を時間分解サーモリフレクタンス法（TDTR）により測定する。従来技術に比べて、特に界面近傍の熱移動をハイライトすることができ、 $10^9 \text{ m}^2\text{K/W}$ （石英ガラス1 nm厚相当の熱抵抗）オーダーの界面熱抵抗に対する感度の大幅な向上が見込まれる。ボルツマン輸送熱伝導計算システムの構築も進めており、実験的に得られた TDTR 信号を基に ZnO 結晶のフォノン熱伝導スペクトルの計算に成功した。これらの新規計測技術と実証計算技術の開発を基に、次年度以降に固液界面における熱的接合の解明に向けた研究に取り組む。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕界面熱抵抗、計測技術、フォノン熱伝導

〔研究題目〕珪素系ナノ空間材料に内包された水の吸着・移動の熱制御

〔研究代表者〕遠藤 明（化学プロセス研究部門）

〔研究担当者〕遠藤 明、稲田 孝明（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究では、ナノ空間材料に内包された水がバルクとは異なる相、運動特性を示すことを利用し、空気中の湿分制御を高効率に行う技術の確立を目標としている。ナノ空間材料を用いた新しい調湿技術の確立のために、特に珪素系ナノ空間材料に注目して、材料合成技術、機能化技術、およびそれらへの水蒸気吸着特性を精密に評価・解析する手法の開発を実施する。珪素系材料としては、メソポーラスシリカやゼオライトを中心に、構造規則性の高い材料を対象とする。水蒸気吸着特性評価については、研究チーム（他機関）で合成される炭素系や金属有機構造体も対象とし、移動現象検討やデバイス化するために必要となる基礎データを提供する。

平成29年度はメソポーラスシリカ系材料の精密合成に着手し、窒素吸着特性、水蒸気吸着特性の評価、特に極低相対圧からの精密測定のための条件検討を開始した。また、水蒸気吸着等温線の高精度測定のための手法の検討を開始し、特に広い温度範囲（室温～100℃程度）での高精度測定を可能とする装置仕様の設計を行った。特に、圧力計の選定や基準容積部の容積、温度管理等について検討し、常温～高温まで精密に水蒸気吸着等温線を測定するための装置の基本設計を完了した。

〔領域名〕材料・化学、エネルギー・環境

〔キーワード〕ナノ細孔、吸着、水蒸気、熱制御

〔研究題目〕相界面の動的構造観察のための波長分散型表面X線回折計の開発と応用

〔研究代表者〕白澤 徹郎（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 白澤 徹郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

埋もれた相界面における動的構造変化を時分割追跡するための新しい表面 X 線回折計を開発し、エネルギー高効率利用に資する相界面現象の観察に適用して、相界面現象の解明や新材料開発に貢献することが本研究のねらいである。本研究では従来の単色化した平行 X 線ではなく、波長分散した集束 X 線を用いる方法を開発し、これにより従来法よりも100倍以上の高速化を達成しており、燃料電池などの相界面のその場追跡への応用を進めている。本年度は、昨年度に引き続いてメタノール電気酸化分解中の電極表面の構造変化のその場追跡実験を行い、成果をとりまとめて誌上発表するとともにプレスリリースを行い、5件のメディアに掲載された。また、全固体リチウムイオン電池の充放電における正極界面構造変化のオペランド追跡を目標として、正極材料 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ 結晶性薄膜界面構造の静的な表面 X 線散乱データの解析を行い、最新のモデルフリー構造解析法を用いることで、原子レベルの界面構造決定に成功した。また、オペランド観察用の試料構造として、大気輸送用保護膜を付けた薄膜電池構造の大気中での動作確認を完了した。さらに、固相界面の動的構造変化追跡のデモンストレーション実験として、トポロジカル絶縁体薄膜成長時における表面 X 線散乱プロファイル変化の追跡を行い、固相界面の原子レベル構造解析が可能であることを確認した。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 X 線回折、電気化学界面、白金電極、燃料電池、全固体電池

〔研究題目〕 超高感度・非破壊1細胞グライコーム解析技術の開発

〔研究代表者〕 舘野 浩章（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕 舘野 浩章（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、組み換えレクチンライブラリーを用いて少数細胞のグライコームを生きたまま、超高感度に解析することが可能な、新しいコンセプトに基づくグライコーム解析技術を開発する。本技術により、誰もが簡単に細胞や組織など様々な生体試料のグライコームを解析できるようになることから、糖鎖を標的とした診断薬、創薬、細胞や抗体の品質管理技術の開発など多方面における糖鎖利用の促進が期待できる。これまでに各種組換えレクチンを用いて解析プロトコルの構築を行い、特許出願のための実施例取得を行った。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 糖鎖、細胞、レクチン

〔研究題目〕 伝導性ポリマーによる熱充電可能な電気化学セルの創成

〔研究代表者〕 衛 慶碩（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕 衛 慶碩（常勤職員1名）

〔研究内容〕

In the past half a year, we focused on two topics. The first one is improving the surface area of the polymer electrode for thermoelectrochemical applications. With a temperature difference between two polymer electrode, a high power density expected. The second one is designing and fabricating electrochemical cells which employ two redox couples with positive and negative reaction entropy. This cell will show charge and discharge properties during the heating/cooling circles. No temperature difference between two electrodes need. From the proposal, we started from one redox reaction $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}/\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$. We have prepared porous poly (3,4-ethylene dioxythiophene)/poly (4-styrene sulfonate) (PEDOT/PSS) using freeze drying. The porous PEDOT/PSS electrode shows a lower charge transfer resistance compared with Pt electrode. As a result, the thermoelectrochemical cells achieved a power density higher than 10 W/cm^2 with a temperature difference of 15K. To fabricate the thermally rechargeable electrochemical cells. We firstly started from two redox reactions $\text{KFe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6/\text{KFe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6$ and $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}/\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$. The two redox reactions are separated using k^+ selectivity member. When we applied a temperature wave to heating and cooling the cells (heating at 60 degrees for 60 min and cooling at 5 degrees for 60 min), wave-like power output is observed. A peak power density of 4 W/cm^2 achieved. The test was carried out for more than eight circles, and no significant degeneration observed. This result suggested the success to fabricate electrochemical cells which shows the charge/discharge properties during the temperature change.

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 電気化学、熱電、有機半導体、ドーピング、移動度

〔研究題目〕 広帯域スウィーズド光源による低侵襲深部多光子分光

〔研究代表者〕 衛藤 雄二郎（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 衛藤 雄二郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

量子光源を用いて生命科学領域に応用可能な量子イメージング技術を実現し、既存のイメージング性能限界を打破することが本研究の目的である。

本研究ではイメージングに適用可能な実用的な量子光

源技術の確立のために、パルス光源と周期分極反転光導波路デバイスを利用したスクイーズド光源の開発を進めている。生体イメージングにスクイーズド光を用いるためには、信号対雑音比を稼ぐために光源の高強度化が必須の課題である。パルス光源の高いピーク強度と光導波路の光閉じ込め効果によって、高い光密度を達成し、高強度なスクイーズド光の実現を目指す。また、光導波路バイアスは、光共振器を用いるスクイーズド光源と比べ、コンパクトで頑強であるという実用上の利点も有している。

本年度は、スクイーズド光の高強度化に向けて、高強度の光領域での非線型光学過程、特に2次高調波発生に関する研究を進めた。100ワット以上の高いピーク強度の入射に対して、変換効率の低下や高調波の波形の変形が観測された。結合波動方程式を用いた数値計算から、これらの効果が光導波路の周期分極反転構造により引き起こされるカスケード効果に由来することが明らかになった。この結果は、デバイス長の最適化により、より効率的な高調波発生が実現できることを示唆している。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】スクイーズド光、量子イメージング、非線型光学、擬似位相整合、光パルス、光導波路

【研究 題目】量子プロセッサの大規模化へ向けた量子インターコネクションの基盤技術の創成

【研究代表者】猪股 邦宏（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】猪股 邦宏（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究では、複数の小規模量子ビットチップ同士を量的に接続することが可能な量子インターコネクションの基盤技術を創成することにより、この技術をベースとした組み合わせ型アーキテクチャによって、万能型（ゲート型）超伝導量子コンピュータの実現に必須となる量子プロセッサの大規模化にアプローチすることを目的に、JST さきがけ研究に採択され平成29年10月よりスタートした研究事業である。今年度は、研究を遂行するにあたり、実験環境設備の整備を主に行った。具体的には、デバイス評価用の希釈冷凍機システムの立ち上げと、測定に必要な20本のマイクロ波入力ポート、極低温動作可能な HEMT 増幅器、マイクロ波アイソレータを含む4本の出力ポートの導入を行った。さらに、室温測定システムとして、本研究において重要となるマイクロ波パルスシーケンサーの導入と立ち上げを行い、システムの校正と動作確認を行った。また、本研究においてキーデバイスとなる超伝導磁束型量子ビットの寿命改善に取り組み、デバイス回路の最適化やプロセスの最適化に取り組んだ。その結果、超伝導磁束型量子ビットの寿命が

従来のデバイスと比較して一桁近く改善させることに成功した。一方、この寿命の改善は、マイクロ波共振器—磁束型量子ビット間の結合構造デザインにおいて、磁束型量子ビットとグラウンドプレーン間をシャントするキャパシタンスの効果であることが否定できない。そのため、デバイスの再設計と評価を引き続き行う予定である。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】超伝導磁束型量子ビット、マイクロ波共振器、マイクロ波単一光子

【研究 題目】次世代メディアコンテンツ生態系技術に関する研究開発と全体統括

【研究代表者】後藤 真孝（情報技術研究部門）

【研究担当者】後藤 真孝、濱崎 雅弘、中野 倫靖、深山 覚、加藤 淳、佃 洗撰、尾形 正泰、小山 裕己（常勤職員8名、他8名）

【研究 内容】

本研究は、「大規模音楽分析合成技術」および「相互効果のある鑑賞・創作・協創支援技術」の二つの基盤技術を構築し、それを応用した「音楽コンテンツ生態系のサービスプラットフォーム」を実現することで、次世代のメディアコンテンツ産業の発展に貢献することを目指している。そのために、好みの音楽を能動的に楽しむことができる鑑賞支援技術や、好みに合った音楽コンテンツを生み出せる創作支援技術等を実現し、大規模なメディアコンテンツから価値を創出するためのプラットフォームを構築する。

平成29年度は、「大規模音楽分析合成技術」に関しては、音楽音響信号中に含まれる歌声の F0軌跡を自動推定し、調やリズムを考慮しながら音符系列を精度よく推定する技術を開発した。「相互効果のある鑑賞・創作・協創支援技術」に関しては、能動的音楽鑑賞インタフェースや音楽推薦インタフェース、作曲支援インタフェース等を開発した。さらに、「音楽コンテンツ生態系のサービスプラットフォーム」に関しては、音楽の再生にインターネット経由で同期して多様な機器を制御することで一体感のある演出ができる大規模音楽連動制御プラットフォーム「Songle Sync」を開発してプレス発表をし、一般公開を開始した。その実証実験として、ライブステージの音楽に同期して、来場者のスマートフォンの画面の CG 映像が一斉に変わる演出に成功した。その後に関催されたライブコンサートでも、開演前の待機中に同様の演出を実施した。ほかにも、実証実験のための一般公開をしながら研究開発を進めている鑑賞支援サービス「Songle」「Songrium」「Lyric Jumper」と創作支援サービス「TextAlive」等を運用・拡張した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】音楽情報処理、音響信号理解、メディアコンテンツ生態系、音楽インタフェース

〔研究題目〕 光レーダー用シリコンフォトニクス基板開発

〔研究代表者〕 岡野 誠（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 岡野 誠、山田 浩治、山本 宗継、
Cong Guangwei、前神 有里子、
高 磊、大野 守史
（常勤職員6名、他1名）

〔研究内容〕

スローライトを発現するフォトニック結晶導波路と、その伝搬光を外部に放出させるための周期構造を組み合わせることで、モーター等の機械部品を用いることなく、非機械式・小型・高分解能の光ビーム偏向を実現することが可能である。本研究では、この非機械式・小型・高分解能の光ビーム偏向を基盤技術とする光レーダーの実現とその社会実装を目標に、研究開発を進めている。

平成29年度は、第一に、産総研西事業所スーパークリーンルーム300 mm 試作ラインを用いて、光レーダー用シリコンフォトニクス基板の重要な構成要素であるシリコン細線導波路、フォトニック結晶導波路の作製を行い、その基礎特性を評価した。第二に、産総研スーパークリーンルームを用いて、実際に光レーダー用シリコンフォトニクス基板を作製するための、プロセスフローの検討を行い、横浜国立大学馬場研究室と密接に連携して、産総研スーパークリーンルームでの試作に適した光レーダー用シリコンフォトニクス基板の設計及びその設計に基づくフォトマスクセットの作製を行った。平成30年度は、本フォトマスクを用いて、光レーダー用シリコンフォトニクス基板の作製に必要な各種プロセス開発及び光学評価用デバイス試作を行う予定である。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 LiDAR、シリコンフォトニクス、フォトニック結晶

〔研究題目〕 火山ガス組成および火山灰モニタリング技術の開発（科学技術振興機構 戦略的イノベーション創造プログラム【SIP】レジリエントな防災・減災機能の強化）

〔研究代表者〕 篠原 宏志（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕 篠原 宏志、伊藤 順一、下司 信夫、
古川 竜太、風早 竜之介、
森田 雅明、松本 恵子
（常勤職員7名）

〔研究内容〕

火山ガス組成のリアルタイムモニタリングの実現を目指し、連続観測装置の高度化および無人機設置型火山ガス組成測定装置プロトタイプを作成し、評価することを目標とする。火山灰のモニタリング技術の高度化のために、エネルギー分散型エクス線分析装置を導入し、実際の火山灰粒子を用いた解析を行い、火山灰中における

マグマ粒子の識別方法について標準化を行うことを目標とする。

火山ガスの多成分組成測定装置（高機能型）を桜島および霧島新燃岳に設置し、火山ガスの主要5成分（CO₂、H₂O、SO₂、H₂S、H₂）の測定を実施し、データの随時送信・自動解析による結果の web 表示を実現した。火口遠方における観測に対応するために低濃度域におけるSO₂、H₂S 変化定量化のための改良を実施した。無人機設置型としても使用可能な簡易型測定装置を霧島硫黄山に設置し、主要3成分（CO₂、SO₂、H₂S）の観測を実施し、データの随時送信・自動解析による結果の web 表示を実現した。簡易型に使用した小型の NDIR によるCO₂計の長期安定性の評価を行った。

防災科学技術研究所と共同で昨年度開発した火山灰粒子のリアルタイム観測装置装置のプロトタイプを霧島新燃岳山麓に設置し、運用試験を行った。平成29年10月及び平成30年3月に発生した新燃岳噴火では観測地点に荒廃した火山灰粒子の観測に成功した。また、新燃岳や草津白根山平成30年1月噴火の噴出物などの化学組成マッピングを行い、噴火メカニズムを反映した火山灰の特徴を抽出した。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 火山、噴火、火山ガス、火山灰、モニタリング

〔研究題目〕 上流インベントリデータベースの開発

〔研究代表者〕 田原 聖隆（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 田原 聖隆、藤井 千陽、横田 真輝
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では、LCA 用の評価インフラを駆使した科学的なアプローチから製品ごとに主要な環境影響を明らかにするホットスポット分析のための評価基盤を構築し、グリーン調達推進に向け社会実装の可能性について環境ラベルのプログラムホルダーと連携して検討することを目的とした。我々の課題では LCA 用のインフラに当たるインベントリデータベースのうち上流側のデータベース開発を行った。最終年度の平成29年度は、環境影響評価領域のうち富栄養化の充足度の確認を行った。また平成28年度までに拡充した PRTR 対象物質のうち、平成28年度に実施したスチレンと銅水溶性塩（錯塩を除く）と同様の見直しを一部の物質で実施した。見直しによって事業所が出荷している製品のうち適切な品目に対象物質の排出量を配分した。対象物質は、環境影響領域のうちオゾン層破壊に関係するフロン類、ハロン類の18物質と、人間毒性および生態毒性に関係する PRTR 対象物質「ニッケル」、「ニッケル化合物」および「亜鉛」とし、計21物質の排出量見直しを実施した。加えて、平成23年（2011）年産業連関表分類のうち IDEA（Inventory Database for Environmental Analysis）

では対象外であるサービス業の直接環境負荷量の算出を行った。サービス業のエネルギー燃焼由来の環境負荷量は、産業連関表の物量表を用いて各サービス業における投入エネルギー量を算出し、燃焼に由来する基本フロー出力を追加した。また、IDEA データベースに各影響領域に対する環境負荷物質を拡充したことによる充足度の確認を行った。欧州で最も利用されているecoinventにおける影響領域特性化結果に対して、IDEAでも考慮している基本フロー物質が占める割合を確認した。これによりプロセスの範囲が異なる場合でも、環境影響領域の評価に対して考慮している物質の割合を把握することにより、充足度を確認できると考えた。IDEAとecoinventの玄米のデータを比較した結果、充足度は十分であることを確認することができた。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】インベントリデータ、データベース、ホットスポット分析、環境ラベル

【研究題目】多世代視覚障害者移動支援システムにおけるクラウド・ナビ・訓練システムの社会実装

【研究代表者】関 喜一（人間情報研究部門）

【研究担当者】関 喜一、蔵田 武志、興梠 正克、一刈 良介（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

本プロジェクトでは、多世代の視覚障害者が協働で相互に移動支援を行う新しいタイプの移動支援社会システムの実現を目指す。具体的には、視覚障害者が携帯する汎用携帯型端末が、歩行時における移動アクセシビリティ情報を自動で収集し、クラウドを介して情報共有できるナビゲーションシステムを開発する。これにより、従来は地域のボランティアによって収集されていたバリアフリー情報がビッグデータとして構築され、リアルタイムで配信されるようになる。また、地域での実証を通じて、多世代の視覚障害者の移動支援を核とした地域コミュニティ・デザイン手法を確立し、法制化・標準化等の社会制度化に取り組む。

平成29年度は、本研究開発の第4年度目最終年度であり、平成28年度までの成果をもとに、ナビゲーションシステムの要素技術の実証、及び地域コミュニティ活動に重点をおいた。その成果は、以下のとおりである。

1) ユーザインタフェース研究として、骨導ヘッドホンを使用した3次元音響を用い、対象物を直感的に理解できるような音像の提示方法を調べた。視覚障害者の被験者（全盲6名、ロービジョン6名）に心理物理実験を行なった結果、看板のような歩行時の障害物は、物体を叩く音（打音）が好まれることがわかり、また空間的表現については、物体の輪郭線を音で提示するものが一番パフォーマンスが高く、また物体の頂点（四隅）の位置のみ提示するものが一番心理的負担が少ないことがわか

った。この知見は3次元音響を使ったユーザインタフェースの設計指針として重要であり、ユーザが必要に応じて輪郭線提示と頂点提示を選択できるようにしておくことが望ましいことを示していた。

2) 平成26年度から継続してジェスチャ入力の国際標準化の動向を調査した。その結果、現在 ISO/IEC JTC 1/SC 35で標準化が進んでいる案件が本プロジェクトに制約を与えるような提案はないことを再度確認した。

3) マッピングパーティを2回開催した。場所は神戸市内の商店街を利用した。実際に街中を調査して歩き、OSM（OpenStreetMap）にアクセシビリティ情報を記録する作業を行った。参加した若い世代からは、視覚障害者が日常の移動でどのような情報を必要としているか気付かされたとの結果を得ることができ、マッピングパーティが、視覚障害者の支援を核とした地域コミュニティの経済に効果があることを確認した。

4) 屋内におけるナビゲーションの実証実験を行った。視覚障害者ナビアプリとして NavCog（IBM、清水建設、CMU が開発を進めている HULOP（Human-scale Localization Platform）に含まれる視覚障害者向けナビアプリ）を採用した。ナビコンテンツとしての歩行空間ネットワークデータについては、まず、現地でのパノラマ画像撮影とリアルマッピング作業、及び得られたパノラマ画像を用いたバーチャルマッピング作業にて POI/POR 情報を収集、修正した。得られた POI/POR 情報に基づいて、歩行空間ネットワーク登録ツールで歩行空間ネットワークを編集、加工して、NavCog 用の歩行空間ネットワークデータベースに登録した。

場所は神戸市内の商店街の生協の建物を使用した。視覚障害者4名（全盲2名、弱視2名）を被験者とした。被験者は、まず、触地図を用いた口頭説明によりルートを予習すると共に NavCog の使用方法の予習も行った。その後、店舗入り口から約20 m 離れた屋外に誘導された後、NavCog による音声ガイドに基づく単独歩行を開始した。体験者は、以下に関する音声案内を受け、それに沿って行動した。

被験者は、NavCog での音声案内を10分から20分程度体験した後、インタビューを受けてイベント参加を終了した。合計約1時間程度のイベント参加であった。

実験の結果、バーチャルマッピングアプリと、Mapillary、OSM、NavCog の連携の実現可能性があることや、NavCog のようなナビアプリでのサービス提供が上記のインタビュー結果のように有効であることなどを確認することができた。

5) 屋外におけるナビゲーションの実証実験を行った。場所は神戸市内の商店街を使用した。13名の視覚障害当事者が参加し、内訳は全盲者が6名で重度弱視者が7名であった。システムの実証実験が終了した後、参加者全員に対して個別にアンケート調査を行った。その結果、全盲の人には役に立つという回答が多かった。一方で、

弱視の人には、役に立つという回答とあまり役に立たないという回答がともに見られた。また全体的に見ると、全盲の人からは、役に立つという回答が多く見られたが、弱視の人からは、システムの欠点を指摘する回答が多く見られた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】視覚障害、ナビゲーション、クラウド、情報アクセシビリティ、多世代共創、地域コミュニティ

【研究 題目】B.訓練雛形改良とマニュアル改訂
C.HP メンテナンスと広報活動

【研究代表者】依田 育士（人間情報研究部門）

【研究担当者】依田 育士、大西 正輝（人工知能研究センター）（常勤職員2名、他1名）

【研究 内容】

減災につながる地域における自立した災害医療救護訓練を普及するプロジェクトとして10月より開始した。H29年度は市区町村が運営する緊急医療救護所に関し、新宿区は4箇所の緊急医療救護所において周辺住民が参加する訓練を実施した。そして、これらの訓練を情報工学、建築学、社会学の研究者らが視察し、実際の状況を確認するとともに、現場からの意見収集を実施した。

同時に災害関連病院に関しては、八王子市の災害拠点中核病院である東京医科大学八王子医療センター、中野市の災害拠点病院である北信総合病院等で、実際に開発した訓練素材集を利用した訓練が実施された。そして、訓練実施後、書面と電話インタビューにおいて訓練の実施状況と、訓練素材集の長所や改善点、新しい利用方法等の詳細な調査を実施した。

そして、これら実現現場での利用と意見収集を踏まえ、開発してきた医療救護訓練ツールの細かな修正を行うとともに、HP での見せ方に関しては大幅に改良を施した。

また、訓練素材集の直接的な一次利用者となる市町村（千葉県、埼玉県）、災害拠点病院（東京都、千葉県、埼玉県）、地域医師会（千葉県、埼玉県）に、訓練素材集のHP 情報やサンプルの直接送付を実施した。

さらに、一般市民向けの災害医療教育の普及を目的に、研究成果の1つである「災害医療クエスト」を、北信総合病院の病院祭、万松寺の東日本大震災追悼法要等に出展した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】救急医学、医療救護訓練、動線解析、会話分析、シミュレーション教育

【研究 題目】交通・群集シミュレーションとハザード・リスク評価

【研究代表者】山下 倫央（人工知能研究センター）

【研究担当者】山下 倫央、野田 五十樹（常勤職員2名）

【研究 内容】

本プロジェクトでは、災害時に大群集等による大混乱が予想される巨大都市の大規模ターミナル駅エリアを対象に、エリア特性と被害レベルに応じた震災・水害を想定した事前の対応行動計画と行動ルールを策定し、災害関連情報を入手した際、適切な対応行動を可能とする支援アプリを開発する。このため、災害関連情報に対する最適対応行動の実現を支援するアプリケーションと、それをサポートする予測・予防のためのシステムとアプリケーション群である（1）エリア災害対応支援アプリケーション、（2）エリア特性に応じた複合災害の予測技術、および、（3）エリア災害予防のためのアプリケーション、の3つの研究開発を推進する。

平成28年度は、千住エリアにおける避難を行い、約7万人の地域住民の避難について、二段階避難の効果についての検証をさらに進め、結果を論文として投稿・公開した。これに加えて、新宿西口地区を対象とする避難のシミュレーションを開始する準備を進めた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】避難シミュレーション、歩行者シミュレータ、災害避難、避難誘導、二段階避難

【研究 題目】中性子フラットパネルディテクタの研究開発

【研究代表者】藤原 健（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】藤原 健（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究では、中性子デジタルラジオグラフィの高度化と中性子3D CT を小型中性子源にて可能にするために、大面積中性子フラットパネルディテクタ（nFPD）の開発に取り組んでいる。

中性子ラジオグラフィは X 線ラジオグラフィと類似した放射線透過検査法であり、透過特性の違いにより X 線ラジオグラフィと相補的な情報が得られる。中性子ラジオグラフィは数ある中性子利用法の中でも、最も広く実用的に利用されている手法であり、今後全国的に広まりつつある小型中性子源での産業利用が特に期待される手法である。利用されている分野としては近年利用が急増している燃料電池内部の可視化や、原子炉燃料の健全性評価、宇宙ロケット部品の全数検査、エンジンノズル等の試験検査、航空機エンジンを始めとする各種タービンブレードの検査、内燃機関内の燃料の輸送状況観察等が挙げられる。

本年度は、コンバータに固体シンチレータ（LiF/ZnS）を用いた第一世代の nFPD を組み上げた。検出器を有感領域を25×31 cm まで大型化することに成功し、理化学研究所の小型中性子源 RANS や、J-PARC で中性子イメージングと中性子3D CT の実証実験を行った。本試験を通して、高精細な中性子ラジオグラフィを得ることに成功し、さらに3D CT でターボボ

ンプやタービンプレードの内部を高精度で可視化することに成功した。さらに、3D CT で得られた3D データを CAD データに変換し、3D プリンターで用いて高精度な3D モデルを作成することができた。中性子の物理的特性を活かすことで、金属中の樹脂パーツの再現など、X線を用いた手法では考えられなかったことが中性子フラットパネル検出器によって可能になることを示した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】中性子検出器、中性子イメージング、中性子ラジオグラフィ、ガス検出器、非破壊検査、3D スキャナー

【研究 題目】タランチュラ毒由来のペプチドライブラリーと新規ペプチドディスプレイ技術を用いたイオンチャネル作用薬の創製技術

【研究代表者】木村 忠史（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】木村 忠史、黒澤 和彦、李 霞、林 政信、岡田 水香、市川 渥志、新関 ゆかり、河合 大介（常勤職員1名、他7名）

【研究 内容】

ペプチド医薬品は次世代の医薬品として国内外で開発競争が始まっている。本研究の目標は、①ペプチドライブラリー作製技術、②大腸菌を用いたペプチドディスプレイ技術の PERISS 法、③大腸菌を用いたパッチクランプ電気生理学的測定法の3つの技術を融合し、タランチュラ毒由来のペプチドを基にしたペプチド医薬品の開発に資することである。

昨年度課題として残った歩留まりの向上を目指し、PERISS 法を実施するための条件、磁気ビーズの種類やその洗浄条件等、様々な条件検討を行った。抽出された条件を用いて PERISS 法を実施し、標的イオンチャネルに対する IC₅₀が10 nM 以下の複数の活性ペプチドを取得した。また、ICK ペプチドの動態試験として筋肉内投与後の血中動態を検討したところ、筋肉内で分解されることなく血中に移行し4時間以上に渡って血中に存在することがわかった。

タランチュラ ICK ペプチドは医薬品として扱える動態特性を持ちこの ICK ペプチドを基にペプチドライブラリーを設計し (①)、そのペプチドライブラリーに PERISS 法を適用し (②)、大腸菌パッチクランプ電気生理学時測定を行い (③)、複数の活性ペプチドを迅速に得ることが可能となった。以上の成果から期初の目標①②③を達成したと言える。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】タランチュラ、ペプチド、ペリプラズム・ペプチド・ディスプレイ、PERISS 法、電気生理、パッチクランプ、進化工学、イオンチャネル、膜タンパク質

【研究 題目】高速・高精度テラヘルツ時間領域ポーラリメータの開発と産業応用展開

【研究代表者】稲場 肇（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】稲場 肇、大久保 章（常勤職員2名）

【研究 内容】

本プロジェクトでは、「ゴムのひずみイメージング計測」および「積層ゴムの反射型テラヘルツトモグラフィ計測」の確立、「延伸ゴム材料内部状態の経時変化」および「ゴム以外のプラスチック材料の光弾性計測技術」の調査を目的としている。そのうち、ゴムのひずみイメージング計測においては、遅延ステージを排除した二台のファイバーレーザーを同期させた計測系（いわゆる「非同期サンプリングシステム」）と電気光学変調器による計測技術を組み合わせることで、全く可動部分のない高精度テラヘルツ波偏光計測装置をつくることを1つの目標としている。そこで、産総研は偏光計測デュアルコム分光法の発明に関連して支援を行っている。

平成29年度は、研究参加者の学生三名を技術研修員として受け入れ、テラヘルツ光発生用の光コム（モード同期ファイバーレーザー、超短光パルス増幅器、オフセット周波数検出用干渉計、および周波数安定化系）の製作を支援し、当所の目的であった自己参照光コム の完成に寄与した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】テラヘルツ、光コム、偏光計測、デュアルコム、回転偏光子、電気光学変調器

【研究 題目】ヘテロ凝固機構により高造形性・高強度を実現する積層造形用金属粉末の開発

【研究代表者】佐藤 直子（製造技術研究部門）

【研究担当者】佐藤 直子、中野 禅、瓜谷 紹子（常勤職員2名、他1名）

【研究 内容】

本研究では、チタン合金およびアルミ合金の積層造形において、ヘテロ凝固核を用いた既存の研究の延長線上にはない革新性の高い組織制御法を提案し、高造形性かつ高強度を実現する積層造形用の金属粉末を開発する。また、積層造形用粉末開発という用途開発を行うのと同時に、原理原則の解明として、ヘテロ凝固核と結晶相との間の界面マッチング性とヘテロ凝固能の関係、およびヘテロ凝固理論の再構築、の2点について着目し、 casting 工学に関して学問的な貢献を行う。産総研では、積層造形におけるヘテロ凝固核を添加した金属粉末の造形性や機械的特性への影響評価を担当する。

本年度は、Ti-6Al-4V の積層造形に及ぼす TiC ヘテロ凝固核粒子の影響を評価した。結果は、ヘテロ凝固核を添加することにより、無添加材よりも低エネルギー密度のレーザー照射条件で造形物の相対密度が向上した。また、無添加材の組織は旧β粒が積層方向に平行な柱状粒

が形成されるのに対し、ヘテロ凝固核を添加した組織は旧 β 粒の粒径がわずかに微細化した。等方的な高強度化のためには柱状粒を等軸粒にしたいが、ヘテロ凝固核添加だけでは難しいことが示唆され、冷却速度を大きくするなどプロセス上の工夫が必要である。今後は、組織微細化の検討を進めるとともに、ヘテロ凝固核添加による造形性向上のメカニズムを解明するため、溶融現象評価を実施する。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 レーザー積層造形、金属粉末、ヘテロ凝固機構

【研究 題 目】 テラバイト時代に向けたポリマーによる三次元ベクトル波メモリ技術の実用化研究

【研究代表者】 福田 隆史（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 福田 隆史、江本 顕雄、信川 輝吉、小川 拓真、下村 彰人、木本 匠、竹内 翔太（常勤職員1名、他6名）

【研究 内 容】

超大容量の情報を長期間、低コスト、低消費エネルギーで保存するためにホログラフィック情報記録技術の開発を進めている。

平成29年度においては、ホログラフィック情報の再生におけるノイズ低減（ピクセル間クロストーク）に関して検討を進めた。具体的には、我々が考案した直交偏光符号化方式に関して、その効果を以下の観点から定量的に評価する手順で研究を進めた。① 従来方式と提案方式の隣接ピクセル間クロストークの比較、② 開口マスクの形状の影響、③ 検光子アレイの導入効果、④ 信号光の位相分布の影響その結果、直交偏光符号化方式において、ひし形の開口マスク（対角線が鉛直および水平方向となる角度に配置する）を使用した上で、信号光に対角ピクセル間位相差 $=\pi/2$ を付与する条件を設定し、また、撮像器部に検光子アレイを導入して各ピクセルに対応した信号パターンの持つ偏光状態以外の迷光成分を除外することで最大の効果が期待できることが示された。この条件によれば、従来法に対して S/N 比を1.58倍に向上させつつ、併せて記録密度を2.12倍にすることができるものと期待される。本方式は、従来技術に基づくホログラフィック情報記録・再生システムと組み合わせて活用することが可能であり、システムの性能を最大限に引き出すための条件設定として有用な知見であると考えられる。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 三次元ベクトル波メモリ、ホログラフィック情報記録・再生、ノイズ低減、直交偏光符号化方式

【研究 題 目】 3次元磁気記録新ストレージアーキテク

チャのための技術開発

【研究代表者】 久保田 均、今村 裕志
（スピントロニクス研究センター）

【研究担当者】 久保田 均、福島 章雄、薬師寺 啓、甲野藤 真、谷口 知大
（常勤職員5名、他1名）

【研究 内 容】

本研究では、共鳴アシスト磁化反転書き込みと共鳴読み出しを組み合わせた超高密度ストレージの開発に取り組んでいる。共鳴アシスト書き込みでは、局所的なパルス磁界に加えてスピントルク発振器から発生するマイクロ波磁界を用いる。共鳴読み出しは、スピントルク発振器の発振状態の変化により媒体の磁気情報を読み出す。共鳴周波数の異なる磁性層を多層化することで記録密度の向上を目指す。平成29年度は、面内磁化発振層と垂直磁化固定層からなるスピントルク発振素子において、素子直径を約30 nm にまで小さくした結果、電圧により周波数を変動的に変化させることができた。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 スピントロニクス、スピントルク発振素子、高密度磁気記録

【研究 題 目】 新しい高性能ポリマー半導体材料と印刷プロセスによる AM-TFT を基盤とするフレキシブルディスプレイの開発 (JST)

【研究代表者】 長谷川 達生（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】 長谷川 達生、堀内 佐智雄、堤 潤也、松岡 悟志、荒井 俊人、北原 暁
（常勤職員2名、他4名）

【研究 内 容】

本研究は、印刷により製造されたフレキシブルなアクティブ・マトリックス・トランジスタアレイ（AM-TFT）の開発を目標として、パイクリスタル株式会社・理化学研究所・東京大学・産総研が共同し、高性能半導体開発とデバイス高性能化・集積化の研究開発を行う。平成29年度において産総研が取り組んだ研究は以下である。研究項目①「スーパーナップ超微細印刷電極の高集積有機 TFT アレイへの応用」では、本プロジェクトで開発した SuPR-NaP 法による銀配線パターンを用いた有機 TFT の高性能化について、さらなる検討を進めた。ゲート絶縁層とする Cytop 層のさらなる性能向上を進めた結果、20 nm の極薄層で100 nF/cm²を超える電気容量を高い歩留まりで得た。さらに SuPR-NaP 電極と P3HT やその他 DA 型ポリマー半導体をチャンネルとするボトムゲート/ボトムコンタクト型 TFT を作製し特性改善を進めた結果、ヒステリシスがなくなり安定性に優れた低電圧駆動 TFT を得た。研究項目②「ゲート変調イメージング法を用いた高集積有機 TFT アレイのプ

ロセス最適化検討」では、A4サイズアクティブバックプレーン検査法の高度化をさらに進め、一括検査可能な素子数を大幅に向上させるとともに、動作不良の TFT とキャパシタをそれぞれ評価する手法を確立した。また高解像ゲート変調イメージング測定に関し、200 nsec の分解能の時間発展測定法の確立に成功した。ペンタセン多結晶 TFT について得られた結果をチャンネル内のキャリア分布の時間応答モデルを用いて解析した。また微結晶間の境界ポテンシャルによるキャリア堰き止め効果の観測に成功した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】有機半導体、プリントドエレクトロニクス、プリントドエレクトロニクス、アクティブ・バックプレーン、薄膜トランジスタ、ポリマー半導体、有機エレクトロニクス

【研究 題 目】高齢者の記憶と認知機能低下に対する生活支援ロボットシステムの開発

【研究代表者】児島 宏明（知能システム研究部門）

【研究担当者】児島 宏明、佐土原 健、田嶋 恭子
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

記憶や認知機能の低下した高齢者の自立・自律した生活を維持・促進することを目的として、生活に必要な不可欠な情報把握を支援し日常生活行動を見守るロボットシステムの開発を目指し、国立障害者リハビリテーションセンターを代表とする6機関で共同研究を行っている。そのうち産総研は主として、高齢者に情報支援を行うための、音声対話サブシステムの研究開発を担当している。全体で3ステージから成る最長10年間のプロジェクトの中で、2017年度は第3ステージの初年度であり、長期の社会実験に向けて、これまでに実装したシステムの運用準備と、その過程で抽出された要求仕様に基づくカスタマイズを進めるとともに、精度の評価と手法の改良を並行して実施した。具体的には、生活支援システムの構成要素として構築した音声対話サブシステムについて、前年度実施した効果検証実験のデータを用いて、音声認識の言語モデルと、意図タグ識別モデルの改良を行い、効果検証実験で得られたデータでおよそ14%の識別精度向上を確認するとともに、意図認識サーバの安定動作と可用性向上を目指して、サーバを多重化可能なシステム構成に改良し、現在は二重化で運用中である。その運用経験に基づいて、ユーザビリティ向上のための課題を抽出し、システムの運用状況や動作状態の把握のためのモニタリングシステムを開発するとともに、その運用マニュアルを整備した。今後は、社会実験における被験者数の増加に対応して、音声対話サブシステムのさらなる多重化を行うなど、運用上の課題に対応していくとともに、システムの認識精度の向上のための改良を進めていく計

画である。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】音声対話、ロボット、高齢者、認知症

【研究 題 目】量子センシング方式を用いたポータブル NMR 装置の開発

【研究代表者】渡邊 幸志（電子光技術研究部門）

【研究担当者】渡邊 幸志、石川 豊史、柏谷 聡、
吉澤 明男、馬渡 康徳
（常勤職員5名）

【研究 内 容】

量子センシングという新しい技術であるダイヤモンド量子磁気センサーをコア技術とし、従来技術の延長線上では実現できない感度と分解能を持つ、新原理に基づくポータブルな NMR 装置の開発を目指す。これにより、わずかな分子数でも検知可能な NMR 装置を実現する。本開発により、将来的には1分子レベルでの NMR 計測が見通せるようになり、ライフサイエンスにおける微量試料を対象とした分析装置の開発などに貢献する。また、材料開発など様々な分野にも適用可能であり、超高感度分析装置の突破口となる技術にすることを目的とする。

本開発のポータブル NMR 装置開発に関わる最終目標で掲げている数値目標の達成を前進させ、加えて、当初の発想にはなかったオリジナル技術の創出にも至り装置特許に繋げるなどの成果が得られた。最終年度となる次年度はポータブル NMR 装置を完成させベンチマークとなるデータの獲得を目指すことが最優先となる。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】量子センシング、ダイヤモンド、NV センター、NMR、ポータブル

【研究 題 目】ポルフィリン集合体の作製と構造評価

【研究代表者】吉川 佳広（電子光技術研究部門）

【研究担当者】吉川 佳広、岡本 夕起子
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本事業は、科学技術振興機構 国際科学技術共同研究推進事業（戦略的国際共同研究プログラム：SICORP）において、大阪大学のグループを代表とする研究課題「光および化学エネルギー利用のためのポルフィリンナノ構造体制御の分子技術」の分担研究として実施した。その中で本研究では、ポルフィリン分子あるいはヘムタンパク質から構成されるナノ構造体を炭素材料表面に効率的に集積化する手法を開発し、その複合材料の構造と物性の評価法を構築することを目的とした。

最終年度の平成29年度は、前年度に作製手法を確立したポルフィリンワイヤーを、化学修飾したカーボンナノチューブ上で伸張させる方法を検討した。具体的には、フランスのグループによって合成された化学修飾カーボンナノチューブ（CNT）と、分子ワイヤーを構成する

ストラップポルフィリンの溶液を混合する際の、溶媒、濃度、混合比率および混合時間を検討して、CNT-ポルフィリンワイヤーの複合材料を作製する最適条件を見いだした。複合材料の形態は原子間力顕微鏡（AFM）を用いて観察し、CNT からワイヤー構造が伸張していることを確認した。さらに、ポルフィリンワイヤーと複合材料の物性評価法として、電気的特性を導電性 AFM で解析する方法を確立した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 ポルフィリン、分子集積、原子間力顕微鏡

【研究 題目】 燃料電池内水分バランスの最適化

【研究代表者】 宗像 鉄雄（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】 宗像 鉄雄、伊藤 博、染矢 聡
（常勤職員3名）

【研究 内容】

固体高分子形燃料電池（PEFC）はこれを搭載した燃料電池自動車（FCV）の市場投入が開始されるなど、これまでの技術開発成果が実を結びつつあるが、セル内水分管理についてはいまだ多くの課題を残している。本研究課題ではカソード、アノード両極間の水分移動を含めたセル内全体の水分バランスを適正に保つためのセル構成部材および運転条件の最適化を図ることを目指した。

平成29年度は、燃料電池運転中の両極間の水分移動を精密に把握するための実験装置を製作し、その試運転を行った。具体的には、アノード水素は無加湿で供給し、カソード空気もなるべく低い加湿度で供給する条件で燃料電池を運転し、アノード及びカソード各ガス出口に露点計を設置し、外部から供給される水分と反応で生成する水分がどのようなバランスで排出されるかを検証できるシステムを構築した。予備運転の結果、十分な再現性を有するデータの取得が可能であることが確認できた。今後は燃料電池ガス拡散層（GDL）の性状がセル内水分バランスに及ぼす影響をこのシステムを駆使して精密に解析してく予定である。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 燃料電池、ガス拡散層、水分移動、露点

【研究 題目】 偽造困難なデバイスを用いた IoT セキュリティ管理システム

【研究代表者】 田中 良夫（情報技術研究部門）

【研究担当者】 田中 良夫、古原 和邦、小方 一郎、辛 星漢、須崎 有康、関谷 祐美子（情報技術研究部門 常勤職員5名、他1名）堀 洋平、片下 敏宏（ナノエレクトロニクス研究部門 常勤職員2名）

【研究 内容】

本研究では、IoT デバイスの危殆化時のログ改竄防止

や振る舞い監視、および IoT デバイス間での暗号鍵の共有など、IoT セキュリティの運用に関する研究を行った。具体的には、前者においては PC で活用が進んでいるセキュアチップ TPM（Trusted Platform Module）を IoT デバイスに適用して、OS とは独立してソフトウェアの完全性検証の技術が使えることを確認した。これにより、TPM を信頼の基点として、デバイスの電源投入時からソフトウェアのログを取り、正しい動作を行った時と同じ動作をしているかを検証できるようになり、悪意のあるソフトウェアの混入や改竄を検出可能となった。また、物理複製困難関数（PUF: Physically Unclonable Function）を IoT デバイスの認証とその認証されたデバイスとの間での一時的な暗号鍵を共有する方式を、消費者向けとビジネス向けの2つの用途に対して検討した。前者においては利便性も重視されることから、短いパスワードや、単純なパターンなどの短い秘密から暗号学的に強い鍵を共有できる方法が適しており、後者においては悪意のある利用者によるサイドチャネル攻撃を困難にする PUF ベースの鍵共有プロトコルとの相性がよいとの結論に至った。また、パスワード認証方式 AugPAKE と PUF ベースの鍵共有プロトコルの組合せを Raspberry Pi（クライアント）と高性能 PC（サーバ）環境上に実装し、性能評価を行った。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 IoT、セキュリティ、Trusted Computing、鍵管理方式

【研究 題目】 ERATO 美濃島知的光シンセサイザプロジェクト

【研究代表者】 稲場 肇（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】 稲場 肇、大苗 敦、清水 祐公子、柏木 謙、大久保 章、和田 雅人、中村 圭佑（常勤職員6名、他1名）

【研究 内容】

当プロジェクトでは、周波数軸上においてスペクトル強度が楕状に精密かつ等間隔に並んだ先端光源「光コム」を、エレクトロニクスと光技術との融合により、基盤的かつ革新的な「知的光シンセサイザ」へと進化させることを目指している。例えば、光波の時間、空間、周波数、位相、強度、偏光などの全てのパラメータを自在に操作でき、様々な応用に使えるところまで進化している知的光源を開発して、その未踏な応用分野を開拓することを目標としている。

平成29年度は、光コムの天文応用、デュアルコム分光およびそれを用いた温度測定、さらに光コムの極限的周波数安定度の追求に関する研究を行った。「天文コム」については、前年度までに開発し、国立天文台岡山天体物理観測所に設置したコム装置を用いた天体観測用分光器の校正を行った。また、デュアルコム分光については、アセチレン分子の遷移双極子モーメントの測定、

およびアセチレン分子の吸収スペクトルを利用したガス温度測定技術の高速化、高精度化を行った。さらに、光コムの周波数安定度の律速条件を明らかにし、その向上を目指すため、現在その主因となっている光ファイバーを介して環境擾乱が誘起する位相雑音についてその発生原因と低減について実験と検討を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】光コム、光周波数コム、デュアルコム、天文コム、分光器、分子、吸収スペクトル、ガス、温度計測、周波数安定度、光ファイバー、ファイバーノイズ、位相雑音

【研究 題 目】一細胞解析と生物・遺伝子資源情報解析による環境微生物集団の構造と機能動態の統合的理解

【研究代表者】 玉木 秀幸（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 玉木 秀幸、宮崎 亮
（常勤職員2名）

【研究 内 容】

環境中の微生物の多くは複合微生物集団を形成し、環境の保全・修復や物質循環プロセスにおいて重要な役割を担っている。また複合微生物集団の制御技術の開発は、廃水処理プロセスの高度化や腸内フローラの健全化等につながる可能性があり、大きな期待を集めている。しかしながら、複合微生物集団の構造と生理生態機能については不明な点が多く、その制御技術の開発は非常に困難を極めているのが現状である。本研究では、多角的な視点から複合微生物集団の構造と機能の解明に関する研究を実施している。

具体的には、複合微生物系を構成する未知微生物群の実態の解明、ならびに微生物群集動態に寄与する生物間相互作用の精査・検出を目的とした研究を進めている。今年度は、植物・微生物共生系、活性汚泥、地下圏環境等における微生物集団を構成する未知微生物について、その多様性を解析するとともに、未知微生物の集積培養や純粋分離を実施した。また集積培養系や純粋分離に成功した未知微生物のゲノム解読ならびに生物機能の解明を進めた。高いメンブランベシクル生産能をもつ新規植物共生 *Acidobacteria* を発見し、メンブランベシクルの生理生態機能について解析を進めた。微生物間コミュニケーションを遮断する新規多剤耐性菌について、多剤耐性ならびにコミュニケーションの遮断のメカニズムを明らかにする等の成果を得た。

【領 域 名】生命工学、エネルギー・環境

【キーワード】環境微生物、複合微生物集団、群集構造、生態機能、一細胞解析、環境ゲノム解析、高度顕微鏡解析技術

【研究 題 目】熱活性化遅延蛍光分子における励起状態

ダイナミクスの解明

【研究代表者】 細貝 拓也（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】 細貝 拓也（常勤職員1名）

【研究 内 容】

次世代有機 EL 発光材料として、希少金属を含有せず、100 % の発光効率で蛍光を発する熱活性化遅延蛍光（TADF）材料が注目されている。TADF は有機分子の励起三重項状態が室温の熱によって励起一重項状態に変換され、その後に放出される蛍光のことである。励起状態間の熱変換には、二つの状態間のエネルギーの差が室温程度にあることが条件とされている。しかしながら、近年ではこの考えが成り立たないケースが度々報告されるようになった。本研究は、TADF 材料の先駆者である九州大学の安達教授のグループ（以下、『九大』とする）とともに、TADF の高効率な発光メカニズムを当所が開発した先端分光技術によって明らかにすることを目的としている。

本年度は、九大によって合成されたカルバゾールベンゾニトリル誘導体の各励起一重項状態と三重項状態において生成する励起種（励起状態における電荷分布の違い）を過渡吸収分光法によって調べた。その結果、TADF を示す分子にだけに生成する特徴的な励起種（電荷共鳴状態：光によって分子内で分かれたプラスの電荷が分子内をある程度自由に動き回れる状態）を形成することが分かった。また、このような励起種ができることで、これまでエネルギーだけで議論されてきた励起三重項状態から一重項状態への逆変換のプロセスが特定の励起種間を介して行われることも見出した。この結果は、TADF の材料設計においては、各励起状態のエネルギーだけに注力するのではなく、実際に発光に関与している励起種も制御する必要があることを示唆した。また、発光に重要な励起種同士のエネルギーが溶媒環境によって制御できることを明らかにした。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】TADF、励起状態ダイナミクス、過渡吸収分光法

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

【研究代表者】 姫田 雄一郎（創エネルギー研究部門）

【研究担当者】 姫田 雄一郎、尾西 尚弥、兼賀 量一、小久保 雅子（常勤職員2名、他2名）

【研究 内 容】

本研究では、(1)「水素の貯蔵を指向した高効率な二酸化炭素の水素化触媒の開発」と(2)「多機能型錯体触媒を目指したプロトン応答性触媒の設計指針の構築」を目的とする。具体的には、温和な反応条件で二酸化炭素を還元できるエネルギー効率の高い触媒を開発し、二

酸化炭素をエネルギー貯蔵物質として利用するための基盤技術の確立を目指す。また、提案者が開発した独創的触媒設計概念である「プロトン応答性」触媒の反応機構の解明および「多機能型触媒」の開発を行うことにより、新しい触媒技術への貢献を目的とする。

平成29年度は、前年度に引き続き高性能・高機能な触媒開発に向けて、新たな触媒の設計・合成・評価を行った。これまでに、含窒素非芳香族5員環配位子を有する触媒が、ピリジン系触媒に比べて、高い触媒性能を発現することを解明した。この知見を基に、触媒探索を行い、アミド部位が二酸化炭素の水素化反応に優れた触媒配位子であることを新たに見出した。これまでに開発した触媒設計指針と組み合わせることで、水中常温常圧条件下での二酸化炭素の水素化反応で、昨年度報告された最高の触媒回転効率 107 h^{-1} を 167 h^{-1} に向上させることができた。また、これらの結果は、計算機化学を用いて解析した。以上、プロトン応答性触媒の高い一般性を示すとともに、新たな触媒設計指針を見出した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 炭素固定、水素貯蔵

〔研究題目〕 ゼロから創製する新しい木質の開発

〔研究代表者〕 光田 展隆 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 光田 展隆、坂本 真吾
(常勤職員2名、他5名)

〔研究内容〕

本研究では合成生物学的観点から新しい、有用形質を備えた木質を植物に合成させ、バイオ燃料やバイオリファイナリー原料に適した植物を開発する。具体的には木質を形成しない変異体 (*nst1 nst3*二重変異体) に遺伝子導入を行うことで上記の目的に適した非天然木質を人工的に構築する技術をまずはモデル植物 (シロイヌナズナ) で開発し、それを木本モデル植物 (ポプラ) に調整、適用する。これまでの実験結果などから、*nst1 nst3*二重変異体の表現型を回復させるのに有望と考えられる転写因子を、すでに77種類個別に導入した。また、全転写因子からすべてのサブファミリー、サブグループを網羅するように代表遺伝子300種類を選抜し、30遺伝子ずつまとめて導入した。個別導入系統について、細胞壁含量や酵素糖化性を中心に評価し、細胞壁含量では野生株比で5割増加する系統を得た。そこで、これをさらに改変したコンストラクトを森林総合研究所と協力してポプラに導入した結果、成長を阻害することなく野生株比で約4割木質密度を向上させることができ、結果的に木材としての強度が6割高まった。また、集団導入系統を調査した結果、特定の転写因子 CEF を導入したものは、野生株と同等の細胞壁含量を持ちながら酵素糖化率が野生株比で70 %向上しており、リグニンやキシランを含まない細胞壁が肥厚していることを明らかにした。この転写因子 CEF はこれまで見つかっていなかった新しい

細胞壁の制御因子であることがわかり、これまで注目されてこなかったやり方で細胞壁を制御して画期的な木質を生産させるための貴重なツールを手に入れたと言える。さらに最近では、この系統にリグニン合成を制御する転写因子を追加導入することによりリグニンだけを付加することに成功した。また、リグニンの構造や機能を変化させる約50遺伝子を様々な生物から取得し、シロイヌナズナ野生株に導入してスクリーニングした結果、期待した変化を引き起こす遺伝子を複数同定した。さらに遺伝子導入ではなく変異導入により *nst1 nst3*二重変異体に木質が再形成される変異体を発見した。この変異体では元株に比べて細胞壁量が2倍以上にも増加していた。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 植物、ゲノム、木質、バイオエタノール、発現制御、遺伝子、バイオマス

〔研究題目〕 新規水生植物共生微生物ライブラリの構築

〔研究代表者〕 玉木 秀幸 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 玉木 秀幸、鎌形 洋一
(常勤職員2名、他2名)

〔研究内容〕

水生植物は、根や葉に多様な未知微生物を内包しており、そこには互いの成長を支え合う『水生植物-微生物共生系』が成り立っている。本研究では、水生植物と微生物との共生系を開拓するとともに、本共生系を活用して、革新的な高次植生バイオプロセス技術や水生植物バイオマスの高効率生産技術の創成を目指している。特に、本研究では、未知微生物探索技術を駆使して、多様な水生植物種から未知微生物を単離し、水生植物共生微生物ライブラリを構築するとともに、水生植物の成長を促進する新たな微生物 (PGPB: Plant Growth Promoting Bacteria) の取得を目指している。

今年度は、特に、微細藻類の成長促進微生物 (MGPB) の探索に精力的に取り組んだ。具体的には、ユーグレナ (*Euglena gracilis*) の標準株を入手し、カキ殻を活用して pH をコントロールしながら微細藻類成長促進微生物をスクリーニングする系を確立した。その後、このスクリーニング系を用いて、微細藻類 (ユーグレナ) 成長促進微生物の探索を実施した。その結果、当該研究開発においてこれまでに見出してきた既知の MGPB である EG3株の成長促進効果を上回る新しい MGPB を10株以上見出すことに成功した。このなかには既知 MGPB EG3株よりも2倍以上成長促進効果が高く、中にはコントロールの10倍に迫る成長促進効果を示す株も見出された。また、16S rRNA 遺伝子に基づく分子系統学的解析を実施したところ、今年度見出した MGPB は、系統的に非常に多様な細菌種であり、この中には、既知種との16S rRNA 遺伝子配列相同性が90 %を切るような、系統学的に新規性の高い微生物が

含まれていることを明らかにしている。今後、さらに、MGPB の探索を継続するとともに、候補株については再現性確認実験を実施してゆく予定である。

また今年度は、代表的な水生植物であるウキクサ亜科植物から新規微生物の探索を継続して進めるとともに、ウキクサの成長を著しく促進する新規 PGPB の探索を精力的に進めた。今年度は新たに、Gemmatimonadetes 門という未だ1属2種しか純粋分離株の存在しない、難培養性の代表的な門に属する新規細菌を新たに獲得することに成功するとともに、Acidobacteria 門や Verrucomicrobia 門をはじめとする培養頻度の低い門に属する新規細菌の獲得とその生理生態機能を明らかにした。またこれらの中から新たにウキクサ亜科植物の成長促進微生物を複数株見出し、水生植物共生微生物ライブラリーの拡充は順調に進展している。

【領 域 名】生命工学、エネルギー・環境

【キーワード】水生植物、植生浄化、共生微生物、16S rRNA 遺伝子、分子系統解析、未知微生物、ウキクサ亜科植物、バイオマスプラットフォーム、植物成長促進微生物 (PGPB)

【研究 題 目】50kW 級全超伝導モータ用希土類系高温超伝導固定子巻線の開発

【研究代表者】古瀬 充穂 (省エネルギー研究部門)

【研究担当者】古瀬 充穂 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

中・大型電気自動車や鉄道用の高効率・高トルク密度超伝導モータの実現を目指し、大電流密度高温超伝導コイル技術の開発を行っている。

実現しようとしているモータは、京都大学を中心としたグループが開発した「高温超伝導誘導同期回転機」(従来のかご形誘導モータのかご形巻線を高温超伝導線材で構成したもの)をベースとし、さらに固定子巻線も超伝導化した全超伝導モータである。高温超伝導誘導同期回転機は、同期・非同期トルクの両立、それによる制御性能向上、同期運転による高効率化といった、従来機では実現できない特性を持つ。そのため十分なトルク密度を持つモータが実現できれば、電気自動車等の一層の高効率化、始動・加速特性の大幅な向上が期待できる。モータの究極の小型化に向け、高い電流密度と可撓性に富んだ希土類系高温超伝導線材を用いた、大電流容量の固定子巻線の開発が課題となっている。

平成29年度は、希土類系超伝導線材を複数束ねて大電流容量化した導体構造について評価を行った。電流密度を低下させず、小半径で曲げられる特殊な構造の導体を用いたコイルの設計検討を行い、小型大電流容量固定子巻線実現の可能性を見いだすことができた。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】超伝導回転機、電気自動車、誘導同期回転機、高温超伝導コイル

【研究 題 目】分画成分の詳細構造解析法の確立および水相中の糖の濃縮法の確立

【研究代表者】麓 恵里 (創エネルギー研究部門)

【研究担当者】麓 恵里、佐藤 信也、柿沼 敏弘 (常勤職員1名、他2名)

【研究 内 容】

リグニンなど劣質な未利用難処理炭素資源は炭素-炭素、エーテル、エステル結合を介して芳香環が組み込まれており、場合によっては芳香環が縮合している。そのため、従来資源化する技術がないために減容・焼却されてきた。本研究では芳香環同士を結び付ける多様な結合と置換基について、所望の結合のみ分解することで、それらを構成する基本構造である単環芳香族を単離・製造するプロセス開発に結び付く要素技術開発を実施するものである。

リグニンなど劣質な未利用難処理炭素資源は巨大分子であるため、実用化の際には実施者が提案する2段階プロセスで単環芳香族を生成する。まず低分子化(分解)を行い、次いで酸化鉄を中心とした触媒による接触分解を行うことで単環芳香族を生成する。当所はリグニンとその反応生成物の平均分子モデルを描くプログラムを開発した。平成29年度は、実用的な時間で解析できるようにプログラムのアルゴリズムを見直し、反応過程での分子構造の変化を明らかにした。

また、低分子化過程で分離されるヘミセルロース由来糖を利用するためには、水相中の糖の濃縮法の技術開発が必要である。平成29年度は、モデル溶液の濃縮試験を実施し、目標の濃度を達成した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】バイオマス、リグニン、可溶性、分子構造解析、ヘミセルロース

【研究 題 目】過電圧の低い正極触媒の開発

【研究代表者】周 豪慎 (省エネルギー研究部門)

【研究担当者】周 豪慎、劉 銀珠、岡垣 淳、Wu Shichao、Qiao Yu (常勤職員3名、他2名)

【研究 内 容】

従来の Li イオン電池に比べ高い理論容量が期待される Li 空気電池では、長期のサイクル安定性や充放電効率の向上が求められている。空気極では放電生成物を充電時に分解し二次電池として動作させるため、放電電圧と充電電圧に電位差(過電圧)を生じる。本研究では放電反応(ORR)および充電反応(OER)の過電圧を削減するため、それぞれの反応に応じた酸化還元中間体(RM=Redox Mediator)を添加し、電池特性評価と反応機構の解明を目指した研究開発を行った。添加剤の効

果によって、目標特性である充電平均電圧3.7V (vs Li/Li⁺)、充電カットオフ電圧4.0V (vs Li/Li⁺) で動作するセルを安定的に作成することが可能となった。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 触媒、空気極、リチウム空気電池

〔研究題目〕 ガーネット型酸化物電解質材料の創出

〔研究代表者〕 秋本 順二

(先進コーティング技術研究センター)

〔研究担当者〕 秋本 順二、片岡 邦光

(常勤職員2名、他2名)

〔研究内容〕

本研究では、酸化物系材料を固体電解質として使用する全固体酸化物型リチウムイオン電池の実現のため、ガーネット型リチウムイオン伝導体の特性改善のための新規材料探索を行うとともに、粒界抵抗低減のための粉体の粒径制御技術、緻密成型体の作製技術の開発を実施する。具体的には、室温で 10^{-4} S/cm 程度のイオン伝導性が報告され、また広い電位窓が可能であることから有望な材料候補とされている立方晶 $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ (LLZ) を凌駕するような Zr 系、Ta 系材料について、新規材料探索、粒径制御技術の確立、低温合成技術の確立を目指す。

本年度は、ガーネット型酸化物材料の低温合成プロセスの開拓を目指して、Al フリーの $\text{Li}_{7-x}\text{La}_3\text{Zr}_{2-x}\text{Ta}_x\text{O}_{12}$ (LLZT) において、緻密成型体の作製に適する微細な粉体粒子の合成を目指して新しい合成法を検討し、生成物の化学組成と粉体特性、結晶構造について調べた。その結果、あらかじめ低温合成法で作製された前駆体原料と酸化リチウムを出発原料として用いる合成プロセスにより、アルゴン雰囲気下500℃以下の焼成温度で、一次粒子サイズがサブミクロンオーダーのガーネット型構造のほぼ単一相試料が得られることを見出した。また、単結晶試料を用いた固体電解質材料の基礎物性、電気化学測定を実施した。さらに、新規組成を有するリチウムイオン伝導体の開発を進め、ガーネット型構造を有する新規組成について、結晶構造、物性評価を実施した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 固体電解質、ガーネット、リチウムイオン伝導体、ジルコニウム、タンタル、リチウムイオン電池、全固体二次電池、蓄電デバイス

〔研究題目〕 バイオマスプラスチックを使いこなすための高機能バイオ界面活性剤の開発

〔研究代表者〕 羽部 浩 (機能化学研究部門)

〔研究担当者〕 羽部 浩、森田 友岳、福岡 徳馬、
雑賀 あずさ、牛丸 和乗、佐藤 俊、
河本 翔平 (常勤職員6名、他1名)

〔研究内容〕

本研究では、バイオマス由来ポリマーの更なる高機能化を支えるバイオベース添加剤として、微生物が産生する「バイオ界面活性剤 (BS)」に着目し、BS の新たな生産および利用技術の開発を行う。具体的には、「BS をバイオマスプラスチック添加剤として利用する技術」および「賦存量の多い木質系バイオマスから BS を量産する技術」を創出することにより、既存のバイオマスプラスチックや、今後世に出される新規バイオマス由来ポリマーをより使いこなす材料高度化技術の革新をもたらすことで、機能性バイオ素材の利用拡大、低炭素社会の実現に貢献する。

一般に BS の中でも生産量が高いことが知られる「糖型 BS」をターゲットとして、プラスチックへの添加を想定した各種物性の評価を行った。本年度は、樹脂の補強材として有望なバイオフィラーであるセルロースナノファイバー (CNF) の分散性を高める添加剤としての糖型 BS の効果を検証した。糖型 BS で CNF を処理することで、樹脂マトリクス中への良分散性を維持したまま BS の機能が付与された新しい CNF 乾燥粉体の作製に成功した。

また、木質糖化液の主成分の一つであるキシロースを唯一の炭素源として糖型 BS を生産できる微生物を環境中からスクリーニングし、既存の主要な糖型 BS とは構造が異なる糖脂質を生産する微生物を複数種選抜することに成功した。今後、得られた糖脂質の構造決定を行い、基礎物性解析を進める。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 バイオマスプラスチック、バイオ界面活性剤、機能性添加剤、表面改質、分散剤、セルロースナノファイバー

〔研究題目〕 イネにおける技術検証；実用作物での検証・最適化

〔研究代表者〕 光田 展隆 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 光田 展隆、大島 良美、高木 優
(常勤職員2名、他3名)

〔研究内容〕

本研究では、独自性の高い植物転写因子リソースと胚発生研究・転写因子研究の経験を活かして、受精を介さずにクローン種子を形成する『アポミクシス』を人為的に誘導する技術を確立し、多様な植物に適用することを目指す。本技術が確立できれば、優良形質をもつ F1ハイブリッド系統やエリート系統の種子を介した固定が可能となり、植物育種に革命をもたらす。本研究では具体的にはシロイヌナズナの雄性不稔変異体を用いて、様々な転写因子のキメラリプレッサーを形質転換し、受精せずに種子や胚乳が形成されるラインを探索する。これまでに1000転写因子以上についてスクリーニングを完了し、受精なしに種子や胚乳の形成が起きるラインを多数同定した。これらのうち、シロイヌナズナにおいて受精

なしに胚乳形成を引き起こすと目された5遺伝子（のキメラリプレッサー）についてユビキチンプロモーターを用いてイネ野生株（日本晴れ）で発現させたところ、一部の組換え体において、シロイヌナズナと同じように受精なしに胚珠が肥大することがわかった。また、胚珠での発現が強い MADS-box 遺伝子ファミリーに属する遺伝子のプロモーターでも発現させ、同様に一部の組換え体で受精なしに胚珠が肥大する現象が観察された。今後これらの肥大した胚珠についてその性質を調べ、制御メカニズムを明らかにしていく予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】植物、アポミクシス、遺伝子、シロイヌナズナ、イネ、種子

【研究 題 目】真空プロセス装置における酸化・窒化影響評価

【研究代表者】佐藤 直子（製造技術研究部門）

【研究担当者】佐藤 直子、中野 禪（常勤職員2名）

【研究 内 容】

ニッケル基超合金は、鍛造成型され、ガスタービンのブレードなど高温環境で用いられている。このような耐熱合金は、形状最適化による発電効率など機能性向上が見込まれており、より複雑形状の加工を得意とする積層造形での加工が期待される。しかし、ニッケル基超合金をレーザー積層造形で加工すると、デンドライトが形成し、デンドライト界面に金属間化合物が析出し、また結晶粒内には造形中に巻き込まれた酸化物を核として脆化相が形成するため、高温における機械的特性が鍛造材よりも低下することがわかっている。凝固組織は凝固時の冷却速度、析出物はプロセス中の保持温度が影響するが、レーザー積層造形では不活性ガス雰囲気のため、冷却速度は大きく、保持温度は低い。そこで本研究では、レーザー積層造形において真空雰囲気をを用いることにより、プロセス中の熱履歴を制御すること、および酸化や窒化を抑制し析出物の制御をすることにより、ニッケル基超合金の積層造形材を高強度化する技術を開発する。

研究計画は、まず真空雰囲気におけるレーザー照射条件を探索し、緻密な造形物を作製し、その微細組織および高温延性、高温クリープ特性を評価する。次に、高温特性評価の結果を基にして、レーザー照射条件および雰囲気を変化させることにより更なる特性改善に取り組む。並行して、原料粉末の処理を積層造形チャンバーのまま実施できる機構を開発し、原料粉末のロバスト性評価を行う。

今年度は、真空雰囲気におけるレーザー照射条件を探索し、年度の達成目標とした造形物の相対密度98%を達成した。また、原料粉末の処理機構のコンセプトを具体化し、設計に着手した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】レーザー積層造形、ニッケル基超合金、

真空雰囲気、組織制御

【研究 題 目】【特定課題調査】燃料電池性能および電極反応および過電圧の解析

【研究代表者】石山 智大（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】石山 智大（常勤職員1名）

【研究 内 容】

燃料電池の中温作動化によるメリットとして、部材に要求される耐熱性の低減や白金触媒使用量の削減による低コスト化、また、熱や水分管理が容易になることによるシステムのコンパクト化・簡素化などが期待されている。近年、電気化学反応を利用してアルカリ含有リン酸塩ガラスのアルカリイオンをプロトンへ置換する技術が開発され、中温域で既報の伝導度を超えるプロトン伝導性リン酸塩ガラス電解質が発見された。中温作動型燃料電池（ITFC）の実現に向けて、次の課題としては電極材料の開発が求められる。酸化物イオン伝導体を電解質に用いた高温作動の固体酸化物形燃料電池（SOFC）における知見として、酸化物イオンとホールの両者を伝導可能なイオン・電子混合伝導体（MIEC）が電極反応面積を増幅できるため高性能電極となることが知られている。プロトン伝導体を電解質に用いた ITFC においても、同様な効果からプロトンと電子の混合伝導性を有する材料が高性能電極となることが期待される。

本年度は、プロトン伝導性ガラス電解質に利用可能なプロトンと電子の混合伝導性を有するガラス電極についておよび Pd 電極のカソード特性について研究した。電解質上に多孔状に形成したガラス電極を用いた際に電子伝導性の不足による顕著な抵抗増大が観察され電子伝導度の高いガラス電極の開発が重要であることが明らかとなった。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】燃料電池、プロトン伝導体、リン酸塩ガラス電解質、電極反応

【研究 題 目】タフ・ロボティクスのためのタフ・ワイヤレス技術の研究開発

【研究代表者】加藤 晋（知能システム研究部門）

【研究担当者】加藤 晋、有隅 仁、岩田 拓也、神村 明哉、越川 知大、川端 伸一朗、大楠 祐司（常勤職員4名、他3名）

【研究 内 容】

ロボットと通信は切っても切り離せない関係にある。災害対応ロボットに適用する通信は有線・無線の両方が検討されているが、有線通信ではロボットの行動を大きく制限してしまうデメリットが存在する。一方、無線（ワイヤレス）通信では通信の信頼性は有線よりも劣るものの、ロボットの行動を制限することなく活用できる。現状、ロボット制御が求めるワイヤレス通信への技術要件（遅延保証、到達距離、通信速度、タフさ）の全てを

満たす通信技術は存在しない。現在の周波数資源の制約からすべての課題満足する通信手段を実現することは困難であるが、最新の無線通信技術を最大限活用することで、ロボット制御に適合したワイヤレス技術を再設計（周波数帯、アクセス制御など）し、災害時等の極限環境においてロボットの真価を發揮させるため、ロボット自体のタフさだけでなく、ワイヤレス技術にもタフさを強化する必要がある。以上の理由から、本研究開発提案ではタフ・ロボティクスに適用可能な、極限環境下でも人とロボット、ロボットとロボットのつながりを維持する“タフ・ワイヤレス”の実現に必要な要素技術を新たに研究開発し、実環境上の試験フィールドにおいて実証する。

平成29年度は、災害対応ロボットを想定して開発されたタフ・ワイヤレス技術を実装した通信装置を用い、特に、空中からの情報収集等に用いる飛行型ロボット、地上を移動し情報収集や無線中継等に用いる産総研の地上移動ロボットへの搭載を行い、実フィールドにおけるタフ・ワイヤレス技術の検証・評価を行った。タフ・ワイヤレス装置を拡張し、ペイロード用の汎用の通信インタフェースを追加して音声情報や小サイズ画像情報を伝送できる仕組みに改修し、フィールド評価会にて動態デモンストラーションを実施した。また、169 MHz 帯無線、及びその920 MHz 帯無線との切替え機能の性能を評価し有効性を示した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 災害対応ロボット、ドローン、無線通信、低遅延、試験方法、実環境評価

【研究 題目】 サイバニックシステムに対する安全検証手法の開発

【研究代表者】 比留川 博久（ロボットイノベーション研究センター）

【研究担当者】 比留川 博久、松本 治、中坊 嘉宏、原 功、本間 敬子、角 保志、梶谷 勇、藤原 清司、ジェフ ビグス、尾暮 拓也、田中 秀幸、宮腰 清一、佐々木 牧子、尾形 邦裕（ロボットイノベーション研究センター）、吉田 英一、鮎澤 光、吉安 祐介、今村 由芽子（知能システム研究部門）（常勤職員17名、他1名）

【研究 内容】

目標、研究計画：

- (1) システム安全情報モデリング技術 SafeML による安全検証技術：データ出力及びデータ解析の改良設計、機器開発外部機関のシステム安全情報に基づいた事例構築、認証機関による可用性評価取得。
- (2) 移動支援分野の安全検証技術：動的安定性試験装置に計測系追加など改良。4種以上の歩行支援機器

での試験試行。

- (3) 排泄支援分野の安全検証技術：介護現場リサーチに基づきより現実的な評価用排泄支援機器の要件定義。試験装置の改良、文献調査および安全試験手順の策定。

年度進捗状況：

- (1) システム安全情報モデリング技術 SafeML による安全検証技術：

ウェブベースのソフトウェア開発を継続し、モデル生成インタフェースを試作。サイバーデザイン社からの情報提供に基づいたものを含め2例のモデル構築実施。SafeML の文法改良を実施。認証機関による可用性についての評価を改訂。

- (2) 移動支援分野の安全検証技術：

動的安定性試験装置の試験実施時の安全性を改善。転倒挙動再現ダミー用リフター追加など試験効率の改善。高速度カメラ等計測系の追加。仮想試験対象機器として開発した歩行者2種および市販歩行者の計4種による試験実施。試験手順および評価方法の妥当性を検討。力学的シミュレーションおよび他方式の歩行支援機器に関する安全性検討を実施。

- (3) 排泄支援分野の安全検証技術

介護施設、教育施設、大腸肛門病学会でのリサーチに基づき、より現実的な評価用排泄支援機器の要件定義実施。文献調査にてパラメータ妥当性確認。各種計測試験機器について改良および試行をおこなひ、試験手順書を策定。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 安全検証、ロボット、介護機器、生活支援、サイバニクス

【研究 題目】 無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現

【研究代表者】 湯浅 新治（スピントロニクス研究センター）

【研究担当者】 湯浅 新治、ロナルド・ヤンセン、野崎 隆行、今村 裕志、福島 章雄、久保田 均、薬師寺 啓、齋藤 秀和、オレリー・スピーザー、甲野藤 真、塩田 陽一、高木 秀樹、倉島 優一、青柳 昌宏、菊地 克弥、渡辺 直也、馮 ウエイ、鈴木 義茂、白田 悦子（常勤職員17名、他2名）

【研究 内容】

本プログラムでは、電圧によるスピン操作技術を活用し、SRAM 並みの動作速度・電力と DRAM や STT-MRAM を超える集積度を兼ね備えた不揮発性メモリ「電圧トルク MRAM」および不揮発性を有するトランジスタ技術を開発する。さらに、大径 Si ウェーハ上への磁気抵抗素子のエピタキシャル成長とウェーハ接合・

3次元積層技術を用いて、実用磁気抵抗素子の単結晶化による不揮発性メモリ MRAM の微細化限界の突破を目指す。これらの基盤技術の中核とした新コンピュータアーキテクチャおよび電圧駆動3次元コールド・ストレージ技術により、IT 機器の消費電力を1/100にすることを目指す。これにより、将来的にほとんど充電を必要としないモバイル機器や大規模災害時に電源なしで長期間使用可能な IT 機器を実現し、エコで快適なライフスタイルの変革、安全・安心なユビキタス IT 社会の実現、日本のエレクトロニクス産業の再興に結びつけることを目指す。

本プログラムは、平成26年度後半から開始され、平成29年度は、(i) 電圧による磁気異方性変化率を増大させる Ir 添加 Fe 合金材料の開発、(ii) 電圧書き込みエラー率のさらなる低減、(iii) Si ウェーハと垂直磁化 MTJ 薄膜を用いたウェーハ接合・Si 除去プロセスの完成、(iv) 大径 Si 基板上への MgAlO トンネル障壁のエピタキシャル成長などの成果を得た。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】電圧トルク MRAM、単結晶化、3次元積層、ウェーハ接合、スピン FET、交差物性

【研究 題目】極限環境シミュレーションプラットフォーム Choreonoid の開発

【研究代表者】金広 文男 (知能システム研究部門)

【研究担当者】金広 文男、中岡 慎一郎、服部 静子 (常勤職員2名、他1名)

【研究 内容】

地震や台風等の自然災害によりダメージを受けた工業用プラントの内部及び外部や、土砂崩れ等の現場を災害対応ロボット活動の現場として想定し、このような現場において緊急対応、復旧作業を行なうクローラタイプあるいは脚型移動タイプのロボットをシミュレートしてその開発を支援するシミュレーションプラットフォームを開発、提供することが目標である。

平成29年度は広視野角視覚センサシミュレーション機能の開発を行った。従来 Choreonoid では、OpenGL によるレンダリング機能を用いて、カメラや RGD センサ、レーザレンジファインダ (以下 LRF) などのセンサのシミュレーションを行ってきた。しかし、従来の実装ではセンサに対して1枚の透視投影描画面を割り付けることによってセンサのシミュレーションを行っていたため、視野角が180度未満に制限されるという問題があり、近年安価に利用が可能となってきた周囲360度を一度に撮影できる全天球カメラや180度以上の計測範囲を持つセンサのシミュレーションを正しく行うことができなかった。そこでセンサ1つに対して複数の仮想的なカメラを割り付けてそれらから得られるレンダリング結果を統合して出力することでこれらの広視野角を持つセン

サのシミュレーションを可能とする拡張を行った。これにより RICOH THETA のような広視野角カメラ、Velodyne VLP-16のような広視野角 LRF のシミュレーションが可能となった。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】災害対応ロボット、シミュレータ、Choreonoid

【研究 題目】革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)「バイオニックヒューマノイド評価法の標準化」

【研究代表者】鎮西 清行 (健康工学研究部門)

【研究担当者】鎮西 清行、山下 樹里 (常勤職員2名、他2名)

【研究 内容】

本研究課題は、JST 革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)「バイオニックヒューマノイドが拓く新産業革命」プログラムの一部である。同プログラムではヒトや実験動物の代わりとなるセンサ内蔵の精巧な人体ダミー「バイオニックヒューマノイド」を開発し、医療機器その他の工業製品の開発の際に課題となる主観評価を定量化して技術を早く社会に届けることを最終目的としている。本研究課題は、バイオニックヒューマノイドに関する標準化活動を目指している。ケーススタディを通してバイオニックヒューマノイドの開発プロセスと仕様の抽出の方法、妥当性確認の方法を一般化する。平成29年度には以下の成果を得た。

- 1) 経鼻的下垂体アプローチ脳神経外科手術のパフォーマンス評価手法の開発： 硬膜縫合処理を想定した、硬膜モデルを追加し、他機関で実施中の手術機器開発評価のために提供した。また蝶形骨研削の削り心地計測を再現するため模擬骨の研削実験を行い、biofidelity に影響する幾つかのファクターを見出した。
- 2) 国際標準化の検討： ISO/TC 150 (Implants for surgery) に対して提案を行い、バイオニックヒューマノイドを横断的に扱う新 WG を本事業の太田教授 (東北大) を議長として設置する決議を得た。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】医療機器評価用ダミー、手術トレーニング用ダミー、標準化

【研究 題目】人工細胞デバイスを活用した高速進化実験系の開発と臨床診断用スーパー酵素の創成

【研究代表者】宮崎 健太郎 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】宮崎 健太郎、森尻 純子、田口 しげみ、泊口 菜月 (常勤職員1名、他3名)

【研究 内容】

本課題では、産業上有用な臨床診断酵素を、進化分子

工的手法により機能改良する。特に、東大野地研究室が開発する人工細胞リアクタを活用した超並列型スクリーニングを行うことを念頭に、種々の変異手法を駆使した大規模な変異ライブラリーを構築し、スクリーニングに供する。本課題においては、改変対象酵素（以後 X とする）の活性を10倍以上向上させることで、本課題で開発される革新的進化工学技術の有効性を実証するとともに、その他の産業用酵素等に適用し、技術の一般化を図る。これにより、臨床診断分野をはじめ、酵素が活用されるバイオテクノロジー分野全体の競争力強化につなげる。

酵素 X の進化工学的な改変により活性向上変異体を取得するため、酵素 X 遺伝子の Saturation mutagenesis ライブラリーを構築した。N 末端より順次アミノ酸置換を施し、各座位あたり48個ずつの活性（寒天プレート上での発色）コロニーを拾い、菌体培養、活性スクリーニングを行い、野生型の2倍以上高活性化された変異体を同定していった。以下、C 末端まで座位ごとのスクリーニングを行ない、10以上の高活性変異体を獲得した。これらの変異の組み合わせライブラリーを構築し、30倍程度活性の向上下変異酵素を見いだした。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】産業用酵素、臨床診断、進化分子工学

【研究 題目】リチウムイオン電池向けレーザークリーニング（テーブルトップレーザーによる一括ビーム照射）

【研究代表者】新納 弘之（機能化学研究部門）

【研究担当者】新納 弘之（常勤職員1名）

【研究 内容】

ナノ秒パルスを活用する材料表面加工技術における産業実用化を指向した性能検討の実施として、浜松ホトニクス社に設置されている同社のプロジェクト開発機であるテーブルトップレーザー装置（小型パワーレーザー）を用いて、一括ビーム照射下でのレーザークリーニング試験を行い、産業実用化に向けた具体的な除去性能を明確化した。テーブルトップレーザーによる一括ビーム照射クリーニングについて、パルス幅5.7 ns、1J/パルスのテーブルトップレーザーでの除去は H28年度 FS で確認済みであり、一括ビーム照射の有効性が認められた。したがって、パルス幅10-40 ns、1J/パルスのテーブルトップレーザー開発機でのレーザークリーニング試験を浜ホト研究所内で今年度実施し、2つの開発機での比較参照データを取得した。

レーザー照射時の基板表面からの液滴の飛散状況を、接写型超高速カメラ画像測定によって、レーザー照射現場において、液滴飛散の動的な挙動を詳細に評価した。照射実験を行った試料については、産総研つくばセンターにおいて試料表面の詳細分析を行った。産総研が既保有の

分析評価機器（マイクロ X 線 CT 装置、表面元素分布マッピング装置、三次元形状評価装置など）を活用することで、レーザー照射後の加工表面の詳細な把握を行った。これらの検討に基づき、コスト、サイズ、除去性能等について、競合レーザー装置であるハンドヘルドレーザーとの二者間で比較可能な実験データを取得した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】レーザー精密加工技術

【研究 題目】ミラー、透明、黒の状態可変技術による革新的省エネ調光窓の開発

【研究代表者】吉田 学（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】吉田 学、植村 聖、渡邊 雄一、延島 大樹（常勤職員4名）

【研究 内容】

本研究では、ミラー、透明、黒の状態可変技術による革新的省エネ調光窓を実現することを目標としている。産総研では、特に黒色モードのときの均一性にかかわるITO ナノ粒子層の効率的製造方法について検討した。

可視光の吸収率は、ITO ナノ粒子層の厚みに依存するため膜厚の薄い箇所は、吸収率が低くなる。一方、膜厚の厚い箇所は、析出する銀量が多いため、銀溶解に要する時間が長くなる。このようなことから膜厚が面内で不均一である場合、銀析出の際には吸収率のムラ、銀溶解時には溶解時間差のムラが、見た目のムラとして認識されるため、均一な膜形成が必要である。均一な膜形成方法として、狙い膜厚が100 nm 以下であること、使用する塗布液の粘度が比較的低粘度であることを考慮し、スプレーコート方式を選定した。この方式で ITO ナノ粒子の濃度、塗布量、溶媒種等を評価し、適切な粒子濃度、適切な塗布量を決定した。平成29年度の結果としては、スプレーコート法を用いることにより、膜厚ばらつきを±15 %以下まで低減し、光の吸収率として86 %という高い値を達成した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】エレクトロクロミック・省エネ窓

【研究 題目】ミラー、透明、黒の状態可変技術による革新的省エネ調光窓の開発

【研究代表者】渡邊 雄一（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】渡邊 雄一、吉田 学、延島 大樹（常勤職員3名）

【研究 内容】

家庭・業務部門の消費電力低減は、社会の大きな課題である。特にエアコン等の空調にかかる消費電力低減が必要であり、屋外と室内とで最も熱の出入りが多い窓に対し、夏の強い日射は反射し、その他の季節では室内に日射を取り入れられる省エネ可能な調光窓が求められて

いる。本研究では、このような調光窓の実現にミラーと黒と透明を可変できる銀析型エレクトロクロミックデバイス技術を応用し、実用化に向けた開発を行っている。

当センターでは、本デバイスの1 m 角以上の大型化に向け、印刷・塗布プロセスを用いた低コスト製造プロセスを開発している。平成29年度は、本調光デバイスの光学制御に必要な構成部材の1つである導電性ナノ粒子薄膜を、大面積透明電極基板上に厚さムラなく均一に塗布製膜する技術開発に取り組んだ。ナノ粒子薄膜の膜厚が面内で不均一である場合、薄膜上での銀析出の際には吸収率のムラ、銀溶解時には溶解時間差のムラが、見た目のムラとして認識されるため、均一な膜形成が必要である。

導電性ナノ粒子薄膜の狙い膜厚が100 nm 以下と薄く、使用する粒子分散液の粘度が低いことから、塗布製膜方式としてスプレーコート方式を選定した。種々の検討の結果、粒径約100 nm の粒子を10 cm 角基板上にほぼ隙間なく単層で、視覚的なムラなく均一製膜することに成功した。本ナノ粒子薄膜を用いた調光デバイスは、ナノ粒子薄膜が非常に薄いため透明状態の透過率減衰はほとんどなく、銀析出時の着色にも視覚的ムラは無く光学吸収率86 %を得られ、調光窓としての実用化に向け十分な性能を達成した。現在は他の構成部材の製造プロセス開発に取り組んでいる。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 エレクトロクロミック・省エネ窓

【研究題目】 プラスチック基材への常温セラミックコーティング法の開発

【研究代表者】 野田 浩章（先進コーティング技術研究センター）

【研究担当者】 野田 浩章、明渡 純
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究では、これまで基礎開発してきたプラスチック基材へのエアロゾルデポジション（AD）法に、特定の間膜を介したセラミック積層体の特性向上と用途開発を目的とする。セラミック原料には、アルミナをこれまでの研究実績、透明性や硬度とコストのバランスから主たる原料として選択している。間膜として用いる有機無機ハイブリッド材料は、本研究企業の荒川化学工業株式会社が合成技術と基本特許を有した材料を用いている。向上を目指す特性として、想定される出口アプリケーションに多く挙げられている積層体の硬度特性（鉛筆硬度・耐傷性など）やヘーズ（濁度）値に代表される光学特性があげられる。上記硬度特性やヘーズ特性の向上のためにはセラミック層を緻密にするための取り組みが必要であり、原料粉のアルミナの物理特性や、AD 法における粉を吹き付ける条件、間膜の膜設計、及びシミュレーションによる応力解析等により、プラスチックのよ

うな柔らかい基材上においてもヘーズ値を数%オーダーまで下げること成功した。引き続き、上記特性向上を目指しつつ、市場調査や企業との連携活動により用途の絞り込みを行っていく。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 エアロゾルデポジション法、プラスチック、セラミックコーティング、有機無機ハイブリッド材料、中間膜、ヘーズ特性、硬度特性、用途開発

【研究題目】 アンモニア内燃機関の技術開発

【研究代表者】 壹岐 典彦（再生可能エネルギー研究センター）

【研究担当者】 壹岐 典彦、倉田 修、辻村 拓、小島 宏一、松沼 孝幸、井上 貴博、鈴木 雅人、古谷 博秀、藤谷 忠博、SULTANA ASIMA、高橋 厚、中村 功、井村 公二、岡田 孝、小宮 孝司、片岡 照貴、矢作 誠治、佐藤 直子、金澤 翔一
（常勤職員12名、他7名）

【研究内容】

アンモニアは、肥料原料や汎用化学品原料として大量に使用されている。沸点が -33°C で水素と比較して容易に液化でき、輸送・貯蔵技術が十分に整備されており、次世代の低炭素社会を担うエネルギーキャリアとしての可能性を十分に秘めている。エネルギー消費地における水素への変換、燃料電池デバイス、燃焼などアンモニアの利用技術が確立されることにより、アンモニアをエネルギーキャリアとする社会が構築される。その中でアンモニアを燃料とした内燃機関の燃焼技術の開発を担当している。ガスタービンやレシプロエンジンなどの実用燃焼器においてこれらの技術課題を解決するために、燃焼器の改良を進め、新燃焼コンセプトの実現可能性を検証する研究開発に取り組んでいる。平成29年度は、リッチリーン燃焼方式をガスタービン燃焼器に適用して排出 NO_x を低減することを目的として、部分的に形状を変更したガスタービン燃焼器について燃焼器テストリグを用いた燃焼試験を実施した。その結果、リッチリーン燃焼方式用に改造することで、 NO_x 排出を半分以下にできることを確認した。その知見を踏まえて東北大学、トヨタタービンアンドシステムと共同で低 NO_x 燃焼器の開発を進め、試作した低 NO_x 燃焼器を用いて、アンモニア専焼条件でガスタービン発電試験を行い、排出 NO_x をさらに低減できることを確認した。また、脱硝装置を小型化するために、新型脱硝触媒の開発に着手し、従来の触媒に比べて2~3倍の活性を持つ触媒の調整に成功した。アンモニアを燃料とするレシプロエンジンにおける未燃燃料排出要因を解明するために、燃焼後の膨張行程におけるアンモニア再生成の可能性と壁面消炎に

よる未燃分生成について検討した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 エネルギーキャリア、アンモニア直接燃焼、内燃機関、ガスタービン、実証試験、燃焼モデル、脱硝触媒

【研究 題 目】 アンモニア合成触媒の開発・評価

【研究代表者】 高木 英行（創エネルギー研究部門）

【研究担当者】 高木 英行、望月 剛久、陳 仕元、西 政康、山本 恭世、井元 清明（創エネルギー研究部門）、難波 哲哉、松本 秀行、Javaid Rahat、眞中 雄一（再生可能エネルギー研究センター）、金 賢夏（環境管理研究部門）、藤谷 忠博（触媒化学融合研究センター）、工藤 祐揮、北川 直美、安齋 由理恵（安全科学研究部門）（常勤職員11名、他4名）

【研究 内 容】

本開発では、再生可能エネルギーあるいは化石燃料由来の CO₂フリー水素を用いて、エネルギーキャリアであるアンモニアの製造システム開発を目指すものである。本プロセスの開発における課題は、主に「低温で高活性なアンモニア合成触媒の開発」、「変動への対応」、「アンモニア合成プロセスの最適化」、「AATG プロセスを用いたアンモニアチェーンの検討」、「アンモニア合成の実証試験」、「アンモニアを中心としたエネルギーキャリアの実用化調査」、「アンモニアチェーンの社会導入に向けた実証検討」の7点であり、産業技術総合研究所では、「アンモニア合成触媒の開発・評価」、「アンモニア合成の実証試験」および「アンモニアを中心としたエネルギーキャリアの実用化調査」を実施した。

「アンモニア合成触媒の開発・評価」について、酸化物担持 Ru 触媒の高活性化を目指して、速度論解析、担体種および Ru 種による活性と触媒物性への影響を検討するとともに、前処理による活性への影響を検討し、有益な知見を得た。また、実証プラントに充填する酸化物担持 Ru 触媒に対して、プラント運転条件を想定した活性マッピング測定を行い、実証試験に必要なデータを得た。

炭素担体を用いた触媒については、比表面積の異なるメソポーラスカーボン（MPC）および活性炭（AC）を担体として用いた触媒を調製し、アンモニア合成の触媒活性の評価を行った。比表面積がほぼ同じ MPC および AC 表面上の Ru の担持状態を比較すると、反応前はどちらも約2 nm の粒子が分散した状態にあり、MPC では反応後も粒子サイズがほぼ変わらないのに対し、AC 表面上の Ru は粒子サイズが著しく増加することがわか

った。また、MPC を担体とする触媒が、AC を担体とする触媒に比べ低温で高い活性を発現することが明らかになった。特に1800 °Cで焼成した MPC を担体とした触媒が高い活性を発現することがわかり、炭素材料の表面状態や細孔構造が活性に影響することを示唆する結果を得た。

「アンモニア合成の実証試験」について、実証試験用装置の建設が完了し、種々の点検・手続きを行った。また、試運転を行い、装置が正常に動作することを確認するとともに、液体アンモニアの製造を確認した。

「アンモニアを中心としたエネルギーキャリアの実用化調査」について、アンモニア混焼・専焼発電からのライフサイクル CO₂排出量を、アンモニアサプライチェーンおよび発電の各プロセスへの投入物量と、これらに対応する CO₂排出原単位を用いて算出し、石炭火力・LNG 火力からの排出量と比較を行った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 アンモニア、CO₂フリー水素、触媒開発、活性評価、実証試験、ライフサイクル評価

【研究 題 目】 有機ハイドライド向け実用型炭素膜の開発と膜分離システム設計

【研究代表者】 吉宗 美紀（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】 吉宗 美紀、原 伸生、根岸 秀之、山木 雄大、穉吉 紀子、荒井 陽子、原谷 賢治（常勤職員4名、他3名）

【研究 内 容】

本研究では、メチルシクロヘキサントルエン系有機ハイドライドを用いた水素ステーション用脱水素システム技術の実用化を目的とする。脱水素システムを構成する低コスト水素精製技術の開発に関連して、新規水素分離膜としての実用型炭素膜の開発と要求仕様を達成する効率的な水素精製が可能となる膜分離システムの設計を担当した。

実用型炭素膜の開発では、開発した高性能炭素膜の高い水素選択性と長期安定性を維持したまま、水素透過速度の向上を検討した。その結果、不融化条件の最適化および炭素膜の前駆体ポリマーに架橋剤を添加することが有効であることを見出し、水素／トルエン混合ガス条件下で昨年度に比べて10 %の水素透過速度の向上を達成した。この炭素膜は、目標値以上の水素透過速度および精製水素中炭化水素濃度2 ppm 以下（C1換算）の分離性能を1000時間にわたって安定に維持できることを確認した。

膜分離システム設計では、メチルシクロヘキサンの脱水素反応後の気液分離工程を経た水素／トルエン混合ガスから炭素膜を用いて分離し、水素を精製するシステムについて、昨年度検討したマルチモジュールシステムを基に水素精製量300 Nm³/h の膜分離システムの設計計

算を行った。その結果、FCV 用氢气規格を満足する氢气純度を達成するために必要な膜性能とモジュール本数を明らかにした。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕氢气、有機ハイドライド、炭素膜

〔研究題目〕氢气エンジン燃焼技術

〔研究代表者〕辻村 拓（再生可能エネルギー研究センター）

〔研究担当者〕辻村 拓、古谷 博秀、小島 宏一、
Dimitriou Pavlos
（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

本研究は、液体氢气による氢气発電用あるいは運搬船用の大型エンジンシステムの研究開発を行い、高効率・クリーンな氢气利用技術の確立を目指すものである。研究目標としては、エンジン単体熱効率50 %以上（大型エンジン換算）、窒素酸化物200 ppm（排出ガス中酸素濃度：0 %）の同時達成を掲げる。研究計画では、大型氢气エンジンの特性を予測するため、臨界速度で噴出する氢气噴流の発達特性、詳細化学反応を用いる燃焼速度計算等を多次元エンジンシミュレーションに導入し、氢气濃度や燃焼速度を定量的に計算することができた。また共同参画機関が開発する各要素技術等を採用してオープンサイクル型直接噴射式氢气エンジンのモデル試験を実施した。モデル試験では、氢气の優れた燃焼特性を最大限に引き出す工夫を施すことで、極低 NOx と高熱効率を両立することに成功し、研究計画を前倒して目標値を達成した。また耐ノッキングの改善等も加わり、氢气エンジンとしては世界最高水準のトルクを発生させることに成功した。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕液体氢气、氢气発電、大型エンジン、燃焼技術

〔研究題目〕エネルギーキャリアに関するステーションとその周辺に対するリスク評価手法開発と社会受容性調査

〔研究代表者〕恒見 清孝（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕恒見 清孝、久保田 士郎、和田 有司、
佐分利 禎、小野 恭子、牧野 良次、
吉田 喜久雄、川本 朱美、吉田 愛、
木原 武弘、加藤 悦子
（常勤職員6名、他5名）

〔研究内容〕

概要：

エネルギーキャリアに関するステーションとその周辺に対するリスク評価手法の開発の成果として、平成29年度は、発生確率解析、ハザード評価、脆弱性推定、被害・リスク評価、安全要件の検討のそれぞれに関して、

確立した手順をもとに氢气ステーションのスクリーニング評価及び詳細リスク評価を実施し、リスク評価書の暫定版を作成した。

(1) 発生確率解析

有機ハイドライド型氢气ステーション特有の事象の解析に必要な着火率等のデータ調査を行った。詳細リスク評価に必要な発災事象についてイベントツリー解析を行い、各発災事象の確率を推定した。また、漏洩箇所毎の漏洩量を算出した。

(2) ハザード評価

有機ハイドライド型氢气ステーション固有のハザード評価を行い、イベントツリー解析結果にもとづく火炎温度分布の時間履歴等を計算した。また、急性影響評価ツールに大気安定度出現頻度や建物ダウンウォッシュの計算モジュールを追加し、メチルシクロヘキサン（MCH）等の大気中濃度分布の推定精度向上を実現した。

(3) 脆弱性推定

爆風による建物影響に関する被害関数についておおよそ確定した。また、MCH の慢性腎臓影響のヒト無害性濃度を改定するとともに、急性健康影響に関する有害性評価指針を作成した。

(4) 被害・リスク評価

氢气漏洩シナリオ別のスクリーニング評価を実施し、症状ごとに質調整生存年数（QALY）損失でリスク評価を比較した結果、熱放射に伴う火傷の死傷リスクが大きいことを明らかにした。また、ディスプレイ周辺の詳細リスク評価を実施し、リスク許容レベルに応じた離隔距離を算出した。さらに、リスク評価書の暫定版を作成した。

(5) 安全要件の検討

リスクデータを提示した対面式での社会受容性調査を実施し、自分の家の隣に氢气ステーションが建設されることを想定した場合、リスク情報を含めた情報提供が受容性を向上させるという結果を得た。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕氢气、エネルギーキャリア、リスク評価、社会受容性

〔研究題目〕ディーゼル噴霧におけるノズル内部・近傍流動の先進光学計測

〔研究代表者〕文 石洙（省エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕黄 魏迪、文 石洙、小熊 光晴、
Raditya Hendra Pratama
（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

次世代エンジンの熱効率50 %実現に向けた、「燃焼速度および燃焼域制御による等容度向上」、「コンパクトな火炎形成による熱損失低減」を実現するためには、高精度の混合気制御を可能とする革新的な噴射技術の導入が

要求される。エンジン内の混合気制御を目標とした多段噴射などの従来の噴射技術は、各段の噴射における噴射圧力や噴射弁挙動の制御性能が十分ではない。本事業では、混合気の制御性能を更に高める手段として、可変噴射率噴射と超高压噴射を組み合わせる新たな噴射制御戦略を適用し、それに関する詳細解析を行う。X線噴霧計測を行い、様々なノズル仕様、噴射圧力、可変噴射パターンがノズル内部流れから下流の混合気形成までの一連の過程におよぼす影響を解明し、その結果を元に、今後の噴射系に必要な性能・機能を明らかにすると同時にエンジン数値解析の精度を高めることを目指している。

5年課題の4年目である平成29年度には、平成27年度と28年度に提案した噴射速度および噴霧基部角モデルの妥当性を様々なノズル（G4S-小径7噴孔、G3P-7噴孔など）の噴霧計測結果を用いて検討し、モデル案を改良し、MATLABによりベースモデルを作成した。同時に、京都大学と共同し、これまで構築したモデルらを3D-CFDツール（Fire など）および1次元エンジン燃焼解析ツール（GT-Power など）のサブモデルとして組み込み、シミュレーションの精度向上に貢献した。また、過渡噴射条件がノズル近傍の流動分裂長さに及ぼす影響について調べ、噴霧分裂画像及びダイナミクス結果から分裂長さを定義し、モデル案を作成した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 革新燃焼技術、燃焼制御、超高压噴射、可変噴射率噴射、X線噴霧計測

【研究題目】 誘電体バリア放電を用いた予混合気の燃焼促進法の開発

【研究代表者】 高橋 栄一（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】 高橋 栄一、浅川 大樹、齋藤 直昭、瀬川 武彦、倉持 晃、広津 敏博（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

自動車用エンジンの熱効率の革新的な向上のためには希薄燃焼の実現を含め、各種損失の削減など、総合的な取り組みが不可欠と考えられている。本研究では、その中でも希薄化に伴う予混合気の着火性の悪化、燃焼速度の減少に対処するために、近年注目されている非熱プラズマによる燃焼支援技術の一つとして、誘電体バリア放電による燃焼促進技術の開発を目指している。非熱プラズマは従来のスパーク放電の様な熱を利用するプラズマに比べて高いエネルギーの電子成分を有し、従来の燃焼における化学反応経路とは異なった反応を実現できる可能性を有している。本研究では様々な非熱プラズマ生成技術の中で耐久性の高い誘電体バリア放電に着目した。本年度はプラズマの燃焼促進効果を誘電体バリア放電プラグを産総研のエンジン及び SIP 熱効率検証用エンジンに取り付け実機で示すとともに、その反応メカニズムの解明に関してフラグメントフリーな質量分析を用いて

分析した。その計測結果を量子化学計算と火炎伝播シミュレーションに基づき考察することによって火炎伝播促進効果はヒドロパーオキシサイドの形成による可能性を見出した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 希薄燃焼、EGR、誘電体バリア放電

【研究題目】 微細加工施設及び陽電子施設を中心とした先端計測技術開発と拠点形成、構造材料の未活用情報を取得する先端計測技術開発

【研究代表者】 大久保 雅隆（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 大久保 雅隆、阿部 富士雄、阿部 勝正、徳丸 朋子、李 志遠、王 慶華、寺崎 正、名越 貴志、佐野 しのぶ、Paul Fons、浮辺 雅宏、藤井 剛、志岐 成友、井藤 浩志、大島 永康、Brian O'Rourke、Mao Wenfeng、石橋 章司、原田 祥久、村上 敬、谷川 晴通、仙田 知也（常勤職員15名、他5名）

【研究内容】

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）革新的構造材料の一翼を担う先端計測拠点は、従来の計測分析装置では対応しきれない、未活用情報（材料開発においてまだ活用されていない材料情報）を取得して、材料イノベーションを創出することを目標とする。TIA オープンイノベーション拠点が有する先端計測装置や、自主開発の先端計測分析技術など、企業単独では保有するが難しい先端計測分析技術を駆使して未活用情報を取得し、き裂発生前の前駆段階の検知とそれからの寿命予測、劣化メカニズム解明などに貢献する。国際連携を促進し、国内だけでなく海外市場で必要とされているパフォーマンスの把握や、それを実現するための手法を提案し、日本製品の世界シェア拡大に貢献する。

プロジェクト前半のステージ1では、材料開発において従来技術では取得できなかった材料情報を先端計測で取得し、材料開発側に提供してきたが、H29年度は、後半のステージ2：顕在化していない未活用の発見と位置付けて、前半で整備した先端計測装置により、サブナノスケールから主翼サイズをカバーする計測に、マイクロ秒の時間軸を追加して、マルチスケール多次元先端計測技術群を有する先端計測拠点に発展させた。例えば、何の前触れも示さず疲労破壊する樹脂については、陽電子消滅で測定した分子鎖間のナノ空隙（自由体積）を測定することにより寿命予測法確立の可能性を見出した。また、20マイクロ秒の時間分解能で航空機の主翼等に使われる炭素繊維強化プラスチック（CFRP）が破壊するときの炭素繊維に掛かる応力分布のダイナミックな変化

をイメージングすることに成功した。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 構造材料、先端計測、国際連携、モアレ、応力発光、超伝導、陽電子、寿命予測

〔研究 題目〕 人と知能機械との協奏メカニズム解明と協奏価値に基づく新しい社会システムを構築するための基盤技術の創出に関する国立研究開発法人産業技術総合研究所による研究開発

〔研究代表者〕 持丸 正明（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 持丸 正明、蔵田 武志、竹中 毅、大隈 隆史、小林 吉之、佐藤 洋、一刈 良介（以上、人間情報研究部門）、大西 正輝（人工知能研究センター）、小峰 秀彦、木村 健太（以上、自動車ヒューマンファクター研究センター）（常勤職員9名、他1名）

〔研究 内容〕

人間の行動は様々な要因に影響を受け変化する。その変化をそれぞれの場に適応した望ましい方向に導くことができれば、業務最適化を達成する従業員の執務行動の変化や生活者の健康行動誘発など、人の「行動変容」を実現することができる。本テーマでは「協奏技術」が適用されるサービス現場や生活現場において、それぞれの技術が人の「行動変容」をどの程度生み出したか、つまりどの程度「協奏効果」があったのかを定量的に評価する技術を開発することを目標とする。

H29年度は、外食、物流、オフィス、計3箇所の実現場において H28年度に引き続き計測を行い、協奏効果の定量化試行に向けた課題やオープンデータ整備の方向性について検討した。

外食サービス現場では、厨房業務の平準化のために、受注業務と計画業務をエリアで明確に分けるという介入施策を実施し、従業員の行動変容の計測・分析を進めている。エリアごとの滞在時間、移動距離、実働時間など多様な指標で定量的に行動データを比較し、行動変容の定量化を進めている。また、店舗エリアに料理運搬用ロボットを導入するという介入施策を実施し、同様に従業員の行動変容の計測・分析を進めている。

物流倉庫では、H28年度に計測したピッキング業務中の従業員13名の約4時間の動線を PDR（Pedestrian Dead Reckoning）、WMS（Warehouse Management System）、BLE（Bluetooth Low Energy）の統合により分析するとともに、オープンデータ化しセンシング技術の性能評価コンテスト PDR Challenge in Warehouse Picking を実施した。

オフィスでは、共有スペースに複数台の RGB-D（RGB and Depth）カメラを設置し、ミーティングスペースや本棚、個人の作業スペースなどオフィス空間の

使われ方を長期間にわたって計測し、何人で何分コミュニケーションをとっているかを可視化した。これにより、現在の観測結果からは30～60分のコミュニケーションが多いこと、コミュニケーションの総量としてはほとんど変化していないこと、情報が得られる場の利用については15時頃の利用が多いこと、長期間で見ると利用者が増加傾向にあることなどを明らかにすることができた。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 行動変容、行動計測、サービス工学、協奏技術

〔研究 題目〕 感性とデジタル製造を直結し、生活者の創造性を拡張するファブ地球社会創造拠点

〔研究代表者〕 江渡 浩一郎（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 江渡 浩一郎（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

感性とデジタル製造が直結し、生活者の創造性が拡張されるファブ地球社会の実現を目指す。ファブ地球社会とは、必要とする全ての人々が、自らの感性に基づいて欲しいモノや必要なモノを可視化・デザイン・創作することができる個人の多様性を尊重した社会であり、そのために必要な工夫やノウハウを、インターネットを通じて流通・共有することで、自己充実感や成長感、達成感、連帯感に満ちた生活を送ることができる持続可能な社会である。

産総研は慶應義塾大学と共に研究課題「共創型の社会展開と普及・啓蒙」を担当したが、その中で特に、共創型イノベーションを実現するための手法の体系化を目標とした。スタートアップ創出を目的とする場（アクセラレータ、インキュベーション施設、社会実装の制度設計、地域共創など）の構築にアクションリサーチとして参画し、そこから知見を抽出し、方法論としてまとめた。特に、COI 構造化チームメンバーの若手担当リーダーとして若手部会を開催し、そこから COI に参加する若手人材の活動を支援する取り組みを行った。また、共創型のイノベーションプロセスにおいては、イノベーションを実際に行おうとする人々を外部から支える「アクセラレータ」や、イノベーションを促進するインキュベーション施設などの外部環境が重要であり、そのような環境を調査した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 イノベーション、共創型イノベーション、共創的科学技術イノベーション、共創プラットフォーム

〔研究 題目〕 戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発／リチウム空気二次電池の基盤技術開発／セラミックスセパレータ技術の開発

【研究代表者】藤代 芳伸（無機機能材料研究部門）
 【研究担当者】藤代 芳伸、濱本 孝一、山口 十志明、山口 祐貴（常勤職員4名）

【研究内容】

酸化物型バルク全固体電池の実現のために、電極／固体電解質の界面における低抵抗化と界面面積の増大を実現する、部素材および製造技術の確立が重要な課題となっている。これまでに高リチウムイオン伝導性を有するセラミック固体電解質の製造プロセス技術に関する研究を行い、従来よりも低温で焼結が可能な LTAP 系電解質基板の製造プロセス技術を開発している。この技術を応用し、従来よりも更に低温で電極／固体電解質の界面形成が可能な酸化物型全固体電池用固体電解質および電極部材の検討を行った。今年度は650℃以下での焼結が可能な酸化物系固体電解質および電極の合成技術の確立と、良好な電極／固体電解質界面形成技術の実現を目的とした。既に開発している高いリチウムイオン伝導性を有する LTAP ($\text{Li}_{1+x}\text{Ti}_{2-x}\text{Al}_x\text{Si}_y\text{P}_{3-y}\text{O}_{12}$) 固体電解質セラミックスシートと正極活物質材料について、更なる低温焼結化の検討を行った結果、従来よりも低い温度で焼結可能な電極及び電解質材料を開発した。これを用いて良好な電極／電解質界面の形成を検討し、酸化物型全固体半電池を作製した。作製した半電池の動作の可能性について試験を行った結果、室温で充放電の動作が可能であることを確認した。

【領域名】材料・化学

【キーワード】次世代蓄電池、セラミックス電解質、電気化学、エネルギー部材製造技術

【研究題目】戦略的創造研究推進事業 チーム型研究／新規固体酸化物形共電解反応セルを用いた革新的エネルギーキャリア合成技術（キャリアファーム共電解技術）の開発

【研究代表者】藤代 芳伸（無機機能材料研究部門）
 【研究担当者】藤代 芳伸、山口 十志明、島田 寛之、嘉藤 徹、門馬 昭彦、田中 洋平、堀田 照久、山地 克彦、岸本 治夫、Katherine Develos Bagarinao、石山 智大（省エネルギー研究部門）、熱海 良輔（再生可能エネルギー研究センター）、倉本 浩司、劉 彦勇（創エネルギー研究部門）（常勤職員14名）

【研究内容】

H28年度までの研究で、Ni サーメット電極上での電圧印加によるメタネーションもしくは逆シフト反応の非ファラデー的な反応促進効果が現れることを示してきた。平成29年度は、Ni サーメット電極上での反応機構（電気化学的触媒アシスト効果）の解明に取り組んだ。YSZ 基板上にスパッタ成膜した Ni 薄膜の外周部をモデル三相界面として取り扱い、この三相界面を含む境界領域に

ついて、環境型走査型プローブ顕微鏡による Operando 測定を行った結果、界面領域に電位変化があることを観察することができ、本手法により反応場領域を直接観察できることを明らかにした。

また、100 W 級の共電解セル・スタックを試作し、電圧－電流特性等を測定した結果、700℃、熱中性電圧で水蒸気と二酸化炭素の利用率（電解率）が実用水準の78%に達するとともに、700-750℃では120 W 以上の電解に成功した。また、これまでに開発した精密計測技術を用いて、試作スタック試験時の負極生成ガス組成を測定した結果、単セル時よりも多いガスリークを観測し、水素濃度は平衡組成より20ポイントほど低い結果となり、ガスシール技術の向上が実用化に向けての課題であると判明した。次に、電解スタックの性能向上を検討した結果、セル直列数を現状の3から5セル程度にすることにより、入力電力を5%削減できることが分かった。さらに、共電解反応のメリットを検討した結果、8気圧程度に加圧できれば、電解セル内でも一部メタンが生成し熱中性電圧・直流入力を低減でき、理想的な熱交換の場合、常圧より7ポイント高い、95%程度のシステム効率（HHV）が期待できることが判明した。

【領域名】材料・化学

【キーワード】セラミック、共電解、水蒸気-CO₂、電気化学的触媒アシスト効果

【研究題目】カルノー効率の60%に達する廃熱回生熱音響システム／熱音響機関の音場制御とエネルギー変換の実測

【研究代表者】安井 久一（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】安井 久一（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

工場等の廃熱を利用して発電や冷却を行う熱音響エンジンの実用化にとって、その高効率化が求められているが、それを阻害する要因の一つが、熱音響エンジン内に発生する気体の流れである音響流である。熱音響エンジンの太い管の部分に関しては、すでに幾つかの研究グループが、実験により音響流の流速分布を調べている。しかしながら、熱から音へのエネルギー変換を担うスタックの細管内は、実験で音響流を測定することは、非常に困難である。固定点での平均速度を表すオイラー速度は、レーザードップラー振動計で測定できるので、スタックの細管の入り口、または出口付近でも測定可能だが、流体粒子の運動に沿ったラグランジュ速度の平均値は、粒子画像流速測定法（PIV）で測定する必要があり、スタック細管内では測定が難しい。本研究では、流体粒子の運動を追尾するラグランジュ描像に基づいた理論モデルによる数値シミュレーションによりストークス・ドリフト速度を計算し、実験で求めたオイラー速度に加えることで、ラグランジュ速度、すなわち物質移動速度である音響流速度を求める方法を考案した。数値シミュレーション

ョンの結果、ストークス・ドリフト速度が、オイラー速度を超えることも有ることが分かった。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕熱音響、廃熱利用、水蒸気

〔研究 題目〕耐熱性 γ -アルミナを用いた高性能 Ni 触媒の開発応用

〔研究代表者〕尾崎 利彦（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕尾崎 利彦（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

近年開発・改良されてきた燃料電池自動車や家庭用燃料電池システムでは、水素を製造する触媒としてルテニウムが使用されているが、その産出量は極めて少ない。ルテニウム触媒は低 S/C 比で改質オペレーションが可能で、また反応中の炭素析出も少ないなど、優れた触媒性能を有する。このため将来の水素社会に向けての大量使用が予想され、その使用量削減を目指した技術開発は重要である。本研究開発では、低コストな高性能ニッケル触媒を開発して高価な貴金属触媒の代替を進め、水素製造コストを低減することを目的とした。

ニッケル触媒は従来、硝酸ニッケルなどのニッケル化合物の水溶液にアルミナなどの耐熱性担体を含浸し、乾燥、焼成、還元等を経て作製される。安価かつ迅速な作製方法であるが、担体上にニッケルが凝集するなどの欠点があり、改良が求められていた。本研究では、化学修飾技術の適用と担持プロセス技術の改善によりアルミナ上のニッケル分散性を改善した。本開発触媒を用いることにより、改質中の炭素析出を抑制させることができた。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕改質触媒、白金族低減、アルミナ

〔研究 題目〕ナノブロック高次秩序化による配向性ナノ構造体の開発と表面ドーピングによる高機能化

〔研究代表者〕増田 佳丈（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕増田 佳丈、伊豆 典哉
（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

基材投影面積の100倍以上の表面積を実現した。具体的には、酸化スズナノ構造体と PET フィルムからなる構造体において、基材投影面積の265倍を実現した。酸化スズナノ構造体と銅箔からなる構造体において、基材投影面積の237倍を実現した。これらについて特許出願を行った。センサ電極向け2次元シート集積型ナノ構造体の開発を行い、メタンに対し、水素中での抵抗変化値にて、98倍を達成した。（詳細条件：酸化スズナノシート型センサ、10 μm 電極、合成時間6時間）また、酸化スズナノシート型センサ（5 μm 電極、合成時間6時間）にて、92倍を達成した。酸化スズナノシート型センサ（5 μm 電極、合成時間2時間）にて、59倍を達成

した。酸化スズナノシート型センサ（5 μm 電極、合成時間0.5時間）にて、46倍を達成した。これらについて特許出願を行った。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕ナノ構造体、ナノブロック、表面ドーピング

〔研究 題目〕単結晶ナノキューブの自己組織化を利用した新成形技術の開発

〔研究代表者〕三村 憲一（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕三村 憲一、高田 瑤子、劉 崢、
安井 久一、加藤 一実
（常勤職員5名）

〔研究 内容〕

本研究開発では、革新的誘電性能を示すチタン酸バリウム単結晶ナノキューブについて、自己組織化挙動の最適化により、塗布、印刷成形技術等への適用を検討し、大面積かつ高規則配列の三次元ナノ構造体を形成することを目的としている。本年度は、チタン酸バリウムナノキューブ（BT NC）の形状解析に基づく自己組織化因子の定量化、印刷技術を用いた BT NC 三次元集積化技術の基礎的検討、ギブス関数の計算を用いた界面形成による誘電特性制御メカニズムの解明を検討した。BT NC をディップコートにより三次元集積し、配列度合いを走査型電子顕微鏡（SEM）写真の FFT パターンから判定した。同時に、同分散液を透過電子顕微鏡（TEM）による微構造観察、動的光散乱（DLS）による粒度分布測定を行い、立方体の角の欠け具合を形状因子として定義した。その結果、DLS および TEM におけるサイズ分布の相対標準偏差が約10 %、形状因子の平均が0.9以上になると規則配列が可能であることが明らかになった。一方、同様のサイズ分布を有していても、形状因子が0.7程度になると面同士を合わせた配列が困難になることも明らかとなった。さらに、BT NC 分散液をグラビア印刷によりフィルム上へ塗布・乾燥条件の制御を行うことにより、大面積集積体作製のための指針が得られ、特に、高濃度分散液の調製や乾燥速度の精密制御などの課題が抽出された。また、BT NC 規則配列集積体のギブス関数を計算することにより、ナノキューブ間の微小ねじれ角から生じる歪みにより強誘電-常誘電相転移点が低温シフトすることが明示された。また、角度分布を有する構造では、相転移に伴う誘電率の温度変化がブロード化され、実際のサンプルと傾向が一致した。これにより、ナノキューブ集積体の特異な性質の起源について理解を深化することができた。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕ナノクリスタル、自己組織化、界面制御、セラミック膜形成プロセス

〔研究 題目〕レイヤード結晶シェルによる“単一結晶

“面粒子”の創製とその超精密機能化

〔研究代表者〕 永田 夫久江（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕 永田 夫久江、宮島 達也（構造材料研究部門）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究では、1つの結晶面しか持たない“単一結晶面粒子”を創製し、革新的なセラミックス機能制御プロセスを開発することを目的としている。従来の概念では、セラミック粒子には複数の結晶面が存在する。これに対し本研究では、有機・セラミックスの共創により“単一結晶面粒子”の合成を試みる。結晶面は機能と直結するため、究極の単一機能を有する粒子が得られ、その3次元構造化により超精密機能化を実現するという革新的なプロセスの確立を目指す。これまでに、高分子を核（コア）とし、セラミックスを殻（シェル）とするコアシェル粒子を用いて“単一結晶面粒子”を合成した。生物が貝殻など硬組織を形成する時と同様に、無機有機界面での相互作用を利用する手法で3次元複合構造を形成したものであり、界面活性剤を用いずに常温常圧でナノ粒子を合成することにもこだわった手法で実現した。シェルのセラミックスは0.34 nmを基本ユニットとして規則正しく結晶成長していることをTEMにより確認した。平成29年度は、合成の基盤技術として粒径制御技術の確立を目指した。従来の手法では平均粒径は約50 nmであったが、合成時のエマルジョン粒径の制御を行うことにより、1,000 nm以上の粒径を有するコアシェル型粒子を得ることに成功した。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 セラミックス、結晶面、有機無機複合体

〔研究題目〕 物品消費実績記録装置への機械学習実装による物品使用適正化

〔研究代表者〕 山下 健一（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 山下 健一、石地 友香、襖田 真由美（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

物品の消費実績を記録する装置において、過去の消費実績の記録や、有識者の評価などを学習データとして、機械学習の機能を実装することにより、不自然な物品の使われ方の指摘や、記録忘れの指摘などができるようになることを目指して研究開発を行った。機械学習の技法としてはベイジアンネットワークを中心に採用し、様々なメーカーの「同等品」をグループ化するなどの学習データ構築方法を見出した。推定モデルについても、後々の実装とアップデートの簡便さを考慮し、推定精度を維持しつつ、可能な限りシンプルなものになるよう心掛けた。このような横展開を前提とした取り組みにより、様々な物品対象について、同様の作業内容で推定を実現できる「プロトコル化」を図った。ここでいうプロトコル化とは、収集データの事前作業による絞り込み精査、ベ

イジアンネットワークを構築するための閾値の設定や規格化方法の選定、構築した推定モデルの妥当性検証にかかる作業の流れである。妥当性検証の結果、精度が不十分であれば、前段階の作業へ順に遡って作業を再考するなどの作業を行った。また、途中段階で、確率論的に構築したモデルの妥当性について、有識者への聞き取りなども行った。本課題で対象とした物品群では、推定精度約80%を達成した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 機械学習、人工知能、ベイジアンネットワーク

〔研究題目〕 国産果実の供給期間拡大を目指した鮮度保持・栽培技術の開発

〔研究代表者〕 清水 弘樹（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 清水 弘樹、佐々木 正秀、山口 宗宏（以上生物プロセス研究部門）、三宅 晃司、中野 美紀（以上製造技術研究部門）（常勤職員5名）

〔研究内容〕

農作物の流通中に生じる腐敗やカビの発生は、高温多湿の日本国内の長距離流通や、流通時間が長時間となる海外への輸出が促進されない一因となっている。現在、日本の法律では農産物収穫後の農薬付与、いわゆるポストハーベスト処理は禁止されているが、もしポストハーベストを使わずに農産物の品質保持期間を現状から延長できれば、国内流通の活発化や輸出の促進が期待される。我々は国内流通や輸出の促進を目指して、新しい防カビ材の開発に取り組んだ。

まず、従来の人工的なケミカル化合物や農薬に代わる本開発研究で利用適当な化合物を、天然由来の無毒な化合物群から探索した。実験室レベルでアオカビや緑カビの抑制試験を行い、現在2種類の有用な化合物を選定することに成功した。これらを用いて、防カビフィルム資材化研究を進めた。ここで、蒸着重合反応の際の加熱操作では、化合物の蒸散や分解、失活などが誘発されるが、この加熱温度を低く抑える新手法として我々の有するマイクロ波利用技術が非常に有効であることがわかった。すなわち、マイクロ波を利用すると、通常加熱長時間に必要な反応が、より低温かつ短時間で終了することから、蒸散性の高い化合物でも防カビフィルム資材の有効化合物とすることに成功した。

並行して、作製された防カビフィルムについて、顕微鏡及び分光法等を用い防カビ成分の分散性やフィルムとの密着性の評価を進めた。

〔領域名〕 生命工学、エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 抗カビ、果実、農産物、輸出

〔研究題目〕 (1) 農業のスマート化を実現する革新的な生産システム②収量や成分を自在にコ

ントロールできる太陽光型植物工場

(常勤職員13名)

[研究代表者] 川崎 一則

(バイオメディカル研究部門)

[研究担当者] 川崎 一則、綾 信博、平澤 誠一、赤穂 昭太郎、車谷 浩一、幸島 明男、辻内 亨、安井 久一、丸山 豊、兼松 渉、川崎 隆史、苑田 晃成、小比賀 秀樹、田中 智子、白井 薫、原 美沙、矢部 彰

(常勤職員13名、他4名)

[研究内容]

太陽光型植物工場におけるトマト栽培の生産システムの研究開発について、産総研の分担では、ファインバブルの生育促進効果の実証を目的としたファインバブルの計測評価技術の確立を目指している。本年度は、トマト栽培試験を実施中の外部機関との連携のもと、植物工場の現場におけるファインバブル発生装置の接続・稼働条件の改善に取り組み、PTA 法等の測定によって現場におけるファインバブルの発生の実証を進めた。農研機構安濃野菜研究拠点から外部機関へ移設したファインバブル発生装置を用いることによって、昨年度まで使用していた従来機による方法よりも高い個数濃度のウルトラファインバブルの発生を実証し、トマト栽培での実用化に向けて役立つ進捗を得た。また、本年度より、植物工場における先進情報技術の適用性検討を開始し、川上から川下への情報連携における需要予測の方法に関して、必要なデータとデータ解析の計算モデルに関する調査を実施した。オミクス解析における遺伝子同定の機械学習アルゴリズムに関する迅速な取り組みを行い、その結果、スパースモデリングが、オミクス解析に加えて需要予測にも適用可能である見通しを得た。

[領域名] 生命工学、エレクトロニクス・製造、材料・化学、情報・人間工学

[キーワード] 微細気泡、ファインバブル、マイクロバブル、ウルトラファインバブル、需要予測、オミクス解析、機械学習アルゴリズム、植物工場

[研究題目] 情報・通信・制御の連携機能を活用した農作業システムの自動化・知能化による省力・高品質生産技術の開発

[研究代表者] 大場 光太郎 (ロボットイノベーション研究センター)

[研究担当者] 大場 光太郎、中坊 嘉宏、角 保志 (ロボットイノベーション研究センター) 小島 一浩、金 奉根、鍛冶 良作、佐藤 雄隆、岩田 健司、片岡 裕雄 (知能システム研究部門) 堀部 雅弘、昆 盛太郎、岸川 諒子、加藤 悠人 (計量標準総合センター)、

[研究内容]

稲等が密集した立毛状態において、人が隠れている状態においても検出可能な技術として、以下の2種類の手法を併用することで、人体の安定検出技術を確立することを目的とする。1.電磁波の反射強度の変化からの人体検出、2.視差統合型カメラによる人体の遮蔽のない映像を合成し人体検出を行う方法。

H29年度の目標は、以下とした。電磁波技術としては、電磁波センサの要求仕様に応じた小型電磁波信号検出回路の設計と試作器の開発を行い、また電磁場センサの放射ビームの幅と被検知物体の軸ずれ応答確認実験により、5-10 m 内の検出機能を解明し、複数の特許出願を行う。画像システムとしては、カメラの台数を減らし、低コスト化した人検出アルゴリズムを開発する。

これら目標に対し、電磁波技術に関しては、電磁波技術としては、これまでと異なる視点からデータを見直す事で、周波数シフトを起こさないアンテナ設置高においても、対物距離に準比例関係にある物理量が存在している事を発見した。画像システムとしては、2段階のCNN を用いた人検出アルゴリズムを開発し、人の認識精度との比較を行い、同等の性能が得られていることを確認した。低コストカメラアレイシステムを開発し、実地にて動作を確認した。

[領域名] 情報・人間工学

[キーワード] 農業、センサー技術、安全技術

[研究題目] ホメオスタシス維持機能をもつ農林水産物・食品中の機能性成分評価手法の開発と作用機序の解明

[研究代表者] 舘野 浩章 (創薬基盤研究部門)

[研究担当者] 舘野 浩章、平林 淳 (常勤職員2名)

[研究内容]

ヒトのホメオスタシス維持機能に与える影響を微量血液で簡便・高感度に評価できるシステムを開発することは本研究プロジェクトの大きな課題である。そこで我々は、単球・腹腔細胞・マイクログリア等の食細胞機能(食食能など)を判別するためのレクチン候補を1種類以上抽出して、食食能の指標となる糖タンパク質マーカー候補を1種類以上同定し、食食能を測定する方法を構築することを目的としている。これまでの研究において、食細胞の食食能の指標となる糖タンパク質マーカー候補の同定に成功している。更に、酸化 LDL を測定するための技術の開発に成功した。更に、うつ病モデルマウスの腸上皮細胞の糖鎖解析を行い、正常マウスとは異なることを明らかにして、現在論文投稿中である。

[領域名] 生命工学

[キーワード] 糖鎖、ホメオスタシス、食品

[研究題目] 食シグナルの認知科学の新展開と脳を活

性化する次世代機能性食品開発へのグラ ンドデザイン

〔研究代表者〕辻 典子（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕辻 典子、神谷 知憲、安達 貴弘、
渡邊 要平（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

多発性硬化症は、アルツハイマーや認知症とともに有効な治療法が確立されていない脳神経疾患であり、脳内炎症を反映すると考えられている。そのような背景から、抗炎症機能を高める「食事と運動」は予防法の要として研究が期待されている。そこで多発性硬化症の動物モデル（実験的自己免疫性脳脊髄炎：EAE）を用い、発酵食品から分離された乳酸菌体の経口摂取が、抗炎症機能を通じてマウスの免疫系・中枢神経系に及ぼす影響（疾病制御効果）について解析を行った。EAE モデルでは発症に伴い、中枢神経組織である脊髄への免疫細胞の浸潤が起こることが知られている。

EAE モデル動物に、糠床から単離した乳酸菌である *Pediococcus acidilactici* (LAB-PA) を経口投与したところ、対照群と比較して EAE の発症率の低下、発症遅延が確認された。脊髄における疾患関連遺伝子の発現を qRT-PCR 法で解析した結果、*Ccr2*、*Ccl2*、*Csf2*、*Eomes*、*Tbx21*、*Tnfrsf11*、*Ifng*、*Tnfa* などの炎症・疾患に関連する遺伝子群の発現が、LAB-PA 投与マウスの中枢神経組織で有意に減少しており、脊髄への炎症細胞の浸潤が抑制されていることが明らかとなった。中でも *Eomes*、*Tbx21*、*Ifng* の発現低下がみられることから、疾患誘導性の Th1細胞の作用が抑えられている点が着目された。そこで抗原ペプチドに対する所属リンパ節での免疫応答を解析したところ、抗原特異的な IFN- γ 産生が抑制されており、疾患誘導性の IFN- γ 産生細胞群の特定ならびに脊髄への浸潤機構への LAB-PA の効果について解析を進めていくことが重要と考えられた。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕乳酸菌、抗炎症、脳内炎症、多発性硬化症、免疫応答

〔研究題目〕AI を活用した呼吸器病・消化器病・周産期疾病の早期発見技術の開発

〔研究代表者〕岡田 浩尚（集積マイクロシステム研究センター）

〔研究担当者〕岡田 浩尚、Andersson Lars
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、畜産牛の消化器病や呼吸器病の早期発見を実現するウェアラブル無線センサシステムの開発を目的としている。具体的には、経口投与して牛の胃内に留置させるルーメンセンサ、牛の尾の尾根部に取り付ける体表温センサを開発する。

本年度は、市販のペン型 pH センサのセンサ部を流用

し、温度、加速度も測定可能な $\phi 30 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 、重さ 124.2 g のルーメンセンサを開発した。1秒間に1回測定、無線送信した場合の端末寿命は1ヵ月である。このセンサを動衛研にて1頭のフィステル牛を用いて1ヶ月間動作テストを行った。その際、1週間に1回、センサをフィステルより取り出し、それを pH 標準液に浸漬した時の出力と、センサ投与前の pH 標準液での出力とを比較した。1ヶ月間のルーメン内での電極表面の汚染の影響は初期値に対して -0.18 以下であり、少なくとも1ヵ月は校正なしで連続使用できることを示した。

体表温センサの開発では、体温、及び温度センサと体表との圧力を測定可能なセンサを開発した。基板サイズは $22 \text{ mm} \times 16 \text{ mm}$ である。これは、装着時のベルトの締め付け具合の適正化と体温測定の信頼性を高めるためである。SUS をカップ形状にしたもののカップ内にサーミスタをのり付けし、圧力センサ上にそのカップを載せる構造とした。このセンサを動衛研にて牛を使用してテストした結果、装着時は、ある圧力を示していたが、その後すぐに測定限界（ 100 gf ）以下の圧力となった。圧力測定下限の改善が必要であるが、少なくとも圧力が 100 gf 以上であれば有用な温度測定が可能であることを示した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕無線センサ端末、pH センサ、動物（牛）、健康、ウェアラブル

〔研究題目〕果実生産の大幅な省力化に向けた作業用機械の自動化・ロボット化と機械化樹形の開発

〔研究代表者〕小島 一浩（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕小島 一浩（知能システム研究部門）、
橋本 尚久、大場 光太郎（ロボットイノベーション研究センター）
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

本研究では、実際の果樹園において、自動走行作業台車が導入される際の安全を考慮しながらシステムを設計し実証評価することを目的とする。開発の流れは、実際の環境下の利用を想定し、リスクアセスメントを行いながら、安全のための必要要件を決定する。この際、技術開発者はもちろん、実環境を熟知した専門家や実際のユーザーなども参加し、必要な機能や場面、環境等を明確化する。安全を考慮しつつ、既存システムの再設計を行うことで、安全機能を確保したシステムの構築を実現する。これには、他の研究開発課題である、作業プロセスを含めた再設計、業務分析の課題とも密に連携し、必要に応じて、環境構造化を含めたシステムの開発も視野に入れる。再設計されたシステムを用いて、プロトタイプを開発し、実環境における実証実験を行う。実証実験においては、安全性だけでなく、業務分析などの全体のプ

ロセスなども考慮した結果をフィードバックし、最終実証機器の開発を行う。最終的に開発された実証機器においては、上記のプロセスを踏まえることで、ロボットの安全規格である ISO13482に準拠し、農水省の自律走行型農業機械に関する安全性確保ガイドラインに沿い、実際のユーザーがシステムによる利便性を享受できるシステムの開発を目指す。29年度は、リスクアセスメントの実施、リスクアセスメントレベル I 以下を目指した安全方策の提案を行う。

上記の目標および研究計画のもと、29年度は作業分析、開発コンセプトシートをもとに、リンゴ圃場に自動走行台車が導入された際の作業体系に関して作業シナリオシートひな形およびリスクアセスメントシートひな形を作成した。当該ひな形を使用し、構築した安全設計のための体制を用いてリスクアセスメントの実施および安全方策の提案を行った。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 農業・果樹、機械化・ロボット化、安全

〔研究 題目〕 先端技術を活用した世界最高水準の下痢性貝毒監視体制の確立

〔研究代表者〕 高津 章子（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 高津 章子、沼田 雅彦、川口 研、山崎 太一、稲垣 真輔
（常勤職員5名）

〔研究 内容〕

貝毒検査のための機器分析に不可欠な貝毒標準品の効率的かつ安定的な製造技術や貝毒簡易測定キットの開発により、貝類の生産量が従来よりも2割増加する、効率的で簡易な貝毒検査技術開発を目標とする。このために、下痢性貝毒標準液の効率的な値付け技術とホタテガイ組成標準物質市販品を開発する。

新たに精製した原料を用いた下痢性貝毒標準液の値付けにおいては、内標準法を用いた定量 NMR の共同測定の結果、測定法の持つ不確かさを前ロット測定時より低減でき、2種類の下痢性貝毒（OA,DTX1）標準液（第2ロット）の値付けを行った。組成標準物質については、ホタテガイ可食部ホモジネートを原料とした候補標準物質を作製した。値付け、均質性試験、安定性試験を行うために、カラムスイッチング法を採用して、高感度で高精度なホタテガイ可食部ホモジネート中貝毒の測定法を開発した。候補標準物質は、室温で3日間保管しても酵素分解等の影響を受けず安定であり、候補標準物質の品質として問題ないことを確認した。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 貝毒、標準液、組成標準物質、定量 NMR

〔研究 題目〕 牛の放牧管理の効率化・生産性向上のための小型ピロプラズマ病ワクチンの実証

研究

〔研究代表者〕 池原 謙（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕 池原 謙、草野知子、池原 早苗、山口 高志（常勤職員1名、他3名）

〔研究 内容〕

本研究の目的は、新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業で実施した「家畜原虫病に対する Th1免疫誘導型糖鎖被覆リポソームワクチンの開発研究」の成果をワクチン技術として事業化・上市を行うことである。ワクチンを用いて発症を予防する対象疾患は、ダニ咬傷により媒介される *Theileria orientalis* により発症するウシの小型ピロプラズマ病で、貧血や発熱が主症状である。同疾病は、日本国内において広く発生し、経済的被害も小さくない感染症であるが、有効な治療薬や予防ワクチンの開発は達成されていない。

本研究では、ワクチンの製造販売事業を実施する機関（動物医薬品会社）へ成果と関連技術の移転を達成し、ワクチン製剤の薬事承認の取得を行うなど、上市に必要なプロセス開発を進めることを目標に実施している。

〔年度進捗状況〕

本年度は、これまでの調査研究より得られた結果をとりまとめ、北海道における小型ピロプラズマ病の発生状況を明らかにして、国際学術雑誌（*The Journal of Protozoology Research*）に報告した。特記すべきは、タイレリア感染で出現する貧血のタイプが、大球性高色素性貧血であることを明確にしたことであり、これまでの理解ではタイレリアの赤血球寄生から小球性貧血と考えられてきたことは誤りであったことである。大球性高色素性貧血は、ビタミン B1 や葉酸の不足もしくはその利用がうまくいかないときに生じるものと同じであることから、病態理解に基づく貧血の予防・対処法の確立にむけた手がかりを得たと考えている。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 ワクチン、糖鎖、検査技術

〔研究 題目〕 二枚貝養殖の安定化と生産拡大の技術開発

〔研究代表者〕 崎山 一孝（日本海区水産研究所）

〔研究担当者〕 高橋 暁（地質情報研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

日本海沿岸各地のイワガキ天然資源が減少し、漁獲量も急減しているが有効な資源回復方法はまだ開発されていない。一方で、夏季が旬のイワガキは需要が拡大しており、近年、各地で養殖が行われるようになってきている。これらのことから、イワガキ生産の増大に向けて、養殖業者への天然採苗種苗の安定供給、天然資源の回復技術の開発、外海域での養殖技術の開発が喫緊の課題となっている。これら課題に質するため、イワガキ養殖が盛んな舞鶴湾を対象に、その周辺海域を含めた数値モデ

ルを作成し、幼生が発生する夏季における平均的な流動場を再現し、幼生追跡実験等により、イワガキ浮遊幼生の動態の解明を図る。

昨年度は、舞鶴湾を含む若狭湾の海域特性を把握するため、既存資料・データの収集を行った。これら収集したデータを解析した結果、若狭湾は潮汐が小さく沖合を流れる対馬暖流の影響を受けること、潮流が卓越しないため風による吹送流や河川流入による密度流が卓越すること等が明らかとなった。また、これらの事実を考慮した数値モデルの設計を行った。

今年度は、昨年度の設計を基に数値流動モデルを作成し、収集した気象・海象等の過去10年間平均したデータを用いて、舞鶴湾およびその周辺海域の平均的な流動場を精度良く再現することに成功した。この結果、舞鶴湾の湾口部では流動場が鉛直方向に二層構造となっているが、湾奥部では三層構造となっており、流動場的にかなり複雑な海域であることが明らかとなった。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】二枚貝、イワガキ、浮遊幼生、移流・拡散数値モデル実験

【研究 題目】畜舎内環境管理と悪臭対策技術確立による養豚生産性向上

【研究代表者】川本 徹（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】川本 徹、高橋 顕、南 公隆、Durga Parajuli、中村 徹、田嶋 一樹、原 重樹、野田 恵子、桜井 孝二、高村 智恵子（常勤職員7名、他3名）

【研究 内容】

国内養豚業の競争力向上には、生産コストの低減のための飼料消費の効率化と一腹あたりの育成頭数の向上、および大規模化に伴う周辺地域の悪臭対策の徹底が肝要である。このために確立すべき技術体系として、「悪臭を外に出さない畜舎環境管理」を下記方策により実現する。循環型有害物質除去技術として、再生可能な高性能アンモニア吸着材を畜産用途に最適化する。他有害物質対策も加え、熱を極力放出することなしに畜舎内有害物質濃度を低減する。また、自動有害物質・温湿度管理技術・ICT 技術により自動で畜舎環境を制御する。気液熱交換等による堆肥化施設からの熱利用により、光熱費上昇を回避する。特に実効的と考えられる飼料効率の改善と、周辺悪臭対策の実現を最終目標とする。

平成29年度の実施内容は以下のとおりである。水洗もしくは酸洗浄で再生可能な吸着材料を開発した。また、有機バイндаを用い、上記吸着剤量を粒状体化する技術を確立した。アンモニア以外の脱臭については今年度中に試作品を導入予定した。畜舎内の環境把握のためのセンサ類の選定を行った。脱臭部については、新たな方式を考案、設置した。3月～11月に暖房稼働下での育成試験を実施した。飼料要求率取得のために必要な飼料要求

率の算定を行った。夏季出荷の評価から、飼料要求率の向上には、育成期間短縮の効果が高いことなどがわかった。暖房稼働下試験についても、出荷完了後評価を行った。4月、9月、12月と三回の研究推進会議を実施した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】プルシアンブルー、アンモニア、吸着材、畜産、養豚、悪臭対策

【研究 題目】地域のリグニン資源が先導するバイオマス利用システムの技術革新

【研究代表者】蛭名 武雄（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】蛭名 武雄、石井 亮、林 拓道、相澤 崇史、和久井 喜人、棚池 修、中村 考志、敷中 一洋、吉田 学、吉田 肇、鈴木 麻実、小野 健太（常勤職員10名、他2名）

【研究 内容】

本研究は、林地残材の収集から改質リグニン製造、加工、機能性、最終製品化、副産物利用を含め、農山村のバイオマスを原料とした一連の技術を総合的に開発することで、地域に高収益をもたらす「リグニン産業」という新たなビジネス基盤を確立すると共に、その社会実装を目的とする。本研究の中で、当グループは改質リグニンを原料として、粘土とのハイブリッド化等でエレクトロニクス素材等の高付加価値マテリアル（ハイブリッド膜材と繊維強化リグニン材）を製造する技術の開発を担当する。

本年度は、リグニン-粘土ハイブリッド膜について、プリント基板用途に用いるため銅箔とハイブリッド膜の複合連続膜の開発を行った。リグニンとして、ポリエチレングリコールでリグニンを修飾した改質リグニンを用いた。銅箔との複合化は、ハイブリッド膜の前駆体液を銅箔表面に塗工することで行った。前駆体の組成条件を検討し、改質リグニンと粘土原料、溶媒の最適な組成品を決定した。その後、構成員企業との連携により、銅箔に塗工液を連続塗工することで、銅箔塗工型の改質リグニン-粘土ハイブリッド連続膜（銅箔塗工型長尺膜）の試作に成功した。得られた銅箔塗工型長尺膜は、作製時の加熱条件を最適化することにより、公的規格であるUL94試験の難燃性基準でV-0レベルであり、デバイス基板として必要な難燃性を有していた。その後、銅箔塗工型長尺膜にエッチング処理によって回路パターンを形成可能かどうか検討したところ、良好にパターンニングが出来た。以上から、リグニン-粘土ハイブリッド膜のプリント基板用途へ適用可能であることが分かった。

一方、繊維強化リグニン材においては、改質リグニンと数種のエポキシ化合物、添加剤の組み合わせによる熱硬化樹脂の作製を検討した。改質リグニンの溶剤に対する分散特性を利用することにより、いくつかの種類の樹脂硬化物を作製できた。これらの樹脂について、高温高

湿試験を実施し、樹脂の劣化挙動について基礎的な物性（力学特性等）を収集した。その結果、高温高湿下においても強度の劣化を抑制可能な改質リグニン樹脂硬化物の組み合わせを見出すことができた。この組み合わせを基に構成員企業が、改質リグニン樹脂を用いた繊維強化プラスチックを調製・成形することで自動車部材の一部を試作することが出来た。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕リグニン、粘土、ガスバリアフィルム

〔研究題目〕自律移動ロボット技術を用いた半自走式草刈機の開発

〔研究代表者〕谷川 民生（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕谷川 民生、松本 治、阪野 貴彦、宮腰 清一、橋本 尚久、横塚 将志（ロボットイノベーション研究センター）（常勤職員6名）

〔研究内容〕

斜面でも走行可能で広くない平面の圃場で小回りを効かせる構造を持ち、決められた範囲の草刈作業を自律的に行う草刈機を開発する。安全を考慮し、万が一に備え人が見守る環境において、人の草刈作業の負荷の大きい部分を担い、自律移動し作業を行う（充電が自動では出来ない為、半自走式）車両を開発する。草刈に必要なトルクとエネルギーの測定を行い駆動ユニットとの効率的な連携を図る。そして、二つのユニットと、自律移動ロボット技術を有する制御系を付加し、様々なセンサを圃場の環境に応じてカスタマイズ可能とするミドルウェア技術でつなげることで、多様な圃場環境での最適なシステム構成および低コストで提供できる草刈ロボットを実現する。

実証先である上山の棚田エリアにおける現場のニーズを調査し、放棄地における草刈の課題を抽出した。実証エリアとして、実際に生産を行っている側の放棄地約2000平米を対象とした。重量は車体30 kg、電池ユニット15 kgを目指し、幅の狭い畔で草刈り作業をするため車幅は350 mmを目標値として試作機を開発した。平地および20度以下の斜面については、自走式草刈機で作業し、それ以外は人手で作業する草刈作業プロセスを採用した。

合計3回の実地調査および実地試験を行い、駆動用シャーシおよび草刈用シャーシの仕様を確定した。また、草刈および駆動における電力量を大まかに確認し、実際の作業に必要なとされるバッテリー容量等、詳細仕様に係る計測を行った。半自動化については、人工的なランドマークを設置することで安定な認識ができるよう検討した。これらをモジュール化し、試作機に組み込むことで自律制御の安定性の評価を行う予定としている。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕マニピュレーション、人工知能、移動技

術

〔研究題目〕【モモコンソ】国産農産物の輸出先における嗜好性の予測技術開発

〔研究代表者〕根本 直（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕根本 直（常勤職員1名）

〔研究内容〕

NMR 装置を利用してモモに含まれる成分を抽出し、嗜好性に関わる成分の包括的解析を行う。果汁あるいは粗抽出物を未精製のまま計測し、得られた NMR スペクトルに含まれる主要成分群を包括的に把握（成分プロファイリング）することができる。本研究課題では産地や品種が異なるモモを対象とし、NMR 法によるメタボローム解析を実施するための試料調製法、NMR の測定条件、データ処理法等の基礎技術を開発し、成分を網羅的に解析し、試料の特性を反映する NMR シグナルを特定する。NMR データを他の機器分析データや非破壊計測データ、品質評価データと関連づけることで嗜好性に紐付けされるシグナルを特定し、アノテーション（本課題においては、成分同定または部分同定の情報を付与すること）を行うことを目的とする。

本年度で最終年度であったが、モモ果実の生育が非常に悪い年が前年度から続いていることから新たな測定は限定的とし、過去データの再解析を行い、農研機構 NMR チームと協力して試料特性を反映するシグナルの特定を進めた。品種による特徴は保存される傾向に有ったが、その年の出来栄えに大きな差があり、それらは糖信号、リンゴ酸信号、アミノ酸の脂肪族側鎖部分の信号で特徴づけられた。

簡易計測法である重水希釈法を提案し、その実効性の確認を行った。pH を制御しないので、リンゴ酸の濃度依存的化学シフトがプロファイリング散布図で大きな情報となる。

非破壊データとの照合は農研機構を通して行い、タイおよびフランスにおける嗜好性調査、東京で行われた外国人嗜好性調査と照合して非破壊の解析に反映するデータを提供した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕食品、NMR、代謝、分析、モモ、農林水産物、メタボロミクス、NMR-MP

〔研究題目〕【潜在的品質コンソ】国産農産物の潜在的品質の評価技術の開発

〔研究代表者〕根本 直（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕根本 直（常勤職員1名）

〔研究内容〕

品種や加工方法等が異なるトマトを対象とし、H25～H28までに特定した NMR シグナルと他の機器分析データや非破壊計測データ、品質評価データと関連付けることで隠れた品質に関わる因子を検討し、簡便で精度良く

提示する技術を開発することを目標とし製品化を目指した試作品の潜在的品質を探索することを目標とした。

参加企業より、品種および加工方法の異なる7種のトマトジュース試作品の提供を受け測定解析を行った。加工方法等については盲検にて実施、前年度までのトマトジュース試作品のなかから本課題により選択されたある特別な成分が増加し、通常成分が無い加工用トマト製品が商品化に有望とのことで、今回の7種のうち3種がその成分含有製品の NMR・メタボリック・プロファイリング散布図上の特徴を解析した。また、植物工場由来1月収穫および4月収穫のトマト生果凍結乾燥品についてその水溶性抽出物について測定解析を行った。

商品化の可能性を検討している特殊成分含有の試作品三点は散布図上中央から左下に向かって散点され他のものとは明らかに異なる特徴を示した。特徴空間を構成する主要な化学成分としては有機酸が多い傾向が見て取れた。

昨年まで検討してきた特徴軸を甘味、酸味、旨味で再構成する方法で特徴軸を変容させ再提示を行った。この方法を特徴軸再構成法あるいは特徴軸牽引法として確立した。栽培差異も品種特徴を維持しながら可視化で可能と結論した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】食品、NMR、代謝、分析、トマト、農林水産物、メタボロミクス、NMR-MP

【研究 題目】栽培・労務管理の最適化を加速するオープンプラットフォームの整備

【研究代表者】永見 武司（知能システム研究部門）

【研究担当者】永見 武司、増田 健、小林 匠、渡辺 顕司、小島 一浩（知能システム研究部門）、中坊 嘉宏、藤原 清司、角 保志（常勤職員8名）

【研究 内容】

トマト等の園芸作物は、気候や生育状態により作業時間が年間で大きく変動するため、雇用確保や労務管理が生産規模を拡大する上での大きな課題となっている。生育状況や施設稼働状況に関する詳細なデータをもとに発生する作業に関する種類や量を的確に予測し、作業計画を策定して、人員の確保や進捗管理を行うことで、作業の平準化、効率化、低コスト化に寄与する技術が望まれている。このため、本研究課題では従来から収集されている作業記録、温湿度センサ等のほか生育状況や作業者の行動を記録する各種センサ機器の開発を行い、これらのデータを統合して、栽培・労務管理に資するデータセットを構築する。そして、このデータセットをもとに人員配置や手順の最適化を行って管理者を支援する機能を有する労務管理システムの実現を目指す事としている。本年度は、作業データの自動収集システムの試作を行うとともに、データの分類、集約、統合を効率化するデー

タ管理技術基盤を構築するため、農作業分類、従来のデータ収集状況等を調査した。次年度以降にこれらのデータを自動で収集し利用可能な状態で蓄積するプラットフォームを作成する予定である。そして、このデータセットを対象に人工知能技術を用いて作業内容と作業量を推定し、追加すべき作業や作業計画の改定等に関して判断を行う技術を開発し、作業や人員配置を最適化する意思決定エンジンを実現する。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】施設園芸、IoT、人工知能、動作解析、画像処理

【研究 題目】D-型ペプチドによる血液 - 脳腫瘍関門突破と脳腫瘍治療

【研究代表者】福田 道子（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】福田 道子、野中 元裕、西澤 千津子、奥原 寿恵（他4名）

【研究 内容】

生体内に見いだされる悪性腫瘍は新生血管の増殖を伴う。我々は、IF7と名付けた糖鎖模倣ペプチドが悪性腫瘍血管表面に特異的に発現するアネキシン1に標的して抗がん剤を運ぶ事を見つけた。担癌マウスに低ドーズで静脈投与された IF7-結合抗がん剤は悪性腫瘍に急速に標的、集積し、顕著な抗腫瘍効果を発揮する。IF7-結合抗がん剤による悪性腫瘍治療法は従来の化学療法に較べれば格段に優れているが、IF7は生体内で不安定等の弱点もある。我々は、IF7の弱点を克服した新規 D-型ペプチド dTIT7の開発に成功し、D-型ペプチドに結合させた抗がん剤が経口投与によって脳腫瘍に治療効果を発揮することを見いだしている。本研究開発の目標は、D-型ペプチド結合抗がん剤の悪性脳腫瘍標的の機作を明らかにして、脳腫瘍完全消失を可能にする条件を確立する事にある。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ペプチド、ファージディスプレイ、血液脳関門、脳腫瘍、化学療法、癌転移

【研究 題目】ステルス型 RNA ベクターを利用した All-in-One 型ゲノム編集ツールの開発

【研究代表者】中西 真人（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】中西 真人、佐野 将之、飯島 実、海老原 利枝、中須 麻子（常勤職員1名、他4名）

【研究 内容】

産総研が開発したステルス型 RNA ベクターは、1) 外来遺伝子を、染色体に挿入せずに安定に発現することができる、2) 4個以上の複数の遺伝子を同時に発現することができる、3) 遺伝子発現のレベルを調節できる、4) 細胞障害性が無い、5) 導入できる細胞種が非常に多い、6) 遺伝子発現が不要になったら簡単に除去でき

る、といった特徴を持っている。本プロジェクトでは、この特色を活かした安全性の高いゲノム編集技術を実用化することを目指している。本年度は、28年度に開発した弱発現ベクターにゲノム編集酵素 Cas9と gRNA および gRNA を必要な構造に切断する EndoRNase を同時に搭載した「All-in-one 型ゲノム編集ベクター」を作製し、Cas9の発現を免疫抗体法で確認すると共に、EGFP を発現する細胞をモデルとして遺伝子破壊活性を測定した。その結果、ベクターを導入した細胞の100%で Cas9が安定に発現し、また2コピーの EGFP 遺伝子を含む細胞で遺伝子破壊を確認した。また、低分子化合物による除去システムの検討を行い、効率よく除去ができる化合物 X の同定に成功した。この結果は、生体内でのゲノム編集の可能性を示すものである。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ゲノム編集、遺伝子治療、がん治療、RNA ベクター

【研究 題目】医療分野研究成果展開事業 平成29年度産学連携医療イノベーション創出プログラム (ACT-MS)「う蝕、歯周病、誤嚥性肺炎を予防する次世代歯質接着材料の開発と非臨床における有効性評価」

【研究代表者】榎田 洋二 (健康工学研究部門)

【研究担当者】榎田 洋二 (常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

歯質接着技術は著しく進歩している、口腔内の劣悪な環境で長期使用すると、徐々に歯との接着界面に剥離を生じる。この剥離を検知して薬剤を放出し、う蝕や歯周病の原因菌の増殖を抑制できれば、臨床の場で広く受け入れられると推測される。本研究では、殺菌剤を封入したドラッグデリバリー型無機フィラーが剥離に伴う変形により薬剤を徐放することで劣化センサー機能を実現させる技術を大学・企業と共同開発する。産総研は、主に「歯質接着面の剥離部位への薬剤徐放技術の開発」を担当する。

平成29年度は、薬剤の溶出量をコントロールするため、抗菌剤の表面処理および歯質接着面の剥離部位への薬剤徐放性について検討した。抗菌剤の表面処理に関しては、特定の物質で表面処理を行うことで、表面処理しない場合に比べて薬剤の溶出量が変化することを明らかにした。また、歯質接着面の剥離部位への薬剤徐放性については、まず、抗菌剤を添加した成形体を作製し、次に、歯質接着部位の剥離状態を模倣して成形体を加工し、これを溶液中に長期間浸漬して溶液中の薬剤濃度を調べた。溶液中の薬剤濃度の経時変化を調べ、抗菌剤からの薬剤の溶出挙動を明らかにした。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】抗菌、歯質接着材料、う蝕、歯周病、誤嚥性肺炎

【研究 題目】HBV 逆転写酵素の構造情報取得および薬剤阻害メカニズムの解析

【研究代表者】安武 義晃 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】安武 義晃 (常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

B 型肝炎ウイルス (HBV) は全世界で約2億6000万人に持続感染し、慢性肝炎や肝がんを発症することで年間100万人近くが亡くなっていると推定される。HBV が持つ逆転写酵素は、B 型肝炎治療における重要な創薬ターゲット分子であり、現在利用されている抗ウイルス薬はこの HBV 逆転写酵素の機能を阻害して薬理効果を示す。新規薬剤の開発を進めるためには本酵素の立体構造解明が急務であるが、HBV RT は非常に不安定なタンパク質であるため研究は遅々とし進んでいない。そこで本研究では、類縁関係にあるヒト免疫不全ウイルス HIV-1の逆転写酵素を HBV 逆転写酵素のアミノ酸に部分置換した様々な変異体を作製し、これらを用いて研究を進めた。このうち、現在広く B 型肝炎治療に用いられている抗 HBV 薬エンテカビルに対する強い感受性を獲得した変異体に着目し、この変異体をエンテカビルが作用した状態で結晶化させ、その高分解能立体構造解析を行った。これにより逆転写酵素にエンテカビルが結合する仕組みや逆転写酵素がエンテカビルの結合から逃れて薬剤耐性になる仕組みを明らかにした。今後、本研究により得られた情報を利用し、薬剤耐性 HBV に効果を示す新しい薬剤の開発を推進する他、より詳細な薬剤の作用機構や薬剤耐性獲得機構を明らかにするための研究を継続する。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】B 型肝炎、薬剤耐性、創薬

【研究 題目】次世代抗 B 型肝炎ウイルス薬導出に向けた創薬研究

【研究代表者】清水 弘樹 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】清水 弘樹 (常勤職員1名)

【研究 内容】

リード化合物の化合物安定性や溶解性といった物性を把握し、創薬展開に向けた問題点の解決を図る。in vivo での薬効の検証と POC (Proof of Concept) の確保、NCE 化研究の一環として安全性 (非毒性) の向上を伴った物性改善、DDS (Drug Delivery System) などの機能付加修飾研究など進め、最終的に高活性化化合物を臨床段階まで展開させることを目指す。

今年度はオキサジアゾール類の薬剤候補化合物の動物実験への展開を目指した化学的研究を進めた。まず、リポソームと複合体化したところ、化合物の溶解性が向上、可溶化剤としての有機溶媒の混在なしに細胞活性試験が可能となり、薬剤活性も確認できた。そこで、in vivo 動物モデルでの薬効を検証することを目的とし、より濃度が高く粒子径を制御したリポソーム複合体の調製とい

て検討した。

加えて、動物実験に利用実績のある界面活性剤機能を有する様々な可溶性剤の利用も検討した。肉眼ではオキサジアゾール類の薬剤候補化合物が溶解した様に見えたが、顕微鏡観察で観察すると小さい結晶が残存している様にも見えた。兎も角もこれをマウスに投与したところ、経口投与によって化合物の血中濃度が上昇したが、薬効の発現には至らなかった。

現在、包接機能を有するシクロデキストリンの利用についても検討中である。シクロデキストリンの利用が可能となれば、将来的に肝臓への DDS 機能修飾も求められた場合、薬剤の方でなくシクロデキストリンを化学修飾することにより DDS 機能を付与することが可能となる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】B型肝炎、創薬、可溶性

【研究 題 目】再生医療のための細胞システム制御遺伝子発現リソースの構築

【研究代表者】五島 直樹（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】五島 直樹、福田 枝里子、小林 慎、鍵和田 晴美、東 久美子、大槻 和重（常勤職員3名、他2名）

【研究 内 容】

産業技術総合研究所及びバイオ産業情報化コンソーシアムは、基盤技術である①ヒト遺伝子発現リソースと②プロテイン・アクティブアレイについて、H28年度までに①は細胞システム制御遺伝子約1,500種類を追加し、②は約14,000タンパク質／基板の高密度アレイ作製による高スループット化を達成した。再生医療研究における機能的プロテオミクス解析の実施体制が整い、H29年度から、細胞移植における細胞の品質評価および移植患者の免疫応答モニタリング技術の開発を実施している。これらの技術により、細胞移植の安全性を、移植前から移植後まで全般に渡って支援することを目指す。具体的な研究開発内容は以下の通りである。

研究項目1：プロテインアレイによる細胞移植の安全性評価（移植後の評価）

1-1. プロテインアレイの検出効率の最適化

検出シグナルの SN 比の改善を目的に、血清検体とプロテインアレイの効率的な反応条件を検討した。血清にブロッキング材を添加して抗コムギヒト IgG を吸収することにより、コントロール抗原検出の CV 値10 %未満の目標に対して3 %を達成した。

1-2. プロテインアレイの性能評価及び細胞移植の安全性評価

約2万種のヒトタンパク質を、活性を維持したまま搭載したプロテイン・アクティブアレイを用いて、京都府立医大木下教授らと角膜内皮培養細胞移植患者血清検体、

京大高橋教授らと iPS 細胞由来神経細胞移植カニクイザル血清検体中の自己抗体の網羅的解析を実施した。何れも陽性抗体が検出され、その治療前後の検出強度の変動も評価でき、PET、IgG、炎症パラメータと高い相関を示し、本アレイで生体の免疫応答が評価できることを確認した。特に後者に関してはヒトタンパク質搭載アレイでカニクイザル血清の抗体評価系が構築できた。また、網羅的アレイ解析での陽性抗原を搭載した ELISA 様式抗原結合プレートを作製し、多検体評価系を構築した。研究項目2：プロテインアレイによる移植細胞の品質管理（移植前の評価）

2-1. 細胞プロファイリングによる移植細胞の品質管理系の構築

プロテインアレイを用いて、細胞抽出液中のキナーゼによるリン酸化反応を検出する技術を開発した。肝細胞分化誘導システム（タカラバイオ社）を用いて各分化段階の細胞を調製し、分化に特徴的なリン酸化活性の検出に成功した。

2-2. 血清成分を利用した非目的細胞亜集団の選別

京都府立医大木下教授らと移植細胞の品質の違いを血清成分の染色によって区別する技術を開発している。H29年度はプロテインアレイを用いて、血中に含まれる培養角膜内皮細胞品質分別因子（抗体）の抗原探索を実施し、マーカー候補の抗体を選出した。

2-3. 脱細胞マトリクス残存タンパク質の定量プロテオミクス

慶應義塾大八木講師らとの共同研究により、ブタ肝臓脱細胞マトリクスを用いて、質量分析用サンプル調製法を確立した。本法にて約300種類以上の脱細胞マトリクス残存タンパク質を同定した。

研究項目3：疾患・再生医療関連遺伝子クローンリソースの提供

阪大高倉教授らとの共同研究「Huvec から血管内皮幹細胞へのダイレトリプログラミング因子の探索」にて、血管内皮幹細胞で発現が亢進しているマウス遺伝子47種類について、ヒトホモログ遺伝子を選出し、クローンの作製を完了した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】再生医療、細胞システム制御遺伝子、初期化、分化誘導、iPS 細胞、免疫モニタリング、ダイレトリプログラミング

【研究 題 目】自己抗体マーカー探索システムの開発

【研究代表者】五島 直樹（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】福田 枝里子、山口 圭、奥村 大志（常勤職員2名、他2名）

【研究 内 容】

本機器開発プロジェクトでは各チームの達成目標を達成すると、各チームのアクティビティを統合した下記

の図に示すように、乳がん、肺扁平上皮がん、膀胱がんの3種がん（下表）について、①血清サンプルの収集、②2万プロテインアレイの作製および測定、③LASSO法解析、④EN アレイ作製および測定、⑤がんマーカー評価を実施している。

アレイ用タンパク質合成

株式会社セルフリーサイエンスでは、高密度プロテインアレイおよびエバネッセント波アレイの作製に使用するタンパク質をコムギ胚芽無細胞タンパク質合成技術により調製し、各アレイ開発を担当する代表機関（国立研究開発法人産業技術総合研究所）および分担機関（北里大学、株式会社レクザム）に供給した。

自己抗体マーカー探索システムの開発

HORNET-NX 分注機をピンスポッターとして使用し、1536ピンをクルードタンパク質溶液とオイルに順に浸漬し、ピン先にオイルで被覆したタンパク質溶液の液滴を形成させることが技術的に可能となった。

コムギ無細胞合成系で合成した約20,000種のヒトタンパク質を参画機関のセルフリーサイエンスからクルード液で供給を受け、高密度プロテインアレイ作製法によって SBS 規格プレートの GSH 修飾-aC 基板に1536ピンヘッドによってスポットし、14000タンパク質/SBS規格プレートの密度でプロテインアレイを作製した。

北里大学で取得されたがん患者（乳がん、肺がん扁平上皮がん、膀胱がん）の血清、千葉大学で取得された健康人の血清を用いて、高密度な2万種プロテインアレイを用いて網羅的な自己抗体プロファイリングの実施を行った。

自己抗体測定試料の収集（千葉大学）

川崎病罹患者の急性期で標準治療である IVIG 超大量療法を開始する前の血清、合計70症例分を提供した。自己抗体測定が開始されているが、試料中に極めてバックグラウンドが高くなる症例の頻度が高いことから、その要因の探索を急いでいる。

エバネッセント波アレイの作製、評価および高感度自己抗体マーカー探索

エバネッセント波励起蛍光法によるアレイシステムを用いて、乳癌および肺癌患者血清中の腫瘍関連自己抗体の検出を行った。既知、新規腫瘍関連抗原に対する自己抗体が、癌患者血清中に高率に検出された。多種の抗原に対する自己抗体を同時に測定可能な本システムは、癌診断のバイオマーカー検出法として臨床的有用性が期待される。

網羅的自己抗体解析の情報解析、マーカー候補自己抗体の絞り込みおよびデータベースシステム整備

Logistic Lasso を適用したマーカー候補探索プログラムを構築し、2万種タンパク質アクティブアレイからシグナルを検出し、乳癌、肺扁平上皮癌、膀胱癌、川崎病に関するマーカー候補自己抗体を探索した。また、本研究で得られるデータを蓄積するデータベースを構築した。

エバネッセント波測定装置の開発、評価

株式会社レクザムは EN 法のスループットを向上する為の取り組みとして、14Well スポット規格の開発・試作を実施した。またエバネッセントスキャナーの本体側について、北里大学における EN 法評価のスピードアップを図る為、14well 規格の自動解析を可能とするソフトウェアを開発すると共に、スキャン時間の短縮を実現した。

ELISA による単一有用自己抗体測定キットの開発および EN（エバネッセント）法による自己抗体測定キットの評価

初年度の研究計画では、弊社は EN（エバネッセント）法の市場調査、スクリーニングによって得られた自己抗体群の中から、単一で有用な自己抗体 ELISA 法の開発を担っている。従って、上記のスクリーニングが終了していないため、初年度は EN（エバネッセント）法の市場調査をメインに行った。市場調査には類似特許の検索やスクリーニングで選別された自己抗体マーカーの特許検索も含む。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】自己抗体、プロテインアレイ、免疫モニタリング、抗体プロファイリング、炎症性腸疾患、クローン病、潰瘍性大腸炎、がん、川崎病

【研究題目】肝毒性予測のためのインフォマティクスシステム構築に関する研究

【研究代表者】堀本 勝久（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】福井 一彦（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究の目的は以下の通りである。a. In vitro 肝毒性マーカーパネルの構築のため、肝毒性に関する分子知識情報および分子計測情報を収集し、b. 肝毒性パネル構成分子群を設定する。当パネル構成分子群の選定においては、サンプルデータ数に応じた通常の統計手法に加え、独自に開発した「表現型相異指向解析」を用いる。加えて、c. 収集整備した肝毒性に関する分子知識・計測情報を利用して、in vitro と in vivo データの新規ブリッジング手法の開発を行う。

上記研究目的の内、今年度は、パネル構成分子群の設定、in vitro と in vivo データのブリッジング手法の開発の2点について、研究を進めた。

パネル構成分子群の設定について、構成分子群の選定のためのこれまでの結果である、コントロールと薬剤投与後の間で、投与サンプル、薬剤、投与後経過時間ごとの発現の異なる分子群候補に及び毒性に関する生理的測定値に基づいて、最終的なパネル構成分子群の予備的な選定を行った。上記特徴的な分子群候補及び生理的測定値の検討のため、ウェブによる可視化された二次データ

ベースを構築し、大量な解析結果の検討のための利便性を向上した。また、投与薬剤毎に、分子群候補に関して、*in vitro* と *in vivo* それぞれでパスウェイ解析を実行し、その結果に基づき結合確率を計算することで、*in vitro* と *in vivo* 間での特異的分子群の相異を巨視的観点から推定した。同時に、二次データベースに収納するパスウェイ群の情報を医薬健栄研と共有し、医薬健栄研が策定するオントロジー工学的手法を用いた肝毒性イベントマップの構築（拡張）を支援した。さらに、肝毒性イベントマップの構築支援に際して、我々の独自技術であるネットワークスクリーニング（ネットワーク構造と計測データの整合性評価）により、マップと遺伝子発現データとの親和性を見積もった。最終的に、各薬剤の特徴的な生理的測定値を予測可能な分子群を、投与サンプル、投与後経過時間、パスウェイを考慮した選定を進めている。

in vitro と *in vivo* データのブリッジング手法の開発については、まず解析データの選定を行った。上記パスウェイ解析の結果、*in vitro* と *in vivo* 間での特異的分子群の相異が、無い場合、顕著な場合に分類し、それぞれの場合で、*in vitro* データから *in vivo* データへの予備的な予測を試みた。この際、各薬剤投与のすべて *in vitro* と *in vivo* データを採用する場合と、生理的測定値や投与後経過時間を考慮してデータを選択する場合についてそれぞれ予測を行い、30年度のブリッジング手法開発の準備を行った。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】遺伝子発現、肝毒性、創薬

【研究 題 目】プロスタグランジン受容体の立体構造を基盤とした創薬開発を目指す革新的技術の創出

【研究代表者】小林 拓也（京都大学）

【研究担当者】広川 貴次（創薬分子プロファイリング研究センター）

（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

本研究は、プロスタグランジン（PG）受容体をモデルとして、立体構造を基盤とした創薬開発を目指している。同じターゲットに対して異なる技術を融合することで、創薬に向けた新しい技術基盤を立ち上げることを目標としている。本年度は以下の研究成果を得た。

産総研では、プロスタグランジン（PG）受容体の構造生物学データを医薬・創薬の問題に活用するために、構造情報に加え、分子動力学シミュレーションおよびインシリコスクリーニングを中心としたパイオ、ケモインフォマティクスの手法を適用し、立体構造に基づく機能メカニズムの推定により、生物学的現象の理解と薬剤の探索および分子設計を支援する。特に、分子動力学シミュレーションを積極的に活用し、アロステリック効果に本質的な相互作用部位を抽出し、合理的に構造変化を制

御する化合物をインシリコスクリーニングにより探索する。インシリコスクリーニングによって選定された化合物は、他のグループと連携し、実験による評価や化合物の最適化を行う。その結果は、分子動力学シミュレーションやインシリコスクリーニングのパラメータ調整にフィードバックさせることで、PG 受容体の構造を制御する化合物探索・設計技術を高度化させる。

H29年度の成果として、EP4の結晶構造を用いて、新たな制御化合物の取得を目的に ONO 化合物の結合パスウェイを解析するための MetaD と、ONO 化合物の結合に重要な相互作用因子を解析するための通常の MD 計算を実施した。MetaD の結果では、ONO 化合物は、一度、膜環境に挿入後、膜内での拡散を通じて EP4に結合することが示唆された。また EP4に結合後は、Arg や Tyr との相互作用が重要であるとの知見が得られた。これらの情報を基に、ONO 化合物の結合部位における新たな骨格を持つ制御化合物をドッキングによるインシリコスクリーニングにより同定した。スクリーニングライブラリーは、購入可能で、かつ、ドラッグライクな 770万件の化合物ライブラリーを用いた。ドッキングの際、EP4-ONO の MD 計算で重要とされた Arg をはじめとする3か所の水素結合、そして、MetaD の結果を反映するため、膜内への親和性も加味したナフタレン基の疎水性の効果を備え持つ化合物をドッキング条件として設定した。その後、ドッキングスコアに加え、ONO の化合物の結合様式を模倣する効果を取り入れるため、タンパク質ーリガンド相互作用フィンガープリントと呼ばれる情報処理により、ドッキングスコアと相互作用様式の類似性を満たす化合物を選定した（この手法は、先行研究で、ヒスタミン H1のインシリコスクリーニングで効果のあった手法であることが証明されている）。最後に、化合物が膜への挿入と拡散運動を有する要素として、疎水性や構造の自由度で絞込みを行い、120化合物を選定した。来年度にこれらの化合物の実験による活性評価を行う予定である。また、タンパク質の構造の自由度を考慮したドッキング計算により、PG2および既知アゴニスト化合物の結合様式の予測を行い、今後のアゴニストスクリーニングための知見を得た。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】プロスタグランジン受容体、G タンパク質共役型受容体、分子動力学計算、インシリコ創薬

【研究 題 目】TLR7を標的にした SLE 治療薬の開発

【研究代表者】長井 良憲（富山大学医学部）

【研究担当者】広川 貴次（常勤職員1名）

【研究 内 容】

リード化合物 CB-7および B-11、またはその他有効性を認めた合成誘導体が TLR7に結合ドッキングする部位・機序を分子シミュレーションにより解析する。また

これまでに合成した誘導体の活性評価を基に、構造と活性との相関性を分子シミュレーションにより解析する。それを基に、新規に合成する誘導体を分子設計する。

今年度は、リード化合物 CB-7および B-11、またはその他有効性を認めた合成誘導体が TLR7にドッキングする部位・機序を分子シミュレーションにより解析し、またこれまでに合成した誘導体の活性評価を基に、構造と活性との相関性を分子シミュレーションにより解析し、それを基に、新規に合成する誘導体を分子設計することを目的とした。その成果として、CB-7を代表構造に、TLR7への結合位置、結合ポーズを、分子動力学計算 (MD) により予測した。MD では、CB-7を1%の濃度で水溶液中に配置し、50 ns の MD 後、低自由エネルギーで TLR7表面へ結合が確認できる部位を解析した。その結果、二量体形成の相互作用部位に CB-7が結合しうる部位を同定した。予測された CB-7の TLR7に対する結合ポーズを基に構造活性相関を行った結果、これまで評価された CB-7誘導体化合物の活性値と相関がみられた。重要なファルマコフォアとして、水素結合と疎水性相互作用が1箇所ずつ、そして、親水性と疎水性が混在する領域が1箇所の3箇所が同定された。新規合成化合物については、これらの結果を反映し、水素結合は、保存した状態で、疎水性相互作用領域と、親水性・疎水性が混在領域を官能基置換部位に設定し、43官能基を用いてインシリコ合成を行った。これらの合成化合物は、TLR7とのドッキング計算と logP により CB-7よりドッキングスコアと logP が良好なものを候補化合物とし、その後、実験での合成の容易さを考慮した最終候補化合物を提案した。今後、活性結果のフィードバックを行い、更なる高活性化を目指す。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】分子モデリング、創薬支援、バイオインフォマティクス、Toll 様受容体7阻害薬

【研究題目】新規バイオマーカー探索と統計的手法検討の探索的付随研究

(AMED 革新がん治療 IMF-001医師主導治験)

【研究代表者】五島 直樹 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】五島 直樹、福田 枝里子、小川 浩二 (常勤職員2名)

【研究内容】

腫瘍組織に NY-ESO-1 抗原を発現し、術前化学療法と根治手術を受けた食道癌患者に CHP/NY-ESO-1ポリペプチド複合体 (ワクチン) を投与した群10例と投与しなかった群6例の血清中の各種抗体の産生を727種のヒトがん抗原蛋白からなるプロテインアレイを用いて網羅的に検討するセロミクス解析をおこなった。

ワクチン投与患者は、術前化学療法後・根治手術前

(P2)、ワクチン投与後11週 (11w)、23週 (23w)、47週 (47w) の4点を対象に、非投与患者は、投与患者と比較するために同様のタイムポイントを実施するが、検体自体ないワクチン投与後23週 (23w) を除いた、3点を対象に測定をおこなった。

16例のみの結果であるが、NY-ESO-1および CTAG2 (NY-ESO-1と相同配列を持つタンパク質) に対する抗体 (ワクチン抗体) のシグナルパターンにより、ワクチン投与・非投与群を5つに分類することができた。

投与群においては、P2では、ワクチン抗体は検出されないが、11w 以降に抗体量が増加し検出された G1、P2からワクチン抗体が検出され、11w では検出抗体量が増加した G2、P2でワクチン抗体は検出されるが、検出抗体量が減少していった G3と3つに分類することができた。

非投与群においては、P2でワクチン抗体は検出されるが、検出抗体量が減少していった G4、どの測定ポイントでもワクチン抗体が検出されなかった G5と2つに分類することができた。

ワクチン抗体以外に対しては、共通性の高いものや抗体量の増減が顕著なものに注目した。

SPAG16、EDNRB、TCF7、CCNE family に対する抗体の上昇がワクチン投与後に認められた。この現象は、ワクチンによって損傷を受けたがん組織から放出されるタンパク質が抗原となって2次的に抗体が産生される抗原拡散 (antigen spreading) と考えられる。またワクチン非投与群においても VEGFB や GPRC5A に対する抗体の上昇が認められたが、これらはワクチン投与群では認められないため、ワクチン以外の何か別の原因による抗原拡散と考えられる。

共通性の高い抗体としては、LIMS1、MAGE family、RBPJ、DDX53、TP53が認められたが、ワクチン投与による抗体量の変化については、関連が低いと考えられる。ただ MAGE family については、P2から11w にかけて大きく抗体量の低下が認められるものがほとんどであり、また健康人などほぼすべての血清中から検出される LIMS1の次に共通性が高い (11/16の陽性率) という点から、食道癌のマーカーとしてだけでなく根治手術後の治療判断マーカーとしてのポテンシャルを秘めている可能性があり、別の意味で興味深い。

これまで測定してきた検体には、アレイ検出画像のバックグラウンドが高く、かつバックグラウンドの大きなムラが発生して、正確な解析ができず、保留にしていた検体があった。

このバックグラウンドの原因は、血清中に存在していた抗小麦蛋白ヒト IgG 抗体のアレイへの結合であると予想した。アレイに搭載されている抗原蛋白をコムギ無細胞系で発現させているため、プロテインアレイの作製上、少ないながらも小麦蛋白が抗原蛋白と混在した状態でアレイ上に存在してしまっている。そのため血清中に

存在していた抗小麦蛋白質ヒト IgG 抗体が、アレイ上の小麦蛋白と反応してしまうことが考えられる。

そこでそのような検体に対して、血清中の抗小麦蛋白質ヒト IgG 抗体を不活性化させることを実施した。その結果、バックグラウンドの低い、かつムラの少ない自己抗体検出画像を得ることが可能になった。

ワクチン投与・非投与群それぞれ27例、計54例おこなう予定であり、現在までに16例、約30%が終了している。上述したように解析を保留してあった検体15例があるが、やり直し測定をおこなっていく。

解析をおこなうタイムポイントは、ワクチン投与群は、術前化学療法前 (P1)、術前化学療法後・根治手術前 (P2)、ワクチン投与後11週 (11w)、23週 (23w)、47週 (47w) の5点を対象に、非投与患者は、投与患者と比較するために同様のタイムポイントを実施するが、検体自体ないワクチン投与後23週 (23w) を除いた、4点を対象に測定をおこなっていく。また投与群で投与を途中で中止した例は、中止時の検体も測定していく。

今年度、測定方法が確立できたため、今後は効率的に測定を実施していくことが可能であり、来年度にすべての解析を終了する予定である。

【領域名】生命工学

【キーワード】がんワクチン、免疫療法、がん抗原、CTA、抗原拡散、NY-ESO-1

【研究題目】プロテインアレイによる自己抗体の網羅的探索、同一検体での検証と他検体での追試 (AMED 革新的がん医療実用化研究事業)

【研究代表者】谷川 千津 (東京大学)

【研究担当者】福田 枝里子 (創薬分子プロファイリング研究センター) (常勤職員1名)

【研究内容】

近年腫瘍細胞に対する免疫応答が脚光をあび、チェックポイント阻害剤やネオアンチゲン・オンコアンチゲンを対象とした免疫賦活化療法の効果が報告されている。一方治療のみならず、腫瘍細胞に対する免疫応答の診断マーカーへの応用も古くから行われている。がん抗原に対する持続的な免疫応答が生体内で誘導される事で、自己抗体は有望な早期診断マーカーとなりうると期待されている。また自己抗体の有無と、予後や免疫チェックポイント阻害剤の効果との関連が報告されるなど、がん患者における自己抗体を網羅的に解析し臨床像との詳細な検討を進めることで、診断だけでなく治療への応用が期待される。

当チームでは、世界最大のヒト完全長 cDNA を基礎としたインビトロプロテオームを作製し、未変性タンパク質を搭載した網羅的プロテインアレイの開発に成功した。このシステムを用いることで、世界最先端の自己抗体プロファイリング技術を確認している。これらの技術

を用いて、オーダーメイド医療実現化プロジェクトで収集されたがん患者血清 (全6疾患; 肺腺がん、肺小細胞がん、膵がん、胆道がん、子宮頸がん、子宮体がん) を用いて、疾患特異的マーカーの探索を今回実施する。網羅的プロテインアレイ (各疾患100名) 及びフォーカスプロテインアレイ (各疾患100-200名) を用いた解析により、新規の疾患診断マーカーや予後マーカーの同定を目指す。さらに、宿主の HLA 多型との関連を解析することで、効率的な拘束性ペプチドの同定が可能となり、ペプチドを用いた ELISA 系の構築と早期の臨床研究、企業への導出を目指す。血清中の免疫グロブリンは他の代謝産物と比較して安定であることから、採血時や保管条件の影響を受けにくく本解析に適している。これまでプロテインアレイを用いた自己抗体の網羅的解析を行っている産業技術総合研究所とバイオバンク試料を用いた DNA 多型・血清の解析実績のある東京大学のグループが共同研究を実施することで、新規の疾患診断マーカーや予後マーカーの同定に結びつくこと期待される。

平成29年度は、主に検体の準備と解析条件の検討を実施した。検体の準備については、各施設で倫理審査の承認を受けると共に、バイオバンクジャパン及び東京大学医科学研究所血清バンクへ血清の利用申請を行い、各々承認を受けた。バイオバンクジャパンより肺腺がん、肺小細胞がん各100例及び医科研血清バンクよりコントロール173例の血清の提供を受けた。また次年度の解析準備として、膵がん、胆道がん、子宮頸がん、子宮体がん、子宮筋腫、子宮内膜症各100例の血清の選択を実施した。またこれらの検体について、臨床情報の収集と整理を実施した。

また解析条件検討については、5-10検体ミックス血清を用いた条件検討を行うと共に、個々の検体固有のバックグラウンドの測定系を構築し、全検体についてバックグラウンドの測定と優先して解析を実施する検体の選択を実施した。アレイのバックグラウンドが中程度に高くなるということがわかっている市販検体をコントロールとして用い、コントロールの値を100として他の検体の評価を行った。肺小細胞がん100例のバックグラウンドを測定した結果、バックグラウンドが高いためミックス血清の測定に用いることができない検体は5例のみであった。残りの95例を用いれば、10検体ミックスのアッセイを行っても、コントロールの値と比較して理論上平均66程度のバックグラウンドで測定ができる計算になった。

上述の95例から任意の平均的な10例を2組選択し、それぞれ10検体ミックス血清にして網羅的プロテインアレイにかけて解析を行った。その結果、計算通り低バックグラウンドで低い陽性シグナルも判別できる、精度の良い解析結果を得ることに成功した。1組目では48個の自己抗体、2組目では53個の自己抗体が検出された。更にこの2組の間で共通の自己抗体は4個以上見られ、マーカー候補が含まれることを示唆する結果となった。今

後は肺小細胞がんの網羅的アレイの解析を進めると共に、他の疾患やコントロールの健常血清のバックグラウンド測定を進め、網羅的プロテインアレイ解析を行っていく。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】がん抗原、自己抗体、HLA 多型、プロテインアレイ、Immunome analysis

【研究 題 目】エクソソームを補足するための抗体及び抗原に関する調査

【研究代表者】五島 直樹（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】五島 直樹（常勤職員1名）

【研究 内 容】

がん組織特異的なエクソソームを選択的に補足するためには、がん組織特異的に発現する膜タンパク質をターゲットとして、抗原-抗体反応等を利用する方法が考えられる。がん特異抗原（CTA）を対象とし、CTA データベースに登録されているタンパク質の中でも、膜貫通領域を有するタンパク質を計算から導き出し、候補として提示することが可能である。

エクソソーム上にはそのエクソソームが生成された組織に、特異的に発現しているタンパク質が存在していることが知られている。我々は、がん組織特異的エクソソームを捕捉するための抗体及び抗原に関する調査及びJBICの研究開発に関する指導を行った。

JBIC がエクソソーム捕捉のための抗体について調査を行い、「一般的なエクソソーム表面抗原を捕捉する試薬を用いた、エクソソーム捕捉系の構築」の評価を引き続き行った。

がん疾患関連組織特異的な抗原候補の選定については、表面抗原の中でも膜貫通タンパク質等が対象となると考察した。産総研では、がん特異的なエクソソーム表面抗原候補の探索の目的で、計算より導き出した膜貫通領域を持ちがん疾患関連組織に存在するタンパク質について調査を行い、さらにそれらの候補タンパク質と組織特異的なタンパク質の組み合わせを考慮し、効率的なエクソソーム補足系の情報を収集を引き続き行った。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】エクソソーム、がん、がん特異的抗原、細胞表面マーカー、miRNA

【研究 題 目】自己ゲノム編集機構を利用した安全性の高いゲノムデザイン技術の開発

【研究代表者】間世田 英明

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】間世田 英明（常勤職員1名）

【研究 内 容】

一般に、遺伝子治療を目的として考えた場合、そのゲノムの改変には、現時点では CRISPR/CAS9の利用が考えられる。しかしながら CRISPR/Cas9システムを遺

伝子療法へ利用するには、大きな問題点が幾つかあり、特に①目的遺伝子以外が改変されてしまうオフターゲットの問題 → 重大な副作用が生じる ②外来ヌクレアーゼ（タンパク質）を細胞に発現導入しなければならない問題 → 個体レベルでタンパク質を特定の細胞だけに導入・発現させることが困難 などをクリアした安全性を担保したゲノム編集法が必要である。そこで、生物の中に自己ゲノム編集機構 PODiR システムが存在していることを見出し、PODiR システムをミミックした核酸の導入のみで、意図した配列を改変（組換えでない）できることを、細菌細胞で明らかにした。本研究では、動物細胞にも存在が確認された PODiR システムを利用して、核酸導入のみで意図した配列の改変を動物細胞およびがん細胞で行うことを目標としている。

i)GFP をコードする遺伝子内に、PODiR 配列を形成するような塩基（P 配列）を導入したものと、PODiR を形成しないランダムな塩基（N 配列）を挿入した2種の人為的に破壊された GFP 遺伝子を作成し、ii)それを動物細胞のゲノムに挿入可能なベクターに導入し、アッセイ細胞の構築を行った。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ゲノム編集

【研究 題 目】ヒト iPS 分化細胞技術を活用した医薬品の次世代毒性・安全性評価試験系の開発と国際標準化に関する研究

【研究代表者】中西 真人（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】中西 真人（他1名）

【研究 内 容】

ヒト iPS 細胞は、再生医療や創薬支援技術の素材として期待が集まっているが、なかでも重要なのは、医薬品開発に用いられる標準的なヒト組織細胞の供給源としての役割である。現在、日米欧の三極で同じ基準で医薬品を審査するハーモナイゼーションの取り組みが進められており、一方では、実験動物を使った医薬品安全性試験を、ヒト培養細胞を使った試験で置き換える動きが進んでいる。このような状況を背景にして、医薬品開発に使用可能な、品質が一定の「標準ヒト組織細胞」の開発が注目を集めている。本研究では、「標準ヒト組織細胞」を作製するための前提となる「標準ヒト iPS 細胞」を作製する技術の確立を目指している。従来の技術で作製したヒト iPS 細胞は、品質にばらつきが大きいことが知られているが、我々が開発した欠損・持続発現型センダイウイルスに OCT4, KLF4, SOX2, c-MYC の4個の初期化因子（山中4因子）を同時に搭載した SeVdp-iPS ベクターを使うと、ほぼ均質な iPS 細胞を容易に作製できる。本年度は、28年度に開発した6因子搭載ベクターを使って、フィーダー細胞やウシ胎児血清などの標準化の妨げとなる要素を廃した条件下で、末梢血から iPS 細胞を樹立するプロトコールを作成し、そ

の再現性を検証した。その結果、市販の培地 A と基質 B (共に動物成分不含) を産総研ベクターと組み合わせた場合に、非常に良好な再現性を得られた。培地 A と基質 B は日本製であるが、共に米国でも市販が始まり、この技術の世界標準化に向けて有利な状況が生まれつつある。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕iPS細胞、安全性薬理試験、心筋分化

〔研究題目〕脳性麻痺者・脳卒中者の意思伝達支援のための非接触ジェスチャ認識インタフェースの開発

〔研究代表者〕伊藤 和幸 (国立障害者リハビリテーションセンター研究所)

〔研究担当者〕依田 育士 (人間情報研究部門)
(常勤職員1名、他5名)

〔研究内容〕

一般のキーボードやマウスといったインタフェースが利用困難な脳性麻痺者等、重度の運動機能障害者を対象に、ジェスチャにより情報機器を操作可能にするインタフェースの研究開発の最終年度を実施した。最終的に一般のユーザが現実的に利用可能になるように、市販の画像距離センサを利用し、不随意運動や痙性に対応することを前提とした非接触で非拘束なインタフェースを開発した。

具体的には、画像情報処理技術を用いて、多種多様な脳性麻痺者、脳卒中患者の動き (ジェスチャ) の収集を継続した。そして、随意運動が可能な対象部位を基に類型化を行いながら、モジュール化されたジェスチャ認識エンジンを開発し、長期評価からのフィードバックを受けて各認識エンジンの完成度を高めた。

長期実験として、脳性麻痺の方2名を対象とした在宅での実験を継続した。1名の方は、指折りたたみジェスチャでパソコンや電話操作等を状態遷移型メニューから操作する実験を継続した。もう1名の方は、足踏みジェスチャで、現在利用している足のフットスイッチを代替するような長期実験を行った。こちらは、カメラとソフトウェアで実現することで、スイッチの大きさが自在に調節できる点、長期変動への対応も容易である点や、物理的なスイッチのように長期利用でも壊れない点などの様々な優位点を確認しながら実験を進め、足踏みジェスチャに関しては、実利用可能な完成度まで高めることができた。今後は日常利用を予定している。

また、これらの完成したソフトウェア (実行ファイル) を無償で公開するためのプラットフォームとして、ホームページ (<http://gesture-interface.jp/>) を開設し、ソフトウェア公開の基盤を完成させた。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕ジェスチャインタフェース、ジェスチャ認識、インタフェース、パターン認識、

3次元画像理解、重度障害者支援

〔研究題目〕*In-vitro* 安全性試験・薬物動態試験の高度化を実現する organ/multi-organs-on-a-chip の開発とその製造技術基盤の確立

〔研究代表者〕金森 敏幸 (創薬基盤研究部門)

〔研究担当者〕金森 敏幸、須丸 公雄、杉浦 慎治、高木 俊之、佐藤 琢、豊田 裕子、長崎 玲子、進 和美
(常勤職員4名、他4名)

〔研究内容〕

本事業の参画者およびユーザー (医薬品メーカー研究者) が一堂に会して以上の検討を実施、議論できる場である集中研究拠点を、幹細胞評価基盤技術研究組合と協力してアステラス製薬つくば研究センター内に整備し、以下の研究開発項目を実施した。

1. チップ製造技術開発

産業技術総合研究所が開発した PD-MPS (pressure-driven microphysiological system) チップについて、射出成型および3次元リソグラフィーを適宜使い分けて部品を成型し、適切な組み立て技術を検討することにより、評価用デバイスが作製できることを確認した。3次元リソグラフィーについては、出来上がった部品に対する薬物収着を防止する技術について、ほぼ完成の見通しを得た。また、チップ内で膜状臓器を形成させるためのセルカルチャーインサートについて、設計および製造技術の検討を開始した。

2. 検出系実装技術開発

セルカルチャーインサートへの TEER (transepithelial electrical resistance : 経上皮電気抵抗) 電極実装の検討に着手した。3に関連し、細胞培養環境に影響を与えないごく微量の培地を定量的にチップ内から採取、保存する技術について検討を開始した。

3. 培養モジュール・デバイス設計

上述の PD-MPS チップをプラットフォームとして MPS の有用性をユーザー (医薬品メーカー研究者を想定) にて実証することを目的として、平成30年12月の完成を目処にα機を試作するための基本設計を終了した。

4. 実証試験

従来のソフトリソグラフィー法によって作製した PD-MPS チップを用いて、1) 小腸-肝臓-正常組織-がん組織について、プロドラッグ型抗がん剤の *in vivo* の動態を再現、2) 培地流通型3次元培養技術によって、肝代謝機能の大幅亢進、を確認した。項目2-1の竹内課題および松崎課題と連携し、両課題で開発された培養技術を PD-MPS に実装する検討を開始した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕細胞培養、マイクロプロセス、灌流培養、細胞アッセイ、薬物動態、薬物毒性

〔研究題目〕 デバイスに搭載するヒト自律神経細胞と標的臓器の安定的製造に関する研究開発

〔研究代表者〕 高山 祐三（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕 高山 祐三、木田 泰之、櫛笥 博子、若林 玲実（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では、我々独自の技術であるヒト自律神経作製技術を用い、自律神経と心筋細胞を接続することで機能制御系を組み込んだ高機能の心筋組織を構築することを目指している。前提となる技術に関して、我々の自律神経作製技術ではヒト多能性幹細胞に約2週間の薬理操作を行うことで自律神経前駆細胞を誘導、そこから一定期間以上神経分化を行うことで自律神経を作製できる。この技術の基づき、本年度は以下の3テーマを主要課題としている。①自律神経の安定作製・規格化のために、この自律神経前駆細胞作製の指標となる細胞表面マーカーを同定できるかの検証。②この前駆細胞から神経分化を行う過程で、どの程度の培養期間で自律神経系としての機能が獲得されるかを解析するために、自律神経アゴニストであるニコチンに対する細胞応答性をカルシウムイメージングにより解析する。③併せて成熟に伴う自律神経機能の特性変化のプロファイルを作成するために、培養細胞の電気活動測定（MEA: microelectrode array）システムを用いて自律神経の電気活動を経時的に観測する。その結果、自律神経前駆細胞における表面マーカー候補として CD193, CD1b 等を同定することができた。また、カルシウムイメージングによりニコチン応答性を解析した結果、前駆細胞から自律神経様の機能を獲得するまで約2週間の培養期間が必要となることがわかった。更に自律神経細胞の自発電気活動測定を行った結果、培養開始後から2, 3ヶ月間に渡る遷移状態を同定することができ、特にヒト自律神経の培養系においても顕著な同期バースト活動が観測されることを見出した。

以上の通り、本年度では、我々がこれまで行ってきたヒト自律神経の誘導技術に関して、今後の作製指標となりうる各種バイオマーカー、活動様式に関して重要な結果を得ることができたと考えている。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 再生医工学、心筋細胞、幹細胞、自律神経

〔研究題目〕 薬物動態・安全性試験用 organ(s)-on-a-chip に搭載可能な臓器細胞／組織の基準作成

〔研究代表者〕 伊藤 弓弦（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕 伊藤 弓弦、木田 泰之、館野 浩章、回渕 修治、原本 悦和（常勤職員5名、他4名）

〔研究内容〕

Organ(s)-on-a-chip に搭載する臓器細胞の細胞源とし

て、ヒト臓器の初代培養細胞やヒト iPS 細胞から分化誘導した臓器細胞が選択肢として考えられるが、バラツキやヒトへの外挿性の低さ等から検証結果の信頼性に対しての問題が指摘されている。また、その細胞を用いての測定方法にバラツキがあれば、正しい測定結果を得ることは出来ない。そこで、3種類の肝細胞製品を用いて、2名の実施者による、肝実質細胞が有する薬物応答能比較検証を行った。結果、3種類の肝細胞製品ともリファンピシン／オメプラゾール処理によって、代謝酵素の mRNA 発現誘導が見られた。当該試験の1回目では、肝実質細胞の播種から最後のサンプリングまで共通の手順書を作成し、2名が同時にお互いの実施内容を確認しながら実験を行うようにしている。その結果、3種類の細胞製品とも、代謝酵素の mRNA 発現量、mRNA 発現誘導倍率ともに、かなり揃った結果を得ることが出来た。一方で、当該試験の2回目では、全く同じ「手順書」「ロットの凍結細胞ストック」「試薬」を用いたにもかかわらず、代謝酵素の mRNA 発現量が大きく低いという結果となった。あとからの調査により、手順書に無いステップに大きな違いがあったことが判明した。

上述のとおり、搭載されている細胞が規格化されていても、測定方法の手順書に不備があると、結果が大きく変わってしまう。行間に左右されること無く、初見の実施者でも同じ測定を実施可能な「測定方法の規格化」も肝要であると示された。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 創薬、Organ(s)-on-a-chip、人体模倣システム、肝臓、小腸、規格、手順書

〔研究題目〕 ヒト多能性幹細胞由来の再生医療製品製造システムの開発（網膜色素上皮・肝細胞）

〔研究代表者〕 伊藤 弓弦（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕 伊藤 弓弦、館野 浩章、廣瀬 志弘、金森 敏幸、原本 悦和、回渕 修治、杉浦 慎治（常勤職員7名、他6名）

〔研究内容〕

分離精製技術開発として、ヒト iPS 細胞から三胚葉に分化させて、その過程における rBC2LCN レクチンの反応性をフローサイトメトリーとヒト ES/iPS 細胞モニタリングキットで解析した。更に、rBC2LCN-PE38 を用いてヒト iPS 細胞由来肝細胞への殺傷効果について検討した。また、磁気ビーズ付加した rBC2LCN を用いて移植用細胞中に混入した iPS 細胞の除去検証を免疫不全マウスを用いて複数回実施し、除去能の高さの再現性を確認した。

幹細胞評価技術開発として、ヒト多能性幹細胞の製造工程に発生しうる逸脱状態を、人為的に作出する系を確立し、その系を用いて逸脱細胞の性状解析を実施した。さらに、逸脱細胞を検出するためのマーカー探索を遺伝

子／タンパク質両方で開始し、候補因子を単離した。

スケジューリング、データ予測技術として、iPS 細胞の初期分化誘導における液成因子の影響評価を行うための灌流培養マイクロ流体デバイスを開発した。特に、培養チャンバー部分を開閉型とすることで、培養後の免疫染色等の細胞評価を簡便に行えるデバイスを開発した。

国際標準化戦略として、産業化支援に関して、細胞製造システムに関連する ISO/TC276/WG3, WG4などへの参画を継続し、日本提案のステージを進めた。また、開発ガイドライン策定事業にてインキュベータの運用に関するガイドラインを作成した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】再生医療、iPS 細胞、ES 細胞、品質管理、腫瘍源細胞除去、スケジューリング、国際標準化、ガイドライン

【研究 題 目】腸管免疫と肝免疫、プロバイオティクスによる制御法の開発

【研究代表者】辻 典子（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】辻 典子、渡邊 要平

（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

NAFLD/NASH モデルマウス（STAM マウス）の作成は産総研施設において、生後二日目に200 μg/匹の STZ を皮下投与し、離乳時から高脂肪食で飼育することにより行った。脂肪肝から脂肪肝、線維化、そして肝癌へとヒトにおける非アルコール性脂肪性肝炎（NASH）に類似した病態を短期間で安定的に発症するため、NASH の予防・治療の研究に適している。この動物モデルを用いてプロバイオティクスによる疾病制御を検討した。樹状細胞から IL-10産生を効率よく産生させる乳酸菌 C60株を高脂肪食開始時より経口投与したところ、乳酸菌投与群で炎症および線維化のバイオマーカーが抑制された。疾病制御のメカニズムを解明し、より有効な疾病の予防・治療方法を開発するために、腸管上皮の安定性を解析した。NASH 発症機序の一つとして、腸管からのエンドトキシンの流入による肝炎の誘起が示唆されている。我々が作成した STAM マウスにおいても健常マウスに比べてリポポリサッカライド（LPS）の受容体であるトル様レセプター（TLR）4の発現が肝臓において顕著に増強しており、代謝異常に加えて自然免疫シグナルを介した疾病の発症・増悪の機序が存在すると考えられた。また、乳酸菌投与群においては、それらの発現が制御されていた。以上の結果から STAM マウスにおける C60乳酸菌の経口投与は、腸管透過性（腸管バリア）の安定化によりエンドトキシンの流入を抑制した可能性があり、NASH においてプロバイオティクスの経口投与は、炎症や線維化の制御など疾病早期における重症化予防に有効と考えられた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】腸管免疫、腸管バリア、抗炎症、非アルコール性脂肪性肝炎（NASH）、プロバイオティクス

【研究 題 目】糖鎖利用による革新的創薬技術開発事業

【研究代表者】久野 敦（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】久野 敦、梶 裕之、梅谷内 晶、鈴木 祥夫、岡谷 千晶、野呂 絵里花、藤田 弥佳、富岡 あづさ、助川 昌子、菊池 真美子、田中 ナナ、鈴木 奈美、廣瀬 明子、島崎 裕子、板倉 陽子、曾我部 万紀、永井 美杉、植木 彩、日尾野 隆大、小野 綾香

（常勤職員6名、他14名）

【研究 内 容】

本事業では、糖鎖標的を探索・検証するための技術システムを、先進の国産糖鎖解析技術を改善、開発して3年以内に構築し、創薬標的シーズを導出することを目的とする。具体的には、極微量の糖鎖変化を網羅的に検出、検証するための超高感度化・自動化分析装置の開発や、糖鎖標的候補分子を試料中から特異的に濃縮、調製する手法を迅速に構築する技術の開発を進めている。また、微量サンプルで糖タンパク質等の構造プロファイルを迅速かつ精密に解析する技術の開発や、比較定量解析手法による標的糖タンパク質候補の絞り込み技術の開発、得られた構造解析情報を解析し、結果を表示するソフトウェアの開発を進めている。昨年度に引き続き手法の最適化等について、計画通りに進められた。設定したマイルストーンもおおむね達成している。具体的には、モデル試料を用い、試作レクチンアレイチップ、試作アレイスキャナーおよび自動分析装置の性能評価を行い、結果を共同研究先や外注先のメーカーにフィードバックした。蛍光染色済 FFPE 組織切片の糖鎖プロファイリング解析プロトコルを確立することに成功し、既知分子マーカー抗体 およびレクチンにより蛍光染色した組織切片の糖鎖プロファイルデータを取得できた。蛍光性磁気ビーズ表面にレクチンを固定化する際の反応条件（反応時間、温度、濃度）の最適化を検証した。さらに、作製した蛍光性磁気ビーズを用いて、生体試料中の糖タンパク質の濃縮効果等を検証したところ、良好な結果が得られた。詳細構造解析技術開発では、モデル試料を用いた試料調製法の応用、大規模同定方法および安定同位体標識を利用した前駆体イオン・エリア比較による相対定量法の条件設定を行った。ヒト試料を用い、候補群のリストを作成した。先行標的候補の詳細構造解析を4タンパク質12試料に拡張した。各解析ステップの改善を行った。標的候補分子絞り込みのため、膜糖タンパク質試料比較系・技術を検討した。膜糖タンパク質を抽出するための条件を比較検討し、さらに比較定量手法の検討を進め、モデル試料からのデータを得た。標的候補分子の絞り込みを

効率良く行うため、情報システムの実装を進めるとともに、先行リストの絞り込み作業を進め、標的分子の有効性を検討・確認した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕糖鎖標的、治療薬開発支援技術、糖鎖、グライコプロテオミクス、レクチン

〔研究題目〕糖鎖利用による革新的創薬技術開発事業
(次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業)

〔研究代表者〕千葉 靖典(創薬基盤研究部門)

〔研究担当者〕千葉 靖典、館野 浩章、佐藤 隆、清水 弘樹、横尾 岳彦、浅田 真弘、後藤 雅武、安形 清彦、高橋 佳江、中島 真理子、作田 智美、長島 生、黒須 克恵、萩原 梢、菊池 真美子、辻川 紫華子、鈴木 加代、村上 仁子、芦崎 拓也、秀島 彩美、壬生 佐代子、横江 貴之(常勤職員6名、他16名)

〔研究内容〕

創薬標的の枯渇は、我が国の医薬品産業の直面する最も重大な課題の一つであり、新たな技術開発にもとづく創薬標的の拡充が望まれている。本事業では創薬標的探索に向け、糖鎖を利用した新たな創薬標的の探索手段の拡充を目指すべく革新的な創薬技術基盤の開発を行うことを目的とする。

本研究では、糖鎖修飾酵素による糖アミノ酸修飾利用技術の開発および糖タンパク質精密合成技術のプラットフォーム化、マイクロ波利用糖ペプチド精密合成技術開発、高効率な糖タンパク質抗体取得プラットフォーム開発、糖鎖標的の特異的抗体の迅速スクリーニング技術開発、糖タンパク質抗体評価技術プラットフォームの開発の5課題を分担し、研究開発を進めている。

平成29年度は、34種の糖鎖関連酵素を発見し糖アミノ酸や糖ペプチドへの基質選択性を解析するとともに、複数の標的候補糖タンパク質の部分糖ペプチドセットを合成し、免疫やエピトープ解析を実施した。糖ペプチド合成試作機において、反応時の攪拌に代わるバブリング法の確立と必要試薬量の低減に成功し、プロジェクト内で抗体医薬開発に展開される糖ペプチド抗原を合成した。タンパク質の細胞外領域をリコンビナントタンパク質として生産し、糖鎖付加位置や糖鎖構造などの糖鎖情報を抽出、標的となる疾患糖鎖を含んだ糖ペプチドや糖タンパク質を調製し抗体取得のため免疫を行った。糖転移酵素遺伝子ノックアウトマウスに抗原を免疫し、RNA-seq 解析の結果を基に抗体遺伝子を単離することで糖タンパク質を認識する抗体作製に成功した。さらに得られた抗体について、フローサイトメトリーや表面プラズモン共鳴センサーを用い、標的糖タンパク質やがん細胞株への結合性を解析した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕糖鎖、標的薬、抗体、糖鎖合成

〔研究題目〕変形切除が可能な肝切除シミュレーションシステムに器具の触覚センシングと位置モニタリング可能な医療用ワイヤレスマイクロセンサシステムを合体した腹腔鏡下肝切除術のリアルタイムナビゲーションシステムの開発

〔研究代表者〕前田 龍太郎(エレクトロニクス・製造領域研究戦略部)

〔研究担当者〕前田 龍太郎、魯 健、張 嵐(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

3軸磁気センサノード(有線、感度: <0.1 mT(3軸、X、Y、Z)、測定レンジ: $+/-100$ mT以上(3軸、X、Y、Z))を肝臓に取り付け、磁気センサシステムで得られる肝臓位置データを一致させる方法、具体的なセンサノードの肝臓上での位置と数、及び位置合わせの結果の正確性を確認する方法を筑波大学医学部と協力して開発した。さらに肝臓を変形することにより生じるセンサノードの移動に追従して、リアルタイムに肝臓の変形をLiversim®上に再現する機能の開発を株式会社レキシーと協力して行った。

肝臓の変形に伴う変位(グリソンは2 mm、肝静脈は5 mm、肝臓の位置のずれは5 mm)を予測するために、臓器に取り付けたセンサの位置同定精度は5 mm以内を達成した。

磁気センサによる位置同定方法の原理確認を行うために、電磁石を使って、5 mmの位置同定精度を実現する磁界分布を生成した。3次元空間の磁界分布を電磁界シミュレータで計算し、空間の各場所の磁界の強さと方向の計算結果を得てデータベースに位置同定データとして格納した。3次元空間内に配置されたデバイスの磁界の値(強さと方向)を計測するセンサノードを配置し、位置同定データとデバイス位置で実測した磁界の値とセンサノードの計測結果をマッチングさせることでデバイスの空間位置を遅延時間1秒以内で特定した。肝臓全体が十分に収まる大きさの空間(500×500×400 mm)の人工磁場空間を対象とした。位置同定精度数 mm以下とできる3Dマイクロ磁気センサーノード(10 mm角以下、有線)を設計・製作し、位置同定精度の評価を実施し、精度2 mm以下とすることを確認した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕磁気センサ、センサノード、肝臓手術、手術ナビゲーション

〔研究題目〕安全評価基準、効果性能基準、実証試験基準、中間審査会およびステージゲート審査会における審査基準、ロボット介護

機器開発・導入指針の作成、開発補助事業支援、ロボット介護機器に関する調査、共通基盤技術開発支援

〔研究代表者〕 比留川 博久（ロボットイノベーション研究センター）

〔研究担当者〕 比留川 博久、大場 光太郎、松本 吉央、中坊 嘉宏、松本 治、梶谷 勇、本間 敬子、角 保志、脇田 優仁、田中 秀幸、宮腰 清一、原 功、藤原 清司、尾暮 拓也、尾形 邦裕、小栢 進也、大川 弥生、澤田 英繁（ロボットイノベーション研究センター）吉田 英一、吉安 祐介、鮎澤 光、今村 由芽子、遠藤 維、小島 一浩、児島 宏明（知能システム研究部門）堀 俊夫、三輪 洋靖、多田 充徳、小林 吉之（人間情報研究部門）西村 拓一、北村 光司、西田 佳史、福田 賢一郎（人工知能研究センター）（常勤職員31名、他2名）

〔研究内容〕

人との関わりに拡張した V 字モデルに基づく安全、性能、効果基準と、評価指標に従った試験手法、装置、検証手法を開発した。「効果性能基準の開発」では、高齢者の人体特性同定実験結果を人体シミュレーションソフトウェアに反映し、体型変更可能な人体シミュレーション技術を開発した。移乗・移動支援機器に対して静的安定性・関節トルク・接触力・体格差による姿勢変化等を指標として機器の動作軌道や幾何パラメータを評価した。高齢者模擬装置により、非装着移乗支援ロボット使用時の身体負荷・快適性を定量化した。介護作業記録、位置計測、簡易モーションキャプチャシステムを用いた介護施設等での実証評価を行った。画像による人物位置検出システムの統合と介護施設での実用検証を実施した。ビーコンによる人物位置検出システムの学習フェーズ強化・改良と統合検証を実施した。「安全評価基準の開発」では、本質安全設計支援ツールのコンテンツ更新、リスク見積もり機能改良を行い、安全化設計技術指導書、安全化設計事例集をまとめた。被介護者の各種行動計測センサ、施設内の事故・インシデントデータの時空間記録やリスク可視化可能なウェブ版ソフトウェアを開発し、介護現場に導入・実証した。ISO 13482認証を活用した欧州 MDD 認証により、ロボット介護機器に汎用な安全化設計の適合性評価手法を開発した。中間審査およびステージゲート審査の審査基準の妥当性確認のため、各審査と実証試験、開発機器のデータベース化と開発プロセス分析に基づいたモデル分析を行った。介護機器開発における実証試験ガイドライン、ロボット介護機器開発・導入指針、ロボット介護機器開発コンセプトシートを完成した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 ロボット、介護支援機器、基準、評価、安全、効果

〔研究題目〕 未来医療を実現する医療機器・システム研究開発事業 医療機器等に関する開発ガイドライン（手引き）策定事業

〔研究代表者〕 鎮西 清行（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 鎮西 清行、池原 譲、伊藤 弓弦、梅村 浩之、岡崎 義光、梶谷 勇、小関 義彦、坂無 英徳、榊田 創、達 吉郎、西田 正浩、花田 幸太郎、廣瀬 志弘、本間 敬子、山下 樹里、葭仲 潔、鷲尾 利克（常勤職員17名、他7名）

〔研究内容〕

次世代の医療機器を早期に臨床導入するためには、円滑な機器の開発、迅速な薬事審査、市販後の安全維持を総括的に検討すべきで、これらは関連する産業の発展、国際競争力の強化、安心・安全な機器の利用、国民の QOL の向上に大きく寄与する。本研究は、円滑な機器の開発と迅速な薬事審査への寄与を目的とした開発ガイドラインを策定することにある。

平成29年度は、8つの開発 WG を組織し、5件のガイドライン（手引き）（案）を策定し、英訳版ガイドラインを1件作成した。

- (1) 再生医療（ヒト細胞製造システム）開発 WG では、再生医療等製品製造の作業所におけるインキュベータの運用に関するガイドライン（手引き）案をまとめた。また ISO (TC198/WG9) 文書提案用に再生医療等製品の製造所における顕微鏡の設置と維持管理に関するガイドライン2017（手引き）の英訳版を作成した。
- (2) 体内埋め込み型材料（積層造形医療機器）開発 WG では、三次元積層造形技術を用いた椎体間固定デバイスの開発ガイドライン（手引き）案をまとめた。
- (3) 体内埋め込み型材料（生体吸収性材料）開発 WG では、マグネシウム合金を用いたスーチャーアンカー及び骨接合材料等の整形インプラントに関する開発ガイドライン（手引き）案をまとめた。
- (4) 画像診断（近赤外イメージング検査システム）開発 WG では、化合物半導体ハイブリッドイメージングセンサーの規格化、医用照明規格の近赤外波長域への適応可否を検討した。
- (5) 在宅用医療機器（人工呼吸器）開発 WG では、日本遠隔医療学会（JTTA）と連携して、在宅生体モニタリング機器情報遠隔伝送に関する開発ガイドライン（手引き）案をまとめた。
- (6) スマート治療室開発 WG では、スマート治療室のシステム構成・運用に関する開発ガイドライン（手

引き)案をまとめた。

- (7) 人工知能分野開発 WG では、審査 WG と連携して、人工知能技術を利用した医用画像診断支援システム開発ガイドライン(手引き)について検討した。
- (8) ホウ素中性子補足療法(BNCT)開発 WG では、審査 WG と連携して、ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)に関するガイドライン(手引き)について検討した。

この他、マイクロ波乳がん検査装置につき、開発 WG 構築の準備検討を行い、翌年度以降に開発ガイドライン(手引き)案の検討を開始することとした。

医療機器開発ガイドラインの普及活動として、医療機器等ガイドライン活用セミナーとして生体吸収性・生体由来材料に関するガイドライン解説(平成29年9月1日)、積層造形医療機器ガイドライン解説(平成29年10月13日)、開発ガイドライン・評価指標から国際標準化(平成30年2月21日)の3回のセミナーを開催し、最新動向の情報提供を行った。聴講者は合計315名であった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】医療機器開発ガイドライン、薬機法、再生医療、生体適合性インプラント、低侵襲手術機器、医療用ソフトウェア

【研究 題 目】ファインバブル利用による滅菌装置の開発

【研究代表者】平澤 誠一(製造技術研究部門)

【研究担当者】平澤 誠一、綾 信博、三宅 晃司、苑田 晃成、小比賀 秀樹、鷲尾 利克、小関 義彦、兼松 渉、辻内 亨、安井 久一、木塚 優子(常勤職員10名、他1名)

【研究 内 容】

オゾンファインバブル水を用いた滅菌装置の開発にあたり、被滅菌物へのオゾンファインバブル水の安全性評価を行った。

鋼製小物の主たる構成材であるステンレス鋼から、実際の医療機器に使用されている実績、結晶の組織構造および耐酸性・耐腐食性をもとに、7種(SUS304, SUS309S, SUS310S, SUS316, SUS316L, SUS430, SUS410)を選定し、それぞれについて、平板(無加工)、曲げ加工、穴あけ加工、溶接肉盛り加工を施した試験片を作製し、対オゾンファインバブル水耐久試験を開始するとともに、腐食・劣化を的確に評価可能な試験前後の画像取得プロトコルを決定した。溶存オゾン濃度5~6 ppm(装置上最高濃度)、暴露時間12時間の条件下においても、顕著な腐食は見られていないが、高解像度かつ深度補正によりすべての表面にピントを合わせた画像を用いて、一部の SUS 肉盛り溶接部分に目視が難しい程度の微細な錆(微妙な赤変)の発生が確認された。

樹脂材料については、前広に10種のゴム系材料につ

いて8時間の暴露試験を実施し、その前後における外観の他、弾性率・破壊強度などのマクロな物性の変化を、JIS K-6251 3号引張試験を外注し評価した。ブチルゴム、フッ素ゴムにおいては表面の溶出が、ポリエーテル系ウレタンゴムでは表面の荒れによる白濁と弾性率の大幅な低下(10%程度)が、それぞれ確認されており、当該装置による処理に注意が必要であることが示された。一方で、シリコンゴムについては、外観上もマクロ物性上も大きな変化はなく、問題なく使用できるものと考えられる。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】ファインバブル、滅菌

【研究 題 目】腫瘍内不均一性を考慮した癌生細胞検査法の開発

【研究代表者】杉浦 慎治(創薬基盤研究部門)

【研究担当者】杉浦 慎治、高木 俊之、須丸 公雄、金森 敏幸、山平 真也、佐藤 琢、進 和美(常勤職員4名、他3名)

【研究 内 容】

本研究では、不均一な細胞群を三次元培養下の形態と蛍光標識を指標として単離・培養できる『ハイコンテンツイメージングセルソーター』を開発する。これを用いて、マウス発癌モデルやヒト臨床検体由来の細胞からの細胞分離を実施する。

本年度は、蛍光を用いて細胞を分離可能な細胞分離装置を開発した。エンジニアリングシステム株式会社とともに H26年度までに開発した3D イメージングセルソーターをベースとして、蛍光撮像・解析機能を搭載し、三次元培養下での形態や、二次元および三次元培養下で蛍光標識された癌細胞を自動的に単離する装置、ハイコンテンツイメージングセルソーターの設計を前年度までに行い、今年度は装置を完成させた。

また、マウス乳癌由来の株化細胞を用いて細胞の形態と癌の性質の違いを示唆する予備検討結果を得た。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】細胞分離、がん診断、高分子ゲル、医療機器、光化学プロセス

【研究 題 目】メコン川流域における肝吸虫患者の QOL 維持とがん予防に資する革新的診断システムの開発と普及

【研究代表者】成松 久(創薬基盤研究部門)

【研究担当者】成松 久(他1名)

【研究 内 容】

本研究は、国内提案者の糖鎖・タンパク質に関する先端解析・診断技術を駆使し、タイ・ラオスで罹患率が非常に高い感染症である肝吸虫感染患者の、感染から発癌までの病気の進行や、胆管がん(CCA)の発がんリスクを低侵襲的に定量化できる革新的診断システムをタ

イ・ラオス研究者と共同で開発し、現地供給することを目的とする。本年度の成果は以下のとおりである。28年度より協力会社から貸与を受けコンケン大に設置している自動免疫測定装置を利用し、日本のマーカーについてコンケン大学メンバーによりタイ試料278検体を測定した。その結果、タイの CCA 患者の診断にも適用可能であることが示唆された。タイで開発された二つのマーカー候補はあるムチン上の糖鎖エピトープを認識する二つのモノクローナル抗体 (mAb) である。しかしこれらの二抗体は IgM であり自動化システムに適用するには向かない。そこで昨年に引き続き日本チームはこれらの抗体の IgG へのクラススイッチを実施した。IgG2a へのクラススイッチを行い、現在 KKU にて活性測定を検討している。プロジェクト三年目の定例会議はタイコンケン大学で行われた。日本からはプロジェクトメンバー全員とともに、二名の臨床医師を外務専門家として招聘した。会議と同時にミニシンポジウム「現在の糖鎖科学と糖鎖技術：医療への応用」が開催され、約60名が参加した。糖鎖比較プロファイリングによるバイオマーカー探索のための先端技術とプラットフォーム、タイにおける肝吸虫由来胆管癌の分子疫学的研究、胆管がんなどについて発表した。シンポジウムでは活発かつ双方向的な学術的雰囲気に参加者間での協力体制を導いた。本プロジェクトではタイ・ラオスの若手研究者の育成も視野に入れており、KKU の学生一名を e-Asia 枠による国費留学生として受け入れ手続きを進め、次年度からの受け入れが可能になった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】バイオマーカー、がん、糖鎖、レクチン

【研究 題 目】保存血清のメタボローム解析による疾患診断の有用性の検証と応用 (レクチンアレイによる慢性疾患の異常糖鎖検出)

【研究代表者】成松 久 (創薬基盤研究部門)

【研究担当者】成松 久、梶 裕之、久野 敦
(常勤職員2名、他1名)

【研究 内 容】

本研究では、産総研がこれまで実施した糖鎖バイオマーカー開発において確立した技術を応用し、バイオバンクジャパン (BBJ) 保存血有効活用の一環として、新規ないし既存の独自開発糖鎖バイオマーカーの有効性を産総研と慶應大学の研究分担者の連携により検討することを目的としている。昨年度より BBJ 保存血および東北メディカルメガバンク (ToMMo) 保存血を用い、血中分子 M の比較糖鎖プロファイリングと、血中エキソゾーム上比較糖鎖プロファイリングを開始している。本年度はその継続実施を進めた。

まず、昨年度までに産総研で構築したレクチンアレイ手法により、分子 M 比較糖鎖プロファイリングにて、保存血中分子 M のがん性糖鎖変化の検出を慶應大学で

試みた。BBJ 保存血189例 (膵臓癌、胆道がん、肝がん、肺がん、食道がん、胃がん、大腸・直腸がん、乳がん、卵巣がん、COPD、間質性肺炎) と東北メディカルメガバンク (ToMMo) 保存血17例 (健常者)、合計206症例について分子 M 比較糖鎖解析を実施した。統計解析から、乳がん、卵巣癌などと比べて肺がんや消化器がんで有意に上昇するレクチン A を見出した。特に、肺がんと非腫瘍性肺疾患 (COPD、間質性肺炎) との比較では、レクチン A は肺がんで高いことを見出した。マーカーとしての有用性を検証する目的で、レクチン A-抗分子 M 抗体サンドイッチ ELISA を構築し、健常者50例を含む302症例にて検討したところ、その他腫瘍および非腫瘍性肺疾患と比べて、肺がんにおける当該マーカー量は有意に増加していた。本研究により、肺がん特異的分子 M 糖鎖マーカーを見出すことに成功した。

昨年度までに、産総研にて確立した血中エキソゾームの比較糖鎖解析プロトコルを用い、慶應大学にて保存血135例 (健常者、各種がん、間質性肺炎、COPD、RA) からエキソゾームを単離し、比較糖鎖解析を実施した。統計学的解析の結果、健常者と卵巣癌・乳がんでエキソゾーム上の糖鎖プロファイルが大きく異なることが判明した。また、肺がん・間質性肺炎、COPD および慢性気管支炎患者間での比較では、肺がんで特異的に上昇するレクチン、および減少するレクチンをそれぞれいくつか見出すことに成功している。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】バイオマーカー、慢性疾患、糖鎖、レクチン

【研究 題 目】miRNA 検出用基準物質の構築における定量評価技術の開発

【研究代表者】野田 尚宏

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】藤井 紳一郎 (物質計測標準研究部門)

佐々木 章 (バイオメディカル研究部門) 松倉 智子 (バイオメディカル研究部門) (常勤職員3名)

【研究 内 容】

蛍光相関分光法 (Fluorescence correlation spectroscopy; FCS) を利用し、上位の標準物質からの計量計測トレーサビリティ連鎖の実現という課題の解決を目指して、miRNA の参照標準物質候補品の開発とその評価技術の構築を行った。具体的には、昨年度までに引き続き miRNA 参照標準物質候補品をさらに選定し、それらを用いて FCS 法による評価を行うとともに、質量分析技術による値付け技術の開発を行うとともに測定妥当性の確認試験を行った。新たに作製した6種類の miRNA 標準物質候補品を蛍光性 RNA インターカラーである RiboGreen で染色し、FCS 測定に供した。その結果、理論モデルでの解析に足る測定データ (自己

相関関数データ) を取得することに成功した。miRNA を完全に染色するためのインターカレーターの最適濃度の条件を明らかにするために、長鎖の RNA を染める場合よりも数倍高い色素濃度で染色を行い、FCS 測定を行い、染色条件と定量値の関係について検討を行った。認証標準物質の特性値決定のために用いる一次標準測定法である同位体希釈質量分析法 (Isotope dilution mass spectrometry: ID MS 法) を miRNA 分析に適用し、濃度評価を行った。高分子試料に対して ID MS 法を適用する場合、高分子を構成する単位分子を測定対象とする場合が多く、本検討においては、ヌクレオチドを対象とした ID MS 法を実施した。また、長さが異なる miRNA 標準物質候補品を準備し、それらの分離特性について質量分析装置 (LC/MS) を用いて検討を行った。これらの一連の試験により、ID MS 法や LC/MS 法を用いた miRNA 標準物質候補品の品質評価や値付けの実現可能性を示すことができた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】 miRNA、蛍光相関分光法、質量分析法、核酸標準物質

【研究 題 目】 エピゲノム解析の国際標準化に向けた新技術の創出

【研究代表者】 光山 統泰 (人工知能研究センター)

【研究担当者】 齋藤 裕 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

目的:

エピゲノム解析では、目的とした測定結果が期待した品質で得られているかどうかは、大量の配列情報をゲノムにマッピングするなど、比較的高度な情報解析を経て判断できる。期待した品質に満たない場合には、その原因究明の手がかりを得るための情報解析が必要である。エピゲノム解析にとって適切な情報解析を実施することは本プロジェクトの成否を左右する。本研究では、エピゲノム標準化のための情報基盤である情報ツールとデータベースを構築する。

研究計画:

エピゲノムデータ標準品質検査作業

本プロジェクトで計測されたエピゲノムデータについて、配列データレベルの品質検査を実施する。

エピゲノム情報解析パイプラインの構築

Bisulfite-seq データ用の高精度パイプラインを開発する。

エピゲノムデータベースの構築

本プロジェクトで生産されたエピゲノムデータをカタログ化したデータベースを構築することで、エピゲノム研究コミュニティでデータ共有を促進する。データベースの構築を継続して実施する。

進捗状況:

エピゲノムデータ標準品質検査作業

品質検査パイプラインを構築し、本プロジェクトで計測されたエピゲノムデータの品質検査を実施した。

エピゲノム情報解析パイプラインの構築

Bisulfite-seq データ用の高精度パイプラインである Bisulfighter を開発した。

エピゲノムデータベースの構築

本プロジェクトで生産されたエピゲノムデータをカタログ化したデータベースを構築した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】 エピゲノム、国際連携、データベース

【研究 題 目】 唾液の細菌メタゲノム解析とメタボローム解析から膀胱癌予測マーカーを明らかにする研究

【研究代表者】 西嶋 傑 (生体システムビッグデータ解析オープンイノベーションラボラトリ)

【研究担当者】 西嶋 傑 (他1名)

【研究 内 容】

膀胱癌はハイリスク患者の絞り込みが難しく早期発見が難しいため、切除不能なまで進行した状態で発見されることが多い。切除不能癌の1年生存率は約10%と極めて予後不良である。

そのため早期発見が重要であるが、現状では CT や MRI を軸とした定期的かつ長期にわたる経過観察スクリーニング法が主流となっており多額の医療コストを要する。近年、米国より口腔内細菌と膀胱癌の関連が示唆された。しかし、日本人と欧米人では遺伝素因と環境要因が異なるため、日本人特有の細菌ゲノムマーカーの発見が必要である。そこで本研究では膀胱癌患者、IPMN (膵前癌病変) 患者、健常者の唾液・糞便細菌叢の解析を行い、それらの間で比較解析を行うことで、膀胱癌患者に特徴的な菌叢構造や細菌ゲノムを明らかにすることを目的とする。本研究により、膀胱癌を早期発見するための新たなバイオマーカーの同定へつなげる可能性があると期待される。

平成29年度は膀胱癌患者20名、非膀胱癌患13名から唾液、糞便サンプルを採取した。さらにそれらのサンプルから細菌 DNA 抽出し、次世代シーケンサーに供するためのライブラリ作成を行った。また、次世代シーケンサーから得られたデータを解析するための情報解析パイプラインの構築を行った。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】 膀胱癌、唾液細菌叢、腸内細菌叢、マイクロバイオーム

【研究 題 目】 機体管理及び安全性検証等に関する研究開発

「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト/無人航空機の運航管理システム及び衝突回避技

術の開発／運航管理システムの全体設計 に関する研究開発

〔研究代表者〕加藤 晋（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕加藤 晋、岩田 拓也、有隅 仁、
神村 明哉、大楠 祐司
（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

運航管理システムとは、無人航空機の機体や操縦者等の登録・管理を行うとともに、空域や電波の共用を効率的に行うための地上支援システムである。特に目視外飛行を実現するためには、操縦者の目視に代わって周囲の状況を認識し、衝突等のリスクを回避する必要があるが、これを機上のセンサのみで実現するのは技術的に困難であるため、運航管理システムを通じて空域の情報を共有することが期待されている。本事業の目的は、多数の無人航空機が目視外で運用される環境において、空域の安全はもとより利用効率など多様な要求を満たすための運航管理の方法（運航管理コンセプト）を定め、それを実現するための仕組み（運航管理システムとその運用方法）を設計することである。本事業のうち、産総研は機体管理及びセキュリティ対策の検討を担当している。

平成29年度は、空域管理や電波管理、セキュリティやプライバシー問題への対応のための機体及び運用者の登録管理/認証/識別方法（機体管理）について検討を行った。具体的には、運航管理システムのリスク対応について、情報システムの要件として様々なとらえ方がある中で、ディペンダビリティ（安全性、信頼性、セキュリティ）が重要であることを念頭に、特にセキュリティや安全性の検討を行い、対応・対策を明確化することで、運航管理コンセプトやシステム設計・構築への反映をまとめるものとした。まず、運航管理システムに関連した事業者から、想定した運用における懸念事項の収集を進め、リスクとしての識別、分類、整理を行い、その評価と対応方法の提案を、関係者との調整を反復することで、運航管理コンセプトやシステム設計・構築に反映するステップを明示した。これらに基づき、セキュリティ案件の集約からシステム構成に当てはめてセキュリティ対策項目案を具体化した。また、安全性案件の集約から、情報共有部分や通知などが運航管理統合システムでは重要であること、機能として下位に通知が求められることや下位把握を現実的にできるかが問題であること、多様かつ先進的な無人機の飛行形態や運用環境に対応した機体管理などの具体的な対策案をまとめた。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕災害対応ロボット、ドローン、無線通信、低遅延、試験方法

〔研究題目〕LED を光らせ、測定して学ぼう・光技術！ 人間が色を視る仕組み

〔研究代表者〕田村 繁治

（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕田村 繁治、安藤 昌儀、鎌田 賢司、
茂里 康、岡本 洋輔
（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

本課題では、人間が外部情報の8割を知る視覚に注目し、人間が物や色を認識する仕組みを講義で学習する。また、理解を深めるために、自然光、種々の日常利用される照明、最近普及が目覚ましい白色 LED、カラー LED について、どのような光の成分から構成されているかを測定する。そして、それらの光が身の回りの物体の色とどのような関係があるのかを実験を通じて知ること、視覚情報の原理について考察させることを目標とする。

人間は外部の情報の8割を眼から得ており、周囲の様子を、色や形で判断する。物を見るのに欠かせないのは光である。そこで、本プログラムでは、まず、人間が物や色を認識する仕組みを学び、次に、最近、照明として普及している LED を取り上げ、白色光のみならず、様々な色の光を光らせ、その色や明るさを測定する。特に、光源と反射の理解に重点を置く。さらに、光技術の応用例としてレーザーによる微細構造の分析についても学ぶ。

保護者を含め参加者は6名であった（その他：直前キャンセル1名）。少人数ではあったが、生徒各人に実験、機械操作などを全て体験してもらうことができ、アンケートでは全員が「非常に満足」であった。実施機関が多く、また、独自のキャンプ形式を実施する大学もあり、生徒・学校への案内、参加者集めが今後の課題として残った。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕視覚、光、色、レーザー、反射

〔研究題目〕ナノセルロース系廃材を利用したリサイクル樹脂の改質

〔研究代表者〕遠藤 貴士（機能化学研究部門）

〔研究担当者〕遠藤 貴士、伊藤弘和、岩本伸一朗、
妙見 夕佳、水馬 幸平
（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

本テーマは、セルロースナノファイバー（CNF）樹脂複合材料の今後の普及拡大で発生する課題解決を目的として、CNF の製造時や CNF 製品使用後の廃材の有効利用技術の開発を進めることを目的としている。具体的には、CNF 系廃材を利用し、リサイクル樹脂をバージン樹脂と同様に市場で利用できる材料に転換する改質技術の開発を行う。当グループ担当課題として、本年度は、CNF 複合材廃材からリサイクル樹脂に対して高い相容性を発揮できる補強材の作製のため、廃材ベース樹脂の低分子化技術の構築を行った。

過酸化物による CNF 複合材廃材ベース樹脂の低分子化条件を構築するため、分担機関において作製した、モデル CNF・ポリプロピレン複合材を用いて、有機過酸化物による処理を行った。過酸化物の種類および溶融混練条件を変化させて作製した試料について、熱流動性 (MFR) 評価、融点等の熱挙動評価、分子量評価を行い、各条件の最適化を行った。その結果、流動性の目標値である MFR=100 g/10 min 以上となる条件を構築した。また、低分子化樹脂の相容性を向上させるためのマレイン酸による化学変性の評価として、分光学的手法の適応性についても検証した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】セルロースナノファイバー、リサイクル樹脂、改質、廃材

【研究 題 目】層状構造における効果的フォノン散乱を利用した高効率熱電カルコゲナイドの開発

【研究代表者】太田 道広 (省エネルギー研究部門)

【研究担当者】太田 道広、村田 正行、Jood, Priyanka (常勤職員3名)

【研究 内 容】

エネルギーの持続性を向上させるために、熱電発電技術に世界中が大きな期待を寄せている。熱電発電を用いることで、未利用熱ならびに自然熱エネルギーを有用性の高い電力に直接変換できる。しかしながら、現状では熱電変換材料の効率は低く、幅広い実用化を達成するためには、優れた性能を有する新規材料を開発する必要がある。本研究では、日本 (産業技術総合研究所) とフランス (クリスマット研究所) の若手研究者が協力し、ミスフィット層状カルコゲン化合物における層状構造と積層欠陥の制御という新しい戦略を提案して、熱電性能指数 ZT の向上を達成する。昨年度までの研究開発で予定されていた研究期間 (2年間) がほぼ終了して、本年度は残された3カ月でこれまでの研究のまとめを実施した。

昨年度までの研究開発で、ホスト層が硫化ニオブ (NbS_2)、ゲスト層が硫化ランタン (LaS) であるミスフィット層状硫化物の (LaS) $_{1.14}\text{NbS}_2$ と、セレン化ニオブ (NbSe_2) とセレン化スズ (SnSe) から成るミスフィット層状セレン化物 (SnSe) $_{1.16}\text{NbSe}_2$ に注目し、産業技術総合研究所では、ゼーベック係数、電気抵抗率、熱伝導率、キャリア濃度、移動度、音速などの熱電物性値を評価してきた。クリスマット研究所では、これら材料において、高分解能透過型電子顕微鏡観察を用いたナノ構造の評価と X 線回折法を用いた結晶構造解析を実施してきた。本年度は、これら両機関で得た成果を照らし合わせることで、両研究機関で協力して熱伝導率の低減に関わる機構を詳細に解析し、 ZT 向上のための戦略を検討した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】熱電変換、日仏共同研究、未利用熱エネルギー活用、層状カルコゲン化合物、フォノン・エンジニアリング

【研究 題 目】Ba-122系高温超伝導体の異常なピンング特性の解明と臨界電流の向上

【研究代表者】永崎 洋 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】永崎 洋、荻野 拓、石田 茂之 (常勤職員3名)

【研究 内 容】

本研究では、鉄系高温超伝導体 $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ 、 $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ および $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ (BaFe_2As_2 を母物質とすることから Ba-122系超伝導体と称される) を対象として、純良単結晶を用いた臨界電流 (Critical Current, J_c) の系統的評価を行うことにより、 J_c 決定要因となる磁束ピンング機構を解明するとともに、その知見をベースとして、実際の超伝導材料の化学組成の最適化とポストアニールによる結晶歪みの除去を施すことによって J_c の向上を実現した。特に、3種類のドーピングのバリエーションに共通して、 T_c 、 J_c が最大となる組成は互いに異なっていること、また、その J_c が中性子照射やポストアニールによって大幅に向上することが可能であること、さらに、 J_c を決定づける磁束ピンングの起源が、ドーパント原子が不純物として働き、その近傍の局所的な電子状態を歪ませることに起因していること等を明らかにした。本研究によって、鉄系超伝導体の実用化に向けた最大の課題であった J_c 向上に向けた物質設計指針が確立した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】高温超伝導 単結晶 デバイス 臨界電流密度

【研究 題 目】ゲルマニウムスズ系薄膜のキャリア・熱輸送特性の最適化と高性能トランジスタ応用

【研究代表者】内田 紀行 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】内田 紀行、前田 辰郎、福田 浩一、岡田 直也、服部 淳一、服部 浩之 (常勤職員6名、他1名)

【研究 内 容】

ゲルマニウム (Ge) は Si よりも高いキャリア移動度を持ち、低温でトランジスタを作製できることから、ポスト Si 材料として期待されている。最近では、Ge はスズ (Sn) 及び Si を添加する事で、さらなる移動度の向上や直接遷移化が予測されており、本研究では、GeSn 層をトランジスタチャネル材料として総合的に評価し、材料のポテンシャルを最大限引き出すことで、高性能かつ低消費電力なトランジスタの開発を目指している。

目的達成に向けて、ベルギールーベン大グループが固

体基板上に単結晶、及び多結晶 GeSn、GeSnSi 膜を製作し、産総研グループは、キャリア輸送特性と熱輸送特性、光学的特性を評価した。その結果、多結晶 GeSn における Sn 析出の様子を明らかにし、析出を抑えながら、高移動度化する熱処理条件を見出した。また、多結晶 GeSn の移動度やキャリア密度に加えて、熱伝導率の実測値を合わせて、デバイスシミュレーションのパラメータとし、多結晶 GeSn をチャネルとした、トランジスタを設計した。特に、自己加熱をより詳細にアセスメントするために、Ge 系チャネルのゲートスタックやソース・ドレインコンタクト等、デバイス構造における熱輸送の計測を行い、それらをパラメータとしたデバイスシミュレーションを基に、熱的にも最適なデバイス構造を設計し、デバイスシミュレーションによるサーマルマネジメントに反映させることは、回路全体の信頼性を向上するために必要であることを実証した。この成果は2017年12月に開催された国際会議、IEEE SISC において発表した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 ポストシリコン、サーマルマネジメント、ゲルマニウム系半導体

【研究題目】 平成29年度海洋鉱物資源開発に向けた資源量評価・生産技術等調査に係るコバルトリッチクラスト国際鉱区における環境ベースライン調査データ解析業務

【研究代表者】 田中 裕一郎（地質情報研究部門）

【研究担当者】 鈴木 淳、長尾 正之、山岡 香子、高橋 暁、鈴木 昌弘（環境管理研究部門）、鶴島 修夫（環境管理研究部門）、塚崎 あゆみ（環境管理研究部門）
（常勤職員7名）

【研究内容】

コバルトリッチ・マンガンクラストは酸化マンガン鉱物であり、コバルト、ニッケル、プラチナ、レアアース（REE）を含有する。これは海山の頂部や斜面にクラストを形成する。水深1,000 m から2,000 m において、その平均的な厚みは、数 cm から数十 cm の範囲で変化する。21世紀に入り、コバルトリッチクラストは金属資源の枯渇・不足を解消する重要な金属資源の供給元として注目を集めている。このような背景の下、将来のコバルトリッチクラスト資源開発域周辺の環境影響評価に貢献することを目指し、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構受託研究「平成29年度海洋鉱物資源開発に向けた資源量評価・生産技術等調査に係るコバルトリッチクラスト国際鉱区における環境ベースライン調査データ解析業務」を実施した。仕様書で示されている3つの調査内容、「環境ベースライン調査で採取した試料の分析」、「係留系で得られたデータ・試料の分析・解析」及び「環境ベースラインデータの解釈」について、

研究を実施した。

【領 域 名】 地質調査総合センター

【キーワード】 コバルトリッチクラスト

【研究題目】 平成29年度海洋鉱物資源調査に係る海洋鉱物探査研究

【研究代表者】 下田 玄（地質情報研究部門）

【研究担当者】 下田 玄、針金 由美子、佐藤 太一、後藤 孝介、井上 卓彦、三澤 文慶、荒井 晃作、遠山 知亜紀、田中 弓、石塚 治（活断層・火山研究部門）
（常勤職員9名、他1名）

【研究内容】

我が国の排他的経済水域及び延伸大陸棚海域において、海底鉱物資源の賦存が期待できる有望海域を抽出することを目的に調査を実施した。我が国周辺海域で海底鉱床の存在が期待できる海域は、プレートテクトニクスの観点から3海域に限定される。すなわち、活動的な島弧である琉球弧（沖縄海域）と伊豆-小笠原弧（伊豆海域）及び、非活動的島弧である九州-パラオ海嶺（四国海盆海域）である。本研究では、昨年度実施された受託研究の結果を考慮に入れながら、上記の3海域から伊豆-小笠原海域を調査エリアとして選定し、特に有望と考えられる青ヶ島周辺海域と、スミスカルデラ周辺海域について調査を実施した。その結果、青ヶ島周辺海域では、物理探査で熱水活動が期待できる地点を特異点として抽出することができた。抽出された特異点に対して、遠隔操作無人探査機（ROV）を用いた潜航調査を実施し、複数の特異点で熱水活動域を発見した。確認された熱水活動域は、最大で数百メートルの広がりを持ち、大型のチムニーが多数存在する。最大チムニー高は約25 m、測定された熱水の最高温度は266℃であった。発見された海底熱水活動域は、調査海域の火山体に沿って直線状に分布する。この直線は、調査海域の東北東-南南西方向の構造線に平行である。従って、この帯状地域が、高精度調査の有望な候補海域と判断できる。本研究では、5潜航の調査が行われ、その全てで塊状硫化物を回収することができた。本研究により、深海曳航体を用いた特異点の抽出と遠隔操作無人探査機による潜航調査の組合せが、海底熱水活動域の発見に有効であることが実証された。スミスカルデラ周辺海域では海況が悪く、潜航調査を実施することができなかった。今後のこの海域における遠隔操作無人探査機を用いた潜航調査の成果が期待される。

【領 域 名】 地質調査総合センター

【キーワード】 海底鉱物資源、海洋地質学、テクトニクス、伊豆小笠原海域、フィリピン海プレート、地球化学、岩石学

【研究題目】 戦略的イノベーションプログラム「次世

代海洋資源調査技術 海洋資源の成因に関する科学的研究に基づく調査海域絞り込み手法の開発

【研究代表者】池原 研（地質情報研究部門）

【研究担当者】池原 研、山崎 徹、下田 玄、
針金 由美子、後藤 孝介、佐藤 太一、
井上 卓彦、片山 肇、板木 拓也、
佐藤 智之、天野 敦子、石塚 治（活断層・火山研究部門）、小森 省吾（地圏資源環境研究部門）（常勤職員13名）

【研究内容】

本研究では、海底熱水鉱床とコバルトリッチクラストの海底鉱物資源の成因に関して地質学的観点からテクニク・セッティング及び成因に由来する地形的・地球物理学的情報や岩石学的・地球化学的情報を取得・解析し、新たな有望海域の抽出に資する各種地球科学的指標の特定と有用元素濃集域形成を伴う造構モデルの構築を行うことを最終目標とする。本年度はこのため、伊平屋北海丘、伊平屋小海嶺から平成26年度と27年度に得られた岩石試料に加えて、過去の科学掘削によって得られた試料の顕微鏡観察・記載、全岩・鉱物化学組成分析、同位体比・物性測定などを行うとともに、伊是名海域の試料の分析・解析を進めた。これにより、沖縄トラフ海域における海底熱水鉱床の新たな地化学調査法の提案や伊是名海域を含めた火成活動のモデルを構築した。コバルトリッチクラストについては、モデル海山として調査・検討を進めている拓洋第5海山などにおいて採取されたクラスト試料の化学分析と解析を行い、成因・形成過程の検討を進めた。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】海洋資源、海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、調査手法、民間連携

【研究題目】Exp. 370. 海底下生命圏を支配する地質学的、物理化学的環境要因の解明

【研究代表者】金子 雅紀（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】金子 雅紀、
藤内 智士（高知大学）、
奥津 なつみ（東京大学）、
神谷 奈々（京都大学）
（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

IODP Exp. 370では、海底下生命圏の限界とそれを支配する環境要因を明らかにするためにサイト C0023において深度1,180 m までの堆積物および基盤岩（玄武岩）のコア試料を採取した。

本研究では、堆積物中のメタン生成バイオマーカー分析、堆積物年代測定、被熱分析、堆積ダイナミクス推定を行い、南海トラフ付加体の高熱流量堆積物中におけるメタン生成菌の分布と、それを支配する地質学的要因や

深部流体の移流や有機物・無機物の熱変質による栄養源の供給などの環境要因を明らかにした。本研究は、海底下生命圏における温度限界だけでなく、デコルマ断層帯や火山灰層などの地質構造の影響など、地球システムにおける微生物圏の関わりについて新たな知見をもたらすと期待できる。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】統合国際深海掘削計画、海底下生命圏、年代測定、被熱分析

【研究題目】生態系ネットワーク修復による持続的な沿岸漁業生産技術の開発

【研究代表者】吉田 勝俊（瀬戸内海区水産研究所）

【研究担当者】高橋 暁、長尾 正之、安永 恵三子
（地質情報研究部門）
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

瀬戸内海において漁獲量が激減しているアサリの資源量回復を目的に、その原因であると考えられるアサリ生態系ネットワークの分断箇所の特定を目指す。このために、広島湾と松永湾を対象海域として、浮遊幼生分布調査や流況調査、数値モデルによるアサリ浮遊幼生の移流・拡散実験を行い、これらの結果の相互対比による総合的な解析を行う。

昨年度までに、広島湾においては春季と秋季で浮遊幼生の輸送過程に違いがあること、近年では春の幼生発生が秋に比べ非常に少なくなっていること等が明らかとなり、このことがアサリの生息域が広島湾の北部海域に限定されるようになった原因ではないかと類推されるまでに至った。また、松永湾モデルを構築し、アサリ浮遊幼生の移流拡散数値実験を行った結果、松永湾は周辺海域の幼生供給地であること、湾内に建設された堤防が幼生の湾内における輸送特性に大きな影響を与えたこと、湾奥東部の干潟が幼生の供給源であり、世代を変えながら時計回りに循環していること等が明らかとなった。

今年度は、アサリの重要な漁場となっている広島湾北部海域を対象とした、空間解像度を高めたファイングリッドモデルを作成し、詳細な幼生追跡実験を行った。この結果、これまでの研究成果からアサリ稚貝の育成場の適地として選ばれた干潟の生産性を、継続的に持続していくためには、太田川河口域を含む広島湾奥のアサリ母貝場を保護していくことが重要であることが示唆された。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】アサリ、浮遊幼生、生態系ネットワーク、移流・拡散数値モデル実験

【研究題目】畑作の省力化に資する生分解性マルチフィルム分解酵素の製造技術と利用技術の高度化

【研究代表者】森田 友岳（機能化学研究部門）

〔研究担当者〕 森田 友岳、小池 英明、国岡 正雄、
大前 奈月、二宮 扶実
(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

生分解性プラスチック(生プラ)製の農業用マルチは、使用後の分解制御が普及のための課題となっているが、酵素処理による急速劣化で鋤込み可能になれば、生プラマルチの普及によって、廃棄物の削減だけでなく、労力を減らした畑の計画管理や大規模農業への対応が可能になると期待される。これまでの研究で、生プラ分解酵素の活性が、生産培養中に低下することが分かってきた。そのため、生プラ分解酵素を安定した状態で供給するための微生物プロセスの開発が実用化に向けた課題の一つとなっている。本研究開発では、生プラ分解酵素の活性を低下させる遺伝子のスクリーニングと、各遺伝子破壊株による生プラ分解酵素の生産および分解特性を評価し、培養ろ液を調製するために必要な日数の間の損失を10%以下に抑制することを目指す。

本年度は、これまでにトランスクリプトーム解析の結果からリストアップしてきた PaE 安定化に寄与する遺伝子(8遺伝子)について、遺伝子破壊株を継続した。さらに、プロテオーム解析から得られた候補遺伝子(4個)についても遺伝子破壊株を作製した。また、PaE 生産株のゲノム情報から、プロテアーゼの機能発現の制御に関わる液胞タンパク質(プロテアーゼ A, B, C)の遺伝子を見つけ出し、それぞれ遺伝子破壊株を作製した。プロテアーゼ A と C はトランスクリプトームの結果と重複していたため、合計で13遺伝子の破壊株を用いて、培地中の PaE 安定化に対する各遺伝子の影響を、昨年度に構築したフラスコスケールでの評価方法で検証した。その結果、複数の遺伝子が PaE の分解に関与しており、特に液胞タンパク質の一つ(プロテアーゼ A)の影響が顕著である可能性を見出した。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 生分解性プラスチック、農業資材、酵素、
遺伝子組換え技術

〔研究題目〕 貝類養殖業の安定化、省コスト化・効率化
のための実証研究

〔研究代表者〕 宮下 和雄(人間情報研究部門)

〔研究担当者〕 宮下 和雄(常勤職員1名)

〔研究内容〕

2011年の震災後、宮城県のカキ養殖生産が徐々に回復する一方、販路が減少したために現地の仲買人らの購買力は低迷し、価格も伸び悩んでいる。そのため、一部の漁業者らは従来の共販制度とは別に、販売会社の設立や、インターネットの直販サイトの開設など、独自の販路を模索するようになった。しかし、不慣れな個々の漁業者による販売活動には多大な経営的リスクが伴うため、生産者の収益改善には至っていない。

宮城県の養殖カキ生産者の収益を改善するためには、県漁協が実施する従来の共販制度を補完する新たな販売ルートが必要である。本研究では、高付加価値商品を高価格で取引可能な新たな電子取引市場を構築することにより、参加した生産者の収益を参加前の約2倍とすることを目標とする。

平成29年度の研究成果は以下の通りである。

- ・水産物など生鮮食品を効率的に売買するため、取引失敗に対するペナルティを想定した市場取引制度の設計を行い、その有効性をマルチエージェントシミュレーションにより確認し、国際ジャーナル誌でその成果を報告した。
- ・上記、市場取引制度を実装した電子商取引市場「おらほのカキ市場」を開発して実証実験を実施し、平成29年度には殻付きカキ1万個、金額にして約100万円の売上をあげた。平成25年度から5年間の実証実験では、合計で約1000万円超の売上を上げた。
- ・「おらほのカキ市場」において、商品に対するブランド名を登録、管理、表示するためのデータベースと諸機能を実現した。
- ・平成29年度3月末時点で、宮城県漁協の8支所(唐桑、志津川、長面浦、万石浦、荻浜、鳴瀬、松島、宮戸)が「おらほのカキ市場」を利用して殻付きカキの販売を実施している。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 メカニズムデザイン、ダブルオークション、社会実装

〔研究題目〕 南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト

〔研究代表者〕 金田 義行(海洋研究開発機構)

〔研究担当者〕 池原 研、板木 拓也、杉崎 彩子、
宇佐見 和子、岩井 雅夫(地質情報研究部門)、金松 敏也(海洋研究開発機構)(常勤職員3名、他3名)

〔研究内容〕

本研究では、南海トラフ沿いを中心に関東から琉球諸島沖の海域において、海底堆積物に残された地震発生記録から過去の巨大地震・津波の発生履歴を解明することを目標とする。本年度は、海洋研究開発機構の「みらい」による調査航海を沖縄宮古島～西表島南方前弧海域で実施し、海底地形、表層堆積構造と海底堆積物試料を得た。これらの結果から石垣島南方前弧域では海底谷を通じた石垣島側からの粗粒炭酸塩砕屑物の供給があることが確認されたが、堆積物の色調変化を基にするとタービダイトの挟在頻度は石垣島南西方海域よりも少ないことが明らかとなった。石垣島南西方でのタービダイトの挟在頻度は石垣島での津波堆積物の頻度とほぼ一致している。また、琉球海溝底には海溝に続く海底谷を通じた台湾側からの堆積物供給があることが粒子組成などの検

討から分かった。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕海底堆積物、タービダイト、地震、津波、八重山前弧域

〔研究題目〕南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト

〔研究代表者〕宋倉 正展（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕宋倉 正展、澤井 祐紀、行谷 佑一、松本 弾、谷川 晃一郎、伊尾木 圭衣、藤原 治、安藤 亮輔（東京大学）、前杢 英明（法政大学）、越後 智雄（地域地盤環境研究所）、藤野 滋弘（筑波大学）（常勤職員7名、他4名）

〔研究内容〕

本プロジェクトは、近い将来の発生が危惧される南海トラフ沿いの巨大地震・津波による災害の軽減に貢献するため、大学や研究機関が自治体と連携し、地域連携減災研究、巨大地震発生域調査観測研究、地震発生シミュレーション研究の3つの分野で調査研究を実施している。活断層・火山研究部門では、これらのうち、巨大地震発生域調査観測研究の一環として陸域津波履歴調査を、地震発生シミュレーション研究の一環としてモデル構築・シナリオ研究の一部をそれぞれ担当している。平成29年度は、陸域津波履歴調査として徳島県南部、高知県中部、宮崎県中～南部において津波堆積物調査、鹿児島県喜界島および徳之島において現世・離水サンゴによる隆起痕跡調査をそれぞれ行った。また平成25、26、28年度の掘削調査で得られた静岡県静岡市、高知県南国市、東洋町、四万十町、黒潮町の地質柱状試料について年代測定および微化石分析を実施した。また産総研が静岡県沿岸（浮島ヶ原）と和歌山県沿岸（串本町）で採取した既存の地質柱状試料について¹⁴C年代測定や微化石分析、テフラ分析などを実施した。これらの結果から堆積物の年代や古環境について検討した。このほか、主に富士川河口周辺地域を対象に、歴史地震の断層モデルとサイクルに関する検討を行った。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕南海トラフ、巨大地震、津波、履歴、津波堆積物、隆起痕跡

〔研究題目〕微細構造解析プラットフォーム

〔研究代表者〕齋藤 直昭（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕齋藤 直昭、松林 信行、鈴木 良一、大島 永康、大平 俊行、ORourke Eugene Brian、中村 健、松崎 弘幸、井藤 浩志、浮辺 雅宏、志岐 成友、全 伸幸、藤井 剛、後藤 義人、服部 峰之

（常勤職員15名、その他10名）

〔研究内容〕

本委託事業は、ナノテクノロジーに関わる最先端の研究設備とその活用のノウハウを有する機関が、緊密に連携して全国的なナノテクノロジーの研究基盤（プラットフォーム）を構築することにより、産学官の多様な利用者による共同利用を促進し、個々の利用者に対して問題解決への最短アプローチを提供するとともに、産学官連携や異分野融合を推進することを目的としている。

公開装置は、独自に開発した計測装置や技術を中心に以下の7つの装置（群）である：①陽電子プローブマイクロアナライザー装置（周辺設備含）（PPMA）②超伝導蛍光収量 X 線吸収微細構造分析装置（周辺設備含）（S-XAFS）③可視～近赤外過渡吸収分光装置（4台、周辺設備含）（VITA）④リアル表面プローブ顕微鏡装置（3台、周辺設備含）（RSPM）⑤固体 NMR 装置（3台、周辺設備含）（SNMR）⑥極端紫外光電子分光装置（EUPS）⑦超伝導蛍光 X 線検出器付 SEM 装置（SC-SEM）。

これらの装置を用い、企業・大学研究機関からの要望に応じてナノ材料などの計測を実施して研究開発に貢献した。具体的な計測の支援実績は、①課題件数：76件（目標64件以上）②外部共用率：平均69%（目標35%以上）（装置毎に異なる）③外部共用のうち民間企業の占める割合：平均52%（目標：平均20%以上）（装置毎に異なる）であり、いずれも目標の値を達成した。

利用講習会（スクール）として、「第1回設備利用講習会」（2018年3月）をつくば産総研にて開催した。また、地域公開セミナーとして、「北海道大学・産総研 微細構造解析プラットフォーム合同セミナー」（札幌、2017年6月）、「産総研 微細構造解析プラットフォーム地域セミナー」（2017年11月、東京）を開催した。これらにより、事業の宣伝とユーザ拡大、および人材育成を図った。さらに、JASIS2017展示会、次世代ものづくり基盤技術産業展 TECH Biz EXPO 2017 や Nanotech2018など、各種の展示会にも出展し、事業の宣伝によるユーザ拡大とユーザニーズの把握を実施した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕ナノテクノロジー、機器公開、研究支援、先端計測機器、産学官連携、イノベーションハブ

〔研究題目〕「エネルギー貯蔵システム実用化に向けた水素貯蔵材料の量子ビーム融合研究」のうち一部「水素貯蔵材料の劣化機構解明と新規軽量材料の探索」

〔研究代表者〕榊 浩司（創エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕榊 浩司、中村 優美子、Kim Hyunjeong、榎 浩利、浅野 耕太、斉田 愛子

(常勤職員6名)

【研究内容】

目標：

定置型の水素によるエネルギー貯蔵システムにとって、体積あたりの水素貯蔵密度に優れた水素吸蔵合金は魅力的である。水素吸蔵合金に求められる課題として、繰り返し耐久性がある。そこで、放射光 X 線および中性子を用いて、材料の特性劣化の因子を局所構造の観点から明らかにし、劣化メカニズムの解明に取り組む。また、測定技術の高度化として、マルチビームの有効利用法および薄膜の構造解析技術の確立を行う。

年度進捗状況：

放射光 X 線および中性子全散乱を用いることで、バナジウム系 BCC 合金の劣化は転位の蓄積と相関性が強いことをこれまで示してきた。今年度は劣化因子の熱的安定性の観点から劣化の起源を調べた。その結果、サイクルに伴い低下した吸蔵圧と吸蔵量はそれぞれ異なる温度域で回復することを確認した。すなわち、サイクルに伴う吸蔵圧と吸蔵量の変化は別の劣化因子であることを示唆していることが明らかとなった。今後は格子ひずみ、結晶子サイズの変化に注目し、特性の回復との相関性を評価する予定である。

Mg 系薄膜の局所構造解析手法の確立を目指した。今年度は試料からのシグナルの割合を増やすため、基板の両面に製膜した。また、薄膜を粉碎しても薄膜特有の特性を保持できることを確認できたため、粉碎し選択配向性の影響を軽減させることで良質な二体分布関数が得られた。その場観察 PDF の結果から薄膜の MgH_2 の不安定化はおそらく Pd の保護膜や基板による拘束によって生じていると考えられる。

【領域名】 エネルギー・環境

【キーワード】 水素貯蔵、放射光、中性子、構造解析

【研究題目】 ASEAN 鉱物資源データベース運用能力向上

【研究代表者】 大野 哲二 (地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】 大野 哲二、
高橋 浩 (地質情報研究部門)、
Bandibas Joel (活断層・火山研究部門) (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

(独) 国際協力機構による2017年度課題別研修の一環として、地質調査総合センターの協力の元に作成され、ASEAN によって維持、管理している鉱物資源データベース “ASEAN Mineral Resources Information System” の運用と高度化に関する研修を行う。これより鉱物資源のみならず資源地質図、リモートセンシングデータ等の周辺情報を拡充し、当該データベースの利用価値を高めることを目的とする。

本年度は、国内及びブラオス人民共和国において上記に

関する座学による研修と現地調査を行った。また、インドシナ半島のシームレス地質図に関する研修を行い、これを完成させた。これら成果は次期 ASEAN 鉱物資源データベースにおいて公開される予定である。

【領域名】 エネルギー・環境

【キーワード】 鉱物資源、データベース、シームレス地質図

【研究題目】 次世代ガス化システム技術開発「水蒸気添加噴流床ガス化炉におけるタール改質促進技術の開発」

【研究代表者】 松岡 浩一 (創エネルギー研究部門)

【研究担当者】 松岡 浩一、倉本 浩司、細貝 聡
(常勤職員3名)

【研究内容】

従来の噴流床石炭ガス化は、酸素を主たる酸化剤とするが、本基盤研究では、酸素の代わりに水蒸気を添加して総括のガス化における水蒸気改質反応 (吸熱反応) の寄与を増加させ、このことによる冷ガス効率の向上を目標としている。一方、水蒸気改質による吸熱は、炉内温度の低下を伴い、石炭揮発成分に含まれるタールの残留を招く。従って、酸素/水蒸気吹き噴流床ガス化の実現には、冷ガス効率の最大化 (ガス化炉出口温度の最小化) と残留タール濃度の最小化を両立するためのガス化条件設定が求められ、場合によってはガス化炉設計の改良が求められる。本基盤研究では、水蒸気添加噴流床ガス化炉内を模擬した条件下における、加圧下 (1 MPa 以下) の流通式管状反応器を用いたチャー粒子による石炭熱分解タールの接触改質の実験的調査を行う。

平成29年度は、平成28年度に得られた石炭のみのガス化データを基準として、ガス化反応場に外部からのチャーを共存させることで、チャーによるタール接触改質特性を実験的に検証した。150 °Cでも凝縮するような分子量の大きい重質タールはチャー供給量の増加に伴い収率が減少する一方で、ベンゼンなどの軽質タールはチャー供給量に依存せず、ほぼ一定の収率であった。また、チャーによるタールの接触改質効果は、チャーの細孔構造に依存し、2 nm 以上の細孔が多いチャーの方が、より重質タール収率の減少効果が得られた。

また、平成29年度は、高压容器を設計・製作し、平成28年度に作成した粒子落下式石炭ガス化装置を高压装置に内設することにより、加圧下での石炭熱分解実験を行った。圧力の増加に伴い、石炭熱分解のみから生成する重質タール収率は減少した。一方で、軽質タール収率は圧力の増加にともない増加した。

今後、高压条件において石炭とチャーを共存させる実験を行い、高压条件におけるチャーのタール接触改質特性を検証する。

【領域名】 エネルギー・環境

【キーワード】 石炭、ガス化、タール分解、改質

〔研究題目〕 HFCV GTR Phase2における水素適合性試験法の審議に必要な材料評価データの取得・解析

〔研究代表者〕 飯島 高志（創エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 飯島 高志、安 白、榎 浩利、中道 修平（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

2013年4月以降、国連基準 HFCV GTR Phase2（燃料電池自動車の世界統一技術基準の第2フェーズ）の審議が開始され、自動車用圧縮水素容器などについての審議に必要となる適正なデータを揃え、国際合意の下で国内基準の適正化と国際基準調和ならびに国連基準と調和した国際標準化活動を行うことが急務となっている。その際、自動車用圧縮水素容器の安全性を保持し、コスト削減、量産性向上、国際競争力強化などもあわせて成立させる必要から、使用可能な材料を探索するための材料評価と試験法の開発を行い、国際基準等に適用できる材料試験法の確立が求められている。本事業では、HFCV GTR Phase2における水素適合性試験法の審議に必要な材料評価データの取得および解析を行う。そのために、試験材料の選定、低歪み速度引張（SSRT）試験や疲労試験などの材料試験方法の策定、および水素ガス圧力、温度などの試験条件について検討し、高圧水素ガス環境下での材料試験を実施する。

平成29年度は、オーステナイト系ステンレス鋼である SUS304、SUS316、SUS316L に関して、大気中材料試験装置を用いた参照データの取得を進めるとともに、高圧水素ガス中材料試験装置を用いて100 MPa 水素ガス中、室温、 -45°C 、 -80°C の環境下で、低速度引張（SSRT）試験ならびに疲労寿命試験を実施し、世界で初めて100 MPa 水素中 -80°C での疲労寿命試験データの取得に成功した。蓄積された試験データを基に、水素適合性試験法について日米欧で検討を進めるとともに、2018年2月にロサンゼルスで開催された HFCV GTR Phase2に関するインフォーマルミーティングにおいて一部試験データを発表した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 燃料電池自動車、水素適合性試験、国連基準、国際基準調和

〔研究題目〕 海底熱水鉱床試料の比抵抗測定方法の標準化に関する研究

〔研究代表者〕 高倉 伸一（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 高倉 伸一（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、電気・電磁探査法から求める比抵抗構造を適切に解釈して海底下の地質環境を正確に把握するため、海底下を想定した条件で岩石試料の比抵抗を測定する方法の確立を図る。今年度は、海底熱水鉱床試料用の比抵抗測定システムの改良と実際の海底熱水鉱床試料の比抵抗測定を行った。

抗測定を行った。

海底熱水鉱床試料用の比抵抗測定システムの改良では、昨年度に製作したサンプルホルダーを試料の長さが10 mm の小さな試料にも対応できるように改良した。また、昨年度の黒鉱を用いた模擬実験から、硫化鉱物が多い海底熱水鉱床の試料の比抵抗は周波数特性が顕著であると予想されたことから、測定装置には広い周波数範囲の複素比抵抗を高精度に効率よく測定するインピーダンスアナライザを使用することにした。さらに、昨年度に実施した恒温槽を用いた比抵抗の温度依存性を調べる実験では、試料の温度が上昇するにつれて、測定された比抵抗と温度が予想される比例関係から外れることがあった。この原因として、試料全体が暖まるまで時間がかかり、試料中の温度分布が不均質であることが考えられたため、今後は試料全体の温度が一定になるまで待つてから比抵抗を測定することにした。

海底熱水鉱床試料の比抵抗測定では、海底電磁探査法の研究を実施している早稲田大学創造理工学部環境資源工学科が所有する海底熱水鉱床試料を使用し、上述の改良したシステムで比抵抗を測定した。そして、その結果を他の物性データや化学分析データとともに電子ファイルに整理した。まだ測定数が十分ではないが、硫黄分の多い硫化鉱物は比抵抗が低く、周波数特性が大きいという傾向が観察された。また、間隙率と比抵抗とは相関が高く、アーチーの式が成立すると考えられた。一方、比抵抗と密度や帯磁率との関係は認められなかった。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 比抵抗、温度、物性測定、電気・電磁探査、海底熱水鉱床

〔研究題目〕 野菜栽培による農業経営を可能とする生産技術の実証研究

〔研究代表者〕 保高 徹生（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 保高 徹生（常勤職員1名）

〔研究内容〕

福島県は、東日本大震災による地震、津波被害に加え東京電力第一原子力発電所の事故による放射性物質の影響が極めて大きい。本研究は、津波、原子力災害の被災地である浜通り地域が県内向けの種苗供給産地であったことから、種苗生産に着目し、地域農業を最先端種苗産業として発展させることで、雇用対策や地域農業の起爆剤として、復興の後押しとなる実証研究を行うものである。

プロジェクト全体の研究課題としては、①高付加価値苗の技術確立、②育苗労力低減技術確立、③苗生産における放射性物質のリスクマネジメントの確立研究に取り組み、研究担当者は研究課題③のチームリーダーとして、育苗における放射性セシウムの影響回避のための育苗施設内の放射性セシウムのモニタリング技術の確立、施設内に影響を及ぼさないための放射性物質除去システムの

開発・導入、育苗環境の最適化に関する研究を推進している。

本年度は、最終年度として、銅置換体プルシアンブルーを用いた水中の放射性セシウムの簡易モニタリング手法について技術マニュアルを作成するとともに、現地の複数のサイトにおいて実用試験を実施した。具体的には、想定ユーザーによる当該機器を実際に用いた大量通水によるモニタリングを実施し、技術マニュアルへのフィードバックを実施した。その結果、想定ユーザーでも容易に実施でき、かつ低コストでの分析ができることが示された。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕放射性セシウム、野菜栽培、育苗環境、農業振興

〔研究 題目〕Ir-192小線源基準空気カーマに対する井戸型電離箱の校正

〔研究代表者〕黒澤 忠弘（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕黒澤 忠弘（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

Ir-192線源を用いたがん治療が広く行われるようになった。産総研においても、国内のトレーサビリティ確保のために校正事業者である日本アイソトープ協会へ標準供給を行っている。この治療用の Ir-192線源は、その供給メーカーによって線源形状が異なっており、線源による井戸形線量計の応答が異なることが報告されている。そこで本研究では、線源形状の異なる線源に対して、基準空気カーマ率の絶対測定を行い、井戸形電離箱の応答の変化について調査を行う。H29年度は3種類の線源に対して、グラフィイト壁空洞電離箱を用いた測定を行った。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕Ir-192、井戸形電離箱

〔研究 題目〕「平成29年度「高度な自動走行システムの社会実装に向けた研究開発・実証事業：自動バレーパーキングの実証及び高度な自動走行システムの実現に必要な研究開発」のうち、「認識・判断データベースの性能評価」

〔研究代表者〕加藤 晋（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕加藤 晋、川端 伸一郎、藤枝 隼一（知能システム研究部門）、橋本 尚久（ロボットイノベーション研究センター）（常勤職員2名、他2名）

〔研究 内容〕

2020年までには世界で最も安全な道路交通社会を実現し交通渋滞を大幅に削減するとして政府施策目標の解決策として、人為的ミスの抑制や円滑な交通流の実現に向けた自動走行システムの実用化と普及が期待されてお

り、その根幹をなす周辺環境認識技術の発展が望まれている。周辺環境認識技術において、歩行者や二輪車の形状や挙動の認識には、高解像度カメラで撮像された多数の歩行者画像を含む走行映像データベースが不可欠である。産総研では本年度、認識・判断データベースの性能評価として、画像認識システムの性能評価に係る走行映像データベースを活用した画像認識エンジンの評価用プロトタイプを構築し、性能比較評価を実施した。比較評価としては、市販の人検知警報システムを搭載した実車両を用い、テストサイトの模擬状況や環境における検知について、評価用プロトタイプとの様々な環境シーンでの性能比較を実施した。結果、市販システムでは検知が困難な状況において、評価用プロトタイプに環境条件を拡張した学習データベースを付加することでの検知の優位性を検証し、学習データベースの環境拡張の有効性を示した。また、画像加工技術を活用した映像データを画像認識エンジンの学習データベースに用いることについて、逆光等の特異環境の再現加工を行い、人検知の性能評価を実施した。結果、画像加工した映像データベースは、環境変化や状況変化を十分に再現しており、評価用および学習用のデータベースとしての活用、検知環境拡張の有効性や検知の優位性を示した。最後に、認識・判断データベースの総合評価をとりまとめ、画像認識システムの高度化に対し、多様な走行映像や加工した映像のデータベースの活用の有効性等を報告した。

〔領 域 名〕情報・人間工学

〔キーワード〕自動運転、走行映像データベース、認識・判断データベース、多変量解析、データベース評価、評価手法

〔研究 題目〕化学物質の有害性予測および環境リスク評価・管理システムの高度化

〔研究代表者〕林 彬勲（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕林 彬勲（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

既存化学物質の60%～80%はハザード情報が欠如しており、さらに毎年数千の新規物質が登録される。一方、動物愛護等の観点から有害性試験の代替法が求められる。2014年と2015年に2回、日化協会会員会社を対象に、QSAR 的な有害性情報推定機能開発の重要性についてアンケート調査を行った結果、QSAR 開発の重要性は「重要」と「とても重要」の回答は75%を占め、業界での QSAR 開発ニーズが高いことが明らかにされた。AIST-MeRAM（産総研）は化学工業界のニーズを最大限にマッチングさせて開発したツールで、中には約3900物質16万個の毒性データを有するデータベースを搭載しているが、毒性データのない物質のリスク評価管理には対応不可能であるため、欠損している毒性データや物性データの補完が望まれている。一方、ToxCalc（豊橋技科大）は事業者の毒性情報推定ニーズに対応す

るため開発された QSAR で、TFS (Topological Fragment Spectra) 法を活用することで予測化合物と利用可能なデータ群に応じて動的にモデルを生成することによって毒性データを予測する QSAR モデルである。

本研究は、産総研と豊橋技科大との専門性および技術ノウハウを活かすことで、事業者の直面する有害性情報のない未点検既存化学物質や新規物質などのリスク評価管理を可能にするための高度な知的システムを開発する。具体的には、AIST-MeRAM と ToxCalc とのコラボによる相乗効果により、AIST-MeRAM のリスク評価機能の進化を図る。すなわち、AIST-MeRAM に搭載された豊富かつ高品位な化学物質のハザード情報のデータベースを活かして ToxCalc の予測機能向上及び物性値予測ツール (ChemCalc) の開発を企図し、更に両ツールからのフィードバックとして欠損する有害性情報・物性情報の補完を受けることで、より広範な物質のリスク評価管理を可能にするを目指す。

2017年度では、前年度の研究成果を踏まえ、引き続き、豊橋技術科学大学とのコラボを軸足にしながら、指定研究課題の定めた研究の最終目標の達成に向けて、個々の専門性と成果物の特徴に配慮した独自性を有する方法で研究を推進した。また、豊橋技科大の学生 (石川翼) を受入、MeRAM の搭載データベース内の異なる試験魚種 (生物種) 間で共通して試験された化合物群を抽出し、試験結果について相関関係を調べ、代替データとしての利用可能性を検討した。得られた主な研究成果の概要は以下に示す。

- 1) MeRAM 搭載データの自動エクスポート機能の実装と検証。ユーザーが MeRAM のトップ画面から、物質別、毒性種別、生物種別に MeRAM の搭載データベースから csv フォーマットのデータとしてエクスポートする機能を実装・検証した。この機能は MeRAM の有償機能として公開する予定。
- 2) KATE の推定値を活用したリスク評価機能の開発と実装。MeRAM のインターフェースから KATE を起動して、MeRAM のインターフェースで入力した条件で KATE の予測値を取得したうえ、その予測値をリスク評価に使うような一連の評価機能を実装した。これは環境行政に活用してもらうための重要な機能の一つとして開発した。成果物は次年度に公開する予定。
- 3) MeRAM 講習会の開催と上記1) と2) の機能を搭載した成果物の配布。平成29年度の環境省主催の環境科学セミナーおよび産総研安全科学研究部門講演会において MeRAM 講習会を開催し、最新の成果物を参加者に配布した。さらに、安全科学研究部門講演会の会場で実施した講習会では、約40名の参加者への MeRAM 関連アンケート調査を実施した。会場から回収できた27名分のアンケート調査の集計結果から MeRAM へのニーズの高さと課題

がわかった。

- 4) 生態毒性の欠損値推定手法開発について、化学物質の様々なフィンガープリント情報 (構造や物性の情報) を搭載している MeRAM のデータベースを活用して、独自の欠損毒性値推定手法の開発を行った。まず、魚類の急性毒性値情報を用いて、化学物質の様々なフィンガープリント情報からベクトル化して、そのベクトル間の距離から物質の類似性評価を行い、さらにその類似性で化学物質のネットワークを形成して、物質のクラス分けと毒性値推定について検討した。この検討結果から、従来の QSAR システム (ECOSAR や KATE) と違い、QSAR 式を使用しない推定手法を確立できる手応えが得られた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 生態リスク、リスク評価、ユーザーフレンドリー、種の感受性分布、個体群存続、リスク管理、化審法、QSAR、AIST-MeRAM

【研究 題 目】 革新的 LCA による鉄鋼材料の社会的価値の見える化

【研究代表者】 畑山 博樹 (安全科学研究部門)

【研究担当者】 畑山 博樹 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

鉄鋼材料はそのライフサイクルにおいて多くの価値を提供しているにもかかわらず、環境負荷の評価手法として標準化された従来のライフサイクルアセスメント (LCA) ではその機能や社会への貢献を十分に表現できない。そこで、鉄鋼材料の持つ機能や価値について、それらの社会との関係性を明確に再整理し、鉄鋼業における技術開発による効果が見える化できる LCA の枠組みが必要となる。

今年度は、鉄鋼産業が自身の社会的価値をどのように捉えているかについて、国連の持続可能な開発目標 (SDGs) を通して分析した。約60の国内外の業界団体およびメーカーのウェブサイトや環境報告書を調査した結果、SDGs の個別のゴールへの具体的な貢献に言及している団体は約1割であった。Goal のうち、「包摂的で持続可能な経済成長、雇用 (#8)」や、「持続可能な都市 (#11)」といったものは、自社の製品や経営、施設、社員と直接的に関係しているため多く言及されていた。一方で、「貧困の解決 (#1)」「持続可能な農業 (#2)」といった途上国の課題解決に関するものに対しては、貢献を示すのに苦慮していると整理された。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ライフサイクルアセスメント、鉄鋼、社会的価値、SDGs

【研究 題 目】 近位大動脈拍動緩衝機能に対する水中運

動の効果

【研究代表者】菅原 順（人間情報研究部門）

【研究担当者】菅原 順、
福家 真理那、山邊 貴之、前田 清司
（以上、筑波大学）、野村 陽介、
橋富 達也（以上、つくばアクアライフ
研究所）、田中 弘文（テキサス大学オ
ースティン校）（常勤職員1名、他6名）

【研究内容】

本研究では、近位大動脈拍動緩衝機能に着目し、習慣的な水中運動の実施が動脈スティフネスおよび大動脈血圧に与える影響を明らかにすることを目的とした。

まず、動脈スティフネスの適応における部位特性を検証するため、水中運動以外の有酸素性運動を習慣的にしている中高年女性と同年代の海女（合計198名）とで、動脈スティフネスを比較した。その結果、海女の近位大動脈スティフネス指標が、同年代の運動習慣のない女性よりも有意に低値であることが明らかとなった。一方、腹部大動脈を主体とする動脈スティフネス指標に有意差は認められなかった。次いで、健康な中高年齢12名を対象に、有酸素性運動を主体とする3か月間の水中運動教室の前後で、動脈スティフネスおよび大動脈血圧を計測した。トレーニング後、中高年齢者の近位大動脈スティフネス指標に有意な変化は認められなかったが、上腕および大動脈収縮期血圧と $baPWV$ に有意な低下が認められた。以上の結果は、低頻度かつ短期間の水中運動実施は、近位大動脈の機能的適応を生じえないものの、心血管系疾患の発症リスクである大動脈血圧や動脈スティフネスを改善できる可能性を示唆する。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】温水浴、動脈圧反射感受性、動脈硬化度、下肢血管抵抗

【研究題目】金属資源循環システムの環境影響評価に向けた基礎データの確立

【研究代表者】畑山 博樹（安全科学研究部門）

【研究担当者】畑山 博樹、田原 聖隆
（常勤職員2名）

【研究内容】

金属資源の持続的な利用は、社会インフラの形成から先端技術の開発と普及に至るまでを支えるにおいて不可欠と考えられている。その一方で、採鉱、精錬過程における環境汚染やエネルギー消費、資源枯渇等の環境影響が指摘されている。しかしながら、従来のライフサイクルアセスメントでは、鉄、アルミニウム等の一部のベースメタルを除いてインベントリデータの収集が不十分である。従って、資源循環システムの構築によって得られる環境影響や資源リスクの低減効果を評価するためのデータの整備が必要である。

今年度はリチウム、コバルト、ガリウム、白金、パラ

ジウム、チタン、錫、テルビウム、ディスプロシウムを対象としたインベントリデータを作成するために、生産プロセスのフローを整理した。フロー作成では、まず各金属の原料鉱石の調査と生産プロセスフローの調査を実施した。ここでは、各金属の生産原料となる鉱石の種類とそのシェアを明らかにすることで、鉱石ごとのプロセスフローを統合した平均的な生産プロセスの作成を可能とした。さらに、テルビウムとディスプロシウムについては、その酸化物のインベントリデータを文献や中国における採掘データに基づいて作成することができた。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】ライフサイクルアセスメント、インベントリデータ、レアメタル、レアアース

【研究題目】種間差と水質を考慮したミジンコに対するニッケルの生態毒性評価

【研究代表者】眞野 浩行（安全科学研究部門）

【研究担当者】眞野 浩行、岩崎 雄一、加茂 将史
（常勤職員3名）

【研究内容】

現在、水生生物の保全に係るニッケルの水質環境基準が検討されている。基準値の設定は鉄鋼業を始めとして、産業界に大きな影響を及ぼす懸念がある。しかしながら、基準値の参考となる生物へのニッケルの毒性値に関して十分な検討がなされていない。また、金属の毒性は水質のよって変化することが知られており、わが国の水環境におけるニッケルの毒性を検討する上で水質を考慮する必要性に関する科学的根拠や、水質を考慮した手法の検証が必要とされる。本研究は、*Daphnia* 属の国内種へのニッケルの慢性毒性試験を実施し、オオミジンコへのニッケルの毒性値が、*Daphnia* 属のミジンコへのニッケルの毒性値を代表するのかを検討する。また、河川水等の水質の異なる水試料でニッケルの毒性試験を実施し、ニッケルの毒性値について水試料間のばらつきの大きさを調べるとともに、水質を考慮してニッケルの毒性を推定する手法の適用性を評価する。

今年度は、毒性試験に使用する *Daphnia* 属の国内種の飼育を開始し、実験室の環境に順化させて、試験を実施可能な体制を整えた。また、試験濃度範囲を設定することを目的に、予備的なニッケルの慢性毒性試験を実施した。試験結果をもとに、試験対象のミジンコ種ごとに試験濃度範囲を決定することができた。また、異なる水質の水試料間でのニッケル毒性のばらつきを調査するために、調査に使用する水試料を採取できる地点を探索すると共に、わが国の河川の pH、硬度、全有機炭素濃度を把握するために、日本水道協会が公表している水道水質データを解析し、ある程度大まかではあるが、pH、硬度、全有機炭素濃度の分布を把握することができた。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】水質環境基準、急性毒性、金属スペシエ

ーション、重金属、慢性毒性

【研究題目】上総層群指標テフラの供給源と年代の再検討

【研究代表者】 七山 太 (地質情報研究部門)

【研究担当者】 七山 太、中里 裕臣

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

房総半島中部に分布し、日本の鮮新～更新統の模式層序のひとつである上総層群中に挟在される複数の指標テフラのうち、広域対比が行われ南九州起源と推定されているものについて、LA-ICP-MS 分析による微量成分を用いた南九州の想定給源付近に分布する火砕流堆積物との直接対比を行う研究が進んでいる。今回我々が主に検討を行ったのは、笠森層の Ks5テフラであり、当初、南九州の小田火砕流堆積物を給源候補として近畿地方の港島 I、伊香立 II、東北地方の脇本、G19などと広域対比されてきたが、最近では辺川火砕流堆積物と対比する代案も提示されている。今回の分析の結果、南九州地域には Ks5の火山ガラスに類似した化学組成を持つ火砕流堆積物が何層か認定され、今後、さらに花粉化石やジルコン U-Pb 年代等の年代値を加味した些細な層位学的な検討が必要であることが明確となった。

【領域名】 地質調査総合センター

【キーワード】 LA-ICP-MS、南九州、火砕流堆積物、テフラ

【研究題目】情報統合基盤サイト MEDALS における統合機能の開発

【研究代表者】 福井 一彦 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】 福西 快文、堀本 勝久

(常勤職員3名)

【研究内容】

MEDALS は、経済産業省関連機関により実施された研究開発プロジェクトの成果等を整理し、ライフサイエンス分野における研究開発の促進に資するデータベースや解析ツールの情報配信を目的としているポータルサイトである。MEDALS の開発では、データベースの再構築による省庁間連携に向けて、選別されたライフサイエンス関連データを対象として、便覧の更新や統一フォーマットへの変更 (アーカイブ化、横断検索) を NBDC と連携し実施する。また昨年度に開発した MEDALS オントロジーの更新のため、アップデートされた便覧情報をオントロジーに組み込むツールの改良を行う。加えて DB 再構築連携の一環として、MEDALS オントロジーと NBDC にあるデータを連携可能とするインターフェースの開発を実施する

・アーカイブ連携

データベースの再構築による省庁間連携に向けて

NBDC と連携して生命科学系データベースのアーカイブ化を促進することを目的とする。本年度は、産総研より GRIPDB, Genius II、抗体医薬品 DB、核酸医薬品 DB の4つのデータベースを選別し、アーカイブサイトから公開するためデータの変換やメタデータの整備を行った。

・MEDLAS 便覧と横断検索

経済産業省関連機関により実施された研究開発プロジェクトを対象として MEDALS より情報配信を行うことを目的として便覧や横断検索の更新を行う。産総研、NEDO、NITE 等の公開情報に基づき MEDALS データベース便覧・ツール便覧・プロジェクト便覧の更新を実施した。また便覧ダウンロードにある各プロジェクトの成果報告書の横断検索も可能とするため、全 PDF ファイルのテキスト化を行い、est ファイルを作成し横断検索サイトと共有した。

・解析ツールのオントロジー開発

MEDALS 便覧に登録されているデータベース、ツール及び開発機関等の便覧更新に伴い、オントロジー (owl ファイル) を作成可能とするプログラムを作成し、WebVOWL (Web-based Visualization of Ontologies) で可視化可能とした。またこのオントロジーに RDF ポータルにある integbio, Nikkaji, RefEx を加え、WebVOWL を用いて、NBDC の Sparql エンドポイントへと連携して動作するインターフェースの開発を実施し、公開した (<https://medals.jp/webvowl/>)。

【領域名】 ライフサイエンス

【キーワード】 情報統合、ワークフロー、セマンティック技術

【研究題目】心拍と動作リズムとの同期現象が生じた運動中の脳循環特性の解明—脳循環の維持・改善に効果的な運動様式の探索—

【研究代表者】 菅原 順 (人間情報研究部門)

【研究担当者】 菅原 順、

東本 翼 (Institute for Exercise and Environmental Medicine (IEEM)

Texas Health Presbyterian Hospital)

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

安静時における脳循環の低下は精神疾患や脳血管疾患の発症につながる事が報告されている。これらの疾患を予防するため、習慣的なジョギングやサイクリングなどの有酸素性運動が推奨されている。しかし、これらの運動が脳循環に及ぼす影響に関するエビデンスは十分でない。そこで本研究では、運動中の循環効率が向上すると考えられる心拍と動作リズムの同期現象 (CLS: Cardiac-Locomotor Synchronization) に着目した。

研究の目的は、CLS が生じた運動中の心臓から脳に

至る一過性の循環応答を検討することとした。対象は、明らかな循環器系疾患および脳震盪等の頭部外傷のない健康な若年男性13名とし、心臓・呼吸・筋収縮のリズムが同調した際の心臓および脳循環特性を検討した。セミリカンベント式自転車エルゴメーターを用いて20分間ペダリング運動行いながら、一回拍出量（超音波法）、上腕血圧（オシオメトリック法）、橈骨動脈圧（トノメトリ法）、中大脳動脈血流速度（経頭蓋骨ドップラー法）、換気量（呼気ガス分析器）、筋活動（筋電図）および心拍数（心電図）を記録した。データ解析を終え、現在、論文執筆作業を進めている。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 脳血流、筋ポンプ、心拍一動作リズム同調運動

〔研究 題目〕 地下深部油ガス田におけるメタン生成機構の解明—共生培養法によるリグニン関連物質分解微生物の網羅的分離培養

〔研究代表者〕 持丸 華子（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 持丸 華子（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究では、地下深部油ガス田におけるメタン生成機構を解明することを目的とし、国内の様々な油ガス田の試料から共生培養法によりリグニン関連物質を分解する微生物を網羅的に分離・同定し、その生態を解明する。リグニン関連物質として、メトキシ基のついたバニリン酸、シリング酸、トリメトキシベンゾエート（TMB）などを基質として培養を行った。培養開始時に、水素利用のメタン生成アーキアまたは酢酸利用のメタン生成アーキアと共生させ、水素や酢酸などの代謝産物を速やかに除去する共生培養を行うことで、これまでに無い新しい微生物の分離培養を行う。

〔領 域 名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 油田、ガス田、メタン生成、メトキシ化合物

〔研究 題目〕 読み書き習得に伴う脳内視覚処理システムの変化

〔研究代表者〕 樋口 大樹（自動車ヒューマンファクター研究センター）

〔研究担当者〕 樋口 大樹（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

我々はこれまで神経生物学的な要因によって読み書き習得に困難を示す発達性読み書き障害者の神経基盤を明らかにするための研究を行ってきた。これまでの研究で、発達性読み書き障害者では低次な視覚領野で代償的な過活動を示すこと、そしてこの過活動は文字特異的ではなく物体に対しても認められることが分かってきた。この結果は、発達性読み書き障害者では文字カテゴリーだけではなく、視覚処理全般に非定型性を有することを示唆

する。ただし、これらの過活動が読み書き習得度の相違によって生じるのか、それとも先天的な神経生物学的な要因によって生じているのかは明らかではない。そこで、典型発達児の読み書き習得過程においても上記の脳領域の活動変化が生じるのか明らかにすることを目的としている。本年度は、上記のデータのさらなる解析作業を行い、一部の脳領域の脳活動が読み書き習得度と関連していること、また非言語性知能と抽出された領域の脳活動は関連しないことが明らかになった。さらに、新たなMRI 実験を加えるための実験系の構築を行った。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 読み書き、脳計測、発達

〔研究 題目〕 入浴後の立ちくらみの起こし易さの機序解明—動脈スティフネスおよび圧受容器反射感受性の関与—

〔研究代表者〕 菅原 順（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 菅原 順、
東本 翼（Institute for Exercise and Environmental Medicine (IEEM)
Texas Health Presbyterian Hospital）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

家庭内での溺水・溺死の増加は著しい。この現象に関しては、出浴の際の姿勢変化に温熱刺激による皮膚血管拡張と水圧からの解放の影響が加わり、過剰な血圧低下が生じ、脳への血流が維持できなくなることが原因の一つと考えられている。しかしながら、具体的なエビデンスは不足している。

本研究では、動脈スティフネス、動脈圧反射感受性、および下肢血管拡張能に注目し、入浴終了直後の立ちくらみの個人差を生む機序を明らかにすることを目的とした。

昨年度は、成人男性13名（29～57歳）を対象に、5分間の温水浴（41度、腋窩水位）に伴う動脈圧反射感受性、動脈スティフネス、下肢血管抵抗の応答を観察し、短時間の温水浴の場合、出浴時の起立動作に伴う血圧低下に有意な変化は生じないが、動脈圧反射感受性がもともと低下している者では、大きな血圧低下を生じる可能性があることを明らかにした。

今年度は、心血管疾患リスクとして近年注目されている近位大動脈における血行動態の規定因子を同定することを目的とし、追加解析を行った。その結果、温水浴後、下肢末梢血管抵抗及び血管インピーダンスは有意に低下したものの、大動脈における反射波成分には明らかな変化は認められず、従来より考えられてきた、下肢からの反射波が大動脈圧を増幅させるというコンセプトを否定する興味深い結果が得られた。現在、論文執筆作業を進めている。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 温水浴、動脈圧反射感受性、動脈硬化度、下肢血管抵抗、中心動脈血行動態

〔研究題目〕 歩行動作時の足部機能評価を目的とした足底部圧・剪断力計測デバイスの開発

〔研究代表者〕 中嶋 香奈子（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 中嶋 香奈子、
安在 絵美、太田 裕治（以上、お茶の水女子大学）（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

外反母趾や胼胝、魚の目などの足部異常は高齢者の約6割に発生し、足部機能低下の観点から転倒事故のリスクを増加させることが問題である。しかし、足部ケアに対する重要性の社会的認識は未だ薄い状況であり、個人の足部状態をわかりやすく提示し、定量評価が可能な仕組みは未だ確立されていない。そこで本研究では、ヒトの日常生活に即した足部機能計測および評価が可能な足底部圧・剪断力計測デバイスの開発を目的とし、以下の3点を進めた。

1. 足底部剪断力計測デバイスの開発

本研究では、歩行中の足底部圧力ならびに剪断力を計測するためのデバイスの開発を行った。デバイスには、剪断力計測が可能な3軸触覚センサ（ショッカクチップセンサ）を用いており、3軸力を計測することで歩行動作中などの足部の動きを数値で検知でき、従来の圧力のみでの計測手法よりも詳細な歩行機能分析が可能になることが利点として挙げられる。センサは足部の解剖学的構造上、特徴を捉えやすい骨突出部分として片足3点ずつに設置し、靴のインソール部分に実装した。また、センサから得られたデータの伝送には、Bluetooth を用いた無線通信方式を採用し、コンピュータやタブレット型端末に伝送可能なよう仕組みを構築することで、足部状態のリアルタイム計測が可能なるよう設計を進めた。

2. 制御用ソフトウェアの開発

開発デバイスの制御用ソフトウェアとして、タブレット型端末で利用可能な Android アプリケーションを構築した。本アプリケーションはショッカクチップセンサから得られたセンサ情報のリアルタイム表示に、計測データによる歩行機能分析結果の表示ができ、新たな歩行機能評価アプリケーションとして構築することができた。

3. 高齢者を対象としたフィールド実験

高齢者25名を対象とし、個人の足部・歩行特徴の抽出を目的とした実験を行った。被験者は開発デバイスを装着し、日常生活の通常歩行を想定した10 m 歩行計測を実施した。

実験結果より、地域のフィールドにおいてデバイスが活用可能なことを確認した。さらに、足底面に対して前後方向・左右方向における足部の機能を数値化することができ、靴内部において足部がどのように働いているかを観察することができた。個人の歩行特徴と合わせて足

底部圧力および剪断力を具体的に評価することにより、足部異常や転倒発生子防に繋がる新たな知見を見出すことができると考えられる。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 歩行動作分析、足部異常予防、無線通信、モニタリングシステム、足底部圧、剪断力

〔研究題目〕 実電池を用いた in situ NBI 技術および解析技術開発「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発」

〔研究代表者〕 木野 幸一（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 木野 幸一（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、高強度パルス中性子を用いて、リチウムイオン二次電池などの革新型蓄電池を非破壊で分析する技術開発を行っている。特に、電池を冷却しつつ、かつ充放電しながらのその場測定で、電池内部の充放電をイメージングすることを目標としている。今年度はそのための準備を行った。

電池を冷却するための装置を開発した。18650型のリチウムイオン二次電池が2次元中性子検出器の中性子有感部分の中央に保持でき、かつ周囲からのバックグラウンド中性子を遮蔽できるようにした。電池は上部で金属と接している。金属には冷媒の IN と OUT の配管が繋がっており、金属内部で熱交換されることにより、電池が冷却される。また、冷却に伴ってセルに水滴が付着するのを避けるため、電池はカプトンフィルムの筒で覆われ、カプトンフィルム内に乾燥空気を循環させることができるようになっている。

また、その場測定に必要な装置整備として、中性子検出器の基幹部分の交換による異常チャンネルの除去を行った。中性子は、検出器内の³He と核反応してガス中に生成されるイオン化電子がμPIC と呼ばれる微細加工電極にて検出されることによって、検出される。μPIC には X-Y の2次元方向にそれぞれ256 ch のストリップがあり、このストリップのチャンネルから中性子の位置を求めることができる。これまで X 方向中央付近の複数のストリップが機能していなかった。交換後には異常はチャンネルが無くなっている事を中性子ビーム実験にて確認した。この結果、中性子検出器の計数率を向上させることができた。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 中性子、リチウムイオン二次電池、イメージング

〔研究題目〕 水素社会構築技術開発事業／水素エネルギーシステム技術開発／CO₂フリーの水素社会構築を目指した P2G システム技術開発／水素吸蔵合金を用いた低圧水素

貯蔵システムに関する技術開発

【研究代表者】中村 優美子（創エネルギー研究部門）

【研究担当者】中村 優美子、榊 浩司、浅野 耕太、
Kim Hyunjeong（常勤職員4名）

【研究内容】

再生可能エネルギーの導入拡大に向けて、余剰電力を水素の形で貯蔵し利用する Power to Gas システムが注目されている。そこで本事業では、再生可能エネルギーから水素の製造・輸送・貯蔵・利用までを含めた技術開発を行うことにより、Power to Gas システムの実用化に向けた基盤的技術の確立を目指す。本研究テーマでは、Power to Gas システムにおいて安全かつ安心安価に水素を貯蔵することを目指し、水電解装置により製造された水素を1 MPa 以下の低圧で貯蔵可能な水素吸蔵合金材料を開発する。

平成29年度は、従来材料の希土類系合金に比べて安価で同等以上の水素吸蔵量が見込めるチタン-鉄系水素吸蔵合金について、システムに適した合金材料を開発するため、主に初期活性化、水素吸蔵・放出特性、サイクル特性の改良を目指して試作および評価を行った。その結果、改良組成において、実用上可能な条件での初期活性化、および、目安とする室温、0.1~1 MPa の圧力条件下での貯蔵性能について達成の目途をつけるとともに、得られた評価結果を合金タンク設計の基礎データとしてタンク開発側へ提供した。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】水素貯蔵、水素吸蔵合金、再生可能エネルギー

【研究題目】ウルトラファインバブル（UFB）及び溶存ガスの測定評価法確立並びに UFB 発生装置の性能評価

【研究代表者】平澤 誠一（製造技術研究部門）

【研究担当者】平澤 誠一、三宅 晃司、兼松 涉、
辻内 亨、安井 久一、川崎 一則
川崎 隆史、苑田 晃成、綾 信博
田中 智子（常勤職員9名、他1名）

【研究内容】

UFB の応用を可能とする物性は、バブル水中での溶存ガスの振舞いと、系に安定に存在する UFB との相互作用とに深く関連していると考えられるが、科学的な現象解明はそれほど進んでいないのが現状といえる。本事業では UFB 共存下、或は UFB 発生の履歴を経た水中の溶存ガスの振舞い、そしてこれに起因した諸物性について、バブルとの関連性を含めて科学的に検証を行った。

UFB 共存下における化学的酸素消費速度の評価に関しては、温度、更に必要に応じて雰囲気ガスを制御可能な反応装置を導入し精度を高めて追試を行った結果、溶存酸素の亜硫酸水素ナトリウムとの反応速度が、①ファインバブルの共存によって影響を受けること、②ファイ

ンバブル発生装置（発生機構）に対しても依存性を持つこと、③一部の反応系においては、バブルの個数濃度（NITE と協働で行った物理的消泡による）と相関があること、が確認された。

生物による酸素消費速度の評価では、酵母の呼吸を利用した測定系、並びに、酸素を消費する酵素である D-アミノ酸オキシダーゼを用いた反応系を構築して評価を行った。前者においては、バブルの有無による酸素消費速度に有意な差は見られなかったが、後者の酵素反応では、支援先企業の製品であるフォームジェット水による酵素反応活性の促進が確認された。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】ファインバブル、溶存ガス、反応速度

【研究題目】次世代型高品質スクリーン印刷技術と新規スクリーンマスクの開発

【研究代表者】牛島 洋史（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】牛島 洋史、山本 典孝、寺崎 正、
野村 健一、金澤 周介、藤尾 侑輝、
堀井 美徳、藤田 真理子、粕谷 陽子
（常勤職員6名、他3名）

【研究内容】

本研究開発では、従来のスクリーン印刷では形成することができない断面矩形性の高い厚膜・細線の配線パターンを様々な基材上に形成可能とする印刷技術と、それに供するスクリーンマスクの作製技術の確立を目標とする。ここで開発するスクリーンマスクは、低粘度のペーストが使用できるように、メッシュ部、乳剤パターンの側壁、乳剤の底面がそれぞれに異なる表面エネルギーになるような、独自性の高い表面修飾・処理技術の確立を必要とする。更に、配線形成に用いる導電ペーストとして最もよく用いられる銀ペースト以外に、ナノ銀ペーストや銅ペースト、ナノ銅ペースト、伸縮性銀ペースト等、今後の IoT デバイスやウェアラブルデバイスへの適用が検討されているペーストを用いた厚膜・細線のパターンニングや積層印刷も可能とすべく、スクリーンマスクそのものをスクリーンオフセット印刷法に最適化した線径、開口率、張力、乳剤厚で作製するための仕様を確立する。こうして開発される技術により、積層セラミックコンデンサやインダクタ、レジスタ、コネクタ、フレキシブル配線基板、タッチパネル用透明電導膜、サーマルプリントヘッドといった電子部品を低コストに生産することが可能になり、我が国で製造される様々なエレクトロニクス製品の国際競争力の強化が見込まれる。更に、この技術は小規模事業者によるエレクトロニクス製品の製造も可能とすることが期待できるので、新規参入による新産業創出の加速も見込まれ、地域産業の活性化に資するものと期待される。

【領域名】エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 プリンテッドエレクトロニクス、スクリーン印刷、スクリーンオフセット印刷、スクリーンマスク、高精細印刷、曲面印刷

〔研究題目〕 平成29年度佐賀県リーディング企業創出支援事業「九州シンクロトロン光研究センターでの高精度 LIGA プロセスによる X 線格子デバイスの開発」

〔研究代表者〕 三澤 雅樹（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 三澤 雅樹、安本 正人、寺崎 正、田口 英信、大石 明広、常葉 信生、日高 昌則（常勤職員3名、他4名）

〔研究内容〕

従来の X 線検査装置では、X 線吸収によるコントラストが十分つかないため、柔らかな食品中の異物（樹脂片、軟骨、繊維等）や医薬品製造時の薬剤の包装不良、錠剤の有無等の検出が難しい。これに対し、X 線位相イメージング法を使うことで、コントラスト感度が数百倍高まり、X 線イメージングの適用範囲拡大が期待できる。この位相イメージングに必須となる X 線回折格子を、微細加工施設と九州シンクロトロン光研究センターの放射光を使い、LIGA プロセスによって製作する。

H29年度は、1) 高精細 X 線マスク開発、2) 高アスペクト比 X 線マスク開発、3) 湾曲型回折格子設計製作、4) 位相画像取得と格子性能評価、5) UV 露光装置高性能化、6) 放射光照射実験、7) エッチング現象と電鍍めっき加工、8) パターン、表面形状、寸法評価の8項目を産総研と田口電機工業で分担し、合計4回の放射光実験を行なった。また、福岡県立三次元半導体研究センターなどの最新機器設備を利用して、X 線回折格子のマスク作成と X 線照射条件、エッチングおよびめっき加工条件の最適化を行った。未達項目については原因を特定して対策を立案し、次年度の大型化、高効率化に向けた課題を明らかにした。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 X 線、タルポー・ロー干渉計、微細加工、LIGA、位相イメージング

〔研究題目〕 次世代蓄電池用セラミック電解質基板の量産プロセス適合技術の開発

〔研究代表者〕 濱本 孝一（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕 濱本 孝一（常勤職員1名）

〔研究内容〕

市場規模の拡大が期待される電気自動車や再生可能エネルギーの電力平坦化に不可欠な大容量蓄電池が世界的に注目されている。中でも、有機電解液を利用する既存のリチウムイオン電池と比較して、安全性やエネルギー密度を高くすることが可能なセラミック電解質を用いた全固体型蓄電池等の実用化が強く望まれている。近年、

全固体型蓄電池の実用化に向けた技術開発は世界的に広く行われているものの、より高い安全性が期待される酸化物系の全固体電池において、大面積で高性能なセラミック電解質基板を提供しているメーカーが殆ど存在しないことが技術開発や実用化研究の妨げの一つとなっている。また、全固体電池用のセラミック電解質は、低抵抗化のための緻密で薄い構造だけでなく、電極材料（活物質）と高比表面積での接合を実現することが望ましい。しかしながら、これを実現できるような電解質基板を提供している企業も少ない。本研究開発では、産総研が保有する技術シーズを民間企業へ技術移転し、次世代蓄電池用セラミック電解質基板の量産プロセス技術を開発することを目的とした。これにより、民間企業において、7 cm 角以上の面積を有する全固体型蓄電池用のセラミック電解質基板の量産化のための基礎技術を確立し、更に産総研にて表面を微構造化したセラミック電解質基板の製造技術を新たに開発した。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 次世代燃料電池、次世代蓄電池、セラミックス電解質、電気化学、エネルギー部材製造技術

〔研究題目〕 国立大学法人東京大学「ペロブスカイト系革新的低製造コスト太陽電池の研究開発（新素材と新構造による高性能化技術の開発）」のうち「界面制御技術」

〔研究代表者〕 近松 真之（太陽光発電研究センター）

〔研究担当者〕 近松 真之、村上 拓郎、カザウィ サイ、宮寺 哲彦、小野澤 伸子、舩木 敬、古郷 敦史、佐山 和弘、反保 衆志、鯉田 崇、西川 賢吾、西原 佳彦（常勤職員10名、他2名）

〔研究内容〕

有機無機ハイブリッド（ペロブスカイト）太陽電池は、ここ数年で急速な効率向上が見られ、塗布プロセスで作製可能なことから、低コスト次世代太陽電池として注目を集めている。本研究開発委託事業は革新的低コスト太陽電池の本命であるペロブスカイト太陽電池の実用化を目指すものであり、研究項目としては界面制御技術を担当する。ペロブスカイト太陽電池の積層材料界面に、界面修飾材料を導入し、材料界面における電荷再結合および直列抵抗成分を制御し、曲線因子（FF）を向上させることによる高効率化を目指す。

本年度は Cs, ホルムアミジニウム（FA）、メチルアンモニウム（MA）、Pb, I, Br 系ペロブスカイトを用いて、各材料界面の制御およびペロブスカイト層内部粒界の界面制御を行った。電子輸送層とペロブスカイト界面においてはポーラスチタニアに塩酸処理を施すことで中間目標の一つである短絡電流密度（ J_{sc} ）：23 mA/cm²以

上で FF: 0.75以上を得た。また、ペロブスカイト層をヨウ化メチルアンモニウム (MAI) 溶液で処理することで FF を向上させ効率19.3%を得ることができた。さらに、Br と I の組成比制御や臭化ホルムアミジニウム (FABr) 溶液に曝すことなどで高電圧化させ、開放電圧 (V_{oc}): 1.2 V 以上で FF: 0.75以上を得た。新規界面制御材料の開発では分子構造とセル性能との関係を探査し、ペロブスカイトとホール輸送層の界面へ新規材料を導入することでホール輸送層の膜厚を低減できる結果が得られた。また蒸着法でペロブスカイト層を積層させる新規システムを構築した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ペロブスカイト太陽電池、有機無機ハイブリッド太陽電池、界面制御、界面修飾材料

【研究 題 目】 高圧水素中における破壊靱性試験法の確立とデータベース化

【研究代表者】 飯島 高志 (創エネルギー研究部門)

【研究担当者】 飯島 高志、安 白、孫 正明、榎 浩利、阿部 孝行
(常勤職員4名、他1名)

【研究 内 容】

水素の影響を多少受ける材料を水素ステーション設備に利用した場合、従来の高圧ガス設備と等しい機能維持を図るためには、従来の材料評価に加えて K_{IH} (水素助長割れの限界応力拡大係数) を設計に利用する方法が有効であることが期待できる。そこで、汎用金属材料 (SUS304、SUS316、Cr-Mo 鋼、Ni-Cr-Mo 鋼など) などを対象として、高圧水素ガス中で破壊靱性試験を実施し、データベースを構築することで、高圧水素ガス関連機器において使用可能な鋼種を拡大し低コスト化を目指す。具体的には、115 MPa の水素ガス中で、荷重が漸増あるいは漸減する際のき裂進展メカニズムを明らかにし、水素ステーション用蓄圧器を設計する際に K_{IH} を用いることの有用性を評価する。

平成29年度は、引き続き蓄圧器の破断前漏洩 (LBB) 評価に関連し、高圧水素ガス中における各種市販材料 (低合金鋼、ステンレス鋼、アルミニウム合金等) の破壊靱性試験を、荷重増加法、定荷重法、定変位法を用いて実施し試験データを蓄積した。その結果、低合金鋼では115 MPa の水素ガス中室温において荷重増加法を用いて K_{IH} を求める試験が有効であることを見いだした。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 水素脆化、応力拡大係数、水素ステーション

【研究 題 目】 HFO-1123などを成分物質とする混合冷媒の音速の測定

【研究代表者】 狩野 祐也 (工学計測標準研究部門)

【研究担当者】 狩野 祐也、粥川 洋平、藤田 佳孝
(常勤職員3名)

【研究 内 容】

本研究では、地球温暖化係数 (GWP) の小さい新規冷媒として期待される HFO-1123 (トリフルオロエチレン) ならびにそれを成分物質とする混合冷媒について、気相域における音速を測定し、冷凍・空調サイクルの性能評価に必要な基礎的な熱力学性質を明らかにすることを目的とする。HFO-1123純冷媒および HFO-1123/HFC-32系混合冷媒を測定対象サンプルとして、円筒型音波共鳴式音速測定装置により気相域の音速を測定する。さらに、得られた音速データから理想気体状態の音速を求めることで、冷媒の熱力学状態方程式の開発に不可欠となる理想気体状態の定圧比熱を求める。

本年度は、HFO-1123/HFC-32の2成分系混合冷媒について、質量比40/60 mass%混合物の気相域における音速測定を実施した。音速測定には、産総研で開発した円筒型キャビティによる音波・電磁波共振測定装置を用い、温度303 K~333 K、圧力200 kPa~1000 kPa の範囲で、計18点の音速実測値が得られた。測定した音速データに基づき、当該プロジェクトで熱力学状態方程式の開発を担当している九州産業大学において HFO-1123/HFC-32の混合モデルが構築されるなど、新規冷媒の基礎的な熱力学性質の解明に貢献する成果が得られた。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 冷媒、物性、音速、密度、冷凍、空調

【研究 題 目】 「ホルモン受容体陽性乳がんにおける腫瘍内 heterogeneity の検討」に係る統計解析業務

【研究代表者】 鍵和田 晴美 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】 鍵和田 晴美 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

【概要】

乳がんの約70%であるホルモン受容体陽性乳がんは一般的に抗がん剤に耐性があるといわれているが、その耐性機序は不明である。その原因の一つに腫瘍内の heterogeneity (不均質) の関与が示唆されているが、詳細は不明である。

本研究は産総研で開発したプロテインアレイを用いて試料中のリン酸化活性を検出する測定系を臨床検体に適用した。ホルモン受容体陽性乳がん組織の持つリン酸化活性をアレイ上で直接計測し、疾患の要因に結びつくような細胞の異常活性を探索することを目的としている。

【背景】

生命の基本単位である細胞は、夥しいタンパク質の集団によって構成されている。タンパク質分子間のリン酸基の受渡しはリン酸化反応であり、細胞はこの反応によ

って、細胞内外からの刺激を分子間で情報として伝播することで目的を達成する。例えば情報伝播の目的地が核であれば核内の遺伝子発現を制御し、細胞の性質を変えて環境要因に対応する、といった具合である。

さらにリン酸化反応は多くの場合、渡し手（酵素）と受け手（基質）がある程度決まっている（特異的である）ため、試料中でどのタンパク質をリン酸化する活性があるのかを調べれば（すなわちアレイに懸濁液を反応させてアレイ上のどの分子にリン酸基がついたのかを調べれば）細胞内のシグナル伝達経路上でどの部分に活性があるのかを推測することができる。

【結果】

具体的には、シグナル伝達経路に関わる1000以上のタンパク質分子を搭載したガラスアレイに、研究受託を受けたがん組織の懸濁液を反応させて、アレイ上のどのタンパク質にどの程度リン酸化が施されたかを特異的抗体によって検出した。

また、測定結果について数理解析を行い、統計的に有意な結果の抽出や活性のあるパスウェイ候補の絞込みによって複数の有意な結果を得た。

本研究は他組織の臨床研究計画内の受託解析として行っており、得られた結果は依頼元に提供した。委託元での臨床データとの照合や解釈を通して、ホルモン受容体陽性乳がんの治療耐性の機序解明に貢献することが期待される。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】乳がん、heterogeneity、薬剤耐性、分子機序

【研究 題目】慢性腎臓病重症化予防のための多職種連携ビジュアルツールの開発

【研究代表者】根本 直（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】根本 直

【研究 内容】

腎臓病の治療効果の向上のために各種検査データ等の変化をわかりやすく視覚化し患者と医療チームの間で速やかに情報を共有し治療に反映させることが重要である。この目的に特化したデジタル端末機器を開発し、これを用いた診療スタイルのプロトタイプを確立し、腎臓病重症化予防のイノベーションの構築基盤とする。

慢性腎臓病患者に対して多職種連携による多面的な治療介入を行うことにより透析導入患者を効率的に減少させることが期待される。人工透析導入となると速やかに腎機能は損なわれ、透析の国費負担は非常に大きい。そのため保存期の治療効果の向上のためには各種検査データ等の変化をわかりやすく視覚化し、患者と医療チームの間で速やかに情報を共有し行動変容に結びつけ治療に反映させることが重要である。

そのために統計的パターン認識による物理化学的計測量の可視化方法であるメタボリック・プロファイリング

法の処理方法や提示方法を実績ある可視化法の一つとしてアプリケーションへ組み込み応用化研究を行なう。

可動するデモアプリケーションが提示できたと同時に、琉球大学医学部において NMR・メタボリック・プロファイリング法の有効性が認識され、アプリケーション開発とともに試験導入の検討が開始された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】統計的パターン認識、医療、慢性腎臓病、アプリケーション、メタボロミクス、代謝、NMR-MP

【研究 題目】新素材のカーボンナノチューブ（CNT）

複合材料を用いた可飽和吸収体（SA）
—光デバイスの開発

【研究代表者】吉川 佳広（電子光技術研究部門）

【研究担当者】吉川 佳広（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究は、沖縄科学技術イノベーションシステム構築事業において、琉球大学のグループを代表とする表記課題の分担研究である。その中で本分担研究では、CNTのポリマー溶液への分散とフィルム化、およびフィルム中における CNT の分散状態を原子間力顕微鏡（AFM）観察によって可視化することを目的とした。平成29年度は、まず、フィルム中における CNT の分散状態を AFM で観察するための事前検討を行った。オクタデシルアミンで修飾された単層 CNT を様々な濃度でポリマー溶液に超音波処理により分散させた。そして、スピんキャスト法により膜厚が約100 nm の薄膜を作製して、AFM 観察を行った。高さ像では CNT の形態を見いだすことは困難であったが、位相像においては CNT の存在個所を明確に見分けられることがわかった。次いで、CNT とポリマーの複合フィルム（厚さ：200～300 μm）の作製を行った。溶媒、溶液濃度、および分散するポリマーの種類などを種々検討することで、CNT とポリマーの複合フィルムを再現性よく調製できる条件を見いだした。さらに、作製した複合フィルムの内部構造を AFM で観察する方法の検討も開始した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】カーボンナノチューブ、原子間力顕微鏡

【研究 題目】宍道湖における水産資源再生に関わる地学的因子の解明

【研究代表者】山室 真澄（地質情報研究部門）

【研究担当者】山室 真澄（常勤職員1名）

【研究 内容】

宍道湖では、漁獲対象の二枚貝ヤマトシジミが貝殻を除いても底生動物全バイオマスの98 %近くを占め、その濾過能力によって水質浄化に寄与していることが、旧地質調査所が行った研究で明らかになっている。その宍

道湖では近年、ヤマトシジミの漁獲量が最盛期の10分の1以下に減少し、平行してアオコが頻発するようになった。本研究では宍道湖生態系の維持にも重要な機能を果たしているヤマトシジミ資源の減少原因を解明し、さらには再生するための方法を提示することを目的とした。

今年度は大橋川上流地点における塩分の連続観測データが得られている計算格子を境界位置として物理モデルの再現性を確保した上で、水質計算に島根県の第6期湖沼水質保全計画において構築された水底質結合生態系モデルを基本とし、塩分に起因する植物プランクトン種の交代と、植物プランクトン種交代の影響を受けたヤマトシジミの成長を考慮した生態系モデルを構築して計算を行った。その結果、シジミ資源が激減した2012年と、一転して増加した2013年の状況を再現することができた。このことにより宍道湖でのシジミ資源の増減は、塩分が産卵数など直接シジミの代謝に影響するのではなく、餌となる植物プランクトンの優占種が塩分によってラン藻と珪藻に交代することで引き起こされることが証明できた。シジミ資源対策としては、塩分が制御できるようにするか、今回作成したモデルを用いて、資源量の減少が予測される時はそれに見合った漁獲制限を行うことが有効であると考えられた。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】ヤマトシジミ、ラン藻、珪藻、シミュレーション、塩分

【研究 題 目】先進パワエレデバイスと時分割変調を活用したマイクロ波応用フロー化学装置の開発

【研究代表者】則包 恭央（電子光技術研究部門）

【研究担当者】則包 恭央、阿澄 玲子、小山 恵美子、杉山 順一、久保 利隆
（常勤職員5名、契約職員2名）

【研究 内 容】

先進パワエレデバイスと時分割変調を活用したマイクロ波フロー化学装置を開発し、医薬品用途での難合成等の短時間高効率合成の可能性を、エンドユーザーの参加を交えて実証し、研究開発効率の向上、生産プロセスでの環境にやさしく、エネルギー負荷の少ないプロセスへと展開し産業競争力向上に寄与する。本研究の最終目標は、パワエレデバイスと時分割変調パルスマイクロ波を用い、有機合成におけるエネルギー消費率を、連続発振方式に比べ、半分以下にするマイクロ波応用フロー化学装置を開発し、難合成といわれる合成が短時間高効率でできることを実証することに置く。その中で今年度は、パルスマイクロ波発振器を活用した新規合成技法等の開発として、(1) パルスマイクロ波応用発振器を用いた装置による合成実証試験を実施した。また、LD-MOS500W 活用パルスマイクロ波発振器の開発と性能実証研究として、(2) パルスマイクロ波応用発振器を

用いた装置の基本性能試験、および(3) パルスマイクロ波応用発振器を用いた装置による合成実証試験を実施した。さらに、パルスマイクロ波発振器を活用した新規合成技法等の開発として、(4) 極難合成の高速高効率合成、(5) 無極性溶媒を用いた基質への集中的マイクロ波吸収反応、および(6) 晶析・起晶工程・溶解への応用についての開発を実施した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】有機合成、マイクロ波、フロー化学

