Ⅱ．業　　務

Ⅱ．業　　務

１．研　　究

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

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

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

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

１．鉱工業の科学技術

Ⅰ．グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進

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

Ⅱ．ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進

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

Ⅲ．他国の追従を許さない先端的技術開発の推進

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

Ⅳ．イノベーションの実現を支える計測技術の開発、評価基盤の整備

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

２．地質の調査（地質情報の整備による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）

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

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

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

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

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

1）研究推進組織

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

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

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

＜凡　例＞

研究ユニット名（English Name）

研究ユニット長：○○ ○○　　（存続期間：発足日～終了日）
副研究ユニット長：○○ ○○
総括研究員：○○ ○○、○○ ○○
所在地：つくば中央第×、△△センター（主な所在地）
人　員：常勤職員数（研究職員数）
経　費：執行総額 千円（運営交付金 千円）
概　要：研究目的、研究手段、方法論等

外部資金：
テーマ名（制度名／提供元）
テーマ名（制度名／提供元）

発　表：誌上発表○件（総件数）、口頭発表○件（総件数）
　　その他○件（刊行物等）

○○研究グループ（○○English Name Research Group）
研究グループ長：氏　名（所在地）
概　要：研究目的、研究手段、方法論等
研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目２、テーマ題目３

××研究グループ（××English Name Research Group）
研究グループ長：氏　名（所在地）
概要：研究目的、研究手段、方法論等
研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目７、テーマ題目８

□□連携研究体（□□Collaborative Research Team）
連携研究体長：○○　○○（つくば中央第△、研究職数名）
概要：研究目的、研究手段、方法論
研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目７、テーマ題目８

［テーマ題目１］（運営費交付金、資金制度（外部）もしくは○○研究ユニットと共同研究などで行っている「重要研究テーマ」）
［研究代表者］氏　名（○○研究部門△△研究グループ）
［研究担当者］○○、△△、××、（常勤職員○名、他○名）
［研 究 内 容］研究目的、研究手段、方法論、年度進捗
［分　野　名］○○○○○○○○
［キーワード］△△△△、○○○○、☆☆☆☆

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

１）環境・エネルギー分野
（Environment and Energy）

---

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

研 究 統 括：矢部　彰
副研究統括：中岩　勝

概　要：
　研究統括は、理事長の命を受けて、各研究分野における研究の推進に係る業務の統括管理を行っている。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。
　副研究統括は、研究統括の命を受けて、各研究分野の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く。）を統括している。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。

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

所在地：つくば中央第2
人　員：9名（8名）

概　要：
　環境・エネルギー分野研究企画室は、環境・エネルギー分野（以下、環エネ分野とする。）における研究の推進に向けた業務を行っている。
具体的な業務は以下のとおり。
(1) 環エネ分野における研究の推進に向けた研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営等の策定
(2) 環エネ分野における大型プロジェクトの立案や調整
(3) 複数の研究分野間の連携や分野融合プロジェクトの立案や調整
(4) 環エネ分野に関連した経済産業省等の関係団体等との調整
(5) 研究統括及び副研究統括が行う業務の支援
なお、平成24年度の主な業務内容は以下のとおり。
○わが国の化学産業の競争力を支える機能性化学品製造技術のさらなる発展のため、クリーンで省資源・省エネルギーな触媒プロセスを開発し、触媒化学技術の体系化を目指す「触媒化学融合研究センター」設立を主導する等の業務を行った。

機構図（2013/3/31現在）
［環境・エネルギー分野研究企画室］
研究企画室長　古谷　博秀　他

②【水素材料先端科学研究センター】
（Research Center for Hydrogen Industrial Use and Storage）
（存続期間：2006.7.1～2013.3.31）

研究センター長：村上　敬宜
副研究センター長：栗山　信宏、光山　準一

所在地：福岡西支所、つくば西事業所
人　員：4名（3名）
経　費：386,603千円（99,028千円）

概　要：
　水素エネルギーは、わが国のエネルギー安定供給に大きく寄与し、地球温暖化や都市域の環境問題を解決する切り札として期待されています。しかし、水素エネルギーを利用するためには、高圧状態や液化状態における水素の物性解明や、水素により材料の強度が低下する水素脆化現象のメカニズム解明など、解決しなければならない課題が少なくありません。本研究センターは、水素エネルギー利用社会の実現を技術的に支援するため、水素と材料に関わる種々の現象を科学的に解明して各種データを産業界に提供するとともに、経済性を考慮しつつ安全に水素を利用するための技術指針を確立することをミッションとしています。これにより、わが国の新エネルギー技術開発プログラムのキーテクノロジーである燃料電池とそれに関連する安全な水素インフラの開発・普及を図り、産総研第3期中期計画として掲げた、水素材料強度や水素基礎物性データベースの構築と関連業界への普及、水素関連機器の開発促進・安全性向上のための水素と高分子材料の関係の解明、水素とトライボロジーの解明といった目標を達成するため、水素脆化の科学的原理の解明とその材料強度設計への応用及び安全なものづくりへの指針提供について研究開発を実施します。

外部資金：
・独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「水素先端科学基礎研究事業」

・経済産業省　平成24年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）「水素容器・蓄圧器の特性評価・技術指針・規格化に関する共同研究」

・文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究（C）「不

均一構造導入による圧電体膜の圧電特性向上に関する研究」

発　表：誌上発表28件、口頭発表79件、その他0件

水素物性研究チーム

（Hydrogen Thermophysical Properties Team）

研究チーム長：高田　保之

（福岡西）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目１

水素材料強度特性研究チーム

（Hydrogen Fatigue and Fracture Team）

研究チーム長：松岡　三郎

（福岡西）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目２

水素トライボロジー研究チーム

（Hydrogen Tribology Team）

研究チーム長：杉村　丈一

（福岡西）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目３

水素脆化評価研究チーム

（Hydrogen Dynamics in Metals Research Team）

研究チーム長：飯島　高志

（つくば西）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目４

水素高分子材料研究チーム

（Hydrogen Polymers Team）

研究チーム長：西村　伸

（福岡西）

概　要：

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

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

フラに用いられるシール材料およびシール構造の技術指針を確立します。

研究テーマ：テーマ題目５

［テーマ題目１］高圧水素物性の基礎研究（運営費交付金、外部資金）

［研究代表者］高田　保之（水素物性研究チーム）

［研究担当者］新里　寛英、赤坂　亮、小川　邦康、深井　潤、伊藤　衡平、河野　正道、久保田　裕巳、迫田　直也、笠尾　大作、（他10名）

［研 究 内 容］

本プロジェクト（期間：平成18年－平成24年）で以下のような成果が得られました。

高温・高圧力（500℃，100MPa）条件下で、水素のPVT 性質、粘性係数および熱伝導率を測定するための装置（バーネット法および定容積式 PVT 性質測定装置、磁気式密度計、細管法粘度測定装置および非定常短細線法熱伝導率測定装置）を開発し、773K（500℃）、100MPa までの条件下の、従来、データの蓄積が不十分な範囲を充実し、CD/DVD-ROM および USB メモリを利用した All in 1-型データベースシステムを構築した。さらに MS Excel や Mathcad などのソフトウェアで容易に使用可能なアドインを開発し、現場で使いやすい形態にまとめ、関連する産業分野に提供できるようにした。

PVT 性質データを基に作成したビリアル型の状態方程式は音速の実測データとの比較により、誘導状態量に対しても有効であることを確認した。非定常短細線法による熱伝導率の測定法を確立し、高温・高圧条件下の水素の測定に世界で初めて適用、成功した。

本水素熱物性データベースは、燃料電池自動車への水素充填プロセスの最適設計のための充填シミュレーションの高精度化、水素の流量計量標準における臨界ノズル内の高圧水素流動の解析、亀裂発生時の水素漏洩量の推定など、産業界と連携しての開発に有用であり、ニーズに応じた充実を継続する必要がある。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

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

［研究代表者］松岡　三郎（水素材料強度特性研究チーム）

［研究担当者］村上　敬宜、野口　博司、濱田　繁、井藤賀　久岳、堤　紀子、近藤　良之、高木　節雄、土山　聡宏、福島　良博、久保田　祐信、水口　健吾、安永　幸司、谷口　隆夫、松永　久生、畠山　和久、高津　須嘉生、阿部　孝行、吉田　聡子、志水　章一、川崎　勇、野中　寛治、栗根　徹、吉川　倫夫、尾田　安司、末岡　淳男、松尾　尚、西口　廣志、柿本　浩一、重松　実、副島　孝、蒲生　純一、Arnaud MACADRE（常勤職員1名、他32名）

［研 究 内 容］

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

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

今年度は以下の成果が得られました。

・水素構造材料データを集積し、KHK、JPEC、HYSUT、民間企業に366件を提供した。集積された水素構造材料データの種類は、低速引張特性（SSRT特性）、疲労寿命特性、疲労き裂進展特性、水素拡散特性に関するデータである。提供されたデータは、規制見直し、使用材料拡大、水素ステーションの建設・自立拡大、燃料電池自動車の高性能化・低コスト化などで使用されました。

・セントレア35MPa 水素ステーション蓄圧器、千住70MPa 水素ステーション蓄圧器を調査・解析し、熱処理工程の改善が必要であることを提言しました。また、70MPa 水素ステーションのプレクラーを調査・解析し、特に水素ガス中では溶接施工の改善が必要であることを提言しました。

・最適水素材料探索においては、新たに開発したアルミ系表面皮膜がほとんど水素を透過しない水素保護膜として有効なことを明らかにしました。また、炭素鋼（C 量：0.05mass %）において、フェライト結晶粒微細化と炭化物形成元素添加を行うと、高強度と耐水素脆性が両立できることを見出しました。さらに、高強度鋼 SUJ2（破壊強度：1928MPa）の疲労き裂進展に及ぼす水素の影響を調べ、水素による疲労き裂進展加速は変形双晶で引き起こされることを明らかにし、変形双晶による粒界き裂形成モデルを提案しました。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素脆化、金属疲労、疲労き裂、低速引張（SSRT)、健全性評価

［テーマ題目３］高圧水素トライボロジーの研究（運営費交付金、外部資金）

［研究代表者］杉村　丈一
（水素トライボロジー研究チーム）

［研究担当者］宮越　栄一、和泉　直志、澤江　義則、森田　健敬、田中　宏昌、中嶋　和弘、坂井　伸朗、福田　応夫、八木　和行、山口　哲生、黒野　好恵、岡田　和三、佐々木　信也（他14名）

［研 究 内 容］

目的・研究内容

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

今年度は最終年度として、産業界への貢献とトライボ界面での諸過程の整理に重点を置き、以下の成果を得ました。1）産業界と連携して軸受・バルブ・シール等の摺動材料の候補材の摩擦試験等を実施しました。2）得られたデータをデータベースとして蓄積するとともに要点を概要レポートの形でまとめて関連企業に提供し、高圧水素圧縮機のリング材の選定、ボールバルブの摺動部候補材の評価、運動面シール候補材の評価を行い機器の開発に貢献しました。3）樹脂材料と相手面金属材料の組合せの影響、金属摩擦面における反応と水素侵入の関係、高圧水素曝露によるステンレス鋼表面の変化と摩擦への影響などを明らかにしました。4）軸受鋼の転がり疲れ寿命に及ぼす潤滑油、グリース、作動温度の影響を明らかにし、また従来知られていなかった鋼の組織変化を見いだしました。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］トライボロジー、摩擦試験、高圧水素、（ガス純度）

［テーマ題目４］水素脆化現象の計測と評価に関する研究（運営費交付金、外部資金）

［研究代表者］飯島　高志（水素脆化評価研究チーム）

［研究担当者］安　白、阿部　孝行、中道　修平
（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

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

H24年度は、高圧水素ガス中における鉄鋼材料の疲労き裂進展現象を調べるために、ボルトロードによる K_{IC} 試験および除荷コンプライアンス法による J_{IC} 試験を実施し、データを収集しました。疲労き裂の生成初期過程については、走査型プローブ顕微鏡（SPM）を用いた観察を試み、2507二相ステンレス鋼の室温水素脆化破面の微細構造の高分解能直接観察に成功し、二相ステンレス鋼中のフェライト相における水素誘起局所塑性変形の可能性を見出しました。また、高圧水素ガス中での材料試験機群の整理統合を進め、より安全で効率的な装置運用が可能となったため、企業や大学などの外部研究機関との共同研究や技術研修生の受け入れを積極的に推進する予定です。その他、米国サンディア国立研究所と水素容器・畜圧器の国際規格・標準化を最終目的とした材料評価手法を共同で明らかにすることを目的とした、水素容器・畜圧器の特性評価・技術指針・規格化に関する共同研究、東京理科大学と新しい圧力センサ材料を開発するための基礎研究として、不均一構造導入による圧電体膜の圧電特性向上に関する研究を行っています。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素脆化、き裂進展試験、高圧水素ガス

［テーマ題目５］「高圧／液化状態における長期使用及び加工（成形・溶接・表面修飾)、温度などの影響による材料強度特性研究（高分子材料)」（運営費交付金、外部資金）

［研究代表者］西村　伸（水素高分子研究チーム）

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

［研 究 内 容］

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

今年度は以下の成果が得られました。

・ガスシール材として一般的に用いられるゴム材料をベースポリマーとして用いた水素ガスシール材モデル配合を設計し、ゴム試験片を作製しました。これらについて水素溶解量など、各種水素特性を取得し、ゴム材料の配合を明示して集積しました。ゴム材料の素材製造、ゴム材料製造、ゴム部材ユーザーなど様々な立場からの意見を調査して研究開発動向調査および研究ニ

ーズの把握によって、水素シール用ゴム材料に関して温度範囲、圧力範囲およびその変動の時間スケールを設定し、これらに必要となる基礎データを収集しました。これらの基礎データにより、緊急離脱カップリング、高圧水素ボールバルブや水素用ホースについて材料の共同開発につながりました。

・ブリスタ破壊現象をより実機に近い形状の気泡によりモデル化し、発生した気泡からき裂が発生する際の気泡内圧を、ブリスタ発生限界内圧として高精度で定量化し、材料設計に反映しました。配合を明示したモデル材料の試験片について、硬度、密度などの基本データを取得するとともに高圧水素曝露実験を実施し、各試験片のブリスタ発生状況を把握しました。これらの結果から、水素曝露によるブリスタ発生状況や物性値と試験片のゴム配合の相関を検討が可能となりました。

・長期の圧力サイクル試験を行うための試験法を開発し、これまでの O リング高圧水素耐久試験機では困難であった連続5,500回の圧力サイクルによる O リングのシール性を評価しました。その結果、シリコーンゴム製 O リングを用いた加減圧5,500サイクルでガス透過起因の微小リークは見られたものの、急激かつ深刻なリークは発生しませんでした。また、O リング外周部にはみ出し破壊は見られましたが、ブリスタの発生は確認できず、加減圧5,500サイクル後でも O リングの機械特性が十分に維持されていることが明らかになりました。

・水素に対して耐性に優れたガスバリア層のベース樹脂を選定し、また、高圧水素用ホースする場合に適切な柔軟性を持つガスバリア層としてポリマーアロイ材を設計しました。これらに基づいて、高圧水素多層ガスホース等の試作、耐久性評価及び水素高加圧下耐久性材料の設計指針を行い、開発した材料の実機への適用評価を実施して今後の高圧水素用ホースの開発に必要となる水素耐久性材料の構造設計要件を確認しました。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

③【新燃料自動車技術研究センター】

（Research Center for New Fuels and Vehicle Technology）

（存続期間：2007.4.1～2014.3.31）

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

所在地：つくば東、つくば中央第5、つくば西
人　員：13名（13名）

経　費：761,235円（588,384千円）

概　要：

1．ミッション

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

1）新燃料及び自動車に関する先端的技術として、新燃料製造技術、新燃料燃焼技術、新燃料燃費･排出ガス対策技術、新燃料計測評価技術の革新的技術を開発する。

2）新燃料及び排出ガス評価・計測方法の規格化・標準化を支援する。

3）我が国とアジアなどの諸外国の研究人材・技術者の育成を目指し、国際共同研究等を実施し、人材の受け入れや派遣による人材育成ネットワークの構築を行う。

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

2．運営・体制

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

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

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

3．主要研究項目

1）新燃料製造技術

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

2）自動車エンジンシステム技術

① 新燃料燃焼技術

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

② 新燃料燃費・排出ガス対策技術

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

③ 新燃料計測評価技術

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

3）新燃料規格化・標準化推進

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

4．本年度の研究重点化方針

本年度は、センター設置期間7年の6年目に当たり、センターの最終目標達成に向けて、各開発技術の進化・実用化に取り組むとともに、規格化・標準化と人材ネットワーク構築の更なる推進を行う。具体的には、新燃料製造技術に関し、特に石油系軽油代替バイオ燃料として世界的に実績があるものの品質面で課題を有する第１世代バイオディーゼル燃料の高品質化技術の研究開発、非食糧系バイオマスの触媒利用熱化学変換による第2世代バイオ燃料製造技術の研究開発、低品質燃料から低硫黄・低芳香族燃料や高 H/C（水素／炭素原子比）の高品質燃料製造技術の研究開発に取り組む。自動車エンジンシステム技術に関しては、新燃料の最適化燃焼制御技術の研究開発、新燃料を利用する超低環境負荷・超高効率エンジンシステム技術の研究開発、省エネルギー・省資源型排出ガス高度浄化技術の研究開発（レアメタル低減対策技術など）に重点的に取り組む。さらに、新燃料規格化支援・標準化推進に関しては、バイオ燃料の分析システムの整備を行うとともに、バイオ燃料と DME 燃料の新燃料の国内外の標準化を推進する。加えて、新燃料の製造技術の技術移転等を通して、新燃料の規格化・標準化を後方支援する。また、国内外のプロジェクト研究を通じて、自立的な若手研究者の育成を推進する。

外部資金：

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

・（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構　新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術開発）／バイオ燃料の品質規格及び計量標準に関する研究開発

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

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

・（独）科学技術振興機構　非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術

・一般社団法人触媒学会の平成24年度若手研究者の海外渡航費用助成　還元触媒によるグアイアコールおよび木質系タールの脱酸素反応

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

・（独）科学技術振興機構　科研費　誘電体バリア放電誘起噴流の高速化メカニズム解明に関する研究

・（独）科学技術振興機構　科研費　非平衡プラズマによる高圧可燃予混合気の着火機構に関する研究

・東アジア・アセアン経済研究センター（ERIA）　東

アジアにおけるバイオ燃料の指標および小規模・大規模バイオマス事業の持続性評価に関する研究

・東北大学未来科学技術共同研究センター　クリオゲル法によるセリア材の高性能化と粉体およびハニカム触媒評価

・東アジア・アセアン経済研究センター（ERIA）　バイオ燃料およびバイオマスの利活用

発　表：誌上発表45件、口頭発表67件、その他13件

新燃料燃焼チーム

（Combustion and Engine Research Team）

研究チーム長：小熊　光晴

（つくば東）

概　要：

エネルギーの多様化と環境保全の観点から、(1)新燃料エンジンシステム技術、(2)次世代大型ディーゼルエンジンの高効率化と排気ガス低減技術に関する研究開発を実施し、民生・運輸分野における動力利用システムの石油依存度軽減、高効率化並びにクリーン化技術の実現を目指している。また、得られた成果や各種検証試験データの蓄積により(3)新燃料の標準化を推進する。具体的に、①新燃料利用システムの実用化研究開発では、環境負荷低減に資する新燃料利用システムの実用化・普及促進を目標とした研究開発として、再生可能エネルギーの輸送・貯蔵技術の研究開発、DME ディーゼルエンジンシステムの実用化研究開発、非食糧系バイオマスの輸送燃料化基盤技術などを実施している。②エンジンシステム技術に関する基盤研究では、エンジンシステムセンシング技術の高度化研究、有機ハイドライド利用廃熱回収エンジンシステム、新燃料対応潤滑性評価方法の検討、CNG－軽油デュアルフューエル燃焼、CNG 直噴エンジン燃焼技術開発、アフターパーツ DPF の研究開発などの共同研究を推進し、萌芽的技術の発掘による新たなエンジンシステム開発の可能性を追求している。③超低環境負荷エンジン燃焼技術の研究では、バイオ燃料等燃焼素反応機構の構築、バイオ燃料等新燃料噴霧発達過程の解析、高精度バーチャルエンジンシステムの研究等を実施している。④新燃料標準化研究開発では、DME 燃料の国内外標準化（基準認証イノベーション技術研究組合（略称イノテック）事業として実施）、東アジア地域におけるバイオディーゼル燃料の基準調和、バイオ燃料の品質及び計量標準、バイオ燃料分析室の運用、アジア諸国技術者育成支援など、国内外標準化を推進している。

研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目３

新燃料製造チーム

（Hydrotreating Catalysis Team）

研究チーム長：鳥羽　誠

（つくば中央第5）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目１

省エネルギーシステムチーム

（Energy-saving System Team）

研究チーム長：小渕　存

（つくば西）

概　要：

本チームは、1)ポスト新長期規制後の NOx 規制強化などに対応できる触媒反応と自己熱交換（熱回収）機能を備えた自己熱交換式触媒リアクタ技術の創出、2)資源的に稀少な白金族金属および希土類元素を使用する触媒におけるこれら元素の使用量低減、3)DME 等の新燃料の利用にかかわる触媒反応プロセスの研究開発、に貢献することをミッションとしている。今年度1)については、一連の研究開発に区切りが着いたところで、国内外の講演会や論文としてこれまでの研究成果の周知に努めた。2)については、酸化触媒について、添加物と細孔径制御によるアルミナ担体の高度化について検討した。Si 添加アルミナ担体に関し、メソ孔径がほぼ同等（7.6±0.2nm）の条件で Si の添加量の最適値を調べた結果、4wt%付近であることを明らかにした。また、メソ孔径の影響を検討した結果、メソ孔径増大に伴い、HC および NO 酸化活性がとも

に増大することを明らかにした。さらに、DPF 用の AgPd 触媒について、物性と活性に及ぼす担体不純物（Cl、SiO_2など）の影響を検討した。また、企業との共同研究により、窒化ケイ素系 DPF について、量産化を見据えた Pt 使用量を低減できる担持方法の検討を行った。さらに、ガソリン車用三元触媒のセリウム低減に関する大学、企業との共同研究において、空燃比を周期的に変動させた実用に近い条件での触媒活性評価を行った。3)については、合成ガスからの DME 製造実験において、生成物分析などを行った。

研究テーマ：テーマ題目２

排出ガス浄化チーム

（Emission Control and Catalysis Team）

研究チーム長：佐々木　基

（つくば中央第5）

概　要：

ユニット戦略課題である「自動車エンジンシステムの高度化技術」に直結する、後処理触媒の白金族金属の代替や使用量低減を目指す研究開発および NOx などの有害物質に対する高性能後処理触媒の研究開発に取り組んでいる。前者については、近年の厳しい規制に対応する必要があるディーゼル重量車用排出ガス浄化触媒を対象に、性能を維持しつつ白金族金属使用量を低減した触媒を開発することを目指している。触媒活性種である白金まわりの環境を他の元素との複合や担体表面状態の制御でコントロールすることによって、白金族金属使用量を低減しつつ、高い NO や炭化水素の酸化能力を有する触媒の開発を目指している。また、大学・企業との共同研究に基づき種々の触媒調製技術の融合を図るとともに、実ガス評価に供する触媒の調製をサポートしている。後者は、近年問題となりつつある尿素 SCR 触媒の低温活性・耐久性を向上させるため、活性金属種および担体の最適化により、新規触媒活性種の活用法や炭化水素等被毒物質の共存下でも活性を有する触媒を探索している。

研究テーマ：テーマ題目２

計測評価チーム

（Measurement and Evaluation Team）

研究チーム長：高橋　栄一

（つくば東）

概　要：

計測評価チームでは、新燃料の普及および自動車の高度化に関わる計測評価技術の研究開発を実施している。DPF 内部に蓄積した PM 量を評価する新たな計測方法として、超音波を用いた手法を開発した。これは超音波による非破壊検査技術を応用して、DPF を透過した超音波信号から蓄積量を評価するもので、ディーゼル自動車のアイドリング運転、および低負荷運転時において PM の蓄積量の評価を実施し、その技術の可能性を示した。また、日立オートモティブシステムズ㈱と自動車の情報セキュリティーに関する共同研究を実施し、自動車を制御する ECU への各種センサの成りすまし、ECU 電源電圧低下の影響、自動車用ネットワーク（CAN）停止等の影響が自動車の環境性能（燃料消費率、排出ガス浄化能）へ与える影響の評価実験を実施した。また、新規自動車触媒の開発プロジェクトにおいて、シャシダイナモを用いた実車のモード試験により新規開発触媒の浄化性能評価を行うとともに今後の小型ハニカム触媒の評価実験に供するデータの取得・提供を行った。

さらに、レーザ着火技術について、ガスエンジンにおいて希薄燃焼における各種排気ガスの排出特性、および熱効率を各種着火方法と比較し、レーザ着火法の優位性を示した。

研究テーマ：テーマ題目２

［テーマ題目１］新燃料製造技術の研究開発

［研究代表者］鳥羽　誠（新燃料製造チーム）

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

［研 究 内 容］

既存の石油系輸送用燃料のクリーン化、特に低硫黄化は、自動車排出ガス処理装置に用いられている貴金属触媒や NOx 吸蔵還元触媒の長寿命化に有効であり、触媒酸化再生時の燃料使用による燃費悪化の改善が期待できる。このため、我が国ではサルファーフリー（S<10ppm）軽油やガソリンが供給されているが、製油所でのサルファーフリー化処理をより温和な条件下で達成できる長寿命脱硫触媒に対するニーズは依然として高い。一方、運輸部門からの CO_2低減対策として、バイオマス由来輸送用燃料の導入へのニーズが急速に高まっており、食糧と競合しない未利用非食糧系バイオマス資源からの高品質輸送用燃料の製造を可能にする技術構築が求められている。このため、新燃料製造技術の研究開発では、高品質石油系燃料の製造技術、並びにバイオ系新燃料の製造・高品質化技術のキーテクノロジーである触媒技術に着目し、その基盤技術構築と本格研究を通して、最終的には都市環境と地球環境に優しい輸送用燃料の社会への提供・普及に貢献することを目的とする。

本年度は、産総研と日揮触媒化成（株）社とで共同開発した脱硫触媒のコスト向上に資する使用済み触媒の再生技術を検討し、未使用触媒とほぼ同等の活性が得られる再生法を開発した。

一方、バイオ系新燃料の製造・高品質化技術の中で、油糧作物のトランスメチルエステル化により得られる脂肪酸メチルエステル（FAME）型バイオディーゼル燃料（BDF）の高品質化技術の実証研究を行った。昨年度

までの検討で開発した FAME 型バイオディーゼル中の易酸化成分である多不飽和脂肪酸メチルを、選択的にモノエン酸メチルエステルに水素化できる担持貴金属触媒を用いて、タイに設置したパイロットプラントにおいて、高品質バイオディーゼル燃料の製造実証試験を行った。その結果、東アジアサミット推奨品質の BDF の製造が可能であることを確認し、引き続き高品質 BDF の自動車適合性検証のため実施した実車走行試験に供給するための BDF の製造を行った。さらに、関連技術として、BDF 中の易析出成分除去技術、リン分低減のための原料油脱ガム技術および固体触媒による BDF 製造技術の開発を行った。

油糧作物や木質系バイオマスの急速熱分解技術開発では、触媒のスクリーニングによる生成油（バイオオイル）の酸素分低減および液収率向上の検討を行い、パイロットプラントへの導入のための指針を得た。また、タイに流動層型熱分解パイロットプラントを設置し、試験運転を開始した。バイオオイルからの輸送用炭化水素燃料製造技術開発では、バイオオイルと石油系基材の共処理におけるバイオオイル中の酸素分および窒素分の水素化脱酸素／脱硫及び脱酸素生成物分布に与える影響をモデル化合物で検討した。窒素分のみでは脱酸素活性を低下させるが、硫黄化合物が共存する場合は、脱酸素及び脱窒素活性は安定しており、ジャトロファ残渣のような窒素分を含むバイオオイルは、硫黄分を含む石油系基材と共処理を行うことで安定した脱酸素活性を維持することが可能であることがわかった。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

［テーマ題目２］自動車エンジンシステムの高度化技術の研究開発

［研究代表者］後藤　新一（研究センター長）

［研究担当者］後藤　新一、濵田　秀昭、小熊　光晴、辻村　拓、文　石洙、小渕　存、内澤　潤子、難波　哲哉、佐々木　基、鈴木　邦夫、Asima Sultana、古谷　博秀、篠崎　修、高橋　栄一、瀬川　武彦、日暮　一昭、広津　敏博、貝塚　昌芳、蔦田　公仁、恩田　友和、大友　拓哉、吉田　昭洋、斉藤　孝季、黄　鎮海、松丸　陽子、千葉　晃嗣、佐藤　直子、小澤　正邦、羽田　政明、金田一　嘉昭、大井　明彦、伊賀　達介、山口　誠也、笠木　久美子、岡室　葉子（常勤職員13名、他22名）

［研 究 内 容］

本研究テーマにおいては、エンジン燃焼の超高度制御化、排出ガス浄化および計測評価技術の高度化、排出ガス浄化触媒の希少金属使用量低減化、に資する研究開発を実施している。平成24年度における実施内容は、以下の通りである。

エンジン燃焼の超高度制御化については、まず、米国アルゴンヌ国立研究所との共同研究により、X 線技法によるディーゼル噴霧の詳細解析を行った。その結果、在来手法では解析し得ないインジェクタ内部の燃料流動や燃料噴射開始直後の燃料噴霧挙動について、定量的な解析が可能となった。また、CNG／軽油デュアルフューエル（DDF）エンジンの研究で天然ガスが希薄である条件下で熱効率が悪化する問題の解決法を探るため、実験及び数値計算による解析を行った。その結果、熱効率悪化の原因は天然ガスの着火性の悪さにあり、解決には燃焼室内全体の温度を上昇させることが重要であることが分かった。

排出ガス浄化技術の高度化については、NOx などの有害物質に対する高性能後処理触媒の研究開発を行い、酸量や種類が異なる触媒担体に Mn を担持した時の Mn 種の状態と NO 還元活性の関係を検討し、活性種として MnO_2を有する触媒が高い活性を示すことを見出した。また、自己熱交換作用による内部昇温機能を備えた自己熱交換式コンバータさらにはこれと複数の排ガス浄化機能を組み合わせた多機能一体型コンバータについては、一連の研究開発に区切りがついたので、内外における研究発表や論文発表による成果の周知に努めた。

排出ガス計測評価技術の高度化については、DPF の適切な再生時期を判定する新規計測評価技術として、新たに超音波を用いた手法を開発した。これは超音波による非破壊検査技術を応用して、DPF 内部に蓄積した PM 量を透過シグナルから評価するものである。ディーゼル自動車のアイドリング運転および低負荷運転時において PM 蓄積量の評価を実施し、その技術の可能性を示した。またレーザ着火ガスエンジンにおいて、希薄燃焼における各種排ガスの排出特性の評価実験を実施し、他の着火方法と比較したレーザ着火法の優位性を示した。

排出ガス浄化触媒の希少金属使用量低減化については、まず、NEDO 希少金属代替材料開発プロジェクト「ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発」において、酸化触媒に関して Si-Al_2O_3系に加えて他の第2成分含有 Al_2O_3が有望な実用担体であることを見出し、組成と細孔構造の最適化を行った。また、酸性酸化物による担体のさらなる修飾が活性向上効果を発揮する場合があることを見出した。一方 DPF に担持して使用する PM 酸化触媒については、実用候補の Ag-Pd 触媒の構造に関する基礎的知見を提供した。また、希少金属のひとつである Ce の有効利用に関して、経産省震災復興技術イノベーション創出実証研究事業「次世代自動

車用触媒開発のための小型ハニカム触媒の試作・評価イノベーション実証研究」に加わり、主に、試作した粉体およびハニカム触媒の性能評価を担当した。粉体触媒の評価においては、実排ガス条件に近い、模擬排ガス組成が空気過剰/燃料過剰を周期的に変動するパータベーション条件での三元触媒性能評価を行った。また、触媒活性に影響を及ぼす酸素貯蔵能（OSC）の新規測定方法を提案した。ハニカム触媒の評価に関しては、実車のモード試験により本プロジェクトで開発された新規触媒4つについての評価実験を実施した。

［分　野　名］環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ディーゼル自動車、ディーゼル特殊自動車、予混合圧縮着火燃焼、PCI 燃焼、燃料噴霧、火炎、バイオ燃料、ジメチルエーテル、DME、レーザ着火、希少金属、白金、セリウム、代替材料、排ガス浄化、酸化触媒、三元触媒コンバータ、自己熱交換式コンバータ、省エネルギー、燃費、燃料由来 NOx 還元、PM 計測、超音波

［テーマ題目３］新燃料標準化の研究開発

［研究代表者］後藤　新一（研究センター長）

［研究担当者］後藤　新一、小熊　光晴、古谷　博秀、葭村　雄二、鳥羽　誠、松野真由美、日暮　一昭、田中　亜紀子、広津　敏博、貝塚　昌芳、佐々木　利幸、喜多　郭二、原田　皓三（常勤職員3名、他10名）

［研 究 内 容］

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

1)　東アジア地域におけるバイオディーゼル燃料品質のベンチマーク策定

東アジア・アセアン経済研究センター（ERIA）事業のワーキンググループ運営を継続し、各国で対応可能な分析ラボのリストが完成した。6カ国のラボによる同一バイオディーゼル燃料サンプルの分析比較試験を実施したその結果、各国で採用されている分析方法をそれぞれ用いても、分析結果に大きな差異は見られないことを確認した。平成20年に発行した「EAS-ERIA Biodiesel Fuel Standard: 2008」を引用し、タイ、フィリピン、インドネシア、マレーシア、ベトナムおよび日本が自国のバイオディーゼル燃料品質規格の見直しを行った（一部見直し検討中）。

2)　DME 燃料の国内外標準化

ISO/TC28/SC4/WG13（DME 燃料品質、コンビーナとして参加）および同 WG14（DME 燃料品質の分析方法，エキスパートとして参加）において、DME 燃料品質および4種不純物測定方法それぞれ、CD→DIS 登録に向け作業を継続した。また、ISO と併せて JIS 規格原案作成を主導し、2013年3月21日に JIS K2180-1～6として DME 燃料品質とその不純物分析方法が制定された。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

④【メタンハイドレート研究センター】

（Methane Hydrate Research Center）

（存続期間：2009. 4. 1～2016. 3. 31）

研究センター長：成田　英夫

副研究センター長：海老沼　孝郎、天満　則夫

所在地：北海道センター、つくば西事業所

人　員：10名（10名）

経　費：924, 803千円（107, 444千円）

概　要：

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

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

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

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

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

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

さらに、生物機能研究部門、地圏資源環境研究部門との連携による以下の分野融合的課題に取り組んでいる。

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

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

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

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

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

発　表：誌上発表31件、口頭発表63件、その他14件

生産技術開発チーム

（Production Technology Team）

研究チーム長：長尾　二郎

（北海道センター）

概　要：

メタンハイドレート資源からの天然ガス生産において、高い生産性と回収率を確保するための生産手法、生産増進法の開発を実施している。また、生産性の低下要因である細粒砂蓄積による流動障害等、ハイドレート貯留層からの天然ガス生産の安定性を阻害する生産障害因子の定量的解析や数値化モデルの開発を通して、生産障害対策技術、抑制技術の開発を行うとともに、持続的な天然ガス生産性評価の一環として、強減圧法において生成した氷の潜熱を利用した回収率増進法の解析からその回収率に対する効果の検討をコア試験ならびに生産性評価シミュレータを用いて実施している。さらに、メタンハイドレート貯留層特性に応じた天然ガス生産手法を最適化するため、室内産出試験設備による強減圧法の検証を実施している。一方、液

化天然ガスに代わる新たな省エネルギー的天然ガス輸送・貯蔵媒体としてのガスハイドレート利用促進を目的に、自己保存性等ガスハイドレート特有の現象の発現機構の解明や新たな分解制御技術開発等の研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目２

貯留層特性解析チーム

（Reservoir Modeling Team）

研究チーム長：皆川　秀紀

（北海道センター）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目１

生産モデル解析チーム

（Reservoir Simulator Team）

研究チーム長：天満　則夫

（つくば西）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目１

物理特性解析チーム

（Physical Property Analyses Team）

研究チーム長：山本　佳孝

（つくば西）

概　要：

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

［テーマ題目１］メタンハイドレート資源の生産手法開発に関する研究開発

［研究代表者］成田　英夫

（メタンハイドレート研究センター）

［研究担当者］海老沼　孝郎、天満　則夫、長尾　二郎、神　裕介、今野　義浩、木田　真人、皆川　秀紀、江川　浩輔、宮崎　晋行（兼務）、山本　佳孝、川村　太郎、米田　純、清野　文雄（兼務）、小笠原　啓一（兼務）

（常勤職員14名、他39名）

［研 究 内 容］

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

生産技術の開発では、強減圧時のガス生産挙動に及ぼ

す減圧スケジュールの影響を水飽和率の異なるコアを用いた室内実験とそのシミュレーション解析によって評価し、減圧初期に水飽和率が高いコアほど氷生成潜熱の供給によるガス生産性増進効果が高いことを明らかにした。大型室内産出試験設備による強減圧生産実験を実施し、氷が生成する期間、ガス生産性が顕著に増加することを確認しその有効性を検証した。ハイドレート再生成のモデル化を行うために、生成と分解を繰り返した際の再生成挙動を赤外分光法により解析し、過冷却度が小さいほど顕著にインダクションタイムが変化することを明らかにした。細流砂移流蓄積による浸透率低下については、海洋産出試験地にてコアリングされた事前掘削コアを用いて、ハイドレートが胚胎する堆積層の性状分析を元に細粒成分の存在状態を評価した。細粒砂の圧入量と浸透率低下の関係をモデル実験により定式化した結果、浸透率低下のコア長依存性が見られることから、細粒砂の蓄積は主に流入口近傍にて局所的に発生していることが推察された。また、海洋産出試験地の事前掘削コアの分析を行い、ハイドレート結晶包接ガス成分・組成解析などを実施した。メタンハイドレート堆積物の熱伝導率測定では、第一回海洋産出試験事前調査井掘削コア試料の熱伝導率を原位置条件に準拠した温度・圧力条件で測定した結果、初期は並列モデルに近い値をとるが分解が進むと共に大きく低下し分散モデルの推算値へ推移した。

貯留層特性の評価では、地層の減圧時に生じる圧密の影響評価を行い、孔隙率の減少に伴う浸透率低下と細粒成分の孔隙充填に伴う浸透性低下が堆積物の粒径分布に関連することを確認した。地層の連続性と断層活動の履歴について評価するため、第二渥美海丘周辺域における堆積盆構造の復元解析を行い、海丘周辺の断層活動に伴う堆積盆の構造発達を明らかにした。これにより、第二渥美海丘の隆起に基づいて堆積盆の形成は前半期と後半期に分類され、前半期では砂質層が堆積しやすい堆積中心が海丘近傍に形成されたのに対し、隆起が活発になった後半期では堆積盆の拡大と共に堆積中心がより陸側にシフトしたため、海丘周辺には泥質層が卓越しやすい堆積環境に変化したことを確認した。海洋産出試験事前掘削圧力コアの全層準における堆積構造の記載および堆積物の物性分析を行い、粒度分布よりコア取得区間の岩相は上部、中部、下部に大別されること、また粒子密度と鉱物組成は粒度分布に大きく依存することを確認した。取得した圧力コア試料を用いた力学試験について、米国の研究機関、大学と共同研究を行い、粒度分布、孔隙率等の基礎物性を明らかにした。

生産モデルの開発では、メタンハイドレート層の力学パラメータを実験的に継続して取得した。また、地層の圧密による浸透率低下モデル式を組み込んだ地層変形シミュレータを用いて感度解析を実施し、メタンハイドレート分解や減圧に伴う圧密変形の影響を明らかにした。さらに、坑井にかかる応力を評価するための室内貫入試験装置を用いて、ケーシング、セメントおよび地層の各材料間の接触面の実験データ取得を行い、接触面における有効拘束圧などをパラメータとした摩擦強度に関するモデル式を導出し、地層変形シミュレータの精度向上を図った。さらに、減圧区間や減圧の速度、地層傾斜等をパラメータとした坑井周辺の応力分布に関する感度解析を行い、地層傾斜は坑井周辺の応力分布よりも鉛直及び水平変位量に大きな影響を与えることを明らかにした。生産性・生産挙動評価においては、シミュレーション実行時の計算負荷の低減を可能とする数値モデルの分割手法の改良を行ったほか、海産試験候補地の貯留層モデルの再構築ならびに生産挙動予測を行い、海産試験における生産量の事前評価を行った。

メタンハイドレート研究アライアンス事業において、企業、大学が参加する生産手法開発グループを運営し、それぞれ3回の意見交換会および進捗状況検討会を開催した。また、大学研修生受入れ20件、企業への技術移転11件等の人材育成を行ったほか、サイエンスカフェ・実験教室開催15回、依頼・招待講演20件、24件の取材対応等を通じ、国民との対話を推進した。加えて、メタンハイドレート研究に関する4回の講演会を開催したほか、国内のメタンハイドレート関連研究者が一同に会した第4回メタンハイドレート総合シンポジウムおよび国際会議（8th Fiery Ice）を開催した。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

［テーマ題目２］ガスハイドレート機能活用技術の開発

［研究代表者］成田　英夫
（メタンハイドレート研究センター）

［研究担当者］海老沼　孝郎、天満　則夫、長尾　二郎、木田　真人、皆川　秀紀、宮崎　晋行（兼務）、山本　佳孝、清野　文雄（兼務）、小笠原　啓一（兼務）、前川　竜男（兼務）（常勤職員10名、他4名）

［研 究 内 容］

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

ガスハイドレートによる新たな省エネルギー的天然ガ

ス輸送・貯蔵技術においては、ガスハイドレートをより高温・低圧で分解抑制するための被覆材について、被覆材水溶液濃度が分解抑制効果に影響を及ぼすことを見出した。また、有機物質を含有しない被覆材を用いた分解抑制法の検討を行い、分解抑制温度の高温化に資する分解抑制技術の開発を行った。また、今後貯蔵・輸送媒体として期待されている H 型ハイドレートに関して、生成速度や保存条件に大きく係る相平衡条件を、単結晶ハイドレートの結晶形状変化を利用して迅速に決定できる手法を開発した。

超音波霧化法による低温低圧ハイドレート生成においては、生成率の経時変化を測定し、CO_2分子の拡散に基づく生成速度モデルにより解析した。今年度は、ガスを冷却部の底から供給可能にする改良を行った結果、粒子間への CO_2供給改善により反応後期での反応率が向上した。昨年度に引き続き、四級アンモニウム塩（TBAB）のハイドレートを固定相とするクロマトグラフィーの溶出特性を検討した。東京大、計測フロンティア部門と連携し、ハイドレート冷熱を用いた農工融合に関する共同研究（科研費）を実施した。

ガス分離技術の開発においては、ガスハイドレートの選択的なガス包蔵特性を利用して、硫化水素、CO_2等のガスを分離するための研究開発を行った。ガスハイドレートを利用したガス分離技術では、化学的吸収法より回収（吸収剤の再生）に要するエネルギーを低減し、分離膜法より処理量を増大することが期待できる。従来のガスハイドレートによるガス分離においては、硫化水素ハイドレート、CO_2ハイドレート等の単一ガス種から成るハイドレートの利用が試みられてきたが、それらの生成平衡条件により、ガスの分離および回収操作を低温、高圧で実施しなければならない難点があった。一方、ガスハイドレートと類似な水分子から成る籠状結晶構造を持ち、四級アンモニウム塩等を包接するセミクラスレートハイドレートは、常温、常圧で安定である。これまでのセミクラスレートハイドレートに関する研究により、結晶構造には中空の12面体の籠状構造が多く含まれること、この12面体に包接可能な小径のガスを選択的に取り込むこと等を明らかにした。本研究開発では、このセミクラスレートハイドレートの中空の籠状構造に、特定のガス種を選択的に取り込ませることにより、常温、常圧でガス分離を行なうものである。本年度は、数種類のセミクラスレートハイドレートを対象に、CO_2ガスの吸収量と吸収速度について、セミクラスレートハイドレート生成剤の濃度、ハイドレート生成速度などの影響を明らかにした。さらに、セミクラスレートハイドレートの生成過程と CO_2ガスの吸収過程を分離する手法について、可能性を実験的に示した。また、セミクラスレートハイドレートを利用した潜熱蓄冷熱技術の開発に実績を有する民間企業と、セミクラスレートハイドレートによる排ガスからの CO_2分離技術の開発を連携して実施した（補助金事業共同申請）。本研究開発課題については、産総研オープンラボにおいて成果を発信する等、民間企業との連携を目指した取り組みを積極的に行った。さらに、メタンハイドレート研究アライアンス事業の一部として、工業化に関心の高い企業と大学を結集した「ガスハイドレート産業創出イノベーション」を運営し、総会のほか、講演会を開催し、産総研成果の発信、調査情報の共有等を行い、連携を促進した。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

⑤【コンパクト化学システム研究センター】

（Research Center for Compact Chemical System）

（存続期間：2010.4.1～2017.3.31）

研究センター長：花岡　隆昌
副研究センター長：角田　達朗

所在地：東北センター
人　員：27名（27名）
経　費：570,682千円（374,894千円）

概　要：

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

仙台にある本研究センターにおいては、一昨年度末の大震災により受けた被害については、平成24年度末までに大型測定機器の納入が完了し、今後、これら機器を活用した研究開発の加速を期待している。

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

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

国立大学法人長岡技術科学大学　平成24年度環境研究総合推進費「環境基準項目の無機物をターゲットとした現場判定用高感度ナノ薄膜試験紙の開発」

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

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

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

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

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

独立行政法人科学技術振興機構　復興促進プログラム（A-STEP）シーズ顕在化タイプ「水素と酸素から過酸化水素を安全に連続合成するプロセスの開発」

独立行政法人科学技術振興機構　戦略的創造研究推進事業（先端的低炭素化技術開発　ALCA）「反応性イオン液体のCO_2吸収機構解明」

独立行政法人科学技術振興機構　復興促進プログラム（マッチング促進）可能性試験「マイクロ波による機能性粒子表面修飾技術の検討とそれを用いた機能性コンポジットの開発」

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

独立行政法人科学技術振興機構　復興促進プログラム（A-STEP）シーズ顕在化タイプ「粘土を含む保護層を付与した高耐久性漆器の開発」

公益法人みやぎ産業振興機構　平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業（継続事業）「不燃透明複合材とそれを用いた照明カバーの製造技術の開発」

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

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

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

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

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

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

公益法人　池谷科学技術振興財団「セルロースから化学品のワンステップ合成を実現する担持金属触媒の創製」

公益法人　池谷科学技術振興財団「イオン液体と高分子が自律形成するミクロ構造を活かしたガス分離膜の開発」

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

発　表：誌上発表83件、口頭発表150件、その他19件

コンパクトシステムエンジニアリングチーム
（Compact System Engineering Team）
研究チーム長：鈴木　明
（東北センター）

概　要：

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

マイクロ反応場と高温高圧水との協奏により、有機溶媒を用いないC-Cカップリング等各種の有機合成プロセスや粒径が高度に制御された金属酸化物ナノ粒子合成プロセス等の研究・開発を行っている。また、超臨界二酸化炭素を反応媒体とした酸素酸化や、金属ナノ粒子担持メソポーラスシリカ触媒による還元プロセス、ポリマーナノ粒子の製造技術についての開発、二酸化炭素を用いた粘度低減・霧化技術による革新的な塗装プロセスや最先端ものづくり技術の開発、また高圧二酸化炭素を利用した樹脂加工技術の開発を行っている。さらに、イオン液体を用いたガス分離・精製プロセスの開発とその特性評価及びイオン液体の新規分野の開拓を実施している。

研究テーマ：高温高圧エンジニアリング技術の開発、水・CO_2を媒体とした脱有機溶媒型製造プロセスの開発、イオン液体を用いたガス分離・精製プロセスやガス空調システムの開発

触媒反応チーム

（Catalysis Team）

研究チーム長：白井　誠之

（東北センター）

概　要：

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

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

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

ナノポーラス材料チーム

（Nano-porous Material Team）

研究チーム長：花岡　隆昌

（東北センター）

概　要：

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

材料創成では、ゼオライト、メソポーラス物質、層状化合物、粘土等を利用した、幅広い多孔質材料を主な対象とし、ミクロ・ナノ構造や材料物性の解明、新材料設計と合成法の開発とともに、機能性有機分子、酵素等の生体関連物質との複合材料開発、結晶成長の制御等を利用した高性能なナノ空間材料の開発を目指している。また、材料利用では、膜部材化による気相・液相での選択的分離精製、環境浄化・殺菌、高性能触媒等への応用とプロセス開発を他の研究チームと共同で進めている。

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

先進機能材料チーム

（Advanced Functional Materials Team）

研究チーム長：蛯名　武雄

（東北センター）

概　要：

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

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

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

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

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

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

無機生体機能集積チーム

（Bio-Inorganic Materials Property Integration Team）

研究チーム長：角田　達朗

（東北センター）

概　要：

無機生体機能集積チームでは、環境負荷が低く効率的な化学プロセスを実現するため、生体高分子材料、特に、酵素の特性・機能を積極的に利用するため、無機多孔質材料との複合化を中心に関連技術の開発を行っている。

1)　生体高分子と無機材料との複合化による新規機能発現とその利用

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

2)　機能融合材料設計技術の開発に関する研究

無機多孔質材料と生体高分子の機能集積による新機能発現と化学システムへの展開を目指す上で重要となる多孔質材料について、目的に応じたマイクロ及びメソポーラス材料を設計・合成・評価し、さらには各種表面処理等を行うことで、分離膜部材、生体分子等の固定化材料、マイクロリアクター部材等として利用するための技術開発を実施する。研究ユニット内外との連携により、新機能創出とその利用についての研究を材料開発面から支える部材開発を行っている。

3)　タンパク質のリフォールディング技術の確立

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

研究テーマ：生体高分子と無機材料との複合化による新規機能発現とその利用、機能融合材料設計技術の開発、タンパク質のリフォールディング技術の確立酵素利用反応プロセスの開発

［テーマ題目１］高温高圧マイクロ化学システムエンジニアリング技術の開発

［研究代表者］花岡　隆昌（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］花岡　隆昌、鈴木　明、米谷　道夫、川波　肇、相澤　崇史、増田　善雄、川﨑　慎一朗、石坂　孝之、永翁　龍一、畑田　清隆、鈴木　敏重、横山　敏郎、Chatterjee Maya、大川原　竜人、小川　佳代子、石田　憲士、櫻井　優子、Javaid Rahat、八重嶋　早枝子、中村　愛、高橋　賢、中新田　弘幸

（常勤職員9名、他13名）

［研 究 内 容］

高圧二酸化炭素を利用し、スプレー塗装におけるVOC 排出を大幅に抑制する技術を開発してきた。本技術（CAT：CO_2 Atomizing Technology）は、薄膜コーティングや微粒子製造等の高粘性の有機物を扱うモノづくり工程に広く応用が可能である。また、二酸化炭素を有機溶媒代替として環境負荷の低減とプロセスの高効率化を提案するものであり、様々な噴霧試験に対応できるよう基盤的利用施設の整備を進めた結果、多数の民間企業との共同研究の加速的な実施につながった。

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

［分　野　名］環境・エネルギー

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

［テーマ題目２］無機材料プロセス技術の開発

［研究代表者］花岡　隆昌（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］花岡　隆昌、角田　達朗、蛯名　武雄、林　拓道、和久井　喜人、中村　考志、清住　嘉道、長瀬　多加子、石井　亮、池田　拓史、長谷川　泰久、Shanmugam Venkatachalam、鈴木　麻実、冨樫　哲、庄司　絵梨子、岩田　伸一、志村　瑞己、夏井　真由美、阿部　千枝、外門　恵美子

（常勤職員11名、他9名）

［研 究 内 容］

化学プロセスのグリーン化やシンプル化技術の開発では、無機多孔質材料や無機層状物質は大きな役割を果たしてきた。特に、触媒や環境浄化材料、吸着・分離材料

等として用いられ、また、高温や有機薬品等に暴露される部位の材料として使用されている。

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

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

［分　野　名］環境・エネルギー

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

［テーマ題目３］融合的反応場技術の開発

［研究代表者］花岡　隆昌（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］花岡　隆昌、金久保　光央、牧野　貴至、白井　誠之、佐藤　修、三村　直樹、佐藤　剛一、西岡　将輝、日吉　範人、山口　有朋、角田　達朗、伊藤　徹二、松浦　俊一、南條　弘、新妻　依利子、小国　敦博、Nadgeri Jayprakash、宮川　正人、佐藤　恭子、村上　由香、上田　昭子、外門　恵美子、千葉　真奈美、及川　裕美、丹野　美香、竹下　香織（常勤職員14名、他12名）

［研 究 内 容］

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

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

［分　野　名］環境・エネルギー

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

⑥【先進パワーエレクトロニクス研究センター】

（Advanced Power Electronics Research Center）

（存続期間：2010.4.1～2018.3.31）

研究センター長：奥村　元

副研究センター長：山口　浩

所在地：つくば中央第2

人　員：22名（22名）

経　費：2,107,350千円（786,716千円）

概　要：

21世紀社会におけるエネルギー流、情報流、物流における電力エネルギーの重要性は今後ますます増大していく。電力エネルギーの有効利用は、省エネルギー、新産業創出によるトリレンマ解決のキーである。旧エネルギー半導体エレクトロニクス研究ラボの成果を引き継いで設立された研究ユニットである当研究センターは、エネルギーの最も合理的な利用形態である電力エネルギーにおける省エネルギー技術および新エネルギーの大量導入のための高効率電力変換技術等、大容量から小容量までの電力エネルギー制御・有効利用のための半導体エレクトロニクス（デバイス／機器応用）の実証と確立を目指す。

特に、過負荷耐性などの極限仕様への対応が期待される SiC や GaN などのワイドギャップ半導体デバイス／システムの電力エネルギー制御への活用を中心課題に据えるとともに、それらによるパワーエレクトロニクス技術の革新、大／中／小の各容量における電力エネルギーのネットワーク化運用・制御の実現を念頭に、エネルギーエレクトロニクス領域への展開を図る。その目標の達成のために、ウェハプロセス、SiC パワ

ーデバイス、SiC デバイスプロセス、SiC デバイス設計、GaN パワーデバイス、パワー回路集積チームの6つの研究チームを組織し、有機的な協同体制で上記の新規半導体のデバイス化には不可欠な「結晶ーデバイスプロセスーデバイス実証ーパワーモジュール化ー機器応用」の各段階の技術に関する一環本格研究を強力に推進する。

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

内部資金：
交付金　TPEC 活用パワーエレクトロニクス研究

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

発　表：誌上発表47件、口頭発表102件、その他9件

ウェハプロセスチーム

（Wafer Process Team）

研究チーム長：松畑　洋文

（つくば中央第2）

概　要：

ウエハプロセスチームは、4H-SiC を材料とする低エネルギー損失電力素子の開発に必要なウェハの作製技術、切断加工技術、エピ膜成長技術などのウエハプロセス技術の開発とそれらの評価に関する研究開発を行っている。

ウエハの低抵抗化を目的にした昇華法による高ドープ SiC 単結晶成長基礎技術の開発では、比抵抗が10mΩcm を切る高品質低抵抗 N 型4H-SiC バルク単結晶作製法を開発した。また、平行して進めている SiC 溶液からの単結晶成長技術の開発では、溶液成長の安定成長条件を探索することにより、安定的に直径2インチ、厚さ10mm のバルク単結晶を成長させる条件を見出した。作製した4H-SiC 単結晶をウエハの形状に加工するウエハ加工技術の開発では、大口径単結晶インゴットの切断時の反り値極小化や、ダイヤモンド砥材を使わない新しいアシスト加工技術の開発を行い、切断加工精度の向上と加工プロセスの簡素化を進めた。

また、トレンチ MOSFET デバイスを作製するうえで重要な技術となるトレンチ埋戻しエピタキシー技術の開発では、トレンチの底の形状とエピ膜中のドーパントの濃度分布との間に関係があることを見出した。具体的には、トレンチの底がラウンドしているとドーパント濃度の分布に不均一性が発生しにくくなり、一方で、サブトレンチが存在するとサブトレンチから濃度の異なる層が成長することが判った。これらの新しい知見はトレンチ MOS 構造の作製の高精度化に寄与している。

さらに、エピ膜の高品質化および大口径化を目的として、オフ角1度以下の Si 面エピタキシャル膜成長技術の開発を行い、三角欠陥密度が1.5cm^{-2}以下の3インチウエハの成膜に成功した。

高耐圧用デバイスの IGBT 用多層エピウェハの作製技術の開発では、IGBT 用自立エピウエハの作製工程を確立し、全体厚みとして251μm の自立エピウエハの作製に成功し、このエピ膜はデバイス作製プロセスに耐えうることを確認した。また、ウエハを8度から4度オフに変更し、PN 界面におけるステップバンチングを抑制、並びにメモリー効果の低減を行いながらウエハのそりが低減できることを確認した。これらの技術は高耐圧用デバイスの IGBT 作製技術の開発を前進させることに寄与している。

評価技術では、エピ膜成長前にはウエハの表面の光学顕微鏡観察では観察されないがエピ膜成長を行うと傷状の跡が表面に現れるいわゆる潜傷と言われている現象の原因を、X 線トポグラフと透過型電子顕微鏡を用いて明確にすることができた。

さらに、エピ膜成長中に出現する三角欠陥の生成原因の一部を明らかにすることができた。これらの知見は高品質のエピ膜成長を行う技術の開発に寄与すると考えられる。

研究テーマ：テーマ題目

SiC パワーデバイスチーム

（SiC Power Device Team）

研究チーム長：田中　保宣

（つくば中央第2）

概　要：

当チームでは、本格的実用化へ向けた大面積 SiC パワーデバイスの開発・応用展開を企業・大学との共同研究を通じて進めると共に、次世代高耐圧（3-5kV）、及び超高耐圧（>10kV）SiC パワーデバイスの開発を最終目標とした国家プロジェクトを通じて、先進的な SiC パワーデバイスの開発推進を目標とし

ている。また、先進的なプロセス技術の開発にも積極的に挑戦し、SiC パワーデバイスの更なる高性能化を模索している。

今年度は、ドリフト層抵抗の低減が期待される SJ（Super Junction）構造をマルチエピタキシャル法により実現し、SiC において SJ 構造の優位性を実証することに成功した。また、13kV 以上の耐電圧を有する SiC-PiN ダイオードを実現するための最適化設計を行うと共に、8mm 角のチップで13kV 以上の耐圧を実証した。更には、SiC-BGSIT を活用した直流給電システムや自動車応用研究の実証研究を企業・大学との共同研究を通じて推進した。

研究テーマ：テーマ題目

SiC デバイスプロセスチーム

（SiC Device Process Team）

研究チーム長：宮島　将昭

（つくば西）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目

SiC デバイス設計チーム

（SiC Device Design Team）

研究チーム長：大西　泰彦

（つくば西）

概　要：

当チームでは、市場より要求される低損失、高信頼性 SiC パワーデバイスの設計にかかる研究開発を進め、それらの量産化試作実証を行なうことを目的とする。そのため、産総研の西事業所5D 棟の SiC 専用のクリーンルームを活用し、長期信頼性での特性変動を抑制したデバイス構造の創出、高歩留りを達成するプロセス条件の抽出を行なう。さらに、SiC パワーデバイス（SBD、MOSFET など）のプロセス要素技術開発、デバイストータルの製造技術開発及び量産試作により SiC パワーデバイスのプロセス技術を実用化レベルで開発する。

研究テーマ：テーマ題目

超高耐圧デバイスチーム

（Ultra High-Voltage Device Team）

研究チーム長：米澤　喜幸

（つくば西）

概　要：

当チームでは、スマートグリッドや直流送電システムのパワーエレクトロニクス機器応用を目指した、10kV 以上の超高耐圧 SiC デバイスに関する研究開発を、酸化膜基礎等の要素技術開発を含めて行っている。これまでに、10kV 以上の耐圧を持つ p チャネル IGBT、PiN ダイオードの原理試作を行い、これを原理検証した。

本年度はこれらの高性能化、大電流化を目指すとともに、n チャネル IGBT、PiN ダイオードに関して、量産試作ラインを用いた試作を行い、大面積、大電流の超高耐圧デバイスの研究開発を行う。また n−チャネル IGBT に必要な技術として、エピウエハに関しては、ウェハプロセスチーム、設計、試作プロセスに関しては、SiC デバイス設計チーム、SiC デバイスプロセスチームの協力を得て、総合力を高めつつ、原理試作検証に取り組み、低炭素社会に必要なパワーエレクトロニクスに貢献する。

研究テーマ：テーマ題目２

GaN パワーデバイスチーム

（GaN Power Device Team）

研究チーム長：清水　三聡

（つくば中央第2）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目

パワー回路集積チーム

（Power Circuit Integration Team）

研究チーム長：佐藤　弘

（つくば中央第2）

概　要：

SiC や GaN といった高性能かつ超低損失のパワーデバイスの特長を活かした高機能・小型・低消費電力の電力変換装置を実用化するための基盤技術の研究開発を目的とする。平成23年度は、高温はんだの信頼性向上を図るとともに、接合部の活性化エネルギーを見積り、これをうけ平成24年度は、これより寿命予測を試みた。また、高信頼モジュール作製技術を目指して、

はんだに代えて、焼結接合材料のプロセス技術開発を行った。回路技術では、ワイドギャップ半導体の高速性を生かした回路設計のため、サージ電圧に対するスイッチング速度・寄生インダクタンスの関係を明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目

パワーエレクトロニクス応用チーム

（Advanced Power Electronics Research Center
Power Electronics Application Team）

研究チーム長：福田 憲司

（つくば西）

概　要：

SiC に代表されるワイドギャップ半導体パワーデバイスは、高耐圧、低損失、高速動作、高温動作、高過負荷耐性などの面で従来の Si パワーデバイスを凌ぎ、その導入がパワーエレクトロニクス技術に変革をもたらすことが期待されている。その実現には、材料からデバイス、機器応用にわたる統合的な研究開発が不可欠である。当チームは、既存チームと密接に連携して、ワイドギャップ半導体パワーデバイスを有効活用する応用機器を開発することを目標に、本年12月に設立された。自動車等の大量導入が期待される民生用途から、宇宙の根源を探る高エネルギー加速器電源のような特殊用途にいたる、幅広い電力変換分野における応用の開拓を進めている。

研究テーマ：テーマ題目

［テーマ題目１］TPEC 活用パワーエレクトロニクス研究

［研究代表者］奥村　元（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

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

［研 究 内 容］

地球温暖化抑制のために二酸化炭素排出量削減が叫ばれる中、電力損失の削減（省エネルギー化）に重要な技術として、SiC による超低損失デバイスを用いた高効率電力変換器（インバータ）の実現がパワーエレクトロニクス産業界から期待されている。そのために、これまで、富士電機アドバンストテクノロジー株式会社、アルバック株式会社と連携して大容量 SiC デバイスの実用レベルでの量産技術の共同研究を行った。H24年度は、さらに、住友電気工業株式会社、トヨタ自動車株式会社等16社、京都大学等5大学が参加する TPEC（Tsukuba Power Electronics Constellations）が開始した。本プロジェクトでは、デバイス開発だけでなく、実装技術の開発も行う。H24年度は、耐圧1200V の IE-MOSFET の応用側への供給を開始した。また、実装技術開発用の設備の導入と立ち上げを行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

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

［研究代表者］奥村　元（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

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

［研 究 内 容］

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

本テーマでは、スマートグリッドに代表される社会インフラ系を通じて低炭素社会の実現に寄与する13kV の PiN ダイオードと IGBT の開発を行う。H24年度は、8mm□チップで PiN ダイオードの試作を行い、13kV の耐圧と順方向の電流が50A まで流れることを確認した。また、動特性試験装置で逆回復特性の観測に成功した。また、P チャネル IGBT の2A 級素子の試作と n チャネル IGBT のセル構造、耐圧構造、プロセスの開発を行った。高品質エピウェハの活用と独自のデバイス構造を適用することで、3A までの通電動作と14.6kV の高耐圧を得ることに成功し、今年度の目標を達成した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］SiC（シリコンカーバイド）、2A 級素子、PiN ダイオード

⑦【太陽光発電工学研究センター】

（Research Center for Photovoltaic Technologies）

（存続期間：2011.4.1～2019.3.31）

研究センター長：仁木　栄
副研究センター長：松原　浩司

所在地：つくば中央第2、つくば中央第5、九州センター
人　員：37名（37名）
経　費：2,777,033千円（1,333,091千円）

概　要：

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

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

そのために、

1）　民間企業とのコンソーシアム等を通したデバイス、システムの技術開発、
2）　産業基盤となる一次基準セル校正、デバイス、システムの中立評価、
3）　長期的視点からの革新的基礎技術の開発、

を3つの柱として推進する。

さらに技術開発と並行して、

4）　健全な技術競争を醸成するために、ユーザ視点に立った国際標準の確立への貢献、
5）　研究開発成果を広く普及させ、地域センターと連携した地域経済活性への貢献、

に注力する。

外部資金：

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

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

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

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

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

科学技術振興機構　受託研究「励起子サイエンス」

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

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

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

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

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

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

発　表：誌上発表141件、口頭発表185件、その他7件

実用化加速チーム

（Innovative Technology Transfer Team）

研究チーム長：坂田　功

（つくば中央第2）

概　要：

結晶シリコン太陽電池では、変換効率向上を目指した新構造セルの検討・試作を実施する。また、企業と

の共同研究も含めて要素技術の高度化を図る。
年度進歩：
民間メーカー、大学との共同研究で、スクリーン印刷可能なポリイミドを裏面絶縁膜に用いた新型構造セルの検討を実施した。このセルにおける裏面電極として、ポリイミドの耐熱性を考慮し低温で形成可能なめっき法でしたニッケル／銅が適していることを見出した。ポリイミドの表面処理条件を検討し、シリコンとポリイミドの両方にニッケル／銅電極を形成することに成功した。セル試作を行い、変換効率15.2%を実現し、提案した手法の有効性を確認した。
薄型結晶シリコン太陽電池をテーマに、民間企業とのコンソーシアム形式の共同研究を開始した。実施予定期間は2012年度～2014年度である。開発内容はウエハスライス、セル、モジュールで、セル関係のテーマで初期的な成果を得た。

先端材料プロセス・低コスト化チーム
（Advanced Low Cost Processing Team）
研究チーム長：吉田　郵司
（つくば中央第2、第5）
概　要：
太陽電池の低コスト化を実現するための技術開発として、省資源性に優れ大面積製造も可能な薄膜シリコン系太陽電池、有機系太陽電池（有機薄膜太陽電池、色素増感太陽電池）の研究開発を行っている。
薄膜シリコン太陽電池では、アモルファスシリコン（トップセル）と微結晶シリコン（ボトムセル）を組み合わせたタンデム構造が一般的に用いられているが、アモルファスシリコンの光劣化の問題、微結晶シリコンでの赤外光の吸収が少ないことが課題となっている。そこで、アモルファスシリコンの光劣化の抑制法や赤外感度に優れたボトムセル新材料の開発により、より高効率な多接合型太陽電池を開発している。また、薄膜のシリコン発電層での光吸収を最大化するために、効果的な光閉じ込め効果をもたらす新規テクスチャ構造の開発や、発電層以外での吸収損失を抑制するための高透明性ドープ層・バッファ層・透明電極の開発を進めている。更に、その場計測法を用いて薄膜シリコンの成長プロセスを解明し、高品質な薄膜シリコンを高スループットで作製するプロセス技術の開発にも取り組んでいる。
有機薄膜太陽電池では、高効率化に向けてバルクヘテロ接合の構造解析および最適化技術、多接合化技術、光閉じ込め技術の開発を行っている。また、劣化機構を解明し、材料・プロセスを制御することで高耐久化を目指している。更に、印刷プロセスによるモジュール化技術の開発も行っている。色素増感太陽電池では、増感色素として酸化チタンへの吸着力を考慮した有機色素の開発と効率的な合成法の開発を行っている。デバイス要素技術では、有機色素との組み合わせで高効率化できる、電極材料、ヨウ素レドックス代替材料の探索を行い、高効率太陽電池セルの作製技術を確立する。
年度進歩：
（薄膜シリコン系太陽電池）
光劣化の少ないアモルファスシリコンの製膜技術として独自に開発したトライオードプラズマ CVD 法（三極放電）を用い、アモルファスシリコン／微結晶シリコンタンデム型太陽電池のトップセルを作製した。トップセルの光吸収膜厚を250nm から350nm まで増加しても光劣化率は比較的低い水準を維持した結果、タンデムセルの高電流化と高効率化が実現し、これまでに安定化効率12.0%（AIST 高精度性能測定）を達成した。
多接合型太陽電池のボトムセル材料として、赤外吸収感度に優れる微結晶シリコンゲルマニウム（SiGe）合金の開発を行っている。微結晶 SiGe 層内に存在する欠陥（アクセプター準位）を酸素で補償するカウンタードーピングを実施し、セル特性と電気特性に与える効果について調査した。具体的には、セル特性の改善が認められる酸素濃度範囲で微結晶 SiGe（Ge 濃度：10at.%）単膜をガラス基板上に作製し、ホール効果測定をおこなった。その結果、膜中のキャリア濃度は酸素濃度に依存せずほぼ一定であり、カウンタードーピングの効果はセルでのみ観測されることがわかった。これらの結果から、Ge の欠陥準位はバンド端から深いエネルギー準位に存在し、それらは p-i-n 構造や非熱平衡状態で負に荷電することが明らかになった。
多接合型太陽電池の高電流化に向け、微結晶シリコン太陽電池の短絡電流密度（J_{SC}）を向上させるハニカムテクスチャ基板の開発を昨年度から継続して実施した。詳細な検討の結果、良質な微結晶シリコン層の成長と光閉じ込めを両立するには膜厚に応じて最適な凹凸周期があることを明らかにした。この知見を元にハニカムテクスチャ基板を最適化し、更に産総研独自の高移動度 In_2O_3:H 薄膜を窓電極に適用することで、単接合微結晶シリコン太陽電池として従来の世界最高記録を上回る効率 10.5%、J_{SC} = 28.2mA/cm^2（designated area, AIST 高精度性能測定）を達成した。更に膜厚を1.5倍にしたセルで、当面の目標である J_{SC}>30mA/cm^2（active area）を実現した。バイアス電圧印状態では31.8mA/cm^{2}相当の光電流を得ており、デバイス構造の見直しで更なる高電流化が期待できる。
薄膜シリコン太陽電池の生産性及び発電性能の向上に向け、電池製造時に発電性能を予測する新しいプロセス診断技術の開発に取り組んだ。各種その場診断法を用い、薄膜シリコン成長時の光電流特性と発電性能

の間に相関があることを見出した。本知見を踏まえ、薄膜シリコン成長時の光電流測定を基にした発電性能の予測技術を開発した。様々な薄膜シリコン成長条件に本技術を適用し、変換効率2-9%の太陽電池製造プロセスにおいて、発電性能（曲線因子）が誤差20%で予測可能であることを検証した。今後は、薄膜シリコンドープ層の高品質化・最適化に本技術の適用が期待される。

（有機薄膜太陽電池）

有機薄膜太陽電池モジュールの研究開発において、タンデム化の為の要素技術の開発、有機薄膜太陽電池のモジュールの試作を中心に研究開発を行った。

タンデム化の為の要素技術の開発では、高効率と高耐久を両立する逆型タンデム構造の為の n 型バッファ層の開発を行った。特に、スパッタ法によるアルミニウム・ドープ酸化亜鉛（ZnO:Al、AZO）を透明電極側に導入し、電子取出し電極として用いることに成功した。本技術を基本として、住友化学の新規材料をトップセル、出光興産の新規材料をボトムセルとしたタンデムセルを作製し、変換効率で8.2%を達成した。また、有機薄膜太陽電池のモジュールの試作では、モジュールサイズ20cm 角の ITO 付ガラス基板に対し、高効率と高集積を両立する有効範囲（アクティブエリア）17cm 角のモジュールを設計・試作した。そのセル構成は、1セル当たり3.1cm^{2}の面積を有し、6列×9列の54個のセルで構成されており、最大54直列の直列配線が可能な有機薄膜太陽電池モジュールである。結果として、27直列において最大4.8%の変換効率を得ることができた。

有機薄膜太陽電池の作製環境における水分や酸素、異物粒子などは素子の欠陥となる可能性がある。これらの影響を避けるために、発電層のスピンコートから電極蒸着までの作製工程をクリーン仕様グローブボックス-真空蒸着装置連結型有機薄膜太陽電池作製装置で行った。これを従来の作製環境で作製した素子の発電特性と比較した。比較には、PTB7と C70フラーレン誘導体[70]PCBM を混合して発電層とした高効率な素子を用いた。エネルギー変換効率の平均値とばらつきを評価したところ、平均値は7.2%から8.5%へと向上し、さらに標準偏差が0.71から0.31へと半減し、歩留まりの改善も見られた。また、異物由来の構造欠陥も減少し、耐久性も向上させることに成功した。

（色素増感太陽電池）

オリゴアルキルチオフェンを電子伝達部位として持つカルバゾール系有機色素は、アルキル基の持つ凝集性および疎水性により、酸化チタン表面の色素の被覆率を高め、高い光電変換特性および耐久性を実現している。コバルト錯体レドックスを用いた色素増感太陽電池において、酸化チタンに注入された電子の電解液への再結合を防ぐ目的で、立体障害の大きな有機色素が用いられる場合が多い。そこで我々は種々のカルバゾール系有機色素を用いてコバルト錯体レドックスを用いた色素増感太陽電池を作製し、色素の分子構造と光電変換特性について詳細に調べた。まず分子の大きさの違う色素を用いた結果、大きな分子を用いた場合に高開放電圧の太陽電池が得られた。すなわち、酸化チタン表面からレドックス種を遠ざけることで、電子の再結合が抑制されていることがわかった。さらに立体障害の付与した色素を用いることにより、さらに高開放電圧が得られた。すなわち、コバルト錯体レドックス種を酸化チタン表面から効果的にブロックすることにより、酸化チタン中の電子寿命を向上させ、高開放電圧が実現できる。またアルキル基の長さを短くした色素を用いることにより、酸化チタン表面の色素被覆率を向上させることができ、さらに高開放電圧が得られた。このようにして高開放電圧を実現し、現在において9%を超える光電変換効率を得ている。電子寿命を測定してみると、明らかに向上していることがわかったが、ヨウ素を用いた場合に比べると依然として短い。言い換えると、さらに電子寿命と開放電圧を向上させることができる余地がある。そこで、さらに立体障害の大きなドナーを持つ色素を設計・合成を行い、光電変換特性を評価した。その結果、0.9V をはるかに超えるセル特性が得られた。今後更なる色素分子設計により、比較的高い短絡電流密度を実現し変換効率の向上を目指す。

太陽電池モジュール信頼性評価連携研究体

（Collaborative Module-Reliability Research Team）

連携研究体長：増田　淳

（九州センター）

概　要：

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

ことにより、地域経済の活性化に貢献することも目的の一つである。

年度進歩：

1.5m 程度の市販サイズにも対応可能な太陽電池モジュール試作・評価ライン等を使用して、モジュールの信頼性向上・長寿命化を目的とした研究を実施した。延べ80以上の機関が参加する第 II 期高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアムを組織し、コンソーシアムメンバーが新規開発した封止材、バックシート、インターコネクタ等を用いたモジュールを試作・評価することで、これらの新規部材の有効性を検証した。アクリル系樹脂をカバーガラスの代わりに用いることで従来よりも重量が半分程度で設置コストの低減に資する軽量モジュールを開発した。この軽量モジュールは各種信頼性試験にも合格することを実証した。近年、システム電圧が高いメガソーラ等を中心に、短期間で発電量が大きく低下する電圧誘起劣化（PID）現象が発生し、PID の解決が喫緊の課題となっているが、低コストで PID 抑止に資する複数の方法の有効性を実証した。まず、セルの反射防止膜の作製方法の改善により、セルの初期性能を低下させることなく PID を抑止可能な反射防止膜の形成に成功した。また、エチレン酢酸ビニル共重合体封止材とセル界面に30μm 程度のごく薄いアイオノマー樹脂を挿入することでも、PID を抑止可能なことを実証した。さらに、カバーガラスの受光面と反対側に50nm 程度の酸化チタン系薄膜をコーティングすることでも PID を抑止可能なことを実証した。

現行の認証試験に用いられている IEC 規格に定める試験条件では、モジュールの信頼性が充分に反映されず、信頼性の良否に関わらず同様の結果となる場合も多い。このため、信頼性の高いモジュールを正当に評価できる試験法の開発は喫緊の課題である。IEC 規格に定める試験の繰り返し回数や試験時間の増加、各種試験の組合せ、通電試験等、IEC 規格に定めた試験条件の厳格化に関しては、アジア基準認証推進事業において、太陽光発電技術研究組合、佐賀県工業技術センター、電気安全環境研究所と共同で検証した。認証試験に合格した市販モジュールにおいても、IEC 規格に定める試験の繰り返し回数や試験時間の増加によって、劣化状況に差異が生じることを見出した。さらに、本事業においても PID について検討し、PID 試験に用いられるチャンバー法と水張り法の妥当性を検証した。市販の複数のモジュールに対して試験を実施し、いずれの試験でも劣化しないモジュール、いずれか一方の試験だけで劣化するモジュール、いずれの試験でも劣化するモジュール等に分類できることを見出した。新エネルギー・産業技術総合開発機構からの委託研究では、モジュール内部への水蒸気浸入経路の明確化と浸入量の定量に、カルシウム法が有効であることを実証した。

屋外曝露施設では、新エネルギー・産業技術総合開発機構からの委託研究により、実際に市販されている太陽電池を中心に、結晶シリコン系、薄膜シリコン系および化合物薄膜系の各種モジュールを設置して系統連系運転を行った。10分毎に各ストリングの電流－電圧特性ならびに気象データを収集し、データを蓄積した。2011年の直流アレイ出力の合計値は1kW あたり約1300kWh であること、薄膜シリコン系の出力は、結晶シリコン系と比べて夏に高く冬に低いこと、単結晶シリコン系の年間発電量は多結晶シリコン系よりも約3%高いことなどを見出した。この他、鹿児島県の降灰地域（霧島、桜島）に太陽電池モジュールを設置し、火山灰や火山性ガスが発電量ならびに長期信頼性に及ぼす影響の調査を開始した。

先端産業プロセス・高効率化チーム

（Advanced High Efficiency Processing Team）

研究チーム長：柴田　肇

（つくば中央第2）

概　要：

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

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

年度進歩：

(1) 薄膜太陽電池の高効率化技術の研究開発

化合物系タンデムセルのトップセル用材料として、硫黄を含む CIGS 系材料である $CuIn_{1-x}Ga_xS_{2y}Se_{2-2y}$（CIGSSe）系ワイドギャップ太陽電池の研究開発を行った。三段階法(同時蒸着法)を用いて高 Ga 組成領域の CIGSSe 膜の作製を行い、傾斜した膜組成構造の形成過程を明らかにした。また太陽電池を試作し、電池特性の S/（S＋Se）比依存性や Na 効果を調査し、低 Ga 組成領域との違いを示した。また In を全く含まない $CuGaSe_2$（CGS）という材料を用いた太陽電池の高効率化技術の研究開発を行い、10.6%という高い変換効率を達成することができた。

(2) フレキシブル太陽電池の研究開発

フレキシブルな CIGS 太陽電池の高効率化を目指して、CIGS 系太陽電池の高効率化技術の開発を行い、小面積セルとサブモジュールにおいて、それぞれ19.8%と17.1%という変換効率を達成した。このような高い変換効率が得られた主な要因は、

CIGS 成膜中のにおいて①Se の供給量を適正に制御したこと、②Ga 濃度を従来よりも高くしたこと、③成膜温度を従来よりもたかくしたこと、の3点である。また、厚さ280μm のフレキシブルな青板ガラスを用いた CIGS サブモジュール太陽電池において、光電変換効率16.2%を達成した。

(3) 新材料・新構造・新成膜技術による太陽電池の高効率化技術の研究

希少金属を含まない新しい化合物半導体材料として CZTS と呼ばれる化合物半導体に注目し、太陽電池を開発した結果、小面積セルで9.1%という変換効率を達成した。CZTS 薄膜の上に各種の薄膜を成膜する際の CZTS 薄膜の表面状態が、太陽電池の性能に大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。

システムチーム

（PV System and Application Team）

研究チーム長：加藤　和彦

（つくば中央第2）

概　要：

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

年度進歩：

太陽光発電システムの長期信頼性に関する研究開発については、発電性能が低下した太陽電池モジュールをオンサイトで探索することを目的とした「太陽光発電システムの現地ストリング I-V 特性測定による発電性能判定基準試案」を策定し公開した。

さらに、昨年度に着手した当所つくばセンターに設置されている太陽光発電設備の全数詳細分析調査については、全数（約5,600枚）の約30%の屋内測定（I-V 特性および EL 発光分析）が実施済みであり、さらに平成25年度末の完了に向けて作業を進めている。

発電量予測手法については、予測精度向上に向けた予測アルゴリズムの検討や気象モデルのパラメータ感度分析をさらに実施している。

評価・標準チーム

（Calibration, Standards and Measurement Team）

研究チーム長：菱川　善博

（つくば中央第2）

概　要：

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

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

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

3）様々な気象条件・設置条件での太陽電池の日間・月間・年間等の発電量（kWh 定格）を高精度に評価する技術を開発する。

年度進歩：

1）ソーラシミュレータ法による一次基準太陽電池セル並びに二次基準太陽電池セルの校正を実施すると共に、更に高精度な校正技術開発を実施している。ソーラシミュレータ法による太陽電池校正技術を高度化するための要素技術の開発として、精密構造型絶対放射計の開発および基準モジュール校正技術の開発を行った。更に不確かさを大幅に低減するための校正技術として、絶対分光感度法による校正技術を開発している。

2）太陽電池メーカー等で研究・開発された各種新型太陽電池セル・モジュールの測定技術開発および測定を行った。昨年度までに開発したモジュール分光感度評価技術の IEC 国際標準化を推進するとともに技術を高度化し、モジュール内の太陽電池分光感度の温度依存性の高精度な実測を可能とした。アジア地域の中立機関における太陽電池国際比較測定を産総研の主催により実施してとりまとめ、現状の整合性の確認と課題の抽出を行った。

3）多様化する太陽電池技術に対し、STC を補完する評価体系として、発電量定格方式の評価技術を開発し、IEC 61853国際規格等による標準化に貢献している。産総研つくばセンターと九州センターにおける太陽電池モジュール発電量計測システムを整備・運用して、発電量評価技術の開発を行い、開発した評価手法により単結晶・多結晶シリコン太陽電

池共に±3%の精度で発電量を算出できることを明らかにした。また、九州センターにおいて、系統連系した実運用下における太陽電池システムの発電量評価を行い、各種太陽電池アレイの DC 年間発電量が1kW あたりおよそ1400kWh であることを明らかにした。集光型太陽光発電システムの日米共同実証実験として、日米に同一の集光型太陽光発電システムを設置して、発電性能の同時検証（比較）を行っている。日本では岡山市に設置。カウンターパートは、国立再生可能エネルギー研究所（NREL)。特に高効率集光型太陽電池においては，平板型太陽電池と同様の温度・照度・スペクトルの要素に加えて、セル、光学系、アレイ、追尾架台等のアラインメント等、集光型に特有な要素が重要であり、検討を進めている。

革新デバイスチーム

（Next Generation Device Team）

研究チーム長：松原　浩司（つくば中央第２）

概　要：

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

年度進捗：

高い変換効率を有する多接合型太陽電池の実現のために、複数の太陽電池を半導体接合法により接続する技術（スマートスタック技術）の開発を行っている。本年度の成果としては、前年度実証を行った導電性ナノ粒子配列を接合界面に介在させた直接接合技術に関し、工程最適化のもと接合抵抗＜2Ωcm^2、光吸収損失＜2%が得られ、またこれを用いて GaInP/GaAs/InGaAsP の3接合メカニカルスタックセルを試作した結果、予測特性に適う変換効率22.5%を達成した。今後は、セルの構造最適化により30%以上の高効率を目指すとともに、Si 系、CIGSe 系など異種材料間の接合および量産性、信頼性等の実用化技術に取り組む。スマートスタック太陽電池のボトムセル材料の一つとして、0.9eV 帯の SiGe 太陽電池の開発を行っている。Si 基板と SiGe 光吸収層の間に最適化された組成傾斜層を導入することにより、0.9eV 帯の高品質な SiGe 太陽電池の作製に成功した。一方、単接合で飛躍的な高効率化を達成できる技術として期待されている量子ドット太陽電池では、ワイドギャップの InGaP を母材とした量子ドット太陽電池の作製に成功するとともに、InGaP をバリアとする InGaAs 量子ドットのミニバンド形成にも初めて成功した。また、メカニカルスタックセルのトップセルとなる InGaP 太陽電池の高効率化を目指し、ARC 無しで変換効率12.1%を達成した。さらに固体ソース MBE を用いて InGaP/GaAs タンデムセルの作製に成功し、変換効率21.1%の高性能セルを得た。金属ナノ構造のプラズモン効果を利用した光閉じ込め技術の開発では、フレキシブルスタンプを用いた転写プロセスによる金属ナノ構造作製手法の導入に成功し、薄膜シリコン系太陽電池に適用して、近赤外領域の光電流生成が最大106%向上することを確認した。また多重キャリア発生による太陽電池の飛躍的な効率向上を目指して Si 系ナノ結晶の研究も行っている。Si ナノ結晶の特性は表面の状態（欠陥、酸化など）に大きく依存する。マイクロプラズマを利用した表面修飾法を開発し、それにより Si ナノ結晶の PL 量子収率を大幅に改善した。一方、Sn との混晶化により Si 系ナノ結晶の狭バンドギャップ化も試みた。パルスレーザを利用した液体中でのレーザアブレーションにより SiSn ナノ結晶の作製に成功し、得られた SiSn からの PL ピーク波長は通常の Si ナノクリスタルに比べ約250nm 長波長化しており、狭バンドギャップ化したことが確認された。

革新材料チーム

（Next Generation Device Team）

研究チーム長：佐山　和弘

（つくば中央第5）

概　要：

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

⑧【バイオマスリファイナリー研究センター】

（Biomass Refinery Research Center）

（存続期間：2012.4～2019.3）

研究センター長：平田　悟史

副研究センター長：榊　啓二

所在地：中国センター

人　員：20名（20名）

経　費：414,693千円（182,382千円）

概　要：

(1) 研究目的と手段

産総研では経済と環境を両立する「グリーン・イノベーション」の推進に取り組んでおり、再生可能で利用にあたって温室効果ガスの濃度に影響を与えないバイオマス資源を、効率よく安価に利用する技

術の研究開発もその一つである。バイオマスリファイナリー研究センター（BRRC）では、地球上に最も多く存在する有機化合物であるリグノセルロース（木質系・草本系バイオマス）を出発物質として、化学品原料、高性能複合材料、液体燃料を安価に製造するプロセス技術及び要素技術を開発している。

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

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

さらにリグノセルロースから化学品原料、高性能複合材料、液体燃料を製造するためには、多数の変換プロセスと要素技術が関与している。BRRC では経済性、環境性を指標にして種々のプロセスを比較し、その中から実現可能性の高いプロセスを選択して集中的に研究開発を進めている。また、BRRC 内だけでなく産総研内で異なる専門分野の研究者が連携することで、研究開発を効率的に進めている。

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

(2) 戦略課題への取り組み

BRRC が戦略課題として集中的に取り組んでいる研究テーマは次の3つである。

① ケミカル原料製造基盤技術の開発

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

分解・糖化におけるキーテクノロジーの一つが、糖化酵素である。リグノセルロースに含まれる成分であるセルロース、ヘミセルロースを分解して糖にする酵素としては、セルラーゼ、ヘミセルラーゼがある。糖化酵素を取り巻く世界の状況をみると、欧米の酵素メーカーが糖化酵素の市場を独占している。これに対し BRRC は、1）純国産技術による糖化酵素の製造・供給プロセスの構築、2）酵素のオンサイト生産によるコストダウン、3）酵素の高機能化による差別化、の3つの視点で研究開発に取り組んでいる。産総研の前身である微生物工業技術研究所の研究者が単離した微生物の遺伝子操作技術を確立し、目的とする酵素の生産性を高めるための研究開発を進めているほか、この微生物や酵素を必要とする場所で培養・生産することで、酵素を含んだ培養液を糖化に用いるという手法の開発、さらに、糖化酵素の耐熱化の検討に酵素利用チームが取り組んでいる。

リグノセルロースを分解・糖化すると、セルロースとヘミセルロースは分解されて糖になるが、高分子で複雑な構造の芳香族化合物であるリグニンは、分解されずにそのまま残る。リグニンはその構造から分解・利用が困難で、ボイラ燃料として利用されることが多かった。BRRC では今年度からリグニンの分解・利用技術の研究開発に取り組んでいる。BRRC の独自技術である水熱・

メカノケミカル・酵素糖化法で得られたリグニンは、酸による変性を受けていないため、天然の状態に近く、改変、利用が容易であるといわれている。そこでまず、この方法で得られたリグニンの性状について詳しく調べるところから着手している。本研究は成分分離チームが担当している。

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

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

② 高性能複合材料製造基盤技術の開発

セルロースは植物細胞の細胞壁及び繊維の主成分で、これをナノレベルに精製したセルロースナノファイバー、セルロースナノクリスタルは、製造方法の研究開発と、用途開発が並行して進められている。セルロース利用チームではセルロースナノファイバーをリグノセルロースから効率よく製造する技術を開発し、さらにその効率を高めるための研究開発や、セルロースナノファイバーの定量的な評価技術の開発を進めている、また複数の民間企業と共同で、セルロースナノファイバーを添加した高性能複合材料を試作し、その性能を評価するとともに、用途開発も進めている。

③ 液体燃料製造技術の開発

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

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

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

内部資金：
融合・連携推進予算（戦略予算）「産総研発バイオマス化学の研究開発」

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

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

文部科学省　グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス事業（GRENE）「植物 CO_2資源化研究拠点ネットワーク」

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

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

新エネルギー・産業技術総合開発機構　戦略的次世代バ

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

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

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

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

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

発表：誌上発表40件、口頭発表52件、その他4件

成分分離チーム

（Ingredient Separation Research Team）

研究チーム長：平田　悟史

（中国）

概　要：

成分分離チームでは、リグノセルロースを分解し、糖化工程の効率を高める前処理技術の開発並びに糖化残渣からのリグニンの回収・低分子化技術の開発を行っている。

リグノセルロースから糖を製造するための様々な技術が研究されているが、それらを同じ指標で比較、評価し、最適なプロセスを確立するため、熱および機械前処理から酵素糖化までの一連の実験と、得られた生成物の分析を一貫して行うための研究環境を構築した。

スギとユーカリについて、ボールミル処理、水熱処理、アルカリ処理、酸処理を行い、それぞれの条件での酵素糖化性を検討した。その結果、原料の違いにより各前処理の及ぼす影響が異なり、各原料に対する最適なプロセスを確立するための基礎的データが得られた。また、エネルギーコスト削減のために高濃度原料の酵素糖化処理における水熱前処理の効果を検討し、条件を最適化することで高濃度原料の酵素糖化が可能なことがわかった。

リグニンに関しては、リグニンの分解や利用における国内外の研究開発状況の調査を行い、リグニンの特性を評価するための研究環境を整備した。

研究テーマ：テーマ題目１

酵素利用チーム

（Enzyme Research Team）

研究チーム長：石川　一彦

（中国）

概　要：

シュガープラットフォームにおいて、リグノセルロースの糖化に適したセルラーゼの開発および高効率糖化に関する研究を行った。産総研で単離されたセルラーゼ高生産糸状菌（*Acremonium cellulolyticus*）を使用して、そのゲノム解析データを用いた遺伝子組換え技術を開発し、この技術を用いて本糸状菌のセルラーゼ生産性を向上させた。また本糸状菌を用いた酵素タンパク質のセルフ発現システムの構築によって、目的とするセルラーゼ群の発現・生産技術を開発した。さらに好熱菌から超耐熱性セルラーゼ群のクローニングおよび超耐熱性セルラーゼ群の構造・機能解析の研究を実施し、それらの情報からセルラーゼを高機能化（耐熱化）するための基盤情報を入手した。

研究テーマ：テーマ題目１

微生物変換チーム

（Bio-conversion Research Team）

研究グループ長：星野　保

（中国）

概　要：

同時糖化発酵に適した耐熱性酵母として *Kluyveromyces marxianus* をバガスから分離し、遺伝子組換えによりキシロース資化性を付与した菌株を構築した。リグノセルロースの糖化では多量のキシロースが得られる。また、効率的な発酵法による物質生産では、バイオマスの糖化と発酵を同時に行うことが提案されている。このためキシロース資化性を有し、糖化反応と同等の温度に耐えうる宿主微生物の開発が求められている。45℃まで発酵能を有する *K. marxianus* DMB-1株に、出芽酵母のキシロース資化性を付与した3遺伝子を導入し、キシロース資化性をもつ耐熱性酵母を作出した。

一方、遺伝子組換え効率の高い合成ガス資化性好熱性細菌を広島県大竹市の土壌中から分離し、遺伝子組換え系を構築した。合成ガス資化性好熱性細菌 *Moorella thermoacetica* は発酵法による合成ガスプラットフォームの宿主微生物として有望であるが、遺伝子組換え効率の低さが研究のネックとなっていた。*M. thermoacetica* Y72株は既存の菌株と比較して約20倍高い形質転換効率を示すが、この株のゲノム解析を行い、ドラフトゲノムを得た。

研究テーマ：テーマ題目１

セルロース利用チーム

（Cellulose Research Team）

研究グループ長：遠藤　貴士

（中国）

概　要：

当研究センターが開発した、水熱・メカノケミカル処理技術を基盤として、リグノセルロースから強度物性に優れるセルロースナノファイバーの製造技術、ナノファイバーと樹脂等との複合化技術およびナノファイバー評価技術に関する研究開発を行った。

水熱・メカノケミカル処理では、水熱処理により強靭な木質組織を脆弱化し、湿式粉砕によって組織を効率的にほぐしてナノファイバーを製造する。得られたナノファイバーの特性を活かして樹脂と複合化するためには、高含水であるナノファイバーの乾燥と凝集抑制、樹脂への均一分散、ナノファイバーの形状や表面状態の評価が重要である。

本年度は、木質原料を用いて、ナノファイバー製造特性の評価を進めた。また、ナノファイバーの樹脂複合化時の乾燥による凝集抑制方法として、水溶性高級脂肪酸塩等の添加効果、特殊樹脂を用いたマスターバッチ化法の有効性、および少ないナノファイバー複合化量での樹脂補強効果を明らかにした。ナノファイバー評価技術では、電子顕微鏡による形態評価や比表面積測定とともにセルラーゼ等の酵素をプローブとしたナノファイバー化度合いの評価や表面特性解析手法の開発を進めた。

研究テーマ：テーマ題目２

BTL プロセスチーム

（BTL Process Research Team）

研究グループ長：平田　悟史

（中国）

概　要：

Fischer-Tropsch 合成においては、Co/SiO_2触媒に関して、添加金属として Zr（8 wt%）および Mn（1 wt%）の添加が有効であり、Co、Mn、Zr を共含浸法で添加した Co 触媒の CO 転化率が高く、かつ30時間活性が維持されることを確認した。また、Co/TiO_2（ルチル相）触媒に関して、添加金属として Ca（0.8 wt%）を添加した場合、異なる相を持つ担体や他の金属を添加した Co 触媒と比較して、高い CO 転化率および炭素数5以上の炭化水素選択性が得られることがわかった。水素化分解については、まず FT 生成物のモデル物質であるオクタコサン（$C_{28}H_{58}$）およびヘキサトリアコンタン（$C_{36}H_{74}$）を用いて Pt 触媒のスクリーニングを行った。一般的に $C_{28}H_{58}$ は $C_{36}H_{74}$と比較し反応性が低いにも関わらず、Pt 担持ベータタイプゼオライト触媒を用いた場合、高い転化率とジェット燃料収率を得た。また、$C_{36}H_{74}$を用いた Pt 担持量の影響の検討から、Pt 担持量を0.1 wt%まで低減してもジェット燃料収率は30.1%（炭素基準）に維持できることがわかった。

研究テーマ：テーマ題目３

実証・実用化チーム

（Demonstration and Practical Application Team）

研究グループ長：美濃輪　智朗

（中国）

概　要：

糖化・発酵プロセスによるバイオエタノール製造は、BRRC の前身のバイオマス研究センターで基盤技術の研究が進み、一部は民間企業によるパイロットスケールでの実証研究が進められている。BRRC では、民間企業が実施する実証・実用化研究の支援、要素技術の改良による変換効率向上並びにエネルギー消費量低減のための要素技術の改良研究、新たなバイオマス資源へ技術を適用するための応用研究を実施した。民間企業で実施しているパイロットプラントの運転から得られるデータを基に実用化プロセスでのプロセスシミュレーションを行い、エネルギー収支2を超える値を得た。また、リグニン残渣を副生エネルギーとして利用することでエネルギー自立型プロセスを構築できることを明らかにした。経済性に大きな影響を与える酵素コストについて、酵素のオンサイト生産の経済性評価を行ってその有効性を確認するとともに、酵素生産性に対する酸素溶存速度に関する工学パラメータを実験的に整理した。さらに本プロセスの稲わらやバガスへの応用についてもプロセスシミュレーションを行い、経済性、環境性を検討した。

研究テーマ：テーマ題目３

［テーマ題目１］ケミカル原料製造基盤技術の開発

［研究代表者］榊　啓二（副研究センター長）

［研究担当者］榊　啓二、井上　誠一、柳下　立夫、藤本　真司、石川　一彦、井上　宏之、藤井　達也、星野　保、村上　克治、塚原　健一郎、松鹿　昭則、中島　信孝、関根　伸浩、秋田　総理、片岡　未有、渡邊　真宏、中林　誠、喜多　晃久、五島　徹也、福田　和義、新　優子、諏訪　祥士、西本　有紀、福畠　悠介、東　孝一郎、敎蓮　陽子、角井　みゆ、吉見　美穂、時藤　千歳、前野　友香、井上　ベンチャポン、岸下　誠一郎、岸下　洋子、立石　能子、濱田　佳子、森川　博代、根冝　香奈子

（常勤職員12名、他25名）

［研 究 内 容］

BRRC では再生可能で利用にあたって温室効果ガス

の濃度に影響を与えないバイオマス資源を、効率よく安価に利用する技術開発を実施している。本研究はこの一環として、リグノセルロースを出発物質とし、化学品原料を安価に製造するプロセス技術及び要素技術の開発を目的としている。

リグノセルロースを分解し、後段の糖化工程の効率を高める前処理技術の開発並びに糖化残渣からのリグニンの回収・低分子化技術の開発では、リグノセルロースから糖を製造するための多様な技術を同じ指標で比較、評価し、最適なプロセスを確立するため、熱および機械前処理から酵素糖化までの一連の実験と、得られた生成物の分析を一貫して行うための研究環境を構築した。また、リグニンに関しては、リグニンの分解や利用における国内外の研究開発状況の調査を行い、リグニンの特性を評価するための研究環境を整備した。BRRC 独自技術である水熱・メカノケミカル・酵素糖化法で生成した糖化残渣の特性分析と糖化残渣からのリグニンの回収技術を検討した。糖化残渣中にはまだ未反応の糖が多く残っており、リグニンの回収が必要であった。そこで糖化残渣を水熱処理することにより、その処理残渣中のリグニン含有率が向上し、さらに一部残渣の低分子化が可能であることが分かった。

リグノセルロースの糖化に適した純国産技術による糖化酵素の製造・供給プロセスの構築、酵素のオンサイト生産によるコストダウン、酵素の高機能化による差別化のため、酵素製剤の開発および高効率糖化に関する研究を行った。産総研で単離されたセルラーゼ高生産糸状菌（*Acremonium cellulolyticus*）および、そのゲノム解析データを用いて遺伝子組換え技術を開発し、この技術を用いて本糸状菌のセルラーゼ生産性を向上させた。さらに、本糸状菌を用いた酵素タンパク質のセルフ発現システムの構築によって、目的とするセルラーゼ群の発現・生産および構造機能解析のための基盤技術を開発した。

リグノセルロース由来糖化液からバイオ変換により化学品原料を高効率で製造するため、酵母、大腸菌をプラットフォームとした技術開発では、キシロースなど糖化液に含まれる通常酵母が資化できない5単糖に対する発酵性の付与と、糖化反応と発酵時の温度差を解消するため宿主の耐熱性が求められる。本年度、同時糖化発酵に適した耐熱酵母を選抜し、遺伝子組換えによりキシロース資化性を付与した菌株を構築した。キシロース資化性を付与した工業用酵母のキシロース発酵性向上のため、DNA マイクロアレーを用いた代謝変動解析を行い、キシロース発酵時には飢餓と同じ状態であることを見出した。また、キシロース資化性を有する大腸菌ではバイオマス由来の化合物が遺伝子組換え体の維持や遺伝子発現に必須となる安価な遺伝子組換え発酵法を開発した。

一方、合成ガスを出発物質とする発酵法によるケミカル原料の製造を目的とした技術開発では、合成ガス成分である水素、一酸化炭素、二酸化炭素を利用する微生物を用いた遺伝子操作技術確立が必要である。本年度、広島県内の土壌より、既存の菌株と比較して約20倍形質転換効率の高い合成ガス資化性好熱性細菌を分離・単離し、遺伝子導入に成功した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］リグノセルロース、糖化酵素、バイオ変換

［テーマ題目２］高性能複合材料製造基盤技術の開発

［研究代表者］遠藤　貴士（セルロース利用チーム）

［研究担当者］遠藤　貴士、李　承桓、岩本　伸一朗、三浦　豊和、石黒　真希、山本　茂弘、熊谷　明夫、武　龍、北浦　敦志、谷岡　拓弥、下地　良平、妙見　夕佳（常勤職員3名、他9名）

［研 究 内 容］

地球環境保全等の観点から、木質系バイオマスの利活用技術開発においては、バイオエタノール等エネルギーへの転換技術とともにマテリアルとしての利用技術開発が重要となっている。木質の主要成分はセルロース、ヘミセルロース、リグニンであるが、セルロース分子は自己集合してミクロフィブリルと呼ばれるナノサイズの超微細繊維を形成している。この超微細繊維は，セルロースナノファイバーとも呼ばれ，その強度は鋼鉄の5倍でありながら比重は5分の1という軽量・高強度の特性を持っている。本テーマでは、このナノファイバーの特性を活かして樹脂と複合化することによって、汎用プラスチック以上の性能を発揮する高性能複合材料製造基盤技術の開発を目指している。

木質系バイオマスからのナノファイバー製造では、当研究センターで開発した水熱・メカノケミカル処理を基盤技術としている。木質組織は、ナノファイバーが集合・積層した構造であるため、適切な方法でほぐせばナノファイバーを製造することができる。しかしながら、木質はセルロース等の成分が複雑に積層した強靭なナノ構造体であるため、ナノファイバーへとほぐすのは容易ではない。水熱・メカノケミカル処理では、最初に木質を100℃以上の加圧熱水を用いて水熱処理することによりヘミセルロース等の成分を部分的に加水分解する。この処理により木質組織は脆弱化する。次に、ディスクミル等を用いて機械的に湿式粉砕することにより，木質組織は効率的にナノファイバーにほぐされる。

ナノファイバーの製造では水が必須であるため、生成物は大量の水に分散したスラリー状の物質として得られる。ナノファイバーをポリプロピレン等の疎水性の樹脂と複合化するためには、水を除去する必要がある。しかし、単純な乾燥処理等ではナノファイバーは強度に凝集し、利用性が著しく低下する。

本年度は、ヒノキ等の間伐材を原料として、ディスク

ミルを用いてナノファイバーを製造し、ポリプロピレンとの直接複合化手法の開発を進めた。ヒノキから製造されたナノファイバーについては精製等を行わずにそのまま用いた。このナノファイバーはセルロース以外にもヘミセルロースやリグニン等を含有しているためリグノセルロースナノファイバーと呼ぶことができる。

ナノファイバーを樹脂と直接に複合化する方法として、融点が160℃以上あるポリプロピレンに溶融状態でナノファイバーを混合すると、急激に水が蒸発してナノファイバーの凝集が起こり、樹脂に均一に分散できない。そこで、融点が100℃以下の低融点樹脂を用いる方法について検討した。その結果、水を蒸発させながら低融点樹脂にナノファイバーを混合・分散させることで、ナノファイバーを高濃度で含むマスターバッチを製造し、次いでポリプロピレンと複合化することにより、ナノファイバーを均一に分散した複合体を製造することができた。得られた複合体は、わずか1wt%のナノファイバー添加量でも強度物性が1.2倍以上向上し、さらにポリプロピレンの持つ伸び物性も維持させることができた。

さらに、親水性のナノファイバーをポリプロピレンに複合化する方法として、ナノファイバー表面を界面活性剤でコートすることにより疎水性に転換する方法についても検討を進めた。界面活性剤コートの効果を明確にするために、リグニンを含まない高純度のセルロースナノファイバーを用いて、複合材料中での分散性および複合材料の機械的性質を評価した。界面活性剤にはポリオキシエチレン（10）ノニルフェニルエーテルを用いた。界面活性剤をコートすることで、ナノファイバーはトルエンに分散可能な状態まで疎水化され、ポリプロピレンに均一に分散させることに成功した。複合材料の強度および伸びは分散性の向上により顕著に向上した。

ナノファイバーの評価方法として、電子顕微鏡や原子間力顕微鏡を用いた直接的な観察方法は有効であるが、部分的な観察であり全体的に評価することが困難である。そこで、セルラーゼ等の酵素を用いた生化学的評価と比表面積測定による物理的評価の関係について検討を行った。基盤試験として、種々の条件での水熱処理およびボールミルを用いた湿式粉砕処理によりナノファイバーを調製し、酵素糖化試験および比表面積測定を行った結果、酵素糖化性と比表面積に高い相関があることが分かった。さらに、ナノファイバー表面の特性を評価する方法として、酵素をプローブとして水晶振動子マイクロバランス法による評価手法の構築を進めた。その結果、サイズを均一化したナノファイバーを用いることで水晶振動子センターを作製することができ、酵素の吸着・分解特性をリアルタイムで評価できることを明らかにした。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］セルロースナノファイバー、複合材料、湿式粉砕

［テーマ題目３］液体燃料製造技術の開発

［研究代表者］平田　悟史（BTL プロセスチーム）

［研究担当者］花岡　寿明、宮澤　朋久、志村　勝也、美濃輪　智朗、矢野　伸一、滝村　修、横山　英幸、田邊　展久、門前　智美、文　多美、孫　孝政、舞田　浩一（常勤職員6名、他6名）

［研 究 内 容］

BTL プロセスの中で、Fischer-Tropsch 合成および水素化分解の各工程において高性能な触媒の開発を目的とする。FT 合成においては、①担体として SiO_2およびTiO_2を用いた Co 触媒の高性能化、水素化分解においては、②Pt 触媒を用いた FT 生成物からジェット燃料の製造について検討を行った。

①について、ラボスケールのスラリー層流通式反応装置を用い、Co 触媒の性能を評価した。担体として、SiO_2は CTL（Coal to Liquid）および GTL（Gas to Liquid）の商業プロセスで用いられており、TiO_2は安価、安定であり、構造を制御する方法が確立しているため、研究対象として取り上げた。Co/SiO_2触媒に関して、添加金属として Zr（8 wt%）および Mn（1 wt%）の添加が有効であり、Co、Mn、Zr を共含浸法により同時に担持すること、他の添加金属、添加方法により調製した Co 触媒と比較し、CO 転化率が高く、かつ30時間活性が維持されることを見出した。また、Co/TiO_2（ルチル相）触媒に関して、添加金属として Ca（0.8 wt%）を添加した場合、異なる相を持つ担体や他の金属を添加した Co 触媒と比べて、高い CO 転化率および炭素数5以上の炭化水素選択性を得た。なお、$Co\text{-}Mn\text{-}Zr/SiO_2$触媒と比較し、性能は低いものの、助触媒である Ca が安価であり、還元処理温度が100℃低いという利点があった。

②については、オートクレーブを用い、石油化学工業で用いられている水素化分解用触媒である Pt 触媒について、FT 生成物のモデル物質（$C_{28}H_{58}$および $C_{36}H_{74}$）を用いて担体のスクリーニングを行った。その結果、ベータタイプゼオライトを用いることで、両モデル物質を用いた場合とも高いジェット燃料収率を得た。さらに$C_{36}H_{74}$を用いて、Pt 担持量、反応温度、水素圧力がジェット燃料製造に及ぼす影響を検討し、Pt 担持量0.1 wt%、反応温度250℃、圧力0.9 MPa の場合、最も高いジェット燃料収率を得た。

糖化・発酵プロセスによるバイオエタノール製造は、BRRC の前身であるバイオマス研究センターでの研究により基盤技術が開発されているので、これに基づいて実証・実用化に向けた研究開発を実施している。

リグノセルロース系バイオマスからのバイオエタノール製造では、デンプン等からの製造に比べて高コストであり、実用化のためには安価に製造するための技術が求められている。コストの中でも糖化酵素に関わるものが

大きな割合を占めるため、酵素コストの低減が重要である。そのためには酵素メーカーから酵素製剤を購入するのではなく、エタノール生産者が自らエタノール生産の場所で酵素を生産するオンサイト酵素生産が必要とされる。NEDO、JST からの委託研究、および民間企業との共同研究等において、糖化酵素のオンサイト生産に関する研究を実施した。酵素生産菌の培養には炭素源が必要であるが、エタノール生産用のバイオマスを酵素生産菌の炭素源としても使用することが合理的と考え、旧工業技術院で開発された日本独自の酵素生産糸状菌である *Acremonium cellulolyticus* を用いて各種バイオマスを炭素源として生産菌の培養を行い、十分な酵素生産ができることを明らかにした。また糸状菌による酵素生産ではスケールアップの際に生産性が変動することが知られているので、スケールアップを円滑に進めるために、糸状菌培養のスケールアップに関する基礎研究を行った。糸状菌は好気性であるため、酸素の供給が菌の生育や酵素生産性に影響することが知られており、培養における酸素供給に関しては総括酸素移動容量係数（kLa）が重要なパラメーターと考えられるので、kLa と酵素生産との関係を明らかにする実験を行った。その結果、kLa と酵素生産性の間に相関関係があることが明らかになり、小スケールで良い生産性が得られている場合、スケールアップの際に kLa 値が確保されるように留意することが重要であるという知見が得られた。

バイオエタノール製造プロセスにおける LCA 解析の研究においては、民間企業と共同で実施している一貫製造プロセスによるパイロットプラントから得られるデータを基にプロセスシミュレーションを行い、リグニン残渣を有効利用することでエネルギー自立型のプロセスを構築できることを明らかにした。それにより、「バイオ燃料技術革新計画」の数値目標の「エネルギー収支2以上」および「CO_2削減5割以上（対ガソリン）」を達成できることを示した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］バイオエタノール、バイオジェット燃料、BTL プロセス

⑨【ユビキタスエネルギー研究部門】

（Research Institute for Ubiquitous Energy Devices）
（存続期間：2004. 4. 1～）

研 究 部 門 長：小林　哲彦
副 研 究 部 門 長：谷本　一美
首 席 研 究 員：境　哲男、香山　正憲
総 括 研 究 主 幹：辰巳　国昭、安田　和明

所在地：関西センター
人　員：70名（70名）
経　費：1,246,157千円（511,774千円）

概　要：

東日本大震災から2年経過し、原子力発電所の事故の産業及び社会生活への影響を踏まえ、エネルギーの安定供給をはかるためにもエネルギー戦略の見直しの認識がなされています。これまでにも提起されてきた化石エネルギー資源の枯渇及び産出国諸国の不安定さによる資源供給の不確かさ、地球温暖化の原因とも言われる二酸化炭素の排出量の増加への対応も依然として求められています。その対応策の一つとして自然エネルギー利用技術も期待は高まっています。資源、環境、社会情勢の制約の中で、安全・安心なくらしの確保のために、新しい技術開発の展開も考え持続可能なエネルギー需給の実現を図る必要があります。そして、近年のわが国の産業界については、東アジア諸国の経済発展に伴う、相対的な産業競争力の低下に苦しむ状況が継続して続いています。現在、新成長戦略で示されたグリーン・イノベーションを基軸として、環境調和型社会の構築と経済発展の両立を持続可能という条件も加えて、その実現を目指しています。

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

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

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

アップとなる「産業基盤技術の提供」を進めたいと考えております。そしてこれらの研究開発をバランスよくマネージメントすることで基礎研究から製品化までの「本格研究」を実践し、社会・産業界の発展に貢献したいと考えています。

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

外部資金：
経済産業省　平成24年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）
「ハイブリッド水素タンクの信頼性向上に関する研究」

経済産業省　平成24年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）
「再生可能エネルギーのキャリアーとしての水素・化学水素化物の活性化技術に関する研究」

経済産業省　平成24年度国際標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化推進事業（国際標準共同研究開発事業：燃料電池に関する国際標準化））

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

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

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

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

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

独立行政法人科学技術振興機構　戦略的創造研究推進事業（ALCA）
「二酸化炭素と水素からの炭化水素製造技術の実用化に向けた基礎研究」

独立行政法人科学技術振興機構　戦略的創造研究推進事業（ALCA）
「シングレットフィッションの太陽電池への活用」

独立行政法人科学技術振興機構　戦略的創造研究推進事業（ALCA）
「水素による蓄電を実現する燃料電池／水電解可逆セル基盤技術の開発（高活性可逆セル酸素極触媒の開発）」

独立行政法人科学技術振興機構　戦略的創造研究推進事業（ALCA）
「レドックスメディエーターレドックスフロー電池システム」

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

独立行政法人科学技術振興機構　研究成果展開事業　産学共創基礎基盤研究プログラム
「ハミルトニアンからの材料強度設計」

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

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

「光反射シリカ粒子による温度応答性調光省エネルギーガラスの研究」

独立行政法人科学技術振興機構　戦略的国際科学技術協力推進事業
「高性能室温熱電酸化物材料の探索」

国立大学法人東京大学
「計算物質科学技術推進体制構築の「研究支援」の推進」

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

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究（A）
「白金を含む多元金属ナノ粒子の内部構造と触媒活性の関係の研究」

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)
「リチウムイオン電池材料の表面・界面の原子･電子レベル解析」

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)
「開殻分子系の開殻因子、荷電・スピン状態を制御因子とする新規非線形光学物質の設計」

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)
「薬物送達システムに資する無機中空蛍光体の蛍光特性に関する基礎的研究」

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)
「高励起状態への遷移による有機分子の短波長励起二光子吸収特性の解明とその機能化」

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)
「積層型水素吸蔵合金の水素吸蔵・放出特性向上因子の抽出と高機能化に関する包括的研究」

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)
「ビスマスナノプレートの磁気的および電気的特性に関する研究」

文部科学省　科学研究費補助金　挑戦的萌芽研究
「液晶内包シリカナノ粒子の研究」

文部科学省　科学研究費補助金　新学術領域研究
「第一原理計算によるバルクナノメタルの基礎物性設計」

文部科学省　科学研究費補助金　若手研究（B）
「電極触媒のナノ界面研究」

文部科学省　科学研究費補助金　若手研究（B）
「二種の鎖状分子の同時配向制御と有機薄膜太陽電池の異方的な電子物性に関する研究」

文部科学省　科学研究費補助金　若手研究（B）
「有機活物質によるリチウム二次電池レアメタル正極の代替」

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

文部科学省　科学研究費補助金　特別研究員奨励費
「新しい液相窒素系水素貯蔵材料の研究」

文部科学省　科学研究費補助金　特別研究員奨励費
「新しい窒素－ホウ素系化学水素貯蔵材料の研究」

文部科学省　科学研究費補助金　特別研究員奨励費
「高性能水素貯蔵システムの研究」

文部科学省　科学研究費補助金　特別研究員奨励費
「高性能水素貯蔵材料としてのホウ素－炭素－窒素系多孔質高分子の研究」

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

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

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構　動物衛生研究所
「畜産物における病原微生物のリスク低減技術の開発」

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

一般財団法人日本自動車研究所
「車載電池の性能評価手法の技術開発」

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

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

発　表：誌上発表177件、口頭発表448件、その他36件

ナノ材料科学研究グループ

（Materials Science Research Group）

研究グループ長：香山　正憲

（関西センター）

概　要：

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

新エネルギー媒体研究グループ

（New Energy Carrier Research Group）

研究グループ長：清林　哲

（関西センター）

概　要：

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

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

次世代燃料電池研究グループ

（Advanced Fuel Cell Research Group）

研究グループ長：五百蔵　勉

（関西センター）

概　要：

次世代の燃料電池に資する新技術に関する基礎技術研究を進めるとともに、新たなコンセプトの萌芽的研究テーマに取り組んでいる。高い耐酸化性を有する酸素欠損型チタン酸化物を担体に用いたカソード触媒の開発を継続して行い、実セル環境においても従来触媒に比べ高い高電位耐性と安定性を実現できることがわかった。一酸化炭素（CO）酸化活性の高い新規な有機錯体系アノード触媒の開発についても継続し、酸溶液中では錯体の安定性が中心金属に強く依存することを明らかにした。また、錯体触媒合成のスケールアップ手法についても検討し、条件最適化を行った。亜鉛−空気電池の可逆空気極触媒としてペロブスカイト型酸化物とカーボン担体の複合化手法の検討を行い、ボールミルによる複合化条件を見出した。レドックスメディエータを用いた新規なレドックスフロー電池型のシステムに関する開発を行い、新型セル・電解液反応再生槽を結合することで間接的に燃料電池と同等に機能するシステムとなり得ることがわかった。この他、固体高分子形燃料電池・水電解可逆セルに関する高性能酸素極触媒の開発、非白金錯体系酸素還元触媒材料の開発、アルカリ形燃料電池用触媒材料の開発、アニオン交換膜型燃料電池における炭酸イオン挙動の理論的解析に関する研究等を行った。

蓄電デバイス研究グループ

（Advanced Battery Research Group）

研究グループ長：小林　弘典

（関西センター）

概　要：

電動クリーンエネルギー自動車の利便性向上のため、十分な信頼性・安全性を兼ね備えた高エネルギー密度

の蓄電池が必須であることから、当研究グループでは、「(1)高性能蓄電デバイスの研究」並びに「(2)車載用リチウムイオン二次電池の劣化機構の解明および劣化抑制手法の開発」に取り組んでいる。(1)に関連して、リチウム系を中心とした新規電極材料の開発並びに新型蓄電デバイスの創製に関する研究を行ってきた。リチウム系負極としては、粘度よりも還元安定性がイオン液体中でのデンドライト状 Li 析出抑制の重要な因子であることを明らかにし、VC フリーの電解液中でも充放電試験時にデンドライト状析出抑制を可能にする手法を見出した。また、リチウム系正極としては、活物質重量当たり650mAh/g を示す新規な非晶質金属多硫化物 TiS_4を見出した。(2)に関連して、車載用リチウムイオン二次電池の劣化抑制手法の開発に取り組んできた。被覆材料の種類による正極活物質上の被覆層の構造や組成の違いを可視化することで、表面被覆の電池寿命改善への効果とメカニズムの解明に成功しつつある。また、共通基盤技術として車載及び定置用蓄電池について各種試験を実施することで国際標準化を見据えた技術開発を実施してきた。

電池システム研究グループ

（Battery System Collaborative Research Group）

研究グループ長：境　哲男

（関西センター）

概　要：

本研究グループでは、企業との資金提供型共同研究を実施しており、多様な専門化から構成される連携チームを結成して、新材料開発とそれらの高度解析、電池システムでの性能実証、安全性評価までを総合的に推進し、その中で基礎から応用までを総合的にマネジメントできる研究開発人材の育成を図っている。1) 開発した La-Mg-Ni 系積層型合金負極（国際特許取得）の大型電池での性能実証。ファイバー型ニッケル正極の連続製造プロセスの開発と大型電池での性能実証。2) 高容量シリコン系負極のポリイミドバインダや SUS 箔集電体などを開発して、60℃での、10C 率（1/10時間放電）で、3000サイクルの寿命を実証。また、釘刺し試験で発火しにくいことを実証。また、高容量な Li 鉄シリケート系正極や有機イオウ系正極を開発して、1Ah クラス電池を試作し、過充電試験でも発火しないことを実証。3) 磁場勾配 NMR を用いて、リチウムイオン電池セパレータと電解液・電解質との相互作用状態を調べ、リチウム塩の解離やカチオン易動度に影響する因子を解明。4) 開発した FTA アニオン系イオン液体を用いたモデルセルを試作し、有機溶媒電解液を上回る出力特性を実証。また、開発した低融点の LiFTA 塩を、リン酸鉄リチウム正極電池に適用し、100℃以上でも良好に作動することを実証。5) 金属多孔体上に緻密なパラジウム系合金薄膜をめっきした水素分離膜と、400℃以上での耐久性を有するメタノール水蒸気改質触媒を組み合わせたリアクターを開発して性能実証。6) キャピラリー電気泳道動を基本とする各種解析手法を構築して、燃料電池触媒の劣化関連物質を解明。

デバイス機能化技術グループ

（Photonic Device Application Group）

研究グループ長：谷垣　宣孝

（関西センター）

概　要：

持続可能社会実現のため、主に家庭やオフィスにおける省エネルギーに資する光デバイスの開発を目標とする。無機材料技術、有機・高分子材料技術、材料プロセス技術、光計測技術、理論解析を駆使して、光デバイス研究を進める。(1)有機・高分子材料の分子配向に着目した光－電気エネルギー変換素子（有機 EL 素子、有機薄膜太陽電池）の開発、(2)ガラス材料等を用いたサブ波長構造を持つ光機能デバイス（屈折・回折素子、反射防止レンズ、拡散・導光など）の開発、(3)大容量光データ記録のための二光子吸収材料の研究、(4)可視光通信やセンサを志向したプラズモニック波長フィルタの開発、(5)ナノ構造制御した希土類含有酸化物蛍光体の開発、(6)磁気共鳴イメージングにおける雑音低減などの計測技術の研究等を行っている。省エネルギー、省資源に貢献するデバイス技術とともに、製造プロセスの省エネルギー化についても取り組んでいる。また、光マネジメント技術をベースにして未利用の光を効率よく使う技術についても検討している。

ナノ機能合成グループ

（Synthetic Nano-Function Materials Group）

研究グループ長：清水　洋

（関西センター）

概　要：

ナノテクノロジーをベースとして、ナノ空間の制御による材料の高機能化や新材料の開発を行い、実用的なモジュール、デバイス化技術も含めた総合的な研究開発を旨とした活動を行っている。具体的には、(1)金属酸化物による新規かつ実用性に優れた熱電材料とモジュール化技術の研究開発、(2)ナノ細孔を持つシリカ粒子の内部修飾による新たな高機能材料の研究開発、(3)液晶性材料の独自の特徴を生かした新規なエレクトロニクス応用を目指した研究開発、(4)金ナノ粒子やナノカーボンから金属酸化物に至る種々の材料系における機能性ナノ集合構造の構築と応用技術の研究開発、(5)革新的水処理技術の開発等により新たな省エネルギー、新エネルギー技術の研究開発を通して新産業創出を目指す。また、関西地域のナノテクノロ

ジー研究開発の尚一層の促進と新産業創出に貢献すべく、地域的視野から国際的な視野に至る広範な視野の中で新たな情報発信拠点として材料創製及び機能システム創製のための独自の研究活動を展開している。

高機能ガラスグループ

（Advanced Glass Group）

研究グループ長：赤井　智子

（関西センター）

概　要：

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

照明の省エネルギー・省資源を目的として、当グループでは、(1) 希土類を使用する高効率蛍光ランプ用蛍光体の使用量低減技術、(2) LED 照明用蛍光材料、材料設計基盤技術の開発を行っている。またさらなる省エネを達成するために蓄光材料の開発も行っている。ランプ用蛍光体技術として、昨年度まで開発した高磁場勾配磁選法により、実際の市中から回収された廃蛍光体から緑色蛍光体 $LaPO_4$:Ce, Tb が分離できることを示した。また、高効率に発光するシリカをスラリー中に分散させ、蛍光体の30-40%の輝度で発光するシリカ膜を作製した。蓄光ガラス複合体については、高輝度を達成するために光線追跡を用いてシミュレーションする手法を確立した。

エネルギー材料標準化グループ

（Research Group for Standards of Energy-related Material）

研究グループ長：境　哲男

（関西センター）

概　要：

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

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

イオニクス材料研究グループ

（Ionics Research group）

研究グループ長：谷本　一美

（関西センター）

概　要：

二次電池及び燃料電池のための新規な電池材料の創製を目指し、リチウムイオン電池をはじめ、高いエネルギー容量化及び長期でのサイクル特性に優れる二次電池材料の開発を行い、燃料電池では高効率でクリーンとなる新たなアニオン膜電解質材料での固体高分子形燃料電池への適用の可能性評価を進めている。その中で、二次電池の新しい電極材料について、その機能発現や機能変化の状態・形態変化を調べる計測分析法の開発も進めている。リチウムイオン電池については、当所が NEDO プロジェクトにて産学官連携で開発を進めてきた鉄マンガン系酸化物正極材料を電気自動車用途の二次電池製造を行う電池メーカーが、平成24年度から NEDO 実用化助成事業として開始した。当研究グループとしても、さらに実用電池システムとするために、電池容量材やサイクル特性の劣化などの材料機能の変化と材料の状態・形態の変化との関連性を調べて、さらなる高機能材料設計指針を提供できるように、この実用化助成事業にも再委託先として参画し研究を進めている。また、固体高分子形燃料電池に関して技術研究組合 FC-Cubic へ参画し、電池特性に密接に係る電極触媒表面での電解質機能と状態についての研究を進めている。

⑩【環境管理技術研究部門】

（Research Institute for Environmental Management　Technology）

（存続期間：2004.5.1～）

研究部門長：田尾　博明

副研究部門長：近藤　裕昭、田中　幹也

所在地：つくば西

人　員：60名（60名）

経　費：836,164千円（506,930千円）

概　要：

1．部門のミッション

環境管理技術研究部門では、持続的発展可能な社会の実現に向け、経済産業の発展と安全・安心な環

境を両立させるため、産業起源の環境負荷の管理・低減・再資源化に関する科学技術研究開発を行い、環境技術産業の振興・創出を図るとともに環境関連政策の立案・実効へ貢献することをミッションとしている。

２．研究開発の方針

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

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

３．重点研究課題等

［重点課題１］環境診断技術の開発

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

［重点課題２］環境負荷低減技術、修復技術開発

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

［重点課題３］レアメタル等金属・化成品の有効利用・リサイクル技術の開発

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

［重点課題４］地球温暖化関連物質の環境挙動解明と二酸化炭素対策技術評価

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

内部資金：

標準基盤研究

「水中ふっ素化合物の定量のための流れ分析法」

「溶存酸素測定に基づく光触媒及び応用材料の環境浄化性能の評価手法の開発」

「工場排水中のクロム（III）とクロム（VI）の分別定量法」

戦略予算

「戦略メタル国内資源循環プロジェクト」

「アジア戦略「水プロジェクト」」

「高精度温室効果ガス観測のための標準ガスの開発」

外部資金：

経済産業省　平成24年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）

「南鳥島における微量温室効果ガス等のモニタリング」

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

経済産業省　平成24年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）

「多核金属錯体の CO_2 多電子還元機構の解明」

「クラスター化学に基づく（光）エネルギー変換システムの研究」

経済産業省　平成24年度国際標準化推進事業委託費（国際標準共同研究開発事業）

「ナノ・マイクロバブル技術に関する国際標準化」

環境省

「溶融塩電解精製による太陽電池用 Si のリサイクルお

よび製造方法の開発」

独立行政法人科学技術振興機構　復興促進プログラム（A-STEP）探索タイプ
「土壌中 VOC の太陽光による無害化処理を可能とする光触媒式パッシブリアクターの開発に資する光触媒材料調製」
研究成果展開事業　研究成果最適展開支援プログラムフィージビリティスタディステージ探索タイプ
「ストレス診断用簡易発光キットの試作」
「光触媒の光物理的性質、二酸化炭素還元光触媒反応の初期過程の解明」
「生体分子のセンシングデバイスへ応用可能なマイクロ流路用金型の作製技術開発」
「エレクトロスプレー反応場を利用した繊維・紙加工技術の開発」
「微量元素の挙動解析のための熱分解／誘導結合プラズマ質量分析装置（Py/ICP-MS）の開発」
「レーザー3次元解析法による非磁性金属ソーティング装置の開発」
「活性酸素表面処理装置の開発と医療用滅菌器への応用」

その他（国立大学法人東京大学）
「残留性有機フッ素化合物群の全球動態解明のための海洋化学的研究」

その他（国立大学法人東京大学）
「大気環境物質のためのシームレス同化システム構築とその応用」

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

その他（国立大学法人広島大学）
「製鋼スラグと浚渫土により造成した干潟・藻場生態系内の物質フローと生態系の評価」

その他（独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構）
「平成24年度貿易投資円滑化支援事業（実証事業・鉱物資源案件）における技術改良試験に関する委託」
「平成24年度海底熱水鉱床採鉱技術開発等調査に係る選鉱・製錬技術調査研究（選鉱基礎研究）」

その他（民間受託）
「1, 4-ジオキサンの分解特性に関する研究開発」
「マイクロナノバブルによる環境対応型半導体ウエハ洗浄装置の開発」
「石綿含有震災廃棄物無害化及び廃棄物再資源化処理の実証研究開発」
「光触媒建材を用いた NOx 浄化に関する研究」

文部科学省　機関補助金
「国際共同研究の推進　アジア GEO Grid イニシアチブ」

文部科学省　科学研究費補助金
「インドにおける医薬品及び薬剤耐性菌環境汚染状況」
「海洋科学トレーサの組み合わせによる南大洋における人為起源二酸化炭素吸収量の見積もり」
「選鉱・製錬技術を用いた2次電池からのレアメタルの分離と回収」
「酸素安定同位体連続観測と群落多層モデルを用いた森林生態系の呼吸・光合成の分離評価」
「垂直細孔配列メソ多孔体膜付着グラフェンナノ複合体／複合膜の創製」
「温室効果ガス観測衛星「いぶき」による発生源解析のための局所 CO_2輸送モデルの開発」
「放射性降下物大気輸送モデリングと移行過程の理解」
「心臓組織におけるストレスホルモン様化学物質評価系の構築」
「降水試料濾過フィルターを用いた元素状炭素粒子の現在・過去の地表面性沈着量評価」
「希薄溶液による廃棄物含有貴金属の溶解に関する研究」
「乾性沈着表面抵抗の定量法の開発」
「ハイブリッドゲルによる新規陰イオン吸着剤の開発」
「未知環境微生物群の機能強化による重金属汚染土壌のオンサイト修復技術」
「スマートパーティクルセンシングデバイスの開発」
「分子制御による融合マテリアル形成の計算学シミュレーション」
「陸上植物活動における酸素、二酸化炭素交換比の精密観測と呼吸、光合成量の分離評価」
「健康影響が懸念される PM2.5粒子状物質のわが国風上域での動態把握」
「海洋における真の密度測定」
「富栄養化内湾堆積物における異種微生物間長距離細胞外電子伝達の実証」
「白金族抽出における外圏サイズ認識効果の解明及び新規分離試薬開発」
「アロステリック電気化学アプタザイムに基づく高感度遺伝子センサ」
「ヒマラヤ氷河融解によるガンジス河生態系への影響評価研究」
「光学活性超原子価ヨウ素による不斉酸化反応の機構探究に基づく展開」

「生体環境高分子の動的立体構造分析技術の研究」
「グラファイト状窒化炭素の構造制御と光触媒性能の向上」

その他（財団等助成金）
「ナノ空間を利用した高リサイクル鋳物砂による無機系砂型鋳造技術の高度化」
「大風量低濃度排ガス用直接加熱式吸着回収装置の研究開発」
「代替フロンの加水分解反応速度再評価と省エネルギー処理システムの提案」
「都市型ブルーカーボン：新たな沿岸海域炭素循環像の構築」
「ソーシャルネットワークサービスを活用したスマートセンサによる住宅環境管理システムの開発」
「光触媒による高塩濃度中細菌の処理機構の解明」
「増えずに生き続ける代謝経路戦略―地球炭素循環の鍵を握る微生物新機能―」
「東日本大震災による海洋生態系への影響調査に関わる情報共有ネットワーク（Marine Ecosystem Assessment Network in Tohoku：MEANT）構築の推進事業」
「マイクロバブルアシスト型光触媒反応による難分解性物質汚染水浄化技術の開発」
「アルミニウム資源循環の高度化を目的とする建材スクラップ選別技術の研究」

発　表：誌上発表150件、口頭発表353件、その他42件

計測技術研究グループ
（Measurement Technology Research Group）
研究グループ長：鳥村　政基
（つくば西）

概　要：

従来の環境計測技術にバイオ・ナノ技術を融合させた次世代環境診断技術を開発するため、その基盤となる分析装置、センサ類の試作と性能評価を実施している。平成24年度は、１）有害試薬を使わない重金属類等のモニタリング法として試作したオンライン連続監視システムについて、環境試料を用いた性能評価を行った。また、環境負荷として重要な石炭中微量重金属の分析法の国際標準化に向けて、産総研コールバンクの石炭について種々の元素分析データをさらに蓄積した。２）オンサイト型計測法として土壌・地下水の重金属や環境基準濃度レベルの VOC が測定可能な振動子センサの機能向上を図った。３）測定対象遺伝子の存在により自ら電気信号を発現する遺伝子プローブの高性能化と、複数遺伝子の同時計測デバイスの実用化を推進した。また、性ホルモン様化学物質の生体影響等を計測するための生物発光プローブの大幅な改良を行い、簡易測定キットなどに組み込み可能な高い性能のプローブ開発を達成した。４）質量分析装置を利用した環境微生物の迅速識別法の汎用性を高めるために、測定試料調製の手順を簡便化し、識別用データベースで利用できる標準マススペクトルのデータ数を大幅に増やした。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

未規制物質研究グループ
（Potential Pollutants Group）
研究グループ長：忽那　周三
（つくば西）

概　要：

未規制物質研究グループは、化学物質の環境対策の指針を構築するために必要な、化学物質の環境分析法の開発、環境動態の解明（環境分析、関連物理化学定数の測定・推算）および有効利用・無害化のための反応系の開発を行う。

平成24年度は、国際的な規制物質である PFOS 等残留性有機フッ素化合物群（PFASs）について、これまで継続してきた国際合同調査航海等により地球規模で環境試料を採集した。採集試料の分析・解析をすすめ、外洋海水、河川、降雨中等の PFASs の濃度分布、経年変化データを得た。また、光化学大気汚染等に関わるアルデヒド類の沈着または反応について、それらの速度等に及ぼす水の影響を調べるため、吸着平衡定数、物質移動係数等を室内実験により測定し、水和反応の平衡定数と速度および反応機構を理論計算により推定した。反応系の開発では、二酸化炭素光還元の反応効率の高い多核金属錯体について、ルテニウムーレニウム複核錯体のユニット間の電子移動を時間分解分光法により測定した。その結果、比較的高速の電子移動が起きていること、および通常考えられている過程に加えて光増感部の光励起により直接電荷分離が誘起され、触媒部の1電子還元状態が生成する過程が存在することを見出した。

研究テーマ：テーマ題目7

環境分子科学研究グループ
（Environmental Molecular Science Group）
研究グループ長：脇坂　昭弘
（つくば西）

概　要：

分子・クラスターの構造・反応特性、粒子（ナノ粒子、微粒子、エアロゾル）の生成・分散・分離・複合化過程に関する物理・化学的研究法を確立し、「レアメタル等金属のリサイクル技術の開発」、「環境診断技術の開発」、「環境負荷低減技術の開発」に貢献する基盤技術に関する研究を行った。具体的には、1. 極微小液滴の物理・化学的特性の解析、2. レアメタルの分離・回収に適用可能な配位高分子材料の開発、3. 水和

分子クラスター構造解析法の大気化学への応用、4. 化学物質の人体への影響評価に資するたんぱく質立体配座コード構造データの集積、5. 光エネルギー変換システムの構築に資するナノ材料の開発、6. エレクトロスプレー反応場（極微小液体反応場）制御法の開発に関する研究を行った。この内、エレクトロスプレー反応場は繊維加工技術として、また、たんぱく質立体配座コード化は医薬品評価技術として、実用化を目指した研究を行った。

研究テーマ：テーマ題目8

環境負荷制御研究グループ

（Environmental Purification Technology Research Group）

研究グループ長：根岸　信彰

（つくば西）

概　要：

有害化学物質リスク削減を目的として、1）空気・水・土壌等の環境中汚染物質・有害化学物質の光分解除去とその機構解明、及び環境浄化材料やシステム開発の実施、2）低温プラズマと触媒の複合化システムにおけるシナジー効果の機構解明、3）光触媒材料の性能試験方法の標準化、を行った。1）海水中細菌の光触媒による殺菌効果を調べたところ、光触媒作用による残留塩素の生成が確認され、これが殺菌効果を高める因子となることを発見した。また、可視光応答光触媒であるグラファイト状窒化炭素の比表面積増大手法を開発した。2）低温プラズマを用いたアンモニア合成に最適な水素：窒素の混合比を検討し、従来のハーバーボッシュー法の化学両論比とは異なり、窒素リッチ条件が有効であることが分かった。また、低温プラズマと触媒を複合させたアンモニア合成を検討し、ルテニウム系の触媒が有効であることが分かった。3）溶存酸素測定に基づく光触媒および応用材料の環境浄化性能評価方法の開発に関する JIS 案および ISO 案を作成するための委員会を設置し、WG および委員会において決定された試験容器、試験装置構成、試験条件を基にラウンドロビン試験を実施した。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目6、テーマ題目9

吸着分解研究グループ

（Adsorption and Decomposition Technology Research Group）

研究グループ長：加茂　徹

（つくば西）

概　要：

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

混合炭酸塩共存下での水蒸気ガス化では、試料は溶融炭酸塩の液面で急速熱分解され比表面積の大きなチャーが生成した。試料粒子が小さい場合には反応は粒子内でほぼ均一に進行し、粒子が大きい場合には外層内で進行した。ポリ塩化ビニルの熱分解における塩素回収法として窒素含有プラスチックとの共処理あるいは水スクラバーの2つの手法を検討したが、前者では副生タールの生成量が多く後者では圧力変動が激しく実用化は難しく、ガスを水タンクに吹き込むことが最適であった。

新興有機性汚染物質（PPCPs）に対する層間疎水化粘土の吸着挙動を調べた結果、PPCPs の吸着性がマトリクスの存在下で促進される現象を発見した。またグラフェンを原料にした光触媒の高効率化を図るため、交互積層法を用いて複合膜状触媒を作成した。単糖類等のバイオマス由来物質から、有機・無機テンプレート剤を用いた水熱合成により、炭素ナノ構造体を合成した。ナノ構造体の細孔サイズや細孔壁厚を数 nm のレベルで精密に制御するには、精密な温度制御が重要であった。溶融アルカリ共存下での表面処理による防食技術を検討し、従来のゾル・ゲル法を改良したシリカコーティングが有効であることを見出した。

研究テーマ：テーマ題目4

浄化機能促進研究グループ

（Advanced Remediation Group）

研究グループ長：黒澤　茂

（つくば西）

概　要：

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

1）　省エネ・低環境負荷型土壌修復技術の研究では、自然が持つ浄化能力を強化した環境修復技術の開発を目指す。微生物による汚染土壌対策では、重金属汚染土壌において生物学的な重金属の還元反応（固定化）が起こることを明らかにした。また金属還元に関わる新規な微生物を複数分離培養することに成功した。震災対応研究として、東日本大震災による津波で打ち上げられたヘドロの嫌気生分解性の評価を行った。植物の汚染土壌対策への利用に関しては、放射性セシウムにより汚染された土壌に対する適用を試みたが、実効的ではないことを明らかにした。また、坦子菌類の除染への利用についても検討し、有用性を確認するものの土壌栽培が困難である等、実用化への課題を明らかにした。

2）　省エネ・低環境負荷型排水・廃液処理技術の研究では、重金属を含むスラッジや有機汚染泥の削減ができる排水・廃液処理技術の確立を目指す。本年度は、濃厚なメッキ廃液をフェントン酸化と酸化物沈殿処理した処理液を低濃度なメッキ排水と混合して

処理するため、メッキ排水の処理を検討した。さらに、廃液の処理液を加えたメッキ排水について、フェントン酸化と光酸化を併用することにより、COD 成分を除去するとともに、排水中の重金属に対し含水率60%以下の重金属酸化物沈殿を生成する技術を開発した。

研究テーマ：テーマ題目3

リサイクル基盤技術研究グループ

（Advanced Recycling Technology Research Group）

研究グループ長：大木　達也

（つくば西）

概　要：

戦略メタルの安定供給に資するため、未利用の人工及び天然資源を対象とした物理選別技術を開発した。リサイクル技術と生産技術の融合を目指した戦略予算「戦略メタル国内資源循環プロジェクト」を推進し、「戦略的都市鉱山研究拠点」準備室の開室に向け、体制を整備した。また、プリント基板から従来の銅・貴金属等に加え Ta コンデンサを回収可能にする「複管式気流選別機」「傾斜弱磁力磁選機」の一般販売を開始、茨城県の都市鉱山拠点であるリサイクラに実用導入を果たした。蛍光体については、高勾配磁選機用の新規マトリックスを開発するとともに、レアアース蛍光ランプのみを回収する装置を試作し、80種類について識別可能であることを確認した。一方、レーザー3次元解析法によるソーティング技術では、携帯電話の Ta 含有量に基づき92%以上の精度で、国内7箇所の廃車 Al スクラップ施設で94%以上の精度で共通使用可能なシステムを各々開発した。海底熱水鉱床に関しては、我が国研究機関に標準試料を配布するハブ機能を果すとともに、鉱物特性 MAP と選別特性 MAP を作成、また、海底選鉱機の改良を行い、模擬混合試料について分離効率70%以上を得ることに成功した。

研究テーマ：テーマ題目4

金属リサイクル研究グループ

（Metals Recycling Group）

研究グループ長：田中　幹也

（つくば西）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目4

大気環境評価研究グループ

（Atmospheric Environment Research Group）

研究グループ長：村山　昌平

（つくば西）

概　要：

当グループでは、大気環境における観測・シミュレーション技術を基盤として、持続可能な社会の実現をめざし、森林生態系の炭素固定メカニズムの解明とそのモニタリング技術、産業活動の環境影響評価手法及び地球温暖化防止のための対策評価手法の開発に関する研究を行っている。

平成24年度は、岐阜県高山市の冷温帯落葉広葉樹林及びタイの熱帯林において炭素収支観測を継続するとともに、観測サイト及びデータ処理への情報通信技術の導入、異種データとの統合システムの構築を進めた。定期航空機で観測された CO_2濃度分布を用いて CO_2 放出・吸収源の推定を行ったところ、特にアフリカ熱帯域の推定が変更され、全球平均の推定誤差は25%縮小した。日本の風上域における PM2.5組成の特徴について、金属成分比分析等を行い、発生源情報の抽出を行った。降水濾過フィルターを用いた元素状炭素の沈着レコードの復元を開始した。南大洋で観測したエアロゾル粒子数の濃度変動に関して、硫化ジメチルからの中間生成物に関する濃度と生成速度を再現する数値実験を行い、観測された日変動は、既存粒子への中間生成物の凝結だけでなく蒸発の影響も受けている可能性を示した。

研究テーマ：テーマ題目10

海洋環境評価研究グループ

（Marine Environment Study Group）

研究グループ長：鈴村　昌弘

（つくば西）

概　要：

海洋環境評価研究グループは、海洋を利用した産業活動が環境に及ぼす影響や効果を評価する手法を開発することにより政策策定の根拠としうる知見の提供を目的としている。平成24年度は、温室効果ガス排出抑制技術として期待される二酸化炭素の回収貯留（CCS）技術に関わる環境影響評価に向けて、高水圧下の深海における原核生物への影響を評価する高圧試験システムの構築、高二酸化炭素環境が海洋有機物

の生成・分解プロセスに及ぼす影響の評価、英国における海域二酸化炭素放出実験を行ってきた。合わせて沿岸海洋生態系の創生による大気二酸化炭素削減と沿岸環境浄化技術の評価として、製鋼スラグを用いた藻場・干潟造成技術に関わる擬似現場実験を実施した。スラグの化学特性、栄養塩・微量金属の挙動およびメタゲノム解析を進めてきた。また沿岸生態系の物質フローに関連して、閉鎖性水域の堆積物－海水間での酸素、窒素、鉄、硫黄の循環を制御する酸化還元反応の評価を行い、微生物による遠隔電子伝導の効果と鉄含有半導体鉱物の役割について知見を得た。

研究テーマ：テーマ題目11

水環境工学研究グループ

（Hydro-environmental Technology Research Group）

研究グループ長：清野　文雄

（つくば西）

概　要：

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

有害化学物質の吸着回収技術の研究では、市販品のα-，β-及びγ-シクロデキストリンポリマーを用いて、濃度1～50ppm のジオスミン水溶液で吸着実験を行い、β-及びγ-シクロデキストリンポリマーがジオスミンの吸着に有効なことを確認した。吸着除去率はαでは約60%、βとγでは約99%であった。また、ナノシート LDH とゼオライトを複合した新規吸着剤の開発において、ゼオライト成分の改質を目的に適当な処理を施すと、複合体内の LDH 成分の陰イオン吸着能が、改質前に比べて飛躍的に向上することを見出した。

水素、触媒等を利用した還元無害化技術の研究では、混合ガスマイクロバブルを用い、システムを高度化することにより、通常の気泡を使用する場合と比較して反応速度を格段に向上させることに成功した。また、副生成物である NH_4^+低減を図るために最適な触媒の成分構成比や二次構造を検討し、その結果、触媒の Cu/Pd 元素比の調整とシステム運転条件の最適化により NH_4^+濃度を従来の4ppm から1.5ppm まで低減させた。

マイクロバブル、オゾン等を用いた酸化無害化技術の研究では、難分解性有機排水の処理に加えて、下水汚泥の処理における有効性を見出した。具体的には、オゾンマイクロバブル処理により臭気の大幅な低下と脱水性の向上が確認された。

研究テーマ：テーマ題目12

［テーマ題目１］分野重点課題：水質監視用スマートセンシング技術に関する研究

［研究代表者］鳥村　政基（計測技術研究グループ）

［研究担当者］長縄　竜一、佐藤　浩昭、中里　哲也、青木　寛、野田　和俊、愛澤　秀信、谷　英典、後反　克典、黄　昱（常勤職員8名、他2名）

［研 究 内 容］

従来の環境計測技術にバイオ・ナノ技術を融合させたスマートな水質監視用の計測技術を開発するため、その基盤となる分析装置やセンサ類の開発とその性能評価を実施する必要がある。水中の毒性量を評価する水質監視技術確立のため、毒物応答速度や再現性が悪い魚等を利用した既存システムに代わり、応答速度や分析誤差に優れた生物等の分子認識系を利用した毒物センサを開発してきた。また、従来の機器分析技術の問題点を克服した前処理自動化等を施した新計測技術もスマート計測の観点では引き続き重要である。平成24年度は、ヒ素やクロムなどの形態別に計測する必要が高い元素の検出技術に関して、より迅速で高感度な測定技術を構築し、手法の標準化等への展開を進めた。環境中微生物を迅速に検出するためのマトリックス支援レーザー脱離イオン化法質量分析装置を利用した分析技術についても、細胞の前処理技術の効率化を進め、より汎用性の高い識別システムへ発展させるためにデータベースの充実を図った。さらに、細胞内の分子形態や遺伝子発現を利用して、化学物質の有害性を評価するトキシコゲノミクスの分析法の確立を目的とし、高性能遺伝子プローブおよび高密度遺伝子センサアレイチップに基づく遺伝子発現解析システムの構築を進めた。一方、化学物質に応答する遺伝子の発現や分解の挙動を実際に追跡し、鍵となる遺伝子の洗い出しにも成功した。また、高感度な水晶振動子センサを有害物質検出技術へ適用させるため、種々の重合膜を振動子表面に形成し、水質監視用のセンサとしての利用の可能性を評価した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］毒物センサ、環境微生物、微量元素、ガスセンサ

［テーマ題目２］分野重点課題：化学物質の生体影響解析技術に関する研究

［研究代表者］鳥村　政基（計測技術研究グループ）

［研究担当者］青木　寛、金　誠培、谷　英典（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

国内外での化学物質の規制強化に伴い、多数の物質の

生体影響評価が必須となるため、膨大な数の生体影響試験を高速かつ分子レベルで解析するシステムの開発を推進する必要がある。安全安心な社会の実現に向けて、製品や産業プロセスから環境中に排出される化学物質やナノ粒子等の測定、及びこれらへの暴露によって引き起こされる体内の健康状態の変化をモニタリングすることができる迅速で信頼性の高い分析法が必要とされている。このため、特定配列を持った遺伝子の存在をわずかな量でも検知できる高性能遺伝子プローブの開発、さらにこれらプローブがそれぞれ異なる遺伝子配列を持ったものを並べて利用できる遺伝子センサアレイチップの高密度化が必要である。また、生物が持つ酵素やタンパク質の持つ発光機能や化学物質認識機能へ遺伝子組み換え技術を融合することにより、環境中や生体内の化学物質やホルモンを高感度にモニタリングする分析システムを開発する。さらに、幹細胞等を利用した新しい化学物質影響評価試験技術の開発も強く期待されており、その可能性を最先端の分子生物学的手法に基礎を置く評価技術により判断する必要がある。平成24年度は、実生体試料をターゲットとした遺伝子プローブデザインとチップステージ素材の最適化によるハイスループットな遺伝子発現解析システムの構築を進めた。また、これまで開発を進めていたストレスホルモン等を検出するための分子発光プローブについては、さらに高感度な超高輝度生物発光酵素を見いだすことに成功し、このプローブを利用した種々の簡易計測応用例を蓄積することができた。また、化学物質計測での利活用が期待されるヒト細胞等について、化学物質への応答機構を理解するために、近年注目されている機能未解明な RNA に着目しその発現や分解の挙動を追跡することに成功した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］分子プローブ、ストレスホルモン、可視化、細胞

［テーマ題目３］分野重点課題：自然浄化機構強化型環境浄化技術に関する研究

［研究代表者］根岸　信彰（環境負荷制御研究グループ）

［研究担当者］根岸　信彰、飯村　洋介、市川　廣保、堀　知行、佐野　泰三、平川　力、張　昕艶、西本　千郁、筒井　咲子、古屋　敦子（常勤職員6名、他4名）

［研 究 内 容］

水中有機リン酸の光触媒への吸着については昨年度までに確認し論文発表を行ったが、それらがどのように吸着し、どのように分解するのかを解明するため、新たに in-situ 観察を可能とした FTIR-ATR システムを組み上げた。このシステムは UV-LED を内蔵し、UV 照射して光触媒表面に吸着した有機リン酸の分解過程を追うことが可能である。この結果、酸化チタン表面に吸着したグリホサートなどの有機リン酸が UV 照射により急速に分解されることを確認した。すなわち有機リン系農薬が水中での酸化チタンによる吸着作用に引き続いて光触媒表面で酸化分解が起きていることを示すことができた。汚染サイトに適合した自然の浄化機能の促進的浄化手法に関しては、重金属類の低レベル毒性化および固定化（還元反応）に関与する環境微生物を標的として、酸化鉱物を電子受容体基質とする独自培養技術を用いて新規な微生物を複数分離培養し、その金属還元能を生理学的解析により確認した。また重金属類汚染土壌で生物学的な重金属還元が起こることを確認した。植物による汚染土壌の対策技術の開発においては、震災により発生した放射性セシウムによる汚染土壌対策として、芝張りによる引き剥がし土壌量削減試験を行った。その結果、全体としての削減効果を認めなかった。坦子菌類による土壌中の放射性セシウムの除去試験では、移行係数は高いがバイオマスが小さいため、結果として除去量の増加を認めることは無く、実効的な除染への利用は困難と評価した。また、建屋について汚染調査を行った。これまで屋根などにある放射性セシウムは、雨風によって流されるため殆ど少ないものと言われていたが、地表面とほぼ同程度の汚染状況にあることを初めて明らかにした。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］酸化チタン光触媒、太陽光、水処理、表面反応、微生物

［テーマ題目４］分野重点課題：クリティカルメタル安定供給に資する分離技術の開発と製品設計への反映

［研究代表者］田中　幹也（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］大木　達也、古屋仲　茂樹、西須　佳宏、林　直人、田中　幹也、成田　弘一、大石　哲雄、尾形　剛志、加茂　徹、小寺　洋一、半田　友衣子（常勤職員11名）

［研 究 内 容］

都市鉱山や天然鉱山からクリティカルメタルを原料化するには、高度な処理技術が要求される。また、都市鉱山開発においては、併存するプラスチックの有効利用も重要な課題である。本研究では、都市鉱山や天然鉱山等からクリティカルメタルを採取するための選別・分離・精製技術、これらを最適化するための評価技術の開発を行う。さらに、都市鉱山開発において得られたデータベースに基づき、製品設計の問題点を抽出し、クリティカルメタルの回収がより容易な製品設計指針を提言する。今年度は以下の3項目について研究を行った。

(1) ハードディスクドライブ（HDD）からのネオジム磁石回収：廃家電製品等の都市鉱山からクリティカルメタルを濃縮するには、対象物の特性を踏まえた物理選別技術の開発が必要となる。HDD からネオジム、

ジスプロシウムを含むネオジム磁石を回収するため、同磁石を内包するボイスコイルモータ（VCM）の回収技術を検討した。既に VCM を非脱磁で回収する3.5インチ用 HDD カッティングセパレータ（HDD-CS）を開発、粉砕メーカーから販売しているが、これを2.5インチ HDD 用に拡張するための検討を実施した。T 社製、H 社製の100個の2.5インチ HDD について、漏洩磁気による VCM の非破壊検出の可否を検討した結果、4個の磁気センサーを適切に配置することにより、100%検出することが可能であった。2.5インチ HDD は小型で磁石とケース表面が接近しているため、3.5インチ HDD に比べても検出が容易であり、HDD-CS の2.5インチへの改造は可能であると判断された。

(2) 溶融水酸化ナトリウムでのタングステンの電解酸化溶解：使用済み超硬工具からタングステンを溶解する工程の簡略化を目的として溶融アルカリ中での陽極溶解を検討した。これまでに、タングステンやタングステンカーバイドの溶解が可能なこと、不純物となるニッケルは不溶だがコバルト等は状況によって溶解することがわかっていたが、コバルトの挙動については不明な点が多かった。そこで、新たに水蒸気分圧を制御する装置を導入し、異なる水蒸気分圧下での各種金属の電気化学挙動を把握した。その結果、コバルトの溶解を促進あるいは抑制する条件を確認し、超硬工具からタングステンおよびコバルトを個別に回収できる可能性を見出した。

(3) ボンド磁石の処理：電子機器中の小型モーター等としている広く使用されているボンド磁石の端材を穏和な条件下で可溶化し、ネオジム磁石粉末の磁気特性を維持したまま回収し再利用する方法を検討した。昨年度は、メチルベンジルアルコールを用いると常圧下でも容易にボンド磁石を可溶化できることを報告した。今年度は、メチルベンジルアルコールよりも安価なベンジルアルコールを用いた場合でも、水酸化ナトリウムを添加して250℃で可溶化を行うと、約1時間でほぼ完全に樹脂を可溶化できることを明らかにした。また水酸化ナトリウムの添加量が多すぎると溶媒の重合によって可溶化率がむしろ低下することがわかった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］都市鉱山、天然鉱山、リサイクル、クリティカルメタル、レアメタル、レアアース、物理選別、製錬、エコデザイン、プラスチック処理

［テーマ題目５］分野重点課題：二酸化炭素の生態系内隔離とその監視技術

［研究代表者］近藤　裕昭（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］村山　昌平、田口　彰一、兼保　直樹、古賀　聖治、前田　高尚、石戸谷　重之、鈴村　昌弘、左山　幹雄、鶴島　修夫、山田　奈美葉（常勤職員11名）

［研 究 内 容］

陸域生態系における炭素固定メカニズムを解明するために、岐阜県高山市の冷温帯落葉広葉樹林（高山サイト）およびタイの熱帯林（サケラート、メクロン）においてフラックス観測を継続して行い、データを取得した。観測の情報通信化を進め、観測サイトを常時遠隔監視し、自動的に障害発生を検出、担当者に通報する仕組みの開発導入を重点的に実施した。各サイト内の基幹コンピュータにデータを定期的に回収、二重化して保管する仕組みを運用しつつ、そのプログラムの改修を行った。高山サイトで得られたデータの解析を進め、CO_2フラックスと濃度の長期的変動傾向の特徴を明らかにし、その変動要因について考察を行った。また、炭素固定メカニズムの素過程を分離評価するために、高精度酸素濃度連続測定装置及び CO_2安定同位体比連続測定装置等の各種装置の開発を進めた。酸素濃度測定については、高山サイトに開発した高精度連続観測システムを設置して観測を開始し、日内変動や季節変動の特徴を明らかにした。また呼吸と光合成で酸素濃度と CO_2濃度の変化量の比が異なることを利用して、観測結果を基に正味の CO_2フラックスを光合成による CO_2吸収と呼吸による CO_2放出に分離する手法の検討を行った。CO_2安定同位体比連続測定装置については、従来、光源に用いていたレーザでは長期高精度測定が困難であることが分かったため、耐久性に優れたレーザ光源を導入し、付随する光学系の改良を進めた。

沿岸域の二酸化炭素変動モニタリングや二酸化炭素海底下地層貯留の漏洩モニタリングに適した小型・安価・省電力な二酸化炭素分圧センサーの開発を目指し、小型非分散型赤外分析モジュールを用いた測定装置の検討を行った。昨年度の検討結果に基づき、試作した二酸化炭素分圧測定装置に温度制御装置を付加し、性能評価を行った。評価は、海水の pH のコントロール等が可能な臨海実験施設に新たな評価システムを構築して行った。非分散型赤外分析モジュールの温度制御により、標準ガスの測定精度は最高で1ppm 以下に改善された。一方で、モジュールの温度特性は大きく、1℃につき最大で1ppm の誤差が生じる可能性が示唆された。このため、海洋ブイなどに搭載して長期観測を行う場合には、温度制御を行うか、随時、標準ガスによる校正を行う必要があることが示唆された。

二酸化炭素の海洋中深層隔離技術などの深海環境を利用する事業に関して、より現実的な影響評価を行うため、優占生物である原核生物を評価対象とした、比較的安価で、様々な条件を検討可能な、環境影響評価研究に適した高圧培養装置の構築を行った。物理化学的評価より、本装置は、水深3000m 相当までの圧力環境を長時間にわたって保持可能であること、加圧に用いた溶媒の試料

への混入が起こらないこと、ガス濃度維持が可能であることが示された。また、生物学的評価により、実験期間中に微生物汚染が起こらないこと、モデル海洋細菌を用いた評価により、本装置で起こりうる減圧処理が細菌細胞に物理的影響を与えないことが示された。これらを踏まえて、モデル海洋細菌を用いた二酸化炭素中深層隔離の室内模擬実験を、様々な二酸化炭素濃度と圧力条件で実施した結果、原核生物の二酸化炭素影響に強い圧力依存性があることを実証し、従来の大気圧下での実験では二酸化炭素影響を過大評価していた可能性を示した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］陸域生態系、CO_2フラックス、二酸化炭素分圧小型センサー、高圧培養装置

［テーマ題目６］分野重点課題：革新的光触媒によるアンモニアの直接合成（分野重点化）

［研究代表者］佐山　和弘（エネルギー技術研究部門・太陽光エネルギー変換グループ）

［研究担当者］根岸　信彰、佐野　泰三、金　賢夏、寺本　慶之、古屋　敦子（常勤職員5名、他1名）

［研 究 内 容］

太陽エネルギーより生成した水素を長距離輸送可能なエネルギーキャリアとしてのアンモニアの合成を行った。低温プラズマを用いたアンモニア合成に最適な水素：窒素の混合比を検討した結果、従来のハーバーボッシュー法の水素：窒素＝3：1の化学両論比とは異なり、窒素リッチ条件（水素：窒素＝1：1.5～1：4）が有効であることが分かった。また、低温プラズマと触媒を複合させたアンモニア合成を検討し、他の金属成分（Mo、Cu、Ag、Pt-Ag、Pd）よりルテニウム（Ru）系の触媒が有効であることが分かった。また、電界集中によりペレットの接触点付近で強いプラズマが形成できるチタン酸バリウムもアンモニア合成反応に有効であることを明らかにした。プラズマ触媒反応器を用いるアンモニア合成反応は、温度条件の影響が大きいことが分かった。アンモニア濃度とエネルギー収率ではそれぞれ2300ppm、2.6g-NH_3/kWh の成果を得た。光触媒を用いたアンモニア合成の検討では、Ru を担持した光触媒粉末と紫外光による直接アンモニア合成を試みた。酸化チタン、グラファイト状窒化炭素、12-モリブド（VI）りん酸等をベースマテリアルとして用いた。最大で約2μmol/h/g のアンモニア発生が検出されたが再現性に乏しく、アンモニアの由来を解析する必要があると考えられた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］アンモニア合成、太陽光、プラズマ触媒、水素利用

［テーマ題目７］PFOS/PFOA 関連物質の環境動態

［研究代表者］山下　信義（未規制物質研究グループ）

［研究担当者］谷保　佐知、山下　信義、山﨑　絵理子、今泉　明子（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

ペルフルオロオクタン酸（PFOA）等のペルフルオロカルボン酸類や、ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）等のペルフルオロアルキルスルホン酸類およびそれらの誘導体（PFOS/PFOA 関連物質）は界面活性剤等として使用されてきたが、近年その環境残留性や生体蓄積性が懸念されている。未規制物質研究グループでは、その環境対策の指針構築のために必要な環境分析法の開発と標準化並びに環境分析の実施、および環境分析等に基づく環境動態の解明、さらに分解・無害化反応の開発に取り組んできた。このうち、環境分析に基づく環境動態解明について、24年度は以下の成果を得た。

昨年度に引き続き、東京大学大気海洋研究所、ドイツライプニッツ研究所とともに国際合同調査航海に参加し、外洋海水、底質、雨水、大気試料を地球規模で採集した。これまでに採集した試料の分析・解析をすすめ、外洋海水中など極低濃度の PFOS/PFOA 関連物質を含む、海洋、河川、降雨中等の PFOS/PFOA 関連物質の濃度分布、経年変化のデータを得た。そのなかで、日本海の外洋海水における PFOS、PFOA 等の表層海水濃度および鉛直濃度分布について、過去5年間の経年変動を明らかにした。また、雨水中の PFOS/PFOA 関連物質濃度分布が降雨開始後時間とともに変化することや人口密集地域と外洋で採集した雨水の濃度分布の違い等を示した。

インドの共同研究者の協力のもと、ヒマラヤ氷河からガンジス河、ベンガル湾まで現地調査を行い、PFOS/PFOA 関連物質の空間変動を調べた結果について解析をすすめ、ヒマラヤ氷河中に存在する PFOS/PFOA 関連物質がガンジス河により輸送されることおよび汚染源と推定される地域からの河川の合流による PFOS/PFOA 関連物質濃度の上昇等を明らかにした。

雪中の PFOS/PFOA 関連物質を分析することにより、降雪後の時間経過とともに PFOS/PFOA 関連物質の濃度分布が変化することがわかった。その原因として、太陽光により PFOS/PFOA 関連物質が光分解する可能性を考え、その可能性を調べるため、高山や外洋など太陽光の紫外線強度等が異なる数地点において、PFOS/PFOA 関連物質数十種類について、各物質の試料水溶液を調製して太陽光に長時間曝露し濃度変化を調べた。その結果、多くの PFOS/PFOA 関連物質について、濃度減少を確認した。さらに、PFOS/PFOA 関連物質から別の PFOS/PFOA 関連物質が生成することを確認した。これらの結果は、PFOS/PFOA 関連物質が自然環境下太陽光により分解する可能性および太陽光により環境内構造変換する可能性を示しており、PFOS/PFOA 関連物質の環境残留性やインベントリの評価に影響を及ぼす可能性がある。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］残留性有機フッ素化合物、環境分析、外洋、インド、光分解

［テーマ題目８］エレクトロスプレー反応場を用いた低環境負荷化学プロセスの設計

［研究代表者］脇坂　昭弘
（環境分子科学研究グループ）
［研究担当者］脇坂　昭弘、小原　ひとみ、
金久保　光央（常勤職員3名）
［研 究 内 容］

エレクトロスプレーは液体を微粒化する技術として塗装やコーティングなどに用いられている。導電性ノズルと対極となる基板電極との間に強電場をつくり、ノズルから液体を強電場中に導入すると、液体が電荷を持った液滴に断片化され、基板に向かって、即ち電場方向に移動するスプレーが形成される。このエレクトロスプレーを高度化し、極微小液滴内で二液を混合し化学反応を制御するマイクロリアクター技術を開発し、さらに液滴内の反応生成物を繊維・紙・基板上に付着させる技術を開発し、実用化の可能性を評価する研究を行った。また、極微小液滴の表面積の割合が高い効果を利用したガス吸着分離プロセスへの応用についても検討した。

エレクトロスプレーマイクロリアクター：正・負エレクトロスプレーを対向させ、正・負に荷電した極微小液滴間の静電的相互作用によって両液滴を衝突・混合させることができるエレクトロスプレー反応場の技術を開発し、抗菌性を有する銀ナノ粒子等の合成に適用した。硝酸銀水溶液とアスコルビン酸水溶液をそれぞれ正及び負の電位のノズルからスプレーし、両液滴が静電力によって衝突・混合することにより、銀イオンがアスコル分散によって還元され銀ナノ粒子が生成することを確認した。また、この液滴中で生成した銀ナノ粒子を気流で移動させて、綿布及び綿糸に付着させることができることを確認した。

エレクトロスプレー反応場で金属ナノ粒子を合成する反応系に対して、エレクトロスプレー反応場を形成する荷電液滴のサイズを静電レンズ系によって選別する技術が、金属ナノ粒子のサイズ制御に有効であることを見出した。サイズ選別効率の高い静電レンズ系として、直径50mm の円盤の中心部に直径12mm の穴をあけた電極2枚を静電レンズ系として使用することにより、粒径約5μm 以下の正・負荷電液滴のみによる、反応場の形成を可能にした。正－負荷電液滴が静電力によって衝突・混合している領域の液滴の粒径分布をレーザー回折法で計測したところ、粒径分布の50%粒子径は、静電レンズなしで12.62μm、静電レンズありで4.68μm となり、サイズ選別が効率よく起こっていることが分かった。このサイズ選別により、反応体積を約1/20に制御できるため、よりサイズの小さいナノ粒子の合成が可能になった。また、コンパクトな構造のため、繊維・紙加工試作機に搭載可能である。

ガス吸着分離プロセス：エレクトロスプレー法によって液滴のサイズを小さく、表面積の割合を大きく、さらに液滴表面電荷も制御できる。また、液滴の化学組成を変えることで液滴の表面の特性も制御できる。このような特徴を利用して、エレクトロスプレーによって荷電液滴を生成・制御し、これを有害ガスの分離プロセスに応用する研究を行っている。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］エレクトロスプレー、マイクロリアクター

［テーマ題目９］イオン液体を用いた放電プラズマによる大気汚染物質除去法に関する研究

［研究代表者］寺本　慶之
（環境負荷制御研究グループ）
［研究担当者］金　賢夏、佐野　泰三（常勤職員3名）
［研 究 内 容］

本研究では、イオン液体-放電プラズマ界面反応場を用いた大気汚染物質分解を目的とした界面反応場の機構解明へ取り組んだ。反応場では OH や N といった活性種が非常に重要な役割を果たしていると予測されるため、はじめにこれら活性種の計測手法の立ち上げを行った。これまでの研究において界面反応場における活性種計測例は極めて少なく、計測手法の信頼性を議論した例はない。そこで本研究では、二通りのレーザー計測法を用い界面 OH ラジカルを計測することで計測手法の信頼性を検討した。界面の垂直・水平方向から計測した OH 表面分布は非常によく一致していた。この結果から汎用性の高い界面水平方向からの計測が界面活性種計測に適した計測手法であることを定量的に示した。また、レーザー計測用真空リアクタを東北大学と共同で作製した。これにより低圧下での実験が行えるため、イオン液体に吸着したターゲット汚染物質が脱離する際の界面反応の観測が可能となった。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］放電プラズマ、活性種、レーザー計測、界面反応

［テーマ題目10］大気中酸素濃度高精度測定に基づく炭素循環解析の高精度化

［研究代表者］石戸谷　重之
（大気環境評価研究グループ）
［研究担当者］村山　昌平（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

大気中酸素（O_2）濃度の経年変化の高精度（±1ppm）観測は陸上生物圏と海洋による二酸化炭素（CO_2）吸収・放出量推定の最も有効な手法の一つである。また大気中アルゴン（Ar）濃度は、大気－海洋間

熱フラックスのトレーサとなり得ることから、Ar 濃度を測定することにより、O_2濃度に対する海洋生物起源と熱起源の変動の分離が可能になり、O_2濃度を用いた炭素循環解析の高精度化に有用である。本研究では昨年度の部門内萌芽研究により開発を開始した、質量分析計を用いた大気中 O_2濃度（O_2/N_2比）、Ar 濃度（Ar/N_2比）、CO_2濃度（CO_2/N_2比）、O_2、N_2および Ar の安定同位体比高精度同時連続観測システムを、つくば（産総研構内）大気の連続観測と、気象庁・気象研究所が東京−南鳥島間就航 C−130H 輸送機により採取した自由対流圏大気試料の分析に応用した。つくばにおける連続観測結果からは、数時間〜数日スケールの短周期変動における O_2濃度と CO_2濃度の明瞭な負相関関係が捉えられ、夏期におけるその変動は主として陸上生物活動起源であり、冬期の変動は主に石油の使用による化石燃料消費起源であることが明らかになった。また観測された O_2濃度と CO_2濃度は逆位相の季節変化を示し、さらに Ar 濃度の明瞭な季節変化を捉えることにも成功した。観測された O_2、CO_2および Ar 濃度を組み合わせた解析により、海洋起源による大気中 O_2濃度季節変化に占める大気海洋間熱フラックスの寄与は、23%と推定された。大気中 Ar 濃度観測にはこれまでに世界で2機関のみが成功しており、アジア域における Ar 濃度観測例は本研究が初、連続観測による高精度の観測例は世界で2例目となる。また、C−130H 輸送機により採取された試料の Ar 濃度および O_2、N_2および Ar の安定同位体比の分析により、試料中の大気成分に熱拡散による成分分別が重畳していることを明らかにし、O_2濃度に対するその影響を評価・補正することで自由対流圏 O_2濃度の詳細な変動を観測することに成功した。本手法により O_2濃度観測の制限要因の一つである大気採取法の制限が解除されたことになり、航空機その他各種のツールを用いた幅広い観測の展開が可能になると考えられる。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］大気中酸素・アルゴン濃度、窒素・酸素・アルゴン安定同位体比高精度観測、全球 CO_2収支、海洋生物生産、大気海洋間熱フラックス

［テーマ題目11］16S メタゲノムによる環境微生物動態解析：製鋼スラグによる沿岸生態系創生技術への適用

［研究代表者］鈴村　昌弘（海洋環境評価研究グループ）

［研究担当者］鈴村　昌弘、山田　奈海葉、鶴島　修夫、中里　哲也、堀　知行、谷本　照己、木村　真人、塚崎　あゆみ、黄　昱（常勤職員6名、他3名）

［研 究 内 容］

近年、環境中の物質循環に関わる微生物（細菌）群集の動態を解析する手段として次世代シーケンサーを用いた16S メタゲノム解析が急速に発展してきている。メタゲノム解析は、分離・培養の過程を経ることなく環境試料からゲノムを抽出し解読する方法であり、本研究では、製鋼スラグを用いたアマモ場・干潟造成技術への細菌 16S rRNA を標的とした解析の適用について検討を行ってきた。初めに製鋼スラグおよび浚渫土の混合土壌試料中の細菌群集解析のために DNA および RNA の効率的な抽出方法を検討した。さらに臨海実験所で混合土壌によって造成したアマモ場擬似現場実験を実施し、天然海水かけ流し、1か月生育後の混合土壌を採取して分析に供した。DNA は活性のある生細胞、休眠細胞あるいは死細胞を含む全ての細菌の情報を有するのに対し、タンパク質合成など細胞代謝に応じて発現し速やかに分解される RNA は生細胞のみの情報を提供すると考えられる。スラグの混合率等により DNA および RNA に基づく解析結果に違いが見られ、混合土壌中で活動する細菌群集組成が環境条件によって変動することが分かった。また、検出された門の種類に大きな違いはなく、解析結果を使用して多様性を評価できる可能性が見えてきた。スラグ存在下では、有機物の嫌気性発酵に寄与する Clostridiales 目あるいは硝酸還元を行う Kiloniellaceae 科が相対的に増加する一方で、硫黄代謝に関わる細菌が減少するといった結果が得られ、微生物の群集構造の変化が有機物や窒素、硫黄、あるいは鉄の挙動に重要な役割を果たしていることが示唆された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］メタゲノム解析、スラグ、沿岸生態系、アマモ場、環境創生