【研究 題 目】光生物学的安全性リスク評価のための実用計測技術および評価装置の開発

【研究代表者】薮 洋司（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】薮 洋司（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、光源製品の光生物学的安全性に係るリスク評価技術について、従来の測定方法における諸問題を解決すると共に、国際規格に合致し、かつ高い測定精度と実用性を兼ね備えた新しい評価技術の開発を目的としている。さらに、開発した評価技術に基づき、国際認証の場面で主に用いられている従来型のハイエンド評価装置と同程度の信頼性を有すると共に、コスト・操作性・拡張性に優れた実用評価装置を実現することを目的としている。

平成29年度は当該事業の最終年度であり、平成28年度に試作したプロトタイプのプロトタイプ補正パラメータの有効性の検証、および測定アルゴリズムの見直しなどの改良を行った。光生物学的安全性の評価における測定不確かさの評価方法について、国際照明委員会（CIE）での審議を通じた技術的検討を行ったほか、LED 投光器やキセノンランプ等の代表的な光源製品に対してリスク評価を行い、参照値との対比により、実用評価装置の測定結果の妥当性を検証した。リスク評価における測定距離と測定視野条件の関係（不均一性、サイズ効果等の影響）に関する定量評価を行い、従来法よりも高精度な評価方法を考案した。これら一連の成果により、実用評価装置の開発および評価を完了した。さらに、実用評価装置の完成度を高めるべく、簡易評価機能を組み込んだモジュール化のコンセプトを具体化すると共に、グレア評価等の付加機能の実装に関する検討を併せて行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】光生物学的安全性、放射測定、紫外放射、赤外放射、青色光網膜傷害、視野角

【研究 題 目】環境にやさしいローエミッション花火の製造技術の開発

【研究代表者】松永 猛裕（安全科学研究部門）

【研究担当者】松永 猛裕、岡田 賢、秋吉 美也子、藤原 英男、嶋田 明洋、Abe Yo
（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

日本の伝統文化として親しまれている花火だが、その環境への影響を問題視する声が近年高まってきている。花火大会で使用する打上花火では、固形ゴミ（燃焼残渣）は広範囲に飛散され、怪我・クレーム等も年々増えている。テーマパーク、演劇等における花火では、打ち上げ場所と観客が近い距離にある為、花火の燃焼時に発生するゴミの影響でやけど等の怪我、衣服等への汚れ、近隣設備への汚れなどが発生している。特に上を見上げることが多いため、飛散してきた固形ゴミが目に入ったという苦情が多い。しかし、テーマパークや演劇等のエンターテインメント業界にとってクレームは最も避けたいことである。

今年度は、結合剤として利用できる高機能化学物質を特定した。また、井上玩具煙火（株）に高機能化学物質の安全な利用方法を指導した。

硝酸カリウム用の結合剤として、新たにヒドロキシプロピルセルロース（HPC）を検討した。硝酸カリウムは酸化力（燃やす能力）が低いので、結合剤を多く使うと燃えなくなる。こういう視点で、固体ロケット推進薬用の末端水酸基ポリブタジエンは使えない。また、エチルセルロースは少量で結合できるが、現在、調査した範囲では十分な強度がでない。HPC を用いてプレス成形することでこれらの問題を解決できる可能性を見出した。

具体的な製品開発として、「エア・バースト」および「4 m コメット」を選んだ。これらは現状の花火製造者の技術では困難な製品である。試作品について、（株）山崎煙火製造所に評価して頂いた。また、導入先のテーマパークおよび室内ミュージカルにも試射を見て頂き、着実に実用化へ進めている。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 花火、ローエミッション、環境に優しい、粉体硬化、小型煙火、火薬

【研究題目】 アルミニウムを反応媒体とした SBH (Sodium Borohydride) の工業的製造技術開発と SBH 製造に伴う副生アルミナのアリミニウムへの再生および副生アルミナの品質制御条件の確立

【研究代表者】 松永 猛裕（安全科学研究部門）

【研究担当者】 松永 猛裕、岡田 賢、秋吉 美也子、薄葉 州、Abe Yo、加藤 和彦、山岡 貴子、柴田 強、杉本 まき子（常勤職員3名、他6名）

【研究内容】

本研究は（株）ハイドリックパワー・システムズ（以下、HPS）が発明し特許を保有する“アルミニウムを還元反応促進剤とした SBH（水素化ホウ素ナトリウム）生成法の基本技術”（特許第5839337）と日本軽金属（株）の保有する“国内唯一のアルミニウム製錬技

術”を融合させ、水素キャリアとしては比肩するものがない粉末 SBH を大量（再）生産できる技術を確立し、水素でガソリン並みのエネルギー価値の実現を目指すものである。本研究に成功すれば粉末 SBH の大量（再）生産が実現し、我が国が水素社会実現に向け抱える“水素の輸送・貯蔵”という喫緊の課題に解決策を与えられる可能性がある。

本年度は、様々な SBH 合成実験を安全に行えるよう、水素漏れ等の評価が行えるように検討を行った。SBH 合成試験については、引き続き産総研所有の耐圧反応装置ハイパーグラスターを用いた実験を繰り返した。当初、HPS の特許は100 MPa、800 °Cという特殊環境であったので、それよりも低圧、低温下では収率が悪くなると考えていたが、予想に反して広い範囲で一定の収率で SBH が合成できることを確認した。そこで、種々の攪拌方法および水素の供給方法で SBH 合成を試みた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 水素貯蔵合金、SBH、水素社会、爆発防止、安全性評価、テルミット反応、メカノケミストリ

【研究題目】 最先端遺伝子情報解析技術の活用による環境保全・地域資源循環型の有機農産物安定生産システムの開発

【研究代表者】 羽部 浩（環境管理研究部門）

【研究担当者】 羽部 浩、佐藤 由也、堀 知行、稲葉 知大、柳澤 真紀（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

近年、環境保全の重要性がますます高まっており、我が国では環境保全型農業が一政策として推進されている。本研究ではこのような背景のもと、有機性廃棄物を原料に用い、微生物活性を利用する画期的な有機液肥製造装置の開発を進めている。昨年までには試作機の高解像度微生物解析を行い、液肥化反応のメカニズムおよびプロセスの安定性維持において鍵となる微生物の解明に成功した。本年度は本液肥製造装置を実用規模にスケールアップし、その液肥製造性能と鍵微生物の経時変化を観察した。昨年度から蓄積してきた物理化学的パラメーターと微生物解析データを統合して検討した結果、鍵微生物の存在量を制御し得る運転条件を見出し、液肥製造性能を安定的に維持することに成功した。これにより、本研究で解明した液肥化反応メカニズムが普遍的に適用可能であること、さらには本装置が実用規模でも安定的に機能することが示された。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 環境保全型農業、廃棄物利用、有機液肥、バイオリアクター

【研究題目】 超高性能多層膜光学フィルタの開発

〔研究代表者〕 桑原 正史（電子光技術研究部門）
 〔研究担当者〕 桑原 正史、福田 隆史、斉藤 央
 （常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

目標：

光学濃度（Optical Density:OD）10以上を測定可能とする高性能分光光度計の開発、研究計画：H27年度からプロジェクトが始まり、H29年度で終了。光学フィルターおよび分光光度計の開発

年度進捗状況：

企業との共同プロジェクトで、企業側がフィルターの開発、産総研側は分光光度計の開発という役割を担った。本装置の特徴は、2つの検出器、分離型ダブルモノクロメーター、平行な入射光であることである。検出器は、ロックイン検出と光子数検出となっており、比較的強い光の場合はロックイン検出、極微弱光では光子数検出を使い分ける。分離型ダブルモノクロメーターと平行な入射光は、迷光を減らすための工夫である。迷光は、測定結果に大きく影響するため、対策を施した。開発した装置は、光子数検出でOD13の測定が可能である事がわかり、これは白色光を用いた分光光度計では最高レベルの性能となった。また、同一試料を用いて、市販の装置と測定結果の比較を行った。その結果、市販装置では迷光の影響が大きく、試料自体の特性を測定できないことがわかった。開発した装置の正確な評価として、水溶液の標準試料を用いて測定を行い、測定値が信頼に足るものとわかった。また、試料や装置の標準化を目指し、各組織との連携を探った。今後は、検出器の一本化により低価格、小型化を目指す。また、標準試料の作製、測定や試料の標準化を検討し、高精度で光信頼性のある透過光測定を目指す。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 光学濃度、透過率、分光光度計、誘電体多層膜フィルター

〔研究題目〕 次世代超薄板ガラスのインライン検査を可能とする超高速複屈折計測装置の開発

〔研究代表者〕 穀山 渉（工学計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 穀山 渉、野里 英明、服部 浩一郎
 （常勤職員3名）

〔研究内容〕

本研究は、最先端ディスプレイ技術に使われる超薄板ガラスの生産工程を革新し、国内ガラス産業のさらなる生産性の向上や高付加価値化に役立つものである。静岡県先端企業育成プロジェクト推進事業の一環として実施されている。

超薄板ガラスの製造工程における重要な品質管理項目に「残留歪み」があり、複屈折計測装置により光学的に計測されている。よって、極めて小さい残留歪みをインラインで実時間に検査する複屈折計測装置がガラスメー

カから強く要望されている。そこで本研究では、複屈折計測装置の心臓部である「位相計」に産総研の特許技術を導入することで、高い精度を保ちつつ従来比10倍以上の超高速計測を可能とし、世界トップ性能の次世代ガラス検査装置としての製品化を目指す。

本年度は、その第3年度（最終年度）として、実施計画書に従い、研究項目「開発した技術を統合し、製品化に必要な技術開発を完了する」を実施した。具体的には、開発した位相計をより製品に近い形で性能評価し、得られたデータを踏まえ、レーザ干渉計および位相計の総合性能の調整・改良を行った。その結果、本年度の目標（ビート周波数 10 MHz 以上において、位相計測分解能 0.1 度 以下、かつ計測速度0.05秒以下/測定点）を超える性能（ビート周波数 80 MHz、位相計測分解能 0.05 度、計測速度 0.02秒/測定点）を確認した。これにより、検査装置メーカーにおける製品化へ向けた技術的見通しがたった。本委託研究によって開発された技術は、次年度以降に実際に製品に搭載される予定である。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 複屈折、ヘテロダイン干渉計、位相計

〔研究題目〕 光インターコネクタモジュール用光ナノインプリント装置の開発

〔研究代表者〕 廣島 洋（集積マイクロシステム研究センター）

〔研究担当者〕 廣島 洋、高木 秀樹、尹 成圓、鈴木 健太、天野 建（常勤職員5名）

〔研究内容〕

データセンターのサーバー等の大容量データを高速処理する需要拡大により、電気配線に替わる光インターコネクタモジュール（光配線基板）の必要性が高まっている。本事業では、3年間の全体目標において、大型基板上に高精度に多様な3次元光学構造体を一括形成できる光ナノインプリント装置を開発し、従来にない低コストの光配線基板の製造の実現を目指す。産総研の独自技術である凝縮性ガス導入機構、産総研と民間企業が共同で開発経験のある基板裏面からのソフトパッドによる低加圧機構をベースに開発し、8インチの大型基板対応の低加圧で均一なインプリント動作制御が可能な装置を作製する。本年度は新規開発の光ナノインプリント装置の8インチ全域で転写試験を行い、転写成功率、膜厚分布、アライメント精度に関して評価した。転写成功率では、凝縮性ガスの濃度の最適化と転写パターン表面白濁化の改善を行うことで、転写成功率は99%の数値を得た。膜厚分布の標準偏差/平均は1.62%であり、目標である膜厚分布5%以内を達成した。アライメントの精度の評価では、液中アライメント方式により2回のナノインプリントパターン重なりを評価し、モールド基準でX方向+170 nm、Y方向-170 nm が得られ、目標値であるアライメント精度200 nm 以下を達成することに

成功した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 光ナノインプリント、光インターコネク
ト光配線、UV 硬化樹脂、インクジェ
ット、データセンター

〔研究題目〕 高画質で小型軽量の卓上 X 線3D スキャ
ナの開発

〔研究代表者〕 加藤 英俊（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 加藤 英俊、鈴木 良一
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

X 線源と X 線検出器の両方がバッテリーで駆動可能な、産総研で開発した小型軽量の非破壊検査用 X 線源と共同研究先で開発した高感度高精細な半導体 X 線イメージャを組み合わせて、従来装置と比較して小型で卓上設置が可能な X 線3D スキャナを試作開発することを目的とし、本研究開発においては、金属を含んだ産業製品の X 線イメージを撮影可能とするための管電圧200 kV への高エネルギー化、及び、スキャナ本体の小型軽量化を可能にするための X 線源軽量化を行ってきた。また、3D スキャナでは、1周360度の全方向の画像を撮らなければならないため、検査スループットを上げるにはデュエティの高い X 線の開発を行ってきた。

本年度は針葉樹型カーボンナノ構造体電子源を用いた X 線管の安全性を高めるため、陽極の構造を改良して不要な X 線をできるだけ外に漏洩しないようにした X 線管を設計・製作した。この X 線管を樹脂モールドして X 線源を試作し、目標であるデュエティ3 %以上の連続駆動が可能であることを確認した。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 カーボンナノ構造体、X 線源、非破壊検査、X 線 CT 装置

〔研究題目〕 平成29年度先端企業育成プロジェクト推
進事業「国産技術による高齢者大腿骨骨
折治療用インプラントの製品化」

〔研究代表者〕 岡崎 義光（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 岡崎 義光、有田 千成子
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本事業は、輸入依存度の減少および国内企業の新規参入を目指して、国産技術による高齢者大腿骨骨折治療用インプラントの製品化を目的として実施するものである。このうち、今年度については、日本人の骨格構造に近い既承認品システムを購入し耐久性試験を行った結果、500万回の耐久性は2700 N であった。さらに、室温引張り試験及び 10^7 回までの疲労試験を実施した結果、0.2 %耐力：940 MPa、引張り強さ：1000 MPa、破断伸び：16 %、絞り：50 %、 10^7 回疲労強度：650 MPa 近

傍であった。これらの結果により、型鍛造成形の目標値を取得できた。荒鍛造システムの解析では、ホワイトバンド(鍛流線)が出ない条件での型鍛造が重要となることがわかった。鍛流線の影響をできるだけ小さくするためには、鍛錬比 = (材料投入断面積) / (ステム断面積) の値を1.5以下の丸棒径とすることが、小サイズのステムでの耐久性向上には必要と考えられた。投入材料の形状を単純な丸棒形状ではなく、丸棒の形状を円錐形状に加工する方法が必要と考えられた。また、鍛造シミュレーション技術を活用して、ばりの量、鍛錬比等を制御することが、有用となることがわかった。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 整形外科、インプラント、高温型成形技術、性能評価

〔研究題目〕 医療器具用消毒剤の最適管理システムの
開発

〔研究代表者〕 愛澤 秀信（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 愛澤 秀信、野田 和俊、牧野 雅
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

内視鏡は、胃や大腸などの消化器官を直接観察できることから、消化器官内の炎症やガンなどの疾病の早期発見のための検査や各疾病の経過観察で使用頻度が増加している。この内視鏡検査を安全かつ迅速に行うためには、洗浄・消毒処理を短時間で確実にに行わなければならない。使用後の内視鏡は、水洗浄の後、0.55 %のフタルアルデヒドを含む水溶液で消毒処理を行う。この消毒剤の有効濃度は0.3 %以上とされており、その濃度管理は紫外域波長の吸光度変化によって行っている。吸光度変化は、消毒液の濃度の他に温度にも依存するため、濃度管理には消毒液の温度も管理しなければならない。本研究では、短時間で消毒剤濃度を測定できる新規濃度測定法を確立および迅速な消毒剤濃度測定器の開発を目的として、濃度0.2~0.55 %の消毒剤を温度15~35 °Cで変化させたときの各紫外域波長の吸光度変化の温度依存性を調べた。消毒剤の吸光度変化は、濃度0.20~0.55 %の消毒剤が紫外域波長320 nm、340 nm、365 nm、370 nm の全てにおいて温度依存性を示し、1 °Cあたり3 %変動することが分かった。この変動は、温度係数と補正式を用いることで補正可能である。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 内視鏡、殺菌、消毒剤、濃度管理、吸光度

〔研究題目〕 無電解めっきによるカーボン/金属複合
体製造プロセス技術の開発

〔研究代表者〕 堀内 伸（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕 堀内 伸、島田 悟、中尾 幸道、
李 成竺（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

炭素繊維強化複合材料（CFRP）やカーボンナノチューブ（CNT）／樹脂複合材等に代表されるカーボン繊維複合材は炭素繊維と樹脂との複合材料で、軽量性や高い強度、放熱性を有する優れた材料である。しかしながら、カーボン繊維複合材は金属と比較すると導電性が低いため、構造材料としての応用では、落雷等で大電流が流れたときに構造が大きく損傷する恐れがある。本研究開発では、カーボン繊維複合材料表面に金属皮膜を形成した“カーボン／金属ナノ複合体”製造プロセス技術の開発を目的としている。カーボン繊維複合材は機械的特性に優れた新素材で、様々な分野の発展に欠かすことが出来ない材料であるが、導電性の低さに由来する大電流に対する弱さが課題となっている。さらに、本技術はパターンニング技術等との組み合わせにより、カーボン繊維複合材上へのアンテナ形成や配線形成等の新しい市場を開拓する技術になると予想される。

【領域名】材料・化学

【キーワード】カーボン、めっき、耐雷性

【研究題目】埼玉県産学連携研究開発プロジェクト補助金「超音波治療用モジュール化トランスデューサーの開発」

【研究代表者】葭仲 潔（健康工学研究部門）

【研究担当者】葭仲 潔、小関 義彦、永田 可彦、新田 尚隆、鷲尾 利克、高木 亮、竹内 秀樹、大谷 修司、佐々木 明（健康工学研究部門）、小泉 憲裕（電気通信大学）、東 隆、高木 周（以上、東京大学）、沖田 浩平（日本大学）、和田 哲郎（筑波大学）、山内 康司（東洋大学）、牛田 享弘（愛知医科大学）、川崎 元敬（高知大学）（常勤職員6名、他11名）

【研究内容】

本研究の目的は、最終的な医療機器開発に向けた着実な助走として、理化学機器としての超音波治療機器の研究開発を目標とする。超音波治療は非切開治療、疼痛緩和治療、薬剤充進効果、Blood Brain Barrierを透過させる効果、美容、骨折治癒促進、遺伝子治療、物理エネルギーと薬剤との併用による効果発現・効果増強など、様々な効果が期待されている。しかしながらその作用機序は未だ不明な点が多く、この分野における基礎研究、基礎臨床研究が進んでいない事が大きな問題となっている。その理由の一つに、簡便に使用できるパッケージングされた理化学機器としての超音波照射機器が存在しない事が挙げられる。個々のトランスデューサーやアンプなど個別の機器や特注された品物は世の中に存在するが、

高出力が可能なパッケージングされた理化学機器はほとんど存在しない。これが、医師による臨床前研究や基礎研究を開始するハードルを非常に高くしており、この分野の発展を妨げている。本申請で研究開発する超音波治療用モジュール化トランスデューサーはこの問題を解決する方策の一つであり、誰もが簡単に入手でき、簡便に扱える治療用超音波照射機器パッケージングツールの研究開発・提供を目指す。これにより、基礎・臨床研究が加速され、新しい革新的な医療機器の実現、さらにはその先にある家庭用治療機器への橋渡しを行うための強力なツールとなる。

本年度は、超音波振動子の実機試作、アンプ回路ならびに新規位相制御システムの仕様策定、並びに関連シミュレーション部分の検討を行った。

【領域名】生命工学

【キーワード】超音波診断・治療、集束超音波、超音波振動子

【研究題目】極微量物質の計測が可能なナノカーボン薄膜電極・計測機器の開発

【研究代表者】加藤 大（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】加藤 大、栗田 僚二（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

生体分子や環境物質などの簡便、安価な検出法として期待されている電気化学検出法において、①従来電極では検出が困難な物質の検出（測定対象の多様化）や、検出限界の向上（高性能化）が期待でき、②希少・高価な貴金属を使用せず、印刷カーボン電極を用いた既存の低性能バイオセンサ／チップを代替できる（低コスト＋高品質）、「高性能なナノカーボン薄膜電極」の開発を量産可能な方法で実現する。生体・環境分析に用いる高速液体クロマトグラフィやストリッピングボルタンメトリー等の検出器に用いる電極部材を開発し、さらには本電極を搭載可能なポータブル計測機器システムの開発へと展開する。

産総研では、疎水化ナノカーボン作製のため、フッ素化ナノカーボン電極の開発とこれを用いた脂溶性ビタミン E の計測性能の評価を行った。測定溶液中に妨害物となる親水性ビタミン C が混在していてもビタミン E のみを高選択的に再現よく定量することに成功した。また、ドライプロセスによる親水化ナノカーボンの作製を検討した。表面処理における表面特性の変化を表面処理時間とカーボン組成の観点から評価した結果、酸素の導入効率もフッ素化と同様にナノカーボン中の sp^3 成分に依存することがわかった。本電極の核酸塩基（5-hmC）に対する電極応答性を検討したところ、未処理の電極と比して電極活性が向上する効果に加え、測定安定性が向上する現象も見出した。機器開発については、食品・環境分析用機器を構成する各要素技術（ポンプ・

バルブユニット制御によるマイクロ流体制御システム、プロセスの実施画面・実行ソフトウェア、フローセル、外観など)を完成させ、これらを搭載した試作機を完成させた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】 ナノカーボン薄膜電極、電気化学測定デバイス、生体物質、食品物質、環境物質

【研究 題 目】未利用熱発電のための高耐久型熱発電モジュールの開発

【研究代表者】天谷 康孝(物理計測標準研究部門)

【研究担当者】天谷 康孝、島崎 毅、坂本 憲彦、大川 颯次郎、藤木 弘之(常勤職員5名)

【研究 内 容】

近年、新たなエネルギー源として、自動車や工場からの廃熱(未利用熱)を利用した熱発電が注目されている。本研究課題では、モノのインターネット(IoT: Internet of Things)社会の実現に不可欠な自立型センサへの電源供給を目標に、効率良く発電でき、様々な未利用熱源に適用可能な熱電モジュールを開発する。

平成29年度は、昨年度、遷移金属をドーピングすることにより、発電特性を従来比1.5倍に向上させた素材をフレキシブルプリント基板へ実装し、熱電モジュールを完成させることを目標とする。HIP法(熱間等方加圧法)を用い、以前よりも安価に大量生産できる材料製造プロセスを確立した。さらに、この熱電素子を表面実装技術によりフレキシブルプリント基板に高速高密度に実装し、熱電モジュールを試作した。発電性能を評価すると発電出力90 mW/cm²と高い発電性能を示した。さらに、1000回以上の曲げ試験に対しても試作した熱電モジュールの発電出力の変化率は1%以下であった。量産性に優れた熱電モジュールの高い発電出力を実証できたことは、製品化に向けた大きな前進であった。以上、高出力フレキシブル熱電モジュールの開発に成功した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】未利用熱、IoT、無線センサ電源、熱電変換発電、熱電材料、熱電モジュール

【研究 題 目】埼玉県産学連携研究開発プロジェクト補助金「シリコーンゴム(PDMS)親水性化表面修飾法の開発」

【研究代表者】黒澤 茂(健康工学研究部門)

【研究担当者】黒澤 茂、田中 睦生、平田 芳樹、澤口 隆博(常勤職員4名)

【研究 内 容】

本研究では、表面改質したシリコーンゴム表面にツビッターイオン性高分子が吸着されて親水性になるという知見を基に、医療をはじめとした多分野での使用を視野に入れた基盤材料開発に資する技術、シリコーンゴムの

親水性化表面修飾法を開発する。本研究において確立する技術を用い、本研究期間中にシリコーンゴムを用いた細胞培養器具及び、マイクロ流路の製品化を目指す。

今年度は、①シリコーンゴム親水性化表面修飾法の確立、②薬機申請に向けた新規表面修飾材料の開発に着手した。それぞれの進捗状況は、①シリコーンゴムの表面修飾には高分子材料が適しているという知見に基づき、様々な親水性化表面修飾高分子材料の合成を実施した。モノマーの分子設計では、親水性化と共にタンパク質の非特異吸着に対する抑制効果があるメタクリルアミド誘導体を採用した。合成した高分子材料を比較検討した結果、ツビッターイオン性高分子がプラズマや紫外線で表面改質したシリコーンゴム表面に吸着して親水性を付与することを見いだした。ツビッターイオン性高分子の中では、スルホベタイン高分子材料が優れた親水性化機能を持つことが明らかになった。高分子の構造と親水性化機能の相関を検討した結果、分子量が大きく、分子量分布が狭い高分子材料が本課題の目的に適することが明らかになった。

②修飾基板表面と反応して共有結合を形成する表面修飾材料は、通常のコーティングとは異なり基板から剥離しないことが知られている。表面修飾材料が基板から剥離する場合、細胞に取り込まれて毒性を示すことがあり得ることから、表面修飾材料に共有結合形成機能を導入することは、薬機申請に向けて有効な手法と考えられる。新規表面修飾材料として、光反応性官能基であるフェニルアジドを導入したスルホベタイン共重合高分子材料を合成し、その共有結合形成による安定化を検討したところ、基板から剥離しにくくなることを確認できた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】シリコーンゴム、ツビッターイオン性高分子、親水性化、表面修飾法

【研究 題 目】高効率カークレイモデル高精度加工ロボットの開発

【研究代表者】佐藤 理(工学計測標準研究部門)

【研究担当者】佐藤 理、阿部 誠、松崎 和也、高辻 利之、檜野 良穂(地域連携推進部)(常勤職員4名、他1名)

【研究 内 容】

本事業ではロボット技術を応用し、クレイモデル製作の自動化、高速化、低コスト化を実現するコンパクトな専用加工機を中核とするシステムを開発する。

加工ロボットの中核である閉鎖型筐体加工機は基本設計案が確定し、設計作業を完了した。仕様が確定した部分から順次、部品調達を進め、クレイモデル加工ロボットの試作を進めている。制御ソフトウェアについても仕様確定し、ソフトウェア実装に着手した。

加工モニタリングシステムは、使用する画像距離センサを調達し、基本性能の確認と適切なセンサ配置レイア

ウトの検討を進めている。たわみ誤差補正システムの開発は、確定した閉鎖型筐体加工機の設計を反映した運動学モデルが完成した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕ロボットキャリブレーション、高精度加工、オートメーション

〔研究題目〕ウイルスワクチンを安心安全に生産するための先端遺伝子工学技術の開発

〔研究代表者〕川崎 一則

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕川崎 一則、川崎 隆史、白井 薫

(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

平成29年度沖縄感染症研究拠点形成事業(創薬分野)の研究課題において、ウイルスワクチンの構造・物性の解析と評価を担当した。代表機関の生物資源研究所ではエリ蚕の蛹に H5型インフルエンザ・ヘマグルチニン抗原タンパク質の人工遺伝子を導入して、同タンパク質の効率的な生産に成功した。このワクチン試作品の微細構造を電子顕微鏡によって観察し、直径が100 nm 程度の膜小胞と、表面に密に並んだヘマグルチニン・タンパク質に特徴的なスパイク構造を確認し、ウイルス様粒子(virus-like particles, VLP)が構築されていることを実証した。

また、ワクチン試作品の精製度向上のために用いる方法を、二つのアプローチから検討した。一つ目は中空糸フィルターのタンジェンシャル・フロー・フィルトレーション(TFF)である。電子顕微鏡観察で得ていたVLPの形状に関する知見から、最適なTFFの仕様と操作条件を判断し、代表機関での精製プロセスへの提案を行った。二つ目はフェツイン・アガロースを用いた糖鎖結合法である。フェツインの仲介のもとでヘマグルチニンVLPをビーズに結合させて、結合しない不純物は除去した後、ノイラミニダーゼ処理で糖鎖を破壊してVLPを回収するプロトコルを考案した。いずれの方法においても、得られたワクチン試作品の電子顕微鏡観察では、従来は混在していた10 nm程度の微小な顆粒が取り除かれ、精製画分には主としてVLPのみが観察された。中空糸フィルターによるTFF法、およびフェツイン・アガロースを用いた糖鎖結合法は、本課題のVLPを精製する手法として有効であることが明らかになった。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕ウイルス、ワクチン、抗原タンパク質、タンパク質精製、電子顕微鏡

〔研究題目〕おきなわ型グリーンマテリアル生産技術の開発(用途開発研究)

〔研究代表者〕中山 敦好

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕中山 敦好、川崎 典起、山野 尚子、上垣 浩一、常盤 豊、大嶋 真紀、伊田 小百合(常勤職員4名、他3名)

〔研究内容〕

バイオマス由来の3HBの材料化を目的として、ウレタン系ポリマーとR-3HBコポリマーの開発を進めるとともに、研究成果を国際会議や学会、展示会などにて内外に発信する。

ウレタン系ポリマーの開発に関しては、R-3HBセグメントとして光学純度の異なるR-3HBオリゴマーを合成した。PHBデポリメラーゼによる生分解性はR体純度の高いもので良好な値を示し、R-3HB純度が90%以下では急速に低下した。同セグメントは再沈殿により分別し、分子量2000から7000程度のP3HBを得た。HDIによりウレタン化したフィルム化には分子量が足りないため、高分子量化について検討している。

R-3HBコポリマーの開発は、2つの手法で検討しており、まず開環重合のためのL-乳酸とR-3HBとを含む環状モノマーの合成を行った。L-乳酸/R-3HBの仕込み組成を75/25、50/50、25/75について行い、生成物の分析を行った。それらの重合能については検討を進めている。縮合法によるL-乳酸/R-3HBコポリマーの合成では、ランダムタイプ及びブロックタイプのコポリマーを作り分け、その組成比及び構造をNMRにて確認した。コポリマーは分子量5000から20000程度で、熱分析測定からランダムタイプとブロックタイプとでTmに違いが認められた。

P3HBの海水生分解性に関しては、沖縄周辺の沿岸部海水として、中城湾、那覇港、久米島の海水で調べたところ、那覇港の海水がもっとも分解が速く、久米島の表層海水が遅かった。海洋深層水(久米島)でのラボレベルの試験では採水箇所の表層水と比して生分解性活性が高かった。

最終年度は中分子量のR3HB重合体及びR3HB/乳酸共重合体の実用レベルの物性を有するウレタン材料の合成を目指す。そのためにソフトセグメント、ジイソシアネートの検討も行う。得られたポリマーの熱的性質、強度物性を調べる。また、各種形状のこれらの材料の生分解性について確認する。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕生分解、バイオマス、バイオポリマー、3HB

〔研究題目〕抗カビ活性酵素の安定性強化のための分子デザインおよび酵素機能解析

〔研究代表者〕石川 一彦

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕石川 一彦、久保田 智巳

(常勤職員2名)

〔研究内容〕

カビ細胞壁のみを特異的に破壊することができる抗カビ剤はヒトに対する悪影響はなく、原理的には耐性菌出現の可能性も極めて低いと考えられる。そこで、安全で有効な抗カビ剤への応用利用を目的として、ヒトに対して無害な植物由来のキチン分解酵素（植物キチナーゼ）に注目した。植物キチナーゼは、カビの細胞壁成分であるキチンを分解することによってその生育を抑制する生体防御タンパク質の1つである。多種多様な構造を有するキチナーゼの抗カビ活性を比較することで、抗カビ活性の発揮に必要な構造について多くの知見が得られている。本酵素を産業利用するためには、高活性酵素の探索と酵素の安定性改良が重要ファクターである。

本年度、ある種の植物キチナーゼがカビの細胞壁に特異的に作用し、微生物由来キチナーゼに比べて極めて強い抗カビ活性を示すことを発見した。さらに、酵素の耐熱性向上を目指し、本酵素の結晶構造解析を実施、高分解能において結晶構造解析に成功、モデル構築に成功した。さらに、本データを用いて本酵素の耐熱性にかかわる部位を解析し、耐熱化デザインのための基本情報の入手にも成功した。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 タンパク質工学、酵素、医薬品、植物

〔研究題目〕 平成29年度再生医療産業活性化推進事業

〔研究代表者〕 伊藤 弓弦（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕 伊藤 弓弦、回瀬 修治
（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

採取しやすさ・研究情報の蓄積などの理由から、再生医療で用いる細胞として脂肪幹細胞は有力なソースの一つといえる。しかしながら脂肪幹細胞に期待される「増殖能」「分化能」「遊走能」「抗炎症能」といった有用な性能は、検体ごとに大きくばらつくことが知られており、治療効果が安定しないという問題がある。その原因として、ドナーの違いのみならず、採取部位・採取方法・培養方法・凍結保存方法の違い等の要因が影響すると考えられている。それらの要因を十分に考慮しながら、最適な状態で脂肪幹細胞をストックする技術基盤の構築を目指した。一方で、脂肪幹細胞の品質を的確に評価し、取捨選択することで脂肪幹細胞ストックの質を向上すること、治療／研究の現場へ最適な脂肪幹細胞を提供するシステムを確立することも重要である。そこで、ストックした脂肪幹細胞の品質を評価する技術の開発を行った。DNA マイクロアレイを用いてストックされた脂肪幹細胞の増殖能、分化能などの治療実効性と高い相関性を示す遺伝子群を抽出した。また、これまでに報告のある間葉系幹細胞マーカー、未分化マーカー等について比較検証し、治療用細胞の評価項目としての適性を評価した。次にそれぞれの遺伝子に対する特異的プライマーを作製

して、定量 PCR 法で DNA マイクロアレイの結果を検証した。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 再生医療、脂肪幹細胞、ストック、品質管理、分化能、増殖能

〔研究題目〕 水素可視化シートの低コスト製造技術の開発と高機能化

〔研究代表者〕 山田 保誠（構造材料研究部門）

〔研究担当者〕 山田 保誠、吉村 和記、西澤 かおり、胡 致維（常勤職員4名）

〔研究内容〕

調光ミラーを用いた水素可視化シートが実用化されてきており、企業から更なる特性向上が求められている。本研究では、水素化したら、脱水素化し難いもしくは水素化した場所の履歴（水素の漏れた場所の履歴）が残る可視化シート、逆に非常に速く脱水素化する可視化シート、鏡状態でない可視化シートの開発を目標に研究開発を行う。

平成29年度は、そのうち、水素化・脱水素化速度が調光ミラーシートより速い可視化シートとして、安価に作製することを目指し化学溶液法を用いた Pt-WO₃ ガスクロミック調光膜を開発した。良好なスイッチング特性を有する調光膜には通常熱処理を行わなければならないが、本研究では100℃以下の低温で作製することに成功した。そのため、耐熱性の低いプラスチック基板への適用も可能である。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 水素可視化シート、WO₃系調光膜、低温作製

〔研究題目〕 寒冷地用アルコール飲酒検知センサユニットの開発

〔研究代表者〕 赤松 貴文（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕 赤松 貴文、伊藤 敏雄、申 ウソク
（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

医療機関において外来患者の呼気アルコール濃度を診療室においてその場でモニタリングできるように、検知器を立ち上げてからのセンサ安定時間が短く、計測が迅速にできる小型のアルコール検知ユニットを開発する。パルク応答型の酸化半導体を用いて口臭成分などに応答しにくい半導体式ガスセンサを開発し、使用前の口内洗浄を必要としないアルコールガス検知機への搭載を目指した。段階的なガスセンサの小型化を実施し、3×3 mm の基板サイズまで小型化して消費電力を約7割削減した。この大きさで、通常時から飲酒時の呼気アルコールガス濃度（25～249 ppm）でガスセンサが応答することを確認した。また、25, 75, 249 ppm の湿潤アルコールガスとセンサ応答に良好な直線関係があることを確

認し、センサ応答からガス濃度の計測が可能であることを明らかにした。検知機を立ち上げてからのセンサ安定時間を短くするため、センサの裏面ヒータ加熱パターンの最適化に着手し、センサ安定時間と計測時間併せて50秒でガス濃度検知できる可能性を見出した。この過程で、ガスセンサの応答ばらつきなどの今後解決すべき種々の問題が明らかになり、次年度の当技術の課題として抽出した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ガスセンサ、アルコール、酸化物

【研究 題 目】高い信頼性と骨固着力を有するジルコニア人工関節実現のための新しい表面修飾技術

【研究代表者】屋代 英彦（電子光技術研究部門）

【研究担当者】欠端 雅之、梅林 信弘、六崎 裕高
（茨城県立医療大学）
（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

ジルコニア母材とした人工関節等の医療機器開発を目標にしている。骨伝導性のないジルコニアをセメントレスで骨固着を実現すべく、フェムト秒レーザー照射による表面のナノ周期構造形成とパルスレーザーアブレーションを利用した骨伝導物質である CaP 成膜を行い生体内での骨固着を実証してきた。より強固、早期の骨固着実現のためにリン酸カルシウムの組成、結晶性、緻密性に注目して成膜の制御技術の構築を本研究では行っている。

昨年度において100 %比率のハイドロキシアパタイト化が実現できない原因として基板温度（500℃）とアブレーション粒子の粒度分布が影響すると考え、水蒸気圧力に対するアブレーションブルーム膨張を時間分解分光、可視化から調べた。ブルーム中の最小粒子である原子、イオン等は成膜時の水蒸気圧力で強く制動を受け、最大粒子である μm サイズの液滴は YAG レーザー（波長532 nm）をプローブ光とした可視化から影響がないことが確かめられた。完全ハイドロキシアパタイト化ができなかった理由は付着粒子が周辺から中心へ加水分解で進むため、小型粒子だけで成膜した結果では完全に高結晶性ハイドロキシアパタイト成膜が実証された。現在、効率よくアブレーション粒子の小型化を実現すべくレーザー波長の短波長化を進め、YAG レーザー第5高調波（波長213 nm）への短波長化システムの構築を行った。また、最終的に生体内で骨固着を確認すべく $2.4 \times 2.4 \times 21 \text{ mm}$ のインプラント用試料全面に成膜する装置に照射系を改良し、組成、結晶性、緻密性の違いのサンプルを作成し今年度の生体実験に生かす予定である。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】レーザープロセス、骨伝導、生体インプラント、ハイドロキシアパタイト

【研究 題 目】平成29年度医療研究開発推進事業費補助金（橋渡し研究戦略的推進プログラム）
「オープンイノベーションの推進により世界のつくばから医療の未来を加速開拓する事業」シーズ C「高齢者の粗鬆症骨にも対応可能な整形外科インプラントの開発ーコンビネーション医療機器：アパタイト FGF-2コーティングデバイスー」

【研究代表者】伊藤 敦夫（健康工学研究部門）

【研究担当者】伊藤 敦夫、十河 友、安永 菜由
（常勤職員3名）

【研究 内 容】

脊椎側弯症、骨粗鬆症性椎体骨折、腰部脊柱管狭窄症、脊椎すべり症等の脊椎変性症は腰痛および歩行障害を生じ、高齢者の ADL/QOL を著しく低下させている。これら脊椎変性症に対して、チタン金属製インプラントによる矯正手術が行われてきたが、その最大の問題点は固定に用いる椎弓根スクリューの術後のゆるみであり、10-45 %の患者に発生し、再手術や長期入院の原因となっている。ゆるみの要因は、スクリューと骨との親和性の問題と骨粗鬆症を起こしている骨自身の問題である。これらの問題を解決すべく、椎弓根スクリューに骨のミネラルのアパタイトと、組織再生促進のための線維芽細胞成長因子-2 (FGF-2) をコーティングした薬物コンビネーション医療機器である、アパタイト FGF-2-コーティング椎弓根スクリューを開発する。

具体的には、医師主導治験に向けてアパタイト FGF-2-コーティング椎弓根スクリューの製造法と品質管理法を確立するために、バイオアッセイ技術、タンパク定量技術、試料調製法、細胞内シグナル経路評価技術、薬物確認技術の高度化を図る。高度化した品質管理技術を用い、アパタイト FGF-2-コーティングに対して、「ICH-Q6B：生物薬品（バイオテクノロジー応用医薬品／生物期限由来医薬品）の規格・試験法」の考え方に基づいた特性解析を行い、アパタイト FGF-2-コーティングの品質規格の暫定値を取得する。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】整形外科インプラント、椎弓根スクリュー、アパタイト、線維芽細胞成長因子-2、コンビネーション製品

【研究 題 目】膵癌に対する革新的治療開発：糖鎖標的レクチンによるがん幹細胞消滅戦略

【研究代表者】舘野 浩章（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】舘野 浩章、平林 淳（常勤職員2名）

【研究 内 容】

がん細胞の最外層は特徴的な糖鎖で覆われている為、糖鎖はがん治療の最良の標的である。しかし、糖鎖構造の複雑さ、解析技術の未熟さ、適切な標的キャリアが無

い、といった事から糖鎖を標的とする創薬研究はほとんど行なわれてこなかった。申請者らは、高密度レクチンマイクロアレイ技術を用いて膵がん幹細胞の糖鎖発現を網羅的に解析し、特異的に表出している H type 3糖鎖と、それに反応するレクチン rBC2を同定した。そこで H type 3糖鎖の検出に使ったrBC2レクチンプローブを直接膵がん幹細胞を標的とする治療担体として使う事を発案した。緑膿菌外毒素 (PE38) を結合したレクチン-トキシン融合薬 (rBC2-PE38) の in vitro での IC50は 1.04 pg/ml=0.0195 pmol/L で、従来報告されている抗体-毒素 (Immuno-toxin) の約1000倍強い殺細胞効果を示した。さらに、膵がん移植マウスモデルでも極めて高い腫瘍抑制効果、延命効果を確認した。懸念された血液凝集活性も一切示さず、マウス腹腔及び血管内投与でもその生存には一切影響しない安全性を担保した。レクチン-トキシン (rBC2-PE38) がヒトに投与可能な薬剤になり得るかは、これまで誰も施行した事がない新規課題であり、本研究開発では non-GLP レベルでその安全性と有効性を詳細に検証する。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】糖鎖、レクチン、膵がん

【研究 題 目】層状化合物を利用した電界効果トランジスタと分子の光励起を組み合わせたフォトニクスデバイス生体分子センサーの開発

【研究代表者】安藤 淳

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】安藤 淳、グエン タット トルン

(常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

本研究は、中枢神経系に存在する重要な神経伝達物質であり、その濃度を選択的かつ正確に測定することが、脳の働きの理解や分子化学的診断法を確立する上で極めて重要であるドーパミンの高感度・化学選択性センサーとして、分子の光励起と層状化合物 FET を組み合わせたフォトニクスデバイスを検討し、脳内の埋め込みを可能とするドーパミン検出素子の小型化・高感度・化学選択性を実現させようとするを目的として、国立大学法人多元物質科学研究所と共同で実施している。

平成29年度は、NIMS 微細加工プラットフォームを利用して、シリコン酸化膜基板上に機械的剥離法により調整した2硫化モリブデン等の層状化合物原子薄膜をチャンネルとする FET を作成するとともに従来のデバイス構造を改良し、光照射によるノイズ増大を抑制したデバイス作成に成功した。また、照射光導光部のみ一体化したフォトニクスデバイス構造の検討・試作を実施するとともに、層状化合物原子薄膜 FET 特性が分子吸着で変化する様子を精密に測定するため、分子の吸着から FET 測定までを「その場環境下」一貫で行うシステム

を構築し、微小な分子の吸着によって変化する特性を精密測定することに成功した。これらの成果により、分子の光励起と層状化合物 FET の組み合わせによって、ドーパミン検出素子の小型化・高感度・化学選択性の実現可能性を示した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】生体分子センサー、層状化合物

【研究 題 目】放射線計測に関するカリキュラムの開発

【研究代表者】伊藤 賢志 (物質計測標準研究部門)

【研究担当者】伊藤 賢志 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

国際原子力人材育成イニシアティブ事業「教員養成系大学の特長を活かした高度原子力教育カリキュラムの開発」(以下、原子力教育 PJ) の提案書 (7) -1に資するため、放射線利用のための高度な計測技術に関する研修生の育成に必要な放射線計測技術、標準物質の取り扱いとその評価に関し基礎となる情報を取りまとめる必要がある。これを踏まえ、原子力教育 PJ にて計画する実施項目②カリキュラムの試作における実施プログラム「放射線計測に関するカリキュラムの試作」を達成するために光電子増倍管や半導体検出器を用いた放射線計測による実験データを取得するとともに、原子力教育 PJ で計画するカリキュラムのうち「2. 放射線安全取り扱い」と「4. 食品への影響」にかかる研究開発を行った。本研究開発においては、前年度までに計画、試行した (1) 放射線安全取扱い：遮蔽効果の実習、(2) 標準物質の計測、の二項目からなる実習カリキュラムを実践活用するために関連する座学・実習用資料と副読本「放射線計測の標準」を整備するとともに、東京学芸大学の在学学生を対象にそれら成果物を用いて講義と実習を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】放射線計測、ガンマ線分光、放射線防護

【研究 題 目】FEA プロセスによるイオン源の高密度実装ならびにグラフェン電子源の高効率化

【研究代表者】長尾 昌善 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】長尾 昌善、村上 勝久、辰巳 憲之

(常勤職員2名、他1名)

【研究 内 容】

近年、50 kg 以下の超小型人工衛星の打ち上げ数が爆発的に伸びている。これは、小型化による開発費や開発期間の大幅な削減によりベンチャー企業等でも開発・運用が可能になったためである。このような超小型人工衛星は推進機も小型である必要があるが、従来開発されているものは、希ガスをを用いたイオンスラスタが主流で、ガスタンクや減圧器が必要なため、小型化にも限界があ

る。そのような背景の元、イオン液体を推進剤として用いるエレクトロスプレーズラスタが注目されてきた。これまでは、MEMS 技術を駆使して、数十～数百 μm 程度の突起からイオン液体を放出するものが開発されているが、一つの突起から放出されるイオンの量は多くないため、十分な推進力を得るためには高密度のアレイ化が必要である。現状では、突起の大きさが数百 μm あるために、集積化にも限界があった。本研究では MEMS よりも一桁から二桁小さなフィールドエミッタアレイ (FEA) の作製技術を応用して高密度集積が可能なエレクトロスプレーズラスタの作製を目標としている。本年度は、ミニマルリソグラフィとミニマル深掘りエッチングを利用して、Si 基板上に開口を有する円錐形状のエミッタ電極を形成した。開口径は0.5 μm 程度で、エミッタ電極と相似形の引き出し電極を更に形成する。そして、Si 基板裏面を深掘りエッチングにより300 μm 程度の開口を形成し、イオン液体をためるリザーバーとした。開口のある円錐電極は5 μm ピッチで配置し、4 百万個/ cm^2 の密度となる。これまでの研究ではせいぜい数百個/ cm^2 であるので、飛躍的な推進力の増大が期待できる。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 超小型人工衛星、イオンロケット

【研究 題 目】 酸化物デバイスと電極界面の電気的特性
評価方法に関する国際標準化

【研究代表者】 秋永 広幸 (ナノエレクトロニクス研究
部門)

【研究担当者】 秋永 広幸、島 久 (ナノエレクトロ
ニクス研究部門)、吉田 郵司 (太陽光発
電研究センター) (常勤職員3名)

【研究 内 容】

目的 :

機能性酸化物は、新情報処理アーキテクチャを実現する極低消費電力デバイス用材料として注目を集めている。しかしながら、電気的コンタクトの困難さゆえ、デバイス性能を左右する界面の特性評価に標準的な方法論が存在しない。そこで、本事業では、酸化物ナノ界面の特性評価技術として、熱刺激電流評価技術 (Thermally Stimulated Current : TSC) に的を絞り、標準化すべき評価法を抽出する。具体的には、平成30年度までに、国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission : IEC) /TC113 (電気・電子分野の製品及びシステムのナノテクノロジー) に、合計2件の TSC 測定プロトコルを新規提案することを最終目標とした。

年度進捗状況 :

酸化物ナノ界面の特性評価、及び、人工知能を含むその応用技術をスコープに掲げる国際会議での調査、及びこれらの技術に関係する文献・特許調査を行うとともに、熱刺激電流測定による評価項目の具体化に必要な実験デ

ータの取得と測定プロトコルの開発等を行った。本年度は、Preliminary Work Item (PWI) を新たに1件作成し、IEC/TC113に提出した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 国際標準化、酸化物デバイス、熱刺激電
流測定

3) その他の収入

〔研究題目〕高圧ガスの燃焼性試験方法に関する試験
経済産業省

平成29年度高圧ガス保安対策事業（高圧
ガス保安技術基準作成・運用検討）

〔研究代表者〕滝澤 賢二（機能化学研究部門）

〔研究担当者〕滝澤 賢二、水門 潤治
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

昭和43年に規定された現行の高圧ガス保安法における可燃ガスの判定試験方法（A法）は、現在では世界的に見ても独特な方法であり、また新冷媒において不燃性のものが可燃性と判定される等、試験結果に重大な差異が生じ、新冷媒の普及の障害となりうる場合もあることが明らかになってきた。そこで、信頼性の向上と国際整合化の観点から、A法の見直しの検討が平成28年度から標記事業の委員会ではじめられた。新たな試験方法としては、①日本の実環境における燃焼性を再現できること、②誰が測定しても同じ結果が得られること、③測定方法の国際整合化を図ること、が必要とされた。

本年度、新A法案としてEN1839(2012)規格のBomb methodを高湿度条件の評価ができるようにアレンジした方法を提案し、当該委員会で検討することとなった。検討にあたって、まず、実環境（ある程度広い空間への漏えいを想定）に近い内径1mの大型球形容器を使用して、微燃性冷媒ガスR32、R1234yf、及びR1234ze(E)の爆発限界及びその燃焼挙動を測定した。その後、新A法案（小型容器）を使用した爆発限界測定を乾燥条件及び湿度条件で実施し、大型容器の測定結果との差異及び相関を比較可能な状態にし、当該委員会での検討に供した。新A法案の判定基準や湿度条件等のとりまとめは、来年度以降に引き続き検討することとなった。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕高圧ガス保安法、爆発限界、冷媒、国際標準

〔研究題目〕細胞の特性評価ならびに製品製造への応用に関する国際標準化

〔研究代表者〕伊藤 弓弦（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕伊藤 弓弦（常勤職員1名）

〔研究内容〕

現在ISO/TC 276/WG 3にて、米国主導のもと作成が進められているcell count手法の信頼性指標標準案（ISO/WD 20391-2）において、変動係数（CV）と決定係数（R2）を用いた実施例を作成した。日本の細胞計測技術を国際的に普及させる事を目指し、iPS細胞を含む3種の細胞を用いて細胞数の実測定を行い、必要なデータを取得することを目的とした。今後、この実施例をISO/WD 20391-2に付随するISO技術報告書として

発行することにより、複雑かつ難易度が高い本標準を引用するユーザーの理解度が高まるだけでなく、米国が推奨する複雑なPI候補だけが印象に残ることのないように、実験従事者が従来使い慣れたR2とCV、PIR2の有用性をアピールした。結果として、細胞種ごとにLOD、濃度領域ごとのバラツキの程度が変化することが明らかになった。また、細胞希釈液の調整時間とカウント値が大きく関係することが明らかになり、その程度が細胞種ごとに違うことも示された。

細胞計数のバラツキを低減させるためには、測定工程の検証と改善が必要であり、そのためには、各経緯で計数の画像を残してあることが、バラツキの要因分析を可能となるため、有用な手法ということも示唆された。一方で、細胞数計測に使用する血球計算盤等のデバイスの影響が大きいことも示された。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕細胞数計測、国際標準化、バラツキ

〔研究題目〕「自動検査プロセス実現のための測定データ標準処理手順」接触式測定との整合性評価実験

〔研究代表者〕佐藤 理（工学計測標準研究部門）

〔研究担当者〕佐藤 理、阿部 誠（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究は光学式非接触測定機による測定データを用いて三次元設計データと実際の製品との照合を行う検査プロセスの自動化を実現するための基礎として、定められた測定データ標準処理手順案が有効であるかを、実験を通して検証し、確認したものである。

自動検査プロセスを想定した測定データ標準処理手順案に従い、光学式非接触三次元測定システムを使用して樹脂製部品を測定し、得られたポイントクラウドデータとCADデータとを照合した。大きく形状の異なる二種類の試料の両方の測定において、標準処理手順案に従って評価を行うことにより、異なる測定者が、それぞれ異なる測定システムを使用した場合でも、同等性のある評価結果を得ることができることを確認した。さらに接触式CMMによる測定結果との比較を行い、標準処理手順案に従って得られた評価結果と整合していることを確認した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕適合性評価、標準化、同一性検証

〔研究題目〕土壌抵抗率測定事業

〔研究代表者〕神宮司 元治（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕神宮司 元治、横田 俊之
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

土中に埋設された経年埋設ガス内管は、土壌環境の影響により腐食が進行しガス漏れが起こる可能性がある。

経年埋設ガス内管は、平成25年度末時点において、約300万本が需要家敷地内に埋設されている状況である。平成27年6月に公布された改正ガス事業法では、需要家敷地内に埋設された需要家所有のガス工作物の漏えい検査・緊急保安はガス導管事業者が行うと共に、ガス事業者が行う保安業務に協力する責務が内管の所有者にあることを明確にした。本経緯を元に、本事業では、需要家所有の内管所有者に経年埋設ガス内管の腐食リスクを明らかにするため腐食土壌調査環境を調べ、どのような環境下で腐食が進むのか、また有効な土壌調査手法について検討を行うことになった。

産業技術総合研究所では、これまでアスファルトやコンクリート路面から地下の比抵抗を調べる手法の研究を行っており、特に水道管周囲の比抵抗を調べることで腐食土壌かどうかを判断する測定装置の開発を行ってきた。本事業では、経年埋設ガス内管にも本技術が適用できるかどうかを確かめるための野外実験を実施した。野外実験は、宮城県仙台市および東京都渋谷区の2地点で実施した。その結果、一般的な水道管が埋設されている深度1.5 m程度に比べて非常に浅い深度0.2 mに埋設されているガス内管周囲の土壌の比抵抗も正確に計測できることが判明した。その一方で、ガス内管が埋設されている場所の多くは、住宅敷地内の極めて狭い場所が多く、また、地表面がアスファルトなどで被覆されてなく、かつガス管が埋設されている深度が非常に浅いことから、容易に土のサンプルを取得できるため、費用対効果の点で、現時点では本機器を無理に適用する必要性は高くないと結論づけられた。ただし、アスファルトやコンクリート路面下に埋設されたガス管も一定数存在することから、本装置の小型化を行い、目的に適した運用ができるようにする必要があると考えられる。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】経年埋設ガス内管、腐食、比抵抗、路面上、土壌環境、ガス漏れ

【研究 題 目】高齢社会対応標準化「フレイルの測定方法・精度に関する調査」

【研究代表者】小林 吉之（人間情報研究部門）

【研究担当者】小林 吉之、持丸 正明
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

「フレイル」とは、ヒトが高齢になることで筋力や精神面が衰える状態をさす。「Frailty 測定方法と関連機器」とは、フレイルティの測定を、日常生活での歩行速度変化などで測るという新技術と測定アプリのことである。測定技術、測定器の精度、ビッグデータの収集・解析のための測定値とそのデータフォーマット等の標準化が開発対象となる。

測定端末の機能や精度、計測結果のデータ等の標準化がなされれば、厚労省が進めているデータヘルス計画

等での日々の生活活動を蓄積したライフログの活用から、国の健保や民間の生命保険等への活用の突破口になる標準開発である。

現在、フレイルを含むヒトの身体能力の評価方法についてはほとんど標準化が行われていない。そのため各社ばらばらの基準で人の身体能力を評価しており、その信頼性に懸念が示されている。またフレイルは、従来病院などの施設で計測された歩行速度で評価されてきた。しかしこのような状況での歩行速度では、対象者の意思などが影響するため、個々人の歩行能力を正しく反映していない可能性が指摘されている。そこで近年、日常生活での歩行速度を計測することで、より精度高く個々人の歩行能力を評価する手法が提案されつつある。

このような状況下で日本が主導となり新たな国際標準を作れば、短期的な国内企業の国際競争力増加だけでなく、計測されたデータを用いた業界の中長期的な成長戦略を立てることができると考えられる。

上記のような流れの中で、2017年初春に日本規格協会及び業界団体より、日常生活歩行速度によるフレイルティ測定方法と関連機器に関する国際標準化に向けての相談があった。産総研の役割としては、①人の計測に関する国際標準に長く携わった経験に基づく、国際標準化に必要なデータの計測・整備、②それらによる円滑な標準化事業の支援、及び③企業が持つ短期的な視野だけでなく、業界としての中長期的な成長戦略の検討と舵取り、の3点が求められている。

日本規格協会から受託を受けた本事業では、2017年10月にスペインで開催された ISO/TC 159/SC 3/WG 4 会議に参加し、日本として当該規格についての提案を行いたい旨説明した。また、その際の意見に基づいて作成した WD 案については、国内企業の協力を受けてラウンドロビンテストを実施した。今後は2018年夏に開催される国際人間工学会などで当該提案についての講演を行い、国際的な合意を得るための活動を行っていく予定である。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】国際標準、ISO/TC 159/SC 3、日常生活歩行速度、フレイルティ

【研究 題 目】プラスチックフィルム製キャリー袋に関する日本工業規格（JIS）原案作成に伴う、同原案に指定された評価試験方法の妥当性検証に関する研究請負業務

【研究代表者】多田 充徳（人間情報研究部門）

【研究担当者】多田 充徳（常勤職員1名）

【研究 内 容】

コンビニエンスストアで販売が伸びているカップコーヒーなどをテイクアウトするための専用のキャリー袋が開発されている。この袋には、カップ挿入時の利便性や運搬時の安定性が求められている。本研究では、キャリ

一袋を運搬する歩行者の手の揺動計測を行うことで、運搬時の安定性を機械的に試験するための加振試験機の試験条件を明らかにする。

これを実現するために、異なる重さのカップコーヒー（小カップ1個、または大カップ3個）が入ったキャリー一袋を運搬する際の手の揺動を光学式運動計測装置で計測した。そして、計測したデータから揺動の振幅と周波数を数値化し、これを試験機の加振条件とすることとした。

身長や性別が異なる被験者を対象とした揺動計測実験を行った結果、鉛直方向への振幅は最大で40 mm、周波数は被験者によらずほぼ2 Hz、水平方向への振幅は最大で25 mm、周波数は被験者によらずほぼ1 Hzであることが明らかになった。以上より、運搬時の安定性を検査するための加振試験機には、鉛直方向と水平方向の独立した加振と、前者については振幅40 mm、周波数2 Hz、後者については振幅25 mm、周波数1 Hzでの加振の実現が求められることが分かった。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 キャリー袋、歩行、運搬、手の揺動、加振試験、振幅、周波数

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

〔研究代表者〕 内澤 潤子（省エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 内澤 潤子、小淵 存
（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

50万キロ走行したポスト新長期規制ディーゼル車に搭載されていた後処理システムを構成する前段酸化触媒（前段 DOC）、SCR 触媒および後段 DOC の各触媒、そして尿素 SCR システム全体について、排ガス浄化性能維持の信頼性の検証と劣化メカニズムを検討した。

いずれの触媒も劣化しており、それは触媒活性成分の凝集や担体構造の変化等が原因であることを明らかにした。また、SCR 触媒の Standard-SCR 性能（O₂の共存下での NH₃による NO の還元反応）は著しく低下している一方、Fast-SCR 性能（O₂の共存下、NO_x 中の NO と NO₂の比率が1:1で起こる NH₃による NO_x の還元反応）は、新品とほぼ同レベルに保たれていた。このことから、SCR 触媒の上流側にある前段 DOC の NO から NO₂への酸化性能の維持が極めて重要であることが示唆された。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 ディーゼル、自動車、触媒、排ガス浄化、尿素 SCR 触媒、前段 DOC、後段 DOC

〔研究 題目〕 インドール酢酸のヒト核内受容体レポーターアッセイによる解析・評価及びスカ

トールのヒト核内受容体レポーターアッセイによる解析・評価

〔研究代表者〕 森田 直樹（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 森田 直樹、坂下 真実
（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

食品タンパク質由来腸内細菌代謝産物であるインドール酢酸及びスカトールは、ヒト核内受容体を活性化することが知られている。そこで、本研究ではインドール酢酸及びスカトールについて、ヒト核内受容体レポーターアッセイによる解析・評価を行い、17種類の核内受容体活性化能を明らかにした。また、レポーターアッセイを用いて、抗酸化に関わる転写因子 Nrf2の転写活性能を評価した。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 インドール酢酸、スカトール、核内受容体、ヒト核内受容体レポーターアッセイ、機能性評価

〔研究 題目〕 ワサビ成分6-Methylsulfinylhexyl isothiocyanate（6-MSITC）に関するヒト核内受容体レポーターアッセイによる解析・評価

〔研究代表者〕 森田 直樹（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 森田 直樹、坂下 真実
（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

ワサビ成分 6-Methylsulfinylhexyl isothiocyanate（6-MSITC）は、ヒト核内受容体を活性化することが知られている。そこで、本研究では6-MSITC について、ヒト核内受容体レポーターアッセイによる解析・評価を行い、17種類の核内受容体活性化能を明らかにした。また、レポーターアッセイを用いて、抗酸化に関わる転写因子 Nrf2の転写活性能を評価した。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 ワサビ、6-Methylsulfinylhexyl isothiocyanate（6-MSITC）、核内受容体、ヒト核内受容体レポーターアッセイ、機能性評価

〔研究 題目〕 雲州人参腸内細菌代謝産物 Compound Kに関するヒト核内受容体レポーターアッセイによる解析・評価

〔研究代表者〕 森田 直樹（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 森田 直樹、坂下 真実
（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

雲州人参腸内細菌代謝産物 Compound K は、ヒト核内受容体を活性化することが知られている。そこで、本研究では Compound K について、ヒト核内受容体レポ

ーターアッセイによる解析・評価を行い、17種類の核内受容体活性化能を明らかにした。また、レポーターアッセイを用いて、抗酸化に関わる転写因子 Nrf2の転写活性化能を評価した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕雲州人参、腸内細菌代謝産物、Compound K、核内受容体、ヒト核内受容体レポーターアッセイ、機能性評価

〔研究題目〕大気化学輸送モデルを用いた自動車等排出ガス低減対策の効果推定とその検証

〔研究代表者〕井上 和也（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕井上 和也、中川 雄貴
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

平成28年規制に適合するディーゼル重量車を導入（以下、単に「規制導入」と表記する）した際の大気中オゾン濃度への影響について大気化学輸送モデルを用いたシミュレーションにより評価するとともに、オゾン濃度の前駆物質排出削減に対する感度と密接な関係がある、オゾン生成感度レジームの地理分布を、衛星観測データによって評価し、それらの結果の整合性を検討することによりシミュレーション結果の妥当性についての検証を行った。シミュレーションにより、規制導入（NO_x削減）によってオゾン濃度の人口加重平均値は近畿では減少する一方、関東では増加すること、また近年ではNO_x削減によるオゾン濃度低減効果が高まっていることがわかった。一方、衛星観測データ解析により、オゾン感度レジームは近畿では関東に比べてNO_xsensitive領域の割合が多いこと、また、近年ではNO_xsensitive領域が増加していることがわかった。上記シミュレーションと衛星観測データ解析によって得られた二つの結果は整合的であることから、本シミュレーション結果の妥当性が定性的には示されたと考える。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕大気化学輸送モデル、地表オゾン、排出削減対策、環境改善効果

〔研究題目〕平成29年度水俣病患者の感覚障害定量評価技術に係る研究支援業務

〔研究代表者〕岩木 直（自動車ヒューマンファクター研究センター）

〔研究担当者〕岩木 直（常勤職員1名）

〔研究内容〕

国立水俣病総合研究センターで計測された脳磁界（Magnetoencephalography: MEG）信号と、対応するMRI画像から、水俣病の客観的評価手法を確立するためのデータ処理方法について、解析ソフトウェア作成に係る技術的支援を行った。具体的には、下記の一連のデータ処理を行うための計算用スクリプトを作成した。

(1) まずMRIデータから、MEGデータの空間パターンをもとに脳内の神経活動分布の再構成を行う上で必要な、三次元脳皮質モデルを作成した。(2) 上記の次元脳皮質モデル上での神経活動の組み合わせから想定される、MEGデータ分布を計算するMEG順問題モデルと、MEGデータ分布からそれをもっともよく説明する三次元脳皮質モデル上での神経活動の組み合わせを計算するMEG逆問題モデルを作成した。(3) 上記の逆問題モデルを用いて、アルゴリズムチェック用のサンプルMEGデータを処理し、妥当な脳活動分布が求められていることを確認した。(4) 同時に計測MEGデータに対して、Wavelet変換を適用して、データの時間周波数表現（TFR: time-frequency representation）を計算し、刺激によって引き起こされるγ帯域脳活動（induced gamma-band response）について、脳活動分布を計算できることを確認した。さらに、脳構造の個人差をもつデータを統一的に解釈するため、それぞれの脳活動分布データを標準脳座標系に変換し、三次元脳皮質モデル上にレンダリングして可視化できることを確認した。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕MEG、感覚障害、時間周波数表現

〔研究題目〕エネルギー・資源効率評価実験

〔研究代表者〕増井 慶次郎（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕増井 慶次郎、澤田 浩之、松本 壮平、一木 正聡（常勤職員4名）

〔研究内容〕

現在作成中のISO 20140（Automation systems and integration - Evaluating energy efficiency and other factors of manufacturing systems that influence the environment -）に準拠したエネルギー・資源効率評価実験を行った。具体的には、MEMSクリーンルームで運転中の機械を対象として、ある期間の電力消費および機械運転状況を測定した。またその取得データを用いて、評価目的に応じて事前に設定したKPIを算出し、ISO 20140に準拠した報告を行った。

評価対象としては、以下の二つの事例について評価実験を行った。

1) MEMSクリーンルームの空調システムについて、パーティクルの発生負荷に応じた運転条件を適正に変化させた場合の消費エネルギー削減効果を算出した。

2) 同じ加工品を製作するために、異なるプロセスを用いた場合の消費エネルギー量の比較実験を行う。消費エネルギー量の算出については、加工プロセスを行う機械単体での比較とともに、連動して稼働する機械の消費エネルギー量の総和での比較も行った。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕エネルギー効率評価、国際標準化、MEMS

〔研究題目〕平成29年度高度な自動走行システムの社会実装に向けた研究開発・実証事業（評価手法調査および海外認証動向調査）

〔研究代表者〕大崎 人士（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕大崎 人士、坂根 広史（情報技術研究部門 常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究では、車載システムのサイバーセキュリティに係る評価・試験・認証の基準策定動向や関連制度を調査し、産業界に中立的な立場で情報提供することが目的である。今後の車載システムは、安全の観点に加えて、セキュリティの基準に基づく機能及び性能の組み込みとその信頼性を証明するための評価・認証が必要となる。特に、諸外国で検討あるいはすでに実施されている規制や制度は、貿易ルールを通して国内市場にも影響を及ぼすため、我が国の自動車産業にとって、重要な戦略策定の情報となる。そのような観点から情報収集活動を行い報告する。

また、本研究では、乱立するセキュリティガイドラインの現状を鑑みて、ガイドライン文書どうしの差異を比較分析する方法について調査する。国や地域は、取り巻く環境に適したセキュリティガイドラインを策定することが望ましい。セキュリティ対応の外圧が強まる昨今、国・地域は、セキュリティガイドラインの策定を独自に進め、今やガイドライン文書が乱立する状況である。本研究では具体的に、策定背景が異なる二つの国際規格 ISO/IEC 27001,27002 と米国セキュリティガイドライン NIST SP800-171 を対象に、文書策定の背景、文書の特徴抽出、文書どうしのギャップ分析の方法を解説する。文書の特徴抽出および文書どうしのギャップ分析については、産業技術総合研究所が研究開発する要件分析技術と分析自動化技術を適用する。公表されている集計や分析の二次データを鵜呑みにせず、枠組みや仕組みの特徴や差異を知るために一次データを用いて分析できること、また、その分析を支援する技術を有することは、国や地域の特徴を生かしつつ、産業の活力を維持するために必要な産業技術である。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕セキュリティ制度、セキュリティガイドライン

〔研究題目〕AIによる解析事業

〔研究代表者〕叶 嘉星（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕叶 嘉星（常勤職員1名）

〔研究内容〕

近年、老朽化したガス管の劣化リスクを評価する技術の開発が喫緊の社会的課題になっている。本研究では、平成28年度地方都市ガス事業天然ガス化促進対策調査事業（経年埋設内管対策促進事業）によって得られた測定結果について、最新の AI 技術を用いてビッグデータ

解析することを目的としている。この技術は、急増する老朽水道管の更新の優先度決定に寄与するものと期待される。

本事業で過去に主に用いられた単回帰分析（一つの説明変数から、目的変数を求める。例：比抵抗だけから腐食速度を求める）ではなく、重回帰分析（複数の説明変数（16個）から腐食速度を求める）を主体に行う。正規化非線形重回帰分析と、深層学習の手法の二つを、平成28年度に収集された277個のデータに対して適用した。平均絶対誤差（MAE）に基づいた腐食速度の予測式を生成できるかどうかを2つの方法で検証した。その結果、MAE の値は深層学習手法を用いた場合に、一番小さくできることが明らかになった。従来法に比較して相関係数が約2倍に向上した。しかし、MAE の値がまだ十分小さくなっておらず、有効な予測式として適用可能な段階までには至らなかった。ただ、ここで用いた手法自体は、最新、最良のものであり、妥当なものであると考えられる。277個のデータ数は、データ解析という視点から見ると数が少なく、今後データ数を増やすことで、より良い予測式が得られる可能性はあると考えられる。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕非破壊検査、インフラ診断、AI、深層学習、予測モデル

〔研究題目〕カーネル法による高次元データの非線形スパースモデリング

〔研究代表者〕赤穂 昭太郎（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕赤穂 昭太郎、麻生 英樹（知能システム研究部門）、末谷 大道（鹿児島大学）、日野 英逸（筑波大学）（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

本研究課題では、カーネル法など非線形のスパースモデリングの数理基盤の確立と実応用への適用を課題とし、以下の成果を得た。

課題1のマルチモーダルスパースモデリングについては、地質データへの情報幾何学的な非負値行列分解手法を応用として、岩石組成からの端成分の抽出の試みを行った。また、テクニク場をデータ駆動アプローチにより分類することができた。

課題2のダイナミカルスパースモデリングについては、従来から継続して行っている脳科学への応用として、多点電極を用いた神経スパイクデータからの神経ネットワーク推定に際し、興奮性細胞と抑制性細胞の推定のため、情報幾何学的な em アルゴリズムを応用した射影による推定アルゴリズムを提案し、実データにより有効性を確認した。地質データへの応用に関しては、断層のスロー地震に関して、スパースモデリングを適用した断層境界面の抽出を行った。また、時空間モデリングによるスロー地震の開始時点、終了時点の同定法を開発した。その

ほか、これまで提案してきた時空間因子分析モデルにスパース事前分布を導入することにより、局所的な時空間パターンを抽出することができる手法を開発し、地表オゾンデータの解析に適用した。

課題3の構造的スパースモデリングについては、高次元空間に埋め込まれた高次元多様体の局所的なフラクタル次元の推定を一般化線形モデルの観点で改良したアルゴリズムを開発し、R言語のソフトウェアパッケージを作成した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 アルゴリズム、機械学習、モデル化

〔研究題目〕 冥王代類似環境微生物

〔研究代表者〕 鎌形 洋一（新学術領域・冥王代生命学の創成・計画班代表 生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 鎌形 洋一、玉木 秀幸、柿澤 茂行（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

本計画研究班では、冥王代類似環境やその周辺熱水環境に棲息する微生物のゲノム解読、培養化、生理生態機能の解明を通じて、最終的に原始的な生命体のゲノムや生物機能の痕跡に迫ることを目的とするものである。本年度は1) 白馬八方蛇紋岩熱水系において優占的に存在している微生物の多様性ならびに代表微生物のゲノム構造を次世代シーケンサーによってより精密に解析した。2) ゲノム構造解析ならびに比較ゲノム解析によって当該微生物群の特徴的なゲノム情報の抽出に成功した。3) このうち炭酸固定に関わる遺伝子に着目し、比較ゲノム解析を行い、その系統的な位置を明らかにした。これらの遺伝子を全合成し大腸菌で発現させ活性を得ることに成功した。4) 蛇紋岩熱水系微生物群から得られたメタゲノムからこれまでに知られていなかったアセチル-CoA生成経路を見出した。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 生命の起源、熱水系地下環境、微生物生態系、系統進化

〔研究題目〕 真空紫外領域の円偏光分光法による隕石中のキラリティの非破壊分析法の確立

〔研究代表者〕 田中 真人（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 田中 真人（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は紫外～真空紫外領域での円二色性・光学活性・円二色散乱などの円偏光分光技術開発とこれら手法の隕石中などでのキラリティの偏りの直接的かつ非破壊分析手法としての有用性をアミノ酸薄膜・粉末等の測定から検証することを目的としている。

本年度は昨年度に行った光学設計等を基にした円偏光分光技術開発と各分光技術の有用性の検討を行った。

まず光学活性スペクトル測定装置として、通常の円二色性計測のための光学系において、試料と検出器間に面内回転角度を変えることができる直線偏光子システムを新たに追加したものを開発した。この装置でアミノ酸（チロシン）の薄膜の計測を行い、光学活性と円二色性との同時測定に成功した。得られた二つのスペクトルにクラマースクローニッヒ関係が見られることを定性的に確認した。また円二色散乱計測のためにチロシンの厚い膜（厚さ約50 μm ）を作製し、シンチレータや検出器等との距離をできる限り近接させる光学系を構築した。この光学系にて円二色散乱スペクトルを計測したところ、吸収端近傍に試料のキラリティによって符号が反転するスペクトルを計測した。これらから各手法の特徴等を検証した結果、光学活性では吸収がない長波長領域においても信号が観測されており比較的厚い試料でも応用可能と考えられるが、この波長領域では得られる情報が限定されること、円二色散乱は粉末試料での実測に成功したが、その強度が光学活性や円二色性よりもかなり弱いという問題点があることなどが判明した。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 円二色性、光学活性、散乱、宇宙科学、アミノ酸、真空紫外線、キラリティ、構造解析、分子構造

〔研究題目〕 低コストナノギャップ電極作製手法と単一分子ガスセンサの開発

〔研究代表者〕 内藤 泰久（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕 内藤 泰久、中村 徹（常勤職員2名）

〔研究内容〕

目標：

低コストナノギャップ電極作製手法の達成と、その利用法の開発

研究計画：

ナノギャップ電極作製手法における工程をより低コストなものに置き換え、その条件でも実施可能か検証する。また、低コストナノギャップ電極の利用法の一例として単一分子の特性を利用したガスセンサーの実証を行う。年度進捗情報：独自に考案した低コストな sub1nm 幅のナノギャップ電極の作製手法について、作製時の条件によりその作製時のギャップサイズを制御可能であることが示唆されていた。これまでは、作製したナノギャップ電極の電流－電圧特性を、トンネル方程式からのフィッティングを用いてギャップ間隔を見積もっていたが、実際に実験としてそのサイズの評価が出来ていなかった。そこで、分子長0.9 nm のベンゼンジチオール分子を定規として利用し、作製条件によってその分子が電極間に架橋できるか否かで、ギャップサイズの評価を行った。この架橋非架橋の違いは、分子導入時に計測した電圧－電流カーブにはっきり表れ、抵抗が分子架橋によって大

きく減少するだけでなく、分子-電極間の電荷移動による影響もまたはっきり確認できた。この結果は、もともとの電極のギャップサイズが分子長と同程度以下か、それ以上かを明確に示唆しており、双方の応対をナノギャップ形成条件によって作り分けることができた。このように、sub1nm 程度のギャップサイズを有することを実験的に確かめることに成功した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 ナノギャップ電極、合成分子、ガスセンサー

【研究 題 目】 ファインケミカル合成を指向した酸素酸化用触媒の開発

【研究代表者】 田中 真司（触媒化学融合研究センター）

【研究担当者】 田中 真司（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究課題では、ファインケミカルズをクリーンかつ効率的に合成するための触媒開発を進めており、特に電子材料用エポキシ樹脂の原料として有用なグリシジル化合物の合成に関して重点的に取り組んだ。グリシジル化合物は、通常、エピクロロヒドリンを原料として合成される。しかし、エピクロロヒドリンに由来する微量塩素の残留による樹脂性能低下の問題や、塩素含有化合物の使用規制の背景から、塩素フリープロセスへの転換が求められている。我々は、グリシジル化合物の新たな合成法としてグリシドールを原料とする方法を提案し、研究を進めてきた。平成29年度は、特に前年度に見出した第四級アンモニウム塩によるエステル交換反応触媒について、計算化学による反応メカニズム解析を主に進めた。

塩化アルキルアンモニウムの塩素イオンがグリシドールのエポキシを開環し、生じたアルコキシドアニオンが①直接基質であるエステルと反応する経路、②別のグリシドールを脱プロトン化する経路についてエネルギー計算を行った。その結果、②の経路が触媒反応として有利であることがわかった。また、脱プロトン化されたグリシドールは、多重水素結合により安定化されており、Payne 転位を経ずそのまま基質であるエステルと反応することが示唆された。このようなメカニズムの特徴を生かし、グリシドールを触媒とすることで、一般的なエステル交換反応にも適用できることを見出した。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 触媒、グリーン・サステイナブルケミストリー、エポキシ、エステル交換反応

【研究 題 目】 スパースモデリングを用いた側頭葉における顔の情報コーディングの研究

【研究代表者】 菅生 康子（人間情報研究部門）

【研究担当者】 菅生 康子、松本 有央（常勤職員2名）

【研究 内 容】

本研究では、スパースモデリングを用いて認知機能を

知覚と記憶の相互作用の観点から取り扱う枠組みを、電気生理学データに基づくデータ駆動アプローチで構築することを目指す。我々の社会生活を支える脳の重要な機能の1つ、顔の個体や表情の認知は、入力された視覚情報から、髪、眉、眼、鼻、口などの要素を取り出し、その組み合わせとしての顔を知覚するプロセスと、過去に見た経験により形成された記憶から想起された顔と今見ている顔とを照合するというプロセスの統合によって可能になると考えられる。これまでの研究から、知覚のプロセスには側頭皮質の顔細胞からの情報が、記憶のプロセスには内側側頭葉の概念細胞の情報が関与していると考えられる。しかしながら、情報の統合を可能にする神経機構は明らかでない。

分散分析で側頭皮質における個々のニューロンの応答を解析したところ、サルとヒトの個体と表情の効果を表現するニューロン、ヒトの個体と表情の効果を表現するニューロン、および、サルとヒトの個体と表情の効果を表現するニューロンが存在し、すなわちサルやヒト、個体と表情の表現が個々のニューロンに統合されていた。これらのニューロンが、階層としては深い情報処理を担うことと関連する可能性がある。さらに、TE野のニューロンがコードする顔画像のパラメータを事前の仮定（造作要素間の距離など）に依らずに明らかにするため、深層ネットワークを利用した。ニューロン活動の記録実験に用いた顔画像を入力し、各層の表現を非類似度行列により可視化した。またTE野ニューロン集団の活動も、非類似度行列により可視化した。そして、これら深層ネットワークおよびTE野ニューロン集団活動の非類似度行列の相関を解析した。その結果、深層ネットワークの深い層である総結合層における表現がTE野の情報表現と類似していることが示唆された。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 顔認知、側頭葉、ニューロン、スパースモデリング

【研究 題 目】 スパースモデリングによる電顕単粒子構造解析の迅速・高分解能化

【研究代表者】 佐藤 主税（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 佐藤 主税、越野 雅至（常勤職員2名）

【研究 内 容】

目標：

スパースモデリング (SpM) を用い、クライオ電顕単粒子解析の画像処理を改良する。我々の生体内の機能分子の主役は、様々なタンパク質であるため、多くの薬はタンパク質に結合し機能を調整することで働く。そのようなタンパク質の構造を解明でき、薬結合ポケットの構造が判れば、より良い薬開発の重要なステップの一つとなる。これまで、タンパク質の構造決定で最も一般的な方法は X 線結晶解析法であったが、創薬ターゲットとなるタンパク質の結晶作製は一般に容易ではない。そ

のため、結晶なしに様々な向きの投影像から構造を決定するクライオ電顕を用いた単粒子解析法が、網羅的な構造解析法として最近注目を集めている。その画像処理に SpM を組み合わせることで、本方法の改善を目指す。研究計画：単粒子解析法は、検出素子や電子顕微鏡本体とアルゴリズムなどの進歩により、近年原子分解能に到達した。しかし、原子分解能に到達したのは分子中の一部分であり、全く届かないことも多い。理由は、タンパク質粒子自体の持つ柔らかさと向きの偏りが主な要因である。また、最高分解能も 2.2 Å と創薬への実用化に必要なと言われる 1 Å 台半ばには未だに届いていない。ここでは、電子顕微鏡撮影での問題点やセンサー改良、画像解析アルゴリズムを検討することで単粒子解析法を改良する。

年度進捗状況：

本年度は、本領域内の情報学グループに、センサを電子線直接検出カメラ DDC に変更したクライオ電顕による画像を提供し領域の研究を進めた。また、タンパク質粒子の向きに偏りがあり、疎な投影角度が多いという問題点に関しては、スパースモデリングを3次元再構成に応用したアルゴリズムの構築を進めた。さらに、スパースモデリングと共通した側面を持ちさらに適用範囲が広いベイズ推定に関しても、その適用を進めているところである。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】電子顕微鏡、単粒子解析、ベイズ推定

【研究 題 目】顔の質感情報の時間的コーディングの研究

【研究代表者】菅生 康子（人間情報研究部門）

【研究担当者】菅生 康子、松本 有央（常勤職員2名）

【研究 内 容】

顔には、我々の社会生活に重要な情報が含まれている。我々が顔を見るとき、個体や表情を認識できるが、それは、眼、鼻、口などの形やそれら相互の距離など造作の形態情報に基づいている。さらに、年齢や体調などを推しはかることもできるが、肌や髪、眼などの質感情報に基づくと考えられる。このように、顔の質感は、個体の状態を見分けるために重要な情報を与える。本研究は、この顔の質感をコードする神経機構を明らかにすることを目的とし、顔の肌（同じ材質）の異なる質感（異なる状態）の知覚について、情報の時間的コーディングという観点から研究を進める。TE 野では、ヒトかサルかの分類情報と個体・表情の情報が時間的に異なるタイミングでコードされることが明らかになっている。

マカクザルの TE 野前部からニューロン活動を記録し、顔に対する応答を調べ、質感情報の時間的コードを、個体や表情の情報の時間的コードと比較する研究を行った。具体的には、画像の輝度チャンネルの正の成分を変更し、光沢を強調、あるいは、減弱した顔画像を作成した。ま

た、スタイル変換の手法を用いて、顔の質感を変化させた画像を作成した。これらの顔画像セットを用いて、マカクザルの TE 野前部から単一ニューロン活動の記録を行った。その結果、顔応答性ニューロンの活動強度に、顔の質感変化の影響が観察されることが明らかになった。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】顔の識別、質感、側頭葉、ニューロン

【研究 題 目】咀嚼筋電音フィードバックを用いた食質感知覚メカニズムの解明

【研究代表者】藤崎 和香（人間情報研究部門）

【研究担当者】藤崎 和香、遠藤 博史、井野 秀一（常勤職員3名、他2名）

【研究 内 容】

質感知覚は様々な感覚から入力された情報を処理するだけでなく、予測、意思決定、身体制御、感覚運動フィードバックなどを含んだ、多感覚的、適応的、能動的なプロセスの結果として生じる。食質感知覚はこのようなプロセスを考えるうえで最適の題材である。それは、食質感知覚には、「食べる」という能動的な動作によってもたらされる感覚フィードバックの情報が大きく貢献しているからである。

これまで咀嚼音をフィードバックして食質感を変容させる様々な研究が行われてきたが、フィードバックの時間ずれや、利用できる食品の物性上の制約が課題であった。我々は近年、咀嚼に完全に同期したフィードバック音を、あらゆる物性の食品について返すことができる画期的な手法を考案した。それは咀嚼音そのものではなく、咀嚼時の咬筋の筋電波形を音に変換したものをフィードバックするという手法である。

今年度の実績として、咬筋の筋電波形のエンベロープを取り出して任意の音信号を振幅変調して出力できるように装置を改良した。そして14種類の咀嚼音のデータベースから任意の音を出力してリアルタイムで変調し、様々な形容詞やオノマトペを用いて食質感を評価したデータについての分析を進めた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】食質感、咀嚼筋電、フィードバック、多感覚

【研究 題 目】新規複合アニオン化合物の創製：物質合成と設計指針の確立

【研究代表者】荻野 拓（電子光技術研究部門）

【研究担当者】荻野 拓（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、複合アニオン化合物に特化した新合成法の開発、酸窒化物・酸 水素化物・層状化合物など様々な物質系での新物質探索、計算科学の活用により、革新的新機能材料の開発を行った。

高圧合成、トポケミカル反応、ソルボサーマル反応な

ど各種合成手法を駆使した系統的・徹底的な物質探索により、約30個の新規複合アニオン化合物の合成に成功した。高圧合成による新規極性酸窒化物の合成、構造特異性に由来する発光を示す材料など、様々な物質・機能を見出している。

最も顕著な成果が酸窒化物新合成法の開発である。従来酸窒化物の合成はアンモニア雰囲気下での高温合成が主流で、毒性があるほか、高い還元性により、窒素量・配位状態を制御した精密合成が困難で、実用化の大きな障害となっていた。そこで窒素源として窒化炭素などの固体窒素源を用いることを着想した結果、アンモニアガスが不要、かつ従来より低温・短時間で大量合成が可能となった。生成過程の解析から活性な中間体の形成が反応に決定的に重要であることも明らかとなった。組成と配位状態の精密制御、大量合成への道が拓けたことで、応用展開の加速が見込まれる。

班内留学などにより、理論研究者の補助のもと若手の合成研究者が計算科学を自ら使いこなすことで様々な成果が生まれた。複合アニオン化合物のバンド構造はアニオンの組合せで決まることが定説だったが、層状酸ハロゲン化物においてマードルンクエネルギーにより制御可能であることを示した。光触媒特性と安定性の両立など、単一アニオンでは不可能な様々な機能の実現に繋がる成果である。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 複合アニオン化合物、合成、新物質

【研究 題目】 ハイブリッド新種ゲノムが有するオミクス適応能の包括的な解析

【研究代表者】 瀬々 潤 (人工知能研究センター)

【研究担当者】 瀬々 潤 (常勤職員1名)

【研究 内容】

「鍵と鍵穴」の障壁を超え、交雑により生まれたハイブリッド新種は、農業において積極的に利用されている一方で、ハイブリッド新種が作成できたとして、その適応力は明らかではない。本研究では、この適応力を予測する手法の構築を目指し、交雑による新種の育種、大規模オミクス解析、形質予測につながる手法開発を実施している。本年度は、対象としているハクサンハタザオを含むシロイヌナズナ属を代表する27分類、94個体のゲノム情報を用いて解析を行ったところ、多くの多型が自然選択などによって共有されていることを報告し、その中で我々が開発した異質倍数体を解析するソフトウェア HomeoRoq が利用された[Nature Genetics]。また、異質倍数体化によって親種がもつ形質が、異質倍数体にどのように引き継がれるのか、あるいは、引き継がれないかの分子基盤を明らかにするため、表現型として重金属耐性を選択し調査した。この形質は、ミヤマハタザオの親種であるハクサンハタザオ(重金属耐性に優れる)とセイヨウミヤマハタザオの間で異なるものである。これ

ら三種の遺伝子発現を RNA-seq で取得し、HomeoRoq で解析することで、ミヤマハタザオの重金属耐性に係る遺伝子の発現が、親種の発現の半分になっており、どちらの性質も持つジェネラリストであることが明らかになった[MBE]。また、来年度に向けて HomeoRoq の改良を実施、ミヤマハタザオの移植実験の実施、更に、移植実験等からの大規模な RNA-seq による観測の実施を行い、来年度以降の研究につなげる成果が出た。

【領 域 名】 情報・人間工学、生命工学

【キーワード】 機械学習、オミクス、環境適応

【研究 題目】 完全制御カーボンナノチューブの物性と応用

【研究代表者】 片浦 弘道 (ナノ材料研究部門)

【研究担当者】 片浦 弘道、田中 丈士、平野 篤、魏 小均、王 国偉、都築 真由美 (常勤職員3名、他3名)

【研究 内容】

単層カーボンナノチューブ(SWCNT)は、グラフェンをつぎ目無く丸めて直径1ナノメートル程度の筒にした構造のナノ材料である。この丸め方は何通りもあるため、実際に合成した SWCNT は様々な構造の混合物になっている。本研究課題では、独自開発のクロマトグラフィ法を用いて、原子配列のわずかな違いも選り分ける、SWCNT の精密構造分離を実現する。さらに、得られた炭素原子の配列が同一の SWCNT を用いて、精密構造パラメータや物性を明らかにするとともに、それを応用展開する事を目的としている。

昨年度、円二色性スペクトルから SWCNT の「右巻き・左巻き純度」を精密に評価することに成功したが、今年度はその成果を論文発表し、高い評価を受けた。さらに今年度は SWCNT の発光効率の精密解析を行った。半導体型 SWCNT の蛍光では、発光光子が再び SWCNT に吸収される再吸収効果が支配的となるが、これまで厳密に考慮することは困難であった。そこで単一構造 SWCNT を用いて再吸収効果を詳細に調べ、これまで報告された高濃度域で生じるスペクトル変化が、すべて単純な再吸収の効果で説明可能であることを示した。関連して、米国との共同研究で、室温において長距離光通信波長での単一光子発光を実現した。暗号通信への応用が期待できる。また、SWCNT の分離プロセスにはゲルカラムが重要な役割を担っているが、これまでゲルの検討が不十分であった。今年度は、ゲルの網目構造を自在に制御できる新たなゲル構造を設計し、実現した。これを用いれば、繰り返し使用で着色したゲルを容易に洗浄可能である。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 ナノチューブ、構造分離、カイラリティ、蛍光、単一光子

〔研究題目〕 昆虫－大腸菌人工共生系による共生進化および分子機構の解明

〔研究代表者〕 深津 武馬（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 深津 武馬、古賀 隆一、森山 実、
谷藤 直子、松下 智子、木村 節子、
坪田 潤（常勤職員3名、他4名）

〔研究内容〕

私たちは、チャバネアオカメムシという昆虫において、生存に必須な腸内共生細菌が自然集団で顕著な多型を示すことを発見した。さらに、もとの共生細菌と大腸菌の置換により、正常な感染局在を示し、垂直伝達され、継代維持が可能で、さまざまな操作実験や分子遺伝学が適用可能な人工共生系の創出に成功した。この画期的なモデル共生系を駆使して、共生進化の過程および機構の本質に関する理解をめざした。

- ・チャバネアオカメムシの6種共生細菌 A-F のゲノム配列を完全決定した。
- ・異なる共生細菌のプラスミドに共通してカロテノイド合成系及び IV 型分泌装置の遺伝子を同定し、共生機能との関連を示唆した。
- ・フォスミドライブラリースクリーニングにより共生細菌 C と D について共生に関与すると思われるゲノム領域の同定に成功した。
- ・高速進化大腸菌系統 $\Delta mutS$ に感染させたカメムシの継続的な累代飼育により、10以上の進化系列の大半において30-80%に達する高い羽化率の進化を観測した。これら共生進化大腸菌系列は共通してコロニー形態の変化、細胞外多糖産生の減少などを呈した。ゲノムリシーケンス及び RNAseq を行い、ダイナミックなゲノム部分欠失や部分重複を検出した。また人工共生進化大腸菌の宿主羽化率が低い系列と向上した系列で、遺伝子発現パターンが明確にクラスタリングされることを示した。
- ・その他、昆虫形状／色彩解析ソフトウェアの開発と公開；ゾウムシ共生細菌によるクチクラ硬化の解明；ハムシ共生細菌による細胞壁消化酵素産生の解明；多様なカメムシ類や甲虫類の新規共生細菌の解明；セミにおける寄生菌から共生菌への進化の解明；など。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 昆虫、共生細菌

〔研究題目〕 単原子スペクトロスコピーの高度化研究

〔研究代表者〕 末永 和知（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕 末永 和知、千賀 亮典、
Lin YungChang（常勤職員3名）

〔研究内容〕

本研究では電子顕微鏡による単原子スペクトロスコピー法のさらなる応用と発展を目指す。特に電子顕微鏡を用いた電子分光測定の高速度・高感度化・高精度化を通

して、単原子のスピン状態、配位数およびそれらの変化の実時間観測を可能にし、物性研究および生命研究の基礎的発展に大きく貢献できる基盤技術開発につなげる。平成29年度は、電子分光の高速度のための CMOS 型検出器の導入テストが始まった。新しい検出器を電子顕微鏡像観察に用いた場合は時間分解能が飛躍的に増加し、カーボン原子鎖の構造変化など重要な化学反応が直視できるようになった。また高分解能 EELS が、低次元物質の光学特性評価に応用できることを実証した。量子ドットや二次元膜界面などのナノスケール評価に先鞭をつける成果が得られた。ペロブスカイト結晶の光学特性を測定する研究がアムステルダム大学との共同で行われその成果は JPCC 誌に発表された。またウィーン大学と共同でナノチューブの欠陥が吸収スペクトルに及ぼす影響を調べる研究が行われた。後者は現在論文投稿中であるが、どちらも新しい分野の評価手法開拓に繋がっている。また軽元素であるリチウムや電子線照射で不安定価しやすいカルコゲン元素などの単原子分析の成功例を Ultramicroscopy 誌に発表した。また高速の原子レベル分析法は新規二次元物質合成のその場観察にも応用され、Vanderbilt 大学との共同研究成果として Phys.Rev.Lett.誌や NanoLett.誌に発表された。また二次元物質の光学特性に及ぼすドーパント元素の影響を調べた論文が Adv.Func.Mat.誌に報告された。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 電子顕微鏡、単原子物理、STEM、EELS

〔研究題目〕 ホームケアをサポートする人間生活調和型コンパクトアクチュエータの総合的研究

〔研究代表者〕 井野 秀一（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 井野 秀一、近井 学、細野 美奈子
（以上、人間情報研究部門）、
榎 浩司（創エネルギー研究部門）、
土井 幸輝（国立特別支援教育総合研究所）、
山下 和彦（大阪大学）、
和田 親宗（九州工業大学）
（常勤職員4名、他3名）

〔研究内容〕

本格的な高齢社会を迎え、多様なライフスタイルをサポートする福祉機器の開発とその充実が真に求められている。また、世界各地で頻発する甚大な自然災害や都市災害の現場では、電源インフラに依存せず、高出力で機動性に優れた防災救助ツールの登場が期待されている。そこで、本課題では、電源フリーでハイパワーかつコンパクトな人間生活調和型のソフトアクチュエータの新技術を、高齢者や障害をもつ人たちのホームケアおよび防災救助向けの応用に軸足を置き、機能性材料開発や人間行動計測などを織り交ぜて、学際的な視座から研究開発

することを目的としている。

本年度は、ホームケアおよび家庭用防災のサポート技術のための人間動作計測と水素吸蔵合金を利用したハイパワーなソフトアクチュエータシステムの基盤充実、福祉応用と防災応用に向けたシステム開発のためのインテグレーション研究の展開、および全体総括を行った。福祉応用として、トイレにおける移乗動作をサポートするアクチュエーションに求められる機能を分析した。その結果、トイレのシート前傾角を変化させると、表面筋電位や足圧中心などの身体的負荷や主観評価に変化が生じることがわかった。それらの計測データを参考にして、水素吸蔵合金を小型力源に利用したトイレのリフト機構をデザインした。さらに、防災応用として、家庭用救助ジャッキツールの人間工学研究と試作研究を行った。手動油圧ポンプ型ジャッキの操作時の脈拍数と血流量を計測し、従来の人力による防災ツールの身体的負荷を定量的に調べた。試作研究では、人力の代替でパワーツールに水素吸蔵合金を利用することを想定して、小型油圧シリンダとソフトジャッキ袋の2タイプのエンドエフェクタを考案し、これらのプロトタイプによる評価実験を行った。その結果、共に水素吸蔵合金に対する80℃の加熱操作で100 kgの重量物（転倒家具等を想定）のジャッキアップを達成できた。特に、ソフトジャッキ袋によるタイプは、軽さと薄さに優れ、長時間の持ち上げ（隙間確保）も十分であった。さらに、生石灰と水による反応熱での迅速駆動も可能であり、家庭等での電源インフラが途絶した災害状況にも対応できることをデモ実験により確認した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 アクチュエータ、水素吸蔵合金、ホームケア、介護、防災、生体計測

【研究 題目】 分散型エネルギー取引市場制度設計に関する理論構築、経済実験及び社会実装

【研究代表者】 本田 智則（安全科学研究部門）

【研究担当者】 本田 智則、田原 聖隆、柴 義則、若松 弘子（常勤職員2名、他2名）

【研究 内容】

本研究は、分散型電源及び既存電源を協調させつつ、長期安定的に稼働可能な電力システムの構築を目指し、市場の効率性に着目し、環境性・経済性を両立する新たな電力取引市場の制度設計を行うための基礎的知見を得ることを最終的な目的として研究を実施した。

電力の市場取引が株式市場取引と異なる点として、その取引において、同時同量制約、連系線制約といった様々な物理的制約が存在すること、また、電力が社会経済において重要な基盤であることから、1つの最も低価格となる電源のみを選択することは社会経済の安定性を担保する上で避けるべき選択であること、さらに、温室効果ガス低減を果たすという外部不経済の内部化を考慮

に入れたものであること、等が挙げられる。

本年度は最終年度として、これまでの RPS や固定価格買取制度の知見に基づいた理論研究及び、実験経済学に基づく実験室内での生活社のインセンティブ選好を考慮に入れた実証研究、及び HEMS データの解析に基づいた実社会における分散電源導入時の行動態様を統合的に分析し、将来の分散電力導入において必要となる基礎的知見を得た。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 電力自由化、実験経済学、被験者実験、HEMS、電力

【研究 題目】 全冷却方式超高安定マイクロ波発振器の開発

【研究代表者】 池上 健（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】 池上 健、渡部 謙一、柳町 真也、高見澤 昭文（常勤職員4名）

【研究 内容】

低温サファイア発振器はあらゆる発振器の中で最も短期周波数安定度の優れた発振器であるが、定期的な液体ヘリウムの補充が必要なため一次周波数標準器の運用には使い勝手が悪い。冷凍機を用いることで液体ヘリウムを使用することなく長期に渡る運転が可能となるため、水素メーザーを超える次世代の実用周波数標準器としても期待される。本研究では発振ループ内に入る素子の温度安定化や低雑音化を図り従来の低温サファイア発振器の周波数安定度を 10^{-17} 台にまで改善するとともに、数年にわたって連続的に動作する超高安定なマイクロ波発振器を開発することを目標とする。

今年度は、前年度までに3台開発された振動抑制型クライオスタットを用いた電氣的冷却方式低温サファイア発振器間のビート周波数を測定することにより、3コーナーハット法で低温サファイア発振器のそれぞれの周波数安定度を分離して測定することに成功した。開発された低温サファイア発振器は、原子泉方式一次周波数標準器の局部発振器として組み込まれ、量子射影雑音により制限される信号対雑音比を実現し、当所の予定通りの局部発振器として、連続的な運転が可能となった。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 低温サファイア発振器、振動抑制冷凍機、極低位相雑音、周波数安定度

【研究 題目】 軌道純化に基づく高温超伝導体の圧力・非平衡制御と転移温度増強の理論・実験的研究

【研究代表者】 青木 秀夫（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 青木 秀夫、永崎 洋、伊豫 彰、竹下 直（常勤職員3名、他1名）

【研究 内容】

目標、研究計画：

高温超伝導における転移温度増強を、平衡においては単一軌道化を方針として開発する。理論的手法としては、DMFT+FLEX、DΓAなどを用いる。単一軌道からなる非連結フェルミ面系や、広いバンドと狭いバンドの共存系を実現するための物質として、具体的な遷移金属化合物に着目し、理想系の実現を目指す。実験的には、理論設計された候補物質を試作し、圧力効果を含めて高温超伝導出現の可能性に迫る。

本年度進捗状況：

青木：動的バーテックス近似（DΓA）を超伝導に拡張して非従来型超伝導を調べた。これにより、バーテックス補正が超伝導に重要な寄与をすることを初めて明確に示した。これは超伝導体の理解だけでなく、バーテックス補正最適化により超伝導を増強するというヒントを与える（ウィーン工大との国際共同研究）。超伝導の励起状態においては、異方的ペアリングをもつ銅酸化物高温超伝導体における集団励起（ヒッグスモード）の理論を構築し、島野グループの実験と併せて、共同研究を遂行した。黒木：単一軌道系において超伝導が増強されるモデルとして、ワイドバンドとナローバンドが共存する系における超伝導を理論的に調べ、様々な鎖モデルに対して、フェルミ準位がナローバンド近傍のときに超伝導が増強されることを示した。このメカニズムによる超伝導を実現できる物質を理論的に探索し、Sr₃Mo₂O₇を、青木との共同研究により提唱した。秋光：層状Ir酸化物Sr_{2-x}LaxIrO₄をメカニカルアロイ法を用いることによりLa固溶量を増大させた。μSR法によりLa量増加に伴いGriffiths相が発現することを発見した。バレンススキップ系Ag_{1-x}Sn_{1+x}Se₂では、超伝導体における異なるバレンス共存（Sn²⁺, Sn⁴⁺）をXPSにより初めて観測した。永崎：銅酸化物超伝導体における化学的圧力効果と軌道純化の検証のため、多層型高温超伝導体でSrのみによってCuO₂面が隔離された系を初めて合成した（T_c>100K）。島野：テラヘルツ波ポンププローブ分光実験と非線形感受率計算との比較から、高温超伝導体Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+x}においてヒッグスモードの観測に初めて成功した。また、La_{2-x}Sr_xCuO₄の光励起ダイナミクスも調べ、T_c以下で強い光励起しても超伝導が局所的に破壊されずに残ることを明らかにした。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕超伝導材料・素子、強相関電子系

〔研究題目〕極限環境の熱伝導率計測技術による地球コア内部の熱移動の解明

〔研究代表者〕八木 貴志（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕八木 貴志、長谷川 暉

（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

地球のコアからマントル、地表へと流れる熱移動は、

地球規模のダイナミクスを支配し、さらに地球の進化の過程を辿り形成要因を解き明かすための根源的なデータである。本研究では、超高温・高圧の極限環境に対応する熱伝導率計測技術を確立し、地球深部物質の測定を行い、地球内部の熱移動の考察を行った。

対抗するダイヤモンド圧子の間に微小試料を挟み超高温を得るDAC技術と薄膜用の熱伝導率計測手法であるパルス光加熱サーモリフレクタンクス法および高出力レーザー加熱法を組み合わせた超高温・高温用の熱伝導率計測技術を確立し、圧力100 GPa超、温度2000 K超での金属の熱伝導率の測定に成功した。開発した超高温・高圧の極限環境に対応する熱伝導率計測技術により、従来技術では到達できなかった地球深部環境における様々な物質の熱伝導特性の評価が可能となり、これにより地球内部のダイナミックな熱移動の解明への貢献が期待される。さらに純鉄やマントル鉱物の熱伝導率の圧力・温度・組成依存性を網羅的に測定し、コア/マントル境界における熱流量の算出を行った。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕熱伝導率、計測技術、高圧、高温、金属、酸化物

〔研究題目〕ミッシングヘリタビリティを埋める複合因子解析手法の開発

〔研究代表者〕瀬々 潤（人工知能研究センター）

〔研究担当者〕瀬々 潤、阮 佩穎

（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究ではゲノムワイド関連解析（GWAS）の急速な普及によって、今まで手の届かなかった遺伝的疾患が明らかになる一方で、遺伝性が認められるにも関わらず、必ずしもGWASで解けない「ミッシング・ヘリタビリティ」問題に対して、その理由を明らかにし、解決手法を提案することを目的としている。そのアプローチとして、単一の変異のみでは現れず、複数の変異を組み合わせることで現れる疾患が存在する仮説のもと、数理統計手法LAMPの開発、大規模GWASデータへの適用を実施してきた。本年は、国内の大規模コホートであるバイオバンクジャパン、東北メディカルメガバンク、長浜0次コホートとの連携を進め、データの開示許可を得た上で、一部データに対してLAMPを実施した。更に、開発したプログラムが広く人類遺伝学者の皆様に利用できるよう、人類遺伝学で利用されているPLINKにその機能を組み込み、公開した。また、検出した結果の閲覧と解釈を容易にするため、結果の整形を実施するプログラムを開発した。更に、実際に解析を行っている際に問題になることとして、遺伝子領域外にあるSNPが疾病に関連しているケースがある。この解釈に向け、異なるアプローチとしてマルチオミクスデータを用いた解析によるミッシングヘリタビリティの理解に向け、公共の次世代

シーケンスデータベースより、ChIP-seq データ及び遺伝子発現データの取得を実施し、広く利用されているパイプラインを実行することで、統計解析・機械学習に資する転写調整に関するデータの収集を実施した。次年度以降、具体的な解析を実施する。

〔領 域 名〕 情報・人間工学、生命工学

〔キーワード〕 機械学習、数理統計、ミッシングヘリタビリティ

〔研究題目〕 データ同化手法を用いた身体障害者の共創的衣服作製に関する研究

〔研究代表者〕 蔵田 武志（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 蔵田 武志、一刈 良介（以上、人間情報研究部門）、
大西 正輝（人工知能研究センター）、
尾形 邦裕（ロボットイノベーション研究センター）（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

多くの車いすを利用する身体障害者が問題として挙げている褥瘡の軽減、着脱のしやすさ、動きやすさ等の機能性、意匠性、及び経済性を同時実現する衣服の設計を支援するために、H29年度は以下について取り組んだ。

1) RGB-D カメラ搭載スマートフォンによる非接触身体計測に基づくモバイル MR 着装アプリを、身体計測と試着映像提示をスマートフォン側に、着装シミュレーション計算をサーバ側に配置して実装した。実写映像への衣服 CG 重畳の際の隠れ判定に計測結果を適用して自然な着装映像を提示可能とし、標準人体モデル (Dhaiba) の相同モデルとして計測結果をモデル化することで、身体基礎データをコンパクトに記述・蓄積可能とした。

2) 脊髄損傷者13名の関節可動域、徒手筋力、及び車いす漕ぎ動作を計測し統計処理することで、残存機能に基づくクラスごとの代表的な動作を生成した。それらの動作を着衣状態のロボットに模倣させて衣服による動きにくさを力センサにより定量化し、残存身体機能と動きにくさの因果性を検討した。力センサとモーションキャプチャシステムを用いて、人の動作と衣服圧を計測するシステムを構築した。

3) 国リハコレクションや文化服装学院文化祭に前述のモバイル MR 着装アプリを出展し、文化服装学院、倉敷スクリーンタイガー等から提供された CAD データにより MR 試着が可能な衣服コンテンツを充実させた。身体障害者向け衣服作製関連情報548件の検索ポータルサイトを運営し、2年間で4万強のリクエスト数があった。本ポータルでのアプリ配布の準備もおおむね完了した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 サービス工学、現場のラボ化、製造業のサービス化、複合現実、インクルーシブ

デザイン、データ同化、情報循環、身体障害者支援、衣服設計、機能性、意匠性、経済性、衣環境

〔研究題目〕 グライコプロテオームを中心とした複合オミクス解析による疾患モデルの糖鎖機能解析

〔研究代表者〕 成松 久（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕 成松 久、梶 裕之、佐藤 隆、
梶谷内 晶、安形 清彦、鈴木 奈美
（常勤職員3名、他3名）

〔研究内容〕

本課題では、糖鎖の生体機能解明のため、野生型と糖鎖遺伝子改変型の細胞やマウスを研究材料として、最新の解析技術を用いた比較グライコプロテオーム解析による糖転移酵素の標的タンパク質の同定と糖鎖構造解析を行った。グライコプロテオミクス技術・IGOT 法では N 型糖鎖キャリア分子と付加位置を同定することが出来る。そこで、LacdiNAc（タイプ I）構造を合成する B3GALNT2に着目し、発現細胞から LacdiNAc 結合レクチンを用いた IGOT 法によりキャリア分子を同定した。さらに、KD 実験により LacdiNAc 構造が N 型糖鎖上に存在すること、KO マウスの胎児での組織構造異常を明らかにした。

次に、新規グライコプロテオミクス技術（GlycoRidge 法）では、糖ペプチドの質量および保持時間を使用し、MS2を必要とせずに糖ペプチド上の糖鎖構造が解析できる。そこで、HL-60細胞におけるポリラクタサミン（pLN）糖鎖のキャリア分子の同定を試みた。糖ペプチドを親水性相互作用クロマトグラフィー分画した試料を分析した結果、pLN 糖鎖が高親水性画分に濃縮された。HL-60細胞では31個の pLN キャリアタンパク質群が同定され、それらはシグナル伝達、受容体、細胞移動および細胞接着などの機能に関連する分子を含むことが明らかとなった。

さらに、コンドロイチン硫酸の生合成に関わる CSGalNAcT1と CSGalNAcT2のダブルノックアウトマウス (DKO) を作製し、表現型解析を行った。DKO は呼吸不全による胎生致死であった。軟骨特異的 DKO では、四肢が極端に短縮していた。CSGalNAcT2単独 KO は正常であったが、DKO で CSGalNAcT1単独 KO よりシビアな表現型を示したことから、CSGalNAcT2も軟骨形成に機能していることが明らかとなった。今後、表現型との関連を解析することで、糖鎖の生体内機能を明らかにすることができると期待される。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 糖鎖機能、グライコプロテオミクス、グライコミクス、トランスクリプトミクス、糖鎖遺伝子

〔研究題目〕強相関電子系の電界効果とモット FET のプロトタイプ開発

〔研究代表者〕井上 公（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕井上 公、富岡 泰秀、白川 直樹、山田 浩之、渋谷 圭介、STOLIAR Pablo、SCHULMAN Alejandro、押川 正毅（常勤職員5名、他3名）

〔研究内容〕

SrTiO₃チャンネル FET について、ゲート電場がチャンネルに引き起こす非常に興味深い現象を発見しました。FET のゲートに正の電圧を印加すると、SrTiO₃のバルクや表面が本来持っている（intrinsic な）酸素欠損（正に帯電）が、デバイ長（電場がバルク内に侵入できる距離）あたりまで drift します。酸素欠損が少なくなると酸素が動きにくくなるため、酸素欠損は「酸素欠損がない層」の外側に追いやられます。この層は、migration-induced field-stabilized polar (MFP) 層と呼ばれていて、蓄積された酸素欠損がこの MFP 層を通して背面ゲートを形成したかのように振る舞うので、この仮想背面ゲートにより FET の閾値が大きく減少し、本来のゲート電場が誘起できる電荷以上の電荷がチャンネルに蓄積されます。さらにチャンネルが2次元金属に相転移すると、金属による電場遮蔽のためバルク中の酸素欠損の drift がなくなるので、diffusion が「ゆっくり」進む間は電流電圧特性に巨大な履歴現象が出現します。さらに SrTiO₃チャンネル FET ではチャンネルの金属化がパーコレーション的に起こるので、短い時間スケールで残留抵抗の値が変化します。この短い時間スケールの残留抵抗変化はパルス時刻依存可塑性 (STDP) を示すので人工シナプスが作れます。ゆるやかな閾値変化を利用すると電荷量の時間積分を行える素子、つまり人工ニューロンが作れます。この人工ニューロンはコンデンサを使わないので、将来の集積化に非常に有利です。我々の素子から抽出したパラメータを用いて、機械学習による文字認識のシミュレーションを行うことにも成功し、電子素子の分野で最も権威のある国際会議 IEDM で発表することができました。

さらに、SrTiO₃の La ドープ単結晶を酸素同位体置換すると、同位体置換量に応じて転移温度が上昇することが判明しました。これは通常の同位体効果とは正反対であり、強誘電体転移点付近の量子臨界現象ではないかと考えられます。強誘電体転移の量子臨界点が金属相にどのように展開するのか、今後さらに研究して行く必要があります。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕電界効果トランジスタ (FET)、パリレン、酸化ハフニウム、チタン酸ストロンチウム、2次元電子系、人工ニューロン、人工シナプス、同位体効果、超伝導

〔研究題目〕超伝導検出器多画素化と冷却系簡素化を両立するマトリョーシカ型周波数多重読出回路

〔研究代表者〕神代 暁（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕神代 暁、平山 文紀、山森 弘毅、佐藤 昭、永沢 秀一、福田 大治*、佐藤 泰**、入松川 知也、中島 裕貴（*物理計測標準研究部門、**分析計測標準研究部門）（常勤職員7名、他2名）

〔研究内容〕

ミリ波～ガンマ線の9桁に渡る波長域の電磁波に対し、半導体等の既存検出器を凌駕する低雑音性を示す超伝導転移端検出器 (TES) の応用拡大に必要な多画素化には、極低温検出器一室温信号処理装置間の配線経由の極低温への流入熱の画素数に伴う増加を抑制し、検出器システムの体積・消費電力の支配要因たる極低温冷凍機の小型・低消費電力化・低廉化が求められる。極低温下で複数画素の出力信号を1本の信号線に束ねる超伝導多重読出回路がこれを可能とし、複数の方式が提案されている。この中で、マイクロ波周波数多重読出法 (MW-MUX) は、多重化数に依存しない信号対雑音比と、他法に比べ1本の信号線あたりの多重化数の飛躍的増大が期待されている。一方、現状の MW-MUX の多重化数は、極低温下の高電子移動度トランジスタ増幅器の帯域に比べ約1/4の室温信号処理系の帯域で制約され、極低温エレクトロニクスの潜在能力を充分活かしているとは言い難い。本研究は、複数の室温信号処理系の信号を1本の極低温一室温間の信号線に束ねることにより、標記問題の解決と MW-MUX の潜在能力実現を目的とする。最終年度にあたる今年度は、1系統（画素数6）の極低温回路と2系統の室温回路から成るプロトタイプを構築した上で、本方式の基本動作を実証し、性能を評価した。その際、異なる室温回路系統間の信号干渉を避けるため、室温回路内の低域通過フィルタの仕様を明らかにした。これら複数技術の統合により、本方式が、従来型 MW-MUX に劣らぬ低い雑音と低い画素間クロストークの基で正常動作することを実証した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕超伝導量子干渉素子 (SQUID)、超伝導転移端検出器 (TES)、マイクロ波共振器、周波数多重読出回路

〔研究題目〕第三の極における強太陽光照射が有害物質長距離輸送に与える影響評価研究

〔研究代表者〕山下 信義（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕山下 信義、谷保 佐知、山崎 絵理子（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

第三の極 (the Third Pole) とは、地表に比べて40%

も強い太陽光照射に年間を通して暴露されることで北極・南極と同様あるいはそれ以上の地球温暖化・オゾン層破壊の影響を受けているヒマラヤ山脈・チベット高原など、標高3500 m を超える高山・高地を指す。その面積は400万平方 km を超え、全地表の3 %近くを占めるが、これを地球環境問題の対象とした研究報告は少ない。北極・南極よりも急速に進行する第三の極における環境破壊の現状を理解するために、中国・インド周辺各国の連携のもと、最先端の科学技術を用いた調査を行う。

平成29年には、第三の極における氷河・大気・土壌・植生に残留する POPs の環境調査を行った。中国、インド、4000 m 級の Wolong 山における調査を昨年と同様に行った。特に高山から流出した化学物質が蓄積している底泥試料を分析し汚染等状況を明らかにした。また比較のために、インド国内で最も汚染されているクム川、日月湖（台湾）、北浦（茨城県）でそれぞれ底質資料を採集し、化学分析を開始した。2013年に発見した PFASs 自然環境中光分解反応の追試として、それぞれの地域で石英試験管に封かんした標準物質（PFOS 関連物質、有機塩素系農薬、メチルシロキサン等）を指標とした長期間光分解反応を行い、高山の強紫外線環境下での特異的な分解反応を発見した。また PM2.5 の起源を解析するため行ったナノ粒子サンプリングにより、ブラックカーボンが優占する東アジアと砂漠地帯の大気粒子の性状が大きく異なり、既存のサンプラーの信頼性が低いことが判明した。これに対する技術革新が必要となり、企業と協力し新しいナノ粒子インパクターを開発し、中国・インドカウンターパート他で検証、市販化も達成した。また本研究に参加する海外カウンターパートを拡充し、新たに南京大学、厦門大学、南開大学、国立台湾海洋大学、インド工科大学と共同研究協定を確立した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 第三の極、PFOS、ペルフルオロアルキル化合物、長距離輸送

【研究題目】 超人スポーツのための個人別環境身体ダイナミクス同定技術と身体能力拡張技術の研究

【研究代表者】 持丸 正明（人間情報研究部門）

【研究担当者】 持丸 正明、村井 昭彦（以上、人間情報研究部門）、
暦本 純一、稲見 昌彦（以上、東京大学）、小池 英樹（東京工業大学）、
野嶋 琢也（電気通信大学）、
杉浦 裕太（慶應義塾大学）
（常勤職員2名、他5名）

【研究内容】

本研究は、幅広い身体特性の人が一緒にスポーツ参加できるシステム構築を目標として、環境と身体の相互作用である「環境身体ダイナミクス」を解明して運動・認

識能力を拡張する技術の研究である。そのために、①運動計測・感覚刺激・コントロールシステムの開発、②超人スポーツ競技のルール策定、③超人スポーツにおけるヒトの運動解析技術を開発している。本年度は、これらを実フィールド環境で行うことを目標に研究を遂行した。

まず①について、超人スポーツ競技において実フィールドで身体環境ダイナミクスをコントロールするためのデバイスを開発した。昨年度までの成果に加え、環境のコントロールについて、人工筋肉を用いて身体にフィードバックを実現するシステムの基礎研究を行った。さらに、スポーツにおけるユビキタスな情報提供を目的とし、ドローンを利用した移動型ディスプレイを開発した。

次に②について、超人スポーツ競技において競技経験者、未経験者がともに同じレベルでプレイできるよう、またモチベーションをコントロールできるよう、ルールを設定するシステムを構築した。また、プレイレベルやプレイ内容に応じた応援システムを開発することで、両プレイヤーの同様のモチベーション向上を実現した。

そして③について、身体環境ダイナミクスを解明し、同じレベルでプレイできるよう制御するモデルを構築するために、身体運動、接触力、デバイス運動を同時に計測する実験環境を整備した。そして、身体環境ダイナミクスのモデルを構築し、運動・感覚能力の変化による運動パフォーマンスのシミュレーションを実現した。ここでは、ヒトの走行をシンプルな運動表現モデルで表現し、環境が変化した場合の関節負荷の変化や、装具が変化した場合のパフォーマンスの変化の推定を実現した。

次年度は、これらの技術を展開・組み合わせ、実際の超人スポーツゲームをデザイン、実施する。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 超人スポーツ、ヒューマンインタフェース・インタラクション

【研究題目】 カーボンナノチューブによる褐色脂肪組織の近赤外光造影

【研究代表者】 湯田 坂雅子（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】 湯田 坂雅子、片浦 弘道、田中 丈士、
張 民芳、佐伯 久美子（国立国際医療
研究センター）、岡松 優子（北海道大
学）石原一彦（東京大学）
（常勤職員3名、他5名）

【研究内容】

カーボンナノチューブ（CNT）による褐色脂肪組織（BAT）造影の基礎を構築し、BAT 造影剤として動物実験レベルでの実用化に向けた研究を加速させるために、CNT が BAT に集積するメカニズムを明らかにした。2017年度研究では、CNT の表面をリン脂質ポリエチレングリコール（PLPEG）という生体親和性の高いポリマーで被覆（PLPEG-CNT）して用いた。PLPEG で被

覆すると、アルキル鎖が CNT 表面に吸着し、PEG 鎖が最表面にできることにより、疎水性 CNT に親水性を付与することができる。PLPEG-CNT をマウスに尾静脈投与し、近赤外 (NIR) カメラにより全身撮影を行ったところ、絶食させたマウスにおいて褐色脂肪組織が鮮明に造影され、絶食しなかったマウスではほとんど造影されなかった。PLPEG-CNT により検知された絶食による褐色脂肪組織への影響を組織観察や遺伝子解析により調べたところ、毛細血管からの PLPEG-CNT 漏出が亢進していることを見出し、その原因は、絶食時の褐色脂肪組織ではコラーゲン繊維が障害を受けていることによるという新事実を発見することができた。本研究により、CNT が動物体内における組織・細胞内での物質の流れをモニターできるプローブとして優れていることを実証することができた。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕カーボンナノチューブ、褐色脂肪組織

〔研究題目〕圧電機能開拓のための強誘電性分子固体の研究

〔研究代表者〕堀内 佐智雄 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

〔研究担当者〕堀内 佐智雄、堤 潤也 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)、石橋 章司 (機能材料コンピューショナルデザイン研究センター)
(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

研究代表者らが近年世界に先駆け次々と開発してきた有機強誘電体は、電子やプロトンの授受を特徴とし、高分極・低電場動作性に優れる一方で、圧電効果は無機材料と比べ依然小さい。本研究では、問題解決に向けて、新物質・プロセスを開発し、バルク・薄膜状態での結晶構造と強誘電ドメイン状態の詳細を調べる。本年度は、一連の高分極性のプロトン互変異性結晶で圧電定数 d_{33} について、自発分極との正の相関性を明らかにした。従来材料との比較考察から、相境界との近接など強誘電状態の不安定化が、高圧電性能実現に向けた材料設計指針として見出された。そこで電場誘起相変化機能をもつ反強誘電性に着目し、新物質開発に取り組んだ。顕著な成果として、PZT に匹敵する巨大な電気歪み (ナフトイミダゾール、 d_{33} 換算で ~ 280 pm/V、誘起分極 6 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$) が実現できた。古くから知られる四角酸結晶でも、二段階型分極スイッチ現象を初めて実証し、高分極・低損失な静電エネルギー貯蔵機能 (13 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 、貯蔵エネルギー密度 1.5 J/cm^3 、効率94%) とともに、90度回転型の分極機構を明らかにできた。四角酸において、van der Waals 相互作用を考慮した理論計算により、格子定数も含めて実験結晶構造が高精度に再現できることを確認し、静電場を印加した状態で電子状態計算・構造最適化

を行なうことで、反強誘電-強誘電転移のシミュレーションに成功した。本研究で開発した強誘電体電界変調イメージング (FFMI) 法は、有機強誘電体内の強誘電ドメインを非接触かつ高速に評価できる新技術であり、これを用いてドメイン壁の運動挙動を捉えることに初めて成功した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕有機強誘電体、有機エレクトロニクス、強誘電体薄膜、電子状態、第一原理計算

〔研究題目〕多層界面ダイポール変調不揮発メモリの酸化膜界面構造最適化とアナログ動作モデリング

〔研究代表者〕宮田 典幸 (ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕宮田 典幸、住田 杏子
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

フラッシュメモリを使った半導体ストレージの利用が広がっており、代表的なフラッシュ製品である SSD (Solid State Drive) はパソコンやサーバーに不可欠な部品となっている。一方、新原理で動作する次世代メモリは、SSD と揮発性メモリの間を埋める高速ストレージとして注目されており、情報処理システムの低消費電力化・高性能化に繋がると期待されている。本研究は、研究代表者が考案した界面ダイポールメモリの基礎的知見を蓄積し、さらに次世代ストレージとしてのポテンシャルを見極めることを目的としている。界面ダイポールメモリは、酸化物の接合界面に誘起されるダイポール層の大きさを電界によって変調させることで情報を記憶する。フラッシュメモリと同じように、MOSFET (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor) のゲート積層構造に組み込んでドレイン電流として情報を読み出すことができる。本年度は、多層型の $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ 界面ダイポール変調構造を組み込んだ MOSFET を試作し、 10^5 以上の電流比で 10^9 回のスイッチング動作に成功した。また、研究分担機関の東京都市大学と物質材料研究機構では、電界による $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ 界面近傍の構造変化を明らかにするため、それぞれ、SPring-8 の HAXPES (hard X-ray photoemission spectroscopy) 分析と第一原理計算を用いた研究を進めている。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕不揮発メモリ、酸化物、界面ダイポール、フラッシュメモリ

〔研究題目〕安全な協調ロボット制御ソフトウェア開発方法の研究

〔研究代表者〕磯部 祥尚 (情報技術研究部門)

〔研究担当者〕磯部 祥尚、大岩 寛、

Affeldt Reynald（情報技術研究部門
常勤職員3名）、
中坊 嘉宏、安藤 慶昭、宮本 信彦、
Biggs Geoffrey、花井 亮（ロボットイ
ノベーション研究センター 常勤職員4
名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、協調するロボット制御ソフトウェアの安全性と信頼性の向上を目的として、ロボットの振舞いの形式化と、制御ソフトウェアの設計、検証、実装の各工程をシームレスにつなぐ開発方法の研究を行っている。近年、ロボット技術の進歩とともに、工場のような閉鎖された場所だけでなく、人間と協力するロボットや、他のロボットと協調するロボットのように、協調型のロボットが登場してきている。しかし、協調動作の相互作用を適切に把握して設計することは難しく、人間に危害を加えるような誤動作が混入する可能性もある。

H29年度は本研究の3年目である。ロボットの振舞いの形式化については、その形式化にかかるコスト（証明作業量等）を削減するため、微分（速度等）の表現に必要な漸近的論証（Asymptotic Reasoning）を効率よく形式化するためのライブラリを定理証明支援系 Coq 用に構築した。その成果は2018年度に発表予定である。

協調ロボットの実装については、設計中の協調搬送ロボットの例を FSM4RTC を用いて試験的に実装し、協調ロボットの実装に対する FSM4RTC の有効性を示した。FSM4RTC は産総研のロボットソフトウェアプラットフォーム OpenRTM-aist 上に有限状態マシンをもつロボット機能要素を実装するためのライブラリである。

協調ロボットの設計と検証については、FSM4RTC による実装の振舞いを検証するために、FSM4RTC の仕様（通信方式）をモデル検査器 FDR の検証用ライブラリとして記述した。この検証用ライブラリを用いて、協調搬送ロボットの設計（有限状態マシン）を検証し、発見が難しいタイミング依存の複数の設計ミスを検出、修正した。その成果は講演会 ROBOMECH（2018年6月）にて発表予定である。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 協調ロボット制御、形式仕様記述、定理証明器、ロボットソフトウェアプラットフォーム

〔研究題目〕 サイバーエスピオナージを防止するデバイス管理技術

〔研究代表者〕 須崎 有康（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕 須崎 有康、古原 和邦（情報技術研究部門 常勤職員2名）、堀 洋平（ナノエレクトロニクス研究部門 常勤職員1名）

〔研究内容〕

近年のモバイル端末は高性能なデバイス（カメラ、

GPS、ジャイロセンサ）が利用可能で便利であるが、一旦攻撃が成功するとこれらを悪用したサイバーエスピオナージ（電子的諜報活動）の危険性が指摘されている。この問題に対して OS レベルでの問題解決を提案されているが、OS レベルでは攻撃者から防御技術を回避される恐れがある。このため、OS とは独立にハイパーバイザでデバイス認証、およびアクセス制御を行う技術の開発を行った。

平成29年度は（1）ハイパーバイザによるデバイス管理、（2）デバイス識別技術および認証技術、（3）サイバーエスピオナージのリスク評価、の研究項目に分けて研究した。

（1）USB デバイスに物理複製困難関数（PUF:Physically Unclonable Function）の機能を付加し、接続先の PC ではハイパーバイザにより OS が認識する以前に PUF 認証およびアクセス制御を行う技術を開発した。ハイパーバイザとして Type-I 型でオープンソースの BitVisor を使い、任意の OS に適用できるようにした。USB デバイスとしては産総研で開発されている物理セキュリティ評価ボード Zuiho に PUF 機能を付加して評価を行った。更に、このハイパーバイザを使って既存の BadUSB 攻撃(USB メモリを USB キーボードとして認識させ、悪意のあるコマンドを入力する攻撃)が防げることを確認した。

（2）開発したハイパーバイザと USB ハブを二段に接続してハブの電源を制御する Per-Port Power Switching (PPPS)の機能を使ってデバイス認証のテストが自動的にできる方式を開発した。PPPS を使えば USB デバイスの抜き差しが自動化できるため、この機能とハイパーバイザを連携させて自動的に USB-PUF デバイス認証を確認できる機能を作成した。この技術により、PUF ではチャレンジするデータによってはそのレスポンスがエラー訂正の範囲内に入らずに認証に使えない問題を機械的に調査できるようになった。

（3）サイバーエスピオナージの攻撃手法として2014年のベネッセの情報漏えいで使われたと考えられているスマートフォンの特殊なプロトコル（PTP: Picture Transfer Protocol あるいは MTP: Media Transfer Protocol）がある。このプロトコルは既存の防御技術では対処されておらず、情報漏えいの根源になったと考えられる。開発したハイパーバイザを使えば、登録されていないスマートフォンによる攻撃は防げることを確認した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 情報セキュリティ、オペレーティングシステム、仮想化技術、物理セキュリティ

〔研究題目〕 多感覚情報の統合・分離とその神経基盤

〔研究代表者〕 山本 慎也（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 山本 慎也（常勤職員1名）

〔研究内容〕

脳は、様々な感覚信号を統合・分離することによって、外界で生じたイベントを把握している。このような複数の感覚信号間の統合や分離は、過去の経験に応じて、柔軟に調整されていることが知られてきた。例えば、視覚刺激と聴覚刺激の時間順序を判断する際に、より多く提示された順番を無視する方向に順応が生じることが知られてきた（ラグアダブテーション; Fujisaki *et al.*, 2004）。一方、両手に与えられた2発の触覚刺激の順番を判断する場合には、逆向きの知覚変化が生じることが知られており、ベイズ較正と呼ばれている（Miyazaki *et al.*, 2006）。現象論的には、前者は統合に、後者は分離に対応していると考えられる。

本年度は、ベイズ較正に着目し、その脳内アルゴリズムについて検討した。ベイズ推定のアルゴリズムとして、事後確率を最大にする推定（MAP 推定）と事後確率の平均を最大にする推定（Posterior mean 法）が代表例として挙げられるが、脳が、時間順序判断において、どちらに近いアルゴリズムを用いているかは未知であった。提示する刺激時間差の分布（すなわち事前確率）をガウス分布にした場合には、理論上、どちらのアルゴリズムでもベイズ較正が生じることは予想される。しかし、矩形分布にした場合、前者ではベイズ較正が生じず、後者でのみ生じることが予想される。2種類のアルゴリズムを比較検討するため、2刺激の時間差がバイアスのある（平均が0でない）ガウス分布または矩形分布で提示した条件で、両手に与えた触覚刺激の時間順序を判断するという心理物理実験を行った。その結果、従来知られていたガウス分布の場合のみならず、矩形分布にした場合にも、ベイズ較正が生じることが発見された。この結果、脳内で、少なくとも、事後確率の平均を最大にするタイプのベイズ推定が行われている可能性が示唆された。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】神経科学、認知科学

【研究 題目】基本匂い要素の解明と受容体安定発現細胞センサの開発に関する研究

【研究代表者】佐藤 孝明（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】佐藤 孝明、渡辺 布美

（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

嗅覚情報センシング利用により、遠隔的な危険物検知・捜査や対象物の加工・熟成・健康状態の判定、などが可能になる。このセンシングには、色覚の R/G-Y/B 基本色に対応する基本匂いの解明と、匂い情報符号化法および嗅覚センサ開発が不可欠である。本課題では、最初の基本匂いの解明を目指し、マウス行動実験で匂いの検知・識別に寄与する背側・腹側受容体の特徴を解析し、共通・相違要素匂いの寄与度を検討する。1) マウス行動実験による基本匂い要素の解析:試作 Y 迷路を用いてヒト膀胱がん摘除前後の尿臭の要素匂い強度を識別閾値

として評価した結果、混合尿試料中の要素匂いは、個人特有体臭+食事由来の匂い<膀胱がんの臭い<潜血の臭い<抗生剤代謝産物の匂いの順に強くなることを見出した。さらに、個人特有体臭+食事由来の匂いを検知できない100万倍以上の希釈率かつ、潜血の臭いを等強度にした等潜血希釈混合尿試料を用い、複数患者混合尿の共通膀胱がん特有臭を識別手掛かりとしてトレーニングした匂い嗅ぎマウスが、11名の患者個人の腫瘍摘除前の個人別混合尿臭を同じ手がかりを持つ膀胱がん特有臭として識別できることを示した。また、開発した wavelet 相関解析法を脳波から一過性情報を読み出す方法への応用（特許出願済）に関する総説をまとめた。2) 特定臭検知ヒト受容体群の応答データでは、出願済み特許「匂いの評価方法」に記載された要素匂い形成を支配するヒト受容体の内の22種の発現ベクターを構築し、166種が揃った。非嗅覚 GPCR198種の helix 8の2番目アミノ酸は G タンパク質タイプ別に約7割で1種に保存されていることを見出した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】匂い識別、感覚情報符号化、嗅覚代替センサ、情報センシング、分子認識

【研究 題目】マイクロレンズアレイを用いた高精度視覚マーカの技術基盤構築

【研究代表者】田中 秀幸（ロボットイノベーション研究センター）

【研究担当者】田中 秀幸、角 保志、松本 吉央（ロボットイノベーション研究センター）、金 奉根（知能システム研究部門）
（常勤職員4名）

【研究 内容】

視覚マーカは、カメラによる位置姿勢計測を支援するツールである。我々は、「マイクロレンズアレイが作る干渉縞」を用いて姿勢を測る世界初・世界最高精度の視覚マーカを開発し、従来型マーカの長年の未解決問題（正面観測時の姿勢精度の悪化など）を解決した。本研究では、本マーカの実用化を促進するため、実環境の厳しい観測条件下でも安定した計測を実現する（「本当に使える」）技術の確立を目指す。具体的には、ソフトウェア（マーカ計測アルゴリズム）とハードウェア（マーカ本体）の両面から、実環境における「ロバストかつ高精度な計測技術」と、タスクの要求に応じて「最適なマーカを設計する手法」の研究を行う。本年度は、ソフトウェア面では、照明変動に対するマーカ認識のロバスト性のさらなる向上と、プログラム全体の整理によるソフトウェアの利用性の向上を行った。またハードウェア面では、これまでとは動きの方向が異なる干渉縞パターンを開発し、これと従来の干渉縞パターンを組み合わせることによって長方形のマーカをデザインすることを可能にした。これにより、従来の正方形のマーカの計測

精度を維持しつつ、より細長いスペースに効率的にマーカを貼付することができるようになった。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕視覚マーカ、画像計測、ロボット制御、拡張現実、測位

〔研究題目〕覚醒度と快不快度を考慮したサウンドデザインに関する研究

〔研究代表者〕添田 喜治 (バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕添田 喜治、矢野 肇
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

昨年度、等音圧レベル条件で、好ましく・目立つ鳥・虫の鳴き声を調査した。しかし、心理的な音の大きさ(ラウドネス)が結果に影響を及ぼすことが示唆されたため、等ラウドネス条件で、18種類の鳥の鳴き声、16種類の虫の鳴き声について、一対比較法を用いて、目立ち度(顕著性)を調べた。

鳥の鳴き声に関しては、カッコウ、ウグイス、サンコウチョウが多くの特験者に目立つと判断された。虫の鳴き声に関しては、ツクツクボウシ、ミンミンゼミ、マツムシが多くの特験者に目立つと判断された。

複数音源存在下で目立つ音源を調べるため、複数音源存在下で、注意が脳活動に及ぼす影響を脳磁界反応を用いて調べた。すなわち、音の物理情報が同じ条件において、注意の向け方による脳活動の違いを調べることで、注意を向け易い音源を推定した。

脳磁界反応は、 θ (4-8 Hz)、 α (8-13 Hz)、 β (13-30 Hz)、 γ (30-50 Hz) の4種類の周波数帯ごとのパワーの解析、②単体の刺激音聴取時と混合刺激音聴取時の脳磁界反応の相関解析、③単体の刺激音の振幅包絡と混合刺激音聴取時の脳磁界反応との相関解析を行った。解析①に関しては、 θ 帯域において、顕著性が高いウグイスの鳴き声聴取時のパワーが大きい傾向が見られた。解析②に関しては、相関をとる時間が早いほど相関係数は高く、高い周波数帯になるほど相関係数は低くなる傾向が見られた。また、注意を向けている場合、相関が高くなる傾向が見られた。解析③に関しては、相関係数は全ての条件においてあまり変化が見られなかった。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕顕著性、脳磁界反応、注意

〔研究題目〕覚醒度と快不快度を考慮したサウンドデザインに関する研究

〔研究代表者〕添田 喜治 (バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕添田 喜治、矢野 肇
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本年度は、騒音下で目立つ鳥・虫の鳴き声の探索を行った。昨年度までの検討から、顕著性の異なる音源を選

択した。鳥の鳴き声は、カケス、カッコウ、メジロ、イカル、ツツドリ、ウグイスの6種類、虫の鳴き声は、ツクツクボウシ、ミンミンゼミ、ヒグラシ、ツツレサセオオロギ、カンタン、スズムシの6種類を用いた。背景騒音として、Hoth スペクトル型ノイズ、鉄道駅構内騒音、自動車内騒音を用いた。等音圧レベル、等ラウドネスの2条件で実験を行った。

鳥の鳴き声に関しては、等音圧レベル条件では、カケス、ウグイスが多くの特験者に目立つと判断され、等ラウドネス条件では、ウグイスが多くの特験者に目立つと判断された。虫の鳴き声に関しては、等音圧レベル条件では、ツクツクボウシ、ミンミンゼミ、ヒグラシが比較的多くの特験者に目立つと判断され、等ラウドネス条件では、個人差が大きい結果となった。暗騒音の効果に関しては、等音圧レベル条件では、自動車内の顕著性が高く、等ラウドネス条件では、暗騒音の違いは少なかった。音に対する親密度が顕著性に及ぼすことが示唆されたため、暗騒音条件で用いた鳥・虫の鳴き声に対する親密度を調査した結果、顕著性と類似した傾向が得られた。

暗騒音有無の両条件において、鳥の鳴き声に関しては、ウグイスが比較的に目立つことが分かった。虫の鳴き声に関しては、個人差が大きい結果となった。また、音に対する親密度が顕著性に及ぼす影響が大きいことを示唆する結果が得られた。個人差が大きいことから、個人の顕著性と音響特徴量の関係を調べることで、顕著性に影響を及ぼす音響特徴量が明らかになると考えられる。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕顕著性、親密度、音響特徴量

〔研究題目〕Linked Open Data 利活用のためのクエリ共有手法に関する研究

〔研究代表者〕濱崎 雅弘 (情報技術研究部門)

〔研究担当者〕濱崎 雅弘 (情報技術研究部門 常勤職員1名)、的野 晃整、Steven Lynden
(人工知能研究センター 常勤職員2名)

〔研究内容〕

本研究では、Linked Open Data (LOD) の利活用を阻害する最大の要因である LOD 検索の困難さに対して、クエリ共有が有効であることを明らかにする。LOD は本質的に複雑性、異種性、分散性および大規模性を有しており、これらに対する検索クエリを生成するためには高度な専門知識を要するとともに、クエリの実行には多大な計算コストが必要である。一方、LOD は利用するアプリケーションのデータ構造に合わせて柔軟に検索クエリを設計することが可能であるため、クエリ生成の支援と実行の高速化を実現することで LOD の普及と利活用の拡大が期待できる。本研究課題では、(課題1)クエリ生成の支援に有効な共有クエリ推薦技術の研究開発、(課題2)クエリ実行の高速化に有効なクエリキャッシュ技術の研究開発、の二つの研究を実施する。

H29年度は、まず課題1の研究として、クエリ共有技術の研究開発の一環としてインタフェースを音楽コンテンツに適用したプロトタイプシステムを構築した。ユーザはクエリ文を直接編集するのではなくパラメータ調整する形式にし、クエリ推薦はクエリ類似と検索結果類似の2つを実装した。これらの成果はオープンコラボレーションに関する国際会議にて発表した。次に課題2の研究として、研究クエリキャッシュ技術のより実践的な改良を行うために、研究用データセットの構築に取り組んだ。これまで SPARQL クエリログは研究用データセットとしてあったが SPARQL クエリ検索結果を含めた研究用データセットはこれまで存在しなかった。そこで SPARQL クエリキャッシュ研究をさらに発展させる基盤技術として、匿名化処理による SPARQL クエリログの研究用データセット化システムを研究開発した。さらに、RDF トリプル等に含まれる URI が参照するデータのタイプを自動推定する手法の研究開発に取り組み、この成果を Web インテリジェンスに関する国際会議にて発表した。また一方で、本プロジェクトは SPARQL の利活用により LOD アプリケーション開発（ラピッドプロトタイピング）が容易になるという考えに立脚しているが、これを体現するデモシステムとして SPARQL クエリから容易にアプリケーションを開発できるサービスを Web 公開した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 セマンティックウェブ、リンクト・オープン・データ、SPARQL、クエリ共有、クエリキャッシュ

【研究 題 目】 温帯性サンゴ骨格から検証する日本周辺の地球環境変動

【研究代表者】 鈴木 淳（地質情報研究部門）

【研究担当者】 鈴木 淳、岡井 貴司、中島 礼、高田 徳幸（機能化学研究部門）
（常勤職員4名）

【研究 内 容】

日本周辺海域では、サンゴの北上が進行するなど、地球温暖化の影響による環境変動が顕在化している。本研究課題では、亜熱帯海域については、明瞭な年輪を持つハマサンゴ属のサンゴ骨格を用い、本州南方など温帯域では、卓越する枝状群体のミドリイシ類の骨格について、水温計としての利用法を開発し、環境変遷の復元にあたる。研究計画3年目にあたり、化石試料を扱う場合の検討を行った。サンゴ骨格を構成する初生的なあられ石から方解石への続成作用により各間接指標が受ける影響の程度について、熱ルミネッセンス評価法を活用して検討した。現生サンゴの骨格はアラレ石からなるが、化石サンゴでは骨格の一部が方解石に変質している。その変質度が少ないほど、より多くの過去の海洋情報を留めている。そのため、変質度をいかに高精度に見極めるかが課

題であった。熱ルミネッセンス評価法は、フーリエ変換型スペクトロメーターを用いて、サンゴの骨格内に含まれる微量元素であるマンガンからの発光を測定して評価する方法で、マンガンの発光の波長がアラレ石と方解石で大きく異なることを利用している。この評価法は従来法に比べ検出感度が高く、従来法では1～2 %以上の変質度しか判別できなかったが、今回開発した技術はより微小な変質度も判別できるため、信頼性の高い海洋情報を持つ化石サンゴの選定が可能となり、過去の海洋環境を解明する研究の推進に貢献できる。なお、新規課題の採択に伴い、本研究課題は今年度で終了し、研究は新規課題「X線CT計測から拓くサンゴ骨格気候学の高度化研究」に引き継がれた。

【領 域 名】 地質調査総合センター

【キーワード】 酸素同位体比、ストロンチウム／カルシウム比、炭素同位体比

【研究 題 目】 大気中アルゴン濃度の超高精度観測に基づく気候システム温暖化のモニタリング

【研究代表者】 石戸谷 重之（環境管理研究部門）

【研究担当者】 石戸谷 重之、村山 昌平
（常勤職員2名）

【研究 内 容】

大気中のアルゴン濃度は海水温変動に起因してごく僅かに変動するため、高精度観測により広域平均の海洋貯熱量変動の情報が得られると期待される。地球温暖化で地球が蓄える熱の90 %以上は海洋が吸収するため、温暖化の実態解明には海洋貯熱量の時空間変動の把握が不可欠である。本研究では我々が開発した大気中アルゴン、酸素および二酸化炭素濃度等の高精度同時観測装置を用いて日本周辺および極域における大気中アルゴン濃度の観測を展開している。

H29年度は、つくばにおける連続観測と、落石岬、高山、波照間、南鳥島および昭和基地において保存容器に採取した試料の分析により、大気中アルゴン濃度の高精度観測を継続して行った。昭和基地における観測については、2016年1月から2018年1月に採取された試料の分析を行い、北半球の観測結果とは逆位相のアルゴン濃度の季節変動を捉えることに成功した。

比較的長期の観測結果が得られているつくばおよび波照間の結果から得られたアルゴン濃度には、NOAA による全海洋の貯熱量（0～2000 m 深の全海洋積算データ）の変動と相関した年々変動が見られた。しかしながら過去6年間で観測されたアルゴン濃度の経年変動量は、NOAA 貯熱量から予測される量より数倍大きかった。これらのことから、大気中アルゴン濃度は広域平均の海水温変動を反映していると考えられるが、数年程度の短期間の変動を全海洋の貯熱量の変動と結び付けるのは早計であり、海洋のどの程度の領域・深度の水温変動がどの程度の期間の大気中アルゴン濃度変動に反映するか

ついて、今後、大気海洋結合モデルを用いた評価が必要である。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 地球温暖化、大気中アルゴン濃度、大気中酸素濃度、海洋貯熱量

〔研究 題目〕 レーザー3D 形状解析によるソーティングシステムの高度化

〔研究代表者〕 古屋 伸 茂樹（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 古屋 伸 茂樹、小林 賢一郎、藤木 由美子（常勤職員1名、他2名）

〔研究 内容〕

本研究は研究代表者が開発中の「レーザー3次元解析法によるソーティングシステム（ARENNA ソータ）」の大量処理性能を飛躍的に向上させることを目的としている。今年度の研究実績は以下の通りである。

前年度までに開発した重量値不要・並列処理に対応可能な改造型 ARENNA ソータ制御プログラムを研究協力企業のリサイクル施設内のソーティング装置に実装して総合選別試験を実施した。その結果、車両由来のアルミ破碎スクラップを「展伸材」と「非展伸材」にソーティングした際に「展伸材」と識別した破砕片の平均元素組成は6000系アルミ合金の JIS 規格を満足することを蛍光 X 線分析によって確認した。また、鉄破碎スクラップを「圧延鋼板」と「非圧延鋼板」にソーティングした際に「圧延鋼板」と識別した破砕片の平均元素組成が Mn0.6 wt%以下、Cr : 0.03 wt%以下、Cu : 0.06 wt%以下となることを確認した。これらのソーティング時の処理速度について、アルミ破碎スクラップ、鉄破碎スクラップのいずれについても本研究の開発目標である15,000個/時及びベルトコンベヤ移動速度2 m/秒を実現可能であることを確認した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 リサイクル、ソーティング、アルミ、鉄、破碎

〔研究 題目〕 放射線被ばくへの効果的な対策に資する問題解決型リスク評価手法・過程の検討と実践

〔研究代表者〕 内藤 航（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 内藤 航、小野 恭子、岡 敏弘（常勤職員2名、他1名）

〔研究 内容〕

福島第一原発の事故に起因する放射性物質で汚染された地域において、住民の避難や帰還・活動制限、除染等の被ばく線量対策についての意思決定の基礎は外部被ばく線量（以降、被ばく線量）である。公的機関より被ばく線量評価のための予測式や実測データが公表されているが、それらは、実態に合っていなかったり、年間積算量であったりするため、被ばく線量低減対策の具体的

な検討には使えないという課題がある。本研究は、福島の地域住民や行政と連携して、被ばく線量の実態把握とリスク対策に資する推定手法の開発を行う問題解決志向の実践的研究と国内外におけるリスク対策及び実践的研究のメタ解析から成る。さらに、それらを通して得た知見や教訓を体系的に整理し、科学的合理性が高く社会に受容されるリスク対策が備えるべき要件とそれを支えるリスク評価とコミュニケーションのあり方を提示することを目指す。

平成29年度はこれまで取得したデータに基づき、福島の避難解除地域における帰還後の個人被ばく線量（生活様式を考慮したもの）を推定した。その結果、政府の推定と同じ仮定で計算した場合、実際の被ばく線量は政府の推定の1/4程度になると推定された。開発した被ばく線量推定ツールの Web 版のプロトタイプにおいて使用するパラメータのばらつきと範囲を把握した。震災後に悪化したとされる慢性疾患の一つである糖尿病および精神的ストレスのリスクの大きさを、放射線被ばくと比較するための手法開発を行った。震災前後におけるリスクの変化量を、損失余命や本研究で開発した損失幸福余命という尺度で表すことができた。原発事故後に研究者や行政、団体等によって実施された放射線リスクへの対応やリスクコミュニケーションに関する論文や報告書等を収集し、内容、開始時期、地域について分析した。檜葉町の除染について、費用と線量低減とから、余命1年延長費用（CPLYS）を計算した。檜葉町におけるCPLYSはチェルノブイリの除染の費用効果についての文献で上限と言われている値より数十倍大きい値であった。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 放射性物質、リスク評価、リスクコミュニケーション、線量評価、個人線量、除染、費用対効果

〔研究 題目〕 新規マーカーによる NASH 予防・診断・治療のための食品・薬剤探索システムの構築

〔研究代表者〕 森田 直樹（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 森田 直樹（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

わが国では、メタボリック症候群の増加とともに、非アルコール性脂肪性肝炎（NASH: Non-Alcoholic Steato-Hepatitis）患者の増加が問題視されてきている。単純性の脂肪肝とは異なり、NASH の病態は進行性で、肝の傷害と炎症が持続し、最終的に肝硬変・肝臓癌にいたると考えられるためである。我々は、これまで肝とストレスの研究を進めてきており、脂肪肝さらには NASH への移行の病態メカニズムを明らかにしてきた。最近になり NASH 進行のキーとしてマーカーとなる分子 p62 を同定することに成功した。本研究ではそれらの成果に

基づき、臨床研究によりマーカー分子の臨床病態学的な意義・重要性をより詳細に検討し、同時に脂肪肝から NASH 病態への移行を阻止するために有効な薬剤・機能性食品のスクリーニングシステム（細胞・小動物モデルによる）の開発を目的とする。

血液中 p62測定用 ELISA 法のキット化に向けた研究を進めた。p62の測定に関しては、細胞実験（膵癌細胞などの癌細胞を使用した検討）により細胞外（培養液中）に漏出する p62の測定に成功していた。膵癌細胞では強く p62分子が発現していたため、培養液中での ELISA 法による測定は充分可能であったが、血液中の p62のアッセイに関しては、ELISA 法では p62が検出できなかった。これは、NASH などの疾患では p62の変化の程度・割合が少ないことがその原因と考えられた。ELISA 法に用いる抗体として、1桁ないし2桁の感度を上げる必要があることが判明した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】非アルコール性脂肪性肝炎（NASH: Non-Alcoholic Steato-Hepatitis）、脂肪肝、マーカー分子、機能性食品、メタボリック症候群

【研究 題 目】ケトン食摂取による脳内の糖脂質発現動態に関する研究

【研究代表者】奥田 徹哉（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】奥田 徹哉（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、古くからてんかん治療に用いられてきた低炭水化物食／ケトン産生食の摂取が、脳内の糖鎖発現に及ぼす影響について研究している。特に、遺伝性てんかん発症に関わるスフィンゴ糖脂質の分子種（ガングリオシド）の発現量への影響を中心に解析を進めており、てんかん治療のための適切な食事療法や、てんかん抑制効果を有する食品の開発、創薬への応用を目指している。

これまでに、研究試料として扱い易い肝臓を用いたモデル実験によって LCKD 摂取がガングリオシドの代謝関連遺伝子の発現変化を誘導し、肝臓でのガングリオシドの発現量を増加させることを見出していた。平成29年度は、てんかん焦点となりうる大脳皮質における効果を検証するとともに、肝臓のガングリオシドが血漿／血清中ガングリオシドの産生源であることから、LCKD 摂取による血清ガングリオシド含量への影響について研究を進めた。血清のガングリオシドを HPLC により分析する方法を確立して、LCKD と通常食の摂取群より調製したサンプルを統計学的に解析したところ、LCKD により影響を受けるガングリオシドの分子種を見出した。また、LCKD 摂取による肝臓や抹消組織への効果を実用的なイムノアッセイにて評価するための技術の確立についても検討した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ケトン食、てんかん、スフィンゴ糖脂質、ガングリオシド、糖鎖、脳神経疾患

【研究 題 目】ケトン食摂取による脳内の糖脂質発現動態に関する研究

【研究代表者】奥田 徹哉（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】奥田 徹哉（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、古くからてんかん治療に用いられてきた低炭水化物食／ケトン産生食の摂取が、脳内の糖鎖発現に及ぼす影響について研究している。特に、遺伝性てんかん発症に関わるスフィンゴ糖脂質の分子種（ガングリオシド）の発現量への影響を中心に解析を進めており、てんかん治療のための適切な食事療法や、てんかん抑制効果を有する食品の開発、創薬への応用を目指している。

これまでに研究試料として扱い易い肝臓を用いたモデル実験によって LCKD 摂取がガングリオシド代謝関連遺伝子の発現変化を誘導し、肝臓でのガングリオシドの発現量を増加させることを見出していた。平成29年度は、てんかん焦点となりうる大脳皮質における効果を検証するため、大脳皮質より抽出した total RNA を用いた DNA マイクロアレイ解析とリアルタイム PCR 解析を実施した。その結果、肝臓で見出した遺伝子のうち、ガングリオシドのライソゾームでの分解に必要な活性化タンパク質をコードする遺伝子の発現量が、大脳皮質でも同様に LCKD 摂取によって低下することを見出した。この遺伝子発現低下による中枢神経組織のガングリオシド発現量への影響について検討するために、大脳皮質より調製したガングリオシドの HPLC 分析を実施し、大脳皮質のガングリオシド各分子種への LCKD 摂取の影響を解析した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ケトン食、てんかん、スフィンゴ糖脂質、ガングリオシド、糖鎖、脳神経疾患

【研究 題 目】消化器系悪性腫瘍検出のための高感度自家蛍光イメージング技術の開発

【研究代表者】有本 英伸（電子光技術研究部門）

【研究担当者】有本 英伸（常勤職員1名）

【研究 内 容】

消化器系悪性腫瘍の判別イメージング原理を確立するための新規技術確立のために、本年度は粘膜組織に存在する補酵素 NADH および FAD の自家蛍光の蛍光寿命を計測することで組織の代謝状態を解析する実験を行った。自家蛍光を励起するための3種類の光源（波長375、405、および450 nm）と超高感度 CMOS イメージセンサーを最適に配置した独自光学系を設計、製作し、これを用いて広島大学病院にて計測実験を遂行した。実験では、実際に大腸がんと胃がんの患者から手術によって摘出した粘膜組織を使用した。これに3種類の光源を照射

するとともに、超高感度時間分解計測が可能な CMOS イメージセンサーによって組織内に存在する物質の発する自家蛍光寿命を順次計測した。この自家蛍光寿命計測の結果、組織内部から射出された異なる複数種類の自家蛍光物質の存在が確認された。自家蛍光寿命の解析にはフェイザー法と呼ばれる解析手法を採用した。さらなる解析には時間を要するため、現在引き続き解析を続行中であり、代謝情報を判別するための補酵素 NADH および FAD の濃度をノイズ成分から分離して正確に求められる見通しである。組織の代謝情報が正確に推定できれば、当初の目的である悪性腫瘍部と正常部の判別に極めて有用なデータとなり得ることが期待できる。昨年度までに実施した研究である、自家蛍光スペクトル解析と、今年度の自家蛍光寿命解析の両者を悪性腫瘍判別基準として採用することで精度の高い悪性腫瘍検出を成功させる可能性が見いだせた。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 自家蛍光、分光、生体イメージング

〔研究題目〕 トポロジカル絶縁体／超伝導体接合におけるスピン流を用いた熱制御デバイスの理論

〔研究代表者〕 川畑 史郎 (ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 川畑 史郎 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

昨年度に引き続き、トポロジカル物質と超伝導体が接合した系における量子及び熱輸送理論の構築を行った。特に本年度は現実的なモデルに基づいたワイル半金属／超伝導体接合の熱輸送シミュレーションを行い、スピン軌道相互作用が熱輸送に与える影響について理論的に検討を行った。また、超伝導単一電子素子の電子輸送に対する非平衡熱準粒子の影響についても研究を行い、熱準粒子による過剰発熱が量子輸送に大きな影響を与えることを明らかにした。さらに磁場を印加することにより、近接効果の変調を受け、熱準粒子の数が減ることを明らかにした。それにより、超伝導単一電子素子が高精度な電流標準器として機能することを明らかにした。以上に加えてトポロジカル超伝導に関しても理論的な研究を行った。具体的には、トポロジカルに非自明なノーダル超伝導体の表面に局在する多数のマヨラナ粒子の安定条件を、系の持つカイラル対称性を用いて解析的に導出した。同時に数値シミュレーションを用いて、条件の正しさを確かめた。また、トポロジカルに非自明な異常量子ホール絶縁体を介したジョセフソン電流の性質を調べ、制御可能な ϕ 接合になること、およびその機構を理論的に解明した。トポロジカル絶縁体にキャリアをドープした金属において異軌道間の2電子がペアを組む超伝導が提案されており、そうした多軌道超伝導が s 波対称性の場合であっても、ポテンシャルが乱れに対して脆弱であ

る事を明らかにした。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 トポロジカル絶縁体、電子冷却、超伝導エレクトロニクス、超伝導接合、熱輸送、ワイル半金属、原子層物質

〔研究題目〕 革新的な超伝導分子検出技術の開拓と宇宙における分子進化の精密評価への展開

〔研究代表者〕 浮辺 雅宏 (ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 浮辺 雅宏、志岐 成友、藤井 剛、大久保 雅隆、野尻 真士 (常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

目標：

原子層堆積法 (ALD) により 16K 以上の超伝導転移温度 (T_c) を持つフルエピタキシャル NbN/AlN/NbN 多層膜を実現、さらに同表面にコート材を成膜し、STJ 素子に加工することで、粒子の運動エネルギーをロスすることなく検出可能な STJ 粒子検出器を開発、静電型イオン蓄積リングでの有機分子の DR 過程の分岐比等の詳細分析を可能とする。

研究計画：

H29年度は ALD で成膜する NbN 薄膜で16K 以上の T_c を達成し、同時に Nb/Al STJ 素子を用いて、エネルギー散逸を抑制可能なコート材の開発を継続する。H30年度以降、それまでに確立するプロセスで作製する NbN 多層膜を用いて NbN-STJ を作製、 J_c , I_{leak} を評価することで、トンネル層 (AlN) の作製プロセスを最適化、低 I_{leak} ($<10nA$) かつ高 J_c ($\sim 1 \text{ kA/cm}^2$) な NbN-STJ を実現する。さらに同 NbN-STJ に、開発したスパッタ現象によるエネルギー散逸を抑制可能なコート材を施し、2 K 以上の動作温度、1 keV@20 keV という高エネルギー分解能を持つ粒子検出器を実現する。

年度進捗状況：

ALD 装置で13K を超える超伝導転移温度が得られる成膜条件を参考に NbN/AlN/NbN : 100/1.7/100 nm 多層膜を成膜し、NbN/AlN/NbN STJ 素子の作製に成功した。さらに、スパッタ時の窒素流量を最適化することにより Si (100) ウェハ上、良好な ab 軸配向の AlN 膜を得る事に成功、同 AlN 層をバッファ層とすることで、スパッタにより Si ウェハ上に高い結晶性を持った NbN/AlN/NbN 多層膜形成が可能となる。産総研の評価用クライオスタットの修理及び筑波大学ビームラインでの信号増幅回路系のノイズ対策が共に完了したので、H30年度中には、産総研での NbN-STJ の基礎特性評価及び筑波大学での運動エネルギー測定を再開できる見通しとなった。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 超伝導トンネル接合 (STJ)、高エネルギー

ギー分解能、粒子検出器、静電蓄積リング、NbN、ALD、分子進化

【研究題目】固体内部におけるレーザーアブレーションモデルの創成

【研究代表者】加藤 進（電子光技術研究部門）

【研究担当者】加藤 進、三尾 典克（東京大学）、轟 眞一（物質・材料研究機構）
（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

連続光レーザーは、光通信やレーザーディスプレイなどで広範囲に利用されている。近年、レーザー光の高平均出力化に伴い、光ファイバや非線形光学結晶などの固体内部における光絶縁破壊が顕在化し、通信の大容量化や装置の高出力・小型化の障害となっている。

本研究の目的は、光絶縁破壊がトリガーとなり、誘電体内部を発光しながら破壊が伝播する状態を固体内部におけるレーザーアブレーションによって発生したプラズマと見なし、その発生および維持・伝播機構を理解することである。このために、高平均出力連続光が誘電体を透過する状況下で、誘電体がプラズマに遷移する過程を記述するモデルを構築する。

本年度は、実験的に求められた線形吸収および非線形吸収係数と本研究で提案している誘電体に対する価電子帯と伝導帯間遷移による電子、ホールおよびポーラロンの生成・消滅を取り扱う詳細なキネティックモデルから予想される吸収のレーザーパワー依存性ととの比較を行うことにより、ポーラロンによる吸収の評価を行った。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】レーザー、光絶縁破壊、アブレーション、非線形光学結晶

【研究題目】分子／界面の構造機能解析に立脚した新規錯体系電極触媒の開発

【研究代表者】山崎 眞一（電池技術研究部門）

【研究担当者】山崎 眞一、前田 泰、田中 真悟、朝日 将史、竹市 信彦、多田 幸平
（常勤職員6名）

【研究内容】

本研究課題では、Rh ポルフィリン系電極触媒の機能を(1)分子の触媒作用と(2)界面における分子の挙動の二つに分けて解析し、得られた情報を基に高活性な分子電極触媒の開発を行うことを目的としている。既に昨年度までの解析で(1)について明らかにした。本年度は(2)についてメカニズムを明らかにした。

第一原理計算及び原子間力顕微鏡により錯体と基板の相互作用を解析した。分散力補正を入れない第一原理計算においては、グラファイトと Rh オクタエチルポルフィリン (Rh-OEP) の間に引力性の相互作用はなく Rh-OEP の安定吸着構造を見出すことはできなかったが、

分散力補正を入れるとグラファイトと Rh-OEP の安定吸着構造が取り得ることが見出された。このことから Rh-OEP とグラファイトとの間には強い相互作用は存在しておらず、分散力により弱く吸着していることが第一原理計算から示された。

実際、Rh-OEP を吸着させた HOPG (Highly oriented pyrolytic graphite) の原子間力顕微鏡の観察においても、分子が HOPG と相互作用している構造とともに、分子同士が凝集した構造も見られた。グラファイトと Rh-OEP の相互作用は存在するものの Co-OEP などに比べると弱いことが分かった。

これらの結果から、カーボン担持 Rh ポルフィリン錯体に関しては、分子とグラファイト構造との相互作用はそれほど強くはないので、この相互作用を強めることにより活性をさらに上昇させられる余地がある。この基板との相互作用の知見と、昨年度までの分子の触媒作用の解析で得られた知見をもとに触媒の開発を進め、非常に低い過電圧 (CO₂/CO の酸化還元電位に近い電位領域) で CO を電極酸化できる Rh 錯体触媒を見出した。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】燃料電池、アノード触媒、分子触媒、AFM、第一原理計算

【研究題目】非線形分光を用いた有機デバイス機能界面の分子配向と電荷輸送機構の解明

【研究代表者】宮前 孝行（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】宮前 孝行、阿澄 玲子、宮寺 哲彦
（常勤職員3名）

【研究内容】

本研究の目的は、有機薄膜太陽電池や有機トランジスタ、有機 EL などの有機エレクトロニクスデバイスの高効率化、高機能化に向けて、デバイス動作時におけるデバイス内部の分子の挙動と電荷輸送状態のその場解析のため、界面選択的な非線形分光である和周波発生 (SFG) 分光により有機薄膜界面の分子配向とデバイス駆動時の電荷挙動、電荷輸送状態の解析を進め、分子配向秩序と電荷輸送との相関を明らかにすることを目的としている。

本年度は、SFG 分光で素子に印加する電圧をパルス電圧に変更して、素子に電圧が印加された際の SFG 信号の挙動の時間変化を追跡するシステムを用いた有機実デバイスの実時間その場解析の実証を進めた。矩形パルス電圧の印加により SFG 信号強度が大きく変化する挙動が確認できた。パルス電圧を印加した際の時間分解電界誘起二重共鳴 SFG スペクトルでは、電子輸送材料である Alq₃層の分極電荷由来の強い配向成分が確認されたが、電圧印加直後にこの分極電荷が相殺され、電荷注入が始まる様子が明確に確認できた。その後ホール輸送層側で NPD カチオン、電子輸送層側で Alq₃アニオンの生成が起り、駆動時にホール輸送層で電荷蓄積が起

こっているがこれはホール輸送材料内を移動する電荷の移動度が電子輸送層側よりも早く、また発光層とホール輸送層との間でエネルギーギャップが生じていることに起因する。時間分解 SFG 測定を行うことで、これまで全くとらえることができなかった有機デバイス内部の電荷挙動を詳細に解析することが可能である。

〔領 域 名〕 材料・化学

〔キーワード〕 有機デバイス、有機 EL、表面・界面、非線形分光

〔研究題目〕 高レイノルズ数円管流れにおける摩擦損失係数の定式化と普遍速度分布に関する研究

〔研究代表者〕 古市 紀之（工学計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 古市 紀之（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、発達した円管流に対して、高レイノルズ数試験設備等において、管摩擦損失係数と LDV を用いた流速分布の同時計測を高精度に行い、それぞれの結果に対して、 10^7 オーダーの高レイノルズ数領域における普遍的な関数形を決定することを目的とする。

平成29年度においては、大口径による実験および空間分解能が乱流強度におよぼす影響についての実験を行った。大口径（直径387 mm）の流速分布の実験に関しては、平成27～28年度に計測された口径100 mm の配管の結果と非常に良い整合性を得た。これらの結果を元に、対数則に基づく流速分布における傾き（カルマン定数）に対する考察を行い、摩擦速度を代表速度とするレイノルズ数に対して、 2×10^5 以上において一定値となることを示した。このことは、円管流れにおいては、レイノルズ数が高くないと普遍的なカルマン定数を得られないことを示している。また、その値は0.384となり、先行研究である Superpipe の結果と大きく異なる一方、他の壁乱流（平板境界層、チャネル）における値と非常に良く一致した。この結果から、壁乱流における普遍的な流速分布が存在することを示すことができた。

計測の空間分解能に関する影響については、計測角度を変化させることにより、計測測定体積を変化させ、平均流速分布および乱流強度分布に関する影響を確認した。平均流速分布には空間分解能は大きな影響を与えない一方、乱流強度分布に関しては、粘性長さに対する相対的な分解能が10以上において、第一ピーク近傍において過大評価が発生することを明らかにした。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 高レイノルズ数、管摩擦係数、流速分布、不確かさ、管内流

〔研究題目〕 高分解能変動電位透過観察技術の開発と液中生物試料の解析

〔研究代表者〕 小椋 俊彦（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 小椋 俊彦、岡田 知子
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

目標：

水液中の生きた細胞や細菌をナノレベルの高分解能で観察する新たな観察技術（高分解能変動電位透過観察法）を開発し、これを用いた様々な細胞の動的メカニズムの解明を目標とする。本装置では、従来の走査電子顕微鏡（SEM）では観察が困難であった、水溶液中の非染色・非固定の生物サンプルをナノスケールの分解能で電子線のダメージが無く、高コントラストでの撮像を可能とする。

研究計画：

本年度は、変動電位透過観察システムの増幅回路を改良し、より SN 比の高いクリアな画像の撮像を目標とする。さらに、培養細胞やバクテリア、牛乳等の生物試料由来サンプルの観察も行えるようにホルダの封入の安定化を図る。さらに、水溶液中のナノ粒子をラベル化剤として用いることで組成分析の可能性を探る予定である。加えて、培養細胞の膜タンパク質や細胞内のタンパク質の構造分析が可能ないように、ラベルによる処理方法の検討を加える。

年度進捗状況：

今年度は、培養細胞や生物由来試料を安定に封入できるように観察ホルダの改良を行い、培養細胞や牛乳等の生物由来試料を2時間程度安定に観察できるようにした。これにより、培養細胞の構造とラベル物質の双方をクリアに観察することが可能となった。さらに、牛乳試料を封入して、牛乳脂肪やカゼインミセル等の生物由来試料を高分解能で安定して観察することに成功した。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 誘電率顕微鏡、画像情報処理、非染色生物試料、培養細胞、液中観察、膜タンパク質

〔研究題目〕 インターフェロン β による小腸から全身への抗炎症機構

〔研究代表者〕 辻 典子（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 辻 典子、渡邊 要平
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

乳酸菌は主要な小腸常在菌として特有の抗炎症機能を持ち、腸管および全身の免疫恒常性の維持に貢献している。我々は TLR3 を高発現する CD8陽性樹状細胞が乳酸菌の二本鎖 RNA を認識してインターフェロン（IFN）- β を産生し、腸炎を予防することを示してきた。さらに乳酸菌で賦活化された樹状細胞は IFN- β 依存的に IL-12 を産生することにより、共存する T 細胞の IFN- γ 産生細胞への分化を促進することを示した。このような免疫機構がヒト細胞においても成立しているのかについて、

末梢血細胞由来樹状細胞および T 細胞を用いて検証した。その結果、ヒト樹状細胞においても IL-12は二本鎖 RNA 依存的に産生され、IFN- γ 産生細胞の増強に寄与することが示された。また、樹状細胞による IL-12の産生は IFN- β の中和で減弱し、エンドソームの酸化阻害で消失するなどエンドソーム内での認識が重要であること、IRF7, IRF8の関与が IL-12の産生に必須であることも確認された。TLR3のリガンドとなる二本鎖 RNA は、細菌群の中でも乳酸菌に特徴的に見られることから、腸管において宿主と乳酸菌が共存する進化の過程で獲得され、種を超えて保存された免疫賦活メカニズムであることが示唆される。我々は乳酸菌 RNA が IgA 産生増強にもはたらくことを見出して報告したことから、今後も乳酸菌のもつ二本鎖 RNA の実態を明らかにするとともに、ヒトにおける抗炎症維持機構として疾病制御にどのように関与しているのかを解明していく。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】乳酸菌、樹状細胞、インターフェロノン β 、TLR3、自然免疫

【研究 題 目】流体操作技術による新たな精子選別技術の開発と実証試験

【研究代表者】山下 健一（製造技術研究部門）

【研究担当者】山下 健一、天本 真里子
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

マイクロ流路を用いた流体操作技術による、独自の運動性精子捕集技術を基盤として、繁殖用精液の簡便な精製技術を確立し、高度に計画的な家畜繁殖の実現を目指して研究を行っている。平成29年度は、人工授精による受胎の結果と、その人工授精に用いた精子・精液の性状の紐付けを行い、因果関係の解析を行った。その結果、精子の泳ぎ方を指標として、受胎性の予測ができることを明らかにした。そのような因果関係は、体外受精系による評価、ならびに生化学的分析を通じて行った。具体的には、捕集した精子の性状と、体外受精に供した後の胚の分割状況や環境耐性に関する試験などを行った。選別された精子の性状を分析したところ、同ロットの非選別や別ロットの非選別に比べ、完全性の高い DNA を保持していることを確認した。この結果は、過去の文献から、繁殖性の改善につながることを期待される。体外受精による試験では、全体的な傾向として、高い（発生胚／分割胚）率を示した。これは言い換えれば、受精後、胚が分割していく途中で分割停止とならないということであり、特徴的な結果である。また、体外受精成績の精子濃度については、低い精子濃度でも、高い発生率を示した。これらの結果は、運動性選別精子の繁殖に対する有効性を示すものである。具体的には、完全性の高い DNA を運んでいることや、低い精子濃度での高い（胚盤胞発生胚／分割胚）率は、得られた胚の品質の高さを

示すものである。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】繁殖、畜産、マイクロ流体、数値流体力学

【研究 題 目】超低消費電力トランジスタ SOTB における IC チップ偽造防止技術 PUF の有効性検証

【研究代表者】堀 洋平（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】堀 洋平、片下 敏宏、小笠原 泰弘
（常勤職員3名、他2名）

【研究 内 容】

Internet of Things (IoT) のエッジデバイスは省電力であることが求められるため、IoT エッジデバイスに超低消費電力トランジスタ Silicon-on-Thin-Buried Oxide (SOTB) を適用することは極めて有効である。また、不正機器排除やセキュリティ機能が必須の IoT では、IC の偽造防止技術 Physically Unclonable Function (PUF) が重要となる。PUF はデバイスのばらつきを利用してチップ固有情報を生成する回路である。一方、SOTB はばらつきの少ないデバイスであることが知られており、「SOTB を用いて作製した PUF」（以下、SOTB-PUF）が実現できるかどうかは明示的でなく、これまでに検証もされていない。本研究では SOTB-PUF チップの特性解析を行い、SOTB-PUF の実現可能性と性能・安全性を明らかにする。

平成29年度は、交付金で製造された65nm SOTB-PUF チップを様々な電圧・温度・タイミングの下で測定しデータ解析を行った。特に、SOTB デバイスの特徴である基板バイアスを様々に変えてデータを取得し、解析を行った。その結果、基板バイアスを調整することで PUF の重要な特性であるユニーク性を改善できることが示された。本研究成果は国際会議 IEEE S3S で発表された。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】IoT セキュリティ、超低消費電力トランジスタ、Silicon-on-Thin-Buried Oxide (SOTB), Physically Unclonable Function (PUF), Pseudo-LFSR PUF (PL-PUF)

【研究 題 目】短い秘密情報に基づいた認証技術と鍵管理技術に関する研究開発

【研究代表者】辛 星漢（情報技術研究部門）

【研究担当者】辛 星漢、松田 隆宏、山田 翔太、村上 隆夫、照屋 唯紀（常勤職員5名）

【研究 内 容】

暗号分野においてパスワード認証方式は短い秘密情報（パスワード等）だけを共有しているパーティがアクテ

ィブな攻撃者に対しても相互認証と安全な通信路が確立できるものであり、パスワード鍵管理方式は短い秘密情報だけでユーザの長い秘密鍵を安全に復元するものであり、匿名パスワード認証方式はパスワード認証方式の安全性にユーザの匿名性を保障するものである。現在、これらの方式は ISO/IEC 11770-4と20009-4で国際標準化が進んでいる。本研究では、産総研方式 AugPAKE と SKI mechanism をそれぞれ ISO/IEC 11770-4と20009-4で標準規格化するとともにパスワード認証方式、(パスワード) 鍵管理方式、匿名パスワード認証方式を徹底的に分析した上、より効率がよくてかつ厳密な安全性証明ができる新しいパスワード認証方式、鍵管理方式及び匿名パスワード認証方式を提案する。

今年度の主な成果として、4月に開かれた ISO/IEC JTC 1/SC 27ハミルトン会議では AugPAKE が含まれている ISO/IEC 11770-4 FDIS と SKI mechanism が含まれている ISO/IEC 20009-4 FDIS がそれぞれ国際標準 IS として発行されることが決議された。その後、AugPAKE (IS では AKAM3と命名される) が含まれている国際標準 ISO/IEC 11770-4:2017-11 (2nd edition) が11月に出版され、また SKI mechanism が含まれている国際標準 ISO/IEC 20009-4:2017-08 (1st edition) が8月に出版された。その他に、既存の匿名パスワード認証方式における攻撃と対策を示した論文が国際論文誌へ掲載された。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 暗号、パスワード、認証、鍵管理、匿名

【研究 題 目】 多視点3次元観測画像を用いた衣類の仮想展開に関する研究

【研究代表者】 喜多 泰代 (知能システム研究部門)

【研究担当者】 喜多 泰代、植芝 俊夫、高瀬 竜一、Gabas Nova Antonio
(常勤職員2名、他2名)

【研究 内 容】

本研究は、汎用型のロボットが操作中に形が大きく変化する衣類のような柔軟物を、視覚的に認識しながら自然に扱うことを可能とし、将来的に、高齢者や要介護者の日常生活支援に役立てることを目指す。本研究期間内では、片手で空中に把持した衣類を多視点から観測することにより、現実を広げることなく、仮想的にその展開形状を獲得する手法の研究を行う。

H29年度は、昨年度開発した単一3次元観測画像からの測地線算出手法を元に、複数観測画像を用いるよう展開するための研究を行った。

まず、H28年度に開発した2点間の測地線距離算出手法を任意の2点を端点とできるように改良した。これは、複数画像間に対応付け可能な点を共通端点とすることで、複数距離画像間の測地線情報を同時に解くための基本部分となる。また、観測3次元点群の境界が衣類の縁

にあたるのか、もしくは、連続的な面が背後に回っている遮蔽境界であるかは、統合の要否を判定する重要な情報であるが、この判定を行うための深層学習を活用した識別手法の開発を行い、国際会議で発表した。

ステレオビジョンによる複数の三次元形状の復元結果を統合するために、物体境界における復元精度を向上するための高速な weighted median filter を開発した。具体的には、スライディングウィンドウによるヒストグラムの更新とマルチスレッド処理により、VGA クラスのサイズの視差画像に対してビデオレート (30 fps) でのフィルタリングを実現した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 コンピュータビジョン、ロボット

【研究 題 目】 Cutting-edge multi-contact behaviors

【研究代表者】 Kheddar Abderrahmane
(知能システム研究部門)

【研究担当者】 Kheddar Abderrahmane、金広 文男、森澤 光晴、吉田 英一
(常勤職員3名、他1名)

【研究 内 容】

本研究では、複雑な環境でデジタルアクターやヒューマノイドの多点接触動作計画・制御を自動化するための技法の解明を目標としている。平成29年度は、主に多点接触動作制御手法の高度化を行った。まず、これまで構築した制御手法を、滑りを含む接触に対して拡張し、航空機組立を想定した狭隘環境でヒューマノイドロボット HRP-4を用いた予備実験を進めた。また、機構的な閉ループを含む場合に力制御が必要な作業を安定して実行するため、片手で環境に接触して全身の安定性を高め、もう片方の手でボタンの押し引きを実現する制御器を実装した。この手法の有効性は、同様に航空機組立における多数のブレーカーの検査作業を想定した実験により検証した。これに加え、多点接触動作の3次元空間上での安定性を効率的に計算するアルゴリズムを導出した。さらに、自由空間上の動作プリミティブ (基本要素) を用いた多点接触動作計画手法を構築し、特にモデル予測制御と混合整数計画手法を用いてこれを実現した。このように計画した動作を、実際にセンサ情報を用いて閉ループ制御で動作させるため、二次計画に基づく多点接触制御器の実装を進めた。これらの成果は、査読付き国際会議や論文誌に掲載された。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 多点接触動作計画、デジタルヒューマン、最適化

【研究 題 目】 身体感覚と環境認知の統合モデルを用いた「食事の楽しさ」の評価手法の開発

【研究代表者】 三輪 洋靖 (人間情報研究部門)

【研究担当者】 三輪 洋靖、梅村 浩之 (以上、人間情

報研究部門)、
窪田 聡 (国際医療福祉大学)
(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

私たちの生活において、飲食品の摂取行動である「食」はエネルギー摂取のために欠かすことのできない一方、質の高い食事は楽しみであり、生活の質を高めることが経験的に知られている。本研究では、「食事の楽しさ」は感覚的要因と環境的要因から構成されると考え、各要因の構造を説明できるモデルの構築とモデル間の関係性の解明を行うことで、「食事の楽しさ」の構造を明らかにする。さらに、「食事の楽しさ」モデルを応用し、「食事の楽しさ」評価システムを研究期間内に開発することを研究目的とした。

2年目である平成29年度は、「食事の楽しさ」における感覚的要因、環境的要因のモデルの拡張を進めた。以下に主要な成果を示す。

(1) 感覚的要因モデルの一つとして、飲水刺激が血圧に及ぼす影響を明らかにするため、健康若年者を対象に、常温水、冷水、炭酸水を、飲水したときの血圧と心拍数を測定した。その結果、飲水中は、炭酸水、冷水、常温水の順で血圧が上昇し、冷水と炭酸水では、飲水後7～8分間、血圧上昇が持続することが分かった。また、飲水時の口腔咽頭領域に対する主観的な刺激強度は、血圧と同様に、炭酸水、冷水、常温水の順で高くなった。以上より、冷刺激や炭酸による飲水刺激が血圧上昇に影響を及ぼし、刺激強度の主観と一致することが示唆された。

(2) 環境的要因のモデルの一つとして、平成28年度に収集したデータに対して因子分析を行い、食事とそれを取り巻く諸要因に対して4因子を抽出した。これらの因子はそれぞれ、「食事の質」「一人で楽しめる」「とにかく食べる」「親しい人と楽しむ」のように解釈された。また、世代別にそれぞれの因子に対して因子得点を算出し比較したところ、高齢者において「とにかく食べる」への楽しみが減少すること、および、「親しい人と楽しむ」が減少する傾向がみられ、今後の介入への示唆となるものであった。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 生体計測、モデル化、嚥下、感性評価、食事

〔研究題目〕 使うほど医師の知識と経験を蓄積する育成型内視鏡画像診断支援プラットフォームの研究

〔研究代表者〕 野里 博和 (人工知能研究センター)

〔研究担当者〕 野里 博和 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究は、内視鏡検査を対象として、コンピュータに蓄積された情報に基づいた自動分類結果と類似症例画像の提示により医師の知識や経験の差を補うと同時に、そ

れら提示結果への医師のフィードバック情報によりコンピュータ内の診断基準を再構築する、医師が使えば使うほど診断基準が精練され精度が向上する育成型内視鏡画像診断支援プラットフォームの確立を目的としている。本研究では、このプラットフォームを構成する(1)高度診断支援システム、(2)再構築アルゴリズム、(3)診断支援インターフェースの要素技術の研究を行い、これらを統合することで診断支援プラットフォームの実現を図る。

3年計画の1年目となる平成28年度は、まず、高度診断支援システムの研究課題において、これまでの研究で開発した自動分類手法と類似症例検索手法を統合し、共通の処理である内視鏡画像の強調処理と特徴抽出処理の共通モジュール化を行い、このモジュールによる類似症例検索アルゴリズムの向上を図り、内視鏡画像を用いた実験により有効性を確認し、論文 (International Journal of Biomedical Imaging) にまとめた。再構築アルゴリズムの研究課題においては、内視鏡画像に対し、抽出した特徴量、分類情報、類似画像インデックスなどの情報を紐づける症例データベースを SQL により構築し、入出力ライブラリを試作した。診断支援インターフェースの研究課題においては、プラットフォームを実装する統合ソフトウェアのインターフェースの試作を行い、支援情報を医師に提示する画面レイアウトやフィードバック方法などの流れについて検討を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 画像認識、自動分類、類似画像検索、診断支援

〔研究題目〕 音環境理解に基づく音響計測環境の活性化支援の仕組みづくりに関する研究

〔研究代表者〕 河本 満 (人間情報研究部門)

〔研究担当者〕 河本 満、幸島 明男、車谷 浩一
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

本事業では、音響計測を通じて、現場の音データを継続的に収集し、その収集したデータから音環境現場の雰囲気などを継続的に分析することで、音響計測現場の変化で現れる「稀なこと」への「気づき」が与えられる技術を研究開発することを目的としている。

平成29年度は、音環境となる二子玉川商店街にマイクロフォンアレイを設置し、設置したマイクロフォンアレイにより得られる環境音の解析を昨年度提案した音模様を使って行った。この解析において、比較のために、二子玉川商店街とは少し離れた二子玉川駅付近の二子玉川ライズの音模様を用いた。その結果、音模様の色模様としては、黄緑色を基調とした似たような色模様を描くことが分かった。つまり、どちらの音環境も日常的な環境音は黄緑色を示すことを明らかにした。このとき、黄緑色を示す音をさらに解析してみると、商店街の方は、車両の往来が多いことから、車両の走行音が黄緑色を示

す日常的な音になっていることが分かった。一方で、二子玉川ライズは近くに駅があるので、駅を行き交う人の雑踏音が日常的な音になっていることが分かり、それぞれの場所では日常音の種類が違っていることが分かった。このことから、環境音の可視化、つまり、音模様を用いて、音環境の理解を試みる場合、色の意味も考慮に入れないといけないということを示すことができた。

平成30年度は、これまでに示した音模様に対して、実際に人間が感じる色に合わせて音を色で表現すべきだという意見を多くもらったので、もう一度、音を色で表す研究にフォーカスを当てる。新たに提案した可視化手法を用いて音環境に関する「気づき」が与えられるような手法を構築し、地域活性に係る仕組みづくりを目指す。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】サービス工学、マイクロフォンアレイ、音環境理解、音模様、モニタリング

【研究 題 目】アゾベンゼン修飾膜の光照射水透過・海水淡水化に関する研究

【研究代表者】藤原 正浩（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】藤原 正浩、金久保 光央、増田 善雄（常勤職員3名）

【研究 内 容】

地球温暖化、環境破壊や経済発展により、近年、地球規模での水不足が問題となっている。汚染水処理や海水淡水化は有効な対処法であるが、それらに要するエネルギーとして化石燃料を使用することは、さらなる温暖化を招くことにもなる。水処理による淡水造水は、太陽光等の再生可能エネルギーで賄われなくてはならない。研究代表者は最近、アゾベンゼンを修飾した陽極酸化アルミナ膜に紫外線と可視光を同時に照射することで水が膜透過することを見出した。膜上の水として、色素水溶液や塩化ナトリウム溶液を使用した場合、透過した水には色素や塩は含まれず、淡水・純水になることも確認した。この水の浄化は、光照射でアゾベンゼンのトランス体・シス体間の光異性化が連続して起こり、この分子運動が水を蒸発させ膜を透過させたため、いわば光エネルギーを直接利用した膜蒸留と考えることができる。

本研究では、この光照射膜透過の様々な多孔性膜材料への応用と高性能化、膜透過の詳細なメカニズムの解明、エネルギー効率の評価を行い、最終目標とする太陽光直接利用による海水淡水化技術の基盤を構築することを目指す。

本年度は、膜材料としては耐久性や加工性に優れたPTFE膜を用い、光異性化するアゾベンゼン類と共に、光異性化は起こさないが長波長可視光を有効に吸収する色素類を当該膜に修飾し、光照射による水の膜透過と海水淡水化を試みた。その結果、可視光や擬似太陽光の照射下でも水は膜透過し、人工海水を用いた場合は、透過した水は脱塩され、淡水化することに成功した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】海水淡水化、水処理、多孔性膜、アゾベンゼン、色素、太陽光、膜蒸留

【研究 題 目】連続的なバイオマス変換を可能にする流通式触媒反応システムの開発

【研究代表者】三村 直樹（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】三村 直樹、佐藤 修、山口 有朋、増田 善雄、村松 なつみ（常勤職員4名、他1名）

【研究 内 容】

バイオマスの有効利用は、実験室レベルの少量の原料と触媒を用いた反応活性の検討だけでは不十分で、天然の木材や糖類などを想定して大量の原料を効率的に変換する技術体系を構築する必要がある。本研究では、大量処理・大量合成とスケールアップが容易な「液相流通式触媒反応」によるバイオマス変換による有用物質の合成手法の開発を目的とする。

平成29年度は、以下の3点に昨年度に引き続いて重点的に取り組んだ。(1)「流通式装置の設計と試作」に関しては、市販の装置や部品を組み合わせて安全かつ効率的に流通式の反応が行える装置を作製し、実験を実施した。(2)「流通式装置に適した固体触媒の開発」に関しては、代表者らの既報にあるイオン交換樹脂の欠点である耐熱性の低さ (< 60℃) に対応するために、耐熱性が高い酸化アルミニウム表面上に金をナノ粒子化して担持した触媒を開発した。この触媒は優れた活性を示し、特に長時間の反応特性について詳しく調査を行った。誘導期が見られたので原因を考察し、有機物による弱い還元作用であると推測した。(3)「各種バイオマス変換反応の検討」に関してはグリセリンの変換だけではなく、有用な物質変換とするためのバイオマス由来原料を調査した。ヒドロキシメチルフルフラールからフランジカルボン酸の合成は以前より研究対象になっているが、それ以外の酸化反応について文献調査等により検討を行った。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】バイオマス、貴金属触媒、グリーンケミストリー

【研究 題 目】救急医療現場での動線分析と会話分析の融合によるチーム医療の評価と教育効果の向上

【研究代表者】大西 正輝（人工知能研究センター）

【研究担当者】大西 正輝、川島 理恵（関西外国語大学短期大学部）、内田 康太郎（東京医科大学）（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

救急救命センターに設置した RGB-D カメラから得られる映像を画像認識することによって医師や看護師がどの場所にどのくらいいるかや、どこからどこへどの程度

の速度で移動したかなどをリアルタイムで定量的に評価できるシステムを作成した。また、医師や看護師の導線と発話した場所を重ね合わせ、発話のタイミングと動きを分析できる可視化システムを作成した。特に会話の中でも「指示」の意味を含む会話に着目し、指示のタイミングと動きの関連性を中心に分析している最中である。現在、研修医は「指示」の会話の後に動き出している様子や、上級医の動きにつられて動き始める様子が抽出できており、今後、それらのタイミングや頻度が研修医の上達とどのように関係しているかを定量的に評価できる指標を考えていく予定である。また一方で、救急救命センター内で研修医に対して心肺蘇生の症例を想定したブリーフィングを行い、心肺停止状態で運ばれた患者を想定したダミー人形を用いた模擬的な初療を行った後、デブリーフィングを行うことで、どのようなことに注意しながら初療を行うかなどの研修医教育を行っている。一般にこのような研修医教育はシミュレーションセンターで行われることが多いが、シミュレーションセンターではなく実際の現場である救急救命センターで訓練を行うことの効果や意義について検討している。これらの訓練は月に一度の割合で行い、高い教育効果のある方法論を確立することを目指している。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 教育工学、解析・評価、可視化

【研究 題目】 重度肢体不自由者支援のための適応的ジェスチャインタフェースの研究

【研究代表者】 依田 育士 (人間情報研究部門)

【研究担当者】 依田 育士 (常勤職員1名、他2名)

【研究 内容】

実対象となる重度運動機能障害者の継続したデータ収集を行い、各種距離カメラを利用して、累積51名、181部位のジェスチャデータの収集を実現した。そして、これらの部位に関して、できる限り少ない認識エンジンで認識するために、上肢(3部位: 指の折りたたみ、手の動き、上腕の動き)、頭部(3部位: 頭部全体の動き、口、目)、下肢(3部位: 足踏み、足先の動き、膝の開閉)、肩(上下と前後)の9種と、未分類に分類を行った。

さらに、これらを認識する9種の認識エンジンの基礎的な開発を実施した。具体的には、部位モデルを持つもの(7種)と持たないもの(2種)とした。部位に依存するものは、指の折り曲げジェスチャ、頭部ジェスチャ、口の開閉と舌のジェスチャ、大きなウインクのジェスチャ、足踏みジェスチャ、膝の開閉ジェスチャ、肩ジェスチャとなった。一方、部位に依存しない認識エンジンとしては、カメラ最近接認識モジュール(手先や足先の動きに対応)と、微細な動き認識モジュール(不随意運動がない指、耳、口などの微細な動きに対応)の基礎を完成させた。ただし、今後の実用化を進めるためには、こ

れらの精度評価や、個人への対応の研究開発が重要な課題となる。

また、これらのジェスチャの収集と対応する認識エンジンの開発を行うと同時に、頸椎損傷者1名と神経性疾患1名の計2名の長期実験を実施した。長期実験を通して、認識エンジンの詳細な問題点の抽出を行った。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 ジェスチャインタフェース、ジェスチャ認識、インタフェース、パターン認識、3次元画像理解、重度障害者支援

【研究 題目】 映像コンテンツのバリアフリー化のための認知特性を考慮した字幕設計評価ツールの開発

【研究代表者】 大山 潤爾 (人間情報研究部門)

【研究担当者】 大山 潤爾、井野 秀一 (以上、人間情報研究部門)、若月 大輔 (筑波技術大学)、中島 佐和子 (秋田大学)
(常勤職員2名、他2名)

【研究 内容】

映像コンテンツのバリアフリー化には、音声を視覚的に代替する字幕が不可欠である。本研究では、字幕デザインの見やすさ分かりやすさを自動で定量的に評価できるアクセシビリティ支援ツールを開発する。字幕デザインを総合的に評価するためには、字幕文字自体だけではなく、映像と同時に呈示される状況で、字幕デザインが映像と字幕の双方の視認性と内容理解に与える影響を定量的に調べる映像認知特性の研究が必要である。映像認知特性に基づいた字幕評価手法を確立し、それを応用した字幕デザインの解析評価ツールを開発することで、適切なコストと安定した品質の字幕の供給を支援し、バリアフリー化の普及を促進する。

本年度は、映像と字幕の関係性を考慮した字幕アクセシビリティ評価手法の研究と、字幕と映像のデータから字幕設計評価に必要な要素情報を抽出する字幕解析技術の研究を進めた。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 応用認知心理学、情報支援工学、映像認知、時短デザイン、アクセシブルデザイン、情報保障、バリアフリー

【研究 題目】 マイクロ RNA 機能のダイナミズム可視化システムの開発

【研究代表者】 中島 芳浩 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 中島 芳浩、赤澤 陽子
萩原 義久 (常勤職員4名、他1名)

【研究 内容】

本研究では、miRNA による遺伝子発現制御を独自に開発した発光レポーター遺伝子(ルシフェラーゼ)に対するナノボディー抗体を用い、鋭敏に検出する新規モニ

ターシステム構築を行う。本年度は昨年度に抗ルシフェラーゼ抗体ライブラリーより単離した、ブラジル産ヒカリコメツキムシ由来緑色発光ルシフェラーゼ (ELuc) に対して結合能を示す9種の抗体タンパク質 (抗 ELuc_VHH) を大腸菌にて発現・精製し、精製 ELuc タンパク質に対する発光阻害実験を行った。その結果、6種類の抗体が ELuc に対し40~50%の発光阻害活性を示すこと、各々の ELuc に対する解離定数が数十 nM であることが明らかとなった。また、発光阻害における抗 ELuc_VHH 抗体と ELuc タンパク質の量比を最適化した条件では1種類のクローンが ELuc の発光を約70%阻害することも明らかとなった。次に、これら6種類の抗 ELuc_VHH 抗体の ELuc に対する認識領域を解析した結果、興味深いことに5種類は ELuc の C 末端を認識し、N 末端を認識する抗体は1種類であることが明らかとなった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】miRNA、ルシフェラーゼ、セルベースアッセイ、イメージング

【研究 題 目】動脈病変の早期診断・治療のためのリン酸カルシウム系複合ナノ粒子の創製

【研究代表者】中村 真紀 (ナノ材料研究部門)

【研究担当者】中村 真紀、大矢根 綾子、黒岩 輝代子 (常勤職員2名、他1名)

【研究 内 容】

本研究では、動脈病変の早期診断・治療を可能にするリン酸カルシウム系複合ナノ粒子を創製することを目標としている。動脈病変部に集積する免疫細胞 (マクロファージ) へ粒子を取り込ませることで、機能を発揮させる。本年度はまず、昨年度に作製法を確立した磁性酸化鉄ナノ粒子 (造影剤) 内包リン酸カルシウム複合ナノ粒子について MRI 造影能の評価を行った。計測の結果、粒子濃度の増加につれて、T2強調画像のシグナルが減少し、緩和時間が大きく短縮したことから、本粒子が MRI 造影能を有することを確認した。続いて、本粒子のマクロファージ取り込み評価を行った。本粒子ならびに比較用の単独の磁性酸化鉄ナノ粒子を、それぞれマウスマクロファージ様細胞へ添加した結果、本粒子は単独の磁性酸化鉄ナノ粒子の2~3倍の取込率で取り込まれた。また、この濃度において細胞毒性は認められなかった。さらに、前述の複合ナノ粒子の作製法を進展させ、磁性酸化鉄ナノ粒子 (造影剤) に加えてマイクロ RNA (治療薬) をも内包したリン酸カルシウム複合ナノ粒子の作製に取り組んだ。得られた粒子の平均粒子径は約100 nm であり、マクロファージへの取り込みに適したサイズとなった。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】リン酸カルシウム、複合ナノ粒子、MRI 造影剤、動脈病変

【研究 題 目】生体内高精度細胞機能制御のためのナノ複合体の創製

【研究代表者】都 英次郎 (ナノ材料研究部門)

【研究担当者】都 英次郎 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

生命現象の解明を目指した高精度な細胞機能制御技術の開発は、生命科学研究における究極の目的の一つである。なかでも光を活用した細胞機能制御技術は、簡便性や細胞応答性の高さから注目を集めている。しかし、従来技術は、生体透過性の低い光を利用するため生体深部領域の細胞機能を制御することはできない。また、安全性の低いウイルスを利用するため医療応用が難しい。従って、本研究目的では、生体透過性の高い近赤外光によって発熱可能なカーボンナノチューブ (CNT) と特定の温度で内包分子を放出する温度感受性リポソームを組み合わせることで、ウイルスフリーで、かつ生体深部の細胞機能をナノメートルレベルで光により制御する技術を構築する。本研究は、とりわけガンや神経変性疾患に対する新しい分子標的医薬や先進医療技術のための普遍的な技術となる。本研究では、最終構想にマウス生体中の細胞内酵素反応制御が可能な機能性ナノ複合体の開発を掲げており、本最終構想を達成するために、本年度は、作製した機能性ナノ複合体を細胞内に導入し、800 nm の近赤外レーザーを照射することで酵素反応制御効果を検証し、最大の蛍光強度変化量が得られる最適条件を探索した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】カーボンナノチューブ、細胞、光操作

【研究 題 目】しなやかでウェットな半立体マイクロ構造体の露光作製及び新規バイオチップへの応用

【研究代表者】須丸 公雄 (創薬基盤研究部門)

【研究担当者】須丸 公雄、高木 俊之、森下 加奈 (常勤職員2名、派遣職員1名)

【研究 内 容】

本研究では、全く新しい「ものづくり」の方法論として、2次元と3次元の両方の長所を併せ持つ「半立体」マイクロ構造体群を、半導体 LSI 製造に用いられるフォトリソグラフィのプロセスを通じて作製する技術を確認し、バイオ用途への展開を試みる。ハイドロゲルの架橋及び基材表面からの立ち上がり剥離を光制御することで半立体構造体群を作製、しなやかな半透性ハイドロゲル膜からなる新しいバイオチップを構成し、流れる培養液の中での浮遊細胞集塊の分画や、継続的な観察による品質管理下での培養の実現を図る。

前年度までに確立した手法で作製したメッシュポケット構造を用いて、所定サイズ以上のヒト iPS 細胞集塊が捕捉できる一方で、メッシュを通り抜けるサイズの小さい集塊は基材表面上に残存しないことを確認した。ま

た、架橋 hydroxypropyl cellulose (HPC) ハイドロゲルを光剥離した領域に、捕捉された細胞がエリア選択的に接着し、コントラストが極めて高い細胞パターンニングが形成できることを確認した。

また、前年度に開発した光照射に応答して固体状態から速やかに水溶化する新規ポリマー (pNBANIPAAm) について、疎水性の高いアクリルアミドモノマーを加えて共重合することにより、暗所下の長期安定性を向上させることに成功した。さらに、架橋 HPC ハイドロゲル層にオーバーコート後、光照射による水溶化でパターン除去して細胞を播種すると、pNBANIPAAm 残存域にのみ細胞が接着することを確認、こうして形成されたパターン培養系に、さらに局所光照射を行うことで、選択的に細胞が剥離回収できることを実証した。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 ハイドロゲル、マイクロ構造体、バイオチップ、フォトリソグラフィ

〔研究 題目〕 超100K 級銅酸化物高温超伝導体の単結晶育成技術の開発とデバイス応用の検討

〔研究代表者〕 永崎 洋 (電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕 永崎 洋、鬼頭 聖、吉田 良行、Dongjoon SONG (常勤職員3名、他1名)

〔研究 内容〕

本研究では、現存する超伝導体の中でも最も高い超伝導転移温度を有する水銀 (Hg) 系銅酸化物超伝導体 $\text{HgBa}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+2}$ ($n=2,3$) の純良単結晶育成技術を確認すること、更に、得られた単結晶試料の基礎物性評価を行うことで、同物質の示す高い T_c の原因を探るとともに、その特長を活かした新奇超伝導デバイスの可能性を検討することをその目的とする。H29年度は、前年度に確立した単結晶育成手法を用いて、純良な単結晶試料の育成に努めた。具体的には、前駆体として、良質な $\text{ReBa}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ の調製手法の最適化を行うと共に、 ZrO_2 層をつばを用いた SUS 封管と石英ガラス管の二重封管法によって、目的となる単結晶の育成を安全かつ再現性良く行うことが出来ることを実証した。同手法を用いることで、 $T_c=134\text{K}$ を有する、大きさ $1\text{ mm}\times 1\text{ mm}\times 0.05\text{ mm}$ の単結晶育成に成功を収めた。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 高温超伝導、単結晶、デバイス

〔研究 題目〕 質量の単位「キログラム」を基礎物理定数によって定義するための研究開発

〔研究代表者〕 倉本 直樹 (工学計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 倉本 直樹、藤田 一慧、水島 茂喜、藤井 賢一 (工学計測標準研究部門)、稲場 肇、大久保 章 (物理計測標準研究部門) (常勤職員6名)

〔研究 内容〕

近年、普遍的な基礎物理定数によって、質量の単位「キログラム」を定義することが検討されている。これまでに我々は、シリコン単結晶などの密度からアボガドロ定数を精密に決定し、原子の質量を基準としてキログラムを定義するための研究を進めてきている。アボガドロ定数高精度化には、密度測定に必要なシリコン単結晶球体体積測定の高精度化が支配的な役割を果たす。そこで、本研究ではキログラムの基礎物理定数による定義実現のために、次の研究開発を行う。

1) 質量 1 kg のシリコン単結晶球体の直径を、ほぼ原子間距離に等しい 0.3 nm の精度で測定する青色半導体レーザー干渉計を開発し、球体体積を $1.0\text{E}-8$ の精度で決定する。

2) ^{28}Si 同位体濃縮結晶を用い、アボガドロ定数を世界最高精度 ($1.4\text{E}-8$) で決定する。

この目的のために、本年度は以下の項目を実施した。

1) Si 球体直径測定用青色半導体レーザー干渉計開発：426 nm 付近で光周波数チューニングが可能なシステムを構築した。光周波数の基準には長さの国家計量標準である「光コム」を用い、モードホップのない 20 GHz の範囲にわたる光周波数掃引を可能とした。

2) ^{28}Si 単結晶球体を用いたアボガドロ定数測定： ^{28}Si 単結晶球体の直径測定、質量測定、表面分析を実施し、アボガドロ定数を世界最高精度 ($1.2\text{E}-8$) で決定した。新たなキログラムの定義は、原子の質量と密接に関連するプランク定数となる予定である。科学技術データ委員会 (CODATA) は、2017年10月に新たなキログラムの基準となるプランク定数の値を決定した。この値の決定に、本研究で決定したアボガドロ定数から導出したプランク定数も採用されている。これは、1889年に国際キログラム原器によって質量の単位が定義されて以来、130年ぶりとなる定義改定に大きく貢献する歴史的な成果である。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 アボガドロ定数、プランク定数、キログラム、基礎物理定数

〔研究 題目〕 テラヘルツ帯高強度コヒーレントエッジ放射の利用による自由電子レーザー制御の研究

〔研究代表者〕 清 紀弘 (分析計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 清 紀弘、小川 博嗣、境 武志、田中 俊成 (常勤職員2名、他2名)

〔研究 内容〕

本研究では、自由電子レーザーを増幅した直後の電子ビームのパルス特性を、自由電子レーザーを損なうことなく抽出できるテラヘルツ帯コヒーレントエッジ放射を利用し、マイクロパルス毎のパンチ長を評価する技術を開発することを目標としている。この目標を達成するため、日本大学の自由電子レーザー施設 LEBRA を利用し、

コヒーレントエッジ放射源を開発してビーム特性を解明した後に、バンチ長評価を介した自由電子レーザー発振制御を行うことを計画している。平成29年度は、共振器型自由電子レーザー発振を妨げることなくコヒーレントエッジ放射を取り出せるエッジ放射用真空容器を開発し、コヒーレントエッジ放射の観測を行った。

新たに開発したエッジ放射用真空容器は、水平70 mrad 以上かつ垂直40 mrad 以上の放射角のコヒーレントエッジ放射を真空容器にて反射することなく大気へ取り出すことができる。また、自由電子レーザー用の光共振器から大気へ取り出すための反射鏡を凹面鏡と中空凹面鏡とに切り換えられるミラー調整機構を有しており、中空凹面鏡を使用すれば自由電子レーザーが回折損失を生じることなくコヒーレントエッジ放射を利用できる。このエッジ放射用真空容器を用いて我々は、自由電子レーザー発振中のコヒーレントエッジ放射を世界で初めて観測することに成功した。コヒーレントエッジ放射の特性と自由電子レーザー特性との間には相関があり、放射強度を高くすることで自由電子レーザー出力も高くなることが明らかになった。また、帯域の異なる二つの検波器を使用してコヒーレントエッジ放射強度を測定することで、マクロパルス内のバンチ長変化を観測できることを示した。

成果発表においては、国内外で6件の研究発表を行い、うち2件は招待発表である。当研究関連の筆頭論文は国際誌に2報、国内学会誌に1報掲載されており、IF 論文生産コストは702万円/2報であった。引き続き高い論文生産性を維持しており、十分な成果発信を行うことができた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】自由電子レーザー、テラヘルツ、コヒーレントエッジ放射、バンチ長

【研究 題 目】レーザー駆動フェムト秒ガンマ線パルスを用いた中性子発生

【研究代表者】三浦 永祐（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】三浦 永祐、豊川 弘之、藤原 健、黒田 隆之助、山崎 淳
（常勤職員4名、他1名）

【研究 内 容】

本研究は、高出力レーザーを利用して超短パルスのガンマ線を発生し、それを用いて材料分析等に有用な低速中性子を発生する基盤技術を確立することを目的としている。高出力フェムト秒レーザーパルスによって生成されるプラズマを利用した電子加速（レーザー加速）により200 MeV のエネルギーの揃った準単色電子線を発生する。この電子線と波長400 nm のフェムト秒レーザーパルスを相互作用させ、レーザーコンプトン散乱によって光子エネルギー1.7 MeV 以上のフェムト秒ガンマ線パルスを発生し、ベリリウムでの光核反応を用いて中性

子を発生する。

今年度は実験に用いるフェムト秒チタンサファイアレーザー装置の高性能化を進めた。レーザーの高出力化を図るために採用したパルス伸張器とパルス圧縮器に異なる溝本数の回折格子を用いるシステムを構築し、パルス幅50 fs のプレパルスの少ない高品質なフェムト秒レーザーパルスを得た。また、レーザーコンプトン散乱により高エネルギーのガンマ線を得るため、波長変換結晶を用いたチタンサファイアレーザーの二倍高調波光（波長400 nm）発生に着手した。

レーザーコンプトン散乱によって発生するガンマ線の収量を増強するには、レーザー加速電子線の電荷量を増強する必要がある。レーザー加速準単色電子線の電荷量増強のための条件を調べるためにシミュレーションを並行して進めた。チタンサファイアレーザー（波長800 nm）よりも長波長の波長が1500 nm の中赤外域のフェムト秒レーザーパルスを用いることにより、レーザーパワーが半分程度でも、同じエネルギーを持つ準単色電子線の電荷量を10倍程度増強できることを示した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】高出力レーザー、プラズマ、量子ビーム、レーザー加速

【研究 題 目】サブ10フェムト秒位相制御光による非熱的原子レベルレーザーカーヴィング技術の開発

【研究代表者】大村 英樹（機能化学研究部門）

【研究担当者】大村 英樹、鳥塚 健二、高田 英行、宮本 良之、吉田 剛
（常勤職員4名、他1名）

【研究 内 容】

本研究提案の目的は、パルス幅サブ10フェムト秒程度の光電界の操作された極短レーザーパルスによって、原子レベルで固体材料を切削・造形するレーザーカーヴィング技術を開発することである。研究期間内での目標は以下のとおりである。(1) 非熱的レーザーアブレーション観測のための固体表面粒子放出現象計測装置の開発。(2) $(\omega+2\omega)$ 位相制御とサブ10フェムト秒に至る極短パルス化を併用することによって、レーザー誘起固体表面粒子放出現象における急速加熱効果低減の実験的検証と、非熱的レーザーカーヴィングの基本概念を確認。(3) 時間依存密度汎関数理論を用いた第一原理電子・格子ダイナミクスのシミュレーションによる非熱的→熱的レーザーアブレーションのクロスオーバーの検証と、トンネルイオン化の解析的理論（シーガート漸近理論）による意味づけ。

平成29年度の成果は以下のとおりである。

(1) 昨年度に整備した、光パルス照射下における平板固体表面からの放出イオンの運動量および放出角度分布の測定を行うことのできる固体表面反応制御用真空チャ

ンバーを用いて、金 (Au) 平板固体試料について実験を行った。作成した計測装置が設計通りの性能を示していることを確認した。また放出イオンの運動エネルギー分布を熱統計的な理論で解析する手法を整備した。レーザー強度依存性やレーザーパルス幅を変えた実験を行い、フェムト秒レーザー照射によって引き起こされた金 (Au) 表面からの原子放出のメカニズムは、急速加熱によるプラズマからの放出で説明できることが分かった。

(2) 孤立原子・分子について、高強度レーザー場中でのトンネルイオン化及び解離過程についての理論研究を進めた。強レーザー場中の分子ポテンシャル中に例外点と呼ばれる特異な物理状況を見出し、これ利用した解離の制御について新たな知見を得た。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】量子制御、コヒーレント制御、レーザーアブレーション、位相制御レーザーパルス

【研究 題 目】光誘起結晶移動現象の機構説明と高度制御

【研究代表者】則包 恭央 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】則包 恭央、中野 美紀、高田 尚樹 (常勤職員3名)

【研究 内 容】

本研究課題では、研究代表者らが新たに発見した結晶移動現象の機構を実験および計算科学的手法を用いて解明し、さらに高度な移動制御を実現することを目的とする。これを通して、光を活用した物質移動・輸送分野を飛躍的に発展させる。具体的には、様々な分子構造・結晶構造を有する結晶を作製し、共焦点レーザー顕微鏡および走査プローブ顕微鏡を用いた移動現象の詳細な観察、光照射方法や基板表面特性の制御、フェーズフィールド法を用いたシミュレーションを実施することにより、本現象を支配する因子を明らかにし、その知見を移動制御に利用する。

今年度は、前年度から引き続き、結晶移動現象を解析するための標準的な評価法について検討した。顕微分光、光学顕微鏡および共焦点レーザー顕微鏡にそれぞれ、LED 光源を組み合わせた光学系の改良を行い、高精度の光照射および高解像度の撮影が可能になった。また、結晶作製法の改良を行い、結晶のサイズが揃った試料が作製可能になった。

基板表面との相互作用の検討においては、金蒸着シリコン基板表面に疎水性、および親水性の自己組織化単分子膜を形成した基板に加えて、疎水処理または親水処理を施したガラス基板、フッ素樹脂を摩擦転写したガラス基板上における結晶移動速度の測定を行い、これまで検討していた化学修飾していないガラス基板上での結果と比較した。その結果、結晶移動の際の前方と後方の速度が、基板の表面自由エネルギーに大きく依存することが

明らかになり、単純な移動速度だけでは説明できないことが明らかになった。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】光化学、異性化、結晶

【研究 題 目】高分子のガラス転移温度を光により巨大変化させることが可能な分子システムの構築

【研究代表者】山本 貴広 (機能化学研究部門)

【研究担当者】山本 貴広 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究は、可塑剤分子の集合状態を光で制御することにより、高分子のガラス転移温度を光で巨大変化させることが可能な分子システムを、実験と理論が協働して創製することを目的としている。本研究で開発したアズベンゼン添加液晶を用いた高分子の光可塑化について、その適用可能な高分子の範囲を調べるため、非晶性高分子であるポリメタクリル酸メチル、ポリスチレン、ポリビニルピロリドン、結晶性高分子であるポリエチレン (結晶化度=27%)、ポリカプロラクトン (結晶化度=59%) を用いて複合樹脂を作製し、光可塑化挙動を調べた。非晶性高分子を用いた複合樹脂はすべて、アズベンゼン添加液晶が高分子と相分離した状態において光可塑化を誘起できることを確認した。一方、結晶性高分子については、ポリエチレンはアズベンゼン添加液晶と相溶性せず、複合樹脂を作製できなかった。ポリカプロラクトンは非晶性高分子の場合と同様に、アズベンゼン添加液晶の含有量が一定量以上になると高分子と相分離した複合樹脂を作製することができた。しかし、光可塑化は確認できなかった。これは、アズベンゼン添加液晶はポリカプロラクトンの非晶部分と複合化し樹脂を形成しているが、結晶部分の分子配向は強固であるためアズベンゼン添加液晶と相溶せず、光により非晶部分が可塑化されても結晶部分が強固な構造を維持しているため、全体としては光可塑の効果が現れなかったためと考えられる。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】高分子、光可塑化、粘着、接着

【研究 題 目】量子ドット超格子による高信頼性黄色半導体レーザーの実現

【研究代表者】秋本 良一 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】秋本 良一 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究の目的は、レーザー活性層に量子ドットを導入した II-VI 族半導体材料を用いて、信頼性の高い黄色波長域で動作する量子ドット半導体レーザーを実現することである。量子ドット特有の効果である、量子ドット内に局在した注入キャリアと活性層に内在する点欠陥との空間分離効果に着目し、従来から量子井戸レーザーの高信頼性を阻害してきたキャリアと点欠陥の光反応によ

る欠陥自己増殖が、量子ドットの導入により抑制されるかを検証する。また量子ドット層を多層化し、層間の電子的結合効果を制御した量子ドット超格子を導入して、発光波長を長波長化した黄色波長レーザーを実現する。これまで活性層を中心にして研究を行い、量子ドット試料の成長条件と発光波長の関係を明らかにした。CdSe供給量が2.5分子層（ML）において発光ピーク波長520 nm において、最大発光強度が得られた。量子井戸層の中心に量子ドット層を配置する dot-in-a-well 構造の検討を行い560 nm まで長波長化することに成功した。本年は、レーザー素子の層構造において、活性層の上下に配置するクラッド層およびコンタクト層の結晶成長をさまざまな条件で行い、最終年度で計画しているレーザー素子作製に向けた準備を行った。n 層および p 層クラッドで用いる BeZnMgSe と ZnSe/BeMgZnSe 超格子層のドーピング効率、および基板への格子整合条件について、最適な条件を明らかにした。また、p 側のコンタクト層に用いる ZnSe/BeTe 超格子の層構造に関して、この層にかかる電圧を最小化するように構造を決定した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】半導体レーザー、II-VI 族半導体、量子ドット

【研究 題 目】銅酸化物における Tc 向上のための超伝導圧力相図の決定とその理論的説明

【研究代表者】竹下 直（電子光技術研究部門）

【研究担当者】竹下 直、伊豫 彰（常勤職員2名）

【研究 内 容】

銅酸化物高温超伝導体に対して、Tc の圧力依存性をさまざまな物質、ドーピング量による違い等、網羅的に探索することによって、Tc 向上のメカニズム、方法論を導き、記録的な Tc や新たな高 Tc をもつ物質を見出すことを目的としている。3か年の2年めとなる今年度は、Cu, C 系銅酸化物に対する超伝導圧力相図を完成させることに努めた。また、チップインダクタ部品を用いることで簡便にマイスナー効果測定を圧力中で行うための技術開発を進めた。Cu, C 系銅酸化物の振る舞いは Hg 系のそれと比較的よく似ており、CuO₂面の枚数が増えてくるほど、圧力下での Tc 上昇の飽和が起きる圧力が低くなっていく傾向が確認できた。また、Hg 系と同様に、最適ドーブ試料よりも、アンダードーブ試料のほうが圧力下の最高到達 Tc 値も高くなることが分かった。チップインダクタによる磁気測定は、いまのところチップインダクタに試料を埋め込むための穴の加工をどのようにするか、というところで検討を進めている。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】高圧力、超伝導、圧力効果、銅酸化物高温超伝導体

【研究 題 目】立体湾曲シリコン導波路を用いた革新的

空間光学の開拓

【研究代表者】榊原 陽一（電子光技術研究部門）

【研究担当者】榊原 陽一、吉田 知也、渥美 裕樹、面田 恵美子（常勤職員3名、他1名）

【研究 内 容】

最近シリコンフォトリソグラフィの空間光学への研究展開が海外で活発化しているが、基板面から面外方向に光を取り出すために回折格子カプラを用いている。本研究は、研究実施者らが最近開発した立体湾曲シリコン導波路カプラ（エレファントカプラ）をアレー状に複数個並べて面外方向に光を取り出し、光ビームをステアリングする新しい素子の基盤的研究を遂行することを目的としている。エレファントカプラは、回折格子カプラにない本質的特長（点光源性、小さな配置間隔が可能）があり、それによりステアリング角度が大きくビームの収束性のよい独創的なデバイスが実現できると期待される。

本研究を遂行する過程で、このようなステアリング素子を実現するためには、エレファントカプラから出射する光ビームの空間的広がり方を制御できる技術を確認することが重要であることが分かった。そこで平成29年度は3次元 FDTD 法による数値解析手法により、エレファントカプラ中での光の伝搬挙動を丁寧に解析した。その結果、立体湾曲シリコン導波路の先端部を、長さ数マイクロメートルのうちに幅が数十 nm まで漸減するような逆テーパ構造とし、その周囲を厚さ2~3マイクロメートル程度の酸化膜で等方成膜して頂部に微小レンズ構造を形成すると、逆テーパ構造から放射した光が頂部レンズで集光され、ビームウェスト幅が5マイクロメートル程度の擬ガウシアンビームを形成可能であることが明らかになった。そこでこのような構造の試作にも取り組み、実際にこのような構造が製造可能であり、またそこから放射される光ビームの空間的広がり方は数値解析法による予想とよく一致することが確かめられた。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】シリコンフォトリソグラフィ、空間光学、フェーズアレー

【研究 題 目】室内環境における SVOC 類の挙動解析及び統合的暴露評価／リスク評価

【研究代表者】篠原 直秀（安全科学研究部門）

【研究担当者】篠原 直秀、内野 加奈子（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

DEHP について、検量線は、0.05~10 µg/mL の濃度範囲で高い直線性が確認された。エムポアディスク及びダストのブランクは0.092±0.0098 µg 及び0.13±0.027 µg であった。3 mL で抽出した場合の定量限界は0.033 µg/mL 及び0.091 µg/mL となる。エムポアディスク及びダストへの添加回収率は、97 %±6.3 % 及び95 %±7.1 % であった。

壁面などへの吸着を低減するために、表面を電解研磨したステンレス製パッシブフラックスサンプラーを用いて試験を行った。放散建材と吸着材の間に設置するリングの厚さを変えて、複数の拡散距離での試験を行った。放散量試験の結果、拡散距離が長いほど放散量は小さくなっていったが、拡散距離の逆数との相関は1日捕集以外ではあまり良くなかった。この点については、今後PFS壁面への吸着などについて、詳細に検討が必要である。ハウスダストを塩ビシート状に乗せた場合には、気中への放散は非常に小さくなっていったが、経時的に増える傾向にあり、粒子へ吸着したDEHPの放散が増えることによると考えられる。ダストが存在している場合の粒子への移行速度は気中への放散速度と比べて2桁から3桁速かった。また、ダストへの移行速度に拡散距離の違いは影響していなかった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ハウスダスト、SVOC、フタル酸エステル類、経皮暴露、粒子、吸脱着

【研究 題目】 双晶形成に基づく集合組織変化を活用した易成形性マグネシウム合金の創出

【研究代表者】 千野 靖正（構造材料研究部門）

【研究担当者】 千野 靖正（常勤職員1名）

【研究 内容】

マグネシウム合金は軽量・高比強度・易リサイクル金属素材として国内外で注目を集めている。一方、室温成形性に乏しいことが大型部材化・量産化を阻んでいる。低成形性の原因の一つとして、圧延中に形成される強い底面集合組織が塑性異方性を助長していることが指摘されている。このような状況の下、微量の特定元素をマグネシウムに添加すると、汎用のマグネシウム合金板材よりも著しく弱い強度の底面集合組織が発現し、市販アルミニウム合金並みに優れた張り出し成形性が発現することが明らかとなっている。一方、他の変形モード（深絞り成形性等）は、未だアルミニウム合金と比較すると劣った数値を示し、さらなる特性の改善が求められている。

近年、我々は圧延後のマグネシウム合金板材の微細組織を調査した結果、圧延中に形成される双晶界面を基点としてナノオーダーの再結晶粒が生成することを発見し、微細な再結晶粒の生成が底面集合組織のランダム化に寄与することを明らかにした。そこで、本研究では、に双晶を選択的に導入する合金組成やプロセス技術を開発し、優れた室温成形性を有するマグネシウム合金板材を開発することを目指す。

平成29年度は、平成28年度に引き続いて、双晶を選択的に導入する手段として曲げ引っ張り加工の適用を検討し、汎用マグネシウム合金（AZ31合金）を用いて、優れた室温成形性が発現するプロセス条件を抽出するとともに、組織との相関を調査した。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 マグネシウム合金、室温成形性、機械的特性、集合組織

【研究 題目】 ポジトロニウム消滅による機能性薄膜のサブナノ空隙化学解析法の開発

【研究代表者】 伊藤 賢志（物質計測標準研究部門）

【研究担当者】 伊藤 賢志（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究では、非晶領域の分子間空隙を実験的に評価できる唯一の方法である陽電子消滅法を応用し、薄膜部材に適用可能な、放射性同位元素 Na-22 (RI) ベースのパルス化低速陽電子ビームを利用した高安定性の陽電子寿命・運動量相関 (AMOC) 測定システムを開発するとともに、基準薄膜の系統的解析によりナノスケール空隙中で消滅したオルトポジトロニウムのピックオフ反応により発生した消滅ガンマ線の運動量分布元素マッピングを解明する。これにより分離膜などの薄膜材料中の分子間空隙の大きさとその表面化学を同時評価可能な新規手法を確立し、各種機能性膜の研究開発現場にこれまでにない設計指針の構築手法を提供する。

今年度は、開発した低速 AMOC 測定システムの信頼性を確保するため、陽電子寿命測定と陽電子消滅ガンマ線分光測定の各計測系の妥当性を陽電子寿命測定用認証標準物質を用いて確認するとともに、陽電子照射エネルギーを1 keV から10 keV の範囲で変化させながら、寿命と運動量の各消滅パラメータの測定を試みた。また、本研究で提唱する機能性薄膜中のサブナノスケール空隙化学解析法を実証するために前年度に作製した PECVD 法によるモデル薄膜試料の AMOC 測定を行い、運動量分布・元素マッピングのためのデータを蓄積した。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 陽電子消滅、ポジトロニウム運動量分布、ナノ細孔、機能性薄膜

【研究 題目】 革新的3D トリリオンセンサ作製技術の開発

【研究代表者】 寺崎 正（製造技術研究部門）

【研究担当者】 寺崎 正、菊永 和也、古賀 淑哲、坂田 義太郎、藤尾 侑輝（常勤職員4名、他1名）

【研究 内容】

本提案では、トリリオンセンサ時代（非連続的膨大多数のセンサ、年間45兆個、現在の100倍強／2023年）を担う3次元・集積センサの革新的作製技術の開発を目的としている。各課題の本年度成果は下記の通りである。

【課題1】 3D 印刷による3次元配線技術の確立と、センサ・給電デバイスへの応用に関しては、印刷配線条件と導電性確保条件の検討を行った。更に、導入するセンサ信号のバリエーションを増やすため、複数の磁性ナノ粒子を対象として印刷センサ配線・マイクロ構造形成に関

して検討を行った。

【課題2】CAE 設計高度化に向けた3D 印刷による応力可視化センシングの確立に関しては、外表面、内部への応力発光センサの位置選択導入条件を明らかにした。検討すべき条件面は、下記のとおりである。(1) 母材（ポリマー・接着剤）の種類 例) エポキシ、ウレタン、Si、シアノアクリレート系等について検討を行い、予兆の観点からエポキシ系の母材を選択した。(2) 混入材の種類・サイズ（応力発光粒子）については、センサ発光輝度の観点から緑色応力発光体（1-3ミクロン、520 nm 発光）を選択した。(3) 粒子の表面修飾（粒子と光硬化樹脂間の力学伝達効率）については段階の煩雑さの回避、母体樹脂の選択により回避する事が出来た。(4) 含有比率（粒子濃度）は、10-90 % を検討し、脆性化を回避できる範囲において、発光輝度が最適になる条件を選択した。また、実際の3次元造形器物に対して、応力発光センサを3次元敷設することで、①造形様式に応じた強度（引張、曲げ塑性変形範囲）、破壊強度、②更に衝突等高速現象時のひずみ分布について応力発光計測することに成功した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 センサー、光機能材料、トリリオンセンサ、応力発光、3D プリンタ

【研究 題 目】 ミジンコ類の表現型可塑性と化学物質による攪乱影響の評価

【研究代表者】 眞野 浩行（安全科学研究部門）

【研究担当者】 眞野 浩行（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、①さまざまな環境ストレスに対して生物が見せる表現型可塑性の優先性を明らかにすること、②表現型可塑性の攪乱を介した有害化学物質の生態影響の評価である。化学物質の生態影響評価において、標準試験生物として使用されるミジンコ類は、酸素欠乏、被食、えさ不足等の環境ストレスに対して、特徴的な形態的・生化学的応答（表現型可塑性）を見せる。一方で、農薬類や重金属類をはじめ、多くの化学物質がそれらの応答を攪乱し、低濃度の汚染であっても生態系構造や機能に影響を及ぼすことが懸念される。本研究では、現在までに知見が断片的である複合的な環境ストレスに対して変化する表現型の発言パターンを精査するとともに、環境ストレスと化学物質による複合的な生態影響を評価する。今年度は、ミジンコの実験系を整備し、室内試験ができる体制を整えた。また、餌不足と金属曝露による複合影響を調査するための予備的な検討を行った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 餌資源、マルチストレス、捕食者、表現型可塑性、複合影響

【研究 題 目】 太陽光・風力発電の大量連系と電力需給

バランスを考慮した CO₂削減効果の推計

【研究代表者】 歌川 学（安全科学研究部門）

【研究担当者】 歌川 学、小杉 昌幸
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

平成29年度は、太陽光発電の普及が目立つ九州電力エリア、四国電力エリアにおいて変動電源つまり太陽光発電、風力発電の設備容量をさらに増加させた場合を想定、予測誤差を想定し、揚水発電、地域間連系線、デマンドレスポンスを用い、電気自動車および蓄電池は利用せずに調整を実施した場合の電力需給を検討、CO₂排出係数、再生可能エネルギー割合を高め、発電量あたり燃料費低下の可能性を得た。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 温暖化対策、再生可能エネルギー普及、デマンドレスポンス、燃料費

【研究 題 目】 浅部スロー地震域は津波波源域？1662年日向灘地震の地球物理学・地質学的検証

【研究代表者】 山下 裕亮（京都大学）

【研究担当者】 山下 裕亮（京都大学）、伊尾木 圭衣（活断層・火山研究部門）、加瀬 善洋（北海道立総合研究機構）
（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

浅部スロー地震は、プレート境界浅部におけるゆっくりとしたすべり現象で、2011年東北沖地震の巨大津波を引き起こした要因の1つと考えられている。浅部スロー地震活動が活発な九州東方の日向灘でも、1662年日向灘地震（M7.6）で大津波が発生しているが、詳細は未解明である。

本研究は、日向灘の浅部スロー地震震源域も大津波の波源域になるのではないかと、1662年日向灘地震における大津波が対応するのではないかとという仮説を提案し、地球物理学的・地質学的な調査・観測・解析とシミュレーションによって検証することが目的である。また浅部スロー地震震源域の振る舞い方の特性や、巨大地震との相互作用の理解に深化をもたらす。

今年度は、8月には宮崎県日南市に位置する飢肥城歴史資料館に赴き、この地震に関する情報収集を行った。この地震の前後で、地形がどのように変化したか（隆起・沈降、河川の変化など）を収集した。また宮崎市と日南市の太平洋沿岸において、この地震の津波による津波堆積物調査の下見を行った。1月には宮崎市と日南市で津波堆積物調査を行った。その結果、宮崎市と日南市において、火山灰や津波による可能性が高い砂層を採取した。今後、火山灰や砂層の分析を進めるとともに、調査を継続して行い、さらにこの地震による断層モデル推

定を行う。

〔領 域 名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 浅部スロー地震、津波、津波堆積物

〔研究 題目〕 緊急時に対応可能な血中自己抗体の簡易除去システムの創製

〔研究代表者〕 姜 貞勲（国立循環器病研究センター）

〔研究担当者〕 戸井田 力（バイオメディカル研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究では、自己免疫性心筋炎の治療を目的に炎症性マクロファージ（MΦ）指向性のナノメディシンを開発し、自己免疫性心筋炎に対する治療効果を検索する。炎症性 MΦ は炎症性メディエータを介して心筋組織を破壊するとともに、T 細胞や B 細胞による自己免疫を活性化する。したがって、この炎症性 MΦ を抗炎症性 MΦ に変換できれば、自己免疫性心筋炎の治療に有効と考えられる。これまで、ホスファチジルセリン含有ナノメディシン（PS）が炎症性 MΦ を抗炎症性 MΦ に変換する機能を持つことを明らかにしている。しかし、PS を血中投与すると速やかに肝臓や脾臓等にトラップされるため、心筋炎患部への蓄積は限定的であり、治療効果が発揮されない。プロテイン G は抗体の Fc 領域を認識するタンパク質であり、プロテイン G を PS 表面に修飾すれば、血中の抗体を認識することで血中滞留性が増大するとともに、炎症患部への蓄積が増大すると考えた。プロテイン G を疎水化し、自己組織化により PS 表面に提示する方法を開発した。未修飾 PS は肝臓、脾臓への非特異的な蓄積により血中への存在は1日後検出限界以下であったが、プロテイン G 修飾 PS は2日後においても血中に十分量存在した。興味深いことに、プロテイン G 修飾により心筋炎患部の蓄積量は約2倍向上した。この結果、プロテイン G 修飾 PS は拡張型心筋症への進展、炎症性細胞の浸潤、心筋線維化に著しい抑制効果を発揮した。現在、プロテイン G 修飾量と炎症組織標的性、血中滞留性の関係を調査中である。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 炎症、マクロファージ、リボソーム

〔研究 題目〕 成人期 ASD 者の就労支援を目的としたメタ認知訓練の新規開発と効果検証

〔研究代表者〕 池田 望（札幌医科大学 保健医療学部）

〔研究担当者〕 池田 望*、大山 恭史**（*札幌医科大学保健医療学部、**生物プロセス研究部門）

〔研究 内容〕

発達障害のひとつである成人期自閉症スペクトラム（ASD）の就労において、障害者自身の認知特性に対する認識、すなわち「メタ認知」構築の重要性が近年、リハビリテーション医療の分野で明らかになってきた。

このためメタ認知トレーニングの開発が求められているが、発達障害者に対するトレーニング開発や効果検証の知見は極めて乏しい。本研究は成人期 ASD 者を対象にしたメタ認知トレーニングの新規開発と検証をおこなう。2017年度は、2018年度前期までをめどとして、メタ認知の構築様態を推し量るプローブとしての評価尺度を設計するため、教育、医療等の分野において若年層などに対するメタ認知尺度の報告を総覧し、当該障害にも適用可能な評価尺度カテゴリの抽出と検出力の分析をおこなっている。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 認知科学、リハビリテーション、データマイニング、メタ認知、発達障害、評価尺度開発

〔研究 題目〕 グラフェンを用いた硬／軟ハイブリッド基質によるヒト間葉系幹細胞の分化誘導

〔研究代表者〕 沖川 侑揮（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕 沖川 侑揮、長谷川雅考、石原 正統、伴 雅人（日本工業大学）
（常勤職員2名、他2名）

〔研究 内容〕

再生医療において、細胞挙動を制御する足場が求められている。生体内の足場である細胞外マトリックスはコラーゲンなどのタンパク質であり、複雑な微細構造をもつことが知られている。一方、グラフェンや CNT などのナノカーボン系材料は、タンパク質と同等のスケールをもつことから、人工足場材料への応用が期待されている。これまで産総研と日本工業大学では、細胞の増殖や分化を誘導する足場作製を目的とし、ヒト間葉系幹細胞のグラフェン培地上での挙動について共同研究を行ってきた。本研究では超高弾性率や導電率といった特異な特性を持つグラフェンを軟質材料に成膜した硬／軟ハイブリッド基質を用いたヒト間葉系幹細胞の培養試験により、グラフェンを PDMS に転写した培地において細胞数増加の抑制や分化状態について確認した。

〔領 域 名〕 材料・化学

〔キーワード〕 グラフェン、原子層膜、幹細胞、分化

〔研究 題目〕 陽電子寿命測定による高分子材料の変形・ひずみのオペランド分析

〔研究代表者〕 小林 慶規（早稲田大学）

〔研究担当者〕 山脇 正人（物質計測標準研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

高分子材料の変形機構の解明を研究目標とし、陽電子寿命測定法を用いて延伸した高分子材料の自由体積及び結晶性の評価を行った。

研究計画は、陽電子寿命測定におけるアンチコインシデンス法を用いることにより、変形・ひずみのオペラ

ンド分析をすることである。我々は、試料1枚での測定を可能にするアンチコインシデンス法の開発を行っている。1枚の試料片と陽電子検出器で²²Na線源を挟みこみ、線源から試料と反対方向に放出された陽電子を陽電子検出器（シンチレータ）で検出する。陽電子寿命は、線源から陽電子が飛び出した際に放出される γ 線と陽電子が消滅した際に放出される γ 線の時間差により測定するが、これらの信号が陽電子検出器からの信号とほぼ同時に検出された場合は、時間差データを記録しない。これによって、試料に入射しなかった陽電子の影響を除去できる。

今年度の進捗は、高分子中で形成するオルトポジトロニウム (σ -Ps) の寿命から自由体積、オルトポジトロニウム (σ -Ps) の強度から結晶性を評価した。試験機を用いて延伸ポリエチレン試料を作製し、陽電子寿命測定を行った。試料伸びの増加とともに、 σ -Ps の寿命が短くなり、その相対強度が増加した。 σ -Ps 寿命の短縮は、高分子のアモルファス構造が延伸によって変化し、自由体積（分子間空隙）中に局在した σ -Ps の周囲の電子との重なりが増加したことを示している。また、相対強度の増加は、結晶領域が破壊されて σ -Ps の生成が増加したことを示唆している。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 陽電子寿命測定、高分子材料、自由体積測定、オペランド

〔研究 題目〕 ナノ超流動ヘリウム3の創成と新奇準粒子状態の局所検出

〔研究代表者〕 野村 竜司（東京工業大学）

〔研究担当者〕 阿部 陽香（物質計測標準研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究は、ナノメートルスケールの空間に超流動ヘリウム3を閉じ込め、弾性表面波（Surface acoustic wave, SAW）や微小電気機械システム（Micro electro mechanical system, MEMS）といった新しいタイプの力学センサーを用いた局所観測から、ナノ超流動ヘリウム3の相図の全容を明らかにすることが目的である。さらに、ナノ超流動ヘリウム3の熱伝導が、相図の決定に重要な役割を果たすことから、熱物性研究の観点からも興味深い結果が得られることが期待されている。

本年度は、磁場中の超流動ヘリウム3の音響抵抗測定の設定アップを終えて、全体を組み上げた。その後、冷却を試みたが大きな熱流入があり、超低温での実験はまだ出来ていない。熱流入の原因を探ったところ、新たに導入した超伝導マグネットのリード線からの熱流入が原因であることを突き止めたが、磁場中測定を行うまでは行かなかった。一方、MEMSセンサーを用いた測定は、海外共同研究者との協力により、試料セルを組み立て、実験準備を終え、順調に進めることができた。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 熱物性、超低温、超流動ヘリウム3

〔研究 題目〕 CRISPR-Cas エフェクター複合体の構造機能解析

〔研究代表者〕 沼田 倫征（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 沼田 倫征（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

Csm 複合体は5種類の Cas タンパク質（Csm1～Csm5）と crRNA から、Cmr 複合体は6種類の Cas タンパク質（Cmr1～Cmr6）と crRNA から構成されている。両者は crRNA のガイド鎖と相補的な RNA を切断するとともに、転写と共役して外来 DNA を切断する。これまでに、Cmr 複合体の結晶構造を決定し、Cmr4で保存された Asp 残基が RNA 加水分解反応における触媒残基の一つ（酸触媒）であることを特定した。本研究では、RNA 加水分解反応機構の解明を目的に塩基触媒の同定を目指した。Cmr 複合体の結晶構造において、加水分解されるリン酸結合は Cmr4と Cmr5の近傍に配置されていた。しかしながら、Cmr4の Asp 残基以外に保存されたアミノ酸残基を確認することができなかった。そこで、加水分解されるリン酸結合の周辺に存在する親水性アミノ酸残基をそれぞれ Ala に置換した変異体 Cmr4および変異体 Cmr5を作製した。変異型 Cmr 複合体を再構成し RNA 切断活性を測定した。その結果、いずれの変異型 Cmr 複合体も RNA 切断活性を保持しており、これらのアミノ酸残基が触媒反応には関与しないことが明らかになった。Cmr5は Csm 複合体を構成する Csm2の構造と類似する。Csm 複合体のモデル構造を構築し、それに基づいて標的 RNA と相互作用すると推定された Csm2のアミノ酸残基にも変異を導入した。変異型 Csm 複合体の RNA 加水分解活性を検討した結果、いずれの変異型 Csm 複合体も RNA 分解活性を保持しており、Cmr5と同様に Csm2も触媒には関与しないことが示唆された。以上より、RNA 加水分解反応における塩基触媒はなお不明であるが、Cmr5や Csm2は触媒反応には直接的に関与せず、III 型エフェクター複合体の構造形成や活性型構造の維持に重要であることが明らかとなった。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 CRISPR-Cas 系、crRNA、Cas タンパク質、遺伝子サイレンシング

〔研究 題目〕 史上最大大量絶滅期の無酸素海洋の要因としての火山活動と高一次生産の評価

〔研究代表者〕 高橋 聡（東京大学）

〔研究担当者〕 朝比奈 健太（地圏資源環境研究部門）、
黒田 潤一郎、高橋 聡
（常勤職員1名、他2名）

〔研究 内容〕

地球史上最大の大量絶滅が起きた後期ペルム紀—前期三疊紀の期間は、絶滅と貧酸素海洋の発達が繰り返して発生していた。本研究は、この遠洋環境の傾向を表す遠洋域深海の連続地層に、海洋貧酸素化の有力な要因である大規模火山活動と直接海水の酸素を消費した一次生産の変化記録とを、詳細な溶存酸素環境の復元記録と合わせて示すことを目的としている。それらの同時性・前後関係と、発達規模・持続時間の比較から、複数回起きた貧酸素海洋における、究極的要因とそのメカニズムを示す決定的な証拠を明らかにすることを目指している。

当該年度は、主な活動として、分析環境の整備、野外地質調査試料採取、炭素同位体比、オスミウム同位体比分析を行った。環境整備は、岩石粉碎装置とその周辺機器を東京大学に整備し、硬質な岩石を効率的に粗砕できるようになった。また、産業技術総合研究所に GC-MS 分析用のキャピラリーカラムを導入し、有機分子分析の準備を行った。

主な野外調査活動の成果として、岩手県におけるペルム紀／三疊紀境界の露頭を調査した結果、前期三疊紀黒色粘土層中に鍵層を見出して露頭の複雑な褶曲構造を明らかにした。該当の粘土岩層のサンプルを基に有機炭素同位体比分析を行い、浅海域の三疊紀層序と対比を行った。研究代表者の高橋と分担者の黒田は、大量絶滅境界期を記録した約30試料の粉末について、オスミウム (Os) とレニウム (Re) を精錬し、ICP-MS および TIMS (表面電離型質量分析装置) を用いて分析を行った。大量絶滅期の サンプルは、Re と Os がともに高濃度に含まれていた。Re が Os 同位体比にもたらす放射壊変の影響を補正して Os 同位体比を評価した結果、大量絶滅層準直上に顕著に低い値が検出された。現在、このトレンドが火山活動の増加を示すシグナルかどうか検討を進めている。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】大量絶滅、遠洋域深海、ペルム紀、三疊紀、火山活動、海洋無酸素

【研究 題目】2次元超伝導相転移から見た超伝導デバイスの革新的評価方法

【研究代表者】牧瀬 圭正 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】牧瀬 圭正 (常勤職員1名)

【研究 内容】

本研究では超伝導単一光子検出器や超伝導転移端センサー等の超伝導転移端検出器を高性能化する際に明らかにしなければならない“低次元超伝導系に対するゆらぎや乱れ効果”を定量的にデバイスパラメータ化することである。量子通信、量子光学の分野では、単一光子検出、量子雑音限界を可能にする低次元超伝導デバイスは大きな役割を果たすものと期待されている。これらのデバイスは極細線化や超薄膜化されているため“超伝導ゆらぎ”

や“超伝導—絶縁体転移”といった特異な揺らぎ現象を示すのだが、これらの現象が及ぼす超伝導デバイスへの影響を定性的にでも評価した例は少ない。本研究によって、超伝導デバイスに新たな評価指針を与えるだけでなく超伝導基礎物性の理解にも貢献できる。今年度は窒化モリブデン薄膜を作製し、超伝導性の最適化と電子局在に関する物性パラメータの評価を行った。結果として膜の乱れをフェルミ波数と平均自由行程の積、または面抵抗値によってパラメータ化するとある臨界的な値で超伝導性が抑制させることが分かった。さらにこの超伝導の抑制機構が電子局在と関連していることが明らかになった。

次に磁気抵抗の揺らぎを詳細に解析することにより電子—格子の非弾性と弾性散乱時間を見積もることもできた。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】超伝導揺らぎ、超伝導薄膜、磁気抵抗

【研究 題目】コレステリック液晶材料の螺旋構造制御による温度駆動型調光フィルムの開発

【研究代表者】垣内田 洋 (構造材料研究部門)

【研究担当者】垣内田 洋 (常勤職員1名)

【研究 内容】

本研究では、選択反射型の調光素子への応用として、コレステリック液晶に周期的な螺旋ねじれを生じさせ、その螺旋ピッチをカイラル剤添加により、ミクロン近傍で幅広く変化させて、選択反射波長領域への効果を調べている。H29年度は、コレステリック液晶材料に液晶性モノマー材料を添加した場合の紫外線の照射条件を実験的に検討し、紫外光の波長や照射量と光学特性との関係を明らかにした。さらに、これらの光学特性の違いを偏光顕微鏡観察や分光測定を用いて考察した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】コレステリック液晶、螺旋ピッチ制御、赤外選択反射、選択波長チューニング、UV 露光、熱応答型調光窓材

【研究 題目】廃 Cs 吸着材中 Cs-135のレーザーアブレーション ICP-MS による迅速定量法

【研究代表者】浅井 志保 (日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 原子力基礎工学研究センター)

【研究担当者】大畑 昌輝 (物質計測標準研究部門) (常勤職員1名)

【研究 内容】

福島第一原発の汚染水処理により発生する廃 Cs 吸着材には、主要な放射能汚染源となっている Cs-137だけでなく、別の放射性同位体 Cs-135も存在する。Cs-135は長寿命であり、Cs-137の放射能が減衰した後も長期間放射線を放出し続けることからその存在量の把握が不可欠となる。しかしながら、外部非破壊測定が可能な

Cs-137とは異なり迅速分析が困難なため、その存在量はまだ評価されていない。

本研究では、レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析計 (LA-ICP-MS) により廃 Cs 吸着材をほぼ前処理なしで分析し、同位体比 Cs-135/Cs-137と1ユニット全体の Cs-137の γ 線測定値から、対象ユニット中 Cs-135の存在量を1ユニット分まるごと評価する手法の提案を目指す。

H29年度は、まず、市販の Cs 吸着材 (Eichrom Technologies 社製 Cs Resin、フェロシアン化物担持樹脂) を用いてアブレーション条件を検討した。Cs 吸着材は、0.01 M 硝酸に調製した10 mg/L の Cs 標準液に浸漬して Cs を吸着させた後、ガラス板上に両面テープで貼り付けて測定試料とした。Cs 吸着材は不定形で表面が粗く、粒度分布も広い (0.3~0.8 mm)、ラインスキャンの設定が困難であり、スポット照射を選択したが、照射開始後10秒以内で樹脂構造が破壊され、十分な強度のシグナルが得られなかった。そこで、Cs 吸着剤をメノウ乳鉢でつぶして平滑にし、両面テープに貼り付けて測定した。この方法では、安定したシグナルが2分以上得られた。また、樹脂骨格の主要構成元素である Ni の同位体比をモニターしたところ、天然同位体比に一致したことから、本方法によって同位体比も正確に測定できることを確認した。今後は異なる Cs 濃度に調製した Cs 吸着液に Cs 吸着材を浸漬し、Cs 吸着材中 Cs 濃度を変化させ、検出可能な Cs 濃度範囲を評価する。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 Cs-135、レーザーアブレーション、ICP-MS、汚染水、Cs 吸着材

〔研究題目〕 次世代シーケンシング技術を用いた日本近海産宝石サンゴの幼生分散の解明

〔研究代表者〕 岩崎 望 (立正大学)

〔研究担当者〕 長尾 正之 (地質情報研究部門)
(常勤職員1名)

〔研究内容〕

日本近海は宝石サンゴの有数の漁場であり、高品質のものが漁獲されている。長年にわたる漁獲のために漁獲量が減少しているばかりでなく、今やその絶滅が危惧されている。近年、価格が高騰し、漁船数の増加や外国漁船の違法操業による漁獲圧が高まっている。そのため、宝石サンゴの保全を図り、持続的な漁業を確立することは喫緊の課題である。日本近海に分布する宝石サンゴの遺伝子解析により幼生の分散過程を明らかにし、幼生と遺伝子の供給源となる海域を推定する。これらの海域を保護海域とすることで、宝石サンゴの保全を図ることを目的とする。

平成29年度は、流向流速データを用いた幼生の仮想的な追跡実験 (バックトラジェクトリー/フォワードト

ラジェクトリー解析) を行うため、過去に行われた流速データの解析を行うとともに、広域の流動場について客観解析データを用いた把握について着手した。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 幼生分散、流動、電磁流速計、客観解析

〔研究題目〕 先天性腎尿路異常に合併する膜性腎症の臨床病理学的検討及び原因抗原の探索

〔研究代表者〕 金子 直人 (東京女子医科大学)

〔研究担当者〕 五島 直樹 (創薬分子プロファイリング研究センター) (常勤職員1名)

〔研究内容〕

膜性腎症は、糸球体上皮細胞下に免疫複合体が沈着し糸球体基底膜に変化を来す疾患である。小児の膜性腎症は大半が多量の蛋白尿を呈するネフローゼ症候群で発症する。成人に比べて腎予後は比較的良いとされているが、腎機能が低下した症例報告もある。近年、成人の特発性膜性腎症の原因抗原として M-type phospholipase A2 receptor (PLA2R) が報告された¹⁾。その陽性率は70%に及び、新しい診断法や治療への応用が期待される画期的な知見である²⁾。しかし、小児の膜性腎症では、PLA2R 陽性例は非常に少ないことが分かっており、成人とは異なる抗原の関与が示唆されている³⁾。一方、新規病因抗原および抗体の検索においてプロテオーム技術やプロテインアレイ技術といったプロテオミクスが国際的に注目を集めている。これらの技術を有する施設との共同研究体制により、小児の膜性腎症の病因抗原を同定することは、国際的にも先進的な試みであり、小児膜性腎症の診断や病勢把握、特異的治療につながる有意義な成果になると考える。

近年、成人の特発性膜性腎症では原因抗原が発見され、特異的な治療に向け臨床的取り組みが進んでいる。私たちはこれまでに小児の膜性腎症では成人と異なる病因の関与が示唆されることを明らかにしてきた。本研究では、小児膜性腎症患者を対象に網羅的な自己抗体の検出を行い、特有の新規抗原の同定を目指す。本研究の成果は、病因の解明だけでなく、抗体価による病勢モニタリングや特異的治療法の開発に直接つながる。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 先天性腎尿路異常、膜性腎症、自己抗体、プロテインアレイ、個体プロファイリング

〔研究題目〕 関節軟骨組織の発生・再生機序における転写因子 KLF4の機能解明

〔研究代表者〕 中西 真人 (創薬基盤研究部門)

〔研究担当者〕 中西 真人、中須 麻子
(常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

関節の軟骨組織は、加齢と共に消耗するが、そのまま

では再生しないために関節炎を引き起こして歩行障害を引き起こすなど QOL が低下する。転写因子 KLF4は、軟骨細胞の発生段階で発現している転写因子で、この遺伝子を外部から導入し発現することで軟骨細胞の誘導ができるという仮説がある。しかし、軟骨細胞は遺伝子導入が非常に困難な細胞として知られており、従来の技術では KLF4遺伝子を導入することができなかった。本年度は、産総研が開発した SeVdp ベクターに KLF4遺伝子を搭載した SeVdp-KLF4ベクターを作製し、研究代表者の近畿大学・寺村博士に提供した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕再生医療、軟骨、転写因子、遺伝子導入

〔研究題目〕糖鎖アレイを利用した ABO 不適合腎移植における抗体関連型拒絶反応予測検査法の開発

〔研究代表者〕舘野 浩章（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕舘野 浩章（常勤職員1名）

〔研究内容〕

研究代表者が所属する新潟大学では抗 A 抗 B 抗体による抗体関連型拒絶反応が起こるため免疫学的禁忌とされてきた ABO 血液型不適合腎移植を1989年にわが国で初めて成功させ、その成績向上のための工夫を重ねてきた。現在では、ABO 血液型不適合腎移植は免疫学の常識を覆し、高い成功率と長期移植腎生着が可能となり、生体腎移植の25%を占め、慢性腎不全の治療に大きく貢献をしている。しかし、未だに抗体関連型拒絶反応により提供していただいた移植腎を摘出せざるを得ない症例があるのも事実であり、患者のみならず腎臓を提供するドナーの安全を確保するために、この問題を解決することが急務である。本研究の目的は、『ABO 不適合腎移植前に抗体関連型拒絶反応発症の高リスク患者を識別する手法を確立し、移植腎機能喪失という最悪の事態を回避する』ことである。これは ABO 不適合腎移植に残された最後の課題であり、真に安全な移植医療の実現を目指す。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕糖鎖、抗体、腎移植

〔研究題目〕3次元画像解析とプロジェクションマッピングを用いた乳房再建手術支援システムの開発

〔研究代表者〕矢野 智之（公益財団法人がん研究会）

〔研究担当者〕鷲尾 利克（健康工学研究部門）、
矢野 智之（公益財団法人がん研究会）、
水野 博司（順天堂大学）、
荒船 龍彦（東京電機大学）
（常勤職員1名、他3名）

〔研究内容〕

近年、乳房再建患者が急増しているにもかかわらず、

治療アウトカムである整容性の評価および標準化につながる術中ナビゲーションの手法は確立されていない。本研究では、市販の3D 距離画像センサを用いて、データに基づく新しい乳房形態の3D 自動計測システムと、対象部位上にカラーマッピングとしてプロジェクションマッピングを可能にする術中手術支援システムの開発を目的としている。そこで、変形に関する医師のこれまでの経験を、3D 計測結果で定量的に表現する際のレファレンスとして、乳房組織の変形を有限要素解析を用いて明らかにした。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕3次元画像計測、プロジェクションマッピング、数値シミュレーション

〔研究題目〕がん幹細胞糖鎖の構造と機能

〔研究代表者〕舘野 浩章（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕舘野 浩章、Johann Dion
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

我々はヒト iPS/ES 細胞に発現する糖鎖をレクチンアレイで網羅解析した結果、ヒト iPS/ES 細胞に特異的に反応するレクチンとして rBC2LCN を発見するとともに、rBC2LCN を用いてヒト iPS/ES 細胞を検出・除去する新たな技術を開発してきた。最近、この rBC2LCN が膵がん幹細胞に強く結合することを見出した。本研究では、膵がん幹細胞の糖鎖構造を明らかにする。次に rBC2LCN が認識する糖タンパク質マーカーを同定し、その構造と機能を明らかにする。更に、rBC2LCN を用いて膵臓がんを殺傷除去するための新たな技術を開発する。最終的には最大の難治がんである膵がん幹細胞糖鎖の構造と機能についての理解を深めることを目的とする。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕がん、糖鎖、レクチン

〔研究題目〕生体材料インターフェイスにおける末梢概日リズムの可逆性分子機構の解明

〔研究代表者〕渡津 章（構造材料研究部門）

〔研究担当者〕渡津 章、園田 勉、寺岡 啓
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

チタン、及びチタン合金は歯根、関節等の加重部位を補綴するインプラントの材料として利用されているが、その表面における骨形成過程（オッセオインテグレーション）は詳細に観察されていない。また、チタンを人工心臓に用いる場合には抗血栓性などの生体適合性について詳細な検討が必要である。上記にアプローチすべく我々は透光性のチタン薄膜を開発して、その運用に取り組んでいる。

平成29年度は、細胞培養評価用チタン試料を細胞培養ディッシュ等に適合するように調整するとともに、イ

ンプラント表面における抗血栓性の生体適合性を向上させる研究を行った。ディッシュ用の試料については、おおそ評価に使用できる設計を行うことができた。これにより、各種計測評価手法の検討を行うことが可能となった。抗血栓性については、表面コーティングによる表面性状の高機能化をすべく、基本的な薄膜作製の条件を求め、密着性を保ちつつ再現性を得るための指針を得た。これらの結果、細胞の分化状態等の観察に供する試料の再現性を持つ実験手法の基本条件を明らかにし、チタン表面の生体適合性の高機能化に対するコーティング手法での作製の基礎条件を明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】チタン、インプラント、生化学試験

【研究 題 目】生体材料インターフェイスにおける末梢概日リズムの可逆性分子機構の解明

【研究代表者】渡津 章（構造材料研究部門）

【研究担当者】渡津 章、園田 勉、寺岡 啓
（常勤職員3名）

【研究 内 容】

チタン、及びチタン合金は歯根、関節等の加重部位を補綴するインプラントの材料として利用されているが、その表面における骨形成過程（オッセオインテグレーション）は詳細に観察されていない。また、チタンを人工心臓に用いる場合には抗血栓性などの生体適合性について詳細な検討が必要である。上記にアプローチすべく我々は透光性のチタン薄膜を開発して、その運用に取り組んでいる。

平成29年度は、細胞培養評価用チタン試料を細胞培養ディッシュ等に適合するように調整するとともに、インプラント表面における抗血栓性の生体適合性を向上させる研究を行った。ディッシュ用の試料については、おおそ評価に使用できる設計を行うことができた。これにより、各種計測評価手法の検討を行うことが可能となった。抗血栓性については、表面コーティングによる表面性状の高機能化をすべく、基本的な薄膜作製の条件を求め、密着性を保ちつつ再現性を得るための指針を得た。これらの結果、細胞の分化状態等の観察に供する試料の再現性を持つ実験手法の基本条件を明らかにし、チタン表面の生体適合性の高機能化に対するコーティング手法での作製の基礎条件を明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】チタン、インプラント、生化学試験

【研究 題 目】「空気を読む」為の発達障害者向け視線誘導訓練の研究開発

【研究代表者】和田 真（国立障害者リハビリテーションセンター研究所）

【研究担当者】大山 潤爾（人間情報研究部門）、日高 聡太（立教大学）、

和田 真、福井 隆雄（以上、国立障害者リハビリテーションセンター研究所）
（常勤職員1名、他3名）

【研究 内 容】

定型発達者は、効果的に視線を動かすことで相手の「心」を読み、相互の「共感」を生じさせている。一方、自閉症者では、視線移動の時空間パターンが定型発達者と異なる。このことから、適切なタイミングで適切な対象に視線を向けられないことで、状況把握に必要な情報を得がたくし、コミュニケーション障害を悪化させている可能性が考えられる。本研究では、視線計測を用いた心理実験と脳機能計測により上記の仮説を検証し、視線移動パターンを定型発達者に近づける訓練プログラムの開発を行う。

本年度は、視線の訓練と表情認知を支援するシステムのプロトタイプを開発した。

評価実験によって当該訓練での効果を確認することで、一般場面での般化が生じるかを検証し、萌芽的な本研究を基に、自閉症の「生きにくさ」を軽減するための支援法の開発に発展させていく。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】リハビリテーション科学、福祉工学、福祉機器、認知支援、障害者対応

【研究 題 目】エピジェネティクスによる累代適応を、適応幅が広いシロイヌナズナ属野生種で検証する

【研究代表者】瀬々 潤（人工知能研究センター）

【研究担当者】瀬々 潤（常勤職員1名）

【研究 内 容】

筑波大学の菅平高原実験場を中心に、シロイヌナズナ属の植物の移植実験を実施することで、エピジェネティックな変異の観測を実施した。また、その個体のエピジェネティクスに関し、累代適応を観測するために、サンプル取得を実施した。

【領 域 名】情報工学、生命工学

【キーワード】エピジェネティクス、シロイヌナズナ

【研究 題 目】携帯端末を利用した正確な看護業務評価による看護業務改善サイクル構築に関する研究

【研究代表者】岡田 みずほ（長崎大学）

【研究担当者】本村 陽一、西村 拓一（人工知能研究センター）、佐藤 洋（人間情報研究部門）（常勤職員3名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、医療現場における看護業務の質や安全性を高めるための看護業務改善サイクル構築に関する技術や手法の開発である。医療・看護現場は、年々高度な医療機器や新たな医療方法の開発が行われており、安

全かつ適切に運用するために電子カルテ上で運用する個人認証（ログイン）や、看護業務手順をチェックリストを用いて確認している。しかし、多くの場合複数の看護業務を同時に実施しているのが現状であり、チェックや手順の重複が起きるなどの看護業務の「ムダやムラ」が発生していると考えられる。そこで我々は、これまで明らかにできなかったあらゆる看護業務の実態を正確に把握し、入力データを簡便に集計分析できるツールの設計・開発を勧め、これらの結果に基づく看護業務評価並びにそれを用いた標準的看護業務実践モデルの構築を目指している。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 データ分析、行動観察、サービス工学

〔研究 題目〕 携帯端末を利用した正確な看護業務評価による看護業務改善サイクル構築に関する研究

〔研究代表者〕 岡田 みずほ（長崎大学）

〔研究担当者〕 西村 拓一（人工知能研究センター）
（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

急性期病院では年々在院日数が短縮し、医療現場は益々高度化複雑化している。このため、医療現場の業務密度は年々増加し、医師、看護師ともに疲弊しつつあると言われている。さらに、2025年に向けて看護師不足が深刻化し、看護師増が容易でない中、業務手順の見直しや最適化による個々の業務効率の向上が必要である。そのためには、まず正確な業務評価（可視化）が必要であるが、その手法として、紙ベースでの看護業務量調査による実態把握がほとんどであり、必ずしも正確に把握できてはいない。本研究の目的は、正確な業務評価に向け携帯端末を使った看護業務記録アプリケーションを活用し、正確な看護業務の実態を把握し、その評価を行うことである。

今年度は、業務分類を作成し携帯端末のアプリケーションに内蔵し、対象者4名の勤務する時間帯（日勤帯）の実施する全ての看護業務について、参与観察方式で導入したソフトに開始時刻と終了時刻を記録した。このデータを分析した結果、最も登録件数が多かったのは、「記録」に分類される項目群（経過記録、看護ケア実施入力、患者からの情報収集、看護計画評価、看護計画評価立案）だった。しかし、1回あたりの平均所要時間は4～5分程度であり、短いサイクルで業務を繰り返し実施しているなど看護業務の特性を把握することができた。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 看護、効率化、業務量調査

〔研究 題目〕 パラジウムクラスターによる窒素と水からのアンモニア生成触媒反応

〔研究代表者〕 阪東 恭子（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕 阪東 恭子、村上 純一
（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

本年度は H_2O や OH が存在するような Pd 表面において N_2 が活性化され、 H と反応するかを検証した。試料としては自然酸化された多結晶 Pd 基板を用いた。この試料をガラス製の反応容器中で N_2 および N_2+H_2 の雰囲気中で $100\text{ }^\circ\text{C}\cdot 1$ 時間の加熱処理を施した。処理した試料を超高真空装置に移し、X線光電子分光法（XPS）を用いて $\text{N}1s$ 領域のスペクトルを測定した。XPS 測定により熱処理前の Pd 表面は酸化されており、微量の NH 、 NH_3 が吸着していることが分かった。酸化 Pd 表面を H_2O に曝露すると表面の O 原子に H_2O の H が引き抜かれ、 OH が生成することが知られている。一方、同じ表面を H_2 に曝露した場合は低温においても H_2 が解離し、 OH さらには H_2O が生成することが知られている。従って酸化された Pd 表面を H_2 に曝露することにより、Pd を H_2O に曝露した表面と同等の表面を作製できる。上記の Pd 試料を N_2 のみの雰囲気中で加熱処理したところ、表面 NH_3 の強度が大きく減少するのが観測された。これは NH_3 が熱脱離したことを示している。一方、 N_2+H_2 の雰囲気中で同様の加熱処理を行うと、 NH_3 の強度はあまり減少しなかった。これは表面から熱脱離した NH_3 の減少分が新たに生成した NH_3 によって補われたためと考えることができる。表面の NH も H と反応して NH_3 となるが、熱処理前の NH 量は少なく、その減少量だけでは NH_3 吸着量の変化は説明できない。従ってこの結果は N_2 が表面の H と反応して NH_3 に変換されたことを示している。すなわち、 N_2 は OH や H_2O の存在する Pd 表面でも活性化され、 H と反応する。

〔領 域 名〕 材料・化学

〔キーワード〕 窒素分子活性化、Pd 触媒、XPS、アンモニア

〔研究 題目〕 超臨界流体を利用したナノマイクロシステムの開発

〔研究代表者〕 藤井 孝志（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 藤井 孝志、戸田 雅也（東北大学）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

本テーマは、超臨界状態にある二酸化炭素 (CO_2) を微小空間（ナノからサブミクロンレベル）に閉じ込め、伝熱性、拡散性、溶解性、ならびに密度ゆらぎに関連した光学特性変化といった超臨界流体特有の物性を、マイクロ解析システムや高感度センシング技術の一つとして利用することを目的としている。 CO_2 地中貯留については、従来の地上からの弾性波モニタリング技術に加え、岩石内部の直接モニタリング手法の新規開拓を試みることで、次世代の高精度モニタリング技術の実現に向けた

知見の提供を目指す。そのため、まずは、本研究において、CO₂雰囲気下での微細構造中のCO₂挙動を把握することを目的とする。

本年度（最終）は、光学的手法（分光エリプソメトリ）を用いたCO₂雰囲気下でのシリコン基板上の酸化膜の厚み計測データの解析を進めるとともに、超臨界CO₂雰囲気下でのシリコン基板へのCO₂吸着量の測定を行った。その結果、得られた光学パラメータの変化、吸着等温線の傾向より、シリコン基板の格子内にCO₂が吸着および浸透するものと推察された。本研究で示されたナノレベルの微細空間へのCO₂の封じ込め効果は、次世代CCSモニタリング技術のCO₂センシング技術開発に資するものと予測できる。

〔領 域 名〕地質調査総合センター、エネルギー・環境

〔キーワード〕CO₂地中貯留、ナノセンシング、CO₂吸着・浸透、微細構造

〔研究 題目〕培養基質の膨潤力を活用した空間自由度の高い細胞力学刺激法の開発

〔研究代表者〕杉浦 慎治（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕杉浦 慎治、高木 俊之、金森 敏幸（常勤職員3名）

〔研究 内容〕

近年、細胞は移動、接着、および分化などの様々な局面において外部の力学的刺激に敏感に応答していることが認識されてきている。これまで、細胞の機械的応答は、電気または手動のアクチュエータを用いてゴムベースの細胞培養基質を変形させることによって広く研究されてきた。しかしながら、これらの方法は、一般に、その構造上の複雑さのために、空間的自由度（一軸または二軸のストレッチ）が非常に限られている。

本研究では、埼玉大学（吉川 洋史准教授）と共同で多方向および異方性の機械的歪みに対する細胞の応答を評価するための新しい方法を開発した。産総研では、様々な生体適合性ポリマー（例えば、ゼラチンおよびマトリゲル）の光分解性ゲルを形成することができる光開裂性架橋剤を増量合成し、品質確認を行った。具体的にはゲルの形成能、作製したゲルの固さ、ゲルの光分解能を定量的に評価し、前回合成したゲルとその性能を比較した。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕細胞、光分解性ゲル、力学刺激

〔研究 題目〕核酸分子の構造制御を基盤としたmicroRNA 阻害薬の開発

〔研究代表者〕小松 康雄（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕小松 康雄、平野 悠（常勤職員2名、他1名）

〔研究 内容〕

miRNA に相補的なオリゴヌクレオチド（anti-miRNA oligo; AMO）は、miRNA と結合することでその細胞内における効果を抑制する。また、AMO の末端に2本鎖を導入することで、AMO の抑制効果は増強されることが報告されている。我々もこれまでに、クロスリンクによって安定化させた2本鎖構造を末端に接続したAMO は、通常の2本鎖よりもさらに高いmiRNA 抑制効果を示すこと、加えて2本鎖の部位が抑制効果と大きく関連することを明らかにしている。

H29年度は、クロスリンク2本鎖を有するAMO の細胞内での動態と、クロスリンク2本鎖の役割を調べるため、蛍光標識したクロスリンク2本鎖を幾種類か合成して細胞内に導入した。細胞内におけるAMO の分布と安定性を調べた結果、2本鎖を有するAMO は、細胞質と核内に存在する比率が1本鎖と大きく異なることを見出した。また、細胞質と核内の存在比は、miRNA の抑制効果とも関連していた。AMO に2本鎖を接続させることで、細胞内の分布が変化する今回の結果は、AMO の効果の持続性や効果を調節する技術にもつながると考えている。今後、さらに2本鎖構造の細胞内における効果を調べることで、AMO をはじめアンチセンスの効果の増強、持続性の調節する技術につなげることを目指す。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕核酸化学、RNA、クロスリンク、miRNA、核酸医薬

〔研究 題目〕超高齢化社会の医療人材不足を克服する次世代医療用ウェアラブルセンサーの新規開発

〔研究代表者〕内田 広夫（名古屋大学）

〔研究担当者〕吉田 学、植村 聖、延島 大樹、（常勤職員3名）

〔研究 内容〕

本研究は、社会問題となっている超高齢化社会における医療人材不足に対応するためのウェアラブル医療機器を開発することを目的としている。具体的には、下記の三種の機器の開発を推進した。1) 着衣と同時にバイタルサイン（血圧・呼吸数・心拍数）を認識する病衣、2) 手術中常に呼吸音を認識できる選択的呼吸音センサー、3) 長期臥床や術中の体圧をモニターし褥瘡を防止する圧センサー。これらのセンサーは人体に密着させて使用するため、高い伸縮性と、繰り返しの伸縮・屈曲に対応した耐久性が必要となる。そこで、我々は3倍以上の伸縮に対しても抵抗値変化が少なく、且つ断線しにくい高伸縮性配線を開発した。この高伸縮性導電性配線は、3倍以上伸張しても抵抗値変化が±5%以内、30万回以上折り曲げても断線しない安定な電気特性を実現した。この配線を用いれば、衣服上のセンサーからの信号も安定して収集することができ、医療分野への貢献が期待される。

平成29年度は、高伸縮電極を用いた圧力分布センサーで問題になっていた履歴現象を抑制する手法を開発し、取得できる圧力値の定量性を向上することに成功した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 ウェアラブル・医療用センサー

〔研究題目〕 **ダイヤモンドによる固体内秘匿情報記録媒体の開発**

〔研究代表者〕 加田 渉 (群馬大学)

〔研究担当者〕 村尾 智 (地圏資源環境研究部門)、
加田 渉 (群馬大学)
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究は、高エネルギーイオン注入技術を利用し、「任意方法で秘匿情報を固体素子内に記録する媒体」、つまり、固体秘匿情報記録媒体の開発を目的とする。具体的に、単結晶ダイヤモンドを主な試験対象として、その表面及び内部にあらかじめ決定した空間的な情報配列に沿ってイオン注入処理層の形成を行う。N-V センターを形成できる窒素や、陽子線、ならびに炭素近傍の他元素について、その打ち込み空間の分布を制御しながら注入処理を行うことで、一見すると外部から取り出せない情報配列を基板内に埋め込む。これにより復号方法を知る観察者のみに情報を映し出す秘匿埋め込み型の情報記録素子を実現する。

昨年度は、シングルエンド加速器ならびにタンデム加速器の集束イオンビームラインを利用して実験を行った。高エネルギーイオンビームの制御ソフトウェアに2次元的な情報配列を関連付け、情報配列に沿った照射を可能とした。本技術を活用し、単結晶ダイヤモンドならびに鉱物試料に対して、任意の箇所にイオン注入処理を実施した。この方式により、シャドウマスクを必要としない任意構造の照射が可能となった。またダイヤモンド以外の試料では照射後の加熱処理を経ずに記録情報を参照することが可能であった。

そこで今年度はダイヤモンド以外の素材を用いることとし、モンゴル国で高品質な蛍石を採取した。また、中国の贗作に悩む宝飾業協会から相談を受けたため、モンゴルの美術品に秘匿信号を入れた鑑定書をつけるシステムを検討することで合意した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 イオンビーム、ダイヤモンド、蛍石、エシカルジュエリー、N-V センター

〔研究題目〕 **堆積物の残留磁化獲得過程における生物学的作用の研究**

〔研究代表者〕 山崎 俊嗣 (東京大学大気海洋研究所)

〔研究担当者〕 七山 太、清家 弘治 (地質情報研究部門) (常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

西部赤道太平洋の西カロリン海盆南部で採取された、過去約40万年をカバーする2本のビストンコア (KR0515-PC2、PC4) の X 線 CT 画像を、画像解析ソフト Amira を用いて解析した。コア採取水深はそれぞれ3,583 m (PC2)、4,277 m (PC4) であり、堆積速度はともに平均約4.5 cm/kyr である。PC-02コアでは直径0.5 mm 程度・鉛直方向の約1 cm の巣穴が存在し、弱い生物攪拌が見られた。このコアでは部分的ではあるが、堆積構造 (平行葉理) が認識できた。その一方、PC-04コアでは直径1~2 cm・鉛直方向の長さ約5 cm の巣穴が存在し、激しい生物攪拌が見られた。このコアでは多くの部分で堆積構造を観察できなかった。こうした地点間での生物攪拌強度および生痕の鉛直方向の長さの違いが、堆積物の残留磁化獲得過程に影響している可能性がある。今後は、各コアの生物攪拌の強度を生痕インデックスなどの半定量的な手法を用いて評価し、レーザー回析散乱法による粒度分析結果を踏まえて、より詳細な情報を取得する予定である。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 生物源マグネタイト、古地磁気、岩石磁気研究

〔研究題目〕 **分子双極子の強制配向を利用した有機半導体デバイスの内部電界エンジニアリング**

〔研究代表者〕 細貝 拓也 (分析計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 細貝 拓也 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究課題は、東京理科大学先端科学科中山泰生講師と共同で、永久双極子をもつ有機半導体分子の薄膜内における平均配向度を強制的に制御できる斬新な成膜技術を確立し、分子膜の表裏間に内蔵される電位差を数ボルトのオーダーで増減させることによって、電荷の流れを最適化した高度な有機デバイス設計の実現に挑戦するものである。有機ELなど現実のデバイスに用いられる機能性有機半導体材料の多くは永久双極子をもつ極性分子の凝集体 (固体) であり、その分子の光・電気特性が周囲の分子との双極子・双極子相互作用から受ける影響を理解し、その知見に基づいて分子間の相互配向を構成することが可能になれば、デバイスの動作効率の向上につながることを期待される。

本年度の実績として、代表的なp型有機半導体であるペンタセンの単結晶上にエピタキシャル成長するn型分子C₆₀について、分子接合構造の形成過程において界面での分子拡散が支配的であることを実証することに成功した。現在、単結晶材料および積層材料それぞれを他の分子材料に換えた場合のエピタキシャル関係・結晶性の変化から、分子の形態・結晶系といった構造要因が接合構造に及ぼす影響を導く研究を実施している。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 有機半導体、分子双極性、分子配向、ヘテロエピタキシャル、有機エレクトロニクス

〔研究題目〕 浮遊法と放射率フリーの温度計測法を融合した完全非接触熱物性計測法の構築

〔研究代表者〕 小島 秀和 (弘前大学)

〔研究担当者〕 小島 秀和、山田 善郎、笹嶋 尚彦、山口 祐 (物質計測標準研究部門)
(常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

鋳造や溶接など融体を經由する材料プロセスの最適化条件の探索に向けた数値シミュレーションにおける入力データとして、高温融体の正確な熱物性情報が不可欠である。電磁浮遊法を活用した非接触超高温融体熱物性計測システムによって、高温熱物性計測が可能となったが、対象の温度をいかに正確に測定するかが重要な課題である。本研究では、産総研で開発中の2波長反射率比温度測定法と、電磁浮遊法を組み合わせることで、非接触かつ放射率フリーの高温融体の温度測定法を構築することを目的とする。

平成29年度は、産総研において、反射率比測定に用いる2波長サーモグラフィの測定波長の高速化対応、1センサ方式の装置開発の他、LED光源による高速補助光照射光学系を試作した。また、2波長反射率測定を鉄、シリコン等の熔融状態に適用した場合の不確かさの見積もりを行った。さらに、東北大学において実施された固体状態の球状金属および浮遊熔融状態における測定結果の検討を行い、2波長反射率比測定における視野サイズ、補助光源の安定性などの課題について確認した。

今後は、当該手法を電磁浮遊液滴に適用した場合の不確かさを評価するとともに、これまでの融点を基準とした放射率測定データとの比較・検証を進める予定である。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 温度計測、放射率、電磁浮遊、非接触、金属融体

〔研究題目〕 超音波接合による水素吸蔵 Mg/Cu 超積層体の開発原理

〔研究代表者〕 藤井 啓道 (東北大学)

〔研究担当者〕 藤井 啓道 (東北大学)、田中 孝治 (電池技術研究部門)、粉川 博之 (東北大学)、佐藤 裕 (東北大学)
(常勤職員1名、他3名)

〔研究内容〕

Mg は水素吸蔵量が多いが、反応速度が遅く、水素放出に高い温度が必要なことが実用化に向けて解決すべき課題となっている。反応促進の方法として、合金化やナノ構造化が知られている。最近の研究より、低環境負荷・省エネルギープロセスとして知られる超音波接合を

利用すると、異種金属界面にナノサイズの金属間化合物相が形成されることが示唆された。本研究では、Mg と Cu の薄膜を超音波接合によって積層造形することより、Mg₂Cu ナノ合金層を有する Mg/Cu 超積層体を作製し、従来の常識を超えた特性を持つ水素吸蔵合金を開発するための基礎学理を究明することを目的とした。

昨年度、Mg/Cu 超音波接合界面においては、従来の放物線則から予想される成長よりも4~5桁程度高い速度で Mg₂Cu 金属間化合物相が成長していることが明らかになった。今年度は、この知見に基づき、複数の試料を同時に超音波接合することにより、ナノ界面反応相を有する積層体の実現可能性を明らかにするため、5枚の Mg と Cu の箔材を厚さ1 mm の Cu 間に挟んで超音波接合を実施した。得られた積層体の各 Mg/Cu におけるマイクロ組織を観察した結果、すべての接合界面において Mg₂Cu 金属間化合物相が形成されており、厚さは数十 nm から2 μm 程度であることが確認された。また、接合工具に最も近い接合界面においては、金属間化合物相の厚さが最も厚く、物理的に分断されている様子が観察された。その他の界面における金属間化合物相の厚さに大きな差は観察されなかったため、超音波振動による試料間の摺動運動の影響は、接合工具に最も近い接合界面のみに及ぼされていると推察される。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 超音波接合、金属間化合物、水素吸蔵合金、電子顕微鏡、積層造形

〔研究題目〕 接着界面の劣化を検知して殺菌剤と再生誘導物質を徐放するインテリジェント材料の創製

〔研究代表者〕 横田 洋二 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 横田 洋二 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

歯科医療において歯質接着材の役割は極めて高い。歯質接着剤の物性として最も重要なものは接着強さである。近年、機能性物質(殺菌剤)を添加した歯質接着材料が製品化されている。しかし、薬事申請に必要な毒性試験のクリアが難しく、硬化後はポリマーと一体化するため抗菌性も毒性も発現しないというコンセプトで開発されている。本研究では、歯質接着材を硬化した後も抗菌性を発揮する歯質接着材の開発を大学と共同で進めている。我々は、薬事申請における毒性試験をクリアするために殺菌剤には安全性が高い成分を使用する。さらに、殺菌剤を単に歯質接着材に添加するのではなく、無機フィラーを介して殺菌剤を歯質接着剤に添加する。これにより、歯質接着材の硬化時に殺菌剤がポリマーと一体化されるのを避けることができ、抗菌性の失活防止が期待できる。

平成29年度は、平成28年度に引き続き、殺菌剤を閉じ込めた無機フィラーの開発を行った。殺菌剤の無機フィラーへの担持条件を検討した結果、殺菌剤を無機フィ

ラー中に担持できることを明らかにした。また、殺菌剤以外の機能性物質についても無機フィラーへの担持条件を検討した結果、殺菌剤と同様に、無機フィラー中に担持できることを明らかにした。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】抗菌、徐放、歯質接着材料、ドラッグデリバリー、層状化合物

【研究題目】遺伝子操作情報トレーシングのための細胞スケール非接触磁気タグの研究

【研究代表者】原本 悦和（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】原本 悦和（常勤職員1名）

【研究内容】

近年、CRISPR/Cas9やTALENなどを用いたゲノム編集技術が急速に発展し、高いレベルに達している。各生物におけるゲノム情報もますます充実し、ES細胞や核移植なしにゲノムの任意改変が行えることから、様々なモデル生物・非モデル生物においてもゲノムの改変が容易になった。

一方で遺伝子操作した対象に対するトレーシング技術は、まだ発展途上にある。特にカエル等の小型水棲生物をトレーシングするためには、イオン性溶液下で長時間保持できるICタグが必要な上、サイズが小さくなるほど高額なこともあって普及が進んでいないのが現状である。現在、番号情報等を直接マーキングすることで個体識別を行っているが、ゲノム編集等の発展とともに識別個体数が激増し、より効果的な多数・多品種識別・トレーシング技術が求められてきている。

本研究ではこのような問題を解決するために、安価で長期間安定な磁性タグによるトレーシング技術について研究を進めている。共同研究を行う九州大学・九州工業大学が開発する磁性タグを両生類個体に取り付け、タグの性能評価を行う。磁気タグの小型化、タグからの磁気信号を捉えるセンサの選定、センシング機能向上の技術開発が進められており、実用的なタグサイズ・センシング方法・装着箇所の検討を進めている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】磁気タグ、トレーシング技術、水棲生物

【研究題目】骨格筋への糖取り込みをリアルタイム観察可能な蛍光プローブの開発

【研究代表者】加藤 義雄（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】加藤 義雄（常勤職員1名）

【研究内容】

骨格筋は体重の4割ほどを占める人体最大の組織であり、外部からの刺激に応じてダイナミックな変化が生じる。基本的な運動を司る器官であると同時に、運動に必要なエネルギーや体温維持に必要なエネルギーを貯蔵し、エネルギーを生み出す組織としての機能があり、ほぼ全身に存在する。

様々な疾患と運動との関連性は疫学上知られているものの、その分子メカニズムが理解されている例は少ない。運動によって引き起こされる様々なシグナルが、骨格筋においてどのように伝達され、どのように応答して行くのか、を知ることは、様々な疾患の分子レベルでの原因の解明と、健康状態の恒常性の解明に必要な知見となる。

メタボリックシンドロームや糖尿病に代表される代謝性疾患において、インスリン抵抗性が原因となり、骨格筋や肝臓への血糖の取り込み不全を引き起こしていることが知られている。インスリンによる血糖の取り込みの不全であるインスリン抵抗性は、肥満をはじめとしてメタボリックシンドローム、糖尿病、高血圧、高脂血症など世界的に顕著な増加傾向にある生活習慣病の根本的な背景のひとつと考えられている。こうしたインスリン抵抗性には、適度な運動が有効なアプローチであることが知られているものの、その分子メカニズムについては不明な点も多い。そこで本研究では、骨格筋の糖取り込みをリアルタイムに観察する手法の確立を目指す。今年度は、糖取り込みを生細胞で観測するための蛍光プローブの設計を行い、分子構築に着手した。構築した蛍光プローブは培養細胞にて検証した後、マウス骨格筋に導入して評価を行う。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】骨格筋、インスリン、蛍光プローブ

【研究題目】冥王代生命学の国際研究ネットワーク展開

【研究代表者】鎌形 洋一（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】鎌形 洋一（新学術領域・冥王代生命学の創成・国際活動支援班）

【研究内容】

新学術領域「冥王代生命学の創成」では、原始的な生命が誕生したと考えられる、地球誕生から約6億年間（46-40億年前）の「冥王代」に焦点をあて、生命がいつ、どこで、どのように誕生したかを、最先端の地球惑星科学、生命科学および有機化学などを結集し明らかにする新たな学術領域である。本領域研究を通して国際ネットワークを形成するために、オランダ国ワーゲニンゲン大学、ナイメーヘン大学での講演を行った。また、シンガポールにおける国際微生物連盟による招待講演を行った。また米国 John Craig Venter Institute との研究交流を継続した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】生命の起源、熱水系地下環境、系統進化、地球惑星学

【研究題目】複合アニオン化合物の創製と新機能に関する研究の国際活動支援

【研究代表者】荻野 拓（電子光技術研究部門）

【研究担当者】荻野 拓（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では本領域が国際展開を進め、領域全体を活性化し、国際的な研究者コミュニティをけん引し、国際社会で日本の存在感を維持・向上させるための企画を立てることを目的とし、以下の4項目の活動支援を行った。

1) 「複合アニオン化合物」の研究における国際活動の支援：①国際共同研究の推進：複合アニオン化合物の合成、解析、評価で世界トップレベルの海外グループとの国際共同研究が必要である。本申請メンバーは既に世界中の68以上もの研究グループと国際共同研究を行って数多くの成果を上げており、その情報も集約して今後の国際共同研究の支援準備は万端である。②海外の大型施設の利用促進：複合アニオン化合物のキーとなるアニオンを正確に評価するには海外の中性子等の大型施設利用が鍵となる。本申請課題のメンバーは既に8つの海外大型施設を延べ11グループが利用しており、その情報も集約して支援の準備を進めている。③新しい国際共同研究および海外施設利用のスタート支援：本課題申請グループが有する多くの国際活動実績を情報交換しており、それを基に新しい共同研究と新たな施設利用を促す。2) 国際ネットワークと研究拠点・ハブの構築、情報収集 および情報交換の推進：著名研究者の招聘、海外交流等数多くの実績を更に推進して研究拠点・ハブを形成し、世界をリードする。3) 若手研究者・次世代の後継者の育成：若手（学生、ポスドク、若手教員）を国際共同研究、海外施設利用、海外研究室訪問のために積極的に派遣して、次世代を担う若手を育成する。4) 「複合アニオン化合物」の研究の国際的普及：海外の若手を中心とした研究者の短期滞在、レクチャーツアーを通して複合アニオン材料の科学技術を国際的に普及させる。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 複合アニオン化合物、大型施設、若手育成、国際活動支援

【研究 題 目】 沈降域の沖積層を用いた最終氷期最盛期以降の海水準変動復元

【研究代表者】 堀 和明（名古屋大学）

【研究担当者】 田邊 晋、納谷 友規（地質情報研究部門）（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究は、台湾の嘉南平野に分布する世界最厚の沖積層の解析・分析にもとづき、最終氷期最盛期（LGM）から現在の相対的海水準変動を復元することを目的としている。沖積層の層厚は最大約180から200 mで、下位から地表に向かって上方細粒化、上方粗粒化のサクセッションを示す。基底付近の堆積物からは LGM 頃の年代値が得られ、堆積物の累重速度は海水準上昇速度にほぼ匹敵していたことが明らかになった。堆積物の累重は LGM 頃から認められるが、LGM から17,500年前にかけての累重は氷床融解にともなう海水準上昇だけでは

なく、テクトニックな沈降にともなう堆積空間の上方への付加によって規定されていた可能性がある。また、海水準上昇速度が大きくなるのは15,000年前以降だと推定された。

【領 域 名】 地質調査総合センター

【キーワード】 台湾、嘉南平野、MIS3、沖積層、沈降

【研究 題 目】 超伝導光検出器を用いた液体ヘリウム TPC の開発と軽い暗黒物質の探索

【研究代表者】 山森 弘毅（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 山森 弘毅、神代 暁、平山 文紀（常勤職員3名）

【研究内容】

超伝導検出器の一種である光検出器 KID（Kinetic Inductance Detectors）を用いた液体ヘリウムの TPC（Time Projection Chamber）を開発し、軽い暗黒物質の探索実験を遂行する。ヘリウム原子核を標的とし、反跳ヘリウムからのシンチレーション光（平均エネルギー16eVの紫外線光子）を80%の高効率で直接検出することができる超伝導検出器 KID を用いることによりこれまであまり探索されることがなかった10GeV以下の軽い暗黒物質の探索が世界に先駆けて可能になる。検出器の原理検証やエネルギー較正を行い最終的に液体ヘリウム36g程度の TPC を作製し、軽い暗黒物質の実験を開始する。これまで56素子を集積した KID を作製し、可視光の検出を確認した。また、電極エッチング時に基板がエッチングされるのを防止するためのエッチングストップ層として窒化アルミを導入することで素子のばらつきを改善し、素子間にグラウンドプレーンを配置することにより画素間の干渉を減少させた。さらに電極の膜厚依存性や温度依存性等の解析を行い、性能向上の検討を行った。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 超伝導検出器、軽い暗黒物質、シンチレーション光

【研究 題 目】 多段シントロフィーによるアミノ酸・分枝鎖脂肪酸分解微生物群の動態解明

【研究代表者】 成廣 隆（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 成廣 隆（常勤職員1名）

【研究内容】

今年度は、昨年度から引き続き、様々なアミノ酸を高濃度を含む食品系工場廃水を処理する嫌気性リアクターから採取した汚泥から得られたショットガンメタゲノムライブラリを対象として、各種バイオインフォマティクス系ソフトウェアにより再構築した微生物のドラフトゲノムに含まれる各種微生物の代謝機能を詳細に解析した。その結果、*Bacteroidetes* 門、*Spirochaetes* 門、*Thermotogae* 門に属する微生物が廃水中に含まれるタ

ンパク質の分解によりアミノ酸を生じ、*Synergistetes* 門や *Syntrophorhabdaceae* 科に属する微生物が分枝鎖アミノ酸（ロイシン、イソロイシン、バリン）を酪酸や分枝鎖脂肪酸（イソ酪酸、2メチル酪酸、イソ吉草酸）に分解し、さらに酪酸・分枝鎖脂肪酸は *Syntrophorhabdus* 属微生物によりプロピオン酸、酢酸、水素に分解される。分枝鎖アミノ酸以外のアミノ酸も *Synergistetes* 門、*Syntrophorhabdaceae* 科、*Ruminococcaceae* 科、*Clostridiaceae* 科等の嫌気性微生物によりプロピオン酸、酢酸、水素に分解される。さらにプロピオン酸は *Pelotomaculum* 属により酢酸、水素に分解される。最終的に *Euryarchaeota* 門に属する各種メタン生成アーキアによりメタンと二酸化炭素に分解されることが示された。これらの結果から、アミノ酸分解処理リアクター内部では、多種多様な微生物による多段的な分解反応が進んでいることが明らかとなった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】微生物、廃水処理プロセス、微生物ゲノム、未知微生物

【研究 題 目】高齢期・超高齢期における歌いと語りの神経機構

【研究代表者】樋口 大樹（自動車ヒューマンファクター研究センター）

【研究担当者】樋口 大樹（常勤職員1名）

【研究 内 容】

加齢に伴い、言語表出や理解など幅広い領域で機能退行が生じることが明らかにされている。一方で、蓄積型の語彙や意味記憶は退行が生じにくいとされている。具体的には、過去の事象や体験を自発的に語る「語り」や慣れ親しんだ歌を口ずさむ「歌唱」のような能力は、高齢者や脳損傷患者でも侵されにくいことが報告されている。「語り」や「歌唱」が社会的な情報を伝達する手段であることを鑑みると、これらの能力は言語中枢に加えて、社会的認知に関わる神経基盤の一部も関与している可能性があるが、その神経機構は明らかになっていない。これらの神経機構が明らかになれば、衰えにくい領域を利用した認知能力維持プログラムの開発等に寄与する可能性がある。そこで、本研究では、これらの抗加齢性の高い言語関連能力の神経基盤を明らかにすることを目的にしている。本年度は、MRI を用いて健康な高齢者の脳活動、脳構造データを収集するとともに言語や歌唱課題を実施し、健康高齢者の「語り」や「歌唱」に関する神経機構を開発するための基本的なデータを取得した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】脳計測、高齢者、歌いと語り

【研究 題 目】光合成とメタン生成のリンケージ：機能特異分子補酵素 F430分析という新手法の展開

【研究代表者】金子 雅紀（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】金子 雅紀、坂田 将（常勤職員2名）

【研究 内 容】

メタンは強力な温室効果ガスであると同時に天然ガスの主成分であることから、詳細なメタンの生成・分解メカニズムを理解することは人類社会の持続的発展にとって重要な課題である。本研究では、申請者が開発した補酵素 F430 の超高感度定量分析法を海洋表層水および海底堆積物試料に適用することで、海洋環境におけるメタンの動態を明らかにすることを目的とする。本目的が達成されれば、「海洋メタンパラドックス」や「光合成生態系と暗黒生態系のリンケージ問題」という海洋環境における炭素循環の謎を解き明かすことができる。

上記目的に対し、平成29～30年度の研究の目的は海洋表層および海底下におけるメタン生成補酵素 F430の水平・鉛直分布の定量と海洋環境におけるメタン循環の総合的理解を行うことであった。海洋表層については、平成26年度に海洋地球研究船「みらい」で採取した水深500 m までの表層海水試料を用いて、試料採取地点054および091における F430の深度分布を明らかにした。全ての試料から補酵素 F430が検出され、その濃度は2～88 fmol/L の範囲で分布し、最表層部に小さな極大が、水深170 m 以深で濃度の上昇がみられた。一方、溶存メタンの濃度およびその炭素同位体比については全ての測点8測点で分析を行った。濃度は1～4 nM で分布しており、水深約100 m に極大が見られた。またメタンの炭素同位体比は-47.6から-18 permil であり、深度とともに同位体比が高くなる傾向にあった。Stn054および091においてメタンと補酵素 F430の分布の間に相関は確認されなかった。今後は測点を増やし、北緯47度線における太平洋の表層～亜表層の補酵素 F430の分布を明らかにしていく。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】補酵素 F430、機能特異分子、メタン生成アーキア、嫌氣的メタン酸化アーキア、安定同位体比、地下生命圏

【研究 題 目】複雑混合物のリスク評価に向けた暴露評価手法開発

【研究代表者】頭士 泰之（安全科学研究部門）

【研究担当者】頭士 泰之、山取 由樹（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

製品等に含まれる複雑な組成をした混合物について、現状では適切なリスク評価方法が無い。本研究では、混合物リスク評価手法に向けた暴露評価手法の開発に取り組み。これまでに、残油を事例として挙げて、2次元分離分析装置を用いた成分分析法、分類化法、環境動態予測のための物性推定法等の開発に取り組んだ。今年度は、特に物性推定手法として推定ツールを作成し、残油製品

であるエンジンオイルに適用した。エンジンオイルについては、1000 km 走行ごとの経時的なサンプリングを行い、2次元ガスクロマトグラフィー分析にて分析した。この試料に対し、物性推定ツールを適用したところ、12種の物性について、推定することが可能であった。推定精度の確認として、本手法以外の推定手法を利用した結果や実測値との比較を行った。その結果本手法の推定値は他の方法と比較し1桁の範囲内に収まることを確認できた。また装置分析出力を利用した本手法では、構造式情報などを利用する他手法では推定不可能な情報過少物質に対しても適用可能であることを確認できた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 複雑混合物、化学物質、暴露評価手法、リスク評価手法、2次元ガスクロマトグラフィー、線形自由エネルギー関係

【研究題目】 グローバルサプライチェーンにおける隠れた水資源フローに起因する環境リスク評価手法

【研究代表者】 本下 晶晴（安全科学研究部門）

【研究担当者】 本下 晶晴（常勤職員1名）

【研究内容】

世界的な水需給バランスの不均衡とサプライチェーンのグローバル化により、日本で生産される製品／サービスの隠れた水資源フローとそれに起因する環境リスクが懸念される。本研究では世界のサプライチェーンを通じた我が国の製品／サービスの水資源フローを可視化するデータベースを開発する。また、水消費に起因する物理的資源ストレスを通じた環境リスク影響を定量評価する世界スケールのモデルを構築する。これらを組み合わせることで我が国の製品／サービスに関わる隠れた水資源フローとその環境リスクの分析を可能とし、さらに将来の消費支出構造の変化による環境リスクの変化を時系列で予測し、水資源に関わる環境リスクの中長期的な予防的管理に資する手法の開発を目指す。

本年度は世界各国における水資源消費に伴う環境リスクの評価係数リストを作成した。世界全体を対象として約11,000の流域レベルで生活用水や農業用水不足に伴う健康被害の評価係数を開発した。評価係数は年平均だけでなく月別の評価係数を作成し、流域レベルだけでなく国レベルに集約した評価係数も開発した。また、昨年度までに構築した日本を含む230カ国における全製品・サービスの生産に関わる直接水消費量データを基に、国際産業連関分析モデル GLIO を用いて世界連関型の水資源消費原単位データベースを構築した。これらの評価係数、水資源データベースを基に日本の消費活動に関わる水資源消費による環境リスクの分析を行い、人口動態予測データを用いて消費活動に伴う環境リスクの時系列分析を行った。これにより食料消費に起因する水資源消費による環境リスクが高く、その低減に向けて食品ロス

の削減等の対策の効果について定量的に明らかにすることができた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ウォーターフットプリント、水資源、サプライチェーン、水ストレス、環境リスク、ライフサイクルアセスメント (LCA)

【研究題目】 金属蒸気触媒 CVD によるグラフェンの絶縁基板上直接合成と高効率 MOS 冷陰極の開発

【研究代表者】 村上 勝久（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 村上 勝久、長尾 昌善、飯島 拓也、安達 学、宮路 丈司、古家 遼（常勤職員2名、他4名）

【研究内容】

本研究は金属蒸気触媒を用いた気相合成による高品質大面積グラフェンの絶縁基板上への直接合成手法を確立し、グラフェン電極を用いた高効率 MOS (Metal/Oxide/Semiconductor) 冷陰極を実現することを目的としている。グラフェンの初期成長過程の観察、結晶性や電気特性の合成条件（温度、触媒種等）依存性を解析し、金属蒸気触媒によるグラフェン合成メカニズムを明らかにする。また、デバイス応用として、グラフェンを高効率な「電子引き出し電極」として用いた、電子放出効率10%を超える高効率 MOS 冷陰極を開発する。更に、試作した高効率 MOS 冷陰極を用いたグラフェンの新しいデバイス応用を実証する。

最終年度である本年は、グラフェンを上部電極として用いた高効率 MOS 冷陰極の開発を中心に研究を推進した。グラフェン合成温度の900度への低温化及びデバイス作製後の真空加熱処理によって、電子放出効率約50%を達成し、金属を上部電極とした従来素子と比較して1万倍の特性向上を実証した。また、本年度導入した高周波プラズマ源を用いたリモートプラズマ CVD により600度以下でのグラフェン合成を実現し、これまで問題となっていたグラフェン成膜時の酸化膜への欠陥の発生を抑制することが可能となり、平面型電子放出デバイスの大面積化を達成した。更に、液体中での電子放出により液体材料を分解可能であることを実証し、グラフェンを用いた高効率 MOS 型冷陰極を用いた新しいデバイス応用の可能性を示すことができた。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 グラフェン、電子放出デバイス

【研究題目】 トンネルトランジスタのトラップエンジニアリングによる新機能素子の創製

【研究代表者】 森 貴洋（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 森 貴洋、浅井 栄大、松川 貴、

塚田 順一（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

本研究はトンネルトランジスタ（TFET）のチャンネル中にトラップ準位を形成する不純物を添加することで、TFETの高性能化および新機能性発現を目指すものである。トラップとしては等電子トラップ（IET）を用いる。本年度の大きな成果を2つ述べる。まず、昨年度実証した新機能としての量子ビット動作について、電子素子型スピン量子ビットとしては世界最高の動作温度である10 Kでの動作に成功した。TFETを量子ビットとして用いるメリットは、従来のドナーおよびアクセプタに代わって、より深い準位であるIET準位に電気的にアクセス出来ることが挙げられる。これは束縛エネルギーが大きいため、高温動作に繋がる。また、高温動作時にはトンネル電流以外の電流成分により動作が覆い隠される可能性があるが、TFETは本質的にトンネル電流のみが流れる素子であるため、これを回避できる。これらのメリットが相まって、高い動作温度が実現されたものと考えられる。この成果は理研および物材機構との共同研究の成果となっており、現在論文を投稿中である。また、IET形成機構を発光測定から考察、原子動力的モデルを提案した。発光線の同定およびアニール温度による発光位置の変化から、注入により空孔欠陥およびクラスター状の原子間位置欠陥が形成され、温度上昇と共にクラスターサイズが変化、空孔位置にAlおよびNが移動しペアが形成されるというものである。この成果については論文を投稿・採択されており、次年度早々に出版予定である。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】トンネルトランジスタ、シリコン、大規模集積回路、低消費電力

【研究題目】パルス超音波デコンボリューション法を用いたワイドレンジ流速分布過渡流量計の開発

【研究代表者】和田 守弘（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】和田 守弘（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、パルス超音波デコンボリューション法を用いた従来になく新しい超音波流速分布過渡流量計の基礎システムを構築し、産業技術総合研究所の流量検定設備を用いた実流試験にて検証することを目的とし、本年度は、昨年度までの研究を通じて明らかになった詳細評価試験上の課題である流体温度、上流配管レイアウトによる流速分布の影響、更に配管寸法公差に起因した超音波伝搬経路偏差の影響を安定的に制御可能な実流設備並びに配管を整備し評価試験を行った。また、本評価試験においては、直径200 mm程度の中口径配管を用いた設備を使用するため、短伝搬経路及び低流速条件における計測を可能とするため10 MHzの高周波

超音波の適用に成功した。通常、その信号微弱性から流量計測には適用されない高周波数帯であるが、これによりサンプリングレートの抑制と測定空間分解能の向上が可能となった。これらのハードウェア及びソフトウェアの整備を完了した上で、上記の流速分布過渡流量計システムの実機適用性試験を、産総研所有の流量検定設備を用いて実施した結果、パルス超音波デコンボリューション法の基盤となる異超音波伝搬経路上の遅れ時間差の安定した測定に成功し、それらの偏差より配管断面上の局所流速計測の可能性を確認した。また、微弱検出信号の検出率向上を目的とした特殊形状パルスを用いた信号処理手法を用いて、その検出率向上が可能であることも示した。これらの結果より、パルス超音波デコンボリューション法を用いた従来になく新しい超音波流速分布過渡流量計の実現可能性が示されたことは重要な成果である。

【領域名】計量標準総合センター

【キーワード】超音波、流量、流速分布、過渡変化

【研究題目】昆虫内部共生の成立に関わる共生細菌の遺伝的基盤

【研究代表者】菊池 義智（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】菊池 義智、大井 はるか
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

我々は昆虫にみられる宿主-細菌間相互作用の分子機構の総合的理解を目指し、昆虫では例外的に共生細菌の培養と遺伝子組み換えが可能なホソヘリカメムシ-*Burkholderia* 共生系を対象に研究を行っている。本研究の全体構想は以下ようになる：①培養時と共生時における共生細菌の遺伝子発現比較により共生時に特異的に発現する遺伝子を同定；②共生時に特異的に発現亢進する遺伝子の欠損株を作成し機能解析を行う；③得られた知見を統合し、内部共生の遺伝的基盤を網羅的に解明する。具体的には、ゲノムが解読されているいくつかの*Burkholderia* 共生細菌株について培養時と共生時のトランスクリプトーム比較を行い、共生時に発現亢進する遺伝子を特定し、高精度に共生関連遺伝子の取得を行うことを目的とする。本年度は、培養時と共生時における共生細菌の遺伝子発現比較により共生時に特異的に発現する遺伝子の同定について、トランスクリプトーム解析の結果を精査するとともに、培養時の細胞と共生時の細胞について形態・生理・ストレス耐性等を広範に比較し、カメムシへの共生による変化を総合的に評価した。特に共生細菌の細胞形態の変化について調査を行い、カメムシ腸内に定着することで細胞が小型球形となり、核酸含有量も減少することが明らかとなった。これら細菌細胞の膜透過生に差は検出されなかったものの、透過電子顕微鏡による調査では、これら共生時の細菌の細胞壁が薄弱化していることが示唆された。共生時の細胞は界面活

性剤や細胞壁攻撃性の抗菌タンパク質への耐性が有意に低いことが明らかとなった。一方、酸化ストレスへの抵抗生は上昇しており、カメムシの腸内環境が共生細菌にとって特殊なストレス環境であることが示唆された。これら各種環境ストレスへの応答と、その応答に関わる遺伝子が共生に果たす役割については今後さらに調査を進める。本研究による成果を国内外の学会で発表し、国際誌への投稿も行った。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 昆虫、微生物、共生、遺伝子

【研究 題 目】 昆虫内部共生の成立に関わる共生細菌の遺伝的基盤

【研究代表者】 菊池 義智（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 菊池 義智、大井 はるか
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

我々は昆虫にみられる宿主・細菌間相互作用の分子機構の総合的理解を目指し、昆虫では例外的に共生細菌の培養と遺伝子組み換えが可能なホソヘリカメムシ *Burkholderia* 共生系を対象に研究を行っている。本研究の全体構想は以下のようになる：①培養時と共生時における共生細菌の遺伝子発現比較により共生時に特異的に発現する遺伝子を同定；②共生時に特異的に発現亢進する遺伝子の欠損株を作成し機能解析を行う；③得られた知見を統合し、内部共生の遺伝的基盤を網羅的に解明する。具体的には、ゲノムが解読されているいくつかの *Burkholderia* 共生細菌株について培養時と共生時のトランスクリプトーム比較を行い、共生時に発現亢進する遺伝子を特定し、高精度に共生関連遺伝子の取得を行うことを目的とする。本年度は、培養時と共生時における共生細菌の遺伝子発現比較により共生時に特異的に発現する遺伝子の同定について、トランスクリプトーム解析の結果を精査するとともに、培養時の細胞と共生時の細胞について形態・生理・ストレス耐性等を広範に比較し、カメムシへの共生による変化を総合的に評価した。その結果、共生時においてポリエステル合成酵素の亢進や膜透過性の増大、窒素・硫黄代謝の亢進、酸化ストレスへの抵抗性増加などが特徴的に見られることが明らかとなった。窒素化合物や硫黄代謝の活性化は、宿主の窒素・硫黄老廃物のリサイクルに関与している可能性が考えられる。この点を検証するために、これら代謝系の遺伝子の中から共生時に特に発現亢進する遺伝子を抽出し、遺伝子欠損株の作成およびカメムシへの感染実験を行なった。これら遺伝子変異株をカメムシに感染させたところ、野生株同様に共生器官に安定的に定着することが明らかとなった。これらの結果は、窒素老廃物や硫黄老廃物の代謝機能は少なくともカメムシ共生器官への感染・定着には必須ではないことを示している。今年度の研究において酸化ストレスへの耐性能などさらなる共生関連遺伝

子候補も見つかっていることから、次年度以降はそれら遺伝子の機能についてさらなる調査を進める。本研究による成果を国内外の学会で発表した。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 昆虫、微生物、共生、遺伝子

【研究 題 目】 ダイナミックなヒストン複合体形成による植物転写制御メカニズムの解析

【研究代表者】 藤原 すみれ（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 藤原 すみれ（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

植物の遺伝子の働きは、正に働く転写活性化因子と負に働く転写抑制因子により複雑に制御されていると考えられている。我々はこれまでに、いわゆる転写因子以外のヒストンなどの各種因子が転写抑制機構に関わる可能性を見出した。本研究では、ヒストンとその関連因子に主に着目し、複数のタンパク質によってダイナミックに制御されていると考えられる植物の転写抑制機構の一端を明らかにすることを目的としている。また、得られた知見を応用して斬新な遺伝子発現制御法の開発につなげることを目指している。

前年度までに、転写抑制機構に関わると考えられる新たな因子を複数発見した。それらの因子は、転写抑制因子と直接相互作用するものとそうでない物があることを確認した。これらの因子を機能欠損することにより、転写抑制因子の働きが弱まるケースと強まるケースがあることを発見した。また、これらの機能欠損による影響の有無は転写因子によって異なることを見出した。

平成29年度においては、引き続き、転写抑制に関与する可能性を見出した各種因子の機能欠損が転写抑制因子の働きに与える影響の解析や、各種解析に必要な植物材料の作製、各因子間の関係の解析をおこなった。また、転写抑制機構に関わると考えられる既知の因子についても解析を進めた。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 植物、シロイヌナズナ、転写因子、ヒストン

【研究 題 目】 高感度同位体追跡と分離培養で拓く地下圏炭素・エネルギー動態の基軸をなす新生物機能

【研究代表者】 堀 知行（環境管理研究部門）

【研究担当者】 堀 知行（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、地下微生物-鉄鉱物相互作用を利用した集積・分離培養法に加え、未知微生物機能同定法「高感度 Stable Isotope Probing (SIP)」と次世代シーケンサーによる大規模遺伝子解読とを組み合わせ、地下圏炭素・エネルギー動態の中核微生物群（鉄還元とカップリングする嫌氣的メタン酸化菌と嫌氣的酢酸酸化菌）の

種類・分布・新機能を解明する。海底地下コアの微生物菌体量の乏しさを打開するために、第一ステップとして地下圏微生物-鉄鉱物相互作用を利用した微生物集積培養系を構築し、その中から中核微生物候補群を抽出する。これまでに、メタンまたは酢酸と結晶性酸化鉄を基質とする集積培養を長期間継続し、その中の一部で結晶性酸化鉄の還元が観察された。また、地下微生物と鉄鉱物（結晶性酸化鉄）の電子伝達の際に形成される相互作用を利用した培養法により、嫌氣的メタン酸化菌として *Methanosarcinales* 目アーキア、未培養・新門に属する新規微生物群、嫌氣的酢酸酸化菌として *Firmicutes* 門に属する新規細菌群の高度集積系を取得した。得られた高度集積系の中には、標的微生物が相対存在量の80%以上を占めるものも確認された。エネルギー順位の高い電子受容体基質である溶解性鉄を用いた培地による限界希釈培養を行い、次世代シーケンサー解析を用いて、その集積度を追跡した。さらにその他の考えられる電子受容体基質（硝酸、亜硝酸、硫酸）、酢酸以外の電子供与体基質（糖類）による限界希釈培養条件を適用した。さらに高感度 SIP を環境試料の適用に成功し、地下圏未知微生物機能の高感度解析のための基盤整備を行った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 環境分析、深海環境、地球化学、環境、微生物

【研究 題 目】 多結晶薄膜デバイスのための高空間分解能キャリアイメージング技術開発

【研究代表者】 堤 潤也（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】 堤 潤也、松岡 悟志、上村 洋平、長谷川 達生（常勤職員1名、他3名）

【研究 内 容】

本研究では、多結晶薄膜デバイスの性能を強く制限するとされる結晶粒界を介した μ オーダーの局所伝導機構を明らかにすることを目的とし、デバイス内部の電荷の空間分布を可視化できる申請者の独自技術（ゲート変調イメージング法）を用いたナノ秒時間分解測定に取り組んでいる。本年度は、測定装置の大幅な高時間分解能化に取り組み、最高50 ns の時間分解能での電荷分布イメージングを実現した。さらに、ペンタセン多結晶薄膜をチャネルとする有機薄膜トランジスタの時間分解イメージングに取り組み、以下の成果を得た。①電荷の伝播距離が時間の平方根に比例して増加する拡散的電気伝導を観測するとともに、その様子をモデルシミュレーションにより高い精度で再現し、測定法の高い信頼性を確認。②電極-半導体界面、結晶粒界、微結晶内部のトラップによって電気伝導が阻害され、過渡的な電荷の粗密が生じる様子を捉えることに初めて成功。上記研究に加え、有機強誘電体単結晶薄膜の分極ドメインのイメージング

にも取り組んだ。透過光測定が可能な波長のプローブ光でイメージングすることにより、PFM等の従来技術では不可能な、薄膜深さ方向の分極ドメイン分布のイメージングを可能にした。これにより、薄膜-基板界面では界面に存在するピン止めサイトによって分極ドメインが反転しにくくなっていることを明らかにした。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 トランジスタ、多結晶薄膜、結晶粒界、伝導機構、イメージング、過渡応答

【研究 題 目】 有機鉛ペロブスカイト太陽電池高効率化のための結晶成長制御

【研究代表者】 宮寺 哲彦（太陽光発電研究センター）

【研究担当者】 宮寺 哲彦（常勤職員1名）

【研究 内 容】

高効率・低コストな次世代太陽電池として期待されている有機鉛ペロブスカイト太陽電池の研究分野において、本研究では、構造制御されたペロブスカイト結晶の構築を目指した研究開発を行った。開発手法として、当研究室でこれまで開発してきたレーザー蒸着法を用い、真空中で精密に材料供給速度を制御して共蒸着を行うことで、高い結晶性を有するペロブスカイト結晶を構築することを試みた。これまでにルブレ単結晶上にペロブスカイトを製膜することで、基板の規則構造に従って成長するエピタキシャル成長が実現することを明らかにしてきている。今年度は様々な条件でルブレ単結晶上でのペロブスカイトを製膜したところ、作製方法によって結晶性および結晶成長方位が異なることを見出した。また、大型放射光施設（SPring-8）に持ち込み可能な可搬型のレーザー蒸着装置を構築し、斜入射 X 線回折法により結晶成長過程をリアルタイム解析するシステムを開発した。この装置を用いて有機鉛ペロブスカイトの結晶成長ダイナミクスを解析し、製膜メカニズムを明らかにすることを目指す。高度に制御されたペロブスカイト結晶の構築と結晶成長メカニズムの解明を推進することで、ペロブスカイト太陽電池高効率化のための素子設計指針を確立していく。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 太陽電池、有機・無機ハイブリッド材料、結晶成長

【研究 題 目】 単一 Si ナノ粒子と極低温原子集団の混合システム

【研究代表者】 赤松 大輔（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】 赤松 大輔（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究の目標は超高真空中で単一 Si ナノ粒子を光トラップし、その運動を制御した状態で、レーザー冷却された原子集団との相互作用を探索することである。

本年度の目標は、

1) ナノ粒子と冷却原子気体の衝突に関する理論モデルの計算を行う事

2) ナノ粒子の重心運動の制御、すなわち冷却を行う事

3) 超高真空用の NA の大きな単レンズによる光トラップを行う事

であったが、どれも達成することができた。

1) については、明治大学の金本先生と金本研究室の学生(学部4年生)が中心になり理論解析を行った。具体的に用いる Cs 原子と SiO₂ナノ粒子との衝突断面積などを計算し、実験結果と比較できる準備ができた。本結果は、今年度中に国内会議や国際会議などで発表し、さらに論文投稿予定である。

2) に関しては、先行研究を参考にし、パラメトリック冷却に必要な回路を構築し、実装した。これにより 10³Pa において、ナノ粒子の重心運動を 1K 程度まで冷却することに成功した。これに関しては、今年度の国内会議で発表予定である。

3) 国内メーカーと協議し、高 NA をもつ単レンズの設計を行い、製作をお願いした。納品されたレンズを用いて確かにナノ粒子がトラップできることを実験的に確かめた。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕ナノ粒子、レーザー冷却、低温

〔研究題目〕国際単位系改訂に向けた電気素量の絶対測定と高速超精密電流測定への展開

〔研究代表者〕中村 秀司(物理計測標準研究部門)

〔研究担当者〕中村 秀司(常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究目的は、量子電流標準の実現とその応用技術としての高速超精密電流計測技術の確立である。具体的には「単電子転送による量子化電流発生の高精度化」「単電子素子を用いた単電子計数技術の高性能化」「FPGA・任意波形生成等を用いた単電子制御技術の確立」を行っている。本年度は、半導体二次元電子系上に作製した二重量子ドットを用いた単電子転送の実験とその実時間測定を目指し研究を進めた。その研究過程において、二重量子ドット中に形成された離散順位と連続順位量子干渉によって引き起こされるファノ効果を観測し論文として報告した。さらに単一量子ドット中の電荷状態を交流電圧によって制御し、その電荷状態の時間的な変化を電荷計によって測定する事に成功した。この交流電圧による単一量子ドット中の電荷制御を二重量子ドットに拡張し、今後単一電子転送の実時間測定へと実験を進める。また単一電子転送による量子化電流発生と量子ホール効果による量子化抵抗、ジョセフソン効果による量子化電圧の3つの物理量をオームの法則を介して結びつけるメトロロジトライアングルの検証に向け研究を進めた。具体的には単一電子転送で発生した電流を、集積化した量子ホール素子に流し、発生したホール電圧

とジョセフソン効果によって発生した電圧を比較することで検証を行う。本年度は希釈冷凍機中に単一電子素子、ジョセフソン素子、量子ホール素子を組み込むための測定系の構築に努めた。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕電子、量子電流標準、超伝導、単電子素子、二重量子ドット、量子ドット電荷計

〔研究題目〕単一細胞内タンパク質のイメージング質量分析を実現する撮像型分子検出器

〔研究代表者〕全 伸幸(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕全 伸幸、渡邊 千春、浮辺 雅宏、大久保 雅隆(常勤職員4名)

〔研究内容〕

本研究では、分子が入射した位置を決定できる超高度な撮像型の分子検出器を開発する。飛行時間型質量分析装置の検出部に搭載し、単一細胞内におけるタンパク質の質量と空間分布を同時に測定できるイメージング質量分析を実現する。

本年度の研究実施計画は下記のとおりであった。

1. 超伝導ストリップ線をマイクロストリップ伝送線路として設計・製作する。2. 単一分子が超伝導ストリップ線に衝突した際にストリップ両端から出力される正・負極一対の電流パルスを確認する。3. 時間デジタル変換器を現有の冷凍機に実装してパルス到達時間差を計測する。4. レーザ走査機構等を用いてタイミングジッタを評価する。5. 2500画素の撮像型検出器を開発する。

項目1~3について、超伝導ストリップ層とグランド層としてニオブ、誘電層として二酸化ケイ素を用いた構造で、全長30 cmのマイクロストリップ伝送線路を作製した。現有の冷凍機に搭載し、飛行時間型質量分析装置から射出される単一分子を伝送線路に衝突させたところ、計画どおりに正・負極一対の電流パルスが出力された。時間デジタル変換器を用いて正・負極一対の電流パルスの伝搬時間差を測定すると、最大7.5 nsの遅延時間差であった。本研究の最終目標である全長2 mのストリップに換算すると遅延時間差は50 nsになるが、これは研究実施計画書に記載したとおりの値である。

しかしながら、項目5を実施するためには項目4のタイミングジッタの評価が必須となるが、タイミングジッタを評価できるほど出力電流パルスのS/N比が良好ではないことが分かった。S/N比を向上させるための対策が次年度の課題である。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕超伝導検出器、質量分析、イメージング

〔研究題目〕種々の改質剤を導入した木質素材への電磁波照射・分子振動励起による変形能向上と応用

〔研究代表者〕 三木 恒久（構造材料研究部門）

〔研究担当者〕 三木 恒久（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、木質素材の流動成形技術を高度化する目的で、マイクロ波・高周波などの電磁波を応力負荷時に作用させることを提案する。木材加工の電磁波利用は、既に曲げ加工や圧縮（圧密）加工で実績があり、誘電加熱による均一（内部）加熱や高速昇温条件によって加工時間の短縮だけでなく、良好な成形品が得られるとの報告がある。樹脂などの改質剤を導入した木質素材について電磁波条件を適切に選択することによって、流動成形の高速化だけでなく、繊維方向への変形能を向上できる可能性もある。また、マイクロ波照射では、水酸基などを直接活性化させて加熱するため、少ない樹脂率や組織を選択した局所加熱によって、木質素材の繊維・組織構造を損なわずに大変形を付与でき得る。

以上の狙いのもと、今年度は昨年度に引き続き、熱硬化性樹脂を含浸した木質素材の誘電損失特性と誘電加熱挙動の検討を実施してきた。熱硬化性樹脂を導入した木質プリプレグの微細構造変化については、熱分析、FTIR、X線回折、NMRなどによりデータを蓄積した。木質組織毎の物性とその温度依存性の評価について走査プローブマイクロスコープ（SPM）を用いた検討を行った。

結果として、熱硬化性樹脂などが導入された木質プリプレグは外部寸法が大きくなっており、それは、細胞壁や細胞間層の膨潤が起因していることを示した。さらに、微細レベルでは、セルロース結晶の格子面間隔が小さくなっていることから、結晶以外の領域に樹脂が侵入したと推察した。この木質プリプレグは、線膨張係数が未処理木材と異なり、樹脂の細胞壁の侵入量によって特定温度までの線膨張係数が小さくなることがわかった。誘電損失も大きな値を示し、この状態で高周波を印加することによって、数秒で大変形が生じることがわかった。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 木材、塑性加工、高周波、誘電加熱

〔研究題目〕 導電性鉱物を介した電気共生型メタン生成の分子機構および実環境における寄与の解明

〔研究代表者〕 加藤 創一郎（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 加藤 創一郎、五十嵐 健輔、三浦 愛（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

メタンは有機物分解菌とメタン生成アーキアとのエネルギー（電子）伝達を介した共生により生成される。従来その電子伝達は、水素などの電子キャリア物質の拡散輸送によってのみ媒介されると考えられていた。我々は新規かつ高効率な共生機構として、導電性鉄鉱物を通る電流を介した微生物間電子伝達にもとづく電気共生型

メタン生成を発見、提唱した。しかしその詳細な分子機構、および自然環境における寄与はいまだ不明である。本研究では、電気化学的・微生物学的手法により、メタン生成アーキアが導電性固体から電子を受け取る分子機構の解明、およびその代謝の実環境に置ける寄与の解明を目的としている。

電気共生を可能にするメタン生成アーキアの分子機構解明に向け、まずはモデル共生系の構築を試みた。様々な微生物種、および基質の組み合わせを検討し、導電性粒子に電子を注入する側の有機物分解細菌として *Geobacter metallireducens*、電子を受け取るメタン生成アーキアとして *Methanosarcina barkeri*、基質としてエタノールを使用することで、導電性粒子依存的にメタンを生成するモデル共生系の構築に成功した。また *Desulfovibrio burgaris* と *Methanosarcina barkeri* の組み合わせで乳酸を基質とすることで、比較対象となる電気共生を起こさない、通常の水素共生系を構築することに成功した。

次に分子機構解明に向けた比較トランスクリプトーム解析の条件検討をおこなった。各メタン生成共生系は微生物の増殖が遅く、また細胞外多糖の多量生成のためか、質、量的に十分なRNAを回収するのが困難であった。しかし培養法の改良やRNA抽出法の改善（LiCl沈殿によるRNAの精製など）により、トランスクリプトーム解析をおこなえるだけのRNAを調整可能にし、現在解析を進めている。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 微生物、導電性鉱物、メタン生成、細胞外電子伝達、電気共生

〔研究題目〕 生細胞における超高解像度DNA多色イメージングによる分裂期染色体構造の解明

〔研究代表者〕 高田 英昭（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 高田 英昭（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では細胞内で複数のゲノムDNA配列を可視化し染色体凝縮時のDNAの時空間的挙動を明らかにし、染色体凝縮メカニズムの解明を目指している。構築したDNA可視化に必要なベクターをヒト培養細胞（HeLa細胞）へトランスフェクションし、標的配列のシグナルを細胞内で検出した。リピート配列であるテロメアとセントロメアの α サテライトを標的とするgRNAを作製して用いた。トランスフェクション後の細胞をスライドガラス上に展開し、FISHを行うことで標的シグナルが予想通り染色体のテロメアとセントロメアから検出され、CRISPR/dCas9を利用して標的DNAの動態を観測できることを確認した。しかしながら、2種類の蛍光タンパク質を用いた多色イメージングは、RNA結合タンパク質N22にRFPを結合させたものが核小体に蓄積してし

まうため成功には至っていない。今後は、他の RNA 結合タンパク質や他種由来の dCas9 を利用するなどして多色イメージングを試みるとともに、セントロメア、テロメア以外の染色体構造を標的とした gRNA を作製し、染色体構造の検出を試みる。また、染色体の動原体構造に2価陽イオンの一つであるカルシウムイオンが関与することを明らかにした。このため、カルシウムイオンがセントロメア構造に与える影響を本イメージングシステムと超解像度顕微鏡法を組み合わせることで詳細に解析する予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】クロマチン、染色体、CRISPR イメージング、超解像度顕微鏡法

【研究 題 目】家庭用エネルギー技術の包括的評価手法の開発

【研究代表者】小澤 暁人（安全科学研究部門）

【研究担当者】小澤 暁人（常勤職員1名）

【研究 内 容】

わが国の温室効果ガス排出削減目標達成に向けて、家庭部門の低炭素化は喫緊の課題であり、そのためには個別の技術評価に基づいた従来の技術普及策ではなく、技術の複合利用を想定した効果的な普及策を示すことが不可欠である。本研究では、これまで個別に技術評価されてきた需要側（家電製品等）・供給側（燃料電池等）の家庭用エネルギー技術について、導入による経済性・環境性を包括的に評価する手法を開発し、経済・環境の両立するエネルギー技術システムの普及策を提案することを最終的な目的とする。

今年度は、昨年度開発した最適供給モデルを拡張して、家庭用ヒートポンプ給湯器・太陽光発電をシミュレーション対象としてモデルに組み込んだ。太陽光発電をシミュレーションするに当たって、発電出力を「地上気象観測1分値資料」（提供元：気象業務支援センター）の日射量データを元に推計した。この拡張版の最適供給モデルを用いて、自家発電・給湯機器それぞれの最適な運転パターンを示すと同時に、家庭の費用負担額・温室効果ガス排出量を機器別に評価した。

さらに、昨年度開発した需要推計モデルと最適供給モデルを統合し、省エネ家電と自家発電・給湯機器の組み合わせ効果を評価可能とした。この統合モデルを用いたケーススタディーとして家庭用燃料電池と省エネ家電の複合利用による投資回収効果を分析した。分析結果から、買い替える家電製品の種類が燃料電池の最適運転パターンを変化させ、それにより投資回収効果を左右することを明らかにした。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】家庭用エネルギー、地球温暖化ガス排出削減、省エネルギー、創エネルギー、家電製品、燃料電池、ヒートポンプ、太陽

光発電

【研究 題 目】プレート二重沈み込み領域におけるマグマ供給系の研究

【研究代表者】木下 佐和子（地質情報研究部門）

【研究担当者】木下 佐和子（常勤職員1名）

【研究 内 容】

関東地方と中部地方は、地下に二枚のプレートが沈み込む、非常に複雑な地域である。太平洋プレートの上に沈み込むフィリピン海プレートの中央部分は、火山が連なる島弧と呼ばれ、地殻が通常の海洋プレートより分厚くなっている。この島弧は伊豆半島で本州と衝突して北西の方向に地下に沈み込んでおり、その先には富士山や浅間山などの活火山が存在する。本研究は、島弧が沈み込む領域において、地下100 km 以深の深さで発生したマグマが、島弧を突き抜けてどのように地表へと上昇しているのか、地震波形のレシーバ関数解析によって解明することを目的としている。平成29年度は関東・中部地方における地震観測網のデータを用いてレシーバ関数のインバージョン解析を実施した。インバージョン解析の結果、伊豆半島では、IBM 弧の地殻の厚さは約40 km の厚さまで成長していること、通常の海洋プレートが沈み込む場所には海洋性地殻が S 波低速度領域としてイメージングされることがわかった。また、ニュージーランド・ルアペフ火山におけるレシーバ関数のインバージョン解析を実施した。その結果、S 波速度が2.5 km 以下の低速度領域が地下約25 km の深さに約鉛直方向10 km の幅で存在することがわかった。観測点が十分でないため、この低速度領域の全体像は不明であるが、少なくとも、水平方向には30 km 以上の広がりを持っていると考えられ、下部地殻には流体成分に豊富な領域が火山帯の外まで続いていると解釈した。以上の結果から富士山とルアペフ火山では、地殻とマンツルの境界付近に S 波低速度領域が存在することが明らかになった。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】地下構造、マグマだまり

【研究 題 目】ナノカーボン材料を用いたフレキシブルペロブスカイト太陽電池の開発

【研究代表者】樂 優鳳（電子光技術研究部門）

【研究担当者】樂 優鳳（常勤職員1名）

【研究 内 容】

近年、有機・無機ペロブスカイト太陽電池は次世代太陽電池として注目されている。ペロブスカイト太陽電池の高耐久性を実現するためには電極材料および界面材料が重要であることが明らかである。本研究では、電気特性・耐久性・機械特性に優れたナノカーボン材料を用いることで、耐久性の高いフレキシブルペロブスカイト太陽電池を開発することを目指す。

今年度は、カーボンナノチューブ（CNT）・酸化グラ

フェン薄膜を活用し、積層構造のペロブスカイト太陽電池の作製を行い、素子の性能を調べた。具体的には、CNT・酸化グラフェン薄膜の上、ペロブスカイトの前駆体溶液をスピコート法により製膜した。更に、この薄膜ペロブスカイトの上に n 型半導体フラーレン誘導体 (PCBM) / バソキュプロイン (BCP) 電子輸送層等を溶剤法で製膜し、デバイスを作成した。完成したデバイスについて、電流-電圧曲線と光電流の外部量子効率 (IPCE) 特性を測定した。その結果、CNT の添加により、薄膜の導電性の向上が見られるが、添加量の増加と共に、ペロブスカイトの薄膜の平滑度が落ちていき、素子の性能悪化を引き起こすことが観察した。以上の結果から、導電性と平滑度がトレードオフの関係だと分かった。そして、CNT とグラフェンの配合比率を変えることで、素子の光電変換効率が大きく変化する。CNT とグラフェン配合を制御することで、素子の光電変換効率の最大化に必要な配合比率を見つけ出した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 太陽電池、ナノカーボン、ペロブスカイト

〔研究題目〕 強度輸送方程式に基づくシングルショット複素振幅動画像計測システムの開発

〔研究代表者〕 夏 鵬 (分析計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 夏 鵬 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、強度輸送方程式による複素振幅計測法に必要な複数の強度画像を単一の撮像素子を用いて1回の撮影で、光の干渉を利用せず、動体の強度と位相情報を同時に取得することを実現する。更に、開発システムの性能を評価し、異なる物体に対して2枚の強度画像の最適な間隔を調査する。昨年度は、偏光イメージングカメラを導入する前に、高出力 LED 光源、偏光板、一軸性光学結晶 (マルチオーダー波長板)、汎用カメラを利用して評価用のシステムの構築した。複数種類の物体を仮定し、計算機シミュレーションにより各物体 (透明フィルムや細胞液など) の最適な2枚強度画像の間隔を解明した。今年度は、高額な偏光イメージングカメラを利用せず、汎用カメラ及びカバーガラスを用いる単一露光で強度輸送方程式による複素振幅計測システムを検討した。市販されているカバーガラスの厚さは必要な光路長のシフト量を超えていることが判明した。また、構築したシステムの性能を向上させるために、システムの照明光強度、結像レンズの収差、照明光波面の均一性などを評価した。物体を設置しない場合、照明光画像の隣接画素の画素値は5%程度のばらつきがあることが分かった。

本技術の測定精度に最も影響する要素は照明光プロファイルのばらつきであることを確認した。この結果により、提案システムの性能を向上させるためには、照明光波面補正アルゴリズムの導入が必要であると考えられ

る。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 位相イメージング、強度輸送方程式

〔研究題目〕 寄生原虫トリパノソーマに対する創薬標的の探索

〔研究代表者〕 高木 悠友子

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 高木 悠友子 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

「顧みられない熱帯病」の一つであるシャーガス病は、病因原虫のクルーズトリパノソーマを昆虫ベクターが媒介することによりヒトに感染する。罹患者の4人に1人はその後数年から数十年にわたる潜伏期間を経て慢性期症状を発症し、心臓合併症などにより突然死に至る。中南米を中心に800万人ほどの罹患者がおり、年間1万2000人が死亡している感染症である。現行の治療薬は強い副作用が発生し、慢性期の患者が完治するケースは2割に留まる。このため、新たな薬剤の開発が強く求められている。

本研究では、原虫クルーズトリパノソーマにおいて将来の創薬に繋がるような創薬標的遺伝子の探索を行っている。この原虫は代表的なモデル生物とは異なる特殊な細胞機構をもっており、従来は遺伝子操作などを行うことが大変困難であったが、CRISPR/Cas9の利用により比較的簡便に遺伝子ノックアウトを行うことが可能になった。

このシステムを利用し、近縁の原虫ブルーストリパノソーマから得られた知見をもとに創薬標的候補遺伝子を複数ノックアウトし、クルーズトリパノソーマの必須遺伝子を特定した。更に遺伝子産物を大腸菌で大量発現し、阻害剤となる化合物のスクリーニングや結晶構造解析を行い、創薬に繋がる次のステップへと繋げることができた。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 感染症、遺伝子組換え、創薬標的

〔研究題目〕 動脈硬化の中赤外レーザー治療における病変選択性の最大化に向けた切削機序の解明

〔研究代表者〕 橋村 圭亮 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 橋村 圭亮 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究の目的は波長5.7 μm 帯量子カスケードレーザー (QCL) 照射時の動脈硬化プラークの切削機序を解明すること、切削飛散物による合併症に対する安全性を評価すること、および組織選択性を最大化する治療条件を決定することであった。

波長5.75 μm の中赤外レーザーは、動脈硬化プラークの主成分の一つであるコレステロールエステルのエステ

ル結合に強く吸収されるため、動脈硬化プラークの選択的除去が可能である。QCL は小型で比較的出力の高い半導体レーザーであるため、臨床で用いる光源の候補として有用性を検討している。これまでに、QCL での動脈硬化の選択的切削に成功したが、安全性・有効性が最大となるようにして本レーザー治療装置を開発するためには、QCL 照射時の選択的切削の機序を明確にし、切削機序に基づいて治療条件を決定する必要がある。

平成29年度は QCL 照射によるウサギ動脈硬化病変及び正常血管の温度上昇モニタリングを行った。遺伝的に動脈硬化を発症する WHHLMI (myocardial infarction-prone Watanabe heritable hyperlipidemic) ウサギの動脈硬化病変と正常なウサギの胸部大動脈血管片に対する QCL 照射時の温度上昇の広がりを見逃さずモカメラで測定した。結果として、本研究の照射条件 (パルス幅1 μ s、繰り返し周波数500 kHz、平均照射パワー42 mW、バースト繰り返し周波数32-80 Hz、バースト発振時間0.5 ms) においては熱変性が起こるような温度上昇が起きる範囲は照射痕周辺の0.8 mm 以下となり、照射時の安全性が示唆された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】レーザー治療、動脈硬化、低侵襲治療、中赤外線、コレステロールエステル

【研究 題 目】モット絶縁体の単結晶薄膜を制御してモットFETのプロトタイプを作る

【研究代表者】井上 公 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】井上 公、SCHULMAN Alejandro (常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

SrTiO₃-FET の金属絶縁体転移のメカニズムを探るため、これまでよりも詳細な実験とシミュレーションによる研究を行いました。これによって、FET 特性の閾値が、ゲート電圧印加の履歴の関数になることが判明しました。酸素欠損がバルクに追いやられバックゲートのように働くという仮定から導かれる特性とよく一致しています。この SrTiO₃ の金属非金属転移の履歴現象を用いて、スパイク時刻依存可塑性 (STDP) という脳の中にあるシナプスの特性を真似することに成功し、SrTiO₃ FET を用いた人工シナプスを開発することに成功しました。このデバイスの特性パラメータを抽出し、それを使って、機械学習のシミュレーションも行いました。60000の手書き数字で学習を行い、10000の手書き数字で認識のテストを行ったところ、70%を超える良い精度で認識に成功しました。さらに同じデバイスが人工ニューロンとしても動作することを確認しました。従来の人工ニューロンは大きなコンデンサを搭載して積分動作を行っていましたが、我々のニューロンは SrTiO₃ FET の閾値がゲート電圧の履歴で変化することを利用した人工ニューロンであり、集積化を阻む「コンデンサ」

を必要としない画期的デバイスです。デバイス開発の分野で世界最大の国際会議 IEDM に採択され、研究発表を行いました。

さらに SrTiO₃-FET の低温から極低温までの物性探索を行い、低温で出現する近藤効果と非線形ホール効果を用いた2キャリアモデルで説明することにも成功しました。重要な成果を得ることができました。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】電界効果トランジスタ (FET)、2層ゲート絶縁膜、パリレン、酸化ハフニウム、チタン酸ストロンチウム、人工シナプス、人工ニューロン、近藤効果、非線形ホール効果

【研究 題 目】レーザーによる細胞刺激とサイトカイン-アパタイト共沈の複合効果による歯槽骨再生

【研究代表者】大矢根 綾子 (ナノ材料研究部門)

【研究担当者】大矢根 綾子、中村 真紀、A. Joseph NATHANAEL (常勤職員2名、他1名)

【研究 内 容】

歯槽骨再生治療応用を指向し、リン酸カルシウム過飽和溶液を反応場とするアパタイトの低温成膜技術の開発を進めた。具体的には、リン酸カルシウム過飽和溶液を反応場とするアパタイト成膜技術を基盤とし、(1) ナノ秒パルスレーザープロセスの利用、(2) コラーゲンスキャホールドとの複合化、ならびに (3) 生理活性物質との複合化について検討した。(1) では、前年度までに最適化されたレーザー照射条件を用いて歯科用材料の表面処理を行い、同処理された表面の生体活性 (骨伝導性) を擬似体液試験 (ISO 23317:2012) により明らかにした。(2) では、アパタイト成膜コラーゲンスキャホールドを作製し、フーリエ変換赤外全反射分光分析、レーザー顕微鏡などによる表面構造解析を実施するとともに、少数のラット (頭蓋骨欠損モデル) を用いた in vivo 機能評価を行った。in vivo 評価において、アパタイト成膜スキャホールドの良好な骨再生能ならびに生体内分解性を示唆する予備的な結果を得た。(3) では、骨形成促進・抗菌効果の期待されるフッ素を過飽和溶液中に添加することで、フッ素担持アパタイトの成膜技術を確立した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】リン酸カルシウム、アパタイト、レーザー、再生医療、骨

【研究 題 目】質量分析法及び関連技術を用いた機能性ポリマー材料の劣化解析

【研究代表者】佐藤 浩昭 (機能化学研究部門)

【研究担当者】佐藤 浩昭 (常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

機能性ポリマー材料は、再生可能エネルギー技術や資源循環技術の開発において重要な役割を果たしている。高信頼性・高性能な機能性ポリマー材料を開発するためには、分子レベルでの詳細な化学構造解析と、劣化初期段階におけるわずかな化学構造の変化を検出し、材料設計にフィードバックすることが必要である。そこで本研究では、様々な機能性ポリマー材料が様々なストレスなどにさらされることによって起こる分子構造変化を解析して、分子レベルでの劣化機構を解明する手法の開発を目的とする。

平成29年度は、昨年度開発した高分解能マスペクトルのデータ解析法（Kendrick mass defect 法）の改良と機能性ポリマー材料の構造解析への応用を行った。この方法は、観測されたポリマーの質量について、分子量を反映する整数部分と元素組成（すなわち化学構造）の違いを反映する小数部に分割し、それぞれを二次元プロットしてポリマーの組成分布を表現する方法である。この計算過程で識別したい化学構造のプロット間距離が大きくなるような高感度な信号分離ができるデータ変換方法（fractional base unit 法）を考案し、その理論的な考察を行った。これをさらに発展させて、複雑なマスペクトルから共重合体の組成分布を反映する信号を効率よく抽出するデータ解析法（referenced Kendrick mass defects 法）を開発した。この方法を非イオン系界面活性剤やポリエステル系多元の組成解析に応用し、原材料の成分分布を二次元プロットで表現した。さらに、加水分解や経年劣化などによって起こるポリマー材料の組成変化を視覚的に表現した。このデータ解析法は、マトリックス支援レーザー脱離イオン化法によるデータの解析に用いてきたが、国際共同研究によりエレクトロスプレー法やペーパーサプレー法などの他のイオン化法で観測されたマスペクトルへの適用範囲の拡大を行った。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】高分解能質量分析、機能性高分子材料、構造解析

【研究 題 目】 H_2TiO_3 を原料に用いた $V_2O_5-WO_3/TiO_2$ 脱硝触媒製造法の開発

【研究代表者】張 戦国（創エネルギー研究部門）

【研究担当者】張 戦国（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は H_2TiO_3 を原料に用いた $V_2O_5-WO_3/TiO_2$ 脱硝触媒スラリー及び成型ハニカム触媒の新規製造法の開発を目的としている。また、廉価な実用触媒を開発するため、赤泥から高い高温活性を有する廉価な鉄系脱硝触媒を分離・製造する方法の開発も目指している。本年度は赤泥から分離した鉄系脱硝触媒の活性評価試験を集中的に行った。その結果、赤泥から分離した鉄系脱硝触媒の最適使用条件を確定し、燃焼プロセスからの排煙ガスに含まれる SO_2 は該触媒の活性化に大きく寄与するこ

とを明らかにした。また、これまでの成果として、以下2報の英字論文を発表することができた。

(1) “The pilot demonstration of a honeycomb catalyst for the DeNOx of lowtemperature flue gas from an industrial coking plant”, Jian Yu, Changming Li, Feng Guo, Shiqiu Gao, Zhan-Guo Zhang, Koichi Matsuoka, Guangwen Xu, **Fuel**, 219 (2018) 37-49

(2) “The recycle of red mud as excellent SCR catalyst forremoval of NOx”, Changming Li, Hong Zeng, Pingle Liu, Jian Yu, Feng Guo, Guangwen Xu, Zhan-Guo Zhang, **RSC Advances**, 7 (2017) 53622-53630

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】排煙ガス浄化、低温脱硝、ハニカム触媒

【研究 題 目】自己と他者の情報処理に関わる神経基盤の解明—比較認知神経科学によるアプローチ—

【研究代表者】兎田 幸司（人間情報研究部門）

【研究担当者】兎田 幸司（JSPS 特別研究員1名）

【研究 内 容】

時間認識は、視覚や聴覚など他の知覚系とは異なり、時間を処理する受容体や、時間情報のみを担っている脳部位が存在しない。ヒトを含めた動物は、自らを取り巻く外部世界から受け取る感覚情報と、自己の感覚運動情報を統合することによって、時間認識を生み出さなくてはならない。これまで心理学では、数秒から数分の時間認識について研究が行われ、時間に関する仮説が積み重ねられてきた（Buhusi & Meck, 2005）。しかしながら、動物の時間認識を検証するために用いられてきた従来のオペラント条件づけ手続きは、訓練に長期間を要し、動物が課題中に自由に行動できるように時間認識と行動表出の側面が混同されるといった問題点を包含していた（Machado & Keen, 1999）。この問題を解決するため、申請者は近年、動物の時間認識を効果的に調べる画期的な手法を開発した。

頭部固定されたマウスを用い、リッキング（舐める行為）を反応として利用することで、身体運動の要因をできる限り排除し、試行ごとの動物の主観的な時間認識の開始と終了のタイミングを計算理論によって切り出すことに成功した。数ヶ月以上の訓練を要した従来のオペラント課題に比べ、本課題では、1-2週間の訓練によって、マウスの時間認識を検出することができる。申請者はこの手法を用いて、黒質網様部から上丘へ投射するGABA 作動性の抑制性神経回路を光遺伝学的手法を用いて活性化し、動物の現在の運動を止め、未来の時間予測を遅らせる、すなわち動物の「時間を止める」ことに成功した（Toda et al. 2017 Curr Biol）。

この成果は、2017年12月に行われた「次世代脳プロジェクト 冬のシンポジウム2017」で若手優秀発表賞を受賞するなど、好評を得ている。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 意識、時間、大脳基底核、オプトジェネティクス、行動分析、連合学習、古典的条件づけ、パブロフ型条件づけ、マウス

〔研究 題目〕 応力制御型光スイッチの研究開発

〔研究代表者〕 徐 超男（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 徐 超男、塗 東、川崎 悦子、有本 里美（常勤職員1名、他3名）

〔研究 内容〕

本研究は、これまでに、新規な機能性材料である応力消光体（CaZnOS:Cu）の開発を進めてきた。応力消光体 CaZnOS:Cu は、残光の減衰時間の変化に関して、Cu の低濃度領域では、応力負荷により、応力消光から応力発光へと変化し、高濃度領域では、応力発光から応力消光へと変わる特異な現象を示す。この現象解明のため、他の遷移金属（Mn、Ag 等）をドーピングした材料を新たに合成し、CaZnOS:Mn は応力発光を、CaZnOS:Ag は応力消光を示すことが発見された。

本年度は、残光寿命を評価要素として導入し、CaZnOS:Cu の応力消光の性能を分析した。CaZnOS:Cu の残光寿命は応力消光強度と異なり、多重応力負荷により安定的である。残光寿命と応力発光強度と組み合わせることで、高精度の応力センシングとフィードバック応力測定ができることがわかった。

また、発光と消光の両機能を組み合わせることにより、応力発光はスイッチオン、応力消光はスイッチオフとして働く新しい次世代型の光スイッチの開発も行った。

将来的には、この新しい光スイッチの機能性を利用して、精密加工機器や医療機器のフィードバック制御、ならびに、航空機や高速鉄道車両等の応力負荷箇所において、新規な計測手段として使用されることが期待される。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 応力消光、応力発光、光スイッチ

〔研究 題目〕 高性能液体化学水素キャリアの研究

〔研究代表者〕 徐 強（電池技術研究部門）

〔研究担当者〕 徐 強、（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

本研究では広い温度領域において液体であり、水素と窒素への選択的完全分解が可能であり、充填容易かつ副生成物（窒素のみ）の回収・再生不要であることから化学水素キャリアとして高い可能性を持つヒドラジン水和物の優れた性質に着目し、高性能化学的水素貯蔵技術の確立を目的としている。窒素ドーピンググラフェン（NC-T, T=焼成温度（℃））を担体として用いて、水酸化ナトリウム共存下で金属塩前駆体を還元することにより二金属 Pt_xNi_{1-x}@NC-T（x=異なる Pt/Ni 比）触媒を合成した。Pt_xNi_{1-x}@NC-850触媒を用いてヒドラジン水和物の分解反応を行ったところ、触媒活性・水素生成選択性は、

Pt/Ni 比に依存することが分かった。反応速度は反応温度に依存し、293-333 K の温度領域では温度上昇につれて、反応速度が増加した。Pt_{0.5}Ni_{0.5}@NC-850は、高い触媒活性を示し、Turnover Frequency (TOF) 値は303 K では943 h⁻¹に、323 K では2116 h⁻¹に達し、これはこれまで報告された触媒の中で最高水準である。放出ガスの量から、ヒドラジンは完全分解し、選択的に水素放出し、水素生成選択率が100 %に達した。繰り返し実験を行ったところ、触媒は高い安定性・耐久性を有することが明らかになった。Pt_{0.5}Ni_{0.5}@NC-850触媒の高い触媒性能は、金属間相乗効果及び金属ナノ粒子と担体との相乗効果に起因することが示された。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 水素、燃料電池

〔研究 題目〕 ハムシ類の水生植物利用への進化における腸内微生物群集の役割

〔研究代表者〕 池田（福森）香代子（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 池田（福森）香代子（他1名）

〔研究 内容〕

本研究は、ハムシ科甲虫がもつ共生細菌の多様性と共進化状況を明らかにすることを目的としている。本年度は、日本産カメノコハムシ亜科33種について共生細菌を同定し、その多様性および宿主との共進化関係について明らかにした。細菌16S rRNA 遺伝子の系統解析の結果、中腸前方の共生器官および雌の伝達器官には同じ細菌が優占しており、ガンマプロテオバクテリア綱に属する新規共生細菌であることが判明した。共生細菌と宿主カメノコハムシ亜科それぞれにおいて3つの遺伝子領域の塩基配列をもとに系統樹を作成したところ、共生細菌の系統関係は宿主の系統関係と一致する傾向にあり、両者の共進化関係が示唆された。多くの種で高度に保存され、器官レベルの特殊化も見られることから、この共生細菌はカメノコハムシ亜科において重要な生理機能をもつ可能性が示唆された。また、サルハムシ亜科とネクイハムシ亜科がもつ共生細菌の同定と系統解析に取り組んだ。サルハムシ亜科では雌雄ともに前腸と中腸の間に指状の共生器官が見られ、ネクイハムシ亜科では、雌の卵巣の近傍に次世代への共生細菌伝達に関わると思われる器官が見られた。共生器官内には共生細菌が認められ、系統解析の結果、ガンマプロテオバクテリア綱に属する新規共生細菌が優占していることが判明した。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 昆虫、共生細菌、分子系統樹

〔研究 題目〕 新規二次元物質複合体の微細構造と物性を関連付けるその場測定の研究

〔研究代表者〕 末永 和知（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕 末永 和知、Lin Junhao

(常勤職員1名、他1名)

[研究内容]

本研究では、二次元物質中の欠陥等の微細構造と物性の相関を単原子スケールで明らかにするとともに、デバイス応用時により高い性能を発揮する材料設計の指針を得ることを目的とする。また、その場観察測定に適した二次元物質を探索することも目指している。平成29年度までに多くの低次元物質のその場観察測定を行ない、物性との関連を調べる研究を行なった。とくに高温観察は試料汚染を軽減し、正確なデータ取得に有益であった。新規二次元物質は興味深い性質を示すことが明らかになった。例えば、PdSe₂層状物質は Se 原子空孔を通して、予想されていない Pd₂Se₃層に変化することがわかった。また BN 層に成長した NbS₂はスーパーセル再構成を示した。二次元アモルファスカーボン物質においては原子ごとに異なる K 吸収端の測定に成功した。これらの成果は PRL 誌などに発表された。また低温観察においては、0次元物質である量子ドットのバンドギャップの粒子形やサイズ依存性を調べることに成功した。

[領域名] 材料・工学

[キーワード] 二次元材料、TEM、STEM、電子顕微鏡

[研究題目] ポーラス炭素の精密構造制御と高効率エネルギー貯蔵の研究

[研究代表者] 徐 強 (電池技術研究部門)

[研究担当者] 徐 強 (常勤職員1名、他1名)

[研究内容]

本研究では、共有結合性有機構造体を鋳型・前駆体として用いて炭素化処理を行うことにより、細孔構造を精密制御したポーラス炭素材料を合成し、電気二重層キャパシタの電極材料としての性能の向上を目的とする。共有結合性有機構造体を合成し、シリカ前駆体 (3-aminopropyl) triethoxysilane (APTES) を共有結合性有機構造体の細孔に導入した。水蒸気雰囲気を利用して APTES を加水分解させ、共有結合性有機構造体とシリカとの複合体を合成した。アルゴン雰囲気下で、共有結合性有機構造体とシリカとの複合体を高温処理し、炭素化させ、生成物をフッ酸水溶液で洗浄した。炭化処理の温度などの条件により、異なる細孔構造を有するポーラス炭素材料 (CA-T, T は焼成温度) を合成した。得られた炭素材料の比表面積は、共有結合性有機構造体とシリカとの複合体の炭化処理温度に依存した。合成された一連のポーラス炭素を電気二重層キャパシタの電極材料として用いて、硫酸水溶液において充放電特性評価を行った。共有結合性有機構造体とシリカとの複合体前駆体の合成条件及び炭化処理条件などが、生成されるポーラス炭素材料の構造及び電気二重層キャパシタの電極材料としての特性に与える影響について系統的に調べた。これらの材料の中で、800 °Cでの焼成で得られた CA-800炭

素材料は電気二重層キャパシタの電極材料として最も高い性能を示した。

[領域名] エネルギー・環境

[キーワード] エネルギー貯蔵

[研究題目] 環境変動を予測したヒューマノイドロボットの動作計画

[研究代表者] 吉田 英一 (知能システム研究部門)

[研究担当者] 吉田 英一、Andreas Orthey
(常勤職員1名、他1名)

[研究内容]

本研究では、位相幾何学における連続的に変形して同じ幾何的な形状に移せる性質であるホモトピーの概念を利用し、環境変動を予測したヒューマノイドロボットの動作計画手法の構築を目的とする。平成29年度は、ロボットを入れ子階層構造で表現し、これに対応する階層的な「商空間 (Quotient Space)」における動作列としてロボットの動作を計画する手法を構築した。各商空間においては、例えば位置と姿勢のうち位置だけを用いるなどして、ロボットの一部の構造情報を抽象化し、少ない数の自由度で表現することが可能となる。ロボットの全体構造を、商空間を用いて分割した後、姿勢をランダムにサンプルしてグラフ構造を構成し、初期位置から目的位置を接続する経路を探索するサンプリング動作計画手法を適用することで、商空間ロードマップ計画器 (Quotient Space RoadMap Planner, QMS) を構築した。QMP は、まず最下位 (最も抽象度が高く、自由度数が少ない) の商空間においてグラフ構造を構築し経路を計画する。ここで目的位置までの経路が見つければ、この低自由度の経路を実現する制約下で QMP はより自由度が多い上位の商空間において同様に経路探索を行う。これを繰り返すことで、多自由度ロボットの動作計画を効率的に行うことが期待される。複雑な形状をしたロボットの狭隘空間内での移動や、固定・移動マニピュレータの例を用いて、従来の Probabilistic RoadMap (PRM) 法や Rapidly-exploring Random Tree (RRT) 法と性能を比較し、構築した QMS が効率的に動作計画を行えることを示した。

[領域名] 情報・人間工学

[キーワード] 動作計画、ヒューマノイド、ホモトピー、環境変動

[研究題目] GPU クラスタを用いた半構造データの並列分散処理基盤の構築

[研究代表者] 小澤 佑介 (人工知能研究センター)

[研究担当者] 小澤 佑介 (他1名)

[研究内容]

GPU クラスタを用いた並列分散データ処理の実現に向けて、GPU を用いたデータのクラスタ分析に関する研究を行なった。データのクラスタ分析を行ない、その

結果を基に GPU クラスタの計算ノード上にデータを配置することで、分散処理中のノード間の通信を削減でき、効率的な処理が可能になると考えられる。具体的な研究成果は以下の通りである。

前年度に開発した GPU を用いたグラフクラスタリング手法の拡張・改良を行った。

具体的には以下の三つの点となる。(1) GPU メモリ上に乗り切るサイズのデータのみを対象としていたところを、GPU メモリ以上のサイズのデータも処理可能となるよう拡張した。

提案手法では、一般的に性能のボトルネックとなりやすい CPU と GPU 間のデータ転送を、GPU 上での計算とオーバーラップして行うことでデータ転送による遅延をほぼ無しで処理可能としている。(2) さらに上記の手法を、GPU のみでなく CPU でも同時に処理を行うよう拡張した。これにより、以前は利用していなかった計算資源である CPU も活用可能になりさらなる高速化が達成できる。(3) また、提案手法において必要となる集計処理の並列化の改良も行った。以前は GPU に適した処理であるデータ並列プリミティブを組み合わせて集計を実現していたところを、ロックフリーなハッシュ表を用いることで高速化を図った。これにより、並列化によって導入された余計な計算コストの削減が可能となる。

実験により、これらの手法が既存手法と比較して数倍高速であることを確認した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】GPU、並列処理、クラスタリング

【研究 題目】キッズデザインに対応するためのデータベースの設計及び応用

【研究代表者】西田 佳史（人工知能研究センター）

【研究担当者】西田 佳史、張 坤
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

本研究の目的は、社会的要請の高い乳幼児の傷害予防に応じるため、人類の共通財産ともいえる傷害ビッグデータを最大利用することによって子ども傷害予防対策の基盤となるキッズデザインデータベースの構築と傷害データマイニング技術に関する理論的基盤を確立することである。

平成28年度は、製品横断的な世界初の子どもに対する安全認証制度である CSD 認証制度に参加しようとする事業者を支援するために、平成27年度に開発した KDDB に基づくデータマイニング手法（KDDB 利用技術）を開発した。主に子どもや保護者の行動や製品の特徴を用いて、製品が子どもに与えるリスクを予測する技術を開発した。子どもの製品の製造メーカーや設計者にヒアリング調査を行い、それぞれのニーズを反映して設計者が使いやすい予測システムを提案した。また、メー

カーと連携して KDDB 利用技術の検証を行い、この検証を通じて得られた成果から、子どもの傷害ビッグデータに対応するためにデータの一連の整理の流れをまとめた総合的な傷害予防技術を開発した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】傷害データベース、傷害サーベイランス、事故統計

【研究 題目】なぜフタバガキの種子の羽は無くなったのか：機能喪失型形質の獲得機構と時期の解明

【研究代表者】小林 正樹（人工知能研究センター）

【研究担当者】小林 正樹（他1名）

【研究 内容】

東南アジア熱帯雨林のフタバガキ科植物では、2つの異なる果実の形態が観察される。その一つは風散布タイプであり、萼が果実の成長に伴い伸長することにより羽状の器官が形成され、それがプロペラのような役割を果たすことで種子の長距離散布が起こることが知られている。そしてもう一方が重力散布タイプであり、萼の伸長による羽状器官の形成が起こらず、種子は母樹のすぐ近くに落下し短距離散布が起こる。これらの果実の形態は、近縁種間においても異なることから、フタバガキ科の複数の属において両方の果実形態が見られる。そこで本研究では、これらの羽状器官を持つ果実と羽状器官を持たない果実がどのように進化してきたのかを明らかにするため、系統樹を用いたフタバガキ科植物の果実の祖先形質の復元を行った。

フタバガキ科植物の葉緑体3遺伝子の配列を用いた系統樹をもとに、現存種の果実の形態から過去のフタバガキ科の種がどちらの果実形態を持っていたかを推定した結果、アジアのフタバガキ科の共通祖先は羽状器官を持つ種であった可能性が示唆された。またその後、羽状器官を失うという進化が独立に何度も起こった可能性が示唆された。さらに羽状器官が失われた時期についても検討した結果、年代制約に用いる化石情報のために時期の推定には不確実性が存在するものの、同じような時期に独立に羽状器官が失われていった可能性を示唆する結果が得られた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】フタバガキ科、熱帯雨林、進化

【研究 題目】ネットワーク上のコミュニティ検出問題への物理学的アプローチ

【研究代表者】川本 達郎（人工知能研究センター）

【研究担当者】川本 達郎（常勤職員1名）

【研究 内容】

ネットワーク上のマクロな構造、特に密につながった集合を抽出する、コミュニティ検出と呼ばれる操作は、その汎用性と近年の豊富なデータセットの影響により、

従来から非常に関心が集まっている分野である。そのなかでも、ネットワークのなかで何個のコミュニティを検出するべきかという問題は、非常に重要である。

平成28年度は、信念伝搬法を用いた統計推論のフレームワークのもとに、効率の良いコミュニティ数推定手法を提案した。具体的には、ネットワーク上の枝の予測誤差の交差検定による評価公式を導き、その有用性を人工データや実データに適用することで確認した。さらに、評価公式の持つ性質を理論的に研究し、周辺尤度関数との形式的なつながりや、理想的な状況下では評価公式によって情報理論的な検出限界を達成できること、導出した種々の予測誤差の間に成立する不等式を示した。コミュニティ数の推定には、何らかの情報量基準を用いることが多いが、**alluvial diagram** と呼ばれる可視化手法を用いることも非常に有力なアプローチであることを提案した。

また平成28年度は、同じく信念伝搬法を用いた場合に、コミュニティ構造がまったく検出できなくなる限界について、従来研究を一般化した公式を導出した。これは、その後、より一般的な限界公式を導出する前段階の結果として、重要な意味を持っている。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 ネットワーク科学、ベイズ推論、情報統計力学

【研究 題目】 ベイズ推論にもとづく全自動かつ高速なテンソル分解のモデル選択法

【研究代表者】 林 浩平（人工知能研究センター）

【研究担当者】 林 浩平（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究は、テンソル分解において重要なハイパーパラメータであるランクの自動決定を行う手法の開発を目的とした。本研究の計画は4つの項目から成り立っており、それぞれ「項目1：FAB 推論アルゴリズムの連続隠れ変数モデルへの一般化」、「項目2：主成分分析の全自動モデル選択法の開発」、「項目3：Tucker 分解の全自動モデル選択法の開発」、「項目4：CP 分解の全自動モデル選択法の開発」となる。

前年度において、項目1および項目2を達成した。今年度はこれを下地として項目3および項目4に取り組んだ。しかしながら、研究途中において項目3・4を達成するためには計算アルゴリズムにおけるスケーラビリティの問題が発生することを確認し、それが解決困難であることを認めため、方向転換を行った。具体的にはベイズ的手法にこだわらず、より基礎的な頻度論に基づくランク決定方法を開発した。これは上記のスケーラビリティの問題を解決しており、大規模なテンソルに対しても十分計算可能な方法となっている。これをもとに項目3を達成する手法を開発し、論文としてまとめ国際会議NIPS への投稿を行った。また項目4への適用も引き続

き行っており、近いうちに論文として発表予定である。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 機械学習、人工知能、ベイズ学習

【研究 題目】 マルコフ確率場モデルによる科学技術計測イメージングデータからの潜在構造推定

【研究代表者】 永田 賢二（人工知能研究センター）

【研究担当者】 永田 賢二（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究課題では、科学技術計測から得られた画像データから系の物理特性を自動的に抽出するアルゴリズムを提案する。平成25年度の成果により、マルコフ確率場モデルにおけるハイパーパラメータが拡散方程式の拡散係数と対応することが明らかになったため、ハイパーパラメータ推定を通じて拡散係数を精度良く推定することが重要になっている。平成26年度、平成27年度では、ハイパーパラメータ推定に対して観測時の空間解像度や時間解像度の低下が及ぼす影響を評価した。平成28年度では、以下に説明するように、(1) マルコフ確率場モデルのハイパーパラメータ分布推定に対する理論的評価手法の開発 (2) マルコフ確率場モデル解析法の境界条件に関する拡張 について研究を遂行した。

(1) 平成25年度の成果によって得られたマルコフ確率場モデルのハイパーパラメータ分布推定法に対し、分布の期待値を解析的に計算する手法を提案した。本手法によって、モデルに含まれる物理特性パラメータや観測条件から、推定される物理特性パラメータの値と誤差を解析的に評価する事が可能になった。本手法は、具体的な観測モデルを設定した際のモデルの評価に繋がる。

(2) 平成25年度から(1)の研究を含め、マルコフ確率場モデルの解析は解析の都合のため周期的境界条件を仮定していた。本研究では、力学におけるバネモデルの解析手法を援用し、この境界条件を廃したモデルに対して従来行われていた解析を拡張した。さらに、従来の手法に対して推定誤差に対応するハイパーパラメータ分布推定の信頼度が向上することを示した。また、本手法によって推定されたハイパーパラメータを利用することで、画像解析の性能が向上することを示した。本研究で拡張された解析法により、境界条件を廃したより一般の画像データに対する、マルコフ確率場モデルを用いた物理特性の抽出が可能になる。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 画像解析、マルコフ確率場モデル、ベイズ推定、潜在構造抽出

【研究 題目】 レジリエントなシステムのモデル化と推論に関する研究

[研究代表者] 井上 克巳 (国立情報学研究所)

[研究担当者] 井上 克巳、沖本 天太 (神戸大学)、
Nicolas Schwind (人工知能研究センター)、
坂間 千秋 (和歌山大学)
(常勤職員1名、他3名)

[研究内容]

Topic #1: Formalization of Resilience in Constraint-Based Dynamic Systems.

Abstract: We were interested in building resilient systems that can absorb shocks and recover from damages caused by unexpected large-scale events. Existing approaches evaluate the resilience of systems from a qualitative viewpoint or are domain-dependent. Our work introduces a general, abstract computational model rich enough to represent a large class of constraint-based dynamic systems. Based on a thorough review of the literature, we proposed a simple property capturing the main features of resilience independently from a particular application domain, and showed how to assess the resilience of a constraint-based dynamic system through this new resilience property. We have shown the applicability of our resilience property on a real-case resilience scenario.

Topic #2: Dynamics of Opinion in Social Networks for Brand Crisis Management.

Abstract: We considered the problem of opinion propagation in a group of communicating agents, modeled in the framework of Belief Revision Games (BRGs), i.e., social networks each agent expresses her opinion through a formula and revises her opinion at each step by considering the opinions of her acquaintances. In a brand crisis situation, one may want the agents to reach a consensus w.r.t. some specific brand's goal, or on the contrary to avoid some piece of belief to be unanimously accepted; and a way to reach such goals is to take control of a certain set of agents. We have focused on the non-trivial, key question asking what belief should be assigned to some controllable agents.

Publication List for FY2016:

Journal Paper:

1. Nicolas Schwind, Morgan Magnin, Katsumi Inoue, Tenda Okimoto, Taisuke Sato, Kazuhiro Minami, Hiroshi Maruyama. Formalization of Resilience for Constraint-Based Dynamic Systems. *Journal of Reliable Intelligent Environments*, 2(1), pp. 17-35,

2016. DOI: 10.1007/s40860-015-0016-0.

International Conference Papers:

2. Nicolas Schwind, Katsumi Inoue, Gauvain Bourgne, Sébastien Konieczny, Pierre Marquis. Is Promoting Beliefs Useful to Make Them Accepted in Networks of Agents? In *Proc. of the 25th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'16)*, pp. 1237-1243. ISBN: 978-1-57735-770-4.

3. Nicolas Schwind, Katsumi Inoue, Gauvain Bourgne, Sébastien Konieczny, Pierre Marquis. On Opinion Control in Belief Revision Games. *The 30th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence (JSAI'16)*.

4. Hayato Uraji, Tenda Okimoto, Nicolas Schwind, Katsutoshi Hirayama, Katsumi Inoue. A Study for Identifying Influential Agents in Distributed Constraint Satisfaction Problem. (in Japanese). *The 30th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence (JSAI'16)*.

Book Chapter:

5. Nicolas Schwind, Kazuhiro Minami, Hiroshi Maruyama, Leena Ilmola, Katsumi Inoue. Computational Framework of Resilience. In *Urban Resilience: A Transformative Approach*. Yashiki Yamagata, Hiroshi Maryama (Eds.) Springer, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-39812-9.

[領域名] 情報・人間工学

[キーワード] Systems Resilience, Dynamic Systems, Resilience Metrics, Opinion Propagation.

[研究題目] ロボット聴覚の実環境理解に向けた多面的展開

[研究代表者] 佐々木 洋子 (人工知能研究センター)

[研究担当者] 佐々木 洋子 (常勤職員1名)

[研究内容]

ロボット自身に装備された耳 (マイクロホン) で聞く「ロボット聴覚」では、混合音から音響事象を認識し理解するという音環境理解の立場から、(1) 混合音からの音源定位、(2) 音源分離、(3) 分離音認識、の3つの要素技術に取り組んできた。音環境理解では、さらに「どこでどんな音がするか」という時空間的な音理解機能を備えることが重要である。本研究では、我々がこれまでに提唱してきたモバイルオーディション機能を発展させ、ロボットが動きながら3次元空間中で音を捉える技術の開発とこれを用いた環境の音地図作成・人間の発見・生活行動のモデル化の研究を行う。

プロジェクト最終年度となる2016年度は、これまでに取り組んだ各種認識機能の視聴覚統合を進め、様々な

移動ロボットから3次元空間中の音を捉える3次元音源地図作成を実現した。イベント会場での人の動きと周囲の音の可視化、自然環境で3D 地図上に野鳥の鳴交情報表示、災害環境を想定した四脚ロボットによる音源探査など、様々な環境に実装し、技術展開を進めるとともに、その効果を示した。これらの視聴覚統合3次元音源地図作成技術を国際会議や論文誌で発表した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】ロボット聴覚、音環境理解

【研究 題目】配列解析によるミトコンドリア由来オルガネラにおける品質管理因子の網羅的探索

【研究代表者】今井 賢一郎（人工知能研究センター）

【研究担当者】今井 賢一郎、深沢 嘉紀、小田 俊之、富井 健太郎（常勤職員2名、他2名）

【研究 内容】

本研究は、ミトコンドリア及びミトコンドリア関連オルガネラ（MRO）を持つ生物種がミトコンドリア品質管理関連因子をどれほど維持しているかを調べ、ミトコンドリアの品質管理機構の進化及び MRO の品質管理機構を明らかにすること目的としている。まず、開発した膜タンパク質予測法を用いた MRO の品質管理機構の新規因子候補探索と共同研究における実験的検証によって、赤痢アメーバの MRO や小胞体局在するに系統特異的膜タンパク質を発見することができた。これらの機能と品質管理機構との関連性についてはさらなる解析が必要である。また、ミトコンドリア及び MRO のタンパク質輸送複合体（TOM 複合体、TIM23複合体）の進化解析でも成果が得られた。真核生物54種に対するタンパク質輸送複合体のサブユニットの精密なオルソログ解析を行い、Last eukaryotic common ancestor (LECA) における TOM、TIM 複合体の原始モデルを推定した。このモデルをベースに系統解析、祖先配列推定、構造予測、ブレ配列欠損/獲得推定などを用い、TOM、TIM23複合体、ブレ配列を持つ遺伝子の進化解析を行ったところ、輸送複合体は、収斂進化や遺伝子のマイグレーションによって巧みにサブユニットを獲得することで多様な進化を行っていることがわかった。また、輸送複合体の進化は、ブレ配列を用いた輸送機構を維持するかどうか束縛条件となっていることもわかった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ミトコンドリア、ミトコンドリア関連オルガネラ、進化、品質管理、タンパク質輸送

【研究 題目】リレーショナル化学災害データベース

【研究代表者】和田 有司（安全科学研究部門）

【研究担当者】和田 有司、牧野 良次、若倉 正英、中島 農夫男、伊藤 貴子、鈴井 真紀、

阿部 祥子（常勤職員2名、他5名）

【研究 内容】

「リレーショナル化学災害データベース」は、継続的に化学関連災害を収集し、公開することを目的としているデータベースで、化学災害に関連した物質の危険性データへのリンクや文字情報以外のプロセスフロー図、装置図、化学反応式等の付帯情報（画像情報）へのリンクを持ち、利用者が利用しやすいように最終事象、装置、工程、推定原因、被害事象を専門家によって階層化されたキーワードで分類し、教訓を持つことを特徴としている。また、一部の事例には産総研で開発した事故分析手法 PFA によって事故を分析した結果である事故進展フロー図がリンクされ、利用者がより簡便に深く事故を理解できるように工夫されている。

本研究では、日々化学災害事例の収集、分析を行い、事故の概要文を作成した約200件の事例について、関連化学物質の抽出作業および各キーワードによる分類作業を行いながらデータベースへの登録、公開を行った。また、事故分析手法 PFA の結果である事故進展フロー図約10件を Web で公開するフォーマットに整える作業を行い、データベースに登録、公開を行った。

公開 URL : <https://riscad.aist-riss.jp>

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】リレーショナル化学災害データベース、RISCAD、事故分析手法 PFA、事故進展フロー図、教訓

【研究 題目】An adjoint functors approach to models of cognition

【研究代表者】Phillips Steven（人間情報研究部門）

【研究担当者】Phillips Steven、武田 裕司（自動車ヒューマンファクター研究センター）
（常勤職員2名）

【研究 内容】

認知の二重プロセスに関する理論は、2つのタイプの認知プロセスを仮定する。ひとつは、速く、努力を要さない認知プロセス、もうひとつは、遅く、努力を要する認知プロセスである。圏論によると、認知の二重プロセスは一對の随伴関手（adjoint functor）によって説明できる。しかし現在のところ、選択可能な2つの認知プロセスのなかから一方の認知プロセスが選択される原理は明らかにされていない。これについて我々は、最もコストが小さい認知プロセスが選択されるという、最小コスト仮説を提案した。この仮説を検討するため、一對の刺激を画面の右と左に呈示する、画面分割パラダイムを用いて実験を行った。

実験では、参加者は視覚探索課題を行った。課題では、2つの探索フィールドが画面の右と左に一つずつ、同時に呈示された。各探索フィールドには、1つの標的刺激と複数の非標的刺激が含まれていた。参加者の課題は、

どちらか一方の探索フィールドを選択し、その中から標的的刺激を検出することであった。各探索フィールドにおける標的的刺激検出の難度を操作し（低難度・高難度）、課題成績と課題中の眼球運動を分析した。その結果、実験参加者は、標的的刺激が一つの刺激特性によって決定されている場合に、より難度が低い探索フィールドを選んで課題を遂行することが示された。一方、標的的刺激が複数の刺激特性によって決定されている場合には、難度に基づいた探索フィールドの選択は生じなかった。これらの結果から、文脈化された最小コスト仮説が支持された。つまり、選択可能な認知プロセスの評価にかかるコストが低い場合にのみ、最もコストが小さい認知プロセスが選択されることが示された。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】圏論、視覚的注意、コスト-ベネフィット、二重プロセス

【研究 題目】食品廃棄物を循環利用するエネルギー・物質の製造技術の開発と導入効果の検討

【研究代表者】三村 直樹（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】三村 直樹、佐藤 修、藤原 正浩（常勤職員3名）

【研究 内容】

本研究は、食品廃棄物を原料として、エネルギーと物質を製造する化学的物質変換の基盤技術を新たに構築し、食料生産現場に持続的なエネルギーと物質を供給する、循環利用社会モデルの設計と提案を行うことを目標とする。本課題では、異分野の研究者が協調・協力して、それぞれ得意とするアプローチ手法をもって課題に取り組み、融合的な体制のもと「技術開発」と「導入・普及シナリオの策定」の両面から研究を行い、目標達成を目指す。

主な研究計画は、以下の3項目である。

- (1) 食品廃棄物から水素やプロパン・ブタン等の燃料ガス、およびアルケン類・芳香族などの化成品（プラスチック等）原料を製造する、エネルギー・物質の製造技術の開発
- (2) 国内外に存在する食品廃棄物の賦存量調査と回収率向上策の検討、および開発技術を社会に向けて展開するための、導入普及施策の検討
- (3) 課題（1）、（2）を基にしたエネルギー・物質の循環マップの作成と、CO₂削減効果の検討

平成29年度の進捗は以下の通りである。

ジメチルエーテルからの炭化水素合成において有機ジシラン化合物を用いて表面修飾したゼオライトを触媒として用いることで、非修飾のゼオライトに比較して最大2倍以上のプロピレン収率を得た。

食品廃棄物のモデルとして「おから」を用いて超臨界ガス化反応を実施した。その結果、市販のルテニウム

-活性炭素触媒を使用する超臨界反応条件（673K）で120分の反応後に完全にガス化されることが明らかになった。

実際の食料循環の現場、そして、それに用いられている技術（メタン発酵法、ディーゼル発電等）を調査した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】食品廃棄物、触媒反応、CO₂削減

【研究 題目】マルコフ連鎖モンテカルロ法の挙動に基づくベイズ推定におけるモデル選択手法の開発

【研究代表者】永田 賢二（人工知能研究センター）

【研究担当者】永田 賢二（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究では、マルコフ連鎖モンテカルロ（MCMC）法の挙動や緩和過程に基づいたベイズ推定の新たなモデル選択法の開発を行う。平成28年度では、昨年度新たに定義したベイズ比熱の有効性を検証するシミュレーションを行い、それらの結果をまとめることに注力した。その結果のひとつとして、スペクトル分解のベイズ推定アルゴリズムにおいて、従来では用いるピークの個数を推定するモデル選択法を組み込んでいたが、これに加えてデータに重畳されるノイズのレベルも同時に推定する枠組みの開発に成功した。また MCMC 法をモデル選択に用いる計画を超えて、用いるデータの効率的な生成法についての開発も行った。対象としては、非制限ハートリーフォック計算により得られるスピン配列に対するエネルギーの値を、イジングモデルなどの古典的な有効モデルにより表現するベイズ推定の枠組みに適用した。推定自体は線形モデルで表現されるため解析的な枠組みの導出が可能であるが、用いるデータをいかにして生成するかが鍵となる。理想としては、全ての考えうるスピン配列の状態でエネルギー計算をすればよいが計算量が膨大になり現実的ではない。この問題に対し、MCMC 法を利用することで効率的にデータを生成する方法を提案した。また、マルチヒストグラム法を活用することで、本来全状態探索により得られる分布の類似度が高くなるように修正することも成功した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】マルコフ連鎖モンテカルロ法、ベイズ推定、モデル選択、スペクトル分解、有効モデル抽出

【研究 題目】構造体健全性診断のための超音波伝搬可視化法による定量的非破壊評価

【研究代表者】山本 哲也（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】山本 哲也（常勤職員1名）

【研究 内容】

大型構造物やエネルギープラント、輸送機、各種部

材等への高速・高精度な非破壊評価手法の開発が期待されている。本研究では、パルスレーザーにより励起された超音波による伝搬可視化動画像を利用した非破壊検査手法に関する研究や、極めて長い金属円管でも瞬時に欠陥の有無が判別できるマイクロ波を利用した手法等に関して研究を行っている。

最終年度である本年度は、これまで実施してきた金属材料における欠陥検出法の確立に向け、マイクロ波を用いた検査手法に関して実験的検討を行った。具体的には、これまで主に金属円形パイプ給電回路等の計算による最適化に関して議論を行ってきたが、本年度は当該円管の内部にマイクロ波を給電するための立体回路の最適設計に加え、プロトタイプを試作・測定までを行った。周波数としては、これまでの研究においては11 GHz帯で最適化を行ってきたが、測定に際して取扱いやすさを考慮し、より低い周波数帯として5 GHz帯を選択した。様々なパイプ径に対して反射特性が最適となる中心導体（センターピン）の長さを決定した。さらに、外導体内径の形状をステップ状に変化させた広帯域構造に関しても最適なパラメータの導出を行った。導出されたパラメータを実際に適用してプロトタイプ（モックアップ）を作製し、ベクトルネットワークアナライザにより測定を行った。その結果、計算値と実験値が一致することを確認した。所望の周波数において適切に反射が抑圧され、良好な透過特性が得られることを確認した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】非破壊計測、波動伝搬、劣化予測・診断、可視化

【研究 題目】水蒸気を水素・酸素源として利用する重質炭化水素の軽質化技術の開発

【研究代表者】麓 恵里（創エネルギー研究部門）

【研究担当者】麓 恵里、柿沼 敏弘
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

在来型原油を石油精製する過程で副生する残油や、カナダのオイルサンドピチュメン等の重質油は、有用な軽質油へ転換する際、水素の添加が有効である。しかし水素は高価であるため、本研究では水蒸気を水素・酸素源として利用する重質油の軽質化技術開発のため、ジルコニアとアルミナを含む酸化鉄触媒を用いて中東系常圧残油の接触分解を行った。本反応では、酸化鉄触媒の格子酸素を介して水蒸気由来の酸素種と重質炭化水素が反応する酸化分解反応によって、軽質油や二酸化炭素、少量の残渣が生成する。水蒸気から酸素種が生成するとき、同時に水素種が生成し、この水蒸気由来水素種は軽質炭化水素や残渣等の生成物へ組み込まれると考えられる。ジルコニアは水蒸気からの酸素種と水素種の生成を促進する働きを示し、触媒のジルコニア含有量が増加すると軽質油の生成量が増加する。アルミナは触媒の安定化の

ために導入した。

残油の分解反応では、分解された重質炭化水素の一部が再結合し、炭素残渣が生成する。しかし、残油の接触分解反応を2～6時間の範囲で行った際、減圧残油分解活性に大きな変化はなかった。触媒上の炭素残渣の堆積を透過型電子顕微鏡により観察した。その結果、炭素残渣が堆積している部分と堆積していない部分を確認した。それぞれの部分の元素組成分析を行った結果、炭素残渣が堆積している部分ではジルコニウムとアルミニウムの存在割合が比較的多かった。一方、炭素残渣が堆積していない部分では酸化鉄が主成分であり、重質炭化水素の酸化分解反応が進行し、炭素残渣の生成が抑制されて安定な触媒活性を示したと考えられる。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】重質油、酸化鉄触媒、水蒸気

【研究 題目】ゲノム解析と培養試験による海洋のメタン酸化微生物群の共生機構の解明

【研究代表者】竹内 美緒（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】竹内 美緒（常勤職員1名）

【研究 内容】

微生物間共生は、他分野において重要視されつつある。近年の研究によりメタン酸化細菌とメタノール酸化細菌が多くの環境中で共存していること、メタンに由来する炭素が多く割合で、メタノール酸化細菌に移行していることが明らかになってきた。これはクロスフィーディング、と言われているが、その詳細な機構は明らかになっていない。本研究ではこの解明を目的とした。

これまでの年度では、海底堆積物から得たメタン酸化共生系から3種類の微生物を分離した。新属新種の通性メチロトロフ、*Methyloceanibacter caenitepidi* Gela4 (Takeuchi et al., 2014a)、従属栄養細菌である*Tepidicaulis marinus* (Takeuchi et al., 2015) の他、メタン酸化細菌 *Methylocaldum marinum* S8である (Takeuchi et al., 2014b)。またそれぞれについて、完全あるいはドラフトゲノム情報を解読した。今年度は、メチロトロフである Gela4株について、トランスクリプトーム解析 (RNA-Seq) を実施した。

Gela4株のメタノトロフとの共生時の代謝経路を明らかにするため、メタノールを基質とした単独培養時、S8株との共生培養時（炭素源はメタンのみ）について、発現遺伝子比較を行った。どちらの条件においてもメタノール酸化に関わる *mx* オペロンが多く発現しており、共生時にはメタノールが主要な Gela4株の基質になっていることが示された。また、単独培養時と比較し、共生培養時には、約半数の遺伝子が発現を増減させており、EMC 経路を利用していることが示唆された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】微生物間共生、メチロトロフ、メタノトロフ、メタン、クロスフィーディング

〔研究題目〕 動画像による形状予測に基づく変形物体の追跡手法の研究

〔研究代表者〕 西田 健次（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 西田 健次（常勤職員1名）

〔研究内容〕

対象追跡は、コンピュータビジョンの主要な適用例であり、特に自動車などの大きくは変形しない物体に対する追跡手法は、ほぼ確立されていると言って良い。一方、人間のように変形を伴う物体の追跡に関しては、変形に対して不変な特徴を用いて追跡を行う例が多く、サッカーのようなチームスポーツ、あるいは、群衆などの、類似の特徴量を持つ複数の対象が近接して存在するような状況においては、追跡を行う対象とそれ以外の対象を弁別することが難しく、有効な追跡手法は確立されていない。近接する類似の特徴量を持った対象と目的の対象を弁別するために、対象の移動軌跡を利用する手法が考えられるが、前述のチームスポーツのような状況では、対象（選手）同士の隠れなどの影響により、移動軌跡の推定自体が困難となる。そこで、追跡対象が変形物体であることを利用し、対象固有の変形の時系列を検出し、それを特徴量として目的の対象の位置を同定する手掛かりとする。これにより、従来、追跡が困難であった類似の特徴を持つ変形物体が複数存在する状況での対象追跡が可能となる。そのためには、対象の形状変化の予測と形状変化に基づいた追跡の二つの手法の確立が必須となる。

本研究では、変形物体の形状変化をより正確に予測し、その変形予測をもとに似たような特徴量を持つ集団の中から、目標とする対象を識別し追跡する手法を確立することを目的とした。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 パターン認識、コンピュータビジョン、トラッキング

〔研究題目〕 自己選択による意思決定情報の可視化と解説

〔研究代表者〕 松本 有央（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 松本 有央、設楽 宗孝（筑波大学医学医療系）（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

報酬獲得のための行動決定を調べるために、報酬までの労働負荷と報酬量の組み合わせを選択する行動決定課題を2匹のサルにトレーニングした。この課題では、最初に、報酬までの労働負荷と報酬量の組み合わせを選択する行動決定課題を行う。まず、3段階の報酬量と3段階の仕事を示唆する9種類の選択肢から2つをサルに提示する。選択肢の明るさがもらえる報酬量を表し、長さが報酬をもらえるまでに必要な試行数を表す。サルがチェアの中央のバーを握れば課題が始まり、初めに一つの選択肢が画面の中央に表示される。その後、も

う一つの選択肢が画面の中央に表示される。さらにその後、表示された2つの選択肢が画面の左右どちらかの場所にランダムに同時に表示される。サルが左右のバーのいずれかを握れば、対応する選択肢が選ばれ、選ばれた選択肢のみが表示される。行動決定課題終了後に、実際にサルが選んだ選択肢が示す視覚弁別課題を行う。

これまでの結果より、行動決定課題実施中に、眼窩前頭皮質から記録されたニューロンは始めに提示された選択肢と次に提示された選択肢に対する応答の組み合わせによって3種類に分類された。また、行動決定課題のサルが実際に選択する期間では、最初に提示された選択肢と次に提示された選択肢の両方の情報を足した情報をコードすることが分かった。さらに、ニューロン活動を記録した脳部位をムシモルにより一時的に不活性にした結果、行動決定課題遂行時のサルの誤答率および選択の反応時間が増大した。最終年度では、GLMを用いてそれぞれのニューロン活動から選択を予測できるか調べ、30%のニューロンが正しく予測できた。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 意思決定、行動選択、報酬量、負荷量

〔研究題目〕 色覚バリアフリー照明の高性能化と試作に関する研究

〔研究代表者〕 田村 繁治（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 田村 繁治、伊藤 納奈、茂里 康、中川 誠司（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

本課題は、日本人の320万人（男性が99%）が色覚に障がいを持つことを鑑み、正しい色情報を認識することを可能とするための、色覚バリアフリー照明のスペクトルをシミュレータによる模擬実験、協力者による被験者実験によって求めることを目標とする。

具体的には、人間工学実験を通じて、照明スペクトルの効果を網羅的に調べると共に、P型（1型）色覚者に対する効果、D型（2型）色覚者との違いについても、人間工学実験のみならず、理論的（CIE $L^*a^*b^*$ 色空間を利用）にも考察する。観察対象として、石原式色覚検査表（国際版38表の中の一般色覚者のみが正確に認識できる15枚）、SPP-1先天性色覚検査表の15枚を使用した。前者は世界標準であることから、また、後者はPanel D-15の配色を利用しており前者とは異なる知見が得られる可能性が期待できるからである。光源として、10cm角の場所に10×10（合計100個）のLEDを配置したものを使用した。光源は各実験において2台使用し、7種類の波長（450, 470, 525, 590, 605, 630 and 660 nm）における全ての組み合わせ28通りとした。

その結果、色覚障がい者の色覚検査表に対する誤答率を低下させるためには、赤色光の照射が必要であること、D型（2型）色覚者と比較してP型（1型）色覚者の方がその傾向が大きいことが解かった。しかし、赤色光の

みの照射では色が赤色に偏り、一般色覚者にも見にくいので、一例として日常使用される波長630 nmの赤色光について、赤色光の単独使用の場合、他方の光源が黄色光(590 nm)、緑色光(525 nm)および青色光(470 nm)の場合についての結果を理論的(CIE L*a*b*色空間を利用)に4枚の検査色表考について考察した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕色覚障害、色覚バリアフリー、照明スペクトル、バリアフリー照明

〔研究題目〕価数スキップ揺らぎによる新超伝導体の理論設計

〔研究代表者〕長谷 泉(電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕長谷 泉、柳澤 孝(常勤職員2名)

〔研究内容〕

自然界には特定の価数を選択的に排除する「価数スキップ元素」が存在する。その元素に不安定な価数を強制的にとらせることで大きな電荷揺らぎが発生し、電荷密度波や超伝導状態が生じる。超伝導状態を実現させるためには競合する電荷密度波を壊す必要があるが、今回我々は元素の化学置換によって電荷密度波を壊すことが可能であることを、価数スキップモデル物質 SnX₃ (X=Br,I) および Cs (Pb,Tl) I₃の第一原理計算によって示した。特に後者はペロブスカイト型太陽電池材料の一種である CsPbI₃と関係が深く、しかもその電子状態は価数スキップ超伝導体 Ba (Pb,Bi) O₃と類似していることが判明した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕価数スキップ、電荷揺らぎ、超伝導、第一原理計算、金属絶縁体転移

〔研究題目〕光ナノ複合材料による健康阻害ガスセンサに関する研究

〔研究代表者〕安藤 昌儀(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕安藤 昌儀、茂里 康(常勤職員2名)

〔研究内容〕

オゾンガスセンサ機能を発現する、セレン化カドミウム(CdSe)系のコアと硫化亜鉛(ZnS)等のシェルからなるコアシェル型量子ドットの薄膜について、蛍光強度変化のオゾン濃度依存性解析等により、メカニズムの解明を進めた。粒径が小さく表面原子の比率が高い緑色発光量子ドットは低濃度オゾンに対して高感度を示し、0.1 ppmのオゾンを検知可能であるが、10 ppmを超えるオゾンに対しては可逆性が不完全となる。これに対して、粒径が比較的大きく安定性の高い赤色発光コアシェル型量子ドットは空気中の1~500 ppmの広い濃度範囲のオゾンに対して可逆な応答を示す。赤色発光CdSe/CdZnS コアシェル型量子ドット薄膜の蛍光強度とオゾン濃度の関係を詳細に調べ、Stern-Volmer プロットにより解析した結果、動的消光と静的消光の両機構

が共存していることが示された。量子ドット内部の電子と吸着オゾンの反応、あるいはオゾンの吸着による量子ドット表面欠陥の活性化が蛍光消光の原因と推定した。

平成29年度では、独自に構築した蛍光利用型光学式ガスセンサ評価装置を用いて、従来ほとんど研究されていなかった量子ドットのガスセンサ機能について重要な新しい知見を得た。具体的には、CdSe系コアシェル型量子ドットの蛍光変化により、室温・大気圧で、オゾン、あるいは、アルキルアミンのようなVOC等の健康阻害ガスを光学的に検知できることを実証し、そのメカニズムの一端を解明した。このように、蛍光量子ドットの新しい光・表面機能開拓に貢献した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕健康阻害ガス、光学式ガスセンサ、オゾン、揮発性有機化合物、光ナノ複合材料、量子ドット、蛍光

〔研究題目〕フェーズフィールドモデルに基づくマイクロ多孔質体内相変化二相流計算法の開発

〔研究代表者〕高田 尚樹(集積マイクロシステム研究センター)

〔研究担当者〕高田 尚樹、松本 純一、井上 朋也、竿本 英貴(常勤職員4名)

〔研究内容〕

本研究の目標は、地質・エネルギー・環境・製造分野の様々な問題に見られる、微小スケールの空隙が不規則に連なる多孔質媒体の内部で気体・液体・固体等複数の相が相変化を伴い混在して流れる複雑な流動現象について、従来よりも高精度・高効率に予測可能なシミュレーション手法と計算コードの開発である。

計画最終年度の本年度は、フェーズフィールドモデルと格子ボルツマン法を採用して研究者が提案してきたシミュレーション手法の基本性能をより詳細に検証し、次の主要な結果を得た。

- ① 固体表面上の液滴の滑落のシミュレーションで、表面の微細凹凸構造が液滴の動きを遅らせるピン止め効果が再現され、実際の現象の接触角ヒステリシス(接触角が前進側で平衡状態よりも大きく、後退側で小さい)に表面構造が関与する可能性を示した。
- ② 深さと幅が各々100マイクロメートルの正方断面の流路が直交する混合デバイス内の水-油二相流動のシミュレーションで、実験同様、流入する油が上下各方向から流入する水と合流後に下流へ押し切られて油滴が形成されることを確認した。

上記を含め研究期間全体で得た結果から、従来は困難だった微小スケールの二相流現象の高精度・高効率な予測が、本手法によって今後実施されることが期待できる。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕マイクロ流体デバイス、濡れ性、表面改

質、コンピュータシミュレーション

【研究題目】通信波長帯動作するサブバンド間遷移フォトダイオードの開発

【研究代表者】 牛頭 信一郎（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 牛頭 信一郎（常勤職員1名）

【研究内容】

光ファイバによる光通信では、光の3自由度：波長・位相・偏波を有効活用し、それらの多重化によって伝送容量を増大してきた。情報通信量の増大により、今後は更に多重度を増やすことが必要な状況で、集積デバイスの研究が盛んである。しかし、偏波を集積デバイスで扱うのは難しい。そこで本研究では、集積可能な受光器で偏波を見分けることが可能なデバイスの開発を目指している。集積デバイス作製を念頭に置き、材料系は光アクティブデバイス作製に適した InP（インジウム磷）系の III-V 族化合物半導体を採用した。偏波依存性はサブバンド間遷移の利用によって達成する。最終年度の本年は、一昨年度までに作製したサンプルの基礎特性評価や受光実験を行った。基礎特性評価では、結晶成長時に発生する相互拡散により量子井戸バンド構造が変調し、絶対的な量子準位が変わることを明らかにした。この相互拡散は成長温度を下げることによって抑制できるが、結晶性も同時に悪くなるため、用途に応じて最適な成長温度を用いるか、量子準位の変化を見越した設計が必要であることがわかった。受光実験では室温動作を目指し量子カスケード構造の評価を行ったが、明瞭な受光信号は観測できなかった。同時並行して行っていた基礎物性評価から、絶対的な量子準位の変調が予想されており、この影響を受けたと考えている。なお、基礎物性評価の結果をまとめて論文投稿も行った。

【領域名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 サブバンド間遷移、光受光器、偏光依存性

【研究題目】側頭葉顔ニューロンにみられる時間的情報コーディングの神経機構の解明

【研究代表者】 菅生 康子（人間情報研究部門）

【研究担当者】 菅生 康子、松本 有央（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究の目的は、顔を識別するための神経基盤と考えられる、側頭葉ニューロンによる顔画像情報の時間的情報コーディングの神経機構を明らかにすることにある。時間的情報コーディングは、下側頭皮質の神経発火に、顔の大きな分類（サルかヒトか）が詳細な分類（個体や表情）より時間的に早くコーディングされている現象として観察できる。その神経機構を明らかにするため、サル下側頭皮質の顔領域（前部顔領域）とそれより後方に位置する情報の入力源（後部顔領域）を特定し、それら領域で顔画像に対するニューロン活動の時間的パターンを観察

し、そこで表象される情報の時間的情報コーディングを調べる。

本年度は、多電極アレイを3個、TE 野の後部から前部に埋め込み、神経細胞活動の記録を開始した。

【領域名】 情報・人間工学

【キーワード】 顔識別、側頭葉、ニューロン

【研究題目】パターン認識のための特徴量変換に関する研究

【研究代表者】 小林 匠（知能システム研究部門）

【研究担当者】 小林 匠（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、認識システムの性能を向上させるために、画像や動画から抽出された特徴量を認識に有効な形式へと変換する新たな方式に関するものである。

本年度は、一般の特徴量に対する変換として、不変性に着目した変換手法に関する研究を行った。例えば動画中の人間の行動を識別対象と考えると、カメラの向きや対象となる人物の動作方向が逆転することにより、左右反転といった変動が頻繁に生じる。そのような変動が生じた動画では、そこから抽出される局所特徴量もその変動の影響を大きく受けてしまい、識別性能の低下を招いてしまう。そのため、特に動画では左右反転に対して「不変な」（＝特徴量の値が変わらない）特徴表現が必要となり、ここではそのような不変表現を特徴変換の枠組みで実現する技術を開発した。一般の局所特徴量として、従来から広く用いられる人手により設計された Hand-crafted 特徴量や、近年注目を集める深層学習による畳み込みニューラルネットワークを用いた学習的に獲得される特徴量も対象とし、開発した技術はそれら異種の特徴量に対しても統一的に適用可能となっていることに大きな特色がある。数理的観点から不変性の表現を固有値問題へと定式化し、固有値問題を解くことで得られる固有ベクトル及び固有値を利用することで変換を実現した。ここでの実際の変換は線形演算で記述されるため、低計算コストで変換が可能となる実用上も効率の良い技術となっている。動画に基づく行動認識タスクにおいて、開発した変換手法を適用することによる性能向上も定量的に示すことができた。

【領域名】 情報・人間工学

【キーワード】 特徴変換、反転不変、固有値問題、パターン識別

【研究題目】異種音声単位と複数言語を用いた高分解能音声特徴空間の構築と応用の研究

【研究代表者】 李 時旭（知能システム研究部門）

【研究担当者】 李 時旭、伊藤 慶明（岩手県立大学）
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

最近の深層学習技術は多種多様な音声より高次元の

特徴空間でモデル化できるため、音声信号処理の分野においても飛躍的な性能向上が報告されている。しかし、殆どのシステムがまだ単一の音声単位を基に構築されるため、膨大なデータを用いても音声の多様性を十分にモデル化できない問題が存在する。その解決策として、音声の多様性を十分にモデル可能な高分解能の音声特徴空間を、複数の異種音声単位を用いて構築することを目的として本研究を行っている。

過去2年間の研究で、正規分布を用いた生成モデル、単純なフィードフォワードニューラルネットワーク、そしてより高い性能が報告された LSTM-RNN (Long short-term memory Recurrent neural network) の再帰的な時系列モデルまで、本研究の異種音声単位に基づく高分解能の音声特徴空間が効果的であった成果を基に、今年度は複数システムの多様な出力を効果的に統合するアルゴリズムの開発に重点を置いた研究を行った。

具体的には複数システムの統合における知識蒸留 (knowledge distillation) の概念を導入した。異種音声単位の複数システムの事後確率を効果的に統合する手法を確立するため、ニューラルネットワークの最終層であるソフトマックスレイアの前後の段階でスコアヒュージョンを試した。従来手法の算術・幾何・調和平均や線形補間などと比較して事後確率の上限付き合計値によるスコアヒュージョンが最高性能である結果を得た。その研究成果は音声分野の主な国際会議である INTERSPEECH2018 で採択された。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 音声認識、異種音声単位、多言語処理

【研究 題目】 交通流映像とセルオートマトンに基づく新たなドライバモデリング手法の確立

【研究代表者】 山崎 啓介 (人工知能研究センター)

【研究担当者】 山崎 啓介 (常勤職員1名)

【研究 内容】

運転行動のモデル化は自動運転などへの応用から近年注目を集めている。本研究の目的は、定点カメラによる交通流の動画とセルオートマトンからドライバモデルを構築する全く新しい手法を確立することである。動画データの取得が容易であることと、セルオートマトンの最適化に数理統計学の手法が活用可能なことから、車載センサーの情報を基にした従来法の欠点を克服し、汎用性と信頼性の高いモデルの構築が期待できる。平成28年度は交通流を表すセルオートマトンにおいてパラメータを推定する課題に取り組んだ。具体的には Totally Asymmetric Exclusion Process と Zero Range Process (ZRP) と呼ばれる2種類のモデルについて検討を行った。双方のモデルにおいて実際の交通流を模倣する際に必要となるのは運転方法の異なるドライバーの種類がデータ中にいくつ混在しているかを知ることである。クラスタリングの手法を応用することで種類の数を推定する

課題に取り組んだ。特にベイズクラスタリングの適用に注力し ZRP において変分ベイズ法を用いてパラメータを高精度かつ高速に求めるアルゴリズムを考案した。また運転行動データを基に道路領域のクラスタリングを行った。この結果をセルオートマトンの設計に用いることで、より現実的な交通流のモデリングが可能となる。さらにセルオートマトンの形状とアルゴリズムの関係を調査するため、3次元セルオートマトンへの拡張を行った。3次元空間での渋滞としてドローンのモデルを提案し、飛行データから飛行規則のクラスタリングを行うアルゴリズムを提案した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 渋滞学、ベイズ統計、交通流の統計学

【研究 題目】 予約取引と現物取引を融合した市場メカニズムの提案

【研究代表者】 宮下 和雄 (人間情報研究部門)

【研究担当者】 宮下 和雄 (常勤職員1名)

【研究 内容】

平成29年度は、様々な観点から現物取引と予約取引を融合した市場において、商品価値の時間的変化に対応した収益最大化メカニズムの洗練化を行った。具体的な研究内容を以下に示す。

(1) 現物取引と予約取引を融合した市場モデルの提案

多数のセラー、バイヤーがダイナミックに参加、退出する生鮮取引のオンライン市場において、既に生産された後の財の現物取引に関しては、従来の生鮮市場と同様にバイヤーのみが購入希望価格を入札する片方向オークションを実施し、一方未だ生産前の財の予約取引に関してはセラーも同時に販売希望価格を入札する双方向オークションを採用するハイブリッドな市場において、取引参加者や取引内容に関して様々な制約を設けることで単純化した市場モデルを構築した。

(2) マルチエージェントシミュレーションに基づく市場メカニズムの評価

構築した市場モデルに基づき、市場メカニズムの挙動を模擬するシミュレータを設計、開発し、バイヤーに対して取引失敗時に様々なペナルティが課せられる市場において、多様な戦略的行動に基づいた入札者の行動をパラメータ化した上でシミュレートするソフトウェアエージェントの実装を行い、大規模マルチエージェントシミュレーションを行った。

(3) 市場メカニズムの有効性、頑健性の改善

上記のマルチエージェントシミュレーションに基づく評価結果を解析することにより、戦略的行動に対するメカニズムの頑健性や様々な取引状況におけるメカニズムの有効性を定量化するための評価尺度を開発することにより、市場メカニズムの設計に対する具体的な指針を与えた。それらの結果を踏まえ、メカニズムに対して容易に実施可能で有効な戦略的行動を無効化するよう改良

を加え続けることにより、取引参加者のモデルに制約を加えない現実的な取引状況においても、現物取引と予約取引が融合した市場において、取引失敗時にバイヤーに適切なペナルティを課すことにより、商品価値の時間的変化に対応した取引参加者全体の収益を最大化するメカニズムを実現した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 メカニズムデザイン、オンラインダブルオークション、マルチエージェントシミュレーション

〔研究題目〕 データマイニングにおける中立・公正性に配慮するデータ変換技術

〔研究代表者〕 神嶌 敏弘（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 神嶌 敏弘、赤穂 昭太郎
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本年度は最終年度であるので、研究をすすめてきた公平性制約と確率的行列分解を用いた独立性強化型推薦システム研究をまとめ、出版に注力した。加えて、独立性強化型推薦について今後の発展性を検討した。

まず、公平性制約項と確率的行列分解を用いた独立性強化型推薦システムについて述べる。これは、利用者がアイテムに与えるであろう評価値を予測する推薦タスクを対象としたものである。二つの分布の平均値のみを考慮するごく粗い近似により公平性を実装していたが、それに対して分布の二次以上のモーメントを考慮できる方法を2種類考案した。一つは正規分布間 Bhattacharyya 距離を用いたもの、もう一つは正規分布の交差エントロピーを用いたものである。分布の二次以上のモーメントを考慮できる利点を確認するための実験などを強化することで、その成果は機械学習における公平性の最初の国際会議である FAT*2018に採録された。

さらに、今後の発展性について調査するため、この行列分解手法について、利用者にとって価値のあるアイテムをなにかしら発見する別のアイテム発見タスクという別の推薦タスクへの適用可能性を調査した。利用者の価値に対しては独立性を保てるものの、利用者に提示した推薦リストについては独立性を保てない場合が生じうるという検証結果を得た。この点について改良を進める必要があり、今後の研究の方向性を得た。これについては、FATREC ワークショップにて発表を行った。

最後に、人工知能学会全国大会の招待講演などを通じ、機械学習における公平性についての知見を広めることに努めた。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 データマイニング、公平性

〔研究題目〕 機械学習と網羅シミュレーションによる MA 共有資源選択の効率化・安定化手法

の確立

〔研究代表者〕 野田 五十樹（人工知能研究センター）

〔研究担当者〕 野田 五十樹、山下 倫央
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究ではマルチエージェントの共有資源選択問題でのジレンマについて、理論的及び実践的な手法で分析を行い、ジレンマ解消に向けた基盤技術の確立を目指す。スマート社会の実現の中央制御型と自律分散型の2つアプローチの内、自律分散型を取り上げ、エージェントの利己性に起因する過度集中のジレンマを共有資源選択問題として定式化し、エージェント行動選択の側面と、情報提供など群全体への誘導方策の側面の、両面からジレンマ解消に資する手法の研究開発を行う。

本年度は、まずボトムアップアプローチでは、個々のエージェントの利得関数や行動選択ルールについて、特に Exploration 率と共有資源問題の関係について考察・検証を進めた。これをもとに、自律分散な制御方法にもかかわらず、系全体の平均利得と自らの平均利得を比較し、それに基づき Exploration 率を調整させる方法を提案・改良し、全体最適を達成できる方法を構築することができた。さらに、この手法について、理論的な側面からも考察し、本手法が安定して全体最適に向かって学習を進めることができることを示した。また、エージェント群全体の挙動について、高次元のパレート解曲面の形状に基づくデータ同化の観点から考察した。この考察から、解曲面と実データとの関係や距離により、パレート解の形状が異なることが示唆され、この形状の異なりにより系全体の挙動の推定可能性について推論できる可能性が示唆された。このことは、データ同化の可能性をパレート解の形状から判定する方法の可能性を示すものであり、いくつかの典型的な場合について、解形状の違いを分類できることが示した。

また、トップダウンアプローチでは、イベント時などの誘導路配置において、動的群集誘導モデルや二段階の誘導を用いた方法をシミュレーションで検討した。その結果、動的な誘導がシステム全体の最適化に寄与できる可能性があること、また、段階的な誘導が有効な場合が存在することを、具体的な地図を元に示すことができた。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 社会シミュレーション、人工知能、マルチエージェントシミュレーション

〔研究題目〕 高度なマニピュレーション作業における失敗からの回復技能の解明

〔研究代表者〕 中村 晃（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 中村 晃、永田 和之、原田 研介、山野辺 夏樹（常勤職員4名）

〔研究内容〕

本研究は、音響・映像機器、生活家電製品、計算機、

通信機器、輸送・搬送機器等の日常生活で利用される電気製品のロボットによる修理等で必要とされる非定型の高度なマニピュレーション作業を対象に、作業の階層化とエラーのクラス化を考慮したエラーリカバリー手法を適用することによって、失敗からの回復技能を解明し、作業の信頼性を向上させることを目的とするものである。

具体的には、(1) 電気製品のリペアを行うロボットシステムの構築、(2) エラー状態の分析、(3) 効率の良いエラーリカバリー経路の解明、(4) エラーリカバリーに適したセンシング方法の解明、という4つのテーマの研究を3年間で行う計画になっている。(1)についてはエラーリカバリーに適したハンドの設計および製作を行い、(2)～(4)についてはそれぞれの内容に対して主として理論的な解明を行う。

平成27年度(初年度)は(1)における2指ハンドの設計・製作を行い、平成28年度(2年目)は(2)～(4)のテーマについて研究及び発表を行ったが、平成29年度(最終年度)は電気製品等日常生活で利用される製品のリペアを行う実際のロボットシステムに適用できるよう、各々のテーマで導出した考え方を統合し理論の体系化を行った。それらについて論文発表と国際会議での発表を行った。

電気製品のリペアを行うロボットは複雑な作業を要求される。それゆえ、作業の失敗が比較的多く発生する。本研究テーマで導き出されたエラーリカバリーの理論は作業の失敗から回復するための新しいアイデアを提供するものであり、ロボットが行う難しい作業に対する信頼性の向上に貢献する。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕エラーリカバリー、リペアロボット、マニピュレーション、2指ハンド、グリッパ

〔研究題目〕複数物体の最密充填と安定性を制御する詰込みに関する研究

〔研究代表者〕音田 弘(知能システム研究部門)

〔研究担当者〕音田 弘(常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究は、物体同士が密に接触する詰込みの安定性解析とそれに基づく作業計画法について、作業の力学的解析とシミュレーションを元に最密充填と過渡状態の安定性を実現する詰込み手法の基礎を確立することを目的としている。最密充填詰込みの研究は主に離散幾何学や計算幾何学等で扱われてきた。しかし、実際にロボットで詰込みを可能とするには、ロボットで実現可能な条件(把持可能性)と過渡・最終状態の安定性を考慮した、複数の対象物の詰込みのための計画法が必要となる。物体同士が密に接触する詰込みの安定性解析とそれに基づく作業計画法を行うために、詰込まれた一つの対象物にどのような力が働くかを計測するセンサモジュールを開発し、過渡状態

・最終状態の力分布を計測する。触覚センサを対象物の表面上に配置したセンサモジュールを作成し、対象物の配置順序を変更しながら計測を行いその違いを計測する。この実際の測定値を得て、順序を変更した際の力分布の推移の計測を行う。摩擦のある場合の力分布は一般には一意に決まらず、不等式で表された区間等が求まるだけであるが、その範囲内での力分布の推定を、測定値を入れたシミュレーションによるモデル化により推測を可能とする。平成29年度の研究実績は以下の通りである。

1. 力分布変化と安定性を考慮した作業計画法の作成
力分布の変化と、それに基づく安定性を考慮して、円筒形の対象物の支えのモデル化を拡張し、多面体で表される対象物についても扱えるように拡張を行った。

2. 複数個のセンサモジュールによる詰込み順序を変更した際の力分布の計測

複数個のセンサモジュールを利用して、詰込み順序を変更した各詰込み手順について、力分布を計測した。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕マニピュレーション、ロボット、作業計画

〔研究題目〕地域生活者行動データプラットフォームを活用した高齢者福祉サービスの高度化

〔研究代表者〕山本 吉伸(人間情報研究部門)

〔研究担当者〕山本 吉伸、竹中 毅(以上、人間情報研究部門)、
渡辺 健太郎、福田 賢一郎(以上、人工知能研究センター)(常勤職員4名)

〔研究内容〕

民生委員は地域の独居高齢者の見守り事業を担っているが、どの高齢者の家に訪問するべきかは経験と勘に頼って決定している。そこで、独居高齢者の銭湯入浴ログを用いた異常検出の技術を作ることを目的にログ収集システムを開発、運用した。調査対象地域には全体で概ね100名の独居高齢者がおり、15ヶ月の観測を続けた。まず我々は、高齢者を母集団として毎日の入浴者数を予測するモデルを作成した。ステップワイズ法により約40個の変数から意味のない変数を削除していき、曜日、最高気温7分割、最低気温7分割、降水10 mm以上、降水30 mm以上、積雪あり、積雪10 cm以上、城崎温泉まつりでモデルを作成した。検証の結果、このモデルが高い推定能力を持つことを確認できた。次に、個人の行動の変化を察知する技術についても作成した。これは個人の行動変化が多様な事情で現れることに鑑み、福祉行政の担当者が判断可能なように視覚化することを目指したものである。しかしながら、観測期間中に体調不調などにより生活周期活動の乱れが観測された事例がなく、実体調査(高齢者の体調異常による生活の乱れがあったかどうかの調査)においても、生活に影響のある体調不調

を訴える事例は見つからなかったために技術の検証は不十分なまま期間を終了した。なお、調査技術開発を実施して特許申請を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 高齢者、みまもり、ビッグデータ、行動解析

〔研究題目〕 強太陽光環境下での塩素化ナフタレンの光分解挙動の実態把握

〔研究代表者〕 羽成 修康（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 羽成 修康、山下 信義（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究課題の目的は、PCB と同様に難分解性・高蓄積性を有し、残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約（POPs 条約）の対象物質である塩素化ナフタレン（PCN）の強太陽光環境下での光分解挙動を解明するために、実環境での太陽光照射試験及びウェザーメーターでの耐候試験を並行して行い、試験前後の PCN を二次元ガスクロマトグラフ質量分析計により異性体別分析し、分解経路等の実態を把握することである。この課題解決により、POPs 条約での議論に必須の物性やリスクプロファイルの知見を得ることだけでなく、POPs の環境中での挙動に関して再評価の必要性が高まると考えられるため、汚染源推定やリスク評価の高度化に繋がることが期待される。

当該年度は、米国（ハワイ州）及び中国（雲南省）での太陽光照射試験において、PCN の比較対照として用いた p,p'-DDT 及びγ-HCH の分析を実施した。p,p'-DDT は PCN 同様に光分解が確認されたが、γ-HCH は光分解されない地点が存在したことから、地点間の光分解経路の差異を示唆していると考えられた。また、地点による光分解挙動の差異をさらに検討するため、上述の高山環境だけでなく、新たな高山環境（中国四川省）や標高の低い地点（中国・北京、インド・ラジャスタン州）も太陽光照射試験に組み込んだ。その結果、標高の低い地点でも PCN や p,p'-DDT の光分解が確認できた。以上の成果は、PCN を含めた POPs 条約の対象物質に関するリスクプロファイルの知見蓄積に繋がる成果になると考えられる。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 有害化学物質、塩素化ナフタレン、光照射試験、分解挙動

〔研究題目〕 食品試料中の²¹⁰Pb/²¹⁰Po 高精度分析法の開発と標準化

〔研究代表者〕 三浦 勉（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 三浦 勉（常勤職員1名）

〔研究内容〕

食品試料、特に魚類等の海産物中の²¹⁰Pb/²¹⁰Po 測定の信頼性の向上を目指して、研究を進めた。まず、既開

発（Miura et al, Anal. Sci. 1999）の²¹⁰Pb/²¹⁰Po 分析法を評価した。当該分析法には試料分解、抽出クロマトグラフ分離、電着法によるα線測定試料の調製といった3ステップがある。市販の金属鉛試薬から分離調製した²¹⁰Po 標準液と海産魚（タラ）凍結乾燥粉末を用いて、各ステップでの Po の損失を検証した。その結果、²¹⁰Po の回収率は全ステップで、90 %以上の回収率が得られ、Po 化学分離操作に大きな問題がなく、既開発分析法（Miura et al 1999）の信頼性が高いことが確認できた。よって本分析法を基に標準分析作業手順書を作成した。

続いて、共同実験用試料の選定を行うために市販の海産物乾燥粉末12試料中の²¹⁰Po を測定した。その結果、かつお粉末、いりこ粉末中の²¹⁰Po 濃度が高く、²¹⁰Pb/²¹⁰Po 分析共同実験用試料として選定した。再度、かつお粉末、いりこ粉末をそれぞれ5 kg 程度調達し、混合、均質化後、50 g ずつ55本に小分けビン詰めした。その後γ線照射により滅菌し、共同実験用試料を作成した。作成した共同実験用試料中の均質性を、複数試料の²¹⁰Po 分析値のばらつきから ISO Guide 35に準じた統計計算で評価した結果、かつお粉末の均質性の不確かさは5 %と評価できた。試料中の²¹⁰Po 濃度（10 Bq/kg 程度）を考慮すれば十分な均質性であり、共同実験には問題がないレベルであった。

この結果を受け、複数機関が参加する²¹⁰Pb/²¹⁰Po 分析共同実験を作成した標準分析手順書に従って実施した。その結果、国内分析機関による²¹⁰Pb/²¹⁰Po 測定値に有意な差は見られず、標準分析手順書の妥当性と国内分析機関の技術レベルが高いことが実証できた。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 ポロニウム-210、鉛-210、食品

〔研究題目〕 ゲル内での層状複水酸化物合成による新規アニオン吸着剤の開発

〔研究代表者〕 日比野 俊行（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 日比野 俊行（常勤職員1名）

〔研究内容〕

高分子ヒドロゲル内で層状複水酸化物（LDH）を合成し、固液分離性のよい新規陰イオン吸着剤を開発することを目標として検討を行ってきた。また、陰イオン吸着性能としては、LDH では選択性が低いとされてきた1価の陰イオン、特に硝酸イオンの選択性を向上させることも目標としてきた。昨年度までに、Mg/Al 系 LDH 単独での検討において、Mg/Al 比が高くなると硝酸イオンに対する選択性が高くなることを確認し、次いで、アガロースゲル内 LDH 合成によっても、LDH 合成の沈殿剤として水酸化ナトリウム水溶液を用いた場合、Mg/Al 比が高くなれば硝酸イオンに対する選択性が高くなることを確かめた。今年度は、アガロースゲル内 LDH 合成において、沈殿剤として水酸化ナトリウム水溶液の他にアンモニア水溶液も用いて、仕込みの

Mg/Al モル比を2から5の間で変化させて系統的比較を行った。その結果、アンモニア水溶液では生成するLDHのMg/Al比の変化が小さいことがわかり、Mg/Al比の高いものが得づらく、水酸化ナトリウム水溶液の場合ほどは明瞭な陰イオン選択性の変化がみられないことが分かった。また、吸着性能を低下させる炭酸イオン混入の対策も検討した。合成後に酸を用いた脱炭酸処理を試みたが、本検討条件においては、合成における乾燥法の適切な選択によって混入を抑制したほうが有効であった。さらに、アガロースゲル以外の高分子ハイドロゲルでのゲル内LDH合成やポーラスな基材との複合を行った。いずれの複合体も陰イオン吸着剤として機能することが確認できた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 層状複水酸化物、吸着剤、ゲル、陰イオン

【研究 題 目】 新規ヘミセルロース変換プロセス開発によるバイオマスカスケード利用モデルの構築

【研究代表者】 佐藤 修（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】 佐藤 修、増田 善雄（常勤職員2名）

【研究 内 容】

水-超臨界二酸化炭素二相反応系内で実バイオマスを固体酸触媒で処理する、環境調和型のヘミセルロース-フルフラール変換プロセスの開発を行う。

3年目となる平成29年度は、プロセス化の検討課題のひとつとなる触媒の再利用の可能性について、水-超臨界二酸化炭素二相反応系および水-トルエン二層反応系で検討を行った。

陽イオン交換樹脂である Amberlyst70 (1000 mg) を触媒として用い、1%キシロース水溶液 (40 ml) を150℃、8時間処理したところ、水-トルエン二層系では、フルフラール収率47% (選択率49%) に達したものの、同触媒を再び繰り返し使用した場合には、収率36%、選択率40%に低下した。

これに対して水-二酸化炭素二相系 (圧力20 MPa、流通量0.94 g/分) では、初回使用時のフルフラール収率はトルエン系とほぼ同じ (44%) であったが、選択率57%と改善された。繰り返し使用した場合には、トルエン系同様にフルフラール収率 (36%)、選択率 (47%) とともに低下するものの、選択率の有意性は維持された。また3回目の繰り返し使用時には、2回目からの収率、選択率の低下は見られなかったことから、水-二酸化炭素二相系では触媒の連続使用の可能性を確認することができた。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 バイオマス、フルフラール、固体酸触媒

【研究 題 目】 社会容態の変化を促し環境負荷を低減す

る積層造形 (AM) 技術利用シナリオの設計

【研究代表者】 近藤 伸亮（製造技術研究部門）

【研究担当者】 近藤 伸亮、高本 仁志
（常勤職員2名）

【研究 内 容】

本年度は昨年度までに構築した積層造形技術（以下、AM技術）などの新しい製造技術の影響を表現する部分シナリオを整理し、今後、製造業においてこれらの技術により実現可能となる複数の生産様態モデル（広域に拡散した多数の小規模生産拠点で生産を行う分散型製造モデル、ユーザコミュニティを通じて自身の嗜好と経験に応じて製品設計に参画するDIY社会モデル、これらの組み合わせなど）を作成し、B2C製品を対象に各生産様態モデルの元で合理的な製品ライフサイクルシナリオを同定し、製品ライフサイクル全体でのコスト、環境負荷をライフサイクルシミュレーションを用いて評価した。この結果、技術の社会影響評価という問題を、(1)製造技術の影響を生産様態モデルとして表現、(2)各生産様態モデルの元で妥当な製品ライフサイクルシナリオ同定、(3)対象製品のライフサイクル全体を通じての物質、エネルギー、情報（金銭取引など）の流れの記述・評価という複数の部分問題へと分割して実施する一連の手順の有効性を検証することができた。

また、以上の手順を拡張し、地球環境全体を評価対象として、Sustainable Development Goals (SDGs) などで表現される地球環境や人類社会の持続可能性を担保しながら適切な生産様態を設計するための理論的設計モデルの構築を行った。具体的には、一般設計学の枠組を用いて設計問題を定式化し、既存のビジネス事例等から得られた設計知識を新規生産様態設計のためのビルディングブロックとして用いるために必要となる要件を明らかにした。さらに、AM加工機の消費電力計測などを通じて、AM製造技術のインベントリデータの精緻化を行うことができた。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 積層造形技術、シナリオモデル、社会影響評価、環境負荷、持続可能性、設計支援

【研究 題 目】 製品リマニュファクチャリングの成立条件分析と需要予測モデルの研究

【研究代表者】 松本 光崇（製造技術研究部門）

【研究担当者】 松本 光崇（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本事業では次の三つの研究項目の推進を目標とした。
①リマニュファクチャリング（リマン）の成立条件分析、
②リマンの消費者受容性の国際比較、
③リマニュファクチャリングの需要予測モデルの構築と検証。

①について、定性的および定量的な成立条件分析を

行った。定性的には、国内外のリマンに関わる企業・研究者との意見交換等から、使用済み製品の回収、効率的なリマンプロセス構築、リマン製品の需要確立、メーカー企業の新造製品事業との競合（カニバリゼーション）解消等が主な成立条件であることを示し、その実現に向けた技術課題、ビジネス課題、制度課題を示した。定量的には、研究分担者である首都大学東京の開沼泰隆准教授と協働して新製品生産とリマンのハイブリッド生産の数理モデルの構築により、カニバリゼーションが解消される条件の分析を実施した。

②について、リマン製品に対する消費者購買意思モデルを構築し、日本と米国の両国で自動車パーツのリマン製品に対する意識の消費者 Web アンケートを実施し、その分析と検証を行った。リマン製品に対する知識、リスク認識、便益認識、価格意識（以上説明変数）と、リマン製品に対する購買意思（被説明変数）の関係の分析を実施し、その結果日米で関係性については共通である一方、各説明変数について日本の消費者受容性が米国よりも統計的に有意に低いことを明らかにした。

③について、自動車パーツを対象としてリマン製品の受注数（需要）予測モデルを構築し精度検証を実施した。検証にはリマン企業の実データを用い、特に時系列分析法と製品寿命モデル（Weibull 分布）とを組み合わせたモデルの予測精度レベルを明らかにした。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 リマニュファクチャリング、需要予測、ライフサイクル工学、社会受容性評価

【研究 題目】 産業事故発生メカニズムの解明と事故抑止のための生産システムの実験的検証

【研究代表者】 牧野 良次（安全科学研究部門）

【研究担当者】 牧野 良次、竹下 潤一（常勤職員2名）

【研究 内容】

2011年以降主に化学産業において重大事故の発生が多発している。産業事故の抑止は持続的な企業経営ひいては持続的な経済を維持する上で喫緊の課題である。その理由は、産業事故による被害が従業員や周辺住民の死傷・周辺環境の汚染にとどまらず、設備破損や信用失墜に起因する企業価値の低下、サプライチェーンを通じた関連産業への影響拡大等、国民生活への波及効果が甚大であるからにほかならない。中央省庁による報告書や各社事故報告書において指摘されているとおり、本質安全設計や安全装置の導入といったハードウェアの改善による安全対策からは既に一定の効果を得ているとの理解のもとに、事故原因として人間によるエラーや不安全行動の発生（さらにはその背後要因としての安全文化）に着目しその発生メカニズムの解明にチャレンジしているというのが学術・産業界の現状である。本研究は確率論的リスク評価と戦略的相互依存関係下での人間の意思決定を分析するゲーム理論とを融合した数理モデルに基づい

た経済実験を行うことによって、直列生産システムや並列生産システムといった物理的生産システムの特性的相違が共同作業している人間の意思決定、ひいては生産システム全体の信頼性に及ぼす影響を明らかにすることを目的としている。平成29年度は被験者を4つのグループに分け、それぞれ「直列生産システムで事故発生確率が開示される場合」「直列生産システムで事故発生確率が開示されない場合」「並列生産システムで事故発生確率が開示される場合」「並列生産システムで事故発生確率が開示されない場合」を想定した経済実験を実施した。実験の結果、事故発生確率を開示した場合、被験者が負担する安全確保コストの軽減と生産システムの信頼性向上が同時に達成された。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 産業事故、ゲーム理論、経済実験

【研究 題目】 インペラに作用する力の釣り合いを利用した動圧浮上遠心血液ポンプの開発

【研究代表者】 小阪 亮（健康工学研究部門）

【研究担当者】 小阪 亮（常勤職員1名）

【研究 内容】

現在、体外設置型補助循環ポンプは、短期使用が前提である接触式の軸受を採用している。そのため、軸受の磨耗による耐久性や、血液適合性に課題が残っている。本研究では、長期耐久性と優れた血液適合性を有する体外設置型補助循環血液ポンプを実現するため、血液ポンプ内のインペラに作用する力の釣り合いを利用した動圧浮上遠心血液ポンプを開発する。平成29年度はこれまで開発してきた動圧軸受を有する血液ポンプを試作し、インペラの浮上位置計測試験と血液適合性試験を実施した。

1. インペラの浮上位置計測試験

動圧ポンプのインペラの浮上位置を評価するため、レーザー距離計を利用した評価試験を実施した。ラスト変位の計測試験を実施した結果、最適化したモデルで動圧軸受単独では達成困難な100 μmを超える軸受隙間が実現できた。ラジアル変位の計測試験を実施した結果、ラジアル動圧軸受の発生力がインペラの遠心力を超える多円弧軸受形状のモデルでインペラは安定駆動することが確認された。

2. 血液適合性試験

開発した動圧ポンプの血液適合性を評価した結果、動物血を用いた血液適合性試験では、開発ポンプの血液適合性は市販ポンプよりも優れていることを実証した。ブタを用いた動物実験では、抗凝固療法無しの条件で溶血や血栓形成は観察されなかった。本試験結果から、開発した血液ポンプは優れた血液適合性を有することを確認することができた。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 人工心臓、動圧軸受、血液適合性

[研究題目] ネットアイツメガエル皮膚ペプチドを用いたスキンケア素材への可能性追求

[研究代表者] 茂里 康 (健康工学研究部門)

[研究担当者] 茂里 康 (常勤職員1名)

[研究内容]

ナノディスクは、血中の高密度リポ蛋白質 (HDL) 粒子を人工的に再構成したディスク状の形態を持つナノ粒子であり、通常は HDL の主要タンパク質であるアポリipoprotein A-I (ApoA-I) とリン脂質から構成される。生体内における HDL 粒子は、脂質輸送、特にコレステロールの逆輸送 (RCT) において重要な役割を担っており、肝臓外組織からコレステロールを除去するように機能し、多くの細胞の構造及び機能を維持することに寄与する。実際に、HDL 粒子の血清レベルが高いと、冠動脈心疾患を抑制するだけでなく、アテローム性動脈硬化症のプラークの退縮を促すとされている。このような生体内における作用を有することから、HDL 粒子に結合したコレステロールは一般に「善玉コレステロール」と呼ばれている。これに対して、低密度リポ蛋白質 (LDL) 粒子の血清レベルの上昇は、心血管リスクの増加と関連しており、LDL 粒子に結合したコレステロールは「悪玉コレステロール」と呼ばれている。従って、血中の HDL を模倣したナノディスクは、高脂血症、高コレステロール血症、冠動脈心疾患、アテローム性動脈硬化などの心血管疾患を含む、脂質代謝異常障害に対して有効であり、これらを治療または予防する医薬品として注目されている。ナノディスクの形成には ApoA-I の両親媒性の部分配列が有効であることが知られているが、今回独自に発見したネットアイツメガエル皮膚由来 Pxt ペプチドの内、両親媒性・界面活性性を強力に有する Pxt-5 (FIGALLGPLLNLLK-NH2) とそのアナログペプチド (FIQALLQWLLELLK-NH2) を合成し、詳細に調べたところ、ナノディスク形成能を有することが判明した。

[領域名] 生命工学

[キーワード] アポリipoprotein、ペプチド、ヘリックス、ミセル、ナノディスク

[研究題目] 金属依存性デアセチラーゼの触媒反応メカニズムの解明と阻害剤の開発

[研究代表者] 中村 努 (バイオメディカル研究部門)

[研究担当者] 中村 努、上垣 浩一、大嶋 真紀 (常勤職員2名、他1名)

[研究内容]

本研究では、N-アセチル基を加水分解する2種類の酵素 Dac および DAA をターゲットとして研究計画を立てた。平成29年度は DAA (N-アセチル D-アミノ酸デアセチル化酵素) の一種 ndaD について研究を遂行した。

超好熱性古細菌 *Pyrococcus abyssi* 由来 ndaD (Pab_ndaD) の金属イオン選択性と基質 (N-アセチル

D-アミノ酸) 選択性を調べた。その結果、金属として銅、ニッケル、コバルトを用いたときに高活性を示すことが明らかになった。さらに基質としては疎水性の強いアミノ酸が適していることがわかった。このことから、Pab_ndaD の活性部位が疏水的な環境にあることが推認できた。

さらに平成29年度は、Pab_ndaD を用いて大腸菌内での組換えタンパク質の発現を制御する研究も行った。Pab_ndaD は、プラスミドを用いて発現させるとほとんどが不溶性の封入体として得られる。しかし、Red-mediated recombination system を用い大腸菌染色体中に1コピーの Pab_ndaD 遺伝子を T7プロモーターとともに挿入することにより、組換えタンパク質の一部を可溶性として得ることができる。このこと自体は以前から明らかにしていたことであるが、平成29年度にはその定量的解析を進めた。さらに染色体に挿入する遺伝子のコピー数の影響を追究したが、Pab_ndaD は不溶性発現が多いためコピー数の影響を解析するには向かないということが明らかになり、GFP を用いて解析を行った。

[領域名] 生命工学

[キーワード] デアセチラーゼ、金属イオン、組換えタンパク質発現

[研究題目] 単一生細胞での細胞内遺伝子センシング技術の開発とチップデバイス化

[研究代表者] 青木 寛 (環境管理研究部門)

[研究担当者] 青木 寛 (常勤職員1名)

[研究内容]

本研究では、単一生細胞での細胞内遺伝子センシング技術を開発しそれをチップデバイス化することで、多数の細胞内遺伝子活動を並列的に同時観測可能とし、簡便かつ迅速な遺伝子診断技術の構築を目指す。最終的には、臨床や環境の現場で使用可能な一次スクリーニング技術として統合し、テーラーメイド医療や化学物質の生体影響評価に貢献する。

この課題のもと、H29年度は、前年度までの成果から明らかになった表面プラズモン共鳴 (SPR) イメージング法および電気化学的手法に基づくデバイス化検討に加え、生体影響評価に供するバイオマーカー探索を行った。デバイス化検討では、RNA バイオマーカー配列を有するターゲット核酸との分子認識により、電気化学および SPR シグナルを発するマルチセンサチップを開発し、RNA バイオマーカー配列4種の識別に成功した。ここで、1つの検出系を2つの検出法により測定することで高感度・高選択検出の基礎技術に繋がることを見出した。また、生体影響評価用バイオマーカー探索では、化学物質の刺激に対して鋭敏に応答する RNA バイオマーカー探索を行った。ベンゼンなど9種類の有害化学物質を曝露したマウス ES 細胞の全 RNA からチップデバイス化に有利な短鎖 RNA を抽出し、RNA 発現量変化

を測定・解析して化学物質評価用バイオマーカー（曝露後増加：7種、減少：5種）を見出した。この解析では、短鎖 RNA 解析に特化した解析手段構築と条件最適化とを行い、短鎖 RNA バイオマーカーの探索に成功した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 細胞、センシング、チップデバイス、バイオマーカー、DNA、RNA

【研究 題 目】 パーチャルリアリティを用いた発達障害児・者の空間認知能力評価とその改善

【研究代表者】 渡邊 洋（人間情報研究部門）

【研究担当者】 渡邊 洋、氏家 弘裕、梅村 浩之（以上、人間情報研究部門）、奥村 智人（大阪医科大学 LD センター）、若宮 英司（藍野大学）（常勤職員3名、他2名）

【研究 内 容】

発達障害児・者が直面する課題として地誌的失見当が指摘されている。これは、広い現実空間において、認知地図の作成の困難、ランドマーク利用の困難などによって生じる問題である。したがって、従来行われてきた机上のペーパーテストなどではその評価、あるいは改善が困難であった。そこで、発達障害児・者の空間認知能力を定量的に評価する技術を開発し、リハビリテーション技術の確立を行うことを本研究の目的とした。これを実現するために、VR システムを用いて現実場面に近い環境を模擬し、そこでの空間探索行動を計測し、その特性を明らかにする。

この観点から、平成29年度は以下の点について研究の展開を行った。(1) PC 版実験プログラムの改訂版作成および没入型 VR 装置への移植を行い、異なる実験環境で同一の実験内容を利用することを可能にした。(2) 発達障害児童18名の実験を実施した。(3) 没入型 VR における成人健常者25名の実験を実施した。(4) 昨年度投稿を行った原著論文不採択に対する再投稿作業を行った。

3年間の実施期間を通じて成人健常者について71名の実験を実施した。本研究において開発した方向感覚質問紙による「方向音痴」に関する自覚特性、特にランドマークの利用能力および認知地図の利用能力について、VR 実験のパフォーマンスと相関を持つことが示された。同様に、研究期間中56名の発達障害児童を対象に実験実施を行った。この結果、成人健常者と同様にランドマークおよび認知地図の利用が、方向音痴特性を明らかにする重要なキーワードとなることが示唆された。発達障害児童の実験は簡便な PC システムによって行ったことから VR 装置と同様の結果であったことが明らかとなり、今後のデータ取得を PC システムで実施していくことの妥当性が得られたと考える。一方で、発達障害の程度についてばらつきが大きいことを勘案すると公平なデータ

の比較のためにはさらなるデータの蓄積が必要と考える。今後、本研究計画で開発されたプログラムを利用して、データ収集を推進していきたい。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 発達障害、バーチャルリアリティ、空間認識、認知地図、ランドマーク、探索行動、モーションキャプチャー

【研究 題 目】 移動距離で切り替る作業記憶システム間の海馬—前頭前野路内相互作用機構の研究

【研究代表者】 瀧田 正寿（人間情報研究部門）

【研究担当者】 瀧田 正寿（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

目標：申請者の研究成果は「手元周囲と移動先の離れた所での作業記憶は、各々異なる脳内システムが担う」ことを強く示唆する（Takita 他 2013；Izaki 他 2008）。動物行動実験を用いて「近接作業記憶システムと遠隔作業記憶のシステム切替の仕組み」を解明することが当該研究目的である。

研究計画概要：ヒトで「目的距離に応じて作業記憶システムが異なる」ことを示唆する心理研究の例はあるが（Chieffi & Allport 1997）、ヒト歩行中の脳機能計測の方法には制限もあり、脳生理に照らし合わせた十分な研究はされていない。そこで、その脳内機構の解析を動物実験から取り組んだ。

年度進捗状況：作業記憶課題は、手元周囲に対してオペラント箱を、移動先に対して T 迷図を用いている。本年度は、オペラント箱について、トレーニング期間が「80%選抜方式」だと1~2ヶ月とわかることがわかったことなどを踏まえて、第41回日本神経科学大会へ演題提出し受理された（Title: Analogy of visual working memory system between rodent and primate; development of an adjacent two-lever task for delayed alternative lever-release by standing rodent's forelimbs (Application of Olton's operant reaction-time task) セッション名：学習、記憶および可塑性、ポスター掲示・発表日：7月27日（金））T 迷図について、主に実験環境のセッティングを更新しつつ n を増加させた。製品のなかったタイマー式自動制限給餌装置を企画し開発を行い試作品を2台準備した。

「研究計画最終年度前年度応募」が採択され、本研究は今年度が最終年度に繰り上がった。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 認知行動、作業記憶、不安、前頭前野、扁桃体、海馬

【研究 題 目】 光によるナノ炭素材料の界面物性制御技術の高度化

【研究代表者】 松澤 洋子（機能化学研究部門）

〔研究担当者〕 松澤 洋子、根来 千絵
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

各種のカーボンナノチューブ (CNT) は、ナノ炭素材料の一つとして、種々の産業応用が期待されている。しかし、CNT は溶解性に乏しく、精製や分離、ならびにデバイス応用を目的とした材料への導入、複合化等において、CNT のハンドリングや加工技術の開発が求められている。このような社会的背景を鑑み、CNT の扱いを簡便化するための産総研独自の材料 (光応答性分散剤) を開発してきた。本研究では、研究代表者がこれまでに確立した光応答性分散剤による単層カーボンナノチューブ (SWCNT) の分散制御技術を高度化し、新規 SWCNT 薄膜加工技術として展開してゆくために、まず現行の光応答性分散剤が抱える課題 (不可逆反応・多段階反応) を克服する新規光応答性分散剤 (可逆で一段階反応) を設計合成し、その物性評価を行うことを目指している。昨年度までに、可逆な光反応を示す光応答性分散剤を数種類合成し、SWCNT を分散できることを確認してきた。本年度は、これまでに合成した光応答性分散剤を用いて SWCNT 濃厚分散液を調製し、液晶性発現に汎用性 (分散剤構造依存性) があることを見出した。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 ナノチューブ、有機電解質化合物、有機光化学、コロイド界面化学

〔研究題目〕 高集積型細胞チップを用いたオンチップがん診断デバイスの開発

〔研究代表者〕 山村 昌平 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 山村 昌平 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

近年、転移がんの予後の診断指標として、血液中の循環がん細胞 (CTC) の解析が新しい検査として期待されている。CTC が存在する割合は、血液10 ml (白血球: 約数千万個) 中に数個から数百個程度といわれており、既存の FACS 等では極めて検出は困難である。本研究では、多数の細胞を一細胞レベルで一度に解析可能な世界最大級の高集積型の細胞チップの開発を進める。さらに、本細胞チップの高機能化として、標的がん細胞を回収し、単一がん細胞の詳細な機能解析まで行えるオンチップがん診断デバイスの構築を目指す。

今年度は、高集積型細胞チップ上で解析した標的がん細胞の回収、評価などを行った。これまで、独自の細胞チップ技術を駆使し、直径100マイクロメートルのマイクロチャンバーが約8万個集積化した高集積型細胞チップを作製し、複数枚のチップを用いれば1000万個の白血球を解析できることが示された。そこから標的単一がん細胞を回収するため、まず、サイズの大きいマイクロチャンバーアレイチップを作製し、光応答性ガス発生樹

脂を被覆した。チャンバー内に吸着した培養系がん細胞において、LED 照射によるガス発生によって標的がん細胞も含めた細胞群を剥離、回収することができた。高集積型細胞チップ上での光応答性ガス発生樹脂の被覆はマイクロチャンバーが小さいため均一に作製できなかったが、今後チップの素材や作製方法などを検討することにより可能であると思われる。次に、チップ上で検出された標的単一がん細胞の遺伝子解析を試みた。チップ上で PCR は行うことはできなかったが、独自の細胞回収装置によって標的がん細胞を回収でき、RT-PCR をすることは可能であった。したがって、開発した高集積型細胞チップは、極少数の CTC などの標的がん細胞の検出、回収、解析などが可能な新しい解析、診断ツールとして期待される。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 細胞チップ、1細胞解析、循環がん細胞 (CTC)、がん診断、バイオチップ、マイクロアレイ、ハイスループットスクリーニング

〔研究題目〕 光表面化学修飾法によるポリマー材料のフッ素官能基化表面改質に関する研究

〔研究代表者〕 中村 挙子 (先進コーティング技術研究センター)

〔研究担当者〕 中村 挙子、土屋 哲男、大花 継頼、松本 悠 (常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

光表面化学修飾法を利用することにより、軽量・フレキシブル性等のポリマー材料の特性を保持しつつ、安全・簡便な各種ポリマー材料最表面へのフッ素官能基表面修飾法の開発を目的とする。

当該年度においては、前年度までにプロセス開発および作製した光化学修飾フッ素官能基化ポリマー材料について、撥水性・撥油性・生体適合性などの材料表面特性について検討した。

フッ素含有アゾ化合物溶液をシート状または板状のポリマー材料表面に塗布した後、キセノンエキシマランプを照射する塗布光化学修飾法により作製したフッ素官能基化ポリマー材料について、接触角計を用いた撥水性および撥油性評価を行った。各種汎用およびエンジニアリングポリマー材料 (ポリエチレン、ポリプロピレン、PMMA、ポリ塩化ビニル、PET、ポリカーボネート、ABS 樹脂) のフッ素官能基化処理を行い、水に対する接触角を測定したところ、未処理基材と比較して接触角が向上し、PTFE に匹敵する撥水性 (100-113°) を示した。また、ウンデカンを用いた油接触角測定において、フッ素官能基修飾ポリマー材料は水接触角と同様に PTFE に匹敵する撥油性 (47-56°) を示したことから、本表面化学修飾技術は各種ポリマー材料の撥水撥油性発現に非常に有効である。

さらに、フッ素官能基化ポリマー材料の生体適合性評価を行った。基材ポリマーとして、各種汎用ポリマー材料4種（PE、PP、PVC、ABS 樹脂）を用い、 γ -グロブリン吸着量について未処理ポリマー材料との比較を行ったところ、フッ素官能基化ポリマー材料は大幅なタンパク吸着量抑制効果が発現され、生体適合性を示すことが明らかとなった。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 ポリマー材料、光表面化学修飾、フッ素官能基

〔研究 題 目〕 光通信波長帯スピン制御光デバイスの研究

〔研究代表者〕 池田 和浩（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 池田 和浩（常勤職員1名）

〔研究 内 容〕

本研究では、光通信波長帯かつ室温において長い電子スピン緩和時間を有する InGaAs/InAlAs 量子井戸を有する面発光レーザのスピン物性を調べた上で、光学的なスピン注入によって、光通信波長帯面発光レーザの円偏光発振を世界で初めて実現することを目的とする。

昨年度までに、光励起スピン注入による光通信波長帯面発光半導体レーザ（VCSEL）の円偏光レーザ発振に取り組み、当初の目的は概ね達成した。本年度は、スピン制御 VCSEL を用いた新しい高速直接変調法の着想を得たため、この原理実証実験に取り組んだ。具体的には、VCSEL に上向きスピンと下向きスピンの電子を差動的に信号の1/0に対応させて注入（スピン偏極変調）することで、左右円偏光の変調を行う。従来の電流のON/OFFによる直接変調では、緩和振動の影響で変調速度に制限があったが、新しいスピン偏極変調では注入するキャリアの総量が変わらないため、緩和振動の影響を受けない。加えて、左右円偏光での変調においては、キャリア周波数が定常時の発振直線偏光、変調サイドバンドがそれと直交する直線偏光となるため、変調サイドバンドが VCSEL の複屈折により分離した直交偏光モードと結合でき、この周波数分離を大きくすることによって高い周波数の変調感度を増大させることができる。原理実証実験では、位相変調器を用いて励起光を左右円偏光間で差動変調し、これを InGaAs/InAlAs 系量子井戸 VCSEL に注入することでスピン偏極変調した。これによって VCSEL の発振偏光は左右円偏光間で差動変調されるが、これをバランス検出し変調感度特性を評価した。周波数分離に相当する周波数で明確な変調感度ピークが見られ、23GHz の3dB 帯域を達成した。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 スピントロニクス、光デバイス、半導体レーザ

〔研究 題 目〕 合金の溶融反応に基づく高温温度履歴モ

ニターの開発

〔研究代表者〕 笹嶋 尚彦（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 笹嶋 尚彦、山田 善郎
（常勤職員2名）

〔研究 内 容〕

SiC パワー半導体のドーパントの拡散及び残留欠陥解消のためには1500℃以上の高温における熱処理が必要とされており、その際の温度分布の測定と温度制御が重要とされている。しかし、放射温度計による測定ではウェハ位置や測定窓の問題があり、熱電対による測定では配線や測温接点による温度分布の乱れ等が問題になるため、正確な測定は困難とされている。そこで、熱処理装置内のウェハ面内の温度分布を評価するため、金属-炭素共晶点技術を応用し、試料の表面状態の変化から到達温度の違いを判断する技術の実現を目的とする。

平成29年度は、前年度に引き続き異なるグラファイト基板を用いた白金蒸着試料の焼鈍実験を行い、焼鈍後試料の断面及び表面状態の変化を SEM を用いて精密評価するとともに、分散型分光器を用いた反射率測定による熱処理温度判別方法を試みた。その結果、融点+100 K までの焼鈍温度の違いによる反射率の差は小さく、定量的な判別が難しいことを明らかにした。一方、融点+200 K で焼鈍した試料は、他の試料と比較して明らかに反射率が低い傾向を確認した。この試料断面の評価結果からその理由を明らかにするとともに、白金を蒸着したグラファイト試料においては、反射率測定による定量化が難しい原因を明らかにした。これらの結果を踏まえ、Pt-C 共晶合金以外の試料を用いた焼鈍実験を実施し、到達温度の判別をより狭い温度間隔で、より定量的に行うことが可能かどうかの検証実験を実施した。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 高温計測、温度標準、共晶点、温度定点、放射温度計、熱履歴

〔研究 題 目〕 J-PARC パルス中性子ビームを用いた鉄鋼材料や植物中のホウ素の可視化の研究

〔研究代表者〕 木野 幸一（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 木野 幸一（常勤職員1名）

〔研究 内 容〕

本研究では、高強度パルス中性子を用いて、鉄鋼材料や植物中の ppm レベルの微量ホウ素を定量イメージングすることを目的としている。今年度は、ホウ素の2次元イメージングを実証するため、試料を中性子ビームに対して直交する平面内で水平と鉛直方向に駆動する装置を開発し、この装置を用いた実験を茨城県東海村の大強度陽子加速器施設（J-PARC）にて行った。中性子発生源から21.5 m 下流に実験試料、実験試料の直上流に直径3 mm の中性子コリメータ、試料の上下に計14個の Ge ガンマ線検出器を配した。試料として、厚さ1 mm、20 mm×20 mm の面積の純鉄板5枚を重ねたものに、ホ

ウ素を含むアモルファス合金箔を試料の位置ごとに枚数を変えたもの（すなわちホウ素濃度分布をつけたもの）を用いた。この装置の先端に試料を取り付け、試料を水平、鉛直方向ともに3 mm ピッチで移動させ、水平7×鉛直7の計49点に中性子ビームを照射し、スキヤニングを行った。実験データを分析した結果、 ^{10}B と中性子との核反応に起因する478 keV ガンマ線を検出することができた。さらに、このガンマ線の収量を49点毎に導出した。この結果、試料位置に依存したホウ素の分布を画像化することができた。鉄試料におけるアモルファス合金の分布と、実験で得たホウ素分布とを水平・鉛直方向で射影して定量的に評価したところ、両者の形状はほぼ一致していることが分かった。以上のように、ホウ素の2次元イメージングに成功した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】中性子、ホウ素、イメージング

【研究 題 目】ドレスト原子を利用したボース・アインシュタイン凝縮体の相互作用制御

【研究代表者】衛藤 雄二郎（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】衛藤 雄二郎（常勤職員1名）

【研究 内 容】

原子気体ボース・アインシュタイン凝縮体（BEC）は、原子間相互作用や捕獲ポテンシャルといった多くの実験パラメータを制御することが可能であり、またその内部の多成分スピン自由度を利用することにより多彩な非平衡量子ダイナミクスを観測することができるユニークな系である。本研究の目的は、ラジオ波やマイクロ波によるスピン制御法を利用して、豊富なスピン自由度を持つビジウム原子 BEC の新規な制御法や観測法を実現し、量子スピン系における非平衡ダイナミクスに関する新たな知見を得ることである。

本年度は、昨年度に引き続き散逸を持った量子スピン系における非平衡ダイナミクスに関する研究を進めた。 87 Rb 原子の基底状態は、全角運動量が1と2の2つの超微細スピンから成る。本研究では、2体の非弾性衝突過程によって粒子散逸を起こすスピン2の状態を用いて、散逸スピン系のダイナミクスを観測した。無偏極のスピン状態が散逸過程の助けを得て、偏極したスピン状態へと時間発展していくダイナミクスを観測した。スピン2の原子間相互作用が非強磁性的な性質を持つことから、強磁性スピンへの時間発展は直感と反する非自明な過程であるといえる。このダイナミクスにおいて、粒子散逸が磁気副準位間のコヒーレンスの形成に役立っていることを明らかにした。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】原子気体ボース・アインシュタイン凝縮、スピン、非平衡ダイナミクス、粒子散逸

【研究 題 目】可搬型光格子時計のための光制御型低速

原子線源の開発

【研究代表者】安田 正美（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】安田 正美、赤松 大輔
（常勤職員2名）

【研究 内 容】

2026年ころを目途にその実現が期待される光格子時計による SI（国際単位系）秒の再定義や、一般相対論的効果に基づく重力ポテンシャルプローブとしての利用等に向けた本格的な社会実装のためには、光格子時計の小型・可搬化が必須となる。本研究では、可搬型光格子時計の実現を目指して、光制御型低速イッテルビウム（Yb）原子線源の開発を行ってきた。当初は、光誘起原子脱離現象を利用した原子線源を想定していたが、X線光電子分光法等による詳細な調査の結果、 $1\text{E-}7\text{Pa}$ 程度の超高真空環境下でも Yb 原子が速やかに酸化されることを見出した。一方で最近英国にて酸化ストロンチウム（SrO）に紫外レーザー光を照射して起こる還元反応から Sr 原子単体を生成する試みが報告されたことを受け、酸化 Yb（ Yb_2O_3 ）に比較的強い紫外レーザー光を照射することで還元反応を生起させることを試みた。酸化 Yb 試料の準備方法として、バルク Yb を待機中に放置して、表面を酸化させたものや、合成石英基板に蒸着した Yb 表面を酸化させたものなどについて、紫外レーザー光を照射したが、光還元反応は見られなかった。そこで、粉末上の酸化 Yb サンプルを固形化したものについて、70 mW 程度の紫外レーザー光を照射したところ、白色光を発しつつ、光還元反応によって生成された低速 Yb 原子を磁気光学トラップにて捕獲することに世界で初めて成功した。最適な条件下では、従来型の原子線をゼーマン減速した場合よりも多くの原子を捕獲できた。さらに、紫外レーザー光のスイッチングによって、光格子時計の運用に必要な十分短い応答時間で原子線生成・停止を制御することができた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】可搬型光格子時計、光誘起原子脱離、低速原子線源

【研究 題 目】不均一光重合で誘起される液晶／高分子メゾ相分離と自律配向形成の機構解明

【研究代表者】垣内田 洋（構造材料研究部門）

【研究担当者】垣内田 洋、吉村 和記
（常勤職員2名）

【研究 内 容】

我々は「不均一露光による光重合誘起相分離（PPIPS）」法を提案し、高分子と液晶を配向させ、メゾ（サブ～数ミクロン）サイズで相分離させた光学複合構造を形成し、「反転熱応答型の高分子ネットワーク液晶（PNLC）」の開発を進めてきた。本年度は、不均一露光の技術を深め、様々なサイズで相分離ドメインを形成し、高温での白濁（ヘイズ）とエネルギー遮蔽を高め

る光学構造を見出し、PPIPS にともなう構造形成過程を探った。光散乱特性を決める二つの主要因、①液晶相と高分子相との屈折率差および②相分離のドメインサイズを、FTIR、偏光顕微鏡、散乱強度分布を中心とする観測手法で明らかにした。この材料系では、液晶および高分子の配向秩序に依存する複屈折率が①に支配的であるが、PPIPS が進む中で、水平ラビング処理により期待される配向秩序度0.5程度を維持していたことから、重合による屈折率の大きな変化はないと結論付けられる。一方、相分離ドメインを数から十ミクロン程度の大きさで作製しヘイズを高めてきたが、前方と後方散乱の光強度分布から見積もった後方散乱割合は、1ミクロン前後のドメインサイズで最大となる傾向を示し、必ずしもヘイズの傾向と一致していないことを見出した。さらに、PPIPS で時々刻々と進む相分離構造形成過程を、複屈折率・液晶配向秩序・光散乱の測定により追跡し、重合・相分離・配向秩序形成の様子を明らかにした。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕高分子ネットワーク液晶、PNLC、光重合誘起相分離、P-PIPS、反応性メソゲン、配向秩序形成、ネマチック等方相転移、光散乱

〔研究 題目〕マグマ中ガス成分濃度測定に基づく噴火開始条件の解明

〔研究代表者〕斎藤 元治（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕斎藤 元治（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

目標：

マグマ溜まりからマグマが上昇を開始するメカニズムを解明し、火道内でのマグマの脱ガス圧力を推定するため、国内の活動的火山についてメルト包有物分析を行い、マグマのガス成分濃度を決定する。

研究計画：

北海道から九州までの活動的火山15個を研究対象とし、5年計画で実施する。必要に応じて現地地質調査による試料採取と岩石試料について蛍光 X 線分析 (XRF) による全岩化学組成の決定を行った後、メルト包有物を電子線マイクロアナライザー (EPMA) および二次イオン質量分析計 (SIMS) を用いて分析し、マグマのガス成分濃度 (H₂O、CO₂、S、Cl) を決定する。

年度進捗状況：

H29年度は、阿蘇中岳1979年、1989年および2014年噴火噴出物、口永良部島1966年噴火噴出物、吾妻山0.6ka 噴火噴出物について分析および解析を実施した。阿蘇中岳噴火メルト包有物18個について SIMS および EPMA を用いて得られた化学分析結果を解析し、同噴火マグマの揮発性成分濃度を決定した。この結果と H₂O および CO₂ のケイ酸塩メルトへの溶解度の圧力依存性から、マグマ圧力を18–118 MPa（深さ1–4 km）

と見積もった。この成果は、日本地球惑星科学連合2017年大会でポスター発表した。さらに、マグマの揮発性成分濃度からマグマの発泡度とマグマ密度を見積もり、2014年噴火のマグマ上昇過程を考察した。これらの結果についてまとめ、国際誌に2018年3月に論文投稿した。口永良部島メルト包有物5個、吾妻山メルト包有物5個について、EPMA および SIMS 分析結果を解析した。その結果、口永良部島メルト包有物については、主成分化学組成が流紋岩であること、H₂O 濃度が1 wt%程度であることが明らかとなった。吾妻山メルト包有物については、主成分化学組成が流紋岩であること、H₂O 濃度が2 wt%以下であることが明らかとなった。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕マグマ、ガス成分、噴火開始、メルト包有物

〔研究 題目〕多面的アプローチによる地球浅部の温度不均質構造解明に関する研究

〔研究代表者〕田中 明子（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕田中 明子（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

系統的に取り扱われる機会の少ない熱伝導率の測定や既存データの活用を通じ、地球熱学の基礎的なデータである地殻熱流量値の拡充に努める。一方、それらでは捉えることのできない広域的な地球内部温度構造に敏感な指標として磁化層を用い、従来には無い多様なデータに基づく地球浅部の温度構造を、高分解能かつグローバルに捉えることを目的とする。地殻熱物性に関わるデータベースの作成・公開に向けて、アーカイブされている試料を用いて熱伝導率を測定し、既存データのコンパイルにより、熱伝導率および地殻熱流量データを拡充した。これらを用いて、データベースのプロトタイプを作成した。既存のものに比べ、地殻熱流量と地温勾配値のデータ数は日本列島周辺域では3割程度増加し、従来系統的にデータベース化されていない熱伝導率に関しても収集されている。さらに、直接的な観測量である地殻熱流量の無い場所の情報を補うために、グローバルに均質な熱構造を反映する指標として利用するために、磁性体のセントロイド深度（中心深度）分布を求め、それが広域的な温度構造の指標として有用なことを明らかにした。これらを相補的に利用することにより、地球浅部の温度不均質構造の理解が進んだと考えられる。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地下温度構造、地殻熱流量

〔研究 題目〕強制海退によって規定されたバリアースピットの堆積様式の解明

〔研究代表者〕七山 太（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕七山 太、渡辺 和明（地質情報基盤セ

ンター) (常勤職員2名)

[研究内容]

北海道東部、野付湾周辺には明瞭な分岐砂嘴が認められており、野付崎バリアースピット (NBS) と呼ばれている。我々は2015~2017年度、科研費予算を用いて NBS において浜堤/砂嘴を横断する5本の測線を設定し、地形・地質調査を実施してきた。これまでの検討により、NBS が現在の位置に成立したのは、後背湿地である茶志骨湿原の泥炭層の基底から Ma-d (4,000 cal BP) が認められることから、4,000年より前と推定される。最も若い分岐砂嘴である N-BS1は Ta-a (1739年)、Ko-c2 (1694年) に被覆されないことから、17世紀以降に出現し海面上昇期に成長した砂嘴であり、現在も荒浜岬を成長させている。N-BS2は標高1.59 m に達し、Ta-a、Ko-c2に直接被覆される。このことから、17世紀に道東太平洋沿岸を襲った超巨大地震発生後に離水した可能性が高い。野付半島ネーチャーセンターが立地する N-BS3の離水年代は、Ta-a、Ko-c2と礫浜層との間に泥炭層を挟み、767-683 cal BP という放射性年代値を得ていることから、12~13世紀と予測される。N-BS3の標高は2.47 m に達している。N-BS4はオンニクル付近のみ分布する古い分岐砂嘴の断片であり、その海浜層が Ta-c (2,500 cal BP) に被覆されることから、約2,500年前に離水したと判断される。以上の事実から、少なくとも N-BS3よりも若い分岐砂嘴の出現には、千島海溝における地震テクトニクスが関わっていた可能性が高く、4,000年前以降に成立した古い分岐砂嘴は成長と消滅を繰り返したと理解される。

[領域名] 地質調査総合センター

[キーワード] 地形発達史、野付崎バリアースピット、地震テクトニクス、千島海溝、東北海道、北部日本

[研究題目] 津波堆積物の古生物学的・堆積学的・化学的アーカイブの構築

[研究代表者] 澤井 祐紀 (活断層・火山研究部門)

[研究担当者] 澤井 祐紀、松本 弾、谷川 晃一郎、伊尾木 圭衣、中村 淳路 (常勤職員4名、他1名)

[研究内容]

平成29年度は、過去に堆積した津波堆積物を採取するため、北海道浜中町において野外調査を行った。北海道東部の浜中町霧多布湿原では、平成27年度および平成28年度にも調査を行っているが、津波堆積物の分布限界を把握することができなかった。このことを踏まえ、平成29年度は湿原南部の一番沢の最奥地において再調査を行い、津波堆積物の分布を詳細に調べることにした。その結果、調査を行った谷の奥地では、17世紀とそれより古い津波堆積物を肉眼で確認することができなかった。肉眼では確認できないような細かい堆積物の変化を

知るため、CT 写真撮影を行って堆積構造の有無を確認したが、津波堆積物の候補となるイベント堆積物を認めることができなかった。以上の結果から、一番沢の奥地には堆積構造を残すような津波は達していなかったと結論づけた。今後はこの結論を踏まえ、「堆積構造を残さないが、化石あるいは地球化学的な痕跡を残す津波」の証拠が得られないかを検証するため、堆積物から珪藻化石群集を抽出して分析を行う予定である。

研究過程において得られた地球化学的分析 (Be-10に関する分析) の一部については、アメリカ地球物理学連合2017年大会において発表した。

[領域名] 地質調査総合センター

[キーワード] 津波堆積物、粒度分析、化学分析、微化石分析

[研究題目] 固体 NMR によるプロトン伝導性無機固体酸塩における相転移のメカニズム

[研究代表者] 林 繁信 (物質計測標準研究部門)

[研究担当者] 林 繁信 (他1名)

[研究内容]

AO₄型四面体イオンの水素結合ネットワークを持つ無機固体酸塩では液体に匹敵する高いプロトン伝導を示す超プロトン伝導相が出現する。一方、(SO₄)²⁻および(PO₄)³⁻イオンの混合した系では、高温で実現した超プロトン伝導相が温度を下げても室温相にもどらず、室温でも高いプロトン伝導を維持する。本研究では、プロトン伝導性を支配する相転移挙動の制御を目指して、AO₄型四面体イオンの水素結合ネットワークを持つ無機固体酸塩における、相転移のメカニズムを微視的に明らかにすることを目的とする。無機固体酸塩としてCs₂(HSO₄)(H₂PO₄)を中心に取り上げ、手法として固体NMRを用いた。

H29年度は、Cs イオンに着目し、¹³³Cs の固体 NMR 測定を行った。AO₄型四面体イオン (A=S, P) の水素結合ネットワークを通してプロトンが拡散していくが、AO₄型四面体イオンの回転がプロトン拡散の律速過程となっている。AO₄型四面体イオンの回転に陽イオンである Cs イオンが何らかの貢献をしているのではないかと期待される。¹³³Cs 固体高分解能 NMR スペクトルは、2つの強いシグナルの他に6つの弱いシグナルから成っていた。一方、¹H NMR スペクトルでは4つのシグナルが観測された。¹H および¹³³Cs NMR スペクトルの結果は、水素結合の一部に不規則性があり、Cs のサイトにも不規則性が及んでいることを示した。Cs₂(HSO₄)(H₂PO₄)の水素結合ネットワークの不規則性が特異的な相転移挙動に何らかの影響を及ぼしていると考えられる。

[領域名] 計量標準総合センター

[キーワード] 固体 NMR、プロトン伝導、無機固体酸塩、相転移、水素結合

〔研究題目〕有機太陽電池の電荷分離・再結合の統計理論による究明

〔研究代表者〕 関 和彦 (ナノ材料研究部門)

〔研究担当者〕 関 和彦 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

有機太陽電池では、光生成した励起子が解離することにより、電荷が生成する。光吸収して生成する励起子の効率を上げる機構として、一重項フィッションが提案されている。一重項フィッションでは、光生成したエネルギーの高い一重項状態の励起子を解離し、エネルギーの低い2つの三重項励起子を生成させる。1つの一重項励起子から2つの励起子が生成し、さらに三重項励起子の寿命は一重項励起子に比較して長いために光電変換の効率を上げると期待されている。しかし、実験的に一重項フィッションが起こっていることを検証する方法は解離収率の磁場依存性に限られていた。本研究では、一重項フィッションの逆過程の三重項ヒュッションによる遅延蛍光に着目した。2つの三重項励起子が融合し1つの一重項励起子となり遅延蛍光を発生することについては、これまで励起光強度に依存した遅延蛍光については良く知られており、単独の三重項励起子の寿命の半分の時定数で遅延蛍光は指数減衰する。これに対して、励起光強度が弱い場合には、励起光強度に依存しない遅延蛍光となり、一重項フィッションとその逆過程の三重項フィッションによる対再結合のために、指数減衰ではなくべき的な減衰を示す場合があることを理論的に示し、一重項フィッションを起こす有機結晶と非晶質を用いて実験的に検証した。この一重項フィッションとそれに引き続き起こる逆過程の対再結合による遅延蛍光の特徴的な減衰を測定することにより、一重項フィッションが起こっていることの検証が可能となるのではないかと考えられる。さらに、有機太陽電池の電荷対の分離確率についてドナー性の分子とアクセプター性の分子の二層ヘテロ界面の積層型構造では、電場依存性が一様系よりも弱いことを示した。また、この電場依存性を簡潔な経験式で表した。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 有機薄膜太陽電池理論、電子移動、拡散

〔研究題目〕セルフアセンブリスマートスキン層を持つ生分解性ポリマーの研究

〔研究代表者〕 中山 敦好 (バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 中山 敦好、川崎 典起、山野尚子、伊田 小百合、増井 昭彦 (常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

ポリアミド4及びポリ(3-ヒドロキシブチラート)、コポリ(L-乳酸/e-カプロラクトン)などの生分解性ポリマーに光触媒を担持したコンポジットフィルムの表面の分析を行った。その結果、光触媒含有ポリマー溶液のキ

ャストによるコンポジットフィルムではシャーレ側と表面側とでは光触媒濃度が異なり、それぞれの面での抗菌性に大きな差があることが見出された。照度に関しては、2000-4000 lx でスイッチングの効果は十分発現され、それ以上の照度では照射光による殺菌効果が大きくなり、光触媒効果を切り分けて評価することが難しい。光触媒濃度は1 wt%から5 wt%において良好な生分解結果が得られるが、これはキャストフィルムの裏面、表面の両方の効果の平均となっているため、各面における生分解評価の検討を進めている。

1. 光触媒コンポジットの作成：キャストフィルムの厚み方向における光触媒の傾斜分布状況について分析し、制御を行った。
2. 暗所下での光触媒コンポジット材料表面の解析：1の光触媒含有樹脂に関して、顕微 ATR による観察、EDX-SEM による光触媒分布状況を調べた。また、両面の抗菌性について調べた。
3. 前年度までのポリエステルの結果と異なり、光触媒含有生分解性ポリアミドでは、LED、蛍光灯の照度の影響を大きく受けた。照射光の UV 領域のカットの有無の影響は不明瞭であったので引き続き、再現性の確認を行うとともに、ポリアミド生分解菌を用いて評価試験を継続している。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 ポリアミド4、生分解、光触媒、バイオマス

〔研究題目〕多官能アントラセン誘導体の合成と可逆相構造制御

〔研究代表者〕 秋山 陽久 (機能化学研究部門)

〔研究担当者〕 秋山 陽久 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、室温での安定状態が液体である場合と固体である場合を可逆的に制御できる無色の化合物群を合成し、その特性を明らかにすることを目的としている。そのため、分子の基本構造として光二量化反応を示すアントラセンユニットを一分子中に複数もつ化合物を合成してきた。これまで主に6置換体について検討を行ってきたが、合成収率がよく、粘度の低い3置換体をもちいて検討を行った。特に3官能の化合物では、液液の相分離を使った精製法を改良して、より大量合成に対応できるようになった。また3量体では液化時の粘度が低く、添加剤なしでガラスへの繰り返しの液状化が可能であった。この材料を用いた接着剤としての能力をさらに検証するため、ガラスとアルミニウムの異材接合を行った。アルミニウムに対しても接着性能を示し、接着後、熱伝導性のよいアルミニウム基板側からアイロンをあてて加熱するだけで液化して、容易に解体できることを確認した。また、本材料は添加剤を含まないために、アルミ板の表面に直接塗布したのちに光硬化させることで丈夫な

塗膜とすることが可能となった。これまでは光を透過させるために片面を透明な材料にする必要があったが、この膜表面から通常のエポキシ系の接着剤で別の不透明なアルミ板との接着が可能となった。この場合、接着層内部には全く光は通らないが、外部から加熱することで可逆光硬化性物質からなる塗膜部分が液化して容易に解体できることがわかった。またこの材料の密度を求めて硬化収縮量の検討を行った。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】アントラセン、光二量化、接着、可逆

【研究 題 目】メソクリスタルナノワイヤーおよび単結晶ナノワイヤーの作製と高性能二次電池材料開発

【研究代表者】細野 英司（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】細野 英司（常勤職員1名）

【研究 内 容】

持続的発展可能な社会の実現へ向け、クリーンなエネルギーデバイスの開発が必要とされており、電気自動車やプラグインハイブリッド自動車の普及へ向けた取り組みが活発化している。そのため、高性能二次電池の開発が必須であることから、リチウムイオン電池等、高性能二次電池開発に注目が集まっている。

H29年度は、リチウムイオン電池の負極材料であるSnO₂/vapor grown carbon fiber/アモルファスカーボンの複合体ナノワイヤーの作製について注力し、発表も行った。また、コンバージョン負極材料であるZnOのナノワイヤーの合成や、正極材料であるポリアニオン系材料のメソクリスタルナノワイヤーの合成を試み、走査型および透過型電子顕微鏡による観察や電池特性評価を進め、メソクリスタルナノワイヤー合成のための技術と知見を深めることができた。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】二次電池、電気化学、ナノワイヤー

【研究 題 目】電磁非破壊検査技術向上に向けた高度磁場解析技術の構築

【研究代表者】中住 昭吾（製造技術研究部門）

【研究担当者】中住 昭吾（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究課題で磁場解析方法の中心となる拡張型有限要素法(XFEM)は、従来型の有限要素法(FEM)を発展させ、あらかじめ解の局所特性が既知となるような問題に対し、それを表す関数を解の近似公式に入れ込む解法であり、これにより解析のための準備データであるFEMメッシュにき裂などの複雑形状をモデル化することが不必要となり運用面で解析の自由度が向上することを期待するものである。

解析対象とする欠陥形状としてこれまで「表面き裂」、「内部き裂」「屈曲き裂」に取り組んできた。本年度は

新たに、曲率を有する「曲線欠陥」の解析に取り組んだ。その結果、等角写像の一種であるメビウス変換を用いて、直線欠陥を円弧形状に湾曲させる写像によって曲線欠陥のモデル化を行うことが可能になった。なお曲線型の欠陥については、数値積分の実行に際し精度が低下する可能性があることがわかってきており、その回避方法が今後の課題だと考えている。

またXFEM解析におけるエンリッチメント関数の効果を用いて解析精度を向上させるという発想の応用展開を探った。新たに、集中荷重を受ける弾性体への適用可能性について検討を行った。すなわち「集中荷重を受ける弾性体」の変位場には理論解が存在することを利用し、これをエンリッチ関数に用いたXFEM解析手法について取り組んだ。現在はき裂先端で変位が無限大になることが解析上の障害になっており、その解析の安定化方法が今後の課題である。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】非破壊検査、数値解析、欠陥

【研究 題 目】異構造光トラップ場を用いた非接触3次元マイクロ操作の高機能化と汎用化の研究

【研究代表者】田中 芳夫（健康工学研究部門）

【研究担当者】田中 芳夫（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、光学的干渉の発生しない2組の光トラップ場の3次元時空間構造を精密に実時間制御できる双腕3D光ピンセットを試作し、高度自動化技術と統合・融合化することで、光学顕微鏡下の多様な物質を高精度に3次元マイクロ操作するための基盤技術を開発することを目的としている。本年度に得られた主な成果は以下のとおりである。

(1) 万華鏡状トラップ場の制御：マイクロレンズアレイから生成される格子状のトラップ点を時分割走査し、エッシャーの絵画のように任意の図形の周期パターンとして100個以上の微粒子を一度に精密配置する方法を、多様な微粒子や細胞のクラスタを作成できるよう拡張した。マウスを用いて、様々な周期状トラップ場へ選択的に大きさ・色・蛍光特性の異なる微粒子を配置し、その後、縮小と回転の幾何学操作を行うことで、指定した特定の箇所でのみこれらの微粒子が互いに接触する異種微粒子クラスタを簡便に作成できることを実証した。

(2) エンドエフェクタを交換可能な双腕光マニピュレータ：電気式焦点可変レンズ、2軸走査ジンバルミラー、マイクロレンズアレイの容易に入手可能な3種類の市販光学素子を用いて、一般的な1ビームの多点光ピンセット光学系では実施の困難な、大規模または複雑な3次元マイクロ操作を可能とする2種類の双腕型光ピンセット制御システムが、容易に選択交換で

きる光学系を設計試作した。また、マウスに代わる
 双腕系の3次元操作用マン・マシンユーザインターフ
 ェースとして Leap Motion コントローラーの可能性
 を検討した。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 光学顕微鏡、マイクロ・ナノデバイス、
 マイクロマニピュレーション、細胞操作、
 微粒子アレイ

〔研究 題目〕 マイクロプロセス技術を利用した新しい
 輝度均一標準光源の開発

〔研究代表者〕 神門 賢二（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 神門 賢二（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究は、マイクロレンズや高機能光学素子技術等を利用することにより、高安定かつメガコントラスト範囲の輝度制御可能な輝度均一光源の開発を目的としている。本年度は主に、“3タイプの輝度均一標準光源の輝度均一性評価”、および”評価結果に基づく改良点の検討”を行った。

最初に、開発した3種類の輝度均一標準光源（マイクロレンズアレイタイプ、ライトパイプタイプ、通常拡散板タイプ）の輝度均一性評価を2次元輝度計を用いて行った。マイクロレンズタイプは、 $\Phi 9$ mm で ± 5 %の輝度均一度を達成したが、その輝度値が不十分であり、さらには微妙なマイクロレンズの設置位置の違いにより、大きく輝度均一度が変わることが分かった。一方、ライトパイプタイプは、 $\Phi 6$ mm で ± 4 %の輝度均一度であり、計算結果に比べ得られた均一面積が小さかった。しかし、得られる輝度値はマイクロレンズタイプに比べて10倍程度、高いという結果が得られた。通常の拡散板タイプは、計算通り $\Phi 9$ mm で ± 12.5 %の輝度均一度であった。前述したとおり、各タイプの評価を行った結果、3タイプの内、輝度値が高いマイクロレンズタイプの輝度均一光源が有望だと考え、マイクロレンズタイプについて再計算・再検討を行った。再検討結果により、ライトパイプの形状を8 mm 角から12.5 mm 角に大きくすれば必要とする均一面積が得られることが判明したため、新たな輝度均一標準光源の設計・開発に取り組んだ。

今後の研究の展開としては、再検討を行った輝度均一標準光源の評価を終了させ、輝度の標準供給に使用することができる標準光源を完成させることである。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 輝度、輝度均一標準光源、LED、
 光線追跡法、マイクロレンズ

〔研究 題目〕 デュアルキャビティリングダウン分光法
 を用いたガス中微量水分計測法の開発

〔研究代表者〕 阿部 恒（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 阿部 恒、橋口 幸治、天野 みなみ

（常勤職員3名）

〔研究 内容〕

水蒸気は大気中に大量に存在し、一度装置等の内部へ入り込むとその高い吸着性によって除去することが非常に困難なため、高純度ガスや高真空を必要とする科学実験・製造プロセスでは、不純物としてよく問題にされる物質である。近年、特にハイテク分野を中心として、微量レベルでの水分管理の重要性が増している。しかし、管理を行うために必要となる微量水分計の性能には、感度・応答性の観点から問題があることが明らかになってきた。そこで本研究では、2波長のキャビティリングダウン分光法を使った高感度で高精度な微量水分計を開発し、国際単位系（SI）へのトレービリティが確保された実験に基づいてその性能評価を行うことで、サブ ppb レベルでも測定可能な信頼性の高いガス中微量水分計測法を確立することを目的としている。

H29年度は、ピエゾ素子を高フィネスキャビティに組み込み、より周波数精度の高い吸収スペクトル測定が可能となるように装置を改良した。また、測定データについて、不確かさのガイドライン文書である GUM (ISO 文書 “Guide to the expression of uncertainty in measurement”) に基づいて解析を行った結果、観測された変動は、2台のレーザーで測定した2つのリングダウンタイムの変動の相関を考慮することで定量的に説明できることがわかった。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 高感度、吸収分光法、湿度計測、高純度
 ガス

〔研究 題目〕 岩石強度の時間変化メカニズムに対する
 水の影響の解明

〔研究代表者〕 増田 幸治（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕 増田 幸治（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

岩石強度の時間変化メカニズムに対する水の影響について、水の存在が2種類の地殻岩石構成鉱物の摩擦過程に与える影響の評価を行った。

地震発生領域の深度やその範囲は、地殻構成物質の摩擦強度で説明されている。地震の発生しない安定領域と地震が発生する不安定領域の境界深度は、温度や水の存在によって影響される物質の摩擦強度に支配されている。そこで、それぞれの構成鉱物の摩擦特性の影響や地震発生に及ぼすメカニズムを考察するために、地殻主要構成鉱物である石英と長石の摩擦特性を高温高压下で測定した。細粒の石英ガウジおよび長石ガウジを試料として使用し、Dry および Wet 環境下で、速度ステップ試験を行った。温度範囲は室温～600 °Cとした。その結果、水が存在する環境下では、石英・長石ともに地震すべりが発生する不安定領域に相当する温度範囲が存在するが、石英の方がその温度領域が狭いことがわかった。これら

の結果は、個々の構成鉱物の摩擦特性および水の存在が、地震発生領域を決める重要な役割をはたしていることを示している。

前年度までとこれらの結果や既存データを総合すると、岩石強度の時間変化（岩石強度弱体化やヒーリング過程）メカニズムに対する水の影響に関しては、摩擦面の真の接触部分（アスペリティー）における、微小破壊がその本質で、強度の時間変化にメカニズムとしては、ゆっくり進行する応力腐食反応であることを示唆している。モデルとして応力腐食メカニズムが有効であることが明らかになった。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】破壊強度、破壊実験、応力腐食、断層強度回復

【研究 題 目】粒子線と光の組み合わせによるワイドギャップ半導体の深い準位評価法の開発

【研究代表者】坪内 信輝（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】坪内 信輝（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本テーマは、絶縁性の高いワイドギャップ半導体中のキャリア捕獲をもたらずエネルギー準位に関する評価を行うための、粒子線と光励起を組み合わせた評価手法の開発を行うことを目的とする。具体的には、離散的な粒子線を当該材料に入射させることによって過渡的なキャリアの伝導を起し、その運動を誘導電荷として検出する。その際、関係するキャリアの捕獲準位深さを検出するために光を併せて照射し、その深さに対応する波長による捕獲キャリアの解放によって生じる誘導電荷の回復をプローブとする。本年度は、前年度までになされた検討課題やその対応策を取り入れながら測定系の改良を行うと共に、本測定法の有効性を調査した。前者については励起粒子線と試料との距離やコリメータの大きさを、バックグラウンドによる雑音と信号との競合関係を評価しながら調整を行い、測定時間の短縮化による測定安定性の検討を行った。試料としては、絶縁性のダイヤモンド板状試料を用い、その中に含まれるキャリア捕獲準位の検出を試みた。その結果、正孔の場合には誘導電荷量の増加が見られ、400～1300 nm の波長域に対応するエネルギー深さに、連続的な捕獲準位が存在することが示唆された。電子の場合には、掃引波長領域において、誘導電荷量の減少が観察された。これらの結果と、光吸収測定等の他手法との比較検討を行い、本評価手法の有効性を明らかにした。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】ワイドギャップ半導体、キャリア捕獲準位、ダイヤモンド

【研究 題 目】シート構造を有するメソポーラスシリカ

の創製とその応用に関する研究

【研究代表者】加藤 且也（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】加藤 且也（常勤職員1名）

【研究 内 容】

一般的にメソポーラスシリカ（MPS）粒子は、作製条件を変化させることで、その粒子構造が球型や棒型に変化することが知られている。しかし、シート型のMPSを安定的に多量作製する方法は、いまだ確立していない。前年度までにシート型MPSの横や厚さのサイズをコントロールして作製し、その構造について詳細に検討を行った。本年度は、前年度中の開発した方法で合成したシート形状MPSを鋳型としたレプリカ法によるメソポーラスカーボン（MPC）の作成と、そのバイオ電極としての機能の解析を行った。今回合成したMPCのTEM画像から、それぞれ表面に3 nm程度のメソ孔を持つMPCが合成されたことが明らかとなった。さらに、今回合成したMPCの材料を電極材料として用いて、アスコルビン酸（ビタミンC）の酸化反応によるCV測定を行った。その結果、電圧掃引速度に従って、電流値が比例的に増加することが分かり、電極表面で非常に効率的に電気化学的反応が発生していることが明らかとなった。以上の結果から、今回合成したシート形状MPCは、バイオセンサー用の電極材料として期待できる。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】シリカ、シート構造、酵素、吸着、金属、メソポーラス

【研究 題 目】DNA由来高分子を利用した高分子アクチュエータ

【研究代表者】杉野 卓司（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】杉野 卓司、安積 欣志（常勤職員2名）

【研究 内 容】

本研究課題では、ナノカーボン高分子アクチュエータの高分子材としてDNA由来の高分子を用いることにより、変形応答の安定した効率よく変形する高分子アクチュエータの開発およびDNAの持つ分子認識特性を応用した新規センシングデバイスの開発を目的として研究を行った。今年度は、前年度得られたDNA由来高分子とイオン液体を共存させた電極膜および電解質膜を用いて、アクチュエータ特性を調べた。その結果、電極膜に添加剤としてポリアニリンを添加した方が、変形応答が大きく改善できることが分かった。

また、イオン液体を含んでいない（カーボンナノチューブとDNA由来高分子からなる）電極膜を用いて、そのセンシング特性をサイクリックボルタンメトリーにより調べた。例えば、DNAインターカレーターであるエチジウムブロミドの水溶液を作製し、電極液を水溶液に浸し電圧を印加すると、インターカレーターであるエチジウムブロミドの挿入に伴うと考えられる電流変化が

観測された。しかし、水溶液の濃度やサイクリックボルタンメトリー実験前の処理条件により、観測される電流が変化するため、現在のところ定量性などについては、分かっていない。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕DNA、アクチュエータ、ナノチューブ、疎水化、センシング

〔研究題目〕集合組織制御による高成形性を持つ難燃性マグネシウム合金板材の創製

〔研究代表者〕黄 新ショウ（構造材料研究部門）

〔研究担当者〕黄 新ショウ（常勤職員1名）

〔研究内容〕

Mg-Zn-Ca 系合金圧延板材の焼鈍処理中の組織変化を調べ、成形性の向上に寄与する特異な TD-split texture (c 軸が板幅方向に約35°傾く集合組織)の形成メカニズムを調査した。微量 Ca 添加の Mg-1.5 wt%Zn-0.1 wt%Ca 合金に対し、450℃で圧延を行った。圧延まま材に対し、250℃～350℃の温度範囲で異なる時間で焼鈍処理を行った。試料の同一箇所を EBSD 分析により測定し、焼鈍処理に伴う組織変化を調べた。圧延まま材では、圧延中に動的再結晶が起きておらず、変形組織および通常の RD-split texture (c 軸が圧延方向に約15°傾く集合組織)を示した。また、変形結晶内に二次双晶が多く存在することを明らかにした。焼鈍とともに、集合組織は通常の RD-split texture から特異な TD-split texture に徐々に変化し、集合組織強度も弱くなる傾向が確認された。静的再結晶は主に二次双晶と変形結晶粒界が交わる所で起きることがわかった。焼鈍初期段階で形成した静的再結晶粒を抽出して解析した結果、静的再結晶粒は変形結晶と異なる TD-split texture を示すことを明らかにした。TD-split texture の形成は、このような結晶配向を示す静的再結晶粒が生成し、焼鈍とともに TD-split texture の結晶方位を維持しながら粒成長したためと考えられる。一方、比較材として同じ圧延条件で作製した Ca 無添加の Mg-1.5 wt%Zn 合金は、焼鈍後に底面集合組織が圧延まま材よりもさらに強くなった。これは底面配向結晶が優先的に粒成長したためと考えられる。Ca 添加合金の弱い TD-split texture を維持しながら粒成長することは、Ca 固溶原子の粒界偏析による効果と推測される。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕マグネシウム合金、圧延、集合組織制御、成形性

〔研究題目〕極強加工と水素誘起分解再結合を利用した高機能積層型水素吸蔵合金の開発

〔研究代表者〕田中 孝治（電池技術研究部門）

〔研究担当者〕田中 孝治、竹下 博之（関西大学）、近藤 亮太（関西大学）

（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

繰り返し圧延による極強加工と水素誘起分解再結合により組織制御された積層型水素吸蔵合金（超積層体）が、水素吸蔵・放出温度の低下や反応速度の向上を示す等、通常バルク体や粉体には見られない優れた特性を持つことを見出し、微細構造と水素吸蔵・放出特性の関係について研究を進めてきた。Mg/Cu 超積層体の研究を通して、強加工の程度による微細化度の違いにより水素化の経路が、水素圧制御により水素放出過程の反応経路が制御可能であることが解って来た。本研究では、微細組織と水素吸蔵・放出特性の関係の知見を元にして、さらに優れた水素吸蔵・放出特性を持つ材料を開発することを目的とする。

今年度は、繰り返し圧延回数の異なる試料の as-rolled と初期水素吸蔵後の組織を比較した。繰り返し圧延中に Mg も Cu も再結晶を起こすため、5回以上繰り返し圧延すれば、as-rolled の試料は繰り返し圧延回数によらず結晶粒径や転位密度に大きな差が無いこと、Mg/Cu 超積層体の合金化の活性化エネルギーは Mg-Cu 拡散対よりはるかに低くなるが、10回以上の繰り返し圧延でほぼ同程度になること、組織的な大きな違いは、Mg と Cu の層の厚さであり、合金化に必要な拡散距離が組織形成に大きな影響を与えていることが解った。また、初期水素化時は水素雰囲気下で室温から加熱するので、Mg と Cu の合金化とそれに続く Mg₂Cu の水素化および Mg の水素化が競合する。初期水素化時の組織形成メカニズムは Mg の水素化のタイミングにより3つの場合に分けられ、それぞれ水素吸蔵特性が異なることが解った。

〔領 域 名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕極強加工、積層型、水素吸蔵合金、水素誘起分解再結合

〔研究題目〕特異環境場における輸送物性の計測法開発と現象解明

〔研究代表者〕金久保 光央（化学プロセス研究部門）

〔研究担当者〕金久保 光央（常勤職員1名）

〔研究内容〕

低環境負荷型の化学プロセスの構築を目的として、極低温や高温、高圧、電場印加、極微小空間などの特異的環境下における輸送現象の計測ツールを新たに開発する。計測ツールとしては、適用対象が広い磁場勾配パルス核磁気共鳴 (PFM-NMR) 法に注目し、様々な条件において高精度測定が実現可能な計測法の開発を進める。これにより、超臨界流体やイオン液体などの新しい低環境負荷溶媒の機能解明を行い、平衡物性と輸送物性の双方から化学工学的な基礎基盤技術の構築を進める。

平成29年度は、N-メチルピロリドンと酸の等量混合物であるプロトン性イオン液体に着目した。異なるアニ

オンからなる4種類のイオン液体を新たに合成し、広い温度範囲で密度や粘度の測定を行った。弱酸である酢酸やトリフルオロ酢酸との混合溶液は比較的低い粘度を示し、酸から *N*-メチルピロリドンへのプロトン移行が不十分なことが示唆された。また、それらイオン液体の電気伝導度および自己拡散係数の測定を実施した。粘度の結果から予想されたように、酢酸溶液の電気伝導度は極めて小さい値を示した。以上の結果から、速度相関係数や抵抗係数を求め、プロトン性イオン液体中における分子間相互作用などについて考察した。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕NMR、パルス磁場勾配法、自己拡散係数、電気伝導度、イオン液体、二酸化炭素

〔研究 題 目〕多種の脳内神経伝達物質を同時検出するための蛍光プローブの創製と医療診断への展開

〔研究代表者〕鈴木 祥夫 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕鈴木 祥夫 (常勤職員1名)

〔研究 内 容〕

本研究では、脳内神経伝達物質として重要なドーパミンおよびオキシトシンをそれぞれ特異的に検出するための蛍光プローブの設計・合成・性能評価および開発した試薬の医療診断への適応可能性について検討を行う。

平成29年度は、神経伝達物質を特異的に検出するための蛍光分子プローブ設計・合成および性能評価および開発した試薬の医療診断の適応の可能性について検討した。蛍光分子プローブの蛍光発色団は、標的物質との疎水性相互作用による複合体形成および分子内の ICT 状態の変化によって強い蛍光発光を誘起する部位として4-(ジシアノメチレン)-2-メチル-4H-ピランを有する化学物質および誘導体とした。さらに、神経伝達物質との結合部位として、ドーパミンに対してはイミノ二酢酸-鉄錯体、オキシトシンに対してはオキシトシンレセプターを模倣した24のアミノ酸残基を認識部位として採用した。合成した化合物の確認は、¹H-NMR、質量分析を用いて行った。これらの蛍光分子プローブが、それぞれ目的とする神経伝達物質を特異的に認識するかどうかを、蛍光光度法を用いて確認した。その結果、神経伝達物質添加前は、蛍光分子プローブからは微弱な蛍光が観察されたが、室温下、神経伝達物質を添加すると、目的の神経伝達物質と相互作用した時のみ、瞬時に蛍光強度の増加が確認され、検出感度を算出したところ、pM オーダーの神経伝達物質を検出出来ることが確認された。さらに、生きたラットの脳組織を開発したプローブで染色し、電気刺激による強制的な神経伝達物質の放出を試みた結果、in vivo イメージングの可能性を証明することができた。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕神経伝達物質、蛍光分析、分子プローブ

〔研究 題 目〕神経堤細胞の進化的起源

〔研究代表者〕大塚 幸雄 (バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕大塚 幸雄 (常勤職員1名)

〔研究 内 容〕

脊椎動物の神経板と予定表皮領域の境界 (神経板境界) には神経堤と呼ばれる構造が存在する。この神経堤の細胞はこれまで無脊椎動物ではその存在が確認されていないことから、神経堤の出現が脊椎動物の進化をもたらしたと考えられている。本研究では、脊椎動物に最も近縁な無脊椎動物であるホヤの神経板境界に存在する「移動性外胚葉細胞」の発生メカニズムを明らかにすることにより、神経堤の進化的起源を理解することを目的としている。本年度は移動性外胚葉細胞の分化における FGF およびレチノイン酸シグナルの役割について調べた。

まず、マボヤ胚から3個の FGF 遺伝子をクローニングした。また、移動性外胚葉細胞の分化における FGF シグナルの役割を明らかにするために、マボヤ胚を U0126 (FGF シグナル下流因子 MEK の阻害剤) で後期囊胚期から処理したところ、幼生尾部で末梢神経細胞の数が増加した。細胞トレーサー実験と移動性外胚葉細胞のマーカー遺伝子 Neurogenin の発現解析により、U0126処理で増加した末梢神経細胞は移動性外胚葉細胞由来であることが判明した。このことから、移動性外胚葉細胞の分化は後期囊胚期以降に FGF シグナルにより阻害されていることが示唆された。

次に、レチノイン酸シグナルが移動性外胚葉細胞の分化に関与するのかを調べるために、マボヤ胚を DEAB (レチノイン酸合成阻害剤) で処理したところ、幼生尾部背側前方で末梢神経の細胞数が減少した。このことから、レチノイン酸シグナルは移動性外胚葉細胞の分化を誘導することが示唆された。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕神経堤、FGF、レチノイン酸

〔研究 題 目〕睡眠障害モデルマウスをプラットフォームとした包括的ストレス疾患改善の基盤研究

〔研究代表者〕宮崎 歴 (バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕宮崎 歴 (常勤職員1名、他1名)

〔研究 内 容〕

平成28年度の研究成果により、慢性的ストレスを負荷したマウスにおいては、睡眠リズムの障害のみならず、体のいずれかの組織において炎症があることや脳内における酸化ストレスの発生がアルツハイマー発症に憎悪因子として働くことを示唆するデータが得られていた。ストレスにより惹起される炎症として、ストレス性大腸過敏症や大腸炎などがある。そこで平成29年度は PAWW ストレス負荷マウスにおいて消化器系への影響を評価す

る為に、ギガシーケンサーによる腸内フローラの網羅的解析を行い、そのバイオームの構成や定量的解析を行った。その結果、ストレスを誘導することによりその構成を大きく変えることが分かった。その変化は、ストレス負荷2週間ほどから認められるようになり、4-6週間で変換が完了することが分かった。これらの変化を示す細菌群については、今後ストレス評価のためのマーカーになる可能性がある。

また、神経変性疾患にかかるストレス性睡眠障害の影響を今年度はパーキンソンモデルマウスで検証した。その結果、アルツハイマー病と同様にパーキンソン病においても、PAWW による睡眠障害が発症を促進する影響を及ぼす可能性が示唆された。さらに、ストレスと炎症が相互に影響を与える可能性があることから、炎症を改善することでストレス緩和効果が認められる可能性がある。また、抗炎症性を持つ物質が経験的にサーカディアンリズムなどの神経系支配行動に影響を与えるデータが多いことから、抗炎症効果を持つ物質をキノコ類、食用性植物より単離してサーカディアンリズムへの影響や抗炎症活性をもつ物質の探索を行った。その結果、アガリクに含まれるリノール酸が抗炎症効果を持つことやある植物 X の抽出物がリズムや抗炎症性を持つことを見出し、今後は植物 X 由来の抽出物やリノール酸などをストレス性睡眠障害モデルマウスへ投与しその効果をみる準備が整った。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ストレス、睡眠障害、サーカディアンリズム、体温行動リズム、メンタルシンドローム、不安障害

【研究 題 目】狭食・狩猟性アリ類の神経毒の餌動物ナトリウムチャンネルに対する適応変化の検証

【研究代表者】稲垣 英利 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】稲垣 英利 (常勤職員1名、他3名)

【研究 内 容】

国内においてサンプリングしたアギトアリ (*Odontomachus monticola*) の毒液を逆相クロマトグラフィーで分離した後、質量分析計によりペプチド系毒素の網羅的な MS/MS 解析を行った。

その結果、トランスクリプトーム解析で同定されていた、6種類のペプチド系毒素 (Pilosulin-like pepitde) の毒液中での存在と修飾 (アミド化、2量体化など) を確認することができた。また、トランスクリプトーム解析では見落とされていた、Pilosulin-like pepitde と類似した2種類のペプチド系毒素を新たに発見することができた。さらに、生理活性アミン (チラミン、ヒスタミン)、アミノ酸 (プロリン、ロイシン)、酵素 (ヒアルロニダーゼ、ホスホリパーゼ、セリンプロテアーゼなど) の毒液中での存在も確認することができた。

オオハリアリ (*Pachycondyla chinensis*) の毒腺のトランスクリプトーム解析からも、10種類のシステイン残基を含まないペプチドと7種類のシステイン残基を含むペプチドを発見することができた。現在、これらの中で2種類のペプチドを化学合成し、様々なアッセイ系に供して、その生理活性を評価している。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】アリ、トランスクリプトーム解析、MS/MS 解析

【研究 題 目】共生細菌が持つ雄殺し遺伝子の同定とその利用基盤技術の開発

【研究代表者】安佛 尚志 (生体システムビッグデータ解析オープンイノベーションラボラトリ)

【研究担当者】安佛 尚志 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

ショウジョウバエに感染して、胚発生初期の雄を特異的に殺す「雄殺し」と呼ばれる生殖操作をおこなう共生細菌スピロプラズマの持つ雄殺しの原因遺伝子の同定を目的とし、雄殺しスピロプラズマ2系統 (NSRO、MSRO) および雄を殺さなくなった突然変異系統 (NSRO-A) の計3系統について、完全ゲノムの決定に取り組んだ。昨年までに得られたスピロプラズマゲノムは、主にプロファージにより10以上のコンティグに分断されていた。そこで、まずは PCR 産物のシーケンシングを行い、NSRO および MSRO については各1種類、NSRO-A については少なくとも3種類の環状ファージゲノム配列 (全長約19 kb) を取得し、スピロプラズマゲノムを参照することによりプロファージの末端配列を決定した。次に、第3世代シーケンサー MinION によるロングリード配列の取得とスピロプラズマゲノムコンティグの結合を試みた。NSRO を対象に行った1回のランで、ファージゲノムサイズを超えるリードが2,026得られたが、そのうちファージの全長配列が内在する31リードのほとんどがファージ配列のみが複数連続で並んだものであり、ファージの鎖状体ゲノムに由来すると考えられた。アラインメントパッケージの Canu を用いた MinION リードの de novo アセンブルの結果、スピロプラズマゲノムのほぼ全域をカバーする13コンティグが得られたが、完全ゲノム決定には至らなかった。今後は、ゲノム調整における断片化を可能な限り回避し、大量のゲノムを回収することで、よりクオリティの高いロングリード配列を取得し、完全ゲノムの決定を目指す。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】共生細菌、生殖操作、雄殺し、第3世代シーケンサー、ゲノム、スピロプラズマ、ショウジョウバエ、ファージ

【研究 題 目】好塩、好アルカリ・ハロモナス菌による有機酸生産に向けた極限菌との代謝解析

〔研究代表者〕河田 悦和（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕河田 悦和、下園 詔子、藤田 正樹
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

持続可能型社会実現には、エネルギーや化成品を非食糧バイオマス資源から生産することが課題である。独自に見いだしたハロモナス菌 *Halomonas* sp. KM-1は高塩、高 pH 環境で生育し、他の菌のコンタミを認めない。C6糖、C5糖、廃グリセロール等の各種炭素源を利用し、好気条件では菌体内にバイオプラスチック PHB を蓄積し、微好気条件に移行すると、蓄積した PHB を分解し、モノマーの3-ヒドロキシ酪酸を著量分泌する。さらに、炭素、窒素、微量金属などをコントロールすることで、各種有機酸を分泌生産すること、この分泌が、一部のハロモナス菌に共通することを見出した。そこで、ハロモナス菌や好塩菌等の代謝物の違いを分析し、工業原料として利用が期待される有機酸・代謝中間体の生産に役立てることを研究の目的として研究を実施している。昨年度は著量のピルビン酸の分泌生産を見いだしたが、今年度は、耐塩性向上の観点から、培地の塩（NaCl）濃度を上昇させた場合に、アルファケトグルタル酸が分泌することを認め、この結果を学会発表、特許申請などを行った。今後、これらの有機酸の分泌に関与するメカニズムが好塩菌に共通か、さらにどのような代謝系が関与しているのかについて検討していく予定である。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕ハロモナス菌、極限菌、代謝解析、有機酸

〔研究題目〕膜タンパク質再構成マトリックスにおける部分フッ素化蛍光色素の開発

〔研究代表者〕高木 俊之（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕高木 俊之、金森 敏幸（常勤職員2名）

〔研究内容〕

人工脂質膜および膜タンパク質から成るハイブリッドセンサは、医薬品開発のスクリーニングツールとして注目されている。本研究は、安定な人工脂質膜の設計・機能評価、膜タンパク質再構成基材の設計・機能評価、人工脂質・膜タンパク質複合化、複合体の機能性基板への固定化・機能評価により、安定な脂質-膜タンパク質複合体を利用したバイオセンサの開発研究を行うことを目的としている。

近年開発した部分フッ素化人工脂質は、物理的・化学的にも安定かつ膜タンパク質の組み込みにも有用であることがわかってきた。最適な人工脂質・膜タンパク質複合体構築に向けた高配向秩序で適度な膜流動性を有する人工脂質膜を創製するため、部分フッ素化人工脂質から成る分子集合体（二分子膜）の基盤情報（膜流動性）を取得すべく新規な部分フッ素化蛍光色素を見出す。部分フッ素化人工脂質から成る二分子膜に特化した蛍光色素

を新たに設計し、合成経路の探索から行った。その結果、新規な部分フッ素化した蛍光色素の合成に成功し、種々の新規な部分フッ素化蛍光色素のライブラリ合成とそれらを用いた膜物性評価を検討した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕フッ素、蛍光色素、人工脂質、膜タンパク質、バイオセンサ

〔研究題目〕急速に進行する膵管がんの特性を規定する分子メカニズムの解明

〔研究代表者〕池原 謙（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕池原 謙、山口 高志、池原 早苗、橋本 美香（常勤職員1名、他3名）

〔研究内容〕

〔目標〕

本研究の目標は、1) 膵臓がんにおける上皮間葉系変換（EMT）の制御機構の解明ならびに、2) 急速に進行する難治性膵臓がんが Pancreatic intraepithelial neoplasia（PanIN）から直接発生するかについて明らかにすることである。これらの達成により膵臓がんの克服につながる早期診断マーカーの開発と創薬標的探索を加速することを目的として実施している。

〔年度進捗状況〕

1) では、作成した膵臓がん細胞株と不死化膵管上皮細胞の管状構造形成を比較し、管状構造形成を伴うドライバ分子として TGF β を同定した。TGF β は、膵臓がん細胞株と不死化膵管上皮細胞のいずれにも作用して、三次元培養下に管状構造を形成し、TGF β シグナル阻害剤処理は、管状構造形成の抑制に作用することを明らかにした。また、TGF β シグナル標的遺伝子の発現と、超微形態学的に観察される上皮性構造の消失はリンクしており、管状構造形成は EMT であった。なお2) では、ドキシサイクリン投与依存性に、温度感受性 SV40ウイルスに由来する tsTA γ を発現するようにした遺伝子改変マウスを用いた研究を実施することで、PanIN からの癌化プロセスを捉えることに成功した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕がん、疾患モデルマウス、がん幹細胞、ワクチン療法

〔研究題目〕トリパノソーマにおける Ca²⁺シグナリングの分子基盤の解明と創薬への応用

〔研究代表者〕橋本 宗明（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕橋本 宗明（常勤職員1名）

〔研究内容〕

寄生原虫 *Trypanosoma cruzi* を病原体とするシャーガス病に対する現行の治療薬は、効果や副作用の点で実用的でなく、新規治療薬開発が急務である。本研究は、申請者らの独自研究を進展させ、*T. cruzi* の分裂増殖・変態・細胞侵入などを制御する Ca²⁺チャネル（TcIP₃R）

を介する Ca^{2+} シグナリングを標的とした治療薬開発のための基盤研究を行う。その成果をもとに、トリパノソーマの Ca^{2+} シグナリングのユニークな点を顕在化するとともにその特異的阻害剤を新たに同定し、副作用のない治療薬開発を目指す。

本研究計画は、トリパノソーマ原虫の生存に必須な TcIP_3R を介する Ca^{2+} シグナリングの未解明な問題を多角的な研究アプローチにより明らかにすると共に、これまでの基礎研究を応用することによって本経路の阻害剤を同定するべく遂行する。

平成29年度は、申請者が開発した細胞内 Ca^{2+} 濃度をモニタリング可能な生体イメージングシステムを用いた薬剤スクリーニングを行った。具体的には、 Ca^{2+} 濃度依存的に蛍光を発するタンパク質を高発現する原虫に、*TcIP₃R* mRNA に対するモルフォリノアンチセンスオリゴを作用させ、その Ca^{2+} シグナリングの阻害効果を検討した。今後、その他の生活史の原虫（昆虫型、細胞内型）に対しても阻害効果を調べると共に、さらに有効な次世代アンチセンスオリゴ開発も行う予定である。また、 TcIP_3R の結晶構造を明らかにし、その構造から、 TcIP_3R を阻害するような化合物を作製する試みも続けている。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 トリパノソーマ、 Ca^{2+} シグナリング、創薬

【研究題目】 放射能汚染地域のバイオマス利用・高温減容化・灰分安定貯蔵のための灰分挙動解析

【研究代表者】 中西 正和（創エネルギー研究部門）

【研究担当者】 中西 正和、小木 知子、福田 芳雄（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

セシウム・セシウム化合物の多くが水溶性なので、放射能汚染地域で伐採された木材の貯蔵には格別の注意が必要である。また、セシウム・セシウム化合物の多くが比較的低温で揮発または分解するので、放射能汚染地域で伐採された木材を燃焼処分する際、揮発したセシウム・セシウム化合物を回収するための特別な設備が必要になる。

熱処理方法により難水溶性セシウム化合物へ変換できれば、放射能汚染地域で伐採された木材の減容化、灰分の長期貯蔵、バイオマスのエネルギー源等への利用が可能になると考えられる。

草本系バイオマスに非放射性セシウムを含浸させた試料を様々な条件で熱処理し、副生する固体残渣に含まれる難水溶性セシウム化合物量と熱処理条件の関係を明らかにした。さらに、最適熱処理条件でのセシウムの挙動を定量的に評価した。これらの結果に基づき、実処理プラントを検討した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 バイオマス、ガス化、灰分安定貯蔵

【研究題目】 閾値電圧制御による低消費電力 FPGA の設計・評価環境の開発

【研究代表者】 片下 敏宏（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 片下 敏宏、小池 帆平、日置 雅和、堀 洋平（常勤職員4名）

【研究内容】

回路データにより機能を再構成できる FPGA (Field Programmable Gate Array) は、少量多品種な製品向け半導体や、演算の高速化と省電力化を両立する技術として注目され、データセンターのエネルギー効率向上などの利用への期待が急速に高まっている。これまでトランジスタの閾値電圧をプログラム化にできる低消費電力デバイス FlexPowerFPGA を開発し、試作回路において静的消費電力の予備評価を行ってきた。本研究では、FlexPowerFPGA の実用化に不可欠な設計環境と評価環境を整備し、さらに、実用的な回路を実装した際の低消費電力効果を評価すること最終目標としている。

本年度では、昨年度開発した評価プラットフォームの改修を行った。デバイスへのクロック入力とデバイス内の回路から値を出力するまでの遅延が、クロックの周期と近い場合に動作検査が誤る場合があった。これをクロックの位相変更と出力値の取得レジスタ段数を切り替える事により解決した。さらに改修した評価プラットフォームを用いて演算回路や暗号回路のコア部などの実装時の動作周波数、動的・静的消費電力の評価を実施し、論文誌にて発表した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 Field Programmable Gate Array、電力評価、評価プラットフォーム、回路実装

【研究題目】 次世代メモリのソフトウェア・エミュレーション技術の研究

【研究代表者】 広瀬 崇宏（情報技術研究部門）

【研究担当者】 広瀬 崇宏、高野 了成（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究では、仮想計算機技術を用いて、次世代メモリが接続された計算機があたかも存在するかの状況をソフトウェア上で再現する手法（エミュレーション手法）を研究する。

平成29年度は、全体の研究期間3年において2年度目にあたる。

第一に、昨年度プロトタイプを開発した、次世代メモリの性能特性をエミュレーションする技術について、再現誤差をより小さくする方法を検討した上で詳細な性能評価を行った。既存の類似手法と比較する評価を行った結果、読み書きレイテンシの差を考慮できる我々の手法

の方が既存の類似手法よりも正確にエミュレーションでできることを確認した。これまでの成果を取りまとめて査読付き国際会議にて発表した。

第二に、新たなエミュレーション手法を検討するため、CPU が備えるイベントサイプリング機能の適用可能性について調査した。パフォーマンスカウンタよりも詳細にラストレベルキャッシュの挙動を把握できるため、アプリケーションが行うメモリ I/O をより詳細に分析できる。オーバーヘッドを評価した結果、1サンプルあたり 230-280 ns の処理時間がかかり、アプリケーションに対して一定の影響が存在することがわかった。ここまでの成果を取りまとめて査読付き国際会議にて発表を行った。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 不揮発メモリ、ハイパーバイザ、仮想化、エミュレータ

〔研究 題目〕 大規模機械学習のための並列計算基盤の研究

〔研究代表者〕 中田 秀基（人工知能研究センター）

〔研究担当者〕 中田 秀基（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

大規模なデータを対象とする機械学習を実現するための、並列計算基盤の研究開発を行う。インターネットの普及により大規模なデータの蓄積が容易になり、それを対象とした機械学習技術が大きく発展している。しかし、IoT (Internet of Things) の今後の発展によってより大規模なデータが日々生成されること、さらに機械学習技術の発達により機械学習の計算量が増大することを考慮すると、現在の処理手法では対応することが難しいと思われる。本研究提案では、大容量データと計算量の大きい機械学習技術に特化した大規模並列計算基盤の研究を行う。

大容量データ入力に関しては Apache Spark を対象に中間データ保持機構の最適化を行った。従来の手法ではメモリ上のキャッシュとディスク上のキャッシュの連携が不十分であったため、不必要なデータ移動が頻発し性能が低下していた。われわれはこの点に着目し、連携アルゴリズムを改良することで、典型的なプログラムにおいて大きな性能向上を得ることができた。本件に関しては研究会発表1件、ワークショップ発表1件、ポスター発表1件を行っている。

データ並列機械学習の耐故障性に関しては、シミュレータを用いて、さまざまな耐故障アルゴリズムの定量的比較を行い、モデル同期手法の一つであるパラメータサーバを用いた方法では、この方法に固有の耐故障アルゴリズムによって効率的に耐故障性が実現できることを示した。本件に関しては査読付き国際会議発表1件、研究会発表1件を行っている。

データ並列機械学習を実行する計算機におけるネット

ワークへの要件を明らかにするために、シミュレーションによる定量的評価を行った。いくつかのモデル同期手法に対して、さまざまなネットワーク構成でのネットワーク通信コストを評価した。この結果、データ並列機械学習におけるネットワーク負荷は、通常のいわゆる高性能計算における通信と比較して遥かに小さく、したがってネットワークへの要請が小さいことを明らかにした。本件に関しては、ワークショップ発表1件、ポスター発表1件を行っている。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 機械学習、分散計算、並列計算

〔研究 題目〕 ニューラルネットワークの特異点の解消

〔研究代表者〕 新田 徹（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 新田 徹（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

近年、大規模で多様なデータを解析するために、統計学や計算科学の知見を取り入れた機械学習の手法が発展し、実問題への応用も進められている。その中でも、多数の層を持つニューラルネットワークにおける学習（深層学習、deep learning）は、既存の機械学習に比べて、汎化能力が格段に高く、より人間に近い識別能力を持っている。しかし、現状の深層学習技術では、大量のパラメータの調整が必要であるため、学習が行える適切な条件を特定するのに大変な労力がかかっている。ニューラルネットワークには、学習に悪い影響を与える多くの特異点が存在するからである。本研究では、根本の原因である特異点を解消することを目的としている。

平成29年度は、通常に比べて特異点が少ない深層実数型ニューラルネットワークを提案した。まず、深層複素数型ニューラルネットワークと等価な深層実数型ニューラルネットワークにおいて、いくつかの特異点が複素数に基づく性質により自ずと解消されていることを数理的に示した。そのような深層実数型ニューラルネットワークでは、特異点に起因するローカルミニマムやプラトーンに陥ることが少なくなると考えられる。次に、コンピュータ・シミュレーションにより、極端な非線型性を持つ Two spirals 問題（ベンチマーク問題）の求解を通じて上記結果を検証した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 ニューラルネットワーク、学習、特異点

〔研究 題目〕 顕微分光法による元素状炭素の特性評価と風化メカニズムの解明

〔研究代表者〕 伊藤 信靖（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 伊藤 信靖（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究では、顕微分光法を効果的に用いることにより、元素状炭素の特性評価を行い、環境中での風化メカニズムについても解明することを目的としている。本年度以

降は、その風化メカニズムを評価・解明するための技術開発を行う。具体的には、石英基板上に金薄膜を蒸着し、その上に元素炭素の薄い層を形成した反応場の作成を計画している。そこで先ず今年度は、石英基板上への金薄膜の作成条件について最適化を行った。今回は、所内共用施設のスパッタ装置を用いて一定の出力値のもとで成膜時間を検討した。異なる成膜時間で作成した金薄膜上にベンゼンチオール由来の自己組織化単分子膜（SAM 膜）を形成し、このベンゼンチオール由来の表面増強ラマン散乱光の信号強度を評価することにより膜厚の最適化を行った。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 顕微ラマン、表面増強ラマン、金薄膜

〔研究 題 目〕 FeS₂/H₂O/O₃反応系における難分解有機化合物の酸化分解

〔研究代表者〕 原 淳子（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 原 淳子（常勤職員1名）

〔研究 内 容〕

本課題は、二硫化鉄を酸化剤として用い、芳香族化合物の化学的酸化分解能を評価し、分解機構を解明するとともに、現地で用いることの反応阻害要因および安全性評価の実施を目的としている。本年度は、汚染事例の多い油汚染土を想定し、ガソリンの主要成分であるBTEX（ベンゼン、トルエン、キシレン、エチルベンゼン）複合汚染に対する適用評価を中心に実施し、以下を明らかにした。

- ・毒性のある主要芳香族化合物 BTEX は、反応速度に差はあるものの二硫化鉄/水反応系において1週間後に9割の分解、最も分解速度の遅いトルエンにおいても2週間後に同様の分解率を示した。
- ・反応速度は、反応初期に過酸化水素を添加することでトルエンの分解が著しく加速し、オゾンエチルベンゼンの分解速度促進に効果的であることが明らかになった。
- ・実汚染土壌へ適用した場合、二硫化鉄/水系のみでは土壌量の増加によって BTEX の分解量の減少が確認されたが、さらに系内に促進剤（過酸化水素およびオゾン）添加した場合、この分解反応は土壌中有機物および溶解量の増加するアルミニウムによる阻害を受けず、これら成分によって反応は促進する機構を示した。また、この促進反応要因は溶存イオン種によるラジカル反応の促進効果によることが明らかとなった。
- ・発生ラジカル種の同定・定量結果から、二硫化鉄と過硫酸塩を用いた場合の反応機構の差異を確認した。

以上から、本反応系は実汚染土壌においてもターゲットとする芳香族化合物の浄化が可能であり、実用可能性が極めて高いことが明らかとなった。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境、地質調査総合センタ

ー

〔キーワード〕 化学的酸化分解、ラジカル反応、芳香族化合物（BTEX）、二硫化鉄

〔研究 題 目〕 ネットワークポリマーの可溶性反応の動力学検討

〔研究代表者〕 加茂 徹（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 加茂 徹（常勤職員1名）

〔研究 内 容〕

架橋化 EVA を1-ヘキサノールに入れ、水酸化カリウムを添加した後に沸点で還流すると約60分程度で可溶性反応は完了し、それ以上加熱しても可溶性率は向上しなかった。本研究で使用した架橋化 EVA は、ビニル酢酸1つ当たり約8個のエチレンが付加した構造を有し、単位構造当たり1.5個の水酸化カリウムを添加するとほぼ完全に可溶化できることが明にされた。可溶化はEVA と水酸化カリウムとの2次反応で進行し、活性化エネルギーから架橋化 EVA の可溶化はいったん溶媒とエステル交換反応した後に水酸化カリウムと鹼化して進行していると推定された。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 可溶化、熱硬化性樹脂、溶解

〔研究 題 目〕 加齢に伴う睡眠障害性代謝異常のメカニズムの解明と時間栄養学的予防・改善方法の開発

〔研究代表者〕 大石 勝隆（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 大石 勝隆（常勤職員1名）

〔研究 内 容〕

摂食リズムの乱れによる代謝異常の発症メカニズムを解明するために、昨年度に引き続き、レプチン抵抗性の関与について検討を進めた。マウスを使った実験により、非活動期の時間制限給餌が短期間でレプチン抵抗性を引き起こし、レプチン抵抗性モデル動物である db/db マウスを使った実験により、非活動期時間制限給餌による肥満の発症にはレプチン抵抗性が原因となっている可能性を示してきたが、本年度は、レプチン抵抗性の発症メカニズムを解明すべく、レプチンを欠損した ob/ob マウスを使った実験を行った。ob/ob マウスでは、非活動期時間制限給餌によってレプチン抵抗性を発症しないこと、非活動期時間制限給餌群に比べて活動期時間制限給餌群の方がレプチン感受性が低いことが判明し、レプチン感受性には、非活動期に高い日内リズムが存在し、このことが、非活動期時間制限給餌によるレプチン抵抗性の発症に関与している可能性が考えられた。

時間栄養学的代謝改善法の開発においては、マウスを使った実験において、朝食時の魚油の摂取が、夕食時の摂取に比べて脂質代謝改善効果が高いという昨年度の知見について、そのメカニズムの解明を目指した。糞便中の脂肪酸含量の解析結果から、魚油の朝摂取が、夕摂取

に比べて効率的に DHA や EPA を体内に取り込んでいる可能性が示された。

低栄養に起因する低体温は、免疫能の低下などの原因ともなっており、高齢者において深刻な問題となっている。我々は、低栄養状態における体温維持には、骨格筋での熱産生が重要な役割を担っていることを明らかにし、その責任分子として Slc25a25 が関与している可能性を明らかにした。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 体内時計、時間栄養学、生活習慣病

〔研究 題 目〕 火山ガス観測による水蒸気爆発噴火の推移予測研究

〔研究代表者〕 風早 竜之介 (活断層・火山研究部門)

〔研究担当者〕 風早 竜之介、篠原 宏志、森田 雅明 (常勤職員3名)

〔研究 内 容〕

本研究課題の目的は水蒸気爆発噴火の物質科学的なモデリングである。具体的には水蒸気爆発噴火の可能性がある火山にて火山ガス放出量及び組成観測を実施して、火山ガス放出プロセスの特徴を抽出すると共に、水蒸気爆発噴火発生と火山ガス放出過程変化の関係を明らかにする事を目標とする。

本年度は北海道の火山(雌阿寒・樽前・十勝)や千島列島のエベコ火山にて火山ガス観測を実施し、データの測定及び取得を行った。エベコ火山での観測は、ロシアの研究機関(Institute of Volcanology and Seismology Far Eastern Branch of Russian Academy of Science)との合同調査であり、論文共著者として観測結果を取りまとめ、研究成果を国際雑誌(Geochemistry, Geophysics, Geosystems)に投稿し、受理されている。また、今までの口永良部島での火山ガス組成観測結果を取りまとめた。その結果、2014年、2015年の口永良部島での噴火発生前後で火山ガスの主要成分である SO₂ と H₂S の比が大きく変化している事が明らかになった。これは噴火活動に対応してマグマの脱ガス条件(温度・圧力・酸化還元状態)が変化している事を示しており、特に2015年噴火後に火道上部に結晶化したマグマが蓄積し、マグマの脱ガス圧力が上昇した可能性が示唆される。この成果を国際雑誌に投稿したが、結果は不採択となった。現在論文原稿を修正し、別の国際雑誌に投稿し、査読中である。

〔領 域 名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 火山、噴火、火山ガス

〔研究 題 目〕 生体組織のマルチモダリティ音速分布画像化法の開発

〔研究代表者〕 新田 尚隆 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 新田 尚隆 (常勤職員1名)

〔研究 内 容〕

生体組織の音速は組織変性と相関があり、疾病診断等のために高精細な音速分布の画像化が望まれている。これまで、MRI から得られる伝搬距離情報と超音波の伝搬時間情報を組み合わせ、生体内の音速を非侵襲で測定するマルチモダリティ法の検討を進めてきた。しかし従来法では、厚さ方向での平均音速の算出に留まり、組織内の音速分布を可視化することができなかった。そこで本研究では従来法を発展させ、組織内の音速分布を画像化するための技術開発を行う。MRI 装置内で使用できる超音波振動子の製作と信号処理法等の開発を行い、生体模擬材料等を用いて測定精度や再現性を評価し、本技術の実現可能性を明らかにすることを目的とする。

平成29年度は、平成28年度に決定した仕様に基づき、MRI 装置内で使用可能なアレイ振動子の製作を行った。振動子の性能評価データから、所望のパルス波形と周波数特性、音圧分布が得られることを確認した。また、音速分布を算出するためのアルゴリズムについてシミュレーションによる検討を行い、さらに高精度化のための条件についても洗い出しを行った。以上により、次年度の実データを用いた検証の実施に繋がる成果を得た。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 画像診断システム、医療・福祉、生物・生体工学

〔研究 題 目〕 多波長光イメージングによる3次元血流情報の獲得と循環器系デバイス定量評価への応用

〔研究代表者〕 迫田 大輔 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 迫田 大輔 (常勤職員1名)

〔研究 内 容〕

遠心血液ポンプ等の体外補助循環デバイスや血管内の流速イメージング装置を開発する。イメージング深度を複数の波長を使用することで変化させ、各波長イメージング結果を組合せることで3次元血流情報を獲得し、実際に血液を用いて循環器デバイスの血液適合性や冠動脈バイパス吻合部の定量評価を達成することが目的である。

平成29年度では、前年度に開発した最大8波長の高速フィルターチェンジャーと高速カメラからによる高速多波長イメージング装置を実際に使用した実験を行った。高速カメラとフィルターチェンジャーのシンクロ制御を確立した。波長600~760 nm、20 nm 間隔で計8つのフィルターをとりつけ、各波長における血流イメージングを試みた。体外循環用遠心血液ポンプ出口付近の血流イメージング、およびブタ頸動脈内血流イメージングに成功した。得られた各波長動画から流線ベクトルを抽出し、平均流速を求めたところ、波長が長くなるにつれて平均流速が増加する結果を得た。これは短波長であると血液内光侵達深さが浅いため壁付近の流速のみをイメージングしているのに対し、波長が長くなると深部の高流速の血流もイメージングしているためであると考えられ

た。これより、多波長イメージングを組合せることで、奥行き情報を抽出できることが示唆された。

また、開発したイメージングシステムの応用として、当研究グループで開発中の動圧浮上遠心血液ポンプ内の血小板活性イメージング装置の開発も行った。これより血小板活性の動的イメージングも可能となり、細胞レベルの血液適合性評価に今後活用する予定である。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 人工臓器、血液、医療技術評価学、非侵襲イメージング

〔研究 題 目〕 脳損傷後に生じる運動出力経路の再編成

〔研究代表者〕 肥後 範行（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 肥後 範行（常勤職員1名）

〔研究 内 容〕

脳損傷後の上肢運動の機能回復過程における神経投射の変化を明らかにするために、神経解剖学的トレーサーを用いた組織解剖学的解析を行った。これまでに我々が確立したマカサル第一次運動野局所損傷モデルを用いて、損傷後の上肢運動回復過程における機能的変化が示唆されている運動前野腹側部に、神経解剖学的トレーサーであるビオチン化デキストランアミン（Biotin Dextran Amine:BDA-10,000）を注入した。約1ヶ月後に解剖し、HRP を用いた発色を行うことにより BDA を可視化し、運動前野腹側部からの出力線維を同定した。損傷を作成していない健常個体と損傷後の回復期の個体に対して同様の解析を行い、損傷後の回復期の個体のみ存在する投射すなわち脳損傷後の回復期に形成される投射線維を探索した。これまでに報告した皮質下運動神経核である赤核や小脳核だけでなく、線条体や大脳皮質頭頂葉においても、損傷後の回復期個体のみに見られる投射線維があった。これらの神経路も、上肢運動の回復過程で皮質下運動神経核における変化と並行して変化している可能性がある。

さらに、脳損傷後に生じる細胞レベルの変化を知るため、免疫組織化学を用いてミクログリアマーカータンパクである Iba1 およびアストロサイトマーカー蛋白である GFAP の経時的発現比変化を調べた。その結果、精密把握の障害は梗塞後半年間まで続いていたことから、運動障害が長期的に持続することを示した。また、第 V 層で Iba1 の発現比がニューロンの減少時期に先行あるいはほぼ同時期に増加していたことから、M1 第 V 層ニューロンの減少にはミクログリアが関与している可能性が示唆された。また、梗塞部においても Iba1 および GFAP の一過性の増殖が認められた。そのうち Iba1 の発現変化は少なくとも梗塞後半年間持続することが示された。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 リハビリテーション、疾患モデル、機能回復、神経可塑性、把握動作

〔研究 題 目〕 動脈血圧反射による脳血管および心臓調節メカニズムの解明

〔研究代表者〕 小峰 秀彦（自動車ヒューマンファクター研究センター）

〔研究担当者〕 小峰 秀彦（常勤職員1名、他3名）

〔研究 内 容〕

本研究は、頸動脈洞および大動脈弓に存在する血圧受容器が脳血管ならびに心臓・全身末梢血管に与える影響について調べることを目的としている。

頸動脈洞および大動脈弓を介した動脈血圧反射と脳血管との関係解明についてヒトを対象としたデータ収集を行った。カフを用いて大腿部を駆血した後に開放すると、貯留していた血液が下肢に流れるため、一過性に血圧が低下する。この時、変化した血圧に相当する圧力を頸部に与えることによって、頸動脈洞の血圧受容器に刺激を与えずに、大動脈弓のみを刺激して心拍数および脳血流の応答を調べた。具体的には、血圧は連続血圧計を用いて beat-to-beat で記録し、ブロワーを用いて血圧に対応する圧力を頸部を覆ったカラー内部に与えることによって、血圧低下時においても頸動脈洞の圧力を一定に保持した。脳血流は超音波ドップラーを用いて中大脳動脈血流速度を記録した。心拍数は胸部心電図から記録・算出した。大腿カフ解放後の血圧低下時に頸動脈洞圧を制御せず、血圧低下に伴って頸動脈洞にかかる圧力も低下すると、動脈血圧反射応答として心拍数が上昇するとともに、脳血流速度ならびに血管コンダクタンスが低下した。血圧低下時に頸動脈圧を制御して一定に保持すると、血圧反射応答としても心拍数上昇が減弱するとともに、脳血流速度および血管コンダクタンスの低下が減弱した。以上の結果は、頸動脈洞の圧受容器が心拍数および脳血流制御に影響することを示唆する。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 血圧、動脈血圧反射、脳血管、心臓

〔研究 題 目〕 寝具—人体熱収支モデルの構築による寝床内温熱環境評価手法の開発

〔研究代表者〕 森 郁恵（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 森 郁恵（常勤職員1名）

〔研究 内 容〕

健康で快適な生活のために睡眠は重要な要素の1つであり、室内環境と寝具および人体によって形成される寝床内温熱環境を、季節や人の状態に応じて適切に形成することが求められる。本研究では、寝具の使用実態に即した熱的性能を計測・評価するとともに、寝具—人体を1つの系とした熱収支モデルを構築することにより、睡眠時の寝床内温熱環境を予測・評価する手法を開発することを目的としている。

平成29年度は、素材の違いや実際の使用状況が寝具の熱的性能や寝床内温熱環境にどのような影響を及ぼすかを検証するため、引き続き一般的な素材であるウール

およびポリエステル綿の敷き布団と掛け布団を対象として、人工気候室においてサーマルマネキンと簡易ベッドを用いた計測実験の結果から、寝具の熱的性能について分析を行った。断熱性については、寝具全体の熱抵抗値には若干の差が見られたが、身体と寝具の間に形成される隙間による影響は同じ程度であった。一方、部位ごとには素材による差が観察され、これは弾力性等の特性によって身体との間に形成される空気層や寝具の厚みなど形状に違いが生じたためと考えられる。これまで得られた知見については、国内の関連学会において発表を行った。

今後、より正確な測定方法を検討するとともに、寝具の素材や使い方による違いについてさらに検証を行い、寝床内温熱環境のシミュレーションモデルを構築しその中へ反映していく予定である。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 寝床内温熱環境、寝具、睡眠、熱的性能、熱収支モデル

〔研究 題目〕 発光ゴカイにおける新規分泌型発光分子機構の解明

〔研究代表者〕 三谷 恭雄（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 三谷 恭雄（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

富山湾の発光ゴカイ (*Odontosyllis undecimdonga*) について、その発光基質の解析を行なっている。2017年秋に富山湾にて発光ゴカイの採取を実施し、有機溶媒によりその発光基質を抽出した。発光酵素については、これまでに組換え発現系の構築が完了しており、組換え発光酵素を用いて、発光基質の活性を確認した。冷凍保存にて、少なくとも半年以上は安定であることが確認できた。溶媒抽出液を各種カラムにて分離し、活性画分を得ることができ、より純度の高い発光基質を得る為の条件を見いだすことができた。また、分離の際に安定を保つ為の条件検討も行い、精製後も比較的安定に発光基質を回収する条件を見出した。活性画分を分離する条件が確立したため、精密質量分析を行い、活性画分に含まれる化合物の推定を行なった。今のところ、いくつか候補化合物が推定されており、その一部については有機化学合成を進めている。今回の質量分析の結果だけでは、構造推定に十分でない可能性も考えられることから、さらに条件を変えて、解析を行うなどの検討も進めている。これまで、発光ゴカイに関しては、NMR による構造解析は難しいと考えてきたが、今回の精製による活性から推測される酵素量は、予想より大きい可能性も考えられた。本課題は今年度最終年度であり、また、当初予定していなかったため、NMR の実施は検討の範囲内ではないが、質量分析の結果が十分ものでない場合には、さらなる解析の可能性もあることがわかった。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 発光生物、ルシフェラーゼ

〔研究 題目〕 糸状菌二次代謝プロモーターの応用による有用物質生産系の構築と改良

〔研究代表者〕 小池 英明（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 玉野 孝一、小池 英明（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

伝統的発酵産業で使われる麹菌 (*Aspergillus oryzae*) は、対数増殖後に余剰の糖を二次代謝としてコウジ酸に変換する。その変換効率は極めて高く、他化合物の高生産化への応用が期待される。今までにコウジ酸合成酵素のプロモーターを応用して胞子色素ポリケチドの合成酵素を高発現し、二次代謝生産期での人為的なヘテロ化合物生産に成功した。本研究では、この色素のさらなる生産性向上を目標として、色素およびコウジ酸生産時に機能する遺伝子と代謝を詳細に明らかにして、高生産と関連の高い代謝の知見獲得を目指す。

糸状菌である麹菌は生育が定常期に入った後、培地中に残る余剰グルコースをコウジ酸 (KA) に変換する。増殖が終わった後の KA 二次代謝生産は、働く遺伝子も少なく、極めて効率的であり、その結果培地中に KA が大量に蓄積する。麹菌が高生産する2つの二次代謝化合物 (コウジ酸 KA、色素ポリケチド YWA) 生産時に働く遺伝子、代謝パスを明らかにすることを目標とする。色素生産時に働く遺伝子を同定し、コウジ酸生産条件での発現遺伝子と比較するため、色素生産時の RNA-seq 解析を進めている。コウジ酸を生産する条件で培養し、適宜に菌体を回収し、その菌体内で転写されている mRNA を取得した。コウジ酸生産条件での遺伝子については、既にある RNA データを情報科学的に解析し、有意に発現が上昇している遺伝子を特定してリスト化した。日によって有意に発現が生産と関連して上昇する遺伝子が見られた。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 二次代謝、転写制御、糸状菌

〔研究 題目〕 電気刺激が認知機能に関わる神経機構に与える影響

〔研究代表者〕 渡辺 由美子（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 渡辺 由美子（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

経頭蓋電気刺激とは非侵襲的に脳表面から微弱な電流を流す方法で、運動機能・認知機能障害の治療に有効ではないかと近年着目されている。しかし、実際に脳の神経活動や神経回路が刺激によってどのように変化するか、どのようなメカニズムで機能改善が見られるのかなど詳細は分かっていない。そこで、本研究では経頭蓋電気刺激が脳活動や行動にどのような影響を与えているかを解明することを目的とした。

平成29年度は、高次脳機能に不可欠な前頭前野に関

連する神経回路に着目し、経頭蓋電気刺激によりどのような影響を受けるかについて電気生理学的手法を用いて解析した。その結果、経頭蓋電気刺激によって、信号伝達が持続的に変化する可塑的な現象が見られることが明らかになった。引き続き、経頭蓋電刺激が神経活動、神経回路にどのような影響を与えているかを詳細に検討し、認知機能回復により効果的な刺激強度やタイミングなどを明らかにしたい。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 神経科学、電気刺激、認知機能

〔研究 題目〕 Ab-initio study of topological chalcogenide van-der-Waals heterostructures and superlattices

〔研究代表者〕 Kolobov Alexander (ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 Kolobov Alexander、Fons Paul、齊藤 雄太、富永 淳二 (常勤職員4名)

〔研究 内容〕

The goal of the project is to search for materials with extended and multi-functionality through studies of structural stability and properties of van der Waals heterostructures that contain GeTe, A3VB5VI topological insulators (TI), and transition-metal dichalcogenides.

We are making reasonable progress in the proposed study of transition metal dichalcogenides, phase-change alloys and chalcogenide-based van der Waals heterostructures.

In H29 FY studies of chalcogenide van der Waals (vdW) superlattices were continued. The main results are as follows.

(1) The Kooi-like structure is obtained not as a result of Ge in-diffusion but due to atomic plane reversal in the first SbTe bilayer.

(2) Reconfiguration of vdW gaps in GeTe-Sb2Te3 superlattices that involves Sb atoms leads to a semiconductor-metal transition that can be responsible for the experimentally observed switching.

(3) Reconfiguration of vdW gaps was confirmed experimentally using e-beam exposure as acting stimulus.

(4) The bulk band structures of a variety of artificially constructed vdW chalcogenide heterostructures IVTe/V2VI3 were examined and it was found that a Dirac cone is formed when tensile stress is applied to a GeTe/Sb2Te3 heterostructure, and the band gap can be controlled by tuning the stress.

In H30 FY, ab-initio studies of vdW superlattices and heterostructures will be continued.

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 chalcogenides, van derWaals, topological insulators, dichalcogenides, heterostructures

〔研究 題目〕 オットー光学配置を利用したペーパープラズモニクセンサの構築

〔研究代表者〕 福田 伸子 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

〔研究担当者〕 福田 伸子 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

紙の上に形成させた金属表面で表面プラズモン共鳴 (SPR) が発現することを示し、「紙」を化学・バイオセンサ用のチップ基材とするペーパープラズモニクセンサの構築を研究目的とする。殆どの SPR センサで採用されている Kretschmann 光学配置とは異なる、Otto 光学配置を利用し、紙をセンサチップ基材に利用した最適な光学系を設計する。紙上に金属を堆積したプラズモン場や分子認識場を形成し、SPR によるタンパク質やカテコールアミン類の分子認識反応をその場検出できることを実証する。本年度は、市販の塗工紙表面に金を蒸着し、Otto 光学配置での反射率の入射角度分散測定から、金/誘電体界面における膜厚/誘電率変化の計測が可能であることを示した。紙上の金とプリズムの間に 5 %塩化ナトリウム水溶液または純水を注入し、反射率の入射角度分散測定を行ったところ、SPR に起因する反射率減衰が起こる入射角が変化し、紙上に形成されたプラズモン場で誘電率の違いを検出できることが分かった。また、塗工紙上に堆積された金表面にビオチン分子を化学修飾したセンサシートを用いたところ、ストレプトアビジンの特異的な吸着を反射率の入射角度分散測定で検出することに成功し、紙を基材とした伝搬型プラズモンセンシングの可能性を見出した。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 フレキシブルデバイス、表面プラズモン共鳴、センサー

〔研究 題目〕 仮像形成相転移を利用したエナメル質類似組織の構築

〔研究代表者〕 小沼 一雄 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 小沼 一雄、飯島 まゆみ、山越 康雄 (常勤職員1名、他2名)

〔研究 内容〕

本研究の最大目標は、擬似生理環境場においてヒト歯エナメル質と物理化学的に類似した構造を迅速に構築することである。研究者はアモルファスリン酸カルシウムナノ粒子の圧縮成形基板を開発し、アモルファス-アパタイト結晶の相転移を利用して基板上にエナメル質と全く同等の組織を構築することに成功した。本年度はこの手法を更に発展させ、1) 人工エナメル質層中のアパ

イト結晶サイズを成長溶液の組成を変更することなしに自由にコントロールする手法、及び2) 基板上にアパタイトの前駆体であり優れた新生骨誘導能力を持つ OCP 結晶層を構築する手法の開発を行った。その結果、アモルファスナノ粒子基板を作成する際の圧力を変えるだけで、基板上に形成するアパタイト結晶の数密度、すなわち太さを自由にコントロールできることが判明した。また OCP 結晶の構築に関しては、溶液中のフッ素イオン濃度をわずかにコントロールするだけでアパタイト-OCP の結晶層転移を導けることを確認した。この現象に付随して、基板をアモルファスリン酸カルシウムから β 型リン酸三カルシウムナノ粒子に変更すると、基板上に成長する OCP 結晶の組成と構造を自由にコントロールできることを見出した。特にリン酸欠損型 OCP は通常の OCP より新生骨誘導能が優れるが、このリン酸欠損型も溶液の組成を変化させずに形成可能なことが示された。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 人工エナメル質、人工骨、アモルファスナノ粒子、圧縮成形基板

〔研究 題 目〕 金属-絶縁体転移を利用した光スイッチ機能の創出

〔研究代表者〕 渋谷 圭介 (電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕 渋谷 圭介 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

高度情報化社会の進展により通信機器の消費電力が増加の一途を辿っており、今後も IT 機器やネットワークシステムの消費電力量が大幅に増加することが懸念されている。この課題を解決するため、シリコン導波路型を始めとした光スイッチの研究開発が進んでいる。しかしながら、従来型の干渉計や共振器を用いた光スイッチでは、電気スイッチに匹敵するような高集積化を達成することは原理的に困難である。そこで本研究では、金属-絶縁体転移を示す材料をシリコン導波路に組み込んだ光デバイスを作製し、革新的な光スイッチ機能を創出する。

本年度は、光スイッチ作製とその評価に主眼を置いた。SOI (Silicon on Insulator) ウェハから、フォトリソグラフィと反応性イオンエッチングによりシリコンコアを形成した後、化学気相成長 (CDV) 法により二酸化シリコンをクラッド層として堆積させた。さらに、バッファードフッ酸 (BHF) を用いたウェットエッチングにより開口部の二酸化シリコンを除去し、金属-絶縁体転移を示す二酸化バナジウム薄膜をパルスレーザー堆積 (PLD) 法により成長させた。上記プロセスにより、新規光スイッチの作製に成功した。自然放出光光源 (1530-1610 nm) を用いて伝搬損失測定を行った。作製した光導波路は二酸化バナジウムの電子相転移に対応した光スイッチ機能を示し、30 dB を上回る ON/OFF の消光比を達成した。本結果により、電子相

転移を示す材料が光スイッチの小型化に有用であることを実証した。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 遷移金属酸化物、金属-絶縁体転移、シリコン導波路、光スイッチ

〔研究 題 目〕 光波面制御を利用した深部計測のための強度干渉断層イメージング技術の開発

〔研究代表者〕 白井 智宏 (分析計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 白井 智宏 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

光によるイメージング技術は、医療分野では、各種疾患の低侵襲かつ早期診断を可能にする新しい診断機器の原理として重要視されている。しかし、光を使って生体組織の深部 (数ミリメートル程度以上) を高分解能 (細胞が識別できる程度) でイメージングする技術は、未だ確立していない。本研究では、量子光コヒーレンストモグラフィから発想を得て研究開発を進めてきた、分散に不感な強度干渉に基づく断層イメージング技術を高度化する。さらに、これを多重散乱光を補正するための新しい光波面制御技術と融合することで、光を使って生体組織などの多重散乱媒質内部をより深くより高精度に断層イメージングする技術の確立を目指す。

平成29年度は、当該断層イメージング技術の高度化として、被測定対象を構成する反射面間の干渉効果により発生する複数のアーティファクトを同時に低減する手法を新たに考案し、その効果を実験的に検証した。具体的には、当該断層イメージング法で取得される干渉縞データに対して事後処理として異なるシフト量を与え、それらによって得られる断層像を平均化する手法の効果と、この手法を実装するための各種パラメータの決定方法を理論的に明らかにした。さらに、顕微鏡用のカバーガラスを積層し人工的な層構造サンプルを作製し、これを利用して考案したアーティファクトの低減法が有効に機能することを実証した。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 生体医用光計測、波面制御、強度干渉法

〔研究 題 目〕 常磁性低融点金属スパッタリングに用いる新規プラズマ源の研究開発

〔研究代表者〕 本村 大成 (製造技術研究部門)

〔研究担当者〕 本村 大成 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

本研究の目標は、常磁性低融点金属を高密度プラズマでスパッタリングし、ターゲット材料のスパッタリング速度が1分あたり1.0 μm 程度まで可能なプラズマ源の基盤技術を構築することである。本研究では、常磁性低融点金属の高速スパッタリングのために電気力線と磁力線が平行になるような電磁場を用いて、高密度イオン流束を効率よくターゲットに引き込む手法を提案する。前

年度までに、高密度プラズマ生成法であるヘリコン定在波励起が実現可能な装置の構築と、ヘリコン定在波の励起条件を満たすために必要な実験パラメータのサーベイを行った。成果として、先に挙げた装置の構築と実験パラメータのサーベイを行い、数値目標であったスパッタリングプロセスに用いる窒素プラズマの数密度 10^{18} m^{-3} を達成した。実験条件は、高周波電力500 W、窒素ガス圧力0.2 Pa、磁場コイル中心の磁場強度0.08 Tであった。本年度は前年度までに見出した高密度プラズマ生成が可能な条件を中心にパラメータサーベイを実施し、常温で液体となる金属であるガリウムに窒素プラズマを照射して成膜テストを実施し、本装置の成膜特性などを調べた。様々な実験パラメータで成膜実験を行なったところ、安定して GaN (002) の回折ピークを示す実験条件を見出した。それらの条件で得た薄膜の X 線回折測定を行なったところ、安定して GaN (002) ピークのロックンガートの半値全幅 4 deg.を得た。来年度は基板温度の依存性などを中心に調べ、詳細なパラメータサーベイを実施する予定である。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】スパッタリング、液体金属、窒素プラズマ、高速成膜

【研究 題 目】デュアルコム分光による非平衡混合気体の温度測定技術の開発

【研究代表者】清水 祐公子（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】清水 祐公子、大久保 章、稲場 肇（常勤職員3名）

【研究 内 容】

デュアルコム分光法を用い、気体分子の温度を求める新しい温度測定技術を開発する。分子の振動回転遷移に基づく多数の吸収スペクトル線を同一実験条件で取得し、その吸収強度を一括して理論式でフィッティングすることで温度を求める。

研究計画としては、デュアルコム分光法で分子の振動回転遷移の吸収スペクトルを取得し、全吸収スペクトル線の吸収強度を一括してフィッティングするという新たな解析法により温度を求めるシステムを構築する。測定可能な温度範囲を広げる。広帯域性を利用し、複数の分子種の温度を同時に求める方法を確立する。さらに、過渡的な状態の気体温度を高い時間分解能で連続的に測定できるシステムの構築を目指すことでエンジン燃焼効率の向上等の研究開発へ寄与する。

本年度は、昨年度構築したデュアルコム温度計測システムの測定パラメーターを最適化することで、測定精度 1 °Cの精度を維持したまま、この精度として最高の高速測定（約50秒）を実現した。さらに、小型吸収セルを用いて同様の測定を行い、現場計測へ向けた装置の小型化が可能であることを確認した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】光コム、温度計測、気体温度、分子分光、デュアルコム

【研究 題 目】新規原子層物質における層間相互作用と電子輸送現象

【研究代表者】中西 毅（数理先端材料モデリング オープンイノベーションラボラトリ）

【研究担当者】中西 毅、宮本 良之、森下 徹也（常勤職員3名）

【研究 内 容】

この研究では原子層物質の層間相互作用を、第一原理計算を専門とする分担者と協力しながらモデル計算により取り扱い、単層、複数層の電子状態と電気伝導特性の解明を目的としている。

今年度は2次元 SSH モデルを層状に積層した系において電子状態の解明を行った。電子状態を計算し、ヒンジに局在した「トポロジカル・コーナー状態」を示した。2次元コーナーの角度を変えて、「トポロジカル・コーナー状態」が出現する角度を明らかにした。一般の凸多角形において出現する「トポロジカル・コーナー状態」の数とその条件を解明した。さらに、ARPES による表面状態観測データ解析の高度化、自動化のため情報理論に基づく手法開発を行った。

また、時間依存密度汎関数理論による第一原理計算を各種2次元材料に適用し、2次元材料の分極応答によるレーザー電場増強の効果を調べた。グラフェン、六方晶窒化ホウ素、窒化炭素の2次元シートにおいて、波長 800 nm、半値幅 10 fs のフェムト秒レーザー電場増強により、有効レーザーパワー密度が約2倍に増強され、この2次元シート近傍の水分子のレーザー分解効率が向上することを見出した。

さらに、シリコンなどの低次元物質の構造形成プロセスに注目して第一原理分子動力学シミュレーションを実施しており、ナノスケールシリコンの構造変化やそれに付随する電子状態変化を明らかにした。具体的には、フッ化カルシウム層状物質内で形成される2層シリセンの構造形成プロセスを検証し、これまでにはわかっていなかったフッ素含有量変化による構造不安定性が、カルシウム原子の置換によっても引き起こされることを見出した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】グラフェン、電気伝導、量子効果

【研究 題 目】ジルコン U-Pb 年代を用いた日高衝突境界周辺の地体構造解析

【研究代表者】高橋 浩（地質情報研究部門）

【研究担当者】高橋 浩、七山 太、山崎 徹、御子柴 真澄、志村 俊昭（山口大学創成科学研究科）（常勤職員4名、他1名）

【研究 内 容】

日高変成帯の形成プロセス及び北海道中軸帯のテク

トニクス解明のため以下の研究を行った。

日高変成帯上部変成岩類が広く分布する札内川及び猿留川の黒雲母片麻岩から分離したジルコンのカソードルミネッセンス観察の結果明らかとなった再結晶リムの発達したジルコン粒子について LA-ICP-MS (Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer) による U-Pb 年代測定を行い、リムにおいて 40 Ma 前後の最若粒子加重平均年代 (4粒子)、コアでは、53 Ma 前後の最若粒子加重平均年代 (6粒子) の他に 70 Ma 前後 (2粒子)、146 Ma (1粒子)、200 Ma 前後 (4粒子)、458 Ma (1粒子) のコンコードント年代が得られた (高橋ほか、2017)。また、日高変成帯南部の深成・変成岩類の野外調査を行い、ジルコン U-Pb 年代測定用試料採取を行った。さらに、採取試料の岩石薄片を作成し顕微鏡観察を行い、年代測定用ジルコンの分離とカソードルミネッセンス像の観察を行った。

中の川層群のヤオロマップ川層基底の酸性凝灰岩から 57.0 Ma、坂下層の酸性凝灰岩より 58.1 Ma、同層の砂岩より 55.1 Ma、広尾コンプレックスのタービダイト砂岩より 57.2 Ma のジルコン U-Pb 年代 (最若粒子加重平均年代) を報告した (Nanayama *et al.*, 2018)。また、日高帯の地体構造を明らかにするため、日高変成帯北端付近の落合地域において、野外調査、試料採取、岩石薄片作成及び顕微鏡観察を行った。

中の川層群や日高帯北部の堆積岩中に分布する火成岩起源岩石の全岩化学組成を分析し、それらの帰属・成因に関する予察的な考察を行った (山崎ほか、2018)。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】北海道中軸帯、日高隊、常呂帯・日高変成帯、中の川層群

【研究 題 目】海洋地殻進化解析に基づく、三波川帯—御荷銻帯—秩父帯北帯の統合的理解

【研究代表者】内野 隆之 (地質情報研究部門)

【研究担当者】内野 隆之、原 英俊 (常勤職員2名)

【研究 内 容】

本研究の目的は、中生代付加体中に含まれる海洋地殻断片 (苦鉄質岩) の地球科学的特徴及び形成年代の把握、すなわちジュラ紀～白亜紀古太平洋地域の海洋地殻の進化過程を解明することである。研究2年目となる2017年度は、初年度に引き続き、関東山地の御荷銻帯及び秩父帯の苦鉄質岩類の野外調査・試料採取を行うとともに、採取した三重県志摩半島鳥羽地域の御荷銻帯の深成岩及び秩父帯の砂岩のジルコン年代分析と苦鉄質岩の全岩化学分析を行った。年代分析に関しては、ジルコン含有の可能性のある斜長岩を対象とし、関東山地と志摩半島のそれぞれ1試料ずつからジルコン粒子を抽出することに成功した。そして、30粒子/試料について U-Pb 年代測定を行った結果、関東山地及び志摩半島の両試料とも、ジュラ紀後半の年代値を得た。

全岩化学分析に関しては、両地域の御荷銻帯・秩父帯に分布する苦鉄質岩を対象とし、各々の地域・岩石の起源を概ね把握できた。また、再現性検証のため再分析も行った。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】御荷銻帯、秩父帯、海洋地殻、進化過程、苦鉄質岩、斜長岩、ジルコン、U-Pb 年代測定、化学分析

【研究 題 目】新たな変成反応進行過程の提案と反応継続時間の推定

【研究代表者】宮崎 一博 (地質情報研究部門)

【研究担当者】森 康 (北九州自然史博物館)、
重野 未来 (北九州自然史博物館)、
西山 忠男 (熊本大学)
(常勤職員1名、他3名)

【研究 内 容】

ジルコンを用いた変形と反応がカップリングした新たな変成反応過程の提案と反応継続時間の推定を行っている。今年度は、ジルコンの碎屑粒子粒径と変成リム成長後の粒径を計測することで、簡便に成長動力学を識別する手法を提案した。さらに、この手法はジルコンに限らず、累帯構造を有するガーネットなどにも適用可能である。ジルコンの U-Pb 年代測定は試料数を増やし、九州西部長崎変成コンプレックス西彼杵ユニットの原岩海溝充填堆積物の年代、変成作用開始時期、変成作用継続時間が構造的上位ほど古く、早く、および長くなる傾向があることを明らかにした。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】変成反応、ジルコン、泥質片岩、成長動力学

【研究 題 目】巨大カルデラ噴火のマグマ溜まりにおける噴火準備過程の解明

【研究代表者】東宮 昭彦 (活断層・火山研究部門)

【研究担当者】東宮 昭彦 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

洞爺カルデラ (北海道) で約11万年前に起きた破局的な大規模カルデラ噴火のメカニズム等を理解するため、このとき噴出した洞爺火砕流堆積物中の軽石などの岩石学的分析等を行った。平成29年度は、岩石試料の化学分析とその検討、含まれる斑晶鉱物の化学組成や組織の分析等を進めた。

全岩化学組成分析の結果によると、洞爺カルデラのマグマが、後カルデラ火山である有珠火山や中島火山、さらには近隣の火山である倶多楽火山 (Kt-2噴出物) や喜茂別火山 (Km-2噴出物) とも関連がある可能性が示された。巨大カルデラ噴火のマグマシステムの広がりや構造を考えるうえで重要であり、今後さらなる解析が必要と考えられる。

また、斑晶鉱物の解析によると、斜長石・輝石斑晶の結晶成長履歴の読み取りから、噴火準備過程においてマグマシステムが多段階に進化してきた過程が見えつつある。斑晶については前年度までに、起源の異なる type-A、B、C という大きく3つのグループに分けられることがわかっていた。本年度の解析により、これらは type-A、B、B'、C1、C2、C3の6つのサブグループに分けられること、type-B から B'へ、type-C1から A へ、というように噴火前にマグマ条件の変遷を記録している結晶が存在すること、などがわかった。この変遷が噴火のトリガーにどのような影響を与えているのかなど、今後の検討が必要である。

これらの結果については国際・国内学会で発表を行ったほか、それまでの成果に関して論文発表を行った。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】カルデラ噴火、洞爺火砕流、マグマ混合、斑晶、元素拡散

【研究 題 目】有機分子立体配座コードプログラムの開発

【研究代表者】和泉 博（環境管理研究部門）

【研究担当者】和泉 博（常勤職員1名）

【研究 内 容】

薬剤、繊維、液晶などの機能性有機分子は日本を支えるものづくりにかかせない素材であり、分子レベルでの構造特性を突き詰めることが国際競争力確保につながっていく。本研究では、Conformational Code for Organic Molecules (CCOM) プログラムにさまざまな手法の構造データを連携させて精度の高い立体配座変化情報を蓄積する解析技術を開発する。これにより、立体配座変化を利用した機能性分子の設計に活用し、立体配座に関する構造有機化学の基盤を確立する。

今年度は、大員環構造に焦点を当て一旦環上の特定の共有結合を切断し、有機3D フラグメントデータベースの構造データを共通化させ、DFT 計算のための初期構造を自動生成する RingFragGeneration プログラムを開発した。開発したプログラムを用いて、ラパマイシン等のマクロライド分子の赤外円二色性 (VCD) 分光法を利用した立体配座解析を行い、これまで報告されていなかったオキサリル基の水素結合様式を見出した。

立体配座の命名法として、IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) 命名法が広く利用されているが、その中の Rule P-94.2は同一の分子にのみ適用可能であり、異なる分子の共通部分構造には適用できなかった。新たな規則を綿密に検証し、創薬の置換基最適化など産業応用において汎用性向上が期待されることから IUPAC に提案した。命名法委員長とのやりとりの結果、IUPAC の機関誌に議題としての掲載が認められた。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】機能性有機分子、立体配座、IUPAC 命名法、創薬、赤外円二色性分光法、三次元化学構造検索、機械学習、ケモインフォマティクス

【研究 題 目】カルボニル化合物やアミン化合物の sp^3 炭素-水素結合を官能基化する新戦略の実践

【研究代表者】矢田 陽（触媒化学融合研究センター）

【研究担当者】矢田 陽（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

遷移金属触媒による炭素-水素結合の変換反応は、標的分子を短工程かつ副生成物を最小限に抑えながら合成できる有用な分子変換手法である。現在、 sp^3 炭素-水素結合の活性化反応が適用できる化合物には大きな制約があり、その改善が急務である。本研究は、これまで困難であったカルボニル化合物やアミン化合物の sp^3 炭素-水素結合の活性化・官能基化を達成することを目的としている。

昨年度から N-カルボキシルアミンの炭素-水素結合の官能基化反応の開発に着手しており、さまざまな検討を進める中で、2,2,6,6-テトラメチルピペリジンの窒素原子上にさまざまなカルボキシラートが置換した基質を、一酸化炭素雰囲気下でパラジウム触媒と塩基を添加して加熱攪拌すると、窒素原子の β 位の炭素-水素結合が活性化されて、さらに一酸化炭素の挿入反応が進行することで、 β -ラクタムが生成することを明らかにしていた。これまでのアルキルアミン化合物の炭素-水素結合活性化反応では、窒素原子の γ 位の炭素-水素結合の活性化が進行することがよく知られていたが、 β 位で活性化される例はほとんどなく、非常に珍しい反応例である。この触媒反応の収率を向上させるために、さまざまな金属触媒や配位子、反応温度、溶媒、一酸化炭素源などの詳細な検討を進めているところである。さらに今後は、データ科学的手法を取り入れた反応条件の最適化なども視野に入れて、検討を進める予定である。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】触媒、有機合成、炭素-水素結合、一酸化炭素

【研究 題 目】プロトン性イオン液体を用いたビーム源の開発：有機系 SIMS の感度と面分解能の向上

【研究代表者】藤原 幸雄（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】藤原 幸雄（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、プロトン性イオン液体を真空中でエレクトロスプレーする方式を用いた帯電液滴ビーム源を開発し、二次イオン質量分析 (Secondary Ion Mass Spectrometry: SIMS) 用の一次イオンビームとして応

用することを目的とするものである。SIMS は、一次イオンビームを試料表面に照射することで生じた二次イオンを質量分析する手法である。分析対象が無機材料の場合には、酸素やセシウム等のイオンビームが用いられる。一方、有機系材料の場合には、イオンビーム照射に起因する有機分子の断片化(=フラグメンテーション)が避けられず、分子量の大きな二次イオンはほとんど検出できないという問題があった。しかし近年、クラスターイオンを一次イオンビームとして用いることで、比較的大きな有機分子も検出できるようになり、半導体産業のみならず、化学分野等においても、SIMS の応用範囲が広がっている。しかし、分子量の大きな分子を高感度かつ高面分解能で分析することは困難であり、大きな課題となっている。

本研究は、イオン液体を高真空中でエレクトロスプレーする方式のクラスターイオンビーム源を開発し、SIMS への適用性を試みるものである。イオン液体は、蒸気圧がほとんど無いため真空中でも蒸発せずに液体として存在し、またそれ自体がイオン性の液体であるため、高真空中においても安定にエレクトロスプレーすることができる。なお、イオン液体には、プロトン性のものと非プロトン性のものが存在する。本研究ではプロトン性イオン液体を用いることが特徴である。プロトン性イオン液体を一次イオンビームとして用いることで、有機分子にプロトンが付加する反応が促進でき、プロトンが付加した状態の二次イオンの生成量を増大できるものと考えられる。前年度までは円筒状の細管(キャピラリー)を用いてイオンビームを生成していたが、本年度は、集束性の向上が期待されることから、先端を尖らせた針状エミッターを用いてイオンビーム生成実験を行った。結果として、大きなクラスターイオンを含むイオンビームを安定に生成できることを実証できた。さらに、生成したイオンビームを用いて SIMS 実験を行い、アルギニンなどの有機系試料の SIMS 分析における有用性も確認できた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】表面分析、質量分析、イオンビーム

【研究 題 目】超高感度・簡便・迅速な診断を目指した紙・フィルム・テープで作る分析チップ

【研究代表者】瀧脇 雄介(健康工学研究部門)

【研究担当者】瀧脇 雄介(常勤職員1名)

【研究 内 容】

本年度は、昨年度までに構築した試薬の滴下を自動化させたピペットシステムを用いて分析チップの検出感度とバラツキについて解析を行った。さらに、実用化に向けて技術を発展させるため、サンドイッチ免疫アッセイ法をベースに蛍光法と発色法、電気化学法により検出感度の比較を行い技術的な課題の抽出に取り組んだ。その結果、酵素反応によってシグナルを増幅させる発色法が

最も高感度で安定的にシグナルを検出した。ピペットシステムでは試薬の汚染を避けるため試薬を封入・保存できるカートリッジを開発した。このカートリッジは PTP (Press-Through-Pack) 方式によって作製され、試薬を包装したシート状のプラスチック部分を強く押すと、試薬が外にリリースされる。1つの包装シートに対して1試薬が封入されているため保存安定性と汚染に強く、ローラで PTP 包装のプラスチック部分を順番に押すと、試薬がリリースされる。実際にプロトコルが異なる4種類の検体に対して順番に試薬が添加されていくことを確認した。そこで不活化処理したアレルギー抗原に対して、試薬と洗浄液をリリースさせてサンドイッチ免疫アッセイ法による検出を試みたところ、陽性・弱陽性・陰性に相当する感度を明瞭に検出できることがわかった。さらに酵素液を遮光して安定的に封入できるカートリッジを用いると、連続的に試薬をリリースできるだけでなく、酵素反応によるシグナルを安定的に検出することができるため感度と操作性の点で大きな進展を得た。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ピペットシステム、PTP、サンドイッチ免疫アッセイ、蛍光法、カートリッジ

【研究 題 目】多量体膜タンパク質の *in situ* 機能解析を実現する新規ナノディスク創製

【研究代表者】井村 知弘(化学プロセス研究部門)

【研究担当者】井村 知弘(常勤職員1名)

【研究 内 容】

ナノディスクとは、微細な膜構造を持つディスク状のナノ粒子であり、通常はアポリポプロテインやヘリカルペプチドが脂質二分子膜を包み込むように自己組織化して形成される。本研究では、ヘリカルペプチドの代わりに新しいペプチド型界面活性剤を利用することで、新規ナノディスクを創製し、多量体膜タンパク質の *in situ* 機能解析を実現することを目指している。

これまでに、動的光散乱法(DLS)やサイズ排除クロマトグラフィー(SEC)を利用するとともに、ナノディスク形成に用いる各種界面活性剤とリン脂質の種類や組成を最適化することによって、ナノディスクの粒子径を幅広い範囲で制御することに成功した。

また、ペプチド型界面活性剤やリン脂質の分子長や分子占有面積等のパラメータを用いて、得られるナノディスクの詳細な構造について検証したところ、当該ナノディスクはBelt-likeモデルで形成していることが示唆された。これを利用することで、通常は封入が容易ではない各種の膜タンパク質をナノディスク中に簡便かつ容易に封入できることを、紫外・可視吸収スペクトル(UV-VIS)などの手法を用いて実証することができた。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ナノディスク、ペプチド型界面活性剤、膜タンパク質、ナノ粒子、サイズ排除ク

ロマトグラフィー (SEC)、動的光散乱法 (DLS)

【研究題目】1分子からの DNA 増幅を可能にする酵素のナノ空間への精密配置

【研究代表者】松浦 俊一 (化学プロセス研究部門)

【研究担当者】松浦 俊一、池田 拓史
(常勤職員2名)

【研究内容】

遺伝子の精密診断では、1細胞レベルの極微量サンプルからの高効率かつ選択的な DNA 増幅法の開発が求められている。本研究では、規則性細孔を有するナノ空間材料を DNA 増幅酵素の固定化場および反応制御場として活用し、極微量 DNA からの高効率の増幅を試みた。

本年度は、5種類のナノ空間材料 (FSM 型及び SBA 型メソポーラスシリカ、メソポーラスカーボン、高アルミニウム含有メソ多孔体、両親媒性有機-無機ハイブリッド多孔体) に固定化した等温 DNA 増幅反応用の鎖置換型 DNA ポリメラーゼ (Bst DNA ポリメラーゼ) を用いて DNA 増幅 (LAMP 法) を試みた。その結果、メソポーラスカーボンでは反応阻害の傾向が示されたが、その他の材料では陽性反応が認められた。しかし、これらの固定化酵素を繰り返し使用 (2~5回) した際には、酵素を含まない反応系においても標的 DNA 以外の非特異的な増幅が増大したため、反応2回目以降の判定は困難であった。

また、DNA 増幅反応におけるナノ空間材料のハンドリング性の向上を図るために、メソポーラスシリカ粉末を含んだ多孔質成形体 (中空糸状、ペレット状) の開発を行った。比較的親水性の高い有機高分子をバインダーとして適宜の形状に成形した結果、メソポーラスシリカ本来の細孔構造を維持した状態で成形体化することに成功した。

以上の結果より、LAMP 法においてはバックグラウンド DNA 増幅の影響が大きいものの、シリカ及びハイブリッド多孔体の両親媒性のナノ空間が酵素の安定な固定化場および反応場となり得る可能性が示唆された。また、メソポーラスシリカ粉末の成形手法を確立した。

【領域名】材料・化学

【キーワード】多孔質材料、酵素、遺伝子診断

【研究題目】有機ケイ素を層間に持つ層状ペロブスカイトの機能強化

【研究代表者】片岡 祥 (化学プロセス研究部門)

【研究担当者】片岡 祥 (常勤職員1名)

【研究内容】

有機ケイ素であるカゴ状シルセスキオキサン (POSS) を層間材料に持つ層状ペロブスカイトは、ナノ細孔を持つ。平成29年度は、層状ペロブスカイトの機能強化や新機能の発現を目指して、ナノ細孔の細孔容積を自在に

制御する手法を開発した。ペロブスカイト層には塩化銅を用い、層間材料にはアミノプロピル基を末端に持つ POSS を用いることで、POSS の強固なカゴ状骨格からナノ細孔が作りだされる。それに対して、POSS による層間距離である1.7 nm を維持したまま、POSS の一部を有機アミンとの交換を試みた。原料である塩化銅と POSS に加えて、エチルアミンを小さなアミンとして添加した場合、層間距離を維持した状態で、POSS の最大20%をエチルアミンと交換することができ、結果的に細孔容積は最大40%まで増大した。またエチルアミンの交換量に比例して、細孔容積が増大することが分かった。ただし、20%以上のエチルアミンを交換すると、エチルアミンによる層間距離 (1.06 nm) を持つ層状ペロブスカイトが作製された。

一方、フェネチルアミンを大きなアミンとして添加した場合、層間距離を維持した状態で、POSS の最大17%をフェネチルアミンと交換することができ、細孔容積は40%まで減少した。同様にフェニルブチルアミンに対しても同様の実験を行ったところ、細孔容積が減少することが分かった。さらに、層間材料に部分的に有機アミンを持つ層状ペロブスカイトに対して、その機能を評価するため、磁気特性測定装置 (MPMS) で評価した。その結果、20 K 以下で強磁性相互作用を持つことが確認され、層状ペロブスカイトとしての機能を維持していることが分かった。

【領域名】材料・化学

【キーワード】層状ペロブスカイト、薄膜、シルセスキオキサン、ハイブリッド

【研究題目】低加速電子線が誘起するナノ物質の局所構造変化の実験的検証

【研究代表者】佐藤 雄太 (ナノ材料研究部門)

【研究担当者】佐藤 雄太 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究課題は、透過電子顕微鏡の新しい領域である低加速電圧において、電子線照射によってナノ物質に生じる局所的な構造変化のメカニズムの解明を目的として、ナノチューブや金属ナノ粒子などを対象に原子レベル構造観察を実施するものである。また低加速電子線の照射下で生じる現象を直接捉え、加速電圧や照射量、試料温度、試料周囲の微量ガス等の要因について多角的検証を進めると同時に、より幅広いナノ物質を対象に低加速電子顕微鏡の応用を進めるための指針を得ることを目指している。平成29年度は、ナノカーボンに担持した金属等のナノクラスターに着目して低加速電子顕微鏡観察を実施した。まず、グラフェンに担持した金および銀のナノクラスターに対して STEM 観察を行い、各ナノクラスターの分散状態や電子線照射下での挙動を検討した。とくに金のナノクラスターに関しては、4-ニトロフェノールから4-アミノフェノールへの還元反応において、光

触媒として機能することが確認された。またカーボンナノチューブ (CNT) に内包されたメタロセン分子に着目し、これを前駆体とする CNT 成長メカニズムの検討を行った。ニッケロセンまたはコバルトセンから CNT が成長する過程において、カイラル指数 (n, m) で示される CNT の構造の選択性を検証した。この成長過程で生じるニッケルまたはコバルトのナノクラスターに対して観察を実施した結果、とくにニッケルのナノクラスターは電子線照射に対して顕著な構造変化を示すことが確認された。

〔領 域 名〕 材料・化学

〔キーワード〕 TEM、STEM、EELS、ナノ材料

〔研究 題 目〕 安全でしなやかな酵素燃料電池実現のための酵素－電極界面材料開発

〔研究代表者〕 青柳 将 (機能化学研究部門)

〔研究担当者〕 青柳 将、西山 舞、永野 秀紀、栗田 遼二 (バイオメディカル研究部門) (常勤職員2名、他2名)

〔研究 内 容〕

酸素還元酵素のビリルビンオキダーゼを固定したカソード電極について性能向上を検討した。具体的にはポリフッ化ビニリデンをバイндаとしてナノ炭素材料を塗布したグラッシーカーボン電極 (GC 電極) にビリルビンオキダーゼとメディエーターを塗布し、さらに脂質ナノチューブあるいは種々の市販のアミノ基含有高分子を添加して、サイクリックボルタンメトリー測定における電流値への影響を調べた。

末端にアミノ基を有するペプチド脂質から自己集合する有機ナノチューブを添加あるいはナノ炭素材料と複合化した場合、電流値は変化しないか減少した。昨年度までにアミノ基含有高分子として分岐鎖ポリエチレンイミンを添加することにより電流値が増大することを確認していたが、高分子種の違いによる影響を調べるために合成高分子である直鎖ポリエチレンイミン、ポリアリルアミン、ポリジアリルジメチルアンモニウム、天然高分子であるポリリジン、キトサンを添加して、その効果を比較した。その結果、ポリアリルアミン、ポリジアリルジメチルアンモニウム、ポリリジン、キトサンを添加した場合に分岐鎖ポリエチレンイミンより大きな電流値が得られることを見出した。また、これらの高分子の添加を塗布、あるいは浸漬によって行うことで電流値に変化が見られた。これらの結果から電流値の変化にメディエーターの電極からの流出が大きくかかわっていることが示唆された。

さらに、これらのアミノ基含有高分子を添加した酵素燃料電池を作成し、昇圧回路を介して LED の点滅動作が可能であることを確認した。

〔領 域 名〕 材料・化学

〔キーワード〕 酵素燃料電池、ナノ炭素材料、アミノ基

含有高分子

〔研究 題 目〕 光学的マルチスケールひずみ分布計測法の開発と損傷メカニズムの実験的解明

〔研究代表者〕 李 志遠 (分析計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 李 志遠、王 慶華 (常勤職員2名)

〔研究 内 容〕

本研究は、規則的正しい格子模様撮影画像から生成できるモアレ縞画像の位相解析技術を利用した光学的マルチスケール変位・ひずみ計測手法を開発し、CFRP 複合材料および異種構造材料の損傷を実験的アプローチにより、その破壊メカニズムを解明しようとするものである。今年度は CFRP 複合材を対象に機械的試験を行い、以下の研究成果が得られ、2件の特許出願、3件の英文学術論文、3件の和文解説記事、5件の国際会議と9件の国内学会でそれぞれ成果を外部発信した。

1. CFRP 複合材の3点曲げ試験を行い、CFRP の損傷破壊の際にマトリックスクラック・層間剥離・繊維破断の3つに着目し、荷重の違いによって異なる撮像倍率での格子画像を取得し、異なるスケールでのひずみ分布をサンプリングモアレ法より測定することができた。曲げ応力による引張ひずみ分布と層間におけるせん断ひずみ分布の傾向を得ることができた。
2. 2次元直交格子を用いて、顕微鏡と試験片表面に貼り付けた格子の角度に依存しない高精度なひずみ分布算出法を提案した。サンプリングモアレ法により得られる水平方向と垂直方向の変位分布を1セットの変位データとして扱い、同時に垂直ひずみとせん断ひずみ分布を高精度で測定できるアルゴリズムを開発した。これを CFRP 複合材などの機械的試験へ応用した。
3. モアレ法を用いて大型構造物の変位を測定する場合、変位量が格子ピッチ間隔の半分を超えると正しく変位量を測定できない問題点に対して、異なる2種類の格子ピッチを有するカラー格子による広レンジの変位測定方法を考案した。加えて、細長いような試験片や構造物の変位を測定できるように、新たに斜め格子を用いた変形計測方法を考案した。これらの2つの新しい画像変位計測方法は当初の研究計画にはなかったもので、本研究での実験実施の最中に新しく開発できた方法である。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 マルチスケール、モアレ法、変位ひずみ、光学的手法、位相解析、実験力学

〔研究 題 目〕 マイクロデバイスの高気密封止のための金属の常温接合に関する研究

〔研究代表者〕 倉島 優一 (集積マイクロシステム研究センター)

〔研究担当者〕 倉島 優一、高木 秀樹、鈴木 健太

(常勤職員3名)

〔研究内容〕

マイクロデバイスの気密封止には金メッキによる封止枠等が広く用いられているが、メッキによる金の表面は非常に粗いため、高温・高圧下で金を変形させて接合面同士の密着を図る必要がある。このため熱膨張係数の異なる異種材料を含むマイクロデバイスのような場合には、接合後に熱応力が残留するなどの問題がありデバイス特性を悪化させる原因になっていた。本提案では、超平滑な基板表面にスパッタ成膜された金薄膜を封止基板上の金メッキ表面に写しとる手法を開発し、表面活性化常温接合へ適応を図る。

昨年度までに、提案している上述した方法によって封止基板上の金メッキ封止枠表面に原子レベルで平滑な面を形成できることを確認している。そこで、この原子レベルで平滑な封止枠を用いて表面活性化常温接合を行い接合特性の評価を行った。まず、4インチ Si ウェハ上の金メッキ枠表面に写し取られた金薄膜と4インチ Si ウェハ上にスパッタ成膜された金薄膜表面の両方に Ar の RF プラズマを照射し、表面に吸着している有機物等を除去して表面を活性化した。その後、加圧保持時間1分で接合部にかかる圧力を最大90 MPa の条件の下、常温大気雰囲気中で接合した。6 mm 角に切り出した後に接合強度を引張り試験により評価した。その結果、接合強度は225 MPa と従来の熱圧着法により接合した場合と同程度の高い接合強度が得られた。また、引張り試験後の接合界面も熱圧着と同様に Si 基板の母材からの破断が見られた。以上から提案している手法により、常温大気雰囲気中で高強度な接合が可能であると結論づける。今後は気密性の評価を行う予定である。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕表面活性化接合、マイクロデバイス、平滑化

〔研究題目〕ナノインプリント領域全域での高速充填と均一残膜を実現するモールド設計技術の研究

〔研究代表者〕尹 成圓（集積マイクロシステム研究センター）

〔研究担当者〕尹 成圓、鈴木 健太（常勤職員2名）

〔研究内容〕

光ナノインプリント（UV-NIL）技術を多種多様なデバイスに適用するため、高速充填や欠陥（バブル欠陥や不均一残膜分布）の低減による高スループット、低コスト化が求められている。本事業では、3年間の全体目標において、チップスケール数値シミュレーション手法と暗視野観察によって、ナノインプリント領域全域に対しての充填挙動を明らかにし、凝縮性ガスを用いる UV-NIL において、高速充填や残膜均一化を可能にするリソグラフィ用モールドの設計技術の高度化を図る。

今年度研究実績の概要は次のようである。(1) モールドパターンの容積均一化用補正パターンジェネレータにおいて、モールドパターンの粗密が激しい場合にも対応できる補正機能を新たに実装することにより、汎用性を高めた。また、任意形状の配線パターンを有するテストパターンに対して、パターン補正による容積均一化やナノインプリントシミュレーションによる残膜均一化効果の評価を行い、残膜分布の標準偏差を1/5-1/3に低減できることを示した。(2) モールド作製工程に関しては、セルフアライメントによるモールド作製工程の開発を目指して、選択比が高い Si と SiO₂ の ICP エッチング条件を構築した。(3) 凝縮ガスを用いた光ナノインプリント時の充填速度の向上においては、充填挙動のリアルタイム観察システムを併用し、100 nm-5 μm のドットパターンに対して、1秒以内の充填ができることを明らかにした。その結果で得られた条件により、ホログラムパターン（最小線幅：300 nm）サンプルの作製を実証した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕光ナノインプリント、ナノインプリントシミュレーション、モールド設計、残膜均一化、高速充填、凝縮性ガス

〔研究題目〕金属積層造形技術の化学分析システムへの応用

〔研究代表者〕岩崎 渉（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕岩崎 渉、佐藤 直子、中野 禪（常勤職員3名）

〔研究内容〕

多孔質金属シートを化学分析システムの検出器として用いるためにスパッタリング法により金コーティングを試みた。表面は金でコーティングされていたが、孔の内部の方まではコーティングされていなかった。本年度はメッキによるコーティングを行うことができなかったため、今後はメッキによってコーティングする方法を検討する。また、金コーティングは出来なかったが、多孔質金属膜を化学分析システムに導入するための測定治具を作製し、ニトロセルロース膜を流れる緩衝液が多孔質金属膜を透過してもう一方のニトロセルロース膜に流れ込むかどうかを検討した。その結果、ポンプ等を用いなくても多孔質金属膜を緩衝液が透過して流れ込むことを確認した。このシステムを用いることで、多孔質金属膜を化学分析システムに利用できることがわかった。また、多孔質金属電極は用いていないが、本分析システムの実用性を改善するために測定条件の最適化や操作性の改善を試みた。それにより、性ホルモンの一つである硫酸エストロンを測定することに成功した。更に、サンプル投入をアレイ状に並べることで、1ステップでサンプルを測定することにも成功した。これまでは三つの手順で測定していたため、本手法を用いることで、測定を簡便

化させることができる。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 金属積層造形、電気化学、イムノクロマトグラフィ

〔研究 題目〕 MEMS 式熱量計によるナノ粒子表面比熱の検証と比熱法則拡張への挑戦

〔研究代表者〕 阿部 陽香（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 阿部 陽香（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究では、MEMS（Micro Electro Mechanical System）技術を用いて、示差熱測定式の熱量計を開発し、ナノ粒子の直接的な微小熱容量測定を実現することにより、バルク材の比熱としてはこれまで考慮されていなかった表面比熱の影響を系統的に検証することを目的としている。本研究で開発する示差熱測定式 MEMS 熱量計は、二つの試料を置くことができる双子形状をしており、二つの試料の微小熱量差を検出することに特化した構造となっている。したがって、バルクとナノ粒子、又はサイズが異なる2種類のナノ粒子を同時測定することにより、その微小な熱容量の差異を抽出することができる。今年度は、昨年度に引き続き、MEMS 熱量計に関する調査研究を行うと共に、示差熱測定式 MEMS 熱量計の設計・製作及び測定システムの整備、測定プログラムの改修を進めた。温度制御に必要な温度コントローラを選定・購入し、温度制御についての整備を行った。Labview による測定プログラムに関しての十分な検討を行い、次年度の測定が円滑に行えるよう整備を進めた。さらに昨年度に引き続き、MEMS 熱量計のマクロなモデルとなる示差走査熱量計を用いた多層カーボンナノチューブの比熱容量評価を実施し、関連学会での成果発表を行った。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 比熱容量、MEMS、ナノ粒子

〔研究 題目〕 Cs 原子を用いた MHz 帯量子磁界センサの研究開発

〔研究代表者〕 石居 正典（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 石居 正典、木下 基（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

本研究では、原子の構造と基礎物理定数に基づいた量子現象を利用する、低周波帯における次世代型電磁界センサの実現に関する研究を行っている。本センサはガラスセルに収められた気体原子が直接電磁界を受けるため、金属製のアンテナ部分を持たない。なお、ここでは特に磁界と原子の相互作用を利用するため、磁界センサについて検討している。

これまで、申請者自身らが行ってきた先行研究では、周波数が X バンド帯に限定されていた。これは、セシウム原子の基底準位の超微細構造間のエネルギー差に着

目していたためであった。

そこで当該年度は、本研究の最大の目的である、動作周波数帯域の低周波帯域への変更を試みた。対象周波数帯の MHz 帯への低周波化に向けては、ゼーマン副準位間のエネルギー差に注目した。本研究では、実験設備における地磁気も含めた静磁界の環境が測定結果に影響する。このため、地磁気等の環境磁界を消磁した後、改めて任意の方向に静磁界を与えることが可能な、磁気シールド BOX と3軸コイルの設備を構築した。

先行研究で得られた基底準位の超微細構造間における原子の吸収スペクトルを観測し、そのスペクトル分裂幅を参考にしながら、3軸コイルにより改めて生成する静磁界を調整することで、ゼーマン副準位間のエネルギー差に該当する低周波磁界の周波数を任意に選択することに成功した。本来の予定では、MHz の周波数帯への低周波化を目指していたが、今回の研究では kHz の周波数帯までの低周波化が可能であることも分かった。

なお当該年度は、国際会議での発表と国内学会での発表を各1件行った。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 電磁界測定、磁界センサ、セシウム

〔研究 題目〕 高衝撃・高周波領域における三軸加速度センサの周波数特性に関する研究

〔研究代表者〕 野里 英明（工学計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 野里 英明、穀山 渉（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

本研究の目的は、高衝撃・高周波領域において、三軸加速度センサの感度と位相シフト、横感度に関する周波数特性の評価技術を確認することである。まず、高衝撃・高周波領域の加速度を発生させる技術として、音速の速い（低密度でヤング率の高い）CFRP 製のホプキンソン棒を採用することにした。また、三軸加速度計測技術を進めるため、三台のヘテロダイン式レーザ干渉計による1点計測を行った。高衝撃・高周波領域における加速度計測のキーポイントは、衝撃パルスの立ち上がり時のマイクロオーダの変位計測であることから、計測位置依存性のない1点計測は必須の技術になる。

前年度は、高周波加速度計測にとって重要なヘテロダイン式レーザ干渉計の時間応答性に対して、加速度センサを伸介器として、ホモダイン式レーザ干渉計の測定結果と比較することにより、40 kHz までの計測信頼性を検証・評価した。

今年度は、チタン製および CFRP 製のホプキンソン棒の端面に加速度センサを取り付けて、三軸加速度計測を行った。その結果、チタン製では三軸それぞれの方向に対して加速度が発生していることが確認された。他方 CFRP 製では、一軸方向の加速度が大きく他の方向の加速度は非常に小さいことが確認された。これらの結果から加速度計の評価に対して、校正などの用途では他方

向の加速度の影響が小さくなる CFRP 製が有利であり、三軸の加速度の影響を同時計測し評価するためにはチタン製のホプキンソン棒が有利であることが分かった。発生可能な加速度レベルは CFRP 製ホプキンソン棒がチタン製より大きいことも確認された。今後は、チタン製のホプキンソン棒を用いて、本研究を進める。また、三軸加速度センサ評価用のプログラム開発を継続して行い、三軸加速度センサの感度と位相シフト、横感度に関する周波数特性の評価技術の確立を目指す。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕高衝撃、高周波、三軸加速度センサ、ヘテロダイン式レーザ干渉計

〔研究題目〕広帯域テラヘルツパルス電力の精密測定技術の開発

〔研究代表者〕飯田 仁志（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕飯田 仁志、木下 基、黒田 隆之助（常勤職員3名）

〔研究内容〕

本研究は、広帯域テラヘルツパルスの絶対電力を定めるための高精度センサの開発を目的としている。平成29年度は広帯域テラヘルツカロリメータによるパルス電力測定技術の開発に関して以下の成果を得た。

昨年度に引き続き、赤外線吸収ガラスや磁気損失材料装荷エポキシなどのテラヘルツ吸収体の評価を進め、0.1 THz から3 THz の広帯域吸収特性を明らかにした。吸収体の評価では、反射及び透過特性を評価するためのテラヘルツ時間領域分光装置の精度評価が重要となる。そこで、前年度に開発した、テラヘルツ減衰器のカロリメータを用いた直流置換法による校正を適用することで、テラヘルツ時間領域分光装置の振幅精度を正しく評価する技術を開発した。これによって、本センサの主要な不確かさ要因となる吸収体の吸収特性を定量的に精密に評価することが可能となり、テラヘルツパルスの絶対電力測定の不確かさを低減することに成功した。

これらの評価の結果、特に磁気損失材料装荷エポキシをピラミッド集合体に加工した吸収体では、全体域に渡って大きな吸収特性が得られ、パルス電力測定に適用可能であることを示した。この吸収体を用いて広帯域テラヘルツカロリメータを試作し、動作検証及び精度評価を実施した。まず、前年度の課題であった、テラヘルツ発生用励起光波長可変レーザの安定度を改善した。次に、試作したカロリメータによる絶対電力測定の不確かさ評価を0.3 THz から1 THz で実施した。その結果、6.2 % 以下の不確かさで測定できることがわかり、広い周波数成分を含むテラヘルツパルスの絶対電力測定が可能であることを明らかにした。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕テラヘルツ、高精度センサ、パワー計測

〔研究題目〕新しい電力計測技術の開発

〔研究代表者〕藤木 弘之（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕藤木 弘之（常勤職員1名）

〔研究内容〕

交流電力の国家標準は、電圧標準、電流標準、位相標準の個別の国家標準を組み合わせることで実現されている。本研究は、サーマルコンバータを用いて、組み立て量による標準ではなく、電力標準器による新しい電力測定技術を開発すること目的としている。現在の方法では、各標準により校正されたデジタルの交流電圧計や位相計を用いているが、デジタル機器が基準となるため、温度などの外乱の影響や経年変化により、高精度化に限界がある。また、100 V、5 A、50 Hz の決まった値の電力の校正は可能であるが、20 V、3 A、600 Hz のような中途半端な電力の基準を実現するのは困難である。サーマルコンバータを用いることによって、電圧、電流範囲や周波数範囲の拡張が容易になり、不確かさも改善可能である。また、経年変化が小さいメリットもあり、メンテナンスなどの労力の削減につながる。

今年度は、サーマルコンバータを基準器として用いたときの不確かさ評価とサーマルコンバータの開発を行った。サーマルコンバータ素子とレンジ抵抗器を組み合わせることで、任意の電圧と周波数の交流電圧標準が可能となり、また範囲拡張も容易となることから、100 V用の薄膜型レンジ抵抗器とレンジ抵抗器専用の100 Ωのサーマルコンバータ素子を開発し、不確かさ評価を行った。従来のレンジ抵抗器は、発熱による抵抗値の変化や温度膨張による浮遊容量の変化が問題で、不確かさが大きかった。薄膜抵抗を熱伝導率の高い窒化アルミ基板上に作製し、放熱が容易な構造にすることで、交直差の電圧依存が100 Vの電圧で、1 ppm 以下に改善した。

サーマルコンバータの開発に加えて、電力計測システムの開発も進めた。位相の精密測定に関しては、電圧と電流の位相をロックインアンプで測定するシステムを開発した。力率1を実現するため、位相の調整が必要であり、交流電圧と交流電流発生器の同期をとるシステムの開発を行った。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕電力、電力計測、サーマルコンバータ、交流電圧標準

〔研究題目〕キャビテーション気泡の運動状態の計測制御に関する研究

〔研究代表者〕内田 武吉（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕内田 武吉（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、キャビテーション気泡の運動状態を気泡から発生する信号を受信することで制御することを検討している。超音波洗浄の分野では、超音波に付随して発生するキャビテーション気泡を利用して、半導体の基板

洗浄や加工部品の洗浄などを実施している。しかし、気泡の運動状態を制御できていないために、洗浄対象を破壊してしまうことがあり、問題となっている。そこで、本研究では気泡由来の信号である広帯域雑音や分調波を利用して気泡の運動状態を制御することを目指している。

本年度は、昨年度の成果である気泡由来の信号である1/2分調波と広帯域雑音が異なる音圧で発生する結果を元にして、高速度ビデオカメラによる気泡の運動状態の観察を行い、気泡由来の信号と運動状態の関係を検討した。キャビテーションにより発生する気泡は発生位置などを特定することが難しいため、疑似気泡としてマイクロバブルを使用した。結果として、マイクロバブルを用いた高速度ビデオカメラによる気泡の確認により、気泡消滅時に広帯域雑音が増加すること、また膨張収縮時に分調波が増加することが確認できた。この信号測定と高速度ビデオカメラによる結果は、異なる気泡の運動状態からは異なる信号が発生している理論計算と一致している。今後は、最終的な目標である洗浄能力と気泡信号の関係を検討する予定である。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】超音波、キャビテーション、気泡、分調波、広帯域雑音

【研究 題 目】松島湾の泥の物理的変遷解明に基づいた閉鎖性海域の長期環境評価

【研究代表者】長尾 正之（地質情報研究部門）

【研究担当者】長尾 正之、高橋 暁（常勤職員2名）

【研究 内 容】

わが国沿岸では規制により水質改善が進んだが、大都市圏を抱える湾では水質汚濁の指標である化学的酸素要求量（COD）が横ばいであり、その原因が湾奥海底の泥に起因している可能性がある。また、2011年3月11日の東日本太平洋沖地震・津波で壊滅的被害を受けた宮城県松島湾のアマモ場が未だに回復しない原因として、地震・津波発生前から堆積していた泥の関与が示唆されている。そこで、松島湾をモデル海域とし、泥の長期変遷研究を行う。まず、泥の基本性状や関連情報の変遷を、先行研究・調査、提案者が2012年・2014年に行った調査結果、ならびに研究期間中の最新データも加えて、明らかにする。また、堆積物表層の難分解性有機物・脂肪酸・ペントスの変遷も示す。次に、震災前・津波襲来前・現在の三時点の海底地形・海岸線に基づいた湾内流況再現から、物理環境の差違を評価する。

平成29年度は、深層学習による画像学習による表層堆積物・地形分類の可能性について検証を行った。その結果、学習済みニューラルネットワークはテスト用画像を砂（およびサンドウエーブ）、画像接合部、それ以外に分離する能力を持つことが確認できたほか、今後の深層学習の課題が、学習に必要な大量の「正解」付き超音波反射強度画像の整備にあることが示唆された。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】地形、数値モデル、堆積物、再懸濁、環境影響評価、松島湾、津波、アマモ場

【研究 題 目】粒界の精密制御による Sm-Fe-N 焼結磁石の高保磁力化

【研究代表者】山口 渡（磁性粉末冶金研究センター）

【研究担当者】山口 渡（常勤職員1名）

【研究 内 容】

Sm-Fe-N 焼結磁石の保磁力を飛躍的に高めネオジム磁石を超える性能を引き出すことを目指し研究を行っている。高保磁力化には結晶粒界に非磁性相を形成することが有効と考えられることから、前年度までに、焼結用の磁石粉末を膜厚数 nm の非磁性ナノ被膜で被覆する技術を確立した。

今年度は、このナノ被膜形成技術を用いて Sm-Fe-N 粉末に非磁性金属を被覆し、その前後での保磁力の変化について調べた。磁石粉末は低酸素雰囲気下で製造することにより表面酸化を抑制したものを用い、成膜手法にはアークプラズマ蒸着法を採用した。

かねてより表面酸化した Sm-Fe-N 粉への Zn 添加により保磁力が向上することが報告されているため、低酸素 Sm-Fe-N 粉末に Zn を被覆し熱処理を施したところ、期待に反し保磁力が低下した。これは、成膜と熱処理を経て軟磁性相の α -Fe が析出するためであることが、X線回折測定により明らかになった。Fe 析出の原因を探るため Zn 被覆粉末の断面 TEM 観察を行ったところ、粒子表面から深さ数十 nm の範囲にわたり、Sm-Fe-N 相がナノ結晶化していることがわかった。

これらの分析結果から、 α -Fe 析出およびその結果としての保磁力低下はアークプラズマ法に特有の高エネルギー成膜粒子による磁性相の損傷であると推測した。この推測をもとにエネルギーを下げる方向に成膜条件を調整したところ、保磁力が改善するとともに α -Fe の析出量が減少することが確かめられた。

今後は以上の結果に基づき、磁石粒子表面に与えるダメージがより少ない低エネルギーの成膜手法を用いることにより、高保磁力化の実現に取り組む計画である。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】焼結磁石、保磁力、粒界、非磁性相、ナノ被膜

【研究 題 目】結合相制御による高温高強度 TiCN 系サーメットの創製と摩擦攪拌接合ツールへの応用

【研究代表者】細川 裕之（磁性粉末冶金研究センター）

【研究担当者】細川 裕之、下島 康嗣

（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

開発サーメットにおいて、摩擦攪拌ツールとしての可

能性を検討すべく鉄鋼材料の摩擦攪拌接合を実施した結果、使用中のツールの破砕が確認された。そこで本年度は、Ti(C,N)-WC-(Ni,Fe)3Al (vol%)サーメットにおいて、高温強度等の特性を向上させることを目的に、第三炭化物を添加することを検討した。第三炭化物添加による焼結性を確認するために、室温機械的特性を調査した。第三炭化物添加によるピッカース硬度への大きな変化なかったが、室温強度は低下するものが多かった。ただし、第三炭化物添加により無添加材よりも高い値を示す材料を見出すことができ、特性を改善する第三炭化物添加材料の探索に成功した。XRD 分析を行った結果、開発サーメットは WC、Ti(C,N)、(Ni,Fe)3Al の他に α -Al₂O₃ のピークが確認された。第三炭化物のピークは存在しないことから、第三炭化物は焼結中に熔融金属に溶解し、冷却中に WC、Ti(C,N)、(Ni,Fe)3Al のいずれか、もしくは複数相に固溶しているものと考えられる。強度低下原因を究明するため組織観察を行った結果、強度低下を示した材料には強度上昇を示した材料よりも空孔が相対的に多く確認された。著しい強度低下を示した材料は空孔に加えて、硬質相の凝集が観察された。

〔領 域 名〕 材料・化学

〔キーワード〕 硬質材料、TiCN、WC、
摩擦攪拌接合、強度

〔研究 題目〕 切削工具への耐摩耗性膜成膜のための卓上型プラズマ CVD 装置とプロセスの研究開発

〔研究代表者〕 清水 禎樹 (ナノ材料研究部門)

〔研究担当者〕 清水 禎樹、他 (常勤職員3名)

〔研究 内容〕

難削材の加工で過酷な摺動環境に曝される切削工具の長寿命化に向けて、耐摩耗性や潤滑性に優れた薄膜コーティングによる寿命改善が検討されている。本研究の目的は、このような成膜を、難削材加工の現場で簡易的に施すための、卓上型プラズマ CVD 装置の開発である。平成29年度は、28年度に開発したプロトタイプの成膜装置を利用し、被成膜体への連続膜成膜を確認した。膜組成の分析では、試薬に由来すると思われる酸素の含有が確認された。酸素含有量低減に向けて、アルゴンプラズマ中への微量水素ガス導入による原料分解・反応過程での還元を試みたが、酸素含有量に大きな変化は見られなかった。以上の結果を踏まえ、次年度では金属成分の堆積については成膜原理の見直しを検討する予定である。

〔領 域 名〕 材料・化学

〔キーワード〕 プラズマ、CVD、潤滑性薄膜、工具寿命

〔研究 題目〕 有機半導体の板状ナノ粒子の生成機構解明に基づく連続製造プロセスの最適化

〔研究代表者〕 竹林 良浩 (化学プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 竹林 良浩、三浦 俊明
(常勤職員2名)

〔研究 内容〕

本研究では、有機電子デバイスを構成する有機半導体薄膜の積層に適すると考えられる薄い板状のナノ粒子を連続的に製造するための、実験的・理論的基盤の確立を目的とする。研究代表者らは、有機半導体 NPB の溶液と貧溶媒を、マイクロミキサーを用いて急速混合することにより、厚さ数 nm の板状ナノ粒子が析出した分散液を連続製造できることを見いだした。しかし、他の有機半導体化合物への汎用性や、異方的な粒子成長に必要な調製条件は明らかではなかった。本研究では、これらの点を実験的に明らかにするとともに、有機ナノ粒子が異方的な成長をする機構を計算化学的に結晶構造に基づいて解明し、理論予測手法の開発へとつなげる。

平成29年度は、板状ナノ粒子が得られた有機半導体 NPB とテトラセンを対象として、各結晶面での表面エネルギーの計算をおこなった。単位格子を積み重ねたバルク結晶と、それを切断したスラブを作成し、そのエネルギー差から表面エネルギーを計算した。NPB では (1, 0, 1) 結晶面、テトラセンでは (0, 0, 1) 結晶面の表面エネルギーだけが、他の結晶面に比べて有意に小さいことが示された。この結果は、これらの面が広がるように粒子が板状に異方成長するという実験結果を説明するものである。さらに相互作用を分子ペアごとに分割したところ、テトラセン結晶内では π スタッキングに相当する平行配置した分子間よりも、C-H \cdots π に相当する T 字配置した分子間の相互作用が大きかった。NPB でも同様に8つの芳香環が分子間で複雑に T 字配置しながら相互作用し、層状のネットワークを形成していることが、板状成長の原因であると分かった。

〔領 域 名〕 材料・化学

〔キーワード〕 ナノ粒子、マイクロミキサー、有機半導体、貧溶媒晶析、結晶構造、計算化学

〔研究 題目〕 収差補正電子顕微鏡を用いたヘテロポリ酸触媒のキャラクタリゼーションと設計

〔研究代表者〕 日吉 範人 (化学プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 日吉 範人 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

本研究は、走査透過電子顕微鏡 (STEM) による固体ヘテロポリ酸触媒の構造観察手法を確立し、原子分解能観察に基づいたヘテロポリ酸分子の精密な配列制御を行うことで、優れた触媒の開発につなげることを目的とする。

平成29年度は、ヘテロポリ酸分子の2次元配列によるナノシートの合成と、その構造解析に成功した。具体的には、ヘテロポリ酸の一種であるケイタングステン酸、セシウムカチオン、および有機アミンを含む水溶液の気液界面に、ケイタングステン塩の結晶を二次元的に成長

させ、マイクロメートルオーダーの幅とシングルナノメートルの薄さを有するヘテロポリ酸塩ナノシートを合成した。さらに、得られたヘテロポリ酸塩ナノシートをSTEMで構造解析するための観察試料作製法および観察条件の検討を行い、原子レベルでの構造解析に成功した。STEMによる観察の結果、ヘテロポリ酸塩ナノシートは、既知のケイタングステン酸セシウムと同一の結晶構造を有するが、厚さがその結晶構造の1単位格子分（ケイタングステン酸が2分子分）であることが明らかとなった。また、ヘテロポリ酸塩ナノシートの熱安定性を調べ、空气中573 Kまでの加熱によっても形態や構造に変化がないことを明らかにした。今後、ヘテロポリ酸ナノシートの触媒等への応用を検討する予定である。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕電子顕微鏡、ヘテロポリ酸、触媒

〔研究題目〕並行複発酵に最適なキシロース発酵性酵母創製に向けた基盤研究

〔研究代表者〕松鹿 昭則（機能化学研究部門）

〔研究担当者〕松鹿 昭則（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、耐熱性酵母 *Kluyveromyces marxianus* DMB1株耐熱性機構やキシロース代謝調節機構を明らかにし、並行複発酵の高温条件下で、六炭糖と同程度の発酵効率でキシロースから各種の燃料や有用物質を生産するための新たなプラットフォーム酵母を創出するための研究基盤を確立することを目的とする。そのために、*K. marxianus* DMB1株の優れた高温耐性機構や酸素の有無で異なる五炭糖代謝制御機構などの未だ解明されていない基礎的な問題を解決し、さらに DMB1株を並行複発酵の最適なツールとして展開するために、DMB1株に導入するキシロース代謝酵素群の改良（耐熱化）等を行い、高温下での効率的キシロース発酵法を確立する。

本年度、DMB1株から単離した高温耐性遺伝子について、*Saccharomyces cerevisiae* BY4742株に形質転換することにより、高温耐性のみならず、酵母の増殖に悪影響を与える各種薬剤に対しても耐性を示すことを確認した。また、41 °Cで嫌氣的に培養することにより、高温耐性遺伝子発現株は対照株と比べてグルコースを1.6倍多く消費し、エタノールを1.7倍多く生産した。さらに、キシロース発酵時に DMB1株の代謝物がどのように変動するのか調べるためにメタボローム解析を実施し、DMB1株のキシロース発酵時の律速段階を特定することに成功した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕耐熱性酵母、高温耐性遺伝子、薬剤耐性、キシロース発酵

〔研究題目〕システム構造化手法を用いた細胞分化メカニズムの解明

〔研究代表者〕油谷 幸代（生体システムビッグデータ解析オープンイノベーションラボラトリ）

〔研究担当者〕油谷 幸代（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、モデル生物の細胞分化過程や幹細胞における分化多能性に対し、遺伝子間発現制御ネットワークの中から、ある細胞に分化していく過程で活性化する部分構造を推定することで、多様な細胞分化プロセスの作用機序の解明を目標とする。研究計画として、初年度には公開されている大量の発現データをデータベース等から収集し、収集した情報から ISM 法や DEMATEL 法を基盤とした新規ネットワーク構造推定手法を開発してきた。開発した手法によって構築したネットワークモデルは、様々な条件下で活性化している制御プロセス全てを包含した包括的なモデル構造である。そこで、次年度には包括的ネットワークモデルのグラフ構造を制約条件とし、少数の測定データを最も再現するようにモデル中の各エッジの係数を推定する手法を開発してきた。現在、最終年度として、開発した特定条件下での各エッジの係数を示した行列と、元のネットワーク構造推定で得られたエッジの重み行列を比較し、特定条件下で活性化しているネットワーク上のサブグラフ構造を推定する技術の開発に取り組んでいる。今後は、開発した手法を線虫やショウジョウバエの発生段階における遺伝子発現データや、マウス ES 細胞で測定された器官形成時の遺伝子発現データに適用し、特定の細胞分化や器官形成時に活性化する経路を推定する。さらに、器官ごとに推定した活性化サブグラフ同士を比較することで、ある器官を形成するうえで重要なプロセスの推定を実施する。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕システム構造化、ネットワーク構造推定、遺伝子発現、行列計算、システム生物

〔研究題目〕糸状菌由来リボソーム・ペプチド合成遺伝子のバイオインフォマティクス解析による探索

〔研究代表者〕長野 希美（人工知能研究センター）

〔研究担当者〕長野 希美（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標：

菌類のリボソーム・ペプチドを合成する二次代謝系遺伝子を探索するために、631種類の菌類ゲノム・データを JGI（米国・DOE Joint Genome Institute）のデータベースから取得し、AspGD のフォーマットに基づいて、遺伝子情報のデータを作成し、更に下記の解析を行う。

年度進捗状況：

①ドメイン予測；蛋白質ファミリーデータベース・Pfam (ver.30) を用いて、全遺伝子配列に対するドメイン予測 (hmmsearch) を行い、Pfam-A 全ドメイン

を対象に行った。

②全遺伝子の膜貫通領域予測；TMHMM-2.0c というプログラムを用いて、膜貫通領域の予測を行った。

③シグナルペプチド解析；SignalP-4.1というプログラムを用いて、全遺伝子のシグナル配列解析を行った。

631ゲノムから、RiP を環状化させる酵素遺伝子 (UstYa) のホモログ遺伝子は、7,245個検出され、1ゲノム当たり、11個の UstYa ホモログ遺伝子が存在する事が判明した。また、ゲノムによって、UstYa ホモログ遺伝子がない生物種もあることが判明し、偏りが存在する事が判明した。631ゲノムのうち、約40ゲノムに対して、RiP の前提条件である繰返し配列の検出と Kex2プロテアーゼに切断されるサイトの検出などの解析を行っている。上記のドメイン予測、TMHMM 解析により、これまでの *Aspergillus* 糸状菌類の解析では除けなかった偽陽性 (false positives) のデータを排除することができると考えられる。予備的な解析では、各ゲノムに RiP の前駆体遺伝子候補は数十個、存在すると予測されている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】糸状菌、ゲノム、バイオインフォマティクス、リボソーム・ペプチド、二次代謝、遺伝子、酵素

【研究 題 目】酸素感受性 tRNA 修飾酵素の反応メカニズム

【研究代表者】嶋 直樹 (創薬基盤研究部門)

【研究担当者】嶋 直樹 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

tRNA はタンパク質合成においてコドンとアミノ酸を結び付ける要であり、転写後に化学修飾を受け機能を発揮する。tRNA の硫黄修飾塩基はコドン認識や構造安定化などに必須である。本研究ではその生合成を担う硫黄修飾塩基の生合成機構の解明を目的としている。

好熱菌 tRNA の s²T54硫黄修飾塩基の生合成では、硫黄化酵素 TtuA・硫黄運搬タンパク質 TtuB により硫黄が tRNA に導入される。前年度までに TtuA・TtuB 複合体による新規硫黄化反応について論文発表している。この硫黄転移機構はヒトでは間接的にミトコンドリアの活性を支えている。進化的に重要な硫黄化反応をあきらかにし、ヒト細胞のエネルギー生産機構を解明する手懸かりを与えるというプレスリリースを行った。

また、ゲノム配列データベースから種々の tRNA 硫黄化酵素のアミノ酸配列を取得し、詳細に配列解析をおこない、保存残基等の特徴を整理した。そして一部の生物種では、TtuA/Ncs6とは別種の硫黄修飾塩基の生合成酵素も、酸素感受性補酵素を活性に必要とすることが推測された。予想通り、硫黄化酵素は酸素感受性の補酵素を結合することを示した。さらに硫黄修飾塩基の定量法を確立し、無酸素条件下で生化学的に硫黄化反応を再構

成することに成功した。これらにより、別種の硫黄転移酵素においても、酸素感受性補酵素が tRNA への硫黄転移反応に必要なことをあきらかにした。硫黄転移酵素の反応機構と進化に関して新たな知見を与える結果である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】タンパク質合成系、転移 RNA、RNA 修飾、硫黄転移反応

【研究 題 目】藍染発酵液の染色強度と微生物叢相関の解明

【研究代表者】湯本 勳 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】湯本 勳

【研究 内 容】

藍の発酵は仕込みを適正に行うことにより比較的短期間で微生物叢が正常化し、自然発酵により藍の色素の還元が起こる。さらにオープンな環境で運用しているにも関わらず半年以上も還元状態を維持している。発酵の善し悪しは発酵液の色素の還元力で容易に判断出来る。この様に自然発酵で且つオープンな系で長期間維持が可能で、その状態の善し悪しを容易に判断出来る系は非常にユニークであると考えられ、その発酵の立ち上がりと維持のメカニズムに興味を持たれるところである。

本年度は発酵の安定期の細菌叢の変化を次世代シーケンズで経時的に解析した。その結果、Anaerobranaceae が優勢を占め引き続き Bacillaceae が優勢を占めるフェーズが出現した。このような微生物叢の変遷は短期間で染色不可能になったバッチでは見られなかったことから、長期間安定期を維持可能な一つのパターンであることが示唆された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】発酵、藍還元、発酵の立ち上がり、還元の維持

【研究 題 目】セルロース繊維にタンパク質機能を付与する基盤技術開発

【研究代表者】星野 英人 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】星野 英人 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究は、hCBD をタンパク質機能付与のためのアダプター分子として捉え、構造材料であるセルロース基材へのタンパク質機能付与による高機能化を目標とする。本年度は、抗体機能をセルロース基材に付与する技術を開発し、セルロース素材の高機能化技術としての汎用可能性を検討することを目的として当該課題を遂行した。低分子抗体である VHH 抗体と hCBD との融合体である、人工タンパク質・VHH-C Link を新たに設計し、抗 GFP-VHH 抗体を用いた抗 GFP-VHH-C Link を作製して、抗 GFP-VHH-C Link/セルロースハイブリッドにおける VHH 抗体の室温乾燥保管後の安定性を検討

した。その結果、長期に渡る室温下での乾燥保管を経ても尚、当該ハイブリッドは抗原（GFP）を捕捉可能で、VHH 抗体の室温乾燥状態での長期保管形態として優れることが判明した。また、ペーパークロマトグラフィー専用紙を展開膜とした、ラテラルフローデバイスを試作した。このデバイスは、テストライン上に抗 GFP-VHH-C Link を塗布してあり、EGFP を界面活性剤フリーのバッファーで展開したところ、EGFP はテストライン上で捕捉された。フローに供した EGFP が、漏れなくテストライン上で捕捉されたことから、抗 GFP-VHH-C Link/セルロースハイブリッドにおいて、VHH 抗体は、セルロース基材に対して一定の配向性を保って担持されること、セルロース基材にアンカーされた VHH 抗体は抗原結合能を十分発揮しうることが示唆された。学会発表3件、特許出願を1件行った。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 バイオマス繊維、タンパク質、VHH 抗体、複合材料

【研究題目】 ゲノム編集ニワトリを用いたヒト抗体医薬大量生産技術の開発

【研究代表者】 大石 勲（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 大石 勲、吉井 京子
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

ヒト組換え抗体を用いる抗体医薬は大成功を収めているが、現在の培養細胞を用いた製造法は莫大な設備投資と高額な生産コストを必要とすることから、これに代わる製造法の開発が必要である。ニワトリを遺伝子改変し、卵白に組換えタンパク質を安価に大量発現する鶏卵バイオリアクターが抗体医薬生産に適用できれば、様々な問題解決に繋がるのが期待される。我々はヒト乳がん抗体医薬（トラスツズマブ）をモデルとして、これを卵白に分泌する組換えニワトリの樹立を行っている。本研究では卵白タンパク質オボムコイドの翻訳開始点に抗体重鎖および軽鎖遺伝子をノックインするが、両遺伝子産物の間に自己切断型2A ペプチド配列を挿入し、ヘテロ4量体の抗体分子が卵白へ分泌されるか検討した。昨年度、始原生殖細胞を用いて抗体遺伝子をノックインし、これを移植したキメラニワトリの精液中にトランスジーンの発現を認めたが、本年度はこれを交配して G1世代にノックイン雄、雌個体を得た上で、さらにこれら個体を性成熟させた。ノックイン G1雌は卵を産んでおり、卵白にヒト抗体分子が存在すると期待された。非還元条件下で SDS-PAGE 及びウエスタンブロッティングを行ったところ、重鎖2軽鎖2からなる四量体のヒト IgG が卵白中に存在することが示された。更に、ヒト IgG に対する ELISA を行ったところ、卵白中に約0.2-0.5 mg/ml の濃度でヒト IgG が存在することが明らかとなった。これは鶏卵バイオリアクターを用いて従来試みられてき

たヒト全抗体発現量としては最も高濃度であるが、我々が過去に実現したヒトインターフェロン β の鶏卵内発現と比較すると1/10程度であった。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 ニワトリ、ゲノム編集、バイオプロセス、抗体医薬、組換えタンパク質生産

【研究題目】 高感度な核酸-蛋白質相互作用評価法の開発と核酸医薬への展開

【研究代表者】 三重 安弘（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 三重 安弘（常勤職員1名）

【研究内容】

目的：

がん等の疾病に関与している microRNA (miRNA) を標的とした核酸医薬が期待され、miRNA 活性を阻害するオリゴ核酸、anti-miRNA oligonucleotide (AMO) の開発が行われている。しかしながら、その作用機序の理解は進んでいない。本研究では、電極上に固定化したオリゴ核酸のダイナミクスを指標とすることで高感度な核酸-蛋白質相互作用評価法を開発し、これを応用して miRNA-蛋白質複合体に対する AMO の作用機序を解明することを目的とする。

研究計画：

miRNA-蛋白質複合体やオリゴ核酸プローブを調製し、電極上でこれら分子の高感度な相互作用アッセイが可能になるような該分子の固定化手法・検出方法を開発する。該方法にて miRNA-蛋白質複合体に対する種々 AMO の相互作用評価し、他の知見と併せて作用機序を解明する。

年度進捗状況：

本年度（2年目）は、まず Argonaute (Ago) 蛋白質と miRNA の反応 (Ago・miRNA 複合体生成) 効率の向上を目指して、様々な条件下での検討を行い収率を2倍程度向上させることができた。また、検討過程において、miRNA 結合による Ago 蛋白質の構造変化を示唆する新しい結果も得られ興味深いと考えている。一方、得られた Ago・miRNA 複合体を用いて、昨年度に確立した手法で作製したオリゴ核酸固定化電極上での電気化学応答を種々条件にて評価したところ、最適条件下において Ago・miRNA 複合体の添加前後で、電気化学マーカの電流応答が大きく変化した。また、Ago 蛋白質（非複合体）を添加した場合、電流は変化しなかった。これらの結果から、オリゴ核酸 (AMO) と Ago・miRNA 複合体との相互作用を高感度に検出できることがわかった。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 マイクロ RNA、核酸ダイナミクス、Ago 蛋白質、電気化学アッセイ

【研究題目】 BNCT 領域の熱外中性子線量精密評価用

可搬型検出器の開発

【研究代表者】松本 哲郎（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】松本 哲郎、増田 明彦（常勤職員2名）

【研究内容】

近年各地で開発されている加速器中性子源を利用したホウ素中性子捕捉療法（BNCT）では、熱外中性子と呼ばれる0.5 eV～10 keV 領域の中中性子が利用される。しかしながら、熱外中性子領域では、測定精度が原子炉等で利用される熱中性子エネルギー領域と比較して良くないという特徴がある。中性子計測に使用する核反応の断面積精度が熱中性子領域に比べて悪いことが理由である。本研究では、熱外中性子測定のために、核反応断面積の影響を受けない方法を用いることにより、測定精度を向上させることを目的としている。2年目となる2017年度は、1年目に試作したLGBとBGOを用いた検出器について、京都大学原子炉実験所電子ライナック施設における光核反応中性子源を用いた中性子飛行時間法による特性試験を行い、BNCTで利用される熱外領域の性能評価を行った。MCNPXによるシミュレーションも行った。また、LGBシンチレータの代わりに一般的なホウ素入りプラスチックシンチレータを用いた組み合わせの検出器についても試験を行った。この試験から、ホウ素入り検出器を用いた場合に、一般論として本方式が利用できることを示す。さらには、従来行われていたようにホウ素入り検出器でも直接的に中性子フルエンスが求まるので、最終年度、これらの各方式によって得られる中性子フルエンスの値と不確かさについて比較を行い、技術の検証を行う。さらに、中性子検出器校正にも利用される24 keV単色中性子に対して、本検出器を適用し、BNCTで利用される検出器の検出効率の不確かさを低減につなげる。

【領域名】計量標準総合センター

【キーワード】BNCT、熱外中性子、シンチレータ、線量評価

【研究題目】高付加価値放射線治療を実現する金ナノ粒子増感剤の開発

【研究代表者】三澤 雅樹（健康工学研究部門）

【研究担当者】三澤 雅樹、松本 孔貴（筑波大学）、布施 拓（茨城県立医療大学）
（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

X線照射によって、金ナノ粒子から電子が発生し、水溶液中で活性酸素発生を増強する現象を放射線治療に適用し、腫瘍集積性を付与した金ナノ粒子を事前投与し、根本治療の難しいび慢性、浸潤性、遊走性のがんを細胞レベルで除去することが可能な、高付加価値放射線治療を実現する。抗体リポソームによる腫瘍集積と、シグナルペプチド修飾金ナノ粒子による細胞内局在の2段階の標的指向性をもつナノ粒子複合体を合成し、放射線治療

機を用いて、活性酸素発生および腫瘍細胞生存率を評価する。

H29年度は、1)放射線ビーム特性の解析、2)細胞内外の活性酸素計測を行った。陽子線照射で放射化される金ナノ粒子からのガンマ線に対し、Ge検出器の検出効率を求めたところ、1.33 MeVから0.276 MeVの範囲で、1.7%から9.3%であった。金1 mgを含む金コロイド溶液に200 MeV、10 Gyの陽子線を照射した結果、¹⁹⁸Au等の生成同位体ピークは検出限界以下であり、放射能は約1時間でBackgroundレベルに低下することを確認した。また、X線リニアック装置のスペクトルをEGS5コードで計算した結果、1 MeV以下の低エネルギーフォトンと電子成分が大きいことが分かった。

治療用X線および陽子線照射下（ともに10 Gy）で、金ナノ粒子の活性酸素発生を調べた結果、X線のほうが陽子線に比べて大きいことがわかった。X線照射前後で、細胞内の酸化ストレス、スーパーオキシド、NO発生を活性酸素蛍光試薬で測定したところ、細胞質内で酸化ストレス上昇及びNO産生が認められた。また、核近傍でのスーパーオキシド生成も認められた。

【領域名】生命工学

【キーワード】放射線治療、増感剤、金ナノ粒子、活性酸素、リポソーム、抗体

【研究題目】再石灰化促進作用を有する高機能性フィラーの開発と歯科材料への応用

【研究代表者】小比賀 秀樹（健康工学研究部門）

【研究担当者】小比賀 秀樹、槇田 洋二
（常勤職員2名）

【研究内容】

目標：

中～高齢者に特徴的な口腔疾患の1つである根面う蝕は、防湿が困難な歯肉縁下で発症するため、コンポジットレジンよりもガラスイオノマーセメントの使用が推奨されている。本研究では、抗菌成分と再石灰化成分（カルシウム、リン酸）を、日常の口腔ケアや唾液から取り込み、かつ、辺縁部で徐放させる新規な無機フィラーを開発し、根面う蝕治療に適した歯科材料を開発することを目的としている。

研究計画：

これまでの各種イオン選択性捕捉剤開発や抗菌剤開発における知見を活用し、抗菌効果を発現させるための塩化セチルピリジニウム、および再石灰化を促進するためのリン酸およびカルシウムを選択的に捕捉する無機イオン交換体を開発する。また、開発した無機イオン交換体の結晶構造や各種イオンの吸着特性（吸着容量、分配係数等）等の基礎物性を明らかにする。

進捗状況：

今年度は、再石灰化のカギとなるアパタイト様物質の生成を促す無機フィラーとして選択したカルシウム供与

体（バイオガラス、ウオルステナイト、セピロライト）及びリン酸供与体（層状複水酸化物の MgFeZr）を混合し、当初予定していたガラスアイオノセメント中に配合することにより、人口体液中でアパタイト様物質の生成を検討したが、無機フィラーとして選択したものからは、アパタイト様物質は生成されなかった。その結果を受けて、基材を光硬化性を有するウレタン系メタクリル酸樹脂に変更して、今年度選択したカルシウム供与体（バイオガラス、ウオルステナイト、セピロライト）及びリン酸供与体（層状複水酸化物の MgFeZr）を一定の割合で混合させた後、人口体液中で 37℃ で 1 週間静置した結果、バイオガラスをカルシウム供与体とする無機フィラーのみがアパタイト様物質を生成した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】無機イオン吸着剤、アパタイト再生、無機フィラー、モンモリロナイト、抗菌剤、ガラスアイオノセメント

【研究 題 目】ダイニン・微小管・DNA 折り紙複合体の構築による軸系ダイニンの力発生機構の研究

【研究代表者】広瀬 恵子（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】広瀬 恵子（常勤職員1名）

【研究 内 容】

鞭毛や繊毛の軸系ダイニン分子は、微小管上に規則的に配列し、負荷に応じて力発生機能を調節することによって鞭毛・繊毛の周期的屈曲運動に働く。本研究では、二本の微小管の間に軸系外腕ダイニン分子が規則的に並んだ複合体を作成し、ここに微小管同士を架橋する構造を付加することによって運動中の複合体の解離を防ぎ、力発生中のダイニンを電子顕微鏡観察できるような系を構築する。構造を急速凍結固定して低温電子顕微鏡法で解析し、負荷のかかった状態で運動する軸系外腕ダイニンの構造変化を高分解能で明らかにすることを目指している。

クラミドモナス鞭毛から抽出した軸系外腕ダイニンを、*in vitro* で重合した微小管に結合させて複合体を作成し、二本の微小管の間にダイニンが一行に規則的に並ぶような条件を検討した。このような複合体に ATP を加えたときに、実際に微小管同士の滑り運動が起こることを、蛍光顕微鏡を用いて観察した。さらに、運動時の複合体の解離を防ぐため、長さ 80 nm 程度の棒状の DNA 折り紙構造体をデザインし、これを用いて複合体を構成する微小管同士を架橋した。複合体に対する DNA 折り紙の結合は、電子顕微鏡法で明瞭に観察することができた。DNA 折り紙架橋構造により、ATP を加えた時に起こる複合体の解離がある程度抑えられることを、電子顕微鏡および蛍光顕微鏡で確認することができた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】分子モーター、鞭毛・繊毛、電子顕微鏡、

生物物理

【研究 題 目】ロービジョン者の紙面書字活動を支援する新奇な拡大読書器の提案と開発

【研究代表者】坂本 隆（人間情報研究部門）

【研究担当者】坂本 隆（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、拡大読書器の仕組みや機能を根本から見直すことによって、ロービジョン者（高齢者含む）向け視覚補助装置に革新的な進歩をもたらす新技術の研究である。本研究が着目したのは、拡大された書字画面を見ながら、利用者が紙に文字を書くことが困難であるという、拡大読書器の機能や利用法に関する課題である。また、据え置き型の拡大読書器は、利用場所が限定されるなどの問題もあり、拡大読書器の形態や構造の見直しも視野に入れている。こうした諸問題を解決する方法を模索し、拡大読書器の構造・形態・機能・利用法などについて、研究成果に基づく新たな提言を目指している。

平成29年度の進捗状況：

研究期間を1年延長し（日本学術振興会に科研費の研究期間延長が認められた）、従来方法とは異なる書字情報取得・画面提示方式に基づく拡大読書器を試作した。また当該の試作装置を用いて、書面と文字情報の取得および拡大表示を試験した。

科研費提案時には、非線形光学系を外注して試作することを想定していたが、交付予算額では非線形光学系の外注試作には足りず、止むを得ず平面ミラーを利用した光学系により画像取得する仕組みを採用した。ただし平面ミラーを使用した場合、撮影画像は著しく歪むことが予想されたため、アフィン変換や射影変換といった画像変換処理によって画像を補正し、歪みのない文字画像を取得する方式を採用した。平面ミラーは1枚とし、ミラーと薄型カメラを用いて、側方から紙面と文字画像を取得し、取得画像を画像変換処理した後に、この画像をタブレット端末で拡大表示することによって、提案時の構想に近い装置構成を実現することとした。

試作した拡大読書器からは、撮影法、インタフェース、ソフトウェアに関する解決すべき課題が多く見つかった。特に、紙面全体をクリアに撮影できない問題や、紙面が少しでもうねっていると側方から撮影した文字にそのうねりの影響が出て、拡大表示された文字が歪む問題は、試作した装置の仕組み上、解決が難しかった。研究期間内にこれらを解決することはできなかった。

本研究課題は本年度（平成29年度）末で終了したが、提案手法に基づく拡大読書器の限界を見極めることができた点において、一定の研究成果はあったと考えている。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】福祉情報工学、視覚補助装置、視認性

【研究 題 目】一年生植物シロイヌナズナを多年生にす

る

【研究代表者】藤原 すみれ（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】藤原 すみれ（常勤職員1名）

【研究内容】

一年生のモデル植物シロイヌナズナには、多年生の近縁種も多く存在している。また、原産地では多年生だが、越冬や越夏が困難なために日本では実質一年生となる植物（野菜や園芸植物など）が多く存在する。しかし、一年生植物と多年生植物の違いや、多年生植物が生育環境の影響で実質一年生になる原因のメカニズムの詳細については未解明な点が多く残されている。本研究では、我々の発見した、ある転写因子を強く過剰発現させることでシロイヌナズナが多年生近縁種と類似した特徴を複数獲得するという現象に主に着目し、各種解析を行うことで、一年生と多年生の差を生み出す原因の解明や分子育種等への貢献につながる新規知見を得ることを目指した。

前年度までに、この転写因子は、各種の外的環境による制御（日長など）やそれらにより変化する内的制御を受けながら転写抑制因子として多様な役割を発揮し、シロイヌナズナが適切に一年生植物として生長できるように機能することが示唆された。平成29年度は、前年度から作製していた各種システムを用いて当該形質転換体の多年生的形質に影響を与える遺伝子変異を探索した。その結果、ある遺伝子を破壊したシステムでは形質が弱まったことから、その遺伝子が多年生的形質の付与に関与する可能性が示唆された。さらに、過剰発現することで当該形質転換体と類似した形質を獲得する他の転写因子も同定した。

【領域名】生命工学

【キーワード】植物、シロイヌナズナ、転写因子、多年生

【研究題目】ビッグデータ処理の形式検証に向けて

【研究代表者】AFFELDT Reynald（情報技術研究部門）

【研究担当者】AFFELDT Reynald、田中 哲（情報技術研究部門）、GARRIGUE Jacques（名古屋大学）（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

インターネットに接続される機器の増加に従って、蓄積される履歴データなどが爆発的に増大している。これらの大規模なデータを解析し、活用しようという動きが、いわゆる「ビッグデータ」のもとで進んでいる。しかし、ビッグデータ処理に用いられるプログラムの信頼性については、十分に厳密な検討や検証がなされているとはいえない。本研究では、データを圧縮したまま処理することができる「簡潔データ構造」に着目し、そのアルゴリズム及び実装の信頼性を検証する。簡潔データ構造は大規模なデータを少ないメモリで処理できるため、ビッグデータ処理の中心になると期待されている。

本研究の3年目である平成29年度では、昨年度提案したコード生成の手法を実用的な応用に適用し、簡潔データ構造の基礎の形式化を拡張した。平成28年度に提案したコード生成の手法（monomorphization というプログラム変換に基づく C 言語のコード生成器と monadification というプログラム変換器）の開発を進め、応用例に適用した。特に、平成27年度に形式検証した rank アルゴリズムに適用した。その結果として、C 言語のコードで記述された実用的な実装を得られ、その正しさも monad という概念を用いて確認した。また、同じ monad の概念を用いて、正しさ以外の性質（計算量など）も形式的に検証できた。以上の生成器と変換器は定理証明支援系 Coq のプラグインとして実現しており、これをオープンソースコードとして配布したその成果を国内ワークショップで発表し、雑誌論文として投稿し、採択され[1]、招待講演として国際ワークショップで発表した。また、上記のコード生成器を最適化で拡張した。具体的には、C 言語で記述された実装の効率改善のため、linearity 解析を実装した。また、平成27年度で開始した簡潔データ構造の基礎の形式化を拡張した。具体的には、select 関数とその性質および LOUDS 木という代表的な簡潔データ構造とその性質を形式化した。以上の linearity 解析による最適化と簡潔データ構造の形式化を国内ワークショップでポスターとして発表した。[1] Akira Tanaka, Reynald Affeldt, and Jacques Garrigue.

Safe low-level code generation in Coq using monomorphization and monadification.