［テーマ題目12］新規ホウ素吸着材の開発とその性能評価

［研究代表者］清野　文雄（水環境工学研究グループ）

［研究担当者］中山　紀夫（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

ホウ素の新規吸着剤の開発を目指して、基礎的な検討を行った。現行のホウ素回収剤である N−メチル−D−グルカミンには1分子当たり5つのヒドロキシ基が付いている。N−メチル−D−グルカミンは D−グルコースから合成された分子であり、N−メチル−D−グルカミンの5つのヒドロキシ基の配向は、D−グルコースのヒドロキシ基の配向と同一である。炭素鎖の長さとヒドロキシ基の配向により多種多様な糖分子が存在する。ホウ素の吸着に最適な糖分子を選択するため、まず、N−メチル−D−グルカミン分子を用いて、その1, 3位のヒドロキシ基にホウ酸が結合する場合と1, 2位のヒドロキシ基にホウ酸が結合する場合とでどちらがより安定な分子となるか、量子化学計算により比較した。その結果、1, 3位のヒドロキシ基にホウ酸が結合した方が1. 9kcal/mol だけエネルギーが低いことが明らかになった。このことは、ヒドロキ

シ基の配向が1,3-syn である方がホウ素の吸着に有利であることを意味する。

解析結果に基づき、五単糖、六単糖に属する各糖についてヒドロキシ基の配向を調べたところ、D-リボースが最適との結論が得られ、糖としてグルコースの代りにリボースを用いた N-メチル-D-リボサミンを合成してホウ素吸着実験に供した。リボースからイミンを生成し、次いで還元アミノ化してリボサミンを合成した。基材としてはスチレン=ジビニルベンゼン共重合体を用い、クロロメチル化後、吸着用分子を接合した。

吸着実験では、300mL3角フラスコに100ppm ホウ酸溶液200mL を入れ、合成した N-メチル-D-リボサミン回収剤2g を加え、30℃、160ppm で振とうした。振とう開始後、一定時間間隔で試料をサンプリングし、ICP でホウ素濃度を測定した。新規に合成した N-メチル-D-リボサミン回収剤は既存の N-メチル-D-グルカミン回収剤よりも高いホウ素吸着能を示した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］ホウ素、吸着剤、天然代替物

⑪【環境化学技術研究部門】

（Research Institute for Innovation in Sustainable Chemistry）

（存続期間：2004.5.1～）

研究部門長：柳下　宏
副研究部門長：大森　隆夫、北本　大
総括研究主幹：藤谷　忠博、新納　弘之、佐藤　一彦

所在地：つくば中央第5、つくば西
人　員：53名（53名）
経　費：1,202,299千円（595,164千円）

概　要：

1．ミッションと目標

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

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

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

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

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

2．研究の概要

本研究部門は、独立行政法人の存立のよりどころである第3期中期目標・中期計画の達成に向けて全力を傾ける。また、本研究部門が産総研最大の化学技術分野の研究者の集団であることも考慮して、上記の1)～5)の5つの課題を戦略課題として選定し実施している。

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

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

このため、戦略課題の1)については、化学製品原料の石油資源からバイオマスへの転換技術実現の加速が求められる状況にあり、また注目が集まるバイオベース材料については、民間企業との協力を視野に入れつつ、研究開発の重点化・加速化を図る。2)は GSC の中核技術であり、産業界への技術移転を速やかに進める観点から、第二種基礎研究における上流から下流まで、すなわち基礎研究のシーズから開発研究の導入部までを実施する。また、3)については研究対象を新規分離材料の開発に限ることなく、実用化時期とその規模を見据えつつ、ニーズに合った形で広く反応プロセス・分離プロセス・製造プロセスの省エネルギー化に関して研究開発を実施する。

4)については、新しい省エネルギー型レーザー表面化学プロセスの開発に基づく製造の高効率化により、産業活動の環境負荷低減に貢献するとともに、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所の技術開発に協力する。さらに5)については、次世代化学材料評価技術研究組合で行う有機エレクトロニクス材料等の評価・標準化技術、及び基礎解析技術の開発に協力する。

3．体制・運営

1）体制・運営に関する工夫・努力

本研究部門は、常勤職員と契約職員及びその他外部研究員を含めて150名以上の規模の研究ユニットである。従って、研究部門長のみによるフラットな組織管理・運営は困難と考え、研究グループ長を一次管理者、研究部門長を二次管理者とする二階層による組織管理・運営を基本とする。研究グループ内の予算配分・個々の研究者の研究課題設定・外部資金への応募等については、研究グループ長が一次判断を行う。研究グループ内の予算・スペース・勤務時間・各種リスクの管理も、研究グループ長が一次管理者を務める。

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

2）本格研究の考え方

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

3）産学連携・知的財産・成果普及・広報についての考え方

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

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

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

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

内部資金：

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

外部資金：

経済産業省　平成24年度産業技術研究開発　グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発　革新的触媒　有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構　グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発　廃棄物、副生成物を削減できる革新的酸化プロセス及び化学品の開発　革新的酸化プロセス基盤技術開発

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

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

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

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

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

独立行政法人科学技術振興機構　A-STEP　化学的アプローチによるセルロースからの乳酸合成および誘導体化

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

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

一般財団法人キヤノン財団　研究助成プログラム「産業基盤の創生」　革新的有機ヘテロ原子機能材料の創製

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

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

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

文部科学省　科学研究費補助金　遷移金属内包ケイ素ケージ物質群の合成

文部科学省　科学研究費補助金　リサイクル可能な新規均一系金属錯体触媒の開発

文部科学省　科学研究費補助金　微小球マイクロオプティクスのオンデマンド型レーザー転写作製技術の開発

発　表：誌上発表84件、口頭発表167件、その他18件

精密有機反応制御グループ

（Organic Reaction Control Group）

研究グループ長：島田　茂

（つくば中央第5）

概　要：

21世紀の化学産業を地球環境保全と両立させつつ発展させるためには、化学プロセスに派生する環境負荷を低減し、汚染を未然に防止する必要がある。また、原料として化石資源のみではなく再生可能原料の利用や、従来の材料を代替し省エネルギー・省資源を可能とする新高機能材料を開発することも、グリーン・サステイナブルケミストリーの重要な課題である。当グループでは、合成化学・触媒化学・ヘテロ原子化学・錯体化学・有機金属化学等の技術を基盤として、プロセスの改善・新プロセスの開発を行うとともに、高機能新素材の開発へ向けた研究を行っている。具体的には、ケイ素系高機能材料のための触媒技術やビスマス・硫黄系機能材料等について研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目２

精密有機反応制御第2グループ

（Organic Reaction Development Group）

研究グループ長：韓　立彪

（つくば中央第5）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目２

精密有機反応制御第3グループ

（New Reaction Development Group）

研究グループ長：富永　健一

（つくば中央第5）

概　要：

当グループでは、有機合成化学・有機金属化学・触媒化学・錯体化学・マイクロ波化学を基盤技術として、1)循環型原料利用技術、2)低環境負荷型合成技術、3)高機能環境材料開発の三方向からのアプローチにより、当部門の戦略課題である「再生可能資源を利用する材料・プロセス技術」及び「環境負荷物質の排出を極小化する反応・プロセス技術」の推進に貢献している。具体的には、セルロースや二酸化炭素からの有用化学

品合成反応の開発、過酸化水素を酸化剤とするクリーンな高選択酸化技術の開発、C－H 活性型低分子付加反応の開発、高性能燐光型 EL 材料の設計及びその効率的な合成法の開発に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目２

分子触媒グループ

（Molecular Catalysis Group）

研究グループ長：安田　弘之

（つくば中央第5）

概　要：

当グループでは、第3期中期計画における当部門の戦略課題の一つである「環境負荷物質の排出を極小化する反応・プロセス技術」に主として関与する中で、化学プロセスにおける廃棄物のさらなる低減、エネルギー効率の一層の向上、循環型資源への原材料転換を実現するための、触媒技術を核とした環境調和型合成技術の開発を目指している。具体的には、二酸化炭素から基礎化学品・機能性化学品を製造するための触媒反応の開発、有機ケイ素化学品を高効率製造するための触媒反応の開発、分子触媒の固定化・リサイクル技術の開発、触媒の貴金属代替・省量化技術の開発、ナノ空孔反応場を利用した高効率合成技術の開発等を行っている。研究を進めるにあたってのキーワードは、高効率（高活性・高選択性）、高品質（残留金属低減・ノンハロゲン）、低環境負荷（E－ファクター低減）、再生可能資源（二酸化炭素・ケイ素）利用等である。

研究テーマ：テーマ題目２

固体触媒グループ

（Heterogeneous Catalysis Group）

研究グループ長：中村　功

（つくば西）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目１

膜分離プロセスグループ

（Membrane Separation Processes Group）

研究グループ長：原　重樹

（つくば中央第5）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目３、テーマ題目５

化学システムグループ

（Energy-Efficient Chemical Systems Group）

研究グループ長：遠藤　明

（つくば中央第5）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目３

バイオケミカルグループ

（Bio-Chemical Processes Group）

研究グループ長：羽部　浩

（つくば中央第5）

概　要：

当グループでは、バイオマス等の未利用資源の積極的な活用を目的として、各種の生物・化学プロセスを

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

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目３

循環型高分子グループ

（Renewable Plastics Research Group）

研究グループ長：国岡　正雄

（つくば中央第5）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目５

レーザー化学プロセスグループ

（Laser-Induced Materials Processing Group）

研究グループ長：新納　弘之

（つくば中央第5）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目４

化学材料評価基盤グループ

（Chemical Materials Evaluation Group）

研究グループ長：須田　洋幸

（つくば中央第5）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目５

［テーマ題目１］再生可能資源を利用する材料・プロセス技術

［研究代表者］藤谷　忠博（総括研究主幹）

［研究担当者］藤谷　忠博、大森　隆夫、北本　大、中村　功、高橋　厚、桑原　泰隆、富永　健一、原　重樹、根岸　秀之、吉宗　美紀、羽部　浩、井村　知弘、佐藤　俊、池上　徹、森田　友岳、福岡　徳馬、遠藤　明、山本　拓司、国岡　正雄、大内　秋比古、船橋　正弘、田口　和宏、八木　久彰、大石　晃広

（常勤職員24名、他11名）

［研 究 内 容］

化石資源に替わってバイオ原料から化学品を製造するための技術開発及びプロセス開発は、日米欧を中心に戦略的な取り組みが始まっている。本テーマでは、国際競争力のあるバイオ由来化学品生産プロセスの確立を目指し、バイオアルコールからの基幹物質製造プロセス開発、バイオ基幹物質製造技術・利用技術の開発、及びプラス

チック製品の組成毎のバイオマス炭素含有率の測定法の開発に取り組み、各基盤技術の確立を図るとともに実用化指向の全体プロセス設計・評価を行っている。

（バイオアルコールからの基幹物質製造プロセス開発）

バイオエタノールからプロピレンを製造するための反応プロセス、及び分離プロセスの開発を行った。触媒反応においては、これまでに見出した酸化物系触媒をベンチプラントで使用し、その性能の確認を行った。また、ベンチプラントの運転により、約5kg のバイオプロピレンを得た。一方、有機硫黄不純物の吸着除去については、新たに見出した吸着剤をベンチプラントで使用することにより、除去性能が十分に発揮されることを確認した。さらに、ベンチプラント用の大型カーボン膜モジュールを製作して、反応実ガスを用いた実証試験を実施し、有効に脱水が行われることを確認した。

（バイオ基幹物質製造技術・利用技術の開発）

グリセリン酸は、バイオディーゼル燃料の製造で副生するグリセリンを原料に微生物生産可能な化学品であり、種々の応用が期待されている。そこで実際に副生する、不純物（メタノール）を含むグリセリンの原料化を目的として、メタノール存在下でも効率的にグリセリン酸を生産する微生物の開発を行った。微生物を改良した結果、従来の微生物では生育ができない5%という高濃度メタノール存在下でも、グリセリン酸を生産可能な微生物の取得に成功した。また、各種バイオ原料から生産される糖型バイオサーファクタントの生産技術に関する高度化を行った。特に、両末端に親水基を有する双頭型の機能性バイオサーファクタントの生産については、低コスト化に向けて安価な炭素源の探索を行うとともに、生産性をより向上させるビタミン種も見出した。

レブリン酸はセルロース系バイオマスから合成可能な化学品の中でも、基幹物質として高いポテンシャルを有している。これまで、ブレンステッド酸とルイス酸を組み合わせた触媒系が従来より高効率にレブリン酸を合成可能であることを示してきたが、今年度は実際のバイオマス原料として杉木粉を用いた反応を検討し、杉木粉中のαーセルロースを基準として、収率90%以上でレブリン酸エステルが生成することを確認した。

（プラスチック製品の組成毎のバイオマス炭素含有率の測定法の開発）

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

［分　野　名］環境・エネルギー

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

［テーマ題目２］環境負荷物質の排出を極小化する反応・プロセス技術

［研究代表者］島田　茂（精密有機反応制御グループ）

［研究担当者］島田　茂、佐藤　一彦、清水　政男、五十嵐　正安、八木橋　不二夫、江口　勝哉、石原　吉満、韓　立彪、内丸　祐子、山下　浩、富永　健一、今野　英雄、今　喜裕、安田　弘之、坂倉　俊康、高橋　利和、藤田　賢一、小野澤　俊也、崔　準哲、深谷　訓久（常勤職員20名、他22名）

［研 究 内 容］

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

（過酸化水素による選択酸化技術）

過酸化水素を用いた酸化反応技術について、半導体封止材用途の二官能エポキシ化合物の高効率合成法を開発し、タングステン・三級アミン・添加剤からなる三元系触媒を新たに設計した。ベンチスケールの二官能エポキシ化合物製造プロセスの検討を経て、半導体封止材用途としてのサンプルワークを行い、長期信頼性を含め高い評価を得た。また、過酸化水素酸化の基盤技術を拡大するために、鉄を触媒に用いるスチレン誘導体の高効率エポキシ化技術を開発した。スチレンを収率95%でスチレンオキシドへと変換可能で、加水分解による副反応はほとんど観測されなかった。鉄上の配位子を精密設計することにより、キログラム・スケールにも適用可能な簡便かつ実用的なプロセスの開発に成功した。

（分子触媒の固定化・リサイクル技術）

パラジウム錯体をシリカ担体に固定化した触媒を、液晶材料や医薬中間体等に用いられるターフェニル化合物の合成に応用し、合成難易度の高い非対称体について、二段階ワンポットプロセスにより収率89%で合成することに成功した。白金錯体をシリカ担体に直接固定化した触媒を調製し、ヒドロシリル化反応で性能を評価したと

ころ、均一系触媒である塩化白金酸を上回る触媒活性を示した。また、高活性を維持しつつ、数回の触媒リサイクルが可能であった。最外層に親水性基を有する両親媒性デンドリマー固定化含窒素複素環カルベンー金錯体を触媒として用いることにより、常温常圧の二酸化炭素雰囲気下、水中でプロパルギルアミンのカルボキシル化ー環化反応が進行し、2ーオキサゾリジノン類が高収率で得られた。また、金属錯体の担体への吸着と液相への脱離（溶出）を温度により制御可能な触媒系の開発を目的として、温度に対するモデル化合物の溶出挙動の検討を行った。担体表面の性状等を適切に選択することで、モデル化合物の溶出量が室温時の10倍以上になる組み合わせを見出した。

（ヘテロ元素系反応技術）

砂から有機ケイ素原料を製造する方法に関して、シリカをテトラアルコキシシランに変換する新規触媒系を見出した。高機能ケイ素材料製造用触媒の研究については、シロキサンのクロスカップリング反応に関する検討を継続し、より効果的な反応条件を見出し、反応の詳細を明らかにすることに成功した。ビニルリン類を工業生産するための触媒プロセスの開発では、高分子ホスフィン配位子を用いた触媒の固定化を行った。得られた固定化触媒は高い活性を示し、高収率・高選択的に付加物のビニルリン類を得ることができた。一方、ケイ素原子を含む高分子化合物として、トリアルコキシシラン類の縮重合によるポリシルセスキオキサン類の合成について検討し、マイクロ波照射によりポリマーの高分子量化や末端シラノール残基の減少化等を行うことができた。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

［テーマ題目３］分離技術等を応用した省エネルギー型化学プロセス技術

［研究代表者］原　重樹（膜分離プロセスグループ）

［研究担当者］原　重樹、大森　隆夫、藤原　一郎、根岸　秀之、吉宗　美紀、原　伸生、遠藤　明、川合　章子、山本　拓司、片岡　祥、上村　佳大、池上　徹

（常勤職員12名、他12名）

［研 究 内 容］

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

（膜及び膜分離プロセスの評価・解析手法の開発）

水素を効率よく透過して分離する膜として、パラジウムなどからなる金属膜が知られており、その研究開発が繰り広げられている。これを支援するため、水素透過プロセスを評価・解析する技術の開発を進めている。今年度は、パラジウム膜を用いた混合ガスからの水素透過を対象として、計算機シミュレーションを用いた詳細な解析を行った。その結果、複数の影響因子の中でガス中の水素の拡散が特に重要であり、また溶解度係数の影響が透過挙動に現れていることを定量的に明らかにした。

（化学プロセスのための新規分子ふるい分離膜の開発）

分子ふるい炭素膜を用いた化学原料の脱水精製について、イソプロパノール分離系の膜性能と膜モジュール化に要求される機械強度の両者を満たすように膜構造の改良を行った。そして長期安定性の評価を実施した結果、最大140℃まで700時間安定に機能することを確認した。さらにメーカーと共同で、1m^{2}の膜モジュールの製造を実現した。また、酢酸等の酸性溶媒に対して、分子ふるい炭素膜を用いた脱水分離の評価を行ったところ、75℃浸透気化分離条件下において、膜の細孔径が0.4nm 程度の場合には、炭素数4以上の酸性溶媒に対して優れた分離性能を示すことを見出した。

（低温廃熱の有効利用が可能な新規ナノ多孔質吸着剤の開発）

メソポーラスシリカを吸着剤として使用したデシカントサイクルと、蒸気圧縮式冷凍サイクルのハイブリッドシステムにより、冬季におけるノンフロスト運転と、夏季におけるノンドレイン運転を可能とするノンフロストヒートポンプの開発について、細孔径が約3.8nm 及び9.6nm のメソポーラスシリカを合成し、その水蒸気吸着等温線の温度依存性及び吸着速度について検討を行った。室温付近においては、水蒸気の吸着時の圧力緩和は一つの速度過程からなると思われたが、氷点下においては、水蒸気の吸着時の圧力緩和に3つのステップが観測された。吸着剤表面付近に水分子が滞留することにより、一度擬似的な平衡状態となったのち、水が細孔内に進入していくモデルにより説明することが可能であった。また、デシカントローターを用いた実際の吸着プロセス実験においては、粉末で見られる上記の速度過程よりも、気相から吸着剤層表面への物質移動が律速となる条件が多く、実用材料としてはいかに物質移動抵抗が少ない吸着モジュールを作製するかが重要であることがわかった。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

［テーマ題目４］産業の環境負荷低減を図るレーザー化学技術

［研究代表者］新納　弘之（総括研究主幹）

［研究担当者］新納　弘之、佐藤　正健、川口　喜三、奈良崎　愛子（常勤職員4名、他3名）

［研 究 内 容］

産業の環境負荷低減に資するグリーンイノベーションを目指して、レーザー化学技術の研究に基づいた新規な省エネルギー型レーザー表面化学プロセスの高効率化と、先端的光技術と分野融合による新技術開拓を目的として、光化学表面反応プロセスを駆使した省工程・省部品化を実現するレーザー局所場処理技術の創出に取り組んでいる。今年度は、波長532nm の DPSS レーザーによる、サファイア基板のレーザー誘起背面照射湿式エッチング法による加工、レーザー誘起ドット転写法における転写挙動のダブルパルス照射効果、並びに炭素繊維強化プラスチックのレーザーアブレーションの光イオン化飛行時間質量分析・プルーム挙動の大気中観察について検討を行った。サファイア基板のレーザー加工では、間隔9μm の垂直側壁面を持つ深さ110μm の深溝形成に成功するなどの成果が得られた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］光化学表面反応プロセス、レーザー化学技術

［テーマ題目５］先端化学材料の評価技術

［研究代表者］須田　洋幸（化学材料評価基盤グループ）

［研究担当者］須田　洋幸、権　恒道、陳　亮、水門　潤治、萩原　英昭、滝澤　賢二、高橋　利和、内丸　忠文、国岡　正雄、船橋　正弘、大石　晃広、原　重樹、佐藤　正健、奈良崎　愛子（常勤職員14名、他5名）

［研 究 内 容］

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

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

（加速劣化試験法の開発）

有機薄膜太陽電池（OPV）の発電層材料について、その光酸化に対する耐久性評価に関する加速劣化試験法の開発を行った。電極やバッファー層を劣化させることなく、発電層材料の劣化影響のみを抽出することを目的に、劣化試験用デバイス構造の最適化を行った。また、雰囲気を制御可能なセルを組み合わせることで、発電層材料の耐久性評価が可能な試験法を設計し、予備試験を実施した。今後は、種々の材料を用いた試験を実施することで、発電層材料の耐久性評価指標の提案を目指す。さらに、OPV のモデル周辺材料としてポリエチレンテレフタレート（PET）フィルム等の耐候性試験を実施し、暴露時間に伴う力学強度等の材料特性変化を調べた。これらの知見を基に、複数の劣化ストレスに対する材料特性の変化を詳細に解析することで、より効果的な加速劣化試験法の開発を目指す。

（構造・機能評価法の高度化）

OPV 発電層材料の劣化現象の解明に向けて、溶液状態で光酸化させた材料を用いてデバイスを作成し、構造変化と電池特性との相関を評価した。MALDI－TOF や GPC 等を用いた構造解析により、P 型高分子の低分子量化が電池特性低下の一因となっている可能性を見出した。一方、耐候性試験後の PET 等について、動的粘弾性測定等を利用して材料の高次構造に注目した劣化構造解析を行い、力学強度との相関を評価した。また、陽電子消滅等の高次構造評価により、機能性ポリオレフィンの特異的な力学特性が非晶部ナノ構造により制御できることを見出した。さらに、ケミルミネッセンス分光法の劣化評価への応用を目指し、オレイン酸等の低分子モデル化合物の劣化反応に伴うスペクトルを解析した結果、分離した発光ピークと劣化構造の帰属に成功した。今後は、独自の構造・機能評価法としての MALDI－TOF 法や動的粘弾性測定法、陽電子消滅法、ケミルミネッセンス分光法等をさらに高度化していく。

（材料設計指針の確立）

OPV 発電層材料の P 型高分子の光酸化劣化において、特定の活性種が劣化に関与していることを見出した。本活性種による材料劣化メカニズムや電池特性との相関は今後検証する必要があるが、光酸化に対する耐久性向上には、活性種により攻撃される部位を強化する等の高分子設計指針が有効であると期待される。また、耐候性試験における PET 等の力学強度変化が、分子鎖切断等の

一次構造変化だけでなく、結晶化度や非晶中分子間相互作用等の高次構造が変化することにも起因することを見出したことから、材料内の分子間相互作用を制御することも、材料の高耐久化に有効であると期待される。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

⑫【エネルギー技術研究部門】

（Energy Technology Research Institute）

（存続期間：2004.7.1～）

研究ユニット長：角口　勝彦
副研究部門長　：宗像　鉄雄、小原　春彦、竹村　文男
首席研究員　　：周　豪慎
総括研究主幹　：山崎　聡、羽鳥　浩章

所在地：つくば中央第2、つくば中央第5、つくば東、つくば西
人　員：117名（117名）
経　費：1,810,643千円（813,267千円）

概　要：

1．ミッションと目標

エネルギー技術研究部門は、地球温暖化の防止、限りあるエネルギー資源の有効利用およびエネルギーの安定供給確保を同時に達成するためのグリーン・イノベーションを推進し、持続的発展可能な社会の実現に貢献することをミッションとする。太陽光・風力・水素・クリーン燃料等のクリーンエネルギー技術の研究開発、燃料電池等の分散型エネルギー技術の研究開発、蓄電・蓄熱・水素貯蔵等のエネルギー貯蔵技術の研究開発、およびこれらの技術を体系的に統合化し電力・ガス・熱の需給を適切にマネジメントする分散型エネルギーネットワーク技術の研究開発を行う。これらの研究開発を通じて、高効率・低環境負荷で柔軟性・利便性の高いエネルギー供給を可能とする総合エネルギー産業の成長と、わが国の長期的エネルギービジョン、エネルギー政策の立案に貢献する。

2．主要研究項目と研究推進手段

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

○「I-1　再生可能エネルギー技術」に関しては、多様な再生可能エネルギーの利用拡大に向けて、先進性の高い太陽光の発電・利用技術に関する研究開発、風力発電の高度化・信頼性向上・国際標準化技術に関する研究開発、および出力変動の大きな自然エネルギーの大量かつ高効率な利用を可能とする電力ネットワーク・マネジメント技術に関する研究開発を行う。

○「I-2　省エネルギー技術」に関しては、省エネルギー推進による低炭素社会の実現のため、運輸用途に向けた安全で安価な高エネルギー密度蓄電池材料や燃料電池自動車用水素貯蔵技術に関する研究開発、住宅・ビル・工場等における設備を効率的に運用し需給合理化を図る電力マネジメント技術に関する研究開発、エネルギー密度・パワー密度共に優れた電力貯蔵用キャパシタ技術に関する研究開発、定置用燃料電池の高効率化技術に関する研究開発、未利用熱エネルギーの高度利用技術に関する研究開発を行う。

○「I-3　資源の確保と有効利用技術」に関しては、枯渇性資源の最高効率活用による物質循環型社会実現のため、石炭ガス化プロセス等に関わる高度利用基盤技術に関する研究開発を行う。

○「I-6　グリーン・イノベーションの評価・管理技術」に関しては、二酸化炭素削減のための技術と取組の評価に資するために、二酸化炭素の回収貯留や水素を媒体としたエネルギーシステム等、革新的なエネルギーシステム関連技術開発や導入シナリオに関する分析と評価を行う。

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

1）高効率エネルギーマネジメントシステム技術に関する研究

時間変動の大きな再生可能エネルギー群を、蓄電システムへの依存をできるだけ少なくしつつ大量に導入するために、電力および熱のネットワークにおける系統安定化と負荷平準化のための要素技術、電力系統とそれに連携する機器の様々な箇所に導入される高効率電力変換素子、電力変換器等のハードウェアおよび、それらをインテリジェントに制御するソフトウェアの開発を行う。これらを統合化して、エネルギーマネジメントによる新たな高効率ネットワーク・システムを開発する。

2）住宅用エネルギーシステム技術に関する研究

超高エネルギー密度二次電池、キャパシタ等、次世代のエネルギーシステムに革新的な変革をもたらす蓄電デバイスなど、住宅用途に適した革新的要素技術開発を行うことにより、系統エネルギーとの協調機能を備えた住宅用エネルギーシステムを開発する。

3）次世代高効率分散電源技術に関する研究

HHV50%を超える次世代高効率固体酸化物形燃

料電池（SOFC）システムの実現可能性を検討するため、燃焼ガス・リサイクル等による燃料利用率向上や、熱電発電、スターリングエンジン等による高度排熱利用の効果を明らかにするとともに、高効率SOFCを実現するための材料開発もおこなう。

4）水素エネルギー技術に関する研究

水素貯蔵材料の特性と反応機構を解明し、水素を限られたスペースに高密度に貯蔵するための水素貯蔵材料の設計指針を明らかにする。また、太陽光を利用した高効率な水素製造技術、水素の製造・貯蔵・供給技術及び燃料電池等からなる統合型水素利用システムを開発する。

5）エネルギー資源変換技術に関する研究

埋蔵量が豊富な低品位炭、林地残材バイオマス等の未利用性の高いエネルギー資源を高効率にガス化するクリーン燃料製造技術、再生可能エネルギー由来のエネルギーキャリア（化学系エネルギー貯蔵媒体）を併用した分散型エネルギーシステム構築のための先進的水素・合成ガス製造及び高効率転換・利用技術の開発を行う。

6）エネルギー技術評価に関する研究

二酸化炭素の回収貯留、革新的省エネルギー・新エネルギー関連技術について、開発・社会導入シナリオの分析・評価を行う。

また、上記1）～6）の他、新たな展開やブレークスルーをもたらす革新的・萌芽的エネルギー技術の研究にも積極的に取り組み、次世代プロジェクトの芽を育てる。

内部資金：

「分散型エネルギーのマネジメントシステムの開発」

「グリーングリッド対応大電力汎用変換器に関する研究」

「ガス状水素の高効率貯蔵装置の開発」

外部資金：

経済産業省受託研究費

平成24年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）

「高効率 CO_2還元触媒の半導体光触媒への複合化に関する研究」

「色素増感起電力を利用した水分解水素製造」

「蓄電デバイス用ナノ電極材料の開発と電子状態解析」

「ナノ構造を利用した低環境負荷で高効率な熱電変換材料」

「クリーンアップ石炭ガス化ガスのための SOFC 燃料極開発」

「再生可能エネルギー導入に備えた統合型水素利用システムに関する研究」

「燃料改質ガスの燃焼モデルの基盤研究」

平成24年度国際標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業）

「医療用プラズマ装置等に関する国際標準化フィージビリティスタディ」

環境省受託研究費（公害）

平成24年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）

「非意図的生成 POPs の生成挙動と排出抑制に関する研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

新エネルギー技術研究開発

「バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術開発）／低圧固定床用 FT 触媒技術を利用した BTL プロセスの研究開発」

「次世代風力発電技術研究開発／基礎・応用技術研究開発」

固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発事業

「基礎的・共通的課題のための研究開発」

最先端研究開発支援プログラム（低炭素社会実現に資する有機系太陽電池の開発）

「超高効率色素増感太陽電池を目指した新規増感色素の探索（有機薄膜太陽電池の劣化機構の解明）」

産業技術研究助成事業

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

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

独立行政法人科学技術振興機構

研究成果展開事業　研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）

「フィージビリティスタディ　ステージ探索タイプ／単結晶性 $LiMn_2O_4$ナノワイヤーの簡易な合成法による高性能 Li イオン電池正極材料開発」

「フィージビリティスタディ　ステージ探索タイプ／高活性・抗菌性・化学的安定性を有する可視光応答型酸化タングステン光触媒の実用化」

「フィージビリティスタディステージ　シーズ顕在化タイプ／革新的なダイヤモンド熱電子発電技術の開発」

戦略的創造研究推進事業（CREST）

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

「SOFC 高機能化のためのイオン－電子流れ解析技術の開発」（エネルギー高効率利用のための相界面化学）

戦略的創造研究推進事業 先導的物質変換領域（ACT-C）

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

戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発（ALCA）
「多孔性配位錯体における高速イオン拡散を利用した高出力型マグネシウムイオン2次電池の開発」
「1 リグニンの可溶化（１段目） 1-②可溶化液の溶剤分画とその詳細分析 1-④可溶化経路の詳細解析、最適化 3 実バイオマスへの応用 3-①製紙工場の黒液、パームの空房への適用」
「リグニンとその反応生成物の平均分子構造解析（天然多環芳香族からの構成単環芳香族類の単離回収基盤技術開発）」
「超電導システム／低炭素社会を支える輸送機器用超伝導回転機システム／高温超伝導固定化巻線技術の研究開発」
「超高耐圧高効率小型真空パワーデバイス」
「超高耐圧高効率小型真空パワースイッチの作製と評価」

国立大学法人東京大学
内閣府最先端研究開発支援プログラム再委託
「高性能蓄電デバイス創製に向けた革新的基盤研究」
経済産業省平成24年度エネルギー使用合理化技術開発等委託費再委託
「革新炭素繊維基盤技術開発」

栃木県森林組合連合会
林野庁平成24年度森林資源活用型ニュービジネス創造対策事業再委託
「ガス化合成ガス製造の実証」（未利用森林資源のバイオオイル化等による小規模分散型・トータル利用システムの構築）

学校法人慶應義塾
環境省平成24年度地球温暖化対策技術開発・実証研究事業再委託
「大学キャンパスの省 CO_2化に向けたキャンパスエネルギーマネジメントの実証研究」

財団法人国際科学振興財団
経済産業省関東経済産業局平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業再委託
「電子デバイス用超平坦性ダイヤモンド基板の自動切削研磨技術開発」

国立大学法人筑波大学
環境省平成24年度環境研究総合推進費再委託
「アジア低炭素社会の構築に向けた緩和技術のコベネフィット研究」

一般財団法人石炭エネルギーセンター
NEDO ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト再委託
「『コールバンクの拡充』における『石炭試料の受入れと微粉砕他』」
NEDO 平成24年度戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業（次世代技術開発）
「流動層による石炭とバイオマスの共ガス化」

株式会社いすゞ中央研究所
経済産業省補助金事業再委託
「SOFC（固体酸化物形燃料電池）を活用したパワートレーンのシステム化研究」

独立行政法人日本学術振興会
先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)
「太陽エネルギーの化学エネルギーへの革新的変換技術の研究」
平成24年度科学研究費助成事業（科研費）
「CO_2を作動媒体とする地中熱利用ヒートポンプの実験および数値解析による研究」(特別研究員奨励費)
「大面積単結晶グラフェン膜の carpet－like 成長プロセスの研究」(若手研究 B)
「微細構造による蓄熱材の過冷却度制御の研究」(基盤研究 C)
「電力系統の特性を詳細に模擬した新しいエネルギーシステムモデルの開発」(研究活動スタート支援)
「中性子散乱による鉄系超伝導体のスピン揺動の研究」(基盤研究 B)
「不凍タンパク質の融解抑制機能の発現」(挑戦的萌芽研究)
「高強度超短パルスレーザーによって駆動された電離波の構造と安定性に関する理論的研究」(基盤研究 C)
「レーザープラズマ加速電子線を用いたフェムト秒 X 線パルス生成と時間分解 X 線回折応用」(基盤研究 B)
「電子とのハイブリッド加速を用いたレーザー陽子ビーム生成」(挑戦的萌芽研究)
「水素貯蔵材料の表面酸化による弾性作用の発現と水素貯蔵温度の低下メカニズムの解明」(若手研究 B)
「フェロアロイを用いたＶ系水素貯蔵材料の創製と貯蔵水素の挙動の解明」(若手研究 B)
「燐光寿命を利用した気体流れの温度速度相関計測」(基盤研究 B)
「原子クラスターの形態を制御した硫化物熱電材料の開発」(若手研究 B)
「固体電気化学を基盤としたイオンによる磁気特性の可逆制御」(新学術領域研究（研究領域提案型))
「リチウム電池用電極材料の二相共存反応における核発生と相境界移動メカニズムの解明」(若手研究 B)
「水蒸気由来水素による水素化を伴う重質油からの軽質

燃料油製造技術の開発」（若手研究 B）
平成24年度科学研究費助成事業（科研費、研究分担者）
「地域分散型のエネルギーシステムへの移行戦略に関する研究」（基盤研究 A、立命館大学より）
「錯体水素化物における原子・イオン輸送機構の解明－中性子散乱と陽電子消滅の相補利用」（基盤研究 A、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構より）
「MHz 級デトネーションエンジンの物理機構解明：バルブ共振型と回転爆轟波型エンジン」（基盤研究 A、国立大学法人筑波大学より）
「急速合体加熱と定常中性粒子ビーム加熱を駆使した球状トーラスの限界ベータ検証実験」（基盤研究 A、国立大学法人東京大学より）
「省エネ用半導体の実現に向けたマクロ・ナノ統合結晶成長法の構築」（基盤研究 B、国立大学法人九州大学より）
「超高密度パワーSOC（Supply on Chip）用集積回路基板の検討」（基盤研究 B、国立大学法人九州工業大学より）
「巨大振幅原子振動がもたらす新しい電子相の動的分光法による研究」（新学術領域研究、国立大学法人神戸大学より）
「制度を媒介とした持続可能な発展と主観的福祉のリンケージ」（基盤研究 A、国立大学法人京都大学より）

一般財団法人熱・電気エネルギー技術財団
第20回研究助成
「高効率硫化物熱電材料創製のための原子クラスターの高機能化」

公益財団法人東電記念財団
平成21年度研究助成（基礎研究）
「冷熱利用から高効率燃焼実現までを目的とした気体流れのマルチスケール温度速度多次元同時計測」

公益財団法人泉科学技術振興財団
平成23年度研究助成
「全固体リチウム－空気電池の構築とキャラクタリゼーション」
財団法人スズキ財団
平成23年度科学技術研究助成
「エレクトロスピニング法を用いた Li および Na イオン電池次世代材料開発」

財団法人住友財団
2011年度環境研究助成
「グラフェンナノシートを用いた高活性、低コストリチウム－空気電池の空気極の開発」

財団法人矢崎科学技術振興記念財団
2011年度奨励研究助成
「全固体リチウム－空気電池の構造解析およびインピーダンス解析」

発　表：誌上発表312件、口頭発表616件、その他50件

エネルギーネットワークグループ
（Energy Network Group）
研究グループ長：安芸　裕久
（つくば中央第2）

概　要：
エネルギー利用効率の改善や炭酸ガス排出の削減、化石燃料への依存度低減、需要側・供給側双方の多様な要求の実現など、エネルギーを取り巻く種々の要望をかなえるために、再生可能エネルギーを始めとする分散型エネルギー源の導入と普及が期待されている。しかし、電力やガスなどの既存のエネルギーのネットワークは、分散型のエネルギー源の導入を想定していないため、分散型エネルギーの導入に制約が生じてしまう。こうした制約を打破し、分散型エネルギー源を大規模かつ有効に用いるためには、個別機器の制御運用だけでは限界があり、多数のエネルギー機器をネットワーク化して運用する技術が必要である。そこで、分散電源を大規模に導入した場合の電力系統の電圧安定化や需給バランス維持のための制御・運用技術、負荷の平準化技術など分散型発電、電力貯蔵、可制御負荷等からなるエネルギーネットワークの運用技術の開発を進めている。
研究テーマ：テーマ題目 1

ターボマシングループ
（Turbomachinery Group）
研究グループ長：壹岐　典彦
（つくば東・西）

概　要：
持続可能社会の実現をもたらす分散型エネルギーネットワーク技術の開発を積極的に推進している。
[1]ガスタービンシステムの研究として、タービンを石炭ガス化装置や燃料電池と組み合わせたシステムなど様々なサイクル計算を行い、燃料改質ガスの燃焼特性など関連する研究を行っている。[2]ターボ機械を出口として想定したデバイス・制御技術に取り組んでいる。セラミック熱交換器などのエネルギーデバイスの開発やその評価技術について研究開発を進めている。流れの能動的制御に関して、誘電体バリア放電プラズマアクチュエータ（DBD-PA）の開発を進めており、減速領域にできる剥離の抑制について研究している。更にターボ機械の漏れ流れを減らす新しいプラズマアクチュエータを考案し、開発を進めている。[3]ターボ機械に関わる材料・プロセス技術に取り組んでおり、

炭素／炭素複合材料（C/C）・炭素繊維強化プラスチック（CFRP）・セラミック基複合材料（CMC）・コーティング等について研究開発を進めている。

なお10月の風力発電グループ新設に伴い、風力発電に関する研究、非接触吸着技術の開発は、新グループに移行した。

研究テーマ：テーマ題目２

風力発電グループ

（Wind Turbine Generation Group）

研究グループ長：小垣　哲也

（つくば東）

概　要：

風力発電は、エネルギー・セキュリティ、地球温暖化対策として期待される再生可能エネルギーの中でも最も実用化が進んでいる一方で、国内における更なる導入量の拡大と風力発電産業界の発展のためには、発電コストの更なる低減が必要である。この課題に対して、日本のような台風襲来に伴う強風、山岳性の複雑地形に起因する高乱流においても、安全性・信頼性を確保するための次世代風力発電技術として、こうした厳しい風特性を明らかにし、それらを反映した風車設計のための風特性モデルを開発・評価した。この風特性モデルは、JIS 規格として採用されるとともに、IEC 国際規格としても提案し採用の目処を得ることに成功した。更には、発電コストの低減、電力価値の向上に向けた風車本体要素技術（次世代高性能ロータ、風車制御技術の高度化等）、ならびに風力発電アセスメント技術（風力エネルギーポテンシャル評価、年間発電電力量評価、発電電力量予測、騒音影響評価等）の研究を実施している。また、風力発電に関する国際共同研究活動として重要な IEA 風力実施協定の契約機関としての対応を通じて、風力発電の研究開発における日本のプレゼンス向上に貢献している。

燃焼評価グループ

（Combustion Control Group）

研究グループ長：土屋　健太郎

（つくば西）

概　要：

燃焼に伴って生成するダイオキシン類、多環芳香族化合物等の有害物質の排出低減に向けた研究を行っている。有害物質の生成機構を明らかにして本質的な生成抑制を可能にする方針の下、実機の燃焼条件を模した基礎的な燃焼装置を用いて、クロロベンゼンやダイオキシン類に代表される有機塩素化合物の生成挙動や反応機構の解明に取り組んでいる。PCB に代表される有機塩素化合物を分解し無害化処理する研究も行っている。本年度は、新規に開発した触媒を使い、2-プロパノール、水酸化ナトリウム、担持パラジウム触媒系による脱塩素反応を大幅に高性能化することができた。

燃焼は一般に燃料と酸化剤の組み合わせよってその特性を大幅に異にする。燃焼速度等の燃焼特性を再現する数値シミュレーションに必要な素反応モデルの構築にも取り組んでいる。本年度は、水素・メタンと支燃性ガスの1つである三フッ化塩素との燃焼の数値計算に必要な反応機構を構築するために、重要な素反応過程の速度定数を量子化学計算等により推定した。また、流動層燃焼における亜酸化窒素の生成および分解過程で重要となる素反応についても同様な手法を用いて探索した。

また、金属とその酸化物の酸化還元反応を利用した新しい燃焼器の開発を目的とする研究も進めている。本年度は、加熱および加圧状態での反応実験を行い、新規に開発した粒子の循環特性・反応特性を調べ、最適な粒子に関する知見を得ることができた。

統合水素システムグループ

（Integrated Hydrogen System Group）

研究グループ長：中納　暁洋

（つくば東）

概　要：

太陽光や風力といった不安定な再生可能エネルギーの導入促進を図るためには、同時に分散型エネルギーシステムの高度化、革新的利用技術の開発を行う必要がある。その分散型エネルギーシステムを構築する上で欠かせないエネルギー貯蔵・変換技術において、エネルギー媒体としての水素の有効性に着目し、水電解装置、燃料電池（または水電界-燃料電池一体型セル）、水素貯蔵装置等からなる統合型水素エネルギー利用システムの研究開発を進めている。統合型水素エネルギー利用システムは電気に加え熱や物質（水素）も併給可能な特長を持ち、再生可能エネルギーを最大限取り込むことができ、且つ優れた省エネルギー性を併せ持つ低炭素化社会の公共インフラとなり得る定置型の水素システムである。その実用化に向け、国際戦略的視点を踏まえ国内外の研究者・技術者と協力して水電界-燃料電池一体型セル、水素吸蔵合金を使用した水素貯蔵装置等の要素技術開発に取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目３

熱電変換グループ

（Thermoelectric Energy Conversion Group）

研究グループ長：山本　淳

（つくば中央第2）

概　要：

熱電変換は特殊な半導体や金属（熱電材料）を用いて熱エネルギーと電気エネルギーを直接変換する技術である。熱電材料に温度差を与えると起電力が発生す

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

研究テーマ：テーマ題目４

エネルギー貯蔵材料グループ

（Energy Storage Materials Group）

研究グループ長：児玉　昌也

（つくば西）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目５、テーマ題目６

先進プラズマ技術グループ

（Innovative Plasma Technologies Group）

研究グループ長：榊田　創

（つくば中央第2）

概　要：

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

平成24年度は、主に次項に関して研究を進めた。プラズマ医療に関して、文科省科研費新学術領域「プラズマ医療科学の創成」、経済省「医療機器ガイドライン策定事業」、及び経済省「国際標準開発事業」を通して、低侵襲プラズマ止血機器の早期実用化に向けた活動を行った。更に、プラズマ医療機器に関する国際標準化について International Electronics Commission と協議を行った。

放電による高効率ガス処理に関する研究に関して、交流・直流重畳放電システムを構築し、電源効率を含めた総合エネルギー効率の向上を確認した。

パルス電子ビームによる表面処理を目的とし、電子ビームシステムの主要部分の製作を行った。

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

アリカリ金属熱電発電の高効率化に関する研究として、新規電極の試作を進めた。

再生可能エネルギーに関する数多くの出前講座を行い、啓蒙活動に貢献した。

また、第3回、第4回プラズマ医療・健康産業シンポジウム、及び所内プラズマ研究会を共催し盛況の内に終了した。

水素エネルギーグループ

（Hydrogen Energy Group）

研究グループ長：中村　優美子

（つくば中央第5）

概　要：

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

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

研究テーマ：テーマ題目 7

太陽光エネルギー変換グループ

（Solar Light Energy Conversion Group）

研究グループ長：佐山　和弘

（つくば中央第5）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目６、テーマ題目８、テーマ題目９

新燃料グループ

（Advanced Fuel Group）

研究グループ長：鷹觜　利公

（つくば西）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目10

クリーンガスグループ

（Clean Gas Group）

研究グループ長：鈴木　善三

（つくば西）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目６

エネルギー社会システムグループ

（Socio-economics and Policy Study Group）

研究グループ長：村田　晃伸

（つくば東・西）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目11

熱・流体システムグループ

（Thermal and Fluid System Group）

研究グループ長：平野　聡

（つくば東・西）

概　要：

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

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

研究テーマ：テーマ題目12

超電導技術グループ

（Superconductor Technology Group）

研究グループ長：山崎　裕文

（つくば中央第2）

概　要：

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

超電導送電ケーブルに事故電流が流れた時のケーブル内温度変化や冷却システム内の圧力変化等を、数値解析により詳細に評価した。実ケーブルでは、過電流通電後にケーブル冷却系の圧力上昇やケーブル内冷媒流量の急激な低下が観測されていた。数値解析結果は、ケーブルコア内に入り込んだサブクール窒素が加熱されてケーブル両端の端末部に流出することが、これらの異常を引き起こしていることを示していた。実際の現象をよく説明できたことで、超電導送電ケーブルを実系統に導入する際の設計・運用指針を明らかにすることができた。また、医薬用タンパク質の分離精製を、低コスト、高効率で行う超電導磁気分離装置の開発を行った。本装置は高速励磁・消磁超電導電磁石、卓上型冷凍システムおよび磁気ナノビーズ捕捉用磁性フィルターにより構成されている。懸濁液中のナノ磁気ビーズの回収実験では、磁気ビーズの捕捉率：97.8%、回収率：94.1%と、満足のいく結果が得られ、今後の量産対応の実用機開発に向けて設計指針を確立した。

研究テーマ：テーマ題目13

燃料電池システムグループ

（Fuel Cell System Group）

研究グループ長：山本　淳

（つくば中央第2）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目14

燃料電池材料グループ

（Fuel Cell Materials Group）

研究グループ長：堀田　照久

（つくば中央第5）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目15

エネルギー界面技術グループ

（Energy Interface Technology Group）

研究グループ長：周　豪慎

（つくば中央第2）

概　要：

固体・液体・気体の界面において、物質・イオン・

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

平成24年度は、高性能リチウムイオン電池やナトリウムイオン電池のための優れている活物質などを利用した電極の合成と電池性能の評価、中温領域で作動するリチウムイオン電池の構築と評価、リチウムイオン電池の安定性と劣化メカニズムの解明、革新的な電解液や触媒などを利用した水系・有機系・固体電解質系などのリチウム－空気電池の開発、およびリチウムレドックスフロー電池などの研究開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目16

電力エネルギー基盤グループ

（Energy Enabling Technology Group）

研究グループ長：西澤　伸一

（つくば中央第2）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目17

BTL 触媒グループ

（BTL Catalyst Group）

研究グループ長：村田　和久

（つくば中央第5）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目18

［テーマ題目１］電力平準化・グリッド自律運用のためのエネルギーマネージメントシステム技術（←重点課題一覧のタイトルは「エネルギー統合運用システム技術」）

［研究代表者］安芸　裕久

（エネルギーネットワークグループ）

［研究担当者］安芸　裕久、村田　晃伸、近藤　潤次、韓　世炅（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

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

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

本年度は、コンプレッサの回転数を制御することで消費電力を連続的に調節できる CO_2冷媒ヒートポンプ式

給湯機を試作し、試験を行って応答性等の検証を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］再生可能エネルギー発電、スマートグリッド、周波数変動、CO_2冷媒ヒートポンプ式給湯機、直接負荷制御

［テーマ題目２］エクセルギー再生技術に関する研究開発

［研究代表者］壹岐　典彦（ターボマシングループ）

［研究担当者］壹岐　典彦、井上　貴博、菊島　義弘、鈴木　雅人、瀬川　武彦、藤田　和宏、松沼　孝幸、岡田　孝、加藤　あづさ、川添　美智子、千坂　文武、袖岡　賢（常勤職員7名、他5名）

［研 究 内 容］

熱・化学エクセルギー再生と自己熱再生の概念を適用して、SOFC システム内で発生する熱・未燃燃料を高度に利用して、SOFC およびを SOFC－熱機関ハイブリッドシステムの高効率化を図るとともに開発上の課題を把握する。そのために、システム構成、評価手法について研究するとともに、自己熱再生に必要な装置の基盤技術を研究している。エクセルギー再生に必要となる600～1000℃の高温で使用可能な熱交換技術の開発を進めた。セラミック熱交換器の熱交換部のために、高温域において、高い熱伝導率と信頼性を両立させるセラミック基複合材料の製造技術に取り組んだ。セラミック材料特有の脆性破壊を薄層の積層によって回避する構造とした開発複合材料について、破壊挙動を調べたところ、亀裂進展の偏向が観察され、この構造による高靭化が確かめられた。また、セラミック熱交換器の断熱部のために、高温域断熱構造壁形成技術に取り組んだ。熱の放散を抑制する遮熱壁を形成するため、サスペンションプラズマ溶射法（SPS 法）の開発と適用を進め、溶射のパラメータを適切に選択することにより、粒子径および気孔率の幅広い制御が可能であることを示した。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

［テーマ題目３］統合型水素利用システムの開発

［研究代表者］中納　暁洋（統合水素システムグループ）

［研究担当者］中納　暁洋、伊藤　博、前田　哲彦、宗像　鉄雄、周　卓敏、黄　哲敏、高木　聡美、鈴木　かほり（常勤職員4名、他4名）

［研 究 内 容］

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

統合型水素エネルギー利用システムの水素貯蔵装置に関しては開発した横置型水素吸蔵合金タンクを用いて再生可能エネルギー（太陽光）で製造した水素の貯蔵実験、及びその水素を燃料電池に供給する水素放出実験を実施した。水素貯蔵実験では循環水入口温度を12℃の条件で、また、太陽光の時間変化により、水電解装置で製造される水素量が変化するためマスフローコントローラを用いての水素流量制御は行わないこととした。そのため循環水の流量は、水素の最大供給流量時（18NL/min）に循環水の入口と出口の温度差がおよそ3℃となるよう1720 ml/min に設定し実験を行った。組成（H/M）が0.15から実験を開始し、ほぼフルチャージ状態の H/M＝0.977 まで6403NL の水素を吸蔵させた。その結果、この実験条件下では合金の反応熱をほぼ全て回収することができることを確認した。この非常に良好な合金反応熱の回収率については、日没に近付くにつれ製造される水素量が減り、それに伴い水素吸蔵量も減少することからタンク内部の温度が下がり、タンク外筒を含む全ての材料に蓄えられた熱が循環水で回収されたことによる。なお、この実験で得られた水電解装置の効率は48.5%であった。一方、水素の放出実験でもマスフローコントローラによる水素流量制御は行わず燃料電池の運転を試みた。循環水入口温度を22℃に設定し、循環水入口と出口の温度差が約5℃となるよう循環水流量は1150ml/min とした。また、水素吸蔵合金タンクの水素供給能力を鑑み燃料電池の不可抵抗値は0.5kW とした。実験は H/M＝0.977 から開始し、約5時間半で6437NL の水素を燃料電池に供給した。実験の結果、合金反応熱の回収率は 96.0%と放出実験においても高い回収率が確認できた。なお、燃料電池の効率は14.8%と低いが、これについては燃料電池のスペックと水素吸蔵合金タンクの水素供給能力のミスマッチによるものであり、あらかじめ予想された結果である。次に、水素吸蔵合金材料について脱希土合金の応用可能性を探るため、いくつかの材料について耐水分性能評価試験を行った。その結果、水素の吸蔵・放出を30回程度繰り返した試験で著しい劣化があった AB2 系の合金に1%程度 La の（希土類であるが微量）を添加することにより耐水分性能が向上することを発見した。更に、実用を想定した充填率における耐水分劣化試験を可能とするため、任意の水分濃度の水素の製造方法を確立した。

水電解・燃料電池一体型セル（可逆セル）の開発では、

酸素極側ガス拡散層（GDL）に PTFE を添加することによるセル性能に対する影響を3種類の流路において行った。その結果流路内ガス流速が比較的遅い流路の場合に PTFE の撥水性が燃料電池性能を改善することが明らかになった。また、GDL 断面方向の PTFE 分布に着目し、PTFE 分布を従来に比べ顕著に均一化させる方法を考案した。その均一化の効果を実際のセル性能試験で検証し、この GDL 内 PTFE 分布均一化が、可逆セルの水電解運転時には性能にほとんど影響を及ぼさない一方、燃料電池運転時には高加湿条件下で性能を改善することを確認した。これは PTFE 分布の均一化により、GDL 内の生成水の排出機能が強化されたためであると推論できる。また、GDL 単体の孔径や濡れ性、透過度を測定する装置を自作し、測定を開始した。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

［テーマ題目４］熱電変換による SOFC の排熱利用

［研究代表者］山本　淳（熱電変換グループ）

［研究担当者］山本　淳、小原　春彦、李　哲虎、太田　道広、國井　勝、高澤　弘幸、西当　弘隆、長瀬　和夫、高島　泰子、島田　和江（常勤職員4名、他6名）

［研 究 内 容］

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

本研究では1kW 級 SOFC に組み込む事を想定した、小型で信頼性の高い高性能熱電発電モジュールの開発を目標としている。ビスマステルル系材料よりも高温度域（300℃以上）で利用できる新規熱電材料の開発と発電モジュールの試作を実施している。これまでにスクッテルダイト、亜鉛アンチモン、硫化物、鉄系化合物等の性能向上に取り組み、また実際にこれらの材料を使用した発電モジュールの試作を行なっている。平成24年度はモジュールの信頼性の評価方法を検討し、市販モジュールや、試作モジュールを使用して1000時間程度の長期耐久試験を実施し、劣化／破壊モードの確認を行った。また SOFC システムからの低温排熱回収（～100℃）については第2世代の熱交換器形発電ユニットをを試作し、温度差90℃に於いて15W/L 程度の出力密度を得ることができるシステムの実証試験を実施した。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

［テーマ題目５］高パワー密度電気化学キャパシタの開発

［研究代表者］児玉　昌也（エネルギー貯蔵材料グループ）

［研究担当者］児玉　昌也、曽根田　靖、吉澤　徳子、棚池　修、井元　清明、山本　恭世、山口　貴史（常勤職員4名、他3名）

［研 究 内 容］

自然エネルギーの出力変動緩和や負荷平準化など、電力貯蔵技術には幅広い用途が期待されている。特に高速充放電（パワー密度）が必要とされる場面においては、電気化学キャパシタが重要な役割を担うことになる。キャパシタの高パワー密度化において、活性炭等の多孔質カーボンが持つ複雑な細孔構造は、イオンのスムーズな拡散を阻害する要因となる。カーボンナノチューブではこの問題は改善されるが、コスト面等で実用化にはまだ高い障壁がある。そこで本年度は MgO を鋳型として調製されるメソポーラスカーボン（MgO-MPC）を利用したキャパシタの設計に取り組んだ。MgO-MPC は製造コストが安価で、工業的に生産可能な初のテンプレート法カーボン材料である。また電解質イオンの移動に影響の大きいメソ孔領域（2～50nm）をコントロールすることが可能で、使用する系に応じた最適な電極を実現しうる。メソ孔の平均径が3nm で表面積が1450m^2/g の MgO-MPC で調製した電極を評価したところ、セル容量（23.8F/g）は活性炭（19.4F/g）より大きく、さらに高速充放電特性も遙かに優れていることが判明した。また、低温下での性能劣化も小さく、−60℃においても92%（活性炭:30%）の極めて大きな容量保持率を示した。この成果により、高速充放電特性と体積エネルギー密度のバランスを取りながら、用途に応じて最適化された電極の設計が可能になると考えられる。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］電力貯蔵、電気化学キャパシタ、ハイブリッドキャパシタ、メソポーラスカーボン、低温特性、高速充放電特性

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

［研究代表者］高木　英行（エネルギー貯蔵材料グループ）

［研究担当者］高木　英行、安藤　祐司、松岡　浩一、倉本　浩司、姫田　雄一郎、山本　恭世、相澤　麻実、熱海　良輔、加藤　義重

（常勤職員5名、他4名）

［研 究 内 容］

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

本年度は、高効率アンモニア分解プロセスを利用した水素製造技術の開発に向けて、調製した触媒の担体、細孔構造がアンモニア分解活性に及ぼす影響を、流通式触媒活性評価装置を用いて評価した。その結果、担体の細孔構造、担体の種類によってアンモニア分解に大きな影響を与えることを見出した。さらに、調製した触媒によるアンモニア分解のメカニズムも明らかにした。また、エタノール改質反応に対する金属担持触媒の活性を、流動層反応器ならびにマイクロ波照射型改質反応器を用いて評価した。その結果、コバルト触媒は、貴金属触媒と同程度の高いエタノール転化率を与え、かつ副反応であるメタン生成も抑制できることを見出した。マイクロ波照射によるエタノール改質に関しては、通常の電気炉加熱による改質とはメカニズムが異なることが示唆された。さらに、昨年度までに開発したギ酸分解触媒を利用した水素、二酸化炭素の連続分離に関するプロセス開発のための基盤研究も展開し、加圧− 冷却の組合せによる純水素製造の可能性を示すことに成功した。

固体酸化物形燃料電池（SOFC）の燃料多様化（バイオマス、低質炭）を目標として、固体炭素を直接利用する発電方式の開発も進めた。燃料極として溶融塩（硫酸ナトリウム）を用い、これの酸化還元反応を利用しながら電気化学的に酸素を輸送して燃料電池反応を進めるというものである。800℃付近で用いて数ミリの直径を有する石炭粒子を用いて溶融塩を還元でき、酸素キャリアーとして機能する可能性を確認した。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

［テーマ題目７］水素・再生可能エネルギーに関する研究

［研究代表者］中村　優美子
（水素エネルギーグループ）

［研究担当者］中村　優美子、榊　浩司、浅野　耕太、松本　愛子、榎　浩利、Kim Hyunjeong、野口　一夫
（常勤職員6名、他1名）

［研 究 内 容］

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

定置用水素貯蔵システムに用いる水素貯蔵材料として、コストが高く資源的制約の大きいレアアース元素を用いない TiFe 合金が有望と考え、そのシステムへの適用可能性について昨年度より検討を開始した。実用上の課題である初期活性化処理の低温化について、Fe の一部を Mn に置換することにより克服可能であることがわかったため、今年度は Ti（Fe, Mn）合金をベースに開発を進めた。

もう1つの大きな課題である繰り返し耐久性、水分など不純物への耐性について検討するため、まず Ti（Fe, Mn）合金の耐久性および水分耐性評価を行った。純水素での100回程度の繰り返しにより2段目のプラトー領域の圧力が上昇し、結果として吸蔵量の減少が起こること、また、水分40ppm を含む水素では初期から吸蔵量が10%弱減少することがわかった。この吸蔵量低下を抑制するために Mn の一部を他の元素で置換して効果を調べたところ、V を置換した場合に吸蔵量低下が抑制されることを見出した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素貯蔵、水素貯蔵材料、定置用水素貯蔵システム

［テーマ題目８］色素増感太陽電池の高機能化と信頼性向上のための基盤研究

［研究代表者］佐山　和弘
（太陽光エネルギー変換グループ）

［研究担当者］佐山　和弘、北尾　修、草間　仁、小西　由也、小野澤　伸子、舩木　敬、

杉原　秀樹、春日　和行、中澤　陽子、
船越　裕美、田村　光裕
（常勤職員6名、他5名）

［研 究 内 容］

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

平成24年度は、新規ルテニウム錯体色素の開発、電解質溶液系の最適化、計算科学と色素合成との融合連携、反応機構解明、色素増感起電力応用研究などを行った。色素増感太陽電池用増感剤としては、世界最高レベルの変換効率を示す、テルピリジントリカルボン酸とフェニルピリミジン誘導体を配位子とするシクロメタル化ルテニウム錯体色素の分子構造と性能の関連について、フェニルピリミジン配位子に電子吸引性基であるトリフルオロメチル基を位置と数を変えたものを合成し詳細な検討を行い、従来十分な情報がなかった電子を失った色素が再生される過程に必要なヨウ素レドックスとのエネルギー差について明らかにし、今後の分子設計への指針を得た。色素増感太陽電池の電解液と増感色素との相互作用解明と安定性向上の研究に関しては、既存の基準色素だけでなく、産総研で開発した色素の構造も電解液中の成分との相互作用に大きな影響を与えていることが示唆された。色素自体や色素増感セルの安定性にもその構造の違いが影響することを見いだした。また、色素増感セルと光電極の複合システムに関しては、同じソーラーシミュレータ下で、独立した色素増感セルと光電極の電流－電圧特性が分かれば、複合システムによる水分解水素製造の効率がほぼ推定できることを明らかにした。

開発した新規色素に関しては順次データベースに情報を格納した。色素構造、分子量、慣用名、異性体、溶液中の吸収スペクトル、吸光係数、吸収末端波長、各吸収max 波長、酸化還元電位、（HOMO、LUMO）、電池特性（Jsc, Voc, ff, η_{sun}）IPCE スペクトル、IPCE 最高値、LHE、測定条件などを整理した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］色素増感、太陽電池、錯体色素、電解液、計算科学

［テーマ題目９］人工光合成技術の研究開発

［研究代表者］佐山　和弘
（太陽光エネルギー変換グループ）

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

［研 究 内 容］

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

酸化物半導体の光電極による水分解水素製造に関して、今年度は半導体膜の調製法を工夫して光閉じ込め効果を発現させることや膜厚を大きくしても電荷の拡散長が延びない多孔質構造を制御することで、光電極1枚でも高い効率が得られる現実的な光電極を目指した。$BiVO_4$半導体膜を調製する前駆体溶液に界面活性剤と多量の酸化剤を同時に添加することで、低温で結晶性が高く且つ高表面積の多孔質膜を合成することができた。その結果、効率は約5割向上し、酸化物光電極としては世界最高の太陽光エネルギー変換効率を更新することに成功した。高速自動半導体スクリーニング装置を活用した高性能な半導体探索については、新規な銅系 p 型半導体や鉄系 n 型半導体組成などを多数見出した。また、レドックス媒体を用いる光触媒―電解ハイブリッドシステムのための光触媒反応系開発に関しては、表面処理した WO_3半導体の表面に Fe^{3+}/Fe^{2+}レドックスを固定すると、V^{5+}/V^{4+}イオン対のレドックス反応が著しく促進される効果を見出した。

環境浄化のための高性能な光触媒については、耐アルカリ性を持つ酸化タングステン光触媒の高性能化と反応機構の解明について検討した。ビスマスを添加した酸化タングステンが光触媒活性と耐アルカリ性、さらには暗時での抗菌性を同時に併せ持つことを見いだした。精密な電子顕微鏡観察などからその耐アルカリ性の発現機構

などを考察した。

また、炭酸ガスの水素化・脱水素に関する研究では、これまでに開発した炭酸ガス還元触媒をもとに、水中常温常圧で二酸化炭素の水素化反応による水素貯蔵とギ酸の脱水素化により高圧水素発生を組み合わせた水素貯蔵・放出システムを開発した。また、プロトン応答性配位子およびペンダントベース効果に基づいて、新たな高性能触媒を見い出すことができた。そこで、ヒドリド錯体生成の加速効果を検証するために、モデル触媒を用いて、CO_2水素化反応における重水素や重水を用いた同位体効果を調べた。その結果、水分子が水素分子のヘテロリシス開裂に強く関与していることが示唆された。そこで、DFT 計算から水素分子の開裂によるヒドリド錯体生成の反応機構解明を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］光触媒、人工光合成、光電極、水素製造、炭酸ガス、ギ酸

［テーマ題目10］先進的クリーン燃料製造技術の研究

［研究代表者］鷹觜　利公（新燃料グループ）

［研究担当者］鷹觜　利公、シャーマ　アトゥル、松村　明光、川島　裕之、森本　正人、崎元　尚土、丸山　一江、竿留　良明（常勤職員5名、他3名）

［研 究 内 容］

高い水分量と自然発火性の問題から、これまで輸送が困難であった褐炭、亜瀝青炭等の低品位炭を高効率でクリーンに利用する技術開発のため、ハイパーコール製造技術で製造した改質無灰炭を用いた触媒ガス化研究を行なっている。これまでの研究成果において、水蒸気をガス化剤とする触媒ガス化では、600～700℃という低温において、選択的に水素と二酸化炭素が生成するため、水素製造と二酸化炭素固定化技術への応用が期待されている。また、ガス化剤として、新たに水蒸気＋二酸化炭素の混合ガスを用いることにより、生成ガスとして水素と一酸化炭素の合成ガスが得られ、水蒸気と二酸化炭素の比率を変えることにより、合成ガス比を制御して一段階で合成ガスを製造することができることを見出している。この技術開発により、未利用資源である低品位炭を原料として、合成ガスからクリーンな燃料、化学原料であるメタノール、ジメチルエーテル（DME）、メタン等の最終製品の製造が高効率で可能になる。そこでこの新規の合成ガス製造技術を商業化プロセスへ展開するため、連続式触媒ガス化装置を用いた実証試験を行っている。

平成24年度は、連続式触媒ガス化装置を完成させ、インドネシア産アダロ炭を用いて、700℃での連続触媒ガス化試験を実施し、反応管の改良を経て、最終的に安定して合成ガスが製造できることを実証した。その連続装置を使用して、当研究グループで開発した水蒸気とCO_2の混合ガスをガス化剤として用い、その混合比を変えることで、目的とする比率の合成ガスが一段階のプロセスで製造できることを世界で初めて実証するに至った。この装置内では、中間生成物であるタールも効率的に触媒で分解され、全体の炭素転換率がほぼ100%を達成し、低温ガス化の課題の一つであった生成タールの問題も解決できた。

この次世代ガス化プロセスは、これまでのガス化プロセスに比べて13ポイント以上高い効率で合成ガスが製造できるため、CO_2排出量の大幅な削減が可能である。このプロセスを用いて、豪州やインドネシア等、低品位な未利用炭の産地においてクリーンな燃料製造を行うことで、現地でのエネルギー安定供給と大幅な CO_2排出量の削減に貢献できる。また、最終製品が輸送可能な燃料、化学原料であるため、これらを産炭国から輸入することにより、我が国の安全で安定なエネルギー供給に大きく貢献できる。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］低品位炭、低温ガス化、触媒ガス化、合成ガス製造、水素製造

［テーマ題目11］エネルギー技術評価に関する研究

［研究代表者］村田　晃伸（エネルギー社会システムグループ）

［研究担当者］村田　晃伸、遠藤　栄一、西尾　匡弘、益田　泰輔、近藤　康彦、時松宏治、関　成孝、田中　加奈子（常勤職員5名、他3名）

［研 究 内 容］

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

本研究では、①既存のエネルギー技術開発・普及に関するエネルギーシナリオ分析、②環境・資源制約下でのエネルギー・資源需給等に関するモデル構築、等を行った。

① 平成24年度においては、23年度までに実施した「新エネルギー関連技術等に関する温暖化防止効果の定量的貢献に関する調査」で検討した温室効果ガス削減に資する17の研究開発技術を日本 MARKAL モデルに新たに組み込み、二酸化炭素排出削減効果を分析した。再生可能エネルギーの出力変動と緩和技術のモデル化、時間分解能の詳細化など MARKAL モデルの機能拡張を進め、太陽光と風力の大規模導入に対する蓄電池、可制御負荷、水素製造等の対策の効果を評価した。

② 資源制約を考慮に入れた鉱産物資源需給の評価手法を開発し、資源の消費動向および残存資源量の評価を行った。また、将来のゼロエミッションシナリオを試

算し、ネガティブエミッションの効果を持つバイオマス CCS 技術等の革新的緩和技術を評価し、簡易気候モデルとのリンクにより全球平均気温や放射強制力等の推移も評価した。さらに、持続的発展を測る指標の動的推計方法を開発し、複数の温暖化対策シナリオにおける各指標の試算を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

［テーマ題目12］SOFC の高度排熱利用技術に関する研究開発

［研究代表者］平野　聡（熱・流体システムグループ）

［研究担当者］平野　聡、竹村　文男、遠藤　尚樹、上山　愼也、稲田　孝明、染矢　聡、小林　成嘉、高橋　三餘、計良　満（常勤職員6名、他3名）

［研 究 内 容］

一般家庭などの小規模需要に対してコジェネレーションシステムを導入して、省エネルギーを促進する試みが模索されており、実際に都市ガスを燃料とした1kW クラスの小型分散用のガスエンジンや PEFC（固体高分子形燃料電池）システム、SOFC（固体酸化物形燃料電池）システムも試作・販売されている。しかし、大規模発電プラントの発電効率の向上、負荷変動が激しい小型分散発電源の特性、初期コストなどを考慮すると、それらの導入による省エネルギー効果には多くのメリットを見出せない状況にあり、より効率の高いシステムの開発が望まれている。

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

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

SOFC の動作温度は750℃から900℃と高温のため、小型システムにおいては、回転部を持たないエジェクタポンプを燃料の再循環に用いることが有効である。すなわち、新気の燃料を流速の早い駆動流とし、セル出口のアノードガスを吸引させて運動エネルギーを与え、ディフューザで圧力回復させるものである。セル出入口前後の圧力損失を上回る圧力回復ができれば、アノード排ガスを再循環できることになる。モデル解析によれば、セルでの圧力損失が100Pa の場合に、その回復に必要な駆動流の流速は、175m/s 以上と見積もられた。そこで、燃料再循環用エジェクタの設計・試作を行い、常温から600℃に至る過程での再循環率と回復圧力の温度依存性を調べ、高温においても燃料再循環に必要な再循環率と回復圧力がほぼ得られることを明らかにした。また、SOFC 性能評価装置の運転実験を行い、起動／停止と1kW 定常運転時の制御条件、負荷特性等を明らかにした。

平成24年度は、SOFC スタックに取り付ける流量可変エジェクタを試作し、SOFC のアノード側流れを模擬した装置で、燃料リサイクル時のアノード側差圧とガス再循環率の温度依存性を調べた。また、定格1kW の SOFC スタックを用いて、アノードガスの燃料リサイクル予備実験を実施し、燃料リサイクル時のメタン改質器、エジェクタ等の温度管理方法、装置内物質移動等を考察するデータを得た。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

［テーマ題目13］大型風車用小型軽量超電導発電機のための基盤技術開発

［研究代表者］古瀬　充穂（超電導技術グループ）

［研究担当者］古瀬　充穂、山崎　裕文、淵野　修一郎、名取　尚武、海保　勝之（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

自然エネルギー導入量の飛躍的拡大は、我が国が取組むべき最重要課題の一つである。風力発電に関しては、発電サイトの総発電容量を増大させる風車の大型化と洋上への拡大が大きなトレンドとなっているが、現用技術の延長では発電機の大型化に伴うナセル重量の制約で大容量化が近いうちに限界に達する。高電流密度・高磁界を特長とする超電導技術を利用することで小型軽量な大容量発電機を製作することが可能であるが、それが実現すれば、洋上風力発電の普及拡大を大きく促進することができる。大型風車用超電導発電機を製作するための基盤技術の開発が本研究の目的であるが、開発する要素技

術は、風車用発電機のみならず、小型軽量な船舶用モーターなど超電導回転機一般に応用可能である。

10MW 級の次世代洋上風車用発電機への超電導の応用について、大学・産総研・メーカー等で構成する調査WG を主催して、どのような方式の超電導発電機が望ましいかの検討を進めてきた。平成23年度までに風車用発電機の電磁設計を行い、超電導マグネットの高磁界を活用できる空心コイル方式（回転子のみ超電導）で発電機の超小型軽量化が可能であるが、高価な高温超電導線材を大量に使用するため、3～4億円というコスト制約のある10MW 級発電機の実現は困難であることが分かった。そして、発電機の低コスト化を重視する観点から、現状の超電導線材を用いて製作する大型風車用発電機としては、鉄心利用方式が適当であるという結論を得た。

平成24年度には鉄心利用超電導発電機の概念設計を行い、鉄心を含めて回転子全体を冷却する構造では、極低温容器の存在により回転子と固定子との空隙が大きくなって磁束の利用効率が悪くなるため、鉄心の周りに配置する超電導コイルのみを冷却するコイルモジュール方式と比較して小型化に難があることがわかった。そこで、コイルモジュール方式における真空容器の構成法、コイル支持方法などを検討し、侵入熱を理論的に見積って、この方式が実現可能である見通しを得た。その検討に基づいて実際に真空容器を製作し、銅製のダミーコイルを極低温窒素ガスで冷却して問題なく冷却できることを確認した。

今後、ダミーコイルの極低温ヘリウムによる冷却試験を行って熱侵入量の評価を行うとともに、大型風車用超電導発電機実現のための重要な部品である HTC（ヘリウム給排装置）の設計・試作を行って、鉄心利用超電導発電機を製作するための基盤技術を確立する予定である。また、電機子も超電導化することで（空心）界磁コイルに用いる高温超電導線材長を大幅に低減できる全超電導発電機についても、その実現可能性を検討する。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］超電導マグネット、超電導風力発電機

［テーマ題目14］ゼロエミッション SOFC の先導研究

［研究代表者］山本　淳（燃料電池システムグループ）

［研究担当者］山本　淳、門馬　昭彦、田中　洋平、佐藤　勝俊、嘉藤　徹、根岸　明、野崎　健、永田　進、高野　清南、飯村　葉子、吉原　美紀（常勤職員5名、他6名）

［研 究 内 容］

50%超の発電効率をもつ固体酸化物形燃料電池（SOFC）システムを目指し、燃料利用率を90%以上まで向上させる技術、排熱有効利用技術等の要素技術の開発、および SOFC システムと二酸化炭素回収システムを組み合わせたゼロエミッションシステムの性能を評価することを目標にした研究を展開している。平成24年度は、①熱電発電システムとの組み合わせを想定した SOFC ショートスタックの電気的・熱的特性の予備的測定を実施した。また、②現行の SOFC エネファームを想定したシステム内の温水回収熱交換器に熱電発電機能を付加した際のシステムについて検討した。

①については7セルにより構成されたショートスタックを用いて、スタック内の温度分布、予熱温度、排熱温度等の計測をおこなった。また、スタックを加熱するヒーターの出力を同時計測し、空気予熱や燃料出口での燃料の燃焼がスタック特性に与える影響を V-I 特性およびインピーダンス線図にて明らかにした。これらによりアノード排ガスの燃焼熱、空気流量および空気予熱等の熱的要素がスタック内外の温度分布やスタック特性に与える影響等を調査するために応用可能なスタック性能評価技術を確立した。また、②については、熱電発電素子を温水回収熱交換器に配置することによって SOFC の発電効率を0.8ポイント改善することが可能であること、さらに、システム製作のコストダウンを計るために、あまり発電に寄与することがない熱交換器部分の排ガス出口（水入口）側の熱電素子の30%程度を取り除くことで、電気出力をほとんど低下させることなくシステムのコスト削減と体積の削減が可能であることをシミュレーションにより示した。これらにより当該複合発電システムの低コスト化とともに高効率化の可能性を明らかにした。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］高効率 SOFC、燃料利用率、排熱有効利用

［テーマ題目15］高効率発電における電極高性能化に関する研究

［研究代表者］堀田　照久（燃料電池材料グループ）

［研究担当者］堀田　照久、岸本　治夫、Manuel E. Brito、山地　克彦、西　美奈（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

固体酸化物形燃料電池（SOFC）の高性能化のためには、セル・スタックの発電効率の向上が必要である。そのためには、高い燃料利用率で安定に作動する電極の開発が必要となる。本研究では、高い燃料利用率（70%以上）でも、信頼性・耐久性が高い燃料極の開発指針を得るために、SOFC 燃料極（ニッケルと酸化物が接する界面）近傍における、ガスとそのイオン化、固体表面・固体中での移動・拡散などの相互作用を感度よく検出する解析技術を開発している。昨年度は、これまでに開発した、酸化物基板上に作製したニッケル薄膜におけるニッケル凝集挙動の評価技術を駆使することで、燃料極を構成する酸化物成分として一般的な YSZ を用いる場合に比べ、GDC を用いることでニッケルの凝集が抑制されることを示した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］高効率 SOFC、燃料利用率、その場観察、相変態

［テーマ題目16］超高エネルギー密度二次電池の開発
［研究代表者］周　豪慎
（エネルギー界面技術グループ）
［研究担当者］周　豪慎、劉　銀珠、北浦　弘和、岡垣　淳、張　涛、宋　智平、李　会巧
（常勤職員4名、他3名）
［研 究 内 容］

大容量を有する新型リチウム－空気電池用空気極触媒、固体電解質を利用した全固体型リチウム空気電池の研究開発を行っている。新しい概念でリチウムレドックスフロー二次電池／燃料電池を構築して、研究を行った。主な成果は以下の通り。

(1) 新型有機電解液 G3と G4を用いたリチウム塩の濃度の依存性を調べ、安定な充・放電性能を取るために最適なリチウム塩の濃度が存在することを見出した。これらの関連成果は学術誌 Advanced Energy Materials (2013)に掲載。
(2) 世界で初めて、高分子膜を使わない全固体型リチウム空気電池を構築した。可逆的な充電・放電が可能であることを調べ、全固体型リチウム空気二次電池として動作可能であることを確認した。関連成果は学術誌 Energy & Environmental Science (2012)に掲載。
(3) イオン液体とゲル型空気極を合わせ、一定時間、空気中で安定しているリチウム空気電池を開発し、世界で初めて、有機電解液でもドライ酸素雰囲気ではない空気中で安定的に充放電可能なリチウム空気電池を開発し、その動作を確認した。関連成果は学術誌 AngewandteChemie International Edition(2012)に掲載。
(4) 世界で初めて、安全に低電位でリチウムの挿入脱離が可能な Li_3VO_4をリチウムイオン電池の負極として評価した。関連成果は学術誌 Advanced Energy Materials(2013)に掲載。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］リチウム－空気電池、全固体型リチウム空気二次電池、リチウムレドックスフロー二次電池／燃料電池、リチウムイオン電池

［テーマ題目17］環境エレクトロニクスの研究
［研究代表者］西澤　伸一
（電力エネルギー基盤グループ）
［研究担当者］西澤　伸一、大橋　弘通、中島　昭
（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］

民生領域ではモータが電力使用量のおよそ半分を占め、その省エネルギー化が重要な開発課題になっている。モータの省エネルギー化に関して、インバータ導入率の向上およびその高効率化による省エネルギー効果の促進がキーテクノロジーになる。インバータ導入率向上には、インバータの小型高パワー密度化による低コスト化が重要技術の一つである。現在、特にモータ用インバータはモータ故障に対応する保護回路機能としてのコンデンサーが組み込まれており、これがインバータ回路の小型化の大きな障害になっている。ここでは、モータ故障にともなう過電流を、従来はコンデンサーに回避させていた方法から、耐量の高いワイドバンドギャップ半導体の熱容量を利用して回避させる方法を提案している。そこで、ワイドバンドギャップ半導体の耐量を非破壊で評価する試験回路を作製し、Si-MOS、Si-IGBT、SiC-MOS の評価試験を開始した。また、キャパシターレス先進モータの試験回路をたちあげ、過電流が半導体に回避電流として流れることを確認し、パワー半導体の高耐量を活用したキャパシタレス新型モータドライブ回路検証を開始した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］ワイドバンドギャップ半導体、先進モータ、省エネルギー

［テーマ題目18］木質系バイオマスからの液体燃料製造技術の開発
［研究代表者］村田　和久（BTL 触媒グループ）
［研究担当者］村田　和久、高原　功、稲葉　仁、劉　彦勇、楊　立群
（常勤職員4名、他1名）
［研 究 内 容］

フィッシャートロプシュ（FT）反応用ルテニウム系触媒を用いて1MPa、固定床にて反応を行った。H24年度は、FT 反応評価後のスペント触媒を用いて活性低下の主原因と想定されるワックス留分の蓄積状態について検討した。FT 触媒上へのワックス留分蓄積状態について各種分析手法（TPR、XRD、TG/DTA、FT-IR など）による解析を行った結果、ワックスの特性から、有機物状、高分子状、無機炭素状などの各種ワックスの蓄積が想定され、350℃以下の低温酸化と水素還元処理では、無機炭素を中心に除去できない可能性があること、これらが数千時間に及ぶ長期耐久性に影響がある可能性があることを明らかにした。また、FT 触媒とゼオライトを物理混合した触媒や一体化させた触媒のフレッシュ／スペント触媒について、ワックス留分の蓄積状態を解析し、触媒混合方法により触媒の性能や耐久性に差はなく、実用的には反応管への充填時の均一性などにより一体型触媒が好ましいことを明らかにした。

バイオ合成ガスからのエタノール等の混合アルコール合成については、モリブデン系触媒について検討し、ロジウム系より高圧（5MPa 以上程度）が必要ではあるが、

混合アルコール生成活性を有することを明らかにした。また昨年度行った、メタノールの脱水、DME の CO 挿入、酢酸メチルの水素化分解といった三つの反応を利用した間接法についても、一気通貫での反応により、46%のメタノール転化率と91%のエタノール選択率を得た。

熱分解によるバイオオイル生成用触媒開発では、熱分解 GC/MS による結果の再現を念頭に、H24年度はステンレス反応管での検討を行い、最適な金属修飾ポーラス担体系触媒の使用と、熱分解反応ガスと触媒の接触方法を工夫することにより、反応管内での改質反応が効率よく起こり、フェノール類や脂肪族カルボン酸類が減少し、酸素を含まない芳香族や脂肪族炭化水素がより多く生成することを見いだした。今後液収率の改善と共に、単環芳香族類選択率の増加や含窒素化合物の低減などがさらに必要であることを確認した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］FT 触媒、アルコール合成触媒、熱分解触媒

⑬【安全科学研究部門】

（Research Institute of Science for Safety and Sustainability）

（存続期間：2008.4.1～）

研究部門長：四元　弘毅
副研究部門長：本田　一匡
総括研究主幹：匂坂　正幸

所在地：つくば西、つくば中央第5
人　員：45名（45名）
経　費：972,727千円（576,538千円）

概　要：

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

現在、リスク評価戦略、環境暴露モデリング、物質循環・排出解析、持続可能性ガバナンス、爆発衝撃研究、高エネルギー物質研究、爆発利用・産業保安研究、素材エネルギー研究および社会と LCA 研究の9グループで研究開発を行っている。

本研究部門は、環境・安全対策の最適ソリューションを提供し、新規技術に係る評価を行うことを目的として、以下のミッションを掲げている。

ミッション１：従来の枠にとらわれない学際的な融合研究を推進し、環境リスクや産業・災害リスク、社会システムの持続可能性を評価する手法及びツールを開発する。また、複数の拮抗するリスク（温暖化、資源、生態系、人健康などの間のリスクトレードオフ）の最適化を図るための手法を開発する。

ミッション２：信頼性の高いデータ、使い易い評価ツールを提供し、評価結果を公表するとともに、市民や産業、行政が評価結果を活用できるよう支援する。

ミッション３：評価結果に基づく政策提言や、評価手法の国際標準化などへの取り組みを通じて、産業の国際競争力の強化に貢献する。

これらのミッションに対応して、平成24年度は、本研究部門のプレゼンスを示す具体的な戦略課題として1)～4)を選定し、融合研究を実施した。

1)　新規技術体系のリスク評価・管理手法の研究

平成24年度は、効率的な有害性評価手法の開発として二酸化チタンナノ材料の体内動態の解析を行うとともに、事業者の自主安全管理技術の開発として、培養細胞試験による有害性評価方法及び作業環境での計測手法に関して手順書を作成した。また、長繊維カーボンナノチーブの有害性評価に関する研究を実施した。

2)　フィジカルハザード評価と産業保安に関する研究

火薬類等の高エネルギー物質や高圧ガスが関与する災害を防止するために、水などによる爆発影響低減手法の検討や高圧ガスの漏えい拡散挙動や着火燃焼実験などのハザード評価に関する研究、発熱分解エネルギー測定法の JIS 制定などの標準化や、爆発被害予測のための爆源近傍の爆轟生成ガスの状態方程式の提案などの爆発性物質の発火・爆発危険性の解明、産業保安力向上のためのリレーショナル化学災害データベース（RISCAD）の継続的な運用などの広範囲な研究を行った。

3)　リスクトレードオフ評価・管理手法の研究

4用途群のリスクトレードオフ評価書及び暴露モデル、ガイダンス文書等の成果を部門ウェブサイトで公開した。また、シンポジウム開催や OECD 暴露評価タスクフォースでの発表など、国内外への成果発信に努めた。さらに、アジア大の暴露解析プロトタイプモデルを作成し、中国の不法リサイクル集積地区における鉛の簡易的な暴露評価を行い、大気、河川水、底質で良好な検証結果を得た。

4)　新規社会システムのライフサイクル評価手法の研究

社会システムの個々の構成要素と環境問題の関係だけでなく、システム全体が与えうる新しい影響領域を評価する手法の検討として、評価の基礎となる

環境負荷原単位データベース IDEA の拡充、水資源消費、土地利用、希少鉱物資源の消費など新たな影響領域の評価手法開発、また、社会における金属資源利用を議論するための素材／資源フロー解析を実施した。

外部資金：

経済産業省　受託研究費「平成24年度環境対応技術開発等（室内環境における消費者製品に含まれる化学物質の管理手法の開発）」

経済産業省　受託研究費「平成24年度産業技術研究開発（低炭素社会を実現する超軽量・高強度革新的融合材料プロジェクト（NEDO 交付金以外分）ナノ材料の安全・安心確保のための国際先導的安全性評価技術の開発」

経済産業省　原子力安全・保安院　受託研究費「平成24年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（水素拡散挙動調査）」

経済産業省　原子力安全・保安院　受託研究費「平成24年度石油精製業保安対策事業（高圧ガスの危険性評価のための調査研究）」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構　受託研究費「新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術開発）／総合調査研究」

独立行政法人科学技術振興機構　受託研究費「複雑化する世界における Natech（自然災害と技術の相互作用）リスクの低減に関する学際的研究:日本の経験から学び、iNTeg-Risk プロジェクト・NaTech 分野の手法を応用

財団法人福岡県産業・科学技術振興財団　受託研究費「IST 産学官事業「次世代自動車用エアバッグシステムの開発」」

公益財団法人 LIXIL 住生活財団　研究助成金「フタル酸エステル類への経皮曝露評価　～皮膚透過性試験法の確立と応用～」

財団法人科学技術融合振興財団　研究助成金「原発等の複雑システムの安全性向上を目的とする「工学システム」と「人・組織システム」の複合体の挙動に関するゲーム理論を基礎としたシミュレータの開発」

財団法人前田記念工学振興財団　研究助成金「東日本大震災における津波被災住宅改築のためのフェントン反応を用いた新規防カビ・防虫技術の開発」

厚生労働省　科学研究費補助金「妊娠・授乳期における医療用医薬品の使用上の注意の在り方に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金「リスクに対する頑健性と柔軟性を備えた環境調和型サプライチェーン設計手法の開発」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金「亜鉛等重金属の存在形態を考慮した生態リスク評価手法の開発と適用に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金「天然鉱山と都市鉱山の利用可能性に関する統合的評価手法の開発」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金「リレーショナル化学災害データベース」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金「金属特異性を考慮した包括的な生態リスク評価手法の開発」

文部科学省　科学研究費補助金「太陽電池産業におけるグローバルサプライチェーンの最適化に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金「暑熱環境におけるエネ独立行政法人日本学術振興会費による人間健康の改善効果の評価に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金「住宅の Dampness による健康損失の評価と建築的防除に向けた因果構造の解明」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金「東南アジアにおけるバイオ燃料生産による温室効果ガス排出量の削減可能量」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金「熱力学解析と MFA の融合による都市鉱山からの金属資源の回収可能性評価手法の開発」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金「LCA に基づく金融商品の環境パフォーマンス定量化手法の開発と活用のための制度設計」

東アジア・アセアン経済研究センター（ERIA, Economic Research Institute for ASEAN and East Asia）受託研究費「東アジアにおけるバイオ燃料の指標および小規模・大規模バイオマス事業の持続性評価に関する研究」

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

学校法人東京理科大学　受託研究費「微燃性冷媒の燃焼爆発影響評価」（独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構　受託研究費「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」に係る再委託）

総務省消防庁　受託研究費「地震等災害時に救助活動を支援する障害物除去システムの開発」

独立行政法人宇宙航空研究開発機構　共同研究費「低毒化ガスジェット装置用推進薬の安全性確認に関する研究」

独立行政法人科学技術振興機構　共同研究費「東日本大震災被災地域の中長期低炭素エネルギー供給システムの検討」

社団法人全国火薬類保安協会　共同研究費「爆発影響低減化の技術基準の作成に関する研究」

発　表：誌上発表113件、口頭発表208件、その他41件

リスク評価戦略グループ

（Risk Assessment Strategy Group）

研究グループ長：蒲生　昌志

（つくば西）

概　要：

（研究目的）主に化学物質に関する具体的な課題についてリスク評価を実施しながら、リスク管理を目的としたリスク評価の考え方の検討を行う。

（課　　題）ナノ材料のリスク評価、化学物質の代替に伴うリスクトレードオフ解析（ヒト健康リスク、生態リスク）を中心的課題とする。

（研究内容）ナノ材料のリスク評価については、カーボンナノチューブの分散調製・計測から有害性評価までに関する研究を行い、簡易自主管理のための手順書（初版）を完成させた。また、OECD における細胞毒性試験のバリデーション活動に参加した。さらに、二酸化チタンナノ材料の体内動態に関する分析及び数理的な解析を行った。

リスクトレードオフ解析については、ヒト健康リスク、生態リスクともに、はんだの代替に伴う金属類のリスクトレードオフ評価書、トレードオフ解析のガイダンス文書まとめ、暫定版として公開した。加えて、ヒト健康リスクについては、無影響量の推定手法に関する検証を行った。また、生態リスクについては、生態リスク評価ツールβ版を公開し、生物利用可能性を考慮した重金属の生態リスク評価手法について検討した。

さらに、放射性物質の除染に係る費用と効果の解析に関する研究に取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目３

環境暴露モデリンググループ

（Environmental Exposure Modeling Group）

研究グループ長：東野　晴行

（つくば西）

概　要：

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

このような背景から、当グループでは、化学物質のヒトや生態系へのリスク評価において、最も基礎となる暴露評価技術の開発を行っている。大気、室内、河川、海域等、複数の環境暴露評価モデルの開発と排出シナリオの構築を行い、これらを用いた暴露・リスク評価を他のグループと連携して実施し、その結果を化学物質管理等の政策に反映させる。平成24年度は、以下3つのプロジェクト推進を中心に研究を進めた。

①リスクトレードオフ評価・管理手法の研究

②室内環境における消費者製品に含まれる化学物質の管理手法の開発

③地震・津波および原発事故などの低頻度大規模災害へ最適対応するための次世代リスク評価シミュレーション技術の構築

また、これまで開発してきたモデルや研究成果の普及や維持管理にも努めた。

研究テーマ：テーマ題目３

物質循環・排出解析グループ

（Substance Flow and Emission Analysis Group）

研究グループ長：恒見　清孝

（つくば西）

概　要：

新規物質のリスク評価や代替物質のリスクトレードオフ評価を通じて、物質の代替・開発の意思決定や排出抑制対策などの行政、企業のリスク管理に還元することを目標として、物質フロー推定手法や環境中への排出量推定手法の開発、発生源の同定手法、環境中動態推定手法およびヒト・生物の暴露量推定手法の開発を行っている。平成24年度は、以下の研究を実施した。

①環境排出量推計手法の開発

・可塑剤を対象に、家電製品等に使用されるプラス

チック表面からハウスダストへの移行量測定方法を検討するとともに、ハウスダスト移行速度が大気放散速度よりもはるかに大きい可能性があることを明らかにした。

・パッシブ型の放散量測定装置を用いて建材からのフタル酸エステル類の放散特性を把握するための試験を行った。放散速度は、拡散長の逆数と線形に比例していた。また、マイクロチャンバー法で測定した放散量と比例関係が見られた。

②環境中動態推定手法の構築

・金属類の環境媒体間移行・暴露推定ツール AIST-MeTra について、pH 等の土性が反映できるよう改良した。

③工業ナノ材料の暴露評価手法の開発、リスク評価及び適正管理の考え方の構築

・カーボンナノチューブ（CNT）の作業環境濃度計測手法として、小型計測器の応答パラメータを取得し、作業環境計測の手引書を作成した。また、CNT 粉末およびその加工品からの CNT の飛散を評価した。凝集体としての排出が主であることを確認した。

・ナノ粒子の特性と体内動態との関係を把握するために、粒径や形状の異なる二酸化チタンナノ粒子の気管内投与試験や静脈内注射試験を実施し、各臓器への移行について分析・解析を行った。その結果、ナノ粒子の体内の蓄積部位（気管内投与：肺、静脈注射：肝臓・脾臓）やクリアランス速度を明らかにすることができた。

④アジアにおける鉛のサブスタンスフロー・排出量推定モデルの開発

・中古品を中心に貿易データの精度を改善することで、各ライフサイクル段階において国間を移動する鉛のフローの推定精度を向上させるとともに、世界各国の鉛のサブスタンスフロー推定結果を更新した。

・衛星データを用いて違法リサイクルの立地パターンを考慮した排出量の空間割り振り手法を開発した。サブスタンスフロー推定結果から得られる鉛の国別大気排出量を5km グリッドに配分した。

・中国の電気電子機器廃棄物の集積地を対象として局所における簡易的な暴露評価を実施し、上記のグリッド排出量を入力値とした大気、河川水、底質の濃度推定値が実測値と同じオーダーとなることを確認した。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目３

持続可能性ガバナンスグループ

（Sustainability Governance Group）

研究グループ長：岸本　充生

（つくば西）

概　要：

持続可能な社会に向けて、行政・事業者・市民それぞれが果たすべき役割を支援するための評価手法を開発し、それらが社会に実装されることを目標に次のような研究を実施した。1つ目は、新規技術の社会受容のために必要な安全性確保のあり方を検討した。工業ナノ材料を例に、自主的なリスク評価の枠組みの開発、欧米の法規制情報の収集や発信などを実施した。2つ目は、環境や安全のための、インセンティブを利用した制度設計に関する研究を行った。環境に配慮した金融システム構築に向け、環境株価インデックスを組成し、仮想市場を用いた経済実験を実施した結果、環境に配慮した投資が市場で活用され得ることを確認した。また、労働者の安全に向けて、企業の事故データを用いた統計分析、事故報告書の精査を行った。3つ目は、Natech（自然災害による産業事故）リスクを低減するための非工学的手法をレビューするとともに、経済的被害の推計手法の検討を行った。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目２、テーマ題目３、テーマ題目４

爆発衝撃研究グループ

（Explosion and Shock Waves Group）

研究グループ長：中山　良男

（つくば中央第5）

概　要：

本グループは、固体および液体などの凝縮系の高エネルギー物質等の爆発現象の解明とそれらの爆発影響を低減化するための基礎研究を行っている。高エネルギー物質の爆発安全に関する研究では、爆発現象や起爆機構の解明を目的に、高速時間分解計測法を開発し、レーザー衝撃波による高圧下の状態方程式などの基礎研究を行った。また、低毒化ガスジェット装置用推進薬等の安全性を評価するために、衝撃起爆に対する感度試験を実施し爆ごうする条件を確認した。爆発影響評価の関係では、爆風の伝ぱを二次元で定量的に評価するために、爆風波の密度変化を光学的に可視化する手法を開発した。爆発影響の低減化に関する研究では、水等による爆風低減の効果を明らかにするために、少薬量でも精度良く圧力計測できる方法を開発して実験データを収集した。さらに、実験結果を数値シミュレーションにより再現することを目的に、計算手法の開発を行った。爆風のモデル生体に及ぼす影響に関する研究（外傷性脳損傷のメカニズム解明）についてはゲル等の媒体の圧力伝ぱ特性を明らかにした。さらに、行政的ニーズに対応するために、室外大規模実験に参加し、新しい構造の火薬庫土堤の安全性評価、爆風や爆発破片等の爆発影響を低減化する技術の開発を行った。このほかに、材料合成関連で制御爆破による炭素系新材料の製造開発を実施した。

研究テーマ：テーマ題目２

高エネルギー物質研究グループ

（Energetic Materials Group）

研究グループ長：松永　猛裕

（つくば中央第5、北センター）

概　要：

当グループは、爆発現象を化学的な視点で捉え、高エネルギー物質の反応機構の解明、安全化技術、分子設計、危険性評価技術の開発等の研究を行うことを目的にしている。このため、近年、特にコンピュータケミストリ手法の利用と分光計測技術の導入に力を注いでいる。具体的な研究内容は大きく分けて3つあり、①化学物質の爆発性評価および保安技術に関する研究においては、主として外部の依頼による発火・爆発性の評価を行っている。②火薬類の有効利用に関する研究については、爆発性のある物質を含有する物の安全な処理技術、爆発を使った新材料合成等に関する研究を行う。③高制御花火の開発においては、グリーン、ミニマムエミッションをキーワードに人と環境に優しい花火を創成することを目指す。特に、落下物、煙、塩素、硫黄の低減化、および、花火用新素材の探索について研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目２

爆発利用・産業保安研究グループ

（Industrial Safety and Physical Risk Analysis Group）

研究グループ長：和田　有司

（つくば西）

概　要：

本研究グループでは、火薬類に代表される高エネルギー物質および高圧ガス、可燃性ガス等の安全研究および有効利用技術に関する基盤的な研究と産業保安の研究を実施している。火薬類の安全に関する研究では、火薬庫土堤による爆発影響低減化の向上へ向けた検討のため、従来型ならびに垂直土堤の地盤振動と飛散物影響を評価した。また、震災時に使用する人命救助用の新しいミニブラスティング技術の開発、ならびに、爆発影響評価の数値解析で重要となる爆轟ガスの状態方程式に関する研究を実施した。高圧ガスおよび可燃性ガスの安全性に関する研究では、半導体産業など各種の先端産業で利用が拡大している支燃性ガスおよび代替フロンとして着目される微燃性冷媒の爆発危険性評価、化学プラント等における爆発影響予測手法の開発、水素供給用導管保安のための水素拡散挙動、爆発影響評価等を実施した。産業保安に関する研究では、事故情報を事故防止に活用するためにリレーショナル化学災害データベース（RISCAD）の継続的な運用を行い、事故を時系列で整理して分析する事故分析手法PFA の普及活動を行った。また、安全基盤と安全文化からなる保安力を評価する手法の開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目２

素材エネルギー研究グループ

（Material and Energy Sustainability Assessment Group）

研究グループ長：玄地　裕

（つくば西）

概　要：

持続的発展可能な社会に向けて、素材、エネルギーの利活用に関するあるべき方向の提言を導く研究を以下の2つのテーマを中心に遂行している。

①エネルギーの持続可能な利活用評価

バイオマスエネルギーの利活用をはじめとするエネルギーシステムに対し、ライフサイクルアセスメント、システム分析、アンケート・聞き取り調査などを通じて環境、経済、社会等の側面から評価を行っている。平成24年度は、NEDO 事業を中心に研究を行い、バイオ燃料を国内に導入する際の基準（持続可能性基準）をクリアするための技術開発の方向性を提示した。またバイオ燃料に関する国際的パートナーシップ会議（GBEP）に日本代表団の一員として出席し、東アジアにおける取組の紹介、国際動向の情報収集、意見交換を行った。

②低環境負荷技術・行動による環境改善効果の評価

民生・運輸・産業などで導入が期待される各種環境負荷低減技術・行動のライフサイクルを考慮した環境影響評価を行っている。平成24年度は低環境負荷技術評価のために発展途上国での大気汚染と対策技術の経済価値換算を主目的とした調査と分析を行った。分析にあたっては、環境影響を定量化するための手法、技術・行動に対するニーズや受容性の検討、普及を効果的に進めるための方策、間接的な環境負荷削減効果の検討など、幅広い視点からシステム導入を視野に入れた検討を行っている。

研究テーマ：テーマ題目４

社会と LCA 研究グループ

（Advanced LCA Research Group）

研究グループ長：田原　聖隆

（つくば西）

概　要：

新たな技術や政策の導入に対して、その影響を評価することは必要不可欠であるが、直接的な影響の定量に留まっている。間接的な影響も含めた、統合影響評価モデルを構築する必要がある。そこで、本研究グループでは、産業への影響（産業構造変化など）と、社会（消費者）への影響を分析するモデルをそれぞれ作成し、それらを用いて統合影響評価モデルを完成させ

る。産業への影響は、サプライチェーン分析やマテリアルフロー分析（MFA）によって評価し、消費者への影響は、消費者行動分析によって評価する。最終的に、産業影響、社会影響モデルを統合し、産業戦略や政策評価に活用できるものにする。本年度の具体的な研究成果は、統合影響評価モデルで基盤となるインベントリデータベース（IDEA）の構築では、水消費や土地利用の影響を評価するためのデータを拡充した。環境影響評価手法の開発では、水消費に伴う環境影響評価手法を海外の研究機関と伴に開発を行った。また、都市鉱山を考慮した資源利用可能性指標を提案し、主な金属のそれを算出した。研究成果や研究に用いたインベントリデータベースやソフトウェア、手法、指標などは、論文、HP、ソフトなどにより公開し、ライフサイクル思考だけではなく、リスク評価、ハザード評価などを用いた持続的発展可能な社会構築における環境や安心安全に関する基盤技術として蓄積を行っている。

研究テーマ：テーマ題目４

［テーマ題目１］新規技術体系のリスク評価・管理手法の研究

［研究代表者］蒲生　昌志
（リスク評価戦略グループ）

［研究担当者］蒲生　昌志、本田　一匡、納屋　聖人、岸本　充生、五十嵐　卓也、藤田　克英、小倉　勇、篠原　直秀、江馬　眞、吉田　喜久雄、斎藤　英典、カザウィ　理香、福井　浩子、蒲生　吉弘、篠塚　るり、鈴木　貴子
（常勤職員8名、他8名）

［研 究 内 容］

今後新規に開発される先端科学技術に応用可能な安全管理体系の構築を目指し、その一つの適用事例として、ナノ材料のリスク評価及び管理手法の開発を行っている。ナノ材料は、その新規な物理化学特性のため、様々な科学技術分野における技術革新をもたらすものと期待されている一方、ナノスケールのサイズに由来する新規のリスクをもたらすという懸念もある。平成24年度は、以下の3つのテーマを実施した。

①　効率的な有害性評価のための手法開発

ナノ材料は極めて多様なものが存在し、また、今後も開発・市場化されると考えられることから、効率的な有害性評価の枠組みが必要とされている。そのために、産総研内の他ユニット、外部の大学や研究機関と連携して、下記の2つを柱とする研究プロジェクトを開始した；１）有害性の観点から同等と見なせるナノ材料をグループ化するための考え方（同等性判断基準）を構築すること、２）気管内投与試験を、呼吸器系への有害性に対するスクリーニング試験として確立すること。その中で、安全科学研究部門は、ナノ材料の体内動態と影響に関する数理モデルの開発を行う。

平成24年度は、複数の二酸化チタンナノ材料について、静脈注射後と気管内投与後の体内動態を、臓器中のチタン分析により明らかにした。代表的なナノ材料の分析データについては、気管内投与後の肺からのクリアランスを解析するとともに、静脈注射後の主要臓器間の分配に関する試行的な数理モデルを構築した。また、肺組織の局所での二酸化チタン粒子の分布を、蛍光Ｘ線分析を用いて定量化する手法を検討した。

②　事業者による簡易自主安全管理技術の開発

事業者自らが安全性評価を実施することを可能とするため、ナノ材料製品のカーボンナノチューブ（CNT）等について、培養細胞試験による簡易な有害性評価技術、及び、模擬排出試験や簡易な暴露評価手法からなる簡便な作業環境暴露評価手法を要素技術として開発を進めている。

平成24年度は、CNT の有害性評価軸としての適切な物性パラメータと生体エンドポイントの絞り込みを行い、手順書の初版を作成した。また、動物試験を実施し、細胞試験の妥当性評価を行った。作業環境での測定について、詳細方法と簡易方法との比較結果等に基づき、作業環境における CNT 計測方法の手引書を作成した。CNT 複合材料の加工や摩耗時の飛散粒子の評価として、CNT の分散性や種類、加熱劣化の影響などの評価を進めた。NanoSafety ウェブサイトにおいて、重要な法規制動向について8件の記事を発信し、250件以上の速報を流した。

③　長繊維カーボンナノチューブの有害性評価

繊維の長いカーボンナノチューブの有害性を確認する目的で、ナノシステム研究部門、ナノチューブ応用研究センター、計測フロンティア研究部門と連携し、生体毒性が低い界面活性剤を使用して長繊維状態を保存した分散液を作成し、気管内投与試験によるラットに対する有害性評価を実施した。長期観察試験の途中にある。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］ナノテクノロジー、ナノ材料、リスク評価、有害性評価、暴露評価、リスク管理、カーボンナノチューブ

［テーマ題目２］フィジカルハザード評価と産業保安に関する研究

［研究代表者］匂坂　正幸（総括研究主幹）

［研究担当者］匂坂　正幸、角舘　洋三、中山　良男、松村　知治、若林　邦彦、松永　猛裕、薄葉　州、秋吉　美也子、岡田　賢、緒方　雄二、和田　有司、久保田　士郎、椎名　拡海、高橋　明文、松木　亮、SugengWahyudi

（常勤職員15名、他1名）

［研究内容］

火薬類等高エネルギー物質や高圧ガスが関与する災害を防止するために、野外爆発実験や漏えい拡散挙動実験などのハザード評価に関する研究、基盤となる計測技術の開発に関する研究、産業保安力向上のための研究を柱として広範囲な研究を行っている。平成24年度は主に下記の研究開発を行った。

① 爆発影響低減手法の検討

水による爆風の低減効果を評価して、爆風と水の相互作用を理解するために、軸対称の系で爆薬直下に水を配置した状況で爆薬を爆発させて爆風を計測する実験を行った。その結果、爆薬直下に水がある場合に低減効果が大きいこと、その低減効果のメカニズムとして、爆風エネルギーが水の運動エネルギーに転換することが重要であること等が明らかになった。また、爆風による生体への影響を評価するために、脳を模擬した生体モデル2種を作成し、その内部を伝播する圧力波の挙動に関して検討した。その結果、ゲル2種は水より減衰が小さいこと、アミドゲルの結果はゼラチンゲルの場合とほぼ同等になることが確認された。またゲル中の衝撃波伝ぱ速度は平均で約1440m/s であり、水の音速より若干高くなることなど、生体モデル内での圧力波の伝ぱ挙動等を詳細に検討した。

② 爆発性物質の発火・爆発危険性の解明

化学物質の発火及び爆発危険性の現象解明、危険性評価技術の開発、安全な取り扱い技術の基準作成を爆発現象の基礎的知見に基づき高度化させることを目的とした。

今年度は窒化銀、シュウ酸銀、蟻酸銀などの銀化合物について危険性を詳細に調べた。これらの銀化合物は爆発性が高いために物性がほとんど知られていない。特に窒化銀については1mg でも容易に爆発するため取り扱いが困難であるが、熱分析や分光計測を行うことができた。また、発熱分解エネルギーの測定法の標準化については国連に改正案を提出し、承認された。また、JIS 原案は K4834:2013として制定された。

③ 爆轟生成ガス状態方程式に関する研究

爆発被害予測のためには、爆轟生成ガスの状態方程式が重要であり、そのパラメータセットは初期密度毎に異なる。本研究では、真密度の状態式情報を用いた反応流れシミュレーションから任意の初期密度に適用できるパラメータセットを構築する手法を提案した。今年度は提案した手法の妥当性を検証するための爆轟速度測定実験を実施し、測定誤差が0.3%程度となる精度の高い測定手法を確立した。

④ 産業保安力向上のための研究

産業保安力向上のための研究では、事故情報を事故防止に活用するためにリレーショナル化学災害データベース（RISCAD）の継続的な運用を行い、事故を時系列で整理して分析する事故分析手法 PFA の普及活動を行った。また、安全文化と安全基盤からなる保安力評価の実用化のための評価項目の見直しや保安力評価データ収集のための入力システムの開発を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］火薬類、火薬庫、保安距離、行政ニーズ、安全性評価、爆風圧、可視化計測、BOS 法、環境低負荷、爆破解体、破砕デバイス、電子制御、破壊実験、ナノリスク、粉塵爆発、混合液化ガス、液体酸素、液体酸素濃度、光吸収、高圧ガス、可燃性ガス、支燃性ガス、微燃性冷媒、爆発影響評価、リレーショナル化学災害データベース（RISCAD）、事故分析手法 PFA、原因体系化モデル、保安力評価、安全文化

［テーマ題目３］リスクトレードオフ評価・管理手法の研究

［研究代表者］恒見　清孝

（物質循環・排出解析グループ）

［研究担当者］東野　晴行、蒲生　昌志、岸本　充生、梶原　秀夫、堀口　文男、林　彬勒、小野　恭子、井上　和也、石川　百合子、牧野　良次、内藤　航、篠崎　裕哉、加茂　将史、布施　正暁

（常勤職員14名）

［研究内容］

化学物質間のリスクトレードオフ評価の成果発信を行うとともに、暴露解析ツール、有害性推論ツール、リスク評価管理手法等のリスクの定量的評価技術の向上をめざした。

① リスクトレードオフ評価の成果公開

洗浄剤、プラスチック添加剤、溶剤・溶媒、金属の4用途群のリスクトレードオフ評価書、排出シナリオ文書やリスクトレードオフ技術ガイダンスを2012年8月から12月にかけて公開した。また、シンポジウム「化学物質の最適管理をめざすリスクトレードオフ解析手法の開発」を2012年11月に開催し、プロジェクトで達成した成果を報告するとともに、今後のリスク評価研究の方向性について、産業界関係者を交えて活発な議論を行った。

② 消費者製品に含まれる化学物質暴露評価手法の開発

室内環境で、一般消費者が消費者製品等に含まれる化学物質へ暴露されることによって生じる、シックハウス症候群等の様々な影響を評価し、適切に管理することに資するために、１）室内濃度に関する情報収集・測定、２）室内濃度推定のためのアルゴリズムの作成、３）製品情報の収集を行い、室内濃度の時間変化と世帯分布が再現できるような室内濃度推定プロト

タイプモデルの開発を行った。

③　環境動態モデルの機能向上

大気モデルでは、ADMER の発展版として開発を進めてきた二次生成対応広域大気モデル ADMER-PRO Ver. 1. 0を2012年9月に公開した。

河川モデルでは、AIST-SHANEL Ver. 2. 5を2012年4月に公開した。このプログラムを一部改良し、阿武隈川水系を対象とした放射性セシウムの存在形態別の濃度解析を行い、出水時に懸濁態濃度が増加する傾向を示した。また、本モデルを鉱山水系に適用し、坑廃水を未処理あるいは一部無処理放流した場合の鉱山下流の水質変化を予測した。

海域モデルの開発の一環として、東京湾内における放射性物質の環境中濃度と魚類体内濃度の実測調査を実施した結果、東京湾底泥の放射性セシウムの主な供給源が荒川や江戸川などの河川水であること等が示唆された。

④　有害性推論モデルの確立

有害性の推論（ヒト健康）では、既存の有害性情報が断片的な場合にも、リスク評価に必要となる有害性を推論するために QAAR（定量的活性活性相関）手法を採用し、共分散構造モデリングにより実装した。さらに、開発した手法の検証も行い、QAAR 手法の実行可能性を示した。生態では、有機化合物については限られた有害性情報から種の感受性分布（SSD）を推定する考え方を示し、金属については生物利用可能性を考慮し有害性を評価する方法を検討した。ヒト健康と生態とも、有害性推論の考え方をまとめたリスクトレードオフ評価のためのガイダンス（暫定版）を公表した。

⑤　アジア対応暴露解析の開発

各国 GDP の空間割振りによって燃料消費に伴う鉛排出量5km メッシュデータを作成し、日本国内の環境中濃度推定で良好な検証結果を得た。また、中古品貿易と不法リサイクルを含む鉛の国間マテリアルフロー解析手法を開発し、地球規模で排出量推定を行い、不法セクターの排出寄与が非常に高いことを示した。さらに、アジア対暴露解析プロトタイプモデルを作成し、中国のインフォーマルリサイクル集積地区における簡易的な暴露評価を行い、大気、河川水、底質で良好な検証結果を得た。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］消費者製品、暴露解析、有害性推論、サブスタンスフロー、環境動態モデル、アジア対応

［テーマ題目４］新規社会システムのライフサイクル評価手法の研究

［研究代表者］玄地　裕
（素材エネルギー研究グループ）

［研究担当者］玄地　裕、田原　聖隆、本下　晶晴、井原　智彦、河尻　耕太郎、工藤　祐揮、岸本　充生、本田　智則
（常勤職員8名）

［研 究 内 容］

社会システム（新規技術・政策）の導入による環境・経済・社会への直接的な影響だけではなく、人間の生活行動を考慮した最適なシステム導入やそれに伴う産業構造など、社会全体に波及的に生じる間接的な影響まで、動的かつ包括的に評価することが求められている。そこで、ライフサイクル評価手法の研究開発として、社会システムの個々の構成要素と環境問題の関係だけでなく、システム全体が与えうる新しい影響領域を評価する手法の検討を通じ、普及の見込まれる新規社会システムの影響評価手法を開発する。本研究課題では、持続的発展可能な社会を目指す際に必要となる社会システムの実現に寄与することを目的に研究を実施している。本年度は、①環境負荷原単位データベース IDEA の拡充　②新たな影響領域の評価手法開発　③素材／資源フロー解析を実施した。

①　環境負荷原単位データベース IDEA の拡充

地球環境問題など環境側面の定量化手法として、LCA は必須の概念である。LCA において環境負荷を求めるためにはインベントリデータが必要不可欠となる。本課題では、商品を網羅し、信頼性を確保したインベントリデータベース IDEA（Inventory Database for Environmental Analysis、2008年開発開始）の開発を行っている。今年度は、水消費や土地利用の影響評価のためのインベントリデータを拡充するとともに、産業間の連鎖構造分析を行うために必要な産業マトリックスデータの構築を実施した。加えて、既存のデータベースは EC の環境フットプリントに適合できるのかを議論する LCA データベース国際ワークショップ（経済産業省共催）を開催した。また、IDEA 新バージョンの開発と利用方法を紹介する講演会を開催した。

②　新たな影響領域の評価手法開発

新規社会システム導入に伴う影響を評価するため、新しい影響領域（水資源消費、土地利用、希少鉱物資源の消費、都市の温熱環境）に対応した影響評価手法の開発を進めた。水資源消費に伴う人間健康の評価手法については世界162カ国に対応した影響評価係数リストを作成した。土地利用の影響評価手法では5つの土地利用区分に対応した日本の3次メッシュレベルでの生態系サービス損失評価係数を、希少鉱物資源消費の影響評価手法ではレアアースの消費に関わる特性化係数を、都市の温熱環境に関しては、排熱による熱ストレスと睡眠障害による健康被害の評価モデルを開発した。

③　素材／資源フロー解析

社会における金属資源利用を議論するためには、各素材の需要量やスクラップ発生量の変化の長期的な推計が有用である。そこで、需要の大きいアルミニウムを対象としてマテリアルフロー解析をおこない、2050年までの需要量やスクラップ発生量の推計をおこなった。日本、米国、欧州、中国の4地域について解析した結果、アルミニウム需要は2050年に全体で約5,000万トン、スクラップ発生量は約4,500万トンに達すると推計された。また、次世代自動車やスクラップソーティングの導入についてシナリオ分析をおこない、ハイブリッド車や電気自動車の普及による鋳造品需要縮小、新地金消費増という影響をスクラップソーティングにより緩和可能であることなど、各技術普及がアルミニウムの循環利用に与える影響を定量的に示した。

[分　野　名] 環境・エネルギー

[キーワード] LCA、インベントリデータベース、産業マトリックス、消費者行動、バイオマス、土地利用、水資源

２）ライフサイエンス分野研究企画室
（Life Science and Biotechnology）

---

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

研 究 統 括：湯元　昇
副研究統括：織田　雅直

概　要：

研究統括は、理事長の命を受けて、各研究分野における研究の推進に係る業務の統括管理を行っている。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。副研究統括は、研究統括の命を受けて、各研究分野の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く。）を統括している。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。

ライフサイエンス分野研究企画室
（Life Science and Biotechnology）

所在地：つくば中央第2
人　員：5名（4名）

概　要：

産総研として特色ある研究の方向性や、開発技術を社会に還元することを意識し、ライフサイエンス分野の研究資源の最適配置をはじめとした研究管理を行っている。

具体的には、当該分野における研究方針、研究戦略、予算編成等の策定。研究プロジェクト立案や調整。研究分野をまたがる融合研究の立案や調整。BioJapan や JST 新技術説明会などを始めとする各種イベント出展に対する立案や出展テーマの調整。見学、視察対応。新規採用・任期付研究員のパーマネント審査に関する業務など。

平成24年度は、通常業務に加えて例として以下のような業務を行った。

1. 創薬分子プロファイリング研究センター設立に向けた立案と関連作業
2. 動物飼育施設の運営、集約に関する検討
3. アジア諸国（インドネシア、インド、中国、韓国）との連携強化に向けた立案、調整

機構図（2013/3/31現在）

［ライフサイエンス分野研究企画室］
研究企画室長　　田村　具博　他

［生物資源管理グループ］
グループ長　　大和田　一雄　他

②【糖鎖医工学研究センター】
（Research Center for Medical Glycoscience）
（存続期間：2006. 12. 1～2014. 3. 31）

研究センター長：成松　久
副研究センター長：後藤　雅式

所在地：つくば中央第2
人　員：7名（7名）
経　費：522, 965千円（252, 409千円）

概　要：

「研究目的」

糖鎖遺伝子の網羅的発見、糖鎖合成技術、糖鎖構造解析技術の3大基盤技術を開発し、糖鎖科学の幅広い分野において、さらなる基礎的発見・発明を積み重ねるとともに、それらを産業化へ応用する努力を行い、世界的な糖鎖科学研究中枢としての基盤をさらに強固なものとする。

ポストゲノム研究としてプロテオーム研究が隆盛を極める中、タンパク質機能の発揮には翻訳後修飾が重要であることにようやく多くの研究者が気づき始めた。タンパク質は、リン酸化、メチル化、硫酸化、そして糖鎖付加などの翻訳後修飾を受けて初めて成熟した機能を持つようになる。その中でも最も複雑な過程が糖鎖修飾である。ゲノム配列が解明され、生命の神秘に迫ったとされたが、かえって新たな謎の存在をクローズアップさせることになった。それが糖鎖である。生体内の多くのタンパク質は糖鎖修飾を受けているが、糖鎖はタンパク質の機能を制御する重要な要素である。生体内で働いているタンパク質の機能を解明し、利用するため、糖鎖とタンパク質を一体として解析するグライコプロテオームにより明らかにされる、すなわち、タンパク質部分は同一であっても付加する糖鎖構造が異なる分子「糖鎖修飾異性体」の概念を基本として研究全体を推進する。

糖鎖科学は、ポストゲノム研究において我が国が優位に立っている数少ない分野の一つであることから、当研究センターはこれまでの糖鎖研究資産を生かして、産業化に繋がる糖鎖医工学研究を実施することで、国際的な糖鎖研究のネットワークにおける中核的拠点として研究開発の推進に貢献することを目指している。

「研究手段」

既に終了した NEDO 糖鎖関連遺伝子ライブラリー構築プロジェクト（以下 GG プロジェクト）、糖鎖エンジニアリングプロジェクト（以下 SG プロジェク

ト)、糖鎖機能活用プロジェクト（以下 MG プロジェクト）において中核的研究機関としての役割を果たし、外部からも高く評価される実績を上げてきた。本年度はプロジェクトの成果の社会還元を最重点課題として捉え、がんなどの糖鎖関連マーカーの実用化に向けた企業共同研究に注力した。肝疾患マーカー開発に関しては、厚生労働科学研究費を獲得し、17医療機関とともに有効性試験を実施している。また、本課題における上海交通大との連携については理事長戦略予算を使用した。糖鎖疾患バイオマーカーの探索に必須である臨床試料については引き続き入手に努め今では産総研ライフの貴重な財産となりつつある。産総研の第3期研究戦略で掲げている、糖鎖を指標とした生体分子による疾病の診断システムの開発については、早期診断による予防医療を実現するための基盤技術開発によるライフ・イノベーションの実現を目指し、とくに迅速計測システムの開発の点で実用化を進めた。具体的な研究課題は以下に掲げる。

「生体反応の分子メカニズムの解明によるバイオマーカーの探索と同定」は、MG プロジェクトの中心課題として、糖鎖関連の主要な疾患である、がん、免疫、生殖医療などを中心に、産業上有用なバイオマーカーの発見を目指して以下の研究を継続推進している。以下、共同研究企業名については割愛する。

1）がんの悪性度の指標となる糖鎖構造及びその糖鎖の担体となる糖タンパク質を探索し同定する。糖鎖構造、糖タンパク質を鋭敏に検出する技術を開発し、がんの早期診断や治療方針決定を可能にする技術を開発している。

2）免疫異常の原因となる糖鎖構造、糖タンパク質を探索し同定する。特に IgA 腎症は全腎臓病の約半数を占める患者数の多い重篤な疾患であるが、糖鎖不全との関係が示唆されている。病気の原因究明、診断法の確立、有効な治療法の開発を目指している。

3）生殖医療では、精子、卵子の成熟に糖鎖が関与していると考えられ、糖鎖機能不全により不妊が起きると推測している。その原因究明、バイオマーカーの発見、最終的には不妊診断、治療への道をつける。

上記の疾患別研究開発を推進するために必要な技術開発項目を以下に掲げる。

1）産業上有用な機能を有する糖鎖を生体試料から高効率に分画、同定する技術を確立し、糖鎖マーカーを開発している。

2）これに付随して糖鎖マーカーの精製や診断用糖鎖構造解析等に供される新たな装置（自動エンリッチメントシステム）を開発している。

3）疾患の進行に伴い構造変化する糖鎖マーカーは生体内の重要な機能と結びついている可能性が高いため、発見された糖鎖マーカーの生物学的機能を解析することは、疾患の治療手段の開発に繋がる。

4）質量分析計、レクチンアレイによる構造解析技術の改良に加え、より鋭敏で簡便な基盤技術を開発している。

一方、散在している糖鎖関連データベースを統合することで、より有益なデータベースへと進化させることができる。糖鎖関連データベースに関しては、産総研が中心となり、国内の統合化を進めるだけでなく、活動範囲をアジアに拡張している。すでに、糖転移酵素データ（GGDB）、MS スペクトルデータ（GMDB)、レクチン結合データ（LfDB)、糖タンパク質データ（GlycoProtDB)、糖鎖合成データ、糖鎖構造などの糖鎖データベース化を進め、ユーザーに利用されやすいように、他研究機関の糖鎖関連データベースを含め、糖鎖統合データベース（JCGGDB）の構築および公開を行なっている。

「方法論等」

研究センター内での全チームの共同研究体制を最重要視している。チーム間の壁がほとんどない「研究センター全体が一つのチーム」体制により、一丸となって研究を推進している。

本研究センターの特徴として連携戦略班を設置している。本格研究を推進するためには、今まで蓄えた知財・研究リソース（遺伝子、細胞、モデル動物、解析装置、データベース等）は既に膨大な存在となっており、それを無駄なく有効に活用する新たな仕組みが必要であり、プロジェクトを推進すると同時に、成果普及を別のマネジメントで行っている。特に、独立行政法人工業所有権情報・研修館、発明推進協会との連携で知財プロデューサーを派遣してもらい、出願支援、使用許諾及び共同研究など企業等との契約支援、知財マップ作成など、プロジェクト成果の知財の戦略的な管理、運用を行なっている。また、良好な研究環境を構築するためにリスク管理は重要であり、安全講習として、RI 実験実施要領、ヒト由来試料実験倫理、組み換え DNA 実験取り扱い要領、微生物実験取り扱い要領について、さらに知的財産と特許、論文／学会発表における承認基準、産学官連携と各種事業、研究者行動規範など、連携戦略班により研究センター内での独自の教育を行っている。コンプライアンス管理活動として、研究センターは、社会の中で活動している存在であり、研究者以外にさまざまな人々が周囲にいて、それぞれ異なった価値観をもって見られていることを理解することに努めている。真に生命科学や糖鎖科学の進展に貢献するかを厳しく吟味し、研究者が情熱を持って取り組んでいる課題や萌芽的研究は、その実施を積極的に支援している。

内部資金：
融合・連携推進予算「筑波大・企業三者連携による創薬支援技術の開発」

融合・連携推進予算「上海交通大学との連携ラボを活用した国際共同研究支援事業」

外部資金：
独立行政法人　科学技術振興機構　ライフサイエンスデータベース統合推進事業「糖鎖統合データベースの運営と統合化支援、データベース更新作業」

独立行政法人　科学技術振興機構　研究成果最適展開支援プログラム「半導体素子を用いた肝線維化センサーの開発」

独立行政法人　科学技術振興機構　復興促進プログラム「糖タンパク質の糖鎖品質を全自動で定量評価できる省エネ・省スペース型装置の開発」

厚生労働省　厚生労働科学研究費補助金　難病・がん等の疾患分野の医療の実用化研究事業　「肝疾患病態指標血清マーカーの開発と迅速、簡便かつ安価な測定法の実用化」

厚生労働省　厚生労働科学研究費補助金　平成24年度厚生労働科学研究費補助金（B 型肝炎創薬実用化等研究事業）「B 型肝炎ウイルスにおける糖鎖の機能解析と医用応用技術の実用化へ」

文部科学省　科学研究費補助金　特別研究員奨励費「糖鎖遺伝子改変マウスを用いたコア3型 O-結合型糖鎖の生体内機能解析」

文部科学省　科学研究費補助金 基盤研究 C「構造生物学的解析による R 型レクチンのシアル酸含有糖鎖結合能獲得メカニズムの解明」

文部科学省　科学研究費補助金 基盤研究 A「糖鎖機能の統合的理解を目指した糖鎖改変マウスの N-結合グライコプロテオーム解析」

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究 C「分化能の異なるがん幹細胞の同定とがん免疫療法による治療可能性の検討」

文部科学省　科学研究費補助金　新学術領域研究「医療用マイルドプラズマによる創傷治癒の確立とプラズマー組織細胞交互作用の解明」

文部科学省　科学研究費補助金　若手研究B「糖鎖による細胞表面生体分子の機能の調節・制御機構の解明」

発　表：誌上発表19件、口頭発表53件、その他2件

マーカー探索技術開発チーム
（Functional Glycoproteomics Team）
研究チーム長：成松　久
（つくば中央第2）

概　要：

1）糖鎖関連バイオマーカーの開発

これまでに3つの NEDO プロジェクトを遂行し、糖鎖遺伝子プロジェクトでは、生体内で糖鎖合成の担い手である糖鎖遺伝子を網羅的にクローニングし、糖鎖構造解析プロジェクトでは、質量分析装置とレクチンを用いて糖鎖の構造解析が可能になった。それらの基盤技術を背景に、糖鎖機能活用プロジェクトでは糖鎖関連バイオマーカーの開発と生体内での糖鎖機能の解明に取り組み、いくつかの臓器のがんにおけるバイオマーカー候補分子を多数見出している。糖鎖関連バイオマーカーの基本となる考え方は、「修飾異性体」の検出である。細胞の分化やがん化に伴い糖鎖構造が大きく変化することは以前より知られていた。疾患においては、同じタンパク質であっても、産生する細胞の状態によってその糖鎖構造が異なることが予想される。我々はこのような根元のタンパク質部分は同じであるが、糖鎖構造が異なる糖タンパク質を修飾異性体と呼んでいる。糖鎖関連バイオマーカーの開発では、グライコプロテオームの概念に基づき、疾患に関連して変化した糖鎖構造をキャリーしているタンパク質を同定し、その糖鎖構造とタンパク質の両方を特定した検出システムを構築することで、特異性の高い疾患マーカーの開発を目指している。肝臓がん・肺がん・大腸がん・膵臓がん・卵巣がんなど数十種類の各種がん由来培養細胞や患者由来生体材料を用いて、がんに関連した糖鎖構造変化を同定し、それら糖鎖のキャリアータンパク質を生化学的手法・レクチンマイクロアレイ・質量分析・IGOT 法、糖鎖遺伝子発現プロファイル解析を用いて数多く同定した。5種類の臓器のがん（肝細胞がん、胆管がん、卵巣がん、肺がん、前立腺がん）のグライコプロテオミクス解析から得られたマーカー候補分子に対して、生化学的なスクリーニング解析を行い、候補分子のマーカーとしての有用性について検証した。この過程で当初の数百種類の候補分子の中から先行して、数種類程度までの候補の絞り込みを行った。これらのマーカー候補分子のうち、一部に関しては、タンパク質分子に対するモノクローナル抗体の作製を系統的に進めた。また、並行して入手可能な市販抗体などを用いた各

種検証を進めた。その結果、胆管がん、肝細胞がん、卵巣がんの候補分子のうち、有用と思われた候補分子に関しては、糖鎖構造変化を検出するレクチンと候補分子のサンドイッチ ELISA 検出システムを構築することで迅速化にも成功した。これを用いて患者由来の臨床検体を用いて解析し、その有効性を検証した（少数検体によるバリデーション解析の実施）。さらに胆管がんや肝細胞がんの一部の候補分子に関しては、当該システムを用いて、より多検体での検証試験の実施を行う予定である。

肝疾患マーカーでは、先に同定済みの肝疾患マーカー候補分子群について、レクチンクロマトグラフィー、免疫組織学的解析、レクチンアレイ解析等の糖鎖解析技術を応用し、血清マーカー候補分子を絞り込んだ。さらに、絞り込まれた H1-12分子を検出するためのサンドイッチアッセイ系を開発し、少数検体レベルでの、血清を用いた正当性検証試験を行った。統計解析の結果、肝細胞がん患者群は肝炎患者群よりも有意に値が上昇している事が確認された。より詳細に有用性を確認するために、線維化ステージや肝がんの有無（肝硬変群含む）など臨床情報の規定された患者血清を対象とした小規模な有効性検証（一部は正当性検証の拡大）を行った。またこの分子の局在と、プローブレクチンの標的糖鎖の局在を患者肝組織切片の染色により検証した。肝疾患（肝硬変および肝がん）患者組織切片を、分子 H1-12の抗体およびプローブレクチンを用いて染色した結果、分子 H1-12と、プローブレクチンによる染色領域は（結節周辺部にて）ほぼ重なり、分子 H1-12と疾患関連糖鎖エピトープは共局在することが判明した。また各種患者血清を用いた正当性検証の結果、肝硬変の予後の推測に利用できる可能性が示唆された。先行して開発された肝線維化マーカーについても多施設研究での試料収集と、それを用いた解析・検討を進めている。

また、肝細胞がんマーカーの開発では、既存マーカーである AFP とは異なる（取り逃がしている）患者群を囲い込むことが出来る、新規の糖鎖バイオマーカーの開発を試みている。肝細胞がん培養液より、レクチンーIGOT-LC/MS 法で数百種類のプローブレクチン反応性の糖タンパク質を同定し、さらにバイオインフォマティクス解析にて候補の絞り込みと優先順位付けを行った。今後、正当性検証を行う予定である。

卵巣がんマーカー開発では臨床施設との共同開発体制を確立した。現在開発中のマーカーに関して、サンドイッチ ELISA による検出系を樹立、卵巣がん患者試料および良性卵巣疾患試料での検証試験を実施した。その結果、卵巣がんと婦人科疾患（子宮体がん、子宮肉腫、子宮筋腫、子宮内膜症）との間に有意差があることが明らかとなった。また、検証中のマーカーは現行マーカーよりも特異度が高いことが明らかとなった。さらに実用化を目指し、企業と連携して高感度の検出キットの開発を進めている。並行して、マーカー検出に特化したプローブの開発も行っている。また、別途同様の戦略で臨床ニーズの高いマーカー開発を各臨床機関と共同して開始した。予備的な解析ではがん性糖鎖変化を捉える新たなレクチンを選抜することが出来、今後新規マーカー開発に繋がることが期待できる。肺がんではサンドイッチ ELISA 検出系での、少数の臨床検体による検証を行っている。解析が未実施の候補分子に関しても、継続して生化学解析によるスクリーニングにより、有用分子の選抜を進めている。

2）糖鎖遺伝子ノックアウト（KO）マウスの作製と解析

これまでの糖鎖の機能解析の多くは、糖鎖改変細胞を用いた細胞生物学的な解析である。糖鎖の担う重要な生体機能の1つは細胞間コミュニケーションであり、生体内でそれを解析するためには糖鎖合成に関連する糖鎖遺伝子を改変した糖鎖改変モデル動物を作製することが必要である。現在までに186個以上の糖鎖遺伝子が報告されているが、糖鎖機能活用プロジェクトではその中から、糖鎖遺伝子プロジェクトで新規に見出された遺伝子の中で、がん化により遺伝子発現が変化するもの、組織特異的に発現するもの、*in vitro* で機能性糖鎖を合成する糖転移酵素をターゲットにして KO マウスを作製した。具体的には Le^x（SSEA-1）を合成する FUT9、正常大腸に発現し、がん化により消失するコア3合成酵素、糖タンパク質ホルモン特異的な糖鎖の合成酵素、グリコサミノグリカン合成酵素、ポリラクトサミン合成酵素などである。これらの KO マウスは個体数が確保できたのもから順次、生化学的解析、病理解析などの機能解析に移っており、いくつかのマウスではがんの発生する頻度が高いなどの表現型が見出されている。これらのマウスを用いて、疾患において糖鎖が関連する分子メカニズムの解明を進めている。

3）ポリラクトサミン（PLN）合成酵素遺伝子ノックアウトマウスの解析：

基幹的糖鎖構造の一つである PLN 鎖合成に関与する2系統の KO マウスに関して、免疫系の表現型を中心に解析を行っている。個体レベルでの免疫反応に対する PLN 欠損の影響を確認するため、まずは糖タンパク質上の PLN の合成に関与する酵素である、*B3gnt2* 遺伝子の KO マウスを用いてマウス接触性過敏症モデル系実験での免疫応答の検討を行った結果、*B3gnt2* KO マウスでは免疫応答性が悪くなっている事が分かり、その原因として、

B3gnt2 KO マウスでは PLN 鎖が消失に伴ってセレクチンリガンドの減少により、好中球の浸潤が著しく減少している事が考えられた。これらの糖鎖合成不全により、免疫応答性の変化が起こっているものと結論した。また、KO での PLN 糖鎖の発現に関する基礎的な知見に関しては、未だ不足していると考えられるため、PLN 糖鎖のキャリア分子の同定を試みている。まず、PLN キャリア糖タンパク質を効率的に捕集するための系（レクチンアフィニティーなどによる捕集の系）の構築を行っている。培養細胞株（HL60細胞）を用いて検討した結果、得られた分子情報には、既報で PLN キャリアであることが報告されている分子を含んでいることが明らかとなった。また、予備試験的に行った野生型マウス由来細胞での解析では、50種類以上の糖タンパク質分子の情報を得た。バイオインフォマティクス解析の結果、その多くは膜タンパク質であることなどが明らかとなったが、正確性に関しては更なる検討を要すると思われる。今後、さらに系のブラッシュアップを行うと同時に、各種試料で捕集された糖タンパク質の同定を MS 解析により行っていく予定である。

4）生殖に関連した糖鎖の機能の解析:

O-16遺伝子欠損マウスの解析：糖鎖関連遺伝子のひとつであり、精子形態形成過程特異的に発現する O-16遺伝子の機能を明らかにすることを目的として、この遺伝子欠損マウスを作製して解析した。その結果、O-16遺伝子欠損オスヘテロマウスは雄性不妊であり、O-16遺伝子欠損ヘテロマウスの精子において、一部の奇形と精子運動能を司る解糖系タンパク質の減少に寄る著しい運動能低下によって、雄性不妊の表現型が観察されることをこれまでに突き止めてきた。O-16遺伝子欠損マウスにおける精子タンパク質量の変動を定量することに成功した。遺伝子改変マウスで見られた精子タンパク質量の変動が、ヒト男性不妊症患者精子においても観察されるかどうか検証することで、ヒト O-16遺伝子における遺伝子変異に起因する不妊症患者の同定を試みている。

5）立体構造に基づいたノロウイルスと糖鎖との相互作用解析

ノロウイルスによる血液型糖鎖の認識機構について、立体構造を基に解析している。ウイルスキャプシドタンパク質の立体構造の解析は終了し、現在はタンパク質と糖鎖との相互作用を定量的に解析することを試みている。具体的には水素原子を補完したモデルを量子科学計算により構築し、結合に伴う安定化エネルギーの評価、結合に寄与する構造的な要因を明らかにしている。この結果、糖鎖との相互作用の特異性を決定しているのは特定の糖鎖結合部位や特定のアミノ酸残基によるのではなく、全体の構造と相互作用の安定化であることが示唆された。従って、アミノ酸配列比較から特異性を分類予測することは極めて困難で、そのためには一度立体構造という情報を経由することが必須であることが分かった。今後これを基にウイルスの糖鎖認識の特異性とウイルス株ごとのアミノ酸配列との関係、さらにはウイルスの多様性や新種の特徴の解析ツール開発へと繋げる。

6）B 型肝炎ウイルスにおける糖鎖の機能解析と医用応用技術の実用化へ

B 型肝炎は、B 型肝炎ウイルス（HBV）のヒト肝臓特異的な感染（母子感染や水平感染による新規感染）により発症し、持続感染、肝線維化、肝硬変そして肝癌と進行する。B 型肝炎の治療には、IFN や核酸アナログ薬の継続投与が行われているが薬剤耐性ウイルスの出現が問題となっており、新たな創薬ターゲットの発見が必須である。本研究は、肝疾患や HBV 作製・感染実験の専門家との協力体制により実施しており、HBV の多検体検査や創薬支援に繋がる技術の開発、肝細胞上の HBV の感染に関わる糖鎖の構造・機能を解明、内在性レクチンなど HBV 感染機構の解析、ウイルス粒子の形成や分泌における糖鎖の役割を明らかにし、抗 HBV 創薬のシーズの探索、ヒト型糖鎖を持つ HBs 抗原を用いた新規ワクチンの開発を目的としている。マーカー探索技術開発チームからは以下の成果を得た。

HBV の肝細胞特異的な感染に、HBV 受容体が糖鎖であるのか、レクチンなどのタンパク質なのかは不明なままである。そこで HBV 感染可能な細胞と非感染性細胞の比較を行った。HBV 非感染性の HuH7細胞と HepG2細胞について質量分析による糖鎖構造解析（N-glycan/O-glycan 解析）を行った。N-結合型糖鎖については両細胞間の糖鎖構造は類似していたが、O-結合型糖鎖はシアリル化糖鎖構造の相対量に両細胞間で差がある結果となった。現在感染可能な肝細胞を解析中であり、HBV 感染と糖鎖の関係をより詳細に比較解析する。

肝細胞と非感染性の肝細胞株の遺伝子発現を比較し、糖鎖遺伝子や内在性レクチンの発現差を明らかにするため、次世代シーケンサーによるホールトランスクリプトーム解析を行っている。またグライコプロテオーム解析の結果を基に内在性レクチンの検索を行い、候補分子をクローニングした。タグ付き HBs 抗原（S、M、L）を発現・調製し、精製 HBs 抗原を用いて細胞への吸着を定量化する方法を検討した。

糖鎖遺伝子 qPCR アレイにより糖鎖遺伝子発現を解析し、糖鎖遺伝子を2群（抑制目的と過剰発現目的）に分け、cDNA と siRNA ライブラリーの作

成を進め、糖鎖改変細胞作製の準備を行った。糖鎖合成阻害の HB ヴイルスの粒子形成・分泌への影響を解析する事により、創薬ターゲットの選定に繋げる。

7）糖鎖科学統合データベースの開発と公開

JST/NBDC の統合化推進プログラムの中で、国内外の糖鎖関連データベースを保有する研究機関や大学などと連携し統合化を推進した。当センターが保有する糖タンパク質 DB（GlycoProtDB）、糖転移酵素 DB（GGDB）、レクチン DB（LfDB）などのデータ補充やインターフェースの改修を行った。国内の DB に対して横断検索や構造検索など横断的に検索できるインターフェースの開発を終えた。また、より高度に統合化したインターフェースを実現させるために、糖鎖構造や遺伝子名などの共起や最長フレーズを認識できる統合化検索の技術開発を行った。さらに、統合化検索に必要な情報基盤の整備のため、シアリルルイスエックスなど有名な構造名でも、各 DB や論文の記述では、Lex、Lewis x、Lex などと表記が異なることから様々な表記を同じものとして扱えるようにシノニムの整備を行った。これに関して、協力機関と糖鎖構造表記の標準化するために技術開発と運用に向けた整備を行っている。

また、国際連携も視野に入れ、アジア各国と欧米のの主要なグループの開発者を DB 会議に招聘した。各国の DB 開発や研究データの情報を交換し、連携のための共同開発のための準備と話し合いを継続した。

マーカー検出技術開発チーム

（Glycoproteomics Application Team）

研究チーム長：池原　譲

（つくば中央第2）

概　要：

池原研究室は、産業技術総合研究所で唯一、病理学を専門とする研究室である。病理学は、先端科学技術を導入して疾患についての理解を深め、病理に基づく診断・治療大系の確立を目的とする。このため、糖鎖医工学研究センターの一員として行う I）糖鎖バイオマーカー探索と機能解析を実施しているほか、病理学の強みを生かして「がんを標的疾患とするバイオイメージング技術の研究開発」、II）医療用プラズマ発生装置の開発、III）超早期高精度診断システム（画像診断・PET）に関連した研究開発、IV)新規半導体素材を活用した近赤外域の波長を利用した医療器機開発。II-IV）にて実施する課題は、産業技術総合研究所・ライフサイエンス分野の一員としてだけでなく、環境・エネルギー分野・ナノテクノロジー分野・情報エレクトロニクス分野の研究者と分野を超えた連携を構築して、実施しているものである。そこでは、産総研の持つ「装置技術の開発力」を最大に活かして、研究の融合・連携で達成される「革新的医療機器とそれによる医療イノベーション」を目標としている。また、臨床全科に渡る最終診断の責任を担っていた病理専門医としての活動経験を生かし、連携グループが進むイノベーションの方向とかじ取り、そして成果技術の臨床へのトランスレーションを担当したい考えている。

I）糖鎖の関与する病理の解析と、検出・治療介入に関連した技術開発

当課題では、a)NEDO の「糖鎖機能活用技術開発（MG）プロジェクト」における糖鎖バイオマーカー開発、b)生物系特定産業技術研究支援センター（生研センター）「新技術・新分野創出のための基礎推進事業」における糖鎖被覆リポソームワクチンの開発、そして c)文部省科学研究費基盤研究(c)「分化能の異なるがん幹細胞の同定とがん免疫療法による治療可能性の検討」を、平行して進めてきた。a)および b)は予定通りに22年度末で終了したため、24度における研究開発は、c)を行うのみであった。

糖鎖被覆リポソームを活用したドラッグデリバリーシステムについての成果について、製薬会社が「タイレリア原虫感染症に対するワクチンの開発」を引き継ぐこととなり、そのための手続きを進めた。これは、乳牛畜産業における感染症対策のニーズによるものであるが、この研究成果は、NEDO の行う産業技術研究助成事業の代表者として、愛知県がんセンターで池原が助成されてスタートした課題と、愛知がんセンターで提案した研究課題が生研センターの「新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業」が採択助成されて得られた成果を総合的に組み合わせたものである。

畜産領域で実用化を進めたワクチン技術はヒトの疾患においても有望であり、例えば、ポリオや麻疹のように、依然として生ワクチンが使用され、その使用事故が問題となっている感染症で有用となる技術である。実際、リコンビナント抗原を糖鎖被覆リポソームに封入にして使用した場合、生ワクチンと同様の高いワクチン効果が期待される一方で、生ワクチンの接種による感染事故を起しえないと考えられるからである。

キーワード：バイオマーカー、ドラッグデリバリー

II）医療用プラズマ発生装置の開発

産総研エネルギー技術研究部門・先進プラズマグループの榊田創グループ長と連携し、グロー型プラズマ発生技術をベースとした、安全性の高い新しいタイプの血液止血器具の開発を実施している。

我々の開発した「榊田プラズマ止血装置」は、従来の機器装置を使用した場合に比較して、開腹手術にともなう術後障害を大幅に改善・予防できることを明らかにした。一般の外科手術で用いられる高周

波電気凝固、レーザー凝固や超音波切開凝固などによる処置は、「焼灼損傷による血行遮断」であるため、処置にともなう組織障害を必ず生じる。外科手術における止血処置は、必要かつ不可欠な操作であるため、止血処置に起因する術後障害は、必ず存在するのである。術後の入院期間は、術後障害の強度に依存することから、入院期間短縮を実現する低侵襲性の外科手術の実現には、我々の開発したデバイスの実用化が必須の状況なのである。

実用化へ向けた取り組みは、平成23年度より「医療器機開発のガイドライン事業：医療用プラズマ装置」を実施することにより、また平成24年度からは、文部省科研費・新学術領域研究「プラズマ医療科学の創成」に採択されることにより加速していると考えられる。榊田創グループ長と連携して進めてきたプラズマ医療・健康産業フォーラム（Life Innovation by Plasma Technology - Forum: LIP-Forum）の活動も順調であり、第4回プラズマ医療・健康産業シンポジウム（平成24年12月21日に産総研・臨海センター）において、同医療機器開発の紹介を行うなどしている。同シンポジウムは、企業を中心に100名を超える参加があった。

キーワード：低侵襲手術、プラズマ、病理

Ⅲ）超早期高精度診断システム（画像診断・PET）に関連した研究開発および、Ⅳ)新規半導体素材を活用した近赤外域の波長を利用した医療器機開発

当課題では、a）文部省科学研究費基盤研究(A)で、近赤外光を活用する医療技術・器機の開発、b）NEDO プロジェクトで、超早期高精度診断システムの研究開発をすすめている。さらには24年度より、融合・連携推進のための戦略予算にて、c）「がんを標的疾患とするバイオイメージング技術の研究開発」を実施した。a)は、産総研ナノチューブ応用センターとナノシステム研究部門と連携して実施している研究課題で、生体の窓とされる近赤外波長域を利用できる検査測定システムの開発を進めている。連携チームでの活動により、24年度は産総研で開発した近赤外半導体センサーを導入した検査装置を作成し、プロトタイプとなる装置についての性能評価を進めた。b)は、NEDO のプロジェクト「画像診断システムの研究開発、がんの性状をとらえる分子プローブ等の研究開発」（PET）プロジェクトにおいて、京都大学と連携して実施している課題である。ここでは、各種のがんに対して作成されるプローブの画像組み合わせ法について、インビボでの効果判定を進めるととともに、インビボ動物モデルでのターゲットプローブの実用性の検証を行なう際に必要となる新たなモデル評価系の構築を進め、本年度までにすい臓がんモデルを確立した。c)は、産総研の工学関連技術を結集して「次世代がん診断・治療基盤」を創出し、アステラス製薬・筑波大学・産総研で行う三者連携事業を深化せしめることを目的に実施している課題である。具体的な課題は、医療全体で進む PET 画像診断の個別化医療への対応を実現するための課題 I）新規 PET プローブおよびプラズマによる^{18}F 等の標識装置の開発、手術治療の低侵襲化・効率化を実現するための課題 II）手術の低侵襲性化を達成する近赤外画像支援システムの構築、そして次世代放射線療法としての中性子線補足療法の適応拡大を達成するための課題 III）新規素材を活用したホウ素製剤 DDS 技術開発であり、糖鎖医工学研究センター、集積マイクロシステム研究センター、エネルギー技術研究部門、環境管理技術研究部門、ナノシステム研究部門、ナノチューブ応用センター、健康工学研究部門の研究者の参加により実施している。

［キーワード］次世代臨床検査、近赤外光、PET、マウス疾患モデル、

糖鎖データベース開発チーム

（Analytical Glycoproteomics Team）

研究チーム長：梶　裕之

（つくば中央第2）

概　要：

糖タンパク質機能の発現や調節に、糖鎖が重要な役割を果たしていることは広く知られるようになってきた。しかし、糖鎖の構造は複雑、多様、かつ不均一であるため解析が難しく、特にタンパク質（ペプチド）と結合した状態で、構造解析することはきわめて困難である。このため、糖鎖機能やそれらの調節機構を解析することは未だ技術的に困難である。糖鎖の機能を包括的に理解するためには、どの糖タンパク質のどの部位に、どのような糖鎖が付加されているか、またそれらがいかなる状況でどのように変化するか、を俯瞰的に解明することが重要である。現在一般的には、標的糖タンパク質を精製した後、糖鎖を遊離させて構造解析しているが、付加部位の同定や、詳細な糖鎖構造の解析には手間がかかり、糖鎖が複数箇所に付加されている場合はさらに全体像の把握が困難となっている。そこで、当研究チームでは、液体クロマトグラフィー／質量分析法（LC/MS 法）を基礎としたアプローチで、糖タンパク質群（グライコプロテオーム）の網羅的構造解析に向け、ハイスループット分析技術の開発を進めると同時に、既に確立した糖タンパク質同定技術を医用応用して、疾患糖鎖マーカー開発を行っている。

1）疾患糖鎖バイオマーカー候補の大規模探索

NEDO「糖鎖機能活用技術開発」プロジェクト（2006-2010年度）では、その一課題として、がんの糖鎖バイオマーカー開発を行った。マーカー候補

の探索は、がん細胞が周囲の正常細胞とは異なる糖鎖を異所的に発現する事実を基盤とし、がん性糖鎖をもつ組織（細胞）特異的なタンパク質を標的とする戦略に基づいて進められた（成松ら、FEBS J(2010)）。このとき、がん性糖鎖はレクチンマイクロアレイ分析で検出し、当チームでは、そのキャリアータンパク質を、標的糖鎖反応性のレクチンで捕集し、IGOT-LC/MS 法で同定することで、候補糖タンパク質を多数リストアップした。今年度は、この戦略に則って探索した肝細胞がんおよび肝線維化のマーカー候補について、正当性検証を進め、論文発表した（J. Proteome Res.）。さらに、厚労省科学研究費の支援のもと、肝がん早期発見マーカーの新規探索および一候補分子の検証を行った。

[キーワード] 肝細胞がん、バイオマーカー、グライコプロテオミクス、レクチン、質量分析、安定同位体標識

2）糖鎖遺伝子ノックアウトマウスの糖タンパク質解析

上述の通り、糖タンパク質に付加された糖鎖の構造機能相関を分析することは非常に困難であるが、注目する糖鎖構造の合成を担う糖転移酵素遺伝子をノックアウト（KO）し、その表現型の解析から糖鎖機能を明らかにする、逆遺伝学的な手法は一つの有効な手段と考えられる。糖鎖構造と表現型を関連付けるためには、糖転移酵素の人為的欠損に伴って生じる糖鎖構造変化の詳細や、その変化が生じたタンパク質を知る必要がある。そこで当チームでは、糖転移酵素 KO マウスを利用したディファレンシャルなグライコプロテオーム解析を実施し、糖鎖機能の解明を目的とした、ハイスループット分析法の開発を行った。

はじめに、野生型（WT）マウスの肝臓より注目する糖鎖モチーフ（Galβ1-4GlcNAc）を持つ糖タンパク質の糖ペプチド部分を、これに親和性を示すレクチンカラム（RCA120）を用いて網羅的に捕集し、そのコアタンパク質及び結合部位を IGOT-LC/MS 法により同定した。ついで KO マウスの組織より同様に同定された糖タンパク質（部位）と比較し、この酵素がターゲットとしているタンパク質（部位）を決定した。また基質タンパク質の性状などから、糖転移酵素の作用機構について考察し、論文発表した（Sci.Rep）。さらに、別の糖鎖モチーフにも着目し、培養細胞を用いた技術検証、基盤技術の構築を進めた。

[キーワード] 糖鎖遺伝子、糖転移酵素、ノックアウトマウス、プロテオミクス、レクチン、質量分析、安定同位体標識

3）糖ペプチド糖鎖不均一性の網羅的解析法の開発

糖転移酵素の変異、欠損や疾患に伴う糖鎖構造変化を検出するため、当チームでは LC/MS を基盤とする分析技術開発を進めている。方法論の検証と確立を目的に、今年度は血清中に主要に含まれる糖タンパク質をモデルに、糖ペプチド画分の精製、濃縮、LC/MS 分析条件の検討、および質量分析データ解析ソフトのパラメータ設定を行った。糖ペプチドの選択的濃縮法として従来は親水性相互作用クロマトグラフィー（HILIC）法を用いてきたが、ゲル濾過法を検討し、その効果を検証した。また注目する糖鎖モチーフをもつ糖ペプチドを選択的に濃縮する方法として、レクチン親和性クロマトグラフィーを利用し、標的糖鎖モチーフの濃縮効率を検討した。さらに、複雑な LC/MS スペクトルパターンより糖ペプチドのシグナルを選択的に抽出し、それらのコアペプチドと糖鎖組成を自動的に検出するプログラムセットを再度新規にデザインし直し、ソフトウェアアソートの構築を進めた（この課題は融合・連携推進予算の支援を受け、進めた）。

[キーワード] 液体クロマトグラフィー、質量分析、糖鎖不均一性、LC/MS データ解析プログラム

4）糖タンパク質データベース GlycoProtDB の構築と公開

ゲノム情報から予測されるタンパク質アミノ酸配列の解析から、タンパク質のおよそ1/3はシグナルペプチドあるいは膜貫通領域をもつと予測されるので、これらのタンパク質は小胞体内腔で糖鎖付加を受け、ヒトやマウスでは約7,000種類と予想されている。N 結合型糖鎖は共通配列 Asn-X-[Ser/Thr] の Asn 側鎖に結合するので、結合位置はタンパク質のアミノ酸配列から予測可能であるが、立体構造上の位置や膜タンパク質の場合は膜トポロジー(膜に対する配向)によって糖鎖付加の有無が規定されるため、実際の糖鎖付加位置情報はタンパク質の機能制御の観点から重要な情報となる。そこで、実験的に決定された糖タンパク質の種類、糖鎖付加部位、およびその糖鎖が反応するレクチンの種類などの情報から構成されるデータベースを構築するため、これまでに実施したグライコプロテオーム解析データを整理し、当センターで構築した GlycoProtDB に搭載した。今年度は、マウス由来のタンパク質約2500種のデータを登録、公開し、さらにヒト由来タンパク質についても上述の肝がんマーカー探索で同定した約1,000種の糖タンパク質について、データベースへの登録の準備を進めた。

[キーワード] グライコプロテオミクス、レクチン、質量分析、安定同位体標識、糖タンパク質

データベース、GlycoProtDB、糖鎖付加位置

5）創薬支援のための糖タンパク質糖鎖付加位置および糖鎖構造の解析

細胞膜表面に存在するタンパク質のほとんどは糖タンパク質であり、糖鎖がそれらの機能を調節していることは想像に難くなく、実際に免疫やシグナル伝達などで重要な機能が報告されている。ウイルス感染、例えばインフルエンザウイルスの感染に糖鎖が関連していることは広く認知されている。一方、B 型肝炎ウイルス（HBV）の感染による肝炎やそれに引き続く線維化、がん化に対する糖鎖の関わりは不明で、創薬標的の探索のためには、HBV 生活サイクルにおける糖鎖機能の解明は創薬に貢献すると考えられる。そこで、本年は、HBV 表面に存在する HBs 分子における糖鎖の付加位置の同定や糖鎖構造の分析を進めた。本研究は厚生労働省科学研究費の支援のもとに行われた。

［キーワード］肝炎ウイルス、HBV、表面抗原（HBs）、糖鎖構造、糖鎖付加位置

診断薬開発支援班

（Glycodiagnosis Translation Team）

研究班長：久野　敦

（つくば中央第2）

概　要：

本研究班は、グライコミクス／グライコプロテオミクスのための当センター独自技術を直接的に実用化、ないし新規診断薬に利用される糖鎖バイオマーカーという形で間接的に実用化するための研究（支援）活動を連携戦略班とともに進めることをミッションとして本年度に新設された研究チームである。私たちの活動は健康を守るために開発された先端技術をいち早く社会へ還元するのに役に立つと考えられる。また、糖鎖が密接に絡む生命現象（がん、発生、感染、免疫など）の解明や、その知見をを出発点とした治療薬や診断薬の開発の一助にもなる。具体的な活動としては、当センターで発見された糖鎖バイオマーカーを迅速、かつ簡便に測定するためのアッセイ系のデザインおよび実用化企業への親身な橋渡しである。自ら開発したレクチンマイクロアレイを駆使した独自のアッセイ構築パイプラインは、糖鎖関連診断薬（Glycodiagnostic agent）の開発を加速している。

［キーワード］糖鎖バイオマーカー、診断薬、橋渡し研究、レクチンマイクロアレイ

③【生命情報工学研究センター】

（Computational Biology Research Center）

（存続期間：2007. 4. 1～）

研究センター長：浅井　潔

副研究センター長：藤　博幸

所在地：臨海副都心センター

人　員：15名（15名）

経　費：521,558千円（305,933千円）

概　要：

バイオインフォマティクスの中核拠点として、複雑な生命現象を情報学の立場から総合的に解析し、ゲノム配列、タンパク質、細胞などの生体情報に基づく診断･創薬支援、バイオプロセス利用など産業技術の創出に向けた研究開発に取り組んでいる。

ライフサイエンス分野における計測・実験技術の発展は著しく、特に近年、超高速シークエンサーの登場により、ゲノム配列、発現転写物に関する圧倒的な量の情報が得られる状況において、大規模かつ高速な情報処理が強く必要とされている。当センターでは独自の大規模計算機環境を駆使してゲノム情報、生体高分子の構造と機能、細胞ネットワークなど膨大なデータに対応し、工学的視点に基づく実用的なシステムの開発を行っている。また、センター内外のソフトウエア・データベースを統合し、創薬支援など実用的な応用環境と知的基盤の構築を目指している。

さらに、産学官連携を重視し､民間企業や大学との共同研究、研究員受け入れなど、次世代の生命情報工学を支える研究人材の育成も重要なミッションである。

重要研究課題としては、下記項目を掲げている。

（1）ゲノム情報解析

（2）分子情報解析

（3）細胞情報解析

（4）情報基盤統合

（5）人材養成

内部資金：

理事長配分研究費「生物・情報融合化解析システム（バイオ CAD)」

バイオインフォマティクスの人材養成

筑波大学・企業三者連携による創薬支援技術の開発

戦略メタル国内資源循環プロジェクト

細胞内タンパク質の変動の網羅的解析に基づいた抗がん剤の開発

外部資金：

独立行政法人科学技術振興機「構解析プラットフォーム

による統合利用環境の整備」（ライフサイエンスデータベース統合推進事業における、基礎技術開発プログラムの「米澤明憲」を研究代表者とする研究開発課題「データベース統合に関わる基盤技術開発」の中で「解析プラットフォームによる統合利用環境の整備」）

独立行政法人科学技術振興機構　戦略的創造研究推進事業チーム型研究（CREST）「エピゲノム標準化情報基盤の構築」

独立行政法人科学技術振興機構　珪藻ゲノムのインフォマティクス解析

独立行政法人科学技術振興機構「ミトコンドリアβバレル型外膜タンパク質の輸送と膜組み込み機構及びタンパク質相互作用の解明」

独立行政法人理化学研究所　試験研究題目「RNA 相互作用予測技術の開発と転写物の網羅的情報解析」（高性能汎用計算機高度利用事業おける研究課題「戦略プログラム」準備研究　分野1予測する生命科学・医療および創薬基盤）

独立行政法人理化学研究所　試験研究題目「HPCI 戦略プログラムにおける人材養成プログラムの実施」（高性能汎用計算機高度利用事業おける研究課題「戦略プログラム」準備研究　分野1予測する生命科学・医療および創薬基盤）

大学共同利用機関法人情報・システム研究機構　国立情報学研究所「超巨大データベース時代に向けた最高速データベースエンジンの開発と当該エンジンを核とする戦略的社会サービスの実証・評価（サブテーマ：超巨大サイバーフィジカルシステム基盤のための情報創発技術とその戦略的社会展開）」

独立行政法人　国立がん研究センター「分担研究課題：高速シーケンサーデータの情報解析とアルゴリズムの開発」

The University of Tennessee　植物遺伝子のアセンブリーおよびシンテニー検出のための計算手法の開発に関する研究

文部科学省　分子モデリングに基づく高度創薬支援

文部科学省　タンパク質の立体構造および相互作用推定のための構造インフォマティクス技術の開発

日本学術振興会　科学研究費補助金　基質結合部位予測に向けたタンパク質局所構造の高速比較法の開発

日本学術振興会　科学研究費補助金　マルチスケールシミュレーションによる核酸立体構造予測

日本学術振興会　科学研究費補助金　補酵素結合様式を考慮した次世代活性部位探索アルゴリズムの開発

日本学術振興会　科学研究費補助金　構造方程式モデリングによる多能性幹細胞での細胞分化制御因子の推定

日本学術振興会　科学研究費補助金　大量シークエンシング時代に向けた新規配列比較法の開発

日本学術振興会　科学研究費補助金「In-silico 創薬のための機械学習を用いた生理活性配座予測」

日本学術振興会　科学研究費補助金　酵母ミトコンドリア蛋白質の mRNA 局在化シグナル解析

日本学術振興会　科学研究費補助金　EzCatDB：酵素触媒機構データベース

日本学術振興会　科学研究費補助金「ミトコンドリアβ型外膜タンパク質の輸送と外膜組み込み機構解明に向けての研究」

日本学術振興会　科学研究費補助金　コンポストによる特定悪臭成分分解メカニズムの解明

日本学術振興会　科学研究費補助金　ケモカイン受容体・ウイルス性受容体・デコイ受容体における機能分化の情報解析

日本学術振興会　科学研究費補助金　タンパク質間相互作用部位をターゲットとした新規バイオ医薬品の開発

日本学術振興会　科学研究費補助金　C 型慢性肝炎治療成績の向上と肝発癌阻止を目指した分子基盤の確立

日本学術振興会　特別研究員奨励費　時系列遺伝子発現データからの遺伝子制御ネットワークの推定

厚生労働省　科学研究費補助金　ウィルス性肝疾患に対する分子標的治療創薬に関する研究

発　表：誌上発表47件、口頭発表78件、その他1件

RNA 情報工学チーム

（RNA Informatics Team）

研究チーム長：光山　統泰
（臨海副都心センター）

概　要：

機能性 RNA に特化したバイオインフォマティクス技術の研究開発に取り組んでいる。

新規機能性 RNA の発見と、機能推定のための情報処理技術の確立を目標として、基盤技術の開発から応用研究まで、幅広い研究テーマを掲げて活動している。

RNA 二次構造予測技術では世界最高精度の基盤技術、長鎖 RNA の二次構造予測技術でも世界唯一の基盤技術、二次構造を考慮した高速な配列アラインメントでは世界最高速の基盤技術の開発に成功した世界的に見ても高い水準の研究チームと自負している。さらに、RNA に特化したデータベースとしては世界最大規模の機能性 RNA データベースを開発し、ウェット研究者との連携に活用し多数の成果を出している。

研究テーマ：テーマ題目１

配列解析チーム

（Sequence Analysis Team）

研究チーム長：ポール ホートン（Paul Horton）
（臨海副都心センター）

概　要：

次世代シーケンサーの普及を見越した研究を行う。その基盤技術であるゲノムアラインメント法を改良し、シーケンサーデータの誤読を修正するプログラムを開発する。また、ゲノム転写制御領域の情報解析、タンパク質アミノ酸配列からの立体構造・細胞内局在予測での優れた技術的蓄積を生かし、配列に基づいた遺伝子機能解析を行う。

研究テーマ：テーマ題目１

創薬分子設計チーム

（Molecular Modeling & Drug Design Team）

研究チーム長：広川　貴次
（臨海副都心センター）

概　要：

計算機を用いたタンパク質立体構造の理論的研究と創薬研究への応用に取り組んでいる。

具体的には、創薬標的タンパク質分子モデリング法の開発、分子動力学　計算法によるフォールディング解析、タンパク質立体構造に基づくリガンド結合予測やケモインフォマティクス技術を融合したバーチャルスクリーニングを展開している。

また、生命情報科学技術者養成コースを通じて、創薬インフォマティクスの人材養成にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目２

分子機能計算チーム

（Molecular Function Team）

研究チーム長：福井　一彦
（臨海副都心センター）

概　要：

大規模計算応用技術を核に、タンパク質同士やタンパク質と他生体分子（DNA・RNA・低分子化合物・糖鎖等）の複合体計算や GPCR のインターフェイス予測に基づくオリゴマー化制御に関する技術の開発、加えて2次構造情報を用いた RNA3次構造予測法に基づく生体高分子の機能予測技術の開発を実施している。

また、GPU クラスタ、BlueProtein システム、新規に導入したキメラシステムなど、これまで世界水準のコンピュータを用いてバイオインフォマティクス研究を推進してきた技術的蓄積を生かし、大規模並列計算機を有効活用し応用技術へと繋がる開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目２

細胞機能設計チーム

（Cell Function Design Team）

研究チーム長：富井　健太郎
（臨海副都心センター）

概　要：

細胞のシステムをターゲットとする新しいバイオインフォマティクス技術の開発を行っている。

細胞情報統合データベース構築のため、細胞や細胞の部品をカタログ化し、そこから細胞の機能情報を抽出するデータマイニング手法や生体モデルの機械学習・予測をする手法を開発している。また、外部資金等により、細胞分化を効率化する因子探索のインフォマティクス技術の開発および ES 細胞を利用した化学物質毒性の検証システムの標準化に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目３

生体ネットワークチーム

（Biological Network Team）

研究チーム長：堀本　勝久
（臨海副都心センター）

概　要：

創薬支援、副作用予測等に実応用可能な生体ネットワーク解析技術を開発している。

時間や環境に応じて変化する動的ネットワーク構造の推定技術を改良し、具体的な要因候補分子の絞り込み技術を開発している。さらに、表現型データ解析から分子機能を同定する解析技術を開発し、近年急速に進歩している様々な実験計測技術が生産するトランスオミクスデータ解析が実行できるように努めている。

研究テーマ：テーマ題目３

［テーマ題目１］ゲノム情報解析（機能性 RNA 情報解析転写制御の情報解析）

［研究代表者］光山　統泰（RNA 情報工学チーム）
ポール　ホートン（配列解析チーム）
［研究担当者］光山　統泰、清水　佳奈、
ポール　ホートン、マーティン　フリス、
今井　賢一郎、後藤　修、森田　眞理子、
加藤　和貴、齋藤　裕、辻　淳子、
アニシュ　シュレスタ、
トーマス　ポールセン、傅　思縉、
榊原　康文、佐藤　健吾、木立　尚孝、
浜田　道昭（常勤職員5名、他12名）

［研 究 内 容］

研究目的:

新規機能性 RNA の発見と機能予測

配列情報に基づいた、遺伝子発現と産物の機能解析

研究内容：

二次構造を考慮した高速・高精度な RNA 配列情報解析とゲノムアラインメント、タンパク質の局在化シグナル解析、次世代シーケンサーのデータ処理技術等を開発すると共に、転写制御機構の解析、新規機能性 RNA 発見等、ゲノムとプロテオーム情報を工学的制御の観点からの解析を行う。

RNA 情報工学チーム

機能性 RNA に特化したバイオインフォマティクス技術の開発、ゲノム配列からの機能性 RNA の網羅的予測、機能性 RNA データベースの構築バイオインフォマティクス技術によって機能性 RNA を解析し、ゲノム情報制御機構の工学的視点からの解明によって産業技術開発に貢献する。

NEDO「後天的ゲノム修飾のメカニズムを活用した創薬基盤技術開発」に参画し、エピゲノム情報基盤の構築をテーマに、RNA-seq の情報解析やエピゲノムデータベースの構築を担っている。

配列解析チーム

次世代シーケンサーの普及を見越した研究を行う。その基盤技術であるゲノムアラインメント法を改良し、シーケンサーデータの誤読を修正するプログラムを開発する。また、ゲノム転写制御領域の情報解析、タンパク質アミノ酸配列からの立体構造・細胞内局在予測での優れた技術的蓄積を生かし、配列に基づいた遺伝子機能解析を行う。

平成24年度進捗状況は以下の通り。

RNA 情報工学チーム

機能性 RNA プロジェクトの成果であるγ-centroid 推定の応用技術として、RNA2次構造予測においてクエリー配列に加えてその類似配列情報を用いることで予測精度を向上させる CentroidHomFold アルゴリズムを新たに開発した。

次世代シーケンサのための情報解析技術として、最新の整列アルゴリズムを応用して配列間編集距離に基づいたクラスタリングを省メモリ・超高速で実現するアルゴリズムの開発も機械学習研究班との共同で実現することができた。

ウェット研究者との共同研究において、次世代シーケンサの情報解析により、piRNA 生合成経路に関する新たな知見を見出すことができた。

配列解析チーム

配列解析チームは主な研究課題としてゲノム・アラインメントと蛋白質の細胞内局在予測などに取り組んできた。ゲノム・アラインメントでは、配列解析チームが開発した配列アラインメントツール LAST の改良と性能評価を行い、LAST の優れた能性を示した。さらに、ゲノム・アラインメントを行う際、繰り返し配列の影響によるホモロジーの誤判定を減らせる手法“Tantan”を開発した。蛋白質の細胞内局在予測では、βバレル膜蛋白質の解析対象を植物の葉緑体に広げ、葉緑体外膜のβバレル膜蛋白質である可能性が高い新規候補を同定した。また、蛋白質の機能制御機序のひとつである、核外移行シグナルの新規予測法を開発し、従来法より予測精度を大幅に上げたことを示した。

Terai G, Okida H, Asai K, Mituyama T.:"Prediction of Conserved Precursors of miRNAs and Their Mature Forms by Integrating Position-Specific Structural Features", *PLoS One.* **7**(9): e44314. doi:10.1371 (2012).

Tsuji J, Frith MC, Tomii K, Horton P., “Mammalian NUMT insertion is non-random.”, *Nucleic Acids Res.* **40**(18):9073-88. doi: 10.1093/nar/gks424.(2012)

Frith MC, Mori R, Asai K.:"A mostly-traditional approach improves alignment of bisulfite-converted DNA", *Nucleic Acids Research.* **40**(13) pp.e100.(2012).

Wan R, Anh VN, Asai K.: "Transformations for the compression of FASTQ quality scores of next-generation sequencing data.", *Bioinformatics.* ;**28**(5):628-35. doi: 10.1093/bioinformatics/btr689.(2012).

Wang YB, Chen SH, Lin CY, Yu JK., “EST and transcriptome analysis of cephalochordate amphioxus--past, present and future.”, *Brief Funct Genomics* **11**(2):96-106. doi: 10.1093/bfgp/els002.(2012)

Frith MC., “Gentle masking of low-complexity sequences improves homology search.”, *PLoS One.* **6**(12):e28819. doi: 10.1371/journal.pone.0028819.