Journal of Information Processing, 26:54--72, 2018

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】形式検証、ビッグデータ、C 言語

【研究題目】生活習慣病予防の健康セルフチェックのための触覚ヘルスメータの開発

【研究代表者】井野 秀一（人間情報研究部門）

【研究担当者】井野 秀一、高橋 紀代（篤友会リハビリテーションクリニック）、
布川 清彦（東京国際大学）
（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

本課題では、生活習慣病に関係する糖尿病の神経障害や転倒予防のための身体要因に着目し、当該疾病の早期発見（からだのセルフチェック）と予防医療を支えるヘルスケアのための新しい検査・評価法の開拓を医工連携で目指している。

本年度は、簡便な末梢神経機能の定量評価のための計測システム（触覚ヘルスメータ）に対する改良を行うと共に、人間工学実験による計測データの分析を行った。システム開発では、計測システムの臨床現場でのユーザビリティを高めることを目的として、筐体デザイン等の

工夫による軽量化、刺激呈示部（小型モータステージ）と操作部（パソコン）のワイヤレス化を進めた。その結果、設置環境等に関する制約が緩和され、検査者は、刺激呈示部の遠隔操作で対象者の足底部や手指部の手軽な感覚計測が可能になった。また、計測プロトコルに必要な皮膚へのずれの機械刺激（lateral skin stretch）に関する感覚特性の各種パラメータの影響について、健常若年者・壮年者を対象にした心理物理実験で調べた。その結果、ずれの刺激速度や呈示部位に対して依存性のあることがわかった。また、計測された感覚閾値の平均に対する個体内のばらつきは10%程度であった。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】ヒューマンインタフェース、ヘルスケア、触覚、糖尿病、生活習慣病

【研究 題 目】知覚が反射性眼球運動に与える影響—意識と不随意運動の相互作用—

【研究代表者】竹村 文（人間情報研究部門）

【研究担当者】竹村 文（常勤職員1名）

【研究 内 容】

普段、何気なく過ごしている私たちの動きは、動かそうという意識よりも、体が動く方が早い。歩行や腕の到達運動を例にとると、足や指先を意識して動かすことはない。これらの運動は後から認識することは可能だが、体が動く方が早いのである。私たちの認識という意識的なプロセスは時間のかかる情報処理であり、無意識によって導かれていることを近年の脳科学は示唆している。本研究の目的は、オンラインシステムである運動の修正運動を対象に、感覚運動情報処理プロセスにおける認識という主観的な現象と運動の相関を解き明かし、脳の意識的過程と無意識的過程の関係性に迫ることである。

本研究では、物理的な画像シフトの方向とは異なる運動知覚を想起させる2フレーム・ムービーを用いて、眼球運動も物理的な画像シフトの方向とは異なる方向に生じることを、マカクサルを用いて明らかにした。このことは、マカクサルがヒトの良いモデルであることを示している。今後、ヒトで示唆されている「知覚の反転は初期視覚野の情報処理が反映された結果である」という仮説を、マカクサルを用いた電気生理学の実験により神経活動から明らかにしていくことが可能になるだろう。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】脳科学、認識、意識、無意識、随意運動、不随意運動

【研究 題 目】脳内の標的に特異的かつ高効率な非侵襲送達を可能にする新規高分子タンパク医薬の創出

【研究代表者】近藤 哲朗（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】近藤 哲朗（常勤職員1名）

【研究 内 容】

近年、抗体医薬やタンパク医薬、核酸医薬等を中心に様々な高分子医薬が種々の疾患の責任分子に対して設計・創出され、PEG化や糖鎖修飾技術の向上およびカチオン性リポソームや高分子ミセル、あるいはカーボンナノチューブなどを用いた DDS キャリアー・ナノデバイスの開発と共に、それぞれの分子特性を活かした薬物送達技術が急速に進歩している。これらの高分子医薬は、その特異性と劇的な治療効果から世界の医薬市場で需要が急増し今後さらに巨大なシェアを占めると予想されるが、多くは末梢組織のがん（血液のがん、大腸がん、肺がん、乳がんなど）や関節リウマチ等の自己免疫疾患を対象としたものがほとんどである。一方、中枢の疾患に対しては、直接の根本的な治療につながる特異性の高い高分子医薬として実用化を果たしたものは極めて少なく、とくにアルツハイマー病をはじめとする神経変性疾患や脳腫瘍などの深刻な中枢疾患に対しては、様々な特異抗体やサイトカイン等を設計した高分子タンパク医薬の新規創出が期待されているものの、血液脳関門が障壁となり開発が遅れている。高分子医薬を脳内に確実に投与するには、現状では穿頭・開頭等の複数回におよぶ外科手術を必要とすることが多く、患者にかかるストレスは無視できない。これらの問題を解決するために、本研究では、手術を介さずに脳内へ非侵襲に投与することができる高分子中枢標的医薬の開発を目的としたタンパク質機能改変技術および新規タンパク質機能モチーフ創出のための基盤技術開発を行った。生体の中枢神経系が示す本来の生理メカニズムを進化工学に応用することにより昨年度に構築したスクリーニング技術をさらに高度化して、標的とする分子に特異的および直接作用し、しかもその標的分子が有する生理機構を巧妙に利用する機能を発揮する機能モチーフの創出を行った。

【領 域 名】生命工学領域

【キーワード】脳、抗体医薬、高分子医薬、進化学

【研究 題 目】人工手指を自分の手指のように動かす：ヒト脳活動を用いた人工手指の自然な学習

【研究代表者】Ganesh Gowrishankar

（知能システム研究部門）

【研究担当者】Ganesh Gowrishankar、

宮脇 陽一（電気通信大学）

（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

本研究では、人の既存手指に新たに付加した人工手指を、日常生活に関与する神経活動とは独立な「自由神経活動」を制御信号として活用することにより、自分自身の体の一部のように自由に制御できるよう自然に学習する手法を確立することを目的とする。平成29年度は、まず、6番目の指を筋電（EMG）を用いてフィードバック制御する手法を構築し、指に関する身体性を検証する

ための実験を行った。次に、脳における自由神経活動（FNA）を検査し抽出するための手法を導出し、神経フィードバックにおける脳の可塑性を検証するための実験手法を構成した。さらに、これらの人間の身体性の解析に基づき、ロボットが道具を利用する手法の構築を行った。これにより、未知の物体を認識し、学習なしにそれを道具として使用することを可能とするアルゴリズムを構成し、その有効性を実験的に検証した。これらの成果を、査読付き国際会議等で報告した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】BMI、自然学習、機能拡張、可塑性

【研究 題 目】運動学習における腹側被蓋野の役割解明と同領域の賦活化による運動機能調節の試み

【研究代表者】高島 一郎（人間情報研究部門）

【研究担当者】高島 一郎（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、腹側被蓋野と一次運動野の活動相関を調べ、運動学習中の腹側被蓋野に適切なタイミングで電気刺激を行う介入操作により、学習効果に改善が見られるかどうかを検証することを目的とする。

腹側被蓋野に電気刺激用電極を留置し、運動学習課題のトレーニングを行った。本年度はリーチングによるエサ取り運動学習課題に加え、より簡便な水平ラダー歩行学習課題を導入した。歩行学習ではラング間隔を毎日変更し、歩行中にステップを踏み外す動作をビデオ撮影し、ラダー歩行の運動パフォーマンスについて解析を行った。踏み外し動作を3段階で評価し、歩行運動パフォーマンスのスコアを計算した。腹側被蓋野への電気刺激は歩行運動中に0.2 Hz で与えた。その結果、運動学習中に電気刺激を与えた群では5日間の運動学習期間にわたり、運動パフォーマンスのスコア向上が見られた。また、電気刺激群は、非刺激群に対し常に高スコアの運動パフォーマンスを示し、腹側被蓋野への電気刺激が歩行運動学習に有効に作用していることが示唆された。さらに、脳刺激の候補部位であるマイネルト基底核に電気刺激を与える実験を試みた。膜電位イメージング法を用いた解析の結果、マイネルト基底核の後方部位への電気刺激により、腹側被蓋野の場合と同様、運動野皮質領野に興奮性の神経活動を惹起できることが明らかとなり、マイネルト基底核が新たな運動機能調節ターゲットとなり得る可能性が示唆された。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】膜電位イメージング、腹側被蓋野、一次運動野

【研究 題 目】原子層シリサイド半導体による革新的エレクトロニクス要素技術

【研究代表者】内田 紀行（ナノエレクトロニクス研究

部門）

【研究担当者】内田 紀行、多田 哲也、岡田 直也、
（常勤職員3名）

【研究 内 容】

微細化により性能の向上や消費電力の低減を図ってきた Si デバイスの開発は、原子レベルの構造制御性を必要とする時期がやってきている。しかし、材料物性的な限界や、不純物分布の揺らぎなど様々なランダムネスが顕在化し、微細化の工学的な限界が見えている。そこで、ナノドット（0次元）、ナノワイヤー・チューブ（1次元）、ナノシート（2次元）などの低次元材料により、原子スケールの物質制御を導入しランダムネスを抑え、さらに、低次元性に起因する新規機能を利用する検討がなされている。低次元材料は、集積化など現行の Si LSI プロセスへの適応を考えると Si をベースとしたものが好ましい。本研究では、遷移金属内包した Si ケーシラスタ（ $M@Si_n$; $n \sim 10$ ）を Si 表面上周期配列した数原子層のシリサイド半導体用いて、ナノエレクトロニクスの革新的な要素技術を開発する。

本年度は、実用化に向けて、六フッ化タングステンガスとシランガスを原料として CVD 法で作製した $W@Si_n$ 層を Si と金属電極の間に挟み込むことで、Si と金属の間に発生するショットキー障壁の大幅な低減を実証した。電界効果トランジスタの微細化によりチャンネル長が短く（ <10 nm）なることで、金属と Si の間の接触抵抗がトランジスタ電気抵抗の中で大きな割合を持つようになり、接触抵抗の低減が急務である。また、原子レベルの平坦性で接合を形成するという課題も同時にクリアしなければならない。本技術は、原子層の薄膜を挟むことで接触抵抗の問題を解決するものであり、微細トランジスタにおける接触抵抗低減の革新的な要素技術を開発できたと考えられる。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】原子層シリサイド、遷移金属内包シリコンラスタ、金属・半導体接合

【研究 題 目】半導体イメージセンサの熱雑音を用いた赤外線レーザービームプロファイラの開発

【研究代表者】沼田 孝之（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】沼田 孝之（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、半導体イメージセンサの各画素で生じる熱ノイズを信号源として赤外線領域のレーザービームの断面強度分布を検出し、ビーム形状計測技術としての可能性検証を目的としている。昨年度までに、背景ノイズと位置づけられる可視光に対するセンサの応答特性評価を行い、波長0.8 μm を超える近赤外域では応答度の分布が不均一となり、その影響は露光時間にも依存することがわかった。これについて電荷漏えい効果の視点から考察し、ビーム形状計測の高精度・高 S/N 化に向けた知見

を得た。計画最終年度である本年度は、まず提案原理の妥当性検証の基準として用いるビーム形状の定量計測技術の開発を行った。背後に光検出器を備えた金属製光学スリットを、変位を国家標準にトレーサブルとしたステージ上に配置し、ビーム内で走査することで、ビーム断面内の光強度分布を高精度に測定する技術を開発した。またその測定誤差を見積もった。これらをもとに提案原理の妥当性を検証し成果を総括した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】熱雑音、赤外線、ビームプロファイル

【研究 題目】音源付近の加圧により音声明瞭度を向上させる現象の解明

【研究代表者】添田 喜治（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】添田 喜治、飯塚 雅代
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

昨年度試作したスピーカーでは、スピーカーの振動を効果的にアクリル板に伝えることができなかったため、本年度は新たにエンクロージャを含めて、3種類のスピーカーの試作を行った。エンクロージャの形状は、正方形、縦長、横長とした。スイープ音を出力し、インパルス応答を測定し、音場評価指標（強さ、残響時間、初期減衰時間、初期後期反射音圧比（C50、C80）、時間重心、初期反射音遅れ時間、両耳間相互相関度、両耳間時間差、両耳間時間幅を算出した。5種類の音楽を出力し、自己相関関数解析を行い、平均レベル、最大ピーク振幅・遅れ時間、有効継続時間、初期振幅幅を算出した。インパルス応答解析の結果、初期後期反射音圧比（C50、C80）が、250～4000 Hz において5～10 dB 増加した。これは、初期の反射音が増加することによって明瞭度が改善していることを示す。強さ、残響時間等の他の指標については、明瞭なエンクロージャの効果は得られなかった。音楽の自己相関解析の結果、縦長・横長形状のエンクロージャでは、音圧レベルが、5～10 dB 増加し、横長形状では、自己相関関数の有効継続時間が10～30 ms 延長した。これは、エンクロージャの形状により、音圧レベルと明瞭度の増加が可能であることを示している。これまでの、板厚や圧力に加えて、エンクロージャの形状を工夫し、個々の効果を最大化することによって、より音圧レベルや音声明瞭度の改善効果が高めることが可能であることを明らかにした。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】加圧、音圧レベル、音声明瞭度

【研究 題目】Toxin-antitoxin 分子基盤の解明と核酸編集技術・細胞応答制御への応用

【研究代表者】横田 亜紀子

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】横田 亜紀子（常勤職員1名）

【研究 内容】

【目標】

原核生物においてストレス応答やプログラム細胞死を担うトキシン-アンチトキシン（TA）システムの中で、配列特異的に RNA を切断するトキシンとそのアンチトキシンの分子認識機構を調べ、学術的な貢献を行うと共に、核酸編集技術や細胞応答制御に応用することを目的とする。

【研究計画】

データベースを用いて様々な生物種由来の TA ペアを選定し、そのタンパク質分子を調製する。その後、トキシンで配列既知の長鎖 RNA を切断し、次世代シーケンサーを用いて切断配列を同定する。多種多様な認識配列を持つトキシンを獲得することで、トキシンライブラリ（遺伝子工学ツール）の構築を図る。さらに病原菌におけるトキシン活性化因子（細胞死誘導因子）の探索を試みる。

【年度進捗状況】

平成29年度は、*Deinococcus radiodurans* 由来の TA ペア（MazF-DR、MazE-DR）に着目し、MazF-DR が RNA 配列 UACA を特異的に切断すること、一般的に MazF の標的とされる mRNA の他に tRNA も切断し、複数の異なるメカニズムを介して細胞内翻訳制御を行う可能性があること、などを明らかにした。*D. radiodurans* は世界で最も放射線に強い細菌とされる極限環境微生物であり、その MazEF の解析は極限環境下での生存戦略を解明する一助となることが期待される。また、新たに複数の病原菌由来の MazF を精製し、RNA 切断活性を評価するとともに、これら病原菌の MazEF システムを利用した細胞外致死因子スクリーニング系の確立に向けての基礎実験を重ねた。今後も引き続き、各種基盤技術の整備と検証を行う予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】核酸、タンパク質、分子認識、細胞応答制御

【研究 題目】神経の微細観察系を新たに構築し、アンジェルマン症候群の病理解明を目指す研究

【研究代表者】海老原 達彦

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】海老原 達彦（常勤職員1名）

【研究 内容】

アンジェルマン症候群（AS）は、重篤な発達遅滞を主症状とする先天性疾患であり、原因遺伝子又は Ube3a と特定されている。このため、先天性疾患の中では遺伝子と発症メカニズムの解析を進めやすい部類と思われるが、病理に関する分子メカニズム解明が遅れている。一方、疾患として重篤であることから、少しでも治療効果が上がれば患者と家族の QOL 上昇が見込ま

れている。本研究では、この疾患の病理研究で手薄となっている、発症の分子メカニズム解明を最終目標として、その端緒として神経細胞レベルでの発症の再現とその病態可視化に挑戦する。そのために、以下二通りのアプローチを行う。

適切な神経観察系の構築を目指して、マウスの海馬錐体細胞を培養し、遺伝子（主として Ube3a）の核内分布解析を行う。Ube3a 近傍は、大脳神経細胞に限って父系母系染色体の発現活性やメチル化状態が異なっていることが分かっている。恐らくそれを反映して、対立遺伝子の分布が僅かに異なると想像している。超解像顕微鏡や ASEM（大気圧走査電顕）を用いて、核内の遺伝子の分布及び周辺環境を解析する。

母系の Ube3a 遺伝子の欠損或いは機能不全により、AS を発症する。大脳新皮質や海馬の錐体細胞に限って、父系の Ube3a の発現が強く抑えられている。この状態を再現し、かつ IRES/レポーターを組み込んで発現状態をモニターできるモデルマウスを作製する。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕神経発生、神経病理、エピジェネティクス

〔研究題目〕電子線励起の蛍光観察を水中にて実現し、がん細胞や微生物の微細解析を目指す研究

〔研究代表者〕佐藤 主税（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕佐藤 主税、海老原 達彦、岡田 知子（常勤職員3名）

〔研究内容〕

目標

がん細胞や微生物の微細解析のために、薄膜により水中のサンプルを電顕カラムの真空から隔離し、直接観察する大気圧走査電子顕微鏡（ASEM）を用いる。さらに、電子線励起に適した蛍光物質を発見することを目指す。さらに微生物やがん細胞の免疫ラベル法開発も行う。研究計画

蛍光物質ごとの電子ビームに対する特性の解析と、細胞などの微細構造解析を並行して進める。Alexa, Q-dot 等の蛍光ビーズについて、EM-CCD を搭載した ASEM にて電子線による励起蛍光を観察し、物質毎の最適条件を検討する。蛍光フィルターレベルを用いて、蛍光の”色”も確認する。

また、がん細胞、微生物について、現行の ASEM を用いた免疫ラベル法を開発し、細胞の微細解析を進める。年度進捗状況

電子顕微鏡による水中観察では、電子線で高効率励起が可能な蛍光物質が見つかっていないために、多色観察は実現していない。酸化亜鉛 ZnO の粒子を観察した。ZnO 粒子を用いて観察したところ、EM-CCD と通常 CCD の両方で明解な蛍光が検出でき、EM-CCD では

micro meter レベルの極めて小さな ZnO 粒子が観察できた。次にタンパク質蛍光6種類、Alexa, q-Dot のスクリーニングを行ったが、タンパク質蛍光からはシグナルが観察されなかった。q-Dot に置いても蛍光は薄かった。免疫ラベル法の開発では、がん細胞の特異的なラベル法の開発を進めた。突然の多剤耐性菌の世界的な拡散は、ドイツと近隣国での2011年の病原性大腸菌の集団感染の様に深刻な問題であるため、抗生剤耐性遺伝子の乗ったプラスミドの受け渡し接合線毛（性線毛）の観察に ASEM により挑戦した。複数種の性線毛の可視化に成功した。また、様々な感染症を引き起こすアクネ菌のバイオフィルムの内部構造の免疫ラベルにも成功している。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕電子顕微鏡、電子線励起、光電子相関顕微鏡、転移性がん細胞

〔研究題目〕核酸配列上での発光分子構築反応の開発と遺伝子検出技術への応用

〔研究代表者〕小島 直（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕小島 直（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究課題では、細胞内発現遺伝子を高感度に検出可能な技術の開発を目指し、遺伝子検出技術としては未開拓であった生物発光を利用した新しいシステムを構築する。課題1) 遺伝子配列情報を生物発光シグナルに変換するための新規核酸プローブの作製、課題2) グアニジン核酸を利用した核酸プローブの機能強化、課題3) 上記技術の組み合わせによる高感度遺伝子検出システムの確立。従来の蛍光を利用した遺伝子検出技術では、細胞内夾雑分子由来の自然蛍光が高感度検出の障害となっていた。一方で生物発光は細胞内夾雑物の影響がないため、高感度な遺伝子検出が可能になると期待される。

課題1：遺伝子配列情報を生物発光に変換する新たなシステムとして、標的配列上で発光基質を化学的に構築する“発光基質構築型核酸プローブ”に加え、標的配列への結合を引き金にして発光基質を放出する“発光基質放出型核酸プローブ”についても開発を進めた。今年度は、主に後者のプローブの化学合成について検討を行い、種々の改良を加えることで最適な分子構造を見いだすことができた。

課題2：核酸プローブの標的配列への結合を安定化する技術として、グアニジン核酸の開発を進めた。グアニジン核酸は、DNA のリン酸ジエステル結合がグアニジンニウム結合に置き換わった構造を持ち、正電荷を有していることが最大の特徴である。本年度はグアニジン核酸を DNA 配列に導入するための新たな試薬の開発を進めた。さらにグアニジン核酸を導入した複数のオリゴヌクレオチドを合成し、二本鎖の熱的安定性に及ぼす影響等を評価した。現在、新規高感度遺伝子検出システムの実施に向けた研究を継続している。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 核酸化学、生物発光、分子プローブ、生体分子計測

〔研究 題目〕 がん特異的なコアフコシル化糖鎖を認識する抗体の創製

〔研究代表者〕 奥田 徹哉（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 奥田 徹哉（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

がん細胞に特異的なコアフコシル化糖鎖をターゲットとした高抗原性の免疫誘導剤の調製と、その利用によるコアフコシル化糖鎖認識抗体の獲得に関する研究を実施した。哺乳動物由来糖鎖は一般に抗原として免疫系に認識されにくいのが、我々が開発した新規免疫誘導剤は低免疫原性の糖鎖であっても特異的に免疫を誘導できる。

本方法の応用によるコアフコシル化糖鎖認識モノクローナル抗体獲得に必要な以下の検討項目を実施した。

(1) コアフコシル化糖鎖認識抗体の選別が可能な ELISA 評価系を構築した。(2) 目的のモノクローナル抗体を誘導するための免疫誘導剤について構造の異なる2種をデザインし、それぞれハイブリドーマ獲得までの必要量を調製した。(3) これらの免疫により目的の抗体が誘導できることを確認した。(4) 天然の糖脂質 (globoside) をモデルとして用い、免疫誘導法の改良を試みた。その結果、糖鎖構造をエピトープ認識する IgG を効率よく誘導できる条件を確立した。その応用により、これまで獲得できていかなかった globoside の糖鎖構造をエピトープ認識する抗 globoside モノクローナル IgG の獲得に成功した。(5) ヒト由来培養細胞やマウス肝臓を用いて糖脂質や糖タンパク質の動態解析のためのイムノアッセイを数種確立し、新たに獲得したモノクローナル抗体の有用性を検証することで研究をまとめ、学術論文や学会発表にて成果を公表した。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 コアフコース、モノクローナル抗体、糖鎖、癌、腫瘍マーカー

〔研究 題目〕 カビの増殖をトリガーとした抗カビ活性物質オートリリースシステムの開発

〔研究代表者〕 山口 宗宏（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 山口 宗宏、佐々木 正秀、清水 弘樹（常勤職員3名）

〔研究 内容〕

本研究は、カビが放出する酵素がトリガーとなって、人体に無毒な抗カビ活性物質を必要時に必要量、必要な場所に放出し、カビの増殖を効果的に抑制するシステムを開発するものである。

昨年度までに、まずガラス表面への均一な物質固定化方法を確立させるために平面基板上へモデルである蛍光物質の固定化研究を進めたが、均一性や再現性に問題

を残した。そこで、シリカゲル上への固定化を試したが、定性的な分析を進めるに留まった。また、市販の表面に活性エステル基が導入されたプレートにこれまで見出した4種類の天然由来抗カビ活性化化合物を固定化したが、抗カビ活性を確認することができなかった。これは、固定化された化合物量が必要十分量に満たなかったためと考察された。

踏まえて今年度は、抗カビ活性化合物の必要量が基板上に固定化できる様、カビが分泌するエステラーゼによって分解されるエステル結合を介した活性化化合物の多量化とその基板固定化研究、シクロデキストリンの様な包接化合物を介することを指向したシクロデキストリン包接の定量研究、より高濃度で化合物が固定可能なペプチドや核酸合成で利用される固相レジンの利用研究などを進めた。

また、生化学的な研究として、抗カビ活性物質にカビがさらされたときの遺伝子レベルでの変化について検討をおこなった。カビが受ける効果を遺伝子レベルで検証することにより、化合物に対する耐性を獲得する可能性について、今後より研究を進める予定である。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 衛生、抗カビシステム、機能性表面、酵素反応、菌類

〔研究 題目〕 膵癌における新たな細胞内分子ターゲットによる生物学的診断・治療法の開発

〔研究代表者〕 森田 直樹（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 森田 直樹（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

膵癌細胞において、生存能・転移能・増殖能・薬物耐性・抗低酸素能などに関して、ある種のタンパク質 (pXY) が関係しているかを細胞生物学的・分子生物学的に検討することを目的とした。

今年度は、細胞培養にて培養液中への細胞からの pXY の漏出、培養液に漏出した pXY 分子測定法及び血中 pXY 分子測定法の基礎的な検討を行った。

培養液への細胞からの pXY の分泌は ELISA 法にて可能であり、培養液中の pXY レベルと細胞増殖との関係を確認し、良好な相関関係があることがわかった。これにより、膵癌細胞数の増加予測、さらには腫瘍の生物学的な評価にも用いることができると期待された。細胞死により受動的に細胞外に放出している可能性があるため、その影響も検討したが、細胞が増殖期において良好な相関関係が認められたため、積極的なメカニズムで「分泌」されていると考えられた。

血中の pXY 分子測定では、使用する抗体などを検討したが、ELISA 法による検出可能な限界濃度に課題があり、より高い感受性を持つ抗体の開発が必要と考えられた。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 膵癌、治療ターゲット分子、生物学的診断・治療法

〔研究題目〕 Test Mining:リポジトリマイニングによる組み合わせテスト品質最適化

〔研究代表者〕 崔 銀恵 (情報技術研究部門)

〔研究担当者〕 崔 銀恵、北村 崇師、森 彰 (情報技術研究部門) (常勤職員3名、他1名)、水野 修 (京都工芸繊維大学)

〔研究内容〕

組み合わせテストは、テストコストを効率的に削減できるブラックボックステストとして知られているが、大規模システムのための組み合わせテストの実用化には、品質効果の裏付けが喫緊の課題である。本研究では、大規模データベースのマイニング技術を適用することで、組み合わせテストの品質効果を定量的に評価・予測し、更にテスト設定を最適化する手法を開発する。また、高精度のマイニングのためには大規模データベースが必要になるが、オープンなソフトウェアリポジトリにあるプログラム履歴、バグレポートを利用し、この問題を解決する手法を開発する。これらの2つの強力なアイデアによって、組み合わせテストプロセスの品質を強化するフレームワークを開発する。

本研究の2年目である H29年度では、まず、マイニングフレームワーク開発のために、公開レポジトリ SIR の C プログラムプロジェクトを対象に、必要なテストコード、テストモデル、バグ履歴、テスト結果に加えて、開発履歴における各プログラムのコード網羅率も自動抽出できるようにした。次に、マイニングフレームワークを用いたテストの設計・評価のために、まず、前年度に開発したアルゴリズム (抽出したテストとバグ履歴を入力としたベイズ推定に基づいて、テストモデルのパラメータの優先度を自動的に計算するもの) を更に発展させ、バグ履歴に加えてコード網羅率情報も追加してテストの優先度付けができるプログラムを開発し、評価実験を行った。次に、テスト結果をデバックとテスト最適化へフィードバックさせるために、前年度に開発した回帰分析と機械学習の手法を用いてテストの結果から不具合組み合わせを特定するアルゴリズムを発展させ、必要な探索空間を大幅に削減しながら効率よく高速に不具合特定を行うプログラムの開発と評価を行った。更に、テスト結果をプログラムの自動デバックへ応用する研究も行っている。研究成果は、国内ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム、国際会議 QRS、MET で発表した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 組み合わせテスト、リポジトリマイニング、テスト最適化、ベイズ推定、回帰分析、不具合組み合わせ特定

〔研究題目〕 物体の分かりやすい説明表現のための絵

描き歌自動生成に関する研究

〔研究代表者〕 金崎 朝子 (人工知能研究センター)

〔研究担当者〕 金崎 朝子 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

写真に写っている物体を分かりやすい表現で説明することを旨としたアプリケーションとして、本研究では物体認識技術を応用した絵描き歌自動生成システムの技術開発に取り組んでいる。未知の物体を言語で表現するとき、人はよりイメージしやすい物体を用いて「○○のような」「××を△△に乗せたような」といった比喩的表現を生成する。これを機械が実現するためには、物体の外観特徴を抽象的にとらえた上で他の物体との類似性を上位レベルで評価する必要がある、人工知能の本質的な課題といえる。

このような課題を達成するための物体認識技術は、ある特定の既知物体をデータベースに登録して後に照合できる機能 (特定物体認識) だけでなく、未知の物体であっても、それが何のカテゴリであるかを推定できる機能 (一般物体認識) が要求される。さらに、絵描き歌の素材として様々な物体を認識するためには、各物体カテゴリを代表するような一つの決まった姿勢のみを学習するのでは不十分であり、あらゆる回転姿勢の物体をさまざまな方向から観測して認識できるように学習する必要がある。そこで、今年度は、回転台を用いた撮影およびインターネット上で収集した三次元物体の CAD モデルのレンダリングを用いて、物体を様々な方向から見たマルチビュー画像を学習し、物体のカテゴリと姿勢を同時に認識する手法を開発した。さらに、画像全体から個々の物体に喩えるための領域を自動抽出するために、画像セグメンテーション手法の開発を進めた。人による教師データ作成を必要としない教師なし学習の新たな手法を提案し、複数の既存手法との比較実験を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 物体認識、画像セグメンテーション、機械学習

〔研究題目〕 大規模空間における避難訓練の科学的解析に基づく屋内避難経路ピクトグラムの作成

〔研究代表者〕 大西 正輝 (人工知能研究センター)

〔研究担当者〕 大西 正輝 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

入手した3つの大きな劇場の平面図をもとに避難経路を調査し、一手先の経路に関しては十字、丁字、ト字の合計3種類であること、その先の二手先の経路に対しても十字、丁字、ト字の3種類の経路に対して左右対称性などを利用しながら組み合わせることで全て表現できることが分かった。三手先を考えるとピクトグラムに示す経路が複雑になるため扱わないものとして、最大で二手先までのピクトグラムを考えた場合には一手先のものが

3種類、二手先のものが15種類の基本図形を組み合わせて左右対称性などを利用することですべての経路を表現できることが分かった。また、駐車場の案内図など幾つか実際の誘導のために用いられている経路表示の看板を調査したが、経路を知らない人に対しても直観的に理解しやすいものはなかった。施設の避難誘導ピクトグラムは初めて施設に来た人にとっても迷わないよう分かりやすいデザインにする必要があることから、もっと直観的に理解できるようにデザインを工夫する必要があると考えている。現在15種類のラフなデザイン画を作成している途中であり、その完成後、実際のデザイナーにピクトグラムをデザインしてもらおう予定にしている。一方で、人は身に差し迫った危機にさらされない場合には、実際にはなかなか避難しないことが知られている。そこで実際に逃げるアナウンスが流れても非難しない様子の映像を用いて非難しない心理についての分析を行った。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】減災、可視化、認知科学

【研究 題 目】In vitro 交感神経-血管モデル構築による血管疾患メカニズムの解析

【研究代表者】高山 祐三（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】高山 祐三、木田 泰之、櫛笥 博子、若林 玲実（常勤職員2名、他2名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、ヒト交感神経細胞、血管周皮細胞、血管内皮細胞の複合組織により調節される血圧制御等の機能を生体外にて再現した培養モデルを構築することである。我々はヒト iPS 細胞より交感神経を誘導し、血管組織細胞と結合させることで作製する交感神経-血管モデルシステムを用いた血圧制御とその破綻メカニズムの解析を行うことを目指している。本年度は、プロジェクトの2年目であり、初年度の研究成果であるヒト多能性幹細胞からの交感神経・副交感神経の誘導技術開発の手法に改良を重ね、細胞密度とコスト面での改善に成功している。この技術に関しては、データ解析が済み次第に特許化を検討している。さらに、新しい技術を用いて作製した自律神経細胞と HPA-SMC（ヒト肺動脈平滑筋細胞）との共培養を行い、交感神経作用による HPA-SMC への影響について調べた。自律神経との共培養を行ったサンプルと行っていないサンプルとの間で、まずファロイジンを用いたアクチン染色を行い、HPA-SMC の細胞骨格への影響に関するデータを取得し解析を行っている。これらの研究成果をもとに、交感神経作用の血管収縮系への影響に関して学会発表等を行う予定である。また、HPA-SMC 以外にも骨格筋細胞である C2C12細胞に対する交感神経による収縮促進作用についてもデータを得ており、交感神経作用の筋肉系細胞への作用解析について有用なデータを得ることが出来たと考えている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ヒト iPS 細胞、自律神経細胞、血管、微細加工

【研究 題 目】シンプル且つ高機能な DNA/RNA キメラ型核酸アプタマーの技術基盤の構築

【研究代表者】宮岸 真（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】宮岸 真（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

核酸アプタマーの新規取得法として、次世代シーケンサーを用いた One Step Selection 法の開発を行っている。本研究課題では、この手法を用いた DNA/RNA キメラ型核酸アプタマーの基盤技術の開発研究を提案した。まず、モデル系を用いて、DNA/RNA キメラ型核酸ライブラリーの設計に関する検討を行った。核酸ライブラリーとして、次の4つの17塩基の領域をランダム化したライブラリーを構築した。1)1塩基ごとに RNA を挿入するライブラリー、2)2塩基ごとに RNA を挿入するライブラリー、3)3塩基ごとに RNA を挿入するライブラリー、4)CU のみを RNA とするライブラリー。これらのライブラリーを用いて、ストレプトアビジンに対して、One Step Selection 法によりセレクションを行い濃縮した配列を調べた。複数の濃縮していると考えられた配列を化学合成し、そのストレプトアビジンに対する結合能を調べたが、強い結合能を示す候補アプタマーは得られなかった。そこで今年度においては、ライブラリーをストレプトアビジンの DNA アプタマーの骨格に限定し、RNA を部分的にいれたライブラリーを調製し、アプタマーの取得を試みた。セレクションの結果、明らかな濃縮した配列を得ることができたものの、濃縮した配列の親和性を詳細に調べたところ、高い親和性が見られないことがわかった。恐らく、RNA、DNA のピッチの違い等の構造的な違いがタイトな構造を作ることにより不利に働いたのかもしれない。今後は、修飾核酸を使用した核酸アプタマーの取得法を中心に進めていきたいと考えている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】核酸アプタマー、SELEX 法、検出法

【研究 題 目】メカニカルストレスによる血液凝固反応抑制メカニズムの粘弾性学的定量評価

【研究代表者】丸山 修（健康工学研究部門）

【研究担当者】丸山 修（常勤職員1名）

【研究 内 容】

メカニカルストレスを血液および血漿に負荷する方法として、せん断負荷装置である外筒回転式二重円筒型レオメータを使用した。試験検体としてクエン酸ナトリウム抗凝固ヒト血液、およびヒト血液を遠心分離して採取したヒト血漿を使用した。試験血液5.00 mL をせん断負荷部に入れ、せん断速度2,880s⁻¹ (8.6 Pa) で3時間、37 °Cでせん断負荷を加えた。その結果、血液凝固反応

の反応経路である内因系および外因系ともに抑制されることがわかった。この内因系および外因系の反応経路を構成する血液凝固因子の中で、血液凝固第5因子がメカニカルストレスに応答し、すなわちメカニカルストレスによって血液凝固第5因子の活性が減少することで、血液凝固反応全体を抑制することがわかった。さらにそのメカニズムは、血小板の影響を受けずに、血漿に溶解している血液凝固第5因子の構造がメカノケミカルに変化するものと予想された。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 人工臓器、血液、せん断応力、血栓抑制、血液凝固因子

【研究 題目】 アミロイドβオリゴマーによる認知機能障害に対する習慣的な運動の効果の解析

【研究代表者】 落石 知世 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 落石 知世、角 正美
(常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

ヒトは加齢とともに記憶力や学習効率が低下するが、運動によって高齢者の認知機能が改善されることはよく知られている。アルツハイマー病 (AD) 患者でもこれは例外ではないことから、薬による AD 治療法が未だに確立しない中、習慣的な運動は新たな治療的介入の一環として注目を集めている。AD の発症原因として、神経細胞から細胞外に分泌されたアミロイドβタンパク質 (Aβ) が異常凝集し老人斑を形成することに起因するとするアミロイド仮説が提唱されてきた。しかし最近、細胞外での Aβの沈着より細胞内の Aβオリゴマーがより強い毒性を示すことが示唆されている。我々が開発した新規モデルマウス (Aβ-GFP マウス) は、細胞内に Aβオリゴマーが発現し、シナプス機能を低下させ、生後2~3ヶ月齢で既に記憶障害を呈する。本年度は前年度に引き続き、このモデルマウスの認知機能が運動によってどのように変化するのかを解析した。生後3か月齢のマウスを用いて回転かごによる自発的運動負荷を7週間行った。運動期間終了後直ちに物体再認テストを行い、空間認知能力や記憶力に運動による変化を解析した。その結果、Aβ-GFP マウスの認知機能に明らかな改善が認められた。今後、このマウスの脳内で自発的運動によって発現が変化するタンパク質の同定などを行う予定である。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 認知症、アルツハイマー病、アミロイドβタンパク質

【研究 題目】 視覚・言語統合型人工知能システムに基づく脳情報インタフェース技術の開発

【研究代表者】 林 隆介 (人間情報研究部門)

【研究担当者】 林 隆介 (常勤職員1名)

【研究 内容】

本研究の目的は、最新の人工知能システムを利用して、脳・神経信号から高度な視覚情報の復号化を行い、対人コミュニケーションに利用する、ブレイン・マシン・インタフェース技術を開発することにある。研究計画では、画像認識と言語処理を統合した深層ニューラルネットを構築し、大脳皮質・視覚野から記録した神経信号に基づき、視覚体験の内容を、言語化して出力するインタフェース技術の開発を目指している。

2年目にあたるH29年度は、視覚・言語統合型深層ニューラルネットワークのうち、視覚情報処理のユニットの精緻化を行い、生体の脳に近い視覚情報表現の獲得を実現した。また、ブレイン・マシン・インタフェース開発については、画像に対する神経細胞の応答活動データの記録実験を行った。記録した神経活動データをニューラルネットワークに入力して解析することにより、元の入力画像を高精度に復元することに成功した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 神経科学、人工知能、ブレイン・マシン・インタフェース、視覚情報処理

【研究 題目】 学びの「楽しさ」は睡眠中の記憶定着を促進するか

【研究代表者】 甲斐田 幸佐 (人間情報研究部門)

【研究担当者】 甲斐田 幸佐 (常勤職員1名)

【研究 内容】

チクセントミハイのフロー理論によると、ヒトが適度な難易度の活動に没頭している際には快の感情 (フロー体験) が生じ、課題に対するパフォーマンスは向上し、学習は進む。ところが、それを実験により実証した研究はほとんどない。本萌芽研究では、視覚運動課題の難易度と実施者のスキルを調節することによりフロー体験が生じるかどうかを確かめ、その際の学習効率を調べる。さらに、学習後の仮眠が、視覚運動学習の定着を促進するかどうかを検証する。

本年度は、データを整理して学会発表を行い、研究を終了した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 感情、記憶

【研究 題目】 機能性ナノ構造体を活用した花粉交配法の開発

【研究代表者】 都 英次郎 (ナノ材料研究部門)

【研究担当者】 都 英次郎 (常勤職員1名)

【研究 内容】

近年、作物の受粉を担う蜜蜂の大量減少は、食糧危機に関わる世界規模の問題になっている。蜜蜂の減少は、農業による環境汚染や温暖化現象によって引き起こされていると言われているが、原因は不明であり、解決の糸口も見つかっていない。蜜蜂のような花粉媒介昆虫の減

少は、農作物の生産量に直結している。現在、蜜蜂の減少に伴う蜂単体の価格高騰は農家にとって死活問題となっている。また、人の手による人工的な受粉が行われているが、手間暇と労力が掛かるだけでなく、生物を利用した受粉に比較して効果が小さい。本研究では、揮発性のイオン液体ゲルを塗布したアリやハエといった生物を利用することで、蜜蜂の代替生物としての花粉交配の可能性を検証した。また、当該イオン液体ゲルを塗布した馬の体毛を垂直配向させたドローンを利用し、ユリの花の花粉交配を実施した。本研究は、世界規模の蜜蜂減少に対する挑戦的な研究であったが、得られた研究成果や知見は、今後の効果的な花粉媒介を可能にする普遍的技術の基礎になると期待している。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】花粉交配、バイオミメティクス、ドローン、ミツバチ、ゲル

【研究 題 目】液相剥離法の高度化による原子層薄膜の作製とデバイス化

【研究代表者】橋 浩昭（電子光技術研究部門）

【研究担当者】橋 浩昭、阿澄 玲子（常勤職員2名）

【研究 内 容】

本研究では、カーボンナノチューブ（CNT）同士が各種金属・半導体のナノ粒子により言わば“半田付け”された“Interconnect”構造が発現する条件を探索し、多様な“Interconnected”CNTを合成できる技術の確立を目指している。この新規材料の一群である銅ハロゲン化物は導電率の向上と長期安定性をもたらすことをすでに明らかとしているが、ストレッチャブル性など未知の物性の発現も期待される。作製方法としては、まず、ヒドロキシプロピルセルロース（HPC）を分散剤とした高粘性CNTインクを用いて、ドクターブレード法により基板上へCNTインク薄膜を製膜する。次にパルス光照射あるいは有機溶剤の浸漬処理により、絶縁性のHPCを除去することによりCNT薄膜を作製する。さらにこの膜に真空蒸着法や塗布法により、各種金属・半導体の膜を積層させる。最後にこの積層膜に対してパルス光を照射した後、原子間力顕微鏡観察や電気特性の評価を行うことにより、物性や構造変化を確認する。本年度は、CNT膜上に塗布法により金属元素が含まれていないヨウ化アンモニウムを積層し、各種条件で短パルス光照射を行った。その結果、生成したCNT複合膜は、銅ハロゲン化物と同様に導電率が向上することを見出した。ヨウ化アンモニウムは（毒性の低い）エタノールや水などの安全な溶剤に可溶で（、簡便な方法で処理可能）であるので、すべてのプロセスを溶液法にすることに成功した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】カーボンナノチューブ、導電膜、センサー

【研究 題 目】ナノ材料の4次元構造解析を目指した高速X線逆空間マッピング法の開発

【研究代表者】白澤 徹郎（物質計測標準研究部門）

【研究担当者】白澤 徹郎（常勤職員1名）

【研究 内 容】

ナノ材料のマルチスケール4次元（空間＋時間）構造観察のための、X線逆空間マップ高速測定法を開発することを目的としている。このために、放射光波長分散集束X線を用いる独自の方法で広範囲の逆空間マップを迅速に測定し、新しいデータ解析法により、数枚の画像データから3次元マップを構築する方法を確立する。近年行われるようになった単色X線と2次元X線検出器を用いた高速方法では、試料や検出器を走査しながら100枚程度の画像測定が必要であり、時間構造観察への応用は極めて限定的であった。本方法では従来法に比べ、数倍の広範囲逆空間を数10倍から100倍の早さでマッピングすることが可能であり、4次元構造解析への応用展開が期待される。今年度は、前年度に製作した放射光白色X線から波長分散集束X線ビームを生成する湾曲結晶ポリクロメーターの評価を行った。複数の厚さのシリコン分光結晶を用いて水平方向の集光サイズを評価したところ、厚さ0.1 mmのシリコン結晶においては設計どおりの湾曲形状が得られ、目標値である全半値幅0.1 mmに近い0.15 mmの集光サイズが得られた。この波長分散集束X線ビームを用いて、半導体超格子薄膜試料について逆格子マッピング測定を行い、50枚の画像を用いて前年度に開発したデータ処理法を用いて解析した結果、試料の面内異方性を反映する3次元逆空間マップを得ることに成功した。データ処理に用いる画像枚数を減らしながら解析した結果、10枚以下では試料の面内異方性を正しく再生することが難しいことが判明したため、原因究明と解析法の改良を進める。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】X線逆空間マッピング、高速測定、ナノ材料構造評価

【研究 題 目】樹木年輪に記録された地磁気・地球環境変動のSQUID顕微鏡による超高分解能復元

【研究代表者】小田 啓邦（地質情報研究部門）

【研究担当者】小田 啓邦、佐藤 雅彦、片山 礼子（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

年単位・季節単位における高分解能古環境記録の復元は、地球環境システム研究において極めて重要な研究課題である。樹木の年輪は年単位・季節単位で成長するため、樹木試料は高時間分解能の地磁気・地球環境変動復元研究に適している。そこで本研究では、申請者が開発したSQUID（超伝導量子干渉素子）顕微鏡を用いて、樹木試料断面の地磁気特性連続プロファイルを測定する

事で、過去100年間の環境変動記録を年単位・季節単位の超高時間分解能で復元する。SQUID 顕微鏡の高感度化に向けて、SQUID チップ周辺の断熱コーンなどの設計をやり直し、SQUID 顕微鏡のオーバーホールを行った。その結果、サファイアロッド 先端部分へのアクセスおよび SQUID チップの装着は以前よりも容易となり、サファイアロッド・SQUID チップの冷却効率は改善したが、液体ヘリウム蒸発量は10L/4日から10L/3.5日程度と若干悪くなった。これらの作業を行い、SQUID チップの装着し直しをしたところ SQUID チップと試料の距離を約190 μm に縮めることができた。これは本装置でこれまでに実現された最も短い距離となる。また、SQUID 顕微鏡のノイズ対策として電磁シールドを導入した。産業技術総合研究所構内で採取された赤松樹木について、表皮部分から3 cm ほど切り出したブロック試料をサンドペーパーで研磨し、アルコワックスを用いて60 $^{\circ}\text{C}$ 程度で加熱してスライドガラスに接着を行い、さらに SQUID 顕微鏡が接触する表面部分をサンドペーパーで研磨した。この薄片試料に対して、自然残留磁化および10 mT で交流消磁後の SQUID 顕微鏡による分析を100 μm グリッドにて行った。この分析では樹木年輪の生長する時期につくられた春目の部分に選択的に磁気ダイポールが見られた。昨年度の分析ではインクリメントポアを用いて樹木から抜いた試料の分析を行い、試料周辺分にコンタミと思われる信号が見られたが、上記春目部分の磁気ダイポールもコンタミの可能性があるので、慎重に分析と解釈を進める予定である。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】SQUID 素子、走査型 SQUID 顕微鏡、ノイズ、ドリフト、SN 比、樹木年輪、磁気マッピング、環境岩石磁気、赤松

【研究題目】抗体のミスフォールディング情報を出力する交差反応性分子ライブラリの創製

【研究代表者】富田 峻介（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】富田 峻介、石原 紗綾夏
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

一般に抗体は不安定であるため、製造から投薬までの各過程において様々な経路でミスフォールディングして劣化しやすい。したがって、抗体製品の安定な生産法を確立するには、サンプルに含まれる抗体の状態評価が鍵となる。本研究では、抗体のミスフォールディング情報を出力した“フィンガープリント”を利用することで、一回のアッセイで簡易にミスフォールド抗体組成を同定できるセンシング法の開発を目指す。本年度は、前年度に設計した「3'末端に蛍光団を修飾した一本鎖 DNA とナノサイズの酸化グラフェン (nGO) からなる複合体群」の、抗体評価への応用可能性をさらに詳細に調べた。

(i) 熱による抗体の劣化過程のモニタリング：水溶液

中で抗体に熱が加わると、立体構造の段階的な破壊や、会合体の形成およびその成長などによって複雑な経路で劣化をしていく。複合体群によって取得した蛍光フィンガープリントを線形判別分析によって解析するアプローチを利用することで、80 $^{\circ}\text{C}$ でオマリズマブを加熱した際の複雑な劣化過程の各段階を識別することに成功した。(ii) 多様な抗体の劣化評価：同手法を用いることで、等電点が6.5から8.7の間の計4種の医薬品抗体の評価を行った結果、天然状態と凝集状態を識別できることが見出された。以上のように、ssDNA/nGO 複合体群を用いる本手法は、1回の簡単なアッセイで迅速に抗体の状態を決定できるため、将来的には抗体産生における条件スクリーニングなどに資する分析技術としての利用が期待できる。

【領域名】生命工学

【キーワード】抗体、バイオセンサ、酸化グラフェン、DNA、機械学習、高分子

【研究題目】再生水中の生理活性物質による潜在的健康リスクの発色評価

【研究代表者】金 誠培（環境管理研究部門）

【研究担当者】金 誠培、藤井 理香
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

再生水の滅菌プロセスにおいて非意図的に様々な化学物質が産生される。これらは明示的に認識されることが少なく、人の健康への隠れたリスクとなる。本研究年度中には、再生水中に産生されるホルモン様活性物質の生理活性を網羅的に発色判定する手法に関する研究を遂行してきた。

まず、汚染水中の化学物質の生理活性を評価するために、本研究が直接中国・清華大学環境学院に渡り、中国の再生水中に産生された化学物質サンプルを獲得し、その性ホルモン様活性・阻害性・催奇形性などを網羅的に発光計測した。その成果の一例として、再生水中に産生された化学物質の一部は、女性ホルモン阻害性は弱いですが、他の化学物質とシナジー効果を示すことが分かった。更に、汚染水中の免疫毒性物質の一種であるラパマイシンを測定する新たな発光プローブを開発した成果を纏めてアメリカ化学会 (ACS) の雑誌に報告した。

また、このホルモン様化学物質の生理活性評価を支える基盤研究も行った。例えば、発光基質に蛍光色素を繋げた新規発光基質類を多数有機合成し、青・緑・赤色などに発光する発光基質を開発した。その一部は、従来にない高輝度と安定性を示した。また、新しく開発した人工生物発光酵素 (Aluc[®]) 類と特異的な発光輝度を示すことも確認できた。この成果を纏めて ACS 系雑誌に発表した。

他にも本研究で目標とする「汚染水中の化学物質の生理活性」の高感度測定のために新たな人工生物発光酵素

群を開発した。発光プランクトン (copepod) 由来の生物発光酵素の配列データベースから頻度の高いアミノ酸をソフトウェア的に抽出し、新たな ALuc®を開発した。その一部の新規 ALuc®においては、従来の天然の発光プランクトンやウミシイタケ由来の発光酵素より極めて明るい発光輝度を示すことが確認できた。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 生物発光、毒性評価、人工化学物質、生理活性物質、バイオアッセイ、一分子型生物発光プローブ、イメージング、可視化

〔研究題目〕 導電性高分子 PEDOT/電極間接触抵抗の大幅な低減による有機ペルチェ冷却素子開発

〔研究代表者〕 桐原 和夫 (ナノ材料研究部門)

〔研究担当者〕 桐原 和夫、石田 敬雄 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

新しい熱電変換材料として注目される導電性高分子 PEDOT:PSS について、その高出力化を阻む金属電極界面での高い固有接触抵抗を従来の値の1/10000にするための、電極界面の評価技術確立、構造設計・接合技術改良に取り組んだ。29年度は、前年度に確立した PEDOT:PSS と金属電極の固有接触抵抗の測定技術を活用し、固有接触抵抗を低減する3つの方策、(1) PEDOT:PSS と電極の界面劣化防止、(2) 単分子膜等の中間層挿入による接触改善、(3) 電極金属の表面構造の制御による接触面積の最大化、等に取り組んだ。

方策 (1) では、銀ペーストを PEDOT:PSS 上に塗布する前に PEDOT:PSS 表面を洗浄して余分な PSS を除去した上で、さらなる劣化防止のために適切なプレス処理を施したところ、固有接触抵抗は従来の値の1/1000以下である1000マイクロオーム平方センチメートル以下のデータが得られた。ペルチェ素子の実現に向けて前進した成果と考える。方策 (2) では、単分子層の成膜による PEDOT の仕事関数制御を試みたが、再現性のある明確な低減効果は表れなかった。また方策 (3) では、真空蒸着法による凹凸のある Au 電極よりも単結晶 Au 電極の方が、固有接触抵抗を小さく出来る結果を得た。同時に、蒸着した Au 電極薄膜にレーザー光を照射して表面を平坦化できることを見出したことから、この技術を用いて固有接触抵抗の低減も試みた。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 導電性高分子、接触抵抗、熱電変換

〔研究題目〕 走査型プローブ顕微鏡によるアコースティックエミッションの複合計測技術の開発

〔研究代表者〕 藤澤 悟 (製造技術研究部門)

〔研究担当者〕 藤澤 悟、間野 大樹 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

走査型プローブ顕微鏡 (Scanning Probe Microscope, 以下 SPM) のスキャナ圧電体にアコースティックエミッション (Acoustic Emission, 以下「AE」とする) が作用することにより、圧電効果で AE 波に起因する信号すなわち AE 信号が発生して、走査信号に重畳されることを利用する。走査信号に重畳される AE 信号を電子フィルタ回路で走査信号をカットすれば、試料と摩擦力の相互作用と AE を同時に検出できる。難加工材料の AE を検出するためには高い感度が必要と予測されることから、感度評価とその向上、及び新手法の試行を行った。

昨年度の研究においては、検出感度が一番低い場合には市販のセンサの1/800程度しかないことが判明していたので、感度を向上するためにプリアンプを電圧/電圧変換から電流/電圧変換に変更することを試みた。結果として同じ利得に対しての周波数帯域が広がることによってアンプの性能は向上したが、ノイズレベルはほとんど向上が見られなかった。現時点での最高レベルとのプリアンプ技術を投入しており、これ以上の向上は難しい。

また、新たなる結果として、Cu の電氣的・機械的劣化破壊の瞬間の AE 波を捉えることに成功した。Cu を選択した理由としては、工業的に広く使われるだけでなく近年の半導体デバイス内部の配線で Cu が使われており、それに対する機械的・電氣的強度設計への一つの指針になり得る可能性がある。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 アコースティックエミッション (AE)、走査型プローブ顕微鏡 (SPM)、圧電体スキャナ、エレクトロマイグレーション

〔研究題目〕 絶縁基板上グラファイト層間化合物集積化技術の開発とデバイス応用

〔研究代表者〕 村上 勝久 (ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 村上 勝久、長尾 昌善、飯島 拓也、安達 学、宮路 丈司、古家 遼 (常勤職員2名、他4名)

〔研究内容〕

本研究は、これまで学術的な物性研究の興味の範疇に留まっていたグラファイト層間化合物のデバイス応用に向けた、絶縁基板上へのグラファイト層間化合物の集積化技術の確立を目的としている。独自に開発した金属蒸気を触媒として用いた Chemical Vapor Deposition (CVD) 法を用いて絶縁基板上に直接成膜した厚膜グラファイトに各種原子を層間挿入した層間化合物基板を作成し、電気特性などの物性を評価する。更に、層間化合物を用いた新規デバイスを試作し層間化合物を用いた新しいデバイス応用を実証する。

今年度は、グラファイト膜の仕事関数のグラファイト膜成膜手法依存性を調査した。グラファイト成膜手法

は大気圧熱 CVD、減圧熱 CVD、プラズマ CVD の3種類で行った。大気圧熱 CVD とプラズマ CVD では、初期のグラファイト膜の仕事関数が、減圧熱 CVD と比較して高いことが分かった。また、真空加熱による仕事関数の低下も減圧熱 CVD が顕著であり、大気圧熱 CVD とプラズマ CVD では仕事関数の低下はわずかであった。これらのグラファイト膜を用いて、グラファイト/酸化膜/半導体積層構造の平面型電子放出デバイスを試作したところ、減圧熱 CVD を用いて試作した平面型電子放出デバイスでは、電子放出効率が約50 %まで向上することが分かり、従来の平面型電子放出デバイスと比較して1万倍の特性向上を達成した。減圧熱 CVD によって成膜したグラファイトは大気圧熱 CVD やプラズマ CVD で成膜したグラファイトと比較して、膜厚分布にも優れ、結晶性も良好であるため、黒鉛層間化合物形成のための基材として適していることが分かった。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】グラファイト、黒鉛層間化合物

【研究 題 目】電子励起高密度ラジカル供給による単結晶ダイヤモンドの高効率エピタキシャル成長法

【研究代表者】山田 英明（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】山田 英明、金 載浩、榊田 創
（常勤職員3名）

【研究 内容】

原理的に合成面積についての制約が比較的少ないマイクロストリップライン（MSL）型プラズマをダイヤモンド合成に適用するため、合成装置を構築した。そのために必要となる、マイクロ波伝播経路及び、ガス導入路の設計を行い、これらに基づいて実際に装置を構築して、長さ50 mm の線状ノズルに沿って安定放電を確認した。原料ガス圧を准大気圧から大気圧（1-760 torr）まで変化して、安定なプラズマ生成・維持に成功した。ダイヤモンド合成に必要な、水素、メタン混合ガス系における放電条件を特定したが、従来の体積放電型のマイクロ波プラズマ CVD における原料ガス温度に比して、MSL プラズマ中の原料ガス温度が低温であることも確認した。そこで、800 °C以上に加熱可能なヒーターステージを、上記プラズマ源直下に導入した。これを用いて、単結晶基板上へ合成を実施し、結晶成長を確認した。ラマン分光法により結晶評価を行い、MSL により生成したプラズマに曝された領域に、ダイヤモンド構造に起因するシグナルを確認した。

【領 域 名】環境・エネルギー

【キーワード】ダイヤモンド、プラズマ CVD、ストリップラインアンテナ

【研究 題 目】量子限界に挑む新原理の超伝導単一光子

検出器の実証

【研究代表者】馬渡 康徳（電子光技術研究部門）

【研究担当者】馬渡 康徳、全 伸幸、藤井 剛
（常勤職員3名）

【研究 内容】

本研究では、新型の超伝導単一光子検出器の原理実証を行う。バイス電流を運ぶ超伝導ナノストリップが光子を吸収して生じる量子化磁束を単一磁束量子（SFQ）回路で計数するという、新原理に基づく単一光子検出器である。常伝導転移を伴う従来型の超伝導ナノストリップ検出器に比べて、桁違いに高い計数率をもつなどの飛躍的な性能向上により、将来の高度な量子情報通信技術の実現に資するものと期待される。平成29年度は、超伝導ナノストリップと SFQ 回路を集積したモノリシック検出システムを構成する Nb 薄膜について、様々な物性値を評価した。特に磁場侵入長は超伝導ナノストリップのインダクタンスを決定する重要なパラメータであり、その精密な値の評価により、検出システムの詳細設計が可能になった。また、本検出システムにより量子化磁束が確実に検出できることを実証するため、超伝導ストリップにナノ構造を作製してバイス電流を流すことで、光照射なしに量子化磁束を発生させて SFQ 回路の応答を検証するシステムを考案した。時間依存 Ginzburg-Landau (TDGL) 方程式のシミュレーションにより、量子化磁束を発生させるための条件を明らかにした。さらに、本研究で原理実証を目指している新型光子検出器の国外特許出願を行った。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】超伝導、検出器、単一光子、磁束量子

【研究 題 目】Multi-step 細胞融合による複合遺伝子回路の構築工法

【研究代表者】福田 展雄（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】福田 展雄（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

合成生物学では、電子回路の集積手法をヒントとして、遺伝子パーツにより構成される回路を組み上げて複合化することにより、高度な生命機能を創出することを目指している。しかしながら情報工学に基づく合理的な遺伝子回路の設計は現時点では未だ不完全である。そのため構築した細胞の表現型を確認して不十分であれば、問題を明確化したうえで設計に立ち戻って改良する必要がある。この試行錯誤のサイクルは非常に緩慢であり、とくに細胞の構築プロセスには多くの時間、費用および労力を要する。そこで、ある機能単位を有する酵母細胞を接合させ、各酵母が有する遺伝子パーツを段階的に統合することで複合遺伝子回路構築の効率化を図る。

平成29年度は、前年度に創製した酵母株の統合を進めることにより、遺伝子回路の高度化を実施した。緑色および赤色蛍光タンパク質を発現する酵母株と、人工転

写因子を発現する酵母株を接合させることで、培地成分（グルコース、ラフィノース、ガラクトース）に応じて蛍光発現特性が変化する酵母細胞を創製した。各培地を用いた場合の酵母細胞の蛍光強度を測定することにより、迅速な遺伝子パーツの統合ならびに動作確認が可能であることを実証することに成功した。また創製した酵母細胞に対して、前年度に作製したプラスミドを導入することで、接合型を再度変換することに成功し、遺伝子パーツの統合を継続することが可能であることも併せて確認した。本研究で確立した技術は、一般的な実験室酵母に適用が可能であることから、酵母細胞を宿主とした合成生物学研究の推進に大きく貢献するものと期待できる。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕合成生物学、遺伝子回路、接合

〔研究題目〕細胞への遺伝子導入の順序とタイミングの制御を可能にする遺伝子多重積層界面の作製

〔研究代表者〕藤田 聡史（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕藤田 聡史（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究開発では、細胞を積層界面に播種するだけで、複数の遺伝子を様々なタイミングで細胞に取り込ませる事ができる画期的な手法、「遺伝子導入の順序とタイミングの制御を可能にする遺伝子多重積層界面の作製法の開発」を行った。

カチオン性の PLL および PDL、アニオン性のヒアルロン酸、モデルとして蛍光タンパク質を発現するプラスミドを封入したカチオン性リボソーム複合体を細胞培養用 PS ディッシュ上に多重積層し、その表面上部に細胞を播種する事で、固相面から細胞に遺伝子を導入する事に成功し、またその導入のタイミングを20時間以上ずらすことに成功した。

また、本技術を応用し、2種以上の遺伝子の発現を細胞毎で可視化する技術の開発を進めた。モデルとして、2種の遺伝子を個々に封入したリボプレックスを界面に固相化する際にその位置を制御する事で、1細胞毎に細胞に導入した遺伝子の種類を蛍光で検出する新たな手法の可能性を見出した。具体的には（1）緑色蛍光を発現するプラスミドを封入したリボソーム複合体、（2）赤色蛍光を発現するプラスミドを封入したリボソーム複合体、（3）緑色および赤色蛍光を発現する2種類のプラスミドを封入したリボソーム複合体を準備し、これらをいくつかのパターンで固相化した基板を作製し、基板から細胞に遺伝子の導入を行った。（1）（2）のリボソーム複合体を混合し、固相化した積層基板から遺伝子を導入した場合、多くの細胞は赤色、緑色のいずれかの遺伝子を発現（65%以上）したが、（3）のリボソーム複合体の場合、多くの細胞は赤色、緑色の両方の遺伝子を発現した（95%以上）。この結果は、遺伝子多重積層基板に

積層するリボソーム複合体の制御により、細胞に導入される遺伝子発現を制御できる可能性を示した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕マイクロアレイ、遺伝子導入、Layer-by-Layer

〔研究題目〕エマルジョンを利用したメタゲノミクスのための次世代型ゲノム再構築技術の開発

〔研究代表者〕関口 勇地（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕関口 勇地、Tourlousse Dieter、大橋 明子（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

自然環境や人工生態系には多様な未培養微生物群が存在しており、その機能の多くは未知なままである。その遺伝情報にアクセスするため、メタゲノム情報から個々の微生物群のゲノム情報を抽出、再構築するためのビニング技術の開発が進められている。しかしながら、それらビニング技術は方法に付随する様々な問題が指摘されている。その問題を回避するため、本研究課題ではメタゲノム情報を得る際、各塩基配列情報に対し、それが由来する微生物の系統分類情報を物理的に付加する新しい技術を提供することを目的とした。本課題では、1) エマルジョン技術を利用した、16S rRNA 遺伝子と他のゲノム断片との融合技術の確立、2) 16S rRNA 遺伝子配列に基づきゲノム断片をグループ化する解析スクリプトの作成、3) 実環境試料に対する開発技術の適用を行い、最終的に環境試料（排水処理複合微生物系もしくはマウス糞便試料）より未培養微生物群を代表するゲノム情報の取得を実施する。平成29年度は、エマルジョン技術を利用した、16S rRNA 遺伝子と他のゲノム断片との融合技術の確立（課題1）、16S rRNA 遺伝子配列に基づきゲノム断片をグループ化する解析スクリプトの作成（課題2）及び実環境試料に対する開発技術の適用（課題3）を実施した。課題1では、16S rRNA 遺伝子と他のランダムなゲノム断片との融合技術については様々な技術的課題を解決するための新たな技術開発を実施した。また、課題2では平成28年度に引き続きデータ解析用の解析パイプラインを確立した。さらに、実環境試料に対する開発技術の適用（課題3）を目指し、課題1-2で開発した実験的技術と生物情報学的技術を利用し、実環境中の未培養微生物群を代表するゲノム情報の取得を行った。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕ゲノム解析、難培養微生物、メタゲノム

〔研究題目〕細胞が組織に占める位置情報を保持したままエピゲノム情報を可視化する方法の開発

〔研究代表者〕佐々木 保典（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 佐々木 保典（常勤職員1名）

【研究内容】

目標：

初期胚では、ごく少数の細胞がエピゲノム動態に影響を及ぼし合い分化・発生が進行する。これら細胞間の機能的多様性を生み出す分子機構を理解するために、細胞が組織に占める位置と形態情報を保持したままエピゲノム動態を可視化する1細胞解析法を開発する。

研究計画：

①クロマチン修飾あるいは DNA 結合因子が結合したゲノム領域の認識、②標的ゲノム領域の限定、③「同時検出」：①と②の部位が近接している場合に限定したシグナル増感・検出、これら①から③のそれぞれについて試薬や反応条件等を最適化して方法論を確立する。

年度進捗状況：

前年度までに概念実証実験を行い、RNA 分子とタンパク質分子間の相互作用をはじめとする、多分子間の相互作用を *in situ* で検出することに成功した。最終年度は②標的ゲノムの特定に集中して、ゲノム領域を170bp程度の解像度で特定することを目指した。標的ゲノムを認識するプローブとしてオリゴ DNA プローブを選択して、標的部位（通常2箇所）を検出する条件検討を行った。しかし、今のところ最適化に至っていない。NEAT1や XIST の転写上流域を標的とするプローブと P300あるいはヒストン H3K4メチル化を認識する抗体との相互作用検出実験では、10箇所前後が認識された。これは明らかに非特異的なプローブ結合によると考えられる。現在はプローブのデザインなどハイブリダイゼーション条件の再検討を行い、1) 確実に2箇所の標的ゲノム領域を検出したうえで、2) 1分子対1分子の相互作用の同時検出ができるように本法を改善中である。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 細胞核内の微細構造、非コード RNA、遺伝子制御機構

【研究題目】 安定同位体プローブ法と次世代シーケンズの融合で拓くレアバイオスフィアの生理生態

【研究代表者】 堀 知行（環境管理研究部門）

【研究担当者】 堀 知行（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、次世代シーケンスによる16S rRNA 遺伝子の大規模解析からその存在が明らかになったものの実体の分かっていない「レアバイオスフィア（稀少微生物）」、とりわけ未踏の微生物分類グループ「微生物暗黒画分」の生態生理を解明するため、未知微生物機能同定法「高感度安定同位体プローブ法（Stable Isotope Probing [SIP]）」を自然環境中で見られる微生物群集の異なる栄養段階（好気代謝 [易分解・難分解化合物の分解]、嫌気呼吸 [酸化還元カップリング]）へ適用する。

これにより、これまで我々の理解が及ぶことの無かったレアバイオスフィアの全貌をあぶり出すことを目指す。これまでに、高感度 SIP で同定した好気性パルミチン分解細菌が系統樹で新しい分類群を形成することを明らかにした。また、¹³C 標識1,4-ジオキサンを分解する新規な好気性微生物を複数種同定し、実プラントでの年間動態を解明した。このうち、¹³C で中程度に集積された微生物は、¹³C 標識1,4-ジオキサンだけでなく、共存する非標識易分解化合物を共代謝的に分解していることが強く示唆された。これらの結果を得て、高感度 SIP の環境試料への第一適用例として、成果発表準備を行った。さらに嫌気呼吸に焦点を当て、窒素処理微生物群集が有する脱窒能力（N₂O 還元を担う新規なレアバイオスフィア）を同定した。ここでは、高感度 SIP により N₂O と¹³C-酢酸を同時添加し、N₂O の存在依存的に¹³C-酢酸を取り込む微生物、すなわち酢酸酸化型の N₂O 還元菌を同定した。

【領域名】 エネルギー・環境

【キーワード】 遺伝子、生態学、微生物、環境分析、環境技術

【研究題目】 高効率物質生産植物体の開発

【研究代表者】 松尾 幸毅（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 松尾 幸毅（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、高効率に組換えタンパク質等の生産が可能な「高効率物質生産植物体」の作出を目的とする。具体的には、植物のウイルス等に対する基本的な防御機構である RNA サイレncing機構に関与する遺伝子を、ゲノム編集技術によってノックアウトする。これにより RNA サイレncing機構の働きを阻害することで、組換えタンパク質遺伝子由来 mRNA の分解が防がれ、結果として、目的とする組換えタンパク質の生産量の増大させることが可能となる。モデル植物は、タバコの一つであり植物による物質生産に世界中で広く用いられている *Nicotiana benthamiana* を用いた。

2017年度は、遺伝子サイレンシング関連遺伝子に対するノックアウト植物体を得るため、タバコの一つであり本研究のモデル植物である、*N. benthamiana* の形質転換をアグロバクテリウム法により実施した。形質転換の結果得られた再分化個体について標的配列に対する変異導入状況を解析した結果、複数の再分化個体中の標的配列において塩基の挿入もしくは欠失が認められた。ただし、塩基の挿入もしくは欠失されたゲノム DNA を有する細胞と有さない細胞とが、再分化個体中にモザイク状に存在していると推定されたため、再分化個体より種を採取し、次世代（T1世代）における変異導入状況を解析した。その結果、標的とした遺伝子サイレンシング関連遺伝子に変異が導入された T1植物体が獲得されたことが明らかとなった。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 物質生産、遺伝子組換え植物

〔研究題目〕 金属鉄を唯一のエネルギー源として生育する鉄腐食・酢酸生成菌の代謝機構の解明

〔研究代表者〕 加藤 創一郎 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 加藤 創一郎 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

我々は固体である金属鉄中の自由電子を唯一のエネルギー源とし、二酸化炭素から酢酸を生成することで生育可能な新規微生物を単離し、この代謝が無酸素環境下での鉄の腐食 (いわゆる“さび”) を促進することを発見した。しかしこの微生物がいかにして細胞の外にある金属鉄から電子を受け取っているのか、その分子機構は不明である。本研究では我々が以前に単離した鉄腐食・酢酸生成細菌を対象として、近縁種との比較ゲノム解析、網羅的遺伝子発現解析、電気化学的解析、変異株の作製を通して、金属鉄との電子授受に基づくエネルギー代謝の分子機構を解明することを目的としている。

まず我々が単離した鉄腐食・酢酸生成細菌 (*Sporomusa* sp. GT1株) とその近縁の酢酸生成菌群について、金属鉄を唯一の電子受容体とした培養実験を行った。明確な鉄腐食活性を示したのは *Sporomusa* sp. GT1株と *Sporomusa sphaeroides* のみであり、*Sporomusa ovata* やいくつかの *Moorella* 属、*Acetobacterium* 属の酢酸生成菌は鉄腐食能を示さなかった。このことは細胞外の固体から電子を受け取る能力を持っているのは酢酸生成菌の中でもある一部の特殊な菌のみであることを示唆している。

鉄腐食能を示した *Sporomusa* sp. GT1株と *S. sphaeroides* のドラフトゲノム解析を行った。得られたデータから配列のアセンブリ、遺伝子同定を行い、カバーレージが95%以上のゲノムデータを得ることができた。すでにゲノム解析が実施済みの近縁の酢酸生成菌 (*Acetobacterium* 属など) のゲノムデータを加えた比較ゲノム解析を行った結果、鉄腐食能を有する *Sporomusa* 属細菌のゲノムからはマルチヘム型の c 型シトクロムが検出されなかった。このことから、*Sporomusa* 属細菌は既知のモデル微生物とは異なる機構により細胞外電子伝達を行い、鉄腐食を促進することが示唆された。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 微生物、鉄腐食、酢酸生成菌、比較ゲノム、代謝機構

〔研究題目〕 自然環境下でゆらぐ遺伝子発現の網羅的同定

〔研究代表者〕 宮崎 亮 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 宮崎 亮 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

近年の一細胞解析法を用いた研究によって、同一環境下で培養したクローン細菌集団であっても、個々の細胞レベルでは表現型に多様性があり、それが集団全体の機能やフィットネスにアドバンテージをもたらすことがわかってきている。本研究は、これまで主に実験室のモデルシステムを用いて研究されてきた上記の現象を自然環境下で観察・モニタリングし、その進化生物学的意義の解明に挑むものである。

昨年度までに作製した緑膿菌の遺伝子発現レポーター株を特殊な *micro-chip* に供し、国内の湖底汚泥上でその挙動を1細胞レベルで顕微鏡観察することに成功した。しかし、遺伝子発現ノイズを統計的に評価するにはより多くの細胞を測定する必要があるため、当該環境サンプル上でレポーター株の分裂回数を増やす工夫が求められる。また、本 *micro-chip* と環境試料の組合せを用いた場合に、顕微鏡下で非特異的な蛍光ノイズが観察されたことから、培養システムあるいは画像解析の行程に一部改良が必要であることがわかった。現在は当初の *micro-chip* に改良を加えた新しいマイクロデバイスの開発を行ない、より安定した画像解析システムの構築を進めている。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 一細胞解析、遺伝子発現、ゲノム解析

〔研究題目〕 植物ウイルスの複製機構を利用した新規酵母タンパク質発現系の開発に関する研究

〔研究代表者〕 西宮 佳志 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 西宮 佳志 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

酵母発現系は、扱いが容易かつ安価であり活性型タンパク質の発現性に優れる。特に出芽酵母 *Saccharomyces Cerevisiae* は、相同組換えによるゲノム DNA の破壊や置換が容易であり、代謝経路の編集による有用物質生産にも利用されている。その一方で、*S.Cerevisiae* の外来タンパク質発現レベルは十分とはいえず、その向上が課題となっている。本研究は、RNA ウイルスが宿主細胞内で増殖する機構を利用した新規酵母タンパク質発現系を構築することを目的としている。昨年度構築した RNA 複製関連酵素遺伝子に続くサブゲノムプロモーターの下流に蛍光タンパク質の遺伝子を導入したベクターを評価したところ、蛍光タンパク質の発現が確認できなかった。発現が微量なために検出できない可能性もあることから、本年度は蛍光タンパク質に代え、サブゲノムプロモーターの下流にヒスチジン合成酵素 (HIS3) の遺伝子を導入した新たなベクターを構築した。このベクターでヒスチジン要求性の *S.Cerevisiae* を形質転換しヒスチジン不含の寒天培地で培養したが増殖しなかった。このことから、サブゲノ

ムプロモーター下流のタンパク質は発現されていないと示唆された。次に、導入配列は変えずにベクターを低コピー型からマルチコピー型に変更した。このベクターで同様に *S.Cerevisiae* を形質転換し培養したところ、ヒスチジン不含の寒天培地で増殖するのが確認された。HIS3 が発現されていると考えられる。現在、HIS3 の発現が RNA 複製の寄与によるものなのか評価を進めている。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 酵母、タンパク質発現、RNA 複製

〔研究 題目〕 新規ストレスメディエーター12-HETE のシグナル伝達メカニズムの解明

〔研究代表者〕 七里 元督 (バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 七里 元督、石田 規子
(常勤職員1名、他1名)

〔研究 内容〕

平成28年度はストレスに伴う不安や興奮に関連する脳内ノルアドレナリンの変動を解析したが、本年度はストレスを緩和する方向に作用するセロトニン系に関しての解析を実施した。その結果、ストレス負荷によって大脳皮質内のセロトニン (5-HT) 含有量は変化せず、セロトニン代謝物 (5-HIAA) の含有量および5-HIAA/5-HT 比はストレスによって増加すること確認された。脳組織内で5-HIAA の含有量が増加することはシナプスでセロトニンの放出が亢進していることを示すと考えられる。一方、ストレス負荷をしても12-HETE が生成されない12-リポキシゲナーゼ欠損マウスの大脳皮質においても5-HIAA の含有量および5-HIAA/5-HT 比は増加しており、この傾向はセロトニン含有濃度の高い視床下部でも同様の傾向であった。また、平成28年度に行った12-HETE レセプター阻害剤の投与実験においても、12-HETE レセプター阻害剤はストレスに伴うセロトニンの放出には影響していなかった。以上の結果から、ストレスによって増加する12-HETE はノルアドレナリンの放出を誘導するが、セロトニン系には影響しないことが明らかとなった。

2016年度の結果と合わせ、ストレスによって活性化された12-リポキシゲナーゼを介して生成される12-HETE は12-HETE レセプターを刺激することで脳にストレスシグナルを伝達し、脳組織 (大脳皮質や視床下部) でノルアドレナリンの放出が亢進し、その結果マウスの逃避行動が増加することになったことが推察され、我々の提唱する新規ストレス伝達経路に関する重要な知見を得ることができた。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 ストレス、脂質酸化物、脳内モノアミン

〔研究 題目〕 機械学習を利用した反応材料分布と環境エネルギー条件の推定法構築

〔研究代表者〕 城 真範 (人間情報研究部門)

〔研究担当者〕 城 真範 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

機械学習を利用した新しい低分子専用の反応シミュレーション手法を構築するため、本年度も引き続き、他機関を含めた幅広い研究者と積極的に議論し、実装とその改良を行った。

計算機の故障によるデータ消失等の理由により論文化が遅れているが、引き続き論文化とプログラム公開までを進める予定である。

なお、本テーマを実行する上で必要となった様々なテスト用の擬似的なデータは、特に医療系において有用であるというコメントがあり、引き続き開発・展開してゆく予定である。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 化学反応、機械学習

〔研究 題目〕 スパース辞書学習による信号の構造を利用した柔軟な多次元信号処理

〔研究代表者〕 兼村 厚範 (人間情報研究部門)

〔研究担当者〕 兼村 厚範 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

本研究の目的は、辞書学習の枠組みにスパース構造正則化を導入することにより、脳機能信号解析における新規な手法を提案することである。辞書学習とは、信号を表現する基底をデータ適応的に生成する方法論である。辞書学習は、基底に直交性ではなくスパース性を仮定することで、信号を効率よくかつ柔軟に表現できる。辞書学習による脳活動信号の処理は、ますます実世界応用に近づきつつある当該分野を進展させ、周辺分野に影響を及ぼす可能性を持つ。

本年度は、ディープラーニング (深層学習) を用いた脳波信号の識別、辞書学習による NIRS データの時空間解析、スパース性を用いた遷移行列推定法の高度化、画像信号処理の衛生姿勢決定への応用、スパースモデリングによる代表点抽出法の改善、深層学習とスパース性の統合利用、バイナリニューラルネットワークの性能探索などの課題に取り組んだ。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 統計的信号処理、スパース正則化

〔研究 題目〕 あがりや巧みな運動に与える影響—情動と運動学習の接点—

〔研究代表者〕 吉江 路子 (自動車ヒューマンファクター研究センター)

〔研究担当者〕 吉江 路子 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

社会的評価場面において緊張・あがりやが喚起されると、運動スキル低下を招くことがあり、多くの人々を悩ませている。これを踏まえ、本研究では、社会的評価が運動

の遂行や知覚に及ぼす影響の背後にあるメカニズムを解明することを目指した。さて、緊張・あがりやが喚起される際、行為主体感（「自分の運動行為が外界に何らかの変化を引き起こしている」という感覚）が弱まることがあり、これが緊張・あがりやを助長することが知られている。このことから、本年度は、自分の運動行為に対して他者が感情的反応を示すという社会的評価場面を想定し、他者の快・不快反応が行為主体感に及ぼす影響を検討した。実験では、参加者に自分の好きなタイミングでボタン押しをしてもらい、その250ミリ秒後に感情的音声を呈示した。行為主体感が高いほど、ボタン押しと音声との間の主観的時間間隔が狭まることが知られている。実験の結果、自らのボタン押しという運動行為が100%の確率で他者の快反応を誘発した時は、主観的時間間隔が大きく狭まったが、100%の確率で不快反応を誘発した時は、その程度が低下した。快反応と不快反応がそれぞれ50%の確率で誘発された場合には、快反応と不快反応による違いは認められなかった。また、50%の確率で不快反応が誘発された条件に比べ、100%の確率で不快反応が誘発された条件のほうが、主観的時間間隔の狭まりが小さくなっていった。以上の結果から、他者の感情的反応が行為主体感に与える効果は、反応の良し悪しに対する事前の「予測」によって生じたことが示唆された。本研究結果をまとめた論文は、Scientific Reports 誌に掲載された。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 行為主体感、感情、社会的認知、運動知覚

〔研究 題目〕 メタゲノム由来高機能β-グルコシダーゼの解析と応用

〔研究代表者〕 松沢 智彦（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 松沢 智彦（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

リグノセルロース系バイオマスはセルロースやキシランなどの多糖類とリグニンによって構成されており、多糖類は酵素などによる分解によって単糖やオリゴ糖などの有用物質に変換することができる。リグノセルロース系バイオマスの主成分であるセルロースはセルラーゼやβ-グルコシダーゼなどの酵素によって単糖のグルコース（ブドウ糖）まで分解することが可能である。しかし、β-グルコシダーゼはその反応生成物であるグルコースによって活性が阻害されること（生成物阻害）が知られている。β-グルコシダーゼの生成物阻害は酵素によるリグノセルロース系バイオマスの利用のボトルネックの一つになっている。メタゲノムは環境中の微生物のゲノムの総和であり、メタゲノム法では多くの微生物の遺伝子資源を利用することが可能である。そこで、メタゲノム法を利用して高機能β-グルコシダーゼ（生成物阻害耐性や熱安定性に優れたβ-グルコシダーゼ）を複数単

離した。これらのβ-グルコシダーゼの酵素学的・構造的詳細な解析によって、高機能β-グルコシダーゼのさらなる高機能化を目指した研究を進めた。また、平成29年度は生成物阻害耐性と耐熱性を併せ持つ高機能β-グルコシダーゼの取得を目指した研究も進めた。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 酵素、バイオマス、メタゲノム、グルコシダーゼ

〔研究 題目〕 ナノスペースを利用した低次元材料の原子スケール評価と応用に向けた要素技術開発

〔研究代表者〕 千賀 亮典（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕 千賀 亮典（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

この研究ではナノスペースに様々な物質を内包し、さらに合成した材料を原子スケールで評価することによって新たな機能性ナノ材料の実現を目指した。平成29年度はプロジェクト最終年度（一年延長）であり、これまでの成果をまとめると共に、当初予期していなかった新たな成果について追加の検証を行った。これまでにこのプロジェクトではイオン結晶性の原子鎖をカーボンナノチューブ内部に合成することに成功し、その動的挙動の観察、欠陥にまつわる物性評価などを行ってきた（Nature Materials (2014)）。また様々な材料から構成された一次元材料の合成にも成功した（Nature Communications (2015)）。本課題研究期間の後半には、単色化した電子源を用いた高分解能電子エネルギー損失分光を電子顕微鏡内で実施し、これまでマクロスケールでの計測が主であった光吸収測定や赤外吸収測定をナノスケールで実施することに成功した（Nano Letters (2016)）。こうした物性評価を新奇一次元材料に応用していく中で、カーボンナノチューブ内部に合成したヨウ素原子鎖における電子密度波とそれに伴う状態遷移を発見した。これは研究開始当初には予想し得なかった結果であり、最終年度に追加の実験と第一原理計算加えて論文化した（Nano Letters (2017)）。これらの結果は材料を究極的に微細化することで初めて得られる現象であり、さらに幅広い応用を期待させるものである。

〔領 域 名〕 材料・化学領域

〔キーワード〕 TEM、STEM、低次元材料、カーボンナノチューブ、ナノスペース

〔研究 題目〕 集合移動パターン分析によるセマンティック軌跡データベースの研究

〔研究代表者〕 金 京淑（人工知能研究センター）

〔研究担当者〕 金 京淑（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

通信技術、測位技術の発展に伴い、ヒトやモノなどの大規模な軌跡データが容易に取得可能になった。本研究

では、こうした大規模な移動軌跡データから精度の高い知識を効率良く獲得することを目的として、「動き」に関する有用なパターンを発見し、意味を付与するセマンティック軌跡のフレームワークの要素技術とデータ管理技術の研究開発を行う。本研究は3年間かけて、セマンティック軌跡データの生成フレームワークの実現（初年度）、多次元セマンティック軌跡モデル及びデータベースの構築（28年度）、モデル検証及び実証実験用のマッシュアップサービスの実装（29年度）を行う。

28年では、セマンティック軌跡のフレームワークから生成される軌跡データに意味付けを行い、大量なセマンティック軌跡データを管理するデータベース技術の研究開発を行った。特に、意味的なエピソードの意味情報および時空間的なトポロジー関係をフレキシブルに組み合わせ検索するインタフェースを定義し、Cassandra という NoSQL 基盤にデータ処理の機能を実装した。また、データの有用性と利用のポジティブフィードバックを推進するため、地理情報に関する国際標準化団体 OGC に移動体の位置情報へのデータアクセス仕様（OGC 国際標準規格として採択）作成に参加し、そのプロトタイプシステムの開発において、本研究の一部分の成果を利用している。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 ビッグデータ、時空間データ分析、ストリーム処理、可視化

【研究題目】 Development of Practical and Error-Resilient Encryption and Authentication Mechanisms for Cloud-based Security Systems

【研究代表者】 Schuldt Jacob（情報技術研究部門）

【研究担当者】 Schuldt Jacob（常勤職員1名）

【研究内容】

The main research achievements obtained during FY2017, the final year of the project, are as follows:

(1) An analysis of the related randomness security model used to show security of public key encryption schemes against weak randomness, revealed that security against arbitrary randomness relations cannot be achieved in this model. This led to a refined model capturing attacks in which the attacker has limited time to attack the system before new entropy is added. The refined model captures the behavior observed in experiments with virtual machines. Additionally, a general transformation for public key encryption schemes achieving security against arbitrary randomness relations in the refined model has been proposed.

(2) Extension of related key attack security to non-interactive key establishment (NIKE) schemes. This includes formal definitions capturing various flavors of related key attack security, analysis of the relation between these, as well as an analysis of concrete schemes.

While (1) consolidates the knowledge about related randomness security obtained during the project, (2) builds upon the insights gained researching related key attack security for signatures during the previous years of the project.

The project has been completed according to plan, and have met the expectations in terms of the expected research outcome.

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 provable security, cloud-based security, weak randomness, fault attacks

【研究題目】 多様な読み手のための単語難易度指標の統計的構築手法の開発

【研究代表者】 江原 遥（人工知能研究センター）

【研究担当者】 江原 遥（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は、「理系学生が学ぶべき英単語の列挙」や「難しい日本語の簡単な英語への翻訳」などの第二言語学習者支援のための単語難易度指標の統計的構築方法を開発することである。具体的には、専門分野の考慮や、言語間での単語難易度の比較を可能とする単語難易度モデルを構築する。

本年度の目標は、「読み手集合を特徴に分解する分解モデル（例えば、日本語を母語とする英語学習者を、英語学習者+日本語母語話者といった特徴に分解する）」と全モデルの統合である。

本年度は、この分解モデルに関する研究を行い、本年度末に行われた言語処理学会にて発表した。母語話者を対象にした調査ではあるものの、言語心理学分野では、読み手の単語に対する親密度や、単語が意味するもののどの程度の度合いで想像できるか、といった言語心理学的指標の大規模調査が行われており、言語資源なども整備されている。そこで、この研究では、これらの指標を専門分野ごとの特徴に分解し、各専門分野が指標の値の予測にどの程度貢献しているかを計測する手法を提案した。この手法は、用いるデータを母語話者を対象にしたデータから第二言語学習者を対象にしたデータに変更すれば、そのまま本研究課題に適用可能である。

全モデルの統合についても、「読み手が知っている単語を推定するモデル（単語推定モデル）」は、これまで

の研究成果で得られているので、困難なく実現できるめどがついた。

また、既に前年度の論文採択時に業績に含めたので再度の記載は行わないが、本研究に関連する研究が、人工知能分野におけるトップ国際会議（査読付き）であるThe 25th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-16) に採択されており、本年度内に発表した。

本年度は、当初からの目標であった、「読み手集合を特徴に分解する分解モデル（例えば、日本語を母語とする英語学習者を、英語学習者+日本語母語話者といった特徴に分解する）」を提案することができた。さらに、全モデルの統合にもめどがついたため、おおむね順調に進展していると言える。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 自然言語処理、項目反応理論、難易度推定

〔研究 題目〕 サービス現場を活性化させる現場起点の業務デザイン知識循環手法の開発

〔研究代表者〕 渡辺 健太郎（人工知能研究センター）

〔研究担当〕 渡辺 健太郎（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究は、従業員が実施している業務設計結果を、各種支援ツールを用いて形式化・共有可能にすることにより、人材育成の促進、サービスの品質の向上・安定化を図り、生産性の向上を実現することを目的とする。

本年度は、前年度に開発した、業務デザイン事例の表現、並びにその表現要素に意味づけを行うためのインタフェースを実装したタブレット端末用アプリケーションについて、主に介護職員を対象としたテストを実施した。まず、タブレット端末用アプリケーションを利用した業務デザインとその表現結果の意味づけ・モデル化を行うプロセスをワークショップの形式に整備した。本ワークショップの目的は、業務中の状況や課題を想定し、新しい業務プロセスや方法、知識の表現を試行すると共に、データの再利用性を高めるための表現データの意味づけとモデル化を行うことである。本ワークショップをまず国内の介護施設の介護士を対象に実施した後、プロセスの見直しを行い、海外の連携先であるフィンランドの研究機関の協力を得て、フィンランドの訪問介護、施設介護それぞれの介護職員に対しても適用した。ワークショップの結果は現在分析中であるが、異なるサービス環境下における表現・意味づけの結果やその過程の分析から、適用したアプリケーション、並びにプロセスに対する要件の共通性、個別性を明らかにし、汎用化を進めることができると考えている。次年度は意味づけ手法により付与された意味タグを用いた、業務のデザイン事例の検索・活用手法の開発を進めると共に、タブレット用アプリケーション、ワークショッププロセスと合わせて開発

手法の試用・評価を進める。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 サービス設計・デザイン、設計支援

〔研究 題目〕 高分子ロボットカテーテルシステムの開発

〔研究代表者〕 堀内 哲也（無機機能材料研究部門）

〔研究担当〕 堀内 哲也（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

現在、血管内カテーテルによる低侵襲外科手術が盛んである。低侵襲手術とは患者へのダメージが少ない手術の総称であり、特に70歳以上の高齢患者への手術に求められている。その中でも血管内カテーテル手術は、患者の身体を切り開くことなく、患者の血管を経由して患部を処置することが可能である。しかしカテーテル手術の問題として、現在はガイドワイヤによる手操作に過ぎず、緻密な手術は不可能という点があり、機械的に繊細な操作可能なロボットカテーテルの登場が望まれている。本研究では、産総研基盤技術である高分子アクチュエータを用いて、ロボットカテーテルシステムを開発する。高分子アクチュエータは、イオン導電性高分子の表面に金メッキを設けることで作製される。金メッキは、正極と負極に分かれ、それぞれに正負の電圧を印加することによりイオン導電性高分子内部に電場が発生する。その電場によって内部陽イオンと水分子が局在し体積変化が生じ、その体積変化分がアクチュエータの変位となる。本アクチュエータをカテーテル形状にすることで、外部電圧印加で駆動するカテーテルが試作可能となる。本研究ではカテーテル部分のみならず、カテーテルコントローラを人間工学的観点から設計し、実用に耐えうるレベルのシステムを試作している。またカテーテル先端部断面をトラック形状に変更することで断面二次モーメントを軽減し、屈曲曲率を従来の10倍程度に向上させることに成功した。理論値では160倍まで向上可能である。現在は血流を模した流水環境下でのカテーテル性能試験を行うことで、手術環境における優位性を評価している。

〔領 域 名〕 材料・化学

〔キーワード〕 高分子アクチュエータ、カテーテル、低侵襲外科手術

〔研究 題目〕 ランニング障害予防を目的とした接地方法の提案：関節のてこ比に着目して

〔研究代表者〕 橋詰 賢（人間情報研究部門）

〔研究担当〕 橋詰 賢（産総研特別研究員1名）

〔研究 内容〕

国内のランニング活動への参加経験者は1000万人を越え、さらに増加し続けていると報告されている。ランニング人口の増加はメタボリックシンドローム等の生活習慣病の患者数減少につながる一方、下肢の筋や腱、骨

に生じるランニング障害の発症者数増加につながることも明らかとなっている。

ランニング障害発症予防を目的としたランニング動作の研究は広く行われているが、”ランニングの接地初期において、つま先から接地することで、踵から接地するよりも足が地面から受ける力（地面反力）が減少する”という報告により、ランニング動作の中でも接地方法が着目されている。しかし、接地方法に関する先行研究では、地面反力の評価に留まっており、腱や骨といった実際にランニング障害が発症する組織に作用する力を評価出来ていないという問題がある。障害の発症は組織の損傷であることから、障害が発症する組織に作用する力の評価が必要不可欠である。

そこで本研究では、異なる接地方法が足部周りの腱および骨（アキレス腱および脛骨）に作用する力へ及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。この目的を達成するために、1) 反射マーカおよびカメラを用いた足関節でこ比の3次元計測方法の妥当性検証、2) 異なる接地方法が足部周りの腱および骨（アキレス腱および脛骨）に作用する力へ及ぼす影響の解明、3) 複数の走速度条件において、各走速度条件での接地方法の違いが、足部周りの腱および骨に作用する力へ及ぼす影響の解明の3つの研究を行った。

解剖学的正位におけるアキレス腱張力にてこのうで（モーメントアーム）の長さの計測方法間の違いは2.3 mm (4.6 %) 程度であった。よって反射マーカとカメラを用いた計測方法は、十分な確度を有する可能性が示唆された。

ジョギング程度の走速度 (3.3 m/s) 条件において、接地方法間で地面反力に差は認められなかった一方、アキレス腱張力および関節間力（アキレス腱および脛骨に作用する力）は前足部接地で最も大きく、次いで中足部接地、後足部接地の順で値は小さいという結果が示された。この差を説明する要因として、前足部接地では地面反力の作用点が足関節回転軸から離れた前足部に位置し、その結果大きな地面反力のモーメントアームを有していたことが挙げられる。これらの結果により、アキレス腱および脛骨に生じる障害を予防するためには、前足部接地および中足部接地と比較して後足部接地が有用である可能性が示された。

ジョギングペース (3.3 m/s) からレースペース (5.6 m/s) を想定し、異なる走速度条件下において接地方法の違いがアキレス腱張力および関節間力に作用する力へ及ぼす影響について検討を行った。結果、走速度の増加に伴い、地面反力、アキレス腱張力および関節間力は増加したが、その差分は接地方法間における差分よりも小さいことが明らかとなった。これらの結果から、アキレス腱および脛骨に生じる障害を予防するためには、走速度の増減による運動強度の変更よりも、接地方法の変更がより有用である可能性が示された。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 デジタルヒューマン、足関節、運動器、動力学解析、モーメントアーム

〔研究 題目〕 緑内障における酸化ストレス関与の科学的解明

〔研究代表者〕 梅野 彩（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 梅野 彩（産総研特別研究員1名）

〔研究 内容〕

本研究は脂質酸化ストレスマーカーのヒドロキシリノール酸 (HODEs) を用いて、眼疾患の中でも重篤な緑内障の進行に伴う酸化ストレスの関与を科学的に解明し、緑内障早期診断・予後診断へ応用することを目的とする。HODEs はリノール酸が酸化されて生成した酸化物であり、一重項酸素、ラジカル、酵素のそれぞれに特異的に生成する6種の異性体を有する。紫外線照射から生成される一重項酸素は眼疾患の発症因子として示唆されているが、生体内で確かめられていない。そこで、緑内障の病態を示す因子と関連性の高い酸化ストレス種を探索する目的で、緑内障疾患の血漿を用いて HODE の各異性体の分布を分析した。

緑内障群、非緑内障対照群の血清317サンプルについて HODE 異性体の定量を行った。さらに臨床データを合わせて、多変量ロジスティック回帰分析により、緑内障病態の各種背景因子を調整したうえで、酸化ストレスの関与度を算出した。その結果、総 HODE 量は緑内障、非緑内障対照群の群間において有意差を認めた (P=0.0025、P=0.0101)。種々の背景因子の調整後も、各 HODE 異性体は眼圧高値に対して、HODE P=0.0078、Odds Ratio =0.9967/range と有意な因子であった。

以上の結果から、高眼圧に酸化ストレスが関与していることが示唆された。今年度は血漿分析により緑内障疾患の体全体の酸化ストレス状態を評価できた。緑内障の発症は目の局所障害か、体全体の障害によるものかを明らかにするために、眼内液中の HODE 異性体分布の解析、眼圧レベルと HODE 異性体の相関について、現在解析を進めている。本結果は緑内障発症機序解明につながる知見であり、早期診断へつながることが期待される。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 緑内障、酸化ストレス、ヒドロキシリノール酸、10-, 12-(ZE)-HODE、一重項酸素

〔研究 題目〕 オフィオライト海洋地殻を用いた熱水変質に伴う元素移動モデルの確立

〔研究代表者〕 山岡 香子（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 山岡 香子、山本 綾
(常勤職員1名、他1名)

〔研究 内容〕

熱水変質した海洋地殻の化学組成は、海洋及び固体地球の化学進化を理解するために不可欠である。まだ実際の海洋地殻を連続的に掘り抜いた例は無いため、オフィオライトは、海洋地殻層序全体の首尾一貫した情報が得られる現在唯一の研究対象である。本研究課題では、高速拡大海嶺で生成した過去の海洋地殻であるオマーンオフィオライトを用い、海底からモホ面に至る海洋地殻断面の総括的な化学組成プロファイルを完成させる。未変質玄武岩の新規分析データとの比較により、各元素・同位体の挙動を詳細に明らかにし、海洋地殻の熱水変質における物質収支を定量的に見積もることを目的とする。本年度は、前年度に引き続き、オマーンオフィオライト海洋地殻試料の主要元素分析を継続した。主要元素は、岩石粉末試料を高温で熔融してガラスビードを作成し、蛍光 X 線分析装置 (XRF) を用いて測定を行った。また、強熱減量 (LOI) の測定を行い、主要元素含有量と LOI の合計が概ね 100 % となることを確認した。前年度までに取得した微量元素及び各種同位体データと合わせ、熱水変質する前の岩石の化学組成について検討した。さらに、熱水変質における反応条件 (温度、水/岩石比など) の違いが、各元素の挙動にどのように影響するかについて考察した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】海底熱水系、同位体

【研究題目】単一分子電気化学の創出を目指したカーボンナノチューブ化学電極の高速電気測定

【研究代表者】岡崎 雄馬 (物理計測標準研究部門)

【研究担当者】岡崎 雄馬 (常勤職員1名)

【研究内容】

近年単一電子トランジスタ素子が発明され、電子をたった一個の単位で制御・検出できる技術、すなわち単一電子制御が実現された。この単一電子トランジスタを、電極中に組み込んだ構造を作製することが出来れば、電気化学反応において、電極イオン間で受け渡される電荷を単一電子レベルで検出することが可能になる。これにより単一分子・イオンレベルで電気化学反応を観察できるようになる。さらに、高速電気測定を用いて、単一電子の動きを実時間測定することが出来れば、例えば触媒反応に寄与する短寿命な中間反応体を単一イオンレベルで観察し、触媒メカニズムを詳しく解析できる。このような可能性の一方で、電気化学電極と単一電子トランジスタを組み合わせた素子はこれまで研究されておらず、その実現には素子作製法と測定法の確立が必要不可欠である。また、単一電子による単一電子転送を用いることによって、単一電子精度の極めて正確な電流発生が可能になる。この発生させた電流を、計測の基準すなわち電流標準として用いることによって極めて正確な電流計測が可能になる。しかし、従来の電流発生は直流電流発生

が先行しており、化学インピーダンスなど電気化学反応の計測で重要となる有限周波数を発生させる方法は開発途上であった。平成29年度は、単一電子のポンプ動作にデジタル変調を組み合わせる手法によって世界で初めて単一電子精度の有限周波数電流を発生させる原理の提案と実証を行った。この技術によって、電子の疎密変調が可能になり、極めて高い精度で正弦波や方形波などの任意波形の交流を発生できることを確認した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】カーボンナノチューブ、電気化学、微小電流計測、微小交流電流計測

【研究題目】触媒の自己組織化を鍵とする実用的酸化反応の開発

【研究代表者】田中 真司 (触媒化学融合研究センター)

【研究担当者】田中 真司 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究課題では、シンプルな触媒と過酸化水素あるいは酸素を酸化剤として使用する事で、実用的かつ環境調和性に優れた型酸化反応の実現を目指して研究を進めている。前年度までに、酸素を酸化剤とする α , β -不飽和アルデヒドの酸化反応に対し、鉄塩とアルカリ金属塩の混合物が触媒として効果的であることを見出した。さらに、反応系中で発生する鉄-アルカリ金属混合クラスターの構造解析に成功し、アルカリ金属の共存による鉄イオンのレドックスの制御が選択性向上の鍵であることを見出した。平成29年度は、酸素酸化による触媒反応の拡張を目指し、種々の検討を継続した。

銅塩を触媒とするピコリン類のホルミルピリジンへの酸化反応において、添加剤として酢酸を加えることにより反応速度が著しく向上することを見出した。また、原子効率に優れた二酸素移動型の反応を実現するため、プロトン移動サイトを有する配位子を設計し、これと種々の金属塩を反応させることにより、新規錯体の合成を行った。多座アミジン化合物と鉄錯体やパラジウム錯体を反応させることで、触媒としての働きが期待できるプロトン移動サイトを残した新規錯体の合成に成功した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】触媒、酸化、グリーン・サステイナブルケミストリー、酸素、過酸化水素

【研究題目】超低損失パワーデバイス用途ダイヤモンド低抵抗ウエハの合成

【研究代表者】大曲 新矢 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】大曲 新矢 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本テーマでは、電力変換機器の小型化、超低損失化が期待されるダイヤモンド縦型パワーデバイス開発を念頭に、低抵抗ウエハの合成に取り組んでいる。現在市販さ

れている高温高圧製の低抵抗基板は結晶面内に多くの欠陥を内包し、また抵抗率が100 mΩcm 級と大きい。マイクロ波プラズマ CVD 法では、高濃度 B ガス導入によりチャンパー内に煤を発生し、長時間合成を阻害する根本的問題を抱えている。本研究では、大面積均一成長に優位性のある熱フィラメント CVD 法を用いた低抵抗ウエハ開発を行っている。気相中から膜中への不純物取り込み効率がよく維持されており、煤の発生がないことから長時間合成の見通しが得られた。抵抗率は、B ドープ量上昇に伴って1 mΩcm まで減少することを確認した。また厚膜成長による自立結晶作製に成功し、縦型ショットキーバリアダイオードを試作し、 10^8 を超える整流動作を確認した。

【領 域 名】環境・エネルギー

【キーワード】ダイヤモンド、低抵抗、高濃度ドーピング

【研究 題 目】長距離光ファイバ伝送路安定化による高精度キャリア分配システムの開発

【研究代表者】和田 雅人（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】和田 雅人（常勤職員1名）

【研究 内 容】

長距離光ファイバを用いた精密周波数分配システムの開発を目指した。このシステムにより、遠く離れた多くの利用者との間で、ほぼ劣化のない正確な周波数を共有することが可能となる。

最終年度である平成29年度は、本研究の要である中途局の開発に着手した。中途局は、局 A および局 B から伝送された信号をそれぞれ抜き出し、伝送路で受けたファイバノイズを補償する役割を持つ。ここで、光ビート干渉計の出力信号に周囲の環境変動が影響することがわかった。長距離光ファイバ伝送路において受けるファイバノイズは雑音補償システムによって除去される。しかし、光ビート干渉計において生じるファイバノイズはシステムノイズフロアとなり、除去不可能である。光時計の研究が急速に進展し、さらに精度が向上したこともあり、この干渉計のノイズフロアが解決すべき課題となった。

干渉計の雑音を低減するためには、干渉計を実験室環境から隔離する必要があった。そのため、超安定環境を用意した。超安定環境は、密閉、真空、温度安定化、音響遮蔽、除振によって実現された。超安定環境は、10 m ファイバに誘起される位相雑音および周波数不安定性を大幅に低減した。10 m という長さは、光ビート干渉計を構築するファイバの長さと同程度である。また、超安定環境を起点とし、そこから特定の条件を取り去ることで、それぞれの環境がどの程度の位相雑音および周波数不安定性を与えているかについて調べた。密閉、真空、温度安定化、音響遮蔽、除振、いずれの環境も位相雑音および周波数不安定性の低減に有効であることがわ

かった。この知見により、小型の低雑音光ファイバ型干渉計を作製することが可能となり、光キャリア分配システムの足場が固められた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】光キャリア伝送、干渉計、ファイバノイズ、環境隔離

【研究 題 目】両イオン伝導体を用いた高効率メタン発電用固体酸化物形燃料電池の開発

【研究代表者】島田 寛之（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】島田 寛之（常勤職員1名）

【研究 内 容】

両イオン伝導性 SOFC は発電生成水蒸気による燃料希釈を抑制できるため、高効率デバイスである SOFC の発電効率をさらに向上できる可能性がある。本研究では、電解質材料探索と新規電極材開発により、SOFC のプロトンと酸化物イオンの両イオン伝導特性を制御することで、メタン燃料運転における高効率化の実現性について検討を行った。電解質材料としては、Ba (ZrCe) O₃系材料を中心に材料探索を実施した。また、ニッケルと電解質材料を均一に混合・分散化させ、比表面積増加かつガス拡散性を向上させた多孔質燃料極を作製し、これらの材料を電解質および燃料極として採用すると同時に、空気極側の分極抵抗を低減することで、イオンを選択的に伝導し、極めて高いイオン輸率を実現するデバイスの試作に成功した。イオン輸率の一つの指標として、水素-空気をを用いた600 °C時の測定起電力が理論起電力の97 %以上を示し、実測値としては世界的にも極めて高い値を達成した。また、発電特性測定の結果、出力特性としては商用化されている従来 SOFC と同等値を示した。一方、高効率発電のためには、電極のガス拡散性の向上や流速制御等の課題が明らかとなった。特にメタンを燃料とした際には、温度の均一化が重要であった。実際に高効率発電を実証するためにはより詳細な追加検討が必要であるが、本研究では、SOFC のさらなる高効率化を可能とする材料・セル部材の開発に成功し、実際の実用セル運転を行うことにより、両イオン伝導性 SOFC の成立性と課題を示すことができた。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】セラミックス、両イオン伝導体、プロトン、酸化物イオン、固体酸化物形燃料電池、SOFC、電気化学

【研究 題 目】イオン液体の機能設計とアンモニア分離回収技術への応用

【研究代表者】牧野 貴至（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】牧野 貴至（常勤職員1名）

【研究 内 容】

アンモニアは化学産業において最も多く生産される物質であり、化学原料だけではなく、水素貯蔵媒体や燃料

電池等のエネルギー源に利用される。アンモニア製造プロセスは一般に多大なエネルギー量を必要とし、全消費エネルギーの3割を分離回収工程が占める。本研究では当該工程の省エネルギー化を達成すべく、イオン液体を用いた高温高压条件下におけるアンモニア分離回収技術の確立に向けて、アンモニア吸収量と回収量に優れたイオン液体（室温近傍に融点を持つ液体の塩で不揮発かつ難燃の溶媒）の開発に取り組む。

平成29年度は、金属イオンとハロゲン配位子から成るアニオンを持つイミダゾリウム塩の開発に取り組んだ。アンモニアと配位結合すると期待されるリチウム、カルシウム、コバルトについて、塩化物イオンを配位子とする1-ブチル-3-メチルイミダゾリウム ([bmim]⁺) 系イオン液体を合成した。[bmim][LiCl₂] および [bmim][CaCl₄] は室温で白色固体、[bmim][Co₃Cl₇] は室温で青色固体であった。一方、[bmim]₃[CoCl₅]、[bmim]₂[CoCl₄]、[bmim][Co₂Cl₅] は、青色液体（イオン液体）となることを見出した。なお、以上の略称は原子の組成を示すものであり、上述のようなアニオン種が生成しているかは未確認である。これらコバルト系イオン液体を水蒸気に曝露することで、水分子の配位に由来する色調変化（青から赤）が確認された。すなわち、コバルト系イオン液体の配位能力を利用したガス吸収が可能である。今後、コバルト系イオン液体のアンモニア吸収量の計測およびメカニズムの解析を進める予定である。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 アンモニア、イオン液体、省エネルギー

【研究 題 目】 微小空間の移動現象に着目した気液固触媒反応器の設計法構築と C1 化学への応用

【研究代表者】 福田 貴史（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】 福田 貴史（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、反応流体に高い物質移動性能と熱交換性能を与える化学反応装置、マイクロリアクターについて、そのハイスループット化やコンパクト化等の要求を満足させるための設計法構築を主な目的とする。C1 化学への応用を見据え、とりわけメタンのドライ改質を対象に反応工学的研究を実施してきた。

これまでの成果として、流路幅 5 mm を上限とする触媒壁型反応器を用いて、触媒本来の反応性能を保証するためには分子拡散による反応流体の触媒接触を十分にすること、即ち反応速度、流速、拡散速度のバランスが重要であることを確認した。また、閾値を満たす無次元モジュラスの制約条件として整理し、設計法として提案することに成功した。一般的な 800℃ においては物質移動距離、伝熱距離ともに 100 μm 程度に短縮させる必要が理論上明らかになり、新たな知見を得た。このほか、ドライ改質の課題である炭素析出に由来する流路閉塞につ

いて、触媒壁型反応器の採用によって抑制することができ、また適切な物質移動性能に設計することでメタン反応率を維持することに成功した。ドライ改質ガスの用途として燃料電池発電の試験を実施し、短時間ながら動作することも確認した。

提案設計法は一般化されており理論上液相系にも適用できる。新たに、有機系廃棄物処理の過程で副生されるグリセリンの水素化反応を対象に、気液固反応系に要求される流路サイズについて試算ベースで検討した。マイクロリアクター化することでガス分子が溶解を経て触媒表面に達する速度を 10~100 倍程度向上できるとされる。触媒間距離を 1~2 mm 以下にすればこれを維持して反応律速域で操作できることが示唆された。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 マイクロリアクター、触媒反応、物質移動性能、熱交換性能、流路閉塞抑制、低圧力損失、反応器設計、混相流

【研究 題 目】 遺伝子情報から探る未知の窒素固定微生物の生態と生物肥料としてのポテンシャル

【研究代表者】 菅野 学（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 菅野 学（常勤職員1名）

【研究 内 容】

化学肥料の農耕地への投入量を低減した環境保全型農業への移行が求められる一方で、増加する世界人口の食料を賄うことは緊急の課題であるために、農作物の生産量増加も同様に求められている。この「減肥」と「収量増加」のジレンマを解決するためには、微生物機能を最大限活用することが有効と考えられる。本研究は、イネの体内から分離した *Streptomyces* 属に分類される放線菌株の生態や生物肥料としてのポテンシャルを明らかにすることを目的とする。

昨年度までの結果から、対象菌株が空中窒素を利用しない可能性が示唆されたため、当初の研究計画を見直し、窒素固定ではなく空中水素の利用能と植物生育促進の関係性に着目した研究に取り組んだ。まず、水素酸化遺伝子の発現レポーター株を作製し、高親和性ヒドロゲナーゼ遺伝子のプロモーターが活性化する条件を調べた。プロモーター下流の GFP タンパク質の発現が主に胞子で見られたことから、放線菌の形態分化と水素酸化活性の関連性が示唆された。また、発現レポーター株のイネ接種試験の結果から、植物に局在する *Streptomyces* 胞子による空中水素の取り込みを確認した。さらに、高親和性ヒドロゲナーゼ遺伝子の破壊株と野生株の植物体での生細胞数を経時的に調べた結果、接種4週間後に破壊株はイネ体内から完全に消失し、大気水素の取り込みは当該菌株と植物との共生関係の維持に寄与すると考えられた。以上より、植物の生育促進や病害拮抗能に優れることから有望な生物肥料として知られる *Streptomyces* 属放線

菌の植物定着に、大気水素酸化が関与する可能性が初めて示され、今後のさらなる機構解明が期待される。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕微生物、放線菌、植物共生細菌、肥料

〔研究題目〕C末端標識によるタンパクの高感度かつ高精度 LC-MS 法と脱アミド化評価法の開発

〔研究代表者〕坂口 洋平（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕坂口 洋平（常勤職員1名）

〔研究内容〕

- ・生体試料中短鎖ペプチド（6アミノ酸～13アミノ酸）定量への応用
前年度までには短鎖ペプチドをモデル化合物として本誘導体化の基礎検討及び再現性、定量性について確認を行い、基礎検討を行った本誘導体化法を用いて、アンジオテンシン1～4、ブラジキニン、ニューロテンシンを対象としたヒト血清分析へ応用した。当該年度ではさらに発展すべくインスリン分析へ応用した。インスリンなどの大きなペプチドやタンパク質を対象とする場合は、消化酵素を用いて断片化した後に、本法を用いてカルボキシル基を誘導体化し、LC-MS にて定量することとした。本研究では V8プロテアーゼにより断片化を行った。得られた断片化ペプチドは、いずれも短鎖ペプチドと同様に本法によりカルボキシル基が誘導体化され、LC-MS 分析における高感度化が確認された。また、同位体希釈質量分析法を使って本法の生体試料を対象とした定量性における妥当性評価を行った結果、精確な定量が行えていることが確認できた。以上の結果より、本法は生体試料中の微量なインスリンの定量において有用であることを示すことができた。

・脱アミド化評価の機能性確認

前年度までに既知の濃度比で調製したアスパラギンとアスパラギン酸やグルタミンやグルタミン酸及びこれらを含む短鎖ペプチドを用い、得られた結果より算出した濃度比が調製した濃度比とどれほど一致するか確認し、脱アミド化評価法の有用性を実証した。当該年度ではさらに発展すべく、ウシ血清アルブミンを対象とし、加速劣化試験などを行い脱アミド化度の程度を本法を用いて評価した。その結果、良好に脱アミド化度をモニターすることができた。以上の結果より、本法はバイオ医薬品などの劣化程度を評価するのに有用であることを示すことができた。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕LC-MS、タンパク質、ペプチド、アミノ酸、誘導体化、カルボキシル基

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

〔研究代表者〕嶋田 進（再生可能エネルギー研究センター）

〔研究担当者〕嶋田 進（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、低コストで高精度な洋上風力資源量調査手法の開発を目的として、最先端のリモートセンシング装置を用いた海上風観測を実施し、その結果に基づいてメソ気象モデルによる海上風計算の精度改善を試みるものである。光波による風計測装置である LiDAR（Light Detection and Ranging）による野外実験を行い、その結果を用いてメソ気象モデル WRF（Weather Research and Forecasting model）による沿岸風シミュレーションの精度について検討する。平成27～28年度は、港湾空港技術研究所の観測棧橋にて、鉛直 LiDAR により40～200 m 高における風向風速の鉛直プロファイルを観測した。平成29年度は、本ライダー実験の結果を解析し、気象モデルによる海岸線付近でのフェッチ効果の再現性について検討した。

2台の鉛直 LiDAR を用いた野外実験の結果より、風が海上を吹送する間に徐々に増速する現象（フェッチ効果）を確認した。陸上と海上のライダー風速比を比較したところ、水平方向の風速比はフェッチ800 m 以下ではほとんど変化せず、800～1500 m では大きな勾配を持ち、それ以上になると緩やかな単調増加になることがわかった。鉛直方向には、海面高50～90 m 高ではフェッチ効果がはっきりと確認できるものの、それより上層では徐々に不明瞭になった。さらには、100 m 解像度の WRF との比較により、内部境界層の再現性と関連している海岸線付近での風速勾配は、気象モデルの解像度を極端に引き上げた場合でも実測のシャープな勾配は再現できていないという問題点が明らかとなった。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕メソ気象モデル WRF、野外観測、LiDAR、フェッチ効果、LES

〔研究題目〕脳梗塞サルモデルを用いた機能回復メカニズムの統合的理解

〔研究代表者〕村田 弓（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕村田 弓（常勤職員1名）

〔研究内容〕

脳損傷後の機能回復の背景には神経回路の可塑性変化による代償機能が関わっていると考えられるが、メカニズムの理解は不十分な点が多い。本研究課題は脳内梗塞動物モデルを用いて、脳損傷後の機能回復に関わる脳領域を明らかにすることを目的に行った。

モデル動物にヒトと脳筋骨格構造が類似しているサルを用いた。内包後脚に損傷を作成した動物モデルを確立し、回復過程を調べた。母指と示指で小さな物体を保持するつまみ動作が可能な動物であるサルを対象に、第一次運動野の手領域からの下行路が通る内包後脚に血管

収縮作用を持つ薬物を投与して、局所的な微小梗塞を作成した。梗塞作成後、数ヶ月間にわたってつまみ動作の回復過程を調べるとともに、MRI 画像を用いて損傷部の体積の変化を調べ、把握動作と損傷領域範囲の関連を調べた。

損傷直後は、つまみ動作を含む手の運動が困難となる運動障害が認められた。MRI 撮影の T2強調画像において、白く見える高信号部位が内包後脚に認められたことから、薬剤を投与した内包後脚で浮腫などが生じて組織がダメージを受けていることが示唆された。MRI 画像の高信号部位は損傷後2週間から1ヵ月後には減少傾向を示したが、つまみ動作の使用頻度は回復しなかった。以上の結果から、画像上では損傷が確認できなくなっても、損傷による影響は持続しており、協調した手の運動の遂行に影響を与えていることが推察された。

また、内包損傷による皮質への影響を調べるために、内包損傷後の第一次運動野の錐体細胞の大きさを調べた。その結果、正常個体と比べて損傷後の個体のほうが、第一次運動野の大型錐体細胞が減少している傾向が認められた。

以上の結果、脳内梗塞動物モデルの構築を行うことができ、脳損傷後の機能回復のメカニズムや機能回復への運動訓練の影響を解明するための有益なモデルを確立できたと考えられる。また、内包損傷によって、損傷部だけでなく、運動野を含む広い脳領域が影響を受けることが分かった。さらに今年度は、損傷前後の把握動作の変化を詳しく調べるために、ひずみセンサーや圧力センサーなどの利用の検討を行った。

【領 域 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 リハビリテーション、霊長類、病態モデル、機能回復、神経可塑性

【研究 題 目】 脳波と末梢神経系指標による感情状態の解読—コミュニケーションにおける感情伝染—

【研究代表者】 藤村 友美 (人間情報研究部門)

【研究担当者】 藤村 友美 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

脳情報から感情状態を解読する技術開発は盛んに行われているが、どのような感情状態を解読すべきかは、技術が応用される場面や社会的要請を考慮する必要がある。本研究では、対人場面における2者間のコミュニケーション時に生じる感情伝染に焦点を当てた。感情伝染とは、他者の表情と一致した感情を自らも主観的に経験する現象である。本研究では、脳波と末梢神経系指標を用いて、感情伝染を定量的に評価する技術開発を目的とする。

本年度は、これまで作成してきた顔表情刺激を心理評定データとともに体系的にまとめ、AIST 顔表情データベース2017として、学術利用に限り無償で公開することができた。本データベースの流通により、顔画像の情

報処理や認知神経科学における情動刺激として幅広く活用されることが期待され、感情の学際研究の推進に貢献することができた。

さらに実証実験として、実際に面識のある相手の表情に対する感情反応を調べるため、インタラクションを行った相手(既知人物)と顔表情データベースから選出したモデル(未知人物)の表情に対する顔面筋活動を計測する実験を行った。実験の結果、実際にインタラクションをした相手の表情に対しては大きく表情同調が生じる傾向がみられた。本成果は、実験室ベースにおいても、実際に面識がある相手に対しては、感情伝染が生じやすいことを示唆すると考えられる。本年度の取り組みにより、コミュニケーションにおける感情状態解読モデルを作成するための基盤となるデータを取得することができた。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 感情、表情、コミュニケーション

【研究 題 目】 長期連続運転可能で極めて高い周波数安定度を有する原子泉の開発

【研究代表者】 高見澤 昭文 (物理計測標準研究部門)

【研究担当者】 高見澤 昭文 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

セシウム原子泉を運転するためにはレーザーの周波数が原子の共鳴線にロックされていることが必要である。そのため、原子泉の長期連続運転のためには、モードホップなく長期間周波数ロックをかけ続けられるレーザー光源が必要である。また、原子泉の周波数安定度を向上させるためには、原子数を増やすことにより信号対雑音比を高める必要がある。これらを両立させ、長期連続運転可能で極めて周波数安定度の高い原子泉を開発する。

レーザに関しては、昨年度までに作製した周波数ドリフトの極めて小さい外部共振器半導体レーザが原子泉に実装され、数ヶ月スパンの長期運転における安定性の向上に寄与している。また、2台のレーザ間のビート信号の位相雑音を評価することにより、より正確にレーザの周波数安定性を評価した。その結果、ビート信号のスペクトルから測定した線幅とほぼ矛盾のない結果が得られた。

原子数の増大に関しては、精密に周波数を制御されたレーザを互いに垂直な4方向から照射するとともに四重極磁場をかけることによって構成される2次元磁気光学トラップにより高フラックスの冷却原子ビームを生成し、原子泉の冷却原子源となる光モラセスへ高効率に原子を送り込むことを目指している。これまでに、実際に2次元磁気光学トラップを生成した。今後、2次元磁気光学トラップへのセシウムガスの供給量増大や光学系の最適化などにより、冷却原子ビームの高フラックス化を進めていく。

【領 域 名】 計量標準総合センター

〔キーワード〕 原子泉、外部共振器半導体レーザー、2次元磁気光学トラップ

〔研究題目〕 真贋判定技術 PUF のチップ出荷前の効率的な認証情報取得技術

〔研究代表者〕 小笠原 泰弘（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕 小笠原 泰弘（常勤職員1名）

〔研究内容〕

半導体チップはチップごとに製造由来の僅かな特性のばらつきを持つ。PUF はこのばらつきを利用して任意の入力ビット列に対し、チップごとに固有の応答ビット列を出力する。この入力・応答ペアを用いて真贋判定を行う。PUF は大まかに分けて、ばらつきを利用して固有の内部 ID 値を生成し、その ID を利用して応答を生成するものと、回路が自身のばらつきによって直接入力から応答を生成するものがある。内部に ID を生成するものは、常にその値を読み取られる攻撃のリスクを伴い、ID が読み取られた際には完璧な複製品が作られてしまう問題がある。本研究はチップの中の PUF 回路が任意の入力に対し、回路がチップの持つばらつきに応じて直接応答を生成し、応答によって真贋判定を行う方式を対象にする。この方式では、チップ出荷前に入力・応答を取得してサーバに保存し、サーバに問い合わせることで真贋を判定する。本研究の課題は安全性を担保するために必要な入力・応答のペア数が膨大となり、PUF チップの出荷時のテストのコストが跳ね上がる点にある。これに対し、本研究は高速に入力を生成するための乱数生成方法について具体的な方式の選定を行い、集積回路での実装を考慮すると、擬似乱数生成ではなく真正乱数を使用することがよく、また実験のために FPGA 上で良好な乱数を生成可能な乱数生成方式を選定した。次年度に実際に FPGA 上で実装を行い、論文発表を予定している。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 情報セキュリティ、チップの指紋、コンピュータハードウェア

〔研究題目〕 多ユーザ関数型準同型署名の研究

〔研究代表者〕 山田 翔太（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕 山田 翔太（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究課題は、従来の準同型署名を拡張し、異なる署名鍵によって分散的に生成された署名を、真正性を損なわずに準同型処理を施すことができ、さらに準同型処理の実行に関してもアクセス制御が可能であるような技術である「多ユーザ関数型準同型署名」を創出することである。本研究で目指す技術が完成することにより、個人の健康情報等の機密性の高いデータから有用な知見を、個人のプライバシーの保護と得られた知見の真正性を両立

しつつ、抽出することが可能となる。

平成29年度は、28年度に引き続き、当該課題への足がかりとして ID ベース暗号の設計に取り組み、さらなる効率改善に成功した。ID ベース暗号は従来の公開鍵暗号と異なり、任意の文字列（メールアドレス等）に向けて暗号化が可能な技術であり、アクセス制御技術である関数型暗号の特殊なケースである。また、通常の電子署名に容易に変換が可能であり、その意味で電子署名とも深い関連のある技術である。具体的には、漸近的に（すなわちセキュリティパラメータに関する対数関数を無視した際に）ほぼ最適な効率性と、適応的安全性という高い安全性を達成した ID ベース暗号方式を提案した。当該成果は、国際会議 CRYPTO 2017にて発表を行った。

また、効率的なアクセス制御を実現する方法として、関数型暗号に着目し、その設計と応用の研究を行った。関数型暗号においては、受信者の属性に依存して復号結果が異なるという性質がある。本研究では、特殊な状況下で従来の関数型暗号が大幅に効率化できることを示し、さらに無効化可能不正者追跡暗号への応用を示した。当該成果は、国際会議 ACM-CCS2017にて発表した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 暗号技術、電子署名、アクセス制御、準同型処理

〔研究題目〕 信頼できる機関を仮定しない空間統計データ構築技術の開発

〔研究代表者〕 村上 隆夫（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕 村上 隆夫（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、信頼できる機関（TTP: Trusted Third Party）を仮定しない「空間統計データ構築技術」の研究を推進している。この技術は、各ユーザの位置情報にノイズ付与などの加工を施すメカニズムと、大量の加工済み位置情報から元の位置情報分布を推定する分布推定法から構成される。前者のメカニズムについては、randomized response や二次元ラプラスメカニズムなどが提案されており、後者の分布推定法については、逆行列法や反復ベイズ法（Expectation-Maximization reconstruction 法）などが提案されている。

平成29年度は、空間統計データを構築するための分布推定法で成果を上げた。具体的には、最も有望な従来手法である反復ベイズ法の分布推定誤差を、Rilstoneらの理論に基づいて補正する手法のブラッシュアップを行った。この手法では、分布推定誤差を推定する上でフィッシャー情報行列の逆行列を推定する必要があるが、ユーザ数や privacy budget が小さいときに、この逆行列の推定値が正確でないという課題がある。この課題を解決するため、分布推定誤差を推定した後、重み係数をかけた上で、反復ベイズ法の推定値から差し引く手法を提案した。この重み係数は、パラメトリック・ブートス

トラップ法のように、経験分布から人工データを生成し、その人工データに基づくシミュレーションによって最適化した。提案手法の有効性を示すために、2つの位置情報データセットと1つの国勢調査のデータセットの計3つの実データを用いた評価実験を行い、提案手法が反復ベイズ法と比べて大幅な精度向上が可能であることを全てのデータセットで示した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 位置情報プライバシー、データプライバシー、差分プライバシー、反復ベイズ法、分布推定誤差

〔研究題目〕 小脳を中心とした脳内ネットワークによる認知的制御機構の解明

〔研究代表者〕 長谷川 国大 (自動車ヒューマンファクター研究センター)

〔研究担当者〕 長谷川 国大 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究は近年高次認知機能との関連が注目されている小脳とそれを中心とした脳内ネットワークから認知制御機能の理解を目指すものである。当該年度は、小脳と認知制御の関連を示すため、(1) 昨年度に引き続き、脳機能イメージング技法を用いた認知制御機能に関連する過去研究の結果のメタ解析と大規模オープンソースデータを用いた脳構造と心理機能との関連づけ、(2) 認知的制御課題遂行時の脳機能イメージング研究、を実施する計画であった。

(1) 過去研究のメタ解析研究では、過去20年間に実施された認知制御機能に関連する脳イメージング研究結果を収集し、これを Activation Likelihood Estimation 法と呼ばれる解析手法によりメタ解析を行った。また心理機能との関連づけでは、米国 Human Connectome Project が一般に公開している脳画像データベースから500件超の脳構造画像と対応する心理機能スコアを得て、これを Voxel-based Morphometry の手法を用いて解析し、脳の構造と心理機能の対応関係を明らかにすることを目指している。また小脳・脳幹に特化した脳画像解析ツールボックスを用いることでより精度の高い機能局在の導出を試みた。その結果、小脳外側部と認知的制御機能との関連が示され、今後の研究計画の妥当性を裏付ける重要なデータが得られた。また当該研究以外の領域にも示唆を与えるものであったため、それぞれ協力研究者の研究結果と合わせて学術書および学術誌論文の一部として公刊された。

(2) 脳機能イメージング研究では、fMRI を用いた脳機能画像及び rsfMRI による脳機能結合の検討が計画された。まず行動実験により設定した課題の遂行によりどの程度の認知的制御を必要とするかが確認された。その結果、当初予定していた設定では課題による負荷が低いことが明らかとなり、その後も行動実験を継続し、課題

の負荷を調整している段階にある。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 認知的制御、小脳、脳内ネットワーク

〔研究題目〕 Tree Transducers for Question-Answering over Large Databases

〔研究代表者〕 Pascual Martínez-Gómez (人工知能研究センター)

〔研究担当者〕 Pascual Martínez-Gómez、Yusuke Miyao, Hien Vu (常勤職員1名)

〔研究内容〕

[Goal] The objective is to use tree-to-tree transducers to generalize the current state-of-the-art string-to-tree and tree-to-tree models of grounded semantic parsing for Question-Answering over large Knowledge Bases. One of the advantages of this generalization is that we will be able to import the techniques that have been independently developed by other researchers working on QA and leverage existing and well-studied techniques of the transducers literature such as grammar intersection, cascading or grammar composition.

[Plan] The plan comprises three lines of action. First, we need a general method to induce synchronous tree substitution grammars which are at the core of a tree transducer. Second, we need a powerful parameter estimation routine that is able to assign scores to rules that may have not appeared during the training stage. Third, we need a wide-coverage entity/relation linking mechanism to map natural language phrases to constants in the Knowledge Base (entities and relations).

[Progress in FY 2016] I have formulated the problem of tree transducer induction in terms of a tree mapping algorithm. Under this formulation, given a pair of trees, we need to find the node-to-node correspondences given a certain cost function. This approach can be seen as a generalization of the GHKM algorithm, but instead of using leaf-to-leaf hard alignments we allow the specification of an ensemble of cost functions between tree fragments. However, the search space of this generalized tree mapping algorithm is intractable (complexity: exponential with the number of nodes and factorial with the number of variables). Thus, I implemented an approximate bottom-up beam-search algorithm to carry out the tree mapping efficiently. Once the tree mapping is completed, I saved intermediate results in a hypergraph structure from which I can enumerate

efficiently the productions of a synchronous grammar. I published these results as the following paper:
 Pascual Martínez-Gómez and Yusuke Miyao. Rule Extraction for Tree-to-Tree Transducers by Cost Minimization. In Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing 2016, pages 12-22. Austin, Texas, USA.

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 Tree Transducers, Question-Answering, Large Knowledge Bases

〔研究 題目〕 現場事例と規範知識を組み合わせた業務プロセス知識の獲得に関する研究

〔研究代表者〕 西村 悟史（人工知能研究センター）

〔研究担当者〕 西村 悟史（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究の目標は、現場の状況に適応的なサービス行為のマニュアルを構成するための方法論を構築し、サービス品質の向上に貢献することである。例えば、介護サービスでは、被介護者や価値観、環境の変化などの状況に応じた個別対応が必要となるため、属人的となり介護サービス行為の知識が共有されにくい。問題解決のための下位目標として、(1-a) 教科書レベル知識の構造的記述、(1-b) 業務記録の分析と状況の整理、(2) 現場適応型マニュアルの実装と評価を設定した。

本年度の成果を以下に示す。総体として、おおむね順調に進展していると言える。

(1-a) については、介護分野を対象を絞って、11種類の介護業務について共通知識の構造的記述を行った。それに加えて、平成29年度の実施内容にも含まれることではあるが、現場の従業員の持つ固有知識を表出し、構造的に記述する方法論として知識発現を確立した。

(1-b) については、(1-a) で記述した共通知識に埋め込まれる形で状況の整理を行った。当初予定していた介護施設における業務記録の分析は十分には進められていないが、前述の知識発現を通して、従業員の持つ現場固有の知識から、それらの業務がどのような状況で行われるのかが整理された。

次年度の計画を以下に示す。

(2) 現場適応型マニュアルの実装と評価：平成28年度の成果をもとに、知識発現をより精緻な方法論として確立する。具体的には、研究協力先である介護現場と共同で、参加する従業員の属性、人数、共通知識として用意する知識の質と量等を精緻化する。同時に、その応用に関しても検討を進める。このような想定される応用範囲を整理し、そのために必要な知識発現方法論として精緻化する。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 知識発現、オントロジー工学、知識マネ

ジメント

〔研究 題目〕 Real-time, Best-effort Query Processing of Semantic Web data

〔研究代表者〕 Steven Lynden（人工知能研究センター）

〔研究担当者〕 Steven Lynden（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

Ongoing research was performed into the development of techniques for Linked Open Data query processing and semantic information retrieval. In particular, research was performed to investigate the hypothesis that analysing URL structure may be a promising technique when determining, from a large set of possible URLs, which ones to investigate to retrieve relevant structured (semantic) Linked Open Data. Two complementary approaches were developed for eliminating or reducing the reliance of applications on centralised knowledge bases and third-party search services for retrieving structured data. Both approaches utilise machine learning techniques to analyse URL content alone, exploiting the emergence of conventions such as Semantic URLs, to aid the discovery of structured data. The study, focusing on data obtained from DBpedia resources representing creative works such as movies and books, and associated Google search results, provided a proof-of-concept of the proposed approach, which is described in [1]. The results are expected to be of use in the development of Linked Open Data query processing systems, where they can be applied as optimisation techniques to increase efficiency and reduce query response times. This will be the focus of ongoing work which the research has helped to facilitate.

[1] Steven Lynden. Analysis of Semantic URLs to support automated linking of Structured Data on the Web. Web Intelligence Mining and Semantics (WIMS) Conference 2017, June 2017, Amantea, Italy.

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 リンクトデータ、セマンティック Web、データベース

〔研究 題目〕 ゲノム3次元構造データに基づく共局在遺伝子の網羅的探索

〔研究代表者〕 齋藤 裕（人工知能研究センター）

〔研究担当者〕 齋藤 裕（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

目標

HiC データから共局在遺伝子を網羅的に探索する情報解析手法の開発

研究計画

H27：提案手法のプロトタイプ開発

H28：提案手法のソフトウェア公開、論文投稿
年度進捗状況

ゲノムの形成する染色体規模の3次元構造において、複数の遺伝子領域が空間的に近接（共局在）することで協調的な発現制御を受ける例が報告されており、遺伝子制御の新たなパラダイムとして注目を集めている。近年、HiC などの実験技術の登場によりゲノム3次元構造の大量データが得られるようになったが、遺伝子の共局在について網羅的な解析を行うための情報基盤は整備されていない。そこで本研究は、HiC データから共局在遺伝子を網羅的に探索する情報解析手法の開発を目的とする。また、この手法を様々な細胞種の HiC データに適用して、同定された共局在遺伝子に対して公開オミクス情報を活用した機能アノテーションを行う。

本年度は、昨年度に開発した手法のプロトタイプを改良して、ソフトウェア Cosearge として実装した (<https://github.com/yutaka-saito/cosearge>)。Cosearge を胚性幹細胞の HiC データに適用して、共局在遺伝子の網羅的探索を行った。これにより、先行研究において提案された topologically associated domain などの概念に依存しない新しい共局在遺伝子を多数発見することができた。さらに、発見した共局在遺伝子に対して ENCODE の ChIP-seq データによる機能アノテーションを行った。その結果、胚性幹細胞に特異的な転写因子である NANOG や POU5F1 によって協調的な発現制御を受ける共局在遺伝子を同定することができた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】エピゲノム、ゲノム3次元構造、バイオインフォマティクス

【研究 題 目】ゲノム網羅的な発現遺伝子を指標にした
ブナ林の環境影響評価

【研究代表者】瀬々 潤（人工知能研究センター）

【研究担当者】瀬々 潤（常勤職員1名）

【研究 内 容】

ブナ林の立ち枯れに関する環境評価として、遺伝子発現量の解析を実施した。酸性雨が起こった状況を疑似的に再現し、その遺伝子発現を観測することで酸性雨の評価系を確立。更に、ブナ林の中で立ち枯れた木と立ち枯れない木が混在している点において、国内3箇所において遺伝子発現を観測し、酸性雨の影響を調査した。

【領 域 名】情報・人間工学、生命工学

【キーワード】遺伝子発現、次元削減、温暖化

【研究 題 目】金星成層圏での風速変動メカニズムの解明

【研究代表者】神山 徹（人工知能研究センター）

【研究担当者】神山 徹（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究課題はこれまで安定と思われてきた金星大気スーパローテーションに近年見出された時間変動性について、観測的事実・理論の両面からその成因を探ることを目的としている。本年度は1. 現実的な金星大気場のなかで東西風速に取りえる変動を与え、惑星スケールの Kelvin 波、Rossby 波の伝搬特性の違いを可視化、2. 金星軌道に投入されたあかつき取得の金星画像解析から、地形に固定された定在構造が大気中存在することを発見、3. あかつきデータ処理に用いたジオメトリ計算を応用し、地球観測衛星においてもこの計算が有効に利用できることを示した。

- 過去の観測から金星雲頂高度において、東西風速に30m/s もの変動が存在することが報告されている。この観測事実に基づき金星大気をモデル化し、変動する風速の中を Kelvin 波、Rossby 波どう伝搬するかを調査した。この結果、風速の速い、遅いの違いが Kelvin 波、Rossby 波の伝搬性に影響を与えることを示し、それぞれ異なる大気加速をもたらすことを示した。
- 金星軌道投入時の観測であかつきが発見した巨大な弓状構造について、その後の中間赤外線カメラのデータ解析により、この構造が背景風に流されず定在する波動的現象であることを見出した。これまで見逃されていた風速を減速させうる現象であり、あかつきの主要な成果として発表されている。
- あかつきの画像データ解析で用いられるジオメトリ計算を地球観測衛星に応用し、可視画像に写る地形の位置関係から衛星の姿勢を決定する手法を開発した。特にコストに制限のある小型衛星にとって有利な技法であることを示した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】画像解析、データ処理、地球科学、惑星科学、金星

【研究 題 目】植物新種誕生の原理 -国際的研究中心形成に向けた国際活動支援センター

【研究代表者】瀬々 潤（人工知能研究センター）

【研究担当者】瀬々 潤（常勤職員1名）

【研究 内 容】

新学術領域「植物新種誕生の原理」における国際活動支援センターとして、国内外の交流を実施した

【領 域 名】情報・人間工学、生命工学

【キーワード】国際交流

【研究 題 目】水処理膜の完全性を脅かすバイオフィルムのリアルタイムイメージング

【研究代表者】稲葉 知大（環境管理研究部門）

【研究担当者】稲葉 知大（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では微生物が水処理膜の完全性に与える影響を明らかにすることを目的とした。水資源の減少は世界的に深刻であり、廃水の再生利用は持続的な水資源利用の命題となっている。そこで注目されているのが膜ろ過技術だが、そこでは膜閉塞が深刻な問題となっている。その原因の一つとされているのが、水処理膜表面での微生物の付着・増殖（バイオフィーム形成）で、これにより処理効率や完全性の低下が発生すると考えられている。本研究では、リアルタイム顕微鏡観察技術「連続最適化共焦点反射顕微鏡法（COCRM 法）」と最先端の大規模微生物解析技術を融合した解析により水処理膜上のバイオフィーム形成と処理膜の完全性への影響を明らかにすることを目的とした。

当該年度は水処理膜上バイオフィームの非破壊的な可視化・定量技術を用いて、高有機物濃度のため閉塞が頻発する畜産廃水処理の膜分離活性汚泥法（MBR）処理における膜閉塞機構の解明を行った。その結果、これまでに未発見の微生物が水処理膜表面上に局在していることを発見した。さらに、これまで対象としてこなかった原生動物や後生動物などの真核微生物を対象とした解析技術の確立を試み、水処理プラント中の多様な微生物による複雑な食物網が膜閉塞の発生に関与している可能性を明らかにした。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 廃水処理、ファウリング、バイオフィーム

【研究題目】 過去1,000年間における洪水履歴とそれに
応じた微高地の地形発達過程

【研究代表者】 佐藤 善輝（地質情報研究部門）

【研究担当者】 佐藤 善輝（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究課題では、鬼怒川左岸に分布する微高地（主にクレバススプレーの複合体から構成される）の堆積物の特徴を明らかにし、過去約1,000年間における鬼怒川の洪水氾濫履歴やその特性を解明することを目的とする。平成29年度は、常総市石下地および東野原地で採取した浅層ボーリングコア試料について、岩相観察や粒度分析、放射性炭素年代測定などを行い、微高地が概ね3～4枚の氾濫・破堤堆積物から構成され、約700～1,000年前以降に集中的に堆積したことを明らかにした。この成果について、日本地理学会2017年秋季学術大会で発表した。また、これまでに掘削したボーリングコア試料を用いて微高地構成層の特徴がおおむね把握できたことや、周辺に新たな掘削に適する土地が少ないことから、完新世後期のなかにおける最近1,000年前以降の微地形発達の位置付けを探るために、常総市石下地区において掘削深度25 m のボーリング調査を1地点で実施した。採取したボーリングコアについて、岩相観察、軟 X 線写真撮影、珪藻化石分析を実施した。コアは沖積層基底礫層

と推定される礫層を覆って砂泥互層が堆積しており、過去数1,000年間において砂質堆積物が卓越する時期と洪水氾濫が少なく静穏な時期とが繰り返し存在したことが示唆される。

【領 域 名】 地質調査総合センター

【キーワード】 微地形、洪水、破堤、沖積層、完新世

【研究題目】 歩行寿命の延伸を目指した足部支援システムの開発

【研究代表者】 中嶋 香奈子（人間情報研究部門）

【研究担当者】 中嶋 香奈子（常勤職員1名）

【研究内容】

足部異常の発生は高齢者の転倒リスクを高めることから、効果的な予防が求められる。しかし、個人の足部状態を評価する仕組みは確立されていない。そこで本研究では、ヒトの日常生活での足部状態や歩行動作を簡便にモニタリングし、具体的な定量評価を行うことで、人々の足元からの健康管理へとつなげる仕組みの構築を目的とした。平成28年度に作製した歩行機能評価デバイスは、ワイヤレスな状態でヒトの歩行中の足底部荷重状況や足部の動作の計測ができ、無線通信によりデバイス制御用の PC やタブレット型情報端末のアプリケーションソフトウェアに取得データの伝送が可能な仕組みとして構築した。これにより、日常生活での歩行に着目した対象者の特徴評価を行うことができる。

平成29年度は上記開発デバイスの有用性の検証のため、ヒトを対象とした実験を行った。被験者は本研究プロジェクトのターゲットとなる健常者・高齢者52名であり、歩行機能評価デバイス計測データ、足部状態（アンケート、写真撮影）、過去1年間の転倒歴の計測パラメータを取得した。実験結果を基に、歩行中の足底部にかかる圧力分布や足部の形状および動作特徴との関連について分析を行った。本デバイスは軽量で持ち運び可能であることから、実験室環境だけではなく様々な場面での活用が期待できる。さらに、取得データの分析により、足底圧の荷重傾向と足部動作のパターン分類ができ、実験参加被験者個人の足部状態に着目した特徴量の抽出を行うことができた。特に、足部異常の中でも外反母趾を有する対象者や過去1年間の転倒歴を持つ対象者等の足部・歩行特徴を定量化することができ、計測データの可視化につながる評価方法を見出すことができた。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 歩行動作分析、足部機能評価、足底圧計測、無線通信、リアルタイムモニタリング、人間工学、計測工学、足部異常予防

【研究題目】 非線形解析に基づくマイクロ波アシスト磁化反転の理論構築

【研究代表者】 谷口 知大

（スピントロニクス研究センター）

【研究担当者】谷口 知大（常勤職員1名）

【研究内容】

近年、磁気記録への応用の観点から、磁性体にマイクロ波を照射することで磁化反転を誘起するマイクロ波アシスト磁化反転が盛んに研究されている。しかしこのようなダイナミクスは本質的に非線形であり、定量的に理論解析・予測を行うことは極めて難しい。本研究では申請者によって最近明らかにされた、スピントルク磁化反転との数学的類似性を利用することにより、マイクロ波を照射した時などに生じる非線形磁化ダイナミクスの一般的な理論を構築することを目指している。平成29年度は主に、スピン・ホール効果を利用した新しいマイクロ波発生器の構造を提案し、円偏光磁場が生成できることを示した。マイクロ波アシスト磁化反転では磁化とマイクロ波発生器との相互作用による複雑なダイナミクスが重要な役割を果たすが、本研究によりマイクロ波発生器側の新しい構造が定まったことで、磁化反転のメカニズム解明が大きく前進したといえる。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】ナノ強磁性体、非線形ダイナミクス、理論、スピントロニクス

【研究題目】ナノ粒子規則配列と空隙構造制御を可能とする超低密度ナノコンポジットの創製

【研究代表者】竹下 覚（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】竹下 覚（常勤職員1名）

【研究内容】

金属有機構造体の金属イオンと有機配位子の関係を模倣し、無機ナノ粒子をポリマーナノファイバーの3次元ネットワークに複合化させることで、空隙構造制御が可能な超低密度ナノコンポジット材料「エアロコンポジット」を新規開発し、緻密なコンポジットにはない新機能の探究に取り組んだ。

ナノ粒子として還元剤に応答して蛍光強度が変動する $\text{YVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ ナノ粒子を、ナノファイバーとしてキトサンナノファイバーを選択した。キトサン水溶液に架橋剤を添加してゲルを作製し、このゲルに $\text{Y}^{3+}/\text{Eu}^{3+}$ イオンと VO_4^{3-} イオンを交互に吸着させることで、ゲル内部において $\text{YVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ ナノ粒子をその場生成させた。さらに、高圧 CO_2 を用いて超臨界乾燥し、 $\text{YVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ ナノ粒子／キトサンナノファイバー複合エアロコンポジットを得た。得られた超低密度コンポジットをホルムアルデヒド蒸気に暴露しつつ紫外光を照射したところ、ホルムアルデヒド濃度に対応して蛍光強度が低下するセンシング機能を発現した。以上の結果は、エアロコンポジットの高空隙率な空間構造が周囲のガスのナノ粒子へのアクセスを可能にしており、従来の緻密なコンポジットではなしえなかった機能を発現できることを示している。

また、エアロコンポジットの空隙構造を制御する因子を探究するため、ナノファイバーネットワークの生成過

程を調べたところ、有機溶媒を含むゲルが超臨界 CO_2 に晒されることにより生じるゲル体積相転移と、それに引き続く乾燥過程が、ナノファイバー構造形成の主因子であることを明らかにした。この結果は、超臨界乾燥条件の制御によるナノ空隙構造制御の可能性を示している。

【領域名】材料・化学

【キーワード】ナノコンポジット、エアロゲル、蛍光体、ナノファイバー、キトサン

【研究題目】カーボンナノチューブデバイスの高性能化とばらつき低減技術の開発

【研究代表者】栗原 有紀（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】栗原 有紀（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、単層カーボンナノチューブの一本の物性と構造制御を行い、カーボンナノチューブの高次構造構築の技術を開発することにより、最終的に、カーボンナノチューブの薄膜デバイスの高性能化と性能のばらつき低減を目指す。平成29年度は、薄膜トランジスタを印刷によってつくる前準備として、半導体カーボンナノチューブの分離、カーボンナノチューブのインク調製、ディスペンサーを用いた基板上へのカーボンナノチューブインクの塗布試験を行った。カーボンナノチューブは非イオン性界面活性剤である BrijS100 で分散し、電界誘起層形成法（ELF 法）によって半導体カーボンナノチューブを分離した。分離して得られるカーボンナノチューブ分散液には、質量比でカーボンナノチューブの100倍以上の多量の界面活性剤が含まれる。オンデマンドの印刷をディスペンサーを用いて行うにあたり、界面活性剤がカーボンナノチューブの基板上への塗布が阻害されることが考えられたため、界面活性剤濃度を透析によって減らすことで、塗布用のカーボンナノチューブのインクとした。これまでの塗布条件の検討内容としては、塗布基板の前処理、インク中のカーボンナノチューブの濃度、インク中の界面活性剤濃度、塗布インク量、塗布後の基板の洗浄方法等である。塗布後、カーボンナノチューブがパーコレーション閾値以上の密度で薄膜を基板上に形成していることを AFM による基板観察を行い確認した。

【領域名】材料・化学

【キーワード】ナノチューブ、トランジスタ、分離、印刷

【研究題目】固液界面レーザー誘起反応を利用した透明樹脂上への微細周期構造付加技術の開発

【研究代表者】中住 友香（機能化学研究部門）

【研究担当者】中住 友香（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、金型を用いることなく微細な構造体を作

製可能な方法の開発を目指して、レーザー光の干渉と光重合反応を組み合わせた、金型やフォトリソを必要としない直接描画型の微細構造体の作製手法の開発を目標としている。本検討では、安価で汎用性が高い波長405 nm 半導体レーザー光を用いて、4光束・干渉光学系の新規開発を行った。開発した光学系はシャッターを用いることで、1光束から4光束まで選択的に基材に照射可能で、2光束以上で干渉光を作り出すことができる。光重合を行う反応溶液には、アクリル系のモノマーと光ラジカル開始剤を混合させたものを採用した。その結果、2光束を干渉させた場合には縞状の微細構造体が、また3光束もしくは4光束を干渉させた場合はドットアレイ状の構造体が形成可能なことを明らかにした。構造体形成の際、反応液に含まれる開始剤濃度が微細構造体形成の可否に大きな影響を与えることが明らかになった。このような手法を用いて形成した構造体は、レーザー顕微鏡を用いた評価により、サブミクロン周期の微細構造体が形成されていることを確認できた。さらに、本研究で得られた知見を様々な分野へ応用するため、本検討で得られた知見が分析用途で多用されているフューズドシリカ基材に応用できないか検討を行った。その結果、フューズドシリカの表面電位に起因して発生する電気二重層を制御可能な表面被覆方法の開発を行うことができた。本検討で得られた知見については、国際論文誌に報告を行った。

【領 域 名】材料・化学領域

【キーワード】半導体レーザー、微細構造体、干渉、ドットアレイ、高分子

【研究 題 目】オールナノカーボン電極による透過型有機太陽電池の研究

【研究代表者】藤井 俊治郎（機能化学研究部門）

【研究担当者】藤井 俊治郎（常勤職員1名）

【研究 内 容】

近年、高い光電変換効率を持ち塗布形成可能な有機無機ハイブリッド型ペロブスカイト太陽電池が次世代の太陽電池として期待されている。本研究課題において、昨年度は、ナノカーボン材料を部材として用いた有機無機ペロブスカイト太陽電池の作製に取り組んだ。一般的に正孔輸送層に用いられている導電性高分子は、強酸性・吸湿性を持つため、素子の劣化を早めるなどの問題が懸念されている。そこで、ナノカーボン材料である酸化グラフェンを採用し、正孔輸送材料として適用できるかを検証した。従来の導電性高分子、酸化グラフェンを用いた太陽電池の発電効率は最大でそれぞれ5.0 %、4.1 %を示した。ペロブスカイト太陽電池の正孔輸送層として、酸化グラフェンが適用可能であることが分かった。本年度は、作製プロセスのさらなる改善と最適化を行い、発電効率をそれぞれ8.1 %、6.1 %まで向上させることに成功した。また、多数のセルを作製して太陽電池の性能

のパラメータ（発電効率、短絡電流、開放電圧、曲率因子）を比較した結果、酸化グラフェンを正孔輸送とした場合の方が、性能のばらつきが小さいことが明らかになった。今後、陽極として用いている酸化インジウムスズをグラフェンに置き換えることができれば、酸化グラフェン/グラフェン電極から成るオールナノカーボン電極のペロブスカイト太陽電池の実現が可能になると期待される。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】有機無機ハイブリッド、ペロブスカイト太陽電池、酸化グラフェン

【研究 題 目】コーン磁化薄膜を利用した高速・低消費電力 MRAM 素子の理論研究

【研究代表者】松本 利映（スピントロニクス研究センター）

【研究担当者】松本 利映（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、磁化自由層にコーン磁化薄膜を用いて高速・低消費電力で動作する MRAM 素子の開発に取り組んでいる。コーン磁化状態とは一次と二次の磁気異方性の競合により実現する傾いた磁化状態である。平成29年度は、コーン磁化薄膜を電圧トルク MRAM 素子の磁化自由層として応用することを検討した。コーン磁化状態と形状磁気異方性を組み合わせて初期磁化状態を制御した磁化自由層において、電圧磁気異方性変化を用いた無磁界磁化反転制御が可能であることをマクロスピンモデル計算によって示した。電圧書き込み型とすることで書き込みの消費電力を電流書き込み型の場合より低減することができる。さらに外部磁界を必要としないため高記録密度化と低コスト化が期待される。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】スピントロニクス、MRAM

【研究 題 目】鉄系超伝導体の臨界電流特性向上指針の確立と実証

【研究代表者】石田 茂之（電子光技術研究部門）

【研究担当者】石田 茂之（常勤職員1名）

【研究 内 容】

超伝導材料を超伝導ケーブルや超伝導磁石といった応用に用いるにあたり、臨界電流特性の向上は必須要素である。本研究は、2008年に日本で発見された鉄系超伝導体について、臨界電流特性の向上指針を提案・実証することを目的としている。これまでに本研究では、鉄系超伝導体 $Ba_{1-x}K_xFe_2As_2$ 、 $Ba(Fe_{1-x}Co_x)_2As_2$ 、 $BaFe_2(As_{1-x}P_x)_2$ の臨界電流特性が元素置換量 x に大きく依存し、やや不足ドーピング領域の非常に狭い x の範囲で顕著に増大することを見出してきた。鉄系超伝導体の不足ドーピング領域には反強磁性・斜方晶秩序が超伝導と共存・競合しており、磁束ピン止め機構と関連してい

る可能性がある。本年度は、このような磁束ピン止め機構を解明するために、単結晶試料の *ab* 面内に一軸性圧力を印可し非双晶化することで、臨界電流特性にどのような変化が及ぶかを検証した。非双晶化した試料においては、*a* 軸方向と *b* 軸方向で臨界電流密度の大きさが異方的になっていることが明らかになった。また、非双晶化してもやや不足ドーピング領域での臨界電流密度の増大が観測されたことから、双晶境界での磁束ピン止め以外の、鉄系超伝導体に特異なピン止め機構が高い臨界電流密度に寄与していることが示唆される。このような新奇ピン止め機構を活用することで、臨界電流特性の向上につながる可能性がある。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 超伝導体、臨界電流特性、鉄系化合物、面内異方性

〔研究 題目〕 リチウムの化学状態を評価する電子分光手法の研究

〔研究代表者〕 田口 昇（電池技術研究部門）

〔研究担当者〕 田口 昇（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

SEM ベースでの Li 分光法として、反射電子エネルギー損失分光(REELS)による Li K 吸収端評価を用いた分析手法とその応用について検討している。各種のリチウム化合物の系で Li 分析を実施し、本手法の適用拡大を進めている。

円筒鏡形検出器 (CMA) をベースに、各種の電池材料、リチウム化合物について分析を行った。スペクトラムイメージングのスキームを用いて各測定点においてスペクトルの取得をし、後解析を行った。リチウム電池材料にしばしば含まれている Ti や Mn 等の遷移金属元素の M 吸収端も Li K 吸収端近傍のエネルギーに位置しており、Li K 吸収端と同時に測定した遷移金属 M 吸収端のスペクトル形状も解析に用いることを検討した。Li 分布に加えて材料の遷移金属元素の分布を REELS から評価することができた。Li 化した負極材料の分析等を行い、Li スペクトルを取得、解析した。特に不安定な材料系においては電子ビームの影響も生じることが分かった。また、電解液・電池材料表面での表面生成物の特定のための Li 分析に本手法を適用した。CMA 以外の検出器である、静電半球型検出器 (CHA) を用いた測定系においても Li スペクトルの取得解析を行った。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 電子顕微鏡、SEM、リチウム分布、電子エネルギー損失分光、反射電子エネルギー損失分光、オージェ電子分光

〔研究 題目〕 量子効果に基づく世界最高水準の高抵抗精密測定技術の開発

〔研究代表者〕 大江 武彦（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 大江 武彦、Gorwadkar Sucheta、板谷 太郎、金子 晋久
（常勤職員3名、他1名）

〔研究 内容〕

現在の直流抵抗の基準は量子ホール効果を用いて実現されており、量子ホール素子を直並列に組み合わせて集積化した、量子ホールアレー素子は任意の量子化抵抗値を実現可能である。本研究は、高抵抗の量子化抵抗値を示す量子ホールアレー素子の作製・評価、及びそれによる高抵抗測定精度の向上である。

平成29年度は、1 MΩ 量子ホールアレー素子の精密評価及び10 MΩ 量子ホールアレー素子の作製を行った。1 MΩ 量子ホールアレー素子に関して、その量子化抵抗値の確認をイタリアや韓国のグループと進めた。イタリアのグループは、配線抵抗やコンタクト抵抗などの実測値をもとに1 MΩ 量子化抵抗値のシミュレーションを行い、11桁で量子化抵抗値が正しいという結果を得た。韓国のグループは極低温電流比較ブリッジを用いて単一の量子ホール素子との比較を行い、アレー素子の1 MΩ 量子化抵抗値が0.02 ppm 程度未満で設計値と整合するという結果を得た。測定の不確かさは同様に約0.02 ppm であり、作製した1 MΩ 量子ホールアレー素子が良好な特性を備えていることを確認した。

さらなる高抵抗化を目指し、ホール素子を775個直列に組み合わせた10 MΩ 量子ホールアレー素子の作製に着手した。共用の設備の更新等のため素子作製条件の最適化を行い、概ね従来と同様の結果が得られることを確認した。素子を試作し、10 MΩ や5 MΩ の量子化プラトーを観測した。今後素子作製条件の最適化をさらに進める予定である。量子ホールアレー素子においては、内部に集積化されたすべてのホール素子が2次元電子系への良質なオーミックコンタクトを形成する必要がある。極低温・強磁場下でのコンタクト抵抗の歩留まりを確認するため、集積化された素子と同じ寸法の量子ホール素子を作製するなどして素子の特性を評価する予定である。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 量子ホール効果、高抵抗精密測定、二次元電子系、量子ホールアレー素子

〔研究 題目〕 海溝型巨大地震発生の理解と予測を目指した粘弾性地震発生サイクルシミュレーション

〔研究代表者〕 大谷 真紀子（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕 大谷 真紀子（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究では、断層への応力蓄積過程・地震の発生を計算機中で模擬する地震発生サイクルシミュレーション (ECS) において、数百年という長期時間経過を扱う際に重要となる粘弾性効果の導入を行い「断層面の三次元幾何形状を考慮した境界要素法 (BIEM) 粘弾性準動

的地震発生サイクルモデル」を構築する。また、これを用いてプレート境界面上で発生する巨大地震を含む多様なすべり現象の相互作用を検証することを目的とする。

H29年度は、BIEMをベースに非弾性歪みによる応力場を評価する等価体積力法 (equivalent body-force method; Barbot and Fialko, 2010, Barbot et al., 2017) を用いて、粘弾性歪み場を考慮した応力場の時間発展を求める計算を構築した。等価体積力法では非弾性変形する領域を立方体セル (N_{visco} 個) に分割し、各セルでの非弾性ひずみを等価な体積力に置き換えることで、弾性体中のひずみ-応力関係を示すグリーン関数を用いて非弾性ひずみを考慮した応力場を計算することが可能となる。本手法を用いて非粘弾性歪みによる応力場を求めるには $O(N_{visco}^2)$ の計算量が必要であり、南海トラフの巨大地震等実際の地震発生領域を対象とするには計算量を削減する必要がある。そこで本研究では、上記手法に密行列圧縮手法である H 行列法 (Hackbush, 1999) を導入し、計算量の削減を行った。また本手法を用いて、1944/46年昭和東南海/南海地震南海東南海地震が周辺の火山に及ぼす応力変化の時間発展を、単純な粘弾性構造を仮定して求めた。今後、本手法を地震発生サイクル計算に拡張する。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】地震発生サイクル、シミュレーション、粘弾性

【研究 題 目】正しい K-Ar 年代とは何か？アルゴン初期値の質量分別に関する検討

【研究代表者】山崎 誠子 (活断層・火山研究部門)

【研究担当者】山崎 誠子 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

K-Ar法は火山の噴火履歴調査に最も広く使われてきた年代測定法であるが、有意な年代値を得るための前提条件について、未だ解明されていない問題点が残っている。本研究では、特に比較的若い試料への適用の際に K-Ar年代値に大きく影響する、初期Ar同位体組成の質量分別作用について、歴史溶岩を用いた基礎的実験を行い、変動範囲と岩石学的特徴との関連を明らかにすることを目的とする。さらに、年代測定に最適な試料選択法や年代値の評価手法を提示することで、火山の活動評価手法の高度化に貢献することを目指す。

本研究では、脱ガス・冷却・固結様式が異なると考えられる歴史溶岩のアルゴン同位体組成を測定し、大気中アルゴン同位体組成からのずれの程度と傾向を明らかにする。また岩石学的特徴と合わせて質量分別のメカニズムについて議論する。

平成29年度は、在外研究が入ったため、当初の予定を変更し、若い溶岩試料についてのAr/Ar年代測定を実施した。K-Ar年代を測定済みの蔵王火山溶岩試料を用いた比較実験により、多くの試料でAr/Ar法でもK-Ar法

で求めた年代値およびアルゴン初期値と一致し、若い試料の測定には初期値補正が重要であることを確認した。また、歴史溶岩試料について、Ar/Ar年代測定システムを用いてアルゴン同位体組成分析を実施し、解析を進めている。さらに、歴史溶岩及び火山灰試料として、三宅島火山の溶岩及び霧島火山新燃岳火山の火山灰を採取し、前処理を進めた。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】K-Ar 年代測定、質量分別

【研究 題 目】硬・軟 X 線光電子分光による二次電池電極材料の電子状態と電極性能との関連性の解明

【研究代表者】朝倉 大輔 (省エネルギー研究部門)

【研究担当者】朝倉 大輔 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究では、硬・軟 X 線光電子分光を駆使し、さらに、軟 X 線吸収分光や軟 X 線発光分光を組み合わせて、リチウムイオン二次電池電極材料の電子状態の詳細な解析を行うことを第一の目的としている。前年度に引き続き、平成29年度も種々の正極材料の光電子分光を実施した。オリビン系正極である LiFePO_4 とその派生材料や、スピネル系正極などの遷移金属元素の 2p 内殻の光電子分光を実施し、価数に加えて詳細な電子状態を判定することができた。また、得られたスペクトルに対して多重項計算による理論解析を行って、結晶場分裂や電荷移動エネルギー等の電子構造パラメータの導出を実施した。オリビン系材料、スピネル系材料、層状酸化物系材料等の系統的な電子状態解析を実施することで、遷移金属-配位子間の軌道混成と電池性能との関連性を解明することができた。特に、リン酸塩であるオリビン系材料と他の酸化物系材料における、遷移金属元素がとる電子状態の明確な差異を見出すことができ、化学結合の観点から、充放電サイクル特性に関わる構造安定性について詳しく議論することができた。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】リチウムイオン電池、電極材料、酸化還元反応、光電子分光、X 線分光

【研究 題 目】シングルドメイン抗体に及ぼす異分子コンジュゲートの影響の検証

【研究代表者】赤澤 陽子 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】赤澤 陽子、萩原 義久
(常勤職員2名、他1名)

【研究 内 容】

本研究の目的はシングルドメイン抗体 (VHH 抗体) を利用し、抗体-薬物複合体 (ADC) の作製に必要な基盤的な技術を確認することである。そのため、公知の抗上皮成長因子受容体 (EGFR) - VHH 抗体および当グループで独自に取得した VHH 抗体を用いて、様々な付加

される物質（ペイロード）の種類・サイズによる VHH 抗体の機能や物性への影響の評価を行っている。

平成28年度は3種の公知の抗 EGFR-VHH 抗体に低分子化合物（Biotin, Alexa, FITC および薬品）や核酸（20bp の1本鎖 DNA または RNA、100～500 bp の二本鎖 DNA）を付加した複合体を作製した。DNA 等の分子サイズの大きいペイロードの付加は顕著な抗原結合の低下を認めた。これまでの検討に使用した3種の VHH 抗体ではペイロード付加による親和性の影響は抗体種により異なっていた。そこで、平成29年度では、VHH 抗体種と複合体形成による抗原親和性への影響を検討するため、新たな VHH 抗体の取得を実施した。抗原タンパク質を調製し、アルパカへの抗原免疫とスクリーニングを実施した。その結果、11種の VHH 抗体配列を得た。これらの VHH 抗体を大腸菌で作製し、抗原親和性の評価とペイロード付加体の作製を実施している。VHH 抗体の標的部位への1分子のペイロード付加が可能となったが、ペイロード付加による抗体機能への影響改善が今後の課題点である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】シングルドメイン抗体、異分子コンジュゲート、抗体-薬物複合体

【研究 題 目】イオン液体の水和制御に基づくインテリジェント高分子電解質の開発と機能開拓

【研究代表者】河野 雄樹（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】河野 雄樹（常勤職員1名）

【研究 内 容】

外部環境変化にアクティブ応答して物質親和性をスイッチングできるインテリジェント高分子電解質を開発し、固体材料としての機能化につなげることを目標とする。まず、構成イオン種に重合基を持つイオン液体モノマーの構造設計により、温度や pH、特定化合物濃度等の外部環境変化で水との親和性を制御できる高分子電解質を作製する。次に、環境応答性が認められた高分子電解質を対象に、適切な架橋構造を導入して固体化する。得られる固体材料の環境応答性を評価し、これを省エネルギー反応・分離プロセス等へ利用するための基礎基盤を構築する。

平成29年度は、前年度までに開発した LCST 型の相分離挙動を示す重合性イオン液体と、触媒部位としてプロリンを共重合させ、触媒機能を持つインテリジェント高分子電解質の開発を試みた。まず、重合基としてビニルベンジル基を導入したアルキルホスホニウムカチオンと、アルキルスルホン酸アニオンを組み合わせた種々の重合性イオン液体と、アクリル基を持つ重合性プロリンを異なるモル比で混合し、適切な架橋剤および熱重合開始剤を用いてゲル化を行った。得られたイオン液体由来高分子電解質ゲルの含水率の温度変化を評価した結果、

プロリンのモル比を0.1に調整した高分子電解質ゲルが、LCST 型の相分離挙動に由来する含水率変化を示した。次に、含水率変化がプロリンの触媒活性に与える影響を検討するため、LCST 挙動を示したイオン液体由来高分子電解質ゲルを用いて水系アルドール反応を行った。その結果、温和な昇温により反応効率を向上できることを見出した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】イオン液体、スマートマテリアル

【研究 題 目】光電子収量分光法を応用した、励起準位エネルギーの大気下計測手法の開発

【研究代表者】細貝 拓也（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】細貝 拓也、松崎 弘幸、中村 健（常勤職員3名）

【研究 内 容】

本課題では、有機 EL や有機トランジスタなどの基幹材料である有機半導体の研究開発の支援として、有機半導体の非占有準位を簡便に評価する新しい計測手法の開発を目指している。具体的には、超短パルスレーザーを光源に用いて、二光子吸収光電子分光と光電効果の閾値分光法を組み合わせた二光子-光電子収量法（2P-PYS）を開発し、大気下または実デバイスの開発環境に近い不活性雰囲気下での非占有準位の計測を実現することを目的としている。昨年度に、2P-PYS 専用の光学遅延システムを構築して、長寿命励起状態がポンプ-プローブ法による光電子放出によって選択的に検出できるかを検討し、試料に代表的な p 型半導体特性を示すペンタセンの蒸着膜を用いて、150ピコ秒の時間幅を持つ二つのパルスレーザー光を異なる遅延時間で照射したところ、二つのパルス光が時間的に重ならない十分に長い遅延時間において光電子の信号が得られることを見出した。この結果は、過去に吸収分光法で報告されたペンタセン薄膜の励起状態ダイナミクスを参考にすると、試料中に生成した三重項励起子からの光電子を検出したことを示唆していた。

本年度は、白色パルス光の生成による収量分光の閾値測定システムの構築を目標とした。フェムト秒パルス光をサファイアなどの透明媒質に集光して白色化を実現し、バンドパスフィルターを用いて分光した後に、シリコン基板上に製膜したペンタセンにポンプ-プローブ条件下で照射した。マイクロアンペアにも及ぶ大きな電流値パルスが瞬間的に観測された。測定スポットをいくつか変えたものの、同様な結果が得られた。光照射後の試料基板を目視したところ、高強度光照射によるものと思われる試料の焼き付きが起こっていることが確認できた。以上の結果は、フェムト秒パルスレーザー照射による二光子光電子放出が起こったことを確認できたと考えられるが、分光測定には試料ダメージを起こさない適切な強度の光照射条件を探索する必要があることが分かった。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕有機半導体、電子構造、励起状態、光子収量分光法、パルスレーザー

〔研究題目〕Development of high-accuracy and large-view-field deformation measurement technique to investigate micro-nano-scale deformation distributions around interfaces

〔研究代表者〕王 慶華（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕王 慶華（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、複合材料の損傷挙動を非破壊で評価するために、モアレ現象によるマイクロナノスケールでの高精度・広視野な変形測定を実現するために、新たに2段モアレ法と倍増モアレ法を開発した。広い視野で高感度なひずみ計測が可能で、かつ試験片又は走査方向を回転させることなく2次元ひずみ分布の高精度計測が可能になった。

繊維方向が単一の CFRP 試料の微小ひずみ分布を測定した。三点曲げ試験におけるレーザー顕微鏡画像から、2ステップの2画素サンプリングモアレ縞を生成し、倍増モアレ縞を合成し、2次元ひずみ分布を定量的に評価した。異なる負荷でひずみ分布を可視化し、CFRP 試料の変形特徴を分析した。試験片上部で長手方向に圧縮ひずみが、厚さ方向は引張ひずみが発生し、試験片下部では長手方向に引張ひずみが、厚さ方向に圧縮ひずみが発生している。せん断ひずみに関しては左右で符号が反転する挙動を示し、軸方向ひずみと比較してせん断ひずみの値は大きいことがわかる。

3点曲げ試験における積層構成が $[\pm 45]_{4S}$ の CFRP 試験片のマイクロスケールでのひずみ分布も測定した。長手方向のひずみ分布は最下層側から不均一なひずみが発生した。ひずみ集中の位置を起点としてマイクロき裂が発生しやすいことを確認できた。せん断ひずみ分布に注目すると、層間上に線状の分布が発生していることが分かる。これは層間においてせん断応力が作用し、層間剥離の駆動力となることを示している。すなわち、界面近傍に現れたせん断ひずみ集中を用いて CFRP の層間せん断変形の挙動を評価し、引張ひずみ集中による荷重方向に沿った微小き裂の位置を特定した。本研究成果により複合材料の破壊メカニズムの解明と最適化設計に重要な変形情報を提供することができる。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕マイクロナノ材料力学、画像処理、界面変形、ひずみ分布、非破壊計測、CFRP

〔研究題目〕レーザー誘起格子を用いた高温燃焼ガス温度測定法の開発

〔研究代表者〕山口 祐（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕山口 祐（常勤職員1名）

〔研究内容〕

自動車エンジンやガスタービン、製鉄高炉における微粉炭吹き込みなど、燃焼機関における燃焼・反応効率の向上や熱/流れ場のシミュレーションには高温燃焼ガスの温度の情報は不可欠であるが、従来手法の測定精度は数%程度にとどまっている。本研究では、レーザー誘起格子分光（LIGS）法を用い、1000 °C超の高温域での燃焼過程の高速かつ高精度な温度測定法を開発することを目的とする。

そのために、H₂O 分子、OH ラジカルを測定対象とし、パルスレーザーと減衰周期測定に基づく高速 LIGS 測定システムを開発する。励起波長、誘起格子の安定性、周期・緩和時間の長さなどの課題を解決するため、誘起格子生成条件の特定、誘起格子を安定化する光学系の設計・構築、高速検出系における周期/緩和時間解析といった要素技術を確認した後、別途熱電対や二色放射温度計等を用いた他手法との比較による温度値・精度の検証を行う。

平成29年度では、ポンプ・プローブ光の共焦光学系の最適化、回折光の発生条件の同定を進め、LIGS 測定の実現を図った。さらに、ポンプレーザーのビーム形状・交差位置の評価および誘起格子の安定化を進め、測定分解能を向上に取り組んだ。具体的には、900 nm 付近の吸収帯でポンプレーザーの交差および回折光のアライメントが簡便かつ高精度になるように光学系を設計した。また、高速オシロスコープからのデータ収録・解析ソフトウェアを制作し、システムに同期できるよう組み込んだ。

今後は、パルスレーザーに同期した減衰信号の高速検出測定において、火炎背景光による影響の低減によるS/N比向上、格子間隔の調整による減衰周期の相関関係を調べる他、熱電対法や粒子の二色放射温度測定を実施し、LIGS 測定システムの温度範囲、分解能を検証すると同時に、温度測定における不確かさを評価する。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕レーザー誘起格子、燃焼、温度計測

〔研究題目〕立ち乗り型パーソナルモビリティの操縦評価手法の開発

〔研究代表者〕橋本 尚久（ロボットイノベーション研究センター）

〔研究担当者〕橋本 尚久（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、立ち乗り型のパーソナルモビリティロボット（以後 立ち乗り型 PM）と呼ばれる乗り物における、操縦者の評価手法の開発を目的とする。立ち乗り型 PM は、多少の制約は残るものの全国展開が決定し、今後の利用拡大が期待されている。小型特殊や原付にカテゴライズされているものの、免許制度がある2輪

車・自動車等と比較すると客観的な操縦評価を持たない立ち乗り型 PM においては、誰もが安全に利用を開始すべきかどうかの判断基準が明確ではない。そこで本研究では、免許制度に似た操縦許可の判定を可能とするための立ち乗り型 PM の操縦評価ツールの開発を目的とする。

本研究は、2年の研究期間で行い、1年目において、実験のための車両改造や予備実験までを行い、2年目に向け多人数の被験者実験に向けた準備を行うことができた。2年目においては、予備実験のデータの分析及び多人数の被験者実験を行うとともに、評価手法の提案を行った。具体的には、予備実験データ解析では、特に初心者と熟練者の違いにおいて、スラロームのコース及び段差乗り降りにおいて、特に顕著な差を確認できた。加えて、多人数の実験では、初心者及び熟練者の合計28人の被験者にスラローム、段差乗り降り、スロープにおける移動、急制動を2種類の立ち乗り型 PM (小型と大型)を用いて実験を行った。小型タイプにおいては、初心者の被験者においても比較的容易に操作に慣れてしまうため、統計的な優位となる差が見られなかった。一方、大型の立ち乗り型 PM においては、初心者と熟練者において、特にスラロームと段差において5%優位な統計的な差を発見することができた。例えば、スラロームについては、熟練者の操作性が大きく上回ることから、完了までの時間を計測することで、熟練者への評価指標とすることが得られた。加えて、段差の振動の振幅も同様に評価ツールとして利用できることが得られた。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 移動ロボット、ヒューマンマシンインタフェース、操縦評価

【研究題目】 ナノワイヤにおけるフォノン熱輸送とひずみの関係の原子論的解析

【研究代表者】 服部 淳一 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 服部 淳一 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標：

トランジスタの微細化が進むにつれ、発熱密度の増大から熱による性能低下が顕著となり、トランジスタにおける熱輸送への関心が高まっている。また、微細化の過程では、ひずみによる性能向上技術も生まれ、近年は広く利用されている。熱輸送とひずみ、両者の間には不明な点が多い。本研究では、次世代トランジスタの要となる部材のナノワイヤを対象に、原子の集団運動すなわちフォノンとその熱輸送を原子スケールで解析し、ひずみの影響を解明する。

研究計画：

ナノワイヤにおけるフォノン熱輸送とひずみの関係の包括的理解に向けて、①長さ無限のナノワイヤにおける

一様ひずみ、②長さ有限のナノワイヤにおける一様ひずみ、③一様でない現実的なひずみの順にフォノン熱輸送への影響を明らかにしていく。このためには、ひずみナノワイヤの原子モデルの生成、非平衡グリーン関数法による透過係数の計算、ひずみ計測技術との連携について技術を開発する必要がある。平成30年度までの研究期間中に、これらの要素技術を完成させ、冒頭で述べた三つの段階を経て目標を達成する。

年度進捗状況：

平成29年度は、長さ有限のナノワイヤを対象にひずみがフォノン熱輸送に与える影響を調べるべく、非平衡グリーン関数法による熱輸送能力の評価技術を確立した。また、軸と垂直な方向にひずみの加わったナノワイヤの原子モデルの生成技術を確立した。現在、これらをもって熱輸送能力とひずみの関係について調べを進めているところである。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 ナノワイヤ、フォノン、熱輸送、ひずみ

【研究題目】 Research on monolithically integrated autocorrelator using PIN-type silicon waveguide (シリコン PIN 導波路を用いた集積回路型オートコリレーターの研究)

【研究代表者】 Cong Guangwei

(電子光技術研究部門)

【研究担当者】 Cong Guangwei

(研究協力者：山田 浩治、大野 守史)
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究では、ピコ秒やサブピコ秒の超短光パルス波形を計測できるシリコン導波路型パルス検出器またはこの検出器を用いた集積型オートコリレータを目指している。産総研 SCR において性能が優秀なシリコン PIN 導波路を開発したうえで、この導波路なかには強い光閉じ込めであるため増強された二光子吸収効果を利用して、超高感度導波路型パルス検出器を実現した。この検出器は従来な自由空間光学で組立したオートコリレータ製品に使用される非線形光学結晶と光電増倍管に比べてほぼ同様な高感度を持ち、従来なバルク二光子吸収型検出器に比べて約100倍の感度が得られた。このシリコン PIN 導波路を用いて干渉型オートコリレータ動作を実証し、サブワット1ピコ秒光パルスに対して正確なパルス幅計測に成功した。さらにこの成果を国際会議 ECOC2017で発表した。平成29年度は本課題の最終年度とし、集積型オートコリレータの試作と評価、二光子吸収など非線形効果を含めるようにオートコリレータのシミュレータを開発することを行った。このデバイスを実応用にするため、パルス幅の制限、計測の正確度、パルスパワーの影響等を開発したシミュレータで理論的に解明し、実験結果で検証した。この成果は論文 (Opt.

Express 26, 15090, 2018) で発表された。さらに、集積型オートコリレーターにはサブピコ秒パルスのオートコリレーター動作も確認した。本研究で開発した導波路型パルス検出器はオートコリレーターの小型化、低コスト化のような革新をもたらすこととオンチップ光信号処理や計測等への幅広い応用とも期待されている。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 超短光パルス計測、オートコリレーター、シリコンフォトニクス、フォトニクス集積回路

〔研究 題 目〕 局所的ナノ構造配列を用いた液晶装荷シリコンフォトニクス技術の開拓

〔研究代表者〕 渥美 裕樹 (電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕 渥美 裕樹 (常勤職員1名)

〔研究 内 容〕

シリコン光集積システムの高度化に向け、低消費電力かつ広帯域な光位相シフタの開発が求められている。我々は、大きな屈折率異方性を有し電界による配向制御が可能である液晶材料をシリコン導波路上に集積した光位相制御デバイスの開発を進めてきた。その中で、液晶分子の初期配向状態は、デバイスの応答速度や位相変化量、駆動電圧を決定する重要な要因であることが分かっている。本研究では、シリコン導波路の周りにナノサイズの溝配列を形成することで、液晶分子の初期配向を局所的に制御可能とする技術の開発を行っている。

本年度は、昨年度中に原理実証した局所配向制御技術を、代表的な光スイッチ素子であるマッハツェンダー干渉計に導入した。マッハツェンダー干渉計の2つのアーム導波路に対し、並行方向および垂直方向の溝配列をBOX層上に形成することで液晶分子の配向方向を指示し、両アーム導波路間に位相差を生じさせることができる。さらにデバイスサンプルにITO膜付きガラス基板を上部集積し、シリコン基板との間に電圧印加することで、両アーム導波路に垂直電界を与えた。その結果、電圧印加時は両アーム導波路周りの液晶分子が立ち上がり、両アーム導波路間の位相差が小さくすることに成功し、電圧パルス信号によるスイッチ動作を実現した。作製したデバイスは波長1567.5 nm、電圧3 V~5.5 Vにおいて光信号の透過ポートが切り替わった。さらに応答速度測定を行い、立ち上がり時間1.4 msec、立下り時間1.1 msecを得た。本開発デバイスは、両アーム導波路に一樣に電圧印加させてデバイス駆動させることが可能であることから上部電極のアライメント実装を不要とし、作製プロセスに優位性を有する。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 シリコンフォトニクス、液晶

〔研究 題 目〕 テラヘルツセンサの線形自己校正技術の開発

〔研究代表者〕 木下 基 (物理計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 木下 基 (常勤職員1名)

〔研究 内 容〕

テラヘルツ波を公共利用するためには、複数のテラヘルツ波システム間の両立性や、パラメータの共有のために、テラヘルツ波に関する計量標準が不可欠である。とりわけ、テラヘルツ波センサの線形性に関する標準は、テラヘルツ波分光装置等の透過率や反射率測定の基本となるため、スペクトル解析の要素技術として重要である。本研究では、重ね合わせ法を原理としたセンサの線形自己校正システムを開発した。重ね合わせ法とは、強度が等しい二つのテラヘルツ波を、個別に測定した場合の結果の和と、二つ同時に測定した場合の結果を比べ、「1+1=2」という単純な和算が成立するかどうかを検証するものである。

上記の原理に基づき、ガンダイオードをテラヘルツ波光源とし、2つのワイヤグリッド偏光子で信号の分岐および結合を行うシステムを構築した。1つ目のワイヤグリッド偏光子はテラヘルツ波の偏波の角度によって分岐比を決定し、2つ目のワイヤグリッド偏光子を1つ目と直交する角度に設定することで、これらを効率良く結合する。ワイヤグリッド偏光子によって分岐された2つの波は、偏波方向が直交するため、互いに干渉することがないことも本システムの利点である。

本研究では、テラヘルツ波パワーメータや焦電センサ等を校正した。例えばテラヘルツ波パワーメータについて、20~500 μWの測定レンジにおいて概ね1%以下の非線形性を定めることができた。また、ワイヤグリッド偏光子の消光比やパワー測定の不確かさを見積もることで、校正における測定不確かさを算出した。本結果は、重ね合わせ法に基づきテラヘルツ波センサの非線形性を自己校正した初の例である。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 テラヘルツ波、センサ、線形性、応答直線性、重ね合わせ法、重畳法、自己校正

〔研究 題 目〕 AFMによる線幅計測の不確かさ低減のための探針形状の絶対評価技術開発

〔研究代表者〕 木津 良祐 (工学計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 木津 良祐 (常勤職員1名)

〔研究 内 容〕

近年、先端的な半導体デバイスでは三次元ナノ構造を有するため、その製造にはナノメートル精度の三次元寸法計測が求められ、特に、最も基本的な寸法パラメータであるラインパターンの線幅計測が重要となる。本研究では原子間力顕微鏡 (AFM) 方式による線幅計測の測定不確かさ低減を目的として、従来課題となっていたAFM探針形状に起因した不確かさを低減するための探針形状の絶対評価技術を開発する。

平成29年度は、①探針制御パラメータの最適化と線

幅計測手法の改良、②熱ドリフトに起因した AFM 像の変形の補正技術開発、の二点に関して取り組んだ結果、次に示す結果が得られた。①：垂直側壁を有するラインパターンの繰り返し走査において XYZ 各軸で 0.2 nm 以下の高い探針位置制御の繰り返し性を示した。線幅標準試料を利用して AFM 像に畳み込まれた探針形状幅（膨張分の幅）を求めて線幅値を補正する手法を導入した。また、この手法の妥当性を検証し、1 nm 以下の精度で探針形状幅が補正できることを確認した。②：ラインパターン AFM 像の補正に対して十分に高い時間・空間分解能で熱ドリフト変位量を求める手法を考案した。実験の結果、熱ドリフト変形を sub-nm 精度で補正できることが示された。この技術により、探針形状の膨張分の測定および校正対象の線幅測定が高精度化でき、線幅計測の不確かさを低減につながった。

次年度は、耐摩耗性の高い探針を用いた測定によって、課題となっている探針摩耗の低減に取り組む。そして、これまでに開発してきた技術を用いた線幅計測における不確かさ評価を行う。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】原子間力顕微鏡、線幅計測、探針形状

【研究 題 目】溶融塩を用いた低温還元拡散法による高性能 Sm-Fe-N 磁石粉末の開発

【研究代表者】岡田 周祐（磁性粉末冶金研究センター）

【研究担当者】岡田 周祐（常勤職員1名）

【研究 内 容】

Sm₂Fe₁₇N₃磁石はネオジム磁石同等の磁化を有しつつ、非常に大きな磁気異方性を有していることから、有望な磁石材料である。磁石粉末の保磁力は粉末の粒径に強く依存することが知られている。我々はこれまでに還元拡散温度の低温化により粒径を微細化することで高保磁力な磁石粉末を作製してきており、平均粒径を約 0.6 μm まで微細化することで保磁力 22.8 kOe を達成している。本研究では粒径のさらなる微細化による高保磁力な Sm₂Fe₁₇N₃磁石粉末の実現を目的としている。

昨年度の検討により、粒径の微細化には還元拡散温度の低温化と前駆体鉄微粒子の微細化が重要であることを見出している。今年度は昨年度開発した 0.1 μm サイズの Fe 微粉末を用い、溶融塩を用いた低温還元拡散法を開発することで Sm₂Fe₁₇N₃超微粉末の作製を行った。結果、溶融塩を用いることで従来還元拡散温度よりも低温化することが可能であることを見出した。これにより狙いとする Sm₂Fe₁₇N₃の単磁区粒子径である約 0.3 μm の Sm₂Fe₁₇微粉末を得ることが出来た。一方で Fe 相の残存があること、及び当初からの課題である、粒子間の焼結はかなり見られた。今後、反応条件の開発と粒子間焼結の原因究明と対策・窒化条件の開発により、高保磁力発現を目指す。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】希土類磁石、Sm-Fe-N、Sm₂Fe₁₇N₃、溶融塩、還元拡散

【研究 題 目】ガラス構造と内部応力を利用した結晶化ガラスエンジニアリングの構築

【研究代表者】篠崎 健二（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】篠崎 健二（常勤職員1名）

【研究 内 容】

ガラスの結晶化により誘起される応力や欠陥、またはガラスの構造を利用することで、析出結晶相や形態、機能を制御することを目的に研究を行った。

1) 典型的な蛍光結晶である YAG (Y₃Al₅O₁₂) 組成のガラスに熱処理結晶化を施すと、立方晶 Y₃Al₅O₁₂が析出した。固相法で合成した結晶に比べ格子定数が変化しており、また、多量の欠陥を含有していることが陽電子消滅寿命測定から示唆された。これにより蛍光イオンサイトが歪み、Ce³⁺の蛍光ピークがシフトすることを明らかにした。ガラス結晶化法により合成された結晶は析出結晶相だけでなく、特性、欠陥にも影響を与えることを明らかにした。

2) ホウ酸塩をベースとする新規の BaF₂ナノ結晶化ガラスを開発した。ベース組成では 30 nm 程度の ナノ結晶が凝集して析出し失透したが、Er³⁺を 1 mol% 添加すると、凝集は消失し、またナノ結晶の粒子径も 8 nm に低減することで、ガラスと同等の高い透明性が得られた。また、熱処理結晶化により BaF₂の低フォノンエネルギーに由来して、優れたアップコンバージョン特性が得られた。また、結晶化させない場合でも高フォノンエネルギーのホウ酸ベースにもかかわらず、良好なアップコンバージョン特性を示した。熱処理を施す前のガラスにおいても既にフッ化物結晶のような局所構造が Er³⁺周囲に形成していることを提案し、ガラスの局所構造が結晶化挙動に大きく影響することを明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ガラス、ナノ結晶、蛍光、結晶化、アップコンバージョン

【研究 題 目】白金族元素吸着ポリマーの特性の解明及び高レベル廃液からの分離回収への適用研究

【研究代表者】鈴木 智也（環境管理研究部門）

【研究担当者】鈴木 智也（常勤職員1名）

【研究 内 容】

目標：

硝酸水溶液中の白金族金属 (Ru, Rh, Pd) を効率的に回収するために、ベタイン型ポリマーの白金族イオンに関する吸着特性を明らかにする。

研究計画：

ベタイン型ポリマーを用いた硝酸水溶液からの白金族元素分離回収法を確立するために、カラムクロマトグラ

フィー試験を行う。Rh, Ru, Pd 以外に価数の異なる元素を含む硝酸水溶液を用い、白金族イオンの選択的な分離回収の可能性について評価する。

年度進捗状況：

ベタイン型ポリマーの硝酸水溶液中の白金族元素に関する吸着挙動の温度依存性について検討を行った。具体的にはベタイン型ポリマーと3種の白金族元素を含む硝酸水溶液 (0.1-3 M) を6.5~60度の温度で混合し、混合前後の水溶液中の金属イオンの変化から吸着率を算出した。その結果、Ru (III) に関しては、実験した温度領域及び硝酸濃度で温度上昇に伴う吸着率の増加を確認した。一方、Rh (III) に関しては、硝酸濃度1 M 以上で若干の吸着率の上昇が起こった。Pd (II) に関しては、温度依存性は確認できなかった。

そこで、Ru の温度上昇による吸着率増大現象を明らかにするために、異なる温度条件での振とうした Ru を含む0.1 M 及び3.0 M 硝酸溶液及びそれらの溶液から Ru を吸着させた樹脂の Ru K edge XAFS を測定した。その結果、溶液及び樹脂中で共に温度上昇に伴う Ru の構造の変化は確認できなかった。したがって、温度上昇による Ru の吸着率増大は、Ru 吸着反応の速度上昇によるものと予想される。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 白金族金属、吸着、ベタイン

〔研究題目〕 逆方向 RNA 伸長酵素の RNA 選択機構の解明

〔研究代表者〕 中村 彰良 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 中村 彰良 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

目的：

近年、通常の核酸合成酵素とは逆向きの3' -5' 方向への塩基伸長活性を有する酵素 Thg1 と TLP が発見され、遺伝情報伝達機構の新事実が注目されている。研究代表者らはこれまでに Thg1 と TLP の tRNA 複合体構造の解析に成功し、新規の RNA 認識機構を提唱してきている。本研究では、未解明である TLP のアンチコドン認識様式を X 線結晶構造解析および X 線小角散乱解析 (SAXS) によって明らかにし、提唱した RNA 認識機構の全容を解明する。また得られた知見を元に、tRNA のみならず多様な RNA に対し3' -5' 方向への塩基伸長を可能とする手法を確立し、全く新しい研究ツールへの応用に繋げることも目的としている。

研究計画：

tRNA 分子を鋳型 RNA と基質 RNA に分割した分割型 tRNA を作成し、自然界では tRNA に限定されている Thg1/TLP の3' -5' 方向の RNA 伸長活性をより多様な RNA に応用する手法を確立する。

年度進捗状況：

昨年度は Thg1 および TLP が有する3' -5' 方向の塩

基伸長活性を1本鎖 RNA へ展開するために、tRNA を鋳型 RNA と基質 RNA に分割した2本鎖 RNA (分割型 tRNA) を作成し、Thg1 の塩基伸長活性を1本鎖 RNA に適用することに成功した。今年度は Thg1 の活性を指標とした in vitro selection 法を構築し、Thg1 の基質となりうる tRNA とは全く異なる2次構造を有する RNA の探索に成功した。その後、得られた新規 RNA の機能解析を行い、ゲルろ過分析によって Thg1 との相互作用を確認した。また、生化学実験から塩基認識機構は tRNA と共通であることを明らかにした。さらに、TLP-tRNA^{His} 複合体の SAXS 解析を行った結果、TLP にはアンチコドン依存的な tRNA^{His} 認識機構が存在する可能性が示唆された。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 DNA/RNA ポリメラーゼ、逆向き重合、tRNA 修飾、X 線結晶構造解析

〔研究題目〕 ヒト翻訳制御因子の RNA による活性化機構の構造基盤

〔研究代表者〕 竹下 大二郎 (バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 竹下 大二郎 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

翻訳開始因子リン酸化酵素は、外部のさまざまなストレス因子によって活性化され、翻訳開始因子をリン酸化して不活性化する。これまで、これらのリン酸化酵素がどのように外来因子を認識するか、またどのように外来因子に応答して活性化するかは解明されていない。そのため、本研究課題では、リン酸化酵素複合体の構造解析を行い、分子認識機構と活性化機構を明らかにすることを目的としている。

リン酸化酵素の組換えタンパク質の調製を行った。HIS タグ付加した酵素のコンストラクトを作製し、組換えタンパク質を発現した。全長、および全ドメインを含むコンストラクトを作製し、Ni カラム、イオン交換カラム、ゲルろ過カラムを使って精製を行った。複合体形成を行い、結晶化スクリーニング実験を行った。しかしながら現在まで、良質な結晶を得るところまで至っていない。全長のサンプルでは、柔軟な領域があり、それが結晶化を妨げていると考えられる。現在、柔軟な領域と考えられる部位を欠損したタンパク質を調製して、結晶化実験を試みている。また、活性を阻害するタンパク質を大量発現し、Ni カラム、陰イオン交換カラム、ゲルろ過カラムを使って精製を行った。精製した後、結晶化スクリーニング実験を行った。その結果、阻害するタンパク質については結晶が得られており、セレノメチオニン置換結晶を作製した。高エネルギー加速器研究機構 Photon Factory のビームライン BL-17A において X 線回折データを収集して位相決定を行い、電子密度マップへのモデル構築を行っている。今後、酵素複合体の調製

条件を検討していき、結晶化実験に供していく予定である。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕構造解析、タンパク質

〔研究題目〕非可食バイオマスの直接発酵を可能とする宿主微生物の開発

〔研究代表者〕秋田 紘長（機能化学研究部門）

〔研究担当者〕秋田 紘長（常勤職員1名）

〔研究内容〕

前年度の研究を通じて新たに分離された微生物の分類を明らかにするため、16S rRNA 遺伝子の相同性を確認した。その結果、本分離微生物は、腸内細菌科に属し、*Enterobacter hormaechei* ssp. *oharae* DSM16687^T、*E. hormaechei* ssp. *hormaechei* ATCC49162^T、*E. xiangfangensis* LMG27195^T、*E. hormaechei* ssp. *steigerwaltii* DSM16691^T等と類縁であった。より詳細な系統学的位置を決定するため、*atpD* 遺伝子の相同性と Voges-Proskauer 試験結果に基づいて、系統樹を作製した。系統解析の結果、CCA6株は、*Enterobacter* 属の公知の基準株とは明確な差異を示した。さらに、本分離株と類縁細菌5種について、炭素資化性や細胞壁脂脂肪酸組成等の分子生物学的性質を比較解析した。

本分離株は、*atpD* 遺伝子の相同性解析及び Voges-Proskauer 試験の結果、種々の分子生物学的性質の結果から、*Enterobacter* 属の公知の種とは区別された。これらのことから、本分離株を腸内細菌科に属する新属新種の細菌と判定した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕腸内細菌、貧栄養微生物、系統解析

〔研究題目〕膜内化学反応と膜ダイナミクスが協同した人工細胞システムの創製と機能創出

〔研究代表者〕森田 雅宗（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕森田 雅宗（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究課題は科研費（若手 B）として、助成を受けているプログラムである。近年、生命システムの理解のために、合成生物学や再構成生物学などの新たな生物学分野が勃興しており、物質から「人工細胞」を構築しようと試みる研究が大きく進展している。細胞膜は、膜上の脂質ラフト・クラスター構造、脂質二重膜の膜内外層の非対称性、膜タンパク質、細胞骨格など多岐にわたる特徴的構造が、細胞内における反応と協同することで、細胞の生育等の生命機能に関与していることが明らかにされてきた。細胞膜の個々の特徴を再現して、細胞機能の理解につながる研究はこれまでも数多く報告されてきたが、膜内部での反応と膜の構造との間でどのように協調しあうかはよくわかっていない。本研究課題では、モデル系を作製し機能の創出を目指した人工細胞システムを

構築して、センシング技術・マイクロマシン技術への応用を検討する。これまでの本研究成果として、遠心式マイクロ流体デバイスによるリポソーム（人工細胞膜小胞）作製法を利用し、人工細胞膜小胞上の使用する脂質と脂質組成を変えることで、これまでのマイクロ流体デバイスでは制御が難しかったドメイン構造を作製することに成功した。現在、人工細胞膜小胞上のドメインの機能解析や人工細胞膜小胞自体の挙動解析などの物性面に関する研究を進めている。さらに、生体反応システムを封入するための実験系の構築も進めており、反応系と人工細胞膜小胞のカップリングによってどのような反応を示すか研究を進めていく。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕人工細胞、リポソーム、ソフトマター物理

〔研究題目〕マクロファージ機能のスイッチング作用を有するチタン製インプラントの創製

〔研究代表者〕戸井田 力（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕戸井田 力（常勤職員1名）

〔研究内容〕

炎症組織にはマクロファージ（MΦ）が浸潤しており、炎症の慢性化と組織再生において重要な役割を担っている。MΦは炎症性の M1型、抗炎症性・組織治癒性の M2型が存在しており、術後に亢進する M1型を早期に M2型に変換できれば、骨再生の促進、鎮痛作用を発現することが期待される。

前年度までに、ホスファチジルセリン含有リポソーム（PSL）が MΦを M1型から M2型に変換することを明らかにし、PSL をチタン表面に積層する技術を確立した。本年度、まず PSL は生理食塩水中で1カ月程度徐放することを明らかにした。PSL 修飾チタン上に M1型の骨髄由来 MΦを培養しサイトカイン産生を評価した。未修飾チタン上では TNF α 、IL-1 β 、IL-6等の炎症性サイトカイン産生の亢進が認められたが、修飾チタン上ではこれらのサイトカイン産生が著しく減弱した。また、修飾チタン上では、M2型 MΦが産生する抗炎症性サイトカイン IL-10や TGF β の産生の増強が認められた。この結果は、修飾チタン上で M2型 MΦを誘導できることを示している。さらに、ラット骨欠損モデルにチタンを埋植し骨再生を病理組織学的に評価したところ、埋植1および2週間後において、修飾チタン周囲に2倍程度新生骨の形成が認められた。また、修飾チタン周囲では、骨を吸収する破骨細胞数の減少が認められたことから、MΦ表現型の変換が破骨細胞やおそらく骨芽細胞に影響を与えることで骨再生の促進が達成されたと推察している。現在、メカニズムの詳細を調査中である。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕炎症、マクロファージ、リポソーム

〔研究題目〕次世代水素ステーションに向けた液体水素冷熱を活用する熱化学水素昇圧材料の探索

〔研究代表者〕遠藤 成輝（再生可能エネルギー研究センター）

〔研究担当者〕遠藤 成輝（常勤職員1名）

〔研究内容〕

水素吸蔵合金の水素吸放出圧は温度上昇と共に指数関数的に高くなる。これは熱化学的な水素昇圧で、機械動力不要の昇圧である。本研究ではこの性質を利用して、マイナスの温度域から80℃程度まで昇温するだけで、高圧水素を得ることを目指す。低温は液体水素の冷熱を活用して得ることを想定している。合金組成による水素吸放出圧制御が可能な AB2型 Laves 合金をベースとし、低温における水素の吸放出能・昇圧能を調べ、燃料電池車用の昇圧に適した多元系合金の組成最適化を図る。得られた合金で昇圧試験を行い、原理実証することが研究目的である。

具体的な合金としては、TiCr₂基および ZrFe₂基合金を用い、低温域から室温までの昇温で高圧水素を得る。初年度は、汎用的な水素特性評価装置を用いた常用的水素圧下（< 10 MPa）での水素吸放出試験等を行い、併せて90 MPa 対応高圧水素実験設備で試験可能にする準備を進める。次年度は、整備した高圧水素実験設備を用いて探索した合金による熱化学昇圧試験を行う。

初年度の進捗状況としては、70 MPa 高水素圧の平衡放出圧を有する合金探索の目途をつけることができた。AB2型 Ti_{0.2}Zr_{0.8}Fe_{1.6}V_{0.4}の平衡圧の温度依存性を調べ、本合金は60℃で40 MPa の水素放出圧を示すことを見出した。70 MPa までには足りないが、合金組成制御等を行えば達成可能と考えている。併せて本試験用に FREA 高圧水素実験設備へ小型の反応器およびラインを設置した。

次年度の進捗としては、吸蔵放出の平衡圧のヒステリシスが小さく、平衡圧がプラトーな合金探索を行った。TiCr_{1.5}Mn_{0.2}Fe_{0.3}合金を20 MPa 水素カードル用、Ti_{0.8}Zr_{0.2}Fe₂合金を70 MPa FCV用と選定し、水素吸蔵放出圧力の温度依存性を調べた。その結果、TiCr_{1.5}Mn_{0.2}Fe_{0.3}合金が35℃程度で水素圧20 MPa 以上を示すことを確認し、水素カードル純転用昇圧材として有望であることを確認・原理実証した。なお、Ti_{0.8}Zr_{0.2}Fe₂合金については、初期活性化が進まず本研究期間内での試験は出来なかった。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕水素吸蔵合金、熱化学昇圧、水素ステーション、燃料電池自動車、水素カードル

〔研究題目〕基礎物理乗数に基づく先端エネルギーデバイス評価体系構築に向けた計測基準の開発

〔研究代表者〕堂前 篤志（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕堂前 篤志（常勤職員1名）

〔研究内容〕

2018年以降、SI 単位系は基礎物理定数を基にした新体系（新 SI 単位系）へ移行する見込みである。新 SI 単位系に基づく先端エネルギーデバイス（LIB や燃料電池など）の評価体系の構築を最終目的に、本課題ではその評価体系のキーデバイスとなる参照インピーダンス標準器を開発し、その性能を ISO ガイドに従い評価することを目指している。

本年度は研究計画に従い、参照インピーダンス標準器の製作および1次評価を並行して行い、1次評価結果を製作にフィードバックさせることで参照インピーダンス標準器に起因した不確かさの低減を目指す。

参照インピーダンス標準器を製作し、その1次評価を行った。その結果、参照インピーダンス標準器の接続端子部における接触抵抗の再現性が測定結果に影響を与えていることが明らかとなった。そのため、接触抵抗の再現性が向上するよう接続端子部の改良を行った。改良にあたっては接続端子部だけでなくシールド箱の設計変更も行った。また、抵抗値ドリフト抑制を目的にアニール処理を行う際、参照インピーダンス標準器の製作後にアニール処理を行うと接続端子部の耐熱温度の制限のためアニール処理の温度が低くなってしまい、抵抗値ドリフト抑制の効果があまりえられないことが判明した。そのため、製作手順の改良を行った。以上で得られた知見を基に、再度、参照インピーダンス標準器を製作し、評価を継続している。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕SI 単位系、エネルギーデバイス、インピーダンス、標準器

〔研究題目〕化学物質の有害性推論手法の確立に資する統計的手法の深化とその適用

〔研究代表者〕竹下 潤一（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕竹下 潤一（常勤職員1名）

〔研究内容〕

平成29年度は、統計的アプローチによる有害性推論手法の研究および、有害性評価・予測に資するスクリーニング試験方法の統計的測定精度評価に関する研究を行った。有害性推論手法の研究については、平成28年度の成果であるラット肝毒性を判別する統計モデルについて外部検証を行った。具体的には、米国 EPA が公開している ToxRef データベースよりラット28日間反復投与毒性試験データを抽出し、そのデータを持つ化合物の分子記述子を算出し、上記統計モデルで有害性の予測を行った。その結果、外部検証は cross-validation 等を利用した内部検証に比べ予測精度が劣っていた。しかしその原因として、構造関連記述子を解析することで、予測モデル構築のために利用した化合物群と外部検証に利用し

た化合物群との特徴が異なることが挙げられることを明らかにした。

統計的測定精度評価に関する研究については、ISO 5725で定義されている併行分散の大きさと室間分散の大きさとを比較可能な F 検定を導出し提案した。さらに、その F 検定の検出力についても算出した。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 化学物質、有害性推論、QSAR（定量的構造活性相関）、Read-across、統計的測定精度評価、ISO 5725

【研究 題 目】 ビッグデータ解析環境への効率的なデータステージングの研究

【研究代表者】 谷村 勇輔（人工知能研究センター）

【研究担当者】 谷村 勇輔（常勤職員1名）

【研究 内 容】

現在主流のビッグデータ解析基盤は、バックエンドの大容量ストレージとのデータ移動において、データ構造変換のオーバーヘッドや実行中の解析プログラムとの性能干渉の問題を抱えており、マルチテナントの運用や階層的なデータ保存が容易ではない。本研究では、バックエンドのストレージから高速なディスクを持つビッグデータ解析環境への効率的なデータステージングの実現を目指し、解析処理層のデータ構造を保持したままのデータ移動、バックエンド・ストレージ側での解析前後処理、性能を保証したステージング・スケジューリング手法を開発する。これにより、高速なビッグデータ解析環境の多目的の運用や、従来的にデータ保存管理に優れたストレージシステムとの相補的な利用を可能にすることを目指している。

本年度は解析処理層に Apache Spark、ステージング層に Alluxio、バックエンド層に Hadoop Distributed File System (HDFS) を用いたテスト環境を作り、Spark アプリケーションが Alluxio に対して Read や Write を行う操作と Alluxio が HDFS に対して Read や Write を行う操作が同時に行われた際の各性能を評価し、ステージング・スケジューリングの有効性を確認した。また、各層で用いられるデータフォーマットやデータ構造について調査し、ステージング対象のデータに対して解析前後処理を施すことを目標に、データ構造の変換を最小限に抑える手法の検討を進めた。また、Ceph RADOS を対象に、バックエンド層で解析前後処理を行う仕組みの実装方法について検討を進めた。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 データストレージ、ビッグデータ解析、データステージング

【研究 題 目】 プラズマ中の微粒子が及ぼすプラズマインピーダンス変化のモニタリングと現象解明

【研究代表者】 笠嶋 悠司（製造技術研究部門）

【研究担当者】 笠嶋 悠司（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、半導体デバイスの量産現場における歩留まり低下の主要因である微粒子（剥離パーティクル）がプラズマインピーダンスに与える影響を明らかにするとともに、その発生を検知するモニタリング手法の原理的有効性を実証することを目的として実施している。

平成29年度は、プラズマ中に微粒子を混入した際のプラズマインピーダンスの変化についてモニタリングに取り組んだ。開発した微粒子導入システムによりプラズマエッチング装置内部に標準粒子を導入し、レーザー光散乱法に基づく微粒子計測システム、プラズマインピーダンス計測システム、静電プローブの計測を進めた。これら計測系を構築することで微粒子がプラズマに与える影響の現象解明に向けた計測実験を可能とした。具体的には、微粒子導入システムでは装置の上部電極から標準粒子を装置内に導入し、実験を進めた。微粒子計測システムでは、上部電極の直下にシート状に形成したレーザー光を照射し、その散乱光を計測することで標準粒子を計測した。プラズマインピーダンス計測では、高周波電源と自動整合回路の間から入射波、反射波をモニタリングし、また、自動整合回路内の可変素子の情報を同時にモニタリングした。それらの情報を基にプラズマインピーダンスを算出するプログラムを用いて、プラズマインピーダンスのレジスタンス及びリアクタンスを計測した。静電プローブでは、装置側壁にポートを設置してプローブを挿入し測定した。平成30年度も引き続き現象解明に向けた研究を進める。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 プラズマエッチング、微粒子、半導体製造、歩留り、電場応力

【研究 題 目】 信頼性の高い3次元地質情報の Web 共有手法の研究

【研究代表者】 野々垣 進（地質情報研究部門）

【研究担当者】 野々垣 進（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、地質の研究者・技術者が共同で各自の野外踏査で得た地質情報を電子情報として集約し、それらから得られる地層の分布形態・地質構造を、誰しもが理解しやすい3次元地質情報として Web 上で共有する手法を検討する。

本年度は主に(1)地質情報の共有サーバーの管理、(2)地質柱状図の Web 共有手法の検討、および(3)地層境界の形状推定法の改良を実施した。地質情報の共有サーバーの管理では、3次元地質モデリングや地質情報の Web 配信を行うためのサーバーコンピューターの各種ソフトウェアをアップデートした。また、堆積柱状図を対象とする管理データベースを PostgreSQL により構築した。

地質柱状図の Web 共有手法の検討では、これまでに開発した地質情報 Web 共有システムを改良し、堆積柱状図の検索機能を追加した。地層境界の形状推定法の改良では、地層境界の形状推定法に、不等間隔節点によるスプライン平滑化理論を導入し、これまでよりも効率的に形状推定を行う方法を提案した。同時に、入力データの分布から、節点の個数や配置を決定する方法を複数提案した。また、提案した方法を、これまでに開発した地層境界の形状推定システムに適用した。テストデータを用いて動作確認を行い、改良システムの機能が問題なく動作することを確認した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地質情報、データベース、Web

〔研究 題目〕移動体への高効率ワイヤレス電力伝送のための新規高周波電力計測手法の開発

〔研究代表者〕昆 盛太郎（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕昆 盛太郎（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究では、災害用ロボットや惑星探査機などの移動体へ高効率にワイヤレスで電力を伝送するために必要となる、時間的に変動する高周波電力の新規計測手法を開発することを目的として研究を行った。特に、通常のベクトルネットワークアナライザでは計測困難な瞬間的に変化する高周波電力を計測する手法の実現を目指している。移動体における電力伝送では、受電側のインピーダンスが常時変化することになるため、その計測が困難である。そこで、この課題の解決に向け、平成28年度においては、新たな計測原理について基礎検討を行い、発振器を2台必要としない計測を実現するための信号処理技術を開発し、これに関する研究成果について発表を行った。平成29年度においては、平成28年度に考案した上記計測原理を実証するために、評価用装置を試作し、原理検証実験を行った。具体的には、試作した評価用装置を用いて、送電アンテナを XYZ の3軸方向に移動制御しながら、任意の3次元空間座標上における、ターゲットへの電波の伝搬特性を測定した。この結果、ある特定の空間座標においては、特異的な電波の応答が得られたため、周辺空間との相互作用について詳細な解析を行い、その原因について考察した。さらに、本現象は対象空間に依らずに使用可能な新たな計測技術である可能性が示されたため、今後は、さらに検証実験を行い、本研究成果による産業財産権の出願等、成果発表を行いつつ、センサ応用を進める予定である。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕無線電力伝送、移動体、評価、計測

〔研究 題目〕加速器 BNCT 用中性子エネルギー分布測定技術の開発

〔研究代表者〕増田 明彦（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕増田 明彦（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

加速器中性子ビームを用いたガン治療（ホウ素中性子捕捉療法、BNCT）ではその中性子エネルギー分布に施設依存性が強く、モンテカルロ計算によるシミュレーションと合わせて実測による評価が望まれており、本研究では治療レベルの大強度中性子のエネルギー分布を精密に測定する技術を開発している。

2年目である平成29年度は、中性子スペクトラルフルエンスを測定するためのボナー球スペクトロメータ（BSS）を治療レベルの大強度熱外中性子ビームに対応させるための Li ガラスシンチレータを用いた検出素子の特性評価を引き続き進めた。産業技術総合研究所や京都大学原子炉実験所の中性子施設を用いて、光電子増倍管（PMT）をパルスモードで運用した場合と大強度中性子に対応させるために電流モードで運用した場合との測定結果への影響評価を実施した。特に、PMT を電流モード動作させた場合には信号波高による中性子- γ 線信号弁別ができないため、中性子と γ 線とに有感な Li-6 ガラスシンチレータと、 γ 線に有感で中性子に対してはほとんど感度を持たない Li-7 ガラスシンチレータの同時測定により γ 線の寄与を評価することにしており、その精度を検証した。また、測定に使用する信号処理系の最適化を行った。

一方、すでに実施した従来型の He-3 比例計数管を使用した BSS による、加速器 BNCT 施設における微弱中性子ビームに対する測定結果を検証し、大強度対応型の BSS に求められる測定精度について考察した。

これらの結果に基づき、開発したシンチレータユニットを BSS に導入するための装置設計を進めた。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕ホウ素中性子捕捉療法、BNCT、中性子、加速器中性子源、スペクトル測定、ボナー球スペクトロメータ

〔研究 題目〕ミトコンドリア内膜プロテアーゼにより調節をうける新規ストレス応答因子の探索

〔研究代表者〕今井 賢一郎（創薬分子プロファイリング研究センター）

〔研究担当者〕今井 賢一郎（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

ミトコンドリアにおけるタンパク質分解がミトコンドリアや細胞のストレス応答（ミトコンドリアの選択的オートファジー、アポトーシスなど）を制御することが近年、次々と明らかになり、ミトコンドリアにおけるタンパク質分解の役割についてパラダイムシフトが起きている。そのストレス応答制御として、内膜プロテアーゼによる基質タンパク質の局在・機能調節がある。本研究は、内膜プロテアーゼ PARL による基質タンパク質切断に

よる基質の細胞内局在及び機能の調節に注目し、*in silico* 解析により、PARL によって調節される新規のストレス応答因子候補の探索を行うことを目的としている。

昨年度までに、ミトコンドリアターゲティング配列（プレ配列）予測、内膜タンパク質の膜貫通領域予測、PARL による切断部位予測という3つの予測技術を組み合わせた PARL の基質予測パイプラインの開発を完了させた。そこで、本年度は、開発した PARL の基質予測パイプラインを用い、ヒトプロテオーム、ヒトのミトコンドリアプロテオーム（MitoCarta2.0, MitoMiner IMPI）に対する PARL の基質候補探索を行った。得られた候補に対し、文献検索、データベース検索に加え、最近得られたシングルセルレベルの細胞内局在部位解析の情報を用い、細胞内局在部位の解析を行い、ミトコンドリア以外への局在が確からしいものを除き、最終的に45候補を得ることができた。また、近年、PARL の基質のプロテオーム解析（Saita et al., *Nat Cell Biol.*, 2017）が行われ、新たに4つの基質が同定された。新たに得られた基質と我々の解析で得られた候補リストと比較を行ったところ、それらのうち3つの基質が含まれていた。また、残りの一つに関しては、その isoform がリストに含まれていた。さらに、実験的確認はまだ取れていないものの、プロテオーム解析により得られた基質候補と我々の候補リストの間には、既知の基質も含め、3分の1のオーバーラップが見られた。これらの結果から、我々の候補リストは、新規基質を含んでいる可能性が十分あると考えられ、さらになる解析により新規基質の発見につながると期待できる。今後は、ヒトプロテオーム、ヒトのミトコンドリアプロテオームの解析により得られた PARL の基質候補から、ストレス応答と関連性が推定される候補の絞り込みを行うための解析を進め、候補リストのブラッシュアップを行う予定である。また、有望な候補については、共同研究により実験的検証を行う。

【領域名】生命工学

【キーワード】ミトコンドリア、内膜プロテアーゼ、PARL、ストレス応答、バイオインフォマティクス

【研究題目】ミトコンドリア内膜プロテアーゼにより調節をうける新規ストレス応答因子の探索

【研究代表者】今井 賢一郎（人工知能研究センター）

【研究担当者】今井 賢一郎、深沢 嘉紀
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究は、ミトコンドリアのストレス応答制御として、内膜プロテアーゼ PARL による基質タンパク質切断による局在・機能調節に注目し、新規のストレス応答因子候補を *in silico* 解析による探索を行うことを目的としている。そこで、本年度は、PARL の基質予測パイプ

ラインの開発を行った。既知の PARL の基質は数例しかないが、その特徴としては、1回膜貫通型の膜タンパク質であること、プレ配列を持つことである（持たない場合もある）。したがって、パイプラインの開発には、(1) 内膜タンパク質の膜貫通（TM）領域予測、(2) PARL による切断部位予測、(3) プレ配列予測という3つの予測技術が必要となる。プレ配列予測に関しては、開発済みのため、内膜の TM 領域を予測する技術と PARL の切断部位予測の開発を行い、組み合わせることでパイプラインの開発を行った。

ミトコンドリア内膜の TM 領域は、小胞体や細胞膜の TM 領域に比べ、疎水性も弱く、膜への組み込みに重要な物理化学的性質も異なる。そこで、1回膜貫通型の内膜タンパク質を集め、内膜の TM 領域のアミノ酸組成、物理化学的性質、ホモログ間での配列保存性を特徴量として、機械学習を行うことで、既存手法よりも高精度に内膜の TM 領域を判別できる予測法を開発することができた。次に、切断部位予測であるが、既知の PARL の基質は数例しかないため、同じ Rhomboid 型プロテアーゼファミリーに属する AarA、GlpG、YqgP などの切断部位情報、変異実験情報を取り入れることで配列情報を増幅させ、切断部位付近の配列プロファイルを作成し、それを用いた予測法を開発した。

【領域名】生命工学

【キーワード】ミトコンドリア、内膜プロテアーゼ、ストレス応答、品質管理

【研究題目】新規重希土類資源としてのアパタイトの資源ポテンシャル評価

【研究代表者】星野 美保子（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】星野 美保子（常勤職員1名）

【研究内容】

アパタイトは非常に結晶構造の許容性が高く、100種類以上のグループ鉱物を持つ。特に希土類（REE）含有アパタイトは、化学組成が非常に複雑であり分析が困難であることから、研究例も非常に乏しく、最大でどのくらいの重希土類（HREE）を含有できるかなど、資源利用のために必須の基礎的なデータが不足している。これまでの本研究課題による研究から、南アフリカの Blockspruit とカナダの Benjamin River のような超苦鉄質岩に伴われるアパタイト鉱床に産出するアパタイトは、10 wt%以上の HREE を含有することが明らかとなった。このようなアパタイトから肥料用のリン酸を生成する過程で選択的に HREE を回収できれば、HREE 資源問題へのブレークスルーとなる。そこで、本年度は予備実験として、世界の主要なリン鉱床である南アフリカのパラボラ鉱床のアパタイト鉱石に対して、EDASiDGA という吸着材を用いた希土類の回収試験を行った。この鉱石には、約8,000 ppm の REE が含有されている。EDASiDGA は、鉄やアルミニウムなどの不

純物を多く含む環境でも軽希土類よりも重希土類を選択的に吸着するため、アパタイト試料に有効であると考えられる。アパタイトの分解には、0.5から6 M H_2SO_4 を用いた。分解実験の結果、REE の抽出割合は、 < 2 M H_2SO_4 の低い H_2SO_4 濃度の実験で相対的に高くなることが明らかとなった。これは、低濃度の硫酸によりアパタイト鉱石から REE を抽出することが可能であり、抽出された REE は石膏に取り込まれずに溶液に残留していることを示している。上記の分解実験によって得られたリン酸溶液に対して EDASiDGA を用いた吸着試験を実施した。この実験は、カラムを EDASiDGA で充填し、そこを REE 含有リン酸溶液が通ることで、カラムに REE が吸着されるものである。カラム中の REE は1 M の硫酸を使って簡単に回収することができる。EDASiDGA を使った吸着実験の結果、パラボラ鉱床のアパタイト鉱石を分解した feed 液と比較して、ジスプロシウムを24倍濃縮することに成功した。これは、実験室スケールであるが、EDASiDGA が鉄のような不純物を含む低品位の鉱石から REE を効果的に回収できることを示している。今後さらに HREE を高濃度で含有するアパタイトに対しても吸着試験を進めていく予定である。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】重希土類資源、アパタイト、リン資源、吸着剤

【研究 題 目】マルチ同位体分析による次世代型リチウム鉱床の成因と同位体分別に関する研究

【研究代表者】荒岡 大輔（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】荒岡 大輔（常勤職員1名）

【研究 内 容】

二次電池の普及により需要が増加しているリチウム (Li) の安定供給には、未開発域における塩湖かん水型以外の次世代型 Li 鉱床の探査・開発が必要である。しかし、探査の上で欠かせない、Li 鉱床の成因や形成メカニズムはほとんど明らかになってない。そこで本研究では、国外の次世代型 Li 鉱床を対象に、鉱床内の各鉱物・地層に Li 等の各種同位体比と、絶対年代分析を適用することで、鉱床の成因・形成メカニズムや形成史を明らかにすることを目的としている。

本年度は、当該研究課題を進める上で重要な新しい同位体分析手法を確立し、鉱床からの採取試料に応用した。具体的には、共同研究者と協力イオンクロマトグラフィーとフラクションコレクタを用いた迅速な Li, Mg 同位体分析用元素分離システムを確立し、国際誌に報告した (Yoshimura and Araoka *et al.*, 2018, *Journal of Chromatography A*)。また、ホウ酸塩溶解を用いた固体試料の簡便な Li, Mg, Sr 同位体分析用元素分離システムを開発し、現在筆頭論文を国際誌に投稿中である。

また、カナダの炭酸塩胚胎レアアース-蛍石鉱床において、コア試料を用いて鉱物毎の Mg, Sr 同位体比を測定し、同位体比深度プロファイルを明らかにした。Mg 同位体比、Sr 同位体比共に大きな変動があり、ドロマイト化などの地質記録を反映している可能性があり、現在結果を解析中である。他に、ガンジス・ブナマプトラ川における河川水中の Li 同位体比の変動を明らかにし、低温での水-岩石反応時の Li 同位体比の挙動を解析した結果を国際誌に報告した (Manaka and Araoka *et al.*, 2018, *Geochemistry Geophysics Geosystems*)。さらに、ジルコンを用いた放射年代測定においては、栃木県八溝地域の馬頭岩体に産する深成岩類を対象に、形成時期および形成プロセスを明らかにした結果を国際誌に報告した (Ejima *et al.*, 2018, *Island Arc*)。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】リチウム資源、同位体、水-岩石反応

【研究 題 目】レブリン酸を活用した新規機能性バイオマスプラスチックの開発

【研究代表者】根本 耕司（触媒化学融合研究センター）

【研究担当者】根本 耕司、富永 健一（常勤職員2名）

【研究 内 容】

持続可能な社会の実現のためには、再生可能資源を利用した新たなリファイナリー体系の構築が必要である。近年、このような観点から、豊富に存在するバイオマスを原料として有用な化学品群を製造するバイオマスリファイナリーについて盛んに研究が行われている。バイオマスから合成可能な化合物の中で、特に注目を集めているものの一つにレブリン酸と呼ばれる化合物がある。レブリン酸は米国エネルギー省の定める12の基幹物質の一つにも選ばれており、このレブリン酸を基点として農薬や燃料添加剤、汎用プラスチック原料など多種多様な化学品を合成できることが知られている。当研究グループもいち早くレブリン酸に着目して研究を行ってきた。これまでに、バイオマス原料から直接的にレブリン酸およびレブリン酸エステルを合成することが可能な触媒反応を見出し、バイオマス原料から大量生産するプロセスの実現に目途がつつある。そのような中、本研究では、産総研独自のバイオマスリファイナリー技術の創出を目指して、レブリン酸を原料に合成可能なバイオマスベースの機能性ポリマーの開発に取り組んでいる。昨年度はレブリン酸の機能性モノマーへの変換を試み、バイオマスベースの機能性ポリマーの製造に有効と思われる新たな機能性モノマーを合成した。今年度はレブリン酸をベースに、種々のヒドロキシアルカン酸とのハイブリッド化を検討し、モノマーライブラリーを構築した。さらに、合成したモノマーの重合反応も検討した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】バイオマス、バイオマスリファイナリー、バイオマスベースプラスチック

〔研究題目〕 アミノレブリン酸の X-線増感放射線療法の検証と遺伝子発現解析による作用機序の解明

〔研究代表者〕 高橋 淳子（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 高橋 淳子（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

放射線治療はがんの三大治療法の一つであり、国内で年間20万件以上が実施されている。しかし、小児には照射後の QOL の観点から成人と同等の線量が照射出来なく、耐容線量照射後のがん再発時に再照射が出来ない等、治療効果向上および線量低減ニーズは非常に大きい。光照射により活性酸素を生成するポルフィリン類化合物は、光線力学療法的光増感剤としてがん治療に用いられている。天然アミノ酸の5-アミノレブリン酸（5-ALA）はプロトポルフィリン IX（PpIX）の前駆体であり、5-ALA を経口投与するとがん細胞に PpIX が細胞内に集積するため、脳腫瘍の光線力学診断の光増感剤前駆体として国内で薬事認可されている。PpIX に X 線を照射すると活性酸素が生成することを見出し、光の代わりに X 線を反応駆動力とする「放射線力学療法」を提案し、X-線増感放射線療法としての効果検証、および遺伝子発現解析による作用機序の解明に取り組む。

平成29年度はヌードマウスを用いて各種がんの担がんモデルマウスを作成し、様々な X 線照射条件における5-ALA の増感効果の評価を行った。また、5-ALA の生体内作用について、細胞周期解析や遺伝子発現解析等を行いメカニズムを検討した。

健康人への5-ALA 投与の安全性は、他の治療法の開発で既に確認されている。この為、放射線療法の標準治療プロトコルを用い、人への安全性が確認された条件で5-ALA を投与する「放射線力学療法」の臨床における実現性は非常に高い。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 放射線療法、X 線増感剤、がん治療、5-アミノレブリン酸、ポルフィリン、遺伝子発現解析

〔研究題目〕 検索をベースとした大規模ソフトウェアの変更解析に関する研究

〔研究代表者〕 森 彰（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕 森 彰（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、従来から研究を行ってきた木構造比較アルゴリズムを構文解析木に適用して計算されるソースコードの変更情報を、漏らさずデータベースに格納することで、開発過程で行われたリファクタリングやバグ修正などの変更パターンを、簡単な検索問い合わせにより列挙可能にする技術を開発することを目的としている。

平成29年度は、ソフトウェアの回帰バグの原因を自動的に同定する差分デバッグの研究に引き続き取り

組んだ。大規模 Java プログラムを対象に、回帰バグの原因となったソースコード変更箇所をピンポイントで自動同定するばかりでなく、必要最小限の範囲で正常に稼働していた前バージョンに引き戻す修正パッチを、自動生成することが可能になった。より複雑な構文を持つ C++言語などでも同様の技術を利用できるようにするため、通常のごとの文字列比較による差分計算の結果を用いた差分デバッグツールの実装を行なった。小規模かつ単純な変更を対象とする場合には、予想を上回る性能を示すことが、実験を通じて明らかになった。

リファクタリングパターン検出技術については、海外グループにより発表された、人手による目視確認を経た正解データを対象とした検知実験を行い、既存手法だけでなく、人手による検知結果をも上回る精度と回収率を達成できることが明らかになった。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 ソフトウェア変更解析、リファクタリング、木差分計算、差分デバッグ

〔研究題目〕 第三者による安全性検証が容易な暗号技術の包括的設計手法に関する研究

〔研究代表者〕 花岡 悟一郎（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕 花岡 悟一郎、

Nuttapong Attrapadung、縫田 光司、

松田 隆宏、吉田 真紀、江村 恵太

（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

ネットワーク社会の著しい高度化に伴い、それに適した様々な新暗号技術の提案が行われている。また、それらの暗号技術については、設計者により数学的安全性証明がなされていると主張されている。しかし、ほとんどの場合、その証明は膨大な分量の非常に難解な数式の羅列により構成されており、もはや専門的な研究者であっても、正当性の検証が困難となっている。また、実際に証明の誤りもしばしば発見されている。そこで、本研究では、安全性の検証が容易で、誰もが安全性を確信できる暗号技術の設計のための包括的方法論を構築し、それに基づく具体的な暗号方式を設計する。安全性証明の正当性のみならず、理解の容易さをも全面的に考慮した方法論はこれまで無く、本研究は当該分野全体に対して重要な問題提起を行うものとなっている。

H29年度においては、前年度までの研究により培われた安全性証明技法を適用し、具体的な公開鍵暗号技術の安全性評価に貢献を行った。特に、実用的な量子計算機の完成後も安全性を保障可能な公開鍵暗号の候補として設計された新たな暗号技術に関し、その安全性を比較的簡潔な数学的問題の困難性に帰着可能であることを明示した。また、その際、受動的な安全性のみならず能動的な適応的攻撃者に対する安全性を持つことも明らかにした。また、その他、これまでに設計を行った高度な機能をも

つ暗号技術についての応用についても検討を行った。具体的には、属性ベース暗号を用いた有料放送における視聴制御システムの構成について検討を行い、同システムが従来技術に比べ柔軟な視聴制御が可能となっていることを明らかにした。同システムで用いられている属性ベース暗号は機能が複雑であり、そのため安全性証明も煩雑となるが、本研究により培われた安全性証明技法により安全性証明がなされた技術を用いることで第三者による安全性検証も容易になるものと期待できる。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 公開鍵暗号、証明可能安全性

【研究 題目】 孤立カーボンナノチューブのナノ配列制御と電子デバイス応用

【研究代表者】 田中 丈士（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】 田中 丈士、片浦 弘道、周 波
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内容】

本研究課題では、生体物質である DNA の自己組織化能力を用いて、カーボンナノチューブを配列させることを最終的な目標とし、カーボンナノチューブの構造やエナンチオマー（右巻きと左巻き）の違いが DNA との相互作用に与える影響を調べることを目的としている。平成29年度は、まず、右巻きと左巻きのカーボンナノチューブに対する DNA の相互作用について以前に行った方法で再現性を確認した。次いで、20℃から50℃まで10℃刻みで温度を変更して同様の実験を行ったところ、以下の二点が明らかとなった。(1) いずれの温度においても右巻き(6,5)カーボンナノチューブが左巻きのものより置換が遅い、つまり、DNA との相互作用が強い、(2) 右巻きと左巻きの(6,5)の両方で温度が高くなるにつれて置換が早く進む、つまり温度の上昇に伴い DNA とカーボンナノチューブの相互作用が弱まる。以上より(TAT)4配列を持つオリゴ DNA は、右巻きの(6,5)カーボンナノチューブに対して高い親和性を持つことが明らかとなった。このことは、DNA を用いたカーボンナノチューブのナノ配列制御を効果的に行うにはエナンチオマーをも分離したカーボンナノチューブを用いる必要があることと、配列によってどちらのエナンチオマーを使用するかを検討する必要性を示しており、今後の研究を進める上で重要な知見を得ることが出来た。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 カーボンナノチューブ、エナンチオマー、DNA

【研究 題目】 サイクロイド様サブ波長断面構造での高効率局在プラズモン発生と超高感度センサー応用

【研究代表者】 福田 隆史（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 福田 隆史、古川 祐光、石田 尚之、

茨田 大輔、江本 顕雄

（常勤職員2名、他3名）

【研究 内容】

本研究では、サブ波長スケールの周期を持つ曲面で構成される表面（サイクロイド様サブ波長断面構造）の最適化を通じて、局在プラズモン共鳴スペクトルの狭帯化と屈折率応答性の極大化を図り、そのことを通じて、分光器によるスペクトル計測を不要化する局在プラズモン型長高感度バイオセンサーの実現を目的とした。

当初計画では本研究開発期間は H28年度までであったが、光伝搬解析手法に関して、さらなる成果の上積みが見込まれる状況となったため、1年間の研究期間延長を申請のうえ、その実証を目指した。

H28年度までの解析手法では、一般座標変換と解のマクローリン展開を用いていた。この手法は、マクスウェル方程式を任意の構造に合わせることが可能な汎用性と境界面での電磁界を高速に求められる優位性を持っていたが、遠方解の計算には時間を要する点で弱点もあった。そこで、この点を克服する方法として新たに積分表示の解の探索と構造パラメータによる展開式を用いることを検討した。

積分表示については、二次曲線から構成される放物面座標系におけるヘルムホルツ方程式の解の探索を行った。当該積分表示解は二次多項式で表現される曲線からなる単純な直交曲線座標系であるのにも関わらず、これまでに知られていなかったが、検討の結果、一部の解の積分表示に成功し、伝播元から遠方で解も計算できることを確認した。任意の曲面は局所的には放物面で表されることから、この解を得ることは任意の曲面における解の表現にも有用であると考えられる。また、この成果は本研究目的の遂行に極めて効果的であるのみならず、極めて広範な物理現象への適用が期待される。

【領 域 名】 情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 バイオセンシング、局在プラズモン、サブ波長構造、機能表面制御、色度解析

【研究 題目】 リング型プラズマアクチュエータを用いたタービン翼列先端漏れ流れの能動制御

【研究代表者】 瀬川 武彦（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】 瀬川 武彦、松沼 孝幸（常勤職員2名）

【研究 内容】

リング型プラズマアクチュエータの配置様式や印加電圧条件がタービン翼出口近傍の速度、乱れ度の分布等に与える影響を評価した。風洞試験部に2次元モデルとして用いてきたアルミニウム平板や直線翼列を挿入することで、強制的に漏れ流れを形成した。壁面に埋め込み可能なリング型プラズマアクチュエータは、0.4 mm 厚のシリコーン樹脂両面銅張積層板の片面のみをパターン

エッチングすることで埋め込み電極を形成し、タービン先端面はシリコーン樹脂と対向させた。埋め込み電極からケーシングやタービン先端への短絡を防止するため、電極表面近傍はレジスト塗布による絶縁被膜の形成を行った。また、同手法により作成したリング型プラズマアークチューータを連結し、環状タービン翼列風洞の壁面に分割配置（セクター化）することが可能になった。リング型プラズマアークチューータの性能評価を行った結果、平板先端隙間を0.6 mm から2.4 mm 範囲変化させた場合、隙間が小さいほど同等の漏れ流れの減速を実現するために必要な印加電圧を低減でき、1.0 mm 以下では漏れ流れを完全に抑制できる条件を見出した。また、タービン翼列後流で形成される漏れ渦の抑制効果の検証では、タービン先端およびハブ側の速度分布を PIV 解析を行い、特にタービン先端側の出口近傍において、印加電圧の増大とともに乱れ度と排除厚さが減少することが明らかになった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ターボマシン、省エネルギー、チップクリアランス、漏れ流れ、誘電体バリア放電

【研究 題 目】 マイクロレオロジーセンサーで切り拓くインライン粘弾性モニタリングの新展開

【研究代表者】 山本 泰之（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】 山本 泰之、松本 壮平（集積マイクロシステム研究センター）（常勤職員2名）

【研究 内 容】

液体レオロジーは、分子の力学的な変形の特長や、液体分子間の相互作用などに関する情報を得ることができる物性値であり、医薬品、化粧品、食品、高分子などの産業分野で付加価値の高い測定値として多数測定されている。また、レオメータと呼ばれるレオロジー性質の測定器は、通常1,000万円以上もする高価な機器であり、低価格化と、小型化が望まれていた。特に小型化によって、インライン、その場測定などが実現できれば、液体を用いる産業の広い分野において大きなインパクトを与えられると考えられる。そこで本研究では、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を用いたマイクロレオロジーセンサーの開発を行っている。

2017年度は、製作したセンサーチップを用いて、振動環境下での破壊限界の試行、および粘度測定機能の維持の限界の検出を行った。振動加速試験機を用い、自動車の部品試験方法を参考に、粘度センサの耐振性を評価した。驚いたことに、粘度センサは15 G 程度の大きな加速度を加えた環境下でも破壊されることなく、さらには粘度測定の機能すら維持することができた。うずまき型のセンサは破壊に弱そうなイメージがあるが、実際にはしなやかで大きな変形に対応可能であるため、破壊されることはなかったものと考えられる。上記に加え、開

発したセンサを実用化に近づけるためのホルダーの改良も進めた。液体を扱う現場の状況を把握すると、パイパス流路などで目的の液体を少量だけ抜き出して測定することが現実的であることが分かったため、それに対応した流通型ホルダーを開発した。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 粘度、粘性率、センサ、MEMS、マイクロマシン、プロセス粘度計

【研究 題 目】 集光レーザー摂動による神経細胞ネットワークダイナミクスの解明

【研究代表者】 細川 千絵（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 細川 千絵（常勤職員1名）

【研究 内 容】

集光レーザービームの光摂動を用いて神経細胞のシナプス結合部位に局在する機能分子集合体を操作し、神経細胞の脱分極過程を操作する技術を開発することにより、レーザー摂動による神経細胞ネットワークの時空間制御の実証を目指す。本年度は、昨年度に引き続き AMPA 型グルタミン酸受容体分子を対象として、神経細胞シナプス部位に局在する量子ドット標識 AMPA 受容体の光捕捉過程の蛍光相関分光解析および一粒子トラッキング解析を行い、光ピンセット用近赤外レーザーのレーザー集光領域において AMPA 受容体の分子運動が低下するメカニズムについて考察した。また、細胞表面分子を効率よく捕捉する手法として、表面プラズモン共鳴を利用した光捕捉について検討し、量子ドット標識 AMPA 受容体分子の光捕捉過程において有効な結果を得た。さらに、集光フェムト秒レーザー照射に伴う神経細胞の光刺激メカニズムを明らかにするため、蛍光カルシウムイメージングに加えて薬理実験や神経活動電位計測を行った。フェムト秒レーザー照射に伴い細胞表面に多光子吸収に基づく微小穿孔が生じ、細胞外溶液が神経細胞内に流入し、細胞内の小胞体を活性化することにより細胞内カルシウムイオン濃度が一過的に上昇する一連のメカニズムを明らかにした。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 神経細胞、光ピンセット、フェムト秒レーザー、蛍光解析

【研究 題 目】 Regulatory DNA conserved between phyla

【研究代表者】 フリス・マーティン

（人工知能研究センター）

【研究担当者】 フリス・マーティン（常勤職員1名）

【研究 内 容】

The goal is to increase our understanding of how genomes evolve, and how they encode the information for producing living organisms. The method is to compare different genomic DNA sequences, to see

how they vary, and understand what aspects of the sequences remain conserved. A fundamental requirement for these goals is to accurately infer the evolutionary relationships between each part of (each letter in) the sequences. This year, we finalized and published “last-train”, software that learns the rates of change between two sets of DNA sequences [Bioinformatics 33(6):926]. This is extremely useful, and enables accurate comparison of not only genomes, but also raw “reads” from new DNA sequencing technologies such as nanopore.

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 ゲノム、進化、遺伝子

〔研究題目〕 膵β細胞・自律神経細胞の人工製と神経インターフェース化

〔研究代表者〕 高山 祐三（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕 高山 祐三、木田 泰之、櫛笥 博子、若林 玲実（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では「神経インターフェース技術により膵β細胞のインスリン分泌を制御する手法開発とデバイス化」を目的としている。多能性幹細胞から膵β細胞と自律神経細胞を作製・共培養を行い、電気刺激により自律神経細胞活動制御を介した膵β細胞のインスリン分泌制御を目指す。更には両細胞種を用いた3次元組織化・デバイス化を行い、糖尿病治療のための生体移植デバイスとして発展させることを視野に入れている。本年度はプロジェクト開始4年目の最終年度であり、本研究の要となるヒト多能性幹細胞由来の自律神経細胞の安定使用に向けた最適化を引き続き行った。自律神経への分化誘導過程における発達変化を定量 PCR 解析により詳細に追跡した結果、我々が開発した自律神経誘導手法は、まず多能性幹細胞から神経堤細胞へ分化が起こり、更に神経堤細胞から自律神経系へと分化していくことがわかり、生体内での発生過程を模擬した理想的な手法であることがわかった。この手法により誘導した自律神経をはじめとしたヒト末梢神経系と膵β細胞とを微細加工技術を用いて共培養実験を行い、相互作用に関する成果について国内学会および国際学会にて発表を行った。

更に、作製した自律神経系細胞の詳細な解析のためには、神経系以外の未分化細胞、他種細胞を除去することが重要である。このために、神経系にのみ発現する遺伝子に伴い特定薬剤への耐性遺伝子を発現するウイルスベクターを用いることで、作製した神経系の遺伝子解析を詳細に行えるようになり、作製した神経の遺伝子発現等を詳細に解析中である。以上のように、これまでに得られた研究成果を更に発展させることができたと考えている。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 再生医工学、糖尿病、微細加工、幹細胞、自律神経

〔研究題目〕 スポーツ用義足における生体力学的特性の解明とデータベースの構築

〔研究代表者〕 保原 浩明（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 保原 浩明（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、スポーツ用義足の形状、剛性、アライメント（装着方法）の違いがランニング中の生体力学的特性に及ぼす影響を明らかにすることであった。また、得られた知見に加えて、義足ユーザの体力特性や形態学的特徴を組み込んだデータベースを構築する。データベースは広く一般に向けて公開し、ユーザの体力特性に応じたスポーツ用義足の最適な選定・装着法や、効果的なトレーニング法を指導現場や医科学支援スタッフに提案することを試みる。

三次元動作解析による義足スプリンター18名の運動解析を行った。義足を含む全身80か所に反射マークを貼付し、地面反力および関節角度・関節モーメントの評価を行った。実験課題として、約40 m 走路における全力疾走動作を課した。また、義足スプリンターのレース分析データベースの作成に従事した。ウェブ上にある義足スプリンターの公式動画（100 m 走および200 m 走）内において、各選手の公式タイムと総歩数を計測することでランニングの時空間変数（平均速度・平均ステップ頻度および平均ステップ長）を算出し、個人データ（レース開催年・レース名・予選/決勝・障害クラス・氏名・国籍・使用している義足・公式タイムなど）を紐づけてデータベースに組み込んだ。全データ数は健常者含めて1277名を超えるものとなった。本データベースを利用し、実レース環境中における時空間変数に影響を与える要因について、全期間を通じて網羅的な検証を行った。

本研究期間全体を通じて、義足スプリンターの走パフォーマンスに影響を与える因子として、性別、切断部位、切断側、使用する義足があることが明らかとなった。本研究で得られたデータベースはすでに部分的に公開・共有しており、多様な障害を抱える義足スプリンターの競技力向上だけでなく、運動機会の創出を実現できるよう、継続してデータを収集していきたいと考えている。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 バイオメカニクス、義足、ランニング、パラリンピック

〔研究題目〕 3D イメージングセルソーティング法の開発

〔研究代表者〕 杉浦 慎治（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕 杉浦 慎治、高木 俊之、須丸 公雄、金森 敏幸、田村 磨聖、佐藤 琢

(常勤職員4名、他2名)

【研究内容】

フローサイトメーター等の従来の細胞分離法では、表面抗原をマーカーとして細胞を分離する。一方、がん組織や幹細胞培養系などのヘテロな細胞集団の中にはマーカーの定まっていない細胞も多く、細胞の機能を細胞毎に個別に解析して細胞を分離する手法の開発が期待されている。本研究では、我々の開発した光分解性ゲルを利用して、正常細胞とがん細胞の混合培養系から三次元培養下での形態や、浸潤能、薬剤耐性といった細胞機能を指標として悪性度の高いがん細胞を単離する新手法の開発を目指している。

本年度は細胞分離性能の定量的評価と蛍光イメージング法と組み合わせた細胞分離を推進した。細胞分離効率に関しては、光分解性ゲルへの包埋プロトコルと光照射、ピペッティング回収プロトコルを最適化し、好適な条件においては90%以上の成功率で目的細胞のみを単離するプロセスを確立した。蛍光イメージングに基づく細胞分離に関しては、赤色蛍光タンパク質遺伝子を導入した乳癌細胞(MCF7-RFP)をモデル細胞として使用し、蛍光陽性率の高い細胞を蛍光イメージングに基づいて識別し、光照射に基づいて単離する手法を確立した。この手法を確立したことで、将来的には本研究で開発した細胞分離手法が、表面マーカーや細胞生存率を指標として、特定の細胞を分離する用途に利用できると期待される。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 細胞分離、がん診断、高分子ゲル、医療機器、光化学プロセス

【研究題目】 陸域地下圏の未知アーキア系統群：環境ゲノム情報と培養技術で切り拓くその新生物機能

【研究代表者】 玉木 秀幸 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 玉木 秀幸 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、陸域地下圏環境に棲息する未知アーキア群とその周辺微生物の実体を明らかにし、重要な生物地球化学プロセスにおいて地下圏の未知微生物群が果たす役割の解明を目指している。

今年度は、昨年度までに深部地下圏環境試料から集積培養に成功した未知アーキア・未知バクテリアを含む培養系を対象として、環境ゲノム情報解析(メタゲノム解析、メタトランスクリプトーム解析)を実施し、発酵代謝、メタン生成代謝、酢酸代謝能を持つ新規地下微生物を特定するとともに、その地下圏の炭素循環における役割の解明に関する研究を実施している。

また今年度は、深部地下環境から純粋分離に成功した新規微生物について生理生化学的特性や形態学的特徴、さらには分子系統学的解析を実施した。そのうちの一株は、酢酸を電子供与体として、鉄、マンガン、硝酸、硫

酸等、複数の電子受容体を還元してエネルギーを獲得する新規細菌であることを明らかにした。また分子系統学的解析を精緻に行ったところ、本株は培養頻度の低い門として知られる *Defferribacteres* 門に属するが、既知細菌種との相同性が極めて低いことが明らかとなり、同門に属する新属新種細菌として新学名提案を行い、国際細菌学命名委員会により承認されるなど、成果を挙げている。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 陸域地下生命圏、未知アーキア、新生物機能、生物地球化学プロセス、環境ゲノム解析、培養技術、地下微生物

【研究題目】 全ゲノム操作が拓く難培養細菌の遺伝子工学

【研究代表者】 柿澤 茂行 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 柿澤 茂行、沼崎 るみ (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

難培養性細菌(難培養細菌・未培養細菌)と呼ばれる細菌は、培養が不可能もしくは非常に困難な細菌である。難培養性細菌は決して珍しいものではなく、近年のメタゲノム解析などの台頭により、環境中の微生物の99%以上は培養できないことが明らかとなり、これにより新たな微生物像が浮き彫りとなった。これらの難培養性細菌は、その全ゲノム配列を決めることで多くの知見が得られる一方で、遺伝子のノックアウトや過剰発現ができないという技術的な問題のため、その遺伝子の機能についての確実な証明はほとんどされていないのが現状である。このような状況の中、本研究では、近年開発された「全ゲノム操作技術」を応用することで、難培養性細菌のゲノムを大規模にハンドリングする技術の開発を目指し、難培養性細菌の持つ多様な機能を解明することを目的とする。

本年度はクローニングした難培養性細菌ゲノムを確認した。用いたベクターは、YAC(酵母人工染色体)ベクターであり、そこに耐性マーカーを加え、かつ、マイコプラズマ細胞内での複製に必須な領域を保持したものと、同領域を持たないものの2種類を作成した。確認には主にマルチプレックスPCRとパルスフィールドゲル電気泳動を用いた。加えて、クローニングしたゲノムを大きなサイズに組み上げる系について検討を行った。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 ゲノム、細菌

【研究題目】 アカトンボの体色と色覚の進化

【研究代表者】 二橋 亮 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 二橋 亮 (常勤職員1名)

【研究内容】

アカトンボ(トンボ科アカネ属)は、日本のトンボの

中では桁違いに種数が多く、体色や斑紋に著しい多様性が見られる。一方で、トンボの体色や色覚の進化に関わる分子機構は、現時点では全く解明されていない。平成28年度までに、オプシン遺伝子はトンボの種間で極端に多様化していること、各オプシン遺伝子は、幼虫と成虫および成虫複眼の背側と腹側で全く異なる発現パターンを示すことを確認し、オプシン遺伝子の発現は、異なる光環境への適応と関連性が見られた。また、アカトンボに近縁なチョウトンボで、翅色多型と強い相関がみられる遺伝子を発見していた。平成29年度は、原因遺伝子座の構造を明らかにした結果、相同染色体間に著しい多型が存在することが確認された。さらに、幼虫および成虫の各組織から RNA を抽出して網羅的な遺伝子発現解析を行った結果、翅色多型の原因遺伝子は、幼虫、成虫を通して翅特異的に発現することが確認された。この遺伝子の有無を他のトンボ類でも網羅的に調査した結果、近縁種のベッコウチョウトンボに存在することが確認され、興味深いことにこの種では斑紋多型には関与していないことが示唆された。また、翅色形成に関わる分子基盤を網羅的に調べた結果、翅の斑紋と強い相関の見られる色素合成遺伝子や機能未知遺伝子が複数確認された。さらに、色覚に関わるオプシン遺伝子が、幼虫から成虫にかけての変態に伴い、段階的に発現が変化することが確認された。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 昆虫、トンボ、色覚、遺伝子進化、体色変化

【研究題目】 発光性細胞株アレイを用いた高速PM2.5評価系の構築（国際共同研究強化）

【研究代表者】 金 誠培（環境管理研究部門）

【研究担当者】 金 誠培、藤井 理香

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

化学物質により起こる代表的な細胞内分子イベントは何れも病理現象と深く関係している。本研究では先行科研究費研究により開発した「化学物質の生理活性可視化プラットフォーム」を活用し「化学物質による分子イベントの同定→定量化→病理現象との相関性解明」に繋がる環境・医学連携研究を実施してきた。具体的には、この分野で世界的な技術力と実績を持っているアメリカ・スタンフォード大学医学部の分子イメージングプログラム（MIPS）と国際共同研究を実施してきた。今年度には、基礎発光材料研究と応用研究に分けて研究を実施した。生体応用を見据えた理想的な発光基質は組織透過性の優れた長波長発光を放つことが望ましい。そのため、本年度では、その一環として、赤発光の蛍光色素付きの発光基質類を新規合成し動物細胞に適用する研究を行った。また、発光性能改善に資する新たな人工生物発光酵素（ALuc®）群を樹立した。これらの成果を纏めて、ア

メリカ化学会（ACS）の Bioconjugate Chem と ACS Combinatorial Chem にそれぞれ報告した。現在、この研究成果を基に、青色から近赤外線一気に発光シフトする発光イメージングシステムを開発している。今後、この発光システムをマウスの癌転移モデルに適用する予定である。また、発光基質の発光エネルギーが赤色蛍光色素（Cy5）に伝わる Through-Bond Energy Transfer (TBET) という新概念の発光イメージング方法を開発している。

今後、当該「化学物質の生理活性評価システム」を、スタンフォード大学医学部の動物実験系に積極的に適用していくことにより、高速かつ高感度で化学物質のホルモン様生理活性評価ができることを期待している。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 生物発光、発光プローブ、分子イメージング、リガンド、ルシフェラーゼ、セレンテラジン、化学物質、一分子型生物発光プローブ

【研究題目】 全ゲノム操作が拓く難培養細菌の遺伝子工学（国際共同研究強化）

【研究代表者】 柿澤 茂行（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 柿澤 茂行（常勤職員1名）

【研究内容】

難培養性細菌（難培養細菌・未培養細菌）と呼ばれる細菌は、培養が不可能もしくは非常に困難な細菌である。難培養性細菌は決して珍しいものではなく、近年のメタゲノム解析などの台頭により、環境中の微生物の99%以上は培養できないことが明らかとなり、これにより新たな微生物像が浮き彫りとなった。これらの難培養性細菌は、その全ゲノム配列を決めることで多くの知見が得られる一方で、遺伝子のノックアウトや過剰発現ができないという技術的な問題のため、その遺伝子の機能についての確実な証明はほとんどされていないのが現状である。本国際共同研究強化においては、難培養性細菌ゲノムをマイコプラズマ細胞内に導入することで難培養性細菌の性状を解明することを目的とし、そのためマイコプラズマにおける複製起点を持った新たなベクター系を開発することで、巨大なゲノム断片をマイコプラズマ細胞内に共存させる系の開発を目指す。加えて、酵母内において YAC（酵母人工染色体）ベクター内の配列を自由に操作する技術により、導入した難培養細菌ゲノムを自由に改変すると共に、マイコプラズマ細胞の性質の詳細な解析も行う。

今年度はアメリカの研究所との共同研究を本格的に開始し、マイコプラズマの複製起点の解析やベクター系の検討を行った。加えて、ゲノム融合に用いる候補となるミニマムゲノム細菌について、そのハンドリングと機能解析を行い、重要な知見がいくつか得られた。

【領 域 名】 生命工学

[キーワード] ゲノム、細菌

[研究題目] 動脈硬化の加齢変化の個人差を生むメカニズムの解明-10年間の追跡に基づく検討- (国際共同研究強化)

[研究代表者] 菅原 順 (人間情報研究部門)

[研究担当者] 菅原 順、東本 翼、Rong Zhang (Institute for Exercise and Environmental Medicine (IEEM) Texas Health Presbyterian Hospital) (常勤職員1名、他2名)

[研究内容]

2003~2005年に動脈スティフネスを計測した成人92名(男性51名、初回参加時 52 ± 14 歳)を対象に、2013~2015年に動脈スティフネスを再測定するとともに、質問により習慣的な有酸素性運動量を1週間当たりの消費カロリー(METs×時間)として推定した。また、ET-A受容体とET-B受容体の一塩基配列変異多型(rs5333とrs5351)を調べた。その結果、動脈スティフネスの指標である上腕-足首間脈波伝播速度(baPWV)の10年間での増加量は、ET-A受容体の遺伝子多型がT/T型の者に比べ、T/C型とC/C型の者で有意に高かった。また、ET-B受容体の遺伝子多型がG/G型の場合、baPWV増加量はA/AやA/G型よりも有意に高かった。ET-A受容体がT/C型またはC/C型の場合、ET-B受容体がG/G型の場合をETに関連する遺伝子リスクとみなすと、リスク保有数が増加するほど、baPWVの増加量は段階的に増大し、リスク保有数0の場合に比べて、リスク保有数2の場合では、10年間のbaPWVの増加量が2.5倍以上であった。

一方、習慣的身体活動量の影響に関して、1週間の有酸素性運動量が①5 METs×時間未満(低活動群)、②5 METs×時間以上15 METs×時間未満(中活動群)、③15 METs×時間以上(高活動群)の3群で、10年間のbaPWV増加量を比較すると、高活動群は他の2群に比べて、10年間のbaPWV増加量が1/3以下に抑えられていた。さらに、ET関連遺伝子リスク数と有酸素運動の実施レベルは、それぞれ独立してbaPWVの変化量に影響を与えていることも明らかとなった。すなわち、エンドセリン受容体に関連する遺伝子多型の特定のパターンを持つ場合、動脈スティフネスの加齢に伴う増大が著明であることが、今回の縦断的検討により明らかとなった。一方で、上記の遺伝的リスクを持っていても、習慣的に有酸素性運動を行っている場合は、動脈スティフネスの加齢に伴う増大を抑制できることも明らかとなった。

[領域名] 情報・人間工学

[キーワード] 加齢、動脈硬化度、遺伝子多型、身体活動

[研究題目] 放射線被ばく等への効果的なリスク対策

に資するリスク評価手法・過程に関する研究(国際共同研究強化)

[研究代表者] 内藤 航(安全科学研究部門)

[研究担当者] 内藤 航、上坂元紀(常勤職員1名、他1名)

[研究内容]

限られたリソース(例えば費用や人)や住民のリスクに対する認知の違いがある中で、不確実性を伴う放射性物質の線量・リスク評価の結果を、どのように効果的なリスク対策に繋げるかは、そのコミュニケーションのあり方とともに、国内外において共通の課題である。本研究では、リスク対策及び実践的研究のメタ解析を実施し、それらを通して得た知見や教訓を体系的に整理し、科学的合理性が高く社会に受容されるリスク対策が備えるべき要件とそれを支えるリスク評価とコミュニケーションのあり方を提案することを目的とする。欧州における調査分析を国際共同研究者と密接に連携して行い、リスク対策に対する公衆の認知の国際比較を実施して、より多面的かつ国際的な側面から考察を行う。

平成29年度はノルウェーや英国、ベラルーシ等におけるチェルノブイリ事故後のリスク対策(基準値設定等)の背後にある考え方や導出方法、さらには施行の状況とその効果について、文献と関係者へのヒアリングにより情報を収集・整理した。食品の放射性物質の基準については、基準値導出に係る手順は類似していても前提条件や社会状況に応じて、数倍から数十倍異なる基準値が提示されることがあることがわかった。

[領域名] エネルギー・環境

[キーワード] 放射性物質、リスク評価、リスクコミュニケーション、基準値、リスク対策

[研究題目] 機能性ナノ複合体を用いた生体内多次元細胞操作の創製(国際共同研究強化)

[研究代表者] 都 英次郎(ナノ材料研究部門)

[研究担当者] 都 英次郎(常勤職員1名)

[研究内容]

近年の細胞研究の発展はめざましく、特に光を活用した細胞機能制御技術に注目が集まっている。しかし、従来技術は、生体透過性の低い光を利用するため生体深部領域の細胞機能を制御することはできない。基課題の最終目的は、生命現象の解明を目指した高精度な細胞機能制御技術の開発である。本研究課題では、これまで開発してきた基盤技術を国際共同研究によりさらに発展させ、より高度な細胞機能を有する脳内神経細胞の低侵襲刺激が可能な新しい細胞刺激技術の創製に挑戦する。本研究目的は、生体透過性の高い近赤外光により発熱し、かつ永久磁石により場所移動や構造変化が可能な機能性ナノ複合体を活用することで、生体内の細胞機能を熱と力によりナノメーターレベルで制御する技術を構築することである。本研究では、最終構想にマウス生体中の細胞機

能制御が可能な機能性ナノ複合体の開発を掲げており、本年度は、現地に機能性ナノ複合体の合成と物性解析を実施した。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 ナノ材料、ナノチューブ・フラーレン、ナノバイオ、細胞・組織

〔研究題目〕 資源創成型 CCS 技術の開発に向けた国際共同研究（国際共同研究強化）

〔研究代表者〕 眞弓 大介（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 眞弓 大介（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本課題では、排出 CO₂の削減技術として期待される CO₂回収・貯留（CCS）技術と、油層微生物（群）の機能を最大限活用して残留原油を新たなエネルギー資源（メタンガス）として再生・回収する枯渇油田再生化技術とを両立する資源創成型 CCS 技術の開発を将来目標とし、CO₂地中貯留による生物的原油分解メタン生成反応の促進効果を検証するとともに、そのメカニズムの解明を目指している。

本年度は、国際共同研究の拠点とするカナダ（カルガリー大学）にてカナダ国内の油層地質学データの収集に努め、次年度実施予定の地球化学的・微生物学的データの収集および培養実験の準備を行った。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 油田、油層内微生物、カナダ、原油分解メタン生成経路

〔研究題目〕 原核生物に特異的な遺伝子発現調節機構の解明（国際共同研究強化）

〔研究代表者〕 沼田 倫征（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 沼田 倫征（常勤職員1名）

〔研究内容〕

リボスイッチは原核生物が持つ非コード RNA であり、mRNA の5' 側非翻訳領域に存在する。リボスイッチはそれに対応する個々のリガンドと特異的に結合してその立体構造を変化させ、タンパク質因子を介することなく下流遺伝子の発現を調節する。核酸塩基である preQ1（7-aminomethyl-7-deazaguanine）は tRNA-guanine transglycosylase の作用により、tRNA のアンチコドンに取り込まれた後、キューオシンに変換される。全ての生物にとって、キューオシンはタンパク質合成に不可欠である。原核生物では、preQ1合成遺伝子の5' 側非翻訳領域に preQ1に結合するリボスイッチが存在し、preQ1の生体内濃度をモニターして下流遺伝子の発現を調節している。原核生物は preQ1合成遺伝子を持っており自身で preQ1を合成しているが、真核生物には preQ1合成遺伝子が存在せず食餌からキューオシンを獲得する。したがって、preQ1による遺伝子発現調節は原核生物に特有の機構であるため、preQ1リボスイッチは

新規抗生剤開発のターゲットとなり得る。preQ1リボスイッチと結合する化合物をスクリーニングした結果、11種類のヒット化合物が得られた。WaterLOGSY および SPR によって、preQ1リボスイッチと合成化合物の結合を評価した。また、preQ1リボスイッチと合成化合物との複合体の結晶化を行い、ジベンゾフラン環を持った合成化合物と preQ1リボスイッチとの複合体の結晶構造を決定した。その結果、合成化合物が preQ1結合部位に結合していることが明らかとなった。また、この合成化合物による転写抑制活性を *in vitro* において検討したところ、下流遺伝子の発現を抑制することが判明し、preQ1リボスイッチを標的とした新規薬剤開発の可能性を示唆した。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 リボスイッチ、遺伝子発現調節、ncRNA

〔研究題目〕 フレイル予防のための人間支援デバイスに関する医歯看工の連携研究

〔研究代表者〕 井野 秀一（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 井野 秀一、遠藤 博史、近井 学、細野 美奈子（以上、人間情報研究部門）、岩木 直（自動車ヒューマンファクター研究センター）、榎 浩司（創エネルギー研究部門）（常勤職員6名、他2名）

〔研究内容〕

本課題では、健康寿命延伸に向けて、日常の中で無理なくフレイルを予防し、QOL をサポートする家庭・介護施設向きのシンプルなヒューマンインタフェース（人間支援デバイス）の新たな基盤創出を目標とした研究開発を展開している。特に、三大介助と関係性の深い「食事」「排泄」「運動」に着目し、「口からの楽しい食事」を支えるデバイス開発では、介護食の食感惹起に関する基礎研究と食感惹起の感覚フィードバックデバイスの試作を行い、「トイレでの快適な排泄」を支えるデバイス開発では、トイレでの安楽動作を探る基礎研究と自立排泄のための便座移動デバイスの試作を行い、医歯看工の横断的連携で研究開発を推進する。

今年度は、本研究の土台となる介護食およびトイレの支援技術に関する基礎研究を主に展開した。介護食の食感惹起に関する基礎研究では、食感惹起・拡張のためのデバイス開発の基礎データの収集を行った。咬筋の表面筋電信号を音に変換して疑似的な咀嚼音として聞かせるデバイスを試作し、その疑似咀嚼音の食感に与える効果を調べたところ、柔らかな介護食の噛みごたえ感が増すことを確認した。さらに、咀嚼音が介護食の印象変化に与える効果の有無や強弱を定量的に検証するために、硬さや種類の異なる食品の咀嚼音データベースを作成した。また、トイレでの安楽動作を探る基礎研究では、ト

イレ空間での安全で安楽な起立動作や姿勢保持などの行動をサポートするデバイスに必要な機能スペックを人間工学と看護ケアの視点から調べる生体計測と動作評価等のためのデモ実験の環境モデルを構築した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 ヒューマンインタフェース、福祉工学、食事、トイレ、福祉機器

〔研究題目〕 複数分子を標的とした新薬設計手法の開発

〔研究代表者〕 瀬々 潤 (人工知能研究センター)

〔研究担当者〕 瀬々 潤 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究では、創薬において創薬ターゲットとなる因子を同定するために (1) 遺伝子発現の制御因子の同定、(2) 全ゲノムに渡る変異情報 (GWAS) からの疾患関連因子の同定、の2種類について検討することで、複数分子をターゲットとした創薬、リポジショニングにつながる手法の研究開発を実施した。

本研究においては、特徴の組み合わせを考慮して統計検定を実施すると、多重検定補正が過剰であることを見出した上で、より適切な補正後の有意水準を求める解析的な方法を構築した上で、全ての組合せを高速に計算できるアルゴリズムの開発を実施し、無限次数多重検定法 (LAMP) と名付けた [PNAS 2013, PKDD 2014]。更に、LAMP では、補正後の有意水準を解析的に求めている関係で、過剰に偽陽性率を補正している可能性があったため、計算時間は必要とするが、十分設定した値に近い偽陽性率となる補正後の有意水準を求める手法を、並べ替え法によるシミュレーションを利用することで構築した [BIBM 2013]。更に、GPGPU を用いた高速化を実施し、HWY と名付けた [ACM BCB 2015]。

本研究では手法構築だけに留まらず、実データへの応用も進めた。以上の手法を酵母の高温ストレス環境下における遺伝子発現制御因子の同定や、ヒト乳がん細胞における制御因子の同定に適用することで、今までは見過ごされてきた複数の因子に関し、相乗的に関与している可能性が示唆された [PNAS 2013]。

更に、全ゲノム情報 (GWAS) からの疾患推定を実施するため、遺伝統計学で頻繁に用いられるソフトウェアである PLINK に LAMP を組み込んだ LAMPLINK の開発を実施 [Bioinformatics 2016] し、github を通じて広く公開している。以上の手法を日本国内の大規模コホート研究で観測されている情報に適用し、複数の変異が疾患に関わる例を発見できている (未発表)。医学・生物学者と組むことで、新たな創薬ターゲットの同定へとつながる示唆が得られており、今後検証を進める。

〔領域名〕 情報・人間工学、生命工学

〔キーワード〕 遺伝子発現、創薬、GWAS、無限次数多重検定法

〔研究題目〕 人型システム力学理論の新展開とインタラクション指向モーシオンシンセシスの創成

〔研究代表者〕 吉田 英一 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 吉田 英一、遠藤 維、吉安 祐介、鮎澤 光、今村 由芽子、

Kheddar Abderrahmane

(常勤職員5名、他1名)

〔研究内容〕

本研究では、ヒューマノイドや人体モデルを含む人型システムの力学理論を、物理量間の陰的な微分関係の観点から捉え直して再構築し、環境や人工物とのインタラクションを伴う複雑な運動の理解と合成を可能とする新たなモーシオンシンセシスの枠組みを明らかにする。平成29年度は、剛体の運動を包括的に扱う18次元多様体 (CMTM) を考案し、剛体の位置・姿勢および速度・加速度を包括的に扱える新たな運動学理論を構築した。これにより、球面関節や非駆動自由関節を含む多リンク系の基礎的な物理量 (位置・速度・加速度・力・モーメント・トルク) の、一般化座標・速度・加速度に関するヤコビ行列の解析解と高速な計算法を開発した。例として、パラメータ同定を行う動作全体のパフォーマンスを最適化することに成功した。人型システムの運動軌道が与えられたときに、その運動軌道における各時刻を新たな変数として、非駆動ベースの一般化座標を含めた時間軌道を最適化する二次計画法を考案し、人型ロボットによる人動作模擬軌道に対して適用して有効性を検証した。実問題への適用においては、光学式モーシオンキャプチャによる計測において、機器とのインタラクションを伴う人間動作に関する基礎データ取得のため、光学式モーシオンキャプチャシステムと床反力計、圧力センサ、力センサ、筋電計を同期計測する環境を構築し、実際に立ち上がり、歩行等の全身運動の動作計測を行った。さらに、物体に対してインタラクションする人体や流体の軌道から抽出することで、物体の局所的な形状に影響されずにより抽象的に物体の機能を表現可能な機能的特徴量を提案した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 デジタルヒューマンモデル、モーシオンシンセシス、動力学解析、最適化

〔研究題目〕 バイオマスの全構成成分有効利用を目指した化成品原料への逐次的変換

〔研究代表者〕 山口 有朋 (化学プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 山口 有朋、佐藤 修、三村 直樹 (常勤職員3名)

〔研究内容〕

本研究では、非可食性バイオマスであるリグノセルロース (木質バイオマス) のセルロース・ヘミセルロース・リグニンをすべて有用化学物質に変換する技術開発

に取り組んでいる。木質バイオマスを反応物として担持金属触媒を用い、低い反応温度でセルロース・ヘミセルロースの水素化分解による糖アルコールへの変換、続いて、より高い反応温度でリグニンの分解反応による芳香族化合物への変換を行う。リグニン分解反応後には、担持金属触媒のみを固体として回収し、触媒を再利用する。本研究では、両反応に高い活性を示す新規触媒の開発と全体のプロセス設計を行う。本研究の実現により、木質バイオマスの全成分を効率的に化学品原料へと変換可能となり、炭素循環社会の実現に貢献できる。

木質バイオマスを反応物として、まず木質バイオマスに含まれるセルロースおよびヘミセルロースを糖アルコールに変換することを検討し、スズに炭素担持白金触媒 (Pt/C) と水素を加え、反応温度190 °Cで反応させることにより、ソルビトールやキシトールなどの糖アルコールに変換可能であることをいままでに明らかにしている。固体残渣として、担持金属触媒とリグニンが残存する。その固体残渣 (主に担持金属触媒とリグニン) を400 °Cで処理することにより、リグニンの分解反応が進行し、ベンゼン、フェノール、トルエン、エチルベンゼンなどが得られた。本年度は高性能バイメタル触媒の開発を行い、白金とルテニウムのバイメタル触媒を用いると、木質バイオマスのセルロース・ヘミセルロースから高い収率で糖アルコールが得られることを明らかにした。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 木質バイオマス利用、担持金属触媒、高温水反応場

【研究 題目】 非アルコール性肝障害の発症機序解明および早期診断法の確立と予防法の提案

【研究代表者】 吉田 康一 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 吉田 康一、堀江 祐範、室富 和俊、七里 元督、梅野 彩 (常勤職員4名、他1名)

【研究 内容】

【背景】 非アルコール性肝障害 (NASH) は糖尿病と併発することも多く、その完全な治療法は知られていない。さらに、確定診断には生検が必要なため、早期診断が困難である。本研究の目標は、糖尿病と NASH との因果関係を明らかにし、NASH 早期診断のためのバイオマーカーを見出すことである。さらに、本バイオマーカーを用いて、NASH 治療法を確立する。

【計画】 平成29年度は、モデル動物実験を中心に、NASH 群、糖尿病群、NASH および糖尿病併発群による独自の脂質代謝物マーカーを含む約20種類のバイオマーカーに関して病態による変動および介入試験を実施する。

【成果】 動物実験に関して、NASH 発症動物 TSOD を用い、病態を悪化させかつ糖尿病を発症させる目的で、2種類の高脂肪食 F2WTD および STHD-01を与えた際

の糖尿病および NASH 症状を解析した。通常食 TSOD マウスと比較して、高脂肪食を与えた TSOD マウスの体重は増加し、耐糖能異常が悪化した。肝重量は F2WTD では通常食の約2倍、STHD-01では約2.5倍で顕著な肥大が生じ、肉眼的にも脂肪の蓄積が顕著であった。高脂肪食 F2WTD および STHD-01を負荷することによって TSOD マウスの肥満・糖尿病病態が悪化することが明らかとなり、NASH 病態も増悪している可能性が示唆された。細胞実験に関して、培養肝細胞に対し脂肪酸添加することで樹立する脂肪肝モデルの作製を試行、NASH 同様、肝細胞死が誘導されるパルミチン酸添加条件を決定した。一重項酸素発生剤エンドパーオキシド (EP) を用いて、ヒト肝がん細胞 HepG2内外で一重項酸素を発生させる条件を決定。EP を用いて、高濃度の一重項酸素に暴露された際の細胞応答を解析した。ヒト試験に関しては現在協力病院での被験者リクルートを進めている。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 非アルコール性肝障害、酸化ストレス、早期診断、治療法、運動

【研究 題目】 実環境中ウイルス検出用外力支援近接場照明バイオセンサシステム

【研究代表者】 藤巻 真 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】 藤巻 真、島 隆之、久保田 智巳 (常勤職員3名)

【研究 内容】

本研究開発の目的は、環境中に存在するウイルスを検知して感染を予防することのできるウイルスセンサの開発であり、実環境下で1ウイルス粒子検出が可能なウイルスセンサの実現を目標としている。人に感染するウイルスとしては、ノロウイルスやインフルエンザウイルス、動物ウイルスとしては、ネコモルビリウイルス、ネコパラミクソウイルス、ウシ白血病ウイルスなど、下水処理水などにおいては、植物ウイルスであるトウガラシマイルドモットルウイルスなどを標的としてセンサ開発を行う。

今年度の成果として、ノロウイルスのウイルス様粒子検出において、4桁の検出ダイナミックレンジを達成した。この成果によって、100~100000粒子/1 mL のノロウイルス検出が可能となった。高感度化においては、インフルエンザウイルスを用い、ウイルスタンパク質をターゲットとすることによって、実質的に1粒子/1 mL の検出に成功した。この結果は、センサの液セルに注入する検体中にウイルスが1つでも含まれていれば検出できることを示しており、環境中ウイルス検出を実現する大きな一歩となった。実環境対応としては、トイレから採取した水中にノロウイルスのウイルス様粒子を混入させて検出試験を行い、検出が可能であることを実証した。

DNA プローブを用いた検出系の開発も行い、インフ

ルエンザウイルス A 型の同定用プライマーと PCR 産物の配列をもとに、性能試験用のビオチン化 DNA プローブと検出用 DNA 配列をそれぞれ設計、入手して検出準備を行った。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 バイオセンサ、ウイルス、免疫アッセイ、抗体、DNA プローブ

【研究 題 目】 光周波数標準を用いた光時系の実現

【研究代表者】 保坂 一元 (物理計測標準研究部門)

【研究担当者】 保坂 一元、洪 鋒雷、鈴山 智也、小林 拓実、稲場 肇、赤松 大輔 (常勤職員5名、他1名)

【研究 内 容】

本研究の目標は光周波数標準を用いた高精度な時系「光時系」の構築である。時系の生成には連続的に可動する発振器が必要だが、当研究所が保有する水素メーザーを用いる。水素メーザーの周波数揺らぎを光周波数標準を用いて定期的にステアリングすることで、高精度な「光時系」を生成する。光周波数標準には、当研究所が世界に先駆けて開発した Yb 光格子時計を用いる。研究課題の一つは、光格子時計の長期運転の実現である。光格子時計は多数の光源から構成される複雑な装置であり、一般的に長期運転が難しい。そのため、周波数安定化レーザーの堅牢性の向上、システムの小型化を行う必要がある。光時系構築のために長期運転可能な Yb 光格子時計を新たに開発することにした。平成29年度は、光格子時計の装置開発および、光格子時計としての動作確認を行った。開発した光格子時計は数時間程度の連続運転を行うことができるレベルになった。そして、約1ヶ月にわたり毎日数時間の運転に成功した。今年度に得られた結果は、国内学会、国際学会で発表した。また、論文投稿予定である。光格子時計の開発と並行して、水素メーザーのステアリングのシミュレーションを行い、ステアリング頻度の検討を行った。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 光格子時計、光周波数標準、時系

【研究 題 目】 多色人工生物発光を用いた低分子化学物質の生理活性評価プラットフォームの創製

【研究代表者】 金 誠培 (環境管理研究部門)

【研究担当者】 金 誠培、藤井 理香 (常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

本課題では、低分子化学物質より引き起される代表的な細胞内分子イベントを特異的な発光色により高速評価する、多色発光評価プラットフォームを創製することを目的に研究を進めてきた。

本課題の初年度である今年度の研究では、大きく分け

て(1)基礎発光基質の有機合成(慶大・産総研)と新規人工生物発光酵素の開発(産総研)、(2)人工生物発光酵素の立体構造解析業務の実施(高エネ研)、(3)化学物質のホルモン様活性を可視化する新たな発光プローブの開発(産総研)の三つの流れで研究を実施してきた。以下、その詳細を説明する:まず(1)の課題においては、基質と酵素の両側から発光信号の多色化を目指して実験を進めた。例えば、蛍光色素付きの発光基質類を新規合成し、光らせることにより青・緑・赤色発光を実現した。また、新規人工生物発光酵素(ALuc®)群を新たに樹立した。これらの成果は、アメリカ化学会(ACS)ジャーナルにそれぞれ報告した。(2)の課題においては、ALuc®類はシステイン含有量の多いことを配慮しつつ、最適な結晶化条件を多数試してきており、引き続き結晶化条件を変えながら結晶化と構造決定実験を進めている。(3)の課題においては、免疫毒性物質でありながらも長寿要因物質でもあるラパマイシンの生理活性を可視化するイメージングプローブの開発を行った。このプローブを開発するために、ラパマイシンと特異的に結合することが知られている FRB と FKBP を ALuc23の両端に繋げて、ラパマイシン依存的な発光輝度の変化を測定した。この成果も ACS 系のジャーナルに報告した。

まだ論文報告までには至っていないが、青色から組織透過性の優れた近赤外線に共鳴エネルギーが移動する現象(BRET)を活用した新たな発光システムを開発し、動物個体で癌の転移を中心とした病理現象解明実験を行っている。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 生物発光、ルシフェラーゼ、セレンテラジン、高速評価、多色発光評価、化学物質、ホルモン様活性、発光プローブ

【研究 題 目】 シリコン量子ビット集積化に向けたスピ
ン結合基本技術の創製

【研究代表者】 安田 哲二 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 安田 哲二、森 貴洋 (常勤職員2名)

【研究 内 容】

大規模で高速な情報処理を可能にする量子コンピュータに近年注目が集まっている。その代表的な基本素子は、超伝導量子ビットと Si スピン量子ビットである。後者は前者に比べて、Si LSI の大規模集積化技術が利用できる優位性を持つ一方で、集積化実現の鍵となるビット間スピン結合技術の目処が全く立っていない。本研究では、最先端 Si プロセス技術の活用によりスピン結合を実現する基本技術として、距離の離れたビット間のスピン状態を結合させる素子の開発を目指す。具体的には、トンネル電界効果トランジスタ(TFET)型スピン量子ビットを用いたスピンチェーン型スピン結合素子の実証実験を実施する。

本年度はスピン結合機能の検証実験の舞台となる等電子トラップ (IET) 不純物を導入した TFET のスピン量子ビット作成プロセスの改善に取り組んだ。具体的には、IET-TFET 型量子ビットをスピン結合機能検証実験により適した構造とするために、ゲート幅の縮小と、IET 不純物の位置制御技術の開発を進めた。

ゲート幅の縮小のために、まず電子線描画装置による試作プロセスを確立した。産総研に今年度導入された高加速電子線描画装置を用いてリソグラフィ工程の条件出しを完了し、素子分離加工のための反応性イオンエッチング工程を最適化した。その結果、平面型 TFET 構造においては最狭ゲート幅 100 nm、フィン型 TFET 構造においては 50 nm 幅を実現するプロセスが確立された。IET 不純物の位置制御技術については、50 nm 角のイオン注入窓を開くリソグラフィ工程を確立した。以上により、スピンチェーンによるスピン結合の実証を目指す実験に着手する準備が整った。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】トンネル FET、量子ビット、スピン結合素子、シリコン

【研究 題 目】油層の地球化学的・微生物学的特性に合わせたテララーメード型枯渇油田再生技術の開発

【研究代表者】坂田 将 (地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】坂田 将、眞弓 大介、
玉木 秀幸 (生物プロセス研究部門)
(常勤職員3名)

【研究 内 容】

油層環境の生物的原油分解メタン生成ポテンシャルを評価するため、東北日本地域の油ガス田から採取した原油の炭化水素組成を GC (ガスクロマトグラフ) - FID (水素炎イオン化検出器) と GC-MS (質量分析計) で分析した結果、多くの原油では n-アルカンが最も多い成分である一方、一部の原油 (A 油田) ではプリスタン、フィタンなどのイソプレノイドアルカンが n-アルカンよりも多く、原油生分解の影響が示唆された。また、ガス成分 (メタン~ブタンや二酸化炭素) の組成と炭素同位体比を GC-メタナイザー-FID と GC-C (燃焼) -IRMS (同位体比質量分析計) で分析した結果、特に A 油田のガスにおいて二酸化炭素、プロパン、n-ブタンの炭素同位体比が相対的に高い特徴があり、炭化水素の生分解とメタン生成の影響が示唆された。さらに、微生物の生育に影響する油層水中の各種イオン (塩化物イオン、アンモニウムイオン、リン酸イオン) など、微生物の生理活性に関わる各種微量金属イオンやビタミン類、及びメタン生成菌と競合する微生物の生育に関係する各種イオン (硫酸イオン、硝酸イオン、亜硝酸イオン、鉄イオン) の濃度を測定した。その他に、原油分解反応における最初の代謝産物であるアルキルサク

シネートやベンジルサクシネートなどのアルカン誘導体、ベンゼン誘導体の油層水中濃度を GC-MS で測定し、原油分解メタン生成の兆候をより高精度に明らかにした。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】東北日本地域、油層微生物、原油生分解、メタン生成ポテンシャル、炭化水素組成、炭素同位体比

【研究 題 目】認知課題訓練効果の汎化と自動車運転能力向上の脳活動データにもとづく予測

【研究代表者】岩木 直 (自動車ヒューマンファクター研究センター)

【研究担当者】岩木 直 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究の目的は、空間的イメージの仮想的操作のパフォーマンスが訓練により向上する神経メカニズムを、非侵襲脳機能計測技術を用いて計測・解析するとともに、その訓練効果がどのような機序で直接訓練されていない認知機能に及び、さらに日常生活に空間的イメージ操作が必要とされる場面での行動能力に波及するのかを予測することが可能な認知神経学的モデルを構築することである。この目的に向けて、今年度は空間的イメージ操作課題の遂行に必要な脳部位を特定し、今後の実験における関心領域を設定するために基礎となるデータを得るため、メンタルローテーション課題遂行時に取得した fMRI 画像解析を行った。この結果、高次視覚野と上頭頂部および高次運動野を含む、視覚情報処理と視空間処理を担う脳部位を特定することができた。これらの結果は、来年度以降に行う、空間的イメージの仮想的操作訓練前後で課題遂行パフォーマンスの向上に資する脳活動変化を調べる基礎データとして用いられる。また、訓練による脳構造と機能の変化を計測するための、安静時 fMRI と拡散強調画像 (DTI) 計測の予備実験を行い、われわれの MRI 装置を用いてこれらの計測が可能であることを確認した。同時に、空間的イメージの仮想的操作訓練のために用いるスマートフォン/タブレット端末用アプリの設計と実装を行った。この結果、メンタルローテーション課題を用いた空間的イメージ操作訓練の実施と、遠隔地からの各訓練セッションにおける課題遂行パフォーマンスの記録とチェックを行うことが可能になった。さらに、空間的イメージの仮想的操作訓練の、他の認知課題への汎化を調べるための認知課題について検討した結果、メンタルローテーション課題以外に、単純な視覚的オブジェクト認知課題、パースペクティブ・テイキング課題を含めることにした。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】視空間処理、メンタルローテーション、脳機能ネットワーク

【研究 題 目】情報幾何学に基づく分布データに対する

機械学習手法の開発

〔研究代表者〕 赤穂 昭太郎（人間情報研究部門）
 〔研究担当者〕 赤穂 昭太郎、村田 昇（早稲田大学）、
 日野 英逸（統計数理研究所）、
 藤木 淳（福岡大学）
 （常勤職員1名、他3名）

〔研究内容〕

本研究課題では、確率分布としてデータが与えられたときの機械学習アルゴリズムを情報幾何学的な観点から開発することを目的とし、以下の成果を得た。

課題1「確率データ解析の情報幾何学的な統一的理解」については、モード回帰問題に対して、カーネル密度推定に基づく従来手法が情報幾何学的な観点から解釈できることを明らかにした。また、ロバスト統計との関係性も見出した。

課題2「ノンパラメトリック確率データ解析法の開発」については、無限次元の自由度をもつガウス過程回帰についての情報幾何学的次元圧縮アルゴリズムについての予備的な考察を行い、基本となるガウス過程間のカルバックライブラーダイバージェンスが、事前分布を共有しているという条件で学習サンプル点における有限ガウス分布の間のダイバージェンスで評価できることがわかった。したがって、ガウス過程回帰の次元圧縮を有限次元の問題として解決できる目途が立った。

課題3「地球科学・脳科学データなど実データへの適用」については、地質データに関して、非負値行列分解手法を応用として、岩石組成からの端成分の抽出の試みを行った。また、非負値行列分解手法とディープラーニングを組み合わせることで楽器音の音名識別への応用を試みた。また、脳科学への応用として、多点電極を用いた神経スパイクデータからの神経ネットワーク推定に際し、興奮性細胞と抑制性細胞の推定のため、情報幾何学的な em アルゴリズムを応用した射影による推定アルゴリズムを提案し、実データにより有効性を確認した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 アルゴリズム、機械学習、幾何学、関数解析学、パタン認識

〔研究題目〕 次世代協働ロボット：行動神経学に基づく「安心できる」ロボットの動きの解明

〔研究代表者〕 山野辺 夏樹（知能システム研究部門）
 〔研究担当者〕 山野辺 夏樹、Gowrishankar Ganesh、
 吉田 英一、Daphné Heraïz-Bekkis、
 加藤 咲季、Mathias Mouchrik
 （常勤職員2名、他4名）

〔研究内容〕

本研究では、人間と作業空間を共有する協働ロボットを対象として、どのようなロボットの動きに対して人間が安心かつ心地よさを感じるのかを明らかにする。ロボットと協働する人間の感覚については、これまでほとん

ど扱われてきていない。本研究では、「近接空間」の概念を導入し、共同作業中の協調は無意識にその空間を維持しようとすることで相互作用的に生じているという仮説を検証する。人間同士／人間－ロボットによる共同作業の実験から近接空間を抽出・モデル化し、その空間に基づく人間に安心感を与えるロボット動作を導出することを目標とする。共同作業としては手渡しや形合わせ作業を対象として、人間同士での実験を行い、測定したデータに機械学習と計算モデルを適用し、心地よい協調動作を実現する近接空間を抽出・モデル化する。次に人間の挙動を再現するロボットを導入し、人間－ロボットの共同作業の実験を行い、ロボットの人間動作に与える影響を解明する。これらの結果に基づき、その空間を尊重しつつ作業を実行するロボット制御器を構成し、妥当性を検証する。本年度は、主に手渡し作業を対象として人間同士の実験を行った。視覚フィードバック有り・無しの場合の作業実験から、人はパートナーの動作を事前に予測しており、そのモデルを元に動作を生成していることが分かった。またその予測に大きな影響を与えている身体的・社会的特徴のパラメータについても抽出し、影響度等の解析を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 協働ロボット、行動神経学、動作生成

〔研究題目〕 オブジェクトピッキングの観点に基づく物品配列パターンと把持動作計画

〔研究代表者〕 永田 和之（知能システム研究部門）
 〔研究担当者〕 永田 和之、万 偉偉、原田 研介、
 山野辺 夏樹、朝岡 忠、千葉 貴文
 （知能システム研究部門）、多田 充徳
 （人間情報研究部門）
 （常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

家庭内や物流倉庫、店頭で陳列・収納されている物品は、収納効率を上げるために特定の配列パターンで置かれており、物品の取り方は、物品の配列パターンに応じて選択される。本研究は、物品の配列パターンに注目した把持技術を確立し、家庭内や物流倉庫に収納された物品のピッキングをロボットで実現することを目指す。そのために、まず、日常環境における手の使い方と物品配列の両方のデータを収集し、データ解析から配列パターンの分類と、配列パターンに対する把持戦略の適用確率を明らかにする。また、日常環境で収納された物品群の配列パターンの認識技術を開発する。

本年度は、物品配列パターンと把持戦略との関係を統計的に明らかにするため、10名の被験者実験を行い、オブジェクトピッキングにおける物品配列パターンと手指の運動の関係を統計的に調べた。また、配列された物品間の隙間が把持戦略に与える影響について調べるため、8名の被験者実験を行った。

陳列・収納された物品の配列パターン認識として、環境中に同じ配列パターンで置かれた物品群の領域抽出と、その領域内の配列パターンを識別する手法を開発した。物品の陳列・収納においては、ある程度サイズが揃った同一種類の物品が纏まって置かれていることに注目し、SSDなどの既存の一般化物体認識手法を用いて個々の物品の Boundary Box を抽出し、Boundary Box の位置とサイズを特徴ベクトルとしてクラスタリングを行うことで同じ配列パターンをもつ物品群の領域抽出を行った。また、抽出された領域内の画像を入力として CNN により物品配列パターンの認識を行った。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】物品配列パターン、把持戦略、配列パターン認識

【研究 題 目】感性・意欲・情動系神経ネットワークを駆動する運動プライミングの神経基盤の解明

【研究代表者】高島 一郎（人間情報研究部門）

【研究担当者】高島 一郎（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究課題は、運動学習時に感性・意欲・情動系神経ネットワークを駆動する脳への操作が、運動学習や運動機能回復に有効に作用することを証明し、ドーパミン系やコリン系の賦活化が、運動学習中の運動野皮質の活動をどのようにモジュレートするのかを明らかにすることを目的とする。

本年度はまず、腹側被蓋野や前脳基底部といった脳深部核への電気刺激の効果を運動課題学習中のラットで検証し、腹側被蓋野への刺激が歩行学習課題における運動パフォーマンスを向上させる可能性を示す結果が得られた。そこで、脳深部の直接電気刺激に加え、前頭葉皮質の経頭蓋電気刺激による脳深部核のリモートアクティベーションの可能性を調べる実験を開始した。現在までに、経頭蓋電極の直下においては、数十分間かけて徐々に神経活動が高まる長期増強現象が見られることが明らかになっている。また、嗅覚刺激を用いる実験系では、嗅覚皮質の賦活化が一過性の乳酸産生を促進する現象に着目した。本年度は、酵素センサを組み込んだマイクロ流路デバイスを試作し、辺縁系皮質を含む脳スライス標本が産生する乳酸シグナルをリアルタイムで計測できる実験系を確立した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】運動学習、リハビリテーション、ニューロモジュレーション

【研究 題 目】レーザー誘起細胞内分子秩序化による神経活動ダイナミクスの制御

【研究代表者】細川 千絵（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】細川 千絵（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、集光レーザービームの局所力学摂動により神経細胞に局在するタンパク質分子を能動的に操作し、摂動に伴い過渡的に応答する細胞内分子秩序形成、さらには分子秩序化により誘発される神経活動の時空間ダイナミクスを明らかにする。今年度は、細胞摂動用レーザー光源であるフェムト秒レーザーを任意の位置で照射可能とするため、現有の顕微鏡システムに空間光位相変調器を導入し、顕微鏡光解析システムを改良した。ラット海馬由来培養神経細胞のシナプス部位に局在する神経伝達物質受容体分子を対象とし、光ピンセット用近赤外レーザー照射により量子ドット標識受容体分子の分子運動が遅くなることを示し、レーザー照射に伴う分子秩序化の可能性が示唆された。光ピンセット用波長1064 nm のレーザーに加えて、捕捉対象分子に吸収のある弱いレーザー光を同時に照射することにより、細胞表面分子を高効率に捕捉する手法の検討も開始した。さらに、細胞摂動用の集光フェムト秒レーザー照射に伴う神経細胞の光刺激過程の蛍光解析のため、フェムト秒レーザーの短時間照射に伴い外液である蛍光色素溶液が細胞内に流入する過程を解析し、レーザー照射後において細胞膜の修復を示唆する結果を得た。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】レーザー、神経細胞、顕微鏡光解析

【研究 題 目】リチウムの循環利用による環境調和型白金族回収システムの構築

【研究代表者】粕谷 亮（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】粕谷 亮、大橋 文彦（常勤職員2名）

【研究 内 容】

白金族回収における溶解工程では、従来、王水等が用いられているが、王水に由来する硝酸（硝酸性窒素）は排出規制の対象となっている。当グループでは複合酸化物を経由することで、塩酸のみで白金族を溶解できることを見出した。本プロセスは今後も続くであろう窒素排出の規制強化に対する打開策となりうるが、原料に比較的高価なりチウム塩を用いるためコスト競争力に乏しい問題がある。本研究ではこの問題を解決するため、リチウム循環利用プロセス（リチウムイオン二次電池（LIB）等廃材からのリチウム回収、複合酸化物プロセスでの再使用および溶解液からのリチウム回収）の確立を主な目的とする。

初年度は LIB を構成する材料モデル、およびモデル酸溶液を用いて実験を行った。LIB 正極活物質モデルを不活性雰囲気中で焼成後、水浸出を行った後に蒸発乾固させることで再生リチウム塩を得た。再生リチウム塩はほぼ単相の炭酸リチウムであり、試薬を用いた場合と同様に白金との複合酸化物（ Li_2PtO_3 ）を形成、塩酸に100%溶解できた。また、モデル酸溶液を用いたリチウム吸着・濃縮実験を行い、低環境負荷条件下においての

吸脱着プロセスの最適化及び高効率化について検討した。その結果、模擬廃液からのリチウム吸着率は、共存他元素と比較して10倍以上であることを明らかとした。また、電解質中のフッ素を分離回収するため、電解質モデル (LiPF₆) に炭酸カルシウムを添加し、熱分解時に発生するフッ素を CaF₂として固定する手法を検討した。バッチ式反応の場合、反応時間5時間で50 %程度のフッ素を固定できることがわかった。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】貴金属、リサイクル、溶解、分離精製

【研究 題 目】アパタイトナノ複合膜のレーザー迅速成膜による高機能化歯面の構築と歯周治療応用

【研究代表者】大矢根 綾子 (ナノ材料研究部門)

【研究担当者】大矢根 綾子、奈良崎 愛子、
中村 真紀、坂巻 育子、黒崎 諒三、
亀山 智子 (常勤職員3名、他3名)

【研究 内 容】

生理活性物質とアパタイトのナノ複合膜を歯面上に迅速成膜するための、2種類のレーザー技術 (液中成膜技術、膜転写技術) の開発を進めた。用いるレーザーは両技術に共通で、Nd:YAG ナノ秒パルスレーザー (基本波 1064 nm) を採用した。液中成膜技術では、歯のモデル物質である焼結水酸アパタイト基材を用い、基礎的な条件検討を行った。焼結水酸アパタイト基材の光吸収性の違いにより、Nd:YAG ナノ秒パルスレーザーの基本波および2倍波よりも、3倍波 (波長: 355 nm) が成膜に有効であることを明らかにした。また、たった5分のレーザー照射で成膜が可能であることを確認した。膜転写技術では、光学的に透明なサポート基板の表面にアパタイト原料膜を作製した。サポート側から原料膜へのNd:YAG ナノ秒パルスレーザーの基本波のシングルショット照射により、対向配置したレーザー基材上への膜転写を検討した。レーザー照射時のアパタイト膜への衝撃を低減するため、原料膜/サポート基板界面で効率的にアブレーションを起こす犠牲層等を導入した結果、レーザービームパターンに応じたアパタイト膜のレーザー基材上への転写を確認できた。

【領 域 名】材料・化学、エレクトロニクス・製造

【キーワード】リン酸カルシウム、アパタイト、レーザー、歯、転写、コーティング

【研究 題 目】近位大動脈ウインドケッセル機能-脳循環動態連関の解明: 脳疾患発症予防の基礎研究

【研究代表者】菅原 順 (人間情報研究部門)

【研究担当者】菅原 順、前田 清司 (筑波大学)、
東本 翼 (Institute for Exercise and
Environmental Medicine (IEEM))

Texas Health Presbyterian Hospital)、
田中 弘文 (テキサス大学オースティン校) (常勤職員1名、他3名)

【研究 内 容】

脳血管疾患は要介護の主要因であるが、この発症リスクは加齢に伴い増大する。すなわち、超高齢社会を迎えた本邦において、脳血管疾患の発症予防は健康の保持・増進、QOL の向上、さらには高騰する医療費・介護費の抑制に直結する火急の課題といえる。これを踏まえ本研究では、「リスク評価」及び「ライフスタイル・モディフィケーションによるリスクマネジメント」という観点から、脳血管疾患の発症予防に資する知見の集積を目指す。実施課題は以下の4つとする。

- ①近位大動脈のウインドケッセル機能評価法の開発
- ②近位大動脈のウインドケッセル機能と脳血管疾患リスクとの関係の検証
- ③脳循環に対する姿勢の影響と近位大動脈のウインドケッセル機能の関与の解明
- ④運動トレーニング介入による近位大動脈のウインドケッセル機能の改善が脳循環に与える影響の解明

本年度は、1番目の課題に関し、現行の近位大動脈スティフネス評価の高精度化に取り組んだ。心臓-上腕間動脈脈波伝播速度 (hbPWV) を測定する際に必要となる動脈長を、被験者の性別、年齢、身長から推定する式を、MRI によって取得した動脈長データベースより構築し、原著論文として発表した (Sugawara et al. Hypertens Res 2018)。本発明は、国内で普及しているアームイン型の上腕自動血圧計に、心電図と当該アルゴリズムを組み込むことで、簡便に近位大動脈を中心とする動脈スティフネスを評価できるポテンシャルを有し、循環器疾患リスクの早期発見への貢献が期待される。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】加齢、動脈硬化、運動トレーニング

【研究 題 目】分子膜ナノチャンネル垂直配向集積化フィルターの新製とタンパク質分離精製への応用

【研究代表者】亀田 直弘 (ナノ材料研究部門)

【研究担当者】亀田 直弘、松沢 智彦 (常勤職員2名)

【研究 内 容】

医薬用途の拡大に伴い、タンパク質の効率的な生産プロセスの開発が求められている。その工程でボトルネックとなっているのが、培養液からの目的タンパク質の分離・精製である。本研究では、タンパク質の高効率分離・高純度精製を目的とし、多孔性膜内に合成脂質分子から成る分子膜ナノチャンネルを垂直配向・集積化後、ゾルゲル反応により固定化したハイブリッドナノフィルターの開発を目指した。

疎水部メチレン鎖の片端に短鎖ポリエチレングリコール (PEG)、もう一端にアルコキシシリル基を有する脂

質分子1を設計・合成した。1の分散水溶液に口径800 nm のポリカーボネイト多孔性膜を浸漬、多孔性膜を取り出した後、加熱・冷却操作により1の自己組織化を行った。電子顕微鏡観察により、多孔性膜の空孔内に1の単分子膜から成る口径約10 nm のナノチャンネル集積体が形成されていることが分かった。単分子膜ナノチャンネルは、多孔性膜の空孔の長軸方向に沿って配向していた。各種分光手法を用いた構造解析により、単分子膜ナノチャンネルの内表面には短鎖 PEG、外表面にはアルコキシシリル基が配置されていることが明かとなった。ゾルゲル反応を施し、単分子膜ナノチャンネル同士、及び多孔成膜への固定化を行い、目的とするフィルターを得た。加熱（50℃）・冷却（25℃）操作をしながら当該フィルターにタンパク質凝集体を通過させたところ、正常構造となったタンパク質が得られた。分子膜ナノチャンネル内表面の短鎖 PEG の加熱脱水和に基づく疎水化と冷却再水和に基づく親水化といった熱相転移により、タンパク質凝集体の解離とリフォールディングが誘起されたと考えられる。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】分子膜、ナノチャンネル、フィルター、タンパク質、分離、精製

【研究 題目】カーボンナノチューブの生分解性の解明と制御

【研究代表者】張 民芳

(ナノチューブ実用化研究センター)

【研究担当者】張 民芳（常勤職員1名）

【研究 内容】

カーボンナノチューブ（CNT）は、さまざまな優れた物性を兼ね備えており、エレクトロニクスから医療まで幅広い分野にわたって社会に大きな便益をもたらすことが期待されている。しかし、CNT は堅牢な構造を持っているため、生体内で分解されにくく、実用化する際に安全上の懸念が非常に大きい。CNT の生分解機能を解明または制御することは、CNT の安心・安全な産業化・実用化のための急務の課題である。本研究では、研究代表者が開発した近赤外光吸収法を改良し、細胞内と生体組織内の CNT 量の測定方法を確定し、免疫細胞と実験動物を用いて CNT の生分解性能を定量的に解明する。また、CNT の生分解性能とサイズ、表面修飾や結晶性などの物理化学的特性との関連性を明らかにし、CNT の生分解性能の予測および制御を可能にする方法を創出する。

本年度は、好中球由来酵素（MPO）を用いて、単層と多層 CNT の分解率を調べた。その結果、単層 CNT は24時間で約50%が減少、多層 CNT は約10%が減少したことが分かった。また、近赤外光吸収測定法により、CNT の細胞内取り込み量の測定方法を確立し、免疫細胞内 CNT の量の経時変化から、CNT の細胞内分解性

を明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】カーボンナノチューブ、生体内分解、免疫細胞

【研究 題目】スライドポート法による有機半導体ダブルヘテロ積層構造と微小共振器レーザーの開発

【研究代表者】佐々木 史雄（電子光技術研究部門）

【研究担当者】佐々木 史雄（常勤職員1名）

【研究 内容】

電流注入型有機半導体レーザーの発振を目指して、スライドポート法によって単結晶品質の有機薄膜からなる pin 接合を形成する技術開発を行う。材料系としては、結晶性有機半導体（チオフェン/フェニレン）コオリゴマー（TPCO）を用いる。また、光とキャリア閉じ込めを両立させるため、微小共振器とバンドギャップエンジニアリングに基づくダブルヘテロ構造、または量子井戸構造を有した有機レーザーデバイスの設計指針・作製プロセスを確立する事を目標とする。本年度は、今まで開発してきたスライドポート装置のルツボ周辺の改造を行う。現状単結晶品質の成膜は出来ているが、そのドメインサイズが数十ミクロン程度で有り、またルツボの目詰まりや成膜レートの不安定性等の課題が生じており、この解決に注力する。手法としては、結晶成長前後にブレードでの接触を導入し、ドメインサイズ拡大を行う。ブレードの固定部分には板バネなどを導入し接触力の調整を出来るようにし、ノズル部分の目詰まりを防ぐにはルツボ内の固体材料がノズル出射部分に直接接触しないようにする、またはノズル出射部分のみを高温にし、原料が付着しにくくする、等の改善を行う為の装置設計・試作がほぼ終了した。今後これの動作確認と詳細な変更などを踏まえ、最低3元系材料でのダブルヘテロ構造作製までに行い、電流注入型有機結晶膜ダブルヘテロ構造を有する LED の実現を目指す。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】有機半導体レーザー、ダブルヘテロ構造、スライドポート法、微小共振器

【研究 題目】高感度顕微分析を実現する高速クラスター2次イオン質量分析における照射技術の高度化

【研究代表者】平田 浩一（物質計測標準研究部門）

【研究担当者】平田 浩一（常勤職員1名）

【研究 内容】

高エネルギーに加速したクラスターイオンを1次イオンとして用いた2次イオン質量分析法（高速クラスター2次イオン質量分析法）による高感度顕微質量分析を実現するための高速クラスターイオン照射に関して、以下の研究を行った。

パルス1次イオンビームを用いて飛行時間型 (TOF) 質量分析を行う際の質量分解能を向上させるために、高速クラスターイオンビームの短パルス化技術を開発した。高電圧制御波を電極に印加してビーム偏向させることでパルスイオンビームを生成するチョッピング装置と飛行時間型パルス幅評価装置の開発と作製を行い、量子科学技術研究開発機構高崎量子応用研究所において、高速 C₆₀イオンビームのパルス化実験を行った結果、sub-MeV 級 C₆₀ビームでパルス幅10 ns 台を、MeV 級 C₆₀ビームでは10 ns 以下を達成した。また、ビーム制御系開発と制御法最適化を行うための基礎データ収集用ビーム強度変動計測システムを構築し、連続的にビーム強度変動をモニタリングすることが可能となった。微小領域の分析を行うためには1次ビームの集束が必要であるため、高速クラスターイオンを微小領域へ照射するためにイオンビームを集束させる静電四重極レンズ系の計算と最適電源系の検討等の基本設計を行った。さらに、最適照射条件の探索と2次イオン放出現象を解明するための1次イオン入射角度可変型 TOF 質量分析システムの開発・作製を行い、MeV 級 C₆₀イオンビームを用いて入射角度を変えながら2次イオンスペクトルを採取し、動作確認等を行った。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕量子ビーム、2次イオン

〔研究題目〕高密度ポジトロニウム生成のための陽電子ビーム高輝度化法の開発

〔研究代表者〕大島 永康 (分析計測標準研究部門)

〔研究担当者〕大島 永康、オローク・ブライアン、満汐 孝治 (常勤職員3名)

〔研究内容〕

電子と陽電子の束縛系であるポジトロニウム (Ps) のボース・アインシュタイン凝縮 (BEC) は、反物質に働く重力の精密測定や消滅ガンマ線レーザー発生に道を拓く興味深い系であるが、未だに実現されていない。本研究の目的は、Ps-BEC 実現で最大の障害となっている超高密度 Ps の生成技術を開発することである。具体的には、(a) 超高輝度陽電子バンチを形成し、(b) Ps 生成ターゲット部に入射し、超高密度 Ps 生成を目指す。本年度は、(a) (b) それぞれの要素技術開発で以下の進展があった。

(a) 陽電子蓄積装置から得る陽電子バンチビームの高輝度化・高密度化法を検討した。蓄積装置から、陽電子10⁸個から成るバンチビームを時間幅50ナノ秒で引き出すことを想定し、ビーム径方程式による軌道数値計算を行った結果、磁気レンズと再減速材から成る輝度増強装置2段と対物レンズ用超伝導ソレノイドコイル1段とを組み合わせることで、目標密度の陽電子バンチを形成できることが分かった。

(b) 超高密度 Ps 生成に適した Ps 生成・閉じ込めタ

ーゲットとして、微細加工を行った機能性シリカガラス・石英基板上に生成した多孔質シリカ薄膜の2材料を並行して開発した。前者では新規材料である可塑性 SiO₂/PVA 重合体にシリコンモールドをプレスし、ナノインプリントによって微細穴加工した材料を作成した。適切な表面研磨法を確立する必要があった。一方後者は伝統的なゾルーゲル法によって多孔質シリカを石英基板上に成膜した。両者ともに Ps 生成効率を低速陽電子ビームを用いて測定し、一部データは現在も解析中であるが、高効率 Ps 生成・閉じ込めターゲットについて知見が蓄積された。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕ポジトロニウム、陽電子マイクロビーム、ボース・アインシュタイン凝縮

〔研究題目〕タンパク質機能発現メカニズム解明のための高強度 THz オペラント計測システムの開発

〔研究代表者〕黒田 隆之助 (先端オペラント計測技術オープンイノベーションラボラトリ)

〔研究担当者〕黒田 隆之助、田中 真人、坂上 和之、谷 峻太郎 (常勤職員2名、他2名)

〔研究内容〕

物質の複素誘電率の測定を可能とする広帯域時間領域テラヘルツ分光法は、テラヘルツ電場により誘起された結晶の複屈折性の大きさを精密に測定することにより高感度な測定が可能となり、タンパク質の機能発現メカニズム解明のための強力なオペラント計測ツールとして期待できる。一般に複屈折の精密測定は偏光回転の大きさを差分検出することによりなされるが、本研究で必要となるシングルショット電場波形測定において差分の高感度検出を行うことは困難であった。

本年度は、シングルショット電場波形測定の高感度化のための測定装置の検討・試作を行い、単一差分検出器において10⁻⁶レベルの偏光回転を検出することに成功した。単一差分検出器において最適化された結果を基に32チャンネルリニア型アレイディテクタの差分増幅による高感度シングルショットテラヘルツ電場検出装置の開発を行なっている。また、本研究では小型加速器を用いた高強度テラヘルツ発生及び EO (Electro-Optic) サンプリング法による検出についても行うが、本年度は、EO 結晶及びテラヘルツ発生用の媒質の最適化を実施した。結晶としては、ZnTe・GaP・GaSe を試験した。周波数帯域に関しては、GaP・GaSe が優位であったが、信号強度としては ZnTe が最適であった。これらの特徴を生かし、計測ごとに最適な結晶を選定して利用していく。テラヘルツ発生用媒質としては、密度・屈折率の異なる3種類の媒質を試験し、最大強度が得られる媒質として TOPAS (環状オレフィンコポリマー) であった。シングルショット計測に関しては、レーザー光源の準備

を実施し、時間 - 波長に関して相関を持つ光の生成を実施し評価した。今後はテラヘルツ強度を向上させるとともに、シングルショット計測の実証を行っていく。これらの要素技術開発を融合させ、タンパク質水溶液サンプルのシングルショット計測を目指す。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕テラヘルツ計測、オペランド計測、タンパク質計測、ポンプ・プローブ計測、EO 結晶

〔研究 題 目〕マグマ脱ガス圧力変動解析に基づく噴火推移過程の解明

〔研究代表者〕篠原 宏志（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕篠原 宏志、風早 竜之介、森田 雅明（常勤職員3名）

〔研究 内 容〕

火山ガス組成からマグマ脱ガス圧力変動を明らかにし、噴火の発生や活動推移過程をモデル化するために、下記の4項目の研究項目を実施した。

1) マグマ脱ガス圧力変動推定手法の開発

1-a) HCl/SO₂比連続観測装置の開発：HCl/SO₂比の時間変化データ取得のため多数設置したアルカリフィルター（AF）に火山噴煙を順次吸引・自動取得する火山ガス試料自動繰返採取装置（自動繰返 AF 採取装置）を開発した。また、分析を効率的に実施するためのイオンクロマトグラフィシステムの選定・導入を行い、AF の分析条件などの検討を実施した。

1-b) 火山ガス組成の脱ガス圧力依存性の再評価：気相反応の熱力学的解析およびマグマ-気相間の分配および物質収支を統合した解析モデルを作成した。また、2014-2015年阿蘇中岳噴火時の火山ガス組成変動の解析を行い、組成変動がマグマからの脱ガス圧力の変動に起因する可能性を見出した。

2) 火山ガス観測：阿蘇火山・浅間山などでの自動繰返し連続観測および現地観測を実施し、活動変化に伴う火山ガス組成および放出量などを定量化した。

3) 脱ガス圧力変動に基づく火山活動のモデル化：活動推移や地球物理データとの比較により、脱ガス圧力変動を指標とした噴火の発生や活動推移のモデル化を行う。本年度は2014-2015年阿蘇中岳噴火時の火山ガス組成変動と、空振などに記録されている爆発の発生の相関の検討を開始した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕火山ガス、噴火、活動推移

〔研究 題 目〕単一細胞・ゲノムアレイによるエピゲノム解析

〔研究代表者〕栗田 僚二（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕栗田 僚二、吉岡 恭子、小島 直、富田 峻介、栗之丸 隆章

（常勤職員5名、他1名）

〔研究 内 容〕

ゲノム DNA を基板上へ効率的に捕捉するために、片側にナイトロジェンマスタードを持ち、もう片側に基板結合部位（環状ジスルフィド、もしくは、ビオチン）を有するリンカー分子を合成した。ナイトロジェンマスタードは、第二次世界大戦時に開発された抗がん剤の主要骨格であり、グアニン塩基の7位の窒素に結合し、二本鎖 DNA を架橋する性質をもつ。まず、オリゴ DNA とリンカー分子を中性溶液中で混合し、変性ポリアクリルアミド電気泳動で評価した結果、95 %以上の二本鎖 DNA がリンカー分子に架橋されたことを確認した。次に、表面プラズモン共鳴測定装置を用いて架橋オリゴ DNA の固定化を行った結果、架橋オリゴ DNA を速やかに基板上へ固定化することに成功した。さらに、メチル化率の異なるオリゴ DNA を固定化し、抗メチルシトシン抗体を送液したところ、固定化 DNA のメチル化率に比例して抗体の結合量が増加することを明らかにした。同様の実験をゲノム DNA の一種であるλ DNA を用いて行った結果、リンカー分子による架橋・送液による DNA の固定化・抗体によるメチルシトシンの検出が可能であることを実証した。また、30年度実施予定のマイクロアレイ基板に対する DNA 固定化の予備検討として、マイクロプレート基板表面での DNA の固定化を検討した。アビジン-ビオチン結合を介してあらかじめリンカーを固相化したプレート表面に DNA を加えた結果、DNA が十分に固定化されることを確認した。さらに、プレート表面に固定化した DNA のメチルシトシンを抗体によって検出可能であることを明らかにした。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕DNA、バイオセンサ、エピジェネティクス

〔研究 題 目〕異方場に配されたアトリットル空間への電場集中と2波長高感度モバイルセンサへの応用

〔研究代表者〕福田 隆史（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕福田 隆史、古川 祐光、茨田 大輔、江本 顕雄（常勤職員2名、他2名）

〔研究 内 容〕

本研究では、構造二色性を示す異方的サブ波長構造が示す光学特性およびバイオセンシング機能の検討を通じて独創的で利便性の高い高感度センシングチップの創製を目指すと共に、当該チップの応答を簡便に検出するポータブルセンシングシステムの開発を目指している。

H29年度は、構造二色性を示す異方的サブ波長構造について種々のパラメータ（構造周期、高さ、異方性、被覆金属膜厚など）を変化させることでより効率的な電場集中効果を得ることはできないか？という探索を開始すると共に、超高効率な電場集中に有効な物理的条件を抽

出する検討を進めた。また、その知見を生かしたサブ波長構造の作製（プロセス条件の最適化などを含む）を行い、得られた素子に対してセンシング特性の検討を行った。また、本研究の最終的な目標としている血清中の微量金属イオン検出（メタロアッセイ）では、手段としてキレート発色剤の利用を想定している。そこで初年度は、金基板表面への吸着あるいは固定化方法の基礎検討に着手した。また、血清の前処理として考慮すべきアルブミン・グロブリン除去の方法、および、その効果について数種の手段について比較検討を行った。さらに、ポータブルセンシングデバイスのキーとなる光学素子について設計と試作を行い、その光学的機能の検証を行った。次年度はそれらの成果をもとにさらなる検討の深化や統合を図る。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 サブ波長構造、バイオセンシング、超高効率電場集中、ポータブルデバイス

〔研究 題目〕 次世代有機光材料の物性研究を切り拓く超広域時間分解光電子分光法の開発

〔研究代表者〕 松崎 弘幸（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 松崎 弘幸、細貝 拓也
（常勤職員2名、他1名）

〔研究 内容〕

本研究では、励起状態の電子構造の動的変化が計測可能な「時間分解二光子光電子分光法」について、パルスピッキング法を用いた新しい時間差制御方法を提案する。これに基づいて、従来に無い、サブピコ秒からミリ秒までの超広時間領域をシームレスにカバーする時間分解二光子光電子分光装置を開発する。同装置を、次世代有機光デバイス材料として期待される熱活性型遅延蛍光や一重項励起子分裂を示す有機材料に適用する。これらの系で発現する特異な励起状態の電子構造とそのダイナミクスを、幅広い時間領域に渡って、高い時間分解能とエネルギー分解能で精密に計測することで、その物理的起源を明らかにする。これによって、励起状態を精密に制御する分子設計指針を提示し、次世代有機光デバイスの高性能化に寄与することを目的とする。本年度では、現有のチタンサファイアレーザー（繰返し周波数: 76 MHz、光子エネルギー: 1.55 eV）、第3高調波発生器等から構成されるシステムをフェムト秒パルスレーザー光源とし、現有の電子分光装置を組み合わせ、100フェムト秒から数ナノ秒の時間領域で、時間分解測定可能な二光子光電子分光装置の開発を進めた。具体的には、目標仕様を満たすパルスピッカーの選定と導入、及び計測用超高真空チャンバーの設計と導入を着実に進めた。また、計測プログラム等については、これと並行して進め、基本骨格についてはほぼ整備を完了させた。今後は、レーザー光学系および電子分光装置の整備を進めていく予定である。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 超高速分光、時間分解光電子分光、励起状態、有機 EL、太陽電池

〔研究 題目〕 1000 °Cの高温ガス流動の温度速度同時可視化法

〔研究代表者〕 染矢 聡（省エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 染矢 聡、坂田 藍美、青山 覚子
（常勤職員1名、他2名）

〔研究 内容〕

本研究では無機の蛍光体微粒子のうち、温度に依存して燐光の発光強度や寿命が変化する粒子を用い、1000 °Cまでの高温で気体の流れの温度分布、速度分布を同時に可視化計測する技術を開発する。

数十の蛍光体粒子の光学特性を評価し、無機蛍光体のうち、高温でも酸化等の変質をせず、温度変化に対するヒステリシスをもたない物質を複数見出した。

本研究ではこの粒子をトレーサーとして流れにシーディングし、粒子の移動量から速度を、粒子の発光スペクトル（二波長帯の発光強度の比）から温度を求める。

本年度はこの粒子を銅ブロックに固定し、温度変化に対する燐光の発光特性の変化を、光学フィルタを備えた2台のカメラで撮影し、温度計測の精度、感度を求めた。

その結果、銅ブロックを1000 °Cまで昇温することができなかったものの、750 °C、1000 Kを越えて850 °Cまでの範囲で可視化計測を実現できた。毎秒60枚の撮影速度で壁面温度を非定常可視化計測した結果、その時空間偏差は850 °Cの際に最大4.3 °C、熱電対との測定値の差は最大2.8 °Cと、高精度な可視化計測を実現できた。

今後は高温の気流の温度計測や、SOFC セルの反応中の温度分布計測など実用的アプリケーションへの適用を進める。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 可視化、温度、速度、蛍光、熱流動

〔研究 題目〕 結晶化抑制分子の選択的吸着による臭化リチウム水和物結晶の粗大化及び成長抑制

〔研究代表者〕 稲田 孝明（省エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 稲田 孝明、小山 寿恵
（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

臭化リチウム（LiBr）水溶液を吸収液とした吸収冷凍機は、未利用排熱の有効利用が可能な機器として期待されている。しかし現状では、LiBr 水溶液中に析出する LiBr 水和物結晶により運転条件が制限されるため、十分な性能を発揮できていない。本研究では、LiBr 水和物の結晶面に選択的に吸着して、非平衡状態のまま水溶液中で結晶の粗大化や成長を抑制する結晶化抑制分子を探索し、その効果を実験的に評価することを目的とし

ている。今年度は、LiBr 水和物結晶の粗大化抑制に効果のある結晶化抑制分子の探索を試みた。

粗大化抑制の効果は、一定温度に維持した LiBr 水溶液中で、LiBr 水和物結晶のサイズ分布の時間変化を測定して評価した。まず濃度62.8 wt%に調整した30 g の LiBr 水溶液に、結晶化抑制分子のいくつかの候補を0.1～1 wt%の濃度で溶解し、これを平衡結晶化温度より15 °C低い温度に冷却した。その後、振動を与えて LiBr 水和物（二水和物）結晶を析出させた。さらに、超音波振動を与えて水和物結晶を微細化し、評価に適した初期の結晶サイズ分布（約百 μm 程度）を実現した。これを速やかに低温インキュベータに設置し、初期の LiBr 水溶液濃度における平衡結晶化温度より10 °C低い温度で、数日間保存した。その間、数 μL 程度の試料をサンプリングし、温度制御されたステージ上で光学顕微鏡観察を行い、LiBr 水和物結晶のサイズ分布変化を測定した。その結果、結晶化抑制分子としてポリビニルアルコール（PVA）を用いた場合に、水和物結晶の粗大化が抑制される傾向が明らかになった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 臭化リチウム、結晶成長、吸収冷凍機

【研究 題目】 レーザー合成技術を駆使した鋳型フリーの自励振動マイクロゲルアクチュエータの開発

【研究代表者】 原 雄介（機能化学研究部門）

【研究担当者】 原 雄介、中住 友香（常勤職員2名）

【研究 内容】

ゲルは筋肉と同様なスケール普遍性を有するため、微小なアクチュエータを作製することが可能である。しかしながら、微小なゲルの合成には微小な鋳型を必要とし、また駆動時には微小なアクチュエータ素子に対して非常に大きな外部制御装置が必要であった。大きな外部装置が必要では、微小化の意義が損なわれてしまう。本研究課題では、ゲルアクチュエータの微小化に関する2つの問題点（①微小な鋳型を必要とする点 ②素子に対して非常に大きな外部制御装置を必要とする点）を解決することを目指している。微小な鋳型の使用を回避するため、本研究課題ではレーザー合成技術を駆使したゲルアクチュエータの合成検討を行った。ゲルアクチュエータには、外部制御装置の使用を回避するため、化学反応をエネルギー源として駆動する自励振動ゲルを採用した。合成に使用するレーザー照射システムを構築するとともに、合成する際の溶液条件等について検討を行った。また、自励振動ゲルアクチュエータの駆動制御を行う目的で、反応溶液組成の最適化検討も合わせて行った。最終的には、化学反応をエネルギー源として駆動する自励振動ゲルを、鋳型を用いずレーザー光によって合成する技術を確認し、マイクロ流路内等の微細な空間で活躍可能な自励振動マイクロゲルアクチュエータを作製することを目指す。さ

らに発生力・駆動変位等を明らかにすることで、微細空間で働くロボットやアクチュエータ、生体物質を測定可能なマイクロ流路用のゲルアクチュエータへと発展させたい。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 高分子ゲル、レーザー、ソフトアクチュエータ、マイクロ流路

【研究 題目】 ファインケミカルを指向するゼオライト単結晶の創成とその全合成プロセスの解明

【研究代表者】 小平 哲也（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】 小平 哲也、阪東 恭子、池田 拓史（常勤職員3名）

【研究 内容】

世界で最も生産されているゼオライト種の一つである A 型に着目し、その高付加価値化を目的に世界最大サイズの単結晶合成技術の確立と、その結晶核発生及びその結晶化・結晶成長に至る全合成プロセスを解明することを目標とする。

研究初年度の平成29年度は、合成溶液調製技術の確立に重点をおいた単結晶合成を行った。人工衛星上の微小重力環境において合成される単結晶サイズには劣るが、次第にサイズの大きな単結晶が得られつつある。ゼオライト A の合成溶液に対する核磁気共鳴測定も開始した。 ^{27}Al 核のスペクトルでは、結晶相の A 型とは異なる化学シフトのピークが現れ、合成反応を追跡する上でのプローブとなり得ることが分かった。一方、 ^{29}Si 核は天然存在比が少ないことと、当初の予想に反して緩和時間が非常に長く、解析に資するデータの取得には1日以上の上長時間の測定を要することが判明した。

A 型ゼオライトと同一の LTA 骨格構造を有するリン酸ジルコニウム結晶も並行して合成した。合成溶液の加熱時間の延長により、立方体形の粒子外形を保ったまま結晶相から非晶質相に転移する特異な現象を見いだした。この非晶質相への転移時にメソ孔が新たに生成された。

また、合成溶液に対する Ga K 吸収端の X 線吸収スペクトルの測定にも成功し、無機多孔質結晶形成における合成溶液内の局所構造に関する議論が可能となった。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 ゼオライト、単結晶、合成、結晶成長、プロセス、LTA

【研究 題目】 有機相における錯体の凝集化現象の解明及び新規白金族抽出溶媒の開発

【研究代表者】 成田 弘一（環境管理研究部門）

【研究担当者】 成田 弘一（常勤職員1名、他1名）、元川 竜平（日本原子力研究開発機構）

【研究 内容】

目標：

本研究では白金族金属の液-液抽出分離における錯体の二相間分離挙動及び凝集化現象を調べ、これらの相関より得られた知見に基づいた新しい抽出有機溶剤（抽出剤+希釈剤）の開発コンセプトを構築することを目標とする。

研究計画：

パラジウム抽出分離系における有機相中の弱い相互作用の解明と、それに基づく新規抽出有機溶媒の開発を実施する。配位型抽出系（スルフィド系抽出剤）における金属二相間分配の希釈剤の影響を詳細に調査し、その挙動を構造情報から解明する。さらに得られた知見に基づき最適化したパラジウムに対する新規抽出有機溶媒について、実工程への適用に向けた試験を行う。

年度進捗状況：

本年度は希釈剤に n-オクタン/1-オクタノールの混合溶媒を用い、塩酸溶液からのジ-n-ヘキシルスルフィド (DHS) 又は N,N,N',N'-テトラ-2-エチルヘキシル-チオジグリコールアミド (TEHTDGA) による二価パラジウム抽出率の抽出振とう時間依存性を調べた。DHS 系において少量の1-オクタノール (10 Vol%以下) を n-オクタノールに添加した希釈剤を用いた際に、二価パラジウムの抽出速度は極めて小さくなった。この傾向は、塩酸濃度を0.1~3.0 mol/L と変化させても確認された。また同じスルフィド系抽出剤である TEHTDGA を使用しても、n-オクタンへの1-オクタノールの少量添加による、二価パラジウム抽出速度の大幅な減少が観察された。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 希釈剤効果、パラジウム、溶媒抽出、抽出速度

【研究 題 目】 分離膜の性能設計に向けた多孔質材料の物性評価法開発

【研究代表者】 原 伸生 (化学プロセス研究部門)

【研究担当者】 原 伸生、長谷川 泰久、岡本 裕子 (常勤職員2名、他1名)

【研究 内 容】

本研究では、分離膜の設計に向けた多孔質材料の物性評価法開発として、①多孔質膜の分離層における吸着性および拡散性の評価、②膜構造と膜物性の関係の解明、③多孔質材料の物性と膜構造に基づいた膜性能設計を目的としている。

平成29年度は、多孔質材料として金属有機構造体の一種である Zeolitic Imidazolate Framework-8 (ZIF-8) を用いた膜作製を行い、構造解析および透過特性の解析を行った。ZIF-8膜の作製においては、アルミナ多孔質基材の表面に種結晶層を形成した後に分離層を形成する二次成長法による膜形成を行った。実験に使用したアルミナ多孔質基材は、直径約3 mm の円筒状および厚さ約1 mm の平板状のアルミナ多孔質基材をそれぞれ作製した。二次成長法による ZIF-8膜の形成においては、特に

種結晶層の形成条件に着目して、膜構造および膜透過特性に与える影響の検討を行った。膜構造の解析においては、分離層の形成量の解析、膜表面および膜断面の走査電子顕微鏡による構造解析、X 線による結晶構造解析を行った。

この結果、二次成長法による膜形成においては、多孔質基材の表面に厚さ約1ミクロンの結晶層が形成されていることを確認した。さらに、この膜の X 線回折パターンには、ZIF-8に由来するピークを確認した。膜透過特性の解析においては、プロピレンおよびプロパンの膜透過特性を測定した。作製した ZIF-8膜は、プロパンより小さい分子であるプロピレンの透過度が高く、分子ふるいによる選択透過性を示すことが確認された。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 気体分離膜、金属有機構造体、MOF

【研究 題 目】 細胞骨格の構造と機能のメカノセンシング

【研究代表者】 中村 史 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 中村 史、長崎 晃、山岸 彩奈 (常勤職員3名、他3名)

【研究 内 容】

本研究では、生きた細胞の細胞骨格の機械的測定という独自に開発する手法によりマウス乳がん細胞の中間径フィラメントネスチンの骨格としての機能と構造について詳細な解析を行うことを目的としている。我々は先導研究により高転移性マウス乳がん細胞に対し CRISPR/Cas を用いたゲノム編集によりネスチン欠損株を作製しており、血行性転移試験の結果、ネスチン欠損株において悪性度が低下していることを確認した。また円柱型 AFM 探針を用いた細胞弾性測定により、ネスチン欠損株の細胞弾性が元株に対して上昇していることを明らかにした。平成29年度は、これらの細胞株に対して抗体修飾ナノニードルを用いた中間径フィラメントの伸展特性の評価を検討した。ネスチンは単独で繊維形成することが出来ず、本乳がん細胞株では同じく中間径フィラメントであるビメンチンと共重合することによって発現している。我々はマウスネスチンの C 末端の171 kDa の巨大なテール領域がビメンチンテール領域のアクチン繊維との結合を阻害し、これにより細胞骨格の結合点が減少するために細胞弾性が低下すると推察している。野生株およびネスチン欠損株に対してビメンチンの引張試験を行ったところ、細胞弾性が低い野生株においてビメンチン繊維がより小さな力で伸展することが分かり、細胞弾性と細胞骨格の伸展性に相関があることを示した。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 バイオセンサ、細胞・組織、がん、ナノバイオ、走査プローブ顕微鏡

〔研究題目〕機能分子を導入する細胞マイクロアレイ技術の創成

〔研究代表者〕藤田 聡史（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕藤田 聡史、平尾 有日子、藤原 央之、藤田 遼祐、山崎 舜介（常勤職員1名、他4名）

〔研究内容〕

機能分子（核酸、酵素、タンパク質、低分子化合物）を固相面から導入する技術の開発を進めた。3種類の異なる酵素をガラスやポリスチレンなどの固相基板上に配列した酵素アレイを作製し、その上面に細胞を播種する事で、接触面から酵素を細胞内に導入する事を可能にする「酵素トランスダクションマイクロアレイ」の作製技術基盤を確立した。今後、さらなる条件最適化のためのマイクロパターン作製のためのコーティング法・プリント法の検討を行う。また、基板上にヒアルロン酸で形成した半球ドームを固定化する技術を開発した。浮遊細胞をこの半球ドーム内に内包する事で、浮遊細胞マイクロアレイを構築した。この浮遊細胞マイクロアレイ上で、複数の低分子化合物をドーム内で浮遊細胞に作用させ、それぞれのアレイスポットで異なる低分子を作用させ、細胞の薬剤応答を評価する事に成功した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕マイクロアレイ、機能分子導入

〔研究題目〕糸状菌二次代謝系の誘導因子コンビネーションの解明と誘導予測の研究

〔研究代表者〕町田 雅之（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕町田 雅之（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

糸状菌ゲノム上には、100以上とも考えられる**二次代謝系合成遺伝子クラスタ**が存在するが、その多くは発現条件も不明で、機能解析もほとんど進んでいない。二次代謝系遺伝子は様々な外的要因によって複雑に制御されている。そこで、二次代謝系遺伝子クラスタ内の遺伝子に発現レポーターを導入し、誘導に関わる外的要因を解析した。まず、麹菌やその近縁種のゲノム塩基配列および発現情報を収集して、PKS や NRPS などのコア遺伝子の遺伝子配列情報に依存しない方法を含む二次代謝系遺伝子クラスタの予測ツール、機能既知の遺伝子に対する相同性、KOG などの機能分類、モチーフ配列の保存情報などを利用して、機能未知の遺伝子を含む二次代謝系と推定される遺伝子の母集合を作製した。これにより、機能・発現に関する確実性の情報が付加された状態の二次代謝系遺伝子が収集された。次に、二次代謝系遺伝子の発現の効率的なモニタリングを目的として、GFP、ルシフェラーゼなどを用いたレポーター系を作製して、比較的発現強度が高いと考えられる代表的な遺伝子のプロモーターの下流に接続して形質転換し、発現強度のモニタリングの評価を行った。GFP によるモニタリング

では、同遺伝子に核内移行シグナルを付加することにより、核を特異的に染色する色素による観察と合わせて解析することにより、定量性が確保できると考えられた。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕二次代謝、レポーター、転写制御

〔研究題目〕生物的石炭分解メタン生成ポテンシャルとメカニズムに着目した炭層特性評価技術の開発

〔研究代表者〕眞弓 大介（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕眞弓 大介（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、深部地下石炭層において炭層微生物（群）の機能を最大限活用して未回収石炭資源を天然ガスに変換し回収する革新的エネルギー資源開発技術の創成を将来目標とし、炭層中の生物的石炭分解メタン生成のメカニズムとポテンシャルを解析するための全く新しい炭層特性評価技術を提案するものである。特に、本課題では、国内外の炭層を対象に石炭分解メタン生成ポテンシャルを有する炭層の分布様式とメカニズムの多様性を明らかにする。さらに、炭層の当該ポテンシャルの有無を表す地球化学的・微生物学的特徴を抽出し、それらを石炭分解メタン生成ポテンシャルのバイオマーカーとして活用することにより、長期の培養実験に依存することなく、炭層特性を迅速に評価する技術を確認することを目的とする。

本年度は、様々な炭層の石炭分解メタン生成ポテンシャルに関連する現場情報を多角的な視点から収集した。対象とした炭層は、過去に地球化学的分析によって石炭分解メタン生成ポテンシャルを検出した北海道の T 炭田を選定し、新たに石炭試料（石炭・ガス・地層水）を採取した。これらを用いて、石炭分解ポテンシャルに関連する(1)現場炭層環境の地球化学的データの収集・解析と(2)現場炭層環境の分子生態学的データの収集・解析を行った。また一方で、(3)炭層環境模擬高圧連続培養システムを用いて炭層のメタン生成環境を実験室で再現し、石炭分解活性の有無を調査する培養実験を実施した。

一方で、石炭の主成分の一つである芳香族メトキシ化合物からのメタン生成メカニズムを調査するために、University of Calgary の Dr. Gieg の協力を得て、カナダのオイルサンドを微生物摂取源にメトキシ化合物を基質とした集積培養実験を実施した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕炭田、炭層内微生物、石炭分解メタン生成、芳香族メトキシ化合物

〔研究題目〕グライコミクスを革新する新たな分析基盤の構築

〔研究代表者〕亀山 昭彦（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】 亀山 昭彦、佐藤 隆（常勤職員2名）

【研究内容】

腫瘍などの新規マーカー探索および感染や免疫反応の分子病理学的解明において、迅速簡便な糖鎖解析技術であるグライコミクスは必須の技術となりつつある。しかしながら現在のグライコミクスは主に N-型糖鎖を対象としており、もう一つの糖鎖種である O-結合型糖鎖の分析については40年以上進歩しておらず新たな技術革新が切望されている。最近、研究代表者は O-型糖鎖の新規遊離法を発見し、従来より格段に微量な分離検出を可能とした。これをグライコミクスへ応用するためには分離した O-型糖鎖の簡便な同定法の開発が必須である。そこで本研究では、O-型糖鎖の大規模ライブラリーを作成し、HPLC、CE およびタンデム質量分析における各糖鎖の分析固有値を蓄積して糖鎖同定のための新たなグライコミクスの技術基盤を構築することを目的としている。

平成29年度は、生物試料から O-型糖鎖を遊離後、蛍光標識した後、HPLC にて分取、質量分析計にて構造を確認し、20種類の O-型糖鎖ライブラリーを構築した。さらに、各種糖転移酵素を用いた O-型糖鎖合成を行いライブラリー化するため、ライブラリーの基幹構造の合成に必要な β 4ガラクトース転移酵素および β 3ガラクトース転移酵素を調製した。また、ライブラリー合成のための基質として N 末端を Fmoc 化したコア4 (GlcNAc β 1-3 (GlcNAc β 1-6) GalNAc) スレオニン を調製した。これを基質とすることにより酵素反応生成物を蛍光検出により HPLC で分取することが容易になる。この Fmoc スレオニン糖鎖と糖転移酵素固定ビーズを用いた O-型糖鎖の合成検討を開始した。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 糖鎖、分析、電気泳動

【研究題目】 マラリア高度流行地における独自開発デバイスをを用いた無症候感染者の診断法の確立

【研究代表者】 橋本 宗明（健康工学研究部門）

【研究担当者】 橋本 宗明（常勤職員1名）

【研究内容】

マラリア流行地では無症候感染者（繰返しの感染により部分的な免疫の獲得し、低感染状態の感染者）が原虫のドナーになっており、マラリア撲滅のためには無症候感染者の治療による伝播阻止が鍵になる。このような背景から、流行地でのフィールドワークで無症候感染者にも使用可能な迅速かつ易操作な高感度マラリア診断デバイスの開発が望まれている。我々はこれらを可能にし得る2種類のデバイスを独自に開発し、有症マラリア患者に対する有用性を示した。本研究では罹患率が特に高いマラリア流行地であるケニア ビタ地区において無症候感染者を対象に本デバイスを用いた原虫の高感度検出、

種の同定、および薬剤耐性の有無の判定を行い、次世代のマラリア診断法のゴールドスタンダードの確立を目指す。

本研究計画は、申請者らが開発を行ってきたマラリア診断デバイスを用いて、実際に高度流行地で無症候感染者の割合およびその感染率を明らかにすると共に、本デバイスを応用した種の同定や薬剤耐性の有無の判定を行えるようにするべく実験を遂行する。無症候感染者のサンプリングは高度流行地かつ大規模な人口動態・動態調査が行われているケニア ビタプロジェクトサイトで行うことで効率よく進めることが可能である。H29年度は無症候感染者から血液のサンプリングをおこない、現在、デバイスによる詳細な解析、および PCR 法および顕微鏡観察法による解析をおこなっている。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 マラリア、診断、アフリカ

【研究題目】 運動制御メカニズムのパラメトリック表現とその変容によるアクシデントの推定と予防

【研究代表者】 村井 昭彦（人間情報研究部門）

【研究担当者】 村井 昭彦（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、ケガや転倒、疲労等実験倫理上もしくは確率的に実験室で実現困難なヒトの危険運動（アクシデント）のシミュレーション・解析を行う、デジタルヒューマン技術利活用の基礎技術研究である。このために、実験室で得られるヒトの運動・接触力のディープデータに対し、A) ヒトの運動制御メカニズムをパラメトリック表現する運動表現モデルの構築、B) 運動制御メカニズムの同定、そして映像データや簡易センサ等を用いたビッグデータによる検証を伴った C) パラメータ調整や最適化による運動の変容、D) 詳細なヒトの運動の復元の要素研究を行う。これらを通じて、アクシデントの推定と解析というヒトの運動解析に重要な基盤技術を確立し、ビッグデータを用いて信頼性を検証する。そして、転倒予防を対象としたアプリケーションへの展開を行う。

A) として、ヒトの運動力学特性をパラメトリックによく表現する運動表現モデルの構築を行った。まず、ヒトの通常運動のディープデータを計測した。実験室において光学式モーションキャプチャを用いてヒトの歩行を精緻に計測した。また同時に、フォースプレートによりヒトが環境から受ける接触力を計測した。そして、デジタルヒューマン研究グループにて開発する DhaibaWorks およびその上に構築する筋骨格モデルを用いることにより、逆運動学計算から関節角度・速度・加速度等運動学データを、逆動力学計算から関節トルクデータを得た。次に、ロボティクスやスポーツ科学で用いられるモデルを発展させ、計測させる通常運動の運動力学特性をパラメトリックによく表現する運動表現モデ

ルを構築した。ここでは全身をバネ・マス系で表現する SLIP モデルをベースとしたモデルを構築した。

次に B) として、運動制御メカニズムの同定を行った。A) にて構築された運動表現モデルを用いて、ランニングや義足スプリントにおけるモデルパラメータの同定を行った。ここでは、SLIP モデルのバネ・ダンパ・マスのパラメータを同定し、義足の硬さ等実際の物性値に関係する妥当なパラメータが得られることを確認した。

そして C) として、ビッグデータ計測デバイスの開発を行った。生成される実現困難な運動の検証のために、ウェアラブルなデバイスを開発した。研究計画時は小型の6軸力センサを内蔵しワイヤレスでデータを送信できるシューズを挙げたが、実用性や耐久性から、ウェアラブル IMU センサを用いた運動計測システムおよびフォトフレクタを用いた床反力計測システムを構築している。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】運動生成・制御メカニズム、バイオメカニクス、デジタルヒューマン、運動力学解析、アクシデント推定・予防

【研究 題 目】活性汚泥というブラックボックスの解剖と再構築：遺伝子発現から群中の個の挙動を見る

【研究代表者】佐藤 由也（環境管理研究部門）

【研究担当者】佐藤 由也（常勤職員1名）

【研究 内 容】

我々は100年以上水処理に利用されてきた微生物群集「活性汚泥」を対象に研究を行っている。活性汚泥は数千種以上の微生物で構成されるコミュニティであり、多様な微生物の協業によって廃水処理がなされている。

水処理メカニズムは未解明の部分が多く、その複雑性は予期せぬトラブルの原因にもなっている。本研究ではこのブラックボックス解消を目的に掲げる。はじめに活性汚泥の網羅的解析を通して系内で鍵となる微生物を選別し、次にそれらを構成員とするシンプルな人工活性汚泥を構築することで、活性汚泥の機能が成立するために本質的に必要となる条件の解明に挑む。

本年度は当初の計画通り、実廃水処理場を網羅的に解析（16S rRNA 遺伝子に基づく微生物群集構造解析、メタトランスクリプトーム解析、メタボローム解析等）することにより、一般生活廃水の処理に重要な複数の微生物を明らかにすることができた。さらに、化学工場廃水を処理する実プラントの活性汚泥を解析することで、難分解性化合物の分解に重要な微生物も明らかにした。

さらに本年度は、系内で増えすぎた活性汚泥（余剰汚泥）の減容に寄与する微生物についても注目した。上述の重要微生物群を組み合わせることで廃水の処理自体は可能になると考えられるが、それら微生物が増殖と死滅を繰り返し、死菌体が系内に蓄積することで生態系が不

安定化することが懸念される。そこで、生態系の恒常性を維持するために、他の微生物を食べる捕食性細菌やその近縁種を探索し、複数の候補微生物を見出した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】廃水処理、水処理微生物、次世代シーケンズ解析

【研究 題 目】低次元材料の原子レベル物性評価手法の開発

【研究代表者】千賀 亮典（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】千賀 亮典（常勤職員1名）

【研究 内 容】

カーボンナノチューブやグラフェンなどの低次元材料では材料の光学特性を司る励起子が狭い空間に閉じ込められ強い束縛エネルギーを持つため、非常に安定して存在する。このため低次元材料の光学特性を考える際には励起子が優先的に再結合する欠陥やドーパント、エッジといった非周期的構造との相互作用を詳細に理解する必要がある。しかしながら従来の光をプローブとして用いた手法で、光の波長よりはるかに小さなナノチューブの欠陥一つで起こる光学イベントを捉えることは困難であった。そこで本研究では、高エネルギー分解能電子損失分光法と高空間分解能透過電子顕微鏡法を軸に、低次元材料の光学特性を評価するための周辺技術を整え、これによってカーボンナノチューブ、窒化ホウ素ナノチューブ、グラフェン等の低次元材料に関して、原子構造と光学物性を一対一で結びつけた定量的な物性発現メカニズムの理解を目指す。初年度である平成29年度はまず半導体カーボンナノチューブ一本に対して、可視光領域を含む幅広いスペクトル領域から電子線吸収特性を取得し、これを光学吸収特性に変換するための基礎理論の構築を行った。これをカーボンナノチューブに内在する欠陥一つに適応し、欠陥の局所的な光学特性の評価を行った。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】TEM、STEM、低次元材料、カーボンナノチューブ、光学特性

【研究 題 目】振動エネルギー活用によるラジカル生成エネルギー高効率化とその機構解明

【研究代表者】寺本 慶之（環境管理研究部門）

【研究担当者】寺本 慶之（常勤職員1名）

【研究 内 容】

放電時間間隔・パルス幅可変長電源の作製を行った。ラジカル生成には任意の放電時間間隔で任意の回数パルス放電を発生させる必要があるため、放電間の最短時間間隔は0.5 us とし、最大連続回数は4回とする電源をMOS-FETを使用し作製した。パルス時間幅は10 ns から500 ns で任意に変更可能とした。

振動エネルギーの影響を見るため次発のストリーマ領域が前発のストリーマ領域をカバーするような放電形態

が必須となる。領域カバー率下限は85 %とし、さらに2次元計測で取得したデータのアーベル変換から、ストリーマ径方向の詳細な密度分布を得るために、ストリーマを可能な限り直線的に電極間（針-平板）を進展させることが可能な観測用リアクタを作製した。電極に周囲から均一に電界がかかるよう電極を配置することでストリーマを直線状に進展させることが可能となり、電極間のラジカル密度分布計測（可視化）が可能となった。

高感度・高分解能2D-TALIF 計測システムの構築を行った。本研究ではレーザーパルス半値幅の5 ns を蛍光計測用 ICCD カメラのゲート時間とし、蛍光のピークのみを計測することで従来よりも高い S/N 比を実現した。レーザー照射と ICCD カメラシャッタータイミングにはジッターが存在するため、各々の出力信号から計測タイミングの合否を判定するシステムを構築し、上記の高 S/N 比の信号のみを取得することが可能となった。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 プラズマ、活性種

〔研究題目〕 細胞刺激応答の非破壊的モニタリングを実現するクルードタンパク質メトリクス法の創製

〔研究代表者〕 富田 峻介（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 富田 峻介、石原 紗綾夏

（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

培養細胞に刺激を与え、その応答を観察するというアプローチは、再生医療や医薬品開発を含む広範な分野で活用されるようになってきた。本研究では、交差反応的な分子群によって得られる“応答パターン”を機械学習で解析するアプローチ“交差反応型センシング”によって、外部刺激に対する細胞応答を、非破壊的かつマーカ分子に頼らずにモニタリングできる手法を確立することを目的とする。

本年度は、交差反応型センシングによる細胞応答モニタリングを実現するうえで基盤となる、高い感度と識別能を与える Turn-ON 型の交差反応性高分子の開発を推進した。具体的には、(i) 蛍光団を導入した一本鎖 DNA と酸化グラフェンの複合体、および (ii) 環境応答性を示すダンシル基を導入したポリリジン誘導体を作製し、これらがタンパク質固有の応答パターンの取得に利用できることを示した。特に(ii)の高分子は、溶媒環境を変えるだけでタンパク質に対する交差反応性を変化させることができるという特性を有していた。そのため、異なる pH およびイオン強度の水溶液中で高分子と分析物を作用させる方法により、1種類のポリマーだけで、例えば、タンパク質に生じた化学的変化（翻訳後修飾）の識別や定量を可能とする応答パターンが得られることを見出した。この優れた識別能に注目し、ダンシル基を導入したポリリジン誘導体を中心として様々な骨格・官

能基を有する高分子群を合成し、細胞の非破壊的評価への応用を試みている。これまでに細胞の種類の識別や密度の定量などが可能なことを見出している。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 バイオメトリクス、機械学習、タンパク質、高分子、セルベースアッセイ

〔研究題目〕 音波と電磁波のマルチスペクトロスコピーによる有極性分子間ポテンシャルの解明

〔研究代表者〕 狩野 祐也（工学計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 狩野 祐也（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、音波と電磁波という異なる種類の波を利用したマルチスペクトロスコピーにより、有極性分子における分子間ポテンシャルエネルギーの構造を明らかにすることを目的とする。独自の音波・電磁波共振スペクトル計測技術を駆使し、有極性分子の音速、粘性および誘電率といった複数の異なる物理特性を精密計測する。得られたデータに基づき、分子間相互作用と密接に関係しているビリアル係数や双極子モーメントなどの物性パラメータを導出し、分子間ポテンシャルエネルギーの挙動を解析する。様々な分子構造をもつ有極性物質についてポテンシャルエネルギーの評価を行い、実際の分子間相互作用をより正確に表現できる新たなポテンシャルモデルの開発を目指す。

今年度は、過去に開発した円筒型キャビティによる音波・電磁波スペクトロメータを改良し、気体の音速と誘電率の高精度測定を目的としたマルチスペクトロメータ1号機の開発に取り組んだ。誘電率測定において、20 GHz までの広範囲な周波数レンジで電磁波スペクトルの測定が可能なベクトルネットワークアナライザを導入し、複数の電磁波共振モードを計測可能とした。また、ネットワークアナライザの周波数基準クロックを外部のルビジウム周波数標準器と同期し、音波スペクトル測定に用いる周波数応答アナライザも同一の標準器で同期することで、音波・電磁波共振周波数の測定精度を向上させた。さらに、温度測定の高精度化を図るため、特注のダブルジャケット型ステンレス恒温槽を製作し、240～420 K の幅広い温度域にわたり±0.01 K 以下の高精度な温度制御が可能となるシステムを構築した。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 音波、電磁波、スペクトロスコピー、分子間ポテンシャル、音速、誘電率

〔研究題目〕 枯渇油田再生化技術開発を志向した原油分解メタン生成機構の解明と新規微生物の獲得

〔研究代表者〕 持丸 華子（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 持丸 華子（常勤職員1名）

〔研究内容〕

一般に原油の回収率は20～60 %であり、枯渇油田とされてもその多くは地下に残されている。この原油をメタンに変換し、天然ガスとして回収する技術の開発を目指し、一部の深部地下油層環境で起きていることが示唆されている生物的原油分解メタン生成反応のメカニズムを解明することを目的としている。平成29年度は原油分解メタン生成培養系の構築を行った。山形県および秋田県の油田の3坑井から採取した原油と油層水および孔隙を模擬する滅菌海砂を用いて、深部地下油層環境を模擬する高温高压連続培養システムにおいて、油層のメタン生成プロセス再現のための培養実験を行った。さらに、高温常圧連続培養器を用いて、原油を添加する系と、原油の代わりに基質として C10～C20の中の複数の n-アルカンまたは脂肪酸を添加する系を設定して培養し、一部の系からメタン生成を確認した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕油田、ガス田、メタン生成

〔研究題目〕活性サイト解析による導電性ダイヤモンドの合成プロセス最適化

〔研究代表者〕加藤 有香子（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕加藤 有香子（常勤職員1名）

〔研究内容〕

不純物を添加してダイヤモンドに電気特性を付与する技術は、ダイヤモンドパワーデバイス開発の核となる技術である。この技術における課題の一つに、添加した不純物の活性化率があげられる。本研究では、p型半導体・導体として用いているボロンドープダイヤモンドのボロンの活性化率に着目し、そもそも活性化している（キャリアを供給している）ボロンはどういう状態なのか、どういう合成条件で活性化ボロンを増加させることができるのか、を解決課題としている。高分解能広立体角2次元光電子顕微分光器（DELMA）を用いて、光電子回折による結晶内不純物の原子配列解析をおこなったところ、B1s スペクトルにおいてメインピークと3 eV 高結合側にサブピークが観測され、それぞれ置換型ドーパントであるボロンと、tetrahedral サイトにドーパされたボロンであることを示唆する光電子回折データを得ることができた。また、2つの B1s ピークが示す結合エネルギーの相対関係から、置換型ドーパントは tetrahedral サイト上にあるボロンよりも負の電荷を帯びていると考えられるため、ホールを供給する活性化サイトは置換型サイトだという結論に至った。今後、合成条件によって2つのサイト比を任意に制御できるかどうかを検討していく。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕パワーデバイス、ダイヤモンド、光電子回折

〔研究題目〕エネルギー保存システムの分子進化で辿る原始生命の機能解明

〔研究代表者〕成廣 隆（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕成廣 隆、Nobu Masaru Konishi、
玉木 秀幸（常勤職員3名）

〔研究内容〕

これまでに純粋分離されている約15,000種の原核生物（バクテリアおよびアーキア）は、地球上に存在する無機化合物、有機化合物、ガス状物質、光エネルギー等を原資として、棲息環境に適応した多様な代謝機能を運用することで生命活動を維持している。生命が有する代謝経路の実体は、脱水素酵素や酸化還元酵素などの様々な酵素が触媒する化学反応の連続であるが、その要所所で熱力学的にエネルギーを必要とする反応の進行を支えているのが「エネルギー保存システム」である。本研究課題では、我々が培ってきたオミクス技術を駆使することで、現存するエネルギー保存システムの分子進化を解明することを目的としている。公共遺伝子データベース上で公開されているゲノム・メタゲノム情報から、現存する微生物が有する各種エネルギー保存システムのタンパク質アミノ酸配列を網羅的に収集して分子進化系統樹を作成することから着手した。今年度は、嫌気性菌が保有することが知られているエネルギー保存システムのうち、活性中心の金属分子にニッケルと鉄を有する [NiFe] ヒドロゲナーゼの一群の活性中心サブユニットや NADH 結合サブユニット、それらに付随するプロトン輸送サブユニットを解析の対象とした。その結果、[NiFe] ヒドロゲナーゼの活性中心サブユニットの系統は、大きく分けて (1) プロトン還元-フェレドキシソ依存型、(2) NADH/キノソ依存型、(3) 双方向/水素酸化型、(4) エネルギー保存型ヒドロゲナーゼ類縁複合体の4つのグループに別れることが示された。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕微生物、進化、微生物ゲノム、メタゲノム

〔研究題目〕硫化金属-ペプチド複合体が初期生命の代謝構築に果たした役割の解明

〔研究代表者〕五十嵐 健輔（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕五十嵐 健輔、山本 美佳
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

冥王代の地球環境では、様々な硫化金属が有機物を合成する化学反応を触媒することで、初期生命誕生の礎を提供したと考えられている。そしてそのような硫化金属と、現生の生物で見られる洗練された酵素とを繋ぐ中間的存在として、硫化金属-ペプチド複合体が想定されている。本研究の目的は、そのような複合体を実際に構築し、硫化金属の触媒能がペプチドとの結合でどのように変化するか、およびそれらの人工進化過程を解析するこ

とで、硫化金属-ペプチド複合体が初期生命の代謝構築に果たした役割を解明することである。

29年度の実施内容は下記に示すとおり二つの研究段階に分けて行われた。第一段階として、まず冥王代の地球環境に豊富に存在したと考えられる各種硫化金属を対象に、還元的アセチルCoA経路を模擬する反応、即ちCO₂やCOを各種還元剤(H₂やH₂S)によって還元する反応の触媒能を調査した。その結果、グライゴイト類(Fe₃S₄とNiFe₂S₄)は最も高い触媒能を示すことを明らかにできた。また、反応に対するpHと圧力依存性を解析した結果、pHは反応に著しい影響を与えなかったことに対して、圧力はCO₂のメタン化を促進し有機酸への変換を抑制することが判明した。以上から、冥王代の様々な局所環境における、硫化金属の触媒作用についての網羅的な知見を得ることができた。

第二段階として、硫化金属-ペプチド複合体を構築するために、各種硫化金属に特異的に付着するペプチドをフェージランダムペプチドライブラリーからスクリーニングした。嫌気条件の下、硫化鉄(主にアモルファスFeSやグライゴイト)を対象としたスクリーニングを行った結果、極性アミノ酸が疎水性アミノ酸に隣接したモチーフに富むペプチドが複数得られ、これらは硫化鉄への高い親和性をもつことが明らかになった。以上から硫化金属-ペプチド複合体を形成するための基盤を構築できた。現在、硫化鉄への親和性が高いペプチドを人工合成し、硫化鉄と複合体を形成させることで触媒活性への影響が現れるかを解析中である。

【領域名】生命工学

【キーワード】生命の起源、硫化鉱物、冥王代、ペプチド、原始酵素、還元的アセチル CoA 経路

【研究題目】分子協調作用に基づく光応答固液相転移システムの構築

【研究代表者】則包 恭央(電子光技術研究部門)

【研究担当者】則包 恭央(常勤職員1名)

【研究内容】

申請者はこれまでに、アゾベンゼンの光異性化等のフォトクロミック反応によって、光で結晶と液体の間を可逆的に相転移を起こす現象(光応答固液相転移)と、その現象を起こす化合物群を見出してきた。近年、この現象を活用した様々な機能材料のコンセプトが国内外で報告され、今後はリサイクル可能な感光性材料への実用化を含めたさらなる発展が期待される。一方で、現状では光固液相転移の光応答性が低いことが課題であり、本現象の学術領域および応用研究を進展させるためには、より光感度の高い分子システムの設計が必須である。そこで本研究では、上記課題を解決し、さらに結晶中で多重分子協調作用を生み出すための分子複合体および結晶構造を合理的に設計・創出することにより、光相転移の光

効率を劇的に向上させ、高効率な光応答固液相転移システムを構築する。

H29年度は分子複合体における光応答固液相転移系の創製を目指した。複合体として、水素結合複合体のセグメントの合成を行った。複素環を有するアゾベンゼン誘導体、カテコール誘導体、イソフタル酸誘導体をそれぞれ合成し、目的化合物を得た。各分子それぞれの融点および光反応性を確認した後、それぞれを混合した複合体結晶の形成について検討した。その結果、複合体の結晶の形成を確認した。また、それらの複合体結晶の光応答性について検討した。その結果、結晶中の自由体積が光反応性に大きく寄与することが分かった。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】光化学、異性化、結晶

【研究題目】海溝型巨大地震の最大規模推定に資する地質構造の強度推定

【研究代表者】宮川 歩夢(地質情報研究部門)

【研究担当者】宮川 歩夢(常勤職員1名)

【研究内容】

海溝型地震の規模を決定する要因として、エネルギー蓄積の上限を決めるプレート境界断層のせん断強度と、蓄積媒質として地質体の力学特性の理解が重要である。「沈み込み帯における地質体の力学モデル(クーロンウェッジモデル)」に基づき、地質体内部の摩擦強度から、プレート境界断層のせん断強度を推定できる。しかし、このモデルを適用するためには、地質体内部の摩擦強度の決定が課題であった。そこで、本研究では地震データに最新の応力逆解法を用いて、地質体内の摩擦強度を明らかにする。得られた摩擦強度とクーロンウェッジモデルから、プレート境界断層のせん断強度を推定する。本解析を地震データの得られる世界各地の沈み込み帯で実施することで、各沈み込み帯の摩擦強度・プレート境界断層強度を定量化する。推定されたプレート境界断層のせん断強度は、最大地震規模を含むエネルギー解放現象を決めるパラメータとして、海溝型巨大地震の理解に貢献する。研究課題初年度の本年度の前半に、当初初年度に達成を予定していた震源メカニズム解に基づく摩擦係数推定法の構築を行えた。そのため、翌年度に実施予定であった、開発した手法を用いた世界中の沈み込み帯で予察的な検討を行った。しかし、結果として使用する地震データベースに、ある程度の地震数が必要で、適切なデータベースの使用が必要であることがわかった。そこで、初年度中に地震データ数の十分ある日本周囲の沈み込み帯での検討を始め、有意な摩擦係数の推定を実施することができた。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】地震、地質構造強度、摩擦強度、プレート境界断層、応力逆解法

〔研究題目〕カビ新規 RiPPs ライブラリ構築と非天然環状ペプチド創製

〔研究代表者〕梅村 舞子（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕梅村 舞子（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本課題では、カビが産生する天然化合物の一つであるリボソームペプチドについて、インフォマティクス解析から見出した新規生合成経路のクラスを分類し、非天然型環状ペプチドの創製に向けて化合物一経路のライブラリ構築と特徴解析を行うことを目的とする。対象とするリボソームペプチド生合成経路（ust-RiPS 経路）はカビで初めて見出されたもので、化合物の骨格となるペプチド鎖の配列が、高度な繰り返し配列となって前駆体ペプチド遺伝子に直接書き込まれている。また、経路内に新規環状化因子を有しており、芳香環に直接エーテル結合によって環を巻く化合物構造を生合成する。

初年度である平成29年度は、前駆体ペプチドの配列特徴解析および本経路に特徴的な環状化因子の同源性検索から、糸状菌 *Aspergillus* 属における本経路を抽出・分類し、その結果に基づいて、遺伝子破壊実験と LC-MS 測定から糸状菌 *A. flavus* 上に新規 ust-RiPS 経路と化合物のペアを1つ同定した。さらに、生産量が非常に低い本化合物の正確な構造決定を行うために、多重マーカーを有する麹菌株を親株として、各生合成遺伝子のプロモーター領域をマルトース誘導型に挿げ替えて導入した異種発現株を作製した。本株を導入遺伝子誘導培地の元で培養したが、対象化合物の産生が確認できなかったため、遺伝子発現の確認を行うとともに、異種発現系の再検討を行っている。並行して、公共データベースより取得可能なゲノム情報に対して本経路のドライ探索を行い、本経路がカビ・キノコを含む Fungi 界全体に保存されており、前駆体ペプチドの配列も100種類以上の多岐にわたることを見出した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕真菌類、環状ペプチド、二次代謝経路、天然化合物

〔研究題目〕逆進化ゲノム株と構造遺伝子内発現調節を用いた生合成リデザイン

〔研究代表者〕北川 航（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕北川 航（常勤職員1名）

〔研究内容〕

逆進化ゲノム株を宿主利用するテーマでは、生育速度や導入遺伝子（ベクター）の安定性に重要な因子を特定することに成功し、ゲノムレベルでのさらなるブラッシュアップを進める事が出来た。特に NRPS が宿主株の生育に非常に大きな役割を持つことを明らかにした事は重要で、凝集やバイオフィーム形成の制御が可能になる可能性がある。P450ライブラリのテーマについては、菌株保存機関から入手可能で、ゲノムが公開されている

株由来の物を中心に、数を増やすことが出来た。またこれらの P450はその由来微生物や GC 含量に関わらず、約7割は機能的に発現している事も確かめられ、発現ライブラリとしては質の高いものと考えている。またあらたな P450源として海綿共生菌が有望である事を見だし、今度のライブラリ拡大に利用して行く予定。構造遺伝子内発現制御機構のテーマについては、放線菌でも mRNA の二次構造が発現量に重要である事が明らかになり、遺伝子クローニングの際にこれを応用する事でプロモーターによらない発現量制御の可能性を示した。各テーマにおいてこれまでの目標に対する達成度は90 %程度と考えており、概ね計画通り。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕放線菌、遺伝子工学、宿主ベクター系

〔研究題目〕サーマル分子ピンセット～溶液中の溶質分子を局所温度分布で摘み動かす技術（新学術領域研究）

〔研究代表者〕山本 泰之（工学計測標準研究部門）

〔研究担当者〕山本 泰之（常勤職員1名）

〔研究内容〕

ソーレー効果という、溶液中に温度の勾配が維持されているときに生じる溶質分子の移動現象を利用した、マイクロスケール領域の液体中の分子・粒子を輸送する技術の開発を行った。薄型のガラスセルに溶液を入れ、レーザーで微細なパターンを照射すると、加熱されて温度分布が発生する。この時に同時に生じるソーレー効果によって、温度パターンに依存した濃度分布を形成することができる。研究代表者の発案のポイントは、ソーレー効果による溶質分子の移動速度と同程度の速度で、加熱パターン自体を移動させることで、非常に効率的に溶質分子を輸送できることを示したところである。また、加熱パターンをひらがなの「く」の字型にして開いた方向に移動させることで、閉じた部分に高濃度に濃縮するアイデアも発案した。これをサーマル分子ピンセットと名付けた。この技術を用いて、科研費の新学術領域「光圧ナノ領域」で研究されている光放射圧を用いた技術と融合して、ナノサイズの粒子や分子を操作する新技術の開発を試みている。初年度は、これまでポリマー溶液に適用してきたソーレー効果を用いたサーマルピンセット技術を光圧の技術に適用するため、光圧の研究で頻りに用いられている蛍光ビーズに対して適用できるよう、装置の改造を進めた。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕ソーレー効果、熱現象、微細領域、溶液、分子操作、粒子

〔研究題目〕質量分析を用いた ncRNA 結合タンパク質同定技術の高度化とその利用

〔研究代表者〕足達 俊吾（創薬分子プロファイリング

研究センター)

【研究担当者】 足達 俊吾 (常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

多くの RNA は、タンパク質と複合体を形成して機能を果たすと考えられていることから、RNA の機能を分子的に理解するためには RNA に結合するタンパク質を明らかにすることが重要である。本研究では、iSRIM 法 (in vitro において特定の RNA に結合するタンパク質について質量分析を用いて同定する手法) 及び ChIRP-MS 法 (in vivo において特定の RNA に結合するタンパク質について質量分析を用いて同定する手法) の両手法を比較しながら用い、特定の RNA に結合するタンパク質同定基盤技術の確立を目指すとともに、確立した技術を用い RNA の成熟過程、機能、制御機構の解明を目指す。

平成29年度は、ChIRP-MS 法の洗練、ChIRP-MS 法の高度化 (レポーターRNA を用いた ChIRP-MS 法の開発)、共同研究を通じた開発技術の有用性実証を達成することを目標とし、達成する事ができた。具体的には、ChIRP-MS 法の洗練については、特異的な結合タンパク質が知られている 7SK-ncRNA や TNF- α mRNA, TFRC mRNA の3'UTR 領域を用い、RNA 及びその結合タンパク質の精製、質量分析による結合タンパク質の同定実験について、細胞の量、固定方法、細胞溶解液の組成、細胞の破碎方法、アンチセンスオリゴの種類等の条件検討を行い、その結果、ベイト RNA 特異的に既知の結合タンパク質 (7SK RNA について CDK9, CyclinT, Hexim, LARP7, MEPCE、TNF- α mRNA について RC3H1/2 や ZFP36L1/2、TFRC mRNA について IRP1/2等) が効率よくかつ特異的に同定される実験条件を見いだすことに成功した。CHIRP-MS 法の高度化 (レポーターRNA を用いた CHIRP-MS 法の開発) については、Red fluorescent タンパク質や nanoLuc タンパク質の RNA 配列をレポーターとして用い、それぞれの mRNA と共にその結合タンパク質を同定する実験系を確立することに成功、全く同じ実験条件のもと、様々な RNA に結合するタンパク質を同定し、ベイト RNA 間での結合タンパク質比較が可能となった。また、共同研究を通じた開発技術の有用性実証については、新学術領域 ncRNA タクソノミ領域内の複数の研究者との共同研究を行い、複数の RNA についてその結合タンパク質の同定に成功している。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 RNA、RNA 結合タンパク質、質量分析、ChIRP

【研究題目】 ウイルスと宿主の感染・増殖・共生過程の誘電率顕微鏡による構造組成解析

【研究代表者】 小椋 俊彦 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 小椋 俊彦 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標:

本提案では、これまで観察が困難であった、水溶液中の非染色・非固定のウイルスをダメージ無く観察する電子線走査誘電率顕微鏡を開発し、ナノスケールでのウイルス感染・増殖・共生過程の観察と組成分析を行う。この目的のため、走査電子線を用いたウイルス解析用の誘電率顕微鏡の開発を行う。

研究計画:

本年度は、ウイルスの感染・増殖実験として、観察が容易であると予想されるバクテリアとファージウイルスを用いる。実験方法としては、バクテリアと T4ファージの培養液を混合し、その混合液を観察ホルダに封入し、SEM チャンバー内へと設置する。その後、高分解能の走査電子誘電率顕微鏡システムを用いて観察を行う。観察画像は、80秒に一枚のペースで連続的に取得する。これにより、T4ファージがバクテリアへと付着し、DNA をバクテリア内へと挿入する過程やバクテリア内部でファージが複製され増殖する過程、さらには T4ファージが細胞膜を破り放出される状態を観察する。

年度進捗状況:

本研究の目的である水溶液中のウイルスの感染過程を高分解能で観察する観察ホルダの開発と観察システムの高感度・高速化を行った。観察ホルダの高分解能化では、薄膜の厚さを従来の50 nm から20 nm へと薄層化し、さらに薄膜上部のタングステン層も10 nm 以下とした。初年度のウイルスの感染・増殖実験として、大腸菌と T4ファージの感染・増殖過程の観察を行った。実験方法としては、大腸菌と T4ファージの培養液を混合し、その混合液を観察ホルダに封入し、SEM チャンバー内へと設置する。その後、高分解能の走査電子誘電率顕微鏡を用いて観察を行った。観察画像は、80秒に1枚のペースで連続的に取得した。これにより、T4ファージがバクテリアへと付着し、バクテリア内部でファージが複製され増殖する過程、さらには T4ファージが細胞膜を破り放出される状態を観察することに成功した。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 誘電率顕微鏡、ウイルス、バクテリア、液中観察、走査電子顕微鏡

【研究題目】 ダイニン・微小管系の振動運動機構 -運動中の姿を捉える電子顕微鏡解析-

【研究代表者】 広瀬 恵子 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 広瀬 恵子、

Shimaa Abdellatif Abdelaleem
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

鞭毛・繊毛の振動的な屈曲運動は、軸糸内に配列したダイニン分子の運動が何らかのしくみで制御されることによって起こる。本研究では、軸糸外腕ダイニン、微小

管、および微小管同士を架橋する構造のみから成り、振動的な運動を起こすようなモデル系を作成することを目指している。振動的な運動が観察されたらその性質を解析するとともに、運動中のダイニンの構造を電子顕微鏡で解析する。

本年度はまず、軸系外腕ダイニン分子をクラミドモナス鞭毛から抽出し、ATP 存在下での微小管運動活性を *in vitro* 運動アッセイによって確認した。次にこのダイニン分子を微小管に結合させ、二本の微小管の間にダイニンが規則的に並んだ複合体を作成した。作成したダイニン微小管複合体に caged ATP を加え、ATP 放出後の動きを蛍光顕微鏡で観察することにより、効率的に運動が起こる条件を検討した。続いて、この複合体の微小管同士を架橋する構造として、長さ80 nm 程度の DNA 折り紙構造体を作成し、変異体キネシンを介して微小管に結合させた。現段階では、低濃度のダイニンを用い、複合体あたりのダイニン分子の数が少ない時には、DNA 折り紙架橋によって複合体の解離を抑制することができた。微小なビーズを微小管に結合させ、光ピンセット法を用いることによって、架橋された複合体中の微小管の運動を観察することができた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】分子モーター、鞭毛・繊毛、電子顕微鏡、生物物理

【研究 題 目】サル内包梗塞モデルを用いた身体表現適応機構の解明

【研究代表者】肥後 範行（人間情報研究部門）

【研究担当者】肥後 範行、村田 弓、山田 亨
（常勤職員3名）

【研究 内 容】

核磁気共鳴画像法（MRI）、陽電子放出断層撮影（PET）、近赤外脳機能計測法（fNIRS）など、非侵襲的に脳活動を計測する技術が複数知られている。これらの手法の欠点の一つとして、正確に計測するためには頭部を固定化して不動化しなければならず、自然な動きを行っているときの脳活動計測が難しい点が挙げられる。この欠点を解消し、頭部を固定しない随意運動下のサルの脳活動を計測するための fNIRS システムを連携研究者である山田亨とともに構築した。頭部の動きに伴うノイズを最小化するため、プローブの強固な頭部への固定を行うとともに、fNIRS 計測時の近赤外光の時間及び空間的伝播をシミュレーションによって求め、サルの脳活動を計測するために最適なプローブ間隔を決定した。

これまでに連携研究者である村田弓と研究代表者が確立した動物モデル、すなわち脳卒中の好発部位である内包後脚に局所的な脳梗塞を作成したマカクサルを使用し、上肢運動の回復過程で生じる脳活動の変化を調べた。第一次運動野の手領域からの下行路が通る内包後脚に血管収縮作用を持つ薬剤（Endothelin-1）を投与し、局所

的な微小梗塞を作成した。梗塞作成直後は上肢運動に麻痺が生じるものの、上肢運動訓練を行うと梗塞約1ヶ月経過後に把握動作の回復が見られた。梗塞前と梗塞後の回復時における、到達把握課題を行っているマカクサルの脳活動を、上述した「マカクサル非拘束運動時脳活動計測 fNIRS システム」によって計測した結果、回復時には使用した上肢と対側半球の運動前野腹側部の脳活動が上昇することが明らかになった。

運動前野腹側部の脳活動と上肢運動の回復との因果関係を検証するために、回復時に GABA のアゴニストであるムシモールを運動前野腹側部に注入しこの領域の活動を一過性に抑制した。その結果、運動前野腹側部の抑制にともない巧緻動作の障害が再発したことから、この領域の活動が巧緻動作の回復に重要な役割を果たしていると考えられる。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】リハビリテーション、身体性システム、機能回復、神経可塑性、把握動作

【研究 題 目】疑似制約による上肢機能の変容・適応過程の解明

【研究代表者】宮田 なつき（人間情報研究部門）

【研究担当者】宮田 なつき、米岡 裕也、高橋 玲子
（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

上肢の運動機能が疾病により制約された患者に対するリハビリテーション計画を立てたり、そうした患者にとっても使いやすいユニバーサルデザイン製品を作るためには、制約と、その制約下にある手により実現可能なタスクとの関係を理解しておく必要がある。しかし、すでに機能制約が生じてしまった患者を多数集め、指標となるデータを網羅的に取得することは倫理的に難しい。そこで本研究項目では、健常者の手の機能を人工的に制約し疑似的な機能制約状態を作り出して観察対象とすることで、機能制約に応じた人の上肢の挙動変容過程を明らかにし、挙動を予測・評価可能とすることを目指している。具体的には、機能制約の対象として関節可動域に、手の実現するタスクとして把持に着目し、可動域の制約により、把持の仕方がどのように変容するかを明らかにすることを目的として進めた。

本年度はまず、健常な手の母指可動域を人工的に制約する方法として、非伸縮性の医療用テープを用いた方法を検討した。把持において重要な役割を果たす母指の制約を試み可動域を計測したところ、目標通りの制約が可能であることが確認できた。また、母指可動域制約の有無により、代表的な2つの物体把持形態（握力把握および精密把握）がどのように変化するかを被検者1名について調査した。10回の繰り返しに伴い、初期には健常時と同様の接触領域を使おうとしていた被験者が、最終的には母指の側面を使用した把持に移行している様子が

観察された。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 デジタルヒューマン、手、関節可動域、人工的制約、把持、接触領域

〔研究 題目〕 モバイル生体センシング基盤における分散複合イベント処理に関する研究

〔研究代表者〕 幸島 明男（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕 幸島 明男、河本 満、車谷 浩一（常勤職員3名）

〔研究 内容〕

本研究では、利用者が持つスマートフォンやモバイルセンサデバイス等から得られる複数の時系列センシングデータを分散複合イベントとして統合的に処理することで、高齢者等の身体・生活状況を家族等の小グループにより見守ることを可能にする、Peer-to-Peer (P2P) 方式のモバイル生体センシング基盤について研究開発を行っている。

本年度は、分散複合イベント処理を実現するための基盤技術として、市販の腕時計型端末を用いて、他の複数の端末から並行して送信されるセンシングデータを安定して受信するためのメッセージ制御機構について設計・実装を行った。また、無線 LAN 通信を用いたモバイルデバイス間の時刻同期の仕組みについて、マスターデバイスを GPS/PPS 信号により時刻同期された Linux デバイス、スレーブデバイスを腕時計型端末として、同期を行うプロトタイプシステムを作成した。今後の日常の身体・生活状況のセンシングデータからの複合イベント処理の実現に向けて、おおむね適切な時刻同期性能が得られた。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 モバイル、生体センシング、見守り

〔研究 題目〕 喉頭全摘出者の代替発声を対象とした声質改善装置の研究開発

〔研究代表者〕 佐宗 晃（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 佐宗 晃（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

音声は最も重要なコミュニケーション手段であり、高齢者のみならず人が充実した社会生活を送るために欠かせない要素である。しかし、喉頭がんの進行により喉頭全摘手術を余儀なくされ、自分の声を失う高齢者は少なくない。不幸にして喉頭全摘出となった場合、電気式喉頭や、ゲップを音源とする食道発声法などの代替発声法が利用されるが、習得が困難で、明瞭性や自然性が大幅に劣化する。本研究課題では、食道発声音声から直接観測できないゲップ音源と声道特性とを高精度に分離し、喉頭全摘出前に収録した自分の音声から推定した声帯音源と入れ替えて音声を再合成することで、もとの声質に近い発声を可能にする声質改善装置の研究開発を目的と

する。

研究代表者は、声道フィルタを Auto-Regressive (AR) フィルタで、声帯振動による駆動源を Hidden Markov Model (HMM) で表現する AR-HMM に基づいた音声分析法を提案し、高基本周波数音声の分析において著しく分析精度が劣化するという従来法の問題点を大幅に改善できることを示している。H29年度はこの AR-HMM 音声分析法を食道発声音声に適用し、声道特性とゲップ音源のより高精度な分離の実現を試みた。具体的には、食道発声音声から推定した声道特性に音源の特徴が残留する場合が生じることを実験的に確認した。更に詳細な解析を行った結果、音源の残留特徴は声道フィルタの実軸上の極として現れることを明らかにした。この結果を踏まえて、そのような極の発生を抑制する制約条件を導出し、それを組み込んだ新しい AR-HMM 分析法を構築した。そして、最も精度が良いとされる従来法と比較して、提案法の精度が良くなる傾向があることを実験的に確認した。

〔領 域 名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 音声分析、声質改善、食道発声音声

〔研究 題目〕 自己集積性の低分子有機物を吸着剤として使用する含油排水処理技術の開発

〔研究代表者〕 小木曾 真樹（機能化学研究部門）

〔研究担当者〕 小木曾 真樹（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究は、含油排水処理用の吸着剤として一定の成果を示した自己集積性の低分子有機物を実用化に繋げるため、『分散→吸着→分離→有価物の回収→再生』までの各処理操作における要素技術を抽出し、個々あるいは相互に関連させながら基礎研究を行うことで、高機能化と低コスト化を両立し、既存吸着剤を代替しうる競争力を持つ排水浄化技術を開発することを目的とするものである。

平成29年度は、まず浄化システム全体よりも吸着剤そのものの高機能化に注力した。最初に「分散性の向上」を目的とした基礎研究を行った。分散性を向上させるために、ポリエチレングリコール鎖等の親水基を結合することで表面物性を調整した新規の低分子有機物を合成し、分散性を向上させることに成功した。また、エマルジョンの調整法に倣い、食品添加物など低環境負荷の乳化剤や高分子を併用することで、自己集積型ナノ構造体の分散性を向上させることにも成功した。次に「吸着力の向上」を目的とした基礎研究を行った。特に、これまで能力不足であった水溶性有機物の吸着力を向上するため、新たな低分子有機物の分子設計および合成を行った。その中で、例えば親水部のグリシルグリシンにピリジル基を導入した低分子有機物が、フェノールなどの水溶性有機物に対して高い吸着力を持つことを明らかにした。また、疎水部としてオレイン酸など不飽和炭化水素を導入

することで、芳香族化合物や油脂に対して吸着力が向上することも明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】排水処理、自己集積、吸着

【研究 題 目】がん抗原特異的抗腫瘍免疫の増強と免疫抑制の是正を同時に実現するがんワクチンの開発

【研究代表者】王 秀鵬（健康工学研究部門）

【研究担当者】王 秀鵬、伊藤 敦夫
（常勤職員2名、他2名）

【研究 内 容】

従来のがん免疫治療技術（がんワクチンや免疫チェックポイント阻害剤）では、がん抗原特異的抗腫瘍免疫の刺激または免疫抑制の是正のいずれか一方のみに重点が置かれ、それらの両方を効果的に発揮させる研究は少ない。そのため、がんワクチンは抗腫瘍免疫の増強が重視され、免疫抑制の是正が軽視されてきたため、臨床での有効性は不十分とされてきた。一方、免疫チェックポイント阻害剤（抗 PD-1抗体や抗 PD-L1抗体や抗 CTLA-4抗体）が免疫抑制を是正して、がんの治療効果を高めることがわかってきた。しかし免疫チェックポイント阻害剤はがん抗原特異的抗腫瘍免疫を刺激できないため、がん抗原特異的抗腫瘍免疫の増強と免疫抑制の是正を同時に且つ効果的に実現する新規がんワクチンはがん免疫治療技術を飛躍的に向上させるものと期待できる。

本年度は、組成・孔径・サイズを制御したワクチン用のナノ粒子を合成した（メソポーラスシリカ、ヒドロキシアパタイト、ナノシート材料など）。がん抗原や免疫刺激物質等をこれらの粒子に担持し、新規がんワクチンの候補物質を開発した。開発したがんワクチンの候補物質はがん抗原の徐放特性を示した。一部の候補物質の安全性、および抗がん活性評価を行った。その結果、これらの新規がんワクチンの候補物質が抗がん免疫活性を示すことを確認した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】アジュバント、メソポーラスシリカ、孔径、サイズ

【研究 題 目】抗炎症作用を有する機能性タンパク質フィルムの創製と炎症性疾患治療への応用

【研究代表者】山添 泰宗（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】山添 泰宗、栗之丸 隆章
（常勤職員2名）

【研究 内 容】

炎症性疾患の病変部では、過剰な活性酸素や炎症性サイトカインが存在し、病気の悪化の原因となっている。そこで、炎症性疾患の治療薬として、活性酸素を除去する酵素や炎症性サイトカインに結合する抗体などのタンパク質が注目されている。本研究では、4種類のタンパ

ク質（SOD、カタラーゼ、抗体、アルブミン）を用いて、活性酸素や炎症性サイトカインを除去する機能を備えたタンパク質フィルムを作製し、潰瘍性大腸炎やクローン病などの腸炎の治療に応用することを目的としている。

本年度は、タンパク質フィルムの作製やフィルムの *in vivo* 評価に用いる腸炎モデルマウスの作製を行った。タンパク質フィルムに関しては、抗体を疎水性の基板に吸着させた後、その基板上に架橋したアルブミン、SOD、カタラーゼ溶液を加え、乾燥させるという手順で、フィルムの内部に SOD とカタラーゼが、また、フィルムの表面に抗体が組み込まれたフィルムを作製することができた。フィルムを作製する際、基板からフィルムを剥離する工程があるが、界面活性剤への暴露や加熱処理など、様々な手法で剥離することにも成功した。

フィルムの抗炎症効果の *in vivo* 評価に用いる腸炎モデルマウスについては、ヒトの潰瘍性大腸炎と似た症状を示し、モデル動物として広く用いられているデキストラン硫酸ナトリウム（DSS）誘発性腸炎マウスの作製を行った。マウスに投与する DSS の濃度、期間、分子量など本研究に適した実験条件を絞り込んだ。また、タンパク質フィルムをマウスの大腸の炎症部に接触させるために、シリコン製のチューブの外表面にタンパク質フィルムを貼りつけたデバイスを作製した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】炎症性疾患、活性酸素、タンパク質、フィルム、マウス

【研究 題 目】高齢者・視覚障害者（ロービジョン）のためのダイナミック・サインの研究

【研究代表者】伊藤 納奈（人間情報研究部門）

【研究担当者】伊藤 納奈、渡邊 洋（常勤職員2名）

【研究 内 容】

高齢者やロービジョン（全盲ではない視覚障害者）は視機能の低下により、重要な公共サイン、避難や災害情報をとると見逃す可能性がある。近年プロジェクトマップや津波避難情報など、アニメーションや点滅のような動的で複雑な情報案内が多方面に急速に広がりつつある。このような動きや時間的な変化のある視覚情報を用いた案内表示をここでは“ダイナミック・サイン（動的なサイン）”と呼ぶ。今後急速に拡大するダイナミック・サインを確実に伝達させることは、高齢者・障害者配慮の観点でも必須となる。本研究では、新しいダイナミック・サイン開発のための、ロービジョンや高齢者に見やすい動的な文字や記号等の設計方法について実験的に検討することを目的とする。

平成29年度は、実験環境構築を行った。平成30年度は被験者実験を行う予定である。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】ロービジョン、ダイナミックサイン、視

認性

〔研究題目〕時間と質感の接点—質感によって符号化される多感覚情報の時間ずれについての検討—

〔研究代表者〕藤崎 和香（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕藤崎 和香（常勤職員1名）

〔研究内容〕

質感は空間や時間とともに感覚モダリティをまたぐように存在する。感覚モダリティをまたぐように存在する情報は異なる感覚間をつなぐ重要な手がかりとなるだけでなく、感覚統合の結果としてまた新たな知覚体験を生起させる。本研究はこれまで個別に研究されてきた時間知覚と質感知覚の係性を多感覚統合の観点から明らかにすることを目的とする。具体的には、感覚モダリティをまたがった情報間の時間ずれが、直接同時性や同期性を訊くと識別できない場合であっても、質感知覚として符号化されると識別できる場合について、その符号化のメカニズムや情報処理の階層性を解明することを目指す。

今年度は、自分の動作と感覚フィードバックとの間に遅延を挿入し、被験者に同時性判断と質感判断を同時に行っていただく予備的観察を行った。今回の予備的観察結果を参考にして、今後、質感判断と同時性判断の順番や、一度に訊く質問項目数のボリュームなどを調整していく予定である。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕時間知覚、質感知覚、同時性判断、感覚フィードバック

〔研究題目〕流動場分離法に立脚したナノセルロースの長さ・形状評価手法の確立

〔研究代表者〕加藤 晴久（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕加藤 晴久、中村 文子、伴野 秀邦（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

ナノセルロース等異方性ナノ材料の評価を散乱法や顕微鏡法で精確評価するためには、前段に分級法を用い、ある程度の長さならびに形状を整える必要がある。長さ・形状分布が散乱法における評価精度や顕微鏡法評価におけるアンサンブル評価への影響を与えることは明快であり、一方でナノセルロースはサイズ範囲が広いことからサイズ排除クロマトではその広いサイズ範囲を網羅した分級を行うことはできない。またナノセルロースは粉体状態においては凝集が強く、これを可能な限り分散するための手法を検討する必要がある。

H29年度は上記課題を解決するために、まず異なる合成法により調製されたナノセルロースの水中分散法の開発を主に実施した。さらに分散試料に関し、その長さ・サイズ分級を流れ流動場分離法を用いた分級方法・条件の確立を実施した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕流動場分離法、非球形状粒子、長さ分布、光散乱法、電子顕微鏡

〔研究題目〕質量単位キログラムの定義改定のための原子空孔濃度の精密計測

〔研究代表者〕水島 茂喜（工学計測標準研究部門）

〔研究担当者〕水島 茂喜（常勤職員1名）

〔研究内容〕

X線結晶密度法を用いた新しいキログラムの実現では、浮遊帯法で成長させた ^{28}Si 単結晶球体を使用される。結晶に高濃度の原子空孔が含まれる場合、その濃度に応じた質量欠損補正を加える必要がある。現在、アボガドロ国際プロジェクトでは、陽電子消滅寿命法を利用して決定した原子空孔濃度 $3.3(1.1) \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ が採用されている。これは、質量に換算すると、1 kg 単結晶球体に対して $6.6(2.2) \mu\text{g}$ である。この値の信頼性を高めるためには、独立した別の方法で決定し、測定値を比較する必要がある。本研究の目的は、 ^{28}Si 単結晶中の原子空孔濃度を電子スピン共鳴法を利用して精密に測定し、キログラムを実現する際に必要な質量欠損補正量を独立に決定することである。

平成29年度は、① ^{28}Si 単結晶試料の精密な切り出し、鏡面研磨、精密洗浄、② 温度25 Kでの電子スピン共鳴スペクトルの取得、③ スペクトルデータの解析、を行った。データ解析の結果、結晶中の原子空孔濃度は、これまで採用されてきた値 $3.3(1.1) \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ よりも遥かに低く、電子スピン共鳴法で同定可能な9種類の原子空孔に対して、検出限界 $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 未満であることが判明した。結果として、これらの原子空孔による質量欠損補正量は、1 kg 単結晶球体に対して $0.4 \mu\text{g}$ 未満であると決定できた。本研究の成果は、国際会議 CPEM 2018 で発表される予定である。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕電子スピン共鳴、キログラム、シリコン単結晶、原子空孔

〔研究題目〕集積型量子電圧雑音源を用いたジョンソン雑音温度計による熱力学温度の精密測定

〔研究代表者〕浦野 千春（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕浦野 千春、山田 隆宏、中野 享、金子 晋久、山澤 一彰（常勤職員5名）

〔研究内容〕

国際単位系 SI は2018年に国際度量衡総会で改定が決議され、2019年には利用が開始されることが予定されている。新しい国際単位系ではボルツマン定数は現在定義値として扱われている光速と同様に定義値となる。このため温度測定の基準であるボルツマン定数という極め

て重要な基礎物理定数の決定に、客観的検証を高い精度で与えることが求められていた。

我々は超伝導エレクトロニクス技術を駆使して開発した集積化量子電圧雑音源を基準信号源として用いたジョンソン雑音温度計を開発した。この装置を用いて測定した抵抗器の熱雑音のパワースペクトル密度と、別途精密に測定した抵抗温度計の抵抗値、および抵抗器の温度（水の三重点温度、273.16 K）をジョンソン・ナイキストの式に代入することにより、ボルツマン定数を求めることができる。この測定システムを用いて抵抗器の熱雑音を7日間断続的に測定し、積算されたデータからボルツマン定数を精密に求めた。測定システムの不確かさ評価も合わせて行った。我々が求めたボルツマン定数の値は2014年の CODATA 値と比べて約3 ppm の違いが見られたが、この差異は相対的合成不確かさである10.2 ppm の範囲内である。我々が測定したボルツマン定数値は、他の独立な測定方法と整合し、その定義値決定の正当性を確固とした。これにより、改定予定の国際単位系におけるボルツマン定数の決定に貢献した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】SI 単位、熱力学温度、ケルビン、ボルツマン定数、熱雑音、ジョセフソン接合

【研究 題 目】ヘテロジニアスモデリングによるアダプティブ溶液プロセスシミュレーション手法の開発

【研究代表者】米谷 慎（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】米谷 慎（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、溶液プロセスによる有機半導体薄膜形成メカニズムを解明・解明するためのヘテロジニアス分子モデリングを用いたアダプティブシミュレーション手法を確立することにある。本研究では、有機半導体薄膜の溶液プロセスの分子シミュレーションにおいて、溶液を構成する溶質・溶媒それぞれを粗視化度の異なるモデルを組み合わせたヘテロジニアスなモデリングを用い、さらにその粗視化度を、溶液濃度の変化等の系の発展に応じてダイナミックに変化させるアダプティブシミュレーションを可能にすることを目指す。

H29年度は、上記手法の開発を行うのに最も適した具体的な溶液系の検討を行い、有機溶媒のみならず、水溶媒も含む、より広範囲の溶媒・溶液系の系統的な研究を考慮し、ターシャルブチル置換修飾した有機溶媒可溶性フタロシアニンおよび、スルホン酸ナトリウム置換修飾した水溶性フタロシアニンの溶液系を選択し、その溶媒・溶液の基本的な分子モデリングと溶液挙動の確認を行った。次に、手法開発の基盤としている粗視化モデリングツール VOTCA-CSG の、特に段階的な粗視化モデリング機能を、水、トルエン等の具体的な溶媒分子に関

して確認し、上記の可溶性フタロシアニン溶質分子との溶液系の基礎検討をおこなった。

上記により、溶媒粗視化度を、溶液濃度の変化等の系の発展に応じてダイナミックに変化させるアダプティブシミュレーション手法の開発の基盤を築くことができた。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】モデリング 粗視化 シミュレーション、溶液プロセス

【研究 題 目】最適化量子モンテカルロ法に基づく高温超伝導機構の研究

【研究代表者】柳澤 孝（電子光技術研究部門）

【研究担当者】柳澤 孝、長谷 泉（常勤職員2名）

【研究 内 容】

電子系の多体の波動関数を最適化し、その最適化された波動関数に基づいてモンテカルロ法を開発した。これまで世界中において研究されてきた多くの波動関数と比較して、我々の波動関数が最適の波動関数であることが明らかになった。

エネルギースケールが大きい相互作用により超伝導が引き起こされるならば、高温超伝導は可能である。ハバードモデルにおいて、クーロン相互作用を起源として超伝導が引き起こされることは明らかになったと言って良い。特に、電子間に強い相関が働く強相関領域において高温超伝導が可能であることが明らかになった。物質には多くのバンドパラメーター、相互作用パラメーターが存在し、それらの空間において、超伝導に最適な領域はどこかというのが重要な問題である。超伝導と他の秩序との競争および競合、特に反強磁性秩序との競合が重要である。ハバードモデルにおいては、クーロン相互作用 U がバンド幅よりも大きい領域において、反強磁性が抑えられ超伝導が最適となる。三バンドの $d-p$ モデルにおいてはより複雑であることが明らかになった。 d 電子と p 電子のレベル差が重要なパラメーターであり、弱相関から強相関へと移り変わる領域が重要であることが明らかになった。最適なパラメーター領域を明らかにする。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】高温超伝導、高温超伝導メカニズム、多体電子系、最適化波動関数、モンテカルロ法

【研究 題 目】火山体崩壊：マグマ供給系及び噴火様式への影響

【研究代表者】石塚 治（活断層・火山研究部門）

【研究担当者】石塚 治（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本年度は、(1) ペレ火山噴出物採取及び海底掘削試料及びペレ火山陸上部採取試料の分析解析を実施する、(2) 国内の火山体崩壊を起こす火山（磐梯山、浅間山）

についての調査を開始する、ことを計画した。

(1) の調査については、2018年2-3月に、フランスの共同研究者らとともに実施した。目的は、1) 火山体崩壊イベント前後の火山噴出物及び ^{14}C 年代測定用試料の系統的採取、2) 掘削試料に認められる火砕流の噴出位置及び山体崩壊の発生位置と時期を特定するための地質調査、であった。調査ではペレ火山の約25000年前の山体崩壊イベントの前後の火山噴出物を中心に試料採取を行った。また数地点において噴出物とともに木炭等の ^{14}C 年代測定用試料を採取、これまでに3000–20000年前の年代を得た。現在噴出物の化学組成及び $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法による直接年代決定の準備を行っている。これらの分析が完了すれば、山体崩壊イベント前後のマグマの化学組成変化を解明できると考える。

一方(2)については、浅間山火山で2回、磐梯山火山で1回の調査、試料採取を実施した。その結果、浅間山火山では複数地点の露頭で約23000年前の山体崩壊イベントの前後の噴出物の採取に成功した。分析作業を進めており、マグマ化学組成の時間変化が明らかになりつつある。磐梯山火山については、予察的な試料分析を実施、より時間分解能を高めた研究が可能か、検討を行っている。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】火山体崩壊、ペレ火山、火山噴出物、浅間山火山、磐梯山火山

【研究題目】前弧堆積盆の累積様式から島弧前縁のひずみ履歴を復元する手法の開発

【研究代表者】野田 篤 (地質情報研究部門)

【研究担当者】野田 篤、宮川 歩夢、山田 泰広 (海洋研究開発機構)、芦 寿一郎 (東京大学) (常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

沈み込み帯における重要な構成要素の一つである前弧堆積盆は、島弧の隆起・削剥・気候・火成活動などの履歴を高解像度で保存するだけでなく、島弧前縁の変形履歴を反映した形状変化や埋積様式を示している。しかし、プレート境界での物質的・力学的な変動に対する前弧堆積盆の応答の詳細は良く分かっていない。本研究の目的は、プレート収束境界における物質収支が島弧前縁の様式(付加体型・非付加体型)を決めるとともに前弧堆積盆の形態にも影響を与えたとの仮定のもとに、島弧前縁のひずみ履歴と前弧堆積盆の傾動・沈降・埋積過程との相互関係を明らかにすることである。

本研究では、東京大学大気海洋研究所に設置されているアナログ実験装置を用いて、前弧堆積盆の形成実験を行う。実験では、外側ウェッジとバックストップとの間に前弧堆積盆を作り、外側ウェッジの短縮を累積させながら堆積盆に土砂を埋積させ、外側ウェッジおよび外縁隆起帯に対する前弧堆積盆の埋積様式の変化を調べる。

平成29年度は、押し出しタイプからシート引きタイプへ実験装置を改造するとともに、基本的な前弧堆積盆形成実験を行った。今年度の1回目の実験(2017年10月10日~10月13日)では、改造前の押し出しタイプの実験装置に木製のバックストップを組み合わせて、付加体とバックストップとの間に前弧堆積盆を作成する実験を行った。2回目の実験(2018年1月22日~2月2日)は、シート引きタイプの実験装置への改造後に、1回目と同様の実験を実施した。いずれの実験においても、バックストップの傾斜面に沿って発達するバックスラストが外縁隆起帯を形成し、その陸側に前弧堆積盆に相当する凹地が作成された。実験中の一定時間ごとに、予め設定した分量の砂を凹地に投入することで、堆積盆を埋積する層序の時間変化が追跡できるようになった。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】地球科学、沈み込み帯、堆積盆、付加体、アナログ実験、数値シミュレーション

【研究題目】クラスレート水和物の構造相転移を誘発するゲスト分子の挙動の解明

【研究代表者】竹谷 敏 (物質計測標準研究部門)

【研究担当者】竹谷 敏 (常勤職員1名)

【研究内容】

クラスレート水和物の一種であるガスハイドレートに関し、結晶構造の安定性評価と、昇温にともなう構造変化の理解を目的に、位相差 X 線イメージング法による内部構造の非破壊観察と、粉末 X 線回折法による分解速度の定量測定のため、以下の実験を実施した。

低温型位相コントラスト X 線 CT 測定法を用い、200 K 以上の温度制御条件下において、ガスハイドレートの内部構造の均一性・不均一性の精密評価、さらに、温度変化に伴うハイドレートの形態変化の観察を実施した。位相差 X 線イメージング法の中でも、屈折コントラスト法を用い、テトラヒドロフラン (THF) ハイドレートと氷の共存サンプルに対し、昇温時における分解過程の測定を行った。THF ハイドレートの分解過程における構造変化と、それに付随する氷~水への融解過程の可視化を行った。

粉末 X 線回折法を用いた結晶構造解析では、THF とテトラヒドロピラン、炭化水素であるシクロペンタンの構造解析を実施した。さらに、これまでに報告されているプロパン、トリメチレンオキシド、プロピレノキサイドといったゲスト分子を包接するハイドレート構造とのケージ構造の相関について調べた。ゲスト分子が異なる場合の、ケージ構造のゲスト分子依存性について検討し、ゲスト分子サイズだけではなく、分子の官能基等が及ぼす影響が、明らかになった。

次年度は、これらの知見をもとに、両測定手法を併用し、ガスハイドレートの結晶構造の安定性評価と、昇温にともなう構造変化の理解を深めていく。

〔領 域 名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕X線構造解析、X線CT、ガスハイドレート

〔研究題目〕分子リソグラフィーに向けた分子集積技術の開発

〔研究代表者〕吉川 佳広（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕吉川 佳広（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、規則的かつ大面積で有機分子を基板上に集積化する手法を開発し、集積化した有機分子の二次元構造を用いて、シングルナノスケールのリソグラフィー技術を創製することを最終目標としている。そのために本研究では、(1)分子を規則的に配置する手法、(2)外部刺激で分子配列を制御する方法、および(3)垂直方向への積層集積法を開発し、分子ナノパターン構造を用いた分子リソグラフィー技術の基礎技術を確立することを目的としている。

平成29年度は、最終的にリソグラフィーに用いる分子の各機能部位の合成と構造評価を実施した。具体的には、二種類の光応答性分子を合成した。すなわち、光照射で分子配列の制御が可能と考えられるアゾベンゼンに、基板への吸着部位および分子間相互作用部位として機能するアルキル鎖を導入したアゾ化合物を合成した。また、紫外光照射で脱離・除去が可能な *o*-ニトロベンジル部位を持つ化合物の合成も行った。各化合物が合成できていることは、核磁気共鳴スペクトルおよび赤外分光光度計で確認した。次いで、これらの化合物が高配向グラフィット上に形成する物理吸着膜の構造を走査型トンネル顕微鏡（STM）で解析し、いずれも規則的な二次元構造を形成できることを確認できた。

〔領 域 名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕リソグラフィー、自己組織化、走査型トンネル顕微鏡

〔研究題目〕構造制御した固体光アップコンバージョン材料の三重項励起子拡散異方性の解明

〔研究代表者〕溝黒 登志子（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕溝黒 登志子
金坂 青葉（茨城大学）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、三重項-三重項消滅（TTA）過程を利用した光アップコンバージョン（UC）を示す分子固体材料へ、制御された方法で異方性を導入することにより、その異方性が三重項励起子の拡散距離に与える影響を解明する。異方性を持たせた励起子拡散が可能になれば、三重項励起子の密度の低下を防ぎながらその伝達が可能になり、UC 効率の向上等に繋がる。このため、基板上に配列制御した UC 発光性薄膜を作製する方法を開発

するとともにその構造評価、UC 発光特性を調べる。さらに電流励起型 UC 材料を作製してその発光特性を調べることで、電流注入による励起子拡散の異方性を評価することができると考えられ、この評価法の開発を行う。これらにより三重項励起子拡散長の異方性の解明を進める。

平成29年度は、構造に異方性を導入した発光体薄膜作製手法を開発した。まず発光体に炭素数が異なる複数のアルキル置換基を導入した材料を新規合成した。次に、基板面内に高分子主鎖が平行に配列した薄膜（膜厚～5 nm）を基板上に塗工し、その上に新規合成した発光体薄膜を製膜することで、発光体分子の基板面内の配向が誘起されることを見出した。一方、基板上に配向高分子薄膜を塗工せずに製膜した発光体薄膜においては、基板面内異方性が確認されなかった。このように、配向高分子薄膜を基板上に塗工することで、発光体分子の基板面内の配向誘起が可能であることを見出した。

なお、アルキル置換基を有しない発光体は、配向高分子薄膜上に製膜してもほとんど面内配向しないことが分かり、アルキル置換基が分子の面内配向を誘起することを見出した。

〔領 域 名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕光物性、構造・機能材料、複合材料・物性、光アップコンバージョン、励起子拡散長

〔研究題目〕DNA を利用した一細胞代謝解析のための酵素固定化電極の開発と心筋細胞評価への応用

〔研究代表者〕平野 悠（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕平野 悠（常勤職員1名）

〔研究内容〕

細胞の代謝は、必要なエネルギーなどを生産するプロセスであり、代謝経路と呼ばれる複雑な化学反応により構成されている。細胞の代謝の評価は、疾病や分化の指標となることから、医薬品や再生医療などの研究開発において不可欠となっている。しかしながら、従来の細胞の代謝活性測定では対象となる細胞群が均質でない場合が多く、定量性が課題となることがあった。そこで、本研究では、マイクロ電極に複数種の酵素を固定化し、細胞近傍などの局所の代謝物濃度をリアルタイムで観察する技術を開発し、細胞にダメージを与えることなくその動態を観察できる走査型電気化学顕微鏡（SECM）と組み合わせて、一細胞レベルでエネルギー代謝を評価することを目指している。

平成29年度は、細胞の代謝物を評価するために、マイクロ電極表面に DNA を足場として複数種類の酵素を固定化して局所の代謝物などを評価可能なセンサプローブの開発を進めた。また、心筋細胞などのエネルギー代謝は温度や pH などの培養環境の変化に影響を受けること

から、SECM を利用してこれらの細胞を正確に評価するために、培養環境下で長時間、安定して測定するための技術開発を進めた。ここでは、足場として DNA 二本鎖間を非可逆的にクロスリンクしたクロスリンク型 DNA などを利用し、酵素間や電極間との配置、各固定化酵素の数の比、測定条件を金電極により検討した。また、電極表面の立体構造についても検討し、ナノメートルサイズの凹凸を形成することで酵素の固定化が効果的になるとなる可能性を見出した。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 電気化学、マイクロ・ナノ電極、DNA、細胞

〔研究題目〕 有効磁気モーメント法と定量磁気共鳴法の組み合わせによるフリーラジカル数分析

〔研究代表者〕 松本 信洋（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 松本 信洋、伊藤 信靖（常勤職員2名）

〔研究内容〕

有効磁気モーメント法は、試料に一定磁場を印可しながら磁気モーメントの温度依存性を測定・解析することによって、試料中に含まれているフリーラジカルの個数を物理量の測定値と物理定数等から直接得ることが可能な非破壊的定量分析法である。その磁気モーメントの測定では、超伝導量子干渉計（SQUID）を使用する。しかしながら、現状では、磁気モーメント測定値の再現性による不確かさは1.8%であり、有効磁気モーメント法における分析値の不確かさが大きい主要因となっている。通常、粉末状試料はゼラチンカプセルの底に入れて測定されることが多い。今年度は主に、SQUID による磁気モーメント測定値の再現性向上を目的として、カプセル封入粉末試料よりも点双極子に近い理想的な試料である直径1 mm の鉄イットリウムガーネット（YIG）単結晶球を選択し、その磁気モーメント測定値の再現性向上を試みた。SQUID 装置の一部である円筒形の試料空間の中心軸（z 軸）に対して Φ 方向に回転させながら磁気モーメントを測定した結果、 Φ が 0° から 360° までの磁気モーメントは正弦波に似た変化を示した。その測定を13回繰り返した結果、各 Φ 測定における最小値の相対拡張不確かさ（暫定値）は0.1%となった。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 分析化学、絶対定量、磁性

〔研究題目〕 表面高機能化ナノ複合蛍光体による生体影響ガスセンサに関する研究

〔研究代表者〕 安藤 昌儀（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 安藤 昌儀、茂里 康（常勤職員2名）

〔研究内容〕

省エネや防音のために住宅やオフィスの気密化が進むにつれて、脱臭用等への利用が増えているが一定濃度以上

上では猛毒となるオゾンや、建物の内装材や建材から放散され、シックハウス症候群や化学物質過敏症の原因となる揮発性有機化合物（Volatile Organic Compound（VOC））に対する生体影響ガスセンサへの要望が高まっている。化合物半導体ナノ粒子は量子ドットと呼ばれる高輝度蛍光体であり、表面原子の割合が大きいため、表面状態の僅かな変化によって蛍光強度等が変化する。本研究は、研究代表者らが最近見出した量子ドットの光学的なガスセンサ機能を高度化させ、量子ドットに、ガスとの反応や吸脱着を促進する触媒活性をもつ成分、あるいは蛍光強度増幅とセンサ出力 S/N 比向上に繋がる局所電場効果等をもつ成分を複合化した表面高機能化光ナノ複合材料を作製し、高感度・高速応答を示す蛍光利用型光学式ガス（オゾン、VOC）センサ材料を実現することを目的とする。

平成29年度は、表面高機能化光ナノ複合材料として、空気中の ppm オーダーの低濃度オゾンに感応して可逆な蛍光強度の消光を示すセレン化カドミウム（CdSe）系コアシェル型量子ドットと、ガス吸脱着特性・触媒特性・プラズモン吸収・局所電場効果を有する貴金属ナノ粒子からなる複合材料の試作を開始し、分散液塗布法とスパッタリング法を組み合わせた作製法が有効であることを見出した。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 生体影響ガス、光学式ガスセンサ、蛍光、表面高機能化、光ナノ複合材料、オゾン、揮発性有機化合物

〔研究題目〕 アニオン交換膜水電解におけるイオン置換メカニズムの解明

〔研究代表者〕 伊藤 博（省エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 伊藤 博（常勤職員1名）

〔研究内容〕

アニオン交換膜（AEM）を用いた水電解装置は、低コストで高性能な水素製造装置として期待されている。しかしアニオン交換膜は大気中の二酸化炭素（CO₂）を容易に吸収し、膜中水酸化物イオン（OH⁻）が炭酸イオン種（CO₃²⁻/HCO₃⁻）に置換されてしまい、膜のイオン導電率の低下を招くという問題がある。一方で水電解運転によって炭酸イオン種が水酸化物イオンに再置換される可能性が示唆されている。本研究ではこのイオン置換および再置換のメカニズム解明することを主要な課題としている。

H29年度は、電解中のイオン置換・再置換プロセス解明に不可欠な高性能電極触媒層の開発に注力した。数多くの種類の触媒層とそれらを用いた電解実験を行うことで、下記のことが明らかになった。1) カソード（水素発生極）触媒は比較的安価なニッケルを用いることが可能であるが、白金を用いることで、その性能は飛躍的に向上する、2) カソードは運転中ほぼドライの状態を維

持できるので、アニオン交換膜上にアイノマを結着剤として触媒を直接塗工する構造が適当である、3) アノード（酸素発生極）は電解液に直接接触するため、化学的安定性が求められるため、アイノマでは触媒を保持できず、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）を結着剤に用いて高温で焼成させた構造とする必要がある。このような構造の電極触媒層を用いることによって、1 A/cm²までの電流で少なくとも数日間は安定した電解を行えることが分かった。次年度以降は、この電極触媒層を駆使することで効率的な研究進捗を図ることが可能になった。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 水素、水電解、アニオン交換膜、電極触媒層、結着剤

【研究 題 目】 空中駆動する透明導電性高分子・ナノカーボンハイブリッドアクチュエータの研究

【研究代表者】 寺澤 直弘（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】 寺澤 直弘（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究課題では、高導電率、電気化学的に活性でドーブ/脱ドーブによる特性制御が可能という特徴がある、導電性高分子、PEDOT（ポリエチレンジオキシチオフェン）・PSS（ポリスチレンスルホン酸）に注目し、透明性、優れた耐熱性と安定性を有する、空中で駆動可能な、主に酸化・還元型の PEDOT・PSS イオン液体（IL）ゲルアクチュエータを開発する。次に、電気二重層型、ナノカーボン/IL/BP（ベースポリマー）ゲルアクチュエータを参考に、PEDOT・PSS/ナノカーボン/IL ハイブリッドアクチュエータ（酸化・還元型及び電気二重層型）を開発する。

具体的には、1) まず初めに、今までのナノカーボン/IL/BP ゲルアクチュエータに用いられたイオン液体等を勘案し、市販等の PEDOT・PSS 及びイオン液体、加えて、研究室合成したイオン液体を用いて、最適の組み合わせ及び構成比を探索する。評価は電極のキャパシタンス及び導電率測定、アクチュエータ素子の曲げ測定（伸縮率）、発生力測定、弾性率測定（ヤング率）で行った。2) 次に PEDOT・PSS/ナノカーボン/IL ゲルアクチュエータを用いて、シナジー効果が期待できる空中駆動可能なハイブリッドアクチュエータ（酸化・還元型及び電気二重層型）の開発のため、市販等の PEDOT・PSS、ナノカーボン及びイオン液体を用い、指触ディスプレイ、パワーアシストスーツ等のアクチュエータに適用可能な、応答速度に優れ、大きな曲げや発生力を示す等の、優れた透明アクチュエータ素子の一例を開発できた。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 高分子アクチュエータ、ナノカーボン、透明導電性高分子、空中駆動、指触ディ

スプレイ

【研究 題 目】 金属鉄/窒化鉄ナノ複合軟磁性粉体の創製

【研究代表者】 山本 真平（磁性粉末冶金研究センター）

【研究担当者】 山本 真平（常勤職員1名）

【研究 内 容】

地球環境に優しい輸送手段として、電気自動車やハイブリッドカー等のエコカーの飛躍的な増加が見込まれており、モータを用いる次世代自動車の世界市場は2020年には現状の約10倍の1500万台規模に達することが予測されている。モータ用軟磁性材料の市場規模も約750億円（2020年）にまで成長すると試算されており [株式会社三菱総合研究所レポート（2015）]、モータの更なる高性能化・生産の低コスト化を実現する新規軟磁性材料の開発が強く求められている。現在、ステータのような軟磁性バルク部材（例：プリウス用モータのステータの厚さは90 mm）は、絶縁加工した厚さ数百 μ m の電磁鋼板を数百枚程度積層して作製されており、複雑な工程に由来する高い製造コストが問題となっている。また、高性能化、すなわち飽和磁束密度（Bs）の向上および鉄損の低減に対する要求も根強い。これらを満足する新規軟磁性材料として、簡便・安価な粉末冶金プロセスによるバルク部材化が可能な粉体形状であり、低鉄損（＝低磁気異方性かつ高電気抵抗）のみならず高 Bs が期待できる α -Fe/ γ -Fe4N ナノ複合軟磁性材料の創製を試みた。3年間のプロジェクトの初年度となる本年は、 α -Fe/ γ -Fe4N ナノ複合軟磁性材料を合成する基本的なプロセスの構築を行った。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 軟磁性粉体、化学合成

【研究 題 目】 GaN 系共鳴トンネルダイオードでのサブバンド間遷移を用いた高速不揮発メモリの開発

【研究代表者】 永瀬 成範（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 永瀬 成範（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、窒化ガリウム系共鳴トンネルダイオード（GaN 系 RTD）でのサブバンド間遷移を用いることで、ピコ秒オーダーで動作可能な高速不揮発メモリの実現を目指している。しかし、この不揮発メモリを実現するには、メモリ書き換え動作に対する耐性（エンデュランス特性）を改善する必要がある。そこで、本年度は、エンデュランス特性改善に向けて、GaN 系 RTD 中の結晶欠陥密度がエンデュランス特性に及ぼす影響を調べた。GaN 系 RTD 中の結晶欠陥密度とエンデュランス特性の相関を調べた結果、GaN 系 RTD 中の結晶欠陥密度が低くなるにつれて、エンデュランス特性が改善する傾向があることがわかった。また、結晶欠陥密度が比較的

低い素子を用いた場合には、15万サイクルを超える高い繰り返しメモリ書き換え動作において、エラーフリー動作を実現できることがわかった。一方で、結晶欠陥密度が高い素子を用いた場合には、メモリ書き換え回数が増加するにつれて、メモリ特性が劣化していく傾向があった。このメモリ特性の劣化を、GaN系RTD中の量子準位と欠陥準位の関係から考察した結果、素子の機械的な破壊によるものではなく、バリア層の欠陥準位を介した僅かな電子リークに伴ったバンド構造変化に起因するものであることがわかった。以上のことから、今後の更なるGaN系RTD中の結晶欠陥密度の低減、あるいは、量子準位や欠陥準位の制御によって、より高いエンデュランス特性を実現できることを明らかにした。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 電子デバイス・機器、量子井戸、トンネル現象、超高速情報処理

【研究 題 目】 100 V 量子交流標準素子の開発

【研究代表者】 山森 弘毅 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 山森 弘毅 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

ジョセフソン接合アレーを用いた量子電圧標準素子を開発し、量子化された交流電圧発生させる量子交流電圧標準を実現する。とりわけ、従来の交直変換標準で高い精度が得られなかった10 Hz以下の超低周波の精度を改善することで、従来は校正が難しかった振動解析、地震波等の低周波の精度を改善する。また最も需要の大きい50 Hzにおいては実効値100 Vが強く望まれているにも関わらずまだ実現されていないので、世界に先駆けて出力電圧が100 Vの量子交流電圧標準を実現することで、基礎物理、計測標準だけでなく、製造業、電力といった産業界にも大きく貢献することが期待される。電圧標準チップの高電圧出力化の手法として、ジョセフソン接合の高集積化と、マイクロ波分配回路の小型化を検討した。ジョセフソン接合の高集積化については、ジョセフソン接合の微小化により、単位長さ当たりの接合数について2倍の高集積化を実現し、マイクロ波分配回路の小型化については、集中定数型電力分配回路の採用で約40%の専有面積の小型化に見通しを付けた。また、高集積化と同時に、動作マージンの改善の検討も行った。これまでは素子内のマイクロ波導波路の特性インピーダンスは50Ωであったが、これを100Ωにすることでマイクロ波の電極損を減らし動作マージンを改善する検討を行った。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 電圧標準、ジョセフソン接合

【研究 題 目】 電磁力によるトルク計測技術を用いた万有引力定数の精密測定に関する研究

【研究代表者】 西野 敦洋 (工学計測標準研究部門)

【研究担当者】 西野 敦洋 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

万有引力の法則に導入された基礎物理定数の一つである万有引力定数 G は、ねじればかり (弾性体のねじれを利用して微小な力を計測するための装置) を使用したキャヴェンディッシュの実験によってはじめて測定された。現在もねじればかりは様々な改良が施され、より精密な G 測定に関する研究等に用いられている。一方で、ねじればかりが抱える問題を克服するために、ねじればかりによらない新しい G 測定方法も提案されている。しかし、それらの多くは科学技術データ委員会の基礎物理定数作業部会から発表された G の推奨値より大きくずれていたり、ねじればかりより不確かさが大きかったりするなど、 G 測定の難しさを示す結果となっている。本研究では、先行研究において開発したキップルバランス法の原理に基づいた電磁力による微小トルク計測技術を用いることによって、新しい G 測定方法を提案することが目的である。

平成29年度は、電磁力による方法で G 測定を可能にするために必要な1 nN・m以下の超微小トルクの計測技術を確立するために、①光学式リードヘッドを等角度分割位置に複数配置したロータリエンコーダシステムを搭載した高精度回転位置決め制御システムの開発、②均一な磁場を発生させるためのヘルムホルツコイルの開発、③電圧-カウンタ同時計測システムの開発等を行った。これらにより、キップルバランス法の2つの実験モードの一つである電圧測定モード (均一な磁場中に設置された矩形コイルを一定の角速度で回転させ、そのときに生じる誘導起電力と角速度から、矩形コイルを貫く全磁束及び誘導起電力が最大となる角度位置を求める実験) において、角速度及び誘導起電力、そして誘導起電力が最大となる角度位置の高精度な評価が可能となる。今後はそれらの評価を行い、1 nN・m以下の超微小トルク計測技術を確立し、それと並行して G 測定用実験装置の開発を進める予定である。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 トルク、超微小トルク、電磁力、キップルバランス法、万有引力定数

【研究 題 目】 ミリ波帯における超低損失コンポジット誘電体の材料設計指針の確立

【研究代表者】 今井 祐介 (構造材料研究部門)

【研究担当者】 今井 祐介 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究では、近年急速に活用範囲が広がっているミリ波デバイスへの応用を念頭に、ポリマーマトリックスにセラミックスフィラーを複合化した粒子分散型ポリマーコンポジット誘電材料の特性向上を実現するための材料設計指針の確立を目指している。新規セラミックスフィラー開発、コンポジット特性評価に関して、大学と連携

して取り組みを進めている。

以前の研究で、セラミックスフィラー粒子の表面に存在する極性官能基がコンポジットの誘電損失の増大の原因となっていることが示唆されていた。そこで、フィラー粒子表面の極性官能基数を抑制する表面処理の効果について検討を行った。平均粒径50 nm の酸化マグネシウムナノ粒子をモデルフィラーとして用い、ナノ粒子表面のトリメチルシリル化処理を施し、アイソタクティックポリプロピレン (iPP) とのコンポジットの誘電損失の変化を調べた。TE011モードの空洞共振法により測定した11GHz 付近の誘電正接の値は、未処理の MgO ナノ粒子を用いたものと比較して40 %程度減少しており、ナノフィラー表面の極性官能基数の抑制が誘電損失の低減に有効であることを示した。また、走査型電子顕微鏡観察から、トリメチルシリル化処理により iPP へのナノ粒子の分散性およびフィラーとポリマーとの密着性が大幅に向上していることも確認された。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ミリ波、誘電材料、セラミックスフィラー、コンポジット材料

【研究 題 目】水素化誘起自己組織化構造を利用した高容量低コスト水素貯蔵材料の開発

【研究代表者】浅野 耕太 (創エネルギー研究部門)

【研究担当者】浅野 耕太 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

当グループでは、再生可能エネルギー起源のエネルギーシステム高効率化を目指して、高水素貯蔵密度かつ低コストの Mg を水素貯蔵材料として利用すべく水素化物合成研究を進めてきた。Mg の主課題は水素化物の不安定化を図り、水素吸蔵放出反応温度を低下させることである。最近の我々の研究により、平衡状態において Mg と非混合性の遷移金属を基質組織とした材料中にナノメートルサイズの Mg クラスタを生成させれば、Mg 水素化物を不安定化できることが見出されている。本研究では、さらなる Mg 水素化物不安定化と、高い水素貯蔵量および低い原料金属コストを実現する Mg 系水素貯蔵材料の開発を目標とする。

本研究で主として取り扱う水素化物は、 $Mg_2Fe_xSi_{1-x}$ で表される非平衡合金を水素ガス中で特定の熱処理を施すことで得られ、これまでの研究によりナノメートルオーダーで局所的に Mg_2FeH_6 と Mg_2Si が生成していることが明らかになっている。注目すべきは両者は同じ面心立方 (FCC) 構造をもちコヒーレントに繋がりを点である。Fe 組成 x が高いと ($x > 0.5$)、 Mg_2FeH_6 および Mg_2Si 相への分相が観察されたが、Si 組成が高いと ($x < 0.5$)、 Mg_2Si 基質組織中にナノメートルサイズの Mg_2FeH_6 が生成することが透過型電子顕微鏡 (TEM) 観察および放射光 X 線全散乱実験による二体分布関数 (PDF) 解析により示唆されていた。平成29年度は

Mg_2FeH_6 生成の明確な証拠を得るために、 $Mg_2Fe_{0.25}Si_{0.75}H$ の組成に集中して水素化物作製および構造解析等を実施した。 Mg_2FeH_6 は Mg^{2+} および $(FeH_6)^{4-}$ からなるイオン性の化合物であり、Fe 原子の周りに6つの H が配置する構造をもつ。はじめに固体 NMR 実験により H 周りの状態を明らかにすることを目指したが、Fe のもつ磁性により NMR シグナルがブロードになり、構造の詳細に関する情報を引き出すことは困難であった。そこでこれまでに比べて原料金属の残存が少ない高品質な試料作製を行い、それを用いた X 線回折および放射光 X 線全散乱実験により得られた構造情報の詳細を現在解析中である。

次年度は研究計画の通り、これまでに試作した材料の構造と水素化物の安定性の関連性を明らかにしつつ、他の金属元素の添加なども実施して、低コストの水素貯蔵材料開発を継続して行う。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】水素貯蔵材料、核磁気共鳴法、クラスタ構造、Mg 水素化物

【研究 題 目】スマートスタックによるペロブスカイト／結晶 Si タンデム太陽電池の実現

【研究代表者】水野 英範 (再生可能エネルギー研究センター)

【研究担当者】水野 英範、サラ 木江、司馬 依、望月 敏光 (以上、再生可能エネルギー研究センター) 宮寺 哲彦 (太陽光発電研究センター) (常勤職員3名、他1名)

【研究 内 容】

本研究では、金属ナノ粒子配列を用いた接合技術「スマートスタック」により、トップにペロブスカイト太陽電池、ボトムに結晶シリコン太陽電池を用いたタンデム型太陽電池を作製し、良好なデバイス特性を確認することを目的としている。本年度は、必要となる結晶シリコン太陽電池の作製に注力した。ペロブスカイト太陽電池の極性はこれまでに実績のある III-V 型とは逆に上/下 = +/− であり、結晶シリコン太陽電池も同様の極性構造を有する必要があった。そこで n 型結晶シリコン基板を用い、表面にホウ素をドーブ、裏面にリンをドーブすることにより p+/n/n+型結晶シリコン太陽電池を作製した。作成したセルは裏面側に入射光を拡散されるテクスチャ構造と高い内部反射率が得られる誘電体薄膜によるパッシベーション膜を持ち、光閉じ込め効果により長波長領域における高い量子効率期待でき、実際に単体セルとして外部量子効率測定を行った結果、タンデム時にはボトムセルとして良好な特性が期待できる (特に長波長領域において高い外部量子効率を有している) ことが確認できた。

また、一般にペロブスカイト太陽電池は湿気や酸素等存在下ではデバイス特性が短時間のうちに劣化すること

が知られているため、デバイス作製ならびに特性評価の際には不活性ガス等で制御された雰囲気下で行われる必要がある。我々も（評価の際には）特殊なカプセル型治具を用いて行うことを当初から想定しており、したがって作製するタンデム型太陽電池もこのようなセットアップに適合できるような工夫が求められた。そこでタンデム型太陽電池用サポート基板をデザインした。適切な電極配線等を持たせることにより、既存のカプセル型評価用治具へも適用可能であることが確認できた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 太陽光発電、太陽電池、結晶シリコン、多接合太陽電池、ペロブスカイト

【研究 題 目】 ガス化ガス中のタール全体像の詳細解析による高性能タール改質塔の開発支援

【研究代表者】 村上 高広（創エネルギー研究部門）

【研究担当者】 村上 高広、安田 肇（常勤職員2名）

【研究 内 容】

本研究では、複数の分析手法を組合せることにより、石炭等のガス化で副生するタール成分の詳細を明らかにすることを目的とする。組合せる手法は、分子量300程度までの低分子側の成分を同定可能なガスクロマトグラフ質量分析（GC/MS）、300程度以上の中・高分子側に電界脱離イオン化法・質量分析（FD-MS）を採用する。以上の手法で得た分析結果を総合的に解析することにより、従来見落としていた中・高分子側を含むタール成分の全体像を明らかにする。本研究において、石炭の流動層ガス化実験を行い、温度、ガス化剤の有無等様々な反応条件により、合成ガス中に多種の組成を有するタールを対象に分析を行い、その分析手法の有効性を示す。実験室規模の流動層ガス化炉により、褐炭の水蒸気ガス化実験を1123 K で行い、合成ガス中のタール成分について検討した。GC/MS による低分子成分の化合物同定に加え、FD-MS による分子量分布測定を組合せて詳細に解析した結果、タールの主成分は、分子量24および26間隔の規則性をもつ特徴を示し、それらは多環芳香族化合物からなり、分子量で100–600程度の範囲に分布することを明らかにした。さらに、ガス化剤である水蒸気量を増やしてガス化実験を行った結果、水蒸気量が多い方が、その改質効果により合成ガスの生成量は増加する一方、タール濃度は減少することが分かった。ただし、タールの主成分においては、水蒸気量に関わらず前述した傾向にあることを明らかにした。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 ガス化、流動層、タール

【研究 題 目】 新規神経栄養因子 BDNF pro-peptide の作用機序と脳疾患関連の研究

【研究代表者】 小島 正己（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 小島 正己、松井 このみ

（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

成長因子の多くはその前駆体のプロセッシングにより産生されるが、その翻訳後のメカニズムに注目した研究は少ない。神経栄養因子 BDNF（brain-derived neurotrophic factor）を研究する本研究者は、最初に合成された前駆体 proBDNF のプロセッシングの後に、BDNF と同時にそれと異なる活性を有する BDNF pro-peptide が産生されることを発見した（Mizui et al., PNAS, 2015）。そこで本研究では、この新規な栄養因子 BDNF pro-peptide がスパイン退縮を行う細胞メカニズムの解明を行う。これらの研究を通して BDNF pro-peptide の作用機序とバイオマーカーとしての役割の解明も目指す。

最初に低密度培養海馬神経細胞に BDNF pro-peptide を添加しスパイン形態を解析した。スパイン形態はあらかじめ培養海馬神経細胞に GFP 遺伝子を導入し可視化した（Mizui T. et al., PLoS One, 2014）。ポジティブコントロールとして BDNF 添加群を用意して各因子の作用濃度や作用時間を検討しスパイン密度、スパインヘッドサイズを定量化し BDNF pro-peptide のスパイン形態に対する有意な効果を見出した。つまり

1. BDNF pro-peptide は p75 を介しての LTD 促進効果を発揮すること
2. BDNF pro-peptide のスパイン退縮効果に関して p75 ノックアウトマウスおよび p75 機能阻害抗体 REX 存在下での阻害効果を見出した。

【領 域 名】 生命工学領域

【キーワード】 神経細胞、成長因子、形態

【研究 題 目】 統計手法と形式手法の融合によるサイバーフィジカルシステムの定量的検証

【研究代表者】 川本 裕輔（情報技術研究部門）

【研究担当者】 川本 裕輔（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、サイバーフィジカルシステム（CPS）の安全性・信頼性の実現の基礎となるような、高速な安全性・信頼性の検証技術と、数理的に証明可能な安全性・信頼性の実現メカニズムを開発することを目的とする。

本年度は、3か年計画の1年目にあたり、CPS におけるプライバシーについての量的性質の検証・解析技術、およびその基礎となる理論について、以下の研究に取り組んだ。

(1) 複数の確率システムから合成されたシステムの情報漏洩量の性質を定量的情報流解析の枠組みで明らかにし、査読付雑誌論文[1]で発表した。

(2) 与えられたプログラムからの情報漏洩量を推定するツール HyLeak を完成させて公開した。このツールでは、与えられたソースコードを解析し、指定した秘密

変数から観測変数への情報漏洩量（相互情報量）を計算する。その際に、プログラム解析と統計手法の長所を組み合わせることで、計算をより高速化している。このHyLeakに関するツール論文[2]を査読付国際会議で発表した。

(3) 適応的に振る舞う攻撃者と防御者のもとでのプライバシー情報の漏洩量を分析するためのモデルを提案した。具体的には、定量的情報流解析とゲーム理論を融合させた枠組み（information leakage game）を提案した。この情報漏洩ゲームでは、通常のゲーム理論と異なり、混合戦略の利得が純粋戦略の利得の期待値と異なることを明らかにし、ナッシュ均衡点の存在を証明し、その計算アルゴリズムを与えた。研究成果をまとめた査読付国際会議論文[3]を発表し、応用数学会 FAIS 研究会の特別講演[4]においても取り上げた。

(4) (3) で提案したモデルを発展させ、攻撃者が知ることのできる防御戦略についての情報の種類に応じて、情報漏洩の状況を様々なゲームで定式化した。また、これらのゲームの間の関係を明らかにした。さらに、情報漏洩ゲームでは、通常のゲーム理論と異なり、混合戦略と行動戦略が等価でないことも明らかにした。研究成果をまとめた査読付国際会議論文[5]が採択された。（国際会議での発表は2018年度。）

[1] Yusuke Kawamoto, Konstantinos Chatzikokolakis, and Catuscia Palamidessi. On the Compositionality of Quantitative Information Flow. *Logical Methods in Computer Science*, Vol.13, No.3:11, pp.1-31, August 2017.

[2] Fabrizio Biondi, Yusuke Kawamoto, Axel Legay, and Louis-Marie Traonouez. HyLeak: Hybrid Analysis Tool for Information Leakage. In *Proc. of the 15th International Symposium on Automated Technology for Verification and Analysis (ATVA 2017)*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 10482, pp.156-163, October 2017. [alphabetical authorship]

[3] Mário S. Alvim, Konstantinos Chatzikokolakis, Yusuke Kawamoto, and Catuscia Palamidessi. Information Leakage Games. In *Proc. of the 8th International Conference on Decision and Game Theory for Security (GameSec 2017)*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 10575, pp.437-457, October 2017. [alphabetical authorship]

[4] 川本 裕輔. プライバシの定量的モデルと保護メカニズム. 日本応用数学会2017年度年会 「数理的技法による情報セキュリティ」 研究会 特別講演, 2017年9月.

[5] Mário S. Alvim, Konstantinos Chatzikokolakis, Yusuke Kawamoto, and Catuscia Palamidessi. Leakage and Protocol Composition in a Game-Theoretic Perspective. In *Proc. of the 7th*

International Conference on Principles of Security and Trust (POST 2018), Lecture Notes in Computer Science, April 2018. [alphabetical authorship]

[領 域 名] 情報・人間工学

[キーワード] プライバシ、情報漏洩、プログラム検証、形式手法、定量的情報流解析、情報理論、統計学的推定、ゲーム理論

[研究 題 目] 継続・派生開発のための組合せテストの研究

[研究代表者] 北村 崇師（情報技術研究部門）

[研究担当者] 北村 崇師（常勤職員1名）

[研究 内 容]

組み合わせテストは、システムの高信頼化技術、及び、テストのコストを削減する技術である。ブラックボックステストと呼ばれる、ソースコードなどシステムの内部情報に依存せず、仕様書や設計書からテストを作成する。これまで組み合わせテストに関して多くの技術が提案されているが、それらの多くが新規開発を想定したものである。しかしながら、現実開発の多くは継続開発や派生開発である。継続・派生開発では、すでに存在するシステムと変更が与えられた上で新しいシステムを開発する。新規開発を想定している組み合わせテストの既存技術は、必ずしもこうした継続・派生開発に適しているわけではない。本研究では、こうしたシステムの継続・派生開発向けの組み合わせテスト技術を開発する。

本研究は三年計画であるが、一年目である本年度は、本研究を進めていく上での既存研究の調査、及び、プラットフォームの開発を行った。まず、既存研究の調査では、本研究題目について、複数の関連する研究を調査した。国際会議 ICST2015において、継続開発で繰り返し行われるテストについて、 n 回目のテスト時には、それまでの1から $\{n-1\}$ 回目までのテストとの関係性を見つけつつ行う Repeated Combinatorial Testing (RCT) と呼ばれる手法を Segall らは提案している。また、国際会議 ICSE2017で発表された Tzoref-Brill らの手法では、 n 回目のテストを作成する際に、 $n-1$ 回目で使用したテストを基にして作成する。他にも、国際会議 ICSE2015では、 $n-1$ 回目の開発で使用されてテストを利用して、高い網羅率を保ったままその部分集合を取り出し、 n 回目の開発のテストの用いる手法が提案されている。

プラットフォーム開発では、本研究の実験で用いるための基本機能を備える組み合わせテストツールを開発した。本ツールはプログラミング言語 Scala で実装した。また SAT Solver と BDD (Binary Decision Diagrams) の二種類の制約解消器と連携させた。これらの二種類の制約解消器は異なる長所を持つため、状況に応じてそれらを活かした手法の開発が可能になる。

今後は調査した既存研究と本研究の差異を明らかにしつつ、提案手法を開発したプラットフォーム上に実装し、そのユースケースや有効性について議論をしていく予定である。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】組み合わせテスト、テスト生成、テスト最適化、ソフトウェア、信頼性、

【研究 題 目】N 次創作支援のための創作予測モデルを用いた派生誘発要因推定

【研究代表者】佃 洗撰（情報技術研究部門）

【研究担当者】佃 洗撰（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本年度は、派生コンテンツの創作要因を推定するモデルを元に開発・公開した Web サービス「Songrium 派生要因分析」のインタフェースの有用性を議論し、その成果が IF 付き論文誌 IEICE Transactions on Information and Systems に採択された。公開した Web サービスでは、N 次創作活動におけるオリジナルコンテンツの特性の可視化、オリジナルコンテンツから派生コンテンツが創作される過程の可視化、クリエイターが3つの各要因から受けた影響の大きさの可視化などの機能を提供する。動画コンテンツの探索や視聴をする際に、これまでは明らかではなかった、派生コンテンツ間の関係やクリエイターの特性を可視化することで、ユーザーやクリエイターの新たなコンテンツとの出会いや N 次創作現象のより深い理解の支援を実現した。

また、派生創作活動のより基礎的な分析を行うため、派生創作活動におけるクリエイター間のコラボレーションを分析し、ARG 第11回 Web インテリジェンスとインタラクション研究会（WI2）にて発表した。具体的には、コラボレーションが動画の視聴のされ方に与える影響、コラボレーションがクリエイターのアクティビティに与える影響、コラボレーション関係に基づくクリエイターの特性、の3つの観点から分析を行った。分析の結果、コラボレーションによって制作された動画は再生数がより多くなること、コラボレーション動画を制作したクリエイターはより長い期間 N 次創作活動を行うこと、コラボレーションをしたクリエイターのペアの25%以上は複数回のコラボレーションをしており、コラボレーションには一定の継続性があることなどが明らかになった。その成果から、萌芽研究賞を受賞した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】N 次創作、ユーザ生成コンテンツ、コラボレーション

【研究 題 目】移動に随伴する注意の神経メカニズム

【研究代表者】羽鳥 康裕（自動車ヒューマンファクター研究センター）

【研究担当者】羽鳥 康裕（常勤職員1名）

【研究 内 容】

動的に変化する環境における自己の振る舞いを決定する上で、次に起こるイベントを予測することは重要である。自己運動は次に起こりうるイベントを予測する上で重要な手がかりとなる。このことから、自己運動を行うという意図やそれに伴う予測が脳の情報処理に影響を与えると考えられる。本研究は、自己運動が知覚や脳活動に与える影響を検討することを目的とする。

まず、自己運動として随意的な頭部運動に着目し、頭部運動が継時刺激効果に対して与える影響を検討した。継時刺激効果とは、過去に呈示された刺激によって現在の知覚がバイアスされる現象のことである。これは、過去の刺激と現在の刺激を同一のものとみなし、それらを平均化することによって生じると考えられる。そこで、網膜上の同じ場所に刺激を呈示するが、現試行と一つ前の試行間で頭部方向が異なる場合に継時刺激効果が生じるかどうかを調査した。頭部方向の一致/不一致によって継時刺激効果の程度に差は見られなかった。これは、頭部運動によらず継時刺激効果が生じることを示唆している。

また、行動の意図が注意に与える影響を検討するための実験デザインを行った。デバイスを操作することにより生じる仮想的な運動を観察する際の注意状態を計測する実験を行う予定である。デバイス操作/非操作の条件を作ることで、デバイス操作により生成される運動情報の予測が注意割当に与える影響を検討していく。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】行動、予測、注意、視覚情報処理

【研究 題 目】歌声ビッグデータを活用した歌声の多様性を考慮する歌声情報処理

【研究代表者】中野 倫靖（情報技術研究部門）

【研究担当者】中野 倫靖（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、声質や歌い方等の歌声の多様性を最大限活用し、楽曲中の歌声分析性能と歌声合成の品質向上につながる技術の実現を目的とする。そのために、歌声に関する大規模データセット（歌声ビッグデータ）から、歌声が存在可能な空間（歌声空間）と歌声の分類を見出し、確率的生成モデル等に基づいて表現して活用する。また「何を合成するか」という従来の歌声合成の考え方を進め、多様な歌声を「どう合成するか」に焦点を当てた歌声合成インタフェースの構築を行う。

平成29年度は、背景音楽を含む楽曲中の歌声分析精度向上に取り組んだ。まず、楽曲中の歌声区間を推定する技術として、（歌声を含まない）楽曲冒頭の音響特徴量を事前学習することで、認識精度が向上することを確認した。また、歌声区間中どの音素がいつ歌われているかを推定する技術として、近年の楽曲で音響モデルを適応させることで精度が向上することを確認した。また、無

伴奏の歌声を対象に、歌声合成の品質向上にも取り組んだ。高品質な合成に必要な歌声のスペクトル包絡を、効率良くかつ高い精度で分析できることを確認した。

さらに、多様な歌声を合成するインタフェース実現の第一段階として、「何を歌っているか」と「どう歌われているのか」を同時に可視化する TextTimeline を開発した。TextTimeline では、テキスト表示を優先しながら音響特徴を文字の周辺に埋め込むが、その際に音声の時間軸をテキストと直交する方向（横書きテキストなら縦方向）に可視化することでオリジナルの時間軸を同時に保ち、詳細な音響特徴の可視化も可能にする。国際会議 IEEE PacificVis 2018 でポスター発表を行い、Honorable Mention Poster Awards を受賞した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】音楽情報処理、歌声情報処理、歌声インタフェース、歌声可視化

【研究 題目】痛み感覚の客観的な評価を目指した触覚刺激呈示装置の研究

【研究代表者】近井 学（人間情報研究部門）

【研究担当者】近井 学（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究では、医療現場での痛み感覚の客観的評価手法の提案、そして言語化された痛み感覚の表現を客観化するための指標の構築を目指す。そのために、振動刺激や温度刺激といった複数の物理刺激を組み合わせることで触覚を生成し、対象者へ刺激を呈示することで痛み感覚を惹起させることができる触覚刺激呈示装置を開発し、その有効性を明らかにすることを目的としている。

はじめに、神経障害性の痛み感覚に悩んでいる人たちが知覚異常を起こしやすい触覚刺激について聞き取り調査を行い、触覚刺激に起因する複数の物理刺激を組み合わせる呈示手法により惹起できる痛み感覚との比較を行うことを検討した。ここでは、神経障害性の痛み感覚に悩んでいる人たちが知覚異常を起こしやすい触覚刺激の苦手な刺激・知覚しにくい刺激についての聞き取り調査を行うために、臨床現場の医師・看護師・理学療法士らとの意見交換を重ね、医療現場での痛み感覚の客観的な評価方法の課題や計測対象となる場面について検討を行った。

次に、触覚刺激の選定のため、物理刺激の中でも刺激の生成の容易さなどから振動刺激を用いた装置の試作を行い、上肢などに対して複数部位に振動刺激を同時に呈示できるような柔軟でウェアラブルな装置を試作した。この装置を用いて神経障害性の原疾患がない人を対象としたパイロット実験を行い、実験協力者の上肢へ振動刺激の大きさを調整した複数パターンの刺激を呈示した場合に人工的に生成できる痛み感覚（痒み感覚や痺れ感覚）を惹起することができるかを検証した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】触覚、質感情報、生体計測

【研究 題目】アシスト装具と身体能力に応じた動作戦略の変化に関する研究

【研究代表者】今村 由芽子（知能システム研究部門）

【研究担当者】今村 由芽子（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究では動作変化と使用者の身体能力、アシスト装具による補助力との関係に着目し、被験者実験と運動解析により、使用者の身体能力とアシストによる動作変化との関係を検証し、それらの関係を表す推定モデルを構築することを目標とする。本研究によりアシスト時の関節軌道・速度変化を見積もることが出来れば、アシスト機器の使用時に人が取り得る動作を推定可能となり、より現実に近い状況を再現するコンピュータ支援設計への応用が期待される。

平成29年度は、今後の人間動作解析のための基礎的要素として、3次元動作計測システムと床反力計、筋電計、その他アナログデータと映像を同期して記録し、身体測定及び身体能力を背筋力、握力、脚力等により定量評価する環境を構築した。構築した環境により立ち上がり動作、歩行動作を複数人で計測し、動力学解析システムによりベースリンクの位置姿勢の軌道と関節角度軌道、関節トルクを解析し蓄積した。立ち上がり姿勢を取る際に、手すりのような外部環境に依存する程度を指示より変化させ、姿勢や力の変化を定量的に評価可能であることを確認した。

今年度の成果をもとに、次年度は当初の実施計画に基づき複数人のアシスト装具使用時の定量的・定性的変化を明らかにする。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】動作計測、身体能力、アシスト機器

【研究 題目】津波堆積物の地層中への埋没・保存過程と堆積学的特徴の保存可能性の解明

【研究代表者】阿部 朋弥（地質情報研究部門）

【研究担当者】阿部 朋弥（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究では、2011年東北地方太平洋沖地震津波と2004年スマトラ沖地震津波の津波堆積物について、宮城県南部～福島県北部とタイ南西部の沿岸低地における津波堆積物の現地調査と堆積学的分析を行い、津波堆積物の地層中への埋没・保存過程や堆積学的特徴の保存可能性を明らかにする。今年度は、2018年2～3月に福島県常磐海岸で、2017年8～9月にタイ南西部カオラック平野・ナムケム平野において、津波堆積物のトレンチ観察とハンディジオスライサーで採取したコア試料の観察を実施した。また、津波堆積物のサンプリングを行い、沈降管天秤法を用いた粒度分析を行い、粒度組成を明らかにした。その結果、(1)津波堆積物は生物擾乱によ

って土壌化が進行し、下位の土壌との境界が不明瞭化すること、(2) 海岸近くでは、風雨による侵食などによって津波堆積物の層厚が大きく減少もしくは消失すること、(3) 内陸側では、微地形による層厚のばらつきなどで説明できる程度しか層厚は変化しないこと、(4) 津波堆積物のサブユニット間の粒度組成の差が小さい場合は、生物擾乱などによってサブユニットの識別が難しくなること、が明らかになった。今後、より詳細な調査・分析を行ない、津波堆積物の保存可能性や埋没・保存過程のモデル化を行う。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】津波堆積物、2004年スマトラ沖地震津波、2011年東北地方太平洋沖地震津波、沿岸低地、保存可能性

【研究 題 目】癌転移能抑制に向けたヒトネスチン遺伝子高効率破壊ツールの開発

【研究代表者】山岸 彩奈（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】山岸 彩奈（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究では、細胞を柔軟化することでがん転移を促進する中間径フィラメントネスチンを、生体内でノックアウトすることにより、がん転移を抑制する新規治療法の開発を目的とする。

平成29年度は高効率にマウスネスチンのノックアウトが可能な gRNA 配列の探索を行った。中間径フィラメントの束化に寄与するロッドドメインにおける gRNA 配列を設計することで、繊維形成不全によるネスチンの消失が生じることを期待して、同領域における gRNA 配列を探索した。gRNA 配列予測ツールを用いてオンターゲットスコアの高いものから順に4配列を選択した結果、75%の確率でネスチンノックアウトを達成する gRNA 配列を獲得できた。同配列を用いて次年度に生体内でのネスチンノックアウトを試みる。

また、Cas9-gRNA 複合体を包含する細胞外分泌小胞の作成、及びこれを用いて高転移性マウス乳がん細胞におけるネスチンノックアウトに取り組んだ。HEK293T細胞に対して Cas9及び gRNA 配列を発現するベクターを導入し、細胞膜表面に赤色蛍光タンパク質が提示された細胞外分泌小胞を培養液から回収した。これを細胞に添加することでネスチンノックアウトを試みたが、現在のところネスチン発現が消失した細胞は確認されていない。今後はまず抗 Cas9抗体を用いたウェスタンブロットを行い、小胞内に Cas9-gRNA 複合体が包含されているかを解析する。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】乳がん細胞、中間径フィラメント、ゲノム編集

【研究 題 目】split intein を利用した細胞膜透過性ペプ

チドスクリーニング法の開発

【研究代表者】宮房 孝光（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】宮房 孝光（常勤職員1名）

【研究 内 容】

細胞膜透過ペプチド（CPP）は細胞内にタンパク質等を送達する技術として期待されているが、目的の系に合った CPP 配列を選抜する手法が未確立である。CPP は、細胞膜透過性を有するポリペプチド鎖の総称であり、これまでに1000種類以上の配列が提案されている。近年、研究ツールとしての利用が広がっているが、連結するタンパク質や、送達する細胞との相性によって挙動が著しく変化することが報告されており、目的の系に適した CPP を選択することは容易ではない。本研究テーマでは、CPP の効率的な選抜技術の開発を目標としている。また、研究期間内において、(1) タンパク質と CPP の連結体を簡便・並列に調製する手法の開発と、(2)多様性の担保された代表的な CPP 配列の選抜、(3)培養細胞を用いた実証実験を計画している。平成29年度は、以下の3項目を実施した。

(1) タンパク質と CPP の連結体の調製法の開発においては、*Thermoplasma volcanium* を由来とする VMA intein、およびその C 末改変体 (N-intein) を設計し、大腸菌を宿主とする発現系を構築した。また、N-intein と緑色蛍光タンパク質を融合した発現ベクターを調製し、融合タンパク質の発現系を構築した。

(2) 多様性の担保された代表的な CPP 配列の選抜においては、CPPsite2.0に登録されている配列のうち、非天然アミノ酸等を含むものを除いた配列セットを対象に、複数の物理化学的パラメータをもとに主成分分析を実施し、クラスター分けした。

(3) 培養細胞を用いた実証実験においては、4種類の細胞株の培養系を整備した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】タンパク質、細胞膜透過ペプチド、インティン

【研究 題 目】ダイヤモンド表面近傍の NV 中心と外部核スピン集団との量子コヒーレント結合

【研究代表者】石川 豊史（電子光技術研究部門）

【研究担当者】石川 豊史（常勤職員1名）

【研究 内 容】

ナノメートルスケールでの核スピン検出および磁気共鳴画像（MRI）の実現に向け、ダイヤモンド中の窒素-空孔中心（NV 中心）を量子センサーとした微小磁気検出技術の向上に努めている。本研究課題は、NV 中心と測定対象となる核スピンの量子コヒーレント相互作用を用いて、検出感度の向上を試みた研究である。

平成29年度は外部核スピンの NV 中心とのコヒーレント結合を行う前のテストとして、NV 中心に局在した電子スピンと窒素核スピンのコヒーレント結合に関

する研究を中心に行った。NV 中心の量子化軸に平行に振動磁場を印加することで、核スピンと NV 中心との間にパラメトリックな量子コヒーレント結合が実現され、そのコヒーレント結合によって核スピンの状態の生成、コヒーレント結合と光励起を利用して核スピン状態を初期化できることを理論計算およびシミュレーションによって明らかにした。コヒーレント結合の研究を進めることで、パラメトリックなコヒーレント結合による高効率な量子操作のためには、マイクロ波の位相を制御することでマイクロ波の印加方向を NV 中心の量子化軸に平行または垂直に制御する必要があることがわかったため、現在、マイクロ波シミュレーションに基づいてマイクロ波アンテナの改良を進めている。

平成29年度は新たに、外部の核スピンのコヒーレント結合を実現するために、これまでに開発したダイヤモンド表面加工技術を用いて、微粒子を NV 中心集団近傍に捕捉する機能を付与する試みを進めた。この機能化したダイヤモンドを用いて、平成30年度はシミュレーションで実証した量子コヒーレント結合の実験実証を行う予定である。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】量子センシング、ダイヤモンド、量子コヒーレント相互作用

【研究 題 目】巨大分子の孤立化と精密制御による電子構造調和を活かした光活性技術

【研究代表者】丹下 将克（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】丹下 将克（常勤職員1名）

【研究 内 容】

カーボンナノチューブ構造制御のための基盤技術として、合成後に特定の構造のカーボンナノチューブを選択的に分離する技術がある。現在、1.2 nm 以下の直径のカーボンナノチューブを対象とする場合、チューブ構造の違いによる電子状態の相違が大きいだけでなく、直径分布幅の狭いカーボンナノチューブ試料を初期原料に使用できるという好条件などの要因が追い風となって、構造制御する際に様々な手法が利用可能になった。一方、1.2 nm 以上の直径の大きなカーボンナノチューブでは、半導体的カーボンナノチューブの分離でさえ、チューブ曲率が小さいことによる凝集しやすさ（チューブ間相互作用を介した束の形成しやすさ）などが障害となって、困難となる。さらに、ある特定の構造を有する大直径のカーボンナノチューブを選択的に抽出する技術は、CNT の電子状態や直径を高感度に識別しなければならず、極めて困難である。そこで、我々は大直径のカーボンナノチューブに対して顕著な構造認識能を有するポリマーを今までに明らかにしてきた。

本研究では、それらの構造認識ポリマーを活かし、ポリマーラッピングによるカーボンナノチューブ構造選別法を深化させ、光活性技術の開発を行う。本年度は、所

属機関の方針で組織運営に関わる部署へ研究代表者が併任となりながらも、ポリマーラッピングによるカーボンナノチューブの選択的抽出の効率化などを図った。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ポリマーラッピング、光技術、複合体

【研究 題 目】貴金属合金化鉄触媒ナノ粒子による過酷な条件下での長尺 CNT フォレスト成長

【研究代表者】桜井 俊介

（ナノチューブ実用化研究センター）

【研究担当者】桜井 俊介（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、長尺 CNT（フォレスト）の高効率成長を、過酷プロセス下でも達成するための合金化触媒技術開発を目的とする。そのため、水素による前処理無し等の、過酷なプロセス下における CNT フォレスト成長に最適な合金化触媒の開発を行った。その結果、単層 CNT の成長効率としては、水素ガスによる還元処理なしでも、従来のプロセスと同等の CNT 収量・高さ・結晶性のデータを得ており、大きな進捗が認められた。合金化粒子における貴金属と鉄元素の凝集を防ぐ方法を開発する目的で、塗布液中にクエン酸等の多配位リガンドを導入し複数金属元素が均一に混合した錯体高分子を形成させる方法を採用した。その結果、鉄金属元素に対して予想外の微量である1原子%以下のイリジウム、プラチナ、ロジウムの添加によって、鉄微粒子触媒の CNT 成長活性が大幅に改善されることが分かった。興味深いことに、同じ貴金属元素であるにも関わらず、パラジウムを少量添加すると鉄の触媒活性が直ちに失われることも見出した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】カーボンナノチューブ、触媒、合金

【研究 題 目】触媒で改質した炭素源ガスを用いた単層カーボンナノチューブ合成技術の開発

【研究代表者】松本 尚之

（ナノチューブ実用化研究センター）

【研究担当者】松本 尚之（常勤職員1名）

【研究 内 容】

単層カーボンナノチューブ（SWCNT）の価格は、多層カーボンナノチューブの価格に比べて1000倍以上高く、用途開発など CNT 産業創出の大きな障害になっている。したがって、SWCNT 価格を低下させる合成方法の開発は必須かつ大きな課題である。我々は、これまでに高効率な SWCNT 合成法であるスーパーグロース法を開発しているが、さらなる SWCNT の価格低下を産業界から求められているため、スーパーグロース法をベースとした新たな合成法を開発する必要がある。本研究では、SWCNT の新たな高効率合成技術として、あらかじめ触媒改質した炭素源ガスを用いた SWCNT 合

成技術を開発することを目的とした。

本年度は、SWCNT 合成時に炭素源ガスを触媒により改質することで SWCNT 合成効率が向上するのか、概念検証を実施した。この検証では、工業的に用いられている炭素源ガス（エチレンガス）を改質する触媒は鉄（Fe）とした。Fe 触媒を用いて SWCNT を合成した場合、Fe 触媒を用いない場合と比較して、SWCNT の収量と長さはともに2倍程度向上した。また、SWCNT の品質（結晶性）の指標となる、ラマンスペクトルの G-band と D-band の比（G/D 比）は、Fe 触媒を用いても変化しなかったことから、品質は Fe 触媒の有無に関わらず同等であることを認めた。以上の結果から、あらかじめエチレンガスを（Fe）触媒で改質する本研究の合成手法により SWCNT の合成効率が向上することを明らかにした。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ナノチューブ、触媒改質、化学蒸着法

【研究 題目】ナノポア計測に向けた X 線微小角散乱法の研究開発

【研究代表者】堀 泰明（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】堀 泰明（常勤職員1名）

【研究 内容】

ナノポアとは直径数十ナノメートルの貫通穴のことで、TiN 等の金属薄板に10万個程度のナノポアを形成して次世代 DNA シーケンサとして応用する研究が進められている。その安全性や信頼性の向上には、ナノポア直径や深さといった幾何学的な形状計測が必要である。本研究では、表面ナノ構造の計測手法として実用化されている X 線微小角散乱法（GI-SAXS）を用いてナノポアの形状計測を実現することを目的としている。

平成29年度は、国家標準にトレーサブルな GI-SAXS 測定装置の構築を進めた。GI-SAXS で重要となる X 線回折角及び試料回転角の測定不確かさ低減のため、自己校正型ロータリーエンコーダ（SelfA）を導入した。回折信号検出系には SelfA の出力を基準とした高分解能なインターポレータ出力を用いており、出力値の自己校正及び原点信号の不安定性を解消して高精度化を実現した。また、試料回転軸の角度校正は比較測定の基準として SelfA を用いることで実現した。続いて、装置の基礎パラメータとなる X 線源出力安定性、X 線集光特性、X 線光軸と装置回転軸のアラインメントなどを評価し、システムの最適化を実施した。ナノ構造試料の一つである 1D グレーティング（ピッチ:240 nm）を用いた予備測定を実施し、回折信号の発生を確認した。

次年度以降は、トレーサビリティの確保が必要となる X 線源の波長校正の実施を予定している。また、今年度確認した回折信号の発生効率、S/N 比、試料のピッチ呼び値からの偏差などを検証して信頼性の向上を図る。ナノポア計測に必要となる2次元検出器を既に入手済みで

あり、X 線散乱信号の検出について検証を進める予定である。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】ナノポア、X 線微小角散乱法、自己校正型ロータリーエンコーダ

【研究 題目】超伝導トンネル接合-超伝導コイル一体構造型 X 線検出器の開発

【研究代表者】藤井 剛（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】藤井 剛、浮辺 雅宏、野尻 真士（常勤職員2名、他1名）

【研究 内容】

本研究は、半導体 X 線検出器の約10倍のエネルギー分解能を有する超伝導トンネル接合（STJ）アレイ X 線検出器の有感面積を大幅に拡大させるため、X 線検出部（STJ 部）と動作に必要な磁場を発生させるコイル部を同一基板上に配置した構造を開発することである。

有限要素法による3次元磁場シミュレーションを行うため、計算機と計算ソフトの調達を行った。計算機は、CPU が3.1 GHz/10コアのデュアル、メモリが8 GB×8 枚のトータル64 GB のシステムとした。計算ソフトは、連立方程式を有限要素法で解くことが可能な FlexPDE とした。これらを用いて、ヘルムホルツコイルの磁場シミュレーションを行い、ヘルムホルツコイル内部での磁場分布を計算することに成功した。

実際の素子設計としては、1つの STJ に1つのヘルムホルツコイルを配置した構造を設計した。STJ の形状は、ひし形形状とガウシアン形状の2種類とした。コイル形状は、ヘルムホルツコイルと STJ の距離を変えた4種類の形状を設計した。10 mm 角のデバイス上に、STJ の形状2種類、コイルの形状4種類、計8種類の構造を、10個ずつ配置した。この構造のフォトマスクを作製し、素子の作製を行った。平成30年度に低温特性評価、X 線照射実験を行う予定である。また、シミュレーションと実際の結果がどの程度正しいかを評価し、その結果をシミュレーションにフィードバックし、再度設計を行う。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】超伝導、X 線検出器、有限要素法、ヘルムホルツコイル

【研究 題目】次世代の時刻供給を担う高安定光時計の開発

【研究代表者】小林 拓実（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】小林 拓実（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究の目標は次世代の時刻供給を担う連続稼働可能かつ高安定な光時計の開発、原理実証である。現状では、マイクロ波時計である水素メーザーが時刻（時系）を生

成しているが、将来的には、より高安定な光時計にこの役割を担わせるのが望ましい。光時計の候補は複数考えられるが、例として、原子ビーム時計が良い候補と考えている。

一方で、フランスのパリ天文台 SYRTE、ドイツ標準研 PTB などで研究されているように、将来の秒の定義の有力な候補となっている光格子時計の連続運転も重要なテーマである。そのため、今年度では、光格子時計の連続運転の実証実験を行うことにした。

光格子時計は多数の光源から構成される複雑な装置である。そのため、まずはシステムの小型化および省電力化、光源の周波数ロックの堅牢化を行う必要がある。本研究では、Yb 光格子時計の堅牢化の実証を行うことにした。Yb 光格子時計は、Sr 光格子時計の場合に比べて、レーザーの数を減らすことが可能で、長期運転の観点から魅力的である。また、Sr 光格子時計に比べて数が少ないので、新規性を主張できる可能性が高い。

今年度は、堅牢性の向上を目指した装置開発および、光格子時計の動作確認を行った。時計の連続運転時間は、数時間程度であるが、これを毎日行うことができるレベルになった。実際、1ヶ月程度の連続運転に成功した。今年度に得られた結果は、国内学会、国際学会で発表した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】光時計、時間周波数標準、時系

【研究 題 目】動的応力変化による地震の誘発されやすさの定量的評価

【研究代表者】内出 崇彦（活断層・火山研究部門）

【研究担当者】内出 崇彦（常勤職員1名）

【研究 内 容】

遠隔地の地震から放射された地震波によって誘発される「動的誘発地震」が発生しやすい物理的条件を検討するために、動的誘発地震の発生とその際の地震波による応力変化をできるだけ網羅したカタログを作成することを目指す。そのために、まず、動的誘発地震の検出手法を構築し、それを用いて実際のデータを解析する。動的誘発地震が発生した際の応力変化を、簡易的な計算や地震波形シミュレーションなどから計算し、応力変化と動的誘発地震の発生に関する関係を見出す。

平成29年度は、全国規模の地震観測網によって得られる大量の地震波形の中から動的誘発地震を検出することを支援するために、地震波形データを音に変換する「地震波可聴化」のシステム開発に取り組んだ。地震研究でよく使われる SAC 形式のデータを読み込み、大量の観測点のデータを一度に可聴化することができるようになった。誘発の元となる地震の候補として、2004年以降に世界で発生したマグニチュード7以上の地震を設定し、それらからの地震波（P 波、S 波、周回していない表面波）が日本に到達した時間帯における地震波形データを取得した。このデータを可聴化することで、可聴

化システムの有効な使い方や限界を調べた。また、動的誘発地震の発生実態やメカニズムに関する研究情報を、文献調査によってまとめた。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】動的誘発地震、地震波可聴化、地震検出

【研究 題 目】ポリミネラル微粒子を用いた第四紀後期海底堆積物の高精度 OSL 年代測定

【研究代表者】杉崎 彩子（地質情報研究部門）

【研究担当者】杉崎 彩子（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、海洋堆積物を対象とした第四紀後期の光ルミネッセンス（OSL）年代測定の測定限界の検証と、OSL 年代精度の向上を目的としている。本年度は日本海大和堆、日本海盆から得られた堆積物コアから抽出したポリミネラル微粒子の測定条件の決定を行い、pIRIR230法が最も適していることが分かった。また、石英微粒子の測定限界の検証を行った結果、大和堆の試料は約300 Gy、日本海盆の試料は約500 Gy と見積もられた。また、堆積物の放射線量を評価する上で重要な含水率の評価のため、船上で同・他地点にて試料採取直後に測定した堆積物湿潤密度と、サンプリング後に測定した含水率を比較し、測定した含水率がコアリングの影響を受けていないことを確認した。今後、岩相が異なる層順を対象とし、堆積環境下における圧密の影響の評価を行い、年代精度の向上を図る。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】ルミネッセンス、年代測定、ポリミネラル

【研究 題 目】波長計制御型 CRDS 微量水分計を用いた高感度・高分解能スペクトル測定技術の開発

【研究代表者】橋口 幸治（物質計測標準研究部門）

【研究担当者】橋口 幸治（常勤職員1名）

【研究 内 容】

研究代表者が独自に開発した波長計制御型キャビティリングダウン分光法（CRDS）を用いた水の吸収スペクトル測定の高感度化・高分解能化に向けた研究を進めている。共振器の共振周波数とプローブレーザーの周波数を1台の波長計を用いて同時に制御することで、高感度化に必須となるフィネスの高い共振器（反射率の高いミラーを用いた共振器）を使用でき、尚且つ長時間安定測定が可能な計測技術の確立を目指している。さらに、共振器の共振周波数を任意に設定できるようにすることで、従来の CRDS による測定では制限されていた高分解能なスペクトル測定の実現を目指している。最終的には、実際に微量水分の標準ガスを測定・解析することで、本研究手法の検証を行う。

H29年度は、まず、CRDS 用プローブレーザーの周

波数の制御機構を確立した。非線形光学結晶を用いてプローブレーザーの二倍波を生成し、それを用いて周波数制御できるようにした。次に、共振器の共振周波数の制御機構を確立した。共振器の共振周波数は共振器長に依存しているため、ミラーの片方に設置されている圧電素子を用いて共振器長を制御できるようにしてある。制御の際に使用する参照用レーザーとして、今回は、波長可変半導体レーザーを採用した。このレーザーの周波数を波長計で制御することで、共振器の共振周波数を任意の値に制御できるようにした。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】キャビティリングダウン分光法、共振器、レーザー、波長計、スペクトル、高感度

【研究 題 目】金属原子とタンパク質イオンの反応による新規ラジカル分解質量分析法の開発

【研究代表者】浅川 大樹（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】浅川 大樹（常勤職員1名）

【研究 内 容】

タンパク質の翻訳後修飾、特にリン酸化や糖鎖付加などによってタンパク質の活性が調節され、生命活動が営まれている。この翻訳後修飾の重要性は広く認識されるようになってきているが、タンパク質の中のどの位置に、どのような修飾が存在するのか、という詳細な情報を得ることは現在の分析手法では困難であることが多い。本研究では、この翻訳後修飾を含むタンパク質の「真の姿」を明らかにするために、タンパク質分析に広く用いられている「質量分析法」を高度化することで、タンパク質分析の基盤技術を構築することを目的とする。

我々が研究を行っているタンパク質のラジカルに伴う分解を利用したタンデム質量分析法は、タンパク質の真の姿を検出するために適した手法である。しかしながら実用への課題としては、分解効率が低い点である。この欠点から、微量にしか存在しない未知タンパク質試料には適用できていないのが現状である。本研究では、反応性の高い金属原子やラジカルなどの中性原子を質量分析装置内に導入しタンパク質イオンと反応させることで、ラジカル分解の効率を飛躍的に向上させることを目標とする。

エレクトロスプレー四重極飛行時間型タンデム質量分析計内で衝突室として用いられているイオンガイドを新規ラジカル誘起フラグメンテーション法の実証実験のために最適化したものを作成し、交換を行った。新たな構成においても、従来のタンデム質量分析装置と同様に、ペプチド・代謝物など生体分子の分析が可能であることを確認した。次に、ペプチドやタンパク質イオンと金属原子の反応によりラジカル化を行つために、まず金属原子が真空中へ導入されていることを確認する実験を行った。この結果から通電加熱により金属原子を発生させるフィラメントが比較的安定的に使用でき、この研究に適して

いることがわかった。このフィラメントをエレクトロスプレー四重極飛行時間型タンデム質量分析計に取り付け新規ラジカル誘起フラグメンテーション法の実証実験を行う。本研究の成果によって、これまで同定できなかったタンパク質内の翻訳後修飾の位置情報が得られるようになり、疾患の早期発見のためのバイオマーカー探索や治療薬の開発などへの貢献が期待される。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】タンデム質量分析、ラジカル化、タンパク質翻訳後修飾

【研究 題 目】ヒト iPS 細胞由来の分化細胞を用いた次世代環境診断システムの開発

【研究代表者】谷 英典（環境管理研究部門）

【研究担当者】谷 英典（常勤職員1名）

【研究 内 容】

ヒト人工多能性幹細胞（ヒト iPS 細胞）、及び、ノンコーディング RNA に着目することで、化学物質等のヒトへの直接的影響評価を可能とする、次世代環境センシングシステムの開発を目的として研究を進めた。ヒト iPS 細胞は、多くの細胞に分化できる分化万能性と、分裂増殖を経ても維持が可能な自己複製能を有する細胞であり、元の細胞の性質・機能を維持しているという利点を有する。また、ノンコーディング RNA はタンパク質に翻訳されない RNA であり、細胞のストレス応答においてダイナミックな制御機構を担うことが近年報告され始めている。まず我々は、フィーダー細胞を用いないヒト iPS 細胞の安定的な培養法を確立した後、神経幹細胞に分化させ、本細胞にモデル環境ストレスとして、過酸化水素、塩化水銀、シクロヘキシミド、塩化亜鉛等を24時間暴露することで、暴露後 RNA 発現量が著しく増加する長鎖ノンコーディング RNA として、4つの新規分子（TUG1、GAS5、FAM222-AS1、SNHG15）を同定した。本結果より、長鎖ノンコーディング RNA には、環境ストレス全般に応答するものと、特異的に応答するものが存在することを見出した。また、従来のバイオマーカーとしてストレス関連遺伝子等（mRNA）と比較した結果、長鎖ノンコーディング RNA の方が高感度かつ迅速に環境ストレスに応答することを見出した。以上より、ヒト iPS 細胞において、長鎖ノンコーディング RNA が環境ストレスに対するサロゲート分子として有用であることが示された。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】細胞、化学物質、ノンコーディング RNA

【研究 題 目】超弾性レジリンモデルハイブリッドポリペプチドの創製

【研究代表者】福岡 徳馬（機能化学研究部門）

【研究担当者】福岡 徳馬（常勤職員1名）

【研究内容】

エラスチン、コラーゲン等に代表される弾性タンパク質は、人間や動物、昆虫などの生物の細胞や組織・器官を構成している構造タンパク質として知られている。中でも昆虫の骨格タンパク質である「レジリン」は、合成ゴムをはるかに凌ぐ90%以上の高いレジリエンス（復元力）と、何十億回と伸縮を繰り返しても劣化しない高耐久性を示すことから、近未来の天然超高弾性繊維として期待される。本研究では、レジリンをモデルとした人工ポリペプチドを設計・合成し、ペプチド鎖中のチロシン残基の酸化カップリングにより構造・機能を制御した超高性能バイオエラストマーの創製に取り組む。

本年度は、ショウジョウバエ及びハマダラカ由来レジリンに見られる3種類の繰り返しアミノ酸配列（11～15アミノ酸）が8～32回繰り返されるポリペプチド、および各々の繰り返しアミノ酸配列が連結したブロック共重合体状のハイブリッドポリペプチド、合計42種類を遺伝子工学的手法によって生産することに成功した。これらのレジリン模倣ポリペプチドは His-Tag タンパク質として Ni アフィニティーカラムで回収できることを確認し、その分離精製条件を確立した。得られた精製ポリペプチドは、MALDI-TOF/MS 分析によって分子量が単一のポリマーであることを確認した。

今後は得られたポリペプチドを十分な量確保し、これらを用いてチロシン残基の酸化カップリングを行い、ハイドロゲル等を調製して機械物性や粘弾性等の評価を進める。

【領域名】材料・化学

【キーワード】ポリペプチド、レジリン、人工タンパク質、弾性繊維、微生物生産、遺伝子組換え、酸化カップリング、バイオベース素材

【研究題目】微小金属材料の両振応力条件における疲労挙動の評価

【研究代表者】名越 貴志（製造技術研究部門）

【研究担当者】名越 貴志（常勤職員1名）

【研究内容】

金属材料から作成した微小試験片の疲労挙動を明らかにするため、本年度は試験機の改修及び、微小疲労試験検証のための単結晶ニッケルの疲労損傷の影響を検討する予定であった。問題であった、疲労試験を可能とするソフトウェアの開発については他の研究機関との共同研究という形で調達することができ、予定したものよりも高性能なソフトウェアの開発が可能となった。本ソフトウェアを用いることによってこれまでは変位と荷重のアナログ入力クロストークを起こしているとおぼしき現象が回避できるとともに、変位をより自由に入力することが可能となった。さらに、ソフトウェアはラボビュー

ベースのシステムで、ソースファイルも所持しているため、今後の試験機改修に当たっても柔軟にソフトウェアの修正を行うことができ、冗長性がより高まった。疲労試験の実証として予定していたニッケル単結晶については、計画を前倒しし、チタンで行うこととした。チタンについて繰り返し引張り、圧縮を加え、その都度試験片表面の観察を行った結果、塑性変形によって生じる滑り帯が増加していく様が観察できており、引張り圧縮に伴う変形の様子を観察に成功したといえる。試験片作成に時間を要したため、数多くの試験は行えなかったが、今年度レーザー粗加工による作成時間の短縮を検証し、集束イオンビーム（FIB）のみの加工だとこれまで2週間程度必要としていたものを1週間以下に抑えることができるとともに FIB の利用時間も短縮することに成功した。これにより、今後の研究はより加速することができると考えられ、今後の進捗に期待できる。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】微小疲労試験、サイズ効果、集束イオンビーム（FIB）

【研究題目】混合凝縮性ガスを導入する光ナノインプリント技術の開発

【研究代表者】鈴木 健太（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】鈴木 健太（常勤職員1名）

【研究内容】

光ナノインプリントは最先端リソグラフィへの応用が検討されており、更なるプロセスの高速化や低欠陥化が求められている。ハイドロフルオロカーボン（HFC）系凝縮性ガスを導入するナノインプリント手法は、バブル欠陥の完全除去以外にも樹脂の高速充填やモールドの低離型力といった大きな利点がある一方で、ガスをナノインプリント用の樹脂が吸収してしまうのに起因したパターンの品質の低下が課題とされていた。そこで本研究では、これまでと飽和蒸気圧の異なるハイドロフルオロオレフィン（HFO）系の凝縮性ガスを導入する手法の検討を行い、ガスの吸収量の調査とパターン品質の評価を行う。今年度は真空グローブボックスを用いて、HFC系凝縮性ガス [1,1,1,3,3-ペンタフルオロプロパン（PFP）飽和蒸気圧0.15MPa] と HFO系凝縮性ガス [トランス-1,3,3,3-テトラフルオロプロペン（TFP）飽和蒸気圧0.5 MPa] の雰囲気下において、25種類の溶剤の溶解量を測定し、ガスの吸収量の傾向の調査を行った。小型容器に3 mg の各溶剤を封入し、グローブボックス内をガス雰囲気に置換した後に、10分間ガスに暴露し、その時の吸収量の変化を、電子天秤を使用して質量分析した。PFP、TFP のどちらのガスも14種類の溶剤への吸収を確認し、その中でも Aceton, Dimethyl formamide, Tetrahydrofuran の3種類の溶剤に対しての吸収量が多いことがわかった。溶解する溶剤の種類は

PPF と TFP で同じ傾向を示していたが、PPF ガスの溶解量は TFP ガスに比べて約5倍多かった。このことは、PPF ガスと TFP ガスの飽和蒸気圧の違いが溶解量の違いに起因していると考えられ、TFP ガスを用いた場合にはどのような樹脂を用いた場合にも PPF に比べて高品質なパターンが得られることができると推察される。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 光ナノインプリント、凝縮性ガス、UV 硬化樹脂、飽和蒸気圧

〔研究 題目〕 表面微細構造を用いたナノ印刷技術の開発と光学応用

〔研究代表者〕 穂苅 遼平（集積マイクロシステム研究センター）

〔研究担当者〕 穂苅 遼平（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究の目的は、線幅100 nm のパターンが形成可能なナノ印刷技術を実現し、微細構造により機能する光学素子に応用することである。本研究の実現により、一般的な微細加工に必要であった成膜、露光、現像、エッチング、洗浄等の工程を大幅に簡素化することができ、柔軟な樹脂フィルムに直接パターンニングすることも可能になる。本年度は、従来の印刷技術では困難なナノパターンニングを実現するために、ナノインプリント法で形成した表面微細構造に生じる毛細管力を利用する印刷方法の開発・改良を行った。100 nm 線幅の印刷パターンの形成には、インクと印刷基板のぬれ性のコントロールだけでなく、インクの塗布方法も重要である。素材が異なる2種類のスキージを用いたダブルスキージングにより、70 nm 線幅の印刷パターンの形成に成功した。この成果により、印刷技術の光学応用など新たな展開が見えてきた。その応用開発の第一弾として、光メタマテリアルの作製を試みた。可視域から近赤外域で機能するスプリットリング共振器と電磁誘起透明化メタマテリアルを印刷技術で形成することに成功し、構造に起因する光学応答が観測された。金属ナノ構造で構成される光メタマテリアルの光学特性は、その金属材料の物性に強く影響を受けるため、金属インクで形成された光メタマテリアルが機能したことは重要な知見である。しかしながら、真空成膜による光メタマテリアルと比較すると10%以上ロスが大きい結果が得られている。今後、パターン形状とパターンを形成するナノ粒子（インク）の状態に対する光学特性の相関を調べ、光学応用の可能性を評価していく。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 印刷、ナノインプリント、光学素子

〔研究 題目〕 Modelica と機能モデリングを統合したシステム全体構成自動合成の研究開発

〔研究代表者〕 高本 仁志（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕 高本 仁志（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究は、人工知能など推論技術を適用した計算機援用設計技術を基礎として、様々な構成要素・物理法則を考慮しシステムの挙動を得る Modelica 技術と、システムが満たすべき機能という観点でユーザーニーズの論理構造を記述する機能モデリング技術とを統合し、これまでギアボックス等、構成要素の種類や支配的な物理法則が限定されたシステムの設計に特化した Computational Design Synthesis (CDS) の理論を拡張し、ハイブリッド自動車等の複雑なシステムの全体構成設計に適用可能な CDS を開発・体系化するものである。

本研究は2年で完了する計画であるが、この1年目において、本研究の実験環境と実験モデルの構築を行った。計画書の予定通り、電力供給システムをモデル例として、Modelica によるシステム評価とその評価結果を踏まえた代替案生成方法を提案し、本研究の一年目の目的を達成できた。また、この結果は設計工学分野の国際ジャーナルとして評価を受けている JAMDSM 誌に採択された。

最終年度である H30年度では、スマート製造システムを例として採用し、より広範な構成要素や物理現象、その他の知識表現を扱うための CDS の拡張を試み、当該理論の適用範囲が広範であることを示し、当該理論の今後の研究の余地を広げる。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 設計工学、モデルベース開発

〔研究 題目〕 微弱光イメージングを可能にする超伝導転移端センサ多素子読み出しの開発

〔研究代表者〕 服部 香里（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 服部 香里（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

超伝導検出器を用いた単一光子検出器を多素子化・アレイ化し、超高感度かつ分光可能な大型カメラを実現する多素子読み出しを開発する。超伝導転移端センサーは、光子を高い効率 (>98%) で検出できる一方、応答が速い（時定数 < 1 μs）ために多素子を読み出すのが困難であった。本研究では、この高速応答を逆手に取る。光子による信号の立ち上がりのみをフィルタによって取り出す、これまでにない方式の読み出しを開発する。この方式では、超伝導転移端センサーでは不可能と考えられてきた二次元読み出しを実現できる可能性がある。

平成29年度は回路シミュレータを用いて、回路設計を行った。フィルタを通して読み出す信号は、光子が到来した際の信号の立ち上がりのみである。もし、立ち下がり信号（立ち上がりよりも1桁以上遅い）もフィルタを透過してしまうと、TES の電熱フィードバックに影響を及ぼし、不安定性につながる。したがって、読み

出し試験に用いる予定の TES 検出器の時定数に合わせた設計を行った。用いるフィルタの仕様を LC フィルタ（インダクターとコンデンサからなるフィルタ）に決定し、回路素子の選定を行った。当初、微細加工技術でインダクターを作成する予定だったが、回路の寄生インダクタンスがフィルタのインダクタンス成分を形成することが判明した。したがって、新規に作成する必要がないことを確認した。LC フィルタの評価システムの設計、準備を行った。試験については平成30年度に行う予定である。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】光センサー、イメージング、超伝導、多素子、アレイ読み出し

【研究 題目】オンチップ型フーリエ変換赤外分光（FT-IR）システムの実証

【研究代表者】高 磊（電子光技術研究部門）

【研究担当者】高 磊、コン グアンウェイ、前神 有里子、岡野 誠、山本 宗継、山田 浩治（常勤職員6名）

【研究 内容】

近～中赤外光域は分子の官能基における伸縮や変角振動が光エネルギーと一致するため、THz 帯と並んで古くから「指紋スペクトル帯」と呼ばれる。そのため、測定対象物の透過もしくは反射光の赤外スペクトルを照査することで分子の定性および定量分析が可能である。スペクトル分析における現在の主流は非分散型のフーリエ変換赤外分光法（FT-IR）である。一般的な FT-IR 装置はマイケルソン干渉計より構成され、片アームの光路長可変ミラーにより得られたインターフェログラムを高速フーリエ変換（FFT）することによって高分解能および高 S/N 比の分光を可能にする。本研究提案では、シリコン（Si）導波路型平面光波回路によりマッハツェンダ干渉計（MZI）への置き換えを図る。

本年度は素子設計および実験環境の構築を中心に従事した。素子動作に必要な数値計算およびサイズを意識した設計を行った結果、素子あたりのサイズは $1 \times 1 \text{ cm}^2$ を大幅に下回ることが出来た（約 8.8 mm^2 ）。また、分割抵抗構造を採用することで印加電圧を低減し、測定装置の限界を緩和した素子設計を試みた。これらのアイデアを具現化した素子作製は昨年末に完了し、狭線幅波長可変レーザを用いてインターフェログラムを取得し、FFTによって分解能を評価した。加熱電力 3.49 W （印加電圧 35 V ）において、最高周波数分解能 25 cm^{-1} を達成できている。また、広帯域 SLD 光源を入射することで、スペクトルが一定程度再現できることを示した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】シリコンフォトニクス、分光素子、FT-IR

【研究 題目】熱放射自己干渉ホログラフィによる三次元放射温度計測

【研究代表者】井邊 真俊（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】井邊 真俊（常勤職員1名）

【研究 内容】

サーモグラフィは二次元温度分布を計測できる。しかし、カメラ同様、被写体に対してフォーカスを合わせなければ正確な温度計測はできない。そのため、絶えず移動する粒子や生体への適用は困難である。

この問題の解決を目的とし、ホログラフィ技術を用いた温度分布計測技術の研究を実施する。ホログラフィではホログラムを記録した後に計算処理で自在にフォーカスを変えることができる。したがって、サーモグラフィではピンぼけして追従できないような、移動物体の撮影が可能である。本研究では、対象からの熱放射をホログラムとして記録する。熱放射は温度に依存するので、このホログラムから温度情報を求める。フォーカスを自在に変えられるので、平面だけでなく奥行き方向も加えた三次元温度分布計測が可能と考えられる。

初年度となる平成29年度は熱放射のホログラム記録光学系を設計した。熱放射の放射輝度と温度の関係は定式化されている。つまり、対象からの熱放射の放射輝度をホログラムから算出できれば温度計測はできる。加えて、対象が移動した場合でも算出できれば、本研究の目的である奥行き方向も加えた温度分布計測が可能になる。そこで、対象の距離が変化しても放射輝度を測定可能なホログラム記録光学系を設計した。従来までの放射輝度計とは異なり、放射輝度を直接求める系ではない。記録後の計算処理によってホログラムから対象の放射輝度を計算する。積分球による均一放射輝度源のホログラム記録の原理検証実験をおこない、設計した距離の範囲内で放射輝度が不変であることを実証した。今後は、この光学系を用いて温度情報を算出するために必要な校正技術を実施する予定である。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】ホログラフィ、計算光学、非接触温度計測、熱放射

【研究 題目】高速濃度変更可能な小型ガス中微量水分発生装置の開発

【研究代表者】天野 みなみ（物質計測標準研究部門）

【研究担当者】天野 みなみ（常勤職員1名）

【研究 内容】

物質質量分率 $100 \text{ ppb} \sim 100 \text{ ppm}$ の間で任意の濃度の水分を含むガスを素早く安定的に発生できる、小型の湿度発生装置の開発を行っている。水分発生素子にはパーミエーションチューブを用いる。通常、パーミエーションチューブ法では、チューブの中に水を入れ、壁面を通過して内部から外部へ浸透してくる水蒸気で乾燥ガスを加湿するが、本研究では空のチューブを水槽に浸し、外部か

ら内部へ浸透してきた水蒸気で乾燥ガスを加湿する。チューブは表面積が数百 cm²と小さく、また容易に水の排出や継ぎ足しが可能であるため、現場に持ち運んでガスを発生させることが可能となる。また、複数の素材を組み合わせてチューブを設計することで、広範囲の水分濃度に対応することが可能となる。今年度は、適切な水分透過速度を得るために、様々な素材のチューブの水分透過速度の測定を行い、目標とする水分濃度を得るのに適当な素材の検討を行うとともに、発生槽の設計にも着手した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】湿度発生、微量水分、パーミエーションチューブ

【研究 題 目】有機構造規定剤及びゲルマニウムフリー合成法による超大細孔ゼオライトの開発

【研究代表者】上村 佳大（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】上村 佳大（常勤職員1名）

【研究 内 容】

超大細孔ゼオライトの一つである UTL 型ゼオライトを、有機構造規定剤とゲルマニウムを用いない条件下で合成することを目標とする。本研究を達成するため、種結晶添加法を利用する。

平成29年度は、種結晶添加法によるゼオライトの基盤合成技術を確認するため、まずは既存のモデルゼオライトを選択し、このゼオライト骨格において、アルミノシリケート反応混合物、水熱処理温度、水熱処理時間、種結晶の Si/Al 比を変化させて、合成を実施した。種結晶や生成物は X 線回折、電子顕微鏡観察、窒素吸脱着測定などを用いて評価を実施し、多角的に解析することで、これらの条件が最終生成物の結晶性や不純物の成長度合いなどに及ぼす影響について検討した。本研究では、種結晶ゼオライトと様々な組成で調製したアルミノシリケート反応混合物から結晶化するゼオライトの構造類似性に着目した作業仮説に基づいて、合成を実施する。並行して、UTL 型ゼオライトに関する論文調査を実施し、そこから既往の合成手法や条件の探索を行い、UTL 型ゼオライト合成のための知見の拡充を行ってきた。今後は、これまでに得られた種結晶添加法の合成結果を基盤に、UTL 型ゼオライトの有機構造規定剤及びゲルマニウムフリー合成を検討する。種結晶として既往の合成技術を基に UTL 型の結晶化に成功した後、UTL 型ゼオライトを再現性良く結晶化させるための合成条件（反応温度や時間等）の最適化を行う。得られた UTL 型ゼオライトに対してはキャラクタリゼーションを行い、他のゼオライトのキャラクタリゼーションの結果と比較して、それぞれの特徴をまとめる。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ゼオライト、多孔質材料、合成

【研究 題 目】高アスペクト有機修飾ペーマイトアルミナの連続合成技術開発

【研究代表者】藤井 達也（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】藤井 達也（常勤職員1名）

【研究 内 容】

研究代表者はこれまでに高温高压水を用いて高アスペクト有機修飾ペーマイトを one-pot で合成する技術を開発した。さらに、このペーマイトを素材として利用し、フレキシビリティ・絶縁性を持ちポリイミド/アルミナ系で最高水準の熱伝導率を有する絶縁複合膜を開発した。この素材を実用化へ向けて、スループットを上げるための連続化技術の確立が課題である。現在バッチ式で10分以上かけて合成を行っているが、連続プロセスの小型化・省エネ化に向けて処理時間を短くすることが求められる。本研究では、まずバッチ式反応器で温度や圧力を操作因子として実験を行い、短時間でペーマイトロッドを合成できる条件を明らかにする。さらに、その結果に基づいて連続装置を作製し、連続化により制御可能となるパラメータ（混合状態、昇温速度など）を含めて連続合成プロセスの最適化を目指す。

平成29年度は、メカニズムを明確化していくとともに連続プロセスに適した反応条件を明らかにするために、簡便に実験を行えるバッチ式反応器を用いて、温度・圧力条件を操作因子として様々な条件で実験を行った。得られた生成物を分析することによって、結晶成長や有機修飾の挙動を明らかにすることができた。これにより、どのような条件で素早く粒子成長でき、かつアスペクト比を大きくできるかを明らかにできた。この定量的データに基づいて、どのような条件（温度、滞留時間等）で実験できるように連続装置を作製すればよいかを明らかにすることができた。平成30年度は、この知見に基づいて連続装置を設計・作製し、連続装置における最適化へ向けて開発を進める計画である。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】高温高压水、ペーマイト、有機修飾、連続

【研究 題 目】ナノトンネル構造を有する鉄鉱物を用いたヒ素・フッ素複合汚染土壌の不溶化

【研究代表者】森本 和也（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】森本 和也（常勤職員1名）

【研究 内 容】

自然由来の複合汚染土壌から溶出が懸念される有害物質、特に報告事例の多いヒ素とフッ素について、鉄鉱物を用いた不溶化技術の開発を開始した。ヒ素およびフッ素の不溶化資材として、陰イオン交換能を持ち、酸・アルカリに対する安定性も高い鉄鉱物のアカガネアイトに着目した。アカガネアイト結晶はナノトンネル構造を有することから、ナノトンネル構造内にヒ素・フッ素陰イオンを取り込み、安定的に保持することが期待される。

アカガネアイトの合成条件について検討を行った。塩化第二鉄試薬を原料として用い、溶液濃度・合成温度・合成時間について条件を検討し、それに伴う溶液 pH の変化についても追跡した。合成物の鉱物学的キャラクターゼーションを、粉末 X 線回折分析、蛍光 X 線分析、走査型電子顕微鏡観察により実施した。鉱物相の同定と化学組成を明らかにし、アカガネアイトの生成量と結晶性について評価することで、アカガネアイトの最適な合成条件を探索することができた。最適化した合成方法で得られたアカガネアイトに対して、ヒ酸イオン・フッ化物イオンの吸着実験を実施した。ヒ酸イオンおよびフッ化物イオンをそれぞれ単独で添加したときのアカガネアイトに対する吸着特性を評価するため、固液比を定めたバッチ式の吸着試験により、所定時間振とうした後、固液分離し、溶液中に残存したイオンの濃度を測定した。ヒ酸イオンの分析には誘導結合プラズマ質量分析計を、フッ化物イオンの分析には共存する鉄イオン等の影響を避けるためイオンメーターを用いた方法で濃度測定を行った。アカガネアイトに対するヒ酸イオンおよびフッ化物イオンの吸着実験においては、イオンの正確な定量分析手法の確立と、それぞれのイオン単独での吸着特性を評価することができた。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】ナントネル構造、鉄鉱物、アカガネアイト、ヒ素、フッ素、不溶化

【研究 題 目】組織再生における有核血球細胞の動態解明

【研究代表者】原本 悦和（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】原本 悦和（常勤職員1名）

【研究 内 容】

組織が損傷を受けた際、最初に起こる重要な生理反応が止血である。止血の際に形成される血餅には血小板と多くの赤血球がトラップされる。哺乳類以外の生物では、血小板の役割を果たす栓球と赤血球が有核であることから、無核である哺乳類とは異なる生理反応を示す可能性が考えられる。

アフリカツメガエルを用いて行ったこれまでの研究から、採血直後の血液試料と血液凝固後1時間経過した血餅試料の間で多くの遺伝子の発現量が変化していることを見出していた。本研究では、血液凝固後の経時的な遺伝子発現変化を明らかにするため、血餅試料を回収し、マイクロアレイを用いて網羅的な解析を行った。その結果、血液凝固後に上昇する遺伝子のセットが時間を追うごとに大きく変化していることがわかってきた。

血液凝固反応がそれぞれの細胞にどのような変化をもたらすのか明らかにするためには、各血球細胞種の動態を追跡する必要がある。両生類の血球細胞に関してはまだ情報が十分とは言えず、細胞の種類によってはマーカー遺伝子すらよくわかっていない。各種血球細胞を分取

する方法の開発とマーカー遺伝子の探索を進めるとともに、遺伝子発現変化がもたらす生理的意義について解析を進める。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】両生類、有核血球細胞、血液凝固、遺伝子発現変化

【研究 題 目】機能的構造平衡の NMR 解析による刺激に適合したキナーゼシグナル選別機構の解明

【研究代表者】徳永 裕二（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】徳永 裕二（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究においては、特定の刺激下における細胞内シグナル伝達において、細胞内環境を「解読鍵」として複雑な分子間ネットワークをデコードすることにより刺激に適合したシグナル分子群が選別されるという概念に立ち、これをストレス応答キナーゼとその基質の選別において検証し、また環境を検知する構造機構を明らかとすることを旨とする。

平成29年度には、ストレス応答キナーゼである p38 が、数ある特異的基質の中から、ストレス下に特徴的な細胞内環境に応じて、適切な基質 ATF2 を選び取る機構の分子論的解明を目標とした。ストレス刺激に付随する細胞内環境変化として pH の弱酸性化に着目し、p38 の基質特異性プロファイルをどのように変化させるかを調べた。この結果、pH 低下条件においては、p38 は ATF2 を他の基質と比較して効率よくリン酸化するように変化することを *in vitro* キナーゼアッセイにより示した。さらに、この変化は、ATF2 の p38 結合部位に固有のヒスチジン残基が pH 低下に伴いプロトン化されることに依拠することを突き止め、一時配列レベルでの構造機構を解明した。こうして、キナーゼが特異的基質のリン酸化において、環境条件を制御因子として特定の基質を選別する現象を実証するとともに、その機構を生化学的に解明する目標を達成した。

また、ATF2 の T69 および T71 の二重リン酸化について、実時間 NMR 測定によるキナーゼアッセイから、p38 による両者のリン酸化を分析的に解析した。この結果、T71 リン酸化は pH 低下時にのみ効率よく進行することが明らかとなった。このような、隣り合う2箇所のリン酸化に対する pH の非対称的な影響は予想外の結果であった。増殖シグナル下での ATF2 リン酸化においては、T71 のリン酸化は ERK2 を責任キナーゼとし、p38 は T69 のみをリン酸化することが知られているが、今回得られたデータはこの生物学的知見を *in vitro* にて示すと同時に、ストレス下ではこのような制限が解除され、p38 パスウェイの活性化のみで ATF2 の二重リン酸化が進行することを示したものと言える。このような機構は、

正常時には ERK2 と p38 のどちらか一方の基底活性でシグナルが伝達されることを防ぐ論理ゲートの役割を担うとともに、ストレス下では迅速にシグナル伝達が可能となるよう、環境によって適切な基質特性を示す機構となっている。このように、増殖シグナルおよびストレスシグナルの両方に働く ATF2が、その時々リン酸化の責任キナーゼを使い分ける現象は、MAPK における基質選別と対をなす、基質における責任キナーゼの選別機構を見出したものといえ、研究課題の概念的拡張に至る重要な発見である。

また、平成30年度以降に p38-ATF2 の動的構造解析を遂行するためのツールのひとつとして、従来はメチル基¹H 核に用いられてきた禁制コヒーレンス(FCT)解析法を¹⁹F 核に適用する技術的拡張に取り組んだ。この結果、p38結合状態における CF₃基含有化合物の¹⁹F 核をプローブとし、多量子遷移に由来する NMR 信号を検出することに成功した。同信号強度の時間依存性を解析することにより、標的結合時の化合物 CF₃ 基の運動性を定量的に決定した。この成果は学術論文雑誌 *Molecules* に掲載された。

【参考文献】 Tokunaga Y, Takeuchi K, and Shimada I, *Molecules* (2017), **22** (9), 1492. Forbidden Coherence Transfer of ¹⁹F Nuclei to Quantitatively Measure the Dynamics of a CF₃-Containing Ligand in Receptor-Bound States.

【領域名】 生命工学

【キーワード】 シグナル伝達、基質選択性、ストレス応答、キナーゼ、構造平衡、分子間相互作用、溶液 NMR 法

【研究題目】 堆積物環境に優占する未培養アーキアの分離培養と生理生態機能の解明

【研究代表者】 片山 泰樹 (地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】 片山 泰樹 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、海成堆積物環境に優占的に存在し、系統的に新規な未培養微生物群を可培養化し、主要な炭素リザーバーである堆積物環境における微生物の生態的役割や進化的な特徴を明らかにすると同時に、産業的な利用を図るものである。

今年度は、海成由来堆積物試料を採取し、様々な基質を用いて集積培養を行い、下記3つの成果を得た。対象とする微生物種について、優占的に検出される培養系の構築に成功した。さらに、物理化学的な培養条件の検討を行い、対象種の優占度を保ったまま、集積培養物に含まれる微生物種の数を削減すること、安定的に継代培養することに成功した。本培養物に含まれる微生物の多様性を16S rRNA 遺伝子に基づいて系統解析したところ、

対象種以外に2種の細菌や、水素・酢酸利用性メタン生成アーキアが検出された。また、上記の培養の過程で、系統的な新規性の高い微生物種の純粋培養に成功した。生理学的実験の結果、従属栄養細菌であるこの種はメタン生成アーキアやその他の従属栄養細菌と共培養させることで、増殖が大きく促進されることを明らかにした。16S rRNA 遺伝子に基づく系統解析では、本細菌は、主に堆積物環境、それ以外の嫌気環境にも普遍的に検出される系統群に帰属することが明らかとなり、これらの嫌気環境において様々な微生物種との共生が生態学的ニッチを生み出していることが示唆された。

【領域名】 地質調査総合センター

【キーワード】 微生物、未培養、共生、メタン生成

【研究題目】 磁硫化鉄(グライタイト)がメタン菌の代謝を促進する機構の分子生物学的解明

【研究代表者】 五十嵐 健輔 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 五十嵐 健輔 (常勤職員1名)

【研究内容】

地球上の様々な嫌気環境において、メタン菌と硫化鉄はしばしば共存している。先行研究によって、メタン菌を磁硫化鉄の一種であるグライタイト (Fe₃S₄) の存在下培養すると、メタン生産と増殖が著しく促進されることが明らかにされている。本研究の目的は、このグライタイト依存的に代謝が促進される機構を、化学および分子生物学的なアプローチにより解明することである。

はじめにグライタイトの鉱物学的特性と代謝促進との関係性について調査した。その結果、グライタイト以外の硫化鉄種や酸化処理を施したグライタイトを用いた場合には、代謝促進がおこらないことが明らかになり、グライタイト特有の鉱物学的特性 (例えば結晶構造や原子価) が代謝を促進する生理活性に寄与することが示唆された。

次に、グライタイト依存的な代謝促進時におこるメタン菌の遺伝子発現の変化を解明するために、顕著な代謝促進が見られたメタン菌 *Methanocaldococcus jannaschii* を対象にトランスクリプトーム解析を行った。その結果、代謝促進時には、鉄-イオウクラスター依存的な反応で tRNA の転写後修飾に関わる遺伝子、そして複数の陽イオントランスポーターの遺伝子などの発現が上昇しており、鉄-イオウクラスターの合成や利用に関わる経路が代謝促進に関与する可能性が示された。現在、上記の結果を裏付けるためのプロテオーム解析の準備中であり、得られた結果を総合的に考察して細胞内における代謝変化の全容解明を行う予定である。

また、グライタイトによる代謝促進の応用利用の観点から、多様な種類の微生物 (群集) に対して代謝促進が見られるかを調査した。その結果、有機物からのメタン生産が可能な共培養系においてもグライタイトによるメタン生産の促進が観察され、この技術をメタン生産微生物群集を用いた廃棄物処理へ応用できる可能性が示され

た。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】メタン菌、硫化鉄、生理活性、鉄-イオウクラスター、網羅的遺伝子発現解析、メタン生産

【研究 題 目】昆虫の体色形成を担う共生細菌の機能解明

【研究代表者】森山 実（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】森山 実（常勤職員1名）

【研究 内 容】

動物の体色は生物の適応度に密接に関わる重要な形質であり、高度に洗練されたしくみを介して形成されている。植食性の昆虫類では緑葉に紛れ込む緑体色をもつものが多い。一般に、昆虫の緑体色は黄色のカロテノイド色素と青色のビリン結合タンパク質の組み合わせで形成されるが、カロテノイドの乏しい植物の汁液を利用するカメムシ類昆虫ではどのように緑色の体色を形成しているのか不明であった。そこで、本研究では共生微生物による色素供給の可能性を疑い、チャバネアオカメムシとその腸内共生細菌を用いて、この仮説の検証に取り組んだ。共生細菌を実験的に除去したチャバネアオカメムシは緑体色を形成せず、ビリン結合タンパク質およびカロテノイド色素の双方が宿主カメムシの体内から検出されなくなった。そこでまず、ペプチドマッピングを用いてビリン結合タンパク質遺伝子を同定し、それが芳香族アミノ酸を豊富に含むことを明らかにした。さらに、器官培養系を用いて共生細菌が宿主昆虫にビリン結合タンパク質の原料となる芳香族アミノ酸を供給していることを証明した。一方、黄色のカロテノイド色素に関しては、ゲノム解析により共生細菌がカロテノイド合成能をもつことや、HPLC-MS を用いた解析からゼアキサントンを主成分としたカロテノイド類を合成することを明らかにした。さらに、共生細菌のカロテノイド合成能を遺伝学的に操作し、生成されるカロテノイド組成を変化させると、それに対応する形で宿主カメムシの表皮中のカロテノイド組成も変化することを実証し、宿主昆虫が共生細菌の合成するカロテノイド色素を自身の体色として利用していることを明らかにした。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】カメムシ、カロテノイド、共生細菌

【研究 題 目】粒子群の基礎物性に関する2D-3D 変換技術の開発

【研究代表者】上田 高生（環境管理研究部門）

【研究担当者】上田 高生（常勤職員1名）

【研究 内 容】

粒状材料の粒子サイズや形状は基本物性に大きな影響を及ぼすため3次元（3D）な真の情報を取得することが重要であるが、実際には顕微鏡観察等による粒子の投

影図や断面などの2次元（2D）な計測で代替せざるを得ない場合が多い。この課題を解決するため、複数の2D 実測値から3D 実態を予測する手法の開発を目指して研究を実施している。

平成29年度は、様々な軸長比の楕円体粒子モデルを数値解析的に作成し、粒子モデルの2D 値分布（断面積、断面長軸長、断面長軸／短軸長比、周長）と3D 値（体積、長軸長、長軸／中軸長比、長軸／短軸長比、表面積）を関連付けた変換データベースを構築した。また、遺伝アルゴリズムを用いた最適化手法により、観測対象の粒子群に最尤な粒子モデルの組み合わせを決定することで、観測2D 値分布から3D 値を予測する手法を開発した。

研究計画では、平成29年度に3D 実態予測手法の基礎要素として、①3D 粒子モデルの開発、②変換データベースの構築、③3D 粒子モデルの組み合わせ最適化手法の開発、平成30年度に④上記要素を統合した3D 実態予測プログラムの開発、⑤X 線 CT 解析による実験検証を行うことにしていた。現時点で①～③の開発が終了するとともに、④のプロトタイプが完成しているため、おおむね順調に進展している。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】ステレオロジー、2D3D 変換

【研究 題 目】シリコーンゴムの動的歪み制御による微細積層印刷エレクトロニクスの創出

【研究代表者】日下 靖之（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】日下 靖之、藤田 真理子（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

省エネルギーの次世代エレクトロニクス製造技術として常圧かつ高速にデバイス製造が可能な印刷エレクトロニクスの実現が期待されている。従来の印刷手法と比べて、特に高精細パターンニングが可能な印刷手法である反転オフセット印刷には大きな関心が寄せられている。本研究では、高品質・高信頼なデバイス製造プロセスとするために、寸法インテグリティの確保および層間接続技術の確立を目的とする。

本年度は、印刷時に生じるシリコーンゴムの変形挙動をモデル化することにより、1) 応力変形および界面摩擦の関係から、印刷中のインク界面にずりが生じ、パターン寸法安定性が悪化すること（歪近接効果）、また弾性率および厚みを最適化することにより寸法変化を低減できることを明らかにした。さらに反転オフセットを平版式に変更することにより、局所的なゴム変形が抑えられ、パターン寸法安定性を劇的に改善できることを実証した。2) シリコーンゴムを垂直方向に積極的に変形させることにより、微小コンタクトホールにインクを充填できることを明らかにした。パターン寸法からインク充填に最適なゴム材料を選定することが可能になった。ま

た、上下電極層を1000点以上連結したコンタクトチェーンの導通試験により本層間接続技術が高い信頼性を有することを実証した。これらの技術は、定量的なゴム変形モデルをベースとしており、微細積層印刷エレクトロニクスのデザインルールとして活用できる。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕印刷エレクトロニクス、パターンニング、接触力学、界面

〔研究題目〕測定値間の相関に着目した効率的な試験所間比較の設計

〔研究代表者〕城野 克広（物質計測標準研究部門）

〔研究担当者〕城野 克広（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、測定値間の相関に着目し、試験所間比較を効率的に実施する方法を与えることにある。試験所の測定能力の確認のために、同一のものを複数試験所で測定し、その結果を評価する試験所比較がよく行われる。その実施には数年を要すものもある。一方で、期間の短縮のために、全試験所をサブグループに分け、サブグループごとに異なるものを測定することも行われている。本研究では、サブグループごとの結果が相関関係をもつように試験所間比較を設計し、全ての測定値を互いに精度よく関連づけることを目指す。

H29年度においては、サブグループを結びつけるリンク試験所の測定について、その測定の不確かさと2つ（以上の）測定の間相関の妥当性を確認する手法について論文投稿した。また、これらを用いて非リンク試験所の測定値を精度よく関連づける方法について研究した。すべての測定値は試験所間比較のための参照値を介して関連づけられる。本年度の研究では、この参照値の持つ性質について詳細に検討した。本研究では、全ての試験所からの報告値に対して統計モデルを当てはめ、その統計モデルに基づいて回帰分析を行うことで、参照値を導いた。この参照値について以下2点を明らかにした。(a) 従来研究では、リンク試験所の測定値に対する統計モデルがサブグループごとに一貫性を持たない解析が行われ、特に測定値間の相関が弱いときに現実的でないかたよりが生じうる。(b) 本研究のアプローチではそのようなかたよりが生じず公平な比較ができる可能性が高い。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕試験所間比較、測定の不確かさ、適合性評価

〔研究題目〕スピン波共鳴を利用した磁化反転ダイナミクスの理論的研究

〔研究代表者〕山路 俊樹（スピントロニクス研究センター）

〔研究担当者〕山路 俊樹（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究ではスピン波を利用した磁化反転ダイナミクスを理論的に解明し、5 Tbit/in²を超える次世代超高密度磁気記録を実現する磁化反転制御手法の確立を目指す。また、低消費電力化および低エラー率化の指針を得ることを目指す。本年度は、一次元有効スピンモデルを作成し、LLG（Landau-Lifshitz-Gilbert）方程式に基づく数値計算により主に膜厚依存性について調べた。その結果、磁化反転ダイナミクスが均一モードから不均一モードに変わる臨界膜厚が存在することが分かった。さらに膜厚を増加させると、マイクロ波アシスト磁化反転において最小の反転磁場を与える臨界周波数が増加する臨界膜厚が存在することが分かった。この2種類の臨界膜厚のマイクロ波磁場強度・交換スティフネス定数・ダンピング定数依存性も明らかにした。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕スピントロニクス、スピン波、高密度磁気記録

〔研究題目〕微小観察下での温度負荷による潜傷先端の光散乱強度変化の実験的解明

〔研究代表者〕坂田 義太郎（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕坂田 義太郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

潜傷とは製品製造における研磨工程等で発生するマイクロ・サブマイクロスケールの微小なクラックである。我々は、ガラス基板や Si 半導体ウエハなどに対して、曲げ応力と光散乱計測とを組み合わせた検査技術「応力誘起光散乱法」を開発し、潜傷検出に成功してきた。しかしながら、実際の製造現場で求められるところは、潜傷発生に関するメカニズムの解明や潜傷検出のメカニズムの解明である。そこで、本研究課題では、潜傷検出のメカニズム解明の基礎的検討として、微小観察下での潜傷先端および潜傷近傍の光散乱強度変化を実験的に評価・解明を行うことを目的とし、研究を進めている。

平成29年度では、微小領域下での潜傷の光散乱強度変化の観察を実現するため、温度変化を利用したシステムを構築することに成功した。従来使用してきた応力誘起光散乱法では曲げ応力を利用してきたことから、微小観察を行う際に機械的変形により潜傷が被写界深度から大きく離れてしまう問題を有していたが、温度負荷を利用することでこの問題を解決することに成功し、微小領域を観察可能な潜傷検出・評価システムの構築に成功した。構築した本システムは300×300 μm 角の微小領域が観察可能であることも確認しており、微視的に観察することで、潜傷自身において光散乱の発生する領域が異なることを見出した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕光散乱計測、応力誘起光散乱法、潜傷、マイクロクラック、検査技術

〔研究題目〕 心肥大の分子メカニズム解明を目指した比較グライコプロテオミクス

〔研究代表者〕 岡谷 千晶（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕 岡谷 千晶（常勤職員1名）

〔研究内容〕

心肥大・心不全に至る分子メカニズムの解明は、心不全治療法の開発における重要課題である。糖鎖修飾は、タンパク質の細胞内局在やプロセシングの制御などを介して、タンパク質機能を制御することが知られている。本研究は、肥大状態の心筋細胞において生じる糖鎖修飾の異常と心肥大シグナルとの関連性を探ることにより、心肥大シグナルにおけるタンパク質上糖鎖修飾の意義を分子レベルで明らかにすることを目的とした。

平成29年度は、まず *in vitro* 心肥大モデルの作出条件を検討した。ラット心室由来心筋細胞を対象とし、肥大刺激としてアンジオテンシン II、エンドセリン-1、フェニルエフリン、イソプロテレノールを曝露する際の条件を検討した。細胞面積およびアクチンフィラメント染色により肥大の程度を評価することにより、最適な培養条件（培地組成、コーティング剤および播種密度）、薬剤濃度および薬剤曝露時間を決定した。この検討の際に、レクチンアレイ（45種類のレクチンを搭載）を用いた比較グライコム解析により、コーティング剤の有無や培地中の血清の有無によって全細胞抽出液の糖鎖プロファイルが変化することを見出した。次に、決定した条件により薬剤を曝露した細胞（心肥大群）および薬剤を曝露していない細胞（対照群）から、培養上清、全細胞溶解液、細胞親水性画分・疎水性画分を調製し、レクチンアレイによる比較グライコム解析を実施した。その結果、対照群と比較して心肥大群では、細胞疎水性画分の糖鎖プロファイルが変化することを見出し、その変化を検出するために有効なレクチンプローブを選出できた。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 心肥大モデル、比較グライコム解析

〔研究題目〕 南関東の前弧海盆における不整合と大規模な海底地すべりの関係の解明

〔研究代表者〕 宇都宮 正志（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 宇都宮 正志（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、南関東に分布する新生代の地層に記録された大規模な海底地すべりと、海盆の発達過程の関係を理解することにある。具体的には、1) 海底地すべり堆積物の厚さや側方分布及び岩体の起源から、それを形成した海底地すべりの規模と様式を推定する。また2) 周辺地層の年代層序を精度良く明らかにして、堆積速度の急激な上昇や不整合を形成した構造運動との前後関係を明らかにする。これにより、これまで十分に明らかにされてこなかった海底地すべりと海盆発達の間を地質学的証拠に基づいて理解でき、活動的な前弧域における

海底斜面の長期的な安定性評価につながる。

本年度の計画は、1) 更新世の前弧海盆堆積物の露出状況が良好な房総半島で海底地すべり堆積物の層位と側方への広がり及びそれらの起源を調べることと、2) これらの地下延長部を掘り抜いた大深度ボーリングコア試料の微化石・火山灰試料を採取することであった。1については、これまで層序学的検討が不十分であった上総層群下部で多数の鍵層（火山灰層）を認定し、海底地すべり堆積物の年代や堆積相との関係を明らかにすることが出来た。また深層すべりのすべり面形成にはこれらの火山灰層が密接に関わっていることや、すべり面における間隙水圧の上昇を示唆する岩脈の産状などについて詳細を明らかにすることが出来た。以上の内容について国内外で学会発表を行うとともに、国内誌と国際誌に公表した。また2については東京湾周辺の4本の大深度ボーリングコアから微化石試料と火山灰試料の採取を完了することが出来た。本年度の補助金は主に上記の研究を遂行するための火山灰分析と試料処理の人件費に充当された。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 海底地すべり、前弧海盆、不整合、新生代、石灰質ナノ化石

〔研究題目〕 糖尿病発症時の膵β細胞に発現するグルタミン酸受容体活性化シグナルの解明

〔研究代表者〕 室富 和俊（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 室富 和俊（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、インスリン分泌に関与するグルタミン酸受容体活性化機構を明らかにし、糖尿病治療標的としての当該シグナル伝達経路の可能性について検討する。平成29年度は、インスリン分泌に関与するグルタミン酸受容体サブユニットの解明およびその受容体サブユニット活性に影響を及ぼすリン酸化タンパク質の関与について検証した。

インスリンを分泌する膵β細胞株 MIN6に発現するグルタミン酸受容体 NMDA 受容体サブユニットを PCR で確認した結果、NR1および NR2D サブユニットは強く発現しており、NR2B および NR2C サブユニットは低発現であった。そこで、NMDA 受容体サブユニット特異的遮断薬を用い、糖尿病を模倣した高グルコース負荷時のインスリン分泌に影響を及ぼすサブユニットを検討した。その結果、NR2B 遮断薬 Ro 25-6981添加時に培養液中のインスリン濃度が約10倍上昇し、そのインスリン分泌量の増加は、脱リン酸化阻害カクテルの添加によって約半分にまで抑制された。さらに、カルシウム指示薬 Fluo-4によるカルシウムイメージを行った結果、Ro 25-6981添加によって細胞内カルシウムイオン濃度が上昇する傾向を示した。以上の結果、NMDA 受容体 NR2B サブユニットを介してインスリン分泌が亢進す

ることが明らかとなり、その分泌過程にタンパク質リン酸化が関与する可能性が示唆された。

細胞内カルシウムイオン濃度は、インスリン分泌過程で上昇することが知られているが、神経細胞では NMDA 受容体遮断によってカルシウムイオン濃度は減少する。従って、膵β細胞と神経細胞とでは NMDA 受容体機能が異なる可能性があり、今後検証したいと考えている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】インスリン、糖尿病、グルタミン酸受容体

【研究 題 目】胎児期低栄養による骨形成不良と2型糖尿病発症の関連性の解明

【研究代表者】安永 菜由（健康工学研究部門）

【研究担当者】安永 菜由（常勤職員1名）

【研究 内 容】

当該研究領域においてこれまでに多くのグループにより動物モデルが開発されてきたが、動物種や制限給餌量、その実施期間等が異なる事で表現型が大きく変化することが明らかにされていた。劇的な変化を生じる発生期において、様々な環境要因は大きく影響すると考えられ、動物モデルを使用した実験のみではその分子メカニズムの解明は困難であると考えた。そこでモデルの簡素化を目的に *in vitro* での胎児期低栄養モデルの樹立を試みることにした。

使用した細胞はラット骨髄由来間葉系幹細胞（MSC）で、骨芽細胞へ分化誘導する期間の培地組成を変えることで、骨形成における胎児期低栄養モデルの作出を試みることにした。まずラット骨髄より MSC を単離し、1週間培養した後、接着した細胞を用いて、骨芽細胞への分化誘導を行った。そして MSC の骨芽細胞への分化能を評価するため、分化誘導3週間後に細胞およびその培養上清を回収し、骨芽細胞の分化マーカーであるアルカリフォスファターゼ（ALP）活性およびオステオカルシン量の定量を行った。その結果、分化誘導しなかったコントロールと比較して、細胞内において約5.4倍の ALP 活性の増加が観察された。また培養上清中に分泌されたオステオカルシンは、骨基質への結合能を有するγ-カルボキシグルタミン酸（Gla）化されたものとされていない Glu 型とを区別し定量した。その結果、Gla 型は34倍、Glu 型は10.9倍の増加が観察できた。以上より、単離した MSC は骨芽細胞へ分化誘導可能であることが明らかにされ、MSC の骨芽細胞への分化誘導系およびその評価方法の確立に成功した。現在、樹立した系を用いた胎児期低栄養モデルの確立を進めている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】妊娠期低栄養、オステオカルシン、骨形成、間葉系幹細胞

【研究 題 目】次世代圧電デバイスに向けた単結晶ナノキューブコンポジット三次元配列集積体の開発

【研究代表者】三村 憲一（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】三村 憲一（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究開発では、新規非鉛圧電デバイス用ナノ材料としてチタン酸バリウム系ナノキューブに着目し、それらの組成を最適化および組成の異なる2種のナノキューブによる三次元規則配列コンポジットを形成することにより圧電特性の向上を検討している。本年度は、チタン酸バリウムナノキューブのバリウムサイトの一部をカルシウムに置換する合成方法の開発に取り組んだ。合成条件の最適化を検討したところ、これまでとは異なる原料を用いても15 nm の均一なサイズを有するチタン酸バリウムナノキューブの合成が可能であることが明らかとなった。そこで、目的組成の30 mol%のカルシウムの固溶について、バリウム原料と同様のカルシウム原料を選定し合成を試みたが、これまでと同様の合成条件ではほとんど固溶化反応が進まないことが分かった。一方、チタン酸カルシウムナノキューブの合成を試みたところ、ファセットを有する結晶が確認できたが、粒子サイズの不均一性やキューブ形状ではなくロッド形状に近い形態が見られたことなどから、バリウムとカルシウムの反応性が大きく異なるため、水熱合成時に不均一な反応が生じていることが考察された。これらの結果を受け、反応機構の詳細な解明を行うべく、急速な加熱により均一な核生成が可能なマイクロ波加熱装置による反応前駆体の合成や、マイクロ波による水熱合成条件の検討、さらには、カルシウム原料や添加組成の見直し、他の元素との同時添加による反応性の向上などの課題が抽出された。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ナノクリスタル、自己組織化、界面制御

【研究 題 目】高感度 MEMS 可動部の完全アディティブ形成技術の開発とセンサ応用

【研究代表者】金澤 周介（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】金澤 周介、日下 靖之、野村 健一、牛島 洋史、堀井 美徳、藤田 真理子（常勤職員4名、他2名）

【研究 内 容】

本研究は樹脂材料による微小な中空構造を、工程が短くかつ材料の浪費のない高効率製造技術とともに創出することを目指すものである。センサデバイスの需要が急速に拡大する中で、高性能化と並行して高効率製造技術を確立することが持続可能な社会の形成のために急務である。そこで本研究は印刷法の実用による中空構造の完全アディティブ形成技術の確立を目指し、そのための立体転写プロセスに係る知的基盤を整備することを目的と

する。

研究計画としては、まず中空構造の転写形成に有効なインク膜の凝集力と基板との間に形成される付着力の関係を解明し、プロセスの基本モデルを構築する。次に材料拡充によるプロセスの汎用化と高度化を並行して進める。そして印刷技術の大面积プロセス適性と融合させ、微弱な事象を高感度かつマッピング計測可能な大面积マトリクスセンサとして実証し、本研究を総括する。

これまでの研究成果として、オフセット印刷の要領で機能層を積み上げるように中空構造を形成できる「Lift-On Offset Printing (LOOP) 法」を確立し、種々のセンサデバイスの検出部となる中空構造体を極めて効率よく製造することが可能になった。また LOOP 法の特長を生かすことでスポンジを基板とした機械変位式センサの試作に成功している。残りの課題遂行期間においても、プロセス開発とデバイス開発の両面に寄与する研究を継続的に行う予定である。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】MEMS、アディティブマニュファクチャリング、印刷、センサ

【研究 題 目】深層学習を用いたアクション指向物体認識

【研究代表者】吉安 祐介（知能システム研究部門）

【研究担当者】吉安 祐介（常勤職員1名）

【研究 内 容】

近年、深層学習の発展により、2次元静止面の認識精度が飛躍的に向上した。しかし、現実世界において人間やロボットなどの認識主体は動き、行動する。このような状況では、視点も物体も止まっていない。また、動作を実現していくためには、ものの名前やラベルなどの「what」に加えて、どこにどのようなものが存在するかなど「where」や「how」の認識も重要となる。本研究では、これまで画像や言語の認識に用いられてきた深層学習を発展させ、行動する知能を構築するための基礎として、知覚から運動につなぐ「アクション指向の物体認識技術」を研究する。住居で作業するようなロボットを想定し、視覚情報に基づいて周囲の環境を認識しながら、言語で受けた命令を実行するシステムの構築を目指す。

本年度は、まず、アクション指向物体認識技術を構築するための基礎として、移動ロボットとロボットアームの実験環境と深層学習のための計算機環境を整備した。加えて、Kinect などの RGB-D センサを入力として導いた物体認識結果からロボット動作を生成するために ROS を用いたビジョン・アクションフレームワークを構築した。

本年度は視覚認識の部分についての研究に注力した。Single shot multi-box detector (SSD) など CNN を用いたリアルタイム物体検出器をロボットに実装し、検出

した物体領域と深度画像を用いて、物体の位置・姿勢を認識した。また、認識結果に基づきロボットの移動や把持動作を生成した。今後は、時系列や多視点情報を用い、複雑な環境や状況下でも移動や把持動作が可能な、より高度なロボット認識・動作生成技術を開発する。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】深層学習、アクション、物体認識

【研究 題 目】反射光が断続しても動作し続けるハイブリッドレーザ干渉型変位計

【研究代表者】穀山 渉（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】穀山 渉（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、ナノメートルオーダの相対変位計測にマイクロメートルオーダの絶対距離計測を組み合わせた、「ハイブリッドレーザ変位計」を開発する。このハイブリッド方式によって、一般のレーザ干渉変位計（相対変位計）では計測不能な「反射光が障害物に断続的に遮られる状態」においても、絶対距離計測が情報を補間することにより、高分解能をもちつつ、計測の連続性を確保することができる。すなわち、計測器にとって重要な性能である「ロバスト性」を飛躍的に向上させることを狙っている。

本年度は、研究計画に基づき、①絶対距離計の設計・構築、②相対変位計の設計・構築をすすめた。研究開始時には、LN 型強度変調器による絶対距離計と、AOM 周波数シフタを用いた相対変位計が分離したコンフィギュレーションであった。しかし、装置の詳細設計を進める中で、外乱の影響をより低減する必要があることがわかった。そのため、装置の耐雑音性をより高める構成を考案した。具体的には、絶対距離計の信号読み出し部をスーパーヘテロダイン方式から光領域でのダウンコンバートに変更することで、RF 位相変動に対する耐性をより高めることとした。その他にも、干渉計光学系部や、光源の強度変調・位相変調の方式の変更など、設計を見直した。さらに、本研究で鍵となる、デジタル位相計の研究開発も進めた。具体的には、信号同期精度を高めたり、高周波ノイズ低減のために初段のアンチエイリアシングデジタルフィルタを導入するなどした。要素部品の納期が予想より長くかかることが判明したため、装置全体としての完成は来年度に持ち越しとなったものの、以上のように、設計性能を計画段階より向上できたという成果が得られた。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】距離計、変位計、位相計

【研究 題 目】熱流束計測に基づく X 線自由電子レーザのパルスエネルギー絶対測定

【研究代表者】田中 隆宏（分析計測標準研究部門）

【研究担当者】田中 隆宏（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、X線自由電子レーザー（X-ray Free-Electron Laser: XFEL）用のパルス放射計を新たに開発し、XFELのパルスエネルギーの絶対測定を目指している。従来の放射計は、受光部の温度平衡状態を前提としているため、応答の時定数は数十秒程度が限界であった。この応答速度は、XFELのパルスの繰り返し周波数（60 Hz など）と比べると遅い。そのため、従来の放射計による測定はXFELのパルスエネルギーではなく、放射計の時定数で平均化されたレーザーパワーに限定されている。一方、自己増幅自発放射方式のXFELでは、パルス毎のパルスエネルギーの変動（30パルスの標準偏差で約15%程度）は原理的に不可避であるため、平均レーザーパワーではなくパルスエネルギーを絶対測定することが重要となる。

そこで本研究では、放射計の受光部において温度変化よりも先行して生じる熱の流れ（熱流束）に着目し、熱流束測定に基づく高速応答（ミリ秒オーダーの時定数）のパルス放射計の開発を進めている。本研究計画の初年度である2017年度は、パルス放射計本体の設計および組み立てを実施した。さらに、研究計画を前倒してパルス放射計の計測系を構築し、パルス放射計の動作の検証実験を行った。パルス放射計に内蔵したヒータを用いた自己テストによる動作検証の結果、現状ではXFELのパルスエネルギー測定に十分な精度ではないことが明らかとなった。この主因は、外気温の変動によるパルス放射計内部の温度変化であると考えている。そのため、次年度は、外気温の変化を抑制する機能の追加などの改良を行い、精度向上を図る予定である。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕自由電子レーザー、X線、EUV、放射計、カロリメータ、パルスエネルギー、絶対測定

〔研究題目〕誘電体導波線路一体型誘電体アンテナの研究

〔研究代表者〕加藤 悠人（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕加藤 悠人（常勤職員1名）

〔研究内容〕

同軸線路の伝送損失が顕著になるミリ波・サブミリ波帯では、それに代わるフレキシブルな伝送線路として誘電体導波路が注目されている。誘電体導波路は同軸線路よりも伝送損失が低く、金属導波路とは異なりフレキシブルである一方で、アンテナ等に接続する際には金属系の同軸・導波線路に変換する必要があり、変換部における不整合による反射や金属の導体損が課題となっていた。また、変換部では誘電体と金属という異種線路を接続するにあたり、誘電体導波路が動いた際に接続部にかかる力学的負荷やそれによる位置ずれが問題となる。

本研究では誘電体アンテナと誘電体導波路を一体成型

し、線路の入力ポートからアンテナ放射部まですべて同一材料で、不整合の一切ない構造を実現することでこれらの課題を解決することを目指す。アンテナ部と誘電体線路部では一般に伝送モードやインピーダンスが異なるため、そのモード変換には従来とは異なる設計が必要になる。そこで、その新規設計手法と実現した構造の精密計測手法について研究開発を行う。

平成29年度は、誘電体導波構造の精密計測手法を提案した。具体的には、金属線路の精密計測技術として確立しているTRL校正法を誘電体導波線路の計測に拡張するために、被評価線路と同材料、同構造からなるTRL校正キットを開発し、それによる計測機器の校正結果をもとに、誘電体導波線路の計測結果の高精度化を図った。開発技術の検証として、28 GHz帯で動作する低損失誘電体導波線路を設計・試作し、それに対する計測を開発技術により実施し、開発技術の有用性を確認した。研究成果は国際学会CPEM2018にて平成30年度に発表する。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕誘電体導波路、Sパラメータ計測、TRL校正、ベクトルネットワークアナライザ、ミリ波

〔研究題目〕視覚情報の眼球運動を越えた時空間統合機構の研究

〔研究代表者〕河野 憲二（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕河野 憲二、菅生 康子
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

私たちは、絶えず眼を動かし、空間内の様々な位置にある対象物を網膜の内でも感度の高い中心窩に捉らえ、外界を知覚している。本研究は、空間内の様々な位置にある対象物を、網膜で最も感度の高い中心窩に眼を動かすことによって捉らえ、視覚情報として取り込み、眼を動かす前と後の情報を統合することにより外界を知覚する神経機構を明らかにしようとするものである。

本年度は、顔刺激に選択的に反応するニューロンに注目し、固視課題及びサッケード課題を訓練したサルの下側頭葉から単一ニューロン活動を記録した。サルが固視課題を遂行中に多種の顔刺激（様々な表情のヒト、サルの顔）を呈示し反応を記録し、大まかな分類情報（サルかヒトか）と詳細な分類情報（個体や表情）が発火頻度の時間パターンとしてコードされていることを確認した後、これらの顔刺激のサイズを変化させ、大まかな分類情報と詳細な分類情報に対する反応が保たれる最小のサイズを求めた。サルが固視課題を遂行中にこの小さいサイズの顔刺激を用いて、記録しているニューロンの受容野のマッピングを行い、発火頻度の時間パターンによる大域／詳細分類コーディングの中心視と周辺視での差異を調べた。受容野が周辺視野に及ぶ広視野タイプのニュー

ーロンは大まかな分類情報を持っていて、受容野が中心窩を含む狭視野タイプのニューロンは、大まかな分類情報と詳細な分類情報の双方を持っていることが明らかとなった。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】顔認知、側頭葉、ニューロン、眼球運動

【研究 題 目】X 染色体不活性化を制御する新規 non-codingRNA の解析

【研究代表者】小林 慎（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】小林 慎（常勤職員1名）

【研究 内 容】

ゲノムプロジェクトの成果から、「ゲノム上のがらくた」と思われてきた領域には、タンパク質をコードしない non-coding RNA (ncRNA) が多量に存在することが分かってきた (Kapranov P, Science, 2007)。その中で miRNA を代表とする小さな RNA の機能解析は進んでいるが、200塩基以上の長い ncRNA (long non-coding RNA, lncRNA) は、個体レベルで機能が明らかになった例は僅かであり、その生理的な役割を明らかにすることが求められている。我々が発見した Fat60 lncRNA の個体での機能を解析するためノックアウトマウスを作製したところ (Soma M, Sci Rep. 2014) 一部個体で、発生に異常を示すマウスが出現することを明らかにした (論文投稿中)。更に興味深いことに、表現型は性差を示すことが分かった。異常は雌 KO マウスで見られるが、雄では異常は殆ど見られない。また、このような異常は同腹の野生型の個体では見られない。また、異なる ES ラインから作製した KO マウスにも同様の異常が見られたことから、表現型は lncRNA を KO したことに由来すると考えられる。KO 胎仔の形態異常が「どの細胞」で「いつ」起こるか特定する目的で、胎仔期を遡り、発生の各ステージでの組織切片の詳細な解析を行った。組織切片、及び細胞の種類を染め分ける免疫染色による組織学的な解析を行った結果、異常を起こす組織及び、特定の細胞種を絞り込むことに成功した。更に、体系的、網羅的遺伝子発現解析を行うことにより、lncRNA 破壊と表現型との関連を分子レベルで明らかにする手がかりを得た。lncRNA の機能を分子レベルで理解する大きな一歩であると考ええる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】Long non-coding RNA、疾患モデルマウス、性差

【研究 題 目】表現型が雌雄差を示す長鎖ノンコーディング RNA ノックアウトマウスの解析

【研究代表者】小林 慎（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】小林 慎（常勤職員1名）

【研究 内 容】

哺乳類ではタンパク質をコードしない長鎖 non-coding RNA (long ncRNA, lncRNA) が遺伝子発現調節等の機能を持つことが分かってきたが、個体レベルでの生理機能は不明な点が多い。我々が作製した、新規 lncRNA Fat60 の KO マウスはヒト疾患に似た表現型を示し、この lncRNA が個体発生に機能を持つことを突き止めた。興味深いことに、表現型は雌のみで現れ明確な雌雄差を示す。なぜ性差を示すのであろうか？。雌雄差を生み出す原因となる、候補としては、「性ホルモン」、「ゲノムインプリント」に加え、「X 染色体の不活性化」と呼ばれるエピジェネティックな現象が考えられる。申請者は、雌のみでみられる「X 染色体の不活性化」と呼ばれるエピジェネティックな現象に注目し、様々な方法で KO マウスの解析をおこない、X 染色体の異常が KO マウスで見られる表現型の差の原因となることを示唆するデータを得た。今後、より詳細な分子メカニズム解析を進めていく準備が整った。

ゲノムプロジェクトや次世代シーケンサーの解析結果から、たんぱく質をコードしない非コード RNA は mRNA よりも4倍もの量が転写されているという報告もあり、非コード RNA の生理機能に注目が集まりつつある。これまで、多くの生命現象及び疾患モデルは、タンパク質をコードする遺伝子の遺伝子組み換え動物や、突然変異体を用いて解析が行われてきたが、本研究ではこれまで未開拓であった lncRNA に注目してその生理機能の解明に取り組んだ。我々の KO マウスは古典的なセントラルグマの概念とは異なり、蛋白をコードしない lncRNA がマウスの発生過程で機能を持ち、組織形成に働くことを示唆している。これまでヒト疾患は、「タンパク質をコードした遺伝子」が主な解析対象と考えられてきたが、本申請の研究の成果は古典的な疾患モデルとは異なり、「タンパク質をコードしない lncRNA」が疾患の原因となりうることを示す点で、新しい疾患モデルの概念に発展する可能性を示す点で重要である。この研究は将来、様々なヒト疾患解析にも lncRNA の研究が展開できることを示す道しるべとなりうる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】Long non-coding RNA、疾患モデルマウス、性差

【研究 題 目】濾過性細菌が持つ新生物機能を理解する

【研究代表者】中井 亮佑（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】中井 亮佑（契約職員1名）

【研究 内 容】

微生物の最小サイズは一般に0.2~0.3マイクロメートルとされ、自然科学の諸分野において孔径0.2マイクロメートルのフィルターを用いた濾過除菌が広く行われる。しかし、研究代表者らの先行研究により、系統的に新規な細菌がこのフィルターを通過することが明らかとなっ

てきた。本研究では、これら濾過性細菌の持つ生物機能を多面的に調べる。平成29年度は、「研究② 濾過性細菌の遺伝子機能ポテンシャルの解明」の課題を遂行した。結果として、サハラ砂漠産の濾過性細菌 *Oligoflexus tunisiensis* と近縁細菌との比較ゲノム解析など高次解析が完了した。ゲノムレベルでの比較により、いくつかの既知系統が *Oligoflexus* を含む *Oligoflexia* グループに帰属することがわかった。この成果の一部は、国際共同研究として論文が公表された (Hahn *et al.*, *IJSEM*, 2017)。また加えて、当初の計画に沿って「研究③ 濾過性細菌群集の持つ生態学的機能の解明」の課題も遂行した。具体的には、国内で採取した環境水サンプルを孔径約0.2マイクロメートルのフィルターで濾過し、その濾液から濾過性細菌群由来の混合ゲノム DNA を抽出した。この抽出 DNA をメタゲノム解析に供した後、ゲノム解析用ソフトウェアおよび各種ツールを用いて、複数の細菌ゲノムを再構築した。現在、その遺伝子機能の推定を進めているところである。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】微生物、微生物資源、遺伝子資源

【研究 題 目】MEMS 筋音センサを用いた筋肉の定量的評価

【研究代表者】竹井 裕介 (集積マイクロシステム研究センター)

【研究担当者】竹井 裕介 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

筋肉の活動を定量的に評価することは、トレーニングやリハビリテーションの効果や、筋力や筋疲労を客観的に知るために重要である。筋活動を定量的に評価するための方法として、皮膚に貼りつけた電極で筋肉の活動電位を計測する筋電位法が盛んに研究されている。しかし、皮膚に貼りつけた電極の接触状態が変化することで信号にノイズが混入したり、発汗による皮膚と電極間のインピーダンスの変化が信号に影響を与えるなど、筋電位法は発汗を伴うような激しい運動時の筋活動評価には必ずしも適していない。

そこで本研究では、筋肉収縮時の変形や振動によって生じるメカニカルな信号である筋音に着目し、筋肉電気刺激時の筋収縮によって発生した筋音を計測することで、EMS デバイス使用時の筋収縮の様子モニタリングを実現した。初年度にあたる平成29年度は、極薄シリコンピエゾ抵抗素子を用いた、MEMS 筋音センサの試作を行った。また、試作した MEMS 筋音センサを用いて、ヒトの上腕二頭筋の筋音の計測を行った。複数人の筋音を比較するためには、筋肉に定量的な負荷を与えた時の筋音を比較する必要がある。そこで、本研究では、筋肉への刺激を定量的に規定できる筋肉電気刺激デバイスを用いて、筋肉電気刺激時の筋音を計測した。この手法により、被験者間の筋音の比較が容易になり、筋肉の定量的

な評価のための、土台が整ったと考えている。本研究成果を通じて、知財2件出願、国内学会3件・国際学会2件の発表を行った。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】筋肉、筋音、筋電、生体計測、MEMS、ピエゾ抵抗、歪みセンサ、シリコン

【研究 題 目】アリの社会性行動を制御する神経メカニズムの解明

【研究代表者】古藤 日子 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】古藤 日子、本山 直人、桜井 睦、Sean McGregor (常勤職員1名、他3名)

【研究 内 容】

本研究は、社会性昆虫アリをモデルとし、社会性行動の制御基盤を分子生物学的に明らかにすることを目指すものである。本研究では、特に哺乳類において社会性行動との連関がすでに報告されているオキシトシン・バソプレシニングナルの機能に着目する。近年の研究から、哺乳類とは進化的に遠い位置づけにある節足動物においても、そのファミリーペプチドであるイノトシンと呼ばれる神経ペプチドとその受容体が高度に保存されていることが明らかとなってきた。しかしながら、その発現パターンや生理機能については未だ不明であった。本研究では、これまでにイノトシンとその受容体の発現解析を行い、労働アリにおいて何らかの生理機能を担うことを示唆してきた。また、網羅的化合物スクリーニングにより、イノトシンシグナルを阻害する化合物の同定を行ってきた。これらの阻害剤を用いることにより、労働アリにおける行動と生理状態の制御におけるその生理機能の解明を目指してきた。以上の研究背景を踏まえ本年度は第一に、イノトシンシグナルは外勤行動を担う労働アリにおいて、また脂肪体組織におけるエノサイトと呼ばれる細胞において高発現することを明らかにした。さらに、阻害剤を用いたシグナル活性阻害、および遺伝子発現ノックダウン実験により、イノトシンシグナルはエノサイトの主要な生理機能である体表炭化水素の合成を制御し、水分調整や乾燥環境への耐性に寄与することが明らかとなった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】社会性行動、神経ペプチド

【研究 題 目】ユビキチンリガーゼによる NASH 発症抑制機構の解明

【研究代表者】安倍 知紀 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】安倍 知紀 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

食事性脂肪肝が進展すると非アルコール性脂肪肝炎 (Non-alcoholic steatohepatitis ; NASH) を発症する。免疫担当細胞による過剰な炎症反応を伴う NASH は、肝臓がんや肝不全といった生命を脅かす重大な疾患のリ

スクファクターである。しかし、NASH の発症メカニズムには不明な点が多く、有効な治療法や予防法は未だにない。本研究の目的は、免疫担当細胞の1つであるマクロファージに着目し、NASH の新たな発症メカニズムを明らかにすることである。これまでの研究により、以下のような結果を得ている。

(1) 食事性脂肪肝におけるマクロファージの活性化
ユビキチンリガーゼ Cbl-b 遺伝子欠損マウスに高脂肪食を与えて食事性脂肪肝を発症させると、肝臓にマクロファージが浸潤しマクロファージ由来の炎症性サイトカイン発現量が増大することを明らかにした。このことから、Cbl-b は NASH 発症において、抑制的に働くことが示唆された。マクロファージにおける Cbl-b の炎症抑制について、詳細な分子メカニズムの解析を行っている。

(2) 食事性脂肪肝における Cbl-b タンパク質発現量
高脂肪食を摂食させることで発症させた食事性脂肪肝により、マウス肝臓において Cbl-b タンパク質の発現量が約1.2倍に増大することを見出した。また、長時間にわたる絶食のような急性期の脂肪肝においても、Cbl-b タンパク質量が増大することを明らかにした。今後は、肝臓におけるどの細胞種において Cbl-b が増大しているのか、免疫組織化学染色などを用いて明らかにしていく予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】脂肪肝、脂肪肝炎、マクロファージ、メタボリックシンドローム、生活習慣病、肥満、食生活

【研究 題 目】ロボットの力制御を統合的に扱う拡散パラメータ型マルチスケール・マルチラテラル制御

【研究代表者】神永 拓 (知能システム研究部門)

【研究担当者】神永 拓 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

非定型作業を、非定型環境で行うことを求められるロボットは物体や環境との接触が確定的でなくなる位置制御と力制御をどのように扱うのかはロボットの制御方法上の課題である。また、ロボットを遠隔に操作することを考えたとき、特に移動ロボットにおいてはロボット自体の安定性を保つための制御は操作者の意図と無関係に作用するため、これと操作力をどのように調停するかも課題となる。

本研究では、力制御を含む制御系をどのように構成し、自律制御系との調停を扱うかを研究する。遠隔制御の分野では波変数と呼ばれる、高周波電気工学の分野で用いられる S パラメータのアナロジーを用いて相互作用力を記述する方法が用いられてきた。S パラメータは一種のエネルギーであり、速度と力から構成される量である。

本年度は、電気静油圧アクチュエータのポンプ部とシ

リンダ部を遠隔制御のマスタ側とスレーブ側とみなし、波変数を用いて電気静油圧アクチュエータをモデル化する方法を考案した。また、S パラメータを用いた表現を行うことで、駆動系と、上位の制御系を含めた制御系の安定性を考慮できる可能性を示した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】力制御、アクチュエータ、ロボット制御

【研究 題 目】インフルエンザウイルス-宿主糖質相互作用の包括的解析とその感染病態における意義

【研究代表者】日尾野 隆大 (創薬基盤研究部門)

【研究担当者】日尾野 隆大 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

インフルエンザウイルスはレクチンとグリコシダーゼをウイルスタンパク質として有する。さらに自身も糖鎖を纏っており、インフルエンザウイルスは糖と密接に関係している。本研究では、ウイルスと糖鎖の直接的相互作用に加えて、感染に伴う宿主応答としての糖鎖の発現変化を解析することでインフルエンザウイルスの宿主域と病原性を規定する因子に関する全く新たな要因を同定できると考え、インフルエンザウイルスの病態発現における糖鎖の役割を明らかにすることを目的とした。本年度は主として感染に伴う宿主応答としての糖質の発現変化に着目して解析を進めた。A 型インフルエンザウイルスに感染した培養細胞における糖鎖の変化を網羅的に検索するために、ウイルスを感染細胞に接種しそのライセートを調製した。一級アミンをターゲットとしてライセート中のタンパク質を蛍光ラベリングしレクチンマイクロアレイ解析に供したところ、多数のレクチンで反応性の変化が認められた。当初から予想されていたとおり、感染細胞では非感染細胞と比較してシアル酸認識レクチンの反応性が低く、反対にアシアロ糖認識レクチンの反応性が高かった。これは増殖に伴ってウイルス NA がシアル酸を糖鎖から遊離したためであると考えられる。今後、その他の変化について更に解析を進めるとともに、ウイルス株間の比較が必要であると考えられる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ウイルス、糖鎖、インフルエンザ

【研究 題 目】神経伝達物質の直接計測に基づく視覚的注意の脳機能モデル構築

【研究代表者】木原 健 (自動車ヒューマンファクター研究センター)

【研究担当者】木原 健 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

注意の主要な神経基盤は前頭・頭頂領域である。視覚的注意は、複数の種類に分類できる。これまで、注意機能が異なる場合に関与する神経伝達物質については、ほとんど解明されてこなかった。研究代表者は、磁気共鳴ス

ペクトロスコーピー (magnetic resonance spectroscopy: MRS) を使用した最近の研究によって、高速な時間的注意の切り替えに、前頭・頭頂領域の GABA 濃度が関係していることを論文報告した。この研究成果をさらに発展させることで、神経伝達物質の機序に基づいた視覚的注意の包括的な脳機能モデルの提案を目指している。このために、注意課題を実施して、前頭・頭頂の神経伝達物質濃度とそれらの課題成績との相関を検証する。また、複数の注意課題間で結果を比較する。まずは、適切な注意課題を構築する必要がある。「短時間の注意切り替え」は先行研究で検証済みである。そのため、「長時間の持続的な注意」に着目した課題構築に取り組んでいる。具体的には、短時間の注意の切り替え必要な課題を数十分間繰り返す「持続的注意課題」と、注意の切替が不要な Go-NoGo 課題を8分間連続して実施する「持続的注意課題 (gradual-onset continuous performance task: gradCPT)」の構築に取り組んでいる。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】視覚的注意、神経伝達物質、MRS

【研究 題 目】ゲノムでの遺伝子出現機構のパスウェイ解析

【研究代表者】間世田 英明 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】間世田 英明 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

多剤耐性菌の出現は、人類が見出してきた様々な抗生物質を一瞬にして無力なものにし、現在危機的状況になっている。これを食い止める方法として、耐性化のプロセスを解析し、そこを遮断することで、菌を殺さず耐性化させない薬剤の開発を目指し、緑膿菌多剤耐性株 NfxC 株の耐性化のプロセスを解析している。解析の結果、NfxC 型耐性株は、ゲノム上の遺伝子をコードしない領域に存在するある条件を満たす重なり有ったダイレクトトリプトで特異的な決まった塩基の欠失を起こし、フレームシフトの結果、耐性関連遺伝子を生み出し、耐性化することを突き止めた。さらに本現象が、緑膿菌だけでなく様々な生物に共通して存在する自己ゲノム編集機構であることがわかってきた。本年度では、この遺伝子の生み出しに関わるタンパク質の同定を進めた。進めるに当たり、耐性株が生まれやすい条件を決定した。培地に種々の化合物を添加し、その耐性株の出現効率を測定したところ、一つの化合物で優位に耐性頻度が高いことを突き止めた。この状態の株から RNA を調製して、本状態にある株の遺伝子発現プロファイルを測定している。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】薬剤耐性、緑膿菌

【研究 題 目】悪条件連立一次方程式対する高精度な精

度保証付き数値計算技術の開発

【研究代表者】南畑 淳史 (生体システムビッグデータ解析オープンイノベーションラボラトリ)

【研究担当者】南畑 淳史 (他1名)

【研究 内 容】

次元数の大きい悪条件連立一次方程式に対しての高精度に精度保証付き数値計算を行う場合には二つの難しさがある。それは次元数と悪条件性により近似解と真の解の誤差を過大に評価してしまうことである。平成29年度は従来の誤差評価アルゴリズムで次元数が原因で過大評価している箇所を特定し、次元数の高い問題でも高精度に誤差評価を行うアルゴリズムの構築を行い、その評価を行った。具体的には従来法では rank-one 行列で上限を見積もっていた箇所を H 行列の判定を行うベクトルに適した誤差評価式で定式化を行った。その結果として一万次元程度の悪条件連立一次方程式において、従来法に比べて十倍以上も小さく誤差が見積もれる誤差評価のアルゴリズムが構築できた。

また、この誤差評価アルゴリズムを応用して、行列積の有効丸めと事前誤差評価式を用いた精度保証付き数値計算法に対しても改良法を提案した。行列積の有効丸めと事前誤差評価式を用いた場合、区間の中心が単位行列から離れることに着目して、誤差評価式を構築し、平成29年度に開発したアルゴリズムを適用することで、従来の誤差評価のアルゴリズムよりも1.6倍も小さく誤差が見積もれる誤差評価のアルゴリズムが構築できた。

さらに、悪条件な連立一次方程式の研究に関連して、単精度作成された近似逆行列がどの程度の条件数を下げる効果があるのかについての研究を行った。理論解析と数値実験結果よりある条件数を境目に次元数の影響が大きくなり、条件数を下げる効果が低減することを示した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】数値解析、精度保証付き数値計算、連立一次方程式、丸め誤差解析、数値計算

【研究 題 目】アレルギー疾患対策に資する浮遊病原体モニタリング法の確立と住環境評価への展開

【研究代表者】宮島 久美子 (健康工学研究部門)

【研究担当者】宮島 久美子 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

本研究では、健康の維持・増進のための、新規な環境アレルゲン計測システムの開発をする。小型軽量で扱いに習熟を要さないシステムの確立を目指し、従来の環境計測技術では困難であった浮遊環境因子の on-site モニタリングを実現する。アレルギー疾患の原因となるダニアレルゲン *Der fl*を測定対象とし、まず、捕集効率の高い気相成分捕集デバイスの構築、及び連続的な蛍光免疫計測技術を確立し、先行研究成果である光ファイバ式蛍光免疫計測技術と統合してアレルゲンの捕集から検出

までを一連化するシステムを確立することで、気相中の浮遊 *Der ft*測定へ展開する。本システムは、測定対象に応じた抗体を選択することで、多様な環境計測へと応用展開が可能であり、個人レベルでの住環境整備に有効な手段となることが期待される。H29年度は、気相成分捕集デバイスの浮遊アレルゲン捕集効率の改善を目指し、デバイスの改良について検討した。具体的には、気相と液相とを隔てる隔膜の種類や孔径の違いによる捕集効率比較のための予備検討や、液相容量の縮小化による高濃度アレルゲン溶液の獲得について検討した。今後、最適条件の選定や、アレルゲンモニタリングのための連続的な免疫計測技術の確立について検討を進める予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】アレルゲン、浮遊粒子捕集、光ファイバ、蛍光免疫計測

【研究 題目】がんの転移先臓器の決定機能の解明に向けたエクソソーム輸送経路可視化技術の開発

【研究代表者】茂木 克雄（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】茂木 克雄（常勤職員1名）

【研究 内容】

がんは種類ごとに転移しやすい特定臓器があり、転移の誘導因子であるエクソソームが特定臓器へ向かう未知の経路選択メカニズムの存在が示唆されている。本研究では、血管内皮細胞近傍のエクソソームを可視化できるシステムを微細加工技術と超解像度顕微鏡技術により開発して、この経路選択メカニズムの決定的な証拠をつかもうとしている。そのため血管周辺の生体内環境を再現したエクソソーム経路可視化デバイスを開発し、エクソソームと細胞組織との相互作用を可視化し経路選択のメカニズムを解明しようとしている。

平成29年度は、流路内培養した血管内皮細胞に近接するエクソソームの様子を捕らえるために、マイクロ流路内で高濃度化したエクソソームの流れを制御できるようなデバイスの開発に取り組んだ。本研究では、細胞培養後の培養液から取り出したエクソソームを用いて、イオン濃度分極機能を組み込んだ試作デバイスの評価実験を行った。その結果として、イオン濃度分極で生じるイオン枯渇領域の斥力を蛍光観察により視覚的に捉えることに成功した。エクソソームやウイルスおよび、他の様々な微粒子を用いた評価を繰り返すことにより、この斥力がサンプルとなる粒子の帯電量や質量の違いに依存して作用することが明らかになった。さらに、イオン濃度分極を用いる手法ではサンプル溶液に対して電圧の印加処理が必要になるため、エクソソームが受ける電圧ダメージについても検証を行った。我々はダメージ検証のために、原子間力顕微鏡によるエクソソームの表面形状計測を行い、その結果、エクソソームの形状を変化させ

るような電圧ダメージが無いことを実証した。具体的には、超遠心機を用いる従来の濃縮処理に対して、本手法による濃縮処理ではエクソソーム残存数が40 %以上改善している結果が得られた。以上の結果を踏まえて、エクソソームの操作精度を高めるために、エクソソームの受けるイオン枯渇領域の斥力についてもさらに解析を進めた。この斥力自体は液中に生じる電場による静電気力によるものと考えられるため、研究代表者は液中のプロトン濃度の分布から斥力の力場を導き出せると考えた。そのため、フルオロセインを用いた二励起によるレーザー誘起蛍光法を適用してイオン枯渇領域内の局所的なpH 分布を可視化した。現在、得られた結果から、イオン枯渇領域の斥力と pH 分布の勾配との関係について考察を進めている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】エクソソーム、イオン濃度分極、イオン欠乏領、ion concentration polarization、ion depletion zone

【研究 題目】河床礫と三次元流路形状にもとづく河川遷急点に着目した河床縦断形変化の速度論的解明

【研究代表者】大上 隆史（活断層・火山研究部門）

【研究担当者】大上 隆史（常勤職員1名）

【研究 内容】

河床縦断面形の時間変化を解明し、その形状から長期的な隆起と侵食に関する情報を抽出する手法開発を目的として、複数地域における河川群を対象として事例研究を実施した。三陸海岸北部の河川群（12河川）を対象とした事例研究においては、河床勾配が不連続に大きくなる河川遷急点の移動様式をモデル化することによって、過去の河川遷急点の後退速度および河川の下刻速度を見積もる手法を提示した。養老山地の河川群を対象とした事例研究においては、河川の「急さ」を表すパラメータ（流域サイズに依存しない）が抽出できた。養老山地における河川群（26河川）の集水域の山地斜面においては流域間の違いがほとんど認められないが、河川の「急さ」には流域間に違いが認められ、山頂小起伏面の高度から推定される長期的な隆起速度と相関を示した。さらに、山麓に発達する扇状地群の調査を組み合わせることによって、扇状地の堆積勾配が河川の「急さ」、および河川の集水域面積の組み合わせによって説明されることが定量的に示された。三陸海岸において整備した河川地形のデータセットにもとづいて、2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地震津波の遡上高および遡上距離の地域差を検討した。三陸海岸における河川群（68河川）を対象とした検討にもとづいて、海岸線における津波高や海岸線の形状と比較して、河床勾配が津波の遡上様式を強く規定していることが明らかになった。すなわち、三陸海岸の河川群のような谷幅が狭く河床勾配が比較的大

きな河川群においては、河床勾配が大きな河川では河床勾配が小さな河川に比べて、遡上距離が短く、遡上高が高くなる効果が強く働いている。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地形解析、河床縦断面、岩盤河川、河川遷急点、扇状地、津波遡上

〔研究題目〕ポジトロニウム負イオン系における光誘起ダイナミクスの研究

〔研究代表者〕満汐 孝治（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕満汐 孝治（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、電子2個と陽電子1個の束縛状態であるポジトロニウム負イオンの光誘起電子脱離（光脱離）過程のダイナミクスを明らかにすることを目的として、広範な波長域における光脱離断面積の測定と、反跳運動量分光を利用した電子親和力の測定を実施する。

本年度は、昨年度に開発したポジトロニウム負イオンの高効率発生源と分光システムを用いて、光脱離断面積の測定を行った。光子数密度の関数として、光脱離で形成されるポジトロニウムの収量を測定し、得られた収量飽和曲線から断面積の絶対値を推定することに成功した。また、飛行時間測定による光電子の反跳運動量分光システムを開発し、これを用いて光脱離過程における光電子放出角の偏光効果を調べた。この結果、光脱離で形成されるポジトロニウムの並進運動量分布が光電子の反跳によって分離する様子が観測された。新たに構築した反跳運動量分布を表す解析モデルを用いてこの現象を解析することで、ポジトロニウム負イオンの電子親和力と光電子放出角度分布を特徴づける異方性パラメータを決定することに世界で初めて成功した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕ポジトロニウム負イオン、光脱離、原子分子物理

〔研究題目〕ハロゲンと塩素同位体組成から探るマントル不均質とその起源の解明

〔研究代表者〕遠山 知亜紀（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕遠山 知亜紀（常勤職員1名）

〔研究内容〕

近年、ハロゲン比 ($\text{Br}/\text{Cl}-\text{I}/\text{Cl}$) はマントル内部の物質循環を調べる指標として注目されている。しかし、中央海嶺玄武岩が示すマントルのハロゲン元素比は間隙水と重複しており、その起源を判別することが難しい。そこで本研究の目的は、マントルと間隙水の区別が可能と考えられる塩素同位体 (^{37}Cl) を加えた $\text{Br}/\text{Cl}-\text{I}/\text{Cl}-^{37}\text{Cl}$ の多次元プロットを用いて、マントル内部のハロゲン不均質とその起源物質（例えば、間隙水や沈み込んだ堆積物など）を明らかにすることである。研究対象は、マントルの情報を保持していると考えられるキンパーラ

イトとマントル捕獲岩である。本研究の塩素同位体分析法は Pyrohydrolysis 法を用いて試料から塩素を溶液中に分離・捕集し、塩化銀 (AgCl) を作成して、それを LA-ICP-MS で測定するものであるが、昨年度、この分析法で塩素量が微量な場合、 AgCl 沈殿生成時に同位体分別が生じていることが分かった。本研究で対象とする試料は貴重で使用できる量に限りがあるため、分析の際、多くの試料で塩素量が微量になると予測される。そこで、今年度は沈殿生成時の同位体分別の問題解決のため、標準海水試料 (IAPSO) や標準岩石試料 (JR-1、JB-1a) を用いて、様々な塩素量、沈殿条件で AgCl 沈殿を作成し、同位体分別が生じる塩素量を調べた。その結果、塩素量が $35 \mu\text{g}$ (AgCl で 5mg) より少ない場合、同位体分別が起こることが分かった。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕ハロゲン、塩素同位体、キンパーライト、捕獲岩、同位体地球化学

〔研究題目〕超音波治療における生体の3次元変動追従型治療領域検出システムの開発

〔研究代表者〕高木 亮（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕高木 亮（常勤職員1名）

〔研究内容〕

凹面型の超音波発生装置（トランスデューサ）を使い、体外から超音波エネルギーを1点に集束させて局所的に温度を上昇させることで、悪性腫瘍等を加熱壊死させる治療法である、「強力集束超音波治療」が近年注目を集めている。本治療法において、治療中に非侵襲的に治療経過および治療完了を超音波診断プローブによってモニタリングしている。しかしながら、本モニタリング手法では、1-D の超音波プローブを用いているため、「治療中の患者の体動などによって治療対象（腫瘍）がずれた場合に、治療モニタリングができなくなる」という問題点がある。そこで本研究の目的は、治療中の画像面からの変位を検出するための1.5-D イメージングプローブを新規に開発し、治療中の対象の移動を追従できる治療モニタリングシステムを研究開発することである。

平成29年度は、新規1.5-D イメージングプローブを設計・開発し、2.5-D のイメージング画像を得ることができた。さらに治療中に発生する沸騰気泡等の比較的早い変化を捉えるための、高速イメージングアルゴリズムを新たに開発した。その結果、従来の超音波プローブに比べて、約3倍の変位追従性能を達成することができた。

次年度は、新規イメージングプローブを用いて、実際の超音波治療システムに組み込み、本イメージングプローブの実用的評価を行う予定である。それに加えて、超音波治療による治療効果を検出する新規信号処理技術およびアルゴリズムを実装し、より実用的なシステムを構築していく予定である。

〔領域名〕生命工学

[キーワード] 強力集束超音波治療、超音波診断、3-D イメージング、トランスデューサ

[研究題目] 酸化グラフェン膜を用いた金属イオン選択膜の開発

[研究代表者] 畠山 一翔 (ナノ材料研究部門)

[研究担当者] 畠山 一翔 (常勤職員1名)

[研究内容]

天然グラファイトの酸化・剥離により安価に作製可能な酸化グラフェン (GO) は、高い機械的強度、ガスバリア性、プロトン伝導性など優れた特性を示し、日本の将来を担う材料である。本研究では、GO から作製した自立膜を利用し、金属イオンの分離膜の開発を目指した。結果として、GO 自立膜を通した銅イオンの透過速度を制御することに成功し、透過速度を決定する重要因子が層間隔であることを突き止めた。また、銅イオンと鉛イオンの混合液から、鉛イオンのみを取り出すことに成功し、その分離メカニズムも GO 自立膜の層間隔の観点から説明できることを見出した。これらの結果は、GO を利用した分離膜研究において非常に重要な結果である。

[領域名] 材料・化学

[キーワード] 酸化グラフェン、イオン分離膜、層間制御

[研究題目] 高機能性エネルギー貯蔵材料としての多孔質炭素の研究

[研究代表者] 徐 強 (電池技術研究部門)

[研究担当者] 徐 強 (常勤職員1名、他1名)

[研究内容]

本研究では、構造と機能が精密に制御された多孔質炭素材料を創成し、エネルギー貯蔵・変換の能力・効率の向上を目的とする。コバルト塩およびモリブデン酸塩を水に溶解させ、反応させた。得られたモリブデン酸コバルトナノロッド試料を水とメタノールの混合液に分散させ、有機配位子およびトリエチレンアミン (TEA) の水/メタノール混合溶液を加えて反応させ、コバルト-有機構造体 (Co-MOF) とモリブデン (Mo) ナノチューブとの複合体を合成した。さらに高温で不活性雰囲気下で炭化処理を行うことにより、Co ナノ粒子を均一に分散した炭素 (C) /Mo₂C ナノチューブを形成した。モリブデン酸コバルトナノロッド及び水/メタノール混合液の使用は、Co ナノ粒子を均一に分散した Mo₂C ナノチューブの形成に重要であることがわかった。一次元のモリブデン酸コバルトナノロッドが鋳型として作用し、Co-MOF/Mo がナノチューブ構造を形成する上で重要な役割を果たした。また、モリブデン酸コバルトはコバルト陽イオンと、MoO₄²⁻陰イオンを提供し、Co-MOF 内への Mo の均一なドーピング及び炭化生成物である Mo₂C ナノチューブにおけるコバルトナノ粒子の均一な分布に寄与した。さらに、窒素含有有機配位子の使用は、形成さ

れた炭素材料への窒素ドーピングに重要な役割を果たした。形成された複合材料の電気化学特性を測定したところ、水電解・水素発生反応に高い触媒活性を示すことが分かった。

[領域名] エネルギー・環境

[キーワード] エネルギー貯蔵

[研究題目] 末端官能基化ポリカチオンの微生物合成とこれを用いた既存材料のポリカチオン化

[研究代表者] 牛丸 和乗 (機能化学研究部門)

[研究担当者] 牛丸 和乗 (常勤職員1名)

[研究内容]

ϵ -ポリ-L-リジン (ϵ -PL) は、微生物が生産するポリマーであり、側鎖アミノ基に由来する高い水溶性と抗菌活性を有する。本研究では、 ϵ -PL の末端に任意の官能基を導入する微生物合成法を活用して、末端に官能基が導入された ϵ -PL を調製し、ポリスチレンと連結したブロック共重合体を合成することで、ポリスチレンの加工性と ϵ -PL の親水性や抗菌性を併せ持つ材料の創生を目指す。また、 ϵ -PL のようなカチオン性ポリマーは動物細胞に対して接着性を示すことが知られており、上記の共重合体は細胞培養の足場材料としても応用が期待できる。

本年度は、末端アルキル化 ϵ -PL と末端アジド化ポリスチレン (PS-N₃) の連結反応の検討を行った。まず、原子移動ラジカル重合 (ATRP) により、分子量の異なる2種類の PS-N₃ (分子量8000、30000) の合成を行った。この PS-N₃と、微生物合成により調製した末端アルキル化 ϵ -PL を、Huisgen 環化反応により連結した。精製した反応産物を IR で分析した結果、アジド基に由来する吸収ピークが消失し、新たに ϵ -PL 中のアミド結合に由来する吸収ピークが表れたことから、反応が進行したものと判断した。

今後は、物性評価のための大量合成・精製を行い、得られたブロック共重合体を用いてフィルムを作成し、接触角測定による親水性評価や、フィルム表面の抗菌性試験を行う。また、フィルム表面における動物細胞の接着性評価も行う予定である。

[領域名] 材料・化学

[キーワード] ϵ -ポリ-L-リジン、バイオベースポリマー、親水化、抗菌化、細胞接着

[研究題目] 半導体量子ドット-光ナノ共振器結合系を用いた多光子 NOON 状態生成の理論

[研究代表者] 上出 健仁 (再生可能エネルギー研究センター)

[研究担当者] 上出 健仁 (常勤職員1名)

[研究内容]

本研究では、量子ドットと光ナノ共振器を用い、量子

計測（量子標準限界を超えた高分解能計測）へ応用可能な多光子 NOON 状態を生成する技術を理論的に提案することを目的とした。半導体量子ドットは他の量子光源と比較し発光レートが高く、レートはナノ共振器と結合させることによりさらに増加することが知られている。このため既存の系において極めて低いレートでしか得られない多光子 NOON 状態を飛躍的に高いレートで生成することができる可能性がある。また単一光子源以外の量子光源へ応用があまり注目されていない量子ドット量子光源研究に新しい方向性を提示するという狙いもあった。研究代表者は、昨年度（H28年度）までに東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構（旧所属）において、結合したナノ共振器の2つの閉じ込めモードが量子ドット励起子分子と二光子共鳴する量子系を用い、一般の $N>2$ にも拡張可能な NOON 状態生成法を提案している。

本年度は、デバイス品質を低下させ得る効果を考慮したより現実的なシミュレーションを進め (i) 量子ドット位相緩和への耐性評価を行い二光子結合定数である数十 μeV 以下に相当する位相緩和レートであれば本方法により NOON 状態を生成できることや、(ii) 既に提案されていた偏向のもつれを利用した二光子 NOON 状態 ($N=2$) の生成方法に対する本方法の応用上の優位性について明確化を行った。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 NOON 状態、もつれ光源、量子ドット、ナノ共振器、共振器電気力学

【研究 題 目】 ケイ素-ケイ素三重結合化合物を基盤とする新規なケイ素不飽和結合化合物の創製

【研究代表者】 関口 章（触媒化学融合研究センター）

【研究担当者】 関口 章（招聘研究員1名）

【研究 内 容】

アセチレンの高周期元素類縁体である含ケイ素三重結合化学種ジシリンはトランス折れ曲がり構造を持ち、アセチレンとは構造化学的にも、反応化学的にも大きく異なる。これまで嵩高いトリアルキルシリル基を置換基とする単離可能なジシリンと、有機小分子との反応を詳細に解析することで、ケイ素 π 電子系の物性解明と、材料科学の基礎としての高周期典型元素化合物の化学、合成法の開拓、構造論、反応論を展開してきた。本研究では、ケイ素-ケイ素三重結合化合物を基盤とする新規なケイ素不飽和結合化合物の創製を目標とし、平成28年度は、ジシリンとアルカリ金属ハロゲン化物との反応を検討した。

ジシリン ($\text{R-Si}\equiv\text{Si-R}$, $\text{R} = \text{Si}^+\text{Pr}[\text{CH}(\text{SiMe}_3)_2]_2$) にアルカリ金属ハロゲン化物 ($\text{MX} = \text{KF}, \text{LiCl}, \text{LiBr}$) を作用させると、一方の三重結合ケイ素へのハロゲン化物イオンの付加が起こり、対応する金属置換ジシリノイド

($\text{RXSi}=\text{SiR}^- \cdot \text{M}^+$) を高収率で生成した。ジシリノイドの合成はこれまで全く研究例がなく、その単離や構造解析に成功し、性質や反応性を明らかにしたことは特筆すべき成果であり、新規ケイ素二重結合化合物の創製など、今後の発展に大きく貢献することが期待される。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 ケイ素アセチレン、高周期元素、付加反応

【研究 題 目】 小胞体ストレスを介した食事性脂肪肝の発症メカニズム：新規脂肪酸センサー分子の同定

【研究代表者】 安倍 知紀（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 安倍 知紀（常勤職員1名）

【研究 内 容】

これまで、アルコールの過剰な摂取が脂肪肝の原因であると考えられてきたが、近年アルコール摂取が原因ではない食事性脂肪肝の罹患者が増加しつつあることが明らかとなった。肝がんや肝不全を発症する前段階である食事性脂肪肝は、栄養過多や運動不足といった生活習慣の乱れにより発症すると考えられている。しかしながら、発症過程における詳細な分子メカニズムについてはいまだ不明な点が多い。偶然、ユビキチンリガーゼ Cbl-b 遺伝子欠損マウスは高脂肪食による脂肪肝が野生型マウスよりも増悪し、小胞体ストレスも増大することを見出した。そこで本研究は、Cbl-b による小胞体-ミトコンドリア関連調節が、小胞体ストレスを介して食事性脂肪肝を抑制することを明らかにすることを目標とした。今年度は、脂肪肝が Cbl-b タンパク質にどのような影響を与えるかについて検討を行った。

肝細胞において食事由来の長鎖飽和脂肪酸が Cbl-b タンパク質量を減少させ、脂肪肝の引き金となると仮説を立て研究を行った。しかし、マウスの肝臓や肝細胞、マクロファージにおいて予想に反して長鎖飽和脂肪酸は Cbl-b のタンパク質量を増加させた。このタンパク質量の増加には、転写レベルで促進されることも見出した。これらのことから、食事性脂肪肝において Cbl-b はタンパク質量よりも、その酵素活性の調節の方が肝臓への脂肪蓄積抑制に重要であることが示唆された。そこで、長鎖飽和脂肪酸を添加した肝細胞を用いて、Cbl-b の翻訳後修飾（リン酸化・ユビキチン化）について詳細な検討を行っている。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 脂肪肝、メタボリックシンドローム、生活習慣病、小胞体ストレス、ミトコンドリア

【研究 題 目】 列車振動を用いた不整形地盤の探査手法の開発

【研究代表者】 岡本 京祐（再生可能エネルギー研究セ

ンター)

【研究担当者】岡本 京祐（常勤職員1名）

【研究内容】

地盤中に傾斜や不連続な構造が存在する場所では、表面波や反射波の重ね合わせにより、地震波の増幅的干渉が生じる場合があり、局所的に甚大な被害を生じる危険性がある。一方で、反射法地震探査等の不整形地盤に対する探査手法は、用地やコストの問題で実施が困難なことがある。本研究では地下の不整形箇所を、列車振動を震源とした反射法地震探査により、簡易・安価に抽出するための基礎検討、開発を行うことを目的とした。

平成28年度に実施した項目は以下である。

①列車振動波形内の定常的な波形要素の抽出

列車振動は連続移動する車輪がレールを圧縮することにより生じる非定常的な部分と、レール継ぎ目等を車輪が通過する度に生じる定常的な部分が混在している。収録波形の自己相関処理により、複雑な列車振動波形から、反射法探査の入力波形となり得る、レール継ぎ目等で生じる定常的な波形を抽出した。

②反射法処理のための地震波干渉処理の適用

各レシーバー間で地震波干渉処理を適用することにより、複数の疑似ショット記録を作成した。

③Seismic Un*xを用いた反射法処理

作成した疑似ショット記録を用いて、反射法処理を実施して地下構造のイメージングを行った。

列車振動を用いた一連の処理を行うことで、地下境界面からの反射波を確認することが可能であることが分かった。しかしながら、収録された観測波形の S/N 比を向上させることが困難だという問題が判明し、明瞭な境界面のイメージングまでを行うことは難しいことも明らかとなった。これを克服するためには、表面波探査や微動探査によって得られたイメージング結果を補助情報として活用することが重要である。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】列車振動、不整形地盤、振動観測、反射法、地震波干渉法

【研究題目】多様な心の性をかたちづくる神経基盤の解明

【研究代表者】仲田 真理子（人間情報研究部門）

【研究担当者】仲田 真理子（JSPS 特別研究員1名）

【研究内容】

本研究計画では、自分がどのような性に属するかという性的アイデンティティー（性自認）をはじめとした、性的指向、性表現など複数の要素からなる心の性が、脳内でどのように表現されているかを解明することを目標とした。そのためモデル動物であるげっ歯類を用いて行動科学的・神経科学的な解析を行い、心の性の動物モデルを作製したいと考えた。

行動制御に関わる脳の各部位の機能を明らかにするた

めに、脳組織を局所的に破壊し、行動に与える影響を観察することが必要である。そこで我々は、狭い標的部位の機能を局所的に失わせる技術の作製を試み、新たな技術「紫外線脳損傷法」を開発した。本手法では、長波長の紫外線を脳表面に照射することにより、神経細胞を含む照射部位の細胞の変性を引き起こし、照射部位に局限した脳損傷を作製することができる。ラットの硬膜上に留置した光ファイバーから長波長紫外線を照射し、5日後に組織学的解析を行った結果、脳表面に釣り鐘型の局所的脳損傷が観察された。損傷部位では神経細胞の死滅がみられ、ミクログリアやアストロサイトなどが損傷の内部および周囲に集積していた。対照実験として、ハロゲン光源を用いて同様の方法で、同量の可視光を脳表に照射したが、可視光照射後にはほとんど損傷は観察されなかった。このことから、長波長紫外線の脳表への照射が、局所的な細胞死を引き起こしたと考えられる。また、照射量を変えることにより、損傷の大きさをコントロールすることも明らかにした。今後、この手法を用いて、局所的な損傷が、心の性に関連する社会行動に与える影響を検討したいと考えている。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】局所的脳損傷、紫外線、行動神経科学

【研究題目】情動の潜在機能を引き出す情報基盤技術の構築と活用

【研究代表者】福嶋 政期（人間情報研究部門）

【研究担当者】福嶋 政期、多田 充徳
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究プロジェクトは、ブレインストーミングや KJ 法などの協調作業の場面において参加者の情動が抑圧されてしまい、対話や議論が活発化しない課題の解決を目指した。情動が抑制されてしまう要因を「対面コミュニケーション」と「情報技術」の二つに分け、前者を昨年度に、後者を本年度に取り組んだ。

特に、協調作業の場面において PC を利用すると対話が減る課題に対して、メンバー間に垂直な画面を配置することを避け、付箋などの共同注視が可能なツールに、デジタルな機能を加える事を検討した。ブレインストーミングや KJ 法では、付箋やカードにアイデアを書き、それらをカテゴリ分けし、図解化しながら進める。その過程を情報技術で支援するために、テーブル上の全ての付箋の ID と位置をカメラで追跡し、カテゴリ分けの結果を推定することを試みた。付箋の異方性を考慮し、付箋間の配置方向を考慮した Density-based spatial clustering of applications with noise (DBSCAN) を提案し、カテゴリ分けの推定が可能であることを示唆した。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】情動、感情、ブレインストーミング、

KJ 法

〔研究題目〕ヘッドマウント式輻輳計測装置による眼球運動計測からわかる視覚情報処理

〔研究代表者〕河野 憲二（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕河野 憲二、松田 圭司
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、ヒトが豊富な視環境の中から処理すべき対象物を抽出し、視線を向けるときにおこる眼と頭の協調運動を計測することにより、視線を向けるための3次元空間における視覚情報の処理機構を明らかにすることにある。豊富な視覚対象物のある実世界環境下で、自発的、あるいは指示の下に起こる頭と眼の動きをヘッドマウント式計測装置を用いて計測し、存在を感じた対象物に視線を移す時、輻輳眼球運動、サッケード眼球運動と頭部の運動とがどのようなタイミングで協調して起きているのかを明らかにする。また、その動作の特性を確認、定量化するため、実験室では、視覚的性質を正確に、系統的に変化させることのできる対象物を用い、意図的に頭と眼を動かした時に観察されるそれぞれの動きの視覚刺激の性質に対する依存性を明らかにする。

本年度は、これまで困難とされてきた実験者の指示を理解できない小児や動物（特にトレーニングの難しい動物、マーモセットなど）の眼球位置のキャリブレーションを容易に実施する手法を開発した。マーモセットを用いた計測については、液晶画面にマーモセットの顔画像を提示し、動かすことでマーモセットに眼球運動で画像の動きを追跡させることができ、眼球位置のキャリブレーションが可能となった。また、ヘルメットにカメラ、赤外線光源をセットし、アゴ台を離れて行動中の眼球運動を計測できるシステムを開発した。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕ヘッドマウント型眼球運動計測システム、輻輳眼球運動計測、サッケード眼球運動計測

〔研究題目〕初期地球解読に向けた陸上蛇紋岩温泉の炭素循環研究

〔研究代表者〕須田 好（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕須田 好（他1名）

〔研究内容〕

当該研究の目的は、蛇紋岩を母岩とする温泉環境を冥王代類似環境と想定し、観測に基づいて蛇紋岩化反応に支配されたシステム（蛇紋岩－水反応系）における炭素の循環を明らかにすることである。蛇紋岩化反応で形成される高水素濃度環境は、非生物的な有機合成を促進し、且つ太陽光に依存しない生態系を維持できるため、初期生命の誕生場として関心を集めている。しかしながら炭素循環に関わるプロセスは未だよく分かっていない。そ

こで、蛇紋岩温泉である白馬八方温泉（長野県）において地球化学的な解析を実施し、無機および有機炭素化合物の起源、生成・消費機構を解読して炭素循環の全体像の構築を試みる。本年度は以下の3項目に取り組んだ。

1) 炭素同位体比測定に向けた溶存有機酸の濃縮：

白馬八方温泉試料中に含まれるギ酸・酢酸の炭素同位体比を正確に決定するためには、測定に十分な濃度まで濃縮する必要がある。そこで、真空凍結乾燥による濃縮法の試験分析とブランクテストを実施した。白馬八方温泉試料と同程度の濃度に調整したギ酸および酢酸水溶液を真空凍結乾燥法により濃縮させた。濃縮時間を変えた試料を比較したところ、ギ酸および酢酸の炭素同位体比の差は分析誤差範囲内であることが分かった。しかし一方で、ブランクテストの結果、試料の pH を強アルカリ性に調整する際に比較的高い濃度の有機酸が混入することが分かった。実試料へ適用するためにはブランクの低減対策を講じる必要があり、次年度の課題である。

2) 揚湯パイプ沈殿物の分析：

源泉井戸の揚湯パイプに付着した沈殿物の分析を行った。X線回折法（XRD）分析の結果、沈殿物の主成分は炭酸カルシウムであることが分かった。

3) 白馬八方温泉サンプリング調査：

2017年8月に実施した調査では、2本の源泉井戸それぞれについて、溶存無機炭素の炭素同位体比および希ガスの同位体比測定用の試料を採取した。温泉水中の溶存無機炭素に関しては、低濃度のために正確な炭素同位体比は測定できなかった。深部起源ガスの寄与を評価する目的で遊離ガス中の希ガス分析を行った結果、高いヘリウム同位体比（ $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比）が観測された。このことからマントル起源ヘリウムの高い寄与が示唆される。

本年度は、当該研究課題について国内にて2件の発表を行った。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕蛇紋岩、初期地球、炭素循環

〔研究題目〕 ns^2 型発光中心を含有したガラス蛍光体における局所構造と発光特性の制御

〔研究代表者〕正井 博和（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕正井 博和（常勤職員1名）

〔研究内容〕

蛍光体は一般に粉末結晶が用いられているが、賦形性、透明性に優れた酸化物ガラスが結晶蛍光体に匹敵する発光特性を呈することができれば、新規光学材料として応用展開が可能になる。本研究では、特に s-p 許容遷移過程を有する Sn^{2+} などの ns^2 型発光中心含有する酸化物ガラスの発光特性を評価した。 ns^2 型発光中心は、最外殻に電子を有するため、周囲の配位子場の影響を受けやすい。本研究では、ガラスの作製条件によって、発光特性が大きく変化することを実証した。また、ガラス中における Sn^{2+} の価数評価に際して、放射光施設における

XANES 測定を用いた評価方法の妥当性を検証した。一方、 ns^2 型発光中心と同様、周囲の配位子場の影響を受けやすい発光中心である Ce^{3+} をドーピングしたガラスにおいて、ガラスにおける組成が、X 線励起による発光（シンチレーション）過程に影響することを見出し、ホスト材料から発光中心へのエネルギー輸送過程の制御が高効率発光材料の実現に向けて重要であることを実証した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ガラス、蛍光、構造解析

【研究 題 目】1分子運動解析によるレドックス感受性 TRP の分子運動基盤

【研究代表者】三尾 和弘（先端オペランド計測技術オープンイノベーションラボラトリ）

【研究担当者】三尾 和弘（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

生体にはそれぞれ異なる活性域を持つレドックス感受性 TRP 群がセンサーシステムを構築して、感知に必要な酸素濃度域を広くカバーしている。細胞・生化学的実験から刺激に対する応答や、鍵となるドメインの特定は進んだが、レドックス刺激がどのようにしてチャンネルを動かし、センサーとして働いているかは十分にはわかっていない。その理解には構造学的研究が不可欠である。ピコメートル&フェムト秒の超高時空間分解能を持つ、X 線1分子追跡法（Diffracted X-ray Tracking）を用いた分子内運動解析と、電子顕微鏡を用いた高分解能解析との相互補完的性質を合わせることで、レドックス刺激が生命現象に与えるメカニズムの理解を目指している。動的な構造解析として、最も高速・高精度な1分子解析手法である X 線1分子運動追跡法（DXT）を用いて TRPV1 の分子運動解析を進めた。化学リガンドとしてカプサイシンを、物理刺激として熱刺激を与えて分子運動に与える作用を解析した。分子内の異なる領域に金ナノ結晶を結合させるための Met タグを導入し、ドメインごとの異なる運動検出を試みた結果、カプサイシンと熱刺激に対する分子応答を検出することができた。またラボレベルの単色 X 線源を用いた DXB（Diffracted X-ray Blinking）法を新たに開発し、その有用性検証を行った。DXB では発現細胞の分子運動を100 micro sec のオーダーで追うことに成功し、各種変異体を含む安定細胞株を作成し、細胞レベルでの実験も推進した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】タンパク質構造、膜タンパク質、分子内運動

【研究 題 目】昆虫－微生物共生可能性の探索と分子基盤の解明

【研究代表者】深津 武馬（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】深津 武馬、古賀 隆一、森山 実、松下 智子、木村 節子、坪田 潤

（常勤職員3名、他3名）

【研究 内 容】

従来の共生研究はすでに高度に確立された共生関係を対象としてきたが、近年の研究により環境中に特定の宿主生物（例えば半翅目昆虫のカメムシ類など）に潜在的な共生能力を有する自由生活性細菌が普遍的に存在することがわかってきた。本計画研究では、このような「潜在的共生細菌」の全貌を把握するとともに、既知の「必須共生細菌」や「任意共生細菌」と比較解析することにより、共生進化の条件や可能性、さらに共生進化を促進する要因や制約する機構をさぐり、共生進化ダイナミクスの本質的な理解をめざし、以下の研究を実施した。

- ・我々が先行研究で確立したチャバネアオカメムシを主たるモデル系として、共生可能性の機構および進化に関する実験を遂行するとともに、他種カメムシ類やその他の昆虫類も含め、より有望な実験系の探索をおこなった。
- ・共生細菌除去幼虫を日本各地の土壌試料に曝露、スクリーニングすることで、環境中の共生可能細菌群を網羅的に探索、分離、同定した。中でも南西諸島の宮古島は共生細菌 C のみが優占する特異な共生細菌叢を呈することが判明し、今後より詳細な解析を行っていくことにした。
- ・異なる細菌間で競争感染実験を実施して、相対共生能力を定量化した。今後、これら異なるレベルの共生能力を示す細菌類について、感染密度、局在、垂直感染率、宿主共生器官の形態や大きさなどの相関、分散、揺らぎを測定し、共生能力と揺らぎ応答の関係について種間レベルで検討の予定である。
- ・共生可能細菌に感染させた昆虫系統を飼育維持し、適応度の高い個体を選抜して体内細菌を次世代に感染させることを継続的に繰り返して進化実験をおこなうための予備実験に着手した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】昆虫、共生細菌

【研究 題 目】細胞間生命情報伝達を担う新規膜小胞の生物物理化学特性の解明

【研究代表者】石井 則行（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】石井 則行（常勤職員1名）

【研究 内 容】

細胞から放出される膜小胞には、エクソソームやマイクロベシクル、さらに不均質なナノ粒子群が含まれ、正常な発生や生理的プロセスならびに全身の病的プロセスに関与し、近接および遠方の微小環境において細胞間情報伝達を担っている。エクソソームがナノコロイド粒子であることに留意し、物理化学的視点に立った解析を進めた。具体的には、種類の異なった細胞株の培養上清に我々の開発した分画調製法を適用し、当該調製法の一般化、高度化を進め、シヨ糖密度勾配超遠心分離の各画

分について、免疫生化学分析、動的光散乱（DLS）法によるナノ粒子径分布計測、電子顕微鏡解析等を実施した。

我々の開発した新規調製法によって分画した HEK293由来の CD63陽性画分について、先行的に X線溶液散乱（SAXS）実験を行い、脂質膜の構造が反映される高 q 領域の解析を試みた。また、DLS 測定や電子顕微鏡解析から各画分の小胞の構成比は必ずしも均質とは言えないが、HEK293や C6Bu-1由来の膜小胞画分について、平均的ゼータ電位を計測し、興味深い荷電状態が確認された。

近年のハード・ソフトウェア両面での技術革新によってクライオ電子顕微鏡解析による分解能が飛躍的に向上した。エクソソームは、多様性に富む生体由来のナノスケールの複雑系であり、その生物物理学的解析にはクライオ電子顕微鏡法からのアプローチは有効と考えている。クライオ電子顕微鏡技術を再確認、調査・分析し、本研究を遂行する上で有益な連携基盤の構築を進めた。今後は、クライオ電子顕微鏡解析をも視野に入れ、物理化学的特性の全容解明を進める。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】膜小胞、エクソソーム、膜タンパク質、動的光散乱、X線溶液散乱、電子顕微鏡

【研究 題 目】自己修復可能な絶縁層を有するプラズマアクチュエータ

【研究代表者】瀬川 武彦（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】瀬川 武彦、廣瀬 伸吾、松沼 孝幸、荒川さと子（常勤職員3名、他1名）

【研究 内 容】

本研究で試作するプラズマアクチュエータは、従来型と同様に絶縁層となる誘電体の表裏両面に電極となる2枚の金属板を設置した構造であり、非対称配置された電極間に高周波の高電圧を印加することで壁面に沿う一方向ジェットを誘起させた。平成29年度は誘電体層に人工的なボイド構造を造形するための手法開発に取り組み、空隙率の異なるポーラス状アルミナセミック基板を絶縁中間層とし、絶縁中間層の上下面に膜厚0.5 mm のシリコンゴムシートを接着することで供試体を試作した。供試体の表裏面に設置した電極間に交流高電圧を印加した結果、アルミナセラミックスの空隙はボイド構造として機能し、誘電体バリア放電が生成されることが確認された。自己修復機能を付与するための予備実験として、ポーラス状アルミナセラミックスの一部に低融点樹脂を充填し、総厚み1.5 mm 程度のプラズマアクチュエータ構造を構築した。正弦波電圧を連続印加時の消費電力の時間変化を $V-Q$ リサージュ法で解析し、供試体に内部構造の変化が静電容量に与える影響を調査した。

【領 域 名】エネルギー・環境、エレクトロニクス・製造

【キーワード】流体制御、プラズマアクチュエータ、誘電体バリア放電、絶縁材、自己修復

【研究 題 目】空気中の二次元圧力分布可視化を実現する機能性中空マイクロカプセル

【研究代表者】染矢 聡（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】染矢 聡、畑澤 奈緒美（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究では中空のマイクロカプセルに、酸素分圧に応答して明るさや寿命を変化させながら燐光を発する機能性分子をドープし、空気中の圧力分布を可視化計測可能な機能性中空マイクロカプセルを開発する。

粒子の時間応答性を評価するための共鳴管システムを設計、試作した。また、圧力感度向上のため、従来にない新しい燐光データ取得方法を開発した。更にこの新しいデータ取得法の適用に有用な汎用電源を開発し、実用化につなげた。また、その評価試験に活用可能な温度・圧力制御が可能なチャンバーを試作した。

これらの新しい計測法、電源により、従来の圧力測定法の約2倍の感度での計測を達成できたが、気流の圧力分布を計測するには1 Pa 以下の感度が必要と考えられるため、更なる改善が必要である。

カプセルの合成方法については、カプセル構造材とその溶液、分散媒、乾燥方法など多くの観点から合成法の最適化を目指した試行錯誤を継続している。更にカプセルにドープする機能性燐光分子についても多くの選択肢について、合成時の安定性などを評価し、マイクロカプセル製造に適切な機能性分子を見出した。

今後は今回作成した共鳴管システム等を用いて応答性の評価をしつつ、圧力分布計測を実現しえるカプセルトレーサーの作成法の最適化を推進する。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】可視化、圧力、速度、蛍光、カプセル

【研究 題 目】可変シワ構造による表面摩擦機能の拡張

【研究代表者】大園 拓哉（機能化学研究部門）

【研究担当者】寺岡 啓（常勤職員1名）

【研究 内 容】

摩擦力は、可動部、摺動部、トルク伝達部等の実用装置上、重要な物理量であり、場合に応じて滑り状態（低動摩擦）からグリップ状態（高静摩擦）まで幅広い特性が求められる。摩擦に影響する要素として、摩擦界面での相対的な凹凸サイズ・硬さ・化学的材質がある。従来これらの要素は、目的に応じて設計され、一定の摩擦係数（摩擦力/垂直抗力）等の特性を発揮するが、摩擦等で受動的に変化するだけである（静的）。対して本研究では、可逆変化が可能な凹凸構造を新しい制御パラメータとして摩擦特性を拡張し、摩擦力を必要な時に瞬時に変化できる新技術の開発を試みる。その可変な凹凸構

造として作製も容易な自己組織化シワ構造を用いる。このシワ構造と摩擦相手材との相対的な凹凸サイズ・硬さ・化学的性質が、敏感に摩擦に影響するが、摩擦が減ることも増えることも想定される。そこで摩擦特性を評価・解析してこれらの相関を科学的に明らかにし、摩擦機能の拡張性を示すことが第1目標である。また技術のインパクトを証明するため、人間が握るグリップ等への具体応用を想定し、シワ構造と特に手指との摩擦挙動を調査し、その科学的理解で裏打ちされた摩擦制御機能の実用性を示すことが第2目標である。結果的に本研究成果は、アクティブに摩擦を変える新しいコンセプトを実証する。すなわち、滑面にもグリップ面にも柔軟に対応できる表面の創出が見込まれる。最近の成果では、凹凸形状の変化で付着力を変化できる新しい複合部材を開発できている。

【領域名】材料・化学

【キーワード】摩擦、トライボロジー、ゴム、グリップ、シワ

【研究題目】極小アレイを用いた新しい微動探査法の開発

【研究代表者】長 郁夫（地質情報研究部門）

【研究担当者】長 郁夫、横井 俊之（常勤職員2名）

【研究内容】

極小アレイ (Miniature Microtremor Array method, MMA) を用いた微動探査による深さ1 m～10 mの精度を評価することを目的として、茨城県潮来市の表面波探査 (Surface Wave method, SW) 地点でMMAを実施し、各手法の位相速度分散曲線を比較した。アレイを構成する地震計のタイプ（サーボ型と動コイル型）による解析精度の相違を見るために、サーボ型加速度計 (JU410) と動コイル型ジオフォン (GS11D) の両方のケースを実施した。その結果、2つの測線に沿う複数地点でMMAによる位相速度は10 Hz以上の高周波数帯域でSWによる位相速度に対して過大評価することが分かった。10-20 Hzでは周波数帯域とともに徐々に乖離が大きくなるが、乖離の程度は大きくない。しかし、20 Hzでは平均的に20%の過大評価となった。JU410による乖離はGS11Dよりも大きかった。1/3波長則で概算すると、浅い側の解析限界はGS11Dで0.7～1 m、JU410で2～2.5 mとなると考えられる。

ただし、分散曲線の形状から上記サイトでは高次モードが卓越することが明らかであった。この事実は、位相速度の直接比較ではMMAの精度の厳密な評価は難しいことを示唆する。速度構造の推定結果を比較するのがより適切である。そこで、当初の計画を超えるが、速度構造推定に関する2つのアプローチの開発を実施した。1つ目のアプローチは安全サイドでの簡易法、2つ目はより一般的で厳密だがかなり複雑な方法となる。具体的には、1つ目は、数Hzから20 Hzまでの安全な周波数範囲だけ

を用いて平均的な速度構造を推定する手段の提案である。2つ目は、データに含まれる高次モードの割合を情報量規準に基づいて客観的に解釈して逆解析を実施する方法の提案である。これらの方法により、MMAとSWでそれぞれ得られる速度構造モデルの客観的な比較が可能となる。

【領域名】地質調査総合センター

【キーワード】常時微動、地下構造探査、強震動、地震防災

【研究題目】AFI型多孔質単結晶とアントラセンの複合物質における協奏的光学機能の創成

【研究代表者】小平 哲也（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】小平 哲也（常勤職員1名）

【研究内容】

内径0.7 nmの一次元ナノ孔を有するAFI型無機多孔質単結晶にアントラセン分子を導入し、アントラセン分子単独、もしくはその結晶には見られない特異な光学機能をAFI単結晶との相互作用を通じて創出することを目的とする。

平成29年度は化学組成がシリカアルミノリン酸塩であるAFI型（以下、SAPO-5と呼ぶ。）単結晶中のアントラセンの電子物性を評価した。SAPO-5内のアントラセンはカチオニックな状態にあることが単結晶偏光顕微分光、及び、電子スピン共鳴測定から確認された。これはSAPO-5結晶が有するブレンステッド酸点が働き、本来中性であるアントラセンから電子が引き抜かれたことによるためと解釈した。カチオニック状態にあるアントラセンは、正孔を有することになるため、電気伝導特性に反映されることを期待した。一次元細孔の両端に電圧を印加することに相当する電極接続で、当該単結晶に対する2端子法による電気伝導測定を行った。結果、熱活性化型キャリアの存在が確認された。

また、一次元細孔に対して垂直方向に電場印可した際は、絶縁体となった。このことは、電気伝導は一次元ナノ孔内で一次元に配列したアントラセン分子間を電子が移動していることを物語っている。

【領域名】材料・化学

【キーワード】AFI、アントラセン、単結晶、光学機能多孔質結晶

【研究題目】圧力駆動 Liver-on-a-chip の開発：三次元肝組織の生体外長期灌流培養

【研究代表者】杉浦 慎治（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】杉浦 慎治、佐藤 琢、長崎 玲子、金森 敏幸（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

三次元組織を圧力勾配場に配置して培養するために、多孔性膜を組み込んだ圧力駆動循環培養型マイクロ流体デバイスを製作した。フォトリソグラフィとレプリカ

モールドイング法を用いてマイクロ流体デバイスを加工した。流量測定により、デバイスが当初の設計通りに加工できていることを確認した。

肝実質細胞と血管内皮細胞によって構成される三次元組織を圧力駆動型マイクロ流体デバイス内に構築するためのモデルとして、ヒト肝癌由来細胞 HepG2 とヒト臍帯静脈内皮細胞 (HUVEC) を共培養した。多孔性膜の上に HepG2 と HUVEC を所定の比率 (1:1~10:1 程度) で混合し、面積あたり $10^6 \sim 10^7$ cells/cm² の細胞を導入した。この細胞密度は一般の単層培養の細胞密度の 10~100 倍程度の密度であり、重層三次元組織が形成される。マイクロ流体デバイスを加圧装置に接続することで形成された三次元組織を圧力勾配場に配置し、培養液を循環させて培養することが可能であることを確認した。

形成された三次元組織の機能評価を行ったところ、CYP3A4 活性に対する共培養効果は認められなかったものの、3次元培養装置では通常の単層培養に比べ培養面積あたり 70 倍に相当する細胞が、その活性を保ったまま非常に狭い培養空間で培養できる事が確認された。また 3次元共培養の組織構造は、3次元 HepG2 単独培養と比べその組織構造が密になっていた。しかしながら、培地内の成長因子などの濃度勾配が形成されなかったためか、血管様構造は観察されなかった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】細胞、組織工学、血管、肝臓、微細構造、

【研究 題 目】メタン生成触媒を用いた革新的バイオガス生産システムの創製

【研究代表者】金子 雅紀 (地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】金子 雅紀、辻村 清也 (筑波大学)
(常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

本研究の目的は、メタン菌の持つメタン生成補酵素を触媒に用いた革新的なバイオガス生産システムの創製であり、究極的には「太陽エネルギーを化学エネルギー (メタン) へ変換する技術」の創出を目指す。それにより従来のバイオガス生産方法に新たな変革をもたらすことである。

当該年度の研究計画は、1) 電極反応における補酵素活性化の最適化、2) 多孔質炭素電極を用いた電気化学応答効率の向上、3) メタン菌の大量培養および補酵素の高効率で迅速かつ簡便な抽出・精製方法を開発することである。

補酵素の電極反応においては、弱アルカリ性の溶液中において、メディエーター、金あるいは炭素電極、補酵素、メチルコエンザイム M 存在下において有意な電極応答が確認された。しかしながら、電気化学分光法においては、還元型補酵素の存在は確認できず、反応系の最適化に課題が残った。そのため、1) 電極反応における補酵素活性化の最適化および 2) 多孔質炭素電極等を用

いた電気化学応答効率の向上においては、次年度以降も継続して挑戦する。

一方、メタン生成菌の大量培養においては、10 L のジャーファーメンターにて *Methanosarcina barkeri* を用いた培養系を確立し、培養菌体 140 g/week の集菌量が得られるようになった。また、抽出および前処理・精製の各段階を無人で行えるように改良し、高効率で迅速かつ簡便な補酵素精製法を確立した。

予察的な実験として、還元剤を用いた化学的なメタン生成補酵素の活性化を行い、成功した。これにより平成 31 年度に計画している研究も並行して行うことが可能になった。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】補酵素 F430、機能特異分子、メタン生成アーキア、電気化学

【研究 題 目】疾患発症・進行予測に向けた有機薄膜 FET によるヒストン化学修飾解析

【研究代表者】栗田 僚二 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】栗田 僚二、富田 峻介 (常勤職員2名)

【研究 内 容】

本研究は、多彩なヒストンの化学修飾を生体分子間相互作用として解析するため、有機薄膜 FET デバイスの開発を行いエピジェネティクスセンサとして分子生物学や疾病診断、発症・進行予測ツールとしての可能性を見出すことである。抗ヒストン抗体による免疫化学的なアプローチに基づく各種ヒストン修飾の解析を行うための FET デバイスの開発に取りかかった。一般的に有機トランジスタは水の影響を受けやすく、水中でのセンシングが必須となるバイオセンサ応用では抗原抗体反応部位に工夫が必要となる。そこで、水溶液中での生体分子間相互作用においても安定に信号を取得可能な延長ゲート型電極構造を採用することとした。加えて、無機 FET トランジスタも同時にセットアップを行っている。これは、作成したデバイスの動作確認と有機 FET の特性比較のためである。抗体を固定化した有機 FET が測定対象となるヒストンを捕捉した場合、しきい値電圧やドレイン電流値が変化するため、これらのパラメータを使ってヒストン捕捉量を測定することが可能であると考えている。これらの測定対象となるヒストンの修飾状況を調査し、当該研究に用いることが出来そうな抗体の選定を行い、H3K4me1~3、H3K9ac、H3K9me2~3、H3K14ac、H3K27ac、H3K27me1、H3K27me3、H3S10ph、H3S28ph を用いることとした。加えて、実験に用いる各種がん細胞の培養を開始した。さらに培地中成分の多変量解析として、タンパク質の定性ならびに半定量実験をおこない、ヒストン修飾への足がかりとした。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】バイオセンサ、ヒストン、トランジスタ

〔研究題目〕細菌における細胞内共生の人工再構築と初期生命研究への応用

〔研究代表者〕柿澤 茂行（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕柿澤 茂行（常勤職員1名）

〔研究内容〕

ミニマムゲノム細菌とは、ゲノムを極限まで縮小させ、生存に必要な遺伝子のみを持たせた細菌のことであり、マイコプラズマという細菌を用いたミニマムゲノム細菌が作成されている。ミニマムゲノム細菌は細胞サイズや細胞分裂がうまく制御できず、10 μm を超える巨大細胞（Giant cell）を作ることが分かっているが、申請者の研究により、この細胞において細胞内共生の現象が見出された。細胞内共生は真核生物の誕生等の重大な進化イベントと深く関わり、初期生命の進化過程において重要であったと考えられている。初期生命は遺伝子数の少ない単純な生命であったと仮定するとミニマムゲノム細菌と類似点があり、「生育できるが細胞サイズが制御できない状態」が一時期存在し得たと推測できる。その際に細胞内共生が頻繁に起こることで進化に寄与し、その後の遺伝子獲得により細胞内共生能を失ったという進化過程が考えられる。すなわちミニマムゲノム細菌は初期生命における細胞内共生の現象を再現している可能性が考えられる。本研究は新たに発見されたミニマムゲノム細菌における細胞内共生現象に端を発し、この細胞内共生の性状およびメカニズムの解明を目指すと共に、ミニマムゲノム細菌を初期生命のモデル細胞として提案することを目的とする。

本年度は細胞内共生の性状を詳細に解析した。様々な染色試薬と顕微鏡を用いて観察すると共に、巨大細胞を作りやすいコンディションの検討を行った。これらの研究により、今後の研究が進展するであろう端緒をつかんだ。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕細菌、共生

〔研究題目〕ムチンプロファイル解析による粘液線維肉腫の悪性形質発現機能の解明

〔研究代表者〕亀山 昭彦（創薬基盤研究部門）

〔研究担当者〕亀山 昭彦（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、骨軟部腫瘍、特に粘液線維肉腫において発現量に変化するムチンおよびその糖鎖について、研究代表者が世界に先駆けて開発したムチン解析法である分子マトリックス電気泳動法を用いたムチンプロファイル解析を行い、従来の病理診断、組織学的悪性度等と対比させることにより、ムチンの種・質・量に着目した粘液線維肉腫に関する新たな疾患概念の確立や、その発生、浸潤性に関わる分子機構の解明、さらには新たな血清診断マーカーの発見を目指す。

平成29年度は、浸潤性粘液線維肉腫のムチンプロフ

ファイル解析を行った。浸潤性粘液線維肉腫ではムチンはほとんど分泌されておらず、一方でヒアルロン酸が大量に発現されていることを明らかにした。腫瘍組織から抽出したタンパク質を分子マトリックス電気泳動で分離し、ヒアルロン酸結合タンパク質で染色したところ、腫瘍組織にはヒアルロン酸のみならずヒアルロン酸に結合するタンパク質が多く含まれていることが示唆された。

粘液線維肉腫は希少がんであり検体数が少ない。したがってこれまでに蓄積されたホルマリン固定パラフィン包埋検体が利用できれば、より短期間で病態とムチンプロファイルとの相関を明らかにできる可能性がある。そこで、方法論開発のためのモデルとしてパラフィン包埋したブタ顎下腺組織を利用し、ムチン抽出の検討を行った。その結果、温和な化学処理によりパラフィン固定した組織からムチンが抽出できることが判った。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕ムチン、糖鎖、粘液線維肉腫

〔研究題目〕認知症を防ぐオン・ベッド・リハビリテーションシステムの開発

〔研究代表者〕菅原 順（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕菅原 順、二宮 友佳（以上、人間情報研究部門）、柴田 茂貴、平澤 愛（以上、杏林大学）、福家 真理那、山邊 貴之、山本 拓也、竹村 雅弘（以上、筑波大学）（常勤職員2名、他6名）

〔研究内容〕

高齢者において臥床が長期化した場合、廃用性症候群が起り、それに伴う不活動によって、認知症の発症や症状が進行することが報告されている。それゆえ、早期離床が重要なポイントとなる。申請者らは、ヒトの循環制御機能の生理学研究で用いられている下半身陰圧刺激（Lower body negative pressure: LBNP）を応用した「早期離床を支援するリハビリトレーニングシステム」の開発を進めている。このシステムでは、立位姿勢によって加わる自律神経系、循環系、筋骨格筋系への刺激を、仰臥位姿勢のままに付加することができる。本申請課題では、このシステムを発展させ、歩行等の立位で行うリハビリトレーニングをベッドに寝た状態で実施できるリハビリシステム（オン・ベッド・リハビリテーションシステム）を確立し、その上で、本システムを使用したりリハビリトレーニングが、認知症の予防に寄与し得るかどうかを検証することを目的とした。

今年度は、若年健常者を対象に、LBNP システムでの陰圧負荷中に、循環指標がどのように変化するかを検証した。特に、足底面に荷重が加わった場合と加わらない場合を比較することで、静脈還流量の減少という刺激に筋および腱からの運動刺激の入力が加わった場合に、自律神経系の循環調節がどのように変化するかを検討し

た。6kP の陰圧刺激を加えた場合に、足底面に荷重が加わる設定では、平均39.7kg の荷重が確認された（体重の67.3%相当）。この時、心拍数および末梢動脈圧はベースライン（下肢陰圧負荷無し）に比し、有意に増加したが、これらの応答に2条件間で有意差は認められなかった。現在、圧反射感受性等の制御系に違いが生じているかなどの検証作業を進めている。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】リハビリテーション、循環制御、筋力

【研究 題 目】運動習慣のない高齢者への工学・心理学的アプローチによる運動支援手法に関する研究

【研究代表者】細野 美奈子（人間情報研究部門）

【研究担当者】細野 美奈子、井野 秀一（以上、人間情報研究部門）、木村 健太（自動車ヒューマンファクター研究センター）（常勤職員3名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、生活行動空間（life-space mobility）が低下しがちで運動習慣のない高齢者が自己主体感を持って運動に取り組めるよう、在宅かつ座位で利用可能な運動支援システムの開発を行い、座位で取り組む足部の運動が運動・認知機能に与える影響を評価することである。本研究で得られた成果をもとに、運動習慣がない高齢者の生活機能低下の予防や日常生活、コミュニティへの復帰を、身体的のみならず意識的側面からも支援する手法の構築を目指す。

平成29年度は、主に運動支援システム構築に向けた予備的実験とシステムの試作に取り組んだ。具体的には、予備的実験として、座位で取り組む足部の軽運動が心理的・身体的に与える影響を人間工学実験によって評価した。この実験の結果、心肺機能への負担がない程度の軽運動への取り組みであっても心理的影響を及ぼすこと、さらに、心理的影響の傾向には個人間に大きな差が生じること、運動習慣の有無やセルフエフィカシーとは別の要素が心理的影響を与える要因として考えられることが示唆された。以上の結果から、運動の習慣化を支援する際には、低強度で生理的な変化の少ない軽運動であっても心理的に大きな個人差を生じる可能性を考慮してシステム設計に取り組む必要性のあることが確認された。この考察をもとに、生成する動きに対してフレキシビリティを持つ運動支援システムを試作した。具体的には、システム使用者の意志や発想で任意の足部自動運動が可能となるよう、①拘束や装着することなく使用可能であること、②緩衝作用による反力を利用可能であることを設計指針とし、空気圧アクチュエータを利用した運動支援システムを試作した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】運動支援、高齢者、生体計測、セルフエ

フィカシー、システム設計

【研究 題 目】脳波ハイパースキャン技術を用いた非言語的意思疎通の評価と操作

【研究代表者】岩木 直（自動車ヒューマンファクター研究センター）

【研究担当者】岩木 直（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、対面する被験者双方における脳活動の同時計測（ハイパースキャン）データから、それらの間の相互作用と、非言語的コミュニケーションにおける行動指標や主観的評価指標との間の相関関係を明らかにして、相互の意思疎通度合いを評価すること、さらには評価した情報をフィードバックすることで意思疎通の良さを操作可能かどうか明らかにすることを目指している。この目標に向けて、今年度は対面した被験者二名同時に、脳波（EEG）、眼球運動（EOG）等を同時に計測可能なシステムの構築を行い、これらの脳活動・行動データが問題なく計測できることを確認した。また、将来的に脳波から得られる定量的脳活動指標をオンラインで両被験者にフィードバックすることを可能にするため、脳波計測と同時にデータをリアルタイムで別のコンピュータに取り出す機能を追加し、取り出した脳波データを別コンピュータでリアルタイムで周波数解析・表示する簡単な確認システムを作成して期待通りに動作することを検証した。また、ハイパースキャン脳波データから、両被験者間の神経活動連関を定量的に評価する技術の開発を行った。具体的には、両者から同時に計測される脳波時系列にウェーブレット変換を適用して、両被験者間での強度コヒーレンスを計算し、実験条件間でその差の統計解析を行うアルゴリズムを作成し、予備実験で得られたデータに適用した。この結果、対面した両被験者で同時に計測した脳波信号のコヒーレンスの時間的変化が解析できることを示した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】被験者間脳活動連関、脳波コヒーレンス、非言語的コミュニケーション

【研究 題 目】環境モデル獲得に基づくヒューマノイドロボットの未知環境適応全身移動計画法の実現

【研究代表者】熊谷 伊織（知能システム研究部門）

【研究担当者】熊谷 伊織（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、ヒューマノイドロボットが狭隘環境を自在に移動するための全身移動計画法および移動時に能動的に環境を利用するための周囲環境モデル獲得法を明らかにし、事前知識のない狭隘環境においてヒューマノイドロボットの移動可能範囲を大きく拡張する未知環境適応全身移動計画システムの構成法を明らかにすることを目

的としている。

目的とするシステムを実現するために、初年度は障害物を含む狭隘環境内における干渉回避移動計画技術を開発し、次年度に開発する環境計測情報から簡易な形状モデルを獲得可能な環境モデル獲得技術と統合することで環境内の物体を姿勢保持や移動補助に利用可能な全身移動行動計画システムに拡張する予定である。

本年度は障害物を含む狭隘環境内における移動行動の実現のため、障害物回避のための環境計測技術を開発し、移動精度向上を目的とした足配置補正・再計画手法を実現した。障害物回避のための環境点群積算と、足配置計画及び補正のための高精度かつ密な地面点群生成を併せて行う環境計測手法を足配置計画と統合することで、ロボットが移動中に足配置補正に十分な精度の環境点群を積算し、視界が遮蔽された条件下でも過去の環境情報を用いて移動計画を行うことが可能になった。また、実際にロボットが移動する際には移動誤差の問題が大きく影響することから、記憶した障害物点群との干渉を移動中にオンラインで考慮し、歩行計画を補正する移動補正法の開発を行った。本システムによって、視界が制限され歩行誤差が大きい障害物回避・重量物搬送タスクを事前情報のない未知環境で行う場合においても適応的な環境計測と移動補正を行うことが可能となった。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 ヒューマノイドロボット、環境計測、動作計画

【研究 題目】 中脳ドーパミン細胞は見込み的に循環系を制御するか？

【研究代表者】 石井 圭（自動車ヒューマンファクター研究センター）

【研究担当者】 石井 圭（常勤職員1名）

【研究 内容】

運動を行うとき、脳は運動指令と共に見込み的に循環指令（セントラルコマンド）を発することで運動実行と同時に心拍数や骨格筋血流量を制御する。セントラルコマンドの詳細な神経回路は不明であるが、これまでに得られた研究成果に基づき「循環調節と関係ないとこれまで考えられてきた中脳腹側被蓋野（VTA）ドーパミン細胞の活性化によりセントラルコマンドが生じる」という仮説をたてた。本仮説を検証するために今年度は、麻酔下ラットを用いて、ラット VTA 各領域に微量薬物投与により誘発される運動神経・交感神経活動および循環応答を計測することで VTA の機能マッピングを試みた。GABA 受容体拮抗薬である bicuculline を VTA 吻側部に微量投与（2 mM, 60 nL）することで活性化させると、心拍数と動脈血圧が増加し脛骨神経の放電が生じた。一方、VTA 尾側に投与した場合はそれらの応答は誘発されないという結果が得られた。この結果は、セントラルコマンドには VTA 吻側部が関与している可能性を示

唆する。例数はまだ足りていないが、半年間で実験に必要な物品・機材を購入し上述したおおよその結果は得られたため、研究はおおむね順調に進展していると考えられる。今後は脳内投与部位を組織化学的に確認すると同時に、症例数を増やす予定である。また、次の実験計画に必要な物品の準備を進めている。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 中脳腹側被蓋野、ドーパミン細胞、セントラルコマンド、循環調節

【研究 題目】 炭質物を利用した新しい地質温度圧力速度計の開発と地球科学への応用

【研究代表者】 中村 佳博（地質情報研究部門）

【研究担当者】 中村 佳博（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究では、付加体や弱変成岩に含まれる「炭質物」を利用した新しいタイプの温度圧力速度計の開発とこの指標を利用した広域的な地質構造解析を目指し研究を行った。この目的達成のために1) 野外地質調査と2) サファイアアンビルセルとマルチアンビルプレスを用いた高温高压実験から炭質物の結晶構造進化の素過程の解明を目的に研究を継続している。

1) 野外地質調査では、長野県大鹿村地域に分布する付加体から弱変成岩の変成作用と変形作用の詳細な議論をおこなっている。これまでに65日以上調査を実施しており、300試料以上の変成岩と断層岩を採取し研究中である。現在は変成鉱物の基礎的な記載と分析から温度圧力条件を推定し、同時に産する炭質物の結晶構造の指標と比較を行っている。この調査の中で新たに中央構造線の新露頭を発見し、それぞれの露頭で詳細な構造データの取得と断層岩のサンプリングを行うことができた。また採取した変成岩や断層岩に関しても分析も順調に行っており、今後岩石中から炭質物を抽出し高温高压実験の出発物質に利用する。また同時に天然炭質物を利用した2) その場反応速度実験と従来の高温高压実験を実施した。従来のマルチアンビルを用いた高温高压実験に関しては三朝の惑星物質研究所にて実験を行い活性化体積を求めるために必要な実験数を達成することができた。今後微細構造の観察と XRD/顕微ラマン分光分析結果も含めた論文を今年度中に提出する予定である。サファイアアンビルセルに関しては、今年度の2月末に納入されたため本格的な実験に至っていない。

【領 域 名】 地質調査総合センター

【キーワード】 炭質物、顕微ラマン分光、高温高压実験、反応速度論

【研究 題目】 表面化学現象の第一原理計算におけるスピン混入誤差の補正技術確立とその影響の解明

【研究代表者】 多田 幸平（電池技術研究部門）

〔研究担当者〕 多田 幸平（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、今まで算出スキームの無かった表面の第一原理計算法におけるスピン混入誤差の算出スキーム確立と、そのスキームを用いて不均一系触媒に関する表面化学現象を中心にその影響を解明していくものである。

平成29年度では、スピン混入誤差の補正法の一つであるスピン近似射影法が一般的な表面の第一原理計算法である DFT/plane-wave 法 (density functional theory with plane wave basis) に適用可能であることを、気相における二量体開裂の計算から担保した。そしてそのスキームを用いて、不均一系触媒の一つである Au/MgO ならびに Au/TiO₂系における金クラスター吸着の第一原理計算に生じている誤差を算出することに成功した。また、不均一系触媒反応にも本スキームを適用し、スピン混入誤差が活性化障壁に与える影響も検討した。これらの検討の結果、表面化学現象におけるスピン混入誤差に関して次のことが分かった。(1) その誤差の値は比較的小さく、吸着エネルギーの検討において問題になることはまずない。しかし、(2) 金属-金属間相互作用や活性化障壁などの検討においては誤差の割合が50%前後になることもあり補正を加えた方が望ましいといえる。とくに、(3) 活性化障壁においては誤差の補正の有無で律速段階が変わるときもあった。(4) 共有結合の開裂や生成で生じるスピン混入誤差は表面との相互作用で小さくなる傾向がある。だが、(5) 共有結合性が表面との相互作用で弱まるため、気相では誤差が生じない(結合が生成している)原子間距離であっても表面系では誤差が生じることがある。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 スピン混入誤差、第一原理計算、表面・界面、不均一系触媒、分子/表面相互作用

〔研究題目〕 表面弾性波を用いた単一飛行電子の量子制御の実現

〔研究代表者〕 高田 真太郎（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 高田 真太郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、固体中の単一電子を用いて量子光学的な実験を行う、量子電子光学の実現を目指し、単一飛行電子に対して量子制御を行う素子を開発するための研究を行った。これまでの研究で、単一電子を閉じ込めて制御することができる量子ドットと表面弾性波による動的なポテンシャルを組み合わせることで、量子電子光学における基本素子である単一電子源、及び単一電子検出器を実現してきた。本研究では、まず単一飛行電子の量子状態の安定化を図るため、表面弾性波による動的な閉じ込めポテンシャルの強化に取り組んだ。表面弾性波は、IDT と呼ばれる楕円電極に楕円の周期と音速から決まる

共鳴周波数の交流電圧を印加することで発生する。ここでは、(1) より強度の大きな表面弾性波の発生による、深い閉じ込めポテンシャルの実現、及び、(2) より短い波長の表面弾性波の冷気による狭い閉じ込めポテンシャルの実現の2つの方向からポテンシャルの強化を図った。具体的には、IDT の特性インピーダンスを高周波回路の特性インピーダンスと整合させる回路を組み込むことにより、10 dB 程度の強度の増幅が得られることがわかった。また、GaAs より圧電特性の大きな ZnO 上に IDT を作ることで、1桁程度の強度の工場が見込まれるため、ZnO を用いた試料作製プロセスの開発に取り組んだ。さらに、波長の短い高次の表面弾性波を効率良く励起できる構造を持つ IDT を作製した。上述のポテンシャル強化と並行し、単一電子を用いた量子電子光学において核となる技術である、異なる単一電子源の同期技術の向上を図り、98%程度の高確率で制御することに成功した。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 量子電子光学、表面弾性波、単一電子デバイス

〔研究題目〕 交流ハーマン法の高精度化と単結晶の熱電物性精密評価への応用

〔研究代表者〕 大川 顕次郎（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 大川 顕次郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、単一試料の交直流電気測定から、熱電材料の発電性能を示す無次元性能指数 zT を一括評価可能な交流ハーマン法の高精度化を目指している。交流ハーマン法における zT の評価式は、電流印加により試料端に生じたペルティエ熱がすべて試料に流れ込む理想的な断熱環境を仮定しているが、実際の測定環境では様々な熱損失が生じるため、正確な zT 評価のためには熱解析による補正項の導入が必要となる。我々は、正確な試料内の温度分布に加え、これまで考慮されてこなかったイントリンシックなトムソン効果を取り入れた熱伝導解析を行い新たな熱補正項を導いた。さらに交流ハーマン法による評価装置を開発して補正項の実験実証を行うことを目標とした。

本年度は、まず熱伝導解析によりトムソン熱、ジュール熱、リード線の熱伝導、熱伝達等の熱損失による新たな補正項を導出した。さらに各補正項の実証のため、冷凍機システム内に、精密温度制御可能な評価システムを構築した。試料端への十分な電極接触、試料径を抑えたリード線による空中配線、試料空間を覆う輻射シールドを実装する等、試料の断熱環境を考慮した。予備実験として、(Bi, Sb)₂Te₃バルク試料を用いた評価実験を行い、熱伝達の影響を検証した。分子流領域に達する10⁻² Pa以下の圧力領域においては、熱伝達を担う分子が減少することで熱損失が軽減されるため、交直流電圧差は大気

圧下に比べ室温で50 %以上増加した。導かれた補正項からも示唆される熱伝達の顕著な影響を確認した。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕熱電変換、物性評価法、交直差計測技術、熱電材料、交流ハーマン法

〔研究題目〕センサー細胞を用いた単一細胞の分泌評価システムの開発

〔研究代表者〕重藤 元（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕重藤 元（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究課題は、膵島細胞の分泌するホルモンなどの血糖値制御因子を、細胞が単一細胞レベルで、かつリアルタイムモニタリングを実現する単一細胞分泌評価システムを開発することを目的としている。これを実現するためにインスリン、グルカゴン等を標的モデルとしたタンパク質プローブを作製し、それらを発現する各種センサー細胞を開発する。

平成29年度はグルカゴンを標的とし、グルカゴン受容体の標的認識メカニズムからタンパク質プローブに使用する部位を選定した。その後グルカゴン認識部位のクローニング並びに遺伝子合成を行った。次に取得したグルカゴン認識部位とシグナル産生部位である発光タンパク質、蛍光タンパク質を遺伝子工学的に融合し、タンパク質プローブとなる新規の融合タンパク質を作製した。作製した複数の融合タンパク質のグルカゴンに対する結合能を解析したところ、受容体の特定の配列を用いることで BRET シグナルがわずかに上昇することが明らかとなった。しかしその BRET 効率はわずかであったことから、今後 BRET 効率の上昇、検出感度の向上を目指してさらなる改良を行っていく計画である。さらに開発したタンパク質プローブを発現するセンサー細胞の開発と細胞チップを用いた単一細胞分泌評価システムの開発を行い単一細胞分泌評価システムの開発を進める。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕BRET、ホモジニアスアッセイ、プローブ、グルカゴン、糖尿病

〔研究題目〕東南アジア地域における環境低負荷型の地域発展を目指した資源開発由来の水質汚染対策

〔研究代表者〕松本 親樹（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕松本 親樹（常勤職員1名）

〔研究内容〕

インドネシアをはじめとする東南アジア諸国は著しい経済発展を遂げているが、その一方で、有機材料（Empty Fruit Bunches: EFB 等）や石炭燃焼灰（Fly Ash: FA）等の産業廃棄物の増加が問題となっている。さらに、主要なエネルギー資源の一つである石炭の開発は拡大し、鉱山開発に起因する酸性鉱山廃水（Acid

Mine Drainage: AMD）の環境問題が深刻化している。そこで本研究では、インドネシアにおいて地域の発展に伴い発生する有機材料および FA を有効利用することにより、資源開発に起因して発生する AMD 問題を抑制する新たな対策を考案するために、鉱山現場における調査と室内試験を実施してきた。

これまでの研究結果より、有機材料と FA を「覆土層」と呼ばれる遮蔽壁に併用することで効果的に AMD を抑制することが可能であると示された。しかし、過去の研究の文献調査と試験結果を併せて考えると、石炭の品質により FA の特性が多岐にわたるため、それらの影響に関しても併せて検討すべきであると示唆された。また、それらが AMD の抑制に与える影響よりも、適用土壌（覆土層）の性状に与える影響に注目すべきことや AMD 以外の問題（植物生育への影響や土壌侵食）を引き起こす可能性があることが示された。そこで、FA や有機材料を鉱山における覆土層に適用したときに生ずる AMD 以外の問題に関して、室内試験および試料分析により検討を行った。その結果、FA の粒子形状や FA からのアルミニウム（Al）の溶出が土壌侵食や植物生育に大きく影響することが明らかとなった。これまでの研究とカラム通水試験の結果より、有機材料と FA を「覆土層」と呼ばれる遮蔽壁に併用することで効果的に AMD を抑制することが可能であると示され、FA が適用土壌（覆土層）の性状に与える影響に注目すべきことや AMD 以外の問題（植物生育への影響や土壌侵食）を引き起こす可能性があることが明らかとなったことは、FA と EFB を併用するために重要な知見である。

以上の結果を踏まえ、当該年度中に国際誌に2件、国際学会に2件の発表を行った。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕東南アジア、石炭燃焼灰、有機材料、酸性鉱山廃水、覆土工法

〔研究題目〕切り紙構造を利用したフレキシブルディスプレイ

〔研究代表者〕武居 淳（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕武居 淳（常勤職員1名）

〔研究内容〕

Internet of Things:IoT の構想が現実味を帯び、モノの位置状態から温度や湿度といった環境情報がデータ取得対象になってきている。その構想を支えているのがセンサー、情報送信デバイス、バッテリーなどの小型化である。その一方で得られた情報をヒトに伝える手段はネットを介したタブレットなどを想定しているものが主流である。本テーマではシート状の材料に切り込みを入れることで伸縮性を持たせ（切り紙構造）、切り込みに機能性流体を配置しストレッチャブルなディスプレイを実現する。当該年度はシート材料にミリメートルスケール

の切り込みを入れることにより得られる切り紙構造を用いた研究を行った。機能性流体の切り紙構造への配置の前段階として、mm サイズのシリコンオイルの液滴の5×5のアレイを切り紙構造上に配置し封止することを目標とした。レーザーカッターを使い、マイクロメートル厚のPET フィルムに mm サイズの切り込みを入れ引伸ばすことで mm サイズの隙間のアレイを持つ切り紙構造を実現した。また得られた隙間のアレイに mm サイズのシリコンオイルの液滴を配置したところ、切り紙構造が変形することなく液滴を保持できることを確認した。当該年度は研究代表者が大学研究機関から産業技術総合研究所に異動となったため、産業技術総合研究所内における研究環境の整備も行った。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 ストレッチャブル、フレキシブル、切り紙

【研究 題 目】 堆積環境—生物攪拌—生痕相の関係性の
解明：北西太平洋全域調査からのアプローチ

【研究代表者】 清家 弘治（地質情報研究部門）

【研究担当者】 清家 弘治（常勤職員1名）

【研究 内 容】

生物攪拌とは、底生生物によって海底堆積物が混合される現象である。これまで地質学の分野では、生物攪拌は地質記録を乱す悪者として嫌われてきた。その一方で、生物攪拌を受け初生の堆積構造が失われている地層においても、生痕相（生痕化石の種組成）を解析することで古環境復元が可能であることが知られている。本研究では、生物攪拌に関するこうした正と負の側面を統一的に理解する。すなわち、堆積環境—生物攪拌—生痕相という3者の関係性を北西太平洋全域の海底堆積物を対象に調べる。そして、「○○な環境で形成された地層であれば△△という生痕相が存在し、そこでは生物攪拌により上下××cm の堆積物が混合される」という知見を、あらゆる堆積環境に対して徹底的に調べる。そして、地層から生痕相さえ認識できれば、堆積環境および生物攪拌の強度（混合層の厚さ）を復元できる基準を創成することを目指す。あらゆる海成層に適用可能な生痕分布モデルを構築するためには、浅海から深海まで、熱帯から寒帯までのすべての海底環境をカバーする現世コア試料が必要不可欠である。今年度は、以下の手順により研究に必要な海洋堆積物コア試料を確保することを目指した。①研究代表者がこれまでに収集したコア試料（三陸の内湾～海溝、南海トラフの沿岸～海溝、東シナ海・南海トラフ沿いの沿岸域～陸棚～海溝、日本海）。②研究協力者からコア試料の提供（東北沿岸、東北沖深海平原、ニューギニア沖の深海平原）。③学術研究船白鳳丸の研究航海に参加し新たな表層コアの採取（アラスカ湾）。今後はこれらのコアの X 線 CT 画像などを調べ、各海域の

堆積環境における生痕相の把握を目指す。

【領 域 名】 地質調査総合センター

【キーワード】 生痕化石、海底、古環境

【研究 題 目】 バイオフィームでの遺伝子水平伝播と生物進化

【研究代表者】 中島 信孝（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 中島 信孝（常勤職員1名）

【研究 内 容】

バイオフィームは、微生物が細胞外多糖や細胞外 DNA などと共に、界面や固体物表面に高密度に存在している構造体である。バイオフィームは、食品の腐敗、医療器具（カテーテルなど）の汚染、人体組織表面（歯など）における疾病などを引き起こす。従って、バイオフィーム形成を調節する方法や、完全に除去する方法を開発する必要があるが、バイオフィームが形成される分子メカニズムに不明な点が多く、未だに実現困難である。近年、バイオフィームの構造体内部に、多量の細胞外 DNA が存在していることが明らかにされ、それが遺伝子水平伝播の原材料になっている可能性が指摘されている。バイオフィーム内部は浮遊状態と比較して、高密度に微生物細胞が密集した状態であるので、遺伝子の水平伝播を起こすために大変有利な場所であると考えられる。本研究では、バイオフィームに存在するとされる細胞外 DNA、細胞内 DNA を大規模配列解読し、これまで不明とされてきた細胞外 DNA の由来生物と遺伝子構成について解析する。これによって、バイオフィームと進化、バイオフィームと微生物の病原性の関係の2点について明らかにする。これまでに、実際の野外実験により、様々な場所でのバイオフィームサンプルの取得可能性を検討し、その結果、様々な環境からバイオフィーム試料を取得することに成功した。しかし、予定よりも得られるバイオフィームの体積が少ない場合も多く、実験の詳細に再検討が必要なことも判明した。さらに、採取したサンプルにおいて、細胞外 DNA と細胞内 DNA を分離する方法と細胞外 DNA 精製を効率よく生成する方法の確立を目指した。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 遺伝子、バイオフィーム、適応進化、微生物ゲノム、遺伝子水平伝播

【研究 題 目】 止血・骨再建を一挙に可能にする炭酸アパタイト系骨セメントの創生

【研究代表者】 杉浦 悠紀（健康工学研究部門）

【研究担当者】 杉浦 悠紀（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、炭酸アパタイトセメントの骨材となる、炭酸アパタイト顆粒の作製及び、その最適化を行った。炭酸アパタイト顆粒は、ある程度のサイズを持った前駆体である易溶性のカルシウムを含むセラミックスを、リ

ン酸及び、炭酸溶液に浸漬して作製する。前駆体として、酸性リン酸カルシウムである DCPD 及び、MCPM を使用した。これらを、炭酸溶液下で水熱処理することにより、炭酸アパタイトを作製することを試みた。高濃度の炭酸溶液下にて、DCPD 及び、MCPM を処理すると、炭酸アパタイトが形成することを確認した。さらに、形成した炭酸アパタイトは、前駆体である DCPD 及び、MCPM の結晶形態を維持したままであることが分かった。形成した炭酸アパタイトは、数十ナノメートルサイズの炭酸アパタイト結晶が、緻密に集積した構造をしていることも分かった。この内容については、1報の原著論文として、すでに掲載済みである。

今後は、DCPD 及び、MCPM を顆粒化し、炭酸アパタイトに組成変換させ、その有用性を動物に埋入することで、評価を行っていく。

これと並行して、生体に埋入時に粘着性を示し、止血性が期待できるゲルについて、検討を行った。ゲルには、予め炭酸アパタイトを練和し、生体親和性、剛性を高めることを試みた。PLLA など、すでに細胞遮断膜として実用化されているポリマーは、生体親和性があり、さらに生体吸収性であるが、一方で、剛性を示し、また、水に溶けにくいいため、使用が困難である。そこで、アルギン酸ナトリウム、PEG などのより柔軟性に富むポリマーを利用することを検討した。混練機で、混練することで、ポリマーと炭酸アパタイトを均一に混練することが出来た。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】骨補填材、人工骨、炭酸アパタイト、骨セメント、硬化反応、組成変換

【研究 題 目】地殻エネルギー・フロンティアの科学と技術

【研究代表者】浅沼 宏（再生可能エネルギー研究センター）

【研究担当者】浅沼 宏、最首 花恵、石橋 琢也、高橋 美紀（常勤職員4名）

【研究 内 容】

本研究は超臨界地熱開発のターゲット、すなわち、脆性－延性境界以深、弾性－塑性変形遷移域、亜臨界－超臨界遷移域の岩体内で人工的に高透水ゾーンを形成する際に生じる様々な現象を室内実験を通じて明らかにし、超臨界地熱開発を支える科学的基礎を築くことを目的として、東北大の研究者が中心となり、平成26年より実施している。最終年度の本年度は、減圧破砕、水圧破砕の2種類の破砕に注目し、本研究を通じて開発した「フラクチャクラウド創成装置」を使用して、初期温度、初期圧力、応力、減圧・加圧条件等の実験条件を変えて実験を行い、現象理解の深化を図った。産総研研究者は、実験装置のシール機構や透水性評価方法、弾性波速度測定方法等、実験システム・実験方法に関する助言を行う

とともに、実験を通じて透水性を変化させた岩石試験片の物性値測定、実験結果の共同解釈を行う等の点で寄与した。また、これらの実験を通じて得られた知見を掘削、貯留層造成、抽熱等の実際の開発工程へ適用するための方法について検討した。本研究を通じて得られた科学的知見の多くは、平成29年度以降実施予定の超臨界地熱開発詳細事前検討、試掘予備調査等で使用する予定である。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】超臨界地熱、減圧破砕、水圧破砕

【研究 題 目】核磁気共鳴法による膜タンパク質の in situ 機能解明

【研究代表者】嶋田 一夫（東京大学）

【研究担当者】竹内 恒（創薬分子プロファイリング研究センター）（常勤職員1名）

【研究 内 容】

膜タンパク質は生体内において重要な役割を果たすとともに最大の創薬標的タンパク質である。X線結晶構造解析および電子顕微鏡法は、膜タンパク質の機能メカニズムの解明に大きく貢献してきたが、これらの手法で得られる立体構造は静的なスナップショットであり、膜タンパク質が機能している in situ 状態の動的な構造や分子間相互作用を必ずしも反映しない。本研究課題では、生物学的に重要であり、かつ動的構造が機能発現の本質であることが想定される膜タンパク質（GPCR、K⁺チャネル、およびトランスポーター）を対象として、in situ における NMR 解析を行い、1. バイアスリガンドによる GPCR のシグナル選択機構の解明、2. イオンチャネルにおける電流制御機構の解明、3. 多剤耐性システムの機能メカニズムの解明を研究目的とする。産総研では特に3. 多剤耐性システムの機能メカニズムの解明を目標に研究を進めている。

多剤耐性転写因子とそれに対応した多剤耐性トランスポーターは共通する薬剤を認識することで全体として多剤耐性システムを構成している。そこで、複数の多剤耐性転写因子の転写制御機構の解析と多剤耐性トランスポーターの解析を並行して進めている。その結果、多剤耐性転写因子は、basal なトランスポーターの発現を許し、薬剤に対する一定の防御を担保しつつ、薬剤がさらに添加されたときなどは、その発現をさらに増大させ、転写因子とトランスポーターが協調して機能していることが明らかとなった。また、多剤耐性トランスポーターについては、5種について発現、精製、安定同位体標識を行い、うち2種が良好な NMR シグナルを与えることを見出した。このことで、多剤耐性トランスポーターの高感度検出と定量的運動性解析が可能となった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】膜タンパク質、NMR、動的構造解析

〔研究題目〕原子層の量子物性測定と新規物性探索—透過電子顕微鏡による複合原子層の原子構造・電子構造の解明

〔研究代表者〕劉 崢（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕劉 崢、末永 和知（ナノ材料研究部門）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

材料の物理特性を決める最も重要なパラメータは材料の次元性およびそのトポロジーである。例えば、整数量子効果や分数量子ホール効果（QHE）は、金属酸化物半導体電界効果トランジスタ、GaAs/AlGaAs 界面、およびグラフェンなどの2次元材料でのみ観測される。さらに、QHE の導電率はトポロジー数によって決められる。電荷密度波（CDW）現象においても次元性およびトポロジーは重要である。CDW とは、電子-フォノンの結合によって生じる低次元導体における電荷の変調であり、超伝導体、超流動体および量子ホール液体のようなマイクロスコピック波動関数を有する。さらに、CDW の特性はトポロジーに応じて変わる。1T-TaS₂は遷移金属ジカルコゲナイド（TMDC）と呼ばれる層状化合物の一種であり、温度に依存してバルク1T-TaS₂のCDW 状態が異なる。薄膜試料では、バルク材料とはCDW 特性が異なる可能性がある。下地のない1T-TaS₂薄膜では、その厚みが数層（超薄膜）にまでに減少するにつれて、異なるCDW 特性が示される可能性がある。本年度は、3層以上の1T-TaS₂試料では室温においても整合構造のCDW 相に対応する超格子が存在すること、一方、2層以下では超格子が整合から非整合へと変化することを、走査透過型電子顕微鏡観察で明らかにした。また、数種類のTMDC 単層試料中に存在する粒界構造を観察した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕電子顕微鏡、原子層物質、グラフェン、構造解析、CDW、1T-TaS₂

〔研究題目〕複合原子層の界面特性理解と原子層デバイスへの応用

〔研究代表者〕長谷川 雅考（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕長谷川 雅考、水谷 亘、山田 貴壽、沖川 侑揮（常勤職員4名）

〔研究内容〕

物性と応用をつなぐ“応用物性”として原子層を複合化した場合の界面特性の理解と制御が最重要課題という認識の下、グラフェン/金属電極のコンタクト抵抗の低減、さらにグラフェン透明電極の特性改善の研究を進めている。

グラフェン透明電極の導電性を改善するため、化学ドーピングが広く行われている。例えば、HNO₃やAuCl₃が使われているが、欠点もある。薬品が高価で取り扱いに安全対策が必要、表面粗さの増大、安定性がな

いことなどが挙げられている。そこで化学薬品を使わない光ドーピングを用いて導電性の改善を行った。本研究では特別な装置ではなく、市販されているUV オゾンクリーナを用いて酸素雰囲気中でグラフェンに紫外光（UV 光）を照射した。従来の高分子有機EL 素子の作製においても、ホール注入層として成膜するPEDOT:PSS の濡れ性を向上させるためUV オゾン処理を行ってきたが、その後の研究においてUV オゾン処理が条件によってグラフェンの導電性に大きな影響を与えることに気がついた。例えば、10-20 分間の処理でグラフェンの導電性を向上させることが可能である。しかし、大気中では徐々にその効果が失われてしまう。ドーピング効果が失われる現象は de-doping と呼ばれている。これまで光ドーピングされたグラフェンを透明電極とした素子の報告は見当たらないが、de-doping を克服することができなかったためと思われる。本研究ではUV オゾン処理をしたグラフェンを有機薄膜でコーティングすることにより、大気中で低抵抗状態を長期間維持できることを発見し、有機EL の透明電極として応用できることを初めて示した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕グラフェン、有機EL、界面制御、ドーピング、長期安定性

〔研究題目〕原子層の電子物性、量子輸送および光物性の理論

〔研究代表者〕青木 秀夫（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕青木 秀夫（他1名）

〔研究内容〕

目標、研究計画：

原子一層からなる物質をテーマに、電子物性を記述する理論体系の構築と新奇物性の理論的提案を行い、新しい固体物理分野としての確立を目指す。具体的には、電子状態の基礎有効理論を作るとともに、ナノスケールの構造体をグラフェンにおいて考えるなどの新構造や物性の可能性を探究する。

本年度進捗状況：

炭素が蜂の巣格子をなすグラフェンは massless Dirac 粒子のバンド分散（Dirac cone）をもち、カイラル対称性のために電子状態は特徴的になる。青木は、河原林（東邦大）、初貝（筑波大）と共同で、有機導体に現れるような傾いた Dirac cone に対しても一般化でき、これを用いてハミルトニアンの代数的連続変形を「一般化されたカイラル対称性」を保持しながら行うことにより、垂直なディラック電子系から傾いたディラック電子系が生成できることを示してきた。その際、従前の解析では、蜂の巣格子（グラフェン）のように単位胞に2つの格子点を含む格子模型に限られていた。Lieb 格子やカゴメ格子など平坦バンドが Dirac cone と共存する模型ではこれがどうなるかに興味もたれ、これを、単位

胞に3格子点を含む格子模型に代数的変形を拡張することにより調べた。その結果、これらの模型において、平坦バンドを保持したまま、代数的変形によって、ディラック・コーンを傾けられることがわかった。また、その際、平坦バンド系において議論されていた $SU(2)$ のスピン1表現が有用であることもわかった。また、グラフェン中の電子の伝播は、光学における負の屈折にアナログ的な現象を示すことが示唆されている。青木は、Maksym (Leicester 大、東大) と、2層グラフェンにおける電子伝播においては、正の屈折と負の屈折を併せもつ複屈折が起き得ることを4成分 Dirac 方程式から指摘し、現実的なパラメータ領域で興味深い現象がおきることをシミュレーションで示したグラフェンを3次元周期的曲面 (“graphitic zeolites”) としたときに電子構造はどうなるかというのは興味深い問題である。実験的に、東北大の田邊等は超臨界乾燥法を用いてナノ多孔質グラフェンを合成した。この結果、従来より高い電気伝導度を持ちながら、電子注入および正孔注入が容易であること、この3次元構造においてもグラフェンのディラック電子的な性質が保持されていることが実証された。この実験との共同研究として、越野と青木はこの系のホール抵抗の振舞いなどの理論解析をおこなったが、本年度は伊藤 (筑波大) 等と総説を執筆した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 グラフェン、ナノ材料

【研究題目】 植物発生ロジックの多元的開拓

【研究代表者】 塚谷 裕一

(東京大学大学院理学系研究科)

【研究担当者】 光田 展隆、大島 良美 (生物プロセス研究部門) (常勤職員2名)

【研究内容】

植物の幹細胞や分化細胞のアイデンティティーを決定し、発生・成長プログラムを動かすためには転写制御ネットワークや、調節因子、低分子 RNA などの細胞・器官間を移動するシグナル、代謝物による制御が重要であることがわかってきた。しかし、植物の発生・成長の本質的な発生ロジックは未だに明らかになっていない。本研究では、複数のモデル植物を扱い多面的な解析研究を行うことにより「植物の発生ロジック」を理解することを目的とする。植物の発生・分化の過程では多くの転写因子が重要な鍵をにぎっている。発生ロジックを理解する上で重要な転写因子の発見とその制御メカニズム解明の為、転写ネットワークや転写因子の相互作用の研究を加速させることは重要である。われわれはシロイヌナズナ全転写因子を対象とした転写因子ライブラリーを整備することにより、各転写因子の機能欠損表現型を示す CRES-T ラインの提供や、転写因子と DNA (酵母ワンハイブリッド) またはタンパク質 (酵母ツーハイブリッド) の相互作用解析用ライブラリーの提供を行っている。

本年度は、酵母ワン・ツーハイブリッドシステムにおいて感度の高い新しいプレイクターを用いてライブラリーを再構築し、実際に感度が大幅に高まることを実証した。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 植物、遺伝子、発現制御、発生、タンパク質間相互作用

【研究題目】 細胞外シグナルと細胞内調節の相互作用による器官形成ロジックの多角的理解

【研究代表者】 柿本 辰男 (大阪大学理学部)

【研究担当者】 光田 展隆、大島 良美 (生物プロセス研究部門) (常勤職員2名)

【研究内容】

細胞のアイデンティティー決定の仕組みは発生生物学の重要課題の一つである。細胞アイデンティティーは、周辺細胞からの情報に応じて特定の転写ネットワークが形成されることにより完成する。そこで細胞系譜の前駆細胞や、分化細胞のアイデンティティーを決定する鍵転写因子を同定する。また、多細胞生物の形態形成には細胞間協調作用が必須である。自己組織化の原動力としての細胞間シグナル分子候補として、オーキシンやペプチド性シグナル分子が考えられる。そこでこれら因子の同定、受容、シグナル伝達の仕組みを解明する。これまでに、ある発生分化現象に関与するシロイヌナズナの複数転写制御因子について、転写因子だけからなる酵母ツーハイブリッドライブラリーを用いて相互作用する転写因子を探索してきた (LexA 系による改良酵母ツーハイブリッドスクリーニング)。また、拡張したライブラリーでもスクリーニングをやり直し、候補因子を多数同定することができた。現在この生物学的意義を明らかにすべくキメラリプレッサー発現植物などを用いて解析を進めている。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 植物、発生、遺伝子、発現制御、タンパク質間相互作用

【研究題目】 スパースモデリングと高次元データ駆動科学創成への支援と広報

【研究代表者】 岡田 真人 (東京大学)

【研究担当者】 赤穂 昭太郎 (人間情報研究部門)、岡田 真人、宮本 英昭、福島 孝治 (以上、東京大学)、富樫 かおり、田中 利幸 (以上、京都大学)、木川 隆則、谷藤 学 (以上、理化学研究所)、駒井 武 (東北大学)、本間 希樹 (国立天文台)、福水 健次 (統計数理研究所)、樺島 祥介 (東京工業大学)、藤代 一成 (慶應義塾大学)

(常勤職員1名、他12名)

【研究内容】

計測技術の向上が大量の高次元観測データを日々生み続けている。また、生命情報科学のように、各論的なデータ科学が推進される中、天文学における高次元データ解析手法が、全く対象とスケールの異なる生命科学でも有効に働くような状況に遭遇する。本計画研究では、こうした多様な視点の導入による革新的展開を引き起こす方法論として、スパースモデリング (SM) に着目する。理科第2分野に属する生物学・地学の幅広い分野の実験・計測研究者と情報科学研究者の有機的連携により、高次元データから隠れた規則性を発見する高次元データ駆動科学ともいべき新学術領域を創成することを目的とする。

平成29年度は、このような支援活動および広報活動に関連し、まず領域会議など複数の会合を開催し、研究計画の実験グループとモデルグループの間でいくつかの共同研究テーマの立ち上げを行った。また、非線形性や階層性、セミパラメトリックな状況の取り扱い、高次元化による計算困難の打破、及び、実験者にフィードバックを促す可視化に関する情報数理基盤の形成のためのモデルグループと情報グループの間の連携をスタートさせた。さらに、公開シンポジウムやチュートリアル企画・運営も行い、本新学術研究領域の普及や広報活動を行った。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】スパースモデリング、データ駆動科学の実践、情報数理の基盤形成、若手人材育成

【研究題目】スパースモデリングによる潜在構造の抽出

【研究代表者】永田 賢二 (人工知能研究センター)

【研究担当者】永田 賢二 (常勤職員1名)

【研究内容】

高次元観測データにより、科学の実践に必須の仮設／検証ループに基づくモデル化が著しく困難になっている。本計画研究では、この困難をスパースモデリングにより解決し、生物学・地学における実験・計測データから、系の潜在構造として物理特性を抽出する普遍的手法を開発する。下記で説明するように、【課題1】ベイズ的スペクトル分解による情報抽出の限界評価、【課題2】SpDMDによるコヒーレントフォノン信号のモード分解解析、及び、【課題3】全状態探索による線形回帰のスパース変数選択について研究遂行した。

【課題1】ベイズ比熱という新たな統計量を導入し、スペクトル分解における数値実験において、統計的推測において必要なデータの量あるいはノイズの大きさについて明らかにした。

【課題2】時空間データを少数のモードへ分解する sparse Dynamic Mode Decomposition (SpDMD) に着

目し、物性科学のコヒーレントフォノンのデータへの適用した。その結果、既存解析で用いられるフーリエ変換を凌駕する結果を得た。

【課題3】平成28年度では、スパースモデリングを深化させるため、少数の説明変数の組み合わせを網羅的に探索し、線形回帰の変数選択を行う手法の提案した。また、説明変数の組合せ爆発に対して、交換モンテカルロ法を用いて効率的に探索し、本手法を大規模な実データへの適用を想定したシミュレーションデータへの適用を行った。その結果、最後に天文データに適用した結果、近似的スパースモデリングでは分からなかった、データ不足の可能性について示唆した。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】スパースモデリング、潜在構造抽出、SpDMD、ベイズ比熱

【研究題目】電氣的スピン変換

【研究代表者】齋藤 秀和 (スピントロニクス研究センター)

【研究担当者】齋藤 秀和、掛場 聡 (常勤職員2名)

【研究内容】

半導体中の電子スピンを使用した新規スピンデバイスとして、スピンと光の相互作用を活用する新たな半導体レーザー“スピンレーザ”の開発を行っている。

通常の半導体レーザは直線偏光と呼ばれる光でレーザ発振するが、スピンレーザは強磁性体電極からスピン偏極した電子を利用することにより円偏光と呼ばれる職種な光でレーザ発振する。即ち、スピンレーザでは半導体中のスピン偏極状態を光の偏光としてコヒーレントな光信号に変換できる。特長としては、片側のスピン状態の電子のみがレーザ発振に寄与するため、省エネルギー (発振閾値の低減) が期待できる。また、次世代の偏光多重通信や量子暗号技術、更には、キラル分子認識技術やディスプレイなど広範囲に応用できる可能性を秘めており、その技術発展が期待されている。

レーザの発光部となる GaAs/AlGaAs 量子井戸は専ら (100) 結晶方位が用いられている。しかしながら、我々の研究により、同結晶方位はスピンレーザに必要なスピン物性を得られないことが明らかとなっている。そこで、我々はスピン緩和時間が長く高性能スピンレーザ実現に繋がると期待される GaAs/AlGaAs (110) の結晶成長に取り組んでいる。平成29年度も引き続き量子井戸に関して成長条件の最適化を筑波大学との共同で実施した。具体的には、結晶成長温度と材料供給量を系統的に変化させた試料を作製し、表面観察、電子寿命および電子スピン寿命の測定より量子井戸特性を評価した。その結果、GaAs/AlGaAs (110) 量子井戸で報告されている値の約2倍にも達する電子寿命 (発光強度) を達成した。これはスピンレーザに実現に繋がる成果である。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】 スピンレーザ、スピン注入、スピン・光相互作用

【研究題目】 CTR 散乱による表面・界面3D 原子イメージング

【研究代表者】 若林 裕助 (大阪大学)

【研究担当者】 白澤 徹郎 (物質計測標準研究部門)
(常勤職員1名)

【研究内容】

表面は触媒反応や電気化学反応の場であり、界面はトランジスタに代表される電子デバイスの機能を生じる場である。近年の金属酸化物の成膜技術の向上、あるいは有機半導体を利用した発光デバイスの実用化等に伴い、様々な物質の表面・界面の物性が応用上も重要になっている。多様な応用を持つ表面・界面の性質を微視的に理解するため、原子分解能、あるいは分極が観測できるピコメートル分解能の構造観測の必要性が高まってきた。また、特に触媒研究などで問題となるのが、非平衡・非定常な状況の理解である。そのため表面構造を、時間分解能を持って観測する事が求められているが、その実現は極めて難しい。本研究ではこれらのニーズに応えるために、X 線 CTR (結晶トランケーションロッド) 散乱法の高速測定法の開発及び、X 線 CTR 散乱法による表面・界面原子のイメージングに立脚した物性研究を行い、様々な表面・界面現象の理解を進めることを目的としている。本年度は、有機半導体の代表格であるペンタセン薄膜の構造と電子状態について調べ、Bi (0001) 上に成長したペンタセン薄膜において、従来と異なる新しい分子配向を見出した。表面 X 線回折法によって精密構造解析した結果、既知のバルク相と呼ばれる結晶相と同一格子に異なる分子配向が形成することを明らかにした。この構造について電子バンド構造を第一原理計算した結果、既知の分子配向では再現できなかった先行報告の実験バンド構造を良く再現した。この結果は同一の結晶格子の中でも、基板との相互作用などの摂動によって、異なる結晶多形が形成し得ることを示しており、この新たな知見を誌上発表した。

【領域名】 計量標準総合センター

【キーワード】 表面 X 線回折、有機半導体、ペンタセン、結晶多形

【研究題目】 冥王代生命学の創成

【研究代表者】 鎌形 洋一 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 鎌形 洋一 (新学術領域・冥王代生命学の創成・総括班分担) (常勤職員1名)

【研究内容】

新学術領域「冥王代生命学の創成」は、原始的な生命が誕生したと考えられる地球誕生から約6億年間 (46-40億年前) の「冥王代」に焦点をあて、生命がいつ、どこで、どのように誕生したかを、最先端の地球惑星科

学、生命科学および有機化学などを結集し明らかにする新たな学術領域である。冥王代の地球では、大陸、海洋、大気の三要素が循環的に相互作用し、生命誕生場となる極めて多様で動的な環境「Habitable Trinity」を提案した。このアイデアをさらに進化させた Geysler モデルを打ち立て、生命誕生のシナリオを CG を用いた動画として順次公開を開始した。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 生命の起源、熱水系地下環境、系統進化、地球惑星学

【研究題目】 理論と実験の協奏的アプローチによる複合スピン励起子変換制御

【研究代表者】 鎌田 賢司 (無機機能材料研究部門)

【研究担当者】 鎌田 賢司、溝黒 登志子、
Aizitiaili Abulikemu
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

励起状態を含む複数の分子が協同的にスピン状態変化する複合励起過程 (複合スピン励起子変換) は、三重項-三重項消滅、もしくはその逆過程である一重項分裂として知られており、近年、前者は低エネルギー光子から高エネルギー光子へのアップコンバージョン、後者は長寿命三重項励起子生成による太陽電池の変換効率向上の観点から特に関心が持たれている。本研究は、その複合スピン励起子変換の支配因子の抽出と機構の解明を通して、有用な新規物質を提案することを全体目標とする。特に三重項対から一重項対への変換である TTA 過程に軸足を置き、実験面では時間分解および定常分光測定によって、その変換過程の支配因子を解明する。この全体計画の下、TTA 機構によるアップコンバージョンのメカニズムを実験的に解明し、固体系を含めて高い発光収率の TTA-UC 系への展開を図る。

本年度は、既年度の成果を応用して固体系三重項-三重項消滅アップコンバージョンの励起波長の長波長化に取り組んだ。分子系を拡張して近赤外波長に吸収を持つ金属錯体と、その三重項状態に近接したエネルギー領域に三重項状態を持つ発光材料との組み合わせによる混合溶液から、迅速溶媒乾燥法により材料を作製した。この固体材料は波長785 nm の入射光の照射により、黄色の可視光発光を示し、近赤外励起によるアップコンバージョン発光を示す固体系の作製に成功した。また、固体状態でのエネルギー移動過程と TTA 過程を解明するために時間分解発光測定を行い、その解析を行う手法の開発も合わせて行なった。これにより固体中では効率的なエネルギー移動と TTA 過程が起きていることが評価可能になった。

【領域名】 材料・化学

【キーワード】 光アップコンバージョン、三重項状態、近赤外励起、固体、発光

〔研究題目〕地殻ダイナミクスー東北沖地震後の内陸変動の統一的理解ー

〔研究代表者〕飯尾 能久 (京都大学)

〔研究担当者〕松本 則夫 (活断層・火山研究部門)
(常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究は科学研究費 新学術領域研究「地殻ダイナミクスー東北沖地震後の内陸変動の統一的理解ー」の総括班の一員として領域全体の研究方針の策定や、企画調整等を行うものである。2017年9月に鳥取県米子市で開催された本領域の全体集會に参加し議論を行うとともに、研究成果の取りまとめ及び web を用いた広報を担当して本領域の広報活動に努めた。

〔キーワード〕地殻ダイナミクス、総括班、広報、集會、研究成果、web

〔研究題目〕異なる時空間スケールにおける日本列島の変形場の解明

〔研究代表者〕鷺谷 威 (名古屋大学)

〔研究担当者〕大坪 誠、宮川 歩夢 (地質情報研究部門) (常勤職員2名)