(2012)

Hamada M, Wijaya E, Frith MC, Asai K., "Probabilistic alignments with quality scores: an application to short-read mapping toward accurate SNP/indel detection.", *Bioinformatics* **27**(22):3085-92. doi: 10.1093/bioinformatics/btr537.(2012)

Ashida H, Asai K, Hamada M., "Shape-based alignment of genomic landscapes in multi-scale resolution.", *Nucleic Acids Res.* 40(14):6435-48. doi: 10.1093/nar/gks354.(2012)

Hamada M, Asai K, "A classification of bioinformatics algorithms from the viewpoint of maximizing expected accuracy (MEA).", *J Comput Biol.* **19**(5):532-49. doi: 10.1089/cmb.2011.0197.(2012)

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］機能性 RNA、次世代シーケンサー、配列解析

［テーマ題目２］分子情報解析（複合体立体構造予測 化合物バーチャルスクリーニング（VS）　生体分子の機能解析技術の応用研究）

［研究代表者］広川　貴次（創薬分子設計チーム）
福井　一彦（分子機能計算チーム）
藤　博幸（生体分子システム研究班）
［研究担当者］広川　貴次、本野　千恵、亀田　倫史、
福井　一彦、富永　大介、藤　博幸、
長野　希美、末永　敦、山﨑　智、
田代　俊行、中山　尚子、
マイケル　グロミハ、廣瀬　修一、
輪湖　博、関嶋　正和、野口　保
（常勤職員7名、他9名）

［研 究 内 容］

研究目的:

構造変化を含む複合体構造予測技術の開発
化合物 VS フォーカスドライブラリ構築
生体分子の機能解析技術の応用研究

研究内容：

これまでに開発してきたタンパク質構造・機能予測技術、分子シミュレーション技術等に分子設計技術を融合させ、創薬標的タンパク質・変性疾患関連ペプチド・糖鎖に特化した高精度な創薬支援技術を開発する。そのため、大規模計算技術によるタンパク質同士やタンパク質と他生体分子（核酸・化合物・糖鎖等）との複合体立体構造予測法を開発する。また、核酸、タンパク質などの生体分子の様々なデータを利用した、生体分子の機能解析のための技術開発やデータベースの構築を行う。

創薬分子設計チーム

タンパク質構造・機能予測システム、分子シミュレーション技術等の基盤技術に分子設計技術を融合させ、創薬標的タンパク質･変性疾患関連ペプチドに特化した高精度な創薬支援技術の開発と実用を目標とする。創薬標的は、X 線結晶解析が困難なものを中心に、タンパク質単体標的からタンパク質－タンパク質複合体標的へと年次発展させる。また、立体構造情報に基づいてタンパク質単体・複合体の機能を制御する化合物を計算機上でスクリーニングしフォーカスドライブラリとしてデータベース化する。

NEDO「化合物等を活用した生物システム制御基盤技術開発」（実施期間：平成18年度～平成22年度）を中心に研究開発を展開する。NEDO プロジェクトでの担当テーマは以下の通り。

・タンパク質複合体構造予測
・化合物バーチャルスクリーニング技術開発および実用化
・フォーカスドライブラリおよび構造データベース構築

分子機能計算チーム

大規模計算応用技術を核に、生体高分子複合体ドッキング計算、立体構造の予測及び配列・構造情報を用いた生体高分子の機能予測技術を開発する。Blue Protein、GPU クラスタ、キメラシステムなど、大型並列コンピュータを用いてバイオインフォマティクス研究を推進してきた技術的蓄積を生かし、現有する大規模並列計算機を有効活用するための応用技術開発を行う。

生体分子システム研究班

核酸、タンパク質などの生体分子の様々なデータを利用した、生体分子の機能解析のための技術開発やデータベースの構築を行なう。また、開発技術や既存技術を利用して、個別の問題についての情報解析を行ない、生体システムに関する知識を抽出する。

平成24年度進捗状況は以下の通り。

創薬分子設計チーム

(1) ケミカルバイオロジーPJ 成果

PJ 最終年度として、タンパク質-タンパク質相互作用阻害化合物探査におけるタンパク質－タンパク質相互作用分類を提唱した。またこの分類に基づき、天然物と合成化合物を用いたケミカルスペースを作成し、フォーカスドライブラリー作成を行った。このフォーカスドライブラリにより、今後、企業等における医薬品探索の効率化が期待される。

また、本 PJ で同定した PAC3阻害剤について論文にて発表した（Izumikawa et al., J. Nat. Prod. ）。

タンパク質－タンパク質ドッキング計算におけるクラスタリング効率化のための評価法を開発し、論文発表した（Uchikoga & Hirokawa, BMC Bioinformatics）。

(2) 当センター内連携によるインシリコ基盤技術の開発

生体ネットワークチームの開発したネットワーク解析アルゴリズムを用いて、活性化合物間のクラスター解析へ適用し、母格抽出の効率化に成功した（Saito et al., J Chem Inf Modeling）。

(3) 実験グループとの連携による創薬標的タンパク質を対象としたインシリコ解析の実施と検証

外部研究機関との共同研究において、これまで成熟させてきたモデリング構造技術を用いてタンパク質と化合物の作用機序解析に貢献し、論文成果として発表した（Watanabe et al., J. Med. Chem., Iida et al., J. Nucleic Acid）。

分子機能計算チーム

大規模計算機やアクセラレータを用いたハイブリッド型クラスタ計算機による、タンパク質-タンパク質間の大規模ドッキング計算を実施し解析を行った。またタンパク質複合体（タンパク質－DNA，タンパク質－RNA）に関する研究を行った（Gromiha, M.M., et al.）。

この他に機能予測技術開発とし、アミノ酸配列と立体構造の双方の情報を駆使し、G タンパク質共役型受容体（GPCR）が複合体を形成する際のインターフェイス予測技術や GPCR のオリゴマー化に関する DB（Nemoto, W., et al.）の開発を実施している。

生体分子システム研究班

1）タンパク質のマルチプルアラインメントから各サイトの保存度や変異度を計算する手法を収集し、プログラムとして実装した上で、アラインメントのレファレンスセットに適用して、その結果の類似性をクラスタ分析によって評価した（Jihansson and Toh, 2010a）。また、その解析に基づき、新規のスコアリング手法（rekative non Neumann entropy 法）を開発した（Johansson and Toh, 2010b）。クラスタ分析の論文は、highly accessed に選ばれた。

2）以前作成したドメインリンカー予測手法を改良し、新規のドメインリンカー予測プログラム DROP を開発した（Ebina et al, 2010）。この開発は、東京農工大の黒田准教授との共同研究として行なわれた。

3）大阪大学の森教授のグループで得られた大腸癌における発現プロファイルデータを解析し、リンパ節転移の新規マーカーの候補として FANCD2を同定した（Osawa et al. 2010）。

4）RNA 情報工学チームの加藤研究員との共同研究で MAFFT の開発を行なっている。構造情報と MAFFT に取り込んだ MAFFTash の開発や GUI の開発などを行なったが、本年度は MAFFT の並列化についてのみまとまった結果が得られた（Katoh and Toh, 2010）。

5）九州大学の横溝教授の発現データを解析し、ロイコトリエン受容体のあるアイソフォームの機能に関する知見を得た（Iizuka et al. 2010）。

6）大阪大学の Srandley 准教授との共同研究により、立体構造を利用したタンパク質の機能推測のシステムを開発を行なった（Standley et al., 2010）。

7）EzCatDB の研究の進展として以下の二つがある。群馬大学の加藤准教授との共同研究により、立体構造情報に基づく高速な活性部位の検索手法を開発した。また、医薬基盤研究所の水口教授との共同研究により、機能サブクラスと、活性部位やリガンド結合部位の関係を明らかにした。

Yamasaki S, Terada T, Kono H, Shimizu K, Sarai A.:"A new method for evaluating the specificity of indirect readout in protein-DNA recognition", *Nucleic Acids Res.* **40**(17):e129 (2012).

Akiyama S, Suenaga A, Kobayashi T, Kamioka T, Taiji M, Kuroda Y.:"Experimental identification and theoretical analysis of a thermally stabilized green fluorescent protein variant", *Biochemistry.* ;**51**(40):7974-82. doi: 10.1021/bi300580j.(2012).

Suenaga A, Okimoto N, Hirano Y, Fukui K.:"An efficient computational method for calculating ligand binding affinities", *PLoS One.* **7**(8):e42846. doi: 10.1371(2012).

Priyadarzini TR, Selvin JF, Gromiha MM, Fukui K, Veluraja K.:"Theoretical Investigation on the Binding Specificity of Sialyldisaccharides with Hemagglutinins of Influenza A Virus by Molecular Dynamics Simulations", *J Biol Chem.* **287**(41):34547-57. doi: 10.1074/jbc.M112.357061 (2012).

Daiyasu H, Nemoto W, Toh H.:"Evolutionary analysis of functional divergence among chemokine receptors, decoy receptors and viral receptors.", Front Microbiol.. 2012;3:264. doi: 10.3389/fmicb.2012.00264.(2012).

Nemoto W, Toh H., “Functional region prediction with a set of appropriate homologous sequences--an index for sequence selection by integrating structure and sequence information with spatial statistics.”, *BMC Struct Biol.* 12:11. doi: 10.1186/1472-6807-12-

11.(2012)

Yamamoto S, Zhang Y, Yamaguchi T, Kameda T, Kato K.: "Lanthanide-assisted NMR evaluation of a dynamic ensemble of oligosaccharide conformations",*Chem Comm*, **48**(39), pp.4752-4754 (2012).

Gromiha MM, Harini K, Sowdhamini R, Fukui, K.:"Relationship between amino acid properties and functional parameters in olfactory receptors and discrimination of mutants with enhanced specificity", *BMC Bioinformatics.* **13**(Suppl 7):S1 doi:10.1186/1471-2105-13-S7-S1 (2012).

Muhammed Z, Arai S, Saijo S, Yamato I, Murata T, Suenaga A.:Calculating the Na+ translocating V-ATPase catalytic site affinity for substrate binding by homology modeled NtpA monomer using molecular dynamics/free energy calculation.", *J Mol Graph Model.*. ;37:59-66. doi: 10.1016/j.jmgm.2012.03.006. (2012).

Fukui K, Takahashi K.:"Infrared multiple photon dissociation Spectroscopy and Computational Studies of O-Glycosylated Peptides", *Anal Chem.* **84**(5):2188-94. doi: 10.1021/ac202379v. (2012).

Yamasaki S, Nakamura S, Fukui K.:"Prospects for Tertiary Structure Prediction of RNA Based on Secondary Structure Information.", *J. Chem. Inf. Model.* **52** (2), pp.557-567 (2012).

Watanabe M, Kobayashi T, Hirokawa T, Yoshida A, Ito Y, Yamada S, Orimoto N, Yamasaki Y, Arisawa M, Shuto S.:"Cyclopropane-based stereochemical diversity-oriented conformational restriction strategy: histamine H3 and/or H4 receptor ligands with the 2,3-methanobutane backbone.", *Org Biomol Chem.* **10**(4):736-45.(2012).

Gromiha MM, Sowdhamini R, Fukui K..:"Structure-Function Relationship in Olfactory Receptors", *Bio-Inspired Computing and Applications Lecture Notes in Computer Science* . Volume 6840, 2012, pp.618-623 (2012).

Gromiha MM, Saranya N, Selvaraj S, Jayaram B, Fukui K., "Sequence and structural features of binding site residues in protein-protein complexes: comparison with protein-nucleic acid complexes.", *Proteome Sci.* 9 Suppl 1:S13. doi: 10.1186/1477-5956-9-S1-S13.(2012)

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］分子モデリング、分子動力学計算、バーチャルスクリーニング、分子設計タンパク質相互作用、タンパク質ディスオーダー、糖鎖、タンパク質、アラインメント、機能部位、データベース、発現プロファイル

［テーマ題目３］細胞情報解析（遺伝子現情報解析　生体ネットワーク情報解析）

［研究代表者］富井　健太郎（細胞機能設計チーム）
堀本　勝久（生体ネットワークチーム）

［研究担当者］富井　健太郎、油谷　幸代、堀本　勝久、山田　和範、プイ　シャン　ウォン、池田　和由、竹嶋　伸之輔、藤渕　航（常勤職員3名、他5名）

［研 究 内 容］

研究目的:

細胞情報統合データベースに基づいた細胞の構造と機能予測法の開発

生体ネットワーク構造変化の多面的予測と表現型変化の分子メカニズム解明

研究内容：

遺伝子発現・代謝・シグナル伝達等の細胞内ネットワークを工学的な技術に基づいて解析する。網羅的なヒト細胞データベースを構築し、細胞の形態、機能、分化転換に関する情報を遺伝子発現情報と融合させた統合的、包括的な細胞情報解析環境を開発する。機能未知の生体分子を含む細胞内ネットワークを推定し、新規な創薬標的の発見、副作用予測を支援する技術を開発する。

細胞機能設計チーム

細胞の違いを統合的、系統的に整理・分類したデータベースを開発する。そのために必要となる細胞・遺伝子発現データ・論文データ統合化技術、細胞画像解析技術開発から、遺伝子発現モジュール探索技術、細胞種依存型遺伝子発現ネットワーク推定技術、細胞挙動・分化解析技術などの基礎的解析技術を開発する。

要素技術から実用技術の開発を中心に以下の研究開発を展開する。

・ヒト細胞情報統合データベースの開発
・細胞挙動・分化に関わる遺伝子発現モジュールの動態解析技術の開発
・細胞依存型疾患遺伝子ネットワーク探索技術

生体ネットワークチーム

創薬支援、副作用予測等に応用できる生体ネットワーク解析技術を開発する。

特に、細胞レベルの多様かつ大量な生命情報が計測可能な状況において、それら情報をシステム論的な立場から解析する技術の開発が求められている。具体的に開発を目指す技術は、以下の通りである。

・細胞状態の変化に応じて活性化する分子間相互作用（ネットワークスクリーニング）を捉え、その要因となる分子群を特定する技術の開発
・トランスオミックスデータを解析し、表現型データの相異を説明可能な分子機能を同定する技術の開発

方法論：

ガウスネットワークモデル、ネットワークスクリーニング、経路整合性アルゴリズム、表現型指向解析、トランスオミクス解析

平成24年度進捗状況は以下の通り。

細胞機能設計チーム

ヒト正常細胞情報データベース CELLPEDIA を拡張し、幹細胞データにおいても細胞分類、遺伝子発現、細胞画像、論文データなどを統合したシステムを開発した。厚生労働科研費プロジェクトによる環境化学物質毒性解析法を東京大学および国立環境研究所と共同開発した。文科省科研費プロジェクトによる細胞分化を促進する因子を予測し同定した（未発表）。

生体ネットワークチーム

細胞レベルの多様かつ大量な生命情報が計測可能な状況において、それら情報をシステム論的な立場から解析する技術の開発が求められている。本年度は、１．細胞状態の変化に応じて活性化する分子間相互作用（ネットワークスクリーニング）を捉え、その要因となる分子群を特定する技術を開発すること、２．トランスオミックスデータを解析し、表現型データの相異を説明可能な分子機能を同定する技術を開発することを目的とする。その結果、具体的に以下の成果を得た。

１）既知パスウェイ情報から、特異的な条件下で計測された細胞内分子データと整合性を示すパスウェイ構造を数理的に推定することで、活性化パスウェイ候補を絞り込み、さらにパスウェイ候補から要因分子候補を具体的に同定することが可能となった。この技術は有効グラフのみに適用可能なため、遺伝子制御ネットワークには適用できるが、タンパク質相互作用ネットワークには適用不可能であった。本年度方法を拡張し無向グラフで表現されるネットワークにも適用可能にした。

２）計測データを予め生物機能ごとに分類し、それらを分子の特性に基づいて分類する。その分類に基づいてサンプルの特性である表現型解析を行う。その結果、表現型の解析から分子機能を特定することが可能になる。同時に、表現型データ解析の結果である有意確率を統合確率で統計的に評価することができることにより、トランスオミクスデータ解析に利用可能であり、予後データ等のコホート研究に新規な観点を提供することが期待される。実際、本年度、Fred Hutchinson Cancer Research Center の Dr. Samir Hanash より表現型データを含む肺がんプロテオミクスデータの提供を受け、特徴タンパク質群の検出を開始した。

Aburatani S., “Network inference of pal-1 lineage-specific regulation in the C. elegans embryo by structural equation modeling.”, *Bioinformation* **8**(14):652-7. doi: 10.6026/97320630008652.(2012)

Aburatani S., “Network inference of pal-1 lineage-specific regulation in the C. elegans embryo by structural equation modeling.”, *Bioinformation* **8**(14):652-7. doi: 10.6026/97320630008652.(2012)

Hamada S, Satoh K, Fujibuchi W, Hirota M, Kanno A, Unno J, Masamune A, Kikuta K, Kume K, Shimosegawa T.:"MiR-126 acts as a tumor suppressor in pancreatic cancer cells via the regulation of ADAM9.", *Mol Cancer Res.*. **10**(1):3-10.(2012).

Aburatani S., “Application of structure equation modeling for inferring a serial transcriptional regulation in yeast.”, *Gene Regul Syst Bio.* 5:75-88. doi: 10.4137/GRSB.S7569.(2011)

Hatano A, Chiba H, Moesa HA, Taniguchi T, Nagaie S, Yamanegi K, Takai-Igarashi T, Tanaka H, Fujibuchi W., “CELLPEDIA: a repository for human cell information for cell studies and differentiation analyses.”, *Database (Oxford)* bar046. doi: 10.1093/database/bar046.(2011)

Miura K, Ishida K, Fujibuchi W, Ito A, Niikura H, Ogawa H, Sasaki I., “Differentiating rectal carcinoma by an immunohistological analysis of carcinomas of pelvic organs based on the NCBI Literature Survey and the Human Protein Atlas database.”, *Surg Today* **42**(6):515-25. doi: 10.1007/s00595-012-0167-z.(2012)

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］データベース、データマイニング、遺伝子モジュール、酵素、ネットワーク、文献情報、遺伝子発現、パスウェイ解析、時系列解析、記号計算

［テーマ題目４］情報基盤統合

［研究代表者］浅井　潔（研究センター長）
［研究担当者］浅井　潔、光山　統泰、
ポール　ホートン、広川　貴次、
福井　一彦、富井　健太郎、堀本　勝久、
津田　宏治、田代　俊行、富永　大介、
森岡　涼子（常勤職員8名、他2名）

［研 究 内 容］

研究目的:

生命情報工学研究センターでは、センター内外のデータベース、ソフトウェアを最新の情報技術を用いてシームレスに統合したバイオインフォマティクス情報基盤の構築に研究センター全体で取り組んでいる。ライフサイエンス研究分野では、その複雑化・細分化にあわせて解析ツールやデータベースの多様化が求められ、個々のデータベース、解析ツール、システムの乱立や併存は、管理・運用に多大な労力を要し、研究分野の迅速な変化や新規技術への対応が困難であると考えられる。そこで本研究では、分散する解析ソフトウェアやツールである要素技術を、一つ一つユーザが実行するのではなく、一連の処理の流れを定義することにより、効率的に短時間に実行するため要素技術を結合したワークフローを構築し、外部 DB と連携し動作する、柔軟性に富んだプラットフォーム型の知的基盤環境の構築を実施する。

研究手段：

研究センター内、産総研内、国内、海外に存在するバイオインフォマティクス関連の有用データベース・解析ソフトウェアを、グリッド技術や SOAP/REST を用いてシームレスに結合させた「生命情報統合システム」の開発に、センターをあげて取り組む。最新の情報技術と大規模計算手法を駆使し、関連する情報同士を単にリンクでつなげた情報網ではなく、利用者が求める情報をダイレクトに提供する、診断、創薬支援、バイオプロセス開発に直接応用できるシステムを目指す。本システムに必要な新規なデータベース・ソフトフェアの開発は各研究チームが並行して行い、順次統合する。

交付金と文科省「ライフサイエンス分野の統合データベース整備事業」（実施期間：平成17年度～平成22年度）の予算による技術開発を中心に研究開発を展開する。

方法論：

柔軟性を加味したプラットフォーム上で動作するアクティブ・ワークフロー開発として、生体ネットワークチームの堀本チーム長の基で開発された遺伝子ネットワーク推定システムをノード化した。平成22年度は、CBRC 所内・外で開発された主要な解析ツールをノード化しプラットフォーム上で SOAP 通信により動作するアクティブ・ワークフローの開発を行う。またライフサイエンス統合データベースセンター（DBCLS）や DDBj との連携を行う。

機械学習研究班

生命情報科学においては、配列、遺伝子発現、制御ネットワークなど、極めて多種多様なデータの処理が求められており、そのようなデータの中から信頼できる知識を取りだすことが必要である。そのような要請を受けて、データからの論理的、確率的な推論の技術体系である機械学習への注目はかつてないほど高まっている。また、データの大規模化に伴って、これまでシンプルなアルゴリズムで対応可能だった研究課題についても、高速で複雑なアルゴリズムが利用されるようになってきている。

次世代シークエンサーのデータ処理などは、その最も明らかな例である。本研究班では、創薬を中心とする生物学的課題に対して有効な機械学習手法を開発し、データ処理の効率と正確性を飛躍的に高めるための研究を行う。具体的には、次のような課題を扱う。1. 創薬などで重要となる、目的関数の推定と最適化を同時に行う手法の開発。2. 大量データの処理のための、あいまい検索技術および高速近傍発見技術の開発。3. 医療などで用いられるセンサーデータからの機械学習技術の開発。また、他チームが扱う課題に関しても、適切なアドバイスを行い、共同研究を通じて貢献を行う。外部資金も積極的に受け入れて共同研究を行い、最先端研究開発支援プログラムなどの大型プロジェクトへの貢献も行う。

平成24年度進捗は以下の通り。

(1) プラットフォーム型ワークフローの開発

これまで開発した様々な解析ツールを組み合わせ、利用者の要望を考慮したプラットフォームとして3つの統合型アクティブ・ワークフローを改良し公開した：系統樹作成アクティブ・ワークフロー（PhylogeneticTree Active Workflow）、RNA 構造予測アクティブ・ワークフロー（RNA Structure Prediction Active Workflow）、タンパク質立体構造モデリング・アクティブ・ワークフロー（Protein Structure Prediction Active Workflow）。またこれらワークフローを Linux や MacOS でも動作可能とし公開した。

(2) 解析ツールの RDF 化

ウェブ上にある「リソース」を計算機が取り扱えるように表現するための統一的枠組である RDF（Resource Description Framework）を利用し、解析ツールとデータを連携・連動して動作させるフレームワークのプロトタイプを構築した。

全ての解析ノード及びワークフローは統合 DB 情報基盤サイト（http://togo.cbrc.jp）より一般公開している。

機械学習研究班

1）大量のリガンド結合サイトから類似したペアを高速に発見するアルゴリズム SketchSort を実際に PDB に登録されている全タンパク質に適用し、データベー

ス Possum を開発し公開した。
2）準同型性符号を用いて、化学化合物データベースを、クエリがサーバに知られることなく検索できる方法を開発し、プレスリリースを行った。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］ワークフロー、統合 DB、Web サービス、プラットフォーム

Kato Y, Sato K, Asai K, Akutsu T., “Rtips: fast and accurate tools for RNA 2D structure prediction using integer programming.”, *Nucleic Acids Res.* 40(Web Server issue):W29-34. doi: 10.1093/nar/gks412.(2012)

Kiryu H, Asai K., “Rchange: algorithms for computing energy changes of RNA secondary structures in response to base mutations.”, *Bioinformatics* **28**(8):1093-101. doi: 10.1093/bioinformatics/bts097. (2012)

Ito J, Tabei Y, Shimizu K, Tomii K, Tsuda K., “PDB-scale analysis of known and putative ligand-binding sites with structural sketches.”, *Proteins* **80**(3):747-63. doi: 10.1002/prot.23232.(2012)

荒井　ひろみ、清水　佳奈、浜田　道昭、津田　宏治、広川　貴次、浅井　潔、津田　宏治、“検索行動におけるプライバシ保護”、2012年度人工知能学会全国大会山口2012年6月14日

［テーマ題目５］人材養成

［研究代表者］浅井　潔（研究センター長）
［研究担当者］浅井　潔、藤　博幸、広川　貴次、光山　統泰、ポール　ホートン、福井　一彦、堀本　勝久、津田　宏治、後藤　修、長野　希美、加藤　和貴、清水　佳奈、富井　健太郎、マーティン　フリス、本野　千恵、亀田　倫史、富永　大介、油谷　幸代、末永　敦、今井　賢一郎、杉原　稔、寺田　朋子、坂井　寛子
（常勤職員16名、他7名）

［研 究 内 容］

研究目的:

バイオインフォマティクスの研究拠点としてより確立された地位を築くことと併せ、産業技術の発展、産総研の利益につながる形での人材養成を目指している。

研究手段：

(1) HPCI 人材養成プログラム

「京」コンピュータを中核とする「HPCI 戦略プログラム分野1 予測する生命科学・医療および創薬基盤」における教育プログラムを（独）理化学研究所より委託され、H23年度より5ヵ年計画で HPCI 人材養成プログラムを実施する。プログラムは、初学者から中級者を対象とした1人1台の PC を用いた実習「HPCI チュートリアル」、一般向け公開講演会「HPCI ワークショップ」、「HPCI e-ラーニング」、第一線の研究者による最先端セミナー「HPCI セミナー」の4本柱で構成。とくに HPCI セミナーは東京大学柏・本郷両キャンパスに TV 会議システムを通じて配信し、東京大学大学院新領域創成科学研究科情報生命科学専攻との連携により「情報生命科学特別講義 II」（2012年度冬学期）という単位取得科目となった。

HPCI セミナー（H24年10月から毎週金曜日全12回）参加者のべ324名（うち東大学生115名）、HPCI ワークショップ（平成24年11月1日（木）、後述の BiWO2012の一部として開催）参加者80名、HPCI チュートリアル10コース受講者合計175名、HPCI e-ラーニング受講者合計311名であった。

HPCI 人材養成プログラムの立ち上げにともない、平成22～23年度に活動した生命情報科学人材養成コンソーシアムは休止した。

(2) 技術研修等による社会人の受け入れ

OJT による高度専門人材養成により、異分野からの転向者を即戦力化する。平成24年度養成実績9名。

(3) 連携大学院

6つの大学（東大、お茶の水女子大、早大、北大、奈良先端科学技術大学院大、東京理科大）と連携を進めている。当センターに所属する正職員のうち10名が連携大学院の教員を兼務しており、連携先での出張講義や、連携先大学院生を実習生として当センターに常駐させて修士論文や博士論文の指導を行っている。平成24年度学生受入実績16名。卒業生の進路は、独立行政法人医薬基盤研究所、マルチコミュニケーション㈱、㈱日立製作所、アクセンチュア㈱など。

(4) 生命情報科学研究セミナー

平成13年～17年度の「産総研　生命情報科学人材養成コース」（文科省科振費）の枠組で行っていた毎週2回程度の研究セミナーを年間予算で継続している。セミナーの内容と発表者は研究チーム長1名と数名のセミナー係の研究員が調整、弾力的に運営。所内発表にとどまらず、内外から最先端の話題提供を受けている。平成24年度回数実績49回（一部セミナーは、外部資金と共催）。

(5) 生命情報工学研究センター（CBRC）年次研究報告シンポジウムの実施

当センターのバイオインフォマティクス拠点化を目指した活動であり、研究拠点形成に必要な優秀な人材を養成する。実習生や若手研究員の積極的な発表を促すことで、スキルアップを目指す。学会へ参加する機会が少ない企業研究者や学生等にもバイオインフォマ

ティクスを普及させることも目的とする。発表言語は英語、海外の第一線の研究者による招待講演を必ず実施し、世界レベルのディスカッションができる場としている。平成17年度に CBRC2005を初開催。生命情報工学研究センターが発足した平成19年度以降は、他の学会等とも連携して BioInformatics Week in Odaiba（BiWO）200X（X は年数を表す）という名称でお台場でバイオインフォマティクス関連イベントを集中開催、運営委員長は当センターの研究チーム長クラスの研究員が持ち回りで務めている。平成23年度は、外部からもポスター発表を募集し、多数の発表者が集まっている。平成24年度参加者約420名。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］人材養成、バイオインフォマティクス、創薬インフォマティクス、技術指導、セミナー、講習会、e-ラーニング、HPCI

④【バイオメディシナル情報研究センター】

（Biomedicinal Information Research Center）

（存続期間：2008. 4. 1～2013. 3. 31）

研究ユニット長：嶋田　一夫
副研究ユニット長：上田　太郎、須貝　潤一
研　究　顧　問：五條堀　孝

所在地：臨海副都心センター
人　員：11名（11名）
経　費：726,279千円（301,302千円）

概　要：

バイオメディシナル情報研究センターは、前身の生物情報解析研究センターの成果の上にたち、ポストゲノム研究の中核として、タンパク質や RNA など遺伝子産物の構造と機能を解析し、その機能を制御する物質を提供する一連の創薬基盤技術を開発するために、2008年（平成20年）4月に設立された。

具体的には、ポストゲノムシークエンス研究に重点をおき、わが国が世界に対して優位性を持つヒト完全長 cDNA リソースを用いた疾患関連タンパク質相互作用解析および創薬の標的タンパク質として重要な膜タンパク質などの構造解析を行う。さらにそれらの機能を正や負に制御する化合物を、ラショナルな計算科学やわが国が得意とする微生物産物に求め、医薬、医療、診断薬に繋げる一連の創薬基盤技術を開発する。質量分析器を用いたタンパク質相互作用の解析には、再現性の向上を追求し、ヒト型ロボットを導入し、実用に供する。ヒト完全長 cDNA リソースの活用では、タンパク質発現アレイを用い、自己抗体の解析や効率の良い iPS 細胞化因子などの探索を鋭意取進める。また新たな研究分野として登場した多数の非翻訳 RNA（タンパク質を作らない RNA）についてもその機能解析を行い、創薬の新たなパラダイムを拓く。これらの研究を産業界のニーズを反映させた課題解決型共同研究として産学官の連携で進めてゆく。ヒト全遺伝子のアノテーションつき統合データベースは前述の研究に資するとともに、独自のヒト完全長 cDNA、発現情報・相互作用データなども取り入れ、世界に対し公開し、広くライフサイエンスの振興に寄与する。また、経済産業省関連プロジェクトの統合データベースを作製、公開し、利用に供する。

内部資金：
融合・連携推進予算（戦略予算）「失敗から学ぶ新しいリード創薬支援技術の開発」

融合・連携推進予算（戦略予算）「新世代ロボット技術を駆使する超高精度定量プロテオミクス解析」

融合・連携推進予算（戦略予算）「細胞内タンパク質の変動の網羅的解析に基づいた抗がん剤の開発」

外部資金：
日本学術振興協会　最先端・次世代研究開発支援プログラム「細胞内構造構築 RNA の作用機序と存在意義の解明」

厚生労働省　厚生労働科学研究費補助金「CHP/NY-ESO-1ポリペプチドがんワクチンの術後食道癌症例を対象とした多施設共同前期第 II 相臨床試験」

厚生労働省　平成24年度厚生労働科学研究費補助金「インフルエンザウイルス複製に関与する宿主因子とウイルス因子のインターフェースを標的とした新規抗ウイルス薬探索の基盤研究」

科研費　新学術領域研究「中心体・一次シリアと細胞周期」

科研費　新学術領域研究「リシークエンシングによる HLA ゲノム多様性解析」

科研費　特別研究員奨励費「小胞体レドックスネットワークを中心とする小胞体品質管理機構の解析」

科研費　″新学術領域研究（研究領域提案型）計画研究″「クロマチンリモデリング制御複合体の構造と機能の解析」

科研費　新学術領域研究「原核生物多剤耐性トランスポーターの構造揺らぎと薬剤排出活性の NMR 解析」

科研費　新学術領域研究（研究領域提案型）「ポストゲノム解析による感染体－宿主ネットワーク」

科研費　新学術領域研究「ウイルス感染現象における宿主細胞コンピテンシーの分子基盤」

科研費　新学術領域研究「シリア・中心体系による生体情報フローの制御」

科研費　基盤研究（A）「網羅的自己抗体プロファイリング法に基づく免疫性神経疾患の病態解明と治療戦略の構築」

科研費　基盤研究（C）「摂食障害のプロテインアクティブアレイを用いた網羅的自己抗体スクリーニング」

科研費　基盤研究（B）「プロテアソームの単粒子解析による構造研究」

科研費　挑戦的萌芽研究「超微小逆位配列をマーカーとして用いる新しいゲノム進化学の構築」

科研費　基盤研究（C）「核内構造体パラスペックル形成の分子機構・核内分布様式と生理機能」

科研費　基盤研究（C）「核内膜タンパク質群による核ラミナ制御機構の解明」

科研費　基盤研究（C）「転移 RNA の硫黄修飾塩基の生合成とその制御機構」

科研費　基盤研究（B）「臨床分離脳腫瘍由来のがん幹細胞に特異的に作用する化合物の探索研究」

科研費　若手研究（B）「ヒストンシャペロン TAF－Iβ－ヒストン（H3－H4）2複合体の X 線結晶構造解析」

科研費　挑戦的萌芽研究「エックス線結晶構造解析で用いるタンパク質結晶の質を大きく改善する手法の開発」

科研費　若手研究（B）「ミトコンドリア内膜トランスポーターの立体構造解析と輸送メカニズムの解明」

科研費　基盤研究（B）「ヒト由来膜タンパク質の NMR 構造解析に向けた基盤研究」

科研費　基盤研究（B）一般「TFIID 複合体を中心としたヌクレオソーム構造変換機構の立体構造基盤」

発　表：誌上発表71件、口頭発表82件、その他7件

細胞システム制御解析チーム

（Biological Systems Control Team）

研究チーム長：夏目　徹

（臨海副都心センター）

概　要：

創薬の支援と、ケミカルバイオロジーの推進を目的とし、①創薬ターゲット決定の効率化、②化合物の薬理薬効メカニズム解明、及び③化合物スクリーニングの効率化のための基盤技術開発とインフラの整備を行っている。これらを実現する研究内容として、質量分析の超高感度化と高精度化･自動化技術開発を実施した。更に、開発した解析システムを駆使し、タンパク質レベルでの創薬ターゲット決定をするための、大規模でハイスループットなタンパク質間相互作用ネットワーク解析を実施した。また、細胞内のプロテオームワイドな絶対定量法も確立した。そのために、ヒト完全長 cDNA 発現リソースを整備、数万個のタンパク質をハイスループットに発現し、安定同位体ラベルを行い、絶対定量解析用の内標準物質利用するプラットフォームを開発した。さらにこれらのシステムを統合、製薬企業と連携し、化合物の薬理薬効メカニズム解明のための化合物プロファイリングの実施を開始した。また、化合物スクリーニングソースとして、天然物を中心とした30万サンプルにおよぶ世界最大のケミカルライブラリーを集積し運用し、企業･アカデミアが利用できる基盤として整備事業も継続した。

研究テーマ：テーマ題目１

機能性 RNA 工学チーム

（Functional RNomics Team）

研究チーム長：廣瀬　哲郎

（臨海副都心センター）

概　要：

ヒトゲノムから産生される蛋白質をコードしないノンコーディング RNA（ncRNA）が有する新しい機能と作用機構の解明を目指して研究を行った。細胞核内構造体パラスペックルの構築能をもつ長鎖 ncRNA の作用機構解析から、パラスペックル構造体が核内の転写／転写後制御因子の“スポンジ”として、構造体内に係留することによって、その核質におけるそれら因子の制御機能を抑制させることが明らかになった。パラスペックル構造体が肥大化する細胞死誘導条件において、上記 ncRNA をノックアウトした繊維芽細胞の細胞死が著しく亢進されることを明らかにした。これによって分子レベルと細胞レベルにおいて、核内構造体パラスペックルの機能とそこに関わる ncRNA の役割が明らかになった。パラスペックルに続く「RNA をコアとした新規核内構造体」を発見するために、BIRC チームが有するヒト完全長 cDNA リソースを

用いて RNase 感受性核内構造体スクリーニングを実施し、癌抑制タンパク質を含む RNA 依存的な新しい核内構造体を発見した。

この他に、tRNA の機能獲得に必須な RNA 修飾の中で、硫黄化修飾経路について原核生物をモデルとして研究を行った。最重要である tRNA 硫黄化酵素について、立体構造をもとにした変異体解析を行い、硫黄化反応機構を提案した。

研究テーマ：テーマ題目２

分子システム情報統合チーム

（Integrated Database and Systems Biology Team）

研究チーム長：上田　太郎

（臨海副都心センター）

概　要：

ヒトの全遺伝子と転写産物に対して各種のバイオインフォマティクス解析を行い、高精度なアノテーション情報を整備して統合データベース H-InvDB にまとめ、一般公開している。今年度は、一部のアノテーション項目を更新したリリース8.3を作成して公開した。ここでは、24万9012件の転写産物に基づく45,177件のヒト遺伝子モデルを定義している。また、H-InvDB の発展版として、ヒトのプロテオーム研究に有用なデータベースの開発や、ヒトのタンパク質複合体のアノテーションに関するデータベースも開発し、論文発表を行った。

外部予算による研究活動としては、先端技術を駆使した HLA 多型・進化・疾病に関する統合的研究、超微小逆位配列をマーカーとして用いる新しいゲノム進化学の構築、海洋微生物解析による沿岸漁業被害の予測・抑制技術の開発を実施した。さらに、経済産業省ライフサイエンスデータベースプロジェクトでは、ポータルサイト MEDALS におけるデータベース便覧やソフトウエア便覧を充実させたほか、キーワードによる横断検索サービスの機能拡充を行った。

研究テーマ：テーマ題目３

タンパク質構造情報解析チーム

（Protein Structural Information Analysis Team）

研究チーム長：光岡　薫

（臨海副都心センター）

概　要：

「タンパク質立体構造に指南された創薬戦略（SGDD:Structure Guided Drug Development）」の実現を目指し、タンパク質の立体構造に基づく創薬標的タンパク質の機能解析および新規薬物の探索を行う基盤技術の開発を行う。膜タンパク質や複合体の構造解明は、生物機能の解明や産業への応用にも重要であるにも関わらず、その困難さ故に非常に遅れている。電子顕微鏡や X 線結晶解析などの手法を用いて、それらの原子レベルの立体構造を解析し、NMR 等によってリガンド-タンパク質、タンパク質間相互作用を高精度かつ効率良く解析する。そのための、大量発現系の構築、構造解析技術の改良を行うとともに、その分子機能を解析する。それらの情報を用いて、高精度のモデリング技術やシミュレーション技術の開発・改良を行うことで、SGDD の実現を目指す。世界的に見ても特色がある、電子顕微鏡、X 線、NMR、計算機シミュレーションの研究グループが共同することで、学術的にも高い成果を得ることを目指す。

研究テーマ：テーマ題目４

［テーマ題目１］タンパク質機能解析に関する研究

［研究代表者］夏目　徹

（細胞システム制御解析チーム）

［研究担当者］夏目　徹、五島　直樹、新家　一男

（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

ナノテク、ロボティックス、クリーン技術を駆使した、超高感度質量分析システムを構築している。このシステムを駆使し、細胞内のプロテオーム絶対定量とタンパク質間相互作用ネットワーク解析を実施し、疾患関連遺伝子の機能解析を行った。それにより、疾患の発症メカニズムを分子レベルで解明するとともに、新規な創薬ターゲットと化合物ターゲットを効率よく決定してきた。この情報を基に、蛍光イメージング技術を活用し、50,000～100,000サンプル／週のハイスループットで、タンパク質の相互作用を指標とする統一的なスクリーニングプラットフォームを確立し、製薬企業・アカデミアのスクリーニング研究に提供した。

また、製薬企業が開発中のリード化合物の分子プロファイリングを可能とする、システムの構築に着手した。分子プロファイリングは、リード化合物のタンパク質ターゲットとオフターゲットを決定し、数理システム解析を経て、作用と副作用メカニズムを明らかにすることである。そのために、質量分析システムを化合物-タンパク質相互作用解析に最適化するとともに、サンプル調製ワークフローも指摘化した。また、相互作用データを、数理システム解析に利用するためのインターフェース開発も行った。

開発したシステムの検証のため、大手企業と新規リード化合物のプロファイリングを開始した。その結果、有望なターゲット候補を見いだした。その結果、二つの化合物が臨床フェーズ研究へとステップアップした。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］タンパク質、プロテオーム、質量分析、ケミカルバイオロジー、完全長 cDNA

［テーマ題目２］機能性 RNA に関する研究

［研究代表者］廣瀬　哲郎（機能性 RNA 工学チーム）

［研究担当者］廣瀬　哲郎、佐々木　保典、鴫　直樹
（常勤職員3名、他6名）

［研 究 内 容］

ポストゲノム研究により発見されたノンコーディングRNA（ncRNA）は、ゲノム（DNA）からタンパク質合成を仲介する以外の全く新しい RNA 機能を担っていることが期待されている。そこで本研究では、数多く同定されている ncRNA 群の中から、基本的な生命現象や疾患に関わる重要な機能性 ncRNA を発見し、その作用機序を明らかにすること、さらには医薬品開発の新しい基盤形成に寄与する事を目的としている。今年度は、これまで同定した重要な ncRNA の機能解明のために、ncRNA を中心に形成される核内構造体の作用機構の解析と、新たな RNA 依存的な核内構造体の探索、核内構造体構築 ncRNA の異種生物からの抽出を行った。これまでに、独自に開発した核内 RNA ノックダウン法を用いて、細胞核内構造パラスペックルの構築を行う NEAT1 ncRNA を発見した。本年度は、核内構造体パラスペックルの作用機構の解析を分子レベルと細胞レベルで執り行った。昨年度実施したマイクロアレイ解析から単離されたパラスペックル標的遺伝子を複数用いて、その分子機構を詳細に検討した。その結果、プロテアソーム阻害剤で処理することによってパラスペックルを肥大化した結果、パラスペックルがスポンジ機能を発揮して、NEAT1 ncRNA との相互作用を介して多くのタンパク質がパラスペックル内に係留されることを明らかにした。また理研との共同で作出した NEAT1のノックアウトマウス由来の胚性繊維芽細胞（MEF 細胞）を用いて、細胞死を誘発するプロテアソーム阻害剤の感受性を調べたところ、NEAT1-/-マウス由来の MEF の試薬感受性が著しく上昇することが明らかになった。また新たな細胞内構造構築に関わる ncRNA 探索を、当センター保有 FLJ クローンリソースを用いて行った。実際には細胞核内で構造体に局在する約500種類の因子を選別し、その中から細胞の膜透過処理と RNase 処理によって、消失する構造体を選別した。その結果、癌抑制タンパク質を含む新しい RNA 依存的核内構造体を発見した。このように ncRNA によって構築される核内構造体の機能解明によって、新しい疾患発症機構の解明やそれを標的とした創薬基盤となる産業技術の確立に結びつくことが期待できる。

この他に、好熱菌をモデルとして tRNA の硫黄修飾塩基の生合成系を解析した。理化学研究所横山茂之グループによる先行研究により、tRNA54位硫黄修飾酵素である TtuA についてすでに結晶構造を得ていた。決定した構造をもとに、硫黄化反応に重要と思われるアミノ酸残基を推定した。次いで高度好熱菌 *Thermus thermophilus* の相補系を構築し、変異体解析を共同研究により行った。その結果、ATP 結合部位や3つのシステイン残基がいずれも硫黄修飾反応に重要であることが明らかになり、硫黄化反応機構を提案することができた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］核酸、RNA、遺伝子発現制御、エピジェネティクス、RNA 修飾、タンパク質翻訳後修飾

［テーマ題目３］統合データベース

［研究代表者］今西　規
（分子システム情報統合チーム）
［研究担当者］今西　規、五條堀　孝、村上　勝彦、武田　淳一、長井　陽子、羽原　拓哉、遠藤　智宏、山崎　千里、世良　実穂、原　雄一郎、小尾　信男
（常勤職員1名、他10名）

［研 究 内 容］

2004年以来、ヒト全遺伝子と転写産物を対象として高精度なアノテーション情報を格納した統合データベース H-InvDB を更新・公開してきた。H-InvDB のアノテーション項目には、遺伝子構造、選択的スプライシング変異体、機能性 RNA、タンパク質機能、機能ドメイン、細胞内局在、代謝パスウェイ、タンパク質立体構造、疾患との関連、遺伝的多型（SNPs）、遺伝子発現パターン、分子進化学的特徴、タンパク質間相互作用があり、さらに国内外の各種データベースへのリンクも提供している。転写産物のエビデンスを重要視する方針でアノテーションがなされており、エビデンスの確かさによって情報がカテゴリーに分類されていることが特徴である。今年度は、タンパク質間相互作用やオーソログ遺伝子などのアノテーション項目を全面的に更新した、リリース8.3を作成して公開した。ここでは、24万9012件の転写産物に基づく45,177件のヒト遺伝子モデルを定義している。なお、データベースの利用促進をはかるための講習会を、産総研臨海副都心センターや関西センターなどで合計4回開催した。

また、H-InvDB の発展版として、ヒトのプロテオーム研究に有用なデータベースの開発や、ヒトのタンパク質複合体のアノテーションに関するデータベースも開発し、論文発表を行った。前者は H-EPD という名前で、ヒトのタンパク質配列の重複のない網羅的な配列データセットを提供する。後者は PCDq という名前で、タンパク質間相互作用の網羅的データから予測した複合体と、文献等によるアノテーションを組み合わせることによって作成した。複合体を構成するタンパク質は、発現や局在などの特徴が類似していることも示すことができた。ID を使って生命科学の主要なデータベース間のリンクを自動で管理するツールである、リンク自動管理システムについては、運営と改良を継続して行った。

このほか、比較ゲノムデータベースである G-compass を活用し、全ゲノム配列を用いてヒトの進化

史を再構築する研究を行った。ヒトとチンパンジーの種分岐後に交雑が起きたかどうかについて、人類進化学で論争となっていた。そこで、ヒトと類人猿の全ゲノム配列を解析し、分岐時間を推定する上で独立とみなされるゲノム領域を選び出して配列の差異を調べることにより、高精度に種の分岐時間を推定することに成功した。その結果、ヒト− チンパンジーの種分岐年代は染色体間で単一である、すなわち、ヒトとチンパンジーの種の分岐は交雑を考慮せずとも1回の種分岐として説明できることが示された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］バイオインフォマティクス、統合データベース、H-InvDB

［テーマ題目４］生体高分子立体構造情報解析に関する研究

［研究代表者］光岡　薫
（タンパク質構造情報解析チーム）

［研究担当者］嶋田　一夫、中村　春木、光岡　薫、藤吉　好則、三尾　和弘、竹内　恒、千田　俊哉、福西　快文
（常勤職員8名）

［研 究 内 容］

タンパク質立体構造に指南された創薬戦略の実現を目指し、創薬の標的として今後より重要と考えられる膜タンパク質や複合体について、その構造解析技術を改良するとともに、相互作用情報が得られる技術を開発し、それらを有効に利用できる計算機シミュレーション技術を確立する。それにより、新規薬物の探索など創薬支援を行う基盤技術の開発を行う。構造解析技術としては、極低温電子顕微鏡や X 線結晶構造解析を利用するとともに、相互作用解析などに NMR を活用する。そして、計算機シミュレーションでは、開発された技術が応用されるように、ソフトウエアなどを公開する。

電子顕微鏡を用いた研究では、我々が開発した電子回折を用いたデータ収集プログラムの総説を発表した。また、単粒子解析を用いた膜タンパク質や複合体の立体構造解析として、IP3受容体やプロテアソームの低温電子顕微鏡によるデータ収集を行った、炎症応答や免疫制御、細胞の生存、がん細胞の接着・浸潤など多くの遺伝子発現を調節する NF−κB の抑制的制御因子の解析を推進し、A20タンパク質の7番目のジンクフィンガーである A20−ZF7が直鎖状ユビキチン鎖に特異的に結合していることを示した。B 細胞リンパ腫の発症メカニズムに関し、A20−ZF7の直鎖状ユビキチン鎖への結合が関与する知見が得られた。

X 線結晶構造解析を用いた研究では、ピロリ菌由来の胃がんの原因タンパク質である CagA の X 線結晶構造解析と生化学、生物学解析を加えた結果をまとめて論文として発表した。老化マーカータンパク質であるヒト及びマウス由来の SMP30の結晶構造を決定すると共に、基質類似体および生成物類似体との複合体構造も決定し、SMP30のγラクトン環形成の分子機構を提案した。更に、ヒトとマウス SMP30の結晶構造を比べる事で、両者の基質結合ポケットを覆うループ部分の構造が異なっている事が明らかになった。この構造の違いが生理学機能の違いを反映している可能性もある。これらの結果をまとめて論文発表を行った。

NMR を用いた研究では、タンパク質が薬物を認識する基盤的機構の解明を目指し、多剤耐性転写制御因子 LmrR の構造・運動性解析を進めた。LmrR の認識する複数の薬物との相互作用解析を行った結果、LmrR は、薬物が結合すると基質結合部位から離れた領域でむしろ運動性が亢進することが明らかとなった。一方、ITC を用いた解析から LmrR と薬物との相互作用がエントロピー駆動であることが明らかとなった。薬物との結合に伴い LmrR は構造エントロピーを増大させ、エントロピー駆動の相互作用に貢献していると考えられる。また、細胞内のシグナル伝達を制御し、代謝や癌化との関連が指摘されるイノシトールリン脂質キナーゼ（PIPK）の立体構造解析から前年度までに明らかとした本酵素に特有の基質認識機構を、各種変異体を用いた NMR 実験結合実験および結晶構造解析による検証した。またこれを利用した阻害剤の探索を計算により行い、NMR による低分子化合物のアッセイ手法を開発し、数十μM 程度の活性を持つ複数のヒット化合物を取得することができた。

計算機シミュレーションを利用した研究では、今までに、化合物データベース、蛋白質－化合物ドッキングソフト、薬物スクリーニングソフト、分子シミュレーションソフトを開発し、計算の困難な膜タンパク質である GPCR にも適用してきた。薬になりくい生理活性ペプチドをコンピュータによりペプチドと同等の活性をもつ有機低分子で置き換えること（インシリコ・ペプチドミメティクス）技術を開発し、内在性μ−オピオイドの一種であるペプチド分子をモデルとした実証研究を行い、ほぼ医薬品レベルの約10nM 活性程度の高い活性を持つ新たな非ペプチドのリード化合物3化合物を取得することに成功した。また、企業との共同研究などにより、これらの手法を複数の GPCR に適用し、190種類以上のヒット化合物を得た。また、海外ソフトに比べて10−100倍高速であり、ヒット率も10倍優位であることを再確認した。これらソフトウェア myPresto のアップグレード版を3月に公開し、累積で約2500回以上ダウンロードされた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］低温電子顕微鏡、核磁気共鳴装置（NMR）、X 線結晶解析、計算科学、構造解析、構造生物学

⑤【幹細胞工学研究センター】

（Research Center for Stem Cell Engineering）

（存続期間：2010.4.1～2015.3.31）

研究センター長：浅島　誠
副研究センター長：中西　真人、鈴木　理
首席研究員：平林　淳

所在地：つくば中央第2、つくば中央第4、つくば中央第5
人　員：18名（18名）
経　費：349,090千円（227,610千円）

概　要：

本研究センターでは、臓器や器官を形作るために基盤となる幹細胞に注目し、幹細胞の高効率な樹立、幹細胞の性質の的確な評価、幹細胞の選択的な分化制御についての技術開発に加えて、幹細胞を用いた医薬品開発のスクリーニング系や再生医療への応用を目指した研究を進めている。幹細胞を効果的に利用するための情報基盤として、モデル生物を駆使して臓器形成を制御するメカニズムを体系化し、新しい発生学研究領域を開拓するとともに、細胞分化系、臓器・器官形成系をより高効率・高品質化することによって創薬や再生医療への応用を図る取り組みを行っている。更に、臓器ロードマップ作成によって得られた知見を元に、癌や生活習慣病などの新しい予防法への応用も検討している。具体的には、以下の4つの大きなテーマを中心とし、さらにその周辺技術開発を行うことにより、将来の創薬や再生医療に貢献しうる研究を行う。

① マイクロアレイ解析及びプロテオミクス解析などを行うことにより、マウス、あるいはツメガエルの未分化細胞を用いて心臓、膵臓、血管、消化管、目や耳、脳などの神経器官の誘導・分化に関与する遺伝子・因子を同定する。個々の遺伝子の機能解析を行うとともに得られた情報を集積することにより、それぞれの器官・臓器について分化ロードマップを作成する。また、疾患臓器のプロファイルと比較することで臓器別疾患発病因子を検索し、疾患の早期発見、予防方法を考案する。さらに、3D クリノスタットを用いて微小重力条件下での臓器培養法の確立も試みている。また、疾患モデルマウスを利用して試験管内で形成した臓器の移植などを行い、疾病改善、治療の応用へと発展させる。

② ①で得られた研究結果を具体的に医療応用に結びつけるためには、患者本人の幹細胞を臓器再生に用いることが求められる。そこで、成体の体細胞から幹細胞を効率的に樹立または単離する研究や、幹細胞の未分化性維持の分子機構に関する解析研究、また幹細胞から目的の細胞への分化誘導技術の構築を行う。具体的には、ゲノムに組み込まれない安全な「持続発現型 RNA ベクター」を開発し、これを用いてより安全で高効率な幹細胞樹立方法の技術開発を行う。また、プロテオミクス解析やマイクロアレイ解析、エピゲノム解析、糖鎖解析等によって未分化状態特異的に発現するマーカーの探索を行う。それと共に幹細胞を未分化に保つ候補因子を同定し、これを基に幹細胞の未分化性維持機構を解明する。さらに、分化能の高い幹細胞を選別するのに有効な細胞表面マーカーの検索も行い、良質の幹細胞の調製を容易にし、再生医療への利用を図る。

③ 再生医療実用化の鍵として ES 細胞に代わり期待されているヒト iPS 細胞であるが、実際の所 iPS 細胞の性質は多様で、一体どのような iPS 細胞が実用可能な幹細胞なのか不明である。創薬応用や臨床試験に耐えうる iPS 細胞とはどういう幹細胞かを明確に規定し、幹細胞の評価法を確立して iPS 細胞を標準化することを目指す。また ES/iPS 細胞とは異なり多分化能は有しないものの、生体に存在し、より安全で既に一部で臨床応用が始まっている間葉系幹細胞などの体性幹細胞についても、その性質は十分解析されていない。ヒト体性幹細胞についてもその的確な評価方法を開発することを目指す。本研究の一部は NEDO 受託研究（ヒト幹細胞産業応用促進基盤技術開発　間葉系幹細胞の品質管理・安定供給技術の開発）として行う。

④ 上記②や③で幹細胞の的確な評価選別技術が開発された後にそれを創薬に応用するためには、幹細胞に適した効率的なリード化合物のスクリーニング系が必要となる。そこで、流動状態、物質移動や温度制御を厳密にコントロールするシステムを構築し、マイクロプロセスで培養環境を精密に制御できる細胞チップの開発とその周辺技術の整備、さまた光による細胞マニピュレーション技術幹細胞を利用した創薬基盤技術を開発に貢献する。また再生医療への利用に向け、複数の分化誘導細胞を組織化し機能化するための3次元組織構築技術開発や機能制御系としての電子デバイスとの融合技術開発を行う。

外部資金：
民間受託研究「疾患バイオマーカーの探索とプロファイル診断システムの研究開発」

国立大学法人京都大学　受託研究費「最先端研究開発支援プログラム/iPS 細胞技術の評価・検証会」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤 B)「特異的前駆細胞移植による肺再生法の構築」

文部科学省　科学研究費補助金(基盤 C)「膜タンパク質の再構成マトリックス材料となる含フッ素擬環状型人工

脂質の開発」

文部科学省　科学研究費補助金（新学術領域研究　研究領域提案型）「海馬グリア細胞の環境応答機構の解明」

文部科学省　科学研究費補助金（若手 B）「脊椎動物心臓形成時におけるヒアルロン酸依存的シグナル経路の解明」

文部科学省　科学研究費補助金（若手 B）「脊椎動物の臓器形成におけるグライコーム解析」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤 C）「運動による筋萎縮抑制機構におけるリボソーム合成の関与」

独立行政法人　医薬基盤研究所受託研究費「持続発現型 RNA ベクターやトランスジェニック植物を利用した革新的バイオ医薬品製造技術の開発」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤 C）「有害重金属輸送膜タンパク質のセンサ素子としての利用に関する基盤的研究」

文部科学省　科学研究費補助金（若手 B）「持続発現型 RNA ベクターによる再生医療のための細胞改変技術の開発」

文部科学省　科学研究費補助金（新学術領域研究　研究領域提案型）「三次元組織光造形法の開発」

文部科学省　科学研究費補助金（科研費　研究分担者）「構造生物学的解析による R 型レクチンのシアル酸含有糖鎖結合能獲得メカニズムの解明」

文部科学省　科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「人為的リプログラミング法を用いた間葉系幹細胞制御機構の解明」

宇宙開発事業団「きぼう」利用重点課題「マウスを用いた宇宙空間における遺伝子発現プロファイル解析と生殖細胞への影響評価」

財団助成金「脳海馬の神経細胞の多様性形成機構の解析ーうつ病とグリア産生因子の関わりー」

財団助成金「糖尿病下での幹細胞およびニッチ細胞の制御機構の解析」

財団助成金「心臓形成遺伝子の網羅的スクリーニング及び人工心筋評価アレイの開発」

財団助成金「脂肪細胞特異的な新規アンチセンスノンコーディング　RNA による脂質代謝と脂肪分化の研究」

財団助成金「ヒト脂肪細胞における新規 antisence ncRNA の機能解析」

発　表：誌上発表38件、口頭発表83件、その他14件

幹細胞制御研究チーム

（Stem Cell Differentiation Research Team）

研究チーム長：栗崎　晃

（つくば中央第4）

概　要：

近年 iPS 細胞作成技術が発明され、患者自身の細胞を用いた再生医療の実用化が大きく期待されているが、現実には作製された iPS 細胞の分化能などの性質はかなり不均一であり、また目的細胞へと分化させた後に成体に移植しても予期せずガン化するという問題も充分な解決策が得られていない。そこで幹細胞制御研究チームでは、効率的な幹細胞分化促進技術を開発するとともに、細胞表面マーカー等を利用した幹細胞操作技術を開発することにより、実用可能な分化細胞を作製する基盤技術の開発を目的として研究を行っている。また、心筋特異的に分化しやすい間葉系幹細胞を選別するための細胞表面マーカーを利用して、生体組織から心疾患に治療効果の高い幹細胞を選別する技術の開発も進めている。

さらに、後述の器官発生研究チームが進めている臓器形成ロードマップ因子をマウスやヒト幹細胞で活用することにより、幹細胞の効率的な分化制御技術開発を進めるとともに、その制御機構の解明も進める。また、産総研のもつバイオリソースを活用して幹細胞を分化制御する新たな基盤技術の開拓を進める。さらに、成体に極わずかに存在する幹細胞を活性化させる手法についても検討し、新たな再生医療技術の開発も進める。これらの幹細胞分化制御技術や選別技術を開発することにより、毒性試験等の創薬に利用できるヒト分化細胞や実用的な再生医療に必要な細胞分化制御を可能にする基盤技術を開発する。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目２、テーマ題目３、テーマ題目４、テーマ題目５

器官発生研究チーム

（Organ Development Research Team）

研究チーム長：伊藤　弓弦

（つくば中央第4）

概　要：

ヒト ES/iPS 細胞や体性幹細胞は再生医療材料として注目を集めている。しかしながら、由来組織の違い、用いる樹立方法によっても得られる ES/iPS 細胞の性

質が異なることが指摘されており、ES/iPS 細胞の規格が明確に示されていない。そこで我々は、ヒト ES/iPS 細胞を適切に産業応用へと導くために、まず多くの細胞株の性状に関連する基礎データを網羅的に収集し、良質な ES/iPS 細胞の品質管理方法確立を目指す。また、間葉系幹細胞などを含む体性幹細胞は、継代を経てその増殖能、分化能が失われていくことが、問題点とされている。そこで我々は、ヒト体性幹細胞の増殖能、分化能を担保するマーカー探索を行い、細胞治療時における実効性の高い間葉系幹細胞供給の支援を目指す。

一方、再生医療を現実のものとするためには、必要とする細胞を「正確に」「大量に」作り出すことが必要とされる。そのためには、発生期に種々の臓器が形作られた仕組みを知り、その方法を応用することが重要と考えられる。そこで、ヒトと同様に臓器形成するアフリカツメガエルを実験動物として、様々な臓器を誘導し、その系を用いて、各種臓器が形成する際に必要な遺伝子を網羅的にスクリーニングする。こうして得られた知見から、ヒトと共通の臓器作りのレシピである「臓器形成ロードマップ」を作成する。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目４、テーマ題目５

バイオセラピューティック研究チーム

（Biotherapeutic Research Team）

研究チーム長：中西　真人

（つくば中央第4）

概　要：

再生医療・遺伝子治療・難治性疾患治療用のバイオ医薬品の開発など、先端医療の分野では遺伝子を動物細胞（ヒト細胞を含む）に導入して発現させる技術が欠かせない。その中でも、外来遺伝子を長期にわたって持続的に発現させる技術は重要な鍵となっている。これまで、動物細胞で外来遺伝子を持続的に発現させるためには、レトロウイルスベクターなどの挿入型ウイルスベクターや物理的遺伝子導入を使って、染色体に外来遺伝子を組み込んで安定化する必要があった。しかし染色体への外来遺伝子の挿入は、染色体上の遺伝子の破壊や挿入された遺伝子が再活性化により細胞のガン化を招くことが知られている。またバイオ医薬品の生産に当たっては、導入した遺伝子の発現量を最大にするために、いったん染色体に挿入した遺伝子のコピー数を増幅するという労力のかかる方法を取らざるを得なかった。

我々が開発したオリジナル技術「持続発現型 RNA ベクター」は、染色体には挿入されない RNA 分子を転写の鋳型として、細胞質で長期間（180日以上）にわたって外来遺伝子の発現を持続できる、従来の常識を覆した世界で唯一の遺伝子導入・発現系である。この遺伝子発現系は、細胞に対する障害性を持たない特殊なセンダイウイルス変異株 Cl.151株をベースに、大きなゲノムの改変を行って開発されたもので、ウイルス感染初期のサイトカイン誘導を回避して長期持続性を実現しているのが大きな特徴である。以下の研究課題では、この技術の特徴を活かして、先端医療の実用化に貢献できる新しい技術の開発を目指した。

研究テーマ：テーマ題目６、テーマ題目７

医薬品アッセイデバイスチーム

（Drug Assay Device Team）

研究チーム長：金森　敏幸

（つくば中央第5）

概　要：

医薬品開発に要する費用の高騰が問題視されて久しい。この問題を解決するために、リード化合物のスクリーニングの効率化、迅速化が極めて重要である。既にこの目的でヒト細胞を用いたスクリーニングが行われているものの、動物実験や臨床治験といった川下における評価結果と必ずしも対応せず、信頼性に欠けているのが現状である。その原因としては、スクリーニングに用いる細胞の標準化がなされていないことと、用いられている細胞が体内における機能を発現していないことによると考えられる。

そこで我々は、ES 細胞や iPS 細胞から誘導される標準化細胞により、リード化合物のスクリーニングを効率的に行う技術を開発している。培養細胞の機能を体内に近づけるためには、培養環境を精密に制御し、より体内環境に近づけることが重要である。そこで、流動状態、物質移動および温度制御をマイクロメートルレベルで制御が容易なマイクロプロセスにおいて細胞を取り扱うことが可能な、細胞チップの開発に注力している。マイクロプロセスはチップ上に様々な機能を集積することができるため、医薬品探索において必要不可欠であるハイスループット化が容易であることも利点ある。

研究テーマ：テーマ題目８、テーマ題目9、テーマ題目10、テーマ題目11

糖鎖レクチン工学研究チーム

（Glycan Lectin Engineering Team）

研究チーム長：平林　淳

（つくば中央第2）

概　要：

平成24年の組織改編により、当チームの前身である糖鎖医工学研究センター・レクチン応用開発チームの一部は幹細胞工学研究センターに配属となり、新たに幹細胞評価システムの一環として糖鎖プロファイリング技術の開発を担当する。すでに、器官発生研究チーム等と各種共同研究（企業、NEDO 等）を協力推進

し、目に見える成果を発表している。当チームは世界でもユニークな、レクチンを基本軸に据えた研究を展開しており、フロンタル・アフィニティクロマトグラフィー、レクチンマイクロアレイ、糖鎖複合体アレイ、タンパク質進化工学などの独自の先端技術を有する。これら優位技術のさらなる実用化、応用探索を推進していく一方、最先端の糖鎖プロファイリング技術にさらに磨きをかけ、広くライフサイエンス領域への浸透を図るため、レクチンライブラリーの開発と強化、レクチン工学を駆使したレクチン開発を併せて推進する。レクチンのリコンビナント化は共同研究関試薬メーカーを通し順次上市していく

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目４、テーマ題目12

間葉系幹細胞ダイナミクス研究チーム

（Mesenchymal Stem Cell Dynamics Research Team）

研究グループ長：木田　泰之

（つくば中央第4）

概　要：

幹細胞を用いた迅速な再生医療応用および創薬支援のための技術体系構築を目指す。その中で、体内から大量に採取可能な間葉系幹細胞の活用においての基盤研究開発を行い、失われた身体機能の回復において、高次脳領域、代謝疾患や癌における先端的細胞治療として広く貢献する技術を開発することにより、本格研究への橋渡しを行う。

人工多能性幹細胞（iPS 細胞）の誘導技術開発は再生医療としての多大な可能性を広げるのみならず、化合物による細胞制御と遺伝子操作による最先端の細胞工学技術開発を導いた。本チームではヒト脂肪由来間葉系幹細胞（MSC）を iPS 細胞誘導の材料とする技術を開発し（PNAS. 2010, Nat.Proc.2011）、概念的研究ポテンシャルとアウトカムの基盤技術として MSC からの iPS 細胞誘導技術を起点する研究を計画している。そのマイルストーンの中で、次世代シーケンサーをフル活用して得られる MSC の完全遺伝情報の整備、その情報を活用した幹細胞操作技術の開発、さらには複数誘導細胞を組織化・機能化するための3次元組織構築技術及び電子デバイスとの融合技術開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目13

［テーマ題目１］臓器ロードマップを構成する新規分子の探索と機能解析

［研究代表者］伊藤　弓弦

［研究担当者］伊藤　弓弦、栗崎　晃、小沼　泰子、原本　悦和、中島　由郎、小川　朝子、大嶋　友美（常勤職員4名、他3名）

［研 究 内 容］

「アフリカツメガエル、ネッタイツメガエル及びマウスの未分化細胞を用いた各種臓器誘導系」と「マイクロアレイや遺伝子導入／欠損の技術」を組み合わせることにより、心臓・血球・血管・膵臓・腎臓・神経など様々な臓器・器官への分化に関わる遺伝子を網羅的に同定・検証することで、臓器形成ロードマップ、すなわち、未分化細胞からどの時期にどの遺伝子が発現することによって臓器の分化が達成されるか、その道筋が記述されたロードマップを構築する。本ロードマップの情報は、将来の再生医療への利用を見越した、「ヒト幹細胞からの各種臓器細胞形成法確立」に活用し、効果的な研究推進に貢献する。

また、作成されたロードマップ上の遺伝子が特定臓器疾患と関連するかどうかについてバイオインフォマティクスの手法を用い、ロードマップ上のどのような遺伝子が臓器特異的疾患マーカーとして利用可能かを探索する。平成23年度は、特に興味深い知見が数多く明らかになってきた心血管形成系及び血球形成系に関する解析を深め、可能な限り臓器発生のロードマップの構築を進める。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］初期発生、器官形成、再生医療

［テーマ題目２］未分化細胞の維持と分化のメカニズム解明

［研究代表者］栗崎　晃

［研究担当者］栗崎　晃、高田　仁実、石嶺　久子、渡邊　加奈子、中島　由郎、王　瑩瑩（常勤職員2名、他4名）

［研 究 内 容］

臓器ロードマップ作成の次の展開には、臓器再生が挙げられる。その際問題となるのは、実際に医療に応用可能な幹細胞の調製である。2007年ヒト iPS 細胞の樹立が報告されたが、実際の実用化にはまだいくつもの解決すべき問題が残されている。安全性の観点から考えると、組織性幹細胞を効率的に調製し必要な組織に分化させて医療に用いる方が安全面からは現実的であるとの見方もあるが、いずれの場合でも幹細胞の未分化性制御技術や効率のよい幹細胞・前駆細胞・分化細胞の調製技術が非常に重要となる。特に組織からの幹細胞の調製や iPS 化された細胞の選別には、幹細胞のよいマーカーの同定が必要である。本研究課題では、幹細胞や前駆細胞特異的に発現するマーカー検索と、幹細胞の未分化性を制御する新規遺伝子の探索、機能解析、さらには分化方法の開発を進める。具体的には、ES 細胞のプロテオミクス解析により同定した幹細胞特異的に発現する新規制御因子について、安定発現 ES 細胞株を樹立し、その幹細胞制御活性を詳細に解析して作用機序を明らかにする。また、細胞表面膜タンパク質を特異的に精製し濃縮した膜タンパク質についてプロテオミクス解析やマイクロアレイ解析を行い、未分化制御活性をもつ細胞膜タンパク質

候補因子や新たな幹細胞・前駆細胞表面マーカーを同定していく。

これまでの解析から、プロテオミクス解析により同定した幹細胞特異的に発現するクロマチン制御因子 TIF1βについて、幹細胞の未分化状態維持促進活性があることを見出した。また、TIF1βは C 末セリンのリン酸化型は主に活性化クロマチンに局在し、多くの未分化マーカーの発現を誘導することで未分化状態の維持に必須であることを明らかにしている（Seki, Kurisaki ら PNAS 2010）。一方、別の新規核内因子が iPS 化を促進する活性を持ち、神経分化を抑制する活性を有することを見出しており、現在その作用機構について解析を行っている。また、未分化 ES 細胞のミトコンドリアで高発現する PHB2は ES 細胞の増殖を制御しており、過剰発現すると内胚葉と神経などの外胚葉への分化を抑制することを見出し、論文投稿中である。細胞表面膜タンパク質についても、効率的に定量比較できるデファレンシャルプロテオミクス解析法を確立して、数十個の新規幹細胞表面タンパク質を同定し、主なものについてウエスタンブロッティングや免疫蛍光染色により検証を行い Proteomics 誌で報告した。これらはヒト（患者）の体細胞から幹細胞を樹立するときの重要な表面マーカー候補となるだけでなく、分化誘導後の未分化な幹細胞の混入による癌化を防止するための表面マーカーの重要な候補となりうる因子群といえる。現在、これらの細胞表面マーカーの中から癌化の問題を解決しうる有用な細胞表面マーカーを検証中である。

さらに前駆細胞の表面マーカーも分化過程で適宜目的細胞への分化を評価・選別する上で重要と考えられる。我々は胃の前駆細胞に相当するマウス胎児の胃の形成期の組織を取出してマイクロアレイ解析し、胃の前駆細胞特異的に発現する表面マーカーを見出した（野口ら Gene Expression Patterns 2012）。さらに我々は、肺の様々な構成細胞を分化させるための条件を検討するため、各種増殖因子の効果を検討し、特に BMP シグナルが初期分化制御に重要であることを明らかにし、その結果を論文投稿中である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］幹細胞、器官形成、再生医療

［テーマ題目３］間葉系幹細胞から心筋組織誘導するためのマーカー分子の探索

［研究代表者］栗崎　晃

［研究担当者］栗崎　晃、高田　仁実、石嶺　久子、山川　哲生（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

ヒト組織には、骨髄由来の造血幹細胞や間葉系幹細胞、脂肪組織由来の幹細胞など、様々な組織に組織幹細胞が存在する。しかしながら、これら組織から取り出した幹細胞を含む集団は種々雑多な細胞が混在する不均一な細胞集団であり、幹細胞を用いた再生医療を効果的かつ安全に遂行するためには、細胞品質を検証する重要性が指摘されている。現在間葉系幹細胞として用いられている接着性の細胞集団の中には、分化能が異なる様々な幹細胞・前駆細胞が含まれると考えられており、個々の治療に適した細胞種の選択を可能とする評価技術が望まれている。このような幹細胞集団の細胞品質を検証するひとつの方法として細胞表面マーカーの使用が考えられている。目的組織への分化能が高い幹細胞を特定できる細胞表面マーカーがあれば、それを利用して様々なロットの間葉系幹細胞の細胞品質を評価することができる。例えば、心再生に適した間葉系幹細胞、肝細胞分化能の高い間葉系幹細胞、膵β細胞への分化能が高い間葉系幹細胞など、移植部位に適した均一な間葉系幹細胞集団かどうかを適切に評価することができれば、幹細胞治療効果を最大限に引き出し、安定した治療結果へと結びつけることが可能になる。

そこで、心再生に関連する幹細胞や前駆細胞を規定できる細胞表面マーカーを利用してヒト間葉系幹細胞の分化能を評価する方法の有効性を検証する。最近、我々は ES 細胞を用いた心筋分化法を開発し、その分化過程で細胞表面マーカーを利用して心筋特異的に分化する幹細胞や前駆細胞を選別する方法を見出した。これらのマーカータンパク質を間葉系幹細胞に応用し、心再生に適した評価技術の開発を検討した。ところ、発生期の心臓で発現する表面マーカー群に注目して、間葉系幹細胞における発現量とその心筋分化能との相関を検討した結果、ヒト間葉系幹細胞の心筋分化能を予言的に評価しうる新たな細胞表面マーカーN-cadherin を見出した。さらに、この表面マーカー抗体でヒト間葉系幹細胞を濃縮することで心筋分化能力の高いヒト間葉系幹細胞集団を得ることに成功した。しかし間葉系幹細胞から心筋を効率的に分化させる方法はまだ未開発であり、今後も分化技術の開発を進めていく必要がある。本研究成果については現在論文投稿中である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］幹細胞、再生医療

［テーマ題目４］ヒト幹細胞の標準化

［研究代表者］伊藤　弓弦

［研究担当者］伊藤　弓弦、栗崎　晃、平林　淳、舘野　浩章、小沼　泰子、相木　泰彦、樋口　久美子、清水　真都香、鈴木　加代、比江森　恵子、中須　麻子（常勤職員5名、他6名）

［研 究 内 容］

ES/iPS 細胞の産業応用を実現していく上では、ES/iPS 細胞の未分化状態を統一的に評価・判別するための「評価指標」及び「その簡便な判別方法の確立」の作成が必要とされている。ES/iPS 細胞は株や培養方法

に依存してその未分化状態や分化指向性に差が生じることが知られているため、数多くの ES/iPS 細胞株に関するエピゲノム、トランスクリプトーム、グライコーム等を明らかにし、各ファクターを情報統合することにより、ES/iPS 細胞の品質管理をするための「マーカー開発」及び「測定システム確立」を目指している。また、ES/iPS 細胞よりも安全性の面から臨床応用が近い、間葉系幹細胞の品質管理マーカー及びそれらを搭載した品質カタログの作成も、同様のストラテジーで進めている。これらは、今後 ES/iPS 細胞等幹細胞の応用技術を開発する上で必須となる「幹細胞の標準化」に直結する極めて重要なアプローチである。

また、上述の成果を基盤に、ヒト幹細胞の安定大量供給を目指して、自動培養装置の開発／検証も進めている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］幹細胞、再生医療

［テーマ題目５］成体の組織幹細胞の制御機構の解析と自己組織幹細胞を用いた再生医療法の開発

［研究代表者］桑原　知子（幹細胞工学研究センター）

［研究担当者］桑原　知子、伊藤　弓弦、小沼　泰子、寺島　和行（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

成体の脳内には日々分裂し、神経新生を起こしている神経幹細胞が存在する。近年の研究から、「成体期」の神経新生は、発生段階の「胎生期」とは全く違った制御機構であることが徐々に明らかになってきた。成体の海馬で生じる神経新生現象は、記憶や学習機能、またうつ病、認知症やアルツハイマー等の神経疾患とも密接な関係がある。

うつ病など個人の状態（慢性性ストレスや経験、環境による変化）で罹患および病態が左右するような脳神経疾患と、成体の神経新生の分子メカニズムの相関を調べるため、健常体コントロールグループのラットと、鬱病モデルグループのラットを作成した。それぞれの海馬から成体神経幹細胞を樹立し、培養システムを構築した。まず *in vitro* でうつ病および神経疾患関連遺伝子の発現プロファイルを詳細に調べ、候補遺伝子の制御機構への関与解明に解析を進めた。さらに、病態を左右しうる候補遺伝子の発現量の増減が、転写レベルで左右されているのか、エピジェネティックに制御されているのかを調べるため、ゲノム上の制御配列（プロモーター領域）のクロマチン免疫沈降やメチル化状態の比較を検討した。

その結果、うつ病ラットと正常体ラット間の比較発現解析により、ラットの脳海馬の Dentate Gyrus 領域から樹立したプライマリー・アストロサイト細胞培養系において、神経新生を誘導する細胞外因子 Wnt3の顕著な発現変動を確認した。疾患による Wnt3因子の発現減少に伴って変動するシグナル下流因子を絞り込み、候補遺伝子のシグナル応答について、ノックダウンおよび過剰発現系を構築し、培養細胞系だけでなく in vivo での効果に付いても評価を行い、成体の神経新生に与える影響を評価した。

更に組織幹細胞については、マウスおよびラット成体膵臓組織から膵臓幹細胞を樹立し、その培養系を確立することで、α細胞、β細胞、δ 細胞、γ 細胞への in vivo、in vitro 制御機構の解析を進めた。脳内海馬、嗅球、膵臓、眼球、筋肉等、様々な部位から樹立した成体の組織幹細胞の発現制御機構についてマイクロアレイ等を用いて比較解析し、それぞれの系統の組織幹細胞の樹立・培養や分化制御に有用な遺伝子および細胞外因子の機能を解析している。具体例として、I 型および II 型糖尿病の早期治療や診断、再生医療に有用な組織幹細胞の培養方法を開発した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］神経疾患、うつ病、幹細胞、糖尿病、再生医療

［テーマ題目６］安全性の高いヒト人工多能性幹細胞（iPS 細胞）樹立法の開発

［研究代表者］中西　真人

［研究担当者］中西　真人、佐野　将之、大高　真奈美、高安　聡子、飯島　実（常勤職員2名、他3名）

［研 究 内 容］

iPS 細胞は、数個の初期化遺伝子を異所的に発現させることにより、皮膚の線維芽細胞など初期化して作製した胚性幹細胞（ES 細胞）と同等の機能を持つ細胞である。しかし、従来の iPS 細胞は、染色体上に初期化遺伝子が残っているため安全性の懸念があった。本研究では、4個のヒト遺伝子（Oct4、Sox2、Klf4、c-Myc）を搭載した持続発現型 RNA ベクターSeVdp-iPS を使ったヒトの組織細胞の初期化、特に末梢血由来細胞の初期化について解析した。

本年度は、ヒト末梢血に含まれる白血球の一種、単球を素材として作製したヒト iPS 細胞の性質を検討した。単球は、リンパ球と違って抗体遺伝子や T 細胞レセプター遺伝子の再構成が起こっていないため、線維芽細胞と同様に受精卵と同じゲノムを持つ。そのため、造血幹細胞に分化できる可能性がある他、リンパ球由来 iPS 細胞よりも安全性が高いと考えられる。ES 細胞特異的なマーカーとして知られている Nanog や TRA-1-60抗原を強く発現している単球由来のヒト iPS 細胞の分化能をテラトーマ解析で調べたところ、内胚葉（消化管）・外胚葉（神経）・中胚葉（軟骨）への分化が確認できた。

末梢血からの iPS 細胞の樹立は、組織を提供する患者の負担を軽減する非常に重要な進歩であり、現在、さらに多くの外来遺伝子を搭載し単球の初期化効率を大幅

に改善できる SeVdp-iPS ベクターの開発を進めている。以上の成果は、安全性の高いヒト iPS 細胞の作製に向けた大きな一歩であり、今後は作製した iPS 細胞のさらに詳細な解析を通じて、ヒト iPS 細胞技術の標準化に貢献することを目指している。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］iPS 細胞、再生医療、ウイルスベクター

［テーマ題目７］革新的バイオ医薬品製造技術の開発

［研究代表者］中西　真人

［研究担当者］中西　真人、佐野　将之、福村　美帆子
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

バイオ医薬品の多くは動物細胞で産生されるが、高い遺伝子発現を得るために染色体に組み込まれた遺伝子のコピー数を増幅する段階が非常に時間と労力を要すること、抗体のように複数のサブユニットからなるタンパク質は、それらを同時に増幅することが困難であること等が問題点としてあげられている。さらに遺伝子増幅が可能な細胞はハムスターCHO 由来細胞にほぼ限られている。

産総研が開発したオリジナル技術「欠損・持続発現型センダイウイルスベクター（SeVdp）」は、遺伝子増幅することなく最初から非常に高い遺伝子発現が持続すること、幅広い動物種由来の細胞で同等の遺伝子発現が可能であることなど、多くの利点を有している。

本年度は、昨年度に達成した抗体の H 鎖と L 鎖を同時に搭載した SeVdp を改良し遺伝子発現を強化することを検討した。まず、培地中のヒト IgG の量を正確に測定する系を、dot blotting 法を使うことにより完成した。次に、SeVdp-IgG ベクターの遺伝子発現を上昇させるために、RNA polymerase の発現強化に取り組み、BHK 細胞と無血清培地との組み合わせで常時 5pg/cell/day の発現を達成した。以上の結果は、従来のように外部から導入した遺伝子を増幅することなく高発現することで、抗体医薬品の簡単な多品種中量生産に道を開いたものと評価できる。

今後、発現量を厳密に定量して、それを指標にさらに遺伝子発現効率を上昇させる工夫を行っていく予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］バイオ医薬品、ウイルスベクター

［テーマ題目８］マイクロプロセスおよび機能性材料を利用した細胞機能誘導技術の開発

［研究代表者］金森　敏幸
（医薬品アッセイデバイスチーム）

［研究担当者］金森　敏幸、須丸　公雄、馬場　照彦、高木　俊之、杉浦　慎治、佐藤　琢、服部　浩二、柳川　史樹、森下　加奈
（常勤職員5名、他4名）

［研 究 内 容］

上市された医薬品の1製品当たりの開発費は1,000億円に達するという報告もあり、開発費の高騰が新薬開発の阻害要因となっていると指摘されている。新薬開発の費用削減のためには、いわゆるリード化合物（医薬品候補化合物）の効果的なスクリーニングが極めて需要である。この目的で、動物細胞を用いたアッセイ（細胞アッセイ）が既に用いられているものの、動物実験や臨床治験との相関が必ずしも十分ではない点が問題視されている。

我々はこの問題を解決する鍵として、細胞培養環境の精密制御に着目している。細胞の大きさがたかだか数十 μm であることを勘案すると、複数種の細胞を目的とする空間配置で培養し、細胞周囲の濃度分布や剪断応力を精密に制御しながら培養するためには、マイクロプロセスが適している。

本研究テーマでは、細胞の培養からアッセイまでの一連のプロセスを一つのマイクロチップ上に集約したマイクロ組織チップの開発を目指している。

本年度は、灌流培養チャンバーチップ内でヒト初代肝細胞を培養し、8種類の薬物モデル基質に暴露させて灌流液を LC-MS/MS にて分析し、それぞれモデル基質に対応する薬物酵素の代謝機能を評価した。その結果、4種類のモデル基質についてはチップの材料に対する収着が著しく、濃度測定が不可能であった。残り4種類のうち2種類については、1週間に渡って代謝能を維持し、通常の静置培養に比べて明らかに優位性を示した。現在、素材メーカーおよびプラスチック成形メーカーと共同研究を開始し、PDMS に代わる材料、あるいは PDMS の処理方法を探索すると共に、チップ構造を変更し、初代肝細胞からスフェロイドを形成させる検討を行っている。

また、HUVEC（Normal Human Umbilical Vein Endothelial Cells：正常ヒト臍帯静脈内皮細胞）について、灌流培養チップ内で10 dyne/cm^{2}以上のずり応力を付与しながら培養することにより、通常の静置培養では期待できなかった血管内皮特異的酵素を発現することを見出した。現在、某大手医薬品メーカーにより、このチップによる医薬品候補化合物の探索への応用が進められている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］細胞アッセイ、ハイスループットアッセイ、マイクロプロセス

［テーマ題目９］有害重金属輸送膜タンパク質のセンサ素子としての利用に関する基盤的研究

［研究代表者］馬場　照彦（幹細胞工学研究センター）

［研究担当者］馬場　照彦（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

ある種の微生物は水銀など有害重金属が多く存在する環境で棲息可能であり、特異的に重金属を菌体内に輸送

している。本研究は、重金属耐性菌等が有する重金属輸送膜タンパク質について、そのセンサ素子としての利用可能性を明らかにすることを目的としている。この目的のため、安定な人工脂質膜の開発と重金属輸送膜タンパク質との複合化・再構成技術、ならびに膜タンパク質の脂質膜内での配向評価・制御技術の検討を進めている。

平成24年度では、膜透過性が低く機械的に安定な分枝鎖エーテル型リン脂質およびフッ素化リン脂質を膜タンパク質の再構成膜基材とするため、これらの膜と重金属膜タンパク質の輸送目標となる重金属（Hg（II）等）イオンとの相互作用(膜結合性・膜浸透性)を引き続き検証した。膜表面に重金属感受性蛍光プローブを導入した膜系に対して Hg（II）イオンを作用させると、繁用される直鎖エステル型および分枝鎖エステル型リン脂質では、いずれも同様な膜結合性・膜浸透性を示した。他方、前年度までに作製した新たな分枝鎖エーテル型リン脂質膜では、Hg（II）イオンの膜結合性・膜浸透性が減じられた。このことから、分枝鎖エーテル型リン脂質膜は重金属輸送膜タンパク質の介在する重金属イオン透過性を観察するのに、より適すると期待される。さらに膜タンパク質の脂質膜内での配向を制御するため、開放膜構造である脂質膜ディスクの応用を引き続き検討し、膜ディスク内の微視的構造を蛍光プローブ法によって評価するとともに、膜タンパク質モデルの複合化を予備的に検討した。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］膜タンパク質、脂質、脂質膜、再構成、バイオセンサ

［テーマ題目10］膜タンパク質の再構成マトリックス材料となる含フッ素擬環状型人工脂質の開発

［研究代表者］高木　俊之
（医薬品アッセイデバイスチーム）
［研究担当者］高木　俊之、馬場　照彦、金森　敏幸
（常勤職員3名）
［研 究 内 容］

脂質膜および膜タンパク質から成る脂質－膜タンパク質ハイブリッドセンサは、医薬品開発のスクリーニングツールとして注目されている。本研究は、安定人工脂質膜の設計・機能評価、膜タンパク質再構成基材の設計・機能評価、人工脂質・膜タンパク質複合化、複合体の機能性基板への固定化・機能評価により、安定な脂質－膜タンパク質複合体を利用したバイオセンサの開発研究を行うことを目的とする。

人工脂質として部分フッ素化人工脂質を提案し、部分フッ素化二鎖型リン脂質および擬環状人工脂質の合成経路の検討（高純度・高収量で多種多様な脂質群の合成可能な経路探索）を行った。ジミリストイルホスファチジルコリン（DMPC）由来の部分フッ素化二鎖型リン脂質（部分フッ素化 DMPC）および擬環状型人工脂質の合成に成功した。

また種々の物性測定から、ペルフルオロアルキル基の導入により気水界面における単分子膜安定性が向上すること、ゲル－液晶相転移温度が低下すること、膜表層付近の流動性が高いこと、などの知見を得た。さらに部分フッ素化 DMPC への膜タンパク質バクテリオロドプシン（bR）の再構成条件の検討を行い、bR の再構成膜の作製に成功（可視吸収スペクトルおよび円二色性スペクトルにより確認）した。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］フッ素、擬環状型人工脂質、膜タンパク質、再構成

［テーマ題目11］三次元組織光造形法の開発
［研究代表者］杉浦　慎治（幹細胞工学研究センター）
［研究担当者］杉浦　慎治、柳川　史樹、高木　俊之、須丸　公雄、金森　敏幸
（常勤職員4名、他1名）
［研 究 内 容］

本研究では、複雑な微細構造を有する三次元細胞システムを構築する新手法として、フォトリソグラフィーの要領で三次元組織を加工する「三次元組織光造形法」の開発を目指している。この方法では、光分解性ゲルに細胞を内包化し、微細パターン光を照射して照射領域のゲルを分解し、照射光のパターンを反映した微細構造を有する三次元組織を加工する。当該年度は材料開発研究として価数の異なる光分解性架橋剤の合成、架橋密度や化学組成の異なる光分解性ゲルの合成を行った。

光分解性ゲルのXY平面分解能は、直径20μmまで平面高分解能を有することが明らかとなった。光分解性ゲルのZ軸分解能について検討を行った結果、光照射強度に応じてゲル内部150μm（膨潤後271μm）まで分解可能なことが明らかとなった。以上の検討結果より、今回作成した光分解性ゲルは、将来的に細胞の時空的制御を行う上で有用な新規マテリアルである可能性が示唆された。

また、応用研究としてゲルの微細構造の加工や、三次元培養系における細胞操作や、ゲルの粘弾性パターンニングに関する検討を進めた。三次元培養系における細胞操作研究は筑波大学の松井裕史講師との共同研究である。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］高分子ゲル、組織工学、三次元構造

［テーマ題目12］糖鎖プロファイリングによる細胞評価技術開発

［研究代表者］平林　淳
（糖鎖レクチン工学研究チーム）
［研究担当者］平林　淳、舘野　浩章、伊藤　弓弦、小沼　泰子、鈴木　加代、比江森　恵子、村上　仁子、箕嶋　文、清井　佳代

（常勤職員4名、他5名）

［研究内容］

再生医療の実現には各種有用マーカー、中でも未分化性、分化能の指標となる信頼性の高いマーカー検出技術の開発が必須である。当チームが糖鎖医工学研究センター時代に世界に先駆け開発した糖鎖プロファイリング（レクチンマイクロアレイ）技術を、幹細胞工学研究センターの有する、細胞培養技術、分化制御技術と連携させることで、幹細胞の分化度や分化指向性を評価・選別する実効性に優れたら細胞表面マーカーを開発する。企業共同研究を含めた研究開発を通し有効性の認められたマーカー検出プローブ（レクチン）については速やかに特許出願するとともに、関連企業へのライセンスを通しメーカーから販売することで、着実な社会還元に努める。具体的には、実用化が期待される iPS/ES 細胞等の多能性未分化性を瞬時に判断可能な糖鎖マーカーや、より実用性の早い各種間葉系幹細胞の分化能・増殖能を担保する糖鎖関連マーカーの開発に注力することで、社会が要請する安心・安全な再生医療の実現に貢献する。

当該チームが糖鎖工学研究センター時代に開発、上市したレクチンマイクロアレイのさらなる性能向上を目指し、従来45種であったレクチン数を96に倍加させた高密度レクチンマイクロアレイを開発。搭載した40種近くの組み換えレクチンを共同研究企業にライセンシングし、順次上市される予定となっている。上記高密度レクチンマイクロアレイを用い、所内外連携を通じ、iPS・ES 細胞と体細胞の比較糖鎖プロファイリングを実施した結果、未分化細胞に特徴的な糖鎖変化の検出に成功し、新規未分化細胞検出プローブ、rBC2LCN の発見に至っている（Tateno et al., 2011, J Biol Chem）。山中4因子の導入によってもたらされる糖鎖変化は、*N* グリカンにおけるシアル酸結合様式のα2－3型からα2－6型への変化、*O* グリカンにおける H タイプ3構造（Fucα1-2Galβ1-3GalNAc）の出現等に顕著にみられることが、詳細な構造解析によって示された（Hasehira et al., 2012, Mol Cell Proteomics）。一方、本レクチン、rBC2LCN は体細胞には全く結合しない半面、iPS/ES 細胞にきわめて鋭敏に、かつ固定操作をせず生染色できることが判明し（Onuma et al., 2013, Biochem Biophys Res Commun）、さらに、その結合相手がポドカリキシンという多数の O グリカンで覆われた膜タンパク質であることを突き止めた（Tateno et al., 2013, Stem Cells Transl Med）。本成果は、3/19に産総研公式プレスリリースされた。rBC2LCN は分子量16,000の小タンパク質で、大腸菌で簡単に大量生産できるなど、今までの抗体プローブと比べ種々の利点をもつことなどから、今後の実用展開が期待される。

［テーマ題目13］間葉系幹細胞を活用した幹細胞操作技術とメタボリックデバイスの開発

［研究代表者］木田　泰之（間葉系幹細胞ダイナミクス研究グループ）

［研究担当者］木田　泰之、鈴木　翔子　渋谷　陽一郎（常勤職員1名、他2名）

［研究内容］

実用化できる幹細胞操作技術の開発において、間葉系幹細胞の活用を最優先候補として技術開発する。そのアウトカムである幹細胞および分化誘導細胞・機能細胞を用いる再生応用を実施することを目標とする。

Ⅰ．次世代シーケンスからの統合データ取得・解析技術の開発

効果的かつ確実な治療や病気の予測等に利用できる次世代シーケンスによるゲノム・エピゲノムデータは膨大であるが、それ故、目的の結果を導く手段の発達が遅れている。本技術は、エピゲノム情報を紐解く効果的な情報解析を可能とする。現在、統合解析・運用において最先端にある生命情報工学研究センターと共同にて、エピゲノム情報を解析している。本テーマにおいて、次世代シーケンサーをフル活用して得られる間葉系幹細胞の完全遺伝情報の整備、その情報を活用した神経細胞や心血管系細胞への Trans-differentiation（Direct-reprogramming）技術の開発、さらには複数誘導細胞を組織化・機能化するための3次元組織構築技術及び電子デバイスとの融合技術開発を行っている。

Ⅱ．遺伝的性質に基づいた幹細胞同定技術と微細加工による特異的分化誘導・組織構築技術

先端的細胞医療においては iPS 細胞の登場より以前から間葉系幹細胞が使われているが、性質は規定されていない。本技術は、遺伝的性質および細胞外環境の制御により、有用な細胞を抽出・利用することを可能とする。オミクスデータ解析結果からマーカーによる新規幹細胞の同定、最先端の微細加工技術から開発している新規デバイスへのアダプテーションによる幹細胞培養の研究および開発を進めている。

生体内臓器は特徴的な3次元構造を構築することで特異的な機能を獲得する。機能制御では、臓器が神経信号制御を受けることで生体は複雑な生理活動を調節し、恒常性を維持している。これを踏まえると幹細胞を用いた再生医療応用や創薬支援に対しても誘導細胞を3次元組織化させ、生体臓器と類似する機能を人為的に制御することが重要である。本テーマでは、微細加工技術を積極的に利用した3次元組織化技術、誘導神経細胞と電子デバイスを用いた神経インターフェース技術に基づく誘導組織機能の観測と制御技術開発を行っている。

この「幹細胞作製技術」と「微細加工技術」の両面から、高次脳機能、メタボリズム、癌を機能的に制御する組織デバイス（メタボリックデバイス）を開発することを目指している。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］間葉系幹細胞、再生医療、細胞分化

⑥【健康工学研究部門】

（Health Research Institute）

（存続期間：2010.4.1～）

研究部門長：吉田　康一
副研究部門長：達　吉郎
総括研究主幹：脇田　慎一、茂里　康
研　究　主　幹：大槻　荘一

所在地：四国センター、関西センター（池田）、関西センター（尼崎）
人　員：64名（64名）
経　費：784,379千円（470,264円）

概　要：

産業技術総合研究所は、社会的要請を踏まえた研究戦略の下、ライフ分野では「Ⅱ．ライフイノベーションを実現するための研究開発の推進」を第3期中期計画の大分類として設定し、取り組むべき課題として、先進的・総合的な創薬医療技術の開発、健康な生き方を創出する技術の開発、生活安全のための技術開発を掲げた。本研究部門は、第2期において蓄積されてきた研究資源を礎に、人間生活における人体の健康維持管理に関する研究開発を進める。本部門の研究理念は、「100歳を健康に生きる」技術の開発であって、人間の健康状態を計測・評価し、その活動を支援するため、先端的なバイオ技術と材料・システム開発技術を融合し、健康な生活の実現に寄与する技術を確立することである。日常生活において自らの意志で生きがいを持って生活するための健康維持管理に関する工学的研究を中心に、本格研究に基づいた技術開発を進め、健康工学研究領域の確立、並びに21世紀における新たな健康関連産業創出に貢献することを目指す。

上記理念達成のため、大きく三つのミッションを設定する。

【ミッション１】研究開発

持続的で安心かつ豊かな生活の構築に貢献するため、人間の身近な健康維持、向上に関する工学的研究に焦点を絞り、以下の課題を推進する。

1. 疾病の発症を未然に予防できる先端的な疾患予知診断技術の研究開発
2. 生活圏におけるリスク解析・除去技術の開発
3. 組織・細胞の機能を再生・代替できるデバイスの開発
4. 細胞機能の計測、操作技術の開発
5. ヒト機能の高精度計測を基盤にした人間と適合性の高い機器開発

【ミッション２】地域との共同

健康関連産業の振興に資するため、産総研における健康工学研究関連ユニットの連携体制構築の一翼を担うとともに、地域の健康関連産業の活性化への貢献を図る。

【ミッション３】人材育成

理念達成のため、社会で活躍する産業技術人材の育成を部門内のみならず広く産業界、大学から人材を受け入れることによって推進する。

第一に着実な研究成果を生み出し社会へ迅速に普及させるため、1）人間生活における人体の健康維持管理に関して、発症を予防する先端的な疾患予知診断技術につながる各種疾病マーカーの探索及び疾患の早期診断に役立てるためのナノバイオデバイス技術の開発、2）安全・安心な生活環境を創出する上で、健康リスク因子を高度に検出する技術や削減、無害化する技術の開発、3）ヒトの機能の科学的理解に基づいて、失われた機能の補完・代替技術や生活を快適にする技術、4）遺伝子、細胞、情報、ナノテクノロジーなどの研究を統合し、健康・医療に関わる知的・技術的基盤の形成と応用技術の創出、5）人間の認知・行動特性の科学的理解に基づき、高度情報化された生活環境の中で少子高齢化を迎えた社会に暮らす人々のためになる製品を生活に導入する技術開発、等を研究開発の重点課題とする。

次に、本研究部門は四国・関西を中心とした西日本に拠点を置き、地域の健康関連産業の活性化への貢献を着実に推進することを任務とする。健康・医療は社会全体に関わるものであり、従来型のものづくり産業の考え方であった利便性や有効性に直接的に関わる技術だけでなく、無形であっても高度で多面的な価値を持つ大きなシステムの創成が求められている。そこに関わる要素技術の開発が重要な課題であって、部門や産総研単独ではなしえない。このような観点から、四国・関西という地域性を十分考慮しながら、西日本の「健康工学」の拠点として関連する公的研究機関はもとより、より一層地域産業界との連携を強化する。

最後に、今後、人類社会にとって持続的社会の構築に科学技術は必須であることは言うまでもなく、産総研は真に地球レベルでの科学技術発展に資する人材を育成し社会に送り出す役割を担っている。当部門においてもその役割を着実に果たすことをミッションとする。

内部資金：
融合・連携推進予算「電気活性高分子アクチュエータを用いた医療福祉機器実現のためのドイツ、フラウンホーファーIPAとの国際連携研究」
標準基盤研究「骨導超音波知覚に関する標準化（骨導音の等ラウドネス曲線の推定）」

外部資金：
文部科学省受託費　平成24年度科学技術試験研究委託事業（スーパー特区（先端医療開発特区））「重度先天性骨代謝疾患に対する遺伝子改変間葉系幹細胞移植治療法の開発」

文部科学省　平成24年度科学技術戦略推進費補助金「可搬型生物剤・化学剤検知用バイオセンサの開発」

経済産業省受託費　平成24年度工業標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化推進事業：国際標準共同研究開発事業）「多様な再生医療製品の製造に対応可能な除染接続手段に関する標準化」

独立行政法人科学技術振興機構　戦略的創造研究推進事業（CREST）「BDNF 機能障害仮説に基づいた難治性うつ病の診断・治療法の創出」

独立行政法人科学技術振興機構　戦略的創造研究推進事業（さきがけ）「光分解性バイモーダルナノパーティクルの開発と、がんの可視化と治療への応用」

独立行政法人科学技術振興機構　研究成果展開事業　研究成果最適展開支援プログラム　フィージビリティスタディステージ探索タイプ「レーザー細胞操作による神経回路再生機能の解析技術の開発」

独立行政法人科学技術振興機構　研究成果展開事業　研究成果最適展開支援プログラム　フィージビリティスタディステージ探索タイプ「鶏卵バイオリアクター化を目指したニワトリ生殖巣キメラ率改善技術開発」

独立行政法人科学技術振興機構　研究成果展開事業　研究成果最適展開支援プログラム　フィージビリティスタディステージシーズ顕在化タイプ「マルチウェルプレート対応生細胞リアルタイム多色発光測定装置の開発」

独立行政法人科学技術振興機構　研究成果展開事業　研究成果最適展開支援プログラム　フィージビリティスタディステージシーズ顕在化タイプ「高感度 in situ 蛍光イメージングのための細胞培養プラズモニックディッシュの作製」

独立行政法人科学技術振興機構　JST 復興促進センター復興促進プログラム探索タイプ「化学処理による放射性セシウム汚染土壌の除染・減容化に関する研究」

独立行政法人科学技術振興機構　JST 復興促進センター復興促進プログラム（マッチング促進）可能性試験「高度石英ガラス構造を有する新規マイクロナノ分析計測デバイスの開発」

公益財団法人鳥取県産業振興機構　平成24年度石油製品需給適正化調査等委託費「石油精製物質等の新たな化学物質規制に必要な国際先導的有害性試験法の開発」

一般財団法人食品薬品安全センター　平成24年度環境対応技術開発等（高機能簡易型有害性評価手法の開発における培養細胞を用いた有害性評価法の OECD テストガイドライン化）「免疫毒性試験バリデーション」

国立大学法人名古屋大学　最先端研究開発支援プログラム「ナノピラー・ナノウォールによる1分子分離・解析技術の開発」

公立大学法人奈良県立医科大学　戦略的基盤技術高度化支援事業（再委託）「光力学診断とマイクロ流路を用いた小型高速癌細胞診断装置の開発」

一般財団法人大阪科学技術センター　戦略的基盤技術高度化支援事業（再委託）「グリーンプラスチックの超臨界二酸化炭素による連続発泡成形技術の開発」

一般財団法人四国産業・技術振興センター　戦略的基盤技術高度化支援事業（再委託）「発酵乳製品副産物ホエー機能成分を活用した高齢者用人工唾液の開発」

民間受託費　戦略的基盤技術高度化支援事業（再委託）「新規ナノガラス量子ドットによる多層マイクロ流路基板を用いた POC 免疫学的診断法の開発」

民間受託費　戦略的基盤技術高度化支援事業（再委託）「金型成形プラスチックマイクロ流路型チップの加工精度向上による実用的なバイオアッセイシステムの開発」

民間受託費　低炭素社会を実現する革新的カーボンナノチューブ複合材料開発プロジェクト（再委託）「伸縮性単層 CNT 電極による高効率高分子アクチュエータの製品実用化開発」

民間受託費　震災復興技術イノベーション創出実証研究事業（再委託）「うつ病の定量診断を可能とする迅速でコンパクトな簡易検査装置の実証研究」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 B）
「生活習慣病の早期診断を目的とした新規バイオマーカーの生理的意義解明」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 B）
「アディポカイン迅速測定用マイクロチップの開発と糖

尿病早期診断への応用」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 B）
「周期構造･高屈折率無機界面を有する高感度バイオチップの研究」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 B）
「階層的分子モデリングによる生体膜融合過程の研究」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 B）
「レーザによる任意組織における発癌モデル開発」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 B）
「嗅覚情報を用いた危険検知用人工の鼻センサシステムに関する研究」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「プラズモン増強効果を示す量子ドット分散微小球のゾルーゲル法を駆使した作製と評価」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「光トラップ場の時空間構造の動的制御による3次元マイクロ操作の研究」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「多孔性無機陰イオン交換体の細孔制御及び過塩素酸イオンの選択的捕捉技術に関する研究」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「単一銀ナノ粒子2量体と単一色素分子で構成された電磁気学的強結合系の実証」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「海藻生長促進微生物群集の解明及び海藻と微生物共存系による水圏環境浄化に関する研究」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「抗マラリア薬スクリーニングを見据えた迅速マラリア原虫検出手法の開発」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「血中循環がん細胞の検出を目指した細胞チップデバイスの開発」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「多孔質電極の熱力学」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「カーボンナノチューブを用いた高分子アクチュエータの高機能化」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「空中駆動可能なナノカーボン・高分子アクチュエータの開発と応答メカニズム解明」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「不溶性セルロース分解をめざした耐熱性人工酵素創製に関する基盤研究」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「色覚バリアフリー照明の設計に関するシミュレーションの研究」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「好塩、好アルカリ・ハロモナス菌による化成品原料生産に向けた極限菌との代謝比較解析」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「BDNF プロドメインの新しい生理作用に関する構造生物学と神経生理学の融合研究」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「Wnt/Ror2シグナルと細胞応答、組織形成機構の解析」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「神経活動履歴に伴う受容体輸送制御における Rab エフェクター分子の役割」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「細胞操作技術を目指したケージドペプチドの合成」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「因果推論が多感覚統合プロセスに及ぼす影響の検討」

文部科学省　科学研究費補助金（基盤研究 C）
「ムチン型糖蛋白質による微絨毛形成機構と細胞接着におよぼす機能の解析」

文部科学省　科学研究費補助金（若手研究 A）
「精神疲労の客観的評価手法の確立と精神的健康の増進」

文部科学省　科学研究費補助金（若手研究 A）
「脳磁界計測を用いた音環境の動的評価メカニズムの解明に関する研究」

文部科学省　科学研究費補助金（若手研究 B）
「二量化、クラスタ構成、および膜受容体細胞内輸送に関する単一分子蛍光の研究」

文部科学省　科学研究費補助金（若手研究 B）
「オンサイト遺伝子迅速検知用集積化マイクロチップの開発」

文部科学省　科学研究費補助金（若手研究 B）
「新規育種技術による糖鎖改変酵母を利用した糖鎖機能の解析」

文部科学省　科学研究費補助金（若手研究 B）
「マイクロチップ基板を用いた歯周病迅速診断デバイスの開発」

文部科学省　科学研究費補助金（若手研究 B）
「カーボンナノチューブを利用した生体内発電素子の開発」

文部科学省　科学研究費補助金（若手研究 B）
「脂質酸化物を標的としたメタボリックシンドロームにおける抗酸化食品因子の機能評価」

文部科学省　科学研究費補助金（若手研究 B）
「抗癌剤の薬効評価のための癌微小環境を模倣した擬似癌組織の構築」

文部科学省　科学研究費補助金（若手研究 B）
「マイクロウェルによる微小分割を用いた細胞単離に基づく一細胞 PCR 用ディスクの開発」

文部科学省　科学研究費補助金（若手研究 B）
「マウス及びヒト iPS 細胞を用いた神経分化誘導での神経栄養因子 BDNF の機能解析」

文部科学省　科学研究費補助金（若手研究 B）
「行動生理計測に基づく抑うつ状態評価改善技術の開発」

文部科学省　科学研究費補助金（新学術領域研究）
「ソフト界面で修飾されたプラズモニックチップ上の高感度蛍光バイオセンシング」

文部科学省　科学研究費補助金（新学術領域研究）
「メダカの発生過程におけるリンパ管と神経の相互作用の解明」

文部科学省　科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）
「酸化ストレスによって惹起される体内時計の乱れと睡眠障害発症過程の解明」

文部科学省　科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）
「精製リプログラミング因子による piPS 細胞樹立効率化」

文部科学省　科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）
「ダウン症モデル Ts65Dn マウス中枢神経障害発症機序に関わる酸化修飾蛋白質の探索」

文部科学省　科学研究費補助金（研究活動スタート支援）「光の波長による日中覚醒作用の心理的・神経生理的評価に関する研究」

文部科学省　科学研究費補助金（特別研究員奨励費）
「細胞機能を可視化する新奇な超分子ナノ材料の光創製」

文部科学省　科学研究費補助金（特別研究員奨励費）
「蝸牛遅延を考慮した聴覚末梢系情報処理メカニズム解明及び情報処理技術への応用」

厚生労働省　厚生労働科学研究費補助金「Bridge to Decision を目的とした超小型補助循環システム並びに頭蓋内・心血管治療用の新規多孔化薄膜カバードステントに関する医師主導型治験及び実用化研究」

厚生労働省　厚生労働科学研究費補助金「重症低ホスファターゼ症に対する骨髄移植併用同種間葉系幹細胞移植」

環境省　環境研究総合推進費「ハロモナス菌による木材から3－ヒドロキシ酪酸等の生産技術開発に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会　最先端・次世代研究開発支援プログラム「骨導超音波知覚の解明に基づく最重度難聴者用の新型補聴器の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構　平成24年度産業技術研究助成事業「ヒト型糖鎖を均一に有する組換え糖タンパク質を高効率に生産する代替宿主としての酵母株の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構　平成24年度産業技術研究助成事業「DNA 伸長合成反応のリアルタイム1分子検出による高速 DNA1分子シーケンス技術の研究開発」

発　表：誌上発表229件、口頭発表360件、その他63件

生体ナノ計測研究グループ
（Nano-bioanalysis Research Group）
研究グループ長：村瀬　至生

（四国センター）

概　要：

当研究グループでは、光を使って生体関連分子や細胞をイメージングまたは操作することを通して、疾病の予知・診断技術を開発することを目指している。光としては、蛍光、ラマン散乱、レイリー散乱などや、また、光の圧力を利用する。

蛍光を利用する場合は、量子ドットをペプチドに結合し、そのペプチドの動きを一分子のレベルでイメージングすることで生体内での機能を解析する。また、蛍光標識した生体分子の細胞間および細胞内での動きを観察し、細胞の増殖、成長の過程を観察する。さらに、量子ドットなどの蛍光性物質が近接した場合に蛍光消光が起きることを利用して、DNA の折り畳みと伸長の過程を調べる。また、蛍光性 DNA ポリメラーゼを用いた、1分子レベルでのシークエンス技術を開発している。

ラマン散乱は、分子の識別能力が高いが、感度が低い。そこで、金属ナノ粒子と併用して、表面増強ラマン散乱によって、特定の生体分子を検出する。増強機構を解明することで、超高感度での検出を目指している。他に、金属ナノ粒子のプラズモン共鳴散乱光を利用して、光退色しないイメージング技術を開発する。

光の圧力を利用することで、多種類の細胞をソーティングし、回収再利用する。そのためのマイクロ流体チップを作製している。光の圧力を利用した微小なピンセットを用いることで、細胞などを捕捉、移動させる技術も開発している。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目４

バイオデバイス研究グループ

（Biodevice Research Group）

研究グループ長：片岡　正俊（兼務）

（四国センター）

概　要：

疾患予知診断デバイスの開発を目的として、精密微細加工やインクジェット法による抗体固定化、紙基材を用いた新規バイオデバイスの研究開発を行っている。具体的には「極微量の血液から各種バイオマーカーを数分以内で解析できるデバイス」や「オンサイトで遺伝子を迅速検知できるデイバス」などが挙げられる。これらは、微細加工技術により作製された樹脂基板や紙フィルム素材上のマイクロ流路に、インクジェット法を用いて抗体を固定化しており、表面処理ならびに着滴領域制御等を付加することによって、簡便・安価・極低濃度にマーカーを定量検出できる技術開発に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目２

健康リスク削減技術研究グループ

（Health Hazards Reduction Research Group）

研究グループ長：苑田　晃成

（四国センター）

概　要：

ヒトの健康を維持・管理する一つの方法は、身近な生活環境中に存在する健康リスク要因を測定・除去・無害化し、人体内でのそれらの相互作用を阻止することである。従って、水、大気等媒体中に存在する微量でも有害な健康リスク要因となる物質（イオン、分子、微生物等）を安全かつ効果的に除去・無害化する基盤技術を化学的・物理的手法を用いて開発する。更に、これらの技術と自然浄化機能を活用する生物学的手法も統合した浄化システムを提案する。東日本大震災に伴う福島原発事故を受け、放射性セシウム除去剤の検討を行った。H24年度の主な成果は以下の通りである。

1)　放射性セシウム除去用の吸着剤として、バーネサイトについて検討し、アルカリ性での高い吸着容量および吸脱着反応を利用し、セシウムを減容化できることを明らかにした。
2)　簡便にヒ素濃度を計測するため、FET 型イオン電極上にヒ素吸着剤を複合化し、ヒ素センサを試作したが、排水基準値（100ppb）付近を再現性良く、応答するものは得られなかった。新規発色性ポリマー法を用いることで、目的濃度のヒ素を半定量することに成功した。
3)　鉄系酸化物から新規細孔構造を有するイオン交換体の合成は困難であったが、粘土系複合材料を用いて、過塩素酸イオンを選択的に除去できる材料の開発に成功した。
4)　自然浄化機能を有する海藻と各種微生物との共存培養を行い、海藻生長促進に有効な共存系選抜を実施し、単離した海藻付着微生物の中から海藻生長促進に有効な微生物を2種類選抜できた。

研究テーマ：テーマ題目２

生体機能制御研究グループ

（Biofunctional Regulation Research Group）

研究グループ長：中島　芳浩

（四国センター）

概　要：

当研究グループは、生体リズムや免疫応答などの生体メカニズムを、独自に開発した発光レポーター技術を用いて可視化・解析するとともに、高機能化した有用タンパク質、あるいは食品機能性因子により生体機能を制御するための技術開発を行う。

具体的には、以下の3つの主要テーマを推進している。①生物発光技術と人工染色体技術を融合した次世代レポータージーンテクノロジーの開発とそれらを用いた生体リズム、免疫応答および化学物質毒性機構の

解析、②ヒト型複合糖鎖を有するタンパク質医薬品生産のための酵母の開発、③フラボノイド、糖脂質、ポリフェノール等の食品機能性因子による免疫抑制、生体リズム調整、糖尿病予防効果の解析とスクリーニングシステムの構築。

研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目４

バイオマーカー解析研究グループ

（Biomarker Analysis Research Group）

研究グループ長：片岡　正俊

（四国センター）

概　要：

マイクロ化学チップを中心としたバイオナノデバイスを用いて、生活習慣病や感染症を対象に Point of Care Testing への応用が可能なデバイス構築を行っている。糖尿病発症の主要因と考えられ内臓脂肪の蓄積によるインスリン抵抗性に深く関与する TNF-α、IL-6、アディポネクチン、インスリンやレプチンなど複数のアディポカインを対象にマイクロチップに形成したマイクロ流路上でサンドイッチ ELISA 法を構築することで、正確・迅速・省サンプルな血中バイオマーカー測定系を構築した。さらに、TNF-αと IL-6については一枚のマイクロチップ上での同一検出が可能なマルチ検出系を構築している。細胞チップを用いたマラリア診断チップおよび循環がん細胞診断チップを開発しており、これら診断チップのヒト実サンプルでの有用性を検討している。また、効果的な細胞染色法、マイクロチャンバーからの細胞回収と遺伝子解析法を確立することで、より高精度な臨床診断デバイスの開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目２

ストレスシグナル研究グループ

（Stress Signal Research Group）

研究グループ長：萩原　義久

（関西センター池田）

概　要：

ストレスシグナル研究グループでは様々な環境に対して生命が対応する中で表れる変化、すなわちストレスシグナルを研究対象とする。ストレスシグナルは複雑、精緻な生命機能により発するものであり、その機構の根源的理解に基づく工学的研究を展開するためには、分子、細胞、個体レベルの実験を進めるとともに、ストレスシグナルを計測し、さらにはこれを利用する技術を開発する必要がある。当該グループには、ライフサイエンス実験技術及び材料、機器開発技術についての高度な技術蓄積があり、これらの強みを複合的に組み合わせ、ストレスシグナルについての本格研究を展開する。その研究成果により健康な生活の実現に寄与する健康工学研究領域の確立と新たな健康関連産業創出に貢献することを目標とする。この目標に向かい、H24年度は1）ストレスシグナルを指標とした健康状態計測技術の開発として『イムノアッセイ用ディスク型微小流体デバイスの実用化を目指した研究開発』『酸化ストレスを指標とした精神疲労の客観的評価法の検討』『酸化ストレスマーカーによる疾患早期診断技術の開発』、2）バイオマーカー計測評価バイオチップの開発として『セグメントフローPCR を用いた遺伝子検知用微小流体システムの開発』、3）新規ナノ機能性材料のストレス研究分野への応用として『アルパカ由来シングルドメイン抗体作製技術の開発』『細胞を利用したバイオアッセイシステムの開発』『炭素系ナノ粒子の新規応用技術の開発』を中心に行った。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目２、テーマ題目５

人工細胞研究グループ

（Artificial Cell Research Group）

研究グループ長：安積　欣志

（関西センター池田）

概　要：

身体的ハンディを克服・支援する機器・技術等の開発において、生物と同じ様な、環境変化に対する物性変化をする特性をもち、しかもソフトで軽量な人工材料（刺激応答材料）を開発することは重要である。これらは、臓器、組織等の機能回復のためのリハビリテーションデバイスの開発等で、また、介護ロボット、手術デバイス等の支援機器の開発で、いずれも、人体に直接接する機器、デバイスの開発において刺激応答材料の役割があると考えられる。以上の視点に立ち、外部環境の変化に自律的に応答する耐久性のある高分子材料の創製を行うことにより、「人間の心身活動能力を補い社会参画を支援するためのインターフェース等の技術開発」を行うことを目標とする。具体的には、これまでの我々の研究実績をふまえ、人工筋肉材料の研究と、それをベースとした医療・福祉機器デバイスの開発を進める。

研究テーマ：テーマ題目３

生体分子創製研究グループ

（Biomolecule Design Research Group）

研究グループ長：上垣　浩一

（関西センター池田）

概　要：

健康創薬技術開発に利用可能な“生体分子を知り、操り、機能性材料を創製する”と言う視点から生体分子の機能構造基盤の解明や機能改変技術の開発、バイオプロセスとケミカルプロセスを融合することで得られるバイオ材料の創製と再生医療への展開を目標とする。当該グループでは以下の主要なテーマを推進して

いる。分子設計により、親水性、柔軟性、生分解性などの物性を制御した高分子材料の開発と生体または細胞に対する適合性評価法の開発。抗酸化蛋白質・代謝系酵素・転写因子等の健康創薬支援技術開発に有用なタンパク質を題材にして物性・構造・機能の解明への取り組みと安定性・溶解性・機能の改良を試み新規高機能蛋白質・産業用酵素の設計・開発を行う。本年度は①高分子材料の生体適合性材料への応用を目指すため分岐構造を持つポリアミド類の合成法の開発、 ②ポリアミド4を生体材料として利用するため、その生体内での安全性・生分解性を評価、③吸着ドメインを利用した人工耐熱性セルラーゼの分解活性の向上、④抗酸化蛋白質、代謝系酵素等の蛋白質の発現・物性・構造・機能解析、などの研究開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目３、テーマ題目４

先端融合テーマ研究グループ

（Advanced Health Research Group）

研究グループ長：茂里　康（兼務）

（関西センター池田）

概　要：

各種計測技術開発（蛍光性ナノ粒子開発、電子顕微鏡を用いた各種タンパク質等のナノ計測開発、照明技術の応用に関する研究、分子シミュレーションを用いた生体模倣材料研究）を行った。また、好塩菌を用いたバイオプラスチック生産、蛍光性ナノ粒子の毒性評価等を実施した。

研究テーマ：テーマ題目４

バイオインターフェース研究グループ

（Biointerface Research Group）

研究グループ長：小島　正己

（関西センター池田）

概　要：

うつ病を含む難治疾患に対する診断治療技術の開発はバイオ産業の重要課題である。バイオインターフェース研究グループはその生体情報が統御するバイオシステムの解明と工学を越える新バイオ技術を創成し、より一層の健康を身近にすべき技術開発を目指す。本研究グループは、低密度培養神経細胞や iPS 細胞などからの人工神経細胞作製技術、単一神経細胞・単一シナプスの機能解析技術、レーザー操作技術、高感度蛍光観察のためのサブ波長周期構造チップ技術などの工学技術を生物がもつ多様性と複雑な仕組みに対して挑戦的にアプローチし、新しい知的情報処理を提案する神経工学、組織再生工学に基づいた機能再生技術、有用モデル脊椎動物の産業応用化、うつ病をはじめとする疾患に対する迅速高感度診断チップの作成などライフサイエンスの次世代技術の開発を推進する。将来は、健康脳を目指した新しい脳科学技術の開発と診断応用、新生物の創成によるより一層の創薬研究への貢献、人口神経細胞など身体機能を代替する新技術の開発などの実現が期待される。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目３、テーマ題目４

くらし情報工学研究グループ

（Living Informatics Research Group）

研究グループ長：達　吉郎

（関西センター池田）

概　要：

安全で安心できる健康的な生活を実現するためには、不規則で多様化している生活そのものを理解して、生活者の身体適応能力や知覚・認知能力を維持・改善する生活空間の創出、あるいは QOL を高めるための生活サポート技術の開発が必要になっている。

とくに、日常生活を対象に生活者の行動・生理応答や知覚・認知応答を計測する技術の開発、得られた生活情報から生活者の状態を評価・理解する技術の開発、生活者の状態理解に基づいた人間に適したサポートを提供する技術の開発と標準化を行う。

同時に、疾病等で低下した知覚・認知機能を高い精度で計測・評価し、適切な診断や効果的なリハビリテーションを実現することが重要である。そこで、人間が持つ共通基盤的な特性であるヒトの五感（聴覚、視覚、嗅覚、味覚、体性感覚）のみならず言語・記憶等の高次機能に関わる機能メカニズムの解明を脳磁界計測、脳波計測、VR を用いた心理物理実験などの非侵襲的手法によって進めるとともに、脳機能の高度診断技術・障害補償技術および快適環境設計技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目３、テーマ題目５

組織・再生工学研究グループ

（Tissue Engineering Research Group）

研究グループ長：弓場　俊輔

（関西センター尼崎）

概　要：

これまで実施した100症例もの臨床研究の中で有害事象が全く認められなかった安全な間葉系幹細胞を用いて、現在、小児遺伝性疾患に対する臨床研究を進めている。治療中の症例において既に幹細胞治療の顕著な有効性を確認したところであるが、一方で間葉系幹細胞の増殖・分化能を超える iPS 細胞を用いた新規細胞治療の基盤技術も開発している。さらにこうした再生医療用細胞を製造する施設として、従来のセルプロセッシングセンターに代替しうる新規製造システムも企業と共同開発中である。その他、薬物送達システムの開発にも繋がる、微絨毛等の細胞表面微細構造の形態形成機構解明、そして、高分解能 in vivo イメー

ジングに適した新しい実験動物としてメダカを利用して、リンパ管新生機構の解析、疾患モデルの開発も行っている。

研究テーマ：テーマ題目３

細胞分子機能研究グループ

（Functional Biomolecular Research Group）

研究グループ長：佐藤　孝明

（関西センター尼崎、池田）

概　要：

蛋白質は細胞の多彩な機能を支える最も重要な分子であり、蛋白質の諸性質を明らかにすることは、細胞を分子レベルで理解し、細胞機能計測・操作技術をボトムアップ的に構築する上で極めて重要である。そこで「健康長寿の達成と質の高い生活の実現」に必要と思われる細胞機能の分子論的理解を蛋白質の立体構造－分子機能相関の解明によって促進し、その仕組みに基づく新しい細胞機能計測・操作技術、細胞利用技術の開発を、新規発光・蛍光プローブ開発、機能発現系構築・センサ化、モデル動物作出、分子動態モデル化などについて推進する。また、内外との連携による研究加速を図る。本年度は、1）代謝系酵素1種を追加し合計3種の物性・構造・機能解析の推進、2）BAF を用いた発光・蛍光プローブの固層化とセンサープローブの基盤技術開発、3）個体用発光イメージングプローブの改良・最適化と細胞状態モニター用プローブの試作、4）病態モデル(組換え)メダカの作製と運動能評価系による病態評価データ収集および回復期の細胞動態解析、5）嗅覚センサの基盤技術開発のための嗅覚受容体安定発現細胞の試作と受容体・G 蛋白質相互作用部位の解析のための応答評価およびマウス匂い検知・識別能データの収集、6）電顕単粒子解析法の改良、7）好熱菌遺伝子操作実験・評価系の基盤技術開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目４、テーマ題目５

［テーマ題目１］バイオマーカーの機能解析・同定とその検知デバイス技術開発

［研究代表者］脇田　慎一（総括研究主幹）

［研究担当者］生体ナノ計測研究グループ

村瀬　至生、福岡　聡、大槻　荘一（兼務）、田中　芳夫、
Biju Vasudevan Pillai、伊藤　民武
（常勤職員6名、他5名）

バイオデバイス研究グループ

片岡　正俊（兼務）、田中　正人、
渕脇　雄介
（常勤職員3名、他2名）

ストレスシグナル研究グループ

萩原　義久、田中　喜秀、永井　秀典、
山添　泰宗、都　英次郎、七里　元督、
赤澤 陽子、脇田　慎一（兼務）
（常勤職員8名、他6名）

バイオマーカー解析研究グループ

片岡　正俊、八代　聖基、山村　昌平
（常勤職員3名、他3名）

バイオインターフェース研究グループ

小島　正己、田和　圭子、清末　和之、
細川　千絵、北畠　真子、大石　勲
（常勤職員6名、他8名）

（※アンダーラインは主参画グループ）

［研 究 内 容］

健康状態や未病状態を科学的に評価することが可能なバイオマーカーを生体における機能を解明することによって同定する。さらにそれらのマーカーや既存のマーカーを迅速、簡便に測定することが可能なデバイスの開発を行う。

1）　マルチマーカー候補の選定と産総研ベストチップ・検出システムの開発

脂質酸化ストレスマーカー、アディポカイン等の独自のバイオマーカー群が糖尿病の早期診断に有用であるか、56例の経口糖負荷臨床試験を行い、データの統計解析結果、有望な早期診断マルチマーカー候補が得られた。極微量の血液で TNF-αや IL-6を pg/mL の極低濃度から既存 ELISA キット比で1/6の反応時間で定量できるマイクロ流体デバイスを用いて同時複数マーカー検出を実現した。さらに、産総研技術を集約した産総研ベストチップを研究開発し、プラズモン高感度検出プロトタイプ検出装置を作製した。

2）　酸化ストレスバイオマーカーの探索・解析・評価・検証

酸化ストレスバイオマーカーの有用性検証を進めている。その中でダウン症での酸化ストレスバイオマーカーの適用の可否を検討するために、まずモデルマウスで、酸化ストレスが顕著に更新していること、及びその緩和にビタミン E が有効であることを見出した。また有望な酸化ストレスバイオマーカーであるリノール酸酸化物の免疫化学的測定手段を開発した。

3）　唾液ストレス計測デバイスの産業技術化と唾液マーカー候補の実証研究

遠心力送液型ラボ CD の実用化を、企業との共同研究で行い、試作した唾液タンパク定量用のプロト装置を CEATEC 展示会等に出展し、産業技術化を着実に進めた。また、大学との共同研究で、尿中腎疾患マーカーの全自動酵素アッセイ用また細胞中の発現遺伝子検査用のラボ CD を開発した。さらに、新型デバイス設計研究や迅速化技術の開発により30分での高感度迅速サンドイッチ ELISA を達成した。超小型 FET センサによる電子体温計型プロトチェッカを試作し、大型操船シミュレータを利用した緊張ストレス被験者実

証研究に着手し、全唾液試料のその場計測に関する検討を行った。

4)　脳疾患関連バイオマーカーの同定と機序解明

開発した抗うつ薬抵抗性うつ病モデルマウスの研究から、うつ病バイオマーカー候補 proBDNF と血中ストレスマーカーコルチコイドの量的相関、ヒトうつ病脳でも観察されている海馬体積の減少などを見出した。preclinical な研究から、少なくとも3種のバイオマーカー候補（BDNF, proBDNF, BDNF pro-peptide）の病態との連動性を見出し、単離飼育ストレスモデルを用いた研究などからうつ様症状との量的連動性を見出した。proBDNF は海馬神経細胞のスパインの不安定化および退縮を促進すること、proBDNF 高発現マウスはスパイン幅を減少することも見出した。

5)　表面増強ラマン散乱（SERS）等を用いた細胞解析技術

表面増強ラマン散乱（SERS）は、金属粒子表面の分子を単一レベルで非標識検出・同定できる手法である。しかし、スペクトル形状や強度が不安定なことが、実用化や汎用化の妨げになっている。そこで理論計算と実験の比較によって、金属粒子表面に配置された分子の位置のサブ nm 程度の揺らぎがこの不安定性の原因であることを見出した。一方で、SERS を用いた生体分子検出の研究に着手し、酵母菌表面に細胞周期に依存して現れるタンパク質を、酵素法などを援用することで同定した。また、試料作製法の工夫も進め、金属粒子が付かないとされていたピロリ菌表面に、光還元法によって金属ナノ粒子を析出させることにより、SERS イメージングに成功した。

6)　一分子 DNA 解析技術の基盤研究

マイクロ流体チップを用いて、DNA1分子のイメージング法およびシークエンス法を開発している。このチップを用いると、ゲノムサイズの DNA（数μm から数 mm）を真っ直ぐに伸長させることができる。この技術を用いて、まずはイメージング法によって DNA 凝縮機構の解明、モデル化を行った。DNA 凝縮は、遺伝子発現の調節や遺伝子導入などの機能発現に直接かかわる重要な形態変化である。次にシークエンス法へ適応し、DNA ポリメラーゼを独自に見出して、当該酵素の発現・精製手法を確立することで、DNA1分子を30秒間隔で30塩基程度まで読み取った。ゲノムサイズ DNA のシークエンスに向けて、さらに研究を進めている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］バイオマーカー、酸化ストレスマーカー、表面増強ラマン散乱、1分子シーケンス、マイクロ流体デバイス、バイオセンサー

［テーマ題目２］健康リスク計測・評価とリスクモニタリング技術の開発

［研究代表者］吉田　康一（研究部門長）

［研究担当者］健康リスク削減技術研究グループ
苑田　晃成、小比賀　秀樹、垣田　浩孝、
槇田　洋二
（常勤職員4名、他4名）
バイオマーカー解析研究グループ
片岡　正俊、八代　聖基、山村　昌平
（常勤職員3名、他3名）
バイオデバイス研究グループ
片岡　正俊（兼務）、田中　正人、
渕脇　雄介
（常勤職員3名、他2名）
ストレスシグナル研究グループ
萩原　義久、田中　喜秀、永井　秀典、
山添　泰宗、都　英次郎、七里　元督、
赤澤 陽子、脇田　慎一（兼務）
（常勤職員8名、他6名）
生体機能制御研究グループ
中島　芳浩、安部　博子、室冨 和俊
（常勤職員3名、他3名）
（※アンダーラインは主参画グループ）

［研 究 内 容］

身体内部あるいは環境に存在する健康阻害因子を高精度に計測・評価し、因子そのもの、あるいは健康への影響を効果的に低減するための技術を開発する。

1)　細胞チップを用いた病原性原虫感染症の超早期診断技術の開発

人類にとって非常に深刻な寄生虫感染病であるマラリアについて、その感染をいち早く迅速・簡便に診断することが可能な細胞チップをもちいた技術を確立。（計測に要する時間15分間でマラリア感染率0.0001%以下を検出する技術は世界トップレベル）。細胞チップをマラリア診断に応用することで、ゴールドスタンダードであるギムザ染色による光学顕微鏡法の100倍の超高感度に、操作時間15分で100万個に1個のマラリア原虫感染赤血球の超高感度検出法を構築した。これを用いることで、発症前診断が可能になる。さらにこの検出技術を基盤として、がん原発巣から脈管浸潤を介して遠隔臓器に転移する際に見られる循環がん細胞（CTC）の検出チップの開発を行った。複数種類の抗体染色を可能とすることで、従来法と比較してより正確に CTC 検出が可能になった。開発した細胞チップ技術を基盤としてマラリア診断及び CTC 検出の双方で、企業と資金提供型共同研究を展開しておりそれぞれ製品化を目指している。

2)　細菌やウイルスの超迅速検知を可能とする遺伝子増幅装置の開発

様々な現場で病原性微生物を迅速に検知することを目的に、遺伝子を高速に検知可能な可搬型の小型遺伝子増幅装置を開発した。発症する最小濃度の病

原性微生物から毒素遺伝子を5分以内に定量でき、将来、高病原性インフルエンザや口蹄疫等のパンデミック発生現場にて求められる確定検査やリスク評価を迅速に実施可能なツールとしてベンチャー事業化を推進している。

3) 生活環境水中のイオン一斉分離計測デバイスの研究開発

現場で無機イオンを迅速に定量することを目的に、非接触型電気伝導度検出（C^4D）センサを採用した可搬型キャピラリー電気泳動システムや電気泳動型チップ方式を開発した。泳動条件の基礎的な検討を行ったところ、キャピラリー電気泳動システムでは、約90秒で6種類の無機陰イオンの一斉分離を達成した。さらなる迅速化を目指して開発した電気泳動型チップでは、分離能に課題を残しているが、電荷の異なる Cl^-, SO_4^{2-}, HPO_4^{2-}の40秒分離を達成した。

4) 臭素酸イオン除去剤の開発

水道水の塩素系処理剤には微量の臭素酸イオンが含まれる。臭素酸イオンは微量でも有害なイオンとして、水道水基準では、0.01mg/L 以下と厳しく規制されている。水道水から身体に取り込む恐れのある臭素酸イオンを基準値以下まで低減できる材料を開発した。このような材料として、有機アンモニウム塩と粘土鉱物の複合体、焼成した層状複水酸化物や還元作用を発現する Fe(II)-Al(III)系層状複水酸化物などメカニズムの異なる4種類の臭素酸イオン除去剤について有効性を明らかにした。

5) 新規リン酸イオン高選択捕捉剤の開発

リン酸イオンに世界最高の高選択性を示す Zr-Mg-Al 系および Zr-Mg-Fe 系複合体を開発した。これらは Zr（Ⅳ）酸化物超微粒子と層状複水酸化物からなるナノ複合体であることを X 線吸収分光法および電子顕微鏡観察で明らかにした。亜リン酸イオンと次亜リン酸イオンの分離試験も行った。今後高リン血症等への応用が期待される。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］健康リスク削減、カーボンナノチューブ、臭素酸イオン除去、リン酸イオン高選択捕捉、生体影響評価、マラリア診断、循環がん細胞、分離計測デバイス、酵母開発技術

［テーマ題目３］組織・細胞の機能の再生・代替技術の開発

［研究代表者］達　吉郎（副研究部門長）

［研究担当者］組織・再生工学研究グループ
弓場　俊輔、立花　宏一、出口　友則
（常勤職員3名、他10名）
人工細胞研究グループ
安積　欣志、清原　健司、杉野　卓司、寺澤　直弘、中村　真里
（常勤職員5名、他3名）
生体分子創製研究グループ
上垣　浩一、中村　努、中山　敦好、山野　尚子、川崎　典起
（常勤職員5名、他4名）
バイオインターフェース研究グループ
小島　正己、田和　圭子、清末　和之、細川　千絵、北畠　真子、大石　勲
（常勤職員6名、他8名）
くらし情報工学研究グループ
達　吉郎（兼務）、中川　誠司、渡邊　洋、吉野　公三、添田　喜治
（常勤職員5名、他12名）
（※アンダーラインは主参画グループ）

［研究内容］

再生医療の早期実用化を目指して細胞の分化誘導技術や組織形成技術の開発を目指す。一方で、環境変化に自律的に応答する材料の開発を行って細胞、組織の代替技術の確立を目指す。

1) 再生医療支援技術

他家 MSC 移植の臨床研究において、ドナーへの負担を無くすため、凍結保存細胞の移植を目指し、同細胞の安全性を検討し、解凍後の細胞生存率と増殖率において実験用凍結保護剤との差異が無かったことから、既存臨床用凍結保護剤を用いた凍結 MSC の移植実現へ前進した。臨床研究の有効性を検証するため、疾患モデル動物を用いた治療実験において細胞移植の効果を検討し、疾患モデルの ALP ホモマウス維持が困難なことから、血清 ALP 値が野生型の半分であるヘテロマウスへの細胞移植を行うとともに、レンチウイルスベクターで赤色蛍光タンパク質遺伝子を導入し、移植 MSC の検出を容易にした。再生医療製品製造用除染接続装置の装置プロトタイプの安全性の評価も行い、最終製品の仕様を定め、接続装置の試作機の評価を終え、その規格についてヒューマンライフテクノロジー研究部門と連携して ISO TC198/WG9へ提案した。

2) 組織適合性材料の開発

生体材料として応用の可能性が期待されるポリアミド4の物性改善について検討した。具体的には柔軟性を付与するためのポリオレフィンとの各種ブロックポリマーの物性評価とその効率的な合成方法を開発した。また、機能性を付与するためのメチロール側鎖の導入法を開発した。ポリアミド4の原料をグルタミン酸から簡便に合成する方法の開発も行った。

3) トランスジェニックニワトリ

ガンマ線照射により内在性始原生殖細胞を選択的に除去し、移植組換え始原生殖細胞が80%以上の極めて高いキメラ率を有する生殖巣キメラヒヨコ作成法を開発した。その後半年かけて性成熟した個体では精液中

に組換え遺伝子を認め、ガンマ線非照射時に比較して8倍以上の改善を認めた。更に、将来の実用化に不可欠と考えられるニワトリ始原生殖細胞の染色体外に外来遺伝子を安定的に存在させる人工染色体導入技術を開発した。

4)　細胞機能再生用レーザー光技術の開発

光治療技術への応用のため、神経細胞の局所操作技術の開発を行った。光ピンセットによる細胞内分子集合操作の蛍光解析を行い、レーザー集光領域に量子ドットで標識した細胞接着分子が複数個捕捉され、レーザー光強度の増大に伴い分子集合体の運動が束縛される機構を明らかにした。また、レーザー顕微鏡に細胞外電位計測システムを組み込み、集光フェムト秒レーザーにより単一神経細胞の刺激が可能であることを実証した。

5)　高分子アクチュエータの高性能化

カーボンファイバー柔軟性電極からなるアクチュエータの実用化研究を企業と共同で開始した。アクチュエータ性能を伸縮率5%へ向上させる為、産総研で開発されたスーパーグロースカーボンナノチューブを用い、ポリマー、イオン液体との分散技術を改良した。また、電荷移動錯体を電極層に添加することで、アクチュエータの実用的課題である DC 通電時の長期耐久性が改良できることを見出した。

6)　高分子アクチュエータの駆動モデルの確立

イオン存在下多孔性電極のモンテカルロシミュレーションに関して、電圧印加時における多孔性電極のミクロな応力発生と、孔径とイオン径の関係、媒体の誘電率、加えた印加電圧との関係を明らかにした。カーボンナノチューブ電極の高速電気応答について、さらに、本年度は異なる形状である、糸状のカーボンナノチューブを作製し、電解液中での応答を調べた。フィルムと同様の変形応答を確認した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］再生医療、iPS 細胞、脳機能改善・治療、レーザー治療、高分子アクチュエータ

［テーマ題目４］細胞機能計測・操作技術の開発

［研究代表者］茂里　康（総括研究主幹）

［研究担当者］先端融合テーマ研究グループ
茂里　康（兼務）、川崎　一則、
安藤　昌儀、田村　繁治、河田　悦和、
篠田　渉
（常勤職員6名、他6名）
細胞分子機能研究グループ
佐藤　孝明、藤田　篤、上野　豊、川﨑　隆史、星野　英人、峯　昇平、呉　純
（常勤職員7名、他3名）
生体分子創製研究グループ
上垣　浩一、中村　努、中山　敦好、
山野　尚子、川崎　典起
（常勤職員5名、他4名）
バイオインターフェース研究グループ
小島　正己、田和　圭子、清末　和之、
細川　千絵、北畠　真子、大石　勲
（常勤職員6名、他8名）
生体ナノ計測研究グループ
村瀬　至生、福岡　聡、大槻　荘一（兼務）、田中　芳夫、
Biju Vasudevan Pillai、伊藤　民武
（常勤職員6名、他5名）
生体機能制御研究グループ
中島　芳浩、安部　博子、室冨　和俊
（常勤職員3名、他3名）
（※アンダーラインは主参画グループ）

［研 究 内 容］

遺伝子、細胞、情報、ナノテクノロジーなどの研究を統合し、健康・医療に関わる知的・技術基盤の形成と応用技術の創出を目指す。

1)　産業利用を目指した有用蛋白質の構造機能解析

細胞機能の産業利用を目指し、超耐熱性酵素利用法の研究、超好熱性細菌のタンパク質をモデルとして、細胞の応答性を変化させる抗酸化機能を担う蛋白質の研究を実施している。

2)　バイオマーカーとしての新規光生体プローブの探索と検知システムの開発

個体・組織・細胞において数時間から数週間までマーカー分子の動態をリアルタイムで検知できる光生体プローブと検知システムに関する開発を進めるとともに、マーカー分子の定量化に必要な体外での簡易測定デバイスの構築を行っている。これまでに、高精度な細胞情報可視化のためのレポーターアッセイ系の開発と、生体リズム解析への応用を行った。また多色発光細胞を用いた化学物質毒性評価システムの開発も実施した。

3)　新規量子ドットの開発と表面プラズモン励起増強蛍光法

ナノテクノロジーや材料合成技術と融合した独自性の高い生体分子の計測・解析技術の開発やバイオマーカーや生体分子のメカニズム解明において、細胞内での各分子の挙動の検出のための分子認識プローブの開発を行っており、分子イメージング技術への展開を図っている。特に、蛍光試薬用の量子ドット分散ガラスカプセルの開発、市販の量子ドットと蛍光共鳴エネルギー転移（FRET）を組み合わせた相互距離測定法、プラズモニックチップを用いた生体分子測定法（表面プラズモン励起増強蛍光法）等の開発を行っている。

4)　ヒト型複合糖鎖を有するバイオ医薬品生産のための酵母の開発

代替宿主を利用するバイオ医薬品の生産において、

糖鎖をヒト型に変換する過程がボトルネックとなっている。そこで増殖能力の保持とヒト型糖鎖生産可能な出芽酵母株の確立を目指し研究開発を行っている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］バイオマーカー、高発光型プローブ、多色発光マウス、ナノテクノロジー、バイオマス、BDNF プロドメイン、単一分子 DNA シークエンシング技術

［テーマ題目５］ヒト生理機能解析技術の開発

［研究代表者］達　吉郎（副研究部門長）

［研究担当者］くらし情報工学研究グループ
達　吉郎（兼務）、中川　誠司、
渡邊　洋、吉野　公三、添田　喜治
（常勤職員5名、他12名）
細胞分子機能研究グループ
佐藤　孝明、藤田　篤、上野　豊、
川﨑　隆史、星野　英人、峯　昇平、
呉　純
（常勤職員7名、他3名）
ストレスシグナル研究グループ
萩原　義久、田中　喜秀、永井　秀典、
山添　泰宗、都　英次郎、七里　元督、
赤澤　陽子、脇田　慎一（兼務）
（常勤職員8名、他6名）
（※アンダーラインは主参画グループ）

［研 究 内 容］

非侵襲脳機能・生理機能計測技術を基盤に、高次脳機能障害の高度診断技術と聴覚機能障害の補償技術、高臨場感・快適環境の設計技術および日常健康モニタ技術を開発する。

1)　高精度な非侵襲脳機能可視化技術の開発とヒト高次脳機能可視化への応用

MEG と fMRI を用いた3次元物体知覚に関する脳活動の高精度な可視化結果に対して、線形回帰モデル推定に基づく脳部位間の活動の因果関係解析技術を適用する実験を行った。これにより、後頭部高次視覚野と空間処理を担う上頭頂部との間の神経信号の流れを定量的に評価することが可能であることを、実データを用いて示した。

2)　日常生活中の生理計測技術の開発

住宅からの不在時間の長短を判別予測するアルゴリズムのプロトタイプを構築した。歩きお遍路が心身の健康指標に与える効果を明らかにした。パーキンソン病患者の REM 睡眠時筋緊張度を定量評価する方法のプロトタイプを構築した。

3)　映像の生体安全性

映像の生体安全性に関する ISO 活動では、3D 視覚疲労に関する原案の作成段階まで到達した。また生体影響実験の結果は2報の英語原著論文にまとめ1報は受理、他方は1報は要修正である。歩きお遍路の効果について2回目の FS 調査および解析の指揮を執った。

4)　聴覚機能の神経基盤解明

骨導超音波補聴器の内部信号処理方式に改良を施し、聴取試験によって調音素性情報伝達特性および音質を評価した。その結果、新しく導入した信号処理方式によって有意な音質改善を確認した。また、それらの知見を盛り込んだ新しい骨導超音波補聴器の試作器の開発を開始した。さらに、これまでに獲得した骨導技術を応用し、耳介骨導方式のメカニズムの解明とスマートフォンへの応用開発に取り組み、装用感の向上、伝音性難聴の補聴などの効果がある可能性を見いだした。さらに、鉄道車内・駅構内の不快感評価に関して、音圧レベルに加えて、音を相関解析することで得られる、音の高さの明瞭度、周波数重心、両耳間相互相関度を用いることで、より高精度に不快感を予測できることを明らかにした。

5)　疾病診断用嗅覚センサの開発

嗅覚受容体変異体の機能解析では、G 蛋白質との推定相互作用部位のアラニンスキャンを行い、2種の G タンパク質の配列の相違で生じる感度差の原因となる部位の絞り込み、発現条件を調べ、応答のばらつきを低減させる実験手順を設定し、さらに、安定発現のためのベクター改良を行った。行動実験では、背側受容体欠損により感度低下が生じる鏡像異性体ペアが存在することを確認し、さらに、野生型マウスについて混合臭によって主因子に与える影響の相違を見出した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］非侵襲脳機能可視化技術、骨導超音波、日常生活での生理・心理計測、映像の生体安全性、嗅覚代替センサ、生理機能モデル

⑦【生物プロセス研究部門】

（Bioproduction Research Institute）

（存続期間：2010.4～）

研究部門長：鎌形　洋一
副研究部門長：湯本　勲、扇谷　悟
首席研究員：深津　武馬
総活研究主幹：町田　雅之、花田　智

所在地：北海道センター、つくば中央第4、
つくば中央第6
人　員：69名（69名）
経　費：987,914千円（397,125千円）

概　要：

１．ミッション

バイオプロセスによる高効率な物質生産を目指した基礎的・基盤的研究から実用化研究に至るまでの一貫した研究を行い、化石燃料代替物質、化成品原料、医薬化学品、有用タンパク質、生物資材など、物質循環型社会の実現ならびに高品位な物質生産技術の開発に貢献する。当該目的を達成するために(1) 微生物・各種生物遺伝子資源の探索ならびに探索技術の開発、(2) 遺伝子情報を高速で解析し、有用遺伝子を *in silico* で探索する技術の開発、(3) 各種ゲノム・生体分子情報をもとに遺伝子組み換え植物・微生物・動物などによる有用物質生産技術の開発、(4) タンパク質・核酸・生体関連化学物質材料などの開発に取り組む。また新部門は北海道センターとつくばセンターにまたがる部門であり、北海道センターにおいては、多様な地域連携を行いつつ、特に次世代アグリバイオテクノロジー研究拠点として地域貢献を果たして行く。

２．研究の概要

1) 多様な微生物・生物資源を広く探索するとともに、それらの機能に着目する研究を展開した。中でも植物根圏表面に存在する新規な微生物群、メタン生成に関わる種々の嫌気性微生物の単離に成功した。これらの多くはその存在が予言されていたものの、微生物としての実体が明らかになっていなかったものである。共生細菌 *Burkholderia* のうち、特定の農薬分解性系統に感染したホソヘリカメムシが直ちに農薬耐性を獲得することを明らかにし，また南西諸島の野外カメムシ集団の一部において共生細菌により農薬耐性を示すカメムシの存在を示した。

2) 様々な分離菌株由来のゲノムやメタゲノムを鋳型に16S rRNA 遺伝子を PCR クローニングし、大腸菌の当該遺伝子欠損株に導入した。生育相補性によりライブラリーをスクリーニングし、大腸菌16S rRNA と機能相同な遺伝子を選択する系を確立した。その結果、進化系統分類上の綱（クラス）を超えて、様々な微生物由来の16S rRNA が機能相補しうることを発見した。

3) 植物での遺伝子転写制御系に関わる遺伝子群の同定に成功した。この技術を用いて園芸植物の品種改良に成功した。

4) 有用タンパク質の解析ならびに応用の一環として不凍タンパク質に着目し、その機能を明らかにするとともに、その産業利用を目指した研究を行った。

外部資金：

・文部科学省　科学研究費補助金「メタンハイドレート成因解明をめざした生物学的メタン生成とハイドレート形成の再現」

・文部科学省　科学研究費補助金「深部地下圏を模擬した高圧条件下における生物的メタン生成過程の解明」

・文部科学省　科学研究費補助金「陸域地下圏のメタンフラックスに関与する未知アーキア系統群の発見と新生物機能の解明」

・文部科学省　科学研究費補助金「昆虫－細菌共生系における遺伝的基盤の解明」

・文部科学省　科学研究費補助金「インジゴ還元槽中の微生物叢の機能解明」

・文部科学省　科学研究費補助金「超高速シークエンサーで切り拓く陸域地下生物圏の多様性とレアバイオスフィア」

・文部科学省　科学研究費補助金「未知生育因子／1細胞探索システム」の構築と未培養微生物の安定培養の実現

・文部科学省　科学研究費補助金「コドン頻度を応用した新規手法による非組換えワクチンウイスルの作出」

・文部科学省　科学研究費補助金「ハイブリッドゲノムを用いた難培養細菌ファイトプラズマの培養系の確立」

・文部科学省　科学研究費補助金「共生細菌による宿主昆虫の体色変化：隠蔽色に関わる共生の分子基盤の解明」

・文部科学省　科学研究費補助金「宿主昆虫－共生細菌間相互作用の分子機構の解明とその利用基盤技術の開発」

・文部科学省　科学研究費補助金「社会性アブラムシにおけるゴール修復行動の分子・細胞・発生基盤の解明」

・文部科学省　科学研究費補助金「トンボの体色変化・体色多型の分子基盤の解明」

・文部科学省　科学研究費補助金「微生物－昆虫間クロストークの解析による昆虫の適応度上昇メカニズムの全容解明」

・文部科学省　科学研究費補助金「メタゲノム遺伝子の網羅的発現を目指した大腸菌宿主の開発」

・文部科学省　科学研究費補助金「根域の環境調節による根菜類の水耕栽培技術の開発」

・文部科学省　科学研究費補助金「作物全般に適用可能な分岐・矮性化・分化能を制御する転写因子の単離とその利用」

・文部科学省　科学研究費補助金「代謝遺伝子サイレンシングライブラリ72の構築」

・文部科学省　科学研究費補助金「生合成マシナリー構築に向けたロドコッカス属細菌の宿主最適化と遺伝子ツールの拡充」

・文部科学省　科学研究費補助金「超強力細胞保護ペプチド CPP の機能と応用技術に関する研究」

・文部科学省　科学研究費補助金「オーラシンアルカロイドが示す強い抗菌活性とその利用に向けた研究」

・文部科学省　科学研究費補助金「電気化学顕微鏡を利用した初代培養細胞の動態解析システムの開発」

・文部科学省　科学研究費補助金「生体内の糖化修飾タンパク質を利用した、食事による糖尿病予防効果の評価法の確立」

・文部科学省　科学研究費補助金「斬新な機能を有すると予測される、ガラクトシクロデキストリンの合成と利用研究」

・文部科学省　科学研究費補助金「高効率薬物代謝アッセイのためのミクロソーム電極の創製」

・文部科学省　科学研究費補助金「マツノマダラカミキリのゲノム上に存在する共生細菌由来遺伝子群の機能解析」

・部科学省　科学研究費補助金「モデル微生物共生系を用いた酢酸分解メタン生成機構の解明」

・文部科学省　科学研究費補助金「最も難治性である膵胆管系癌の早期質的診断ならびに進展度診断のシステム構築」

・文部科学省　科学研究費補助金「植物におけるアルミニウムおよび酸性ストレス感受性を制御する因子の同定」

・文部科学省　科学研究費補助金「薬剤フリー環境において抗生物質耐性能がもたらす微生物間相互作用および群集動態変化」

・文部科学省　科学研究費補助金「複合適応形質進化の遺伝子基盤解明」

・文部科学省　科学研究費補助金「光プローブを応用した生体イメージング法による画期的術中ライブ診断法の開発」

・文部科学省　科学研究費補助金「海洋無脊椎動物共生微生物系のケミカルバイオロジー」

・文部科学省　科学研究費補助金「新規 POCT デバイスの創出を目指したマルチプローブ親和電気泳動法の開発」

・文部科学省　科学研究費補助金「特異な環構造と強力な殺虫活性を有するインドールジテルペン類の全合成と構造活性相関」

・文部科学省　科学研究費補助金「糖尿病の改善効果を評価するための新規指標物質の開発」

・文部科学省　科学研究費補助金「GPI アンカー型タンパク質の最終目的地を決定するメカニズム」

・文部科学省　科学研究費補助金「高グリコシル化タンパク質ムチンに関する革新的分析法 SMME の高度化研究」

・文部科学省　科学研究費補助金「共生成立の分子基盤を解く：昆虫－細菌共生系における大規模 RNAi スクリーニング」

・文部科学省　科学研究費補助金「翻訳システム改変による人工細胞創成」

・文部科学省　科学研究費補助金「rRNA の置換変異によるリボソーム可塑性の研究」

・文部科学省　科学研究費補助金「海洋性油糧微生物由来のドコサペンタエン酸合成系を導入した出芽酵母の創製」

・文部科学省　科学研究費補助金「細胞情報伝達に関わる蛋白質活性を可視化する発光プローブ分子の開発」

・文部科学省　科学研究費補助金「「利他行動」を制御する新規化合物の探索とその作用機構の解明」

・文部科学省　科学研究費補助金「合掌造り家屋床下の焔硝生産遺構に生息する新規微生物が有する未知硝化経路の解明」

・文部科学省　科学研究費補助金「真菌類における二次代謝産物を多く産生するテンプレート培養条件の設計」

・文部科学省　科学研究費補助金「植物細胞壁の酵素分解におけるキシログルカン分解酵素の作用機構の解明と利用」

・文部科学省　科学研究費補助金「二次代謝産物生産に適した糸状菌遺伝子発現システムの開発」

・文部科学省　科学研究費補助金「昆虫共生細菌による宿主性比操作メカニズムの解明」

・経済産業省　日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業「脂肪酸など環境低負荷を目的とした炭化水素系化合物の生産技術の開発に関する研究」

・経済産業省　平成24年度エネルギー使用合理化技術開発等「密閉型植物工場を活用した遺伝子組換え植物ものづくり実証研究開発」

・経済産業省　平成24年度工業標準化推進事業委託費（国際標準共同研究開発事業）「カシミヤ繊維の試験方法に関する国際標準化」

・経済産業省その他　平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業「高いユーザビリティを低コストで達成する革新的な多機能型細胞アッセイ装置の開発」

・厚生労働省　平成24年度厚生労働科学研究費補助金「新型インフルエンザ H1N1のウイルス病原性等の解析に関する研究」

・厚生労働省　平成24年度厚生労働科学研究費補助金（B 型肝炎創薬実用化等研究事業）「B 型肝炎ウイルス感染症に対する新規の治療薬の研究・開発」

・NEDO　バイオマスエネルギー先導技術開発　新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導研究開発）／「酵素糖化・効率的発酵に資する基盤研究」

・NEDO「電気的酵素反応駆動による高効率な物質生産技術の開発」

・独立行政法人科学技術振興機構「水生根圏微生物の培養技術開発と根圏微生物ライブラリーの構築」

・独立行政法人科学技術振興機構「ゼロから創製する新しい木質の開発」

・独立行政法人科学技術振興機構「神経細胞相互作用研究プラットフォームのための細胞パターニング」

・独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構　生物系特定産業技術研究支援センター「共生細菌のゲノム解析と生物機能の解明および共生器官の発現遺伝子解析と生物機能の解明」

・独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構「共生細菌によるカメムシ類の農薬抵抗性獲得機構の解明」

・独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構「CPP3の低温下における生殖細胞保護メカニズムの解明と高純度大量生産法の確立」

・独立行政法人医薬基盤研究所「プロサポシンまたはサポシン B によるファブリー病に対する酵素増強薬の開発」

・公益財団法人北海道科学技術総合振興センター「北海道独自の機能性素材の発掘可能性調査にかかる評価試験に関する研究」

・日本学術振興協会最先端・次世代研究開発支援プログラム「遺伝子転写制御機構の改変による環境変動適応型スーパー植物の開発」

・公益信託林女性自然科学者研究助成基金平成23年度研究助成「社会性アブラムシにおける自己犠牲的なゴール修復行動に関わる分子、細胞、発生学的基盤の解明」

・財団法人沖縄科学技術振興センター　知的クラスター形成に向けた研究拠点構築事業「沖縄生物資源の活用促進に向けた研究基盤の構築」

・韓国学術振興財団（National Research Foundation of Korea）Global Research Laboratory Program “Elucidation of Molecular Mechanisms Underlying Modulation of Host Defense Responses by Symbiotic Bacteria”

発　表：誌上発表138件、口頭発表280件、その他49件

植物分子工学研究グループ

（Plant Molecular Technology Research Group）

研究グループ長：松村　健

（北海道センター）

概　要：

植物の遺伝子組換え技術を利用して、有用物質、特に哺乳類の医薬品原材料を主に植物で高発現・高生産可能な技術開発とこれと並行して医薬品原材料生産遺伝子組換え植物を密閉、かつ完全な人工環境下で栽培・育成から製剤化までの一貫した工程を実施可能な植物工場システムの確立を目標に研究を進めている。

遺伝子組換え植物での創薬という新しい研究開発分野において、当グループが推し進めている密閉型遺伝子組換え植物工場の開発および当該施設を活用したイヌの歯周病治療薬としてのイヌインターフェロン発現遺伝子組換えイチゴの製造薬承認を申請するに至った。遺伝子組換え植物体を利用した医薬品製造では、世界初の例となる。さらに、これまでの医薬品生産植物工場のノウハウを活用し、地域自治体、経済界、民間との共同で新たな物質生産目的植物工場を設計・開発、生薬植物類の人工環境下での栽培技術開発を行っている。すでに、生薬植物の一種類において無菌苗クローン増殖技術を確立した。

また、新たな植物への遺伝子導入方法として、アグロバクテリウムとキュウリモザイクウイルスベクターを融合させた一過性遺伝子高発現系の開発に成功した。

研究テーマ：1. 閉鎖型植物生産施設に適した有用物質生産基盤植物の開発研究
2. 植物ウイルスベクターの開発
3. 医療用原材料生産のための密閉型遺伝子組換え植物工場の開発

分子生物工学研究グループ

（Molecular and Biological Technology Research Group）

研究グループ長：森田　直樹

（北海道センター）

概　要：

当研究グループは、有用タンパク質・有用脂質・有用糖質の新しい生産・利用システムの開発において、従来よりも優れた技術を開発し、最終的に産業応用に貢献することを目標としている。

分子イメージング技術の開発では、ウミホタル由来の分泌型ルシフェラーゼ（Cluc）とホタル由来ルシフェラーゼ（Fluc）を共に安定発現している腫瘍細胞株を確立した。この分泌型 Cluc は細胞内で産生された後、細胞外に放出されることが解っており、この性質が非侵襲的な診断・治療に向けた大きなメリットになると考えている。この安定発現株を用いて、腫瘍細胞進展と Cluc 活性の相関について評価を行う実験に着手した。

真核微生物におけるタンパク質発現系の研究では、微細藻類において、光合成光化学系1反応中心を構成するサブユニットタンパク質遺伝子のプロモーターとターミネーターを用いた発現系を作成した。

機能性脂質生産系の研究では、グラム陽性細菌の主要な表層構成因子の一つであるリポテイコ酸（LTA）に注目し、腸内乳酸菌の LTA のアンカー糖脂質の構造を決定した。

糖脂質の機能解明では、異常蓄積した糖脂質 GM2 が細胞内のシグナル分子である cSrc と相互作用をしていることを明らかとしてきたが、この相互作用には細胞膜内タンパク質であるテトラスパニンは関与していないことが新たに判明した。

糖鎖の簡易解析手法の開発では、糖鎖抗原に汎用的なモノクローナル抗体作製法を開発した。この方法を用いて、胃がんや大腸がん細胞に発現する糖タンパク質の糖鎖構造として知られる CDw75糖鎖抗原を簡便に検出するためのモノクローナル抗体の開発にも成功した。一方で、病態特異的な糖鎖発現制御機構の解析では、糖尿病のモデルマウスを用いた検討により、インスリン抵抗性の発症に関わる O-GlcNAc 化糖タンパク質が慢性的な高血糖にさらされた肝組織に蓄積することを発見した。また、食餌による高血糖の持続的な改善により、この蓄積が解消されることも併せて見出した。

研究テーマ：1. 生物発光系を活用したレポーターアッセイ系及び分子イメージング技術の開発
2. 真核微生物を用いた新規タンパク質発現系の開発
3. 機能性脂質の代謝工学的生産法の開発
4. 糖脂質の機能解明とその応用
5. 機能性物質の新規合成法開発と構造活性相関研究

生体分子工学研究グループ

（Biomolecular Engineering Research Group）

研究グループ長：小松　康雄

（北海道センター）

概　要：

本研究グループでは、核酸、タンパク質、細胞の活性等を、有機化学ならびに工学的手法によって解析し、さらにそれらの性質を改良し、物質生産、医薬品開発、高感度物質検出に活用することを目指している。

核酸関連では、2本鎖間を共有結合した DNA の電気化学的性質調べ、塩基対を介した DNA の導電性と DNA の柔軟性が、架橋構造に応じて変わることを明らかにした。本知見より、DNA 中の化学修飾と DNA の運動性の相関性を電気化学的に解析する技術

開発が可能であることが示された。また、合成核酸に対して高効率で化学修飾を導入するリンカーを開発し、国内企業に同技術をライセンスした。このリンカーを用いることで、核酸医薬および遺伝子検出に用いる合成核酸の製造コストの低減が期待できる。

また、走査型電気化学顕微鏡にこれまで用いてきたマイクロ電極は、ガラスによって絶縁されているために走査中に破損することが大きな課題であった。そこで、高分子ポリマーを絶縁体に使用した新型マイクロ電極を開発した。同電極は耐久性に優れ、細胞解析にも有効であることを確認できたため、国内企業にライセンスした。

研究テーマ：1. 核酸の安定化と効率的化学修飾技術の開発
2. 電気化学を利用した、生体関連物質の機能解析と検出技術の開発

生物材料工学研究グループ

（Bio-material Engineering Research Group）

研究グループ長：佐々木　正秀

（北海道センター）

概　要：

本研究グループは有用物質生産を目的とした生物材料の高度利用、および生体物質の生産、分離、センシングへの応用を目指した生体物質の2次元位置選択的修飾技術を研究している。

有用物質生産に関して、木質系バイオマスの水熱反応で得られるオリゴ糖成分の反応挙動について検討した。これまで水熱反応温度と得られる液状生成物収率との間には何ら相関が見出せなかった。これは反応器直接加熱による熱分解反応の進行のためと考えられ、そこで熱分解反応を抑制するために、間接加熱による反応方式に変更した。その結果、両者の間には相関が見出され、反応条件最適化が可能となった。最適化では2段階昇温の採用により、発生するガス・ロス分を5%程度に低減することに成功した。

微細表面修飾技術に関しては、微細表面修飾技術に関しては、市販多点電極基板（MED）の前処理法について、接触角、ゼータ電位および XPS を用いて評価した。その結果、有望と考えられるアルカリ加水分解法で調製された基板を用い、神経細胞パターンについて電気信号測定することにより、充分に成熟した細胞ネットワークからの信号を得ることに成功した。

研究テーマ：1. 生物材料の高度利用
2. 生体分子固定のための微細表面修飾技術

生物システム工学研究グループ

（Molecular Systems Bioengineering Research Group）

研究グループ長：町田　雅之

（北海道センター）

概　要：

近年の次世代 DNA シークエンサーや、タンパク質、代謝物質、細胞ネットワークなどの解析技術の進展により、ゲノム情報や遺伝子機能に関わる情報が短時間で大量に得られるようになった。これらの情報は、生命科学に基づく幅広い産業への応用が進んでいる。本研究グループは、ゲノム情報を迅速かつ効果的に物質生産や環境低負荷などに利用することを目的として、遺伝子、翻訳産物など、細胞機能の網羅的解析に関する解析技術を開発し、柔軟な情報処理技術との統合によって、大規模ゲノム情報の産業利用に必要なシステムの開発を進めている。

ゲノムシークエンス、発現解析、代謝物解析などによって得られる生物情報の利用により、様々な生物種の迅速で効率的な評価・鑑別、新規遺伝子の発見と機能予測・解析に関する研究を進めてきた。生物情報は誤りや揺らぎが大きく、単一あるいは単独の情報から正確な結果を得ることが難しい。そこでこれまでに、複数の情報を組み合わせることで、解析精度の向上と新規な結果を獲得するための解析技術の開発に注力してきた。また、生物解析系と情報解析系の高度な連携は迅速で正確な解析に有効な手段であるが、最適な組合せ、人材の集積、システム化など、効果的な導入は容易ではない。そこで、情報解析を専門とする研究ユニットの連携を構築することにより、新規微生物からの遺伝子の獲得によって迅速に物質の生産系を構築するための技術基盤を開発した。このプラットフォームを利用することにより、産業的に重要な物質生産系の開発と改良に関する評価と実証を進めている。

研究テーマ：1. 有用なゲノム・遺伝子資源の探索と利用技術の開発
2. システム生物学を利用した生物機能解析・利用技術の開発

合成生物工学研究グループ

（Synthetic Bioengineering Research Group）

研究グループ長：宮崎　健太郎

（北海道センター）

概　要：

当研究グループでは、微生物機能を拡張するための各種基盤技術開発を行う。具体的には、合成生物学的手法による宿主デザイン、メタゲノム手法による有用遺伝子の探索、進化分子工学による蛋白質の機能改変、蛋白質の立体構造解析を行う。

合成生物学的手法による宿主デザインでは、大腸菌をプラットフォームとして、リボソーム小サブユニットに含まれる成分を改変する方法により宿主の代謝変動が起きることを明らかにした。また外来遺伝子の導入や染色体の改変を組み合わせ、ピルビン酸等の有用

物質の生産性向上にも成功した。また放線菌をプラットフォームとした系では、宿主− ベクター系の高度化に成功した。

メタゲノム手法による有用遺伝子の探索では、リボソーム成分を対象としたスクリーニングにより、宿主機能改変に有効な遺伝子を多数獲得した。

進化分子工学による蛋白質の機能改変では、蛍光蛋白質をレポーターとして翻訳律速因子の解明や発現効率の向上に成功した。

蛋白質立体構造解析については、きのこ由来の不凍蛋白質、微生物由来グルコース脱水素酵素の解析などに成功した。

環境生物機能開発研究グループ

（Environmental Biofunction Research Group）

研究グループ長：湯本　勲

（北海道センター）

概　要：

微生物が主な機能を担う場における微生物叢の解析、有用微生物の分離、微生物叢の形成原理、微生物間相互作用、微生物の物質循環への寄与等の解明を通じて、環境保全・環境改善・産業利用に微生物を活用することを目指して研究を行う。また特殊環境下でも生育する個性の強い微生物群である極限環境微生物についてその生態および生きている仕組みを解明することによって、通常とは別の角度から生物の代謝や外界の有害物質から防御する仕組みを明らかにすることを目標に研究を行う。

高濃度過酸化水素存在環境下で生存する微生物についてその過酸化水素耐性機構について検討した結果、本微生物は生育ステージが進むにつれ、過酸化水素分解酵素を菌体表面の S-layer に蓄積し、外界に高濃度存在する過酸化水素から細胞を保護する仕組みを持つことが明らかとなった。また、過酸化水素分解酵素が菌体表面に存在することの外界の過酸化水素分解に対する優位性を検証した。

南極産脂質分解菌類を用いて室内で連続排水処理模擬実験を行った結果、接種菌株は水温の変動にかかわらず、生存することが明らかとなった。また実際の排水処理現場への当該菌株の応用を目的に、安価な大量培養法の検討を行った結果、通常菌類の培養に用いられるポテトデキストロース培地よりかなり安価な培地の適用が可能であることが判明した。

共生細菌が鞭毛運動性を用いて害虫カメムシに特異的に感染することを発見した。害虫腸内の微生物叢を調査し、多数の農薬分解菌を単離した。土壌および害虫腸内由来の農薬分解菌について農薬分解特性を解明した。

研究テーマ：1. 機能性微生物の探索と環境適応機能解明に関する研究
2. 微生物を応用した新規物質変換法および環境浄化法の開発
3. 微生物と有害物質との関係、微生物と宿主および微生物間相互作用についての機構解明

生物共生進化機構研究グループ

（Symbiotic Evolution and Biological Functions Research Group）

研究グループ長：深津　武馬

（つくば中央第6）

概　要：

非常に多くの生物が、恒常的もしくは半恒常的に他の生物（ほとんどの場合は微生物）を体内にすまわせている。このような現象を「内部共生」といい、これ以上にない空間的な近接性で成立する共生関係のため、極めて高度な相互作用や依存関係が見られる。このような関係からは、しばしば新規な生物機能が創出される。共生微生物と宿主生物がほとんど一体化して、あたかも1つの生物のような複合体を構築することも少なくない。

我々は昆虫類におけるさまざまな内部共生現象を主要なターゲットに設定し、さらには関連した寄生、生殖操作、形態操作、社会性などの高度な生物間相互作用を伴う興味深い生物現象について、進化多様性から生態的相互作用、生理機能から分子機構にまで至る研究を多角的なアプローチから進めている。

我々の基本的なスタンスは、高度な生物間相互作用を伴うおもしろい独自の生物現象について、分子レベルから生態レベル、進化レベルまで徹底的に解明し、理解しようというものである。

研究テーマ：1. 昆虫－微生物間共生関係の多様性の解明
2. 共生微生物が宿主に賦与する新規生物機能の解明
3. 共生関係の基盤となる生理，分子機構の解明

生物資源情報基盤研究グループ

（Microbial and Genetic Resources Research Group）

研究グループ長：鎌形　洋一

（つくば中央第6）

概　要：

本研究グループでは、未知・未培養・未利用の生物資源を探索する技術を開発するとともに、これらの生物遺伝子資源を活用した物質生産技術・環境制御技術等の開発を行うとともに微生物・遺伝子資源情報の外部提供を目的とした技術開発を行っている。具体的には(1) 未知・未培養微生物ならびに未利用生物資源の探索・同定・分類ならびにライブラリー化を進め、こ

れらの微生物資源の有効活用を目指した。その結果、これまで未知であった各種細菌・古細菌の分離に成功した。(2) 様々な自然・人工環境から分離された新規微生物群の機能解明・ゲノム解析・機能利用・微生物間相互作用の解明を行った。特に、地下圏・水圏・水生植物根圏・メタン発酵リアクター等に存在するこれまでに分離されたことのない新規な微生物の獲得に成功し、その機能解析を進めた。本年は特に水生植物根圏と根圏微生物相互作用について明らかにした。(3) 微生物を分離培養することなく直接環境 DNA・RNA を利用するメタゲノム・メタトランスクリプトーム解析により酵素群の探索を行った。その結果新たな糖質分解酵素をメタゲノムライブラリーから発見した。

研究テーマ：1.　未知・未培養微生物ならびに未利用生物資源の探索・同定・分類ならびにライブラリー化
2.　新規（微）生物群の機能解明・ゲノム解析・機能利用・微生物間相互作用の解明
3.　環境ゲノム解析技術：メタゲノム・メタトランスクリプトーム解析技術の開発と利用
4.　環境制御・浄化に資する微生物の生態学的解析・利用技術の開発

生体物質工学研究グループ

（Biological Substance Engineering Research Group）

研究グループ長：山岡　正和

（つくばセンター第6）

概　要：

当研究グループは、健康食品、化成品原料、バイオディーゼル燃料など幅広い用途が期待されている脂質を自在に生産できる酵母の系の確立と、バイオマス資源から得られる物質から生分解性など環境保全のための新規機能性高分子の開発・評価を目指している。

酵母等による脂質生産系の確立を目指して、酵母による脂質生産性向上や代謝に関わる因子の開発、高度不飽和脂肪酸生産に関わる因子の開発を進めて、平成24年度には以下の研究成果を得た。出芽酵母の snf2 破壊株に脂質合成酵素 DGA1を過剰発現させると、DGA1蛋白質の N 末端29残基が欠失して活性化するが、この酵素の N 末端欠失と活性化とは、ガラクトースやグリセロールを炭素源とした培養ではおこらず、グルコース培養に依存することを見出した。また、高度不飽和脂肪酸生産系の中で律速段階とされているΔ6不飽和化の因子として、原料脂肪酸の安定的分散培養のため添加している界面活性剤が重要で、タージトール NP40等が高い菌体生育やステアリドン酸生産に効果的であることを見出した。さらに、オレイン酸の12位に OH 基を持ち、石油製品に依存しないポリウレタン原料として注目されているリシノール酸を分裂酵母で生産させることに成功し、分裂酵母の脂質蓄積量を改善してリシノール酸の生産量を増加させるために、主要な蓄積性脂質であるトリグリセリド（TG）を分解するリパーゼ遺伝子の解析を試みた。出芽酵母の TG リパーゼ配列を指標とし、それと高い相同性のある3遺伝子をゲノム配列より同定した。これら3遺伝子の破壊株を作製し、期待通り TG 含量が増加する事、更に三重破壊株中で異種遺伝子産物であるリシノール酸の生産量も増加する事を明らかにした。

一方、脂質や糖質等のバイオマス資源から得られる生体物質は既にその幾つかが利用されているが、循環型社会構築のためには、原料を化石資源に頼らずに、再生可能なバイオマスを用いた新規機能性高分子の開発が期待されている。そこで昨年度に続いて、バイオ燃料製造時に副生するグリセロール誘導体を原料にケテンアセタールモノマーである2-メチレン-1,3-ジオキサン-5-オン（MDO）を合成、単離し、ラジカル重合を試みた。その結果、MDO は開環重合しポリエステルを与えることを見出した。また、発酵法で製造されているイタコン酸に注目し、イタコン酸エステルのポリマーを添加したポリ乳酸－植物繊維複合材料の強度を評価したところ、繊維が低含量ではポリ乳酸単体と同等であることを見出した。