〔研究内容〕

東北日本弧を対象に既存研究成果をレビューし、(1) 第四紀短縮変形の空間バリエーション、(2) 第四紀隆起開始時期の空間バリエーション、(3) 前弧陸域でのバックグラウンドの隆起活動、について整理した。また、地質図スケールの断層の第四紀中の再活動に関して、外房地域を例に応力場が変化した際に50万年程度の時間では断層活動場はその応力場の下で成熟できない可能性を示し、Quaternary International 誌に公表した。2016年熊本地震発生域周辺において、既存文献のレビューを行い、東北地域と比べると九州地域の断層活動場は過渡期であり、今後200万年程度で成熟になる可能性があることを示した。さらに重力異常のインバージョン解析により、阿蘇カルデラの下にマグマだまりに対応する低密度岩体の存在を明らかにし、Earth, Planets and Space 誌に公表した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕歪み集中帯、東北地方太平洋沖地震、内陸地震、変形、東北日本、九州

〔研究題目〕観察・観測による断層帯の発達過程とミクロからマクロまでの地殻構造の解明

〔研究代表者〕竹下 徹 (北海道大学)

〔研究担当者〕重松 紀生、香取 拓馬 (活断層・火山研究部門) (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

中央構造線は断層深部から浅部にかけての断層岩が露出し、これに基づき脆性-塑性遷移条件付近の応力と歪の不均質を明らかにすることが目標である。平成29年

度は、手始めに栗野・田引露頭周辺の700 m×700 m 程度の範囲において、ドローン等により三次元的に地質構造を把握、これらに基づき三次元モデルを構築した。

調査にあたっては位置座標を持つ露頭形状モデルを、ドローン等により取得した画像により構築し、これを用いた。モデルには基準点位置の測量により、地理的位置座標を与えた。

栗野・田引露頭の MTL 近傍の領家帯構成岩類は広くマイロナイト化し、MTL 直近ではカタクレサイトの変形が重複する。カタクレサイトは、微細構造と鉱物組み合わせから、(面状)カタクレサイト、黒色カタクレサイト、鱗片状カタクレサイトに区分した。カタクレサイトの形成温度は緑泥石の化学組成から約300°Cである。これら断層岩の剪断センスは非対称構造から、マイロナイト・(面状)カタクレサイト・黒色カタクレサイトは左横ずれを、鱗片状カタクレサイトが右横ずれである。以上の構造分類と調査結果から得られた構造境界位置の位置座標から、最小二乗法により、三次元断層帯内部構造モデルを構築した。

断層帯の構造は大きく、マイロナイト・カタクレサイトなどの左横ずれ構造と、鱗片状カタクレサイトなどの右横ずれ構造、さらにより新しい断層構造に大別できる。左横ずれの変形はその形成の過程で、脆性-塑性遷移を経験しており、さらに脆性-塑性遷移付近で、変形が幅10 m 程度の領域に集中する状況が明らかになった。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕中央構造線、三次元地質モデル、脆性-塑性遷移、地殻ダイナミクス

〔研究題目〕岩石変形実験による地殻の力学物性の解明：流体の影響

〔研究代表者〕清水 以知子 (東京大学)

〔研究担当者〕高橋 美紀、重松 紀生 (活断層・火山研究部門)、清水 以知子 (東京大学)、中谷 正生 (東京大学)、武藤 潤 (東北大学)、大橋 聖和 (山口大学)、星野 健一 (広島大学)
(常勤職員2名、他5名)

〔研究内容〕

本課題は新学術領域研究「地殻ダイナミクスー東北沖地震後の内陸変動の統一的理解ー」のサブテーマの一つである。同じくサブテーマの一つである「観察・観測による断層帯の発達過程とミクロからマクロまでの地殻構造の解明」の課題とは連携して研究を進めている。この中で産総研が実施するのは主に下記の2テーマである。産総研が担当したのは主に下記の2テーマであった。

①「天然の断層岩 (MTL 断層帯より採取) の摩擦強度を測定し地殻の強度の議論を行う。」MTL 栗野-田引露頭でみられる脆性の断層岩のすべてのガウジについて

強度測定を行った。この測定結果に基づき、MTL 栗野-田引露頭が地下深部より上昇するにつれて被ってきた応力の履歴を明らかにすることができた。従来の断層強度モデルとは異なり、浅部ではスメクタイト等の弱い鉱物が生成される影響により極端に低い強度を示した。つまり、浅部では断層はほとんど応力を支えていないという事になる。

②「深部塑性変形領域の変形特性を明らかにする。そのために必要な高温炉の開発を行う。」温度計算に基づく設計通りのヒーターを試作し昇温テストを行った。700℃まで温度を問題なく上げることができたが、アセンブリに使用したジルコニアが水と反応して細かい亀裂が生じてしまった。アセンブリの材質を再考することが課題として浮き彫りになった。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地殻強度、中央構造線、断層ガウジ、摩擦特性、高温炉

〔研究 題目〕地殻流体の実態と島弧ダイナミクスに対する役割の解明

〔研究代表者〕飯尾 能久（京都大学）

〔研究担当者〕風早 康平、森川 徳敏、高橋 正明、佐藤 努、清水 徹、高橋 浩、東郷 洋子、戸崎 裕貴（活断層・火山研究部門）（常勤職員8名）

〔研究 内容〕

本課題は新学術領域研究「地殻ダイナミクス—東北沖地震後の内陸変動の統一的理解—」のサブテーマの一つである。地震・火山活動、地殻変動など、地殻ダイナミクスの理解に重要と考えられる「地殻流体の分布や流量」を明らかにすることが、本計画研究の目的である。新学術領域「地殻流体」で得られた知見を進展させ、岩石物性測定・地磁気地電流（MT）観測・地殻流体インバージョン・深部由来流体計測により、流体分布や流量の定量的制約を目指す。

2017年度は、1) 長野県大鹿村周辺において、深部由来流体の組成端成分及びフラックスを推定するために、2016年度に引き続きより広範囲に調査を行った。鹿塩温泉のごく近傍の塩川に湧出する塩水が全体のほぼ90%を占めており、周辺で主だった湧出点はみつからなかった。また、2) 阪神地域において河川系周辺に湧出する“赤水（褐鉄鉱の沈殿を含む）”の分布及び湧出水の水質、安定同位体比の調査を行った。約200箇所の調査により、赤水の湧出場所と地下に伏在する断層系の位置と関係があることがわかった。断層系を通じて上昇する有馬型温泉水の炭酸ガスが気泡となり分離上昇し浅層地下水を炭酸泉化することにより風化作用を促進し、赤水となると考えられる。さらに、3) ハロゲン3元素（Cl-Br-I）を用いた温泉水の塩水成分の起源解明のため、東北地方等で採水調査を行った。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地殻流体、温泉水、スラブ起源水、フラックス、熊本地震

〔研究 題目〕地殻流体の実態と島弧ダイナミクスに対する役割の解明

〔研究代表者〕飯尾 能久（京都大学）

〔研究担当者〕松本 則夫（活断層・火山研究部門）（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究では、科学研究費 新学術領域研究「地殻ダイナミクス—東北沖地震後の内陸変動の統一的理解—」の計画研究として、沈み込むスラブからの脱水による水がマントルウェッジに放出され、地殻を経て地表まで循環する深部流体のフラックスを、流量や水圧の物理的な測定および化学・同位体組成等の測定を通して推定することを目的としている。

本年度は三重県内の中央構造線断層帯（MTL）の透水係数を産総研が掘削した2本の井戸の水理試験と長期水位観測で求めた。求めた透水係数は、MTLの露頭で断層帯の中央からの距離ごとにサンプリングされた岩石の実験から求めた詳細なMTLの透水構造を示した既往研究と類似した値となり、MTLの複雑な透水構造を反映していることがわかった。

地殻流体の組成の時間変化を捉えるための質量分析計を設置するため、和歌山県田辺市に観測小屋を設置した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕深部流体、揚水試験、透水係数、中央構造線断層帯、質量分析計

〔研究 題目〕同位体から制約する核—マントルの共進化

〔研究代表者〕鈴木 勝彦（海洋開発研究機構）

〔研究担当者〕下田 玄（地質情報研究部門）（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

コアとマントルの分離年代は未だに解明されていない。この分離年代の研究には、消滅核種であるタングステン同位体組成がもちいられることが多い。消滅核種は高分解能な時間軸が得られるので、核の形成に関する重要な指標になりえるが、長期間のスケールには対応できない。核の形成やマントルとの相互作用を、地球史全体の観点から考えた場合、長寿命核種との組み合わせた研究を行うことが求められる。これまでの研究で報告されているタングステン同位体組成と鉛同位体組成を組み合わせる、もしくは安定同位体と組み合わせる等して、核とマントルの相互作用を地球史の観点から考え、地球化学的モデリングを行えば、核とマントルの相互作用や核の形成年代やコアマントルの相互作用に関して制約が得られる可能性がある。マントル最下部の情報を持っていると考え

られる試料は高いヘリウム同位体比を持っていることが報告されている。このヘリウム同位体測定に用いられるのが橄欖石と呼ばれる鉱物である。橄欖石は鉛等の液相濃集元素をほとんど含まない。そこで、橄欖石の主成分元素である鉄の安定同位体を測定法の確立に着手した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕同位体地球化学

〔研究 題 目〕核—マントルの地震・電磁気観測

〔研究代表者〕田中 聡（海洋開発研究機構）

〔研究担当者〕大滝 壽樹（地質情報研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究 内 容〕

地球深部構造の動的挙動の解明に向けて、地震学的観測から地球深部の統合的理解に貢献する。本研究では特に地球の外核下部から内核上部の地震波速度の深さ変化・水平方向変化を研究対象とし、他の研究と連携して地球深部の統合的理解に取り組む。

今年度は昨年度に引き続きオーストラリア下の外核最下部の P 波速度構造を研究対象とした。構造解析には我々の開発した方法を使っている。この方法は外核底近くの地震波速度を従来より精密にきめることができる。他の構造の影響はほぼ受けない。得られた結果は、外核底近くに地震波速度の水平方向不均質があることを示している。外核は鉄に少しのニッケル・軽元素をふくむ液体である。外核中では温度変化は速度の変化をもたらさないことが知られており、したがって水平方向の速度変化は軽元素濃度の変化を意味する。今年度は、昨年度得た速度を再検討すると共に、所外共同研究者が得た外核中の速度と濃度の変換式を使い軽元素濃度差を求めた。ここまでの成果を投稿用の論文としてまとめた。

以上の研究の探査域は北東太平洋下、オーストラリア下に限られているため、精度は落ちてはより広範囲の構造を解析することが望ましい。この目的で、以前解析した南極域をサンプリングするデータを再検討し、国際学会で発表した。また、オーストラリアにある地震観測網のデータを収集した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地球の外核、P 波速度、地震波速度の分散、水平方向不均質

〔研究 題 目〕対称性に基づいた新奇なトポロジカル相の探求

〔研究代表者〕柏谷 聡（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕柏谷 聡、矢野 力三、小柳 正男
（常勤職員1名、他2名）

〔研究 内 容〕

対称性とスピン軌道相互作用を起源とする新しい種類のトポロジカル物質を探索するとともに、トポロジカル物質が発現する新奇量子現象やエキゾチック準粒子の性

質を解明することを目的とする。とりわけトポロジカル絶縁体、ディラック半金属、ワイル半金属、トポロジカル超伝導体などの新奇トポロジカル物質を世界に先駆けて発見し、先端分光技術などを駆使して、その電子構造の完全決定を目指す。高品質のバルク・薄膜単結晶の作成に加えて、分子線エピタキシー（MBE 法）、接合デバイス作成技術を用いて、トポロジカル超伝導候補物質の各種接合を作成することなどによって、新奇トポロジカル量子現象の観測・解明を行う。また他の研究との有機的研究交流によって、概念共有を深めた研究展開を図り、トポロジカル量子相特有の準粒子を探索・実証し、その背後に横たわる量子凝縮相の物理を解明する。本年度は、トポロジカル超伝導候補として、時間反転対称性の破れに加えて、空間反転対称性の破れた系である MoS₂に着目し、ジョセフソン接合を作成した。実際にトポロジカル超伝導性を確認するための実験を進めているが、ドーピングの条件等が定まっておらず、ジョセフソン効果を観測するに至っていない。

〔領 域 名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕トポロジカル量子現象、トポロジカル超伝導、マヨラナ準粒子

〔研究 題 目〕次世代超大型光学赤外線望遠鏡 TMT と高分散分光器による宇宙の加速膨張の直接検証

〔研究代表者〕稲場 肇（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕稲場 肇、大苗 敦、大久保 章、
中村 圭佑（常勤職員4名、他1名）

〔研究 内 容〕

2020年代に稼働する次世代超大型地上光学赤外線望遠鏡（TMT）により（1）「宇宙の加速膨張の直接測定」のための科学的・技術的検討を行う。TMT の大集光力を活かして多数の遠方天体の超高分散分光観測を行い、その吸収線の赤方偏移の10年にわたる経年変化を超精密に測定し、ダークエネルギーの正体にも迫る。また、この超高分散分光観測から、（2）「微細構造定数、陽子・電子質量比の時間変化に対する制限」、（3）「銀河間物質の3次元構造の解明」、というこれまで不可能だった天文学を実現する。これらを実現するための基礎技術の習得と要素開発、および試験観測が本研究の主眼である。3つのサイエンスゴールに共通する超高分散分光観測の実現のために必須である光周波数コムを開発し、すばる望遠鏡高分散分光器に搭載し、全体性能の評価と試験観測を実施し、TMT での本格的な宇宙論研究の手法を確立する。

平成29年度は、波長1.5 μm 帯のファイバー結合型光共振器を新たに設計・製作し、90 %程度と良好な結合系透過率を得た。また、共振器ミラー、および制御用電歪素子を実装し、共振器一段あたり20 dB以上の計算通りのサイドモード抑圧比を観察し、波長40 nm（周波数

で5 THz)以上にわたる十分な切り出し波長帯域が得られている。また、すばる望遠鏡を訪問し、光コムを設置するための場所、必要な対環境仕様を決めるための環境測定、および担当者の耐高所性について調査を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】光コム、TMT、高分散分光器、天文学、宇宙の加速膨張、ダークマター、ダークエネルギー、微細構造定数、陽子・電子質量比

【研究 題目】革新的イメージング技術とがんモデルメダカを駆使したがん転移研究

【研究代表者】出口 友則 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】田中 みどり、静間 和子
(常勤職員1名、他2名)

【研究 内容】

本研究では、全身の高解像度蛍光イメージングが可能なメダカをモデルに、革新的生体イメージング技術を駆使して、がん転移の抑制・治療のための標的分子の同定とそのメカニズムの解明を目指す。具体的には、がんモデル動物として、①膵臓特異的にヒトのがん遺伝子と蛍光タンパク質を強制発現させることで蛍光標識された膵がんを発症する遺伝子導入メダカ系統、②ゲノム編集技術を用いて免疫不全メダカを作製し、蛍光標識したヒトがん細胞を移植することで、ヒトがん細胞の生体内動態を光学的に詳しく観察することができるモデルメダカの2つを開発する。これらモデルメダカのベースには、既に開発している血管・リンパ管を含む脈管系を *in vivo* で可視化できるトランスジェニック系統を用いることで、がん転移と脈管系の関係を調べることを可能にする。

膵がんを発症する遺伝子導入メダカ系統の開発では、膵臓特異的に発現する遺伝子であるインシュリンプロモーターの下流に loxP で挟んだ緑色蛍光タンパク質とヒトの活性型がん遺伝子 (H-Ras(G12V)) をつなげ、さらにその下流に2 A ペプチドで赤色蛍光タンパク質の遺伝子をつなげたコンストラクトをメダカの受精卵にマイクロインジェクションし、次世代を蛍光実体顕微鏡でスクリーニングすることで、膵臓特異的に緑色蛍光タンパク質を発現する系統を確立した。

また、ヒトがん細胞移植メダカの開発については、前年度までに樹立した SCID 及び XSCID 遺伝子に突然変異を誘発した免疫不全メダカを掛け合わせたダブル変異メダカの作製を行い、実際にヒトがん細胞の移植を試みた。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】がん、疾患モデル、メダカ、ゲノム編集、生体イメージング

【研究 題目】先進ゲノム解析研究推進プラットフォーム

【研究代表者】瀬々 潤 (人工知能研究センター)

【研究担当者】瀬々 潤、Kuo Tony
(常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

科研費採択者のゲノム研究加速に向けて、次世代シーケンサによるゲノム配列の解析のサポートを実施した。このフレームワークに乗っ取り、大麦、マウスに関して、共同研究を実施した。

【領 域 名】情報・人間工学、生命工学

【キーワード】機械学習、次世代シーケンサ、変異

【研究 題目】アジアにおけるホモ・サピエンス定着期の気候変動と居住環境の解明

【研究代表者】北川 浩之 (名古屋大学)

【研究担当者】田村 亨 (地質情報研究部門)
(常勤職員1名)

【研究 内容】

約20万年前頃の 아프리카大陸で誕生したホモ・サピエンス (新人) は、10~5万年前頃以降、ユーラシア各地の多様な環境に適応しつつ拡散し、先住者たる旧人たちと交替した。新人が拡散し定着した時代のアジア (パレオアジア) を文化史的な観点から考究し、アジアにおける新人文化の形成過程の実態と背景を明らかにするために、考古遺跡やその他の古環境記録を対象に、その時代の気候・環境に関わる各種の証拠を多面的に取得・解析する。

今年度は、ヨルダン南部 Jebel Qalkha、アゼルバイジャン北西部 Damjiri の新・旧石器時代考古遺跡の現地調査、および採取した試料の OSL 年代測定に取り組み、石器から推定される文化変遷の編年を検討した。また、ウズベキスタンやカザフスタンの旧石器時代考古遺跡の堆積物試料に対する OSL 年代測定も行った。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】古環境記録、年代測定、考古学、人類の進化

【研究 題目】陽電子消滅による結晶特異構造のキャリア捕獲・散乱ダイナミクスの評価

【研究代表者】上殿 明良 (筑波大学)

【研究担当者】大島 永康 (分析計測標準研究部門)
(常勤職員1名)

【研究 内容】

陽電子消滅を用いて、特異構造の光学特性や電気的特性、また、特異構造中の電界が与える影響を明らかにし、拡張結晶学の構築に寄与することを目標に、モデル試料を用いた単色エネルギー (パルス) 可変陽電子ビームを用いた欠陥評価、ならびに、試料測定用の陽電子マイクロビームシステムの改良研究を進めている。

本年度は、昨年度の調査で明らかとなった陽電子マイクロビーム光学系の問題点の改良をすすめた。具体的に

は、ビーム集束レンズの電圧や電流の変動を低減するシステムを開発した。電極用電圧を安定化させる対策として、アナログ出力回路と高圧用電源モジュール電源の別機種への交換、絶縁トランスのノイズフィルタリング強化、グランドループ配線の解消を実施した。これにより、数ボルト程度の変動があった電極用電圧は、数ミリボルトにまで低減され、より小さいビームスポット径が安定的に供給できる陽電子マイクロビームシステムを構築することができた。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕陽電子消滅、欠陥評価、陽電子ビーム光学

〔研究題目〕複合アニオン化合物の創製と新機能に関する研究の総括

〔研究代表者〕荻野 拓（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕荻野 拓（常勤職員1名）

〔研究内容〕

21世紀に入って、複数のアニオンが同一化合物に含まれる「複合アニオン化合物」が、新しいタイプの無機材料として注目を集めはじめている。複合アニオン化合物では特異な配位構造や結晶構造が得られるため、根源的に異なる革新的機能が現れる可能性がある。このような背景を受けて、研究領域「複合アニオン化合物の創製と新機能」を提案し、研究活動を行っている。従来、物質系・応用分野ごとに仕切られていた研究体制を本計画研究では横断的に結びつける。この研究体制を円滑かつ機能的に運営し、最大限の成果を得ることが本研究の目的である。国際的な研究ネットワークの形成や、グローバルに活躍できる若手人材育成の責も負う。本年度はこれらの目的を達成するため、総括班として様々な活動を行った。新学術領域内の A01～A03班内・班間連携を促進するため、領域内留学を奨励し、これらの活動への支援活動を行った。また社会・国民への成果発信として、ホームページの開設やニュースレターの発行のほか、メンバーが所属する機関の広報やオープンキャンパスも効果的に利用して情報発信を行った。このほか運営会議を随時開催し、領域内研究の推進や成果発信方法について随時検討を行っている。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕複合アニオン化合物、合成、解析、機能

〔研究題目〕植物新種誕生の原理—生殖過程の鍵と鍵穴の分子実態解明を通じて—

〔研究代表者〕瀬々 潤（人工知能研究センター）

〔研究担当者〕瀬々 潤（常勤職員1名）

〔研究内容〕

新学術領域の総括班として、主としてデータ解析環境の整備を実施し、各班の研究進展に寄与した。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕データ解析

〔研究題目〕測地観測によるスロー地震の物理像の解明

〔研究代表者〕廣瀬 仁（神戸大学）

〔研究担当者〕廣瀬 仁（神戸大学）、宮崎 真一（京都大学）、松島 健（九州大学）、田部井 隆雄（高知大学）、山崎 健一（京都大学）、高木 涼太（東北大学）、田中 愛幸（東京大学）、木村 武志（防災科学技術研究所）、板場 智史（活断層・火山研究部門）（常勤職員1名、他8名）

〔研究内容〕

西日本の南海トラフおよび琉球海溝沿いでは、世界中で最も多彩なスロー地震活動が検出されてきている。しかしながら、その活動の地域性の原因や、地域間の相互作用、異なるタイプのスロー地震間の関連性など未解明な点が多い。本計画研究では、スロースリップイベント（SSE）の活動様式を、発生頻度の高い西日本の複数地域にて、GNSS・傾斜・歪・重力等の測地学的観測手段によって詳細に捉え、地域ごとのプレート間のすべり特性、それを規定している地球科学的要因、隣接地域との相互作用、SSE 発生と地殻流体との関連性などを明らかにし、他計画研究の観測データ・室内実験結果・数値モデルからの知見と融合することで、スロー地震の理解を通して地震現象の再定義を目指す。

平成29年度は、過去約20年間の GNSS 記録に基づき、SSE の系統的な検出手法の開発とそのデータへの適用を行い、日向灘から四国西部にかけて未報告のものを含む24の長期的 SSE を検出し、長期のプレート間すべり挙動の理解が進んだ。陸域でのボアホールひずみ観測により、観測点から距離の離れた南海トラフ沿いでの浅部 SSE を検出し活動域の推定に成功した。東海地方において20年以上におよぶ重力観測により、SSE に伴う重力変化を検出し、C02班との共同研究により開発された間隙流体移動モデルを用いたデータのモデル化を行うことで、断層帯の流体移動による重力変化の可能性を示した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕スロー地震、SSE、地殻変動

〔研究題目〕光圧を識る：光圧の理論と計測・観測技術開発による基礎の確立

〔研究代表者〕石原 一（大阪府立大学）

〔研究担当者〕細川 千絵（バイオメディカル研究部門）、清水 栄子（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、光圧を識るための基礎となる理論、計測、観測のそれぞれの手法をナノサイズ領域で確立し、互い

の結果を整合させる過程で、ナノサイズ領域の光圧現象に潜む様々な物理的・化学的効果を解明する。このため、光圧下で運動するナノ物質の観測、および流体媒質中での運動の解析技術を確立する。今年度は、溶液中において光圧下で運動するナノ粒子や分子の高感度蛍光検出のため、時間相関単一光子計数モジュールを導入し、既存の顕微蛍光測定システムに組み込んだ。量子ドットナノ粒子水分散液の蛍光相関分光測定を行った結果、通常の波長1064 nmの近赤外光に加え、捕捉対象の量子ドットナノ粒子が吸収する波長488 nmのレーザー光を同時に照射したところ、共鳴光強度の増加とともにレーザー集光領域におけるナノ粒子の運動が遅くなり、集光領域に束縛される傾向を見いだした。さらに、光圧下での単一ナノ粒子の運動検出のため、光圧によりナノ管路中に単一ナノ粒子を導入することに成功した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】光ピンセット、光マニピュレーション、ナノ粒子

【研究 題目】潜在的運動における学習適応メカニズムの解明と計算モデル構築

【研究代表者】五味 裕章 (NTT)

【研究担当者】竹村 文 (人間情報研究部門)、
三浦 健一郎 (京都大学)、五味 裕章
(常勤職員1名、他2名)

【研究 内容】

本研究では、未だ謎の多い「潜在的な感覚運動生成」の情報処理の学習・適応のプロセス、および自己運動感覚とのインタラクションを、運動学的・心理物理学的手法、電気生理学的手法などを組み合わせて明らかにし、随機的・潜在的運動の統合学習モデルに結び付ける基礎知見を明らかにすることを目標とする。具体的には、潜在的な追従腕応答を生成する大脳皮質を含む情報処理神経基盤を明らかにし、自己運動感覚がある随意運動の運動指令生成過程とのコントラストを浮き彫りにする。

H29年度は、視覚運動解析の座とされる MT/MST 野について、Preliminary な不活化破壊実験の結果を再解析し、「脳と心のメカニズム」冬のワークショップで発表した。腕運動の計測システムを動かす実験システムとニューロン活動計測システムとの統合を目指し、視覚刺激呈示および眼球・腕運動計測のプログラムを開発中である。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】脳科学、視運動、腕運動、運動学習、運動情報解析、視覚

【研究 題目】南大洋の古海洋変動ダイナミクス

【研究代表者】池原 実 (高知大学)

【研究担当者】板木 拓也 (地質情報研究部門)
(常勤職員1名)

【研究 内容】

南大洋は負の熱と CO₂等の物質の巨大リザーバであり、全球気候変動の鍵を握る。本研究では、南大洋における古海洋変動を精度良く復元するための古環境指標 (プロキシ) の開発と高精度化を行い、それらを海底コア解析に応用する。担当者は、古環境指標として重要な微化石の分析を担当している。今年度は、微化石のデータを効率的に取得する手法を開発するため、電動 X-Y ステージ付き顕微鏡と人工知能ソフトウェアを導入し、自動で顕微鏡画像を取得・分類するシステムの開発を行った。さらに、南大洋から採取された海底コアについて顕微鏡観察用のプレパラートを大量に作成し、微化石観察の準備を進めた。現在、本システムを運用するにあたって基礎となる人工知能の分類モデルを構築しており、予備実験においては90 %程度の正答率が得られている。来年度は、本システムの本格運用を開始し、作成したプレパラートに含まれる微化石の群集データ取得に着手する。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】古海洋学、南極、微化石

【研究 題目】進化の制約と方向性 ～微生物から多細胞生物までを貫く表現型進化原理の解明～

【研究代表者】深津 武馬 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】深津 武馬 (常勤職員1名)

【研究 内容】

生物は決してランダムに多様化しているのではない。発生プログラムの変更や形態進化の変更には不均一さや、変わりにくい部分が認められ、それが進化の性質を語っているように見えながら、それがまともに扱われたことはまだない。本研究では、この制約と揺らぎをさまざまなレベルで検出し、個体間差や環境変化による表現型変化など短期的な時間スケールで観察される表現型揺らぎと、長期的な時間スケールで起こる表現型進化の制約や方向性がどのように関係 (相関) しているかを実験的に解明し、制約進化理論の適用範囲の検証と修正を行うことで、何が表現型進化に制約と方向性をもたらすのかを明らかにする。そして、従来の自然淘汰理論、中立進化理論を包含し、生物進化をより包括的に説明できる理論の構築を目指す。

本領域の特徴は、実験研究と理論研究の融合による新たな進化論の構築である。進化学全体における普遍的な原理を探求するため、異なった生物材料 (細菌、無脊椎動物、脊椎動物、植物)、異なった進化現象 (遺伝子発現プロファイル進化、環境耐性進化、発生進化、共生進化) を実験研究する計画班が理論を中心とする計画班と連携する。その推進のために、総括班会議 (領域会議と同時期に開催) を年2回開催し、領域の研究方針、企画の調整を議論するとともに、各計画・公募研究の進捗状

況の評価、改善項目、重点項目の指摘と強化目標の設定を行う。さらに、総括班理論支援、大規模解析支援の支援対象を検討、決定し、また各班間の連携と成果の迅速な発表を行うために、ホームページを作成し、On lineでのニューズレター発信を随時行う。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】昆虫、共生細菌

【研究 題 目】細胞機能を司るオルガネラ・ゾーンの解説

【研究代表者】加藤 薫 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】加藤 薫、石山 静葉、田中 みなみ
(常勤職員1名、他2名)

【研究 内 容】

目標：

超解像イメージング：脂質輸送が実行されているオルガネラ・ゾーンの解析に有用な、超解像イメージングシステムを構築する。

研究計画：

超解像イメージング：生きた細胞内での CERT の挙動やオルガネラの動態観察ができる超解像イメージング系を構築する。まずは GFP-CERT の挙動を SIM で観察することを試し、詳細な観察が困難な場合は、光変換型タンパク質を導入して解像度を上げる工夫をする。並行して、固定細胞内のオルガネラ接触域を STED 顕微鏡により 50 nm 内外の解像度で観察するための分解能の向上を行う。

年度進捗状況：

オルガネラゾーンの観察で使用する超解像顕微鏡の条件検討をした。1) STED 光で褪色しない蛍光色素等も用いて色素を比較検討 (Ohzono et al. 2017 Sci.Rep.) した。2) HAtag 付-CERT を発現した HeLa 細胞で、3 色で STED 観察できる系を立ち上げた。耐褪色性色素は、無機材料では有用だが、生体試料では効果的でなかった。3) シロイヌナズナの疑似超解像法での観察条件を蛍光アクチンで決め (Kijima, S et al. 2018 Sci.Rep.)、シロイヌナズナの PAH 発現体 (試料作成・下嶋先生) の観察を行った。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】オルガネラ、超解像、イメージング

【研究 題 目】小胞体膜連携ゾーンを介した脂質輸送

【研究代表者】加藤 薫 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】加藤 薫、石山 静葉、田中 みなみ
(常勤職員1名、他2名)

【研究 内 容】

目標：

新学術領域オルガネラゾーンのメンバー全体に対する横断的な技術支援として、超解像イメージング支援を行う。

研究計画：

超解像イメージング：生きた細胞内でのオルガネラの動態観察ができる超解像イメージング系を構築する。SIM によるオルガネラ観察の系を立ち上げ、2カメラシステムの導入を図る。並行して、固定細胞内のオルガネラ接触域を STED 顕微鏡により 50 nm 内外の解像度で観察するための分解能の向上を行う。

年度進捗状況：

オルガネラゾーンの観察で使用する超解像顕微鏡の条件検討をすると共に技術支援を行った。1) STED 光で褪色しない蛍光色素等も用いて色素を比較検討 (Ohzono et al. 2017 Sci.Rep.) した。耐褪色性色素は、無機材料では有用だが、生体試料では効果的でなかった。2) HeLa 細胞で、3重染色で STED 観察できる系を立ち上げた。3) シロイヌナズナの疑似超解像法での観察条件を蛍光アクチンで決めた (Kijima, S et al. 2018 Sci.Rep.)。3) 技術支援として、ウイルス粒子が作られる過程で、細胞内のオルガネラがどのように関与するのか、ウイルス粒子のパッキングの過程を知るために、STED を用いて、50 nm 程度の分解能で固定細胞を観察した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】オルガネラ、小胞体、ゴルジ体

【研究 題 目】分子・半導体光触媒による高効率可視光水分解系の開発

【研究代表者】佐山 和弘 (太陽光発電研究センター)

【研究担当者】佐山 和弘、三石 雄悟、井口 翔之、
宮瀬 雄太、保科 和宏
(常勤職員3名、他2名)

【研究 内 容】

天然の光合成は数十億年の歴史の中で進化し、太陽エネルギーと水と炭酸ガスから酸素と有機物を生成する超高効率なシステムである。人工光合成ではこの天然の精緻なメカニズムを模倣して単純化し、それを凌駕するシステムを開発する必要がある。本研究では、太陽光中に豊富に含まれる可視光を利用して水を分解し、水素および過酸化水素などのエネルギーキャリアを生産するための高効率な粉末半導体光触媒や電極触媒技術の開発を行う。また、最も基本的な反応である水の酸化反応についての反応メカニズムを詳細に検討する。最終的には、「分子系」と「半導体」の相補的な性質に注目し、両者を融合した革新的なハイブリッド型水分解系の開発にも取り組むとともに、天然の光合成研究との大きな融合による新しい学理の創出を目指す。

今年度は、導電性基板に各種金属触媒を担持したアノード電極上の高いバイアス下での水酸化による過酸化水素の製造の研究を行った。この反応では光エネルギーは直接利用せず比較的大きな外部電力を用いるが、光触媒や光電極、助触媒の表面での触媒反応機構を電気化学

的観点から議論できる利点がある。また、電力エネルギーだけ、または外部電力に太陽電池を用いたコンパクトな過酸化水素製造装置の研究につながる。導電性基板に酸化スズ系導電性ガラスを用い、炭酸水素塩水溶液中で電解すると過酸化水素が僅かに生成した。この表面にバナジン酸ビスマスを薄く担持すると、暗時において過酸化水素が効率よく生成し、初期の電流効率率はほぼ100%に近いことが分かった。また、その電極をアルミナで更に修飾すると過酸化水素の蓄積量も増大できることがわかった。このような知見は水を酸化剤とする人工光合成の実用化に大きく貢献できると考えられる。

〔領 域 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 人工光合成、電極反応、水の酸化

〔研究 題目〕 界面活性剤を用いた多連続多孔質構造の形成

〔研究代表者〕 遠藤 明 (化学プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 遠藤 明、平 敏彰 (常勤職員2名)

〔研究 内容〕

本研究は、数学により提案される極小面構造をナノ、マイクロメートルスケールで実現することを目的とする。特に、細孔構造の内部において反応・生成物の分離輸送の制御につながるような極小界面構造の合成を目指すとともに、構造形成に用いる境界条件を変形することで極小界面構造の動的な構造変化を実現することにも挑戦する。

平成29年度は、局所界面構造を走査型電子顕微鏡で直接観察することを目的に、界面活性を有するイオン液体の合成に着手し、アルキル鎖長の異なるカチオン性分子を2種類合成した。臭化アルキルとカチオン性分子との S_N2 反応により、臭素を対アニオンとする界面活性剤を合成した後、界面を金属で被覆して黒膜を安定化させるために、このものと遷移金属塩あるいはかさ高い有機アニオンとの対アニオン交換を水中もしくはアセトニトリルなどの極性溶媒中で行うことにより、新規金属イオン液体を合成した。一連の化合物の精製はシリカゲルクロマトグラフィーにより行い、生成物の構造は各種 NMR、質量分析によって同定した。また、得られた化合物の界面物性を測定し、イオン液体と界面活性剤両方の性質を兼ね備えた物質であることを確認した。

〔領 域 名〕 材料・化学

〔キーワード〕 極小界面、金属イオン液体、界面活性剤、反応・分離

〔研究 題目〕 海洋酸性化の沿岸生物と生態系への影響評価実験

〔研究代表者〕 野尻 幸宏 (弘前大学)

〔研究担当者〕 鈴木 淳、長尾 正之 (地質情報研究部門) (常勤職員2名)

〔研究 内容〕

人為起源二酸化炭素がもたらす海洋酸性化の沿岸海洋生物への影響を主レベルと生態系レベルで明らかにする研究を、我が国の沿岸生物を主たる対象として実施する。本年度は、計画第四年目にあたり、精密海水二酸化炭素分圧調整装置を用いて、生物加入評価に係る海洋酸性化実験の基本的な実験手法の検討を進めた。沖縄県本部町瀬底、新潟県柏崎市荒浜の臨海実験施設の屋外水槽にて、海洋酸性化現象が付着生物の加入・定着に与える影響評価実験を実施した。屋外型 CO_2 制御装置による5段階の pCO_2 の水槽内に定着板を入れ、約6ヶ月間でどのような付着生物が加入・定着するかを検討した。柏崎及び瀬底の2地点共に、 pCO_2 の増加に伴い、付着生物の有機炭素/無機炭素比が減少する傾向が認められた。また、付着生物試料に含まれる炭酸カルシウムの結晶形は、 pCO_2 の増加に伴い、あられ石や高マグネシウム方解石の比率が方解石に比べて低下する傾向がみられた。

〔領 域 名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 サンゴ、海洋酸性化、石灰化、ストレス

〔研究 題目〕 ダイヤモンド量子センシング

〔研究代表者〕 渡邊 幸志 (電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕 渡邊 幸志 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

本研究は、ダイヤモンド中の個々の量子ビットをセンサーとして、単一の分子や細胞の核磁気共鳴 (NMR) イメージング測定や電位分布測定を室温で実現する実験手法を確立する。同位体ダイヤモンド表面近傍 (数 nm) に 100μ 秒以上の量子コヒーレンス時間を有する窒素-空孔 (NV) ペアを配置し、個々の NV ペアに束縛された電子スピンを制御する手法を開発し、2年目には単一 NV 電子スピンをセンサーとしてダイヤモンド外部に置かれた単一分子電子スピンまたは単一原子核スピンの磁気共鳴検知を成功させ、さらに2次元 NV アレイを用いて空間分解能 50 nm での磁場・電位・温度分布イメージングも実現する。並行してニューロン等の単一細胞への刺激に対する電位分布の時間発展バイオセンシングを NV アレイを用いて実現する。4年目以降には、量子センサーとしての利点を保ちながら、空間分解能 10 nm 以下の実現を目標とし、単一分子・細胞の磁場・電場・温度イメージングを目指す。本研究では NV ドーピングの高度化を目指し、膜厚依存に取り組む ($5 \text{ nm} \rightarrow 2 \text{ nm} \rightarrow 1 \text{ nm}$)。本年度は、センサー・試料間距離 2 nm となるセンサー構造を完成させ、センサー性能 ($T_2 = 10 \text{ us}$) を確認した。次年度は引き続き膜厚依存の最終目標となる 1 nm に取り組む。

〔領 域 名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 量子センシング、ダイヤモンド、電子スピン、イメージング

〔研究 題目〕 熱力学的極限に挑む断熱モード磁束量子

プロセッサの研究

【研究代表者】日高 睦夫（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】日高 睦夫、永沢 秀一、浮辺 雅弘（常勤職員3名）

【研究内容】

目標および研究計画

ジョセフソン接合層を含むゲート層を上下二段に重ねた3次元超伝導回路プロセスの歩留まり向上を行い、16ビット加算器などの中規模 AQFP 回路の動作を可能とする。また、3次元回路におけるパラメータ抽出を目的とした積層ビアのインダクタンス測定を行う。さらに、横国大、名大が設計した各種超伝導回路の作製・供給を行う。

年度進捗状況

ジョセフソン接合臨界電流密度10 kA/cm²のプロセスを用いて16ビット MUX や4ビット ALU 等の各種 AQFP 回路を作製し、設計された回路の正常動作と十分な動作マージンを確認した。またゲート層を上下二段に重ねたダブルゲートプロセスのレイアウト上の問題点を発見し、歩留まり向上の指針を得ることができた。さらに横国大が設計した各種 AQFP 回路の試作を重ねることで、AQFP 回路作製プロセスの制御性、信頼性を向上の目標を達成できた。昨年度懸案となっていたダブルゲートプロセスにおける AQFP 回路誤動作の原因を明らかにすることができ、回路歩留まりの向上に貢献することができた。

【領域名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】超伝導エレクトロニクス、ジョセフソン接合、超伝導集積回路プロセス、SFQ 回路、AQFP 回路、3次元超伝導回路

【研究題目】天然化合物の革新的標的分子同定法の確立とケミカルエビジェネティクス

【研究代表者】新家 一男（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】新家 一男（常勤職員1名）

【研究内容】

天然生理活性物質（天然物）には極めて強力で特異的な作用を示す物質が存在する。それらの標的分子と作用機構の解明は、ペニシリンを例に挙げるまでもなく、時として世界を変えるほどのインパクトを生物学に与えてきた。しかし、これまでの個別研究は試行錯誤の繰り返しによるものであり、こうした生理活性物質の標的分子を迅速に同定し、作用メカニズムを解明する効率的な方法論は確立されていない。現在、世界の創薬の新しい潮流である、疾患 iPS 細胞や臨床分離サンプルを用いる表現型スクリーニングでは、ヒットした化合物の標的決定を行うことが、臨床開発を行う上で大きな課題である。本研究では、新しい化合物標的相互作用検出技術を開発し、あらゆる化合物の標的分子を迅速、組織的に同定す

る系を構築する。

本年度は、昨年度に引き続き、特殊なチオアミド構造を持つ JBIR-140、および白血病幹細胞を特異的に攻撃することが期待されている新規化合物 JBIR-141を対象に、標的分子の同定を進めた。また、スプライシング阻害剤として知られる FR901464の大量供給が要求されたため、生合成遺伝子のクローニングおよび *Pseudomonas putida* KT2440を用いた異種発現系を開発し、今後の大量供給を可能にした。

【領域名】生命工学

【キーワード】ケミカルゲノミクス、ケミカルバイオロジー、天然化合物

【研究題目】世界初の再生医療用高速・無菌セルソータの実用化開発

【研究代表者】弓場 俊輔（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】弓場 俊輔、田口 紋子（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

再生医療の実現には、均一・高品質で機能的なヒト幹細胞を大量かつ安定的に供給する技術の開発が急務である。この技術には細胞の分離精製技術が必須であるが、国内外を通じて無菌的に分離精製を実現する機器が存在しない。その解決手段として、本研究では、外部企業と共同で無菌かつ高速なセルソータの実用化開発を行った。本研究において、産総研側が取り組んだのは、以下の2つの技術課題であった。

課題1（交換部品滅菌技術の開発）として、前試料による残留汚染の除染効果の確証がとれていないため、交換部品の洗浄法・滅菌法を評価する手法が必要であった。無菌試験を行ったところ、部品は、今回採用したγ線滅菌で十分で、細菌のみならず前試料である生きた培養細胞も交換部品内に存在しないことが明らかとなった。しかしながら、死細胞由来の残渣残留防止のためには、より高度な洗浄法を採用するか、シングルユースの部品を導入することも検討すべきであることが判った。

課題2（無菌抗体の開発）として、無菌セルソータと共に用いる細胞標識用抗体が無菌ではないことが問題であった。そこで、体内に持ち込まれても迅速に分解されることが期待される VHH 抗体を試料に無菌製造技術の開発を進めた。その結果、濾過滅菌による VHH 抗体の無菌製造技術を確立することができた。

【領域名】生命工学

【キーワード】再生医療、幹細胞

【研究題目】組織幹細胞におけるゲノム安定性の制御

【研究代表者】瀬々 潤（人工知能研究センター）

【研究担当者】瀬々 潤、Kuo Tony（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

メダカを対象とし、大阪大学・藤堂研から算出される、ゲノムの大規模情報から、変異あるいは再構成が起こっているかどうかを同定する計算を開発・実施した。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕幹細胞、ゲノム、変異、構造変異

〔研究題目〕組織幹細胞におけるゲノム安定性の制御

〔研究代表者〕川崎 隆史（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕川崎 隆史（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

DNA 損傷は「ゲノム不安定性」を誘発し、やがて長期潜伏の後、発がん等の重篤な疾患を引き起こす。このような晩発影響の標的として「組織幹細胞」が考えられる。本研究では、「組織幹細胞」に誘発される「ゲノム不安定性」を直接検出する、*in vitro*、*in vivo* 解析系を構築し、環境変異原に対する「組織幹細胞」の損傷応答機構を明らかにすることを目的としている。生体の損傷応答をゲノムストレスの最終産物である突然変異から解析し、組織特異的な損傷応答に新たな知見をもたらすことを目指す。

H29年度は、肝臓における発がんを対象とした研究を進めるため、メダカへの遺伝子導入により、肝実質細胞および肝組織幹細胞のマーキングシステムの樹立を試みた。肝実質細胞のマーカー遺伝子の調節領域を制御領域として蛍光タンパク質を発現するシステムの樹立を試みたところ、肝臓特異的に蛍光タンパク質を発現するシステムを樹立することに成功した。免疫組織化学的解析法により、肝実質細胞特異的に蛍光タンパク質を発現することを確認した。また、組織幹細胞マーカー遺伝子5種の調節領域を応用し、可視化システムの樹立を試み、少なくとも3種のマーカー遺伝子に関して可視化システムを樹立した。現在、表現型の解析を行っている。

また、ヒト細胞においてがん誘因因子とがん化の関連を解析する目的の一環として、ヒト間葉系幹細胞に関して UV 傷害とがん化の関連を解析するための実験を開始した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕組織幹細胞、ゲノム安定性、損傷応答、メダカ

〔研究題目〕浅海底地形学を基にした沿岸域の先進的学際研究—三次元海底地形で開くパラダイム—

〔研究代表者〕菅 浩伸（九州大学）

〔研究担当者〕長尾 正之、鈴木 淳（地質情報研究部門）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

沿岸浅海域は人の居住域に近いにもかかわらず科学的知見が驚くほど少ない。本研究では、最先端のマルチビーム測深などを用いて浅海域から沿岸域の精密地形図を

作成し、未知の海域を可視化する。その上で浅海底地形学を開拓し推し進めるとともに、自然科学諸分野から人文・社会科学に至る学際研究をすすめ、総合的環境理解へと繋げることが目的である。ここでは未踏査域の三次元海底地形図上に学際的フィールド研究の成果を載せることによって、新たな発見が期待される。研究計画の第3年度にあたる本年度は、沖縄県の久米島はての浜で実施した流動観測の結果を解析した。台風の接近に伴い、サンゴ礁周辺の海水流動パターンが大きく変化するようすが捉えられた。この海域では、マルチビーム測深が実施されており、今後、地形に効果も含めた統合的な解析が実施される。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕海洋探査、地形、サンゴ礁、可視化、防災

〔研究題目〕浅部マグマ過程のその場観察実験に基づく準リアルタイム火山学の構築

〔研究代表者〕中村 美千彦（東北大学）

〔研究担当者〕下司 信夫（地質情報研究部門）、中村 美千彦（東北大学）、奥村 聡（東北大学）、小園 誠史（東北大学）、上杉 健太郎（高輝度光科学研究センター）、三宅 亮（京都大学）（常勤職員1名）

〔研究内容〕

火山の火道浅部に上昇したマグマは、減圧脱水作用によりに置かれ、微細な結晶の晶出が進んで粘性が急激に上昇する。本研究は、これまで未解明である減圧脱水結晶作用による粘性上昇の速度過程を、その場観察実験により明らかにすることを目的とする。さらに発泡苦鉄質マグマの変形実験により、噴火の駆動力を左右する「浸透流脱ガス」のメカニズムを調べる。この両者を火道流物理モデルに組み込むことで、実際のマグマ貫入イベントの圧力—時間履歴に即した準リアルタイムでの活動推移予測を目指すものである。本研究のうち、実際の爆発的噴火によって噴出したマグマ物質の微細組織の記載やその解析を担当した。本研究においては、噴火の詳細な推移の復元とその噴出物との対応を行うため、桜島においてリアルタイムの降灰採取と噴火状況の対比を行った。特に、2017年3月末から再活動した南岳・昭和火口の噴出物を時系列に沿って採取・解析し、電子顕微鏡等を用いてその微細組織の解析を実施した。2017年8月に発生した桜島昭和火口の連続噴火時の火山灰の特徴とその時間変化から、昭和火口へのマグマの上昇・結晶化及び粉碎過程を復元した。また、三宅島において歴史時代の噴出物の採取及び野外での産状の観察を実施し、噴出物の微細組織変化を用いて、歴史時代に発生したマグマ水蒸気爆発の発生場についての解析を実施した。

〔領域名〕地質調査総合センター

【キーワード】 マグマ、噴火、高温高圧実験

【研究題目】 複合機能プローブシステムによるバイオ・ナノ材料の分子スケール機能可視化

【研究代表者】 山田 啓文 (京都大学)

【研究担当者】 平田 芳樹 (健康工学研究部門)
(常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、高感度・高分解能周波数変調原子間力顕微鏡法 (FM-AFM) をその動作基盤とする3次元フォースマップ技術をさらに高度化し、AFM 探針の精密運動制御法を新たに開発するとともに、応答信号の実時間運動解析を取り入れることで、複雑な3次元構造をもつ生体分子に対しても安定なフォースマップ測定を実現する。これにより、生体分子の極近傍領域における水和構造力・電荷密度・揺らぎ分布の可視化、さらには単一分子レベルでの生体分子間認識・相互作用計測を可能とし、微視的固液界面物性という物理的視点に立脚した、新たな3次元相互作用力可視化技術を実現することを目的としている。

本年度は3次元フォースマップを適用する生体分子試料の探索を中心に行った。具体例としては脂質膜に吸着して2次元結晶を形成するアネキシン V や、水溶性のモノマータンパク質が脂質膜表面に吸着してオリゴマーを形成し、膜中に細孔を形成する微生物由来の毒素タンパク質等の分子イメージングを試みた。アネキシン V に関しては負電荷を有する脂質を含有する膜表面で p3-p6 回転対称を持つ2次元結晶を形成させることができた。さらには、異種の水溶性タンパク質や金属ナノ粒子を配列させるテンプレートとして利用できることも示した。細孔形成タンパク質については、ストレプトリシン O (SLO) と α -ヘモリシン (HL) について検討を行った。SLO はレセプターである脂質中のコレステロールが膜中に分散している必要があり、相分離が生じた脂質膜表面には吸着しても細孔形成は確認できなかった。一方、脂質膜にレセプター成分が必要無い HL は様々な組成の脂質膜中に侵入して、表面に6両体もしくは7両体の構造を形成可能であることを明らかにした。表面水和構造計測や電気生理計測に向け、多孔性ポリマ膜上に脂質膜を形成し、そこに HL を挿入する実験も行なったが、ポリマー上に形成させた脂質膜の運動抑制が困難であり、分子レベルの解像度は得られなかった。次年度以降、生体分子配列表面や細孔近傍の3次元フォースマッピングを行い、生体分子間認識・相互作用の可視化実験を計画している。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 周波数変調型原子間力顕微鏡 (FM-AFM)、水和構造、毒素、ヘモリシン

【研究題目】 layer transfer による高移動度材料3次元集積 CMOS の精密構造制御

【研究代表者】 入沢 寿史 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 前田 辰郎、内田 紀行、
Wen-Hsin Chang (常勤職員4名、他4名)

【研究内容】

3次元スタック CMOS 構造形成に向けた低コストな layer transfer 技術として、epitaxial lift-off (ELO) 技術について検討を進めている。具体的には、良質な界面形成技術、膜厚制御性向上技術、表面平坦性向上技術等を検討しており、今年度はこれら技術のデバイス特性向上における有用性、およびその詳細な物理的起源の検証を行った。

まず、Ge/絶縁膜界面に Si パッシベーション層を挿入する事で、荷電散乱体による散乱が抑制され、キャリア輸送特性が向上する事が分かった。また、界面準位密度の低減により、トランジスタのスイッチング特性の急峻化も同時に確認された。次に、Ge 層の膜厚を精密に制御するための SiGe エッチストップ層を導入することで、最終的に得られる Ge 層の膜厚均一性を大幅に向上させる事に成功し、従来問題となっていた膜厚揺らぎに起因する散乱を抑制出来る事が分かった。さらに、Ge 表面に連続的に酸化とエッチングを施すことで、Ge 表面の平坦性が向上し、表面荒れに起因する散乱が低減出来る事が分かった。これらの技術を駆使する事で、従来の2倍の移動度を有する極薄 (10 nm) Ge 層の形成に成功した。今後は、開発した高品質 Ge スタック技術によるデバイスの3次元集積化を進めていく。

【領域名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 3次元構造、半導体転写、化合物半導体、ゲルマニウム、トランジスタ

【研究題目】 layer transfer による高移動度材料3次元集積 CMOS の精密構造制御

【研究代表者】 前田 辰郎 (ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 前田 辰郎、入沢 寿史、内田 紀行、
Wen-Hsin Chang (常勤職員4名、他4名)

【研究内容】

3次元スタック III-V/Ge CMOS 構造形成の基礎となる layer transfer 技術について、layer transfer する層の母材となる元基板が再利用できる、産業的に cost effective な layer transfer 技術の候補として、smart cut 技術と epitaxial lift-off (ELO)技術について、結晶および界面品質の検討を進めている。

Ge の ELO 技術では、転写前のエピ構造に SiGe 系のヘテロ構造を施す Hetero-Layer Lift-Off 法 (HELLO 法) の開発を試みた。Ge の接合界面の Si によるパッシベーション、最終的な Ge 層の膜厚を精密に制御するた

めの SiGe エッチストップ層などをエピ構造に導入することで、Ge 結晶性を維持しつつ、10 nm 以下の膜厚制御が可能であることが明らかになった。さらにこの薄膜 Ge 層を用いて、MOSFET を試作し、本 layer transfer の手法の有効性を検証した。一方、直接 ELO 転写による III-V-OI 作製にむけて GaSb 系 InAs ヘテロ接合についての事前検討を行った。

また、3次元スタック III-V/Ge CMOS 実現のためのコネクティブティ技術を検証するために、転写技術による FET の複数積層技術を開発した。Ge の ELO 転写同一基板上で2回繰り返すことで、上下に Ge FET/絶縁膜/Ge FET/絶縁膜/Si 基板構造を有する3次元 CMOS 向けの構造を作製した。2回目の layer transfer の際には、貼り合わせる基板側にデバイス等の段差が生じるためその表面平坦性の確保し、2段積層は可能であることが明らかした。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】3次元構造、半導体転写、化合物半導体、ゲルマニウム、トランジスタ

【研究 題目】アパレルの質と国際競争力向上の基盤となる日本人の人体計測データの構築と多角的分析

【研究代表者】大塚 美智子（日本女子大学）

【研究担当者】持丸 正明、河内 まき子（以上、人間情報研究部門）（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

【目標】

本研究の目的は、全国規模の人体計測を実施し、最新の日本人の体型を分析するとともに、三次元計測と伝統的手計測との互換性を明らかにし、グローバルな視点から国際比較を可能とするデータベースの基盤を作り、あわせて世界初の衣料サイズに対応する三次元人体標準サイズモデルの基盤を構築することである。また、これらに基づいて JIS、ISO 衣料サイズの規格化を目指す。

【研究計画】

平成25年からの5年計画の研究で、日本の10地域を対象に各年代男女100名、計4000名のデータを採取する。このうち2000名については、三次元計測を実施し、アパレル設計に向けて体型の分析、類型化を行うとともに、地域差、年齢差の比較を行う。平成25年度では計測条件・項目の決定、首都圏・関西での計測を行う。平成26年度以降は、全国各地域での計測とデータ分析を進めるとともに、国内外のデータや各国標準を調査し、JIS、ISO 規格化に向けた検討を行う。

【年度進捗状況】

研究担当者は、本研究における計測項目選定に関する助言、計測の品質管理に関する助言、三次元体型データの分析技術の提供、ならびに、ISO 規格化を目標とした海外の人体計測データや各国標準の動向調査を担当す

る。平成29年度は、最終年度にあたり、平成28年度までに収集した三次元体型データのモデル化と統計分析について技術提供をした。また、ISO ならびに IEEE で進められている三次元体型データの処理方法に関する国際標準化の動向情報を提供するとともに、衣服サイズの国内標準改定への成果適用について助言を行った。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】デジタルヒューマン、人間工学、被服構成学

【研究 題目】マルチラジカル性を有する開殻超分子系の光磁気機能物質の創成

【研究代表者】鎌田 賢司（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】鎌田 賢司（常勤職員1名）

【研究 内容】

開殻性を有するナノサイズ分子性物質は磁性に加え、従来の閉殻系を凌駕する導電性や光学特性等を示す可能性があるために注目されている。本研究では複数の開殻部位を有する開殻超分子系について、開殻性を表す化学的指標である「開殻因子」に基づいて光磁気機能発現機構を解明して、開殻分子の化学的修飾、電場印加等の物理的摂動、溶媒や結晶場等の環境効果が開殻因子に与える影響を明らかにする。その結果、開殻因子の制御に基づく光磁気機能の発現およびその制御理論の構築を全体目的とする。そのために新規開殻性化合物の溶液ならびに固体薄膜における二光子吸収等の開殻因子との関連が期待できる光学物性を実験的手法により解明する。

本年度は、開殻性を有する化合物の微結晶状態の試料について、その二光子吸収測定に取り組んだ。赤外吸収分光などで用いられるペレット作製法を応用して、破碎・粉末化した試料を固体溶媒と混合して成型した。この様な成型試料では、その内部不均一性による光散乱が測定時に懸念されたが、光散乱によるプロファイル測定して、それを用いて光散乱の補正を行なった。補正されたプロファイルから、粉末状態の1分子あたりの二光子吸収強度を決定することに成功し、近赤外波長域で溶液状態の試料に比べて増強されることを見出した。このことは固体中で隣接する開殻性分子間で特異的な相互作用が生じていることを示唆しており、今後の光制御デバイスなどへの応用に向けた知見を得た。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】開殻電子構造、ラジカル、二光子吸収、結晶性固体

【研究 題目】全身感覚運動情報の多相計測と能動再構成に基づく身体性変化即応認知行動機能の研究

【研究代表者】國吉 康夫（東京大学）

【研究担当者】長久保 晶彦（知能システム研究部門）（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、身体や環境の障害や道具使用等の際に即応変化し、認知行動能力の適応・再利用を可能とする身体図式の解明と構成を行うことで、状況変化に対する即応能力の構成方法の基盤構築を目的とする。従来のロボット分野で試みられてきた限定された感覚運動情報に基づくモデル化とは異なり、人間は全身感覚運動情報の超モダリティ構造を能動的に抽出・活用していると考えられることから、これまでに開発してきた全身感覚運動の計測技術とロボット技術を統合し、人間の入出力計測とその能動的再構成に関する実験を通して新たな身体図式モデルの構築を試みる。本年度は、即応的に適応するシステムを特に触覚センシングの情報処理の面から実現する際、重要となる衝突など高周波帯域の接触情報のセンシングにおいて、デバイス保護や圧力拡散のための表皮の柔軟素材の低周波帯域性が相反関係となる問題に対し、小型加速度センサを柔軟素材内に配置することで接触による初期振動や変形の情報を近接センサ的に取得し、さらに触覚センサのマトリクス配線の列単位スキャンを併用することで高速な初期接触検出を可能とした。このようなデバイスはソフトなロボットや介護機器など実用化においても有用と考えられる。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】人間計測、触覚センサ、適応行動

【研究題目】森林生態系の炭素代謝プロセス動態の時間的・空間的変動機構の統合的解明と温暖化影響予測

【研究代表者】村山 昌平（環境管理研究部門）

【研究担当者】村山 昌平（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は、森林生態系の炭素循環ならびに炭素固定機能を定める生態系呼吸の動態メカニズムと林冠光合成生産力の関係を、生態系生理学的手法と大気化学的手法を結合したアプローチにより解明し、森林生態系機能の機構解明と変動予測研究の精緻化を進めることである。落葉広葉樹林と常緑針葉樹林を対象として、森林葉群の生理生態（光合成、呼吸）、土壌呼吸、森林二酸化炭素（CO₂）フラックス、近接リモートセンシング等の複合的観測と安定同位体分析を組み合わせることにより、生態系呼吸プロセス（枝、幹、土壌呼吸）の時間的変動と環境応答特性と、林冠光合成生産力のフェノロジーの関係に基づいて、光合成から呼吸に至る炭素分配・代謝フラックスの動態機構を解明し、森林炭素動態の詳細・広域評価を展開する。これらのうち、産総研では大気化学的手法によるアプローチを担当する。

H29年度は、岐阜県高山市の落葉広葉樹林観測地において、CO₂フラックス、大気中CO₂濃度、気象の連続観測および大気、土壌空気、降水、土壌水、大気中水蒸気同位体観測を継続した。酸素同位体を用いた生態系呼

吸に占める土壌呼吸の割合の推定を行い、土壌呼吸の割合が春から秋にかけて増大する季節的变化を明らかにし、他手法の推定結果と整合的なことを示した。推定精度の向上のためには、観測および解析手法の改良が必要であることが示唆された。これまでのCO₂フラックス観測から、年間積算正味CO₂吸収量は夏季の天候に依存すること、春先の気温が高いと樹木の展葉時期が早まり光合成活動が早期に活発化すること、秋に気温が高く日射量が低い場合には生態系呼吸が増大することが示された。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】炭素収支、安定同位体、森林生態系、生態系呼吸

【研究題目】サービスイノベーションにおける科学的・工学的手法の役割と価値に関する基礎的研究

【研究代表者】日高 一義（東京工業大学）

【研究担当者】持丸 正明（人間情報研究部門）、
戸谷 圭子（明治大学）
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

【目標】

本研究の目的は、サービスイノベーションにおける科学的・工学的手法の役割と価値を解明し、体系的に整理をし、サービスの生産性と質の向上の為の科学的・工学的手法の効果的利用を促進することにある。

【研究計画】

平成26年度から30年度までの5年計画で、(1) サービスを業種ではなくサービス特性により分類・整理することを通じてサービスの本質を理解し、(2) この方法で分類・整理されたサービスプロダクトおよびサービスプロセスに対して有効に働く科学的・工学的手法はどのように分類・整理されるのかを研究し、(3) 結果を体系化する。

【年度進捗状況】

本研究では、サービスイノベーションにおける科学的・工学的手法の調査・研究として、製造業のサービス化に着目した調査を実施している。平成28年度に実施したWebによるアンケート調査を、さらに平成29年度にも実施した。2年間の定点調査から、製造業のサービス化の障壁には、企業文化やリーダーシップなどの経営学的支援が求められる要因と、顧客情報を企業の知識価値に繋げるなど、IoTやAIで支援可能な要因があることが明らかになった。いずれのサービス段階においてもサービス人材の不足が最大の障壁であることも明らかになった。これらの成果については、製造業のサービス化に関する国際会議であるSpring Servitization Conference 2017（ルツェルン、スイス）で発表した。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】デジタルヒューマン、サービス工学

〔研究題目〕印刷技術を用いた両親媒性分子による独立二分子膜の構築と選択的イオン透過膜の創成

〔研究代表者〕長谷川 達生（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕長谷川 達生、峯廻 洋美、荒井 俊人、
浜井 貴将、山田 詩乃
（常勤職員1名、他4名）

〔研究内容〕

本研究は、近年、機能性電子材料の新しい製膜パターンニング法として電子デバイスを簡易に製造できると期待される印刷技術を活用し、非対称な両親媒性有機分子による独立二分子膜を、望みの位置に望みの数だけ構築・配列する技術の開発と、それらの応用展開を目的とする。本年度は最終年度として、フラストレーション効果により構築した単層2分子膜の評価をさらに進めるとともに、他の分子系への拡張と、応用展開を目指した分子センサー動作の検証を実施した。まず6インチシリコンウエハー上に形成した大面積（10 cm×10 cm）の単層2分子膜について、薄膜内の単結晶ドメインの広がりとは各々の結晶方位を、自作のクロスニコル観察法により確認した。また詳細な偏光吸収スペクトル測定により、単層2分子膜内での分子配列構造が、結晶場と励起子間相互作用にもとづくダビドフ分裂に大きく反映されることを明らかにした。これにより、単層2分子膜の層内分子配列が短鎖長分子により決定づけられていることを確認した。さらに拡張パイ電子骨格を持ち熱安定性に優れた別種の有機半導体分子を用いて、BTBT系と全く同様な単層2分子膜構造の構築が可能であることを確認した。以上に加え、単層2分子膜が超極薄の半導体であるという特徴を活用した超高感度分子センサーとしての応用を検討した。その結果、水蒸気濃度等の外部環境のわずかな変化により、単層2分子膜からなる極薄トランジスタの電流値が敏感に応答することを確認した。以上により分子レベルの表面吸着や化学反応を制御できる究極の機能性人工超薄膜への展開について検討を進めた。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕プリンテッドエレクトロニクス、有機エレクトロニクス、両親媒性分子、有機半導体、イオン透過膜

〔研究題目〕フェムト秒電子バンチの6D 位相空間分布計測可能な単一ショット非破壊モニターの開発

〔研究代表者〕黒田 隆之助（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕黒田 隆之助、平 義隆
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究では、理化学研究所が実施している極短電子バンチを10 fs の時間分解能で計測する電子ビームモニタ

ー開発に参画している。産総研では、Sバンド小型リアックを用い、フォトカソードRF電子銃からの高輝度電子ビームをSバンド帯定在波型加速管により約40 MeVまで追加速し、磁気パルス圧縮器によりフェムト秒領域までパルス圧縮し、キロアンペア級ピーク電流量の電子パルスを生成している。この高輝度・超短パルス電子ビームを各種ターゲット材料に照射することでコヒーレント放射光を生成することが出来る。テラヘルツ領域のコヒーレント放射光では、その検出には、ショットキーバリアダイオード（SBD）や、広帯域検波器を用いている。コヒーレント遷移放射光の実験では、EO結晶を用いたEOサンプリング法によるテラヘルツの時間波形取得方法の開発も進めた。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕電子ビーム診断、コヒーレント放射、回折放射、EOサンプリング

〔研究題目〕大規模 SSPD アレイによるシングルフォトンイメージング技術の創出

〔研究代表者〕日高 睦夫（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕日高 睦夫、永沢 秀一、浮辺 雅弘
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

目標および研究計画

超伝導単一光子検出器（SSPD）は、高検出感度、低暗計数率、高計数率、低ジッター、広波長帯などの優れた特徴を持ち、すでに量子鍵配送実験などで数多くの採用実績がある。これまで単ピクセル素子の高性能化に焦点を当てた研究開発が行われてきた。他ピクセル化による高速化や2次元イメージングを可能とし、バイオ・医療等のライフサイエンス、宇宙通信等の新しい応用への活用を目指す。本研究では、多ピクセル SSPD の出力を超伝導デジタル回路である SFQ 回路で処理するためのプロセス開発を行う。

年度進捗状況

64ビット SSPD の多重読み出し SFQ 回路の作製を STP2プロセスと名付けられた超伝導集積回路作製プロセスを用いて行った。その結果64ビットの SSPD 信号が1本の出力線で正常に読み出せることが確認できた。NbN を材料とする SSPD と Nb が材料である SFQ 回路をモノリシック化するための作製プロセス開発を前年度に引き続き行った。NICT が作製した NbN の16ビット SSPD 上に産総研 CAVITY において SPT2プロセスを用いた SFQ 読み出し回路を作製した。前年度に問題となった SiO 絶縁膜が SFQ プロセス途中で剥離する問題点を絶縁膜を SiO₂に変更することによって解決した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕超伝導エレクトロニクス、ジョセフソン接合、超伝導集積回路プロセス、SFQ

回路、SSPD、モノリシック回路

〔研究題目〕地球史海洋底断面復元プロジェクト：太古代から原生代への環境大変動解明

〔研究代表者〕清川 晶一（九州大学）

〔研究担当者〕後藤 孝介（地質情報研究部門）、
清川 晶一（九州大学）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

地球大気に存在する酸素は、植物やプランクトンなどによる光合成が主な起源であり、大型生物の代謝過程に使用されている。そのため、過去の地球において大気酸素濃度がどのように変遷してきたかを復元することは、生命進化の偶然性・必然性を理解するための重要な基礎情報となる。今から25～22億年前の原生代前期では、シアノバクテリアのような原始的な酸素発生型光合成生物の活動によって、大気酸素濃度が大きく上昇した可能性が提唱されている。このイベントは、大酸化イベントと一般に呼ばれているが、酸素がどのように大気中に蓄積したかは理解されていない。例えば、出現した酸素に富む大気は不安定で、再び貧酸素環境に逆戻りした可能性も言われている。そこで本研究では、原生代前期の堆積岩を含むコア試料を用いて、当時の地球表層酸化還元環境の復元を試みた。本年度は、特にコア試料に見られる硫化物の産状に着目し、走査電子顕微鏡を用いた岩石剥片の観察を行った。その結果、浅海域で堆積した砂岩質のコア試料には、砕屑性と考えられる硫化物が含まれることを確認した。大陸地殻に見られる硫化物は、酸素に富む環境では、化学風化によって酸化されて溶解する。そのため、砂岩中に砕屑性の硫化物が含まれることは、酸化的な化学風化が起きない還元的な環境が、当時は支配的であったことを示している可能性が高い。今後、堆積岩の年代決定や化学分析を行い、大気進化の歴史をより詳細に理解していく予定である。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地球史解読、大酸化イベント

〔研究題目〕高齢者、介護スタッフの思いを記録し記憶へと繋ぐシステム

〔研究代表者〕桑原 教彰（京都工芸繊維大学）

〔研究担当者〕三輪 洋靖（人間情報研究部門）、
渡辺 健太郎（人工知能研究センター）
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

認知症高齢者向けの介護施設であるグループホームでの生活は、介護スタッフと高齢者との信頼関係が欠かせない。一般に、施設での体験を介護スタッフと高齢者が共有し、相互に信頼関係を構築していく。しかし、施設への入居直前や直後等、介護スタッフは入居前に本人、家族からヒヤリングした生活の記録を拠り所に、高齢者

にアプローチすることになり、高齢者自身の急激な環境変化と相まって、その信頼構築が困難な場合がある。そこで、本研究では、介護施設が高齢者自身にとって安らぎの空間になることを目指し、過去の記憶だけでなく現在の生活での様々なバーバル、ノンバーバル情報を記録し断片を紡ぎ、本人が幸せを感じられる記憶の形成を補助するシステムの開発を目的とした。

そこで、現場のデータ収集において、多様なシステムからのデータを統合することで、サービス現場の業務プロセスを多面的に表現するコトDBの活用を行っている。平成29年度は、コトDB上でのデータ間連携について検証を行った。検証には、介護施設におけるセラピーセッションの仮想シナリオを設定し、入居者の事前状態の記録（DANCE）、介入プラン（DRAW）、セッション当日の様子映像記録（ドローンカメラ）、入居者とぬいぐるみの接触情報（センサ付ぬいぐるみ）、入居者のその後の経過観察（DANCE）の情報をうい、コトDB上で一連の関連情報として提示することができることを確認した。これより、コトDBが現場の状況や職員の気づきの記録も含め、多面的に介護サービスにおける業務プロセスを表現できたと考える。

今後は、コトDBのコンセプトをさらに発展させ、サービス現場への実装を含め、社会により根ざした研究を目指す。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕介護サービス、認知症ケア、コトDB

〔研究題目〕超並列アナログ脳型LSIに向けたナノ構造メモリ素子とその集積回路化の研究

〔研究代表者〕遠藤 和彦（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕遠藤 和彦（常勤職員1名）

〔研究内容〕

近年、従来の機械学習方式の性能を大幅に凌駕するディープ・ラーニング（深層学習）が注目を集めており、脳型情報処理方式の重要性が増している。脳型情報処理を実現する鍵は、ゆらぎを利用した多彩な時空間ダイナミクスに基づく超並列処理と、柔軟なアナログ学習機能である。これらは既存のCMOSデジタルシステムの不得意とするところであり、本研究ではそれを補完する新デバイスを開発して、最先端デジタルデバイスであるFinFETと結合することで、新世代情報処理システムを構築することを目的としている。

本研究では、時空間情報処理を物理的に実現する実ニューロン方式脳型集積システム構築のために、分子の自己組織化機能によるナノ構造作製技術を駆使して、制御性の高いアナログ記憶・学習機能素子を開発すると共に、ゆらぎを利用する脳型情報処理素子と回路を新たに開発している。特に、電子のトンネル伝導の揺らぎを利用するナノディスクアレー（NDA）をゲート電極近傍に備

えた、新しい構造のフィン型トランジスタ（NDA-FinFET）を開発し、多入力 NDA-FinFET において時間軸で積和演算が可能な素子を実現した。

本年度は、抵抗変化体と FET を結合したアナログ演算素子のデバイス試作を進め、抵抗変化体の加工方法の検討と電気特性の解析を進めた。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】ナノディスクアレー、脳型情報処理、フィン型トランジスタ

【研究題目】西部北極海の海水減少と海洋渦が生物ポンプに与える影響評価

【研究代表者】小野寺 丈尚太郎（海洋研究開発機構）

【研究担当者】小野寺 丈尚太郎、田中 裕一郎（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

北極海では、近年夏季の海水の融解が顕著となり、海洋一次生産者など生態系の生態系や物質循環に影響を与えていると考えられることから、北極海の環境動態に注目が集まっている。本研究では、カナダ海盆南西部からチャクチ海西部縁辺を対象に、海洋物理場、プランクトン群集分布と生物起源沈降粒子の観測データを取得し、北極海の海水現象が海洋表層物理場と生物群集や物質循環に及ぼす影響評価を複数年に渡って調査し、その経年変化の解明を行うものである。そのプランクトン群集分布と生物起源沈降粒子の観測データ取得や生態系の経年変化を観測の一環として、海洋研究開発機構所有の海洋地球研究船「みらい」により、北極海の深海平原地点に、生物起源沈降粒子を捕集するためのセジメントトラップの投入作業を行った。同海域に2015年に投入し2016年に回収した2測点のセジメントトラップ係留系では、沈降フラックスの経年変化が分析され、いずれも1月と4月、10月に沈降粒子量のピークが認められた。同トラップ試料の円石藻遺骸について検鏡を試みたが、産出は認められなかった。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】地球温暖化、北極海、海洋生態系、海洋観測、沈降粒子

【研究題目】サプライチェーンが産み出す価値と環境・資源ストレスの統合的ホットスポット分析

【研究代表者】工藤 祐揮（安全科学研究部門）

【研究担当者】工藤 祐揮、田原 聖隆（常勤職員2名）

【研究内容】

サプライチェーンに潜在するストレス要因のホットスポットを特定することで、その持続可能性を高めることが求められるが、そのための分析手法は未成熟な状況にある。本研究では、国産製品のサプライチェーン（国内産業および輸入原料を含む）を対象として、国内外の地

域レベルおよび地球レベルで発生する環境・資源ストレスのホットスポット分析の枠組み・指標・原単位を確立する。まず、環境・資源・社会面の評価領域を定義し、地域レベルの統計や国際物質フロー分析を活用してストレス指標を開発する。将来的に需要量・生産量が増加することが想定される製品やエネルギーを対象とした事例分析に適用し、それらの潜在的なストレス要因のホットスポットを特定する。さらに、分析方法のアルゴリズムおよび原単位のデータベースを実装することで、ホットスポット分析の汎用的な枠組みを構築することを目指している。平成29年度は、化学製品に関する国内生産拠点の所在地と生産能力のデータを調査し、これを地震予測のメッシュデータと対応させることにより、生産能力に基づく地震リスク指標を算定した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】サプライチェーン、環境・資源ストレス、ホットスポット、再生可能資源、地震リスク、サプライチェーンマトリクス

【研究題目】Er ファイバーコムを用いた可視域デュアルコム分光技術の開発

【研究代表者】大久保 章（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】大久保 章、稲場 肇、住原 花奈（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

光コム2台を使うデュアルコム分光法は、従来のフーリエ変換分光法と比べて分解能が高くかつ測定時間が短いため、燃焼ガスの分析などに役に立つと期待され、その実用化が望まれている。しかし、Erファイバーコムを用いた可視域のデュアルコム分光はまだ実現されていない。高効率の非線形波長変換デバイスによる光コムの広帯域化メカニズムを解明し、可視域のデュアルコム分光計を構築し、Erファイバーコムによる信頼性の高いデュアルコム分光を実証することを目標とする。

研究計画としては、まず近赤外の Er ファイバーコムによる広帯域可視光コムの発生という課題を取り上げ、導波路型周期分極反転 LiNbO₃結晶による広帯域近赤外コムから広帯域可視コムへのダイレクトな波長変換を実施し、そのメカニズムを解明する。さらに、発生した広帯域可視コムを用いてデュアルコム分光計を構築し、ヨウ素分子などを観測して実証を行う。また、新たに開発された分光計の性能評価を行い、その信頼性についても総合的な検証を行う。

平成29年度は、チャープ付き導波路型PPLN 結晶を用いてErファイバーコムの波長1.5 μm帯の光コムの3倍波を発生させ、デュアルコム分光による500 nm 帯のヨウ素分子の吸収スペクトルを観測した。まずは、532 nm帯の光コムを光バンドパスフィルタで切り出し、その範囲で観測された吸収線をヨウ素吸収線の周波数リストと照合し、一致することを確認した。SN比を改善す

るために、コールドトラップを用いた吸収スペクトルの規格化や、背景フィッティングを用いた規格化を試みた。その結果、背景フィッティングが有効であることが分かった。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕光コム、デュアルコム、分光、ガス分析

〔研究題目〕日本内湾の堆積物を用いた高時間解像度の環境復元と人間社会への影響評価

〔研究代表者〕川幡 穂高（東京大学）

〔研究担当者〕鈴木 淳、山岡 香子（地質情報研究部門）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

日本沿岸の湾内の水温が気温と高い相関を有するという特性を活かして、沿岸堆積物柱状コアを用いてアルケノン分析を行い、高時間解像度で高精度の気温復元と関連環境指標の復元を行い、これらに影響を与えた自然環境プロセスを明らかにするとともに、人間活動への影響を評価する。そして、これらのデータに基づき、社会の変化が人間社会の内部要因によるのかどうかを考察する。最重要の目標は、弥生人が最初に日本に渡来した3,000年前（¹⁴C年代で紀元前10世紀）以降とするが、過去数千年間についても自然環境プロセスとの関係を解析する。本課題の研究は、1) 自然の作用のみによる環境の定量的復元、2) 環境の人間活動への影響評価より構成される。本年度は、計画第3年目にあたり、沿岸堆積物柱状コアの試料について、有機炭素濃度及び炭素窒素濃度比分析を継続した。また、黒潮流軸に見られる特徴的な浮遊性有孔虫 *Pulleniatina obliquiloculata* の極小事象についての検討を進めた。縄文時代以降の日本の定量的復元気温より、社会の大事象は大寒冷期に対応している可能性が示された。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕古水温、弥生時代、縄文時代

〔研究題目〕地殻応力永年変動

〔研究代表者〕山路 敦（京都大学）

〔研究担当者〕大坪 誠（活断層・火山研究部門）（常勤職員1名）

〔研究内容〕

前年度に引き続き沖縄県石垣島での琉球層群を対象に野外調査を実施し、露頭規模で認定される断層および方解石で充填された引っ張り亀裂を確認した。2017年度までに取得したデータに対して応力逆解析を適用すると、 σ_3 軸の方向がほぼ水平で北東-南西方向もしくは北西-南東方向の正断層型応力が検出された。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕琉球弧、沖縄トラフ、応力変化、沈み込み帯、琉球石灰岩

〔研究題目〕水月湖と日本海の精密対比：ダンスガード・オシュガーイベントの原因論をめざして

〔研究代表者〕中川 毅（立命館大学）

〔研究担当者〕池原 研（地質情報研究部門）（常勤職員1名）

〔研究内容〕

福井県の水月湖とその沖合の日本海の高古環境変動記録を両者に共通して産出するテフラを介在に精密に対比することにより、最終氷期に繰り返し起こった急激な気候変動（ダンスガード・オシュガーイベント）の原因論に迫ることが目標である。本年はこの目標のため、海域のテフラ層序の高精度化を目指して酸素同位体層序の構築が期待できる伊豆諸島周辺海域から採取されたコアの火山灰分析と日本海の明暗互層のより長期的な対比を行い、層序を確立した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕日本海、水月湖、テフラ、気候変動

〔研究題目〕氷成長抑制ポリペプチドと温度応答性物質を用いた水・氷・霜の付着しない機能面の研究

〔研究代表者〕灘 浩樹（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕灘 浩樹（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、空気流中の水滴、雪、氷粒子、水流中の氷、さらには蒸気流が冷やされてできる霜が付着しないように、ナノスケールの表面の凹凸が温度に応じて変わることができる新規な透明機能面を確立することを目的とする。その目的のもとにおいて、本研究の目標は、低温環境下で生息する一部の生物が持つ不凍タンパク質にヒントを得た高分子と熱応答性高分子を結合して透明プラスチック板に適切に固定した機能面を作製し、その機能面に水滴、氷結晶、霜が付着しないことを実験的に明らかにすることである。水滴、氷結晶、水蒸気は静止空気中と乱流気相中の両方の場合を検討することに、分子動力学、フェーズフィールド法、乱流直接数値シミュレーションなどを用いて水滴、氷結晶、霜が付着しないメカニズムを理解することも本研究の目標である。

本年度は、氷界面における不凍タンパク質の安定吸着構造を効率良く解析するためのレア・イベント法（メタダイナミクス法）によるシミュレーションに取り組んだ。氷の形成や無機結晶表面への分子吸着のメタダイナミクスシミュレーションを実施した結果より、通常分子動力学シミュレーションよりも一桁以上短いランで不凍タンパク質の安定吸着構造決定が可能と見込まれる。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕凍結制御、不凍タンパク質、温度応答性物質、シミュレーション、物質表面機能

〔研究題目〕 環境保全と社会受容性を踏まえた、「地盤環境基準」の構築と実装のための戦略研究

〔研究代表者〕 保高 徹生（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 保高 徹生（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、科学的根拠と社会受容性に基づき、新しい“地盤環境基準”の構築と実装を目指す融合研究である。本年度は、継続してバッチ型溶出試験の再現性確保に関する検討を進め、振とう方法による影響、遠心分離による影響について論文として取りまとめた。また、カラム試験の試験条件が再現性に与える影響について、物質の種類による影響を確認し、論文として取りまとめた。さらに、物質移動シミュレーションに基づく不飽和帯のリスク評価に関する研究を推進し、鉛に関して帯水層に影響を与えない条件について整理した。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 汚染土壌、重金属、リスク評価、試験方法

〔研究題目〕 シリカ膜のナノチューニングと超薄膜製膜プロセスの確立

〔研究代表者〕 都留 稔了（広島大学 工学研究科）

〔研究担当者〕 伊藤 賢（物質計測標準研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

分子設計したアルコキシシランを出発原料として、シリカネットワークの間隙サイズを分子選択透過性の分離原理とする Molecular-Net をナノチューニングし、超薄膜アモルファスシリカ膜の製膜プロセスを確立し、化学プロセスの革新的分離を可能とするため、実用化を念頭においた超薄膜製膜の学理を明らかにするだけでなく、Molecular-Net 中の透過分子の移動現象を明らかにする。これにより従来の10倍以上の透過速度を有する分離膜を開発するとともに、分離困難な各種気体および液体分離プロセスの省エネルギー分離を可能とすることを目標とする。

本年度は蒸気吸着エリプソメトリー（EP）と陽電子寿命法（PALS）による開発膜試料の評価を進め、分離性能の起源解明のための知見を得た。シリカ系プラズマ CVD 薄膜を作製し、細孔構造を両手法で解析した。さらに、細孔構造解析の高度化を図るため無機分離膜モデル薄膜としてシロキサン系 CVD 膜を作製し、低速陽電子寿命運動量相関測定（AMOC）法により化学状態解析を試みた。成膜プロセスパラメータの異なるシリカ系プラズマ CVD 膜の細孔構造安定性への550℃熱焼鈍および経時の効果 EP をと PALS により調べた。その結果、サブナノ細孔の開孔率と大きさが同時に変化することを明らかにできた。さらに、TEOS と HMDSO の仕込み比を変えて作製したシリカ/シロキサン系 CVD 膜を低

速 AMOC 測定により化学状態解析を行ったところ、膜中のサブナノ細孔は炭素リッチであることを明らかにできた。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 陽電子消滅、吸着偏光解析、ナノ細孔、分離膜

〔研究題目〕 超伝導転移端センサが実現する粒子線治療用線量標準の高精度化

〔研究代表者〕 浮辺 雅宏（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕 浮辺 雅宏（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標：

極めて高いエネルギー弁別性能を有する超伝導転移端センサ（TES）とグラファイト製重粒子線吸収体を組み合わせたマイクロカロリメータを開発し、従来の電離箱測定法では到達しえない優れた精度を有する重粒子線絶対線量標準を確立する。さらにこの重粒子線 TES 検出システムを水ファントム中に設置し、炭素線が水を通る距離を変化させ、水中での LET（線エネルギー付与）深度分布を μm オーダにて測定する。

研究計画：

既に確立した硬 X 線 γ 線 TES 精密分光技術をベースに、超伝導イリジウム温度センサとグラファイト重粒子線吸収体を組み合わせた検出器を作製し、炭素線ビームを照射して絶対線量精密測定を実現する。そして既存電離箱計測法と比較し、TES による線量測定法の不確かさ低減を実証する。さらにこの炭素線検出用 TES を搭載した冷凍機システムを水ファントム中に設置し、炭素線ビームを照射しつつ、水ファントムを駆動させる等して炭素線の水中通過距離を最小 μm オーダにて精密に制御して、水層透過後の炭素線のエネルギーを精密に計測する。これにより、各測定点における炭素線エネルギーの差分をとることで、水中での LET が詳細に得られる。特に μm オーダの分解能にて炭素線の水吸収 LET 分布におけるブラッグカーブのピーク構造とピークの末端に広がる破砕核に起因したテール部の正確な把握・解明に努める。

年度進捗状況：

重粒子線 TES 検出器のメンブレン膜の作成を分担している。TEOS-CVD 装置を使用する。TEOS-CVD 装置の成膜条件の調整により100 MPa 以下の小さな応力値を持つ絶縁膜を成膜、シリコン深掘りエッチング装置により、その下部のシリコンの取り除き、自立メンブレン構造を作製することに成功した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 超伝導転移端センサ（TES）、重粒子線、LTE、絶対線量精密測定、ブラッグカーブ

〔研究題目〕超伝導転移端センサが実現する粒子線治療用線量標準の高精度化

〔研究代表者〕清水 森人（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕清水 森人、黒澤 忠弘、佐藤 泰（常勤職員3名）

〔研究内容〕

超伝導転移端センサを用いて粒子線の Bragg ピーク領域における吸収線量を精密評価するため、Bragg ピーク近傍における放射線挙動を計算するモンテカルロシミュレーションの開発に取り組む。

平成29年度はクラスター計算機上で、GEANT4を用いた粒子線の線量分布計算を行うモンテカルロシミュレーションの開発を行った。今後は、水カロリメータおよびグラフアイトカロリメータを用いて粒子線の絶対線量計測を実施し、上記の計算結果と比較することで検証を行い、高精度化を進める。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕粒子線、モンテカルロ計算、水吸収線量、TES カロリメータ

〔研究題目〕超伝導転移端センサが実現する粒子線治療用線量標準の高精度化

〔研究代表者〕神代 暁（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕神代 暁（常勤職員1名）

〔研究内容〕

重粒子線癌治療において被曝を最小限に抑えつつ高い治療効果を得るには、体内の吸収線量分布の正確な把握が必要不可欠である。本研究では極めて高いエネルギー弁別性能を有する超伝導転移端センサ（TES）とグラフアイト製重粒子線吸収体を組み合わせたマイクロカロリメータを開発し、従来の電離箱測定法では到達しえない優れた精度を有する重粒子線絶対線量標準を確立する。さらにこの重粒子線 TES 検出システムを水ファントム中に設置し、炭素線が水を通過する距離を変化させ、水中での LET（線エネルギー付与）深度分布を測定する。これにより鋭いブラッグピーク形状の高精度な検出のみならず、核破砕片によるエネルギー付与も正確に把握しうる。これらの知見・データは高精度な吸収線量予測に必須であり、今後主流になると考えられるスポットスキニング照射での治療精度向上にも大いに役立つものと期待される。今年度は、重粒子線 TES を模擬する硬 X 線 TES を接続した読出回路の動作を確認した。具体的には、2画素の TES にホロミウム放射線源からの X 線を照射し、その出力スペクトルを理論とフィティングすることにより、エネルギー分解能を求めた。その結果、184 keV に対し約70 eV を得た。この値から、読出回路由来の雑音は、その他（TES や冷凍機）起因の雑音に対し、約60%にとどまることがわかった。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕超伝導量子干渉素子（SQUID）、超伝導転移端検出器（TES）、マイクロ波共振器、周波数多重読出回路

〔研究題目〕超伝導転移端センサが実現する粒子線治療用線量標準の高精度化

〔研究代表者〕大野 雅史（東京大学）

〔研究担当者〕黒澤 忠弘（分析計測標準研究部門）（常勤職員1名）

〔研究内容〕

重粒子線がん治療において被ばくを最小限に抑えつつ高い治療効果を得るためには、体内の吸収線量分布の正確な把握が必要不可欠である。本研究では極めて高いエネルギー弁別性能を有する超伝導転移端センサ（TES）とグラフアイト製重粒子線吸収体を組み合わせたマイクロカロリメータを開発し、従来の電離箱では到達し得ない優れた精度を有する重粒子線絶対線量標準を確立する。また重粒子線 TES 検出システムを水中に設置し、炭素線が水を通過する距離を変化させ、水中における重粒子線の LET（線エネルギー付与）深度分布を μm オーダーで測定することを目標とする。H29年度は重粒子線吸収体の HIMAC での実験に携わった。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕超伝導転移端センサ、重粒子線

〔研究題目〕超伝導転移端センサが実現する粒子線治療用線量標準の高精度化

〔研究代表者〕佐藤 泰（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕大野 雅史、松崎 浩之（東京大学）、松藤 成弘、坂間 誠（放射線医学総合研究所）、大谷 知行（理化学研究所）、浮辺 雅宏、神代 暁（ナノエレクトロニクス研究部門）、清水 森人、黒澤 忠弘、佐藤 泰（分析計測標準研究部門）（常勤職員5名、他5名）

〔研究内容〕

重粒子線癌治療において被曝を最小限に抑えつつ高い治療効果を得るには、体内の吸収線量分布の正確な把握が必要不可欠である。本研究では極めて高いエネルギー弁別性能を有する超伝導転移端センサ（TES）とグラフアイト製重粒子線吸収体を組み合わせたマイクロカロリメータを開発し、従来の電離箱測定法では到達しえない優れた精度を有する重粒子線絶対線量標準を確立する。さらにこの重粒子線 TES 検出システムを水ファントム中に設置し、炭素線が水を通過する距離を変化させ、水中での LET（線エネルギー付与）深度分布を μm オーダーにて測定する。これにより鋭いブラッグピーク形状の高精度な検出のみならず、核破砕片によるエネルギー付与も正確に把握しうる。これらの知見・データは高精度な吸収線量予測に必須であり、今後主流になると考え

られるスポットスキニング照射での治療精度向上にも大いに役立つものと期待される。

このため、放射性物質を密封した放射線吸収体を製造する装置を開発した。本装置は、圧縮空気を発生する装置と、この圧縮空気をを用いて、放射性物質を内包した金属箔を冷間鍛造する装置から成る。放射性物質を内包した金属箔は、フッ素系樹脂による薄膜で保護し、鍛造装置に固着しないようになっている。金属箔に、放射性物質を内包させるため、1枚の金属箔を粘着式ピンセットで固定し、溶液を滴下乾燥させ、さらにその上に金属箔を被せた。本装置をコールド試験した結果、放射性物質を密封した放射線吸収体を製造できることが分かった。今後、本吸収体を超伝導転移端センサに接合し、核破砕片によるエネルギー付与に関する基礎的データを収集できるようにする。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】癌治療、重粒子線、超伝導転移端センサ、放射線標準、グラフィット

【研究 題目】放射線によるナノ粒子材料創成のその場観察と機能材料の実用化

【研究代表者】山本 孝夫（大阪大学大学院工学研究科）

【研究担当者】田中 真悟、秋田 知樹（電池技術研究部門）（常勤職員2名）

【研究 内容】

本研究は、放射光 X 線を用いて還元と同時にを行う XAFS 測定を活用して、燃料電池電極や CO 酸化の触媒材料などの触媒反応機構解明に挑戦する。また得られる粒子材料の機能の測定や、構造解析も行い、構造と機能の相関も研究する。加えて、優れた衛生繊維材料などの開発研究を展開し実用化に近づけていくことも念頭においている。これらを併せて、新たな高付加価値の製品製造法を確立し、放射線利用の新たな価値を見出していくことを考えている。

本研究に先立つ研究において、商用施設を用いた電子線照射により水溶液中のイオンを還元して金属化し、液中で直ちに担体上に安定化した担持型ナノ粒子材料を大量に創成する手法を開発済みであり、一部は製品化やサンプル出荷されている。本手法では、二元金属ナノ粒子内の原子配列制御が可能であり、量産性も有している。しかしながら、照射による粒子合成反応の過程に不明な点が多い為、狙った構造への反応制御は未熟である。本研究では、その部分の解決も視野に放射光（PF、SPring8）を利用した XAFS、収差補正付電子顕微鏡、XRD、ICP、FTIR 等の手法を活用し、放射光 X 線を粒子合成と XAFS 解析の両方に活用し、粒子創成過程を in-situ 観察するシステムの立ち上げを推進している。さらに、照射で得られる特異な粒子構造と機能の相関を追求するため、第一原理を中心とした計算材料科学手法と組み合わせた研究を展開する。

前年度は、炭素担持 PtCu 合金ナノ粒子の合成において保護剤の役割を明らかにするために計算科学手法を適用して、特有の吸着構造が存在する事がわかってきた。保護剤の違いにより合金ナノ粒子のサイズやアルコール酸化活性に違いがあること明らかにしてきた。今年度は、PtCu 合金ナノ粒子上にクエン酸分子を吸着させたモデルを作製し、安定な3配位吸着構造について計算科学手法を用いて取り組んだ。カルボキシル基は、Pt あるいは Cu に、水酸基は Cu に吸着して3配位の立体吸着構造を作っていることが分かった。この構造が合金ナノ粒子の凝集抑制に効果を及ぼしていることが考えられる。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】エネルギー・環境機能材料、触媒、ナノ粒子

【研究 題目】生物界の暗黒物質「未知アーキア」の解明—分離培養で開拓する多様な新生物機能—

【研究代表者】玉木 秀幸（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】玉木 秀幸（常勤職員1名）

【研究 内容】

全生物は、ユーカリア（真核生物）、バクテリア、そしてアーキアの三つのドメインに分けられることが知られている。中でもアーキアドメインは、環境中に多様かつ普遍的に存在しているが、ほとんどのアーキアは未だ培養されたことがない機能未知な生物であり、最も理解の進んでいない生物ドメインであることが明らかとなっている。本研究では、新規培養技術と最先端の微生物機能推定技術を活用することで未知アーキアの分離・培養を実現し、アーキアの持つ多様で新しい生物機能を明らかにすることを目的としている。

今年度は、これまでに純粋分離・集積培養に成功した未知アーキアについて、その生理性状を詳細に解析するとともに、ゲノム情報解析を通じて、アーキアの基幹代謝機能を明らかにするとともに、新機能解明に取り組んだ。さらに、いくつかの環境試料において未知アーキアが優占しているサンプルが得られていることから、これらの未知アーキアのゲノム獲得と集積培養化を図り、アーキアがもつ新生物機能の解明につなげてゆきたいと考えている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】未知アーキア、難培養微生物、分離培養、培養技術、新生物機能、生物地球化学プロセス、環境ゲノム解析、培養技術

【研究 題目】三次元多様性を分子設計上の鍵概念とする論理的創薬方法論の確立

【研究代表者】周東 智（北海道大学大学院薬学研究院）

【研究担当者】小松 康雄（生物プロセス研究部門）（常勤職員1名）

【研究内容】

天然の DNA2重らせんは、アデニン：チミン、グアニン：シトシン間の塩基対によって形成される。これらの塩基対は、水素結合と上下塩基対のスタッキング相互作用によって維持されている。一般的に、水溶液中における重要な分子間相互作用には疎水の相互作用もある。そこで本研究では、この効果を利用した人工塩基対を開発する。本研究では、DNA2重らせんを形成する塩基対結合に疎水の相互作用を利用した新たな分子認識機構の確立を目指した研究を進めている。本研究は、北海道大学大学院薬学研究所と共同で行う。

H28年度では、直鎖のアルコキシ基が結合したフェニル基を有する合成核酸（以下アルコキシ-フェニル核酸）が、側鎖を持たないフェニル核酸よりも2本鎖を安定化する能力が高いことを明らかにした。H29年度は、アルキル-フェニル核酸誘導体を北大で合成後、産総研において DNA に導入して、2本鎖の安定化性能を融解温度から評価した。その結果、上記核酸誘導体を2本鎖の相補的な部位に導入した場合、アルキル-フェニル核酸は、アルコキシ-フェニル核酸よりも2本鎖を安定化する能力が高いことを見出した。さらにその安定性は、アデニン：チミン塩基対の安定性に匹敵することも確認した。この高い安定性には、2本鎖の向かい合った部位に位置する側鎖のアルキル基間の疎水の相互作用が関与している可能性が高いと現在考察している。今後、アルキル側鎖の鎖長を変えるなど、さらに構造を変換した核酸誘導体についても2本鎖の安定化能力を調べる。これにより水素結合を持たなくとも安定な2本鎖を形成することが可能な新規な核酸塩基対を開発する。

【領域名】生命工学

【キーワード】核酸化学、DNA、分子認識、塩基対、2重らせん

【研究題目】知識表現付き高精度3次元地図を用いた自律協調型自動運転システムに関する研究

【研究代表者】佐々木 洋子（人工知能研究センター）

【研究担当者】佐々木 洋子（常勤職員1名）

【研究内容】

高齢者社会に備えた安全で快適なモビリティに向けて、高精度3次元地図技術を利用した自律協調型自動運転システムの研究に取り組む。特に市街地を含む複雑な環境での自動運転に向けて、高精度3次元地図に移動体や交通状況に関する動的な情報を知識表現として追加する。たとえば見通しの悪い交差点での制御方法や、歩行者と出会いにくいルートを算出する方法など、潜在的リスクを回避するメカニズムと安全なルートを算出するメカニズムを明らかにし、これに必要な知識表現手法を確立する。

3年プロジェクトの初年度である2016年度は、走行車

両による高精度3次元地図作成技術の開発に取り組んだ。レーザセンサで走査しながら地図を作成するには、センサの移動と環境の形状を同時に推定する SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) が一般的なアプローチとなっており、様々な手法が提案されている。いずれの手法も各時刻での推定結果を重ね合わせるため、時間とともに誤差が積分し市街地規模の大規模な地図作成が難しい。本問題を解決するため、国土院が発行する基盤地図情報から道路情報を利用し、SLAM結果を最適化する手法を提案した。お台場での検証実験を通して、基盤地図情報の精度を持つ市街地規模の3次元地図を自動作成可能なことを示した。これらの成果は国内会議で発表し、国際会議にも採択された。

【領域名】情報・人間工学

【キーワード】3次元地図、自動車、自律走行

【研究題目】CO₂湧出口における造礁サンゴからソフトコーラルへの群集シフト

【研究代表者】佐藤 縁（省エネルギー研究部門）

【研究担当者】佐藤 縁（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、高濃度の CO₂環境で、サンゴがソフトコーラルへシフトする要因を明らかにし、他の CO₂湧出サイトと比較して環境の要因を明らかにしていくことにある。特に異なる CO₂濃度下でサンゴとソフトコーラルの飼育実験、および現場実験を行う成長速度を計測し、高 CO₂環境下でサイトによって異なる群集にシフトする要因を考察していく。その中で、H29年度は、化学量計測の簡単な測定法として、海水の電気化学測定、海水中の分析測定のための水晶振動子マイクロバランス法の導入の他、実際に小型の pH 測定系を海洋域に設置し、導入が可能かどうかの確認を行った。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】環境計測、電気化学分析、pH 測定、アルカリ度測定、水晶振動子マイクロバランス法

【研究題目】バックキャスト法による放射性物質汚染に対するモニタリング・対策の戦略研究

【研究代表者】保高 徹生（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】保高 徹生（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、放射性物質の環境挙動に関する知見の集約化および体系化を通じて、福島県等の被災地における今後の長期的な環境モニタリングのあり方を示すとともに、今後の原子力災害発生時における環境モニタリング、および初期環境管理に関する技術的な指針の作成を行うことを目的とした。

本年度は、水中の放射性セシウムモニタリングデータの整備のあり方について継続的に検討し、有識者を交

えた会合を開催するとともに、水中の放射性セシウムのモニタリング手法に関して、各手法の特徴（コスト、精度、スピード等）を整理し、目的に応じた適切なモニタリング手法の選定方法を検討した。また、森林リター浸出水のモニタリング方法を検討し、時空間変動を観測した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕放射性セシウム、モニタリング

〔研究 題目〕システム改革の下での地域分散型エネルギーシステムへの移行戦略に関する政策研究

〔研究代表者〕歌川 学（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕歌川 学、小杉 昌幸
（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

産総研では、省エネ技術普及を分担して研究を実施する。平成29年度は、産業部門・業務部門の事業者・事業所のエネルギー消費・CO₂ 排出実態と対策を調査、国・地域の対策シナリオの検討も実施した。また対策効果検討として、地域の対策による光熱費削減、地域企業の対策設備投資内容・発注先に関し調査を行った。また専門的技術的知見を自治体・地域で共有し、専門家からアドバイスを受け、技術普及に活かす方法について調査を実施した。

〔領 域 名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕温暖化対策、省エネ対策、対策設備投資、光熱費

〔研究 題目〕強震動と液状化の複合作用を受けるライフラインネットワークの被害推定システムの開発

〔研究代表者〕庄司 学（筑波大学）

〔研究担当者〕吉見 雅行（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

ライフラインネットワークの地震時被害推定システムの開発を目的とした研究を実施している。平成29年度は、熊本地震の被災地におけるボーリングデータから地盤の非線形挙動にかかる特性と抽出して整理したほか、地震観測記録に基づいて地盤の応答特性を検討した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕強震動、地下構造、ボーリング

〔研究 題目〕光・超音波の統合及び光の位相空間制御による高機能光音響イメージングシステムの開発

〔研究代表者〕椎名 毅（京都大学・医学研究科）

〔研究担当者〕新田 尚隆（健康工学研究部門）、
椎名 毅（京都大学・医学研究科）、
山川 誠（京都大学・医学研究科）、

近藤 健吾（京都大学・健康長寿社会の総合医療開発ユニット）、

浪田 健（京都大学・医学研究科）、

戸井 雅和（京都大学・医学研究科）

（常勤職員1名、他5名）

〔研究 内容〕

光と超音波技術を融合した光音響イメージングは、他のモダリティでは描出が困難な、微細ながんの新生血管を描出し早期診断に有用であることや、腫瘍血管の酸素飽和度を評価でき、良悪性の鑑別診断が可能になることが期待されている。しかし、従来の光音響法では、光自体の特性や臨床における計測条件などに関するさまざまな制約が、解像度、画質、定量性の低下を招いている。そこで本研究では、従来の光音響イメージングの医療計測における解像度、画質、定量性などの機能の低下をもたらす要因に対処するため、臨床での計測条件に適合した各種アルゴリズムの開発や、超音波と光の最適な融合方法の検討などを行う。これにより、深部計測や臨床計測時においても、高解像度、高画質が維持され、酸素飽和度などを定量的に得ることが可能となる。本研究では、このように高機能で実用的な光音響イメージングの実現を目指す。

平成29年度は、生体の音響特性、特に音速分布が再構成画質に与える影響を検討すべく、屈折による超音波伝搬経路の変化について数値的に検討した。組織モデルとして円形内包及び多層構造を用い、音速分布と再構成像との関係について明らかにした。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕光音響イメージング、可視化、非侵襲生体計測

〔研究 題目〕Bull's eye パターン化プラズモニクチップによる神経細胞ネットワーク解析

〔研究代表者〕田和 圭子（関西学院大学）

〔研究担当者〕細川 千絵、大西 恵（バイオメディカル研究部門）（常勤職員1名、他1名）

〔研究 内容〕

本研究は、波長オーダーの周期構造を金属薄膜でコーティングしたプラズモニクチップ上で神経細胞を培養し、非線形な光学特性を利用して神経細胞のネットワーク解析を行うものである。プラズモニクチップを用いてレセプターのダイナミクスと神経伝達との相関について、多点での1分子計測を可能とし、同時に神経電気活動を広い領域で計測することが期待される。今年度は、神経細胞表面のレセプター1分子ダイナミクスの高感度計測を実現するため、金をコートした二次元ホールアレイのプラズモニクチップ上で神経細胞を長期間培養できることを確認した。プラズモニクチップ上で培養した神経細胞のシナプス表面に局在するグルタミン酸受容体を量子ドットで標識したところ、カバーガラスで培養

した細胞と比較して蛍光強度値が高いことを見出し、細胞膜上を並進拡散運動する受容体分子の分子動態に相当する輝点の動きを観察することができた。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 表面プラズモン共鳴、増強蛍光、神経細胞

〔研究題目〕 ナノチューブファイバレーザを用いた超広帯域デュアルコム光源の開発

〔研究代表者〕 榊原 陽一（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 榊原 陽一、周 英（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究ではカーボンナノチューブ可飽和吸収体を組み込んだモード同期ファイバレーザを用いた超広帯域デュアルコム光源の開発に取り組んでおり、産総研は分担研究として単層CNTをポリイミド樹脂に均一に分散させたCNT薄膜の作製技術およびCNT薄膜をレーザー光路中に実装する技術を検討した。ポリイミド樹脂を溶かした有機溶剤に直径約1.5 μmのHIPCO法の単層CNTをいれ、超音波処理の最適化により、CNTの凝集体が細かく解繊されて、高品質な分散液がえられた。また、直径約2 μmのeDIPS法の単層CNTと高分子の分散も検討し、最適な分散工程及び製膜工程を見出した。また、CNTポリイミド薄膜を光ファイバー光路に挿入するための実装ステージ系を構築した。まずCNTポリイミド薄膜を小片チップに切断加工し、小片チップを搬送する手法としてチャックとリリースの自由度の高い吸着チャック法を採用した。吸着チャックした小片チップを任意の位置と方向に保持装着するために必要な移動と姿勢保持の自由度を確保できる6軸制御のステージ系に対して、ズーム顕微鏡にCCDカメラを搭載した観察光学系を付加設置し、カメラ観察実装を可能とする実装装置系に改良した。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 ナノチューブ、レーザ

〔研究題目〕 遠隔操作の多項目観測による西之島形成プロセスの解明

〔研究代表者〕 武尾 実（東京大学）

〔研究担当者〕 篠原 宏志、中野 俊（活断層・火山研究部門）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

2013年11月に噴火が始まった西之島において各種地球物理的観測および物質学的データの習得を行い、西之島の噴火活動や西之島形成プロセスの理解を目指す。

本年度は現地調査は実施されなかったため、センサーを用いた火山ガス組成観測精度の向上を目指しSO₂センサーおよびH₂Sセンサーの相互干渉の影響を評価した。特にH₂SセンサーはSO₂ガスに対しても20%程度の感度を持つため、センサーの直前にSO₂ガスを吸収

除去するフィルターを設置して観測を実施している。標準ガスを用いた校正実験により、SO₂除去フィルターによりSO₂ガスの影響をほぼ100%除去可能であるが、H₂Sガスに対する感度も数%低下するため、除去フィルターを設置した状態で校正を実施することが必要であることが明らかとなった。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 西之島火山、噴火、活動推移

〔研究題目〕 あかつき・地上観測と数値モデリングの連携による金星大気力学の研究

〔研究代表者〕 松田 佳久（東京学芸大学）

〔研究担当者〕 神山 徹（人工知能研究センター）
（常勤職員1名、他6名）

〔研究内容〕

金星の自転速度は1.6 m/s（自転周期は243日）と非常に遅いのに対し、金星大気はその全体が自転よりも速く回転しており、雲頂付近（高度約70 km）での東西風速は自転速度の60倍、100 m/sにも達する。この現象は金星大気スーパーローテーションと呼ばれ、大気の運動を支える運動量輸送が従来の気象学では説明できないことから、惑星気象最大の謎の一つとされている。本研究では数値シミュレーションと観測・データ解析の密接な連携により、金星大気中の波の構造と力学的性質を明らかにし、スーパーローテーションの成因解明を目標としている。

産業技術総合研究所では地上大型望遠鏡による観測データの取得・解析と衛星取得データの解析を通して、観測の面から金星大気中に存在する波のふるまいを明らかにすることを担当し、平成28年度ではハワイ・マウナケア山頂に設置されている大型望遠鏡による金星観測を実施した。その結果金星夜面においてスーパーローテーションの存在の中、金星の地面に固定されたようなふるまいを示す大気波動の存在を確認した。この波動はスーパーローテーションを減速する特性を持つなど、新たな運動量輸送の存在を明らかにしている。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 画像解析、データ処理、地球科学、惑星科学、金星

〔研究題目〕 別府湾柱状堆積物の解析にもとづく過去8,000年間の太平洋十年規模変動の復元

〔研究代表者〕 山本 正伸（北海道大学）

〔研究担当者〕 池原 研（地質情報研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

別府湾コアの古水温及びイワシ鱗の測定から、過去8,000年間の太平洋十年規模変動とそれに伴うレジームシフトの復元を行うのが本研究の目的である。本年は別府湾からすでに採取されている2本のコア中のイベント

層の同定とコア間対比、これらに基づく年代モデルの確定作業を行った。さらにイベントの特徴づけと起源の推定並びに長期的な給源変化の推定のため、イベント層と半遠洋性泥の鉱物組成と化学組成の取りまとめに着手した。これらの結果、イベント層の頻度と海水準変動の間関係を認定し、化学組成や鉱物組成に時間変化があることを確認した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】別府湾、気候変動、レジームシフト、イベント堆積物、年代モデル

【研究 題目】マイクロ波プロセス・トモグラフィー法による血流内微小血栓モニタリング法の確立

【研究代表者】武居 昌宏（千葉大学）

【研究担当者】丸山 修（健康工学研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

体外補助循環回路における血栓形成頻発箇所であるチューブコネクタ段差部の血栓形成を検出するメガヘルツ帯インピーダンス計測プローブを開発し、その有効性を *in vitro* 血液凝固試験にて評価した。クエン酸ナトリウムで抗凝固された新鮮ブタ血液を循環し、塩化カルシウムにより活性凝固時間を180 sec に調整して、プローブが観測しているコネクタ段差部の血栓形成を誘発した。結果として、コネクタ段差部の微小血栓の形成に伴うインピーダンス変化を明らかにし、高精度血栓検出に成功した。その変化は血液赤血球密度（ヘマトクリット）および血液酸素飽和度変化に伴うインピーダンス変化とは大きく異なる周波数帯があることが判明し、これに基づき任意のヘマトクリットおよび酸素飽和度の血液において血液凝固イベントのみを検出できるアルゴリズムを確立した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】人工臓器、高せん断、血栓検出、誘電緩和

【研究 題目】非線形モード局在型マイクロレゾネータアレイによる超微小質量計測とバイオセンシング

【研究代表者】松本 壮平（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】松本 壮平、山本 泰之（常勤職員2名）

【研究 内容】

筑波大学と産総研（集積マイクロシステム研究センターおよび工学計測標準部門）の協力により、生体分子の反応過程の解明に向けた液体中で超微小質量の計測が可能な MEMS センサの開発を行っている。共振器（レゾネータ）を用いる質量計測の原理では、質量変化に伴う共振点のわずかな変化を検出する必要があるが、液体中

では減衰により周波数の明確なピークが得られず計測が難しいという問題があった。本研究では、これまでに提案している自励振動によるレゾネータ励振法をさらに発展させ、互いに弱いバネで結び付けられた複数レゾネータによる弱非線形連成効果と非線形モード局在現象を利用した新しい微小質量計測手法およびそれらを実現する MEMS 質量センサの開発を行う。前年度までに、MEMS 技術で作成した非線形連成レゾネータアレイを用いて、レーザードップラー振動計下で自励発振を行うシステムを構築し、液中でマイクロビーズを一方のレゾネータに吸着させ、振幅比変化の計測により提案原理に基づいて微小質量変化を検出可能であることを実証した。平成29年度は、検出感度を向上させるため、レゾネータの自励振動の振幅を非線形フィードバックにより微小に保つ手法を開発した。また、レゾネータ形状最適化の検討から、カンチレバー剛性を高めることの有効性を見出し、これを反映した MEMS レゾネータアレイを設計・試作した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造、計量標準総合センター

【キーワード】MEMS、質量センサ、レゾネータ、自励発振、液中計測

【研究 題目】エピトランスクリプトーム解析のための RNA インフォマティクス基盤技術

【研究代表者】浅井 潔（東京大学）

【研究担当者】亀田 倫史（人工知能研究センター）、阿部 洋（名古屋大学）、浜田 道昭（早稲田大学）、（常勤職員1名）

【研究 内容】

修飾塩基を含む RNA の2次構造情報解析技術を開発し、エピトランスクリプトーム解析のための RNA インフォマティクス基盤技術を確立することを目的とする。重要だが従来2次構造予測では扱えない修飾塩基について、エネルギーパラメータを実験と分子動力学計算の組み合わせで同定し、様々な RNA 2次構造解析ソフトウェアに導入する。さらに、修飾塩基を含む RNA 転写物を網羅的に解析し、データベースを作成して公開する、また、修飾塩基を含む RNA が指定の2次構造を持つように設計できる、創薬応用志向の RNA 配列設計技術の基盤を確立することが目標である。

これまでに、自己会合し、かつ、修飾塩基イノシンを含む様々なヌクレオチドを化学合成により作成し、それらの熱化学測定を行い、熱安定性 (ΔG) を求めた。また、イノシンの分子モデルを作成し、実験を行ったヌクレオチドを計算機上に再現した。それらの分子動力学シミュレーションを元に、イノシンを含まない配列 A からイノシンを含む配列 B への変異に伴う自由エネルギー変化 ($\Delta \Delta G$) を求め、実験値と比較したところ、相関係数が0.9程度とよく相関することを示した。これら

の実験・計算データから RNA 二次構造予測用のエネルギーパラメータを求める、統計学的手法の開発も行った。今後は、これらの手法を用いて、実際に二次構造予測を行う予定である。

【領 域 名】情報、人間工学

【キーワード】RNA、分子動力学シミュレーション、修飾塩基

【研究 題 目】次世代タンパク質性医薬品開発に向けた反応システム系の開発と展開

【研究代表者】大高 章（徳島大学）

【研究担当者】広川 貴次（創薬分子プロファイリング研究センター）（常勤職員1名、他3名）

【研究 内 容】

タンパク質製剤に代表される生物医薬品の医療における重要性は増大の一途をたどっており、生物医薬品の高機能化を通じたさらなる発展が期待されている。しかし、高機能化のためにはアミノ酸配列選択的な修飾反応と、この修飾部位の特異的反応性ユニットへの変換が不可欠である。本要件が達成されれば、従来にない人工タンパク質の創製やアミノ酸配列特異的な機能性分子の導入を基盤とする高機能化が可能となる。そこで、本研究ではタンパク質性医薬品の高機能化のための化学反応システムの構築を目指す。すなわち、本研究ではタンパク質の特定配列選択的な特異的反応ユニットの導入を目標とし、この特異的反応性を利用した人工タンパク質創製（半化学合成）やタンパク質への機能性部位導入を通じた生物医薬品高機能化をその目的とする。

本年度は、実験グループ（徳島大学）を中心となって、戦略 A：二価ニッケル（Ni(II)）イオンの特異的配列に対する錯体形成の利用、戦略 B：Zn-finger 錯体の利用、の2戦略それぞれについて、①アミノ酸配列選択的の化学反応の基盤開発、②配列選択的の反応を利用した特異的反応ユニットの導入研究を実施している。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】バイオ医薬品、アミノ酸配列選択的な反応、タンパク質直交性がある反応、水中反応

【研究 題 目】タイ低地熱帯季節林の森林タイプの成立要因と降水量シフトによる森林機能への影響評価

【研究代表者】前田 高尚（環境管理研究部門）

【研究担当者】前田 高尚（常勤職員1名）

【研究 内 容】

地球温暖化に伴うと思われる降水量シフト（年降水量や季節性の変化）や極端な気象が顕在化している。近年タイでは乾季の降水量の増加や、雨季に乾燥期間が出現する傾向が見られ、生物季節の変化など森林生態系への影響も認められる。タイ低地には常緑林と、2つの異なる

乾季落葉林が存在する。これらの分布は、従来は気候的要因で説明されてきたが、我々の以前の調査により、森林タイプの分布は地質や地史に明瞭に対応していることがわかり、土壌基質にも依存しているという仮説を立てるに至った。これに従えば、タイの低地林は、降水量シフトや土壌改変に対し、従来の認識よりさらに脆弱であることになる。本課題では、京都大学ほかと共同で「タイ低地熱帯季節林の成立要因に関する新仮説」を検証し、これに基づいて「土壌-樹木-大気」の関係をモデル化して、降水量シフトなど気候の長期的変化に伴う熱帯季節林の変化の予測と脆弱性の評価を行うことを目指す。このため、タイ中西部カンチャナブuri県にある混合落葉林、タイ東北部ナコンラチャシマ県にある乾燥常緑林と乾燥フタバガキ（落葉）林などにおいて、気象などの環境要素、林冠フェノロジー（出葉、開花などの季節状態）などの連続観測を現地機関の協力の下で継続する。

今年度も、各項目の連続観測を継続して行った。また、混合落葉林内に多く存在し、年に2日程度しか花をつけないビワモドキ科樹木のフェノロジーについて、過去10年間以上の林冠映像や気象観測値を用いて解析を行い、開花の時期が、乾季に散発的に起こる降水と土壌水分の一時的増加に依存していること、エルニーニョ現象の影響を強く受けて、年により2か月以上もの差が生じていることを見出した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】熱帯季節林、陸域生態系炭素収支、地球温暖化、生物多様性、エルニーニョ現象、フェノロジー

【研究 題 目】運動の獲得と学習に介入するスポーツ・シミュレーション科学

【研究代表者】中村 仁彦（東京大学）

【研究担当者】神永 拓（常勤職員1名）

【研究 内 容】

人の運動解析には動力学計算やデータの格納、レンダリングといった複数の独立したプロセスが必要である。これまではこれらの処理は独立したプログラムとして作成され、処理自体も別個のプロセスとして取り扱われていた。一連の処理を自動化し、処理できるデータ量を増加するためにはこれらのプログラムや処理を連携する必要があるが、異なる時期に異なる目的で作成されたプログラムを連携することは容易でない。特に、複数のコンピュータにまたがる分散処理を行う場合、その通信方法から設計する必要があり、自由度が高い反面実装が多い。そこで、本研究では複数のコンピュータにまたがる処理プログラム間を、ROS を用いて通信し、ROS ノードと各プログラムは独立プロセスとしつつ共有メモリを用いて通信することで、旧来のプログラムへの改変を最小化する方法を考案した。AWS などのクラウドサービスへ移行できつつ開発の効率を高めるために、本年度は、ロ

ーカルな仮想マシン間で ROS による通信を行い、共有メモリを介して処理プロセスと情報をやり取りするテストシステムを構築した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】バイオメカニクス、分散情報処理、運動解析

【研究 題 目】化学物質の包括的モニタリングを可能にする質量分析法の応用に関する研究

【研究代表者】頭士 泰之（安全科学研究部門）

【研究担当者】頭士 泰之（常勤職員1名）

【研究 内 容】

従来の環境汚染物質対策は、汚染が顕在化した後に原因物質の探索が行われるが、この間に相当の時間が経過し、対策の遅れによる被害の拡大を招くことも珍しくない。リスク管理の観点からも、常時流出している化学物質の全体像の解明や異常時に増える物質の種類や傾向を把握することが求められている。近年、このような課題への対応の一つとして、多様な物質を一括検出する「ノンターゲット分析」が注目されつつある。

こうした背景を踏まえ、本研究では、環境中化学物質の包括的モニタリング法の実現のため、手法の開発と改良、問題の解決・回避法の提案を行い、開発した手法の利点を活用した好例を示すべく、モデル地域における大気および河川水の高頻度時系列モニタリングにより、基準監視だけでは見逃している多様な化学物質組成の変化の捕捉と主要物質の同定を行う。

本研究において今年度は、全国的に普及したガスクロマトグラフ分析計や液体クロマトグラフ分析計にも適用可能なスペクトル分解の手法開発を行った。クロマトグラフ分析で得られる全ピークをピックアップし、それに対し個別にスペクトル分解処理を行い、それら分解後ピーク全てに対し物質ライブラリ検索を施し、自動で物質を検出できることを確認した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】網羅分析、ノンターゲット分析、モニタリング、精密質量測定、手法開発

【研究 題 目】アルケノン生産性藻類の物質生産性向上のための基盤技術の研究

【研究代表者】岩田 康嗣（電子光技術研究部門）

【研究担当者】岩田 康嗣、織田 望、富田 かな子（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

本研究は、陸上植物に比べて物質生産性の高い微細藻類、取り分け海洋性ハプト藻を用いた石油資源代替となり得る炭化水素系オイル（アルケノン）、およびカロテノイド等の生産性向上を目指す。直接重イオン照射を行うシステムを構築し、高生産性及び培養環境変化に強い株のスクリーニングを行うことで有望な改変株を創出し、

そのゲノム配列の決定から原因遺伝子の解明につなげることを目的とする。

代謝機能が活性な状態では代謝に関わる遺伝子をもつゲノム部位の NDA 塩基配列が拡がり、関連遺伝子は染色体に折り畳まれた遺伝子に比べより多くの重イオン照射を受ける。本研究では培養液中の藻類への照射システムの開発を進めるため、照射損傷の耐性が高いシリコンクラスター超格子を利用し、先ず開口径2 mm の極薄照射窓を製作した。今後さらに開口径の拡大を図る。次に微生物コンタミネーションに極めて敏感な従属栄養藻類に対しても培養液中での重イオン照射を可能にするため、滅菌可能な開口径60 mm の照射システム、及びマイクロエル型コロニー形成を可能にする照射システムを併せて製作した。照射は高崎量子応用研究所の照射施設（TIARA）の AVF サイクロトロンを利用して行った。ハプト藻及び従属栄養藻類に対し、190 MeV, C⁶⁺イオン、63 MeV, He²⁺イオンそれぞれに照射線量の異なる照射を行い、コロニー培養によって生存率が50 %になる線量を求めた。従属栄養藻類は光合成を行うハプト藻と比較して重イオン照射の耐性が3倍高いことが明らかになった。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】藻類、重イオン照射、照射窓、遺伝子突然変異

【研究 題 目】ヒトミニ胃組織を用いた胃がん病態の究明と創薬応用

【研究代表者】原本 悦和（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】原本 悦和（常勤職員1名）

【研究 内 容】

幹細胞からの組織分化技術は、再生医療の実現だけでなく、病態の解明や、創薬に結びつけることが期待される。共同研究機関である奈良先端科学技術大学院大学は、マウス ES 細胞から機能的なミニ胃組織を丸ごと作製する技術を有しており、胃がんの前がん状態モデルの作製にも成功している。本研究ではヒト iPS 細胞を用いて、ヒトのミニ胃組織作製技術及びヒトの胃がんを試験管内で評価可能にする革新的技術を開発し、胃がんの病態解明と、胃がん治療薬のスクリーニング技術を確立することを目的としている。

ヒト ES/iPS 細胞は様々な組織細胞へ分化する能力を有する多能性幹細胞であるものの、マウス幹細胞に比べて分化能が低く、単一細胞にすると死にやすいなど性質の違いがあり、単純にマウス幹細胞の分化方法をヒト幹細胞に適用することは困難である。マウス胃組織分化培養方法を改良し、分化能力が低いヒト iPS 細胞でも安定して胃組織へと分化させることができる培養プロトコルへと最適化することが求められている。ミニ胃組織の源となる胃組織前駆組織の作製効率の向上、作製した胃組織の成熟化方法の改良の2つの課題が想定される。こ

のうち胃組織成熟化に必要なメカニズムを明らかにするため、モデル生物を用いて消化管成熟化のしくみを解析している。発生段階に応じて消化管がどのように成熟していくのか、それぞれの過程に関与する遺伝子・シグナル経路に着目して研究を進めている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】多能性幹細胞、ES 細胞、iPS 細胞、消化管

【研究 題 目】高品位三原色光源実現に向けた青・緑色面発光レーザー

【研究代表者】井手 利英（電子光技術研究部門）

【研究担当者】井手 利英（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、光の三原色である青・緑・赤色を半導体面発光レーザーの集積化光源により実現するために、GaN を中心とした窒化物系半導体で青・緑色の高性能面発光レーザーを開発する研究である。GaN 系青色面発光レーザーでは AlN, GaN 等の異種窒化物系半導体材料の多層膜形成が格子定数差が大きいため困難であり、室温連続発振が実現できてまだ数年である。その青色面発光レーザーの素子形成技術を改善し、動特性の評価まで実施するのが本研究である。産業技術総合研究所では名城大学にて作製した面発光レーザーの動特性評価を担当しており最終的には GHz 超の動特性を評価することとなっている、研究期間は3年間で平成29年度は初年度にあたる。平成29年度では、まず光出力が面発光レーザーよりも高く得られる GaN 青色ストライプ型半導体レーザーを試験デバイスに用い、Si フォトディテクタとネットワークアナライザを中心とした動特性の評価系を構築した。直接変調によりスイッチング動作させた GaN 青色半導体レーザーから出力されたレーザー光は Si フォトディテクタで検知した後、高周波アンプにて電気信号を増幅してネットワークアナライザにて検知した。試験用ストライプ型レーザーの限界である～0.5 GHz までは検知できたが、今後は面発光レーザーでの評価用に低発光強度に対応した測定系に改良する必要がある。

【領 域 名】環境・エネルギー

【キーワード】GaN（窒化ガリウム）、半導体レーザー、面発光レーザー、動特性

【研究 題 目】ポジトロニウムとポジトロニウム負イオンの基礎および応用研究の新展開

【研究代表者】長嶋 泰之（東京理科大学）

【研究担当者】満汐 孝治（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、我々のグループが開発したエネルギー可変のポジトロニウムビームを用いて、ポジトロニウムと固体表面との相互作用の研究やポジトロニウム負イオンの分光学的研究を展開する。具体的には、(1)ポジト

ロニウムビームを固体に照射して起こる散乱現象の観察を通して、ポジトロニウム波動関数の量子干渉実験や原子からのポジトロニウムの散乱強度測定、(2)これまでに観測されていないポジトロニウム負イオンの Feshbach 共鳴のレーザー分光を実施する。

本年度は、ポジトロニウムビーム発生装置を安定に動作させるために、真空排気装置の増強や真空槽の改造等の整備を進めた。加えて、固体表面散乱実験のための測定システムを整備し、試験的なデータを取得した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】ポジトロニウム、ポジトロニウム負イオン、粒子ビーム、レーザー分光

【研究 題 目】二相流動—変形—化学的浸透の統合的連成による遅い流れ場での泥質岩岩石物理学の創成

【研究代表者】徳永 朋祥（東京大学）

【研究担当者】後藤 宏樹（地圏資源環境研究部門）、愛知 正温、徳永 朋祥（東京大学）
（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

本研究では、極めて遅い流れ場において泥質岩中で発生しうる、濃度差が発生する場での化学的浸透現象に伴う流動と変形、極めて遅い二相流動場における不均質流れによる変形、ガスの移動に伴う間隙水の蒸発と濃度変化による化学的浸透現象の発生、という連成過程に関して、室内実験・原位置試験により現象を明らかにする。また、多孔質材料に関する力学体系を拡張することにより、現象を統合的に説明するモデルを構築するとともに、それに基づく数値解析コードの開発を目指す。

本年度は、極めて遅い流れ場での空間的に不均質な二相流動に伴う変形過程の検討に向けて、水で飽和した泥質岩中に極めて遅い流量でガスを圧入する予察的室内実験を実施した。空間的に不均質な二相流動としてコア試料の中心軸に沿った局所的なガスの流動を仮定し、変形—二相流動連成解析を実施したものの、実験結果は再現されなかった。ガスの流路のパターンの単純さが原因となった可能性があり、今後ガスの流路としてより現実に近いものを適用し、解析を試みる必要がある。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】CO₂地中貯留、放射性廃棄物地層処分、泥質岩、二相流動、変形、化学的浸透

【研究 題 目】新規光受容タンパク質による鞭毛繊毛機能の光制御

【研究代表者】稲葉 一男（筑波大学）

【研究担当者】広瀬 恵子（バイオメディカル研究部門）
（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究課題の代表者である筑波大学生命環境系・稲葉

一男教授らは、真核生物の鞭毛・繊毛運動を駆動する分子モータータンパク質であるダイニンと直接結合する光受容分子を同定し、ダイニン結合 BLUF タンパク質 (DYBLUP) と命名した。DYBLUP は、光に応答し分子モーターを直接制御する可能性がある。本研究では、DYBLUP とダイニン分子の結合様式を構造生物学的に解析するとともに、特定光による DYBLUP および DYBLUP-ダイニン結合複合体の構造変化を解析し、光による鞭毛・繊毛運動制御機構を明らかにすることを目標とする。この研究課題に研究分担者として参加し、電子顕微鏡による分子形態の観察を行った。鞭毛から抽出した内腕ダイニン f 分子に、DYBLUP に対する抗体を加え、ネガティブ染色電顕法によって抗体の結合位置を調べることにより、DYBLUP が内腕ダイニン f 分子のどこに位置するかを解析した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕分子モーター、鞭毛・繊毛、光受容

〔研究題目〕水田土壌の自律的な窒素肥沃度維持を担う微生物メカニズムの解明

〔研究代表者〕伊藤 英臣 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕伊藤 英臣 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

湛水下の水田土壌では嫌氣的環境が形成され、窒素循環に関わる還元反応 (脱窒、アンモニア生成型硝酸還元 (DNRA)、窒素固定) が活発に進行し、このことが畑土壌では見られない窒素肥沃度の自立的維持に繋がっていると考えられている。そこで本研究では水田土壌のこれら窒素還元反応を駆動する微生物群の解明を試みた。

従来法よりも解析バイアスの小さい、環境 RNA をまるごと解読するメタトランスクリプトーム法によって解析したところ、これまでの研究では検出例がほとんどない、*Deltaproteobacteria* 綱の鉄還元細菌に由来する脱窒、DNRA、窒素固定に関与する遺伝子転写産物が極めて高頻度に検出された。このことから *Deltaproteobacteria* 綱細菌が還元的窒素循環反応に最も寄与していることが示唆された。その中でも、これまで世界的に水田土壌に優占することが知られ、鉄還元反応を駆動する細菌として有名な *Geobacter* や *Anaeromyxobacter* 由来の遺伝子転写産物が高頻度に検出された。これらのことから、これまで窒素還元への関与がほとんど議論されてこなかった水田土壌優占種の *Geobacter* や *Anaeromyxobacter* が、脱窒反応の一部を担って硝酸を速やかに無機化し、DNRA や窒素固定によってアンモニアを生成している可能性が高く、それらが水田土壌の硝酸溶脱の低減や窒素肥沃度の維持に大きく寄与していることが示唆された。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕水田、土壌微生物、窒素循環

〔研究題目〕癌転移骨環境を空間的・時間的に制御する生体活性付加カーボンの開発と安全性評価

〔研究代表者〕湯田 坂雅子 (ナノ材料研究部門)

〔研究担当者〕湯田 坂雅子、中村 真紀、大矢根 綾子、片浦 弘道、齋藤 直人 (信州大学)、(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

転移骨がんの治療への実用化をめざし、ナノカーボンを用いた薬剤送達システム (DDS) の構築を目標としている。骨がん部位では破骨細胞の活性が高く、骨がもろくなる。そこで、骨がん部位特異的に破骨細胞の活動阻害剤であるビスフォスフォネート (BP) を送達することを可能にするために、BP をナノカーボンに担持させた BP/ナノカーボン複合体ナノ粒子の作製を検討した。その結果、BP をナノカーボンに直接担持するのは困難であったが、両者に親和性の高い燐酸カルシウム (CaP) を用いたところ、CaP を介した BP のナノカーボンへの担持 (BP-CaP/NC) に成功した。今後、BP-CaP/NC ナノ粒子による破骨細胞の活動抑制効果を評価する。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕ナノカーボン、骨がん

〔研究題目〕多利用者・多状況に共通する特性の抽出による情報転移 BMI

〔研究代表者〕川鍋 一晃 (株式会社国際電気通信基礎技術研究所)

〔研究担当者〕兼村 厚範 (人間情報研究部門)、川鍋 一晃、平山 淳一郎 (以上、株式会社国際電気通信基礎技術研究所) (常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

脳活動から意図を読み取る BMI における実用上の難点として、安定して使えるようになるまでに必要な長い訓練時間、および精度を保証するために必要となる利用直前の校正用データ計測があげられる。本研究は、多人数の脳活動データを用い、脳活動に共通して現れる成分のモデリングと安静時計測の利用により、都度の校正を必要としない BMI とそれに用いる機械学習法の確立を目的としている。

本年度は、異なる状況間で汎化する脳波・生体信号の特微量解析法に関して研究を進め、以下の5点に取り組んだ。第1に、安静時脳機能ネットワーク状態の推測に適した脳波特微量を構築するため、生成モデルが陽に計算できる深層学習法 SPLICE を提案した。脳波-fMRI 同時計測データに適用したところ、うつ病に対する fMRI ニューロフィードバックで用いられている信号に相関する SPLICE 成分が得られ、共同研究者が脳波フィードバックにおける有用性検証を始めている。第2に、脳波信号の共分散行列の揺らぎを表現する確率モデルを

導入し、情報幾何学に基づくロバストな BMI 特徴量抽出法を構築した。第3に、筋電データの日間変動の校正を行う転移学習法を開発し、運動の認識精度が向上することを示した。第4に、準シミュレーションを用いて、信号再現性の高い筋電由来ノイズ除去法を適用することでかえって BMI の識別精度が落ちる可能性があることを示した。第5に、多変量自己回帰モデルを用いた脳波信号の欠損値補間法を提案した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】確率的情報処理、機械学習、ブレイン・マシン・インタフェース (BMI)

【研究 題 目】西太平洋～インド洋海域洋上エアロゾルの光学特性と変質

【研究代表者】塩原 匡貴 (国立極地研究所)

【研究担当者】塩原 匡貴、古賀 聖治 (環境管理研究部門)、小林 拓 (山梨大学)
(常勤職員1名、他2名)

【研究 内 容】

本研究では、西太平洋から南大洋のインド洋海域を対象に、エアロゾル粒子の光学特性とその鉛直構造の実態を把握し、人為起源エアロゾル粒子が大気環境に与えている影響を明らかにする。本研究の特色は、南極観測船「しらせ」が毎年定期的にはほぼ同一の海域を航行することを利用して、エアロゾル粒子の光学特性を地球規模で把握することである。

観測は大気全層並びに大気境界層のみを対象とした項目に大別され、いずれもエアロゾル粒子の光学特性を計測する。日本南極地域観測隊の隊員が観測を行うため、搭載される各観測装置の取り扱いについて、習熟訓練を隊員に対し予め実施する。担当する観測装置について、校正や動作確認を行った後、装置を船に搭載し、航路上で本観測を実施する。取得データをノートパソコンに収録し、帰国後に解析を行う。

筆者は大気境界層を対象とした観測とそのデータ解析を担当している。航海中、海況は開水域、海氷域、定着氷域と変化する。これらに対応して、エアロゾル粒子の光学特性も変化する事がわかった。特に海氷・定着氷域ではエアロゾル粒子とその先駆物質の供給が抑制されるため、光学特性を表す数値が開水域の10分の1程度に減少する。人為的汚染の指標となるエアロゾル粒子の吸収係数は、総観規模の風系に依存し、北西季節風に晒された西太平洋上で最高値を示した。これに対し、貿易風帯および南大洋ではほぼゼロであった。なお、計測原理に基づく誤差の低減を目的に、取得データ値に対して値の補正を行った。また、計測時の各種パラメータを用いて、検出限界値の算出を行った。これらにより、取得データに対する信頼性の向上を計った。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】エアロゾル、光学特性、海洋大気境界層

【研究 題 目】藍藻産生毒素分解菌の分子育種株を用いた新規水環境修復技術の開発

【研究代表者】清水 和哉 (筑波大学)

【研究担当者】間世田 英明 (バイオメディカル研究部門) (常勤職員1名)

【研究 内 容】

富栄養化に伴い発生する有毒アオコは、難分解性の有毒物質 microcystin や浄水処理障害をもたらすため、その処理技術の確立が急務とされている。有毒物質 microcystin の挙動を理解するために有毒物質分解菌の単離、その分子機構の解析、水処理生物膜や環境中での分解菌の個体群密度解析と、その有毒物質 microcystin 濃度の動態解析が主に実施されてきた。今なお有毒アオコは世界的に大きな社会問題であるため、突発的かつ高濃度の有毒物質に対する生物学的浄水処理法の構築が渴望されている。そこで分子育種株を用いた持続的かつ安全・安心な淡水利用の為に、有毒アオコが産生する有毒物質と藍藻細胞を迅速に制御できる安価な新規水環境修復技術の確立を目的とする。この技術は、様々な生物学的環境修復法や分子育種株の環境中の挙動といった微生物生態学に社会的かつ学術的に波及効果が強く期待できる研究課題である。本年度は、分解菌を分子生物学的に育種し、分解活性を数倍高めることに成功した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】藍藻、アオコ、マイクロシスティン

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

【研究代表者】根岸 信彰 (環境管理研究部門)

【研究担当者】根岸 信彰、宮崎 ゆかり
(常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

本研究では太陽光を藻類培養と油分抽出並びに残渣のバイオガス変換の両者で使用する省エネルギー型新規プロセスの開発を実現するため、光触媒を用いた微細藻類の破碎によるオイル回収及び残渣の光触媒分解によるバイオガス生産に向けた基礎研究を進めた。本年度は、微細藻類の代わりにモデル細菌を用い、これを光触媒反応により処理する場合、生理食塩水を使用すると以前の我々の研究から塩素イオンが光触媒作用により活性化し殺菌効果が高まることを見いだしていることから、リファレンスデータを得る目的で塩化ナトリウム以外に光触媒作用により活性化されず且つ細菌の生残率の高い塩の探索を行った。生体に対する刺激が少ないナトリウム塩を中心に探索したところ、硫酸ナトリウムを使用した系では硫酸根は生体親和性が良くモデル細菌の培養系に使用出来る事が分かったが、その一方で光触媒活性そのものを低下させることも判明したため、光触媒殺菌系には不適であることが分かった。炭酸ナトリウムを使用し

た場合、濃度が0.5 %のときにモデル細菌の生残率が良いことを見いだした。さらに、炭酸ナトリウムと炭酸水素ナトリウムの混合系ではモデル細菌の生残率がより高くなることを見いだした。炭酸塩そのものは光触媒能へ与える影響は小さいため、光触媒によるモデル細菌の処理には最適であるが、炭酸水素ナトリウムの混合系の場合には、重炭酸イオンが光触媒能を著しく低下させる性質を持っていることから、炭酸ナトリウムと重炭酸ナトリウムの混合系は光触媒反応系に適用できないことを明らかにした。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 光触媒、海水、バイオマス

〔研究 題目〕 金属素材の持続可能な循環利用システムの構築

〔研究代表者〕 畑山 博樹（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 畑山 博樹（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

金属素材の社会中での使用量（ストック）は先進国において飽和傾向にある。これらの国では、使用済み製品から回収された鉄鋼等の金属は相当量が輸出されており、国内で循環利用し続けられているとは言いがたい。さらに鉄に随伴するレアメタル等合金元素については、国内のリサイクルであってもほとんどが有効に活用されていない。そこで本研究では、鉄およびその合金元素の循環に着目し、「循環利用に従った合金元素の挙動に関する体系的理解」「鉄鋼材に混入する不純物の経路と量の定量化」「鉄スクラップの合金種別分離等の合金元素を有効利用するための循環システムの最適化」を実施する。

本年度は、鉄鋼における合金元素の利用ポテンシャルを把握するために、日本の鉄鋼フローの分析をおこなった。特に、特殊鋼を詳細に分類したマテリアルフロー分析をおこなうことで、随伴する合金元素の挙動の分析を可能とした。分析の結果、特殊鋼の国内消費量や蓄積量は普通鋼と異なり全体として増加傾向にあるが、2000年代後半の不況の影響を受けて一時的に減少していると推計された。また、年間消費量ベースでは特殊鋼の主な用途は自動車であるものの、国内蓄積では産業機械への構造用鋼が大きな割合を占めていることを明らかにした。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 リサイクル、都市鉱山、鉄鋼、レアメタル、社会ストック

〔研究 題目〕 国内古生物標本ネットワークの構築とキュレーティング支援方法の確立

〔研究代表者〕 伊藤 泰弘（九州大学）

〔研究担当者〕 兼子 尚知（地質情報研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

本研究では、国内の古生物標本を所蔵する大学・博物

館・資料館等の標本データベースを横断的に検索できるようネットワークを構築し、古生物学の論文に記載された証拠標本について所蔵状況を明らかにしてその維持・管理体制を整備する。国内の大学・博物館・資料館等における標本の所蔵状況を把握し、いくつかの中・小型館等について標本整理や目録・データベースの作成からその公開に至るキュレーティング活動を支援あるいは共同で行い、それらの成果を恒久的に維持できるようにアーカイブ等の仕組みを整備することを目指す。

今年度は、国内古生物標本所蔵情報の収集のため、日本古生物学会2017年年会（北九州市立自然史・歴史博物館）に参加した。また、参加協力を依頼するための協議および共同研究者との打合せの目的で、横須賀市自然・人文博物館（神奈川県横須賀市）・久慈琥珀博物館（岩手県久慈市）を訪ねたほか、北海道への出張では道内7か所の博物館・大学（北網圏北見文化センター・美幌博物館・網走市立郷土博物館・知床博物館・根室市歴史と自然の資料館・厚岸町海事記念館・北海道教育大学釧路校）を訪問した。各機関の担当者に、日本古生物標本横断データベースへの参加とデータ提供の依頼を行った。さらに、北網圏北見文化センター（北見市）所蔵の貝化石標本の整理を実施し、ラベル・一覧リストを作成した。今後、このような作業をケーススタディとして標本キュレーティング活動の協力・支援方法を確立し、各博物館からデータの提供を受けてデータベースを拡充する。

〔領 域 名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 古生物標本、データベース、博物館学

〔研究 題目〕 ターミナル海盆の堆積記録を用いた南海トラフの地震発生履歴の高精度化

〔研究代表者〕 芦 寿一郎（東京大学）

〔研究担当者〕 池原 研（地質情報研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

海溝型巨大地震の過去の発生場所・時期の推定のために、地震動によって発生した混濁流を逃さずに溜められる深い凹地（ターミナル海盆）の堆積物から高精度で欠損のない地震履歴情報を得ることが目標である。本年はこの目標のため、駿河湾から日向灘の海域において調査航海を実施し、深海曳航式探査装置により表層地層探査記録と表層堆積物試料を得た。熊野沖や室戸岬沖、日向灘での表層地層探査記録には活断層や現在進行中の傾動運動による変形地形が確認できた。堆積物の分析からは海底表層堆積物の再移動・再堆積過程を認定した。

〔領 域 名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 南海トラフ、地震性タービダイト、活構造、ターミナル海盆

〔研究 題目〕 動力学的震源を活用した地震ハザード評

価値の新展開

〔研究代表者〕 三宅 弘恵 (東京大学)

〔研究担当者〕 三宅 弘恵 (東京大学)、加瀬 祐子
(活断層・火山研究部門)、松島 信一
(京都大学)、関口 春子 (京都大学)
(常勤職員1名、他3名)

〔研究内容〕

本研究は、観測事実を説明する想定内の地震動を生成する地震シナリオに、動力学的な知見を加味することにより、想定外の地震動のハザード評価を提示することを目的とする。

平成29年度は、経験的手法・運動学的手法による想定兵庫県南部地震のハザード評価を基に、地震シナリオ作成手法の改良を行った。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 地震ハザード評価、疑似動力学的震源モデル、動力学的震源モデル

〔研究題目〕 セントラルコマンド発現機構の探索—大脳辺縁系皮質から筋血管に至る神経回路の同定

〔研究代表者〕 松川 寛二 (広島大学)

〔研究担当者〕 小峰 秀彦 (自動車ヒューマンファクター研究センター)、松川 寛二、
川真田 聖一、長尾 正崇、梁 楠、
遠藤 加菜、黒瀬 智之 (広島大学)、
定本 朋子 (日本女子体育大学)、
丹 信介 (山口大学)
(常勤職員1名、他8名)

〔研究内容〕

高次中枢からの中枢指令が運動時に働き筋血管を拡張させ血流量を増加させることを報告した。大脳皮質から筋血管に至る中枢指令に関わる神経回路の同定を研究目的とした。

(I) 動物を用いた研究：

大脳辺縁系から生じる信号が中脳腹側被蓋野 (VTA) にある神経回路を駆動し VTA から中枢指令を発生させるという仮説を検証した。視床下部尾側部で除脳したラットは自発運動を起す事ができ、その際に交感神経活動や血圧も増加する。筋弛緩薬により筋収縮を抑制した場合でも、交感神経活動や血圧の増加は変わらず、中枢指令が脳幹部で発現することを示唆した。除脳ラットの VTA 尾側部切断は自発運動および中枢性循環応答を減少させた。次に、覚醒ラットを運動群 (踏み車を回す群) と対照群 (踏み車を除いたケージに入れた群) に分け、屠殺後に摘出した脳幹標本に c-Fos 核染色を試みた。興奮した神経細胞は c-Fos 陽性となるが、自発運動群の VTA における c-Fos 陽性細胞数は対照群よりも増加した。以上の結果は VTA が中枢指令の発生に関係するという仮説を支持した。

(II) ヒトを用いた研究：

- ① 筋血流量の中枢性調節：巧緻性動作がより大きな中枢性筋血流量の増加を伴うという仮説を調べるため、上肢の回転運動と手指巧緻運動 (2球回転) を比較した。巧緻運動は、活動量が低いにも関わらず、対側前腕筋の血流量をより増加させた。中枢指令の大きさは、活動量よりも巧緻性に関係すると考えられる。
- ② 中枢指令回路の探索：近赤外分光計を用いて自発歩行時にみられる前頭前野および運動野領域の脳活動の時空間分布を計測し、中枢指令の発現に関する脳機構を調べた。運動野と前頭前野の脳活動は歩行運動時に全く異なる動態を示し、前頭前野のみが自発運動開始に先行した賦活を示した。声掛けに応じて運動を開始した時には前頭前野の賦活は起らず、前頭前野は中枢指令の発現に深く関係すると思われる。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 自律神経、運動、血流

〔研究題目〕 立体視的3次元知覚に及ぼす背景面の効果—奥行き、方向、数量知覚について

〔研究代表者〕 下野 孝一 (東京海洋大学)

〔研究担当者〕 氏家 弘裕 (人間情報研究部門)
(常勤職員1名)

〔研究内容〕

ヒトの視知覚機能のうち、視空間定位について、奥行き知覚と視方向、および数量知覚について研究対象とする。このうち当該分担課題においては、いわゆる従来方式の立体提示により、奥行き知覚やこれに関連する視機能などのパフォーマンスに影響を与える要因の影響を明らかにすることを目的とした。

立体提示による影響要因の効果については、注視点によるベクシオン増加や酔いの軽減などが知られており、当該分担課題では、注視点の静止条件と運動条件による影響の違いについて、複数名 (10名) の実験参加者により予備的検討を行った。

立体映像観察はヘッドマウントディスプレイを用いて行い、空間を移動する状況をシミュレートした CG 映像が提示された。注視点の静止条件では、注視点が常に観察者の正面前方に立体提示されており、運動条件では、注視点が左右/上下に位置変化した。この運動条件では、静止条件と同様に注視点が観察者の視野の中央で捉えられるように、頭の向きを変化させて観察した。この映像観察前と観察直後に、主観評価を実施したところ、眼精疲労に関わる項目については、運動条件の方がスコアが大きい傾向が見られた。一方関連研究では、頭部運動がなければ、注視点の運動により、必ずしもスコアが上昇しないことも報告されており、これらのことから、頭部運動を伴う注視点の追従は、酔いに対する低減効果があるとしても、眼精疲労の影響が生じる可能性を示唆する者と考えられる。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 立体知覚、立体提示、注視点、眼精疲労、酔い

〔研究題目〕 奇周波電子対の物理 理論と実証

〔研究代表者〕 柏谷 聡（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 柏谷 聡、小柳 正男
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

奇周波電子対とは2電子の時間の入れ替えに対して電子対の符号が変わる新奇な電子対であり、この新奇な電子対の存在を理論・実験の両面から確立するのが本研究の目標である。奇周波電子対関数はバルクの電子対が既存のもの（偶周波数）であっても、併進対称性の破れにより広く偏在し、特に超伝導接合系の輸送特性に重要な役割を果たすことが理論的に解明された。本研究では Sr₂RuO₄ を始めとするスピン3重項超伝導体接合系の近接効果の理論的研究を系統的に行い、実験との比較を通して奇周波電子対の存在を確定する。また自発的対称性の破れによって誘起される超伝導体のバルクに合わされる奇周波電子対の物性解明を通して、並進対称性の破れにより形成される電子対との性質の違いを明確にする。本年度は Sr₂RuO₄ と Au の接合系において観測されたマイクロ波応答の低温アノマリーが、カイラル超伝導性および奇周波電子対の存在を表すかに関して解析を進めた。その結果、少なくとも奇周波電子対の存在とは矛盾しないことが明らかになり、今後さらに結晶方位を変えた測定を行う必要があることも示された。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 奇周波電子対、固体冷凍機、マイクロ波応答

〔研究題目〕 複合測地データを活用した震源断層即時推定システムの開発

〔研究代表者〕 太田 雄策（東北大学）

〔研究担当者〕 太田 雄策（東北大学）、高橋 浩晃（北海道大学）、大久保 慎人（高知大学）、板場 智史（活断層・火山研究部門）（常勤職員1名、他3名）

〔研究内容〕

本研究では、リアルタイム GNSS データと、広帯域で幅の広いダイナミックレンジを持つ歪計等の地殻変動連続観測を複合利用し、プレート境界で発生する地震の規模と、その断層面の広がりをより確度高く把握する、統合解析システムの構築を行う事を目的とする。

本科研費の最終年度である平成29年度には新規技術の開発を進めるとともに、その成果の取りまとめを平行して実施した。特にこれまでに進めてきたキネマティック GNSS 解析の高度化、キネマティック GNSS 時系列を定量的に評価するための精密可動台の開発、ひずみ計

を用いた震源断層即時推定手法の開発等の個々の要素開発を継続して実施するとともに、それらを統合して解析するためのプロトタイプシステムの開発を進めた。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 GNSS、歪計、地殻変動、震源断層

〔研究題目〕 ゲルポンプ内蔵マイクロチップ分析システムの創生

〔研究代表者〕 山口 佳則（大阪大学・工学（系）研究科（研究院））

〔研究担当者〕 原 雄介（機能化学研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、液体クロマトグラフィー分析機構と、分析機構に対象物質を送液が可能な小型ポンプ機構を合わせ持った新規マイクロチップの開発を目指している。本研究が開発目標とするポンプ機構をマイクロチップ内に内包させることで、測定時の操作性を簡便化し、ポンプとマイクロチップを接続する際に起こりやすい測定物質の汚染等の問題を解決することが可能である。本研究では、高分子アクチュエータをポンプの動力源として採用することで、使い捨て利用が可能な液体クロマトグラフィーマイクロチップの作製を狙った。ポンプで駆動された溶液によって液体クロマトグラフィー分析をマイクロチップ内部で効率的に行うためには、マイクロチャンネルの直径等、マイクロチップの構造を緻密にデザインすることが不可欠となる。本研究では、効率的な液体クロマトグラフィー分析の実現を目指して、マイクロチップの設計を行った。マイクロチップの検証実験では、マイクロチャンネル内部での反応を定量的に解析するため、画像分析による分析方法を検討した。マイクロチャンネル内を流れる移動相の安定した流れを作り出す機構を設計するため、マイクロピストン型・動力機構の動作関数を実験的に検証し、ワンプッシュ動作でのクロマトグラフィー分析に十分な送液量の実現を目指して検討を行った。送液の動力源となる自励振動ゲルについては、引き続き基礎検討を行った。今後は、使い捨てが可能な液体クロマトグラフィー・マイクロチップシステムの実用化を目指す。

〔領域名〕 材料・化学

〔キーワード〕 分析化学、クロマトグラフィー、マイクロチップ、アクチュエータ

〔研究題目〕 マイクロ RNA の量的・質的変動を解析するシステムの構築

〔研究代表者〕 谷 英典（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕 谷 英典、青木 寛、中村 薫
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

環境水中には多種多様な生体分子が存在しており、特

に短鎖 RNA であるマイクロ RNA は情報伝達分子として生態系に影響を及ぼしていると考えられているが、依然として不明な点も多い。また、マイクロ RNA は、がんや心疾患等の病気にも深く関与していることが明らかになりつつあり、早期診断や治療のためのバイオマーカー、さらには核酸医薬品としての利用が期待されている。このようなマイクロ RNA の役割を正しく理解するためには、発現の有無や増減を議論するだけでなく、その存在量を定量的に求め、さらに生体内での合成と代謝分解の過程を経時的に追跡する必要がある。本課題では、最新鋭の分析技術を利用して、細胞内外に極微量に存在しているマイクロ RNA の量的・質的な変化を評価する技術の開発に取り組んでいる。本年度では、細胞に化学物質を暴露させた際のマイクロ RNA の発現量変化の解析を進めるにあたり、未分化のマウス多能性幹細胞（マウス ES 細胞）、及び神経細胞に分化させたものに含まれるマイクロ RNA に関して、次世代シーケンサにより網羅的に RNA 量を解析するシステムの確立に成功した。さらに、これらの細胞に9種の化学物質（PRTR法の第1種指定化学物質から選定：クロロホルム、トリクロロエチレン、りん酸トリ・n-ブチル、ベンゼン、フェノール、ピロカテコール、p-クレゾール、p-ジクロロベンゼン、フタル酸ビス）を暴露することにより、これらの化学物質に対して高い応答性を有するマイクロ RNA を複数同定することに成功した。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 細胞、マイクロ RNA、次世代シーケンサ

〔研究題目〕 工学実用から要請される高性能非構造自由界面多相流数値モデル開発と実証

〔研究代表者〕 高田 尚樹（集積マイクロシステム研究センター）

〔研究担当者〕 高田 尚樹（常勤職員1名）

〔研究内容〕

非構造格子を用いる自由界面流れのシミュレーション手法と多相流の数値モデルは工学上必要性が高いがまだ十分確立されていない。そこで、本研究では、東京工業大学の研究者らと協力し、彼らが提案している数値解法の採用により従来手法の問題点を克服し、工学実用化に向けた非構造格子に基づく自由界面多相流の数値モデルを開発する。加えて、複雑な幾何形状を持つ流路における多相流実験を数値モデルの検証用に実施し、実際の現象を高精度に再現できるモデルの確立を目指す。3年間の研究計画では、既存の所内設備を使用し、気相と液相または2種類の液相が混在してマイクロスケールの複雑な流路を流れる二相流の高速度ビデオカメラ撮影による可視化実験を行い、数値モデル検証用ベンチマークデータセットを整備する。

計画最終年度の今年度は、昨年度シリコン油と純水

の液液二相流実験に使用したシリコン・ガラス製流体チップの仕様を一部改良し、空気と純水の気液二相流の可視化実験を行った。今年度のチップ設計・加工では、流路の深さを昨年度同様100マイクロメートル（ μm ）とする一方、水が流れる幅100 μm の主流側の流路へ垂直に合流する空気の支流側流路の幅を昨年度の半分の50 μm に変更した。実験では、様々な流量条件で、二分岐流路での気泡の分裂を高い空間・時間分解能で可視化できることを確認した。また、T字型に交差する流路で発生する気泡の大きさ・速度・周期の観測結果から、今年度のチップでは昨年度のものよりも流れが安定化して気泡が均一化されることを確認した。以上により、液液二相流と気液二相流の両方に対応可能な数値モデル検証用実験基盤を整備できた。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 マイクロ流体デバイス、濡れ性、コンピュータシミュレーション

〔研究題目〕 高排熱と電磁ノイズ遮蔽を実現するパワー-Supply on Chip 用基板の研究

〔研究代表者〕 長谷川 雅考（ナノ材料研究部門）

〔研究担当者〕 長谷川 雅考、水谷 亘、山田 貴壽、沖川 侑揮（常勤職員4名）

〔研究内容〕

低炭素社会実現に向けて、化石燃料を燃やすエネルギーから電力エネルギーへの転換が推進されており、パワーエレクトロニクス技術はエネルギーの有効利用にかかわるキー技術とされている。パワーエレクトロニクス技術で最も重要な装置は電力変換装置であり、この電力変換装置は15年で1桁程度小型化している。小型化された高効率な電力変換機器を多数用いて、より効果的に電力を有効利用することが重要となる。電源の小型化に対しては排熱技術と電磁ノイズの抑制が重要課題である。本研究で電源の究極小型化であるパワーSoC（Supply on Chip）を実現する一環として、良好な排熱特性（良好な熱伝導性）と絶縁特性を維持しつつ電磁ノイズの抑制が可能な積層パワーSoC 用の3D 積層基板を開発することを目的とする。

これまでにプラズマ CVD で合成した原子層グラフェン膜の電界遮蔽特性を KEC 法と ASTM 法で評価する技術を開発し、その特性を明らかとした。グラフェン系材料を組み込んだデバイス基板を実現するためには、グラフェン系薄膜をデバイス基板に組み込む技術が必要である。実デバイスでは相応の熱量を輸送する必要があることから、原子層グラフェンではなくある程度の厚さのあるグラファイト薄膜が必要と考えられる。そこで今年度はグラフェン系材料を実デバイス基板に導入するための基本技術としてグラファイト薄膜とシリコンウェハーの接合技術を開発した。

〔領域名〕 材料・化学

[キーワード] ナノ炭素材料、絶縁特性、放熱・排熱、電磁波遮蔽

[研究題目] 選択成長法を用いた GaN 系立体チャンネル型トランジスタの研究

[研究代表者] 中島 昭 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

[研究担当者] 中島 昭 (常勤職員1名)

[研究内容]

GaN 系のパワーデバイスとは二次元電子ガス (2DEG) をチャンネルとする HEMT (high electron mobility transistor) が唯一実用段階であるが、オン抵抗やオフリーク電流にまだ課題が多い。これに対し、GaN の選択成長法により立体チャンネルである Fin 構造を直接形成し、これによって FinFET を新たに実現する。選択成長による低転位密度のチャンネルを得ると共に、AlGaIn/GaN 系特有の結晶異方性を活用して、バルク伝導チャンネルや側壁2DEG チャンネルなど異なる伝導型のトランジスタを実現し、それらを比較することで、新しい GaN 系トランジスタの可能性と方向性を明らかにする。H29年度は、TCAD シミュレータを用いた FinFET の理論検討および学会調査を進めた。

[領域名] 環境・エネルギー

[キーワード] GaN、FinFET、TCAD

[研究題目] ダイヤモンド量子制御による高感度核磁気共鳴イメージング

[研究代表者] 渡邊 幸志 (電子光技術研究部門)

[研究担当者] 渡邊 幸志 (常勤職員1名)

[研究内容]

本研究では、ダイヤモンド中の窒素-空孔ペア (NV ペア) に局在した電子スピンを、「量子核磁気共鳴 (NMR) センサー」として利用し、超高感度・高空間分解能 NMR イメージングを実現する。具体的には、微細加工テンプレート基板と窒素ドーピング同位体制御化学気相成長法を組み合わせる独自のダイヤモンド作製法により特性制御された高密度 NV ペア生成し、かつ NMR イメージングに適したパルス光検出磁気共鳴顕微鏡を構築する。サンプル作製と装置開発を融合することにより、高感度かつイメージングが可能な NMR センサーを開発し、少数個 (10E4個程度) の¹H 核スピン NMR イメージングを実現する。本年度は、NV 配向の再配向に対するアニール効果を検討したところ1200℃の高速高温加熱処理にて再配向が生じることが分かった。今後はさらに処理時間と配向率の関係を評価する予定である。

[領域名] エレクトロニクス・製造

[キーワード] 量子センシング、ダイヤモンド、電子スピン、イメージング、微細加工

[研究題目] 堆積平野における不整形地盤構造のモデル化精度が強震動予測に及ぼす影響の評価

[研究代表者] 上林 宏敏 (京都大学)

[研究担当者] 長 郁夫 (地質情報研究部門)
(常勤職員1名)

[研究内容]

強震動予測で用いられる3次元地盤構造モデルの作成には、探査対象地点直下の地盤構造を水平成層構造と見なした探査手法による推定結果が広く利用されている。従って、これら探査手法の推定精度が強震動予測の精度へ大きく影響を及ぼす。しかし、地層が傾斜、湾曲、屈曲する領域においても、これら手法の妥当性が評価されることなく使われている。そこで本研究では、現実的な3次元堆積盆地モデルを用いた微動や地震動のシミュレーションを行い、これらの波形を観測記録と見なした上で、地盤不整形の度合いに伴う上述の探査手法の推定精度の検証を行った。

今年度は、大阪堆積盆地構造モデルを用いて計算した複数地点の模擬微動波形をプロジェクト参加者に配布してそれぞれ1次元速度構造を推定してもらい、地点ごとに、推定結果のばらつきやバイアスを評価した。その結果、推定速度構造は個々のチームやケース毎にばらつきがあるものの、それらをアンサンブル平均することにより、不整形性が強い領域を除けば、模擬波形の作成に用いた速度構造モデルに収束する傾向が見られた。このことは、サイトごとに異なる条件下で数多くのインバージョンを実施し、それらのアンサンブル平均をとることで意味のある結果が得られる可能性があること、また、このような複数地点の解析結果をマッピングして構造が3次的に不規則になっている場所と対応させることにより、地盤の不整形性と探査精度の関係が評価できることを示している。今回は速度構造推定や位相速度同定等では解析者により様々な条件設定が行われたため、それらを整理した上で推定結果との対応について詳しく調べる必要がある。これらの整理とその結果に基づく詳細な検討は今後の課題である。

[領域名] 地質調査総合センター

[キーワード] 地震防災、強震動、常時微動、地下構造探査

[研究題目] ナノスケール制御によるナノワイヤー熱電変換素子の巨大ゼーベック効果発現と機構解明

[研究代表者] 村田 正行 (省エネルギー研究部門)

[研究担当者] 村田 正行 (常勤職員1名)

[研究内容]

直径700 nm 級の Bi ナノワイヤーにおいて、集束イオンビーム加工を利用した局所電極の形成と、電流磁気効果の測定を行った結果について、ナノワイヤー化の効果

をマティーンセン則によって緩和時間に取り込み、ボルツマン方程式に基づいて、ホール係数と磁気抵抗効果の計算を行った。その結果、ナノワイヤーにおけるホール係数の温度依存性がバルクのものとは異なる様子を、モデル計算により説明することに成功した。さらに、磁気抵抗効果を含めた解析によって、キャリア移動度を実験的に評価したところ、室温領域でのキャリア移動度はバルクの値とほぼ変わらないが、低温領域では平均自由行程の制限の影響を大きく受けることから、キャリア移動度がバルクに比べて大幅に低下する様子を観測することに成功した。これまで理論的には、ナノワイヤー化によってキャリアの移動度が低下することが予想されていたが、実験的に確認されたのは初めての事である。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 熱電変換、ナノワイヤー、電極接合、オーミックコンタクト

【研究 題目】 移動速度論の観点によるヒト iPS 細胞増殖、分化機構の解明と実用的生産技術への提言

【研究代表者】 金森 敏幸（創薬基盤技術研究部門）

【研究担当者】 金森 敏幸、須丸 公雄、杉浦 慎治、佐藤 琢（常勤職員3名、他1名）

【研究 内容】

昨今、ヒト iPS 細胞に関する研究の裾野が広がり、産業応用に期待が集まっている。ヒト iPS 細胞を実用化するためには、未分化能を維持したまま所定量を所定期間内に培養し、さらには高い選択性で目的とする細胞に分化する技術が必要となる。現在、実験室レベルではこれらの作業は手行的に行われているが、産業化するためには処理量および処理速度と品質維持の両面から自動化が必須である。

培養工程の自動化では、培養環境の精密制御が必要不可欠であるが、細胞を取り扱う一連の作業を化学プロセスと見なし、従前の化学装置や化学プロセスで用いられている自動化技術を応用することができる。そのためには、細胞増殖や分化機構を明らかにし、化学反応に置き換えて検討する必要があるが、その際には移動速度論や反応工学を用いたアプローチが有効となる。

本研究課題の研究代表者である大阪大学大学院基礎工学研究科の岡野康則教授は移動速度論を基盤とした数理モデルの専門家であって、本研究課題では上述のヒト iPS 細胞の未分化維持培養、および分化誘導のプロセスについて数理モデルを構築し、その生産技術へ応用を最終目標としている。

その中であって我々は、数理モデル構築のための情報（数理モデルに盛り込むべき物理化学的パラメータ）の提供を行うと共に、数理モデルの妥当性を検証するための培養実験を実施した。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 細胞培養、マイクロプロセス、灌流培養、自動培養装置

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

【研究代表者】 内田 洋平（再生可能エネルギー研究センター）

【研究担当者】 内田 洋平、シュレスタ ガウラブ、石原 武志、吉岡 真弓（常勤職員4名）

【研究 内容】

省エネルギー効果の高い地中熱利用システムにおいて、高額な熱交換井掘削費は常に普及阻害要因となるため、水平溝を用いる水平型地中熱交換器による初期コストの低減は重要である。一方、水平型地中熱交換器は広い敷地を要するため、都市部における導入は現状困難である。そこで、本研究では地下トンネル、建物下、グラウンド下など、都市部各所にあり、かつ未利用の地下浅部における導入を可能にするための諸研究を行う。本研究ではまず、地下トンネル、建物下における既設システムにて採取したデータを用いた数値モデリングと感度計算を行い、設置条件・システム用途・気象などに応じた最適システムデザインと省エネルギー効果を検討する。次に、室内及び屋外試験により地中熱交換器の最適設計を行い、既往研究では十分な検討が行われていない水平型地中熱交換器の効率化を達成し、地中熱利用システムの一層の普及を目指す。

産総研福島再生可能エネルギー研究所（福島県郡山市）および産総研つくばセンター（茨城県つくば市）に設置した水平型地中熱交換器の運転モニタリングを実施した。両者は、地質構造と地下水環境が異なり、これらの水文地質環境の違いが水平型地中熱交換器に及ぼす影響を定量的に把握できると予想される。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 地中熱、水平型熱交換器、モニタリング、水文地質環境

【研究 題目】 ヒト由来膜タンパク質の機能構造解明に向けた NMR アプローチ

【研究代表者】 高橋 栄夫（横浜市立大学）

【研究担当者】 竹内 恒（創薬プロファイリング研究センター）（常勤職員1名）

【研究 内容】

GPCR をはじめとする、多くの膜タンパク質複合体の立体構造決定が行われているが、その真の機能発現メカニズムを理解し、創薬研究などに応用展開していくためには、界面活性剤中での立体構造情報のみならず、適切な脂質二重膜環境においてリガンド・薬物などの作用により誘起されるダイナミックな構造変換メカニズムを明らかにしていくことが重要となる。NMR 法は、この

ような動的構造変化を捉えるのに適した手法であるが、真核生物由来の膜タンパク質については、NMR 解析のための試料調製は依然容易ではない。そこで本研究では、特にヒト由来膜タンパク質に重点をおいた NMR による動的な機能構造解析を推進している。

産総研は主に NMR 測定技術の開発を行っており、H28年度までに、複数の¹⁵N 直接観測法を発表し、主鎖構造情報の取得が不可能であった分子量領域での NMR シグナルの観測を可能にした。H29年度は、本手法を、ナノディスクに包含した膜タンパク質の温度可変実験に適用した。その結果、他の手法では NMR シグナルが得られない低温条件での NMR シグナルの観測が可能となり、より広範囲での温度可変実験に成功した。一方、NMR シグナルの帰属には、依然として分子量的な制約があった。そこで、ピルビン酸標識法を用いて、主鎖シグナルの帰属を、最も感度の良い1種類の実験 (TROSY-HNCA) のみで、従来よりも簡便かつ迅速に確立できる画期的手法を開発し、40K を超える分子量のタンパク質の帰属に成功した。また、¹⁵N 直接観測法を用いて、主鎖の帰属を行う 3D 実験法を複数、開発した。本手法と、¹⁵N 直接観測 TROSY 法を組み合わせることで、より高分子量のタンパク質にも適用可能であると期待される。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】膜タンパク質、NMR、測定法

【研究 題目】イネにおけるセロトニン蓄積の抑制機構の解明：アブラムシによる抵抗性の抑制と利用

【研究代表者】手林 慎一 (高知大学)

【研究担当者】間世田 英明 (バイオメディカル研究部門) (常勤職員1名)

【研究 内容】

オカボノアカアブラムシ (以下アブラムシ) がイネ根に寄生すると誘導抵抗性として褐変が生じる。ところが褐変物質の前駆体であるセロトニンの蓄積が不自然に遅延し、アブラムシの寄生後2~4日間は低い濃度にとどまる。低濃度のセロトニンがアブラムシの生育を促進することを確認したことから、アブラムシはイネの防御反応を抑制することで抵抗性を弱めるばかりか、さらにこの抵抗性物質を逆手にとり自身の増殖に積極的に利用している可能性が示唆された。本研究ではこのアブラムシによるイネの誘導抵抗性を制御する機構を分子生物学的・生物有機化学的に解明することを目的とした。本年度はアブラムシがイネ根に寄生した際の、植物における植物ホルモンや代謝産物動態の分析を行うとともに、マイクロアレイによる遺伝子発現動態の網羅的な測定を行った。イネ根における代謝産物のメタボローム解析の詳細な解析結果から、セロトニンの蓄積量が低いアブラムシの寄生後2~4日目の期間は、セロトニンの前駆体で

あるトリプトファンをはじめ殆どのアミノ酸が一時的に増加・蓄積していることが判明した。これらのアミノ酸の減少とともにセロトニンの蓄積が増大することから、イネの根では寄生初期にはアミノ酸類の普遍的な生合成活性化が生じた後、生合成経路の活性化がトリプトファン→セロトニン生合成に集中することが判明した。このことからイネ根の生合成活性化には量的制御と質的制御が複雑にかかわりあうことが判明した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】イネ、セロトニン

【研究 題目】地域救急医療の質の向上に資する科学的証拠の構築に関する研究

【研究代表者】山田 クリス孝介 (佐賀大学・医学部)

【研究担当者】本村 陽一、櫻井 瑛一 (人工知能研究センター) (常勤職員2名、他3名)

【研究 内容】

本研究の目的は、地域救急医療の質の向上に資する科学的証拠 (エビデンス) を構築することである。具体的には、以下の3点について検討する。(1) 散在している救急医療関連データを精査・整理すると共に、次世代診療支援システムを導入し、価値ある情報を収集可能な統合データベースを構築する。(2) 上記 (1) の統合データベースを利用して病院前から医療機関での治療を経て社会復帰に至るまでの一連の救急医療のプロセスを明らかにする。(3) 上記 (2) で明らかにした救急医療のプロセスを評価し、地域救急医療の質の向上に資する科学的証拠 (エビデンス) を構築する。平成28年度には、今年度においては、各種のデータの整備を進め、そのデータを用いた分析にも着手した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】データ解析

【研究 題目】肝炎ウイルス治療後の肝発癌機序とバイオマーカーの同定に関する研究

【研究代表者】堀本 勝久 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】堀本 勝久 (常勤職員1名)

【研究 内容】

C型インターフェロン治療後、肝がんを発症した患者と発症しなかった患者について、治療前と治療後の遺伝子発現及び DNA メチル化に関するオミックスデータを解析する。目的は、治療後の診断において、肝がん発症のリスクを予測するマーカーを探索することである。

本年度は、発現データと、それらの臨床治験との照応に基づいて探索した予後予測マーカーの検討を行った。

予測に際しては、新たに開発した、前向き予測に頑強なマーカー探索のための過剰適合を抑制する変数選択法を採用した。本解析法は、線形回帰で選択された変数群について、ネットワーク推定技術を用いて線形モデルの

検証を行うことで過剰適合を抑制する。

昨年度の解析の結果、遺伝子刻印として22遺伝子を選定し、さらにそれらから新規マーカー探索法により4遺伝子まで絞り込みに成功した。今年度検証のための前向きデータを収集した。現段階では収集が完了していないが良好な予備的結果を得た。さらに検証前向きデータの収集を進め、新規マーカーを決定する予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】遺伝子発現データ、DNA メチル化、バイオマーカー、がん再発

【研究 題目】iCAF : iPS 由来の癌線維芽細胞による
膀胱癌幹細胞、間質幹細胞の糖鎖標的探索

【研究代表者】木田 泰之（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】木田 泰之、櫛笥 博子、渋谷 陽一郎
（常勤職員1名、他2名）

【研究 内容】

膀胱癌に代表される難治性固形癌は間質組織を誘導して増生させ、間質の主要構成細胞である腫瘍関連線維芽細胞（Cancer Associated Fibroblast: CAF）と癌細胞/幹細胞が cross talk して統合的に癌の発生・進展が進むと考えられている。すなわち癌組織とは、形態学的には癌細胞と間質細胞の両者が共存する集合体を指すが、今までの多くの研究は癌細胞のみを標的とする治療開発にエネルギーが注がれ、癌-間質相互作用に配慮した研究をデザインする意識が希薄であった。本提案では癌細胞と間質組織の *in vitro* 共培養系を構築し、癌の増殖・転移・浸潤を再現し、革新的医療基盤技術の礎を築くことを目指した。

研究プロジェクトでは、癌細胞と間質細胞が接続し相互作用している状態における、遺伝子発現、ゲノムDNA メチル化状態などのエピジェネティクス、代謝経路や代謝産物のメタボローム解析から、生体では解析できない『リアルタイムの癌発生』を捉えることを目標としており、これまでに RNA-seq と Bisulfite-seq、またメタボローム解析は既に完了した。現在、新しい抗癌剤の医療シーズとなる分子について詳細に解析中である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】膀胱癌、幹細胞、iPS 細胞

【研究 題目】iCAF : iPS 由来の癌線維芽細胞による
膀胱癌幹細胞、間質幹細胞の糖鎖標的探索

【研究代表者】館野 浩章（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】館野 浩章（常勤職員1名）

【研究 内容】

難治性固形がんの代表である膀胱がんの病理組織学的な特徴である間質組織増生に焦点を当て、間質組織が存在する状態における膀胱がん幹細胞、膀胱がん間質幹細胞に特異発現する糖鎖を同定する。従来の、膀胱がん細胞と腫瘍関連線維芽細胞（CAF）を混合した実験モデルでは臨

床膀胱がんの病理的特徴を模倣することは出来ていなかったが、我々はある間葉系幹細胞を用いることで癌-間質相互作用の再現に成功した。本研究では更に、この間葉系幹細胞の遺伝子、タンパク質プロファイルを同定し、iPS 細胞から再現性の高い安定した iCAF の開発を行う。膀胱がん-iCAF 混合モデルにおいて、産総研のレクチンアレイ技術を用い、世界的にも解析が遅れている膀胱がんや CAF の糖鎖解析に取り組む。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】膀胱がん、糖鎖、レクチン

【研究 題目】新規情報伝達因子エクソソームによる変
形性関節症治療と診断への展開とその機
能解析

【研究代表者】加藤 義雄（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】加藤 義雄（常勤職員1名）

【研究 内容】

変形性関節症は、国内でも患者数が約2000万人とも言われている一般的な疾患である。変形性関節症は主に加齢、メカニカルストレスの蓄積、肥満、炎症といった様々な因子による関節環境の変化から軟骨代謝バランスの破綻をきたし、関節軟骨の変性および破壊を引き起こす。しかし、現在までに変形性関節症に対する原因療法や早期診断の確立には至っていない。

本研究では、変形性関節症における分子機構の解明と臨床応用に向けた基盤となる技術の開発のために、細胞外へと分泌されている小胞・エクソソームに着目している。エクソソーム中には、マイクロ RNA と呼ばれる小さな RNA が含まれていることが知られており、分泌したエクソソーム中に含まれるマイクロ RNA の組成を知ることによって疾患特異的なプロファイルを得ることができる。今年度は、種々の疾患や化合物による刺激により特定のマイクロ RNA の発現量が上昇することを見出した。このような化合物やその類縁体の投与により特定疾患が改善されることを見出した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】エクソソーム、変形性関節症、マイクロ RNA

【研究 題目】深海における地磁気異常が明らかにする
古地磁気変動

【研究代表者】島 伸和（神戸大学）

【研究担当者】沖野 郷子（東京大学）、野木 義史
（極地研究所）、佐藤 太一（地質情報
研究部門）（常勤職員1名、他2名）

【研究 内容】

深海における地磁気観測から得られる地磁気異常を利用することで、海洋底の磁化の記録から詳細な古地磁気変動を読み取ることが本研究の目的である。具体的には、設定した調査海域において海上および深海における地磁

気観測を実施し、得られた地磁気観測データを解析して、海洋底の磁化変化を推定する。

本年度の最も大きな実績は、調査海域3（インド洋、スリランカの南の海域）での観測を、H29年7～8月にドイツの研究船「Sonne」による調査航海により実施できたことである。観測のために日本から船上三成分磁力計を準備してこの調査航海に持ち込み、またドイツの観測機器も利用することで、海上での地磁気観測データを取得した。調査海域3は、インド洋で白亜紀スーパークロンの時期に形成された海洋底が存在する海域である。観測により得られた地磁気観測データの解析を進めることで、白亜紀スーパークロンにおける古地磁気変動の抽出を試みる予定である。

調査海域1（インド洋、マリーセレストトランスフォーム断層とアルゴトランスフォーム断層を含む海域）で得られたデータの解析結果の一部と、調査海域2（インド洋、マダガスカル島の南の海域）での調査概要と初期解析の結果については関連学会で公表した。調査海域2はインド洋で白亜紀スーパークロンの時期に形成された海洋底が存在する海域であり、比較的大きな振幅を持つ地磁気異常が観測されている。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】地球磁場変動、地磁気異常、海洋底の磁化

【研究 題 目】超広帯域 I/O を想定したアーキテクチャの検討

【研究代表者】工藤 知宏（東京大学情報基盤センター教授）

【研究担当者】並木 周、石井 紀代（電子光技術研究部門 常勤職員2名）、高野 了成（情報技術研究部門 常勤職員1名）

【研究 内 容】

計算機システム内の計算ノード間で飛躍的に広帯域な通信が利用できることを想定し、通信と計算・メモリアクセスの性能バランスが大きく変化したシステムの構成法を評価検討する。広帯域通信を実現する光トランシーバ技術に加え、広域通信で用いられる光スイッチ等の光ネットワークング技術を適用すれば、従来の100～1000倍程度の通信帯域を計算ノード間に柔軟に設定可能となる。従来の計算機システムはプロセッサの演算速度やメモリアクセス帯域に対して、計算ノード間の通信帯域は小さいことを前提に設計されてきた。本提案では、システムの作り方を一から見直し、広帯域通信を十分に活用する、I/O と計算回路・メモリアクセスの接続方法、ネットワークの構成法、システムソフトウェアでの I/O の取り扱い方を検討する。産総研分担の活動内容は、広帯域 I/O 向けシステムソフトウェア、及び光ネットワーク技術の適用検討である。

3年計画の2年目にあたる平成29年度は、広帯域 I/O

を活かした通信アーキテクチャに適した、あらかじめ用意したライブラリを組み合わせるシステムをプログラミングする手法についての検討、および畳み込みニューラルネットワークの並列化における応用方法の提案を行った。国内研究会発表1件、国内招待講演1件を行った。

【領 域 名】情報・人間工学、エレクトロニクス・製造

【キーワード】計算機システム、超広帯域 I/O、ネットワーク、光スイッチ、シリコンフォトニクス

【研究 題 目】Approximate Computing ネットワークの研究

【研究代表者】石井 紀代（電子光技術研究部門）

【研究担当者】石井 紀代（常勤職員1名）

【研究 内 容】

ビッグデータ処理や映像処理計算を対象とし、情報の価値に応じた許容誤差でデータ転送することで、コンピュータネットワーク内の通信遅延、エネルギー性能を向上させる Approximate Computing ネットワークを追及する。これは、データ転送中にエラーが生じた際に、そのエラーが結果に重大な影響を及ぼさない場合は、データの再送やエラー訂正を行わずに処理を続行することで、ハードウェアや処理時間のオーバーヘッドを削減しようとするものである。このコンセプトにより、光通信技術をコンピュータ内通信に適用する際に、より高度な通信方式が適用可能となる。すなわち、従来の OOK ではなく、広域光通信網で使用されている多値変調を、情報の価値に応じて多値度を変える、すなわち、重要な情報は高雑音耐性となるよう多値度を下げ、重要でない情報は高変調効率となるよう多値度を上げる、エラー耐性可変変調方式である。3年計画の2年目にあたる平成29年度は、光デバイス性能、および、アーキテクチャの要件について詳細検討を行った。また、関連技術に関する国内ワークショップのモデレータを務めると共に、コンピュータアーキテクチャやシリコンフォトニクス技術など関連技術が報告される国際会議に参加し、世界最先端技術の動向調査を行った。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】コンピュータネットワーク、光通信

【研究 題 目】一般化差分部分空間に基づく特徴抽出の完全解明と機能強化

【研究代表者】福井 和広（筑波大学）

【研究担当者】小林 匠（知能システム研究部門）
（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究は、パターン識別法として日本を中心に開発されてきた部分空間法の発展系である一般化差分部分空間法に対して、その数理的振る舞い・機能をパターン判別

的観点から解明することを試みる基盤的研究である。

一般化差分部分空間法は、特徴ベクトルが成す部分空間の間の弁別性が向上するような空間への射影を与える手法であり、福井（研究代表者）らにより提案された。これはパターンの弁別性を改善することを目的とする手法であるため、特徴ベクトル間の弁別性を向上させるために従来用いられてきた線形判別分析との機能的側面での類似性を見出すことができる。本年度は、一般化固有値問題の枠組みにおける一般化差分部分空間法と判別分析との数理的類似性に着目することで、現状の一般化差分部分空間法には定式化の観点から判別力向上に資する項が不足しているのではないかと懸念を持つに至った。そこで、一般化差分部分空間法への判別的指標の導入に関する研究を行った。判別分析では、ユークリッド距離を前提、つまり正規分布をサンプル分布の背後に想定しているが、一般化差分部分空間ではサンプル分布をより幾何的な線形部分空間で近似している。このような前提とするモデルの差異を考慮しつつ、クラス間の弁別性をさらに向上させるような定式化の検討を行った。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 部分空間法、一般化差分部分空間法、判別分析

〔研究題目〕 機械学習の統計的安全性の理論

〔研究代表者〕 佐久間 淳（筑波大学）

〔研究担当者〕 神嶋 敏弘、兼村 厚範（以上、人間情報研究部門）、松田 隆宏、村上 隆夫（以上、情報技術研究部門）、佐久間 淳、日野 秀逸（以上、筑波大学）（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

今年度は以下の4つの主要な実績があった。

(1) 個人情報からなるベクトルを入力値として、線形モデルの評価値を公開した時に、第三者が評価値を得た場合、予測値から入力個人情報である入力値を推定される可能性がある。複数の線形回帰モデルから得た予測値から入力が推定されるリスクを定式化する方法を検討した。

(2) 公平性を達成するような分類器を獲得する公平性配慮型分類問題について研究を行った。既存の方法では、確定的な決定則とモデルバイアスの影響を無視していたが、これらを考慮した分布について公平性を保つ実独立性の概念を提示した。この実独立性を達成することで、より高度な水準での公平性が達成できることを実験的にも確認した。

(3) 外れ値検知あるいは新規性検出手法について研究をした。特定の分布を仮定することなく仮説検定により客観的に外れ値を検知する方法を検討した。具体的には、 k 近傍距離に基づく任意の外れ値度関数を基に、検査点が外れ値か否かを仮説検定によって判別する。仮説

検定を行うには検定統計量の分布が必要だが、これをブートストラップ法を用いて与えられたデータに基づいて推定する方法を考案した。

(4) ユーザが自身のパーソナルデータに差分プライバシーを満たすようにノイズを加えてデータ解析者に送り、データ解析者が元のパーソナルデータが従う分布を推定する問題に関する研究を行った。具体的には、分布推定法として反復ベイズ法に着眼し、サンプル数が少数の場合における推定誤差を、Rilstone らの理論に基づいて補正する手法について検討した。そのほか、カイ二乗検定の差分プライバシー、経験的リスク最小化の局所差分プライバシー、深層学習による malware 解析、 f -divergence 推定に関する理論解析、などの成果をえた。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 データマイニング、公平性、プライバシー

〔研究題目〕 機械学習における統計的安全性の理論

〔研究代表者〕 佐久間 淳（筑波大学）

〔研究担当者〕 村上 隆夫、松田 隆宏（情報技術研究部門）神嶋 敏弘、兼村 厚範、（人間情報研究部門）佐久間 淳、日野 英逸（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

機械学習が重要な意思決定を担うためには、その予測やモデルが訓練データの秘密を漏らさない、予測が外部から恣意的に操作されない、非倫理的・差別的な意思決定を行わない、などの安全性を保証する必要がある。本研究では、これを達成するために、機械学習の予測プロセスにおいて、以下の二つの実現を目指している：(1) 訓練データの提供、学習モデルの公開、予測値の公開、の各段階における、統計的な安全性の定義、を確立し、その安全性を保証する手法を与える。(2) 予測プロセスを通じて秘密情報を取得したり、予測値を恣意的に操作しようとする能動的攻撃者の存在下における、暗号理論的な安全性の定義を確立し、その安全性を保証する手法を与える。

平成29年度では、ユーザが自身のパーソナルデータに差分プライバシーを満たすようにノイズを加えてデータ解析者に送り、データ解析者が元のパーソナルデータが従う分布を推定する問題に関する研究で成果を挙げた。具体的には、分布推定法として反復ベイズ法に着眼し、サンプル数が少数の場合における推定誤差を Rilstone らの理論に基づいて補正する手法について理論解析を行い、MSE (Mean Squared Error) の二次項が低減できることを理論的に証明した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 局所的差分プライバシー、反復ベイズ法、分布推定誤差

〔研究題目〕 未来予測情報を起点とするサービスシステムの設計・運用手法に関する研究

〔研究代表者〕 谷崎 隆士（近畿大学工学部）

〔研究担当者〕 竹中 毅（人間情報研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、対面重視型サービス産業を対象とした、未来予測起点のサービス最適化ループを実現することを目的とする。従来研究は過去データの分析に重点を置いているが、本研究では需要変化の予測を起点とし、未来予測データをもとにサービス提供現場で起こりうる事態を事前にシミュレートし、その結果に基づいてサービス提供環境設計、人員計画、生産計画を支援することで、サービスの同時性に起因する生産性低下要因の克服を図ることを目指す。また、従来研究は観測、分析、設計、適用で構成されるサービス最適化ループを構成する要素技術開発に主眼が置かれているが、本研究は要素技術を統合し、企業内で最適化ループを実際に形成し、経営の意思決定支援、サービス提供現場支援の実現を目指す。

平成29年度は飲食店の実際のデータをもとに、売上や出品に関する需要予測モデルを構築し、その結果から発注や生産計画を行うための意思決定支援技術の検討を行った。さらに、新技術の導入による従来のオペレーションの変更を前提とした、新たな発注、レイアウト計画、設備計画などのサービス生産の環境設計支援システムの確立を目指す。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 サービス工学、飲食サービス、需要予測

〔研究題目〕 ケアリングの実践知を日常的に共有するための支援モデルの構築

〔研究代表者〕 渡辺 健太郎（人工知能研究センター）

〔研究担当者〕 渡辺 健太郎、西村 拓一、
福田 賢一郎（常勤職員3名）

〔研究内容〕

本研究では、看護・介護におけるケアリングの実践知の共有の現状を分析し、その結果に基づき実践知の日常的な表現形式・方法を開発すると共に、同表現形式を用いた支援システムとその活用方法を看護・介護職員と連携して開発・導入することで、継続的なケアリングの支援モデルを実現することを目的とする。

本年度の目標は下記の2点であった。1点目は、大学病院、介護施設等の看護・介護現場における情報媒体とそれを用いたコミュニケーションの調査を行い、特に、紙媒体使用時と電子媒体使用時における、表現形式や方法、各表現の具体的な意味やコミュニケーションへの活用方法の違いを分析し、日常的に共有されうるケアリングの実践知の表現の特徴とその方法に関する要件を明らかにすることであった。2点目は、本分析結果を踏まえ、日常業務の中でケアリングの実践知を情報システム上で

扱うための表現形式を開発することであった。

本年度は大学病院において、業務経験の異なる看護師を対象とした、看護記録の方法とシステム利用に関する半構造化インタビュー、ワークショップを実施した。また、介護施設においても事前調査を実施した。その後、収集したデータの分析を行い、情報システム上で実践知を扱う際の表現の特徴分類を実施した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 ケアリング、実践知、知識共有

〔研究題目〕 完新世の地球環境変動に対するサンゴ礁堆積物生産量変動モデルの確立

〔研究代表者〕 藤田 和彦（琉球大学）

〔研究担当者〕 長尾 正之（地質情報研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

サンゴ礁海岸の堆積物はサンゴ礁石灰化生物を起源とする生物源砕屑物から構成され、地球環境変動に対する石灰化生物の応答の結果として形成された。しかし、地球環境変動に伴ってサンゴ礁堆積物生産量が変動した可能性はこれまでほとんど考慮されていない。そこで、サンゴ礁堆積物生産量の長期変遷解明を目的として、北西太平洋サンゴ礁海域の砂粒子の主要成分である有孔虫殻を例に、地質学・堆積学・生態学・生理学的研究成果を融合・発展させたサンゴ礁堆積物生産量変動モデルを確立する。

平成29年度は、前年度に沖縄諸島久米島東岸の堡礁型サンゴ礁で実施された野外調査の解析を進めるとともに、この調査期間を含む複数年の客観解析データに基づいた周辺海域の平均的な海況の解析に着手した。今後、これらのデータを解析し、サンゴ礁地形の生物地形学的評価および有孔虫砂や珊瑚礫により維持されている島周辺の基本物理環境の解明を行う。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 環境変動、完新世、サンゴ礁、堆積物生産、有孔虫

〔研究題目〕 遠隔作用変異の生成・抑制の分子機構

〔研究代表者〕 紙谷 浩之（広島大学・医歯薬保健学研究院）

〔研究担当者〕 小松 康雄（生物プロセス研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

研究代表者らはこれまでに、位置特異的に DNA に導入された変異塩基が、DNA の異なる部位に変異を誘発することを見出している。この現象と関連し、1本鎖 DNA を細胞に外部より添加した場合、細胞中の DNA に変異を誘発する現象も見出している。本研究は、広島大学との共同で、これらの現象の原因を明らかにする。

H29年度は、クロスリンクして安定化させた2本鎖構

造を末端に有する1本鎖 DNA を合成し、細胞内に導入して変異誘発能と変異導入部位の相関性を調べた。その結果、クロスリンク2本鎖を有する DNA は、通常の1本鎖 DNA よりも変異誘発能が高い可能性があることを確認した。現在、2本鎖部位の構造を変えるなどし、2本鎖部位の役割、クロスリンクの効果などを調べている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】核酸化学、遺伝子変異、修復、DNA、

【研究 題 目】アパレルの国際競争力の強化を目指した3Dバーチャル工業用ボディの開発と性能評価

【研究代表者】渡邊 敬子（京都女子大学）

【研究担当者】持丸 正明（人間情報研究部門）

（常勤職員1名）

【研究 内 容】

【目標】

本研究の目的は、アパレル用3D-CADで使用されるバーチャルボディの科学的な構成方法を確立し、実際に日本人体型に基づく3Dバーチャル工業用ボディを開発し、その有用性を評価することにある。

【研究計画】

平成28年からの4年計画の研究で、平成28年度に日本人成人女性（20歳～70歳）600人の3D体形計測と上半身の相同モデル化、平成29年度に、下半身の相同モデル化、平成30年度に、それらの統計処理と代表形状の導出、アパレル3D-CAD上での上半身と下半身の統合によるバーチャルボディ作成、平成31年度にはそのバーチャルボディに衣服のゆとり量を付加する方法を検討し、バーチャル工業ボディを開発する計画である。

【年度進捗状況】

平成29年度では、下半身の相同モデリング技術、ならびに、統計処理技術と代表形状導出について技術提供した。また、相同モデル化した体形モデルの個人差をクラスタ分析する方法について助言するとともに、その成果を、ISO TC133/WG1の国際標準で新たに議論されている「体形類型（ボディタイプ）の定義」において、日本提案として提出することに協力した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】デジタルヒューマン、人間工学、被服構成学

【研究 題 目】被損傷前十字靭帯被覆下における移植腱再構築過程促進の分子機序の統合的解明

【研究代表者】近江谷 克裕（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】近江谷 克裕（常勤職員1名）

【研究 内 容】

被損傷前十字靭帯被覆下における移植腱再構築過程促進の分子機序を明らかにすることを目的に、成羊前十字

靭帯再建モデルにおいて幹細胞様細胞の再生過程を検討した。北海道大学医学研究院の近藤教授らは成羊前十字靭帯再建モデルから被損傷靭帯から関節内移植腱へ遊走させた群（被覆群）と、その処置を行わなかった群を作製した（非被覆群）。移植腱は、半腱様筋腱を採取し、Endobutton-CL とポリエステルテープを直列結合した無細胞マトリクスを作製した。次に専用ガイドを用いて大腿骨および脛骨の前十字靭帯付着部に6 mm の骨孔を作製した。被覆群では、腱マトリクスを被損傷靭帯組織の中を通して移植し、膝屈曲60度の肢位にて初期張力40N を与え、screw 固定した。術後、膝固定は行わず牧場で放牧した。各群とも術後4週および12週に屠殺して生体力学的、組織学的、および免疫組織学的評価に供した。術後、両群とも各観察時期において軟骨変性や半月板損傷はなかった。非被覆群の移植腱は薄い滑膜様組織で被覆され、脛骨側付着部は正常靭帯に比べて断面積が小さかった。一方、被覆群の移植腱は肥厚した線維性滑膜組織で被覆されており、脛骨側付着部は正常靭帯に近似していた。産総研では組織学的知見の分子学的な背景を探るため、術後4週および12週の組織内の発現遺伝子の網羅的な解析を計画、現在、サンプル調製を行っている。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】腱再構築、イメージング、遺伝子解析

【研究 題 目】低電圧高出力な半球殻状超音波トランスデューサの開発

【研究代表者】梅村 晋一郎（東北大学・医工学研究科）

【研究担当者】梅村 晋一郎、吉澤 晋、高木 亮（健康工学研究部門）（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

凹面型の超音波発生装置（トランスデューサ）を使い、体外から超音波エネルギーを1点に集束させて局所的に温度を上昇させることで、悪性腫瘍等を加熱壊死させる治療法である、「強力集束超音波治療」が近年注目を集めている。本治療に用いられるトランスデューサは、厚み方向に振動する圧電セラミック柱を整理させポリマーで固めた構造を持つ1-3複合圧電材料を用いたものが一般的である。しかしこれらの材料を用いた素子の電気的インピーダンスは大きくなる傾向があり、治療に必要な出力を得るためには、超音波周波数域で使用可能な汎用的半導体の許容最大電圧に近い数百ボルトの高電圧駆動が必要であるという問題点がある。そこで、本研究では、素子の電気インピーダンスを低くするための振動モードを使った新たな駆動素子を開発し、低電圧でも高出力の音場を生成する手法の開発を目的としている。

平成29年度は、厚み振動ではなく、幅方向の機械振動を利用する新たな素子を作成し、その音場評価を行った。本評価により従来よりも効率の良い振動素子を作成することができた。

次年度は、有限要素法を用いた音場シミュレーションを行い、本素子を用いた多チャンネルのトランスデューサを作成し、その性能評価を行う予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】強力集束超音波治療、トランスデューサ、圧電効果、共振特性、有限要素法

【研究 題目】3次元機能回復モデル規範型リハビリシステムの開発による麻痺手使用機会の向上

【研究代表者】井澤 淳（筑波大学システム情報系）

【研究担当者】井澤 淳（筑波大学システム情報系）、村田 弓、肥後 範行（以上、人間情報研究部門）（常勤職員2名、他1名）

【研究 内容】

脳卒中後の心身機能の回復の背景には脳・神経の可塑的变化による機能回復および機能代償システムが関わっていると考えられるが、回復メカニズムの理解は不十分である。本研究課題は脳損傷動物モデルを用いて、脳損傷後の上肢運動機能の回復が麻痺手の使用機会の調整によってどのように変化するかを明らかにすることを目的として行った。

モデル動物にヒトと脳筋骨格構造が類似しているサルを用いた。第一次運動野に損傷を作成した動物モデルを用いて、把握機能の回復過程を調べた。母指と示指で小さな物体を保持するつまみ動作が可能な動物であるサルを対象に、また、脳損傷後の回復過程について数理モデルを用いた解析を行い、回復過程の行動変化の仕組みを明らかにすることを試みた。

第一次運動野を損傷した後に、精密把握を行う把握動作のトレーニングを繰り返行くと、把握機能の回復が認められた。さらに、脳損傷後の回復の過程において、一時的に成功率が低下し、把握方法の戦略の転換が起こる「回復の谷」といえる現象が確認された。数理モデルを用いた実験では、第一次運動野および運動学習に関わる数理モデルを用いて、コンピュータシミュレーションによって脳損傷とその後のリハビリテーションを行い、「回復の谷」を再現できるかを検討した。その結果、損傷後のトレーニングの有無によって回復の谷の出現の有無が変化する結果が認められた。この結果から、脳損傷後のトレーニングの有無によって回復過程の行動変化やタイムコースが影響を受けることが明らかになった。

また、脳損傷後のトレーニング課題中の把握方法の変化を調べるために、ビデオを用いて動作解析を行った。行動評価のためのテスト課題では直径の異なる5種類の孔を使用した。トレーニング課題では、その内の1種類の直径の孔だけを使用した。解析の結果、テスト課題だけでなく、トレーニング課題中においても、回復過程において、把握方法の変化が認められた。この結果から、トレーニング中にも把握方法の変化が起きていることが

推察された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】リハビリテーション、身体性システム、機能回復、神経可塑性、把握動作

【研究 題目】ランダム化比較試験による認知症等を有する高齢者に対するロボットパロの効果

【研究代表者】井上 薫（首都大学東京）

【研究担当者】柴田 崇徳（人間情報研究部門）、井上 薫、小林 隆司、繁田 雅弘（以上、首都大学東京）（常勤職員1名、他3名）

【研究 内容】

動物のように人と共存し、特に身体的な相互作用を通して、楽しみや安らぎの精神的効果を与え、人の心を豊かにすることを目的に、メンタルコミットロボット「パロ」の開発を行っている。動物の場合には、アレルギー、人畜感染症、噛み付き、引っかかり事故、管理、衛生などの問題で、動物を飼うことができない人々や一般家庭・医療福祉施設などがある。メンタルコミットロボットは、動物と同様に、人々に様々な効用を与えようとしている。

これまでに、アンケート調査や医療福祉施設での長期実験などから、パロの効用に関して様々な評価を行い、定量的、定性的研究により実証してきた。一般家庭ではペットの代替として家族の一員に、医療福祉施設ではアニマルセラピーの代替として高齢者向け施設での生活の質を向上させ、認知症高齢者の脳機能や行動を改善している。

本研究では、海外でのユーザ会議や日本でのパロによるロボット・セラピー研究会等のユーザからのコメントや臨床評価結果等に基づき、認知症高齢者のセラピーに適切なパロの行動生成動作アルゴリズム等の認知症用パロの研究開発を行っている。また、地方自治体と連携しながら、在宅介護や施設介護でのパロのロボット・セラピーの効果について検証を行っている。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】ロボット、認知症、在宅ケア、作業療法、ランダム化比較試験

【研究 題目】行動決定における報酬価値の脳内分散表現メカニズム

【研究代表者】設楽 宗孝（筑波大学医学医療系）

【研究担当者】松本 有央、松田 圭司、肥後 範行（以上、人間情報研究部門）（常勤職員3名）

【研究 内容】

報酬獲得のための行動決定を調べるために、2頭のサルに、報酬までの労働負荷と報酬量の組み合わせを選択する行動決定課題（行動選択型報酬スケジュール課題）をトレーニングした。この課題では、3-4段階の報酬量

と3-4段階の仕事量を組み合わせた9-16通りから、その内の2つを選択肢として呈示し、選択を行わせる。選択はモンキーチェア内に装備した左右のバーの内いずれかを握ることで行う。行動選択の結果は報酬価値の指数関数モデルでよく説明できた。このモデルを用いて眼窩前頭皮質からの単一ニューロン活動を記録した結果、報酬価値を表すニューロンが存在すること、2つの選択肢の価値の差を表すニューロンが存在することがわかってきた。

また、行動選択に影響を与えているセロトニンの働きを調べるために、セロトニン受容体4型の阻害剤の影響を調べた。その結果、選択肢の選択確率には影響しないが、スケジュール課題の誤答率が下がり、Extended context sensitive model による解析の結果、スケジュール課題遂行時の報酬価値の割引率の減少と sunk cost の増加が原因である可能性が示唆され、国際学会 (Society for Neuroscience 年次大会) およびセロトニン研究会で発表した。

報酬価値を表すニューロンについて、複数ニューロンによる分散表現を調べるために、マルチユニット記録システムの開発を継続している。眼窩前頭皮質に16チャンネルの linear array electrode を2本入れての同時記録に成功しており、3本同時記録に向けて装置を作成中である。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】行動決定、報酬価値、アカゲザル、眼窩前頭皮質、単一ニューロン

【研究 題 目】白杖・車いす・義手義足の身体化モデルの実験的検討を通じた身体知覚に関する考察

【研究代表者】布川 清彦 (東京国際大学)

【研究担当者】井野 秀一 (人間情報研究部門)、
梶谷 勇 (ロボットイノベーション研究センター)、
布川 清彦 (東京国際大学)、
土井 幸輝 (国立特別支援教育総合研究所)、
井手口 範男 (森ノ宮医療大学)、
大石 健二 (日本体育大学大学)
(常勤職員2名、他4名)

【研究 内 容】

本課題では、①「身体化 (主観) = f (目的、道具デザイン、動作、身体負荷、パフォーマンス)」という仮説モデルの妥当性に関する実験的な検証、②白杖と同じ身体外の道具である車いす、そして白杖とは違い失われた身体部位を補うことを目的とする義手・義足へのモデルの適応可能性の検討、③自分の身体ではない道具が自分の身体になるという現象のモデル化を通じた身体知覚の意味や働きについての考察を、主なテーマとして研究を行っている。

本年度は、仮説モデルの要因である目的とパフォーマ

ンスの関係を明らかにするために、白杖を用いた探索対象の重さ推定に関する心理実験を視覚障害ユーザとアイマスクをした晴眼大学生を実験参加者として実施した。視覚障害ユーザでは、手で押した条件での冪指数が0.99であり、標準握りで握った白杖を用いた場合には冪指数が0.82であった。他方、晴眼大学生では、手で押した条件が0.43、標準握り条件は1.61という結果であった。以上より、視覚障害ユーザと大学生の間で異なる傾向が得られたことから白杖の利用の経験効果が推察された。また、視覚障害者による探索対象の硬さ推定については、その感度と聴覚情報の有効性を中心に議論した。さらに、義手ユーザ・義足ユーザおよび義肢装具士と、車いすバスケット選手に対するヒアリングについて準備を進めた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】身体化、動作、知覚、道具、福祉機器

【研究 題 目】白杖・車いす・義手義足の身体化モデルの実験的検討を通じた身体知覚に関する考察

【研究代表者】布川 清彦 (東京国際大学)

【研究担当者】梶谷 勇 (ロボットイノベーション研究センター)、
井野 秀一 (人間情報研究部門)、
土井 幸輝 (特別支援教育総合研究所)、
布川 清彦 (東京国際大学・人間社会学部)
(常勤職員2名、他2名)

【研究 内 容】

人間の心理現象として、道具などを身体の一部と知覚する現象である身体化について、事故や病気などによって手を失った人、あるいは先天的に手に障害のある人が、手の機能の一部を代替するために用いる義手を題材に行う研究である。義手を使用する人が義手を身体の一部とみなすのか、道具として考えるのかは見解が分かれているものの、いずれの場合においても、直観的に扱えるようになるためには身体イメージの一部として義手を感じて、視覚情報に頼らなくても、ある程度義手を扱うことができることが知られている。本年度は、義手に関わる専門職との意見交換を通じて、切断後の復職を主なターゲットとして義手のかかわりに関するディスカッションし、次年度以降の調査の内容について検討を行った。この結果、現状では復職する際には同じ仕事に戻ることが少なく、その原因としては、職場側が気を使って配置転換をすることが多いためということであった。また、復職までのリハビリテーション段階だけでは義手を身体イメージの一部として獲得できるとは限らず、実際には、日常生活や就労場面での活用を通じて徐々に獲得する可能性が示唆された。次年度に向けて生活場面や就労現場での身体イメージの獲得などを中心に調査やディスカッションを進めることを計画した。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】義手、心理学、身体化、道具

〔研究題目〕革新的グラフェンフラット電極の開発による単分子デバイスの機能計測

〔研究代表者〕 小川 真一 (ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 小川 真一 (他1名)

〔研究内容〕

集積化分子デバイス実現のための配線形成として導電性高分子鎖の研究を進めている。本研究の今年度の目標は前年度に引き続き、導電性高分子鎖(配線)を周囲から絶縁する方法の確立である。検討中の導電性高分子配線はグラフェン膜上にエピ成長させた絶縁性高分子膜を走査型トンネル顕微鏡を用いて選択的に配線状に導電性に変化させることにより形成するが、下地のグラフェン膜は導電性であるため他の配線と絶縁されないという問題点がある。これら配線を絶縁するための一つの方法は絶縁性高分子膜をエピ成長させる前に下地グラフェン膜の結晶性を破壊することなく絶縁化することである。

ヘリウムイオン顕微鏡を用いたシリコン酸化膜上のグラフェン膜へのヘリウムイオン照射による絶縁化技術を本研究に応用し、単層グラフェン膜では $1 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ のヘリウムイオン照射で絶縁化可能な領域の大きさ、例えばライン状の幅がどの程度まで可能であるか、を詳細に検討した。伝導機構の物理的観点からはアンダーソン局在の最小距離を検討する必要があり、ヘリウムイオン顕微鏡内イオン照射下でのグラフェン膜の電流電圧特性測定時のノイズ(昨年度:数 nA 実績)を10 pA 以下まで低減改善し、ヘリウムイオンビームを照射しながらグラフェン膜の抵抗値変化を測定した。照射ライン幅数10 nm 以下で抵抗が上昇する現象が観測できた。一方SPM 容量顕微鏡を用いて評価したアンダーソン局在の最小距離は25~50 nm であった。これらの結果の相違は、ヘリウムイオン照射領域よりも更に外側にダメージ領域が発生しているためと考える。詳細に関して来年度も継続的に研究予定である。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 ヘリウムイオン顕微鏡、グラフェン、配線、導電性高分子、単分子デバイス

〔研究題目〕表面 X 線回折直接法を用いた精密構造解析による超薄膜化に伴う新規物性発現の解明

〔研究代表者〕 高橋 敏男 (東京学芸大学)

〔研究担当者〕 白澤 徹郎 (物質計測標準研究部門)
(常勤職員1名)

〔研究内容〕

近年、バルクで着目されている物質を基板結晶上で薄膜成長するとバルクとは異なる電子特性をもつようになることが広く認識されるようになり、トポロジカル絶縁体や超伝導体などが注目されている。これは、表面や界面の存在により薄膜が格子ひずみを生じバルクとは異なる

原子配列とること起因しているからである。本研究では、まず第1に、典型的なトポロジカル絶縁体である Bi_2Se_3 がある臨界膜厚以下では、トポロジカル絶縁体ではなくなることを、我々が開発してきた表面 X 線回折法を駆使して原子層分解でその構造を精密解析し、構造の観点からトポロジカル絶縁性を発現する起源を解明する。次に、Fe 系超伝導体である FeSe は、チタン酸ストロンチウム(SrTiO_3) 基板上に単層成長した場合には、超伝導転移温度がバルクでは10K 程度なのに対して65K と極めて高温になることで注目を集めており、本研究においては FeSe 層および基板の表面層の構造を精密解析し、超伝導転移温度が高くなる機構を構造変化を通して明らかにする。本年度は、 Bi_2Se_3 超薄膜および FeSe 超薄膜を製作してその場で表面 X 線回折測定するための分子線エピタキシー装置の整備を行った。この装置を用いて Si (111) 基板上に Bi を1原子層蒸着した $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ -Bi 構造の上に成長させた Bi_2Se_3 超薄膜(膜厚1、2、3QL) を作製し、これら試料の表面 X 線回折データを取得した。

〔領域名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 表面 X 線回折、超薄膜、トポロジカル絶縁体、超伝導薄膜

〔研究題目〕ホモ・ヘテロ・ナノギャップ構造を持つ周期ナノドット転写法の開発

〔研究代表者〕 中田 芳樹 (大阪大学・レーザーエネルギー学研究中心)

〔研究担当者〕 奈良崎 愛子 (電子光技術研究部門)
(常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究課題では、超短パルスレーザー干渉加工法において、干渉パターン中のスポット毎にフェムトリットルの熔融金属挙動が過渡形成される原理を利用し、ホモ・ヘテロ・ナノギャップ構造を持つ金属ナノドットの周期配列構造の形成に挑戦する。具体的には、前記フェムトリットルの熔融金属をレーザー転写(LIDT, Laser-Induced Dot Transfer) 法に応用し、金属ナノドット周期構造を任意基板上に自在形成可能な手法開発を目指す。また複数回の干渉 LIDT やシングルドット堆積を組み合わせる事で、一元または多元金属(金、白金など)等のホモ接合・ヘテロ接合・ナノギャップ構造の作製に挑戦する。パイオや触媒工学、プラズモニクスなど幅広い分野に貢献する、素材・サイズ・配列が自由なナノ構造作製法の基盤要素技術を開発する。本年度は、前年度得られた金ナノドットのオンデマンド堆積に関する知見を基に、ドットの一層の微細化を実現するための LIDT システムの高度化に取り組んだ。具体的には、対物レンズ系 LIDT 装置を使ったスポット微細化によるドットの極微細化と、ドット間ギャップの狭小化を可能にする原料膜とレーザー基材の新たな保持具を開発、超精密

ステージを用いた LIDT 装置の改良を実施した。今後は、本システムを用いた金などのモデル物質におけるプロセス最適化を進め、金属ナノドットの周期配列とナノギャップ構造の実現を目指す。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕周期ナノドット、ナノギャップ、レーザー転写

〔研究題目〕2次元無機有機ペロブスカイト材料によるハイブリッド特有の光学応答

〔研究代表者〕高田 徳幸（機能化学研究部門）

〔研究担当者〕高田 徳幸（常勤職員1名）

〔研究内容〕

無機と有機が複合したペロブスカイト材料の二次元構造を利用して、ハイブリッド特有の光学応答を顕著に出現させ、デバイス応用（室温ポラリトンレーザー発振等）への基盤構築が本研究の目的である。本年度は、励起子ポラリトン素子の CW レーザによる強励起実験により、ポラリトン凝集（ $k=0$ モード付近の発光強度増大）の実現や凝集エネルギーのレッドシフトの観測に初めて成功した。

無機有機層状ペロブスカイト CHEPbI_4 を用いて、マイクロキャビティ（光共振器）構造素子（DBR/CHEPbI₄/NPB/Ag）を作製した。励起子ポラリトン形成は、反射スペクトルの角度依存性評価により確認した。CW 半導体レーザー（励起波長450 nm）を励起光源として用いて、ポラリトン素子の PL 特性（PL スペクトル及び PL 空間分布）の励起強度依存性を観測した。

CW レーザ強度を増加させることで、 $k=0$ （素子面に垂直方向）の発光強度の増大が観測できた。無機有機層状ペロブスカイトを用いたポラリトン凝集を初めて確認することができた。さらに発光ピークエネルギーが低エネルギー側にレッドシフトすることも観測できた。先行研究においては、高密度ポラリトン状態が形成されると、ポラリトン-ポラリトン相互作用により強結合状態が阻害され、凝集エネルギーのブルーシフトが多く報告されているが、今回のレッドシフトはこれまでの観測例とは異なるため、引き続きその原因解明を進めている。

今後は、光励起による室温ポラリトンレーザーの実現やポラリトン LED 開発を進めると共に、ポラリトン機能を活かした新たな素子開発も推進する。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕励起子ポラリトン、強結合状態、ポラリトン凝集、無機有機ペロブスカイト

〔研究題目〕圧力波フォーカシングを利用した高純度シリコンクラスタービーム生成技術の高純度化

〔研究代表者〕岩田 康嗣（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕岩田 康嗣、織田 望、内田 雄幸、

富田 かな子（常勤職員1名、他3名）

〔研究内容〕

ナノクラスターの生成技術としてのレーザー蒸発法は、高融点材料を含む多様な材料が適用でき、化合物では化学量論比が保てるなどの優れた特徴をもつ反面、生成クラスターのサイズ分散は一般的に大きくなる。この課題を解決した新たなレーザー蒸発法が岩田等によって開発され、楕円形状セルの一方の焦点を中心にアブレーションによって気層中を広がる衝撃波が壁で反射して再び他方の焦点に集中し、クラスター生成を微小局所空間で従来の1/10以下の短時間で生じさせることに成功した（*Chem. Phys. Lett.*, 358 (2002) 36-42）。本研究では、ブルーム中における粒子密度の時間変動を高速イメージングと分光計測とを組み合わせた観測システムで解析し、レーザー照射強度などの動作パラメーターとの相関を明らかにして、クラスター生成の高効率化につなげることを研究目標として研究を進めてきた。

平成29年度は、最も生成速度が遅いシリコンクラスターの高強度ビーム化に成功しているシリコンクラスター成膜システム（*Cryst. Growth Des.*, 15 (2015) 2119-2128）を利用して、クラスター生成条件とシリコンクラスター薄膜のナノ構造との相関について調べた。ナノ構造の観測には、産総研の高分解能透過電子顕微鏡（Titan, Osiris）を利用して行った。生成セル出口径はアブレーション粒子の閉じ込めに大きな影響を与え、径の僅かな違いによりビーム強度が大きく変化する様子が確認された。シリコンクラスター薄膜の電子状態を電子エネルギー損失分光（EELS）により量子化されたプラズモンによるエネルギー損失が観測され、新たな光材料（plasmonics）としての利用の可能性を示唆した（*19th International Conference on Transparent Optical Networks, Girona, Spain, Jul. 02-06, 2017*招待講演）。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕レーザー蒸発法、シリコンクラスター、シリコンクラスター超格子

〔研究題目〕低逆転頻度期の古地球磁場強度長期連続変動の解明—外核プロセスへの新たな制約

〔研究代表者〕山本 裕二（高知大学）

〔研究担当者〕小田 啓邦、片山 礼子（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

古地球磁場強度長期連続変動の解明のために高島沖から得られた琵琶湖の柱状堆積物試料による地磁気永年変化の分析をおこなった。堆積物は少なくとも13層の火山灰を挟む泥からなる。13層準から植物片による¹⁴C年代測定値が得られており、これによって暫定的に過去4万年程度の年代モデルが作成されている。今年度は、こ

れまで行った古地磁気キューブおよび u-channel (20×20×1,000 mm) と LL-channel (10×10×1,000 mm) の古地磁気測定結果のデコンボリューション解析および解釈を進めた。特に琵琶湖の先行研究 (Hayashida *et al.*, 2007) に見られる約2,700年前の伏角の極小値について比較検討を行ったが、Ali *et al.*, (1999) による約2,300年前の伏角の極小値が年代モデルを改訂することで対応することを確認した。さらに、中東から報告されている地磁気スパイク (geomagnetic spike) として知られる約3,000年前の急激な磁場強度増加 (Ben-Yosef *et al.*, 2009; Shaar *et al.*, 2011) との関連性を調査した。また、高知大学海洋コア総合研究センターで蛍光 X 線分析コアスキャナおよび X 線 CT による分析を行った。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕地磁気永年変化、パズルー超伝導岩石磁力計、センサー感度曲線、デコンボリューション、琵琶湖堆積物、地磁気スパイク、蛍光 X 線分析、X 線 CT

〔研究 題 目〕最終氷期以降の太平洋子午面循環と気候変動

〔研究代表者〕岡崎 裕典 (九州大学)

〔研究担当者〕岡崎 裕典 (九州大学)、池原 実 (高知大学)、板木 拓也 (地質情報研究部門)、久保田 好美 (国立科学博物館)、佐川 拓也 (金沢大学)、杉崎 彩子 (地質情報研究部門)、関 幸 (北海道大学)、堀川 恵司 (富山大学) (常勤職員2名、他6名)

〔研究 内 容〕

海洋大循環は膨大な熱と二酸化炭素などの物質の輸送を担い、数十年から1,000年オーダーの地球規模気候変動に重要な役割を果たしている。本研究では、太平洋子午面循環の要である北西太平洋を対象海域とし、北太平洋における水塊構造と循環速度の変化を海底堆積物記録から復元することで、最終氷期から最終退氷期における太平洋子午面循環像を明らかにすることを目的としている。地質情報研究部門では、微化石、環境岩石磁気、OSL 年代測定、テフラ層序を担当している。平成29年度は、海洋調査船「新青丸」、海洋調査船「白鳳丸」の研究航海で採取された試料を対象として、微化石群集の解析、環境岩石磁気の分析を進めた。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕古海洋学、北西太平洋、第四紀

〔研究 題 目〕高圧下微小破壊音測定実験によるスラブ内地震発生メカニズムの解明

〔研究代表者〕中大内 智 (愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター)

〔研究担当者〕雷 興林 (地圏資源環境研究部門)

中大内 智 (常勤職員1名、他1名)

〔研究 内 容〕

高温高圧下での岩石破壊実験の際に発生するアコースティック・エミッション (AE) を精度よく検出可能な実験システムを構築し、3次元空間における AE 震源位置の決定精度が±1 mm 以下の誤差を実現した。2017年に、研究グループは大型放射光施設 SPring-8にて、稍 (やや) 深発地震が起こる深さに対応する温度圧力条件下でカンラン岩を変形させ、岩石中でのミニ人工地震発生の際に発生する AE を測定するとともに、得られた試料の電子顕微鏡による微細組織の観察を行った。この結果、プレートの岩石の一部分に変形のエネルギーが局所的に集中することで、部分的に岩石が溶融し、その結果岩石の強度が低下して断層ができ、地震の発生に至るということを明らかにした。本研究の結果は、プレート内部にて発生する稍深発地震の発生原因を統一的に説明可能であるため、基礎科学的に重要な成果であり、Nature Geoscience に公表した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕稍深発地震、D-DIA 型変形装置、カンラン岩、溶融

〔研究 題 目〕メソ細孔空間における酵素構造の理解と機能集積酵素センサーの開発

〔研究代表者〕伊藤 徹二 (化学プロセス研究部門)

〔研究担当者〕伊藤 徹二 (常勤職員1名)

〔研究 内 容〕

本研究では、酵素を基質認識・信号変換部位とした長期安定・高感度センシング系を開発することで、予防医療の実現で求められる「体内埋め込み型」、あるいは、「だ液・呼気試料用」の次世代型センサー開発を目的とする。そのために、酵素の構造・機能が安定化されるメソ細孔空間 (メソサイズの3次元的細孔空間) を新規材料系で作製するとともに、細孔内酵素反応に関わる一連のプロセスを俯瞰して「物質輸送・拡散場、酵素の安定化・反応場、信号変換場」を微小領域に適切に集積する新たな『メソ生体触媒システム』を設計・創製する。また、中性子散乱を利用して細孔内酵素の安定化機構の統一的理解を図ることで、微小空間での酵素に関わる新しい学術的展開を図る。

平成29年度は、中性子小角散乱 (SANS) を用い、コントラストマッチング法によりメソポーラスシリカに起因するシグナルを除去することで、細孔内に閉じ込められた物質構造の選択的な観測を行った。その結果メソ細孔内でのタンパク質の構造解析に成功し、酵素の安定化メカニズム、および吸着メカニズムに関する知見を得た。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕化学・バイオセンサー

〔研究 題 目〕新規固体電解質の開発を目指した高 Li

イオン伝導性カーボネート型共重合体の創製

【研究代表者】 敷中 一洋（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】 敷中 一洋（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、CO₂/エポキシド共重合体（ポリカーボネート）型固体高分子電解質（SPE）の優れたイオン伝導特性に着目し、単体ポリマー同士では混ざらないエチレンオキシド（EO）成分とエチレンカーボネート（EC）成分からなる新しい共重合体を合成し、室温で10⁻³S/cm以上のイオン伝導度かつ0.8以上のLiイオン輸率を達成するSPEの構成素材（共重合体・Li塩・フィラー）を決定し、セパレーター不要のフレキシブル電池の開発を目指すことを目標としている。本研究の中で、当グループはSPEの構成部材であるフィラーの選定を担当している。

本年度は、第一に円筒状粘土鉱物であるイモゴライトの無機フィラーとしての利用を検討した。具体的には本研究で用いるSPEであるポリエチレンカーボネートとイモゴライトの混練法・溶媒キャスト法などによる複合を検討し、溶媒キャスト法によりポリエチレンカーボネートとイモゴライトが凝集なく複合できることを見出した。第二に植物の同時酵素糖化粉碎により抽出された未変性リグニンをSPEのフィラーとして検討した。結果、未変性リグニンはポリエチレンカーボネートの耐熱性を大幅に向上させ、同時に逆可塑剤として働くことを見出した。また、予備的検討によりフィラーを添加してもポリエチレンカーボネートのイオン伝導性は、大きく変化しないことも明らかにした。

【領域名】 材料・化学

【キーワード】 ポリカーボネート、固体高分子電解質、フィラー

【研究題目】 全固体電池における力学・電気・化学的因子相互作用機構の解明とその応用

【研究代表者】 鷲見 裕史（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】 鷲見 裕史（常勤職員1名）

【研究内容】

燃料極支持型固体酸化物形燃料電池（SOFC）では、燃料極基板との熱膨張係数の差によって固体電解質薄膜に巨大な内部応力が導入される。電解質薄膜の欠陥はSOFCセルスタックの力学・電気・化学的信頼性を低下させる要因となるため、特に製造工程において導入が想定される欠陥については予め非破壊で検査できることが望ましい。今年度は、アコースティック・エミッション（AE）法による電解質内欠陥の非破壊検出を試みた。走査型電子顕微鏡（SEM）観察において欠陥が確認されなかった燃料極支持型SOFCの電解質薄膜では、燃料遮断時においてもAE信号は観測されなかった。一方、成膜治具の不具合等によって欠陥が導入された電解質薄

膜では、燃料遮断時に多数のAE信号が観測された。これは、空気極から電解質内の欠陥を通じて酸素が拡散し、燃料極に含まれるNi触媒が酸化して体積膨張した際に微構造が破壊され、微小な音が生じたためである。Ni再酸化に伴うSOFC燃料極の劣化メカニズムの解明に向けて、有用な知見が得られた。

【領域名】 材料・化学

【キーワード】 燃料電池、エネルギー効率化、薄膜、アコースティック・エミッション

【研究題目】 都市気候と空調エネルギー需要の相互作用感度（PFB感度）の定量化とその国際比較

【研究代表者】 高根 雄也（環境管理研究部門）

【研究担当者】 高根 雄也、亀卦川 幸浩、大橋 唯太、井原 智彦（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

本研究では、都市域での“気温上昇→冷房需要増→排熱増→更なる升温”のポジティブフィードバックによる都市気温と空調エネルギー需要の相互作用感度（PFB感度）に着目する。研究代表者らがPFB過程を含む世界初の数値モデルとして開発した都市気候と建物エネルギーの連成数値モデルを大阪、ロンドン、デリー、ジャカルタへ適用し、都市気温と冷房電力需要に対する二つの現況PFB感度の定量化を試みる。この為、建物エネルギーモデルを国外へ適用すべくその改良を行い、国外3都市で実施する屋内外気象観測の結果と比較し検証する。検証後の連成モデルでPFB感度を定量化し、対象4都市間での差異とその要因を解明する。最後に、都市～世界の気候変動予測におけるPFB過程のモデル実装の可否やモデル改良の今後の方向性を明確化する。

本年度は、昨年度に実施した数値モデルの検証結果を受け、大阪市を対象にPFBの定量化を実施した。その結果、PFB感度は、地球温暖化に伴い現在から将来にかけて線形的に増加することが示唆された。具体的なPFB感度は、日本の夏の平均気温が現在よりも+0.5℃上昇する将来では最大0.04℃、+1.5℃上昇する将来では最大0.22℃、+3.0℃上昇する将来では最大0.60℃に達することが示唆された。

次年度は、ロンドンの計算に必要な基礎的なパラメータ収集およびPFBの定量化を行う予定である。

【領域名】 エネルギー・環境

【キーワード】 都市気候、人工排熱、電力需要、気候変動、地球温暖化、空調使用

【研究題目】 環境汚染を内包する産業ランドスケープのGI化のためのプラットフォーム構築

【研究代表者】 保高 徹生（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】 保高 徹生（常勤職員1名）

【研究内容】

環境汚染を内包する産業ランドスケープの GI（グリーン・インフラ）化のためのプラットフォーム構築の研究の推進のため、環境汚染に基づく規制により長期的に避難を強いられた地域の住民の現状について、昨年度に引き続き、現地調査を実施した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】未利用地、放射性セシウム、ブラウンフィールド、グリーンフィールド

【研究 題 目】低エネルギー高速磁化反転技術のための反強磁性構造の創製

【研究代表者】今村 裕志（スピントロニクス研究センター）

【研究担当者】今村 裕志（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、反強磁性をキーワードに、反強磁性と強磁性層の接合における磁化ダイナミクスや、異なる強磁性層間の界面における反強磁性定期的な交換結合の利用により、磁化反転を高速化および低エネルギー化することを目的とする。平成29年度は東北大学グループで行われた強磁性層積層膜 L10-FePt / Ni81Fe19におけるマイクロ波共鳴を利用したスピン起電力の実験データにたいするシミュレーション解析を行った。東北大学の実験で得られた各共鳴モードにおけるスピン起電力の相対強度をシミュレーションで再現できることを確認し、各モードにおける自家ダイナミクスを明らかにした。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】スピントロニクス、反強磁性

【研究 題 目】親/疎水性ナノ空間を併せ持つ有機-無機ハイブリッド型多孔体の開発と触媒への応用

【研究代表者】池田 拓史（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】池田 拓史（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本年度は、メチル基およびプロピル基に SiO_3 が1つ付いたオルガノケイ酸、アルミナ Al_2O_3 、 NaOH を原料とする混合ゲルの水熱反応から、新規ハイブリッドアルミノシリケート KCS-11及び KCS-12を得ることに成功した。この2つの化合物について、結晶構造解析を行い、両者とも、層状のアルミノシリケート骨格からなり、単位胞に2枚の骨格レイヤーを含んでいる。また骨格は、ソーダライトケージを半分にしたトポロジーを有し、既知である層状ケイ酸塩 HUS-1とほぼ同じであった。骨格レイヤー表面の Si 原子にはメチル基、プロピル基がそれぞれ繋がっており層間を埋めている。KCS-11及び KCS-12ともに、骨格の酸素6員環中心には Na イオンが電荷補償のカチオンとして分布していた。両者は構造的な特徴が非常によく似ているにもかかわらず、KCS-11は疎水性、KCS-12は親水性を示した。とくに KCS-12

では、層間の空隙部に多量の水分子を含んでいることが X 線構造解析から明らかになった。この違いは、層間の空隙体積の違いによるもので、KCS-12では水分子が層間の空隙に物理吸着していると考えられる。

また、構造解析法である実空間法についてハイブリッド化合物に最適化した改良を行った。まず、構成元素の全てに関して局所構造を固体NMR測定で測定し、結晶を作っているフラグメント部位を決める。実空間法解析では、フラグメントをあたかも分子のように見なし、ユニットセル内におけるパッキング構造を求めていく。フラグメント構造の末端酸素の重複処理や、Si-SiもしくはSi-Al原子間距離の制約条件を取り入れている。検証の結果、結晶性の低いハイブリッド化合物では非常に効果があり、計算量は多いものの低分解能な粉末X線回折データから結晶構造が解けることを確認した。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】無機-有機ハイブリッド、水熱合成、粉末X線回折、結晶構造解析、ナノ多孔体

【研究 題 目】ダイヤモンド半導体を用いたパッシブな宇宙用電子放出源の実現可能性評価

【研究代表者】加藤 宙光（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】加藤 宙光、竹内 大輔
（常勤職員2名、他2名）

【研究 内 容】

増え続ける宇宙ゴミの問題を解決するためには、混雑軌道にある大型のデブリを除去する必要がある。このデブリ除去を低コストで実現するためには、エレクトロダイナミックテザー（EDT）の開発が必要となる。本研究はこの EDT に必要不可欠な電子放出源に関するものであり、最終的に電力供給や制御を必要としないパッシブな電子放出源の実現に向け、その実用化研究に入るために必要な基盤技術を確認することを目的とする。ダイヤモンド半導体は、その表面状態を制御することで、負の電子親和性の状態を持ち、実効的な仕事関数を大幅に引き下げることができるユニークな材料である。また、負の電子親和性という特殊な状態により、ダイヤモンド半導体を適切に組み合わせたダイオードに電流を流すだけで、空間に電子が漏れ出る現象も見つかっている。これらのダイヤモンド半導体の特異性と、宇宙環境という地上とは異なる特異な環境条件を組み合わせることで、宇宙空間においてパッシブな大電流電子放出が期待できると考える。

モリブデン製のホロカソード電極上へのリンドープしたナノダイヤモンド成膜を行い、水素終端面表面からの熱電子放出特性評価を行った。通常のカーボン材料の仕事関数と比較して、水素終端化したダイヤモンド半導体の仕事関数は小さい値であることが確認された。ただし、地球周回軌道上の原子状酸素環境を模擬した実験におい

て、水素終端表面が、酸素終端化することが明らかとなった。ダイヤモンド電極自体の耐性はあるものの水素終端の安定性については懸念事項となった。

【領 域 名】環境・エネルギー

【キーワード】ダイヤモンド、スペースデブリ、負性電子親和力、エレクトロダイナミックテザー

【研究 題 目】300 °C・10 MGy の耐熱耐放射線性能を持つ電子・撮像デバイス用微小電子源の開発

【研究代表者】長尾 昌善（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】長尾 昌善、辰巳 憲之
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

福島第一原子力発電所の圧力容器内の観察をはじめとし、事故時の高温・高放射線線量下であっても動作するカメラや電子デバイスを、半導体の微細加工技術を用いて作製する電界放出型の微小電子源（真空電子デバイス）を用いて実現することを最終的な目標としている。この研究課題においては、第一段階として真空電子デバイスの基本構成要素である電界放出電子源に耐高温・耐放射線性を付与することを目的とする。電子源においてはこれらの特性は電極間絶縁膜の特性で決まる部分が多いことから、高温で絶縁性の良い、かつ、耐放射線性のある絶縁層薄膜を開発し、その薄膜を用いた電界放出電子源作製プロセスを確立して、高温・放射線に耐えうることを示すことを目的としている。SiO₂膜と SiN 膜の2層構造を持つ Volcano 構造のエミッタが作製可能かどうか、作製プロセスの検討をおこなった。SiO₂膜250 nm と SiN 膜30 nm とし、既に開発したエッチバック法により SiO₂のみの場合と比べてエミッタの開口形状が変化するかを調べた。その結果エッチバック法によりエミッタが開口でき、電子放出可能なデバイスが作製できることが確認できた。また、集束電極とゲート電極の間の絶縁層も2層構造としたダブルゲート型 Volcano 構造エミッタの作製方法も開発した。真空容器に電子源を搭載し、単独で電子源を動作させることができることを確認するとともに、実際に⁶⁰Co ガンマ線照射装置においてガンマ線を照射しながら電子源を動作させることができることを確認した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】耐放射線、電界放出電子源、真空デバイス

【研究 題 目】畜産環境における耐性菌出現防止のための抗生物質の磁気分離

【研究代表者】井原 一高（神戸大学）

【研究担当者】間世田 英明（バイオメディカル研究部

門）（常勤職員1名）

【研究 内 容】

畜産業において、家畜の疾病治療そして成長促進等を目的として動物用抗菌剤（抗生物質）が使用されている。近年、畜産業で使用された抗生物質が畜産廃水および廃棄物を通じて環境拡散し、関連する耐性菌の出現が指摘されている。本研究の目的は、薬剤耐性菌の出現を防止するため、畜産廃水に含有する抗生物質の処理技術として、永久磁石を用いた磁気分離法を確立することである。特に、畜産施設といったオンサイトで処理装置を展開できることを目指し、経済的で維持が簡便な磁気分離装置の開発を目標としている。抗生物質は強磁性物質ではないため、そのままでは磁気力での牽引は困難であるが、磁性を付与することができれば磁気分離が可能になる。本年度は、抗生物質の磁気分離研究として畜産廃水に含有する抗生物質への電気化学磁気シーディング法（磁性付与法）の検討および Nd-Fe-B 磁石を用いた磁気分離装置による抗生物質の高勾配磁気分離試験を実施した。磁気分離処理による目標値を設定するために、水処理微生物を用いた抗生物質への暴露評価試験を行った。

抗生物質の磁気分離研究では、永久磁石においても高勾配磁界による排水での抗生物質の除去率向上の効果が得られることを立証した。また、抗生物質の暴露評価試験においては、排水処理過程を想定しニューキノロン系抗菌剤の暴露経験がある活性汚泥由来の微生物群集に対する再暴露試験を実施し、他の抗菌剤に対しても耐性を示す細菌群を確認した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】抗生物質除去、排水

【研究 題 目】気道上皮細胞特異的なインフルエンザ感染に対する炎症応答

【研究代表者】川口 敦史（筑波大学・医学医療系）

【研究担当者】夏目 徹、足達 俊吾（創薬分子プロファイリング研究センター）
（常勤職員2名、他2名）

【研究 内 容】

インフルエンザウイルスは気道上皮細胞に初感染する。それに対し、気道上皮細胞は物理的なバリアとして機能するだけでなく、炎症性サイトカインを産生することで自然免疫細胞を遊走活性化させて感染早期での生体防御を惹起する。一方、過剰な炎症性サイトカインの産生は、病態の増悪を引き起こす。従って、気道上皮細胞でのウイルス感染応答を理解することは、インフルエンザウイルス感染の病態を理解する上で重要である。本研究では、気道上皮細胞における (1) インフラマソームを介した IL-1 β の発現制御機構の解明、(2) ウイルスタンパク質 NS1 による炎症性サイトカイン mRNA の転写後制御機構の解明を通して、インフルエンザ感染症の病態の理解に資することを目的とする。

本年度は、タンパク質複合体同定手法の開発を行うとともに、新たな NS1結合タンパク質の同定を目指した。その結果、タンパク質複合体の同定に、クロスリンクの手法を導入、細胞内でのタンパク質結合を保ったまま複合体を精製し、質量分析により同定する事が可能となった。この手法により、これまでのクロスリンクを用いない手法では同定できなかったタンパク質を同定する事に成功しており、現在その意義の解析を行なっている。NS1タンパク質の解析については、NS1結合タンパク質として新たに転写制御に関わるタンパク質の同定に成功し、同定したタンパク質がウイルスに対する NS1を介した免疫応答制御に関わる重要な因子であることを明らかとした。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】質量分析、ウイルス、宿主、タンパク質相互作用

【研究 題目】DNA 損傷と細胞死応答に基づく「がん陽子線・複合免疫療法」の開発

【研究代表者】坪井 康次（筑波大学）

【研究担当者】伊藤 敦夫（健康工学研究部門）、坪井 康次、榮 武二（以上、筑波大学）（常勤職員1名、他2名）

【研究 内容】

本研究では、難治性固形腫瘍を克服するために、陽子線照射により局所の腫瘍を根絶するとともに遠隔転移を防ぐ「がん陽子線・複合免疫療法」を実現するための基礎的研究を行う。具体的には腫瘍に対する陽子線照射で誘導される「免疫原性細胞死」により惹起されるがん免疫応答を明らかにする。DNA の損傷修復を抑制し、免疫原性細胞死を誘導する機構の陽子線増感効果と免疫賦活効果を明らかにする。陽子線照射後の新規アジュバントの局所投与による全身がん免疫賦活効果を明らかにする。産総研は主に上記アジュバントの開発を担当する。

平成29年度は、リン酸カルシウム系アジュバント候補材がキャリアとして機能することを確認するため、組み合わせて使用することが想定される抗原または抗体の担持能及び徐放能を検討する。抗体及び抗原は単純な物理吸着によってリン酸カルシウム系アジュバント候補材への担持が可能か否かを明らかにする。抗原の担持量については更に温度、懸濁媒の種類及びイオン強度、抗原濃度等をパラメータとして最適化を行う。また担持された抗原の徐放挙動が、投与される環境の pH によって変化するか否か確認する。これと並行し、臨床応用を見据えて日本薬局方に収載されている医薬品を原材料として一定品質のリン酸カルシウム系アジュバント候補材を調製するための標準作業手順書案の作成を行う。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】がん、放射線、免疫療法、アジュバント

【研究 題目】スマートナノバイオマテリアルの開発と口腔領域における臨床応用への展開

【研究代表者】湯田坂 雅子（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】湯田坂 雅子、片浦 弘道、横山 敦郎（北海道大学）、平田 恵理（北海道大学）（常勤職員1名、他3名）

【研究 内容】

これまで北海道大学の横山教授はカーボンナノマテリアル（CNMs）を応用して骨芽細胞培養用スキャホールドの開発やチタンへの表面修飾等を行うとともに生体反応を解析し、口腔領域における再生医療用生体材料への CNMs の応用の可能性を示してきた。本研究では、横山教授との共同研究により、昨年は抗生物質の CNM への担持に成功し、それを用いると薬剤の抗菌効果を向上できることを明らかにした。2017年度では、そのメカニズムを検討した結果サイズが小さい CNM が高い効果をもたらすことがわかり、CNM のサイズ制御が重要であることがわかった。他方、前年度研究では、局所埋入した CNM は全身への拡散がほとんど無いという結果が得られ、実用化に際しての安全性が高いことが推定された。今年度はさらに、組織観察を行い、埋入した CNM の状態を観察したところ、マクロファージに取り込まれており、リソソームに局在していることが判明した。CNM では、マクロファージに取り込まれても、免疫活性に影響を与えないことを以前確認しており、CNM の局所埋入の高い安全性が示唆された。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】ナノカーボン、骨再生

【研究 題目】筋線維芽細胞と血管内皮前駆細胞の創傷治癒作用に着目した難治性顎骨壊死の治療法開発

【研究代表者】池本 光志（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】池本 光志（常勤職員1名）

【研究 内容】

ビスホスホネート（BP）は骨粗鬆症やがんの転移治療に有効な薬物であるが、抜歯などの口腔内創傷治癒過程に於ける炎症の遷延化や顎骨壊死を誘導する。特に、ゾレドロン酸（ZA）は、BP 製剤のなかでもがん骨転移抑制効果が高いが、上記副作用が臨床応用上の大きな問題となっている。本研究では、創傷治癒や組織再生に重要な役割を果たす筋線維芽細胞と血管内皮細胞に焦点をあて、ZA による組織再生機能阻害の分子機序を細胞シグナル伝達系と細胞内輸送系から解明する。Addicisin は、TGF- β 受容体の細胞内局在制御因子 Rab ファミリーの機能調節因子である。TGF- β 系シグナルは、間葉系幹細胞の分化シグナルとして働いて創傷治癒時の結合組織の供給を促進する。そこで、ZA が Addicisin-Rab ヘテロ複合体形成に抑制的に作用する可能性と、ZA 依存的に複合体形成能が変化する Addicisin 複合体形成因

子の解明を進める。本年度までに、Addicisin 複合体形成因子を免疫沈降実験等にて解明するため、Tag を付加した Addicisin 発現ベクターや、結合ドメイン決定のための部位欠損 Addicisin 発現ベクターの構築を完了した。また、各種ストレス刺激による Addicisin 細胞内局在変化を検討した結果、酸化ストレス（過酸化水素刺激）やホルボルエステル刺激等により、細胞内局在を小胞体から細胞膜へと顕著に変化させることが明らかとなった。また、酸化ストレス負荷時における Addicisin ヘテロ複合体形成因子を免疫沈降法により検討した結果、いくつかの未知候補因子が酸化ストレス依存的にヘテロ複合体を形成することが明らかとなった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ビスホスホネート、ゾレドロン酸、炎症遷延化、顎骨壊死、TGF- β 、Addicisin、細胞内局在変化、細胞内輸送系

【研究 題 目】人力小規模金採掘が農水産物に与える水銀汚染の時空間的影響評価と対策手法

【研究代表者】竹中 千里（名古屋大学）

【研究担当者】村尾 智（地圏資源環境研究部門）、
竹中 千里（名古屋大学）、
池口 明子（横浜国立大学）、
富安 卓滋（鹿児島大学）、
野中 健一（立教大学）
（常勤職員1名、他4名）

【研究 内 容】

ASGM (Artisanal and Small scale Gold Mining) が行われているフィリピン・カムリネスノルテ州の Labo 市と Jose Panganiban 市を対象に調査を行い、昨年度と同様、製錬所とその周辺で植物試料と土壌試料を採取した。植物試料と土壌試料では、植物種は採取地点によって水銀濃度は大きく異なり、種間の吸収能力の差および土壌中の水銀の局在に起因すると推測された。製錬所以外の地点では、製錬所のような著しい水銀汚染は見られなかったが、一部の植物試料において、非汚染地における既存の報告濃度よりも高いものがみられた。現在、観察事実とデータに基づいて、大気から降下・沈着する水銀の影響について検討中である。

昨年度の毛髪試料の分析からは、健康への影響が心配されるほどの高濃度の水銀は検出されなかった。また、ASGM を行っている村と行っていない村の間に毛髪中の水銀濃度の差は見られなかったが、魚を食べる頻度・魚の入手方法によって水銀濃度に差が出た。そこで、今年度は地元民の魚食について、集中的な調査を行った。地元住民への水銀の影響としては、食生活による影響がどの程度であるか、さらに解析を続けている。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】零細及び小規模金採掘、フィリピン、水銀、農水産物、ASGM

【研究 題 目】ドミニカ共和国沿岸の重金属汚染の時空間的推移と流入実態の調査と負荷源対策の検証

【研究代表者】作野 裕司（広島大学）

【研究担当者】鈴木 淳、長尾 正之（地質情報研究部門）（常勤職員2名）

【研究 内 容】

カリブ海に位置するドミニカ共和国のように、鉱物資源を主な輸出品とする発展途上国では、沿岸域での重金属汚染が深刻であるにも関わらず、重金属を対象とした汚染モニタリング体制が貧弱であるため、汚染状況の推移を把握できていない。鉛等の人為起源の汚染が予想されるハイナ川河口域以外のサンゴ礁を対象に、通常海域におけるサンゴ骨格中の重金属濃度を把握する目的で、ドミニカ共和国の沿岸各地を対象に、環境ベースライン調査を継続実施している。ドミニカ共和国北部のサマナ湾の湾口部及び外洋部にて、2016年2月に採水およびサンゴ分布状況について海域調査が実施され、今年度はこの採水試料について、水質分析（栄養塩、塩分、全アルカリ度等）を行った。塩分と全アルカリ度の顕著な相関関係から陸水の流入が示唆されるが、濁度と塩分には明瞭な関係がみられず、調査測線が設定された湾口部では、海水の濁度は必ずしも陸水の影響ではないことが示唆された。塩分とケイ酸濃度にも明瞭な相関関係が認められた。溶存無機態窒素（DIN）及び溶存無機態リン濃度は、0.8 μM 及び0.09 μM 以下で、サマナ湾の湾口部では、一般的なサンゴ礁にみられるレベルの水質であった。また、サマナ湾の湾口部及び外洋部から採取されたサンゴ骨格試料を切断し、軟X線撮影により年輪を可視化して、群体の年齢算定を進めた。今後、微小試料の採取を進め、Sr/Ca比測定による水温記録の復元と群体の成長履歴の解明を実施する予定である。これらのサマナ湾の湾口部及び外洋部からのサンゴ骨格試料は、鉛等の人為起源の汚染が予想されるハイナ川河口域からのサンゴ骨格の重金属元素の濃度と比較検討される。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】鉛汚染、汚染履歴、生物モニタリング、サンゴ

【研究 題 目】大陸下マンツルの形成とその改変過程：世界最古のかんらん岩体での物質科学的検証

【研究代表者】森下 知晃（金沢大学）

【研究担当者】針金 由美子（地質情報研究部門）
（常勤職員1名）

【研究 内 容】

地球科学の未解決問題である大陸の形成や大陸の安定性の鍵となる大陸下マンツル物質の成因、地球史におけるプレートテクトニクス開始時期とその様式について、南西グリーンランドに分布する世界最古の39億年前に

形成された堆積岩起源の変成岩・花崗岩からなる地質帯中のかんらん岩を研究の対象として、物質科学的に検証することを目的としている。研究担当者は、研究代表者がグリーンランドにて採取してきたかんらん岩試料について走査型蛍光X線分析顕微鏡を用いた元素マッピング分析を行った。また、比較対象として海洋底から採取されたかんらん岩試料の岩石薄片を作成し、同様の元素マッピング分析を行い、化学組成や鉱物の分布を調べた。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】かんらん岩、太古代、地球初期、大陸形成、プレートテクトニクス、大陸下マントル、沈み込み帯、流体

【研究 題 目】地衣類の共生コンビネーションの可塑性と多様性—北極から南極までの系統地理学

【研究代表者】長沼 毅（広島大学・生物圏科学研究科）

【研究担当者】長沼 毅、伊村 智、辻本 恵、
中井 亮佑（契約職員1名、他3名）

【研究 内 容】

地衣類は菌類と藻類の共生体である。この共生的関係では、菌類が「ハウス」として環境ストレス（紫外線や乾燥・強風など）からのシェルターを藻類に提供する一方で、藻類は光合成産物を菌類に提供する。本研究では、菌類と藻類の共生種の組み合わせを北極～南極横断的な規模で調査していく。具体的には、葉状地衣類を主なターゲットとして、得られた検体について順次、伝統的な形態分類をおこなうとともに、DNA 分析による分子分類を進める。DNA 分析では、16S rRNA 遺伝子や18S rRNA 遺伝子・核ゲノム ITS 領域・ミトコンドリア COI 遺伝子・葉緑体 *rbcL* 遺伝子・葉緑体 *matK* 遺伝子など複数の遺伝子領域の塩基配列を精緻に解析していく計画である。本年度は、研究分担者として主に16S rRNA 遺伝子に基づく地衣類共生・共生バクテリアの群集構造解析を遂行した。結果として、群集構造解析に使用する塩基配列データベースの選定など、生物情報解析をおこなううえで必要な解析条件の検討が完了した。現在、研究代表者らとともに、地衣類標本を用いて共生・共生バクテリアのカタログ化を進めているところである。また今後、地衣類の分離源を考慮した系統地理学的解析もあわせておこなう予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】地衣類、微生物資源、遺伝子資源

【研究 題 目】熱帯乾燥季節林の水分ストレスと火災が炭素循環に与える影響評価と森林再生への対策

【研究代表者】前田 高尚（環境管理研究部門）

【研究担当者】前田 高尚（常勤職員1名）

【研究 内 容】

将来の気候変化に伴う熱帯林の乾燥化は、樹木の枯死率増加だけでなく森林火災の増加によって森林劣化を引き起こす可能性が高いと考えられる。しかし、熱帯多雨林と異なって明瞭な雨季・乾季のあるインドシナの熱帯季節林においては、強い乾燥や森林火災が土壌と樹木の炭素収支に与える影響を野外観測や実験によって検証した研究例はなく、森林生態系の炭素動態や樹木の生理活性などに与える影響は不明である。本課題では、筑波大学、京都大学、山形大学と共同で、また、タイ科学技術研究院の他、タイ国立公園野生生物保護局、カセサート大学林学部の協力のもと、タイの代表的なタイプの低地林の一つであるタイ東北部のコラート高原に位置するタイ科学技術研究院サケラート環境研究ステーション内の乾燥フタバガキ（落葉）林を対象として、水分ストレスや火災が森林の炭素循環に与える影響を明らかにするため、火災区とコントロール区を設置して、土壌周辺の炭素収支、樹木生理、気象等環境諸量の観測とシミュレーションモデルを用いた影響評価を行い、将来の適切な森林管理方法について検討することを主な目的とする。今年度は、現地観測および実験のグランドデザイン、土壌呼吸速度連続測定システムの製作・設置、樹木の生理活性を測定するためのプラットフォームの設置など、研究を遂行するための基盤の整備を行った。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】熱帯季節林、森林火災、陸域生態系炭素収支、地球温暖化、生物多様性、エルニーニョ現象

【研究 題 目】呼気ガスセンシングによる病状診断と予測アルゴリズム開発

【研究代表者】申 ウソク（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】申 ウソク、伊藤 敏雄
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

本研究開発は、呼気由来の非侵襲データに基づき、機械学習法により複数の疾患を診断することを目的とする。呼気成分から疾病をスクリーニングする本研究の手法が確立されれば、その簡便性から医療現場の労力を大幅に削減できるだけでなく、被検者にとっても診断のための経済的・身体的・心的・時間的負担の軽減が期待できる。

今年度は予備試験として、主要なガス分析機器であるガスクロマトグラフィー質量分析計（GC/MS）の呼気分析条件の最適化を行った。主要な GC/MS の仕様、呼気のサンプリング方法、呼気サンプリングに用いるガスバッグについて調査した。生体由来のサンプルの分析は、比較検討の観点から数多く採用された条件で行うことが望ましい。文献調査によると、ガスバリア性の高いガスバッグに呼気を採取し、固相マイクロ抽出法（SPME）により SPME ファイバーに呼気成分を濃縮して GC/MS で分析する方法が多く採用されていた。そこで、

ガスバッグ洗浄条件、SPME ファイバーによる濃縮条件、GC/MS カラムの選定、GC/MS 測定条件を、模擬呼気ガスを用いた計測を繰り返し実施することで、最適条件を明らかにした。

〔領 域 名〕材料・化学

〔キーワード〕呼気、スクリーニング、ガスクロマトグラフィー質量分析計

〔研究 題目〕サイドスキャンソナーと画像解析を組み合わせた海底質の面的モニタリング手法の開発

〔研究代表者〕西嶋 渉（広島大学）

〔研究担当者〕長尾 正之（地質情報研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

多様性に富んだ沿岸域において移動性が小さい底生生物の生息環境を把握するためには、面的な底質モニタリングが必要であるが、瀬戸内海を例にとるとモニタリング地点は最大90 km² に1 地点である。本研究では、分解能の高いサイドスキャンソナーを使用する底質判別アルゴリズムを作成し、代表的な地点や精緻化が必要な地点では従来の粒度分布測定より約100倍の時間短縮が可能な画像からの粒度分布測定を組み合わせることで沿岸域の面的モニタリングを行う手法開発を目的とする。

平成29年度は、超音波反射強度画像に基づいた表層堆積物の分類では、結果が実態と一致しない場合があることから、その分類方法について総括するとともに、海砂を主体とする潮流が速い水域で、反射強度画像の解像度に係わるパラメータを変えて反射強度画像を取得した結果に基づき、課題を整理した。

〔領 域 名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕サイドスキャンソナー、反射強度、底質判別、表層堆積物、海砂

〔研究 題目〕山を動かすバイオマス利活用による地域環境創生に関する研究

〔研究代表者〕安田 肇（創エネルギー研究部門）

〔研究担当者〕安田 肇、村上 高広（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

森林資源の持続的な利用は、中山間地域の地域創生の有力な方法と考えられるが、生産から消費までの一貫した技術と影響評価が一体となった学術的根拠のあるツールの「パッケージ」が必ずしも提示されていない。本研究では、木質バイオマスの持続的かつ先進的な利活用方法の開発と、その利活用がもたらす社会・経済・環境への影響評価を行う。国立環境研究所と共同で、これまで各研究参画者らが構築してきた木質バイオマスに関する要素技術を一連のモデルシステムを統合させ、大災害を経験し、再生可能エネルギーに関する将来ビジョンの策定とその実現が急務となっている福島県の自治体にお

る社会実装を念頭に、具体的にバイオマスを利活用した地域デザインが定量的かつ空間的に可能となる、「山をうごかす」パッケージを提案することを目的としている。産総研ではバイオマスガス化システムにおいて、生成ガスおよびタールの発熱量測定、および成分分析など基礎実験を推進し、バイオマス資源のエネルギー転換に関するメカニズムを解明する。バイオマスガス化炉利用によるメリット・デメリットを分析する。中長期における技術効率の改善やコスト低減効果についての見通しを明らかにする。

平成29年度は、研究分担者らがこれまで開発してきたバイオマスガス化実験施設を拡張し、ガス化に供する原料の水分調整を実施した場合や未利用材の利用がガス化反応挙動に与える影響を明らかにする研究を着手した。生成ガスおよびタールの発熱量測定や成分分析について、実験施設の整備と基礎的な実験を実施し、反応器内の固体内容物観察手法を確立した。

〔領 域 名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕バイオマス利活用、ガス化

〔研究 題目〕フェムト秒レーザーを用いた時間分解計測による生体光学特性値の推定

〔研究代表者〕星 詳子（浜松医科大学）

〔研究担当者〕谷川 ゆかり、川口 拓之（以上、人間情報研究部門）、岡田 英史（慶應義塾大学）、清水 広介、町田 学（以上、浜松医科大学）（常勤職員2名、他4名）

〔研究 内容〕

生体内光伝搬の解明は、様々な生体医用光学技術開発に必要な不可欠な課題の一つである。しかし、生体内光伝播を非侵襲で直接計測することは不可能であるため、数値モデルに基づくシミュレーションが必要不可欠な技術である。生体光イメージングは、この数値モデルを順問題として、逆問題解析によって画像再構成を行う。生体の光学特性値（吸収係数や散乱係数など）は、シミュレーションの基本データとして、また順問題の条件設定や逆問題解析の初期値として必要であるが、その真の値は未だ不明である。本研究では、フェムト秒レーザーと高い時間分解能を持つストリークカメラを用い、ラットとヒトを対象に *in situ* で時間分解計測を行い、モンテカルロシミュレーションから得られるルックアップテーブルなどを用いて、光学特性値を推定することを目的とする。

平成29年度は、フェムト秒レーザーとストリークカメラを用いた時間分解計測システムを構築、ラットやヒトを対象とした時間分解計測の予備実験として、光学特性値が既知であるイントラリピッドと色素を混入した液体ファントムや一様均質な固体ファントムを対象に時間分解計測を行った。

〔領 域 名〕情報・人間工学

【キーワード】近赤外線スペクトロスコープ（NIRS）、光学特性値、ファントム

【研究題目】含ホウ素ナノ粒子による薬物送達と中性子捕捉療法を組み合わせたがん治療法の開発

【研究代表者】石川 善恵（ナノ材料研究部門）

【研究担当者】石川 善恵（常勤職員1名）

【研究内容】

ホウ素中性子捕捉療法用薬物としての含ホウ素ナノ粒子の開発を目的とし、ホウ素または炭化ホウ素の球状粒子合成を行った。また、含ホウ素ナノ粒子に磁気回収やMRI 造影機能付与を目的とした磁性材料との複合化についても検討を行った。炭化ホウ素粒子と酸化鉄の混合分散液に対しレーザー照射を行った。回収した粒子のXRD 分析結果では主に FeB の結晶構造が確認できたが、HAADF-STEM の分析結果からは酸素も多く含まれていることが明らかとなった。そこで XPS により元素組成比を調べたところ、ホウ素がわずか5 %であり、酸素が45 %、Fe が50 %の割合で構成されていることが明らかとなった。これらの結果より、回収された粒子はアモルファスな酸化鉄の成分を多く含んでいることが明らかとなった。今後はホウ素含有率の向上に取り組む。

【領域名】材料・化学

【キーワード】ホウ素中性子捕捉療法、液中レーザー溶解法、球状粒子

【研究題目】ワイドギャップ半導体（SiC および GaN）MOS 界面欠陥の電子スピン共鳴分光同定

【研究代表者】原田 信介、岡本 光央（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】原田 信介、岡本 光央（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究は SiC および GaN の MOS 界面欠陥の起源を、電子スピン共鳴分光によって明らかにしようとするものである。筑波大学との共同研究のもと進められ、我々は SiC-MOS 界面欠陥のパートを担当している。当初の計画の通り、平成29年度は評価対象となる a 面、m 面 SiC-MOSFET の作製を AIST で行った。そして予定通り年度内に完成し、来年度は電流検出電子スピン共鳴（EDMR）分光評価を進められる手筈が整った。評価において大切になるポイントは、既存・既知の SiC-MOS 界面である 4H-SiC(0001) 面 = Si 面、および 4HSiC(000-1) 面 = C 面との比較である。そこで平成29年度は Si 面および C 面 SiC-MOSFET の界面欠陥の解析も進展させた。その結果、Si 面では界面垂直方向を向いた炭素ダングリングボンド型の界面欠陥（PbC センター）の存在が明らかになった。その面密度は3~4 $\times 10^{12}$ cm⁻²であり、Si 面で見出されている電子捕獲準

位の密度とほぼ一致している。この電子捕獲欠陥が可動電子を減らすことで SiC-MOSFET の電界効果移動度の劣化が起きている。一方 C 面では、PbC センターとは別種の欠陥がメインに発生しており、さらにウェット酸化とドライ酸化で界面欠陥の種類ががらりと変わることも明らかになってきた。これらの Si 面界面欠陥、C 面界面欠陥が a 面や m 面で登場するのか、または、全く新しい欠陥が発生しているのかを来年度明らかにできると考えている。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】SiC（シリコンカーバイド）、MOS 界面、電子スピン共鳴分光（ESR）

【研究題目】低損失縦型ダイヤモンドパワー MOSFET

【研究代表者】加藤 宙光（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】加藤 宙光、大曲 新矢、梅沢 仁、牧野 俊晴（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

省エネ・低炭素社会の実現に期待されている次世代パワーデバイスに関して、大電力制御が可能であり、かつ最も高い省エネ効果が期待されているダイヤモンド半導体を用いた超低損失 MOSFET のための基盤要素技術開発を目指す。これまでの研究で得られた原子レベルで制御したダイヤモンド膜の成長技術、不純物ドーピング制御技術、表面・界面構造制御技術を応用し、高耐圧・低 ON 抵抗化に有利な縦型トレンチゲート構造の開発を進める。

ダイヤモンド半導体はイオン注入によるドーピング制御が行えないため、デバイス構造の形成にはマイクロ波プラズマを用いた PECVD 法で各半導体層の積層化が必要となる。縦型化に必要な P/N/P 積層構造を PECVD 法により形成し、SIMS 分析を用いて各半導体層の濃度及び膜厚が所望の値となることを確認した。V 型トレンチ構造の作製にはニッケルの炭素固溶反応を利用した触媒エッチング法を用いた。雰囲気ガスや環境温度を制御することで（111）面を出す異方性エンチングが可能となるが、そのレート制御の最適化を進めた。

【領域名】エネルギー・環境

【キーワード】ダイヤモンド、ドーピング制御技術、表面・界面構造制御技、反転チャネル MOSFET

【研究題目】真空電気化学 AFM によるリチウムイオン蓄電池電極界面の原子レベルオペランド計測

【研究代表者】橘田 晃宜（電池技術研究部門）

【研究担当者】橘田 晃宜（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究ではリチウムイオン電池の電極材料と電解液との界面における種々の現象を表面科学的手法ならびに計算科学的手法を駆使して明らかにし、電池性能の改善の鍵となる反応メカニズムを物理化学的に解明することを目標としている。

京都大学、一井准教授との共同研究の枠組みで現在、真空電気化学 AFM によるイオン液体中での電極反応の解析を目指している。電極としてチタン酸リチウムに着目し、本材料の単結晶モデル電極の作製とその電気化学特性の評価を行った。また、電気化学的環境下で AFM 観察を行い、充電前後におけるチタン酸リチウム表面でのイオン移動の様態を原子レベルで直接可視化することに成功した。今後はマンガン酸リチウムの単結晶基板を提供し、その表面でのイオン移動や結晶溶解過程を原子レベルで可視化・解明することを試みる。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 リチウムイオン電池、電気化学 AFM、その場環境分析

【研究 題 目】 高強度テラヘルツパルスによる極限スピン制御

【研究代表者】 揖場 聡 (スピントロニクス研究センター)

【研究担当者】 揖場 聡 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

高強度テラヘルツ (THz) パルスを半導体中の電子スピンの照射すると、その強い電場成分により電子スピンの高速ドリフト走行が生じる。特にスピン軌道相互作用が強い半導体中では高速ドリフト走行するスピンに対して巨大内部有効磁場が作用し、スピンの高速回転が期待できる。そこで本研究では、THz パルス照射による半導体量子構造中スピンの高速回転と長距離輸送を目指す。今年度は GaAs/AlGaAs 量子構造の設計および成膜条件出しを行い、スピン時空間ダイナミクス計測に適した試料の作製に成功した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 スピン制御、THz パルス、スピン軌道相互作用、半導体量子構造

【研究 題 目】 南海トラフ東部におけるレベル1.5地震・津波の実態解明

【研究代表者】 北村 晃寿 (静岡大学)

【研究担当者】 北村 晃寿 (静岡大学)、横山 祐典 (東京大学大気海洋研究所)、豊福 高志 (海洋研究開発機構)、宮入 陽介 (東京大学大気海洋研究所)、原田 賢治 (静岡大学)、菅原 大助 (ふじのくに地球環境史ミュージアム)、山田 和芳 (ふじのくに地球環境史ミュージアム)、佐藤 善輝 (地質情報研究

部門)、三井 雄太 (静岡大学)

(常勤職員1名、他8名)

【研究 内 容】

南海トラフ巨大地震への防災・減災では、レベル1 (連動型地震によるマグニチュード8程度のクラスの地震・津波) と、レベル2 (あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波) を想定して対策が講じられている。過去4,000年間における南海トラフ東部の地震・津波履歴の調査からは、レベル2津波の痕跡は見出されないが、レベル1と2の中間規模 (レベル1.5) の地震・津波の痕跡は複数検出される。しかしながら、レベル1.5地震の実態は不明であり、防災・減災の対象になっていない。従って、この状況を解消すべく、レベル1.5地震・津波の痕跡を調べ、実態を解明する必要がある。そこで、南海トラフ東部地域を対象として、堆積物の堆積相・貝化石の解析、微化石解析、地球化学分析などを行って、津波の発生年代と波高、地震性隆起量を復元する。そして、解析結果を断層モデル、津波断層モデル、土砂移動数値シミュレーションに導入し、地震・津波の実態を解明する。

平成29年度は焼津平野浜当目地区で掘削されたボーリングコア試料から分取した33試料について珪藻化石分析を実施した。これらは層相から後背湿地あるいは潮間帯干潟の堆積物と推定されているが、いずれも十分な量の珪藻化石が含有されておらず、珪藻化石からは古環境を復元するに至らなかった。

【領 域 名】 地質調査総合センター

【キーワード】 南海トラフ、地震、津波、完新世

【研究 題 目】 大陸誕生：ケルマディック弧と小笠原弧からの検証

【研究代表者】 田村 芳彦 (海洋研究開発機構)

【研究担当者】 石塚 治 (活断層・火山研究部門) (常勤職員1名)

【研究 内 容】

伊豆小笠原弧およびケルマディック弧において調査航海、試料採取、採取試料の分析・解析を行い、新たに提出した Advent of Continents 仮説を検証する。つまり、地殻の薄い海洋島弧 (ケルマディック弧南部及び伊豆小笠原弧南部) の海底火山において初生安山岩質マグマ (マントル由来の安山岩質マグマ) またはその分化物が噴出していること、つまり、「海において大陸が生成していること」を明らかにする。

今年度は、地殻の薄い部分に形成されている伊豆小笠原弧土曜海山において、海洋研究開発機構の調査船「よこすか」とそれに搭載のディーブトウシステムによる、海底地形観測、海底観察と岩石試料採取を実施した。その結果、土曜海山の複数の側火山体から極めて新鮮で発泡した安山岩質火山岩試料の採取に成功した。採取試料についての岩石学的、地球化学的研究を実施している。

産総研では、この中で特に $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定により、この側火山の活動時期の決定を行っている。試料準備が完了し、来年度測定を行うことが可能になる見込みである。これら分析作業により、この海底火山におけるマグマの成因やマグマ供給系の解明を行っていく予定である。この海底火山において、初生安山岩質マグマが生産されているのか、されているのであればどのような条件で生産されているのかを明らかにする。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】伊豆小笠原弧、安山岩質マグマ、海底火山、年代測定

【研究 題 目】共スパッタ法と電析法による糖類分析用半コアシェルナノ粒子埋め込み炭素電極の開発

【研究代表者】丹羽 修（埼玉工業大学）

【研究担当者】加藤 大（バイオメディカル研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内 容】

本研究では、共スパッタ法で金属ナノ粒子埋め込みカーボン薄膜電極を作製したのち、電極に埋め込まれたナノ粒子上へ異種金属元素のメッキを行い、オリゴ糖などの分子量の大きな糖類に強い触媒的な酸化反応を行う二元金属接合型構造の半コアシェル型ナノ微粒子が埋め込まれたカーボン薄膜電極の開発を目的とした。具体的には UBM スパッタ法を用いて、金属（Pd あるいは Au）とカーボンを共スパッタし、Pd/Au ナノ粒子埋め込みカーボン薄膜を作製後、Pd/Au ナノ粒子とカーボン膜の過電圧の差を利用して、異種金属である Ni を Pd/Au ナノ粒子上のみに析出させることで接合型二元金属構造を形成した。SEM 観察より、下地金属ナノ粒子の違いによって Ni メッキの構造が異なること、その接合力に差があることが分かった（Ni との接合は、Pd の方が Au よりも強い）。オリゴ糖である maltopentaose の電気化学測定を行った結果、従来の Ni バルク電極よりも大電流値、Ni ナノ粒子埋め込みカーボン薄膜電極よりも低電位側での糖酸化ピークを得た。また、フローインジェクション測定で、単糖である glucose の酸化電流値に対する maltopentaose の酸化電流値の比 ($i_{\text{glu}}/i_{\text{malt}}$) は、Ni-Pd/C 電極では0.7、Ni バルク電極では0.5であった。本結果より、接合型二元金属ナノ粒子はオリゴ糖の電極酸化反応における電極触媒活性を向上させる可能性があることが分かった。

【領 域 名】生命工学領域

【キーワード】ナノカーボン薄膜電極、共スパッタ、金属ナノ粒子、腸疾患糖マーカー

【研究 題 目】先端エネルギーと医療応用のための多機能性ナノポーラス材料の理論設計と実験的創製

【研究代表者】ベロスルドフ ロディオン（東北大学）

【研究担当者】竹谷 敏（物質計測標準研究部門）
（常勤職員1名）

【研究 内 容】

環境・エネルギー分野に貢献できるナノポーラス材料を、量子科学計算により理論的に設計し、その結果に基づき実験的な結晶合成と、結晶構造の評価に関する一連のプロトコルの構築を目的としている。ナノポーラス材料の中でも、クラスレート水和物に着目する。

近年、クラスレート水和物の一種であるメタンハイドレートが、新たなエネルギー資源として注目されるようになった。他にも、様々なクラスレート水和物の存在が知られ、ガスの安定的な分離・貯蔵といった機能活用に向け、高機能な材料開発が進められている。クラスレート水和物の場合、その生成過程において、水とゲストのみが使用されることや化学変化ではないため副生成物は生じないことから低環境負荷技術の開発が期待できる。

初年度は、既に結晶構造が実験的に解明されているクラスレート水和物に関し、量子科学計算による構造決定と、ホスト・ゲスト相互作用の定量評価を行った。

次年度は、新たに実験・解析で得られるクラスレート水和物の結晶構造と、量子科学計算でもとめられる安定構造に関し、比較検討を行う。その結果に基づき、計算パラメータの最適化を図る。さらには、量子科学計算で機能の有効性が示される新規クラスレート水和物に関し、計算・実験の双方からのアプローチを行う。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】X線構造解析、ガスハイドレート、ガス貯蔵、ガス分離

【研究 題 目】医療技能の技術化・デジタル化で実現する超音波診断・治療統合システムの超高精度化

【研究代表者】小泉 憲裕（電気通信大学）

【研究担当者】葭仲 潔（健康工学研究部門）、
小泉 憲裕、小木曾 公尚、西山 悠
（以上、電気通信大学）、
月原 弘之（東京大学）、
宮寄 英世（帝京大学）
（常勤職員1名、他5名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、医療技能の技術化・デジタル化（医デジ化）により、非侵襲超音波診断・治療統合システムの構築法を確立することである。本研究で提案する非侵襲超音波診断・治療統合システムとは、呼吸等により能動的に運動する患部を抽出・追従・モニタリングしながら、超音波を集束させてピンポイントに患部へ照射することにより、がん組織や結石の治療を患者の皮膚表面を切開することなく非侵襲かつ低負担で行なおうとするものである。このうち、研究期間内に、人体に対して90

パーセントの体動を安定的に補償し、変形をともなって運動する臓器内の患部に対しても1 mm という超高精度で頑健に抽出・追従・モニタリングするシステムを実現するとともに、動物実験レベルで超音波照射系と統合し、システムの有効性および安全性を実証する。

本年度は、医用画像から機械学習により、臓器の運動（位置・姿勢・回転）を同定するために、テンプレートを動的に自動取得してこれを切り替える技術、臓器の輪郭情報を自動で抽出し、これをパラメトリックに表現する技術等を新規に開発した。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕超音波診断・治療、集束超音波、体動補償・追従

〔研究題目〕自己センシング高分子人工筋肉の開発と物理原理に基づく制御指向モデリング

〔研究代表者〕安積 欣志（無機機能材料研究部門）

〔研究担当者〕安積 欣志（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、釣り糸人工筋として最近注目を集めているナイロンファイバーを用いたソフトアクチュエータの研究と、その動作特性を制御するためのメカニカルセンサーとして、産総研で開発を進めてきたイオン導電性高分子アクチュエータ材料の、ソフトセンサーとしての特性を調べる研究である。イオン導電性高分子に金属接合した接合体は、変形させると微小な電圧が発生することが知られており、それはイオン交換樹脂内のイオン流が原理である。その原理の詳細についてはまだ解明されておらず、材料特性も詳細に調べられていない。本研究では、様々なイオン導電性高分子について、振動センサーの特性を調べ、定量的モデルを検討することを目的とする。

昨年度は、イオン導電性高分子アクチュエータ材料として代表的な、固体高分子電解質型燃料電池で用いられるフッ素型イオン交換樹脂へ金を無電解メッキで接合したフィルムの振動センサー特性について、水で完全に膨潤した状態について、カウンターイオンを変えて、発生電圧と電流の測定を行った。その結果、わかったことをまとめると以下の通りである。電圧応答、電流応答とも、変形一定にしても、応答の緩和を示すこと、また、応答の強度および緩和の挙動はカウンターイオンに大きく依存し、カウンターイオンの水和量、あるいはイオン電導度などが影響していることが分かった。

本年度は、以上の結果について、定量的モデルを構築し解析を行い、実験との比較を行った。モデルは、イオンと水のフラックス式に基づき、イオン導電性高分子のメカニカルなモデルとのカップリングした偏微分方程式を解くことで、変形させた際の高分子内のイオン濃度や電位分布を、様々な高分子の含水率条件、イオン濃度条件等で計算することで実験と比較した結果、よい一致が得られた。

上記の成果に基づき、今後、本素子を用いた振動センサーデバイスの実現を目指してさらに材料やシステムの開発を進める。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕スマート材料、エナジーハーベスティング、環境発電、イオン導電性高分子、センサーネットワーク、イオン交換樹脂、モデル、イオン流

〔研究題目〕住宅における Dampness の室内環境の解明と健康リスクマネジメント

〔研究代表者〕篠原 直秀（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕篠原 直秀（常勤職員1名）

〔研究内容〕

ダンプネスの主観評価と物理環境データ取得のための全国調査ダンプネスの室内環境の解明が可能なよう、インターネットを通じた全国調査を全国の戸建住宅500世帯を対象として実施した。アンケートでは、居住者の主観評価を用いた包括的なダンプネスの程度を評価するとともに、アレルギー性症状の有無を尋ねた。また、リスクリテラシーに対する認知度を測るために、結露やカビの健康影響に対する尺度を設定した。リスク認知が高いほど、症状の有症率が高い傾向が見られ、今後のリスクマネジメントを構築するための情報が得られた。また、既に構築している調査プロトコルに習って訪問調査を実施し、温湿度や VOC 類・MVOC 類・カルボニル類の室内空気中濃度などのデータを取得した。

〔領域名〕エネルギー・環境

〔キーワード〕ダンプネス、温湿度、結露、MVOC 類、室内空気

〔研究題目〕光電極のエネルギー変換効率を革新的に向上させる酸化物-窒化物傾斜構造の創製

〔研究代表者〕土屋 哲男（先進コーティング技術研究センター）

〔研究担当者〕土屋 哲男（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本プロジェクトでは、持続可能エネルギー技術である「太陽光と水から水素を製造する『光電極』」の実用化において、エネルギー変換効率の向上が最大の課題である。本研究では、変換効率を革新的に向上させるため、電荷分離に有利な価電子帯のポテンシャル（電位）勾配を形成させるための「酸化物-窒化物傾斜構造」を創製する。具体的に、価電子帯のポテンシャルが大きく異なる酸化物と窒化物を層状に複合化し、且つ、界面において窒素と酸素を相互に拡散させた傾斜構造にすることで、深さ方向に連続的かつ急な価電子帯のポテンシャル勾配を形成でき、超高効率に電荷分離させる。その革新的手法として、酸化物の特性を変えず複合可能な「エキシマ

レーザー照射法と窒素プラズマ法の融合プロセス技術による結晶性窒化物膜の低温作製技術」を新規に開発し、本研究の目的である傾斜構造を実現し、光電極の変換効率を飛躍的に向上させる。

当該年度は、酸化物/酸窒化物/窒化物の3層構造の酸化物層をナノ粒子光反応法により作製した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 酸窒化物、グリーンデバイス、光電極、金属有機化合物堆積 (MOD) 法、エキシマレーザー

【研究 題目】 バンカビリティ評価に使用可能な信頼できる洋上風況精査手法の確立

【研究代表者】 嶋田 進 (再生可能エネルギー研究センター)

【研究担当者】 嶋田 進、小垣 哲也 (常勤職員2名)

【研究 内容】

新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の下で開発されている「洋上風況マップ」が今年度末に完成し、これをもって日本における洋上風力開発に係る風況分野の第1フェーズは完了する。第2フェーズでは、風況マップで選定された候補海域において実際に現場観測を行うことにより、バンカビリティ (融資適合性) 評価に使用可能な質の高い風況データを取得することが目標となる。その方法論が乱立し試行錯誤の状態になっている現状を鑑み、本研究では、茨城県波崎海洋研究施設沖海域を観測フィールドとして、水平・鉛直ドップラーライダー観測、動揺補正付ブイ観測、栈橋上気象観測、及びメソ気象モデルに基づく風況シミュレーションを行い、第2フェーズにおける諸問題について詳細な検討を行うことで、高精度で信頼できる洋上風況精査手法の確立を目指す。

産総研では、平成29年度はライダーおよびブイを用いた野外観測の準備を実施した。港湾空港技術研究所の観測栈橋先端に鉛直ライダーを設置し、風向風速の鉛直プロファイル観測をスタートさせた。さらには、水平ライダーおよびブイの設置ポイントを検討すると同時に、共同研究者とともに、関連自治体および漁協との調整を行った。特に水平ライダーについては、福島再生可能エネルギー研究所において遠隔制御システムの動作テスト等、野外実験に向けた装置本体の整備を進めると同時に、ライダー視線風速から風速ベクトルへの変換ソフトウェアを導入する等、平成30年度前半の大型野外実験に向けた準備を進めた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 洋上風力発電、洋上風況精査、バンカビリティ評価、ドップラーライダー、ブイ観測

【研究 題目】 鉄コロイドによるレアメタル濃集探査の

ための新同位体指標

【研究代表者】 大竹 翼 (北海道大学)

【研究担当者】 実松 健造 (地圏資源環境研究部門)、大竹 翼 (北海道大学)、申 基澈 (総合地球環境学研究所) (常勤職員1名、他2名)

【研究 内容】

本研究は、北海道大学が代表の科研費基盤 B「鉄コロイドによるレアメタル濃集探査のための新同位体指標」を分担するものである。平成29年度は、ミャンマー連邦共和国の南北に分布するオフィオライト帯のラテライトの発達具合を野外調査で観察し、ラテライトや蛇紋岩試料を採取した。野外調査の結果、ラテライトは南部において薄く、露頭で観察されるのは蛇紋岩や硬質のサブプロライトがほとんどであり、鉄酸化物に富むリモナイトはほとんど確認されなかった。北部ではラテライトが厚く発達する傾向があり、Tagaung Taung や Mwe Taung といったニッケル鉱床近辺では数 m 程度発達しており、鉄酸化物に富むリモナイトも確認された。これらの結果は、南部では北部に比べてオフィオライトが地表に露出した時代が後であった、または何らかの理由で浸食速度が遅かったことを示唆している。XRF による全岩化学分析結果から、ラテライト化が進んだ地域ほどニッケル濃度が高い部分が見られる傾向があることが分かった。ニッケル鉱床地域ではリモナイト層の下部のサブプロライト層にニッケルの濃集が確認された。

【領 域 名】 地質調査総合センター

【キーワード】 鉱物資源、レアメタル、風化、ラテライト、ミャンマー

【研究 題目】 植物病原性糸状菌における宿主由来の感染プライミング化合物の認識センサーの解明

【研究代表者】 町田 雅之 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 町田 雅之 (常勤職員1名)

【研究 内容】

植物病原性糸状菌の感染時には、植物にとって難分解性多糖で細胞壁表層を覆い、宿主の抗菌酵素から菌体を保護すると考えられている。この菌体保護機構は、宿主由来の特定の化合物により誘導されることが考えられる。そこで、この化合物の認識メカニズムを明らかにする目的で、ゲノム塩基配列より候補となる遺伝子の推定のための情報の整理を行った。候補遺伝子としては、受容体を初めとして様々な遺伝子の存在が考えられる。そこで、アノテーションが付けられた非重複アミノ酸配列に対する相同性、COG などによる機能分類、InterProScan によるモチーフサーチなどの結果について、遺伝子の発現誘導・抑制の情報を総合した解析が容易にできるように、記述形式などを整えたリストを作成した。特に、非重複アミノ酸配列のデータベースでは、近年の多数のゲノム

解析によって、仮想タンパク質などのアノテーションが付けられていることが多く、相同性解析による機能推定に障害となることが多い。上記リストの作成では、これらのノイズを極力抑えるようにすることで、実験の結果との照合性を高めるように工夫した。また、モチーフは一般に一遺伝子に対して多数が列挙されることから、別途の詳細な解析に備えた記述法とした。

〔領 域 名〕 生命工学

〔キーワード〕 植物病原性、認識センサー、ゲノム情報

〔研究題目〕 立木用 X 線検査装置による国産主要造林樹種の非破壊的材質および水分特性の評価

〔研究代表者〕 鈴木 良一（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 鈴木 良一（常勤職員1名）

〔研究内容〕

木材の材質研究をはじめ野外の林木・樹木を対象にした立木用 X 線検査では、軽量、小型、バッテリー駆動可能な可搬型 X 線検査装置が必要とされている。当グループで開発したカーボンナノ構造体電子源を用いた X 線源は、このような現場での X 線非破壊検査に有効であると考えられることから、本研究では、フィールド実証試験に用いることを目的として、樹木の年輪配置、密度分布、節・腐朽等の欠点分布、辺心材や年輪内の水分分布等を立木のままで三次元的に表示することが可能なポータブル X 線非破壊検査装置の開発を行う。

本年度は、現場での組み立てが可能な小型 CT 装置の制御系の開発を行い、無線通信によって CT 装置の X 線源・検出器ユニットの回転や X 線の出射ができるようにした。これとフラットパネル X 線二次元検出器と組み合わせることによって、樹木の X 線 CT を撮ることができることを確認した。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 カーボンナノ構造体、X 線源、立木、材質評価、非破壊検査

〔研究題目〕 立木用 X 線検査装置による国産主要造林樹種の非破壊的材質および水分特性の評価

〔研究代表者〕 加藤 英俊（分析計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 加藤 英俊（常勤職員1名）

〔研究内容〕

木材の材質研究をはじめ野外の林木・樹木を対象にした立木用 X 線検査では、軽量、小型、バッテリー駆動可能な X 線源が必要とされている。本研究では、フィールド実証試験に用いることを目的として、年輪配置、材密度分布、節・腐朽等の欠点分布、辺心材や年輪内の水分分布等を非破壊で三次元的に表示することが可能な立木用のポータブル非破壊材質検査装置開発を行う。

本年度は、現場での組み立てが可能な針葉樹型カーボ

ンナノ構造体電子源を用いた小型軽量な X 線源を搭載した立木用 X 線 CT 装置の試作を行った。この CT 装置にフラットパネル二次元検出器を搭載して九州大学が用意した直径 20 cm 以下の樹木のサンプルを撮影し、3次元再構成を行い、年輪等の情報が得られることを確認した。

〔領 域 名〕 計量標準総合センター

〔キーワード〕 カーボンナノ構造体、X 線源、立木、材質評価、非破壊検査

〔研究題目〕 高機能型バイオスーパーの合理的デザインと疾患モデルによる治療評価システム開発

〔研究代表者〕 伊藤 孝司（徳島大学薬学部）

〔研究担当者〕 広川 貴次（創薬分子プロファイリング研究センター）（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

抗体医薬をはじめ、天然型ヒトタンパクよりも有効性が高く、副作用の少ない高機能改変したバイオ医薬品（バイオスーパー）が新規治療薬として開発されているが、成功率は必ずしも高くない。本研究では、未だ治療法が無い遺伝性ライソゾーム病を対象に、当該ヒトリソゾーム酵素の分子特性や構造情報等のバイオインフォーマティクスを駆使し、標的細胞内への取り込みやバイオアベイラビリティに優れた高機能型ヒトリソゾーム酵素を合理的にデザインする。また新規生産基材候補となる遺伝子組換え宿主を利用して組換えヒト酵素や、機能性合成糖鎖を付加した人工ネオグリコ酵素を創製する。さらに前臨床試験に向け、ヒト病態を反映する変異ノックインマウスや、ゲノム編集で遺伝子ノックアウトしたヒト組織由来培養細胞モデルを用いて有効性と安全性を評価するとともに、新規の治療効果マーカー分子を同定する。本研究では、研究期間内に下記の事項を明らかにする。

1. 生理的な活性発現に CTSA との会合を必要とするヒト NEU1 遺伝子を単独で HEK293FT 内で過剰発現させると、*in vivo* で NEU1 結晶が形成される。同単離結晶から NEU1 を精製し、連携研究者の真板とともに、NEU1 自体及び CTSA との複合体の結晶化を試み、X 線結晶構造を解明するとともに、NEU1 活性化の分子機構を解明する。
2. 既知のヒト NEU2、CTSA 前駆体及び成熟体の X 線結晶構造を基に、研究分担者の広川が、分子動力学 (MD) 法により、*in silico* での CTSA 二量体の熱安定化や NEU1 モデルとの相互作用部位を予測し、高機能型 CTSA 及び NEU1 との融合タンパクをデザインし、当該遺伝子発現ベクターを構築する。
3. 広川が予測した高機能型 CTSA や NEU1 融合タンパク遺伝子を恒常発現する CHO 細胞株を樹立し、各々の組換え酵素の精製法を確立するとともに、分子特性

を解明する。

4. 連携研究者の瀬筒らとの共同で、高機能型 CTSA を絹糸腺で恒常発現し、繭に吐出する組換えカイコ系統を作製し、繭から高機能型 CTSA を大量精製し、分子特性を解析する。また真板が X 線結晶構造を解明する。また伊藤が、広川による *in silico* 予測の妥当性を検証する。
5. カイコ繭由来正常型及び高機能型 CTSA に対し、化学酵素法に基づく *transglycosylation* により、末端 M6P 型合成 N 型糖鎖を付加したネオグリコ CTSA を創製する。
6. CTSA 欠損症 GS 患者由来 iPS 細胞から分化誘導した神経系細胞や、ゲノム編集により CTSA や NEU1 遺伝子をノックアウトしたヒト神経芽細胞腫株を樹立し、ヒト神経系 GS 病態モデル系を構築する。
7. 1)～5) で作製した、高機能型 CTSA や NEU1 を、新規 GS モデルマウスの脳室や尾静脈内に投与し、各組織内 CTSA 及び NEU1 活性の回復、グライコーム・リビドーム解析による、末端シアル酸含有糖鎖・糖脂質などの蓄積基質の減少を指標に有効性評価と、新規の治療評価マーカー分子を同定する。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】リソソーム病、遺伝性リソソーム酵素欠損症、人工糖タンパク質製剤、インシリコ創薬

【研究題目】Connectivity Map 解析に基づいた新しい大腸癌予防薬の開発

【研究代表者】高山 哲治（徳島大学）

【研究担当者】堀本 勝久、福井 一彦（創薬分子プロファイリング研究センター）
（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究では、まず大腸内視鏡下に生検採取した大腸前癌病変（腺腫や SSA/P）の遺伝子発現プロファイルを作成し、Connectivity Map を用いて前癌病変に有効な候補予防薬剤を抽出する。次いで、大腸腺腫、SSA/P、正常大腸組織の生検組織よりオルガノイド培養を行い、予防候補薬の効果を *in vitro* で検証（スクリーニング）するとともに、オルガノイドの同所移植モデルを用いて *in vivo* の有効性を確認する。さらに、大腸化学発癌動物モデルや大腸自然発癌モデルを用いて大腸腫瘍(癌)に対する予防効果を検証し、臨床試験に向けた新しい大腸癌予防薬の基盤研究を行う。

まずヒト大腸腺腫や SSA/P の生検組織より RNA を抽出してマイクロアレイ解析を行い、得られた遺伝子発現プロファイルからそれぞれの疾患特異的 **signature** を作成した。申請者らが約1300種類の既存の薬剤の培養細胞に対する遺伝子発現プロファイルより作成された Connectivity Map を用いて、腺腫及び SSA/P に対する

予防候補薬剤を抽出した。得られた上位100個の予防候補薬から、ヒトの大腸癌予防薬として実用可能な化合物を30～50種類選択した。次いで、ヒト大腸腺腫、SSA/P、正常大腸粘膜のオルガノイドを培養し、これらの予防候補薬剤の抗腫瘍効果を *in vitro* で検証（スクリーニング）して腺腫や SSA/P のみに有効な薬剤を選択した。また、オルガノイドの同所移植モデル、大腸癌の化学発癌動物モデル及び自然発癌モデルを用いてその有効性を確認した。さらに、各種オルガノイドや動物モデルを用いて、これらの予防候補薬の抗腫瘍活性の機序を明らかにし、臨床試験に向けた基盤研究を目指している。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】大腸腺腫、ドラッグリポジショニング、予防薬

【研究題目】新規心臓前駆細胞リプログラミング因子の同定と分子基盤の解明

【研究代表者】家田 真樹（慶応義塾大学）

【研究担当者】五島 直樹（創薬分子プロファイリング研究センター）（常勤職員1名）

【研究内容】

心臓は再生能力に乏しく、重症心不全に対する新しい治療として再生医療が期待されている。心臓再生には幹細胞から心筋を作製し移植する方法があるが、細胞作製工程が煩雑、腫瘍形成の可能性、移植心筋の生着が困難など課題もある。これに対し、我々は心筋特異的転写因子を導入して、線維芽細胞から心筋を直接作製する心筋リプログラミング法を開発した。この方法は工程が単純、細胞移植の必要がない、腫瘍も形成しないなど利点を有する。しかしこれまでの心筋リプログラミング法は作製した心筋が増えず、心筋以外の心臓構成細胞を作製できないという課題があった。そこで本研究では増殖能・多分化能を有する心臓前駆細胞作製を目指し、新規心臓前駆細胞リプログラミング因子を同定する。さらに心臓前駆細胞誘導の分子機構を解明する。

幹細胞は増殖能・多分化能を有する心臓前駆細胞を経て、心筋、血管内皮、平滑筋細胞など心臓構成細胞に分化する。心筋細胞は終末分化細胞であり、心臓障害後に心筋は再生せず線維化し心不全に至る (Ieda et al, *Dev Cell* 2009)。心臓再生法として幹細胞由来の心筋細胞を移植する方法があるが、複数のサイトカインや化合物を使用する従来の心筋分化誘導法は煩雑であり、分化メカニズムも不明な点が多い。また幹細胞混入による腫瘍形成の可能性や移植心筋の生着が困難などの課題もある。一方、ダイレクトリプログラミングは病変部で目的の細胞を直接作製する再生法であり、1. 単純・簡便・低コスト、2. 幹細胞を経由せず腫瘍形成しない、3. 細胞移植が必要ないなど多くの利点があり、従来の心臓再生法の問題を一気に解決できる可能性がある。

1987年に骨格筋の単一のマスター遺伝子 MyoD が発

見されたが、体細胞を心筋に転換できる心筋マスター遺伝子は長らく発見されていなかった。我々はこれまでに JST-CREST（平成27年度終了、事後評価 A）による研究サポートを受け、世界で初めて心筋特異的な3つの転写因子 Gata4, Mef2c, Tbx5が心筋プログラミング因子であることを発見した（図1, Ieda et al, Cell 2010）。また生体内に同因子を導入して病変部の心臓線維芽細胞を直接心筋へ転換して心臓再生できることを示した（Inagawa et al, Circ Res 2012）。ヒト細胞では、Gata4, Mef2c, Tbx5に2つの遺伝子（Mesp1, Myocd）を加えた5因子、あるいは miR-133を加えた6因子で心筋プログラミングできることを示し、さらにそのメカニズムを明らかにした（Wada et al, PNAS 2013, Muraoka et al, EMBO J 2014）。また特定のサイトカインを添加した細胞培養法を開発して、心筋プログラミング効率を約40倍改善し、心筋プログラミング法の標準化に世界ではじめて成功した（図2, Yamakawa et al, Stem Cell Reports 2015）。これら心筋プログラミングに関する一連の研究成果は国際的にも高く評価されており、海外一流誌から総説や Commentary などを依頼されている（Muraoka et al., Annu Rev Physiol 2014, Muraoka et al., Circ Res 2015, Sadahiro et al., Circ Res 2015）。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】再生医療、ダイレクトリプログラミング、cDNA リソース、分化誘導

【研究 題 目】脳腫瘍のレーザー治療を確立するための脳光温熱生体数値シミュレーションモデルの開発

【研究代表者】松前 光紀（東海大学）

【研究担当者】鷲尾 利克（健康工学研究部門）、松前 光紀、黒田 輝（以上、東海大学）、荒船 龍彦（東京電機大学）（常勤職員1名、他3名）

【研究 内 容】

脳腫瘍温熱治療システムは複数ファイバーのレーザー装置群で、MRI からの形態情報、温度情報、灌流情報により各ファイバーのレーザー出力を制御し、不整形病変に対しても最適な温度分布を形成維持可能で短時間治療が可能なシステムであるが、その使用には熟練を要する。そこで、レーザー治療システムと生体組織との相互作用が、光輸送方程式・熱伝導方程式で表現出来ることを鑑みて、2次元での光温熱の交互計算を行う GPGPU による数値シミュレーションソフトウェアを開発しその有用性を、従来の温熱治療域推定に関するシミュレーションソフトと比較した。さらに、計測値をシミュレーション結果と比較する際に使用する光特性および温熱特性を制御した光温熱ファントムを作成した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】脳腫瘍、レーザー治療、数値シミュレーション

【研究 題 目】メタン菌の付着機構解明による先端的コーティング配置技術の開発と高性能電極の試作

【研究代表者】関口 貴子（ナノチューブ実用化研究センター）

【研究担当者】関口 貴子（常勤職員1名）

【研究 内 容】

近年、エネルギーの効率化や環境負荷低減に向けて、燃料電池や微生物燃料電池の研究が盛んであるが、本研究では、レアメタルを使用せず、メタン菌触媒を利用して、CO₂と H⁺の反応から発電する微生物燃料電池のカソード電極への CNT 応用による発電効率の飛躍的向上を目指している。

メタン菌微生物燃料電池については、すでに白金含有電極と同等の発電効率を実証されているが、メタン菌の電極表面付着効率は未だ十分ではなく、更なる高効率化の余地が十分に残っている。また陽極表面の付着性向上については、化学修飾の効果が実証されているものの、陰極についてはあまり研究がなされていない。そこで本研究では、①微生物の付着性向上に適した CNT 品質（結晶性、官能基、比表面積、導電性）を明らかにすること、且つ、その CNT について②微生物の形態・培養環境と整合性のある状態で分散する技術の開発を実施している。

29年度は、スーパーグロース法で合成した単層 CNT についてメタン菌の付着性を調べ、化学修飾による官能基の導入なしに CNT 表面にメタン菌が付着することが明らかになった。この結果は、市販のカーボンフェルトに対して、スーパーグロース CNT が、メタン菌燃料電池用カソード電極として優位性を持つことを示唆している。今後、スーパーグロース CNT 以外の各種 CNT についてメタン菌付着性を調べることで、発電効率に適した CNT の表面状態を解明する予定である。更に、電極構造の異なるカソード電極を形成し、発電効率を調べることで、メタン菌との親和性に優れた電極構造を明らかにする予定である。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】微生物燃料電池、メタン菌、カーボンナノチューブ

【研究 題 目】「懐かしい匂い」と創造活動による認知症の人の安心できる居場所作りとその効果検証

【研究代表者】杉原 百合子（同志社女子大学）

【研究担当者】小早川 達（人間情報研究部門）（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究では、「懐かしい匂い」を用いた認知症患者参加型「アート制作活動」を通じ、患者にとって安心できる居場所作りを目指すことを目的とする。匂いの選定や評定に関しては心理学・看護学グループが、アート制作や展示に関しては創造グループが担当する。

研究担当者が属する心理学・看護学グループは、平成29年度の活動として、東日本2カ所および西日本1カ所の計3カ所で、65歳以上の健常高齢者100人を対象に「懐かしい匂いに関するアンケート調査」を実施した。懐かしい匂いに関する質問の他に、主観的幸福感評定、ストループ検査による認知機能測定、Open Essenceによる嗅覚同定能力測定を行った。懐かしい匂いに関する質問では、16種類の匂い（みそ汁、ごはん、パン、ベビーパウダー、カレー、インク、キンモクセイ、ポップコーン、みかん、線香、鉛筆、沈丁花、ぬか床、インスタントコーヒー、赤飯、リンゴ、魚）について、懐かしさの程度や最後に嗅いだ時期、快不快度、匂いに関するエピソード等を尋ねた。この調査に基づいて、次年度のアート制作活動に用いる「懐かしい匂い」を選定する予定である。

また、Open Essenceは、産業技術総合研究所と和光純薬工業株式会社（現在の富士フィルム和光純薬株式会社）が共同で開発した嗅覚同定能力測定キットであり、耳鼻咽喉科を中心に医療機関で用いられている。これまで、健常高齢者データの不足が課題となっていた。本研究で取得したデータが、加齢性嗅覚減退のスクリーニングや加齢性嗅覚減退と神経変性疾患による嗅覚減退の識別に寄与することが期待される。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 懐かしさ、匂い、嗅覚、認知症、高齢者、アートデザイン、居場所作り

〔研究題目〕 情報空間による都市空間強化のためのワイヤレス神経網の実証的研究

〔研究代表者〕 猿渡 俊介（大阪大学情報科学研究科）

〔研究担当者〕 河本 満（人間情報研究部門）

（常勤職員1名、他6名）

〔研究内容〕

本事業は、ワイヤレスセンサ網を使って人工物のモニタリングを行う実証的研究を目的としている。これまでに、センサとして加速度センサ、カメラセンサ、音センサを端島（軍艦島）にある崩壊が近い建物に設置して、建物のモニタリングを行ってきた。加速度センサを使った建物のモニタリングでは、台風の影響で建物の揺れ具合や小規模の崩壊があった建物の前後の建物の状態の違いなどを検知することができることが分かってきている。

音センサに関しては、音環境を計測するセンサの設置はできているが、軍艦島は無人島なので、センサを駆動する電源の確保が難しく、そのために、継続的な計測が困難であり、建物内の環境音の詳しい解析がまだ進んで

いない。しかしながら、少ない計測データを使って、建物のどこで、どのような音が発生したのかが三次元的に把握できる手法は提案した。

平成30年度は、上述したようにモニタリングシステムの電源確保が無人島においては最重要課題となることが分かったので、省エネでシステムを動かして、持続的な計測動作が可能なシステムの運用方法を構築する。このことにより、継続的に計測された音データを使って、老朽化した建物の状態変化を検知し、その変化の「気づき」を通して、建物の崩落や倒壊の危険を察知できるシステムの構築を目指す。このように建物の安全を見守ることにより、観光地である軍艦島の活性化に貢献する。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 センサネットワーク、構造物モニタリング

〔研究題目〕 人工物ジレンマの解決のための情報設計方法論の構築

〔研究代表者〕 西野 成昭（東京大学工学系研究科）

〔研究担当者〕 竹中 毅（人間情報研究部門）

（常勤職員1名）

〔研究内容〕

情報通信技術の進歩に伴い、ハードとしての人工物から本来埋め込まれていた情報が分離され、社会を豊かにする一方で弊害をもたらしている。そのような情報分離現象を人工物ジレンマと定義し、その理論的基礎と解決のための人工物設計論を追究する。具体的課題として、(1) スマート家電等の人工物ログデータの標準化問題、(2) 人工物における情報セキュリティ問題、(3) プラットフォーム型ビジネスエコシステムの構成問題、(4) IoTにおけるデータ所有権と利用、(5) 人工物の設計／使用情報と資源循環の5つを設定し、従来の工学的設計問題としてだけではなく、社会システムにおけるステークホルダと人工物の在り方を人工物情報分離の視点から研究する。各課題に対し、ゲーム理論に基づきステークホルダと人工物の社会構造をモデル化し、人工物設計が社会システムに与える影響を理論的に明らかにする。さらに、理論モデル検証のため、経済実験とマルチエージェントシミュレーションを行う。加えて、実データを用いた実証分析を行い、理論や実験結果と比較する。各課題で得られた知見を総合し、人工物ジレンマに対する設計手法として成果を取りまとめる。

平成29年度は IoT によって取得されたログデータとアンケートを通して得られた利用者の特性との関係から人間行動をモデル化した。例えば人工知能技術を用いて、IoT データから人間の心理を逆推定するような取り組みは今後、進んでいくと考えられるが、そのような試みがユーザやサービス提供者にどのような行動変容をもたらすかを検討することが、人工物ジレンマを解消するために重要であると考えられる。今後、様々なステークホル

だが IoT データを活用し、新たなサービスを持続的に生み出すためのサービスプラットフォームの在り方について検討する。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 人工物、ジレンマ、設計論

〔研究題目〕 低圧変成帯の温度圧力構造と島弧地殻のダイナミクスの解明

〔研究代表者〕 池田 剛 (九州大学)

〔研究担当者〕 宮崎 一博 (地質情報研究部門)
(常勤職員1名)

〔研究内容〕

島弧及び大陸縁辺部での対の変成帯形成過程を解明するために、未解明の部分の多い低圧高温型変成帯の温度圧力構造、年代を明らかにし、数値シミュレーションによって地殻内部の物質循環を明らかにする。本年度は、北部九州に分布する花崗岩類と変成岩類のジルコン U-Pb 年代、変成岩の地質構造、温度圧力構造、数値シミュレーションをもとに、地殻下部から部分熔融した変成岩が浮力により上昇するモデルの提案を行った。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 変成帯、島弧地殻、温度圧力構造

〔研究題目〕 DNN を用いた音声による音声の検索の高精度・高速・低資源システムの実現

〔研究代表者〕 伊藤 慶明 (岩手県立大学)

〔研究担当者〕 伊藤 慶明 (岩手県立大学)、李 時旭
(知能システム研究部門)
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

ビデオ機器の大容量化に伴い、今後は一週間の放送全てを録画しておき、見たい部分を検索して所望の区間のみを鑑賞するライフスタイルに変わっていくと予想している。その際、ビデオを簡単に検索できる機能が望まれる。一週間のテレビプログラムを「音声で」検索する、一週間のビデオ中の音声を「音声で」検索する機能を、高精度・高速・低資源で実現するシステムの開発を目指す。これまで音声でテキストを検索する技術の研究は多くなされてきたが、音声で音声データを検索する精度は低くその技術は確立されていない。また、高速にすれば精度低下や必要資源の増加に繋がり、精度・速度・資源のいずれかが損なわれてしまった。音声認識では近年 Deep Neural Network (DNN) により認識精度が飛躍的に向上しており、本研究では大型な DNN を導入しながら、高精度・高速・低資源で音声による音声データ検索を可能にする技術を新たに開発することを目標とする。

本研究テーマでは、先行研究の音声検索性能のさらなる高度化を図るもので、音声検索技術の (1) 高精度化、(2) 高速化、(3) 低資源化、(4) 未知語音声クエリの実現の4件のサブテーマで研究開発を推進し、最終的に

は (1) ~ (3) の狙いを両立する「音声で音声を検索する」システムの研究開発を計画している。

平成29年度においては、4つのサブテーマについて、さらなる高度化を図るとともに、実際に稼働する高精度・高速・低資源の音声での検索語検出システムの研究開発を推進した。当研究によって得られた研究成果を国内外の学術雑誌や学術会議・学会において公表した。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 音声での検索語検出、深層学習、音声認識

〔研究題目〕 単一パルス高圧衝撃波管によるテトラフルオロエチレン爆発予知のための反応モデル構築

〔研究代表者〕 松木 亮 (安全科学研究部門)

〔研究担当者〕 松木 亮 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

テトラフルオロエチレン (C_2F_4) ならびに含フッ素炭化水素 (ハイドロフルオロカーボン) の高温下での反応機構の解明に資するため、衝撃波管装置を用いて分光学的に高温反応の研究を行っている。これらの化合物を熱分解することによって生じる反応生成物を検出し、その生成挙動を明らかにした。特に、テトラフルオロエチレンから生成するジフルオロメチレン (CF_2) ラジカルを紫外吸収分光法により検出し、その反応経路を推測し反応速度定数を求めた。また、ハイドロフルオロカーボンの熱分解反応については、反応によって生成するフッ化水素分子を赤外吸収分光法によって検出し、その過渡挙動を計測することによって熱分解の反応速度定数を求めた。これらの実験データならびに文献調査による反応速度データを基に、テトラフルオロエチレンの爆発挙動を予測するための反応モデルを構築した。構築したモデルを用いて反応シミュレーションを行った結果、テトラフルオロエチレンの爆発過程では、ジフルオロメチレンラジカルが重要な反応中間体であり、ジフルオロメチレンラジカルが関与する反応過程が爆発挙動を左右する因子であることが明らかとなった。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 衝撃波管、テトラフルオロエチレン、ハイドロフルオロカーボン、自己分解爆発、高温化学反応

〔研究題目〕 チタンと硝酸との反応による爆発性物質の同定及び安全取扱技術の確立

〔研究代表者〕 佐藤 嘉彦 (労働安全衛生総合研究所)

〔研究担当者〕 岡田 賢、秋吉 美也子、松永 猛裕
(安全科学研究部門) (常勤職員3名)

〔研究内容〕

本研究は、今後頻発する恐れがあるチタン薄膜を硝酸で処理する薄膜剥離工程での爆発災害を防止し、労働安

全の更なる向上に貢献することを目的としている。具体的には、チタン薄膜／硝酸処理工程で爆発の原因となる爆発性生成物を同定し、摩擦や衝撃等の感度や爆力を把握する。チタン／硝酸溶液組成の影響を明らかにし、爆発性物質を生成しない、安全に取り扱える範囲を確定する。

今年度は、爆発事故現場のチタン薄膜の処理で使用している溶解槽の溶液の温度分布測定をおこなった。シーラ熱電対をヒーター部、溶液部に設置し、温度測定を行ったところ、想定温度範囲で異常な高温に到達することはなく、最大でも約90℃であることがわかった。すなわち、爆発事故は、異常な加熱によるものではなく、チタン薄膜／硝酸の爆発性生成物によるものであることが予想される。この結果も踏まえ、現場の状況に最も近い空気パブリックによる攪拌を行いながら、チタン薄膜／硝酸処理工程の再現実験を行った。しかしながら、爆発現象の再現は確認できなかった。次に、チタン薄膜／硝酸の試料をガラスアンプルに封入して、DSC測定（熱分析）を行った。通常の金属容器では、酸の腐食により正当な評価が行えない可能性があるためガラスアンプルを使用した。チタン薄膜を数カ所に分離し、硝酸との混合状態で熱分析を実施したところ、90～150℃の比較的低温で、非常に鋭い発熱ピークが確認された。さらに、チタン薄膜のSEM-EDS分析を実施したところ、発熱ピークが発生しない試料についてはAlの割合が多い等の金属元素の含有割合の差異が見られた。今後、更に爆発性生成物、不動態皮膚成長、作用する金属元素の観点に着目し、検討を進める必要がある。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 チタン薄膜／硝酸処理工程、爆発性生成物、不動態成長

【研究 題目】 小児用および部分補助用軸流補助人工心臓の開発

【研究代表者】 山根 隆志（神戸大学）

【研究担当者】 丸山 修（健康工学研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

羽根先端隙間が100 μm の KAP7、および50 μm の KAP8の溶血特性を比較したところ、KAP7の臨床許容限度（およそ NIH=0.04）に達するのは9000 rpm（圧力85 mmHg）であり、KAP8の臨床許容限度は8000 rpm（圧力65 mmHg）であることから、KAP7の方が高回転まで溶血が少なく優れていることがわかった。すなわちせん断速度が10万 s⁻¹を超える羽根先端隙間50 μm では溶血が高く、10万 s⁻¹以下となる隙間100 μm が適切であることがわかった。これによって溶血特性の改善を図ることができた。

溶血成績の良い KAP7を用いて、ex vivo 評価として、体重61 kg のヤギで抗血栓試験を行った。流量2 L/min、

回転数10,000 rpm で2時間は維持できたものの、入口静翼付近での血栓形成を認めたため、実験を中断した。溶血特性は改善されたが、抗血栓性は十分とはいえないことがわかった。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 補助人工心臓、軸流ポンプ、小児用、部分補助用

【研究 題目】 前腕切断端部の筋電信号特性と運動・生理学的分析による筋電義手操作基準に関する研究

【研究代表者】 大庭 潤平（神戸学院大学・総合リハビリテーション学部）

【研究担当者】 梶谷 勇（ロボットイノベーション研究センター）、大庭 潤平（神戸学院大学・総合リハビリテーション学部）、大西 謙吾（東京電機大学・理工学部）
（常勤職員1名、他2名）

【研究 内容】

事故や病気などによって手を失った人、あるいは先天的に手に障害のある人が、手の機能の一部を代替するために用いる義手について、そのリハビリテーション手法に関する研究である。義手には様々な種類があるが、その中でも、手に残る部分（断端部）の筋肉を動かしたときに生じる電気信号（筋電）を用いて操作する筋電電動義手は、近年、活発に活用されるようになってきたものの、その機能を最大限に生かすためのリハビリテーション手法が体系化されていないことが課題である。運動生理学的な解析により、筋電を測定する部位の決定方法、およびアセスメント、リハビリテーション方法に関する知見の集約と解析を実施する。昨年度までに考案したフィッツの法則に基づく評価方式の難易度設定と、神戸学院大学側で進められた健康被験者模擬実験の結果を加味し、具体的なリハビリテーション手技との対応について、単純把持動作訓練に対して、片手動作課題と両手動作課題がどのように影響するのかについての考察を進めた。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 義手、筋電、アセスメント、リハビリテーション

【研究 題目】 新規ハイブリッド型ポリケタイド合成酵素 Steely の産物多様性創出機構の解明

【研究代表者】 齊藤 玉緒（上智大学）

【研究担当者】 森田 直樹（生物プロセス研究部門）
（常勤職員1名）

【研究 内容】

細胞性粘菌の Steely 酵素は、別個の酵素と考えられてきた I 型ポリケタイド合成酵素（PKS）の C 末端に III 型 PKS が融合するという特異な構造を持つ。III 型 PKS は芳香族ポリケタイドを合成し、緩やかな基質特

異性から複数の産物を与えることが知られている。2つの Steely 酵素のうち SteelB 酵素の場合は発生段階に応じて、酵素の発現場所や構造を変化させていることが、これまでの研究結果から推定された。一方 SteelyA 酵素は 4-methyl-5-pentylbenzene-1,3-diol (MPBD) を合成し、産物の構造が発生段階で変化することはない。その産物は発生初期では細胞集合を制御し、発生の最終期では孢子細胞の成熟を制御している。これは合成された MPBD が修飾されることによって構造の異なる化合物ができるからであると考えられる。SteelyA は細胞生粘菌の 4 つの進化グループでそれぞれ保存されていて、それらは総て MPBD を合成していることがわかった。このことは細胞性粘菌の異なる種でも MPBD を合成していることを意味している。しかし、その存在量は種間で大きく異なっていることがわかった。さらに、MPBD の含量が非常に低いと考えられる *Polysphondylium* では、SteelyA 遺伝子を破壊し MPBD ができないようにしても、発生に影響がないことが示された。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】ポリケタイド合成酵素、ハイブリッド型酵素、分化誘導、細胞性粘菌、土壤微生物

【研究 題 目】モバイル機器を利用した反転授業とその効果に関する研究

【研究代表者】小張 敬之（青山学院大学）

【研究担当者】児島 宏明（知能システム研究部門）
（常勤職員1名）

【研究 内 容】

語学教育において小型 PC やタブレット機器を利用した反転授業が関心を集めている。本研究では特にスマートホンなども含めたモバイル機器を中心に、英語学習において効果的な教材の構成や学習方法の研究を行い、学習者の音声の分析などを通じてその効果を検証する。青山学院大学を代表機関とし、他に3大学と産総研が分担する。そのうち産総研では、学習効果を被験者の発話データに基づいて評価するための音声分析手法や統計分析手法等を担当した。2017年度は、全体で3年間の計画の最終年度として、これまでに収録されたデータを整理し分析結果をまとめた。オンライン語学学習を反転授業で行った前後の得点と学習動機に関するアンケート結果に基づいて、それらの関係を分析した結果、協働中心のアクティブ・ラーニングや反転授業が学習者の訓練志向動機をはじめとする動機づけに及ぼした影響が大きいことがわかった。プロジェクトは終了するが、今後も分析を続け成果をまとめるとともに、応用行動分析など他分野の知見とも融合して、語学教育手法の発展を目指す。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】CALL（コンピュータ支援語学学習）、音声分析

【研究 題 目】a-Si:H/c-Si ヘテロ接合界面近傍のボイド構造解明

【研究代表者】松木 伸行（神奈川大学）

【研究担当者】大島 永康、オローク・ブライアン（分析計測標準研究部門）（常勤職員2名）

【研究 内 容】

水素化アモルファスシリコン/結晶シリコン（a-Si:H/c-Si）ヘテロ接合太陽電池は25.6 %の高変換効率が達成されている有望な太陽電池であるが、a-Si:Hの構造内に微小ボイド欠陥構造が形成されるためにさらなる変換効率向上が妨げられているため、開発試料の簡易なボイド欠陥評価法を確立することが重要である。a-Si:H作製条件を大幅に変化させて、陽電子消滅法による空隙評価とエリプソメトリーによる光学特性評価の結果を比較し、光学特性のみから欠陥情報を簡易に取得する手法について研究を行っている。

複数の装置を用いて異なる条件にて B₂H₆ をドーブした試料を準備し、これらを陽電子消滅法およびエリプソメトリーにより分析をすすめた。陽電子消滅法は、産総研のパルス化低速陽電子ビーム施設を用いて実施した。昨年度と比較して製作条件をより広範囲に広げて試料準備を行ったが、陽電子寿命法とエリプソメトリーの測定結果の相関は変わらなかった。このことは、対象としている試料の空隙評価をエリプソメトリーで簡易に代替して実施できる可能性があることを示唆している。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】水素化アモルファスシリコン、ヘテロ接合太陽電池、陽電子寿命測定

【研究 題 目】a-Si:H/c-Si ヘテロ接合界面近傍のボイド構造解明

【研究代表者】松木 伸行（神奈川大学）

【研究担当者】オローク・ブライアン、大島 永康（分析計測標準研究部門）（常勤職員2名）

【研究 内 容】

水素化アモルファスシリコン/結晶シリコン（a-Si:H/c-Si）ヘテロ接合太陽電池は25.6 %の高変換効率が達成されている有望な太陽電池であるが、a-Si:Hの構造内に微小ボイド欠陥構造が形成されるためにさらなる変換効率向上が妨げられている。本研究では、a-Si:H 作製条件を複数のドーパントを加える等して変化した際のボイドサイズと光学定数との相関とを、短パルス化陽電子ビームを用いて調べた。

共同研究者側が測定した分光エリプソメトリーの結果と、我々が測定した陽電子寿命法の結果との相関は、昨年度から継続している B₂H₆ のみを添加材として加えた場合には、明瞭な相関関係が見られた。一方、異なる添加材を加えた場合には、従来の相関関係とは異なることを見出した。その物理化学的な理由については、現在議論をすすめている。

〔領域名〕計量標準総合センター

〔キーワード〕水素化アモルファスシリコン、ヘテロ接合太陽電池、陽電子寿命測定

〔研究題目〕超高速 CPU 開発に向けた高品質シリコンゲルマニウム結晶基板製造の研究

〔研究代表者〕前田 辰郎（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕前田 辰郎（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

我々は、超高速 CPU を実現するのに有用な SiGe 結晶基板の開発を行っている。実際に、最先端の Si-CMOS 技術では、チャンネル材料やコンタクト領域、ストレス印可層など様々なところで SiGe が利用されている。しかしながら、SiGe を利用したデバイス設計には SiGe 本来の基本物性値が必要にもかかわらず、基本的な電気特性である移動度さえもほとんど報告されていないのが現状である。本研究では、JAXA で開発された TLZ 法により成長した様々な Ge 組成を有する高品質な SiGe 単結晶の電気物性を評価することが目的である。本年度は、様々な組成を有する SiGe 単結晶の反射率測定を行った。反射率測定からは、その組成比に応じた SiGe 固有のバンド構造に由来した吸収が観測された。X 点での吸収である E2ピークは Ge の濃度が上昇してもそのエネルギーに変化は見られない。一方 L 点方向での特異点吸収である E1ピークは、Si の場合はΓ点の E0ピークと重なっているが、Ge 濃度が上がると E0と E1に分離し、E1のみが低エネルギー側にシフトしていくことが観察された。Ge100%の場合には、1.3eV 程度シフトしており、L 点方向にエネルギーの最小値が現れる。また、Ge 濃度が高いところでは E1が2重に分裂する。これは、価電子帯側のスピン軌道分裂によるもので、E1と E1+Δ1と呼ばれるが、この分裂は Ge が60%以上に現れることが新たにわかった。これらのことから、この結晶を利用して半導体の基本物性の評価をする上で最適な結晶であることが証明された。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕半導体、シリコンゲルマニウム、混晶、移動度

〔研究題目〕ナノサイズ光学窓の形成による超解像効果発現の最適条件の理論的探索

〔研究代表者〕佐野 陽之（石川高等専門学校）

〔研究担当者〕佐野 陽之、桑原 正史（電子光技術研究部門）（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

目標：

大一原理計算により、高温熔融状態の光学特性を明らかにする。

研究計画：

H28年度から H30年度まで。産総研が実験データを提供し、石川高専では理論計算を行う。固体-液体での屈折率の違いを原子レベルで明らかにする。

年度進捗状況：

光ディスクの超解像再生は、光の回折限界を超えて、小さな記録マークを読み出す技術である。機能層と呼ばれる材料が熔融した際に、開口となり実際の光のスポットが小さくなるためと言われている。産総研では、この事実を確かめるため、高温熔融状態での機能層材料の複素屈折率を求める事に成功している。固体から熔融状態に変化する際に、大きく複素屈折率が変わるのであるが、その原因については明らかになっていない。そこで、石川高専の佐野教授と共に第一原理計算により、原因解明を行った。産総研で提供するデータは、Sb₂Te₃と InSb の高温熔融時および固体時の複素屈折率である。実験では、熔融すると固体に比べ、Sb₂Te₃は透明化、InSb は不透明化する事が明らかになっている。佐野教授は昨年度、Sb₂Te₃の固体と液体に関して計算を行い、液体では、光によって電子が励起されるが固体の時頼の遷移先の状態密度が低いため、結果、光の吸収が少なくなることを明らかにした。H29年度は、InSb の液体、固体について計算を行った。InSb の場合には、液体状態になると束縛されていた電子が、束縛を解かれ自由電子となる事がわかった。その結果、液体状態では、自由電子により光が遮断される事がわかった。これは、実験結果を金属の自由電子モデルを用いて解析すると説明できることから、理論で導いた結論とも合致する。今後は、更に原子レベルでの解析を進め、実験結果との更なる一致を目指す。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕第一原理計算、Sb₂Te₃、InS、高温熔融状態、複素屈折率

〔研究題目〕多色変化型糖センサーアレイの高機能化と多検体同時検出システムへの展開

〔研究代表者〕青木 寛（環境管理研究部門）

〔研究担当者〕青木 寛（常勤職員1名）

〔研究内容〕

高感度で迅速かつ明瞭多彩な色調変化を示し、生体サンプル中のグルコース濃度を簡便・正確に測定できる実用的な多色変化型糖センサーを開発する。グルコースに対する応答感度を向上するため、新たな構造を有するポロン酸モノマーを合成して薄膜作製に用い、薄膜の比表面積を増大させる手法を開発する。この際、薄膜の色調変化を数値化して定量的に評価する手法を確立する。糖以外の化合物に対する応答メカニズムの新規導入も検討する。最終的に、我々の身の回りに存在する多種類の測定対象物質を1枚のチップにより測定できる多検体同時検出システムへの発展を目指す。

本年度は、ポロン酸を活用して、過酸化水素に対する

センサーの開発を行った。具体的には、ボロン酸ユニットとピレンユニットとを有するコポリマーを合成し、これが過酸化水素濃度に対して蛍光強度比変化型の応答を示すことを見出した。過酸化水素の非存在下では、コポリマー鎖は比較的伸展した状態になっているが、過酸化水素の存在下では、過酸化水素がボロン酸ユニットと反応してフェノール部位を形成し、コポリマー鎖は収縮する。これにより、元々離れて位置していたピレンユニット同士が凝集する。この結果、ピレンのモノマー発光強度に対するエキシマー発光強度が、過酸化水素の濃度に対して上昇することを見出した。この発光強度比変化に基づく方法により、過酸化水素を0~30 μM の濃度範囲（検出下限：1 μM ）で検出することができた。

【領 域 名】 エネルギー・環境

【キーワード】 比色反応、センサーアレイ、糖尿病、糖、グルコース、ボロン酸

【研究 題目】 シリカ膜マイクロカプセルを用いた自己修復繊維強化ポリマーの開発

【研究代表者】 藤原 正浩（化学プロセス研究部門）

【研究担当者】 藤原 正浩（常勤職員1名）

【研究 内容】

近年、繊維強化ポリマー（FRP）は優れた強度性能を有していることより、航空宇宙・自動車等の幅広い分野への適用が期待されている。しかしながら、FRP は使用中に微小な内部損傷が容易に発生し、突発的な破壊を引き起こすという問題点があり、その安全性・信頼性の確保が必要になっている。一方、FRP 廃棄物の増加による環境負荷も問題である。そこで、その優れた特性を長期間維持できる FRP を創出するため、内部損傷を自己修復機能によって実現し、安全性・信頼性を高め、同時に環境負荷低減を目指す必要が高まっている。

本研究は、ポリマー修復剤を内包した耐熱性の高いシリカ・マイクロカプセルを、炭素繊維ストランドを空気中で広げてポリマーの含浸性を改善した開繊炭素繊維ストランドを組み合わせて強化繊維の間隙にシリカ・マイクロカプセルを均一配置した、自己修復性を有する炭素繊維強化ポリマー（CFRP）積層材料の開発を目標とする。優れた初期特性と自己修復機能を両立させ、構造物の安全性・信頼性を飛躍的に向上させた新規 CFRP 積層材料の創成を当面の目的とする。

本年度では、優れた修復剤包含能を持った粒径50マイクロメートルのシリカ・マイクロカプセルの合成方法の更なる改良と、マイクロカプセル内へのモノマー分子の浸透・内包に関する性能評価を行い、こうして得られたモノマー内包シリカ・マイクロカプセルが自己修復材料となり得る基盤を確立した。

【領 域 名】 材料・化学

【キーワード】 シリカ、マイクロカプセル、中空粒子、ポリマー、自己修復材料、炭素繊維

【研究 題目】 ソーレ効果を用いたガス分離デバイスの微細連続構造による高性能化

【研究代表者】 松本 壮平（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】 松本 壮平（常勤職員1名）

【研究 内容】

芝浦工業大学・茨城大学との協力により、マイクロ化学プロセス等における精製工程での応用を想定したガス分離用マイクロ流体デバイスの開発を行っている。成分分離の原理として、温度勾配によって駆動される分子拡散現象であるソーレ効果を応用することで、廃熱等を利用し化学的処理を一切必要としない新しいガス分離技術の確立を目指す。ソーレ効果による成分分離では、一般的に、得られる濃度差の上限は高々数パーセントと小さい点が課題であった。これに対して本提案手法では、分離素子の大規模ネットワーク化という新しいアプローチにより、同じソーレ効果の原理を用いて、理論的にはほぼ完全な分離が可能となる。前年度までに、微細流路をエッチング加工したステンレス薄板を積層・拡散接合することにより作成した金属製流体チップを用いて、単位分離素子の特性評価を実施し、性能に影響を与える因子を抽出した。平成29年度は、上記の結果を踏まえた単位分離素子の形状改善、素子数 10^3 個規模のネットワーク型分離デバイスの設計・試作および性能評価を実施した。単位分離素子の形状に関しては、流路高さと同出口分岐部角度の見直しを行ったほか、積層時の接合面積を削減することで、デバイス上面～下面間の熱通過を抑制し、温度差を維持しやすい構造とした。この結果、得られた濃度差は、ネットワーク型分離器の理論による理想値の約25%を達成し、ネットワーク構造による性能向上を実証する結果と言える。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 MEMS、マイクロ流体デバイス、ガス分離、濃縮、廃熱利用

【研究 題目】 近接・低歪み多重積層構造を適用した量子ドットレーザの高効率化に関する研究

【研究代表者】 天野 建（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 天野 建（常勤職員1名）

【研究 内容】

本申請では、近接・低歪み積層構造を提案し、量子ドットの光利得向上及び高速変調速度の向上そして、量子ドットの結晶歪み低減を実現する。本研究で提案する量子ドットレーザの構造を以下の手順で実現化する。

- (1) 量子力学的結合を実現させるための近接積層膜厚の算出
- (2) 近接・低歪み多重積層構造量子ドットの結晶成長
- (3) 近接・低歪み多重積層構造量子ドットの光増幅率及び高速変調速度の評価
- (4) 近接・低歪み多重積層構造の歪み・欠陥評価

手順(3)、(4)の評価結果と(2)の結晶成長ヘフィードバックを繰り返し、最適構造とし、(5)量子ドットレーザデバイスへ展開する。具体的に平成29年度は下記を行った。

実際に近接・低歪み多重積層構造量子ドット活性層を成長し、量子ドット活性層断面をフォトルミネッセンス法により発光特性の評価を行った。近接条件により発光特性の変化を確認し、近接・低歪み多重積層構造の有用性を示した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 量子ドット、半導体レーザ

【研究 題目】 高温高湿度の高度利用のための湿度測定法と精度評価技術に関する研究

【研究代表者】 伊與田 浩志 (大阪市立大学)

【研究担当者】 阿部 恒 (物質計測標準研究部門)
(常勤職員1名)

【研究 内容】

高温高湿度条件(大気圧の過熱水蒸気を含む)は、近年、樹脂材料の加速耐久試験、農・水産物の乾燥や加工工程、塗料の硬化過程や樹脂の熱処理などで利用が進んでいる。乾湿球湿度計は、このような利用条件下においても原理的に湿度測定が可能であり、簡便で安価な測定法としての利用技術の確立が期待される。本研究は、300℃以上、水蒸気モル分率0.01(室内空気)~1.0(過熱水蒸気)において、同湿度計の原理を利用した湿度測定装置の開発と精度及び誤差要因の検証、そのための湿度発生装置の開発を目的とする。

29年度は、湿度発生装置の改良(小型化、高精度化)を行った。本装置で発生させた湿潤空気を、産総研で校正したSIトレーサブルな露点計を使って測定し、値の比較を行った。さらに、水蒸気を冷却し凝縮(液化)させ、重量法による露点温度の検証も行った。本装置による発生湿度の露点温度の最大偏差は0.39℃であり、目標とした測定精度0.5℃を満たしていることが確認できた。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 乾湿計、高湿度、信頼性、トレーサビリティ

【研究 題目】 遮熱コーティングの界面熱抵抗評価方法の開発

【研究代表者】 高橋 智 (首都大学東京)

【研究担当者】 阿子島 めぐみ (物質計測標準研究部門)
(常勤職員1名)

【研究 内容】

高温部品を被覆する遮熱コーティング(Thermal Barrier Coating、以下TBC)では、熱物性値のニーズが高い。レーザフラッシュ法による熱拡散率測定方法において多層モデルを適用して基材から剥がさずにTBC

を構成するセラミックトップコート(TC)、ボンドコート(BC)の熱拡散率を評価する方法が実用化され、標準化された。この方法を発展させ、TBCを構成するセラミックトップコート(TC)の熱拡散率とTC/ボンドコート(BC)界面熱抵抗を評価する実用的な方法を考案し、TC組織やTC/BC界面に生成する熱成長酸化物(TGO)を調べ、熱時効温度や時間ならびに熱サイクル数の増加に伴う熱拡散率や界面熱抵抗の変化をTBCの組織変化と関連付けて究明することを目的とした研究である。

本年度は、金属基材にTBCを施工した多層試料を昨年度よりも長い時間熱処理し、その見かけの熱拡散率を測定した。その結果から界面熱抵抗の評価を試行した。また、TC単層試料を用いて、板厚方向と面方向それぞれの組織観察と室温~900℃までの熱拡散率測定を行い、構造と熱物性の異方性の関係を明らかにした。

【領 域 名】 計量標準総合センター

【キーワード】 遮熱コーティング、熱拡散率、熱伝導率、界面熱抵抗、レーザフラッシュ法、多層解析、ガスタービン

【研究 題目】 運動視覚におけるマルチスケール神経情報処理機構の解明

【研究代表者】 三浦 健一郎 (京都大学)

【研究担当者】 竹村 文 (人間情報研究部門)、
三浦 健一郎 (京都大学)
(常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

私達は日常の環境の中で、動いている物体から視覚入力を受ける。また、自分が動くとき自分自身を包む環境から視覚的な動きを経験する。その中で、入力されてくる視覚情報から動きを検出し、その情報を統合することによって注目する物体の動きや自らの動きを知ることは視覚システムの重要な課題である。視覚システムは高度に並列化された神経経路から構成され、その一つの特徴は、様々な異なる解像度で視覚情報を並列的に処理することにある。本研究では、視野の広い範囲の動きを解析するシステムとその出力としての眼球運動反応に着目し、運動視覚システムのマルチスケール情報処理において、視覚運動情報が抽出、統合、出力されるプロセスを明らかにする。

H29年度は、これまでに記録したデータを基に眼球運動の解析を行い、運動視覚システムのマルチスケール情報処理において、視覚運動情報が抽出、統合、出力されるプロセスについて仮説を立て、神経科学学会および北米神経科学学会で発表した。さらに、この仮説を明らかにする電気生理実験を行った。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 脳科学、視運動、眼球運動、運動情報解析、視覚

〔研究題目〕プロテアーゼ巨大分子複合体とウイルス様膜小胞による細菌の新規細胞機能の確立と応用

〔研究代表者〕渡部 邦彦（京都府立大学）

〔研究担当者〕川崎 一則（バイオメディカル研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

好熱菌 *Meiothermus ruber* H328株の産生するケラチン分解性プロテアーゼは超巨大分子複合体構造を持つと考えられている。このプロテアーゼの性状を明らかにするために、同プロテアーゼをゲル濾過、ショ糖密度勾配遠心などによって精製処理する段階の各サンプルについて、ネガティブ染色法を用いた電子顕微鏡観察による微細構造の解析を行った。その結果、プロテアーゼの精製度の進展に伴って、試料中に直径が100 nm程度の構造体と直径が数十 nm程度の構造体が存在することが明らかになった。前者の構造体は、超薄切片法によって二重膜構造が確認されるとともに、フリーズレプリカ法によって疎水性切断面が観察されることから、膜構造からなる100 nm程度の小胞であることが明らかになった。疎水性切断面には膜内粒子の形態が確認され、膜を貫通するタンパク質の存在が示唆された。一方、後者の数十 nm程度の構造体においては超薄切片法でもフリーズレプリカ法でも、膜構造に起因する形態は観察されず、分子集合による顆粒構造と考えられた。ケラチン分解性プロテアーゼの活性の構造的な基盤は、これら膜小胞および微細な顆粒の構造解析によって解明されるものと考えられる。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕プロテアーゼ、好熱菌、膜小胞、電子顕微鏡

〔研究題目〕蛋白質立体構造解析と分子動力学に基づくEGFR分子標的薬の効果予測と創薬

〔研究代表者〕大西 宏明（杏林大学医学部）

〔研究担当者〕広川 貴次（創薬分子プロファイリング研究センター）、中村 浩之（東京工業大学）
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

EGFR 遺伝子およびその関連シグナル伝達分子の異常は、肺癌、脳腫瘍、消化器癌など、様々な癌の発症・進展に関わっている。肺癌では、EGFR 遺伝子のエクソン19-21の変異がチロシンキナーゼ阻害剤（TKI）の効果に関与することが明らかとなっている。特に、エクソン20の T790M 変異は、TKI に対する耐性遺伝子変異として知られ、TKI 耐性となった患者の約半数は T790M 変異を獲得することが知られている。我々は過去の報告において、EGFR 遺伝子の V843I 生殖細胞系変異が遺伝性肺腺癌の原因遺伝子であることを明らかにした。本変異を有する家系では、高率に肺線癌が発生し、

この癌細胞では付加的な EGFR L858R 変異が生じていることがわかった。また本変異を有する肺癌細胞株は薬剤感受性試験において TKI に耐性であり、実際に TKI を投与された患者でも TKI の効果は認められなかった。我々は、EGFR 遺伝子 V843I 変異を導入した NIH3T3 細胞株を用いた解析により、本変異が細胞増殖の亢進に関与することを明らかにした。また、本家系の患者から樹立された細胞株に対する、数種の TKI や EGFRV843I 変異特異的 siRNA を用いた解析により、本変異が T790M に比べてより幅広い TKI に対する耐性を示すことも明らかとなった²⁾。すなわち、T790M 変異は gefitinib, erlotinib 等の第1世代の EGFR-TKI には耐性を示すが、afatinib, dacomitinib 等の第2世代 EGFR-TKI には感受性を持つのに対し、V843I 変異を持つ細胞はこれらの EGFR-TKI すべてに対して耐性を示した。一方、EGFR-TKI 感受性変異であっても、特定の TKI に対する感受性が異なる場合があることも知られている。例えば、afatinib は EGFR エクソン19の欠失変異に対しては効果が高いが、L858R 変異は感受性が低いことが報告されている。このような TKI の感受性や耐性に関与する EGFR 変異は他にも知られており、コンピューターシミュレーションによる EGFR 分子構造の推定に基づく TKI 結合能の推測などからその耐性機序の解析が行われている。しかしながら、各変異における特定の TKI に対する感受性・耐性を生じる分子メカニズムの詳細については、明らかにされていない。また、低頻度変異や、二つ以上の EGFR 変異が同時に生じている例についてはこのような検討はほとんどなされていない。このような分子メカニズムの解明は、EGFR-TKI に対する耐性の克服による抗癌治療のみならず、新たな抗 EGFR 薬の創薬による新規抗癌治療の開発に不可欠である。

本研究は、蛋白質立体構造解析および分子動力学解析の手法を用いて、EGFR およびその変異体の動的立体構造の詳細を明らかにし、特に TKI の効果に深く関与するチロシンキナーゼ部位における ATP 分子の動態を TKI 分子との関連において解析することを目的とする。

本年度は、結晶構造に基づいたホモロジーモデリング法による初期構造の構築により、野生型および変異を持つ EGFR 分子について、TKI 結合部位を中心として立体構造解析を行った。その後、ポケット構造の動態のサンプリングによる構造ランドスケープ解析を行った。構造ランドスケープ解析では、ポケット構造の揺らぎを二次元で表現し、野生型と変異型との俯瞰図を構築した。

結果として、蛋白質立体構造解析の結果、野生型 EGFR 分子ではチロシンキナーゼ部位のポケットが広く、EGFR-TKI の一つである erlotinib との結合が不安定な状態が見られた。それに対し、EGFR L858R 変異では R858残基と D837残基とのイオン結合によりポケット部位が縮小し、erlotinib が結合しやすくなってい

る状態が認められた。ポケット構造のサンプリングの主成分分析による構造ランドスケープ解析では、野生型 EGFR では二次元グラフ上で局在点が複数観測され、ポケットが複数の構造状態を持つため erlotinib の結合が不安定となる可能性が示唆された。一方 EGFR L858R では、二次元グラフ上で単一の局在点が見られ、ポケットの揺らぎが減少し erlotinib の分子サイズに適した状態で安定化していることが予想された。

薬物を含む物質の結合部位は一般的に静的なものではなく、規則的な立体構造の変動を伴っており、機能分子や薬物との結合もその変動を考慮する必要が明らかとなってきた。今回の解析により、erlotinib に感受性のある EGFR L858R 分子では、結合部位の構造の揺らぎが野生型に比べ減少し、erlotinib が安定して結合できることを予測できた。今後、他の変異についても、TKI 結合部位の分子構造の動態をコンピューターシミュレーションにより予測し、これまでの静的な立体構造解析ではわからなかった EGFR 分子と TKI との作用動態について明らかにしたい。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】EGFR 遺伝子、抗がん剤、薬剤感受性変異、分子動力学計算、インシリコ創薬

【研究 題目】パルスジェットメスをを用いた軟性内視鏡
下下垂体病変摘出法の開発

【研究代表者】小川 欣一（東北大学）

【研究担当者】鷲尾 利克（健康工学研究部門）、
小川 欣一、中川 敦寛、川口 奉洋、
大谷 清伸（以上、東北大学）、
荒船 龍彦（東京電機大学）
（常勤職員1名、他5名）

【研究 内容】

本研究の目的は、軟性内視鏡下に抹消神経機能、細血管温存下に病変摘出が可能な手術デバイス（パルスジェットメス）の開発である。軟性内視鏡に導入可能なデバイスを試作し、流体工学的基礎実験を行い顕微鏡下デバイスと同等以上のパルスジェットの射出技術を確認し、得られた結果を動物実験で検証することを目標とする。

これまでの知見で、従来の軟性内視鏡下を想定したハンドピースでは、パルスジェットメスがこれまで示した特性を十分に発揮出来ないことがわかっており、変更可能な使用条件である送液方法について、これまでと異なる方法を提案しその有用性を検証した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】パルスジェットメス、数値計算

【研究 題目】高感度糖鎖解析システムを用いた新たな
子宮頸部腺癌診断・治療バイオマーカー
の開発

【研究代表者】梅谷内 晶（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】梅谷内 晶（常勤職員1名）

【研究 内容】

子宮頸がんは子宮がんの約7割を占め、近年は若年層での発生頻度が増加傾向にあり30歳代後半が発生のピークとなっているが、通常早期にはほとんど自覚症状がない。診断方法としては、細胞診、コルポスコピーによる直接観察（コルポスコピー）、原因とされるヒトパピローマウィルス（HPV）グループの DNA 検査があるが、細胞診、コルポスコピーには熟練を要する。子宮頸がんの中でも子宮頸部腺がんは扁平上皮がんと比較して細胞診検体の形が崩れ易い、コルポスコピーによる発見が難しいなど早期診断が困難な場合が多く、難治療性と言われている。そこで我々は子宮頸部腺がんの早期診断を可能とする分子マーカー開発を目的とした探索を開始した。

まず子宮頸部腺がん組織に特徴的な糖鎖変化を見出すために、現在までに細胞株や LMD 試料から抽出された糖タンパク質での解析を行ってきた。今年度は、体液試料について検討を進めた。レクチンマイクロアレイ解析に用いるための条件設定ならびに予備試験を終え、その条件を使用して体液試料での解析を行ったところ、幾つかのレクチンのシグナルががんで亢進していることを見出した。今後は共同研究機関と連携して、見出したレクチンでの免疫組織化学的染色による解析とそれらの糖鎖を持つマーカー候補となる糖タンパク質を探索していく予定である。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】がん、糖鎖バイオマーカー、グライコプロテオミクス、プロテオミクス

【研究 題目】現代リスク社会の変容における公共政策
の役割：公共政策と「不確実性」

【研究代表者】清水 美香（京都大学）

【研究担当者】清水 美香（京都大学）、大谷 竜（地
質情報研究部門）（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

本年度は、大規模地震発生の常時監視において、通常とは異なる現象が観測された場合、それをどのように評価し、そうした観測事実をどのように地震予測情報として社会に発信するかに関する関係各機関の現状の調査、及び事例解析を行った。まず、内閣府の「南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ」での審議を調査し、南海トラフ地震の予測情報を用いた自治体や企業等における地震対策の現状、及び不確実な地震予測をどのように活用したらよいかについての検討に関する情報収集を行った。また、地殻変動監視や地震発生サイクルシミュレーションを実施している海洋研究開発機構に対して、地震学的データの社会での利活用に関する現状と今後の方針について調査するとともに、予測情報をどのように社会に有効に実装するか

に関する学際研究を展開している東北大学・香川大学等へのヒアリングも実施した。こうした調査の結果、現状では各機関とも不確実性を有する予測情報について様々な模索を行っている段階であり、特に機関をまたいだ具体的な協働は見られないことが分かった。

こうした不確実な予測情報がどのようなプロセスで発信され、社会に出される可能性があるのかを明らかにするため、実際に過去に発生した異常現象に対する対応や情報発信に関するケーススタディを行った。具体的には2003年4月に、東海地方に設置された気象庁の歪計観測点の一つである三ヶ日で急激な歪変化が観測された事例について、各種資料を用いて当時の判定状況や意思決定プロセスを明らかにした。その結果、観測された歪変化がプレート境界面におけるすべりに起因するものと高い確度で推定できるかどうか、地震発生の可能性が高まったかの判定・判断において大きな役割を果たしていることが分かった。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】地震、火山、地質ハザード、公共政策、不確実性、リスク

【研究 題 目】ソーシャルビッグデータにおけるデータ分析とデータ管理の統合理論の構築と実践

【研究代表者】石川 博（首都大学東京）

【研究担当者】石川 博（首都大学東京）、廣田 雅春（大分高等専門学校）、江原 遥（人工知能研究センター）、遠藤 雅樹（職業能力開発総合大学校）（常勤職員1名、他3名）

【研究 内 容】

本研究では時空間・意味情報を基に、分析の専門家でない当事者が疑似相関に注目してソーシャルビッグデータを効率よく分析できる基盤の開発とそのための理論構築を行う。応用の、抽象度の高い分析と説明ができる基盤の実現によってソーシャルビッグデータの利活用・流通を促進し、異種セクタが協業するダイナミックな知的社会の実現を目指すことが、本研究の目標である。

当該年度は、International Conference on Knowledge Engineering and Semantic Web (KESW) 2016というチェコ・プラハで行われた会議で、観光に関するツイート（マイクロブログへの投稿）をしているTwitter ユーザが居住者か旅行者かを識別するタスクに関するLive or Stay?: Classifying Twitter Users into Residents and Visitorsという査読付き国際会議論文を発表した。本研究において、当該研究者は、投稿論文の英語原稿をほぼ全文に渡り書き直した。

その他、位置情報付きのツイートをしているTwitter ユーザの情報から、都心における各地区の混雑度を曜日・時間ごとに割り出し、地震などの広域災害が発生し

た場合に、混雑地区から最寄りの広域避難場所までの通路で人通りが多く混雑しそうな地区を発見するVisualizing High-Risk Paths using Geo-tagged Social Data for Disaster Mitigationという研究も、地図情報研究のトップ査読付き国際会議であるACM SIGSPATIALのWorkshopであるであるWorkshop on Location-based Social Networksで発表を行った。この研究は、当該年度に、論文誌版がジャーナル採録された。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】ビッグデータ、ソーシャルメディア、機械学習

【研究 題 目】WebGIS 3次元地質モデラーを効率的に活用するための地層対比支援システムの開発

【研究代表者】升本 眞二（大阪市立大学）

【研究担当者】升本 眞二、根本 達也、Venkatesh Raghavan（大阪市立大学）、野々垣 進（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他3名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、3次元地質モデルを構築する作業工程の中で最も多くの時間を必要とする、ボーリング柱状図の情報を用いた地層の対比や区分（データの分類作業）の効率化を支援するシステムを開発することである。これにより、WebGIS 3次元地質モデラーを利用した3次元地質モデルの構築・発信の効率を向上させる。

本年度は、理論的基礎の確立とシステム開発を進めた。理論的基礎の確立では、地層の対比に活用することの多い岩相、 N 値、および鍵層という3つの地質情報に焦点を当て、対比作業画面上でのこれらの表現方法について検討した。特に N 値については、測定値をそのまま利用する表現方法のほか、3次元空間補間による結果を利用する表現方法についても検討した。また、対比作業を進めていく際に、作業中の対比結果が、それまでの対比結果と矛盾がないかをリアルタイムで確認するための方法を確立した。システム開発では、 N 値の3次元空間補間方法を検討し、補間プログラムを開発した。また、地層の対比作業中にその時点で得られる地層境界線を対比作業画面の背景図として表示できるように、地層境界面の推定プログラムの高速化を検討した。これまで開発した推定プログラムにおける連立方程式の解法を見直すことで、一部の計算処理の高速化を実現した。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】柱状図、ボーリング、3次元地質モデル

【研究 題 目】多種センサとクラウドを活用した分散リアルタイム機械学習処理基盤

【研究代表者】中田 秀基（人工知能研究センター）

【研究担当者】中田 秀基、高野 了成（情報技術研究部門）（常勤職員2名）

【研究内容】

センサーがいたるところに存在する IoT 時代においては、センサーからデータを効率的にクラウドに収集し、そこでリアルタイムに機械学習処理を行う必要がある。このようなシステムにはリアルタイム性とスケーラビリティが同時に要求される。われわれはこの問題に対して、分散処理系である Spark を基盤とするシステムを提案し、評価を行った。Spark に Kafka を組み合わせたシステムを構築し、スループットに関する知見を得た。また、Spark による分散並列実行に関しても様々なデータセットに対する評価を行い、効率面での問題点を発見した。

これらの内容に関して国内研究会、全国大会で5件の発表を行った。さらに、1件の査読付き国際会議での発表を行っている。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】分散計算、ストリーム処理、動画認識、機械学習

【研究題目】次世代暗号の実用化を支える新たな高度鍵更新手法の設計と安全性評価

【研究代表者】江村 恵太（情報通信研究機構）

【研究担当者】江村 恵太、花岡 悟一郎、Nuttapong Attrapadung、松田 隆宏（情報技術研究部門）林 卓也（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

高機能暗号の社会実装を進めるうえで、鍵漏えいの問題は実利用上の重大な脅威と考えられている。そこで、本研究においては、次世代高機能暗号技術における安全で効率的な鍵更新手法について検討を行う。

平成29年度は、前年度までの研究を拡張し、任意の属性ベース暗号に対して、鍵無効化機能を付与する手法の提案を行った。提案手法は、鍵無効化機能のみならず、適応的安全性をもつことが数学的に証明可能であり、極めて高い安全性を提供可能である。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】公開鍵暗号、鍵漏えい、証明可能安全性

【研究題目】非火山域における深部流体の起源と上昇過程

【研究代表者】中村 仁美（海洋研究開発機構）

【研究担当者】中村 仁美、岩森 光、常 青（海洋研究開発機構）、森川 徳敏、風早 康平（活断層・火山研究部門）（常勤職員2名、他3名）

【研究内容】

本研究では、非火山域における深部流体の分布と上昇

過程を把握し、日本列島における変動現象と流体の関係の理解を推進させることである。「有馬型塩水」は、非火山域に湧出するにも関わらず、高塩濃度、高 H-O 同位体比、マントル由来の He など地球深部に由来する流体である証拠が蓄積されつつある。そこで、これら化学・同位体に加え、有馬型を含む深部流体の検出および上昇途中での地殻・表層物質との反応に敏感な重元素同位体（Sr、Nd、Pb、希土類元素）を用いて、西南日本非火山域における深部流体の分布と上昇過程を把握する。これにより、深部流体の流れを捉え、沈み込み帯の水循環と変動現象への寄与の理解に繋げる。

今年度は、前年度に引き続き、深部の情報を保持する可能性のある泉源を対象として四国全域（徳島・香川・愛媛・高知）の調査を行った。既得の試料については、一般水質、水の同位体、炭素同位体、溶存 He 同位体などの分析を行い、高次元のデータベース作成を進めた。これにより、従来の地球化学的見地に加え、クラスタリングと主成分分析を相補的に用いて多変量解析を行う統計的手法を、高い信頼度で適用できるようになりつつある。現在まで結果では、帯水層で沈殿物を生成したと考えられる特徴をもつ泉源が、調査地域の広い範囲に湧出していることを確認した。これはガスの分離と関係があると予測しており、今後は、水成分とともにガスの採取・分析を検討する予定である。

【領 域 名】地質調査総合センター

【キーワード】深部流体、有馬型塩水、同位体、希土類元素、多変量解析

【研究題目】火山・地熱由来水銀の放出量及び拡散量の推計を目的とした安価な長期観測手法の開発

【研究代表者】丸本 幸治（国立水俣病総合研究センター）

【研究担当者】野田 和俊（環境管理研究部門）、丸本 幸治（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

火山・噴気活動によって放出される水銀の環境影響を評価するため、阿蘇火山の噴火により放出された火山灰中の水銀濃度について、水溶性イオン成分濃度は噴火のタイプによって大きく異なることが分かったため、今年度は実際の噴火口付近で各種測定を行った。ここでは、水晶振動子式水銀検知センサ（QCM-Hg センサ）による簡易測定法によって、実際に噴火口付近で使用し、各種環境データを取得した。新たに遠距離用データ通信ユニットを搭載し、無人航空機からもリアルタイムでデータを確認可能とした。また、吸引ポンプを含めて測定システムについて全体に総重量が500 g 程度とした構成を構築し、無人航空機の運用の制限を受けにくいシステムとした。このシステムを活用し、素子の分析を含めて基本動作を確認し、良好な結果が得られた。

〔領域名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 センサ、水晶振動子、水銀、IoT

〔研究題目〕 地中熱利用システム普及による地下熱環境への影響予測と監視手法の確立

〔研究代表者〕 濱元 栄起

(埼玉県環境科学国際センター)

〔研究担当者〕 八戸 昭一 (埼玉県環境科学国際センター)、宮越 昭暢 (活断層・火山研究部門) (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

地中熱利用システムは、地球温暖化対策や都市のヒートアイランドの抑制など環境負荷低減効果があることから急速な普及が予測されている。しかし地中で人為的に採排熱することから環境への影響も懸念されているものこれまで広域的な評価は全くされていない。本研究では、関東平野を対象に独自に開発した計測技術を活用して地下環境調査を実施し、併せて地下水流動・熱輸送解析を行うことでシステムの普及に伴う今後50年間の地下の熱環境を予測することを目標とする。産総研担当者においては、地下環境モニタリング、水文地質情報および観測データの評価を担当する。当該年度においては地下熱環境調査として、対象地域における4地点において地下温度モニタリングを実施しており、本年度はこれらデータの収集と解析作業を実施した。この成果については学会発表を行うと共に、次年度は学術雑誌に報告する予定である。

〔領域名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 環境負荷低減、都市化、地下水流動、地下熱環境、関東平野

〔研究題目〕 アピオスの潜在的機能の活用とその可能性の探索

〔研究代表者〕 奈良 一寛 (実践女子大学)

〔研究担当者〕 堀江 祐範 (健康工学研究部門) (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

通常の食生活では、大豆およびその加工品以外でイソフラボン類を摂取することは困難であるとされるが、マメ科植物であるアピオス (*Apios americana* Medik) にイソフラボンが含まれることが明らかとなった。本研究では、アピオスに含まれるイソフラボン類の中で、他の食品ではほとんど見られない2'-ヒドロキシゲニステインに注目し、生物学的効力の高いアグリコンであるゲニステインと比較しながら、その可能性について探索し、アピオスをイソフラボンの新たな摂取源として展開するための基盤を確立する。2'-ヒドロキシゲニステインは、大豆に含まれるゲニステインの配糖体であるが、経口摂取した場合には、腸内細菌によってアグリコンであるゲニステインとして吸収されると予想される。しかし、腸

内における分解機序は不明であり、アピオスの潜在的機能の活用のためには、その解析が欠かせない。産総研では、アピオス抽出物の生理活性を把握し、2'-ヒドロキシゲニステインの摂取による消化管内での腸内細菌による分解と吸収の検討を行う。本年度は、イソフラボンを含むアピオス抽出物の生理活性を、培養細胞を用いて評価した。具体的には、乳がん由来細胞に対するエストロゲン様活性の検討及び脂肪細胞による脂肪蓄積抑制効果を評価した。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 イソフラボン、アピオス、配糖体、消化、乳酸菌

〔研究題目〕 現代の生活習慣が引き起こす血栓症を予防する新規食品機能成分の探索と応用

〔研究代表者〕 大石 勝隆 (バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 大石 勝隆 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

深夜勤務やシフトワーク、睡眠障害による生活リズムの乱れ、肥満や糖尿病などの生活習慣病は血栓症の発症リスクを増加させる。また、我が国が直面している社会の超高齢化により、今後確実に血栓症が増加する。本研究は、これまでに構築してきた独創的なモデルマウスによる評価系を応用し、現代の生活習慣によって起こる血栓症を日常の食生活から予防する食品やその成分を見出して、新たな保健機能食品の利用基盤の構築と、食生活からの血栓症の予防を目指す。

当該年度から、モデルマウスを使った動物実験での検討に重点を置いて進めている。種々のモデルマウスの準備を進めながら、食品を使ったマウスでの検討も開始し、黒酢10倍濃縮液および黒酢もろみ末を混餌投与したマウスで、炎症性に誘発した血栓傾向を抑制する効果を見出した。動物実験以外の部分では、黒酢もろみ末エタノール抽出物が血小板凝集を抑制することや、培養血管内皮細胞からの PAI-1産生を抑制することなどを示した。現在は、黒酢もろみ末エタノール抽出物を分画し、機能成分の特定が可能かどうか検討を進めているが、分画後の抑制作用は確認できていない。

一方、肥満糖尿病マウスを用いた検討では、アシタバ黄汁凍結乾燥物を混餌投与したマウスで、血栓傾向の抑制を確認した。また、アシタバ黄汁を含んだ餌を摂取させ高齢まで飼育したマウスは、加齢による血栓傾向が抑制される可能性も見えてきた。しかし、実験期間短縮のために検討した加齢促進マウス (SAM マウス) では、このような効果は確認できていない。

〔領域名〕 生命工学

〔キーワード〕 血栓症、食品、加齢

〔研究題目〕 シームレス地質図を活用した学習モデルの実践的構築

〔研究代表者〕川村 寿郎（宮城教育大学）

〔研究担当者〕内野 隆之（地質情報研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、地域地質及び防災のリテラシー向上のために、地質調査総合センターが公開している「20万分の1日本シームレス地質図」（以下、シームレス地質図）を活用して、学校現場で利用可能な教材の作成と学習方法の検討を行い、その学習効果を検証するものである。研究2年目の本年度は以下を行った。

1. シームレス地質図の中から、中学及び高校地学の学習内容に適合する地質事象を吟味するため、仙台周辺地域の新第三系と北上山地の古・中生界について現地確認を行い、その有効性を確認した。
2. 宮城教育大学附属中学校と他校との交流授業、及び岩手県一関地区中学校理科の研究授業で実施した「シームレス地質図を使った地域の地質の成り立ちを理解する学習」について、教師・生徒双方のアンケートや実施記録をもとに学習展開方法や効果などについて検証した。その結果、シームレス地質図は生徒の理解を促進する上で大きな効果があることが確認された。
3. シームレス地質図とそれを補完する他の地質情報とを関連させた新たな学習モデルを作るため、宮城教育大学上杉地区内でボーリングコアを掘削採取して標本を作製するとともに、岩相・層序・年代を検討した。附属中学校において、それらの資料とシームレス地質図を用いて地学分野の授業を実施し、学習展開や教材利用について検証した。その結果、地表から地下にわたる地質の立体空間分布と成り立ちを学習する上で効果的であることが確認された。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕20万分の1日本シームレス地質図、中学校、高等学校、地学教育、地域地質、教材

〔研究題目〕硫酸還元反応に着目した帯水層蓄熱による地下水水質への影響評価

〔研究代表者〕井岡 聖一郎（弘前大学）

〔研究担当者〕町田 功（地圏資源環境研究部門）、
井岡 聖一郎（弘前大学）
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

積雪寒冷地域で普及を目指している帯水層蓄熱では、蓄熱過程において様々な温度環境下での硫酸還元反応の発現が報告されており、有害な硫化水素の発生予測が現状困難な状況にある。この原因は帯水層中に存在する微生物が有機酸（酢酸、ギ酸）等をエネルギー源として、様々なプロセスで硫酸還元反応を発現させるためである。しかし、蓄熱過程における地下水中の有機酸等がどのような変化をするのか、あるいは変化しないのか過去の研究では解明されていない。これを解明するために本研究

で用いたのは微生物が有機酸を利用する有効エネルギーを熱力学的に導き、現場データと比較する方法である。

平成29年度は、冬季の青森県津軽平野の浅瀬川下流域において調査を実施し、深度約3 mの地下水の有機態イオン濃度と酸化還元反応関連化学種濃度との相関等を調査した。有機酸イオンの起源を有機物の分解物と想定していたが、DOC（溶存有機態炭素）濃度との間には相関は認められなかった。深度約8 mから採取した地下水も同様であった。有機酸イオンのもとなる有機物は溶存態とは限らないという可能性がある。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕浅層地下水、水質、オープン方式地中熱ヒートポンプシステム

〔研究題目〕手内筋麻痺指に対する機能再建法の生体工学的検討

〔研究代表者〕多田 充徳（人間情報研究部門）

〔研究担当者〕多田 充徳（常勤職員1名）

〔研究内容〕

内在筋麻痺指に対する機能再建法として最も一般的なのが Lasso 法である。元々は内在筋の機能を代替するために、浅指屈筋腱を A1プーリーに巻きつけていたが、このバリエーションとして A2プーリーに巻きつける方法も提案されている。しかし、これらの効果を比較した研究は行われていない。

本研究では、屍体標本と筋腱駆動装置を用いた運動計測実験を行うことで、様々な機能再建法の効果を直接的に比較する。本年度は、前年度までに開発した筋腱駆動装置を用いて、2つの Lasso 法の機能再建の違いを定量的に評価するための予備実験を実施した。具体的には、A1プーリーまたは A2プーリーに巻きつけた浅指屈筋腱に対して異なる荷重を加えた状態で、深指屈筋腱を一定速度で駆動し、荷重の変化による指先起動の違いを評価した。この結果、浅指屈筋腱の荷重が増加するほど指尖部が大きな弧を描くことが分かった。このことから、浅指屈筋腱が虫様筋の機能を代償していることが示唆された。

〔領域名〕情報・人間工学

〔キーワード〕デジタルヒューマン、示指、内在筋、外在筋、筋骨格運動計測

〔研究題目〕音響放射カインパルスが肺およびその周囲組織に及ぼす影響

〔研究代表者〕笹沼 英紀（自治医科大学・医学部）

〔研究担当者〕新田 尚隆（健康工学研究部門）、
笹沼 英紀、谷口 信行、石黒 保直、
小形 幸代、金谷 裕司（以上、自治医科大学・医学部）（常勤職員1名、他5名）

〔研究内容〕

音響放射カインパルス（ARFI）と呼ばれる技術は、

超音波を用いて肝臓の硬さや乳癌の質的診断を可能にする新しい手法で、弾性超音波診断法として既に臨床応用されている。従来の超音波より高強度で持続時間の長いパルス波を使用するため、これまでの安全基準内で出力しても、条件によって組織破壊および有意な温度上昇を引き起こす可能性がある。我々は、肝臓、心臓に対する ARFI の安全性を検討してきたが、この過程で肺に傷害が及ぶことを見出した。本研究は、肝臓、乳腺、心臓への ARFI の応用を前提に、隣接する肺組織に ARFI がどのような条件下において傷害を起こすのかを明らかにすることを目的とする。さらに臨床での超音波照射の安全域について検討を行う。

平成29年度は、音響放射力照射系とイメージング系が一体化した超音波照射システムの構築に関与し、その後、研究代表者を中心としてウサギを用いた動物実験が行われた。複数の音響窓を選定し、超音波照射が行われた。その結果、低い超音波強度が用いられた場合でも、肉眼所見において red spot が認められる場合があった。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕超音波、音響放射力、生体作用

〔研究 題目〕難治性潰瘍手術ナビゲーションのための下肢末端血流動態画像解析・投影システムの開発

〔研究代表者〕荒船 龍彦（東京電機大学）

〔研究担当者〕鷲尾 利克（健康工学研究部門）、

荒船 龍彦、本間 章彦、大越 康晴

（以上、東京電機大学）

（常勤職員1名、他3名）

〔研究 内容〕

閉塞性動脈効果症など末梢性動脈疾患（Peripheral arterial disease : PAD）に起因する下腿難治製潰瘍の治療成績向上を目的とした、経皮酸素分圧（T_{cp}O₂）に変わる、新たな表在血流の虚血スクリーニング手法の開発を行う。

開発した血流計測システムは、対象となる画像があればその処理を自動化し結果が得られるので、血流計測システムが可搬性を有することは、PAD 疑いの患者に関して自身の症状の把握を容易にし、生活の質（Quality of life）の向上が見込める。そこで、患者自身による計測に高い再現性を持たせることができるのか、撮像条件として重要である環境光の違いを検討した。

〔領 域 名〕生命工学

〔キーワード〕血流計測、携帯アプリケーション、サーバサイドアプリケーション

〔研究 題目〕『空間認知の歪み』を定量し運動パフォーマンスの向上に活かす

〔研究代表者〕小高 泰（自動車ヒューマンファクター研究センター）

〔研究担当者〕小高 泰（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

我々は、地球からの重力加速度を受けている空間に生活している。そのため、その空間に適した空間認知システムが構築されていると考えられている。一方、もし、この重力加速度によって形成されている空間が、平常時と違った場合、どのような空間認知が行われるかについては明らかにされていない。科学技術が発達した現在、自動車や飛行機等の乗り物、さらには、宇宙空間で長期間にわたって生活をするような状況が生じてきており、その際、重力場が異なった（或いは、加速度が追加された）状況における空間の認知がどのようにされるかについて理解する事は、重要である。

そこで、本研究では、重力加速度方向が変わった状況（座面がチルトする事で、斜め方向からの重力加速度を受けるような状況）において、ヒトが、どのような空間状況の把握をしているのか、また、その状況に対して、自己中心座標とする運動がどのように調節・或いは影響を受けるのかを実験で確かめた。

その結果、暗黒において、左右方向に8度、16度に傾いた状態で、正面に呈示された運動目標に向けて、上肢到達運動をさせると、傾きの度合いに応じて、傾いた方と反対向き、到達位置のずれが生まれることが観察された。この結果には、個人差が大きく、被験者によっては逆向きの結果を示すものがあったが、平均すると傾きの量と、運動の補正の方向は逆向きである事が判った。

補正が行われた運動を解析すると、運動開始時の初期の運動の開始方向は、チルトの角度や向きとの相関を示さなかった。しかし、運動後期（上肢運動が終了する手前0~200 ms までの区間）の運動方向ベクトルは、体の傾きの大きさや、方向と相関して変化を示していた。

これらの事から、空間への運動は、運動初期には、これまで学習・経験によって得られている運動パターンがあらわれるが、運動の最中に、その時々重力場に対する補正が行われているのではないかと推測された。

今後は空間がどの程度ひずんで認知されているかを確かめるため、SVV（自己垂直認知）など、自己の自覚する重力場の認知と関係を調べる予定をしている。

発表；Frontiers に論文を掲載。知の拠点愛知・「眼球運動を指標としたドライバー状態検知技術の実用化・眼球運動の社会実装に関する公開シンポジウム」にて発表。

〔領 域 名〕情報・人間工学

〔キーワード〕空間認知、運動制御、重力場の認知、運動の心理物理計測

〔研究 題目〕嗅覚における注意の機能に関する心理学的研究

〔研究代表者〕綾部 早穂（筑波大学）

〔研究担当者〕小早川 達（人間情報研究部門）

(常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、嗅覚モダリティにおける「注意」の機能や、嗅覚モダリティと他の感覚モダリティの間における「注意」の配分について検討することを目的とする。

平成29年度は、昨年度開発し、筑波大学に設置した嗅覚刺激提示装置を用いて心理実験を実施するため、装置のセットアップと実験プログラムの作成を行った。この装置で二種類の嗅覚刺激（フェニルエチルアルコール[PA]とイソ吉草酸[IVA]）を提示した。嗅覚刺激を切り替えた際に（PEA から IVA への切り替え、もしくは IVA から PEA への切り替え）、実験協力者の呼吸反応に変化が生じるかについて検討した。実験協力者には、嗅覚刺激に対する連続強度評定を課した。評定中の鼻孔における気流の温度変化をサーミスタで計測することにより、呼吸反応を取得した。1回の呼吸におけるサーミスタ出力の最大値に対応する時間（呼息運動の終了時点）と最小値に対応する時間（吸息運動の終了時点）の差分を吸入時間と定義した。その結果、吸入時間が大きく変動した後に、嗅覚刺激に対する感覚強度が上昇する傾向が観察された。

次年度は、筑波大学に設置されている嗅覚刺激提示装置を文京学院大学に移設する。筑波大学で実施した心理実験について結果の再現性を検証するとともに、嗅覚刺激に対する生理反応計測を行う。そのために、装置のセットアップおよびメンテナンス、実験プログラムの作成を行う予定である。

〔領域名〕 情報・人間工学

〔キーワード〕 嗅覚、ニオイ、注意、刺激提示装置、開発

〔研究題目〕 1次元超伝導—絶縁体転移と自己双対量子デバイスの研究

〔研究代表者〕 牧瀬 圭正（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕 牧瀬 圭正（常勤職員1名）

〔研究内容〕

1次元（1D）超伝導ナノワイヤを作製し、微細構造と電気輸送特性の解析・測定から量子コヒーレンス位相すべりによる超伝導電流のブロッケード機構を解明する。自己双対性の理論に対する実験的検証を行い、電流量子化標準と超伝導量子ビットへの応用展開を目指す。量子位相すべりの頻度は材料の物性やナノワイヤ形状効果に依存する理論的予想はあるが、実験的研究は少ない。本研究では材料の物性パラメータと欠陥密度を調整することによって一様・均質な乱雑さを有する薄膜の作製し、1次元超伝導—絶縁体転移と量子位相すべりに対する理解を直流輸送特性の実験的研究を通して確立する。超伝導ナノワイヤを仮想的な渦糸がトンネルすることによって生じるコヒーレント量子位相すべりと電流量子化の検証

を行う。我々は均質な2次元窒化ニオブおよび窒化ニオブチタン膜の基礎的実験を終え、広い面抵抗の範囲に及ぶ薄膜の超伝導転移温度、キャリア数、電子の平均自由行程に関する知見を得た。一連の薄膜試料はスパッター条件を一定に保ち、膜厚のみを変化させた。実験は「ばらつきの少ない、単調な振る舞い」を示し、本シリーズ全体にわたり系統的な試料であることを示唆している。超伝導抑制機構に関する理論は平均自由行程とバルクの超伝導転移温度のみを含むが、実験と理論は良い一致を示した。一定な平均自由行程で転移温度が再現できることは「薄膜のミクロな構造、超伝導特性は膜厚に依存しない」ことを意味し、本試料シリーズの「均一な乱雑さ」を保証している。

〔領域名〕 エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕 位相すべり、超伝導量子細線、超伝導—絶縁体転移

〔研究題目〕 多バンド超伝導において生成するトポロジカルソリトンの観測

〔研究代表者〕 田中 康資（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 田中 康資（常勤職員1名）

〔研究内容〕

研究目的：

近年、多成分量子凝縮系に注目が集まっている。従来の量子凝縮系では量子位相が一つしかないことに対し、複数の量子位相がある多成分量子凝縮系では、特異なトポロジーが生じ、パラエティ—に富んだ量子欠陥の発現が期待できるからである。私たちは、2001年に多バンド超伝導において多成分量子凝縮系特有のトポロジーがあることを初めて提示し、この分野をけん引してきた。新規のトポロジーは、多成分量子凝縮系にとどまらず、超弦理論や素粒子論といった、まったく異なる分野とも関係が深く学際的な研究が進展している。また、量子コンピューターへの展開も期待され、多バンド超伝導を使った方法論は、米国特許としても成立している。そこで、私たちは、多バンド超伝導において、これらのトポロジーを自在に制御することを目標に、位相差ソリトンと呼ばれるトポロジカルソリトンの観測を目指している。

研究計画：

多バンド超伝導を使い、位相差ソリトン発生・検出の基本的な手法の理論的検討を進め、実験的な実現方法を開発する。多バンド超伝導としては、超伝導超薄膜2層膜を使った疑似的な多バンド超伝導体も視野に入れる。進捗状況：

位相差ソリトンが作る位相スリップを、分数磁束量子へ変換して測定するための基本的な実験スキームの検討を進めた。位相差ソリトンのデバイスへの展開のために、位相差ソリトンのダイナミクスを支配する基礎方程式を確立した。基礎方程式に従い、シミュレーションプログラムを完成し、位相差ソリトンによる量子分割ができる

ことを確認した。この知見を元に、量子分割デバイスを創案した。この原案をニオブの超薄二層膜を使った位相差ソリトン検証デバイスへと具体化し、デバイスを設計・製作した。製作したデバイスの性能評価を行った。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕位相差ソリトン、分数量子、多バンド型多成分超伝導

〔研究題目〕盆地端部でのやや短周期パルス地震動の増幅を考慮した地震危険度評価手法に関する研究

〔研究代表者〕松島 信一（京都大学）

〔研究担当者〕吾妻 崇（活断層・火山研究部門）、
関口 春子（京都大学）、
川瀬 博（京都大学）
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では、やや短周期パルスが生じ地盤構造による干渉によって増幅されるような地域を洗い出し、詳細な調査・解析を行うことでやや短周期パルスにより大被害が生じる恐れのある地域における地震危険度評価を行う手法を開発することを目的としている。この目的を果たすため、本研究ではまず、既存の活断層情報と地盤構造情報に基づき、M7クラスの地震が発生する可能性のある活断層の近傍に深い地盤構造がある地域を洗い出し、研究対象地域を絞り込む。絞り込んだ研究対象地域において、やや短周期パルスを発生させる震源モデルを構築する方法を検討するとともに盆地端部における地震・微動観測を行い、詳細な地盤構造モデルを構築する方法について検討する。次に、得られた震源モデルと地盤構造モデルを用いてやや短周期パルスに着目した強震動予測を行うことで被害集中地域の有無を調べ、その地域の地震危険度評価を行う。最後に、地震危険度評価結果に基づき、地震荷重の割り増し係数などの必要性を判断する方法を開発する。2年目にあたる平成29年度には、前年度に検討した研究手法に適した調査対象地域を選定するために、縁辺部に活断層が分布する国内の平野・盆地のデータ収集を行った。さらに、いくつかの平野・盆地については、沖積層基底の深さ、堆積盆基底の深さと岩種、および活断層の断層変位のセンス（移動方向）と地下における断層面の位置形状（傾斜方向と傾斜角度）に関する情報を収集・整理した。

〔領域名〕地質調査総合センター

〔キーワード〕活断層、盆地端部、やや短周期パルス、地震危険度評価

〔研究題目〕試験管内分子進化技術を用いて癌免疫療法のための中分子創薬を行う研究

〔研究代表者〕平家 勇司（聖路加国際大学）

〔研究担当者〕五島 直樹、久保 泰（創薬分子プロフ

アイリング研究センター）、多田 耕平
（聖路加国際大学）
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

近年、PD-1を始めとする免疫チェックポイント分子をターゲットとした抗体医薬によるがん免疫療法が注目を集めている（Ito, Tada, et al, *BioMed Res Int*, 2015）。PD-1は T 細胞表面に発現される膜タンパク質で、腫瘍細胞や抗原提示細胞に発現されるリガンド（PD-L1, PD-L2）が結合すると、T 細胞の増殖と活性化が抑制される。このように T 細胞表面に発現され、T 細胞に抑制性のシグナルを伝達する分子を「免疫チェックポイント分子」と呼ぶ。免疫チェックポイント分子には PD-1の他に、CTLA-4、Tim-3、LAG-3など多数の分子が報告されており、T 細胞の増殖と活性化を制御している。そして、腫瘍細胞、もしくは腫瘍局所環境中の他の細胞（免疫細胞や間質細胞）が免疫チェックポイント分子のリガンドを発現すると、T 細胞の増殖と活性化が抑制され、免疫抑制環境が腫瘍組織内で構築されることになる。このような腫瘍組織内の免疫抑制機構を打破し抗腫瘍免疫を増強させることで、腫瘍の縮小や患者の生存期間の延長が得られることが明らかになっている。最も開発が進んでいるのは PD-1と PD-L1,2の相互作用を阻害する抗 PD-1抗体、抗 PD-L1抗体である。悪性黒色腫、非小細胞肺癌、腎細胞癌では抗 PD-1抗体の有効性と安全性が第3相臨床試験で証明されている。さらに、卵巣癌、胃癌、乳癌、ホジキンリンパ腫、膠芽腫、膀胱癌などでも抗 PD-1抗体、もしくは抗 PD-L1抗体の有効性が強く期待されている。抗 PD-1抗体、抗 PD-L1抗体によるがん免疫療法は、従来の抗がん剤や分子標的薬が無効であった患者に対しても有効性を発揮し、有効であった患者ではその治療奏功期間も長い傾向にあり、さらに、副作用の頻度や重症度は総じて軽く、画期的な治療法として注目を集めている。

しかしながら、抗 PD-1抗体、抗 PD-L1抗体による治療の問題点と限界も徐々に明らかになりつつある。抗 PD-1抗体の奏効率は、上述の癌種ではいずれにおいても20-30%程度であり、すべての患者に有効であるわけではない。その原因の1つとして、腫瘍局所環境中のPD-1のすべてに抗 PD-1抗体が結合しているわけではないことが挙げられている（Das, et al, *J Immunol*, 2015）。従って、より PD-1に親和性が高く、腫瘍局所に集積し、腫瘍局所で安定的な薬剤の開発が望まれる。また他の原因として、PD-1/PD-L1以外の他の免疫チェックポイント分子による免疫抑制が関与していることも挙げられている。そのため、抗 PD-1抗体に、抗 CTLA-4抗体や抗 Tim-3抗体、抗 LAG-3抗体などを併用する臨床試験が進行中である。また、抗 PD-1抗体の高額な薬剤費も問題になりつつある。標準的な体重の日本人が抗 PD-1抗体を1年間使用すると薬剤費だけで1500～1800万円が必

要になる。今後、抗 PD-1抗体と他の免疫チェックポイント阻害抗体の併用が標準治療となると薬剤費はさらに膨大になり、公的医療保険財政の破綻につながりかねないことが有識者の間では既に懸念され始めている。そのため、より効果的に、より安価に、PD-1を始めとする免疫チェックポイント分子の機能を阻害できる物質が今後求められることになると考えられる。

そこで本研究では3-finger protein library の試験管内指向的進化 (directed evolution *in vitro*) 技術を用い、programmed death-1 (PD-1)と PD-1 ligand (PD-L1, 2) の相互作用を阻害する中分子特殊タンパク質を取得する。さらに、取得されたリード化合物の分子プロファイリングを明らかにし、薬剤としての最適化を行う。これにより新たながん免疫療法のための創薬を目指す。

今年度は、既に保有する3-F library を用い磁気ビーズに固定した PD-1と特異的に結合する3-F protein を試験管内進化により選択を繰り返し、候補ペプチドを数種類にまで絞り込んだ。各セクション過程で配列解析を行ったところ、特定領域でのアミノ酸配列の収斂傾向が確認された。これらの中で代表的な3つの配列について、ペプチド化学合成および遺伝子組換えタンパク質発現によりペプチドの調製を進めている。また、各3-F タンパク質について、1本指までダウンサイズしたペプチドも化学合成により調製している。これらのタンパク質やペプチドが、実際に PD-1と PD-L1の結合を阻害する活性を有するか否か、またヒトリンパ球を用いた *in vitro* 実験系で機能を阻害する生理活性があるかを今後明らかにする。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】分子進化、機能性ペプチド、人工抗体、PD-1、がん、免疫治療

【研究 題 目】MAFFT 多重アラインメントプログラム
の大量配列データへの対応と機能拡張

【研究代表者】加藤 和貴 (大阪大学 免疫学フロンティア研究センター)

【研究担当者】加藤 和貴、山田 和範、富井 健太郎
(人工知能研究センター)
(常勤職員1名、他2名)

【研究 内 容】

生体分子の配列解読技術の進歩に伴い、多重アラインメントプログラムの大量配列データへの対応の重要性が増してきている。MAFFT 多重アラインメントプログラムには巨大なアラインメントを構築するためのオプションがあり、それらの適性について評価を行った。本年度は、累進法により巨大なアラインメントを構築するには、どのような案内木が適しているか、近年開発された新たなベンチマーク HomFam、ContTest および OXFam (OXBench の拡張版) をを用いて検証を行った。従来よく使われてきた案内木に比べてより簡単なランダムに

生成した鎖状案内木が最善であるか、計算量が多くより厳密に推定した案内木がより良い結果を与えるのかを調べた。その結果、より厳密な方法で計算された案内木を用いた方が良いという、従来の考えを支持する結果が得られた。また、他手法 (Clustal Omega や UPP) も用いて、反復改善法と累進法の組み合わせ、及び、厳密な案内木と整合性スコアを使用するあまり近似しない累進法を使用した場合、三つのベンチマークについて、鎖状案内木を利用した累進法よりも一貫してベンチマークスコアを上昇させることを明らかにした。こうした結果は、累進法を用いて巨大なアラインメントを構築する場合、鎖状案内木よりもより厳密に推定した案内木を利用することが好ましいことを示唆している。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】大量配列データ、アラインメント、バイオインフォマティクス

【研究 題 目】シリリングリグニン生合成を制御する転写因子の網羅的探索と機能解析

【研究代表者】鈴木 史朗 (京都大学 生存圏研究所)

【研究担当者】光田 展隆、坂本 真吾 (生物プロセス研究部門) (常勤職員2名)

【研究 内 容】

再生可能資源であるリグニンのシリリング核比率の増加は、産業利用上種々の利点がある。しかし、実用化に向けた非遺伝子組換え植物の育種には、未だほぼ解明されていないシリリングリグニン生合成の発現制御機構について理解する必要がある。そこで本研究では、イネのシリリングリグニン生合成を制御する転写因子を、96穴プレートとロボティクスを活用した改良型酵母ワンハイブリッドスクリーニング法によって網羅的に探索し、機能解析を行うことによってシリリングリグニン生合成の発現制御機構の全体像を明らかにする。イネにおいてリグニンのシリリング核比率を左右する重要な酵素遺伝子およびリグニン合成に関与する重要な酵素遺伝子のプロモーター領域に結合するイネ転写因子を、改良型酵母ワンハイブリッドスクリーニング法によってスクリーニングした。その結果両方に共通する転写因子の一つ見出すことができた。しかしもっと多くの転写制御因子が関係している可能性もあることから、今年度はイネ酵母ワンハイブリッドスクリーニング用のライブラリーの高感度化を行いこれを完了した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】植物、リグニン、イネ、発現制御、遺伝子、転写因子

【研究 題 目】IVR 医療スタッフの水晶体被ばく防護のより良い最適化方法に関する研究

【研究代表者】横山 須美 (豊田保健衛生大学)

【研究担当者】黒澤 忠弘 (分析計測標準研究部門)

(常勤職員1名)

【研究内容】

ここ数年、国際的にも国内において、今後、わが国の放射線安全規制や放射線管理・防護体系のあり方に大きな影響を与える可能性のあるさまざまな動きがある。これらの国内外の動きへの対応を検討するためには、まずは、被ばくの実態を把握することが急務である。特に、わが国は世界的にみても、医療診断や治療への放射線利用頻度が高く、安全規制や放射線管理のあり方の検討への影響が大きい。本研究では、国際放射線防護委員会が2011年に新しい水晶体の等価線量限度を発表したことを踏まえ、特に、放射線業務従事者、中でも高線量を伴う可能性のある IVR に携わる医療スタッフの被ばくに着目、その実態を明らかにするために手技ごとの詳細な被ばく線量測定やファントム（人体模型）を用いた実験から、被ばく線量を高めている要因は何か、さらには、医療従事者に受け入れてもらえる容易で実践可能な被ばく低減策を提案する。H29年度は臨床現場における予備的な医療スタッフの線量測定を開始した。

【領域名】計量標準総合センター

【キーワード】水晶体被ばく、IVR

【研究題目】分子モデリングおよびシミュレーションを活用したインシリコ創薬支援

【研究代表者】広川 貴次（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】本野 千恵、伊藤 祐子、福井 一彦（常勤職員4名）

【研究内容】

急増するゲノム配列データとタンパク質立体構造解析技術の発展により、構造生物学データを起点とした創薬支援研究が本格的に促進されている。しかし、構造生物学データの中には、特定の条件や環境に依存した構造情報により、そのままのデータでは創薬へ適用が難しいものがある。分子モデリングや分子シミュレーションは、このような問題を補完できる技術であり、構造生物学データと融合させることで、より高度な創薬支援研究が実現可能となる。本提案では、創薬標的タンパク質を中心に、ホモロジーモデリング、ドッキング計算（タンパク質-タンパク質、タンパク質-低分子、タンパク質-核酸、核酸-低分子）、分子動力学計算等の要素技術に基づいた分子モデリングおよびシミュレーションを活用した実用性の高いインシリコ創薬の支援研究と高度化研究を行い、構造生物学データと創薬研究の橋渡しを目指す。

支援研究では、申請者らが取り組んできた、インシリコスクリーニングに特化した GPCR モデリングツールや創薬標的となるタンパク質-タンパク質、タンパク質-低分子、タンパク質-核酸、核酸-低分子の分子モデリング実績を活かし、さらに分子動力学計算および FMO 法によるモデリング構造の高精密化を強化した支援研究を

遂行する。実施目標の例として、事業内外連携を通じて GPCR 構造データと本提案による支援研究を融合させることで、バイアスドリガンド等の高度な医薬品創出を実現し、GPCR 創薬の活性化を目指す。高度化研究では、分子動力学計算を軸に、タンパク質の構造変化を考慮した高精度なインシリコスクリーニング法の開発、タンパク質-リガンド結合予測、タンパク質-RNA 複合体モデリング法、ペプチドから低分子リガンドへの変換法、ヒットからリードへの設計法の開発を目指す。分子動力学計算により得られるアンサンブル構造とファルマコフォアや相互作用プロファイルなどケモインフォマティクス要素を融合させ、新しい特徴抽出を獲得することが本高度化研究における独創的な点となる。これらの分子認識に構造変化を伴う標的タンパク質を対象としたインシリコ創薬技術が可能となることは、医薬品探索における標的疾患の拡大につながり、製薬業界での波及効果が期待できる。

H29年度は、支援研究として、支援課題10件、コンサルティング2件を実施した。支援課題をタンパク質-リガンド相互作用の多様性とインシリコ戦略で分類（難易度低→高）すると、“Lock and key model” レベル（3件）、“Pre-existing equilibrium model” レベル（1件）、“Induce-fit model” レベル（2件）、“Cryptic-site binding model” レベル（1件）、“Protein-protein interaction” レベル（3件）となり、様々なレベルの支援研究を実施した。代表的な支援成果の一つとして、肺癌治療を目的としたタンパク質-タンパク質阻害剤の探索が挙げられる。本支援では、標的タンパク質である SFN と SKP1との結合部位をタンパク質-タンパク質ドッキングで予測し、SFN タンパク質内の SKP1結合部位周辺に存在するドラッグブルポケットをインシリコシミュレーションにより予測した。さらに、その部位に特異的に結合し、SKP1と競合する医薬品候補となりうる小分子化合物を、既存薬データベースからインシリコスクリーニングし、候補化合物の同定に成功した。様々な要素技術を活用する本提案の特徴が生かされた成果といえる。また、高度化研究では、タンパク質とリガンドのパスウェイを Metadynamics で推定し、推定パスウェイ情報を利用する“レジデンスに基づくインシリコスクリーニング”を考案した。この高度化研究では、GPCR ファミリーである EP4受容体とアンタゴニスト結合の結合を例に、受容体に結合するまでのアンタゴニストの経路を探索した結果、最初の段階での膜への介入が重要であることが示唆された。よって、インシリコスクリーニングでは、ドッキング計算のみではなく、膜への親和性や膜内での分子運動の性質をインシリコスクリーニングに取り入れたシステムを構築し、現在、新規化合物の購入と評価を行っている。本年度の誌上発表としては、PDIS の継続課題を含め、7報であった。

【領域名】生命工学

【キーワード】 分子モデリング、創薬支援、バイオインフォマティクス、ケモインフォマティクス

【研究題目】 タンパク質の立体構造及び相互作用推定のための構造インフォマティクス技術の開発

【研究代表者】 富井 健太郎（人工知能研究センター）

【研究担当者】 富井 健太郎、今井 賢一郎（創薬分子プロファイリング研究センター）、深沢 嘉紀、林 庚澤、小田 俊之、中村 司、山田 和範、加藤 和貴（常勤職員2名、他6名）

【研究内容】

事業の選定課題に対し支援やコンサルタントなどを行うとともに、高度化研究を実施した。感染症対策に向けた、感染症の原因となる原虫の細胞内輸送因子の機能解析に関する支援では、バイオインフォマティクス技術によるドメイン推定などを行った。新規 IgGFC 融合タンパク質の開発に関する支援では、ヒンジ領域の有無による違いを立体構造モデルから明らかにした。セスキテルペン合成系の生産性向上に向け、合成酵素の可溶性予測や立体構造予測などを行った。リン酸化依存的な蛋白質複合体形成機構の探索では、二次構造や天然変性領域の予測を組み合わせた候補部位の抽出を行った。セラミド結合タンパク質に関する解析では、結合部位の同定に向け、バイオインフォマティクス技術によるドメイン推定の結果に基づきドメイン別のアッセイに向けコンストラクト構築を行った。これら以外にも依頼に応じて、バイオインフォマティクス技術を用いた支援及びコンサルタントを行った。高度化研究では、タンパク質の立体構造予測や相互作用（部位）予測要素技術の改良を行った。それらを利用して、タンパク質立体構造及び複合体構造の国際的な予測実験 CASP/CAPRI に参加し、複合体構造予測部門において第一位の成績をおさめた。また、結晶パッキングの統計解析に基づくタンパク質結晶改善に向けた新規手法を理化学研究所と共同で開発した。

【領域名】 生命工学

【キーワード】 タンパク質、創薬支援、バイオインフォマティクス

【研究題目】 光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点

【研究代表者】 中鉢 良治（理事長）

【研究担当者】 中鉢 良治、並木 周、高野 了成、河島 整、鍛塚 治彦（常勤職員30名、他14名）

【研究内容】

映像情報を中心としてネットワークトラフィックが増大しており、対応してネットワーク機器の消費電力が急

激に増大している。ネットワークを活用した効率的な社会インフラを構築するには、低消費エネルギーで大量の情報を処理することのできる新しいネットワーク技術が必要となる。この新しいネットワーク技術として、光スイッチを用いた回線交換型の光パスネットワーク技術を開発する拠点を協働企業10社とともに形成している。この拠点では、デバイス、システム化技術からアプリケーションとのインターフェースまでをカバーする垂直融合の技術開発を進めている。本年度は、プロジェクト最終年度であり、主に、以下の四つの技術に関して総仕上げを行った。第一はネットワークアプリケーションインターフェース技術で、国際標準に基づく資源管理システムやツールの改良、汎用化資源管理経路探索アルゴリズムの開発を行い、拠点活動で構築したテストベッドに実装した。第二はダイナミックノード技術で、テストベッドを半恒久的に運用できるように、トポロジーの整備および資源管理技術の汎用性向上を行った。第三はパソコンディショニング技術で、前年度までに開発した標準ラック準拠のブレード型波長変換器の、中心波長が変動しても出力ポンプ光パワーに影響の出ない安定動作を実現し、国内展示会 CEATEC で展示した。第四は光パスプロセッサで、光増幅器集積型4x4、8x8、32x32シリコンフォトニクススイッチを、それぞれ、実システムで使用可能なレベルにまで高めるなどして、その結果3件を主要国際会議 OFC2018のポストデッドラインペーパーに投稿したところ、すべて採択され世界トップの業績を上げた。

【領域名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 光パス、省エネルギー、ネットワーク、シリコンフォトニクス、光スイッチ、波長変換

【研究題目】 科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業（未来価値創造実践人材育成コンソーシアム）

【研究代表者】 中鉢 良治

【研究担当者】 近江谷 克裕、中村 史、山岸 彩奈（常勤職員18名、他3名）

【研究内容】

東京農工大学、国際基督教大学、早稲田大学、産業技術総合研究所の3大学1機関でコンソーシアムを構成し、Biological Materials Science 分野を中心とした豊かで持続的な生活を実現するイノベーションを真に牽引できる次世代研究者を、コンソーシアム構成機関間を流動させることにより、「未来価値創造実践人材」として育成する。育成人材は、PI として新たな時代を拓く先端研究に邁進すると共に、独創的な研究成果や革新的な技術開発をもとに、従来の価値観を越えた新事業を国際展開するためにチーム形成、組織間連携、交渉によって目標を完遂することができる実践力を発揮し、学術界のみな

らず国内外の産業界、実社会でも主導的な役割を果たせる人材となる。

平成29年度は、PI 人材は代表者で申請した科研費若手 B と、分担者で申請した科研費基盤 B がともに採択となり、これらの研究を開始した。また、ワイルコーネル医科大学への海外派遣を実施した。派遣先での実施課題は科研費若手 B の研究課題に関係するナノケージの作製と応用であり、技術を習得した。産総研の若手任期付テニュトラック研究員として平成30年1月1日付けで採用されることが決定した。イノベーション創出人材では、産総研をインターンシップ先として早稲田大学から1名のインターンシップを実施した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】細胞工学、ナノバイオテクノロジー、バイオセンシング

【研究 題目】卓越研究員事業

【研究代表者】高田 英昭（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】高田 英昭（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究では、核内クロマチン構造変換メカニズムの解明を目指し、クロマチン構造変換因子を同定するとともに、生きた細胞内で特定の DNA 配列の動きを可視化することを目的としている。生細胞における遺伝子動態イメージングを行うため、RNA ならびに蛍光標識 RNA 結合タンパク質発現ベクターを構築し、ヌクレアーゼ活性を欠損した Cas9 タンパク質 (dCas9) と共にヒト培養細胞 (HeLa 細胞) に導入した。これにより、テロメアやセントロメアといった、ヒトゲノム中に存在する代表的なリピーター配列の DNA を生きた細胞内で検出することに成功した。現在は、ベクターの導入が容易ながん細胞を用いて可視化を行う遺伝子の検討を進めており、決定次第正常細胞への導入も試みる予定である。また、複数の標的配列を区別して検出するために、複数種の蛍光標識 RNA 結合タンパク質と RNA モチーフを組み合わせることを試みている。遺伝子の動きを制御する因子として、2価陽イオンやタンパク質のリン酸化に着目した研究も行っており、カルシウムイオンやリン酸化が細胞分裂時の遺伝子の動きに必要なことを示した。このように、カルシウムイオンやタンパク質のリン酸化がクロマチン構造変換に関わるデータが得られてきており、遺伝子動態イメージングと組み合わせることで、その構造変換メカニズム解明につながると期待できる。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】染色体、クロマチン、CRISPR イメージング

【研究 題目】高発現表層タンパク質を標的とした低コスト迅速分析を可能とする微生物検査の革新

【研究代表者】上垣 浩一（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】上垣 浩一、中村 努、星野 英人
(常勤職員3名)

【研究 内容】

食品流通現場での食品の安全性の検査については現状では結果までに2~3日を要する。しかし現場では、食品が市場に流通するまでに安全性を迅速・簡便に確認できる手法が要求されている。そのため本計画では、多種微生物を一括に検出できる高性能抗体を利用した微生物検出と、ISFET 半導体技術を掛け合わせることで、食品中の汚染微生物の有無を0.5日以内に迅速・低コストで測定する技術を開発し、食品流通の安全性を担保するものである。「高感度で迅速な微生物分析を実現可能にする試薬開発」の中の「ISFET 計測用の抗体標識用酵素の開発」を実施するため、本年度は候補酵素として選定したデアセチラーゼの反応を ISFET 計測により検出した。ISFET は pH 変化に敏感に反応する。用いたデアセチラーゼは N-アセチル基を加水分解するため、反応にともなってアミノ基 (グルコサミン) とカルボキシル基 (酢酸) が出現する。そのため pH 変化としては相殺する二つの生成物ができるのであるが、結果として pH は下がり、ISFET 計測により酵素反応を検出することができた。測定は空気中の二酸化炭素の影響を受けやすいため、1 mM 程度の緩衝液を加えること、pH 8以下で測定すること、がデータの安定性のために有効であることを明らかにした。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】デアセチラーゼ、ISFET 計測、pH 変化

【研究 題目】生きた細胞内へ導入可能な細胞膜透過性 VHH 型タグ抗体の開発・実用化

【研究代表者】新木 和孝 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】新木 和孝 (常勤職員2名)

【研究 内容】

人工的に生産されるタンパク質はタグ (荷札) と呼ばれる短い付加配列で管理されている。このタグを認識する抗体がタグ抗体で、バイオ系の研究に不可欠なツールとなっている。このタグ抗体を、次世代抗体として注目されている、ヒト IgG の10分の1のサイズ、熱的安定性を特徴とする小型 VHH 抗体で置き換えることを目的としている。さらに従来のタグ抗体では実現できなかった、細胞膜透過性能を付与することで、細胞内タンパク質をも可視化できる、安定かつ低コストな VHH 型タグ抗体開発を目指している。本年度は、VHH 抗体の大量生産法の開発を進めた。タンパク質大量生産法として代表的な、大腸菌をもちいた遺伝子工学的発現による方法では、生体や細胞にとって毒性をもつエンドトキシンが大量に含まれてしまう。そのため、酵母や培養細胞系を用いたヒト細胞等に毒性を持たない発現系の検討をすすめた。

同時に、次年度以降のスクリーニング実験系を考慮に入れ、無細胞合成系での多種類少量発現系の検討も進め、スクリーニング実験検討に適応可能な発現系の構築を終えた。これらの発現タンパク質が、HEK293培養細胞に対して毒性をもたないことも確認している。

〔領域名〕生命工学

〔キーワード〕VHH、質量分析、無細胞合成系

〔研究題目〕微細パターンの基板に対応した真空差圧式レジスト剥離、エッチング装置の開発

〔研究代表者〕安藤 淳（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕安藤 淳、グエン タット トルン（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、小口径半導体ウェーハの微細加工において、製品の高機能化・精密化、品質の安定性を大きく左右するレジスト剥離、バックエッチング、洗浄・乾燥工程に関して、真空差圧を利用し減圧下で処理液及び窒素ガス的高速流を作り、加工処理の高度化を同一装置で実施できる技術の開発を、よこはまティーエルオー株式会社、マイクロ技研株式会社、国立大学法人横浜国立大学と共同して進めている。

最終年度に当たる平成29年度は、開発装置および各プロセス工程等の最適化を支援するための「微細深溝（幅1 μm、深さ20 μm（アスペクト比=20：1）パターン付ウエハ）および「微細深穴（直径1 μm、深さ20 μm（アスペクト比=20：1）パターン付ウエハ）」の作製を引き続き実施するとともに、「剥離プロセスの試作装置での検証」として、各プロセス工程が実施された「微細深溝パターン付ウエハ」および「微細深穴パターン付ウエハ」のパーティクル残渣評価を走査電子顕微鏡や原子間力顕微鏡を用いて実施することによる試作装置における開発目標の達成率評価を実施し、試作装置は、減圧下におけるレジスト剥離、バックエッチング、洗浄・乾燥処理後の目標品質を達成していることを確認した。さらには、平成28年度中間ヒアリング評価における評価者コメントへの対応として、マイクロ技研株式会社等と共同で開発中成果を技術展示会へ出展し、想定ユーザー等からのニーズ収集の取り組みを実施した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕レジスト剥離、バックエッチング、高アスペクト比微細パターン、高精度加工プロセス評価手法

〔研究題目〕電解レーザー微細複合加工技術の実用化による微細医療器具の開発

〔研究代表者〕栗田 恒雄（製造技術研究部門）

〔研究担当者〕栗田 恒雄、徳永 仁史、小倉 一朗、芦田 極、古川 慈之（常勤職員5名）

〔研究内容〕

低侵襲で患者負担の少ないカテーテル治療や内視鏡治療は、その適用領域が拡張されている。カテーテル治療ではステント等の末梢系や微細器官への適用が図られ、内視鏡治療では適用可能な治療範囲の拡大が要望される等、微細かつ機能的な器具の開発が要望されている。DEEL 複合加工の実用化に依り、微細医療機器の加工を実現し医療機器を創出する。

産総研のシーズ技術である DEEL（Deep Electrochemical Etching with Laser assistance）は溶解再凝固物がほとんど発生しない新しい加工技術である。初めに、電解加工により加工物表面に不動態皮膜を形成する。次に、レーザー加工により不動態皮膜の加工領域を除去する。再び電解加工を施すことにより加工領域のみで除去及び不動態皮膜の再形成が行われる。その後、再び形成された不動態皮膜を除去する。この工程を繰り返すことによって加工が進行する。この加工方法は10 μmの形状を創成出来、材料の主たる除去原理を電解加工とすることで、レーザー加工時の溶解再凝固物発生量の削減と、溶解再凝固物の電気化学的溶出を同時に行い、加工後の溶解再凝固物をほとんど発生させないことが可能な複合加工技術である。

今年度は、昨年度製作したレーザー加工、電解加工工程を自動で切り替え可能な実験装置を用いて、想定した医療デバイス加工に必要な性能を満たすことができる実験条件を探索した。ステントなどの加工を想定した際に必要な溝幅、表面粗さが販売価格などを考慮した実用的な加工時間以下で加工可能である事を確認した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕複合加工、レーザー加工、電解加工、カテーテル、ステント、医療デバイス

〔研究題目〕表面プラズモン共鳴励起蛍光測定による微細流路型バクテリア検出装置の開発

〔研究代表者〕藤巻 真（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕藤巻 真、芦葉 裕樹、安浦 雅人、島 隆之、田口 由利子（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

バクテリア検査は安全な飲料水を確保する上で重要であり、そのニーズは様々な分野で急増している。水関連システムメーカーや水検査会社からは、取水場や浄水場で、簡単、迅速にバクテリア検査ができる装置が強く望まれている。

水質検査において最も一般的なバクテリア検出方法は培養法であるが、培養には1日以上時間が要り、かつ検査は専門知識を有するオペレータが行うため、人的コストも高い。このように従来技術では、現状のニーズに応えることは困難である。

本プロジェクトの目標は、培養工程を必要とせず迅速

に結果が出る高感度な小型装置、低コストな使い捨てチップ、専門的な操作技能を必要としない簡単な前処理用の検査試薬キット、誰でも使える簡単操作を実現するソフトウェアの実現である。

我々が開発した装置では、アルミニウムによる表面プラズモン共鳴励起蛍光法を用い、蛍光染色されたバクテリアからの発光信号を増幅して、バクテリアを検知する。本研究により、実環境試料で菌濃度 1×10^3 個/mlの検出を照射時間2秒で実施することに成功した。チップ開発では、チップのハンドリング性の向上に取り組み、ベースとなるチップと壁材となるチップを圧入して組み合わせることで、容易にチップを準備できる構造を実現した。検査の前処理としては、100 μ Lの検体をチップ上の液セルに入れた場合において、チップ表面への乾燥固着15~17分、その後の検査試薬キットによる染色2分の合計19分以内での処理方法を確立した。装置サイズ131(W) \times 151(D) \times 193(H)、重さ2.8 kgの装置試作にも成功し、ハンドキャリー可能な小型装置を実現した。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】水質検査装置、飲料水、環境水、簡易検査装置、迅速検出

【研究 題 目】回転軸の軸ガタ検出機能を付加した自己校正型ロータリエンコーダの開発

【研究代表者】渡部 司（工学計測標準研究部門）

【研究担当者】渡部 司（常勤職員1名）

【研究 内 容】

工作機械は、5軸加工機や複合加工機といった多軸化による高い自由度を備えることにより、より複雑な形状の加工を実現してきた。近年、非球面レンズなどの小型自由曲面形状から、航空機部品や自動車部品、金型などの大型で複雑な特殊曲面形状の加工に対して、川下製造業者からの「更なる加工精度の高精度化・高緻密加工の可能性への要求」と、「複雑化した工作機械の故障予知とメンテナンス作業の効率化への要求」が急速に高まってきている。

本研究では、角度誤差検出と軸ガタ検出機能を持ち合わせるインテリジェントな「軸ガタを検出する機能を付加した高精度な歯車型磁気式ロータリエンコーダ」を実用化することにより、過酷環境下で利用される工作機械のモータ主軸の角度制御の高精度化と継続的な故障予知による寿命管理技術に資する研究開発を行っている。

歯車型磁気式ロータリエンコーダに自己校正原理を適用した角度高精度化技術の評価実験を実施しながら、歯車モジュール M0.4（歯数256）と3個の磁気抵抗センサを用いた歯車型磁気式ロータリエンコーダを試作した。試作したエンコーダを評価したところ、出力された角度信号が ± 10 秒を上回る角度精度を持つことと、さらに角度信号の解析処理により回転軸が発生する軸ガタを10 μ mより小さい感度で検出できることを確認した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】角度、軸ガタ、ロータリエンコーダ、自己校正法

【研究 題 目】サイレントチェンジ対策ノスクリーニング分析用質量分析装置・技術の開発研究

【研究代表者】津越 敬寿（物質計測標準研究部門）

【研究担当者】津越 敬寿（常勤職員1名）

【研究 内 容】

工業材料分析として、従来、技術的に欠落していた有機化合物の一次評価技術・装置を開発する。経済のグローバル化の進展に伴い、輸入原材料・製品の含有成分や組成が知らないうちに変わること（サイレントチェンジ）による発火事故等のトラブル事例が増加している。本技術開発により、迅速・簡便且つ低コストに工業材料等の品質チェックを効果的に行うことが出来るため、企業のCSR対策や安心・安全な製品作りに資する技術開発となる。H29年度の課題として、光イオン化では測定困難となる対象成分への適用を念頭に、イオン付着イオン化の併用を試みた。特許出願済の減圧中気化抑制法（Suppressing Evaporation Technique : SET）も活用し、特に低沸点および中沸点のフタル酸エステル類の定量的評価が可能となった。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】サイレントチェンジ、品質管理、スクリーニング、材料評価、質量分析、フラグメントレスイオン化、ソフトイオン化、ダイレクトインレットプローブ

【研究 題 目】マスクレス超低損傷加工を実現するミニマル・バイオテンプレート形成装置とミニマル中性粒子ビームエッチング装置の開発

【研究代表者】遠藤 和彦（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】遠藤 和彦、原 史朗、クンプアンソマワン、寒川 誠二、野田 周一（常勤職員4名、他1名）

【研究 内 容】

近年、環境発電が大きな市場になりつつある。これまでシリコンで培った微細加工技術を用いて、ナノサイズ量子ドットを用いた太陽電池や熱電変換素子等を安価に高精度に製造することができれば、環境電源として高効率の発電が可能となる。しかしながら、微細パターンの形成に用いられる、レジストマスクを用いたフォトリソグラフィ法では、近年の加工寸法の微細化に伴い、照射する光の波長の短波長化が進み、ArF等エキシマレーザや、EUV光を必要として、高価な装置を導入が必須となる。従ってこれらの高価なリソグラフィ装置に頼ることなく、量子ドット等の微細パターンを形成する

ことのできる新たな手法の開発が望まれている。

一方、レジストマスクを形成した後は、プラズマエッチングにより微細加工が行われる。このプラズマエッチングには、従来から反応性プラズマが用いられているが、プラズマ中の荷電粒子や紫外光が素子にダメージを与える。

本研究開発では、低コスト・マスクレスでナノ構造が形成できるミニマル・バイオテンプレート形成装置を開発する。また、無欠陥加工を可能とし、ナノ構造素子やCMOS回路のさらなる微細化・高性能化に必須となる、ミニマル中性粒子ビーム加工装置を開発する。両技術ともに高精細なプロセスのため、ミニマルプロセスと極めて親和性が非常に高く、低コスト及び高効率で、デバイスに搭載可能な実用レベルのナノ構造体を形成することが現実化する。

本年度はミニマル規格のスピンコーターを用いてバイオテンプレートの塗布実験を進め、所望の塗布特性を確認するとともに、プラズマエッチャーを用いて中性粒子ビームの生成実験を進め、塩素中性ビームによるエッチング特性を確認するなどの開発を進めている。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 ミニマルファブ、中性粒子、バイオテンプレート

【研究題目】 ナノパーティクルデポジション法で形成する微細金コーンバンプを使った微細ピッチ低温バンプ接合技術の実用化研究開発

【研究代表者】 青柳 昌宏（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 青柳 昌宏、菊地 克弥、入沢 寿史、渡辺 直也、馮 ウェイ（常勤職員5名）

【研究内容】

本研究では、センサ領域が広く、高速画像処理が可能という特長を有する3次元積層型イメージセンサを実現するため、低温・低荷重、微細ピッチでデバイスと回路基板のバンプ接続を可能とする微細金コーンバンプを用いた微細ピッチ低温バンプ接合技術の開発を東北マイクロテック株式会社と共同して進めている。平成29年度は、ナノパーティクルデポジション（NPD）法で微細な金コーンバンプを形成する際の量産課題の検討を行った。NPD法で金ナノ粒子を長時間堆積する際に、デバイス基板の温度上昇によりバンプ形成用レジストパターン形状の劣化が問題となっており、耐熱性の高いフォトリジストを用いて、i線ステッパー露光装置によるバンプ用レジストパターン露光現像条件の基礎データを取得した。また、配列パターンを用いた場合に配列の周辺部に限定してバンプ形状の劣化が観察されるため、NPD法による金ナノ粒子堆積プロセスにおける堆積中の温度上昇について、デバイス基板に熱電対を取り付けて、基

板温度の変化に関する基礎データを取得した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 バンプ接合、微細ピッチ、3次元積層、ナノパーティクル、イメージセンサ

【研究題目】 骨格構造に最適な大腿骨骨折治療用 BHA 人工股関節システムの開発および実用化

【研究代表者】 岡崎 義光（健康工学研究部門）

【研究担当者】 岡崎 義光、有田 千成子（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本事業は、輸入依存度の減少および国内企業の新規参入を目指して、日本人（東洋人）の骨格構造に最適で、耐久性等の信頼性の高い骨折治療用 BHA 人工股関節を開発し、早期に実用化することを目的として実施するものである。

このうち、今年度については、高生体適合性チタン合金ビレット（105 mm 角）を用いて、丸棒全体が均質な金属組織となるような丸棒圧延条件（加熱温度、圧延開始温度および表面割れの有無等）を検討した。また、最適条件で丸棒圧延した合金丸棒を用いて、ステム形状に高温型鍛造成形する条件を確立した。具体的には、ステム小で顕著に生成するホワイトバンドの影響を少なくするため、型鍛造試験に投入する試験片の形状を円筒形状から最適な紡錘形状にするためのスエージング技術を開発した。さらに、BHA 人工股関節の一次型成型、加工、研磨技術の確立およびブラスト処理技術の確立と既承認品同等性評価に関しては、技術支援を行った。

【領 域 名】 生命工学

【キーワード】 整形外科、インプラント、高生体適合性、性能評価

【研究題目】 航空機用繊維強化樹脂材料の高効率曲面仕上げを可能とするフレキシブルメタルシートの実用化開発

【研究代表者】 吉田 勝（機能化学研究部門）

【研究担当者】 吉田 勝、松澤 洋子、神徳 啓邦（常勤職員3名）

【研究内容】

航空機製造業界では、軽量化による燃料節約や高機能化を目指し、CFRP・アラミド繊維強化樹脂等の繊維強化樹脂部材が大量に用いられている。これら繊維強化樹脂部材はむき出しで使用されるため、なめらかな表面に仕上げる必要があるが、その仕上げ現場では、切断面、締結用リベットを挿入する穴加工表面のエッジ部の仕上げ、繊維強化樹脂同士や、補強用として取り付けるリブを接合した際の接合面にはみ出した接着剤の除去に苦慮している実態がある。さらに、当該業界では研磨対象物が大きく自由曲面形状のため、金属ヤスリは適さず、紙

やすりを用いた手作業によって仕上げられており、複合樹脂材中の炭素繊維の方向性による研磨精度の低下や、やすりの目詰まりによる切削性の低下は現場作業の著しい低下を招いている。このような状況を鑑み、切削能力・耐久性が高く、目詰まりのない高機能性を有し、自由曲面にフレキシブルに沿って切削・研磨可能なフレキシブルメタルシートを開発・事業化することを目指している。我々は上記技術課題の解決に向けて、フレキシブルメタルシートへの砥粒の強固な付着を実現する高機能CNT複合めっき技術の高度化に取り組んでいる。本年度は42種類の分散剤候補の中から13種類が適用可能なことを見出し、従来よりも6倍高濃度分散、大量調製法等が可能であることを見出した。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕ナノチューブ、やすり、めっき、繊維強化樹脂、

〔研究題目〕焼結による高均熱、高熱輸送平面ヒートパイプの開発

〔研究代表者〕吉田 学（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕吉田 学、小笹 健仁（常勤職員2名）

〔研究内容〕

近年、社会のIoT化が進み、データサーバー等における放熱や温度均一性の確保など、熱に関する要求は高まっている。従来手法のヒートパイプを利用する場合、扁平加工により熱輸送量が低下し、二次元的な面の温度分布を均一にすることは困難であった。本研究では、二次元的に高い熱輸送能力を持つペーパーチャンバーについて、金属粉体を利用した手法をさらに高度化させ、性能の向上を図ることで、川下製造業者が求める高均熱、高熱輸送能力を実現する。

平成29年度は、ヒートパイプ内の3次元構造を銅ペーストをスクリーン印刷することにより形成する手法を考案すると共に、スクリーン印刷して得られた銅ペーストパターンを参加させることなく低温で焼結させる手法を考案した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕ヒートパイプ・排熱・スーパーコンピュータ

〔研究題目〕銅ナノ粒子ペーストを用いた大型ガラス基板への高精度スクリーン印刷と多面取り加工技術による低コスト次世代パワー半導体用実装基板の製造技術開発

〔研究代表者〕徳久 英雄（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕徳久 英雄（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

保護膜を含まないシングルナノオーダーサイズの銅ナ

ノ粒子の特性を活かし、スクリーン印刷可能なパワー半導体用配線のための銅ナノペーストの開発を目的としている。今年度は、その中で市販マイクロ銅粒子ペーストと銅ナノ粒子混合系について検討を行った。その結果、銅ナノ粒子をある混合比で市販銅ペーストに添加することにより、市販銅ペースト単体よりも比抵抗が約10%低下することが分かった。銅配線パターンの断面観察を行うと銅ナノ粒子自体は数十 μm オーダーの凝集体を形成していることが確認されたが、ナノ粒子を混合することで全体的に金属充填率が高まっていることが分かった。今後、ナノ粒子の凝集体を粉砕し、小片化することで、さらに充填率が高まり、ひいてはより低抵抗化することが期待される。さらに、印刷/熱処理後の銅配線パターンに銅電解めっき処理を行った。その結果、市販の樹脂銅ペーストのみと比較し混合系では最表面の銅粒子の密度が高いため、密着性が高いめっき層が効率よく形成され、抵抗は0.17 m Ω /口以下まで低下することが分かった。今後は、更なる低抵抗化を目指してマイクロ銅粒子の混合系だけでなく、ナノ粒子のみを含む銅ペーストの開発も行う予定である。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕銅、ナノ粒子、スクリーン印刷

〔研究題目〕金属蒸気触媒 CVD 技術を用いたミニマルファブ用絶縁基板上グラフェン直接合成装置の開発

〔研究代表者〕村上 勝久（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕村上 勝久、長尾 昌善（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究は、絶縁基板上へのグラフェン合成を可能とする金属蒸気を触媒に用いた Chemical Vapor Deposition (CVD) 手法による絶縁基板上へのグラフェン直接合成技術と、半導体製造装置の小型化と高性能化、多品種少量生産に対応した低コスト化を可能にする革新的生産システムであるミニマルファブ生産システムを融合した、ミニマルグラフェン合成装置を開発することを目的としている。このうち今年度は実施計画に基づき、金属蒸気供給システムの低温化を実施した。

金属蒸気触媒供給温度の300度以下への低温化を目的として①金属錯体原料の昇華による金属蒸気触媒の生成と、②触媒金属のプラズマスパッタによる金属蒸気の生成の2つの方式を実施した。①金属錯体原料の昇華による金属触媒蒸気の生成においては、リボンヒーターと温調機により銅アセチルアセトナートを110～120度に加熱することで、グラフェンの触媒となる銅蒸気とグラフェンの原料となる炭化水素ガスを生成可能であることを明らかにした。この時の消費電力は最大68 W と従来の1,050度加熱の5.3 kW から大幅の省エネルギー化を達成

した。更に、金属錯体原料から昇華した材料のみでグラフェンが合成できることを見出し、メタンガス等の可燃性ガスを使用すること無くグラフェンが合成可能であることを実証した。②プラズマによる金属触媒蒸気の生成においては、Ar ガスを用いた DC プラズマによりプラズマ電極をスパッタすることで、室温で約3 W の投入電力により金属蒸気の生成が可能であることを明らかにした。更に、プラズマによりグラフェンの原料であるメタンガスの分解も同時に行うことにより、400度の低温でグラフェンが合成可能であることを見出した。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 グラフェン、化学気相成長、ミニマルファブ

【研究 題目】 Steel Heater 性能向上のための新規絶縁層形成技術の開発

【研究代表者】 青柳 倫太郎（先進コーティング技術研究センター）

【研究担当者】 青柳 倫太郎、明渡 純、津田 弘樹（常勤職員2名、他1名）

【研究 内容】

本研究では Steel Heater 性能向上のため、エアロゾルデポジション（AD）法による絶縁層形成技術の開発を行っている。Steel Heater は金属基板上に絶縁を目的としたガラス層を積層し、その上にヒーター回路が形成されたものである。一般的なヒーターと比較して温度変化のレスポンスが速いといった特徴を生かし、オフィス用カラープリンター・コピー機の定着ヒーターを中心とし装置用加熱源として使用されている。ヒーター性能向上のためには、温度変化に対するレスポンス向上が求められるが、そのためには全体の厚みを薄くし、熱容量の小さな材料に置き換えることが有効である。本研究では Steel Heater で使用している絶縁用ガラスの一部を AD 法により形成した薄いアルミナ絶縁膜に置換することで、ヒーターの加熱・冷却レスポンスの向上を図ることを試みている。

当該年度は絶縁用ガラスと AD 法で作製したアルミナ膜の積層構造による絶縁層形成技術の確立に取り組んだ。AD 法によりステンレス基板上に作製したアルミナ膜は厚み5 μm であり、緻密で基板上に強固に密着していることを確認した。この AD 膜の上からガラス30 μm を1層のみ印刷し、製造工程に合わせた熱処理を実施した。得られた素子に対して熱拡散率の測定を行ったところ従来素子の20～30 %程度向上した熱拡散率となり、伝熱性が改善していることがわかった。また絶縁耐圧試験を行った結果、ガラス/アルミナ積層構造の素子において製品仕様値の約1800 Vrms と従来のガラス層100 μm の素子と同等の耐圧が得られた。

今後は生産装置としての共同提案企業において高速・安定・高品質な絶縁膜を大面積に成膜するための技術の

確立を目指す。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 エアロゾルデポジション法、アルミナ絶縁膜、スチールヒータ、絶縁耐圧、熱拡散率

【研究 題目】 大型車に特化した危険予測可能な後側方障害物センサの開発

【研究代表者】 西田 健次（人間情報研究部門）

【研究担当者】 西田 健次、小林 匠（知能システム研究部門）（常勤職員2名）

【研究 内容】

近年の自動車安全対策技術の進歩により死亡事故者数は減少傾向にあるものの、事業用大型車では平成22年以降、減少傾向が横ばいとなっている。死亡事故の多くは、大型車対「人」の事故であり、特に右左折時の巻き込み事故が重大視されている。このような背景により、大型車製造メーカーには右左折時の車両後方、および、側方の交通弱者（歩行者、二輪車など）を検知する運転者支援システムの技術的確立が求められている。近年、画像センサによる歩行者、障害物検知技術が進んできており、昼間、好天時の障害物検知は高度なものとなってきた。一方で、雨天、霧、夜間での障害物検知技術は、未だ確立しているとは言い難い。また、大型車に関しては、乗用車に比べて市場規模が小さいため、大型車特有の環境に対応したシステムの開発は、乗用車に比べて遅れていると言わざるを得ない。本研究では、画像センサによる交通弱者検出技術とマイクロ波レーダーによる障害物検知技術を組み合わせ、照明条件、天候に対して頑健な交通弱者検知システムを開発しようとするものである。

平成29年度は、28年度に試作したマイクロ波レーダーと画像センサの情報を統合して、より高性能な検知システムを構成する手法について検討した。

【領 域 名】 情報・人間工学

【キーワード】 高度交通システム、歩行者検出、左折巻き込み事故防止

【研究 題目】 クライオ電子顕微鏡を用いたタンパク単粒子解析法のための定膜厚試料自動作製装置の開発

【研究代表者】 佐藤 主税（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 佐藤 主税（常勤職員1名）

【研究 内容】

目標

クライオ電顕法は、タンパク質の構造決定するために結晶を必要としないため、様々なタンパク質に汎用的に適用できる方法として期待されている。高分解能な構造決定の鍵は、タンパク質のサイズよりもあまり厚すぎない氷の膜を、タンパク質溶液から瞬間凍結により作製す

ることにある。しかし、そのような定膜厚を安定して生産できる試料自動作製装置を開発するためには、氷膜作製装置内のその場で膜厚測定を可能にする装置開発が必要となる。そのうえで、厚さを微調整できる装置を組み込み、タンパク質の大きさに合わせて再現性良く氷膜を作製することを目標とする。

研究計画

吐出量と市販膜厚測定器で測定した膜厚との関係性を評価するために、インクジェット機で吐出した一定量の水と膜厚の関係を求め、膜厚測定を評価する。市販の光学式の膜厚測定装置・大気圧電子顕微鏡を用いて、インクジェット機で吐出した一定量の水と膜厚の関係を求める。

年度進捗状況

大気圧電子顕微鏡 ASEM により、SiN 薄膜越しに水滴が蒸発により徐々に薄くなってゆく様子を動画によって録画し、相互の関係と、光学膜厚測定方式の精度検証を行った。また、インクジェットによる試料吐出、試料雰囲気制御、膜厚測定、凍結といった各工程を構成する独立した装置の設計を進めた。今後、容易で安定した品質の薄氷膜試料作製を実現するために、これらの工程を連動し自動化を進める。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】クライオ電子顕微鏡、単粒子解析、タンパク質、構造決定

【研究 題目】機械保全に資する潤滑油オンサイト監視装置の開発

【研究代表者】坂口 孝幸（物質計測標準研究部門）

【研究担当者】坂口 孝幸、桜井 博、車 裕輝
（常勤職員3名）

【研究 内容】

本事業では、産業設備機械の劣化状態を評価する手法として広く利用されている油中粒子数濃度測定に、これまで測定の障害となる気泡を取り除くため、加圧あるいは減圧等の前処理作業や、測定環境の揃ったラボへ送る等、迅速測定への障害があり、リアルタイムに状態評価を行うことが困難であることから、気泡等が存在している状態での測定技術の開発を目標としている。また、これまで市販されている測定装置校正用標準物質は高価であり、性能的にも精密測定に適さない不定形多分散粒子を用いたものであるため、より安価で、精密測定に使用できる単分散球形粒子からなる産総研の持つ液中粒子数濃度標準からトレーサブルな標準の開発を目標としている。今年度は、初年度として装置や環境の整備を中心に行い、ISO4406清浄度コードで指標とされている 4 μm 以上の粒子を気泡と識別して検出する装置の開発に対しては、当該装置の開発環境整備のためにクリーンブース・クリーンベンチ・超純水製造統治・粒子攪拌装置・走査型電子顕微鏡等の導入および必要となる備品消耗品

の準備を指導し、実際に導入された清浄環境が十分かを評価するとともに、懸濁液中の 4 μm 粒子評価を行う準備としてデジタルマイクロスコープを導入し、1 μm - 10 μm の範囲での粒子計数評価試験方法の予備試験を行い、必要な性能があることを確認した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】液中粒子数濃度測定、油中粒子、濃度標準、トレーサビリティ、気泡識別、トライボロジー

【研究 題目】めっきの多層化とグラフェン複合銀めっきによる大電流電気接点用めっきの開発

【研究代表者】昆 盛太郎（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】昆 盛太郎、堀部 雅弘
（常勤職員2名）

【研究 内容】

本研究では、最表層に耐摩耗性に優れた複合めっき皮膜、中間層に低抵抗なめっき皮膜、界面層にはバリア性を持たせためっき皮膜をそれぞれ開発し、これらの多層薄膜化による処理コストの低減と接点性能の最適化を図り、モーター駆動自動車用の接点に利用できる多層めっきを開発する。PHV、FCV、EV 等のモーター駆動自動車の普及とともに、その充電プラグや接点には数百アンペアの大電流を流すケースが増えてきた。大電流を流すには低抵抗かつ高い耐摩耗性を有することが必須で、現状では厚付け銀めっきで対応している。しかし厚付けめっきはコストが高い上に十分な性能を有していない。そこで、各層のめっき膜厚を荷重や電流値ごとに適切な膜構成・膜厚とすることで、めっきの厚付けを防ぎ、めっき処理コストの削減を目指す。このためには、大電流での抵抗測定技術を確立し、電流分布の電磁界シミュレーションにより、多層膜中の電流分布の推定から必要な膜厚を算出する必要がある。平成29年度においては、めっきサンプルに流れる電流による抵抗値の変化が測定可能な、低抵抗測定装置の設計を完了した。また、電流深度計測の実現に向け、電磁界シミュレーションのための計算モデルの構築を開始した。特に、低抵抗測定装置の設計においては、大電流化への対応を想定した接点の構成や、測定の定義点について詳細な検討を行うことで、現場でリアルタイムに、電流の変化による抵抗値の変化が測定可能な低抵抗測定装置の設計を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】低抵抗、大電流、分布計測、めっき

【研究 題目】マイクロ波による食品混入異物の検出装 置及び異物除去装置の研究開発

【研究代表者】昆 盛太郎（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】昆 盛太郎、堀部 雅弘、渡部 謙一
（常勤職員3名）

【研究 内容】

本研究では、食品製造業者の衛生管理に対するニーズに応えるため、混入した異物が金属・非金属のいずれであっても検出できる、簡便操作性と導入容易性を兼ね備えた新規装置を、マイクロ波帯域の電磁波を応用した計測技術の高度化により開発する。また、食品加工生産ライン上で検出した異物および異物混入食品をロボット制御技術によって排出する除去装置を開発する。異物検査装置として主流である X 線検査装置では、非金属の対応が困難となっており昨今の異物と認識される物質の多様化に対応しきれないのが現状である。また、非金属検出が可能なものとしてテラヘルツの波長を使用したものがあるが、装置価格が高価で汎用検査器としての導入が難しいのが現状である。マイクロ波を使用したシステムにおいては、使用帯域を限定することによりマイクロ波発生源機構ならびに検出センサ部の低価格化が可能であり、非金属対応の検査設備として生産者の負担の少ないシステムを提供することが可能である。そこで、平成29年度においては、まず評価対象の食品の特性を確認するために、対象の水分量などパラメータの事前評価を行った。この結果を基に、適切なセンサ構造及び配置を決定するため、電磁界シミュレータを用いた検討を開始した。さらに、対象の食品を用いて、異物検出の原理検証実験を行った。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】マイクロ波、異物検出、計測、食品

【研究 題 目】ドライ・ウェット複合めっきプロセスによる IoT 制御用 RFID タグの開発

【研究代表者】堀部 雅弘（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】加藤 悠人、坂巻 亮（常勤職員3名）

【研究 内 容】

IoT 制御が加速する自動車や航空機産業等に供するための、通信性能を高める磁性めっき膜を搭載したパッシブ型の UHF 帯小型 RFID タグの開発を行っている。これを実現するために、連携企業にて難めっき材の平滑樹脂膜への高性能磁性めっき膜とアンテナパターンへの成膜を可能にするめっきプロセスをドライ・ウェット複合めっきプロセスを開発している。産総研では、このめっき膜およびプロセスに適したアンテナ構造の設計を行っている。今年度はシミュレーターにより、基本構造を検討するとともに、めっき膜に求められる技術的な仕様を決定した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】RF タグ、IoT、アンテナ、めっき膜

【研究 題 目】次世代光通信インフラのための高周波特性評価用の110 GHz 帯高周波コネクタ測定基準器の開発

【研究代表者】堀部 雅弘（物理計測標準研究部門）

【研究担当者】坂巻 亮、岸川 諒子（常勤職員3名）

【研究 内 容】

日本企業が高いシェアを誇る光通信ネットワークの主干部品である光変調器には SMPM・SMPS コネクタが使用されている。性能を保証するために測定器による最終評価を行っているが、評価の基準となる SMPM・SMPS コネクタの基準器が世の中に無いため、光変調器のミリ波帯の高速電気信号入力部の特性を正確な測定をする事ができず、製造コストの増加・歩留まり率の悪化を引き起こしている。問題の解決するために、本事業では正確な光変調器測定を行う為の基準器を開発している。今年度は、基準器の設計を行うとともに、基準器の特性測定のためのシステムを構築して、その性能の評価を実施した。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】光変調器、コネクタ、基準器、ミリ波帯

【研究 題 目】高精度な人間センシングを低コストで実現するためのウェアラブル IoH センサの開発

【研究代表者】蔵田 武志（人間情報研究部門）

【研究担当者】蔵田 武志、大隈 隆史、興梠 正克、関 喜一、一刈 良介、張 慶椿、齋藤 佳子、谷 靖智（以上、人間情報研究部門）、梶谷 勇（ロボットイノベーション研究センター）
（常勤職員5名、他4名）

【研究 内 容】

IC タグ検知技術、自律測位技術、動作分析技術を用い、高精度な人間センシングを低コストで可能にする IoH (Internet of Humans) センサの開発を行い、製造業やサービス業の生産性向上を追求するとともに、作業者の安全確保・健康管理にも配慮した産業社会の実現を図ることを目的とする。H29年度は、センサの装着位置による計測の特性を明らかにした。また、ゴビ社の既存顧客等へのヒアリングや現場視察から、効果を検証する作業・動作を選定した。

歩行時の測位 (PDR: Pedestrian Dead Reckoning) の分析においては、誤差累積勾配指標 (EAG: Error Accumulation Gradient) を用いた評価を行った。測位のために IoH センサを装着することが想定される身体部位のうち、足の甲が最適であることが確認できた。また、多少精度が低下するが、足首においても妥当な結果が得られた。作業動作認識の分析においては、計測対象者のセンサデータを収集し可視化した。

ヒアリング対象者やその対象者の属している現場を訪問してのヒアリング調査では、製造業、物流業、飲食・サービス業、IT ベンダーの計8社において、IoH センサのニーズや期待に関する意見を収集した。来年度以降、IoH センサの有効性を検証する作業・動作に関して、現場ニーズとして確認できたものとしては、嵌める、切る、

締める、貼る、持ち運ぶ、押す、巻くなどが挙げられた。それらの多くが手足の動きを伴うことや、安価な IC タグを作業環境や道具等に設置することでコンテキストを限定することができることから、ニーズ調査から抽出された動作の多くが自動認識のフィジビリティを持つことがわかった。加えて視覚障害者の移動・就労支援への適用へのニーズも確認できた。

【領 域 名】情報・人間工学

【キーワード】サービス工学、現場のラボ化、製造業のサービス化、PDR（歩行者自律航法）、IoH（ヒトのインターネット）、動作認識、作業分析、生産性、視覚障害者支援

【研究 題目】定性的手法を用いた労働災害防止対策の取り組みに対する労働者の認識の分析

【研究代表者】牧野 良次、岡田 賢
(安全科学研究部門)

【研究担当者】牧野 良次、岡田 賢（常勤職員2名）

【研究 内容】

事業所の安全衛生管理には、労働者の積極的な参加が必須である。そのためには、好事例の背景にある労働者の認識、彼らの価値観や取り組む動機、取り組みに対する反応等を形式化して、個別の事業所・産業に留めることなく共有できるようにすることが有効であると考えられる。本研究は、労働災害防止対策への取り組みに関する労働者の意識をヒアリング等により得て、その情報を定性的手法により分析し、労働者の認識を構成する要因や影響を与える要因の間の関係を構造化して理解することによって、効果的な取組みに資することを目的とする。

数値化されたデータを扱う定量的手法に対し、ヒアリング等から得られた情報を解釈しながら分析し類型化・構造化を通じて理解していく定性的手法は労働者の考えを理解するうえで定量的手法に劣らず有効と考えられる。平成29年度は昨年度に引き続き対象となる事業所（化学産業・建設産業）にてヒアリングを実施し追加データを収集した。さらに関係学協会と連携してモデル化の結果の検証を行い、応用に耐える概念となるよう強化し、労働者の意識の「見える化」および「見える化」された内容の汎用化を行った。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】労働災害、労働災害防止対策、労働者の認識、質的研究、定性的手法

【研究 題目】卓越研究員事業

【研究代表者】森田 雅宗（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】森田 雅宗、野田 尚宏（常勤職員2名）

【研究 内容】

本研究課題は文部科学省の科学技術人材育成費補助事業「卓越研究員事業」として、助成を受けているプログラムである。細胞機能の原理を理解し、人工的に再現・

制御することは、生命科学・生命工学の発展のために欠かせない目標の一つである。本研究提案では、細胞と類似の構造や空間特性をもつリポソーム・エマルション（人工細胞膜小胞）をベースに細胞の様な複合分子から成るシステムを人工的に作製し制御することで生命現象の理解を目指すとともに、その技術を応用することで、細胞自体を操作・制御する解析技術を構築することを目指す。これまでに、細胞の様な複合分子から成るシステムを再構成し制御するために、膜と物質（分子）の相互作用の理解、人工細胞膜小胞の構築方法の開発などの研究を展開してきた。さらに、微小空間内での自己組織化システムの構築、細胞膜上で見られる様々な機能を操作・制御できる人工細胞膜小胞の開発を行ってきた。また、細胞機能の解析操作のために、これらの中に、細胞自体を封入して解析する研究も進めている。様々な化学反応系だけでなく細胞自体も封入することで、新しい機能性材料の開発・遺伝子治療・再生医療・細胞操作技術への応用を視野に入れつつ、医学・薬学の発展にも貢献できる研究を志向する。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】人工細胞、リポソーム、エマルション、DNA ナノテク、ソフトマター物理

【研究 題目】卓越研究員事業

【研究代表者】洪 達超（触媒化学融合研究センター）

【研究担当者】今 喜裕、田村 正則、権 恒道、
矢田 陽、洪 達超、大竈 祐二、
呂 煉明（常勤職員5名、他2名）

【研究 内容】

エネルギー・環境問題を解決するために、太陽光エネルギーを利用した物質変換の技術を開発する必要がある。また、持続可能な社会の実現という観点から、光エネルギーを利用し、豊富に存在する水、窒素、酸素及び安定な二酸化炭素やメタンといった小分子を貯蔵可能な化合物や燃料へと変換する技術開発は喫緊の課題である。その第一歩として、これら安定な小分子を活性化できる触媒の開発が重要である。本研究は、ボトムアップ法及びトップダウン法を用いて小分子を活性化する高活性な触媒の開発及び光エネルギー物質変換システムの構築を目的とする。

本年度は、複数のニッケル単核錯体を合成し、それらの水素発生反応の活性を評価した。ニッケル錯体を触媒とし、光増感剤であるルテニウムトリスピリジン錯体及び犠牲還元剤を含む溶液に、アルゴン雰囲気下で可視光を照射すると、光触媒の水の還元反応が進行し、水素が生成したことを見出した。キレートリングサイズが小さい配位子を有するニッケル錯体が最も高い活性を示したことが分かり、その反応機構を解明した。また、ボトムアップ法を用いて、反応サイトを近傍に有するヘテロ二核ルテニウム-コバルト錯体を合成することに成功し

た。ルテニウム-コバルト錯体を触媒に用いたオレフィンの水素付加反応では、異なる金属による協奏効果を見出した。今後、小分子活性化反応に対して活性を有する新規ヘテロ二核金属錯体の開発を行っていく予定である。

〔領域名〕材料・化学

〔キーワード〕グリーンケミストリー、小分子の活性化、触媒、酸化還元

〔研究題目〕クラスター気相合成法を用いた非平衡IV族系半導体の創製と限界突破デバイスの実現

〔研究代表者〕岡田 直也（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕岡田 直也（常勤職員1名）

〔研究内容〕

近年の情報通信技術の発展が消費電力量の抑制と両立するための根本的な対策としては、電子情報機器の高性能化と低消費電力化が挙げられる。本研究では、「新しい非平衡IV族系半導体薄膜」で、この課題にアプローチする。

これまでに開発したナノ構造体高精度形成技術 Cluster Preforming Chemical Vapor Deposition (CPD) を利用して、構成原子の配列構造を規則的に揃えた非平衡IV族系半導体薄膜を創製する。CPDの研究では、IV族半導体と遷移金属を主な対象元素とし、カルコゲン等の他の元素にも順次拡大していく。それらの内の2種類の元素の組合せから、新材料を構成する。新材料の成膜法の開発、物性解明、を複合的に進めていく。さらに、この新材料のデバイス応用に向けて、ナノエレクトロニクス研究部門で進めている情報処理システムの低消費電力化や量子現象等の利用による新規情報処理技術の開発の観点から検討する。

本年度は、 WSi_2 膜の優れたCu拡散防止特性を確認し、微細CMOS向け電極および配線バリア膜としての有効性を示した。また、CPDの対象物質を、カルコゲン系二次元層状材料へ拡大し、 H_2S と WF_6 ガスを利用することで WS_2 膜を合成可能であることを実証した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕IV族半導体、カルコゲン、TMDC、化学気相合成法、CMOS、低消費電力デバイス

〔研究題目〕高柔軟性異種デバイス集積技術によるシリコンフォトニックプラットフォームの構築

〔研究代表者〕高 磊（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕高 磊、コン グアンウェイ、前神 有里子、岡野 誠、山本 宗継、大野 守史、鋤塚 治彦、山田 浩治（常勤職員8名）

〔研究内容〕

IoTのキーワードで特徴づけられる超大規模情報接続社会の実現には、小型でエネルギー効率と経済性に優れた光ネットワークデバイスが欠かせない。光源や増幅器などの化合物半導体デバイスおよび異種材料機能性デバイスをシリコンフォトニクスやフレキシブルプラットフォーム上に集積することで、光回路の設計や集積手法に自由度を与えることが期待されている。我々はトランスファープリンティング技術に着目し、高粘性エラストマーの温度及び速度を適切に制御することで、任意光デバイスのインク（吸い取り）およびスタンプ（貼り付け）操作を適用した次世代光集積回路集積をめざす。

本年度は、昨年度に設計および完成したトランスファープリンティング装置を活用し、集積技術の確立を最優先した。InP系エピ成長基板の犠牲層形成およびトランスファープリンティングを適用することで、ボンディングの歩留まりや結合強度などを評価した。その結果、超臨界乾燥やエラストマー粘性調整を含む技術を開発したことで、90%を越える確率で異種基板へ実装できた。また、電磁波伝搬シミュレーションによりエバネッセント光結合用量子井戸型レーザ光源の汎用シリコンフォトニクス基板に対する光結合効率を計算した。複数の断熱型テーパ構造を検討および提案することで、結果的に80%以上の高い光結合効率を得られるとともに、位置合わせ精度にも大きな尤度を持つことが判明した。

〔領域名〕エレクトロニクス・製造

〔キーワード〕シリコンフォトニクス、化合物半導体、光デバイス集積

〔研究題目〕卓越研究員事業

〔研究代表者〕衛藤 雄二郎（物理計測標準研究部門）

〔研究担当者〕衛藤 雄二郎、福田 大治（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究では、スクイーズド光などの量子力学的な性質を持つ光を用いて、既存技術を超える生体イメージング法や原子分光法の実現を目的としている。

本年度は、真空スクイーズド光源を用いた2光子生体顕微鏡という新たなイメージング手法を提案した。提案した手法の実現に向けて、光パルスと光導波デバイスによるスクイーズド光源の開発を進めている。スクイーズド光は、光パラメトリック増幅過程を通して生成することが可能であり、光導波路デバイスのパラメトリック利得を観測することに成功した。また、生体イメージングに応用するためには、スクイーズド光のパルス波形を測定し、周波数分散の影響を取り除く必要がある。しかしながら、真空スクイーズド光は振幅の期待値が0の微弱光であることから、自己相関法などでの波形測定が難しい。そのため、本研究では平衡型ホモダイン検出法を用いたスクイーズド光のパルス波形測定法を提案した。提

案した手法を実装するために、量子雑音限界で動作する高効率ホモダイン検出器を開発している。

光のショット雑音限界で冷却原子気体を測定するためのホモダインイメージング法に関する研究も進めており、具体的な実装方式に関する検討を行っている。

【領 域 名】計量標準総合センター

【キーワード】スクイーズド光、量子イメージング、非線型光学、擬似位相整合、光パルス、光導波路

【研究 題 目】卓越研究員事業 (Towards future clean coal utilization: Combined Underground Coal Gasification and Carbon Capture-Storage (UCG-CCS))

【研究代表者】内田 洋平 (再生可能エネルギー研究センター)

【研究担当者】内田 洋平、シュレスタ ガウラブ、石原 武志、吉岡 真弓、アリフ ウィディアトモジョ (常勤職員5名)

【研究 内 容】

卓越研究員事業により再生可能エネルギー研究センター・地中熱チームに所属するアリフ ウィディアトモジョが、同センターの共同実験フィールドおよび東南アジアの実験フィールドを活用し、国内外における地中熱システムのデータ解析を行う。また、タイとベトナムに設置した地中熱システムの解析およびシステム改修、インドネシアへの地中熱実証試験器の設置作業等を本補助金により実施する。

H29年度は、前年度に整備した地中熱シミュレーション研究用の数値解析用ワークステーションおよび解析用コードを利用して、地下浅層部での熱交換に関する各種シミュレーション等を通じて、様々な熱交換システムの検討を行い、地域特性に応じたシステム最適化の検討を行った。東南アジアにおける地中熱研究については、タイとベトナムに設置した地中熱システムの解析・システム改修を行い、モニタリングデータの質を向上させた。また、産総研とインドネシア技術評価応用庁 (BPPT) との包括研究協力の下で BPPT の敷地内に地中熱熱交換器を設置し、インドネシアにおける実証試験を開始した。

【領 域 名】エネルギー・環境

【キーワード】地中熱、シミュレーション、地中熱ポテンシャル、東南アジア

【研究 題 目】卓越研究員事業

【研究代表者】茂木 克雄 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】茂木 克雄 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

当該研究では、次世代のバイオ・創薬研究の柱となる技術の開発を目指し、「エクソソーム単離濃縮基盤技術の開発」と、産学官連携テーマである「Electrowetting on Dielectric (EWOD) 技術を用いた液晶デバイス開発」に取り組む。MEMS の微細加工技術や、マイクロ流体デバイスの微小流体操作技術を創薬研究に取り入れることで、領域横断的に研究開発を進める。

着任初年度となる平成29年度は、デバイス開発のための微細加工環境を限られた予算で一から構築するために、オープン施設を利用するような工夫を取り入れて研究を進めた。結果として、マイクロ流体デバイスや電極基板を製作するための微細加工用の実験環境を実現した。これにより、5 μL から50 μL までの微小流体を操作するための誘電泳動デバイスの開発に成功した。誘電泳動を用いた液体操作には、高電圧スイッチングの繰り返しが必要になるため、スイッチングを行うための電気信号の制御装置を独自に製作し、信号パターンの修正変更を容易にするため、制御用のソースを汎用性の高いpython でコーディングした。また、電子基板に製膜する疎水膜について、PTFE や PFA 等のフッ素樹脂の特性について検証実験を進めた。一方でバイオ実験については、次年度からの評価に備え、培養細胞293の培地から評価用のエクソソームを抽出している。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】エクソソーム、

Electrowetting on Dielectric、EWOD、微細加工、マイクロ流体デバイス

【研究 題 目】卓越研究員事業 (弾性体基板表面のシワ構造制御による高機能ストレッチャブル/フレキシブルデバイスの基盤技術の創製)

【研究代表者】武居 淳 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】武居 淳 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

情報化・ネットワーク化が発展し位置情報や温度といったデータの取得対象が人間を含む様々なモノに拡大しており、体表を含む様々な三次元形状に取り付けることのできるデバイスの要求が高まっている。三次元形状に取り付けることができる多様なストレッチャブル/フレキシブルデバイスの共通基盤技術の構築を弾性体/薄膜からなる二層構造表面に現れるシワを用いて実現する。当該年度はシワ構造をストレッチャブル/フレキシブルデバイスの実現のため、その要素技術であるストレッチャブル配線に焦点をあて研究計画を決めた。具体的には耐伸張性を持つシワ構造に金属の膜を成膜することで2倍になるまでの伸長を加えても抵抗値変化が20 %以下のストレッチャブル配線の実現を目指した。研究計画に従い、シリコーンゴム材料に薄膜を成膜することでシワ

構造をつくり、さらにその表面上にプラチナを成膜することで初期長さの2倍になるまでの伸長を加えても抵抗値変化が20 %以下の導線を実現した。この研究成果は2018年第65回応用物理学会春季学術講演会で発表した。また、プラチナ金属膜のかわりに撥水性材料を用いることによってシワ構造が親疎水表面への応用など発展性が確認できた。

【領 域 名】 エレクトロニクス・製造

【キーワード】 ストレッチャブル、フレキシブル、シワ

【研究題目】 卓越研究員事業「生痕化石の古環境復元ツールとしての有用性を検証する：あらゆる堆積環境から採取した現世海洋コア試料の解析」

【研究代表者】 清家 弘治（地質情報研究部門）

【研究担当者】 清家 弘治、鈴木 淳、田村 亨、
荒井 晃作、天野 敦子
（常勤職員5名、他3名）

【研究内容】

地質時代の生物の巣穴や這い痕などが地層中に保存されたものを生痕化石という。先行研究により生痕相（生痕化石群集）と堆積相との間に密接な関係があることが発見された。生痕化石は基本的に現地性のものであり、環境外から運ばれてくることが無い。このことは、生痕相を調べることで地層形成時の堆積環境を読み取れることを意味する。生痕相解析はコア試料のような観察面積の少ないサンプルにおいても適用できるのが長所である。今現在では、古環境復元ツールとしての生痕化石の有用性は広く認識され、堆積学、古生物学、そして資源探査の分野で活用されている。しかしながら、生痕化石から古生態・古環境情報を正しく得るためには、まず現世の生痕についての知見を得て検証する必要がある。なぜなら、化石記録のみからの知見では推測の域を出ず、場合によっては循環論にもなりうるからである。以上の背景を踏まえ、本研究では我が国の沿岸海域で採取された現世海底表層コア試料を調べ、各地点における生痕相を明らかにすることを目的とした。今年度は、茨城県鹿嶋灘沿岸や岩手県船越湾における底生生物の分布状況や海底堆積物についての解析を実施した。また、次年度に実施予定の伊勢湾沿岸海域の調査準備も行った。今後も継続的に日本沿岸海域の海底状況や堆積物コアを調べ、各地の生痕群集を明らかにすることを目指す。

【領 域 名】 地質調査総合センター

【キーワード】 生痕化石、海底、現世堆積物コア

【研究題目】 硝酸性窒素等の有害物を排出しない白金族リサイクルプロセスの開発

【研究代表者】 成田 弘一（環境管理研究部門）

【研究担当者】 成田 弘一（環境管理研究部門）、
野村 勝裕、粕谷 亮（無機機能材料研

究部門）（常勤職員3名、他2名）、

【研究内容】

目標：

複数の技術要素の組合せにより、塩素ガスや王水など有害な酸化剤を一切用いることなく、複数の白金族が混在するスクラップの中から白金族を溶解し、かつ迅速な白金、パラジウム、ロジウム、イリジウム及びルテニウムの相互分離が可能である、新しい環境調和型の白金族湿式リサイクルプロセスを確立することを目的とする。そのために、塩酸による溶解を可能にする、空气中で白金族を酸化させる前処理技術を開発する。また分離工程では、これまで工業用分離剤が存在しない3価白金族イオンであるルテニウム（III）及びイリジウム（III）に対する有用な分離剤を開発するとともに、白金、パラジウム、ロジウム、イリジウム及びルテニウムの相互分離条件を調べることで、前段の溶解工程から得られた浸出液からの分離スキームを確立する。

研究計画：

複数種の白金族金属が混在する廃材から、王水や塩素ガスを使用することなく白金族を溶解し、迅速に分離する技術の確立を目標とする。そのため、ペロブスカイト酸化物を経由するプロセスにより、固体高分子形燃料電池（白金、ルテニウム）、工業用電極（白金、イリジウム）等の廃材に含まれる白金族（特にルテニウム、イリジウム）をペロブスカイト酸化物に吸蔵させ、塩酸に溶解する手法を確立する。また、アルカリ金属塩との反応により、自動車触媒等に含まれる白金族（白金、パラジウム、ロジウム）を完全にアルカリ金属複合酸化物へと変化させ、塩酸に溶解する手法を確立する。さらに、蒸留、酸化還元工程を経ずに白金族の相互分離が可能なフローを構築する。現行プロセスとはほぼ同等の白金族回収率を維持しつつ、硝酸性窒素の排出量ゼロ化を達成する。年度進捗状況：

硝酸性窒素等の有害物を排出しない白金族リサイクルプロセスの開発に向け、平成29年度は以下の要素技術の開発を行った。①ペロブスカイト酸化物を用いた非接触での白金族回収の最適反応条件の探索、②アルカリ金属塩を用いたリチウムの工程内リサイクルを行うため、白金とリチウムの複合酸化物（Li₂PtO₃）を塩酸に溶解後、溶媒抽出法によって白金を除去して得た残液からのリチウム回収、および③白金族分離プロセスにおいて夾雑元素となり得る希土類元素、Sr、Ba、Ca、Mn について、アミド含有アミン抽出剤による分離特性評価。

【領 域 名】 エネルギー・環境、材料・化学

【キーワード】 白金族金属、浸出、溶媒抽出、回収

【研究題目】 竹の流動成形による高音質な薄肉・複雑形状スピーカー振動板の実用化

【研究代表者】 三木 恒久（構造材料研究部門）

【研究担当者】 三木 恒久、桐生 智明（特別研究員）

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

高音質音源の普及により、それを再現できるスピーカー振動板が求められ、木製振動板は従来最も有望であった。本研究では、木材の流動成形をシーズ技術として、金属成形ノウハウを融合し高度化する事で、音響特性の勝る竹の緻密化・極薄肉・複雑形状化、高生産化プロセスを開発する。この実用化により、世界でも類のない高音質振動板と金型装置を開発・事業化し、日本の森林を蝕む放置竹林を解消する新規ビジネスを創出する。

今年度は事業最終年であるため、竹の供給から成形前処理、成形によるサンプル作製のすべての課題を並行して進めた。検討課題と主な成果は以下のとおりである。

竹素材の品質評価において、伝播速度ならびに動的ヤング率と含水率と線形の関係があることを見出し、現場で2条件の含水率における動的弾性率（音速）を得ることによって、乾燥状態での値を推定できることを示した。成形性ならびに音響特性を満足する竹の樹脂含浸処理方法の開発において、予備圧縮（解繊前躯体処理を含む）とアルカリ処理の組み合わせと汎用含浸条件（減圧加圧注入1時間）によって、繊維長さ160 mm の竹齢3年生以上割竹について所要の重量増加率を達成した。

優れた音響特性・耐久性が得られる含浸竹の成形条件の検討では、適切な潤滑剤を使用することによって、見かけの変形抵抗を30 MPa にまで低下させることができた。目標とする変形抵抗20 MPa を獲得するには、この潤滑剤の内部添加を行えば達成可能である見込みを得た。伝播速度4815 m/s、内部損失0.087を個別に達成している状況であり、それらを複合化する素材改良・成形条件の検討課題が生じた。

金型材質・表面改質条件の検討では、目標としていた摩擦係数0.05以下となる条件が繊維直交摺動条件で獲得できた。また、これまでヒノキ材で実績のある、鋼材SKD11の窒化クロムコーティング・鏡面仕上げを施した工具条件が竹でも有効であることが確認できた。

プレスモーションの検討では、前方押し、後方押し、成形（解繊）前躯体処理+前方押しが、単純圧縮の成形方式に比べて、良好な成形が実施できることを見出した。さらに、5軸加工による流路製作により、金型内部からの加熱・冷却を実現し、1サイクル10分以下を達成した。

導入した大型プレスならびに温調器と良好に連動する金型システムを確立した。このシステムを用いることによって、φ160 mm、先端肉厚0.5 mm 以下の竹の流動成形による薄肉・複雑形状コーン型スピーカー振動板の作製を実現し、良質な音を奏でる振動板を創製することに成功した。

【領域名】材料・化学

【キーワード】竹、流動成形、塑性加工、金型、スピーカー、音響特性

【研究題目】単一の測定装置による熱電3物性値の同時計測可能な方法の開発

【研究代表者】申 ウソク（無機機能材料研究部門）

【研究担当者】申 ウソク、鶴田 彰宏
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

熱電変換材料の性能指数評価に必要となるゼーベック係数、電気抵抗率、熱伝導率の熱電3物性とその温度依存性を同時に高精度且つ迅速に計測できる技術がないため、性能評価に多大な時間と労力を要していた。そこで本研究開発では、熱電3物性を同時に計測するための接触式マルチセンシングプローブ（センサ）及び計測手法を新たに構築し、容易・迅速、高精度かつ広い温度範囲で計測できる装置を開発する。

平成29年度では、平成28年度に開発した低温タイプの薄膜フィルム型計測用センサの中温域における様々な問題を解決するため、セラミックス部材のマイクロヒーターを設計試作し、オザワ科学および名古屋大学で中温タイプ計測用センサの基本的な構造を共用することで効率的な開発を進めた。測定値の有効性の検証については、新しい計測用センサを用いて、組成比の異なる熱電酸化物やシリサイド系の化合物熱電材料についてゼーベック係数、電気抵抗率、熱伝導率の組成比依存性を評価し、新しい計測方法の有効性を確認した。

【領域名】材料・化学

【キーワード】熱電変換、周期加熱法、熱拡散率

【研究題目】ロボット摩擦重ね接合法（FLJ）による金属/CFRP の直接異材接合の製品化に向けた最適制御を伴う高機能ロボットFLJシステムの研究開発

【研究代表者】千野 靖正（構造材料研究部門）

【研究担当者】黄 新ショウ、斎藤 尚文、千野 靖正
(常勤職員3名)

【研究内容】

自動車の軽量化技術において、今後材料置換が進む中従来の鉄系金属だけの構造から、非鉄金属や樹脂、CFRP といった新素材が今後増加する傾向にある。その中で必要とされるのが異材種の直接接合である。本研究開発では、その中で最もメリットのあるロボット摩擦重ね接合法（FLJ）の装置機能向上の開発を行う。

FLJ 法は、円柱型の接合ツールを高速で回転させながら金属接合材料に押し当て、発生した摩擦熱で金属に接した樹脂や CFRP のマトリックス樹脂の一部を熔融し、加圧力により、両者を接合する方法であり、水素結合や共有結合等の化学反応を発生させ、さらに金属分子間に樹脂が絡み合うことで接合力が出るアンカー効果を接合境界面に付与することで、強固な接合が可能な接合法である。

産総研では、既存の FLJ 法により接合されたアルミ

合金/CFRP 継手を対象として、接合界面の観察を実施した。その結果、界面接合状態の定性的な把握に関しては、光学顕微鏡観察と走査型電子顕微鏡観察を併用することにより、ポアの分布、炭素繊維の形状・分布を把握できることを確認した。また、電子線後方散乱回折により、接合界面のアルミ側の結晶粒径や集合組織を観察できることを確認した。以上の結果より、上記の装置を利用して、アルミ合金/CFRP 接合界面の基本情報を獲得できることを確認した。

来年度は、取りまとめ企業において開発した制御法を用いて接合したアルミ合金/CFRP 継手を対象として、その接合界面を観察・評価する予定である。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】摩擦重ね接合法、ロボット、アルミニウム、CFRP、界面、組織、集合組織

【研究 題 目】医療・介護用サポーター等に持続的な抗菌効果を付加するための再生リチャージ可能な抗菌繊維の開発

【研究代表者】榎田 洋二（健康工学研究部門）

【研究担当者】榎田 洋二、小比賀 秀樹
（常勤職員2名）

【研究 内 容】

医療・福祉分野で使用するサポーターやコルセットは、使用が長期間に亘る場合が多く、汗や汚れから発生する悪臭、皮膚感染（皮膚炎）とそれに起因するアナフィラキシーショックといった課題を有している。本研究は、サポーターやコルセットの抗菌性ならびに抗菌効果の持続性を担保するために、再生リチャージ可能な抗菌繊維を企業・大学と共同開発するものであり、産総研は「繊維への添加に適した抗菌剤の超微細加工技術の開発」、「抗菌効果再生技術の開発」、「抗菌剤の安全性および品質安定性の確認」、「抗菌繊維の開発」を担当する。

抗菌繊維は数年にわたり使用される可能性があるため、品質安定性の評価は不可欠である。繊維自体の品質安定性は既に十分な検討がなされているが、本開発で使用する抗菌剤（以下、本抗菌剤）は合成品であるため長期の品質安定性は不明である。そこで、平成29年度は、本抗菌剤の品質安全性について評価した。短期間で長期の品質安定性を評価することは困難であるため、約4年前に本抗菌剤と同様な方法で作製した材料の結晶構造や抗菌成分含有量を調べ、本抗菌剤と比較することで品質安定性を評価した。その結果、いずれも結晶構造や抗菌成分の含有量はほとんど同じであった。このことから、本抗菌剤は少なくとも4年間は安定であることが明らかとなった。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】抗菌、繊維、サポーター、コルセット

【研究 題 目】CFRTP 専用ファスナーを用いた自動車

用 CFRTP と異種材料の革新的接合技術の開発

【研究代表者】土屋 哲男（先進コーティング技術研究センター）

【研究担当者】土屋 哲男、山口 巖（常勤職員2名）

【研究 内 容】

環境に配慮した次世代自動車に求められる技術課題のうち、燃費向上に直接寄与する極めて重要な課題が車体の軽量化であり、現在、炭素繊維複合材料（CFRP、CFRTP）が注目され従来の鋼材からの積極的な転換が進んでいる。自動車部材に炭素繊維複合材料の利用が進んだ場合、従来法での接合は困難であるため、難接合素材の部材接合を効率良く実施する新たな接合方法の開発が求められている。

一方、炭素繊維複合材料と金属材料の接合では界面でガルバニック腐食（電食）が発生し、アノード側の金属材料が腐食される。カソード側の炭素繊維とアノード側の金属材料の電位差によるものであり、金属・炭素繊維間で電流が生じることに起因する。そこで、本研究では、金属材料へ絶縁コーティングを行うことで、電食を抑制することを目的とする。金属表面の絶縁性を達成するだけでなく、密着性も課題となる。

当該年度は、表面に MOD（Metal Organic Deposition）法を用いた絶縁性コーティングの成膜として、シリカ、アルミナ等の絶縁酸化物の溶液、スラリーを選択、種々の方法で基材へのコーティングを検討した。また、熱処理または光照射によって成膜し、絶縁性を評価した。

平板上へのスピンコーティングによる皮膜では、テスターによって導電性がないことが確認できた。しかし、ナットのような複雑な形状への均一なコーティングは困難であった。そこで、電気的な手法を用いたコーティングを検討した。アルミナスラリーを電氣的に吸着させることでナット上に堆積させ、熱処理により製膜した結果、ナットの複雑形状に合わせて、均一にコーティングできていることがわかった。エッジ部分、凹んだ部分ともに緻密な膜が得られている。テスターによる絶縁性も良好であった。

【領 域 名】エレクトロニクス・製造

【キーワード】炭素繊維複合材料、電食、電気絶縁コーティング、金属有機化合物堆積（MOD）法

【研究 題 目】セルロースナノファイバーとゴム材料との複合化技術を活用した環境配慮型超軽量・高機能シューズの開発

【研究代表者】遠藤 貴士（機能化学研究部門）

【研究担当者】遠藤 貴士、伊藤 弘和、岩本 伸一朗、熊谷 明夫（常勤職員4名）

【研究 内 容】

本テーマは、次世代のバイオマス素材として注目されているセルロースナノファイバー（CNF）によるゴムの補強技術と加硫発泡技術とを融合させ、高機能・超軽量の環境配慮型ゴム系靴底を用いたシューズ開発を目的としている。当グループの本年度の実施項目としては、CNF の新たな表面修飾法開発および CNF の形状がゴム物性に及ぼす影響評価を行った。

表面修飾法開発では、セルロース原料に無水マレイン酸基をエステル結合で導入する手法を用いた。機械解繊後に得られた超微細 CNF は、高いゴム補強効果を示し、特に高伸張領域での効果が高いことが分かった。製造したゴム複合材料について、原子間力顕微鏡を用いて、界面状態を評価した結果、未修飾 CNF では、ゴム相との界面が急激に変化しているのに比べ、マレイン酸修飾 CNF では、約100 nm の界面相を持ち、緩やかに特性が変化するを確認した。溶媒処理により、CNF と相互作用しているゴム相を定量したところ、補強効果と相関性があることを確認した。

また、解繊度合いの異なる CNF を製造し、CNF のサイズおよび比表面積とゴム補強効果の関係性について評価を行った。その結果、サブミクロンサイズの CNF を5 wt%複合化することで、ゴム材料で重要となる低伸張領域の強度物性を大きく向上できることを明らかにした。さらに、CNF の繊維長の影響評価では、CNF が長繊維になるほど、補強効果が高いことが分かった。

最適条件で製造した CNF ゴム複合材料を発泡成形することで、高性能シューズに求められる、軽量化、耐摩耗性、グリップ性の目標を達成することができた。

【領 域 名】材料・化学

【キーワード】セルロースナノファイバー、ゴム、シューズ、補強

【研究 題目】再生医療の産業化に向けた未分化・造腫瘍性細胞の検出技術の開発

【研究代表者】舘野 浩章（創薬基盤研究部門）

【研究担当者】舘野 浩章、平林 淳

（常勤職員2名、他1名）

【研究 内容】

iPS 細胞など多能性幹細胞を再生医療に用いる際に懸念されるのは、移植細胞へと分化誘導後に、尚残存する未分化な iPS 細胞が腫瘍を形成する可能性である。そこで、本補助事業では、移植細胞中に残存する未分化 iPS 細胞を、高感度に検出し適切に品質管理しうる実用化システムの開発を目的とする。アッセイ系は当該研究者らが開発実績を有するレクチンマイクロアレイとし、未分化 iPS 細胞の検出に適した組換えレクチンを数種選抜し、スライドガラスに固定化することにより、組み換えレクチンアレイの試作品を作製した。その品質を評価用プローブで検証した後、各種細胞の解析が可能であることを確認した。そこで、分化細胞と未分化 iPS 細

胞が異なる割合で混合しているサンプルを作製し、どの程度の感度で未分化細胞を検出できるかどうかについての検討を行った。比較実験としては既に確立済みの ELISA 法を用いた。その結果、本補助事業において、世界初となる組み換えレクチンアレイの試作品を開発し、それを用いて未分化細胞を検出する技術の検討を行い得ることを確認した。

【領 域 名】生命工学

【キーワード】再生医療、糖鎖、レクチン、未分化細胞

【研究 題目】樹脂／金属接合技術を用いた大気中全マトリクス捕集装置の開発

【研究代表者】山下 信義（環境管理研究部門）

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

【研究 内容】

近年注目されている PFOS 等新規有害物質や臭素系難燃剤、放射性物質等の大気経由人暴露評価・環境モニタリングのニーズは増大する一方であるが、この多くは極低濃度で存在し、フッ素系有機酸はガラス等で吸着・反応することから、光・熱分解しやすい臭素系物質と合わせ、従来技術での測定値のばらつきが大きく、測定結果に疑念が持たれている。また、国際的越境汚染物質としての粒子状物質、PM2.5監視が地方自治体に義務付けられており数多くの粒子量自動測定機（光散乱など間接測定技術）が全国規模で設置されつつある。一方で、大気中に同時に存在する粒子・ガス状物質の同時暴露に危険性がより高まる事が指摘されているが、既存の粒子測定技術ではガス成分測定法とは整合性がないため、これに対応できない。特に、世界保健機構・厚生労働省でも必要性が指摘されている、捕集した分級粒子に含まれる化学物質やインフルエンザウイルス・薬剤耐性菌についての正確なリスク評価も、既存技術での対応は困難である。このような中、大気中有害物質調査は分析対象・依頼機関毎に100種以上の異なる捕集・分析技術を使い分けるため、人件費・コスト増が事業者経営を圧迫している。結果として、知的財産や信頼性が確保できない安い海外資本外注先に業務が流れており、国内事業者の衰退が懸念されている。

本研究開発では発想を転換し、これまで装置を構成してきた壊れやすく重いガラスの使用をやめ、試料接触部は全てプラスチック（合成樹脂）を用いることとした。合成樹脂は、PFOS 等の吸着が生ぜず、化学反応活性点を持たないことから、PFOS、PBDE 等のより精度の高い捕集を可能にする。

平成29年度については、前年度に開発した大気中全マトリクス捕集装置の試作品を用いて、国内研究機関および分析事業者において、PFASs 類を指標とした回収試験と実環境性能評価するための精度管理試験を実施した。

〔領 域 名〕 エネルギー・環境

〔キーワード〕 大気中全マトリクス捕集装置、PM2.5、
ペルフルオロアルキル化合物

〔研究 題目〕 南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト

〔研究代表者〕 宍倉 正展（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕 宍倉 正展、澤井 祐紀、行谷 佑一、
松本 弾、谷川 晃一朗、
伊尾木 圭衣、藤原 治（活断層・火山
研究部門）、安藤 亮輔（東京大学）、
前杵 英明（法政大学）、越後 智雄
（地域地盤環境研究所）、藤野 滋弘
（筑波大学）（常勤職員7名、他4名）

〔研究 内容〕

本プロジェクトは、近い将来の発生が危惧される南海トラフ沿いの巨大地震・津波による災害の軽減に貢献するため、大学や研究機関が自治体と連携し、地域連携減災研究、巨大地震発生域調査観測研究、地震発生シミュレーション研究の3つの分野で調査研究を実施している。活断層・火山研究部門では、これらのうち、巨大地震発生域調査観測研究の一環として陸域津波履歴調査を、地震発生シミュレーション研究の一環としてモデル構築・シナリオ研究の一部をそれぞれ担当している。平成29年度は、陸域津波履歴調査として徳島県南部、高知県中部、宮崎県中～南部において津波堆積物調査、鹿児島県喜界島および徳之島において現世・離水サンゴによる隆起痕跡調査をそれぞれ行った。また平成25、26、28年度の掘削調査で得られた静岡県静岡市、高知県南国市、東洋町、四万十町、黒潮町の地質柱状試料について年代測定および微化石分析を実施した。また産総研が静岡県沿岸（浮島ヶ原）と和歌山県沿岸（串本町）で採取した既存の地質柱状試料について¹⁴C年代測定や微化石分析、テフラ分析などを実施した。これらの結果から堆積物の年代や古環境について検討した。このほか、主に富士川河口周辺地域を対象に、歴史地震の断層モデルとサイクルに関する検討を行った。

〔領 域 名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 南海トラフ、巨大地震、津波、履歴、津波堆積物、隆起痕跡

〔研究 題目〕 西南日本弧におけるアンチモン濃集プロセスの解明

〔研究代表者〕 清水 徹（活断層・火山研究部門）

〔研究担当者〕 清水 徹（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

目標：

西南日本弧の中央構造線周辺の深部熱水活動とアンチモン鉱床の成因的関連性を明らかにするため、アンチモン熱水鉱床を形成した熱水の化学的特性（温度・塩濃度）

や輝安鉱（ Sb_2S_3 ）の微量成分を精査する。

研究計画：

赤外光・可視顕微鏡を用いて、複数の熱水鉱床の輝安鉱と石英の流体包有物の観察及び加熱・冷却実験を行う。さらに輝安鉱の微量成分（Au）を測定する。

年度進捗状況：

市之川鉱床（愛媛県）及び日吉鉱床（高知県）における輝安鉱と石英の初生及び二次包有物を観察し、加熱・冷却実験を行った。その結果、以下が解った。市之川鉱床では、石英形成後に約 216 °C以上の熱水活動があった。輝安鉱は比較的高温（260 °C以上）の熱水から形成した。一方、日吉鉱床では、石英形成後に 177 °C以上の温度の異なる熱水活動が重複していた。熱水の塩濃度は 3.5～6.3 wt%（NaCl 相当）であった。その熱水活動には沸騰現象を伴ったものがあり、沸騰温度及び深度はそれぞれ約 260 °C及び約 500 m と見積もられた。日吉鉱床周辺の山地の平均浸食速度の見積から、その沸騰を伴う熱水活動は更新世前期～中期に起きたと推定された。日吉鉱床周辺には火成岩が分布していないことから、その熱水活動は、フィリピン海プレート沈み込みに伴うスラブ起源水（熱水）の上昇によって生じたと考えられた。

また、複数の熱水鉱床の輝安鉱に含まれる微量成分（Au）分析を行った。その結果、鉱床タイプによって、Au 濃度に明瞭な相違があった。すなわち、エレクトラム（Au-Ag 鉱物）を産出した鉱床の場合、輝安鉱中の Au 含有量は数百～数千 ppb だったのに対し、エレクトラムを産出しなかった鉱床では、同含有量は数 ppb～数十 ppb だった。

〔領 域 名〕 地質調査総合センター

〔キーワード〕 アンチモン、西南日本弧、熱水、輝安鉱、
石英、流体包有物

2. 事業組織・本部組織業務

平成27年からの産総研第4期中長期計画の開始に伴い、「コンプライアンスの強化」「橋渡し」のための研究企画「知財・標準化、産学連携等の強化」「研究職と事務職の人事の一元的管理と適材適所の配置、人材育成の強化」「広報活動の強化」に関する組織及び業務体制の見直しを行うとともに、研究支援体制（事業組織）を再編することで、より一層の業務効率化を図った。

(1) 本部組織・特別の組織

平成29年度は業務の効率化及び適正化を図るため、各組織が所掌する業務の調整、名称の変更、組織の設置等を以下のとおり実施した。

- ・研究記録に関する業務を「企画本部 経営改革推進室」から「総務本部 業務推進支援部」へ移管した。
- ・産総研の業務全体を見直し、合理的で効率的なものにするために、総務本部に「業務改革推進室」を設置した。
- ・生命工学領域下にある「生物資源管理グループ」を廃止し、当該グループが所掌する「動物飼育施設の管理・運営業務」を環境安全本部 安全管理部下にある「ライフサイエンス実験管理室」へ移管した。
- ・平成28年度から活動を開始したオープンイノベーションラボラトリの運営を組織的に支援し、橋渡し機能を強化するため、企画本部に「OIL室」を設置した。
- ・連携研究室（冠ラボ）の活動支援や、民間企業との大型連携を加速させるために、イノベーション推進本部に「大型連携推進室」を設置した。
- ・従来、コンプライアンス推進本部と法務室で行ってきた「訴訟対応業務」を、法務室に集約化することで、業務効率化を図った。
- ・TIA 推進センターの企画立案機能および総合調整機能をより強化するために、「戦略ユニット」を設置した。
（組織再編の一覧表は「5. 組織編成」に記載）

【本部組織】

- ・企画本部
- ・コンプライアンス推進本部
- ・イノベーション推進本部
- ・環境安全本部
- ・総務本部
- ・評価部
- ・監査室

【特別の組織】

- ・TIA 推進センター

<凡 例>

本部・事業組織名（英語名）

所在地：つくば中央第×、△△センター

人 員：常勤職員数（研究職員数）

概 要：部門概要

機構図（2018/3/31現在の役職者名）

××室（英語名）

（つくば中央第○）

概要：業務内容

△△室（英語名）

（△△センター）

概要：業務内容

業務報告データ

1) コンプライアンス推進本部 (Compliance Headquarters)

所在地：つくば中央第1

人員：7名（3名）

概要：

コンプライアンス推進本部は、研究所のコンプライアンス推進に関する体制の構築・取組み及び研究ミスコンダクト（研究成果物等の作成に係るねつ造、改ざん、盗用等）への対応等を行っている。

平成29年度の主な活動は以下のとおりである。

1. リスク管理及び危機対策の取組み

(1) コンプライアンス推進委員会（リスク情報報告会）の開催

顕在化したリスク情報を現場から収集し、理事長及びコンプライアンス推進担当理事等に報告するためのコンプライアンス推進委員会を原則毎週開催した。なお、同委員会では、リスク情報ごとに対処方針を検討するとともに、適宜現場への指示を行った。

(2) リスク情報の共有

リスク情報を月単位で取りまとめ、研究所内で定期的に開催されている役員の連絡会議及び事業所長等の連絡会議において、毎月リスク情報を共有し、研究所内への周知及び注意喚起を行った。

(3) コンプライアンスに関する他機関との連携強化

平成29年12月、国立研究開発法人協議会（国研協）に参加する27法人におけるリスク管理機能を向上させること等を目的として、国研協に「コンプライアンス専門部会」が新設され、設立の実現に向けて中心的な役割を果たした。また、専門部会長及び事務局を産総研が担い、平成30年2月に第1回専門部会を開催し、参加法人のコンプライアンス推進体制及び取組み等について情報共有、意見交換を行い、参加法人のリスク管理機能の向上に貢献した。

2. コンプライアンスの普及啓発活動

(1) コンプライアンス出張研修の実施

e-ラーニング研修に加え、コンプライアンス推進本部の職員が講師として事業所や地域センター等に出向く「出張研修」を平成28年度に引き続き積極的に実施した。出張研修の受講機会を増やすために、新たに事業所単位での開催及びTV会議システムによる中継も行った。また、理解度をより高めるため、ただ聞くだけではなく考えることによる気づきを与える等、受講者参加型の構成

とするとともに、最近の所内事例を詳細に紹介することにより、身近に起こったことを教訓として学ぶことができるリアリティのある内容とした。

(2) 「コンプラ便り」の発行

コンプライアンス意識向上を図るため、視覚的に訴えるポスター形式の「コンプラ便り」（職員向けレター）を毎月発行し、イントラネット上に掲載するとともに、全事業所及び全地域センターに掲載した。

産総研経営層がコンプライアンス推進に取り組んでいることを職員に対して示すために、理事長直筆のメッセージをコンプラ便りに掲載するとともに、出張研修及び所内広報誌でも紹介した。

3. 研究ミスコンダクトへの対応及びその防止策

(1) 研究ミスコンダクトへの対応

所内規程に基づき、研究者倫理統括者の指揮の下、研究ミスコンダクト事案に迅速かつ厳正に対応した。

(2) 剽窃探知オンラインツールの利用促進

不正防止の取り組みの一助として、引用・参考文献の表示漏れ、意図しない自己剽窃等を防ぐために剽窃探知オンラインツールを研修やイントラ等で周知し、利用の促進を図った。

(3) 研究記録の適切な管理の徹底

研究記録の改ざん防止性能を更に高めるとともに、管理コスト及び災害等による消失リスクを低減させるために、全ての研究記録を電子的に保管・検認するシステムに変更した。

構成図（2018/3/31現在）

[コンプライアンス推進本部]

本部長	中鉢 良治（理事長）
副本部長	三木 幸信（副理事長）
担当理事	白石 重明
担当理事	岡田 武
審議役	石井 正一
総括企画主幹	重松 一典

[コンプライアンス推進室]

室長	益子 利和
----	-------

コンプライアンス推進室（Compliance Office）

概要：

コンプライアンス推進室は、コンプライアンス推進委員会の事務、研究所のコンプライアンス推進に関する体制の構築・取組み及び研究ミスコンダクト（研究成果物等の作成に係るねつ造、改ざん、盗用等）への対応等を行っている。

2) 監査室 (Audit Office)

所在地：つくば中央第1

人員：6名

概要：

監査室は、(1) ①業務の有効性及び効率性、②事業活動に係る法令等の遵守、③資産の保全、④財務報告書等の信頼性の実現のため、各業務が適正かつ効率的に機能しているかモニタリングすることを目的とした内部監査業務、(2) 研究所の財務内容等の監査を含む業務の能率的かつ効果的な運営を確保することを目的とした独立行政法人通則法第19条第4項に基づく監事の監査業務の支援に関する業務、(3) 会計検査院法（昭和22年4月19日法律第73号）に規定する検査への対応に関する業務を行っている。

機構図（2018/3/31現在）

[監査室]

室長	菊地 正寛
総括主幹	真中 民雄

平成29年度の主な活動

内部監査については、監査の必要性の高い特定のテーマに加え、研究ユニット単位で業務全般について包括的な監査を実施し、監査を通じて把握・取得した業務の実態及び客観的データを分析・評価することにより、当該業務の合規性、有効性、効率性の把握と課題等を抽出し、監査対象部署等に対する改善提言等を行い、併せて、過年度の内部監査における改善提言に対する改善状況のフォローアップ監査を行った。

また、監事の監査業務の支援として、監事監査が適正かつ効率的に行えるよう監事との打合せを十分に行うとともに、監査対象部署の事前情報収集、データ作成、日程調整及び監査記録作成等を行った。

会計検査院による検査対応業務については、内部監査と会計検査院による検査の情報を一元的に管理し、関係部署との情報共有を十分に行うことにより、適切かつ迅速な対応を行った。

3) 評価部 (Evaluation Department)

所在地：つくば中央第1

人員：10名（8名）

概要：

評価部のミッションは、公正かつ中立的な立場から研究所の活動が評価されることを通じて、研究所運営における PDCA サイクルが徹底されるための要の役

割を果たすことである。

具体的には、外部委員からなる評価委員会等の事務局として、委員による指摘が、①研究、研究関連及びその他の業務活動の活性化並びに質的向上と、②経営層による優れた経営判断とに繋がるよう、効果的かつ効率的に委員会を運営し、また、③評価結果を公開して透明性確保と国民への説明責任を果たすことである。

平成29年度は、平成28年度から導入した2ステップ評価を引き続き実施するとともに、外部評価から自己評価までの一体的実施のために、前年度までの評価プロセスや評価結果を詳細に分析し、プロセスの改善を行った。

その上で次の業務を行った。

1. 平成28年度実績の評価

(1) 外部評価

7領域の研究評価委員会及び研究関連業務評価委員会による平成28年度の評価結果を報告書として公開した。

(2) 自己評価

平成28年度の自己評価案を取りまとめ、その妥当性を外部委員からなる自己評価検証委員会で検証し、その結果を取りまとめた。

2. 平成29年度実績の外部評価

(1) 研究評価委員会

7領域の研究評価委員会において、平成29年度の研究成果等の評価を実施した。

(2) 研究関連業務評価委員会

マーケティング、知財、人材育成等の研究関連業務及び業務運営の改善・効率化、財務内容の改善等の業務に関し、平成29年度の評価を実施した。

機構図（2018/3/31現在）

評価部 部長	(兼) 加藤 一実
次長	秋道 斉
室長	北川 由紀子、蒲生 昌志

評価企画室 (Evaluation Planning Office)

(つくば中央第1)

概要：

評価に係る業務の企画及び立案並びに総合調整、外部評価に関する業務（研究評価室の所掌に属するものを除く。）、評価に係る業務であって、他の所掌に属しないものに関する業務を行う。

研究評価室 (Research Evaluation Office)

(つくば中央第1)

概要：

外部評価のうち、研究及び研究に関連する業務の評

価に関する業務を行う。

業務報告データ

研究評価委員会等 評価報告書

*産総研公式ホームページから閲覧可能
(<https://unit.aist.go.jp/eval/ci/report.html>)

4) 企画本部 (Planning Headquarters)

所在地：東京本部、つくば中央第1

人員：78名 (35名)

概要：

企画本部は、理事長を補佐し、研究所の総合的な経営方針の企画及び立案、研究所の業務の実施に係る総合調整並びに業務合理化の推進、研究所の広報等に係る業務を行っている。

具体的には、理事長の執務補佐を行うとともに、研究所の経営企画業務として、経済産業省と密接なコミュニケーションをとりつつ、法人運営全体に係わる企画調整、経営方針の企画立案、中長期計画及び年度計画の取りまとめ、研究資源の配分、研究センター・研究部門の新設及び改廃案の策定、広報業務の企画立案、研究成果の発信等を行っている。

また、国会、経済産業省、総合科学技術・イノベーション会議や国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構等の外部機関への総合的な対応を担っている。

機構図 (2018/3/31現在)

【企画本部】

企画本部長	岡田 武
企画副本部長	山崎 知巳
	四元 弘毅
審議役	五十嵐 光教
	高橋 正春
	牧野 守邦
	高木 博康
	田村 修
	安富 正
総括企画主幹	小熊 光晴
	藤木 弘之
	嶋田 隆司
	藤井 繁幸

【総合企画室】

室長	亀山 仁彦
総括企画主幹	佐藤 洋

【経営改革推進室】

室長	上原 一彦
----	-------

【報道室】	
室長	佐々木 正広
【広報サービス室】	
室長	長山 隆久
【OIL室】	
室長	佐藤 洋
【人工知能グローバル研究拠点整備準備室】	
室長	高木 博康

総合企画室

(General Planning Office)

概要：

企画本部6室を総括し、研究所の総合的な経営方針及び研究方針の企画及び立案並びに総合調整に関する業務を行っている。

経営改革推進室

(Governance Reform Office)

概要：

経営改革推進室は、研究所の組織及び人員配置にかかる基本方針の企画及び立案並びに総合調整、研究所の経営戦略会議、理事長が参加する外部委員会等への対応に関する業務を行っている。

報道室

(Media Relations Office)

概要：

報道室は、広報業務の企画立案及び総合調整、マスメディアを通じた広報及び取材対応等の業務を行っている。

広報サービス室

(Public Relations Information Office)

概要：

広報サービス室は、コーポレートアイデンティティの活用及び企画・推進、情報ネットワークを用いた研究成果等の発信、広報誌等刊行物の発行・頒布、映像及び画像の制作、常設展示施設「サイエンス・スクエアつくば」の運営、研究所の公開等の企画・運営、外部イベントへの出展、見学受入等の業務を行っている。

OIL室

(Open Innovation Laboratory Office)

概要：

OIL室は、研究所におけるオープンイノベーションラボラトリ (OIL) の推進に係る制度の整備及び総合調整、OILに係る研究及び開発の進捗及び実施状況の把握に関する業務を行っている。

人工知能グローバル研究拠点整備準備室
(Planning Office for AI Global Open Innovation
Arena)

概 要 :

人工知能グローバル研究拠点整備準備室は、研究所の人工知能技術に関する最先端の研究開発及び社会実装を産学官連携で推進するための柏ハブ研究拠点及び臨海ハブ研究拠点の整備並びに各研究拠点における研究業務の企画及び立案に関する業務を行っている。

1) 報道関係

平成29年度プレス発表件数（所属別）

所属名	件数
エネルギー・環境領域	3
太陽光発電研究センター	2
再生可能エネルギー研究センター	1
先進パワーエレクトロニクス研究センター	1
省エネルギー研究部門	3
環境管理研究部門	2
安全科学研究部門	1
エネルギー化学材料オープンイノベーションラボラトリ	1
創薬基盤研究部門	2
バイオメディカル研究部門	3
生物プロセス研究部門	6
情報・人間工学領域	1
人工知能研究センター	3
情報技術研究部門	1
人間情報研究部門	3
知能システム研究部門	5
材料・化学領域	2
触媒化学融合研究センター	4
ナノチューブ実用化研究センター	5
機能材料コンピュータシミュレーション研究センター	1
機能化学研究部門	1
化学プロセス研究部門	4
ナノ材料研究部門	5
無機機能材料研究部門	2
構造材料研究部門	4
先端オペランド計測技術オープンイノベーションラボラトリ	4
数理先端材料モデリングオープンイノベーションラボラトリ	1
日本特殊陶業-産総研ヘルスケア・マテリアル連携研究ラボ	1
矢崎総業-産総研次世代つなぐ技術 連携研究ラボ	1
エレクトロニクス・製造領域	1
スピントロニクス研究センター	6
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	5
先進コーティング技術研究センター	1
集積マイクロシステム研究センター	1
ナノエレクトロニクス研究部門	2
電子光技術研究部門	2
製造技術研究部門	4
地質調査総合センター	3
活断層・火山研究部門	5
地圏資源環境研究部門	3
地質情報研究部門	5
工学計測標準研究部門	1
物理計測標準研究部門	8
物質計測標準研究部門	3
分析計測標準研究部門	3
TIA 推進センター	1

所属名	件数
イノベーション推進本部	3
技術マーケティング室	1
ベンチャー開発・技術移転センター	1
産学官・国際連携推進部	6
九州センター	1
総計	139

(*発表件数は118件。)

平成29年度取材対応件数（所属別）

所属名	件数
太陽光発電研究センター	13
再生可能エネルギー研究センター	15
先進パワーエレクトロニクス研究センター	1
電池技術研究部門	5
省エネルギー研究部門	5
環境管理研究部門	8
安全科学研究部門	6
創薬分子プロファイリング研究センター	3
創薬基盤研究部門	2
バイオメディカル研究部門	19
生物プロセス研究部門	15
健康工学研究部門	3
情報・人間工学領域	2
自動車ヒューマンファクター研究センター	12
ロボットイノベーション研究センター	13
人工知能研究センター	86
情報技術研究部門	4
人間情報研究部門	26
知能システム研究部門	36
実社会ビッグデータ活用オープンイノベーションラボラトリー	1
パナソニック-産総研先進型 AI 連携研究ラボ	4
触媒化学融合研究センター	5
ナノチューブ実用化研究センター	2
機能材料コンピュータシミュレーションデザイン研究センター	1
磁性粉末冶金研究センター	1
機能化学研究部門	2
化学プロセス研究部門	8
ナノ材料研究部門	3
無機機能材料研究部門	1
構造材料研究部門	2
スピントロニクス研究センター	6
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	7
先進コーティング技術研究センター	8
集積マイクロシステム研究センター	1
ナノエレクトロニクス研究部門	8
電子光技術研究部門	3
製造技術研究部門	7
活断層・火山研究部門	144
地圏資源環境研究部門	17
地質情報研究部門	34
計量標準総合センター	4
工学計測標準研究部門	18
物理計測標準研究部門	17
物質計測標準研究部門	2
エネルギー・環境領域研究戦略部	1
生命工学領域研究戦略部	3
情報・人間工学領域研究戦略部	1
人工知能研究戦略部	1
地質情報基盤センター	29
地質調査総合センター研究戦略部	50
計量標準総合センター研究戦略部	3
理事	1
ベンチャー開発・技術移転センター	2

所属名	件数
イノベーション推進本部	1
情報基盤部	1
企画本部	7
北海道センター	1
東北センター	1
福島再生可能エネルギー研究所	21
臨海副都心センター	3
中部センター	1
関西センター	3
四国センター	1
九州センター	5
総計	716

平成29年度マスメディア等報道件数（媒体別）

媒体名		件数
新聞	朝日新聞	67
	読売新聞	102
	毎日新聞	47
	産経新聞	44
	日本経済新聞	123
	日刊工業新聞	356
	フジサンケイ ビジネスアイ	27
	日経産業新聞	115
	化学工業日報	175
	科学新聞	65
	他	1,007
	小計	2,128
	雑誌等	127
TV/ ラジオ	NHK	50
	日本テレビ	5
	TBS	5
	フジテレビ	7
	テレビ朝日	5
	他	26
	小計	98
WEB その他	2,049	
総計	4,402	

産業技術総合研究所

2) 主催行事等

平成29年度講演会等実施一覧

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
1	平成29年4月6日	第179回産学官交流研究会博多セミナー	経済産業省九州経済産業局、産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州本部、九州産業技術センター、九州ニュービジネス協議会	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
2	平成29年4月21日	福井サイト開設1周年記念セミナー	産総研、福井県、ふくい産業支援センター	共同主催	福井県	福井県工業技術センター
3	平成29年5月12日	第180回産学官交流研究会博多セミナー	経済産業省九州経済産業局、産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州本部、九州産業技術センター、九州ニュービジネス協議会	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
4	平成29年5月17日	製造技術イノベーション協議会平成29年度総会・講演会	産総研 コンソーシアム「製造技術イノベーション協議会」	主催	福岡県	九経交流プラザ
5	平成29年6月2日	第181回産学官交流研究会博多セミナー	経済産業省九州経済産業局、産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州本部、九州産業技術センター、九州ニュービジネス協議会	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
6	平成29年7月7日	第182回産学官交流研究会博多セミナー	経済産業省九州経済産業局、産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州本部、九州産業技術センター、九州ニュービジネス協議会	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
7	平成29年7月28日	SIP 自動走行システムヒューマンファクター研究開発2016年度成果発表シンポジウム	産総研、筑波大学、慶応義塾大学、デンソー、東京ビジネスサービス	共同主催	東京都	慶応義塾大学三田キャンパス
8	平成29年8月2日	第183回産学官交流研究会博多セミナー	経済産業省九州経済産業局、産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州本部、九州産業技術センター、九州ニュービジネス協議会	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
9	平成29年9月1日	第184回産学官交流研究会博多セミナー	経済産業省九州経済産業局、産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州本部、九州産業技術センター、九州ニュービジネス協議会	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
10	平成29年9月8日	平成29年度 産総研 エネルギー・環境シンポジウムシリーズ近未来の資源循環社会の展望	産総研	主催	東京都	機械振興会館
11	平成29年9月21日	第25回地質調査総合センターシンポジウム	産総研 地質調査総合センター	主催	静岡県	静岡県地震防災センター

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
12	平成29年10月6日	第185回産学官交流研究会博多セミナー	経済産業省九州経済産業局、産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州本部、九州産業技術センター、九州ニュービジネス協議会	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
13	平成29年10月10日	第26回地質調査総合センターシンポジウム	産総研 地質調査総合センター	主催	東京都	イイノホール&カンファレンスセンター
14	平成29年10月18日	第7回 CSJ 化学フェスタ2017 特別企画：マルチマテリアル化を可能とする構造接着技術	産総研 材料・化学領域	主催	東京都	タワーホール船堀
15	平成29年10月31日	講演会「ガラスの微細分相とそれを利用した機能性ガラスの開発」	産総研 無機機能材料研究部門	主催	大阪府	産総研 関西センター
16	平成29年11月2日	平成29年度 第1回出前シンポジウム「プリントド・エレクトロニクスが拓く社会と産業の将来」	産総研九州センター、九州経済産業局、熊本県、熊本県工業連合会、セミコンフォレスト推進会議、熊本大学、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）、くまもと有機エレクトロニクス産業促進協議会、九州半導体・エレクトロニクスイノベーション協議会	共同主催	熊本県	KKR ホテル熊本
17	平成29年11月10日	第186回産学官交流研究会博多セミナー	経済産業省九州経済産業局、産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州本部、九州産業技術センター、九州ニュービジネス協議会	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
18	平成29年11月10日～平成30年1月19日	第2回 FlowST シンポジウム 素材産業における「ものづくり」の将来像	産総研 フロー精密合成コンソーシアム (FlowST) 日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	イイノホール&カンファレンスセンター
19	平成29年11月11日～11月12日	極限環境生物学会第18回年会	極限環境生物学会	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
20	平成29年11月13日	理研－産総研 第3回 量子技術イノベーションコア Workshop	理化学研究所、産総研	共同主催	東京都	秋葉原 UDX
21	平成29年11月22日	全国版自然由来重金属類データ整備に向けて	産総研 地質調査総合センター	主催	東京都	TKP 東京駅日本橋カンファレンスセンター
22	平成29年11月30日	エネルギー技術シンポジウム2017	産総研 エネルギー・環境領域 省エネルギー研究部門・創エネルギー研究部門	主催	東京都	東京国際交流館 プラザ平成

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
23	平成29年12月1日	第187回産学官交流研究会博多セミナー	経済産業省九州経済産業局、産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州本部、九州産業技術センター、九州ニュービジネス協議会	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
24	平成29年12月8日	第3回電池技術研究部門フォーラム水素社会を見据えた燃料電池の先進技術開発	産総研 関西センター	主催	大阪府	コングレコンベンションセンター
25	平成29年12月12日	第24回インスペクション技術研究会講演会 第1回センサシステム技術研究会講演会「IoT 時代に向けたスマートセンシングと標準化」	産総研 コンソーシアム「製造技術イノベーション協議会」インスペクション技術研究会、センサシステム技術研究会	主催	大分県	ソフィアホール
26	平成29年12月13日	シンポジウム「新材料で構成する快適建築空間」	産総研 構造材料研究部門、環境ハーモニック建築部材研究会、産総研コンソーシアム「低炭素化材料評価システム技術コンソーシアム」	共同主催	東京都	グランパークカンファレンス
27	平成29年12月14日	SMACTIVE マテリアルシンポジウム	産総研 材料・化学領域	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
28	平成29年12月14日	ミニマルファブビジネスセミナー	経済産業省九州経済産業局、産総研九州センター、九州地域産業活性化センター、九州半導体・エレクトロニクスイノベーション協議会	共同主催	東京都	東京ビックサイト
29	平成29年12月15日	第1回トリリオンセンサ・可視化研究会 講演会「次世代自動車を拓く革新的構造材料・可視化・評価」	産総研 コンソーシアム「製造技術イノベーション協議会」トリリオンセンサ・可視化研究会	主催	福岡県	リファレンス駅東ビル
30	平成30年1月15日	MathAM-OIL 第2回企業連携ワークショップ	産総研 数理先端材料モデリングオープンイノベーションラボラトリ(MathAM-OIL)	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
31	平成30年1月18日	第20回連携大学院産学官交流セミナー	産総研九州センター	主催	佐賀県	産総研九州センター
32	平成30年1月26日	第188回産学官交流研究会博多セミナー	経済産業省九州経済産業局、産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州本部、九州産業技術センター、九州ニュービジネス協議会	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
33	平成30年2月1日～2月2日	2017年度計量標準総合センター成果発表会	産総研 計量標準総合センター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
34	平成30年2月2日	第189回産学官交流研究会博多セミナー	経済産業省九州経済産業局、産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州本部、九州産業技術センター、九州ニュービジネス協議会	共同主催	指定なし	中小企業基盤整備機構九州本部
35	平成30年2月7日～2月8日	第6回 CRAVITY シンポジウム	産総研 ナノエレクトロニクス研究部門	主催	茨城県	産総研 つくばセンター

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
36	平成30年2月8日	第1回センシング材料研究会・生物化学プロセス研究会 合同講演会「IoT時代のセンシングとそこから得られる情報の活用と社会実装」	産総研 コンソーシアム「製造技術イノベーション協議会」センシング材料研究会・生物化学プロセス研究会	主催	福岡県	リファレンス駅東ビル
37	平成30年2月14日～2月16日	(nano tech 2018) 産総研「SDGsに貢献する環境調和材料・プロセス」	産総研 材料・化学領域	主催	東京都	東京ビッグサイト
38	平成30年2月15日	テクノブリッジセミナー2018 in 福井	産総研	主催	福井県	福井県工業技術センター
39	平成30年2月16日	国際コーティングシンポジウム	先進コーティングアライアンス(産総研 先進コーティング技術研究センター、日本ファインセラミックス協会)	主催	東京都	イイノホール イイノカンファレンスセンター
40	平成30年2月16日	ナノテクノロジー国際標準化ワークショップ～ナノテクノロジー国際標準化の広がり～	産総研 ナノテクノロジー標準化国内審議委員会	主催	東京都	東京ビッグサイト
41	平成30年3月2日	第190回産学官交流研究会博多セミナー	経済産業省九州経済産業局、産総研九州センター、中小企業基盤整備機構九州本部、九州産業技術センター、九州ニュービジネス協議会	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
42	平成30年3月9日	次世代ナノテクフォーラム2018新材料創出のための解析評価	産総研 関西センター、産業技術連携推進会議近畿地域部会 ナノテクノロジー分科会	共同主催	大阪府	千里ライフサイエンスセンター
43	平成30年3月12日	Pre-meeting of the 38th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants, Dioxin 2018 ダイオキシン国際会議(2018) プレミーティング in アジア	産総研 環境管理研究部門	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
44	平成30年3月20日	浅層地盤・地質の詳細構造解明に資する精密物理探査の現状と課題	産総研 地質情報研究部門	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
45	平成30年3月23日	平成29年度 第1回 産総研福島再生可能エネルギー研究所/福島発電共催ワークショップ「太陽光発電システムの保守・運用と関連技術」	産総研 再生可能エネルギー研究センター、福島発電	共同主催	福島県	南相馬市労働福祉会館
46	平成30年3月29日	平成29年度第2回産総研 出前シンポジウム「プリントド・エレクトロニクスが拓く社会と産業の将来」	産総研九州センター	主催	大分県	全労済ソレイユ

産業技術総合研究所

主催行事（共同主催を含む）

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
1	平成29年4月4日～6月4日	地質標本館2017年春の特別展「地震・活断層巡回展」	産総研 地質調査総合センター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター地質標本館
2	平成29年4月21日	産総研 福井サイト開設1周年記念セミナー「技術を社会へ」	産総研 福井サイト	主催	福井県	福井県工業技術センター
3	平成29年4月22日	科学技術週間特別講演会「熊本地震断層を掘ってみました」	産総研 地質調査総合センター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター地質標本館
4	平成29年5月17日	第54回産総研・新技術セミナー	産総研 東北センター	主催	宮城県	産総研 仙台青葉サイト
5	平成29年5月18日	平成29年度総会/第28回 Clayteamセミナー	産総研 コンソーシアム Clayteam	主催	宮城県	TKPガーデンシティ仙台
6	平成29年5月26日	GIC29年度総会(28年度報告総会・29年度総会および特別講演会)	産総研 グリーンプロセスイノベーションコンソーシアム	主催	宮城県	TKPガーデンシティ仙台
7	平成29年5月30日	ベンチャー創出セミナー「技術を社会へ ベンチャー創出による橋渡し」	産総研 ベンチャー開発・技術移転センター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
8	平成29年5月30日	平成29年度 福島再生可能エネルギー研究所 研究成果報告会	産総研 福島再生可能エネルギー研究所	主催	福島県	郡山ビューホテルアネックス
9	平成29年7月13日	現場保安チェックポイント集および検索システム説明会2017	産総研 安全科学研究部門	主催	大阪府	産総研 関西センター
10	平成29年6月27日	OIML-CS説明会	産総研 計量標準総合センター	主催	東京都	経済産業省別館
11	平成29年6月30日	第9回サイエンスカフェ in 鳥栖	産総研 九州センター	主催	佐賀県	産総研 九州センター
12	平成29年7月1日	ビデオ上映会「植物化石から環境を探る」(化石クリーニング体験教室イベント)	産総研 地質情報基盤センター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター地質標本館
13	平成29年7月4日	第1回TIAかけはし成果報告会	産総研 TIA推進センター	主催	東京都	筑波大学東京キャンパス
14	平成29年7月11日～10月1日	地質標本館 夏の特別展「魅惑の鉱物」	産総研 地質情報基盤センター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター地質標本館
15	平成29年7月13日	第55回産総研・新技術セミナー	産総研 東北センター青葉サイト	主催	宮城県	産総研 仙台青葉サイト
16	平成29年7月14日	GIC29年度第52回研修セミナー	産総研 グリーンプロセスイノベーションコンソーシアム	主催	宮城県	産総研 東北センター
17	平成29年7月20日	現場保安チェックポイント集および検索システム説明会2017	産総研 コンソーシアム「製造技術イノベーション協議会」トリリオンセンサ・可視化研究会	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
18	平成29年7月22日	産総研 つくばセンター一般公開	産総研 つくばセンター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
19	平成29年7月22日	地質標本館特別講演会「鉱物が語る地球の進化」「資源になる鉱物」	産総研 地質情報基盤センター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター地質標本館

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
20	平成29年7月29日	産総研 東北センター一般公開	産総研 東北センター	主催	宮城県	産総研 東北センター
21	平成29年7月29日	産総研 福島再生可能エネルギー研究所 一般公開	産総研 福島再生可能エネルギー研究所	主催	福島県	産総研 福島再生可能エネルギー研究所
22	平成29年8月2日	産総研 中国センター一般公開	産総研 中国センター	主催	広島県	産総研 中国センター
23	平成29年8月5日	産総研 中部センター一般公開	産総研 中部センター	主催	愛知県	産総研 中部センター
24	平成29年8月5日	産総研 九州センター一般公開	産総研 九州センター	主催	佐賀県	産総研 九州センター
25	平成29年8月5日	産総研 北海道センター一般公開	産総研 北海道センター	主催	北海道	産総研 北海道センター
26	平成29年8月5日	第6回産総研 サイエンスカフェin 関西	産総研 関西センター	主催	大阪府	池田商工会議所
27	平成29年8月9日	産総研 四国センター一般公開	産総研 四国センター	主催	香川県	産総研 四国センター
28	平成29年8月21日～8月25日	研究職5daysインターンシップ	産総研 計量標準総合センター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
29	平成29年8月24日～8月25日	平成29年度(第13回)九州・沖縄公設試及び産総研九州センター研究者合同研修会	産総研 九州センター 九州経済産業局 地域経済部 産業技術課	共同主催	長崎県	長崎県工業技術センター
30	平成29年8月24日	第29回Clayteamセミナー	産総研 コンソーシアム Clayteam	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
31	平成29年8月25日	地質標本館 夏休み化石クッキー体験教室2017	産総研 地質調査総合センター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター地質標本館
32	平成29年8月25日～8月26日	FESComm 未来エネルギーシステム談話会(第2回)	産総研 未来エネルギーシステム談話会(FESComm) 実行委員会	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
33	平成29年8月26日	地質標本館 地球なんでも相談	産総研 地質調査総合センター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター地質標本館
34	平成29年8月26日	産総研 臨海センター一般公開	産総研 臨海副都心センター	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
35	平成29年8月26日	産総研 関西センター一般公開	産総研 関西センター	主催	大阪府	産総研 関西センター
36	平成29年9月1日	医療機器ガイドライン活用セミナー #15	日本医療研究開発機構 産総研	共同主催	東京都	AP東京八重洲通り
37	平成29年9月15日	GIC29年度第53回研修セミナー	産総研 グリーンプロセスイノベーション コンソーシアム	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
38	平成29年9月15日	つくば発イノベーション第35回講演会	産総研 常陽銀行	共同主催	茨城県	常陽つくばビル
39	平成29年9月21日	産業技術総合研究所 新技術説明会	科学技術振興機構 産総研	共同主催	東京都	JST東京本部別館
40	平成29年9月25日	女子大学院生・ポスドクと産総研 女性研究者との懇談会 in 名古屋	産総研 ダイバーシティ推進室	主催	愛知県	産総研 中部センター
41	平成29年9月26日	第3回産総研・人間情報研究部門シンポジウム(SHI 2017)	産総研 情報・人間工学領域	主催	茨城県	産総研 つくばセンター

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
42	平成29年9月27日	ICRP/ICRUドラフトレポート「Operational Quantities for External Radiation Exposure」に関する勉強会	産総研 分析計測標準研究部門	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
43	平成29年10月2日	第9回TIAシンポジウム「TIAが生みだすイノベーション」	産総研 TIA推進センター	主催	東京都	イイノホール&カンファレンスセンター
44	平成29年10月5日	中国地域産総研 技術セミナー in 鳥取 (鳥取県産業技術センター AI、IoT活用ものづくり講習会)	産総研 中国センター 鳥取県産業技術センター	共同主催	鳥取県	とりぎん文化会館
45	平成29年10月12日	平成29年度第1回KANSEI “感性” “サロン	産総研 中国センター ちゅうごく産業創造センター	共同主催	山口県	山口グランドホテル孔雀
46	平成29年10月13日	医療機器ガイドライン活用セミナー #16	日本医療研究開発機構 産総研	共同主催	東京都	ベルサール八重洲
47	平成29年10月13日	ジオ・サロン「日本列島地殻変動の謎に迫る」	産総研 地質調査総合センター	主催	東京都	ギャラリーキッチンKIWI
48	平成29年10月13日	平成29年度 九州・沖縄 産業技術オープンイノベーションデー	産総研 九州センター	主催	福岡県	西日本総合展示場新館
49	平成29年10月17日～12月27日	地質標本館 秋の特別展示「えひめの地質ー四国の五億年ー」	産総研 地質情報基盤センター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター 地質標本館
50	平成29年10月20日～10月21日	おおさき産業フェア2017	未来産業創造おおさき	主催	宮城県	大崎市古川総合体育館
51	平成29年10月24日	あおもり産学官金連携 Day2017	イノベーション・ネットワークあおもり	主催	青森県	ホテル青森
52	平成29年10月24日	中国地域産総研 技術セミナー in 岡山	産総研 中国センター 岡山県工業技術センター	共同主催	岡山県	メルパルク岡山
53	平成29年10月24日	再生可能エネルギーワークショップ in 東北	産総研 福島再生可能エネルギー研究所	主催	岩手県	マリオス
54	平成29年10月26日～10月27日	産総研 エネルギー・環境シンポジウムシリーズ (第9回メタンハイドレート総合シンポジウム)	産総研 メタンハイドレートプロジェクトユニット	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
55	平成29年10月26日	北陸技術交流テクノフェア ジョイントイベント「産総研 サイエンストーク」	産総研	主催	福井県	福井県中小企業産業大学校
56	平成29年11月6日	みずほ証券講演「現在までのテクノロジーの動向分析からみる今後15年の潮流」	産総研	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
57	平成29年11月6日～11月10日	地質調査研修	産総研 地質人材育成コンソーシアム	主催	島根県	島根県出雲市長尾鼻周辺 (小伊津海岸)
58	平成29年11月6日	人間機械協奏技術コンソーシアム 第3回公開シンポジウム	産総研 人間機械協奏技術コンソーシアム	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
59	平成29年11月9日	第56回産総研・新技術セミナー	産総研 東北センター 仙台青葉サイト	主催	宮城県	産総研 仙台青葉サイト
60	平成29年11月14日	中国地域産総研 技術セミナー in 島根	産総研 中国センター 島根県産業技術センター	共同主催	島根県	テクノアークしまね

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
61	平成29年11月16日～11月17日	産業技術総合研究所 技術セミナー（山梨県）	山梨県産総研	共同主催	山梨県	山梨県産業技術センター ほか3箇所
62	平成29年11月16日	第9回 産総研 軽量構造材料シンポジウム	産総研 構造材料研究部門 名古屋国際見本市委員会	主催	愛知県	名古屋市中小企業振興会館
63	平成29年11月20日～11月21日	女子大学院生・ポスドクと産総研 女性研究者との懇談会 in つくば	産総研 ダイバーシティ推進室	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
64	平成29年11月21日	平成29年度産総研 発ベンチャーTODAY 「AIST・NEDO発の技術をビジネスへ」	産総研 日本を元気にする産業技術会議	共同主催	東京都	3x3 Lab Future サロン
65	平成29年11月21日	中国地域産総研 技術セミナー in 山口 やまぐちブランド技術研究会 廃棄物リサイクル技術分科会研究発表会	産総研 中国センター 山口県産業技術センター	共同主催	山口県	山ログランドホテル
66	平成29年11月24日～11月28日	産総研 総合職5daysインターンシップ「技術マーケティング体験コース」	産総研 人事部人事室	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
67	平成29年11月28日	産総研・東大 先端オペランド計測技術オープンイノベーションラボラトリ研究交流会	産総研	主催	東京都	富士ソフトアキバプラザ
68	平成29年11月30日	エネルギー技術シンポジウム2017「特集 “低炭素社会実現にむけた革新エネルギー材料の研究開発”」	産総研 創エネルギー研究部門 産総研 省エネルギー研究部門	共同主催	東京都	東京国際交流館 プラザ平成
69	平成29年11月30日～12月14日	一橋大学・産総研 イノベーションセミナー	産総研 一橋大学 人間中心設計推進機構	共同主催	東京都	産総研 東京サテライトオフィス
70	平成29年12月1日	平成29年度 産総研 国際標準推進戦略/NEDO出口戦略シンポジウム「つながり 拡がり加速する「来るべき世界」の出口戦略へ」	産総研 新エネルギー・産業技術総合開発機構 モノづくり日本会議	共同主催	東京都	イイノホール
71	平成29年12月1日	産総研 東北センター創立50周年記念シンポジウム	産総研 東北センター	主催	宮城県	TKPガーデンシティ仙台
72	平成29年12月7日	第28回GSJシンポジウム 地圏資源環境研究部門研究成果報告会	産総研 地質調査総合センター	主催	東京都	秋葉原ダイビル
73	平成29年12月13日～12月15日	第30回国際超電導シンポジウム（ISS2017）	産総研	主催	東京都	イイノホール&カンファレンスセンター
74	平成29年12月14日	ミニマルファブ視察ツアー	九州経済産業局 産総研 九州センター 九州地域産業活性化センター 九州半導体・エレクトロニクスイノベーション協議会	共同主催	東京都	東京ビックサイト
75	平成29年12月16日	第7回産総研 サイエンスカフェ in 関西「物質の第4の状態：液晶」	産総研 関西センター	主催	大阪府	池田商工会議所

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
76	平成29年12月18日	第1回 食・触コンソーシアム シンポジウム「未活用生物資源の高度利用への展望」	産総研 生物資源と触媒技術に基づく食・薬・材創生コンソーシアム	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
77	平成29年12月19日	第7回次世代フレキシブルエレクトロニクスシンポジウム	産総研 フレキシブルエレクトロニクス研究センター 次世代プリントドエレクトロニクス技術研究組合 産総研 次世代プリントドエレクトロニクスコンソーシアム	共同主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
78	平成29年12月20日	情報・人間工学領域シンポジウム「IoTとセキュリティ2017」	産総研 情報・人間工学領域	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
79	平成29年12月22日	GIC平成29年度第53回研修セミナー	産総研 グリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム	主催	宮城県	産総研 東北センター
80	平成30年1月10日～2月18日	地質標本館 冬の特別展「日本一長い国立研究所の歴史」	産総研 地質情報基盤センター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター地質標本館
81	平成30年1月12日	第2回 FlowSTシンポジウム素材産業における「ものづくり」の将来像	産総研 フロー精密合成コンソーシアム 日本を元気にする産業技術会議	共同主催	東京都	イイノホール&カンファレンスセンター
82	平成30年1月17日	第57回産総研・新技術セミナー	産総研 東北センター仙台青葉サイト	主催	宮城県	産総研 仙台青葉サイト
83	平成30年1月20日	ジオ・サロンVol.2「体験！メタンハイドレート」	産総研 地質調査総合センター	主催	東京都	ギャラリーキッチンKIWI
84	平成30年1月24日	NMIJ 国際計量標準シンポジウム 2018「新時代を迎える計量基本単位」(計測標準フォーラム第15回講演会共催)	産総研 計量標準総合センター	主催	東京都	TKP東京駅大手町カンファレンスセンター
85	平成30年1月26日	第10回光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点/第7回電子光技術 合同シンポジウム	産総研 光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点 電子光技術研究部門	共同主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
86	平成30年1月30日	第18回ガスハイドレート産業創出イノベーション講演会(第19回メタンハイドレート研究アライアンス講演会)	産総研 メタンハイドレートプロジェクトユニット	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
87	平成30年1月31日	理化学研究所・産業技術総合研究所 合同シンポジウム	産総研 理化学研究所	共同主催	東京都	日本科学未来館
88	平成30年1月31日	第3回四国オープンイノベーションワークショップ in 高知	産総研 四国センター	主催	高知県	高知会館
89	平成30年2月1日	第1回接着・接合研究シンポジウム	産総研 接着・接合技術コンソーシアム 接着・界面現象研究ラボ	主催	東京都	ベルサール秋葉原

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
90	平成30年2月2日	平成29年度 産総研 材料・化学シンポジウム「21世紀の化学反応とプロセス」	産総研	主催	茨城県	つくば国際会議場
91	平成30年2月2日	第13回つくばビジネスマッチング会	つくば研究支援センター 三井物産 産総研	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
92	平成30年2月6日～2月7日	第17回産総研・産技連LS-BT合同発表会	産総研 産業技術連携推進会議 ライフサイエンス部会 パイオテクノロジー分科会	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
93	平成30年2月7日	中国地域産総研 技術セミナー in 広島	産総研 中国センター 広島県立総合技術研究所	共同主催	広島県	広島ガーデンパレス
94	平成30年2月14日	産総研 人工知能研究センター 国際シンポジウム	産総研 人工知能研究センター	主催	東京都	イイノホール
95	平成30年2月21日	産総研 中国センターシンポジウム in 岡山	産総研 中国センター	主催	岡山県	岡山コンベンションセンター
96	平成30年2月21日	医療機器等ガイドライン活用セミナー #17	日本医療研究開発機構 産総研	共同主催	東京都	フクラシア東京ステーション
97	平成30年2月23日	第10回サイエンスカフェ in 鳥栖	産総研 九州センター	主催	佐賀県	産総研 九州センター
98	平成30年2月27日	平成29年度第2回KANSEI “感性” サロン	産総研 中国センター ちゅうごく産業創造センター	共同主催	広島県	ホテルセンチュリー21広島
99	平成30年2月27日	第2回サイエンスとアートの広場	産総研 四国センター	主催	香川県	かがわ国際会議場
100	平成30年3月2日	テクノブリッジフェア in 熊本	産総研 九州センター	主催	熊本県	グランメッセ熊本
101	平成30年3月6日～3月25日	地質標本館2017年度特別展「GSJのピカイチ研究」	産総研 地質調査総合センター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター地質標本館
102	平成30年3月13日	アグリテクノフェア in 北海道	産総研 農業・食品産業技術総合研究機構	共同主催	北海道	ホテルエミシア札幌
103	平成30年3月17日	サイエンス・スクエア 春スペ！2018	産総研 つくばセンター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
104	平成30年3月23日	第3回トリリオン研究Gセミナー 第2回トリリオンセンサ・可視化研究会講演会	産総研 製造技術研究部門トリリオンセンサ研究グループ	主催	佐賀県	産総研 九州センター

産業技術総合研究所

その他参加行事

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
1	平成29年4月3日～5月22日	AIチャレンジコンテスト	人工知能技術戦略会議、内閣府、文部科学省	後援	大阪府	大阪大学コンベンションセンター
2	平成29年4月4日～4月5日	第87回レーザー加工学会講演会	レーザー加工学会	共催	東京都	産総研 臨海副都心センター別館
3	平成29年4月5日～4月7日	第1回映像伝送EXPO/FOE2017	リードエグジビジョンジャパン	出展	東京都	東京ビッグサイト
4	平成29年4月5日	第45回薄膜・表面物理セミナー「エネルギーハーベスティングのための薄膜・表面技術」	応用物理学会薄膜・表面物理分科会	後援	東京都	産総研 臨海副都心センター別館
5	平成29年4月7日	プロセッシング計算力学分科会第57回セミナー	日本塑性加工学会プロセッシング計算力学分科会	共催	東京都	産総研 臨海副都心センター別館
6	平成29年4月11日	日本学術振興会のナノプロブテクノロジー第167委員会第85回研究会	日本学術振興会ナノプロブテクノロジー第167委員会	後援	東京都	産総研 臨海副都心センター別館
7	平成29年4月18日～4月21日	OPTICS & PHOTONICS International Congress 2017	OPTICS & PHOTONICS International Congress 2017	協賛	神奈川県	パシフィコ横浜
8	平成29年4月19日～4月21日	P-MEC Japan 2017	UBMジャパン株式会社	後援	東京都	東京ビッグサイト
9	平成29年4月20日	つくばものづくりオーケストラ技術展示会in産総研	つくば市経済部産業振興課	協力	茨城県	産総研 つくばセンター
10	平成29年4月20日～4月22日	福井の未来に繋がる 産総研の先端技術	ふくい産業支援センター	協力	福井県	福井県工業技術センター
11	平成29年4月22日～6月4日	石は地球のワンダー	大阪市自然史博物館	共催	大阪府	大阪市自然史博物館
12	平成29年4月28日～6月18日	第10回地質の日記念展「北海道のジオサイトに見る化石」	地質の日記念展「北海道のジオサイトに見る化石」実行委員会	共催	北海道	北海道大学総合博物館
13	平成29年5月1日～1月31日	地盤材料試験に関する「技能試験」	地盤工学会	後援	東京都	地盤工学会
14	平成29年5月9日～7月11日	東京電機大学医療機器国際展開技術者育成講座	東京電機大学	後援	東京都	東京電機大学東京千住キャンパス
15	平成29年5月12日	第13回新産業酵母研究会講演会	新産業酵母研究会	後援	東京都	産総研 臨海副都心センター
16	平成29年5月17日～5月19日	第27回西日本食品産業創造展'17	日刊工業新聞社西部支社	後援	福岡県	マリンメッセ福岡
17	平成29年5月17日	大阪大学健康・医療クロスイノベーション会議「AIメディカルヘルスケアプラットフォーム・プロジェクト」キックオフフォーラム	大阪大学大学院医学系研究科・医学部附属病院産学連携・クロスイノベーションイニシアティブ	後援	大阪府	阪急グランドビル
18	平成29年5月18日～5月20日	ビジネス創造フェアいしかわ2017	石川県産業創出支援機構	出展	石川県	石川県産業展示館
19	平成29年5月19日	板橋製品技術大賞	板橋区産業振興公社	後援	東京都	板橋区産業振興公社中小企業サポートセンター
20	平成29年5月20日～5月25日	JpGU-AGU共同大会2017	日本地球惑星科学連合	後援	千葉県	幕張メッセ

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
21	平成29年5月22日	第2回次世代の人工知能技術に関する合同シンポジウム	情報通信研究機構	共催	大阪府	大阪大学コンベンションセンター
22	平成29年5月28日	Frontiers of Nanomaterial Characterization	ナノ材料の産業利用を支える計測ソリューション開発コンソーシアム	後援	東京都	東京国際交流館プラザ平成
23	平成29年5月28日～5月31日	8th International Conference on Electroceramics (ICE2017)	8th International Conference on Electroceramics (ICE2017)組織委員会	主催	愛知県	名古屋大学野依記念学術交流館
24	平成29年6月1日～12月15日	平成29年度中国地域公設試験研究機関功績者表彰事業	ちゅうごく産業創造センター	後援	広島県	ホテルメルパルク広島
25	平成29年6月1日～6月3日	New Education Expo 2017 (東京会場)	New Education Expo 実行委員会	出展	東京都	東京ファッショントウンビル
26	平成29年6月1日～8月31日	平成29年度ニュービジネス助成金に対する後援名義使用の申請について	池田泉州銀行	後援	大阪府	池田泉州銀行先進テクノ本部
27	平成29年6月2日	生物資源、AI、IoT活用に向けた連携研究開発によるイノベーション創出	農林水産省、経済産業省	後援	東京都	農林水産省
28	平成29年6月7日～6月9日	EXAT2017	EXAT、NICT	出展	奈良県	奈良春日野国際フォーラム
29	平成29年6月7日～6月9日	JPCA Show 2017	日本電子回路工業会	出展	東京都	東京ビッグサイト
30	平成29年6月8日～6月9日	サービスロボット開発技術展2017	サービスロボット開発技術展実行委員会	後援	大阪府	インテックス大阪
31	平成29年6月9日	第67回日本電気泳動学会シンポジウム	日本電気泳動学会	後援	東京都	産総研 臨海副都心センター別館
32	平成29年6月10日	第1回ナノテクノロジーとメソフェーズ工学国際シンポジウム	ISNME2017組織委員会	協賛	大阪府	大阪工業大学梅田キャンパス
33	平成29年6月16日～6月17日	New Education Expo 2017 (大阪会場)	New Education Expo 実行委員会	出展	大阪府	大阪マーチャングッズ・マート
34	平成29年6月20日	第1回結晶成長基礎セミナー	日本結晶成長学会	後援	東京都	産総研 臨海副都心センター
35	平成29年6月29日～11月2日	第10回「組込み適塾」	組込みシステム産業振興機構	共催	大阪府	グランフロント大阪ナレッジキャピタル、産総研 東北センター、東北大学、名古屋大学、慶應義塾大学
36	平成29年7月1日～7月31日	平成29年度ヒートポンプ・蓄熱月間	一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター	後援	東京都	大手町パークビルディング
37	平成29年7月1日～8月31日	地震・活断層巡回展「2016年熊本地震 活断層に備えよう」	阿蘇火山博物館	後援	熊本県	阿蘇火山博物館
38	平成29年7月3日～7月4日	第6回JACI/GSC シンポジウム	新化学技術推進協会	後援	東京都	東京国際フォーラム
39	平成29年7月5日～7月7日	第12回再生可能エネルギー世界展示会	再生可能エネルギー協議会	共催	神奈川県	パシフィコ横浜
40	平成29年7月5日～7月7日	第12回再生可能エネルギー世界展示会及びAIST-FREAセッション	再生可能エネルギー協議会	出展	神奈川県	パシフィコ横浜

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
41	平成29年7月6日～平成30年3月6日	平成29年度多元技術融合光プロセス研究会研究交流会	光産業技術振興協会	後援	東京都	産総研 臨海副都心センター
42	平成29年7月7日	四国マイクロ波プロセス研究会第16回フォーラム	四国マイクロ波プロセス研究会	後援	香川県	e-とびあ・かがわBBスクエア
43	平成29年7月7日～9月3日	生きている大地	岐阜県博物館	共催	岐阜県	岐阜県博物館
44	平成29年7月7日	産学官交流のつどい	福島県電子機械工業会、福島県中小企業団体中央会	後援	福島県	ザ・セレクトン福島
45	平成29年7月7日	IoT、ビッグデータ、AI活用による価値創造に向けて	関西経済連合会	後援	大阪府	関西経済連合会
46	平成29年7月10～平成30年3月31日	第7回地域産業支援プログラム表彰事業	日本立地センター	後援	千葉県	東京YWCA会館
47	平成29年7月11日～10月1日	深海2017	日本放送協会	協力	東京都	国立科学博物館
48	平成29年7月12日	第13回群馬産学官金連携推進会議	群馬大学、前橋工科大学、前橋商工会議所会頭	後援	群馬県	前橋商工会議所
49	平成29年7月15日～9月18日	山へ！展 to the mountains	せたがや文化財団 世田谷文学館	協力	東京都	世田谷文学館
50	平成29年7月15日～8月31日	第42回企画展「氷河時代の動物たちー茨城にナウマンゾウがいたころー」	神栖市歴史民俗資料館	後援	茨城県	神栖市歴史民俗資料館
51	平成29年7月16日～7月21日	第17回極低温検出器に関する国際シンポジウム	LTD-17組織委員会	協賛	福岡県	久留米シティプラザ
52	平成29年7月16日	学都「仙台・宮城」サイエンスデイ2017	natural science	共催	宮城県	東北大学川内キャンパス
53	平成29年7月16日	第12回先天性大脳白質形成不全症市民公開セミナー	国立精神神経・医療研究センター神経研究所	後援	東京都	産総研 臨海副都心センター
54	平成29年7月19日	第18回KFC特別講演会	九州ファインセラミックス・テクノフォーラム	後援	福岡県	九州産業技術センター
55	平成29年7月19日～7月20日	第11回ビジネスマッチングフェア in Hamamatsu 2017	浜松商工会議所	後援	静岡県	アクトシティ浜松
56	平成29年7月20日～7月21日	平成29年度石川イノベーション促進セミナー	石川県工業試験場	共催	石川県	石川県工業試験場
57	平成29年7月24日～7月25日	第46回医用高分子シンポジウム	高分子学会	後援	東京都	産総研 臨海副都心センター別館
58	平成29年7月24日	平成29年度第11回次世代ものづくり技術セミナー	ひろしまアディティブ・マニュファクチャリング研究会	後援	広島県	サテライトキャンパスひろしま
59	平成29年7月26日	JIEP官能検査システム化研究会 第9回公開研究会--IoT時代における次世代の検査とは-	エレクトロニクス実装学会、官能検査自動化研究会	協賛	東京都	回路会館
60	平成29年7月29日～9月18日	「パネルで見る2016年熊本地震ー活断層に備えよう」	大阪市自然史博物館	後援	大阪府	大阪市自然史博物館
61	平成29年7月30日～8月4日	国際測地学協会及び国際地震学・地球内部物理学協会合同学術総会	日本地震学会	共催	兵庫県	神戸国際会議場
62	平成29年7月31日	教員のための博物館の日	つくば科学万博記念財団	協力	茨城県	つくばエキスポセンター

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
63	平成29年8月3日～平成30年3月31日	JVA2018	中小企業基盤整備機構	後援	東京都	虎ノ門ヒルズフォーラム
64	平成29年8月4日	理研シンポジウム：第10回「先進ものづくり技術によるアナライザーキーコンポーネント開発基盤の構築状況」	理化学研究所	協賛	埼玉県	理化学研究所和光研究所
65	平成29年8月4日～8月20日	地球の宝石箱 開館20周年記念特別展	ミュージアム鉱研	協力	長野県	ミュージアム鉱研
66	平成29年8月7日	「機械の日・機械週間」記念行事	日本機械学会	後援	東京都	東京大学
67	平成29年8月7日～8月8日	日本ゾルゲル学会第15回討論会	日本ゾルゲル学会	協賛	大阪府	大阪府立大学I-siteなんば
68	平成29年8月22日	かがわ機能性食品等開発シンポジウム 第4回情報交換・施設見学会	かがわ産業支援財団	共催	香川県	産総研 四国センター
69	平成29年8月22日～9月3日	パネル展「2016年熊本地震 活断層に備えよう」	沖縄県立博物館、美術館	後援	沖縄県	沖縄県立博物館・美術館
70	平成29年8月25日	日本学術振興会新鉱物活用第111委員会・第652回委員会	日本学術振興会第111委員会	協力	東京都	産総研 臨海副都心センター別館
71	平成29年8月26日～8月27日	明治維新150年イベントSAGAものスゴフェスタ2017及び佐賀県高校生産業教育フェア	佐賀県産業労働部	協力	佐賀県	市村記念体育館、佐賀城本丸歴史館、佐賀県庁
72	平成29年8月27日	これで防げる学校体育・スポーツ事故	SafeKidsJapan	後援	千葉県	早稲田大学
73	平成29年8月28日	第389回講習会「感性指向の製品開発」	精密工学会	協賛	東京都	東京理科大学神楽坂校舎
74	平成29年8月29日	平成29年度JCII標準化調査研究成果発表会	化学研究評価機構	後援	東京都	お茶の水ソラシティセンター
75	平成29年8月30日	第4回先端計測・分析サマースクール	筑波大学大学院数理工学物質科学研究科、高エネルギー加速器研究機構、産総研	共催	茨城県	産総研 つくばセンター
76	平成29年9月1日～平成30年3月10日	2017キャンパスベンチャーグランプリ四国	キャンパスベンチャーグランプリ 四国実行委員会	後援	香川県	リーガホテルベスト高松
77	平成29年9月1日～平成30年3月13日	第10回日本地学オリンピック グランプリちきゅうにわくわく2018	地学オリンピック日本委員会	共催	茨城県	筑波学院大学、筑波研修センター
78	平成29年9月1日～平成30年1月31日	2017キャンパスベンチャーグランプリ中国	キャンパスベンチャーグランプリ 中国実行委員会	後援	広島県	リーガロイヤルホテル広島
79	平成29年9月2日～9月24日	地震・活断層巡回展「2016年熊本地震 活断層に備えよう」	磐梯山噴火記念館	後援	福島県	磐梯山噴火記念館
80	平成29年9月5日～9月9日	第15回全日本学生フォーミュラ大会	自動車技術会	協賛	静岡県	小笠山総合運動公園
81	平成29年9月5日	持続可能な開発目標と科学技術イノベーション	科学技術振興機構	後援	東京都	国際連合大学ウ・タント国際会議場
82	平成29年9月6日～9月8日	JASIS 2017	日本分析機器工業会、日本科学機器協会	後援	千葉県	幕張メッセ

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
83	平成29年9月6日～9月8日	JASIS 2017	日本分析機器工業会、日本科学機器協会	出展	千葉県	幕張メッセ
84	平成29年9月11日～9月12日	平成29年度産業創出講演会	ちゅうごく産業創造センター	後援	岡山県	メルパルク岡山
85	平成29年9月12日	「自動車開発における人間工学の理論と実践」	自動車技術会	協賛	東京都	産総研 臨海副都心センター
86	平成29年9月12日～9月13日	4th CCPS Global Summit on Process Safety	安全工学会、岡山大学耐災安全・安心センター	後援	岡山県	岡山コンベンションセンター
87	平成29年9月13日	第4回大阪大学 健康・医療クロスイノベーションフォーラム	大阪大学大学院医学系研究科・医学部附属病院産学連携・クロスイノベーションイニシアティブ	後援	大阪府	ナレッジシアター
88	平成29年9月13日	広島市立大学産学連携研究発表会2017	広島市立大学	後援	広島県	合人社ウエンディひと・まちプラザ
89	平成29年9月17日	ETソフトウェアデザインロボットコンテスト2017 関西地区大会	ETソフトウェアデザインロボットコンテスト 関西地区実行委員会	後援	京都府	京都コンピュータ学院京都駅前校
90	平成29年9月18日～9月21日	The international Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation(IPIN2017)	IPIN2017	後援	北海道	北海道大学
91	平成29年9月26日	NEDOフォーラム2017 in 兵庫	新エネルギー・産業技術総合開発機構	後援	兵庫県	神戸商工会議所会館
92	平成29年9月27日～9月29日	第60回放射線化学討論会	日本放射線化学会	共催	茨城県	産総研 つくばセンター
93	平成29年9月27日～9月29日	国際福祉機器展	保健福祉広報協会	出展	東京都	東京ビッグサイト
94	平成29年9月27日	ものづくり補助事業成果発表・ビジネスマッチング会	茨城県地域事務局、茨城県中小企業団体中央会	後援	茨城県	つくばカピオ
95	平成29年10月1日～10月3日	科学技術と人類の未来に関する国際フォーラム第14回 年次総会	STSフォーラム	後援	京都府	国立京都国際会館
96	平成29年10月1日～1月30日	NEDO Technology Startup Supporters Academy	新エネルギー・産業技術総合開発機構	後援	神奈川県	新エネルギー・産業技術総合開発機構川崎本部
97	平成29年10月3日～10月6日	CEATEC JAPAN 2017	CEATEC JAPAN実施協議会、電子情報技術産業協会、情報通信ネットワーク産業協会、コンピュータソフトウェア協会	出展	千葉県	幕張メッセ
98	平成29年10月4日～10月6日	アグリビジネス創出フェア2017	農林水産省	後援	東京都	東京国際展示場
99	平成29年10月6日	2016年度微古生物学リファレンスセンター研究集会・放散虫研究集会 合同山形大会	2016年度微古生物学リファレンスセンター研究集会・放散虫研究集会 合同山形大会実行委員会	共催	山形県	山形大学小白川キャンパス
100	平成29年10月6日	NEDOフォーラム2017in山形	新エネルギー・産業技術総合開発機構	後援	山形県	山形大学有機材料システムフロンティアセンター

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
101	平成29年10月6日～10月7日	2017さかきモノづくり展	さかきテクノセンター	後援	長野県	坂城テクノセンター
102	平成29年10月7日～10月29日	地震・活断層巡回展「2016年熊本地震 活断層に備えよう」	雲仙岳災害記念館	後援	長崎県	雲仙岳災害記念館
103	平成29年10月7日～12月3日	第55回企画展ぐんまの景観がこんなにも素晴らしい5つの理由	群馬県立自然史博物館	後援	群馬県	群馬県立自然史博物館
104	平成29年10月10日	つくばものづくりオーケストラ技術展示会 in 産総研	つくばものづくりオーケストラ	協力	茨城県	産総研 つくばセンター
105	平成29年10月11日	標準化と品質管理全国大会2017	日本規格協会	後援	東京都	都市センターホテル
106	平成29年10月11日～10月13日	BioJapan2017/再生医療 JAPAN2017	BioJapan組織委員会	後援	神奈川県	パシフィコ横浜
107	平成29年10月11日～10月13日	BioJapan2017 World Business Forum	BioJapan組織委員会	出展	神奈川県	パシフィコ横浜
108	平成29年10月11日～10月13日	粉体工業展大阪2017	日本粉体工業技術協会	後援	大阪府	インテックス大阪
109	平成29年10月11日～10月13日	エコテクノ2017～地球環境ソリューション展/エネルギー先端技術展	北九州観光コンベンション協会	後援	福岡県	西日本総合展示場
110	平成29年10月13日～10月15日	いきいき健康・福祉フェア2017	いきいき健康・福祉フェア2017実行委員会	後援	北海道	アクセスサッポロ
111	平成29年10月14日	地球史研究所開設記念行事 オープニング・フェスタ in 吉井	特定非営利活動法人地球年代学ネットワーク	後援	岡山県	赤磐市吉井会館
112	平成29年10月15日	地球史研究所開設記念行事 オープニング記念国際会議 in岡山	特定非営利活動法人地球年代学ネットワーク	後援	岡山県	岡山国際交流センター
113	平成29年10月15日	学都仙台・宮城「サイエンスデイ in 多賀城」	産総研 東北センター	出展	宮城県	多賀城市中央公民館
114	平成29年10月16日	第14回圧電MEMS研究会	圧電MEMS研究会	共催	東京都	産総研 臨海副都心センター
115	平成29年10月17日～10月19日	第7回CSJ化学フェスタ2017	日本化学会	後援	東京都	船堀タワーホール
116	平成29年10月17日～10月20日	日本地熱学会平成29年度学術講演会	日本地熱学会	協賛	北海道	函館アリーナ
117	平成29年10月18日～10月20日	モノづくりフェア2017	日刊工業新聞社西部支社	後援	福岡県	マリンメッセ福岡
118	平成29年10月18日～10月20日	びわ湖環境ビジネスメッセ2017	びわ湖環境ビジネスメッセ実行委員会	後援	滋賀県	長浜バイオ大学ドーム
119	平成29年10月18日	SIPリグニン 2017公開シンポジウム&展示会 材料利用を可能とするリグニンの正体	SIPリグニン、森林研究・整備機構 森林総合研究所	共催	東京都	三会堂ビル
120	平成29年10月20日	エンジニアリングシンポジウム2017	エンジニアリング協会	協賛	東京都	日本都市センター会館
121	平成29年10月20日～11月15日	長野県における航空機産業拡大フォーラム	諏訪圏ものづくり推進機構	後援	長野県	茅野市民館
122	平成29年10月21日～10月22日	2017つくば産業フェア&つくば農産物フェア	つくば市、つくば市商工会	協力	茨城県	つくばカピオ
123	平成29年10月21日	桜翔クラブ発足記念同窓会	桜翔クラブ	後援	東京都	椿山荘ホテル
124	平成29年10月25日	茨城県研究開発支援型企業技術展示会in産総研 2017	茨城県	協力	茨城県	産総研 つくばセンター

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
125	平成29年10月26日～10月27日	北陸技術交流テクノフェア2017	技術交流テクノフェア実行委員会	後援	福井県	福井県産業会館
126	平成29年10月26日～10月28日	防災・福祉・健康産業フェア 2017 in はままつ	防災・福祉・健康産業フェア in はままつ実行委員会	出展	静岡県	浜松市総合産業展示館
127	平成29年10月26日～10月27日	第15回糖鎖科学コンソーシアムシンポジウム	日本糖鎖科学コンソーシアム	後援	福岡県	九州大学百年講堂
128	平成29年10月27日	NEDOフォーラム2017 in 長野	新エネルギー・産業技術総合開発機構	後援	長野県	信州大学国際科学イノベーションセンター
129	平成29年10月30日	近畿大学工学部研究公開フォーラム2017	近畿大学工学部、近畿大学次世代基盤技術研究所、近畿大学大学院システム工学研究科、近畿大学工学部産学官連携推進協力会	後援	広島県	ホテルメルパルク広島
130	平成29年11月2日	平成29年度広島県立総合技術研究所東部工業技術センター成果発表会「化学技術のイノベーションを覗いてみよう！」	広島県立総合技術研究所東部工業技術センター	出展	広島県	広島県立総合技術研究所東部工業技術センター
131	平成29年11月3日～11月4日	あいち青少年少女創意くふう展2017	あいち青少年少女創意くふう展	後援	愛知県	トヨタ産業技術記念館
132	平成29年11月3日～11月26日	2016年熊本地震 活断層に備えよう	立山カルデラ砂防博物館	後援	富山県	立山カルデラ砂防博物館
133	平成29年11月4日～11月5日	筑波大学学園祭	筑波大学学園祭実行委員会	協力	茨城県	筑波大学
134	平成29年11月7日～11月9日	第38回日本熱物性シンポジウム	日本熱物性学会	後援	茨城県	産総研 つくばセンター
135	平成29年11月7日	つくば国際戦略総合特区プロジェクト成果発表会	つくばグローバル・イノベーション推進機構	後援	茨城県	つくばカピオホール
136	平成29年11月7日～11月9日	2017日米亜医療機器イノベーションフォーラム沖縄	日米亜医療機器イノベーションフォーラム沖縄実行委員会	後援	沖縄県	琉球大学
137	平成29年11月8日～11月9日	第6回ふくしま復興 再生可能エネルギー産業フェア2017	福島県産業振興センターエネルギー・エージェンシーふくしま	出展	福島県	ビッグパレットふくしま
138	平成29年11月8日～11月9日	ビジネス・エンカレッジ・フェア2017	池田泉州銀行	後援	大阪府	マイドームおおさか
139	平成29年11月8日	四国食品健康フォーラム2017	四国産業・技術振興センター	後援	香川県	レクザムホール
140	平成29年11月8日	第26回日本NCSLI技術フォーラム	日本NCSLI	後援	東京都	大田区産業プラザpio
141	平成29年11月8日～11月9日	BIZ SAITAMA さいたま市産業交流展2017	さいたま市産業交流展実行委員会	協力	埼玉県	ソニックシティ
142	平成29年11月9日～11月10日	ビジネスEXPO「第31回北海道技術・ビジネス交流会」	北海道技術・ビジネス交流会実行委員会	後援	北海道	アクセスサッポロ
143	平成29年11月10日	第26回わかやまテクノ・ビジネスフェアわかやま発技術シーズ発表会	わかやま産業振興財団	後援	和歌山県	ホテルアバローム紀の国
144	平成29年11月12日～11月17日	第27回太陽光発電国際会議	第27回太陽光発電国際会議組織委員会	後援	滋賀県	びわ湖大津プリンスホテル
145	平成29年11月15日～11月17日	J-DESCコアスクール・ロギング基礎コース	日本地球掘削科学コンソーシアム	共催	茨城県	筑波大学

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
146	平成29年11月15日～11月17日	新価値創造展2017	中小企業基盤整備機構	後援	東京都	東京ビッグサイト
147	平成29年11月16日	Photonics creating the future!	デンマーク大使館	後援	東京都	東京国際フォーラム
148	平成29年11月16日～11月17日	日本セラミックス協会資源・環境関連材料部会見学会「日本遺産（日本磁器のふるさと肥前）の陶磁器製造技術に触れる」	日本セラミックス協会資源・環境関連材料部会	協賛	佐賀県	香蘭社、泉山磁石場等
149	平成29年11月16日	第2回サービス標準化フォーラム	日本規格協会	後援	東京都	日本橋三井ホール
150	平成29年11月17日	第14回新産業酵母研究会講演会	新産業酵母研究会	後援	東京都	産総研 臨海副都心センター
151	平成29年11月18日～11月19日	つくば科学フェスティバル2017	産総研（広報サービス室）	出展	茨城県	つくばカピオ
152	平成29年11月19日	地層と化石の観察会－霞ヶ浦周辺の化石産地を訪ねて	国立科学博物館	共催	茨城県	茨城県かすみがうら市、土浦市、阿見市、行方市周辺
153	平成29年11月19日	フードビジョンサミットTSUKUBA2017&フードベースマーケットTSUKUBA2017	フードビジョンサミット実行委員会	後援	茨城県	イーアスつくば
154	平成29年11月20日～11月22日	INCHEN TOKYO 2017	日本能率協会	協賛	東京都	東京ビッグサイト
155	平成29年11月20日	SICE産業応用部門2017年度大会	計測自動制御学会産業応用部門	共催	東京都	産総研 臨海副都心センター
156	平成29年11月21日	17-3印刷・情報・電子用材料研究会および2017年度第3回ナノインプリント技術研究会	高分子学会	後援	東京都	産総研 臨海副都心センター
157	平成29年11月21日	NEDO フォーラム in 2017	新エネルギー・産業技術総合開発機構	共催	熊本県	KKRホテル熊本
158	平成29年11月22日	第3回キャタリストインフオマティクスシンポジウム－動き出した触媒開発と人工知能の融合研究－	産総研、理化学研究所、北海道大学、物質・材料研究機構	共催	東京都	イイノカンファレンスセンター
159	平成29年11月22日～11月23日	ロボットフェスタふくしま2017・航空宇宙フェスタふくしま2017	福島県	後援	福島県	ビッグパレットふくしま
160	平成29年11月24日～11月26日	サイエンスアゴラ2017	科学技術振興機構	共催	東京都	テレコムセンター
161	平成29年11月27日	平成29年度第2回次世代ものづくり技術セミナー	ひろしまアディティブ・マニファクチャリング研究会	後援	広島県	東広島市市民文化センター
162	平成29年11月28日	中四国環境ビジネスネットフォーラム2017	岡山県産業振興財団	後援	岡山県	岡山コンベンションセンター ママカリフォーラム
163	平成29年11月29日～12月1日	モノづくりマッチングjapan2017 3D造形技術展	日刊工業新聞社	協賛	東京都	東京ビッグサイト
164	平成29年11月29日～12月2日	国際ロボット展	日本ロボット工業会	出展	東京都	東京ビッグサイト

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
165	平成29年11月29日～12月1日	システムコントロールフェア/計測展2017TOKYO	日本電機工業会、日本電気制御機器工業会、日本電気計測機器工業会	協賛	東京都	東京ビッグサイト
166	平成29年12月4日～12月8日	第43回(2017年) 感覚代行シンポジウム、および併催研究会	感覚代行研究会	共催	東京都	産総研 臨海副都心センター別館
167	平成29年12月6日～12月7日	第39回風力エネルギー利用シンポジウム	日本風力エネルギー学会	後援	東京都	科学技術館サイエンスホール
168	平成29年12月7日	精密工学会中国四国支部(香川地区)講習会	精密工学会中国四国支部	共催	香川県	産総研 四国センター
169	平成29年12月11日～12月12日	2017ポストベタスケールシステムソフトウェアに関するJST CREST 国際シンポジウム	科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業CREST	後援	東京都	秋葉原コンベンションホール
170	平成29年12月12日	第2回EUV-FELワークショップ	EUV-FEL光源産業化研究会、高エネルギー加速器研究機構	共催	東京都	中央大学駿河台記念館
171	平成29年12月13日	第392回講習会第25回最先端の研究室(工場)めぐり	精密工学会	協賛	茨城県	日立ハイテクノロジーズ那珂地区
172	平成29年12月14日～12月15日	未来2018	日本総合研究所	協賛	大阪府	リーガロイヤルホテル大阪
173	平成29年12月15日	サイエンス&イノベーションフォーラム in Fukuoka	内閣府、福岡市、九州大学、理化学研究所、九州先端科学技術研究所	後援	福岡県	電気ビルみらいホール
174	平成29年12月15日	グリーン・イノベーション研究成果企業化促進フォーラム	関西広域連合	後援	大阪府	ナレッジキャピタルコングレココンベンションセンター
175	平成29年12月16日	平成29年度福島大学研究・地域連携成果報告会	福島大学	後援	福島県	会津ワシントンホテル
176	平成29年12月19日～12月20日	第26回微粒化シンポジウム	日本液体微粒化学会	後援	東京都	産総研 臨海副都心センター別館
177	平成29年12月19日	IoTワークショップコンテンツ「WINK2017」	WINK2017実行委員会	協賛	大阪府	グランフロント大阪タワーC
178	平成29年12月20日～12月22日	第18回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会	第18回システムインテグレーション部門講演会実行委員会	協賛	宮城県	仙台国際センター
179	平成29年12月26日	平成29年度再生可能エネルギー関連産業の成長を牽引する中核的専門人材の養成成果報告会	福島大学地域創造支援センター	後援	福島県	郡山市民交流プラザ
180	平成30年1月18日	第16回高分子ナノテクノロジー研究会講座	高分子学会	協賛	東京都	産総研 臨海副都心センター別館
181	平成30年1月18日	産学官金連携フェア 2018 みやぎ	みやぎ産業振興機構	共催	宮城県	仙台国際センター
182	平成30年1月18日	福岡大学新春産学官技術交流会2018	福岡大学	後援	福岡県	福岡大学
183	平成30年1月19日	理研シンポジウム第10回：技能継承フォーラム「ものづくり技能継承の現状と展望」	理化学研究所	協賛	埼玉県	理化学研究所和光研究所

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
184	平成30年1月20日	企画展「2016年熊本地震活断層に備えよう」	中津川市鉱物博物館	後援	岐阜県	中津川市鉱物博物館
185	平成30年1月22日	シンポジウム「物理探査を維持管理や防災にどう活かすのか」	土木研究所	後援	茨城県	土木研究所つくば中央研究所
186	平成30年1月24日	かがわ糖質バイオフォーラム第10回シンポジウム	かがわ産業支援財団	後援	香川県	かがわ国際会議場
187	平成30年1月24日	JIEP官能検査システム化研究会第10回公開研究会	エレクトロニクス実装学会、官能検査自動化研究会	協賛	東京都	回路会館
188	平成30年1月26日	つくば医工連携フォーラム2018	つくば医工連携フォーラム	後援	茨城県	産総研 つくばセンター
189	平成30年2月1日	いばらき対日投資セミナー	茨城県	後援	東京都	秋葉原UDX
190	平成30年2月1日	平成29年度第3回次世代ものづくり技術セミナー	ひろしまアディティブ・マニファクチャリング研究会	後援	広島県	東広島芸術文化ホールくらら
191	平成30年2月1日	第2回J-TECH STARTUP SUMMIT	TXアントレプレナーパートナーズ	後援	東京都	霞が関プラザホール
192	平成30年2月2日	第7回全国組込み産業フォーラムおよび地域連携セミナー	組込みシステム産業振興機構	共催	熊本県	崇城大学池田キャンパス
193	平成30年2月8日	SATテクノロジー・ショーケース2018	茨城県科学技術振興財団	共催	茨城県	つくば国際会議場
194	平成30年2月8日	福島県水素利用シンポジウム2018inなみえ	福島県	後援	福島県	浪江町地域スポーツセンター
195	平成30年2月9日	第8回次世代ユビキタス・パワーエレクトロニクスのための信頼性科学ワークショップ	北九州市環境エレクトロニクス研究所	後援	福岡県	北九州学術研究都市
196	平成30年2月9日	平成29年度関西支部セミナー	日本表面科学会関西支部	共催	大阪府	産総研 関西センター
197	平成30年2月14日～2月16日	nano tech 2018第17回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議	nano tech 実行委員会	後援	東京都	東京国際展示場東
198	平成30年2月15日～2月16日	京都産学公連携フォーラム2018	京都工業会	後援	京都府	京都パルスプラザ
199	平成30年2月15日	平成29年度先導技術交流会シンポジウム	研究産業・産業技術振興協会	後援	東京都	機械振興会館
200	平成30年2月16日	化学物質の安全管理に関するシンポジウムー多種多様な化学物質群への新たなリスク管理の方向性ー	化学物質の安全管理に関するシンポジウム実行委員会	共催	東京都	中央合同庁舎第8号館
201	平成30年2月16日	先端加工技術講演会「中小企業で活用できるIoT技術の最前線」	先端加工機械技術振興協会	後援	東京都	霞山会館
202	平成30年2月17日	日本第四紀学会主催シンポジウム「改めて問う“縄文海進”とは何か？」	日本第四紀学会	共催	東京都	明治大学駿河台キャンパス
203	平成30年2月20日	めぶきものづくり企業フォーラム2018技術商談会	常陽銀行	後援	茨城県	つくば国際会議場
204	平成30年2月21日	第12回企業情報交換会inいちのせき	岩手県南技術研究センター	後援	岩手県	一関市総合体育館
205	平成30年2月27日	出張授業、平成29年度「サイエンスQQ」収録	筑波研究学園都市交流協議会	主催	茨城県	つくば市立桜学園栗原小学校

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との関わり	開催地	
					会場都道府県	会場名
206	平成30年2月28日～ 3月2日	スマートエネルギー WEEK2018	リードエグジビション ジャパン	出展	東京都	東京ビッグサイト
207	平成30年3月2日	くまもと産業復興支援プロ ジェクトフォーラム2018	熊本大学、熊本地方 COC+推進協議会	共催	熊本県	グランメッセ熊本
208	平成30年3月2日～ 3月4日	2017年度微生物学リファ レンスセンター研究集会	2017年度微生物学リ ファレンスセンター研 究集会 大会実行委員会	共催	茨城県	産総研 つくば センター
209	平成30年3月3日～ 5月27日	平成29年度春の展示「とこ ろ変われば備えも変わる あなたの街と自然災害」	千葉県立中央博物館	後援	千葉県	千葉県立中央博 物館
210	平成30年3月8日～ 3月11日	J-DESC コアスクール・コ ア解析基礎コース	日本地球掘削科学コン ソーシアム	共催	高知県	高知大学高知コ アセンター
211	平成30年3月10日～ 3月11日	サービス学会第6回国内大 会	サービス学会	後援	東京都	明治大学駿河台 キャンパス
212	平成30年3月10日～ 4月15日	地震・活断層巡回展「2016 年熊本地震 活断層に備え よう」	糸魚川市教育委員会文 化振興課	後援	新潟県	フォッサマグナ ミュージアム
213	平成30年3月14日～ 3月16日	「災害の軽減に貢献するた めの地震火山観測研究計 画」平成29年度成果報告シ ンポジウム	災害の軽減に貢献する ための地震火山観測研 究計画成果報告シンポ ジウム実行委員会	後援	東京都	東京大学
214	平成30年3月17日～ 5月27日	島根県立三瓶自然館春期企 画展「火山のチカラ」	しまね自然と環境財団	後援	島根県	島根県立三瓶自 然館別館
215	平成30年3月22日～ 3月24日	Japan Drone 2018	日本UAS 産業振興協議 会	後援	千葉県	幕張メッセ

3) 見 学

平成29年度見学視察対応件数（所属別）

所属名	件数
創エネルギー研究部門	40
電池技術研究部門	20
省エネルギー研究部門	36
環境管理研究部門	27
安全科学研究部門	8
太陽光発電研究センター	11
再生可能エネルギー研究センター	137
先進パワーエレクトロニクス研究センター	13
創薬基盤研究部門	14
バイオメディカル研究部門	38
健康工学研究部門	12
生物プロセス研究部門	51
創薬分子プロファイリングセンター	20
情報技術研究部門	15
人間情報研究部門	62
知能システム研究部門	44
自動車ヒューマンファクター研究センター	25
ロボットイノベーション研究センター	36
人工知能研究センター	81
機能化学研究部門	12
化学プロセス研究部門	37
ナノ材料研究部門	29
無機機能材料研究部門	11
構造材料研究部門	6
触媒化学融合研究センター	19
ナノチューブ実用化研究センター	15
機能材料コンピューショナルデザイン研究センター	4
磁性粉末冶金研究センター	2
ナノエレクトロニクス研究部門	97
電子光技術研究部門	26
製造技術研究部門	25
スピントロニクス研究センター	5
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	15
先進コーティング技術研究センター	10
集積マイクロシステム研究センター	8
活断層・火山研究部門	15
地圏資源環境研究部門	17
地質情報研究部門	24
地質情報基盤センター	366
工学計測標準研究部門	58
物理計測標準研究部門	47
物質計測標準研究部門	31
分析計測標準研究部門	27
計量標準普及センター	27
エネルギー・環境領域	25
生命工学領域	11
情報・人間工学領域	34
材料・化学領域	13
エレクトロニクス・製造領域	12
地質調査総合センター	29
計量標準総合センター	12
役員	74

所属名	件数
フェロー	4
企画本部	81
イノベーション推進本部	163
TIA 推進センター	16
環境安全本部	5
総務本部	6
コンプライアンス推進本部	1
北海道センター	35
東北センター	10
福島再生可能エネルギー研究所	238
つくばセンター	8
臨海副都心センター	100
中部センター	1
関西センター	28
中国センター	1
四国センター	6
九州センター	9
総計	2,545

5) 【イノベーション推進本部】

(Research and Innovation Promotion Headquarters)

所在地：つくば中央第1

人 員：19名（17名）

概 要：

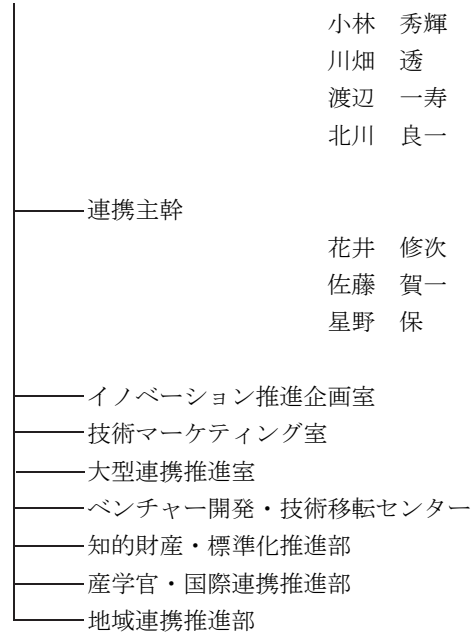
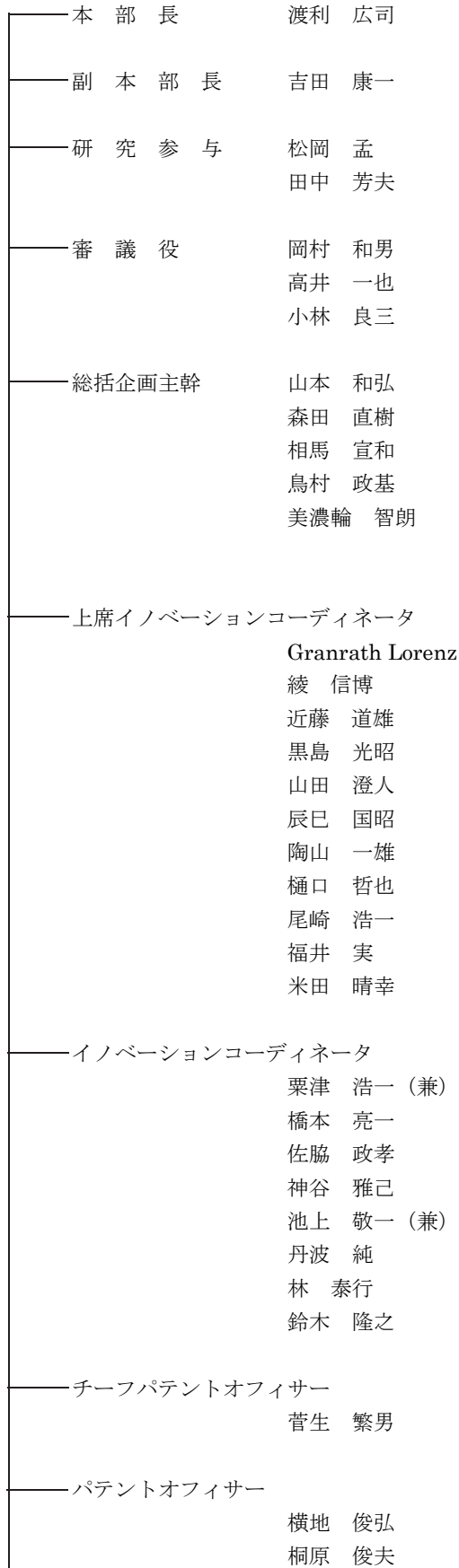
イノベーション推進本部は、産学官連携、知的財産の活用、国際標準の推進、ベンチャー創出・支援、国際連携、地域創生などの業務を、一体的かつ密接に連携して実施する。特に、マーケティング力の強化、企業や大学との連携強化、戦略的な知的財産マネジメント、地域イノベーションの推進に重点的に取り組み、橋渡し機能の強化に努めている。

さらに、企業などの外部機関とのインターフェースとなって連携のコーディネートを行う「上席イノベーションコーディネータ」や「イノベーションコーディネータ」を配置し、また、知的財産アセットの戦略的な構築、そのための知的財産施策、テーマ強化に向けた知的財産支援などを担う「チーフパテントオフィサー」や「パテントオフィサー」も配置し、本部、領域、研究ユニットが一体となって外部との連携を推進する体制をとっている。

本部はこの体制の下、産業技術に関する産業界や社会からの多様なニーズを迅速かつ的確に捉え、有望な技術シーズの発掘と育成、研究開発プロジェクトの企画立案と推進・支援、さらには中小、中堅企業支援や新産業の創出に貢献する。

機構図 (2018/3/31現在)

[イノベーション推進本部]



①【イノベーション推進企画室】

(Research and Innovation promoting planning Office)

所在地：つくば中央第1

人 員：10名 (6名)

概 要：

イノベーション推進本部の各部を統括し、イノベーション推進戦略の策定並びにこれに基づいた施策の企画及び立案、総合調整を行う。イノベーション推進企画室の平成29年度における主な活動は、次のとおりである。

- ・所内競争的資金について、企画本部と協力して事務局をつとめ、戦略予算、理研一産総研「チャレンジ研究」の採択等の調整を行った。
- ・連携拡大を目的として、主に経営層を対象とした、「テクノブリッジ事業」の一環であるテクノブリッジフェアを開催した。
- ・日本経済新聞社とタイアップして産業界と議論を行う「日本を元気にする産業技術会議」では、産総研の技術シーズや国際標準化戦略、ベンチャー支援等をテーマとした計3回のシンポジウム等を開催した。
- ・産学官連携功労者表彰（内閣府主催）においては、産総研内の事務局を担当した。推薦案件1件が内閣総理大臣賞を、2件が経済産業大臣賞を受賞した。
- ・論文数の向上を目的とした産総研論文賞の事務局を運営した。7領域より計17件の推薦があり、その中から受賞論文4件が採択された。
- ・産総研の研究成果を活用して事業を行う民間企業等に、産総研の研究施設等の使用を認め、3事業が実施された。
- ・産総研が参画する19の技術研究組合により、産業界・大学との連携及び外部資金プロジェクトの推進

を図った。技術研究組合に関する運営方針の取り決めや、事務手続きに関する総合調整を行った。

 機構図（2018/3/31現在）

[イノベーション推進企画室]

室長（兼）	美濃輪 智朗
総括主幹	関根 重幸
室長代理	沼山 政彦

②【技術マーケティング室】
 (Technology Marketing Office)

 所在地：つくば中央第1

人員：5名

概要：

産総研の研究成果を社会に普及するため、イノベーションコーディネータとともに領域や地域センターを跨ぐ横断的なマーケティング活動を行い、企業との連携の強化、拡大を推進している。

平成29年度における主な活動は、次のとおりである。

- 産総研の技術ポテンシャルを活かした指導助言等を有償で提供する「技術コンサルティング制度」の活用を進めた。特に、イノベーション推進本部と各領域のイノベーションコーディネータが協力して、コンセプト共創型技術コンサルティングを推進することで、新たな産業分野の企業との包括的な組織的連携を実現した。
- イノベーションコーディネータとともに、企業ニーズを分析したうえで、産総研全体として企業に提案する横断的なマーケティング活動を行った。また、企業連携のケーススタディや領域の収集したマーケティング情報を、技術マーケティング会議等の開催を通じて共有を進めた。

 機構図（2018/3/31現在）

[技術マーケティング室]

室長（兼）	辰巳 国昭
総括企画主幹（兼）	鳥村 政基
連携主幹（兼）	花井 修次
室長代理	佐々木 貴広

③【大型連携推進室】
 (Large-Scale Collaboration Office)

 所在地：つくば中央第1

人員：3名（兼務）

概要：

大型連携推進室では、連携研究室及び連携研究ラボの設置、その他の企業との連携（以下「大型連携」という。）を推進する上で必要となる企画、立案及び連携制度の整備並びに総合調整を行う。

平成29年度における主な活動は、次のとおりである。

- 平成29年度、新たに3件の連携研究室、連携研究ラボを設置し、既存の連携研究室、連携研究ラボと併せ合計8件の大型連携の運営・管理を行った。
- 新たな大型連携の開拓に向けて、企業ニーズ分析・分野横断的なマーケティング活動を行うとともに、連携研究室・連携研究ラボの設置スキームを整理する等、円滑な受け入れ体制の整備を実施した。

 機構図（2018/3/31現在）

[大型連携推進室]

室長（兼）	辰巳 国昭
総括企画主幹（兼）	鳥村 政基

④【ベンチャー開発・技術移転センター】
 (Innovation Center for Technology Transfer and Startups)

 所在地：つくば中央第1

人員：13名（2名）

概要：

ベンチャー開発・技術移転センターは、産総研の革新的な技術シーズを事業化に繋ぐ「橋渡し」の出口の強化を図ることをミッションとして、産総研技術の事業化支援（ハンズオン支援）及びベンチャー創業とライセンス実績の強化を推進している。

産業界への技術移転においては、技術移転マネージャーを中心に、産業界の技術ニーズや事業化戦略の動向等を把握し、研究現場と連携して、既存企業への知的財産のライセンス等の技術移転を実施している。ベンチャーによる事業化においては、「スタートアップ開発戦略タスクフォース」（以下、タスクフォース）によるベンチャー企業を創出する取組みと産総研ベンチャー技術移転促進措置実施規程に基づく創出後支援を柱に、産総研技術移転ベンチャーの創出推進と、ベンチャーの企業価値及び収益の向上のための支援を実施している。

機構図 (2018/3/31現在)

[ベンチャー開発・技術移転センター]

— センター長	高井 一也
— 総括主幹	小池 英明
— 総括主幹	宮本 健一
— スタートアップ・アドバイザー 技術移転マネージャー	
— [事業企画グループ] グループ長	河野 昭宏
— [事業化推進グループ] グループ長	宮本 英明
— [事業支援グループ] グループ長	小林 光司

 スタートアップ・アドバイザー (Start-up Advisor)
 (つくば中央第1)

概要:

産総研内のベンチャー化に適した技術シーズを発掘するとともに、タスクフォースを統括し、ベンチャー創業に向けて必要な研究開発やビジネスモデルの策定・検証、マーケティング、顧客開拓及び資金調達活動等を行っている。必要に応じて、産総研の職を離れ、創業後の企業経営に参画する。また、既存の産総研技術移転ベンチャーの事業支援として、ビジネスモデルのブラッシュアップ、イグジット戦略、販路開拓及び資金調達等に関する支援を行っている。

技術移転マネージャー

(Technology Licensing Manager)
 (つくば中央第1)

概要:

産総研の研究成果の社会への普及を推進するため、知財アセット構築に関する知的財産戦略の策定、産業界における技術ニーズおよび事業化戦略の動向等に関する情報の収集、技術移転のマーケティング活動、ライセンス交渉及び契約締結等に関する業務を行っている。

事業企画グループ (Business Planning Group)

(つくば中央第1)

概要:

ベンチャー開発・技術移転センターの活動に係る企画・立案、活動に伴う総合調整、予算の管理及びベンチャー企業創出の支援を行っている。

具体的には、タスクフォースの運営管理に関する業務、有望な産総研技術移転ベンチャー及びタスクフォースを部署横断的に支援する「AIST ハンズオン支援チーム (HOST)」の運営、産総研内部の人材育成や意識改革を図るために、ベンチャー創出に関する職員向け研修やセミナーの企画・運営、さらに、成果の発信のための広報活動を行っている。

事業化推進グループ (Technology Transfer Group)

(つくば中央第1)

概要:

産総研の研究成果を社会に普及するため、技術移転マネージャーと連携し、保有する知的財産のライセンス等の技術移転を推進している。

具体的には、研究成果の産業化に向けた技術移転戦略の構築、産業界における技術ニーズおよび事業化戦略の動向等に関する情報の収集、秘密保持契約等の交渉及び締結事務、マーケティング活動、ライセンス交渉および契約締結、ライセンス収入の徴収・管理、産総研技術移転ベンチャーへの知的財産に関する支援等に関する業務を行っている。

事業支援グループ (Business Support Group)

(つくば中央第1)

概要:

産総研技術移転ベンチャーを対象として、創業を行うおとする者及び技術移転を受けた者等に対する支援、並びに出資に係る総合調整に関する業務を行っている。

具体的には、産総研の知的財産を用いて起業を希望する者からの事業プラン、資金調達及び販路開拓等、創業前後に関する相談等にグループ員、専門家により対応すると共に、外部機関を活用してベンチャーの企業価値及び収益向上のための支援を行っている。

また、「産総研ベンチャー技術移転促進措置実施規程」に基づく称号付与及び技術移転促進措置の実施に関する事務を行う。併せて、産総研内外と連携し新たな支援策の創出を図っている。

平成 29 年度実績

○技術移転

表1 平成29年度技術移転関連統計

実施契約等件数	1,091件
技術移転収入	422百万円

○スタートアップ開発戦略タスクフォース

- ・ベンチャー創出・支援研究事業 6件
- 新規案件 2件
- 継続案件 4件

○産総研技術移転ベンチャー

- ・産総研技術移転ベンチャー企業数
- 新規 5社 (累計138社)
- ・技術移転促進措置対象期間中ベンチャー企業数
- 18社 (2018年3月31日現在)
- ・産総研技術移転ベンチャーのうち、スタートアップ開発戦略タスクフォース発ベンチャー企業数
- 新規 2社 (累計52社)

○研修

- 産総研／Beyond Next Ventures 株式会社／武田薬品工業株式会社／大和ハウス工業株式会社／日本アイ・ビー・エム株式会社
ベンチャー創出セミナー（2017年5月30日）
実施回数：1回（87名が参加）
- みずほ証券セミナー（2017年11月6日）

「現在までのテクノロジーの動向分析からみる今後15年の潮流」

- 実施回数：1回（94名が参加）
- 米国進出法務セミナー（2017年11月20日）
実施回数：1回（14名が参加）

表2 平成29年度に称号付与した産総研技術移転ベンチャー一覧

	企業名	称号付与年月日	創出元研究ユニット
1	一般社団法人ミニマルファブ推進機構	2017/4/25	ナノエレクトロニクス研究部門
2	Peace and Passion 株式会社	2017/5/25	人間情報研究部門
3	KAUL-Tech 株式会社	2017/8/29	バイオメディカル研究部門
4	株式会社エアメンブレン	2017/10/4	ナノ材料研究部門
5	メルフロンティア株式会社	2017/10/5	製造技術研究部門

○ベンチャー開発・技術移転センターの主催のイベント

- 産総研発ベンチャーTODAY
開催期間：2017年11月21日
開催場所：大手門タワー・JX ビル1階
3×3 Lab Future
参加者数：159名

クエア

- nano tech2018
開催期間：2018年2月14日～2月16日
開催場所：東京ビックサイト

○ベンチャー開発・技術移転センター共催のイベント

- 平成29年度新技術説明会
開催期間：2017年9月21日
開催場所：JST 東京本部別館ホール
参加者数：232名
- つくばビジネスマッチング会
開催期間：2018年2月2日
開催場所：産総研臨海副都心センター別館11階会議室
参加者数：110名
- 協創マッチングフォーラム
開催期間：2018年2月8日
開催場所：かながわサイエンスパーク

参加者数：165名

○展示会・見本市への出展・参加

- P-MEC Japan 2017
開催期間：2017年4月19日～4月21日
開催場所：東京ビッグサイト
- TOKYO イノベーションリーダーズサミット2017
開催期間：2017年10月23日～10月25日
開催場所：虎ノ門ヒルズ
- 未来2018
開催期間：2017年12月14日～15日
開催場所：三井住友銀行本館・東館ライジングス

⑤【知的財産・標準化推進部】

(Intellectual Property and Standardization Promotion Division)

所在地：つくば中央第1

人員：24名（4名）

概要：

産総研の研究成果を社会に普及させることにより、経済及び産業の発展に貢献していくことは、産総研の大きな使命である。このため、知的財産・標準化推進部では、幅広い分野において活用が見込まれる研究成果に係る知的財産権の戦略的な取得を支援し、当該知的財産権を適切に維持・管理するとともに、橋渡し機能の強化に向けて、研究戦略と一体化した戦略的知的財産マネジメントの強化を推進している。また、我が国の産業競争力強化や安心・安全な社会の実現に貢献する標準化活動を支援している。そして、産総研の「知的財産・標準化ポリシー」に沿って、知的財産化と標準化を一体的に推進している。

さらに、職員に対して知的財産や標準化に関する研修や説明会を開催することにより、研究開発やそれにより創製される発明等について、知的財産権及び標準化を強く意識するよう促すとともに、内部弁理士（パテントリエゾン）、技術移転マネージャー、パテントオフィサー、イノベーションコーディネータ及び連携主幹と連携し、産総研内外の知的財産や標準化に関する各種ニーズに対応している。

機構図（2018/3/31現在）

[知的財産・標準化推進部]

部 長	永石 哲也
次 長	渡辺 一寿
審 議 役	国岡 正雄
— [知財・標準化企画室]	室 長 鷺崎 亮
— [知財管理室]	室 長 飯竹 秀行
— [国際標準化室]	室 長 中田 功一

知財・標準化企画室

(Intellectual Property and Standardization Planning Office)

(つくば中央第1)

概 要：

産総研の知的財産及び標準化に関する企画及び立案並びに総合調整を行うとともに、知的財産に係る各種業務や標準化等支援業務を行うことで、職員の知的財産マインドの向上や研究成果の最大化、知的財産化と標準化の一体的推進を図っている。

具体的には、知的財産や標準化に関する研修企画業務、共同研究契約等や技術研究組合の知的財産関連規程等に関する支援業務、知的財産及び標準化に関する支援業務を幅広く行っている。

知財管理室

(Intellectual Property Administration Office)

(つくば中央第1)

概 要：

産総研の研究成果について戦略的かつ効率的に知的財産権を確保するため、研究者が創製した発明等を速やかに国内外の特許庁に対し出願するとともに、特許権、プログラム等著作権、ノウハウを使用する権利等の知的財産権を適切に保護し、管理する業務を行っている。

出願時には、研究者、パテントオフィサー、パテントリエゾン、技術移転マネージャー等と連携し、知的財産を共有する企業や大学等と協力しながら速やかな発明相談対応、共有者との知的財産権持分契約の締結、特許明細書等の作成及び出願等手続を行っている。

特許権等の保護、維持管理にあたっては、「知的財産・標準化ポリシー」等を踏まえた、外国への特許出願の要否判断、国内特許出願の審査請求の要否判断、国内外特許の権利維持の要否判断を審査する特許審査委員会の事務局業務を行っている。

また、特許権等の登録や製品化に係る発明者補償に関する業務も行っている。

産総研平成29年度特許関連統計

国内特許	出願件数	666件
	登録件数	425件
国外特許	出願件数	212件
	登録件数	276件

国際標準化室（International Standards Office）

(つくば中央第1)

概 要：

研究成果の規格化の推進、知的財産活用・標準化に関する活動の支援、ナノテク標準化等の国際標準化活動に関する支援・事務局業務、標準化普及のための広報活動を行っている。

また、標準への適合性評価に関する活動の調査・支援、認証及び認定に関する活動の調査・支援、鉱工業の科学技術に係る依頼試験等の受付、管理及び立ち上げ支援を行っている。

1) 標準提案

標準化を通じた研究成果の普及や社会からの要請への対応のため、標準基盤研究や工業標準化推進事業等の外部制度の活用を通じて、知的財産活用・標準化のために必要な研究を実施している。

平成29年度 標準提案数	計50件
国際標準（ISO、IEC等）	38件
国内標準（JIS、TS）	12件

2) 国際会議の役職者等

産総研の研究者は、ISO等の国際会議の議長、幹事、コンビーナといった役職者や、技術専門家（エキスパート）として審議に貢献している。役職者及び将来の役職者候補への渡航旅費補助などを行い、国際標準化活動を支援している。

議長、幹事、コンビーナ	のべ54人
エキスパート	のべ385人

3) 鉱工業の科学技術に係る依頼試験

産総研の研究成果に基づく試験、分析、校正を有料で実施している。

平成29年度 依頼試験実施件数	計8件	
材料及び製品の試験	火薬類の試験	4件
糖鎖分析	定量的糖鎖結合特異性評価	1件
基準太陽電池セル校正	一次基準太陽電池セルの校正	3件

平成29年度ユニット別出願件数（届出時のユニット名）

(2018/3/31現在)

研究ユニット	29年度国内出願件数			29年度外国出願件数			29年度外国基礎出願件数		
	単	共	計	単	共	計	単	共	計
太陽光発電研究センター	7	3	10	1	2	3	1	1	2
再生可能エネルギー研究センター	4	12	16	0	0	0	0	0	0
先進パワーエレクトロニクス研究センター	30	27	57	5	8	13	4	4	8
創エネルギー研究部門	13	16	29	2	1	3	2	1	3
電池技術研究部門	16	10	26	6	7	13	6	6	12
省エネルギー研究部門	6	2	8	2	0	2	2	0	2
環境管理研究部門	10	4	14	1	5	6	1	3	4
安全科学研究部門	0	0	0	0	0	0	0	0	0
窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリ	0	1	1	0	0	0	0	0	0
創薬分子プロファイリング研究センター	3	2	5	1	1	2	1	1	2
創薬基盤研究部門	2	9	11	2	1	3	2	1	3
バイオメディカル研究部門	17	12	29	3	5	8	3	4	7
健康工学研究部門	9	6	15	2	1	3	2	1	3
生物プロセス研究部門	5	7	12	2	5	7	2	3	5
自動車ヒューマンファクター研究センター	1	0	1	1	3	4	1	1	2
ロボットイノベーション研究センター	1	0	1	3	0	3	3	0	3
人工知能研究センター	5	8	13	3	1	4	3	1	4
情報技術研究部門	4	1	5	3	1	4	3	1	4
人間情報研究部門	17	9	26	4	1	5	4	1	5
知能システム研究部門	6	4	10	1	0	1	1	0	1
触媒化学融合研究センター	22	8	30	8	10	18	8	8	16
ナノチューブ実用化研究センター	5	1	6	1	4	5	1	3	4
磁性粉末冶金研究センター	9	2	11	1	1	2	1	1	2
機能化学研究部門	13	2	15	2	1	3	2	1	3
化学プロセス研究部門	27	27	54	0	3	3	0	2	2
ナノ材料研究部門	9	10	19	6	3	9	6	2	8
無機機能材料研究部門	21	8	29	5	0	5	5	0	5
構造材料研究部門	16	18	34	6	2	8	6	2	8
先端オペランド計測技術オープンイノベーションラボラトリ	1	0	1	0	0	0	0	0	0
スピントロニクス研究センター	4	6	10	3	2	5	3	2	5
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	13	8	21	1	0	1	1	0	1
先進コーティング技術研究センター	7	5	12	6	4	10	4	3	7
集積マイクロシステム研究センター	7	2	9	0	2	2	0	2	2
ナノエレクトロニクス研究部門	14	3	17	4	8	12	4	3	7
電子光技術研究部門	17	16	33	17	3	20	15	3	18
製造技術研究部門	11	12	23	5	1	6	5	1	6
地圏資源環境研究部門	2	2	4	0	0	0	0	0	0
地質情報研究部門	0	2	2	0	0	0	0	0	0
工学計測標準研究部門	2	4	6	1	1	2	1	1	2
物理計測標準研究部門	16	5	21	7	1	8	7	1	8
物質計測標準研究部門	6	2	8	3	2	5	3	2	5
分析計測標準研究部門	6	6	12	4	0	4	4	0	4
合計	384	282	666	122	90	212	117	66	183

※外国基礎出願件数：外国出願を行う基礎となった国内出願の件数。

平成29年度研究領域別登録件数（登録時の研究領域）

(2018/3/31現在)

領域	国内			外国		
	単願	共願	合計	単願	共願	合計
エネルギー・環境領域	46	70	116	24	45	69
生命工学領域	24	19	43	24	22	46
情報・人間工学領域	15	7	22	3	4	7
材料・化学領域	62	42	104	32	38	70
エレクトロニクス・製造領域	64	44	108	48	23	71
地質調査総合センター	2	4	6	0	0	0
計量標準総合センター	12	14	26	10	3	13
合計	225	200	425	141	135	276

⑥【産学官・国際連携推進部】

(Collaboration Promotion and International Affairs Division)

所在地：つくば中央第1

人員：51名（8名）

概要：

産業界、大学、公的研究機関、海外機関等と産総研の連携推進および人材交流の促進を通して、第四期中長期計画における取組みの大きな柱である「橋渡し機能の強化」に貢献することを目的とした活動を行っている。具体的には、産学官が一体となって研究開発や実用化等を推進するために、共同研究や受託研究をはじめとした各種産学官連携制度の企画・立案および各種契約の適切な締結、および執行を行う。また、外部資金に関するコンプライアンスの推進、海外機関との連携に伴う海外活動の支援や、試料や技術の提供を適切に行うための安全保障輸出管理業務を行っている。

機構図（2018/3/31現在）

[産学官・国際連携推進部]

部長 酒井 夏子

次長 栗津 浩一

審議役 今井 寛

矢吹 聡一

部総括 榊原 修

—[連携企画室]

室長（兼）相馬 宣和

—[国際連携室]

室長（兼）山本 和弘

総括主幹 古明地 勇人

総括主幹 椎名 隆亮

総括主幹 高橋 暁

総括主幹 橋本 佳三

総括主幹 村井 保夫

総括主幹 森本 慎一郎

—[共同研究支援室]

室長 三塚 順

—[プロジェクト支援室]

室長 青柳 岳彦

—[連携管理室]

室長 徳田 澄男

総括主幹 柳堀 昭

連携企画室

(Planning Office)

(つくば中央第1)

概要：

産学官連携、国際連携活動全般の企画および立案を行うとともに、産学官・国際連携推進部全体の業務を円滑に推進するための総合調整を行っている。国内機関、海外機関との連携協定の締結に関すること、産総研コンソーシアムの設立手続に関すること、イノベーションコンソーシアム型などの大型共同研究の実施に係る調整等の業務を行っている。また、連携大学院協定の締結や、優秀な大学院生を研究開発プロジェクトに参画させるリサーチアシスタント制度等の人材受入制度を所掌し、運用の支援や改善に努めている。

国際連携室

(Global Collaboration Office)

(つくば中央第1)

概要：

海外の主要研究機関等との研究ネットワークを構築・強化し、国際研究協力や人材交流を推進している。具体的には、研究協力覚書等の締結により、組織的連携を強化し、研究者の派遣・招へい制度、海外派遣型マーケティング人材育成事業（人事部に協力）等による国際的な人材交流を推進している。また、産総研に来訪する海外要人の視察対応や、産総研幹部の海外研究機関への往訪支援、世界研究機関長会議の開催、ワークショップの企画・運営などを通して、産総研の国際プレゼンス向上および研究連携の推進・拡大に寄与している。

さらに、外国為替および外国貿易法および関係法令等を確実に遵守するため、産総研の安全保障輸出管理体制の整備・輸出管理・監査・教育を実施している。

共同研究支援室

(Collaborative Research Support Office)

(つくば中央第1)

概要：

産総研における外部機関との連携、技術移転等を図るための共同研究に係る業務を行うとともに、「人」と「場」を活用した産学官連携活動を推進するため、技術研究組合からの研究員等の受入に関する覚書締結および技術研究組合事業に参加する職員に関する覚書締結等の支援業務を行っている。また、平成27年度より、産総研が蓄積する技術ポテンシャルを基に行う知見の教授等の橋渡しを実施するために新設した技術コンサルティング契約に係る業務を行っている。

プロジェクト支援室

(National Project Support Office)

(つくば中央第1)

概要：

産総研における研究成果の普及、技術移転等を図るための受託研究および請負研究並びに産総研から

他機関への委託研究に係る契約事務等の業務を行うとともに、受託研究および研究助成金等外部からの研究資金受入のための支援業務を行っている。

連携管理室

(Inspection and Administration Office)

(つくば中央第1)

概要：

受託研究、個人助成金等の外部研究資金について、その適正な執行を確保するため、職員説明会の開催、自主点検等の実施を通じ、産総研における外部研究資金のコンプライアンス向上に努めている。また、外部研究資金に係るルールの整備、相談窓口の設置およびマニュアルの整備等により研究者による円滑な事務手続を支援している。

産業技術総合研究所

1. 国内機関等との連携

1) 共同研究

企業、大学や公設研究所などと産総研が、共通のテーマについて対等な立場で共同して研究を行う制度である。

表1 共同研究ユニット別件数一覧

平成30年3月31日現在

領域	研究ユニット	大学	独法等	大企業	中小企業	国等	その他	合計
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	15	5	19	5			44
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	14	2	42	6	1		65
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	37	9	43	5		1	95
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	19	7	26	16	4		72
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	12	6	26	5			49
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	32	6	25	3	3		69
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター	30	3	37	35	2	1	108
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	22	11	73	15	1		122
生命工学領域	創薬基盤研究部門	53	11	19	17		1	101
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	73	16	64	45	7		205
生命工学領域	健康工学研究部門	49	6	23	29	12		119
生命工学領域	生物プロセス研究部門	55	23	15	16	4		113
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター	30	24	18	4			76
情報・人間工学領域	情報技術研究部門	2		19	5			26
情報・人間工学領域	人間情報研究部門	38	10	61	22	1		132
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	19	4	24	17	3		67
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター	11	2	28		1		42
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター	10	6	8	4	1		29
情報・人間工学領域	人工知能研究センター	20	19	37	11	1		88
材料・化学領域	機能化学研究部門	40		40	10	4		94
材料・化学領域	化学プロセス研究部門	35	7	52	15	1		110
材料・化学領域	ナノ材料研究部門	40	6	24	11	2	2	85
材料・化学領域	無機機能材料研究部門	29	3	51	13	2		98
材料・化学領域	構造材料研究部門	27	3	31	28	4		93
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター	28	4	26	7	1		66
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター	11		8	1			20
材料・化学領域	機能材料コンピューテーショナルデザイン研究センター	2		20	1			23
材料・化学領域	磁性粉末冶金研究センター	11		10	2	1		24
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門	56	21	33	17		3	130
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	72	7	35	18	2		134
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門	23	6	34	21	5		89
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター	4		8				12
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター	11	3	14	10	1		39
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター	12	4	23	4	5		48
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター	6	6	35	18	4		69
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	9	5	2	1	4		21
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	3	9	25	4	3	3	47
地質調査総合センター	地質情報研究部門	5	8	4	4	5		26
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門	12	5	21	12	1		51
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門	18	11	18	14	2		63
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	17	11	37	20	1	1	87
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門	30	16	25	12	1		84
	小計	1,042	305	1,183	503	90	12	3,135
その他	フェロー、本部・事業組織等	26	3	39	5		2	75
	合計	1,068	308	1,222	508	90	14	3,210

※国内案件のみ

※区分の定義

独法等：特殊法人、公益法人を含む

国等：国、自治体、公設試を含む

2) 技術コンサルティング

産総研の技術的なポテンシャルを活かして、有償の指導助言等を行うための制度である。

表2 技術コンサルティングユニット別件数一覧

平成30年3月31日現在

領域	研究ユニット	大学	独法等	大企業	中小企業	国等	その他	合計
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門			7				7
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門							
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門			7	1			8
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門			10	6			16
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門		2	8	1	1		12
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター			7			1	8
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター				1			1
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター			3	1			4
生命工学領域	創薬基盤研究部門							
生命工学領域	バイオメディカル研究部門			12	1			13
生命工学領域	健康工学研究部門			3				3
生命工学領域	生物プロセス研究部門			2	2			4
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター			4				4
情報・人間工学領域	情報技術研究部門			6				6
情報・人間工学領域	人間情報研究部門			7	3			10
情報・人間工学領域	知能システム研究部門			1	1			2
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター							
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター	1	2	6				9
情報・人間工学領域	人工知能研究センター			13				13
材料・化学領域	機能化学研究部門			11				11
材料・化学領域	化学プロセス研究部門			5	1			6
材料・化学領域	ナノ材料研究部門			3				3
材料・化学領域	無機機能材料研究部門		1	3				4
材料・化学領域	構造材料研究部門			3				3
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター			2				2
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター							
材料・化学領域	機能材料コンピューテーショナルデザイン研究センター			2				2
材料・化学領域	磁性粉末冶金研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門			2	1			3
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門		1	7	1			9
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門		1	8	4			13
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター			2				2
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター			3				3
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門			1		4		5
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門			9	3			12
地質調査総合センター	地質情報研究部門			3	4			7
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門		5	25	16		2	48
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門							
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	1	11	56	32	1	1	102
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門	2	4	12	6			24
	小計	4	27	253	85	6	4	379
その他	フェロー、本部・事業組織等		4	20	5		1	30
	合計	4	31	273	90	6	5	409

※国内案件のみ

産業技術総合研究所

3) 委託研究

産総研で研究するより、産総研以外の者（大学、企業等）に委託した方が、研究の効率性や経済性が期待出来る場合に、産総研以外の者に委託する制度である。

表3 委託研究ユニット別件数一覧

平成30年3月31日現在

領域	研究ユニット	大学	独法等	大企業	中小企業	国等	その他	合計
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	15	4	11	3			33
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	1						1
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	4	2					6
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	4						4
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	4	3		1			8
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	8	1					9
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター	1						1
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	8	1					9
生命工学領域	創薬基盤研究部門	3	1	5	1			10
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	2		1	2	1		6
生命工学領域	健康工学研究部門	5	1		2			8
生命工学領域	生物プロセス研究部門	1						1
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター	2		1	4			7
情報・人間工学領域	情報技術研究部門	2						2
情報・人間工学領域	人間情報研究部門							
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	4		4				8
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター	2						2
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター	3	1		1			5
情報・人間工学領域	人工知能研究センター	22	2	1				25
材料・化学領域	機能化学研究部門	2		1				3
材料・化学領域	化学プロセス研究部門							
材料・化学領域	ナノ材料研究部門		1	2	2	2		7
材料・化学領域	無機機能材料研究部門	1						1
材料・化学領域	構造材料研究部門							
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター	1						1
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター	1						1
材料・化学領域	機能材料コンピュータシミュレーションデザイン研究センター	14	2					16
材料・化学領域	磁性粉末冶金研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門							
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	3			1			4
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門			4	1			5
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター							
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	7				1		8
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	10	2	1		3		16
地質調査総合センター	地質情報研究部門	3		1	1			5
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門	5			1			6
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門				1			1
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門							
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門	1						1
	小計	139	21	32	21	7		220
その他	フェロー、本部・事業組織等	1						1
	合計	140	21	32	21	7		221

※国内案件のみ

事業組織・本部組織業務

4) 受託研究

企業、法人など他機関から産総研に研究を委託する制度である。その成果は委託元で活用できる。委託元の研究者を外来研究員として受け入れることも可能である。

表4 受託研究ユニット別件数一覧

平成30年3月31日現在

領域	研究ユニット	大学	独法等	大企業	中小企業	国等	その他	合計
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	1	9	5	2	5		22
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	1	10	1				12
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門		14	2	1	3	4	24
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門		10	4	3	3		20
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	3	5	1	2	6		17
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	2	7	3		2		14
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター		12	4		4	1	21
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	1	6	1		1		9
生命工学領域	創薬基盤研究部門	4	15			1	1	21
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	3	11	1		3		18
生命工学領域	健康工学研究部門	1	5	5	1	4		16
生命工学領域	生物プロセス研究部門	1	10	1		2		14
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター	3	9	1				13
情報・人間工学領域	情報技術研究部門		7					7
情報・人間工学領域	人間情報研究部門		16	2	1	2		21
情報・人間工学領域	知能システム研究部門		14	2	2	3		21
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター		1					1
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター		6		1	1		8
情報・人間工学領域	人工知能研究センター	1	20	1	1	2		25
材料・化学領域	機能化学研究部門		6	4		1		11
材料・化学領域	化学プロセス研究部門		8	3	1			12
材料・化学領域	ナノ材料研究部門	1	5	2				8
材料・化学領域	無機機能材料研究部門		13			2	1	16
材料・化学領域	構造材料研究部門		3	1	1	2		7
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター	3	4	1				8
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター							
材料・化学領域	機能材料コンピューテーショナルデザイン研究センター	1	6					7
材料・化学領域	磁性粉末冶金研究センター		1		1			2
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門	2	16	6				24
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	2	11		2	3		18
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門	3	6	1	1	4		15
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター		3			2		5
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター		4	1		1		6
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター		2			1		3
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター		8			1		9
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	3	1	2		5		11
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	4	4	2	1	5	2	18
地質調査総合センター	地質情報研究部門		5			4		9
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門	1	1	4	1	2		9
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門		5	8	6	2		21
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	2	7	6	1	1		17
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門		8	6	2	3		19
	小計	43	314	81	31	81	9	559
その他	フェロー、本部・事業組織等	3	6					9
	合計	46	320	81	31	81	9	568

※国内案件のみ

産業技術総合研究所

5) 請負研究

受託研究によることができない研究を他機関からの依頼に応じて産総研が行うものであり、その経費は依頼者に負担していただく。

表5 請負研究ユニット別件数一覧

平成30年3月31日現在

領域	研究ユニット	大学	独法等	大企業	中小企業	国等	その他	合計
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門							
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門							
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門				1	1		2
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門				1			1
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門		1	1			1	3
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	1			2			3
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター							
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター							
生命工学領域	創薬基盤研究部門		1					1
生命工学領域	バイオメディカル研究部門				1			1
生命工学領域	健康工学研究部門							
生命工学領域	生物プロセス研究部門	3		2	2			7
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター							
情報・人間工学領域	情報技術研究部門		1	1				2
情報・人間工学領域	人間情報研究部門		2					2
情報・人間工学領域	知能システム研究部門			1				1
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター			2		1		3
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター							
情報・人間工学領域	人工知能研究センター		1		1			2
材料・化学領域	機能化学研究部門		1	2				3
材料・化学領域	化学プロセス研究部門							
材料・化学領域	ナノ材料研究部門							
材料・化学領域	無機機能材料研究部門							
材料・化学領域	構造材料研究部門			1				1
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター							
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター							
材料・化学領域	機能材料コンピューテーショナルデザイン研究センター							
材料・化学領域	磁性粉末冶金研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門			2				2
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門				1			1
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門		1					1
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター							
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門			2	1			3
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門		1			1		2
地質調査総合センター	地質情報研究部門							
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門		1					1
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門							
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門							
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門		1					1
	小計	4	11	14	10	3	1	43
その他	フェロー、本部・事業組織等							
	合計	4	11	14	10	3	1	43

※国内案件のみ

事業組織・本部組織業務

6) 技術研修/産総研リサーチアシスタント制度

技術研修は外部機関等の研究者、技術者を産総研が受け入れ、産総研の技術ポテンシャルを基に研修を行う制度である。技術研修のうち、リサーチアシスタント制度は、優れた研究開発能力を持ち、自立的に産総研の研究開発プロジェクトの業務に従事できる大学院生を雇用する制度である。

表6 技術研修ユニット別人数一覧

平成30年3月31日現在

領域	研究ユニット	大学	うち RA	独法等	大企業	中小企業	国等	その他	合計
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	23	(3)		8	1			32
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	11			3				14
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	53	(5)	1	2				56
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	21	(1)	1	2	1	1		26
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	19	(2)		16				35
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	25	(2)		5				30
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター	74	(22)			1			75
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	22	(4)						22
生命工学領域	創薬基盤研究部門	23		1		1			25
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	97	(9)		2				99
生命工学領域	健康工学研究部門	48	(4)			2			50
生命工学領域	生物プロセス研究部門	47	(3)					14	61
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター	1	(1)		13				14
情報・人間工学領域	情報技術研究部門	39	(13)						39
情報・人間工学領域	人間情報研究部門	60	(14)						60
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	28	(14)		1	1	2		32
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター	12	(7)						12
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター	18	(1)						18
情報・人間工学領域	人工知能研究センター	76	(14)		2	2			80
材料・化学領域	機能化学研究部門	16	(1)	1			2		19
材料・化学領域	化学プロセス研究部門	31	(2)			3			34
材料・化学領域	ナノ材料研究部門	19	(1)			4			23
材料・化学領域	無機機能材料研究部門	44	(4)						44
材料・化学領域	構造材料研究部門	13	(2)		2				15
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター	28	(11)		1				29
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター	5							5
材料・化学領域	機能材料コンピュータシミュレーションデザイン研究センター	3							3
材料・化学領域	磁性粉末冶金研究センター	8	(4)						8
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門	38	(12)		4				42
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	48	(4)	5	2	1			56
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門	48	(7)		2	4	1		55
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター	10	(4)						10
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター	19	(3)						19
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター	5	(2)						5
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター	22	(1)		1		1		24
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	21	(5)				12		33
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	19	(2)		1				20
地質調査総合センター	地質情報研究部門	17	(10)						17
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門	4	(2)	8					12
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門	8	(4)						8
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	31	(3)		4				35
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門	21	(3)	1	4				26
	小計	1,175	206	18	75	21	19	14	1,322
その他	フェロー、本部・事業組織等	147	51	2		2	3	4	158
	合計	1,322	257	20	75	23	22	18	1,480

※国内案件のみ

産業技術総合研究所

7) 外来研究員

外部機関等の研究者等が産総研において研究を行う際に研究員として受け入れる制度である。

表7 外来研究員ユニット別人数一覧

平成30年3月31日現在

領域	研究ユニット	大学	独法等	大企業	中小企業	国等	その他	合計
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	15					4	19
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	1						1
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	9	1	1			10	21
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	9	5		1	4	10	29
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	8					11	19
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	8	2	2			6	18
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター	8	2	4	1	1	6	22
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	13	4		2		8	27
生命工学領域	創薬基盤研究部門	13	3	6	3	1	5	31
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	27	4	3	2	3	14	53
生命工学領域	健康工学研究部門	21	2		2	8	7	40
生命工学領域	生物プロセス研究部門	4	4		1	1	6	16
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター	6		5	4		1	16
情報・人間工学領域	情報技術研究部門	19	2	1	2		1	25
情報・人間工学領域	人間情報研究部門	40	13	8	1	11	11	84
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	4		1		2	8	15
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター	11	2				1	14
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター	4				2	2	8
情報・人間工学領域	人工知能研究センター	64	11	6	2	3	3	89
材料・化学領域	機能化学研究部門	2			1	8	7	18
材料・化学領域	化学プロセス研究部門	11	1		3		2	17
材料・化学領域	ナノ材料研究部門	13		5	1	1	6	26
材料・化学領域	無機機能材料研究部門			1	1			2
材料・化学領域	構造材料研究部門	3	1			2	3	9
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター	1	2	5				8
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター						1	1
材料・化学領域	機能材料コンピューテーショナルデザイン研究センター	2	2				1	5
材料・化学領域	磁性粉末冶金研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門	9	1		6		18	34
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	10	4		1		11	26
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門	18	3	6	7	2	9	45
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター	3	3				1	7
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター	6	3	1	3	11	3	27
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター	1						1
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター	9			1	1	3	14
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	42	8	2			14	66
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	15		2	1	1	6	25
地質調査総合センター	地質情報研究部門	34	10	1	2	1	22	70
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門	5	1			1	2	9
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門	1					2	3
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	3						3
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門	9	2		1	1	1	14
	小計	481	96	60	49	65	226	977
その他	フェロー、本部・事業組織等	42	21	2	5	71	31	172
	合計	523	117	62	54	136	257	1,149

※国内案件のみ

8) 連携大学院

大学と産総研が協定を結び、産総研研究者が大学から連携大学院教官の発令を受け、大学院生を技術研修生として受け入れ、研究指導等を行う。この制度による大学院生には被指導者であると同時に研究協力者としての側面があり、産総研にとっても研究促進を図ることができる。

(参考：大学院設置基準「第13条第2項 大学院は、教育上有益と認めるときは、学生が他の大学院又は研究所等において必要な研究指導を受ける事を認めることができる。(後略)」)

表8 連携大学院ユニット別派遣教員数および受入学生数

平成30年3月31日現在

領域	研究ユニット	派遣教員数・受入学生数							
		国公立大学			私立大学			教員数計	学生数計
		教授	准教授 他	学生	教授	准教授 他	学生		
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門				4		3	4	3
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	2	2	4	1		1	5	5
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	6	2	13	3		2	11	15
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	1	2	1				3	1
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	1	1					2	
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	3	2		2		3	7	3
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター	1			2			3	
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	5	1	2	3		1	9	3
生命工学領域	創薬基盤研究部門	8	7	4	1			16	4
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	11	11	20	3	3	7	28	27
生命工学領域	健康工学研究部門	4	2		3			9	
生命工学領域	生物プロセス研究部門	14	8	21				22	21
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター	3	2		2	1		8	
情報・人間工学領域	情報技術研究部門	2	2	2	1			5	2
情報・人間工学領域	人間情報研究部門	11	5	14	2			18	14
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	7	1	14	3		4	11	18
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター	2	1	5				3	5
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター	2	1	2		1		4	2
情報・人間工学領域	人工知能研究センター	8	5	14	5	1	5	19	19
材料・化学領域	機能化学研究部門	1	2		1			4	
材料・化学領域	化学プロセス研究部門	5	2		6	1	9	14	9
材料・化学領域	ナノ材料研究部門	5		1	1			6	1
材料・化学領域	無機機能材料研究部門	6		1	6		9	12	10
材料・化学領域	構造材料研究部門	4		2	3			7	2
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター	2	3	10	1		1	6	11
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター	1	1		1			3	
材料・化学領域	機能材料コンピューショナルデザイン研究センター	2			2			4	
材料・化学領域	磁性粉末冶金研究センター	3	1	1				4	1
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門	3			4		1	7	1
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	2	2	3	9		8	13	11
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門	7	2	6	2	1		12	6
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター	1		1	2	1	2	4	3
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター	2			1			3	
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター	2		1	4	1	3	7	4
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター	1						1	
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	3	1					4	
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門				1		2	1	2
地質調査総合センター	地質情報研究部門	2	3					5	
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門				2	1	1	3	1
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門				1		1	1	1
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	1	1		2	2	1	6	1
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門				1		2	1	2
	小計	144	73	142	85	13	66	315	208
その他	フェロー、本部・事業組織等	10	2		3	1		16	
	合計	154	75	142	88	14	66	331	208

産業技術総合研究所

表9 連携大学院大学別派遣教員数および受入学生数

平成30年3月31日現在

No.	地域	国公立 の別	大学名	学科名	派遣教員数・受入学生数			
					教授	准教授他	教員数計	学生
1	北海道	国立	北海道大学	情報科学研究科	1	2	3	2
				生命科学院	4	2	6	9
				総合化学院	2		2	
				農学院	4	4	8	6
2	東北	国立	東北大学	理学研究科	3	2	5	
3	東北	国立	山形大学	理工学研究科	5	1	6	1
4	東北	国立	福島大学	共生システム理工学研究科	2		2	
5	関東	国立	茨城大学	理工学研究科	1	1	2	2
6	関東	国立	筑波大学	システム情報工学研究科	13	7	20	47
				人間総合科学研究科	5	4	9	14
				数理工学物質科学研究科	13	7	20	12
				生命環境科学研究科	5	3	8	8
			筑波大学（協働大学院）	グローバル教育院	2	1	3	
7	関東	国立	宇都宮大学	工学研究科	1		1	
8	関東	国立	群馬大学	理工学府	1	1	2	
9	関東	国立	埼玉大学	理工学研究科	8	2	10	2
10	関東	国立	千葉大学	医学研究院	3		3	
				工学研究科	1		1	
				理学研究院	2		2	
				理学研究科	1		1	
11	関東	国立	東京大学	新領域創成科学研究科	5	7	12	15
12	関東	国立	東京工業大学	環境・社会理工学院	1		1	1
				工学院	2		2	
				情報理工学院	2	1	3	
				物質理工学院	1		1	
13	関東	国立	東京農工大学	工学府	5	2	7	9
14	関東	国立	お茶の水女子大学	人間文化創成科学研究科	1	1	2	
15	関東	国立	横浜国立大学	環境情報研究院		1	1	
16	関東	国立	長岡技術科学大学	工学研究科	2	2	4	
17	関東	公立	首都大学東京	システムデザイン研究科	3	1	4	1
				理工学研究科	4	2	6	
18	関東	公立	横浜国立大学	生命医科学研究科	2		2	
19	中部	国立	金沢大学	自然科学研究科	1	1	2	
20	中部	国立	北陸先端科学技術大学院大学	マテリアルサイエンス研究科	1	1	2	
				先端科学技術研究科	2	1	3	
21	中部	国立	岐阜大学	工学研究科	3		3	
				連合創薬医療情報研究科	1	1	2	
				連合農学研究科	4	4	8	
				自然科学技術研究科	3		3	
22	中部	国立	名古屋大学	工学研究科	2		2	3
23	中部	国立	名古屋工業大学	工学研究科	2		2	1
24	関西	国立	福井大学	工学研究科	1		1	
25	関西	国立	京都工芸繊維大学	工芸科学研究科		1	1	
26	関西	国立	大阪大学	理学研究科	4		4	1
27	関西	国立	神戸大学	工学研究科	4	4	8	4
				人間発達環境学研究科	1	1	2	
28	関西	国立	奈良先端科学技術大学院大学	情報科学研究科	3	1	4	1
29	関西	国立	和歌山大学	システム工学研究科	1		1	
30	中国	国立	広島大学	工学研究科	2	1	3	
				生物圏科学研究科	1	1	2	
				先端物質科学研究科	1	1	2	
31	四国	国立	香川大学	農学研究科	2	1	3	
32	九州	国立	九州大学	総合理工学研究院	2	1	3	2
33	九州	国立	九州工業大学	生命体工学研究科	1		1	
34	九州	国立	佐賀大学	工学系研究科	4		4	1

事業組織・本部組織業務

No.	地域	国公立 の別	大学名	学科名	派遣教員数・受入学生数			
					教授	准教授他	教員数計	学生
35	九州	国立	熊本大学	自然科学研究科	1		1	
36	九州	国立	鹿児島大学	理工学研究科	2	1	3	
国公立大学小計					154	75	229	142
37	東北	私立	東北学院大学	工学研究科	5		5	2
38	関東	私立	東邦大学	理学研究科	8	2	10	5
39	関東	私立	千葉工業大学	工学研究科	1		1	2
40	関東	私立	東京理科大学	基礎工学研究科	5	1	6	9
				理学研究科	3		3	2
				理工学研究科	14	2	16	18
41	関東	私立	東京電機大学	工学研究科	5		5	1
42	関東	私立	芝浦工業大学	理工学研究科	2	1	3	2
43	関東	私立	日本大学	工学研究科	3		3	1
				理工学研究科	1		1	1
44	関東	私立	上智大学	理工学研究科	1		1	
45	関東	私立	立教大学	理学研究科	3		3	1
46	関東	私立	青山学院大学	理工学研究科	1	2	3	1
47	関東	私立	早稲田大学	理工学術院	2	5	7	3
48	関東	私立	東京都市大学	工学研究科	3		3	4
49	関東	私立	明治大学	理工学研究科	5		5	2
50	関東	私立	中央大学	理工学研究科	4		4	1
51	関東	私立	神奈川工科大学	工学研究科	8		8	1
52	中部	私立	金沢工業大学	工学研究科	2		2	
53	中部	私立	大同大学	工学研究科	1		1	
54	中部	私立	中部大学	工学研究科	2		2	2
55	中部	私立	愛知工業大学	工学研究科	2		2	1
56	関西	私立	関西大学	理工学研究科	3		3	2
57	関西	私立	関西学院大学	理工学研究科	3	1	4	5
58	関西	私立	近畿大学	システム工学研究科	1		1	
私立大学小計					88	14	102	66
合計					242	89	331	208

(注) 教授、准教授以外の役職で登録されている場合は准教授とする

9) 依頼出張・受託出張

外部機関からの要請により、研究打ち合わせ、調査、講演等のために、職員が出張する制度である。

表10 依頼・受託出張ユニット別人数一覧

平成30年3月31日現在

領域	研究ユニット	大学	独法等	大企業	中小企業	国等	その他	合計
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	3	4					7
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	4	3	1		3	4	15
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	8	2				3	13
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	1	15	1			1	18
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	1	4			2		7
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	6	10		1	1	3	21
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター	7	1			5	2	15
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	2	1	1			1	5
生命工学領域	創薬基盤研究部門	1		2			2	5
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	8		4	1		30	43
生命工学領域	健康工学研究部門	15	4				1	20
生命工学領域	生物プロセス研究部門	11	9		5		16	41
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター	13			1		1	15
情報・人間工学領域	情報技術研究部門	4	2					6
情報・人間工学領域	人間情報研究部門	6	5			2	1	14
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	1	2			3	1	7
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター	1	2			2		5
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター	2	2			2		6
情報・人間工学領域	人工知能研究センター	5	9	1		5	5	25
材料・化学領域	機能化学研究部門		5			1	1	7
材料・化学領域	化学プロセス研究部門							
材料・化学領域	ナノ材料研究部門		1					1
材料・化学領域	無機機能材料研究部門	3	1					4
材料・化学領域	構造材料研究部門		2			1	1	4
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター	2	2					4
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター	1	1					2
材料・化学領域	機能材料コンピュータシミュレーションデザイン研究センター	6	11			1	4	22
材料・化学領域	磁性粉末冶金研究センター	2	1					3
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門	6	3				1	10
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	13	2			1	1	17
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門	1	10			2		13
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター							
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター	2	1					3
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター							
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	18	6	1		11	7	43
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	2	2				1	5
地質調査総合センター	地質情報研究部門	56	2			1	3	62
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門	12		6			2	20
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門	4	5	1		1		11
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	5	16	1	1	10	10	43
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門		6				4	10
	小計	232	152	19	9	54	106	572
その他	フェロー、本部・事業組織等	14	4	2	1	13	4	38
	合計	246	156	21	10	67	110	610

※国内案件のみ

事業組織・本部組織業務

10) 委員の委嘱

産総研の職員が外部の委員等に就任し、必要とされる情報、アドバイス等の提供を行う。

表11 委員の委嘱ユニット別人数一覧

平成30年3月31日現在

領域	研究ユニット	大学	独法等	大企業	中小企業	国等	その他	合計
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	5	32		1		18	56
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	9	69			3	15	96
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	5	78			5	18	106
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	10	47			5	9	71
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	4	39	1	1	11	36	92
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	7	46	4	1	7	20	85
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター	1	30	1	3	10	28	73
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	3	13			1	2	19
生命工学領域	創薬基盤研究部門	5	7	1	1	2	1	17
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	10	19			1	7	37
生命工学領域	健康工学研究部門	20	38		1	5	15	79
生命工学領域	生物プロセス研究部門	7	12		1	4	7	31
生命工学領域	創薬分子プロファイリング研究センター	8	1					9
情報・人間工学領域	情報技術研究部門	7	68			6	4	85
情報・人間工学領域	人間情報研究部門	15	91	3		12	24	145
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	2	69	10	1	9	10	101
情報・人間工学領域	自動車ヒューマンファクター研究センター	4	19	1		4	1	29
情報・人間工学領域	ロボットイノベーション研究センター	5	47	9	2	8	11	82
情報・人間工学領域	人工知能研究センター	10	40	5		7	6	68
材料・化学領域	機能化学研究部門	4	46		1	2	16	69
材料・化学領域	化学プロセス研究部門	3	24				10	37
材料・化学領域	ナノ材料研究部門	4	20				11	35
材料・化学領域	無機機能材料研究部門	2	50			7	17	76
材料・化学領域	構造材料研究部門	1	46		1		15	63
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター	8	25			3	2	38
材料・化学領域	ナノチューブ実用化研究センター		6				1	7
材料・化学領域	機能材料コンピューテーショナルデザイン研究センター	9	17				2	28
材料・化学領域	磁性粉末冶金研究センター		20					20
エレクトロニクス・製造領域	ナノエレクトロニクス研究部門	6	79			4	13	102
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	12	52			2	2	68
エレクトロニクス・製造領域	製造技術研究部門	3	73	1	1	4	18	100
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター	1	6			1		8
エレクトロニクス・製造領域	フレキシブルエレクトロニクス研究センター	3	6				1	10
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター	3	15			1	2	21
エレクトロニクス・製造領域	集積マイクロシステム研究センター	3	18			1	7	29
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	12	65	1		51	34	163
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	4	53	1	2	15	33	108
地質調査総合センター	地質情報研究部門	5	37	1		18	40	101
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門	1	260			10	10	281
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門		135	2		16	6	159
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	3	124			15	25	167
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門	10	131			5	30	176
	小計	234	2,073	41	17	255	527	3,147
その他	フェロー、本部・事業組織等	43	256	7	5	137	92	540
	合計	277	2,329	48	22	392	619	3,687

※国内案件のみ

2. 海外機関等との連携

1) 海外出張

研究の推進を目的とした職員の海外出張について、平成29年度の出張者総数（国・地域別）は、3,604名。実出張者数（組織別）は、3,395名。分類のカテゴリーは以下のとおり。

産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）…運営費交付金等により行う出張

外部予算による出張…文部科学省科学研究費補助金等、外部予算により行う出張

依頼出張…外部機関からの依頼による出張。依頼元は、公益法人、民間企業、海外の大学・研究機関等。

表12 平成29年度外国出張者数（国・地域別）

国・地域名	人数	計	1.産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2.外部予算による出張	3.依頼出張
アジア・大洋州地域					
インド		94	81	13	
インドネシア		35	9	21	5
韓国		255	146	85	24
カンボジア		7	7		
シンガポール		84	48	35	1
スリランカ		2	2		
タイ		118	88	19	11
台湾		127	81	39	7
中国		267	127	113	27
日本（海外在住）		19	13	6	
ネパール		2		1	1
フィリピン		18	14	3	1
ベトナム		23	17	4	2
マレーシア		33	21	11	1
ミャンマー		4		2	2
モンゴル		4	3	1	
ラオス		12	5	7	
オーストラリア		83	38	42	3
ニュージーランド		19	9	7	3
パプアニューギニア		1	1		
米州地域					
米国		933	458	454	21
カナダ		89	46	43	
アルゼンチン		7	5	2	
チリ		3		3	
プエルトリコ		1	1		
ブラジル		10	2	8	
メキシコ		11	5	6	
ヨーロッパ地域					
アイスランド		1			1
アイルランド		17	4	12	1
イタリア		114	53	52	9
ウクライナ		3	1	2	
英国		184	97	81	6
オーストリア		48	24	21	3
オランダ		76	41	34	1

事業組織・本部組織業務

国・地域名	人数	計	1.産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2.外部予算による出張	3.依頼出張
ギリシア		13	5	7	1
クロアチア		3	1	2	
スイス		83	40	33	10
スウェーデン		45	27	17	1
スペイン		47	30	13	4
スロバキア		5	3	2	
スロベニア		2	1		1
チェコ		32	12	19	1
デンマーク		23	15	7	1
ドイツ		269	139	121	9
ノルウェー		9	1	7	1
ハンガリー		7	1	5	1
フィンランド		24	13	11	
フランス		184	116	63	5
ブルガリア		2		2	
ベルギー		37	20	16	1
ポーランド		13	3	10	
ポルトガル		33	13	20	
マルタ		1	1		
ルーマニア		5	4	1	
ロシア		23	16	5	2
その他					
アラブ首長国連邦		8	7	1	
イスラエル		6	2	4	
ウガンダ		3	3		
ケニア		5	3	2	
サウジアラビア		2	1		1
トルコ		3	3		
南アフリカ		13	2	11	
合 計		3,604	1,929	1,506	169

※1つの出張で数ヶ国にまたがる場合には、それぞれの国にカウントしております。

表13 平成29年度外国出張者数（組織別）

組織別	人数	計	1.産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2.外部予算による出張	3.依頼出張
理事長、理事、フェロー、顧問		36	36		
エネルギー・環境領域		626	290	295	41
生命工学領域		321	181	128	12
情報・人間工学領域		708	293	402	13
材料・化学領域		420	224	177	19
エレクトロニクス・製造領域		446	258	176	12
地質調査総合センター		286	153	105	28
計量標準総合センター		408	269	111	28
本部組織		96	83	11	2
事業組織		23	7	6	10
特別の組織		25	25		
合 計		3,395	1,819	1,411	165

表14 平成29年度外国出張者数（目的別）

目的	人数	計	1.産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2.外部予算による出張	3.依頼出張
国際会議		1,595	896	625	74
学会等		983	489	475	19
動向調査		218	111	101	6
実地調査		117	61	50	6
在外研究		54	39	14	1
共同研究		265	132	123	10
技術協力		52	33	8	11
交渉折衝		64	51	13	
在外研修		9	7	2	
その他		38			38
合 計		3,395	1,819	1,411	165

【各区分の定義】

- 国際会議・学会等：国際会議や学会への参加
 動向調査：海外の大学・研究所・企業等を訪問し、動向を調査
 実地調査：地質調査等の野外における調査
 在外研究：海外の大学・研究所等における研究
 共同研究：海外の大学・研究所等との共同研究の実施
 技術協力：JICA 専門家等として、海外機関における技術協力
 交渉折衝：海外の大学・研究所等における交渉、折衝
 在外研修：海外の大学・研究所等における研修
 その他：上記に属しないもの

2) 外国人研究者受入

研究の推進を目的として、海外の研究機関、大学等から外国人研究者の受け入れを実施している。平成29年度は、149名を受け入れた。

表15 平成29年度外国人研究者受入実績

受入制度	受入人数
外国人外来研究員 (内 JSPS フェロー11人)	149
合 計	149

※新規受入分、滞在6日以上

【各区分の定義】

- ・外来研究員：産総研以外の者であって、自己の知見、経験等を活かし研究の推進に協力するために行う研究、調査、指導、助言等を行う者で原則として5年以上研究に従事した者をいう。
- ・JSPS フェロー：JSPS フェローシップにより来日している外国人外来研究員

表16 平成29年度外国人研究者受入実績（国・地域別）

国・地域別	人数	外来研究員
アジア・大洋州地域		
インド		21
インドネシア		1
韓国		7
カンボジア		2
スリランカ		1
タイ		9
台湾		5
中国		53
フィリピン		4
ベトナム		6
米州地域		
米国		8
カナダ		4
ブラジル		1
ヨーロッパ地域		
アイスランド		1
英国		3
イタリア		1
ギリシャ		3
チェコ		1
ハンガリー		1
フィンランド		1
フランス		5
ポーランド		3
リトアニア		1
ロシア		2
その他の地域		
イスラエル		2
エチオピア		2
チュニジア		1
合 計		149

産業技術総合研究所

表17 平成29年度外国人研究者受入実績（組織別）

領域	研究ユニット	人数
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	2
エネルギー・環境領域	電池技術研究部門	2
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	10
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	11
エネルギー・環境領域	安全科学研究部門	3
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	4
エネルギー・環境領域	再生可能エネルギー研究センター	1
エネルギー・環境領域	先進パワーエレクトロニクス研究センター	1
エネルギー・環境領域	エネルギー化学材料オープンイノベーションラボラトリ	1
エネルギー・環境領域	水素材料強度ラボラトリ	1
生命工学領域	創薬基盤研究部門	2
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	25
生命工学領域	生物プロセス研究部門	3
生命工学領域	健康工学研究部門	1
情報・人間工学領域	情報技術研究部門	2
情報・人間工学領域	人間情報研究部門	7
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	1
情報・人間工学領域	人工知能研究センター	13
材料・化学領域	無機機能材料研究部門	1
材料・化学領域	機能材料コンピューテーショナルデザイン研究センター	2
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター	1
材料・化学領域	数理先端材料モデリングオープンイノベーションラボラトリ	1
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	11
エレクトロニクス・製造領域	スピントロニクス研究センター	1
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	6
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	6
地質調査総合センター	地質情報研究部門	3
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門	3
計量標準総合センター	物理計測標準研究部門	2
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	1
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門	9
計量標準普及センター	国際計量室	9
	TIA 推進センター	3
	計	149

3) 国際技術研修

「国立研究開発法人産業技術総合研究所技術研修規程」(13規程第23号)に則り、外国の大学および研究機関等から派遣された者に対して研究所が蓄積してきた技術ポテンシャルを基に、産業科学技術の発展および継承を図るために技術研修を実施している。

また、(独)国際協力機構(JICA)や(独)日本学術振興会(JSPS)からの依頼により、JICA 集団研修、個別研修、JSPS サマープログラム研修を実施している。

平成29年度は、6日以上滞在の技術研修員受入数は96名、5日以下10名の総数106名を受け入れた。

(平成28年度から継続滞在[6日以上滞在8名]を含むと、114名となる。)

表18 平成29年度 国際技術研修受入実績(制度別)

制 度	6日以上	5日以下	計
技術研修 (JICA/サマー研修以外)	82	10	92
JSPS サマープログラム研修	3		3
JICA 集団研修	11		11
小 計	96	10	106

平成28年度からの継続

技術研修	8		8
小 計	8		8
合 計	104	10	114

表19 平成29年度 国際技術研修受入実績(組織別) (6日以上滞在)

領域	研究ユニット	計	JICA	サマープログラム	技術研修
エネルギー・環境領域	創エネルギー研究部門	1			1
エネルギー・環境領域	省エネルギー研究部門	2			2
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	11			11
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	1			1
エネルギー・環境領域	エネルギー化学材料オープンイノベーションラボラトリ	1			1
生命工学領域	バイオメディカル研究部門	3			3
生命工学領域	健康工学研究部門	2			2
生命工学領域	生物プロセス研究部門	6		2	4
情報・人間工学領域	情報技術研究部門	17		1	16
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	7			7
情報・人間工学領域	人工知能研究センター	5			5
材料・化学領域	化学プロセス研究部門	2			2
材料・化学領域	ナノ材料研究部門	2			2
材料・化学領域	構造材料研究部門	3			3
材料・化学領域	触媒化学融合研究センター	3			3
材料・化学領域	磁性粉末冶金研究センター	1			1
エレクトロニクス・製造領域	電子光技術研究部門	8			8
エレクトロニクス・製造領域	先進コーティング技術研究センター	2			2
地質調査総合センター	活断層・火山研究部門	4			4
地質調査総合センター	地圏資源環境研究部門	11	11		
計量標準総合センター	工学計測標準研究部門	2			2
計量標準総合センター	物質計測標準研究部門	1			1
計量標準総合センター	分析計測標準研究部門	1			1
	合計	96	11	3	82

表20 平成29年度 国際技術研修 国・地域別受入一覧表 (6日以上滞在)

国・地域別	人数	受入人数計	JICA	サマープログラム	技術研修
アジア・大洋州地域					
インド		4			4
インドネシア		2	2		
カンボジア		2	2		
タイ		12			12
韓国		9			9
中国		22			22
日本		4			4
フィリピン		2			2
ベトナム		1	1		
マレーシア		6	2		4
ミャンマー		2	2		
モンゴル		1			1
ラオス		2	2		
台湾		4			4
香港		1			1
オーストラリア		2			2
米州地域					
米国		3		1	2
カナダ		2			2
ブラジル		1			1
ヨーロッパ地域					
英国		1			1
ドイツ		3		1	2
フランス		10		1	9
	合計	96	11	3	82

表21 平成29年度 国際技術研修受入実績 (組織別；平成28年度からの継続；6日以上滞在)

領域	研究ユニット	技術研修
エネルギー・環境領域	環境管理研究部門	1
エネルギー・環境領域	太陽光発電研究センター	2
情報・人間工学領域	知能システム研究部門	2
情報・人間工学領域	人工知能研究センター	3
	合計	8

表22 平成29年度 国際技術研修国・地域別受入一覧表 (平成28年度からの継続；6日以上滞在)

国・地域別	人数	技術研修
アジア・大洋州地域		
韓国	1	
中国	2	
ブルネイ・ダルサラーム	1	
ヨーロッパ地域		
アイルランド	1	
スペイン	1	
ドイツ	1	
その他の地域		
モロッコ	1	
	合計	8

4) 外国機関等との覚書・契約等

外国機関等との組織的な研究協力を推進するにあたり、研究協力覚書を締結している。研究協力覚書は、産総研全体として諸外国の主要研究機関との連携強化を目指して戦略的に締結する包括研究協力覚書、個別研究分野での研究協力促進を目的とする個別研究協力覚書の2種類がある。有効な包括研究協力覚書、個別研究協力覚書の実績は表23、24のとおりである。

平成29年度は、組織的な研究協力や人材交流の促進、国際共同研究の提案等のための基盤整備を継続して行うために、欧州委員会共同研究センター（JRC）、ハイテクキャンパス・アイントホーヘン（HTCE）、パシフィック・ノースウェスト国立研究所（PNNL）と包括研究協力覚書の新規締結を行い、科学技術省バイオテクノロジー庁（DBT）、フラウンホーファー研究機構（FhG）、中国科学院（CAS）、上海交通大学（SJTU）、連邦科学産業研究機構（CSIRO）との間で5件の包括研究協力覚書の更新を行った。また研究協力覚書に基づいて、研究機関との間でワークショップ等を実施し、連携成果の確認や新たな研究連携課題の探索等、情報交換の場を設けた。これにより各外国機関等との科学技術分野での連携を実施し、研究協力活動、研究者交流の促進を図っている。

表23 外国機関等との包括研究協力覚書

国・地域名	機関名
アジア・大洋州地域	
インド	科学技術省バイオテクノロジー庁 (DBT: Department of Biotechnology, Ministry of Science and Technology)
	科学技術省科学産業研究機構 (CSIR: Council of Scientific and Industrial Research)
中国	中国科学院 (CAS: Chinese Academy of Sciences)
	上海交通大学 (SJTU: Shanghai Jiao Tong University)
台湾	工業技術研究院 (ITRI: Industrial Technology Research Institute)
インドネシア	インドネシア技術評価応用庁 (BPPT: Agency for the Assessment and Application of Technology)
マレーシア	マレーシア標準・工業研究所 (SIRIM Berhad)
ベトナム	ベトナム科学技術院 (VAST: Vietnam Academy of Science and Technology)
タイ	国家科学技術開発庁 (NSTDA: National Science and Technology Development Agency)
	タイ国科学技術研究所 (TISTR: Thailand Institute of Scientific and Technological Research)
オーストラリア	連邦科学産業研究機構 (CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation)
モンゴル・日本	モンゴル鉱物資源・エネルギー省 (MMRE: Ministry of Mineral Resources and Energy in Mongolia)、 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC: Japan Oil, Gas and Metals National Corporation)
米州地域	
米国	国立標準技術研究所 (NIST: National Institute of Standards and Technology)
	ローレンス・バークレー国立研究所 (LBNL: Lawrence Berkeley National Laboratory)
	国立再生可能エネルギー研究所 (NREL: National Renewable Energy Laboratory)
	ロスアラモス国立研究所 (LANL: Los Alamos National Laboratory)
	ローレンス・リバモア国立研究所 (LLNL: Lawrence Livermore National Laboratory)

産業技術総合研究所

国・地域名	機関名
	サンディア国立研究所 (SNL: Sandia National Laboratories)
	オークリッジ国立研究所 (ORNL: Oak Ridge National Laboratory) ※有効期限：～2017/5/8
	サバンナリバー国立研究所 (SRNL: Savannah River National Laboratory) ※有効期限：～2017/4/10
	ブルックヘブン国立研究所 (BNL: Brookhaven National Laboratory)
	パシフィック・ノースウェスト国立研究所 (PNNL: Pacific Northwest National Laboratory) *
ヨーロッパ地域	
ノルウェー	ノルウェー科学技術大学 (NTNU: Norwegian University of Science and Technology)
	エネルギー技術研究所 (IFE: Institute for Energy Technology)
	産業科学技術研究所 (SINTEF: The Foundation for Scientific and Industrial Research)
フィンランド	フィンランド技術研究センター (VTT: Technical Research Centre of Finland)
オランダ	ハイテクキャンパス・アイントホーヘン (HTCE: High Tech Campus Eindhoven) *
フランス	国立科学研究センター (CNRS: Centre National de la Recherche Scientifique)
	原子力代替エネルギー庁技術研究部門 (CEA-DRT: Commissariat à l'Energie Atomique et aux énergies alternatives)
ドイツ	フラウンホーファー研究機構 (FhG: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.)
	ドイツ航空宇宙センター (DLR: German Aerospace Center)
ベルギー	IMEC インターナショナル (IMEC: IMEC International)
	欧州委員会 共同研究センター (JRC: Joint Research Centre of the European Commission) *

注) 平成29年度に有効な包括研究協力覚書。*印は29年度新規締結分。

表24 外国機関等との個別研究協力覚書

国・地域名	機関名	研究ユニット名
アジア・大洋州地域		
タイ	タイ国立計量研究所 (NIMT: National Institute of Metrology, Thailand)	計量標準総合センター
	タイ天然資源環境省鉱物資源局 (DMR: Department of Mineral Resources, Ministry of Natural Resources and Environment)	地質調査総合センター
	アジア工科大学 (AIT: Asian Institute of Technology)	情報技術研究部門
	マヒドン大学情報通信学部 (ICT: Faculty of Information and Communication Technology, Mahidol University)	情報技術研究部門
インドネシア	インドネシア・エネルギー・鉱物資源省地質総局 (GA: Geological Agency of the Ministry of Energy and Mineral Resources of the Republic of Indonesia)	地質調査総合センター

国・地域名	機関名	研究ユニット名
シンガポール	科学技術研究局 (A*STAR: Agency for Science, Technology and Research) *	情報・人間工学研究領域
オーストラリア	オーストラリア国立標準研究所 (NMI: National Measurement Institute, Australia)	計量標準総合センター
ニュージーランド	ニュージーランド GNS サイエンス (GNS: GNS Science)	地質調査総合センター
モンゴル	モンゴル鉱物資源石油管理庁 (MRPAM: Mineral Resources and Petroleum Authority of Mongolia)	地質調査総合センター
ミャンマー	ミャンマー鉱山省地質調査・鉱物資源局 (DGSE: Department of Geological Survey and Mineral Exploration, Ministry of Mines)	地質調査総合センター
韓国	韓国標準科学研究院 (KRISS: Korea Research Institute of Standards and Science)	計量標準総合センター
	韓国技術標準院 (KATS: Korean Agency for Technology and Standards)	計量標準総合センター
	韓国地質資源研究院 (KIGAM: Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources)	地質調査総合センター
	韓国窯業技術院 (KICET: Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology)	無機機能材料研究部門
台湾	国立成功大学防災研究センター (DPRC-NCKU: Disaster Prevention Research Center, National Cheng Kung University)	活断層・火山研究部門
中国	中国計量科学研究院 (NIM: National Institute of Metrology)	計量標準総合センター
	華東理工大学 (ECUST: East China University of Science and Technology) ※有効期限：～2017/5/15	機能化学研究部門
	中国国土資源部地質調査局 (CGS: China Geological Survey, The Ministry of Land and Resources) *	地質調査総合センター
中国・韓国	中国計量科学研究院 (NIM: National Institute of Metrology) 、 韓国標準科学研究院 (KRISS: Korea Research Institute of Standards and Science)	計量標準総合センター
米州地域		
カナダ	カナダ天然資源省 (NRCan: Department of Natural Resources Canada)	地質調査総合センター
米国	米国地質調査所 (USGS: U.S. Geological Survey)	地質調査総合センター
	カリフォルニア大学サンディエゴ校 (UCSD: University of California, San Diego) *	情報・人間工学研究領域
メキシコ	メキシコ計量センター (CENAM: National Center for Metrology)	計量標準総合センター
ブラジル	ブラジル国立工業度量衡・品質規格院 (INMETRO: National Institute of Metrology, Quality and Technology)	計量標準総合センター
	ブラジル鉱産局 (DNPM: National Department of Mineral Production) ※有効期限：～2017/12/20	地質調査総合センター
アルゼンチン	アルゼンチン地質鉱物資源調査所 (SEGEMAR: Argentine Geological and Mining)	地質調査総合センター

産業技術総合研究所

国・地域名	機関名	研究ユニット名
ヨーロッパ地域		
オーストリア	オーストリア地質調査所 (GBA: The Geological Survey of Austria)	地質調査総合センター
スイス	スイス連邦材料科学技術研究所 (Empa: Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology)	材料・化学領域
ドイツ	ドイツ連邦物理工学研究所 (PTB: Physikalisch-Technische Bundesanstalt)	計量標準総合センター
	パウル・ドルーテ固体電子工学研究所 (PDI: Paul Drude Institute for Solid State Electronics) ※有効期限：～2017/5/31	ナノエレクトロニクス研究部門
	ドイツ人工知能研究センター (DFKI: German Research Center for Artificial Intelligence)	情報・人間工学領域
オランダ	オランダ計量研究所 (NMI: NMI Certin B.V the Nederlands Meetinstituut)	計量標準総合センター
ロシア	ロシア計量試験科学研究所 (VNIIMS: Russian Scientific-Research Institute for Metrological Service of Gosstandart of Russia)	計量標準総合センター
英国	シェフィールド大学 (The University of Sheffield)	省エネルギー研究部門
	マンチェスター大学 (The University of Manchester) *	情報・人間工学領域
フランス	国際度量衡局 (BIPM: International Bureau of Weights and Measures)	計量標準総合センター
	フランス地質鉱山研究所 (BRGM: Bureau de Recherches Géologiques et Minières)	地質調査総合センター
イタリア	イタリア地球物理学・火山学研究所 (INGV: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)	地質調査総合センター
その他の地域		
トルコ	トルコ鉱物資源開発調査総局 (MTA: General Directorate of Mineral Research and Exploration of the Republic of Turkey)	地質調査総合センター
南アフリカ	南アフリカ地質調査所 (CGS : Council for Geoscience)	地質調査総合センター
米国・ドイツ	国立再生可能エネルギー研究所 (NREL: National Renewable Energy Laboratory) 、 フラウンホーファー研究機構太陽エネルギーシステム研究所 (Fraunhofer ISE: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.)	太陽光発電研究センター
APMP 加盟国	アジア太平洋計量計画 (APMP: Asia Pacific Metrology Program)	計量標準総合センター
アボガドロ定数協定加盟国	国際度量衡局 (BIPM: Bureau International des Poids et Mesures) 、 イタリア計量研究所 (INRIM: Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica) 、 オーストラリア国立標準研究所 (NMIA: National Measurement Institute, Australia) 、 ドイツ連邦物理工学研究所 (PTB: Physikalisch-Technische Bundesanstalt)	計量標準総合センター

注) 平成29年度に有効な個別研究協力覚書。 *印は29年度新規締結分。

5) その他の連携活動

表25 平成29年度 主な国際シンポジウム等（国際連携室扱い）

国際シンポジウム等名称	開催場所	開催期間	備考
ローレンス・リバモア国立研究所(LLNL)とのワークショップ	リバモア（米国）	2017年8月11日	共催
第6回世界研究機関長会議	京都（日本）	2017年9月30日	共催
台湾工業技術研究院（ITRI）とのワークショップ	台北（台湾）	2017年10月30日、31日	共催

表26 平成29年度 主な外国要人来訪（時系列順）

国地域名・機関名・役職	来訪者
カナダ先端研究機構（CIFAR）副理事長	デニス・テリエン
シンガポール科学技術研究庁（A*STAR）長官	リム・チャン・ポー
フランス パリ・サクレー大学 学長	ギルス・ブロック
ニュージーランド 首相令夫人	メアリー・イングリッシュ
オランダ ハイテクキャンパス・アイントホーフェン 理事	シーズ・アドミラル
ドイツ連邦教育研究省 政務次官	シュテファン・ミュラー
在京米国大使館 経済科学担当公使	ニコラス・ヒル
台湾国家実験研究院（NARL）理事長	イエオン・ハワン
中国科学技術部 部長（大臣級）	ガン・ワン
台湾工業技術研究院（ITRI）	ペイゼン・チャン
ドイツ航空宇宙センター 理事長	パスカル・エーレンフロイント
英国デジタル・文化・メディア・スポーツ省 デジタル担当大臣	マット・ハンコック
欧州委員会共同研究センター 所長	ウラジミール・シュハ
フィンランド教育文化省 事務次官	アニタ・レヒコイネン
豪州連邦科学産業研究機構（CSIRO）理事長	ラリー・マーシャル
フランス原子力・代替エネルギー庁（CEA）長官	ダニエル・ヴェルベルドゥ
オランダ エネルギー研究センター 所長	アート・ファンデル・パル
台湾科学技術部（MOST）国際協力局長	シージー・ジョウ
台湾科学技術部（MOST）政務次長（副大臣）	フォンチン・スー
ブルガリア 駐日大使	ボリスラフ・コストフ
ブルガリア教育科学省 大臣顧問	コスタディン・コスタディノフ
アラブ首長国連邦（UAE）幸福担当大臣	オフロード・ルーミ
インド科学技術省科学産業研究機構（CSIR）理事長	ギリッシュ・シャーマ
デンマーク技術研究所（DFTI）理事長	ソーレン・スティジャーンヴィスト
ニジェール 駐日大使	イヌッサ・ムスタファ
タイ 科学技術大臣	スピット・マエシンシー
米国 材料計測研究所（MML）所長代理	マイケル・フォソルカ
アラブ首長国連邦（UAE）高等教育・高度技術担当大臣	アハマド・ベルホウル
タイ 国家食品研究所 所長	ヨンブット・サオバブラック

※ 公式訪問 全103件

⑦【地域連携推進部】

(Regional Collaboration Promotion Division)

所在地：つくば中央第1

人員：16名（8名）

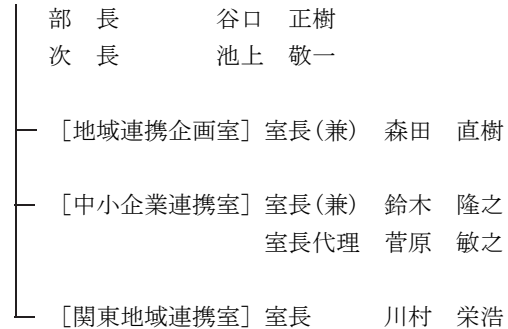
概要：

地域連携推進部は、地域イノベーション推進のために必要となる施策・事業の推進に積極的に取り組んでいる。地域における「橋渡し」を効果的かつ効率的に行うため、自治体・公設試験研究機関（公設試）等との連携を一層推し進めるとともに、公設試と協調してシームレスな支援サービスを中堅・中小企業に対して行うこと、及び産総研の「橋渡し」の波及効果を最大とするために、特に地域における影響力の大きな企業（地域中核企業）との関係を強化して、地域連携を拡大することに注力している。

具体的な活動として、以下を行っている。①地域企業のニーズと産総研のシーズを結びつける橋渡し活動の担い手として、地域の産学官連携に十分な知識と経験を有する公設試等の職員またはOBの方を産総研イノベーションコーディネータ（産総研 IC）として委嘱、または雇用している。公設試等との連携を更に密にし、産総研 IC の増強と効果的な活用を図る。②地域中核企業を訪問する、あるいは地域中核企業を産総研に招待することによって産総研との連携強化を図るイベント「テクノブリッジフェア」、ならびに地域中核企業とのコミュニケーションを一層高めることを目的とした連携協議体である「テクノブリッジクラブ」の2つを柱とする「テクノブリッジ事業」を推進する。各地域センターの「テクノブリッジクラブ」の増強と活用を促すとともに、「テクノブリッジフェア」の開催を積極的にサポートする。③自治体との関係強化、特に新たな連携の枠組みの創出、ならびに既存の連携の枠組みの活用を図る。④中堅・中小企業への直接的な連携事業としてのスタートアップ事業を実施し競争的研究資金への応募を支援するとともに、技術相談等への対応に積極的に取り組む。⑤公設試相互、及び公設試と産総研との協力体制を強化することを目的に組織された産業技術連携推進会議（産技連）のネットワークの活用を進めるとともに、より効果的な事業や制度を検討・運用していく。⑥各地域センターの連携機能の強化を進める。例えば、地域センターのスペース活用や領域との協力体制の強化等に努める。⑦関東甲信越静地域に対しては、関東地域連携室を中心に連携強化に努める。

機構図（2018/3/31現在）

[地域連携推進部]



地域連携企画室

(Regional Collaboration Planning Office)

(つくば中央第1)

概要：

地域の中堅・中小企業及び公設試験研究機関等との連携強化を通じて、地域イノベーションを推進することを目的とし、産総研の地域における産学官連携戦略の策定及び地域センターの産学官連携活動の支援を行っている。

中小企業連携室

(SMEs Collaboration Office)

(つくば中央第1)

概要：

①産業技術連携推進会議事務局として、産総研と公設試験研究機関とのネットワークの構築・強化に係る業務、及び公設試験研究機関への各種技術支援事業を実施している。

②中小企業等との共同研究の推進のため、中小企業連携コーディネータによるコーディネート活動、及び中小企業との連携推進事業として、研究開発規模が数千万円から億円レベルの競争的研究資金の応募を支援する「地域企業連携スタートアップ事業」等を行っている。

③技術相談の総合受付業務等を実施している。

関東地域連携室

(Kanto Collaboration Office)

(つくば中央第1)

概要：

①関東甲信越静地域における、公設試験研究機関・自治体等との連携ネットワークの構築・強化を行うとともに、域内の技術開発力を持つ中堅・中小企業等との共同研究等による技術移転に向け、研究開発に関する情報の収集および発信を行う等、成果普及活動を行っている。

②産業技術連携推進会議関東甲信越静地域部会事務局として、域内の公設試験研究機関とのネットワークの構築・強化に関する業務を行っている。

③産学官連携共同研究施設（つくば本部・情報技術共同研究棟）の運営に関する業務を行っている。

1) 技術相談

産総研が蓄積してきた技術ポテンシャルを基に、民間企業、公設試験研究機関等からの技術相談を受ける。

1) 平成29年度「技術相談届け出システム」に入力された件数： 4,208件

2) 拠点別相談件数

拠点名	相談件数
北海道センター	159
東北センター	62
つくばセンター	2,297
東京本部	9
臨海副都心センター	38
中部センター	1,134
関西センター	316
中国センター	55
四国センター	166
九州センター	116
福島再生可能エネルギー研究所	47
上記の合計 (※)	4,399
相談件数 (拠点間重複を除いた件数)	4,208

※一相談で複数拠点にまたがる案件は、複数カウントされるため正味の相談件数より大きくなっている。

3) 相談者の分類別相談件数

相談者の分類	全体件数	
大企業	1,560	37.1 %
中小企業	1,695	40.3 %
教育機関	229	5.4 %
公的機関	367	8.7 %
放送出版マスコミ	47	1.1 %
個人	220	5.2 %
その他	90	2.1 %
合計	4,208	100.0 %