研究テーマ：1. 機能性脂質の生物生産高効率化の研究
2. バイオマス由来高分子素材の合成と高機能化の研究

植物機能制御研究グループ

（Plant Gene Regulation Research Group）

研究グループ長：鈴木　馨

（つくば中央第4・第6）

概　要：

産業、環境、健康などの様々な面での植物利用の高度化、拡大のために、植物が本来持っている様々な機能を制御するメカニズムの解明と植物機能を有効に利用するための制御技術の開発を目指して研究を進めている。具体的には、①各種植物機能を制御する転写因子の同定と機能解明では、葉や実のサイズを決める因子、クチクラ形成を制御する因子、ジャスモン酸応答を抑制する因子などを明らかにした。②パラゴムノキの分子育種に関する研究では、乳管形成制御因子の候補遺伝子の同定、形質転換法の検討を行った。③イネのキメラリプレッサー植物体の整備・形質変化の解析と情報整備を行った。④環境変動型スーパー植物の開発では、転写抑制時に特異的に転写因子と共に複合体を形成する候補因子を複数同定した。また、転写抑制ドメインを持つ約300個の転写因子に転写活性化ドメインを付加し過剰発現させる系統の形質転換体を作成

し、各種の過酷なストレスに対して耐性を獲得した系統の単離に成功した。⑤新規な木質を形成する植物の開発では、木質を形成しない変異体の表現型を回復させる研究において、細胞壁含量が野生株比で35%増加する系統を得た。酵素糖化性においても野生株比で30%向上する系統を得た。

研究テーマ：1. 各種植物機能を制御する転写因子の同定と機能解明
2. パラゴムノキの分子育種に関する研究
3. イネのキメラリプレッサー植物体の整備・形質変化の解析
4. 環境変動型スーパー植物の開発
5. 新規な木質を形成する植物の開発

バイオデザイン研究グループ

（Bio-Design Research Group）

研究グループ長：矢追　克郎

（つくば中央第6）

概　要：

本研究グループでは、ゲノム情報、遺伝子発現情報、生体分子の構造・機能相関等の解析技術を基盤として生物プロセスによる有用物質生産基盤技術の開発を行っている。具体的には（1）セルロース系バイオマスを分解する酵素である、セルラーゼやヘミセルラーゼのメタゲノム手法による探索を行い、得られた有用酵素について詳細な機能解析を行った。（2）バイオマスからの高効率なバイオエタノール生産を目指し、次世代シーケンサーを活用した手法でエタノール生産酵母株の耐酸性、耐熱性、キシロース代謝の向上を行った（3）さまざまな真核細胞において自在に遺伝子発現制御可能な汎用プロモーター開発のために、そのコアプロモーターとして利用可能な新規の双方向性プロモーターをメダカゲノムより取得した。（4）糸状菌や担子菌酵母の比較ゲノム解析により、二次代謝生産に関わる要因の解析を進めた。（5）糸状菌を中心にゲノムを解析し、有用物質生産に応用するための方法論の開発を進めた。

複合糖質応用研究グループ

（Advanced Glycoscience Research Group）

研究グループ長：亀山　昭彦

（つくば中央第2、中央第6）

概　要：

糖鎖はタンパク質や脂質などと結合して存在する。このような物質を複合糖質と呼ぶ。バイオ医薬の多くも複合糖質である。当研究グループは、複合糖質の糖鎖部分の機能を創薬などに活用することを目的として、糖鎖の分析・制御・生産・機能に関わる技術開発を進めている。

糖鎖の分析については、糖鎖多段階質量分析スペクトルデータベース、キャピラリー電気泳動、分子マトリクス電気泳動などの技術開発を進めた。制御および生産については、安価かつ大量に培養ができ、ウイルス感染などの影響もない酵母を用いた糖タンパク質の生産系を構築し、ヒト型糖鎖を持つサポシン B など4種類の糖タンパク質の生産と評価を進めた。機能については、酵母由来のエンド型糖加水分解酵素の基質特異性や糖転移能を解明し、論文発表した。また、糖脂質グリコシルホスファチジルイノシトール（GPI）の生合成機構の研究を進め、メタノール資化性酵母 *O. minuta* における GPI の脂質リモデリング系の遺伝子のクローニングに成功した。

研究テーマ：1. バイオ医薬開発・生産における糖鎖管理技術
2. 酵素法と酵母細胞を利用した糖タンパク質合成
3. 酵母の細胞壁合成に関する研究
4. 分子マトリクス電気泳動法の開発と応用

⑧【バイオメディカル研究部門】

（Biomedical Research Institute）

（存続期間：2010.4.1～）

研究ユニット長：近江谷　克裕

副研究部門長：亀山　仁彦、本田　真也

総括研究主幹：矢吹　聡一、丹羽　修

所在地：つくば中央第6、第2、第4

人　員：77名（77名）

経　費：1,063,322千円（627,977千円）

概　要：

バイオメディカル研究部門は、ライフ・イノベーションを実現するための産総研ミッションである「先進的・総合的な創薬技術、医療技術の開発」、「健康な生き方を実現する技術の開発」の技術開発を推進するため、①生体分子の構造・機能を理解・解明し、それらの知見に基づいた創薬基盤技術・医療基盤技術を確立する、②創薬・医療に関わる基礎・基盤技術の動向を把握し、将来に向けた技術の芽を発掘し育成を部門ミッションと定め、新しい創薬基盤技術・医療基盤技術および関連技術の研究開発を推進している。上記の部門ミッションを遂行するため、以下の四つの戦略課題を設定し、重点的に予算を配分し研究を実施している。それぞれの戦略課題には複数の研究グループを配置し、課題解決に向け複数の研究グループが一体となって研究を実施するよう促している。また経済産業省、文部科学省、新エネルギー・産業技術総合開発機構、科学技術振興機構などの受託研究や企業等との共同研究など、外部資金による研究開発も積極的に推進している。

戦略課題１．生体分子の構造・機能解析と高機能化

蛋白質等の生体高分子のエックス線結晶構造解析や高分解能電子顕微鏡解析を行い、これら分子の構造と機能の相関関係を明らかにするとともに、臨床薬のターゲットとなる膜蛋白の迅速構造解析法等の開発を行う。また、蛋白質設計技術、合成技術、改良技術の開発を行うとともに、抗体精製用リガンド蛋白質についてこれら開発した蛋白質設計・合成・改良技術を適用することで高機能化等を進め、抗体医薬品開発を加速化する多品目抗体に迅速対応可能な新規精製システムの構築や抗体医薬品の問題点である製造コストの低減化を目指す。更に簡便な遺伝子定量法や新規人工蛋白質の開発を行い医療計測の標準化に資するプラットホームを整備する。

戦略課題２．生体メカニズムの解明とその制御物質の探索

健康状態における生体リズムの変動や老化に伴う生体分子の変化などを個体・細胞・遺伝子レベルで解析し、これらの変動や変化を引き起こす生体分子メカニズムの解明を目指す。また得られた解析成果を利用して生体分子メカニズムの評価系を開発し、生体分子メカニズムを制御する生理活性物質を天然物などから探索・同定する。さらに、生体分子メカニズムの異常より引き起こされる疾病、特に睡眠障害などの生体リズム障害および体内時計に関連する高血圧、血栓症、がんなどの生活習慣病を疾患ターゲットとして、健康状態をモニタリングするためのバイオマーカー開発やこれら疾患の予防や改善を目的とした天然物由来生理活性物質の発見を目指す。

戦略課題３．健康・疾患に関連する細胞制御分子の解明と利用

健康や病気の生体や組織において、その機能を調節する遺伝子やタンパク質、細胞間シグナル伝達に働く種々のシグナル分子などを解析し､これら生体分子による細胞制御メカニズムの解明を目指す。また、脳神経疾患や生活習慣病を始めとする種々の疾患のバイオマーカーや原因因子を探索・究明する。これらの分子、あるいはそれを高機能化した分子を用いて細胞の機能異常の検出や、それを制御する技術を開発し、健康の増進や疾患の予防・診断・治療に貢献する。

戦略課題４．ナノバイオ技術融合による極微量生体分子の計測解析技術開発

ナノ分子材料や微細加工技術、表面加工技術と言ったナノテク技術とバイオ分野の技術を融合したバイオ診断計測解析技術の開発を行う。具体的には、生体分子と強く相互作用し信号変換する分子認識材料や発光分子プローブ材料の合成、生体分子を高感度に検出できるナノ薄膜電極材料、および一細胞での計測が可能なナノ針等のデバイス技術の開発を行う。また、それら要素技術を融合し、血液など極微量サンプルから複数の疾病マーカーを高感度に検出可能なセンサーや単一細胞解析が可能なセルソータなどの実現と、これらの基礎となる研究開発を行う。

研究推進に加え、産総研のミッションや仕組みを十分理解し、産総研職員として自ら考え的確に行動できる職員の育成を行うとともに、産総研のミッションである「若手研究者のキャリアパス支援及び研究人材の交流推進」を実施するため、③「自ら考え着実に行動・実践・対話できる人材の育成」を三つめの部門ミッションと定め、産総研職員の育成と共に、産総研イノベーションスクール生、ポストドクや博士課程の学生、企業等からの外部研究員などを受け入れ、研究現場にて研究開発を行いながら人材育成を行っている。

当部門は、質の高い論文として研究成果を発信することおよび開発技術の工業所有権（特許）の取得を行うことで成果の普及を行っている。研究論文においては国際的に評価の高い論文誌への投稿を重視し、特許においてはその具体的技術移転を想定した戦略的出願を重視している。また、企業等との共同研究を積極的に行うと共に、産総研オープンラボ、技術相談、学会・研究会などを通して成果の発信や普及を進めている。

内部資金：

・融合・連携推進予算（戦略予算）「日印融合研究促進のためのイノベーション拠点形成－アジアのバイオをリードする研究ハブを目指す－」
・イノベーション推進本部予算（戦略予算）「化学物質リスク管理のための発光培養細胞による化学物質安全性評価システムの標準化」

外部資金：

・独立行政法人科学技術振興機構「ラベル不要の高機能性バイオセンサシステムの開発」
・国立大学法人北海道大学「インターフェロン誘導性のウイルス RNA の合成」
・独立行政法人日本学術振興会「RNA 合成酵素の反応制御分子基盤」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「tRNA 揺らぎ塩基のカルボキシメチルアミノメチル化反応機構の構造機能解析」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「CRISPR システムにおける AGO2様活性を有する RNP 複合体の構造機能解析」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「ミトコンドリアにおける tRNA プロセシング機構の解明」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「新規発光・蛍光技術ソースの探索を目指した発光生物調査」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「ルシフェリン合成系を導入した完全人工発光植物の創製」

・独立行政法人科学技術振興機構「【束ね契約】復興促進プログラム（A-STEP）探索タイプ「未利用海藻資源からの健康食品素材製造技術の開発」未利用海藻資源からの健康食品素材製造技術の開発」
・独立行政法人科学技術振興機構「【束ね契約】復興促進プログラム（A-STEP）探索タイプ「未利用海藻資源からの健康食品素材製造技術の開発」ヤマユリ精油の産業化に関する研究」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「唾液を用いた生体時刻測定法確立のための唾液腺特異的遺伝子の同定」
・独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「創薬加速に向けたタンパク質構造解析基盤技術開発」
・独立行政法人科学技術振興機構「DNA ポリメラーゼの displacement 活性（鎖置換活性）の増強による二本鎖 DNA 複製系の開発」
・独立行政法人科学技術振興機構「シグナル撹乱複合体の電子顕微鏡解析」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「高分解能3次元組成分析システムの開発と生物試料の解析」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「シグナル制御複合体の構造と細胞内局在の電子顕微鏡解析」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「細胞内在化機能を有する抗体を利用した安定かつ無毒性生体内イメージング技術」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「進化分子工学を利用した蛍光性 RNA の獲得」
・独立行政法人科学技術振興機構「高機能化細胞増殖因子を用いたヒト iPS 細胞用の無血清培養液の開発」
・独立行政法人国立精神・神経医療研究センター「筋ジストロフィーおよび関連疾患の診断・治療開発を 目指した基盤研究」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「FGF 受容体の変異による骨・軟骨形成不全疾患発症メカニズムの分子レベルでの解析」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「休止期の毛包に高発現する細胞増殖因子は毛成長をどのように制御するか？」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「エストロゲン様化学物質影響評価のための細胞内新規シグナル伝達経路の解明」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「廃用性筋萎縮の新たなメカニズムの解明：体内時計の乱れは筋肉をも壊してしまうのか？」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「ストレス性睡眠障害モデルを用いた不眠症改善物質スクリーニング系開発とその応用」
・文部科学省研究開発施設共用等促進費補助金「細胞性粘菌リソースの整備と提供（細胞性粘菌標準株および変異株の収集、保存と提供）」
・独立行政法人日本学術振興会「ナノニードルアレイを用いた革新的細胞分離解析技術の開発」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「アクチンフィラメントの B 端方向への協同的構造変化とハイパーモバイル水の機能解明」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「アメーバ運動を統御するアクチン構造多型マシナリー」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「張力によるアクチンの構造変化と、それに依存したミオシンの結合増加及び局在制御」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「少数のダイニンと微小管から成る振動系の作成と構造・機能研究」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「近赤外デジタルホログラフィー法による動物プランクトン計測技術の開発」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「ホスホリパーゼ D の細胞膜上における動態解析と細胞運動における極性維持機構の解明」
・独立行政法人科学技術振興機構「藻類由来レクチンを用いた血中ウイルス等除去技術の開発」
・独立行政法人科学技術振興機構「抗体発現細胞開発および培養モニタリングのための迅速な抗体濃度測定装置の開発」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「3次元ナノ相分離膜構造と高感度分子認識能の動的解析」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「生物希少資源が不要な酵素増幅型エンドトキシン検出法の開発」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「ナノホールアレイを用いた表面プラズモン共鳴法によるメチル化 DNA の迅速検知」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「非標識バイオセンシングに向けた高触媒活性な窒素ドープグラフェン様薄膜電極開発」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「カーボンナノ構造薄膜電極の創成と薬物代謝スクリーニングチップの開発」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「酸化ストレスマーカータンパク質検出用蛍光分子プローブの創製と医療診断への展開」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「快・不快情動が操る嗅覚表象の単離脳イメージング：行動解析との融合的アプローチ」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「低分子量 G タンパク質間クロストーク制御による細胞移動と軸索伸長メカニズムの解析」
・独立行政法人科学技術振興機構「【束ね契約】研究成果展開事業　研究成果最適展開支援プログラムフィー

ジビリティスタディステージ探索タイプ「レンチキュラーレンズを用いた高精度な姿勢検出が可能な視覚マーカの開発」他5課題　膜タンパク質認識ペプチド創製技術の最適化および自動化に関する技術開発」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「蜘蛛類毒腺の生理活性ペプチドの探索・解析および新規ペプチド創製の試み」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「実用化を目指した血液脳関門透過型高分子医薬デリバリーシステムの開発」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「人工細胞膜を目指した安定なナノ構造分子膜構築に関する研究」
・経済産業省日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業「平成24年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米先端技術標準化研究協力）核酸計測」
・経済産業省その他（国際標準化推進事業委託費）「平成24年度国際標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発事業：医療用バイオチップ実用化促進に向けたヒト核酸の測定プロセスに関する国際標準化））」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「環境浄化に関わる未培養微生物を生きたまま選択的に回収する技術の創成」
・経済産業省日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業「平成24年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米先端技術標準化研究協力）タンパク質計測」
・独立行政法人科学技術振興機構「藻類由来原料を利用した多糖類系バイオプラスチックの研究」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「酵母を用いたヒト上皮増殖因子受容体の機能解析」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「後続バイオ医薬品開発を目指した環状化サイトカインの分子設計と合成」
・独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構　生物系特定産業技術研究支援センター「消化管免疫細胞の活性化と機能成熟機構の解明」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「オンチップスクリーニングと1細胞時系列イメージングによる細胞運動因子のキノーム解析」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「遺伝子導入セルチップの高機能化を実現するソフト界面の構築」
・独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「転写因子SATB1に対する複合標的核酸創薬基盤の開発」

発　表：誌上発表141件、口頭発表326件、その他52件

蛋白質デザイン研究グループ

（Protein Design Research Group）

研究グループ長：広田　潔憲

（つくば中央第6）

概　要：

欲しい機能を有する蛋白質を思いのままに創製することは、蛋白質科学における究極の目標である。我々は、配列空間探索というコンセプトのもとに、新しい観点からの蛋白質デザイン法の開発に取り組んでいる。そのために、蛋白質に網羅的に一アミノ酸置換変異を導入し、得られた変異型蛋白質の特性解析を行っている。また、蛋白質をデザインするということはアミノ酸配列空間における地形解析である、とのコンセプトのもとに個々の変異効果について曖昧な加算性を仮定した適応歩行による蛋白質デザイン法を提唱し、その広範な利用を推進している。例えば、近年抗体医薬品が急成長しており、その製造・精製プロセスのプラットホーム技術の高度化が要望されているので、この蛋白質デザイン法を利用し、抗体精製用のアフィニティ・リガンド蛋白質のデザインを可能にするための基盤技術開発を進めている。さらに、デザインしたアフィニティ・リガンド蛋白質、及び当グループで開発した蛋白質の配向制御固定化技術を利用して、民間企業とも協力し、抗体医薬品精製用のアフィニティ担体の開発等に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目１

健康維持機能物質開発研究グループ

（Physiologically Active Substances Research Group）

研究グループ長：大西　芳秋

（つくば中央第6）

概　要：

これから日本は「少子高齢化社会」を迎えるにあたり、国民が健康に生活していく為の医療・健康関連分野のイノベーションが期待されている。本研究グループでは、高血圧症、動脈硬化症、2型糖尿病など、生活習慣病の予防やその軽度な段階での改善のために利用できる機能性食品の開発のみならず、ハーブや亜熱帯植物などを材料に新たな生理活性物質の検索、開発し、機能性物質として実用化することを目標として研究を行っている。具体的には、生理活性物質（動脈硬化（血栓形成）に関わる PAI-1の産生を抑制する物質、早朝高血圧を防止するための血圧降下物質など）や生体リズム制御物質を効率よくスクリーニングする方法の確立を目標とする。種々の in vitro スクリーニング系を組み合わせることにより、生体リズム異常関連疾患の症状改善のための生理活性物質をスクリーニングする。さらに、病態モデル動物（脳卒中ラットや高血圧ラットなど）を使って検証を行い、実用性の高い健

康維持増進物質を開発する。さらには、高齢者に頻発する疾患の病因の解明、原因物質の探索、検出方法の新たな開発も行っている。最終的には、新たな機能性物質として実用化することによる産業、経済の活性化に貢献する。

研究テーマ：テーマ題目２

生物時計研究グループ

（Biological Clock Research Group）

研究グループ長：大石　勝隆

（つくば中央第6）

概　要：

現代社会においては、社会の24時間化や急速な高齢化に伴い、睡眠障害やうつ病、不登校・出社困難などの神経症が急増しており、体内時計との関連が注目されるようになった。体内時計と様々な疾患の発症との間には、複雑な相互作用が存在し、それぞれの作用メカニズムを解明することにより、新規な治療法や予防法の開発が可能になるものと考えられる。生物時計研究グループでは、体内時計と様々な疾患発症との関連性を分子レベルで解明することにより、時間医療・時間薬理学分野へ貢献するのみならず、生活習慣と体内時計との関連性に着目し、予防的観点から国民の健康医療に貢献することを最大の目標とする。

我々はこれまで、ヒトへの外挿可能なストレス性睡眠障害モデルマウスの開発を行い、睡眠障害のみならず、慢性疲労や、過食、糖代謝異常など睡眠障害に関連する病態を呈することを明らかとしてきた。本マウスを用いることにより、生体リズム異常に関連する様々な疾患の発症メカニズムの解明や、新たな予防・改善・治療法の開発が可能であると期待される。今年度は、ストレス性睡眠障害モデルマウスを効率よく作製するための飼育ケージの製品化を達成し、慢性的な睡眠障害のバイオマーカー候補分子を同定した。また、民間企業と協力し、睡眠障害の改善効果がある乳酸菌を同定した。

研究テーマ：テーマ題目３

分子細胞育種研究グループ

（Molecular and Cellular Breeding Research Group）

研究グループ長：本田　真也

（つくば中央第6）

概　要：

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

研究テーマ：テーマ題目４、テーマ題目５、テーマ題目６

RNA プロセシング研究グループ

（RNA Processing Research Group）

研究グループ長：富田　耕造

（つくば中央第6）

概　要：

RNA はその鋳型である DNA から転写された後、多岐にわたる加工プロセスを経て、機能をもった RNA へと成熟化されます。RNA プロセシング研究グループでは、RNA が合成され、最終的に機能をもった RNA へと成熟化される一連の“RNA プロセシング”過程に注目し、この過程に関わる蛋白質、蛋白質複合体装置の“機能”、“構造”、“進化”、そして“制御”の解析を通して、RNA と蛋白質の協同的な機能発現、制御、進化の詳細な分子機構を明らかにすること目指す。具体的には RNA 合成、RNA の代謝、RNA の成熟化、RNA の機能付加に関わる酵素複合体に注目し、その中でも、“RNA 合成酵素群”に注目し、それらの蛋白質、蛋白質複合体の詳細な反応分子機構、分子認識機構、分子進化、制御機構の解明を、生化学、分子細胞生物学、構造生物学的手法を用いて多角的に明らかにする。

研究テーマ：テーマ題目７

ナノバイオデバイス研究グループ

（Nano-biodevice Research Group）

研究グループ長：丹羽　修

（つくば中央第6）

概　要：

新規なカーボンや自己組織化膜などのナノ薄膜材料、免疫系分子、非免疫分子、酵素等を利用した高精度な分子認識界面を構築し、生体分子を高感度に検出可能なセンシング手法を開発する。併せて、検出法の高感度化、マイクロナノ加工技術を融合した前処理工程の集積化や多項目試料測定が可能なデバイスの実現を目的とする。具体的な研究手段、方法論として、スパッタカーボン薄膜を用いた薬剤管理用の電気化学センサ開発、脳内の細胞代謝分子モニタリングへの応用、新規なナノ加工法によるナノ構造体を有するカーボン電極による薬物スクリーニング法の開発、配列特異的なメチル化 DNA の検出、糖鎖修飾界面と電気化学刺激を利用したタンパク質の高感度検出などを行った。ま

た、戦略予算：アジア戦略「水プロジェクト」で環境管理部門等と協力し、ナノカーボン薄膜電極を用いた重金属イオンの高感度電気化学計測法の開発を担当した。

研究テーマ：テーマ題目８

バイオ界面研究グループ

（Bio-Interface Research Group）

研究グループ長：田中　睦生

（つくば中央第6）

概　要：

様々な知見に立脚した界面構築材料の創製、材料物性に応じた界面構築法、分子レベルでの界面構造解析、界面の機能解析等、界面に関する一連の基盤研究を統合的に展開し、センシング素子や選択的透過膜等の機能性界面構築技術の確立、さらには機能性界面を用いたセンサー開発等、実用化を目指した応用技術の確立を目標とする。界面構築材料の創製においては、タンパク固定化材料や非特異吸着抑制材料、糖鎖材料などの合成法や、補体レセプター等の機能性タンパク質産生・精製法を確立し、これらの材料を用いて機能性界面構築法について検討を行い、新規センシングデバイスの開発についても検討した。分子レベル界面構造解析では、走査型プローブ顕微鏡等を駆使して界面構造を解析し、界面構造と機能との相関を検討した。さらには、核磁気共鳴法等の分光学的手法を用いて代謝生成物である物質や界面物性を包括的に解析できるプロファイリング法について検討開発すると共に、開発した手法の普及を行った。

研究テーマ：テーマ題目９

バイオメジャー研究グループ

（Bio-Measurement Research Group）

研究グループ長：関口　勇地

（つくば中央第6）

概　要：

(1) 産業や医療分野などでのバイオ計測の信頼性確保、その国内及び国際的な比較互換性の確保（基準測定法の確立、標準物質の整備など）に資する技術開発と基盤整備

バイオ計測（生体由来物質の計測：バイオメジャー）は広く産業、医療分野等において行われているが、その信頼性確保のための基盤整備は不十分である。また、その多くのバイオ計測の計量計測トレーサビリティの確立は途についたばかりであり、バイオ計測の国内および国際的なレベルでの比較互換性の確保は今後の大きな課題である。本課題では、バイオ計測の信頼性確保、比較互換性の確保に向け、そのための課題整理と標準化ニーズ調査を進めるとともに、そのために必要な技術的検討を行った。バイオ計測基盤の国際的な整合性を確保するための取り組みとして、国際度量委員会物質量諮問委員会バイオアナリシスワーキンググループなどに参加し、バイオ計測の標準化に関する議論に参加、貢献した。また、バイオ標準に関する基盤技術の確立とバイオ標準物質の開発、整備を実施すると共に、バイオ計測の精度管理方法の開発、およびバイオ計測の国際標準化に資する研究開発を実施した。

(2) 生体由来物質（核酸、ペプチド・タンパク質、代謝物、細胞、その他個体としての生命活動など）を検出・定性・定量するための新しい有用な基盤技術の創成

生体由来物質を対象とした計測分野のさらなる発展は、今後のバイオテクノロジー分野、医療分野等の進歩に大きく寄与する重要な課題である。本課題では、核酸や動物細胞を中心に、それらバイオ計測技術を進展させるための基盤技術の開発を行った。遺伝子量評価、あるいは遺伝子発現解析を念頭に、エンドポイント定量法などを利用し核酸を配列特異的に検出、定量を行う新規な手法の開発と、その応用を行った。また、微生物由来核酸の定量技術開発を行った。また、核酸と相互作用する酵素の活性を迅速かつ網羅的に評価するための基盤技術開発を進めた。

研究テーマ：テーマ題目10、テーマ題目11

脳遺伝子研究グループ

（Molecular Neurobiology Research Group）

研究グループ長：戸井　基道

（つくば中央第6）

概　要：

高齢化社会に伴い増加の一途をたどる神経・精神疾患において、その発症予測や治療、機能回復に関わる技術に対しての社会的要請が強まりつつある。しかしながら、神経細胞の分化・維持機構、ネットワーク形成やその可塑的変化を分子レベルで計測し、その詳細を理解することは依然として十分ではなく、それが疾患の予測・治療手法や、機能改善・代替手法の開発が進まない原因の一つとなっている。そこで当研究グループでは、主にモデル動物を用いた遺伝子解析技術と光学的イメージング技術に基づいて、神経細胞の維持・再生・移植技術に関する基礎技術の提供を研究目標とする。特に、モデル動物を用いた遺伝子操作や、培養細胞への遺伝子導入手法により、神経細胞の基本特性の制御に関与するキー遺伝子の機能や神経疾患に関連した遺伝子産物機能、さらには脳内神経ネットワークの形成・維持制御機構等を解明する。そのために、新規の神経疾患モデル動物の作製や疾患に関与するキータンパク質群の生体内での動態解析技術、疾患変異型モデル生物を用いた新規のスクリーニング技術の開

発を行っている。並行して、これらの解析に必須である、分子レベルから個体レベルまでの生体現象の可視化を可能にする、新たな顕微鏡システムや観察基盤技術の開発も進めている。これらの解析により、生体脳内や神経細胞内のイベントを鮮明に観察しながら、個々の疾患状態や治療効率の向上に繋げていく。

研究テーマ：テーマ題目12

脳機能調節因子研究グループ

（Molecular Neurophysiology Research Group）

研究グループ長：亀山　仁彦

（つくば中央第6）

概　要：

生物の細胞間・細胞内の情報伝達は生体分子の相互作用により制御されている。これら生体分子が本来持っている機能を解析しそれを利用する技術開発・機器開発などを遂行する。具体的には生理活性ペプチド、タンパク質、核酸などが結合する標的分子の認識機構を主に分子生物学的手法により解析し、分子間相互作用機構を利用した創薬に資する技術開発、機器開発などを行う。生理活性ペプチドの構造骨格部分を保存し、標的認識部分に変異を導入した人工 cDNA ライブラリーを作成し分子進化工学的手法により新たな標的分子を認識できるように試験管内で高機能化する手法を開発中である。

研究テーマ：テーマ題目13

シグナル分子研究グループ

（Signaling Molecules Research Group）

研究グループ長：今村　亨

（つくば中央第6）

概　要：

当研究グループでは、産総研ミッションである「先進的・総合的な創薬技術、医療技術の開発」、「健康な生き方を実現する技術の開発」の技術開発によるライフ・イノベーションの実現のため、創薬・医療に関わる生体分子の構造・機能の理解・解明と創薬・医療に関わる基礎・基盤技術の開発をめざしている。特に、各種組織を構成する細胞の、増殖・分化・機能等を制御するシグナル分子を研究の起点として、ヒトなど高等動物の細胞と個体の機能制御メカニズムに関する新知見を獲得するための研究を推進している。研究手段は、分子レベル、細胞レベル、個体レベルにまたがっている。得られた知見については、これを活用し、シグナル分子とその制御分子を用いて生命現象を細胞レベル・個体レベルで評価・制御するテクノロジーを開発し、創薬と医療支援に係る産業の振興に資することを目標としている。これらの目標に加え、当研究グループでは、シグナル分子を起点とした研究による知見の獲得とその利用という研究取り組みが、ライフサイエンス分野における本格研究の実現に有効であることをその研究活動を通じて示すことも、随伴的目標と位置づけている。

研究テーマ：テーマ題目14、テーマ題目15、テーマ題目16

構造生理研究グループ

（Structure Physiology Research Group）

研究グループ長：佐藤　主税

（つくば中央第6）

概　要：

我々の細胞の機構は、分子から始まって様々な階層での相互作用の積み重ねによって形成されている。我々は、細胞、微生物の構造と機能の制御機構を、主に電子顕微鏡技術を利用して、分子・細胞・神経回路網レベルで研究している。光学顕微鏡で細胞を観察する際、分解能は200nm までが限界だが、電子顕微鏡は2Åにも達する高い分解能を誇る。しかし従来の方法ではタンパク質は、微かに薄い像としてしか写らない。薄い像でも膨大な数の電顕像を組み合わせれば、高分解能の3次元構造を計算できる。我々は、この単粒子解析技術を、情報学を駆使して開発し、神経興奮の発生や、Ca シグナル、痛みの伝達、アルツハイマー症、細胞内輸送、抗癌剤などに関係する様々な膜タンパク質・可溶性タンパク質の構造決定に成功した。さらに、もう少し大きな細胞内の微細構造を観察するために、半導体製造で用いる SiN 薄膜越しに液体中の細胞を直接 SEM で見る全く新しい電子顕微鏡を、(株)日本電子と共同開発した。これらの技術を NMR や X 線結晶解析、画像情報学などの様々な方法と組み合わせながら、細胞内外におけるタンパク質や細胞内小器官の構造と機能の関連を広く研究している。

研究テーマ：テーマ題目17、テーマ題目18

セルメカニクス研究グループ

（Cell Mechanics Research Group）

研究グループ長：中村　史

（つくば中央第４）

概　要：

本研究グループは、生物の有する機械的な運動機能、関連する生体分子の構造と機能を明らかにする、あるいはそのための装置・技術の開発を行う。明らかにした生物の情報、開発された技術により、学術研究、医療、創薬、あるいは細胞そのものを応用する新産業等に貢献することを目指す。細胞骨格系タンパク質の構造変化に基づく新規機能を解明することで、医療応用における基盤情報の確立の一助と成る。近年 iPS 細胞に代表される幹細胞の応用に注目が集まっているが、移植医療への応用を実現するためには、免疫原性の抑制等を行い安全な細胞を提供する高度な細胞制御技術

が必要となる。そのために細胞の構造と機能を理解し、低侵襲で効率よく解析・操作・分離を行う新しい技術、セルサージェリー技術の開発を行う。これらの研究は、バイオインフォマティックス、ナノテクノロジーなどの分野融合によって生み出される全く新しい生体分子工学、細胞工学の技術体系の構築とこれを利用した産業の創出に資するものである。

研究テーマ：テーマ題目19、テーマ題目20

細胞増殖制御研究グループ

（Cell Proliferation Research Group）

研究グループ長：ワダワ　レヌー

（つくば中央第4）

概　要：

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

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

その他にも、タンパク質を構成しないノンコーディング RNA（ncRNA）に着目し、生きたままの細胞内で ncRNA を蛍光検出する新規手法を通じて分子解析を進めている。上記のような標的因子の細胞内での挙動を制御することで、細胞の不死化やガン化を自在に操ることができる技術の開発を行い、「より良い医薬品の開発・提供」や「健康産業の創造」に貢献できるような研究活動を行っている。

研究テーマ：テーマ題目21、テーマ題目22、テーマ題目23

分子複合医薬研究グループ

（Molecular Composite Medicine Research Group）

研究グループ長：宮岸　真

（つくば中央第6）

概　要：

分子複合医薬グループでは、多様な機能分子と様々な技術要素を複合的に組み合わせた医薬技術の開発、および、健康な社会の実現を目指し、タンパク質構造から、細胞・個体レベルに及ぶ、多面的なテーマに取り組んでいる。構造解析に関しては、遺伝子発現調節因子、疾患関連因子を対象とし、NMR 分光法や X 線結晶回折法などの構造生物学的解析を中心とした物理化学的アプローチにより、機能発現に関わる分子認識機構の解析を行なっている。抗体医薬を目指した取り組みとして、人工ライブラリーシステムの高度化に関する技術開発、シグナル分子や関連分子を認識するモノクローナル抗体作製・応用化技術の開発を行っている。ポスト抗体医薬として注目されている核酸医薬の開発を進め、次世代アプタマーを用いた検出系、核酸医薬品の開発を行っている。また、疾患のターゲット分子を容易に明らかにする技術として、トランスフェクションアレーを用いた癌転移に関わるターゲット分子の探索、および、ペプチドを用いたアレー技術の開発を行っている。個体レベルの研究としては、消化管免疫の分子機構の解明、および、脳におけるてんかん、モルヒネ鎮痛効果の分子機構の解明等を行い、医療技術や医薬品の開発を目指した研究を進めている。

今回、グループの研究の中で、核酸医薬、脳神経分野における研究テーマについて報告する。

研究テーマ：テーマ題目24、テーマ題目25

［テーマ題目１］蛋白質デザインに関する研究

［研究代表者］広田　潔憲（蛋白質デザイン研究グループ）

［研究担当者］広田　潔憲、末森　明夫、横田　亜紀子、竹縄　辰行（常勤職員4名、他4名）

［研 究 内 容］

欲しい機能を有する蛋白質を確実に創成する技術としての「配列空間探索による蛋白質デザイン法」の実証研究、及び「配向制御固定化法」による生体外での蛋白質利用技術の研究開発を行っている。

配列空間探索による蛋白質デザイン法の実証研究では、ジヒドロ葉酸還元酵素と p-ヒドロキシ安息香酸ヒドロキシラーゼを対象に変異解析を進めている。前者に関しては、網羅的な一アミノ酸置換変異体を作製し、その特性として酵素活性、補酵素活性、熱安定性などを解析しデータベースの構築を行ってきたが、引き続き、大腸菌による発現が困難な変異体、保存度の高いサイトの変異体等の未取得変異体の構築と特性解析を進め、データベースの完成度をさらに向上させた。後者に関しては、系統的に作製した一アミノ酸置換変異体の特性データを利用し、標的特性の効率的な改変方法の開発を進めてきたが、保存度の高いサイトの網羅的一アミノ酸置換変異体データベースを構築し、補酵素特異性に関するデータを解析することにより、補酵素特異性の効率的な改変に有

効なサイトを特定し、この成果を他のフラボ蛋白質にも適用することに成功した。

この蛋白質デザイン法を抗体医薬品の製造技術に応用するために、アフィニティ精製技術の開発に取り組んできた。具体的には、プロテイン A 等の抗体結合蛋白質をフレームとしたアフィニティ・リガンド蛋白質の網羅的な一アミノ酸置換変異体を作製し、これらを独自開発した蛋白質アレイ解析システムを用いて特性解析を進めてきた。その結果、酸性で抗体を解離しやすいリガンド蛋白質をデザインすることに成功し、また、このリガンド蛋白質を配向制御固定化することにより、よりマイルドな条件で抗体の精製を可能にするアフィニティ担体を開発することに民間企業と協力して成功した。

［分　野　名］ラフサイエンス

［キーワード］蛋白質デザイン、配列空間探索、配向制御固定化、アフィニティ精製技術、アフィニティ・リガンド蛋白質

［テーマ題目２］健康維持機能物質の開発

［研究代表者］大西　芳秋（健康維持機能物質開発研究グループ）

［研究担当者］大西　芳秋、森井　尚之、河野　泰広、市村　年昭、小川　昌克
（常勤職員5名、他1名）

［研 究 内 容］

生活習慣病改善のための物質の開発を目的として、沖縄（100種類）や茨城（200種類）の植物を材料に、アディポサイトカイン産生調節作用を有する抽出物を探索するとともに、体内時計の調節に関連する化合物を開発する目的で、炎症時に増加する一酸化窒素（NO）の産生抑制および炎症性サイトカイン TNF-α産生抑制アルカロイドを探索した。時計遺伝子 Bmal1を用いたリアルタイムレポーターアッセイシステムを用いて、パッションフルーツ等に含まれるアルカロイドのうち、ハルミンが生体リズム周期延長作用を有することを見出した。またハルミンは炎症性サイトカイン TNF-α の産生を顕著に抑制する活性を持つことを発見した。生薬セキサンの成分であるリコリン、リコリシジノールやカンレンボクの主成分であるカンプトテシンにおいても生体リズム周期延長作用を見出した。これらの結果より現在のスクリーニングシステムを用いることにより、生体リズム周期を変動させる物質のスクリーニングが可能であることが証明されたのみならず、周期の変化と Bmal1の転写量に相関関係があることが示唆され、今後のスクリーニングにおいて効率化を行ううえで重要な知見が得られた。またこれらアルカロイドのうち TNF-α産生抑制機能とα，β-unsaturated ketones 構造の関係を明らかにし、アルカロイド構造からの機能推定の可能性が示唆された。リコリンと類似のアルカロイド骨格を持つガランタミンは、生体リズム異常を伴うアルツハイマー病の治療薬（レムニール）として臨床で用いられており、本アルカロイドにおいてもリコリン同様に生体リズム周期延長作用が認められた。さらにアルツハイマー病発症原因であるアミロイドβの蓄積機構についても、アミノ酸残基間相互作用について法則性を見出した。このことにより、通常のプリオンタンパク質が病原性プリオンの持ち込みがないかぎりは異常化しないことや、遺伝的なプリオン病の発症など、病原性の発現に至る分子機構が合理的に説明できるようになった。

また、高血圧自然発症ラットを用いたスクリーニング系により、生体リズムに関連した血圧降下ペプチドをこれまで多種見出してきたが、東北復興支援の目的で東北海岸（特に釜石、気仙沼近辺）に多く見られる海藻を素材として、新たに血圧降下作用物質のスクリーニングを開始した。一方、茨城県行方地域の活性化としては、ヤマユリ精油商品としての発信による地域の知名度・イメージ向上、ヤマユリ産業の確立、経済効果などが期待できる。ヤマユリの香水や石鹸はこれまでに全くなかったものであるため、企業としては商品化を行いたい要望があり、産業技術総合研究所のヤマユリ抽出技術の移転を促進し、商品としてヤマユリの香水を開発した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］健康機能、炎症、生体リズム、アミロイド、生活習慣病

［テーマ題目３］生体メカニズムの解明とその制御物質の探索

［研究代表者］大石　勝隆（生物時計研究グループ）

［研究担当者］大石　勝隆、宮崎　歴、冨田　辰之介、中尾　玲子（常勤職員4名、他3名）

［研 究 内 容］

現在わが国においては、社会の24時間化に伴う精神的・肉体的・経済的諸問題が深刻化してきたことから、体内時計の乱れに起因する睡眠障害（概日リズム睡眠障害）の改善が強く望まれている。ヒトの睡眠障害においては、多くの場合、遺伝子変異による先天的な原因よりも、ストレスなどの環境因子が原因となっていると考えられる。そこで我々は、ヒトへの外挿可能なストレス性睡眠障害モデルマウスの開発を行ってきた。本マウスでは、睡眠障害のみならず、慢性疲労や、過食、糖代謝異常など睡眠障害に関連する病態を呈することも明らかとなってきた。本マウスを用いることにより、生体リズム異常に関連する様々な疾患の発症メカニズムの解明や、新たな予防・改善・治療法の開発が可能であると期待される。今年度は、民間企業との共同開発により、ストレス性睡眠障害モデルマウスを効率よく作製するための飼育ケージの製品化を達成した。また、民間企業との共同研究により、睡眠障害の改善効果がある SBL88乳酸菌を同定した。加熱処理した SBL88乳酸菌を餌に0.5%混和し、マウスに自由に摂餌させ、行動リズムについては、

回転かごの輪回し行動を指標に計測を行った。通常、マウスの自発行動は、そのほとんどが暗期に集中しているが、4週間の SBL88乳酸菌摂取によって、暗期の活動量が増加する傾向が確認された。この状態において、睡眠障害を誘発するストレスを負荷したところ、暗期における活動量の低下が顕著に抑制されることが判明した。ヒトの不眠症に例えると、日中の眠気や不活動が改善されたものと解釈できる。今のところ、SBL88乳酸菌摂取によるストレス性睡眠障害の抑制メカニズムについては不明であるが、我々は、SBL88乳酸菌が胃を支配する副交感神経系を亢進させて食欲を増強させることを見出しており、末梢からの自律神経系を介した作用が関与している可能性が考えられる。

心筋梗塞、脳梗塞、深部静脈血栓症など、血液が固まってできる血栓が原因の疾患は午前中に発症頻度が高いことがわかっている。また、血栓を溶かす血栓溶解療法の効果が午前中は弱く、血栓症の治療薬であるヘパリンやワルファリンに効果が出やすい時間帯があるなど、血栓に関連する病気の治療効果が時刻によって違うことも古くから知られている。我々はこれまで、血液凝固系や線溶系など血栓を作る反応系が体内時計によってコントロールされていることを明らかにしてきた。線溶系因子のうち、PAI-1は特に日内リズムが大きく、その遺伝子の発現は、時計分子である CLOCK と MAL1/BMAL2によって転写レベルで制御されている。今年度は、マウスを使って、体内時計を乱す時差ぼけ実験を行い、時差ぼけが、血液中の PAI-1濃度を上昇させるのみならず、血管内皮細胞に発現する抗血栓性タンパク質であるトロンボモジュリンの発現量を減少させることにより、血栓症のリスクを高める可能性を示した。また、外因系凝固因子である組織因子の遺伝子発現が、時計分子である CLOCK と BMAL1によって時刻依存的に調節されていることを明らかにした。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］体内時計、睡眠障害、食品、血液凝固線溶系

［テーマ題目４］タンパク質の分子育種技術の開発

［研究代表者］本田　真也
（分子細胞育種研究グループ）

［研究担当者］本田　真也、村木　三智郎、
小田原　孝行、渡邊　秀樹
（常勤職員4名、他8名）

［研 究 内 容］

タンパク質が有する高度な機能の広範な産業利用を促すため、構造情報を基盤とする論理的分子デザイン法とファージディスプレイ等の進化分子工学法の有機的活用による新規の標的親和性人工タンパク質創製技術の研究開発を行う。また、アポトーシス誘導に係る重要な疾病の治療・診断等への応用を目指して、ヒト Fas リガンド／レセプター関連タンパク質の発現生産、機能解析のための研究開発を行う

進化分子工学法によって作製した、免疫系タンパク質に nM オーダーの高親和性を示す人工タンパク質について、標的との複合体の結晶化に成功し、X 線結晶構造解析によってその3次元構造を決定した。進化実験で収斂したアミノ酸配列と構造情報を照らし合わせ、提案した設計指針に基づく機能進化が構造安定化と機能を向上させるメカニズムを原子レベルで解明した。決定した構造情報を基に系統的なアミノ酸置換を導入した変異体解析を行い、作製した人工タンパク質の相互作用様式と構造安定化のモデルを構築した。

バイオ医薬品として認可済みのサイトカインタンパク質の生体内安定性を向上させた後続バイオ医薬品の開発を目指して、まず、タンパク質を構成するポリペプチドを環状に連結する際の連結部分のアミノ酸を最適な配列にするためのコンピュータプログラムを開発した。次いで、上記サイトカインタンパク質を環状に連結した環状化サイトカインを合成するためのインテイン系発現ベクターを構築し、大腸菌の形質転換、培養、溶菌、リフォールディング、クロマトグラフィー精製、同定を行った。さらに、精製した試料のレセプター結合活性を定量的に評価し、環状化サイトカインが正しくフォールドし、活性な立体構造を形成していることを明らかにした。

生体膜内におけるタンパク質の分子構築機構解明の一環としてαーヘリックスのみからなる内在性膜タンパク質3種類（*Rs. rubrum* B-875, *Rb. capsulatus* B800-850, *Rb. sphaeroides* B800-850）の熱変性過程を円二色性スペクトルと吸収スペクトルの変化によって調べた。解析結果から異方性のある脂質二分子膜内集合体を形成しているにもかかわらず、αーヘリックスのみからなる水溶性タンパク質と同様に変性過程が一段階であることが確認され、ヘリックス形成のためのサブユニット内相互作用が脂質との相互作用よりも強い可能性が示唆された。

一般的な大腸菌を宿主とする発現系においては活性型分子が得がたい難発現タンパク質の1つであるヒト Fas リガンド細胞外ドメインを対象として、ピキア酵母を発現用宿主とした分泌生産における精製収量の向上を目的とした強制通気型のポリプロピレン製カルチャーバッグを用いた大量培養ならびに培養上清からの目的物の精製システムの構築について検討した。その結果ヒト Fas レセプター細胞外ドメインに対して特異的結合活性を示すタグ配列を持たない当該タンパク質分子の誘導体について、これまでに比べて、より少ない培養回数で、かつ培養上清の単位体積当り3倍の精製収量を得ることが可能となった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］タンパク質、分子設計、立体構造、人工タンパク質、抗体医薬、分子進化工学、

タンパク質発現生産、膜タンパク質、細胞外ドメイン

［テーマ題目５］微生物の細胞育種技術の開発

［研究代表者］福田　展雄
（分子細胞育種研究グループ）

［研究担当者］福田　展雄（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

微生物が有する高度な機能の広範な産業利用を促すため、酵母の接合型変換および接合応答制御技術を確立し、交配育種への応用を目指す。また、酵母のシグナル伝達経路をヒト受容体の機能解析へと利用するための基盤技術を開発し、創薬候補物質の探索での活用を図る。

平成24年度は、酵母の育種技術の開発に注力した。自然界でみられる酵母の接合型変換では、同質の酵母が接合する自己倍数化が生じるが、これは異質の酵母を掛け合わせる交配育種の障壁となる。そこで自己倍数化を阻止するために、酵母の接合応答を誘起する遺伝子群 *hsg* の発現を制御する技術を確立した。*hsg* の発現は、a1-α2タンパク質複合体により抑制される。天然の a 型酵母は a1のみを、α型酵母はα2のみを発現しているため、a 型酵母にα2遺伝子を、α型酵母に a1遺伝子を導入して強制発現させることで、標的酵母の接合を抑制することが可能となった。自己倍数化の抑制に基づく接合型変換では、a/α型酵母から a/a 型およびα/α型酵母を作製することに成功した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］酵母、育種、接合

［テーマ題目６］微細藻類育種技術のための多糖類利用技術の開発

［研究代表者］芝上　基成
（分子細胞育種研究グループ）

［研究担当者］芝上　基成（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

微細藻類が有する物質産生機能の広範な産業利用を促すため、高付加価値化合物物質産生機能の改良およびこれらの物質の利用技術の開発をあわせて図る必要がある。本課題では特徴ある産生物質の中で最も複雑な構造をもつ多糖類について利用技術を確立し、その出口を明確にすることで微細藻類の産業利用を促進することを目的とする。

具体的にはユーグレナが産生するパラミロンに着目した。パラミロンはセルロース類似のポリマーであるが、セルロースとは違って天然では三重らせん構造の形で存在しており、また溶液中で一旦ランダムコイル状になっても三重らせん構造を再構築するという性質（自己組織化能）を持っている。平成24年度はこの自己組織化能を活用して、予め化学修飾を施したランダムコイル状ポリマーから表面に官能基が導入された三重らせんナノファイバーを合成した。このナノファイバーは各種顕微鏡観察により三次元ネットワークを構築することを明らかとし、また導入された官能基に応じた高い溶媒可溶性を獲得することを確認した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］微細藻類、ナノファイバー

［テーマ題目７］RNA 合成酵素の反応制御機構

［研究代表者］富田　耕造（RNA プロセシング研究グループ）

［研究担当者］富田　耕造、竹下　大二郎、杉本　崇、山下　征輔、小林　寿珠子、西垣　梓
（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

本テーマ課題では、典型的な鋳型を用いない RNA 合成酵素、ウイルス由来の宿主因子と複合体を形成して機能する RNA 合成酵素、そして高次生命現象発現に関与するマイクロ RNA の代謝等にかかわる特殊な鋳型 RNA 合成酵素群に注目し、それらの酵素群の反応制御基盤を明らかにすることを目的とする。

本年度は、典型的な鋳型を用いない RNA 合成酵素のうち tRNA の修復をする酵素の基質認識、反応機構、ウイルス由来の翻訳因子と複合体を形成する RNA 合成酵素の RNA 複製の終結の反応機構、マイクロ RNA の分解、代謝に関与する鋳型非依存的 RNA 合成酵素の反応制御機構を明らかにすることを目指して研究を遂行した。

具体的には、細菌由来の CCA 付加酵素、単体、tRNA との複合体の X 線結晶構造解析、Qβウイルスの RNA 複製酵素複合体が RNA 合成を終結する様子をあらわした X 線結晶構造解析を行った。また、マイクロ RNA の代謝にかかわる鋳型非依存的に RNA 合成酵素に相互作用する因子の質量分析、とその酵素の結晶化などをおこなった。

CCA 付加酵素単体、tRNA との複合体の構造決定することに成功し、tRNA 認識の分子構造基盤やヌクレオチドの特異性の分子構造基盤が明らかになった。今後、構造をもとにした機能解析を進めるとともに、詳細な動的反応分子構造基盤を目指した X 線構造解析をもすすめる。また、ウイルス由来の RNA 複製終結に関しては、終結直前、終結直後をあらわした構造を決定することに成功し、RNA 合成終結の動的反応分子基盤を明らかにした。特に、RNA 合成終結時に、このウイルス由来 RNA 合成酵素は RNA の3'末端への鋳型非依存的なアデノシン付加を行うが、この過程の詳細な動的反応分子基盤が明らかになった。

また、このウイルスの RNA 合成酵素複合体とリボゾーマル蛋白質との複合体による、ウイルスゲノム複製の解析の試験管内システムをも開発した。今後、宿主リボゾーマル蛋白質の RNA 合成における役割の分子構造基

盤を明らかにして行く予定である。また、ヒト由来の、マイクロ RNA の代謝分解のシグナルを、RNA へ付加する鋳型非依存的 RNA 合成酵素に関しては、これらのヒト細胞での恒常的発現細胞を樹立し、この細胞を用いて、これらの RNA 合成酵素と相互作用する蛋白質因子を質量分析によって解析をおこなった。この中から、実際にウエスタンブロティングにより相互作用をしているものをいくつか同定した。今後、これらの因子のマイクロ RNA への代謝分解のシグナル付加における役割を解析する予定である。また、これらの酵素のうち、あるものに関しては結晶化を行い、X 線回折データが得られている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］RNA 合成、ウイルス、RNA、反応制御、機能、構造

［テーマ題目８］ナノマテリアル材料を利用した高性能センシング素子開発

［研究代表者］丹羽　修（ナノバイオデバイス研究グループ）

［研究担当者］丹羽　修、佐藤　縁、鈴木　祥夫、吉岡　恭子、栗田　僚二、加藤　大（常勤職員6名、他7名）

［研 究 内 容］

本テーマでは、バイオ界面研究グループ、矢吹主幹研究員と協力し、疾病マーカー分子などを高い感度と選択性で検出するためのカーボン系薄膜材料、自己組織膜など有機系の分子を利用した分子認識界面の構築、免疫法などを用いた新規検出手法やデバイスの開発を目指している。具体的には、(1)スパッタカーボン薄膜やナノ材料を用いた電極基板開発とバイオセンシングへの展開(2)分子認識ソフト界面を利用したレクチン等の高感度認識膜の開発(3)免疫センシング法をベースとした配列特異的なメチル化 DNA 検出法やデバイスの開発である。

(1)では、電子サイクロトロン共鳴（ECR）スパッタ法で開発したナノカーボン薄膜をまず内毒素（リポポリサッカライド：LPS）の高感度電気化学バイオセンシングへの応用を行った。具体的には、カーボン薄膜上に LPS を吸着する高分子を修飾し、LPS を吸着させた後、酵素を修飾した LPS 認識プローブ（LPS 結合性のポリミキシン B に酵素を標識した分子）を吸着させる。その後、酵素の基質を加え生成した電気化学活性種を検出することで、信号の増幅を行った。現時点では、信号の増幅には成功したが、非特異的な吸着によるバックグラウンドの信号も大きいため次年度でその課題の解決をめざす。更に本センサを高感度化するために、シリコンゴム製のマイクロ流路内にセンサを形成するための検討を行い、マイクロ流路の幅や高さの最適化を行った。

次にナノオーダーの棘状構造を表面に有するカーボン薄膜電極が、酵素との電子移動速度に優れていることを利用し、薬物代謝阻害を電気化学的に検出可能なセンサー開発を始めた。具体的には、チトクローム P450酵素の酵素反応を電極への直接電子移動でモニターし、阻害候補物質添加による電流低下により薬物阻害のスクリーニングを行った。P450酵素は、前年度検討したチトクローム C に比べてサイズも大きく、カーボン薄膜の表面にナノ構造体を形成した膜では、あまり明確な酵素と電極間の直接電子移動が観測されなかった。そこで、ナノ空間をより広い範囲でサイズ制御できるカーボンナノファイバーを修飾した電極に P450を修飾し実験を行った。その結果、電極と P450の直接電子移動に基づく酸素還元電流の大幅な増加が観測された。また、酵素の基質となる薬剤を加えると還元電流は増加し、薬物代謝を簡便に調べるバイオセンサとしての基本的な動作を確認することができた。一方、導電性酸化物の電極（インジウムー錫酸化物）などでは、ナノ構造体なしでも同様の効果があることが分かった。今後、酸化物電極の基礎的な特性評価とセンサ応用についても検討を進める予定である。

(2)では、糖鎖末端を有する自己組織化膜材料とアルカンチオールを用いたハイブリッド型自己組織化膜を形成し、レクチン認識の感度向上について、検討した。昨年度より試みを行っていた電気化学手法による高感度化を実際の測定系に取り入れるために、電気化学表面プラズモン共鳴（SPR）測定と電気化学水晶振動子マイクロバランス法による測定を行い、レクチン認識の高感度化現象を実際に利用していくための各種問題の解決に関して検討を重ねた。その結果、レクチンを認識する糖鎖末端を有するチオール化合物とフェロセンを末端有するチオール化合物をハイブリッドした自己組織化膜からなるソフト界面や末端に糖鎖とフェロセンの両方の置換基を有するチオール化合物からなるソフト界面を用いて電位印加によるフェロセン酸化前後でのレクチンの吸着挙動を SPR 法で調べたところ、両方の場合共にレクチンの認識能が大きく向上することが分かった。

(3)に関し、前年度行った電気化学発光法によるメチルシトシンの免疫測定では、単鎖 DNA をターゲットとしたことから、ゲノム中のメチルシトシンの位置を特定することが不可能だった。今年度はシーケンス選択的なメチルシトシン検出法を考案し、モデル系で実証した。具体的には、測定対象の（メチル）シトシンのみとミスマッチを形成する相補的なプローブ DNA を作製し、ターゲット DNA と2本鎖を形成した際に目的塩基だけが飛び出す（バルジを形成）構造を形成させ、測定対象のメチルシトシンのみを選択的に検出することに成功した。

最後に他部門との協力として、環境管理部門主幹のプロジェクト：アジア戦略「水プロジェクト」に参加し、ナノカーボン薄膜電極を用いて環境中の重金属イオン（カドミウムや鉛イオン）を電極上に濃縮し、その後酸化するアノーディックストリッピング法で高感度検出を

試みカドミウムの系では、nmol/mL の低い検出限界を達成した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ナノカーボン薄膜、電気化学測定、ナノ構造体、薬剤管理、内毒素、薬物代謝測定、遺伝子関連分子、表面プラズモン共鳴、イムノアッセイ、電気化学発光、レクチン、表面修飾材料、重金属測定

［テーマ題目９］機能性界面構築技術の開発

［研究代表者］田中　睦生（バイオ界面研究グループ）

［研究担当者］田中　睦生、澤口　隆博、根本　直、石井　則行、平田　芳樹、村上　悌一（常勤職員6名､他1名）

［研 究 内 容］

本テーマでは、界面に関する様々な知見に基づく基盤的な研究を行うと同時に、ナノバイオデバイス研究グループをはじめとした他の研究グループや機関と協力して界面構築に関する基盤技術を展開し、疾病マーカー分子等、生体関連物質を計測するバイオセンシングシステムの新規構築を目指している。

バイオセンシング界面構築には、抗体や酵素などをはじめとした機能性タンパク質の固定化、血清などの測定試料中に含まれる計測対象外タンパク質の非特異吸着抑制が必須である。このような機能を有する界面構築材料として、機能性タンパク質を共有結合固定化できる表面修飾材料、タンパク質の非特異吸着を抑制する表面修飾材料を開発している。さらに機能性界面構築に向けた技術の一環として、レクチンを検出できる糖鎖を導入した表面修飾材料の合成法や、免疫に関わる補体タンパク質を検出できる機能性タンパク質である補体レセプターの産生分離法などを確立している。これらの界面構築材料を用いて界面を構築し、その構造と機能を解析し、目的とした機能性界面構築法の確立へと展開している。界面構造解析においては、走査型プローブ顕微鏡を用いた分子レベルでの構造解析手法開発を行った。生体分子は水を含み柔らかいために変形しやすく、従来の走査型プローブ顕微鏡では変形した分子のイメージが観測されてしまうという課題がある。そこで従来の走査型プローブ顕微鏡を改造し、この問題を解決するとともに、界面近傍での水分子構造についての情報も得ることができるようになった。走査型プローブ顕微鏡による解析のみならず、電気化学的手法による界面構造解析も交えて、目的とした界面構造が構築されていることを明らかにできた。これら構築した界面の機能は、導波モードセンサーを用いたイムノアッセイにより評価した。抗レプチン抗体を用いた系では、非標識検出法で100ng/mL の濃度の血清中レプチンを検出できることが明らかになった。従来のセンシング界面では、血清試料中のタンパク質の非特異吸着が著しく測定困難であることが知られていることより、新たに合成した界面構築表面修飾材料を用いて分子レベルで制御した界面構築を実施することによって、高機能バイオセンシング界面が構築できることが明らかになった。

バイオセンサーには、目的とするマーカーの高感度検出が可能なセンシングシステムが求められる一方で、臨床現場で迅速に検査（POTC）できるセンシングシステムの開発が、生活習慣病に対する予防対策としてますます重要になってきている。この要請に応えるべくコンパクト化が可能なセンシングシステムとして､質量検知型センサーの一種であるオシレーターセンサーの開発を検討している。従来の質量検知型センサーには水晶振動子を利用しているが、オシレーターセンサーでは水晶振動子に検出プローブとしてファイバーを取り付け、機能化を実現しているのが特徴である。オシレーターセンサーの基本的な検出回路を設計し、検出プローブであるファイバー部分にバイオセンシング界面を構築することによって、バイオセンサーとして機能することを明らかにしている。

生体の代謝生成物は多様であり、特定の物質だけをターゲットにしたセンシングシステムが機能しない場合も存在する。そこで核磁気共鳴法や反射赤外吸収分析法等の分光学的手法を用いて代謝生成物である物質や界面物性を包括的に解析できるプロファイリング法について検討開発すると共に、開発した手法の普及を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］表面修飾材料、機能性タンパク質、非特異吸着抑制、走査型プローブ顕微鏡、導波モードセンサー、オシレーターセンサー、プロファイリング

［テーマ題目10］バイオ計測の信頼性確保および比較互換性の確保に向けた研究開発

［研究代表者］関口　勇地（バイオメジャー研究グループ）

［研究担当者］関口　勇地、川原崎　守、水野　敬文、陶山　哲志、野田　尚宏、松倉　智子（常勤職員6名、他3名）

［研 究 内 容］

バイオ計測の信頼性確保、およびその国内及び国際的な比較互換性の確保（基準測定法の確立、標準物質の整備など）に向け、そのための課題整理と標準化ニーズ調査を進めるとともに、必要な技術的検討を行った。バイオ標準等の国際的な整合性を確保するため、国際度量委員会物質量諮問委員会バイオアナリシスワーキンググループに参加し、バイオ計測の標準化に関する議論に参加、貢献した。また、バイオ標準に関する基盤技術の確立とバイオ標準物質の開発、整備を実施し、RNA 認証標準物質の合成と評価、頒布に向けた検討を実施した。また、バイオ計測の精度管理方法の開発として、次世代シーク

エンサーによる遺伝子定量技術の品質管理用核酸候補標準品の有用性の評価を実施した。また、DNA マイクロアレイ技術や繊維検査に関するバイオ計測の国際標準化に必要な研究開発を実施した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］標準化、遺伝子、DNA 定量、PCR、DNA 標準物質、RNA 標準物質、国際比較

［テーマ題目11］バイオ計測基盤技術の研究開発

［研究代表者］関口　勇地（バイオメジャー研究グループ）

［研究担当者］関口　勇地、川原崎　守、水野　敬文、陶山　哲志、野田　尚宏、松倉　智子（常勤職員6名、他10名）

［研 究 内 容］

核酸や動物細胞を中心に、それら生体由来物質の計測技術（バイオ計測技術）を進展させるための基盤技術の開発を実施した。遺伝子量評価、あるいは遺伝子発現解析を念頭に、エンドポイント定量法などを利用し核酸を配列特異的に検出、定量を行う新規な手法の応用研究を行い、昨年度に引き続き他機関と共同でその臨床的妥当性等の検証を実施した。また、微生物由来核酸の定量技術の開発を実施し、人工配列を有するスパイクイン16S rRNA 遺伝子による微生物相解析技術の品質管理方法を新たに開発した。また、ヘリカーゼなどの核酸と相互作用する酵素の活性を迅速かつ網羅的に評価するための基盤技術開発とその応用を進めた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］遺伝子、DNA 定量、PCR、マイクロチップ、細胞機能評価、動物細胞、凍結保存、バイアビリティー、バイオイメージング

［テーマ題目12］神経疾患モデル動物の作製と分子動態可視化技術の開発

［研究代表者］戸井　基道（脳遺伝子研究グループ）

［研究担当者］戸井　基道、加藤　薫、海老原　達彦、落石　知世、梶原　利一（常勤職員5名、他3名）

［研 究 内 容］

疾患発症の分子メカニズムの解明とそれに対する創薬支援技術の開発には、病態解析や様々な薬効解析を可能にするモデル動物の作製が非常に有効である。特に脳神経疾患や精神疾患については、その分子機構の詳細が不明なものが多く、現在においても有効な治療方法や効果的な薬剤の開発には至っていない。そこで、特に神経変性や神経細胞死を誘発する神経疾患の原因タンパク質について、その分子レベルでの細胞内動態解析と、それを基にした局在スクリーニングを行うことを目指したトランスジェニック動物の作製と解析を進めている。今年度は、アルツハイマー病の原因タンパク質の1つ、アミロイドベータを生体内で可視化し、細胞内特異的に発現させた新規モデル動物の作製・解析を行った。従来凝集性タンパク質は、短いリンカー配列で蛍光タンパク質と繋いでも、凝集により蛍光タンパク質の立体構造が阻害され、蛍光を発することができない。したがって、変性タンパク質（アミロイドペプチド）と蛍光タンパク質を繋ぐリンカー領域を工夫し、凝集しても蛍光を発し、生細胞や個体内でも変性タンパク質の動態を観察することが可能な融合タンパク質を開発した。また、従来通りに凝集により蛍光を発しないタイプの融合タンパク質も細胞に発現させて確認した。この結果、リンカー配列により凝集状態を生体内でモニターする事が可能な可視化システムであることが明らかとなった。さらにこれらの融合タンパク質を線虫およびマウスに発現させてその実証を行うと伴に、加齢に伴う疾患様表現型についての解析を進めた。これにより、アミロイドベータの細胞内動態変化のリアルタイム観察に初めて成功した。

光学的解析手法の作製したモデル動物の神経細胞におけるタンパク質動態や、脳内の情報伝達をより詳細に解析するための光学的可視化解析手法の改良を行った。シナプスに局在するタンパク質やミトコンドリアの細胞内動態を大気圧電子顕微鏡用いて観察し、形態変化と細胞内微小構造を併せて観察する新たな技術として報告した。また、核内タンパク質の運動機構について解析し、その数理モデル解析と併せてその動きを生じるメカニズムを明らかにした。超解像顕微鏡システムおよび観察サンプル作製法の評価を行い、近い将来広く普及する事が予想される超解像顕微観察法の確立に寄与した。来年度以降これらの観察システムを用いて、作製した疾患モデル動物における神経構造の変化やタンパク質動態、組織レベルでの神経情報伝達の異常を解析していく予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］神経情報伝達、脳神経疾患、トランスジェニック動物、可視化解析

［テーマ題目13］分子進化工学を用いた生体分子の高機能化

［研究代表者］亀山　仁彦（脳機能調節因子研究グループ）

［研究担当者］亀山　仁彦、久保　泰、鈴木　理、近藤　哲朗、稲垣　英利、木村　忠史、大塚　幸雄（常勤職員7名、他1名）

［研 究 内 容］

生物の細胞間・細胞内の情報伝達は生体分子の相互作用により制御されている。その中でも特に神経細胞に存在する受容体やイオンチャネルなどを標的とした生理活性ペプチド、生物毒などに注目し、標的分子認識メカニズムを解析しそれを利用した創薬基盤技術開発・機器開

発を行う。

ヘビ・クモなどの毒腺には様々な生理活性ペプチドが存在する。これらの分子は自然界において長い時間をかけた進化の過程で特化した機能、すなわち標的分子を特異的に認識し結合する能力を獲得している分子であると考えられる。これら生理活性ペプチドの単離精製・遺伝子解析の過程で、これらの分子の構造上の特徴はその基本骨格は保たれているが標的を認識する部位は変化に富んでいることが内外の研究により明らかにされてきた。この遺伝子配列上の特徴を利用して標的認識部位配列を人工的にランダム配列化させた cDNA ライブラリーを作製した。指向的分子進化工学手法を用いて目的の標的分子に結合する活性分子の探索技術開発を行った。Three Finger モチーフや Inhibitor Cystine Knot（ICK）モチーフ配列をもとに作製した人工 cDNA ライブラリーを従来より開発中の大腸菌発現クローニング実験系に発現させて標的とする分子を認識するペプチド配列の同定を行った。標的分子としてヒト遺伝子配列 G タンパク質共役受容体（GPCR）やイオンチャネルなどの膜タンパク質を大腸菌内膜に発現させた。本来のヒト細胞で細胞外ドメイン部分をペリプラズム側に発現させるべく大腸菌遺伝子産物との融合タンパク質として発現させた。また、同時にペリプラズム内に人工 cDNA ライブラリー転写産物を目的標的分子に結合する遺伝子産物の選択を行った。選択に際して次世代シークエンサーを用いた配列解析を行い、従来法より多種類の配列を迅速に解析することが可能であることが確認された。開発中の手法により得られるペプチドの配列・立体構造情報などが創薬の際有効に利用されることが期待される。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］指向的分子進化工学、生理活性ペプチド、膜タンパク質

［テーマ題目14］細胞増殖因子の新規機能とシグナル伝達機構の研究

［研究代表者］今村　亨（シグナル分子研究グループ）

［研究担当者］今村　亨、鈴木　理、浅田　眞弘（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

シグナル分子群の中で生体機能制御の鍵分子である、細胞増殖因子の新規機能とそこに介在するシグナル伝達機構の解明を通じ、得られた知見を基に、新たな創薬ターゲットの発掘や新たな生体機能制御技術の開発を行うことを目標としている。平成24年度は、代謝調節ホルモン（シグナル分子）である FGF19について、前年度に引き続き大きな研究進展があった。ヒトとマウスに共通のメカニズムとして、食後、胆汁の刺激により腸管で FGF19（ヒト）/FGF15（マウス）が産生され、血流にのって肝臓に到達し、肝臓における胆汁酸の合成を抑制したり、グリコーゲンとして糖を貯蔵する肝臓機能を調節したりする。前年度では生理的濃度の FGF19が特異的活性を発揮するためにはヒト FGF 受容体4とヒト補助受容体βークロトーだけでなく、硫酸化グリコサミノグリカンが必要であることを初めて示した。今年度は、FGF 受容体とβークロトーの両分子をヒト型分子（ヒトのアミノ酸配列を有する分子）からマウス型の分子に替えて解析したところ、マウス型に対する FGF19の作用は、ヒト型に比べて大きく異なる特異性を示すことを見出した。現在に至るまで、ヒトの医薬開発を目指してマウスのモデルが多用されているが、その結果の解釈には問題が含まれていることを注意喚起する重要な結果を得た。この成果は国際専門誌に掲載され、創薬の研究領域に大きな影響を与えた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］シグナル分子、ホルモン、メタボリズム、硫酸化グリコサミノグリカン、糖鎖

［テーマ題目15］癌のシグナル伝達関連遺伝子の機能解明による診断・治療への利用

［研究代表者］木山　亮一（シグナル分子研究グループ）

［研究担当者］木山　亮一（常勤職員1名、他3名）

［研 究 内 容］

本課題では腎癌の遺伝子変異解析により見出された癌抑制遺伝子 Kank に関わる細胞内シグナル伝達のメカニズムを解明することで、癌の治療・診断や創薬への利用を目標とした基礎研究を行うことを目的としている。Kank タンパク質は、RhoA/Rac1/Cdc42などの低分子量 G タンパク質と相互作用をすることでそれらのタンパク質が関与しているアクチン重合反応の制御を行っており、癌細胞では Kank の機能喪失によりアクチン繊維の増強による仮足形成の活性化や細胞運動の亢進などが起こる。また、キネシンモータータンパク質の一つである Kif21A や細胞内輸送に関わる低分子量 G タンパク質 Arf1 の GEF（Guanine Nucleotide Exchange Factor）である BIG1などと相互作用をすることで、細胞内輸送にも関わっていると考えられている。本年度は、Kank と相互作用するタンパク質を解析することで、神経樹状突起の形成や細胞運動に関与する葉状仮足やアクチンストレスファイバーの形成における Kank の役割について解明を進めた。さらに、Kank 遺伝子の過剰発現やノックダウンによる細胞の形態変化などの解析を通じて、Kank の細胞運動や細胞周期などとの関連について解析を行った。また、得られた知見を診断に利用するために、光や温度に対して安定な蛍光色素を利用して、Kank と CK7及び CD10の3つのマーカーと DAPI による細胞核染色を組み合わせた4重蛍光染色法を開発し、淡明細胞癌、嫌色素癌、乳頭癌などの腎癌のサブタイプの染色を行いそれらの病理データを解析することで、腎癌のタイプ分けや予後判定などの病理診断に利用するた

めの蛍光免疫染色法の開発を進めた。成果は英文総説（invited review）を含めて論文や学会などで発表した。
［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］癌抑制遺伝子、細胞運動、シグナル伝達

［テーマ題目16］放射線障害の防護方法の開発
［研究代表者］今村　亨（シグナル分子研究グループ）
［研究担当者］今村　亨、浅田　眞弘、岡田　知子、松田　知栄、鈴木　理（シグナル分子研究グループ）、古川　功治（分子複合医薬研究グループ）
（常勤職員6名、他3名）
［研 究 内 容］
近年、放射線障害の予防・治療薬の必要性が広く認識されている。我々は、高線量放射線被ばくによる障害の予防・治療に向けた細胞増殖因子の利用を目指してきた。平成23年度までに、繊維芽細胞増殖因子（fibroblast growth factor（FGF））群のなかで FGF1、FGF7、FGF10に、X 線照射後のマウス腸管の生存クリプト数減少を抑制し、骨髄におけるアポトーシスマーカー出現を抑える効果を確認した。さらに、腸管の障害防止効果においては、これらの中で FGF1が優れていることを示した。FGF1は全ての FGF 受容体を活性化することからその効果を発揮できる組織範囲が広いことが想定される。平成24年度には、分子としての安定性と全ての FGF 受容体を活性化する活性とを兼ね備えた安定化細胞増殖因子 FGFC について、その実用化に向けて、放射線の影響の防護に関する有効性を多面的評価によって実証することを目的とする研究を推進した。その結果、FGFC の優れた放射線防護活性を、複数の評価系で示すことが出来た。特に、マクロな指標による確定的放射線障害防護活性の評価として、実験動物に FGFC を投与してから24時間後に高線量の放射線を照射したところ、被ばく後の実験動物の個体死が、FGFC の用量依存的に抑制され、動物の生存日数が延長する、という顕著な効果を見出した。さらに別の実験系として、無処置の実験動物に放射線を照射した短時間後に FGFC を動物に投与した場合でも、被ばく後の生存日数が延長する効果が認められた。これらのことより、FGFC は放射線防護剤として障害抑制効果を有することが明確に認められた。この成果は広報され、大きな社会的関心を集めた。
［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］放射線、障害防護、細胞増殖因子

［テーマ題目17］電子線単粒子解析法の開発と新たなタンパク質構造の解明
［研究代表者］佐藤　主税（構造生理研究グループ）
［研究担当者］佐藤　主税、小椋　俊彦
（常勤職員2名）
［研 究 内 容］
Diffration に依存する光学顕微鏡は光の波長が数百 nm のため、分解能はこの値から大きく離れることは難しい。これに対して、電子顕微鏡は2Åにも達する高い分解能を誇る。しかし従来の方法ではタンパク質は、微かに薄い像としてしか写らない。薄い像でも膨大な数の電顕像を組み合わせれば、高分解能の3次元構造を計算できる。我々は、この単粒子解析技術を、情報学を駆使して開発し、神経興奮の発生や、Ca シグナル、痛みの伝達に重要なイオンチャネルを中心に研究してきた。イオンチャネルは脳において、神経興奮を司る重要な役割を果たし、イオンを情報伝達物質として制御することで様々な高次機能を実現している。しかし、チャネルの構造解明は結晶をつくることの難しさから容易ではない。我々は結晶を必要としない単粒子解析を開発し、これを用いて、これまで Na チャンネル、IP3受容体チャンネル、TRP チャネル、ORAI 等様々の心臓疾患や免疫疾患に対する創薬に重要なタンパク質構造を解明してきた。24年度は、さらに単粒子解析法を開発し、細胞骨格のタンパク質である微小管の構造変化の解明に成功した。
［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］電子顕微鏡、単粒子解析、イオンチャンネル

［テーマ題目18］新しい SEM 電子顕微鏡技術の開発
［研究代表者］佐藤　主税（構造生理研究グループ）
［研究担当者］佐藤　主税、小椋　俊彦
（常勤職員2名）
［研 究 内 容］
光顕は生きたまま細胞を観察できる素晴らしいツールである。しかし、その分解能は紫外線の波長でも200nmと大きい。電子顕微鏡は、光学顕微鏡では到達し得ない高分解能を達成するツールであり、サブ nm レベルの分解能を誇る。しかし、サンプルを真空に置く必要がある。電子顕微鏡は真空に耐えるためには、脱水や蒸着等の長い処理が必要で、柔らかい細胞内構造は壊されることも多い。走査電子顕微鏡 SEM の技術を最新の半導体製造用薄膜技術や細胞培養技術と融合させ、これまでに観察不可能であった細胞内のダイナミックな構造変化を、自然な状態で観察する ASEM を開発した。ASEM は液体中で8nm の分解能で観察できる電子顕微鏡である。ASEM は疎水処理を必要としないために免疫電顕としても抗原の保護性能が高く、様々な抗原が検出できる。そのため、金による免疫ラベルや染色法の開発により、今問題となっている様々な疾患に関連するタンパク質の細胞内での局在などを決定する。さらに様々な生物の微細構造、細胞内小器官の観察を可能とする。24年度は、さらに ASEM による免疫電顕法により微小管や F-actin などの微小な構造変化を観察した。また、本方法を用いて、マイコプラズマの足タンパク質の免疫電顕や微小結晶の無染色観察に成功した。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］電子顕微鏡、光学顕微鏡、細胞内小器官

［テーマ題目19］ナノニードルアレイを用いた革新的細胞分離解析技術の開発

［研究代表者］中村　史（セルメカニクス研究グループ）
［研究担当者］中村　史、小林　健（集積マイクロシステム研究センター）、
山村　昌平（健康工学研究部門）、
川村　隆三、Yaron Silberberg、
Sathuluri Ramachandra Rao、
辻村　範行、下奥　万梨恵、三島　麻里、
宮崎　みなみ（常勤職員3名、他7名）

［研 究 内 容］

本プログラムでは、抗体修飾ナノニードルアレイを用いて、多数の細胞に対してこれを同時挿入し、細胞内で抗原抗体相互作用により標的タンパク質を結合させ、この結合力によって標的タンパク質を発現している細胞だけを機械的に釣り上げ、分離する技術を開発している。この抗体の結合力を Fishing force と呼び、これに対して細胞の基板に対する接着力を減少させることにより、細胞の釣り上げ分離を達成するものである。

平成24年度の研究では、まず実際に抗体修飾ナノニードルによる細胞の釣り上げ分離が可能であるかどうかを、カンチレバー型ナノニードルを用いて実証した。抗ネスチン抗体修飾ナノニードルを用いて、付着培養状態のネスチン陽性マウス胚性癌細胞 P19を抗体の結合力で強制的に剥離させ分離することに成功した。釣り上げ時の力は10nN 以上であり、ナノニードル表面に固定化された抗体で細胞の釣り上げに十分な結合力が得られることを証明した。ナノニードルアレイによる細胞の釣り上げ試験を行うための、ナノニードルアレイの動作装置の作製、ナノニードル直下に細胞を配列した細胞アレイの作製、およびこれらを用いた挿入試験を行った。ナノニードルアレイ動作装置は、静岡大学と協力することによって、ピエゾモーターにより XYZ いずれの方向も0.1～30μm/sec の任意の速度で動作可能である装置を作製した。細胞アレイの作製は、上記アレイ動作装置を用い、ナノニードルアレイの作製工程で得られるマイクロピラーアレイを用いたコンタクトプリント法により作製した。細胞膜修飾剤（BAM）のスポットを BSA 被膜上に配列し、単一細胞を繋留することにより細胞アレイを調製した。その結果、ナノニードルの直下に細胞が配列した割合、細胞充填率は60%であり、総数6千個の細胞を配列させることが可能であった。

さらに、コンタクトプリントのインク液中の BAM 濃度を調整することによって細胞の接着力を調整することが可能であった。この細胞アレイに対してナノニードルアレイを動作装置により接近させ、挿入を試みた。その結果、微小な角度のずれによりニードルと細胞の位置が合わないことが明らかとなった。平成25年度は、細胞アレイの細胞充填率を90%以上に増大させ、ナノニードルアレイ動作装置に対して微小回転調整治具の導入による改良を行い、抗体固定化ナノニードルアレイによって細胞の分離を行うことを目標とする。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］細胞分離、抗原抗体反応、ナノニードル、AFM、接着制御

［テーマ題目20］アクチンフィラメントの力学応答と機能分化

［研究代表者］上田　太郎（セルメカニクス研究グループ）
［研究担当者］上田　太郎、長崎　晃、梅木　伸久、
古谷　のぞみ（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

アクチンフィラメントは、真核細胞の細胞運動や細胞内物質輸送等のさまざまな現象で非常に重要な機能を果たしている。たとえば、運動中の細胞性粘菌アメーバの前部では、アクチンフィラメントの伸張が仮足を前方に押しだし、後部ではミオシン II と相互作用して後端を収縮させる。このように、細胞内にはアクチンフィラメントを主成分とする多様な構造が共存し、それぞれ特異的な機能を果たしている。このようなアクチンフィラメントの機能分化は、相互作用しているタンパク質の差異に基づくと考えられているが、個々のアクチンフィラメントが、どのようにして適切なアクチン結合タンパク質と結合するのかについてはよく分かっていない。これに対してわれわれは、細胞内アクチンフィラメントのこうした機能分化には、外力や特異的アクチン結合タンパク質によるフィラメントの構造変化が重要な機能を果たしているのではないかという仮説の検証に取り組んでいる。

今年度は生化学的アプローチに注力した。われわれは、アクチン－S1融合タンパク質とコフィリン－アクチン融合タンパク質というユニークなタンパク質の発現系を確立しており（S1はミオシン II のモータードメインン）、昨年度までに、アクチン－S1融合タンパク質とコフィリン－アクチン融合タンパク質をそれぞれ正常アクチンと共重合させ、融合タンパク質が近傍の正常アクチンに及ぼす影響を共沈実験により調べたところ、アクチン－S1融合タンパク質は、近傍の正常アクチンとコフィリンの結合を阻害する一方、コフィリン－アクチン融合タンパク質は、近傍の正常アクチンとコフィリンの結合を促進し、ミオシンの結合を阻害することを見出していた。これらの結果は、アクチンフィラメントの構造変化を介して、ミオシンとコフィリンが相互排他的にアクチンフィラメントと結合することを示唆しており、大変興味深い。しかしアクチン－S1融合タンパク質による正常アクチンの構造変がミオシンの結合を促進することを示す

データがまだ得られておらず、この点を解決することが、本プロジェクトの当面の目標となっていた。そこでミオシン結合がさらなるミオシン結合を促進する条件の探索を進め、従来の実験よりはるかに低濃度のミオシンで検討すべであることが示唆された。

さらに、Asp11を置換したアクチンの変異は優性にヒトの先天性ミオパチーを引き起こすので、独自の組換えアクチン発現系を活用してこれを調製し、その生化学的解析を進めた。その結果、この Asp11変異アクチンはヌクレオチド交換速度が速いため、フィラメントに取り込まれて ATP を加水分解したあとも ADP 型にとどまらずに ATP 型に戻ってしまうため、コフィリンとの相互作用が阻害され、その結果強い細胞毒性をもつようになることを示した。

またこの課題で特筆すべき成果として、6月に関連する提案が科研費新学術領域の計画研究に採択され、年度途中から予算が拡充された。これを活用し、所有する全反射顕微鏡システムの全面的な改良を進め、超高感度カメラを導入するとともに、3色同時観察可能な独自の光学系を設計しこれを導入した。これにより、複数の細胞内蛍光タンパク質の動態を同時に観察したり、アクチンフィラメントと二つのアクチン結合タンパク質が結合する際の相互作用をライブ観察できることになった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］細胞極性、メカノバイオロジー、協同的結合

［テーマ題目21］ガンにおけるモータリンと CARF の分子解析と抗癌剤の開発

［研究代表者］ワダワ　レヌー（細胞増殖制御研究グループ）

［研究担当者］ワダワ　レヌー、カウル　スニル（常勤職員2名、他5名）

［研 究 内 容］

ストレス応答タンパク質の一種であるモータリン（ミトコンドリア熱ショックタンパク質70）はガン細胞に過剰発現しており、ヒトの発ガンに関与することが示唆されている。さらに、腫瘍細胞のプロテオミクス解析によって肝細胞ガン（HCC）の転移および再発のマーカーとして同定されている。これまでの研究から、モータリンを抑制する siRNA は、ほとんどの HCC 株においてアポトーシスを誘導する。我々による詳細な解析の結果、カスパーゼ3を通じた p53変異体のアポトーシス活性を引き起こすことを見出している。さらに、モータリンとp53の相互作用がガン細胞およびストレス細胞に特異的であることを明らかにした。したがって、これらは治療に向けた腫瘍細胞特異的な標的となる。また、モータリンを標的とした腫瘍崩壊アデノウイルスは、強いガン抑制作用と血管形成阻害を示し、血管形成への関与が示唆された。さらに抗モータリン・モノクローナル抗体を新規に作製したところ、そのうちいくつかの抗体が、これまで以上に細胞に内在化する特徴を示している。モータリンに関しては、これまでの研究成果の集大成として、モータリンの生物学と題した書籍を上梓した。抗モータリン抗体については、生体内における細胞の長期観測のためのナノ粒子としての利用とともに、将来的な抗ガン剤としての評価も行っている。

CARF はガン抑制遺伝子 p53の経路を活性化する因子として以前より報告されている。最近我々は、CARF の過剰発現がヒト細胞において早期の老化を引き起こすことを見出した。また、CARF の抑制が異数性とアポトーシスを誘導することから、CARF がガン細胞の維持に必須なタンパク質ではないかと考え、CARF 抑制の siRNA や抗体の抗ガン剤としての有効性を検討している。さらに、CARF によって制御されるシグナル伝達の解析を行い、CARF がストレス等による細胞老化おいて、DNA 損傷への応答の重要な因子であることを見いだした。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］モータリン、抗癌作用、内在化抗体、ナノ粒子、モータリン siRNA、CARF、CARF siRNA、apoptosis

［テーマ題目22］生体分子メカニズムの解明とこれを制御する天然物由来活性物質の探索・利用

［研究代表者］ワダワ　レヌー（細胞増殖制御研究グループ）

［研究担当者］ワダワ　レヌー、カウル　スニル（常勤職員2名、他5名）

［研 究 内 容］

伝統的なハーブ療法は、基礎研究のみならず臨床面でも統合的かつ実証的な西洋医療と並んで、高く評価されてきている。アシュワガンダ（*Withania somnifera*: Solanaceae）は、インド周辺地域において自生するハーブであり1000年以上伝承されてきた伝統的な民間治療薬として広く使われてきた。長年にわたる知見から健康に有効であることが信じられてきたものの、アシュワガンダが作用するメカニズムについては、ほとんど理解されてこなかった。そこで我々は独自にアシュワガンダ葉部のアルコール抽出物（i-Extract）を精製し培養細胞および動物実験において抗ガン活性があることを見出した。また i-Extract とその成分（i- Factor/ withanone）が一定の濃度において、正常細胞には影響を与えずにガン細胞を選択的に死滅させることを見出した。今年度は、アシュワガンダの葉から抽出された低分子の化学物質を癌細胞に添加したところ、モータリンと p53の相互作用の阻害を通して、癌細胞増殖の抑制が観測された。モータリンと p53の相互作用がアシュワガンダ抽出物によって阻害されるメカニズムは、コンピューターを用いたシミュレーション解析によって裏付けされている。さらに、

遺伝子を網羅的に抑制（siRNA や ribozyme）解析するスクリーニング法を用い、i-Extract が標的とする遺伝子とガン細胞の選択的な死滅に関与する経路を同定した。興味深いことに、i-Extract や i-Factor といった成分が、紫外線や化合物等から誘導される酸化ストレスから、ヒト正常細胞を保護する作用があること、脳由来の細胞を保護し、分化を誘導すること等もあわせて見出している。

また、i-Extract の成分の量比を変化させて、神経分化を誘導する組合せを新たに見出している。さらに抗ガン作用、抗老化作用抗ストレス作用、分化誘導作用を有するアシュワガンダの水溶性成分抽出法を確立している。これらの分子レベルでの作用機序について、情報科学と実験の両面を交えて、種々のアプローチから解析を行っている。その結果、i-Factor は、(1)モータリン-p53および(2)オーロラ A-TPX2の両相互作用を標的とし、癌細胞の増殖を抑制することを明らかにした。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］細胞増殖制御、老化、ガン、植物抽出物、酸化ストレス、神経分化

［テーマ題目23］タンパク質を構成しないノンコーディング RNA

［研究代表者］ワダワ　レヌー（細胞増殖制御研究グループ）

［研究担当者］ワダワ　レヌー、カウル　スニル、加藤　義雄（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

細胞には、細胞分裂によって細胞数を増やす「増殖」と、自己増殖を止めて別の特性を持つ細胞へと舵を切る「分化」という2つの方向性がある。従来、細胞増殖や分化に関わる細胞性の因子を探索するために、タンパク質をコードする遺伝子について様々な解析が行われてきたが、依然として不明な部分も多い。そこで我々はタンパク質をコードしないノンコーディング RNA の中でも特に小さな RNA（miRNA）に着目し、細胞増殖や分化においてどのような miRNA の発現が変化しているかについて解析を行っている。特に近年、種々の疾患に関与する miRNA が見出されてきており、治療薬や診断薬のターゲット分子として、産業応用されることが期待されている。我々は生きた細胞内の miRNA の発現を1細胞レベルで定量化する独自の技術を利用して、細胞増殖や分化に関わる miRNA の解析を行っている。

我々はこれまでの研究で、軟骨特異的に発現する miRNA である miR-140が、軟骨の発生および恒常性に重要であることを見いだしてきた。軟骨特異的に発現するノンコーディング RNA の中でも、miR-140が変形性関節症患者において減少していることに着目し、miR-140欠損マウスを作製した。miR-140(-/-)マウスは、全体的に見ると正常に発生するが、月齢が高くなるにつれて顕著な関節炎様症状を示した。miR-140過剰発現マウスではこの傾向が逆転し、関節炎に対して抵抗を示した。詳細な解析の結果、miR-140は軟骨基質分解酵素 Adamts-5を標的として抑制し、miR-140の低下によって関節炎様症状が引き起こされることを明らかにしている。培養細胞における詳細な解析の結果、miR-140は IL-1の刺激によって発現量が低下する。また変形性関節症の場合、miR-140の発現は低くなっていることから、変形性関節症における miR-140発現の低下は、IL-1刺激によるものだと考えられる。

より詳細なメカニズムを解明するため、転写因子 Sox9の欠損マウスおよび過剰発現細胞を用いて解析を行い、miR-140の発現が Sox9によって促進されることを示した。さらなる詳細な検討により、Sox9と共に軟骨分化を制御する転写因子である Sox5と Sox6が miR-140の発現制御に関わることを示した。miR-140は軟骨細胞の分化だけでなく、関節炎にも深く関与していることを明らかにしており、関節炎治療へ向けた分子メカニズムの一端を明らかにした。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］miRNA アレイ、細胞増殖、細胞分化、miRNA-296

［テーマ題目24］核酸アプタマースペクトル解析法の開発

［研究代表者］宮岸　真（分子複合医薬研究グループ）

［研究担当者］宮岸　真、村上　和由（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

核酸アプタマーはターゲット分子を認識する人工核酸であり、加齢黄斑変性症治療薬として、Macugen が薬として市場に出ているが、その開発には、時間、労力が掛かることが大きな課題となっている。また、核酸アプタマーは、ターゲット分子の親和性の高さや、低分子化合物への抗体では検出できないような低分子、毒物に対する検出への利用が期待されているが、現在のところ、目立った商品化に至っていない状況である。

本研究課題では、近年、急速に進歩している次世代シークエンサー技術を応用することにより、新しい検出法として、ランダマイズしたアプタマーの全ての配列情報をスペクトルとして扱い、ターゲットを認識する方法を提案している。これまでの研究では、物質に対して、安定したスペクトルを得ることが可能であることを示してきた。

本年度においては、これをさらに進展させ、ターゲット物質の微妙な違いがスペクトルに反映しているか否かに関し検討を行った。ターゲット分子としては、アミノ酸レベルで約80%の相同性があるマウスとヒトのトロンビンを用い、G-カルテット構造を持つトロンビンアプタマーのループ領域6塩基をランダム化したライブラリーを作成し、それぞれのトロンビンに結合するアプタマ

ーの配列スペクトルの解析を行った。その結果、マウスおよびヒトトロンビンに特徴的な配列スペクトルが得られることがわかり、このアプタマーを用いたスペクトル解析手法により、非常に似たターゲット分子でも詳細に区別することができることが判明した。今後は、この手法を、より高い親和性で様々なターゲットに対しても適応できる汎用的な検出システムとして、開発を進めて行きたいと考えている。

［テーマ題目25］アディクシンの脳内生理機能に関する解析

［研究代表者］池本　光志
（分子複合医薬研究グループ）

［研究担当者］池本　光志、荒野　拓
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究は、①モルヒネ耐性依存現象に関与する因子として痛みに関与する脳内領域であるマウス扁桃体より独自に同定した「アディクシン」（神経型グルタミン酸輸送体 EAAC1機能制御因子）の脳内生理機能の解明、②「アディクシン」がモルヒネ鎮痛機構へ関与する可能性を検討することを目的として実施している。既に、国内外の研究グループの in vivo 解析により、アディクシンが、モルヒネ依存、てんかん、アルコール中毒、統合失調症等の多彩な精神神経疾患の発症に関与することが報告されている。また、アディクシンはδオピオイド受容体と結合することから、アディクシンがモルヒネ鎮痛効果発現に深く関与する可能性が示唆されている。

我々は、アディクシンが多様な分子複合体形成能を有することに着目し、Yeast Two-hybrid 法を用いてアディクシン結合蛋白質を同定することによってアディクシンのモルヒネ鎮痛効果発現機構への関与を検討している。これまでに、マウス胎仝児17日目およびマウス7週齢全能 cDNA ライブラリーより、新たに17種類のアディクシン結合候補蛋白質を同定し、バイオインフォマティクス的解析を実施したところ、アディクシンは特定シグナル系の制御因子群と分子複合体ネットワークを形成する興味深い結果を得た。また、アディクシン結合候補蛋白質の一つとして同定した、膜1回貫通型の BMP シグナル阻害因子である Tomoregulin-1（TR-1）に関して解析を進めたところ、① Tomoregulin-1は in vitro 系および in vivo 系においてアディクシン結合蛋白質として機能すること、② アディクシンは TR-1との結合を介して TR-1の細胞内局在を制御可能であること、③ アディクシンは TR-1の小胞体から細胞膜上への細胞内輸送を抑制し、TR-1の細胞膜上の発現量の制御に関与することが明らかとなった。神経型グルタミン酸輸送体EAAC1の小胞体から細胞膜上への細胞内輸送がアディクシンによって抑制されることが既に報告されているが、TR-1に関しても同様の機構が存在することから、アディクシンの主要な生理機能として、多彩な結合因子群の小胞体から細胞膜への細胞内輸送制御を担っている可能性が高いことが示唆された。また、アディクシンは、TR-1の細胞膜上の発現量を制御することで TR-1シグナル系ならびに生理機能を制御する可能性もある。現在、神経系における TR-1シグナル系とその意義の解明、さらには鎮痛機構への関与に関してさらに検討を進めている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］アディクシン、Tomoregulin-1、細胞内輸送、モルヒネ鎮痛

⑨【ヒューマンライフテクノロジー研究部門】
（Human Technology Research Institute）
（存続期間：2001.4～終了日）

研 究 部 門 長：赤松　幹之
副研究部門長：本間　一弘、横井　孝志
総括研究主幹：梅山　伸二

所在地：つくば中央第6、第2、東事業所、北サイト
人　員：86名（86名）
経　費：745,481千円（464,945千円）

概　要：

ヒューマンライフテクノロジー研究部門では、生活者や生体システムとしての人間を科学的に探求することにより、少子高齢化し高度に情報化された社会の中で暮らす人々のニーズを見極めつつ、人間にとって安全で安心かつ有益な技術を人々の生活に導入することを目標として研究開発を行う。この目的のために、安全・安心な生活環境を創出する機器、使いやすい製品を設計することを支援する技術、健康増進のための機器、患者にとって安全で負担の少ない医療機器技術、医療高度化の支援技術などの研究開発を進め、さらに人間生活及び医療福祉機器関連産業の育成・活性化に貢献する。

特に人間の心身活動を深く理解するための研究を行うとともに、科学技術の利用者である人間側に視点をおきながら、人間の能力発揮や機能回復を支援する技術を開発することをミッションとする。

課題１　人間の状況認知・遂行能力の評価・支援技術（人間生活工学分野）：

ディマンドとパフォーマンスの適合による認知行動タスクの最適化を目指し、以下の要素技術の開発に取り組む。即ち人間の認知処理容量を脳全体の酸素代謝から推定するための光と超音波を組み合わせた計測方法の開発を継続し、人間工学実験によって有効性を確認する。近赤外脳機能計測装置に対しては、頭部血流

動態の生理学的考察やシミュレーションに基づき、アーティファクト除去が可能な手法の開発を進める。また、人間の適応的タスク遂行能力のモデル化によりタスクディマンドを行動から推定する手法の構築を行う。

課題２　心身の適応力の向上のための評価・支援技術（健康福祉工学分野）：

健康維持増進技術の一環として、心身の適応能力向上のための評価・支援技術を構築する。そのために、心身の相互応答特性を解明するとともに、心身の適応状態を計測・評価する技術を開発する。

具体的には、運動習慣、睡眠、温熱環境などの身体的要因と、精神ストレス、心理状態、認知機能などの精神・心理要因との関係を明らかにし、身心適応能力を向上させる技術開発につなげる。また、血流応答や血管硬化度、音声情報などを用いて、身心の適応性を計測・評価するための生理的・心理的手法を開発する。

課題３　生活自立支援のための身体機能回復技術（福祉工学分野）：

次世代リハビリテーション技術の指針を提供することを目標に、生活自立支援のための身体機能回復技術構築の一環として、脳機能に着目したニューロリハビリテーション技術と食の QOL 向上のための基盤研究を行う。具体的には、動物実験を通じて脳の適応能力機構を解明し、その回復のプロセスと要因を明らかにするとともに、残存機能を活かすニューロリハビリテーション技術を開発する。また、身体の生理機能や認知機能の理解に関わる研究を通じて、長寿社会での人々のライフスタイルの充実に向けた、食生活の QOL 向上のための介護・リハビリ支援技術の基礎を構築する。

課題４　安全で負担の少ない医療機器技術、医療高度化の支援技術（医工学分野）：

医工学分野におけるトランスレーショナル・リサーチや本格研究の実践によって、第三世代生体材料の研究開発やその基礎研究を核としながら、次世代人工心臓の開発を行うとともに、低侵襲機器と組合せた治療法の研究開発を進める。適用疾患として骨疾患、心疾患、がんを想定し、それぞれ、高齢社会の QOL 向上二大死因の克服といった社会ニーズに対応する。

課題５　人間生活製品、福祉、医療機器技術の標準化研究（標準化分野）：

人間特性に基づいた適正な製品の設計・開発や安全で迅速な医療機器の設計・開発を支援することをねらいに、人間工学的視点及び医療機器に対する技術的視点から、アクセシブルデザイン技術の標準化研究、映像の生体安全性に関する国際標準化、再生医療製品を含む医療機器開発に対するガイドライン策定と標準化を推進する。

内部資金：
交付金　標準基盤研究　1型色覚および2型色覚の等歩度色知覚尺度（色差）、色差式および均等色空間

交付金　標準基盤研究　情報技術における音声命令の標準化

交付金　標準基盤研究　アジア人高齢者人工関節のための基盤技術の標準化

交付金　標準基盤研究　【FS】産総研ニューロマーケティング支援フレームワークの構築

交付金　標準基盤研究　高齢者・ロービジョン者のための適正照度の標準化：歩行環境

交付金　標準基盤研究　整形インプラントの力学試験方法の国内及び国際標準化

外部資金：
経済産業省　平成24年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業　平成24年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米先端技術標準化研究協力）3D 映像

経済産業省　平成24年度国際標準化推進事業委託費　平成24年度国際標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発事業：アクセシブルデザイン及びその適合性評価に関する国際標準化））

経済産業省　平成24年度国際標準化推進事業委託費　平成24年度国際標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発事業：バイオセラミックスの再生医療用特性評価法に関する標準化））

経済産業省　平成24年度医療機器開発ガイドライン策定事業　平成24年度医療機器等の開発・実用化促進のためのガイドライン策定事業（医療機器に関する開発ガイドライン作成のための支援事業）

（独）科学技術振興機構　産学共創基礎基盤研究プログラム　バイオメディカル光イメージングにおける数理モデルと画像再構成

（独）科学技術振興機構　戦略的創造研究推進事業（さきがけ）大脳皮質への神経活動入力による機能回復促進

（独）科学技術振興機構　戦略的創造研究推進事業（さきがけ）BMI を介した観察者間の知覚共有技術の開発

（独）科学技術振興機構　戦略的国際科学技術協力推進事業「日本－米国研究交流」社会ロボットにおける文化的モデルに関する研究－日本とアメリカにおけるロボットの利用者の比較に関する研究

（公財）静岡県産業振興財団　平成23年度課題解決型医療機器の開発・改良に向けた病院・企業間の連携支援事業（ふじのくに先端医療総合特区）　高生体適合性（カスタムメイド）インプラントの上市を目指した研究開発

（財）木原記念横浜生命科学振興財団　平成23年度課題解決型医療機器の開発・改良に向けた病院・企業間の連携支援事業（京浜臨海部ライフイノベーション国際戦略総合特区）　超音波画像装置の開発

（公財）テクノエイド協会　平成24年度福祉用・介護ロボット実用化支援事業　介護施設等モニター協力にかかわる事業（アザラシ型メンタルコミットロボット「パロ（セラピー用）」）

（国）東北大学　神経・血管温存下に最大限の病変摘出を行う手術用治療器（パルスウォータージェットメス）の開発

（一社）至誠会　平成24年度岡本糸枝学術研究助成　粘膜剥離手技研修用実態シミュレータの研究開発

（公財）立石科学技術振興財団　平成24年度研究助成(B)　アバターロボットを制御する脳波コミュニケーション技術の開発

（公財）LIXIL 住生活財団　平成24年度調査研究助成　安全で快適な半屋外・居住環境形成のための高齢者の温熱生理・心理・行動特性に関する研究

（公財）ブレインサイエンス振興財団　海外研究者招聘助成　運動学習における小脳－基底核連関を探る

（財）イオン工学振興財団　平成23年度研究助成　免疫応答を高めるための新規メソ多孔質アルミ化合物アジュバント

（財）サッポロ生物科学振興財団　平成24年度研究助成　一般食品の味覚に対する感知しやすさと感覚的強度に基づいた消費者の食物認知に関わる国際比較

（財）ライフサイエンス振興財団　平成23年度研究助成　視床－皮質ネットワークが司る注意統合機構とその病態解明

（財）中山科学振興財団　平成23年度研究助成　睡眠不足が情動記憶の偏向および脳活動に及ぼす効果検証

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　小型遠心ポンプ用いた可搬式除水システムの開発

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)　オープンプランにおけるスピーチプライバシ保護のためのハイブリット設計技術の開発

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)　3次元有効視野計測法の開発と、それに基づく人間の視空間情報収集特性の加齢変化

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)　ふく射輸送現象論に基づくヒト頭部内光伝播の解明と光マッピング画像の高度化

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)　随意運動に先行する脳活動の同定－セントラルコマンド発生機構の探索

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)　筋活動と早期がんの画像診断を目的としたマイクロ波局所糖代謝イメージング

文部科学省　科学研究費補助金　若手研究(A)　時空間変調に基づく光ー超音波融合高機能生体イメージング法の開発

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)　音響放射力を伴う超音波の生体組織への影響

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)　筋委縮性側索硬化症療養者の病態生理に基づく革新的な意思伝達手段開発に関する研究

文部科学省　科学研究費補助金　研究活動スタート支援　サル内包梗塞モデルを用いた脳機能回復メカニズムの解明

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)　推論の複雑性に関する圏論的アプローチ

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　並列処理に基づく物体認識アルゴリズムに関する研究

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　孤立した大地震被災地の初動救命活動を支援する可搬動力システムの開発

文部科学省　科学研究費補助金　特別研究員奨励費　雨天時の視覚障害者の歩行環境整備に関する研究

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　選択反応時間タスクを用いた脳梗塞片麻痺の回復過程の解明

文部科学省　科学研究費補助金　研究活動スタート支援　視覚における非意図的な時間文脈ベースの予測に関する脳内情報処理モデルの構築

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　運動中の血圧が加齢に伴って上昇するメカニズムの解明

文部科学省　科学研究費補助金　若手研究(A)　視知覚の「まとまり」を支える脳内ダイナミクス

文部科学省　科学研究費補助金　若手研究(B)　認知症高齢者を対象としたメンタルコミットロボット・パロを活用したケア効果

文部科学省　科学研究費補助金　若手研究(B)　運動習慣が脳循環動態・脳循環調節機能に及ぼす影響：脳疾患予防の基礎的研究

文部科学省　科学研究費補助金　新学術領域研究　側頭葉の階層的な情報処理のメカニズムと顔認知における役割

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　プライバシー保護のための情報幾何的協調フィルタリング

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　脳皮質神経カラム電気刺激による人工感覚の生成とその制御

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　情報論的自己組織化マップとその応用

文部科学省　科学研究費補助金　若手研究(B)　脳波の位相同期性解析およびグラフ理論解析を用いた視覚的注意の評価手法の開発

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)　変動する温熱環境が睡眠時の人体に及ぼす影響の評価技術の開発

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　訓練サンプル最適化による識別器の性能向上手法

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　超音波血管機能検査装置の高度化と血流依存性血管拡張機序の解明

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　定位行動の意思決定に関わる脳内機構の解明

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　微弱高周波電界による生体内計測技術

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)　報酬獲得のための行動決定制御の脳内情報処理機構

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)　運動機能可塑性における赤核機能・構造連関の解明

文部科学省　科学研究費補助金　若手研究(B)　側頭葉におけるカテゴリー化の神経機構の解明

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)　報酬獲得のための行動決定制御の脳内情報処理機構

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　高度な計測信頼性を実現する新型近赤外脳機能計測システムの開発

文部科学省　科学研究費補助金　特別研究員奨励費　妊娠高血圧症候群に対する運動の有効性の検討ならびにそのメカニズムの解明

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)　虚弱高齢者の定量的身体機能計測に基づいた縦断的転倒リスク評価指標の構築

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　自閉特性が顔認知に与える影響－分類画像法および反応一貫性分析による検討－

文部科学省　科学研究費補助金　若手研究(B)　物理・免疫融合療法に用いる in situ 癌免疫誘導のためのナノ構造アジュバント

文部科学省　科学研究費補助金　挑戦的萌芽研究　睡眠中の潜在記憶学習の可能性

文部科学省　科学研究費補助金　挑戦的萌芽研究　色覚障害者に配慮した均等色空間および色差式の確立に向けた基礎研究

文部科学省　科学研究費補助金　挑戦的萌芽研究　自己と他者の認識が感覚情報処理に与える影響－社会性と知覚の接点－

文部科学省　科学研究費補助金　若手研究(A)　多感覚情報の脳内統合機構の解明

文部科学省　科学研究費補助金　若手研究(B)　血液自身を潤滑液として回転浮上する長期使用可能な補助循環ポンプに関する研究開発

文部科学省　科学研究費補助金　新学術領域研究（研究領域提案型）　意思決定における「迷い」の検知・制御メカニズム

文部科学省　科学研究費補助金　挑戦的萌芽研究　実世界環境下での輻輳眼球運動計測による視空間情報処理の研究

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　低容量回線でも高画質画像を活用できる「超舞台」遠隔交流学習支援システムの開発

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(A)　教育クラウドによる学習支援環境の開発

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　社会的公正性に配慮したデータマイニング技術

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(A)　海馬バインディングの脳認知科学研究

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　側頭葉における報酬に基づいた視覚刺激の連合記憶メカニズムの解明

文部科学省　科学研究費補助金　挑戦的萌芽研究　半正値四次形式の比の和で表される関数の最適化とその幾何学

文部科学省　科学研究費補助金　挑戦的萌芽研究　加齢変化を考慮した騒音評価方法の開発に向けた聴覚モデルの構築

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　認知行動を取捨選択制御する前頭前野神経回路機構の研究

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)　前頭前野における神経調節物質の影響に関する研究

文部科学省　科学研究費補助金　挑戦的萌芽研究　ヒートショックが人体の過渡状態に及ぼす影響評価

文部科学省　科学研究費補助金　若手研究(B)　時間的同期に基づいた異種感覚モダリティ間・属性間の情報統合メカニズムの解明

文部科学省　科学研究費補助金　新学術領域研究　質感認知に関わる視聴触覚情報の心理物理的分析

文部科学省　科学研究費補助金　若手研究(B)　サル下側頭葉における無意識下での視覚情報処理様式の解明

文部科学省　科学研究費補助金　挑戦的萌芽研究　MRエラストグラフィーによる非侵襲的頭蓋内圧・コンプライアンス・脳自動調節能評価

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(C)　パルスジェットメスによる末梢神経機能温存下拡大経蝶形骨洞腫瘍摘出法の開発

文部科学省　科学研究費補助金　挑戦的萌芽研究　インフラ途絶下において利用可能な体温管理システムの開発

文部科学省　科学研究費補助金　若手研究(A)　生体内超音波ビーム計測及び制御法を用いた低侵襲超音波診断治療統合システム

文部科学省　科学研究費補助金　挑戦的萌芽研究　非侵襲超音波痛み評価・治療統合システム

文部科学省　科学研究費補助金　基盤研究(B)　体外補助循環における出血・血液凝固の非侵襲連続光診断法の確立

発　表：誌上発表270件、口頭発表487件、その他81件

アクセシブルデザイン研究グループ

（Accessible Design Group）

研究グループ長：倉片　憲治

（つくば中央第6）

概　要：

高齢社会における安全で快適な生活に関する研究を遂行し、人間生活関連産業の育成・活性化に貢献することを目標とする。このため、人間の感覚知覚の分野において、高齢者・障害者の特性を人間工学的に計測し、そのデータベースを作成するとともに、それに基づいて ISO/IEC ガイド71に推奨された高齢者・障害者配慮の設計技術（アクセシブルデザイン技術）を開発する。さらに、その技術を国内外の規格として制定

し、アクセシブルデザイン製品の普及を目指す。

研究領域は、聴覚・視覚・触覚等の基本的な感覚知覚特性及びこれらの感覚情報から認識レベルに至る過程の特性（言語理解、文字認識など）を対象とする。

具体的には、高齢者及びロービジョン（弱視）のための視覚情報提示技術、音及び音声による情報提示・移動支援技術、加齢効果を含む聴覚特性の個人差を考慮した騒音評価法、情報通信機器のアクセシビリティ、視覚障害者のための触覚情報提示技術などを研究課題とする。

研究テーマ：テーマ題目５

マルチモダリティ研究グループ

（Multimodal Integration Research Group）

研究グループ長：氏家　弘裕

（つくば中央第6）

概　要：

人間の視覚、聴覚、味嗅覚、平衡覚および運動感覚等についての情報の統合機構解明を前提として、人間の感覚知覚統合機能に適合した VR 環境等のマルチモーダル情報提示に関する技術開発を目指し、以下の研究を実施する。

(1) 製品・環境等のパフォーマンス適合性評価：

人間環境を取り巻くマルチモーダル情報提示の機能性について、パフォーマンス適合性の観点による計測・評価手法の開発を目指す。具体的には、視覚、聴覚、体性感覚フィードバックによる行為特性の解明と製品・環境の適合性評価への展開、及び口腔内での味覚、嗅覚、触覚間の統合機能の解明と味・嗅覚機能検査法の確立とを目指す。前者に対してはその基盤として、感覚モダリティ間の時空間統合特性の解明や、視覚と前庭の情報統合と姿勢との関係の解明、さらに情報提示技術として三次元音響記録再生技術の開発を同時に進める。

(2) 生体影響リスク低減に資する知的基盤確立：

情報提示による生体影響に関するデータ収集とその蓄積を行い、これに基づく健康面への影響評価技術を開発し、ISO での国際規格化を目指す。具体的には、マルチモーダル環境でとりわけ問題となる立体視による視覚疲労やサイバー酔いについて、情報内要因、情報提示要因、さらに個人特性による影響を明らかにすることで、評価技術開発を目指すとともに、それぞれの要因に対して有効な対策指針の規格原案審議に結びつける。

研究テーマ：テーマ題目３、テーマ題目５

認知行動システム研究グループ

（Cognition and Action Research Group）

研究グループ長：岩木　直

（つくば中央第6）

概　要：

人間の認知メカニズムは、外界の環境中にある多様な課題要求に応えて機能する。課題要求と人間の認知機能の適合性を検討するためには、認知機能の解明が必要不可欠である。特に、認知メカニズムがどのような機能単位（モジュール）から成り立っており、また、それらが互いにどのように機能するかを明らかにする必要がある。そこで、人間の認知活動に必要な注意、記憶、構え、遂行などの情報処理モジュールを特定する手法を開発し、モデル化に向けた枠組みを構築する。

平成24年度は、トップダウン制御およびボトムアップ制御の効果量を個別に定量化できる空間手がかり課題を用いて、中心手がかりの効果量と周辺手がかりの効果量が共変することを確認した。また、トップダウン情報処理モジュールの働きが想定される複数の認知課題について脳波計測実験を行い、共通する脳活動の同期パターンがあることを明らかにした。これらの結果に基づいて、トップダウン抑制、言語的作業記憶、視空間操作など、様々な認知機能モジュールにおける個人差を評価するための実験を行う。行動実験とともに脳波、MEG、機能的 MRI 等の脳活動計測を行い、各認知機能モジュールにおける個人のパフォーマンスと脳活動パターンとの関係性を明らかにする。

研究テーマ：テーマ題目１

システム脳科学研究グループ

（Systems Neuroscience Group）

研究グループ長：高島　一郎

（つくば中央第2）

概　要：

システム脳科学研究グループでは、脳が持っている高い能力を引き出し、支援するために必要な基盤的研究を行う。

認知・行動制御メカニズムの解明に必要な適応モデル動物を確立しつつ、活動中の脳におけるニューロン活動の計測と解析を行い、脳で行われている認知や行動様式の基礎となっている情報処理の仕組みの解明を目指す。同時に、注意や動機、疾病診断等の生理的指標として有用な、視線・瞳孔径を高速かつ非侵襲的に計測する装置などの評価支援システムの開発を進める。

また、脳損傷モデル動物を用いて、リハビリ訓練が誘導する脳内変化を明らかにする。大脳皮質運動野が損傷された後のリハビリ訓練が手の巧緻動作の回復を促進することが明らかになっているので、その背景にある遺伝子・分子・神経回路レベルの変化を統合的に解明する。一連の研究を通し、新しい脳機能回復技術開発のための科学的基盤の確立を目指す。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目３

ユビキタスインタラクショングループ

（Human Ubiquitous-Environment Interaction Group）

研究グループ長：宇津木　明男

（つくば中央第6）

概　要：

人間生活においては生活環境における情報化及び情報と通信の融合が進み、情報技術がオフィスばかりでなく生活の場へも浸透し、ユビキタス社会が実現しつつある。すでに、携帯電話や PDA、また ITS（高度道路交通システム）などの情報支援機器や行動支援機器、ネットワーク対応した家電機器の開発などが行われているが、その支援の恩恵を誰もが享受できるユビキタス社会を実現することが、社会的な要請となっている。

この要請に応えるために、ユビキタス機器利用時の人間の認知行動特性の理解を得ること、また、それに適合した情報支援・行動支援環境を創出することを目的として、生活行動の把握技術の開発、ユビキタスインタフェースの評価技術の開発を行う。さらに、これらの認知行動特性の理解に基づいて、ユビキタス社会における人間の活動を支援することのできるユビキタスインタフェースの開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目１

情報数理研究グループ

（Mathematical Neuroinformatics Group）

研究グループ長：赤穂　昭太郎

（つくば中央第2）

概　要：

人間の認知行動を評価・予測するモデルを構築するために、ビデオ画像や生体信号などの大量データから有用な情報を抽出する機械学習・データマイニングアルゴリズムの構築を行う。

まず、その基礎技術となる確率・統計モデルについて情報幾何学などを用いた理論的な観点からの学問的体系化を行う。近年、インターネットや計測技術の発達に伴い、計測されるデータの多様性が増し、データ解析の結果を還元する際にもさまざまなサービスが開発されている。当グループでも、理論的なバックグラウンドに基づいて多様なデータの解析手法の開発や、新規のサービスの提案などを行っていく。

具体的には、インターネットにおける検索や推薦といった問題や、コンピュータビジョンによる高速な画像処理・パターン認識技術の構築などに取り組む。また、人間の認知機能やその発達などの数理モデルを構築し、認知行動の評価や予測を目指す。

研究テーマ：テーマ題目１

環境適応研究グループ

（Environmental Control Research Group）

研究グループ長：都築　和代

（つくば中央第6）

概　要：

少子高齢社会において安全・安心で質の高い生活を実現することを目的に、人の心身機能の維持・改善や快適性を高める環境を創り出す研究を行う。

そのため、実際の生活現場において、低侵襲・低拘束な計測方法を駆使し、人の生理・心理・行動データの収集、ならびに、環境側データの収集を行う。その結果を解析し、実態を把握するとともに、因果関係の解明に努める。また、実態把握にとどまらず、現場実験等も有効な研究手法であるため、必要に応じて生活現場における介入実験を行う。実験室では、眠気、体温調節等のメカニズム解明のための実験計画や非定常不均一な温熱環境における快適性の評価のための基礎研究を行い、人の心身機能の維持・改善や快適性を高める環境の構築技術の開発を行う。さらに、高齢社会における環境適応のための生活環境評価技術に関する研究として、これまでに行ってきた製品の使いやすさや駅の使いやすさなどの主観評価のデータに基づき、製品及び生活環境のユーザビリティ指標構成の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目３

身体適応支援工学グループ

（Physical Fitness Technology Group）

研究グループ長：井野　秀一

（つくば中央第6）

概　要：

少子高齢社会において安全・安心で質の高い生活（Quality of Life: QOL）の実現を後押しする多様な人間支援技術の構築を目指し、人間の生理機能・感覚運動機能・スキル等を計測・評価する手法を開発すると共に、それらを基盤とする下記の研究テーマに取り組む。

① 心循環機能・動作機能に関する研究：心身適応力の向上による健康維持増進技術を研究開発する。生体を計測する新しい技術を検討するとともに、自律神経・血圧反射・心循環応答等の循環調節機能や姿勢制御等の動作機能に着目して、環境変化やストレスへの心身の適応性向上のための技術構築を目指す。

② 心身親和性の高い生活自立支援技術に関する研究：心身特性との親和性を考慮した生活自立支援技術を研究開発する。運動機能・感覚機能・認知機能等に着目し、高齢者や障害者等の活動的な日常生活や機能訓練を支えるヒューマンインタフェース技術やロボットセラピー技術の構築を目指す。

③ 手術手技スキル向上支援技術に関する研究：ドラ

イラボ（人工物によるシミュレータ）と手術室での実際の手術の操作情報を融合した、より臨場感の高い遠隔手術手技研修システムおよび自習システムの構築を通じて、安全で効率の良い手術スキル向上支援技術の確立を目指す。

研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目３、テーマ題目４

ニューロテクノロジー研究グループ

（Neurotechnology Research Group）

研究グループ長：長谷川　良平

（つくば中央第2）

概　要：

ニューロサイエンスの研究で得た知見に基づき、人々の「生活の質（QOL）」向上や、脳情報を活用した新産業の創出を視野に入れたさまざまな研究開発を行う。特に、人や動物を対象とした脳・神経系の機能や構造を調べる実験研究や、その成果を活用して、低下した身体機能を補償する装置の開発・実用化を目指し、以下のような研究を行う。

(1)ブレイン-マシン　インターフェース（BMI）技術の開発：

運動機能に障がいを持つ方々の社会参加を補助・促進することを目的とし、脳と機械を繋ぐ技術の開発を行う。具体的には動物や人の脳から発せられる信号の抽出や取りだした信号の解読、そして解読した信号で外部機器を動かす手法それぞれの開発を独自に実施する。開発した装置の試作機を使ってのモニター実験を行い、製品化へと積極的に取り組む。

(2)色覚バリアフリー実現に関する技術の開発：

色覚に異常がある人でも、見やすい視環境を提供できることを目的に、色変換データベースを作成している。色盲の方には、どのように色が見えるか、どのような場合に色の区別が難しいか、検索して調べる事ができ、また識別性の良さを判定する機能をもたせたデータベースを公開し、運用している。

研究テーマ：テーマ題目３

脳機能計測研究グループ

（Brain Function Measurement Research Group）

研究グループ長：梅山　伸二

（つくば中央第2）

概　要：

生体の脳が、外界からの刺激を受け、どの場所でどのように反応しているかを見ることは、脳機能の解明や病気の診断、また脳機能回復訓練の効果などを判定する上で非常に重要であり、このため fMRI、fNIRS、EEG などの様々な計測手法が開発されてきた。特に近赤外脳機能計測技術（fNIRS）については、その低侵襲性の高さや測定の簡便さ、装置自体が安価であることなどから、近年多くの注目が集まっているが、その反面、測定プローブコンタクトの不安定性や皮膚血流由来によるアーティファクトの問題など、高い精度の計測が難しいことが問題となっている。本グループでは、fNIRS について、その計測原理の解明を行い、またノイズやアーティファクトに強い計測手法の開発を進めることにより、より信頼度の高い計測技術を実現することを目指す。

研究テーマ：テーマ題目１

医用計測技術グループ

（Biomedical Sensing and Imaging Group）

研究グループ長：兵藤　行志

（つくば東、つくば中央第6）

概　要：

ユニットのミッションである「人間個人が、複雑な社会の中で人々との関係を保ちつつ、自立して知的で快適な生活を安心して送ることを可能とするため、人間の心身活動を深く理解するための研究を行うと共に、技術のユーザである人間側に視点をおき、人間の能力発揮及び機能回復を支援する技術を開発する」において、当グループは、従来は視ることができなかった、測れなかった物理的・生理的事象を計測可能とする技術開発を基軸として、部門内連携研究を推進し、ユニットミッションの遂行に資することを目標とする。

具体的には、電磁波（ラジオ波（MRI）、赤外光、近赤外光、可視光、X 線）及び超音波技術を用いた新規検出・解析方法の創出及び高度化と共に、電気生理、分子・生化学、生体力学計測等の相互補完的な活用によって、(1) 安全で負担の少ない医療機器技術・医療高度化の実現に資する「生体組織の物理・生理特性新規計測技術」、(2) 人間の状況認知・遂行能力の評価・支援のための「全脳代謝計測の基盤技術」を確立すると共に、(3)人間生活に関わる製品・環境の評価・設計支援のための規格化における「医療機器に対する評価技術」を開発し、その標準化を推進する。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目４、テーマ題目５

治療支援技術グループ

（Surgical Assist Technology Group）

研究グループ長：小関　義彦

（つくば東）

概　要：

病変部位を安全確実にピンポイント同定・到達・治療する微細低侵襲技術の確立を目的とする。またそのような高度医療技術が迅速かつ安全に実用化されること目指して、医療機器の橋渡し研究の推進と評価技術の確立を目的とする。

微細低侵襲技術の研究では、生体組織の弾性を無侵

襲に計測する生体力学計測を普及型診断機器で計測する新方式を研究する。また、針穿刺時に針にかかる抵抗力を適切に使用者に提示する穿刺力提示が、より臨床に近い条件でも安全確実に病変部位に到達させられるかを研究する。さらに、超音波で可視な造影剤に薬剤を付加することで、治療の可視化とピンポイント化を行う機能性造影剤の研究を継続する。

橋渡し研究とレギュラトリーサイエンスでは、ナビゲーション医療分野のユーザビリティとトレーニングを統合したガイドラインの策定に取り組む。

研究テーマ：テーマ題目４、テーマ題目５

高機能生体材料グループ

（Advanced Biomaterials Group）

研究グループ長：伊藤　敦夫

（つくば中央第6、つくば東）

概　要：

組織再生を促進するシグナル物質を担持した骨折固定具の橋渡し研究を行う。この担持技術を応用して高機能アジュバントを開発し、in vitro・in vivo 安全性、有効性試験を行う。

微細細胞外環境特性と細胞素機能発現の相互作用を評価し、細胞素機能発現に有効な微細細胞外環境特性の解明に向けた研究を行う。また、硬組織再生医療用途の高機能生体材料の開発に向けた細胞培養系での生体材料の有効性予測技術開発を行う。

生体物質の分子間相互作用解析を通じて、医薬品であり、生体材料分野にも適応が期待される各種タンパク質を、迅速且つ低欠陥で結晶化させるために必要なメカニズムを解明する。また、硬組織形成過程で生ずる未知の準安定相に関する探索を行う。

再生組織や生体組織の高分解能 X 線断層撮影で構造解析を行い、静的・動的力学試験を実施する。大腿骨骨格構造に最適なカスタムメイド人工股関節設計システムを企業と連携して開発し、急増する高齢者骨折に対応した人工股関節とするための最適形状設計を行う。設計したカスタムメイド人工股関節用ステムを高生体適合性 Ti-15Zr-4Nb-4Ta 合金を用いた型鍛造成型により作製し、30年使用に相当する耐久性試験を実施する。

再生組織や生体組織の高分解能 X 線断層撮影で構造解析を行い、静的・動的力学試験を実施する。再生軟骨の成熟度評価において、特に重要な弾性特性のスクリーニング技術を確立するため、MRI、X 線、赤外、力学試験等により生化学、力学、構造特性の評価データを蓄積し、これらの評価データをもとに開発装置の性能及び精度評価を行う。

研究テーマ：テーマ題目４、テーマ題目５

人工臓器グループ

（Artificial Organ Group）

研究グループ長：丸山　修

（つくば東、つくば中央第6）

概　要：

組織再生技術や生体材料技術を利用した喪失機能デバイス技術の開発を推進するため、補助循環血液ポンプにおいては、ポンプ材料であるチタンの試験片を作成し、材料表面に凹凸加工することで故意に血栓形成を誘導し、抗血栓性付与に対するシグナル分子担持の有意性を確認するとともに、血管内皮細胞導入の至適条件を確立する。また、非接触式補助循環血液ポンプの血液適合性を評価するため、大学との共同研究により動物実験を実施するとともに、人工心臓埋め込み患者の QOL（Quality of Life）向上のための小型血流量計を開発し、計測性能を評価する。人工心臓の開発においては、成人用補助人工心臓の耐久性評価を現状1年半以上の継続を実施して、臨床使用への発展を目指している。NEDO プロジェクト採択課題の研究委託機関として、小柄患者用補助人工心臓の耐久性評価システムの基礎設計を完了し、長期耐久性試験の開始に向けて準備を進めている。さらに、共同研究により企業が市販した補助循環ポンプについて、羽根回転の安定性に基づく流体力学的検討を進めている。脳血管疾患における身体機能回復技術の開発では、失われた脳機能を回復させるための効率的なリハビリテーション手法を開発することを目的として、その脳内メカニズムを解明するのに適した実験動物モデルを用い、選択反応時間タスク遂行中において強制的に応答動作を誘発することが学習速度に与える影響について検討する。

研究テーマ：テーマ題目４

［テーマ題目１］人間の状況認知・遂行能力の評価・支援技術

［研究代表者］岩木　直（認知行動システム研究グループ）
高島　一郎（システム脳科学研究グループ）
宇津木　明男（ユビキタスインタラクションググループ）
赤穂　昭太郎（情報数理研究グループ）
梅山　伸二（脳機能計測研究グループ）
兵藤　行志（医用計測技術グループ）

［研究担当者］岩木　直、瀧田　正寿、武田　裕司、永井　聖剛、木村　元洋、小高　泰、小村　豊、菅生　康子、梅山　伸二、山田　亨、岩野　孝之、兵藤　行志、谷川　ゆかり、新田　尚隆、鈴木　慎也、宇津木　明男、高橋　昭彦、竹内　晴彦、

中村　則雄、横山　一也、佐藤　稔久、
熊谷　徹、西田　健次、市村　直幸
（常勤職員24名、他12名）

［研究内容］

1）信頼性の高い近赤外脳機能計測技術の開発

近赤外脳機能計測技術について、その計測原理の解明を行い、またノイズやアーティファクトに強い計測手法の開発を進めることにより、より信頼度の高い計測技術を実現することを目指す。

平成24年度は、近赤外脳機能計測での毛髪雑音／プローブ固定不備の影響低減技術について、影響評価方法，固定器具などの開発を体系的に進め、特に各プローブごとの固定の良さを評価する手法を開発した。

2）全脳代謝計測技術の基盤研究

脳のマクロな酸素代謝推定を可能とするために、計測モダリティ及び計測方法の基盤的な研究開発を行い、脳の酸素代謝を伴う人間工学実験によって開発した手法の有効性を確認する。

平成24年度は、脳全体の酸素代謝を推定するために必要な複数の計測モダリティ（近赤外光、超音波）を相互補完的に併用する生体物理・生理特性計測技術を継続して開発し、安静下での人間工学実験によってその有効性の検証を進めた。その結果、頭部血管を対象とする計測により、脳代謝が推定できる可能性を得た。

3）ニューロン活動計測による処理資源にかかわる神経基盤の解明

サルをモデル動物として使用し、認知資源の配分と制御に関わる未知の神経基盤を同定することを目的とする。

平成24年度は、視覚刺激と報酬の条件性連合課題を遂行しているサルの嗅周囲皮質から単一神経細胞活動を記録し、視覚刺激と報酬を連合する過程では、脳の嗅周囲皮質が状況に応じて柔軟に視覚刺激の意味（報酬の有無）を表現していることを明らかにした。

4）認知情報処理モジュールに関わる脳機能評価技術の開発

日常的な認知活動の基礎となる情報モジュールごとに、その情報処理を反映する脳活動パターンを特定し、認知状態を評価するための技術開発を目指す。

平成24年度は、知識に基づいたトップダウン注意制御によってパフォーマンスの向上が可能な課題を用いて脳波計測実験を行い、トップダウン注意制御が利用されている状況下では、前頭を含む複数のチャンネル間で低γ帯域の位相同期が強くなることを明らかにした。

5）行動データに基づくタスクディマンドの評価技術

日常的な活動におけるリスク要因を、基本的なタスクのディマンドと人間のパフォーマンスの適合性によって評価する手法を確立するために、タスクを遂行する人間の行動データの統計的分析によりタスクディマンドを推定する技術を開発する。

平成24年度は、自動車運転における認知的パフォーマンスを簡易に計測する認知テストによってユーザを層別し、認知的パフォーマンスの低下の仕方の違いによるタスク行動の困難さの違いをタスク遂行実験から明らかにした。

6）認知行動計測のための高速画像認識技術の開発

認知行動計測のために、ビデオ画像から人や事物を高速に抽出する必要がある。本研究では、GPU を用いた高速画像特徴抽出法の開発と、画像特徴を用いた物体追跡・パターン認識技術の開発を行う。

平成24年度は画像情報からタスクディマンドを高速に抽出するための要素技術として、GPU を用いた画像の不変特徴の高速手法の開発を行い、並列処理の効率向上を実現した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］近赤外脳機能計測技術、fNIRS、アーティファクト除去、超音波循環動態計測、ニューロン活動の計測、タスクディマンド、確率ネットワークモデル、高速画像特徴抽出法

［テーマ題目２］心身の適応力の向上のための評価・支援技術の開発

［研究代表者］小峰　秀彦（身体適応支援工学グループ）
都築　和代（環境適応研究グループ）
横井　孝志（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
［研究担当者］横井　孝志、都築　和代、永田　可彦、
稗田　一郎、武田　裕司、甲斐田　幸佐、
永井　聖剛、新田　尚隆、菅原　順、
小峰　秀彦（常勤職員10名、他15名）

［研究内容］

1）心身相互応答特性の解明

精神ストレスと関係の深い睡眠について、睡眠不足（断眠）が感情記憶に与える影響を調べた。前年度に整備した実験環境、刺激装置、プログラムを用いて、4名の被験者を対象に実験を行った。その結果、快記憶および不快記憶は睡眠不足（断眠）によって消却されやすくなる可能性を得た。さらに被験者数を追加して実験実施を予定している。また、ストレス緩和技術として3か月間のフェイシャルマッサージが心身に与える影響について検討した（成人女性37名に3ヶ月間（計6回）マッサージを実施）。その結果、精神ストレス関連物質である唾液中コルチゾル濃度の低下と状態不安の軽減がみられた。この結果は、フェイシャルマッサージの継続がストレス緩和作用を持つことを示唆する。さらに、運動習慣が精神ストレス時の循環応答

に与える影響を調べたところ、運動習慣は精神ストレス時の血圧上昇を抑制し、その原因の一つとして内臓血流応答が関与することが明らかになった。

2）心身の適応状態を計測・評価する技術の構築

精神ストレスを含めた健康管理モニタリング技術開発として、掌指脈波測定装置を作成し、生体反応を検討した。視覚刺激の有無（開眼・閉眼）によって掌指における脈波の周波数特性が変化した。その変化は部位によって異なり、1.3Hz 付近に対する0.1Hz 付近の周波数成分の大きさを求めると、閉眼時の方が指尖と手掌の比が大きくなった。開眼時と閉眼時では得られる脈波の周波数成分が異なったことから、視覚刺激やそれに伴う自律神経活動の違いを捉えられる可能性を得た。血液・血管特性の変化から心身の応答を捉える技術として、エコー強度の適応的二値化に基づく血管径計測の高精度化を検討した。さらに昨年度検討した壁ずり応力・血液粘度推定の高精度化手法と組み合わせてヒト計測への適用可能性を検討した。健常者4名の血管内皮機能計測時（FMD）に得られたエコーデータに本法を適用した結果、血管拡張度と壁ずり応力との間に高い相関が見出され、本法の妥当性が確認された。また、血圧計測定時に上腕カフに伝播する脈波を解析して動脈硬化度を評価する手法を開発、製品化した装置は、病院等への販売を開始するとともに、大手医療機器会社から OEM 販売することが決定した。ヒトが行うコミュニケーションを「量的」に測る手法についても検討を行った。ヒトの会話は多くの個人情報を含むので、そのまま録音したのでは多くの問題が生じる。そこで、音量の時間変化を記録する装置と併用センサーを用いて、コミュニケーションが行われているかどうか判断する方法を検討し、その可搬型の実験装置を設計した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ストレス、認知機能、体温調節、循環調節、運動処方、リラクゼーション、心理状態

［テーマ題目３］生活自立支援のための身体機能回復技術

［研究代表者］井野　秀一（身体適応支援工学グループ）
肥後　範行（システム脳科学研究グループ）
藤崎　和香（マルチモダリティ研究グループ）

［研究担当者］金子　秀和、肥後　範行、村田　弓、林　隆介、稗田　一郎、藤崎　和香、永井　聖剛、井野　秀一、長谷川　良平、岩月　徹、関　喜一、坂本　隆、氏家　弘裕、伊藤　敦夫、遠藤　博史、小早川　達、梅村　浩之（健康工学研究部門）
（常勤職員17名、他5名）

［研 究 内 容］

1）　残存機能を活かすニューロリハビリ技術

医薬品開発でよく用いられるラットを用いた研究と、ヒトに近いサルを用いた研究を並行して行うことで、独創性が高く効率的なニューロリハビリテーション技術の開発に繋がる研究成果を目指す。

ラットを用いた研究では、近年のリハビリにおいて期待されている動作アシストの効果について検討している。左右前肢への空圧刺激に対してレバーから前肢を離して応答するという選択反応時間タスクを健常ラットに学習させる際、エラーが起きた次の試行において、誤反応側の前肢による応答動作を強制的に誘発することの効果を調べた。なお、そのような操作を行わないラットを対照群とした。その結果、エラー率の低下速度は対照群と有意差は無かったが、反応時間の短縮が対照群に比べて速かった。一般に反応時間タスクでは、エラー率が低下してから反応時間が短くなる傾向にあることが知られているから、誤反応側前肢の応答運動を引き起こすことで学習が促進されたといえる。また、誤反応側前肢の応答運動を引き起こした際、1割程度の確率で正反応側前肢もレバーから離れており、体幹が持ち上がっていたと考えられる。このとき、反射経路を通じて正反応側前肢に随意的応答動作時と同等の筋活動及び触感覚が生じていたと予想され、これによって学習過程が促進されたと考えている。リハビリ過程も一種の学習過程であるから、本研究成果は効果的なリハビリ手法を開発する上で有用な知見となりうる。

サルを用いた研究では、脳損傷後の機能回復に伴う細胞活動の変化を知るために、サルが把握動作を行っているときに、脳内に記録電極を刺入し、単一ニューロン活動を計測した。脳からの運動出力を担う主要な領域である第一次運動野の指領域を損傷した後、把握動作の回復が見られた時期には、損傷した領域の近傍に指領域の拡大が見られた。一方、損傷の吻側部には体部位マップが明確でない領域も多くなり、指と肘肩以外の体部位マップ領域が見られなくなった。このような体部位マップの変化に対応して、損傷前と運動機能の回復後で活動パターンの変化を示す領域が見られた。損傷吻側部の体部位マップが明確でない領域においては、損傷後には手の動きに相関したニューロン活動の割合が損傷前と比べて有意に上昇した。以上の結果から、損傷後の回復期には、手の動きを担うニューロンが損傷の周辺領域に広がっていると考えられる。本成果は脳損傷後の機能回復に伴う単一ニューロン活動を詳細に解析した最初の例であり、脳の電気刺激による機能回復促進技術に応用できる。

2) 食生活の QOL 向上のための介護・リハビリ支援技術

長寿社会での人々のライフスタイルの充実に向けて、本テーマでは、楽しい語らいのある食生活を目指した福祉介護技術（誤嚥下予防トレーニングシステム・遠隔食事介護システム）とコミュニケーション支援技術（社会コミュニケーションスキル評価・食事雰囲気改善技術）に関する基礎から応用に至る研究開発を展開し、「食生活の QOL 向上のための介護・リハビリ支援技術」を提案することを目指す。

誤嚥下予防トレーニングの研究では、前年度の試用の結果を踏まえて、高齢者がコンピューターゲームによるリハビリテーションを行う際のメンタルモデルを推定するため、「見た目」と「反応の構造」に主眼を置いた実験用のゲームを作成し、高齢者施設の入居者を実験協力者として行動計測を行った。その結果、「見た目」と「反応の構造」という二つの要素が、利用者がゲームを理解し、関心を持って行っていくために重要であることが確認できた。実験時のアンケートからは、繰り返し行いたくなるような楽しさ（懐かしさ）の工夫が必要なことも判明した。この知見に基づき、高齢者がより楽しみやすいトレーニングシステムの改良を順次展開する予定である。さらに、嚥下機能の定量的評価法の検討に着手した。具体的には、飲料嚥下時における筋電パターンを、嚥下タイミングをコントロールして計測し、合計118名のデータを取得した。目視においては積分波形に2相の活動が見られ、生データにおいてはその極性が反転していることから、現状の顎部表面における計測においても異なる二種類の筋活動が観測されていることが示唆された。

遠隔食事介助の研究においては、3D コンピュータグラフィックスおよび力覚提示装置を用いた遠隔食事介助場面における知覚・行動特性の計測系を用いて、昨年度に引き続き25名の実験データを取得した。そして各遅延条件における詳細な運動データの時系列解析を開始した。また、運動野損傷による運動障害者の食事支援として、残存する視覚野の脳神経情報を利用した介護機器の制御に関する基礎実験（動物実験）を行った。その結果、埋め込み型マルチ電極アレイを用いることで、多様な視覚情報が抽出可能となり、ロボットハンド制御に利用できる可能性が示唆された。

コミュニケーション支援技術に関連して、対人コミュニケーションにおいて重要な役割を果たす感情と認知情報処理との関係について検討した。その結果、快感情時にはより広い範囲に注意することができ、また、拡がりをもった思考が可能となること示された。このように快感情は、外に向いた、拡散的な認知情報処理を促進し、対人コミュニケーションを促進する可能性が示唆された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］脳卒中、動物モデル、運動リハビリテーション、動作アシスト、嚥下リハビリ、遠隔介護、食生活の QOL、コミュニケーション支援

［テーマ題目４］安全で負担の少ない医療機器技術、医療高度化の支援技術

［研究代表者］伊藤　敦夫（高機能生体材料グループ）
丸山　修（人工臓器グループ）
兵藤　行志（医用計測技術グループ）
小関　義彦（治療支援技術グループ）

［研究担当者］伊藤　敦夫、王　秀鵬、岡崎　義光、十河　友、小沼　一雄、廣瀬　志弘、丸山　修、金子　秀和、西田　正浩、小阪　亮、鎮西　清行、小関　義彦、葭仲　潔、鷲尾　利克、兵藤　行志、三澤　雅樹、新田　尚隆、本間　一弘（常勤職員18名）

［研 究 内 容］

1) 第三世代生体材料の先行臨床応用と基礎研究

皮膚内に天然歯周囲組織と類似の組織の形成を促進する、線維芽細胞成長因子-2（FGF-2）と水酸アパタイト複合層を形成した創外骨折固定ピンの臨床研究のための品質管理研究を行うとともに、薬物・機器組合せ製品の類型分類ガイドライン素案を作成した。

2) バイオライズドポンプ

バイオライズドポンプの構成材料として、チタン材料を基本としている。シグナル分子を担持させたチタン材料の抗血栓性の有意性を確認するため、故意に血栓形成を誘導する必要があり、チタン材料試験片表面に凹凸形状を加工した。この凹凸形状の試験片について、血液凝固能を低く設定した in vitro 抗血栓性試験を実施したところ、凹凸表面に血栓形成が生じることが確認でき、この試験片を使ったシグナル分子担持の至適条件設定を開始した。

3) 生体力学計測と穿刺力提示、機能性造影剤

生体力学計測については普及型 MRI でも生体組織の歪を計測できる新方式については、加振方法の改良を行うとともに、通常の診断 MRI 装置で患者に対して臨床試験を行った。穿刺力提示については、臨床現場と同じく針に曲がりが生じた条件でも、フィードバックが正常に機能することを確認した。臨床現場と同じく針に曲がりが生じた条件でも、フィードバックが正常に機能することを確認した。機能性造影剤についてはハイドロキシアパタイト混合下でのマイクロバブルの凝集について検討を開始した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］血管内皮細胞、バイオライズドポンプ、線維芽細胞成長因子-2、アパタイト、シグナル分子、穿刺支援技術、ナノバブル

可視化、物理・生理計測技術

［テーマ題目５］人間生活製品、福祉、医療機器技術の標準化研究

［研究代表者］倉片　憲治（アクセシブルデザイン研究グループ）
氏家　弘裕（マルチモダリティ研究グループ）
本間　一弘（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］倉片　憲治、関　喜一、伊藤　納奈、佐藤　洋、佐川　賢、氏家　弘裕、渡邊　洋、本間　一弘、鎮西　清行、鷲尾　利克、岡崎　義光、廣瀬　志弘、山下　樹里、兵藤　行志、三澤　雅樹、谷川　ゆかり、新田　尚隆、木山　亮一（バイオメディカル研究部門・シグナル分子研究グループ）、片岡　正俊（健康工学研究部門・バイオマーカー解析研究グループ）、弓場　俊輔（健康工学研究部門・組織・再生工学研究グループ）、坂無　英徳（情報技術研究部門・スマートシステム研究グループ）、本間　敬子（知能システム研究部門・ディペンダブルシステム研究グループ）、梶谷　勇（知能システム研究部門・統合知能研究グループ）、榊田　創（エネルギー技術研究部門・先進プラズマ技術グループ）、池原　譲（糖鎖医工学研究センター・マーカー検出技術開発チーム）
（常勤職員25名、他8名）

［研 究 内 容］

1)　アクセシブルデザイン技術の標準化研究

「公共空間等の音声アナウンス」の ISO 規格原案1編（ISO 24504）の審議を進め、国際規格原案（DIS）投票に至った。「色の組合せ方法」の ISO 規格原案1編（ISO 17630）の審議を進め、委員会原案（CD）投票原案を提出した。その他、視覚・聴覚・触覚に関する ISO 規格案又は TR 案4編の審議を進めた。また、「情報通信機器のボイスコマンド」の ISO/IEC 規格案2編（ISO/IEC 30122-1, 30122-4）の審議を行い、それぞれ2nd CD 投票及び DIS 投票へ進めた。さらに、国際照明委員会（CIE）では TR 案1編の審議を進めた。「公共空間の音案内」の日本工業規格（JIS）原案、「消費生活用製品の報知光」の JIS 原案、「ロービジョン（弱視）の空間成分データ」の技術報告書（TR）原案、各1編を作成した。アクセシブルデザインの ISO 規格に対応する改正 JIS 2編（JIS S 0014, S 0032）を制定した。また、以上の標準化の基となるデータを収録した産総研 RIO-DB「高齢者・障害者の感覚特性データベース」を構築した。

2)　映像の生体安全性に関する国際標準化

映像の生体安全性に関するワーキンググループ（ISO/TC 159/SC 4/WG 12）において課題とする国際規格化のうち、光感受性発作に対する委員会原案（CD）が成立し、国際規格原案（DIS）登録が実施され、DIS 投票が開始された。また、立体映像による視覚疲労に対する作業原案（WD 9241-392）を作成し、委員会原案（CD）登録が実施され、CD 投票が開始された。また、関連するワーキンググループ（ISO/TC 159/SC 4/WG 2）において、裸眼立体ディスプレイの計測法に関する作業原案作成についての審議を、主にフィンランド、ドイツ等と進めている。

3)　医療機器開発に対するガイドラインの策定と標準化の推進

医療機器開発ガイドライン策定事業における審議に基づき、新規に再生医療分野（2件）、画像診断分野（1件）、運動機能回復訓練機器分野（1件）における4件の開発ガイドライン（案）を、また、ナビゲーション医療分野における開発ガイドライン（改訂案）、テーラーメイド医療用診断機器分野における標準仕様書（案）を策定した。これまでに策定した開発ガイドラインは総計26件（改訂版等を含む）に達する。国際標準共同研究開発事業における再生医療製品製造用途の除染接続装置開発について、関連するワーキンググループ（ISO/TC 198/WG 9）にて、日本提案を含むワーキングドラフト（WD）を作成した。また、同事業、バイオセラミックスの再生医療用特性評価法に関する国際標準化について、国際 RRT の結果を踏まえた細胞侵入性評価法の新規業務規格案（NP）を作成した。さらに、再生医療関連の2件の JIS/TR（T 0015, T 0016）が発行されるに至った。他方、近赤外光診断装置の標準化では、昨年度の採択を受けて二度の国際会議を開催して委員会原案（CD）を作成・提出し、平成25年2月より意見照会のための回付となった。また、赤外線サーモグラフィ試験の国際標準化では、一般社団法人日本非破壊検査協会と連携し、日本提案の承認済み新業務項目である ISO/AWI 10880Non-destructive testing - Infrared thermographic testing - General principles（試験方法通則）の委員会原案作成を進めた。また、マイクロ X 線 CT の標準化では、用語の JIS 化作業を進め、提案した X 線 CT の精度評価規格が JISC 機械要素部会で審議され、JIS B 7442となった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］高齢者、障害者、ロービジョン、聴覚特性、触覚認識、映像の生体安全性、映像

酔い、立体映像、視覚疲労、医療機器、
ガイドライン、製造販売承認、JIS、
ISO

３）情報通信・エレクトロニクス
（Information Technology and Electronics）

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

研 究 統 括：金山　敏彦
副研究統括：関口　智嗣

概　要：

研究統括は、情報通信・エレクトロニクス分野における研究の推進に係る業務の統括管理を行うとともに、研究分野間の融合を推進する業務を実施している。

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

情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室
（Research Planning Office of Information Technology and Electronics）

所在地：つくば中央第2
人　員：7名（6名）

概　要：

当室は、情報通信・エレクトロニクス分野に置かれ、研究所の業務のうち、当該研究分野における研究の推進に関する業務を実施している。

具体的には、研究戦略の策定と研究計画のとりまとめ、研究戦略予算テーマの立案、分野重点化課題研究テーマの選定・評価、研究ユニットへの交付金予算の配分、分野内・分野間のスペース利用の調整、、プロジェクトの企画・立案・総合調整、経済産業省その他関係団体等との調整、研究統括及び副研究統括が行う業務の支援、オープンプラットフォーム推進に係る企画・調整、技術研究組合の窓口業務、見学・視察対応等の業務を行っている。

当室の平成24年度の活動の特記事項として、つくばイノベーションアリーナにおけるオープンイノベーベーション推進を強化するための体制を、企画本部およびイノベーション推進本部と連携して検討した。その結果、ナノデバイスセンターを廃止し、当該センターが担当していたスーパークリーンルーム施設の運営については、平成25年度に設立されるつくばイノベーション推進本部へ移管することとした。また、光エレクトロニクス実装技術、ミニマルファブ技術、制御システムセキュリティ技術について、それぞれ技術研究組合への参加を通じて研究開発を進める体制を整えた。

機構図（2013/3/31現在）

［情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室］
　研究企画室長　安田　哲二　他

②【ネットワークフォトニクス研究センター】
（Network Photonics Research Center）
（存続期間：2008. 10. 1～）

研 究 セ ン タ ー 長：石川　浩
副研究センター長：挾間　壽文

所在地：つくば中央第2
人　員：13名（13名）
経　費：759, 745千円（90, 635千円）

概　要：

インターネットの普及で映像情報を中心として通信トラフィックが大きく増加している。これに対応してネットワークの消費電力が急激に増大している。今後、ネットワークを活用して、より効率的で安全、安心な社会を形成していくためには、低消費電力で、大量の情報を扱うことの出来るネットワークインフラを構築して行く必要がある。このために、我々は IP をベースとした従来のネットワークに加えて、大幅な低消費電力化が期待できる光の回線交換を用いた光パスネットワークを提案している。これに向けて、文部科学省のイノベーションシステム整備事業の「先端融合領域イノベーション創出拠点形成」のプログラムで「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」を形成し、企業10社と産総研関連研究ユニットと連携して研究開発を推進している。

先端融合領域イノベーション拠点では、企業と連携して以下の開発を進めた。まず、光パスネットワークでの経路切り替え用のスイッチとして、小型・大規模化が可能なシリコンフォトニクスを用いたスイッチおよび多ポート入出力型の新しい波長選択スイッチの開発を進めた。シリコンフォトニクスのスイッチでは、熱光学効果を用いた干渉計型スイッチの大規模化、偏波無依存化、低クロストーク化について、前年度より継続的に検討し、駆動回路のモノリシック集積技術の開発では、2x2の試作および動作実証に成功した。波長選択スイッチでは、プロトタイプモジュールを試作した。また、光パスネットワークのファイバの分散補償技術では、ファイバの非線形性を用いた4光波混合による波長変換と、分散ファイバを組み合わせた、パラメトリック分散補償器のプロトタイプを開発した。加えて、光パスネットワークのダイナミックノードのインターフェース検討およびその要素技術として、

ODU スイッチの設計、波長可変レーザの開発、光ROADM の研究開発を進めた。さらに、光パスネットワークのアーキテクチャに基づく消費電力に関する検討を進めた。

画像情報については、前年度まで取り組ん多NEDO プロジェクト「次世代高効率ネットワークデバイス技術」の成果である、光時分割多重方式を用いた172Gb/s の超高速の送受技術を用いて、放送局舎内でスーパーハイビジョンなどの高精細映像を配信する光 LAN の動態展示を、NHK との連携にて NHK 技研公開で行った。その中の主要なデバイスとして開発した、InGaAs/AlAsSb 半導体量子井戸の伝導帯での離散的な準位間の電子遷移（サブバンド間遷移）による超高速全光位相変調効果を用いたモノリシック集積の超小型全光スイッチの特性向上も行った。また、超高速光時間多重信号のルートを切り替えた時の独自の高速クロック抽出技術の特性改善を行った。

以上の研究開発に加えて、InGaAs 系のサブバンド間遷移素子やⅡ－Ⅵ族のサブバンド間遷移素子の開発で培った高度の量子井戸の結晶成長技術を新しいデバイスに展開する研究、シリコンフォトニクスと有機材料を組み合わせた相変化光スイッチの開発、磁気光学効果を用いたい新規の光スイッチの可能性についても基礎的検討を行った。

外部資金：
文部科学省　イノベーションシステム整備事業「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成」・「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」

総務省「サブバンド間遷移素子を用いた多値位相変調光信号処理の研究開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「省エネルギー革新技術開発事業／先導研究／高速・自己保持機能を有する光スイッチング回路の研究開発」

発　表：誌上発表44件、口頭発表60件、その他4件

超高速光デバイス研究チーム（～12年11月）
（Ultrafast Optical Device Research Team）
機能フォトニクス研究チーム（12年12月～）
（Functional Photonics Research Team）
研究チーム長：鍬塚　治彦

（つくば中央第2）

概　要：

光通信の大容量化に資する光デバイスの研究を進めている。励起電子の超高速緩和が可能な化合物半導体の量子井戸のサブバンド間遷移（ISBT）を利用した光ゲートスイッチである ISBT 素子の高効率化と、新たな応用に向けた検討を進めた。マイケルソン干渉計構成のモノリシック集積の超小型全光スイッチモジュールにより、172Gb/s でスーパーハイビジョン配信の動展示を成功させた。また、ISBT および材料の新しい応用に向け、位相変調の光信号処理および、新波長帯領域への応用検討を進めた。フレキシブルグリッドや64QAM のような今後の大容量化技術に対応するために、波長可変光源の波長、位相制御の研究を開始した。また、新しい光スイッチとして、磁気光学効果を用いた光スイッチについて基礎的な検討を進めている。

研究テーマ：テーマ題目１

ナノフォトニクス集積研究チーム
（Nanophotonics Integration Research Team）
研究チーム長：河島　整

（つくば中央第2）

概　要：

光通信機器が、今後も、トラフィック拡大の要求に答えていくためには、光スイッチや光源、受光器などの個別デバイス、更には論理回路を組み合わせて、より高度な処理機能を備えたモジュールにすることと、そのための次世代集積技術が求められている。これまで石英平面光回路（Planar Lightwave Circuit, PLC）が、集積化のプラットホームとなる導波路系として利用されてきたが、SOI を基に作製されるシリコン光導波路は、石英系を凌駕する集積密度を実現するプラットホームとして注目を集めている。当チームでは、シリコン光導波路や分・合波器など基本素子の低損失化、光入出力効率の改善といった基盤技術の開発に取り組むとともに、駆動用電子回路のモノリシック集積、シリコン光導波路系に化合物半導体のアクティブデバイスを組み込むハイブリッド集積技術や光記録材料等の機能材料を集積する技術、光パス網の実現に必要となる大規模光クロスコネクト（マトリックススイッチ）の研究開発を進めている。高い消光比、広帯域、低損失を設計時から優先的に重視している。

研究テーマ：テーマ題目２

光信号処理システム研究チーム
（Optical Signal Processing System Research Team）
研究チーム長：並木　周

（つくば中央第2）

概　要：

将来のネットワーク像を模索し、システムにおける光の役割を検討・提案しながら、光ネットワークの実現を目指す研究を進めている。光機能性材料・デバイスを活用した光信号処理システム、特に、非線形光学現象を用いる新しい光信号処理の提案を行い、システムレベルでの検証を行う。光ネットワークの要素技術として、波長変換、可変分散補償、光信号再生などを

優先的な課題としている。非線形光学材料として、高非線形ファイバ、シリコン導波路、化合物半導体などを用いる。このチームでは材料開発は行わないため、ネットワークフォトニクス研究センターや電子光技術研究部門など産総研内の関連部門だけでなく、国内外の先端研究グループとの材料に関連した連携・シナジーを積極的に追及している。ネットワークレベルなど上位レイヤーでの検討評価についても、内外の関連研究グループとの連携を行い、目指すネットワークのシステムデモンストレーションを実施する。

研究テーマ：テーマ題目３

［テーマ題目１］超高速全光スイッチ（運営交付金、総務省　「サブバンド間遷移素子を用いた多値位相変調光信号処理の研究開発」）

［研究代表者］ 鍬塚　治彦
（超高速光デバイス研究チーム～11月）
（機能フォトニクス研究チーム12月～）

［研究担当者］ 秋本　良一、小笠原　剛、挾間　壽文、牛頭　信一郎、物集　照夫、Feng Jijun、Albores-Mejia Aron
（常勤職員6名、他3名）

［研 究 内 容］

当研究チームでは、今後の高精細動画像を中心とした通信需要と消費エネルギーの増大に対処するべく、光通信の低エネルギー大容量化に資する、半導体量子井戸のサブバンド遷移（ISBT）を用いた ISBT 素子を中心に研究を進めてきた。ISBT 素子は、低損失超高速全光スイッチ、強度・位相変調信号変換素子、波長変換素子等の新しい応用が期待できる。マイケルソン干渉計構成の導入により、光スイッチのモノリシック集積回路を実現し、光スイッチモジュールの小型化、安定動作を実現した。この光スイッチモジュールを用いた、NHK 技研での172Gb/s でスーパーハイビジョン配信の動展示を成功させた。

23年度までの高効率化の検討結果や今後の集積化を考慮し、Al の組成が少なく Sb の含まれない量子井戸構造で、ISBT を実現する検討を行い可能性を見出した。

加えて、ISBT の新しい応用に向け、位相変調の光信号処理の検討を進めた。ISBT の四光波混合を用いたコヒーレント波長変換により、20Gbps-QPSK 信号の波長変換の実証実験に成功した。

InGaAs 系のサブバンド間遷移素子やⅡ－Ⅵ族のサブバンド間遷移素子の開発で培った高度の量子井戸の結晶成長技術を用い、波長2～4μm 帯および、0.5μ帯の新波長帯領域光源の動作に成功した。

フレキシブルグリッドや64QAM のような今後の大容量化技術に対応するために、波長可変レーザの波長、位相制御の研究を開始した。フレキシブルグリッドに合わせた波長制御、注入同期による線幅狭窄化等の基礎データを取得することができた。

周期構造を持った磁性材料の巨大磁気抵抗効果による光通信帯波長での屈折率変化について理論検討を行い、新しい光スイッチ材料としての可能性を見出した。

［分　野　名］ 情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］ 超高速光スイッチ、サブバンド間遷移、量子井戸、位相変調

［テーマ題目２］光スイッチ集積技術（運営交付金、文部科学省「イノベーションシステム整備事業」・「先端融合イノベーション創出拠点の形成」、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「省エネルギー革新技術開発事業／先導研究／高速・自己保持機能を有する光スイッチング回路の研究開発」）

［研究代表者］ 河島　整
（ナノフォトニクス集積研究チーム）

［研究担当者］ 須田　悟史、鈴木　恵治郎、立蔵正男、Cong Guangwei、Kim Sang-Hung
（常勤職員4名、他3名）

［研 究 内 容］

光パスネットワークの回線切り替え用スイッチとして、小型で大規模集積化が可能なシリコン細線導波路を用いた熱光学効果の光スイッチと、空間変調器を用いた波長クロスコネクトの開発を行った。熱光学スイッチにおいてはヒーター電流をスイッチングする MOSFET をモノリシック集積してきたが、歩留りを上げる工夫を重ねた結果、MOSFET から光スイッチを制御することに成功した。また、西事業所スーパークリーンルームの液浸 ArF ステッパを用いて32×32スイッチ主要導波路部分の一次試作を行った。波長クロスコネクトについては光学設計を完了し、仮組みしたプロトタイプの評価から、更なる損失低減に向けた課題抽出を行った。

相変化材料装荷型のシリコン導波路に基づく、状態保持型波長スイッチの試作を進めた。PLZT スイッチの光入出力部となる石英 PLC の開発を進めた。

［分　野　名］ 情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］ キーワード：光スイッチ、シリコン細線導波路、光クロスコネクト、波長選択スイッチ、PLC、光相変化材料

［テーマ題目３］光信号処理システム（運営交付金、文部科学省・イノベーションシステム整備事業「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成」・「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」）

［研究代表者］ 並木　周
（光信号処理システム研究チーム）

［研究担当者］黒須　隆行、来見田　淳也、井上　崇、石井　紀代、松浦　裕之、谷澤　健、Gao Mingyi、Karen Solis-Trapala、Hung Nguyen Tan
（常勤職員5名、他5名）

［研究内容］

共通基盤技術として、超高速およびコヒーレント伝送システムの評価技術、超短光パルス整形・伝送技術、高性能光波形観測技術を構築した。

平成23年度までに取り組んだ NEDO プロジェクトの成果を発展させ、NHK と連携して、NHK 技研公開において、NHK のスーパーハイビジョン映像信号を独自の172Gb/s 光時間多重方式によって超高速光 LAN 上で15μ秒以内に切り替える動作の動態展示を行った。

光パスネットワークの主要技術の一つである、光ファイバの非線形性を活用したパラメトリック可変分散補償技術の研究では、WDM において強度変調と位相変調信号の混在など実用上重要な分散補償動作について調査し、また、機能フォトニクス研究グループとの連携でネットワークにおける自律制御動作のためのデジタル制御系を開発した。光信号の位相雑音を抑える光信号再生では、独自の構成により位相変調信号の効率的な位相雑音抑制に成功した。また、究極の光伝送技術を実現するため、理想的な非線形補償構成の基礎検討を行った。

多粒度多階層よりなる光パスネットワークの具体的トポロジーの詳細検討を行い、H26年度に予定している拠点デモの基礎トポロジーの検討を行った。H26年度のデモの準備を開始し、機能フォトニクス研究グループや関係機関と議論をしながら、具体的な構成・インターフェースや課題の抽出に着手した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］超高速光 LAN、高非線形ファイバ、可変分散補償、位相再生、光ネットワーク、グリーンネットワーク

③【デジタルヒューマン工学研究センター】

（Digital Human Research Center）
（存続期間：2010.4.1～2017.3.31）

研究センター長：持丸　正明
副研究センター長：加賀美　聡
首席研究員：西田　佳史

所在地：臨海副都心センター
人　員：15名（15名）
経　費：371,000千円（109,201千円）

概　要：

デジタルヒューマン工学研究センターの前身であるデジタルヒューマン研究センターでは「人間個人の機能モデルで個人の欲求を満足するように製品・サービスを最適化する技術」を研究し、成果をあげてきた。しかしながら、個人の欲求を追求することの積分が、社会・環境の価値に繋がるわけではない。個人の満足と持続的社会の共存という問題は、人間個人の機能モデルだけでは解決し得なかった。そこで、「個人にとって付加価値の高い製品・サービス（＝個人欲求充足による市場原理）を通じて、健康で安全で持続可能な社会（＝社会・市場の価値形成）を実現すること」を次なるグランドチャレンジに据える。このグランドチャレンジを達成するための方策として、いままで培ってきた「人間個人の人体機能モデル」に、新たに「人間生活の機能モデル」を研究する。ここで、人間生活とは、人間の個体だけでなく、関係する他の人間や周囲の環境を含むものであり、また、時間的な文脈を備えたものである。人間生活の機能を計算論的にモデル化することとは、すなわち、人間生活を観測し、それをひとつのシステムとして記述し、人間生活同士を比較し、再現提示できることを意味する。これには、実験室における人間観測とモデル化だけではなく、実生活の場における人間と環境の観測とモデル化研究が必要になる。人間（ユーザ）とその生活がモデル化されれば、生活をまもる、生活を変える、生活を支えるような製品・サービスの設計を支援することができる。このような製品・サービスを通じて、ユーザに個別満足を与えつつ、ユーザにその製品・サービスのもつ社会・環境価値も合わせて提示し、ユーザの欲求と社会・環境価値をバランスする社会創成を目指す。このような実社会に開かれたサイクルにデジタルヒューマンモデルを組み込むことで、持続的に人間生活特性データを蓄積し、モデルをアップデートしていく研究アプローチそのものが、デジタルヒューマン工学研究センターのセントラルドグマである。

デジタルヒューマン工学研究センターでは、先に掲げたグランドチャレンジに寄与する研究のアウトリーチシナリオを立て、そのシナリオに駆動されて必要な技術開発や技術の統合を進める。ここでは大きく4つのアウトリーチシナリオにしたがって研究を推進する。

(1) 身体機能に適合し活用する製品設計支援技術の研究
(2) 健康を維持し人間生活機能を高める健康増進支援技術の研究
(3) 事故を予防し人間生活機能をまもる傷害予防工学の研究
(4) 人間と環境を理解し人間生活機能を支えるスマートアシスト技術の研究

個々のシナリオについて、最終的な社会還元を見据え、単に必要となる新規技術を開発するだけでなく、シナリオ実現に不可欠な既存要素技術との統合、ステークホルダーを巻き込む組織体の構成なども行い、シ

ナリオ遂行におけるイニシアチブを発揮し、社会的にインパクトのある成果につなげる。中核となる新規技術については、個々のシナリオの枠内にとどまらず、他のシナリオや他のアプリケーションでも幅広く活用できるよう、できるだけ汎用的な基盤技術として確立することを目指す。すなわち、人間とその生活を、機能的、生成的にモデル化する技術を、できるだけ普遍的なモジュールとして確立し、それらを社会シナリオの実現に役立てることをミッションとする。

平成24年度は、4つのアウトリーチシナリオについて「人間生活モデル」を指向した具体的な研究を推進した。(1)の製品設計支援技術については、国際的に競争力の手の機能モデリングを中核として，全身姿勢・運動モデルまで統合したソフトウェアプラットフォーム「DhaibaWorks」を開発した。手の寸法・形状データベースに基づく統計的代表デジタルハンドの生成と姿勢生成、物体との干渉・接触領域の計算、負担感の仮想評価機能を DhaibaWorks 上のプラグインソフトウェアとして整備した。さらに、これを活用して自転車や日用品のデザインを支援する共同研究を実施した。(2)の健康増進技術については、単に健康に関与する身体機能を評価するだけでなく、その身体機能を維持・増進させる取り組みを日常生活の中で「つづけさせる」ことを目標に設定した。生活者自身にとって「自分でできる感（self efficacy)」が高いと考えられる「歩行」に着目し、日常生活において歩行の質を変えることで、効果的に身体機能を維持・増進させる技術の開発を行った。平成24年度では健常者（高齢者含む）歩行データベースを整備し、中期計画 IV-3 の達成に貢献した。また、この歩行データベースをモデル化して、転倒リスクを推定し、その年齢別得点を計算して表示するシステムを開発した。企業との共同研究の他、気仙沼地区などでの実証試験を行い、年齢別得点表示の有効性を検証した。(3)傷害予防工学については、経済産業省委託事業「キッズデザイン製品開発事業」を中核プロジェクトとして、科学技術振興機構「犯罪からの子ども安全事業」を絡めながら、病院などから傷害データを収集し統計モデルを構成する技術や、事故原因を究明し対策効果を検証するための人体転落・転倒シミュレーション技術、これらを支える基本人体特性データベースの整備を進めた。特に平成24年度は、経済産業省委託事業の最終年度であったことから、事故・傷害データベースの整備、事故予防シミュレーション技術の確立とともに、中小企業がキッズデザインに取り組みやすくするための簡易な設計支援・安全評価ツール（例：子どもの体を模擬した実寸テンプレート。これを試作品の隙間に入れてチェックできる）を整備した。(4)のスマートアシスト技術では、ロボットなどが生活環境下で生活者を適切にサポートする技術の確立を目指し、これに必要となる要素技術として、環境と生活者行動の観測、モデル化の研究を重点的に推進した。生活者の行動観測のみでは、生活者がどのような環境刺激に対して行動を起こしたのかが分からず、データとして意味をなさない。従来の実験室環境では環境刺激を制御していたためこのような問題は生じなかったが、デジタルヒューマン工学研究センターが掲げる生活環境下での継続的なデータ観測では、刺激としての環境観測とモデル化が不可欠である。平成24年度では、マイクロホンアレイの高度化と位置センシングとの統合、移動ロボットが獲得した環境形状データからの人間発見・追跡・姿勢認識技術、段差や凹凸がある環境下でも安定的な移動を可能とする二足歩行技術を開発した。また、環境形状データに基づくロボットの自律走行技術については、大手建築会社に技術移転し、実際の作業現場に導入され稼動している。

外部資金：
経済産業省　平成24年度キッズデザイン製品開発支援事業「キッズデザイン共通基盤整備等」

経済産業省　平成24年度製品安全関連法の施行「消費生活用製品安全法特定製品の規制対応状況検証調査」

厚生労働省　地域医療基盤開発推進研究事業「被災後の子どものこころの支援に関する研究」

独立行政法人科学技術振興機構　戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）「虐待などの意図的傷害予防のための情報収集技術及び活用技術」

独立行政法人科学技術振興機構　戦略的創造研究推進事業（CREST）「実時間並列ディペンダブル OS とその分散ネットワークの研究」

独立行政法人科学技術振興機構　研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）「分散 Structure-from-Motion 法による自由視点画像生成 Web サービスの検証」

社団法人日本皮革産業連合会　「足入れの良い健康革靴プロジェクト」

財団法人栢森情報科学振興財団　「人間の意図理解と行動予測のための一人称ビジョンセンシングの研究」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費助成事業「音圧差検出と認識の双方向処理に基づく移動ロボットに適した音環境理解の研究」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費助成事業「ロ

ボット聴覚の実環境理解に向けた多面的展開」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費助成事業「系統的な接触状態制御による把持姿勢データベース構築と手姿勢生成」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費助成事業「嚥下メカニズムの解明による喉ごしの定量評価法の開発」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費助成事業「歩行中の転倒リスク評価・警告装置の開発－日常の歩容を見守ることによる転倒数減少策」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費助成事業「手指伸筋腱ネットワークに潜む関節トルク調整機構の解明と筋腱張力推定問題への展開」

発　表：誌上発表94件、口頭発表148件、その他14件

身体機能中心デザインチーム

（Human Centered Design Team）

研究チーム長：多田　充徳

（臨海副都心センター）

概　要：

身体の機能に即した安全で扱いやすい製品をデザインできるようにすることで、製品の付加価値、ひいては日本の製造業の国際競争力を高めることが求められている。身体機能中心デザイン研究チームでは、製品使用時の身体と製品との間の相互作用や、その結果生じる体感を予測することで、身体機能に即した最適な製品デザインを実現するための技術を確立することを目的とする。

これを実現するために、身体の形体、運動、そして体感を定量的に扱うための計測技術、計測したデータを統計的または力学的に解釈し、再利用できるように蓄積するためのデータベース化技術、そして、計測したデータを運動学または動力学的に解釈し、それらをコンピュータ上に再現するためのモデル化技術を研究する。また、構築したデータベースやモデルを用いて、コンピュータ上で対象ユーザの使用感を評価し、それが最適となるような製品形状を明らかにするためのデザイン技術を確立する。具体的なアプリケーションを想定しない身体の機能に関する基礎的な研究から、アプリケーションに駆動された実践的な研究まで、研究のフェーズや、データベースとモデルの完成度に応じて適切なアプローチをとる。

具体的なテーマとして、1）モーションキャプチャで計測した姿勢や運動を蓄積するためのデータベース化技術、2）製品に対する身体の姿勢を生成するための姿勢生成アルゴリズム、3）生成した姿勢から製品の安定性や関節のトルクを予測するための力学モデル、4）予測した力学指標とユーザが感じる体感を関連付けるための主観モデルに関する研究を行う。また、これらの研究成果を、標準の制定や企業との共同研究で活用する。

研究テーマ：テーマ題目１

生活・社会機能デザイン研究チーム

（Human and Social Functioning Technology Team）

研究チーム長：西田　佳史

（臨海副都心センター）

概　要：

日常生活における製品による事故や、個々の環境や人に対して適切に個別化された製品設計の困難性の問題の最深部には、日常生活という複雑システムを扱う科学技術が未成熟であるという共通問題がある。

生活・社会機能デザイン研究では、人間の生活機能と計算機や人工物による生活支援機能とを有機的に組み合わせ再構成することで、人の日常生活をデザイン可能にする技術体系（生活機能構成学）および社会体系を確立することを目的とする。

生活機能構成学を確立するためには、日常生活を記述し、再利用可能な知識として扱えるようにする科学的方法が必要となる。そこで、本研究では、人間の生活現象を、心身機能、活動機能、そして社会参加機能の側面から捉え、生活機能構造を解明するなど、日常生活を科学的に取り扱うことを可能にする技術を開発する。また、この研究によって開発した生活機能モデルと、知能メカトロニクス（IRT）コンポーネントを用いて生活機能を再構成可能にする工学の研究、さらに、どのような生活機能設計が望ましいかという規範や考え方の整理を通じて、生活支援システム/サービスの開発や評価の方法論やあり方を明らかにする研究を行う。また、生活機能構成学を確立するためには、科学技術（技術体系）のみならず、多機関連携やオープンイノベーションを促進する社会的な仕組みを構築することで、問題解決する体制の構築も重要となる。このような観点から、技術体系と社会体系は相互に関係して存在するため、本研究では、技術体系と社会体系の両方を同時に開発するアプローチをとる。

具体的研究テーマとして、１）生活データ正準化技術、２）日常生活データベース、３）生活構造分析手法、４）個人適合型動機づけによる生活デザイン技術、５）目的志向の状況記述・検索技術、６）日常生活の可制御化モデル、７）ステークホルダー間知識循環技術、８）アクションリサーチ技術などの研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目２

健康増進技術研究チーム

（Health Technology Team）

研究チーム長：持丸　正明

（臨海副都心センター）

概　要：

健康の維持・増進は、長期的な医療費の削減として社会的に大きな効果があるだけでなく、健康維持・増進を支える製品、サービス産業としても大きな市場を有している。しかしながら、それらの製品やサービスを持続的に使わせることは困難であり、多くの製品やサービスが「三日坊主」に終わっている。本研究チームでは、単に健康に資する要素技術を開発するだけでなく、それらを個人の特性・状態に合わせて提供し、使用効果を適切に呈示することで、健康に対する取り組みを「つづけさせる」技術として統合することを目標に掲げる。平成24年度では健常者（高齢者含む）歩行データベースを整備し、中期計画 IV-3の達成に貢献した。また、この歩行データベースをモデル化して、転倒リスクを推定し、その年齢別得点を計算して表示するシステムを開発した。企業との共同研究の他、気仙沼地区などでの実証試験を行い、年齢別得点表示の有効性を検証した。

研究テーマ：テーマ題目３

スマートアシスト技術研究チーム

（Symbiotic Assist Technology Team）

研究チーム長：加賀美　聡

（臨海副都心センター）

概　要：

システムが人間あるいは人間環境のモデルを持ち、それを利用して適切により良く支援するためのスマートアシスト技術について研究する。この目的のために、１）人間やシステムに装着した視覚、聴覚、力覚、姿勢覚、筋電などの各種センサとその統合による人間と人間環境の理解技術と、２）理解した人間や人間環境の情報を用いて個人や環境に応じた適切な支援を行うアシスト技術の二つの方面から研究を進める。

１）の人間と人間環境の理解技術においては、人間環境の地図化、人間の行動情報の取得とモデル化、場所とその使い方の理解、人間環境にある物体のモデル化と環境中からの発見や追跡、一人称ビジョンによる行動理解、音源地図作成と音源発見や追跡などの研究を行う。

２）のアシスト技術においては、得られた人間と環境のモデル、行動の履歴、物体の使用履歴などから、健康向上、QoL 向上、介護・介助、見回り、運搬、案内、搬送、移動などのタスクを、個人や環境に適した方法によって行うことを計画し、実際にサービスを行うことを目的とする。また物体の受け渡しやすれ違いの方法、個人の意図の理解や対象物の特定、などのインタラクションやインターフェースの研究を行う。

これらの目的を達成するために Dhaiba を始めとする人間の形状、運動などのモデルとデータベース、あるいは子供の事故情報、物品のデータベースなど、他のチームの成果を積極的に利用し、デジタルヒューマンモデルにより始めて可能となるサービスやアシスト技術にフォーカスする。

研究テーマ：テーマ題目４

傷害予防工学研究チーム

（Injury Prevention Engineering Research Team）

研究チーム長：山中　龍宏

（臨海副都心センター）

概　要：

傷害予防工学では、日常生活現象の理解、そして、傷害という生理現象の理解まで踏み込んで傷害予防を可能とする技術体系と社会体系の確立を目的とする。傷害予防の技術体系に関しては、製品のリスクを制御するために我々が制御可能な対象を、大きく環境・製品と、人の意識・行動とに分類し、その全体を環境改善と行動変容の両方からなる一つの制御システムと捉えフィードバックループを作って持続的改善していく包括的なアプローチを可能とする科学技術の構築を目指す。生活や傷害のデータベースに基づいて、製品改善によって生活場面での傷害リスクを低減させていく技術を開発するだけでなく、リスクを共有する技術も不可欠である。対策法や改善策が開発されてもこれが採用されなかったり、普及しないのでは意味がないからである。そのため、傷害予防工学では、企業の経営者やデザイナーに対策法を採用させ、また、保護者に対策済みの製品の購入を促すためのリスクコミュニケーションを行う技術も扱う。

傷害予防に求められるのは技術体系だけに留まらない。データの収集から制御までを実際に行うには、それを可能とする社会体系（社会システム）が不可欠である。社会全体に散らばった事故データの収集、多様なインタラクションによって生じる現象の解明やモデルの開発は、ある一企業だけで実施するのにはコストがかかりすぎて実現不可能であるからである。傷害予防工学の研究活動では、技術開発に留まることなく、傷害予防のための社会体系として、「安全知識循環型社会システム」の社会実装を多機関連携によって進める。

傷害予防工学のための社会体系に関しては、 キッズデザイン産業のためのオープンイノベーション支援システムの社会実装を進める。具体的には、1）生活データベース技術、2）キッズデザイン支援技術、3）コミュニティ・コミュニケーション技術からなる社会システムの構築の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目５

［テーマ題目１］人間機能モデル Dhaiba の拡張と国際人体特性データベース

［研究代表者］多田　充徳
（身体機能中心デザイン研究チーム）

［研究担当者］多田　充徳、宮田　なつき、遠藤　維
（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

身体の形体については、24件の手指寸法を新規に計測することでデータベースを拡充した。また、姿勢と運動については、モーションキャプチャを用いて831件の手指姿勢と180件の全身運動を計測し、前者を製品に対する把握姿勢を予測するためのデータベース、後者を運動の多様性を明らかにすると共に、運動と負担感を関連付けるためのデータベースとして蓄積を開始した。また、30姿勢の手の石膏型から、姿勢の変化に伴う表皮の変形を計測し、その傾向を統計的にモデル化することで、任意の姿勢に対する表皮形状を高速に計算できるようにした。

これらのデータを統一的に操作し、その結果を可視化するためのソフトウェアとして、DhaibaWorks の開発を継続して行った。このソフトウェアに実装されている、仮想バネの引力を用いた手の姿勢生成アルゴリズムを一般化することで、容器の把握姿勢、情報端末の操作姿勢、そして、二輪車への乗車姿勢のように、手から全身まで幅広い製品に対する姿勢の生成を同一のアルゴリズムで実現できるようになった。

手については、生成した姿勢に対する表皮形状と把握した製品形状との干渉判定に基づく接触領域の推定、接触領域に基づく摩擦円錐とその凸包の計算、そして摩擦円錐の凸包に基づく把握安定性の評価のように、力学指標を計算するための機能を DhaibaWorks の機能拡張 Python スクリプトとして実装した。また、計算した力学指標と主観的な把握しやすさを対応付ける主観モデルを構築するための予備的な実験を実施した。一方、全身については、生成した姿勢から一人称視点画像や、基準姿勢からの角度変化を出力するための機能を、同じく機能拡張スクリプトとして実装した。

全ての機能が DhaibaWorks 上に実装されているため、個人別の形体や代表的な形体の生成、製品に対する姿勢の生成、そして姿勢に基づく力学評価値の計算までをシームレスに行うことができる。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］製品設計、形体、運動、体感、身体機能データベース、身体機能モデル、最適デザイン支援、デジタルヒューマン

［テーマ題目２］生活データベース技術、生活センシング技術およびに関する研究

［研究代表者］西田　佳史
（生活・社会機能デザイン研究チーム）

［研究担当者］西田　佳史、堀　俊夫、北村　光司、掛札　逸美、大野　美喜子
（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

生活データは、あらゆる家庭で詳細に継続的に収集することが難しい。そこで、可能な範囲で収集された生活データを、他の環境で再利用したり、複数の環境下で収集した生活データを統合する必要がある。しかし、家庭環境は形状や大きさ、家具などの配置がそれぞれの家庭ごとで異なっているため、単純に統合することはできない。そこで、それらの情報を統合するための正準化技術の基盤技術を開発する。また、統合や再利用を行うための可視化機能を持ったプラットフォームを開発する。平成24年度は、家庭内での不具合データだけでなく、他のデータにも対応可能なように、ドメインに合わせて入力可能な項目を自由に設計できるように機能を拡張した。機能拡張したシステムを用いて、日本ノーリフト協会から提供があった15箇所の介護施設の浴室での不具合データを入力し、典型的な不具合状況のパターン分析を行った。

日常生活の多くの時間を過ごす家庭は、間取りの構成要素である部屋の種類は類似しているが、それぞれの家庭で間取りの構造は異なっており、間取りの構造による生活の違いを分析しようとすると、間取り構造の表現方法、類似度計算やクラスタリングを行う分析手法が必要となる。そこで、間取り構造毎に生活データを分析するための技術を開発した。具体的には、モノ同士のつながりや、部屋とモノとの関係性についても、グラフ構造で記述する機能を実装した。グラフ構造を手作業で作成するのではなく、生活データベース管理システムを用いて入力した家庭内での不具合データ（間取り、モノの配置、不具合情報）を元に、関係性を抽出してグラフ構造として表現できる機能を実装した。

人々の生活は、身体的・精神的機能、環境・製品・他者、活動・参加などが関連し合い、影響を及ぼすことで、どのような体験と感じるか、どのような感情が発生するかといったことが変化する。生活をそのような各要素から構成される生活の構造として記述することができれば、生活を改善するのに不足している変数、変化させるべき変数を把握可能になる。また、生活を各要素から構成される構造としてとらえることで、各変数が及ぼす影響を把握することも可能である。そこで、生活に関わる要素の構造として記述し、分析する手法を開発した。具体的には、拡張ICF（国際的に統一された生活機能コードを拡張したもの）を用いた記述した複数人の生活構造データについて、平成23度開発した類似度計算手法を改良し、サブグラフの構造まで含めて類似度を計算する手法を開発した。また、複数人の生活構造を統合して、そのコミュニティに属する人の典型的な生活構造を抽出する手法を開発した。時系列の生活構造データを用いて、介入の

効果を定量的に評価する手法を開発した。ある人に着目したとき、その人の生活構造を構成する要素がある場合、同じ要素を使って他人が行っている生活を見つけ出し、可能な生活を提示する手法を開発した。

神戸市の適寿リハビリテーション病院と連携体制を築いた。また、スマートフォンを活用した環境計測・社会参加施設登録ソフトウェアを開発し、これを用いて神戸市の長田地区の計測（10km以上）を実施し、生活機能対称性を有する歩行訓練ルート・推薦システムを開発した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］生活データベース、生活モデル、行動モデル、行動シミュレーション、正準化技術、フルボディインタラクション、ヒューマンエラー、センサーネットワーク、大規模データ

［テーマ題目３］歩行データベース整備と歩行評価システムの研究

［研究代表者］持丸　正明
（健康増進技術研究チーム）

［研究担当者］持丸　正明、森田　孝男、三輪　洋靖、小林　吉之（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

店頭や日常生活環境で顧客の歩行を観測し、その歩き方の特徴を評価する技術、より健康増進に効果のある歩き方の推奨、あるいはその歩き方に変容させる商品の開発と推奨に関する研究を進めた。要素技術として、健常者のさまざまな歩行（運動、床反力）を蓄積した歩行データベースの整備、歩行の個人差を表現する歩行主成分モデルの確立、さらに現場で実現可能な限られた歩行データに歩行主成分モデルを活用することで全身歩行を再現し、特徴を評価する技術の開発を行った。平成22年度までに開発してきたトレッドミル型歩行評価システムのみならず、圧力センサを敷き詰めたウォークウェイ型、身体装着センサ型など異なる場面で利用できる歩行評価システムの開発に着手した。平成24年度では、(1)健常者（高齢者含む）歩行データベース120名分を整備し、公開した（中期計画 IV-3）。(2)歩行データベースを用いて歩行時の転倒リスクに相当する遊脚期のつま先高さ余裕（Minimum Toe Clearance）を推定する手法を拡張し、年齢別得点を計算・表示する技術を開発した。(3)開発したシステムを気仙沼地区などで実証試験し、システムによる介入が転倒リスク低減に有効であることを検証した。(4)日常的にどのようにつまずきが発生しているかを調査するために、ラボ内に設置した監視カメラで蓄積した膨大な画像からからつまずきシーンを自動抽出する画像処理技術を開発した。この研究は、情報技術研究部門と共同で実施した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］健康工学、生体力学、デジタルヒューマン

［テーマ題目４］スマートアシスト技術の研究

［研究代表者］加賀美　聡
（スマートアシスト技術研究チーム）

［研究担当者］加賀美　聡、西脇　光一、山崎　俊太郎、トンプソン・サイモン、佐々木　洋子（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

主に下記の6項目の研究を行った。

1)　ヒューマノイドロボットのアシストに向けた基本機能の研究

これまで研究してきた動力学的モデルに基づいた短周期歩行軌道生成手法に、力センサと姿勢センサから推定した運動状態をフィードバックし、外乱に対して頑健な二足歩行システムの実現法を研究している。

本年度は、これまで開発してきたオンラインで力学的整合性を考慮した軌道を生成する不整地歩行制御手法を拡張し、外乱に際して、高速に駆動できる脚を利用して着地時の接地状態、運動状態に応じて、次の着地位置やタイミングを変更することにより安定に歩行を継続する手法を開発し、2種のロボットで検証を行った。

開発した二足歩行システムを用いて舗装路面での屋外歩行実験を行った。屋外歩行においては、鉛直軸周りの想定外の回転が、ロボットの周辺地図を作るためにも、操縦のためにも問題となることが判明したため、姿勢角センサを用いて滑りを検知し補償する方法を開発した。

2)　視覚による人間と人間環境の理解機能の研究

カメラ、パターン投影立体視、レーザー距離センサなどを利用する各手法の研究と、これらを用いた人間の発見・追従・進路予測、環境の地図作成・自己位置認識、物体のモデル作成・発見・位置姿勢検出、生活行動のモデル化などの研究を行っている。

本年度は、RGB-D 画像から得られる距離や色の特徴量を多次元ベクトルとして表現したものを2段階のSVM（Support Vector Machine：機械学習方法の１つ）で隠れに頑健に学習する手法を開発し、オンラインシステムを構築し、50クラス、1000物体、15万画像の入力が精度良く認識できることを確認した。本手法は今後生活環境の物体認識システムに利用していく。

時間コード化光を用いた高速な三次元計測手法として、高速度で位相シフト法を実現するための時間移動窓を用いた構造化光アルゴリズムを提案した。実際にDLP プロジェクタのハードウェアを改変して、180Hz で位相シフトステレオを構築し、人体計測に十分な精度（0.1mm）と速度（180Hz）をもつ距離画像システムを実現した。

距離画像や形状モデル間の非剛体変形を推定するアルゴリズムを提案し、運動中の人体の全身や部分の形状をモデル化する方法を明らかにした。

本手法により、単一 Kinect カメラで撮影した距離画像列から全身形状を復元できることを示した。

また Kinect カメラを用いて、人体寸法データベースを用いて6項目を計測すると、52項目が精度よく推定できるシステムを構築した。本手法は今後システムからの人体寸法推定システムとして利用していく。

3) 聴覚による人間と人間環境の理解機能の研究

低サイドローブ全方位望遠マイクアレイの研究を進め、音源定位、分離、音声認識・音源識別などの各手法の研究と、これを用いた環境の音地図作成・人間の発見・生活行動のモデル化の研究を行う。

本年度は情報技術研究部門との連携により、人の声、物音など様々な音を識別する機能を実現した。 さらに音源識別の成果を発展させ、移動音の追跡手法を開発した。

次にマイクロホンアレイで取得した音のモデル化および識別手法を提案し、分離音から人の声を含む様々な音源を識別する機能を構築した。提案法は、実環境中の多様な音を表現し未知の音を検出可能なモデル生成を行うことで、環境変化に合わせて柔軟にモデルを更新することができる。さらに音源識別の成果を利用した移動音の追跡手法を多重仮説検定型のパーティクルフィルタリングを用いて開発した。

これらの手法を音環境理解機能として発展させていく。

4) デジタルヒューマンモデルを用いたアシスト技術の研究

スマートアシスト技術により実現されるサービスからアプリケーションドリブンにシステムを構成し、実際にサービスを行うことにより、システムの有用性を実証し、問題点を探る研究を行う。具体的には一人称ビジョンによる生活記録、サービス移動ロボットによる人間環境の変化や人間の生活記録、人間に親和性の高い移動アシスト、音焦点形成による呼びかけなどの技術について研究している。

本年度は当センターの体形データベースからのモデル化を行い、光学的に外部から簡便に計測できる数項目の寸法項目を計測することにより、精度良く全身の約50の人体寸法項目を推定する手法を実現した。本手法を利用し Kinect カメラを用いたオンライン体形推定システムを構築し、実証実験を行うことにより、約5%の精度を実現した。

次に全身姿勢、手先外力を考慮した立位作業制御器を開発した。これまでの歩行制御法を拡張する形であるため、不整地での作業や不整地を含む路面での踏み替えや歩行をそのまま行うことができる。また、関節負荷を考慮し、手先でトルクを発生しない力分配による梯子昇降力制御器を実現し、梯子登りを成功させた。

また多層型のレーザー距離センサを用いた歩行軌跡取得システムを開発した。このシステムを用いることにより、パシフィコ横浜での展示会において、地図作成と、人流計測（2.5万人）を同時に行うという成果を挙げた。

最後に、これまでに開発してきた屋外の自律移動システムが、福島原発の復興工事において、放射性瓦礫の自動搬送に利用されている。

5) 双方向 Mixed-Reality による提示とインタラクション機能の研究

人間にシステムの内部状態を提示したり、逆に人間から意図や指示を受け取るための双方向 Mixed Reality（MR）の研究を行う。またこの双方向 MR システムにより環境中のシステムの内部・外部状態とマーカーをつけた環境中の人間や物体の記録を取ることが可能になる。この情報を利用したシステムの改善、人間とシステムのインタラクションの記録と解析、安全性の検証などの活用などについて研究する。

本年度は移動ロボットの認識・計画・制御機能を実世界に重畳するシステムを構築した。開発した手法はロボットの認識や意図を人間に提示すると共に、人の指示や意図を入力可能な双方向 MR のシステムとなっている。日本科学未来館の展示フロア用ロボットを対象に、半年間の実証実験を行った。

6) 実時間ディペンダブル OS の研究

ART-Linux の開発を継続し、Linux2.6.32～3.6に対応する実時間機能、AMP 機能、実時間通信機能を持つ OS を開発した。本 OS は他の Linux ベースの実時間 OS よりも実時間処理のジッターが数倍から数十倍少ないという特徴がある。開発した OS を記者発表すると共に Sourceforge より一般公開を開始した。開発した OS をヒューマノイドロボット HRP2、HRP3、HRP4や移動ロボット Pen2、Segway RMP などで利用し、実証実験を行った。

[分　野　名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] ヒューマノイドロボット、二足歩行、3次元視覚、地図作成、位置認識、経路計画、実時間 OS、ディペンダビリティ

[テーマ題目５] 傷害データベースと傷害データマイニング技術に関する研究

[研究代表者] 山中　龍宏（傷害予防工学研究チーム）

[研究担当者] 山中　龍宏、西田　佳史、北村　光司、掛札　逸美、高野　太刀雄、大野　美喜子、持丸　正明、河内　まき子、多田　充徳
（常勤職員5名、他4名）

[研 究 内 容]

キッズデザイン製品開発支援技術として、従来主観的

な評価（官能検査）に留まっていた裂傷リスク評価に対し、定量的な評価ができる検査装置と検査法を開発した。ガラス、金属、プラスチックなどを対象とした比較によると、官能評価法との相関が高いことが確認された。また、これまで子どもの身体寸法や行動特性データを活用するための設計支援ツールを考案し、H25年度から販売可能な実用レベルにまで高めた。具体的には、子どものデータブック、2D キッズモデル、2.5D キッズモデル、3D キッズモデルなどを開発した。これまで収集された事故データに対する新しい情報処理技術として、状況データをグラフ構造化し、グラフ構造解析手法を応用することで、典型的状況のクラスタリングを可能とする技術を開発し、実際の事故事例（自転車818件）に適用することで効果を検証した。生活デザインにおける基本技術としても援用できる技術である。この技術を用いて状況クラスタリングした結果をイラスト化すし、外部の事故予防支援者（AIU の CSR 活動、日本スポーツ振興センターの活動）に提供することで、1000か所を超える機関に配布した。

平成23年度に新たに開始した長崎県大村市の保育所・幼稚園（18箇所）のサーベイランスの運用に成功し、500件を超える傷害データの収集に成功した。また、これを分析することで、従来、成育医療研究センターに来ていた重症事例との比較が可能となった。また、厚木市、大村市において動画や実演を用いた介入（自転車とボタン電池）を実施、その効果検証を行った。

虐待防止のための統計的診断ソフトウェアを配布するための配布パッケージを開発し、その普及のために、地域の医療機関の外来や救命センター向けの講習会（参加者：50人程度）を実施した。2012年10月11日は、横浜市瀬戸区医師会主催の虐待防止セミナーにおいて、啓発プログラムの一部を実施し、その際に、統計的虐待診断ソフトウェア（CDROM）を配布した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］傷害データベース、傷害シミュレーション、リスクコミュニケーション、オープンイノベーション、安心・安全、製品安全、リスクアセスメント、知識循環、虐待防止、不慮の事故

④【ナノスピントロニクス研究センター】

（Spintronics Research Center）

（存続期間：2010.4.1～）

研究センター長：湯浅　新治
副研究センター長：福島　章雄

所在地：つくば中央第2
人　員：12名（12名）
経　費：372,798千円（170,217千円）

概　要：

電子の電荷のみを用いた従来の半導体エレクトロニクス対して、電子の持つ“スピン”の自由度も活用した新しいエレクトロニクス技術が「スピントロニクス」です。IT 社会の発展に伴って急増する電子機器の消費電力を抑制するために、電子機器が仕事をしていない“入力待ち”時間の消費電力（待機電力）を大幅に削減する必要があり、そのためには電源を切っても記憶が保持される不揮発性メモリ」の開発が不可欠となります。

当研究センターでは、この不揮発性を最大限に引き出すため、固体中のスピン制御技術を極める学術的基礎研究からデバイス応用研究まで、スピントロニクスの技術開発を企業や大学と連携し推進します。

当研究センターでは以下の3つのミッションを掲げ電子スピンを活用したスピントロニクス技術とナノテクノロジーを融合した「ナノスピントロニクス技術」により、大容量・高速かつ高信頼性を有する不揮発性メモリの開発を行い、この技術を中核にして、待機電力ゼロの究極グリーン IT である「ノーマリー・オフ・コンピュータ」の実現を目指します。また、半導体中でのスピン注入、スピン操作、スピン検出の「半導体スピントロニクス技術」を開発し、「スピン・トランジスタ」を開発します。さらに、半導体中のスピンと光の相互作用に基づく「光スピントロニクス技術」を活用し、光通信ネットワークの高度化のための新デバイス「スピン光メモリ」の研究開発を行います。

・ミッション1　グリーン・イノベーションの実現
ナノスピントロニクス技術を中核にして、大容量・高速・高信頼性の不揮発性メモリ「スピン RAM」を開発し、コンピュータの主要メモリを不揮発化することによるグリーン・イノベーションの実現を目指す。

・ミッション2　半導体スケーリング限界の突破
スピン RAM によるメモリの不揮発化だけでなく、ナノサイズでも安定に動作するメモリセルを開発することにより、半導体メモリのスケーリング限界を打破することも目標とする。

・ミッション3　革新的電子デバイスの開発
光メモリや不揮発性スイッチング素子、スピン・トランジスタ、高周波デバイスなど、将来的に IT に革新をもたらすポテンシャルを有する新デバイスの創出を目指す。

内部資金：
スピントルク発振の高効率化に関する研究

スピンを利用した超省電力レーザ素子に関する研究

スピン XMOS に関する研究

外部資金：
独立行政法人科学技術振興機構（S-イノベ）「3次元磁気記録新ストレージアーキテクチャのための技術開発」

独立行政法人科学技術振興機構（CREST）「金属／機能性酸化物複合デバイスの開発」

独立行政法人科学技術振興機構（さきがけ）「単原子層デザインによる希少金属フリー超高磁気異方性薄膜の開発」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金　特別研究員奨励「不揮発生トランジスタ開発のための半導体へのスピン偏極電子注入」

独立行政法人日本学術振興会　最先端次世代研究開発支援プログラム「スピントロニクス技術を用いた超省電力不揮発性トランジスタ技術の開拓」

独立行政法人科学技術振興機構（ALCA）「電気磁気効果を有する反強磁性連続媒体を用いた電界操作磁気記録原理の理論精査をシミュレーション技術の開発」

文部科学省　科学研究費補助金（新学術領域研究）「スピンエレクトロニクス材料の探索」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金（基盤研究(S)）「高周波スピントロニクスの研究」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金（基盤研究(A)）「面内規則配列を有する自己組織化ナノ構造薄膜の作製とスピンデバイスへの適用」

発　表：誌上発表35件、口頭発表90件、その他12件

金属スピントロニクスチーム
（Metal Spintronics team）
研究チーム長：久保田　均
（つくば中央第2）

概　要：
MgO-MTJ 素子の巨大 TMR 効果とスピントルク磁化反転を用いた大容量不揮発メモリ「スピン RAM」の研究開発を行っています。特に、垂直磁化電極を用いた nm サイズ MTJ 素子の開発を行い、書き込み時の低消費電力化と電源を切っても情報が保持される不揮発性の両立を目指しています。また、同じ基盤技術を活用した新デバイスの研究開発、具体的には、ナノサイズのマイクロ波・ミリ波発振器および検波器、物理乱数発生器、不揮発性スイッチング素子の開発も行っています。さらに，薄膜成長技術を応用した新規スピントロニクス素子の開発も進めています.
研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目４

半導体スピントロニクスチーム
（Semiconductor Spintronics team）
研究チーム長：齋藤　秀和
（つくば中央第2）

概　要：
半導体を用いた伝導及び光スピントロニクス技術の研究開発を行っています。具体的には、1)スピン・トランジスタの実現を目指した半導体へのスピン注入・制御・検出、2)薄膜光アイソレータやスピンレーザなどの光デバイスの研究開発を行います。現行の IT 機器は主に揮発性（電源を切れば情報が失われる）の半導体により構成されており、そのため消費電力の約9割は待機中に消費してしまっています。本研究では、スピントロニクス技術最大の特色である不揮発性（電源を切っても情報を保持する）を用いた超省電力トランジスタ技術を開拓します。これにより、従来技術では困難であった消費電力の劇的な削減に繋げます。将来的には待機電力がほぼ零である「ノーマリー・オフ・コンピュータ」に繋がることが期待されます。また、このスピンの持つ不揮発機能を光素子に付加することにより、従来は実現されていない新型光アイソレータやスピンレーザ等の革新的光素子の開発研究を進めています。
研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目３

理論チーム
（Theory Team）
研究チーム長：今村　裕志
（つくば中央第2）

概　要：
ナノ構造における磁性・スピンダイナミクスを記述する新規理論の構築、および理論的なアプローチを用いた新規ナノスピントロニクス素子開発の先導を目指して研究を行っています。具体的には、ナノ構造におけるスピンダイナミクスを利用した超高密度磁気記録の読み出し・書き込み技術の開発、磁気トンネル接合素子や、グラニュラー型メディア材料などのナノ磁性体の熱安定性に関する理論の構築、不揮発性メモリや磁気記録における信頼性評価技術の開発を行っています。
研究テーマ：テーマ題目１

［テーマ題目１］スピントルク発振の高効率化に関する研究
［研究代表者］久保田　均
［研究担当者］福島　章雄、薬師寺　啓、山口　明啓、野崎　隆行、甲野藤　真、松本　利映、

谷口　知大、今村　裕志
（常勤職員9名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では、MgO トンネルバリアを有する強磁性トンネル接合をベースとする、マイクロ波発振器および検波器の開発に取り組んでいる。原理は、強磁性トンネル接合中を流れるスピンカレントがつくるスピントルクとスピンの配置に依存してトンネル確率が変化する強磁性トンネル効果に基づく。これらのデバイスは、サイズが非常に小さく、自励発振であるため共振器不要で回路中に組み込みやすいなどの特徴を持ち、半導体素子にない特徴を有している。24年度は、強磁性体薄膜材料の開発をすすめ，垂直磁化発振層を有するスピントルク発振素子を開発した.

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］スピントルク発振素子

［テーマ題目２］スピンを利用した超省電力レーザ素子に関する研究

［研究代表者］齋藤　秀和
［研究担当者］齋藤　秀和、バディム　ザエツ
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

情報通信機器の省電力化は緊急の課題となっており、光通信分野においてもいわゆる「グリーン・イノベーション」の推進が必要である。近年、電子の有する電荷とスピンを同時に固体素子中において利用する、いわゆるスピントロニクス技術が大きく注目されている。これまでは、スピントロニクス技術は専ら伝導デバイスに導入されて、例えば磁気ランダムアクセスメモリ等の超省電力デバイスが実現するに至っている。しかしながら、スピンの持つ機能はメモリに代表される不揮発機能だけに留まらない。その大きな特徴の一つは、光と強く結合する性質を有することである。この光とスピンの相互作用（光スピントロニクス技術）を半導体光デバイスに中で効率良く用いることが可能であるならば、新動作原理を有する革新的光デバイスができるはずである。本プロジェクトでは、光スピントロニクス技術を利用するスピンレーザの開発を行う。

スピンレーザとはスピン偏極電子を利用して円偏光発振するレーザであり、閾値電流の大幅な削減（理論的には半減が可能）が可能であり、将来的には量子暗号通信等のより高度な情報通信技術のキーデバイスとして用いられることが期待される。

本年度は、昨年度に立ち上げたレーザ作製装置（III-V 族半導体成膜用分子線エピタキシー装置）を用いて、レーザ素子に必要な半導体多重膜構造の作製およびフォトルミネッセンス等の光学的測定より試料評価を行った。現在、レーザに必要な膜品位にむけて取り組んでいるところである。また、実用化のためにはスピン注入源として零磁場で膜面垂直方向に磁化が向いている強磁性体（垂直磁化膜）を開発する必要がある。そこで、Tb/Fe 垂直磁化膜の作製に取り組み、最適な作製条件を確立した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］光スピントロニクス、スピンレーザ、磁気光学効果、円偏光

［テーマ題目３］スピン XMOS に関する研究

［研究代表者］遠藤　和彦
［研究担当者］齋藤　秀和、ロン　ヤンセン、
湯浅　新治、福島　章雄
（常勤職員9名、他2名）

［研 究 内 容］

現在の IT 機器が消費する電力の8～9割は待機中に消費してしまっている。これは、現行の IT 機器が主に揮発性（電源を切れば情報が失われる）半導体デバイスにより構成されているためである。従って、その画期的な省電力化のためには、既存デバイスの改良ではなく革新的な動作原理に基づく新メモリデバイスを開発し、「揮発性エレクトロニクス」から「不揮発性エレクトロニクス」へのパラダイムシフトが必要である。

この課題を克服するため、電子の電荷とスピン自由度を半導体中で同時に利用することにより不揮発的に情報を記憶するトランジスタ“スピントランジスタ”が世界的に注目されている。しかし、これまでに明確にスピンに依存したトランジスタ動作を実証した例は無い。この理由は、スピントランジスタを実現する上での基盤技術である、強磁性金属電極からシリコンチャネルへのスピン注入およびその検出に関する基礎物理と制御技術が未確立であるためである。

本年度はシリコンへのスピン注入に関する2つの重要な新現象を発見した。一つは異方性トンネル磁気抵抗効果と呼ばれる現象である。これにより、スピン注入効率にシリコンの結晶異方性があることが判明した。もう一つはスピン注入効率が接合抵抗に依存する現象であり、スケーリング則と名付けた。この現象は従来理論では全く説明ができず、今後、メカニズムの解明に取り組む。また、スピン注入の次のステップとしてスピン検出を実証するため、狭ギャップを有する強磁性ソース・ドレイン素子の作製を行っている。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］スピントランジスタ、スピン注入、シリコン

［テーマ題目４］金属／機能性酸化物複合デバイスの開発

［研究代表者］湯浅　新治
［研究担当者］野崎　隆行、松本　利映、甲野藤　真、
薬師寺　啓、久保田　均、福島　章雄

（常勤職員6名）

［研究内容］

本プロジェクトでは、産学官の連携により高品質の酸化物薄膜を低い基板温度で大面積基板上に高効率に作製できる革新的成膜プロセスを開発し、それを用いて酸化物層と強磁性金属層を複合化した新機能デバイスの創生を目指している。具体的には、(1) スパッタ成膜プロセスの開発、(2) 電圧印加磁化反転技術の開発、(3) 不揮発性スイッチング素子の開発、の3項目について研究開発を行う。産総研グループは主として不揮発性スイッチング素子の開発に取り組んでいる。平成24年度は、フェリ酸化物であるマグヘマイト（γ-Fe_2O_3）と酸化マグネシウム（MgO）を積層させたハイブリッド障壁層を有する新型トンネル接合素子を開発し、低温においてMgO トンネル接合素子の特性を上回る磁気抵抗効果の観測に成功した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］金属酸化物、スイッチング素子

⑤【サービス工学研究センター】

（Center for Service Research）

（存続期間：2008.4.1～）

研究センター長：持丸　正明
副研究センター長：内藤　耕
副研究センター長：本村　陽一

所在地：臨海副都心センター、つくば中央第2
人　員：18名（18名）
経　費：340,185千円（171,136千円）

概　要：

サービスは GDP においても雇用においても日本経済の7割を占めるようになってきた。特に、急速に進む少子高齢化などの社会構造変化や、企業の業務効率化のためのアウトソーシングなどによりサービスへの需要は拡大しており、製造業と並んで日本の経済成長の牽引役となることが期待されている。しかし、経済や産業におけるこのような重要性にもかかわらず、近年、サービス産業の生産性の伸び率が低いと言われている。米国および日本のサービス業の労働生産性上昇率（2005～2009年）はいずれも-0.5%と低下傾向にある。（日本生産性本部『労働生産性の国際比較2011』）このような意味でサービスの生産性の向上は急務となっている。こうした状況を背景として、政府レベルの政策においても、サービスの生産性向上は重要課題と位置づけられるようになってきた。

これを受け、本研究センターは、サービス産業の生産性を向上させるため、サービス現場においてデータに基づいて仮説を立て、それを検証しながらサービスを改善していくという「サービスの最適設計サイクル」を自立的に廻すことをグランドチャレンジに据え、サービス産業に最適設計サイクルを普及させることを目標とする。サービスにおいては、ものづくり以上に「人」の関わりが重要であり「人」の機能のモデルが重要であると考えている。そこで、サービスの現場での「人」である顧客と従業員の行動を観測し、それを分析して人やサービスプロセスのモデルを構築する。そして、対話的なシミュレーション技術等により効率的なサービスを再設計し、それを現場に適用するという最適設計サイクルを繰り返す「人」基点のサービス工学を推進する。これを推進する体制として、次の5つを行う研究チームをそれぞれ設けている。

・顧客、従業員の行動観測と提示技術の研究
・行動観測で蓄積した大規模データモデリングの研究
・サービスプロセスのモデル化に関する研究
・シミュレーションによるサービス支援の研究
・都市型空間での新サービス創出の研究

こうした体制の下、サービス産業に属する企業との連携を通じて実際のサービスフィールドで具体的研究を推進しながら、幅広いサービス産業に展開可能なサービス工学要素技術の開発を進めていく。また、企業コンソーシアムを活用しながら、これらの要素技術の企業への導入・研究の方法論の確立とサービス工学の理論の構築・研究者および技術者の裾野の拡大も図っていく。

内部資金：
運営費交付金「カメラやセンサによる複合現実トラッキングのベンチマーク標準化」

外部資金：
独立行政法人科学技術振興機構「3次元映像の解析」

独立行政法人科学技術振興機構「複合階層モデルを用いた都市エリアシミュレーションの開発と利用方法の確立」

独立行政法人科学技術振興機構「大規模社会シミュレーション実行計画機構の開発」

独立行政法人科学技術振興機構「スマートアクセスビークルシミュレーション設計」

独立行政法人科学技術振興機構「電子商取引を利用した消費者コミュニケーション型水産加工業による復興」

独立行政法人科学技術振興機構「対話型モバイル拡張現実体験（AMIE）：メンテナンスサービスへの応用」

独立行政法人科学技術振興機構「土壌・栽培情報価値の可視化による精密復興農業モデルの構築」

科学研究費助成事業「循環型製造業の将来像を設計するための持続可能社会シナリオシミュレータの開発」

科学研究費助成事業「子どものこころと身体を見守り支援する大規模データ収集とリスク予想モデル構築」

科学研究費助成事業「ハイブリッド RFID テキスタイルを用いた広域空間の位置情報検出手法についての研究」

科学研究費助成事業「確率統計的手法による焦電センサ出力の周波数特徴量を利用した測位システムの研究開発」

科学研究費助成事業「系の安定化に基づくレジリエント社会コミュニケーション技術の開発」

科学研究費助成事業「観光客類型の定量的継続的把握技術の開発」

科学研究費助成事業「製品リマニュファクチャリングの現状分析と普及シミュレータ開発の研究」

科学研究費助成事業「障害者の座位姿勢における衣服作製のための3次元計測とバーチャル着装の研究」

科学研究費助成事業「仮想空間の情報が実空間の人の流れに伝播する様子のモデル化と分析に関する研究」

科学研究費助成事業「高齢者介護施設における従業員の気付き情報の収集と高度利用に関する研究」

科学研究費助成事業「聴覚障害者を対象とした手続き的知識獲得のための電子教材の認知モデルに基づく開発」

科学研究費助成事業「地域救急医療連携への影響要因の解明と支援技術の運用を通じた評価に関する研究」

科学研究費助成事業「消耗財ダブルオークションにおける収益最大化メカニズムの設計と評価」

厚生労働省科学研究費補助金「白杖歩行・盲導犬歩行・同行援護歩行に対応したマルチモーダル情報処理技術に基づく訓練と評価の循環支援」

厚生労働省科学研究費補助金「被災後の子どものこころの支援に関する研究」

国立大学法人京都大学「都市災害における災害対応能力の向上方策に関する調査･研究「(1)円滑な応急・復旧対応を支援する災害情報提供手法の開発　(b)マイクロメディアサービス開発　2)マイクロメディアサービスにおけるマッシュアップ・双方向インタラクション技術の開発」

公立大学法人北九州市立大学国際環境工学部「情報伝達・共有型図上訓練を用いた危機管理体制強化マネジメントプログラム」

公益財団法人千葉県産業振興センター　戦略的基盤技術高度化支援事業「災害地等向け透過型センサネットワーク搭載携帯端末の研究開発」

財団法人立石科学技術振興財団「画像距離センサによる脳性麻痺者インタフェースの開発」

企業からの資金提供型共同研究：11件

発　表：誌上発表118件、口頭発表131件、その他12件

行動観測・提示技術研究チーム

（Human-Behavior Sensing and Visualization Research Team）

研究チーム長：蔵田　武志

（つくば中央第2）

概　要：

経験と勘への強い依存からの脱却、サービス生産性向上、価値共創社会の構築、さらにはサービスイノベーション誘発のために、行動観測・提示技術研究チームでは、ヒト、モノ、コト（プロセス）の微視的・巨視的な把握に資する行動計測・提示に関する研究開発に取り組む。特に、ハンドヘルド PDR（歩行者慣性航法）、PDR と動作認識を有機的に組み合わせた PDRplus、センサ・データフュージョン（SDF）によるセンサインフラの依存度を軽減した屋内測位、作業内容推定（SOE）、可視化等の複合現実情報循環のための各基盤技術の研究開発を推進すると共に、Truly Movable Eye Tracker（顧客行動計測の詳細化、動的環境モデリング）、行動観測・提示技術のニューロマーケティングへの応用に関する研究開発については重点化課題とする。雑誌論文や国際会議への積極的な投稿、展示会やメディア等でのサービス工学の普及啓蒙、並びに企業との共同研究や技術移転（情報開示、実施）、ベンチャー化等を通じた技術の社会実装を積極的に推し進めることもこのチームの目標とする。

研究テーマ：テーマ題目１

大規模データモデリング研究チーム

（Data Based Modeling Research Team）

研究チーム長：本村　陽一

（臨海副都心センター）

概　要：

現実社会の中で行われるサービスに対する観測・分析・設計・適用を可能にするために、サービスを通じて得られる大規模データをモデル化し、それを活用してサービスの最適化を可能にする技術を開発する。実際のサービス現場の中に研究者が踏み込み研究活動を行う方法論はある種のアクションリサーチとも見なせる。そこでは、実際のサービス活動を改善しながら、サービスの現場で日常的に行われているサービス提供者とサービス受容者の活動を、客観的に観測可能な大規模データに基づいて、観測・分析し、計算モデル化を行う大規模データモデリングの技術を社会実装可能な状態で提供することが重要である。具体的には、人間行動を観測する情報工学的技術、心理学的特性を推定する認知・行動科学的技術、大規模データから潜在的な意味カテゴリを抽出する数理的手法や計算技術、計算モデルを構築する確率的情報処理技術、計算モデルを用いた予測・制御・シミュレーション技術、これらの技術をサービス現場に実装し、社会化を促進する応用開発技術の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目２

サービスプロセスモデリング研究チーム

（Service Process Modeling Research Team）

研究チーム長：西村　拓一

（臨海副都心センター）

概　要：

人（従業員と顧客）が中心となるサービス業では、効率的・高付加価値を実現するために、複数の人々が組織を超えて連携する複雑なシステムとなっている。また、人は意欲、価値観などによって作業品質や人間間コミュニケーションの効率も変化する。このため、生産性向上や新サービス創出に必要な俯瞰的・定量的な現場プロセスの把握が困難となっている。

そこで、本チームでは、人を中心とするプロセスの記述、モデリング、可視化技術およびインタラクション技術を統合的に研究する。これにより、現場プロセスの把握、現場参画型開発の方法論確立、プロセス改良後の効果測定、各業務とコスト・顧客満足度との関係の推定などを目指す。

研究テーマ：テーマ題目３

サービス設計支援技術研究チーム

(Service Design Assist Research Team)

研究チーム長：野田　五十樹

（つくば中央第2）

概　要：

サービスの生産性向上を工学的に進めるために、サービスプロセス自身や、それとサービス資源の関係をできるだけ簡潔な計算論的モデルとして構成する。その上でプロセスの改変や資源の投入について多数の可能性をシミュレーションすることで、有効なサービスプロセス改変法、資源投入法を効率よくスクリーニングするための技術モジュールを開発する。具体的には、自治体や医療機関における防災サービスの改善のため、災害時の救急医療現場や非常時の群集の避難について、そのモニタリングおよびシミュレーションシステムを開発し、各種状況における防災・救援施策の効果を網羅的に見える化する技術を確立する。また、自治体における公共交通サービスや農林水産業における流通過程について、ICT を用いた効率の良いサービス構築手法を探求し、地域活性化のための基盤情報技術を確立する。

研究テーマ：テーマ題目４

都市空間サービス基盤技術研究チーム

（Urban Space Service Architecture Research Team）

研究チーム長：車谷　浩一

（臨海副都心センター）

概　要：

サービス設計ならびにサービス最適化の例として、都市空間への来訪者へのサービス提供ならびに都市住民の生活・業務支援サービスの創出と、環境や来訪者・住民からのセンシング情報を元にサービスを最適化する基盤技術の創出を目指す。高度に諸機能が集約された都市空間においては、環境センサによって取得された環境情報や人（来訪者・住民）が保持する携帯情報端末から取得されたセンシング情報を用いることにより、人の移動（歩行、モビリティ利用）における適切な支援情報の提示、人の行動の見守り、さらには都市空間における効率的な農業の支援等の新規のサービスの創出が可能であり、かつセンシング情報を用いてこれらのサービスの質の向上や効率向上を図ることが可能となる。このような都市空間におけるサービス設計・最適化を実現するための基盤技術である、環境センシング、センシング情報解析、サービス提供プラットフォーム等の技術の創出を目指す。

研究テーマ：テーマ題目５

［テーマ題目１］行動観測・提示技術群の構築

［研究代表者］蔵田　武志

（行動観測・提示技術研究チーム）

［研究担当者］蔵田　武志、大隈　隆史、興梠　正克、松本　光崇、大西　正輝、石川　智也、天目　隆平、牧田　孝嗣、福原　知宏、Manoj Perera、Thangamani Kalaivani

（常勤職員5名、他6名）

［研究内容］

本テーマでは、サービスイノベーションに資する行動観測・提示技術群の構築に向けた研究を進めている。特に、複合現実情報循環技術については、サービス現場での環境刺激と顧客・従業員行動の双方を明らかにするための基礎・応用研究として、歩行者慣性航法（PDR）と動作認識を有機的に組み合わせた PDRplus、センサ・データフュージョン（SDF）によるセンサインフラの依存度を軽減した屋内測位、作業内容推定（SOE）、屋内モデリング技術を開発し、並行して可視化を含むサービス・プロセス・リエンジニアリング支援パッケージを構築している。また、顧客行動計測の詳細化と動的環境モデリングを実現する Truly Movable Eye Tracker や、ニューロマーケティングへの応用に関する研究開発についても取り組み始めている。

本年度は、まず、ハンドヘルド PDR に関して、加速度、ジャイロ等のセンサを搭載した端末の様々な利用状況に対応するためにアルゴリズムをロバスト化した。これにより、市販のスマートフォンへ PDR を搭載するためのテストの最終段階にまで開発が到達した。PDRplus については、横歩き、後ろ歩き、進行方向推定等で知財的進展があった。SDF についても RBG-D カメラとの連携を開始し、G 空間 EXPO、国際会議等、外部での実証を進めた。

Truly Movable Eye Tracker については、デモビデオ作成可能なレベルの試作が進み、コンサルティングやマーケティング業務等からの具体的な需要があることを再確認した。行動観測・提示技術のニューロマーケティングへの応用については、サービス・フィールド・シミュレータ（SFS）の第2世代筐体の試作を進め、脳波や生体信号計測との連携の準備を整えた。

ベンチャー化については、行動データと会計データとの組み合わせによる包括的な測る化、見える化に基づく CSQCC（Computer-supported QC Circle）のベストプラクティスを示すことができた。また、3D モデリングの事業化見通しを立てることができ、来年度は行動計測事業の低コスト化、品質安定、各技術のコストベネフィット分析に向けて集中することとなった。

行動観測・提示技術の福祉サービス応用についての展開も開始した。まず、視覚障害者歩行訓練支援の研究については、歩行の評価指標の定量化のための基礎的な被験者実験と指標設計を進めた。障害者の座位姿勢における衣服作製のための3次元計測とバーチャル着装の研究については、座位での身体計測、及び座位のままでの AR（拡張現実）着装シミュレーションのためのプロトタイプシステムの開発を開始した。

メンテナンスサービスの AR 技術による支援に関する日仏共同研究については、仮想化現実モデルに含まれる特徴点、エッジ、面（テクスチャ）、色等の情報を用いた AR トラッキング手法を開発すると共に、AR トラッキング手法のベンチマーク標準に関して、TrakMark WG でのデファクト側の活動と、ISO/IEC JTC 1/SC 24の委員としてのデジュール側の活動を進めた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］行動計測、複合現実、情報循環、サービス工学

［テーマ題目２］大規模データモデリングの研究

［研究代表者］本村　陽一（大規模データモデリング研究チーム）

［研究担当者］本村　陽一、竹中　毅、櫻井　瑛一、宮本　亜希（常勤職員3名、他1名）

［研究内容］

日常生活における様々なサービス活動において、購買履歴や電子カルテ、業務上の記録などの大規模データが集積されるようになっている。これらの大規模データの中にある意味のある概念クラスとその間の因果的な構造を抽出し、計算モデルを構築する技術や需要や経営効率を予測する技術によって、実際のサービス活動を支援することを可能にする方法論を確立する。具体的には、ⅰ）既存のシステムを適宜組み合わせることで得られる大規模データを効果的に活用する情報技術の研究、ⅱ）社会心理学、行動科学、行動分析学的技法を駆使しながら、実サービスの中に現れる人の行動特性を分析する手法の研究、ⅲ）人間の行動と心理学的特性の間の関係を共通の意味として対応づけるために、観測された大規模データに基づいて意味のあるカテゴリやその間の構造を自動抽出する技術の研究を行う。とくに平成24年度はサービスにおける店内の行動を説明できる確率モデルを構築し、サービス利用者のセグメントを理解する技術を開発した。また開発した技術を実装した大規模データ分析ツールやサービス現場を支援しながら現場のデータを収集する対話システムをパッケージ化し、複数の企業に技術移転することで、成果の利用コミュニティを立ち上げた。以上の活動によりサービス現場に新たな価値をもたらす観測・分析・最適化システムを現場に導入し、実社会で観測・分析・設計・適用のループを継続的に実行することが可能となる。こうした実証的研究を機動的に実行することで、サービス工学の研究手法の確立と一般化をはかり、本格研究として早期の社会実装を可能にするメタな方法論の研究も課題として意識しながら研究を進める。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］サービス工学、本格研究、アクションリサーチ

［テーマ題目３］サービスプロセスモデリングの研究

［研究代表者］西村　拓一（サービスプロセスモデリング研究チーム）

［研究担当者］西村　拓一、山本　吉伸、三輪　洋靖、
渡辺　健太郎、福田　賢一郎、吉野　公三、
茨田　和生、福原　知宏、
山田　クリス　孝介、中島　正人
（常勤職員6名、他4名）

［研究内容］

看護・介護サービスの現場において、従業員が主体的に作業フローを見直し、必要となる道具の仕様を考え、業務改善することを支援する現場参加型開発の構築を進めた。業務の振り返りと共有を行う場を提供するワークショップを試験したところその効果が判明し、このワークショップを効率的に開催するための支援システムの仕様を作成した。現場で必要となる知識を流通させることでサービス行為の迅速な記録を可能とする技術の改良を進めた。記録時の従業員の状況に応じて推薦候補を提示する機能および検索技術を改良し、来年度以降、本格的に試験運用できる見込みを得た。

観光・集客サービスの現場に関しては、温泉地において顧客に ID を配布する基盤技術（顧客 ID 化基盤技術）を改良し、周辺地域との連携サービスの構築を進めた。具体的には市民向け外湯券で市内の公共交通機関であるバスに乗車でき、走行中のバス車両の現在位置データを収集するシステムを開発した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］サービス工学、地域活性化、アクションリサーチ、現場参画型開発、現場共有知

［テーマ題目４］サービス設計支援技術群の構築

［研究代表者］野田　五十樹
（サービス設計支援技術研究チーム）

［研究担当者］野田　五十樹、宮下　和雄、依田　育士、
山下　倫央、小川　祐樹、岡田　崇、
黒嶋　智美、小柴　等
（常勤職員4名、他4名）

［研究内容］

本テーマでは、サービスプロセスの改善を定量的・工学的に予測するために、マルチエージェントシミュレーションをコアとしたサービスプロセス評価技術およびそのもととなるモニタリング・モデリング技術の研究開発を重点的に行っている。

本年度は、これに対し、災害時やイベント時における群衆行動の制御など自治体における安全・安心サービスについて、情報共有や情報提供と帰宅困難者や群集誘導などの関係を明らかにするため、各種シミュレーションシステムを改良し、大都市における避難誘導や被災者・帰宅困難者への情報サービスの有効性検証を進めた。特に歩行者の大規模誘導に対して都市エリアシミュレータを適用し、数千通りのシミュレーションをおこなうことで、交通規制や一方通行を的確に設定することによる混雑軽減の効果を明らかにした。さらに、情報共有については、東日本大震災以降注目されている SNS 等のコミュニティメディアについて、その特性の洗い出しを、大震災における実データをもとに進め、SNS のタイプによる使い分けについての指針を得た。

救急医療分野においても、救命救急センターにおける医療スタッフ間で動線と会話の融合的な分析をするシステムを用いて、初期研修医やポリクリなどへの教育への利用を進めた。

また、大規模な社会シミュレーションにより社会規模のサービス設計や制度評価を可能とすることをめざし、上記の様々なシミュレーションや解析をスパコン等の高度計算機資源を活用して進める枠組みの構築を開始した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］サービス設計、サービス最適化、シミュレーション、情報循環

［テーマ題目５］都市空間サービス基盤技術の構築

［研究代表者］車谷　浩一（都市空間サービス基盤技術研究チーム）

［研究担当者］車谷　浩一、幸島　明男、河本　満、
池田　剛、山本　晃、斉藤　美行、
岩﨑　正裕、田口　雄大、田中　希武、
野田　亜紀、細川　茂樹
（常勤職員3名、他8名）

［研究内容］

本テーマでは、サービス設計・最適化の例として、高度に諸機能が集約された都市空間において、環境センサや人（来訪者・住民）が保持する携帯情報端末から取得されるセンシング情報を用いて、人の移動における適切な支援情報の提示、行動の見守り、都市空間における効率的な農業の支援等の新規のサービス創出、ならびにセンシング情報を用いたこれらのサービスの質の向上・効率向上のための研究開発を重点的に実施する。特に、環境センシングデバイス、センシング情報解析、サービス提供プラットフォーム等の技術の創出を目指す。

本年度は、特に都市空間における人の移動支援サービスの創出に重点を置き、沿線において高齢化が進み、住民・来訪者への移動支援技術が必要とされる鉄道駅ならびに隣接商業施設において、住民・来訪者が効率的・安全に移動するための支援となる情報を提供するための基盤技術の研究開発を実施した。具体的には、鉄道駅ならびに隣接商業施設における移動支援サービスに必要な要件を分析し、人の徒歩による移動、ならびに電動車椅子（パーソナルモビリティ）による移動を支援するために有用な情報である、移動経路の選択に有用である混雑情報（密度情報）、移動速度に影響をもたらす移動体の種別情報を効率的に計測する方法を分析した。

これらの密度情報・種別情報を含む人の流れを把握するためのセンシングデバイスとして、対象空間をステレオビジョンによって観測し直接的に人流・種別情報を計

測するシステムの設計・製作を行い、また対象空間での音の発生事象、発生方向・位置、ならびに音の特徴を自動的に計測し、その結果を用いてデータ補間によって人流情報を推定するためのマイクロフォンアレーシステムを設計・製作し、また、これらのセンシングデバイスを対象空間実環境に設置し、人流計測の準備を行った。それと並行して、取得されたセンサ情報を情報ネットワーク経由で遠隔データベースに構造的・効率的に送信するための通信プロトコルの策定を行い、またデータベースに格納されたセンサ情報を用いて人流情報を推測するためのプラットフォームとして、時空間データベースシステムならびにセンサ情報解析ツール等の実装・整備を行った。また、取得されたセンサ情報ならびに解析によって推定された人流情報等を、情報の受け手である人（来訪者・住民）がより理解しやすくするためのユーザインターフェイスシステムの検討ならびに予備的実装を実施した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］サービス設計、サービス最適化、環境センシング、ユビキタスコンピューティング

⑥【フレキシブルエレクトロニクス研究センター】

（Flexible Electronics Research Center）

（存続期間：2011.4.1～2018.3.31）

研究センター長：鎌田　俊英
副研究センター長：長谷川　達生

所在地：つくば中央第5、つくば中央第4
人　員：21名（21名）
経　費：434,665千円（241,595千円）

概　要：

1．ミッション

社会の隅々にまで行きわたる情報通信技術の普及には、人々が直接情報の入手・発信に触れるためのツールとなる情報端末機器の利便性の向上と高度普及化が重要な課題となっている。本研究センターでは、こうした課題を解決し、これにかかる新産業創出、国際競争力強化に貢献していくために、ディスプレイやセンサーなどの情報通信端末機器用のデバイス技術としての使用利便性の向上および省エネルギー化の促進を目指して、軽い、薄い、落としても壊れない、形状自由度が高いという特徴を備えたフレキシブルデバイス技術の開発を推進する。これにより、より利便性の高い革新的情報端末機器を社会に普及させ、新市場創出による経済効果の拡大を図る。また、これら情報端末デバイスの低消費電力化技術の開発とともに、フレキシブルデバイスを省エネルギー・省資源・高生産性で製造する技術となる印刷法を駆使したデバイス製造技術の開発に取り組み、大量普及する情報端末用デバイスの低消費電力化、製造エネルギーの削減を推進して、グリーンイノベーションに貢献する。さらに、これらの技術に係る材料基盤・計測標準化技術の開発に取り組み、産業基盤支援と国際競争力強化に貢献することを目指す。

2．研究開発の課題

ミッション遂行のために、下記の研究開発課題を設定して、技術開発を推進する。

①　フレキシブルデバイス技術の開発研究

超薄型、軽量、形状自由度、大面積、耐衝撃性に優れた情報入出力インターフェースデバイスの創出を目指し、柔軟性を有するフィルム基板上に回路・デバイスを設置したフレキシブルデバイス技術の開発を行う。特に、ディスプレイなどの表示・出力デバイス、圧力、光、熱応答の入力デバイス、無線アンテナ、配線等、回路デバイスなどをフレキシブルデバイス化する技術を中心に技術開発を推進する。

②　プリンタブルデバイス製造技術の開発研究

フレキシブルデバイスの省エネルギー・省資源・高生産性製造プロセス技術として、脱真空プロセス、脱高温プロセス、脱フォトリソグラフィープロセスによりデバイスの製造エネルギーを著しく軽減させ、高速高生産性デバイス製造を可能にする溶液プロセスに立脚した印刷デバイス製造技術の開発を推進する。特に、高精度高精細印刷デバイス製造技術、低温印刷デバイス製造技術、高機能化印刷デバイス製造プロセス、大面積高均質デバイス製造技術などを中心に、技術開発を推進する。

③　フレキシブルデバイス用材料基盤・評価技術の開発研究

フレキシブルデバイス用材料の開発ならびにそれらの基礎物性、寿命、効率、素子性能等にかかる評価、計測に関する技術の開発を推進する。特に、有機半導体材料などのデバイス用有機機能性材料の開発

3．研究開発の推進体制

研究開発の推進に当たっては、本研究センター内に下記5つの研究チームを設置し、それぞれ設定研究課題に対応した研究開発課題を推進する。

（ア）印刷エレクトロニクスデバイスチーム
（イ）表示機能デバイスチーム
（ウ）先進機能表面プロセスチーム
（エ）機能発現プロセスチーム
（オ）フレキシブル有機半導体チーム

特に、本研究センターの研究開発技術は、産業界

の技術開発と密接に関係していることから、関連する多業種の企業群からなる技術研究組合を構成し、その中で企業と一体的な技術開発をすることで、技術の円滑な産業普及と推進を図っていく。現在、次世代プリンテッドエレクトロニクス技術研究組合（JAPERA）および次世代化学材料評価技術研究組合（CEREBA）の二つの技術研究組合を構成し、それぞれ印刷技術に基づくフレキシブルデバイスの製造技術、デバイス用化学材料の評価技術の開発推進を行っている。さらに、産業界との情報交換の場としての産総研コンソーシアム「次世代プリンテッドエレクトロニクスコンソーシアム」を設置し、当該関連分野の最新の産業動向を反映させた技術開発の推進を図っている。

外部資金：
経済産業省
［平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業］
「スーパーインクジェットを用いたソーワイヤーへの砥粒配置技術の開発」
［平成24年度国際標準開発事業］
「プリンテッドエレクトロニクスに関する国際標準化）」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）
［NEDO 委託］
「次世代大型有機 EL ディスプレイ基盤技術の開発（グリーン IT プロジェクト）」
「太陽エネルギー技術研究開発／太陽光発電システム次世代高性能技術の開発／極限シリコン結晶太陽電池の研究開発（銅ペーストの研究開発）」
「太陽エネルギー技術研究開発／太陽光発電システム次世代高性能技術の開発／銅ペースト量産化技術と試験・評価方法に関する研究開発」
［NEDO 助成金］
「フレキシブル実装のための金属インク直描パターン非熱的焼結技術の開発」
「ピコリットル微小液滴反応場を利用した低分子系有機薄膜デバイスプロセスの開発」

独立行政法人日本学術振興会（JSPS）
「電界誘起電子スピン共鳴法による有機トランジスタ界面トラップ準位の微視的起源の同定」
「最先端研究開発支援プログラム「強相関量子科学」担当サブテーマ名『モットロニクス基礎』」
「電荷移動励起子を用いた光電変換機能の開発」
「Current－Atomic Force Microscopy （C－AFM） Measurements of Photoirradiated π － Conjugated Microwires」

独立行政法人科学技術振興機構（JST）
「プリンテッドエレクトロニクスのための強誘電／誘電技術の開発」
「新しい高性能ポリマー半導体材料と印刷プロセスによる AM-TFT を基盤とするフレキシブルディスプレイの開発」
「有機強誘電体の新材料開発、薄膜プロセス技術の開発及び結晶構造の解明」

発　表：誌上発表53件、口頭発表153件、その他42件

フレキシブル有機半導体チーム
(Flexible Organic Semiconductor Team)
研究チーム長：堀内　佐智雄
（つくば中央第4）

概　要：
- 目的：フレキシブルエレクトロニクスによるグリーンイノベーションを目指し、有機半導体・導電体・強誘電体などの電子機能性材料を印刷プロセスに適用するための材料基盤技術を開発する。特に、プロセス適合性をもつ高性能な電子機能性材料の開発、材料の特質に立脚した革新的印刷プロセスの開発、高性能化に必要不可欠となる高度な微視的材料評価技術の開発を推進する。
- 意義、当該分野での位置づけ：物性物理学・物性化学・電子工学を基盤とする先端的知見を活用しながら、新規材料・新機能開拓と、印刷プロセスの革新、微視的評価技術の開発に取り組み、主に学術雑誌を通した成果発信により情報通信・エレクトロニクス・材料分野に貢献する。
- 国際的な研究レベル：有機ポリマー半導体層の簡易製膜パターニングが可能なプッシュコート印刷法を世界に先駆けて開発、有機強誘電体では常温・常圧で巨大分極を有する材料群を世界に先駆けて開発、電界誘起電子スピン共鳴法や変調分光法を用いた有機トランジスタのキャリア輸送の研究で世界のトップを走るなど。

研究テーマ： テーマ題目 1

先進機能表面プロセスチーム
（Advanced Surface Processing Team）
研究チーム長：牛島　洋史
（つくば中央第5）

概　要：
薄膜トランジスタやセンサなどを印刷によって作製するために必要になるプロセス、材料、評価の各要素技術開発をおこなっている。特にマイクロコンタクトプリント法による超高精細印刷技術については製版から印刷装置の試作、更に精細なパターニング技術を開発するためにプローブ顕微鏡の技術を応用した極微細

パターニング技術と表面の評価技術に関する基盤的な研究、トランジスタやセンサの機能を向上させるための表面処理技術などについて研究を進め、プリンテッドエレクトロニクスの実現を目指している。
研究テーマ：テーマ題目２

機能発現プロセスチーム
（Functionalizing Process Team）
研究チーム長：鎌田　俊英
（つくば中央第5）
概　要：
フレキシブルエレクトロニクスの実用化には、材料の精密な配置技術と、材料の持つ機能をフルに引き出す技術を、相互作用しながら同時に進めていく必要がある。機能発現プロセスチームでは、従来の1/1000以下の微少液滴吐出が可能なスーパーインクジェットに代表される、非接触・無版印刷技術と、酸素分圧が10のマイナス30乗以下の極低酸素雰囲気を作ることができる酸素ポンプ技術を用いて、材料本来の機能を発現させるプロセスを開発している。
具体的には、スーパーインクジェットと金属ナノ粒子を用いたサブミクロンのマスクレス配線パターン形成や、銅ナノ粒子インクに関して酸素ポンプ技術を用いた還元焼成による低抵抗銅配線作成などの研究を行っている。
研究テーマ：テーマ題目３

印刷エレクトロニクスデバイスチーム
（Printed Electronics Device Team）
研究チーム長：高田　徳幸
（つくば中央第5）
概　要：
・目的：情報入出力機器の軽量化・フレキシブル化及びグリーン・イノベーションに貢献するフレキシブル印刷デバイスの創製技術の開発に向け、印刷プロセス要素技術の開発、フレキシブル情報入力デバイスの開発、デバイス・プロセス・材料に基づく評価基盤技術の開発を推進する。これらを通して、高信頼ヒューマンインターフェース情報端末機器の普及を目指す。
・手段：大型プロジェクト、技術研究組合との連携、企業・大学との共同研究等における研究開発を積極的に推進するとともに、社会のニーズや新規研究テーマの発掘に努める。またフレキシブルエレクトロニクス開発に必要な要素技術の高度化・集積化を図るため、分野横断的な連携を推奨する。
・方法論：国際的に注目を集める当研究チームの開発技術である高品質な銅配線低温焼成形成技術の開発や新規低温焼成技術としてマイクロ波焼成技術に着手する。また強誘電性生体高分子を用いた全印刷大型圧力センサーアレイの開発や有機エレクトロニクス材料・デバイスに適用可能な性能評価・劣化解析技術の開発を推進する。
研究テーマ：テーマ題目４

表示機能デバイスチーム
（Functional Display Device Team）
研究チーム長：星野　聰
（つくば中央第4、第5）
概　要：
・研究目的：ディスプレイをはじめとする情報端末のユーザビリティの向上や低消費電力化、また非連続的なイノベーション創出に資する部素材、デバイス、及びそのプロセス技術やアセンブリー技術の基盤的な研究開発を行い、高度情報ネットワーク社会の実現と進展、我が国の情報通信・エレクトロニクス関連産業の持続的な発展に貢献することを目的とする。
・研究手段：ディスプレイの低消費電力化と高生産性を両立させる製造技術の基盤開発、およびプロセスダメージ評価技術の研究開発、機器・端末のユーザビリティを向上させる要素技術となるフレキシブル、プリンタブル電子デバイス技術基盤として、印刷プロセスでも高特性を示す有機半導体材料・半導体微粒子の材料・インキ化技術の開発、多様な形状の物体等への適応性、耐衝撃性を向上させるフレキシブル部素材・プロセス技術の開発を行う。
・方法論：
1）極低ダメージスパッタプロセスの開発を通して、次世代低消費電力有機ELディスプレイの複合透明カソードの形成技術を確立、2）印刷製造高移動度薄膜トランジスタアレイ実現するため、酸化物半導体の微粒子精密製造技術、半導体インキ化のための分散技術、3）情報端末のユーザビリティ向上のため、高エネルギー変換効率を示フィルム状のフレキシブル熱電変換素子の実現に向けた部素材、デバイス設計技術の研究開発を進める。
研究テーマ：テーマ題目５

［テーマ題目１］フレキシブル有機半導体に関する研究
［研究代表者］堀内　佐智雄（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）
［研究担当者］堀内　佐智雄、長谷川　達生、山田　寿一、所　和彦、峯廻　洋美、堤　潤也、松井　弘之　他
（常勤職員7名、他7名）
［研 究 内 容］
フレキシブルエレクトロニクスによるグリーンイノベーションを目指し、有機半導体・導電体・強誘電体などの電子機能性材料を印刷プロセスに適用するための材料基盤技術開発を行う。プロセス適合性をもつ高性能な電

子機能性材料の開発、材料の特質に立脚した革新的印刷プロセスの開発、高性能化に必要不可欠となる高度な微視的材料評価技術の開発を推進する。平成24年度には、次の成果を得た。プロセス適合性を目指す材料開発では、化学的安定性や溶解性を向上させつつ高い分極性能を発揮できる低分子強誘電体、イミダゾール化合物を創出できた。また有機半導体の光電変換機能開発として、ドナー・アクセプター（DA）型ポリマーに焦点を当て、電荷移動励起と中性主鎖励起の二種類の光励起に伴う電荷分離効率の相違とその起源を明らかにすることに成功した。革新的印刷プロセスとして、有機ポリマー半導体を溶かした微量の溶液を3層構造シリコーンゴムスタンプで圧着し、溶液を高撥水基板表面全体に均一に濡れ広げることによって製膜する新技術「プッシュコート製膜法」の開発に成功した。印刷法により電子回路配線や半導体薄膜を製造するための基本技術として、親水／撥水パターン上に着滴後の液滴の平衡形状を高速・高精度に予測するための新しい計算アルゴリズムを考案し、これにもとづくシミュレーションソフトウエアを開発した。微視的材料評価技術の開発では、有機トランジスタにおけるキャリアの電子状態を分析する電荷変調分光法が、ゲート絶縁膜の誘電率の違いによって界面電子状態の変化を捉える有効な手段であることを明らかにした。また、ポリマー薄膜トランジスタの素子特性最適化・安定性向上においては、有機薄膜の浅いトラップ状態の起源として、有機高分子ゲート絶縁体材料内の極性基のランダム分布による効果についてモデル解析を行い、これが浅いトラップ密度分布を形成する原因になることを明らかにした。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］有機半導体、有機デバイス、プリンテッドエレクトロニクス、材料評価技術

［テーマ題目２］先進機能表面プロセスに関する研究

［研究代表者］牛島　洋史
（先進機能表面プロセスチーム）

［研究担当者］牛島　洋史、安部　浩司、山本　典孝
福田　伸子、野村　健一、尾上　美紀
日下　靖之、粕谷　陽子、藤田　真理子
岩瀬　典子、忽那　志満子、真中　潤
小倉　晋太郎（常勤職員5名、他8名）

［研 究 内 容］

プリンテッドエレクトロニクスおよびフレキシブルエレクトロニクス実現のため、印刷技術による高精細なパターニングや、更に微細なパターニングを可能にする技術、パターニングをおこなう際に刷版や被印刷物表面に施す修飾や改質処理技術、表面の形状や物理化学的性質を評価する技術の確立を目指している。高精細パターニング技術としてのマイクロコンタクトプリント技術やスクリーンオフセット印刷と、極微細パターニング技術としてのペンタイプリソグラフィを中心にデバイス作製プロセスの開発をおこない、コロイド化学や表面化学的手法と走査型プローブ顕微鏡の技術を統合した表面分析技術による評価法の開発も進めている。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］マイクロコンタクトプリント、ペンタイプリソグラフィ、走査型プローブ顕微鏡、印刷技術、コロイド化学、表面化学、プリンテッドエレクトロニクス

［テーマ題目３］機能発現プロセスに関する研究

［研究代表者］白川　直樹（機能発現プロセスチーム）

［研究担当者］白川　直樹、宮川　俊彦、中島　典行
（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

昨年度に引き続き、酸素分圧が10のマイナス30乗以下の極低酸素雰囲気を作ることができる酸素ポンプと、従来の1/1000以下の微少液滴が吐出可能なスーパーインクジェットプリンターを用いて、エポキシ基板上に銅配線をマスクレスで作成する研究を行なった。一桁μm 台の微細なライン＆スペースを持つ CPU パッケージ基板を、オンデマンドで作成することを目標としている。微細パターン描画のためにスーパーインクジェット技術を用いる。アスペクト比1:1が要求されているので5μm 程度の厚みが必要であるが、プロセスの改良により達成された。基板への密着力は、基板材料とプロセスの改良により大幅に向上した。また、配線材料としてマイグレーション耐性の高い銅を使うことが条件になっているが、銅インクは空気中焼成では導電性が出ないので、還元雰囲気での焼成が必須である。そこに酸素ポンプによる極低酸素雰囲気を適用するのが、本研究のもう一つの大きな特徴である。今年度は焼結処理にプラズマを援用することで処理時間の大幅な短縮に成功した。

一方、新たに、スーパーインクジェットを用いて、SiC 等の高硬度材の切削に用いられるソーワイヤへのダイアモンド砥粒配置技術を高度化する課題に取り組んだ。この改良により、切削能力の向上および切削コストの削減を実現するのが目的である。今年度はマルチヘッド化による砥粒の配置密度向上と、砥粒固定用インクの改良による定着率の向上を達成した。

また、スーパーインクジェット技術をさらに磨く研究開発として、スループット向上策であるマルチノズルプレートの改良を引き続き進め、凹凸のある基板への対応力を高めるための改良を行なった。局所クリーン化のための基盤整備も行なった。非接触印刷技術の更なる広がりを目指した研究も開始している。

昨年度開始したフィンランド VTT との共同研究では、同研究所が開発した Write Once Read Many メモリーに関して、フューズモードと呼ばれる、新たな動作原理

によるメモリーの実証を行なった。スーパーインクジェットによる線の微細さを活かした応用である。動作電圧が下がったことで、電池による動作が可能となった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］スーパーインクジェット技術、極低酸素技術、非接触印刷技術、無版印刷技術

［テーマ題目４］有機エレクトロニクスデバイスに関する研究

［研究代表者］高田　徳幸（印刷エレクトロニクスデバイスチーム）

［研究担当者］吉田　学、徳久　英雄、植村　聖、高田　徳幸（常勤職員4名、他21名）

［研 究 内 容］

1)　印刷プロセス要素技術に関する研究開発

印刷プロセスにより形成した配線（回路）・バリア膜（保護膜）・半導体膜を実装したフレキシブルデバイスの高度普及を目指し、低温・高速・高生産性印刷製造技術の開発を行う。

平成24年度は、

・結晶シリコン太陽電池の低コスト化のために電極材料の銀に代わる代替材料として銅ペーストの開発を行った。ITO 基板上で接触抵抗率0.53mΩcm^{2}を達成した。また85℃・85%環境下で、750時間曝露した後のシリコン基板上の銅配線において、酸化抑制効果があることを実証した。さらに高アスペクト比を有する電極構造の作製に成功し、太陽電池セル上に線幅約80μm のラインが形成可能であることを確認した。

・100℃の焼成温度でフレキシブル基板上に10^{14}Ωcm以上の高抵抗率を示す SiO_2絶縁膜を作製する技術の開発に成功した。

・酸化物半導体の高速、低温プロセスとしてマイクロ波焼成技術を開発した。本プロセスで成膜した酸化物半導体におけるトランジスタ特性を確認した。

2)　フレキシブル情報入力デバイス創製技術の開発

高感度・高精度・高信頼な大面積・全印刷型情報入力デバイスの創製技術の開発を行う。電子デバイスを構成する半導体材料や電極などの塗布形成技術と組み合わせることにより、高性能なメモリ素子を低コストで大量生産する全印刷製造プロセスの実現を目指す。

平成24年度は、

・世界で初めてフレキシブル基板上に全印刷プロセスで圧力センサーアレイを作製する技術を開発し、80cm 角のサイズの試作を行い、その動作のデモンストレーションに成功した。

・耐熱温度が高く、メモリ保持特性の高いポリアミノ酸強誘電材料の開発に成功した。

3)　デバイス・プロセス・材料用評価基盤技術の開発

フレキシブルデバイス性能評価、製造プロセスや材料用の標準評価技術の開発を行う。本研究では配線・デバイス性能を高精度に評価解析する計測技術を開発する。

平成24年度は、

・和周波分光技術（SFG）を用いて 駆動中の有機 EL 素子内部の情報を分子振動スペクトルにより非破壊で評価する技術の開発に初めて成功した。

・サーモリフレクタンス（TR）技術を用いて、電圧パルス印加の際に生じる素子内部の温度上昇を評価する過渡 TR 技術の開発に成功した。

・有機材料（ポリマー材料を含む）の酸化劣化初期過程を評価解析するための化学発光スペクトル評価技術の開発に成功した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］プリンテッドエレクトロニクス、印刷金属配線、銅ペースト、太陽電池、印刷メモリ、圧力センサー、RFID タグ、有機エレクトロニクス、評価解析技術

［テーマ題目５］表示機能デバイスに関する研究

［研究代表者］星野　聰（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

［研究担当者］星野　聰、小笹　健仁、末森　浩司、臼杵　順二、茨木　伸樹、奈幡　明子、冨山　加代、山本　龍登（常勤職員4名、他4名）

［研 究 内 容］

高度情報ネットワーク社会の実現と進展、我が国の情報通信・エレクトロニクス関連産業の持続的な発展に貢献することを目的とし、ディスプレイをはじめとする情報端末のユーザビリティの向上や低消費電力化、また非連続的なイノベーション創出に資する部素材、デバイス、及びそのプロセス技術やアセンブリー技術の基盤的な研究開発を推進した。平成24年度は有機 EL フルカラーディスプレイの低消費電力化と広い色度域を実現する「トップエミッション方式」に不可欠な透明複合カソードの開発に関して、透明酸化物導電体スパッタ薄膜形成時に有機層に与えるダメージ要因の解析と低ダメージスパッタ条件の探索を行い、金属極薄膜を加熱抵抗線によって真空蒸着させただけの従来法のカソード形成と同等性能を担保する酸化物透明電極を有機層上に形成可能にするダメージレススパッタ技術の開発に成功した。また、ディスプレイ・関連デバイスの製造に対して、高移動度、高導電性、高可視光透過性、高発色性などディスプレイの高機能化、高付加価値化を塗布・印刷技術をベースとして実現するために、薄膜強制式マイクロリアクター技術を利用し、粒径サイズ・分散制御性に優れる機能性微粒子の製造基盤技術、塗布、印刷プロセス適用に繋がる

部材化技術の開発を推進し、アクティブマトリックスディスプレイのバックプレーン薄膜トランジスタ（TFT）の半導体材料や透明導電膜としての応用が期待される酸化亜鉛系半導体の狭分散性半導体微粒子の形成条件の探索、塗布型半導体材料化（溶媒分散技術）、TFT 動作実証と半導体特性評価を昨年度と同様に進めた。さらに、ディスプレイをはじめとする情報通信端末や入出力機器のユーザビリティにイノベーションをもたらす要素技術開発では、エネルギーハーベスティング素子として情報通信分野や環境エネルギー分野でユーザビリティの更なる向上が要求されている熱電変換素子に対して、形状・形態面、導入普及の面でイノベーションをもたらすため、素子作製に印刷プロセスが適用可能で大面積化や大量生産が容易に行える、またフレキシブルなフィルム状の素子が作製でき、設置場所の形状に対する追従性や省スペース性を大きく改善できる、さらに原材料や部材にレアアースを必要としないことで、希少資源による普及の制約を受けないなど優れた特徴を有する、カーボンナノチューブを高分子中に特異分散させフレキシブル熱電変換材料、インキ材料の開発、それを用いたフレキシブル熱電変換フィルム素子の開発と熱電変換実証、高性能化を推進した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］有機 EL ディスプレイ、プリンテッドエレクトロニクス、フレキシブルデバイス、低消費電力化

⑦【知能システム研究部門】

（Intelligent Systems Research Institute）

存続期間：2001.4.1～

研究部門長：比留川　博久
副研究部門長：横井　一仁、大場　光太郎
首席研究員：橋田　浩一
研　究　主　幹：河井　良浩

所在地：つくば中央第2、つくば東
人　員：73名（73名）
経　費：815,016千円（444,501千円）

概　要：

1．ユニットの理念・目的

人間の行動を支援あるいは代行する、知能情報処理・ロボティクスに関わる技術を知能システム技術と位置づけ、その基礎原理、要素技術、システム化技術の研究開発を行い、成果を社会に普及させる努力を通じ、持続的発展可能な社会実現・産業競争力強化に貢献すること。

2．ユニットの研究の方向性

「出口を見据えた基礎研究の推進」を基本運営方針とし、アウトカムの社会的有用性の精査を前提として、中長期的基礎研究を推進する。

ロボットの安全性評価技術、高信頼ロボットソフトウェア開発技術をユニットの2つの基幹技術として主として大型外部資金で実施する。市街地移動システム技術の開発を3つ目の基幹技術とすべく、外部資金での研究を開始する。この他、先端的技術開発として、製造業の省力化・高効率化のための産業用ロボット知能化技術、QOL 向上のための生活支援ロボット基盤技術、サービス産業のためのロボット自律移動技術、新サービス創出のためのヒューマノイド基盤技術の研究開発に取り組む。

内部資金：
イノベーション推進本部予算（裁量）
「RT ミドルウェアの動的なコンポーネント配置・設定（DDC4RTC）の標準化」
重点研究加速予算（戦略予算）
「災害対応ロボットシステム開発」
融合・連携推進予算（戦略予算）
「エネルギー・生活支援情報の解析技術（絆プロジェクト）」

外部資金：
経済産業省
平成24年度産業技術実用化開発事業費補助金（組込みシステム基盤開発事業）
「機能安全に対応した機器制御システムの開発」

経済産業省
戦略的基盤技術高度化支援事業（サポイン）
「形式的仕様記述を用いた高信頼ソフトウェア開発プロセスの研究とツール開発」
「産業用移動機械向けに低価格で実現する高精度マシン制御システムの開発」
「3次元画像認識による自動錠剤識別機と錠剤識別技術の開発」
「故障未然防衛機能を有した高信頼ソフトウェアプラットフォームの開発」
「形式手法を活用した組込みセキュリティ技術の確立と安全・安心な CPS 社会を支える無線通信ミドルウェアの開発」
「ネットワーク連携が進む次世代自動車・サービスロボット等の利用者安全を保証するセキュリティ基盤ソフトウェアの研究開発」

厚生労働省
障害者自立支援機器等開発促進事業
「片流れ検知・軽減走行技術を用いた安全で使い勝手の良い電動車いす」

総務省
戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE）
「4次元メディアシステムの研究開発」

文部科学省
新学術領域研究
「人ロボット共生学総括班」
「人とかかわる共生型ロボットのためのロボットの適応的要素行動」
「胎児・新生児シミュレーションに基づく初期発達原理とその障害の解明」
「超高速微細操作技術を用いた3次元細胞システム構築」

消防庁
消防防災科学技術研究推進制度
「消防防災用無人ヘリコプタの高精度飛行制御技術の研究開発 」

独立行政法人　科学技術振興機構
研究成果展開事業　研究成果最適展開支援プログラムフィージビリティスタディステージ探索タイプ
「レンチキュラーレンズを用いた高精度な姿勢検出が可能な視覚マーカの開発」

独立行政法人　科学技術振興機構
研究成果展開事業　戦略的イノベーション創出推進プログラム
「高齢者の記憶と認知機能低下に対する生活支援ロボットシステムの開発」

独立行政法人　科学技術振興機構
研究成果展開事業（研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP））
「大規模観測対象のためのワンショット形状計測法の研究開発」
「自然言語処理とオントロジーに基づく自由テキスト入力支援の医療文書への応用」
「高次局所自己相関を用いた掘削音からの地質・地層変化検知」
「誤嚥性肺炎予防のための誤嚥リスク自動評価装置の研究開発」

独立行政法人　科学技術振興機構
研究成果展開事業（先端計測分析技術・機器開発プログラム）
「先端計測分析機器用共通ソフトウェアプラットフォームの開発」

独立行政法人　科学技術振興機構
戦略的創造研究推進事業（CREST）
「パラサイトヒューマン装着者の行動モデル獲得ならびにパラサイトヒューマン装着者による人の誘導に関する研究」

独立行政法人　新エネルギー・産業技術総合開発機構
IT 融合による新社会システムの開発・実証プロジェクト
「パーソナルモビリティのスマートシェアリングシステムに関する研究開発」

独立行政法人　新エネルギー・産業技術総合開発機構
エネルギーITS 推進事業
「協調走行（自動運転）に向けた研究開発」

独立行政法人　新エネルギー・産業技術総合開発機構
生活支援ロボット実用化プロジェクト
「生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発」

独立行政法人　新エネルギー・産業技術総合開発機構
産業技術研究助成事業（若手研究グラント）
「微弱電磁波による異常状態判定システムの開発と応用」

独立行政法人　日本学術振興会
科学研究費補助金　基盤研究（A）
「知能化センサネットワークによる障害・高齢者の健康リスク管理技術の開発」
「柔軟物連続操作のための視覚認識とアクションの双方向連動に関する研究」
「身体運動・感覚経験の蓄積に基づく動作理解機能の構成論」
「プログラム可能な紐結びシステムに関する研究」
「視聴覚を利用した見まね学習によるアクティブな動的動作生成に関する研究」
「確率関係モデルによる医療臨床データの高度活用に関する研究」

独立行政法人　日本学術振興会
科学研究費補助金　基盤研究（B）
「非周期歩容および物体操作を同時に実現する、多点接触を伴う全身運動の計画」
「モノアイの研究」
「実践の物語化による病院看護サービスの熟達を支えるオントロジー駆動分析エンジン」
「スマートモビリティと環境固定センサ群の相互支援による走行時リスク検出法の開発」
「音響的状況認識に基づく高齢者見守り技術の研究開発」
「対象物の柔軟性を考慮した組立作業計画」

独立行政法人　日本学術振興会
科学研究費補助金　基盤研究（C）
「ベッド上空間スイッチによるロボットの作業指示」
「直観的理解の容易さと合理的根拠を兼ね備えた医療の質評価内容の表現法および計算法」
「把握技能における指の協調関係と機能の解明」
「作業プログラムの機能的構造を用いた自動チューニングに関する研究」
「他動運動機器の使用が下腿部浮腫に及ぼす効果に関する研究」
「無人ヘリコプタによる3次元視覚観測システムの研究」
「ダイナミックインバージョン制御を用いた重力制御姿勢安定化飛行体の研究」
「グラフオートマトン上の自己組織的な振動生成と構造遷移」

独立行政法人　日本学術振興会
科学研究費補助金　若手研究（B）
「半構造化環境を利用したロボットの自律的環境モデル構築とタスクプランニング」
「ユーザビリティと高性能を両立するクラウド型リアルタイム画像解析処理ミドルウェア」
「テンソル表現に基づくパターン識別法に関する研究」
「マイクロブログにおける情報伝播と群集誘導」
「ナビゲーションシステムのための複数全方位画像列を用いた仮想視点画像生成」

独立行政法人　日本学術振興会
挑戦的萌芽研究
「コンピューターウィルスの進化を分析する手法の研究」

独立行政法人　日本学術振興会
特別研究員奨励費
「ヒューマノイドによる支援機器評価のための人間動作模擬と再現」

公益財団法人　立石科学技術振興財団
平成24年度研究助成（A）
「デザイン性と作業性を両立した対向3指を備えた作業用電動義手の開発」

発　表：誌上発表173件、口頭発表339件、その他78件

統合知能研究グループ
（RT-Synthesis Research Group）
研究グループ長：神徳　徹雄
（つくば中央第2）

概　要：

ロボットシステムに必要な知識を統合し、高信頼システムを構成するために、RT ミドルウエアを技術コアとした基盤アーキテクチャを設計し、開発支援ツールを提供するとともに、その手法の体系化を目指している。集合知や空間知能などのロボット技術（RT）を蓄積してニーズに応じた柔軟なシステム構築を目指すとともに、基盤技術をベースに住宅から街全体まで考慮したスマートコミュニティ型 RT システムという生活・産業支援を実現するプロトタイプシステムの開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目３、テーマ題目５、テーマ題目７

タスクビジョン研究グループ
（Vision and Manipulation Research Group）
研究グループ長：河井　良浩
（つくば中央第2）

概　要：

3次元視覚情報処理、力覚・触覚情報処理、把持・作業計画など、知能システムに要求される作業知能に関する要素技術の高度化を中心に、ロボット作業の体系化を図り、様々なニーズに応えうるロボット技術の確立を目指した研究開発を行っている。具体的には、人間の作業・活動を支援または代行するシステムとして、産業用ロボットや生活支援ロボットでの応用を目的に、環境や対象物の3次元計測・認識技術、把持計画・動作計画技術、触覚センサ技術、センシング・制御戦略を実装した作業・動作プリミティブに基づく知的マニピュレーション技術等の研究開発とともに、新たな取り組みとしてセンシング技術と作業技術の密な融合による高精度な作業知能技術の確立を目指している。

研究テーマ：テーマ題目４、テーマ題目６

ヒューマノイド研究グループ
（Humanoid Research Group）
研究グループ長：横井　一仁
（つくば中央第2）

概　要：

少子高齢化社会においても豊かな暮らしを実現するには、労働力不足の解消が必要である。我々人間のためにデザインされている社会環境において、様々な仕事を人とともに行うには、その形体も人間に近いヒューマノイドロボットが最も適している。

ヒューマノイド研究グループでは、ヒューマノイドロボットを用いた新たなサービスの創出を目指し、企業と共同でヒューマノイドロボットを開発するとともに、その移動機能、作業機能、動作教示・指示手法を確立すべく研究開発を行っている。さらに、ヒューマノイド研究開発用プラットフォームの提供や、ヒュー

マノイドロボットを用いた、コンテンツ支援サービス、アシスト機器評価サービスを試行するとともに、過酷環境下で人の作業を代行できる災害対応ヒューマノイドの実現に挑戦している。

研究テーマ：テーマ題目５、テーマ題目６、テーマ題目７

サービスロボティクス研究グループ

（Service Robotics Research Group）

研究グループ長：松本　吉央

（つくば中央第2）

概　要：

サービスロボティクス研究グループでは、家庭、病院、高齢者施設、オフィス、サービス産業等、人と共存する実環境において、人の活動を支援するロボットの研究開発を行い、少子高齢化社会の課題解決に資する次世代ロボットの実現を目指している。役に立つ支援のための要素技術を開発し、高信頼なシステム構築を行うだけでなく、企業との連携や実証実験を通して、実用化による社会への成果還元を目指している。具体的には、生活支援アーム技術（操作インタフェース、ベンチマーク開発）、移動作業技術（屋内ナビゲーション、マニピュレーション、空間知能化）、コミュニケーション支援技術（アンドロイド、医療・福祉応用）、センシング技術（人との共存のための安全ビジョン）等の要素技術に加え、生活支援の設計技術（ICF によるニーズ把握、ベネフィット評価、コスト分析）に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目３、テーマ題目５、テーマ題目７

ディペンダブルシステム研究グループ

（Dependable Systems Research Group）

研究グループ長：大場　光太郎

（つくば中央第2）

概　要：

ディペンダブルシステム研究グループでは、次世代ロボット普及のため、システムを高信頼かつ安全（ディペンダブル）に構成するための技術についての体系化を図っている。応用システムとしては、福祉システム、車椅子、対人アーム、ディペンダブル・モビリティなどを想定し、高信頼、機能安全、リスクアセスメント、ヒューマンファクターズ、Physical Human-Robot Interaction（pHRI）、人間中心設計、安全認証試験・国際規格などの技術課題についての研究、開発、普及などを行っている。

研究テーマ：テーマ題目３、テーマ題目５、テーマ題目７

フィールドロボティクス研究グループ

（Field Robotics Research Group）

研究グループ長：松本　治

（つくば中央第2）

概　要：

人の移動を支援したり、人の代わりに自律的に移動し作業する、いわゆる移動支援・移動作業型システムは、少子高齢化社会において、移動手段の確保や重労働・危険作業者の減少対策として、特に屋外環境への適用が期待されている。

フィールドロボティクス研究グループでは、安心・安全な屋外実環境移動支援・移動作業型システムの実現を目指して、搭乗型・不整地走行型移動支援システム（自律走行車いす等のパーソナルモビリティ、自律走行ホイールローダー、移動検査ロボット、ITS、飛行ロボット、自己組織化ロボット、フレキシブル・パーソナル・ロボットなど）を対象に、環境認識技術、ナビゲーショ ン技術、ヒューマンインターフェース技術、移動体通信技術など、屋外環境で使えるシステム 技術や要素技術に関する研究を推進している。

研究テーマ：テーマ題目１

社会知能研究グループ

（Social Intelligence Research Group）

研究グループ長：橋田　浩一

（つくば中央第2）

概　要：

サービスとは価値共創であり、それには関係者の間でサービスの目的や関連情報を共有して互いに協力する必要があるが、情報の非対称性の大きなサービスや価値の評価が難しいサービスの場合には、その協力が不十分で、高い価値が生まれないことがしばしばある。

社会知能研究グループでは、サービスの関係者が価値や関連情報を共有して協力する条件を整えることにより社会的価値の増大をもたらす方法を研究している。特に、サービスの受容者をエンパワーし、一般市民がデータに基づく仮説検証としての科学を日常的に実践できるようにするため、個人主導のデータ共有、利用者主導の業務・システム最適化、集合知に基づくデータの集約やセキュリティの担保などの技術に関する研究を進めている。

研究テーマ：テーマ題目２

スマートコミュニケーション研究グループ

（Smart Communication Research Group）

研究グループ長：永見　武司

（つくば中央第2）

概　要：

情報ネットワークは今や社会や家庭に深く浸透しているが、これによってもたらされるはずの豊かな生活を真に実現するためには、生活環境や利用者の特性と

情報システムとの不整合を解消し、さらなる技術開発によって高度化し拡張することが必要である。

本研究グループでは、人と人、人とモノとのつながりが形成されるプロセスに着目してこれを分析し、情報ネットワークとともに様々なセンサデバイスやメディア処理技術を駆使することによってより豊かな人間本位のコミュニケーション環境を実現する研究開発を行っている。

これまでに全方向ステレオカメラシステム（SOS）によって安全性・操作性を高度に確保した電動車いす、不明瞭な発話でも機器操作や移動を支援する音声認識システム、異常行動や機器の動作異常を映像や音によって検知する技術等の開発を行い、現在は生活安全・生活支援のための見守り技術、高齢者のための対話型情報支援システム等の研究テーマに外部機関等と連携して取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目２

AIST-CNRS ロボット工学連携研究体

（CNRS-AIST JRL（Joint Robotics Laboratory），UMI3218/CRT）

連携研究体長：吉田　英一

（つくば中央第2）

概　要：

AIST-CNRS ロボット工学連携研究体 CNRS-AIST JRL（Joint Robotics Laboratory）、UMI3218/CRT は、フランス国立科学研究センター（CNRS）と産業技術総合研究所により設立された国際共同研究組織で、知能システム研究部門内に設置されている。ロボットの自律性の高めるための研究を、ヒューマノイドロボットを主要なプラットフォームに使用して両国からの研究者の密な協力によって進めている。主な研究テーマは、複雑な環境での作業や人間らしい動作の計画と制御、視覚や触覚、脳神経信号などの感覚を統合したインタフェースによる人間・ロボット協調システムなどである。日本や EU のプロジェクトなどへの参加により、国内外の研究機関とも積極的に共同研究を行っている。

JRL は、CNRS では Unite Mixte Internationale（UMI、国際混成研究所）として、産総研では連携研究体（CRT）という正式な組織として位置づけられている。

研究テーマ：テーマ題目４、テーマ題目６、テーマ題目７

［テーマ題目１］移動ロボットによる市街地多次元環境構築・活用に関する研究

［研究代表者］松本　治（フィールドロボティクス研究グループ）

［研究担当者］松本　治、橋本　尚久、阪野　貴彦、横塚　将志、富田　康治、神村　明哉、堀内　英一、加藤　晋、佐藤　宏明、原　功、神徳　徹雄、谷川　民生、小島　一浩、安藤　慶昭、山口　渉、永見　武司、増田　健

（常勤職員14名、他3名）

［研究内容］

低炭素社会実現に貢献する都市計画の1つとして、中心市街地での輸送（人および物）を自動車に過度に依存しないコンパクトシティ構想が地方自治体を中心に提案されており、関連施策としてロボット技術を搭載したパーソナルモビリティの公道走行実験を可能とする「つくばモビリティロボット実験特区」が2011年6月から始まっている。本研究開発では、上記特区を活用して、当該ロボット等の移動を支援する技術である広域多次元環境構築・活用に関して、無線通信によるクラウドを活用したナビゲーションサービス等に関する研究開発を行っている。具体的には、移動ロボット等の移動体に3次元環境情報取得用センサユニットを開発・搭載し、センサユニットからクラウドへの情報送信により、クラウド上で計算機負荷の高い3次元環境情報の合わせ込み等を行い、屋内・外をカバーした高精度広域多次元環境を構築する。それにより、構造情報提供のみならず、関連付加情報を含む多次元環境情報提供等のサービスに寄与すると共に、クラウドから各移動体への多次元環境情報の送信により、ロボットナビゲーション等のサービスに貢献することを目指している。

まず、市街地環境情報取得に関しては、レーザレンジファインダ（LRF）を用いて、つくば市中心部の3次元形状取得を行った。固定設置した LRF と移動ロボットに搭載した LRF の2種類からデータ取得し、両手法と画像ベースの手法を融合させることで、高効率化、高精度化を図った。さらに、LRF データの冗長性やノイズを除き、配信に適したデータに変換するための統合処理手法を開発した。クラウドと個別の移動体間で情報のやりとりをするためのミドルウェア構築については、Web インタフェースを活用したクラウド開発環境を整備し、大規模データの柔軟な取り扱いを可能とするソフトウェアプロトタイプを開発した。ナビゲーションサービス等の応用についての取り組みに関しては、人等の動的障害物回避技術を高度化、さらに GPS 地図データを広域に取得する技術を開発し、市街地内において環境地図ベースおよび GPS ベースの広域・長距離自律走行実験を実施した。

以上のような取り組みにより、クラウド上へのつくば市半径1km 以内の3次元環境構築、搭乗型移動ロボットによる構築エリア内の時速6km/h の市街地自律移動を実現した。

さらに、3次元構造情報に付加する情報取得手段として、小型センサユニットプロトタイプを開発した。また、

これらの技術に関する実証的研究として、搭乗型移動ロボットによる産総研・TX つくば駅間の出張時等の移動支援サービスについて、つくば市等と協議の上、充電ステーション設置場所を決定し、予約システムや充電ステーションなどの仕様決定を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］パーソナルモビリティ、車いす、自律走行、GPS、障害物回避、操作支援、無線センサ

［テーマ題目２］安全な個人データ利活用技術の研究

［研究代表者］橋田　浩一（社会知能研究グループ）

［研究担当者］橋田　浩一、平野　聡、森　彰、和泉　憲明、ピーター・ゲーツィ、江渡　浩一郎、永見　武司、佐藤　雄隆、佐宗　晃、児島　宏明、佐土原　健、李　時旭、岩田　健司、小林　匠、泉田　大宗、板橋　秀一、大津　展之（常勤職員14名、他3名）

［研 究 内 容］

豊かな生活や福祉社会を実現するためのサービスを、携帯機器や環境センサによる個人の行動や属性に関するデータを蓄積・流通・活用して実現する動きが加速している。しかし、Google Street View やスマートフォンアプリが物議を醸しているように、ユーザーも事業者も安心して個人データを運用できる状況にはない。データを誰がどのように管理して流通させるのか、その際いかにして個人のプライバシを守るのかが喫緊の課題である。

そこで、プライバシを担保しつつ個人データを蓄積し流通させサービスに活用するためのプラットフォームの実現を目指す。具体的には下記のような研究を行なう。

●生活者の意識や法令の調査・分析によるプライバシ情報の体系化を行い、それを含む生活オントロジーを ICF の拡張として作成し、情報システムが出力するデータをこの生活オントロジーに基づき用途や利用範囲等に応じて構造化し開示・流通を制御する技術を開発する。

●カメラやマイクなどのセンサと、個体や動線などを抽出するパターン認識機能、これらとプライバシ情報を制御する管理機能を統合した環境センサ（スマートセンサ）を開発する。

●生活オントロジーによって個人が自身のデータを構造化し、個人用情報機器とクラウドでシームレスにかつプライバシを守りつつ蓄積・管理・活用するためのソフトウェア（PDS）を開発する。

●以上を組み合わせて、住宅や施設でプライバシを適切に保護しながら運用可能な見守りシステム、生活ニーズに関するマッチングシステム、放射能リスク管理サービス等を実現するとともに、プライバシの分類を含む生活オントロジーの標準化を図る。

平成24年度は、プライバシ情報の体系化については、読み込むべき文書を絞り込むための自動文書分類の準備作業として、27分野にわたる41のガイドラインを収集し、テキストデータの分析に基づいて分類した。また、プライバシ情報に関する1000件以上の判例を収集し、これらを全文検索できるようにした。

スマートセンサについては音声・音響センサシステムの体積を約4分の1にコンパクト化し、また高機能化によって複数の歩行音の動線を同時に検出できるようにした。さらに、3次元の音源定位が可能な新型マイクアレイを開発した。加えて、ワークフローシステム Lavatube を低スペックのハードウェアでも実行できるように最適化した。

PDS については、Android 用の PDS である PLR で RDF を扱えるように設計を詳細化するとともに、PLR に基づくサービスを事業化するためのベンチャー企業を設立した。また、PLR に基づく分散 SNS の設計を進めた。iOS 用の PDS である SLF においては、リアルタイムの同期、位置情報に基づくサーバの自動選択、および複数サーバの同時接続の機能を実装した。

プライバシ情報の体系化、スマートセンマ、および PDS を統合したサービスを実現するため、事業者が運営する個人向けリポジトリのデータを個人が活用可能にする仕組みの整備を進め、例題としてオムロン社の WellnessLINK のデータを RDF に変換して PLR に格納できるようにした。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］個人データ、プライバシ、パターン認識、PDS、オントロジー

［テーマ題目３］認証可能なロボットプロトタイプの開発

［研究代表者］大場　光太郎（ディペンダブルシステム研究グループ）

［研究担当者］本間　敬子、中坊　嘉宏、尾暮　拓也、水口　大知、大場　光太郎、神徳　徹雄、安藤　慶昭、原　功、関山　守、小島　一浩、谷川　民生、松本　吉央、角　保志、佐川　立昌（常勤職員14名）

［研 究 内 容］

目的

企業が生活支援ロボットを事業化するため、安全性評価および認証機関の早期実現が急務である。同時に、企業が認証可能な生活支援ロボットの開発を容易にするため、ソフトウェアの機能安全（IEC61508）認証可能かつ高信頼なロボットソフトウェアシステム構築手法を確立することが必須となる。また生活支援ロボット開発がベンチャーや中小企業であることを勘案し、ベンチャー・中小企業が認証可能なロボットを作るための国際標準化・認証を視野に入れた開発基盤（要素モジュールな

ど）の開発を行う。
手段
ロボットソフトウェアのリスクアセスメント、システム設計、開発、評価を一貫して行うことのできる技術を開発する。
方法論
複数ロボット（電動車いすと双腕ロボット）をコンセプト検証とリスクアセスメントを通し再設計しながら、汎用的なロボット SysML テンプレートモデルの構築し、前年まで開発してきた「高信頼ソフトウェア開発ツールチェーン」と「高信頼 RT ミドルウェア」を実装した認証可能なロボットプロトタイピングを行うことで、ツールチェーンとミドルウェアの評価・改良を行い、認証可能要素モジュールを検討・実装する。さらには、生活支援ロボットのプロトタイピングを行いながらその認証可能プロセスの検証、さらには認証可能なビジョンセンサ等の汎用的なロボット要素の検証手法を開発する。
年度進捗
高信頼試験車両の SysML テンプレートモデルを公開し高信頼ソフトウェア開発ツールチェーンを用いた実装を実証した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］ロボット、ソフトウェア、認証可能

［テーマ題目４］ロボットの作業知能基盤技術に関する研究

［研究代表者］河井　良浩（タスクビジョン研究グループ）
［研究担当者］吉田　英一、中村　晃、音田　弘、山野辺　夏樹、永田　和之、原田　研介、河井　良浩（常勤職員7名、他2名）

［研 究 内 容］
製造業の国内空洞化を防ぐためには、製造工程において IT を活用して製造プロセスの省力化を進め、生産性向上を図る必要がある。現在、産業用ロボット市場成長は頭打ち状態だが、ロボット化が困難な製造プロセスを着実に自動化していくことで、市場を拡大できる余地は大きい。本研究では、ロボット化が困難な製造工程としてセル生産における弾性変形を伴うパーツの組立問題を取り上げ、ティーチングを効率化して人による作りこみの手間を省くことを目的としている。今年度は作業戦略の立案を一部自動化し、教示と合わせてロボットへ適用し、その有効性を検証した。

シミュレーションに基づく動作計画・作業戦略として、弾性変形を伴うパーツの嵌め合いにおいて、シミュレータ上で動作計画を行うことで接触状態の系列を導出して作業戦略を確立した。ロボット把持条件と変形最小化を考慮した作業戦略を有限要素法によるシミュレーションを援用して変形を伴う嵌め合い動作時の接触系列として導出し、2次元物体で検証した。

作業のモデル化と作業実行条件の確立として、双腕ロボットのバイラテラル制御によるパーツの嵌め合いの教示実演データを収集するとともに、作業のキーとなる接触状態の抽出と分類を解析するツールを開発した。これにより、嵌め合い作業実行のための支点決めと最後の嵌めこみ時の動作が作業結果に大きく影響することを明らかにし、作業戦略をロボットに適用する際に必要な力の絶対値等の作業実行条件を導出した。

シミュレーションと実験による検証として、パーツの配置に誤差が存在しても嵌め合いが成功することを検証するため、組み立ての際の力センサデータを計測し、そのデータからアクションを推定するアルゴリズムを構築した。複数の力制御則を切り替えて用いることで、弾性変形を伴うパーツの嵌め合いをシミュレーションと実機のロボットで実現し、パーツに水平方向に1mm 程度の位置誤差があっても成功することを確認した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］ティーチング、シミュレーション、弾性変形物体、嵌め合い動作、作業・動作計画

［テーマ題目５］生活支援ロボットのコスト・ベネフィット分析に関する研究

［研究代表者］松本　吉央（サービスロボティクス研究グループ）
［研究担当者］松本　吉央、大山　英明、脇田　優仁、尹　祐根、金　奉根、阪口　健、田中　秀幸、吉川　雅博、谷川　民生、梶谷　勇、鍛冶　良作、本間　敬子、麻生　英樹（常勤職員12名、他1名）

［研 究 内 容］
高齢化人口の増大や、少子化に伴う労働人口の減少に伴い、高齢者の支援・介護分野における人手不足が顕著になっており、ロボット技術による QOL 向上のための自立活動の支援や、介護・介助サービスの省力化への期待が高まっている。しかし、生活支援ロボットは全く普及できていないのが現状である。その理由は、コストが増える、危ない、役に立たない、という3つに集約される。このうち危ないという点に関しては、NEDO 生活支援ロボット実用化プロジェクトにおいて研究が進んでいる。コストに関しては、ロボットの価格が高いという問題もあるが、それに加えて実際の導入にかかるコストが見えにくいという問題も大きい。また、役に立たない点に関しては、ロボット開発者による適用分野の業務理解が不足していること、ロボット単体ではソリューションにはならないこと、また実証実験を通したエビデンスの蓄積が不足していること、が挙げられる。このような理由から、国内では介護施設における介護リフトの普及率ですら8%程度にとどまっており、生活支援ロボット

の普及の手前で止まっているという現状である。

本研究課題では、このような状況において生活支援ロボットの普及促進を実現するため、生活支援ロボットのコスト・ベネフィットを分析することを課題として研究を行った。目標とするのは、介護者の負担を軽くし労働環境を改善する、高齢者の自立生活を長くし要介護度を上げない、介護総コストを維持・抑制する、という高齢化社会における相反する課題の解決である。そのための方法として、本研究課題では、１．生活・業務分析に基づくシステム設計、２．ロボット導入によるコスト・ベネフィットの明確化、３．実証試験によるエビデンスの蓄積、４．社会制度の調査、を行った。

１．生活・業務分析に基づくシステム設計に関しては、まず高齢者・障害者支援施設の介護業務における課題と改善事例についての情報を集め、分析を行った。改善事例としては、個人裁量で可能な工夫に偏っており施設全体としての導入コストは大きいこと、介護作業には連続性が大きく（例えば排泄には食事や移動が関係する）、施設業務をより詳細に調査する必要があることが分かった。介護業務については、さらなる調査が必要である。２．ロボット導入によるコスト・ベネフィットの明確化については、コミュニケーション支援ロボット等を介護施設・病院にて試用してもらい、導入にかかったコスト（環境の整備、職員の教育など）や得られたベネフィットに関する情報の記録を始めた。また、生活支援ロボットのベネフィットを登録するためのサイトを利用して生活支援ロボット・支援機器の情報を100件程度集め、ICF に基づくキーワードにより検索可能とした。３．実証試験によるエビデンスの蓄積に関しては、歩行アシストロボットを病院において数か月間利用してもらい、そのデータの蓄積を行っている。また筑波大学ヘルスサービスリサーチ分野との協力関係を開始し、介護レセプトの分析による介護ロボット導入効果の検証の可能性について検討をはじめた。４．社会制度の調査については、オランダにおける生活支援ロボットの普及状況（アームロボットの実ユーザへの生活調査、ヒアリング）、および生活支援ロボット給付に関する社会制度の調査を行った。また、オーストラリアにおける No Lifting Policy（介護用リフト等の支援機器の活用）について、病院・介護施設での利用状況や、行政による施策、法規制の現状等についての調査を行った。その結果、介護職員の労働環境改善からはじまった施策から、介護リフトの徹底した活用につながっている状況が明らかになった。

実際に生活支援ロボットを導入してのコスト・ベネフィットの調査、およびそのエビデンスの蓄積については、複数年に渡って実施していく必要があるため、次年度以降も研究を継続する予定である。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］生活支援、コストーベネフィット、生活機能

［テーマ題目６］災害対応ロボット技術に関する研究

［研究代表者］横井　一仁（ヒューマノイド研究グループ）

［研究担当者］横井　一仁、森澤　光晴、梶田　秀司、金子　健二、喜多　伸之、中岡　慎一郎、麻生　英樹、浅野　太、三浦　郁奈子、金広　文男、吉田　英一、河井　良浩、吉見　隆、植芝　俊夫、喜多　泰代、加藤　晋、尹祐　根、山野辺　夏樹、森川　泰、尾暮　拓也、水口　大知（以上、知能システム研究部門）、加賀美　聡、西脇　光一、トンプソン　サイモン（以上、デジタルヒューマン工学センター）
（常勤職員24名、他4名）

［研 究 内 容］

本研究は、NBC 災害現場のような、その環境や機器自体は人が働く前提で整備されたものだが、人にとっては危険な環境となってしまった災害現場において、災害対応作業を実現できるヒューマノイドロボットの実現を主目的としたものである。遠隔操作を前提とし、屋外歩行、ドア通過、梯子昇降、機器操作他を対象作業として、それらをヒューマノイドロボットで実現する各種技術を主に開発している。

ヒューマノイドロボットが、屋外環境を安定に移動できるようにするための技術開発に必要不可欠な屋外での歩行実験を行うために、10cm 程度の段差まで踏破できる車輪式のヒューマノイド吊り具を開発するとともに、屋外実験中の動作ログ収集機能等の環境整備を行った。また、これまで開発してきた不整地歩行技術を用いて、基礎的な屋外歩行実験を行い、ブロックタイル貼りの舗装面での屋外歩行可能性を確認するとともに、遠隔操作装置とヒューマノイドロボットとの間の安定した通信の確立に課題があることを確認した。また、屋外において、スキャン型レーザ距離センサを用いて、自己運動を元に周辺の環境形状の取得する技術の基礎的確認を行った

遠隔操作により、人の2倍程度の所要時間でヒューマノイドロボットがドアを通過することを目指し、Sagittal 方向に一定の重心速度を維持しつつ、環境からの反力に応じて両脚支持相を延長し、それによっても破綻しない Lateral 方向の軌道を計画する線形倒立振子モデルに基づく制御系を構築した。さらにこれを OpenHRP3のプラグインとして構築し、HRP-4L を用いたシミュレーションが意図したとおりに動作することを確認した。

梯子昇降のような手足を環境に接触させながら実行する必要があるヒューマノイドロボットの動作を、別研究テーマにより開発した動作計画器により計画し、それを望ましくない干渉を回避しつつ動的な全身運動により実

現できる制御器を、ロボットの機構的制約とロボットのダイナミクスに関する制約を考慮した局所的な二次計画法を用いて構築した。本制御器により、制御周期10ms程度で、ヒューマノイドロボットの制御が可能であることをシミュレーションにより示した。加えて、梯子昇降時に手首に作用する高負荷な力の検出と、接触に伴うインパルス状の外乱を低減することが可能な手首機構の設計を行った。

実環境における3次元移動を行うことを目的として、ヒューマノイドロボット胸部に搭載した広視野ステレオカメラで得た画像をもとにステレオ計測した数歩先の床面の高さ情報から、足裏着地状態を推定するアルゴリズムを開発した。

目的の作業に対応した様々な制約条件の設定・解除が可能な全身運動制御技術を開発した。これに、安定化制御、手先コンプライアンス制御、内力制御等を内包することで、ヒューマノイドロボットの歩行、片腕・両腕の手先位置・姿勢、視線方向を、遠隔オペレータがヒューマノイドロボットのバランスを考慮することなくジョイスティック操作で指示することを可能とした。これを用い、ヒューマノイドロボット HRP-2による両腕による路面上の2kg の物体の持ち上げや、機器操作を実現した。

ヒューマノイドロボットの頭部カメラからは観測できない狭隘部における作業に必要な情報を得ることを目的として、超小型カメラ、レーザ光源および LED 照明から成るハンド装着型レンジセンサを試作すると共に、それを内蔵したハンドの設計を行った。また、レンジセンサのカメラの内部パラメータと、カメラと光源の相互位置関係の両者を同時に校正する手法を開発し、それを用いて画像から線状光を検出して3次元情報を復元するシステムを構築し、ビデオレート（30fps）での3次元形状計測を実現した。さらに、十字型線状光を投射して同時に2本分の3次元情報を獲得できるようにシステムを拡張し、実験によりその有効性を検証した。

ヒューマノイドロボットの転倒予測・防止を目的として、ヒューマノイドロボットの関節角データ、センサデータなどの解析を行った。関節角データの解析については、正常歩行時のデータを正規分布でモデル化し、このモデルからの逸脱により異常を検出する方法を提案し、実験によりその有効性を検証した。また、センサデータの解析については、転倒の一要因である関節のキャリブレーション誤差を、床反力などのセンサデータのバイアスの変動として検出する手法を提案し、実験によりその有効性を検証した。

災害対応ヒューマノイドロボットの他にも、民間企業と共同で災害現場で活用できるロボットシステムを開発した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］ヒューマノイドロボット、災害対応ロボット、遠隔操作、転倒予測、ドア通過、二足歩行制御、3次元移動、ハンド装着型レンジセンサ、接触動作制御

［テーマ題目７］ヒューマノイドを用いた移動アシスト機器の設計支援

［研究代表者］吉田　英一（AIST-CNRS ロボット工学連携研究体）

［研究担当者］吉田　英一、三浦　郁奈子、金広　文男、本間　敬子、松本　吉央、梶谷　勇、中岡　慎一郎、Kheddar Abderrahmane、Moulard Thomas（知能システム研究部門）、小林　吉之、遠藤　維（デジタルヒューマン工学研究センター）
（常勤職員9名、他2名）

［研 究 内 容］

本課題では、人間の移動アシスト機器の評価・設計支援への要求に関する調査を行うとともに、物理的に動かすことで負荷低減効果などのアシスト効果を定量的に評価できるヒューマノイドの特徴を活かし、ケーススタディを通して、その人間の代替としての適用可能性について検証することを目的とする。

具体的には、1）機器の評価・設計支援の必要性に関する調査研究2）ケーススタディとしての実際の機器の人間による利用動作の計測・解析、3）被験者を代替するツールとしてのヒューマノイドの利用可能性のシミュレーション・実験による検証、という3つの課題に取り組んだ。

1） アシスト機器として、スマートスーツ（北大）、マッスルスーツ（理科大）、無動力歩行支援器（名工大・今仙）、リズムアシスト（ホンダ）、オットボック（ドイツ装具メーカー）などを対象に、企業の訪問や展示会への参加などを通し、聞き取り調査を実施した。その結果、被験者代替により、負荷低減効果の定量的検証、装着感に評価、高齢者・障害者の動作再現の要求、また公的評価サービスの必要性があることを確認した。

2） 利用者の動作の 計測・解析： 人間動作の基礎データ取得のため「人の日常生活作業に関する動作・感性計測」と題して人間工学実験の承認を受けた。テストケースとして、北大開発の「スマートスーツ・ライト」を取り上げた。同スーツは、背中に2本のゴムバンドをクロスして配置した構造となっており、これを装着することで屈曲時にこれらが伸長することで腰の負担を低減させることを目的としたアシスト機器である。モーションキャプチャと床反力計を用い、装着時・非装着の状態で人間による荷物の持ち上げ動作を計測し、運動解析ソフトウェアを用いて、実際に差異

が観測されるかを検証した。その結果、これらの外部計測システムのデータからは、装着・非装着での人間の内部の筋発生力の違いを推定することが困難であることが判明した。そこで、実際に腰部の発生トルクを定量的に計測可能なヒューマノイドの必要性を認識するに至った。

3)　ヒューマノイドによる動作再現と被験者代替：これまでに開発した人間歩行動作のヒューマノイドへの変換手法を拡張し、モーションキャプチャにより測定した人間動作のマーカー軌道を、上半身を中心としたロボットの関節に対応付け、また安定性や機構的な制約を考慮して、ヒューマノイドの動作に変換する手法を構築した。これを用い、スマートスーツを装着したヒューマノイド HRP-4C により持ち上げ動作を再現した。実験の結果、具体的に腰のトルクが減少していることが観察され、2）の人間計測では困難であった負荷低減効果を定量的に計測・評価することに成功した。

さらに、当初予期されなかった進展として、ヒューマノイドと RFID 技術の組み合わせによる看護・介護動作測定、模擬患者システム開発の可能性が検討され、看護教育システムについて東京有明医療大学との共同研究に発展、CEATEC に出展した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］ヒューマノイド、デジタルヒューマン、生活支援ロボット、機器評価、シミュレーション、人動作解析、看護教育システム

⑧【情報技術研究部門】

（Information Technology Research Institute）

（存続期間：2005. 7. 15～）

研究部門長：伊藤　智
副研究部門長：工藤　知宏
総括研究主幹：田中　良夫

所在地：つくば中央第2
人　員：38名（38名）
経　費：864,973千円（550,000千円）

概　要：

情報技術研究部門では、情報技術（IT）に関わる基礎分野から応用分野までをカバーし、社会インフラとしての IT を提供する技術と利用者指向で IT を利用する技術の研究開発を行っている。

社会インフラとして IT を提供する技術としては、ネットワーク、サーバ／クラスタといったハードウェアだけでなく、プログラミング環境、データベースやストレージを含むミドルウェア、さらには、高度なアプリケーションを実行する並列・分散環境から、実問題を対象とするアプリケーションや情報サービスの提供まで、幅広い領域での研究開発を進めている。研究における大きな方向性としては、次世代クラウドコンピューティングに必要とされるディペンダビリティ、スケーラビリティ、および省エネルギーを重要な課題として設定している。特に、マルチコアからメニーコアへのプロセッサコア数の増大や、広域に多数のコンピュータが分散する状況に対応して、機器の台数に比例した処理性能を得るスケーラビリティや、頑健性やセキュリティを保持するディペンダビリティを重視した研究開発を行っている。加えて、低炭素社会を実現するための IT 機器の電力消費低減も大きな課題であり、ネットワークの低消費電力化やデータセンタにおけるサーバ・ストレージの省エネ運用手法なども、重要な研究課題として取り組んでいる。また、社会インフラとしてワンストップで情報サービスを提供するため、サービスプラットフォームに関する研究開発を行っている。広域に分散した研究機関やグループを有機的に結び付ける研究基盤（e-Science）の一環として、異機種データベースの効果的な統合やメタデータの分散処理・管理技術を研究開発している。さらに、さまざまな応用分野でユーザが手軽に扱えることを目指した地球観測情報のインフラ Global Earth Observation Grid（GEO Grid）に関する研究開発を進めている。グリッド技術を用いて地球観測衛星データなどの大規模アーカイブと高度処理を行う、分散環境下の各種観測データと地理情報システムデータを統融合した処理・解析が可能なプラットフォームを構築中である。

利用者指向で IT を活用する技術としては、医療、エネルギー、環境、社会インフラ、コンテンツビジネスなどの応用分において、安全・安心な生活と知的活動の飛躍的向上の実現を目的に、実世界における環境情報、計測などによって生成される多種多様なデータから有効な意味的情報を抽出する技術、それらを活用する技術の研究開発を行っている。特に実世界で扱われる音声、音楽、映像、テキストなどのメディア情報については、これらを認識理解する技術の一層の高度化を進めるとともに、他のシステム資源や人的資源とのネットワーク化およびインタラクションの形成を促進することによって認識精度の向上およびデータの高付加価値化を図る研究を行っている。これによって、様々なメディア情報において最適な検索閲覧機能を実現する技術、コンテンツ自動生成のための技術、位置や状況に応じた情報提示に関する技術などの開発を進め、新しい情報サービスの創出に取り組んでいる。また、持続的社会のためのエネルギー運用管理技術としてのスマートグリッドを IT で支える技術の研究開発を行っている。これまで培ってきた有線通信技術を中心とした大規模なセンサーネットワーク技術を適用す

ることで、太陽光発電モニタリングなど有用な出口応用を実現することを目標とし、通信基盤技術やその応用技術の研究開発を進めている。さらに、アプリケーションの開発の利便性およびアプリケーションの動作の信頼性を向上させるために、情報数理学を中心とした理論研究、およびオープン・システムで幅広く利用される実証的ミドルウェアの開発と公開を行っている。

外部資金：

経済産業省国際標準化推進事業委託費　「平成24年度国際標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発事業：テンプレート保護型バイオメトリクスの安全性評価に関する標準化））」

文部科学省　科学技術総合推進費補助金　「国際共同研究の推進　アジア GEO Grid イニシアチブ」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト（グリーン IT プロジェクト）／革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発／IT 社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究／社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と評価」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト（グリーン IT プロジェクト）／エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発／データセンタのモデル設計と総合評価」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「IT 融合による新社会システムの開発・実証プロジェクト（データ処理基盤分野）リアルタイム大規模データ解析処理基盤の研究開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「エネルギー利用最適化データセンター基盤技術の研究開発／サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャの開発／クラウド・コンピューティング技術の開発」

独立行政法人科学技術振興機構　戦略的創造研究推進事業（CREST）　「消費電力を削減するグリッドデータセンター運用管理システムの研究」

独立行政法人科学技術振興機構　戦略的創造研究推進事業（CREST）　「音楽を中心とした類似度可知化情報環境の実現と全体統括」

独立行政法人科学技術振興機構　戦略的国際科学技術協力推進事業　「大規模災害における IT インフラ復旧技術に関する調査・研究」

文部科学省　科学研究費補助金　若手（A）　「大規模 HPC クラスタにおける高性能共有ストレージの性能保証に関する研究」

文部科学省　科学研究費補助金　若手（A）　「Linked Data 検索のための結合効率化に基づくメタデータクラウドの研究開発」

文部科学省　科学研究費補助金　若手（B）　「性能可搬性を提供する仮想計算機マイグレーション技術の研究」

文部科学省　科学研究費補助金　若手（B）　「合成開口レーダ画像および海洋観測に基づく海上風シミュレーションの精度向上」

文部科学省　科学研究費補助金　若手（B）　「画像認識技術を用いた大腸内視鏡画像の客観的評価手法の研究」

文部科学省　科学研究費補助金　若手（B）「ストリーム処理とデータ分析処理を統合した戦略的データ活用基盤の開発」

文部科学省　科学研究費補助金　若手（B）　「聴衆の視線移動の制御によりコンテンツ理解度を高める電子黒板システム」

文部科学省　科学研究費補助金　若手（B）　「ノンパラメトリックベイズ理論に基づく音楽音響信号の構造学習と音源分離」

文部科学省　科学研究費補助金　若手（B）　「Web 音声インデキシングのための言語的特性の変動に頑強な音声認識に関する研究」

文部科学省　科学研究費補助金　若手（B）　「大規模仮想計算機群の遠隔移動に関する研究」

文部科学省　科学研究費補助金　基盤（A）　「大規模・異種の時空間データ統合で生じる矛盾を許容するサイエンスクラウド基盤」

発　表：誌上発表126件、口頭発表168件、その他39件

メディアインタラクション研究グループ
（Media Interaction Group）
研究グループ長：後藤　真孝
（つくば中央第2）

概　要：

実世界のメディア情報（音楽、音声、ユーザ活動等）を対象に、人々の利便性を向上させるためのメディアインタラクション技術の研究開発に取り組んでいる。主に、実世界メディア理解技術（自動理解・マイニング・推定)、インタラクション技術（インタフェース・検索・ブラウジング）の研究開発を行っている。実世界メディアは Web を中心に多様化し増加し続けているが、それを人々が活用する技術は未成熟である。そのため、計算機が人間に代わって理解し、人間の意図や嗜好に合わせた形態に変換することで人々の利便性向上を図る技術が求められている。特に、音楽情報処理及び音楽インタラクションに関する研究、音声言語処理及び音声情報検索に関する研究、Web インタラクション及びユーザ支援に関する研究等に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目４

プロセスウェア研究グループ
（Processware Research Group）
研究グループ長：戸村　哲
（つくば中央第2）

概　要：

本グループは現在稼働中あるいは今後開発されるソフトウェアの品質を高めることを研究目的としている。高品質なソフトウェアは、現代社会を支える情報システムの高信頼・高安全・高可用化技術にとって必須のものである。高品質なソフトウェアを安定的に供給するためには、エンジニアの職人的能力に期持するのではなく、ソフトウェアを工学的に開発する手法が必要である。そのために本グループでは、１）小規模組織向け、２）オープンなシステム、という特徴を有するソフトウェア・エンジニアリング・ツールチェーンの開発と、その普及活動を行っている。

小規模なソフトウェア開発組織を対象としているのは、ソフトウェア開発の95%以上は、開発者数25名以下の小規模組織によって行われているためであり、オープン・スタンダードに基づいて、共通の概念・用語・手法等を確立することは、複数のソフトウェア開発を連携可能とする。

ソフトウェアエンジニアリングツールチェーンで必須となる機能要件についての洗い出しのために、国際規格である標準基礎知識体系 SWEBOK で使用されているオープンな個別ツールの調査を行っている。

スマートシステム研究グループ
（Smart System Research Group）
研究グループ長：村川　正宏
（つくば中央第2）

概　要：

近年のセンサ、計測技術、通信技術の進歩により、実世界の膨大なセンシングデータが取得できるようになってきた。さらにクラウドコンピューティングを利用することで、その膨大なデータを蓄積し、高度な解析を行い、実世界に対して実時間でフィードバックできる環境も整ってきた。本グループでは、このような大きなループを回すための要素技術の研究開発、ならびにループを回すことで新たな価値を創造する応用分野の開拓を行っている。要素技術では、(a)電力線通信などの有線通信技術（b)データ解析のための画像認識技術、時系列信号解析技術（c)確率的最適化手法、などを研究している。応用分野では、スマートグリッドおよび医療分野を主な対象としている。

研究テーマ：テーマ題目１

インフラウェア研究グループ
（Grid Infraware Research Group）
研究グループ長：中田　秀基
（つくば中央第2）

概　要：

動的な情報処理基盤構築のための資源管理・仮想化技術と資源利用技術の研究開発を行う。最近注目を集めているクラウドでは、ユーザは自ら資源を持つ必要がなく、その一方で資源の利用効率を高めることができる。本グループでは、計算機やストレージに加えてネットワークも統合してスケジューリングするとともに、各資源のモニタリング情報をユーザやアプリケーションに知らせる方式を開発している。また、仮想化技術を導入して、ユーザに見えるインフラ（仮想インフラ）が実際のハードウェアなどの構成（物理インフラ）に依存しないようにし、仮想インフラを物理インフラ間で移動させることにより資源を集約する技術の開発も行っている。さらに、クラウドで広く用いられる MapReduce 処理を高速化する技術も開発している。これらの技術により、より広い用途に使用できる動的インフラを構築可能にしていく。また、資源の有効利用やエネルギーコストの低い資源の優先利用による省エネルギー化を図る。

研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目３

サービスウェア研究グループ
（Grid Service-ware Research Group）
研究グループ長：小島　功
（つくば中央第2）

概　要：

本グループは分散・並列環境における、利用者および応用指向の優れたサービス環境の提供を視野に研究開発を進めている。特に、日々生成される大規模データに注目し、大規模データ処理を分散環境で実現する方式の設計・開発、様々なデータベースを組み合わせて一つの高機能データベースとして提示する機能の設計・開発、また、これらをユーザが利用しやすくするツール群の設計・開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目３

ジオインフォマティクス研究グループ

（GEOinformatics Research Group）

研究グループ長：中村　良介

（つくば中央第2）

概　要：

地球観測衛星データなどの大規模アーカイブを構築し、それらデータの高度処理と、各地に分散する各種観測データや地理情報システムデータと統融合する処理・解析を、地球観測情報のシステム、また、そのインフラとして構築し、さまざまな応用分野でユーザが手軽に扱える情報基盤の実現を目指し、GEO Grid（地球観測グリッド：Global Earth Observation Grid）の研究開発を進めている。本研究開発では、GEO Grid の構築にグリッド技術を活用し、そのGEO Grid 上で各種応用分野の処理・解析手法開発、および産業基盤となる社会基盤データの作成に関する研究を行っている。

［テーマ題目１］実時間ガイドによる高度医療支援システム

［研究代表者］村川　正宏

（スマートグリッド研究グループ）

［研究担当者］野里　博和、高橋　栄一、坂無　英徳、村川　正宏（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

医療用検査機器におけるデジタル化による医療データの爆発的な増加に伴い、データ処理に要する医師の負担増大に起因する医療過誤の危険性が増し、また一方で多くの情報が活用されない状況が生じるなど、患者の不利益を招く恐れが生じている。一方、情報産業においては、膨大なデータを戦略的に活用するビッグデータ処理技術が急速に発展しているが、医療分野での活用には至っていない。そのため、医療現場において診察中に検査画像などから瞬時に必要な情報を抽出し、増加し続ける膨大な医療データと合わせて分析した結果をリアルタイムに提示可能なパターン認識・検索・インターフェース技術の確立が強く求められている。

本研究開発では、大腸内視鏡を題材として、医師の診断を支援する情報をリアルタイムに医療データから検索・提示することにより、医師の操作・診断・治療方針の決定をガイドする高度医療支援システムの新規実現を目標とする。具体的には、(1)動画像認識技術、(2)類似症例高速自動検索技術、(3)支援情報の可視化・提示技術の要素技術を開発すること、プロトタイプシステムを開発してメーカにアピールし、共同研究もしくは公的研究公募への共同提案の材料とすること、また、超音波診断支援等を初めとする本研究成果の横展開についても検討することが達成目標である。

平成24年度の成果は、以下の通りである。

(1)動画像認識技術については、病変部位や重症度等を評価・推定する技術の開発を進め、内視鏡画像のポリープ状隆起物のエッジ強調手法、内視鏡画像の炎症度判別手法、超音波検査画像の腫瘤性病変部位検出手法を開発し、それぞれ実データを用いた FS を行い研究成果の発表を行った。

(2)類似症例高速自動検索技術については、医療機関の協力のもと、検査画像の収集を行い、内視鏡25症例、超音波13症例を蓄積した。今後、医師によるタグ付け作業の負荷軽減のため、アノテーション用ソフトウェア開発に着手し、次年度以降のデータ収集を加速する。

(3)支援情報の可視化・提示技術については、ソフトウェア開発段階から医師の意見を反映するため、可視化・提示ソフトの開発を前倒しで行った。平成24年度には内視鏡画像用のインターフェース試作が完了し、平成25年度には動画像認識技術の FS 版を実装する予定である。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］医療画像、画像認識、動画画像認識、リアルタイム処理

［テーマ題目２］サイエンスクラウドに関する研究

［研究代表者］工藤　知宏（副研究部門長）

［研究担当者］工藤　知宏、中田　秀基、竹房　あつ子、高野　了成、谷村　勇輔（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

現在のクラウドコンピューティング技術では、大量データの移動、管理、処理のいずれにおいても課題を抱えており、大量データ処理を行うのが困難である。クラウド連携により大量データを効率良く扱えれば、新たな手法の創出などを通じて科学技術や産業の発展につながる事が期待される。

本研究開発では、高度な機能と性能をもたせたネットワークを介してクラウドを連携させ、複数クラウド間で大規模データを効率良く共有、処理するために、大量データ処理に適した仮想インフラを構築・利用するミドルウェアを開発する。平成24年度は、標準的に用いられる IaaS ミドルウェアへの対応を行い、また、大学の計算機センター間の連携を例に、実際のユーザからの要求を

調査した。具体的には、CloudStack 等の既存 IaaS ミドルウェア上での実装を想定し、複数のデータセンタ（以下 DC）にまたがる仮想 DC を提供するアーキテクチャの設計を行い、これを実現するソフトウェアを開発中である。これは複数 DC 上の計算機やストレージ、さらに DC 内および DC 間ネットワークを統合制御して仮想 DC を構築するもので、既存ミドルウェアを用いつつ、負荷に応じて複数 DC の資源を融通する運用が可能になる。また、遠隔地のストレージを単一仮想 DC 内資源として見せることで、容易に遠隔地のデータを連携させた処理が実現できる。

複数クラウド間の仮想ネットワークの構築のため、DC 間ネットワークについては、国際標準フォーラム Opern Grid Forum（OGF）での標準化を進め、その参照実装として開発したソフトウェアを用い、国際会議 GLIF2012や SC12において日米欧相互運用試験を実施し、その有用性を実証した。また、DC 内ネットワークについては、OpenFlow により制御できるネットワークスイッチを用いた制御方式の実装を一部完了した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］クラウド、資源管理、クラウド間連携、仮想ネットワーク、データインテンシブ処理、

［テーマ題目３］ポストペタスケール高性能計算技術の研究

［研究代表者］田中　良夫（総括研究主幹）
［研究担当者］田中　良夫、池上　努、中田　秀基、谷村　勇輔、高野　了成、広渕　崇弘、伊藤　智（常勤職員7名）

［研 究 内 容］

現行のペタスケール計算機の後継として、ポストペタスケール（エクサフロップス規模）の高性能計算機（スーパーコンピュータ）の研究開発が世界各国で進められている。ポストペタスケール計算機のシステムソフトウェアは従来とは異なる方式を取る必要があり、その開発が大きな課題として認識されている。

本研究開発は、ポストペタスケール高性能計算を実現するプログラム開発・実行環境を開発し、この分野において世界をリードすることを目指すものである。そのため、階層的プログラミングモデルを採用することで、数千万演算コア×時間規模の大規模シミュレーションの実装を支援するプログラム開発・実行環境を開発する。具体的には以下の研究開発を行う。(1) クライアント・サーバモデルに基づく階層的なハイブリッド型プログラミングモデルを提案し、これを実現する要素技術とミドルウェアを開発する。(2) サーバプログラムの実行状態を監視とクライアントの多重化によって、サーバ・クライアント双方の障害に対応する耐障害技術を開発する。(3) ユーザプログラムからの実行状況や障害の発生のモニタリングや障害復旧処理の制御を可能にするミドルウェアを開発。これを利用するための簡便な API を策定・実装する。(4) オープンソースとして公開、半導体デバイスのシミュレーションを題材に実証実験を行う。

平成24年度は、システムの一部が故障した状況が常態化するエクサスケールにおいて長時間の計算を完遂するためには耐障害性の実現が鍵となるため、グリッドミドルウェアの研究で得られた知見を活用したプログラミングミドルウェアの開発を目指した。遠隔手続呼び出し（RPC）と MPI をハイブリッドで利用するプログラミングミドルウェアの開発を行うにあたり、まず、担当者で議論を重ねる事によりポストペタスケールにおけるプログラミング環境のあるべき姿や問題点、研究課題を明確にした。その結果以下のような方針で研究開発を進める事とし、本研究開発を迅速に進めるために必要なプロトタイプ開発や評価を進めている。第一に、従来のシステムレイヤが提供する耐障害性機能では不十分な点に着目し、これを補完する機能を実行環境とアプリケーションの各レイヤに付与することで、三者が連携して耐障害性を実現する新たな耐障害性モデルを開発する。第二に、このモデルに従うアプリケーションの開発を容易にする新たなプログラミングパラダイムを確立し、実証のため実行環境とこれにアクセスするライブラリを開発して、有効性を示す。

具体的な研究課題としては、プログラミングモデルやプログラミングインタフェースの策定を開発中である。また、計算の途中結果などのデータを高速に授受すると共に、保管したデータをレプリカ作成などの手段で障害から保全する高速分散データストアに関する研究を進めている。さらに、計算資源の死活管理を行いながら実行可能なタスクを順次割り付ける高可用タスク・資源管理に関する研究として、MPIをベースに分割統治型のプログラムを容易に実装するためのプログラミングインタフェース策定と実装方法に関する調査を目的としたプロトタイプ開発を進めており、平成24年度に2通りの実装を行ない、比較評価を実施している。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］ポストペタスケール、高性能計算、プログラミングモデル、耐障害性

［テーマ題目４］ユーザ貢献増幅型 Web コンテンツ活用技術に関する研究

［研究代表者］後藤　真孝（メディアインタラクション研究グループ）
［研究担当者］後藤　真孝、緒方　淳、栗原　一貴、濱崎　雅弘、吉井　和佳、中野　倫靖、佐々木　洋子（常勤職員7名）

［研 究 内 容］

インターネット上にあふれるコンテンツを身近で手軽に活用、創造できる技術は、日本が目指すコンテンツ立

国実現に不可欠であり、経済産業省産業構造ビジョン2010、技術戦略マップ2010でもコンテンツ分野及び技術の重要性が指摘されている。一方、従来の静的な理解技術では、膨大で動的に変化するコンテンツの動的変化に対応し人々の利便性向上を図ることができない。そこで、ユーザからのフィードバック・貢献を活用する新技術の研究によりコンテンツの一層の活用を図ることを目指している。

ユーザに役立ちながら技術開発を進めるため、本研究開発では、(1) Web コンテンツを対象としたユーザ貢献の収集＋蓄積＋再利用技術、(2) ユーザ利用を促し貢献を利用・増幅可能な Web コンテンツ理解技術及びインタラクション技術、(3) ユーザが利用して我々の研究成果を体験できる Web 上のサービス創出を行っている。

平成24年度は、(1)の主たる研究開発として、Web 上の楽曲コンテンツを対象に、その中身を産総研クラウド上で音楽理解技術により解析して可視化し、能動的な音楽鑑賞ができるサービス Songle を、Web で一般公開する実証実験を開始した。2012年8月にプレス発表を行い、多数のメディアにとりあげられ、社会的に高い関心を得るとともに、国際会議基調講演等により学術分野でも高いプレゼンスを得た。本サービスでは、音楽の自動理解誤りをユーザが訂正して共有できる世界初の仕組みにより、ユーザ貢献によってより正確な「音楽地図」を共有・表示可能にしている。さらに、コンテンツ投稿サイト「ピアプロ」上の全楽曲（8万曲以上）から Songle にリンクする正式連携を同サイト運営企業がプレス発表し、外部サービス連携を成功させた。2012年11月に産総研オープンラボ2012優秀ポスター発表賞も受賞した。

(2)の主たる研究としては、ユーザ貢献型音声検索サービス PodCastle に、音響ダイアライゼーション（「どの部分が何の音か」の自動認識）技術統合を行うために、話者表示・編集機能を強化し、話者数の時間変化表示機能、話者表記統一機能等を追加した。PodCastle は2012年4月に産総研理事長賞（本格研究）を受賞した。企業への有償技術移転も行った。

(3)の主たる研究としては、動画を高速で鑑賞するシステムに音響ダイアライゼーション技術を統合し、ユーザが可変速で再生できる機能が付加された。また、講演や発表等の動画コンテンツが日々発信される状況下で、視聴者の意見等を発信者にユーザ貢献としてフィードバックしてプレゼンテーション支援を可能にするインタラクション技術の一環として、発話阻害システム SpeechJammer を試作した。2012年9月にイグノーベル賞を受賞して産総研が記者会見を行い、大規模に報道された。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］音声情報検索、音楽情報処理、歌声情報処理、メディアインタラクション

⑨【ナノエレクトロニクス研究部門】

（Nanoelectronics Research Institute）

（存続期間：2011.4.1～）

研究部門長：金丸　正剛
副研究部門長：青柳　昌宏
首席研究員：富永　淳二、Kolobov Alexander
総活研究主幹：安藤　淳、中野　隆志

所在地：つくば中央第2、つくば中央第4、つくば西
人　員：47名（47名）
経　費：2,869,786千円（919,684千円）

概　要：

1．ミッション

ナノエレクトロニクスにおける我が国の産業競争力強化や新産業の創出を目指し、その競争力の源泉となるコア技術を開発することが当部門の主たるミッションである。これまで蓄積してきたナノスケールデバイスの構造、材料、作製プロセス、設計、システム化、解析評価技術に関する研究成果と研究開発リソースを活かし、産総研第3期のミッションである低炭素化など、社会の抱える課題解決につながるグリーンイノベーション等に資するナノエレクトロニクスを新たに創出することを目指す。

2．研究の方向性

半導体エレクトロニクスの中核技術であるシリコン CMOS（相補形 MOS 電界効果トランジスタ）技術はデバイス微細化を指導原理として発展を続けており、今後も微細化を進める研究は必要である。しかし、微細化の物理的・技術的な限界が近づいていることから、さらなる技術発展のためにはナノレベルの微細化と同時に、新規な材料・構造・作製プロセスの導入が必要となる。（“More Moore”技術）一方、微細化以外の手法により半導体集積回路の性能向上や機能付加を目指す研究開発の方向性があり、3次元実装による集積度向上や異種材料の混載による集積回路の高機能化・多機能化が期待されている。（“More than Moore”技術）さらに、より長期的な発展を目指すには CMOS 微細化に代わる新しい指導原理の探索も必要と考えられ、CMOS とは動作原理が異なる、全く新しいデバイスの研究開発（いわゆる“Beyond CMOS”技術）も活発化している。

ナノエレクトロニクスは概ねこれら3種類の研究領域を総称したものである。当部門では More Moore および More than Moore 技術を主たる研究課題として取り上げて研究開発を進めている。

3．研究課題

ナノエレクトロニクスは材料、デバイス、プロセス、設計、システム、評価などの要素技術を統合したものであり、幅広い研究領域を有する。これらを総合的に進めるために以下の研究課題を設定している。

(1) シリコンナノデバイスの研究開発

シリコン CMOS 微細化の主要課題である素子特性ばらつきを抑制するデバイスである Fin 形トランジスタの低電圧動作技術を確立し、極低消費電力集積回路基盤技術を確立するとともに、10nm 以下の領域でのデバイス開発に資する技術としてトンネル効果などの動作原理を導入したトランジスタの開発を行う。

(2) 新材料・新構造インテグレーションの研究開発

微細化以外の手法による CMOS 性能向上を実現する等価スケーリング技術として新材料を利用した高移動度チャネルや高誘電率ゲート絶縁膜技術を開発し、シリコンとのハイブリッド集積回路や低消費電力・高性能アナログ回路の実現を目指す。また、半導体加工技術を利用して作製した半導体トラジスタ以外の新構造デバイスを開発し、新たなエレクトロニクス応用分野を開拓する。

(3) 半導体設計製造技術の研究開発

半導体チップを積層して3次元 LSI を作製する技術は微細化以外の高性能化技術の一つである。当部門では、そのための要素技術として高効率チップ冷却技術やチップ積層技術を開発するとともに、3次元 LSI 積層計測評価技術も併せて開発する。また、ナノシリコンデバイスの特長を生かした応用回路として、動的に動作電力を制御した低消費電力 FPGA を開発する。

さらに、革新的な半導体生産システムの開発を行う。今後の半導体製品はユーザニーズに合わせた変種変量の製造が求められることが予想されるが、単一製品を多量に生産するのに適した現在の半導体生産システムではコストや省エネの観点で上記ニーズには適応でないと考えられる。少量の半導体製品を経済的、エネルギー的に効率良く生産するシステムを構築する。

(4) ナノ計測エレクトロニクスの研究開発

ナノスケールデバイスではそのデバイス特性が原子スケールの構造揺らぎに敏感になり、デバイス中の局所的な物性を原子スケールで計測・制御することが必要不可欠となる。本研究部門では、走査プローブ顕微鏡を用いた不純物分布の計測・評価技術、紫外線ラマン散乱分光による局所ひずみの評価解析技術を開発する。

(5) 超伝導集積エレクトロニクスの研究開発

高精度性、低雑音性、高感度性において既存デバイスを凌駕する超伝導デバイスは、電気標準、LSI 故障診断、各種精密分析、高度臨床検査、核物質管理、大気観測等におけるコア技術となる。産総研の超伝導デバイスの集積化技術の強みを生かして、高感度低雑音センサ技術や、産業の発展に不可欠な基盤技術である次世代電圧標準デバイス技術の研究開発を行う。

内部資金：
重点研究加速予算（戦略予算）／次世代シリコンデバイス設計環境の構築

重点研究加速予算（戦略予算）／光電子融合集積回路開発プラットフォーム

融合・連携推進予算（戦略予算）／光電子融合集積回路開発プラットフォーム

外部資金：
日本学術振興会／最先端研究開発支援プログラム／グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発

日本学術振興会／最先端研究開発支援プログラム／フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発

受託／（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構／ナノテク・先端部材実用化研究開発／水素拡散を制御した高信頼性絶縁膜の開発とフラッシュメモリーへの応用

受託／文部科学省／科学技術試験研究委託事業／相変化記録膜材料の X 線回折プローブによる格子ダイナミクス

受託／独立行政法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（CREST）／1. 金属／遷移金属酸化物界面の電子状態制御　2. 界面における強相関相転移を利用したスイッチ機能の開発

受託／独立行政法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（ALCA）／ナノ Si 熱電材料の実現のための材料設計指針の探索

受託／独立行政法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業（ALCA）／微少ジョセフソン接合の開発

受託／株式会社つくば研究支援センター／戦略的基盤技術高度化支援事業／局所プラズマ接合を用いた半導体プロセス用シリコンキャリア製造

受託／財団法人新産業創造研究機構／戦略的基盤技術高度化支援事業／パワーデバイス用複合ウェーハの精密実

装技術の開発

受託／福島県中小企業団体中央会／戦略的基盤技術高度化支援事業／部品内蔵基板内の狭間隔部品実装技術及びWLP-LSIチップ実装技術の確立

受託／一般財団法人九州産業技術センター／戦略的基盤技術高度化支援事業／ミニマル3次元積層 LSI デバイス製造ファブに対応したデバイス検査装置の開発

受託／株式会社浜名湖国際頭脳センター／戦略的基盤技術高度化支援事業／3次元 LSI 積層実装技術に対応した微細先鋭バンプ検査装置の開発

受託／財団法人長野県テクノ財団／戦略的基盤技術高度化支援事業／微細バンプ形成用ナノパーティクルデポジション装置および微細バンプ接続応用技術の開発

受託／社団法人研究産業・産業技術振興協会／戦略的基盤技術高度化支援事業／角形チップ用フォトレジスト塗布装置・現像装置の開発

受託／サンヨー株式会社／戦略的基盤技術高度化支援事業／ミニマル半導体装置共通プラットフォームの開発

受託／財団法人長野県テクノ財団／戦略的基盤技術高度化支援事業／制御ソフトウェアの高度化による産業用超高安定度電圧標準装置の開発

受託／株式会社さがみはら産業創造センター／戦略的基盤技術高度化支援事業／次世代パワーデバイス向け革新的手法を用いた成膜技術の開発

文部科学省／科学研究費補助金（研究分担者）／基盤研究（S）／シリコンナノ構造を基盤としたドーパント原子デバイスの開発

文部科学省／科学研究費補助金（研究分担者）／基盤研究（S）／断熱モード単一磁束量子回路の導入によるサブμW マイクロプロセッサの研究

文部科学省／科学研究費補助金（研究分担者）／基盤研究（S）／百万画素サブミクロン分解能中性子ラジオグラフィのための固体超伝導検出器システム

文部科学省／科学研究費補助金（研究分担者）／基盤研究（A）／多段ゲート電界放出電子源を用いたマイクロカラムの開発と電子線顕微鏡への応用

文部科学省／科学研究費補助金／若手研究（A）／単一原子ドーピング法による単一原子デバイスの創製

文部科学省／科学研究費補助金／基盤研究（A）／Ⅲ-V 族 p チャネル MOSFET のための価電子帯エンジニアリングと界面双極子制御

文部科学省／科学研究費補助金／基盤研究（B）／超伝導光子検出器の多画素化のための広帯域・広ダイナミックレンジ読出回路

文部科学省／科学研究費補助金／基盤研究（C）／次世代高移動度チャネル材料向け全窒化膜ゲートスタック技術の研究

文部科学省／科学研究費補助金／挑戦的萌芽研究／イオンビームによる細胞へのドーピングと細胞機能修復

文部科学省／科学研究費補助金／挑戦的萌芽研究／原子層シリサイド半導体を用いたドーピング制御

文部科学省／科学研究費補助金／特別研究員奨励費／ナノデバイスでの原子レベル構造変化（ダメージ）と低ダメージ評価手法の研究

助成金／（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構／しきい値可変型 FinFET による極低消費電力アナログ回路の開発

発　表：誌上発表239件、口頭発表341件、その他41件

シリコンナノデバイスグループ
（Silicon Nanoscale Devices Group）
研究グループ長：昌原　明植
（つくば中央第2）

概　要：

微細化限界を打破できる MOS デバイスとして世界で認知されている、産総研提案のダブルゲート MOSFET（代表的には FinFET）、および、しきい値電圧制御可能な新機能を持った4端子駆動型 FinFET（4T-FinFET）を主体とした FinFET LSI 基盤技術を確立して産業界での実用化を可能とするために、独自性の高い微細 FinFET デバイスならびに回路技術の開発を進めている。

これまでに、メタルゲート FinFET 特性バラツキの主要因がゲート金属材料の仕事関数バラツキであることを世界に先駆け解明してきている。今年度は、メタルゲート FinFET 特性バラツキの低減を目指し、本質的に仕事関数バラツキを持たないアモルファス金属の開発を進めた。また、当該金属ゲートを微細 FinFET に導入した。作製した FinFET 群の特性バ

ラツキを統計的に解析した結果、アモルファス金属ゲート搭載の FinFET では、特性バラツキが世界最小レベルまで低減出来ていることを確認した。

また、極薄埋込酸化膜を有する SOI 基板上に FinFET を作製し、基板バイアスによって FinFET 特性が制御可能であることを実証した。

研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目５

新材料・機能インテグレーショングループ

（New Materials and Devices Integration Group）

研究グループ長：宮田　典幸

（つくば中央第2、4）

概　要：

高度情報社会を支える半導体エレクトロニクスは、半導体素子の微細化技術をテクノロジドライバーとして発展してきた。微細化が物理的限界に近づきつつある一方で、エレクトロニクスに対する社会からの要請は益々高度かつ多様なものとなっている。このような状況に応じてイノベーションを進めるうえで、新材料の導入や新機能デバイスとの融合が有効な手法であると期待されている。当グループでは、グリーン／ライフイノベーションにつながる高性能、新機能・多機能、および低消費電力・低環境負荷のエレクトロニクス技術の実現を目指し、化合物半導体やゲルマニウムの高移動度チャネルを用いたトランジスタ技術、さらに異種材料やデバイスの集積化技術を開発している。また、半導体加工技術を利用した小型電子源や酸化物半導体を応用した新機能デバイス、さらに強誘電体等を利用した不揮発メモリにより、新たなエレクトロニクスの応用分野の開拓も目指している。

研究テーマ：テーマ題目３、テーマ題目９、テーマ題目13、テーマ題目14

相転移新機能デバイスグループ

（Functional Phase-change Device Group）

研究グループ長：中野　隆志

（つくば中央第4）

概　要：

相変化材料を用いた不揮発メモリである相変化メモリ（PCM）は、高集積度や多値記録といった面で利点があり、開発が進められ実用化も始まっている。しかし、これまでの PCM は結晶―アモルファスの相転移を使うために大きなエネルギーを必要とし、比較的消費電力が大きいことが課題となっている。

一方、産総研が主体となって研究開発を進めている超格子型の相変化材料は、原子の配位数の変化のみの相転移であり、相転移に必要なエネルギーが合金型の1/10以下であり高速動作が可能な特長を持っているため、この超格子型相変化材料を用い iPCM と名付けた超省電力不揮発メモリの開発が進められている。

また、この超格子型の相変化材料は、トポロジカル絶縁体の特性を持つことが明らかとなり、ナローバンドギャップの半導体としての特性からテラヘルツ帯域での応答にも興味深い特性が発見されてきている。

当グループでは、提案している iPCM のさらなる省電力化等の開発を進めると共に、このような新しい機能が期待される相転移（結晶ーアモルファス相変化、結晶ー結晶相変化、トポロジカル相転移、等）を用いた新機能デバイスの研究開発を進める。

研究テーマ：テーマ題目１

シリコンフォトエレクトロニクスグループ

（Silicon Photo-Electronics Group）

研究グループ長：榊原　陽一

（つくば中央第2）

概　要：

半導体チップ内部の回路間やコンピュータ内部の部品間などのデータ伝送は、従来銅配線などによる電気通信により行われてきた。しかしその高速化は限界に近づいていると言われており、より高速・広帯域を実現できる光インターコネクトが期待されている。光インターコネクトは電気に比べ消費電力も少なく、電磁波ノイズに強く伝送ロスが少ないという特性もある。本グループは、シリコン半導体電子回路と寸法整合性の高い超小型の光伝送路を実現できるシリコン導波路を用いる光インターコネクトの新しい基盤技術の創出を目標とする。具体的には、シリコン導波路用新材料としてアモルファスシリコンに注目し、化学気相成長法により積層構造を形成可能であるという特長を生かした３次元光回路等の革新的技術の開発を行う。また、シリコン導波路と発光素子を結合する新規の光源実装技術の開発を行うと共に、シリコン基板上に光源・光変調器・受光器等を一括集積したシリコンフォトニクス集積回路の動作実証を行う。さらにシリコン導波路に対して発光・受光素子等を導波路の上面方向から結合する新規の実装技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目15

3D 集積システムグループ

（3D Interconnection System Research Group）

研究グループ長：青柳　昌宏

（つくば中央第2）

概　要：

3次元 LSI 積層実装技術を活用した超並列バス・マルチコアアーキテクチャーと高熱伝導構造の採用による低消費電力 LSI 実装システムの開発に取り組む。平成24年度は、昨年度に引き続き、高度な並列処理を目指した超並列バス・マルチコアアーキテクチャーとヒートスプレッド放熱構造により高密度デバイス集積を具現化できる3次元 LSI 積層実装をコア技術とした

低消費電力 LSI 実装システムの開発を進めた。特に、高密度バンプ接続技術、3次元積層 LSI デバイス特性計測評価技術、受動部品内蔵インターポーザ設計解析技術などの研究を進めた。具体的には、微細バンプ接続技術の実現に向けた、高精度フリップチップ接続技術による実用レベルの微細円錐バンプ接続プロセス技術、極微小チップコンデンサを内蔵したプリント回路基板による高機能インターポーザ設計解析技術などの開発を進めるとともに、3次元積層 LSI デバイス特性計測評価技術確立に向けた測定システム構築および微細ピッチ多ピンプロービングシステムなどの要素技術開発を進めた。さらに、要素技術を統合して、実用レベルの応用技術として、ヘテロジニアスマルチコア用3次元積層バス伝送技術、熱拡散構造構築技術などの開発を進めた。100μm 間隔で高密度に微小チップコンデンサを内蔵したインターポーザの試作・評価により、超低電源インピーダンス特性の達成を実証した。4万個の円錐微細バンプを用いたデイジーチェーン接続検証デバイスにより、100%完全接続を確認した。また、フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術として、光源実装技術の基礎研究に取り組み、高精度光デバイス搭載技術を開発した。

研究テーマ：テーマ題目８、テーマ題目15

エレクトロインフォマティックスグループ

（Electroinformatics Group）

研究グループ長：小池　帆平

（つくば中央第2）

概　要：

エレクトロインフォマティックスグループは、エレクトロニクス技術が提供するシーズと情報処理技術からのニーズとを垂直統合的に分野融合させ、新たな付加価値を有し、新規市場開拓が可能な未知の電子情報技術を創出することによって、新型デバイス研究開発に置ける「死の谷」を乗り超える方法論を確立し、実践することを目指して設立された研究グループである。

新しいタイプのデバイスを実用化へとつなげていくには、デバイス単体の研究を進めていくだけでは不十分である。回路技術の発案、回路シミュレーションの実現、キラーアプリケーションの提示など、広範な分野にまたがる技術を総合・蓄積していくことで、はじめて新型デバイス研究開発の「死の谷」を乗り越えることが可能となる。そこで当グループでは、産総研で発明された XMOS トランジスタによる実用的な回路設計を支援する目的で、本格商用 Spice 回路シミュレータ上で容易に利用でき、実用レベルの XMOS トランジスタ回路の設計開発を可能とする XMOS デバイスモデルの開発を進め、その成果は国内外の回路設計者に広く利用されている。また、FPGA の電力消費問題を解決し XMOS トランジスタのキラーアプリケーションとなることを目指して、しきい値電圧をプログラム可能な Flex Power FPGA の開発を進め、チップ全体を多数のしきい値制御領域に分割し、回路各部の消費電力をきめ細かに制御可能とした Flex Power FPGA 試作チップと回路データを生成する専用の CAD ソフトウェア群を、外部資金を獲得して開発し、その動作と消費電力削減効果の確認に成功している。引き続き、これまでに蓄積してきた FPGA 技術を活用した様々な新しい半導体技術の普及発展を目指し、三次元集積技術、高性能な SOTB トランジスタ、ナノブリッジ素子などを応用した FPGA の高性能化の検討を進めており、平成24年度よりは超低電圧デバイスプロジェクトに参加して、SOTB トランジスタを用いた Super Flex Power FPGA 試作チップの開発に取りかかっており、最初の試作チップの動作と大幅な性能改善の確認に成功するとともに、LEAP におけるナノブリッジ素子を応用した FPGA 開発への協力を行なっている。

研究テーマ：テーマ題目６

ミニマルシステムグループ

（Minimal System Group）

研究グループ長：原　史朗

（つくば中央第2）

概　要：

低コスト集積回路製造の究極の姿は、ルームサイズのファクトリーである。それぞれの製造装置は1フィート立方 程度の大きさとなる。この新しい産業システム構築構想を「ミニマルファブ構想」と名付け、2010年1月にファブシステム研究会（設立時：企業16社2大学、本報告執筆時点：77社7大学3特許事務所5公的機関）を立ち上げ、構想実現のための技術開発をスタートしている。ミニマルファブは、現行300mm ウェハと比較しておおよそ面積が1/1,000のハーフインチウェハ（正確には直径12.5mm）を用いることで、装置サイズを幅30cm まで縮小し、これによって設備投資額も1/1,000の5億円程度まで抑える最小単位の半導体デバイス生産システムである。

研究会企業と産総研にてミニマルファブの開発を進めている。本グループのミッションは、その開発全体を統括し開発をリードすること、ミニマルファブの共通コア技術であるウェハ搬送系の開発を行うこと、ミニマルファブに関する様々な要素の仕様決定を推進すること、開発装置群を用いたデバイスを試作することなどである。本年度は昨年度開発したリソグラフィ装置群を用いて、簡易デバイス試作（そのデバイス試作でのミニマル装置化率27%）を遂行できる水準に達した。また、CMP やレーザ加熱炉など周辺装置群の開発を進めた。今後、これらミニマル装置群の実用化へ向けた改良と他のミニマルプロセス装置群の開発を進

めて行く。
研究テーマ：テーマ題目７

ナノスケール計測・プロセス技術研究グループ
（Nanoscale Characterization and Processing Research Group）
研究グループ長：多田　哲也
（つくば中央第4、第2）

概　要：

デバイスサイズが微細になると、様々なデバイス特性が、ナノスケールの構造揺らぎに敏感に影響されるようになり、設計や作製が困難になる。したがって、3次元的にナノレベルの空間分解能で、形状や構造、構成材料の組成や不純物原子、デバイス動作に直接影響を与える応力分布やポテンシャル分布を測定・評価する方法を確立することが、極めて重要である。当研究グループは、ナノデバイスにおける、走査プローブ顕微鏡（SPM）や高分解能電子エネルギー損失分光（HREELS）を用いたポテンシャル分布の計測・評価技術、紫外線ラマン散乱分光法による局所ひずみの評価解析技術の研究開発を行っている。

本年度は、応力シミュレーションと電磁場解析を組み合わせて解析するシミュレーション技術をメタルゲート構造における共焦点ラマン分光測定結果に適用して局所応力分布解析を行い、その有効性を示した。さらに、計測された歪み分布を TCAD（Technology CAD）HyENEXSS と結合して解析することができる高精度なシミュレーション技術を開発した。

走査トンネル顕微鏡によるポテンシャル分布計測技術研究開発に関しては、STM シミュレーションシステムを、HyENEXSS と結合することにより、トンネル電流が流れている状態でのシミュレーションを行えるシステムを開発した。また、HREELS を用いて、Si 中のキャリアの深さ分布を、表面数10nm より浅い領域で評価する技術を開発した。

さらに、ナノスケールで構造を制御することにより、電極材料、コンタクト材料、チャネル材料、熱電材料等の新規なデバイス材料の開発も並行して行っている。特に今年度は、遷移金属内包 Si クラスターを用いて、n 型 Si に対するコンタクト材料の開発に成功した。

研究テーマ：テーマ題目12

超伝導計測デバイスグループ
グループ長：神代　暁
（Superconducting Sensors and Circuits Group）
（つくば中央第2）

概　要：

半導体や磁性体では実現が困難な高精度・高分解能・高感度計測を可能とする超伝導計測デバイスを開発し、さらにこれらのデバイスを中核とする計測システムの構築により、「電圧標準」などの産業の発展に不可欠な基盤技術の整備や「放射線や微量有害ガスの検出」など国民の安全・安心に寄与する技術開発をグループの最大目標にしている。2012年度は、所内複数ユニットが別々の場所で管理する超伝導デバイス・集積回路作製施設の集約化に伴う装置群の移設・立上げを完了し、新しい作製施設を所内外への公開施設として発足させた。

半導体検出器の30倍優れたエネルギー分解能を持ちながら、受光面積が2桁以上小さいゆえに応用の限られていた超伝導転移端光子検出器（TES）の受光面積拡大に必要な、多画素 TES からの読出信号の極低温下での周波数多重化技術を開発する。今年度は、昨年度世界で初めて4-8GHz 帯全域にわたり、+/-0.02%の周波数精度で実現した16画素分の超伝導コプレーナ線路共振器の終端に、TES 出力の低雑音読出電流計（SQUID）を集積化したチップの設計・作製・絶対温度4K での評価を行った。SQUID 構造に、本研究の先駆機関が用いた平面型ではなく、マイクロストリップ線路による鉛直型ループの採用により、読出動作に必要な10pH 以下のインダクタンス設計値を高い精度で実現することに成功した。また、3画素の SQUID に時間幅1ミリ秒のパルス信号を与え、出力の周波数多重読出に成功した。

標準計測器ラックに組込み可能な大きさで、既存のツエナーダイオード二次電圧標準器より高精度かつ校正頻度を格段に低減できるプログラマブル型ジョセフソン電圧標準システムを完成し、長野県工業技術総合センター、日本電気計器検定所、大手計測器メーカ、産総研計測標準研究部門における巡回試験に供した。これにより、今後の開発の指針を得た。また、システムの核となる基準電圧発生素子の作製歩留の制限要因であった素子基板上への付着パーティクル数の低減法を突き止め、動作余裕度の広いチップの安定的作製に道を拓いた。さらに、完成チップに関する抜き取り試験を行い、温度12±0.5K、マイクロ波電力200±30 mW の範囲で、約1mA 程度の電流余裕度を示すチップを10個以上選別し、未測定チップにも100個以上の良チップが存在する見通しを得た。

研究テーマ：テーマ題目10、テーマ題目11

連携研究体グリーン・ナノエレクトロニクスセンター
（Collaborative Research Team Green Nanoelectronics Center）
連携研究体長：横山　直樹
（つくば西）

概　要：

低炭素社会を実現し情報社会の継続的な発展を維持するためには、IT 機器の消費電力を桁違いに低減する事が必要である。当連携研究体は、最先端研究開発

支援プログラムとして「グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発」を推進しており、IT 機器を構成する半導体集積回路の消費電力を1/10-1/100に低減するためのコア技術の開発を目指している。具体的には、1)低電圧動作 CMOS 技術の開発、2)ナノカーボン材料の開発と応用、3)バックエンドデバイス（配線層に埋め込む新材料不揮発性デバイス）の材料開発の3研究課題を実施している。そのために、当連携研究体に産業界と産総研の研究者を結集させるとともに、大学や他の公的研究機関との連携を強化した体制を取っている。

研究テーマ：テーマ題目５

［テーマ題目１］相転移新機能デバイスの開発

［研究代表者］中野　隆志
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］中野　隆志、Paul Fons、
富永　淳二、Alexander Kolobov、
王　暁民、福田　妃佐子、
（常勤職員4名、他4名）

［研 究 内 容］

相変化光ディスクで実用化され、相変化メモリ（固体メモリ）として現在研究開発が進められている相変化材料は、結晶－アモルファスの相転移を利用して抵抗変化による情報記録を実現している。この相変化材料は相変化を生み出す過程や材料構成自体にも興味深い特性があり、相変化材料を合金として扱わず超格子として実現させることで、原子の配位数の変化によるスイッチングが可能となり、相変化メモリの低消費電力化や高速スイッチングが実現できることが分かっている。また、超格子型の相変化材料は、トポロジカル絶縁体の特性を持つことが明らかとなり、その特性を用いた新機能デバイスの創成が期待されている。

H24年度は、新機能デバイスの出口イメージの構築を目的に、超格子型の相変化材料が示す興味深い物理現象（磁気特性や THz 応答、等）の評価を進めた。その中で、超格子型の相変化膜が THz 波の透過・反射に関し、合金とはことなった特性があることを見出した。これは、超格子型相変化膜が持つトポロジカル特性に起因し、THz 波がバンド構造に作用していると推測でき、THz 検出器といったデバイス応用について検討を開始した。また、これらの新機能デバイスの研究開発の推進には、より詳細な材料の評価や様々な物理現象の解明、デバイス動作の評価が必要であり、ツールとしての第一原理に基づくシミュレーションの実行環境等のさらなる整備を進めると共に、試作したデバイスの動作中におけるナノ領域（100nm、ナノ秒）の観察が行える新技術を開発した。これは、SPring-8の放射光を光源とし、顕微鏡システムで特定の素子上に X 線ビームを照射して X 線吸収分光スペクトル（XAFS）の測定する方法であり、原子吸収端を選択することで局所的な構造を解明することができ、素子内部（数十ミクロン深さ）の特定の原子の観察が物質状態（液体、結晶、アモルファス）によらずに可能とした。

すでに開発を進めている超格子型相変化メモリ（iPCM）については、超低電圧デバイス技術研究組合（LEAP）や連携研究体グリーン・ナノエレクトロニクスセンター（GNC）とも共同で特性改善等を進め、合金型と比較して1/10以下の省エネを達成した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］相転移、トポロジカル絶縁体、ナローギャップ半導体、不揮発メモリ、テラヘルツ波

［テーマ題目２］FinFET を用いた応用回路の研究開発

［研究代表者］昌原　明植
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］昌原　明植、遠藤　和彦、柳　永勛、
松川　貴、大内　真一、坂本　邦博、
堀川　剛、塚田　順一
（常勤職員6名、他1名）

［研 究 内 容］

半導体の微細化が進むにつれて最初に動作限界の危機に直面すると考えられている半導体メモリ SRAM（Static Random Access Memory）の技術課題解決を目指し、微細化に伴う短チャネル効果に強い Fin 形状チャネルを有するトランジスタ（FinFET）に2つの独立ゲートを付与した新構造トランジスタ（4端子 FinFET）を開発する。さらに、4端子 FinFET のしきい値電圧制御を利用した新しい SRAM セル（Flex-Pass-Gate SRAM）が微細化しても安定して動作することを実証し、本技術が次世代 SRAM 技術として有効なことを示す。本年度は、実効ゲート長20nm 級 FinFET により構成される Flex-Pass-Gate-SRAM セルの試作に成功し、正常動作を確認した。また、SRAM を構成する個別極微 FinFET 特性バラツキと SRAM 動作余裕の相関の解明に成功した。SoC 他回路との信号入出力系に関しては汎用性を維持しつつ、かつ、特殊な回路を利用せずにパスゲートのしきい値電圧制御可能な Flex-PG-SRAM 回路 IP を確立した。周辺回路（及びパスゲート Vth 制御回路）を含む Flex-PG-SRAM セルアレイを設計し、シミュレーションにより正常動作を確認した。さらに、シミュレーションにより、20nm 世代において、バルクトランジスタを用いた場合の SRAM と比較して、セル面積増加無、動作余裕1.5倍、待機時消費電力が1/30となること確認した。

また、電源電圧低減が困難なアナログ回路にしきい値可変型 FinFET を導入することで、当該回路の低電源電圧化による極低消費電力化、高性能化、更にはディジタル・アナログ混載による低コスト化を目指した研究開

発を行っている。具体的には、しきい値可変型 FinFET が導入された提案型低電圧演算増幅器及び比較器を試作し、動作電圧0.7V での動作実証を目指す。今年度は、米国特許登録済みの回路方式について、産総研 FinFET プロセスによって試作を行った結果、差動増幅回路の基本動作が電源電圧0.7V で可能であることが確認された。また、これを用いた比較器、演算増幅器の基本動作も確認された。更に、この回路方式について、素子寸法微細化の可能性を検討した。検討の結果、同回路方式では、実効酸化膜厚さ0.9nm、フィン厚さ5.3nm でゲート長20nm まで素子寸法を縮小しつつ、回路を動作させることが可能であることが示された。

さらに、FinFET のメモリ応用として低電圧フラッシュメモリーの研究開発を行っている。低電圧化を実現するためには電界集中が起きるような微細な3次元トンネル領域を持つ FinFET 構造の開発が必要である。また、フラッシュメモリーの信頼性向上のため、トンネル絶縁膜中にナノレベルの水素貯蔵層を埋め込み、酸化膜とシリコン界面の劣化を抑制することも必要となる。今年度は、微細な3次元チャネルを持つ FinFET フラッシュメモリーの作製プロセスを確立し、世界初のスプリットゲート FinFET フラッシュメモリーの作製に成功し、過消去抑制効果を実験的に確認した。また、Double-Gate と Tri-Gate 構造を持つ FinFET フラッシュメモリーを作製し、しきい値電圧のばらつきなどを評価することで、微細化には Tri-Gate 構造が有利であることを実験的に示した。更に、微細な三角断面のトンネル領域を持つ浮遊ゲート型 MOS キャパシタの作製及び電気特性評価を行い、三角先端領域での電界集中が低電圧での電子注入に有効であることを確認した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］ダブルゲートトランジスタ、FinFET、SRAM、メモリ、集積回路、演算増幅器、比較器、低電圧動作、システムオンチップ（SoC）、フラッシュメモリー、3次元チャネル、トンネル絶縁膜

［テーマ題目３］強誘電体フラッシュメモリ基盤技術の研究開発

［研究代表者］高橋　光恵
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］高橋　光恵、酒井　滋樹、Le Hai Van、Zhang Xizhen、厳　康、Zhang Wei、郭冬云（常勤職員1名、他6名）

［研 究 内 容］

強誘電体ゲート FET（FeFET）をメモリセルとする強誘電体 NAND（Fe-NAND）フラッシュメモリは従来の浮遊ゲート型 NAND フラッシュメモリと比べて約1万倍以上の高書換え耐性、書き込み電圧が約1/3であることによる低消費電力性、$4F^2$の同等の高集積性を持つため、実用化されれば高機能重視のデータセンタ用 SSD の記憶媒体として期待されている。Fe-NAND のメモリセル微細化やフラッシュメモリ動作実証の点でまだ未検証な開発要素も多いため、我々はこれら基盤技術の開発を行った。ゲート長 L=0.54μm の FeFET で、メモリウィンドウ1.0V、室温・実測3日で良好なデータ保持特性、108回の書換え耐性を実証した他、L=0.26μm の FeFET でメモリウィンドウ0.9V、室温・実測7日で良好なデータ保持特性、109回の書換え耐性を実証した。将来の Fe-NAND メモリセル高集積化に対応するため、FeFET のゲート積層構造の側壁傾斜角を大きくするエッチング条件を模索し、側壁傾斜角85°を実現した。また、将来の Fe-NAND 実用化を促進する応用研究として64kb Fe-NAND メモリセルアレイ回路を世界で初めて試作し、全ブロック消去と全ビット書き込み、市松模様状書き込みを行い、読出しに成功した。単一セル自己昇圧法による書込みディスターブ低減の効果を実験で確認し、Fe-NAND では書き込み時非選択ビット線電圧を1V 以下に抑えられることを実証した。この結果は Fe-NAND の消費電力が従来 NAND の約14%であることを示唆する。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］強誘電体メモリ

［テーマ題目４］機能性酸化物を用いた界面相転移スイッチングデバイスの開発

［研究代表者］秋永　広幸
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］秋永　広幸、島　久、浅沼　周太郎、赤穂　博司、澤　彰仁、井上　公、佐藤　弘、石橋　章司、寺倉　清之
（常勤職員9名、他4名）

［研 究 内 容］

目標：

半導体エレクトロニクスが持続的に発展していくためには、遷移金属酸化物など新材料の導入と、それらによって構成される界面を制御する技術の開発が必要不可欠となっている。本事業では、金属／絶縁性酸化膜の界面電子状態および強相関相転移の物性制御研究を通して、それらを利用した不揮発性スイッチングデバイス技術の開発を行う。より具体的には、下記の2課題を設定した。

１、金属／遷移金属酸化物界面の電子状態制御

２、界面における強相関相転移を利用したスイッチ機能の開発

年度進捗状況：

課題１に関して、当事業の最終年度である平成24年度は、マンガン酸化物である $CaMnO_3$を例にとってエピタキシャル歪と安定な磁気秩序をコリニア磁性の範囲で調べた。その結果、$CaMnO_3$では、ノンドープ状態では、G−タイプと呼ばれる反強磁性秩序を取り、電子ドープ

に伴い、二重交換相互作用のためノンコリニア磁性が発現することが確認できた。また、TiO_2ベーストランジスタの研究開発については、アニール雰囲気を希薄な低酸素分圧雰囲気とすることによって、アニールプロセスの信頼性を高めることができた。その結果、アニールによる TiO_x/SiO_x 界面の制御とともに、膜中の酸素量を制御することにより、TiO_x 膜をチャンネルとするトランジスタを再現性良く作製することができるようになった。

課題2に関しては、モットトランジスタの微細素子実現に向けて、固体ゲート絶縁膜の研究開発を行った。強相関酸化物の金属－絶縁体転移の制御には$10^{14}cm^{-2}$以上のキャリアをチャンネルに蓄積する必要があることから、ゲート絶縁膜には膜厚10nm の high-k 材料 HfO_2を用い、膜厚6nm の $Nd_{0.55}Sm_{0.45}NiO_3$チャンネルを持つプロトタイプデバイスを作製した。その結果、－5V のゲートに電圧を印加することにより、数 K であるが金属－絶縁体相転移温度の制御に成功した。ゲート電圧の静電効果によるキャリア蓄積により、強相関酸化物の金属 - 絶縁体転移が制御可能なことが示された。