4) 産業技術連携推進会議

89の公設試験研究機関（支所を含む）並びに産総研との協力体制を強化し、これらの機関が持つ技術開発力及び技術指導力をできる限り有効に発現させることにより、機関相互の試験研究を効果的に推進して、産業技術の向上を図り、我が国の産業の発展に貢献するために、産業技術連携推進会議を設置し運営している。

6技術部会と8地域部会（事務局：地域センター産学官連携推進室）及び、8地域産業技術連携推進会議（事務局：地方経済産業局）を設置し、産業技術関連情報の相互提供、戦略の検討、活動状況及び活動成果の情報発信等を行っている。

産業技術連携推進会議開催実績

平成30年3月31日現在

部会等名称		開催回数
総 会		1
企画調整委員会		1
技 術 部 会	ライフサイエンス部会	6
	情報通信・エレクトロニクス部会	7
	ナノテクノロジー・材料部会	12
	製造プロセス部会	20
	環境・エネルギー部会	7
	知的基盤部会	10
	地 域 部 会	北海道地域部会
東北地域部会		18
関東甲信越静地域部会		11
東海・北陸地域部会		23
近畿地域部会		25
中国地域部会		23
四国地域部会		16
九州・沖縄地域部会		25
地 域 産 技 連	北海道地域産業技術連携推進会議	1
	東北地域産業技術連携推進会議	1
	関東甲信越静地域産業技術連携推進会議	1
	東海北陸地域産業技術連携推進会議	8
	近畿地域産業技術連携推進会議	5
	中国地域産業技術連携推進会議	3
	四国地域産業技術連携推進会議	3
	九州・沖縄地域産業技術連携推進会議	13
合 計		262

※技術部会・地域部会の開催回数には傘下の分科会・研究会の開催回数を含む。

6) 環境安全本部 (Environment and Safety Headquarters)

①【環境安全企画部】

(Environment and Safety Planning Division)

所在地：つくば中央第1

人員：18名

概要：

環境安全企画部は、安心・安全で良好な研究環境を持続的に提供することを目的として、環境安全本部傘下各部との有機的連携のもとに、研究環境安全に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整等を通じて、産総研としてふさわしい研究環境の創出及び環境負荷低減に向けたエネルギーの有効活用の促進に関する業務を行っている。

機構図（2018/3/31現在）

[環境安全企画部]

部長 鈴木 浩一

部総括 小林 富夫

[環境安全企画室]

室長(兼) 小林 富夫

室長代理 前田 泰則

[施設計画室]

室長 箕輪 克美

施設計画グループ長 皆葉 耕治

施設調達グループ長 吉田 英三

平成29年度の主な活動

1. 省エネルギー及び地球温暖化対策

- ・省エネルギー及び地球温暖化対策、さらに夏季のピークカットに貢献するため、下記施策を実施した。
 - i) つくばセンター各事業所及び各地域センター等において、拠点毎の節電対策を策定・実施した。
 - ・空調設備の運転時間の短縮
 - ・厚生別館食堂の営業時間の短縮
 - ・エレベーター利用の抑制
 - ・共用施設の照明間引き点灯
 - ・節電パトロールの実施 等
 - ii) 空調設備改修において、旧型機器をエネルギー効率の高い機器へ積極的に更新（1,105室について平均30%のエネルギー消費量を低減）した。
 - iii) 使用電力を可視化した「総電力監視システム」により産総研全体の節電意識の向上を図った。

各施策により、産総研全体で契約電力の削減（約3.1%）を達成した。

2. 施設整備計画の策定と実行

- ・基本インフラの更新時期や建物の閉鎖時期を示した産総研施設整備計画（平成29年度版）を策定した。計画に基づき、全6棟4,484 m²（危険物倉庫等を含む）を閉鎖し、既に閉鎖済で解体決定された建物について、全6棟2,316 m²の解体撤去を完了した。

3. 産総研レポートの作成

- ・産総研における環境配慮の取組について、地球温暖化対策やエネルギー使用の合理化等を「産総研レポート2017社会・環境報告」として公表した。

4. スペースの有効活用の推進

- ・第4期スペース利活用方針に沿って、年2回のスペース巡視などを踏まえて、事業所等スペース委員会にて各々の年度計画を作成した。
- ・事業所等の計画や課題についてヒアリングを行い、産総研全体のスペース利活用計画を策定し、事業所等の長の主導による効率的な研究スペースの確保及びスペースの有効活用を推進した。

5. 工事及び工事関連役務の提供等の契約業務

契約業務の実績として、工事及び工事関連役務の提供等の総契約件数は399件、うち入札によるものは103件。

施設の整備（平成29年度に完成した施設・設備）

新宮棟建設

(1) 目的

人工知能（AI）技術に関する最先端の研究開発を推進し、社会実装につなげるため、国内外の叡智を集めた産学官一体の研究拠点を構築する。

(2) 整備費用 11.2億円（平成28年度補正予算施設整備費補助金）

工事件名	施 工	工 期
人工知能に関するグローバル研究拠点 柏ハブ拠点サーバ棟（仮称）整備事業	大和リース（株）東京本店	平成28年12月26日 ～平成30年1月22日
人工知能に関するグローバル研究拠点柏ハブ拠点サーバ棟（仮称）付帯設備整備工事	富士古河 E&C（株）	平成29年7月4日 ～平成30年3月31日

老朽化対策

(1) 目的

安全な研究環境の整備のため、特に老朽化が進んでいる研究廃水処理設備、空調設備などの緊急更新を行う。

(2) 整備費用 45.9億円（平成28年度補正予算施設整備費補助金）

工事件名	施 工	工 期
つくば北-8B棟機械設備（空調）改修その他工事	熱研プラント工業（株）	平成29年7月21日 ～平成30年2月28日
臨海副都心センター本館機械設備（空調）改修その他工事	富士古河 E&C（株）	平成29年7月24日 ～平成30年3月20日
つくば中央2-1棟他機械設備（空調）改修その他工事	高砂熱学工業（株）茨城営業所	平成29年7月25日 ～平成30年3月30日
つくば中央6-11棟機械設備（空調）改修その他工事	日本メックス（株）	平成29年7月26日 ～平成30年3月23日
つくば中央3-10棟機械設備（空調）改修その他工事	（株）大西熱学	平成29年8月2日 ～平成30年3月30日
関西センターC-2棟他機械設備（空調）改修その他工事	日本ファシリオ（株）大阪本店	平成29年7月28日 ～平成30年3月1日
つくば中央5-1棟他機械設備（空調）改修その他工事	新菱冷熱工業（株）	平成29年7月31日 ～平成30年3月2日
つくば中央6-8棟他機械設備（空調）改修その他工事	日本メックス（株）	平成29年8月3日 ～平成30年3月16日
つくば中央3-2A棟他機械設備（空調）改修その他工事	大成温調（株）	平成29年7月31日 ～平成30年3月29日
つくば中央5-1棟他機械設備（個別空調他）改修その他工事	新菱テクニカルサービス（株）	平成29年9月24日 ～平成30年3月23日
中部センター研究本館 I 棟他機械設備（個別空調）改修その他工事	日比谷総合設備（株）東海支店	平成29年9月12日 ～平成30年3月22日
臨海副都心センター別館機械設備空調（加湿）改修その他工事	富士古河 E&C（株）	平成29年9月20日 ～平成30年3月23日
つくば西-1棟他機械設備（個別空調他）改修その他工事	関彰エンジニアリング(株)	平成29年9月21日 ～平成30年3月20日
つくば中央2-1棟他機械設備（個別空調他）改修その他工事	日本装芸（株）	平成29年9月21日 ～平成30年3月22日
つくば東-1B棟他機械設備（個別空調他）改修その他工事	新日本空調（株）関東支店	平成29年9月22日 ～平成30年2月16日
つくば中央6-9棟他機械設備（個別空調他）改修その他工事	（株）新電気	平成29年9月25日 ～平成30年2月27日
つくば中央7-1棟他機械設備（個別空調他）改修その他工事	（株）大気社 関東支店	平成29年9月26日 ～平成30年2月23日

工事件名	施 工	工 期
つくば中央1-1棟他機械設備（個別空調他）改修その他工事	(株) 新電気	平成29年9月27日 ～平成30年2月28日
つくば北-4棟他機械設備（個別空調他）改修その他工事	(株) 新電気	平成29年9月28日 ～平成30年2月26日
つくば中央3-1棟他機械設備（個別空調他）改修その他工事	(株) 新電気	平成29年9月29日 ～平成30年2月19日
つくば中央7-1棟機械設備（特殊空調）改修その他工事	(株) 大気社 関東支店	平成29年11月14日 ～平成30年3月20日

高度化改修

(1) 目的

災害時において重要情報の機密性が確保でき、安心して研究できる環境を確保するため、機密情報流出防止施設を整備する。

(2) 整備費用 0.7億円（平成28年度補正予算施設整備費補助金）

工事件名	施 工	工 期
つくば中央2-12棟高度化（シールドルーム設置）改修その他工事	技研興業（株）テクノシールド事業本部	平成29年6月22日 ～平成30年3月20日

②【安全管理部】

(Safety Management Division)

所在地：つくば中央第1

人 員：28名（12名）

概 要：

安全管理部は、研究所の安全衛生の管理並びに環境保全、防災対策等に関する業務を行っている。安全管理及び環境保全は、産総研で働く職員のみならず周辺住民の安全及び環境にも関わる重要な事項である。また、産総研の組織にとっても生命線であり、あらゆる種類の事業を実施するにあたって最優先事項であると位置付けている。

安全管理部は、産総研環境安全憲章に記載する基本的活動理念を実現、遂行するために、他の関連部署との密接な連携と協力のもと、安全で快適な研究環境を創出し、これを確保することを最重要の活動目的としている。この目的を実現するため、安全ガイドラインやマニュアル等の整備と普及、環境安全関連の施設及び設備整備と改善等のハード及びソフト両面での活動を行うとともに、環境影響低減化に向けた活動及び事故防止と被害軽減のため全職員の環境安全に対する意識の向上を図る活動を重点的に行っている。

機構図（2018/3/31現在）

[安全管理部]

部 長 上岡 晃
次 長 望月 経博
次 長 和田 有司
審議役 飯田 光明

[安全衛生室]

室 長 青木 一彦
総括主幹 森本 研吾
総括主幹 白波瀬 雅明

[環境保全室]

室 長（兼） 望月 経博
室長代理 山中 稔正

[ライフサイエンス実験管理室]

室 長 石村 美雪
室長代理（兼） 木村 信忠
総括主幹 木村 信忠
総括主幹 海老原 達彦

[放射線管理室]

室 長 井坪 信一
室長代理 吉成 幸一
総括主幹 松本 哲一

平成29年度の主な活動

1. 安全衛生管理の水準向上及び維持

1) 安全衛生管理の徹底、強化等

- ・安全衛生委員会（各事業所月1回）への出席及びユニット長巡視（年2回）の立会い、指導を行った。
- ・グループ／チーム安全衛生会議（最低月1回）の実施状況の把握及び実施の徹底、指導を行った。
- ・事故、ヒヤリ・ハット報告の原因分析等を行い、再発防止策等の周知及び安全意識の醸成等による事故低減の対策を行った。

- ・安全ガイドラインについて、各種法令改正の反映や実状にあわせた新たな対策の追加等の改定を行った。
 - ・高圧ガス及び薬品管理に関し、危険物取扱者等の資格取得の促進措置を講じるとともに、安全講習会（年4回）と高圧ガス保安講習会（年4回）を開催し、危険薬品等に関連する事故等の未然防止に取り組んだ。
 - ・上記の他、資格取得講習会や安全教育の企画及び開催を行った。
- 2) 環境安全マネジメントシステム（ESMS）
- ・各事業所の内部監査に立会い、運用に関するアドバイスを行った。
- 3) 事故防止活動
- ・全国総括安全衛生管理者補佐会議（月1回）を開催し、事故、ヒヤリ・ハット報告及び環境安全に関する各種情報等の共有及び周知を行った。
 - ・全国の地域センター所長及び事業所長と TV 会議による安全管理報告会（毎朝）を実施した。また、報告事項を毎月取りまとめ、各事業所の安全衛生委員会等を経由して職員等全員へ周知した。
 - ・全国安全衛生管理担当者会議（月1回）を開催し、安全衛生に関する意見交換及び情報共有を行い、実務担当者の意識醸成を図った。
 - ・安全衛生会議実施手順書を改定し、安全衛生に関する意識の向上を図った。
2. 環境影響低減化活動
- ・水質汚濁防止法、下水道法、労働安全衛生法等の法令に基づく特定施設等の届出を行った。
 - ・廃棄物処理の委託先の間処理場及び最終処分場の現地調査を実施し、処理が適正に行われていることを確認した。
 - ・フロン排出抑制法の対象機器の点検を実施した。
 - ・ポリ塩化ビフェニル（PCB）廃棄物の早期処理完了に向けて、PCB を含有する廃棄物や製品等の掘り起こし調査を行った。前年度に策定した計画に沿って PCB 含有物の適正な処理を推進した。
 - ・水質汚濁防止法にかかる特定施設等の点検、下水道法にかかる水質分析、騒音規制法等にかかる環境測定を実施した。また、事業所等の水質汚濁防止法にかかる特定施設等の点検状況を調査、点検した。
 - ・有害物質の漏えい・流出を想定した緊急事態対応訓練を実施した。
3. 個別事項の法令遵守並びに施設、設備及びシステムの整備、運用
- 環境や化学物質等の関連法規を遵守するため、危険物、高圧ガス、ライフサイエンス実験、放射線管理等の個別事項の管理監督、薬品・ボンベのデータベースによる管理を実施した。
- 1) 化学物質管理
- ・化学物質総合管理システムを用いて、消防法、建築基準法、高圧ガス保安法等の法令遵守状況を監視し、管理状況について各事業所の総括安全衛生管理者あてに報告を行った。
 - ・危険薬品等の管理方針を改定し、危険薬品等の減量化及び毒物・劇物の適正管理を推進した。
 - ・水銀による環境の汚染の防止に関する法律の施行にともない、水銀及び水銀化合物、水銀使用機器を新たに保有する場合の手続きを定め、水銀削減の取り組みを強化した。
- 2) ライフサイエンス実験管理
- ・ライフサイエンス実験の倫理面及び安全面から、実験計画を審議する7つの委員会の運営を行うとともに、ヒト由来試料実験、組換え DNA 実験、動物実験及び生物剤毒素使用実験現場の現地調査を実施した。
 - ・前年度設置した臨床研究に係る利益相反マネージメント審査委員会の安定運営に努めた。
 - ・動物実験の実施に関わる自己点検評価を公開するとともに外部検証を受けた。
 - ・組換え DNA 実験、動物実験及び微生物実験の従事者向けの教育訓練を実施した。並びにヒト由来試料実験、医工学応用実験の従事者向け教育訓練の受講情報を管理した。
- 3) 放射線管理
- ・放射線業務従事者等の一元管理を継続して実施し、一層の効率化を推進するために管理システムの改修を行った。
 - ・放射線業務従事者、エックス線装置の使用者等に対する教育訓練を実施した。
 - ・各事業所における放射線管理体制を強化するため、放射性物質の使用及び管理に関する現地調査を行い、法令遵守状況に問題が無いことを確認した。つくばセンターに集約化した核燃料物質の法的管理を継続して行った。
 - ・放射線管理業務の効率化を目的として、つくば東事業所の放射線発生装置関連施設を廃止した。また、防護対象核燃料物質の残りについて、国外移管に向けた規制当局へ書類提出等の手続きを進めた。
 - ・福島第一原子力発電所について、帰還困難区域への視察等での立ち入り及び事故由来の放射性物質の採集サンプルの取り扱いに関する相談に対応した。
 - ・改正放射線障害防止法の施行を前に、規制当局主催の説明会に参加するとともに、所内関係者へ周知した。
- 4) 施設の維持保全
- ・つくばセンターにおける施設設備の維持管理及び定期点検の実施、電力供給施設及び廃水処理施設の運営管理並びに植栽管理を行った。
 - ・施設設備の小規模な修繕について、安全と事業継続性の確保の観点、また、品質とコストの調和を考慮

して優先順位を判定して実施した。

4. 防災及び地震対策

- ・緊急地震速報の全国訓練への参加とともに地域センター及びつくばセンターにおいて防災訓練を実施した。また、訓練結果等を踏まえ、つくばセンター防災業務マニュアルの見直しを行った。
- ・防災対応マニュアル及び産総研業務継続計画（BCP）で定める安否確認の訓練を各地域センター及び事業所ごとに実施した。
- ・防災用品の備蓄マニュアルに基づく食糧等の一括調達の実施により地域センター及びつくばセンターの備蓄品の標準化を推進した。また、備蓄食料品を年度毎で管理し、賞味期限が迫った備蓄食料品をフードバンクに寄付した。

③【建設部】

(Facilities Division)

所在地：つくば中央第1

人員：14名

概要：

建設部は、産総研が掲げる世界最高水準の研究とその成果の「橋渡し」を施設整備の面から貢献するため、施設整備計画に基づく施設・設備の改修工事等を実施するにあたって、ライフサイクルコストの低減、省エネ・省資源を効率的かつ効果的に推進し、安全で良好な研究環境の整備を実施している。また、工物品質の向上、事故の低減に向けた取り組みや、施設整備業務の体制強化を図るため、施設専門人材の育成にも取り組んでいる。

機構図（2018/3/31現在）

[建設部]

部長 五十嵐 直幸

部総括 石川 裕

[建設管理室]

室長（兼） 石川 裕

室長代理 石川 修司

[建設技術室]

室長 須貝 正秋

室長代理 櫻井 日出男

室長代理 新藤 哲郎

平成29年度の主な活動

新たな研究開発新拠点の円滑な整備や老朽化対策を含む施設整備計画を迅速かつ適切に実施するとともに、主に以下の業務を実施した。

1. 「人工知能に関するグローバル研究拠点整備事業（柏ハブ・臨海ハブ拠点）」（平成28年度補正予算施設整備費補助金）

- ・AI技術に関する最先端の研究開発を推進し、社会実装につなげるため、国内外の叡智を集めた産学官一体の研究拠点を構築するための新棟建設工事を実施している（平成30年12月完成予定）。
- ・柏ハブ拠点サーバ棟（AIデータセンター棟）整備事業（平成30年1月完成）、柏ハブ拠点サーバ棟付帯設備整備工事（平成30年3月完成）については、適切な工事監理・監督を行い、計画どおり施設を完成させた。

2. 「老朽化施設・設備の緊急更新事業」（平成28年度補正予算施設整備費補助金）

- ・安全な研究環境整備のため、施設維持管理コストの低減、安全確保環境保全に配慮しつつ、特に老朽化が進んでいる空調設備の緊急更新工事について、計画通り実施をしている（中部センター空調設備改修工事以外は完成）。
- ・研究廃水処理設備の緊急更新工事を計画どおり実施している（平成31年1月完成予定）。

3. 施設整備計画に基づく老朽化対策工事等の実施

- ・上記以外の運営費交付金等により予算措置された、施設整備計画に基づく老朽化改修工事、及びユニット依頼工事について、工事中の安全確保、環境保全に配慮した適切な工法や資材を積極的に採用し、事業所等との連携により事業を効果的、効率的に実施した。

④【情報基盤部】

(Information and Communication Infrastructure Division)

所在地：つくば中央第1

人員：17名（1名）

概要：

情報基盤部は、全所的な情報ネットワークの構築・管理、基幹業務システムの構築・管理・支援、及び情報セキュリティポリシーの運用を実施している。また、産総研の情報基盤の高度化を図り、より生産的な研究活動と円滑で効率的な業務推進を支援する役割を担っている。

機構図（2018/3/31現在）

[情報基盤部]

部長 正木 篤

次長 吉岡 有二

情報総括グループ長 林 直樹

情報基盤グループ長 久保 真輝

平成29年度の主な活動

情報総括グループ、情報基盤グループの2グループ体制で、下記の業務を実施した。

1. 基幹業務システムの運用、保守、管理
 - ・基幹業務システムについて、安定的かつ安全な運用管理を継続して実施した。また、新知的財産システム、新薬品・ガス管理システムの開発を進めた。
2. 情報ネットワークの運用、保守、管理
 - ・つくばセンターにおける基幹ネットワーク機器の更新のための調達を実施した。
 - ・情報セキュリティや利便性向上のため新たな無線LAN サービスの提供を開始した。
 - ・インターネットバックアップ回線、所内ネットワーク、イントラ業務システムについて、震災等の災害時を想定した訓練を行い、確実な稼働を確保した。
 - ・ネットワーク SE 業務、ヘルプデスク業務及びPC・ソフトウェア貸与業務については、公共サービス改革（市場化テスト）の導入を進めた。
3. 情報セキュリティの向上
 - ・高機能ファイアウォール及びリアルタイム不正検知システムによる24時間のセキュリティ監視を行った。また、内部通信の監視機能等のセキュリティ強化を盛り込んだ次期ファイアウォールの導入を進めた。
 - ・全職員等を対象とし、情報セキュリティ並びに個人情報保護に関する意識の向上及び確認のためのセルフチェックを実施した。
 - ・イントラシステム利用者の全員に対して情報セキュリティ研修（e-ラーニング）を実施した。
 - ・情報セキュリティに関する脅威と対策方法に関する知識向上を目的として、情報セキュリティニュースを毎月発行した。
 - ・メールアドレス利用者の1,500名（昨年度の3倍）を対象として標的型攻撃メール訓練を実施した。
 - ・情報セキュリティ対策の PDCA サイクルを確立するため、情報セキュリティ監査及び外部公開サーバに対するセキュリティ診断を実施した。なお、情報セキュリティ監査実施に当たっては、情報セキュリティと密接不可分にある保有個人情報の監査も同時に実施した。
 - ・「政府機関の情報セキュリティ対策のための統一規範」（平成28年度版）に準拠した情報セキュリティポリシー（規程、実施要領、実施ガイド）の改正を実施した。
 - ・平成30年2月6日に外部からの不正なアクセスがあったことを確認し、被害拡大を防ぐためインターネット接続及びイントラ業務システムを一時的に停止した。そのうえで、速やかに被害の範囲、侵入経路

等について分析するとともに業務再開に向けた復旧を行った。

⑤【情報化統括責任者】
(Chief Information Officer)

所在地：つくば中央第1

概要：

情報化統括責任者（CIO）は、産総研の情報化戦略の企画及び立案並びに研究所の情報化に関する業務の統括をミッションとしている。そのため、産総研の情報化戦略委員会を主宰して、情報化戦略及び情報化に関する重要事項を審議すること等を実施している。

機構図（2018/3/31現在）

情報化統括責任者（兼） 島田 広道

平成29年度の主な活動

- ・情報化戦略委員会を開催（3回）し、イントラ基盤システム（ハードウェア）更新、電話システム、業務用ファイル共有システムの更新、産総研拠点間接続ネットワークの更新等について審議した。

7) 総務本部（General Affairs Headquarters）

①【人事部】
(Human Resources Division)

所在地：つくば中央第1、
つくば中央第6

人員：62名（4名）

概要：

人事部は、研究所の人事、労務、人材育成、福利厚生に係る業務を実施している。

機構図（2018/3/31現在）

[人事部]

部 長	野口 聡
次 長	狩野 篤
審 議 役	菊池 恒男 西連地 二郎
部 総 括	吉成 美智夫
総括企画主幹	神代 暁

— [人事室]	室長（兼）	吉成 美智夫 他
— [勤労室]	室長	柳町 正 他
— [人材開発企画室]	室長	野々瀬 菜穂子 他
— [厚生室]	室長	大川 裕之 他
[健康管理室]	室長	飯島 規子 他

人事室 (Personnel Office)

(つくば中央第1、つくば中央第6)

概要:

- ①研究所の人事に係る基本方針に関すること
- ②役職員の任用に関すること。
- ③個人評価制度の構築、実施に関すること。
- ④給与の支給に関すること。
- ⑤人件費の把握、見直しに関すること。
- ⑥兼業の許可に関すること。
- ⑦栄典及び表彰に関すること。
- ⑧人事委員会に関すること。
- ⑨外部人材受入の事前登録に関すること
- ⑩障害者の雇用の促進に関すること。

勤労室 (Staff Office)

(つくば中央第1)

概要:

- ①職員等の労働条件の基準に関すること。
- ②労使関係に係る総合調整に関すること。
- ③服務規律に関すること。
- ④役職員等の懲戒等に関すること。
- ⑤コンプライアンス推進委員会に関すること (ハラスメントに関するものに限る。)

人材開発企画室

(Human Resources Development Planning Office)

(つくば中央第1)

概要:

- ①キャリアパス開発及び研修企画に関すること。
- ②職員等の研修の実施に関すること。
- ③その他人材開発に関すること。

厚生室 (Welfare Office)

(つくば中央第1)

概要:

- ①役職員等の福利厚生に関すること。
- ②役職員等の災害補償に関すること。
- ③宿舎に関すること。
- ④職員等の退職の相談に関すること。
- ⑤経済産業省共済組合に関すること。
- ⑥職員等の社会保険事務に関すること。

健康管理室 (Healthcare Office)

(つくば中央第1)

概要:

- ①役職員等の健康診断、健康管理及び保健指導に関すること。
- ②職員等のメンタルヘルスに関すること。
- ③産業医に係る業務に関すること。

業務報告データ

年度特記事項

1. 平成29年度採用実績

①事務職員	32名
②研究職員 (パーマネント)	32名
③ " (年俸制任期付)	13名
④ " (博士型任期付)	65名
⑤ " (プロジェクト型任期付)	12名
⑥ " (卓越研究員)	4名
	うちパーマネント (3名)
	うち博士型任期付 (1名)
計	158名

2. 平成29年度研修実績

	コース	実施回数	受講者数
①職員等基礎研修 (e-ラーニング)	2	2回	4,482名
②階層別研修	18	18回	784名
③プロフェッショナル研修	11	13回	331名
合計	31	33回	5,597名

②【経理部】

(Accounting Division)

所在地:つくば中央第1

人員:41名

概要:

経理部は、独立行政法人制度の趣旨に則り、研究支援の高度化及び組織運営の高度化を、財務及び会計に係る諸施策を通じて実現することにより、産総研ミッションの遂行に寄与することとしている。

なお、財務及び会計に係るコンプライアンスとリスク管理を適切に行いつつ支援業務を遂行するため「経理企画室、経理決算室、出納室及び調達室」を配置している。

<平成29年度活動トピックス>

○新たな随意契約方式の導入

「特定国立研究開発法人による研究開発等を促進するための基本的な方針」に基づき、研究開発に直接関係する500万円以下の物品(製造及び借入は含まない)及び役務の調達に限り、「一般競争入札」に代えて、「公開見積競争」を原則とする新たな随意契約方式を他機関に先駆けて導入し、平成29年10月1日から運用を開始した。

○減価償却計算方法の変更

減価償却計算における償却可能限度額を「取得価額の95%相当額」としてきたが、民間企業及び多くの他独法と同一基準である「残存価額1円」までの償却

とすべく、会計監査人との協議を重ね、承認を得ることができた。これにより平成29年度より有形固定資産等管理要領を改正し、新たな減価償却計算により財務諸表に反映した。

 機構図（2018/3/31現在）

[経理部]	部長	松崎	一秀	
	部総括	屋代	久雄	
├── [経理企画室]	室長	加藤	信隆	他
├── [経理決算室]	室長	新井	清和	他
├── [出納室]	室長	小林	京子	他
└── [調達室]	室長	橋本	卓也	他

 経理企画室（Accounting Planning Office）

概要：

財務及び会計に係る業務の企画及び立案並びに総合調整、予算のとりまとめ、予算の領域別情報の管理、余裕金の運用、資金の借入及び償還、年度計画に基づく収入額の確定並びに実行予算の配賦の計画及び示達、予算の執行管理、財務及び会計に係る制度の整備、運用及び推進、財務及び会計に係る業務の審査、財務分析、財務会計システムの管理、財務及び会計に係る業務であって、他の所掌に属しないものに関する業務を行っている。

○収入件数 約9,000件、収入金額 約1,085億円。

経理決算室（Accounting Office）

概要：

決算、消費税の確定申告、計算証明、有形固定資産等の管理（他の所掌に属するものを除く。）に関する業務を行っている。

出納室（Treasury Operations Office）

概要：

資金計画、金銭の支払、出納及び保管、有価証券の管理、税務、旅費の支給に関する業務を行っている。

○支払件数 約13万件、支払金額 約1,055億円。

○旅費件数 約9万3千件、支払金額 約26億円。

調達室（Procurement Office）

概要：

物件の調達、物件の売払及び賃貸借等の契約、役務の提供等の契約、調達物品等の市場調査、競争参加者の資格審査、調達業務の調整、政府調達に係る協定に基づく調達公告等の官報掲載、物件の調達等に係る監督及び検査に関する業務を行っている。

○全契約件数 約7万6千件

○政府調達協定の対象案件数 139件、
 契約金額 約227億円。

○インターネット調達

インターネットによる購入契約を締結している電子購買業者の電子購買サイト上で、商品検索・注文を行い、翌日又は翌々日には指定場所まで納品され、支払は毎月一括というスキームのインターネット調達を運用している。文具・事務用品、理化学用品、電子部品、試薬類、書籍、工具等雑貨の調達が可能。

利用件数 約6万1千件、利用金額 約12億円。

○グリーン購入法の適用

「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律」に基づき、産総研として、平成29年度における「環境物品等の調達の推進を図るための方針」を定め、取り組んでいる。

③【業務推進支援部】

（General Affairs Support Division）

 所在地：つくば中央第一

人員：16名（1名）

概要：

業務推進支援部は、研究所における研究支援事務及び庶務等業務の総合的な運用方針の調整及び業務効率化の推進、並びに研究所の研究情報の記録・検認・管理、情報公開及び個人情報保護に係る基本方針の企画・立案・総合調整を行っている。

また、研究所における法務業務及び法人文書管理、並びに外部機関による監査への対応を担っている。

<平成29年度活動のトピックス>

○研究記録制度の見直し

産総研における研究の真正性を確保するための研究情報の記録・検認・管理等について、さらなる適正かつ効率的な運用とすべく、制度の見直し（研究ノートの紙媒体から電子媒体への移行及び研究の進捗に応じた適切な検認時期の設定等）を実施。また、当該情報を管理するシステムについて、見直し後の制度に対応したシステムに改修するとともに、セキュリティ強化のための改修を行った。

○個人情報保護の推進

産総研が保有する個人情報の自主点検について、より効果的・効率的な点検が実施されるよう、点検項目の重点化及び情報の管理区分（重要度）の見直しを実施。また、保有個人情報に関する所内監査について、密接不可分の関係にある情報セキュリティに関する監査と統合し、監査の実効性を高めるとともに、事務の効率化を図った。

機構図 (2018/3/31現在)

[業務推進支援部]	部長	鈴木 光男
	部総括	関 浩之
— [業務室]	室長	小笠原 寿浩 他
— [法務室]	室長	米山 千佳子 他
— [情報公開・個人情報保護推進室]	室長(兼)	関 浩之 他

業務室 (General Affairs Office)

(つくば中央第一)

概要:

業務室は、研究所における研究支援事務及び庶務等業務が適正且つ効率的に遂行されることを目的とし、研究支援業務等を担う事業組織と緊密に意思疎通を図り、当該業務に係る統一的な運用方針の企画・立案・総合調整を行っている。また、研究所の研究情報の記録・検認・管理、法人文書管理及び職員の勤務・服務管理について、研究所の事務の総括を行っている。この他、会計監査人による会計監査への総括的な対応業務を担っている。

法務室 (Legal Office)

(つくば中央第一)

概要:

法務室は、研究所の法務業務を担う部署として、所内規程類及び外部機関との間で締結する契約書等の形式審査、訴訟（他の所掌に属するものを除く。）及び法律相談に関する業務を行っている。また、役職員が安心して産学官連携活動に取り組める環境を整備するとともに、産総研に対する社会的信頼の確保を目的とし、利益相反マネジメントを実施している。

情報公開・個人情報保護推進室

(Disclosure and Personal Information Protection Promotion Office)

(つくば中央第一)

概要:

情報公開・個人情報保護推進室は、情報公開及び個人情報保護に関する法令等に基づいて研究所の業務が適正に遂行されることを目的とし、当該業務に係る基本方針の企画・立案・総合調整を行っている。また、研究所外部からの情報開示請求等への対応及び研究所が保有する情報の公開及び提供に努めている。

業務報告データ

1. 平成29年度法人文書等開示実績

- ①法人文書開示請求7件^{※1}（うち、開示等決定5件^{※2}）
- ②保有個人情報開示請求0件

※1 平成29年度に開示請求があり、平成30年度に開

示決定する1件を含む。

※2 平成28年度に開示請求があり、平成29年度に開示決定した1件を含む。

- 2. 法人文書ファイル保有数：118,265件
- 3. 利益相反マネジメント定期自己申告実施状況（申告者/対象者）：3,322名/3,322名（実施率100%）

④【ダイバーシティ推進室】

(AIST Diversity and Equal Opportunity Office)

所在地：つくば中央第1

人員：6名（3名）

概要:

ダイバーシティ推進室は、性別、年齢、国籍などにかかわらず、個人の能力を發揮できる環境の実現を目指し、女性および外国人研究者の積極的な採用と活躍の支援、ワーク・ライフ・バランスの実現、キャリア形成など、多様性の活用（以下ダイバーシティ）を総合的に推進することに係る業務を行う。

【平成28年度の主な活動】

「産業技術総合研究所第4期中長期目標期間（平成27～31年度）におけるダイバーシティの推進策」、及び「女性活躍推進法行動計画」（平成28年3月策定）及び「次世代育成支援行動計画」（平成29年3月策定）に基づき、職員の多様な属性がもたらす価値・発想を活かす職場環境の整備を目指して、関係部署等と連携して以下の活動を実施した。

●女性研究者の積極的な採用・活躍支援

第4期中長期目標期間における、研究職における累積採用者の女性比率を18%以上とする目標及び「女性活躍推進法行動計画」に基づき、女子大学院生及びポストドクと産総研女性研究者との懇談会・ラボツアーの企画・開催、大学・学会の就職関連イベントへの参加、学生に向けたパンフレットの配布などを通じ、産総研が女性にとって働きやすい職場であることを積極的にアピールした。

●外国人研究者支援

外国人研究者の生活や滞在の支援とともに、情報交換や交流の場の提供など支援を広げ、各担当部署と連携し英語による所内業務説明会の開催や、情報発信（英語版メールマガジンの発行）をするなど、外国人研究者の産総研での活躍を支えた。また外国人研究者受入制度説明会を地域拠点で開催し、海外からの外国人研究者受入れに関する情報提供や相談に応じた。

英語版イントラの整備状況を調査し、関連部署との情報共有を進めた。

●ワーク・ライフ・バランスの実現

例年開催しているワーク・ライフ・バランスセミナーについて、外部専門家による介護及び女性の健康に関連したセミナーを各々開催し、地域拠点への同時配信を行った。

産総研の育児・介護制度のさらなる普及を目的とし、地域拠点での制度説明会を継続して行った。新たにワーク・ライフ・バランスランチ会を開催し、育児・介護の情報や懇談の場を提供した。その中で「出産・育児に関する制度説明会」を実施した。

職場環境整備の一環として、会議を9時～17時の範囲で開催することを推奨するキャンペーンを継続実施した。

仕事と育児の両立を促進することを目的とした在宅勤務制度を継続して行った導入した。

●キャリア形成

全所的な人材育成の取り組みの一環として、産総研職員の多様で柔軟なキャリアを形成できるよう、内部講師によるキャリア形成支援講演会、外部講師によるキャリア形成支援研修を実施し、キャリアパス設計の重要性の提示に努めた。

キャリアカウンセリングを継続して実施し、地域拠点において体験カウンセリングを実施した。

●国、自治体及び他の研究教育機関等との連携

筑波大学及び日本 IBM と連携して実施している平成28年度文部科学省科学技術人材育成費補助事業「ダイバーシティ研究環境イニシアティブ（牽引型）」（平成28年度～33年度）において採択され、女性活躍をさらに推進する事業を実施開始した。

国内18の研究教育機関が参画しているダイバーシティ・サポート・オフィス（DSO）の運営に携わり、懇話会等の定期的な情報交換の場を設けて連携を進めた。

つくば市の男女共同参画審議会委員を務める等、連携協力を行った。

●ダイバーシティの総合推進

ダイバーシティ推進委員会を開催し、関連事項の審議を行い、全所的な取り組みを展開した。

育児・介護等で時間制約がある研究職員への支援のひとつとして、補助員の雇用費補助支援を試行した。

障害者見学のバリアフリーのひとつとして、施設内に点字ブロックを導入した。

平成29年度から3年間を計画期間とする、「次世代育成支援行動計画」を策定した。

公的研究機関で初めて「えるぼし」（女性活躍推進法に基づく厚生労働大臣の認定）を、最上位の「認定段階3」として取得した。

機構図（2017/3/31現在の役職者名）

室長 井出 ゆかり

総括主幹 永翁 龍一内丸 祐子

⑤【業務改革推進室】

（Office for Business Reform）

所在地：つくば中央第1

人員：5名

概要：

業務改革推進室は、研究所における各種業務について、「業務フロー」を確認・整理し、効率性及びアカウンタビリティの観点から見直しを行う等、産総研全体の業務改革の推進に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整を行っている。

<平成29年度活動のトピックス>

○業務プロセスの見直しによる業務時間の削減

①共通経費の支払手続における運用の一部見直し

複写機使用料、郵便料金等の共通経費の一部について、従来は使用した各部署の予算で支払うこととしており、手続に10工数を要していた。手続の簡略化を図る運用見直しを行い、取りまとめ部署にて一括で支払うことで、2工数と大幅に工数を削減した。これにより、本件への担当者の対応時間について、年間約1,800時間の削減効果が見込まれる。

②決裁手続の合理化

従来は理事長をはじめとする研究所の幹部の決裁を受けるためだけに担当職員がつくばセンターと東京本部（霞ヶ関）間を往復しており、そのための時間や交通費を費やしていた。そこで、理事長を含め産総研幹部の決裁を受けるための時間を定例で設ける運用を開始し、担当職員がつくばセンターと東京本部間を往復する時間や交通費を削減した。これにより、起案決裁業務の対応時間について、年間約480時間相当の削減効果が見込まれる。

○定型業務の作業自動化

手作業により進められている定型業務の洗い出しを実施し、一部の定型業務について、マクロ機能や RPA といった作業自動化ツールの有効活用を進め、これまで手作業で行っていたメール作成や契約書関係書類の作成を自動化した。また、対象業務の洗い出しについては、マクロ機能等の作業自動化ツールの効果検証を行った。

○職場単位の業務平準化

本部・事業組織の各職場単位で業務改善等を推進する「職場改善会議」の活動を開始。各職場単位での業務平準化の状況や改善活動の状況を毎月、業務改革推進室に

報告し、業務改革推進室から所内に共有することで、各職場単位での改善の気づきの促進につなげた。

○組織の統合による重複業務の解消

コンプライアンス推進室と業務推進支援部法務室とで分担して実施していた訴訟業務を業務推進支援部法務室に統合。2つの部署の重複業務を削減し、弁護士事務所等の訴訟の対外的な窓口及び所内の担当窓口が統一され、効率化を実現した。

 機構図 (2018/3/31現在の役職者名)

室 長 (兼) 小笠原 寿浩 他

⑥【イノベーションスクール】
 (Innovation School)

 所在地：つくば中央第1、つくばセンター

人 員：2名 (2名)

概 要：

「産総研イノベーションスクール制度」は、産総研特別研究員および産総研にて技術研修を行う大学院生を対象として、専門分野について科学的・技術的な知見を有しつつ、より広い視野を持ち、異なる分野の専門家と協力するコミュニケーション能力や協調性を有する人材の輩出を目指す事業である。

社会で必要とされる知識や技能を習得するための講義・演習、受入責任者の指導のもと産総研における最先端研究の実践、人材育成にご協力いただける企業にて実施する実践的な長期企業研修など、産総研イノベーションスクール独自のカリキュラムを通じて専門性の高い即戦力として活躍できる人材を輩出し、社会的なニーズと有用な人材とのミスマッチの解消に寄与することを目的としている。

平成29年度の活動の概要

- ・イノベーションスクールの運営の基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関すること：

平成29年度は、スクール第11期生として、ポストドクコースの博士研究員17名、大学院生コースの学生28名の計45名に対して運営した。具体的には、マナー・コミュニケーション、企業が期待する博士人材、知的財産、研究倫理、ビジネスプロデュース、キャリアデザイン等の講義・演習、及び研究ユニットでの研究を行った。そして、ロールモデルとして就業している修了生を招聘し、「先輩との交流会」を5月に開催した。また、企業研修をポストドクコースの15名に対して実施した。

- ・大学院生向けコースとして「研究基礎力育成コース」を設立し、5日間で延べ21時間の講義・演習を実施

した。

- ・その他イノベーションスクールの運営等に関すること：

講義・演習に関するスクール生の講義レポートや、企業研修参加報告書を取り纏め、優秀なレポートを提出したスクール生を表彰した。また、研究の意義を異分野の方々に説明する実践の場として、SAT テクノロジーショーケース2018 (2018.2.8) にてスクール生の研究紹介を行った。

より大きな効果を得るために、企業・大学等との連携を推進し、筑波大学と「企業と博士人材との交流会」を開催 (2017.11.29、約40名参加) した。イノベーションスクール修了生等の交流の場としての、「桜翔クラブ」を支援し、10周年記念事業を桜翔クラブと協力して実施した。事業の一環として、記念パーティーを開催 (2017.10.21、約100名参加) し、また、10周年記念誌を発行した。

 機構図 (2018/3/31現在)

[イノベーションスクール]

┌ イノベーションスクール長 加藤 一実
 └ 事務局長 長縄 竜一

 出版物・プレス発表等業務報告データ

【活動紹介等】

- ・「産総研イノベーションスクールの制度説明」北海道大学 (2017.4.25)
- ・「産総研イノベーションスクールの制度説明」室蘭工業大学 (2017.4.26)
- ・「山形大学フロンティア有機材料システム創成フレックス大学院との意見交換」、つくば (2017.6.21)
- ・「産総研イノベーションスクールの制度説明」東北センター一般公開 女子中高校生、女子大学生向けイベント、ダイバーシティ推進室 (2017.7.29)
- ・「産総研イノベーションスクールの制度説明」四国センター一般公開 女子中高校生、女子大学生向けイベント、ダイバーシティ推進室 (2017.8.9)
- ・「産総研イノベーションスクールの制度説明」、女子大学院生・ポストドクと産総研女性研究者との懇談会 in 名古屋、ダイバーシティ推進室 (2017.9.25)
- ・「企業と博士人材との交流会」、共催：筑波大学、参加企業数：10企業、参加者：約40名 (2017.11.29)
- ・「産総研イノベーションスクールの制度説明」女子大学院生・ポストドクと産総研女性研究者との懇談会、ダイバーシティ推進室 (2017.11.21)
- ・「産総研の紹介」第5回多元研キャリア支援交流会、東北大学多元物質科学研究所 (2017.12.21)

8) 【TIA 推進センター】 (TIA Central Office)

所在地：つくば中央第1、第2、つくば西

人員：38名（16名）

概要：

TIA 推進センターは、オープンイノベーション拠点 TIA の形成を通じて、産総研のミッションである「21世紀型課題の解決」、「オープンイノベーションのハブ機能の強化」を業務としている。

TIA は、つくば市に立地する公的4機関（産総研、物質・材料研究機構、筑波大学及び高エネルギー加速器研究機構）と東京大学が内閣府、文部科学省及び経済産業省の支援と産業界との連携によって構築する研究開発・教育拠点である。

1. スーパークリーンルーム（SCR）の運営

近年産業化が著しい IoT 分野での試作能力向上を図るため、3次元実装関連装置の導入・立上げおよび評価装置等の更新（計18台）を実施した。また、これらの装置を共用施設として公開する準備を進めた。

300mm 半導体製造ラインを利用した7つの研究開発プロジェクトを推進するとともに、約款制度により61件の利用申込を受諾し、施設利用を通じて多くの企業・大学の研究開発を支援するとともに産総研の保有する技術の普及に貢献した。

2. 共用施設の運営

約款制度によって、SCR、ナノプロセッシング施設（NPF）、先端ナノ計測施設（ANCF）、超伝導アナログ・デジタルデバイス開発施設（CRAVITY）、蓄電池基盤プラットフォーム（BRP）、MEMS 研究開発拠点（MEMS）及び先端バイオ計測施設（BIO）を外部に公開している。中小企業を支援するため、一部の施設では利用料金の割引を行っている。割引制度を導入している本年度の中小企業の利用社数は、昨年度に比べ、約2倍になった。パンフレットを整備し、各種展示会にて配布して、共用施設利用の拡大に努めた。また、NPF、ANCF は、文部科学省のナノテクノロジープラットフォーム事業を受託しており、同事業の下、産学官の多様な利用者による設備の共同利用を推進した。

3. パワーエレクトロニクス拠点運営

パワーエレクトロニクス研究拠点の効率的運用のためにインフラ、管理体制及び所内の制度の整備を行った。民活型共同研究体 TPEC には企業25社が参画し、SiC 素材やデバイスからアプリケーション

に渡るオープンイノベーションを推進した。TIA パワエレ拠点第二ラインである4インチラインは研究開発ファウンドリーとしての価値提供へとシフトし、新材料プロセス対応への設備整備も準備した。H28年度に構築した第三ラインである6インチラインは、外部へのサンプル提供用として運用を開始した。

また、超電導技術に関する日本型オープンイノベーション拠点として設立した ASCOT は2年目を迎え、国際超電導シンポジウム（ISS2017）、超電導スクール2017（参加者42名）を開催した。

4. TIA 連携プログラム探索推進事業

今年度が2年目となる、TIA 中核5機関の研究者が連携し、将来のイノベーションの芽となる研究テーマを探す TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」では、医療・バイオ、計算物質科学、ビッグデータ解析などの新領域、人材育成を含めて50件（内、前年の継続が20件）が採択された。各テーマの参加研究者が組織の枠を超えて協働し、新領域の開拓や大型研究資金獲得に向けた戦略立案、体制構築等を推進し、TIA はその広報などで支援を行った。

5. 人材育成

TIA 連携棟を中心として開催した「TIA 連携大学院サマー・オープン・フェスティバル2017」（7/24～9/8、参加者：411名、うち当所関連239名）によって人材育成に努めた。人材育成コンソーシアム Nanotech CUPAL を活用し、N.R.P.育成対象者5名を受け入れ、1名を NIMS に派遣するとともに、8つの N.I.P.コース（育成対象者96名（企業参加者38名））を実施した。また、JST さくらサイエンスプランによりタイの若手研究者3名を受け入れた。

6. 所外連携と広報

つくば国際戦略総合特区の推進機関、茨城県、つくば市及び TGI との連携を深め、各種展示会への出展、東京での2回のシンポジウムの開催、パンフレット・ホームページの更新、メールニュースや Facebook による情報発信等、幅広い広報活動を行った。

機構図 (2018/3/31現在)

[TIA 推進センター]

センター長	金丸 正剛
副センター長	岡田 道哉
	綱島 祥隆
審議役	岩田 普
	和田 敏美
	今井 寛
	井佐 好雄
上席イノベーションコーディネータ	大久保 雅隆
	前田 龍太郎
イノベーションコーディネータ	発 正浩
	有本 宏
	元木 健作
	沖 健志朗
総括企画主幹	小川 晋

[戦略ユニット]

ユニット長	金丸 正剛
[企画チーム]	
チーム長	清水 貴思

[連携推進ユニット]

ユニット長	青柳 昌宏
[連携調整チーム]	
チーム長	佐藤 学
[マーケティングチーム]	
チーム長	川合 章子

[共用施設運営ユニット]

ユニット長	和田 敏美
[共用施設ステーション]	
ステーション長	多田 哲也
[スーパークリーンルームステーション]	
ステーション長	森田 行則
[パワーエレクトロニクスステーション]	
ステーション長	宇良 和浩

戦略ユニット

(Strategy Planning Unit)

企画チーム

(Planning Team)

(つくば中央第1)

1. TIA の施策の推進 (以下「TIA 推進」という。)に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関すること。
2. TIA 推進に係るプロジェクトの企画及び立案並びに総合調整に関すること。
3. TIA 推進に係る業務であって、他の所掌に属しないものに関すること。

連携推進ユニット

(Collaboration Promotion Unit)

(つくば中央第1)

概要:

担当業務は次のとおりである。

1. TIA 推進に係る外部機関との連携、コンソーシアムの運営及び国際連携に関すること。
2. TIA 推進に係る情報の収集・分析及び調査に関すること。

連携調整チーム

(Collaboration Team)

(つくば西)

概要:

担当業務は次のとおりである。

1. TIA 推進に関する外部機関との調整等の総括に関すること。
2. TIA 推進に関する研究所の関係部署との調整に関すること。
3. TIA 連携棟見学視察対応。
4. 「科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業」(Nanotech CUPAL) の企画運営。

拠点活用推進チーム

(Consortium Management Team)

(つくば中央第1)

概要:

1. TIA の全般に係るマーケティング戦略の企画・立案・実行に関すること。
2. 魅力ある拠点形成のための各種施策の企画と実行に関すること。
3. 共同研究体 TPEC の事務局業務。
4. TIA パワーエレクトロニクス MG と SG の事務局業務。
5. つくば応用超伝導コンステレーションズ (ASCOT) の事務局業務。

共用施設運営ユニット

(Open Research Platform Unit)

(つくば西、つくば中央第2)

共用施設ステーション

(Open Research Facilities Station)

(つくば中央第2他)

概要：

担当業務は次のとおりである。

1. 共用施設ステーションに登録された施設、機器及び装置の利用（技術指導を含む。）に係る制度の整備及び運用並びに総合調整に関すること。
2. 共用施設ステーションに登録された施設、機器及び装置を利用した依頼分析並びに研究用品の依頼試作及び工作に関すること。
3. 微細加工プラットフォーム事業の運営・実施。

スーパークリーンルームステーション

(Super Clean Room Station)

(つくば西)

概要：

担当業務は次のとおりである。

1. スーパークリーンルーム等を利用したデバイス等の設計、試作、評価及び実証に係る研究開発支援に関すること。
2. スーパークリーンルーム等を利用したデバイス等の設計、試作、評価及び実証に係る技術基盤の整備及び高度化に関すること。
3. スーパークリーンルーム等を利用したデバイス等に係る技術指導又は成果の普及に関すること。
4. スーパークリーンルームの運営に関すること。

パワーエレクトロニクスステーション

(Power Electronics Station)

(つくば西、つくば中央第2)

概要：

担当業務は次のとおりである。

1. TIA 推進のうち、パワーエレクトロニクス拠点の運営に関すること。
2. パワーエレクトロニクス拠点を利用した研究等に係る支援に関すること。
3. TIA 推進のうち、パワーエレクトロニクスに係るイノベーションの推進の支援に関すること。
4. パワーエレクトロニクスに係る人材の育成に関すること。

(2) 事業組織

「事業組織」のトップ（「事業所長」、「地域センター所長」）の下に、「研究業務推進部」又は「研究業務推進室」を配置するとともに、地域センターにおいては、所長の下に第4期から「産学官連携センター」に替わり「産学官連携推進室」を配置している。

平成29年度は事業組織の再編として以下を実施している。

- ・ 関西センターに「京都大学連携研究サイト」を設置。
- ・ つくば中央第二事業所「つくば荊間サイト」で実施した、研究開発プロジェクトの目的である「生活支援ロボットの安全性試験・性能試験の事業化」に目途付けできたため、同サイトを廃止。
- ・ 平成28年度第二次補正予算「人工知能に関するグローバル研究拠点整備事業」を推進するために、つくば中央第一事業所に「柏サイト」を設置。

【事業組織】

- ・ 東京本部
- ・ 北海道センター
- ・ 東北センター
- ・ つくばセンター（つくば中央第一事業所、つくば中央第二事業所、つくば中央第三事業所、つくば中央第五事業所、つくば中央第六事業所、つくば中央第七事業所、つくば西事業所、つくば東事業所）
- ・ 臨海副都心センター
- ・ 中部センター
- ・ 関西センター
- ・ 中国センター
- ・ 四国センター
- ・ 九州センター
- ・ 福島再生可能エネルギー研究所

<凡 例>

地域拠点名 (English Name)

所在地：住所

代表窓口：TEL：、FAX：

人 員：常勤職員数（研究職員数）

概 要：部門概要

機構図

(2018/3/31現在の役職者名)

1) 東京本部 (AIST Tokyo Headquarters)

所在地：〒100-8921 東京都千代田区霞が関1-3-1

代表窓口：TEL：03-5501-0900

人員：58名 (32名)

概要：

産業技術総合研究所は、それぞれの地理的な特長を生かした活動を行い効率的な運営を行っている。東京本部を行政との接点、情報収集、広報活動の拠点として産総研の機動的な活動に有効に活用するとともに、研究現場と隣接して配置され、産学官連携、国際、研究業務推進等の効率的な組織運営を行っているつくばセンターをはじめとする他の事業組織等とテレビ会議システムの活用等により、有機的・効率的連携を図っている。

機構図 (2018/3/31現在)

[東京本部] 事業所長 山崎 知巳
└─ [企画本部]

2) つくばセンター (AIST Tsukuba)

所在地：〒305-8561 茨城県つくば市東1-1-1

人員：2,256名 (1,735名)

概要：

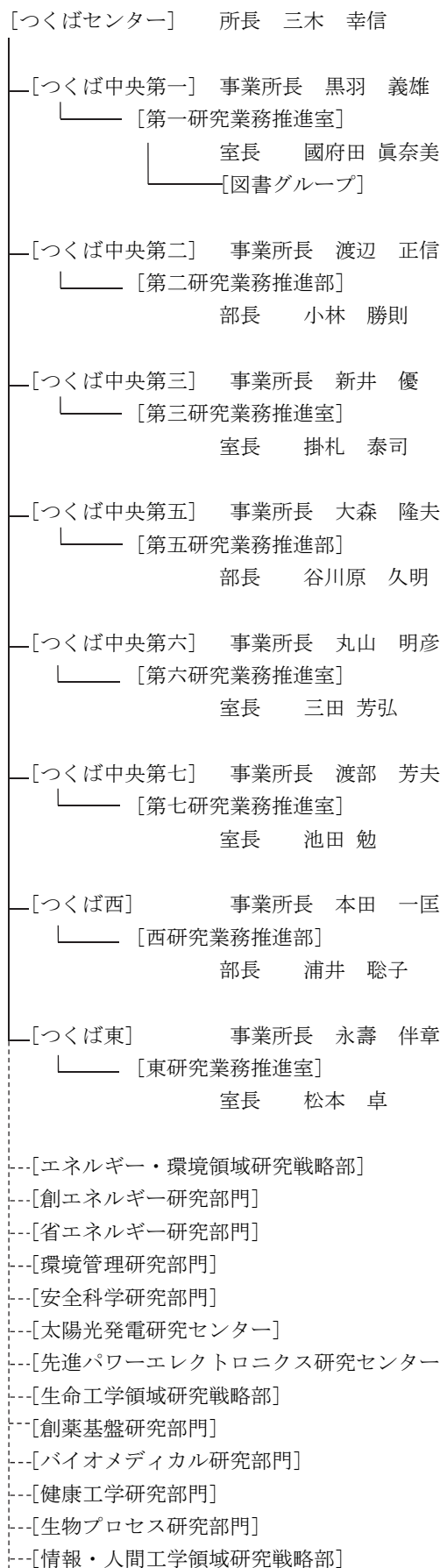
産総研つくばセンターは、産総研全体の研究機能の中核としておよそ70パーセントの研究者や施設が集積した大規模研究拠点である。つくばセンターでは、グリーン・イノベーションやライフ・イノベーションにかかわる幅広い研究分野をカバーするとともに、分野を融合したこれまでにない新しい研究成果を目指している。

さらに、基礎的・基盤的研究から実用に供されるような製品化の研究までを一貫して行い、我が国の産業技術を革新する「オープンイノベーションハブ」の役割を果たすことを目指している。

つくばセンターは、立地するつくば市や茨城県、さらには全国の大学・研究機関・民間企業とも密接な連携を進め、研究人材の供給や研究成果の移転を促進する役割を果たしている。地域の各種の取り組みにも積極的に参画し、共同研究の推進、技術相談や科学技術の普及活動を進めている。

また、つくばセンターは、つくば地域に展開する最大規模の研究所の一つとして、地域の環境と安全への取り組みも行っている。

機構図 (2018/3/31現在)



--[情報技術研究部門]
 --[人間情報研究部門]
 --[知能システム研究部門]
 --[自動車ヒューマンファクター研究センター]
 --[ロボットイノベーション研究センター]
 --[人工知能研究戦略部]
 --[人工知能研究センター]
 --[材料・化学領域研究戦略部]
 --[機能化学研究部門]
 --[化学プロセス研究部門]
 --[ナノ材料研究部門]
 --[触媒化学融合研究センター]
 --[ナノチューブ実用化研究センター]
 --[機能材料コンピュータシミュレーション研究センター]
 --[エレクトロニクス・製造領域研究戦略部]
 --[ナノエレクトロニクス研究部門]
 --[電子光技術研究部門]
 --[製造技術研究部門]
 --[スピントロニクス研究センター]
 --[フレキシブルエレクトロニクス研究センター]
 --[先進コーティング技術研究センター]
 --[集積マイクロシステム研究センター]
 --[地質調査総合センター研究戦略部]
 --[地質情報基盤センター]
 --[活断層・火山研究部門]
 --[地圏資源環境研究部門]
 --[地質情報研究部門]
 --[計量標準総合センター研究戦略部]
 --[計量標準普及センター]
 --[工学計測標準研究部門]
 --[物理計測標準研究部門]
 --[物質計測標準研究部門]
 --[分析計測標準研究部門]
 --[企画本部]
 [総合企画室]
 [経営改革推進室]
 [報道室]
 [広報サービス室]
 [人工知能グローバル研究拠点整備準備室]
 [OIL室]
 --[コンプライアンス推進本部]
 --[イノベーション推進本部]
 [イノベーション推進企画部]
 [技術マーケティング室]
 [大型連携推進室]
 [ベンチャー開発・技術移転センター]
 [知的財産・標準化推進部]
 [産学官・国際連携推進部]
 [地域連携推進部]

--[環境安全本部]
 [環境安全企画部]
 [安全管理部]
 [建設部]
 [情報基盤部]
 --[総務本部]
 [人事部]
 [経理部]
 [業務推進支援部]
 [ダイバーシティ推進室]
 [業務改革推進室]
 [イノベーションスクール]
 --[評価部]
 --[監査室]
 --[TIA推進センター]
 [戦略ユニット]
 [連携推進ユニット]
 [共用施設運営ユニット]

 研究業務推進部室 (General Affairs Division/Office)

(つくば中央第一、つくば中央第二、つくば中央第三、つくば中央第五、つくば中央第六、つくば中央第七、つくば西、つくば東)

概要:

つくばセンターの各事業所研究業務推進部室は、研究支援業務、職員等の勤務及び服務管理、物件の調達業務、施設及び設備等の管理等の業務、環境及び安全衛生の業務等を行っている。

これらの業務を迅速に行うことにより、効率的な組織運営を図っている。

図書グループ (Library Office)

つくば中央第七 (図書室: つくば中央第二、つくば中央第三、つくば中央第五、つくば中央第六、つくば中央第七、つくば西、つくば東)

概要:

研究活動を行うために不可欠な情報源である学術雑誌の収集・管理、文献情報の提供、各図書室の運営、各図書室からの図書情報の一元管理を行っている。

オンラインジャーナルによるサービスの提供、文献データベースの利用促進並びに所蔵データの整理・統一を推進している。

3) 福島再生可能エネルギー研究所

(Fukushima Renewable Energy Institute, AIST)

 所在地: 〒963-0298 福島県郡山市待池台2-2-9

代表窓口：TEL：024-963-1805、FAX：024-963-0824

人員：58名（41名）

概要：

福島再生可能エネルギー研究所は、東日本大震災復興基本法第3条に基づき制定された「東日本大震災からの復興の基本方針」および「福島復興再生基本方針」などを受けて、産総研が「再生可能エネルギー先駆けの地、福島」に設立することを決定した新たな研究拠点であり、福島県郡山市において平成26年4月1日に開所した。

福島再生可能エネルギー研究所は「世界に開かれた再生可能エネルギーの研究開発の推進」と「新しい産業の集積を通じた復興への貢献」をミッションとする、再生可能エネルギーに関する研究開発に特化した我が国唯一の国立研究拠点である。研究実施ユニットとして再生可能エネルギー研究センターを擁し、再生可能エネルギーの大量導入を支えるための、導入制約解消のためのシステム技術開発、一層のコスト低減と性能向上、適切な技術普及のための研究開発、情報発信を実施する。

連携活動として、当所の掲げるミッションの一つである「新しい産業の集積を通じた復興への貢献」の実現に向けて、開所に先立ち平成25年度より「被災地企業のシーズ支援プログラム」を実施している。この事業で、東日本大震災により甚大な被害を受けた被災地（福島県、宮城県、岩手県）に所在する企業が開発した再生可能エネルギーに関連した技術や企業が有するノウハウに対する技術支援を産総研が経費を負担して実施し、その成果の当該企業への移転を通じて、地域における新産業の創出を支援する。平成29年度末までに累計107件の支援を実施した。平成30年度事業は、従来の企業支援に加え、被災地企業等がコンソーシアムを組み、これまでの成果である技術シーズを集積した被災三県発の再生可能エネルギー関連製品の事業化を目指すこととし、平成30年1月に募集を行った（4月に採択課題決定）。2つ目の事業として、平成26年度より、「再生可能エネルギー分野の産業人材育成事業」を実施し、地元の大学等から様々な制度で学生を受け入れ、最先端の設備や知見を活用した研究開発への参画を通じて、将来の再生可能エネルギー分野を担う産業人材の育成に取り組んでいる。平成29年度は112名（平成26年度から延べ341名）の受入、育成を実施した。

その他の連携・広報活動として、福島再生可能エネルギー研究所成果報告講演会（5月）、福島再生可能エネルギー研究所一般公開（7月）の開催、第12回再生可能エネルギー世界展示会（7月）、ふくしま復興・再生可能エネルギー産業フェア2017（11月）、スマートエネルギーWeek 2018（第8回スマートグリッドEXPO）（2月、3月）への出展、等を実施した。

自治体との連携においては、東日本大震災からの復興再生を目的とし福島大学（平成24年2月）、郡山市（平成24年11月）東北大学（平成26年2月）、福島県（平成26年3月）と包括連携協定を締結し、福島県および郡山市とは人事交流として、のべ3名の受入れを実施している。

大学との連携においては、福島再生可能エネルギー研究所として、平成27年2月に福島県内の3つの高等教育機関（会津大学、日本大学工学部、福島工業高等専門学校）と再生可能エネルギー分野の研究開発、人材育成の推進を目的として、連携・協力に関する協定を締結している。

機構図（2018/3/31現在）

[福島再生可能エネルギー研究所]

所長：中岩 勝
所長代理：坂西 欣也
所長代理：(兼) 古谷 博秀
上席イノベーションコーディネータ：近藤 道雄

[産学官連携推進室]

室長：安田 進

[研究業務推進室]

室長：小林 昭彦
室長代理：中澤 新吾
武井 勇二郎
(兼) 菊池 義幸

[分散電源施設運営室]

室長：百合野 真司
室長代理：庭野 和明

[再生可能エネルギー研究センター]

4) 臨海副都心センター (AIST Tokyo Waterfront)

所在地：〒135-0064 東京都江東区青海
二丁目3番地26号

代表窓口：TEL：03-3599-8001、FAX：03-5530-2061

人員：138名（112名）

概要：

産業技術総合研究所臨海副都心センターは、文部科学省及び経済産業省の連携協力によって整備された国際研究交流大学村に、産学官連携の役割を担う研究拠点として、平成13年4月1日に設置された。当センターは国内外産学官各分野の一流級研究者による多様な研究に対応できるフレキシビリティの高い空間を設け

ている。

平成17年4月からは、産学官連携の研究拠点を拡張し、新たにバイオテクノロジーと情報工学の融合研究のための施設として、バイオ・IT 融合研究施設の運用を開始し、技術者等の人材育成から最先端の研究開発まで積極的な事業活動を展開している。

そして5つの研究ユニット（創薬分子プロファイリング研究センター、人工知能研究センター、創薬基盤研究部門、人間情報研究部門、情報技術研究部門）が、新産業の創出や市場拡大につながる独創的かつ先端的技術シーズの研究開発とともに国内外の研究者との交流や研究成果の情報交換を行っている。

当センターへは、平成29年度に内外の大学・企業・政府関係者等326名が視察に訪れており、国際的な産学官による研究交流拠点としての役割を果たしている。

平成29年度における外部機関と行った連携研究は、共同研究253件、受託研究45件である。

また、平成27年3月リニューアルしたライフ・テクノロジー・スタジオ臨海副都心を平日に公開（来訪者659名）するとともに、臨海副都心センターの一般公開（8月25日（土）：633名）を実施するなどの広報活動を行っている。

機構図（2018/3/31現在）

[臨海副都心センター]	所長 宇都 浩三
	所長代理 湯本 勲
— [研究業務推進部]	部長 田崎 英弘
— [産学官連携推進室]	室長 中井川 浩司
----- [創薬分子プロファイリング研究センター]	
----- [人工知能研究センター]	
----- [創薬基盤研究部門]	
----- [人間情報研究部門]	
----- [情報技術研究部門]	

5) 北海道センター（AIST Hokkaido）

所在地：〒062-8517 北海道札幌市豊平区
月寒東2条17丁目2-1

代表窓口：TEL：011-857-8400、FAX：011-857-8900

サイト：札幌大通りサイト

（住所：〒060-0042 北海道札幌市中央区
大通西5丁目8

TEL：011-219-3359、FAX：011-219-3351）

人員：53名（40名）

概要：

北海道センターは「バイオものづくり」をテーマと

した北海道の中核的研究機関としての役割のほか、新産業創出に資するための戦略的地域連携拠点を目指している。

生物プロセス研究部門では、植物および微生物を用いた物質生産プラットフォームの開発などバイオテクノロジーを応用した研究を推進している。植物工場の研究では、イヌインターフェロン α 生産遺伝子組換えイチゴ果実を原薬とした動物用医薬品開発に続き、ヒト・動物用の医薬品を植物で効率的に生産させる研究を展開している。またヒト核内受容体を利用して、さまざまな農水産素材や加工品の機能性を分析しているほか、キノコ類由来の機能性成分について、機能性成分増収のための抽出・培地条件ならびに新規機能性評価について北海道内企業と共同研究するなど、地域の企業と協力しながら地域性のある課題を解決するための研究を進めている。

また、創エネルギー研究部門メタンハイドレートプロジェクトユニットは、メタンハイドレート資源の実用化を目指すナショナルプロジェクトの中心的な役割を担っている。

地域連携拠点の強化として、道内3国立大学法人、4高専、市立大、国立・独法研究機関、北海道経済産業局、自治体、経済団体等21機関で組織するR&Bパーク札幌大通サテライトの事務局を運営し、企業の技術開発・新事業創出のための各種相談に対するワンストップサービス、セミナー・交流会等の人的交流を促進する場の提供、新規ビジネスのためのファシリティ提供等により、産業界、行政と産総研との連携を強化している。平成29年度には、2,817人のサテライト利用、174件の技術相談があった。

北海道センター独自の活動として平成15年度より「バイオテクニシャン育成事業」を実施し、専門学校生を受け入れ、バイオ技術者としての人材育成支援を推進してきた。平成29度は13名を受け入れ、これまでに総数72名のバイオテクニシャンを輩出している。

広報活動として、産総研北海道センター講演会（全4回）等の開催、ビジネス交流会等のイベント出展（全4件）、近隣住民を対象にした一般公開、中高生の職場体験、視察・見学者（361名）の受入などを行った。

機構図（2018/3/31現在）

[北海道センター]	所長 八木 康之
	所長代理 長尾 二郎
	イノベーションコーディネータ
	(兼)永石 博志、後町 光夫
	長野 伸泰、今村 琢磨

- [北海道センター産学官連携推進室]
室長 (兼)長尾 二郎
- [北海道センター研究業務推進室]
室長 坂本 修
- [生物プロセス研究部門]
- [創エネルギー研究部門]

6) 東北センター (AIST Tohoku)

所在地：〒983-8551 宮城県仙台市宮城野区苦竹4-2-1

代表窓口：TEL:022-237-5211、FAX：022-236-6839

(サイト) 仙台青葉サイト

〒980-0811 宮城県仙台市青葉区一番町4-7-17

TEL：022-726-6030、FAX：022-224-3425

東北大学連携研究サイト

〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1

東北大学 材料科学高等研究所

TEL：022-237-8195

人員：46名 (35名)

概要：

東北センターは、東北地域における研究拠点および連携拠点として、先端的な低環境負荷型化学ものづくりのイノベーションを目指すとともに、東北6県の公設試験研究機関との連携を基軸にした広域連携のハブ機能としての役割を果たしている。

当センターには、化学プロセスイノベーションの推進、すなわち、材料・プロセスの機能化による化学ものづくりへの貢献を目指す「化学プロセス研究部門」が置かれている。当研究部門の研究成果を基に、ものづくり産業におけるエネルギー多消費型化学プロセスから省エネルギー・省資源・低環境負荷型化学プロセスへの革新的転換を目指した技術を開発している。また、開発した技術の実用化及び新しい産業創出を目的として企業会員44社が参加する「グリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム (GIC)」では、研修セミナーを開催するなど研究情報の交流促進に努めている。その結果、平成29年度は会員企業との共同研究を14件実施し、研究ユニットのシーズを核とした連携強化が図られている。また、当研究部門が独自開発した粘土膜系新素材「クレースト®」の実用化に向けた取り組みを促進するコンソーシアム「Clayteam」では、企業会員50社のうち8件の共同受託研究により具体的な製品づくりを積極的に進めている。

また、平成28年6月に開所した産総研・東北大数理先端材料モデリングオープンイノベーションラボラトリー (MathAM-OIL) は、9月に第7回計算統計物理解学研究会を仙台で開催すると共に30年1月には第2回企

業連携ワークショップを秋葉原で開催した。

主な連携推進活動としては、理事長訪問型テクノブリッジフェア (TBF) を3回実施 (宮城県 (4月)、岩手県 (7月~8月)、山形県 (11月)) し、企業10社等を訪問してトップダウン型の連携構築に努めた。東北コラボ47事業では、東北各地の工業会等で産総研の研究成果や連携制度を紹介するイベントを5回開催した。さらに東北コラボ100事業として連携担当者が東北地域の研究開発型企業を訪問し、連携ネットワークの拡大と深化に向け活動を推進した。

公設試との連携では、産業技術連携推進会議 (産技連) による各種の連携支援事業を合計10回実施するとともに、11月には東北地域と中国地域の公設試同士の連携を深めるため、東北・中国地域公設試機関長・所長会議を仙台で開催した。

連携顧客に対する活動としては、12月に東北センター創立50周年記念式典とシンポジウムを仙台で開催し、産学官金の業界から232名の参加を得て講演とパネルディスカッション等を実施した。30年1月には産学官金連携フェア2018みやぎを経済団体等と共催して研究成果の紹介や技術相談を実施した。産総研全体の新しい研究成果を東北地域産業界に発信する「産総研・新技術セミナー」は、公設試等と協働して年4回開催した。

地域の皆様への組織と研究活動の紹介では、7月に産総研東北センター一般公開を開催し、562名の来場があった。同月には学都「仙台・宮城」サイエンス・デイ2017に共催・出展した。また、30年2月には、公益財団法人東北活性化研究センターと共催で、東北活性研フォーラム「『東北 society5.0』を考える」を開催し、110名の参加を得た。

当センターに設置されている、高温高圧実験室等を備えた東北産学官連携研究棟 (とうほく OSL) は、平成29年度末で、27実験・研究室が使用され、東北地域における新たな産業技術創生のための研究開発が行われている。また、仙台市中心部に連携オフィスとして仙台青葉サイトを設置し、産技連東北地域部会事務局、東北航空宇宙産業研究会事務局、東北再生可能エネルギー研究会事務局として、公設試験研究機関・大学・企業との連携業務の中核として活動している。

業務報告データ：

○刊行物

名称 (Vol. No.)	刊行区分	発行部数
産総研東北 Newsletter No.45	年2回 9月発行	1200部
産総研東北 Newsletter No.46	年2回 2月発行	1400部

○主な行事（主催・共催・協賛）

開催年月日	名 称
29.4.21	理事長訪問型 TBF in 宮城
29.5.11	山形県工業会講演会（広域コラボ47）
29.5.17	第54回産総研・新技術セミナー
29.5.18	平成29年度 Clayteam 総会／第28回 Clayteam セミナー
29.5.26	GIC 平成29年度総会および特別講演会
29.6.2	第36回中東北公設試技術連携推進会議
29.6.13	東北地域産技連・東北地域部会合同総会・春季合同分科会
29.6.21	第46回北東北公設試技術連携推進会議
29.7.7	平成29年度産学官交流のつどい（福島） 出展
29.7.13	第55回産総研・新技術セミナー
29.7.14	GIC 平成29年度第52回研修セミナー
29.7.16	学都「仙台・宮城」サイエンス・デイ2017 出展
29.7.27	新潟産業人クラブ会員向け産総研セミナー（広域コラボ47）
29.7.29	産総研東北センター一般公開
29.7.31-8.2	理事長訪問型 TBF in 岩手
29.8.4	産総研-東北大マッチングファンド審査会
29.8.24	第29回 Clayteam セミナー
29.8.25	米沢電機工業会「産学官交流夏季セミナー」（広域コラボ47）
29.9.15	GIC 平成29年度第53回研修セミナー
29.9.25	第7回計算統計物理学研究会
29.9.26-27	産技連東北地域部会秋季機械・金属分科会
29.9.28	米沢電機工業会 産総研つくば見学（広域コラボ47）
29.10.5-6	産技連東北地域部会秋季物質・材料・デザイン分科会
29.10.6	NEDO フォーラム2017in 山形
29.10.12-13	産技連東北地域部会秋季資源・環境・エネルギー分科会
29.10.13	産技連東北地域部会プラスチック成型加工技術研究会総会・講演会
29.10.15	サイエンスデイ in 多賀城2017 出展
29.10.18	SIP リグニン2017公開シンポジウム&展示会
29.10.19-20	産技連東北地域部会秋季情報通信・エレクトロニクス分科会
29.10.20-21	おおさき産業フェア2017 出展

29.10.24	あおり産学官金連携 Day2017 出展
29.10.30-31	東北産技連工業系支援機関ネットワーク研修会
29.11.8	産技連東北地域部会東北再生可能エネルギー研究会見学会
29.11.9	第56回産総研・新技術セミナー
29.11.10	第47回北東北公設試技術連携推進会議
29.11.14-15	理事長訪問型 TBF in 山形
29.11.16	第37回中東北公設試技術連携推進会議
29.11.22	産技連東北地域部会東北航空宇宙産業研究会役員会
29.11.27-28	平成29年度東北・中国地域公設試機関長・所長会議
29.11.30	産技連東北地域部会秋季食品・バイオ分科会
29.12.1	国立研究開発法人産業技術総合研究所東北センター創立50周年記念シンポジウム
29.12.22	GIC 平成29年度第54回研修セミナー
30.1.15	MathAM-OIL 第2回企業連携ワークショップ
30.1.17	第57回産総研・新技術セミナー
30.1.18	産学官金連携フェア2018みやぎ 出展
30.2.1	産技連東北地域部会東北再生可能エネルギー研究会役員会・総会・講演会
30.2.15-17	新機能性材料展2017 出展
30.2.16	フレキシブル有機 EL 材料セミナー／第30回 Clayteam セミナー
30.2.21	第12回企業情報交換会 in いちのせき
30.2.22	東北活性研フォーラム 共催
30.2.23	GIC 平成29年度第55回研修セミナー
30.2.28	第38回中東北公設試技術連携推進会議
30.3.7	第48回北東北公設試技術連携推進会議
30.3.12-13	アグリテクノフェア in 北海道 出展

機構図（2018/3/31現在）

所 長：松田 宏雄

所長代理：伊藤 日出男

上席イノベーションコーディネータ：伊藤 努

上席イノベーションコーディネータ：南條 弘

[東北センター産学官連携推進室]

室長：(兼)伊藤 日出男

[東北センター研究業務推進室]

室長：長山 信一

[化学プロセス研究部門]

[産総研・東北大数理先端材料モデリング

オープンイノベーションラボラトリ

(MathAM-OIL)]

7) 中部センター (AIST Chubu)

所在地：〒463-8560 愛知県名古屋市守山区大字

下志段味字穴ヶ洞2266-98

代表窓口：TEL:052-736-7000、FAX:052-736-7400

サイト：名古屋駅前サイト：

〒450-0002 愛知県名古屋市中村区名駅

4丁目4-38

TEL：052-583-6454

名古屋大学連携研究サイト：

〒464-8601 愛知県名古屋市中種区不老町

TEL：052-736-7611

石川サイト：

〒920-8203 石川県金沢市鞍月2丁目1番地

TEL：076-268-3383

人員：142名 (118名)

概要：

産業技術総合研究所中部センターは、ものづくり産業が高度に集積した中部地域において、機能部材技術を核とした「材料系ものづくりの総合的な研究拠点化」を目指しており、材料・化学領域に属する無機機能材料研究部門、構造材料研究部門及び磁性粉末冶金研究センター並びに、エネルギー・環境領域に属する窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリが、材料・プロセス・計測評価技術に関わる高度な研究を展開している。また、中部地域の産業界、大学、公設試や行政機関との緊密な連携により、広範な産業・社会ニーズに応える連携拠点として活動している。特に、中部センターだけでなく全産総研が有する革新的な技術シーズを、中部地域を中心とした企業による事業化に繋ぐ「橋渡し」の役割を果たしている。平成29年度に実施した主な研究成果発信、産学官連携等の活動を以下に示す。

①研究成果発信：中部センター所属の4研究ユニットと合同で中部センター研究発表会・オープンラボ及び中部センター研究講演会を開催し、研究発表会では30件の研究発表、オープンラボでは6件の研究現

場紹介、研究講演会では4件の研究講演を行った。研究発表会・オープンラボには延べ人数で99名の参加者、研究講演会には86名の参加者があり、中部センターの研究活動と成果をアピールした。また「TECH Biz EXPO 2017」(来場者13,582名)において、成果等の展示を行った。北陸地域でのシーズ発信活動として金沢市でイノベーションシーズ講演会(参加者45名)を開催した。その他、本年度の延べ見学者数は148名に達している。

②知的財産権取得状況：知的財産権の取得を積極的に推進し、国内特許68件、外国特許47件を出願した。技術相談件数は1,151件あった。

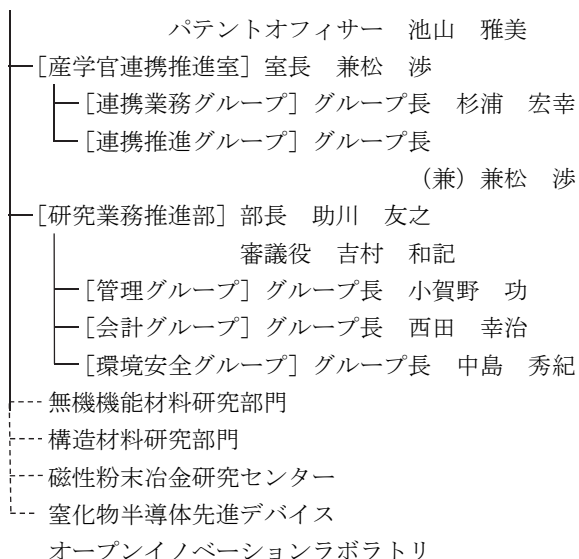
③連携拠点、連携活動：連携・協力提携協定を締結している名古屋大学および名古屋工業大学それぞれと連携協議会を開催すると共に、連携強化のため技術交流会や共同研究構築のためのFS調査研究を実施した。特に名古屋大学とは、平成27年度から対象となる領域を拡大し、全産総研の事業として実施している。中部地域の公設試験研究機関とは、産業技術連携推進会議東海・北陸地域部会の活動を通じ、産総研を中核とした連携を構築するための活動を展開した。6公設試の職員を産総研イノベーションコーディネータに委嘱し、地域企業との連携の強化に努めた。産業界をはじめとする外部機関との連携も積極的に展開し、共同研究154件、受託研究26件を行った。

中部地域の産学官連携に携わる7機関(現在は8機関)が活動拠点を共同で運営し、当地域のイノベーション創出基盤を強化することを目的として設置した「名古屋駅前イノベーションハブ」を活用し、ワンストップサービスが可能な企業向けの技術相談事業を実施するとともに、各種イベントを開催した。

④人材育成等：連携大学院の拡充強化に努め、9大学(名古屋大学、名古屋工業大学、岐阜大学、北海道大学、長岡技術科学大学、大同大学、中部大学、愛知工業大学、上智大学)に15名が就任している。また、地域住民へのアウトリーチ活動として、8月に一般公開を開催した(参加者2,702名)。

機構図(2018/3/31現在)

[中部センター] 所長 立石 裕
 所長代理 清水 聖幸、山内 幸彦
 所長補佐 片桐 泰明
 上席イノベーションコーディネータ
 中村 守、飯田 康夫
 イノベーションコーディネータ
 渡村 信治
 産業技術総括調査官
 (兼) 杉山 豊彦



話会講演会」(2回、大阪市)、産総研サイエンストーク：知らぬは恥だが役に立つ!? (北陸技術交流テクノフェア 2017 ジョイントイベント)」(福井市)、「講演会：ガラスの微細分相とそれを利用した機能性ガラスの開発」(池田市)、「第3回電池技術研究部門フォーラム：水素社会を見据えた燃料電池の先進技術開発」(大阪市)、「産総研テクノブリッジセミナー 2018 in 福井」(福井市)、「進化を続ける二次電池シンポジウム」(大阪市)、「次世代ナノテクノフォーラム 2018：新材料創出のための解析評価」(豊中市)、「関西バイオ医療研究会講演会」(3回、池田市)などを開催した。

連携業務の平成29年度実績(共同研究186件、技術研修60件、受託研究27件、国内特許出願(単願39件、共願27件)、外国特許出願(単願40件、共願35件))には活発な産学官連携の実態が表われている。

また、科学技術の啓蒙普及を主眼に開催した研究所公開(8月26日：来場者843名)、サイエンスカフェ(2回：参加者計26名)を実施した。毎回多数の参加者を得ており関西センターに寄せられている期待は大きい。

情報技術研究部門と協力して組込みシステム産業との連携活動を進めている。人材高度化プログラムである「組込み適塾」(203名の技術者が受講)、国内各地域の組込み関連団体との連携強化を図る「全国組込み産業フォーラム」、製品開発の現場で技術展示を行う「出張展示会」などを組込みシステム産業振興機構と開催した。

8) 関西センター (AIST Kansai)

所在地：〒563-8577 大阪府池田市緑丘1-8-31

代表窓口：TEL：072-751-9601、FAX：072-751-9620

サイト：

福井サイト：〒910-0102 福井県福井市川合鷺塚町61字
北稲田10 福井県工業技術センター内
TEL：0776-55-0152

人員：159名(132名)

概要：

産業技術総合研究所関西センターは、旧大阪工業技術研究所、旧電子技術総合研究所大阪ライフエレクトロニクス研究センター、旧計量研究所大阪計測システムセンター、旧地質調査所大阪地域地質センターの4所を母体としている。

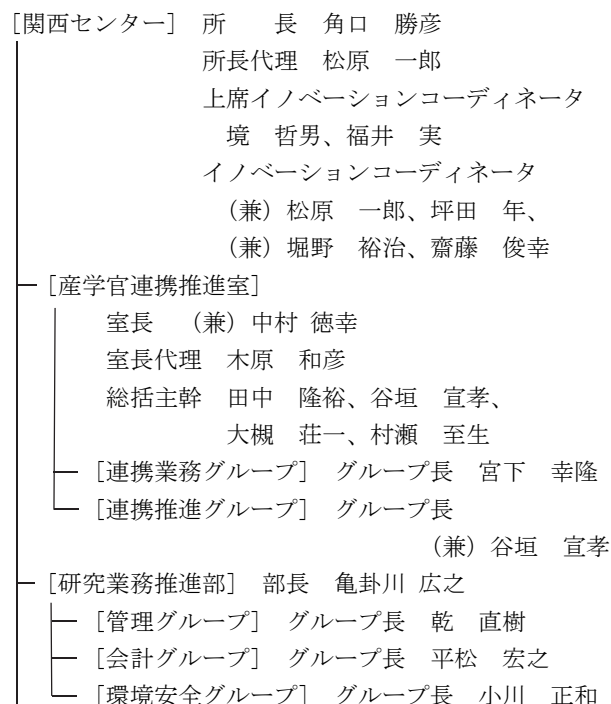
現在、当センターには、4研究部門・1研究センター(電池技術研究部門、バイオメディカル研究部門、情報技術研究部門、無機機能材料研究部門、先進パワーエレクトロニクス研究センター)が置かれている。

関西センターは、持続的発展可能な社会の実現、産業競争力の強化、地域産業の発展への貢献を目指し、健康な暮らしを支える技術、豊かな暮らしを創る技術、安心・安全な暮らしを守る技術の生活に密着する研究開発を推進している。

関西地域は、産業界とアカデミアが集積し、産学官連携が組みやすい構造にある。この特徴を活かし、産総研の研究ポテンシャルを地域産業の振興に役立たせる連携活動も、積極的に展開している。近畿経済産業局をはじめ、企業、大学、公的研究機関、自治体、企業団体や研究開発支援団体などとの交流・連携を深めている。

産総研の研究活動を紹介するため、「産総研福井サイト開設1周年記念セミナー」(福井市)、「テクノブリッジフェア in 和歌山」(和歌山市)、「AIST 関西懇

機構図 (2018/3/31現在)



- [電池技術研究部門]
- [バイオメディカル研究部門]
- [情報技術研究部門]
- [無機機能材料研究部門]
- [先進パワーエレクトロニクス研究センター]

9) 中国センター (AIST Chugoku)

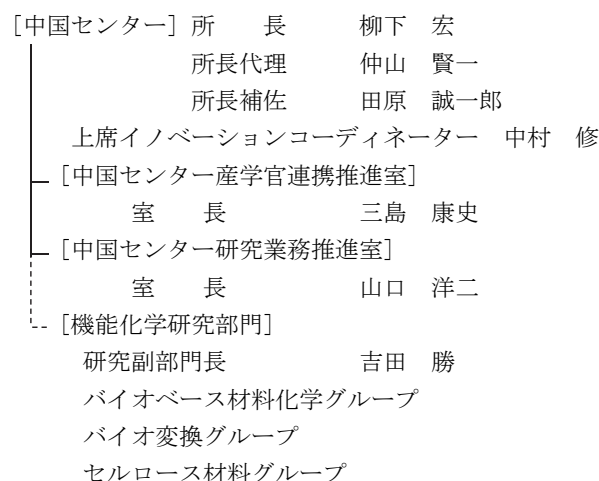
所在地：〒739-0046 広島県東広島市鏡山3-11-32
 代表窓口：TEL：082-420-8230、FAX：082-423-7820
 人員：29名 (21名)
 概要：

産業技術総合研究所中国センターは、中国地域における中核的な研究拠点として活動を展開しており、機能化学研究部門では再生可能資源から高効率かつ低環境負荷で各種の基礎・機能性化学品を製造し、高度利用するための基盤技術開発を進めている。また産総研の中国地域におけるイノベーションハブとして、企業の技術相談・支援に注力するとともに、大学、公設試との連携を推進している。

機能化学研究部門では、バイオマスからの機能性化学品製造において、その収率に大きく影響するセルロース、ヘミセルロース、リグニンの主要3成分の高効率分離技術の研究開発、リグニンから機能化学品への変換技術の研究開発、発酵による機能化学品の生産に適した宿主微生物の研究開発を行っている。また、バイオマスの主要成分であるセルロースをターゲットとして、物理的・化学的手法により、ナノセルロースやバイオマスファイバーを製造し、その高い強度等のポテンシャルを生かして、樹脂複合材料や高性能材料の研究開発を行っている。さらに、ナノセルロースを高度利用するための特性評価技術の開発にも取り組んでいる。

中国センター産学官連携推進室は、地域企業の技術課題と産総研の研究成果のマッチングの強化等を目的に創設した産総研中国センター友の会(産友会)の活動として、会員企業訪問、メルマガ発信等を継続して行っている。また、産総研中国センターシンポジウム、産業技術連携推進会議中国地域部会、中国地域産総研技術セミナー、中国四国地域公設試験研究機関研究者合同研修会等を開催した。さらに、平成27年度には、大学との包括協定の下、見学会および講演会を開催した。広報活動として、広島中央サイエンスパーク施設公開の一環として「産総研中国センター 施設公開」を8月に実施した(来場者:1797名)。

機構図 (2018/3/31現在)



10) 四国センター (AIST Shikoku)

所在地：〒761-0395 香川県高松市林町2217番地14号
 代表窓口：TEL(087)869-3511、FAX(087)869-3553
 人員：34名 (24名)
 概要：

産業技術総合研究所四国センターは、'94.7月に香川県が技術・情報・文化の複合拠点として旧高松空港跡地に整備した「香川インテリジェントパーク」内に立地し、「研究拠点」として健康工学研究部門の研究成果や技術を活用した「健康関連産業の創生」に取り組むとともに、「連携拠点」として全産総研のポテンシャルを活用したものづくり基盤技術力の向上および先端技術の導入による「ものづくり産業の競争力強化」に取り組んでいる。

健康工学研究部門は「人間の健康状態を計測・評価し、その活動を支援するため、先端的なバイオ技術と材料システム開発技術を融合し、健康な生活の実現に寄与する技術を確立する」ことをミッションとし、四国センターでは、特に、1) 健康状態の可視化、2) 生活環境における健康増進を戦略課題として、糖尿病などの予知診断のためのバイオマーカー測定・診断デバイス開発、感染症の超早期診断機器の開発、および水中の有害物質の選択的除去や抗菌成分の長期間放出が可能な材料の開発などに取り組んでいる。

四国地域の企業を中心に組織化した「四国工業研究会」への研究成果の発信や普及、イノベーションコーディネータを中心とした個別企業との対話や技術相談、テクノブリッジ in 四国の開催等、四国地域における工業技術の振興、産業の発展を目指した活動を実施した。また、公設試職員に産総研 IC を委嘱して公設試との連携を強化し、さらに香川県と産総研との包括協定に基づく、先端技術活用型研究開発支援事業を実施し、自治体とも共同で産業振興に取り組んだ。

「四国地域イノベーション創出協議会」の副事務局として、産総研と経済局・自治体との情報共有を主とした連絡会議の開催に加え、産業支援機関などの支援ツールを活用することで企業の多様なニーズに応える活動を実施、特に近年注目の集まっているセルロースナノファイバー（CNF）の産業活用を目指す「四国CNFプラットフォーム」の活動を支援した。また“四国産業技術大賞・革新技術賞”として、技術開発成果が特に優秀であった四国内企業5社の表彰を実施した。

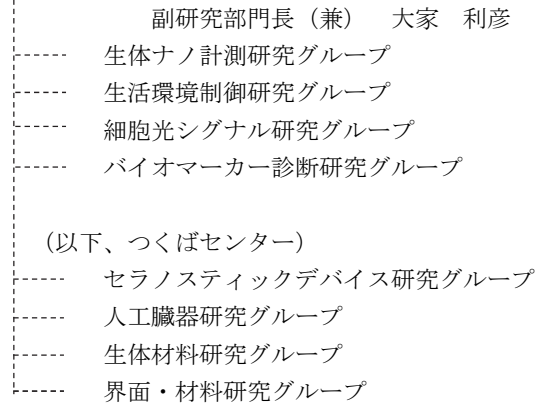
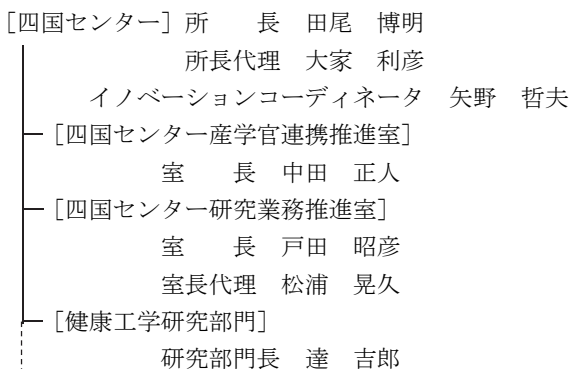
「産業技術連携推進会議」の四国地域部会食品分析フォーラム分科会（20の公設試を含む29会員で構成）では、地域特産食品の機能性成分の分析法を標準化し、食品商品への機能性成分表示を図り、我が国の地域食品関連産業の振興を期することを目的としている。今年度は、臨海副都心センターにて推進会議を行った。また、食品機能性評価技術研究会（四国4県公設試と農研機構で構成）ではセミナーを2回開催した。さらに、中小製造業のIT化支援を目的に産総研で開発されたソフトウェア作成ツールMZプラットフォームの普及を目的とする活動を開始した。

1月には、組織や県の枠を越えて、四国内の大学、国研、公設試、高専、企業、産業支援機関などの研究・開発に携わる人々が一堂に会し、「健康・介護・食品」と「ものづくり・防災・農業食」を中心とする多様な技術シーズを学ぶとともに、今後の交流のための人的ネットワークを形成することを旨とした、「四国オープンイノベーションワークショップ」を高知市で開催した。

2月には、科学と芸術の融合がもたらす「感動」をテーマに「サイエンスとアートの広場」を高松市で開催した。

その他、産業界向けの講演会として、四国4県の公設試や産業支援機関の協力のもと「新技術セミナー」を計2回開催した。また、青少年に科学技術のおもしろさを体験する機会を提供し、理解増進を図ることを目的に一般公開を開催、約650名の参加があった。

 機構図（2018/3/31現在）



11) 九州センター（AIST Kyushu）

所在地：〒841-0052 佐賀県鳥栖市宿町807-1

代表窓口：TEL：0942-81-3600、FAX：0942-81-3690

福岡サイト：〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東

2-13-24（一財）九州産業技術センター内 2F

TEL：092-292-5051

人員：38名（28名）

概要：

産業技術総合研究所九州センターは、九州地域におけるオール産総研の窓口として、「研究拠点」と「連携拠点」の二つの機能を活用した研究開発に取り組んでいる。

「研究拠点」としては、「製造技術研究部門」の4グループを設置し、生産システムの高度化や維持管理のための様々なセンシングシステム、センサネットワーク技術、データ利用技術開発を推進している。また、「太陽光発電研究センター」の1チームを設置し、世界で例を見ない30種類以上の太陽電池の屋外曝露施設の運営により、実環境性能や長期信頼性評価技術の開発を推進している。

さらに、平成27年度に開設した「ミニマルファブショールーム」（平成29年度の来訪者：延べ406名）で、MEMSの要素技術の一つであるリソグラフィを体験してもらう「ミニマルファブ体験講座」を開始した。

「連携拠点」としては、「九州センター産学官連携推進室」を設置し、九州・沖縄地域の関係機関と密接に連携した事業を推進している。産技連九州・沖縄地域部会等が一体となって地域企業等へ技術情報提供、情報交換等を行う交流の場として、「九州・沖縄 産業技術オープンイノベーションデー」を北九州市にて11月に開催し、企業等から多数の参加者を得た（講演会・合同成果発表会参加者：234名）。また、広域連携の機運醸成に資するべく、「九州・沖縄地域公設試及び産総研九州センター研究者合同研修会」を長崎県工業技術センターで開催した（出席者42名）。さらに、九州経済産業局、中小機構九州本部、九州産業技術セ

ンターおよび九州ニュービジネス協議会との5者共同主催による「産学官交流研究会 博多セミナー」を中小機構九州本部において毎月第一金曜日に開催し、産学官の出会いと交流・相談の場を提供した（平成29年度の参加者：延べ1,132名）。

研究成果の橋渡し加速に向けた企業との連携拡大の場として、「産総研テクノブリッジフェア in 九州」を2月に9社の企業を招待して九州センターで開催した。ここでは産総研の成果展示、ラボツアー、理事長との面談等を行った。

自治体、大学との連携では、佐賀県から「佐賀県リーディング企業創出支援事業」の委託を受け、平成28年度からの継続も含めて5件（新規1件、継続4件）の企業との共同開発に取り組んだ。九州工業大学、北九州市、早稲田大学および北九州市立大学との5者で9月に覚書を締結し、これに基づく連携事業として、環境エレクトロニクスの研究を引き続き推進している。

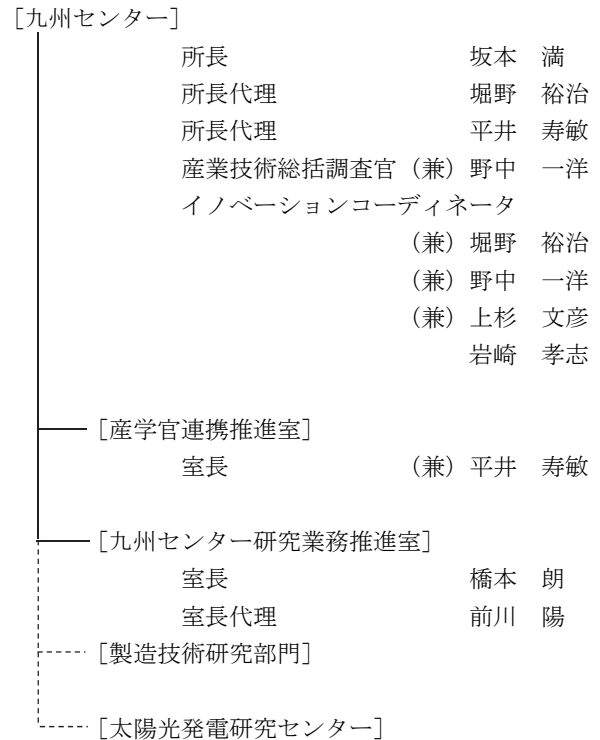
産総研コンソーシアム「製造技術イノベーション協議会（5研究会、会員数102）」を運営し、総会講演会を含む8回の講演会（参加者：延べ277名）を開催した（注：他の研究会、学会等との共催を含む）。

また、出前シンポジウムを「プリンテッド・エレクトロニクスが拓く社会と産業の将来」というテーマで、11月に熊本、3月に大分で開催し、それぞれ120名、52名の参加者を得た。

他機関の主催事業にも積極的に参画した。3月開催の「くまもと産業復興支援プロジェクトフォーラム2018」の中で、マッチングイベントへの出展とセミナーを開催した（セミナー参加者：49名）。また、11月に熊本で開催された「NEDO フォーラム2017 in 熊本」において、産総研の事業について紹介を行った。

また、地域において産総研に対する理解を深めてもらうことを目的とした「産総研九州センター一般公開」を8月に開催した（来場者：447名）。また、「産総研サイエンスカフェ」を6月、2月の2回開催した（来場者：合計90名）。さらに、8月に開催された佐賀県主催の「SAGA ものすごフェスタ2017」に出展した。

機構図（2018/3/31現在）



◆図書蔵書数

蔵書

平成29年度末

センター・事業所	区分	単行本				雑誌						
		29年度受入数(冊)				蔵書数 (冊)	29年度受入数(冊)				製本冊数 (冊)	蔵書数 (冊)
		購入	寄贈	除籍・移動	計		購入	寄贈	除籍・移動	計		
北海道センター	外国	0	0	0	0	646	0	3	0	3	3	324
	国内	0	54	0	54	1,798	0	133	0	133	37	3,200
	計	0	54	0	54	2,444	0	136	0	136	40	3,524
東北センター	外国	1	0	△ 38	△ 37	284	0	10	0	10	0	211
	国内	0	0	△ 73	△ 73	1,136	0	2	0	2	0	28
	計	1	0	△ 111	△ 110	1,420	0	12	0	12	6	239
つくばセンター 第2事業所	外国	0	0	0	0	72	0	0	0	0	0	0
	国内	3	1	△ 5	△ 1	402	0	0	0	0	0	0
	計	3	1	△ 5	△ 1	474	0	0	0	0	0	0
第3事業所	外国	0	531	0	531	1,994	0	19	0	19	12	456
	国内	0	11	0	11	222	0	0	0	0	0	74
	計	0	542	0	542	2,216	0	19	0	19	12	530
第5事業所	外国	0	0	0	0	168	0	0	0	0	0	0
	国内	0	3	0	3	815	0	0	0	0	0	0
	計	0	3	0	3	983	0	0	0	0	0	0
第6事業所	外国	0	0	0	0	149	0	3	△ 252	△ 249	0	15,345
	国内	1	0	0	1	577	0	0	△ 21	△ 21	0	2,098
	計	1	0	0	1	726	0	3	△ 273	△ 270	0	17,443
第7事業所	外国	96	1,402	△ 70	1,428	86,041	152	1,018	△ 21	1,149	240	146,435
	国内	0	2,136	△ 117	2,019	74,350	118	643	△ 59	702	556	42,821
	計	96	3,538	△ 187	3,447	160,391	270	1,661	△ 80	1,851	796	189,256
東事業所	外国	198	51	0	249	18,204	14	2	0	16	25	37,266
	国内	0	135	0	135	14,713	0	40	△ 40	0	76	10,085
	計	198	186	0	384	32,917	14	42	△ 40	16	101	47,351
西事業所	外国	0	40	0	40	8,788	5	0	0	5	121	23,241
	国内	8	167	0	175	11,233	49	0	0	49	61	11,353
	計	8	207	0	215	20,021	54	0	0	54	182	34,594
中部センター	外国	6	93	0	99	7,439	12	0	0	12	12	44,530
	国内	0	175	0	175	10,086	15	15	0	30	30	12,170
	計	6	268	0	274	17,525	27	15	0	42	42	56,700
関西センター	外国	31	32	△ 2	61	11,567	1	254	0	255	310	26,659
	国内	0	82	△ 29	53	9,324	8	94	△ 74	28	168	7,005
	計	31	114	△ 31	114	20,891	9	348	△ 74	283	478	33,664
中国センター	外国	0	9	0	9	1,517	0	0	0	0	0	5,825
	国内	0	152	0	152	3,970	0	19	0	19	11	3,078
	計	0	161	0	161	5,487	0	19	0	19	11	8,903
四国センター	外国	0	2	0	2	1,568	0	0	0	0	0	6,609
	国内	0	4	0	4	3,775	0	0	0	0	0	2,663
	計	0	6	0	6	5,343	0	0	0	0	0	9,272
九州センター	外国	0	0	△ 6	△ 6	1,486	0	0	△ 8,813	△ 8,813	0	6,191
	国内	0	3	△ 38	△ 35	3,112	0	0	△ 5,503	△ 5,503	0	1,767
	計	0	3	△ 44	△ 41	4,598	0	0	△ 14,316	△ 14,316	0	7,958
産総研 合計	外国	332	2,160	△ 116	2,376	139,923	184	1,309	△ 9,086	△ 7,593	723	313,092
	国内	12	2,923	△ 262	2,673	135,513	190	946	△ 5,697	△ 4,561	939	96,342
	計	344	5,083	△ 378	5,049	275,436	374	2,255	△ 14,783	△ 12,154	1,662	409,434

※産業技術総合研究所全センターで利用可能な電子ジャーナルタイトルは約3,300誌、電子ブックタイトルは約31,500冊

Ⅲ. 資 料

Ⅲ. 資 料

従来の工業技術院年報で大部分を占めていた研究発表、特許登録などのデータは、産業技術総合研究所年報からは、研究ユニット別の成果等にて記載している。これらのデータは、産業技術総合研究所公式ホームページ (www.aist.go.jp/) データベースにて提供されている。

資料

1. 研究発表

	誌上 発表	口頭 発表	著書・ 刊行 物・調 査報告	地球科 学情報	計量技 術情 報・工 業標 準化	ソフト ウェア	デー タ ベース	イベ ント 出展	プレ ス 発表	総計
フェロー		1								1
エネルギー・環境領域研究戦略部	45	36						2		83
創エネルギー研究部門	102	161	9					1	1	274
電池技術研究部門	61	168	8					9		246
省エネルギー研究部門	177	286	9						4	476
環境管理研究部門	119	263	17			3		18	3	423
安全科学研究部門	105	200	13		1			13		332
太陽光発電研究センター	136	338	7		1			2	2	486
再生可能エネルギー研究センター	90	187	11	4		1		5	2	300
先進パワーエレクトロニクス研究センター	70	202	1		2			1	1	277
窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボ ラトリー	12	48						1		61
生命工学領域研究戦略部	39	156	1					2		198
創薬基盤研究部門	73	144	10					5	4	236
バイオメディカル研究部門	175	355	14					27	2	573
健康工学研究部門	98	186	17		7			5		313
生物プロセス研究部門	121	241	10					13	6	391
創薬分子プロファイリング研究センター	37	55	1					3		96
情報・人間工学領域研究戦略部	13	27	4							44
人工知能研究戦略部	2									2
情報技術研究部門	142	195	6		6			4	1	354
人間情報研究部門	256	392	13		1			11	2	675
知能システム研究部門	113	204	16					3	5	341
自動車ヒューマンファクター研究センター	43	69	5							117
ロボットイノベーション研究センター	71	72	1		1			4		149
人工知能研究センター	323	371	15		2			20	4	735
材料・化学領域		10	1							11
材料・化学領域研究戦略部	18	50								68
機能化学研究部門	115	247	11		4			13	2	392
化学プロセス研究部門	97	216	19					12	2	346
ナノ材料研究部門	130	244	14					7	4	399
無機機能材料研究部門	134	313	7					22	2	478
構造材料研究部門	99	185	13		3			18	5	323
触媒化学融合研究センター	65	175	12					4	4	260
ナノチューブ実用化研究センター	22	54	4						2	82
機能材料コンピューショナルデザイン研究センター	95	181	6					4	1	287
磁性粉末冶金研究センター	17	69	4					1		91
先端オペランド計測技術オープンイノベーションラ ボラトリー	28	52	1						5	86
エレクトロニクス・製造領域研究戦略部	1	1								2
ナノエレクトロニクス研究部門	202	464	6					5	2	679
電子光技術研究部門	242	413	20					48	3	726
製造技術研究部門	116	306	6					23	4	455
スピントロニクス研究センター	41	83							6	130
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	60	134	15					10	5	224
先進コーティング技術研究センター	32	100	2					4	1	139
集積マイクロシステム研究センター	91	116	4					5	1	217
地質調査総合センター		1								1
地質調査総合センター研究戦略部	7	9	4				1	41	1	63
活断層・火山研究部門	102	263	40	12				18	4	439
地圏資源環境研究部門	128	226	27	8		1		17	2	409
地質情報研究部門	174	315	20	113				36	10	668
地質情報基盤センター	4	14	3	6				6		33
計量標準総合センター		1								1
計量標準総合センター研究戦略部	1									1
工学計測標準研究部門	88	109	7		50			19	1	274
物理計測標準研究部門	161	207	5		20			9	9	411

産業技術総合研究所

	誌上 発表	口頭 発表	著書・ 刊行 物・調 査報告	地球科 学情報	計量技 術情 報・工 業標準 化	ソフト ウェア	データ ベース	イベン ト出展	プレス 発表	総計
物質計測標準研究部門	121	266	20		72			6	1	486
分析計測標準研究部門	129	339	7		19			12	3	509
計量標準普及センター	4	7	2		2			9		24
TIA 推進センター		1								1
評価部	1	1								2
イノベーション推進本部	109	2	1							112
地域連携推進部	1									1
産学官・国際連携推進部	1	1								2
環境安全本部	1	1								2
総務本部	1	5	9					26		41
連携推進ユニット	2	5	2							9
つくばセンター									1	1
福島再生可能エネルギー研究所	1	2								3
臨海副都心センター	1									1
東北センター		4								4
中部センター	1	3	2							6
関西センター	4	2								6
四国センター		2	1		2					5
総計	5070	9556	483	143	193	5	1	524	118	16093

資料

2. 兼 業

平成29年度兼業一覧

()内は役員兼業の数を示している

所属/依頼元	高等教育機関	公的機関	公益法人	民間企業等	総計
創エネルギー研究部門	2	1	17	2	22
電池技術研究部門	1	2	11	4	18
省エネルギー研究部門	7	3	30	8	48
環境管理研究部門	8	8	47	8	71
安全科学研究部門	9	13	21	16(1)	59(1)
太陽光発電研究センター	3		3		6
再生可能エネルギー研究センター	3	3	4	2	12
先進パワーエレクトロニクス研究センター		1		1	2
創薬基盤研究部門	8	1	15	1(1)	25(1)
バイオメディカル研究部門	25	4	19	15(3)	63(3)
健康工学研究部門	6	1	13	6(4)	26(4)
生物プロセス研究部門	9	5	13	1	28
創薬分子プロファイリング研究センター				2(2)	2(2)
情報技術研究部門	6	4	12	8(1)	30(1)
人間情報研究部門	42	2	32	19(9)	95(9)
知能システム研究部門	32	6	10	5(1)	53(1)
自動車ヒューマンファクター研究センター	7		5	5(2)	17(2)
ロボットイノベーション研究センター	11		3	4(1)	18(1)
人工知能研究センター	28	7	26	12(2)	73(2)
機能化学研究部門	5		2	1	8
化学プロセス研究部門	4		4	1	9
ナノ材料研究部門	4	1	5	1(1)	11(1)
無機機能材料研究部門	6		5	1(1)	12(1)
構造材料研究部門	5		2		7
触媒化学融合研究センター	6	2	3		11
機能材料コンピューショナルデザイン研究センター	4		6		10
磁性粉末冶金研究センター			1		1
ナノエレクトロニクス研究部門	1	1	7	1	10
電子光技術研究部門	4	2	11	2(2)	19(2)
製造技術研究部門	7	5	8	7	27
スピントロニクス研究センター		1	1		2
フレキシブルエレクトロニクス研究センター			1	1(1)	2(1)
先進コーティング技術研究センター	1	2	4		7
集積マイクロシステム研究センター	3				3
活断層・火山研究部門	5	4			9
地圏資源環境研究部門	4	2	6		12
地質情報研究部門	10	2	6		18
地質情報基盤センター	3				3
工学計測標準研究部門	8		4		12
物理計測標準研究部門	7	3	9		19
物質計測標準研究部門	5	2	6	1	14
分析計測標準研究部門	2		5	5(4)	12(4)
計量標準普及センター			1		1
地域センター		5	27	7	39
本部組織・事業組織・その他	27	20	49	10	106
総計	328	113	454	157	1052

3. 中長期目標

1. 政策体系における法人の位置付け及び役割（ミッション）

1. 政策体系における産総研の位置付け

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

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

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

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

加えて、「まち・ひと・しごと創生総合戦略」（平成26年12月27日閣議決定）においては、地域イノベーションの推進に向けて、公設試験研究機関（公設試）と産

総研の連携による全国レベルでの「橋渡し」機能の強化を行うこと等を通じて中堅・中小企業が先端技術活用による製品や生産方法の革新等を実現する仕組みを構築することとされた。

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

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

さらに、産総研は、「特定国立研究開発法人による研究開発等の促進に関する特別措置法」（平成28年法律第43号）により、平成28年10月1日から特定国立研究開発法人（以下「特定法人」という。）に指定されることとなった。このため、特定法人として、同法の目的である「世界最高水準の研究開発の成果の創出並びにその普及及び活用の促進を図り、もって国民経済の発展及び国民生活の向上に寄与する」ことが期待されており、具体的には、同法に基づき策定された「基本方針」により、以下を基本的な方向とする取り組み等を特定法人として進めることが求められている。

- ・国家戦略に基づき世界最高水準の研究成果を創出、普及及び活用の促進、国家的課題の解決を先導
- ・我が国全体のイノベーションシステムを強力に牽引する中核機関として、産学官の人材、知、資金等の結集する場の形成を先導
- ・制度改革等に先駆的に取り組み、他の国立研究開発法人をはじめとする研究開発等への波及・展開を先導
- ・法人の長の明確な責任の下、迅速、柔軟かつ自主的・自律的なマネジメントの確保

2. 本中長期目標期間における産総研のミッション

こうした現下の状況や政府方針を踏まえ、平成27年度から始まる新たな中長期目標期間における産総研のミッションは以下のとおりとする。

第一に、産業技術政策の中核の実施機関として、革新的な技術シーズを事業化につなぐ「橋渡し」の役割を果たすものとする。この「橋渡し」については、これまでの産総研における取組方法の変革が求められること、我が国のイノベーション・システムの帰趨にも影響を与えること、所内でも多くのリソースを投入し取り組むことが不可欠であることから、最重要の経営課題と位置づけて取り組むべきものである。また、地域イノベーションの推進に向けて、公設試等とも連携し、全国レベルで

の「橋渡し」を行うものとする。さらに、産総研が長期的に「橋渡し」の役割を果たしていくため、将来の橋渡しの基となる革新的な技術シーズを生み出す目的基礎研究にも取り組むものとする。

第二に、地質調査及び計量標準に関する我が国における責任機関として、今時の多様な利用者ニーズに応えるべく、当該分野における知的基盤の整備と高度化を、国の知的基盤整備計画に沿って実施するものとする。また、新規技術の性能・安全性の評価技術や標準化等、民間の技術開発を補完する基盤的な研究開発等を実施するものとする。

第三に、これらのミッションの達成に当たって、研究人材の拡充と流動化、育成に努めるとともに、技術経営力の強化に資する人材の養成を図るものとする。

II. 中長期目標の期間

産総研の平成27年度から始まる第4期における中長期目標の期間は、5年（平成27年4月～平成32年3月）とする。

III. 研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上に関する事項

第4期中長期目標期間においては、研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上のため、以下のとおり、「橋渡し」機能の強化及び地質調査、計量標準等の知的基盤の整備を推進するとともに、これらの実現のため業務横断的に研究人材の拡充、流動化、育成及び組織の見直しに取り組むものとする。

また、産総研の強み等も踏まえ、同期間に重点的に推進すべき研究開発の方針は、別紙1に掲げるとおりとするとともに、研究領域を一定の事業等のまとまりと捉え、評価に当たっては、別紙2に掲げる評価軸等に基づいて実施することとする。

1. 「橋渡し」機能の強化

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

産総研は、これまででも、基礎研究段階の技術シーズを民間企業等による事業化が可能な段階にまで発展させる「橋渡し」の役割を、様々な分野で行ってきたところであるが、第4期中長期目標期間中にこの「橋渡し」機能

を抜本的に強化することを促すため、同目標期間の終了時（平成32年3月）までに、受託研究収入等、民間企業からの資金獲得額を、現行の3倍以上とすることを目標として掲げ、以下の取り組みを行うものとする。なお、当該目標の達成に当たっては、大企業と中堅・中小企業の件数の比率に配慮するものとする。

民間からの資金獲得目標の達成に向けては、年度計画に各研究領域の目標として設定するとともに、産総研全体として目標を達成するためのPDCAサイクル等の方法について、中長期計画に記載するものとする。

【目標】

本目標期間の終了時（平成32年3月）までに、民間企業からの資金獲得額として、受託研究収入等を、現行（46億円/年）の3倍（138億円/年）以上とすること、及び、産総研が認定した産総研技術移転ベンチャーに対する民間からの出資額を、現行（3億円/年）の3倍（9億円/年）以上とすることを最も重要な目標とする。

【重要度：高】 【優先度：高】

本目標期間における最重要の経営課題である「橋渡し」に係るものであり、また、我が国のイノベーション・システムの帰趨にも影響を与えうるものであるため。

【難易度：高】

マーケティング力の強化、大学や他の研究機関との連携強化、戦略的な知的財産マネジメント等を図ることが必要であり、これまでの産総研における取組方法の変革が求められるため。

併せて、一定金額規模以上の橋渡し研究を企業と実施した案件については、正確な事実を把握し、PDCAサイクルの推進を図るため、その後の事業化の状況（件数等）の把握を行うものとする。

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

「橋渡し」機能を持続的に発揮するには、革新的な技術シーズを継続的に創出することが重要である。このための目的基礎研究について、将来の産業ニーズや内外の研究動向を的確に踏まえ、産総研が優先的に取り組むべきものとなっているかを十分精査して研究テーマを設定した上で、外部からの技術シーズの取り込みや外部人材の活用等も図りつつ、積極的に取り組むものとする。また、従来から行ってきた研究テーマについては、これまで世界トップレベルの成果を生み出したかという観点から分析・検証して世界トップレベルを担う研究分野に特化するものとする。

これにより、将来の「橋渡し」研究に繋がる革新的な技術シーズを創出するとともに、特定法人の目指す世界トップレベルの研究機関としての機能の強化を図るものとする。

目的基礎研究の評価に当たっては、研究テーマ設定の適切性に加え、優れた論文や強い知財の創出（質及び量）を評価指標とする。

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

将来の産業ニーズや技術動向等を予測し、企業からの受託研究に結び付くよう研究テーマを設定し、研究開発を実施するものとする。

「橋渡し」研究前期の評価に当たっては、研究テーマ設定の適切性に加え、強い知財の創出（質及び量）等を評価指標として設定するものとする。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

「橋渡し」研究後期においては、事業化に向けた企業のコミットメントを最大限高める観点から、企業からの受託研究等の資金を獲得した研究開発を基本とするものとする。

「橋渡し」研究後期の評価に当たっては、産業界からの資金獲得額を評価指標として設定するものとする。

(4) 産総研技術移転ベンチャー支援の強化

先端的な研究成果をスピーディーに社会に出していくため、産総研技術移転ベンチャーの創出・支援を進めるものとする。評価に当たっては産総研技術移転ベンチャーに対する民間からの出資額を評価指標として設定するものとする。

(5) 技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施

企業からの技術的な相談に対して、研究開発の実施による対応のみならず、産総研の技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施についても、適切な対価を得つつ積極的に推進するものとする。

(6) マーケティング力の強化

橋渡し機能の強化に当たっては、①目的基礎研究を行う際に、将来の産業や社会ニーズ、技術動向等を予想して研究テーマを設定する、②「橋渡し」研究前期を行う際に、企業からの受託に繋がるレベルまで行うことを目指して研究内容を設定する、③「橋渡し」研究後期で橋渡し先を決定する際に、法人全体での企業からの資金獲得額の目標達成に留意しつつ、事業化の可能性も含め最も経済的効果の高い相手を見つけ出し事業化に繋げる、④保有する技術について幅広い事業において活用を進める、という4つの異なるフェーズでのマーケティング力を強化する必要がある。

これら4フェーズにおけるマーケティング力を強化するためには、マーケティングの専門部署による取組に加え、各研究者による企業との意見交換を通しての取組、さらには、研究所や研究ユニットの幹部による潜在的な顧客企業経営幹部との意見交換を通しての取組が考えられるが、これらを重層的に組合せ、組織的に、計画的な取組を推進するものとする。

(7) 大学や他の研究機関との連携強化

産総研が自ら生み出した技術シーズのみならず、大学や他の研究機関（大学等）の基礎研究から生まれた優れた技術シーズを汲み上げ、その「橋渡し」を進めるべく、優秀な研究者が大学と公的研究機関等、複数の機関と雇用契約関係を結び、どちらの機関において

も正式な職員として活躍できるクロスアポイントメント制度の導入・活用や、大学等の研究室単位での産総研への受け入れ、産総研の研究室の大学等への設置により、大学等との連携強化を図るものとする。

こうしたクロスアポイントメント制度の活用については、「橋渡し」機能の強化を図る観点に加え、高度研究人材の流動性を高める観点から重要であることを踏まえ、積極的な推進を図るものとする。

(8) 戦略的な知的財産マネジメント

「橋渡し」機能の強化に当たっては、研究開発によって得られた知的財産が死蔵されることがなく幅広く活用され、新製品や新市場の創出に繋がっていくことが重要であり、戦略的な知的財産マネジメントが鍵を握っている。

このため、まず優れた研究成果について、特許化するか営業秘密とするかも含め、戦略的に取り扱うこととし、いたずらに申請件数に拘ることなく、質と数の双方に留意して、「強く広い」知財を取得するものとする。

また、積極的かつ幅広い活用を促進する観点から、受託研究の成果も含め、原則として研究を実施した産総研が知的財産権を所有し、委託元企業に対しては当該企業の事業化分野における独占的実施権を付与することを基本とする。なお、企業からの受託研究の成果ではない共通基盤的な技術については非独占実施権を付与するなどにより活用を図るものとする。

さらに、知的財産マネジメントや知的財産権を活用した事業化に向けた体制整備等、戦略的なマネジメントの実現に向けた組織的な取組を行うものとする。

(9) 地域イノベーションの推進等

① 地域イノベーションの推進

産総研のつくばセンター及び全国8カ所の地域センターにおいて、公設試等と密接に連携し、地域における「橋渡し」を推進するものとする。特に、各都道府県に所在する公設試に産総研の併任職員を配置することなどにより、公設試と産総研の連携を強化し、橋渡しを全国レベルで行う体制の整備を行うものとする。

また、第4期中長期目標期間の早期の段階で、地域センターごとに「橋渡し」機能の進捗状況の把握・評価を行った上で、別紙に掲げる重点的に推進すべき具体の研究開発も踏まえつつ、橋渡し機能が発揮できない地域センターについては、他地域からの人材の異動と併せて地域の優れた技術シーズや人材を他機関から補強することにより研究内容の強化を図るものとする。その上で、将来的に効果の発揮が期待されない研究部門等を縮小若しくは廃止するものとする。

② 福島再生可能エネルギー研究所の機能強化

平成26年4月に開所した福島再生可能エネルギー研究所については、これまで国や福島県の震災復興の基本方針に基づいて整備が行われてきたところ、エネルギー

ギー産業・技術の拠点として福島発展に貢献するため、再生可能エネルギー分野における世界最先端で、世界に開かれた研究拠点を目指し、引き続き当該分野に関する研究開発に注力するものとする。また、地元企業が有する技術シーズ評価を通じた技術支援及び地元大学等との連携による産業人材育成に取り組むことにより、地元企業等への「橋渡し」を着実に実施するとともに、全国レベルでの「橋渡し」を推進するものとする。さらに、発電効率の極めて高い太陽電池や世界第3位の地熱ポテンシャル国であることを活かした大規模地熱発電、再生可能エネルギーの変動を大幅緩和するエネルギー貯蔵システム等の再生可能エネルギーに関する世界最先端の研究開発・実証拠点を目指し強化を図るものとする。強化に当たっては、東日本大震災復興関連施策の動向等を踏まえつつ、それまでの取組の成果を評価した上で、平成27年度中にその具体的な強化内容を明らかとし、残りの中長期目標期間において取り組むものとする。

(10) 世界的な産学官連携拠点の形成

世界的な競争が激しく、大規模な投資が不可欠となる最先端の設備環境下での研究が重要な戦略分野については、国内の産学官の知を糾合し、事業化への「橋渡し」機能を有する世界的な産学官連携拠点の形成を、産総研を中核として進め、国全体として効果的かつ効率的な研究開発を推進するものとする。

特に、オープンイノベーションに繋がる研究開発の推進拠点である TIA については、融合領域における取組や産業界への橋渡し機能の強化等により、一層の強化を図るものとする。

(11) 「橋渡し」機能強化を念頭に置いた研究領域・研究者の評価基準の導入

「橋渡し」研究では事業化に向けた企業のコミットメント獲得が重要であることから、「橋渡し」研究を担う研究領域の評価を産総研内で行う場合には、産業界からの資金獲得の増加目標の達成状況を最重視して評価し、資金獲得金額や受託件数によって、研究資金の配分を厚くするなどのインセンティブを付けるものとする。但し、公的研究機関としてのバランスや長期的な研究開発の実施を確保する観点から、インセンティブが付与される産業界からの資金獲得金額や受託件数に一定の限度を設けることも必要である。また、具体的な評価方法を定めるにあたっては、一般に一社当たりの資金獲得金額は小さい一方、事業化に関しては大企業以上に積極的である中堅・中小企業からの受託研究等の取り扱いや、研究分野毎の特性に対する考慮などを勘案した評価方法とすることが必要である。

他方、研究領域内の各研究者の評価については、目的基礎研究や「橋渡し」研究前期で革新的な技術シーズの創出やその磨き上げに取り組む研究者と、「橋渡し」研究後期で個別企業との緊密な関係の下で研究開

発に従事する研究者がおり、研究段階によっては論文や特許が出せない場合もあること等を踏まえる必要がある。このため、目的基礎研究は優れた論文や強い知財の創出（質及び量）、「橋渡し」研究前期は強い知財の創出（質及び量）等、「橋渡し」研究後期は産業界からの資金獲得を基本として評価を行うなど、各研究者が意欲的に取り組めるよう、各研究者の携わる研究段階・研究特性を踏まえて適切な評価軸の設定等を通じてインセンティブ付与を行い、結果として、研究領域全体として効果的な「橋渡し」が継続的に実施されるよう努めるものとする。

2. 地質調査、計量標準等の知的基盤の整備

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

その際、他の研究機関等との連携も積極的に図るとともに、国の知的基盤整備計画に基づいて知的基盤の整備を進め、その取組状況等を評価する。その評価に当たっては、PDCA サイクル等の方法について、中長期計画に記載するものとする。

こうした業務への貢献を産総研内で評価する場合には、「橋渡し」とは異なる評価をしていくことが必要かつ重要であり、各ミッションに鑑み、最適な評価基準を適用するものとする。

【目標】

国の知的基盤整備計画に基づき知的基盤の整備を進める。

【重要度：高】【優先度：高】【難易度：中】

地質情報や計量標準等の知的基盤は、国民生活・社会経済活動を支える重要かつ不可欠な基盤であり、産総研は我が国における責任機関として知的基盤整備計画に基づく着実な取組が求められているため。

3. 業務横断的な取組

(1) 研究人材の拡充、流動化、育成

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

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

は、原則として任期付研究員として採用し、一定の研究経験の後に、いわゆるテニユア審査を経て定年制研究員とするとの運用がなされているが、採用制度の検討・見直しを行い、優秀かつ多様な若手研究者の一層の確保・活用に向けた仕組みの構築を進めるものとする。

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

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

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

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

(2) 組織の見直し

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

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

また、産学官連携や知財管理等に係るイノベーション推進本部等の本部組織についても、研究領域との適切な分担をし、産総研全体として「橋渡し」機能の強化に適した体制に見直すこととする。「橋渡し」の一環で実施する産学官連携等については、産業界のニーズ把握と大学等の有する技術シーズの分析を行い、そ

れらのマッチングにより課題解決策の検討と研究推進組織に対して、研究計画の設計まで関与できる専門人材を強化するものとする。

(3) 特定法人として特に体制整備等を進めるべき事項

- ① 法人の長のマネジメントの裁量の確保・尊重
 - 法人の長が国内外の諸情勢を踏まえて法人全体の見地から迅速かつ柔軟に運営・管理することが可能な体制を確保するものとする。
- ② 世界最高水準の研究開発等を実施するための体制の強化
 - 国際的に卓越した能力を有する人材を確保・育成するための体制
 - 優れた若手、女性、外国人研究者を積極的に登用し、世界最高水準で挑戦的な研究開発を担う体制を整備するものとする。
 - 研究者が研究開発等の実施に注力するための体制
 - 研究者の研究上の定型作業、施設・整備の維持管理、各種事務作業に係る負担を軽減し、研究に専念できる環境を確保するための体制を整えるものとする。
 - 国内外機関との産学官連携・協力の体制や企画力の強化
 - 世界最高水準の研究開発成果の創出、成果の「橋渡し」の実現に向け、大学、産業界及び海外の研究開発機関等との連携・協力を推進するものとする。
 - 外部との連携や技術マーケティング等にも総合的に取り組むための企画・立案機能の強化等を図るものとする。
 - 国際標準化活動を積極的に推進するための体制
 - 技術的知見が活用できるテーマであり、かつ、戦略的に重要な研究開発テーマや産業横断的なテーマについて、民間企業等と連携して国際標準化活動を推進するための体制を整備するものとする。
 - ③ 適正な研究開発等の実施を確保するための体制の充実
 - 国民の負託を受けて信頼ある研究開発を実施していくために、国の指針等を踏まえ、適切な法令遵守・リスク管理体制を適切に構築し、その実施状況について適切な方法により社会に発信するものとする。

IV. 業務運営の改善及び効率化に関する事項

1. 研究施設の効果的な整備と効率的な運営

我が国のオープンイノベーションを推進する観点、さらには「橋渡し」機能の強化を図る観点から、産学官が一体となって研究開発を行うための施設や仕組み等を含め戦略的に整備・構築するとともに、それら施設等の最大限の活用を推進するものとする。

2. PDCA サイクルの徹底

各事業については厳格な評価を行い、不断の業務改善

を行うものとする。評価に当たっては、外部の専門家・有識者を活用するなど適切な体制を構築するものとする。また、評価結果をその後の事業改善にフィードバックするなど、PDCA サイクルを徹底するものとする。

3. 適切な調達の実施

調達案件については、主務大臣や契約監視委員会によるチェックの下、一般競争入札を原則としつつも、随意契約できる事由を会計規程等において明確化し、公正性・透明性を確保しつつ、合理的な調達を実施するものとする。

4. 業務の電子化に関する事項

電子化の促進等により事務手続きの簡素化・迅速化を図るとともに、利便性の向上に努めることとする。また、幅広い ICT 需要に対応できる産総研内情報ネットワークの充実を図ることとする。情報システム、重要情報への不正アクセスに対する十分な強度を確保するとともに、震災等の災害時への対策を確実にを行うことにより、業務の安全性、信頼性を確保することとする。

5. 業務の効率化

運営費交付金を充当して行う事業は、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、一般管理費（人件費を除く。）及び業務経費（人件費を除く。）の合計について前年度比1.36 %以上の効率化を図るものとする。ただし、平成27年度及び平成28年度においては、平成27年4月に定めた業務の効率化「一般管理費は毎年度3 %以上を削減し、業務費は毎年度1 %以上を削減するものとする。」に基づく。

なお、人件費の効率化については、政府の方針に従い、必要な措置を講じるものとする。給与水準については、ラスパレイス指数、役員報酬、給与規定、俸給表及び総人件費を公表するとともに、国民に対する説明責任を果たすこととする。

V. 財務内容の改善に関する事項

運営費交付金を充当して行う事業については、本中長期目標で定めた事項に配慮した中長期計画の予算を作成し、効率的に運営するものとし、各年度期末における運営費交付金債務に関し、その発生要因等を厳格に分析し、減少に向けた努力を行うこととする。また、保有する資産については、有効活用を推進するとともに、不断の見直しを行い保有する必要がなくなったものについては廃止等を行う。

さらに、適正な調達・資産管理を確保するための取組を推進することとし、「平成25年度決算報告」（平成26年11月7日会計検査院）の指摘を踏まえた見直しを行うほか、「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」（平成25年12月24日閣議決定）等既往の閣議決定等に

示された政府方針に基づく取組について、着実に実施するものとする。特に、「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」において、「法人の増収意欲を増加させるため、自己収入の増加が見込まれる場合には、運営費交付金の要求時に、自己収入の増加見込額を充てて行う新規業務の経費を見込んで要求できるものとし、これにより、当該経費に充てる額を運営費交付金の要求額の算定に当たり減額しないこととする。」とされていることを踏まえ、本中長期目標の考え方に従って、民間企業等からの外部資金の獲得を積極的に行う。

VI. その他業務運営に関する重要事項

上記のほか、産総研の運営を一層効果的かつ効率的にするとともに、適切な運営の確保に向けた見直しとして、以下等の取組を行うものとする。

1. 広報業務の強化

産総研の研究成果の効率的な「橋渡し」を行うためにも、産総研の主要なパートナーである産業界に対して、活動内容や研究成果等の「見える化」を的確に図ることが重要であり、広報業務の強化に向けた取組を行うものとする。また、「橋渡し」のための技術シーズの発掘や産学官の連携強化等の観点からも、大企業、中小企業、大学・研究機関、一般国民等の様々なセクターに対して産総研の一層の「見える化」につながる取組を強化するものとする。

2. 業務運営全般の適正性確保及びコンプライアンスの推進

産総研が、その力を十分発揮し、ミッションを遂行するに当たっては、調達・資産管理、研究情報管理、労務管理、安全管理などを含む業務全般や公正な研究の実施について、その適正性が常に確保されることも必要かつ重要である。このため、研究者中心の組織において業務が適正に執行されるよう、業務執行ルールの不断の見直しに加え、当該ルールの周知徹底、事務職員による研究者への支援・チェックの充実、包括的な内部監査等を効率的・効果的に実施するものとする。

また、コンプライアンスは、産総研の社会的な信頼性の維持・向上、研究開発業務等の円滑な実施の観点から継続的に確保されていくことが不可欠であり、昨今その重要性が急速に高まっている。こうした背景やこれまでの反省点等も踏まえ、コンプライアンス本部長たる理事長の指揮の下、予算執行及び研究不正防止を含む産総研における業務全般の一層の適正性確保に向け、厳正かつ着実にコンプライアンス業務を推進するものとする。

さらに、「橋渡し」機能を抜本的に強化していくに当たっても、適切な理由もなく特定企業に過度に傾注・依存することは避ける必要がある。このため、国内で事業化する可能性が最も高い企業をパートナーとして判断で

きるような適切なプロセスを内部に構築するとともに、コンプライアンス遵守に向けた体制整備等、ガバナンスの強化を図るものとする。

3. 情報セキュリティ対策等の徹底による研究情報の保護

これまでと同様に電子化による業務効率化を推進することとするが、「サイバーセキュリティ戦略について」（平成27年9月4日閣議決定）を踏まえ、研究情報等の重要情報を保護する観点から、外部の専門家の知見を活用しつつ、情報セキュリティの確保のための対策を徹底するものとする。また、営業秘密の特定及び管理を徹底するものとする。

4. 内部統制に係る体制の整備

内部統制については、法人の長によるマネジメントを強化するための有効な手段の一つであることから、「独立行政法人の業務の適性を確保するための体制等の整備」（平成26年11月28日付け総務省行政管理局長通知）等に通知した事項を参考にしつつ、必要な取組を推進するものとする。

5. 情報公開の推進等

適正な業務運営及び国民からの信頼を確保するため、適切かつ積極的に情報の公開を行うとともに、個人情報の適切な保護を図る取組を推進するものとする。具体的には、「独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律」（平成13年12月5日法律第140号）及び「個人情報の保護に関する法律」（平成15年5月30日法律第57号）に基づき、適切に対応するとともに、職員への周知徹底を行うものとする。

（別紙1）第4期中長期目標期間において重点的に推進すべき具体の研究開発の方針

【エネルギー・環境領域】

○新エネルギーの導入を促進する技術の開発

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

○エネルギーを高密度で貯蔵する技術の開発

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

○エネルギーを効率的に変換・利用する技術の開発

省エネルギー社会を実現するために、ワイドギャップ半導体パワーエレクトロニクス技術、熱エネルギーの利用技術、自動車用エンジンの高効率燃焼技術等を開発するものとする。

○エネルギー資源を有効活用する技術の開発

メタンハイドレート等のエネルギー資源の有効利用にかかわる技術を開発するものとする。

○環境リスクを評価・低減する技術の開発

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

【生命工学領域】

○創薬基盤技術の開発

創薬のリードタイムを短縮するために、古典的新薬探索から脱却し、短時間に低コストで成功率の高い創薬プロセスを実現する創薬最適化技術、ゲノム情報解析技術、バイオマーカーによる疾病の定量評価技術などの新しい創薬の基盤となる技術を開発するものとする。

○医療基盤・ヘルスケア技術の開発

豊かで健康なライフスタイル実現のために、再生医療等の基盤となる細胞操作技術と幹細胞の標準化を行うものとする。また、健康状態を簡便に評価できる技術の開発を行うとともに、生体適合性の高い医療材料や医療機器の研究開発を行うものとする。

○生物機能活用による医薬原材料等の物質生産技術の開発

遺伝子組換え技術を用いて微生物や植物の物質生産機能を高度化し、医薬原材料等の有用物質を効率的に生産する技術を開発するものとする。

【情報・人間工学領域】

○ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の開発

ビッグデータの分析・試験・評価による知的なサービス設計等を支援するため、脳のモデルに基づく人工知能技術や人工知能の活用を促進するプラットフォーム技術など、人工知能が効率良く新たな価値を共創する技術を開発するものとする。

○産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステム技術の開発

ひと、もの、サービスから得られる情報を融合し、産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステムを実現する統合クラウド技術や軽量でスケラブルなセキュリティ技術、そこから得られるデータをサ

サービスの価値に繋げる技術などを開発するものとする。

○快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術の開発

人間の生理・認知・運動機能などのヒューマンファクターを明らかにし、安全で快適な社会生活を実現するため、自動車運転状態をはじめとする人間活動の測定評価技術を開発するものとする。また、人間の運動や感覚機能を向上させる訓練技術の研究開発を行うものとする。

○産業と生活に革命的要変革を実現するロボット技術の開発

介護サービス、屋内外の移動支援サービス、製造業など様々な産業においてロボットによるイノベーションの実現をめざし、人間共存型産業用等のロボットや評価基準・評価技術などの関連技術を開発するものとする。また、環境変化に強く自律的な作業を実現するロボット中核基盤技術を開発するものとする。

【材料・化学領域】

○グリーンサステナブルケミストリーの推進

再生可能資源等を用いて、高効率かつ低環境負荷で、各種の基礎及び機能性化学品を製造し、高度利用するための基盤技術を確認するものとする。また、空気を新たな資源として利用可能な触媒技術の開発にも取り組むものとする。

○化学プロセスイノベーションの推進

各種の基礎及び機能性化学品等の製造プロセスの高効率化・省エネルギー化を実現するための化学プロセス技術を開発するものとする。また、高温・高圧等の特異な反応場を積極的に利活用し、精密な制御が可能な新しい化学プロセス技術を開発するものとする。

○ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発

ナノカーボン高効率合成およびナノカーボン複合材料製造技術等、ナノ材料のナノ構造精密制御技術や複合化技術、及び先端計測技術を開発するものとする。また、材料・デバイス開発促進のために、高度な計測技術、理論・計算シミュレーションを利用した材料開発を行うものとする。

○新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料の開発

無機系新素材の創製とスケールアップ製造技術及び部材化技術を開発し、資源制約の少ない元素だけを使った高耐熱磁石等の、耐環境性および信頼性に優れた各種の産業部材を提供するものとする。

○省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材

の開発

省エネルギー社会構築を目指し、軽量構造材料などの設計やプロセス技術の開発によって、輸送機器の軽量化に資する構造部材、ならびに広い温度領域を想定し、各温度領域に適した熱制御部材を開発するものとする。

【エレクトロニクス・製造領域】

○情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術の開発

情報データの処理量や通信量の増加に対応するため、省電力で高性能な IT 機器を実現する情報処理・記憶デバイス技術とその集積化技術、あるいはフォトリソグラフィ技術等を開発するものとする。更なる高性能化に向けたポストスケーリング集積化技術の確立や新しい情報処理技術の創出を目指すものとする。

○もののインターネット化に対応する製造およびセンシング技術の開発

社会インフラや生産設備の維持管理を効率化・高度化させるために、あるいは安全な社会生活を実現するために、新たなセンシング技術、センサネットワーク技術、収集データ利用技術などを開発するものとする。

○ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術の開発

産業や社会の多様なニーズに対応した製品を省エネ、省資源、低コストで製造するために、設計マネジメント技術、印刷デバイス技術、ミニマルファブ技術、複合加工技術などを開発するものとする。製品の更なる高付加価値化を目指し、高機能フレキシブル電子材料等の新材料、機能発現形成型技術等を開発するものとする。

○多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術の開発

パワーモジュール、燃料電池、構造材料等、種々の産業用部材、基材に対し自在なコーティングを可能とするために、コーティング技術を高度化するものとする。

【地質調査総合センター】

○地質調査のナショナルセンターとしての地質情報の整備

我が国の知的基盤整備計画に基づいて、国土およびその周辺海域の地質図、地球科学基本図のための地質調査を系統的に実施し、地質情報を整備するものとする。

○レジリエントな社会基盤の構築に資する地質の評価

国および地域の防災等の施策策定に役立てるために、地震・火山活動および長期地質変動に関する調査と解明を行い、地質災害リスクの予測精度向上のための技術を開発するものとする。

○地圏の資源と環境に関する評価と技術の開発

国の資源エネルギー施策立案や産業の持続的発展に役立てるために、地下資源のポテンシャル評価および地圏環境の利用と保全のための調査を行い、そのための技術を開発するものとする。

○地質情報の管理と社会利用促進

国土の適切な利用と保全などを旨として、地質情報や地質標本を体系的に管理するとともに、効果的に成果を発信することにより、地質情報の社会利用を促進するものとする。

【計量標準総合センター】

○計量標準の整備と利活用促進

知的基盤整備計画に基づき、物理標準と標準物質の整備を行うとともに、計量標準の利活用を促進するため、計量標準トレーサビリティシステムの高度化を進めるものとする。さらに、単位の定義改訂に対応するなどの次世代計量標準の開発を推進するものとする。

○法定計量業務の実施と人材の育成

計量法の適切な執行のため、特定計量器の基準器検査、型式承認試験等の試験検査・承認業務を着実に実施するとともに、計量教習などにより人材育成に取り組むものとする。さらに、新しい技術に基づく計量器の規格策定等にも積極的な貢献を図るものとする。

○計量標準の普及活動

中小企業なども計量標準の利活用ができるよう環境を整備し、情報提供や相談などにより計量標準の普及に取り組むものとする。また、計量標準の管理・供給、国際計量標準と工業標準への貢献及び計量標準供給制度への技術支援を行うものとする。

○計量標準に関連した計測技術の開発

計量標準に関連した計測・分析・解析手法及び計測機器、分析装置の開発、高度化を行うものとする。また、計量に係るデータベースの整備、高度化に取り組むものとする。

(別紙2) 国立研究開発法人産業技術総合研究所における評価軸

	研究領域等	評価軸	関連する評価指標、モニタリング指標
橋渡し」機能の強化	エネルギー・環境領域	○革新的技術シーズを事業化につなげる橋渡し研究が実施できているか。	<ul style="list-style-type: none"> ・民間からの資金獲得額（評価指標） ・大企業と中堅・中小企業の研究契約件数の比率（モニタリング指標） ・技術的指導助言等の取組状況（モニタリング指標） ・マーケティングの取組状況（モニタリング指標） ・研究人材の育成等の取組状況（モニタリング指標） ・国際標準化活動の取組状況（モニタリング指標）
	生命工学領域	（目的基礎研究） ○将来の橋渡しの基となる革新的な技術シーズを生み出す目的基礎研究に取り組んでいるか。	（目的基礎研究） <ul style="list-style-type: none"> ・テーマ設定の適切性（モニタリング指標） ・具体的な研究開発成果（評価指標） ・論文の合計被引用数（評価指標） ・論文数（モニタリング指標） ・大学や他の研究機関との連携状況（モニタリング指標）等
	情報・人間工学領域	（「橋渡し」研究前期） ○民間企業との受託研究等につなぐ研究開発に取り組んでいるか。	（「橋渡し」研究前期） <ul style="list-style-type: none"> ・テーマ設定の適切性（モニタリング指標） ・具体的な研究開発成果（評価指標） ・知的財産創出の質的量的状況（評価指標） ・戦略的な知的財産マネジメントの取組状況（モニタリング指標）等
	材料・化学領域	（「橋渡し」研究後期） ○民間企業のコミットメントを最大限高めて研究開発に取り組んでいるか。	（「橋渡し」研究後期） <ul style="list-style-type: none"> ・民間からの資金獲得額（評価指標）【再掲】 ・具体的な研究開発成果（評価指標）等
	エレクトロニクス・製造領域		
	地質調査総合センター		
	計量標準総合センター		
	（その他本部機能等）	<ul style="list-style-type: none"> ○戦略的な知的財産マネジメントに取り組んでいるか。 ○公設試等と密接に連携し、地域における「橋渡し」機能の強化に取り組んでいるか。 ○世界的な産学官連携拠点の形成及び活用がなされているか。 ○優秀かつ多様な研究者の確保が図られているか。 ○産総研技術移転ベンチャーへの支援強化が図られているか。 	<ul style="list-style-type: none"> ・戦略的な知的財産マネジメントの取組状況（モニタリング指標） ・公設試等との連携の取組状況（モニタリング指標） ・産学官連携拠点の形成の取組状況（モニタリング指標） ・採用及び処遇等に係る人事制度の整備状況（モニタリング指標） ・民間からの出資額（評価指標）等
地質調査、計量標準等の知的基盤の整備	地質調査総合センター	○国の知的基盤整備計画に基づいて着実に知的基盤の整備に取り組んでいるか。	<ul style="list-style-type: none"> ・地質図・地球科学図等の整備状況（評価指標） ・地質情報の普及活動の取組状況（モニタリング指標）
	計量標準総合センター	○国の知的基盤整備計画に基づいて着実に知的基盤の整備に取り組んでいるか。 ○計量法に係る業務を着実に実施しているか。	<ul style="list-style-type: none"> ・計量標準及び標準物質の整備状況（評価指標） ・計量標準の普及活動の取組状況（モニタリング指標） ・計量法に係る業務の実施状況（評価指標）

業務横断的な取組	○技術経営力の強化に資する人材の養成に取り組んでいるか。 ※この他の事項については、「橋渡し」機能の強化において評価を実施するものとする。	・産総研イノベーションスクール及びリサーチアシスタント制度の活用等による人材育成人数（評価指標）
----------	--	--

4. 中長期計画、年度計画

【第4期中長期計画】

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

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

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

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

ることとされている。

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

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

さらに、産総研は、「特定国立研究開発法人による研究開発等の促進に関する特別措置法」（平成28年法律第43号）により、平成28年10月1日から特定国立研究開発法人（以下「特定法人」という。）に指定されることとなった。このため、特定法人として、同法の目的である「世界最高水準の研究開発の成果の創出並びにその普及及び活用の促進を図り、もって国民経済の発展及び国民生活の向上に寄与する」ことが期待されており、具体的には、同法に基づき策定された「基本方針」により、以下を基本的な方向とする取り組み等を特定法人として進めることが求められている。

- ・ 国家戦略に基づき世界最高水準の研究成果を創出、普及及び活用の促進、国家的課題の解決を先導
- ・ 我が国全体のイノベーションシステムを強力に牽引する中核機関として、産学官の人材、知、資金等の結集する場の形成を先導
- ・ 制度改革等に先駆的に取り組み、他の国立研究開発法人をはじめとする研究機関等への波及・展開を先導
- ・ 法人の長の明確な責任の下、迅速、柔軟かつ主体的・自律的なマネジメントの確保

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

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

公設試等とも連携し、全国レベルでの「橋渡し」を行うものとする。さらに、産総研が長期的に「橋渡し」の役割を果たしていくため、将来の橋渡しの基となる革新的な技術シーズを生み出す目的基礎研究にも取り組む。

第二に、地質調査及び計量標準に関する我が国における責任機関として、今時の多様な利用者ニーズに応えるべく、当該分野における知的基盤の整備と高度化を国の知的基盤整備計画に沿って実施する。また、新規技術の性能・安全性の評価技術や標準化等、民間の技術開発を補完する基盤的な研究開発等を実施する。

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

I. 研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上に関する事項

第4期中長期目標期間においては、研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上のため、以下のとおり、「橋渡し」機能の強化及び地質調査、計量標準等の知的基盤の整備を推進するとともに、これらの実現のため業務横断的に研究人材の拡充、流動化、育成及び組織の見直しに取り組む。

特に研究組織に関しては、①融合的研究を促進し、産業界が将来を見据えて産総研に期待する研究ニーズに応えられるよう、また、②産業界が自らの事業との関係で産総研の研究内容を分かり易くし、活用につながるよう、次の7つの領域を設ける。領域の下には研究ユニット（研究部門および研究センター）を配置し、研究開発等の業務は各研究ユニットにおいて実施する。

また、産総研の強み等も踏まえ、同期間に重点的に推進する研究開発等は、別表1に掲げるとおりとするとともに、領域を一定の事業等のまとまりと捉え、評価を実施する。（評価軸や評価指標については本文中項目ごとに記載）

(1) エネルギー・環境領域

エネルギー・環境問題の解決に欠かせない技術を提供することを目指し、新エネルギーの導入を促進する技術、エネルギーを高密度で貯蔵する技術、エネルギーを効率的に変換・利用する技術、エネルギー資源を有効活用する技術、及び環境リスクを評価・低減する技術を開発する。

(2) 生命工学領域

健康長寿社会を実現するための技術を開発することを目指し、創薬基盤技術、医療基盤・ヘルスケア技術、及び生物機能活用による医薬原材料等の物質生産技術を開発する。

(3) 情報・人間工学領域

産業競争力の強化と豊かで快適な社会の実現に繋がる人間に配慮した情報技術を提供することを目指し、情報技術の研究と人間工学の研究を統合し、ビッグデータから価値を創造する人工知能技術、産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステム技術、快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術、産業と生活に革新的変革を実現するロボット技術を開発する。

(4) 材料・化学領域

最終製品の競争力の源となる革新的部材・素材を提供することを目指し、材料の研究と化学の研究を統合し、グリーンサステイナブルケミストリーの推進及び化学プロセスイノベーションの推進に取り組むとともに、ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術、新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料、及び省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材を開発する。

(5) エレクトロニクス・製造領域

世界をリードする電子・光デバイス技術と革新的な製造技術を開発することを目指し、エレクトロニクスの研究と製造技術の研究を統合し、情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術、もののインターネット化に対応する製造およびセンシング技術、ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術、及び多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術を開発する。

(6) 地質調査総合センター

地質調査のナショナルセンターとしての地質情報の整備、レジリエントな社会基盤の構築に資する地質の評価、地圏の資源と環境に関する評価と技術の開発、及び地質情報の管理と社会利用促進を行う。

(7) 計量標準総合センター

計量標準の整備と利活用促進、法定計量業務の実施と人材の育成、計量標準の普及活動、及び計量標準に関連した計測技術の開発を行う。

1. 「橋渡し」機能の強化

「橋渡し」機能については、将来の産業ニーズを踏まえた目的基礎研究を通じて革新的な技術シーズを次々と生みだし、これを磨き上げ、さらに橋渡し先として最適な企業と連携して、コミットメントを得た上で共に研究開発を進めて事業化にまで繋げることが求められるものであり、当該機能は、広範な産業技術の各分野に関して深い専門的知見と基礎研究から製品化に至る幅広いリソース、産業界をはじめとした関係者との広範なネットワ

ーク、さらに大規模な先端設備等を有する我が国を代表する総合的な国立研究開発法人である産総研が、我が国の中核機関となって果たすべき役割である。

産総研は、これまでも、基礎研究段階の技術シーズを民間企業等による事業化が可能な段階にまで発展させる「橋渡し」の役割を、様々な分野で行ってきたところであるが、第4期中長期目標期間中にこの「橋渡し」機能を抜本的に強化することを促すため、同目標期間の終了時（平成32年3月）までに、受託研究収入等に伴う民間資金獲得額を、現行の3倍以上とすることを目標として掲げ、以下の取り組みを行う。なお、当該目標の達成に当たっては、大企業と中堅・中小企業の件数の比率に配慮する。

民間からの資金獲得目標の達成に向けては、年度計画に各領域の目標として設定するとともに、目標達成度を領域への予算配分額に反映させること等を通じて産総研全体として目標を達成するためのPDCAサイクルを働かせる。さらに、領域においては、領域長の下で目的基礎研究、「橋渡し」研究前期、「橋渡し」研究後期、及びマーケティングを一体的かつ連続的に行うことで目標達成に向けた最適化を図る。

【目標】

本目標期間の終了時（平成32年3月）までに、民間企業からの資金獲得額として、受託研究収入等を、現行（46億円／年）の3倍（138億円／年）以上とすること、及び、産総研が認定した産総研技術移転ベンチャーに対する民間からの出資額を、現行（3億円／年）の3倍（9億円／年）以上とすることを最も重要な目標とする。

【重要度：高】【優先度：高】

本目標期間における最重要の経営課題である「橋渡し」に係るものであり、また、我が国のイノベーションシステムの帰趨にも影響を与えるものであるため。

【難易度：高】

マーケティング力の強化、大学や他の研究機関との連携強化、戦略的な知的財産マネジメント等を図ることが必要であり、これまでの産総研における取り組み方法の変革が求められるため。

併せて、一定金額規模以上の橋渡し研究を企業と実施した案件については、正確な事実を把握し、PDCAサイクルの推進を図るため、その後の事業化の状況（件数等）の把握を行う。

(1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）

「橋渡し」機能を持続的に発揮するには、革新的な技術シーズを継続的に創出することが重要である。このための目的基礎研究について、将来の産業ニーズや内外の研究動向を的確に踏まえ、産総研が優先的に取り組むべきものとなっているかを十分精査して研究テーマを設定した上で、外部からの技術シーズの取り込

みや外部人材の活用等も図りつつ、積極的に取り組む。また、従来から行ってきた研究テーマについては、これまで世界トップレベルの成果を生み出したかという観点から分析・検証して世界トップレベルを担う研究分野に特化する。

これにより、将来の「橋渡し」研究に繋がる革新的な技術シーズを創出するとともに、特定法人の目指す世界トップレベルの研究機関としての機能の強化を図る。

目的基礎研究の評価においては、将来の橋渡しの基となる革新的な技術シーズを生み出しているかを評価軸とし、具体的な研究開発成果及び論文の合計被引用数を評価指標とする。さらに、研究テーマ設定の適切性、論文発表数及び大学や他研究機関との連携状況を評価の際のモニタリング指標として用いる。また、知的財産創出の質的量的状況も考慮する。

(2) 「橋渡し」研究前期における研究開発

将来の産業ニーズや技術動向を予測し、企業からの受託研究に結びつくよう研究テーマを設定し、必要な場合には国際連携も行いつつ、国家プロジェクト等の外部資金も活用して研究開発を実施する。

「橋渡し」研究前期の評価においては、民間企業からの受託研究等に将来結びつく研究開発に取り組んでいるかを評価軸とし、具体的な研究開発成果及び知的財産創出の質的量的状況を評価指標とする。さらに、テーマ設定の適切性及び戦略的な知的財産マネジメントの取り組み状況等を評価の際のモニタリング指標として用いる。

(3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

「橋渡し」研究後期においては、事業化に向けた企業のコミットメントを最大限高める観点から、企業からの受託研究等の資金を獲得した研究開発を基本とする。

産総研全体の目標として前述の通り民間資金獲得額138億円／年以上を掲げる。「橋渡し」研究後期の評価においては、民間企業のコミットメントを最大限に高めて研究開発に取り組んでいるかを評価軸とし、民間資金獲得額及び具体的な研究開発成果を評価指標とする。さらに、戦略的な知的財産マネジメントの取り組み状況を評価の際のモニタリング指標として用いる。

(4) 産総研技術移転ベンチャー支援の強化

先端的な研究成果をスピーディーに社会に出していくため、産総研技術移転ベンチャーの創出・支援を進める。評価に当たっては産総研技術移転ベンチャーに対する民間からの出資額を評価指標とする。

(5) 技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施

企業からの技術的な相談に対して、研究開発の実施による対応のみならず、産総研の技術的なポテンシャルを活かした指導助言等の実施についても、適切な対価を得つつ積極的に推進する。具体的には、受託研究等に加えて、産総研が有する技術の強みを活かした指導助言等を実施する制度を拡充し、技術面からのコンサルティングを通じて適切な対価を得つつ民間企業への「橋渡し」を支援する。これにより、研究開発から事業化に至るまで切れ目のない連続的な技術支援に資する「橋渡し」機能の一層の強化を目指す。評価に当たっては、コンサルティングが産総研の「橋渡し」機能の一部として重要な役割が期待されることから、得られた収入は評価指標である民間資金獲得額の一部として取り扱う。

(6) マーケティング力の強化

橋渡し機能の強化に当たっては、①目的基礎研究を行う際に、将来の産業や社会ニーズ、技術動向等を予想して研究テーマを設定する、②「橋渡し」研究前期を行う際に、企業からの受託に繋がるレベルまで行うことを目指して研究内容を設定する、③「橋渡し」研究後期で橋渡し先を決定する際に、法人全体での企業からの資金獲得額の目標達成に留意しつつ、事業化の可能性も含め最も経済的効果の高い相手を見つけ出し事業化に繋げる、④保有する技術について幅広い事業において活用を進める、という4つの異なるフェーズでのマーケティング力を強化する必要がある。

これら4フェーズにおけるマーケティング力を強化するためには、マーケティングの専門部署による取り組みに加え、各研究者による企業との意見交換を通じたの取り組み、さらには、研究所や研究ユニットの幹部による潜在的な顧客企業経営幹部との意見交換を通じたの取り組みが考えられるが、これらを重層的に組合せ、組織的に、計画的な取り組みを推進する。すなわち、マーケティングの中核たる研究ユニットの研究職員は、上記①～④を念頭に置き、学会活動、各種委員会活動、展示会等あらゆる機会を捉えて技術動向、産業動向、企業ニーズ、社会ニーズ等の情報を収集し、普段から自分自身の研究をどのように進めれば事業化に繋がるかを考えつつ研究活動を行う。さらに、マーケティングを担う専門人材（イノベーションコーディネータ）と連携したチームを構成し、企業との意見交換等を通じて、民間企業の個別ニーズ、世界的な技術動向や地域の産業動向などを踏まえた潜在ニーズ等の把握に取り組む。収集したマーケティング情報は各領域がとりまとめ、領域の研究戦略に反映する。また、領域や地域センターを跨ぐ横断的なマーケティング活動を行う専門部署を設置し、マーケティング情報を領域間で共有する。さらに、マーケティング情報に基づき、領域をまたぐ研究課題に関する研究戦略や連携戦

略の方向性に反映する仕組みを構築する。加えて、産総研と民間企業の経営幹部間の意見交換を通じたマーケティングも行い、研究戦略の立案に役立てるとともに、包括的な契約締結等への展開を図る。

なお、イノベーションコーディネータは研究職員のマーケティング活動に協力して、民間企業のニーズと産総研のポテンシャルのマッチングによる共同プロジェクトの企画、調整を行い、民間資金による研究開発事業の大型化を担う者として位置づける。マッチングの成功率を上げるため、研究ユニットや領域といった研究推進組織内へのイノベーションコーディネータの配置を進めるとともに、それぞれが担当する民間企業を定めて相手からの信頼を高める。イノベーションコーディネータに要求される資質として、民間企業、外部研究機関等の多様なステークホルダーに対応できる経験や、人的ネットワークなどを有することが求められることから、内部人材の育成に加え、外部人材を積極的に登用して、その専門性に適した人材の強化を図る。

(7) 大学や他の研究機関との連携強化

産総研が自ら生み出した技術シーズのみならず、大学や他の研究機関（大学等）の基礎研究から生まれた優れた技術シーズを汲み上げ、その「橋渡し」を進める。これまで大学や他の研究機関との共同研究や兼業等の制度を用いて連携に取り組んできたが、さらに平成26年度に導入したクロスアポイントメント制度等も積極的に活用し、基礎研究、応用研究・開発、実証、事業化といった各段階において他の機関に所属する優秀な人材を取り込んで最大限に活用する。これにより、組織間の連携推進を実効的に進めるとともに、多様な連携の方策から最適な仕組みを選びつつ推進する。これに加えて大学等との連携強化を図るため、大学等の研究室単位での産総研への受け入れ、産総研の研究室の大学内もしくは隣接地域等へする「オープンイノベーションアリーナ（OIA）」を平成28年度からの5年間で10拠点形成することを目指し、本目標期間中に積極的に形成に取り組む。

クロスアポイントメント制度の活用については、「橋渡し」機能の強化を図る観点に加え、高度研究人材の流動性を高める観点から重要であることを踏まえ、積極的な推進を図る。

(8) 戦略的な知的財産マネジメント

「橋渡し」機能の強化に当たっては、研究開発によって得られた知的財産が死蔵されることがなく幅広く活用され、新製品や新市場の創出に繋がっていくことが重要であり、戦略的な知的財産マネジメントが鍵を握っている。

このため、まず優れた研究成果について、特許化す

るか営業秘密とするかも含め、戦略的に取り扱うこととし、いたずらに申請件数に拘ることなく、質と数の双方に留意して、「強く広い」知財を取得する。

また、積極的かつ幅広い活用を促進する観点から、受託研究の成果も含め、原則として研究を実施した産総研が知的財産権を所有し、委託元企業に対しては当該企業の事業化分野における独占の実施権を付与することを基本とする。具体的には、民間企業等のニーズを踏まえて民間企業が活用したい革新的技術や産業技術基盤に資する技術を創出するために、マーケティングにより把握した産業動向や技術動向に加えて特許動向などの知的財産情報を活用し、オープン&クローズ戦略に基づいた研究の実施と研究成果の戦略的な権利化を進める。なお、企業からの受託研究の成果ではない共通基盤的な技術については非独占的な知的財産権の実施許諾や国際標準への組み込みによる成果普及を目指す等、知的財産の戦略的活用を図る。

さらに、これらの取り組みのため、知的財産や標準化の知見と研究開発に関する知見の双方を有するパテントオフィサーを、領域およびイノベーション推進本部に配置し、知的財産活用化に向けた体制の強化を図る。パテントオフィサーは、知的財産情報の分析支援や、それに基づく領域の知的財産戦略の策定に取り組む。また、パテントオフィサーを中心とした会議体を設置し、知的財産の創出、活用、並びに技術移転を連続的・一体的にマネジメントすることにより、民間企業への「橋渡し」の最大化を目指す。

(9) 地域イノベーションの推進等

① 地域イノベーションの推進

産総研のつくばセンター及び全国8カ所の地域センターにおいて、公設試等と密接に連携し、地域における「橋渡し」を推進する。特に、各都道府県に所在する公設試に産総研の併任職員を配置することなどにより、公設試と産総研の連携を強化し、橋渡しを全国レベルで行う体制の整備を行う。具体的には、産総研職員による公設試への出向、公設試職員へのイノベーションコーディネータの委嘱等の人事交流を活かした技術協力を推進し、所在地域にこだわることなく関係する技術シーズを有した研究ユニットと連携して、地域中堅・中小企業への「橋渡し」等を行う。加えて、公設試の協力の下、産総研の技術ポテンシャルとネットワークを活かした研修等を実施し、地域を活性化するために必要な人材の育成に取り組む。

さらに、第4期中長期目標期間の早期の段階で、地域センターごとに「橋渡し」機能の進捗状況の把握・評価を行った上で、橋渡し機能が発揮できない地域センターについては、他地域からの人材の異動と併せて地域の優れた技術シーズや人材を他機関から補強することにより研究内容の強化を図る。その上で、将来的

に効果の発揮が期待されない研究部門等を縮小若しくは廃止する。

② 福島再生可能エネルギー研究所の機能強化

平成26年4月に開所した福島再生可能エネルギー研究所については、これまで国や福島県の震災復興の基本方針に基づいて整備が行われてきたところ、エネルギー産業・技術の拠点として福島の発展に貢献するため、再生可能エネルギー分野における世界最先端で、世界に開かれた研究拠点を目指し、引き続き、当該分野に関する研究開発に注力する。また、地元企業が有する技術シーズ評価を通じた技術支援及び地元大学等との連携による産業人材育成に取り組むことにより、地元企業等への「橋渡し」を着実に実施するとともに、全国レベルでの「橋渡し」を推進する。さらに、発電効率の極めて高い太陽電池や世界第3位の地熱ポテンシャル国であることを活かした大規模地熱発電、再生可能エネルギーの変動を大幅緩和するエネルギー貯蔵システム等の再生可能エネルギーに関する世界最先端の研究開発・実証拠点を目指し強化を図る。強化に当たっては、東日本大震災復興関連施策の動向等を踏まえつつ、それまでの取り組みの成果を評価した上で、平成27年度中にその具体的な強化内容を明らかとし、残りの中長期目標期間において取り組む。

(10) 世界的な産学官連携拠点の形成

世界的な競争が激しく、大規模な投資が不可欠となる最先端の設備環境下での研究が重要な戦略分野については、国内の産学官の知を糾合し、事業化への「橋渡し」機能を有する世界的な産学官連携拠点の形成を、産総研を中核として進め、国全体として効果的かつ効率的な研究開発を推進する。

特に、オープンイノベーションに繋がる研究開発の推進拠点である TIA については、融合領域における取り組み、産業界への橋渡し機能の強化等により、一層の強化を図る。具体的には、①TIA でこれまでに作った技術シーズの「橋渡し」、②新たな次世代技術シーズの創生、③オープンイノベーション推進のためのプラットフォーム機能の強化に取り組む。このため、他の TIA 中核機関（物質・材料研究機構、筑波大学、高エネルギー加速器研究機構）や大学等と連携して、材料研究からシステム開発に至る総合的なナノテクノロジー研究開発プラットフォームを整備して、これを外部ユーザーにワンストップで提供し、拠点の利便性を向上させる。また、拠点運営機能にマーケティング機能を付加し、拠点を活用する産学官連携プロジェクトや事業化開発を企画提案することにより、研究分野間・異業種間の融合を促進してイノベーションシステムを駆動させる。さらに、上記のプラットフォームを活用する人材育成の仕組みを強化し、これを国内外に

提供して国際的な人材流動の拠点を目指す。

(11) 「橋渡し」機能強化を念頭に置いた領域・研究者の評価基準の導入

「橋渡し」研究では事業化に向けた企業のコミットメント獲得が重要であることから、「橋渡し」研究を担う領域の評価を産総研内で行う場合には、産業界からの資金獲得の増加目標の達成状況を最重視して評価し、資金獲得金額や受託件数によって、研究資金の配分を厚くするなどのインセンティブを付ける。但し、公的研究機関としてのバランスや長期的な研究開発の実施を確保する観点から、インセンティブが付与される産業界からの資金獲得金額や受託件数に一定の限度を設ける。また、具体的な評価方法を定めるにあたっては、一般に一社当たりの資金獲得金額は小さい一方、事業化に関しては大企業以上に積極的である中堅・中小企業からの受託研究等の取り扱いや、研究分野毎の特性に対する考慮などを勘案した評価方法とする。

他方、領域内の各研究者の評価については、目的基礎研究や「橋渡し」研究前期で革新的な技術シーズの創出やその磨き上げに取り組む研究者と、「橋渡し」研究後期で個別企業との緊密な関係の下で研究開発に従事する研究者があり、研究段階によっては論文や特許が出せない場合もあること等を踏まえる必要がある。このため、目的基礎研究は優れた論文や強い知財の創出（質及び量）、「橋渡し」研究前期は強い知財の創出（質及び量）等、「橋渡し」研究後期は産業界からの資金獲得を基本として評価を行うなど、各研究者が研究開発に必要な多様な業務に意欲的に取り組めるよう、研究職員の個人評価においては各研究者の携わる研究段階・研究特性を踏まえて適切な評価軸を設定して行う。こうした評価の結果に対しては研究職員の人事や業績手当への反映等の適正なインセンティブ付与を行い、結果として、研究職員が互いに連携し、領域全体として効果的な「橋渡し」が継続的に実施されるよう努める。さらに、個人の業績に加えて、研究ユニット、研究グループ等に対する支援業務、他の研究職員への協力等の貢献、マーケティングに関わる貢献も重視する。こうして領域全体として効果的な「橋渡し」が継続的に実施されるよう取り組む。

(12) 追加的に措置された交付金

平成27年度補正予算（第1号）により追加的に措置された交付金については、「一億総活躍社会の実現に向けて緊急に実施すべき対策」の生産性改革の実現及び「総合的な TPP 関連政策大綱」のイノベーション等による生産性向上促進のために措置されたことを認識し、IoT 等先端技術の研究開発環境整備事業のために活用する。

平成28年度補正予算（第2号）により追加的に措置

された交付金については、「未来への投資を実現する経済対策」の21世紀型のインフラ整備のために措置されたことを認識し、人工知能に関するグローバル研究拠点整備事業のために活用する。

2. 地質調査、計量標準等の知的基盤の整備

我が国の経済活動の知的基盤である地質調査や計量標準等は、資源確保に資する探査・情報提供や産業立地に際しての地質情報の提供、より正確な計測基盤を産業活動に提供する等の重要な役割を担っており、我が国における当該分野の責任機関として、これらの整備と高度化を通じて我が国の産業基盤を引き続き強化する。その際、他の研究機関等との連携も積極的に図るとともに、国の知的基盤整備計画に基づいて知的基盤の整備を進め、その取り組み状況等を評価する。こうした業務への貢献を産総研内で評価する場合には、「橋渡し」とは異なる評価をしていくことが必要かつ重要であり、各ミッションに鑑み、最適な評価基準を適用する。知的基盤整備の評価においては、国の知的基盤整備計画に基づいて着実に知的基盤の整備に取り組んでいるか、及び計量法に関わる業務を着実に実施しているかを評価軸とし、地質図・地球科学図等の整備状況、計量標準及び標準物質の整備状況、及び計量法に係る業務の実施状況を指標とする。さらに、地質情報の普及活動の取り組み状況、計量標準の普及活動の取り組み状況を評価の際のモニタリング指標として用いる。さらに、国が主導して平成26年度から毎年定期的に行うことになった知的基盤整備計画の見直しとも連動し、PDCA サイクルを働かせる。

【目標】

国の知的基盤整備計画に基づき知的基盤の整備を進める。

【重要度：高】【優先度：高】【難易度：中】

地質情報や計量標準等の知的基盤は、国民生活・社会経済活動を支える重要かつ不可欠な基盤であり、産総研は我が国における責任機関として知的基盤整備計画に基づく着実な取り組みが求められているため。

3. 業務横断的な取り組み

(1) 研究人材の拡充、流動化、育成

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

第一に、橋渡し研究の実施はもとより、目的基礎研究の強化の観点からも、優秀かつ多様な若手研究者の確保・活用は極めて重要であり、クロスアポイント制度や大学院生等を研究者として雇用するリサーチアシスタント制度の積極的かつ効果的な活用を図る。また、現在、新規研究者採用においては、原則として任期付

研究員として採用し、一定の研究経験の後に、いわゆるテニユア審査を経て定年制研究員とするとの運用がなされているが、採用制度の検討・見直しを行い、優秀かつ多様な若手研究者の一層の確保・活用に向けた仕組みの構築を進める。例えば産総研においてリサーチアシスタントやポスドクを経験して既に高い評価を得ている者、極めて優れた研究成果を既に有している者、及び極めて高い研究能力を有すると判断できる者については、テニユア化までの任期を短縮する、もしくは直ちにテニユア職員として採用するなど、優秀な若手研究者の確保・活用の観点から柔軟性を高めた採用制度を検討し、平成27年秋の新入職員採用試験から導入する。

また、研究者の育成においては、Eラーニングを含む研修等により、研究者倫理、コンプライアンス、安全管理などの基礎知識や、職責により求められるマネジメントや人材育成の能力の取得、連携マネジメント等の多様なキャリアパスの選択を支援する。

さらに、産総研における研究活動の活性化に資するだけでなく、民間企業等への人材供給を目指し、実践的な博士人材等の育成に積極的に取り組む。具体的には、産総研イノベーションスクールの実施やリサーチアシスタント制度の積極活用等を通して、産業界が関与するプロジェクト等の実践的な研究開発現場を経験させるとともに、事業化に係る人材育成プログラムなどを活用することによって、イノベーションマインドを有する実践的で高度な博士研究人材等の育成を進める。産総研イノベーションスクールにおいては、広い視野とコミュニケーション能力を身につけるための講義と演習、産総研での研究実践研修、民間企業インターンシップ等の人材育成を実施し、民間企業等にイノベティブな若手博士研究者等を輩出する。

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

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

第四に、ワーク・ライフ・バランスを推進し、男女がともに育児や家事負担と研究を両立するための具体的な方策、女性の登用目標や必要に応じた託児施設等の整備、在宅勤務制度の試行的導入等を含む具体的なプログラムの策定等を行い、女性のロールモデル確立と活用を増大させるための環境整備・改善に継続的に取り組む。

(2) 組織の見直し

上記に掲げる事項を実現するため、本部組織と各領域等との役割・責任関係のあり方も含め、現在の組織・制度をゼロベースで見直し、目的基礎研究から実用化までの「橋渡し」を円滑かつ切れ目無く実施する。具体的には、研究組織をI.の冒頭に示した7領域に再編したうえで各領域を統括する領域長には「1.『橋渡し』機能の強化」を踏まえた目標を課すとともに、人事、予算、研究テーマの設定等に関わる責任と権限を与えることで領域長が主導する研究実施体制とする。領域内には領域長の指揮の下で研究方針、民間企業連携など運営全般に係る戦略を策定する組織を設ける。戦略策定に必要なマーケティング情報を効果的かつ効率的に収集・活用するため、この組織内にイノベーションコーディネータを配置し、研究ユニットの研究職員と協力して当該領域が関係する国内外の技術動向、産業界の動向、民間企業ニーズ等の把握を行う。領域の下に研究開発を実施する研究ユニットとして研究部門及び研究センターを配置する。このうち研究センターは「橋渡し」研究後期推進の主軸となり得る研究ユニットとして位置づけを明確にし、研究センター長を中核として強力なリーダーシップと的確なマネジメントの下で研究ユニットや領域を超えて必要な人材を結集し、チームとして「橋渡し」研究に取り組める制度を整備する。また、研究センターにおいては、「橋渡し」研究に加え、将来の「橋渡し」につながるポテンシャルを有するものについては、目的基礎研究も実施する。

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

さらに、機動的に融合領域の研究開発を推進するための予算を本部組織が領域に一定程度配分できるようにするとともに、研究立案を行うために必要に応じて本部組織にタスクフォースを設置できるようにする。

(3) 特定法人として特に体制整備等を進めるべき事項

① 理事長のマネジメントの裁量の確保・尊重

理事長が国内外の諸情勢を踏まえて産総研全体の見地から迅速かつ柔軟に運営・管理することが可能な体制を確保する。

② 世界最高水準の研究開発等を実施するための体制の強化

- ・国際的に卓越した能力を有する人材を確保・育成するための体制
特に世界的な競争の激しい研究領域を中心として、世界最高水準で挑戦的な研究開発を実施するため、若手、女性、外国人研究者を含む国内外の多様なトップ・新進気鋭の研究者や優れた技術を集結させる体制を整備する。
 - ・研究者が研究開発等の実施に注力するための体制
研究者の研究上の定型作業、施設・整備の維持管理、事務作業に係る負担を軽減するため、これらの作業の効率化や改善を一層進めるとともに、研究者が研究に専念できる環境を確保するための仕組みや体制を整える。
 - ・国内外機関との産学官連携・協力の体制や企画力の強化
世界最高水準の研究開発成果の創出、成果の「橋渡し」の実現に向け、大学、産業界及び海外の研究開発機関等との連携・協力を推進する。また、内部人材の育成に加え、企業等外部人材を積極的に登用するなど、外部との連携や技術マーケティング等にも総合的に取り組むための企画・立案機能の強化等を図る。
 - ・国際標準化活動を積極的に推進するための体制
技術的知見が活用できるテーマであり、かつ、戦略的に重要な研究開発テーマや産業横断的なテーマについて、標準化を通して産業競争力を強化する「橋渡し」役を担うべく、民間企業等と連携して国際標準化活動を推進するための体制を整備する。
- ③適正な研究開発等の実施を確保するための体制の充実
- 国民の負託を受けて信頼ある研究開発を実施していくために、国の指針等を踏まえ、適切な法令遵守・リスク管理体制を適切に構築し、その実施状況について適切な方法により社会に発信する。

II. 業務運営の改善及び効率化に関する事項

1. 研究施設の効果的な整備と効率的な運営

我が国のオープンイノベーションを推進する観点、さらには「橋渡し」機能の強化を図る観点から、産学官が一体となって研究開発を行うための施設や仕組み等を戦略的に整備・構築するとともに、それら施設等の最大限の活用を推進する。

2. PDCA サイクルの徹底

各事業については厳格な評価を行い、不断の業務改善を行う。評価に当たっては、外部の専門家・有識者を活用するなど適切な体制を構築する。また、評価結果をその後の事業改善にフィードバックするなど、PDCA サイクルを徹底する。

3. 適切な調達の実施

調達案件については、一般競争入札等（競争入札及び企画競争・公募をいい、競争性のない随意契約は含まない。）について、真に競争性が確保されているか、主務大臣や契約監視委員会によるチェックの下、契約の適正化を推進する。「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」（平成25年12月24日閣議決定）を踏まえ、一般競争入札を原則としつつも、研究開発型の法人としての特性を踏まえ、契約の相手方が特定される場合など、随意契約できる事由を会計規程等において明確化し、「調達等合理化計画」に基づき公正性・透明性を確保しつつ合理的な調達を実施する。

第3期から継続して契約審査体制のより一層の厳格化を図るため、産総研外から採用する技術の専門家を契約審査に関与させ、調達請求者が要求する仕様内容・調達手段についての技術的妥当性を引き続き検討するとともに、契約審査の対象範囲の拡大に向けた取り組みを行う。

4. 業務の電子化に関する事項

電子化の促進等により事務手続きの簡素化・迅速化を図るとともに、利便性の向上に努める。また、幅広いICT需要に対応できる産総研内情報ネットワークの充実を図る。情報システム、重要情報への不正アクセスに対する十分な強度を確保するとともに、震災等の災害時への対策を確実にを行うことにより、業務の安全性、信頼性を確保する。

5. 業務の効率化

運営費交付金を充当して行う事業は、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、一般管理費（人件費を除く。）及び業務費（人件費を除く。）の合計については前年度比1.36%以上の効率化を図るものとする。ただし、平成27年度及び28年度においては、平成27年4月作成における業務の効率化「一般管理費は毎年度3%以上を削減し、業務経費は毎年度1%以上を削減するものとする。」に基づく。

なお、人件費の効率化については、政府の方針に従い、必要な措置を講じるものとする。給与水準については、ラスパイレス指数、役員報酬、給与規程、俸給表及び総人件費を公表するとともに、国民に対する説明責任を果たすこととする。

III. 財務内容の改善に関する事項

運営費交付金を充当して行う事業については、本中長期目標で定めた事項に配慮した中長期計画の予算を作成し、効率的に運営するものとし、各年度期末における運営費交付金債務に関し、その発生要因等を厳格に分析し、翌年度の事業計画に反映させる。

目標と評価の単位である事業等のまとまりごとにセグメント区分を見直し、財務諸表にセグメント情報として開示する。また、事業等のまとまりごとに予算計画及び

執行実績を明らかにし、著しい乖離がある場合にはその理由を決算書にて説明する。

保有する資産については有効活用を推進するとともに、所定の手続きにより不用と判断したものについては、適時適切に減損等の会計処理を行い財務諸表に反映させる。さらに、適正な調達・資産管理を確保するための取り組みを推進することとし、「平成25年度決算検査報告」（平成26年11月7日）会計検査院）の指摘を踏まえ、関連規程の見直し、研究用備品等の管理の適正化を図るために整備した制度・体制について、フォローアップを実施するとともに、必要に応じて見直しを行う。

「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」（平成25年12月24日閣議決定）等既往の閣議決定等に示された政府方針に基づく取り組みについて、着実に実施する。特に、「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」において、「法人の増収意欲を増加させるため、自己収入の増加が見込まれる場合には、運営費交付金の要求時に、自己収入の増加見込額を充てて行う新規業務の経費を見込んで要求できるものとし、これにより、当該経費に充てる額を運営費交付金の要求額の算定に当たり減額しないこととする。」とされていることを踏まえ、経済産業省から指示された第4期中長期目標の考え方に従って、民間企業等からの外部資金の獲得を積極的に行う。

1. 予算（人件費の見積もりを含む）【別表2】 （参考）

[運営費交付金の算定ルール]

毎年度の運営費交付金（G（y））については、以下の数式により決定する。

$$G(y) \text{ (運営費交付金)} \\ = \{A(y-1) - \delta(y-1)\} \times \alpha \times \beta + B(y-1) \times \varepsilon \times \gamma + \delta(y) - C$$

- ・ G（y）は当該年度における運営費交付金額。
- ・ A（y-1）は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費（一般管理費相当分及び業務経費相当分）※のうち人件費相当分以外の分。
- ・ B（y-1）は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費（一般管理費相当分及び業務経費相当分）※のうち人件費相当分。
- ・ C は、当該年度における自己収入（受取利息等）見込額。

※運営費交付金対象事業に係る経費とは、運営費交付金及び自己収入（受取利息等）によりまかなわれる事業である。

- ・ α 、 β 、 γ 、 ε については、以下の諸点を勘案した上で、各年度の予算編成過程において、当該年度における具体的な係数値を決定する。

α （効率化係数）：毎年度、前年度比1.36%以上の効率化を達成する。

β （消費者物価指数）：前年度における実績値を使用する。

γ （政策係数）：法人の研究進捗状況や財務状況、新たな政策ニーズや技術シーズへの対応の必要性、経済産業大臣による評価等を総合的に勘案し、具体的な伸び率を決定する。

- ・ δ （y）については、新規施設の竣工に伴う移転、法令改正に伴い必要となる措置、事故の発生等の事由により、特定の年度に一時的に発生する資金需要について必要に応じ計上する。 δ （y-1）は、直前の年度における δ （y）。
- ・ ε （人件費調整係数）

2. 収支計画【別表3】

3. 資金計画【別表4】

IV. 短期借入金の限度額

（第4期：15,716,781,000円）

想定される理由：年度当初における国からの運営費交付金の受け入れが最大3ヶ月遅延した場合における産総研職員への人件費の遅配及び産総研の事業費支払い遅延を回避する。

V. 不要財産となることが見込まれる財産の処分に関する計画

関西センター尼崎支所の土地（兵庫県尼崎市、16,936.45m²）及び建物について、国庫納付に向け土壌汚染調査など所要の手続きを行う。

VI. 剰余金の使途

剰余金が発生した時の使途は以下の通りとする。

- ・ 重点的に実施すべき研究開発に係る経費
- ・ 知的財産管理、技術移転に係る経費
- ・ 職員の資質の向上に係る経費
- ・ 広報に係る経費
- ・ 事務手続きの一層の簡素化、迅速化を図るための電子化の推進に係る経費
- ・ 用地の取得に係る経費
- ・ 施設の新営、増改築及び改修、廃止に係る経費
- ・ 任期付職員の新規雇用に係る経費 等

VII. その他業務運営に関する重要事項

上記のほか、産総研の運営を一層効果的かつ効率的にするとともに、適切な運営の確保に向けた見直しとして、以下等の取り組みを行う。

1. 広報業務の強化

産総研の研究成果の効率的な「橋渡し」を行うためにも、産総研の主要なパートナーである産業界に対して、

活動内容や研究成果等の「見える化」を的確に図ることが重要であり、広報業務の強化に向けた取り組みを行う。また、「橋渡し」のための技術シーズの発掘や産学官の連携強化等の観点からも、大企業、中小企業、大学・研究機関、一般国民等の様々なセクターに対して産総研の一層の「見える化」につながる取り組みを強化する。

2. 業務運営全般の適正性確保及びコンプライアンスの推進

産総研が、その力を十分発揮し、ミッションを遂行するに当たっては、調達・資産管理、研究情報管理、労務管理、安全管理などを含む業務全般や公正な研究の実施について、その適正性が常に確保されることも必要かつ重要である。このため、研究者中心の組織において業務が適正に執行されるよう、業務執行ルールの不断の見直しに加え、当該ルールの周知徹底、事務職員による研究者への支援・チェックの充実、包括的な内部監査等を効率的・効果的に実施する。

また、コンプライアンスは、産総研の社会的な信頼性の維持・向上、研究開発業務等の円滑な実施の観点から継続的に確保されていくことが不可欠であり、昨今その重要性が急速に高まっている。こうした背景やこれまでの反省点等も踏まえ、コンプライアンス本部長たる理事長の指揮の下、予算執行及び研究不正防止を含む産総研における業務全般の一層の適正性確保に向け、厳正かつ着実にコンプライアンス業務を推進する。

さらに、「橋渡し」機能を抜本的に強化していくに当たっても、適切な理由もなく特定企業に過度に傾注・依存することは避ける必要がある。このため、国内で事業化する可能性が最も高い企業をパートナーとして判断できるような適切なプロセスを内部に構築する。

加えて、コンプライアンス遵守に向けた体制整備等、ガバナンスの強化を図る。具体的には次の措置を講ずるとともに、必要に応じて不断の見直しを行う。

業務執行については、調達・資産管理、委託研究、共同研究、旅費に係るルールを平成26年度に厳格化したところ、毎年度、そのルールを全職員に対し周知徹底する。また、研究ユニットにおける事務手続に対応する支援事務職員を配置する等のサポート体制を維持するとともに、毎年度、その執行状況をチェックする。

同時に、内部監査においても、テーマごとの監査に加え、研究ユニットごとの包括的監査を実施する。

また、研究不正の防止のための研修を毎年度実施するとともに、研究記録の作成、その定期的な確認及びその保存を確実にを行う。

3. 情報セキュリティ対策等の徹底による研究情報の保護

これまでと同様に電子化による業務効率化を推進するが、「サイバーセキュリティ戦略について」（平成27年9

月4日閣議決定）を踏まえ、研究情報等の重要情報を保護する観点から、「政府機関の情報セキュリティ対策のための統一基準」に準拠した情報セキュリティ関連規程類の改訂等を行うとともに、情報セキュリティ委員会に外部の専門家を加えるほか、外部専門家に依頼してチェックを行うなど、情報セキュリティ対策を一層強化する。さらに、これに関わる研修やセルフチェックを通じて情報セキュリティの確保のための対策を職員に徹底する。また、営業秘密の特定及び管理を徹底する。

第4期の早期に情報セキュリティ規程等に基づき情報セキュリティ対策を十分に施した信頼性と堅牢性の高い情報システム基盤を構築し、維持・向上を図る。

4. 内部統制に係る体制の整備

内部統制については、法人の長によるマネジメントを強化するための有効な手段の一つであることから、「独立行政法人の業務の適正を確保するための体制等の整備」（平成26年11月28日付け総務省行政管理局長通知）等に通知した事項を参考にしつつ、内部統制に係る体制の整備を進める。

5. 情報公開の推進等

適正な業務運営及び国民からの信頼を確保するため、適切かつ積極的に情報の公開を行うとともに、個人情報の適切な保護を図る取り組みを推進する。具体的には、「独立行政法人等の保有する情報の公開に関する法律」（平成13年12月5日法律第140号）及び「個人情報の保護に関する法律」（平成15年5月30日法律第57号）に基づき、適切に対応するとともに、職員への周知徹底を行う。

6. 施設及び設備に関する計画

下表に基づき、施設及び設備の効率的かつ効果的な維持・整備を行う。また、老朽化によって不要となった施設等について、閉鎖・解体を計画的に進める。

エネルギー効率の高い機器を積極的に導入するとともに、安全にも配慮して整備を進める。

施設・設備の内容	予定額	財源
<ul style="list-style-type: none"> ・外壁・屋根改修 ・エレベーター改修 ・電力関連設備改修 ・給排水関連設備改修 ・空調関連設備改修 ・研究廃水処理施設改修 ・その他の鉱工業の科学技術に関する研究及び開発、地質の調査、計量の標準、技術の指導、成果の普及等の推進に必要な施設・設備 	総額 41,001百万円	施設整備 費補助金

(注) 中長期目標期間を越える債務負担については、当該債務負担行為の必要性及び資金計画への影響を勘案し、合理的と判断されるものについて行う。

7. 人事に関する計画

(参考1)

期初の常勤役職員数 3,006人

期末の常勤役職員数の見積もり：期初と同程度の範囲を基本としながら、受託業務の規模や専門人材等の必要性等に応じて増員する可能性がある。

(参考2)

第4期中長期目標期間中の人件費総額

中長期目標期間中の常勤役職員の人件費総額見込み
：133,095百万円

(受託業務の獲得状況に応じて増加する可能性がある。)

ただし、上記の額は、役員報酬並びに職員基本給、職員諸手当、超過勤務手当、退職者給与及び国際機関派遣職員給与に相当する範囲の費用である。

8. 積立金の処分に関する事項

なし

《別表1》 第4期中長期目標期間において重点的に推進する研究開発等

1. エネルギー・環境領域

1- (1) 新エネルギーの導入を促進する技術の開発

太陽光についてはコスト低減と信頼性向上を実現するとともに、複合化や新概念に基づく革新太陽電池の創出を図る。また、再生可能エネルギー大量導入のためのエネルギーネットワーク技術、さらには大規模地熱利用技術等にも取り組む。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・国内産業振興に向けて、Si、CIGS等の太陽光発電システムにおける発電コスト低減と信頼性向上を達成する技術を開発する。また、スマートスタック等の先進多接合技術や新概念による発電効率の極めて高い太陽電池を創出し、国際競争力の向上に資する。
- ・再生可能エネルギーの変動を大規模で緩和するための大型パワーコンディショナーの制御技術やエネルギーネットワーク技術を開発する。また、深部超臨界水利用ギガワット級地熱発電等の地熱・地中熱資源の利用技術開発を行う。

1- (2) エネルギーを高密度で貯蔵する技術の開発

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

術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・再生可能エネルギー等の長時間貯蔵や海外の未利用エネルギーの輸送に資するエネルギー貯蔵・輸送技術として、メチルシクロヘキサン (MCH)、アンモニア、ギ酸等の水素・エネルギーキャリア高効率利用技術を開発する。また、化学エネルギーの有効利用のための高効率燃料電池や液体燃料利用によるダイレクト燃料電池技術を開発する。
- ・次世代リチウムイオン電池のためのレアメタルフリーの高性能材料を開発すると共に、リチウムイオン電池を越える硫化物電池や全固体型電池等の新概念蓄電技術を開発し、国際競争力の向上に資する。

1- (3) エネルギーを効率的に変換・利用する技術の開発

省エネルギー社会を実現するために、ワイドギャップ半導体パワーエレクトロニクス技術、熱エネルギーの有効利用技術、自動車用エンジンの高効率燃焼技術、高温超電導コイル化技術等を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・先進的なパワーエレクトロニクス技術確立に向けて、SiCのウェハ高機能化技術、デバイス技術/モジュール化技術とその量産化技術等を開発する。また、パワーエレクトロニクス産業の幅を広げる GaN、ダイヤモンドなどポスト SiC 半導体の材料基盤及びパワーデバイス化技術等を開発する。
- ・未利用熱を有効活用する高効率熱電変換等の排熱利用技術、蓄熱、断熱、ヒートポンプ等を活用した熱マネジメント技術を開発する。また、自動車産業に資するクリーンディーゼル車向け高効率エンジン燃焼のための基盤技術を開発する。省エネルギー電力機器を実現する、高温超電導コイルを開発する。

1- (4) エネルギー資源を有効活用する技術の開発

メタンハイドレート等のエネルギー資源の有効利用にかかわる技術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

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

1- (5) 環境リスクを評価・低減する技術の開発

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

の技術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・環境の変化を検出するための分析・モニタリング技術を開発するとともに、環境負荷を低減するための水処理監視・制御技術や都市鉱山技術によるレアメタルリサイクル等、資源循環等対策技術の開発を行う。
- ・化学物質や材料、エネルギーを適切に利用するためのリスク評価・管理手法を開発するとともに、産業事故の防止及び被害低減化に向けた技術開発を行う。

2. 生命工学領域

2- (1) 創薬基盤技術の開発

創薬のリードタイムを短縮するために、古典的新薬探索から脱却し、短時間に低コストで成功率の高い創薬プロセスを実現する創薬最適化技術、ゲノム情報解析技術、バイオマーカーによる疾病の定量評価技術などの新しい創薬の基盤となる技術を開発する。さらに、創薬支援ネットワークにおける技術支援にも取り組む。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・産総研が優位性を有しているバイオと IT を統合した医薬リード化合物最適化技術の高度化・高速化を進め、新薬開発の加速および開発コストの低減に資する創薬基盤技術を開発する。
- ・産総研がもつ優れた糖鎖解析技術や天然物ライブラリー等を用いた解析技術を応用して、疾患に特異的に反応する分子標的薬の開発に資する基盤技術の開発を行う。
- ・生体分子の構造、機能を理解するとともに、得られた知見を活用し、新しい創薬技術基盤、医療技術基盤を開発する。

2- (2) 医療基盤・ヘルスケア技術の開発

豊かで健康なライフスタイル実現のために、再生医療等の基盤となる細胞操作技術と幹細胞の標準化を行う。また、健康状態を簡便に評価できる技術の開発を行うとともに、生体適合性の高い医療材料や医療機器の研究開発を行う。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・先進医療技術を確立するための基盤となる幹細胞等の細胞操作技術と医療機器・システムの技術開発。さらにガイドライン策定と標準化による幹細胞ならびに医療機器等の実用化支援。
- ・健康状態を簡便に評価する技術や感染症等の検知デバイスの開発を目指して、健康にかかわる分子マーカーや細胞の計測技術、生理状態の計測技術、そのデバイス化技術の研究開発を行う。

2- (3) 生物機能活用による医薬原材料等の物質生産

技術の開発

遺伝子組換え技術を用いて微生物や植物の物質生産機能を高度化し、医薬原材料等の有用物質を効率的に生産する技術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・産総研が有する完全密閉型植物工場やロドコッカス属細菌等を用いたバイオプロセスによる高効率な物質生産技術の開発を進め、医薬原材料、有用タンパク質、生物資材、新機能植物品種、化石燃料代替物質、化成原料などの有用物質の高効率生産技術開発を行う。

3. 情報・人間工学領域

3- (1) ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の開発

ビッグデータの分析・試験・評価による知的なサービス設計等を支援するため、脳のモデルに基づく人工知能技術や人工知能の活用を促進するプラットフォーム技術など、人工知能が効率良く新たな価値を共創する技術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・大量のデータを解析し意味のある情報を引き出して活用する、ビッグデータを用いた人工知能の要素技術に関する研究開発を行う。脳のモデルに基づく脳型人工知能や静的データから得られる知識と動的に得られるデータを融合して学習・理解するデータ知識融合人工知能などの基礎技術の研究を行う。
- ・実世界のビッグデータを収集・蓄積・解析する要素技術の研究を行うとともに、これらをシステム化して人工知能プラットフォームを構築する技術の研究開発を行う。

3- (2) 産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステム技術の開発

ひと、もの、サービスから得られる情報を融合し、産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステムを実現する統合クラウド技術や軽量でスケラブルなセキュリティ技術、そこから得られるデータをサービスの価値に繋げる技術などを開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・遍在するセンサやロボットなどのエッジデバイスをネットワークして得られる生活や生産の膨大なデータや情報の流通と処理を円滑にすることで、ひと、もの、サービスから新たな価値を創造する統合クラウドを研究開発する。
- ・安心して利用できるサイバーフィジカルシステムを実現するためのセキュリティ基盤として、ソフトウェア工学や暗号技術を用いてシステムの品質と安全性を向上する技術の研究開発する。

3 - (3) 快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術の開発

人間の生理・認知・運動機能などのヒューマンファクターを明らかにし、安全で快適な社会生活を実現するため、自動車運転状態をはじめとする人間活動の測定評価技術を開発する。また、人間の運動や感覚機能を向上させる訓練技術の研究開発を行う。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・ひとの活動の基盤となる様々な状況の認識プロセスを、ひとの感覚やこころの状態、ひとのからだの機能やその状態として測定し、測定結果からひとのこころやからだの状態を評価する技術を開発する。
- ・障がい者や高齢者などが、自らの残存機能を活かして人や社会とのコミュニケーションを実現し、向上させるための機能訓練・機能支援技術の研究開発を行う。

3 - (4) 産業と生活に革新的変革を実現するロボット技術の開発

介護サービス、屋内外の移動支援サービス、製造業など様々な産業においてロボットによるイノベーションの実現をめざし、人間共存型産業用等のロボットや評価基準・評価技術などの関連技術を開発する。また、環境変化に強く自律的な作業を実現するロボット中核基盤技術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・高齢者の機能と活動を向上させるため、高齢者の運動・コミュニケーション機能を支援するロボット技術、介護者を支援するロボット技術と生活機能モデルに基づく介入効果の定量評価技術・高齢者支援ロボット技術の基準作成等を行う。
- ・ロボットの空間計測、動作計画、過酷環境移動などのロボットの基盤技術の研究と、生活支援ロボット等における応用研究を行う。

4. 材料・化学領域

4 - (1) グリーンサステイナブルケミストリーの推進

再生可能資源等を用いて、高効率かつ低環境負荷で、各種の基礎及び機能性化学品を製造し、高度利用するための基盤技術を確立する。また、空気を新たな資源として利用可能な触媒技術の開発にも取り組む。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・シェールガス等の非在来型資源や、バイオマス等の再生可能資源から、高効率かつ低環境負荷で、各種の基礎及び機能性化学品を製造するため、原料処理、微生物・酵素によるバイオ変換、触媒による精密合成などに関わる技術開発に取り組む。
- ・化学品の高付加価値化や高度利用を目指し、分子や界面の制御、素材の形成・機能化、材料特性評価・標準

化などに関わる技術開発を一体的に進め、機能性化学材料の多様な産業分野への展開に資する。

4 - (2) 化学プロセスイノベーションの推進

各種の基礎及び機能性化学品等の製造プロセスの高効率化・省エネルギー化を実現するための化学プロセス技術を開発する。また、高温・高圧等の特異な反応場を積極的に利活用し、精密な制御が可能な新しい化学プロセス技術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・高い効率で機能性化学品などを開発・製造するために、特異空間や特異反応場を利用した高温・高圧技術、マイクロリアクター技術などの開発や、これを支える流体や物性制御の技術開発を通じ、低環境負荷型の反応プロセス技術の基盤を構築する。
- ・基礎及び機能性化学品の製造プロセスの省エネルギー化に貢献するため、高い性能の膜分離や吸着吸収分離などに係る材料・プロセスの開発に取り組み、高機能な分離技術の基盤を構築する。

4 - (3) ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発

ナノカーボン高効率合成及びナノカーボン複合材料製造技術等、ナノ材料のナノ構造精密制御技術や複合化技術、及び先端計測技術を開発する。また、材料・デバイス開発促進のために、高度な計測技術、理論・計算シミュレーションを利用した材料開発を行う。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・CNT及びグラフェンなどのナノカーボン材料の構造を精密に制御するスーパーグロース法、e-DIPS法等の製造技術や、CNTの各種分離技術、CNTの複合材料化技術など、省エネルギーに貢献する新素材やフレキシブルデバイス等の新デバイス創出等に資する研究を遂行する。
- ・物質回収や効率的エネルギー利用等に資する材料やデバイス開発のためにナノ粒子やナノ薄膜の微細構造制御や複合化ならびに積層技術、及び先端計測技術を開発する。また、高度な理論・計算シミュレーションを展開し、環境やエネルギーに貢献する次世代材料の開発を加速する。

4 - (4) 新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料の開発

無機系新素材の創製とスケールアップ製造技術及び部材化技術を開発し、資源制約の少ない元素だけを使った高耐熱磁石等の、耐環境性及び信頼性に優れた各種の産業部材を提供する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

れる。

- ・新機能粉体の創成及びそのスケールアップ製造技術を開発する。それにより、新機能粉体の実用化を実現する。
- ・新素材のバルク組織化技術を開発する。それにより、耐環境性及び信頼性に優れたエネルギー・環境部材やヘルスケア部材を提供する。

4 - (5) 省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材の開発

省エネルギー社会構築を目指し、軽量構造材料などの設計やプロセス技術の開発によって、輸送機器の軽量化に資する構造部材、ならびに広い温度領域を想定し、各温度領域に適した熱制御部材を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・輸送機器の軽量化などで輸送エネルギーの削減に貢献するために、材料創生・加工・評価技術を活用し、信頼性の高い軽量構造材料の開発を行うとともに、実用化に向けた部材化技術、プロセス技術の開発を行う。これをもって省エネルギー社会構築への貢献を目指す。
- ・材料の組織や相、構造を制御することによって、生活環境から工場までの広い温度領域において熱エネルギーを制御する材料を開発するとともに、実用化に向けた部材化技術、高信頼性化技術、プロセス技術の開発を行う。これをもって省エネルギー社会構築への貢献を目指す。

5. エレクトロニクス・製造領域

5 - (1) 情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術の開発

情報データの処理量や通信量の増加に対応するため、省電力で高性能な IT 機器を実現する情報処理・記憶デバイス技術とその集積化技術、あるいはフォトニクス関連技術等を開発する。更なる高性能化に向けたポストスケール集積化技術の確立や新しい情報処理技術の創出を目指す。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・大規模化するデータに対応して高性能な情報処理を高エネルギー効率で行うための技術として、ギガバイトクラスの集積度を持つ相変化メモリ技術、シリコン MOSFET の駆動力省エネ性を超えるロジックデバイス技術、これらを三次元集積する技術を開発する。
- ・揮発性メモリ STT-MRAM の大容量化と省電力化の実用化技術、およびさらなる低消費電力で動作する電圧トルク MRAM、スピン演算素子の基盤技術を開発する。
- ・シリコンフォトニクス技術の中核として、ネットワークのエネルギー効率を3-4桁高める光パスネットワーク技術の開発と普及、これとチップ間、チップ内の光

インターコネクトを利用した高性能集積デバイス技術を開発する。

- ・通常の CMOS 集積回路では実現できない新規の情報処理技術を創出するために必要となる新材料技術および新原理デバイス技術を開発する。

5 - (2) もののインターネット化に対応する製造およびセンシング技術の開発

製造レジリエンス強化と産業競争力強化を目指した製造網 (Web of Manufacturing) の実現と社会インフラの維持管理を効率化・高度化を可能とする新たなセンシング技術、センサネットワーク技術、収集データ利用技術等を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・生産ラインの予防保全や障害対応、設備総合効率向上のために、過酷環境下等、定常的モニタリングが困難とされてきた状況でも適用可能な計測技術や、設備へのセンサ後付けなどによる比較的簡便に収集したデータ群から設備状況に関わる情報を導出する間接モニタリング技術を開発する。また、それらの情報に基づいて生産性やメンテナンス性などの生産システム評価を行えるデータモデル構成技術及び分析技術を開発する。
- ・社会インフラや産業インフラの保守や点検等に資するため、ひずみ、振動、温度など複数のセンシングと通信機能を集積化したネットワーク MEMS システムを開発し、大規模社会実験を行う。さらに、構造物をその場・非破壊でかつ簡便に検査診断するために、高エネルギー分解能の超伝導検出器の多画素・多重化技術や過酷環境計測デバイス、光イメージング技術や生体非侵襲センサを開発する。

5 - (3) ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術の開発

産業や社会の多様なニーズに対応した製品を省エネ、省資源、低コストで製造するために、設計マネジメント技術、印刷デバイス技術、ミニマルファブ技術、複合加工技術等を開発する。製品の更なる高付加価値化を目指し、高機能フレキシブル電子材料等の新材料、機能発現形成型技術等を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・顧客価値の高い製品・システムの開発を可能にするために、複数業種の製造民間企業における共通問題を抽出し、デライト設計の質向上を実現する上流設計マネジメント環境を構築する。
- ・エレクトロニクス・MEMS の変量多品種オンデマンド生産技術として印刷デバイス製造技術およびミニマルファブ技術、フレキシブルで高効率なマイクロナノレベルの製造技術の開発を行う。また、それらの技術

を活用して、大面積フィルムデバイス、MEMS センサ等の開発を行う。

- ・付加製造の高度化と、切削、プレス、電解加工などの加工技術の深化と体系化を進めるとともに、これらの複合化により、加工物に合わせた高効率な加工を行うことが可能な複合加工プロセス技術を開発する。積層造形に関しては、レーザー、電子ビーム、インクジェット技術を活用した高速化、高精度化、傾斜構造化などプロセスの高度化の研究を行う。複合加工に関しては、電解加工とレーザー加工の複合化による医療用脳血管用極細管ステント等の医療機器やエネルギーデバイスなどを想定し、そのために必要な材料・形状を低コスト・高能率で製造する。

5 - (4) 多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術の開発

パワーモジュール、燃料電池、構造材料等、種々の産業用部材、基材に対し自在なコーティングを可能とするために、コーティング技術を高度化する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・AD (エアロゾルデポジション) 法や、光 MOD (金属有機化合物分解) 法、LIJ (レーザー援用インクジェット) 法などの産総研が世界を先導するポテンシャルを有する先進コーティング技術を核に、産総研の基礎研究ポテンシャルを活かし成膜メカニズム解明に基づくプロセスの高度化と、それを基にした多事業分野での民間企業への橋渡しを実現する。

6. 地質調査総合センター

6 - (1) 地質調査のナショナルセンターとしての地質情報の整備

我が国の知的基盤整備計画に基づいて、国土およびその周辺海域の地質図、地球科学基本図のための地質調査を系統的に実施し、地質情報を整備する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の地質の調査が見込まれる。

- ・知的基盤整備計画に沿った地質図幅・地球科学図等の系統的な整備、及び1/20万シームレス地質図の改訂を行う。日本の陸域の地質情報を整備するとともに、地質情報としての衛星データの整備と活用を行う。
- ・南西諸島周辺地域の地質調査を着実に実施し、日本周辺の海洋地質情報の整備を行う。
- ・沿岸域の海陸シームレス地質情報の整備を行う。ボーリングデータを活用した都市域の地質・地盤情報を整備する。
- ・地質調査の人材育成を行う。

6 - (2) レジリエントな社会基盤の構築に資する地質の評価

国および地域の防災等の施策策定に役立てるために、地震・火山活動および長期地質変動に関する調査と解明を行い、地質災害リスクの予測精度向上のための技術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の地質の調査が見込まれる。

- ・地震・津波の痕跡調査、過去の巨大地震の復元、活断層の評価手法の高度化ならびに海溝型地震に係わる地殻深部の高精度変動モニタリング技術の開発を行う。
- ・火山地質調査、年代測定技術による過去の火山噴火履歴の系統的解明、火山地質図の整備ならびに噴火推移評価手法の開発を行う。
- ・地下深部の長期安定性に関する予測・評価手法の開発のため、10万年オーダーの地震・断層活動、火山・マグマ活動、隆起・侵食活動ならびに地下水流動に関する長期地質変動情報を整備する。

6 - (3) 地圏の資源と環境に関する評価と技術の開発

国の資源エネルギー施策立案や産業の持続的発展に役立てるために、地下資源のポテンシャル評価および地圏環境の利用と保全のための調査を行い、そのための技術を開発する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の地質の調査が見込まれる。

- ・地下資源評価として、燃料資源、鉱物資源ならびに地熱・地中熱に関するポテンシャル評価と調査を実施する。
- ・地下環境利用評価として、二酸化炭素地中貯留等に関する地質モデリング技術の開発と調査を実施する。
- ・地下環境保全評価として、資源開発や各種産業活動等に起因する土壌・地下水に関する評価手法の開発と調査を実施する。

6 - (4) 地質情報の管理と社会利用促進

国土の適切な利用と保全などを目指して、地質情報や地質標本を体系的に管理するとともに、効果的に成果を発信することにより、地質情報の社会利用を促進する。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の地質の調査が見込まれる。

- ・整備された地質情報や地質標本を体系的に管理する。
- ・信頼性の高い公正な地質・地球科学情報を、出版物やWEB、地質標本館等を通じて国民へ提供する。
- ・国や自治体、民間企業、研究機関や一般社会での地質情報の利用を促進する。

7. 計量標準総合センター

7 - (1) 計量標準の整備と利活用促進

知的基盤整備計画に基づき、物理標準と標準物質の整備を行うとともに、計量標準の利活用を促進するため、計量標準トレーサビリティシステムの高度化を進める。さらに、単位の定義改訂に対応するなどの次世代計量標準の開発を推進する。今後のマーケティングにより変更

される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・ユーザーニーズ、規制対応など緊急度の高さ、グリーン・ライフ・震災対応等の優先分野を勘案し定期的に更新される知的基盤整備計画に基づいて、長さ、質量、時間などの物理標準と高純度、組成系などの標準物質の開発・範囲拡張・高度化等、整備を行う。
- ・計量標準の利活用を促進するため、定量 NMR、計測計量に係るセンサや参照標準器等の開発を通じ、計量標準トレーサビリティの高度化を進める。
- ・アボガドロ定数精密測定や光格子時計の開発を含め、単位の定義改定や関連する国際勧告値に関わる物理定数の精密測定、および新たな定義に基づき計量標準を実現する現示技術など、次世代計量標準の開発を推進する。

7 - (2) 法定計量業務の実施と人材の育成

計量法の適切な執行のため、特定計量器の基準器検査、型式承認試験等の試験検査・承認業務を着実に実施するとともに、計量教習などにより人材育成に取り組む。さらに、新しい技術に基づく計量器の規格策定等にも積極的な貢献を図る。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の業務が見込まれる。

- ・特定計量器の基準器検査、型式承認試験等を実施する。また、当該業務の現状を把握し、現行の国内技術基準の国際基準への移行、新しい技術に基づく計量器の規格策定等にも積極的な貢献を図る。
- ・法定計量技術を教習して、国内の法定計量技術者の計量技術レベルの向上を図る。

7 - (3) 計量標準の普及活動

中小企業なども計量標準の利活用ができるよう環境を整備し、情報提供や相談などにより計量標準の普及に取り組む。また、計量標準の管理・供給、国際計量標準と工業標準への貢献及び計量標準供給制度への技術支援を行う。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の業務が見込まれる。

- ・中小企業なども含むより広いユーザーに計量標準の利用を促進するため、情報提供及び講習・技能研修活動の拡充を図る。工業標準化、国際標準化へ貢献する。
- ・計量標準の管理・供給を行う。製品の認証に必要な計量標準の国際同等性を確保する。計量法の運用に係る技術的な業務と審査、およびそれに関連する支援を行う。

7 - (4) 計量標準に関連した計測技術の開発

計量標準に関連した計測・分析・解析手法及び計測機器、分析装置の開発、高度化を行う。また、計量に係るデータベースの整備、高度化に取り組む。今後のマーケティングにより変更される可能性はあるが、現時点では次の研究開発が見込まれる。

- ・計量標準に関連した計測・分析・解析手法及び計測機器、分析装置の開発、高度化を行う。工業標準化や国際標準化を推進し、開発した機器・技術、コンサルティング業務により、ユーザーが期待するソリューションを提供する。
- ・研究開発の基盤強化に資する信頼性の高い物質のスペクトルデータや熱物性データ、国内外の計量標準サービスに関する情報を更新・拡充し、ウェブサイトを通じて広く提供する。

資 料

《別表2》予算

中長期目標期間：平成27～31年度予算

(単位：百万円)

区 別	エネルギー・環境領域	生命工学領域	情報・人間工学領域	材料・化学領域	エレクトロニクス・製造領域
収入					
運営費交付金	50,462	32,878	28,425	38,686	35,614
施設整備費補助金	0	0	0	0	0
受託収入	39,210	4,607	8,715	2,298	1,113
うち国からの受託収入	15,750	1,851	3,501	923	447
その他からの受託収入	23,460	2,757	5,214	1,375	666
その他収入	8,481	6,758	5,534	8,028	7,132
計	98,153	44,243	42,673	49,011	43,859
支出					
業務経費	58,943	39,636	33,959	46,714	42,746
うちエネルギー・環境領域	58,943	0	0	0	0
生命工学領域	0	39,636	0	0	0
情報・人間工学領域	0	0	33,959	0	0
材料・化学領域	0	0	0	46,714	0
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	42,746
地質調査総合センター	0	0	0	0	0
計量標準総合センター	0	0	0	0	0
その他本部機能	0	0	0	0	0
施設整備費	0	0	0	0	0
受託経費	39,210	4,607	8,715	2,298	1,113
うち国からの受託	15,750	1,851	3,501	923	447
その他受託	23,460	2,757	5,214	1,375	666
間接経費	0	0	0	0	0
計	98,153	44,243	42,673	49,011	43,859

産業技術総合研究所

(単位：百万円)

区 別	地質調査総合センター	計量標準総合センター	その他本部機能	法人共通	合計
収入					
運営費交付金	26,984	32,981	34,425	29,101	309,556
施設整備費補助金	0	0	0	41,001	41,001
受託収入	5,411	3,124	104	8,470	73,052
うち国からの受託収入	2,173	1,255	42	2,209	28,151
その他からの受託収入	3,237	1,869	63	6,261	44,901
その他収入	5,213	8,591	10,747	13,507	73,991
計	37,608	44,696	45,227	92,080	497,601
支出					
業務経費	32,197	41,572	45,173	0	340,939
うちエネルギー・環境領域	0	0	0	0	58,943
生命工学領域	0	0	0	0	39,636
情報・人間工学領域	0	0	0	0	33,959
材料・化学領域	0	0	0	0	46,714
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	42,746
地質調査総合センター	32,197	0	0	0	32,197
計量標準総合センター	0	41,572	0	0	41,572
その他本部機能	0	0	45,173	0	45,173
施設整備費	0	0	0	41,001	41,001
受託経費	5,411	3,124	104	0	64,582
うち国からの受託	2,173	1,255	42	0	25,942
その他受託	3,237	1,869	63	0	38,640
間接経費	0	0	0	51,078	51,078
計	37,608	44,696	45,277	92,080	497,601

資 料

◀別表3▶収支計画

中長期目標期間：平成27～31年度収支計画

(単位：百万円)

区 別	エネルギー・ 環境領域	生命工学 領域	情報・人 間工学領 域	材料・化 学領域	エレクトロ ニクス・製 造領域
費用の部	104,642	43,634	46,167	51,150	39,628
經常費用	104,642	43,634	46,167	51,150	39,628
エネルギー・環境領域	51,825	0	0	0	0
生命工学領域	0	34,849	0	0	0
情報・人間工学領域	0	0	29,858	0	0
材料・化学領域	0	0	0	41,072	0
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	37,584
地質調査総合センター	0	0	0	0	0
計量標準総合センター	0	0	0	0	0
その他本部機能	0	0	0	0	0
受託業務費	34,475	4,051	7,662	2,020	979
間接経費	0	0	0	0	0
減価償却費	18,343	4,734	8,647	8,057	1,065
財務費用	0	0	0	0	0
支払利息	0	0	0	0	0
臨時損失	0	0	0	0	0
固定資産除却損	0	0	0	0	0
収益の部	105,029	43,620	45,383	50,042	40,348
運営費交付金収益	44,368	28,907	24,992	34,014	31,314
国からの受託収入	15,750	1,851	3,501	923	447
その他の受託収入	23,460	2,757	5,214	1,375	666
その他の収入	8,738	6,825	5,654	8,140	7,145
資産見返負債戻入	12,713	3,281	6,022	5,590	776
財務収益	0	0	0	0	0
受取利息	0	0	0	0	0
臨時利益	0	0	0	0	0
固定資産売却益	0	0	0	0	0
純利益（△純損失）	386	(14)	(784)	(1,108)	720
前中期目標期間繰越積立金取崩額	0	0	0	0	0
総利益（△総損失）	386	(14)	(784)	(1,108)	720

産業技術総合研究所

(単位：百万円)

区 別	地質調査総合センター	計量標準総合センター	その他本部機能	法人共通	合計
費用の部	35,050	44,894	40,152	45,307	450,625
経常費用	35,050	44,894	40,152	45,307	450,625
エネルギー・環境領域	0	0	0	0	51,825
生命工学領域	0	0	0	0	34,849
情報・人間工学領域	0	0	0	0	29,858
材料・化学領域	0	0	0	0	41,072
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	37,584
地質調査総合センター	28,309	0	0	0	28,309
計量標準総合センター	0	36,551	0	0	36,551
その他本部機能	0	0	39,718	0	39,718
受託業務費	4,757	2,747	92	0	56,783
間接経費	0	0	0	44,910	44,910
減価償却費	1,983	5,596	343	397	49,165
財務費用	0	0	0	0	0
支払利息	0	0	0	0	0
臨時損失	0	0	0	0	0
固定資産除却損	0	0	0	0	0
収益の部	35,752	44,670	41,362	47,845	454,051
運営費交付金収益	23,726	28,998	30,268	25,587	272,174
国からの受託収入	2,173	1,255	42	2,209	28,151
その他の受託収入	3,237	1,869	63	6,261	44,901
その他の収入	5,241	8,669	10,752	13,513	74,677
資産見返負債戻入	1,375	3,879	237	275	34,148
財務収益	0	0	0	0	0
受取利息	0	0	0	0	0
臨時利益	0	0	0	0	0
固定資産売却益	0	0	0	0	0
純利益（△純損失）	702	(225)	1,210	2,538	3,425
前中期目標期間繰越積立金取崩額	0	0	0	0	0
総利益（△総損失）	702	(225)	1,210	2,538	3,425

資料

◀別表4▶資金計画

中長期目標期間：平成27～31年度資金計画

(単位：百万円)

区 別	エネルギー・ 環境領域	生命工学 領域	情報・人間 工学領域	材料・化学 領域	エレクトロ ニクス・製 造領域
資金支出	98,153	44,243	42,673	49,011	43,859
業務活動による支出	86,300	38,900	37,520	43,093	38,563
エネルギー・環境領域	51,825	0	0	0	0
生命工学領域	0	34,849	0	0	0
情報・人間工学領域	0	0	29,858	0	0
材料・化学領域	0	0	0	41,072	0
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	37,584
地質調査総合センター	0	0	0	0	0
計量標準総合センター	0	0	0	0	0
その他本部機能	0	0	0	0	0
受託業務費	34,475	4,051	7,662	2,020	979
その他の支出	0	0	0	0	0
投資活動による支出	11,853	5,343	5,153	5,919	5,296
有形固定資産の取得による支出	11,853	5,343	5,153	5,919	5,296
施設費の精算による返還金の支出	0	0	0	0	0
財務活動による支出	0	0	0	0	0
短期借入金の返済による支出	0	0	0	0	0
次期中期目標期間繰越金	0	0	0	0	0
資金収入	98,153	44,243	42,673	49,011	43,859
業務活動による収入	98,153	44,243	42,673	49,011	43,859
運営費交付金による収入	50,462	32,878	28,425	38,686	35,614
国からの受託収入	15,750	1,851	3,501	923	447
その他の受託収入	23,460	2,757	5,214	1,375	666
その他の収入	8,481	6,758	5,534	8,028	7,132
投資活動による収入	0	0	0	0	0
有形固定資産の売却による収入	0	0	0	0	0
施設費による収入	0	0	0	0	0
その他の収入	0	0	0	0	0
財務活動による収入	0	0	0	0	0
短期借入れによる収入	0	0	0	0	0
前年度よりの繰越金	0	0	0	0	0

産業技術総合研究所

(単位：百万円)

区 別	地質調査総合センター	計量標準総合センター	その他本部機能	法人共通	合計
資金支出	37,608	44,696	45,277	92,080	497,601
業務活動による支出	33,067	39,298	39,809	44,910	401,460
エネルギー・環境領域	0	0	0	0	51,825
生命工学領域	0	0	0	0	34,849
情報・人間工学領域	0	0	0	0	29,858
材料・化学領域	0	0	0	0	41,072
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	37,584
地質調査総合センター	28,309	0	0	0	28,309
計量標準総合センター	0	36,551	0	0	36,551
その他本部機能	0	0	39,718	0	39,718
受託業務費	4,757	2,747	92	0	56,783
その他の支出	0	0	0	44,910	44,910
投資活動による支出	4,542	5,397	5,468	47,170	96,141
有形固定資産の取得による支出	4,542	5,397	5,468	47,170	96,141
施設費の精算による返還金の支出	0	0	0	0	0
財務活動による支出	0	0	0	0	0
短期借入金の返済による支出	0	0	0	0	0
次期中期目標期間繰越金	0	0	0	0	0
資金収入	37,608	44,696	45,277	92,080	497,601
業務活動による収入	37,608	44,696	45,277	51,078	456,599
運営費交付金による収入	26,984	32,981	34,425	29,101	309,556
国からの受託収入	2,173	1,255	42	2,209	28,151
その他の受託収入	3,237	1,869	63	6,261	44,901
その他の収入	5,213	8,591	10,747	13,507	73,991
投資活動による収入	0	0	0	41,001	41,001
有形固定資産の売却による収入	0	0	0	0	0
施設費による収入	0	0	0	41,001	41,001
その他の収入	0	0	0	0	0
財務活動による収入	0	0	0	0	0
短期借入れによる収入	0	0	0	0	0
前年度よりの繰越金	0	0	0	0	0

【平成29年度計画】

独立行政法人通則法第31条第1項及び第35条の8に基づき、国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下、産総研）の平成29年度の事業運営に関する計画（以下、年度計画）を次のように定める。

I. 研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上に関する事項

1. 「橋渡し」機能の強化

- ・第4期中長期目標期間終了までに民間資金獲得額を138億円/年以上にすることを旨とし、平成29年度は基準となる第4期中長期目標に定める現行の額（46億円）の2.2倍である101.2億円/年を産総研全体の目標として掲げる。
- ・また、産総研技術移転ベンチャーに対する民間からの出資額が、現行の額（3億円）の2.2倍である6.6億円/年以上となるよう、ベンチャーへの支援に取り組む。
- ・各領域においては、領域長の下で目的基礎研究、「橋渡し」研究前期、「橋渡し」研究後期、及びマーケティングを一体的かつ連続的に行う。領域ごとの数値目標を表1の通り定める。
- ・民間資金獲得額の増加とともに大企業との研究契約に偏ることのないよう、中堅・中小企業の資金提供を伴う研究契約件数の比率は第4期中長期目標策定時点の水準（約1/3）を維持するよう努める。
- ・各領域は一定金額規模以上の「橋渡し」研究を企業と実施した案件について、その後の事業化の状況（件数等）の把握を行う。

表1 領域ごとの民間資金獲得額の目標（億円）

	平成29年度目標	(参考) 平成23年度～平成25年度実績の平均
エネルギー・環境領域	35.6	19.0
生命工学領域	12.7	5.0
情報・人間工学領域	12.1	4.8
材料・化学領域	16.6	6.6
エレクトロニクス・製造領域	15.8	6.3
地質調査総合センター	2.5	1.0
計量標準総合センター	6.0	2.4

- (1) 「橋渡し」につながる基礎研究（目的基礎研究）
- (2) 「橋渡し」研究前期における研究開発
- (3) 「橋渡し」研究後期における研究開発

(1)～(3)に関わる研究開発等の年度計画については領域ごとに別表1に記載する。

(4) 産総研技術移転ベンチャー支援の強化

- ・産総研技術移転ベンチャーの創出を推進するため、スタートアップ開発戦略タスクフォース等ベンチャー創出支援事業において、事業化に向けたマーケティング活動、ビジネスモデル構築及びプロトタイプの開発を推進する。また、民間企業から産総研技術移転ベンチャーへの出資を促進するため、ビジネスインキュベーション機関及びベンチャーキャピタル等とのネットワークを活用した連携活動並びに事業計画・ビジネスプランのブラッシュアップ等の事業支援を強化する。

(5) 技術的ポテンシャルを活かした指導助言等の実施

- ・多様な民間企業ニーズに応えるために、「技術コンサルティング制度」を活用し、産総研の技術的ポテンシャルを活かした指導助言等を実施する。
- ・コンサルティング制度に関する職員への周知などによって、職員の理解の促進を図ると共に、民間企業への説明を徹底して、研究現場での一層の活用を図る。さらに顧客満足度のサンプリング調査を実施し、業務品質の向上を図る。これらの取組みを通じて、平成28年度比22%増（民間資金獲得目標額の前年比伸び率）を上回ることを目指す。

(6) マーケティング力の強化

- ・各研究領域において、領域の特性に応じた技術マーケティング活動を実施する。
- ・異なる領域や地域センターをまたがる横断的なマーケティング活動を行う機能の充実及び効率的な運用を図る。
- ・大型連携を図るため、シーズプッシュ型のマーケティングに加えて、民間企業との活発なコミュニケーションによるニーズプル型や、コンセプトを共創するマーケティングを推進する。
- ・多様な経験、資質、人的ネットワーク等を有する人材として、企業連携活動への参加や連携ノウハウを共有する場の設定を通じた内部人材の育成を引き続き行うとともに、外部人材を積極的に登用して、その専門性に基いた人材の強化を行う。

(7) 大学や他の研究機関との連携強化

- ・クロスアポイントメント制度と従来の連携制度を併用することで、基礎研究、応用研究・開発、実証、事業化といった各段階において他の機関に所属する優秀な人材を取り込んで最大限に活用する。これにより、組織間の連携推進を実効的に進めるとともに、多様な連携の方策から最適な仕組みを選びつつ推進する。これに加えて大学等の研究室単位での産総研への受け入れ

や、産総研の研究室の大学内もしくは隣接地域等への設置を通じて、大学等との一層の連携強化を図る。

- 革新的基礎研究力を有する大学等から生まれた優れた技術シーズや優秀な研究人材を活用し、産総研における「橋渡し」機能の強化を加速させるため、大学等外部機関の構内に連携研究を行うための拠点「オープンイノベーションラボラトリ」の整備を、平成29年度も積極的に進める。

(8) 戦略的な知的財産マネジメント

- 知的財産の戦略的かつ効果的な取得・管理・活用と研究成果の効率的な実用化及び普及を図るために、萌芽技術の戦略的な知財アセット構築の支援を強化し、また、知的財産管理システムの改善・向上や知的財産統合シートの利用性の一層の向上を図る。
- 平成28年4月に施行した職務発明に関する改正特許法に対応するように改訂した職務発明取扱規程に基づく発明補償、企業や大学等との連携促進のための多様な連携形態に即した知財の取り扱いの策定等を行う。
- 平成28年10月に改訂された「知的財産・標準化ポリシー」に基づき、戦略的に標準化活動を行うための支援策を標準化戦略会議において検討し、標準化活動の推進を図る。
- 知的財産および標準化の知見と研究開発に関する知見の双方を有する専門家を継続的に育成するため、セミナー・シンポジウムの開催等による知財・標準化に関する普及・啓発活動を実施する。
- 知的財産マネジメントを適切に推進していくために、研究者を含む産総研の全職員が業務において知的財産関連活動を適切に行うことができるよう人材育成に継続的に取り組む。
- 知財の専門家による領域・地域センターの支援強化のために、イノベーション推進本部に所属するパテントオフィサーと各領域に所属するパテントオフィサーの連携を推進する。
- 知的財産の活用において、技術移転マネージャーを中心に、産業界のニーズ把握と研究現場と連携した活動を強化する。
- 知的財産の活用において、出口シナリオの企画・立案機能を強化するため、知的財産情報の発信や企業のニーズ収集などのマーケティング活動を実践する。

(9) 地域イノベーションの推進等

① 地域イノベーションの推進

- 地域における「橋渡し」の推進のため、自治体や公設試との連携関係の強化や、「産総研イノベーションコーディネータ」制度のさらなる拡充と活用等により、地域中核企業との研究連携を推進する。具体的には、地域中核企業との共同研究、受託研究、中小企業庁やNEDO等のサポイン事業や橋渡し事業、自治体予算

による補助事業や委託事業、内部予算を用いた予備研究や追加研究、技術コンサルティング等の連携研究を、合わせて50件以上行う。

- 平成27年度に各地域センターが所在する地域ごとに創設した、地域中核企業からなる「テクノブリッジクラブ」を活用し、地域中核企業における技術開発ニーズと産総研技術シーズとのマッチング事業を推進する。当該年度は、「テクノブリッジクラブ」加盟企業が250社以上となるよう拡充を図るとともに、連携の強化も進め、加盟企業との150件以上の連携研究を行う。
- 産業技術連携推進会議の技術部会と地域部会を通じて、公設試の技術レベル向上を図るための研究会や研修、地域経済の現状を踏まえたプロジェクトの共同提案等の取り組みを積極的に実施する。
- 地域センターごとに「橋渡し」機能の進捗状況を把握し、オール産総研としての活動の最適化に向けて、企画・調整を行う。
- まち・ひと・しごと創生本部決定の「政府関係機関移転基本方針」を踏まえて石川県及び福井県に整備した拠点を中心として、県及び公設試との連携により、地域中堅・中小企業への「橋渡し」等を推進する。

② 福島再生可能エネルギー研究所の機能強化

- 福島再生可能エネルギー研究所については、エネルギー産業・技術の拠点として福島の発展に貢献し、再生可能エネルギー分野における世界最先端かつ世界に開かれた研究拠点の形成を目指した活動を加速する。
- 太陽光、風力、地熱、地中熱、水素エネルギーキャリア、エネルギーネットワークの6つの研究課題を推進する。ほぼ確立した技術については民間企業への確実な橋渡しを進めると共に、新たな技術シーズ作りを目指して、更なる研究資源の充実と、産総研内、福島県等の東北被災県、国内外の研究機関や企業との連携強化を図る。
- 太陽光発電技術については、結晶シリコン太陽電池の高性能化・高信頼性化を進めるとともに、結晶シリコン太陽電池をボトムセルとするスマートスタック型太陽電池の高効率化を図る。風力発電技術については、風力アセスメント技術の高度化を目指す。水素エネルギー技術に関しては、水素吸蔵合金や各種水素キャリアについて、基礎から実証までの研究開発を進める。地熱については超臨界地熱資源の研究開発を主導する。地中熱についてはポテンシャルマップや新しい利用技術の開発を進める。エネルギーネットワークについては、スマートシステム研究棟の円滑な設備運用を行い、再生可能エネルギー大量導入のための研究を推進する。

(10) 世界的な産学官連携拠点の形成

- オープンイノベーションを推進して事業化への「橋渡し」を加速させる世界的な産学官連携拠点の形成を目

指し、高度な半導体製造装置等の最先端設備環境の整備を進め、量産開発に資する6インチ大型ウェハーを用いたSiCパワーデバイス試作や、IoT技術開発のための12インチシリコンウェハーを用いた半導体デバイス開発を行い、SiCパワー半導体とIoTデバイスのオープンイノベーション拠点としての価値を一層高める。

- ・ワンストップサービスを企業に提供できる機能を強化するために、他のTIA中核機関とともに、TIA連携プログラム探索推進事業「かけはし」等の具体的な研究開発テーマを企業連携に結び付ける活動を強化する。マーケティング機能を付加することにより、共用施設ネットワークマネジメントグループ等、構成する各マネジメントグループやステークホルダーグループを活用して、オープンプラットフォーム機能の強化と企業連携活動を加速する。
- ・各機関の多様な技術を融合させ、産学官の知を糾合して複数の領域での研究プロジェクトの立案や国内外の企業及び他のイノベーション拠点との連携を企画・推進するため、研究機関の研究者間の連携を促進し新たなシーズ創出を加速する、TIA連携プログラム探索推進事業「かけはし」を推進する。
- ・人材育成では、ナノテクキャリアアップアライアンスやASCOT人材育成等、今後のTIAの人材育成機能の方向性となりうる、民間企業の人材育成に資する機能を強化する。

(11)「橋渡し」機能強化を念頭に置いた領域・研究者の評価基準の導入

- ・「橋渡し」研究では事業化に向けた企業のコミットメント獲得が重要であることから、平成29年度も引き続き「橋渡し」研究を担う領域への研究予算は民間資金獲得実績を最重視して行う。
- ・各領域の評価に際しては、数値目標を掲げた民間資金獲得額、論文発表数、論文の合計被引用数、実施契約等件数、イノベーション人材育成人数の達成状況に加え、具体的な研究成果や知的基盤の整備状況等、上述の評価軸、評価指標及びモニタリング指標に基づいて行う。評価結果については平成30年度の研究予算の予算配分に反映させる。
- ・人事評価制度について、引き続き、以下の取り組みを実施する。
 - 1) 「橋渡し」への貢献に対する具体的な評価事例を、職員に公表する。
 - 2) 研究段階・研究特性を踏まえた評価、組織的な貢献への評価の効果的な方法等について、研究現場等との対話に努める。
 - 3) 平成28年度で決定した業績手当の査定財源の拡充について、正確かつ適正に実施する。

(12) 追加的に措置された交付金

- ・平成28年度補正予算（第2号）により追加的に措置された交付金については、「未来への投資を実現する経済対策」の21世紀型のインフラ整備のために措置されたことを認識し、人工知能に関するグローバル研究拠点整備事業のために活用する。

2. 地質調査、計量標準等の知的基盤の整備

- ・我が国の経済活動の知的基盤である地質調査や計量標準等については、我が国における当該分野の責任機関として、これらの整備と高度化を通じて我が国の産業基盤を引き続き強化する。平成29年度は特に以下の業務に取り組む。詳細については別表1に記載する。
- ・知的基盤整備の評価においては、国の知的基盤整備計画に基づいて着実に知的基盤の整備に取り組んでいるか、及び計量法に関わる業務を着実に実施しているかを評価軸とし、地質図・地球科学図等の整備状況、計量標準及び標準物質の整備状況、及び計量法に係る業務の実施状況を指標とする。さらに、地質情報の普及活動の取り組み状況、計量標準の普及活動の取り組み状況を評価の際のモニタリング指標として取り扱う。

【地質調査総合センター】

- ・国民生活・社会経済活動を支える地質情報の整備のために、5万分の1地質図幅については東海地域の「大河原」等の調査を開始するとともに、重要地域の地質図幅4図幅を出版する。
- ・日本周辺の海洋利用促進のため、石垣島周辺海域の海洋地質調査を実施し、知的基盤情報の整備を行う。
- ・安心安全な社会活動を支えるため、伊勢湾沿岸域の陸域及び海域の地質・活断層調査を行う。陸域では、地下地質把握のためのボーリング調査・活断層調査や地震反射法調査、海域では音波探査・ボーリング調査を行う。千葉県北部を対象に、3次元地質地盤モデルを公開する。東京都と共同で東京都の地質地盤図作成に取り組む。
- ・地質災害に強い社会を構築するため、陸域・沿岸海域の5地域以上の活断層調査、沿岸の5地域以上の地震・津波履歴調査、防災上重要な3火山以上の地質調査を行い、政府機関等へ情報を提供する。
- ・地下環境保全のための、近畿または関東地方での表層土壌評価基本図の整備に向けた土壌調査を実施する。また、大阪平野の水文環境図の編集を継続し、新潟平野の地下水調査・編集、苫小牧・北九州の調査を開始する。
- ・国土の適切な利用と保全などを目指して、地質情報等の体系的な管理、効果的な発信、社会利用の拡大を進める。

【計量標準総合センター】

- ・物理標準については、気体高圧力、電界強度、低温温度計、放射性表面汚染等の物理標準の開発・範囲拡張・高度化等の整備を知的基盤整備計画に沿って行う。
 - ・標準物質については、既存標準物質の安定性評価を行い供給を継続するとともに、知的基盤整備計画に沿って、材料評価のための標準物質を開発するとともに、水道法等の規制に対応した標準物質の開発並びに特定標準物質の濃度校正方法の開発を行う。
 - ・計量法に係る業務については、特定計量器の基準器検査、型式承認試験等の効率的な実施に取り組む。また、計量教習、計量講習、計量研修を実施し、法定計量技術に関わる人材育成を行う。
 - ・計量標準の利用を促進するため、情報提供及び講習・技能研修活動の拡充を図り、計量標準に関連する工業標準化、国際標準化へ貢献する。また、国際比較等を通じて計量標準の管理を行い、計量法トレーサビリティ制度に定められた参照標準等の供給を行う。
3. 業務横断的な取り組み
- (1) 研究人材の拡充、流動化、育成
- ・優秀かつ多様な研究人材の獲得のため、以下の制度の活用を進めるとともに、制度の一層の活用に向けて必要に応じ制度改善を図る。
- 1) クロスアポイントメント制度の活用により、大学等の優れた研究人材の受け入れと同時に、産総研の研究室の大学等への設置を通じて組織の枠組みを超えた研究体制を構築する。
- 2) リサーチアシスタント制度を活用し、優秀な若手人材を確保する。
- ・極めて優れた研究成果を上げている者、極めて高い研究能力を有すると判断できる者については、テニュア化までの任期の短縮及び直ちにテニュア化する採用を積極的に適用する。
 - ・クロスアポイントメント制度の活用を引き続き拡大するとともに、新たに民間企業とのクロスアポイントメント制度の適用実施を目指す。
 - ・研究者の育成において、以下の取り組みを行う。
- 1) 職員が研究者倫理、コンプライアンス、安全管理などの必要な基礎知識を取得するよう、e-ラーニング等の研修を徹底させ、受講内容等について見直しを図る。
- 2) 研究職員の研究能力及びマネジメント能力向上を研修により支援する。特に中堅研究職員等研修について見直しを実施し、マネジメント能力の向上を図る。
- 3) 産業界のニーズや社会情勢を踏まえ、研修内容を見直しつつ、研究職員の多様なキャリアパス形成を支援する研修を実施する。さらに、既存の事務職員向けの国内外の大学等への派遣制度を見直し、研究職員にも対象を広げることを検討する。
- ・産総研イノベーションスクールにおいては、産業界にイノベティブな若手博士研究者等を輩出することを目的とし、第11期生として公募選考した若手博士人材および技術研修を行う大学院生等を対象に、それぞれの立場において必要な講義・演習と産総研の研究現場における研究実践、長期企業研修を実施する。さらに、修了生の人的ネットワーク構築を支援する。
- ・マーケティング機能体制強化のため、引き続き海外派遣型マーケティング人材育成事業等の研修を実施し、内部人材を育成する。
- ・「橋渡し」機能強化につながる多様な外部人材の登用を引き続き行う。
- ・優れた研究能力やマーケティング能力、又は研究所の適切な運営管理マネジメント能力等を有する定年職員について、その能力等に応じた適切な処遇のもと、必要な人材を登用する。
- ・女性が活躍できる職場環境の整備を行うため、産総研「女性活躍推進法行動計画」に基づく取り組みを推進する。
- ・多様な属性を持つ人々が共に働くことで、より一層、個人の能力が存分に発揮できる環境の実現を目指し、産総研「第4期中長期目標期間におけるダイバーシティの推進策」に基づくアクションプランを継続して取り組む。

(2) 組織の見直し

 - ・更なる業務の適正化及び効率化を目指し、継続的に組織・制度の見直しを実施する。研究推進組織は産業界の動向や民間企業、社会ニーズへ対応するため、柔軟な見直しを実施する。
 - ・また、パートナー企業のニーズに、より特化した研究開発の実施を目指し、企業との大型共同研究等を行うための組織「連携研究室（冠ラボ）」の設置を進める。
 - ・さらに、革新的基礎研究力を有する大学等から生まれた優れた技術シーズや優秀な研究人材を活用し、産総研における「橋渡し」機能の強化を加速させるため、大学等外部機関の構内に連携研究を行うための研究組織「オープンイノベーションラボラトリ（OIL）」を引き続き整備する。
 - ・産総研全体として「橋渡し」機能の強化を図る体制を維持する観点から本部組織等について、必要に応じて柔軟に見直す。
 - ・多様な経験、資質、人的ネットワーク等を有する人材として、企業連携活動への参加や連携ノウハウを共有する場の設定を通じた内部人材の育成を引き続き行うとともに、外部人材を積極的に登用して、その専門性に基づいた人材の強化を行う。
 - ・知的財産マネジメントを適切に推進していくために、研究者を含む産総研の全職員が業務において知的財産関連活動を適切に行うことができるよう人材育成に継続的に取り組む。

- ・機動的に融合領域の研究開発を推進するための理事長戦略予算を本部組織等の決定に基づき、領域に一定程度配分できるようにする。

(3) 特定法人として特に体制整備等を進めるべき事項 ＜理事長のマネジメントの裁量の確保・尊重＞

- ・各界の有識者である外部委員で構成される経営戦略会議を開催し、会議で出された研究所の進むべき方向についての提言を、理事長による組織運営マネジメントに反映する。
- ・理事長戦略予算の位置づけを明確化し、当該予算で実施する課題については、各領域からの提案及び理事長等からのトップダウンの提案の中から選定する。

＜国際的に卓越した能力を有する人材を確保・育成するための体制＞

- ・国際的な人材確保・育成を行う拠点として、人工知能技術の研究・開発のための、様々な用途の学習用模擬環境の整備および、そこから得られるデータを集め高速学習を可能とする AI 用クラウドサーバー構築といった研究環境を整備する。
- ・平成29年度においては、当初の設計と比較してさらに柔軟な年俸決定を可能とするために運用を見直し、優れた研究実績を有する、又は高いマネジメント能力を有する国際的に卓越した研究人材の確保を目指す。

＜研究者が研究開発等の実施に注力するための体制＞

- ・競争的資金について、研究者が理解しやすい公募情報の提供を行うと共に、応募数増加や採択率向上に向けた取り組みを行う。
- ・施設・設備の維持管理については、中長期的なスペース利活用方針に基づいて策定した年度計画に沿って、老朽化対策や研究スペースの集約による効率化等を図る。
- ・平成28年度に実施した研究現場での研究支援職の職務内容や待遇等に関するニーズ調査の結果を踏まえ、研究者の通常業務を効率的に支援できる人材像を明確化し、研究支援人材の確保に向けた新たな制度を設計する。
- ・「特定国立研究開発法人による研究開発等を促進するための基本的な方針」に基づき、研究開発に直接関係する物品・役務の調達に限り、研究開発成果の早期発現及び向上が期待でき、かつ、競争性及び透明性が確保された、新たな随意契約方式を導入する。

＜国内外機関との産学官連携・協力の体制や企画力の強化＞

- ・パートナー企業のニーズに、より特化した研究開発の実施を目指し、企業との大型共同研究等を行うための組織「連携研究室（冠ラボ）」の設置を進める。
- ・革新的基礎研究力を有する大学等から生まれた優れた技術シーズや優秀な研究人材を活用し、産総研における「橋渡し」機能の強化を加速させるため、大学等外

部機関の構内に連携研究を行うための研究組織「オープンイノベーションラボラトリ（OIL）」を引き続き整備する。

- ・企業等との研究開発プロジェクト経験や産業界・学界とのネットワークを有する人材を、イノベーションコーディネータ等として内部登用するために、連携ノウハウを共有する場を設定し、その参加を通じた育成を行う。さらに、企業における研究開発や事業化経験等を有する外部人材を積極的に採用する。
- ・技術コンサルティングや情報検索ツール等を活用して企業のニーズ分析を行い、領域や地域センターを限定することなく産総研の総合力を発揮するための連携と研究課題の提案を行う。
- ・知的財産の活用において、出口シナリオの企画・立案機能を強化するため、知的財産情報の発信や企業のニーズ収集などのマーケティング活動を実践する。
- ・外部機関との組織的連携に関する包括協定および覚書等を戦略的に締結し、新たな共同研究や人的交流を促進する。

＜国際標準化活動を積極的に推進するための体制＞

- ・国際標準化活動を推進するため、標準化戦略会議を活用して戦略的な標準化活動を促進するための支援策を検討し、民間企業等との連携を強化する。
- ・知財戦略会議と標準化戦略会議を連携させることによって、知財及び標準化の両面から研究現場の実情に沿った企画・立案機能の強化を図り、知的財産活動と標準化活動を一体的に推進する。

＜適正な研究開発等の実施を確保するための体制の充実＞

- ・文部科学省の「研究活動における不正行為への対応等に関するガイドライン」を踏まえ、研究記録の適切な管理・運用を通じて産総研の研究成果の信頼をより高め、産学官連携における研究パートナー等からの信頼を得られるよう法令順守・リスク管理に取り組む。

II. 業務運営の効率化に関する事項

1. 研究施設の効果的な整備と効率的な運営

- ・産学官が一体となって行う研究開発を行うため、連携先の要望に柔軟に対応できる施設・仕組み等の整備、構築、見直しを進めるとともに、産総研の施設等を活用した共同研究の他、企業による分析、計測等により、引き続き橋渡し機能の強化を図る。

2. PDCA サイクルの徹底

- ・評価の実施に当たっては、必要に応じて改善を行い、更なる充実とともに効率化を図る。
- ・評価結果の取りまとめを迅速に行い共有することで、各部署がより早く業務改善にフィードバック可能な環境を提供する。
- ・評価結果を領域への予算配分額に反映させること等を

通じて産総研全体として目標を達成するためのPDCAサイクルを働かせる。

3. 適切な調達の実施

- ・契約監視委員会を開催し、委員会点検による意見・指導等については、全国会計担当者会議等において共有し、改善に向けた取り組みを行う。
- ・競争入札を行う調達案件については、事業内容に応じて適切な公告期間を設けるとともに、必要に応じた説明会を実施し、公告日から入札日までの期間を十分に確保する取り組みを実施する。
- ・「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」（平成25年12月24日閣議決定）を踏まえ、一般競争入札を原則としつつも、研究開発業務を考慮し規定した随意契約によることができる事由につき、適切かつ合理的な調達を実施する。
- ・民間企業での技術的な専門知識を有する契約審査役を引き続き雇用し、請求者が要求する仕様内容・調達手段について適切な仕様や条件となっているかにつき審査を実施する。
- ・地域センターの契約案件については、前年度の競争入札等手続きによる契約のうち、契約額が上位から数えて10%にあたる契約案件の契約額を平成29年度の契約審査役が行う技術審査の基準額とする。

4. 業務の電子化に関する事項

- ・ファイアウォールによる24時間のセキュリティ監視を徹底するとともに、「サイバーセキュリティ戦略について」（平成27年9月4日閣議決定）を踏まえ、サイバー攻撃によって内部に侵入された場合の早期把握及び被害の発生・拡大の防止として、平成28年度に計画した次期ファイアウォールの導入を進める。
- ・平成28年度に引き続き、インターネットバックアップ回線、所内ネットワーク、イントラ業務システムについて、震災等の災害時を想定した訓練を行う等、確実な稼働を確保する。

5. 業務の効率化

- ・運営費交付金を充当して行う事業は、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、一般管理費（人件費を除く。）及び業務費（人件費を除く。）の合計については前年度比1.36%以上を削減する。
- ・給与水準については、ラスパイレス指数、役員報酬、給与規程、俸給表及び総人件費を公表し、国民に対する説明責任を果たす。

Ⅲ. 財務内容の改善に関する事項

- ・運営費交付金を充当して行う事業について、セグメント毎、ユニット毎等の執行状況を定期的に調査し、早期執行を促す。

- ・運営費交付金債務の発生要因等と分析される、各種状況変動により生じる執行残額を早期に検知することで債務減少を図る。
- ・平成29年度財務諸表において、事業等のまとまりごとである5領域、2総合センター、その他本部機能、法人共通の区分でセグメント情報を開示する。
- ・資産使用者及び資産管理者が、自らは使用しないと判断した資産について、引き続き、所内でのリユース活用を図るほか、所定の手続きにより不用と判断した資産については、他機関等に開示する等により不用資産の有効利用を図る。また適時適切に減損・除却等の会計処理を行う。
- ・研究用備品等の管理の適正化を図るため整備した制度・体制について、引き続きフォローアップを実施し、適正な管理体制の継続を図る。また、国等の委託事業で取得した研究用備品に関し、適切な資産管理のためのルールを整備する。
- ・第4期中長期目標期間終了までに民間資金獲得額を138億円/年以上にすることを目指し、平成29年度は中長期目標策定時点から120%増である101.2億円/年を産総研全体の目標として掲げる。

1. 予算（人件費の見積もりを含む）【別表2】

2. 収支計画【別表3】

3. 資金計画【別表4】

Ⅳ. 短期借入金の限度額

- ・なし

Ⅴ. 不要財産となることが見込まれる財産の処分に関する計画

- ・関西センター尼崎支所については、引き続き自治体及び関係機関と協議を行い、国庫納付に向けた手続きを進める。

Ⅵ. 剰余金の使途

- ・剰余金が発生した時の使途は以下の通りとする。
 - ・重点的に実施すべき研究開発に係る経費
 - ・知的財産管理、技術移転に係る経費
 - ・職員の資質の向上に係る経費
 - ・広報に係る経費
 - ・事務手続きの一層の簡素化、迅速化を図るための電子化の推進に係る経費
 - ・用地の取得に係る経費
 - ・施設の新営、増改築及び改修、廃止に係る経費
 - ・任期付職員の新規雇用に係る経費 等

VII. その他業務運営に関する重要事項

1. 広報業務の強化

- ・プレス発表、取材対応などを通して、報道機関へ研究成果や組織経営に関する情報を提供することにより、産総研の成果、活動の記事化およびTV報道へつなげる。また、産総研と企業との連携事例の紹介、記者との懇談会の開催、理事長からのトップメッセージの発信に引き続き取り組む。
- ・常設展示施設「サイエンス・スクエア つくば」では、多様な見学者が研究成果への理解を深めるための工夫の一環として、特別展示や特別見学ツアーを実施する。
- ・実験や科学工作などを通して青少年が科学技術に接する機会となる「実験教室」や「出前講座」を行っていく。地域住民への研究紹介と、子供たちに科学の面白さを伝える機会として一般公開を開催するとともに、地域でのイベント出展を行う。
- ・各種出版物による情報発信を引き続き行う。特に、広報誌「産総研 LINK」では、橋渡しの成功事例や連携を目指す研究成果などを伝える。また、全国の中小企業との連携事例を印刷物として紹介する。
- ・最新の研究成果の動画配信を行うとともにホームページやソーシャルメディアネットワークを使用して、産業界及び一般国民への研究成果などの情報発信を拡大する。

2. 業務運営全般の適正性確保及びコンプライアンスの推進

- ・リスク情報を迅速に現場から収集し、迅速かつ着実なリスク管理及びコンプライアンス推進の取り組みを実施する。
- ・e-ラーニング研修を着実に実施する他、組織文化を一層強化することに重点を置いた研修の開催及び啓発の取り組みを実施する。
- ・研究記録の適切な管理・運用及び剽窃探知オンラインツールの利用促進等により、研究不正の防止を図る。
- ・各種研究支援業務を適正かつ確実に実施するとともに、研究現場のニーズや要望等を踏まえ、業務改善・効率化に取り組む。また、研究成果の最大化や職員等が働きやすい職場の環境整備のため、働き方改革にも取り組む。
- ・役職員が安心して「橋渡し」となる産学官連携活動等に取り組めるよう、利益相反マネージメントを実施する。マネージメント対象を国、研究所等の施策に沿ったものにするためにその動向を把握し、特に臨床研究に係る利益相反マネージメントを確実に実施する。
- ・内部監査として、研究ユニットごとの包括的な監査及び個別業務等に着目したテーマごとの監査を効率的・効果的に実施する。
- ・監事監査が効率的・効果的に行えるよう監事への情報の提供等必要な支援を行う。

- ・平成28年度の制度見直しに基づいた研究記録制度の実施状況を把握し、制度の確実で安定した運用を図る。また、不断に制度の改善・見直しを講じる。

3. 情報セキュリティ対策等の徹底による研究情報の保護

- ・外部の専門家を情報セキュリティ委員会の委員として委嘱し、その知見を活用し、情報セキュリティ対策を検討・実施する。
- ・「政府機関の情報セキュリティ対策のための統一基準（以下、「政府統一基準」という）」に準拠するため、平成28年7月に全面改訂した情報セキュリティポリシー（情報セキュリティ関連規程類）について、政府統一基準が一部改訂（平成28年8月）されたことに伴い、再改訂を行う。
- ・全役職員等を対象として情報セキュリティ研修及び定期セルフチェックを実施し、情報セキュリティの脅威と対策方法を周知徹底する。
- ・外部専門機関（情報セキュリティ監査企業）による情報セキュリティ監査を実施し、各部署が実施している情報セキュリティ確保のための取り組み等について改善を促す。
- ・「サイバーセキュリティ戦略について」（平成27年9月4日閣議決定）を踏まえ、高度サイバー攻撃対処のためのリスク評価を行ったうえで、対策導入計画の策定を進める。
- ・平成28年度に構築を進めたアクセス制御・認証基盤を円滑に稼働し、重要な機密情報の保護を図る。

4. 内部統制に係る体制の整備

- ・「独立行政法人の業務の適正を確保するための体制等の整備」（平成26年11月28日付け総務省行政管理局長通知）等で通知された事項を参考にしつつ、内部統制に係る所内体制の整備を進める。

5. 情報公開の推進等

- ・法令等に基づく開示請求対応及び任意事項の情報公開を適切かつ円滑に実施する。
- ・個人情報の適切な取扱いを確保するため、部門等に対する点検及び監査を実効的かつ効率的に実施する。
- ・個人情報保護に関する職員の理解を増進するため、セルフチェック及びe-ラーニング等を活用した周知徹底を行う。

6. 施設及び設備に関する計画

- ・産総研施設整備計画（平成29年度版）を策定し、同計画に基づき施設及び設備の整備と、老朽化した施設の閉鎖・解体を進める。
- ・平成28年度2次補正予算で実施する、人工知能に関するグローバル研究拠点整備事業における新営棟建設

(柏・臨海)及び老朽化対策(研究廃水処理施設改修・空調設備改修)を着実に推進するとともに、推進にあたってはエネルギー効率の高い機器を積極的に採用する。

7. 人事に関する計画

8. 積立金の処分に関する事項

《別表1》 第4期中長期目標期間において重点的に推進する研究開発等

1. エネルギー・環境領域

1- (1) 新エネルギーの導入を促進する技術の開発

- ・ Si 型太陽電池については選択マスクによる新規イオン注入プロセスを用いたセルの高効率化を進める。モジュールの3つの劣化モード(物理的・機械的劣化、化学的腐食劣化、電圧誘起劣化)を究明し、当該分野の学術的深耕を図るとともに信頼性向上に結び付ける。また、企業との共同研究により、高付加価値の太陽電池モジュールを開発する。CIGS 系太陽電池については、傾斜組成の最適化や界面高品質化などによる高性能化とともに、信頼性向上に向けた劣化機構の解明に継続して取り組む。
 - ・ スマートスタック技術について、Si または CIGS をボトムセルとする異種接合太陽電池の変換効率向上を図るとともに、4インチ相当程度に大面積化するための実装技術、素子寿命30年を目指した高信頼性技術開発を行う。低コスト III-V 族トップセル用の H-VPE 装置に関しては、成膜技術のさらなる高度化を行い、GaAs セル効率15%、InGaP セル効率8%を目指した研究開発を行う。
 - ・ 大型 PCS のより一層の高機能化によって太陽光発電の大量導入時でも電力システムの安定化を図るため、次世代 PCS(スマートインバータ)の機能検証と試験方式の開発、モニタリング技術の改良を行う。
 - ・ 深部超臨界地熱資源利用ギガワット級発電技術の開発に関して、本法による大規模発電の蓋然性、および技術的、社会的可能性について検討を開始する。それと同時に臨界岩体内で発生する現象のシミュレーションと超過酷地熱環境下で使用可能な素材の評価と開発を行う。東北主要地域において高精度な地中熱ポテンシャルマップを作成するために、水文地質データのコンパイルを行うと共に、代表地点において地質調査や熱応答試験を実施し、データの評価と解析を行う。また、仙台平野のポテンシャルマップ(暫定版)を作成する。
- #### 1- (2) エネルギーを高密度で貯蔵する技術の開発
- ・ 再生可能エネルギーシステム構築について、大型アルカリ水電解実証機のデータを蓄積することによる水電

解予測モデルの精度向上、および MCH 製造予測モデルと連結したシミュレータ構築に取り組む。MCH 製造技術についても、MCH 生成反応器シミュレータを拡張し、水電解予測モデルを含む他モデルと連結させることで MCH 製造システムの動的最適化とその具体化を進める。また MCH 利用技術の実証に向け、利用技術や経済モデルの具体化を進める。ゼネコンとの共同研究において、構築した再生可能エネルギーを用いた水素製造、貯蔵、利用を含むエネルギーマネジメントシステムを、建物等で利用を想定した制御手法を開発し、実証する。アンモニア合成について、合成プラントの建設を進め、プラント運転に向けた触媒開発・性能評価、工業製造法の確立に取り組む。アンモニアガスタービン技術について、マイクロガスタービン排気のクリーン化を目指し、燃焼器テストリグを用いてガスタービン燃焼技術の開発に取り組む。ギ酸について、ギ酸からの連続水素発生の耐久性の向上を図る。

- ・ ガソリン車並みの走行距離となる電気自動車の実現のために、高エネルギー密度かつ高出力な二次電池開発が不可欠である。リチウムイオンと比較して電解液中でのイオン伝導性が高いナトリウムイオン系では、高出力密度電池への展開が期待される。そこで、ナトリウムイオン電池の充放電時における反応機構の電気化学的手法や分光学的手法等による解明や新規材料合成法の検討を通じ、高出力デバイスを実証し実現の方針を得る。また、有機物を電極材料として用いた電池デバイスの実証並びに反応機構の解明を通じて、高出力とレアメタルフリーが両立する二次電池の設計指針を得る。
- #### 1- (3) エネルギーを効率的に変換・利用する技術の開発
- ・ 先進的なパワーエレクトロニクス技術の確立に向けて、SiC デバイス/パワーモジュールの量産技術について民間企業と共同研究を行う。西事業 SCR 棟の6インチ対応最先端 SiC パワーデバイス量産試作ラインにおいて、ダイオード、MOSFET の量産試作を行い、外部機関への提供を開始する。トレンチ型電界効果トランジスタでは、耐圧1.2 kV、50 A 級デバイスでオン抵抗2 mΩcm²、閾値電圧5 V を目指す。パワーモジュールにおいても、世界最高水準のスウィッチング損失性能を持つ50 kHz 級の高速度動作の2in1モジュールの高温化対策を行い150 A の大容量化モジュールにおいて Tjmax=200 °C を目指す。また、この高温対応高性能モジュールを応用企業に提供し、新たな次世代パワーエレクトロニクス機器応用の開発を進める。
 - ・ SiC 次世代パワーエレクトロニクス実現に向けて、SiC ウェハ、SiC デバイス、SiC モジュールの各技術領域で各要素技術の高度化とそれらの総合的評価を進

める。ウエハでは、積層欠陥のない n 型・p 型ウエハで基底面転位密度300個/cm²以下、4インチ厚エピ(250 μm、n-エピ/n+ウエハ)で反り値20 μm 以下を目指す。また、高耐压デバイス用エピウエハの高品質化(低劣化因子)とライフタイムの制御範囲拡大を目指すとともに開発技術の融合による実用化検討を進める。デバイスでは、スーパージャンクション構造による耐压6.5 kV の実現、20 kV IGBT の安定作製を目指すとともに、高圧 PiN ダイオードでの再結合促進層効果を確認する。モジュール開発では、平成28年度に決定したモジュール構造の信頼性評価(高温放置1000時間、-40~250 °C温度サイクル試験1000回)を実施し、実装動作時の課題を抽出する。また、信頼性試験データの蓄積・検討から、加速劣化条件を解明する。

- ・ダイヤモンド、GaN 等、将来実用化普及が期待されるワイドギャップ半導体の材料・デバイス化技術を開発する。ダイヤモンドでは、実用的ウエハ実現に向け、CVD 合成装置の結晶保持機構の改良で、クラックのない厚さ1 cm を超えるバルク単結晶を作製する。1 cm²級内製ウエハを用いた pin ダイオードを作製し、その特性評価を通じてデバイス化プロセス技術等における問題抽出を行う。GaN では、高耐压縦型デバイスで必要なドーピング濃度制御技術(ドーピング濃度10¹⁶ cm⁻³台)、パワーICなどで必要な MOSFET のプロセス技術、イオン注入技術の開発を進める。また、高耐压高機能 GaN パワーデバイスの実用化に必要な GaN 単結晶基板の信頼性評価技術に着手する。
- ・国内自動車業界の産業競争力強化に向けて、クリーンディーゼル車向け等、高効率エンジン燃焼及び排気制御の基盤技術を開発し、民間企業への橋渡しを推進する。平成29年度は、自動車用内燃機関技術研究組合事業として、昨年度まで3ヶ年の研究開発を基にした発展型研究開発を実施する。具体的には、「EGR 凝縮水挙動解明およびデポジット堆積予測技術研究」では、昨年度まで実施したデポジット生成メカニズムを基に、化学分析等による凝縮水挙動の解明と、デポジット堆積量予測に向けた堆積メカニズムの推定を実施する。「噴射尿素からのアンモニア生成モデル構築研究」では、ラボ反応システムを用いて、SCR 触媒上に付着した尿素のアンモニア、HNCO 等への分解反応速度を求める。さらに、小型噴霧ノズルを用いた尿素水の連続供給が可能なラボ反応システムで、SCR 触媒の下流に生成するデポジットの分析を行う。燃料噴霧・着火・燃焼に関する高度解析技術の開発を、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の「革新的燃焼技術」や、民間共同研究等で継続して推進する。具体的には、X線技法による噴霧の詳細解析では、鉄ノズル内部流の現象解明を可能とする計測技術の開発と、エンジン開発に活用できる新たな噴霧予測モデルの構

築を実施する。また、着火技術研究では、プラズマ支援燃焼実験で見られている効果に対して、化学種計測や画像計測を実施してそのメカニズムを検討する。

- ・国内産業振興に向けて、省エネルギー化に資する未利用熱有効利用のための熱マネジメント技術を開発する。NEDO の「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」の下で、電力、清掃等6業種の工場の高温固体、温水からの排熱量を調査、モデル解析するとともに、未利用熱の活用状況を調査分析する。熱発電については、平成28年度に開発した耐久性に優れた接合技術を、高性能熱電材料に適用し、モジュールの試作と高効率発電実証を行う。また時間経過に伴う発電性能の低下のメカニズムを解明し、耐久性の向上を目指す。

1 - (4) エネルギー資源を有効活用する技術の開発

- ・メタンハイドレート資源からの天然ガス商用生産に向けて、第2回海洋産出試験で使用する出砂対策技術に関して、室内での循環試験等による評価を実施する。さらに現場試験に関する事後解析による評価やコア解析等を通して、モデル構築技術や生産挙動評価技術の高度化等を行う。褐炭等の未利用炭化水素資源を高効率に転換するガス化等のプロセス技術を開発するため、800 °C以下での廃プラスチックガス化の熱自立運転を可能とする操作条件をシミュレーションにより探索し、さらに従来とは構造の異なる新規な循環流動層装置を提案、試作し、その効果を実験的に検証する。

1 - (5) 環境リスクを評価・低減する技術の開発

- ・水質測定技術の開発に関しては、高汎用性の重金属類測定技術の開発と、有害化学物質の生体影響評価の低コスト・迅速・倫理許容性の基盤技術としての万能細胞由来の動物細胞曝露試験系の確立、及び遺伝子等の曝露応答関連生体物質の検出法を検討する。微生物を利用した廃水処理システムに関しては、産業・環境ニーズの高い廃水種の処理高度化に係る研究開発を引き続き行う。廃水に含まれる有用微生物群を経時的に追跡する技術を開発・利用することで、高効率処理に向けた提言・道筋を示す。水質制御では、途上国周辺地域における飲料水の光触媒浄化技術、及びナノ材料を用いた再生水の処理等の技術開発を行う。
- ・都市鉱山技術によるレアメタルリサイクル等、資源循環等対策技術を開発する。物理選別プロセスでは、多様なプリント基板に適用可能な、各種選別装置の自律制御を目指して、装置内粒子運動解析法の基礎を構築する。また、製品データベースに登録する品目、機種を拡充するとともに、2D、3D 画像解析を融合した廃製品自動認識プログラムの開発とその装置化に着手する。化学分離プロセスでは、合金隔膜と熔融塩を用いた元素分離法について昨年度確立した隔膜保持方法を

適用した試験を行い、元素分離に適した条件を探索するとともに、希土類元素間の相互分離性向上を目指した配位子およびその固定化方法の検討、及び三価白金族イオンの抽出挙動の解析を行う。また、ハロゲン系難燃剤含有樹脂の熱分解では、生成物の脱ハロゲン化および生成物組成に対する共存する金属や触媒の影響を解明する。木質バイオマスや樹脂のガス化装置の運転では、エネルギー回収効率の評価を行う。

- ・安全管理政策に資するリスク評価研究では、ナノ材料の動物試験方法の国際標準化へ向けたガイダンス案を完成するとともに、セルロースナノファイバーの安全性評価のための定量分析手法を開発する。また、エネルギー物質や高圧ガスによる産業事故防止と被害低減化のために、開発した現場保安チェックポイント集及び検索ソフトを工場現場で実証する。また、火薬類取締法施行規則の改正に貢献するため火薬類の種類による爆発威力を定量化する。鉱工業のイノベーションを支える評価技術の開発では、水素インフラ等を対象としたリスク評価、並びに水素サプライチェーン等を考慮したライフサイクル分析と導入可能性の分析を実施する。さらに、ライフサイクル分析に用いるインベントリ DB 開発のアジア展開を図る。

2. 生命工学領域

2- (1) 創薬基盤技術の開発

- ・医薬リード化合物最適化技術の高度化・高速化のために、効率的なターゲット探索、ゲノム情報解析技術、薬効・毒性評価技術の開発を行う。平成29年度は産総研独自技術であるタンパク質アレイと IT 技術を融合させた網羅的薬効解析技術の実証を進めるとともに、産学官連携体制のもと培養細胞や身体・臓器モデルを用いて精密な薬効・毒性評価を可能とする創薬基盤技術の開発を行う。
- ・がんや自己免疫疾患等の診断薬・治療薬の開発を目指して、糖鎖、糖タンパク質、ペプチド等を活用した創薬技術の開発を行う。平成29年度は糖鎖マーカー等の探索と診断応用に向けた臨床的有効性を確認するとともに、治療応用を目指した糖鎖ターゲット探索に着手する。また創薬支援ネットワークの一員として、次世代天然物化学技術研究組合等を介して産業界での創薬開発の支援を行う。
- ・生体分子の構造と機能を明らかにすることにより、効果的な薬剤開発を支援する基盤技術の開発を行う。平成29年度は、創薬に資するナノイメージング技術の開発、タンパク質の精密立体構造解析と高効率な化学合成技術を融合させた低分子医薬探索、及び抗体医薬品製造の標準化を推進する。

2- (2) 医療基盤・ヘルスケア技術の開発

- ・幹細胞等を用いた再生医療技術の基盤技術開発を目指

して、幹細胞等操作技術とそのための医療機器技術の開発を行う。平成29年度は産総研の有する RNA ベクターの高度化、幹細胞の品質管理技術を向上させ、これらの産業界への技術移転を図る。

- ・健康状態や疾病の早期・簡便な評価法の開発を目指して、健康評価のためのバイオマーカー探索と評価デバイスの開発を行う。平成29年度は、遺伝子解析などを用いた高速かつ安価にがん、感染症などの疾病を診断する技術を開発する。また、引き続き医療機器等の品質・有効性・安全性等に関する標準化・ガイドライン化を進めるとともに、医療機器支援ネットワークの一員として産業界での医療機器開発の支援を行う。

2- (3) 生物機能活用による医薬原材料等の物質生産技術の開発

- ・効率的な物質生産技術の構築を目指して、遺伝子組換えとゲノム編集技術を活用した生物による物質生産技術の開発を行う。平成29年度は、スマートセルインダストリーを実現する基盤技術開発を目指して、植物の遺伝子操作技術と特殊栽培技術を融合した高効率な有用物質生産技術の開発に取り組む。さらに、微生物の代謝系改良により物質生産に資する有用微生物の開発を行う。またゲノム編集の基盤技術開発を進めるとともに、ニワトリなどを対象とし実用化を目指した応用研究を進める。

3. 情報・人間工学領域

3- (1) ビッグデータから価値を創造する人工知能技術の開発

- ・現在は神経科学的現象を説明する自然科学的モデルにとどまっている脳型人工知能については、工学応用可能な機械学習アルゴリズムの形に統合した情報処理技術として完成するとともに、有用性を実証することを目指す。平成29年度は脳型人工知能の大規模データへの適用を目指してスケラブルなアルゴリズムを開発する。
- ・データ知識融合人工知能については、連続値と離散値の組み合わせや時間的変化をともなう実世界のデータと知識を融合するための新しい確率モデリング技術の研究開発を実施する。平成29年度はテキストや画像などの多様なデータを統合するための手法の開発を進め、プロトタイプを構築する。実世界から収集したベンチマークに適用して評価・検証を実施する。
- ・人工知能の先端的な要素技術をモジュール化した先進中核モジュールと、それらを統合し、人工知能の多様な応用に迅速に適用するための次世代人工知能フレームワークの研究開発を実施する。平成29年度は、観測・データ収集、認識・モデル化・予測、行動計画・制御、自然言語処理、の各要素機能モジュールのプロトタイプを構築する。4種類以上のタスクに適用して

評価・検証を実施する。

3 - (2) 産業や社会システムの高度化に資するサイバーフィジカルシステム技術の開発

- ・生産現場、生活場面での人間行動センシング技術と、それを通じて得られる実世界ビッグデータを集約、分析し、製品の価値向上、サービスの生産性向上に繋げる統合クラウド技術を開発する。平成29年度は歩行者自律測位技術（PDR）を車輪ベースの移動体に拡張することで適用範囲を拡大するとともに、PDRと全身姿勢推定に基づいた人間行動センシング技術を開発し、移動距離比2%以下の測位性能を実現する。人間計測結果に基づくサービスシミュレーションクラウド基盤を整備し、企業連携やライセンス提供に繋げることを目指す。
- ・安全なサイバーフィジカルシステムの実現を目指し、演算性能や電力に制約のある大量のエッジデバイス上でも実用的な速度で処理が可能な暗号技術と、それを用いたプライバシー保護や認証技術に関する研究開発を実施する。RSA暗号等の従来技術では、効率性、機能性、安全性のいずれも不十分であり、格子問題等の数学的構造に基づき、エッジデバイスに適した軽量で高機能な暗号・認証技術の実現を目指す。平成29年度は、前年度までに設計を行った関数暗号や匿名認証等の高機能暗号についてより詳細な安全性評価を進める。特に、多くの高機能暗号の安全性の根拠となる格子問題に関する厳密な困難性評価を行う。また、得られた結果に基づき前年度までの成果を発展させ、格子問題に基づく効率的な関数暗号などを設計する。

3 - (3) 快適で安全な社会生活を実現する人間計測評価技術の開発

- ・自動運転システムの実用化に向けて、自動運転中のドライバー状態の評価手法の開発と、自動運転モード間の遷移を適切に行うHMIの開発を行う。平成29年度は、ドライバー状態と自動から手動運転への遷移時間の関係性を評価し、ドライバー状態の維持とより適切なモード遷移のためのHMIを検討する。
- ・健康起因事故撲滅に向けて、ドライバの体調急変検出を目指した研究開発を行う。平成29年度は、筑波大病院・東大・コンソーシアム参加企業と協力して、てんかん・脳卒中・心疾患の発症時のドライバ状態を特徴づける生体信号や行動学的変化の計測データを収集するとともに、次年度以降の構想を立案する。
- ・運転の楽しさ（ドライビングプレジャー）の生理指標による定量化の研究を行う。平成29年度は、シミュレータや実車（テストコース）における生理計測データを集約し、運転の楽しさの評価方法を確立する。また、操作に対する機械的なサポートが楽しさに与える影響を検討し、資金提供型共同研究による成果の橋渡

しを進める。

- ・高齢者が自らの残存機能を維持、増進して自立移動ができるようにするために、装着型センサで歩行・走行機能を計測、評価して可視化する技術を開発する。平成29年度は、現場でのデータ計測から独自開発指標を計算して提示する一連の技術を3箇所以上の現場に適用し、歩行評価技術の実証を行う。また、下肢切断者用の義足についても、2社以上の企業と連携し、現場と実験室での評価を行うことで、デザインのブラッシュアップを行う。また、スポーツ用義足の認証・標準化活動にも取り組む。

3 - (4) 産業と生活に革命の変革を実現するロボット技術の開発

- ・力学モデルに基づいてロボット介護機器の設計を支援する技術、IoT技術を用いて効果を評価する技術を開発し、実証評価を行う。ニーズシズマッチングに基づいてロボット介護機器の改良開発を支援する。サイバネティックシステムの安全評価技術の開発を行う。座り乗り型移動ロボットの公道実証実験を実施し、安全検証を行う。ロボットソフトウェアプラットフォームの開発と、産業用ロボットへの応用を検証する。
- ・画像センシングおよびパターン認識に関する技術をコアコンピタンスとし、高度な空間情報取得・理解技術を構築するための目的基礎研究を行う。平成29年度は、空間情報センシング技術に関して、従来の可視光の2次元または3次元計測という枠を超え、ハイパースペクトルデータ（紫外域から赤外域まで連続的に含むデータ）やライトフィールドデータ（空間全体の光情報を4次元で捉えたデータ）を取得・処理するフレームワークを構築する。
- ・ドライバー不足やコスト抑制に対応し、過疎地域や交通弱者への移動手段として期待されている自動走行技術を活用した新たな移動サービスである端末交通システムの社会実装を目指し、必要な技術開発、社会受容性や事業面の検討等を行う。平成30年度には、実際に端末交通システムが求められている地域の環境で実証評価を予定している。平成29年度は、小型カートを用いた遠隔操縦等を含む自動走行技術のテストコース上での評価や安全性等の検証を実施し、平成28年度に公募選定した実証地域に合わせた事業モデルやシステム構成の構築検討を進め、実地域において一部の技術検証を実施する。また、関係省庁と連携して制度的取扱について検討を行う。
- ・大型建造物の生産現場における過酷環境での作業に対応するロボットシステム実現のために、これに必要なロボット技術をCNRS、AIRBUSと共同で開発している。平成29年度は、多点接触動作制御技術として、複数の姿勢を並列に考慮するロバスタな動作計画手法と、二次計画や優先度付きタスクなど異なる手法を統

合する制御手法を開発し、全身動作によるレンチによるボルト締め作業、ブレーカのスイッチの点検作業、ケーブル取り付け作業などに適用する。

4. 材料・化学領域

4- (1) グリーンサステイナブルケミストリーの推進

- ・エポキシ前駆体合成のハロゲンフリー化に向けて、ハロゲン化アリルを用いないアリル化を検討する。
- ・酵素の改変や微生物の育種・改良を継続し、バイオベース化学品（D-アミノ酸、バイオ界面活性剤等）の合成の高効率化を推進する。セルロースナノファイバーによる樹脂やゴムの高性能化技術の確立に向け、ナノファイバーの特性・構造が、複合材料の物性や成形加工性へ与える影響を検証する。
- ・高機能な有機ケイ素素材の製造プロセスを実現するための触媒技術及び触媒プロセス技術に関し、従来の白金触媒では達成が困難な官能基を有する基質のヒドロシリル化に有効な触媒を見出す。
- ・レブリン酸エステル合成については、実用化を視野に入れて、各種含セルロース原料への応用を検討するとともに、触媒のさらなる高性能化を目指す。また、リグニン由来生成物の精密な分析を行ない、その機能性を検討する。レブリン酸を起点とした新規反応の開発を行う。
- ・化学材料の多様化・高付加価値化に向け、新規ナノカプセルの用途開拓、粘接着剤の部材化、液晶を基盤とするセンサーの特性検証等を進める。また、これまでの材料評価技術を展開し、実材料の特性把握や劣化構造の解析に取り組む。

4- (2) 化学プロセスイノベーションの推進

- ・高効率で精密制御を可能とするマイクロ化学プロセスの構築を目指し、マイクロ波加熱技術においては、大容積照射手法をシステム化することにより、長時間の連続運転と製造が安定して可能なプロトタイプ機開発を行う。また、ギ酸から高圧水素を連続的に発生させる要素技術での水素発生プロセスの省エネ化を進めるため、プロセスのエネルギー収支の最適化検討を行う。
- ・粘土膜等との材料複合化技術に基づいた分離・遮蔽特性を制御する技術開発を目指し、耐熱性ガスバリア膜材料の連続生産プロセスで製造した開発素材について加速劣化試験を実施し、膜特性の大幅劣化を抑制するための材料の最適化を進める。
- ・高シリカチャバザイト長尺膜の高機能分離膜において、支持基材や合成条件等の最適化条件を用いることにより、量産化へ向けた課題を抽出し、その解決を図る。また、膜分離プロセスの最適化向け、分離膜モジュールを開発する。
- ・混合ガス系での高い透過速度と水素純度のスペックを満たす水素精製用炭素膜として、選択性を維持したま

ま、膜性能の長期安定性や耐久性を付与した炭素膜を開発する。さらに、膜メーカーにおける炭素膜の量産化技術開発支援を行う。

- ・高機能相界面の創成による新しい反応・分離プロセスの提案を目指し、物質の吸着と移動特性を制御可能な界面活性や触媒性能等の評価手法を高度化するとともに、新たに見出した特異相界面の機能向上や用途開拓を行う。また、相界面制御により、ナノ多孔質材料の機能向上を目指す。
- ##### 4- (3) ナノカーボンをはじめとするナノ材料の開発とその応用技術の開発
- ・前年度までに確立したビーズ基板を用いた単層カーボンナノチューブ（CNT）量産技術をさらに発展させ、さらなる低コストで単層 CNT を産業界へ提供可能とする次世代合成技術の開発およびそのスケールアップ検証を実施する。
 - ・カーボンナノチューブ（CNT）の特性を最大限に生かせる応用として重要な CNT/ゴム・樹脂複合材料について、ゴム・樹脂中での CNT の最適な分散状態及び分散方法を探求する。CNT 複合材料の実用化に向け、CNT/ゴム・樹脂複合材料の市場調査及び、それに伴う橋渡し実用化研究を行う。
 - ・グラフェンの応用開発に必要な支持基板 h-BN の CVD 合成技術を開発し、高移動度原子層積層技術を開発する。また、単一構造 CNT の自動分離システムの開発、および配向制御 CNT 超薄膜の作製技術の開発に着手するとともに、eDIPS 法を利用した紡糸プロセスを確立する。
 - ・カーボンナノチューブ（CNT）の特性を最大限に生かせる応用として重要な CNT/ゴム・樹脂複合材料および CNT 糸について、その構造を可視化する技術を開発するとともに、特性との相関を見いだす。
 - ・光吸収法による CNT の細胞取り込み量評価法について、国際標準化機構（ISO）において国際規格作成作業を行う。
 - ・アンモニアおよびアンモニウムイオンを対象とし、吸着による光学特性の変化などの新規機能付与や吸着容量のさらなる向上など、基礎特性の改善を図る。また、導電性高分子の熱電性能をさらに向上するための添加剤の検討を行うとともに有機モジュールの出力密度を設計の最適化でさらに1.5倍向上させる。
 - ・フィルターを充填した高分子材料の破壊力学応答や、ThMn12型 Nd 系磁石化合物の磁気異方性等に関わる計算シミュレーションでの順方向予測を行う。実験データに対応するスクリーニング情報をもとに、材料機能、反応プロセスやマクロな流動・変形に関して、計算シミュレーションを活用した順問題的な予測研究を行い、実験研究に重要なスクリーニング情報を与える。
 - ・産総研独自の電子顕微鏡技術を活用し、低次元材料の

- 原子レベル構造変化や個別分子の化学反応の解明を可能とするイメージングと分光技術の開発を進める。ポリマーと金属など異種材料の接着界面を透過電子顕微鏡を用いて精密に解析する。
- 本年度は、デバイス機能に対するシミュレーション技術の開発とそのオーダーN 計算手法との融合による大規模化や、高分子材料に対するスケーリング解析の実施によるマルチスケールスキームの開拓等の基盤技術開発研究をもとに、機能の直接予測手法とマルチスケールシミュレーション技術を更に開拓しつつ、機械学習などの情報科学手法を援用した材料設計の為の基盤技術の開発に着手する。
- 4 - (4) 新たなものづくり技術を牽引する無機機能材料の開発
- チタン酸バリウムナノキューブの市場開拓に直結した量産プロセスを開発、三次元高次階層構造の形成のためのナノキューブ自体と界面の性質の定量化と精密制御、自己組織化を利用した成形技術の開発に着手する。粒径の揃った無機系微粒子の配列化技術、固定化技術の開発を行い、それらを用いたコロイド結晶の作製を試みる。産総研で開発した生体に安全なバイオコアシェル粒子に関し、幅広い応用展開可能な基盤技術として充実させることを目的に、新たな粒径制御技術を開発する。
 - マイクロ SOFC 技術を水・二酸化炭素の共電解反応に活用し、電気化学反応での高効率メタネーションが可能な電解条件を見出し、反応セルのモジュール化技術を開発する。さらに、実用化を目指したスケールアップが可能な反応条件として、100 W 級スタックでの実用レベル試験により検証、企業連携構築を促進する。また、独自技術のセラミックセンサを含む複数センサとデータ解析を応用したヘルスケアデバイスの高度化を行う。
 - Sm-Fe-N 異方性焼結磁石のさらなる特性向上と実用化技術の開発を民間企業と共同で進める。特に界面制御技術開発を行い焼結磁石の保磁力向上を目指す。また、産総研にて開発した高保磁力を有する Sm-Fe-N 微細粒子を実用化技術に繋げるためのプロセス開発を民間企業と共同で行う。
 - セラミックコンプレッサの根幹技術であるプロトン導電性電気化学セルについて、連携体制を構築する。二酸化炭素との反応耐久性とプロトン導電率のトレードオフを解消するとともに、新たにプロトン導電系電極設計指針を構築する。これら技術を25平方センチメートル以上の実セルサイズに展開し、実用化技術開発を見通す端緒となる基盤技術として確立する。
 - 磁気熱量材料の安定性向上に加え、磁気冷凍システム開発を民間企業と共同で行う。また、エントロピクス材料の部材化プロセスを推進する。
- 4 - (5) 省エネルギー社会構築に貢献する先進構造材料と部材の開発
- 開発した難燃性マグネシウム合金押出材の信頼性（疲労特性、難燃性、応力腐食特性）を調べるとともに、各種信頼性に及ぼす組織や組成の影響を明らかにする。アルミニウム合金ではアスペクト比が2以上の実用スラブへ適用可能な組織微細化技術を確立する。マイクロプロセスによる炭素繊維強化プラスチック成形では大型化を目指した易加工性で低熱浸透率のセラミックス成形型を開発し、その型特性と高速成形性を検証する。
 - 連携先企業の戦略に沿ったタイミングでの流動成形品の採用を目指し、共同研究先企業が川下企業へプレゼン・評価を行うなかで生じる意匠性・デザイン要求に対する課題の解決を図る。引き続き、生産性を高める製造技術開発を行う。
 - 断熱材開発においては高強度と低熱伝導率の高度な両立を可能とする組織設計を行うとともに、耐熱性向上のための課題を抽出する。メタライズ放熱基板では、過酷な温度サイクル試験に対応した動的疲労試験の条件を確定する。セラミックス3D 造形法では、実用部材を模擬したステージ形状を有する部材の試作を行う。
 - 生活環境温度領域における熱エネルギーを制御する断熱性、遮熱性等のダイナミックな制御が可能となる新規材料の窓部材化技術、高信頼性化技術を確立し、実用化に向けて共同研究を推進する。
5. エレクトロニクス・製造領域
- 5 - (1) 情報通信システムの高性能化および超低消費電力化技術の開発
- 相変化メモリについては、企業との連携により高速大容量ストレージ用の超格子型メモリの研究開発を進めるとともに、クロスポイント構造で必要となるセレクトア素子をメモリ材料と同種のカルコゲン化合物の超格子材料をベースとして形成することを試みる。ロジックデバイスについては、Ge フィンや遷移金属ダイカルコゲナイドをチャネルとした MOSFET を更に高性能化するとともに、MOSFET の限界を超える低消費電力デバイス実現に向けて、Si トンネル FET のデバイス構造最適化や負性容量 FET 用の強誘電材料開発を行う。3次元集積については、5 μm 以下の微細なシリコン貫通電極構造の製造プロセスの構築を進め、その電気・応力特性を解析により明らかにするとともに、300 mm ウェーハ積層の基盤技術開発を行う。
 - 半導体関連産業の振興に向けて、不揮発性メモリ MRAM の高度化のための研究開発を行う。平成29年度は、15 nm 技術世代の STT-MRAM のための超高磁気異方性と後工程の耐熱性400 $^{\circ}\text{C}$ を併せ持つ磁気抵抗薄膜を開発する。また、ImPACT プログラムの

枠組みで電圧トルク MRAM の基盤技術を開発し、電圧書き込みのエラー率 10^{-5} （エラー訂正なし）、 10^{-10} （エラー訂正あり）を実証する。さらに、スピントロニクス技術を用いた高周波素子の基盤技術開発では、70 GHz 以上の高周波数で動作する検波素子を開発する。これらの技術開発により、国内企業の事業化に向けた研究開発を支援する。

- ・民間企業等と連携しながらシリコンフォトニクス技術の開発を進める。平成29年度は、平成28年度に引き続き、文部科学省のイノベーション推進事業「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」の下で、ダイナミック光パスネットワークの実運用を継続する。シリコンフォトニクススイッチは、特性改善を推進する傍ら、同実運用において、シリコンフォトニクススイッチを用いた大容量伝送実験や遠隔医療応用実験などを行う。前年度に設立した、波長選択スイッチ技術による産総研ベンチャーの促進を図る。産総研コンソーシアム「PHOENICS」では、民間企業と連携してハイブリッド集積デバイスの試作を継続するとともに、メンバー企業に対して産総研 SCR でのシリコンフォトニクス・ファブを模擬した「試作トライアル」を実施する。NEDO「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」プロジェクトの下で、シリコン及びポリマー導波路による光エレ実装基板の改良試作を進める。
- ・量子アニーリングに関して、超伝導量子ビット回路作製プロセスを構築して3量子ビット論理ゲートを作製・評価するとともに、大規模集積に必須な超伝導はんだバンプの作製を開始する。また、超伝導回路シミュレータについて実機制御の物理パラメータを反映する等の機能追加を行い、8ビット級システムでの動作を検証する。脳型情報処理に関しては、平成28年度に引き続き、機能性酸化物を用いたアナログ型抵抗変化素子の低消費電力化と信頼性向上に関する研究開発を行う。具体的には、集積回路用低消費電力材料の開発を進め、その最適化を行う。
- ・単体素子による機械学習機能の実現に向け、スパイク時刻依存可塑性（STDP）とリーク付き積分発火（LIF）の両方の機能を示す酸化物チャネル電界効果素子を開発する。強誘電トンネル接合による不揮発性抵抗変化素子については、微細加工技術の開発に取り組み、100 nm 以下の素子において抵抗変化メモリ効果を実現する。また、新規透明電子デバイスの創生に向け、従来の p 型透明半導体よりも移動度が1桁大きく ($>1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$)、バンドギャップ可変な p 型酸化物透明半導体の開発を目指す。

5 - (2) ものインターネット化に対応する製造およびセンシング技術の開発

- ・平成28年度に作成した基本フレームに基づき、各種

モデル間の関係分析技術を開発する。具体的には、レジリエントな生産実施およびメンテナンスを目的とした、グラフモデル特徴量等を用いたエンジニアリング知識の抽出手法の開発を行う。本件の具体事例としては、半導体や高機能ガラスといった製品上の潜傷検知について、プロセスファクタをモニタリングすることで間接的に検知することを試行する。また生産ラインの状況を可視化し、サイバー空間で最適化された結果を作業指示として情報提供するシステムを開発する。さらにこれまで工場内について検討してきたモデル化の対象を工場間の連携まで拡張したサプライチェーンのレジリエンス性評価を行う。

- ・平成29年度は、NEDO プロジェクトのインフラ状態モニタリング用センサシステム開発および次世代プリンテッドエレクトロニクス基盤技術開発を中心に、圧電 MEMS 自立発電振動検出デバイス、極薄 MEMS ひずみセンサシート、ハイブリッドエレクトロニクスフレキシブル通信モジュール等を試作し、これらを用いたセンサネットワークシステムの社会実装および実証試験を行う。また、構造物の検査技術として、500 画素超の超伝導アレイ検出器を備えた構造物分析システムを実現するとともに、超伝導チップ及び室温信号処理系の改良による多重読出回路の高速化と広帯域化に着手する。
- ##### 5 - (3) ものづくりにおける産業競争力強化のための設計・製造技術の開発
- ・構想設計の道具として開発したデザインブレインマッピング ver2.3 とイメージシャワー及びブレインストーミングシステムのプロトタイプを、構想設計コンソーシアム及び関係公設研での各種検証を通して進化させると共に、デザインブレインマッピング手法としての体系化を行い、普及活動及び事業化探索の手段として書籍化準備を行う。
 - ・任意箇所設置型の次世代情報端末機器として期待の高いフレキシブルデバイスを、高効率・高生産性、カスタマイズ生産する技術として、印刷法を駆使してデバイスを製造する印刷フレキシブルデバイス製造技術を開発する。平成29年度は、オンデマンド印刷製造技術、伸縮性フレキシブル IoT センサ、透明フレキシブル材料の開発に取り組み、寸法忠実性 $2 \mu\text{m}$ 以下の平版印刷製造技術、100 %伸長させた際の性能変動が10 %以内に収まるストレッチャブルセンサ技術、 $1 \mu\text{m}$ 以下の高空間分解能を有する微視的評価解析技術を開発する。
 - ・多品種少量生産向けのミニマルファブ技術につき、平成28年度に開発を進めた小型イオン注入装置、CVD 装置、および、パッケージ工程について、デバイスプロセスへ適用できるレベルに完成度を高める。また、昨年度までに開発してきた CMOS 回路や MEMS 系

- センサー技術の高機能化のために配線技術を含む集積プロセス開発を進めるとともに、新材料を使った独自デバイスの開発をミニマルファブを活用して加速する。
- ・積層造形技術について、平成28年度の成果を基に、材料の供給及び溶融凝固現象に対するモニタリングにより現象の解明と加工状態の評価を行い、プロセスの高度化と適用材料の多様化を目指した技術開発を行う。さらに、他加工との複合加工技術開発により積層造形の応用分野拡大に寄与する。加えて、現在既に進行している国プロでの開発及び企業との橋渡し共同研究を進め、引き続き成果の実用化と新たな応用展開を図り、プロジェクト終了後の展開を検討する。
 - ・電解レーザー複合加工用加工液を検討する。産業応用への課題である加工速度を向上させるため、加工液を最適化し、速度を現状の5倍（企業からの要望）に向上させることを目指す。また開発した細管加工用電解レーザーシステムにより脳血管治療を想定した極細ステンットの試作を行う。電磁成形を用いた複合加工に関して、プレスとの複合化による成形の実証と加熱機構との複合加工法を開発することで難加工材の成形や接合を効率的に行う条件を検討し、複合化の有用性を明らかにする。
- 5 - (4) 多様な産業用部材に適用可能な表面機能付与技術の開発
- ・エアロゾルデポジション法では、出口戦略として、エネルギー関連部材では Li 蓄電池のプロトタイプ試作を、構造部材応用、医療部材応用では、部材軽量化のための樹脂材のグレージングや義歯インプラント関係のプロトタイプ試作を行う。光 MOD では、スマートウインドウ、電子部品、センサ、光触媒などの実用化を目的として、新材料開発、各種樹脂・多孔質基材上への成膜と性能評価を行なう。また光化学修飾法では、性能向上や新規応用展開を目的とした新規分子接合剤を開発する。
6. 地質調査総合センター
- 6 - (1) 地質調査のナショナルセンターとしての地質情報の整備
- ・中長期的に取り組んでいる地質図幅未整備区画の解消をめざし整備を行う。20万分の1地質図幅の改訂および5万分の1地質図幅の整備について、重点化した地域を中心に調査研究を実施し、5万分の1地質図幅4図幅（4区画）の出版を行う。平成28年度に試験公開したシームレス地質図 V2（次世代シームレス地質図）を正式公開する。次世代シームレス地質図では、凡例の階層化による利便性の向上とともに、最新の地質情報に基づく改訂を行う。衛星リモートセンシング ASTER センサを運用し、衛星情報の配信提供サービスを強化する。
 - ・日本周辺の海洋利用促進のため、石垣島周辺海域の海洋地質調査の実施、および海洋地質の知的基盤情報の整備を行う。また、日本周辺海域の海底鉱物資源調査による鉱物資源の成因及び資源賦存ポテンシャルの情報整備、そのための技術開発を行う。
 - ・安心安全な社会活動を支えるため、伊勢湾・三河湾沿岸域の陸域及び海域の地質・活断層調査を実施する。また、房総半島沿岸域の海陸シームレス地質情報集の公開を行う。千葉県北部において実施してきた調査結果をもとに地質地盤図をとりまとめ公表する。また東京23区域の地質地盤図調査を実施する。
 - ・昨年目標（15人）と同数以上のリサーチアシスタントを採用し、「地質の調査」ができる人材に育成する。イノベーションスクールでは、関連業界とも連携しつつ、社会で即戦力となる地質技術者を1名以上育成する。
- 6 - (2) レジリエントな社会基盤の構築に資する地質の評価
- ・地質災害に強い社会を構築するために、陸域4断層帯・海域1断層帯の5地域以上の活断層調査、南海トラフや千島・日本海溝沿いなど日本列島沿岸の5地域以上で地震・津波履歴調査を行い、政府関係機関へ情報を提供する。関東地域のテクトニックマップについて、結果のテクトニックな意味の解釈を進めるとともに、他地域のテクトニックマップ試作に着手する。関東地域の基盤構造の解明を進めるとともに、地震に伴う3次元的地盤変形予測および地震動予測の信頼度向上を目指す。また、南海トラフの深部すべり等のモニタリングおよび深部すべり履歴データ整備の継続と高度化を行う。
 - ・地質災害リスクの軽減のために、防災上重要な3火山以上で火山地質図作成の調査を進め、噴火履歴解明に関わる年代測定を行う。大規模噴火に関わる噴火履歴情報整備のため、阿蘇・始良等の大規模噴火火山の活動履歴の解明、構造調査を進めるとともに、大規模噴火推移のデータベース構築を進める。噴火推移評価手法開発のため、噴火・脱ガス過程、マグマ供給系の発達過程、マグマ活動を規制する地殻活動の解明を行う。
 - ・国（規制庁）の放射性廃棄物処分事業への対応方針の変更を受け、検討課題について再検討を行い、具体的な取りまとめに向けた作業を開始する。具体的には、光ルミネッセンス年代を用いた変動地形学的手法による隆起・侵食活動の定量化手法の改良を引き続き実施し、力学解析による断層活動性評価手法の確立に向け、活動性と断層パラメータとの関連性についても検討を進める。また、深部流体活動の原因、分布、上昇メカニズムの解明、および沿岸域の長期地下水変動予測のための水文地質学的モデルの精緻化と解析を行う。

6 - (3) 地圏の資源と環境に関する評価と技術の開発

- ・南ア希土類資源について、選鉱試験を通じて開発可能性を評価する。米国等の新規レアメタル資源に関する基礎情報を収集する。鉱物資源探査を支援する岩石・鉱物に関する物性情報やデータベースを整備する。国内窯業原料の枯渇対策に向けて低品位鉱の有効利用に関する技術開発を行う。粘土鉱物等の機能性鉱物材料の吸着性能評価および工業的利用に関する実用的な技術開発を継続し、民間企業への知財実施許諾に向けた検討を実施する。表層型メタンハイドレートの開発対象海域の抽出に向けた海洋調査の実施、および非在来型を含む燃料資源鉱床の成因解析、資源量評価手法の開発を行う。山形県内の油田や東部南海トラフにおけるメタン生成微生物の特徴を明らかにする。超臨界地熱資源等の未開発地熱資源量評価法の検討、東北における1地域以上での地中熱ポテンシャルマップ作成等を行う。
- ・モニタリング技術の開発では、引き続き、苫小牧 CCS 実証試験サイトにおいて圧入時の高精度重力モニタリングを実施するとともに、実用化に向けた並行観測法の検討と、信号抽出に有効と期待される鉛直配置並行観測の FS としての室内実験を実施する。また、CO₂長期挙動予測のための地化学的評価技術、および地層安定性評価のためのジオメカニクモデリング技術の開発を行う。幌延沿岸域に加えて駿河湾地域等におけるボーリング調査や海底湧出地下水調査の結果を総合的に取りまとめ、陸域から海域へ連続する地下水流動解析や長期安定領域判定等を通じた沿岸域地下水環境の評価を継続する。
- ・土壌汚染に係る計測・対策およびリスク評価技術の高度化と国際展開を促進し、新規法規制汚染物質であるクロロエチレン等の分解と評価技術の開発等を行う。近畿または関東地方の表層土壌評価基本図の整備に向けた調査を実施する。また、鉱山開発に伴う土壌汚染評価への物理探査技術の適用研究を進める。水循環基本計画を視野に入れ、大阪平野、新潟平野等の水文環境図の編集を進める。さらに、地下水データベースの整備、工業用地下水資源の開発と安定供給に資する調査・情報発信を継続する。

6 - (4) 地質情報の管理と社会利用促進

- ・地質の調査業務において取得・整備された地質情報や地質標本について、組織成果物としての体系化の下で標準化を含めた品質管理を行うとともに、成果の1次データのアーカイブ管理を研究記録管理の一環として進める。
- ・体系化した研究成果を組織出版物として発行するとともに、電子化・標準化を計画的に推進する。公式ウェブサイトへのコンテンツの追加・更新を進め、オープンデータとしての配信を促進する。地質標本館の展

示改修を行い、幅広いユーザー層に向けた展示の最適化を進める。

- ・地質情報の利活用に関するユーザーニーズおよび社会の動向の把握を行うとともに、公式ウェブサイトや地質標本館、アウトリーチ業務ならびに関係各機関との連携を通じ、社会における地質情報の二次利用促進を進める。

7. 計量標準総合センター

7 - (1) 計量標準の整備と利活用促進

- ・物理標準については、気体高圧力、電界強度、低温温度計、放射性表面汚染等の物理標準の開発・範囲拡張・高度化等の整備を知的基盤整備計画に沿って行う。
- ・標準物質については、既存標準物質の安定性評価を行い供給を継続するとともに、知的基盤整備計画に沿って材料評価のための標準物質を開発し、併せて水道法等の規制に対応した標準物質の開発並びに特定標準物質の濃度校正方法の開発を行う。
- ・定量 NMR については、有機化合物の純度評価手法としての発展を目指した国際度量衡局 (BIPM) との共同研究を継続し、トレーサビリティ体系構築のための標準物質の開発・更新を行う。併せて、本法の国際同等性確立に向けた国際度量衡委員会物質質量諮問委員会 (CCQM) における国際比較を幹事として実施する。
- ・X 線結晶密度法によって測定してきたアボガドロ定数についてのデータを総合的に評価し、キログラムの新しい定義に用いるためのプランク定数の決定に貢献する。光格子時計については、レーザー光源の堅牢性を強化するなどした、長期連続運転に適したイッテルビウム光格子時計を開発する。

7 - (2) 法定計量業務の実施と人材の育成

- ・特定計量器の基準器検査、型式承認試験等については、効率的な実施に取り組む。また、自動はかりを新規に特定計量器に加えるための検討を進め、必要となる技術基準及び型式承認、検定・検査体制の整備を行う。現行の国内技術基準である JIS を ISO/IEC を基本とする国際基準に整合するよう、改正作業を行う。
- ・計量教習、計量講習、計量研修を計20回以上実施し、法定計量技術に関わる人材育成を行う。

7 - (3) 計量標準の普及活動

- ・計量標準の利用を促進するため、情報提供及び講習・技能研修活動の拡充を図る。計量標準に関連する工業標準化、国際標準化へ貢献する。新たに設立した残留農薬分析の技能試験コンソーシアムを活用し、分析機関の技能向上のための玄米中農薬分析の比較試験を実施する。水素ディスプレイの計量値を国家標準にトレーサブルに校正・試験する技術を開発し、OIML R139の改定に貢献する。

- ・国際比較等を通じて計量標準の管理を行い、計量法トレーサビリティ制度に定められた参照標準等の供給を行う。計量標準の国際同等性を向上させるため、特にアジア・太平洋地域に技術協力をを行い、連携を強化する。計量法の運用に係る技術的な審査に関連する支援を行う。

7- (4) 計量標準に関連した計測技術の開発

- ・ユーザーが抱える計測課題を解決するため、開発、高度化した計測・分析・解析手法及び計測機器、分析装置を利用して、技術指導や機器公開による計測支援等を行う。
- ・目的基礎研究の研究課題に取り組む。特に小型実用原子時計、ナノプローブ顕微鏡等の研究に注力する。小型実用原子時計については、ガスセルを製作した上でバッファガスの混合比の最適化により温度係数の低減を図る。ナノプローブ顕微鏡については、有機材料等の材料物性をナノ領域で評価するため、電気物性や光物性など複数の物性情報を同時に測定できる技術を開発する。
- ・「橋渡し」研究前期の研究課題に取り組む。特に光コムを用いた温度計測、短時間非破壊形状計測等の技術に関する研究に注力する。光コムを用いた温度計測技術については、室温における気体分子の温度測定を実証するとともに、測定温度域の拡張を行う。短時間非破壊形状計測については、高速動作体の計測が可能となる1ミリ秒以下のX線発生技術を確立する。
- ・「橋渡し」研究後期の研究課題に取り組む。特に表面形状計測技術、pH自動調整装置等の研究に注力する。表面形状計測技術については、角度測定を利用した形状計測装置の2次元化を推進し、民間企業にプロトタイプ型の装置を導入する。pH自動調整装置については、製品化で連携した民間企業と協力を深め、製品の高度化に貢献する。
- ・スペクトルデータや熱物性データ、国内外の計量標準サービスに関する情報を更新するとともに、ユーザーの利便性向上を目指した高度化を行う。日本国内で入手可能な標準物質のデータベースに関し、データ提供者の要望や利用者のニーズに応じた更新手順の改善や掲載内容の見直しを行い、利便性向上を目指す。

別表2

平成29年度予算

(単位：百万円)

区 別	エネルギー・ 環境領域	生命工学領 域	情報・人間 工学領域	材料・化学 領域	エレクトロ ニクス・製 造領域
収入					
運営費交付金	11,059	6,734	6,411	8,615	6,740
施設整備費補助金	0	0	0	0	0
受託収入	4,656	1,084	1,761	2,472	2,061
うち国からの受託収入	472	115	187	102	51
その他からの受託収入	4,184	969	1,574	2,371	2,009
その他収入	3,248	1,220	880	1,487	1,493
計	18,963	9,038	9,051	12,574	10,294
支出					
業務経費	14,307	7,954	7,291	10,102	8,233
うちエネルギー・環境領域	14,307	0	0	0	0
生命工学領域	0	7,954	0	0	0
情報・人間工学領域	0	0	7,291	0	0
材料・化学領域	0	0	0	10,102	0
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	8,233
地質調査総合センター	0	0	0	0	0
計量標準総合センター	0	0	0	0	0
その他本部機能	0	0	0	0	0
施設整備費	0	0	0	0	0
受託経費	4,656	1,084	1,761	2,472	2,061
うち国からの受託	472	115	187	102	51
その他受託	4,184	969	1,574	2,371	2,009
間接経費	0	0	0	0	0
計	18,963	9,038	9,051	12,574	10,294

資 料

(単位：百万円)

区 別	地質調査総合センター	計量標準総合センター	その他本部機能	法人共通	合計
収入					
運営費交付金	5,354	6,719	5,502	6,387	63,521
施設整備費補助金	0	0	0	0	0
受託収入	7,601	680	184	533	21,030
うち国からの受託収入	6,914	114	184	533	21,030
その他からの受託収入	687	566	160	433	12,952
その他収入	2,240	984	2,107	689	14,348
計	15,195	8,383	7,793	7,608	98,899
支出					
業務経費	7,594	7,703	7,609	0	70,793
うちエネルギー・環境領域	0	0	0	0	14,307
生命工学領域	0	0	0	0	7,954
情報・人間工学領域	0	0	0	0	7,291
材料・化学領域	0	0	0	0	10,102
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	8,233
地質調査総合センター	7,594	0	0	0	7,594
計量標準総合センター	0	7,703	0	0	7,703
その他本部機能	0	0	7,609	0	7,609
施設整備費	0	0	0	0	0
受託経費	7,601	680	184	0	20,497
うち国からの受託	6,914	114	24	0	7,979
その他受託	687	566	160	0	12,519
間接経費	0	0	0	11,143	11,143
計	15,195	8,383	7,793	7,608	98,899

別表 3

平成29年度収支計画

(単位：百万円)

区 別	エネルギー・ 環境領域	生命工学領 域	情報・人間工 学領域	材料・化学領 域	エレクトロ ニクス・製 造領域
費用の部	20,455	8,413	8,510	12,957	10,469
經常費用	20,455	8,413	8,510	12,957	10,469
エネルギー・環境領域	12,693	0	0	0	0
生命工学領域	0	7,057	0	0	0
情報・人間工学領域	0	0	6,468	0	0
材料・化学領域	0	0	0	8,962	0
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	7,304
地質調査総合センター	0	0	0	0	0
計量標準総合センター	0	0	0	0	0
その他本部機能	0	0	0	0	0
受託業務費	4,131	962	1,562	2,193	1,828
間接経費	0	0	0	0	0
減価償却費	3,631	394	480	1,802	1,337
財務費用	0	0	0	0	0
支払利息	0	0	0	0	0
臨時損失	0	0	0	0	0
固定資産除却損	0	0	0	0	0
収益の部	20,291	8,558	8,669	12,880	10,481
運営費交付金収益	9,811	5,975	5,688	7,643	5,980
国からの受託収入	472	115	187	102	51
その他の受託収入	4,184	969	1,574	2,371	2,009
その他の収入	3,312	1,227	888	1,519	1,516
資産見返負債戻入	2,511	272	332	1,246	925
財務収益	0	0	0	0	0
受取利息	0	0	0	0	0
臨時利益	0	0	0	0	0
固定資産売却益	0	0	0	0	0
純利益（△純損失）	△ 165	145	158	△ 77	12
前中期目標期間繰越積立金取崩額	0	0	0	0	0
総利益（△総損失）	△ 165	145	158	△ 77	12

資 料

(単位：百万円)

区 別	地質調査総合センター	計量標準総合センター	その他本部機能	法人共通	合計
費用の部	13,749	7,949	7,661	6,771	96,934
經常費用	13,749	7,949	7,661	6,771	96,934
エネルギー・環境領域	0	0	0	0	12,693
生命工学領域	0	0	0	0	7,057
情報・人間工学領域	0	0	0	0	6,468
材料・化学領域	0	0	0	0	8,962
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	7,304
地質調査総合センター	6,738	0	0	0	6,738
計量標準総合センター	0	6,834	0	0	6,834
その他本部機能	0	0	6,751	0	6,751
受託業務費	6,743	603	163	0	18,185
間接経費	0	0	0	6,750	6,750
減価償却費	268	512	747	21	9,191
財務費用	0	0	0	0	0
支払利息	0	0	0	0	0
臨時損失	0	0	0	0	0
固定資産除却損	0	0	0	0	0
収益の部	14,781	7,988	7,702	6,903	98,252
運営費交付金収益	4,750	5,961	4,881	5,666	56,355
国からの受託収入	6,914	114	24	99	8,078
その他の受託収入	687	566	160	433	12,952
その他の収入	2,245	993	2,120	689	14,509
資産見返負債戻入	185	354	517	14	6,357
財務収益	0	0	0	0	0
受取利息	0	0	0	0	0
臨時利益	0	0	0	0	0
固定資産売却益	0	0	0	0	0
純利益（△純損失）	1,032	39	41	132	1,318
前中期目標期間繰越積立金取崩額	0	0	0	0	0
総利益（△総損失）	1,032	39	41	132	1,318

別表 4

平成 29 年度資金計画

(単位：百万円)

区 別	エネルギー・ 環境領域	生命工学 領域	情報・人間 工学領域	材料・化学 領域	エレクトロニ クス・製造領 域
資金支出	18,963	9,038	9,051	12,574	10,294
業務活動による支出	16,824	8,019	8,030	11,156	9,133
エネルギー・環境領域	12,693	0	0	0	0
生命工学領域	0	7,057	0	0	0
情報・人間工学領域	0	0	6,468	0	0
材料・化学領域	0	0	0	8,962	0
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	7,304
地質調査総合センター	0	0	0	0	0
計量標準総合センター	0	0	0	0	0
その他本部機能	0	0	0	0	0
受託業務費	4,131	962	1,562	2,193	1,828
その他の支出	0	0	0	0	0
投資活動による支出	2,139	1,020	1,021	1,418	1,161
有形固定資産の取得による支出	2,139	1,020	1,021	1,418	1,161
施設費の精算による返還金の支出	0	0	0	0	0
財務活動による支出	0	0	0	0	0
短期借入金の返済による支出	0	0	0	0	0
次期中期目標期間繰越金	0	0	0	0	0
資金収入	18,963	9,038	9,051	12,574	10,294
業務活動による収入	18,963	9,038	9,051	12,574	10,294
運営費交付金による収入	11,059	6,734	6,411	8,615	6,740
国からの受託収入	472	115	187	102	51
その他の受託収入	4,184	969	1,574	2,371	2,009
その他の収入	3,248	1,220	880	1,487	1,493
投資活動による収入	0	0	0	0	0
有形固定資産の売却による収入	0	0	0	0	0
施設費による収入	0	0	0	0	0
その他の収入	0	0	0	0	0
財務活動による収入	0	0	0	0	0
短期借り入れによる収入	0	0	0	0	0
前年度よりの繰越金	0	0	0	0	0

資 料

(単位：百万円)

区 別	地質調査総合センター	計量標準総合センター	その他本部機能	法人共通	合計
資金支出	15,195	8,383	7,793	7,608	98,899
業務活動による支出	13,481	7,437	6,914	6,750	87,743
エネルギー・環境領域	0	0	0	0	12,693
生命工学領域	0	0	0	0	7,057
情報・人間工学領域	0	0	0	0	6,468
材料・化学領域	0	0	0	0	8,962
エレクトロニクス・製造領域	0	0	0	0	7,304
地質調査総合センター	6,738	0	0	0	6,738
計量標準総合センター	0	6,834	0	0	6,834
その他本部機能	0	0	6,751	0	6,751
受託業務費	6,743	603	163	0	18,185
その他の支出	0	0	0	6,750	6,750
投資活動による支出	1,714	946	879	858	11,157
有形固定資産の取得による支出	1,714	946	879	858	11,157
施設費の精算による返還金の支出	0	0	0	0	0
財務活動による支出	0	0	0	0	0
短期借入金の返済による支出	0	0	0	0	0
次期中期目標期間繰越金	0	0	0	0	0
資金収入	15,195	8,383	7,793	7,608	98,899
業務活動による収入	15,195	8,383	7,793	7,608	98,899
運営費交付金による収入	5,354	6,719	5,502	6,387	63,521
国からの受託収入	6,914	114	24	99	8,078
その他の受託収入	687	566	160	433	12,952
その他の収入	2,240	984	2,107	689	14,348
投資活動による収入	0	0	0	0	0
有形固定資産の売却による収入	0	0	0	0	0
施設費による収入	0	0	0	0	0
その他の収入	0	0	0	0	0
財務活動による収入	0	0	0	0	0
短期借り入れによる収入	0	0	0	0	0
前年度よりの繰越金	0	0	0	0	0

5. 職員

平成29年度形態別・機能別職員数

所属名称	役員	職員	研究職							事務職等	総計
			(内)パーマナメント	(内)招へい型任期付	(内)プロジェクト型任期付	(内)研究テーマ型任期付	(内)博士型任期付	(内)産業技術人材育成型任期付			
理事	11										11
監事	2										2
フェロー		1	1			1					1
エネルギー・環境領域研究戦略部		21	19	17		2				2	21
創エネルギー研究部門		53	53	44		1	3	5			53
電池技術研究部門		45	45	39				6			45
省エネルギー研究部門		43	43	37		2		4			43
環境管理研究部門		56	56	47		1		8			56
安全科学研究部門		38	38	35				3			38
太陽光発電研究センター		44	44	38		3	1	2			44
再生可能エネルギー研究センター		38	38	16		2	1	19			38
先進パワーエレクトロニクス研究センター		35	35	29		2	1	3			35
生命工学領域研究戦略部		16	15	15						1	16
創薬基盤研究部門		32	32	27				5			32
バイオメディカル研究部門		106	106	88		2		16			106
健康工学研究部門		47	47	39		1		7			47
生物プロセス研究部門		56	56	47				9			56
創薬分子プロファイリング研究センター		17	17	11		2		4			17
情報・人間工学領域		1	1			1					1
情報・人間工学領域研究戦略部		16	15	14		1				1	16
人工知能研究戦略部		4	3	3						1	4
情報技術研究部門		47	47	35		2		10			47
人間情報研究部門		73	73	64				9			73
知能システム研究部門		48	48	40		2		6			48
自動車ヒューマンファクター研究センター		19	18	11		2		5		1	19
ロボットイノベーション研究センター		25	25	23				2			25
人工知能研究センター		67	66	40		21		5		1	67
材料・化学領域研究戦略部		15	15	15							15
機能化学研究部門		58	58	46		2		10			58
化学プロセス研究部門		45	45	38				7			45
ナノ材料研究部門		47	47	42				5			47
無機機能材料研究部門		54	54	47		1		6			54
構造材料研究部門		52	52	43		1		8			52
触媒化学融合研究センター		36	36	26		3		7			36
ナノチューブ実用化研究センター		13	13	11		1		1			13
機能材料コンピュータシミュレーションデザイン研究センター		30	30	26		1		3			30
磁性粉末冶金研究センター		21	21	16		1		4			21
エレクトロニクス・製造領域研究戦略部		14	13	12				1		1	14
ナノエレクトロニクス研究部門		65	65	53		3		9			65
電子光技術研究部門		81	81	69		2		10			81
製造技術研究部門		68	68	57		1		10			68
スピントロニクス研究センター		20	20	15				5			20
フレキシブルエレクトロニクス研究センター		23	23	17		1		5			23
先進コーティング技術研究センター		16	16	16							16
集積マイクロシステム研究センター		24	24	14		1		9			24
地質調査総合センター		2	2	1		1					2
地質調査総合センター研究戦略部		10	9	9						1	10
活断層・火山研究部門		67	67	52		2		13			67
地圏資源環境研究部門		54	54	43				11			54
地質情報研究部門		75	75	65				10			75

資料

所属名称	役員	職員								事務職等	総計
			研究職	(内)パーマ ネット	(内)招へい 型任期付	(内)プロジ エクト 型任期付	(内)研究テ ーマ型 任期付	(内)博士型 任期付	(内)産業技 術人材 育成型 任期付		
地質情報基盤センター		26	8	8						18	26
計量標準総合センター		1	1	1							1
計量標準総合センター研究戦略部		8	7	7						1	8
工学計測標準研究部門		74	74	70				4			74
物理計測標準研究部門		68	68	59				9			68
物質計測標準研究部門		76	76	71				5			76
分析計測標準研究部門		61	61	55		1		5			61
計量標準普及センター		25	18	18						7	25
コンプライアンス推進本部		7	3	3						4	7
監査室		6								6	6
評価部		10	8	8						2	10
企画本部		78	35	33		1		1		43	78
イノベーション推進本部		19	17	17						2	19
イノベーション推進企画室		10	6	6						4	10
技術マーケティング室		5								5	5
ベンチャー開発・技術移転センター		13	2	2						11	13
知的財産・標準化推進部		24	4	4						20	24
産学官・国際連携推進部		51	8	8						43	51
地域連携推進部		16	8	8						8	16
環境安全本部											
環境安全企画部		18								18	18
安全管理部		28	12	12						16	28
建設部		14								14	14
情報基盤部		17	1	1						16	17
総務本部											
人事部		62	4	4						58	62
経理部		41								41	41
業務推進支援部		16	1	1						15	16
ダイバーシティ推進部		6	3	2				1		3	6
業務改革推進室		5								5	5
イノベーションスクール		2	2	2							2
つくばセンター		2	1	1						1	2
つくばセンターつくば中央第一事業所		21								21	21
つくばセンターつくば中央第二事業所		33								33	33
つくばセンターつくば中央第三事業所		16	1	1						15	16
つくばセンターつくば中央第五事業所		28								28	28
つくばセンターつくば中央第六事業所		13								13	13
つくばセンターつくば中央第七事業所		15								15	15
つくばセンターつくば西事業所		21								21	21
つくばセンターつくば東事業所		12								12	12
福島再生可能エネルギー研究所		20	3	2		1				17	20
臨海副都心センター		28	4	3		1				24	28
北海道センター		18	5	4		1				13	18
東北センター		16	5	4		1				11	16
中部センター		30	7	6		1				23	30
関西センター		38	11	11						27	38
中国センター		10	2	2						8	10
四国センター		12	2	1		1				10	12
九州センター		15	5	5						10	15
TIA 推進センター		38	16	11	1	4				22	38
職員合計	13	3,011	2,318	1,943	1	81	6	287	0	693	3,024