［分　野　名］情報通信エレクトロニクス

［キーワード］機能性酸化物、界面相転移、第一原理計算、スイッチ素子、極微細加工

［テーマ題目５］グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発

［研究代表者］横山　直樹
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］横山　直樹、金山　敏彦、新谷　俊通、手塚　勉、入沢　寿史、小田　穣、臼田　宏治、小池　正浩、上牟田　雄一、小野　瑞城、鎌田　善己、守山　佳彦、池田　圭司、古瀬　喜代恵、Jevasuwan Wipakorn、三枝　栄子、太田　裕之、田邊　顕人、右田　真司、森田　行則、水林　亘、宮田　典幸、森　貴洋、多田　哲也、前田　辰郎、福田　浩一、昌原　明植、遠藤　和彦、松川　貴、柳永　勛、大内　真一、畠　賢治、二葉　ドン、桜井　俊介、小橋　和文、Li Shisheng、佐藤　信太郎、原田　直樹、近藤　大雄、佐藤　元伸、伊藤　正勝、林　賢二郎、山口　淳一、山田　綾香、中払　周、中野　美尚、二瓶　瑞久、川端　章夫、富永　淳二、Paul Fons、Alexander Kolobov、Jan Hinnerk Richter、小高　貴浩、添谷　進（常勤職員54名）

［研 究 内 容］

LSI およびエレクトロニクス機器の消費電力を1/10－1/100とするためのコア技術を開発するため、下記三つのサブテーマの研究開発を実施した。

① 低電圧動作 CMOS：Ge ナノワイヤ pMOSFET の特性改善を進めた結果、ゲート長45nm でオン電流800□A/　　が得られ、電流値に関する最終目標値を達成した。世界で初めて、Ge-pMOSFET と InGaAs-nMOSFET を積層した CMOS インバーターを試作し、電源電圧1V から0.2V の範囲で正常な伝達特性を確認した。0.2V 未満動作 CMOS を狙った Si 系新構造 TFET を開発し、従来構造比で10倍以上のオン電流増大の実証に成功するとともに、TFET の SPICE 用コンパクトモデルを開発し、精密な TFET の LSI 回路アプリケーションの探索を可能とした。

② ナノカーボン材料の開発と応用：グラフェン配線層に異種分子をドーピングする技術を開発し、抵抗値として銅に匹敵する4.8μΩcm が得られ、ほぼ最終目標値を達成した。トランジスタ用グラフェン高品質化を進めた結果、6,000cm^2/Vs の移動度が得られ年度の目標を達成した。高品質で長尺の CNT を成長する技術を開発し、TIM 材料として熱伝導改善効果があることを実証し企業事業部との連携を深めた。

③ バックエンドデバイス：Sn_xTe_{100-x}/Sb_2Te_3超格子相変化材料の x 値の低減によって従来材料の1/1500の消費電力を実現、最終目標値を一年前倒しで達成した。$GeTe/Sb_2Te_3$系超格子相変化薄膜のバンド構造を第一原理計算で調べた結果、Γ点にシングルのディラックコーンを持つ非自明なトポロジカル絶縁体であることがわかるとともに、電場によるわずかな Ge 原子の移動でディラックコーンが壊れ、巨大磁気抵抗効果を発現させる原因になることが明らかとなった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］CMOS、ナノカーボン、バックエンドデバイス、TFET、CNT（カーボンナノチューブ）、グラフェン、相変化、トポロジカル絶縁体、巨大磁気抵抗

［テーマ題目６］Flex Power FPGA チップのアーキテクチャ設計、回路設計、試作チップ設計、周辺ソフトウェアの開発

［研究代表者］小池　帆平
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］日置　雅和、小笠原　泰弘、中川　格、関川　敏弘、堤　利幸
（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

半導体の微細化に伴うマスクコストの上昇と半導体産業の成熟に伴う少量多品種生産への要求の高まりととも

に、FPGA の重要性が増している。ところが、FPGA では、消費電力、特に漏れ電流による静的消費電力が大きな問題となっている。そこで、XMOS トランジスタを用いて回路各部のきめ細かなトランジスタのしきい値電圧調整を可能とすることで FPGA の電力消費問題を解決し、携帯機器などへと FPGA の応用分野を広げて、XMOS トランジスタのキラーアプリケーションを目指すのが Flex Power FPGA である。チップ全体を多数のしきい値制御領域に分割し、回路各部の消費電力をきめ細かに制御可能とした、既存半導体技術を用いた Flex Power FPGA 試作チップと、この試作 FPGA チップのための回路データを生成することのできる実用レベルの専用 CAD ソフトウェア群を開発してきており、開発された実チップの測定から、複数のベンチマーク回路での正常動作と、最大で1/22.6に及ぶ消費電力削減効果を確認している。また、更なる消費電力削減効果を得るために、しきい値制御能力がより高い SOTB トランジスタを用いた Flex Power FPGA 試作チップの開発も目指しており、そのための回路設計環境の構築も進めた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］FPGA、静的消費電力削減、動的しきい値最適化

［テーマ題目７］ミニマルファブ試作ラインの開発

［研究代表者］原　史朗
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］前川　仁、池田　伸一、
クンプアン　ソマワン、吉田　知也、
長尾　昌善、行村　健、今岡　和典、
昌原　明植、遠藤　和彦、青柳　昌宏、
渡辺　直也、神代　暁、山森　弘毅、
中野　禅、小木曽　久人、岡崎　祐一、
三島　望、増井　慶次郎、清水　禎樹、
大平　俊行、鈴木　良一、伊藤　寿浩、
高木　秀樹、銘苅　春隆、鈴木　章夫、
前田　龍太郎、宮下　和雄、松本　光崇、
秋永　広幸、石川　浩、鍬塚　治彦、
金高　健二、鹿田　真一、安部　英一、
井上　道弘（常勤職員30名、他4名）

［研 究 内 容］

集積回路製造工場（半導体ファブ）では、設備投資の巨大化で採算性が悪化し新規参入が困難になり、また、研究開発とファブの生産能力の乖離が顕著となり、死の谷が益々大きくなりつつある。さらに、少量の需要に対して高コスト化が顕著になり、少量生産へほとんど対応できなくなっている課題がある。これに対して、産総研では、IC を1個1個作るのに最適なハーフインチウェハを用い、かつ巨大なクリーンルームに代わる局所クリーン化技術を導入して、数億円の投資で半導体生産を可能にするミニマルファブを提案している。本研究では、ミニマルファブ方式で実用的な半導体生産ラインを構築できることを実証する。ミニマルプロセス技術の要素となる約10種類のプロセス装置の内、コアとなる CVD 装置、露光装置、エッチング装置、洗浄装置、コータ・ディベロッパ装置開発と、実用搬送装置開発、実用ウェハを完成させることで、ラインとして稼働させ、基本デバイスを試作する。また、イオン注入技術など研究開発要素の高い要素技術については、ミニマル化へ向けて基礎技術開発を行う。平成24年度は、昨年度開発したリソグラフィ装置群を用いて、簡易デバイス試作（そのデバイス試作でのミニマル装置化率27%）を遂行できる水準に達した。また、CMP やレーザ加熱炉など周辺装置群の開発を進めた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造、標準・計測

［キーワード］ミニマルファブ、局所クリーン化、搬送システム、マイクロファクトリ、デスクトップファクトリ、アジャイルファブ、生産技術、多品種少量、変種変量、1個流し、オンデマンド、ミニマルマニュファクチャリング、低コスト化、小型化、CMOS、MEMS、洗浄、エッチング、スパッタ、塗布・現像、CVD、露光、リソグラフィ、イオン注入、プラズマアッシング、マイクロプラズマ、CMP、接合、実装、ウェハ、シリコン、ハーフインチ

［テーマ題目８］三次元 LSI デバイス積層実装技術の研究開発

［研究代表者］青柳　昌宏
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］青柳　昌宏、渡辺　直也、鈴木　基史、
菊地　克弥、原　史朗、菖蒲　一久、
仲川　博、根本　俊介、井川　登
（常勤職員6名、他3名）

［研 究 内 容］

本研究では、高品質・低コストな3次元 LSI デバイス積層実装プロセスを量産レベルで実現することを目指した要素技術の開発を行っている。

次世代3次元 LSI 積層実装技術において、低加重・低温条件での LSI チップ間接続技術が必要不可欠であり、円錐・角錐形状の先鋭微細バンプを用いた接続技術が有望である。本研究では、量産レベルの実用化に不可欠なバンプ形状検査技術の確立を目指し、既に製品化されているスタッドバンプ形状検査技術に基づき高速微細先鋭バンプ形状検査装置をソフトワークス株式会社とともに共同で開発する。

平成24年度は、斜め2方向、上面の3カメラを用いた原理検証プロトタイプ機として設計・製作したレヴュー簡

易検査装置について、検査プログラムの構築に際して、必要となる検査対象として、産総研から先鋭バンプを形成した評価試料の作製・評価（電子顕微鏡による寸法測定を含む）を進め、評価済み試料を提供し、検査プログラム構築に貢献した。また、完成した装置について、実際の使用環境を想定した、形状測定項目、ゴミ・欠陥検出項目、測定精度、測定操作手順などの具体的評価を進め、検査プログラムの改良点抽出を行った

また、0.1mm 間隔の狭隣接部品実装技術の高度化を図り、部品内蔵基板技術に適用展開するため、回路基板内部に部品、デバイスを直接内蔵して部品実装可能な領域を増加させ、従来方式の部品内蔵技術より大幅に優れた高密度性・高性能性を確保できるとともに小型・高集積化を実現できる実装モジュール製造技術を株式会社アリーナと共同して開発する。また、3次元 LSI 積層実装技術の研究開発において重要課題である3次元積層対応インターポーザ技術に対し、開発した部品内蔵基板技術の適用を試みることで開発技術の応用分野開拓を進める。平成24年度は、開発した部品間0.1mm の狭隣接実装が可能な部品内蔵基板技術により、0402チップコンデンサを高密度（1cm 領域に300個）に埋め込んだ評価 TEG インターポーザを設計・試作し、電源インピーダンスの測定評価を実施した。従来、製造コストの高い薄膜コンデンサ内蔵シリコンインターポーザでのみ実現可能な広帯域での低電源インピーダンス特性に匹敵する優れた低電源インピーダンス特性の獲得に成功した

その他、LSI チップを3次元積層するために必要なバンプ接続技術についての開発を行った。3次元 LSI デバイス積層実装技術は、LSI デバイスのシリコン基板内表面から裏面に貫通する電極（シリコン貫通電極）を形成したものを複数用意して、それらを微細金属バンプ接続により縦方向に積層して高度な電子システムを実現する技術である。微細金属バンプ接続による実装工程における課題は低温化及び低加圧化であり、これを実現するために最適なバンプの形状・特性等（概ね10μm 以下のサイズで円錐・角錐形状）を探り出し、その評価を行い、量産化のため高精度・高信頼性・安価に製造することのできるバンプ製造装置とバンプ実装応用技術を株式会社みくに工業と共同で開発する。

平成24年度は、微細円錐バンプ形成プロセスの高信頼化に向けて、ナノパーティクルデポジション工程の最適化を図り、バンプ高さのばらつき低減を試みた。その結果、ステージ速度を最適化することで、バンプ高さのばらつき量を目標値の±5%（3σ）以内とすることができた。また、アルゴンプラズマクリーニングによる円錐バンプの表面清浄化により、微細バンプ接続プロセスを、目標の200℃以下まで低温化できた。更に、バンプ接続プロセス条件（具体的には、(1)印加荷重と(2)温度に対する円錐バンプの変形量）のデータベースを構築した

さらに、3次元積層 LSI では、複数の良品 LSI チップをシリコン基板貫通電極と微細バンプを用いて積層させるため、従来の LSI に比べてシステム性能向上と消費電力低減が可能であり、ミニマルファブ方式（小型0.5インチ（=10mm 角）基板と居所クリーン化技術を核とした多品種・少量生産方式）による3次元積層 LSI/デバイスの開発・製造ライン構築が期待されている。本研究では、ミニマルファブ方式での3次元積層 LSI/デバイス製造ラインの構築に必須となるデバイス検査装置をSTK テクノロジー株式会社と共同で開発する。

平成24年度は、ミニマル3次元積層 LSI デバイス製造ファブに対応したデバイス検査装置プローブ部の試作と基本特性評価を行った。プローブ部は、(1) 50μm ピッチの薄膜電極つきチップ、(2) 20μm ピッチのシリコン貫通電極つき3次元積層チップ、(3) フラッシュメモリチップに対応するものを試作し、歩留まり良く作製することができた。また、プローブ部の基本特性評価を行った結果、プローブ部と電極間の接触抵抗が小さいことを確認できた。また、ミニマル3次元積層 LSI デバイス製造ラインに対応したデバイス検査装置の統合化モデルの設計及び試作を実施し、自動で検査動作できることを確認した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］3次元 LSI 積層、検査、プローブ、微細バンプ、ナノ粒子

［テーマ題目９］多段ゲート電界放出電子源を用いたマイクロカラムの開発と電子線顕微鏡への応用

［研究代表者］長尾　昌善
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］長尾　昌善、吉田　知也、西　孝、神田　信子（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究は電子顕微鏡に利用できるような、静電レンズと電界放出電子源を一体形成したマイクロカラムを開発することを目標としている。本年度は収差が従来よりも少なくなる4段ゲートマイクロカラムの設計および試作を行った。設計の要点は、①レンズに入射する電子のエネルギーを低速にし、なおかつ、②平行ビームが得られるように、電子ビーム軌道解析を行い必要な構造を設計した。産総研で独自に開発した手法（特許第5062761号）により、設計した4段ゲートマイクロカラムを3インチシリコンウエハ上に試作した。試作したマイクロカラムの電子放出特性を測定した結果、①レンズに入射するエネルギーを従来よりも1/3程度の20eV に低速化することができ、②エミッタンス20mrad 程度の平行ビームを形成できること、③集束電子ビームを得るために必須であるクロスオーバー（電子ビームの交差）を作ることができることを確認した。構造としては、概ね設計通りのデバイスが作製できることが確認できたが、電子ビーム

の径は40ミクロン程度であり、さらなる縮小が必要であることもわかった。更にビーム径を縮小するために、新たにウェネルト電極の検討を開始した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］静電レンズ、マイクロカラム、フィールドエミッタ、電子ビーム

［テーマ題目10］制御ソフトウェアの高度化による産業用超高安定度電圧標準装置の開発

［研究代表者］鈴木　英一（情報通信・エレクトロニクス研究分野企画室）

［研究担当者］神代　暁、佐々木　仁、山森　弘毅、金子　晋久、丸山　道隆、大崎　人士（常勤職員6名）

［研 究 内 容］

絶対温度12K で動作するジョセフソン電圧発生素子と小型機械式冷凍機による小型化・低廉化と、組込みソフトウエアによる操作の簡略化・自動化を図ることにより、国立研究所の専門家だけでなく、一般の校正業者も扱うことのできる電圧標準器を開発する。これにより、海外製ツェナーダイオードに席巻されている市場に、高精度・定期校正不要・国産の二次電圧標準器の供給を目指す。本研究における産総研の分担課題は、(1) 組込みソフトウエアの高度化、(2) ジョセフソン素子作製技術の開発、(3) 装置安定性・操作性の評価である。2012年度は、完成した直流電圧標準器を、長野県工業技術総合センター、日本電気計器検定所、大手計測器メーカに順次貸出し、安定度や使い勝手を評価した。(1)において、巡回評価試験の結果に基づいて信頼性・操作性向上のための改良を実施すると共に、直流-交流変換モジュール用プログラムを新たに開発した。また、モデル検査を本体用組込みソフトウェアに適用し、各種障害の自動検出と復旧動作についての仕様及び設計の検証を行った。(2)において、素子歩留の制限要因であった素子基板上への付着パーティクル数の低減法を突き止め、動作余裕度の広いチップの安定した作製を可能にした。また、ジョセフソン素子チップの安定供給のため、完成チップに関する抜き取り試験を行い、温度12±0.5K、マイクロ波電力200±30mW の範囲で、約1mA 程度の電流マージンを示したチップを10個以上選別し、未測定のチップにも100個以上の良チップが存在する見通しを得た。(3)において、出力安定度の評価を行い、ジョセフソン電圧で校正された電圧増倍回路の10V 出力が、本プロジェクトの目標に照らして十分なノイズレベルを有することがわかった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、計測・計量標準

［キーワード］組込みソフトウエア、超伝導、ジョセフソン素子、電圧標準、機械式冷凍機

［テーマ題目11］超伝導光子検出器の多画素化のための広帯域・広ダイナミックレンジ読出回路

［研究代表者］神代　暁（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］神代　暁、平山　文紀、山森　弘毅、福田　大治、佐藤　泰、山田　隆宏（常勤職員4名、他2名）

［研 究 内 容］

半導体検出器の30倍優れたエネルギー分解能を持ちながら、受光面積が2桁以上小さいゆえに応用の限られていた超伝導転移端検出器（TES）カロリーメータの受光面積拡大に必要な、多画素 TES からの読出信号の極低温下での周波数多重化技術を開発する。今年度は、昨年度世界で初めて4-8GHz 帯全域にわたり、+/-0.02%の周波数精度で実現した16画素分の超伝導コプレーナ線路共振器の終端に、TES 出力の低雑音読出電流計（SQUID）を集積化したチップの設計・作製・絶対温度4 K での評価を行った。読出効率が SQUID インダクタンスに強く依存すること、および本研究の SQUID は、生体磁界計測用 SQUID に比べ1桁小さなインダクタンス（<10pH）を持つため、米国の先行研究で用いられた平面ループ型ではなく、マイクロストリップ線路ベースの鉛直ループ型 SQUID の採用により、小インダクタンス値の高精度な実現に成功した。読出用マイクロ波信号の SQUID 入力回路への漏洩防止用ローパスフィルタのチップ上への集積化により、SQUID の入力電流に対する共振周波数は、理論通りの周期的応答を示した。しかし、実験的に得られた読出効率は設計値の約1/4と低く、そのため、読出効率と読出回路出力のベースラインのゆらぎから計算した入力換算雑音電流は200-270pA/√Hz と、従来型 TES 読出用 SQUID の典型値に比べ5-10倍悪かった。今後、共振器表面の薄膜誘電体除去による共振 Q 値の向上を目指す。また、三画素の SQUID 入力に、1ミリ秒の時間幅の疑似パルスを1ミリ秒の時間差を付けて各々加え、出力信号の周波数軸上での多重読出実証に成功した。TES と読出回路との協調動作実験の準備に関し、手持ちの断熱消磁型冷凍機クライオスタットへの装荷用要素部品（チップモジュール、極低温増幅器、マイクロ波信号線、コネクタ）の設計と発注を完了した。また協調動作実験に用いる TES の特性と動作パラメータを調べ、来年度以降、TES-SQUID 間の結合設計に活かす。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、計測・計量標準

［キーワード］超伝導、ジョセフソン素子、マイクロ波、マルチプレクス（周波数多重）、センサ、放射線計測

［テーマ題目12］ナノ Si 熱電材料の実現のための材料設計指針の探索

［研究代表者］多田　哲也
（ナノエレクトロニクス研究部門）
［研究担当者］多田　哲也、内田　紀行、森田　行則、前田　辰郎、Vradimir POBORCHII、PARK Sungjin（常勤職員4名、他2名）

［研 究 内 容］

現在、一次エネルギーの約七割が廃熱として捨てられている中、ゼーベック効果を利用した熱電発電技術が注目を集めている。熱と電気の直接エネルギー変換を実現する熱電材料の高性能化のためには、電気伝導率は高いが熱伝導率は低いという、相反する状況を材料中に創り出す必要がある。この状況を創出する手法の一つが、材料のナノ組織化である。加えて、既存熱電材料は、ビスマスやテルル等から構成されていることから、熱電発電技術の民生分野での実用化のためには、有害元素を含まない材料を開発していかなければならない。

本研究では、代表的な環境調和型元素であるシリコン（Si）に着目し、多様なナノ組織構築技術と高度な Si ナノデバイス技術を元に、ナノスケールで構造を制御した Si を創製し、熱電特性の高機能化を図る。

本年度は、ナノ結晶コンポジットへのキャリアドーピングを狙い、界面制御性の高い Ni シリサイドを用いて Si-Ni シリサイドナノコンポジット材料を作製した。Ni シリサイドとのコンポジットの粒径は20nm 以上であったが、熱伝導率は粒径から予想される10W/mK を大幅に下回る5-6W/mK であった。Ni シリサイドは Si よりも大きな熱膨張率を持つことから、Si ナノ結晶に大きな引っ張り応力を印加することが判明した。この応力印加が熱伝導率の抑制要因になっている可能性がある。

また、予めスパッタ・ターゲットに P 又は B を混入し、多量の P, B 原子を供給することによりドーピングに成功し、1019-1020cm^{-3}のキャリア密度が得られた。これにより、これまでに報告のあった n 型ナノ結晶 Si の室温での熱電性能指数 ZT の値0.02を大きく上回る、0.13（n 型）、0.06（p 型）を達成することに成功した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］熱電材料、ナノ構造、シリサイドナノ結晶コンポジット

［テーマ題目13］Ⅲ - Ⅴ族 p チャネル MOSFET のための価電子帯エンジニアリングと界面双極子制御

［研究代表者］安田　哲二
（ナノエレクトロニクス研究部門）
［研究担当者］宮田　典幸、前田　辰郎
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

微細化が物理限界を迎える CMOS 回路への高移動度チャネル材料の導入が近年真剣に検討されているが、プロセスの複雑化を避けるために、p チャネルと n チャネルに同じ材料を用いた MOSFET デバイスにより CMOS を構成することが望ましい。Ⅲ-Ⅴ族半導体を用いた n チャネル MOSFET については良好なデバイス特性が達成されていることから、p チャネル MOSFET の高性能化が重要となっている。本研究は、ホール有効質量が比較的小さなⅢ-Ⅴ族半導体を用いれば高性能の pMOSFET を実現できる可能性があることに着目し、価電子帯エンジニアリング、界面双極子制御、GaSb エピタキシャル層高品質化、MOS 界面制御等の検討を通じて、Ⅲ-Ⅴ族 p チャネル MOSFET の高性能化を目指す。

価電子帯エンジニアリングの一つの手法として、本研究では InGaAs のオーダリングの利用を提案しており、本年度はオーダリングが誘起する誘電率異方性を反射率差分光測定により評価できることを示した。界面双極子制御に関して、GaSb 上の MOS 特性について検討し、熱処理により界面双極子強度の変化によると考えられるフラットバンド電圧シフトを観測した。MOCVD によりヘテロエピタキシャル成長した GaSb について、AFM とホール測定により高い平坦性と電子移動度を確認した。GaSb 上に Al_2O_3絶縁膜を ALD により堆積した MOS 界面について、特性変化を引き起こす熱処理温度と、Sb と GaO の熱脱離する温度との間に対応があることを見出した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］Ⅲ-Ⅴ族化合物半導体、MOSFET、バンド構造、界面制御

［テーマ題目14］ウェハ接合を用いた応用技術の開発

［研究代表者］板谷　太郎
（ナノエレクトロニクス研究部門）
［研究担当者］板谷　太郎、前田　辰郎、石井　裕之
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

異種材料と異形の試料に対して半導体プロセスを可能にするシリコンキャリアと呼ばれるアダプターの開発においてプラズマ接合技術を利用し、その実用性を検証することを最終目標とする。今年度は、キャリアインテグレーション（株）から供給を受けたシリコンキャリアが実際のデバイスプロセスで使用可能であるかを検証した。具体的には、ホール素子に関する合金化プロセスとして用いられる RTA（Rapid Thermal Annealing）と呼ばれるランプ加熱工程にシリコンキャリアを適用した。高精度研削方式により製造されたシリコンキャリアおよび反応性イオンエッチング法を用いて製造されたシリコンキャリアに評価用の半導体素子を設置し、RTA による短時間での昇温と降温処理を行った。このプロセスでは半導体素子の金属電極と半導体部の界面に混晶を形成させるができ、その加熱温度により接触抵抗の低減効果が変化するための、最小の接触抵抗値を得る加熱温度の制

御が可能であるかが評価点である。その結果、マイクロホール素子においてオーミック特性が良好になる最適なアロイ温度を見出すことができたことから、RTA プロセスにシリコンキャリアを用いることが可能であることを明らかにした。

また、パワーデバイス用複合ウェーハの開発について、接合・剥離剤の最適化設計と技術検証を行った。接合剤組成物はポリイミド溶液とし、剥離剤組成物はポリイミド溶液とフィラーおよび発泡剤を主成分とした。これらに対して必要となるポリイミド樹脂溶液の高度化、発泡剤とフィラーに関する最適化、接合・剥離温度に対する条件域の拡大を目指した。平成22年度において観察された塗布時の大きな斑や塗布不良を解決するとともに、塗布不良の原因を検討し、いずれの組成物も湿度による影響があり、組成物が大気中の水分を吸収することにより、溶解性の低下と、ポリイミド樹脂の析出を生じることを明らかにした。この現象は、大気に試料が暴露される面積が大きいほど、かつ、膜が薄いほど顕著である。また、各組成物をウェーハ上にスピン塗布した際に、プロセス環境における湿度の影響を受け、塗布の塗り斑となって強く表れるか、延ばされる前に析出して、塗布不良となる。原因は、ポリイミド樹脂の溶媒への溶解性の低さに因るところが大きい。この不都合点を解消するために、組成物の最適化を行い、組成物の溶媒に対する可溶性の向上を図った。具体的には、ガラス転移温度を210℃ほどに維持して接着性を確保し、溶解性の向上を実現した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］シリコンキャリア、ウェハ接合、ポリイミド

［テーマ題目15］フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発

［研究代表者］森　雅彦、堀川　剛
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］森　雅彦、堀川　剛、青柳　昌宏、榊原　陽一、岡野　誠、古屋　克己、亀井　利浩、吉田　知也、小森　和弘、鈴木　基史、武井　亮平、Bui Tung、高橋　正志、平山　直紀、埜口　良二、眞子　祥子、鈴木　政雄、面田　恵美子、小川　真一、飯島　智彦、塚原　雅宏、中野　栄司、佐野　作、越野　圭二、大塚　実、関　三好、杉山　曜宣、石塚　栄一、横山　信幸、山岸　雅司、斎藤　茂（常勤職員10名、他21名）

［研 究 内 容］

目標：

将来の情報通信機器の高性能化、小型化、省電力化、低コスト化に資することを目指し、CMOS プロセス技術を基にしたシリコンフォトニクス光集積回路プロセス基盤技術を構築するとともに、電子回路等の他のデバイス上に3次元光回路作成が可能な、水素化アモルファスシリコン（a-Si:H）光回路の基盤技術を開発する。

研究計画：

技術研究組合光電子融合基盤技術研究所と連携し、つくば西事業所スーパークリーンルーム産官学連携棟（SCR 棟）の CMOS 技術を用い、単一シリコン基板上に、マルチチャンネルアレイレーザーダイオード、シリコン光変調器、ゲルマニウム受光器、シリコン細線光導波路を集積した、光電子融合システムを作製し、マルチチャンネルのインターコネクト動作を実現する。また、積層型アモルファスシリコン3次元光回路において、平成23年度に開発した異なる層の光導波路間で信号光が移行するデバイス構造を利用して、光導波路が立体交差する構造を試作する。作製プロセスフローの高度化を進め、層間距離600nm 以上の構造の試作を行うことにより、低クロストークの光導波路交差を実現する。

研究進捗状況：

単一シリコン基板上に、マルチチャンネルアレイレーザーダイオード、シリコン光変調器、ゲルマニウム受光器、シリコン細線光導波路を集積した、光電子融合システムを作製し、6.6Tbps/cm^{2}の信号伝送密度を実証した。また、光源実装技術として100チャンネル以上の光源アレイを実現した。さらに、3次元光回路においては、積層型アモルファスシリコン光回路の中で異なる層の光導波路間で信号光が移行するデバイスを試作し、光の層間移行を確認した。また、層間距離600nm 以上の構造の光導波路立体交差を作成した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］シリコンフォトニクス、アモルファスシリコン、光源実装、細線導波路、低損失化、光変調器、受光器、光回路、大規模集積、立体交差光導波路、3次元光配線

⑩【電子光技術研究部門】

（Electronics and Photonics Research Institute）

（存続期間：2011.4～）

研究部門長：原市　聡
副研究部門長：小森　和弘
副研究部門長：粟津　浩一
研 究 主 幹：外岡　和彦

所在地：つくば中央第2、つくば中央第4、つくば中央第5
人　員：59名（59名）
経　費：705,724千円（456,630千円）

概　要：

（1）当部門のミッション

安全・安心で持続可能な社会の実現に向けて、電子と光の特性を最大限に活かした情報処理・通信技術の高度化に加えて、新たな電子と光の可能性を追求していく。具体的には、光インターコネクションや生体情報センシングなどの電子と光が融合する領域の新技術、量子情報処理や強相関電子系、超伝導、有機材料など、新しい電子・光技術の応用の拡がりを目指した理論や材料、素子の研究開発を進める。またレーザー基盤研究に基づく新しい光加工プロセスや光・電子による新しい計測技術を実現するシステムまで、幅広い課題解決手段によるイノベーションを推進する。

(2) 世界規模の情報共有による社会システムの急激な変化がもたらした環境・エネルギー問題を初めとして、超高齢化社会の課題、社会基盤インフラ老朽化の問題、大規模災害対策の問題等を解決して、安全安心で持続的な人類の発展に貢献するために、電子と光という従来は個別に発展してきた技術を統合的に捉え、様々な21世紀型課題に対する解決の方向性を探る。電子・光技術の新しい応用の拡がりを目指すとともに電子と光が融合する領域の新技術について研究開発を推進するために、当部門が有するコア技術を軸に、以下の四つの重点研究課題を設定する。

光情報技術

爆発的な増加を続ける情報通信トラフィックとこれに伴う電力消費の増大に対応するため、情報通信機器内外の近距離光伝送技術を中心とした情報通信技術の高度化を通して、グリーンイノベーションに貢献する。特に光、電子技術を融合した次世代光インターコネクションの実現に向けて、光源、光機能素子、光導波路、光集積回路技術に関する研究開発を進める。また、次世代コヒーレント光伝送のための高機能光源と信号処理・計測技術の開発、量子情報通信・計測技術の基盤確立を通して、次世代情報通信の高度化とセキュリティ向上に貢献する。

a-1) 次世代の近距離光通信（光インターコネクション）用の光源・光機能素子、光導波路回路・光増幅器およびナノフォトニクス技術等による超小型光集積技術を開発する。

a-2) 光位相制御を利用したスペクトル利用効率向上等、大容量化のための新しい光信号処理・計測技術を開拓する。

a-3) 量子暗号鍵配布等、光技術による量子情報通信技術開発を推進する。

省エネルギー型パワーフォトニクス

レーザー光源技術の研究に基づく新しい省エネルギー型レーザー加工プロセスの開発を行うとともに、先端的光技術と分野融合による新技術開拓、将来を切り開く革新的技術の創出によってグリーンイノベーションに貢献する。

b-1) 加工プロセス用の高出力かつコンパクトな光源開発を行うとともに、次世代プロセスや高度計測技術への応用を目指した光ファンクションジェネレータの研究開発を重点的に進める。特に省エネ型レーザー加工プロセスについては、環境化学技術研究部門に異動したグループとの連携研究により、引き続き次世代の高速高品位加工プロセス開発を進める。

高感度センシング

光計測センシングやナノ磁気イメージングといった計測基盤技術の高度化とともに、分子イメージング等の生活安全に向けた実用センサシステムの開発を行い、生体組織中の機能や形態の高精度イメージングと蛋白質高感度センシング技術の確立によりライフイノベーションに貢献する。

c-1) 導波モードセンシングを提案し、高感度、温度安定、小型化可能といった特徴を生かした測定を実現し、インフルエンザ亜種の同定、微量重金属の検出などを実用化していく。また光ディスク型センシングでは、これまでに培った光ディスク技術をウイルスや病虫の検出へ適用するための研究開発を進めている。

c-2) 水溶液中でも消光のおこらない発光性金属錯体の開発技術と、新規レーザー顕微鏡を用いた光計測技術との融合によるイメージングを実現していく。また QOL 向上のためのセンシングと位置づけて肌の水分量モニタリング技術を開発するとともに、量子イメージング技術を用いて生体医療光計測への展開を図っている。

新原理エレクトロニクス

高温超伝導や強相関酸化物、有機半導体を中心に、シリコン半導体の限界を超えた極限的な省エネルギーデバイス技術を探索し、グリーンイノベーションに貢献する革新的な電子デバイスの開発を推進する。

d-1) 低環境負荷酸化物デバイス技術の基盤確立をめざして鉛フリー圧電体、高導電性酸化物など材料開発、酸化物電子材料の新機能開拓、および独自実験技術知財の製品化普及を行う。

d-2) 情報通信・エレクトロニクス技術の革新にむけ、卓越した機能を有する超伝導材料の開発、理論・実験両面からのアプローチによる高温超伝導発現機構解明、およびそれらの知見に基づく新規超伝導応用の提案とその実現に向けた技術開発を推進する。

d-3) 情報通信技術を活用したグリーンイノベーションの推進に必要な低環境負荷デバイスの開発を目的に、強相関電子系の電子相制御という新動作原理に基づく革新的な低消費電力デバイスの研究開発を行

う。

外部資金：
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）
［NEDO 助成金］
「酸化物交流電界発光原理の探求と素子開発」
「新型インフルエンザウイルスの高感度その場分析装置の開発」

経産省
［戦略的基盤技術高度化支援事業］
「光を用いた微小構造評価装置の高度化及び多機能化」
「めっき液中添加剤の劣化に起因するめっき液性能劣化診断用計測器の開発」

総務省
［受託（戦略的情報通信研究開発推進制度）］
「超伝導光子検出器による量子もつれ波長多重量子暗号通信技術に関する研究」

文部科学省
［科学研究費補助金］
「ナノ集積体を用いたフレキシブルデバイスへの応用」
「難育成高温超伝導体大型単結晶の作製技術開発と直接手法による物性評価」
「光誘導固体電気化学反応技術の確立」
「実用化に向けたニオブ系鉛フリー圧電セラミックスの創製」
「圧力反応場を利用した超伝導体をはじめとする新規機能性材料の物質設計と実験的検証」
「有機半導体マイクロレーザーの作製と発振特性の研究」
「強相関遷移金属酸化物の酸素欠陥による電子物性変化と電場制御に関する研究」
「強相関電子系の量子シミュレーションによる高温超伝導機構の研究」
「多波長コヒーレント合成による高繰り返し極短光パルス発生の研究」
「生分解性高分子鎖の配列制御と酵素を用いたソフトマター表面の機能化」
「フォトクロミック反応を活用した平版印刷法の開発と有機エレクトロニクスへの展開」
「制御された異方的超高圧力下の物理」
「アトリットル空間における局所増幅電場の発現と超高感度スクリーニングチップへの応用」
「クラッディング励起システムを利用した有機光増幅器の開発」
「不均一超伝導体系における奇周波数電子対の研究」
「究極のナノスクイッドの開発とデバイス展開」
「可視域位相制御ファイバー光源を用いた実時間動的分子構造制御」
「エネルギー回収型リニアック放射光源用電子銃励起レーザーシステムの研究」
「InGaAs 系量子井戸におけるメゾスコピック・スピン輸送効果の検証」
「相変化材料のナノ秒領域における高速結晶化温度特性の解明と多値記録への応用」
「固有ジョセフソンフォトニックデバイスの数値的研究：新奇テラヘルツ帯デバイスの提案」
「静電キャリア濃度制御で切り開く新物性探索とモットロニクス」
「超臨界金属における金属絶縁体転移のミューエスアール法による研究」
「光記録技術と画像認識技術の融合によるウイルスその場検出器の開発」
「強相関酸化物ヘテロ構造の競合性を利用した機能開拓」
「微小ジョセフソン接合集団における量子同期の理論」

［科学研究費補助金　特別推進研究］
「多元環境下の新しい量子物質相の研究」

［科学研究費補助金　新学術領域研究］
「高分子規則表面のバイオエッチングとソフトマター分子群集積化への応用」
「時間反転対称性を破る超伝導体の新奇界面現象」
「対称性の破れた磁性体・超伝導体ナノ接合系における量子輸送理論」

［科学研究費補助金　特定領域研究］
「幾何学的フラストレート系におけるスピン励起と格子振動の中性子非弾性散乱研究」

［科学研究費補助金　挑戦的萌芽研究］
「光記録技術と画像認識技術の融合によるウイルスその場検出器の開発」
「古典光を利用した量子イメージングの諸特性の解明とその応用分野の探索」
「原子位置分解能を有するテラヘルツ光分光」

独立行政法人科学技術振興機構（JST）
［受託（国際科学技術共同研究推進事業：戦略的国際共同研究プログラム）］
「鉄系超伝導体の高 Tc 化指針の確立と純良単結晶、多結晶試料を用いた超伝導特性評価」

［受託（産学イノベーション加速事業：戦略的イノベーション創出推進）］

「テラバイト時代に向けたポリマーによる三次元ベクトル波メモリ技術の実用化研究」

［受託（研究成果最適展開支援プログラム）］
「インライン型極低濃度重金属汚染検出器の開発」

［受託（先端計測分析技術・機器開発プログラム）］
「救急および災害現場で用いるポータブル血液検査装置の開発」

［受託（復興促進プログラム）］
「集光加熱法による局所的なアスベスト壁面高温処理のための位置制御技術開発」

公益財団法人光科学技術研究振興財団　平成23年度研究助成
「実験系に即した量子状態推定技術の確立」

一般財団法人キヤノン財団　［受託］
「近赤外分光法に基づく顕微領域の温度・水分同時イメージング法の開発」
「光で溶ける有機材料－再生可能な感光性有機材料の基盤技術の創出」

財団法人三菱財団　［受託］
「室温マルチフェロイクスにおける強誘電ドメイン・磁気ドメインの協調スイッチング」

財団法人池谷科学技術振興財団　［受託］
「光によって固体から液体へ相転移する化合物のフォトリソグラフィー材料への応用」

発　表：誌上発表164件、口頭発表318件、その他44件

情報通信フォトニクスグループ
（Information Photonics Group）
研究グループ長：土田　英実
（つくば中央第2）

概　要：
- 目的：情報通信ネットワークの大容量化・高度化に資すること目的として、光信号処理・計測技術、量子通信技術に関して、サブシステム化まで視野に入れた研究開発を行う。
- 意義、当該分野での位置づけ：コヒーレント光伝送による通信ネットワークの大容量化・高機能化、および量子力学的効果の利用による通信のセキュリティ向上に寄与する。
- 国際的な研究レベル：マルチキャリア光発生などの光信号処理技術や、コヒーレント伝送用光源評価技術に関して、独自性と優位性を有している。光通信波長帯における光子検出、および量子もつれ状態の発生・検出・伝送に関して、世界最高水準の技術を保有している。

研究テーマ：テーマ題目（a-2)、テーマ題目（a-3）

ナノフォトニクスデバイスグループ
（Nanophotonic Devices Group）
研究グループ長 小森　和弘
（つくば中央第2）

概　要：
- 目的：　次世代の省エネルギー・大容量光情報通信、特に光インターコネクション用の光・電子融合デバイスおよび光電子集積技術、光計測・制御技術を開発することを目的としている。新材料として、化合物半導体ナノ材料および有機・ポリマー材料を念頭に置き、半導体量子ナノ構造・ナノ光構造を用いた次世代光デバイス、光電子集積技術、有機・ポリマー材料を用いた微小光源＆光増幅器、光導波路回路の研究開発、精密計測技術および応用技術の開発を行う。
- 意義、当該分野での位置づけ：次世代の光・電子融合デバイス、光電子集積技術を開発し、光情報通信システムに応用することで、通信ネットワーク・機器内インターコネクションの大容量化・省エネルギー化・高機能化、及び産業競争力強化に資する。
- 国際的な研究レベル：ナノ材料・デバイス技術、有機ポリマー材料・デバイス技術、精密計測技術を用いて、量子ドット光源、フォトニック結晶デバイス、有機半導体レーザ、ポリマー光増幅器の研究を展開し、世界最高レベルの成果を得ている。

研究テーマ：テーマ題目（a-1）

超短パルスレーザーグループ
（Ultrafast Lasers Group）
研究グループ長：鳥塚　健二
（つくば中央第2）

概　要：
- 目的：パルス光波合成等の新技術を開発し、未踏領域の光パルス発生、制御、応用を開拓することで、超高速技術を先導する。
- 意義、当該分野での位置づけ：超短光パルスを利用した加工や物質プロセス制御、計測に資する技術である。主な研究内容は、(1)レーザー加工を通じた省エネルギー製造への貢献をめざした、超短パルスレーザーの高効率・高出力化、パルス圧縮、増幅技術の開発、(2)環境化学技術研究部門の研究グループと連携した超短パルスレーザー加工プロセスの研究、 及び(3)パルス光を電界波形のレベルで制御することで未踏時間分解の計測や光波合成を実現する、多波長光の精密タイミング

制御と光波位相（キャリアエンベロープ位相；CEP）制御の技術。
・国際的な研究レベル：超短光パルスレーザーに関するトップグループの一つ。特に、異波長パルス光間の位相制御及びタイミング制御は当所が先導して開拓してきた技術で、世界最高の時間精度を有する。また、パルス内光波位相（CEP）制御光の増幅を、再生増幅器と回折格子ストレッチャーを組合せた高出力化が可能な方式で実現した。本年は、高平均出力の Yb ドープ超短パルス固体レーザーについて重点的に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目２（b-1）

光画像計測グループ

（Advanced Optical Imaging Group）

研究グループ長：白井　智宏

（つくば東）

概　要：

・目的：生体組織中の機能や形態を高精度でイメージングする技術の確立を通してライフイノベーションに貢献し、最終的には人々の QOL の向上に資する光技術の創出を目標とする。
・研究手段：生体組織中の細胞機能イメージング技術に関連する研究を重点テーマとして、各種要素技術の研究開発を実施すると共に、プロジェクト化に向けた研究体制の構築を図る。
・方法論：要素技術として、高精度で高速な位相イメージングを実現するためのデジタルホログラフィック顕微鏡の構築、生体の機能情報として代謝情報を抽出する技術の開発、生体計測分野への相関イメージング技術の応用可能性についての検討を実施する。さらに、「テーラード分子による生体情報イメージング技術に関する研究」の一環として、高感度かつ高分解の蛍光検出を行うためにレーザー顕微鏡を独自に設計・構築し、マーキングされた細菌等を高精度で計測する技術の開発を実施する。

研究テーマ：テーマ題目３（c-2）

分子フォトニクスデバイスグループ

（Molecular Photonics Devices Group）

研究グループ長：金里　雅敏

（つくば中央第4）

概要：

・目的：独自に設計・合成した刺激応答性有機分子や金属錯体及びその集合体の光学特性等を最大限に活かし、生体情報イメージング技術の開発や分子デバイスの創製及び実用化を目指す。
・意義、当該分野での位置づけ：刺激応答性有機分子や発光性金属錯体を機能性材料として捉えることにより、新たなデバイス化技術を開発して、ライフサイエンス、ナノテクノロジー分野における新産業創出に貢献する。
・国際的な研究レベル：刺激応答性機有機分子や発光性金属錯体を用いて創製した自己組織化膜や波長変換物質は、国内外における成果発表により、新たなデバイスを創製するための基盤材料として、国際的にも高く評価されている。生体情報のイメージング技術開発、高感度なバイオチップや有機発光素子の開発に向けて、国内外の大学や企業との共同研究にも積極的に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目３（c-2）

メゾ構造制御グループ

（Mesoscopic System Group）

研究グループ長：阿澄　玲子

（つくば中央第5）

概　要：

・目的：各種材料（有機・無機・微粒子など）の精密な構造制御や集積化に起因する機能発現を軸に、センシングデバイスをはじめとした高感度・簡易・軽量な光／電子デバイスの開発およびそれに付随する計測評価技術の開発を行う。
・研究手段、方法論：導波モード、表面プラズモンモードを用いたセンシングシステムにおけるさらなる高感度化と装置の小型化を目指し、当グループの保有技術である微細加工技術や材料の自己組織化技術を駆使して標的化合物の吸着部・感度増幅部の構造の最適化を行っている。また、有機合成や薄膜作製技術・印刷技術を用いて、塗布製膜などの簡便な方法での電子・光デバイスの作製技術の開発を行っている。今年度は特に、局在プラズモンを利用したセンシングシステムの小型化と無線での操作システム構築を行った。また、ディスク状のセンシング部を有する新規センシング・イメージングシステムの構築に着手した。

研究テーマ：テーマ題目３（c-1）

超伝導エレクトロニクスグループ

（Superconducting Electronics Group）

研究グループ長：永崎　洋

（つくば中央第2）

概　要：

・目的：情報通信・エレクトロニクス技術の革新にむけた、新奇超伝導材料の物質開発、理論・実験両面からのアプローチによる高温超伝導機構解明、およびそれらの知見に基づく新機能超伝導デバイスの提案と技術開発を推進し、超伝導研究におけるフロンティアを開拓する。
・研究手段、方法論：高圧合成法をはじめとする先

進的物質合成手法と理論予測、更には高圧下物性測定を組み合わせることにより、より高い性能を有する超伝導体、従来にない性質を示す超伝導体の開発を行う。また、高品質単結晶試料を用いた系統的物性評価を通して、銅酸化物、鉄ヒ素系に代表される高温超伝導体の超伝導発現機構を明らかにする。得られた知見を元に、同物質群を対象とした電子デバイス・線材プロトタイプを試作し、超伝導エレクトロニクス開発への指針を確立する。

研究テーマ：テーマ題目４（d-2）

酸化物デバイスグループ

（Oxide Electronics Group）

研究グループ長：相浦　義弘

（つくば中央第2）

概　要：

・研究目的：低環境負荷酸化物デバイス技術の基盤確立をめざして鉛フリー圧電体、高導電性酸化物など材料開発、酸化物電子材料の新機能開拓、および独自実験技術知財の製品化普及を行う。

・研究手段：薄膜接合形成にはレーザーアブレーション法等を、物質開発における単結晶育成にはフローティングゾーン法、物性発現機構の解析には角度分解光電子分光法をはじめとする研究手段を用いた。

・方法論：（Na, K）NbO_3（NKN）を母材とし正方晶／菱面晶相境界（MPB）を形成することによって従前の鉛系 PZT に匹敵する圧電特性を実現した鉛フリー圧電体において、微量元素添加による局所構造及び強誘電ドメインの制御を行い、微量の Mn、Ce の添加が圧電特性の特性向上に対する有効性を調べる。また NKN および産総研が開発した（Na, K）NbO_3-$BaZrO_3$-（Bi,Li）TiO_3についてエピタキシャル成長に加え、スパッタリングによる高配向膜の開発を行う。ペロブスカイト型酸化物薄膜電界発光（EL）の開発を継続し、（$Ca_{0.6}Sr_{0.4}$）TiO_3:Pr を発光層とした二重絶縁構造をもつ EL 素子において低電圧駆動による赤色発光の高輝度化を進める。角度分解光電子分光法を用いて、層状酸化物の電子構造に対する電子相関効果の定量評価を試みる。また、双回転楕円体面鏡型光学系 STAR GEM、小型単結晶育成装置 *i*Ace、極低温超高真空用多軸非磁性マニピュレータ *i*GONIO-LT、超高真空マイクロプローバ *i*MPC 等の実験技術知財の高度化、製品化普及を進める。

研究テーマ：テーマ題目４（d-1）

強相関エレクトロニクスグループ

（Correlated Electronics Group）

研究グループ長：澤　彰仁

（つくば中央第4）

概　要：

・目的：新しい電子デバイス動作原理である強相関電子系の電子相制御技術の開発と、それに基づく不揮発性メモリや低消費電力スイッチなど低環境負荷の革新的デバイス技術の開発を行う。

・意義、当該分野での位置づけ：原理的にサイズ効果のない強相関電子系の電子相転移を外場により制御する技術を確立し、半導体デバイスのスケーリング限界を超えた領域で動作する低消費電力スイッチ、メモリ等を開発することで、情報通信技術を活用したグリーンイノベーションに貢献する。

・国際的な研究レベル：強相関酸化物など金属酸化物の大型・良質単結晶を作製可能なレーザー加熱単結晶作製技術、金属酸化物デバイス開発に不可欠な最先端の計測解析技術と微細加工技術・設備を有している。

研究テーマ：テーマ題目４（d-3）

［テーマ題目１］光情報技術

［研究代表者］小森　和弘（副研究部門長）

［研究担当者］小森　和弘、土田　英実　他

（常勤職員9名、他10名）

［研 究 目 的］

a-1）ナノフォトニクス技術による超小型光素子・光集積回路開発

次世代の省エネルギー・大容量光情報通信、特に光インターコネクション用の光・電子融合デバイスおよび光電子集積技術、光計測・制御技術を開発することを目的とし、高品質な半導体ナノ材料・ナノ光構造の作製技術、および有機・ポリマー材料技術を基に、次世代の光源・光増幅素子、光スイッチ・光機能素子等の光デバイス及び光電子集積化のための、プロトタイプの試作、実証を行う。

平成24年度は、次世代の光源素子に関して、ポリマー回路基板上1.3μm 帯量子ドット面出射レーザーを実現し、レーザー発熱特性を明らかにした。半導体光集積技術に関して、多波長光源チップの基本設計・試作を行い、基本的な伝播特性評価を行った。ポリマー光集積技術に関して、高密度ポリマー光配線の構造設計の指針を決め、ポリマー回路上 Cu マイクロミラーを実現した。有機材料を用いた微小光源に関しては、有機半導体レーザー作製プロセスでの劣化の少ない加工条件を得て、有機結晶 pn 接合膜からなる有機 EL 素子の大幅な低抵抗化に成功した。また、光増幅能を有するポリマー光導波路に関して、反転分布が可能な有機結晶を効率よく形成できる手法や条件を確立した。

a-2）次世代コヒーレント伝送のための光信号処理・計測技術の開発

実用化を迎えたコヒーレント伝送の更なる大容量化、高度化に資する光信号処理・計測技術の研究開発を進める。平成24年度は、次世代の400Gbit/s 伝送システムに必須となるマルチキャリア光源の開発、及び伝送におけるコヒーレント光信号のスペクトル純度劣化の評価を行った。マルチキャリア光源の構成要素であるマイクロリング共振器の特性を高精度評価する技術として、インコヒーレント光を用いたヘテロダイン干渉計測技術を開発し、10kHz 以下の分解能を実現した。また、光伝送路に配置された光増幅器から発生する自然放出光に起因する非線形位相雑音を定量的に測定し、光の偏波状態と伝送路の分散を考慮した理論計算とよく一致することを示した。

a-3）量子暗号・情報通信技術の高度化

情報通信のセキュリティ向上に資するため、光通信波長帯における量子もつれ発生・制御技術、及び波長多重量子暗号通信技術の開発を行う。平成24年度は、高量子効率の単一光子検出の実現に向け、超伝導転移センサによる光子検出器のアレイ化を行った。広帯域多心配線と広帯域電圧増幅器を試作し、16素子からなる単一光子検出器の実装を行った。検出器の低雑音化と広帯域化を実現するため、線路抵抗に起因する熱雑音を除去し、センサと電圧増幅器の近接配置により、バイアスループの寄生インダクタンスを低減した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］光インターコネクション、フォトニック結晶、ナノ構造デバイス、量子ドット、有機レーザー、ポリマー光導波路、ポリマー光増幅器、コヒーレント光信号処理、光変調フォーマット変換、光信号波形計測、量子もつれ光子対、光子検出、量子暗号通信

［テーマ題目２］省エネルギー型パワーフォトニクス

［研究代表者］鳥塚　健二
（超短パルスレーザーグループ長）

［研究担当者］鳥塚　健二、新納　弘之（兼務）　他
（常勤職員10名、他4名）

［研 究 目 的］

b-1）レーザー基盤および省エネルギー型レーザー加工

加工プロセス用の高出力かつコンパクトな光源開発を行うとともに、次世代プロセスや高度計測技術への応用を目指した光ファンクションジェネレータの研究開発を重点的に進める。

平成24年度には、

可変繰返しの Yb ファイバー超短パルスレーザー装置を開発し、パルス幅200fs、マイクロジュールの増幅パルス発生に成功した。これを用いて、環境化学技術研究部門レーザー化学プロセスグループと協力して薄膜のスクライブ加工を行い、加工形状等から高出力の Yb レーザーによるフェムト秒非熱加工を確認することができた。また、炭素繊維強化複合材料の高品位・高速レーザー加工技術に関して、高出力レーザー装置の照射光学系等に係わる技術協力を行った。光ファンクションジェネレータの研究については。異波長同時増幅技術の高度化をすすめ、波長1275nm で0.13マイクロジュールのパラメトリック増幅に成功して、850nm 及び637nm と合わせての3波長増幅を実現した。また相関測定法により、いずれのパルス幅も270fs 以下に再圧縮できたことを確認した。さらに、波長850nm のパルスを対象にキャリアエンベロープ位相制御の高精度評価技術を開発した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］超短パルスレーザー、高品位・高速レーザー加工

［テーマ題目３］高感度センシング

［研究代表者］粟津　浩一（副研究部門長）

［研究担当者］粟津　浩一、金里　雅敏、阿澄　玲子、白井　智宏　他（常勤職員17名、他9名）

［研 究 目 的］

衣食住や環境の安全が必ずしも保障されていないとか、危険が潜んでいたもそれが潜在化していて目に見えないといった社会課題を抱えている。あるいは、増続ける医療費を削減させるためには、病気になる前に健康状態をモニターしておくことが重要である。そこで新たなセンシング技術を開発し、これまでに見えなかった危険、有害物質、日々の健康状態などをセンシングする技術が求められている。例えば、今後特にアジアで水が不足すると言われており、既に汚水等を再生して飲料水にする技術も開発されている。同時にそのような水の安全性には問題もあると指摘されている。国内においても水源付近の農場やゴルフ場に散布される農薬、牧場から水源へと流出する汚水、アオコの発生など水源の安全を脅かす事例も多々発生している。個人がこれから食しようとする食物においても、残留農薬、微量重金属といった有害物質をその場で見ることは不可能であるが、実際に規制値よりも高い濃度の有害物質が検出されることがあることはよく知られている。また鳥インフルエンザが発生した場合、H7N9型では動物での発熱などの症状はでないが、人に感染した場合、人には免疫がないために重篤な状態に陥ることが指摘されている。

センシング3研究グループは、無機材料、有機材料、酸化物材料などの材料研究、あるいは補償光学、近接場光学、ナノフォトニクスと研究をこれまで行ってきた。これらの知見をもとに、社会の要請の強い安心安全な社会の基盤となるセンシングという一つの目標に向かって研究を集中化させている。これまでの学問分野を融合させ、互いに連携させることで新概念を発見し、産総研オ

リジナル技術として強い特許を取得し、あるいはノウハウ化させるという知財戦略をとっていく。その後極めて短期間で応用研究へとフェーズを切り替えて、実用化を目指す研究を行っている。

c-1）メゾ構造制御によるセンシング技術に関する研究

メゾ構造制御研究グループでは検体や利用状況に応じた様々なセンシングシステムの開発を行っている。局在プラズモンセンシングに関しては、センシングの高精度化、センサの小型化に取り組み、H24年度には手のひらサイズの小型センサーのスマートメディアによる操作システムを開発した。また、オリジナル技術である導波モードセンシングでも、高感度、温度安定、小型化可能といった特徴を生かして、ELISA, SPR, イムノクロマトグラフィーなどの競合する他のセンシング手法では達成できない測定を実現してきた。これまで達成したインフルエンザ亜種の同定などに加え、H24年度は微量重金属の検出感度の向上などに取り組んだ。光ディスク型センシングでは、これまでに培った光ディスク技術を利用したウイルスの検出に成功し、菌の検出にも目途が立ってきている。さらに所内情報技術研究部門画像認識技術グループとも連携を行ない、情報科学とも融合させた新原理センシング開発を開始した。

c-2）テーラード分子による生体情報イメージング技術に関する研究

分子フォトニクスデバイスグループは光画像計測グループと連携し、テーラード分子による生体情報イメージング技術に関する研究を行った。平成24年度に開発した、水溶液中でも消光が起こらない発光性金属錯体は、544nm にピークを有する緑色発光を示し、励起波長と発光波長との差が200nm 程度であることから、生体試料中の蛍光成分との差別化が可能となった。金属錯体を実際に生体成分に作用させた結果、金属錯体由来の緑色発光を観察することができた。また1ms 程度の発光寿命を有しており、時間分解による生体試料中の蛍光成分との差別化について検証することができた。

センシング技術では、技術的に優れていることが de fact standard になるとは限らないので、国際標準化戦略お念頭に置きながら研究を進めていくことが重要となる。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］センシング、安全安心、光計測、QOL

［テーマ題目４］新原理エレクトロニクス

［研究代表者］柏谷　聡（主任研究員）

［研究担当者］相浦義弘、永崎　洋、澤　彰仁　他
（常勤職員27名、他6名）

［研 究 目 的］

高温超伝導や強相関酸化物、有機半導体を中心に、新しい機能性材料の研究を行う。シリコン半導体の限界を超えた極限的な省エネルギーデバイス技術を探索し、グリーンイノベーションに貢献する革新的な電子デバイスの開発を推進する。主な研究課題は下記の通りである。

d-1）低環境負荷酸化物デバイスの開発および機能性酸化物電子材料の新機能開拓

低環境負荷酸化物デバイス技術の基盤確立をめざして、透明酸化物半導体の薄膜、接合を形成する技術の開発と共に、鉛フリー圧電体、高導電性酸化物などの材料開発を行う。加えて、酸化物電子材料の新しい機能開拓をめざして、物性発現機構の微視的解明を進める。また、独自実験技術知財の製品化普及を行う。

平成24年度は下記のような成果が得られた。

・鉛フリー圧電材料の実用化に向けた特性向上を進め、（Na, K）NbO_3を母材とする鉛フリー圧電セラミックスにおいて、微量元素添加による圧電特性の振る舞いが鉛系と類似していることを明らかにした。また（Na, K）NbO_3の単結晶基板上へのエピタキシャル成長および Si 基板上への c 軸配向成長に成功した。

・ペロブスカイト無機 EL 技術の開発を継続し（$Ca_{0.6}Sr_{0.4}$）TiO_3:Pr を発光層とした二重絶縁構造をもつ EL 素子において低電圧駆動による赤色発光の高輝度化を行った。

・超高真空マイクロプローバ μMPC の出荷台数が100台を超えた。

d-2）先進機能超伝導材料の開発と新規超伝導応用の開拓

情報通信・エレクトロニクス技術の革新にむけ、卓越した機能を有する超伝導材料の開発、理論・実験両面からのアプローチによる高温超伝導発現機構解明、およびそれらの知見に基づく新規超伝導応用の提案とその実現に向けた技術開発を推進する。

平成24年度は下記のような成果が得られた。

・線材開発：パウダーインチューブ法を用いた（Ba, K）Fe_2As_2の線材開発を行い、作製プロセスの最適化により臨界電流密度 Jc＝20000A/cm^{2}を達成した。

・物質開発：ペロブスカイトブロック層を含む新鉄系超伝導体 $Ca_4Al_2O_6Fe_2As_2$（超伝導転移温度：T_c＝28K）と $Ca_4Al_2O_6Fe_2P_2$（T_c＝17K）の固溶体 $Ca_4Al_2O_6Fe_2(As_{1-x}P_x)_2$の合成に成功し、組成領域 $0.5<x<1.0$で超伝導が消失することを発見した。この結果を元に、従来の鉄系超伝導とは異なる新しい電子相図を得た。また、AlB_2型結晶構造をとる物質の探索を行い、新超伝導体 $Sr(Cu_{0.15}Si_{0.85})_2$（T_c～3.5K)ならびに $Ca(Ni_{0.15}Si_{0.85})_2$（T_c～2.3K)を発見した。また、α-$ThSi_2$型結晶構造構造をとる $Sr(Si,Ge)_2$において同価数置換での結晶構造制御により、T_c～5K へと向上させた。

・超伝導理論：AuSb、$LaNiGa_2$等の新奇超伝導体に

対して第一原理計算を行い、バンド構造を決定した。ハバードモデルに対して量子モンテカルロ法により超伝導相関関数を計算し、超伝導が存在する領域があることを示した。価数スキップの新しいゆらぎ理論を提案した。

・超伝導デバイス：超伝導体・磁性体接合デバイスの電子・熱輸送シミュレータを開発し、固体冷凍機としての有効性を確認した。また、超伝導ストリップ光子検出器の基本動作を再現するシミュレーションを行い、光子エネルギーやバイアス電流の効果について考察した。

・圧力下物性測定：水銀系銅酸化物高温超伝導体の一つである Hg-1223において、15万気圧の圧力下で、史上最も高い T_c=153K（零下約120度）においてゼロ抵抗状態を観測することに成功した。

d-3）強相関材料を用いた電界効果素子および不揮発性メモリの開発

情報通信技術を活用したグリーンイノベーションの推進に必要な低環境負荷デバイスの開発を目的に、強相関電子系の電子相制御という新動作原理に基づく革新的な低消費電力デバイスの研究開発を行う。

平成24年度は下記のような成果が得られた。

・室温以上で金属－絶縁体クロスオーバーを示す Co 酸化物 $SmCoO_3$をチャンネルとする電気二重層トランジスタを開発し、室温で2桁以上の電気抵抗変調に成功し、室温で動作するモットトランジスタの開発に必要な要素技術の一つを確立した。

・強誘電体を用いた新原理強誘電抵抗変化メモリについて、強誘電体層を数ナノメートルまで薄くしたメモリ素子を試作し、スイッチング電圧1V 以下の動作を確認した。これにより、低消費電力メモリの開発に必要な要素技術の一つを確立した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］酸化物エレクトロニクス、超伝導、強相関エレクトロニクス

⑪【セキュアシステム研究部門】

（Research Institute for Secure Systems）

（存続期間：2012.4.1～）

研究部門長：松井　俊浩

副研究部門長：寶木　和夫

所在地：つくば中央第2、関西センター尼崎支所

人　員：34名（34名）

経　費：380,004千円(227,636千円)

概　要：

セキュアシステム研究部門は、主に、前年度までに終了したシステム検証研究センターと情報セキュリティ研究センターの成果を承継する研究部門として、2012年度に発足した。さまざまな機器、ビジネス、やり方、仕組みが IT 化、サイバー化される社会は、コンピュータやプログラムで制御されるが故の脆弱性が残っている。システムが複雑化するために、設計、実装、テスト、保守が困難となり、システムの信頼性が低下するシステムディペンダビリティの問題解決と、システムや通信に秘匿される重要情報を窃取したり、IT で動作するシステムを誤動作させることを狙った犯罪行為に対するサイバーセキュリティ向上のための技術開発をミッションとする。また、これら技術や制度の標準化、規格化への貢献も重要な任務である。ディペンダビリティ、セキュリティ技術は、低い確率でしか発生しない事象への備えであるため、技術の効果を体感することが難しい。規格化することによって技術を可視化し、製品やサービスへの組み込みを促すことが可能になる。

これらのミッションの実現のために、問題を出口指向の4つに分解し、5つの研究グループで研究を実施する。

●IT サービスのセキュリティ

インターネットでのショッピングや SNS など、またスマートフォンでの各種のアプリの利用などに潜む脆弱性、危険性への対策技術の開発、また政府の委員会等でのこれらのサービスの利用ガイドラインの制定への貢献。Web ブラウザをサーバーに接続してサービスを受ける場合、偽のサーバーが本物のサーバーになりすまして、利用者からクレジット番号やパスワードを詐取する詐欺が起こりうる。これに対抗するために、通常のサーバーがユーザーを認証するのとは逆に、ユーザーがサーバーを認証する仕組みを実現した HTTP 相互認証プロトコルの国際規格化に取り組む。

●制御システムセキュリティ

サイバー攻撃は、家庭やオフィスの PC を対象にしたものから、エネルギー、交通、金融、工場などの重要インフラの制御システムへの標的型攻撃に移ってきている。技術研究組合システム制御セキュリティセンター（CSSC）に参加して、制御システムの高セキュア化の技術開発を行う。

クレジットカードなどの IC カードを誤動作させるようなハードウェアへのサイドチャネル攻撃に対抗するため、標準的なサイドチャネル攻撃評価ボードを開発、頒布してきた。この活動をより広い範囲で活用するための普及促進策と、より微細化が進む半導体プロセスでのサイドチャネル攻撃耐性評価技術の開発を行う。

●ディペンダブルシステム

関西センターとつくばとの2拠点で、前者が主にシステムの設計とテスト段階の高信頼化、後者が仕様の実装段階での高信頼化に取り組む。

高信頼システムは、どういうシステムを作るかという要求仕様を矛盾なく設計仕様にまとめ、それを矛盾のない実装に落とし、その実装が元々の仕様書が規定する機能を正しく実現していることをテストすることで達成される。この無矛盾性を確保するために、仕様を論理的に記述して自動定理証明を適用したり、設計から導出されるモデルが、仕様を満足するかを検証するモデル検査を実施する。プログラムの振る舞いをグラフとして記述する CSP（communicating sequential process）法をより使いやすくするためのツールの開発や、仕様から網羅的なテストを自動的に生成する FOT（feature oriented test）法などの研究を進める。また、企業との共同研究を通じて、これらの技術の実証を行う。また組込適塾などの人材育成プログラムにも貢献する。

●次世代セキュリティ

セキュリティ技術の多くは、暗号に基礎をおいている。暗号は、秘密通信だけでなく、認証などの情報の真正性の証明、著作権の保護などにも利用される。計算機の性能が向上するにつれて、現在実用されている暗号の解読が容易になるため、新たな暗号の案出やその評価は、将来の IT 社会の保全のために継続的に必要である。現在広く使われている暗号の中には、その安全性の証明が不十分であったり、破綻が近いことが予見されているものがある。安全性の証明には、数学的素養が必要であるのに対し、暗号の応用が加速しているため、不完全な暗号が広がる危険性が増している。より機械的な方法で安全性を証明する方法を研究する。インターネットやクラウドが普及するにつれて、暗号は、一対一の通信ではなく、一対多や、多対多、また時間的に機能が変化する応用が出つつある。このような状況に対応する関数型暗号や代理再暗号化技術を研究する。クラウド等に委託したデータをクラウド業者等に盗み見られることなく情報処理を行う方法の一つとして、データベースの情報を暗号化されたまま検索する技術を研究する。

内部資金：

暗号モジュールの安全性評価国際標準化および制度運用に向けた評価プラットフォーム開発

データベースの秘匿検索技術の開発

外部資金：

独立行政法人科学技術振興機構「サイドチャネル攻撃への安全性評価手法の確立および PUF デバイスの実装・評価とセキュリティシステムへの応用」

独立行政法人科学技術振興機構「電力・電磁波解析攻撃向け評価プラットフォームの開発」

独立行政法人科学技術振興機構「RFID とセンサネットワーク向け暗号基礎技術とそれを用いた構成要素の設計および安全性評価」

独立行政法人科学技術振興機構「テスト技法 FOT の大規模システムへの適用可能性の検証」

独立行政法人科学技術振興機構「利用者指向ディペンダビリティの研究」

独立行政法人情報通信研究機構「通信プロトコルとその実装の安全性評価に関する研究開発　副題：形式手法によるプロトコル実装の検証技術と形式仕様に基づく網羅的ブラックボックス検査技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金「組込みソフトウェアの安全な構築のための C 言語のモデルとその形式検証」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金「完全準同型ファンクショナル暗号の実現に向けた挑戦的研究」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金「よりよい効率性と厳密な安全性証明を有する新しいパスワード認証方式に関する研究開発」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金「有用な付加機能をもつ電子認証技術に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金「問題ある平文の暗号化を不可能とする暗号方式の実現に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金「クラウドコンピューティング環境でも高い安全性･信頼性を持つ公開鍵暗号技術の研究」

発　表：誌上発表90件、口頭発表162件、その他34件

セキュアサービス研究グループ

（Secure Services Research Group）

研究グループ長：渡邊　創

（つくば中央第2）

概　要：

インターネット上で拡大が続くサービスや､そのクラウド化におけるセキュリティ､プライバシ侵害､信頼

性への対策法を研究する。インターネットやクラウドサービスに組み込まれるセキュリティ手法やソフトウェアモジュールの安全性の評価を行い、改善を図る。これら IT サービスは、通信によって相互接続されるので、制度や新サービスの技術基準や標準的手法を提案し、システムとしての安全性と利便性の向上に貢献する。より広く IT 社会の安全性を向上させるため、電子情報システムにおける暗号の利用法や、携帯アプリにおけるプライバシ情報の扱い方に関するガイドラインの策定を行う。

研究テーマ：テーマ題目１

制御システムセキュリティ研究グループ

（Control System Security Research Group）

研究グループ長：古原　和邦

（つくば中央第2）

概　要：

特定の組織やシステムを標的とし高度に仕組まれたサイバー攻撃は、産業と社会を揺るがす激甚化した脅威になりつつある。制御システムセキュリティ研究グループの目的は、システムの可用性や既存システムへの親和性などをも考慮しながら、重要インフラのセキュリティ強化に貢献することにある。この目的を達成するために、技術研究組合制御システムセキュリティセンター（CSSC: Control System Security Center）や電子商取引安全技術研究組合（ECSEC: Electronic Commerce Security Technology Research Association）などの外部組織とも連携しながら、現場における制約や要求、また、最新の攻撃手法などを正確に把握し、それらに応じた実効性のある対応策について研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目３

システムライフサイクル研究グループ

（System Life-Cycle Research Group）

研究グループ長：大崎　人士

（関西センター尼崎支所）

概　要：

ソフトウェアがいわゆるパソコンだけでなく、自動車、家電機器、制御機器などの組込み機器に広く用いられるようになり、ソフトウェアの安全性と信頼性はますます重要になってきている一方で、そうしたソフトウェアの大規模化に伴い、多人数で長期間をかけて開発されたソフトウェアの安全性を一貫して担保するのはますます困難になってきている。また、製品の世界展開に不可欠な安全性認証についても、対応の難しさが製品コストの上昇と国際競争の厳しさに結びつく。本研究グループでは、ソフトウェアシステム開発開始から検査、認証取得、出荷、導入、運用までの工程の流れを「システムライフサイクル」として俯瞰し、信頼性の高いシステム構築の一貫した手法をめざし、システム検証、テスト支援手法、開発工程管理などの各工程で必要となる技術の研究と合わせて提案してゆく。

研究テーマ：テーマ題目４、テーマ題目５

高信頼ソフトウェア研究グループ

（Software Reliability Research Group）

研究グループ長：大岩　寛

（つくば中央第2）

概　要：

ソフトウェアの大規模・複雑化が進むなかで、その信頼性を保証することが難しくなってきている。高信頼ソフトウェア研究グループでは、高信頼化を現実的なコストで達成できるようにする技術開発を目的とし、システム開発工程のうち、特に実装仕様とプログラム実装の動作の一致・一貫性を保証するための技術を研究開発し、最終的に実用的な開発プロセスツールとしての実用展開を目指す。そのために、形式的ないし機械的に与えられた実装仕様を元に、ソフトウェア解析、形式検証・モデル検査、プログラム生成・変換技術および実行監視技術などを研究し、要求される安全性レベルとコスト要求に応じて、これらの技術を選択・連携できる技術開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目５

次世代セキュリティ研究グループ

（Innovative Security Research Group）

研究グループ長：花岡　悟一郎

（つくば中央第2）

概　要：

クラウド等の高度なネットワーク技術をより一層安全で広範に活用するための暗号技術として、関数暗号等に代表されるような、新機能をもつセキュリティ技術に関する研究を行う。また、量子計算機を有する攻撃者など、現在想定されているものより一段と高度な攻撃モデルおける安全性についてもその実現に向けた基盤的研究を推し進める。さらに、既存技術の安全性評価を行い、それらの厳密な安全性レベルを明らかにする。たとえば、安全性が未証明なものについて、厳密な数学的安全性証明を与えたり、もしくは、具体的な攻撃方法を提示する。これらの研究を主に理論研究の立場から行い、次世代セキュリティ技術を実現していくための盤石な基盤作りを行うことを大きな目的とする。 本年度に関しては、特に、関数暗号等の高機能アクセス制御暗号の一層の機能拡張を進め、また、そのような機能拡張を行う上での非自明な事実について理論的考察を行う。また、プライバシー保護が可能な秘匿データベース検索の開発を進める。さらに、さまざまな暗号技術について、詳細な安全性解析を行う。

研究テーマ：テーマ題目６

［テーマ題目１］ネット上の偽物を人が見分けられる技術の研究開発

［研究代表者］渡邊　創

［研究担当者］渡邊　創、辛　星漢、高木　浩光、田沼　均、中田　亨、萩原　学、山口　利恵、大岩　寛（常勤職員8名）

［研 究 内 容］

PC やスマートフォンのマルウェア感染、偽サーバや偽アプリなどにより、カード情報やパスワード情報などが盗まれ、金銭を奪われる等の被害が拡大している。本研究では、これら悪意あるプログラム等に不正な操作を行われたとしても、技術的に被害を防止しユーザに正しい操作が行われたことを提示できる技術の研究開発を行う。今年度は以下の二つの課題に取り組み次のような成果を得た。

ネットバンキングでの振込処理を例に、マルウェアによる悪意ある振込先の変更を防止するプロトコルを開発した。また同方式を体験できるデモを作成した。

これまで開発してきた、偽サーバによるフィッシング詐欺を防止する HTTP Mutual 認証については、インターネット標準化機関 IETF で httpauth WG が設立され、提案技術の標準化案が同 WG 標準化案となった。本標準化案に準拠したクライアント参照実装として、Web ブラウザを開発した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］認証、フィッシング対策、マルウェア対策、偽アプリ対策

［テーマ題目２］端末の乗っ取りによる重要インフラ不正操作防止機能の開発

［研究代表者］古原　和邦（制御システムセキュリティ研究グループ）

［研究担当者］古原　和邦、高橋　孝一、戸田　賢二、瀬河　浩司、海老原　一郎（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

現在の制御システムの多くは、PC 上から制御装置の設定値やロジックを変更したり、制御対象の状態を監視したりすることができる。そのため、攻撃者がその PC の乗っ取りに成功した場合、その攻撃者はオペレータやエンジニアと同等の操作が可能となり、また、偽の状態をオペレータらに提示することが可能となる。実際、海外では、制御システムの操作監視画面が遠隔から不正操作可能な状態になっていた事例が複数見つかっており問題となっている。

本研究の目的は、このような端末の乗っ取りによる不正操作とオペレータへの偽情報の提示の問題への対処方法として、システムの一部が知らぬ間に乗っ取られていたとしても以下のような機能を持ち続けることのできるセキュアな冗長構成を現状の制御システムの構成を考慮に入れながら設計し、また、それらにより防御可能な脆弱性レベルを明確にすることにある。その機能とは、1)機器に対する不正操作検知・防止機能、2)正規オペレータによる操作への妨害防止機能、3)機器の状態の正確な伝達機能、4)乗っ取られている可能性のある端末の特定機能であり、脆弱性のレベルは、Level 4：（不正変更可、検知不可なレベル）攻撃者により設定が変更され、そのことを検知できないレベル。Level 3：（不正変更可、検知可、復元遅延が大きいレベル）攻撃者により設定は変更されるが、そのことを検知可能。ただし、感染端末を特定し、元の状態に戻すことに時間の掛かるレベル。Level 2：（変更可、検知可、復元遅延が小さいレベル）攻撃者により設定は変更されるが、そのことを検知可能、かつ、短時間で感染端末を特定し、元の状態に戻すことができるレベル。Level 1：（変更不可、偽情報を提示可能なレベル）攻撃者は設定を変更できないが、偽の情報を提示できるレベル。Level 0：（変更不可なレベル）攻撃者による設定の変更は行えないレベル。

これら目的を達成するために、まずは、制御システムで使われている通信プロトコルとシステム構成を調査し、上記の実現方法の検討を行った。その結果、標準的なシステム構成ではユーザの識別や権限に応じたアクセス制御の機能が充実しておらず、Level 0を保つためには、大幅な変更が必要であることが明らかとなった。しかしながら、多くの場合、比較的軽微な修正で侵攻される脆弱性レベルを下げることが可能であることも明らかとなった。この他、可能な構成とそれらにより防御可能な脆弱性レベルを明らかにし、導入先の現在のシステム構成と修正コスト、防御したい脆弱性レベルなどに応じて、適切な構成を選択できるようにした。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］重要インフラ、制御システム、乗っ取り、不正操作

［テーマ題目３］IC チップに対するレーザーおよび EM 攻撃評価の研究

［研究代表者］川村　信一

［研究担当者］川村　信一、片下　敏宏、堀　洋平（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

キャッシュカードの偽造等による被害は国内で年間40億円（H22年度）にも上り、IC カードの採用が有効な対策として期待されている。IC カード用のチップの安全性は、国際規格に基づく脆弱性評価と結果の認証を受けることによって担保される（ISO/IEC15408（CC）、同19790（CMVP））。

従来、国内のチップベンダーは欧州の CC 評価機関にチップの脆弱性評価を依頼していたが、H24年、国内に評価機関が立ち上がり評価制度が始まった。攻撃技術が

時間と共に進歩するために、今後、継続的に制度が発展してゆくためにはさらなる技術開発が必要となっている。

本研究の目的は、日々高度化している攻撃技術の進歩に先回りし、高いレベルの評価で欧州と相互認証を獲得できるよう、先端的な攻撃技術の研究で我が国の技術レベルの向上を牽引することである。

具体的に研究するべき先端的な攻撃技術として、当面次の3つの攻撃手法について研究を推進する。

①高度なレーザー攻撃

レーザーによる攻撃の特性分析、ダブルレーザー攻撃の検討

②高度な EM（電磁界）攻撃

精密電磁界プローブによるローカル EM 攻撃等の確認

③ソフトウェア攻撃への検証技術等の適用

ここに挙げたような攻撃技術は再現性を高め判定基準を導入することによってそのまま評価技術に転用することができる。

H24年度の取組みでは、以下のような進捗があった。

・電力解析では鍵を推定できないサンプルにおいて、EM 攻撃可能である例を確認。これは今後の評価制度で EM 攻撃がより重要性を益す可能性を示唆する結果である。
・チップ評価に必要な装置類（電波暗箱等）を整備し、系統的な評価データの採取に着手。
・攻撃技術データベースの作成（外部連携）。

最新の攻撃文献を調査し、チップベンダーなどから構成される国内コンソーシアム（ICSS-JC）および欧州の関連組織（JHAS）に提供、調査結果を提供した。JHAS でも担当者が割り当てられて連携することが決まった。

なお、H24年度から国内関係組織との共同研究が開始され、前記①～③の課題はその中で次年度も継続する予定である。

本研究を推進することにより、以下のような産業上の効果が期待できる。

・IC カードや各種 ID の安全性が向上し、国民生活の安全性が向上する。
・評価結果について欧州との相互認証獲得が早まり、国際競争力が増す。
・チップの安全性評価技術は、スマートメータ等社会インフラや、車載向けの IC チップの安全性評価への展開。
・チップ販売の拡大、チップを使った安全なシステムの普及や輸出拡大、評価ビジネスの拡大。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］IC チップ、IC カード、組込 LSI、脆弱性評価、サイドチャネル攻撃、レーザー攻撃、電磁界攻撃

［テーマ題目４］ミッションクリティカルソフトの認証指向開発技術

［研究代表者］大崎　人士

［研究担当者］大崎　人士、山形　頼之、西原　秀明、北村　崇師、Artho Cyrille、田口　研治、Nguyen Tang（常勤職員5名、他2名）

［研 究 内 容］

組込みソフトウェアの中でも特に、自動車や産業機械など、システムが誤動作・停止することが人命や大きな損失に繋がる分野では、巨大なソフトウェアシステムを確実に安全・高信頼に作る手法とともに、作ったソフトウェアの信頼性を指標化して外部に提示し、安全性を理解しもらう、「信頼性の見える化」も重要である。国際市場に製品を出荷する時には特に、製品の安全性を第3者機関に認証してもらうことがしばしば求められる。目で見て作りの堅牢さや堅実さから安全性が何となく感じられる物理的製品と異なり、ソフトウェアの信頼性は完成品を見ても一見して判断が付かないため、開発工程の各段階でいかに検査や確認作業を確実に行ったかを証跡として残し、開発工程の信頼性をもって製品の信頼性の指標とするのが一般的であるが、これには非常に大きなコストがかかるのが一般的な現状である。

本研究テーマでは、開発工程の各段階において行われる設計・実装などの作業に一貫性を持たせ工程を管理したり、行った検査の正しさに技術的な担保を与える手法を開発したりすることにより、安全性認証の取得を前提とした「認証指向開発技術」の確立を目指した。具体的には、安全性テストの設計を可視化し効率的でかつ網羅性の高いテストを生成する技術 FOT や、複数段階の設計仕様書間での関連性を追跡し、設計作業の品質を数値的に解析し問題点を探す設計トレーサビリティ技術、安全対策を図化し明確にする設計記述手段、また国際標準の認証規格そのものの解析技術などを開発した。本テーマで開発した技術は、別途共同研究などの実プロジェクトへの応用を行い、有効性の検証や改良点の抽出に努めた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］システム検証、安全性認証

［テーマ題目５］ソフトウェア設計・実装・テストの一貫性の研究

［研究代表者］大岩　寛

［研究担当者］大岩　寛、磯部　祥尚、Affeldt Reynald、北村　崇師、竹内　泉、秋葉　澄孝、須崎　有康、大崎　人士（常勤職員8名）

［研 究 内 容］

交通機関や電力網など、高い信頼性を必要とするシステムのソフトウェア化が進んでいる。本研究では、ソフ

トウェアの信頼性を保証することを目的として、ソフトウェアの開発工程の設計からテストまでの工程に着目し、各工程における信頼性と、工程間の一貫性を保証する技術の開発を目指す。本年度は、①テスト設計、②実装の正当性証明と実行時検査、③並行処理設計の解析に関する研究開発を行った。以下、各研究について説明する。

①テスト設計では、網羅的なテストケースを生成するテスト設計分析手法 FOT とそのツールの研究開発を行うと共に、FOT の適用実験とそのツールの評価を、企業との共同研究として行った。

②実装の正当性証明と実行時検査では、TLS プロトコルの実装（PolarSSL）とその仕様記述（RFC5246）が一致することを、定理証明支援系 Coq を用いて証明した。また、証明時に作成した形式記述から参照実装（網羅テスト用）を自動的に生成し、網羅テストを仮想機械によって実行するツールを開発した。

③並行処理設計の解析では、複雑な並行処理を簡潔に可視化する解析手法とツール CONPASU の研究開発を進めると共に、産業界への普及展開を目指してツール開発ベンダやシステム開発企業等との意見交換を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］テスト設計、形式検証、実行時検査、並行処理解析

［テーマ題目６］暗号／認証技術における安全性証明の高信頼化

［研究代表者］花岡　悟一郎
［研究担当者］花岡　悟一郎、縫田　光司、Nuttapong Attrapadung、今福　健太郎、Jacob Schuldt、松田　隆宏（常勤職員4名、他2名）

［研 究 内 容］

ネットワークの高度化や計算機技術の発達により、それらに応じた新たな暗号技術の導入が、今後ますます必要となってくるものと思われる。しかし、その一方で、そのための候補となる暗号技術のいずれも非常に複雑な数学的構造を持っており、そのため、それらの設計者により安全性証明が与えられていると主張されているものの、そのような主張に対して全幅の信頼が得られているとは必ずしも言えない状況となっている。

本研究においては、ユーザの所属や年齢などの属性によって閲覧権限を制御できる関数暗号等の高機能アクセス制御暗号の一層の機能拡張を進め、また、そのような機能拡張を行う上での非自明な事実について理論的考察を行った。特に、高機能アクセス制御暗号の安全性定義、機能・安全性の高度化手法、実現（不）可能性などについて研究を行った。具体的には、たとえば、準同型性をもつ電子署名技術や匿名性を保ったまま利用者が自分の属性を証明可能な認証技術について、設計および安全性証明などを行った。

また、さらに、上記以外のさまざまな暗号技術についても、詳細な安全性解析を行った。その際、安全性評価の対象として重要と考えられるものについて可能な限り網羅的に評価を行った。当面の評価対象として、たとえば、公開鍵暗号、電子署名、関数暗号、代理人再暗号化、グループ署名、量子暗号などといった重要度の高い暗号技術のいずれかについて、安全性解析を行った。具体的には、たとえば、最もよく知られた匿名認証技術であるグループ署名技術に関し、これまで見落とされてきた安全性の概念を指摘し、また従来技術がこの安全性の概念を満足するとは限らないことを示した。

これらの成果は、暗号理論研究分野において、最も権威ある国際会議である CRYPTO, ASIACRYPT に各一件の論文が採録された他、公開鍵暗号分野において最も権威ある国際会議である PKC に合計8件（PKC 2012に5件、PKC 2013に3件）の論文が採録されている。また、情報理論分野において最も権威ある国際誌である IEEE Trans. on IT にも一件の論文が採録されている。

また、この研究課題を通して得られた知見は、産総研内外の他の研究組織との共同研究においても積極的に活用しており、たとえば、産総研生命情報工学研究センターとの秘匿データベース検索技術の設計に関する共同研究においても、悪意ある利用者による不正な使用を防止する技術の設計とその安全性証明について貢献を行っている。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］暗号技術、認証技術、安全性証明

⑫【強相関電子科学技術研究コア】

（Research Core for Correlated Electrons）

（存続期間：2008.4.1～）

研究コア代表：澤　彰仁
所在地：つくば中央第4、つくば中央第2

概　要：

本研究コアは、産総研において開発してきた強相関電子科学技術を継承・発展させ、第1種基礎研究から応用・実用化研究開発まで総合的に展開することにより、新動作原理である強相関電子系の電子相制御に基づく革新的な先端デバイスの開発を目指している。また、産総研と他機関が参画する強相関電子科学技術フォーラムを運営し、機関間共同研究の中心的な役割を果たしている。研究コアメンバーは、本年度においては、電子光技術研究部門、フレキシブルエレクトロニクス研究センター、ナノデバイスセンターならびにナノシステム研究部門から構成され（常勤職員23名、契約職員4名）、分野横断的に跨った体制となっている。

本研究コアでは、革新的な先端デバイスの開発を目指して、以下の研究課題と目標を設定し、研究開発を

推進している。

・強相関不揮発性メモリ：二元系遷移金属酸化物を用いた抵抗変化型不揮発性メモリ（ReRAM）を主なターゲットとして、材料最適化、高集積化技術の開発、及び実用化のためのプロセスインテグレーションを一貫して行い、その実用化を目指す。

・強相関界面機能：遷移金属酸化物薄膜のエピタキシャル接合界面におけるスピン・電荷交差相関現象を利用し、電界スピン制御、磁気分極制御など、電子・磁気機能を融合させた革新的な酸化物エレクトロニクス素子・スピントロニクス素子を開発する。

・強相関有機エレクトロニクス：高性能有機半導体材料の開発、分子間電荷移動を用いた界面高機能化とその評価技術の開発、及び有機エレクトロニクスをシリコンエレクトロニクスに融合させるための新規プロセス技術の開発を行い、高度有機エレクトロニクスを実現するための基盤技術を開拓する。

・強相関物性制御：光・磁気・伝導機能融合型の新規遷移金属酸化物バルク材料の開発と電子機能の開発、及び各電子機能の組成・格子パラメータによる最適化を行うとともに、各課題にフィードバックする。

さらに、これら多彩な電子機能を発現する強相関電子材料によるデバイス開発を加速するため、これに不可欠となる①ナノスケール磁気評価技術、②超精密構造解析技術、③格子パラメータ制御技術等の最先端計測解析技術を開発・拡充する。

・先進機能超伝導材料：卓越した機能を有する超伝導材料の開発、理論・実験両面からのアプローチによる高温超伝導発現機構解明、およびそれらの知見に基づく新規超伝導応用の提案とその実現に向けた技術開発を推進する。

本年度においては、下記のような成果が得られた。

・室温以上で金属 - 絶縁体クロスオーバーを示す Co 酸化物 $SmCoO_3$をチャンネルとする電気二重層トランジスタを開発し、室温で2桁以上の電気抵抗変調に成功し、室温で動作するモットトランジスタの開発に必要な要素技術の一つを確立した。

・電荷移動錯体については、分子間の電子移動が巨大な分極を担う「電子型強誘電体」なる、極めて特異な強誘電性を実証した。また、生体物質にも含まれるイミダゾール化合物により、化学的安定性や溶解性を向上させつつ高い分極性能をもつ低分子強誘電体も実現できた。

・TiO_2ベーストランジスタについて、アニール雰囲気を希薄な低酸素分圧雰囲気とすることにより、TiO_x/SiO_x 界面を制御、膜中の酸素量を最適化したことで、トランジスタを再現性良く作製することができるようになった。

・水銀系銅酸化物高温超伝導体 $HgBa_2Ca_2Cu_3O_y$ を対象として超高圧力下における電気抵抗測定を行い、15万気圧の圧力下で、これまでで最も高い温度となる155K において超伝導ゼロ抵抗状態を実現した。これにより、より高い超伝導転移温度を有する新物質の開発へと繋がる知見を得た。

・スピン軌道相互作用は、磁気異方性、ラシュバ分裂、ノンコリニア磁性（の一部）、マルチフェロイクス、スピンホール効果、トポロジカル絶縁体、トンネル磁気抵抗効果など、物質科学における様々な重要な現象の起源となっている。これらの問題に取り組むため、近年、2成分相対論形式による電子状態計算機能を第一原理材料シミュレータ QMAS に導入し、整備してきた。本年度は、さらに改良を進め、Au(111)表面のラシュバ分裂、5d パイロクロア酸化物 $Cd_2Os_2O_7$の磁気構造、$CaMnO_3$の磁気構造とその電子ドープ依存性などの研究に適用した。

・抵抗変化型メモリ（ReRAM）について、電極材料と high-k 材料の相互作用が電気伝導特性にどう影響するかをモデル計算により調べた。HfO_2薄膜を Ta または W でサンドイッチした簡易なモデルに対して構造を最適化し、電流電圧特性を印加電圧±1eV の範囲で計算した結果、HfO_2薄膜に酸素欠損が無い場合はいずれの電極とも電流が流れずオフ状態であった。一方、酸素欠損がある場合には Ta、W 電極ともに電流が発生してオン状態に対応するが、Ta 電極の方が W 電極よりもおおむね2倍程度の電流が流れた。上記の結果から、ReRAM のスイッチング性能は high-k 材料単体の電気伝導性だけでなく、high-k 材料と電極との相互作用にも左右されることが分かった。

その他、研究コアの活動として、コア内部の研究討論会である強相関コアミーティングを8回主催し、強相関エレクトロニクスに係わる研究テーマについて議論を深めた。

⑬【ナノデバイスセンター】

（Innovation Center for Advanced Nanodevices）

（存続期間：2011.4.1～2013.3.31 ）

センター長：秋永　広幸
次　　長：堀川　剛
総括主幹：森　雅彦、秦　信宏

所在地：つくば西、つくば中央第2
人　員：9名（9名）
経　費：3,085,922千円（794,181千円）

概　要：

1．ミッション

ナノデバイスセンターの理念は、わが国がたゆまなく活力ある経済活動を維持し続けるために、産学

官連携によるオープン・イノベーション創出のための「協創場」を構築することである。そして、その「協創場」において、戦略的な産学官連携によるネットワーク形成を先導し産業科学技術にかかわる知の財産の蓄積とそれらの適切な活用と普及を促進すること、さらに次世代の経済成長を支える新産業分野・技術の創出のための人材を育成することを任務としている。ナノデバイスセンターは、この理念を実現するために、以下の3つのミッションを掲げる。これらは、つくばイノベーションアリーナ構想におけるコアインフラ「ナノテク共用施設」「ナノデバイス実証・評価ファンドリー」「ナノテク大学院連携」の主体として、コア研究領域も含めた構想全体の推進を担うためのミッションでもある。

(1) 最先端研究インフラストラクチャーの整備と活用

世界の最先端を拓き世界的な価値を創造する産学官の研究人材を産総研に集結させるためには、投資価値以上の対価を提供する魅力ある最先端研究インフラが必要である。ナノデバイスセンターは、最先端の技術とノウハウそして装置を集約し、科学知識の迅速で効率的な産業化、異分野融合と研究人材の交流を促進するインフラストラクチャーとして整備するとともに、その適切な活用を推進する。

(2) 協創場の構築とオープン・イノベーションの推進

研究開発拠点が多様なユーザーにとってのイノベーション・エンジンとなるためには、ユーザーからの高いアクセシビリティを確保すると同時に、激しい研究開発競争の場としての環境整備も必要である。ナノデバイスセンターは、産学官、様々な産業分野、様々な研究開発フェーズを担う人材が創発的研究開発を推進する協創場を構築し、産総研のオープン・イノベーションハブ戦略を主体的に担う。

(3) 産業技術研究と人材育成の一体化

技術経営力の強化に寄与する人材を養成するためには、最先端研究インフラストラクチャーをコアとした協創場において、研究開発と一体化させた実践的人材育成を実施する主体が必要となる。ナノデバイスセンターは、研究開発拠点としての求心力と連携力を生かした研究ネットワークにおける人材の流動化を促進し、次世代の産業を担う国際的な人材輩出拠点となることを目指す。

２．協創場の構築とオープン・イノベーションの推進を図る方法論

ナノデバイスセンターが、西事業所スーパークリーンルーム（SCR）と第2事業所ナノプロセシング施設（NPF）を中核コアインフラとする協創場を構築し、オープン・イノベーション創出を推進するにあたっては、以下にあげる3つの方法論の確立と具体的な実行を目指す。

(1) 相補的協業：主に SCR が担う

生産に容易に展開可能な標準化されたプロセスによるインテグレーション実証、あるいは集積機能の実証を、パートナー企業との協業により実施する。ユーザーサイドからの価値を、研究開発成果を市場化する期間とコストの短縮に置く。

(2) 多様性確保：主に NPF が担う

様々な研究開発とその成果を集約し、異分野融合の場を確保することにより、創発的イノベーションを推進する。国サイドからの価値を、イノベーションの不確実性に対する対応力の強化に置く。

(3) 複雑性管理：

材料、プロセス、デバイス設計・評価等に関わる個別技術モジュールの標準化を進めるとともに、基幹的デバイス群については個別技術モジュールを組み合わせあらかじめシステム化することで、ユーザーによる多様な要求に対応する。実証開発を通じて技術モジュールの増強、高度化及びシステムの再構築を継続的に行うことで、システムの持つ潜在的イノベーション能力を高める。また、得られた知識を様々なユーザーに流通させ、その社会適用度を高める。産総研サイドからの価値を、課題解決に向けた最適解選択機会の持続的な確保に置く。

３．事業実施の方針

平成24年度は、次にあげる2点に重点を置いた。

(1) 制約要因の中でのインフラ基盤の強化

当センターは多数のユーザーとパートナー機関が利用する施設・装置を管理しているが故に、それらの方々と機関の研究開発が遅滞なく予定通り、あるいは予定より早くに遂行されるようにインフラ基盤を整備し提供する責務を負っている。H24年度は各事業からの利用依頼が激増し、より高度な技術支援が求められたとともに、昨年度に引き続きなされた節電要請や新棟建設に伴う業務制限への対応、そして一部老朽化した装置群の補修などにも対応した。これら相反する外部状況を両立させることのできるインフラ基盤の強化を目指した。

(2) ユーザー創造

当センターの理念とミッションを産総研内外に積極的に発信し、新たなユーザーとパートナー機関を創造することに努めた。

外部資金：

経済産業省「日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力)」
共用施設相互利用によるナノエレクトロニクス、ナノ材料開発に関する研究

文部科学省「微細加工プラットフォーム実施機関」
ナノプロセシング・パートナーシップ・プラットフォーム（超微細加工・計測・分析支援とその技術者養成によ

るイノベーション創出）

主な SCR 活用事業

(1) 最先端研究開発支援プログラム：フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発。
Institute for Photonics-Electronics Convergence System Technology（PECST）。
技術研究組合光電子融合基盤技術研究所 Photonics Electronics Technology Research Association（PETRA）との連携有。

(2) 最先端研究開発支援プログラム：量子情報処理プロジェクト。

(3) 連携研究体 グリーン・ナノエレクトロニクスセンター。Green Nanoelectronics Center（GNC）。最先端研究開発支援プログラム：グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発。

(4) 最先端研究開発支援プログラム：省エネルギー・スピントロニクス論理集積回路の研究開発。Center for Spintronics Integrated Systems（CSIS）。

(5) 超低電圧デバイス技術研究組合 Low-power Electronics Association & Project（LEAP）

(6) 株式会社 EUVL 基盤開発センター EUVL Infrastructure Development Center, Inc.（EIDEC）

NPF のユーザー数と登録機関数

(1) 登録ユーザー数 約1350名（2013年2月末）
産総研内部ユーザー：約470名
産総研外部ユーザー：約880名

発　表：誌上発表15件、口頭発表22件

事業推進室

（Nano Device Developing Office）

室　長：秦　信宏

（つくば中央第2）

概　要：

事業推進室は、微細加工をはじめとするナノテクノロジーの研究開発に欠かせない技術を共用設備として広く社会と共有することにより異分野融合イノベーションの創出を加速するプラットフォームを提供している。具体的にはナノプロセシング施設（Nano-Processing Facility, NPF）と機能性酸化物グリーンナノテクノロジー研究拠点（Platform for Green Functional-Oxide Nanotechnology, GreFON）を運営して i 線露光装置、集束イオンビーム加工・観察装置、電子線描画装置、マスクレス露光装置、反応性イオンエッチング装置、電子ビーム蒸着装置をはじめとする五十数種類の設備を保有して、技術相談、装置利用トレーニング、機器利用、技術補助、技術代行、共同研究などの技術支援をするとともに、スクール、実習、製造現場実習を開催して実践的な産業科学技術人材の育成を行っている。平成24年度末時点の登録ユーザー数は1,300名を超えた。平成24年度における装置予約の総件数は8,223件、内キャンセル、差し戻し等を除く実際の利用済み件数が7,388件であった。

研究テーマ：テーマ題目 3

設計評価室

（Device Design and Analysis Office）

室　長：井上　靖朗

（つくば西 SCR）

概　要：

設計評価室は、最先端の分析技術およびコンピュータ・シミュレーション技術によって、ナノエレクトロニクス分野で研究されている新規デバイスの開発をサポートしている。このために計算論的デバイス設計プラットフォーム（Computing Device Design and Characterization Platform for Nanoelectronics: C2PN）と呼ぶ研究開発をサポートする環境の構築を進めている。具体的には最先端の分析ツールとしてヘリウムイオン顕微鏡及び収差補正付き走査型透過電子顕微鏡を保有しており、新規材料や新規構造、新原理を有するナノデバイスの構造解析を行う計測分析環境を提供するとともに、継続的にその分析技術力の高度化を推進している。また、産総研のコンソーシアムとして「TSC ナノエレクトロニクス計測・分析技術研究会」を運営し、幅広く分析技術の活用展開をサポートする仕組みを立ち上げている。一方、実際のナノデバイスの研究試作と並行して、デバイス構造の最適設計を計算論的に行うコンピュータ・シミュレーション環境を構築することによって、効率的なデバイス開発を行えるようにしている。

研究テーマ：テーマ題目 2

集積実証室

（Integrated Device Processing Office）

室長（兼務）：堀川　剛

（つくば西）

概　要：

当室では、つくばイノベーションアリーナにおけるコアインフラの中核である SCR の CMOS プロセス設備群、及びそれらを用いて構築される先端プロセス技術モジュールを基に、ナノ CMOS、バックエンドデバイス、シリコンフォトニクス、カーボンエレクトロニクス、スピントロニクス、及び先端リソグラフィ等のナノエレクトロニクスの先端的なコア研究にかかわるプロジェクトや共同研究の受け手となり、デバイス実証に必要となるプロセス技術を提供するとともに、集積技術の高度化を通じて次世代のデバイス研究開発を担う集積プラットフォームの構築を行っている。

本年度は、PECST プロジェクト、量子情報処理プロジェクト、及び GNC、CSIS、LEAP、EIDEC による各プロジェクト、さらに大学、民間企業との共同研究支援を実施した。集積技術の高度化については、高機能の光集積回路デバイスの産業化に貢献することを目的として、最先端微細加工技術を用いたシリコンフォトニクス向け技術プラットフォームとして「集積シリコンフォトニクスプラットフォーム」の基盤技術の確立を図った。

研究テーマ：テーマ題目１

［テーマ題目１］集積シリコンフォトニクスプラットフォームの構築とその運用推進

［研究代表者］堀川　剛（次長）

［研究担当者］森　雅彦、榊原　陽一、古屋　克己、岡野　誠、河島　整、品田賢宏、福田　浩一、秦　信宏、関　三好、外山　宗博、越野　圭二、横山　信幸、大塚　実、杉山　曜宣、石塚　栄一、佐野　作（常勤職員9名、他8名）

［研 究 内 容］

本テーマは、集積光回路デバイスの高機能化と産業化に貢献することを目指して、SCR に保有する最先端45nm 技術世代の CMOS 技術をベースに、さらに光技術特有の要素デバイス技術を付け加えることで、高機能の集積シリコンフォトニクスデバイスに向けた技術プラットフォームを構築することを目的とするものである。

通信及び電子機器の省電力・高速大容量化を可能にする次世代光技術として集積シリコンフォトニクス技術が、欧米の大規模プロジェクト等により精力的に開発されている。さらに、2012年に入ってからは、ST Micro 社による仏300mm ファブによるシリコンフォトニクス向け生産技術の構築開始、IBM 社による波長多重光デバイス開発等が実用化に向けた展開が相次いでアナウンスされている。国内においても、産総研を集中研拠点とする最先端プログラム「フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発（PECST)」プロジェクトや文科省プログラム「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」プロジェクト、経産省プログラム「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム開発」において、シリコンフォトニクスデバイスの集積化・実用化の検討が活発に進められている。

これらの集積光回路デバイスの研究開発において、高密度・高速の情報伝達速度を実現するために極めて高精度の微細加工技術が必要とされるため、産業化を見据えて最先端リソグラフィの適用による高機能集積光回路の試作実証環境を構築することが必要であると考えられる。すでに、SCR では可変矩形ビーム型の高精度電子ビームリソグラフィを適用し、集積光回路デバイスの動作検証評価を目的とした研究開発が展開されているが、それに加えて本テーマにより SCR 拠点に保有する最先端リソグラフィと微細加工技術を適用し、さらにフォトニクス特有の要素技術を集積させることで、産業化への展開を可能とする集積シリコンフォトニクスプラットフォームの構築を図ることが可能となる。

本年度は、前年度に引き続き半導体プロセスにおける最先端リソグラフィである液浸 ArF エキシマーリソグラフィをシリコンフォトニクス細線導波路加工への適用を検討し、多層マスク構造とドライエッチングプロセスの最適化等により、導波路加工の基盤プロセスを確立させた。同プロセスによる加工後の線幅ばらつきは面内で3nm 程度と極めて優れたものである。この基盤プロセスを用いて、細線導波路、リング共振器、方向性結合器、合分波器等を試作した。結果、細線導波路については、2dB/cm 以下の低損失伝送を確認、また、合分波器の一種である AWG（Arrayed-Waveguide Grating）について、C 帯16波の伝送において-20dB 程度のクロストークを観測するなど、高精度加工に由来する良好な性能を確認できた。

［分　野　名］情報・エレクトロニクス

［キーワード］シリコンフォトニクス、液浸露光技術、細線導波路、合分波器

［テーマ題目２］TCAD ハイブリッド計測ハブの構築とその運用推進

［研究代表者］井上　靖朗（設計評価室）

［研究担当者］多田　哲也、福田　浩一、小川　真一、飯島　智彦、鈴木　爾（常勤職員2名、他4名）

［研 究 内 容］

ものつくりでは、作ろうとしているものが期待通りに出来上がっているか、マクロな視点やミクロな視点で観察することが重要であり、電気的、物理的、機械的な特性などと照らし合わせて、プロセス上の課題を明確にして行くいく必要がある。そのためにいわゆる計測・分析技術と呼ばれる「見る技術」が重要となる。設計評価室では、日本に3台しかないヘリウムイオンをプローブとして用いたヘリウムイオン顕微鏡（HIM：Helium Ion Microscopy）と、収差補正機能を有し原子イメージを観察できる走査型透過電子顕微鏡（STEM：Scanning Transmission Electron Microscopy）という最先端の見るための設備と、見ることをサポートするシミュレーション技術を保有しており、計算論的デバイス設計プラットフォーム（Computing Device Design and Characterization Platform for Nanoelectronics: C2PN）と呼ぶ研究開発をサポートする環境の構築を進めている。本テーマでは、それらの技術プラットフォームをイノベーションハブとして構築し、その運用を進めている。

平成24年度は、西事業所のスーパークリーンルームで

研究開発が進められている新規材料や新規構造デバイスの解析に活用展開を進めている。特に HIM では低ダメージ観察という特徴を生かして、柔らかい材料や有機材料、バイオ材料の分析にも力を発揮し始めている。また、設計評価室で多くの分析装置を抱えることは無理であり、また効率も悪いため、産総研内に設立された「TSC ナノエレクトロニクス計測分析技術研究会」を通して、計測・分析技術の横展開を図ろうとしている。この研究会では、「計測分析技術交流広場」というホームページ（http://www.tsc-web.jp/）を立ち上げており、計測や分析に係ることに関して、企業や大学などの研究者の方が疑問に思われことを共有し、専門家が疑問に答えることのできる仕組みを構築しており、産業力強化の一助になることを期待している。

計算論的デバイス設計プラットフォームのもう一つの柱である Computing Device Design に関して、従来の三次元プロセス／デバイスシミュレータの高性能化推進と発展性の獲得を目指して、テクノロジーCAD（TCAD : Technology Computer Aided Design）プラットフォームの構築を目指している。H24年度は、高性能化の一環として、計算処理速度の改善を進め、並列処理による高速化の実証を推進している。特にスーパーコンピュータ「京」にデバイスシミュレータを移植し、並列化による行列解法の高速化テストで最大100倍の高速化を確認した。またトンネル型電界効果トランジスタ（Tunnel FET）など、新構造デバイスの動作原理に対応した新しい物理モデルを組込むことで、実際の試作と並行してシミュレーションで最適なデバイス構造の検討が行え、試作結果のデバイス特性の解析にも役立っている。

さらに、計測分析技術でリアルに見えない部分を、シミュレーション技術と組み合せることによって、実際には見えない物理現象を「見える化」する「ハイブリッド計測」と呼ぶ技術開発を進めている。H23年度は、走査型トンネル顕微鏡（STM : Scanning Tunneling Microscope）による観察において、観察する試料内のトンネル電流の流れ方をシミュレーションし、電流の流れが PN 接合の影響を受けていることを示した。H24年度は、ラマン測定の結果を TCAD/FDTD で解析することにより、評価デバイス構造内部の応力分布の解析精度を高めるハイブリッド計測を確立し、関連学会で技術発表を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］計測・分析技術、EUV 励起光電子分光技術、ヘリウムイオン顕微鏡

［テーマ題目３］先端機器共用イノベーションプラットフォーム

［研究代表者］秋永　広幸（センター長）

［研究担当者］秦　信宏、高野　史好、島　久、浅沼　周太郎、三沢　源人、宮田　直之、増田　賢一、松野　堅吉、佐藤　平道、飯竹　昌則、羽山　和美、蜂谷　智央、山崎　将嗣、真屋　博幸、唐澤　しのぶ、高村　雅美、郭　哲維、中島　忠行（常勤職員6名、他13名）

［研 究 内 容］

本格研究が定着し、製品化研究として技術移転が進展、事業者が産総研の研究施設・設備を使って実証的に生産した商品を販売することが、産業化の重要なプロセスとなっている。研究開発力強化法においては、公的機関の保有する研究施設等を事業者が利用できるような施策を講ずるよう定められ、新成長戦略工程表においても「最先端共同研究施設・設備、研究支援体制の整備」が重要な戦略と位置付けられている。これらの社会的要請に応えるために、制度的な対応をとることが必要である。

産総研では、平成13年にナノプロセシング施設（NPF）を創設し、その後産総研内外に開かれた微細加工・計測の共用施設として運用してきた。平成23年度まで、NPF と計測フロンティア研究部門が協力して、文科省ナノテクノロジー・ネットワークのもと、ナノプロセシング・パートナーシップ・プラットフォーム（NPPP）を平成19年度より実施し、我が国における先端機器共用施設運営の指導的役割を担ってきた。平成24年度は、文科省が新たに公募したナノテクノロジープラットフォームのうち微細加工プラットフォームに京都大学、東京大学、東北大学、北海道大学、物質材料研究機構他の日本全国の機関とともに応募、選考審査を経て採択となり、6月29日から、文科省ナノテクノロジープラットフォームのもと、ナノプロセシング・パートナリング・プラットフォーム（NPPP）を開始した。文科省低炭素研究ネットワークにも平成22年度から継続的に参画している。産総研が保有する研究施設・設備は、多様で幅広い研究領域にわたっている。これらを社会と共有することではじめて産総研の統合力は発揮される。産総研のビジョンを実現し、協創の場としてのフロントエンドとソリューションの提供、異分野融合の促進、産業科学技術人材の育成を実施する。

平成21年6月から稼働を開始した当プラットフォームのポータルサイトをナノテクノロジープラットフォームに対応して産総研内外の方々に使い勝手の良いものとするための改訂に平成24年度に着手した。また、持続的運営を目指し、原則全装置を有償化する課金制度の改訂を行うとともに、TIA 関係ユーザー等から寄せられる長期の支援、また増加する一方のユーザーから寄せられる多様な支援依頼に対応できるよう、施設と制度の更なる整備を進めるとともに、安全・環境対策を重点的に行った。

１．施設・制度整備（平成21年度：利用申請窓口の一本化／平成22年度：情報発信・共有機能の整備／平成23

年度：光熱水とガス給排気ラインの整備、ナノエレ・ナノテクに関する人材育成スクールの実施カリキュラム高度化、諸外国共用施設との連携制度検討開始）平成24年度：クリーンルームへ大型超純水製造装置を導入するとともに、web からの装置予約変更フォームを整備、また、従来の成果報告書（A4版2ページ）をご利用報告書（A4版1ページ）に簡素化して利用者の利便性を向上した。

2．適正な課金の見直し：共用施設の活動は、産総研法における技術指導、成果普及の業務として実施し、外部利用者に対しては技術研修と共同研究の制度で運用した。さらに、外部利用者への迅速な対応と研究支援高度化を実施するため、課金制度の見直しを行った。

［分　野　名］情報・エレクトロニクス

［キーワード］ナノテクノロジー、微細加工、異分野融合、人材育成

４）ナノテクノロジー・材料・製造分野
（Nanotechnology, Materials and Manufacturing）

---

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

研 究 統 括：金山　敏彦
副研究統括：清水　敏美

概　要：

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

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

ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室
（Research Planning Office of Nanotechnology, Materials and Manufacturing）

所在地：つくば中央第2
人　員：6名（5名）
概　要：

ナノテクノロジー・材料・製造研究分野における研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関する業務、研究分野間の連携の推進、プロジェクトの企画及び立案並びに総合調整に関する業務、経済産業省その他関係団体等との調整に関する業務、研究統括及び副研究統括が行う業務の支援に関する業務などを行っている。

機構図（2013/3/31現在）

［ナノテクノロジー・材料・製造研究分野研究企画室］
　研究企画室長　吉田　勝　他

業務報告データ
・平成25年度分野重点化課題の選定と予算案の策定
・nano tech2013への出展の取り纏め
・国プロの立案に向けた総合調整
・第3期研究戦略の平成25年度版への改訂
・技術研究組合との各種調整

②【ナノチューブ応用研究センター】
（Nanotube Research Center）
（存続期間：2008. 4. 1～）

研究センター長：飯島　澄男
副研究センター長：湯村　守雄
副研究センター長：佐々木　毅

所在地：つくば中央第5
人　員：23名（23名）
経　費：472, 490千円（336, 899千円）

概　要：

本研究センターでは、新産業創生で期待されるナノ構造体の代表であるナノチューブ構造体に着目し、これまで産総研において開発してきたカーボンナノチューブと有機ナノチューブを主軸とし、高機能性を付加しそれらの用途開発を進め、我が国の新たな産業育成に貢献する。また、ナノチューブ材料の国際標準化にも貢献する。さらに、ナノチューブ材料を含むナノ構造体の最高性能計測・分析技術の開発を独自に発展させ、世界をリードするナノチューブ材料の総合研究センターへの発展を目指すものである。

これまでの成果をもとに、企業と連携し実用化・産業化を進める。また、カーボンナノチューブと有機ナノチューブの融合を図り、新物質の開発を目指す。すなわち、カーボンナノチューブの実用化・産業化・標準化、有機ナノチューブの実用化・産業化・標準化、ナノチューブ複合材料の創製・実用化、世界最高性能計測・分析技術、ナノチューブ物質の実用化・産業化の研究開発を推進する。

具体的には、以下の研究開発を実施する。

1)　ナノチューブ材料の実用化・産業化

ナノチューブ大量合成技術のさらなる高度化をベースとして、カーボンナノチューブでは電子材料、高強度構造材料等に向けた用途開発を有機ナノチューブでは薬剤包接材料等に向けた用途開発を進める。

2)　ナノチューブ複合材料の創製・実用化

カーボンナノチューブ、有機ナノチューブ、両材料の接点として、ナノチューブの化学加工や複合化をもとに、バイオ応用等を目指した高機能性ナノチューブの開発を進める。

3)　世界最高性能計測・分析技術の確立

超高性能電子顕微鏡や光学的評価技術をベースとしたナノチューブ材料の計測・分析技術を確立する。

4)　グラフェン系ナノ材料の開発

ポストシリコンの有望な新素材グラフェンを用いたデバイスを実現するために、MW プラズマ CVD 法による高品質のグラフェンの大量合成法を確立する。

5)　ナノチューブ材料の標準化・リスク評価

本研究センターの高純度・高品質ナノチューブおよび高性能計測・分析技術を用いて、ナノ物質の国際標準化におけるイニシアティブを発揮する。また、

リスク評価においては産総研内外と連携して取り組む。

外部資金：
経済産業省「平成24年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業　凝集状態評価」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「短尺カーボンナノチューブの創製と CNT トランジスタへの展開」

独立行政法人科学技術振興機構「低加速高感度電子顕微鏡の開発とソフトマターの分子・原子レベル観察実験への応用」

独立行政法人科学技術振興機構「自己組織プロセスにより創製された機能性・複合 CNT 素子による柔らかいナノ MEMS デバイス」

独立行政法人科学技術振興機構「ナノチューブ近赤外発光を利用した次世代臨床検査システム」

発　表：誌上発表66件、口頭発表226件、その他15件

スーパーグロース CNT 合成チーム
（Super Growth CNT synthesis Team）
研究チーム長：Futaba Don
（つくば中央第5）

概　要：

画期的なカーボンナノチューブの合成法、スーパーグロース法（水添加化学気相成長法）を開発し、基板から垂直配向した単層カーボンナノチューブを高効率に高純度で成長させることに成功している。

このスーパーグロース法に基づく量産基盤技術開発を行い、「かつてない規模・価格での単層カーボンナノチューブの工業的量産」を目指している。より具体的にはカーボンナノチューブ成長効率を高める炭素源・温度・触媒賦活剤の開発、大面積合成技術や連続合成技術開発などである。さらに、カーボンナノチューブには直径・長さ・結晶性・密度など、さまざまな構造の多様性を有するが、これらの構造が各用途に適したものに調整されたカーボンナノチューブの成長技術を開発する。さらにはこれらのすり合わせ合成技術の量産化検討を進める。

研究テーマ：テーマ題目１

スーパーグロース CNT 用途開発チーム
（Super Growth CNT Application Team）
研究チーム長：畠　賢治
（つくば中央第5）

概　要：

スーパーグロース単層 CNT を用途で活用するためには、単層 CNT カーボンナノチューブの優れた性能を損なうことなく、分散･成形加工･複合化する技術を開発して、部品・部材などに作り、デバイスに組み込む必要がある。そのため、長尺の配向スーパーグロース単層 CNT の特長を活かした、成形加工･微細加工･分散手法の開発を行っている。

これらの技術を活用して、CNT のポテンシャルを十分に引き出した、従来にない革新的な機能を有する部材やデバイスを開発、実用化研究へと取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目２

流動気相成長 CNT チーム
（Direct Injection Pyrolytic Synthesis Team）
研究チーム長：斎藤　毅
（つくば中央第4・第5）

概　要：

直噴熱分解合成法（DIPS 法）を用いた単層カーボンナノチューブ（CNT)の量産的合成技術および直径制御合成技術を高度化することなどにより、単層 CNT の特性を決定する構造パラメータである直径・長さ・カイラリティ・結晶性にする合成・分離精製（一次構造制御）技術開発を行う。さらに、単層 CNT を各種応用に適した形態に加工するために薄膜化・パターニング・配向・紡糸といった二次構造制御の基盤技術開発にも取り組みつつ、企業との共同研究を積極的に推進し、社会的ニーズが高い省資源・低コスト製造プロセスであるプリンテッドエレクトロニクスデバイスをはじめとした多方面に及ぶ実用化・産業化研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目３

有機ナノチューブ材料チーム
（Organic Nanotube Materials Team）
研究チーム長：増田　光俊
（つくば中央第5）

概　要：

的確に設計された分子は、自己集合と呼ばれるシンプルかつ省エネルギーなプロセスによってナノレベルで構造や形態が制御された種々のナノ構造材料を自発的に形成する。本手法で生み出されるチューブ状ナノ構造材料（有機ナノチューブ）は低環境負荷で、生体適合性の高い脂質分子から構成されており、また、内部に均質な中空ナノ空間を有している安心・安全なナノ構造材料である。当研究チームでは、これらナノ構造材料創製の基盤技術である形態・サイズ制御技術や、内包する中空ナノ空間の科学の確立、さらに用途に応じた合目的な有機ナノチューブ開発やその表面修飾や

複合化技術、スケールアップなど合成技術の高度化によって、薬剤包接材料等として医療・ナノバイオ分野、食品・健康分野、環境・農業分野等での用途開発に取り組んでいる。
研究テーマ：テーマ題目４

機能性ナノチューブチーム
（Functional Nanotube Team）
研究チーム長：湯田坂　雅子
（つくば中央第5）
概　要：
ナノカーボンの小さなサイズと特異な光学的特性を利用することで、これまで困難であった疾病診断・治療を容易にすることを目標にして研究を行っている。ナノカーボンは小さなサイズにもかかわらず、医療的に有用な機能をいくつか同時に持つことができ、また、それ自身、光熱変換により低侵襲で局所加熱可能であり、将来的にがん治療などに使える可能性が高いことを示してきた。
ナノカーボンの中でもカーボンナノチューブは、生体物質透過性が高い近赤外蛍光を発するという稀有な光学的特性を持つ。この特性に着目し、臨床検査において有用な近赤外蛍光ラベルとして、カーボンナノチューブの用途開発を行っている。
このような応用研究を行うと同時に、ナノカーボンの毒性・安全性を調べ、ナノカーボンが安全に使える条件を明らかにすることを目指している。
研究テーマ：テーマ題目５

カーボン計測評価チーム
（Nano-Scale Characterization Team）
研究チーム長：末永　和知
（つくば中央第5）
概　要：
カーボンナノチューブやフラーレン、グラフェンなどのナノカーボン物質の多様な構造を正確に把握し、そこで生じる特異な物理・化学現象の実験的検証を進めることは、ナノカーボンの科学の探求と画期的な応用法の確立の両面において、極めて重要な課題である。超高感度電子顕微鏡装置開発を通じ、これまで困難であったナノカーボン材料における原子レベルでの元素同定や構造解析法を実現する。それとともに、これら評価技術を駆使した新たなナノカーボン材料のナノスペース科学の構築とその応用を目指した研究開発を行う。
研究テーマ：テーマ題目６

ナノ物質コーティングチーム
（Nano-coating Team）
研究チーム長：長谷川　雅考
（つくば中央第5）
概　要：
グラフェンおよびナノ結晶ダイヤモンド薄膜（ナノダイヤ薄膜）を中心としたナノ材料コーティング技術の開発および構造、物性、機能等の評価解析を行うことにより、機械的機能あるいは化学的・電気的機能に優れ、環境に適合するコーティング製品を開発することを目的としている。
気相化学蒸着法（CVD）による高品質なグラフェンの大面積・低温形成技術を開発するとともに、ロール TO ロール合成法などの量産技術の開発を行う。
研究テーマ：テーマ題目７

高度化ナノチューブチーム
（Advanced Nanotube Team）
研究チーム長：岡崎　俊也
（つくば中央第5）
概　要：
ナノテクノロジーにおけるボトムアップアプローチの最も効率的な手段として、分子を非共有結合性の弱い相互作用によって自己集合的に組織化し、ナノ構造体を合成する手法がある。カーボンナノチューブの内部はそのような分子集合体にとって格好の空間とみなすことができる。このような制限されたπナノ空間に機能性を持ったナノ構造を構築し、エレクトロニクス、フォトニクス、バイオなどへの応用を行う。
また、カーボンナノチューブは代表的ナノ物質としていち早く国際標準化への取り組みが行われている。そこで、分光学的手法によるカーボンナノチューブ評価法の国際標準化を ISO などの国際機関を通じて行う。そして、ナノテクノロジー分野における我が国の優位性の維持、確保に貢献する。
研究テーマ：テーマ題目８

［テーマ題目１］高い収率でカーボンナノチューブ成長を可能にする、CVD 合成における炭素源材料の探索

［研究代表者］Futaba Don
（スーパーグロース CNT 合成チーム）
［研究担当者］Futaba Don、畠　賢治、湯村　守雄、桜井　俊介、石沢　佐智子、佐藤　潤一
（常勤職員4名、他2名）

［研 究 内 容］
単層カーボンナノチューブはその優れた物理・化学的特性のため、次世代デバイスのコア素材として期待されている。しかしながら、単層カーボンナノチューブの産業化を実現するためには、その合成コストを圧倒的に下げる必要がある。
産総研で開発されたスーパーグロース法は、単層カーボンナノチューブを高効率で成長させることができるた

め、低コスト量産技術しとしての期待が持たれる。しかしながら、商業化を実現するためには、さらなる高効率化が必要である。

本研究では、スーパーグロース合成法をより高効率化するのに適した炭素源の探索を行った。従来のカーボンナノチューブ合成では、エチレンやアセチレンといった反応性の高い不飽和直鎖炭化水素分子を炭素源として選択し、これを鉄触媒で分解することによりカーボンナノチューブを合成していた。本研究では、用いる炭素源分子として従来検討されてこなかった、プロパン・ブタンといった飽和炭化水素やトルエンなど環状炭化水素分子にまで範囲を広げて探索を行った。その結果、反応性がエチレンなどより低いブタンを用いることで、予想外にも、2.5倍（エチレン比）もの高い収量を得ることができた。

エチレンなど反応性の高い炭素源を高濃度で用いると触媒粒子がアモルファスの炭素で覆われ不活性化してしまう。そのため、最適な速度でカーボンナノチューブを成長させるためには、炉内に導入するエチレン濃度をかなり薄める必要がある。

一方、反応性の低いブタンやプロパンを用いると触媒の不活性化の頻度が落ちるため、炉内に高濃度で導入しても触媒の寿命が長く保たれる。現在この新しい知見に基づき、実際の商業プラントにおいて用いる炭素源としてより適した材料の検討を行っている。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］カーボンナノチューブ、スーパーグロース

［テーマ題目２］自己組織プロセスにより創製された機能性・複合 CNT 素子による柔らかいナノ MEMS デバイス

［研究代表者］畠　賢治
（ナノチューブ応用研究センター）
［研究担当者］畠　賢治、湯村　守雄、山田　健郎、Futaba Don、小橋　和文、関口　貴子、田中　文昭、LASZCZYK Karolina Urszula、山田　幸子、山本　由貴、浜名　志帆、彦坂　理恵（常勤職員5名、他7名）

［研 究 内 容］

CNT はその優れた物理・化学的特性のため、次世代デバイスのコア素材として期待されている。しかしながら、CNT デバイスを実用化するためには、所定の位置に所望の量の CNT を敷設し、かつ配向方向・形状を任意に制御して、多様かつ設計された機能を有する CNT デバイスを安定に再現性良く製造する技術が必須である。このような高度な構造制御が必要なため、CNT デバイスは、CNT を大量にバルク材料として使用する用途より、実用化が遥かに困難となっている。

本研究では、カーボンナノチューブ（CNT）MEMS デバイス産業を実現するための、デバイス基盤製造技術と、異材料とのインテグレーション技術を開発している。ボトムアップの技法と微細加工技術を組み合わせて、CNT の位置・形状を自由自在に制御しながら集積化、異材料とインテグレーションさせ、デザインされた機能を有する CNT 素子・ナノ（MEMS）デバイスの創製を目標としている。

これまで我々のグループでは、CNT の超高効率成長法である、スーパーグロース法を用い、基板からシート状に垂直配向した、CNT のマクロ構造体「CNT シート」を作製した。それを成長基板から剥がして、デバイスを製造する基板上に液滴を導入し、その乾燥時に、シートの CNT 同士を液体の表面張力で引きつけ高密度化し、同時に基板にも密着させ貼り付ける技術を開発した。これにより、CNT が平面的一方向に配向し、高密度に集合し板状になった「CNT-wafer」を、任意の基板の任意の位置に、任意の配向方向をもって形成可能とする「CNT シートを基板に貼って作るデバイスの製造技術開発」を行ってきた。本年度は、CNT シート貼り付け技術に基づいて、CNT センシング構造体の作成に成功した。開発した CNT ツイストセンサーは、人体やロボットの動作をモニターでき、ストレッチャブルデバイス、ヘルスケア、バーチャルリアリティ等の広い分野で応用が期待される。

CNT の新規な機能発現を目指し、異材料との複合化技術を開発するため、CNT の密度制御技術、形態制御技術の開発を行った。特にフレキシブルキャパシタ、ナノメカトロニクスやバイオ発電デバイスに特化した複合化技術の開発に取り組んでいる。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］カーボンナノチューブ、スーパーグロース、CNT-wafer、デバイス

［テーマ題目３］DISP 法による超高品質単層カーボンナノチューブの量産技術と材料加工技術開発およびその応用探索

［研究代表者］斎藤　毅（流動気相成長 CNT チーム）
［研究担当者］斎藤　毅、大森　滋和、栗原　有紀、仲野　瞬、八名　純三、清宮　維春、陳　勁風、平井　孝佳、二瓶　史行、沼田　秀昭、原　匡宏、柴田　怜那、小林　明美、大和田　貴子、橋本　裕、星　和明、佐藤　雄己、山中　操、巽　かおり、菊地　悠太、佐々木扶紗子（常勤職員2名、他19名）

［研 究 内 容］

本研究では単層カーボンナノチューブ（CNT）を高効率低コストで大量に製造可能なプロセスである直噴熱分解合成法（DIPS 法）の高度化開発と、この合成プロ

セスで得られる超高品質単層 CNT の直径を制御する技術、短尺化あるいは長さ分級等で長さを制御する技術、金属型・半導体型に分離精製する技術、薄膜・インク・線材などに加工するための基盤技術および単層 CNT の産業応用探索を行っている。平成24年度における進捗を以下に述べる。

DIPS 法では炭素源およびキャリアガスの種類、濃度、触媒および助触媒組成、反応温度など制御によって、単層 CNT の平均直径、結晶性、層数など CNT 形状を作り分けることが可能である。また分離精製技術によって金属/半導体分離や長さ分級することも可能である。そこで平成24年度は各種形状の単層 CNT の透明導電性能を評価したところ、比較的細い直径の CNT は導電性に優れるという結果を得た。また、長さが長いほど導電性が向上する傾向も確認した。これらの結果を国内外で上市されている単層 CNT や多層 CNT の評価結果や、これまでに誌上発表されているデータなどと比較し、eDIPS 法 CNT の高い透明導電性能と導電材料用途における優位性を実証した。さらに得られた eDIPS 法単層 CNT の透明導電膜を利用したタッチパネルの試作を行い、産総研オープンラボにてデモンストレーションを行った。

また、導電用途だけではなく、半導体用途の研究開発として電界層形成分離（ELF）法で分離した半導体型 eDIPS 法単層 CNT を用いて薄膜トランジスタを作製して半導体性能の評価も行ったところ、オンオフ比10^7以上（移動度1～2cm^2/Vs 程度）のデバイス特性を得た。

本研究で得られる知見を用いて、今後省エネルギー、かつ低コストで製造することができる電子デバイス製造技術であるプリンテッドエレクトロニクスに適する単層 CNT インク材料の創成に向けて研究を展開する。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］ナノチューブ、CVD、印刷技術、トランジスタ

［テーマ題目４］有機ナノチューブのテイラーメード化と合成の高度化研究開発

［研究代表者］増田　光俊
（有機ナノチューブ材料チーム）
［研究担当者］増田　光俊、南川　博之、小木曽　真樹、青柳　将、亀田　直弘、石川　和孝、
丁　武孝、和田　百代
（常勤職員5名、他3名）

［研 究 内 容］

分子の自己集合で得られる有機ナノチューブ、ナノファイバー、ナノカプセルなどのナノ材料について、医療・ナノバイオ分野、食品・健康分野、環境・農業分野などでの応用を目的とする。このため、利用目的に応じた当該ナノ材料のテイラーメード化、実用化のためのスケールアップ、異種材料とのハイブリッド化などの技術を開発する。

平成24年度は、有機ナノチューブについて抗がん剤のカプセル化とその放出制御、そして変性したタンパク質のカプセル化によるリフォールディング促進機能の開発などを行った。

抗がん剤のカプセル化では具体的に、内表面に負電荷を持つ有機ナノチューブと正電荷を持つドキソルビシンを溶液中で混合することで、チューブ内へのカプセル化が定量的に進行し、その後の精製作業が不要であるという優位性を持つことを明らかにした。生理条件下での本カプセル化物からの薬物放出を制御するため、チューブ内表面の疎水化を検討した。そして水への分散性を損なうことなくチューブ内表面のみを選択的かつ連続的に疎水化することが可能となり、この疎水化の割合によってドキソルビシンの生理条件下での放出を任意に制御出来ることがわかった。また、シスプラチン（抗がん剤）においても同様、チューブ内表面との相互作用によって選択的にカプセル化が進行すること、そして生理条件下では徐放が可能であることがわかった。

一方、有機ナノチューブによる変性タンパク質のリフォールディング促進機能についても検討した。そして有機ナノチューブを自己集合によって形成させる際、化学的に変性したタンパク質を共存させておくと、チューブ内表面との相互作用によって効率的にチューブ内にカプセル化されることを見いだした。そしてチューブ複合体から変性剤を除去すると、変性タンパク質の一部が正常な構造へ折りたたまれることを明らかにした。さらにｐＨ を変化させるとチューブ内表面との相互作用が消失して、タンパク質が放出されるが、その際にも変性状態からの折りたたみが進行した。

結果として、従来の界面活性剤を用いる方法に比べて5倍以上の高い折りたたみ効率を示し、さらに正常なタンパク質のみがチューブから簡便に回収されるという優位性を見いだした。これらの成果はバイオリアクターなどへの応用が期待できる。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］ナノチューブ、ナノファイバー、自己集合、包接、放出

［テーマ題目５］ナノカーボンの医療応用

［研究代表者］湯田坂　雅子
（機能性ナノチューブチーム）
［研究担当者］湯田坂　雅子、張　民芳、中村　真紀、Mei Yang、河島　明美
（常勤職員2名、他3名）

［研 究 内 容］

カーボンナノチューブ（CNT)を近赤外蛍光（NIR）ラベルとして用いた免疫沈降試験、ホウ素中性子線補足療法剤開発、カーボンナノホーン（CMH）の毒性・安

全性に関する研究を行った。

CNT にリン脂質 PEG を介して IgG 抗体を付加し、IgG とプロテイン G が特異的に反応したことを CNT の NIR 蛍光測定により確認し、その蛍光強度から、CNT の NIR 蛍光を用いた時の免疫沈降実験における抗原検出限界が nM 以下であることを確認した。これにより、CNT が NIR 蛍光ラベルとして免疫沈降実験の新たなラベルとして使えることが確実となり、様々な疾病に対する免疫沈降試験へ発展が期待できる。

AIST－筑波大－アステラス3者連携および分野融合戦略予算テーマである NIR イメージング研究では、中性子線補足療法の新規ホウ素剤としてホウ素内包 CNH を作製し、その表面修飾では、新規手法を開発（特許申請予定）した。

毒性・安全性の研究では、体内に入った CNH がマクロファージに蓄積することに着目し、マクロファージに対して細胞毒性が発現するメカニズムの詳細な研究を行った。その結果、大量に CNH を内包したマクロファージでは、CNH はリソソームに蓄積し、リソソーム膜を傷害し、カテプシンを漏出することで、アポトーシスに至るいくつかの経路が活性化されることを明らかにした。有害なサイトカイン放出は伴わず、つまり、個々の細胞死が広範な障害を引き起こしにくいこともわかり、これまで得られた CNH 低毒性の一因を明らかにした。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］ナノチューブ、臨床検査、毒性

［テーマ題目６］カーボン計測制御技術の開発

［研究代表者］末永　和知（カーボン計測評価チーム）
［研究担当者］末永　和知、佐藤　雄太、劉　崢、越野　雅至、OviduCRETU、YungChan Lin、新見　佳子、佐藤　香代子、齋藤　昌子
（常勤職員4名、他5名）

［研 究 内 容］

カーボンナノチューブ応用のための要素技術開発として、超高感度電子顕微鏡装置開発を通じ、これまで困難であった新炭素系物質における原子レベルでの元素同定や構造解析法を実現する。それとともに、これら評価技術を駆使した新炭素系物質のナノスペース科学の構築とそれを制御した新機能発現とその応用を目指した研究開発を行う。

また、化学反応の素過程の観察や単分子の構造解析など化学・生物分野への電子顕微鏡解析手法の展開を図る。新しい収差補正技術の確立や試料作製技術などの発展にも貢献する。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］電子顕微鏡、収差補正、欠陥構造、ピーポッド、内包フラーレン、光学測定

［テーマ題目７］ナノ物質コーティング応用研究開発

［研究代表者］長谷川　雅考
（ナノ物質コーティングチーム）
［研究担当者］長谷川　雅考、石原　正統、山田　貴壽、金　載浩、川木　俊輔
（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

①高品質・大面積グラフェンの形成技術開発

当センターで開発したマイクロ波プラズマ CVD を用いた低温・大面積・短時間グラフェン合成技術をさらに発展させた。銅箔基材の表面特性向上、プラズマ CVD の条件探索によりグラフェン透明導電膜の低抵抗化に成功した。さらに幅60cm の銅箔を基材とするロール TO ロール方式のグラフェン合成装置を試作し、グラフェンの連続合成を実現した。グラフェンの連続転写・高品質加工技術の開発を進め、グラフェン超薄型ヒーターの試作に成功した。

②ナノダイヤコーティングの用途開発

ナノ結晶ダイヤモンド薄膜を利用した用途として、機械部品の無潤滑トライボコーティングおよび精密切削工具用保護膜の開発を行った。膜硬度と密着強度の大幅な向上を達成した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］グラフェン、ロール TO ロール成膜、ナノ結晶ダイヤモンド薄膜、マイクロ波プラズマ CVD、トライボロジー、切削工具

［テーマ題目８］カーボンナノチューブ品質評価法の開発

［研究代表者］岡崎　俊也
（高度化ナノチューブチーム）
［研究担当者］岡崎　俊也、丹下　将克、飯泉　陽子、森本　崇宏、境　恵二郎、桑山　豊、高野　玲子、鈴木　宏紀、鈴木　尚樹
（常勤職員2名、他7名）

［研 究 内 容］

赤外吸収を利用することによってカーボンナノチューブの長さを評価する方法を検討している。平成24年度は、評価法の適応範囲を広げるため、ポリマー膜中に単層 CNT を分散させた試料の測定を行った。その結果、ポリマー中のナノチューブ試料からも、ナノチューブ薄膜試料とほぼ同様の赤外吸収スペクトルを得ることができた。測定によって算出された赤外吸収ピーク位置は、膜抵抗率と正の相関があった。赤外測定で得られるピーク位置が物理的に何に対応するのかを明らかにできれば、より定量的な評価につながると考えられる。

また、カーボンナノチューブ品質評価のため、赤外吸収スペクトルに対する、炭素不純物の影響やラマンスペクトルにおける G/D 値との関連性を調べた。赤外吸収

ピーク位置は炭素不純物の存在に鈍感であることや、G/D 値との関連が低いことがわかった。赤外吸収とラマン散乱を組み合わせることによって、カーボンナノチューブ品質が評価できるという可能性を示した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］カーボンナノチューブ、品質評価、分光

③【集積マイクロシステム研究センター】

（Research Center for Ubiquitous MEMS and Micro Engineering）

（存続期間：2010. 4. 1～）

研究センター長：前田　龍太郎

副研究センター長：廣島　洋、伊藤　寿浩

所在地：つくば東

人　員：23名（23名）

経　費：556,632千円（197,313千円）

概　要：

本ユニットでは情報技術分野に必要とされる、微細加工を利用したマイクロデバイスに関する研究開発およびその分野に関連する人材を養成することをミッションとする。

経済産業省では現在つくばにナノテク拠点（つくばイノベーションアリーナ-Nano）計画を進めている。MEMS 分野はこの中で6つのコア領域のうち、主要な分野と位置付けられている。この拠点化構想において産総研は、精密機械工業と情報産業、装置ベンダー、材料メーカーを融合した業界とのオープンイノベーション拠点形成を目指す。つくば拠点におけるナノエレクトロニクス等半導体、カーボン系の新材料等の研究ユニットとの連携を強化し、我が国の自動車や情報家電、健康医療デバイス等の競争力を強化する。MEMS 技術の実証の場として、クリーンルームやデータセンター、およびコンビニでの省エネを行ってきたが、さらに今年度は先進製造プロセス研究部門、サービス工学研究センター、エネルギー技術研究部門等と連携し、上記に加えて中堅・中小ものづくり工場での MEMS 技術による省エネ実証等を実施することにより関連産業の競争力を強化する。

産業界と連携して MEMS デバイスの量産技術の開発および集積化 MEMS 試作環境の整備を行う。同時に環境に対して優しくコストの低いグリーンフレキシブル微細加工、および大面積ナノ製造技術を開発し、さらにそれらを使ったユビキタス電子機械システム、特にユビキタスグリーン見守りシステムや国民の安全安心や先端医療に資するユビキタスシステムの開発を行う。

これらの研究開発に加え、MEMS 試作ファウンドリサービス・人材育成による産業化促進等の共通基盤技術により、第3期中期計画の達成を図る。

平成24年度は、ナノテクノロジー・材料・製造分野の重点課題として位置づけられた下記の2つの重点課題を中心として研究を推進する。

第3期加速のための重点化課題

・高集積マスプロダクション技術の開発

光学機能、表面機能、生体適合性などの様々な特性を有するナノ構造を、大面積、高生産性、低環境負荷で製造するナノ構造形成技術と、それら異種の特性を有したナノ構造体と MEMS や半導体を融合するための集積化製造技術を開発することにより、産業競争力の強化と生産活動における環境負荷の低減に貢献する高集積マスプロダクション技術を開発する。平成24年度は特にナノインプリント技術による高効率大面積微細構造作製技術の開発を行う。

第3期推進のための重点化課題

・ユビキタス電子機械システムの開発

バイオ、化学、エネルギーなど異分野のデバイスを融合・集積化した MEMS デバイスを製造するための技術ならびに低消費電力かつ低コスト MEMS コンポーネント製造技術を開発し、安全安心や省エネルギー社会実現に資するユビキタスマイクロシステムを開発する。平成24年度は特に安全安心に関し、平成23年度に引き続き放射性物質のモニタリングに特化したサブテーマと動物や人間の健康モニタリングを行うライフインタフェースシステムに関し検討する。

内部資金：

分野重点課題「高集積・大面積製造技術の開発」

分野重点課題「ユビキタス電子機械システムの開発」

分野加速課題「実証研究のための高信頼性スマートセンサーシステムの開発」

分野加速課題「大面積3次元微小構造体の研究開発」

研究組合連携インセンティブ（BEANS 研究所）「マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発」

研究組合連携インセンティブ（NMEMS 技術研究機構）「グリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発」

外部資金：

独立行政法人日本学術振興協会

最先端研究開発支援プログラム「フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発」

最先端研究開発支援プログラム「マイクロシステム融合研究開発」

科学研究費補助金（特別研究員奨励費）「グリーンアプリケーションのために繊維状基材連続微細加工技術の開発」
科学研究費補助金（基盤研究(A)）「牛消化器疾病早期摘発のための無線ルーメンセンサ・ネットワークシステムの開発」
科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「ソーレ効果を活用したガス分離用マイクロ流体デバイスの開発」
科学研究費補助金「無線通信による熱中症予防支援システムの構築と被服環境デザインの最適化」
科学研究費補助金「圧電素子を用いた高出力振動発電装置の実用化に関する研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
ナノテク・部材イノベーションプログラム「水素及び空気（酸素）の直接反応法に基づいた過酸化水素新規製造プロセスの研究開発」（三菱瓦斯化学株式会社（NEDO 再委託））

独立行政法人科学技術振興機構
戦略的創造研究推進事業 CREST“超高速ナノインプリントリソグラフィ技術のプロセス科学と制御技術の開発”「超高速ナノインプリントリソグラフィー高スループットー」
戦略的創造研究推進事業 CREST“ULP ユビキタスセンサの IT システム電力最適化制御への応用”「ULP ユビキタスセンサの開発」
戦略的創造研究推進事業　さきがけ“ナノシステムと機能創発”「ナノ格子制御による薄膜キャパシタ構造の作製と剥離・転写・接合によるナノ電子部品用実装技術の確立」
復興促進プログラム（マッチング促進）「マイクロマシン・ミラー・アレーを用いた精密光源の開発」
復興促進プログラム（マッチング促進）「無反射ナノ構造体による撮像用マイクロレンズの製造技術開発」

発　表：誌上発表125件、口頭発表162件、その他29件

グリーンナノデバイス研究チーム
（Green Nano Device Research Team）
研究チーム長：廣島　洋
（つくば東）

概　要：
MEMS 作製においては、通常、光リソグラフィによりマイクロメートル程度のマスクパターンを形成し、後段のプロセスが行われる。ナノインプリントは低コストでグリーンなリソグラフィであり、ナノメートル級のパターン形成が行えるほか、任意の断面形状のパターンを直接形成可能である。このナノインプリント技術を高度化し、MEMS 作製に適用することで MEMS の低コスト化、高性能化への展開を図る。
研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目４、テーマ題目５、テーマ題目８、テーマ題目10、テーマ題目15、テーマ題目16

ヘテロ融合研究チーム
（Hetero Convergence Team）
研究チーム長：松本　壮平
（つくば東）

概　要：
MEMS 技術と異分野における微小スケール効果応用技術の融合を通じて、環境モニタリングやヘルスケアなどの応用領域に適応する MEMS デバイスに求められる新しい微細加工技術・デバイス技術を実現するための研究開発を推進する。具体的には、3次元微細構造やマルチスケール構造を実現する微細加工技術、これらと流体・物質との相互作用に基づくデバイスの構築とシミュレーション技術を中心に研究開発を実施する。長期的には、これらの融合によりユビキタスマイクロシステムにおける化学・物理センサ機能、エネルギー変換機能等を有するマイクロデバイスの実現を目指す。
研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目２、テーマ題目５、テーマ題目６、テーマ題目８、テーマ題目９、テーマ題目11、テーマ題目14、テーマ題目16、テーマ題目18

大規模インテグレーション研究チーム
（Large Scale Integration Research Team）
研究チーム長：高木　秀樹
（つくば東）

概　要：
高機能で高付加価値なシステムを実現するため、MEMS や LSI などの異種デバイスの集積化技術の開発を進めている。これら集積デバイスの製造プロセスにおいて、集積化およびパッケージング工程はコスト面で大きな比率を占めており、それら工程の高効率化と低コスト化は重要な課題となっている。本チームでは、MEMS と異種デバイスを高効率に集積化するための、高精度高速位置決め技術や低ダメージ接合技術の開発を行っている。また、半導体製造プロセスに比べて装置コストが遥かに小さく且つ高い生産性を有する、射出成形をはじめとする微細成形技術を MEMS 製造に適用するための開発を進めている。さらに、微細ナノ構造による各種表面機能の実現と、これを利用した新たな動作原理を持つデバイスやパッケージング技術の開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目４、テーマ題目５、テーマ題目６、テーマ題目８、テーマ題目15、テーマ題目19

ネットワーク MEMS 研究チーム

（Networked MEMS & Man-Machine Science Researech Team）

研究チーム長：一木　正聡

（つくば東）

概　要：

通信機能をもつセンサ端末であるセンサネットワーク等を駆使して環境センシングやエネルギー消費最適化等を行う技術や、人間・生体の健康管理、安全安心のための自然界・人工物のモニタリング技術を開発するとともに、製造技術の省エネルギー化や環境調和化のため、ユビキタス電子機械システムの開発を行っている。

具体的には、物理量や化学量センサ、発電機能素子など異分野融合デバイスを統合した数 mm 角以内の通信機能付きセンサノードチップを実現するための要素技術・集積化・実装技術の開発を行うとともに、センサノードのプロトタイプデバイスを用いて、上記のセンシング・モニタリングシステムの開発を進めている。また高齢者や幼児の見守りシステムに応用可能なヒューマンインターフェースの調査・開発研究を積極的に進めている。実証試験として、コンビニエンスストアにおける電力消費モニタリングを行い、データの収集環境の整備を行った。

さらに、これらのデバイス・システムの社会への還元を積極的に推進するため、オープンイノベーション拠点としての TIA（つくばイノベーションアリーナ）-N-MEMS 拠点の立ち上げ・充実化・運用を主導するとともに、この中で大学・企業等との連携を積極的に進めるため、人材育成サービスプログラムおよび MEMS ファウンドリシステムの充実化を図っている。

研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目３、テーマ題目４、テーマ題目６、テーマ題目８、テーマ題目10、テーマ題目12、テーマ題目13、テーマ題目17

ライフインターフェース研究チーム

（Life Interface Research Team）

研究チーム長：亀井　利浩

（つくば東）

概　要：

ライフサイエンスの最前線は、分子生物学的な手法による、核酸、たんぱく質など生体分子の構造・機能の解明から、様々な生体分子が高度に組織化されたシステムとしての細胞や生命体を理解する方向にシフトしている。このような文脈の中で微小電子機械システム（MEMS）、マイクロ流路技術、および半導体集積回路は、並列動作・処理、小型性、三次元加工、試薬消費量の低減、分析の高速化等の特徴により、今後、Point-of-Care 診断、創薬、再生医療、個別化医療を革新し、少子高齢化社会を迎える我が国において、生活の質を維持しながら、医療費の削減できる技術として期待されている。これを実現するために、明確な出口イメージを描きながら、オンサイトで化合物が作製できるマイクロリアクター技術、圧電 MEMS 技術など、異なる専門分野を融合し、システムレベルでの設計・動作・性能の最適化を図っていく。また、ライフサイエンス分野では、産業界、大学、公的研究機関等、産総研内外の研究人材を積極的に糾合していくことがイノベーションにとって特に重要であるため、MEMS 共用施設の活動の一翼を担うことによって、ライフイノベーションを実現することを目指す。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目２、テーマ題目５、テーマ題目６、テーマ題目７、テーマ題目８

Macro BEANS連携研究体

（Collaborative Research Team of Macro BEANS）

連携研究体長：伊藤　寿浩

（つくば東）

概　要：

Macro BEANS 連携研究体は、「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」（BEANS プロジェクト）（経済産業省・NEDO 委託費）（H20～H24）の主要な研究開発項目の一つである「マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発」を産総研において産学連携の集中研方式で実施するために設置された。

本連携研究体における集中研方式による共同研究には、技術研究組合 BEANS 研究所に出向する3企業の研究者および同研究所契約研究員1名が参加するほか、大学研究者も参加している。

マイクロ・ナノ構造を有する高品位機能膜をメーター級の基板に真空プロセス装置を用いずに形成する製造技術と、基板の大面積化を伴うことなく、メーター級のフレキシブルシートデバイスを実現する、製織技術などを活用した新たな製造技術を創出する事を具体的目標とする。

研究テーマ：テーマ題目５、テーマ題目９

［テーマ題目１］高集積・大面積製造技術の開発

［研究代表者］廣島　洋

（グリーンナノデバイス研究チーム）

［研究担当者］廣島　洋、高木　秀樹、亀井　利浩、栗原　一真、張　毅、魯　健、倉島優一、銘苅　春隆、尹　成圓、高松　誠一

（常勤職員10名）

［研究内容］

この研究では、高機能で安価かつ大面積での MEMS 製造技術を開発することを目指している。具体的には、100nm より微細な3次元構造体をメートル級の大きさにわたり、低コストかつ低環境負荷で、レジストや金属メッキ構造体、多結晶シリコン材料等を用いて MEMS を量産するための基盤技術を開発する。

低コストのプロセス技術である射出成形技術により MEMS デバイスを大量生産する技術を開発した。プロトタイプデバイスとして可変照明用 MEMS ミラーを試作するとともに、駆動および制御回路を合わせて開発し、デバイスの性能評価や信頼性の評価を行った。

パターニングが容易で安定性に優れる疎水性の単分子膜を用いて、微小なチップ部品を純水の表面張力を用いてキャリアウェハ上に高速高精度で位置決めする技術を開発した。さらにチップ部品の一括転写を実現するため、疎水性単分子膜パターンによりキャリアウェハとチップとの結合力をコントロールする技術を開発した。

大面積の MEMS デバイスとして、繊維に配列した MEMS を織り込むことにより作製する新しい MEMS 作製手法の応用例として、LED チップをファイバーに搭載し、織り込んだ1m し、織の大面積発光ファブリックを開発に成功した。

耐熱性のあるポリイミドの加工法として、光反応型のブロック共重合型ポリイミドの光熱併用インプリント手法に取り組み、パターン形成後の加熱方法の改善により従来方法では得るのが困難な非常に良好な形状を有する3μm 幅の埋め込み配線用パターン形成に成功した。

ナノインプリントのリソグラフィへの適用を目指して、残膜の均一化が図れる容積均一化モールドを数10ナノメーターの寸法領域に対応可能なモールド作製プロセスを構築し、作製した容積均一化モールドにより光ナノインプリントを行い、残膜が均一なナノメータパターン形成を実証した。

このほか、MEMS 関連のセミナーやオペレーション指導、さらに、信州大学との連携大学院、茨城大学、東京理科大学、筑波大学からの研修生受け入れを通じて、教育への貢献と人材育成に役立てている。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］MEMS 製造ライン、人材育成事業、大面積インプリント、ポリマーMEMS

［テーマ題目２］ユビキタス電子機械システムの開発

［研究代表者］伊藤　寿浩（副研究センター長）

［研究担当者］伊藤　寿浩、松本　壮平、池原　毅、小林　健、岡田　浩尚、鈴木　章夫、森川　善富、井上　朋也、高田　尚樹、松本　純一（常勤職員10名）

［研究内容］

つくば東2G 棟クリーンルームにおける夏の空調省エネの取り組みでは、消費電力モニタリングシステムを活用した機器の運転調整と空調機循環ファンのインバーター化改修により、7～8月消費電力平均値で平成22年度の約59MWh から平成24年度は約21.6MWh と約63%の削減を達成した。

ライフインターフェースデバイスとして、鶏健康モニタリング無線センサ端末の開発を行った。平成23年度までに試作を行った端末に用いてきた低周波 Si 圧電加速度（活動量）センサでは耐久性に問題があったため、平成24年度は PVDF フィルムを利用した加速度（活動量）センサを搭載した端末を開発した。鶏の微小加速度を検出できるよう、端末基板自体を錘とし、その固定端をケースとする新たな PVDF カンチレバー構造を開発した。この端末を鶏に取り付け、微小な加速度を検出できることを実証した。

化学プロセス等を行うマイクロ流体デバイスの構築に必要となるマイクロ流内や多孔質等複雑形状内における自由界面を伴う流れのシミュレーション技術に関して、自由界面モデルであるフェーズフィールドモデル（PFM）の適用範囲を拡張し、解法として有限要素法（FEM）および格子ボルツマン法（LBM）の数値安定性を向上させる改良を行った。この結果、表面張力が支配的かつぬれ性の影響が大きいことなどから従来の方法では高精度な計算が困難な対象であったマイクロ流路内スラグ流形成過程等の高精度シミュレーションが可能となった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］無線センサネットワーク、電力モニタリングシステム、ヒューマンインターフェース、マイクロ流体、化学合成、流体シミュレーション

［テーマ題目３］実証研究のための高信頼性スマートセンサーシステムの開発

［研究代表者］前田　龍太郎（研究センター長）

［研究担当者］前田　龍太郎、伊藤　寿浩、鈴木　章夫、藤本　淳（常勤職員3名、他1名）

［研究内容］

セブンイレブン・ジャパンとの共同研究「スマートセンサーを活用したスマートコンビニエンスストア実現に向けた実証研究」と並行して、スマートコミュニティ実証実験の一つとして、集積マイクロシステム研究センター各チーム・関連技術研究組合などが平成23年8月より集結するつくば東事業所4G 棟の消費電力モニタリング実証実験を行いながら、高信頼性スマートセンサーと、その分析（プロファイリング）システムを開発することを目的とした。

特に平成24年度（研究期間：～平成24年9月）は、2.4GHz 帯に比べ通信距離が長い900MHz 帯の無線セン

サ端末・受信システムを開発するとともに、電流、温湿度、加速度（ドアの開閉)、気圧などの環境を測定する無線環境センサを開発し、コンビニエンスストアやつくば東事業所4G 棟で検証実験を行った。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］センサネットワーク、無線センサ端末
電力モニタリング

［テーマ題目４］大面積3次元微小構造体の研究開発

［研究代表者］廣島　洋
（グリーンナノデバイス研究チーム）

［研究担当者］前田　龍太郎、伊藤　寿浩、廣島　洋、池原　毅、倉島優一（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

この研究では、首都大の江副裕一郎らと協力して、衛星搭載用の超軽量 MEMS-X 線望遠鏡の開発を目指している。MEMS-X 線望遠鏡は、ウエハに無数に刻まれたスリット側壁で X 線を反射、集光する原理に基づいており、MEMS の作製プロセスを利用して作製する。目標としている MEMS-X 線望遠鏡の口径は12インチである。本年度は、MEMS-X 線望遠鏡で形成すべきスリットパターンを設計し、レーザー直接描画により12インチシリコン基板にレジストパターンを形成し、それをマスクとして、Si の深掘り反応性イオンエッチングにより垂直性の良いスリット穴を形成した。この段階ではスリットは貫通しておらず、さらにシリコン基板の裏面を化学機械研磨することで貫通スリットが形成される。この一連のプロセスにより12インチシリコン基板に所望の貫通スリットが形成できることを確認した。X 線集光のためには、このウエハを湾曲する必要がある。従来は加熱による湾曲を行っていたが、より簡便に曲げる手法として、メッキの応力を利用する手法に取り組み、4インチのパターンなしシリコンウエハによる実験で、所望の湾曲量が十分に実現できることを確認した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］MEMS、X線望遠鏡、深掘り反応性イオンエッチング、化学機械研磨、メッキ

［テーマ題目５］マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発

［研究代表者］伊藤　寿浩（副研究センター長）

［研究担当者］伊藤　寿浩、松本　壮平、高木　秀樹、銘苅　春隆、張　毅、小林　健、高田　尚樹、松本　純一、高松　誠一、石田　敬雄（ナノシステム研究部門)、三宅　晃司（先進製造プロセス研究部門）（常勤職員11名）

［研 究 内 容］

NEDO「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」において、技術研究組合 BEANS 研究所とともに、非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術の開発と繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術の開発を行った。

基板サイズ、装置サイズに制約を受けない非真空下で、大型基板に適用可能な高品位機能膜を形成するプロセス技術の開発を実施した。赤外光領域を効果的に取り込めるマイクロメートルレベルのテクスチャー構造の透明導電膜の開発では、エレクトロスプレーを用いてナノ粒子の空間会合により平均700nm 径の酸化スズテクスチャー構造形成に成功した。大気圧プラズマ化学輸送法による Si 成膜技術開発では、従来の13.56MHz に代わり、150MHz へ電源高周波化することでプラズマの高密度化を図り、材料ガスを用いずに目標成膜速度1nm/sec 以上を達成した。さらに、不純物（ボロン、リン）がドープされた Si を固体ソースとすることで、材料ガスを用いない Si 膜の荷電子制御プロセス手法を確立し、歪抵抗効果デバイスや光電変換デバイスを試作し動作実証した。雰囲気制御評価モデル機の局所雰囲気の清浄化を図ることで、密閉型機と同等の多結晶 Si 膜の成膜を実現した。大型基板への非真空での機能膜形成が可能なプロセス技術を開発した。

メーター級のフレキシブルシートデバイスを実現する一連の汎用的な製造プロセスとして、繊維状基材の連続高品位機能膜被覆プロセス、3次元ナノ構造高速連続形成基本加工プロセス、異種繊維上基材の製織集積化プロセスの開発を行った。連続高品位機能膜被覆プロセスについては、連続成膜システムにより、有機半導体（P3HT : PCBM）、圧電体（PVDF）、導体（PEDOT : PSS)、絶縁体（PMMA）について基材線速50m/min での形成を実現するとともに。これらの導体、有機半導体の積層膜を用いた光電変換素子を試作した。3次元ナノ構造高速連続形成プロセスについては、リールツーリール熱ローラーインプリントプロセスの改良により、送り速度20m/min での製織ガイド構造の連続、安定インプリントを実現した。また、最小線幅2μm のリールツーリール光リソグラフィプロセスを確立するとともに、高感度抵抗型温度検出デバイスを試作した。さらに、マイクロ流路内混相流を応用する中空繊維状基材内均一セル状構造形成プロセスを開発し、磁気駆動による繊維状反射型表示素子とシート状デバイス試作により実証した。異種繊維状基材の製織集積化プロセスについては、リールツーリールプロセスで連続形成可能な有機導電膜（PEDOT : PSS）を被覆したエラストマー可動接点構造導入により、接点の寿命を5倍向上させ、高さ1m の製織シートにおいて曲率半径1cm までの曲げ変形を与えても基材間の安定的な接触を維持できることを明らかにした。そして、リールツーリール素子実装装置およびスクリーン印刷機を開発するとともに、異種繊維状基材を製織する自動織機（ウィービング装置）にアライメント、ファイバー変形防止機能を付加することによ

り、横幅1.2m で有機光電変換素子、圧電素子、温度センサ、圧力センサ、LED アレイの5種類以上の素子実装型繊維状基材のシート化プロセスを開発した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］大面積デバイス、非真空プロセス、繊維状基材微細加工、フレキシブルデバイス

［テーマ題目６］グリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発

［研究代表者］前田　龍太郎（研究センター長）

［研究担当者］前田　龍太郎、伊藤　寿浩、高木　秀樹、池原　毅、張　毅、小林　健、魯　健、岡田　浩尚（常勤職員8名）

［研 究 内 容］

NEDO「グリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発プロジェクト」において、技術研究組合 NMEMS 技術研究機構とともに、グリーン MEMS センサの開発、無線通信機能及び自立電源機能を搭載したグリーンセンサ端末の開発を行うとともに、システムの実証研究としてスマートコンビニ実現に向け、プロトタイプセンサを用いて実証のためのデータを収集・分析を実施した。

具体的には、次のような成果が得られた。(1) 電流磁界センサ：mT～pT までの幅広い磁界検出が可能であること、100μW 以下の低消費電力でセンサ動作が可能であることを確認した。(2) 塵埃センサ：トリガーと塵埃検出部を組み合わせ、10Pa 以上の圧力変化で動作することを確認した。(3) CO_2濃度センサ：CO_2濃度別のインピーダンス値より、300～3000ppm で目標分解能±100ppm を満たすこと、CO_2ガス濃度検出時間が10分以内で可能であることなどを確認した。(4) VOC 濃度センサ：数百 kHz の共振周波数と100以上の Q 値及び数 mV の出力を有するポリマーベース振動式 VOC 濃度センサを開発することができた。(5) 赤外線アレーセンサ：16×16の画素数、チップサイズ7mm×7mm、画素ピッチ250μm 角、素子応答速度30msec、視野角90度、100Pa 以下の真空度で0.25K 以下の温度分解能を実現した。

グリーンセンサ端末の開発では、DSC と EDLC から構成される超小型高効率低照度環境向け自立電源の研究開発を行い、リーク電流を0.3μA/cm^{2}から0.05μA/cm^{2}に低減すると共に電圧保持率を80%から90%に高める事が出来た。また端末エネルギーマネージメント回路を開発において、低電力充放電監視回路によりコンデンサの動的変更を行うコンデンサアレイ方式により目標（端末起動時間を、従来技術比1/100以下、典型的な負荷変動に対し、出力電圧変動10%以内）を達成可能な見通しを得た。低消費電力無線通信技術として、−130dBm の受信感度となる無線送信を低消費電力で行うため、128個の周波数チャンネルと16個程度の拡散符号を用いた多値化通信方式を開発した。

また、無線グリーンセンサ端末機能を低コストかつフレキシブルに集積化するために、MEMS センサ、センサ信号処理及び無線送信 LSI、ディスクリート部品を、部品内蔵基板を用いて集積化した、高機能プラットフォームのシステム設計を行った。これらにより、5×5mm 角の無線温湿度センサ端末プロトタイプを試作・評価した。MEMS センサからの信号を収集・処理する機能、及び無線通信する機能を備えた低コスト・低消費電力・高集積化 LSI の設計し、デバイスを試作した。

スマートコンビニ実証に関して、量産タイプ小型無線電力センサシステムを改良して、東北地区、東海地区のCVS1700店舗以上へ合計14000個以上の無線電力センサを実装して、個店ごとの消費電力をリアルタイムにモニタリングできる大規模な実証実験システムを実現した。さらに、CVS の省エネ10%を目的に、店舗および店舗周辺の温湿度および冷蔵庫ドアの開閉をモニタリングする環境センサ300個を立川・京都地区60店舗に実装し、電力増加の要因となるパラメータ抽出（プロトタイププロファイリングシステムの開発）に成功した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］MEMS センサ、無線センサ端末、センサネットワーク、低消費電力化、大規模実証実験、省エネルギー

［テーマ題目７］フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発

［研究代表者］亀井　利浩（ライフインタフェース研究チーム）

［研究担当者］亀井　利浩、眞子　祥子（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

現在、大規模集積回路においては、データ遅延や電力消費といった電気配線に起因する問題が顕著となりつつあり、シリコン光配線が注目されている。アモルファスシリコンは低温プロセス（300℃以下）により、シリコン電子回路上に形成でき、かつ3次元光配線を実現できることから、近年、大きな注目を集めている。最終的に3次元光配線を構築するには導波路などの受動型デバイスだけで能動型デバイスを開発する必要があり、特に電気信号を光信号に変換する高性能な変調器は最重要であるため、我々は、「アモルファスシリコン変調器」の開発を進めている。

平成24年度は、独自構造のアモルファスシリコン変調器の試作し、光の透過性を確認し、ファブリーペロー共振器構造において、バイアス電圧の印加することにより、屈折率を変調することに成功した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］3次元光回路、シリコンフォトニクス、アモルファスシリコン、大規模集積回路

［テーマ題目８］マイクロシステム融合研究開発

［研究代表者］前田　龍太郎（研究センター長）
［研究担当者］前田　龍太郎、高木　秀樹、小林　健、松本　壮平、岡田　浩尚、亀井　利浩、張　毅、井上　朋也、松本　純一、高田　尚樹、栗原　一真、魯　健、尹　成圓、倉島　優一、山本　泰之（計測標準研究部門）、住友　慶子、多喜川　良、小木曽　真佐代、安達　仁朗、張　嵐、チェ　スンチョル、孫　秀茹、田中　久美子、牧本なつみ、Park Sang-Cheon、前田　敦彦、橋本　はる代、大瀧　憲一郎（常勤職員15名、他13名）

［研 究 内 容］

MEMS と微細集積回路など異種要素を融合した、高付加価値なマイクロシステムの実現を目指し東北大学と協力して開発を進めている。東北大学では「ヘテロ集積化初期試作」、「試作コインランドリ」、「超並列電子線描画装置」をサブテーマとして実施し、「ヘテロ集積化量産試作」、「高効率 MEMS 融合製造技術」のサブテーマを産総研にて実施している。

「ヘテロ集積化量産試作」では、東北大学の「ヘテロ集積化初期試作」や産総研において開発する各種デバイスを、実際の民生機器に適用するための量産試作の場を提供する。圧電 MEMS プロセス技術の開発について、成長欠陥を大幅に低減しつつ（100）/（001）配向 PZT 薄膜を形成する条件を確立し、圧電定数 d_{33}が200pm/V で面内ばらつきが10%以内を実現した。またこれを利用したマイクロ静電気センサの特性向上を実現するとともに、制御用のカスタム IC を試作した。MEMS 粘性センサについて、歪ゲージによる変位検出に成功するとともに、電磁コイル駆動方式のセンサパッケージングを開発した。ガラスマイクロリアクタの開発において16ch リアクタを用いた並列運転技術を確立した。ポイントオブケアマイクロ流体バイオチップの開発において、キャビティ底部に接合したレーザーダイオードからの垂直方向へのレーザー発振を確認した。

「高効率 MEMS 融合製造技術」では、異種デバイス集積化のための接合プロセスや、微細成形による MEMS 製造技術などの、低コスト低環境負荷の MEMS 製造プロセスの開発を進めている。MEMS 構造の封止保護と異種デバイスとの電気接続を同時に実現するため、金属膜および金属メッキパターン表面を平坦化する技術を開発し、低温低荷重での接合を実現した。また、液体の表面張力を利用したセルフアセンブリにおいて、チップとキャリアウェハの付着強度を制御する手法を開発し、多数チップの一括転写の歩留まり向上を図った。微細成型技術による MEMS デバイスの作製では、生産性に優れた射出成形により MEMS 構造を作製する技術を確立するとともに、可変照明デバイスおよびその制御システムを開発し、デバイスとしての有効性を確認するとともに信頼性の評価を開始した。

［分　野　名］ナノテクノロジー、材料、製造
［キーワード］ヘテロ集積化、MEMS、圧電材料、微細接合、微細成型

［テーマ題目９］グリーンアプリケーションのために繊維状基材連続微細加工技術の開発

［研究代表者］張　毅（ヘテロ融合研究チーム）
［研究担当者］張　毅、Yang Zhuoqing（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

埋め込み型マイクログルコースセンサを表面マイクロマシニングによって外径330μm のキャピラリー上に作製した。繊維状基材へのレジスト塗布プロセス、金属膜のウェットエッチングおよびリフトオフプロセスを開発した。また、繊維状基材による埋め込み型マイクログルコースセンサの量産に必要となる三次元レーザー描画による三次元露光マスクの開発を行った。従来の三次元レーザー描画技術による描画エリアが最大でも300ミクロン角程度であったのに対し、本研究では最小線幅2ミクロンで2000ミクロンエリアの描画に成功した。また、繊維状基材の長さ1mm のエリアに一括露光するプロセスの開発にも成功した。今後、繊維状基材の直接リソグラフィ技術と微細加工プロセスを確立し、植込み型マイクロセンサとデバイス化技術の研究を進めてゆく。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］MEMS、繊維状基材、マイクロセンサ

［テーマ題目10］牛消化器疾病早期摘発のための無線ルーメンセンサ・ネットワークシステムの開発

［研究代表者］伊藤　寿浩（副研究センター長）
［研究担当者］伊藤　寿浩、岡田　浩尚、高松　誠一、野上　大史（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

ルーメンにフィステルを外科的に装着したホルスタイン種成牛（以下ルーメンフィステル装着牛）において、無線通信性能評価、完全固体型 pH センサ・温度センサの性能評価、経口投与型端末の詳細形状検討および胃運動解析のために、実験システムを構築した。

加速度センサ、温度センサを搭載した315MHz 帯の無線センサ端末を用意し、315MHz 帯通信の有効性、温度センサの性能確認、加速度センサによる胃運動解析、ルーメン内に留置するための端末重量の検討を行った。その結果、重量密度を2.0gf/cm^{3}に調整した端末であれば、ルーメン内に留置させることができ、連続的なデータ取得が可能であることがわかった。また、ルーメン内

温度センシングについては、概ね37.5～39℃の幅でのルーメン内温度変動を測定することができること、飲水に伴う温度低下なども確実に検出できることが確認できた。さらに加速度センサを使った胃運動流動解析では、1分間に1～2回の、胃収縮運動によるものと思われる大きな流動を捉えることができた。

上記の結果を受け、低周波の胃運動流動に適合する2種類の胃運動センサデバイスの開発を行った。一つはPb（Zr0.52, Ti0.48）03（PZT）薄膜を利用したMEMSデバイスであり、梁をS字形状にして長くすることで低周波での動作を可能とした。もう一つはPVDF（ポリフッ化ビニルデン）を利用したデバイスであり、感度は低いが特別な実装を行わなくても壊れにくいという特徴がある。これら2つのデバイスに関し、基本的な特性を確認することができた。完全固定型pHセンサについては、デバイスの設計を完了し、フォトマスクを製造するとともに、ITO 電極形成プロセス等の要素プロセスの検討を終えた。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］リモートセンシング、無線センサ端末、圧電センサ

［テーマ題目11］ソーレ効果を活用したガス分離用マイクロ流体デバイスの開発

［研究代表者］松本　壮平（ヘテロ融合研究チーム）
［研究担当者］松本　壮平（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

芝浦工業大学との協力により、マイクロ化学プロセス等における精製工程での応用を想定したガス分離用マイクロ流体デバイスの開発を行っている。成分分離の原理として、温度勾配によって駆動される分子拡散現象であるソーレ効果を応用することで、廃熱等を利用し化学的処理を一切必要としない新しいガス分離技術の確立を目指す。マイクロスケールでは大きな温度勾配の形成や安定した層流の実現が容易であるためソーレ効果の発現には有利である一方、実用的な分離効果と処理量を両立させるためのMEMS流体デバイスの開発は、複数の機構による物質輸送が共存する流れ場の適切なハンドリングが要求される挑戦的な課題となっている。初年度である今年度は、基本となる流路構造をMEMS加工技術により作成し、水素・二酸化炭素の混合ガスを用いて原理検証実験を行った。その結果、MEMS流体デバイスを用いたソーレ効果によるガス分離の確認に成功した。今後は多段化等による分離効果の向上を図る。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］MEMS、マイクロ流体デバイス、ガス分離、廃熱利用

［テーマ題目12］無線通信による熱中症予防支援システムの構築と被服環境デザインの最適化

［研究代表者］一木　正聡（ネットワークMEMS研究チーム）
［研究担当者］一木　正聡、鈴木章夫（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

暑熱環境下でのスポーツ時、オフィス作業時や肉体労働時等の各種作業時の熱中症予防に向けて、実際の生活環境での着衣の温熱環境状態計測を連続して行うため、人体、着衣、環境に関わる温熱環境物理量を計測し無線で集積し、同期して人の温熱的快適性の指標となる温熱感覚計測ができ、被験者に装着負荷が少なく、常時モニタリング可能な無線機能付きのウェアラブルシステムを開発し、ウェアラブルシステムでの計測・解析・評価を行い、各種作業時の常時モニタリングシステムへ応用し、熱中症予防に貢献するシステムを構築することを目的とする。

また、暑熱環境時の熱中症予防のため温熱的に最適な着衣の条件を検討するため着衣の熱水分移動性能への風、動作および着衣のデザインによる影響を評価するシステムを構築する。手足の揺動による着衣のふいご作用による換気は、人体からの熱水分移動性を促進させるため環境の風の効果以上に着衣の温熱快適性向上に重要であるが、しかし、現状では、きちんとした定量法が規定されていない状況である。そこで、そこで、本研究では、温熱的に快適な着衣の条件を検討するため発汗・歩行動作マネキンとトレーサガス法を用いて温熱的に快適な着衣のデザインを検討する評価法を構築する。

実証試験をフィールドと実験室環境で行うために環境整備を進めるとともに、試験自体も実施している。また、取得した生体データの解析と小型・高性能化に向けたシステム構築のために技術的な検討を行っている。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］熱中症、センサ、無線、被服、環境、予防、システム化

［テーマ題目13］圧電素子を用いた高出力振動発電装置の実用化に関する研究

［研究代表者］一木　正聡（ネットワークMEMS研究チーム）
［研究担当者］一木　正聡（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

エンジン、発電機、走行車両など振動する機械構造物において無駄に消散されている振動エネルギーを、高い効率で電気エネルギーに変換する圧電素子を用いた振動発電素子を開発することを目的とする。まず、エネルギー変換効率の指標となる電気機械結合係数を大幅に高めるために圧電素子に添加する添加剤の種類、濃度および厚さ、積層数を最適化する。さらに、負荷荷重や振動回数が圧電素子の発電性能、耐久性および構造健全性に及ぼす影響を明らかにするために、圧電素子の長時間振動発電試験、繰り返し圧縮・除荷試験、破壊試験を行う。

このような研究を行うことにより、高出力かつ高信頼性を有する機械構造物のための振動発電素子を開発する。

本研究では、この PZT を用いて、高いエネルギー変換効率を有し、かつ高信頼性を有する振動発電用素子を開発することを主目的とする。さらに、次世代素子として鉛フリーの圧電素子の適用性も検討する。以下にその研究目標を示す。

①発電素子として、電気機械結合係数 k33を0.8以上に向上させることを目標とする。PZT への添加剤、添加濃度、添加剤の組み合わせなど添加剤の最適配合を決定するため、有力な各種添加剤を組み合わせて添加した PZT を用いた荷重除荷試験を行い、発電特性を把握する。さらに、PZT の最適な厚さや積層数を決定するため、厚さや積層数を各種変化させた PZT を用いた荷重除荷試験を行う。これらの最適条件を組み合わせて高エネルギー変換効率を持つ積層型 PZT、すなわち、発電素子の最適な材料成分と構造を決定する。

②これまで定式化されていなかった圧電素子の発電特性に関する等価電気回路モデルを導出するとともに、最適発電素子を用いた発電装置として蓄電までの周辺回路を含めた最適化を行う。

③PZT への負荷荷重や繰り返し荷重が発電性能や強度などの耐久性に及ぼす影響を把握し、振動発電のための発電素子の適用条件を明確にするために、最適化された PZT や積層型 PZT に対する振動発電試験や繰り返し荷重試験を行う。振動回数は1000万回を目標とする。

④本研究で得られた知見を $BaTiO_3$や（Na, K）NbO_3等の鉛フリー圧電材料に対しても適用し、次世代の環境低負荷素材の発電特性向上の検討を行う。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］圧電、発電、セラミックス、素子、高出力化

［テーマ題目14］水素及び空気（酸素）の直接反応法に基づいた過酸化水素新規製造プロセスの研究開発

［研究代表者］井上　朋也（ヘテロ融合研究チーム）

［研究担当者］井上　朋也、陸　明

（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

目標

本研究開発では、現行のアントラキノン法に代わり、水素と空気（酸素）から過酸化水素を製造する直接反応法プロセスの開発を行う。本開発プロセスにより、石油由来のアントラキノンの使用量及び二酸化炭素排出量を低減し、環境負荷の低減を図るとともに、化学品原料の転換・多様化を実現する。とくに、安全性と生産性の両立のため、迅速な熱交換及び気液の物質移動の促進に有用なマイクロリアクター技術による反応器の開発を行う。

研究計画

1kg/日相当の過酸化水素製造に対応できる、マイクロリアクター技術に立脚した固定床反応器を確立する。また、本反応器を用いたシステムにより過酸化水素製造を実証する。

年度進捗状況

安全性と生産性の両立のため、迅速な熱交換及び気液の物質移動の促進に有用なマイクロリアクター技術による反応器の開発を行ってきた。

具体的には32倍のナンバリングアップリアクター（10%過酸化水素0.5kg/d）に導入する高性能触媒の開発、ならびに並列運転に必要な技術開発を行った。とくに触媒開発により、対水素収率70%近くの実績を達成した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］マイクロリアクター、ナンバリングアップ、水素および空気（酸素）の直接反応プロセス、過酸化水素

［テーマ題目15］超高速ナノインプリントリソグラフィー高スループットー

［研究代表者］廣島　洋

（グリーンナノデバイス研究チーム）

［研究担当者］廣島　洋、高木　秀樹、銘苅　春隆、尹　成圓、王　清、鈴木　健太

（常勤職員4名、他2名）

［研 究 内 容］

超高速ナノインプリントリソグラフィー高スループットーの研究においては、凝縮性ガスを利用したモールドへの樹脂の完全充填効果を検証し、スケーリングにより20nm レベルでも有効に機能することを確認する。また、容積均一化モールドの充填に影響を与える因子を抽出し、モールド構造の最適化の指針を得る。ナノインプリントリソグラフィの高スループット化のボトルネックであるモールドへの樹脂充填時間を最小化するためのモールド構造を作製し、スループット100枚／時を実現する上で必要となる0.1秒以下の樹脂充填を実現し、モールド全域の充填が20nm レベルにおいても完了可能であることを実証する。

半導体応用を目指したインプリント装置では雰囲気として大気でなく He が利用されている場合があり、研究中の凝縮性ガスペンタフルオロプロパン（PFP）雰囲気下のプロセスと He 雰囲気下のプロセスの比較や He と PFP との混合ガス中のプロセスに関して検討した。チェッカーパターンへの充填評価では、大気中では600秒でも充填が完了しないかったが、He 雰囲気下では約17秒で充填が完了し、He にもバブル欠陥抑止効果があることが確認された。これに対して、PFP 雰囲気では0.13秒で充填が完了し、He に対して1/100以下の時間の高速充填プロセスが可能であることが分かった。He と PFP との混合雰囲気下でのインプリントプロセスで

PFP と He の濃度比が充填時間に与える影響を評価したところ、He の比率の2乗で充填時間が変化した。また、上記混合比におけるインプリント試料の表面荒さは PFP の比率が高いほど大きいが、PFP:He=1:3程度までの混合比であれば、表面ラフネスはほとんど増大せず、He を利用する装置に PFP を添加することで表面ラフネスを増大させることなく、40%以上の充填時間の短縮が期待できると考えられた。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］光ナノインプリント、インプリントリソグラフィ、次世代リソグラフィ、半導体製造技術

［テーマ題目16］ULP ユビキタスセンサの開発

［研究代表者］前田　龍太郎（研究センター長）

［研究担当者］前田　龍太郎、伊藤　寿浩、廣島　洋、松本　壮平、銘苅　春隆、松本　純一、張　毅、藤本　淳、松本　光崇
（サービス工学研究センター）
（常勤職員8名、他1名）

［研 究 内 容］

IT 機器の消費電力を無給電・非接触で測定する平均消費電力1μW レベルの無線センサ端末およびネットワークシステムを開発するため、次の研究項目を実施した。

1)　高効率超小型コイル開発
2)　超低消費電力専用回路開発
3)　超低消費電力無線センサ端末の開発
4)　ネットワーク測定システムの開発
5)　社会実証実験の実験計画

昨年度提案した、ガラスチューブを基材として用いて銅メッキコイルのパターニングを行ってから、パーマロイの線材をガラスチューブに通すという製造プロセス・コイル構造により、コイル線幅30μm、コイル高さ5.6μm、ピッチ40μm の銅メッキ微小コイル構造を製作することができた。

一方、無線電流センサ端末の開発では、実質無給電型・バッテリー交換レス（端末寿命は基準電圧参照用電池の自然放電寿命で決定）、理論平均消費電力1μW 以下の無線電流センサ端末を実現した。この端末は、クランプセンサを介してコンデンサに電荷を貯め、送信可能な電圧が出力できるようになった時点で1回送信するというように動作するもので、通信頻度が、クランプセンサが挿む電線に流れる電流に比例することを利用して電力モニタリングを行う新しいタイプのセンサ端末である。通常の昇圧回路では、消費電流が mA レベルとなるため、コッククロフト・ウォルトンの倍電圧整流回路を使用するとともに、消費電力が高いタイマー素子も RC とダイオードを使用した簡単な回路で代替している。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］マイクロコイル、ユビキタスセンサ端末、MEMS、センサネットワーク

［テーマ題目17］ナノ格子制御による薄膜キャパシタ構造の作製と剥離・転写・接合によるナノ電子部品用実装技術に確立

［研究代表者］一木　正聡
（ネットワーク MEMS 研究チーム）

［研究担当者］一木　正聡、田中　久美子、小幡　實
（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究では、次世代のエレクトロニクス分野における主要構成要素の一つである基本構造をナノ構造制御に確立すると共に、ナノ実装技術としてシステム化することを目標とする。提案者らは他のグループに先駆けて従来比20倍程度の高容量密度キャパシタをプリント基板上に形成する剥離・転写の基本プロセス技術を確立してきた。しかし、剥離性の基板上に高容量密度の薄膜キャパシタを作製するための、制御要因や機構などは明らかになっておらず、本技術の実用化のために技術基盤としては科学的知見及び主要技術が十分に蓄積されているとは言い難い状況である。そこで、本研究では、ナノ格子の結晶整合／不整合性を活用して、金属電極と薄膜キャパシタによる基本構造の結晶成長を実現すること、またナノ表面機構を明らかにすることで、ナノ実装プロセス技術としてのシステム化を図り、従来は不可能であった高性能ナノ電子部品の内蔵実装を実現するための、次世代の電子回路基板のための製造基盤技術として確立することを目標として研究を行う。

具体的には、薄膜構造体の作製においては内部応力の制御が必要であること、剥離性基板上での密着性の機構が鉛元素の電極を通じた拡散にあり膜厚との相関によって密着特性が決まること、特性パラメータの最適化により熱処理温度が全要因の3/4程度の定量性を占めていることを明らかにした。これらの新しい知見を元にした科学的あるいは技術的な展開を行うことができると考えている。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］格子制御、薄膜、キャパシタ、誘電体、剥離、転写、実装、MEMS

［テーマ題目18］マイクロマシン・ミラー・アレーを用いた精密光源の開発

［研究代表者］松本　壮平（ヘテロ融合研究チーム）

［研究担当者］松本　壮平（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

科学技術振興機構復興促進プログラムによる企業との共同開発課題として、撮像素子等の評価に用いることを想定した精密光源の小型化・低コスト化に関する開発を行った。従来技術で用いられていたフィルタ等の光学部品やそれらを駆動するための機構部品等を MEMS 光学

素子で置き換えることにより、小型化と低コスト化、容易なメンテナンス等の利点を有する精密光源の実現を目指している。今年度は可能性試験として、MEMS 光学素子を中心とする光学系各部の仕様を検討し、基本的な構成の光源システムのプロトタイプおよびその評価システムの試作を行った。また、これらを用いた特性評価を行うことで、開発のコンセプトを実証した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］MEMS、マイクロミラーアレイ、精密光源、低コスト化技術

［テーマ題目19］無反射ナノ構造体による撮像用マイクロレンズの製造技術開発

［研究代表者］栗原　一真（大規模インテグレーション研究チーム）

［研究担当者］栗原一真、鎌田かおり（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

近年、マイクロレンズユニットは、8～12メガピクセル以上の高解像度をもち、小型化したレンズユニットを低価格で提供することが要求されている。本研究は、マイクロレンズの表面にナノ構造体を作製することで、反射防止コートと同等の反射防止効果を得て、蒸着工程を省ける製造技術を開発している。

本課題では、成形だけで既存の反射防止技術と同等の反射防止特性を実現するナノ構造体金型と、そのナノ構造体の金型を用いて、撮像用マイクロレンズに要求される低光収差を実現する成形技術の研究開発を行い、量産化の目途を立てることを目標とする。

平成24年度は、ナノ凹凸構造体の検討と作製プロセスを改良し、より成形性の向上した反射防止ナノ構造体を実現することができた。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ナノ構造体、反射防止、モスアイ、サブ波長光学素子、光学レンズ

④【先進製造プロセス研究部門】

（Advanced Manufacturing Research Institute）

（存続期間：2004. 4. 1～）

研究部門長：村山　宣光
副研究部門長：飯田　康夫、市川　直樹
首席研究員：大司　達樹、明渡　純
総活研究主幹：平尾　喜代司

所在地：中部センター、つくば東、つくば中央第5
人　員：103名（103名）
経　費：1, 032, 959千円（664, 737千円）

概　要：

我が国の製造産業は、二酸化炭素排出量の削減、資源制約の緩和、高付加価値製品の開発、製品開発のスピードアップ、エネルギー・環境関連製品の製造力強化、メンテナンス・アフターサービスの強化、少子高齢化の中での技術技能の継承等の課題に直面している。

当研究部門では、これら製造産業の課題解決のため、「最小の資源」「最小のエネルギー」「最小の廃棄物」で「最大限の機能・特性」を発揮する製品を「高効率」で作る製造プロセス技術（ミニマルマニュファクチャリング）に関する研究開発を先導することにより、我が国の製造産業の持続的発展、すなわち、我が国の製造産業の環境との調和と国際競争力の向上に貢献することをミッションとする。また、中小企業など多数の企業の課題解決や人材を育成するための「ものづくり支援ツール」の開発と普及を行う。

具体的には、以下に示す6つの戦略課題を中核にして研究開発を推進している。

① 高性能セラミック部材と表面加工技術を用いた省エネルギー製造技術の開発

素材、機械等の基幹産業を対象とし、熱利用の高効率化、低摩擦化、長寿命化等を可能とする高性能セラミック部材の製造技術、ならびに素形材への表面機能付与プロセス技術等の加工技術を開発する。

② 多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発

多様なニーズに応え、かつ、部材・デバイス・製品製造に関する省資源・省エネルギーに貢献するため、必要な時に必要な量だけの生産が実効的に可能であり、かつ多品種変量生産に対応できる製造基盤技術を確立する。

③ 資源生産性を考慮したエネルギー部材とモジュールの製造技術の開発

固体酸化物形燃料電池、蓄電池等に使用される高性能材料・部材・モジュールを創製するため、希少資源の使用量を少なくし、従来に比べて小型、軽量で同等以上の性能を実現する高度集積化製造技術や高スループット製造技術を開発する。

④ 無機・有機ナノ材料の適材配置による多機能部材の開発

部材の高付加価値化を進めるため、セラミックス、金属、ポリマー、シリコン等の異種材料の接合・融合化と適材配置により、多機能部材を開発する。

⑤ 製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発

機械やシステムの基本設計に必要とされる候補材料の加工に対する信頼性、機械寿命、リサイクル性を予測するために、実際の運用を想定した評価試験と計算工学手法を融合したトータルデザイン支援技術を開発する。

⑥ 現場の可視化による付加価値の高い製造技術の開

発

高品位な製造を可能にし、またそれを支える高度な技能を継承するため、ものづくり現場の技能を可視化する技術、利便性の高い製造情報の共有技術、高効率・低環境負荷な加工技術を開発する。

当研究部門の研究拠点は、材料・プロセスに関する研究ポテンシャルを持つ中部センター（8研究グループ）と、機械・加工技術や物質合成・プロセスに関する研究ポテンシャルを有するつくばセンター（13研究グループ）の2カ所にあり、計21研究グループ及び4研究班で研究を進めた。本年度においては、戦略課題①～⑥の推進のため、以下の10課題を部門重点課題とした。

・「高性能セラミックス部材関連技術」
・「表面機能付与プロセス技術の開発」
・「オンデマンド・リペア技術の基盤的開発」
・「先進コーティング PF 活性化のためのベンチマーク評価の促進」
・「次世代セラミック電池材料・製造技術の開発（熱利用 SOFC/SOEC 技術、次世代二次電池技術）」
・「マルチガスセンサ素子の高感度化」
・「高速・高効率加熱技術による CFRTP の開発」
・「新たな加工技術、劣化評価技術を包含した機器設計のための基本システムツール開発」
・「難加工材の高精度高効率加工のための加工現象解明」
・「現場の可視化による付加価値の高い製造技術の開発」

さらに、以下の10課題を萌芽研究課題とした。

・メソ多孔体薄膜のガス吸着特性を利用した micro-QCM システムの構築
・実用エネルギーイオン照射による Y 系超電導薄膜の臨界電流特性の向上効果の研究
・炭素繊維の表面処理法の開発
・新原理に基づく熱損傷レスレーザ複合加工技術の開発
・ハイブリッド型 SOEC を用いた燃料合成プロセス開発
・次世代エネルギー部材・モジュール提供に向けたリチウムイオンキャパシタの研究開発
・超重力場による酸化物の結晶構造変化とその物性
・赤外線サーモグラフィーを用いた無機系複合材料の定量的損傷評価法の探索
・上流設計における衆知探索・再構成技術の開発
・負の摩擦によるゼロ摩擦の研究

内部資金：

・ダイヤモンドライクカーボン膜の密着性評価の標準化
・パワーデバイス用セラミックス放熱基板の機械的特性試験方法の標準化
・触れずに掴むエアロダイナミック・スマートグリップの開発
・熱エネルギーを自在に操るための材料開発
・CFRTP の高速・高効率加熱プロセス技術に関する開発

外部資金：

経済産業省

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

・「ナノ構造電極を活用する発電のための新たな電気化学反応器の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

先導的産業技術創出事業（若手研究グラント）

・「ナノ結晶による低熱伝導率化を利用したシート状熱電発電モジュールの開発」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費補助金　基盤研究(A)

・「循環型製造業の将来像を設計するための持続可能社会シナリオシミュレータの開発」
・「複合機能型潤滑剤の設計と評価」
・「多面体幾何学にもとづく球面駆動システムの研究」

科学研究費補助金　基盤研究(B)

・「微小重力で明らかにされる超流動ヘリウムの特異な膜沸騰の実相と伝熱促進効果の解明」

科学研究費補助金　基盤研究(C)

・「マイクロリアクター内のソノケミストリーとソノルミネッセンスの研究」
・「事例とシナリオモデリングに基づく持続可能ビジネス設計・立案支援手法」
・「生活環境内のコンフリクト解消に向けた行為シーケンスのパタン・ランゲージの構築」
・「液体金属を内包する構造体の音響振動によるその場余寿命診断技術の開発研究」
・「傷形状の復元アルゴリズム統合による磁気計測探傷法の新展開」
・「熱音響システムの高効率化のためのハニカムセラミックスの検討」
・「安価な砂鉄、珪砂等を用いた自然系液体用しゅう動材料の開発」
・「表面化学修飾法による核磁気共鳴画像用ガドリニウム担持ナノダイヤモンド粒子の作製」
・「超音波照射による気泡振動を利用したナノ駆動体に関する研究」
・「有機官能基秩序配列を有したペプチド薄膜上での無機結晶析出の解析とその応用」

科学研究費補助金　挑戦的萌芽研究
・「糸状菌の環境認識シグナルと接着に関する、表面工学手法を利用した解析」
・「複合機能性デバイスの開発」
科学研究費補助金　若手研究(B)
・「化学溶液法における紫外レーザー照射時のナノ秒温度計測に基づく光結晶成長機構の解明」
・「鉄系表面における高機能コーティング技術の開発」
科学研究費補助金　研究活動スタート支援
・「リン酸塩ガラス電解質を用いた中温作動燃料電池の開発」

独立行政法人科学技術振興機構
先端的低炭素化技術開発（ALCA）
・「自己再生型ナノパターン表面の低摩擦特性の検討」
・「単結晶ナノキューブのボトムアップによる高性能小型デバイス開発」
研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）
・「表面テクスチャリングを用いた抗菌表面の開発」
・「住環境向け色素増感型アンビエント太陽電池の研究開発」
・「液状発酵食品中の不要タンパク質の高効率除去材の開発」
・「廃熱発電を志向した導電性ナノキューブ $SrTiO_3$の合成とその熱電特性評価」
・「易加工性アルミナ型の実用可能性の検証」
・「被災地初期医療用使い捨てハサミの開発」
・「高周波化に対応した低誘電損失コンポジット基板材料の開発」
・「酵素の耐熱性向上を実現するメソポーラスジルコニア担体の開発」

国立大学法人福井大学
「もんじゅ」における高速増殖炉実用化のための中核的研究開発
・「クリープ疲労試験に基づく劣化損傷評価技術の開発」

国立大学法人琉球大学
戦略的基盤技術高度化支援事業
・「半導体製造装置用クランプ式超音波流量計の開発」

財団法人日立地区産業支援センター
戦略的基盤技術高度化支援事業
・「常時補正制御型マイクロ NC 旋盤による微細長尺加工技術の開発」
公益財団法人とくしま産業振興機構
戦略的基盤技術高度化支援事業
・「加工最適化機能を有する CFRP（CFRTP）高精度加工システムの開発」

公益財団法人みやぎ産業振興機構
戦略的基盤技術高度化支援事業
・「高特性亜鉛新合金により製品実現する高効率生産可能な鋳造機と解析技術の開発」

公益財団法人長野県テクノ財団
戦略的基盤技術高度化支援事業
・「超音波プレス加工を用いた医療機器の実用化」

公益財団法人群馬県産業支援機構
戦略的基盤技術高度化支援事業
・「高速双ロール式縦型鋳造法による難加工性高機能薄板の革新的製造技術の確立」

公益財団法人科学技術交流財団
「知の拠点」重点研究プロジェクト
・「超早期診断技術開発プロジェクト」

三菱総合研究所
国際標準開発事業
・「VOC 検知器評価法の国際標準化」

発　表：誌上発表317件、口頭発表509件、その他56件

難加工材成形研究グループ
（Low-Formability-Materials Processing Group）
研究グループ長：松崎　邦男
（つくば東）

概　要：
マグネシウムやチタン、ステンレス等の難加工材の成形や難易度の高い形状への成形について、省エネ工程で環境に配慮した成形技術を金型の潤滑システムとともに開発する。そのために、素材の製造技術とその成形技術を粉体加工と塑性加工を主としたプロセスの高度化、複合化、融合化によって開発する。素材の成形性を改善するための加工熱処理技術の確立、応力条件を制御した温間、熱間鍛造や転造加工技術の開発、ひずみを制御した軟磁性材料の打ち抜き加工、マグネシウム合金板材の冷間プレス成形技術の開発およびスピニング加工の高度化を行う。また、医療デバイスを目指して精密 Mg 細管を製造するための押出し、引抜き加工技術を開発する。さらに金型への固体潤滑材のコーティング技術を検討し、ドライ成形用金型の開発を行う。チタン合金やステンレス等については粉末法を用いた機能性材料の開発と、レーザーによる積層造形技術を開発する。これらの技術を統合することでオ

ンデマンド成形の構築を目指す。
研究テーマ：テーマ題目３、テーマ題目４、テーマ題目８、テーマ題目９

テーラードリキッド集積研究グループ
（Tailored Liquid Integration Group）
研究グループ長：加藤　一実
（中部センター）

概　要：
21世紀の高度情報化社会・環境調和型社会の持続的発展と高齢化社会における医療福祉技術の高度化のため、グリーン・イノベーションの核となる材料・システムの創成に向けて、無機・有機ナノ材料の適材配置により、ナノレベルで機能発現する材料・多機能部材を開発する。当研究グループでは、溶液化学をベースとした集積プロセス技術の体系化を目指し、溶液内機能発現ユニットの合成技術、溶液反応を経由したナノ～マイクロ領域の構造形成技術、複雑形状基板やフレキシブル有機高分子材料上への精密構造体の集積化技術等に関する研究開発を実施し、産業技術基盤と国際競争力の強化を図る。具体的には、酸化物ナノクリスタルの合成・配列・接合、および解析・評価に関する基盤技術の開発、誘電／蓄電デバイスの高性能小型化に向けた単結晶ナノキューブのボトムアップ技術の開発、医療用部材ならびにエネルギー関連部材に向けた微細な凹凸構造やメソ～マクロ孔を有する酸化物膜の形成に関する基盤技術の開発を実施した。
研究テーマ：テーマ題目４、テーマ題目６、テーマ題目11

トライボロジー研究グループ
（Tribology Group）
研究グループ長：大花　継頼
（つくば東）

概　要：
トライボロジー全般に係わる横断的かつ基盤的技術の向上を図ることで、ナノスケールから大型のシステムまで、我が国の産業競争力強化に貢献することを目標としている。製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発を意識しながら表面加工技術を用いた省エネ製造技術の開発を進め、その中で、環境面への配慮や信頼性を含めたシステム性能の向上や、表面および潤滑システムに新しい機能を発現させることを目指した。中・長期的には、マイクロ／ナノトライボロジーを主軸とした研究を進め、トライボロジーを科学的に深化させ、グリーントライボロジー技術へと発展させていく。また、最先端の技術情報拠点となるべく研究グループ内の研究者個々人の研究ポテンシャルを高めるとともに、産業界の根幹技術であるトライボロジー技術の向上と普及に努めた。
研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目４、テーマ題目19

集積加工研究グループ
（Integration Process Technology Group）
研究グループ長：小木曽　久人
（つくば東）

概　要：
集積加工研究グループでは、デバイス応用まで視野にいれたコーティング技術や表面処理技術とその評価技術の研究開発を行っている。常温でセラミックスコーティングを可能にしたエアロゾルデポジション法による、太陽電池やリチウム空気電池、熱電変換素子などエネルギーデバイスへの多様な応用に取り組み、試作デバイスを展示会などに出品してきた。耐摩耗のアルミナコーティングにおいては、産業用実機の大型ロールに対する成膜にも成功した。また、小型高密度プラズマ発生技術を生かし、ミニマルファブ用の世界最小のハイパワーインパルス（HIPIMS）型のスパッタ成膜装置も開発し SEMICON などの展示会に出品している。
また、超音波流量計の感度を上げる為の基本的な解析にとりくみ、民間企業との共同開発で小型の超音波流量計の開発にも成功している。
研究テーマ：テーマ題目３、テーマ題目４、テーマ題目５、テーマ題目12

生体機構プロセス研究グループ
（Bio-Integration Processing Group）
研究グループ長：加藤　且也
（中部センター）

概　要：
高齢化社会の到来を迎え、医療・バイオ分野における高付加価値製品のフレキシブル製造プロセス技術開発が急務である。当研究グループでは、生物機能を発現させるために必要とされる最小の単位（ユニット）であるバイオユニットの集積により、細胞増殖・分化を活発にさせるなどの生体機能を自立的に誘導する、医療・バイオ分野に利用される材料・部材の革新的な製造技術の確立を目指している。さらに、ユニット製造における省エネルギー化を目指した「生体模倣型製造プロセス開発」も展開している。具体的には、これまでの方法では作製の困難であった無機－有機ハイブリッドコンポーネントを、生体内で起こっている無機化合物合成法を模倣することにより、省エネルギーかつ高効率な新規な製造プロセスを用いて創製する手法を開発している。また酵素や抗体の特異性を利用したヘルスケア用バイオセンサーやクロマト担体などの新しいバイオデバイスの開発に取り組んでいる。
研究テーマ：　テーマ題目６

機能薄膜プロセス研究グループ

（Thin Films Processing Group）

研究グループ長：真部　高明

（つくば中央第5）

概　要：

当研究グループは、部門のミッションである製造技術の低コスト化・高効率化・低環境負荷を実現する部材、製造プロセスの開発に関連して、特にエネルギー関連部材・モジュールの開発に貢献するため、超電導材料を中心とした機能性無機薄膜材料の①ナノ構造制御薄膜コーティング技術、②省エネルギー薄膜部材・モジュール集積化技術の開発を主に行う。具体的には①に関して、塗布熱分解法、塗布光照射法及びこれらと基板表面や中間層の制御技術など組み合わせたナノ構造制御コーティング技術の開発とそれに基づく薄膜材料の高特性化、およびプロセスの高速化や省エネルギー化を図っている。また②に関して、部門内外及び企業等と連携して超電導マイクロ波フィルタ素子や超電導限流器等の省エネルギー素子モジュール・プロトタイプ作製技術への展開を図っている。

研究テーマ：テーマ題目４、テーマ題目５、テーマ題目12

表面機能デザイン研究グループ

（Surface Interactive Design Group）

研究グループ長：三宅　晃司

（つくば東）

概　要：

本研究グループでは、種々の環境条件に対応した（摺動）部材開発、部材表面への微細形状付与による摩擦･摩耗の制御技術の開発、表面修飾技術の開発をベースとした表面機能創成と応用を中核とし、これらの知見を基にした表面設計技術の開発を行う。上記研究開発を通し、分野重点課題である「製品設計・概念設計支援技術」および「省エネ製造技術」の開発に貢献するとともに、製造技術への物理化学的視点からのアプローチにより、製造産業の発展に貢献していく。特に「低環境負荷流体からなるトライボシステムの構築」に向けた研究を重点的に推進している。水やアルコールに代表される低環境負荷流体は、低粘度かつ極性をもつため、激しい摩耗や材料の腐食を起こすことが知られている。そのため、このような環境に適した摺動材料や添加剤の開発が重要となる。上記目的のもと、摺動材料として窒化珪素セラミックスと軽量金属のコンポジットである Al 基複合材料を対象に、摩擦・摩耗特性を評価し、最適な摺動材料の設計指針を得るとともに、潤滑状態のその場観察技術を用いて、窒化珪素セラミックスを低環境負荷流体で摺動した際に起こるトライボケミカル反応機構の解明を目指す。これらの結果を総合し、低環境負荷流体に最適な摺動材料、添加剤の選択指針を得る。さらに、上記技術シーズのトライボロジー以外の分野への展開も推進する。

研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目８、テーマ題目9

無機複合プラスチック研究グループ

（Inorganic-Based Plastics Group）

研究グループ長：堀田　裕司

（中部センター）

概　要：

高機能化・多機能化が要求される次世代社会基盤部材製造を支えるため、異種材料の融合・複合化による先進材料の創製、及びその製造プロセス技術の開発を進めている。当研究グループは、特に、機能性に優れたセラミックス、カーボン等の無機材料と、軽量性・成形性に優れた樹脂・プラスチックの異種材料を複合化するためのプロセス技術及び先進複合材料に関して研究開発を遂行し、無機材料の特性を最大限に引出した高機能性プラスチック部材等の製造技術の確立を目指している。樹脂・プラスチックへの無機材料フィラーの複合化を粒子ハンドリング、粉末構造制御、界面制御、外部場を用いたプロセス技術等の視点から取り組むことで、無機材料の特性を最大限引出した無機複合プラスチック部材の開発を実施し、産業技術基盤と国際競争力の強化を図る。

研究テーマ：テーマ題目７、テーマ題目13

電子セラミックプロセス研究グループ

（Electroceramics Processing Research Group）

研究グループ長：申　ウソク

（中部センター）

概　要：

持続的な競争力につながる高付加価値製品やエネルギー・環境関連製品の材料・部材技術をさらに発展させるために、セラミックス、金属、ポリマー、シリコン等の異種材料のマルチスケールでの接合・融合化と適材配置による高性能ガスセンサや新しいデバイス応用の多機能部材開発を行う。

マイクロデバイス集積化用触媒の高度化技術開発、高分散性ナノ粒子の製造技術開発、新規エネルギーデバイス製造技術開発を行い、①新材料によるデバイス開発、②デバイスプロセスによる新機能発現と実証を基本方針とし、材料開発からプロトタイプの作製までトータルな研究開発、ガスセンサ検知評価法の ISO 化に向けた研究を進める。

具体的には、マイクロデバイス集積化用触媒の高度化技術開発では、デバイス集積化用の様々な触媒を一つのマルチガスデバイスに集積化し、呼気中の低濃度可燃性ガスを検知する技術を開発する。高分散性ナノ粒子の製造技術の開発においては、コアシェル型酸化

セリウムナノ粒子の量産技術を開発しながら、小粒径のナノ粒子製造及び分散方法を検討する。ガス検知器評価法の ISO 化に向けては、ガス発生器で作製した混合ガスを評価するとともに、標準案に試験結果を反映する。

研究テーマ：テーマ題目５、テーマ題目15

マイクロ加工システム研究グループ

（Ingenious Micro-Manufacturing Systems Research Group）

研究グループ長：芦田　極

（つくば東）

概　要：

マイクロファクトリ（製造対象の寸法に見合った小型の生産加工システム）のコンセプトに基づき、創意工夫に富んだ新たなマイクロ加工システムの研究を推進する。加工装置を小型化しようとすると、これまでの製造技術では対応できない新たな課題に直面する。それらを解決するために、新原理や複合加工を適用したマイクロ加工プロセス、マイクロ計測・検査技術、小型アクチュエータ要素、これらを組合せた制御システム等を試作開発し、評価を行う。機械加工および加工機械のマイクロ化により、生産システムの省エネルギー・省資源効果、およびフレキシビリティ向上による多品種少量生産に資する製造技術を創造し、ミニマルマニュファクチャリングの具現化を目指した研究を展開している。

研究テーマ：テーマ題目３、テーマ題目６、テーマ題目８、テーマ題目９、テーマ題目14

フレキシブル化学コーティング研究グループ

（Flexible Chemical Coating Group）

研究グループ長：土屋　哲男

（つくば中央第5）

概　要：

本研究グループは、重点課題「多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発」を主に担当し、グリーン・ライフイノベーションに資する材料・部材・デバイスの省資源・省エネルギー製造に貢献するフレキシブルな化学コーティング技術の確立をミッションとし、以下の3つの課題に取り組んでいる。1)フレキシブル化学コーティング技術開発、2)化学コーティング材料開発、3)部材・デバイス開発への応用展開。

本年度、課題1)、2)では、部門内重点課題「オンデマンド・リペア技術の基盤的開発」を中心として、塗布光照射法、ナノ粒子光反応法による透明導電膜、蛍光体膜の開発及び光照射その場温度計測手法の開発、ポリマー材料への表面化学修飾手法の開発を行った。また、「低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト（高耐熱部品統合パワーモジュール化技術開発）」において、抵抗体材料・製造プロセスを開発した。課題3)では、企業との共同研究による酸化物半導体、交通・避難用安全表示板、小型赤外センサ開発、大学との共同研究による粒径制御した体内貯留型新規 MRI 造影剤などの新しい部材・デバイス作製技術を開発した。

研究テーマ：テーマ題目３、テーマ題目４

セラミック機構部材プロセス研究グループ

（Ceramic Mechanical Parts Processing Group）

研究グループ長：近藤　直樹

（中部センター）

概　要：

一般にセラミックスは高度に精製された原料を使用し、高温で焼き固めて作製されており、その製造時に多大なエネルギーを消費している。一方、その優れた特性を活かし、セラミック部材の使用によりエネルギー消費を抑えることもできる。環境調和と競争力の両立を狙いとしたミニマルマニュファクチャリングでは、製造時と使用時の資源やエネルギーの消費が最小となるよう、かつ、製品性能や価格が競争力を持てるよう考慮しつつ、開発を進めることが必要である。

当研究グループでは、上記考えに基づき、構造用セラミックスを、各種産業の製造装置用部材、あるいは、熱消費型製造業や熱エネルギー分野でのサーマルマネジメント部材として用いるための製造技術開発を進めている。具体的には、小型のユニットを作製し、それらを組みあわせて部材化する方法を開発している。関係要素技術として、ユニットのニアネット成形技術、ユニットのアセンブリ技術（接合など）、ユニットやアセンブリの信頼性評価技術（特に高温下や腐食環境下で）などの研究開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目１

セラミック組織制御プロセス研究グループ

（Ceramic Structure Controlling Group）

研究グループ長：吉澤　友一

（中部センター）

概　要：

高度化・高性能化する製造システムや産業機器を支えるための中核となる先進構造部材を創製することを目的に、セラミックスの材料機能を合目的かつ効率的に部材構造中に付与する材料組織制御技術の開発を行っている。特に、セラミックスが本質的に有する高い硬度、耐食性、化学的安定性等を部材機能に取り込んだ高熱伝導部材、高性能多孔体部材、高耐摩耗性部材等の開発を目指している。このため、材料特性を支配する因子を検討するとともに、その因子を制御するプロセス技術の開発に取り組んでいる。高熱伝導窒化ケイ素では、残留酸素と粒界相の制御、多孔体では、気

孔の形状、寸法、割合などの制御を行っている。また、これらの材料の評価技術の開発にも取り組んでいる。
研究テーマ：テーマ題目１

機能集積モジュール化研究グループ
（Functional Integration Technology Group）
研究グループ長：藤代　芳伸
（中部センター）

概　要：

資源生産性を考慮したエネルギー部材・モジュール製造技術として、高性能なセラミックリアクターや次世代蓄電デバイス等の革新的な材料・製造技術の実現が期待される。小型高効率化や多機能化といった飛躍的な性能向上を実現するためには、従来技術では不可能であった機能発現を目指し、ナノレベルでのセラミック構造制御やイオン伝導性材料や機能触媒等の最適化により、高度に集積した部材構造を造り込むモジュール化技術の開発が不可欠となる。高度なセラミック集積化プロセス技術の開発により、次世代型固体酸化物形燃料電池（SOFC）等の電気化学デバイスの多燃料利用技術や低温域からの急速起動・停止運転での耐久性向上等を目指し、イオン伝導性ナノ構造セリア電極材料を活用し、LPG で直接発電可能なハンディ型燃料電池や、低温域で高効率電解が可能なセル・スタック製造技術等を開発した。また、次世代セラミック蓄電池向のセラミック電解質での界面制御技術や、パック電池作製に不可欠な集積技術を開発し、電動化が進む次世代自動車やポータブル分散電源等での高効率発電と高容量蓄電技術を組合せたハイブリッド電源技術等の実現に向けた革新的な材料・製造技術を開発した。

研究テーマ：テーマ題目５、テーマ題目15

結晶制御プロセス研究グループ
（Crystal and Materials Processing Group）
研究グループ長：秋本　順二
（つくば中央第5）

概　要：

資源生産性を考慮したエネルギー部材・モジュール製造技術として、次世代型のリチウム二次電池等に適用可能な高性能な結晶材料の開発が期待されている。当グループでは、低温溶液合成法などの素材製造技術、良質な結晶育成技術、並びに結晶構造解析技術・評価技術を応用・発展させて、新規結晶材料の開拓とその製造技術の確立を目指している。

具体的には、イオン交換合成法、低温溶融塩法、オゾン酸化法、マイクロ波加熱法などの低温溶液を用いた素材合成技術を開拓・適用し、コバルトフリー正極材料に代表される高容量・低コストの電極材料であるマンガン酸化物、チタン酸化物、鉄酸化物などの新規機能性無機結晶材料の合成・開発を行う。また、そのために基盤となる、結晶構造解析技術の高度化、精密結晶成長技術の確立を目指す。さらに、次世代ポストリチウム二次電池への応用が期待される新規酸化物電解質材料等の設計・合成と評価を行う。

研究テーマ：テーマ題目５、テーマ題目16

特異反応場プロセス研究グループ
（Specific-Field Processing Group）
研究グループ長：安岡　正喜
（中部センター）

概　要：

外的エネルギー（急速昇温・急冷、電場、磁場、光、圧力、引張、超音波、マイクロ波など）および内的変化（爆発、自己組織化、均質化、成長など）により形成される特異な化学反応場や特殊な環境場等を利用することによって目的の材料を得ることや、新たな環境下での新規なプロセスの開発及びその産業応用への展開を図ることをグループの長期的目標とする。対象としては、モーターなどの動力変換部材、熱電変換部材、アクチュエータ等の材料開発製造プロセスの開発や、熱音響変換を利用した排熱利用プロセスの開発等があげられる。すなわち特異反応場を利用することにより、従来法とは異なった構造や特性を付与した新規部材創製のためのプロセスを提案し、それらの反応場に関する最適化や、可制御性付与に重要なパラメータの抽出を理論解析及び実験の両面から進める。また、出口指向の展開においては、将来のニーズをとらえた製造プロセスの開発を推し進める。例えば自動車分野における電気自動車の高性能化につながる新規磁石の開発や、CFRP による軽量化を推進するための高速製造プロセスの開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目７、テーマ題目17

機能・構造予測検証研究グループ
（Functional and Structural Damage Verification Group）
研究グループ長：鈴木　隆之
（つくば東）

概　要：

近年、機器構造物は「最小の資源」、「最小のエネルギー」で、「安全信頼性」を確保しつつ、「最大限の機能・特性」を発揮することが要求されている。したがって、製造時や供用過程中に生じる損傷・欠陥を評価し、これに基づき機器構造物の「寿命・余寿命予測」や「メンテナンス計画の策定」を実施すること、さらにはこれらの知見を通して設計上流の概念設計へと反映させることが必要になっている。当研究グループではこれらの要求に応えるべく、様々な系の先進材料を用いた機器構造物を対象に、実機で生じる複雑欠陥に

ついて評価が可能な非破壊損傷評価技術の開発を行う。また、材料の耐久性評価試験や欠陥解析を実施し、機器構造物の寿命・余寿命予測システムを構築する。さらに、これらの知見をもとに合理的なメンテナンス計画の策定のための必要な事項を提示する。

研究テーマ：テーマ題目８、テーマ題目９、テーマ題目18

システム機能設計研究グループ

（System Functional Design Group）

研究グループ長：増井　慶次郎

（つくば東）

概　要：

当グループは、個別の製品設計のみならず、製品のライフサイクル全体に着目し、付随サービスも含めたシステムとしての最適化を目標に研究活動を行っている。本年度は、部門重点課題である「製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発」と関連し、加工技術情報、使用時の摩擦磨耗特性、寿命・余寿命などの技術情報を統合的に設計上流に取り込むためのフレームワークを示した。ここで開発された設計ツールは一般化され、戦略予算「戦略メタル国内資源循環プロジェクト」におけるクリティカルメタルの同定を行うための一手法としても有効であることを示した。また今後は設計上流段階において集合知の活用が鍵になるという認識に基づき、萌芽研究「上流設計における衆知探索・再構成技術の開発」など、自然言語処理技術も含め、上流設計支援に関する基盤技術の確立に向け重点的に取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目８、テーマ題目９、テーマ題目19

製造情報研究グループ

（Manufacturing Information Group）

研究グループ長：澤田　浩之

（つくば東）

概　要：

企業の競争力や体質の強化を目的として、受注、製品設計、工程設計、生産計画、製造管理、出荷管理、在庫・物流管理等、設計製造プロセスの情報化推進を支援するための研究開発およびその導入のための技術指導を行っている。その一環として、あらかじめ用意されたソフトウェア部品を組み合わせることによって簡便に IT システムを構築するソフトウェア作成ツール MZ Platform を開発し、産総研コンソーシアム「MZ プラットフォーム研究会」を通じて公開している。また、ものづくり支援ツールの1つとして、各地の公設試験研究機関や産総研産学官連携推進部等との協力により、普及セミナーや講習会の開催、技術研修、製造業への導入と業務システム開発、民間ソフトウェアベンダーへの技術移転を進めているほか、故障解析支援システム等、MZ Platform をベースとした設計製造支援ソフトウェアの研究開発も実施している。これ以外にも、製品設計の初期段階や工程設計段階で利用可能なシミュレーション技術やモデリング技術の研究、数理的手法の製造技術への応用研究を並行して行っている。

研究テーマ：テーマ題目10

基盤的加工研究グループ

（Metal Processing Research Group）

研究グループ長：岡根　利光

（つくば東）

概　要：

切削、鋳造、鍛造、熱処理、溶接の各加工技術を対象に、加工評価実験・加工現象のモニタリング手法やシミュレータ開発を通して、加工メカニズムの解明と高度化を進めている。また、IT を活用した技能継承技術の開発を目標に、ものづくり製造分野における熟練作業者の高いレベルの技能を分析・モデル化して表現する技術の研究を進めている。これらの成果をベースとした技能継承支援ツール「加工テンプレート」について普及活動を進めている。IT を利用した中小企業への技術の普及・技術支援を目的に、現在 web で公開している「加工技術データベース」についても、当グループの対象加工分野についてメンテナンスと拡充・普及活動を進めている。

研究テーマ：テーマ題目10

加工基礎研究グループ

（Processing Fundamentals Research Group）

研究グループ長：三宅　晃司

（つくば東）

概　要：

金属などの延性材料に対しては、クラックを加工物に残さずに材料の一部を削り取る延性モード加工が当然と考えられている。半導体や単結晶、セラミックス、そして光学ガラス等の硬くて脆い材料であっても、一定の条件を満たせば金属材料と同様に微視的に塑性変形が発生し、延性モード加工が可能になる。そこで、「難加工材」とよばれる部材の高効率高精度加工を実現する加工方法を考える場合、微視的な領域で発生する塑性変形挙動や物理化学現象について詳細に解析し、活用することが必須であると言える。本研究グループでは、様々な専門知識を有する研究員が加工プロセスを物理化学的見地から観察・分析・解析し、材料の「変形」と「すべり」と「表面破壊」をきちんと理解することにより、機械加工のための基礎現象を把握することで、制御性の良い「難加工材」の加工方法の開発を目指す。これらの研究を進めるうえで企業との連

携も重要と考え、資金提供型共同研究を「トライボロジー研究グループ」および「表面機能デザイン研究グループ」と協力して積極的に推進するとともに、それぞれの重点課題参加グループとも連携を取りながら研究を推進する。

研究テーマ：テーマ題目８、テーマ題目９、テーマ題目10、テーマ題目20

エンジニアリングセラミックス研究班

（Engineering Ceramics Research Party）

研究班長：平尾　喜代司

（中部センター）

概　要：

半導体、非鉄、鉄鋼などの製造業、さらには、環境・エネルギー分野における機器、システムはますます高度化し、これらのシステムを構成する部材に求められる要求性能も高いものになってきている。セラミックスは高い弾性率、硬度、耐熱性、軽量性、耐食性など優れた特性を兼ね備えており、金属、プラスチックでは対応が困難な環境で用いられる材料・部材として重要なものとなっている。

当研究班は、この様な社会的な要請に応えるため、エンジニアリングセラミックスに係る二つの研究グループ（セラミック機構部材プロセス研究グループ及びセラミック組織制御プロセス研究グループ）を横断的にまとめ、本分野における研究を一層加速させるために平成20年度に設置された。セラミックスの材料・プロセッシングに関する知見、知識を基盤技術として、社会ニーズに則した新たなシーズ技術の探索、NEDO プロジェクトや民間企業との共同研究等を通して高性能セラミック部材を活用した省エネルギー技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目１

先進コーティング技術プラットフォーム研究班

（Research party for Advanced coating technology platform）

研究班長：明渡　純

（つくば東、つくば第5、中部センター）

概　要：

先進製造プロセス研究部門で開発された「エアロゾルデポジション法」や「光 MOD 法」、「レーザー援用インクジェット法」、「テーラーリキッドソース」、「DLC コーティング」などの産総研が有するオリジナルなプロセス技術を実用化して社会に還元するためには民間企業との緊密かつスピーディーな連携をとることが必要である。本研究班では、①従来型のコーティング法とのベンチマークによる比較検証、②複数の皮膜特性評価による成膜プロセスのメリット・デメリットの明確化、③プロセス上の問題点の把握と解決、④適切な特許戦略、⑤地域ニーズの把握、⑥成膜ノウハウ・知見のデータベース化など、企業にとって判断基準となる指標を提供しつつ、専門性の高い人材による産総研内外の連携により研究開発を行うことで成膜プロセスの産業化の加速を目指す。

研究テーマ：テーマ題目４、テーマ題目５

ものづくり支援ツール研究班

（Monozukuri Support Tools Research Party）

研究グループ長：岡根　利光

（つくば東）

概　要：

平成21年度まで、産総研旧デジタルものづくり研究センターでは、日本の製造業の技術力向上、技術・技能継承、IT 化促進を目的として、中小企業庁プロジェクト等において、機械部品製造に係る幅広い加工技術情報をインターネットで公開する「加工技術データベース」、自社の技術・技能の分析・蓄積・利用による技能継承・共有化するための IT ツールとしての「加工テンプレート」、高度な IT 知識を必要としない業務用アプリケーションソフトの開発環境としての「MZ プラットフォーム」を開発し、製造企業への普及を図ってきた。平成22年度から、旧デジタルものづくり研究センターが先進製造プロセス研究部門と統合するにあたり、これらの開発に携わってきた2つの研究グループ（基盤的加工研究グループ及び製造情報研究グループ）を横断的にまとめ、上記3つの開発成果を「ものづくり支援ツール」としてさらに整備し、企業現場へのさらなる普及活動を実施することを目的として当研究班を設置した。

企業への普及においては、産総研地域センター、各地の公設試験研究機関、工業組合等の諸団体との連携による普及活動を図る。

研究テーマ：テーマ題目10

CFRP 研究班

（CFRP Research Party）

研究班長：飯田　康夫

（中部センター、つくば東）

概　要：

炭素繊維強化プラスチック（CFRP）は、次世代自動車や航空機等の輸送機器軽量化を主な目的として、活発な研究開発が進められている。当研究班では、低コスト製造プロセスの確立を目指し、高速成型技術、加工技術、およびそれらの基礎となる基盤的な研究開発を部門内の研究グループを横断して推進している。さらに、関連する大学、企業、公設研究機関との連携を積極的に進め、CFRP の産業応用を加速するためのネットワーク形成を図っている。

研究テーマ：テーマ題目13

［テーマ題目１］高性能セラミックス部材と表面加工技術を用いた省エネ製造技術
（高性能セラミックス部材関連技術）

［研究代表者］近藤　直樹（セラミック機構部材プロセス研究グループ）
［研究担当者］近藤　直樹、長岡　孝明、堀田　幹則、北　憲一郎、吉澤　友一、日向　秀樹、周　游、宮崎　広行、福島　学、平尾　喜代司、大司　達樹（常勤職員11名）

［研 究 内 容］

製造業における消費エネルギーの削減はエネルギー・環境問題の両面から極めて重要な課題である。本研究では、製造産業における生産からリサイクルに至るプロセス全体の省エネルギー化を図るために、断熱性等の機能を2倍以上とした革新的セラミック部材等の製造技術を開発することを目的としている。本年度の成果は次の通りである。

多孔体の製造方法として、セラミックス粒子、特殊添加物を含むスラリーをゲル化し、得られたゲル体を凍結、乾燥、焼結することにより、気孔率が90%を超える極めて高い気孔率と閉塞細孔構造を持つセラミックス断熱材の開発に成功している。本技術を基盤技術として、断熱材としての更なる高性能化を目指して、プロセスパラメータが材料組織、機械特性、細孔構造に及ぼす影響を系統的に検討し、95%以上の超高気孔率化及び部材としての造形技術の開発に成功した。また、低熱伝導性無機原料の探索を進めるとともに、部材大型化と開発材の断熱性能評価に取り組んだ。現在、気孔率88%のジルコニア材料で0.13W/（m· K）の低熱伝導率を達成している。

アルミ溶湯搬送用の断熱容器を想定し、セラミックス中空ユニットで構成される球体構造を提案し、その基本設計、ユニットの試作、組み立て、性能評価を実施した。その結果、開発したユニットは従来品（不定形耐火物（キャスタブル））に比べ、放熱量で40%低減、また60%軽量化できることを確認した。このユニットを組み立てた1/4サイズモデルの新規構造断熱容器は、従来品の総重量21kg（うち不定形耐火物14kg）から開発品の総重量8kg（うちセラミックユニット4kg）へと60%軽量化が可能であり、放熱量も58%低減（球状化の形状効果も含む）を実現できた。

開発した断熱容器の用途展開の候補として、溶融塩をもちいた高温未利用熱の蓄熱及び輸送システムを構想し、溶融塩に対するセラミック素材の耐食性の基礎評価試験を行った。容器素材の候補として、代表的な固相焼結セラミックスのうち酸化物系のアルミナと非酸化物系の炭化ケイ素を選定し、塩化物系溶融塩に対する耐食性試験を行った。結果、アルミナについては、700℃400h の浸漬後も、表面粗さ、強度ともに試験前後での変化はみられなかったが、炭化ケイ素については、浸漬時間が長くなるにつれて表面粗さが粗くなり、強度が低下する傾向がみられた。溶融塩に対し、セラミックス素材が有用な耐食性を有することを示した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］多孔体、気孔、隔壁、断熱、中空ユニット、搬送容器、蓄熱、溶融塩、耐食性

［テーマ題目２］高性能セラミック部材と表面加工技術を用いた省エネルギー製造技術の開発
「表面機能付与プロセス技術の開発」

［研究代表者］大花　継頼（トライボロジー研究グループ）
［研究担当者］大花　継頼、鈴木　健、是永　敦、間野　大樹、三宅　晃司、日比　裕子、中野　美紀（常勤職員6名）

［研 究 内 容］

表面機能付与のため、ミクロテクスチャーとナノ積層膜からなるナノストライプ構造を構築し、潤滑下で摩擦特性評価を行い、SiC/C の組み合わせが低摩擦・耐摩耗特性を有することを明らかにした。さらに、金属材料への構築および摩擦摩耗特性評価を行った。基材として、ステンレス基板を用い、溝状にミクロンレベルのテクスチャーを作製し、その上に SiC/C のナノ積層膜を作製した。摩擦特性評価は実機を模擬した線接触式の摩擦試験機を用いて、潤滑油中での試験を行った。ナノ積層膜を構築することで、摩擦係数が約20%減少することが明らかとなった。摩擦試験後のしゅう動面の観察の結果、積層された皮膜の損傷は見られず、SiC/C のナノ積層膜が密着性・摩擦特性・自己修復性に優れていることが示された。

さらに、軸受への適応を目指し、大面積（100×100mm）へのナノストライプ構造の構築を行った。ばね式で荷重を負荷し、摩擦抵抗をトルク計により検出できる摩擦試験機を用いてトルクの変化を測定した。ナノ積層膜の構築によって、低速領域でトルクが減少することが示され、大面積でもナノストライプ構造の有用性が明らかとなった。しかし、高荷重での試験では皮膜のはく離が観測され、密着力の向上を図る必要があることが明らかとなった。

滑り軸受への適応には、曲率を持った内面へのコーティング技術とその膜の密着性評価が必要であり、まず、アルミ合金の半割軸受の内面へのコーティングを試み、しゅう動面として最も荷重の負荷される中央部へのコーティングに成功した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］トライボロジー、表面機能化、テクスチャー、摩擦制御技術、コーティング

［テーマ題目３］オンデマンド・リペア技術の基盤的開

発

［研究代表者］明渡　純（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］明渡　純、土屋　哲男、小倉　一朗、芦田　極、佐藤　治道、松崎　邦男、荒井　裕彦（常勤職員7名）

［研 究 内 容］

多様なニーズに応え、部材・デバイス・製品製造に関する省資源・省エネルギーに貢献するため、オンデマンドで多品種変量生産に対応できる製造基盤技術、さらには高効率製造、長寿命化を考慮したリペア技術の確立を目指す。高速オンデマンド微細パターン技術関連では、3社の民間企業との資金提供型共同研究の中で、レーザー援用インクジェット法で、ポリイミドフィルム上で線幅5μm（アスペクト比：1、一昨年度比1/2)、描画速度30mm/sec（一昨年度比3倍）の微細 Ag 配線の2次元描画に成功した。真空、基板加熱を用いないプロセスで、ガラス上にシート抵抗：50Ω/□の透明導電膜を実現、PET 基板への作製にも成功し、本年度中期目標をほぼ達成した。さらに、スクリーン印刷法で実用レベルの歩留まりが得られてない線幅30μm 以下の微細配線リペアを目的に、LIJ 法による修復テストを行った。また、スピニング加工については、一般のプレス絞り加工と比較して11%の省エネになることを確認した。また、溶湯圧延により、通常の圧延に比べて、15%以上のエネルギーの削減を達成した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］オンデマンド、リペア、多品種少量、レーザー援用インクジェット、塗布熱分解法、塗布光照射法、欠陥検出、レーザー走査、スピニング加工

［テーマ題目４］先進コーティング PF 活性化のためのベンチマーク評価の促進

［研究代表者］明渡　純（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］明渡　純、加藤　一実、木村　辰雄、真部　高明、相馬　貢、山口　巖、松井　浩明、大花　継頼、土屋　哲男、中村　挙子、中島　智彦、廣瀬　伸吾、小木曽　久人、佐藤　治道、朴　戴赫、馬場　創、佐藤　宏司、瀬渡　直樹、鈴木　宗泰、中野　禅、村上　敬、荒川　さと子（常勤職員21名、他1名）

［研 究 内 容］

先進製造プロセス研究部門で開発された新規なコーティングプロセスをスピーディーに実用化して社会に還元するため、産総研オリジナル手法と従来型のコーティング法とのベンチマークによる比較検証や用途に応じた適用性の系統的分析を HP 上で公開することで、成膜プロセスの産業化の加速を目指す。本年度も、ウェブサイト訪問者数：7700名（平均20名/日)、年間100件を超す技術相談を受け、この活動が開始された平成22年12月～現在までに、技術相談件数：239件、試料提供契約：40件、資金提供型共同研究：53件、民間企業からの資金提供額合計：150百万円という活発な実績を上げた。第5回つくばコーティングシンポジウムを主催、また、産総研オープンラボにも出展・講演会を行い、成果発信を行うとともに高い関心を集めた。個別案件では、AD 法の産業用ローラーへのハードコーティングで、戦略的基盤技術高度化支援事業に採択され、共同研究を実施した。耐摩耗試験、塩水試験等により、同社の従来メッキ製品の4倍の耐摩耗性、耐久性が確認され、さらに ASTEC2013で発表、大きな反響を得て、次年度以降、製品化に向けた開発ステージに移行する。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］エアロゾルデポジション、レーザー援用インクジェット、光 MOD、テーラーリキッドソース、紡織コーティング、赤外コーティング

［テーマ題目５］次世代セラミック電池材料・製造技術の開発（熱利用 SOFC/SOEC 技術、次世代二次電池技術）

［研究代表者］藤代　芳伸（機能集積モジュール化研究グループ）

［研究担当者］藤代　芳伸、濱本　孝一、鈴木　俊男、山口　十志明、鷲見　裕史、秋本　順二、間宮　幹人、木嶋　倫人、永井　秀明、片岡　邦光、赤松　貴文、申　ウソク、真部　高明、廣瀬　伸吾、明渡　純（常勤職員15名、他2名）

［研 究 内 容］

資源生産性を考慮したエネルギー部材・モジュール製造技術として、次世代自動車や再生可能エネルギー利用のスマートグリットでの分散電源等に利用される、安全、高容量、低コストの新たな次世代電池デバイス材料・部材製造プロセス技術として、ナノレベルからの構造制御を活用する機能性セラミック材料や集積技術等の製造プロセス技術を活用する次世代セラミックス蓄電池としての、新たな蓄電材料～部材～モジュール製造技術を開発する。本年度は、全固体電池や空気電池の実現を目指し、これまで開発したセラミック LITAP 系電解質シートの耐還元性を向上する目的で、$LZr_2(PO_4)_3$:LZP 系無機保護膜の形成プロセスを検討した。その結果、電解質界面での還元保護膜として導電性が比較的高い中間層の最適熱処理等の成膜条件を明らかにした。また、新規リチウムおよびナトリウムイオン電池等用材料・部材技術に関して、ガーネット型固体電解質材料 $Li_7La_3Zr_2O_{12}$の合成プロセス技術を確立し、素材企業との連携に繋がると共に、ナトリウムイオン電池用の新規正極材料として、トンネル構造マンガンチタン酸化物、新型蓄電池用電極材

料としてのナトリウム銅酸化物などの高性能化に成功した。

さらに、マイクロ SOFC 製造技術を活用する600℃付近の低温域での電解水素製造デバイス、及び、金属酸化物等の酸化還元反応を組合せたエネルギーキャリアの新規貯蔵デバイスに向けた要素技術を検討した。4.0mmφ×50mmL 級のジルコニア電解質にて、管型セラミックリアクターを作製し、セル内部にガス流通が可能な粒度を持つ金属酸化物粉末材料を充填し、加湿65%、600℃の条件で、電気化学反応で水素貯蔵と発電利用が繰り返し可能なデバイス製造技術を開発し、リチウム電池の4倍程度の化学エネルギーの貯蔵が可能である事を見いだした。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］機能－構造部材融合化、マイクロ SOFC 製造技術、水蒸気電解セル、ポータブル電源、セラミック電解質、高集積化プロセス、機能性イオン伝導セラミックス、セラミックナノ構造電極、ナトリムイオン電池、金属空気二次電池、全固体電池、シート成形、電気自動車、分散電源

［テーマ題目６］マルチガスセンサ素子の高感度化

［研究代表者］申　ウソク（電子セラミックプロセス研究グループ）

［研究担当者］申　ウソク、伊豆　典哉、伊藤　敏雄、赤松　貴文、加藤　且也、中村　仁美、加藤　一実、木村　辰雄、増田　佳丈（常勤職員9名）

［研 究 内 容］

呼気分析等の非侵襲な生体情報計測において新しいシステムの要であるセンサデバイスの開発のため、マルチガスセンサ素子の高感度化を進める。熱電式マイクロデバイスを用いた、呼気中の水素、一酸化炭素、メタン濃度を1チップで迅速かつ選択的に計測できるマルチガスセンサ及び、呼気中のアルデヒドやアルコールを、酵素を用いて検出する新しいセンサの高感度化技術を進めた。

熱電式センサ技術については、センサ素子の燃焼触媒集積化の高度化が不可欠であり、①粒子分散状態がガス燃焼性能を向上させる、②触媒塗膜の形状制御を含むマイクロデバイスのデザインを改良し、ppm レベルのガスを迅速に測定するセンシング技術を確立することを目標にした。バイオセンサについては、支持体電極の材質と微細構造が酵素反応に与える影響について検討することを目標にした。

本年度は、熱電式センサについては信号ドリフトや高感度化を妨げる安定性の改良を行い、CO 用センサについては触媒材料改良によって CO 燃焼性能を向上させて熱電式センサにより1ppm CO を検知した。燃焼触媒をペースト状にしてデバイス表面に塗布する集積化プロセスでは Pd をアルミナに分散担持させたセラミックス燃焼触媒の分散及び膜厚等を変えることで1ppm メタンの検知を実現し、ガス選択性向上の可能性を確認した。マイクロデバイスの歩留まりを上げ、且つ、高信頼性のガス濃度検知が可能なアレー型のマイクロデバイスのデザインを修正したデバイスを作製し、1ppm レベルの CO とメタンをそれぞれ検知した。

バイオセンサでは、ホルムアルデヒド検出用としてホルムアルデヒド脱水素酵素を選択し、各種 TiO_2基板上における酵素反応特性を検討した。基板上に酵素溶液をコーティングし、一晩4℃で乾燥させ、酵素の活性を測定した。乾燥後の基板表面に固定されていない酵素を洗浄すると、酵素活性が洗浄前の1/10程度になった。固定された酵素の吸着量は、酵素が基板表面に一層吸着すると仮定した計算値とほぼ一致した。溶液析出法で作製したナノ結晶からなる TiO_2@FTO 基板を550℃で加熱処理すると、その表面で高い酵素活性を示すことを確認した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］デバイス集積化用触媒、ガスセンサ、熱電、ホルムアルデヒド脱水素酵素、酸化チタン、溶液析出法、ナノ結晶

［テーマ題目７］高速・高効率加熱技術による CFRTP の開発

［研究代表者］堀田　裕司（無機複合プラスチック研究グループ）

［研究担当者］堀田　裕司、今井　祐介、佐藤　公泰、島本　太介、安岡　正喜（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

次世代の輸送機器（航空機、自動車、鉄道等）、発電用風車、建材において、軽量性・強度に優れる炭素繊維強化プラスチックが注目されている。炭素繊維強化プラスチックは炭素繊維と樹脂からなる複合材料であるが、現在の製造工程では、一般的に熱硬化性樹脂が用いられるために成形時間が長く、大量生産品への対応が困難なこと等の問題がある。そのため、炭素繊維強化プラスチックの開発に於いては、マトリックス樹脂を現状の熱硬化性樹脂から熱可塑性樹脂へ転換することが求められている。特に生産性と品質保証が大きな課題である自動車分野では、CFRTP の高速成形及び品質確保のための基礎的データの蓄積と技術開発が重要とされている。成形に於いては、成形時の加熱冷却過程を経ると熱可塑性樹脂の結晶化が引き起こされ、加熱冷却プロセス条件によって CFRTP の樹脂状態が異なる。そのため、成形プロセスと樹脂状態の相関は CFRTP の設計指針を得るために重要な研究課題である。本年度は、「局所的な高速・高効率加熱による高速成形法」と期待されるマイクロ波

を CFRTP の製造技術に適応するための基礎的データの取得と、加熱冷却プロセスでの炭素繊維界面近傍とマトリックス側での樹脂状態に関して研究を行った。マイクロ波の正確な照射出力を得るために、半導体式のマイクロ波照射装置を導入し、研究開発を進めた。低出力（20W）でのマイクロ波照射において、マトリックス樹脂の融点温度まで、スパークせずに CFRTP プリプレグの温度上昇が60秒程度で可能であった。出力を36W に上昇させた場合、20秒程度で融点温度まで CFRTP プリプレグの温度は上昇したが、試料にスパークが観察され、マイクロ波照射による CFRTP の加熱では出力制御が重要な因子の一つであることが分かった。また、炭素繊維と熱可塑性樹脂の複合材における炭素繊維界面近傍とマトリックス側での樹脂状態の評価を、局所熱分析（LTA）法にて実施した。その結果、炭素繊維界面近傍とマトリックス側で軟化点が異なり、炭素繊維近傍の樹脂の軟化点はマトリックスの軟化点よりも15℃程度上昇した。つまり、加熱冷却プロセスで CFRTP の樹脂挙動が炭素繊維界面近傍とマトリックス側で異なることが分かった。これは繊維界面近傍とマトリックス側で樹脂の結晶性が異なることが起因していると考えられる。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］複合材料、CFRTP、マトリックス樹脂、結晶化

［テーマ題目８］新たな加工技術、劣化評価技術を包含した機器設計のための基本システムツール開発

［研究代表者］鈴木　隆之
（機能・構造予測検証研究グループ）

［研究担当者］鈴木　隆之、西村　良弘、笹本　明、原田　祥久、中住　昭吾、村松　眞由、加納　誠介、平澤　誠一、藤澤　悟、Ryalov　Oleg、松崎　邦男、花田　幸太郎、中野　禅、加藤　正仁、大花　頼継、鈴木　健、是永　敦、間野　大樹、三宅　晃司、日比　裕子、中野　美紀、増井　慶次郎、近藤　伸亮、往岸　達也、澤田　有弘、高本　仁志、芦田　極、栗田　恒雄
（常勤職員28名、他1名）

［研 究 内 容］

機械やシステムの基本設計に必要とされる候補構造材料の加工に対する信頼性、機械寿命、リサイクル性を予測するために、実際の運用を想定した評価試験と計算工学手法を融合したトータルデザイン支援技術を開発することを目的とする。

本年度は、これまで構築した上流設計のための基本システムの構成を見直し、「デザイン・ブレイン・マッピング・ツール」や「材料・製品特性統合分析ツール（寿命・余寿命評価ツール）」をそれぞれ更新するとともに、「ライフサイクルシミュレーションツール」、「トータルパフォーマンス解析ツール」を加えた。その結果、上流設計段階において、重要な設計因子の抽出から劣化損傷等の物理的挙動解析、ライフサイクルの動的予測、コスト、環境負荷等、ライフサイクルの一連の課題を取り扱えるシステムとすることができた。

また、本システムを検証するために、炭素繊維強化複合材料（CFRP）を用いた締結部材に関する実験データを実装した。その結果、CFRP の締結法であるチタンボルト締結や接着材による締結等種々の締結法の利点、課題が明瞭に表示できることを示した。加えて、詳細な実験データも含めて利用できるようになり、設計者が上流設計段階で正確に判断し、与条件を決定できるツールとして用いることを検証することができた。

さらに、他の検証例として、電磁力応用機器を選定し、モーターの主構成因子であるステーター、ローターについて、その製造プロセスに関する要素技術に関して加工、劣化特性等の評価に着手した。加工特性、電磁特性ともに優れた加工法を構築するために、種々の条件にて打ち抜き加工試験等を実施し、その結果を取得、集積した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］上流設計、概念設計、設計支援ツール、非破壊損傷評価、寿命・余寿命予測

［テーマ題目９］難加工材の高精度高効率加工のための加工現象解明

［研究代表者］加納　誠介（加工基礎研究グループ）

［研究担当者］加納　誠介、鈴木　隆之、芦田　極、松崎　邦男、大花　継頼、増井　慶次郎、三宅　晃司（常勤職員7名）

［研 究 内 容］

3軸動力計を使用し、送り分力、横分力、ならびに 背分力を測定することを試みた。動力計はワーク下部に設置し、動力計上面に作用する力の直交3成分を動的に測定した。同時に V バイトに3軸加速度センサを接着剤により取り付け、切削加工中の工具振動の測定を行った。被削材として、銅の単結晶 Cu(100)面を使用し、切削方向として、[001]方向と[0-11]方向2方向を選んだ。それぞれの加工の際の切削力測定では、切削痕の盛り上がりが大きかった Cu(100)面 [001]方向の加工では、大きな切削力が必要となった。一方、工具振動の測定では、切削時と空切削時で同じ周波数帯でピークが見られるため、機械の固有振動が測定されていると考えられる。これは、工具が剛に取り付けられていることを示しており、加工痕の違いは、工具の振れによって生じたものではなく、加工方向と滑り面の関係によって生じたものであることを示している。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］振動計測、動力計測、銅、すべり面

［テーマ題目10］現場の可視化による付加価値の高い製造技術の開発

［研究代表者］岡根　利光（基盤的加工研究グループ）

［研究担当者］岡根　利光、今村　聡、碓井　雄一、伊藤　哲、山内　真、岩本　和世、梶野　智史、澤田　浩之、徳永　仁史、古川　慈之（常勤職員10名、他6名）

［研 究 内 容］

製造プロセスの高度化及びそれを支える技能を継承するために、ものづくり現場の技能を可視化する技術、利便性の高い製造情報の共有技術、高効率かつ低環境負荷な加工技術を開発する。今年度は、可視化技術、情報技術について、それぞれ以下の研究を行った。

可視化技術では、労働者の高齢化に伴う熟練者不足を解消するため、作業状況に応じて適切に作業指示できる作業支援技術の研究が進められている。これまでに、その映像提示技術として高解像度両眼ビデオシースルーディスプレイの開発を進めている。

両眼ディスプレイに提示された作業対象物を見ながら作業を行うことを想定すれば、作業者が作業位置をより正確に把握するには、奥行き感の精度が高いほうが望ましい。そこで、開発を進めている両眼高解像度ビデオシースルーディスプレイを用いて、被験者を用いた奥行き感評価を行った。その結果から、このディスプレイを使用せず直接視で行った実験結果と比較してもその奥行き感は十分に高い精度であることが確認できた。

CFRP 加工技術に対し、研削加工に着目し、加工条件及び積層構造に対する加工現象の解明を進めた。砥石を使ったヘリカル加工による穴あけでは、スパイラル加工での加工力と加工条件の関係を明らかにした。ダイヤモンドワイヤーソーはマトリックス樹脂の消失・変質などの大きな欠陥を生ぜずに、炭素繊維を良好な加工面性状で加工できることを明らかにした。

情報技術では、情報収集機器と MZ Platform の連携を目的に、MZ Platform アプリケーションによる現場データの活用、情報収集機器による現場データの直接取得、Web 情報の取得と活用が可能なソフトを MZ Platform により開発した。MZ Platform により作業負担を軽減する操作性と拡張性を実現するとともに、FTA（故障木解析）における解析品質向上と作業負担軽減の同時達成を目的として、自動車部品メーカー13社における実務検証、ファイルサーバー／データベースによる社内事例の共有化、PA（問題解析）支援機能追加を行った。また、仮想生産技術として SPH 法（粒子法）による鋳造における湯流れ解析システムを開発した。今年度は、境界条件処理の改善による信頼性向上、相転移を考慮したシミュレーションの高度化、可視化機能の拡張を行い、その有効性を確認した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］可視化技術、鋳造、技能継承、情報技術、品質保証技術、初期設計、シミュレーション

［テーマ題目11］メソ多孔体薄膜のガス吸着特性を利用した micro-QCM システムの構築

［研究代表者］木村　辰雄（テーラードリキッド集積研究グループ）

［研究担当者］木村　辰雄、加藤　一実（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

多孔性（高表面積、高規則性メソ孔配列）に由来する特徴的な機能、例えば吸着特性などの活用を意識した材料開発を行うことで、組成に依存しない各種デバイス部材への展開が期待できる。本萌芽研究では、各種組成の薄膜材料を対象に、ガス吸着特性を利用した micro-QCM システムの構築を目指し、多孔性の高さや吸着質との相互作用と検出感度に関する相関に対する理解を深めることを目的とした。

成膜プロセスを種々に検討し、市販の5mmφQCM 電極上にシリカ及びリン酸アルミニウムのメソ多孔体薄膜が成膜できることを確認した。単純な揮発性有機化合物（トルエン、エタノールなど）を検出対象として、micro-QCM システムとしての動作特性を調査した結果、ppb レベルでのガス成分の検出が可能であると思われる結果が得られた。特にメソポーラスリン酸アルミニウムが有望であると思われたが、いずれの場合も、振動数の変化が不安定であった。焼成時に金電極が部分的に断裂した可能性が想定されたため、紫外線照射により界面活性剤を除去する方法に変更することとした。予備実験として紫外線照射前後で電極自身の周波数がほぼ変化しないことを確認できた。今後は、安定した周波数変化が検出できるようにシステムを再構築し、質量検出で混合ガスを検出するという未踏分野に挑戦したい。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］メソ多孔体、ガス吸着、QCM

［テーマ題目12］実用エネルギーイオン照射によるＹ系超電導薄膜の臨界電流特性の向上効果の研究

［研究代表者］松井　浩明（機能薄膜プロセス研究グループ）

［研究担当者］松井　浩明、小木曽　久人、山崎　裕文（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

イットリウム系超電導材料（$YBa_2Cu_3O_7$）を用いた電力機器の実現には、臨界電流密度（J_c）の向上につながるナノ欠陥の高効率導入プロセスを確立する必要がある。本課題では、従来、化学的手法に比べて特性向上幅と経済性の両面で不利と考えられてきたイオン照射プロセスについて、加速エネルギーの抑制による技術的優位性の

再検証を行った。具体的には、従来、大型の研究用加速器によってしか得られない100MeV～1GeV 領域のイオンビームを用いて行われてきた欠陥形成プロセスを、産業用加速器によって得られる数 MeV 以下の領域を用いて行い、その J_c 向上効果を実験的に研究した。

はじめに、3MeV の金イオンを用いて照射実験を行った。その結果、照射量を適切に制御することにより、磁場中 J_c 値が最大約4倍（0.2→0.8 MA/cm^2 @1T）に向上することを明らかにした。この向上幅は、現在の主流である不純物析出による欠陥導入法で報告されている最高値に匹敵する高い値であり、Y 系超電導体に対する MeV 領域のイオン照射プロセスが、高い技術的ポテンシャルを有していることを示す。

次に、J_c 向上の起源を明らかにする為に、透過電子顕微鏡による微細構造観察を行った。その結果、ab 面に平行な方向で測定した高分解能像において、照射膜に固有の微小モアレスポット（直径6nm 以下）を観測した。このモアレスポットは、結晶軸に対してランダムな方向と分布を有し、析出物等による影響とは明確に区別される。これにより、本研究で観測した大きな J_c 向上効果が、イオン照射によって形成された微小構造欠陥による磁束ピン止め力の増強に起因することを明らかにした。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］超電導、臨界電流、イオン照射

［テーマ題目13］炭素繊維の表面処理法の開発

［研究代表者］今井　祐介
（無機複合プラスチック研究グループ）
［研究担当者］今井　祐介、島本　太介、堀田　裕司
（常勤職員3名）
［研 究 内 容］

炭素繊維強化複合材料（CFRP）の開発に資するため、炭素繊維（CF）の表面処理に関する課題の解決を目指した。汎用の X 線 CT では通常観察できない CFRP 中の炭素繊維の観察を可能とすることを目指し、炭素繊維の金属めっき技術の開発を試みた。

不連続 CF 繊維強化の CFRP においては、CF の分散性、配向状態、残存長さ等が特性に大きく影響するため、その評価を行なって成形条件に反映させていくことが必要である。X 線 CT 装置は非破壊で複合材料中の強化繊維を観察できることから、有用な評価手段となることが期待されている。しかしながら、CF とマトリックスポリマーの X 線吸収係数の違いが小さいため、管電圧を小さく設定することのできない汎用の X 線 CT では、CFRP 中の CF を観察することができない。そこで、CF に X 線吸収係数の大きな銅をめっきすることにより、X 線 CT での観察を可能とすることを目指した。

無電解めっき法により、さまざまな CF に厚さを制御して銅めっきを施す条件を確立した。銅めっき CF を用いることにより、汎用の X 線 CT を用いて CFRP 中での CF の分散・配向状態を観察することが可能となった。銅めっきの厚さとしては、数百 nm 程度が観察に適していた。

今後、銅めっき CF をX線 CT トレーサーとして用いることにより、大きな視野範囲での X 線 CT 観察を行なう等、CFRP の評価技術としての有効性を確認し、適用範囲を広げていくと共に、さまざまな条件で成形する CFRP の評価に適用し、成形条件の改善に寄与することを目指す。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］炭素繊維強化複合材料、X 線 CT、銅めっき

［テーマ題目14］新原理に基づく熱損傷レスレーザ複合加工技術の開発

［研究代表者］栗田　恒雄（マイクロ加工システム研究グループ）
［研究担当者］栗田　恒雄、芦田　極（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

国内製造業活性化のため、高付加価値な新規医療デバイスの開発が求められている。例えばステントは人体の様々な部位における狭窄、瘤を改善させる医療機器である。冠動脈用ステントでは、薬剤溶出により、血管が再び閉塞するのを防ぐ機能が付加された製品も普及するなど広く用いられている。一方、脳梗塞、脳動脈留の治療に対応した脳血管用のステントの登場が望まれている。経済産業省より発行されている「技術戦略マップ2010」では、医療機器全般、ステント機器の重要性が指摘されており、2017年ごろに脳血管用ステントが開発されると記述されているが、脳内血管サイズのステントを製造することが難しいため、適用例が少ない。

産総研では、これまでに脳血管ステントサイズの形状を加工可能な装置を開発したが、レーザ加工で生じた溶融再凝固物の除去という課題が明らかになった。脳血管ステント加工には、加工影響層のほとんど存在しない加工技術開発が必要である。またステント全般の問題である再狭窄防止機能を付加できる表面処理技術開発も望まれる。

本研究では、医療機器の高付加価値形状創成に必要な微細加工技術、装置を開発する。実例として脳血管に挿入可能な極細管への熱影響極小ステント形状、及びステント全般の課題である再狭窄を防止するステント表面ナノ形状、等を対象にした新規微細形状加工技術を開発する。また加工が可能な次世代加工装置プロトタイプを試作、加工を実証する。さらに前記成果を発展させ、次世代加工装置を用いた次世代加工システムの概念を提案、医療機器を中心としたデバイスを高効率、低コスト、低環境負荷で生産することで国内製造業の活性に貢献する。

本年度は、従来技術では困難であった熱影響極小の微

細加工技術を提案した。本プロセスは、微細レーザ加工と微細電解加工を繰り返して作用させる（逐次複合加工）ことにより、熱影響層がほとんど存在しない高アスペクト比加工を実現する。試作した実験装置を用いて重要加工条件の選定、最適化を行った。最適加工条件を用いて、ステント材料へ微細形状の実証加工（溝幅30μm以下、溝深さ300μm 以上、溶融再凝固物無し）複合加工が可能であることを実証した。また、従来の加工装置よりも1桁以上削減した（装置設置面積1/50、消費電力1/50）、世界最小・最軽量・最小消費電力レーザ微細加工装置（金属材料へ深さ幅比10以上可能）の仕様について検討した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］レーザ加工、電解加工、複合加工、ステント、ステントグラフト

［テーマ題目15］ハイブリッド型 SOEC を用いた燃料合成プロセス開発

［研究代表者］山口　十志明
（機能集積モジュール化研究グループ）
［研究担当者］山口　十志明、赤松　貴文、濱本　孝一、藤代　芳伸、申　ウソク
（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

再生可能エネルギーを有効活用し、二酸化炭素や水を原料とした燃料の合成プロセスの開発が注目されている。従来の触媒反応では不可能な非平衡反応等で、高効率に物質変換を可能とする技術が求められている。セラミック電気化学セルでの電解反応を利用した炭化水素への直接化学合成反応が可能な技術として、イオン導電性セラミック材料を活用する新たなセル・スタック製造技術や接続シール材料に関する要素技術を研究した。

ジルコニア系酸化物イオン導電性電解質および、酸化セリウム系プロトン導電性電解質を用いた管状のセラミック電気化学セルを作製し、単独または連結させた新たな電気化学的モジュール製造技術を開発した。さらに、開発した電気化学反応セルを用い、600℃付近の低温で、二酸化炭素と水から直接メタンを合成できる技術等を開発した。また、耐熱性や熱膨張係数などの制御性に優れたガラス材料と導電材料で構成される複合材料を開発し、材料の保形性やシール製、導電性の制御因子等の技術的な知見を得た。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］電気分解反応、セラミックセル、水素製造、燃料合成、接合技術

［テーマ題目16］次世代エネルギー部材・モジュール提供に向けた蓄電デバイスの研究開発

［研究代表者］片岡　邦光
（結晶制御プロセス研究グループ）
［研究担当者］片岡　邦光、間宮　幹人、木嶋　倫人、永井　秀明、秋本　順二
（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

現在、社会全体としてエネルギー問題、CO_2削減をはじめとした環境問題の打開が求められている。その打開策の一つに化石燃料に由来するエネルギーの代替エネルギーが求められ、電気エネルギーへのシフトが加速している。電気エネルギーを利用して、従来のエネルギーと同等のエネルギー得るために、近年、リチウムイオン二次電池が注目されており、多くの国で研究・開発がされている。リチウムイオン二次電池は、鉛蓄電池やニッケル水素電池などの二次電池に比べエネルギー密度が高いため、高出力が期待できる。そのため、近年では PC や携帯電話などの小型精密機械に主に用いられているが、HV 車や EV 車など環境を配慮した自動車、家庭用蓄電池や携帯電話基地局のバックアップ電源などの定置型電源への利用が想定されている。そこで本年度は、さらに高容量、高出力を可能とする蓄電デバイスの研究開発を目指して、炭素系材料、酸化物材料を用いた蓄電デバイスの作製・評価を行った。まず、活物質として既存の炭素系材料用いた蓄電デバイスを作製し、次に酸化物を用いた蓄電デバイスの作製・評価を行った結果、作製した蓄電デバイスの容量は、既存の炭素系材料を用いた場合よりも高容量であることが明らかとなった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］蓄電デバイス

［テーマ題目17］超重力場による酸化物の結晶構造変化とその物性

［研究代表者］杵鞭　義明
（特異反応場プロセス研究グループ）
［研究担当者］杵鞭　義明、鈴木　一行
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

巨大な加速度（超重力場）の働く環境に結晶が存在すると、その構造は一般的な構造から変化するのであろうか。これまでは、衝撃実験による高圧相の生成は知られていたが、本研究（熊本大学との共同研究）により、定常的な高加速度の下では、高圧相とは異なる新規な結晶構造が現れることがわかった。

実験では、単結晶 TiO_2（ルチル構造）に400kG（G:9.8m/s^2）の超重力を c 軸方向に沿って加えた。さらに試料を400℃まで加熱し、24h 保持した。その後冷却し、各種評価を行った。

TiO_2の結晶構造は、Ti を中心とする歪んだ TiO_6八面体が c 軸方向に稜共有をした構造を持つ。また、酸素間距離には稜共有する箇所（Os）と稜共有しない箇所（Ou）の2種類が存在する。構造解析の結果、重力結晶はルチル構造を保つものの、通常の結晶とは原子位置が

大きく異なる結晶であることが判った。すなわち結晶は c 軸方向に大きく縮小し、一方 a 軸方向には若干の膨張、その結果、相対的には c/a は大きく減少していた。また、Os と Ou の比率は等方的な値に近づいていた。多くの酸化物がルチル構造をとるが、超重力試料の値は金属的特徴を示す VO_2に匹敵するものであった。また結晶の透過率測定より、バンドギャップが狭くなっていることが確認された。確認された結晶構造に基づき第一原理計算を行った結果、Ti_3d 軌道で構成される伝導帯の幅が広くなり、そのためバンドギャップが狭くなることが示唆された。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］加速度、結晶構造

［テーマ題目18］赤外線サーモグラフィーを用いた無機系複合材料の定量的損傷評価法の探索

［研究代表者］村松　眞由
（機能・構造予測検証研究グループ）
［研究担当者］村松　眞由、原田　祥久、鈴木　隆之
（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

近年、優れた比強度および比剛性を有する炭素繊維強化プラスチック（CFRP）に大きな関心が寄せられている。CFRP の適応範囲は様々な構造物へと拡大していることから、CFRP 構造物に対する非破壊検査技術の開発が急務となっている。現状では、CFRP 構造物の非破壊検査には、広範囲を短時間で簡便に測定可能な赤外線サーモグラフィーがしばしば用いられ、得られる熱画像に基づいて欠陥検出が行われている。しかしながら、テーラーメイドによって開発される多種の CFRP の熱画像に関する検討はなされていないのが現状であった。また、2次元の熱画像から如何に実際の欠陥形状および欠陥位置を推定するかという問題もあった。

そこで、本研究では、赤外線サーモグラフィーを用い、種々の微視組織を有する CFRP に対して系統的な欠陥検出を行った。CFRP 平板から日本非破壊検査協会（JSNDI）標準試験片を作製し、ホットプレートで試験片背面を加熱し、表面における熱画像を取得した。その結果 CFRP の繊維含有率が少なくなるほど欠陥が明確に検出可能であることがわかった。また、PAN 系 CFRP の方がピッチ系 CFRP よりも欠陥検出が容易であることも明らかとなった。さらに、内部の欠陥形状および位置を推定可能な逆解析プログラムを構築した。PAN 系 CFRP の熱画像を取得し、得られた画像を入力情報として、逆解析を実行した。その結果、本解析によって欠陥のサイズは決定できないものの、欠陥深さの範囲以内で欠陥位置が推定可能であることが示された。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］CFRP、赤外線サーモグラフィー、逆解析

［テーマ題目19］上流設計における衆知探索・再構成技術の開発

［研究代表者］高本　仁志
（システム機能設計研究グループ）
［研究担当者］高本　仁志、澤田　有弘、増井　慶次郎
（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

昨今の製品開発において、「設計・技術情報の検索・再構成」、「膨大な実験・解析結果の解釈」、「体系的設計開発案の高度化・自動化」を行う技術が注目を集めている。本研究では、これらの技術の基盤として、製品開発上流段階で技術者が特定の製品モデルに依らずに、機能要求やそれを満たす製品属性などの設計因子を定義・閲覧する「設計因子ネットワークを用いたシステム記述環境」を開発した。

本研究で行ったヒヤリングにおいて、製品企画・設計に携わる技術者は、製品開発の初期段階では多様な顧客情報や様々な工学分野の知識が用いるため、製品モデルを特定の観点から構築することが困難であり、また、顧客情報や技術知識の全体像を把握するためには、抽象度の高い表現方法が求められることが確認できた。

本研究では、品質機能展開（Quality Function Deployment（QFD））で明らかになる要求機能とそれを満たす製品の属性との関係を、設計因子の関係性ネットワークとして一般化し、そのネットワークを構築・可視化する環境を開発した。また、実験やシミュレーション解析で得られる設計因子間の定量的関係をこの環境上で可視化することで、様々な実験・解析結果を一つのネットワークとして可視化できるようになった。例として、チタンボルトの加工性を向上させるために行われた成形・熱処理などに関わる実験結果の関係を可視化できた。

研究用途に留まらず、企業の技術者が設計因子の関連性ネットワークを用いた製品開発を行うためには、作業負担が少なく、モデル再利用性の高いモデリング環境を提供する必要がある。このため、ネットワーク記述商用ライブラリを活用し、技術者の評価に耐えうるモデリング環境の開発を試みた。再配布の可否、汎用性、拡張性などを考慮した上で、jGraph 社の mxGraph ライブラリ評価版を採用した。そして、このライブラリ上に設計因子関連性ネットワーク構築環境を開発した。例として、電磁鋼板とその派生製品が持つ因子間の関係を可視化する為に用いた。また、モデル内の要素と検索エンジンによる検索結果や技術文書と接続することが可能となった。

部門重点課題の枠組みでデザインブレインマッピング（DBM）ツールの開発・活用が行われているが、本研究の成果は DBM ツールの拡張の方向性を示したものでもある。

今後は、自然言語解析手法や人工知能（例：機械学習）を応用し、ネットワークの編集操作を計算資源が豊富なサーバー側で支援するアルゴリズムの研究・開発を

行う予定である。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］設計支援、製品開発、関連性ネットワーク

［テーマ題目20］負の摩擦によるゼロ摩擦の研究

［研究代表者］藤澤　悟（加工基礎研究グループ）

［研究担当者］藤澤　悟、加納　誠介、三宅　晃司（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

摩擦力顕微鏡の測定において原子的に平坦な面（例えば劈開面）において格子周期の摩擦が発現する荷重領域があり、さらに軽荷重な領域では負の摩擦力が発現することが知られている。

そこで、摩擦方向に格子周期と同レベルの幅の自励発振を加えて正の摩擦を連続的に乗り越えるようにすれば、負の摩擦力のエネルギーを自励発振が吸収するので、負の摩擦力のエネルギーを正の摩擦を乗り越えることに使えるようになり、実効的なゼロ摩擦が実現出来ると考えている。

それを実現させるためには、摩擦方向（＝走査方向）に格子周期と同程度の自励発振を走査とは別に加えることを提案する。ただし、自励発振の周波数（例えば DC～5MHz 程度）を検出できる広帯域の摩擦力顕微鏡の新規開発が必要となる。

そのためには、摩擦方向への力検出プローブ（マイクロカンチレバー）の自励発振の周波数すなわち共振周波数が数 MHz であることから、力検出回路と自励発振回路の MHz 帯域への飛躍的な広帯域化と低ノイズ化の両立が必要となり、難易度が高い。本研究では、まずは力検出用受光回路（フォトプリアンプとメインアンプ）で DC～MHz 帯域を有しながらも低ノイズなものを開発することを目標とした。

試行錯誤の末、フォトプリアンプとメインアンプの検出回路として従来とは異なる構成を用いる事により、DC～10MHz の帯域を実現しながらも0.6mVpp という低ノイズのフォトプリアンプとメインアンプの開発に成功した。周波数帯域が DC～10MHz まで伸びているのが分かった。今回の開発の成功によって、MHz 帯域での摩擦方向への自励発振の実現にひとつ近づいた。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］摩擦力顕微鏡、格子周期の摩擦、負の摩擦、ゼロ摩擦、自励発振、広帯域化

⑤【サステナブルマテリアル研究部門】

（Materials Research Institute for Sustainable Development）

（存続期間：2004.4.1～）

研 究 部 門 長：中村　守

副研究部門長：田澤　真人、小林　慶三

総括研究主幹：田尻　耕治

所在地：中部センター

人　員：59名（59名）

経　費：453,273千円（209,249千円）

概　要：

サステナブルマテリアル研究部門は、材料、素材及び部材に関わる研究開発によって、産業・社会の持続可能な発展の実現に貢献することを目指す。特に、産業上重要でありながら、将来の供給に不安があるレアメタル資源対策のための技術開発、及びエネルギー資源の節約と、化石燃料の燃焼に伴う二酸化炭素排出量の抑制による地球環境への負荷低減のための、材料及び部材に関わる研究開発に取り組んでいる。具体的には、可採埋蔵量が少ない上に、極少数の国への埋蔵資源の偏在が著しいため、我が国の産業にとって重要でありながら、将来の安定供給に不安があるいくつかのレアメタル元素について、代替材料技術及び消費量削減技術の研究開発を推進した。また、将来のエネルギー不足への対応及び地球温暖化の防止を目的とする研究においては、エネルギー消費削減に資する材料と部材に関わる研究開発として、自動車等の輸送機器用超軽量材料としてのマグネシウム合金を中心とした軽量金属素材に関わる研究開発と、住宅・オフィスにおける冷暖房のためのエネルギー消費の削減を目指した窓、壁等の建築材料及び部材に関わる研究開発を重点課題として実施した。

平成24年度は、各重点課題において力を入れたテーマとその成果の概要は、以下の通り。

① レアメタルの研究については、偏在が著しいジスプロシウムを添加する Nd-Fe-B 希土類磁石の代替材料として、ジスプロシウムを使用しない Sm-Fe-N 焼結磁石材料の開発を行い、異方性永久磁石の製造を目指して、高い保磁力を示す異方性粗粉末を作製する技術を開発した。また、触媒のための白金族元素消費量削減技術の開発では、触媒の量産化に向けた開発を推進し、100g オーダーの調製プロセス確立、粉末触媒を大型ハニカムに塗布しての高い排ガス浄化性能の確認を行った。さらに、タングステン代替材料技術では、特定のコモンメタルを添加することで高靭化したサーメットに、特定炭素化物を添加して硬度と抗折力を同時に改善できることを示した。

② 軽量金属素材についての研究では、AZ31より耐食性や強度が優れた AM60（Mg-Al-Mn 合金）について、室温張出し成形性を大幅に改善する高温圧延技術を開発した。また、凍結鋳型鋳造技術については、鋳造水分量が少ないとアルミニウム合金の溶湯流動長が伸びる現象について、鋳型及び溶湯の温度

変化の測定結果に基づき検討した。さらに、マグネシウム合金の表面処理については高温高圧の水蒸気処理によるナノ結晶表面層の形成プロセスの効果を調べ、過酷な複合サイクルに耐えることを確認した。

③　省エネルギー住宅・オフィス用材料技術についての研究では、ガスクロミック調光ミラーの耐久性向上を新しい Mg-Y 系薄膜を利用して達成し、新しいスイッチング方式（透明状態／鏡状態）の提案を行った。木質材料についての研究では、連続押し出しにおける生産速度の向上と熱可塑成形による易リサイクル性の確立について成果を上げた。また、産総研で開発した調湿材料である「ハスクレイ」を混合した塗り壁材を、実際に建材実験棟の部屋の壁に塗って、調湿効果を確認した。

外部資金：
文部科学省　科学研究費補助金　新学術領域研究（研究分担者）
「生物多様性を規範とする革新的材料技術／生物規範階層ダイナミクス」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金　基盤研究（A）
「ナノ空隙の吸着サイト改質とミクロ界面すべり制御による木材の超塑性加工法の開発」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金　基盤研究（B）（研究分担者）
「エネルギー・環境応用を目指した高結晶性ナノ粒子の創製プロセス開発」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金　基盤研究（C）
「Mg-Zn-RE 合金の衝撃安全特性および破壊メカニズムの解明」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金　基盤研究（C）
「異周速圧延法によるチタン板材の集合組織制御と高性能化」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金　基盤研究（C）（研究分担者）
「有機複合体材料への3次元微細構造形成に基づく感温型デバイスの光制御機能開発」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金　挑戦的萌芽研究
「金属複合化合物を経由する新規な白金族金属の再資源化プロセスの確立」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金　挑戦的萌芽研究
「VO_2マイクロフレーク創製と熱応答型表面熱伝達制御素子の開発」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金　若手研究（A）
「粒子アセンブリ法によるフォトニック結晶テラヘルツレーザの創製」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金　若手研究（B）
「熱電薄膜表面への反射防止構造の作製」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金　研究活動スタート支援
「同心球構造を有するハイブリッドナノ粒子の作製と閉じた空間空隙材料としての応用」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金　研究活動スタート支援
「第一原理計算を利用した CNT／金属異相界面の破壊メカニズムの解明」

独立行政法人新エネルギー･産業技術総合開発機構　助成金　平成21年度産業技術研究助成制度
「高効率成膜プロセスを用いた機能性酸化物薄膜の開発および調光ミラーデバイスへの応用と優れた耐環境性能を有する構造開発」

独立行政法人新エネルギー･産業技術総合開発機構　助成金　平成23年度先導的産業技術創出事業
「木質細胞ヒエラルキー界面をセミソリッド化する非平衡塑性加工技術の開発と自動車用木材・プラスチック複合材料への展開」

独立行政法人科学技術振興機構　戦略的創造研究推進事業（チーム型研究（CREST））　研究領域「プロセスインテグレーションによる機能発現ナノシステムの創製」
「光神経電子集積回路開発と機能解析・応用」

独立行政法人科学技術振興機構　研究成果展開事業　研究成果展開支援プログラム　フィージビリティスタディステージ　シーズ顕在化タイプ
「木質材料の流動性発現による複雑三次元成形加工への天然添加剤の適用」

独立行政法人科学技術振興機構　研究成果展開事業　研究成果展開支援プログラム　フィージビリティスタディステージ　シーズ顕在化タイプ

「高耐久性・高意匠性を両立する木質成形体の開発」

独立行政法人科学技術振興機構　研究成果展開事業　研究成果展開支援プログラム　フィージビリティスタディステージ　シーズ顕在化タイプ
「材料技術および金型技術のハイブリット制御によるマグネシウム合金板材の室温プレス成形技術の開発」

国立大学法人東北大学　平成23年度補正予算震災復興技術イノベーション創出実証研究事業（次世代自動車用触媒開発のための小型ハニカム触媒の試作・評価イノベーション実証研究）
「クリオゲル法によるセリア材の高性能化と粉体およびハニカム触媒評価」

国立大学法人東北大学　希少金属代替材料開発プロジェクト
「Nd－Fe－B 系磁石を代替する新規永久磁石の実用化に向けた技術開発／窒化鉄ナノ粒子の大量合成技術およびバルク化技術の構築／窒化鉄ナノ粒子の表面修飾と低温焼結技術の開発」

財団法人石川県産業創出支援機構　平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業
「航空機中空複雑形状鋳物用、砂型差圧鋳造技術の開発」

東広島商工会議所　平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業
「高機能難焼結性粉末を低温・短時間でニアネット成形する動的加圧機構を搭載した次世代パルス通電焼結技術の実用化開発」

補助金　経済産業省イノベーション拠点立地支援事業
「先端技術実証・評価設備整備等補助金（企業等の実証・評価等設備の開発事業)」
「押出用高強度難燃性マグネシウム合金製造設備の整備」

発　表：誌上発表135件、口頭発表233件、その他42件

凝固プロセス研究グループ
（Solidification Processing Group）
研究グループ長：多田　周二
（中部センター）

概　要：

所属部門の重点課題である軽量金属材料技術ならびにレアメタル対策技術を中心に、産業・社会の持続可能な発展に資する新しい鋳造プロセスの開発に取り組んだ。電磁力の活用では電磁撹拌連続鋳造法を検討し、マグネシウム合金鋳造組織への均質化および微細化効果を明らかにした。セミソリッド成形技術では、高品質のスラリー調整法を考案し、ダイカスト用アルミニウム合金 ADC12のセミソリッド成形が可能となった。さらに、凍結鋳型に関する研究では、複雑形状をもつ大型鋳物への適用を図るため、中子の崩壊性や品質向上について検討を行った。これにより、アスペクト比が10を超える細長い形状の凍結中子について、良好な鋳造ができることならびに鋳造後の砂の排出性に優れることを確認した。また、CFRP に対抗しうる新たな軽量金属素材としてアルミリチウム合金の材料開発も進めた。その結果、有効な添加元素が絞り込まれ、加工性を改善できる可能性が示された。

研究テーマ：テーマ題目２

環境応答機能薄膜研究グループ
（Energy Control Thin Film Group）
研究グループ長：吉村　和記
（中部センター）

概　要：

多層薄膜を利用した省エネルギー効果の大きい窓ガラス材料として、調光ミラーガラス、サーモクロミックガラス、液晶を用いた新規調光ガラス、全反射を用いた新規調光ガラスの研究を行なった。調光ミラーガラスの研究においては、マグネシウム・イットリウム合金を用いた調光ミラー薄膜材料を開発し、スイッチングの繰り返しに対する耐久性を飛躍的に向上した。また、微小な空間を利用する新しいガスクロミックを用いたスイッチングシステムを開発し、省エネルギー窓としての実用化に向けて大きく前進した。サーモクロミックガラスについては、世界トップレベルの調光性能を持つ VO_2ナノ粒子を再現性よく、かつ大量に合成する方法を確立した。液晶を用いた新規な調光ガラスの研究では、液晶・高分子のメゾスケール複合構造の作製技術を高めて熱応答型光制御素子としての機能性向上を実現した。全反射を用いた新規調光ガラスの研究では、自動調光機能を持つ調光シートの製造法を確立するため、企業と共同研究を開始した。

研究テーマ：テーマ題目３

木質材料組織制御研究グループ
（Advanced Wood-based Material Technology Group）
研究グループ長：金山　公三
（中部センター）

概　要：

樹木は、人工的なエネルギーを使用すること無しに太陽エネルギーによる光合成で成長するので、大気中の二酸化炭素固定による「地球温暖化対策」と、再生産による「資源枯渇対策」として有望な材料と位置づ

けられる。そして、公共建築物への国産木材利用を促進する法律も施行された。このような背景に基づき、木材の有効利用の大幅拡大が期待されているが、それを実現するためには、①強度向上技術、②形状付与加工技術、③寸法安定性向上技術、④耐久性向上技術並びに評価・保証技術などが必要である。

そこで平成24年度は、②を中心テーマとして、その遂行に際して①③④も考慮して取り組んだ。木材の細胞間層を選択的に軟化させて、隣り合う細胞同士のせん断滑りを生じさせることによって、材料を変形させる「流動成形」の検討を進めた。

研究テーマ：テーマ題目３

セラミックス応用部材研究グループ

（Applied Technology with Traditional Ceramics Group）

研究グループ長：杉山　豊彦

（中部センター、瀬戸サイト）

概　要：

窯業、陶磁器に関して蓄積した研究手法やノウハウを活用して、省エネルギーに役立つ建築部材の技術開発を行なう。外壁や庭、屋上などに用いられるセラミックス製ブロック等に、保水性、透水性、断熱性、防音性などの機能を付与したセラミックス建材を開発する。同時に廃棄物のリサイクルのための技術開発を行なう。また、陶磁器製造技術、釉薬関連、データベース構築などの基礎研究および基盤技術の応用研究を行なう。平成24年度は、焼成せずに製造する保水性セラミックスについて耐凍害性の向上等の部材改良研究を継続して行った。耐凍害性の向上に有効な添加剤について、添加剤の種類を変えた場合の効果とその弊害について、試作品を利用した実証試験等により、傾向を把握した。基盤的研究として環境適合型顔料、粉体への特性付与、釉薬データベースの構築などの研究を行い、応用研究として省エネ建材を目指した釉薬の研究、アルミナ系部材等の成形技術の研究を継続した。

研究テーマ：テーマ題目３

相制御材料研究グループ

（Phase Engineering for Advanced Materials Group）

研究グループ長：尾崎　公洋

（中部センター）

概　要：

これまでのレアメタルに依存した機能性の向上を見直し、レアメタル資源への依存度を低減した材料開発を実現するため、材料合成過程における非平衡状態を積極的に活用した代替材料および省使用化技術を開発する。特に、磁性材料、熱電材料、硬質材料を中心に研究を進めた。

ハイブリッド自動車の駆動用モータに利用される磁石に含まれる重希土類元素である Dy を使用しない磁石の開発を続けている。その一番の候補である Sm-Fe-N 磁石粉末に対して、焼結に適した微細結晶を有する粉末を開発した。

廃エネルギーの有効利用のためには、熱を電気に変換できる熱電変換材料が有効である。これまでに開発された熱電変換材料に含まれる希少金属である Bi、Te、Sb を用いない Fe_2VAl 熱電モジュールを開発している。このモジュールの変換効率を調べ、その一部を別の元素で置換することで効率を改善できることを明らかにした。

また、精密加工を実現するために使用される硬質な金型材料などに利用される W や Co の使用量を削減することを目的として、FeAl 金属間化合物や Ni を結合相とした新しい硬質材料の開発を行っている。窒化チタンを硬質粒子とする硬質材料について、結合相との整合性を高め高強度に焼結する技術を開発した。さらに、WC を FeAl で結合した硬質材料の強度向上を目指したプロセスの提案を行った。

研究テーマ：テーマ題目１

環境セラミックス研究グループ

（Ecological Ceramics Group）

研究グループ長：田澤　真人

（中部センター）

概　要：

当グループは、セラミックス微粒子や薄膜等の材料に要請される技術課題の解決に取り組み、具体的実用技術の開発に寄与することで、持続可能な産業・社会の構築という部門のミッション、特に「省資源型環境改善部材の開発」に貢献することを目的とする。また、技術的背景となる基盤研究として、セラミックス粉体の製造・混合・分散技術および配列・配向等の高度制御・評価技術などセラミックス粉体に関する技術体系の構築を図る。

平成24年度は、「調湿材料の合成・部材・応用の研究開発」において、開発した調湿塗り壁材を環境調和型建材実験棟に施工し、性能評価を開始した。「セラミックス系材料合成・応用・評価技術」において、剪断評価法の JIS 化に向けた研究を継続するとともに粉体のマイクロ波吸収特性について検討した。「環境改善技術」においては、可視光応答型光触媒の新規合成法の研究を実施するとともに、地域資源（雲母）を用いた化粧品の高度化を目的とした研究を地域企業との共同で実施した。

研究テーマ：テーマ題目３

融合部材構造制御研究グループ

（Advanced Integrated Materials Research Group）

研究グループ長：松本　章宏

（中部センター）

概　要：

結晶性や組織の制御・融合化によるレアメタル代替材料の創製と射出成形や高エネルギービームを用いた部材化に至る技術開発を行っている。

コバルト代替硬質材料 WC-FeAl に関して、破壊靭性に与える WC 粉末粒径、結合相量の影響について検討した。タングステン代替硬質材料として、サーメットに特定の金属元素を添加することにより、破壊靭性を大きく改善できることを明らかにした。さらに、特定炭化物を添加することにより抗折力も向上できることがわかった。また、真空焼結による大型サーメットの作製に関し、健全な焼結体を作製するための焼結条件（焼結温度・時間）を詳細に検討した。

DLC の太陽電池への適用可能性を検討するため、プラズマイオン注入法を利用して特定金属元素をドープした DLC を作製し、ドープ量とバンドギャップとの関係を明らかにした。

Ti-Si-C 系マシナブルセラミックスの押出成形による棒状成形体作製を試みた。助剤含有量、押出圧力を適切に制御することにより、棒状成形体の作製に成功した。また、成形体の脱脂・焼結を行い、得られた焼結体の密度、組織を詳細に調べるとともに、問題点を明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目１

物質変換材料研究グループ

（Catalytic Nanomaterials Group）

研究グループ長：多井　豊

（中部センター）

概　要：

環境浄化やクリーンエネルギー開発分野におけるレアメタルの代替・少量化や、当該分野に関連する資源採取に資する研究を推進した。

環境浄化材料関連においては、高耐久性排ガス浄化触媒の構築に向け、白金-パラジウム複合ナノ粒子の構造制御を検討した。金属原料をグリコール溶媒に加え、マイクロ波を照射して急速加熱することで、Pd コア-Pt シェル複合ナノ粒子を合成することができた。

クリーンエネルギー開発関連分野においては、低環境負荷型水素製造プロセスでの、白金触媒の高機能化を目指し、水相改質反応における Pt／アルミナ触媒の活性の白金粒径依存性を明らかにした。粒径の減少に伴い表面原子数当たりの反応速度が向上することが分かった。このことから、白金の微細化により分散性向上と比反応速度向上の相乗効果で白金利用率を向上できることが期待される。

資源採取分野においては、リチウム吸着剤として用いられるマンガン酸化物への表面被覆の均一性向上のため、噴霧乾燥機を導入し、作製試験を開始した。

研究テーマ：テーマ題目１

高耐久性材料研究グループ

（Durable Materials Group）

研究グループ長：穂積　篤

（中部センター）

概　要：

当グループは、レアメタル・ベースメタル（含主要軽金属）の代替材料および使用量削減技術、当該材料使用製品の長寿命化、二酸化炭素削減のための輸送機器軽量化、建材等構造部材への機能性表面創成技術の開発を目指し、1）ウェットプロセスを用いた高機能表面／薄膜の創製、2）ドライプロセスを用いた高機能、高耐久性材料の創製、3）材料の機械的特性評価技術の開発およびその標準化等に取り組んでいる。平成24年度、1）では、ジルコニア系の層状透明ハイブリッド皮膜の作製手法の確立を目指し研究を実施した。無機酸化物の原料として、ジルコニウムのアルコキシド、構造規定剤として鎖長、構造の異なるカルボン酸を用いて透明な前駆溶液を調製した。当該溶液をガラス基板上にスピンコートし、加熱処理することで透明性に優れた層状ハイブリッド皮膜を作製することに成功した。この層状ブリッド皮膜表面はアルカン（油）に対し、優れた滑落性と温度応答性を示すことが明らかとなった。また、メチルトリアルコキシシランを原料に用い、耐熱性（空気中で350℃以上、油浴中で250℃以上）に優れたはつ油膜を作成することに成功した。2）では、耐食・耐摩耗性ならびにはっ水性あるいははつ油性等の表面特性の高機能化を図り、MAX 相をベースとする多元系化合物セラミックス皮膜の形成技術を開発している。平成24年度は、レアメタル使用製品であるステンレス鋼（SUS316）基材に、多元スパッタリングによる Ti-Si-C 三元系化合物セラミックスのコーティングを検討した結果、微小水滴に対する動的濡れ性評価により接触角ヒステリシスが減少することが明らかとなり、はっ水性の向上について一定の見通しを得た。また、同三元系セラミックス薄膜の合成における窒素添加の影響を検討した結果、微小油滴に対する接触角ヒステリシスが減少する傾向が見いだされ、はつ油性の期待できる耐熱性硬質膜の創製について一定の見通しを得た。その他に、テトラメチルシランを原料に用い、半導体製パルス電源により Si 含有 DLC 膜を作製した。基板に鏡面研磨したステンレスやアルミを用いると、膜厚に応じて、赤、黄、緑、青、紫等の干渉色が発現することが明らかとなった。この膜は、耐食性の向上にも寄与することが確認された。3）では、材料の劣化の度合いを定量評価する技術を開発した。動疲労の振幅応力を系統的に変化させる手法で高分子材料のモデル劣化材を作成し、顕

微インデンターにより計測される負荷過程の接触面積と荷重との関係からモデル劣化材の弾塑性特性を弾性成分と塑性成分に分離評価した。これらは劣化評価のパラメータであるばかりでなく、劣化の素過程や劣化機構の解明において有用であることがわかった。

研究テーマ：テーマ題目１、２

金属系構造材料設計研究グループ

（Group for structural metals design）

研究グループ長：千野　靖正

（中部センター）

概　要：

マグネシウム合金展伸材の圧延プロセス及び鍛造プロセスに関する研究を実施した。

圧延プロセスに関しては、汎用マグネシウム合金（AZ31合金：Mg-3Al-1Zn-0.5Mn：質量%）よりも高い強度と耐食性を有する AM60合金（Mg-6Al-0.1Mn：質量%）を対象として、これまでに当グループが開発した圧延法（高温圧延法：固相線近傍で圧延加工を行う手法）により室温成形性を改善することを試みた。その結果、545℃で圧延加工を行うと、アルミニウム合金並の室温張出し成形性（エリクセン値：8.5）と AZ31合金よりも高い強度（引張り強度266MPa）と、優れた耐食性を示すことを見出した。

鍛造プロセスに関しては、難燃性マグネシウム合金（AZX911合金）連続鋳造ビレットの直接鍛造プロセスにおける鍛造温度の低温化を検討するために、据え込み圧縮試験により当該材料の鍛造特性を評価した。そこでは、鍛造プロセスを二段階に分け、一段階目では材料全体に高静水圧が生じる工具で据え込み、二段階目で低温での据え込みを行なった。その結果、AZX911連鋳材に対し組織均質化の適切な成形工程を入れることにより、低い鍛造温度（200℃）においても加工限界を改善できることを見出した。

軽量金属材料の一次成形プロセスに関する研究として、圧延によるマグネシウム合金の高性能化について取り組んだ。具体的な研究内容は以下の通りである。

マグネシウム合金の新合金設計に関する研究では、昨年度までに明らかになった、Mg-Zn 合金に微量の希土類元素を添加したマグネシウム合金圧延材が優れた室温成形性を示す知見を拡張し、希土類元素に頼らない合金開発に取り組んだ。その結果、Mg-1.5wt%Zn 合金に微量のカルシウムを添加すると、アルミニウム合金並みの優れた室温成形性（エリクセン値8.2）が発現することを明らかにした。

また、市販マグネシウム合金（AZ31：Mg-3.0wt%Al-1.0wt%Zn）圧延材の室温成形性を改善するための研究では、固相線温度近傍（約500℃）で圧延した後に焼鈍した試料が、通常の圧延温度（200～400℃）で圧延した後に焼鈍した試料よりも著しくランダムな結晶配向を示すことを見出し、結果として、アルミニウム合金並みの室温成形性（エリクセン値8.8）を示すことを発見した。

研究テーマ：テーマ題目２

［テーマ題目１］レアメタル等金属の省使用・代替材料の開発

［研究代表者］中村　守（研究部門長）

［研究担当者］中村　守、小林　慶三、尾崎　公洋、西尾　敏幸、楠森　毅、三上　祐史、中山　博行、高木　健太、溝尻　瑞枝、森下　翔、松本　章宏、孫　正明、加藤　清隆、中尾　節男、下島　康嗣、細川　裕之、古嶋　亮一、多井　豊、尾崎　利彦、三木　健、大橋　文彦、冨田　衷子、山口　渡、粕谷　亮、多田　周二、田村　卓也、尾村　直紀、穂積　篤、浦田　千尋、園田　勉、宮島　達也（常勤職員31名）

［研 究 内 容］

部材における機能の高性能化・小型化により省資源・省エネルギーを実現しながら、機能性部材を構成するレアメタルへの依存度を抑制した新しいコンセプトの部材開発に向けた基盤的な研究を行う。特に資源が希少でその偏在性が高く、我が国産業の今後の発展に不可欠なレアメタル資源に着目し、その使用量の低減を目指した材料開発・プロセス開発を行う。開発対象材料としては高性能永久磁石、硬質な耐摩耗性部材（工具や金型）、熱を電気や力に変えるエネルギー変換部材の開発を行う。また、環境負荷低減を目指して、環境触媒における白金族などの省使用化技術の開発や、鉛の削減技術の開発とそれに伴うレアメタル資源の有効利用技術の開発なども実施する。具体的には、資源的に豊富なチタンと軽元素（B、C、O、N 等）を主たる構成要素としながら、非平衡相からの微細結晶創製技術等を利用して新規な機能性材料を開発し、希少金属の代替化を進めるための技術基盤を構築する。今後のグリーンイノベーションに不可欠な高性能磁石に対しては、重希土類元素フリーとした新しい焼結磁石の開発を図る。鉛については環境規制を考慮しながら、鉛フリー化を進め、代替材料となるビスマスの使用量を低減する技術開発を行う。触媒に関しては、白金族の使用量を削減するため、分散技術や構造制御、担持用の多孔質セラミックスの特性向上等を行う。

平成24年度の進捗状況は下記の通りである。

耐摩耗材料の開発では、これまで開発してきた WC-FeAl 超硬合金について、複合材料（CFRP）の穴あけ加工に対応するため、硬質膜のコーティング技術の開発を行った。WC-FeAl の炭化物系コーティング膜との密着性の高さを利用して、硬質コーティング膜を強固に形成することに成功した。得られたコーティング材料によ

りドリルを試作し、複合材料の穴あけ加工を行い、従来の超硬合金より安定した穴あけ加工が行えることを確認した。また、WC-FeAl の高温における耐酸化性を向上させるため、WC-FeAl の酸化メカニズムを詳細に検討した。高温における WC 粒子の酸化機構を詳細に調べ、耐酸化性に優れる硬質材料の作製に成功した。さらに、従来の超硬合金では摩耗量が大きい鉛フリー青銅合金を被削材として、鋳造材ならびに鍛造材を用いて WC-FeAl 超硬合金の切削チップによる切削性能の評価を実施した。結晶粒の大きな鋳造材においても WC-FeAl 工具で加工した被削材の表面は滑らかなことを確認した。今後、WC-FeAl の強度を改善することで高速切削条件にも対応できるものと考えられる。

マシナブルセラミックス材料である Ti_3SiC_2系焼結体の酸化特性を詳細に調べ、大気中で加熱しても酸化しにくい組成を明らかにした。本材料を、レアメタルを含有しないヒータ材料として応用するため、ヒータ形状への加工性を確認した。開発合金粉末と有機バインダーを混合して射出成形や押出成形することで、ヒータ形状の成形体を作製する技術を開発した。

鉛フリー化が進む飲料水用部材に使用される青銅合金に対して、凍結鋳造プロセスの高度化ならびに凍結中子技術の高度化を行い、鋳造における産業廃棄物を減少させた新しいプロセス技術を確立した。凍結中子の作製技術では、形状の複雑な中子を均質に凍結するために枠材料ならびに凍結方法の検討を行った。その結果、表面性状に優れた高品質の凍結中子を製造することに成功した。これにより従来製品では困難であった複雑形状中子の分解・除去が容易になるものと期待される。

白金族の使用量低減に向けた研究開発では、排ガス浄化触媒における白金族の使用量を低減するため、白金ナノ粒子触媒の酸化活性を向上する技術を開発した。また、白金触媒の低温一酸化炭素酸化活性を飛躍的に改善できる技術も開発した。これらの成果により高温耐久性触媒や低温触媒としての新規用途の開発が期待される。また、白金族代替触媒の創製を目指し、エネルギー制御型原子蒸着装置を設計・開発した。さらに、白金族金属の回収技術についても検討を開始した。白金族の省使用化プロセスとリサイクル技術を連携させることにより、効率的なマテリアルフローを今後提案できるものと期待している。

我が国で開発された Nd-Fe-B 系高性能磁石の高温特性を改善するために添加される重希土類元素（ジスプロシウム）は安定確保が難しく、新たな高性能磁石が求められている。そこで、難焼結性の Sm-Fe-N 磁石の磁気特性を向上させるため、等方性 Sm-Fe-N 磁石粉末を最適な粒度分布に調整した後、高圧パルス通電焼結を行い低温にて緻密な成形体を得る技術を開発した。また、Sm-Fe-N 磁性粉末を予備処理することでナノ結晶の粉末を作製することにも成功した。

近年ますますエネルギーの有効利用が求められる中、廃棄されている熱エネルギーを電気として再利用するため、レアメタルの使用量を低減した熱電変換材料の開発ならびにモジュール化技術について検討した。これまで開発してきた鉄をベースとした Fe_2VAl ホイスラー合金で構成された熱電モジュールの変換効率を評価し、重元素置換したモジュールが高い変換効率を有することを明らかにした。さらに、中・高温域での利用が期待される酸窒化チタン系熱電材料について欠陥の制御により特性の改善を行った。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］タングステン、耐摩耗材料、工具、超硬合金、重希土類、高性能磁石、低温焼結、高圧焼結、青銅合金、凍結鋳造、鉛フリー化、熱電材料、酸窒化チタン、白金触媒、排ガス浄化

［テーマ題目２］軽量合金による輸送機器の軽量化材料技術の開発

［研究代表者］中村　守（研究部門長）

［研究担当者］中村　守、小林　慶三、多田　周二、田村　卓也、尾村　直紀、李　明軍、村上　雄一朗、千野　靖正、斎藤　尚文、鈴木　一孝、渡津　章、黄　新ショウ、湯浅　元仁、穂積　篤、池山　雅美、園田　勉、宮島　達也、浦田　千尋（常勤職員18名）

［研 究 内 容］

自動車が消費する全エネルギー（生産、使用、廃棄に要するエネルギー）の90%が走行時に消費されるガソリン等の石油燃料に由来することから輸送機器の軽量化に着目し、マグネシウム等の軽量金属を輸送機器の構造部材等へ応用するために必要な要素技術の開発を行う。

平成24年度までの進捗状況は以下の通りである。

アルミニウム合金における晶出物を微細化するため、マグネシウム合金の組織微細化技術として開発してきた電磁振動プロセスの適用を行った。電磁振動周波数による晶出物の微細化効果の違いを確認するとともに、最適な条件を検討した。その結果、アルミニウム合金においても電磁振動技術が晶出物の微細化に有効であることを確認した。さらに、溶解雰囲気に起因する不純物の混入量についても検討した。真空雰囲気での溶解や不活性ガスによるバブリングが不純物の低減に有効であることを確認した。

難燃性マグネシウム合金（AZX911合金）連続鋳造ビレットを低温で直接鍛造する技術を検討するために、据え込み圧縮試験により鍛造特性を評価した。そこでは、鍛造プロセスを二段階に分け、第一段階では材料に高静水圧が生じる工具で据え込み、第二段階で低温での据え込みを行なった。その結果、組織均質化の適切な成形工

程を入れることにより、低い鍛造温度（200℃）でも加工限界を改善できることを見出した。

汎用マグネシウム合金（AZ31合金）を対象として開発した高温圧延法を、相対的に優れた強度と耐食性を有する合金（AM60合金）に適用することを検討し、その結果、優れた室温張り出し成形性を付与するプロセス条件を導出した。さらに、高温圧延法により作製したAZ31合金板材を対象として、室温成形性を極大化するためのプロセスパラメータ・金型パラメータの最適化を試みた。その結果、限界深絞り比1.8以上の室温深絞り成形が可能であることを確認した。

金属－空気1次電池を対象として、負極として汎用マグネシウム合金（AZ91合金）圧延材を利用した際の、組織と電池特性・腐食特性の関係を調べた。その結果、金属間化合物相が時効析出すると放電特性が劣化し、腐食特性が改善することを確認し、両パラメータに相関関係があることを確認した。

さらに、マグネシウムに耐食性を付与するための表面処理技術について、耐食性皮膜の形成に与えるマグネシウム合金基材の熱処理の影響について検討した。AZ31合金圧延材を一定温度以上で熱処理することによって蒸気養生法で形成される耐食性皮膜の特性が向上することを確認した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］軽量合金、マグネシウム、アルミニウム、組織微細化、晶出物微細化、加工性、塑性加工、表面処理、耐食性

［テーマ題目３］省資源型環境改善建築部材の開発

［研究代表者］中村　守（研究部門長）

［研究担当者］中村　守、田澤　真人、吉村　和記、田嶌　一樹、岡田　昌久、山田　保誠、垣内田　洋、金山　公三、重松　一典、三木　恒久、杉元　宏行、田尻　耕治、前田　雅喜、堀内　達郎、犬飼　恵一、渡辺　栄次、西澤　かおり、杉山　豊彦、大橋　優喜、長江　肇、楠本　慶二、
川上　省二、佐野　三郎、高尾　泰正、穂積　篤、浦田　千尋（常勤職員26名）

［研 究 内 容］

増加傾向が続いている民生部門のエネルギー消費の約30%を占める冷暖房負荷を低減するため、住環境の快適性を維持しつつ、窓、壁等、建物外皮を通過する熱流を制御する機能や調湿機能等によって省エネルギー化を可能とする建築部材の開発を目的とした材料研究を行う。

具体的手法としては、①省エネルギー型窓ガラスの研究、②木質サッシの研究、③調湿材料の研究、④保水セラミックス部材の研究、⑤省エネルギー効果の評価を行う。

平成24年度の進捗状況は下記の通りである。

①省エネルギー型窓ガラスの研究においては、調光ミラー窓ガラスについて、繰り返し耐久性に関して十分な性能を得ることができ、さらにシート状のガスクロミック型調光ミラーを開発した。また、サーモクロミック窓ガラスに用いる粉体について、湿式作製法の基礎技術の高度化を図り高い収率を得た。②木質サッシの研究においては、各種の形状付与加工技術に加えて透光性などの新機能付与の検討に入った。③調湿材料の研究においては、ハスクレイをベースとした塗り壁材の試作を行い、部屋内壁に施工することで、調湿機能を確認した。④保水セラミックス部材の研究においては、開発した保水性材料の耐凍害性などの実証試験を継続するとともに、原材料の多様化を検討した。⑤省エネルギー効果の評価については、環境調和型建材実験棟において、開発中の上記各種建築部材の実使用環境での省エネルギー効果の実証試験を継続した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］調光窓材料、木質窓サッシ、調湿材料、保水性材料

⑥【ナノシステム研究部門】

（Nanosystem Research Institute）

（存続期間：2010.4～）

研究部門長：山口　智彦
副研究部門長：浅井　美博、池上　敬一、菅原　孝一
首席研究員：片浦　弘道
総括研究主幹：川西　祐二、水谷　亘

所在地：つくば中央第2、つくば中央第4、
　　つくば中央第5、つくば東
人　員：90名（90名）
経　費：1,375,309千円（802,247千円）

概　要：

１．ユニットのミッション

ナノテクノロジーの概念としてのナノレベルの新物質創製からデバイス実現までの道筋を、階層化されたシステムの形成過程として捉え直し、最小単位のナノ材料の開発から、それらのナノ材料が複合・融合化された、より高度なシステムの開発を段階的に推進する。そのため、これまでは新機能の発現やその最高性能化を目指した個別要素技術としてのナノ材料の開発だけでなく、これらをつなぐナノ構造形成プロセスの革新・最適化とともに、理論および計算シミュレーション、ナノメーターレベルの計測技術に基づく機能予測、プロセスや劣化予測、およびナノ安全・リスクの視点等をフルに活用した研究活動を展開し、これらをテクノロジーブリッジとし

て重要視する。

また、2011年3月11日の東日本大震災および福島原子力発電所の事故による経済的、産業的な被害に加え、放射能汚染という社会的問題に対し、研究者として何ができるかを真摯に考え、日本産業の復興と安全・安心な社会の再興に全面的に取り組む。

○産総研のミッションとの関係

産総研のミッションとの関係においては、アウトカムとしてのグリーン・イノベーション、ライフ・イノベーションを目指す部門内の垂直統合的な主要研究項目に加え、それらをつなぐ「テクノロジーブリッジ」としての理論・計算シミュレーションやナノ計測に関する横断的研究開発は、まさに産総研における本格研究としての「第2種基礎研究」である。このテクノロジーブリッジの概念を新たに打ち立てることにより融合・複合を効率的に進める。さらに、材料、プロセスおよび理論・シミュレーションに関する研究開発を分野横断的かつ産総研内外との協力体制を含めた垂直連携により、基礎から応用、製品化までを視野に入れた研究開発を行う。

２．研究ユニットの研究開発の方針

①　中期目標・計画を達成するための方策

産総研第3期の中期計画において、本ユニットが実施する研究開発は、以下の大分類、大項目、中項目に位置づけられる。

大分類：グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進

大項目：Ⅰ-4　グリーン・イノベーションの核となる材料、デバイスの開発

中項目：(1)ナノレベルで機能発現する材料・多機能部材

(2)ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用

大項目：Ⅰ-5　産業の環境負荷低減技術の開発

中項目：(1)製造技術の低コスト化・高効率化・低環境負荷の推進

大項目：Ⅰ-6　持続発展可能社会に向けたエネルギー・安全性・環境評価技術開発

中項目：(3)先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法

大分類：ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進

大項目：Ⅱ-1　先進的・総合的な創薬・医療技術の開発

中項目：(1)細胞操作・生体材料技術の応用による医療支援技術

これらの課題を推進するにあたり、アウトカムとしてのグリーンおよびライフ・イノベーションを目指して、①「グリーンシステム」（環境・エネルギー）、②「IT システム」（情報通信・エレクトロニクス）、③「ソフトシステム」（ライフ・バイオ、ソフトマテリアル）領域における研究開発を行う。さらに、それらの基盤・プラットフォームではなく、出口に向けた研究開発を前線に近いところで橋渡しする④「テクノロジーブリッジ」（理論・シミュレーション、ナノ計測、ナノ安全・リスクなど）の4つを主要研究項目とする。一方、それらの研究開発を産総研内や外部の企業や研究組織と結び付ける仕組みとして、ユニット独自の組織を設けることでオープンイノベーションを推進する。

具体的には以下の5つの課題をユニットの重点課題と位置付け、中期目標の達成に向けて研究開発を行う。

(1) ソフトマテリアルを基にした省エネ型機能性部材の開発

(2) 高付加価値ナノ粒子の合成と製造プロセスへの応用に関する研究

(3) 炭素系ナノエレクトロニクス材料の開発と革新的デバイス構築に関する研究

(4) 材料・デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の開発

(5) ナノバイオ材料評価・操作技術とナノ材料リスク評価・管理技術の開発

②　平成24年度の重点化方針

一昨年、産総研の第3期開始と同時に発足したユニットとして、上記の5つのユニットの重点課題の着実な進展を目指す。また、昨年度から開始している福島県における放射性セシウム（Cs）の除染に関し、ユニットをあげて全面的に取り組む。また、安全・安心な社会構築に向けた超高感度カメラ（赤外線暗視カラーカメラやガンマ線カメラ：Invisible Vision）の開発、および環境中に広くかつうすく存在するエネルギーや稀少金属を効率的に回収する（エネルギー／マテリアル・ハーベスティング）に関する研究をさらに推し進める。一方、未来技術としての「やわらかいロボット」の実現に向けた要素材料・技術の研究開発と統合による「飛翔ロボット」の試作を行う。さらには、技術研究組合や個別の企業連携の活動を継続するとともに、産学連携のイノベーションハブとしての活動に注力することとする。

また、必要に応じ、ナノテクノロジー・材料・製造分野のナノ材料、先進プロセスでの連携、環境・エネルギー分野との触媒、太陽電池、燃料電池や環境センサーなどの共同研究、情報通信・エレクトロニクス分野との光電子機能デバイス応用技術における連携、ライフサイエンス分野および計測・計量標準分野とのセンサー技術の連携などを積極的に行う。さらに、今まで培ってきた国際連携、特に、MOUを締結している韓国電子通信研究所（ETRI：韓国）、国立ナノテクノロジー研究所（NINT：カナダ）、Indian Institute of Technology（IIT）

Bombay や華東理工大学（中国）との国際連携に努めるとともに、IMEC（ベルギー）、ドレスデン工科大学やマックスプランク研究所（独）、CNRS（仏）、NIST（米）、ブルックヘブン国立研究所（米）などとの国際共同研究を進める。

一方、研究員にはエフォート率の20%をユニット重要業務に充てることを義務付ける。本年度は、2011年3月11日の東日本大震災からの日本の復興および NEDO・CREST プロジェクトなどへの積極的な参画のため、以下の緊急・重要課題を設定する。研究員はこれらの課題のいずれかに参画して協力・分担するとともに、そのエフォート率の総和が20%以上にならなくてはならない。

(1) 福島原発の放射能汚染に伴うセシウム（Cs）の回収

海水または土壌などの環境中の Cs の効率的回収に向け、ナノシステム研究部門で明らかにしてきたプルシアンブルー（PB）の選択的吸着能を活用し、日本原子力研究開発機構、国公立の研究機関、福島県および企業などと連携しつつ、環境中の Cs の除染につき、プラント設計・試作を含めて、緊急課題の解決に向けて活動する。

(2) Invisible Vision

夜や電力を消失した建物内の暗闇中の観察が可能な赤外線暗視カラーカメラシステムの高度化に加え、原子炉や放射能物質で汚染された環境の観察システムとしてのガンマ線カメラの開発を行う。

(3) エネルギー／マテリアル・ハーベスティング

再生可能エネルギーとしての太陽電池や熱電素子における材料、デバイス構造、プロセスの革新による更なる高効率化を目指す。また、都市鉱山やオイルサンドからの有用金属および希少金属の効率的回収に向けた材料・プロセスの開発を行う。

(4) やわらかいロボット

自励発振ゲルや化学・電気エネルギーを用いた新規アクチュエーター材料の開発、構造体としてのアパタイト材料およびその統合による「飛翔ロボット」の開発に向け、産総研内外の英知を結集して試作する。

(5) 技術研究組合への協力

・単層 CNT 融合新材料研究開発機構（TASC）および高効率グラフェン製造技術：単層 CNT における金属・半導体分離技術の高度化およびレーザープロセスを用いたグラフェン・シートの製造、理論・シミュレーションに基づく生成機構の解明、並びに樹脂やプラスチック材料への高度分散技術や低次元構造物質の表面・界面の構造・物性評価技術の高度化を行う。

・次世代化学系評価技術：有機電界発光素子（EL）をはじめとする有機・高分子薄膜の界面および電極等の金属・有機界面の構造および電子状態の評価および理論的解析を行う。また、次世代化学材料評価技術研究組合（CEREBA）への協力のため、素子の劣化機構に関し、構造評価と理論・シミュレーション技術の両面からの解析を行う。

・ナノ安全・リスク評価：ナノ粒子やナノチューブなどのナノ材料の人体および生物への影響を明らかにするため、サイズおよび形状の制御されたナノ粒子・ナノチューブの作製および高効率かつ大量製造技術の開発を行う。また、安全科学研究部門、産業医科大学などと連携しつつ、ナノ材料の安全とリスク評価に関する研究開発を行う。

(6) 未来技術の探索と検証

次世代スーパーコンピューターの検討と設計において、産学官の中核的活動を目指す。また、ナノ材料・プロセスおよび計測技術の高度化に向け、積極的な情報収集と産学連携による素子の試作（見える化）を行う。

内部資金：

「ナノ材料の用語・計測手法に関する国際標準化」

「【FS】高感度半導体ガンマ線カメラの実証研究」

外部資金：

経済産業省

「平成24年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）重水素化増感触媒の耐久性に関する研究」

「平成24年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）高性能固体高分子形燃料電池の開発に関する研究」

「平成24年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）水素生成光触媒電極の耐久性向上に関する研究」

「平成24年度国際標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発事業：「樹脂―金属　異種材料複合体の特性評価試験方法」の国際標準化））」

文部科学省

「電気化学的吸着脱離によるコンパクトで再利用可能なセシウム分離回収システム」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「革新的ノンフロン系断熱材技術開発プロジェクト／革新的断熱技術開発／発泡ポリマー＝シリカナノコンポジット断熱材および連続製造プロセスの開発」

「燃料電池自動車用水素貯蔵材料に関する調査研究」

独立行政法人科学技術振興機構
「高機能神経内視鏡用リトラクターの開発」
「研究成果展開事業　研究成果最適展開支援プログラム フィージビリティスタディステージ探索タイプ「単結晶性 $LiMn_2O_4$ナノワイヤーの簡易な合成法による高性能 Li イオン電池正極材料開発」他8課題　光応答型 CNT 分散液を用いた塗布型透明導電膜作製及び微細加工技術の開発」
「超親水性アルミナ多孔質水分離膜の開発」
「エコマテリアルの開発と商品化」
「遷移金属表面ナノクラスター構造を利用する小分子常温変換触媒の開発」
「研究成果展開事業　研究成果最適展開支援プログラム フィージビリティスタディステージ探索タイプ「単結晶性 $LiMn_2O_4$ナノワイヤーの簡易な合成法による高性能 Li イオン電池正極材料開発」他8課題　太陽電池用有機半導体の一気通貫合成を目指した高温高圧マイクロリアクターの開発」
「グラファイト複合構造体の基礎物性解明」
「GW 法に基づいた強相関電子系シミュレーション手法の開発と応用」
「復興促進プログラム（A-STEP）探索タイプ「未利用海藻資源からの健康食品素材製造技術の開発」高密着性エッチングレス無電解めっきプロセスの高度化に関する研究」
「研究成果展開事業　研究成果最適展開支援プログラム フィージビリティスタディステージ探索タイプ「レンチキュラーレンズを用いた高精度な姿勢検出が可能な視覚マーカの開発」他5課題　樹脂封止を必要としない次世代の超高出力 GaN 系 LED の開発」
「第二世代カーボンナノチューブ創製とデバイス開発」
「結晶性酸化チタンサブミクロン球状粒子のグラムスケール安定合成法の開発」
「イオン液体電解質の特異性を実証する計算科学的研究」

一般財団法人金属系材料研究開発センター
「真空封止技術を利用したモジュール連動型電子ペーパーの製造」

国立大学法人東京大学
「計算科学技術推進体制構築の「産官学連携」の推進（高性能汎用計算機高度利用事業「HPCI 戦略プログラム」分野2　新物質・エネルギー創成（平成24年度））

独立行政法人物質・材料研究機構
「平面波基底法（QMAS）などを基軸にした磁気物性量の高精度計算手法の開発」

公益財団法人群馬県産業支援機構
「超高速・低温フレームを特徴とする衝撃焼結被覆技術を用いた、昇華性材料、窒化アルミニウム（AlN）溶射皮膜形成技術の開発」

公益財団法人ふくい産業支援センター
「CNT 複合めっきによる次世代ソーワイヤの実用化」

国立大学法人東北大学
「電池材料の第一原理計算の業務」

公益財団法人　徳山科学技術振興財団
「光反応を利用したカーボンナノチューブの分散性制御」

公益財団法人住友財団
「光による液体固体相転移を示す材料の研究」

公益財団法人池谷科学技術振興財団
「高アスペクト比を持つ金ナノロッドのサイズ分散抑制法の開発」

公益財団法人東電記念財団
「導電性高分子をフレキシブル電極とする電場駆動型・超薄膜ペーパーアクチュエータの創製」

公益財団法人東洋食品研究所
「アルギニンを用いたポリフェノールの可溶化」

財団法人住友財団
「二酸化炭素加圧による薬剤の融点降下機構の分光学的解明」

財団法人村田学術振興財団
「液相レーザを利用した1－Step アパタイト形成プロセスの開発」

財団法人日本科学協会
「高アスペクト比を持つ金ナノロッドの溶媒分散及び配列技術の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（助成金）
「自己組織化マイクロリンクルを利用した微小体積液体のマニピュレーション」
「化学反応を駆動源とする超省エネ型・新規自励振動ゲルアクチュエータを用いた外部装置フリーのマイクロ流体素子の開発」

文部科学省（科学研究費補助金）

「キラルブレンステッドの酸触媒による制御システムの理論的検討」
「生物多様性を規範とする革新的材料技術」
「レーザー生成多相混在プラズマの科学と応用創出」
「ナノ構造形成・新機能発現における電子論ダイナミクス」
「第一原理有効模型と相関科学のフロンティア」
「コロイド結晶の応力変形」
「錯体分子超構造膜の構築と量子効果発現」
「再生医療のための遺伝子導入の空間的・時間的コントロール」
「マイクロカンチレバープローブの非線形振幅制御と完全非接触ナノバイオセンシング」
「階層的シミュレーションによる球状錯体創発過程の解明」
「第一原理的固体光物性の提唱：分子性結晶の特徴づけとその光誘起相転移」
「ナノ接合での非弾性電流、局所加熱、熱散逸の第一原理シミュレーション」
「電子顕微鏡による高分子接着機構の解析と接着制御」
「有機半導体のフロンティア状態密度の直接観測に基づいた電気物性の解明」
「有機電解質におけるゲル化機構の解明と高機能材料化」
「社会的インプリケーティングによる生物規範工学体系化」
「生物毒素に対する分子認識素子の創製と効果的な除染法の開発」
「微小錐台におけるエバネッセント光の結合効果による自然放射光の指向性制御」
「有機電界効果デバイス界面の電子・スピン機能とその制御」
「生体膜における不均一構造のダイナミクス」
「in situ 非線形分光による有機金属界面分子配向と界面相互作用の研究」
「自励駆動する筋繊維を模倣したナノファイバーゲルアクチュエータの創製」
「知能分子ロボット実現に向けた化学反応回路の設計と構築」
「非整数階微積分の工学応用」
「in situ XAFS と XRD 同時測定による無機発光材料の活性点構造の解明」
「第一原理計算によるスピン軌道相互作用系の電界効果の研究」
「創発化学の自己組織化的デザイン」
「分子ナノシステムの創発化学」
「液晶の自己組織化を利用した省エネルギー有機半導体薄膜製造技術の開発」
「気－液界面を起点として合成されるゼオライト AFI の配向自立膜」
「血管内皮細胞と骨髄細胞の共存培養系による骨再生に関する研究」
「第一原理計算に基づくシリコンナノシートの有機分子修飾による機能化」
「高分子－液体間ナノ界面における高分子鎖シミュレーション解析」
「分子軌道設計による新規電子相の開拓」
「超分子単分子膜作製と刺激応答素子への応用」
「分子ナノシステムの創発化学」
「タンパク質機能の自由エネルギー解析と機能制御の分子基盤」
「生物規範界面デザイン」
「第一原理分子動力学法による構造サンプリングと非平衡ダイナミクス」
「グラフェン・ナノ構造の電気伝導」
「単分子素子の機構解明を先導する機能性π電子系の創製」
「量子多成分系分子理論システムの構築およびプロトニクス・ポジトロニクスへの展開」
「ゲルを用いた金属型カーボンナノチューブの単一構造分離」
「高品質酸化物ナノ粒子製造のための核発生と成長過程の厳密評価用マイクロデバイス開発」
「蛍光体ナノ結晶の合成と EL デバイスへの応用」
「キラリティを有する液晶が形成する3次元秩序構造」
「タンパク質コロナと生体分子の相互作用の解明」
「光二量化反応に基づいた有機化合物の可逆的な相構造制御とその応用に関する研究」
「有機材料とナノ構造体材料における熱電効果の理論研究」
「構造化ゲルと化学反応場の協働による運動創発」

発　表：誌上発表269件、口頭発表680件、その他98件

エネルギー材料シミュレーショングループ
（Energy Material Simulation Group）
研究グループ長：宮本　良之（兼務）
（つくば中央第2）

概　要：

当グループでは、持続可能な社会の達成に不可欠な、スマートなエネルギー材料の研究開発を加速するために、シミュレーション技術の開発、シミュレーションによる高効率で高寿命のエネルギー材料の開発を目指している。そのために、分子動力学法による自由エネルギー計算の高効率化・高精度化、水素吸蔵機構の理論的解明とモデルの構築を行ってきた。本年度の成果として、対数形式を利用した平均力ダイナミクスを提案し、従来より高速に自由エネルギー評価と物質の安定構造を予測することを可能にした。現在それを利用したエキゾチックな低次元材料の生成過程と構造が明

らかになりつつある。また、燃料電池材料における電解質中のイオン拡散機構とそれに伴う電解質劣化機構を解明した。次世代エネルギー技術として根強く注目されている水素吸蔵現象において、吸蔵母体の金属中の転移、欠陥が及ぼす役割をモデルとして構築し、実験データを説明するシミュレータを立ち上げた。また、グループメンバーの一人は福島原発事故以降の除染プロジェクトを支援した。

研究テーマ：テーマ題目６

エレクトロニクス材料シミュレーショングループ

（Electronic Materials Simulation Group）

研究グループ長：石橋　章司

（つくば中央第2）

概　要：

当グループでは、第一原理電子状態計算と物性理論を軸とした計算科学的アプローチにより、各種エレクトロニクス材料の特性予測や新材料設計、さらには実用時の状況を鑑みて、界面・格子欠陥の特殊な電子状態とその影響の解明などを、必要な手法・プログラム開発を行ないながら、進めている。従来のエレクトロニクス材料に加えて、遷移金属化合物、カーボンナノチューブ、グラフェン、分子ワイヤなどの新規な素材も研究対象である。平成24年度の研究活動の一例を以下に挙げる。計算コード QMAS の機能拡張を行ない、遷移金属酸化物・有機導体等の電子材料研究に適用した。実験結果に基づき WSi_{10}クラスタの構造モデルを構築し、第一原理計算で最適化構造・電子状態を求めた。アモルファスのアルミナ・ジルコニア・ハフニアにおいて、共通原子構造を見出した。層欠陥がある多層グラフェンを調べ、谷分極した電気伝導という新奇な特性を明らかにした。ナノ接合での電気伝導に加えてフォノン伝導の第一原理計算プログラムを開発し、また、固液界面での計算のため、粗視化力場の基礎理論を構築した。

研究テーマ：テーマ題目６

分子シミュレーショングループ

（Molecular Simulation Group）

研究グループ長：宮崎　剛英

（つくば中央第2）

概　要：

当グループでは、分子軌道法や分子動力学シミュレーションを用いた分子・生体機能の解析と予測技術の構築・高精度化に取り組み、新材料・新デバイスの創製に資する研究を推進している。(1)ナノ物質の生体へのリスク予測について分子論的な理解を得るため、フラーレンによる生体膜物性の変化を分子動力学シミュレーションにより解析した。また、膜物性評価のため膜弾性係数の高精度予測技術の開発を行った。(2)次世代二次電池として期待されるリチウム硫黄電池の電解質への応用を目指したイオン液体の物性解析、有機分子触媒の反応の選択性や結晶中の有機分子の配向制御にとって重要な弱い分子間相互作用の解析などを行なった。(3)プロリノール型の有機分子触媒反応の反応中間体について、網羅的な構造解析を行い、その構造を明らかにした。さらに反応経路を詳細に調べ、この種の有機分子触媒に関する設計指針を導出した。(4)量子化学計算と分子動力学計算を組み合わせた複合モデリング手法を基礎として、糖鎖医工学研究センター／国立感染研と共同で、ノロウイルスキャプシドタンパク質の糖鎖認識過程を対象とした分子モデリング／シミュレーションを行った。

研究テーマ：テーマ題目６

ダイナミックプロセスシミュレーショングループ

（Dynamic Process Simulation Group）

研究グループ長：宮本　良之

（つくば中央第2）

概　要：

当グループでは、エレクトロニクス・ナノバイオ技術に適用される材料の平衡・非平衡状態での挙動を知ること、電子の高精度準位の計算手法の開発と実行で、産業応用に役立てることをミッションとしている。本年度は、FMO 法による分子軌道計算コードと、多原子系第一原理計算コード FEMTECK にて、高効率な超並列計算を「京」コンピュータで達成し、これらのコードにて創薬研究への貢献、燃料電池の電解質中の拡散機構の解明で成果を出した。また、強相関材料においては、動的スクリーニング理論による計算手法を開発し $LaAlO_3/SrTiO_3$界面におけるバルクにない強い電子相関を明らかにした。また、透明電極材料である酸化インジウムの電気伝導機構を説明する欠陥モデルの再構築を行い、実験データの説明に成功した。時間依存密度汎関数理論によるコードで、近年注目されている He イオン顕微鏡によるグラフェンの撮像シミュレーションに成功し、高解像度の撮影の可能性を示した。

研究テーマ：テーマ題目６

ソフトマターモデリンググループ

（Soft Matter Modeling Group）

研究グループ長：米谷　慎

（つくば中央第2）

概　要：

当グループでは、理論・シミュレーションを先導的な手段として用いた新規ナノ材料・デバイス・プロセス創成研究を進めている。題目1「ソフトマテリアルを基にした省エネ型機能性部材の開発」に関連し、ポリマー・薄膜複合体によるマイクロリンクル上の液晶

における秩序構造の形成要因、構造を決めるファクターについて理論的考察を重点的に行い、ソフトマテリアルの階層的自己組織化による構造形成と非平衡挙動の一例として液晶がマイクロリンクル上で自己組織形成する構造による微粒子捕捉サイトの熱揺らぎの温度依存性について考察・理解を深めることで微粒子マイクロマニピュレータの温度制御に関する提案を行った。
研究テーマ：テーマ題目１

ナノ理論グループ
（Nanoscale Theory Research Group）
研究グループ長：関　和彦
（つくば中央第5）

概　要：
当グループでは、ナノ構造・界面に関するシミュレーション・理論解析技術を向上させ、高効率な光・電子デバイスの実現を目指した研究を行った。有機半導体層における分子配列構造を分子シミュレーションを用いて予測し、キャリアの性質を同定する ESR 解析の基本となる g 値や超微細相互作用の大きさについて、DFT 計算による検討を行なった。また、有機薄膜太陽電池における光量とキャリア密度との間の理論的な関係を導出し、この関係を用いて ESR 信号の特性解析を行った。さらに、界面での電荷生成と電荷再結合を考慮した輸送方程式を解くことにより、ヘテロ界面での電荷蓄積とデバイス特性の関係を理論的に解明した。
研究テーマ：テーマ題目４、テーマ題目６

ソフトデバイスグループ
（Soft Devices Group）
研究グループ長：井上　貴仁
（つくば中央第5）

概　要：
当グループでは、有機分子や生体由来材料が持つやわらかな構造特性と自己組織化や省エネ型液体プロセスを活用した人や環境との親和性の良い「やわらかい」デバイスの開発に取り組んでいる。具体的には、液晶性有機半導体材料、省エネ型・高耐久性表示素子、高機能バイオメディカル素子、外部刺激に応答する構造制御高分子、マイクロ波加熱を利用する高効率・省エネプロセス等の研究・開発進めている。また、ソフトメカニクスグループと連携して、「やわらかいロボット」のコアテクノロジーとなる新規なソフトアクチュエーターの開発も進めている。本年度は、高い電荷移動度を示す液晶性有機半導体材料の開発、粒子配列及び配向制御を利用したコロイドデバイスの開発、赤緑青3色の重水素標識された燐光性イリジウム錯体の合成、安全性向上のための DNA－アパタイト複合層の製造法改良、より低倍率でクロミズムが目視しうる薄膜の作製、マイクロ波水熱合成装置の設計と印刷による電子回路の形成技術の開発等を行った。
研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目７

ソフトメカニクスグループ
（Soft Mechanics Group）
研究グループ長：大園　拓哉
（つくば中央第5）

概　要：
当グループでは、高分子化合物や生体由来の材料が持つしなやかな構造特性や特異性、可塑性、興奮性および広義の自己組織化能を基盤とするソフトマテリアルの研究開発を行う。より具体的にはゲル、高分子、液晶、コロイド等のソフトマテリアルの微小空間と表面の機能合成技術、及びナノメートルからミリメートルに至る階層を越えたソフトメカニクス材料を、バイオミメティクスと自己組織化を意識し統合的な開発を行っている。その中でも、アクチュエーターなどの機能性ゲルの開発、ゲル内バイオミネラリゼーションの解明とその応用、固／液界面における物理化学的現象の解明とセンサー等のデバイスへの応用、金属ナノロッドの作製と機能創出の研究・開発に対して、化合物の設計・選択から、基礎物性評価、階層組織体構成、機能発現までを、物理・化学の両視点から統合的に行うことで取り組む。
研究テーマ：テーマ題目１

フィジカルナノプロセスグループ
（Physical Nano-Process Group）
研究グループ長：川口　建二
（つくば中央第5）

概　要：
当グループでは、新規な物理的プロセスを利用して従来法では得られないナノ粒子・ナノコンポジットなどの新規ナノ構造体を調製するためのプロセス技術を開発している。具体的には、マイクロプラズマプロセス法、液相レーザーアブレーション法、気相中熱酸化法など、いずれも新規な物理的手法を用いて開発に取り組んでいる。特に、投入するエネルギー密度を従来の手法と比較して小さくすることにより、小規模なオンデマンドプロセスの実現を目指している。また、このような技術を駆使したアプローチにより調製した新規ナノ構造体は、電導特性・触媒特性・光学特性・電界放射特性などの無機材料機能発現のみならず、中性子捕捉療法などの医療応用への展開も含めて実用特性を検討している。
研究テーマ：テーマ題目２

ナノ炭素材料研究グループ
（Carbon Nanomaterials Research Group）

研究グループ長：田中　丈士

（つくば中央第4）

概　要：

当グループでは、カーボンナノチューブ（CNT）を代表とするナノ炭素材料特有の新たな機能を見出し、革新的デバイスへ応用するために、分散・分離・成膜技術開発、さらにその基礎となる物性研究を行っている。今年度は、ゲルを用いた単層 CNT の分離の大型化や分離原理に関する知見を得るための研究を中心に行った。単層 CNT の金属型と半導体型の大量分離技術開発において、単層 CNT の分散・精製・分離の各工程を改善し、全工程を通じて2g/day のスループットが得られる条件を確立した。分離原理の研究では、単層 CNT とゲルの相互作用が Langmuir の吸着等温式に従い、その吸着はエントロピー駆動で、金属型と半導体型の吸着定数の違いにより分離されることを見出した。また、正孔注入分子を内包した半導体型 CNT を用いたドーピングによる p 型薄膜トランジスタの作製に成功した。分散剤除去が不要な簡便な透明導電膜の作製法を確立した。

研究テーマ：テーマ題目５、テーマ題目８

グリーンテクノロジー研究グループ

（Green Technology Research Group）

研究グループ長：川本　徹

（つくば中央第5）

概　要：

当グループでは、(1)環境中における放射性セシウムに関する除染技術開発、(2)放射性廃液用再利用可能なセシウム吸着材の開発、(3)各種溶液等からのレアメタル回収技術の開発、(4)電気化学的に色制御可能なエレクトロクロミック材料を使用したディスプレイ開発、を行った。(1)、(2)、(4)は材料としてプルシアンブルー型錯体を使用して研究を進めた。プルシアンブルー型錯体は、その結晶中に内部空孔を持ち、そこに陽イオンを出入りさせることが可能である。セシウムをそこに吸着させる技術を用いたのが(1)であり、(2)、(4)については、電気化学的に吸着及び放出できる再利用可能な吸着材、繰り返し色変化が可能なディスプレイ等を開発している。昨年度に引き続き、特にプルシアンブルーを利用して環境中のセシウムの吸着技術の開発において顕著な結果が得られた。量産に成功したプルシアンブルー型錯体ナノ粒子を担持させた吸着材を開発した。また、植物系放射性セシウム汚染物を焼却した後、その灰を除染する実証試験プラントを構築、福島県において実証試験を行った。開発した吸着材は、灰から抽出した放射性セシウムの、汚染水からの除去に使用した。

研究テーマ：テーマ題目２

スマートマテリアルグループ

（Smart Materials Group）

研究グループ長：木原　秀元

（つくば中央第5）

概　要：

当グループでは、次世代材料として期待されている自己修復材料、光機能性材料、フレキシブルディスプレイ等の実現を目指して、化学反応や分子間相互作用の利用による情報の感知、変換、保存、再生を行う新しい分子組織体の構築を目的として研究開発を行っている。併せて、そのために必要な新しい分子組織体の探索と分子組織体と光、熱、溶媒等の外部環境に係る相互作用について基礎的研究を行っている。ナノテクノロジーの発展系としての次世代省エネ技術、環境分野、および情報技術分野においては、分子間相互作用を高度利用した機能性分子組織体に対する期待が大きい。すなわち、分子組織体の構造を正確に制御することで、新たな機能を発現することが可能と考えられる。また、分子組織体は自発的な構築が可能でエネルギー的に経済的であり、得られたものはしなやかで刺激に対して劇的に応答する特徴がある。さらに、刺激によって生じる組織構造が変化した複数の状態を速度論的に安定化できる可能性がある。グループの研究スタンスの特徴は、各種の機能性有機化合物の設計・合成から、基礎物性測定、組織体構築、機能評価までを一貫して行うことである。

研究テーマ：テーマ題目１

ナノ光電子応用研究グループ

（Nano Optoelectronics Research Group）

研究グループ長：時崎　高志

（つくば中央第2、4）

概　要：

当グループでは、光や電子の閉じ込め構造の最適設計や精密作製技術を基に、光エレクトロニクスに関連した高効率発光素子（革新的光デバイス）と不可視光景の可視化技術（インビジブルビジョン）を中心に、新規ナノ量子構造とこれらに必要なナノ評価技術も開発している。成果は以下の通りである。

革新的光デバイスでは、光取出し面に微小リッジ構造、裏面に銀ミラーを備えた薄膜型 AlGaInP 系赤色発光ダイオードを作製し、平坦表面デバイスと比較して3～4倍の光取出し効率向上に成功した。一方、インビジブルビジョンでは、昨年度までに開発した赤外線カラー暗視技術を基に光センサー等を改良して、デジタル放送にも対応可能な赤外線暗視ハイビジョンカメラを開発した。また、新規ナノ量子構造では、窒化物半導体の超平坦ヘテロ界面形成に基づく高品質共鳴トンネル素子を作製した。ナノ評価技術では、走査型電子顕微鏡に組み込める独自ナノマニピュレータに新機

能を付加してナノ材料の物性計測を行い、その有効性を金属材料に適用して示した。さらに、近接場光学顕微鏡では、数値シミュレーションを用いて2本の探針を用いた場合に生じる近接場光の振る舞いを解明した。
研究テーマ：テーマ題目４

ナノシステム計測グループ
（Nanosystem Characterization Group）
研究グループ長：久保　利隆
（つくば中央第5）

概　要：
当グループでは、高度な計測技術を用いテクノロジーブリッジとして実用化研究の強力な推進に貢献している。産総研のミッションに対する対応、技術研究組合や先端機器共用化への協力、喫緊の解決課題に対して、原理解明や計測手法の高度化を通じて研究推進をサポートする。本年度の代表的な成果を以下に示す。2色可変 SFG 分光を適用し、有機 EL 素子内部の有機層の情報を非破壊で取得した。電子顕微鏡による高分子接着界面の解析や有機太陽電池の解析などで新しい解析手法を提唱した。レーザー誘起蛍光法を用い吸引プラズマ中のエッチング生成物を観測し、プラズマ状態についての知見を得た。XAFS による構造解析を中心に、各種デバイス、触媒、材料の構造解析を行い、新規材料設計、新規機能発現機構解明等に資する情報を得た。自立膜の形成過程の解明を通じた膜合成の最適化条件探索に不可欠な，水熱反応その場観察装置を完成させた。マイクロ波に対する物質の評価技術向上に努め、磁界損失理論においても大きな成果を得た。走査プローブ顕微鏡を用いグラフェン膜生成機構に関する知見を得た。このように基礎研究から実用化開発まで、また分野融合的に積極的な活動を行っている。
研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目２

ナノ構造アクティブデバイスグループ
（Nanostructured Active Devices Group）
研究グループ長：石田　敬雄
（つくば東）

概　要：
当グループでは、ナノスケール構造体特有のアクティブな量子効果などの物性を利用した新規デバイスの創出やその要素・評価技術の研究を行う。具体的には超分子、導電性高分子、酸化物粒子＆ワイヤー、金属ナノギャップなどのアクティブな性質を利用したメモリー、光センサー、熱電素子などのデバイスの開発とデバイス評価技術の確立を目指している。本年度は独自のルテニウム錯体超分子膜を用いた電極を用いた液晶対流素子の作製に成功した。ナノギャップ電極においては4k ビット集積化素子の試作に成功した。また新たに始めた導電性高分子を用いた熱電素子においては0.2を超える熱電性能指数を達成し、有機系で初めてモジュール化を行った。
研究テーマ：テーマ題目４

ナノケミカルプロセスグループ
（Nano Chemical Process Group）
研究グループ長：依田　智
（つくば中央第5）

概　要：
当グループでは、ナノ粒子・ナノ材料を幅広い産業分野へ応用していくためのオンデマンド・連続製造プロセス、および関連する技術の研究開発を目的としている。ナノ粒子・ナノ構造を作り出し、それらを階層的に構築して、デバイス、材料、製品へと結びつけるプロセスの技術は、新機能、高機能の創出、製品開発速度の向上、ナノリスクの低減などに寄与する。連続的な製造では、溶媒、流体をベースとしたプロセスを構築し、流体の特性、物質の溶解度や相状態の把握、化学反応の精密制御を行うことが不可欠となる。これらの物性・反応を緻密に制御するパラメータとして、“圧力”を導入し、さらにマイクロ流路、マイクロミキサーなどのプロセス技術を組み合わせることによって、様々な新規ナノ粒子・ナノ材料に対応したプロセスを構築することが可能となる。当グループでは各種ナノ粒子、ナノ材料の連続製造プロセスの開発に取り組むとともに、高圧下での諸物性測定・化学反応など必要な基盤技術の開発を行っている。
研究テーマ：テーマ題目２

スマートセンシンググループ
（Smart Sensing Group）
研究グループ長：横山　憲二
（つくば東）

概　要：
当グループは、バイオメディカル研究部門連携研究体バイオ技術産業化センターの研究成果とナノシステム研究部門の研究成果を融合させることにより、ナノバイオマテリアルを搭載した新規なスマートセンシングデバイス、スマートセンシングシステムの開発を行うため、平成24年4月、ナノシステム研究部門に新しい研究グループとして設立した。バイオセンサー、バイオデバイスの研究開発とナノテクノロジー関連技術との連携を強化して、産総研ならではのセンサー技術を確立し、その実用化、産業化を促進するための研究を行った。具体的には、①民間企業との共同研究としての血糖値センサー、乳酸センサーの製品化に関する研究、②民間企業との共同研究としての健康マーカー測定法および食品・産業用バイオセンサーの開発、③NEDO「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」の事業としての技術研究組合 BEANS

研究所、東京大学との共同研究、④糖鎖を用いた毒素検知チップの開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目７

［テーマ題目１］ソフトマテリアルを基にした省エネ型機能性部材の開発

［研究代表者］山口　智彦（研究部門長）

［研究担当者］山口　智彦、池上　敬一、水谷　亘、大園　拓哉、吉田　勝、秋山　陽久、木原　秀元、長沢　順一、松澤　洋子、山本　貴広、谷田部　哲夫、土原　健治、杉山　順一、有村　隆志、岩坪　隆、岸　良一、川西　祐司、西村　聡、宮沢　哲、原　雄介、中村　徹、奥本　肇、宮前　孝行、下位　幸弘、米谷　慎、福田　順一、森田　裕史、武仲　能子、竹内　和彦、長畑　律子、横山　憲二、平塚　淳典（常勤職員32名　他）

［研 究 内 容］

今年度は、省エネに貢献しうる光応答性材料として、室温で光照射によりバルクの相構造（固体と液体）が制御可能な新材料の合成に成功した。論文並びにプレス発表後に大きな反響があり、数十件の企業面談を行った。さらに、光修復可能な液晶基盤ゲルの応力破壊後の自己修復性や、イオン液体ゲルの高弾性率特性および自己修復性を解明し、論文およびプレス発表を行った。また、光応答型 CNT 分散剤については、熱分析により分散剤の残存量について定量的な評価を試みた。反応条件の最適化に必要なデータが得られつつある。

ソフトアクチュエータ部材となる新規導電ゲルを開発し、その力学測定を行った。軟骨型透明部材ではその材料組成－力学特性相関を検討した。ソフト微細構造（マイクロリンクル）に保持された液晶の新奇秩序構造を発見し、そのメカニズムを解明した。コロイド配列配向制御に関しては、新規界面現象である電圧誘起コロイド配列配向化を解明し、表示デバイスを開発した。重水素標識により有機電界発光素子の緑色発光効率が約7%向上し、輝度半減寿命も2.3倍向上した。膜タンパク質を微小流路に形成し、バイオ MEMS センシングデバイスを作製した。

2色可変 SFG を用いてソフトマテリアルと水との界面における高分子鎖と水分子の再配向挙動を明らかにした。また、実動作状態での有機デバイスの内部挙動をその場計測することにも成功した。テクノロジーブリッジの役割を果たす成果の一例としては、レーザー分光および質量分析計測を複合的に組み合わせプラズマエッチング機構に関する知見を得ることにより、半導体薄膜エッチング装置の信頼性向上に資する情報を提供した。

液晶がマイクロリンクル上で自己組織形成する要因とその構造について、微粒子捕捉サイトの熱揺らぎの温度依存性について理論的な考察を行い、捕捉機構について理解を深めることで微粒子マイクロマニピュレータの温度制御に関して設計指針の提案を行った。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］光応答性材料、光修復、液晶、ゲル、イオン液体、カーボンナノチューブ、分散、アクチュエータ、導電ゲル、コロイド、表示デバイス、重水素、有機電界発光、膜タンパク、微小流路、MEMS、SFG、質量分析、プラズマエッチ、マイクロリンクル

［テーマ題目２］高付加価値ナノ粒子製造とその応用技術の開発

［研究代表者］川本　徹（グリーンテクノロジー研究グループ）

［研究担当者］菅原　孝一、村上　純一、佐々木　毅、川本　徹、田中　寿、久保　利隆、小平　哲也、阪東　恭子、堀内　伸、宮脇　淳、陶　究、伯田　幸也、依田　智、竹林　良浩、古屋　武、越崎　直人、川口　建二、古賀　健司、清水　禎樹、Pyatenko Alexander、髙橋　顕（常勤職員21名　他）

［研 究 内 容］

新規な物理的プロセスを利用して従来法では得られないナノ粒子・ナノコンポジットなどの新規ナノ構造体を調製するためのプロセス技術を開発している。具体的には、マイクロプラズマプロセス法、液相レーザーアブレーション法、気相中熱酸化法などを用いている。エネルギーを投入する場合には、投入するエネルギー密度を従来の手法と比較して小さくすることにより、小規模なオンデマンドプロセスの実現を目指している。また、このような技術を駆使したアプローチにより調製した新規ナノ構造体は、電導特性・触媒特性・光学特性・電界放射特性などの無機材料機能発現のみならず、中性子捕捉療法などの医療応用への展開も含めて実用特性を検討している。これらの研究を通じ、液相レーザー溶融法による ZnO、TiO_2、Cu_2O、B_4C などの機能性サブマイクロメートル粒子の大量合成技術、気相中熱酸化法による貴金属－酸化物接合複合ナノ粒子の生成技術の開発等を実施した。

次に、ナノ粒子・ナノ材料を幅広い産業分野へ応用していくためのオンデマンド・連続製造プロセス、および関連する技術の研究開発も進めている。ナノ粒子・ナノ構造を作り出し、それらを階層的に構築して、デバイス、材料、製品へと結びつけるプロセスの技術は、新機能、高機能の創出、製品開発速度の向上、ナノリスクの低減などに寄与する。連続的な製造では、溶媒、流体をベー

スとしたプロセスを構築し、流体の特性、物質の溶解度や相状態の把握、化学反応の精密制御を行うことが不可欠となる。これらの物性・反応を緻密に制御するパラメータとして、“圧力”を導入し、さらにマイクロ流路、マイクロミキサーなどのプロセス技術を組み合わせることによって、様々な新規ナノ粒子・ナノ材料に対応したプロセスを構築することが可能となる。各種ナノ粒子、ナノ材料の連続製造プロセスの開発に取り組むとともに、高圧下での諸物性測定・化学反応など必要な基盤技術の開発を行っている。これらの研究を通じて、高温高圧水を利用した $Ca_{0.6}Sr_{0.4}TiO_3$:Pr ナノ粒子の連続合成技術の開発、高圧二酸化炭素を用いたシリカナノ粒子含有発泡ポリマーコンポジット、プルシアンブルー型錯体ナノ粒子の連続合成技術の開発を進め、さらに製造微粒子について、光散乱体、光触媒、EL デバイス、断熱材、放射性セシウム吸着材などの諸機能の評価を進めた。

特に放射性セシウム吸着材については、集中して検討を進めている。放射性セシウム汚染水を除染できるさまざまな形態の吸着材を開発、実証試験に使用できる試作品を製作した。ナノ粒子分散液と、造粒体は連携企業から試験販売が開始された。また、様々な汚染物から除染する手法の研究開発を進めた。植物系汚染物については、焼却後、灰を除染、放射性汚染物の量を千分の一以下にする方法を開発、福島県において実証試験を開始した。土壌については、土質の違いによる除染効率の違いを明らかにした。この中では、プルシアンブルー型錯体ナノ粒子を、灰などから抽出した放射性セシウムの回収に利用している。

また、プルシアンブルー型錯体ナノ粒子の中には、電気化学的に放射性セシウムを吸着、脱離できるものがあることを発見した。この特性を利用し、選択的セシウム分離回収を電気的にかつ繰り返しおこなうことのできるシステムの構築を目指している。その特長は従来の電解析出法による膜形成に比べて、容易に多孔質かつより厚膜を電極上に作ることができ、金属イオンの電気的吸着／脱離をおこなう目的に適している点にある。この吸着電極を用いて、吸着液からセシウムを回収し、脱離液側にセシウムを移動させることに成功した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ナノ粒子、ナノコンポジット、マイクロプラズマ、レーザーアブレーション、オンデマンド、マイクロ流路、マイクロミキサー、高温高圧水、セシウム、吸着、除染

［テーマ題目４］ナノ構造を利用した革新的デバイス材料の開発

［研究代表者］池上　敬一（副研究部門長）

［研究担当者］時崎　高志、石田　敬雄、重藤　知夫、永宗　靖、清水　哲夫、王　学論、内藤　泰久、小倉　睦郎、黒田　雅治、向田　雅一、永瀬　成範、桐原　和大（常勤職員12名　他）

［研 究 内 容］

光や電子の閉じ込め構造の最適設計や精密作製技術を基に、光エレクトロニクスに関連した高効率発光素子（革新的光デバイス）と不可視光景の可視化技術（インビジブルビジョン）を中心に、新規ナノ量子構造とこれらに必要なナノ評価技術も開発している。成果は以下の通りである。革新的光デバイスでは、光取出し面に微小リッジ構造、裏面に銀ミラーを備えた薄膜型 AlGaInP 系赤色発光ダイオードを作製し、平坦表面デバイスと比較して3～4倍の光取出し効率向上に成功した。また、黄色 LED に必要な結晶成長技術の開発とともに、GaN 系 LED に必要な微小リッジ構造の作製に成功した。一方、インビジブルビジョンでは、昨年度までに開発した赤外線カラー暗視技術を基に光センサー等を改良して、デジタル放送にも対応可能な赤外線暗視カラーハイビジョンカメラを開発した。また、新規ナノ量子構造では、窒化物半導体の超平坦ヘテロ界面形成に基づく高品質共鳴トンネル素子を作製した。ナノ評価技術では、走査型電子顕微鏡に組み込める独自ナノマニピュレータに新機能を付加してナノ材料の物性計測を行い、その有効性を金属材料に適用して示した。さらに、近接場光学顕微鏡では、数値シミュレーションを用いて2本の探針を用いた場合に生じる近接場光の振る舞いを解明した。

ナノスケール構造体特有のアクティブな量子効果などの物性を利用した新規デバイスの創出やその要素・評価技術の研究を行った。具体的には超分子、導電性高分子、酸化物粒子＆ワイヤー、金属ナノギャップなどのアクティブな性質を利用したメモリー、光センサー、熱電素子などのデバイスの開発とデバイス評価技術の確立を目指している。本年度は独自のルテニウム錯体超分子膜を用いた電極を用いた液晶対流素子の作製に成功した。ナノギャップ電極においては4k ビット集積化素子の試作に成功した。ナノギャップ電極によるメモリ動作に関して、幅1～2nm のギャップを大量生産する手法として、原子層堆積法による金属／犠牲層／金属積層構造から犠牲層エッチングを行う方法、及び金属蒸着中の電界破断による方法を実現した。また新たに始めた導電性高分子を用いた熱電素子においては0.2を超える熱電性能指数を達成し、有機系で初めてモジュール化を行った。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］LED、可視化、光取出し、光センサー、暗視、共鳴トンネル素子、走査型電子顕微鏡、近接場光学顕微鏡、ルテニウム錯体、液晶対流素子、ナノギャップ、導電性高分子、熱電素子

［テーマ題目５］ナノチューブ系材料の創製とその実用

化及び産業化技術の開発

［研究代表者］片浦　弘道（首席研究員）
［研究担当者］片浦　弘道、田中　丈士、藤井　俊治郎、平野　篤（常勤職員4名　他）

［研 究 内 容］

カーボンナノチューブ（CNT）を代表とするナノ炭素材料特有の新たな機能を見出し、革新的デバイスへ応用するために、分散・分離・成膜技術開発、さらにその基礎となる物性研究を行っている。今年度は、ゲルを用いた単層 CNT の分離の大型化や分離原理に関する知見を得るための研究を中心に行った。単層 CNT の金属型と半導体型の大量分離技術開発において、単層 CNT の分散・精製・分離の各工程を改善し、全工程を通じて 2g/day のスループットが得られる条件を確立した。また、分散剤除去が不要な簡便な透明導電膜の作製法を確立した。

まず金属型 CNT の構造分離に関して、昨年度は段階溶出による方法と単層 CNT 分散液を過剰投与することで生じる競争的吸着を用いた分離を試みたが、顕著な分離を認めることが出来なかった。そこで今年度は、長いカラム（60cm）を用いて、クロマトグラフィーシステムにより溶出液組成を厳密に制御することで、分離の改善を試みた。分離用試料にはあらかじめ金属型単層 CNT を分離精製したものを用いた。濃縮した金属型単層 CNT 試料を少量投入し、それを長いカラムに通す事で分離を行った。各分画成分の光吸収スペクトルの違いから、バンド構造の異なる単層 CNT が分離された事がわかった。さらにラマン分光によって、構造の異なった金属型の単層 CNT が分離されていることが確認された。また、分離されてくる順序には一定の法則性がある事が示唆された。一度分離された試料の再分離、あるいはさらに長いカラムを用いた分離によって、分離精度の向上と単一構造金属型単層 CNT が期待できる。次に、ゲルを用いた単層 CNT の金属型・半導体型分離の分離原理解明に関する研究を行った。分離精製した金属型と半導体型単層 CNT のそれぞれについて、ゲルに対する吸着を定量的に解析した結果、単層 CNT とゲルの相互作用は Langmuir の吸着等温式に従うこと、その吸着はエントロピー駆動であること、金属型と半導体型の単層 CNT とゲルの吸着定数が異なるために分離が生じることを見出した。本成果は、金属型と半導体型の単層 CNT とゲルとの相互作用を熱力学的視点から世界で初めて示したものである。

半導体型 CNT の応用では、高純度半導体型 CNT に2種類の異なった分子を内包させる事により、p 型と n 型の特性を持つ半導体 CNT インクの作製に成功した。これらのインクを基板上に塗布し、電極となる金属膜をつけるだけで、p 型および n 型の両特性を示す薄膜トランジスタが実現された。さらに、これら2種類のトランジスタを組み合わせる事により、初めて CMOS 型インバータ回路の動作を確認し、これらのいわゆる「第二世代 CNT」が電子材料として十分機能する事を確認した。一方、半導体型 CNT の精密構造分離の高度化も行った。これまで、バンド構造が全く同じ CNT の分離を実現しているが、今年度はこれをさらにすすめ、右巻き螺旋と左巻き螺旋構造の分離に成功した。これによって、CNT の構造分離は究極のレベルに到達した事になる。本成果は、ゲルカラムに CNT の分散液を注ぐだけで、上記の高度な構造分離を実現するもので、他に類を見ない独自の分離技術である。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］カーボンナノチューブ、分離技術、透明導電膜、カラム、クロマトグラフィー、ゲル、吸着等温式、内包、薄膜トランジスタ、インバータ回路、螺旋構造分離

［テーマ題目６］材料・デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の開発

［研究代表者］浅井　美博（副研究部門長）
［研究担当者］浅井　美博、長嶋　雲兵、大谷　実、石橋　章司、篠田　渉、宮本　良之、米谷　慎、西尾　憲吾、橋本　保、伏木　誠、宮崎　剛英、織田　望、三宅　隆、小川　浩、折田　秀夫、崔　隆基、手塚　明則、森下　徹也、西村　憲治、石田　豊和、内丸　忠文、都築　誠二、三浦　俊明、土田　英二、Fedorov Dmitri、中村　恒夫、福田　順一、森田　裕史、下位　幸弘、関　和彦、針谷　喜久雄、中西　毅（常勤職員32名　他）

［研 究 内 容］

計算コード QMAS の機能を拡張し、遷移金属酸化物・有機導体等の電子材料研究に適用した。実験結果に基づき WSi_{10}クラスター薄膜の構造モデルを構築し、第一原理計算で最適化構造・電子状態を求めた。アモルファスのアルミナ・ジルコニア・ハフニアにおいて、共通原子構造を見出した。層欠陥がある多層グラフェンを調べ、谷分極した電気伝導という新奇な特性を明らかにした。ナノ接合での電気伝導に加えてフォノン伝導の第一原理計算プログラムを開発し、また、固液界面での計算のため、粗視化力場の基礎理論を構築した。

燃料電池酸素極に対して、酸素還元反応を阻害する表面構造を明らかにした。リチウムイオン2次電池の電極／溶媒界面に対して、リチウムイオンの脱溶媒和の過程を明らかにした。また、水素貯蔵材料に対して、格子欠陥に伴う水素吸蔵位置や微視的構造に関する実験値を再現し、水素貯蔵特性変化の発現機構について考察した。アルカリ電解質形燃料電池に対しては、アニオン電解質膜の化学的劣化機構を明らかにし、鍵となる反応の抽出

に成功した。膜の耐久性向上の為には、この反応を阻害すれば良いという膜の設計指針を明らかにした。

生体機能や分子機能の解析と予測のために必要な力場開発等の分子シミュレーション要素技術の開発と、化学反応機構、分子認識機構、分子自己組織化構造の解析・安定性評価等を行った。具体的にはカーボン材料の解析を行い、フラーレンの添加が生体膜の流動性に与える影響を明らかにした。また、グライム系イオン液体の相互作用を解析するとともに分子動力学シミュレーションを行い、グライム鎖長がイオンの輸送特性に与える影響を明らかにした。

FMO および FEMTECK コードで大規模計算を可能とし、電気化学反応機構解明のため水溶液中の赤外スペクトル解析、金属水素化物におけるイオン伝導を調べた。強相関材料超伝導機構解明のために、有効相互作用の周波数依存性のバンド幅への繰り込み、自己エネルギー非局所性を考慮した動的平均場近似+GW 法を準備した。時間依存第一原理計算によるシミュレーション技術を開発し、レーザー加工・光起電材料劣化機構の研究を進めている。NEC-東北大学と連携して時間依存第一原理計算コードの高速化を確認している。

有機半導体層における分子配列構造を予測し、計算化学的手法を用いて、キャリアの性質を同定する ESR 解析の基本となる g 値や超微細相互作用の大きさを明らかにした。さらに、輸送方程式を解くことにより、有機半導体中の光電流および電荷密度の光強度依存性の解析的な関係を求め、実験結果の解析を行った。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］QMAS、第一原理計算、アルミナ、グラフェン、ナノ接合、粗視化力場、燃料電池、リチウムイオン電池、水素貯蔵、フラーレン、イオン液体、FMO、強相関、超伝導、有機半導体、輸送方程式、光電流

［テーマ題目７］幹細胞等を利用した再生医療に資する基盤技術・標準化技術の開発

［研究代表者］井上　貴仁（ソフトデバイスグループ）

［研究担当者］井上　貴仁、植村　壽公、大矢根　綾子、横山　憲二、平塚　淳典、鵜沢　浩隆（常勤職員6名、他1名）

［研 究 内 容］

再生医療などをターゲットとし、オンチップ細胞操作・分離技術、幹細胞への量子ドットの高効率導入技術、リン酸カルシウムナノコンポジット層を利用した遺伝子やサイトカインの担持・徐放化技術など、幹細胞等を利用した再生医療に資する基盤技術・標準化技術の開発を目的としている。要素技術としては、マイクロ流路のチップ上で電場による細胞操作やチップ作製などの基本技術、リン酸カルシウム過飽和溶液場を利用したナノコンポジットの製造・精密構造制御技術、三次元細胞培養技術、バイオマーカー解析ツールの開発である。これら要素技術を基にした特許出願などを行っているが、実用化にいたるためには、安全性評価技術や臨床研究が必要であり、民間企業、大学医学部等と共同で研究を進めている。

チップスケールでの細胞の操作・選別に関しては、細胞の精密操作制御や操作範囲の拡大など細胞操作・分離技術の高度化を行った。遺伝子導入用リン酸カルシウムナノコンポジット層の原料として、化学試薬ではなく認可済み医療用輸液を用いることで、より安全性の高い製造法を確立した。新規の製造法において、従来の不均一核形成ではなく均一核形成を起点としてリン酸カルシウムを析出させることで、ナノコンポジット層の結晶構造およびマイクロ形態を制御し、遺伝子導入効率を向上させた。また、iPS 細胞の分離、移植後のトラッキングを効率よく行うための iPS 細胞の標識化技術を開発した。さらに、細胞培養、細胞操作の際に必要なバイオマーカーのセンシング、解析ツールの開発を行った。すなわち、グルコースセンサー、乳酸センサーなどのバイオセンサーチップの開発を行った。また、細胞損傷に伴って生成される核酸関連酸化ストレスマーカー8-OHdG、8-OHG の高感度測定法の開発を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス、ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］再生医療、ナノコンポジット、マイクロ流路、界面動電現象、バイオセンシング、バイオマーカー、遺伝子導入

［テーマ題目８］先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法の開発

［研究代表者］佐々木　毅（ナノシステム研究部門付）

［研究担当者］佐々木　毅、片浦　弘道、阿部　修治、藤田　克英、越崎　直人、古賀　健司、清水　禎樹、長沢　順一、針谷　喜久雄、田中　丈士、藤井　俊治郎、平野　篤（常勤職員12名、他3名）

［研 究 内 容］

先端技術産業の基盤となるナノ材料の環境影響を早期に評価し管理指針を示すことで、ナノ材料の社会受容と安全な応用開発を促進することを目指し、ナノ材料リスク情報の収集と分析を行うとともに、予備的リスク評価に必要な試料調製、特性評価、有害性評価の手法を開拓することを目的としている。リスク管理の方法論の構築に向けた文献調査を継続して行い、これまで行ってきた文献調査をもとに、カーボンナノチューブとアスベストの比較を含め、繊維仮説の適用可能性を再検討するとともに、ナノ材料リスク管理における課題を整理し、解説原稿を執筆した。

単層カーボンナノチューブ（SWCNT）の実用化を目

前に控え、その毒性について正確な情報を得ることが急務となっている。特に、長さが10ミクロンを越えるような長尺の SWCNT は、形状がアスベストと類似している事から、その形状由来の毒性が懸念されている。これを確認するには毒性の低い分散剤で水に分散した SWCNT を長さで分離し、長尺と短尺の毒性の違いを確認する事が必要である。本年度は、これまでに開発した SWCNT のカラム分離技術をさらに改良し、長尺 SWCNT の大量分離を可能にした。この技術を用いて、長尺及び短尺 SWCNT 試料を大量に作製し、動物実験に提供した。今後、長期の動物試験により SWCNT の毒性と長さの関係が明確化される事が期待されている。

工業用ナノ材料の有害性を調べる気管内注入試験に使用する分散液の調製法に関する研究を推進しており、今年度については、市販されている酸化チタンナノ粒子に加えて酸化ニッケルナノ粒子に応じた分散手順の最適化を進めて安定な分散溶液を作製するとともに、そのキャラクタリゼーションを行った。また、結晶性シリカナノ粒子の調製を進め、湿式破砕とアルカリ溶解処理を組み合わせて、粒径が100nm 以下の粒子を得ることができることを検証した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］リスク評価、アスベスト、カーボンナノチューブ、分散、ナノ粒子

⑦【ダイヤモンド研究ラボ】

（Diamond Research Laboratory）

（存続期間：2010. 4. 1～2013. 3. 31）

研究ラボ長：鹿田　真一

副研究ラボ長：茶谷原　昭義

所在地：関西センター、つくば中央第2

人　員：8名（8名）

経　費：198,637千円（148,118千円）

概　要：

ダイヤモンドは、熱伝導率、絶縁破壊電界、透光率、弾性定数・硬度、電気化学電位窓、化学的安定性などで物質中、最高の値を有し、電子線放出、キャリア移動度、X 線透過率や耐スパッタ性でも極めて優れた性能を有する“超物質”である。これらの材料特性を組み合わせる事により、省エネパワーデバイス、電子源、光学・電子線・X 線等ビーム取り出し窓、原子力用放射線センサ、ヒートスプレッダ、炭素ファイバ等新素材加工工具、電気化学電極、高性能 SAW 発振器、バイオ・化学センサなど、将来に向けた各種応用展開が期待されている。これら応用の中でも特に省エネパワーデバイスは、SiC 等の他材料を圧倒的に凌駕する半導体として、高耐圧、低損失、高速動作の性能が予想されており、究極の冷却フリー・高出力の新コンセプトのデバイスとして「Cool Earth エネルギー革新技術計画」などの経済産業省のロードマップにおいて、次世代材料・デバイスとして期待されている。加えて、ダイヤモンドは言うまでもなく炭素のみからなり、国内でも未来まで無限に調達可能であり資源面の心配がないこと、ナノサイズでも安全であることなど、まさしく21世紀以降の日本の戦略的物質である。

産総研では、経済産業省のフロンティアカーボンプロジェクトに取り組む中で、ナノカーボン及びダイヤモンドを材料の一つの柱として研究を進め、さらに平成15年度から7年間、ダイヤモンド研究センターを設置し、ダイヤモンドの合成から応用に至る総合的な研究を推進した。この結果、合成、加工、ドーピング、表面修飾、コンタクト電極等の材料基盤技術を進化させ、世界最大サイズの単結晶及びその量産技術、電子源デバイスの実用化などの世界に誇れる実用技術の開発に成功し、また世界で初めて量子素子分野で同位体ホモ接合でのキャリア閉込めを発見するなどの学術的成果も産んできた。

平成22年度より新たに発足した本研究ラボでは、上記の経緯も踏まえつつ、ダイヤモンドウェハ及びパワーデバイスの研究開発に重点的に取り組むこととし、以下のミッションを設定した。

1)　ダイヤモンドウェハ及びデバイス研究開発を推進し、冷却フリー・次世代省エネパワーデバイスを開発し、省エネルギーを進めることによって、日本及び世界の CO_2削減に貢献する。
2)　ダイヤモンドウェハ及びデバイスの大市場規模産業の構築に貢献する。
3)　資源、安全性で優れる炭素材料の利用・普及により、日本の資源・産業関連戦略に貢献する。
4)　ダイヤモンドの新たな機能を明らかにし向上させ、新産業創出に貢献する。

上記ミッションを達成するため、具体的には以下の研究テーマを実施する。

①　ウェハ開発：気相合成による単結晶ダイヤモンドの大型化・高品質化を推進するために必要な成長条件探索および結晶加工技術を開発している。特に早急な大口径化が期待できる「接合ウェハ」の製造技術開発に注力し、半導体ウェハとしての実用性を実証する。

②　デバイス：ダイヤモンドの特徴である高耐圧・高温動作を活かし、冷却フリー・高耐圧・高出力を実用構造である縦型ショットキーダイオードで実証する。また高速動作の可能性について評価する。

その他：パワーデバイスの高性能化、量子デバイスへの展開などを目指し、ダイヤモンドのさらに極限材料である同位体など、材料基盤技術を開発する。また企業によるダイヤモンドの広い応用展開の積極的サポ

ートを行う。

上記研究テーマと中期計画、研究分野戦略との関係は、下記のとおりである。

1）ウェハ開発

Ⅰ．グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進4．グリーン・イノベーションの核となる材料・システムの創成(2)ナノカーボン材料の量産化技術と応用②単結晶ダイヤモンドの合成及び応用技術の開発

及び再掲として、

Ⅲ．他国の追随を許さない革新的技術開発の推進

2．イノベーションの核となる材料・システムの開発

(2) ナノカーボン材料の量産化技術と応用②単結晶ダイヤモンドの合成及び応用技術の開発

2）デバイス

Ⅰ．グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進1．再生可能エネルギーの導入拡大技術の開発(3) 高効率なエネルギーマネージメントシステム②電力変換エレクトロニクス技術の開発

発　表：誌上発表22件、口頭発表50件、その他3件

［テーマ題目１］ウェハ開発

［研究代表者］茶谷原　昭義

［研究担当者］杢野　由明、坪内　信輝、山田　英明（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

物質中最高性能を多数有し、多くの応用が期待されるダイヤモンドの材料研究として、単結晶成長技術及び結晶欠陥評価等技術推進により低欠陥2インチ接合ウェハを開発し、パワーデバイスウェハ等への応用を目指すことを本テーマの3年間の目標として、本年度は、下記を目標として研究を実施した。

加工技術（研磨・分離・エッチング）の向上によって、2インチφの接合ウェハを試作する。

これに対して、主な研究成果は下記の通り。

1）ダイレクトウェハ化技術とモザイク接合技術を駆使して、40mm×60mm 接合ウェハを実現した。（世界初）

2）接合ウェハの高品質化のため、種結晶片の境界方向とオフ方向（ステップフロー方向）を適度にずらす方法などよって接合界面での異常粒子を抑制した。

種結晶の研磨面をドライエッチングすることにより、結晶欠陥伝搬の原因となる研磨損傷が除去できることをエッチングピット密度から明確にした。

［分　野　名］ナノテク・材料・製造

［キーワード］ダイヤモンド半導体、結晶成長、ダイヤモンドウェハ

［テーマ題目２］デバイス開発

［研究代表者］鹿田　真一

［研究担当者］梅澤　仁、加藤　有香子、渡邊　幸志、（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

究極性能が期待できるダイヤモンドを用いたパワーデバイスの実用化を目指して、結晶欠陥評価技術、デバイス要素技術等を研究し、低欠陥高品質エピタキシャル膜とデバイスの開発を行い、実証デバイスとして低損失かつ冷却フリー250℃動作パワーダイオードを実現することを本テーマの3年間の目標としている。本年度は、下記を目標として研究を実施した。

耐圧2KV、電流密度1000A/cm^{2}パワーダイオードの250℃動作特性を明らかにし、冷却フリー動作を実証する。デバイスに影響する欠陥の同定を行う。

これに対して、主な研究成果は下記の通りであり、所定以上の成果を得ることができた。

1）縦型構造パワーダイオードを設計・試作し、2kV耐圧素子、250℃動作、電流密度1kA/cm^{2}のショットキーダイオード素子の試作成功（世界初)。

2）250℃動作で、15nsec の高速スイッチング性能を世界で初めて実証することに成功。

3）ラマン散乱、CL、X 線トポグラフィ法を用いて、デバイスに影響する45° 複合貫通転位の同定に成功。

［分　野　名］ナノテク・材料・製造

［キーワード］ダイヤモンド、半導体、デバイス、パワーデバイス、結晶欠陥

５）計測・計量標準分野
（Metrology and Measurement Science）

---

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

研 究 統 括：三木　幸信
副研究統括：八瀬　清志

概　要：

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

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

計測・計量標準分野研究企画室
（Research Planning Office of Metrology and Measurement Science）

所在地：つくば中央第2
人　員：4名（3名）

概　要：

当室は、産総研組織規程第6条の規定に基づき、計測・計量標準分野における研究の推進に関する業務を行っている。具体的には、第3期中期目標の達成に向けて、産総研のミッションの遂行のための戦略を策定し、他独法、産業界、大学等への働きかけと連携の強化、ならびに分野内外の融合研究などの種々の取り組みを促進するため、平成24年度は主に下記4つの計画の下、業務を行った。

１．外部との連携の強化
２．研究ユニットとの対話を通じた成果の発掘
３．分野運営に係る各種業務の遂行
４．分野内行事の企画と運営

１．については、他独法、産業界、大学等への働きかけにより組織的な対話の機会を設け、連携の強化やプロジェクトの共同提案などの発展を支援した。また、計測業界関連の展示会への分野からの出展を企画し、関連業界への成果発信の機会の拡大を支援した。

２．については、研究ユニットとの対話を通じ、情報交換の環境の整備を推進し、シーズを発掘し、外部連携や分野融合などへの発展を促進した。さらに、研究ユニットからの要望等への対応を通じてユニットの円滑な運営を支援した。

３．については、中期研究目標策定、予算策定、原課対応、委員会等の事務局、等の取りまとめなど、分野運営に係る各種業務を円滑に行った。

４．については、分野内外の連携の支援として、分野内会議や重点課題報告会などの企画と運営を行った。

機構図（2013/3/31現在）

［計測・計量標準分野研究企画室］
　研究企画室長　　小畠　時彦　他

②【生産計測技術研究センター】
（Measurement Solution Research Center）
（存続期間：2007.8.1～2015.3.31）

研 究 セ ン タ ー 長：坂本　満
副研究センター長：野中　秀彦

所在地：九州センター
人　員：28名（28名）
経　費：378,552千円（326,496千円）

概　要：

計測技術は、製品開発、生産、市場化、使用、リユース／リサイクル及び廃棄の各局面で利用され、それぞれの評価の基盤となっている。中でも生産局面における計測は、わが国ものづくり産業の競争力の維持・強化に重要な役割を果たしており、その高機能化・高効率化・迅速化などが常に求められている。当研究センターは、産業や社会の広い意味での「生産現場」で発生する多様な計測課題に対して、産総研内外の様々な技術を高度化・統合し、その成果を計測ソリューションとしてオンタイムで提供することにより、我が国の基幹産業を支える高度な製造産業の競争力の維持・強化と、産業や社会の安全・安心の実現に貢献することを目指している。

これを実現するために、当研究センターでは、生産現場の計測課題を熟知した企業の専門家（マイスターと呼び、マイスターを活用するシステムをマイスター制度と呼ぶ）と連携した課題解決の取り組み（タスクフォース）を推進するとともに、業界や社会に共通的な課題に対してはコンソーシアム型の取り組みを行う。また、これらの課題解決事例を蓄積し、適時情報発信していく。

本研究センターで実施する研究開発は、第2種の基礎研究を中核として第1種の基礎研究を含みつつ製品化研究へ展開される本格研究であり、具体的な課題解決に向けて以下の3項目を主題として取り組む。

①　生産現場計測技術の開発
　高品質のものづくりと生産の高効率化に直結する

製品検査技術およびプロセス管理技術では、非接触、非破壊、高スループット、可視化などの共通的な諸要件に加え、各製造現場に対応した計測技術の開発が求められている。そこで、これらの現場ニーズに柔軟に対応できる光学的手法を主体に用いて、半導体微小欠陥検査技術など、新規なインライン計測技術の開発に取り組み、検査装置化を進める。

また、とくに半導体デバイスメーカの生産ラインでは生産効率や品質を低下させる共通課題として、プラズマエッチング装置で発生するパーティクルや異常放電の発生がある。これらを解決するために、生産ラインの課題を再現できるプラズマエッチング装置をオープンイノベーションスペースに設置し、実環境下での計測技術の開発と同時にデバイスメーカ、装置メーカ、素材・周辺機器メーカ等と共同でプラズマ耐性材料や電源技術等の開発に取り組む。このような活動を通して生産ラインの課題を解決する有効なソリューションの実用化研究を進める。

②　測定が困難な条件に適用可能な力学計測技術の開発

内燃機関等の燃焼圧計測や上述のプラズマ異常放電の検知など、過酷環境下での圧力振動計測技術を開発するために、耐熱性圧電体薄膜を用いた新しい広帯域圧力・振動センサに関する研究を行う。このために、実際にセンサを試作し、実証（模擬）試験等により問題を明らかにし、その解決に取り組む。さらに、センサの性能を向上させるために、高性能な圧電特性を示す複合窒化物・酸化物の材料探索や、薄膜のナノレベルでの構造制御技術などにも取り組む。

また、応力発光技術を基盤とした先進計測システムを開発するため、アドバンスト・センシングを中心に、現象の基礎研究からその応用のまで一連の研究を行う。「応力発光技術」とは、圧縮、引張り等の機械的外力により発光する応力発光体を中心とする一連の技術であり、現象の機構解明、材料開発から製造技術、デバイス化技術、システム化技術、そして各種現場計測を始め、環境・エネルギーなどへの利用技術へと大きな拡がりを有している。応力発光体の大きな特長は、微粒子一つ一つがセンサとして機能することにより、マイクロからマクロまで、空間的なダイナミックレンジにほぼ制約を受けない点にあり、この特性を活かした各種応力計測システムや異常検出システムの研究開発に力を入れる。

③　微量・迅速・精密化学計測技術の開発

マイクロ空間化学技術等を用いた微量・迅速・精密化学計測技術を開発し、バイオ・化学・素材関連産業分野におけるソリューションの提供を目指す。具体的には、以下の研究を実施する。

1)　ナノ粒子高速開発システムの構築：ソリューション提供のためのナノ粒子高速開発システムの構築を目的とし、用途に応じた分析・計測・解析技術等の検討・開発を行う。

2)　食品加工業の生産現場でのオンサイト計測技術開発：マイクロ流体チップなどを用いて食品成分・遺伝子・各種薬品、あるいは細胞診断を行うデバイスの開発を行う。また、計測に加え、被測定物を測定可能な状態にするための前処理デバイス、ならびに両者を組み合わせたオンサイト計測デバイスを開発し、プロセス制御への応用を図る。

当センターの平成23年度の研究開発計画は、以下の通りである。

①-1）超 LSI 製造プロセスにおける化学的機械的研磨処理直後に生じるシリコン・ウェハ表層のマイクロクラックの検出について、産総研で試作した原理機をベースとして、クリーンルーム対応オフライン検査装置を企業と共同で開発し、生産現場へ導入、その有用性を検証する。

①-2）半導体製造工程で用いられるプラズマプロセスに関連する計測技術の研究開発を行う。具体的には、音響センサの配置を工夫するとともに、レーザ光学系、画像処理ソフトを試作して、生産ラインと同等の条件で異常放電及びパーティクル発生の検出が可能なことを検証する。また、異常放電やプラズマ揺らぎによる突発的なパーティクル発生を再現させ、その発生機構を探る。

②-1）圧電体薄膜を用いた耐熱圧力振動計測技術の向上を目指す。具体的には、製造現場などへの適用に向けて、圧力センサや振動センサの筐体構造の最適化および検出感度などの基本性能の評価を行う。また、多元同時スパッタリング法や化学溶液法を用いて、耐熱性に優れ、高い圧電性を示す新しい複合化合物圧電体薄膜の材料探索を行う。

②-2）明環境で計測可能な高効率応力発光体の開発と発光機構解明を進め、異常検出システムと応力記録システムの性能向上と最適化を図り、理論、数値計算、他の実験手法の結果との比較検証を行う。また、耐久性を有する応力発光塗膜センサ構成を元に、種々の条件下における応答性についてデータの蓄積を進め、発光データから応力診断できるようデータベース化を図る。

③　食品加工業の生産現場でのオンサイト計測技術開発に関しては、オンチップで測定対象物質を分離・抽出する検体の前処理技術の開発と、細胞診断に向けた成熟度により分離する細胞分離技術の開発を行う。ナノ材料計測技術開発に関しては、研究開発および製造プロセスにおけるオンライン分析・解析技術を開発すると共に、その実用化研究に着手する。

外部資金：
独立行政法人科学技術振興機構
　復興促進プログラム　「石英薄板へのタンパク質の固定化とバイオセンサーチップへの応用」
　研究成果最適展開支援事業　「解凍精液から元気な精子だけをオンサイトで簡便に得るための技術開発」
　研究成果最適展開支援事業　「ソリューションプラズマ法の低電力化と直接燃料型燃料電池用合金ナノ粒子触媒の調製」
　研究成果最適展開支援事業　「エコー動画イメージを利用した肥育牛脂肪交雑の自動判定システム」
　研究成果最適展開支援事業　「ソリューションプラズマ法を用いる新規且つ低コストな貴金属ナノインク製造技術の開発」

財団法人福岡県産業・科学技術振興財団
　「同時複数組成蒸着膜製造技術による安全・小型・低コスト水素検知センサおよびシステムの製品化」

文部科学省（科学研究費補助金）
　「ユビキタス性を持つ革新的な応力発行ナノ光源の開発」
　「帯電二次元分布可視化計測システムの開発」
　「コアシェルナノ粒子の結晶配向合体による量子ドット超格子構造体の作製」
　「量子切断効果を利用した近赤外応力発光体の開発とその物性解明」
　「マイクロ流路を利用した分子の2次元配列技術」
　「独立成分分析を利用した超音波画像テクスチャ情報からの肥育牛の脂肪交雑推定」
　「新規な菌類検査方法の基礎研究」
　「応力発光体を用いた構造物のイメージング異常検出技術の開発」
　「超音波エコー画像のテクスチャ情報から筋力を推定する手法の開発」
　「中高齢者の下肢筋プロポーションが生活動作能力に及ぼす影響」

環境省（環境総合総合推進費補助金）
　「ホスト分子による希少金属オンサイト分離のためのマイクロリアクターシステムの構築」

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（助成金）
　「製造プロセスの高度化に向けた多様環境対応型 静電気計測技術の開発」

発　表：誌上発表73件、口頭発表164件、その他45件

光計測ソリューションチーム
（Optical Measurement Solution Team）
研究チーム長：野中　一洋
（九州センター）

概　要：
　本研究チームでは、マイスター型連携研究を中心に、半導体・エレクトロニスをはじめ、自動車、太陽電池、化学・素材等の様々な生産現場から抽出した製品検査、プロセス管理に関わる計測課題に取り組んでいる。光学的・電磁気的手法を用いて、非破壊・高スループット・可視化など、インライン化の共通要件に柔軟に対応できる新規計測技術を開発し、検査装置化を進める。さらに、開発装置や評価方法は標準化していき、産業界へ普及させる。
　九州地域の企業群への貢献としては、外観検査技術を中心に、公設研と連携して研究会を企画・運営し、成果の普及、現場ニーズ対応などに取り組むと共に共同開発プロジェクト化を推進する。
研究テーマ：テーマ題目１

プラズマ計測チーム
（Plasma Diagnostics Team）
研究チーム長：上杉　文彦
（九州センター）

概　要：
　プラズマプロセスは LSI、FPD の製造等に多用されている。中でも車載マイコンは不良個数ゼロが要求されるなど LSI 生産では品質の高さが求められている。しかし生産ラインでは、特にプラズマエッチング装置で発生するパーティクルや異常放電が量産安定性を阻害し、製造品質を低下させている。当チームでは、量産対応のプラズマエッチング装置をオープンイノベーションスペースに設置し、生産ラインと同じエッチング条件を実現させた環境下で、このような課題を再現させ、現象の基礎的な理解を進めている。さらに、得られた知見に基づくソリューションの提供を目指すために、材料メーカとの高プラズマ耐性材料開発、装置部品メーカとのセンサー内蔵ウエハステージの共同研究、計測機器メーカとのプラズマ計測機器の開発を進めている。
研究テーマ：テーマ題目２

応力発光技術チーム
（Advanced Integrated Sensing Team）
研究チーム長：徐　超男
（九州センター）

概　要：
　圧光計測・診断の基盤技術として、応力発光体の高効率化、プロセッシング、塗料化、薄膜化、ハイブリッド化、デバイス化などの基盤的研究の推進と共に、応力発光体の規格化や、標準化、発光特性のデータベース化を行い、応力発光技術の普及、利用拡大を図る。

具体的に以下の技術を行う。

高効率化を目指した短波長応力発光体の開発については、発光波長は青色、さらに紫外領域まで発光する応力発光体を開発し、発光効率の向上を実現する。また、短波長応力発光体の光エネルギーを化学的に利用するシステムの構築を検討し、応力履歴の記録システムを創出するとともに、光触媒とのハイブリッド化などによる利用拡大を図る。

圧光計測のデバイス化を目指して、オールセラミックス応力発光薄膜の合成技術、数十 nm の応力発光微粒子の製造技術、応力発光体超微粒子の表面処理技術、有機・無機ハイブリッド化技術、コーティング技術を検討し、新規な圧光デバイスを開発する。

応力発光の計測技術については、2次元画像解析、リモート光検出技術、応力発光の定量法を開発し、応力発光計測システム技術の構築を行う。さらに実環境フィールドへの展開の中で、応力モニタリング安全管理ネットワークシステム、および製品設計を支援するための設計支援モデリングシステムの実現を目指す。

応力発光体の規格化や、標準化、発光特性のデータベース化については、応力発光体の発光挙動並びに発光機構の解明と平行して、種々の応力印加形式に対する発光強度の関係をデータベース化すると共に、単一応力発光粒子への極めて微小な負荷応力と発光強度との関係を定量的に把握することができる微小応力計測法の開発を行う。これらの結果を元にして、応力発光材料の規格化と応力発光計測の標準化を進め、新規な自立応答型応力計測技術を確立する。

研究テーマ：テーマ題目３

プロセス計測チーム

（Process Measurement Team）

研究チーム長：秋山　守人

（九州センター）

概　要：

複合窒化物圧電体薄膜を検知材料に使用した、高温用アコースティックエミッション（AE）センサおよび燃焼圧センサの試作を行い、それぞれのセンサの基本性能を明らかにし、実証（模擬）試験などを通して、実用化に向けた材料選択、構造設計および課題抽出を行う。また、電子顕微鏡や走査型プローブ顕微鏡などを用いた断面や分極分布状態観察などを行い、複合窒化物薄膜の高圧電化メカニズムの解明を行う。更に、二元同時スパッタリング法や化学溶液法によって、高い圧電性を示す複合窒化物・酸化物などの材料探索、ナノレベルでの構造制御技術の研究なども同時に行っていく。

研究テーマ：テーマ題目４

計測基盤技術チーム

（Basic Measurement Solution Technology Team）

研究チーム長：菖蒲　一久

（九州センター）

概　要：

本研究チームでは、主に化学・材料系産業における生産プロセスや材料の設計、研究開発の効率化に貢献することを目的として、化学熱力学平衡計算ソフト開発やデータベース構築を行い、それによって化学熱力学に関する国内の知的基盤を整備することを目指している。更に本研究では、複数の産業支援型共同研究開発に、本解析技術を適用することで、このような知的基盤の利用技術の開発と体系化を行うことも目的としている。

平成24年度は、産業支援型共同研究として、サポイン制度による課題2件、及び、民間からの資金提供による共同研究課題1件に対して新規の熱力学データベース開発と、それを利用した解析研究を行った。

研究テーマ：テーマ題目５

生化学分析ソリューションチーム

（Biochemical Analysis Solutions Team）

研究チーム長：宮崎　真佐也

（九州センター）

概　要：

本チームでは、マイクロ流体の持つ高い流体操作性を基盤として、化学産業のみならず、環境、医療、製薬、バイオ関連、食品産業、化成工業等への応用展開に関する検討を行う。具体的には、流体操作性による最少試料化（微量）、集積化などによるその場計測や化学反応自体の加速による効率的な計測（迅速）、短い実効拡散距離などの効果を利用した分析（精密）・計測などを行う。

研究テーマ：テーマ題目６

［テーマ題目１］光学的手法を主体とした製品検査･プロセス管理に関する計測技術の開発

［研究代表者］野中　一洋（研究チーム長）

［研究担当者］野中　一洋、古賀　淑哲、寺崎　正（兼務）、菊永　和也、坂井　一文、李　雪峰、坂田　義太朗、蒲原　敏浩、手島　寅浩、檜枝　龍美、平川　智恵子、大久保　玲子（常勤職員4名、他8名）

［研 究 内 容］

アジア諸国との競争激化や生産の海外シフトが進んでいる中、我が国製造業の国際競争力を維持・強化させるには、生産の効率化を極限まで高めると共に、高品質・高信頼なものづくりが必須となっている。

本重点研究課題では、生産現場に常駐するマイスターと緊密に連携し、種々の現場に共通な非接触、非破壊、可視化、および高スループット等の検査ニーズに対応す

るために、光学的・電磁気的手法を用いた計測技術の研究開発に取り組む。生産現場への早期の適用を目指して、新規計測技術の確立とインラインプロトタイプ検査装置の開発を進める。さらに、人間の感覚に頼った官能検査については、検査の自動化・客観化と共に、検査法の標準化に取り組む。

平成24年度の進捗状況：

① マイスター型連携研究課題

マイスター企業2社から提案された課題について、装置実用化、検査法の標準化･規格化に取り組んだ。

半導体生産計測課題の内、化学的機械的研磨（CMP）処理後のシリコンウエハ表層欠陥検査装置については、LSI 量産メーカと連携して生産現場での詳細な評価と実用機としての総合的な調整を実施し、生産現場での基礎データを蓄積した。種々のウエハ製品の繰り返し測定等を通じた検出精度の安定化等に取り組み、検査システムの量産ラインへの導入に着手した。

プリント基板生産計測課題の内、金めっき光沢ムラ検査については、金めっき部位の微細化に対応できるように検査装置の光学系の改良を行うと共に、操作性の向上のために画像処理法の改良を行った。本検査法の標準化については、関連の学会及び企業と協力して提案内容の検討を進めた。さらに、プリント基板めっき浴薬液中の1価銅濃度の計測課題に取り組み、一価銅錯体に関する新たな分析法を提案した。

マイスター関連の新規課題としては、帯電体振動法を用いた静電気の計測技術の確立に取り組み、集束音波と低周波電界計測を用いた静電気センサを開発した。また、水の新しい評価法として、水の発光特性に関する知見を深めるとともに、水の効果的な発光誘導法について検討を行った。

② 地域連携課題

半導体及び太陽電池関係の企業と連携して、高さ計測課題について検査技術の開発及び検査装置の試作を行い、その一部については企業への技術移転を実施した。さらに、外観検査技術に関する情報交換等を目的とした研究会を公設研と連携して開催した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］マイスター、計測技術、生産現場、CMP、微少欠陥、外観検査、標準化・規格化、めっき、静電気、可視化

［テーマ題目２］プラズマプロセスに関連する計測技術の研究開発

［研究代表者］上杉　文彦（プラズマ計測チーム）

［研究担当者］上杉　文彦、福田　修、笠嶋　悠司、本村　大成、鍋岡　奈津子（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

LSI の生産では品質の高さが求められるが、中でも車載用 LSI は不良個数ゼロという高品質が求められる。不良発生の大きな要因は、装置内壁部材の化学的腐食や内壁に付着した反応生成物の剥離によるパーティクル発生、および内壁の帯電に起因する異常放電であり、プラズマエッチング工程において多く発生する。これらの課題を解決するために、オープンイノベーションスペースに設置した量産用プラズマエッチング装置を用いて、装置内壁部材の開発を材料メーカとの共同で、異常放電検出機能を有するウエハステージの開発を装置部品メーカと共同で、また量産用プラズマ処理装置向けインピーダンス計測機器を計測器メーカと共同で、材料、部品、計測の観点から多面的に取り組んだ。

装置内壁用部材の開発では、材料メーカと共同でレアメタルを使用しない導電性高プラズマ耐性材料の開発を行った。標準的に使用されている酸化アルミニウム（Al_2O_3）よりもプラズマ損耗量の小さな酸化イットリウム（Y_2O_3）と同等の耐性を有し抵抗率が通常の$10^{14}\Omega$ cm に比べて$10^{7}\Omega$cm ほどの小さな材料である。大手デバイスメーカにサンプル出荷を行い、その生産ラインで有効性が確認された。

プラズマエッチング用の異常放電検出機能を有するウエハステージの開発では、装置部品メーカと共同で進めた。ウエハやその近傍での微小な放電エネルギー50μJの異常放電を検出するのに有効な、アルミナイトライド（AlN）からなる音響センサーをウエハステージに内蔵するウエハステージの開発を進めた。製品化するために、音響センサーを直接ステージに成膜する実装技術、センサーからの信号をチャンバから大気側に取り出す配線技術の検討を進めた。

量産用プラズマ処理装置に容易に取り付けることができるインピーダンス計測機器の開発では、高周波通信分野で電波資源を有効利用するために培われてきた電磁波計測技術を用いてプラズマインピーダンス計測機器の開発を行った。インピーダンスの時間変化、RF パワーの高調波の時間変化、μW～kW の広いダイナミックレンジでの計測が可能なことを実証した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］オープンイノベーションスペース、プラズマ、パーティクル、異常放電、導電性セラミックス、音響センサー

［テーマ題目３］応力発光技術に関する研究

［研究代表者］徐　超男（研究チーム長）

［研究担当者］徐　超男、上野　直広、寺崎　正、藤尾　侑輝、坂田　義太朗、川崎　悦子、久保　正義、古澤　フクミ、末成　幸二、松尾　修身、河原　弘美、津山　美紀、有本　里美（常勤職員4名、他9名）

［研 究 内 容］

本研究では、ニーズの詳細な調査とシーズのマッチング精査を基に課題設定を行い、個別課題から抽出された共通的な課題として、外部の評価によって多数の提案から厳正に選抜された課題を中核課題とし、センシング技術の高度化からシステム化技術の高度化に至る新しい計測技術開発を、材料技術と情報技術の緊密な連携の下に遂行するものである。材料技術では、応力発光現象の機構解明など、基礎・基盤的な技術開発を行い、応力発光センサ素子の特性向上とデバイス化を経て、リアルタイム応力異常検出システムや応力履歴記録システムなどの各種応力センシングデバイスを構築する。各種応力センシングデバイスの機能の最適化を行い、デバイスベースでの評価によって応力発光センシングのデータベースへ向けたデータ蓄積を行う。情報技術では、構造体のセンシングシステム構築に向けたセンシングデバイス・ノードの開発、適用構造体の挙動解析、適応型信号処理の高機能化等によって基盤技術を構築し、センシングノードの高機能化と多目的化、センサネットワークの駆動ソフトウェア開発を行い、構成したシステムのパフォーマンス評価とデータ蓄積を行う。

平成24年度の進捗状況

今年度は、明環境でも計測可能な応力発光体の開発については、新しい応力発光体の開発に成功し、近赤外の応力発光を30倍以上高効率化できた。アルミン酸塩応力発光体は、産業界への技術移転を行った。

［キーワード］応力発光、可視化、センシング、材料技術、デバイス化、システム化、生産設備

［テーマ題目４］圧電体薄膜を用いた過酷環境下での圧力振動計測技術の開発

［研究代表者］秋山　守人（プロセス計測チーム長）

［研究担当者］秋山　守人、岸　和司、長瀬　智美、田原　竜夫、上原　雅人、上野　多津子、筒井　美寿江、松田　修（常勤職員5名、他3名）

［研 究 内 容］

本研究では、窒化アルミニウムや酸化亜鉛などの圧電体薄膜をセンサ検知材料に用い、通常では測定困難な高温高圧下などの過酷環境下における、圧力・振動計測技術の研究開発を行っている。製造現場での使用環境に近い状況での、圧力センサや振動センサの構造の最適化および検出感度・安定性などの基本性能の評価を行っている。また、多元同時スパッタリング法や化学溶液法（ゾルゲル法）を用いて、耐熱性に優れ、高い圧電性を示す新しい複合化合物圧電体の材料探索も行っている。本年度は、エッチング装置内のウエハステージ裏面にセンサを設置し、異常放電の測定を行った結果、チャンバー側面では検出できないステージ上で発生する異常放電の測定に成功した。また、ウエハ裏面のマイクロプラズマも検出することができ、異常放電の発生予測の可能性を示した。さらに、振動センサの構造最適化によって、計測に必要な出力が得られることも実証した。圧電体薄膜の探索を行った結果、MgZnO が500℃以上の耐熱性と10pC/N の高い圧電性を示し、ScAlN が圧電体薄膜で最も高い発電性能指数を示すことも明らかにした。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］圧電体薄膜、圧力センサ、振動センサ、高温高圧

［テーマ題目５］産業支援型研究開発による化学計測解析技術の高度化に関する研究

［研究代表者］菖蒲　一久（計測基盤技術チーム長）

［研究担当者］菖蒲　一久、野間　弘昭、亀川　克美、西久保　桂子、恒松　絹江、前田　英司、長谷部　光弘、恒松　修二、深町　悟、岡本　悦子（常勤職員6名、他4名）

［研 究 内 容］

本研究では、主に化学・材料系の産業界における生産プロセスや材料の設計、研究開発の効率化に貢献することを目的として、熱力学平衡計算ソフト開発やデータベース構築などの、化学熱力学解析・モデリング技術に関する国内知的基盤の整備を行っている。このような解析・モデリング技術は、実は非常に有効ではあるが、なかなか使い方が理解しにくく、あまり利用されていないという問題がある。そこで、本研究課題では、産業界からのニーズ課題や当チームの技術シーズに基づく複数の産業支援型共同研究と、この化学熱力学解析技術の開発研究を一体的に行うことで、特に利用技術、利用法の開発・知識基盤化をも目標として研究を進めている。日本の化学系・材料系の技術的競争力は極めて高いが、それを維持・強化するためには、このような基盤的技術の開発は必須である。

現在までに、信頼性や安定性の高い化学熱力学解析ソフトを開発公開するとともに、関連データベースの開発も行ってきた。当該ソフトは既に国内大学・企業等への導入実績がある。今後、本技術を様々な産業支援課題に適用し、その課題解決に貢献していく。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］化学熱力学、ソフトウェア、データベース、解析、モデリング、状態図、知的基盤

［テーマ題目６］微量・迅速・精密化学計測技術の開発

［研究代表者］宮崎　真佐也（生化学分析ソリューションチーム長）

［研究担当者］宮崎　真佐也、中村　浩之、山下　健一、松田　直樹、大庭　英樹、浅海　裕也、永田　マリアポーシャ、石地　友香、天本　真里子、中島　達郎、岡部　浩隆、中村　志織（常勤職員5名、他7名）

［研 究 内 容］

南九州一帯は我が国の食肉用肥育牛の一大生産拠点である。しかし、先年の口蹄疫問題で顕在化したように、その生産・肥育プロセスには工学的視点から解決すべき問題も多い。そこで、本チームでは肥育用子牛生産プロセスにおける効率化を図るため、１）雌雄産み分け用の精子分別デバイスの開発、２）受精卵・卵子の活性度を判別するための分別デバイスの開発を行った。１）の雌雄産み分け用の精子分別デバイスの開発に関しては、前処理として凍結精子の活度による分別技術を確立し、畜産現場へのソリューション提供を開始した。２）の受精卵・卵子の活性度を判別するための分別デバイスに関しては、前年度開発した密度差分離デバイスをさらに改良し、高品質の卵子のみを選択的分別に成功した。また、受胎適期のセンシングに向けたセンサ開発にも着手した。

また、ナノ材料分野の研究開発プロセスを迅速化・効率化する技術である、当チームが保有していたナノ粒子のコンビナトリアル合成技術にあわせてコンビナトリアル的な分散条件探索デバイスを開発し、LED 用蛍光ナノ粒子の生産にソリューションとして提供した。

その他、食品生産現場でのソリューション提供に向けた課題抽出に着手した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］マイクロ空間化学、微小流体デバイス、細胞分離、ナノ粒子

③【計測標準研究部門】

（Metrology Institute of Japan）

（存続期間：2001.4.1～）

研究部門長：千葉　光一

副研究部門長：大嶋　新一、新井　優、高辻　利之、藤本　俊幸

首席研究員：榎原　研正、山田　善郎

所在地：つくば中央第3、第2、第5、つくば北、関西センター

人　員：240名（240名）

経　費：2,338,868千円（1,949,638千円）

概　要：

計量標準及び法定計量

第三期の目標：

計量の標準

産業、通商、社会で必要とされる試験、検査や分析の結果に国際同等性を証明する技術的根拠を与え、先端技術開発や産業化の基盤となる計量の標準を整備するとともに、計量法で規定されている法定計量業務を的確に行うことにより、我が国経済活動の国際市場での円滑な発展、国内産業の競争力の維持、強化と新規産業の創出の支援、グリーン・イノベーション及びライフ・イノベーションの実現に貢献する。

(1) 新たな国家計量標準の整備
(2) 国家計量標準の高度化
(3) 法定計量業務の実施と関連する工業標準化の推進
(4) 国際計量標準への貢献
(5) 計量の教習と人材の育成

○研究業務の方向付け

(A) 標準整備計画にもとづき、信頼される計量標準を早期に供給開始する。
(B) 計量標準及び法定計量の確実かつ継続的な供給体制を構築し的確に運用する。
(C) 計量標準・法定計量の国際相互承認を進める。
(D) 計量標準と計測分析技術において世界トップクラスの研究成果を挙げる。

内部資金：

「標準基盤研究費　産業応用における CT 装置評価法の標準化に関する研究

「東北・北関東地域の公設研の技術の高度化支援事業」

「中小グローバルトップ H24（回転軸ぶれ検出機能を有するインテリジェント・ロータリエンコーダの性能評価法の確立」

「キログラムの再定義に向けた基盤技術の開発」

「標準基盤研究費　重錘形圧力天びんを用いた圧力校正技術の標準化」

「遠心加速度校正に関する標準化研究」

「標準基盤研究費　実用放射温度計の校正・評価技術に関する標準策定」

「カタパルト(先進製鉄プロセス温度モニタ技術開発)」

「標準基盤研究費　JIS B7556気体用流量計の校正方法及び試験方法の改正」

「研究情報公開データベースの強化事業」

「研究情報公開 DS 整備費　産総研物質・材料 DS ポータルの整備」

「中小グローバルトップ H24（高電圧直流給電対応ス

マートモニタリングシステム」
「超高周波帯電磁波絶対強度センサと測定技術の開発」

「土壌と食品に係る放射性物質リスク管理技術の開発」

「高精度温室効果ガス観測のための標準ガスの開発」

「標準基盤研究費　気中ナノ粒子測定器の精度保証に関する標準化」

「遺伝子解析データの国際整合を支援する新しい核酸定量技術の開発」

「有機化合物のスペクトルデータベース（SDBS）のクラウド構築」

「標準基盤研究費　高分子の定量 MALDI 質量分析法の国際標準化」

「有機化合物のスペクトルデータベース（SDBS）」

外部資金：
経済産業省　産業技術環境局　基準認証政策課　日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業　平成24年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米先端技術標準化研究協力）　薄膜膜厚計測

経済産業省　産業技術環境局　基準認証政策課　日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業　平成24年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米先端技術標準化研究協力）　薄膜熱物性計測

経済産業省　産業技術環境局　基準認証政策課　日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業　平成24年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米先端技術標準化研究協力）　微細寸法計測

文部科学省　原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ白色中性子源を用いた中性子線量計の革新的校正法に関する研究

環境省　平成24年度環境研究総合推進費（気中パーティクルカウンタを現場にて校正するためのインクジェット式エアロゾル発生器の開発）

（独）科学技術振興機構光格子時計高精度比較のための高速制御型光周波数コムの開発

（独）科学技術振興機構国家標準にトレーサブルなコヒーレント周波数リンクの創生とそれに基づいたテラヘルツ周波数標準技術の系統的構築

大学共同利用機関法人情報・システム研究機構　最先端研究開発支援プログラム　量子情報処理プロジェクト「光格子時計の絶対周波数測定及び国際原子時計への貢献」

経済産業省　関東経済産業局　戦略的基盤技術高度化支援事業　公益財団法人千葉県産業振興センター　ソフトイオン化質量分析のためのマススペクトルデータ解析ソフトウェアの開発

（独）科学技術振興機構　研究成果展開事業【先端計測分析技術・機器開発プログラム】国立大学法人東京大学光コムを用いた空間絶対位置超精密計測装置の開発

（独）科学技術振興機構　研究成果展開事業【先端計測分析技術・機器開発プログラム】国立大学法人東京大学低温光共振器を用いた超高安定光源の開発

経済産業省　関東経済産業局　戦略的基盤技術高度化支援事業　公益財団法人郡山地域テクノポリス推進機構標準コンダクタンスエレメントを用いた基準微小ガス流量導入装置の開発

（独）科学技術振興機構　研究成果展開事業【先端計測分析技術・機器開発プログラム】国立大学法人大阪大学大学院工学研究科　先端計測分析機器用共通ソフトウェアプラットフォームの開発

（独）科学技術振興機構　研究成果展開事業【先端計測分析技術・機器開発プログラム】学校法人　根津育英会武蔵大学　放射能環境標準物質の開発

独立行政法人海洋研究開発機構　海水密度絶対測定に関する研究

経済産業省　関東経済産業局　戦略的基盤技術高度化支援事業　公益財団法人福島県産業振興センター　リアルタイム自己校正型ロータリエンコーダ

公益財団法人光科学技術研究振興財団　平成24年度研究助成　光コムによる超精密時空間操作・計測技術の研究

財団法人三豊科学技術振興協会研究助成　局部傾斜角度測定を利用した高精度かつ高ダイナミックレンジな形状測定法の開発

公益財団法人住友財団　2012年度環境研究助成　室内環境中ピレスロイド系及び有機リン系農薬の曝露評価のた

めの基礎的研究

公益財団法人村田学術振興財団　平成24年度研究者海外派遣援助　国際会議に向けた海外渡航費援助（Conference on Precision Electromagnetic Measurements 2012）

公益財団法人池谷科学技術振興財団　平成24年度研究助成　陽電子寿命測定を用いた金属疲労診断装置の開発

財団法人内藤泰春科学技術振興財団　平成24年度調査・研究開発助成　生体高分子試料導入インターフェースの開発及び高度化

財団法人日本科学協会　平成24年度笹川科学研究助成　キャピラリー電気泳動法を用いる海水中のけい酸イオンの新規定量法の開発

財団法人日本科学協会　平成24年度笹川科学研究助成　ひ素含有細菌内遺伝物質の生成機構の解明

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO 助成金　レーザフラッシュ法による固体材料のインヒレントな熱拡散率測定方法の確立および国際的ガイドラインの提案

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO 助成金　光通電ハイブリッド・パルス加熱法による高速多重物性測定装置の実用化開発

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO 助成金　ミリ波・サブミリ波領域の S パラメータ測定の国際標準化に向けた評価技術研究開発

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構 NEDO 助成金エンジンの潤滑油粘性モニタリングや流体プラントの多点プロセス粘性計測を実現する超小型粘性 MEMS センサの開発

文部科学省　科研費　基盤研究（A）Molecular-Net Sieving の提案と超薄膜分離膜の創製

文部科学省　科研費　基盤研究（B）放射光軟 X 線を用いて誘発した ATP の分子変異の誘発による生物効果の制御

文部科学省　科研費　挑戦的萌芽研究　非 DNA に対する放射線損傷に伴う生物影響の検討

文部科学省　科研費　基盤研究（C）材料オントロジーの拡張と国際化による材料データ交換手法の確立

文部科学省　科研費　若手研究（A）化学分離を必要としない迅速な放射性ストロンチウムの絶対測定法の研究

文部科学省　科研費　基盤研究（A）ジョセフソン効果と量子ホール効果を基準とした熱力学温度測定技術の開発

文部科学省　科研費　基盤研究（B）一般　二次元ダークフリンジ法による球体直径測定原理開発とアボガドロ定数精密決定への応用

文部科学省　科研費　基盤研究（C）振動子による二種混合気体の粘性計測

文部科学省　科研費　基盤研究（C）新たな放射能絶対測定法を用いた PET 装置の定量性向上に関する研究

文部科学省　科研費　基盤研究（C）ポルフィリン類化合物の X 線増感作用に関する基礎的研究（平成23年度繰越）

文部科学省　科研費　基盤研究（C）ポルフィリン類化合物の X
線増感作用に関する基礎的研究

文部科学省　科研費　研究活動スタート支援　超伝導、常伝導ハイブリッド構造を持つ単電子トランジスタによる電流標準の研究

文部科学省　科研費　基盤研究（C）高速クラスターイオン照射による非線形的2次イオン強度増大効果の解明

文部科学省　科研費　基盤研究（C）低熱雑音光共振器を用いた超安定化レーザーの開発

文部科学省　科研費　若手研究（B）MEMS 式熱量計によるナノ粒子の比熱測定と低次元系比熱理論への実験的アプローチ

文部科学省　科研費　基盤研究（C）イッテルビウム光格子時計における青方魔法波長の探索

文部科学省　科研費　若手研究（B）堆積物中ペリレンの新規指標物質としての確立と検証

文部科学省　科研費　若手研究（B）新規シス／トランス異性体分離法の開発とそれを利用したトランス脂肪酸の高精度分析

文部科学省　科研費　基盤研究（C）ナノ粒子の細胞内取り込み挙動解析を可能とする単一ナノ粒子計測システムの開発

厚生労働省　科研費　基盤研究（A）先端光源を融合した超高分解能赤外分子分光計の開発

文部科学省　科研費　基盤研究（C）高安定光共振器による光周波数コムの絶対線幅狭窄化

文部科学省　科研費　若手研究（B）環境動態解析のためのハロゲン化ナフタレン分析法の高度化

文部科学省　科研費　若手研究（B）常温下熱機械変位方式高速高感度光パワー標準器の開発

文部科学省　科研費　基盤研究（C）双方向波長多重信号による長距離光ファイバの位相安定化技術の研究

文部科学省　科研費　若手研究（B）液中分散ナノカーボン材料の分散安定化機構の解明

文部科学省　科研費　基盤研究（C）R32を基本成分とする低 GWP 混合冷媒の新たな熱力学モデル

文部科学省　科研費　基盤研究（C）生体マトリックス中タンパク質の高精度、高感度定量法の開発

文部科学省　科研費　基盤研究（C）超電導放射線検出器を用いた新しいバイオマス度測定装置の開発

文部科学省　科研費　若手研究（B）陽電子寿命測定法を用いた構造物の疲労検査装置の開発

文部科学省　科研費　基盤研究（C）光滞在時間の長い光 FP 共振器の新しい制御信号取得とその応用

文部科学省　科研費　若手研究（B）音波と電磁波を用いた気体の複数物性同時計測装置の開発

文部科学省　科研費　若手研究（B）常磁性物質定量用新規一次標準分析法の開発

文部科学省　科研費　若手研究（B）多層型マンガンバスによる中性子源放出率の絶対測定法の開発

文部科学省　科研費　若手研究（B）高出力レーザ用イメージングパワーメータの実現に向けたイメージセンサ校正技術の開発

文部科学省　科研費　若手研究（B）デュアル光格子時計を用いた、黒体放射の影響を受けない合成時計周波数の実証

文部科学省　科研費　基盤研究（B）微細射出機構による高粘度マイクロカプセル生成システムの開発

文部科学省　科研費　基盤研究（C）極微弱 LED の全光子束測定技術の開発

文部科学省　科研費　若手研究（B）治療用高エネルギー電子線の絶対線量計の開発

文部科学省　科研費　若手研究（B）配列特異的な核酸分子の高精度定量技術の開発

文部科学省　科研費　基盤研究（C）キャビテーション発生量の定量計測技術の開発

文部科学省　科研費　基盤研究（C）分光立体映像再生のための超広帯域ヘテロダイン干渉計の開発

文部科学省　科研費　基盤研究（C）フィードバック型広帯域干渉計による位相・群屈折率分散計測システムの開発

文部科学省　科研費　若手研究（B）光励起型原子泉方式実用セシウム原子時計の開発

文部科学省　科研費　基盤研究（A）東アジアにおけるエアロゾル数濃度の空間分布とその変動要因の解明

発　表：誌上発表367件、口頭発表655件、その他377件

時間周波数科

（Metrology Institute of Japan, Time and Frequency Division）

研究科長：洪　鋒雷

（つくば中央第3）

概　要：

時間周波数標準及び光周波数波長標準は、基本単位の中でも最も高精度な計量標準であり、他の組立量の決定にも必要とされる計量標準体系の基盤を形成する物理標準である。当該標準の研究・開発及びその産業界への供給・普及を持続・発展させることは、我が国の産業技術や科学技術を高度化する上で極めて重要である。時間周波数科ではこのような目標を達成するために、標準器や関連技術の研究開発、それらに立脚した信頼性並びに利便性の高い標準供給を行っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3

長さ計測科

（Metrology Institute of Japan, Lengths and Dimensions Division）

研究科長：高辻　利之

（つくば中央第3）

概　要：

長さ・幾何学量の標準供給は、産業・科学技術の要であり、その安定的供給には大きな期待が寄せられている。この分野では、高精度な上位の標準から、現場で用いられる下位の標準まで、幅広い標準が求められる。これらに応えるためには、信頼性の高い長さ測定技術の開発が不可欠である。当科では、産業界から求められ、また国際比較などが求められている長さや幾何学量に関して標準の確立とそれらの供給体制の整備を行った。民間との連携によって、階層構造に基づく我が国のトレーサビリティ体系を構築している。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5

力学計測科

（Metrology Institute of Japan, Mechanical Metrology Division）

研究科長：藤井　賢一

（つくば中央第3）

概　要：

力学計測科では、質量、力、トルク、重力加速度、圧力、真空、リークなどの広範囲な物理量について標準から現場計測に至るまでのトレーサビリティの道筋を確保し、また取引証明に使われる質量計量器の信頼性の確保に関する業務を果たすことを主なミッションとする。質量（分銅の校正）、質量計、力（力計の校正）、圧力（圧力標準器の校正）、圧力計、トルクメータ・トルクレンチ、真空計、標準リーク、分圧計などについてのトレーサビリティが JCSS 校事業者や産業界でも確保されるよう校正技術や技術基準の開発を行っている。特に非自動はかり及び質量計用ロードセルの性能試験については品質管理体制を整備し、新規の大容量ロードセルを含む OIML-MAA に則った試験サービスを実施している。研究開発については、キログラムの新定義実現のための質量計測技術、小容量トルク標準機、グリーン・イノベーションに貢献するための気体高圧力標準の開発などを行った。特にキログラムの定義改定についてはアボガドロ国際プロジェクト（IAC）を海外の計量標準研究機関と協力して推進し、次世代質量標準として期待されているシリコン球体の高精度質量計測を行うと共に、欧州計量研究計画（EMRP）におけるキログラム再定義の共同研究にも参加している。これらの活動を通じて、プランク定数に基づく新しい定義を実現し、SI 基本単位の定義改定と、再定義後の質量標準の実現及び高度化を目指した研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目6、テーマ題目7、テーマ題目8

音響振動科

（Metrology Institute of Japan, Acoustics and Vibration Metrology Division）

研究科長：菊池　恒男

（つくば中央第3）

概　要：

音響、超音波、振動、強度の標準は、環境、医療、機械診断、材料評価など広い分野にわたってニーズがあり、近年、その重要性も高まっている。音響標準、振動加速度標準、及び硬さ標準については、国際比較結果などにより、世界的なレベルに到達していることが既に示されているが、さらに標準供給体制の充実を図るため、供給範囲、供給品目の拡大、不確かさの低減の他、新規の計量標準技術開発等をめざす。超音波標準も昨今の医用超音波技術の進歩に対応するため、校正範囲拡大に必要な研究開発を継続するとともに、国際比較に実施に向けた準備を行う。材料強度の標準、固体材料の特性評価を、従来のバルク材料から薄膜などの微小なレベルで行うための研究開発を継続する。また、産業技術の高度化に応じて、先進的な計測標準開発を推進する。

研究テーマ：テーマ題目9、テーマ題目10

温度湿度科

（Metrology Institute of Japan, Temperature and Humidity Division）

研究科長：新井　優

（つくば中央第3）

概　要：

温度・湿度の計測とその標準は、科学技術や産業において、あらゆる場面で必要とされており、当科では、これらに必要な標準供給体制の整備を進めている。国際的同等性を確保しつつ標準供給の種類、範囲を拡大するために、設備や体制を整え、標準の維持・供給に必要な研究開発及び関連の計測技術の研究を行った。低温域では、白金抵抗温度計の標準供給を24K まで再開するとともに、極低温抵抗温度計標準供給の立ち上げに必要な PLTS-2000を実現するための核断熱消磁予冷用希釈冷凍機を試作した。高温域の放射温度では、放射温度計の絶対感度校正システムを構築した。湿度の微量水分領域では、新たな試みとなる、計測器の応答試験サービスを開始した。

研究テーマ：テーマ題目11、テーマ題目12、テーマ題目13、テーマ題目14、テーマ題目15

流量計測科

（Metrology Institute of Japan, Fluid Flow Division）

研究科長：寺尾　吉哉

（つくば中央第3）

概　要：

流量計を用いた石油や天然ガス等の取引は、経済産業活動の中でも最も大きな取引であり、また、水道メータ、ガソリン計量器等の流量計は国民生活に最も密接している計量器の一つである。さらに、最新の半導体製造技術、公害計測技術、医療技術等の先端技術分野や環境・医療技術分野においてもより困難な状況下での高精度の流量計測技術が求められている。当科では、これらの広範な分野で必要な流量の標準を開発し、その供給体制の整備を進める。既に気体小流量、気体中流量、液体大流量、液体中流量、液体小流量、石油大流量、石油中流量、気体中流速、微風速では JCSS が整備されており、また、石油小流量並びに体積に対しては依頼試験による標準供給を行っている。平成24年度は石油小流量と石油中流量での流量範囲及び粘度範囲を拡大した。また、気体流速に関しては、気体大流量の標準整備を進めている。

さらに、計量法に基づき法定計量業務を適切に遂行すると共に、国際計量システムの構築に貢献する。

研究テーマ：テーマ題目16、テーマ題目17、テーマ題目18

材料物性科

（Metrology Institute of Japan, Material Properties Division）

研究科長：榎原　研正

（つくば中央第3）

概　要：

信頼性の高い材料物性データの提供を目的として、エネルギー、環境、石油化学等の分野で求められる密度、粘度、屈折率等の計測・校正技術と標準、及びエネルギー、エレクトロニクス、素材産業等の分野で求められる固体熱物性の計測・校正技術と標準・標準物質の開発・供給を行う。開発された熱物性計測技術と標準物質を礎として得られる信頼性の高い熱物性データを分散型熱物性データベースに収録し、インターネットを介して広く供給する。また、国際単位系改定に向けて、基礎物理定数に関わる高精度データの取得と国際度量衡委員会を中心とする国際協力活動を推進する。

研究テーマ：テーマ題目19、テーマ題目20

電磁気計測科

（Metrology Institute of Japan, Electricity and Magnetism Division）

研究科長：大嶋　新一

（つくば中央第3）

概　要：

我が国の電気電子情報産業を含む広い産業界に電気標準（直流・低周波）を供給するために、標準の維持、供給、研究開発を行っている。特に、直流電圧標準、直流抵抗標準、キャパシタンス標準、インダクタンス標準、交流抵抗標準、誘導分圧器標準、変流器標準、高調波電圧電流標準、交直（AC/DC）変換標準、交流シャント標準、電流標準等の研究開発と供給を行っている。

研究テーマ：テーマ題目21、テーマ題目22

電磁波計測科

（Metrology Institute of Japan, Electromagnetic Waves Division）

研究科長：島田　洋蔵

（つくば中央第3）

概　要：

高周波・電磁界標準の電波領域の電磁波を対象とし、高周波電力、減衰量、インピーダンス、雑音、各種アンテナ、電界・磁界等の標準に関し、精密計測と校正技術の研究・開発を進め、標準供給システムの構築と供給体制の維持、校正業務により標準供給を行った。標準開発の進展は、伝送線路を伝搬する電磁波の標準については、ミリ波帯高周波インピーダンス標準および導波管高周波減衰量標準に関し新規に標準供給を開始した。高周波電力標準では110GHz までの周波数帯の一次標準器の開発を行った。電波に関連する空間量の標準としては、開発を周波数帯とアンテナの種類により分担して進め、新たに75 GHz～110 GHz ミリ波帯ホーンアンテナ利得標準を開発した。微小アンテナ係数（ループアンテナ標準）に関し、周波数校正点拡張の開発を完了した。さらに50 Hz 並びに60 Hz における100 A/m（125.7 μT）の磁界強度に関する拡張を行い、依頼試験による供給を開始した。国際計量標準に関連し、CCEM および APMP 国際比較を推進するとともに、高周波誘電率のパイロットスタディのための準備を進めた。また、高周波・電磁界標準とその校正技術の開発に伴う知見を基に、オープンラボや計測クラブなどを通じて産業界への成果普及を実施した。

研究テーマ：テーマ題目23、テーマ題目24

光放射計測科

（Metrology Institute of Japan, Photometry and Radiometry Division）

研究科長：座間　達也

（つくば中央第3）

概　要：

光関連産業の発展に欠かせない技術基盤であるレーザ標準及び測光・放射標準の研究・開発を通じて、各種基本量の精密評価技術や校正技術を確立すると共に、当該技術の拡張・高度化を進める。また、ト

レーサビリティ整備・推進に寄与する。今年度は、空間系レーザに対する応答非直線性校正技術、光ファイバ系レーザに対する応答非直線性校正・波長依存性評価技術、単一光子検出器検出効率校正技術、高強度 LED に対する全光束校正技術、紫外域での分光拡散反射率校正技術を確立し、これらに関する標準の供給を開始した。併せて、二次元検出器校正、高出力レーザダイオードのレーザパワー校正、分光全放射束校正、赤外域分光拡散反射率校正等に関する開発を進めた。国際比較については、全光束（CCPR-K4）、光度（APMP、CCPR-K3.a リンク）、可視域レーザパワー（APMP.PR-S5）に関して幹事研究所として実施を主導した。LED 光源等の試験方法・試験所認定等に関わる国内・国際活動に協力した。

研究テーマ：テーマ題目25、テーマ題目26

量子放射科

（Metrology Institute of Japan, Quantum Radiation Division）

研究科長：齋藤　則生

（つくば中央第2）

概　要：

放射線、放射能および中性子標準は、放射線防護、医療、産業、先端科学にとって非常に重要であり、ニーズに対応した標準の開発・維持・供給に努めている。特に震災以後、放射線・放射能に対するニーズは高く、環境レベル放射能標準の開発、線量当量標準の開発、セミナー開催などを積極的に進めた。震災で大きな被害を受けた中性子標準を復旧させ、MRA 対応の国際基幹比較、標準の立ち上げおよび高度化等の研究開発を行った。医療分野では、I-125密封小線源の線量標準の供給を開始し、マンモグラフィ X 線標準の範囲拡大、医療用リニアックの高エネルギー光子線標準の開発を行った。一方、放射性ガス標準の研究開発を行うとともに、パルス中性子源の開発に成功し、重水減速 Cf-252中性子フルエンス標準の開発も継続した。

研究テーマ：テーマ題目27、テーマ題目28

無機分析科

（Metrology Institute of Japan, Inorganic Analytical Chemistry Division）

研究科長：日置　昭治

（つくば中央第3）

概　要：

標準物質は研究開発・生活の安全安心および産業発展を支える知的基盤として、その加速的整備が国策のもとに推進されている。当科では JCSS の基準物質となる新規無機標準物質、RoHS 指令規制対応標準物質など工業材料標準物質、微量元素・ひ素化合物・メチル水銀分析用の環境・食品関連組成標準物質を開発して、化学分析あるいは化学計量を支える標準を供給するとともに、併せて、関連する CCQM、APMP 国際比較に参加している。また、電量滴定法等の基本分析手法の高度化、同位体希釈質量分析法などの高感度元素分析法の高精度化を行い標準物質の値付け、環境・生体計測の高度化等に使用するとともに、我が国の分析技術向上の支援、産業の高度化及び科学技術のテクノインフラに寄与している。

研究テーマ：テーマ題目29、テーマ題目30、テーマ題目31

有機分析科

（Metrology Institute of Japan, Organic Analytical Chemistry Division）

研究科長：高津　章子

（つくば中央第3）

概　要：

種々の物質の濃度計測の信頼性確保のために、各種標準ガス、有機汚染物質などの有機標準物質（標準液、組成標準物質）、生体関連物質などのバイオ関連標準物質を、環境、食品、臨床検査分野をはじめとする社会ニーズに即して供給して行くことを目標として、新規標準物質の開発と、基盤となる分析技術の開発・整備・高精度化などに取り組んだ。標準物質の国際整合化の観点から、国際比較等に積極的に参加し、ISO ガイド34に基づく品質システムの整備を行った。これらの活動を通して、計量標準の国際相互承認において、標準物質値付け能力（CMC）を国際相互承認（MRA）の付属文書（Appendix C）へ登録し、国際的にも高いレベルでの当該分野の標準物質の整備を目指した。すでに供給を行っている標準物質については、安定性のモニタリングを行うなどして、適切に維持した。

研究テーマ：テーマ題目32、テーマ題目33、テーマ題目34

ナノ材料計測科

（Metrology Institute of Japan, Nanomaterials Characterization Division）

研究科長：藤本　俊幸

（つくば中央第5）

概　要：

薄膜・超格子、ナノ空孔、微粒子等の先端材料系における国際単位系へのトレーサビリティを確保した質の高い標準を開発・維持・供給する。このため、高度な計測・評価技術の開発にも注力するとともに、国際的な度量衡関連組織における標準へのトレーサビリティ活動、ISO/JIS 等の標準化活動に積極的に対応する。ナノメートルスケールの薄膜、空孔、粒子等の標準を開発、供給するとともに、X 線反射率法による精密評

価技術、透過電子顕微鏡による3次元計測の自動化、光電子分光および X 線吸収分光の基礎技術、MALDI-TOFMS の定量法、流動場分離法を用いた微粒子分級技術、2次イオン質量分析技術等において基礎データを蓄積した。

研究テーマ：テーマ題目35、テーマ題目36、テーマ題目37

計量標準システム科

（Metrology Institute of Japan, Measurement standards system division）

研究科長：加藤　健次

（つくば中央第3）

概　要：

計量標準システム科では、計測分野におけるトレーサビリティの供給および供給方法の高度化を科全体の目標としている。化学分野においては、最上位の標準物質開発・供給・校正サービスを行うとともに計量トレーサビリティ体系の高度化・合理化のための研究を行う。また、ソフトウェアを含む計量情報システムの適合性評価のための研究、計測・計量における情報提供等を行う。

具体的には、主に有機分析化学に関する研究とその成果をベースに、有機標準基盤研究室では、ニーズに対応した質の高い、環境、食品、臨床化学に関連する有機標準物質の供給、化学計量システム研究室では、定量 NMR（核磁気共鳴）法などを中心とした環境及び食品分野の多数の化学物質に対する校正サービスを行っている。また、計量標準基盤研究室は、高分子グループと計量情報システム研究グループからなり、高分子グループでは、高分子分析用の標準物質の開発供給を主体に研究開発を行っており、RoHS 指令に対応する添加剤分析用標準物質と MALDI-TOFMS や固体 NMR による新規定量法の開発を行っている。一方、計量情報システム研究グループでは、計量器ソフトウェアの評価技術、及び技能試験を利用したソフトウェアの適合性評価基準作成の研究を行っている。さらにスペクトルデータベースの運営業務も行っており、化学物質のデータベース、ソフトウェア認証等の広い意味でのトレーサビリティの供給活動においても、国立計量研究所として貢献できるよう努めている。グローバル MRA に基づく国際的な同等性の確認に必要な国際比較等の活動にも積極的に参加し、標準物質に関連する校正測定能力の国際度量衡局のデータベース（KCDB、appendix-c）への登録を行っている。

研究テーマ：テーマ題目38、テーマ題目39、テーマ題目40、テーマ題目41、テーマ題目42

法定計量技術科

（Metrology Institute of Japan, Legal Metrology Division）

研究科長：山口　詩希鬼

（つくば中央第3）

概　要：

1）経済産業大臣から委任される計量法に基づく型式承認の審査及び試験並びに基準器検査（力学計測科、流量計測科及び計量標準技術科で実施されるものを除く）を適切に実施する。

2）特定計量器の型式承認では、要素型式承認の導入や試験所認定制度の活用による外部試験制度の導入を踏まえた調査研究を行い、制度の合理化を図る。

3）計量法に規定する特定計量器の検定・検査に係る技術基準の JIS 引用を行うため、特定計量器 JIS 原案の作成を行う。

4）検定・検査業務を機能的に運用するためのガイドライン（技術的補完文書）の策定を行う。

5）我が国の法定計量システム整備計画案を策定し、経済産業省に対して企画・立案の支援を行う。

6）型式承認実施機関として、ISO/IEC 17025及びガイド65に適合した品質システムにより認証・試験業務を実施し、透明性を保する。

7）国際法定計量機関（OIML）が推奨する、試験・検定に使用する標準設備に対するトレーサビリティを確立するための制度について調査研究を行う。

8）OIML 適合証明書発行、二国間相互承認及び OIML MAA を推進し、国内計量器産業の国際活動に貢献する。

9）OIML の TC 活動に積極的に参加し、国際勧告の策定に貢献する。

10）アジア太平洋法定計量フォーラム（APLMF）に対する支援を行う。

11）法定計量クラブを活用した技術情報の提供、情報交換及びニーズ調査を行い、円滑な法定計量業務の実施に寄与する。

計量標準技術科

（Metrology Institute of Japan, Dissemination Technology Division Dissemination Technology Division）

研究科長：小谷野　泰宏

（関西センター）

概　要：

当科の主要業務は、経済産業大臣から委任された計量法に基づく法定計量業務の適切な遂行である。法定計量業務は、国内の様々な分野における商取引及び客観的かつ適正な計量証明行為に不可欠な業務であり、具体的には、型式承認、型式承認試験、基準器検査、検定、比較検査である。

これらの業務の他、リングゲージ、プラグゲージ、球、ガラス製体積計、ガラス製温度計、密度浮ひょう

の標準供給及び校正技術の開発と改善、校正における不確かさの低減を目標とし、それらの標準供給体制の維持を行い、信頼性のある校正結果を提供することにより、産業界のトレーサビリティ体系の構築に寄与する。並びに、国際比較、OIML 等の国際活動に貢献する。

研究テーマ：テーマ題目43、テーマ題目44、テーマ題目45

［テーマ題目1］時間・周波数標準の高度化に関する研究

［研究代表者］池上　健
（時間周波数科　時間標準研究室長）

［研究担当者］池上　健、萩本　憲、柳町　真也、高見澤　昭文、田邊　健彦
（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

原子泉方式一次周波数標準器においては、2011年3月に発生した大震災により不具合が生じたマイクロ波共振器の再製作を行った。不確かさ低減のために開発中の2号機においては、マイクロ波合成系や光学系の整備、ならびにマイクロ波相互作用領域の磁気シールドの再製作により、原子泉を運転可能にした。そして、一次標準器として完成させるうえで重要なマイルストーンであるラムゼーフリンジの観測、周波数安定度の評価、およびマイクロ波相互作用領域の磁場測定などを行った。

また、低温サファイア発振器においては、液体ヘリウムの消費量を減らし連続運転を可能とするために、クライオスタットを改造して冷凍機で維持できる構造とし、1秒の平均時間で3×10^{-15}より良い周波数安定度を得ることが出来た。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］時間周波数、原子時計、セシウム一次周波数標準器、原子泉、低温サファイアマイクロ波発振器、位相雑音

［テーマ題目2］光周波数（波長）標準の開発と光周波数計測技術の研究

［研究代表者］洪　鋒雷（時間周波数科　波長標準研究室長（兼務））

［研究担当者］洪　鋒雷、稲場　肇、保坂　一元、平野　育、安田　正美、赤松　大輔、大久保　章、大苗　敦、鈴木　淳太、岩國　加奈（常勤職員8名、他2名）

［研 究 内 容］

次世代の周波数標準を目指した光周波数標準については、^{171}Yb フェルミ同位体を用いた光格子時計の改良を施し、時計の周波数の測定精度を大幅に改良することに成功した。今回改良を加えた光格子時計で測定されたイッテルビウムの周波数の値は、518,295,836,590,863.1 Hz で、誤差が2.0 Hz であった。Yb 光格子時計が国際度量衡委員会において「秒の二次表現」（秒の新定義の候補）として採択された。Sr 光格子時計の開発においては、^{87}Sr 原子集団を光格子へ導入することができ、原子数の最適化も行った。また、狭線幅時計遷移レーザを実現させ、Hz オーダーの原子スペクトルを観測することができた。さらに、観測された原子スペクトルを利用した光格子時計の周波数安定化に成功し、安定度の評価を行った。光周波数コムに関しては、1）jcss などの校正サービス、2）高速制御型光周波数コムによる超高安定な光コムの実現、3）Yb 及び Sr 光格子時計の時計遷移レーザへの線幅転送、などの成果が得られた。長さの特定標準器である「光周波数コム装置」については、jcss 校正1件、依頼試験4件及び所内校正1件を行った。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］光格子時計、光周波数コム、光周波数測定、ヨウ素安定化 He-Ne レーザ、ヨウ素安定化 Nd:YAG レーザ、光通信帯

［テーマ題目3］時系・時刻比較の高度化に関する研究

［研究代表者］雨宮　正樹（時間周波数科　周波数システム研究室長）

［研究担当者］雨宮　正樹、渡部　謙一、鈴山　智也、和田　雅人、奥田　敦子
（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

日本の時間周波数国家標準である UTC（NMIJ）を高度化するとともに時間周波数比較精度を向上させ、標準供給を実施することが本テーマの課題である。平成24年度は、故障水素メーザの更新、計測システムの高精度化など目標どおり実施した。その結果、高安定に UTC（NMIJ）を発生し運用することができた。この時系を用いて高精度な周波数校正サービスを提供し、光格子時計の絶対周波数測定（波長標準研究室）にも寄与した。また標準供給においては、遠隔校正の不確かさ算出法の見直し、校正マニュアルの更新を行い、品質システムを向上させた。光ファイバを用いたマイクロ波の供給システムの検討結果は、粒子加速器に応用が検討されるまでになった。さらに光キャリア方式による超高精度比較の基本検討を実施した。時刻比較関連では衛星双方向、GNSS、ACES プロジェクト、VLBI など多彩な技術に取組み、関連機関と検討を進めた。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］時間周波数標準、時系、標準供給、GPS、衛星双方向時間周波数比較、遠隔校正

［テーマ題目4］光波干渉による長さ標準の開発に関する研究

［研究代表者］尾藤　洋一

（長さ計測科　長さ標準研究室長）

［研究担当者］尾藤　洋一、平井　亜紀子、寺田　聡一、鍜島　麻理子、堀　泰明、美濃島　薫，吉森　秀明、向井　誠二

（常勤職員6名、他2名）

［研 究 内 容］

短尺ブロックゲージ、長尺ブロックゲージ、標準尺、光波距離計などに関して、標準供給と高度化を実施した。JCSS 制度への協力として、認定・更新審査における技術アドバイザーの派遣、技術的根拠のための依頼校正（参照値の付与）を行った。ブロックゲージに関しては、途上国からの依頼を受け国際比較の幹事国を務めるとともに、新規素材の評価を推進した。固体屈折率については、従来の He-Ne レーザ波長に加え、ランプ光源波長に対する依頼校正サービスを開始し、供給範囲を拡大した。メートル原器の重要文化財指定に伴う新たな管理方法・体制の構築に貢献した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］ブロックゲージ、段差高さ、標準尺、距離計、干渉測長器、固体屈折率、長さ標準

［テーマ題目5］幾何学量の高精度化に関する研究

［研究代表者］権太　聡

（長さ計測科　幾何標準研究室長）

［研究担当者］権太　聡、阿部　誠、日比野　謙一、渡部　司、土井　琢磨、藤本　弘之、直井　一也、三隅　伊知子、佐藤　理、佐藤　浩志、菅原　健太郎、近藤　余範、尾藤　洋一、大澤　尊光、福島　博之、堀口　美央、増田　眞文、木下　和人、呂　明子、植木　薫

（常勤職員13名、他7名）

［研 究 内 容 ］

震災復旧に伴い停止していた校正設備及びシステムの性能検証を行い、一部の校正不確かさを改訂しつつほぼ全ての校正サービスを再開した。ステップゲージ、ボールバー、ボールプレート、ホールプレートの校正対象のサイズを拡大した。JCSS 校正「ロータリエンコーダ」を2件行った。依頼試験校正について、「CMM による幾何形状測定」22件、「ステップゲージ」2件、「ボールプレート・ホールプレート」：3件、「ロータリエンコーダ」：1件、「多面鏡」：1件、「オートコリメータ」：2件、「一次元グレーティング」：1件、「平面度」：8件の計34件を実施した。これまで標準供給を宣言した22項目に対して円滑に標準供給できるように設備及び測定環境を整備した。JCSS 認定制度への協力として、認定・更新審査における技術アドバイザーの派遣を行った。また、工業標準化への協力として、ISO 化、JIS 化、JIS 改正作業における国際エキスパート、国内委員会幹事補佐・委員等の派遣を行った。真円度についてはアジア地域の国際比較の共同幹事国として国際比較を円滑に進めた。線幅（パターン寸法）、大面積平面度については、標準供給の立ち上げや国際比較に向けた技術開発を進めた。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］幾何寸法・幾何形状、微小寸法・微細形状、角度標準、表面性状

［テーマ題目6］質量力関連標準の開発と供給

［研究代表者］上田　和永

（力学計測科　質量力標準研究室長）

［研究担当者］上田　和永、孫　建新、植木　正明、大串　浩司、水島　茂喜、林　敏行、前島　弘、西野　敦洋（常勤職員8名）

［研 究 内 容］

質量標準に関しては、東日本大震災で被災した質量比較器の修理・更新をすべて完了させると共に、開発した気密容器法により標準分銅の分量校正を高精度化した。力標準に関しては、着実に標準供給を行うと共に、当所で開発した力計校正の不確かさ評価方法を反映させた ISO 規格に基づく JIS B 7728規格の改正に貢献した。トルク標準に関しては、大容量20 kN･m トルク標準機の修理を完了させ校正サービスを再開した。並行して、小容量10 N･m トルク標準機を計画より前倒しして開発し、小容量トルクメータの校正サービスを開始することが出来た。また、トルク標準の範囲拡大部分も含めて、質量・力・トルクの標準についてピアレビューを完了させ、品質システムの第三者認証を維持した。重力加速度標準に関しては、国土地理院などとの定期的な共同観測に参加し、重力加速度計測の国際整合性確保に協力した。このほか JCSS トレーサビリティ制度に関しては、質量・力・トルクの各技術分科会に参加し技術基準の作成や改定並びに技術的諸問題の解決に協力すると共に、校正事業者の登録審査や定期検査で技術アドバイザーを務めるなど JCSS 認定機関に協力した。特に今年度は、大質量分銅と力計の2つの技能試験プログラムの運営でも技術支援を行い、貢献した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］質量、力、トルク、重力加速度

［テーマ題目7］圧力真空標準の開発と供給

［研究代表者］藤井　賢一

（力学計測科　圧力真空標準研究室長）

［研究担当者］藤井　賢一、吉田　肇、杉沼　茂実、新井　健太、小島　桃子、梶川　宏明、飯泉　英昭（常勤職員7名）

［研 究 内 容］

校正事業者登録制度（JCSS）における圧力標準、真空標準、リーク標準についての特定二次標準器の校正と依頼試験による校正を進めると共に、各標準の整備と校

正技術の高度化を進めた。国際比較については、国際度量衡委員会（CIPM）質量関連量諮問委員会（CCM）の基幹比較及びアジア太平洋計量計画（APMP）の基幹比較を進め、液体高圧力標準、真空標準、高真空標準、リーク標準などの基幹比較を幹事所あるいは参加機関として推進し、国際同等性を確保した。新たな研究開発については、グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準として水素ステーションなどにける圧力計測の信頼性を確保するために100 MPa までの気体高圧力標準の開発に着手し、液体潤滑法による気体圧力校正装置などを整備した。その他に昨年度からの継続テーマである気体低圧力標準・液体高圧力標準の開発、中真空発生方法・分圧発生方法・リーク発生方法についても開発を進めた。リーク標準については He、N_2、R134a についての依頼試験による標準供給を開始し、フロン規制のための評価技術の開発に貢献した。JCSS については、圧力の技術分科会における検討事項の提案、技術的要求事項適用指針改訂へ協力、校正事業者の登録審査や定期検査における技術アドバイザーとしての審査への協力、圧力・真空の技能試験への参照値の提供に係わる協力を行った。技術基準の作成に関しては、「JIS B 7610重錘形圧力天びん」「JIS Z 0029真空計の校正値の不確かさ評価」、「JIS Z 2330非破壊試験－漏れ試験方法の種類と選択」、「JIS Z 2332圧力変化漏れ試験方法」の原案作成に協力した。また、隔膜真空計と熱陰極電離真空計の国内外規格の作成に協力した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］圧力標準、真空標準、重錘形圧力天びん、高精度圧力計、真空計、リーク標準、分圧標準

［テーマ題目8］質量計の試験検査

［研究代表者］根本　一
（力学計測科　質量計試験技術室長）

［研究担当者］根本　一、田　健一、大谷　怜志、高橋　豊（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

質量計に関する法定計量業務（特定計量器の基準適合性評価：型式承認試験及び基準器検査）を計量法の技術基準に基づき実施した。また、OIML 条約に基づく国際勧告（OIML-MAA）に従い、非自動はかり及び質量計用ロードセルの性能評価試験を実施し、テストレポートの発行をすると共に試験・検査の信頼性の確保するため ASNITE 試験事業者定期検査を受け、認定された。

これらの業務を行う上において整備した品質管理を基に、非自動はかりの性能評価試験を円滑かつ効率的に行うためのモジュール試験（非自動はかりの指示計及びロードセル）を実施した。また、試験に使用する設備の整備及び OIML 勧告に従った試験において、品質マネジメントシステム ISO/IEC17025に基づき機器管理を実施した。

国際法定計量に関し、国際法定計量調査研究委員会、作業委員会へ積極的に参加・協力し、常に国際基準・規格に対応するように技術能力の確保に努めた。また、包装商品に関する OIML TC6の国際会議にも参加・協力した。その他、JIS 規格の調査研究委員会にも参加・協力し、産業界との連携を図った。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］法定計量、型式承認、非自動はかり、OIML、基準器検査、天びん、分銅、NMIJ クラブ、法定計量クラブ

［テーマ題目9］音響・超音波標準の維持、供給及び開発

［研究代表者］菊池　恒男（音響振動科長　音響超音波標準研究室長（兼務））

［研究担当者］菊池　恒男、堀内　竜三、高橋　弘宜、山田　桂輔、米嶌　和香子、松田　洋一、吉岡　正裕、内田　武吉
（常勤職員7名、他1名）

［研 究 内 容］

平成24年度には、一部残っていた東日本大震災による被害からの復旧も完了し、震災前の水準で業務を推進した。

音響関連では、音響測定器の jcss 等校正サービスについて、ASNITE-NMI 認定審査および Peer Review 審査を受審した。品質システムの継続的運用の下、jcss7件、騒音基準器検査21件を実施した。また6件の依頼試験を実施し、製品評価技術基盤機構が実施する技能試験における仲介器の参照値を付与した。さらに JCSS 登録申請事業者に対し、1件の登録審査を行った。国際的には I 形標準マイクロホンの音圧感度基幹比較 CCAUV.A-K5に参加し、仲介器を校正した。新規の音響標準開発に関して、音響校正器の校正周波数を31.5 Hz から16 kHz までの範囲に拡張した。また騒音源の定量的評価に不可欠な音響パワーレベル標準を確立するため、基準音源の校正装置の開発を継続し、校正装置の性能評価に着手した。さらに既存の校正サービスの高度化研究として、空中超音波領域（20 kHz 以上）で用いるマイクロホンの感度に、校正で使用するプリアンプのシールド方法の違いが及ぼす影響について検討した。

超音波関連では、天秤法による超音波パワー校正装置の復旧に努め、超音波パワー標準を震災前と同等の水準で再開した。光干渉法によるハイドロホン感度校正の一次校正、同比較校正、超音波音場パラメータ校正の各標準を維持し、依頼試験を継続した。24年度には、超音波パワー校正は7件、ハイドロホン感度校正は28件、超音波音場パラメータについては1件の依頼試験を実施した。また、医用超音波機器の性能、安全性評価や産業応用のニーズに応えるため校正範囲の拡張を進めた。超音波治

療器や超音波洗浄機で求められる、高出力超音波パワー標準の確立のために、カロリメトリ法の妥当性を実証した。超音波診断におけるエコー画像分解能向上のニーズに対応するため、ハイドロホン感度校正の周波数上限を40 MHz に拡張するための研究開発を継続した。半径1 mm の小口径平面振動子を用いて5 cm の伝搬距離で40 MHz の平面波超音波を実現し、この音場を用いてメンブレンハイドロホン感度を測定した。20 MHz までの測定結果と現在の一次標準による校正値の差は3 %以内であった。広帯域医用超音波やソノケミストリで要求される低周波数領域のハイドロホン感度校正についても、相互校正法を用いた100 kHz～1 MHz 帯の校正装置による校正結果の妥当性を実証した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］音圧レベル、標準マイクロホン、空中超音波、超低周波音、音響パワーレベル、超音波パワー、超音波振動子、超音波音圧、ハイドロホン、超音波音場パラメータ

［テーマ題目10］振動衝撃加速度・硬さ標準の維持、供給及び開発

［研究代表者］大田　明博
（音響振動科　強度振動標準研究室長）

［研究担当者］大田　明博、野里　英明、清野　豊、高木　智史、穀山　渉、服部　浩一郎、石神　民雄、山口　幸夫
（常勤職員5名、他2名）

［研 究 内 容］

振動測定は航空宇宙、自動車、建設、プラント、地震等、広範囲で行われ、その測定に用いられる振動加速度計は安価で大量の加速度計測を行うのに必要不可欠である。振動加速度計の校正サービス（jcss 校正及び依頼試験（特殊）;加速度振幅 0.03 m/s^2～200 m/s^2、振動数範囲 0.1 Hz～10 kHz、及び、依頼試験（一般）;ピーク加速度200 m/s^2～5000 m/s^2）は、レーザ干渉計と加振器で構成された校正装置によって行われ、品質システムに則り維持・管理されている。平成24年度の活動としては、校正サービス供給済み範囲に関して品質システムに即した維持・管理を実施し、jcss 校正1件、依頼試験（一般）2件、依頼試験（特殊）3件を実施した。ピアレビューおよび ASNITE による認定審査（更新）に対応した。幹事所としての国際比較（APMP.AUV.V-K1.1 振動数範囲：40 Hz～5 kHz、継続中）を実施し、JCSS 制度における技能試験（振動数範囲：0.1 Hz～10 kHz、継続中）の実施及び技術アドバイザー業務に協力した。また、衝撃加速度標準の電荷感度供給を目指し、電荷増幅器の周波数応答の評価装置を作製し、周波数応答と一致するデジタルフィルタ係数を評価した。角振動標準については、試作校正装置の性能評価を行った。

硬さ試験は機械部品等の強度特性を簡便に評価できる工業試験法であり、鉄鋼・自動車・航空を始め、幅広い産業分野で利用されている。平成24年度の活動としては、硬さの国家標準として供給しているロックウェル硬さとビッカース硬さに関して、品質システムに即した維持・管理を実施し、jcss 校正4件、依頼試験（特殊）2件を実施した。また、硬さ校正事業者の認定にかかわる技術アドバイザー業務を行った。

シャルピー衝撃試験は破壊強度（特に遷移温度）を測定する材料試験法として、産業界で広く用いられているものである。金属材料のシャルピー衝撃試験の標準は当研究室で維持されており、依頼試験を通じて産業界に供給されている。平成24年度は、標準値維持のための比較測定を行い標準機3台の整合性確認を行い、JIS B7740 基準試験機の依頼試験を1件実施した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］振動加速度、衝撃加速度、地震計、振動試験、レーザ干渉計、金属材料、材料試験、ロックウェル硬さ、ビッカース硬さ、極微小硬さ、ナノインデンテーション、衝撃値、シャルピー衝撃試験、吸収エネルギー、遷移温度、脆性、材料試験

［テーマ題目11］抵抗温度計標準の維持供給及び高度化効率化

［研究代表者］山澤　一彰
（温度湿度科　高温標準研究室長）

［研究担当者］山澤　一彰、丹波　純、Januarius V. Widiatmo、佐藤　公一、原田　克彦、三澤　哲郎、安曽　清
（常勤職員6名、他1名）

［研 究 内 容］

供給中の抵抗温度計の温度範囲-40 ℃～420 ℃については特定副標準器等の、660 ℃アルミニウム点においては特定二次標準器の校正を行った。-40 ℃～420 ℃までの国際基幹比較（CCT-K9）に参加し、幹事機関（米国 NIST）より仲介器物の帰路輸送とその後の測定を行った。豪州との銀凝固点の2国間国際基幹比較の測定を行った。熱力学温度計である音響気体温度計（Acoustic Gas Thermometer）の装置開発に着手した。JCSS 認定制度を支援するため、技術アドバイザーの派遣を行った。計量技術の普及、向上のため計量教習に講師派遣を行った。企業と共同でバイオ分野での温度測定に応用可能な新規の白金抵抗温度センサの開発を行った。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］標準、温度、抵抗温度計、温度定点、校正技術

［テーマ題目12］熱電対標準の技術開発

［研究代表者］山澤　一彰

（温度湿度科　高温標準研究室長）

［研究担当者］山澤　一彰、井土　正也、小倉　秀樹、増山　茂治、黄　毅
（常勤職員3名、他2名）

［研究内容］

熱電対校正用温度定点の銀点（962 ℃）、銅点（1085 ℃）、パラジウム点（1554 ℃）において特定二次標準器の jcss 校正を行い、コバルト－炭素（Co-C）共晶点（1324 ℃）においては依頼試験による校正を行った。パラジウム－炭素（Pd-C）共晶点（1492 ℃）実現装置の不確かさ評価を進めるとともに、不均質評価装置を用いて、白金/パラジウム（Pt/Pd）熱電対および R 熱電対のドリフトや不均質などの特性を評価した。ルテニウム-炭素共晶点（1953 ℃）実現装置を作製し、タングステン-レニウム（W-Re）熱電対である Type C 熱電対の安定性評価を行った。R 熱電対の0 ℃～1100 ℃での補間特性を評価した。金/白金（Au/Pt）熱電対国際比較（APMP.T-S5）の報告書の執筆に参加するとともに、Co-C 共晶点の国際比較（APMP.T-S7）の測定データの解析を行った。海外の標準研（SP、NMIA）と、熱電対校正用 Co-C 共晶点、Pd-C 共晶点の共同研究を進めるとともに、国内外の産業界への温度標準の普及活動を行った。技術アドバイザーとして JCSS 認定制度を支援した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］標準、温度、熱電対、共晶点、校正技術

［テーマ題目13］低温度標準の研究開発と維持・供給

［研究代表者］田村　收
（温度湿度科　低温標準研究室長）

［研究担当者］田村　收、中野　享、島﨑　毅、中川　久司、鷹巣　幸子
（常勤職員4名、他1名）

［研究内容］

アルゴンの三重点（84 K）で特定二次標準器（ロングステム型白金抵抗温度計）の校正を行った。14 K～30℃のカプセル型白金抵抗温度計の標準供給については、震災後に校正が再開された54 K までの温度領域の標準供給を行った。また24 K までの標準供給を再開した。0.65 K～24 K のロジウム鉄抵抗温度計の標準供給の校正対象を白金コバルト抵抗温度計へ拡大するための校正装置の改修、改造を継続した。ネオンの三重点（24 K）の同位体依存性測定の国際比較及び CCT-K1.1（0.65 K～24 K）の基幹比較を継続した。国際基幹比較 CCT-K9に参加し、その中の比較対象であるアルゴンの三重点（84 K）での測定を行った。既に開始されていた APMP.T-K3.2（84 K）は、CCT-K9のアルゴンの三重点と同一であるため中止となった。0.9 mK～1 K の低温度目盛（PLTS-2000）実現のため、希釈冷凍機と定義計器のヘリウム3融解圧温度計を開発し、4.0 mK まで稼働試験を行った。更に低温を生成する核断熱消磁冷凍機の主要部分を製作した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］1990年国際温度目盛、PLTS-2000、熱力学温度、白金抵抗温度計、気体温度計、温度定点、蒸気圧温度計

［テーマ題目14］放射温度標準の研究開発と供給

［研究代表者］石井　順太郎
（温度湿度科　放射温度標準研究室長）

［研究担当者］石井　順太郎、山田　善郎、笹嶋　尚彦、清水　祐公子、福崎　知子、山口　祐、金子　由香、王　云芬、皆広　潔美、
（常勤職員6名、他3名）

［研究内容］

高温域においては、特定副標準器の単色放射温度計、定点黒体（亜鉛）の校正をはじめ、JCSS 技能試験用参照値校正、海外標準研究所（タイ）の標準器（単色放射温度計、定点黒体炉（銅）の依頼試験校正等を実施した。新たな特定標準器としての利用を目的として、小型定点黒体炉を開発し性能評価を実施した。金属－炭素系高温定点については、Cu、Pd-C、Pt-C、Re-C 点セルの依頼試験校正を実施するとともに、高温熱電対評価を目的として Ru-C 共晶点セルの ITS-90温度値の同定を行った。中温域（160 ℃～420 ℃）においては、160 ℃～960 ℃の温度域における1.6 μm 単色放射温度計の定点校正の依頼試験を新たに開始した。常温域においては、常温域黒体炉、赤外放射温度計の依頼試験校正を行うとともに、赤外熱画像装置の校正試験用平面黒体炉システムの一次試作を行った。熱力学温度測定技術に関し、絶対分光感応答度評価技術の高度化に取り組んだ。これらと併せ、-30 ℃～2800 ℃の標準供給サービスについて、ピアレビューを受審した。JCSS 制度の運営に関し、非接触温度計分野の技術アドバイザー等による支援を行った。国際的には国際度量衡委員会のもとのワーキンググループ活動として高温域温度目盛の実現方法に関するガイド（Mise en Pratique for the definition of the Kelvin in high temperature）の作成委員として文書作成に参画するとともに、アジア太平洋地域の標準研究所のピアレビュー、CMC レビュー作業等に貢献した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］放射温度標準、JCSS、依頼試験、放射温度計、黒体炉、金属－炭素共晶、高温定点

［テーマ題目15］気体中水分の計測・制御技術に関する研究開発

［研究代表者］阿部　恒
（温度湿度科　湿度標準研究室長）

［研究担当者］阿部　恒、天野　みなみ、丹羽　民夫、

北野　寛、高橋　千晴
（常勤職員2名、他3名）

［研 究 内 容］

半導体製造をはじめとする先端技術分野で必要とされる、気体中微量水分の標準発生技術の開発を進めている。窒素ガスに対する微量水分標準は既に確立しているが、これをさらに他のガス種へも展開するため、拡散管方式に基づく微量水分発生装置の開発に着手し、2012年度は希釈流量測定制御装置の試作と発生槽の設計を行った。微量水分計メーカーの開発支援を目的として、新たな試みとなる、微量水分計の応答試験サービスを開始した。キャビティリングダウン分光法に基づく高感度微量水分測定システムのプロトタイプを開発した。

湿度標準供給については範囲拡大と効率化の研究を進めている。微量水分領域12 nmol/mol（ppb）～1.2 μmol/mol（ppm）、低湿度領域露点-70 ℃～-10 ℃、高湿度領域露点-10 ℃～95 ℃の範囲で安定的な標準供給を実施しており、2012年度の校正件数は19件だった。JCSS 制度の運営支援のため、技術アドバイザーを派遣した。APMP.T-K8（露点30 ℃～95 ℃）の幹事研究所として活動している。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］湿度、微量水分、拡散管、高湿度、低湿度、露点

［テーマ題目16］気体流量・気体流速標準の研究開発・維持・供給

［研究代表者］石橋　雅裕
（流量計測科　気体流量標準研究室長）

［研究担当者］石橋　雅裕、栗原　昇、森岡　敏博、舩木　達也、櫻井　真佐江
（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

気体小流量、気体中流量、微風速、気体中流量の各標準の品質システムに関して定期ピアレビューが実施され、標準システムの同等性が再確認された。これに加え、気体中流量標準では、基幹国際比較 CCM-K6b（低圧気体流量）に参加した。この国際比較のために使用予定であった閉ループ式流量計校正設備の震災復旧が完了していなかったため、臨時の配管を設置して損傷箇所をバイパスすることによりトランスファー標準の校正が行われ、その結果をパイロットに送付した。新たに設定する水素・都市ガス流量標準では、供給開始へ向けて実用標準器の値付けを実施した。新たに設定する大流速標準では、流量から流速に変換するノズルを作製し、閉ループ式流量計校正設備により発生された正確な流量を基準とし、変換ノズルから発生する噴流の流速分布の精密測定を開始した。その他、特定標準器による校正、依頼試験、技能試験用参照値の供給を行い、技術アドバイザーとして製品評価技術基盤機構が行う校正事業者の認定審査に参加し、気体用流量計の校正方法に関する JIS の改訂作業も開始した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］気体流量・気体流速標準

［テーマ題目17］液体流量体積標準の研究開発・維持・供給

［研究代表者］寺尾　吉哉
（流量計測科　液体流量標準研究室長）

［研究担当者］寺尾　吉哉、嶋田　隆司、土井原　良次、古市　紀之、Cheong KarHooi、長島　豊、武田　一英、渡部　理夫、沼口　昌美、矢島　美代子、菱沼　裕子（常勤職員5名、他6名）

［研 究 内 容］

水流量については、従前と同じく0.005～3000 m^3/h の範囲で特定標準器による校正、0.002～12000 m^3/h の範囲で依頼試験を行った。石油流量標準については、液種並びに流量範囲を拡張し、0.1～300 m^3/h 並びに2.8×10^{-3}～11×10^{-3} kg/s の範囲に対して灯油及び軽油を使用した特定標準器による校正並びに依頼試験を行い、0.001～0.1 m^3/h 並びに2.8×10^{-4}～2.8×10^{-2} kg/s の範囲に対して灯油及び軽油を使用した依頼試験を行った。また、0.1～15 m^3/h 並びに0.022～3.4kg/s の範囲に対してスピンドル油を使用した依頼試験を開始した。さらに、体積標準を維持した。また、技術アドバイザーとして製品評価技術基盤機構が行う校正事業者の認定審査に参加した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］液体流量標準、石油流量標準、体積標準

［テーマ題目18］特定計量器の適合性評価に関する研究開発・試験検査

［研究代表者］森中　泰章
（流量計測科　流量計試験技術室長）

［研究担当者］森中　泰章、伊藤　武、安藤　弘二、藤本　安亮、菅谷　美行、堤　寛子、宮澤　豊（常勤職員5名、他2名）

［研 究 内 容］

平成23年度に引き続いて型式承認試験（23型式）及び基準器検査（309件）を実施し、これらの試験のための設備維持を行った。自動車等給油メータの OIML 適合証明書を1件発行した。さらに、水道メータの OIML 勧告（OIML R49）及び燃料油メータの OIML 勧告（OIML R117）の国際会議に参加し、国際勧告への日本意見の反映に努めた。また、流量関係の JIS を2本制定した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］特定計量器の適合性評価、OIML、JIS

［テーマ題目19］固体熱物性標準の整備

［研究代表者］山田　修史
（材料物性科　熱物性標準研究室長）

［研究担当者］山田　修史、渡辺　博道、
阿子島　めぐみ、八木　貴志、
阿部　陽香、山下　雄一郎
（常勤職員6名）

［研 究 内 容］

固体材料を対象とした熱物性（熱膨張率、熱拡散率、熱伝導率、比熱容量および薄膜熱物性など）に関して供給中の計量標準に関して依頼試験および標準物質による遅延のない供給業務を遂行するとともに、NMIJ の品質システムに基づいた校正業務および標準物質生産に係る品質マニュアルの整備、内部監査対応等による品質の維持管理を確実に遂行した。また、各標準供給項目に関しての継続的な研究開発による校正技術の高度化、不確かさの検証と低減化を進めた。熱拡散率標準の供給において、依頼試験での試験対象器物に従来のφ10ディスクに加え、φ5ディスクを追加拡張した。また比熱容量標準の供給において、DSC（示差走査熱量計）による依頼試験実施温度範囲を従来の900 K 上限から1600 K 上限へと拡張した。熱物性計測規・標準化に関して放射率測定を対象とした3規格（JIS R1693-1ファインセラミックスおよび長繊維強化セラミックス複合材料の放射率測定－第1部　黒体比較法、JIS R1693-2ファインセラミックスおよび長繊維強化セラミックス複合材料の放射率測定－第2部　反射法、JIS R1693-3ファインセラミックスおよび長繊維強化セラミックス複合材料の放射率測定－第3部　熱量法）の制定事業において原案作成者として参画した。国際比較関連として、レーザフラッシュ法による熱拡散率に関して、2012年5月に BIPM で開催された測温諮問委員会熱物性作業部会（CCT-WG9）において CMC 登録への方針を提案した。また、Pilot を務める Supplementary Comparison を APMP. T-S9として KCDB へ登録し、2012年11月に Wellington, New Zealand で開催された APMP TCT meeting において準備状況の進捗を報告した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］固体熱物性標準、標準物質、熱膨張率、熱拡散率、熱伝導率、比熱容量、薄膜熱物性

［テーマ題目20］密度・屈折率・粘度標準の開発と供給に関する研究

［研究代表者］藤田　佳孝
（材料物性科　流体標準研究室長）

［研究担当者］藤田　佳孝、菜嶋　健司、早稲田　篤、
倉本　直樹、竹中　正美、粥川　洋平、
山本　泰之、狩野　祐也
（常勤職員8名）

［研 究 内 容］

密度・屈折率標準については、固体密度に関して jcss および依頼試験による校正や密度差の校正12件を実施した。国際度量衡委員会に関連する活動として、質量関連量諮問委員会アボガドロ作業部会およびキログラム再定義の実現方法に関するワークショップにそれぞれ出席し、アボガドロ国際プロジェクトにおける研究進捗報告と測定スケジュール協議やキログラム再定義の動向調査を行った。次世代計量標準の開発としては、アボガドロ国際プロジェクトにおけるシリコン28同位体濃縮結晶球体の密度絶対測定高精度化に必要となる球体体積測定のための光波干渉計の改良および分光エリプソメータの整備を進めた。キログラム再定義に向け二つの異なる方法によりアボガドロ定数およびプランク定数を決定する欧州計量研究プログラム（EMRP）参加のための国際共同研究契約を締結し、2回の会合に出席して研究進捗を報告した。標準液校正による海水密度標準供給開始に向け、液中秤量法による海水密度の測定技術の開発を進めた。

粘度標準については、依頼試験による粘度標準液校正13件を実施するとともに、CIPM 基幹比較（CCM.V-K3）を幹事機関として実施し、プロトコルの作成、標準液の各国への参加アンケート実施と配布、測定実施、および結果取り纏めまでを進めた。非ニュートン流体の粘度校正ついて、標準物質供給を視野に入れた候補物質選定のための探索と評価を進めるとともに、標準物質校正のための回転粘度計の整備および回転粘度計校正を目的とした円筒落下方式の非ニュートン粘度校正装置の高精度化に向けた整備を進めた。MEMS 技術を応用した小型粘度センサの開発を進め、プロトタイプを完成させた。現在の粘度の国際的基準となっている水の粘度の絶対値を見直し次世代の粘度標準を確立することを目標として、落球法による液体粘度の絶対測定を継続し、測定原理である落球法において測定される落球落下速度に対する試料槽境界条件の影響を精密に補正するための機構の開発と構築を進めた。

密度・屈折率・粘度のいずれも JCSS 制度への協力として登録・更新審査における技術アドバイザーに対応した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］密度、密度標準、シリコン結晶、密度標準液、PVT 性質、屈折率、キログラム、再定義、アボガドロ定数、格子定数、モル質量、粘度、粘度標準、粘度標準液、細管粘度計、回転粘度計、非ニュートン流体、落球法、粘度の絶対測定

［テーマ題目21］応用電気標準の開発と高度化に関する研究

［研究代表者］藤木　弘之（電磁気計測科　電気標準第1研究室長）

［研究担当者］岩佐　章夫、藤木　弘之、山田　達司、坂本　憲彦、昆　盛太郎、天谷　康孝、浜辺　薫、林　誠二郎（常勤職員6名、他2名）

［研 究 内 容］

(1) 誘導分圧器標準、交流電流比標準、高調波電圧電流標準、交流シャント標準

誘導分圧器標準について3件の特定二次標準器等の校正、1件の依頼試験、交流電流比標準について1件の特定二次標準器の校正、4件の依頼試験を行った。交流シャント標準について周波数および電流の供給範囲を拡張した。また、次年度以降10 kHz までの拡大に向けて、研究開発を進めた。高調波電圧電流標準については、100次高調波への拡張に向けて、デジタルマルチメータのフィルタ特性について評価を行った。

(2) AC/DC 標準、交流電圧標準

AC/DC 標準について、4件の特定副標準器の校正と、1件の所内校正を行った。また、電力量標準で用いられる交直電圧比較装置の3件の依頼試験を行った。交流電圧標準については、1件の依頼試験と2件の所内校正を行った。また、次年度以降の電圧範囲拡大に向けて研究開発を進めた。低電圧用の薄膜型サーマルコンバータを試作し、交直差特性の評価を行った。

(3) 中容量キャパシタンス標準、インダクタンス標準、蓄電池・電力貯蔵キャパシタ標準

中容量キャパシタンス標準及びインダクタンス標準について、2件の技能試験及び1件の依頼試験を行った。また、次年度以降の供給開始に向け、蓄電池・電力貯蔵キャパシタ標準の研究開発を進めた。蓄電デバイス内部のインピーダンスの周波数依存性の測定が可能な装置を設計、試作した。この装置を用いて、リチウムイオン電池や電気二重層キャパシタのインピーダンス特性評価と不確かさ評価を進めた。電気二重層キャパシタの電気的性能試験法について、充放電法を利用した容量及び内部抵抗評価についての研究に着手した。この評価法は、最近、電気自動車のピークパワーアシスト等の大容量デバイスについて、IEC 及び JIS 規格により標準化された。これについて、評価法の信頼性向上を目指して計量標準の開発を進めている。

(4) 直流電圧計用標準

昨今のヘリウム供給逼迫状況に対応して、運用中の液体ヘリウムフリーな直流電圧計校正装置を直流電圧発生器の校正にも兼用できるようにするようにするために、ジョセフソン接合アレー素子の交換をおこなった。外付けのマイクロ波発生装置を用いて、素子のプログラマブル動作を確認した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］応用電気標準、実用電気標準、直流電圧、誘導分圧器、変流器、交流電圧、中容量、インダクタンス

［テーマ題目22］量子電気標準の開発と高度化に関する研究

［研究代表者］金子　晋久（電磁気計測科　電気標準第2研究室長）

［研究担当者］金子　晋久、福山　康弘、浦野　千春、堂前　篤志、丸山　道隆、大江　武彦、中村　秀司、飯田　保、松廣　健二郎、渡辺　幸次、嶋本　親資、堀江　智弘、秋山　美郷（常勤職員7名、他6名）

［研 究 内 容］

(1) 直流抵抗標準

直流抵抗標準について21件（jcss17、依頼2、所内3、科内2）の特定二次標準器等の校正を行った。また、25 Ω、100 Ω、10k Ωの QHR 直接校正の jcss 化を行った。次世代二次標準器として利用できる超安定小型100 Ω標準抵抗器の開発を終了し、共同研究先より販売が開始されている。10 Ωなど他の抵抗値についても同様な抵抗器を開発し、評価中である。次世代量子ホール効果抵抗標準として、量子ホール抵抗アレイデバイスを作製し、従来素子との整合性を10 ppb 以下で確認している。次世代の量子抵抗標準の材料として注目されているグラフェンの基礎研究をナノエレクトロニクス研究部門および米国国立標準研究所（NIST）と共同で行っている。また、名古屋大学と共同で、次世代抵抗器に用いるための材料の基礎物性研究・開発も行っている。

(2) 直流電圧標準

直流電圧標準について、6件の特定二次標準器等の校正を行った。システムの近代化に向け必要機材を整備し更新中である。液体ヘリウムフリーなプログラマブルジョセフソン電圧標準システムによる校正を可能にするための研究に取り組み始めた。次世代の高安定なツェナー標準電圧発生器の開発を企業と共同で行っており、測定系の改良とツェナー素子の経年特性の評価を継続中である。

(3) 交流抵抗標準、キャパシタンス標準

キャパシタンス標準について4件の特定二次標準器の校正、交流抵抗標準について2件の特定二次標準器の校正および1件の依頼試験を行った。次世代交流抵抗標準として交流量子ホール効果抵抗標準の研究開発を行っており、試作したデバイスを用い PTB（ドイツ標準研究所）と共同で評価を行った。また、電磁気計測科が中心となって開発した次世代の二次標準器として利用が期待される抵抗器について、交流抵抗の見地から精密評価を行い、それが優れた周波数特性および位相角特性をもつことを明らかにした。キャパシタンス標準の維持・管理手法の高度化の提案を行い、その手法の有用性を長年に渡って蓄積したデータを用いて実証した。

(4) 交流ジョセフソン電圧標準

次世代交流ジョセフソン電圧標準として、プログラマブル駆動ジョセフソン電圧標準、パルス駆動ジョセフソン電圧標準について研究開発を進めている。前者は、主に低周波領域の交流電圧標準として電気標準第1研究室と共同研究を行っている。これまでに、実効値で3 V までのサンプリング測定に成功し、10 V 以上の出力電圧を得るための素子改良に取り組み始めた。後者については、商用周波数から1 MHz の周波数範囲で任意波形の発生に成功している。この方法で発生した量子電圧雑音を基準として、ジョンソンノイズを精密に測定することにより、ボルツマン定数を再定義する研究を温度湿度科と共同で行っている。これらの研究において、そのジョセフソン素子はナノエレクトロニクス部門との共同開発である。

(5) 電流標準

直流量子電流の標準を開発している。NEC／理研グループと共同し、電子ポンプ素子として超伝導／絶縁体／常伝導／絶縁体／超伝導の接合素子（SINIS型素子）等を作製している。この素子の特徴は安定な高速動作が可能な点である。測定システムも希釈冷凍機を利用し開発を行い、予備実験的な段階ではあるが直流電流の生成に成功している。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］量子電気標準、直流抵抗、交流抵抗、直流電圧、交流電圧、電流標準、キャパシタンス、量子ホール効果、ジョセフソン効果、単電子トンネリング効果

［テーマ題目23］高周波計測標準に関する研究

［研究代表者］島田　洋蔵
（電磁波計測科　高周波標準研究室長）

［研究担当者］島田　洋蔵、島岡　一博、
Widarta P Anton、岸川　諒子、
飯田　仁志、堀部　雅弘、木下　基、
遠藤　道幸、吉本　礼子、小寺　眞理子
（常勤職員7名、他3名）

［研 究 内 容］

高周波標準に関する校正業務では、高周波電圧に関する jcss 校正を2件実施した。高周波電力については、jcss 校正を11件、依頼試験を6件、技能試験および依頼試験（特殊）を3件、それぞれ実施した。高周波減衰量については、ピストン減衰器に関する jcss 校正を1件、同軸可変減衰器に関する jcss 校正を7件、依頼試験を3件、所内校正を2件、導波管可変減衰器に関する依頼試験を1件、所内校正を1件、それぞれ実施した。高周波インピーダンスについては、jcss 校正を8件、依頼試験を2件、所内校正を29件、それぞれ実施した。また、標準開発においては、電力標準に関し、50 GHz～75 GHz および75 GHz～110 GHz 帯（WR10及び WR15型導波管）一次標準器のプロトタイプを開発した。高周波インピーダンス標準に関し、同軸 N 型50Ωおよび同軸 N 型75Ωの低周波独自標準を開発し、またミリ波帯同軸および導波管の標準を確立し、標準供給を開始した。同軸減衰量標準では110 dB まで供給範囲の拡大が急務となり、40 GHz～50 GHz への拡張と併せてその開発を推進した。導波管減衰量標準では、50 GHz～75 GHz 帯の新規標準供給を開始し、75 GHz～110 GHz 帯への拡張開発を進めた。雑音標準では、新たに開発した評価手法に基づき標準雑音源の独自化技術の開発を推進した。テラヘルツ帯標準では時間領域分光測定システムの直線性評価に関する新しい直線性評価技術を確立するなど精度管理技術の開発を進めた。国際比較について、高周波インピーダンスに関する CCEM 国際比較および高周波電力に関する APMP 国際比較をパイロットラボとして推進するとともに、高周波誘電率に関するパイロットスタディのための準備を進めた。オープンラボおよび成果発表会において実験室公開を実施し、高周波電気量の基本量である高周波標準に関する校正設備を紹介するなど成果普及を行った。高周波クラブを2回開催し、超高周波帯標準開発の最新トピックや EMC 評価のための擬似電源回路網に関する講演会を行うとともに、関連する計測機器メーカーの見学会を実施した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］高周波、マイクロ波、ミリ波、電波、信号伝送線路、電力計、減衰器、雑音源

［テーマ題目24］電磁界・アンテナ計測標準に関する研究

［研究代表者］黒川　悟
（電磁波計測科　電磁界標準研究室長）

［研究担当者］黒川　悟、廣瀬　雅信、森岡　健浩、
石居　正典、飴谷　充隆、加藤　悠人、
関川　晴子、伊藤　希重
（常勤職員6名、他2名）

［研 究 内 容］

ダイポールアンテナについて30 MHz～2 GHz の周波数範囲におけるアンテナ係数の校正サービスを行った。ループアンテナについて20 Hz～30 MHz の周波数範囲における磁界アンテナ係数の校正サービスを行った。50 Hz 並びに60 Hz の磁界強度標準として、100 A/m（125.7 μT）までの強度拡張により供給を開始した。EMI 規制測定用の1 GHz～6 GHz の広帯域ホーンアンテナであるダブルリッジドアンテナの校正サービスを行った。50 GHz～75 GHz のミリ波帯標準ホーンアンテナに関するアンテナ利得校正サービスを実施した。新たに、75 GHz～110 GHz のミリ波帯標準ホーンアンテナに関するアンテナ利得校正サービスを開始した。1 GHz～6 GHz、50 GHz～110 GHz のホーンアンテナ利得およびパターン標準について、光デバイスを用いた測定技術の研究開発を推進した。30 MHz～1 GHz の

EMI 測定用広帯域アンテナのアンテナ係数校正サービスについては、震災等により破損した設備改修が完了し、平成25年度内の校正再開の準備を行った。電界標準については、震災等により破損した設備改修が完了した。校正システムの再構築を最優先に進め、平成25年度に標準供給が可能となるよう準備を行った。新しいアンテナ計測技術として光電界センサを用いた測定システムの研究開発を推進した。さらに、EMI 測定用電波暗室の妥当性評価手法の開発を行い、17公設研究機関との比較試験を実施するとともに、東北復興支援のために東北4公設研究機関との暗室性能評価に関する共同研究を継続して実施した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］マイクロ波、ミリ波、アンテナ、アンテナ係数、アンテナ利得、電界、磁界

［テーマ題目25］レーザ標準の開発と供給

［研究代表者］市野　善朗
（光放射計測科　レーザ標準研究室長）

［研究担当者］市野　善朗、福田　大治、雨宮　邦招、沼田　孝之、田辺　稔、大場　けい子、矢口　明日香（常勤職員5名、他2名）

［研 究 内 容］

空間系のレーザパワーについては jcss 校正を4件、依頼試験校正2件、依頼試験特殊校正を1件、光減衰量（光ファイバ系レーザの応答非直線性）については jcss 校正1件を実施した。空間系レーザに関しては、波長405 nm 帯、660 nm 帯、780 nm 帯レーザパワーの jcss 供給開始準備を完了させ、765 nm 帯、845 nm 帯、1020 nm 帯の波長可変レーザ装置の開発等を通じ、当該波長での応答非直線性の校正技術を確立して依頼試験を開始した。光ファイバ系レーザに関しては、1310 nm 帯、1550 nm 帯での応答非直線性校正・波長依存性評価技術を確立し、応答非直線性依頼試験及び波長依存性試験を開始した。1550 nm における相関二光子発生技術開発と単一光子検出器検出効率校正技術を確立し、依頼試験を開始した。高速・高感度検出が可能な広波長帯域常温動作熱型光パワー標準器の開発、二次元検出器の校正技術ならびに不確かさ評価方法の開発、1 W～10 W パワー標準の波長800 nm 帯への拡張による高出力レーザダイオードのパワー校正技術の開発を進めた。国際比較に関しては、可視域レーザパワー（APMP.PR-S5）の幹事研究所として実施を主導し、ハイパワー国際比較 Euromet.PR-S2 part2（1.06/10.6 μm、100～1000 W）参加に向けて測定法の開発と不確かさ評価を進めた。レーザエネルギーに関するピアレビューを実施した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］レーザパワー、光ファイバ

［テーマ題目26］光放射標準の開発と供給

［研究代表者］座間　達也
（光放射計測科　光放射標準研究室長）

［研究担当者］座間　達也、市野　善朗、蔀　洋司、神門　賢二、木下　健一、丹羽　一樹、沼田　孝之、齊藤　一朗、塚田　勇二
（常勤職員7名、他2名）

［研 究 内 容］

分光応答度 jcss 校正2件、依頼試験12件、分光放射照度 jcss 校正6件、依頼試験4件、分光拡散反射率依頼試験8件を実施した。高強度 LED 全光束の校正技術を確立し、依頼試験特殊を開始すると共に、紫外域での分光拡散反射率の校正技術を確立し依頼試験を開始した。分光全放射束標準確立に向けた標準光源探索と最適化、測定系・測定手法の最適化を進め、分光拡散反射率の赤外域への拡張に向けた研究及び装置整備を進めた。紫外域での高強度 LED 全放射束標準確立、分光放射照度（紫外）の短波長域への校正範囲拡張、分光拡散反射率の可視域での幾何条件の拡張、分光応答度（紫外、可視、近赤外）の校正範囲拡張（オーバーフィル条件）に向けた整備を進めた。国際比較の内、CIPM 基幹比較に関しては、全光束（CCPR-K4）の幹事国として当該国際比較開始に向けた参加国との意見交換を開始し、光度（CCPR-K3）、分光応答度（CCPR-K2.a, -K2.b）への参加に向けた準備を進めた。APMP 基幹比較では、光度（CCPR-K3.a にリンク）の幹事国として仲介器巡回を開始した。光度・照度・全光束（白熱電球）ピアレビューを実施した。併せて LED 電球・照明等に関する試験方法や試験所認定等で利用される技能試験の国際的調和を目指して国際エネルギー機関（IEA）が開始した IEA 4E SSL Annex 活動に協力し、当該 Annex 技能試験の国内プロバイダとして、参加希望国内事業者に対する技能試験を開始した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］測光・放射測定

［テーマ題目27］医療・産業・先端研究等における放射線標準の開発・供給・維持

［研究代表者］齋藤　則生
（量子放射科　放射線標準研究室長）

［研究担当者］齋藤　則生、黒澤　忠弘、森下　雄一郎、加藤　昌弘、田中　隆宏、清水　森人、能田　理恵子、永沼　あき
（常勤職員6名、他2名）

［研 究 内 容］

マンモグラフィ X 線標準に関して、Rh/Rh 線質の標準供給および X 線照射試験を開始した。軟 X 線標準に関する APMP 内の国際比較（APMP.RI(I).K2）が終了し、レポートを作成した。医療用リニアックの標準開発のために、EGS5コードを用いて、高エネルギーX 線の特性を計算するとともに、カロリメータによる熱量測定

に成功した。また、高エネルギー電子線の測定のためにカロリメータの製作を行った。Ir-192小線源治療標準について、測定に必要な照射装置を開発し、副標準器を用いて線量測定を試みた。X線自由電子レーザのパルスエネルギーの測定に世界で初めて成功するとともに、常温で動作するX線自由電子レーザ用のカロリメータを製作した。放射線線量計の校正に関して、jcss20件（γ線7件、中硬X線3件、水吸収線量6件、軟X線4件）、依頼試験40件（γ線23件、水吸収線量5件、中硬X線6件、軟X線2件、β線4件）行った。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］線量標準、軟X線、中硬X線、γ線、β線、水吸収線量、放射光

［テーマ題目28］放射能特定標準器群の維持・向上、および中性子標準の開発・供給

［研究代表者］柚木　彰（量子放射科　放射能中性子標準研究室長）

［研究担当者］柚木　彰、原野　英樹、佐藤　泰、松本　哲郎、海野　泰裕、増田　明彦、瓜谷　章、河田　燕、山田　崇裕（常勤職員6名、他3名）

［研 究 内 容］

放射能標準に関して、環境レベル放射能標準の供給範囲を2Bq/kgまで拡大し、放射性セシウムを含む玄米の標準物質の放射能校正を行った。医療用ヨウ素125密封小線源の線量標準を立ち上げた。国際比較では、Tc-99放射能溶液及び面線源表面放出率に関する国際比較に参加した。校正サービスについては、計量法に基づく特定二次標準器の校正7件、及び依頼試験22件を実施した。

中性子標準に関して、各校正施設・機器の復旧を行い、熱中性子フルエンス率、速中性子フルエンス標準についても供給を再開した。連続スペクトル中性子標準の国際比較（APMP.RI(III)-S1）の巡回検出器に対する測定を進めた。速中性子フルエンス標準に対する国際基幹比較（CCRI(III)-K11）については、幹事研究所（仏国IRSN）の標準場における測定を終えた。重水減速Cf-252中性子フルエンス標準の開発も継続した。JAEA-TIARA施設を用いた高エネルギー中性子標準開発では、keV領域まで中性子飛行時間法によるスペクトル測定が可能になった。4MVペレトロン加速器にイオンビームのパルス化装置を搭載し、パルス中性子の生成及び中性子飛行時間法による中性子スペクトル測定が可能になった。校正サービスについては、依頼試験1件を実施した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］放射能、特定二次標準器、中性子フルエンス、パルス中性子、国際比較

［テーマ題目29］無機標準物質に関する研究

［研究代表者］三浦　勉（無機分析科　無機標準研究室長）

［研究担当者］三浦　勉、野々瀬　菜穂子、鈴木　俊宏、大畑　昌輝、チョン　千香子、朝海　敏昭、山内　喜通、城所　敏浩、石澤ゆかり（常勤職員6名、他3名）

［研 究 内 容］

平成24年度には、Li、Rb、Cs標準液の3種類の金属標準液を新規認証標準物質として開発した。Au、Si、Ge、Wの各標準液の開発のために原料物質の純度決定および各標準液の調製法および濃度測定法の開発を継続した。高純度塩化ナトリウム、塩化アンモニウムを新規認証標準物質として開発した。また、欧州RoHS指令の規制に対応した臭素分析用PP樹脂ペレットを新規認証標準物質として開発した。また、鉛フリーはんだ標準物質2種類のディスクについて蛍光X線分析法等による均質性評価を行い、認証標準物質としての開発を進めた。海水栄養塩標準物質の均質性・安定性評価を行うとともに、定量法の検討を進めた。食品総合研究所・量子放射科と共同で放射性セシウム分析用玄米認証標準物質を新規認証標準物質として開発した。3件のCCQM国際比較に参加した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］無機標準物質

［テーマ題目30］pHおよび電気伝導度の標準確立

［研究代表者］三浦　勉（無機分析科　無機標準研究室長）

［研究担当者］三浦　勉、鈴木　俊宏、朝海　敏昭、Maksimov Igor、大沼　佐智子（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

Harnedセル法によるpH測定システムの改良を引き続き進めた。このシステムを用いて6種類のpH緩衝液に対しての保存安定性の測定を継続した。電気伝導度セルの設計試作を行い、温度制御ほかの基礎検討を続けた。pH・電気伝導度関連のCCQM国際比較（CCQM-K91フタル酸塩緩衝液、CCQM-K105海水の電気伝導率測定、CCQM-P142海水の電気伝導度比の測定）に参加した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］pH標準

［テーマ題目31］環境分析用組成標準物質および微量分析技術に関する研究

［研究代表者］黒岩　貴芳（無機分析科　環境標準研究室長）

［研究担当者］黒岩　貴芳、稲垣　和三、成川　知弘、朱　彦北、宮下　振一、成島　いずみ、小口　昌枝（常勤職員5名、他2名）

［研 究 内 容］

平成24年度は、ミルク粉末標準物質（微量元素分析用）の開発を終了した。この標準物質は、一次標準測定法である同位体希釈 ICP 質量分析法を中心として高分解能 ICP 質量分析、ICP 発光分光分析法、電気加熱原子吸光分析法などの複数の分析法によって値付けを実施して、トレーサビリティと国際整合性が確保された標準物質として供給している。その他、開発済みの標準物質の安定性の評価を継続した。また、分析手法の高度化として、高精度、高感度な新規分析手法の開発を行っており、化学形態別分析手法の開発、極微少量での高感度分析手法や高精度分析のためのマトリックス除去法の開発を行っており、今後の標準物質開発に応用していく。一方、国際的な標準化の活動の一環として CCQM 国際比較に継続的に参加しており、メカジキ中のアルセノベタイン分析のパイロット研究（CCQM-P96）およびスズキ魚肉粉末中のアルセノベタインと校正用アルセノベタイン標準液の測定のパイロット研究(CCQM-P96.1）の後継である、まぐろ魚肉粉末中のアルセノベタインと校正用アルセノベタイン標準液の測定の基幹比較（CCQM-K97/P133）の幹事ラボを引き続き務めた。また、新たに玄米中ひ素化合物および全ひ素量とカドミウムの測定の基幹比較（CCQM-K108/P147）の幹事ラボを務めた。さらには、現場分析者の技能向上支援、トレーサビリティや不確かさの普及を目的とした技能向上支援プログラムを発展させ、次期開発候補試料として調製した玄米粉末標準物質を用いて国内で全国技能試験と技能講習会を実施し、同時にメキシコの計量研究所 CRNAM と協力して、メキシコ国内での技能試験も実施した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］環境分析用組成標準物質

［テーマ題目32］標準ガスの開発・供給の研究

［研究代表者］加藤　健次
（有機分析科　ガス標準研究室長）

［研究担当者］加藤　健次、下坂　琢哉、松本　信洋、渡邉　卓朗、青木　伸行、安藤　美和子
（常勤職員6名）

［研 究 内 容］

新規標準物質として高純度酸素第3ロット、高純度一酸化炭素第3ロットの開発を行った。また、低濃度酸素標準ガス、ホルムアルデヒド標準ガスの開発の準備を行なった。三ふっ化窒素の開発については、値付け方法についての検討を行った。ホルムアルデヒドについては、引き続き磁気浮遊式つり下げ天秤を用いた高精度の動的発生法による標準ガス発生法の検討、分析機器の整備を行った。新規開発の標準物質に対しては、ISO/IEC 17025及び ISO ガイド34に基づく品質システム整備等を行った。標準ガスに関する2件の国際比較、CCQM-K82（大気濃度レベルのメタン標準ガス調製の比較）及びCCQM-K84（大気濃度レベルの一酸化炭素の分析）に参加した。また、環境大気分析用の高精度標準ガスの調製などを目的として、小型容器を用いた質量混合法による高精度の標準ガスの調製法について研究を開始した。今後開発予定の研究開発では、ゼロガス中の微量成分の分析法等について検討を行った。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］標準ガス、質量比混合法、温室効果ガス、高純度ガス、国際比較

［テーマ題目33］安全・安心に寄与する有機標準物質の開発と供給

［研究代表者］沼田　雅彦
（有機分析科　有機組成標準研究室長）

［研究担当者］沼田　雅彦、鎗田　孝、羽成　修康、伊藤　信靖、大竹　貴光、稲垣　真輔、岩澤　良子、青柳　嘉枝、松尾　真由美
（常勤職員6名、他3名）

［研 究 内 容］

残留農薬分析用大豆粉末標準物質を認証した。その際、同位体希釈質量分析法を適用したほか、適切な抽出および精製法を開発することで精確な値付けを実現した。一方、来年度以降に認証予定の低濃度水分標準液やふっ素系有機化合物分析用 ABS 樹脂標準物質などについて、値付けのための精確な分析法の開発を行った。さらに、関連する品質システムを整備し、既存の標準物質の安定性試験を実施するとともに、標準物質値付け能力（CMC）の登録に向けた作業を行った。また、国内分析機関への分析精度管理に関する啓蒙などを目的として、上記大豆試料を用いた技能試験および樹脂試料を用いた試験所間比較を主催した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］組成型標準物質、有機標準液、高純度有機標準物質、環境標準物質、食品標準物質

［テーマ題目34］バイオメディカル計測標準の先導開発

［研究代表者］高津　章子（有機分析科　バイオメディカル標準研究室長）

［研究担当者］高津　章子、加藤　愛、絹見　朋也、藤井　紳一郎、川口　研、柴山　祥枝、山﨑　太一、高橋　淳子、原崎　守、惠山　栄、吉岡　真理子、水野　亮子（常勤職員9名、他3名）

［研 究 内 容］

臨床検査医学分野やバイオ分析分野において、測定結果の互換性や国際整合性の向上が求められている。そこで、計量学的トレーサビリティの構築を目指した上位の標準物質開発のため、生体成分を高精度かつ高感度に測定する分析手法の開発を進めた。アミノ酸のうちの4種類（チロシン、トレオニン、セリン、ヒスチジン）につ

いては、純度決定法となる滴定法、窒素定量法およびクロマトグラフィーなどによる不純物測定法を用いて、純物質標準物質を新たに開発した。リボ核酸（RNA）についてトレーサビリティを確保できる濃度決定法を確立し、人工配列の RNA を用いた定量解析用 RNA 溶液標準物質を新規に開発した。また、有効期限満了となった C 反応性蛋白溶液標準物質、および、C-ペプチド標準物質については、アミノ酸分析によるタンパク質・ペプチド定量の高精度化を行い、新規ロットの開発を行った。品質文書の整備を行うとともに、国際相互承認へ向けての準備やこれまでに開発した標準物質の安定性評価を継続して行った。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］標準物質、臨床検査医学、バイオ分析、トレーサビリティ

［テーマ題目35］薄膜・表面評価技術の高度化と標準開発

［研究代表者］黒河　明（ナノ材料計測科　表面・ナノ分析研究室長）

［研究担当者］黒河　明、寺内　信哉、張　ルウルウ、林田　美咲、東　康史、城　昌利、福本　夏生、今村　元泰、内田　みどり、伊藤　美香（常勤職員8名、他2名）

［研 究 内 容］

薄膜・超格子標準物質関連では CRM5204-b（極薄 SiO_2膜）の供給を開始した。EPMA 用標準物質のうち CRM1001-a ～ 1005-a（鉄－クロム合金）および CRM1006-a ～ 1010-a（鉄－ニッケル合金）と CRM5202-a（SiO_2/Si 多層膜）の有効期限延長を行った。膜厚計測の校正サービスの立ち上げを目指して、X 線反射率法による精密膜厚評価技術の開発研究を継続して行うと供に、これまでに供給している標準物質の維持のための安定性評価を継続的に行った。極薄シリコン酸化膜標準物質の開発のため、品質向上を目指して酸化膜の密度構造評価手法の研究を進めた。微粒子分散薄膜標準物質の開発に向けて、透過電子顕微鏡装置による三次元可視化技術である電子線トモグラフィーの高度化のため高精度位置マーカーの形成方法の研究等を行い、さらに高い分解能の三次元像の取得に成功した。国際的な標準化の活動の一環として CCQM 国際比較に継続的に参加しており EPMA による定量分析（CCQM-P130）に参加した。

［テーマ題目36］材料分析標準の研究、開発、維持

［研究代表者］伊藤　賢志（ナノ材料計測科　ナノ構造化材料評価研究室長）

［研究担当者］伊藤　賢志、川原　順一、富樫　寿、平田　浩一、高塚　登志子、山脇　正人、後藤　寛子（常勤職員6名、他1名）

［研 究 内 容］

ラザフォード後方散乱分析などにおけるハフニウム元素量校正用の認証標準物質「ハフニウム定量用酸化ハフニウム薄膜」（CRM5605-a）を開発、認証するとともに、「陽電子寿命による超微細空孔測定用認証標準物質」（CRM5602-a）の期限延長を行った。供給している標準物質の安定性試験を行い、品質に問題がないことを確認した。陽電子寿命計測に関する非破壊検査方法の高度化を行うとともに、マトリックス支援レーザ脱離イオン化質量分析法、クラスターイオン励起二次イオン質量分析法により有機分子の測定、及び、放射化分析法により無機薄膜の測定を行い、これらの分析法の感度や再現性に関するデータを取得した。微粒子分級システムを開発するため、解析的研究と数値シミュレーションを行うことにより装置設計の高度化を行った。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］材料分析、イオン注入標準物質、微細空孔標準物質、質量分析、ナノ・サブミクロン粒子

［テーマ題目37］粒径標準の開発と供給

［研究代表者］榎原　研正（ナノ材料計測科　粒子計測研究室長）

［研究担当者］榎原　研正、坂口　孝幸、櫻井　博、高畑　圭二、飯田　健次郎、水野　耕平、高橋かより、加藤　晴久、大沼恵美子（常勤職員8名、他1名）

［研 究 内 容］

粒径、気中と液中各々における粒子数濃度、比表面積、高分子分子量の標準について、依頼試験業務や標準物質供給を行うとともに標準の高度化を進めることを目標としている。今年度は、気中粒子数濃度標準について、濃度範囲の下限をこれまでの$10^3 cm^{-3}$から1 cm^{-3}まで拡張することに成功した。動的光散乱法、静的光散乱法、流動場分離法、パルス磁場勾配核磁気共鳴法による粒径ならびに粒径分布値付けの高精度化に関する研究を進めた。超臨界流体クロマトグラフィー法を用いた均一重合度オリゴマー標準物質の開発を進めた。液中粒子数濃度標準の濃度範囲下限の600 nm への拡張、ナノ粒子比表面積標準物質（酸化チタン4種）の供給、発生器型気中粒子数濃度標準の完成に向けた研究を進めた。30 nm- 300 nm 粒径域における準単分散粒子粒径測定の APMP 国際比較について結果を取りまとめ報告書を作成した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］粒径標準、電気移動度分析、粒径分布パラメータ、液中粒子数濃度標準、気中粒子数濃度標準、ポリスチレンラテックス

［テーマ題目38］不確かさ評価及び同等性確認における統計的問題の研究と技術支援

［研究代表者］榎原　研正（計量標準システム科　計量標準基盤研究室（兼務））
［研究担当者］榎原　研正、田中　秀幸、城野　克広、城　真範（常勤職員4名）
［研 究 内 容］

不確かさ評価に関わる統計的手法の開発・応用を行うとともに、産総研内外での不確かさ評価の技術支援・普及啓蒙活動を行うことを目標としている。今年度は、測定結果の同等性評価や参照値決定、校正期間や補正限界の最適化を含む実用的問題にモンテカルロ法、及びベイズ統計を利用した手法の提案・高度化を行った。さらに、中上級者対象を対象とした2日間にわたる不確かさ講習会の開催、校正・計測に関わる不確かさ評価の技術相談、不確かさクラブ事例研究会の主宰と事例研究発表会の開催を含む普及・啓発活動を行った。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］不確かさ評価、試験所間比較、測定のかたより、適合性評価、ベイズ統計

［テーマ題目39］有機化学標準の開発と供給

［研究代表者］加藤　健次（計量標準システム科　有機標準基盤研究室長）
［研究担当者］加藤　健次、沼田　雅彦、石川啓一郎、清水　由隆、羽成　修康、北牧　祐子、山崎　太一、吉村　恵美子、谷口　幸子、藤木　直美（常勤職員7名、他3名）
［研 究 内 容］

高純度有機物質（エタノール第2ロット）及び燃料中硫黄分分析用の高純度有機硫黄化合物（ジブチルスルフィド)の2種の認証標準物質の開発を行い、これらの認証標準物質に対して、ISO/IEC 17025及び ISO ガイド34に基づく品質システム整備等を進め、生産手順、分析手順等に関する文書の作成・登録を行った。また、高純度有機物質4種（フタル酸ジ-n-プロピル、フタル酸ブチルベンジル、トルエン（燃料中硫黄分析用ブランク））の認証標準物質の有効期限の延長およびγ-HCH 標準液の再認証を行った。また、その他の既存の認証標準物質（揮発性有機化合物、フタル酸エステル類、アルキルフェノール類、農薬標準液、PCB 標準液、硫黄標準液）については安定性試験等安定供給に必要な作業を行った。平成25年度開発予定の高純度 MTBE、1,4-ジオキサンの候補標準物質については、純度評価技術の検討などを行った。さらに、定量 NMR 技術に関する国際比較（CCQM-P150）を提案し、その準備として比較試料および内部標準物質の調製・評価を開始した。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］高純度物質、有機標準液、バイオ燃料

［テーマ題目40］化学計量トレーサビリティ体系の高度化に関する研究

［研究代表者］井原　俊英（計量標準システム科　化学計量システム研究室長）
［研究担当者］井原　俊英、齋藤　剛、加藤　尚志、山中　典子、鈴木　彰子、村上　雅代、大手　洋子、大塚　聡子、鮑　新努（常勤職員3名、他6名）
［研 究 内 容］

国家計量標準機関の供給する標準物質（以下、国家標準物質）が整備されていない化学物質については、計量トレーサビリティの確保された標準物質の市場への供給がなされておらず、これまでは正確な計量が困難な状況にあった。そこで、標準物質の値付けに用いる校正技術を高度化することにより、国家標準物質の整備されていない化学物質であっても計量トレーサビリティを確保できる迅速かつ簡便な計測手法を開発した。農薬標準物質を中心に実用化研究を行っており、平成23年度より開始した産総研依頼試験による高純度有機標準物質の純度校正では、約150種の化学物質の校正サービスを提供中である。また、純度校正の中核技術として用いている定量 NMR（核磁気共鳴）法に関しては、生薬標準品等の定量技術として日本薬局方（第十六改正第一追補，参考情報）に収載された。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］標準物質、計量トレーサビリティ

［テーマ題目41］ナノ・高分子標準物質の開発供給

［研究代表者］衣笠　晋一（計量標準システム科　計量標準基盤研究室長）
［研究担当者］衣笠　晋一、松山　重倫、山路　俊樹、折原　由佳利（常勤職員3名、他1名）
［研 究 内 容］

ナノ・高分子関連標準物質の研究開発については、RoHS 指令や REACH 規制対応のための認証標準物質について、臭素系難燃剤含有プラスチック標準物質2種の有効期限延長、1種の安定性試験を実施した。フタル酸エステル類含有ポリプロピレン標準物質の安定性試験を実施した。これを並行して、ACRM 日中韓共同測定1件（フタル酸エステル）に参加した。また、CCQM K-102のための予備実験を行った。

高分子分析あるいは分子特性解析技術においては、半揮発性物質であるフタル酸エステルについて、コロナ CAD 検出器の検出挙動を検討した。また、定量固体 NMR 用標準物質開発に向けた調査を実施した。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］高分子標準、RoHS 指令、添加剤分析用標準、MALDI-TOFMS

［テーマ題目42］計量情報システムの適合性評価技術の研究

［研究代表者］松岡　聡（計量標準システム科　計量標

準基盤研究室）

［研究担当者］松岡　聡、渡邊　宏（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

計量器ソフトウェアの評価技術に関しては、第2回計量器ソフトウェアクラブ研究会を開催し、40名以上の参加者を集め、計量器ソフトウェア認証についての議論を行った。また、経済産業省資源エネルギー庁電力・ガス事業部電力市場整備課にて、これまでの計量器ソフトウェア認証についてのレクチャーを行い、資源エネルギー庁電力・ガス事業部長通達（平成25年４月10日　2013資電部第5号）「普通電力量計（変成器とともに使用されるものを除く。）に内蔵されている通信機能のソフトウェアを書き換える行為に係る計量法上の取扱いについて」の作成に貢献した。

技能試験を利用したソフトウェアの適合性評価基準作成の研究では、平成23年度末に実施したソフトウェア検証技術の技能試験「モデル検査技術演習（PT001）」の技能試験品目、実施手順および評価手順をまとめて、関西産学官連携センター組込みシステム技術連携研究体へ技術移転した。さらに、同連携研究体が引き継ぎ開催した「モデル検査技術演習」を技術的に支援した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］計量器ソフトウェア、ソフトウェア認証、ソフトウェア適合性評価、技能試験

［テーマ題目43］特定計量器の基準適合性評価に関する業務

［研究代表者］小谷野　泰宏
（計量標準技術科　型式承認技術室長）

［研究担当者］小谷野　泰宏、池上裕雄、分領信一
（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

型式承認業務は、当科が担当するアネロイド型血圧計（電気式・機械式）、体温計（抵抗・ガラス製）、環境計量器に当たる振動レベル計、濃度計（大気）、濃度計（pH）及び非自動はかり（大型はかり）等の特定計量器のうち、31型式について国内法に規定する技術基準への適合性を評価し、型式の承認をするとともに、承認型式軽微変更届出199件の審査業務を実施した。これらは、計量標準総合センターの認証システム（ISO/IEC ガイド65）に則って、当科が実施する特定計量器の型式の承認に関わる認証マニュアルに従って業務を実施しているものである。

その他、OIML（国際法定計量機関）の活動による、国際文書、勧告の発行に関する国内の各分野の作業委員会において、委員会メンバーとしてその内容の検討や審議を行う。また、これらの国際規格を国内規格へ反映する活動を行う。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］特定計量器の基準適合性評価、OIML、医療用計量器、環境計量器

［テーマ題目44］法定計量業務及び計量標準供給業務

［研究代表者］三倉　伸介
（計量標準技術科　校正試験技術室長）

［研究担当者］三倉　伸介、田中　洋、上田　雅司、西川　賢二、戸田　邦彦、浜川　剛
（常勤職員6名）

［研 究 内 容］

当科が担当する基準器検査（基準巻尺、特級基準分銅、基準手動天びん、基準台手動はかり、基準直示天びん、ガラス製温度計、基準フラスコ、基準ビュレット、液柱型圧力計、重錘型圧力計、基準密度浮ひょう、液化石油ガス用浮ひょう型密度計、基準酒精度浮ひょう、基準比重浮ひょう、基準重ボーメ度浮ひょう）2575件及び計量器の型式承認試験（体温計（抵抗・ガラス製）、アネロイド型血圧計（電気式・機械式））27件、比較検査（酒精度浮ひょう）26件、及び依頼試験（ガラス製体積計、内径・外径、標準球）14件を品質マニュアル（技術マニュアル）の適正な運用を図りつつ実施した。また、JCSS 体積計分科会、密度計分科会及び特定計量器に関する JIS 規格（体温計（抵抗・ガラス製）、ガラス製温度計）の作成において、委員会及び分科会で原案作成を主導的に取りまとめた。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］法定計量、計量標準供給

［テーマ題目45］長さゲージへの標準供給に関する研究

［研究代表者］三倉　伸介

［研究担当者］三倉　伸介、浜川　剛（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

リングゲージ、プラグゲージ及び球校正について産業界が要求する0.1 μm 以下の不確かさ実現のために不確かさ向上作業を進めた。依頼試験実績は、部門内校正4件（リングゲージ2件、プラグゲージ2件）であった。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］長さゲージ

④【計測フロンティア研究部門】

（Research Institute of Instrumentation Frontier）

（存続期間：2004.4.1～）

研究部門長 ：大久保　雅隆

副研究部門長：山内　幸彦、鈴木　良一、齋藤　直昭

所在地：つくば中央第2

人　員：57名（57名）

経　費：533,800千円（309,024千円）

概　要：

計測技術のフロンティアを開拓し、計測技術を分析技術まで仕上げて普及させる。それらの先端計測分析技術をライフイノベーション、グリーンイノベーション、安全安心社会の構築のために活用する。このミッションを果たすために、計測技術に関する3つのフロンティア開拓を5つの戦略課題の元に行っている。5つの戦略課題は、戦略課題1から3が並列で、それと戦略課題4と5が直列になっている。戦略課題1から3でルーチン的に使用可能なレベルに達した新規計測技術を、戦略課題4で所内外に公開して市販装置では対応できない研究開発課題の解決にチャレンジし、成功例を蓄積するとともに解析手法を確立する。単にデータを計測するだけでなく、課題解決ができる分析技術に仕上げて、普及のために国際標準化を進める。

3つのフロンティア開拓
1. ハード（機器）
2. ソフト（手法、ソフトウェア）
3. 知識（データ）

5つの戦略課題、
1. ライフイノベーションのための計測分析技術開発
2. グリーンイノベーションのための計測分析技術開発
3. 安全安心のための計測分析技術開発
4. 先端計測分析機器の公開
5. 国際標準（ISO-IEC-JIS）、データベース

平成24年度は、9つのグループ（以下 RG と略記）がそれぞれのコア技術を持ち寄って、5つの戦略課題を推進している。

【重点課題１】ライフイノベーションのための計測分析技術開発（有機・生体関連ナノ物質の状態計測技術の開発）：超分光システム開発 RG、光・量子イメージング技術 RG、活性種計測技術 RG、ナノ標識計測技術 RG、イオン化量子操作 RG

タンパク質の凝集が関係する特定疾患がある。その凝集の初期状態観察や凝集メカニズムを解明するために、計測分析技術開発を実施した。具体的には、凝集するタンパク質の構造解析や定量的評価を目指した、円二色性分光計測技術開発と、凝集体やタンパク質複合体の分析を目指した、超伝導分子検出器を搭載した質量分析技術の開発である。円二色性分光では、生体分子が強い円二色性を示すと期待される、真空紫外域にて、放射光を使わないで円偏光を発生する小型装置の開発を行い、アミロイドβタンパク質に大きな円二色性があることを確認し、2次構造の解析が可能なことを確認した。質量分析では、従来のトンネル接合イオン検出器より、100倍程度高速のナノ秒の時間分解能を有する超伝導ストリップイオン検出器開発において、信号を単一磁束量子（SFQ）を使った超伝導デジタル回路によりデジタルパルスに変換し、ペプチドの信号検出に成功した。検出器が設置されている極低温でデジタル信号に変換することにより、室温まで高速のアナログ信号を伝送する必要がなくなり、ハイスループット分析に必要な大規模アレイ検出器が可能になると期待される。

X 線やテラヘルツ波を利用した生体イメージングは、癌や成人病などの疾患初期診断として期待される。小型リニアックとレーザーコンプトン散乱を組み合わせた X 源開発と、超短パルス電子ビームを用いたテラヘルツ波光源の開発を実施した。従来の1.5倍の10^8光子／秒の X 線高輝度化を達成し、10Hz のサイクルで動画が撮影可能になった。

生体中ナノ物質のリスク評価に関して、肺胞マクロファージの受容体タンパク質である Toll 様受容体4に対する免疫染色によりナノ粒子貪食後のマクロファージの活性化追跡が透過電子顕微鏡（TEM）観察により可能となった。また、市販の装置では対応できない植物の質量分析イメージングを、レーザーイオン化と超高分解能フーリエ変換質量分析の組み合わせで実現し、植物の刺激応答に関わる分子物の探索や分子生産のメカニズムの解明に応用可能とした。

【重点課題２】グリーンイノベーションのための計測分析技術開発（多階層制御材料の多元的動的計測・解析技術に関する研究）：活性種計測技術 RG、ナノ移動解析 RG、光・量子メージング技術 RG、極微欠陥評価 RG、不均質性解析 RG、イオン化量子操作 RG

省エネルギーや創エネルギーに資する電子デバイス等の機能デバイスでは、微量元素が機能発現に重要な役割を果たしている。微量元素を制御することによって様々な機能を発現させることができる。しかしながら、微量元素の中でも、特に、軽元素（究極の軽元素として、格子位置から原子が抜けた空孔を含む）は電子等のプローブ粒子との相互作用が弱く、高分解能電子顕微鏡等をもってしても材料開発に必要な情報を得ることができない場合が多い。具体的事例としては、海水淡水化分離膜、バイオプラスチック、モーター用磁性体、電池材料、ワイドギャップ半導体が挙げられる。これらの機能デバイス開発のために、陽電子計測、過渡吸収、X 線回折構造解析、固体 NMR、軽元素 X 線吸収分光等の分光分析と、それらの測定結果の相関解析を行うことにより、グリーンテクノロジー分野において、原子サイズからナノメートルレベルの計測分析技術を開発する。

欠陥解析では、従来測定環境は真空中のみであったが、陽電子を大気圧下に引き出し、実際に機能材料が使用される大気圧下での測定を実現し、高分子の空隙

が湿度に依存して変化する様子の観察に成功した。軽元素の分析では、今までに測定されて例がない、ワイドギャップ半導体である SiC 中の微量窒素ドーパントの格子位置の決定を、超伝導検出器を搭載した X 線吸収分光装置により可能にした。。電力ケーブルなどで省エネルギー技術として期待される超伝導体に関しては、ビスマス硫黄を主成分とする新しい高温超伝導体の結晶構造を、粉末 X 線回折、リートベルト解析、量子化学計算を組み合わせて決定した。

【重点課題３】安全安心のための計測分析技術開発（インフラ診断技術の開発）：構造体 RG、極微欠陥評価 RG、光・量子イメージング技術 RG

各種のセキュリティー検査技術は、安全安心社会の実現に必要不可欠である。構造物の安全性確保のために、超音波伝搬を利用した欠陥位置同定や、高エネルギーX 線源を用いた非破壊検査技術を開発する。

超音波探傷技術では、ファイバーブラッググレーティングを施した光ファイバを振動センサとし、構造物のひずみと構造物にクラックが発生するとき放出される音響放出の2つのデータを1つのセンサで計測可能にした。サンプリングモアレ法を使って、CFRP 製のロケット構造物の変位分布を、10μm の精度でデジタルカメラの画像から計測可能にした。

東日本大震災にともなう、放射性物質の拡散への対応として、電池寿命1年以上の小型の放射線モニターを開発し、製品として実用化し自治体に納入された。

【重点課題４】先端計測分析機器の公開（材料評価のための先端計測及び分析機器開発）：活性種計測技術 RG、超分光システム開発 RG、極微欠陥評価 RG、光・量子イメージング技術 RG、ナノ移動解析研究グループ

当部門が開発した先端計測分析機器をユーザーに公開し、市販装置では対応できない研究開発課題の解決にチャレンジし、成功例を蓄積することで解析手法を確立する。所内60件（昨年と同数)、所外129件（昨年度76件）の研究開発支援を実施した。所内の分野別割合は、標準計測分野42%、環境エネルギー分野39%、情報エレクトロニクス分野13%、ナノテク分野3%、ライフ分野3%であった。所外の割合は、企業67%、大学25%、研究開発独立行政法人8%であった。企業の割合が50から67%に増加した。今年度は、従来水平であった陽電子ビームを垂直に入射させて、試料の自由度を増した陽電子欠陥計測装置と、軽元素の X 線吸収分光測定装置を新たに公開した。

【重点課題５】国際標準(ISO-IEC-JIS)、データベース（物質の分析・評価技術の開発と標準化）：構造体診断技術 RG、活性種計測技術 RG、不均質性解析 RG

計測分析技術を広く普及させるためには、国際標準化が必要不可欠である。複合材料の原料であるカーボンファイバーなどの熱膨張係数を2000℃以上の温度で計測可能にした。表面プローブ顕微鏡で使用する AFM プローブの形状評価手法の照会原案（DIS）を ISO-TC201（表面化学分析）に提出し投票段階まで進めた。IEC については超伝導センサー標準に関して、通則の NP を提出する国際合意を得て、次年度に国際投票まで進める予定である。

固体 NMR については、スペクトルデータを RIO-DB として整備している。ESR 用の標準試料として、極安定ラジカルを候補として合成を進めた。

外部資金：
経済産業省受託
「ナノ材料の安全・安心確保のための国際先導的安全性評価技術の開発」
「日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米先端技術標準化研究協力)」

文部科学省受託
「照射誘起欠陥の動的挙動評価のための高度複合ビーム分析技術の開発」
「活性酸素を利用したディーゼルパティキュレートセンサの開発」

財務省受託
「高出力テラヘルツ波光源を用いた不正薬物・爆発物探知に係る調査研究」

NEDO 受託研究費
「革新的部材産業創出プログラム／超ハイブリッド材料技術開発（ナノレベル構造制御による相反機能材料技術開発)」
「水素貯蔵材料先端基盤研究事業／金属系水素貯蔵材料の基礎研究」

財団等受託研究費
「電子部品・デバイスの内部欠陥をその場で非接触探傷できる革新的レーザ超音波検査装置の開発」
「CNX 冷陰極 X 線管特有真空環境の最適化及び X 線発生装置の開発」
「耐熱・難燃性マグネシウム合金鋳造によるパワートレイン耐熱部材の開発」

科研費補助金
「表面脱離有機分子の新規ソフトイオン化法の開発：高感度イメージング質量分析への展開」
「位相制御レーザーパルスによる液相中分子の量子制御

と物質濃縮への応用」
「超低エネルギーイオン注入によるシリコン半導体極浅接合形成実用化技術の開発」
「光誘起協同現象を用いた超高速光スイッチング手法の開拓」
「デュアルピーク FBG センシングシステムの開発」
「複合材料の超音波非接触映像化探傷技術に関する研究」
「高精度三次元形状・変形計測を実現する高次元情報を用いた時空間位相シフト法の開発」
「指向性圧電素子を用いた CFRP 積層板の損傷モニタリングシステムの開発」
「大気陽電子顕微鏡の開発」
「準単色 LCS－X 線と標的指向性 DDS を組み合わせた相乗的癌治療効果に関する研究」
「質量顕微鏡による高空間分解能分子動態解析」
「錯体水素化物のリチウムイオン伝導圧力依存と構造の相関による伝導パス形成因子の解明」
「二成分系ガスハイドレートのケージ占有性とゲスト－ホスト間相互作用」
「固体 NMR による固体酸触媒材料の酸性質の計測・評価」
「加速器を用いた光子誘起陽電子消滅法による非破壊材料評価法の開発」
「強誘電体チューブを用いた単色可変高出力テラヘルツ光源の開発」
「超短パルス電子ビームを用いたリアルタイム2D テラヘルツ分光システムの開発」
「レーザーコンプトン準単色硬 X 線による低侵襲高精細医用イメージング技術の研究」
「コヒーレント放射光を用いたテラヘルツ波電子線分光の研究」
「有機導体の非占有軌道の電子状態と非局在性の観測手法の開発」
「糖鎖等の超高感度構造解析を目指した真空紫外域での顕微円二色性計測装置の開発」
「気泡核生成制御による超音波化学反応の高効率化に関する研究」
「超伝導ナノストリップライン分子検出器による巨大分子質量分析」
「イオン価数弁別可能な超高速超伝導ナノストリップライン分子検出器の開発」

発　表：誌上発表133件、口頭発表335件、その他42件

極微欠陥評価研究グループ

（Advanced Defect-Characterization Research Group）

研究グループ長：鈴木　良一

（つくば中央第2）

概　要：

先端デバイスや高機能材料の開発では素子や材料中の原子レベル～ナノレベルの欠陥や空隙がその特性に大きな影響を及ぼすため、これらの極微構造を詳しく分析・評価できる技術が望まれている。当研究グループでは高品質の陽電子ビームやイオンビームを発生し、これらを計測プローブとした新しい極微構造評価技術の開発を行っている。

今年度は、震災で故障した陽電子発生のための超伝導加速器の修理を完了させるとともに、垂直入射型の陽電子ビームラインによる測定を開始した。また、前年度に成功した高強度短パルス陽電子マイクロビームの薄膜真空窓を通した大気取り出し技術に試料部の湿度制御系を付加し、高分子薄膜の湿度環境下での計測を行い、湿度によって高分子の空隙が変化している様子の観測に成功した。

陽電子発生用電子加速器の技術を応用して非破壊検査用の超小型 X 線源の開発を行い、針葉樹型カーボンナノ構造体を用いた X 線源の寿命試験を行い、1mA 以上の放出電流で1万時間以上の寿命があることを確認した。また、福島原発事故によって飛散した放射性物質からの放射線被ばくをモニタするための携帯型放射線線量計の開発を行い、電池寿命を1年以上に伸ばすとともに、企業との共同研究を実施して製品化した。

研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目３、テーマ題目４

超分光システム開発研究グループ

（Super-Spectroscopy System Research Group）

研究グループ長：小池　正記

（つくば中央第2）

概　要：

急速に高度化する産業分野、科学技術分野において、従来の分光分析手法の限界を越える性能の実現が必要不可欠になっている。分光法とは、ある軸（変量）に対して物理量（測定法が規定できるもの）の変化を測定する手法で、その分光精度限界の革新的向上、新たな分光軸の追加は、我々が認知、分析できる観測対象の拡大を意味している。先端分析機器開発に必要不可欠な要素技術として、極低温環境で動作する超高感度の超伝導分光センサーの開発を行うとともに、要素技術を統合した超分光先端分析機器開発を推進する。

生体高分子等のようなナノ粒子と X 線光子といった光量子を観測対象として、二原子分子といった低分子から非共有結合タンパク質複合体のような数 MDa までの広い分子量範囲を分析対象とする。従来の質量分析の原理的制限を越える質量分析性能や、超精密な元素の分離を軟 X 線領域で可能とする光子分光性能を実現する。このような性能を、タンパク質凝集関連疾患の凝集メカニズム解明等に活用する。

今年度は、ライフイノベーション関連の計測分析技術開発において、分子量を一意に決定する超伝導ストリップイオン検出器の開発を進展させた。また、先端計測および分析機器として、微量軽元素のナノ構造分析のために蛍光収量 X 線吸収分光システムの装置利用公開を進めた。さらに、分散していた計測デバイス作製用クリーンルームを一箇所に集め、面積と消費電力を1/2にする集約化を実現した。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目４

イオン化量子操作研究グループ

（Ionization and Quantum Manipulation Research Group）

研究グループ長：齋藤　直昭

（つくば中央第2、第5）

概　要：

生命現象の源であるナノ物質（タンパク質など）、大気環境中の超微粒子等の物質、先端技術である高機能材料やナノデバイス等のナノ物質の計測・解析・評価技術の研究開発は重要である。その中で、質量分析は、「質量」の計測のみでなく、構造や反応性等の様々な性質の分析と評価が可能であるため、非常に重要な分析方法である。当グループでは、レーザー技術、イオンビーム技術、ソフトイオン化技術等を利用した試料抽出技術やイオン化技術等の質量分析に関する要素技術の研究開発、及び、これら先端的な要素技術から構成される質量分析装置の開発とその応用に関する研究開発を実施している。

今年度は、位相制御レーザー光の制御技術と物質表面改質手法の開発、特定原子種のレーザーイオン化超高感度測定技術、イオン液体クラスターイオンビームの生成制御技術と TOF-SIMS 分析への適用、イオン付着イオン化質量分析へ構造分析機能付加のため研究開発、及び関連する表面・界面・薄膜のプロセス及び計測・解析・評価技術の研究開発を行なった。

光・量子イメージング技術研究グループ

（Quantum Radiation Research Group）

研究グループ長：鈴木　良一

（つくば中央第2）

概　要：

ライフイノベーション、国民の安全安心への貢献を目的として、電子加速器技術をベースにした量子放射ビームの発生と利用研究、および放射線や電磁波を利用した新規計測技術の研究開発を行う。第3期中に、小型加速器を用いた高出力テラヘルツ波の生成と計測手法の実用化を目指す。得られた研究成果は、迅速な研究成果発信や装置公開を通じて産総研やユニットのミッションに貢献する。

今年度は、電子加速器によって発生させた高出力テラヘルツ光源を用いて最大厚さ6cm の紙を透過することを確認するとともに、模擬爆薬や模擬麻薬の高速分光イメージング手法を開発し、封筒内部に隠匿された物質を数分でイメージング識別することに成功した。また、波長の異なる数種類の紫外線を適切な照射光学系によって試料に照射する方法を開発し、高分子材料表面に分散させた高屈折率金属酸化物ナノ粒子の分散状態を、光電子顕微鏡を用いて画像化することに成功した。さらに、波長140nm 以下の真空紫外円偏光を発生するポータブル装置の開発に成功し、これまでより10～100倍程度大きい強度を得た。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目３、テーマ題目８

構造体診断技術研究グループ

（Structural Health Monitoring Research Group）

研究グループ長：津田　浩

（つくば中央第2）

概　要：

全視野計測による巨視的な構造物の変形から弾性波・超音波を利用した構造物への衝撃荷重の印加、および微視破壊をモニタリングできる構造物健全性評価システムの研究開発、並びに炭素材料の適用環境における材料特性評価とその評価手法の開発を行っている。

今年度の成果を以下に記す。光ファイバセンサの一種であるファイバ・ブラッグ・グレーティング（FBG）の微弱な衝撃負荷の検出能を評価した。ひずみゲージでは検出できない微弱な衝撃負荷を FBG は高感度に検出できることを実証した。また超音波可視化探傷において画像処理から欠陥位置を自動認識する技術開発を行い、アルミ平板に導入した0.1mm の人工欠陥位置の自動認識を実現した。画像処理および位相解析による全視野変位計測において、構造物表面に存在する繰り返しのある規則性模様を利用した変位計測法を新たに開発した。100mm ピッチのタイル模様を用いて0.1mm の微小変位量の検出に成功した。工業用カーボン材料の使用環境である高温物性の計測では JIS R2207法に基づいて、2000℃を超えた高温での熱膨張を非接触法および接触法の両法で測定する装置を試作した。炭素繊維の単繊維による材料力学的特性評価では、ねじり試験と横方向圧壊試験方法を確立するため、試験条件がねじり弾性率と圧壊強さ、圧縮弾性率の測定結果に及ぼす影響を調べた。

研究テーマ：テーマ題目３、テーマ題目５

活性種計測技術研究グループ

（Active State Technology Research Group）

研究グループ長：中村　健

（つくば中央第2、第5）

概　要：

薄膜とこれに関わる表面・界面は典型的なナノ材料であり、機能性素子の要素として現代社会の基盤である種々の大規模システムを構築している。当グループでは、引き続き反応性の高い活性種が重要な役割を果たすこれらナノ材料及びその作製プロセスに関して、計測・分析・評価技術の研究開発を進めている。ナノ材料に関しては、構造・形状、組成、状態を各々各種顕微鏡法、質量分析法、分光法・光学的手法により計測分析する研究開発を進めた。ナノ材料の作製プロセスに関しては、ナノ材料作製で重要な活性種の巨視的・微視的状態を計測分析してプロセス制御に資する研究開発を進めた。

今年度は、レーザー過渡吸収分光法による太陽電池材料界面の分析・評価における空間分解能向上へ向けた要素技術の開発、レーザー生成プラズマ励起光電子分光法（EUPS）によるナノ材料最表面の分析・評価、透過型電子顕微鏡（TEM）を用いたカーボンナノチューブ等のナノ物質の生体リスク評価とナノ粒子評価手法の国際標準化推進への展開、原子間力顕微鏡（AFM）等の走査プローブ顕微鏡（SPM）や二次イオン質量分析法（SIMS）による表面分析の高精度化を目指した国際標準化策定の推進、水晶振動子を用いたナノ材料プロセス中の分圧計測技術の開発、及び関連する表面・界面・薄膜のプロセスとその計測・分析・評価技術の研究開発を行なった。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目２、テーマ題目４、テーマ題目５

ナノ移動解析研究グループ

（Nano-Dynamics Analysis Research Group）

研究グループ長：後藤　義人

（つくば中央第5）

概　要：

次世代産業における有望な材料の研究開発あるいは化学物質の安全安心な取扱い指針の確立のため、固体NMR（核磁気共鳴）、X 線結晶構造解析等の手法を中心に、主に固体の化学結合状態、原子配列・分子配向状態の解析および相の同定に関する高度な計測解析評価技術を用いて、物質の重要な知見である構造・状態変化、イオン・分子種の移動現象の機構解明などを目的とした研究をおこなっている。とりわけ、環境・エネルギー分野において重要な次世代高性能エネルギー材料の開発のために、結晶構造、イオンの拡散機構および構造相転移等の現象を正確に評価する基盤技術の開発および知識の体系化を進めており、グリーンイノベーションの創出に向けた貢献を目指している。さらに、軽元素含有材料の結晶構造あるいは状態変化について、X 線回折測定、分光測定等の温度・圧力変化を含めた実験データを基に定量的な評価を行うために、計算化学、統計科学等の数理科学的方法の利用を目指して推定する手法の構築を進めている。

今年度は、雰囲気制御下で充填した試料を用いる固体酸触媒の固体 NMR による評価手順を確立し、固体酸触媒材料の局所構造の解明を行った。また、軽元素含有材料の結晶構造解析法の開発を目指し、粉末 X 線回折と量子化学計算を活用して新規超伝導体の結晶構造およびキャリアー移動の推定を行った。

研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目４

不均質性解析研究グループ

（Inhomogeneity Analysis Research Group）

研究グループ長：兼松　渉

（中部センター）

概　要：

非石油由来の高分子材料や排ガス浄化用触媒材料などグリーンイノベーションに資する新材料およびそのプロセスの設計指針を明らかにするために、系統的な計測とそのデータの解析により新知識の獲得・体系化を図る。具体的には、材料機能発現のために意図的に導入された不均質性（例えば、マトリクス中に分散されたナノ粒子の分散・化学結合状態などの空間ゆらぎや結晶構造の場所による違いなど）に注目し、これらと材料機能との間の関係を定量的に記述することを目指す。研究手段としては、分光学的手法等を用いて原子・分子レベルからサブミリサイズまでの異なるスケールでの計測を行い、各種統計理論などによる解析を行って、どのスケールの因子が他の因子とどのように関連しながら機能発現を支配しているかを明らかにする。また得られた知識を基に、新材料の特性評価手法を中心とする JIS/ISO 等の工業標準提案にも取り組む。

今年度は、マトリクス中に分散させた粒子の形状・配向・間隔等の特徴を空間統計解析により数値化する手法を開発した。この手法を、ポリマーマトリクス中にサブミリサイズの有機修飾セラミックス粒子を分散させた放熱シート用ハイブリッド材料に適用した結果、高濃度で粒子を充填した場合、粒子表面における分子レベルでの有機修飾の効果によって分散粒子の方位が揃い放熱特性が向上することが明らかとなった。また、JIS/ISO 等の工業標準提案に向けた取り組みに関しては、転動部材用窒化ケイ素の転動疲労試験手法の ISO 規格が発行されるとともに、マグネシウム中不純物酸素の分析手法については ISO の新業務項目（NWIP）として提案、ジルコニア中イットリアの分析手法については JIS 原案作成委員会での審議を経て、同原案を作成した。

研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目５

ナノ標識計測技術研究グループ

（Nanolabelling and Measurement Research Group）

研究グループ長：小野　泰蔵

（中部センター）

概　要：

ナノテクノロジーの健全な発展を促すため、ナノ物質についての適切な計測評価技術の開発を行い、ナノ物質の生体安全性に関する基礎的データを取得することを目的としている。具体的には、産業界で大量に使用されることが想定されるカーボンナノチューブ（CNT）類やフラーレン類などのナノ物質を研究の中心課題としている。こうしたナノ物質は、従来の有機化合物や無機化合物の概念の中間的な性質を有しており、これまでの一般的な計測手法では生体内に取り込まれた状態で計測することは極めて難しく、有効な生体内分布計測手法が存在しない。当研究グループでは、ナノ物質を感度良く測定するためのナノ標識手法を開発し、動物へ暴露したときの生体内移行性を含めた動態解析とともに主要臓器へのナノ物質の生体影響評価を行うための生体イメージング手法の開発研究を行う。また、ナノ物質の分散化、分析、分級、標品調製などのナノ物質評価を支援する基礎技術開発も同時に進める。

今年度は、CNT とアスベストとの形態類似性から懸念されている繊維仮説を検討するため、これまでに蓄えた分散剤に関する知見を応用して動物試験に適用可能な長繊維 SWCNT の高濃度水分散液（1 mg/ml 程度）の調整方法とその物理化学的キャラクタリゼーション法を確立した。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目５

［テーマ題目１］有機・生体関連ナノ物質の状態計測技術の開発

［研究代表者］大久保　雅隆

（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］浮遊　雅宏、高橋　勝利、志岐　成友、柏谷　裕美、全　伸幸、小池　正記、田中　真人、豊川　弘之、小野　泰蔵、早川　由夫、太田　一徳、山本　和弘、井藤　浩志、藤原　幸雄、齋藤　直昭、中村　健（常勤職員16名）

［研 究 内 容］

ライフイノベーションのための計測技術開発として、組織から分子レベルの生体計測技術により生命現象を解明ために、飛行時間型質量分析法による分子量測定、質量分析分子イメージング、免疫透過電子顕微鏡法による生体内ナノ粒子物質イメージング、円二色性不斉分子の分析等による分子構造解析、X 線及びテラヘルツイメージングの開発を行った。

1)　質量分析のための超伝導ストリップイオン検出器開発において、時間精度1ナノ秒以下、検出面積5mm を達成した。また、単一磁束量子（SFQ）超伝導デジタル回路による高速パルス処理を目指して、イオンの検出信号を SFQ パルスに変換することに成功した。

2)　放射光を使わないで、波長140nm 以下の真空紫外円偏光を発生する小型装置の開発を行い、アミロイドβタンパク質の円二色性スペクトルの測定に成功した。

3)　免疫透過電子顕微鏡法により、ナノ粒子を貪食した肺胞マクロファージの生体反応として、受容体タンパク質である Toll 様受容体4に対する活性化追跡が可能となった。

4)　超高分解能フーリエ変換質量分析（FT MS）とレーザーイオン化を組み合わせた分子イメージングにより、植物の芽生え時に生成される分子のイメージングに成功した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］質量分析、TOF-MS、MALDI、ESI、生体分子、超伝導デバイス、円二色性、真空紫外、円偏光、透過型電子顕微鏡、TEM

［テーマ題目２］多階層制御材料の多元的動的計測・解析技術に関する研究

［研究代表者］鈴木　良一

（極微欠陥評価研究グループ）

［研究担当者］鈴木　良一、鈴木　淳、永井　秀和、大村　英樹、齋藤　直昭、中村　健、古部　昭広、松﨑　弘幸、後藤　義人、林　繁信、山脇　浩、藤久　裕司、竹谷　敏、小島　奈津子、兼松　渉、丸山　豊、新澤　英之、木野村　淳、大島　永康、大平　俊行、豊川　弘之、渡辺　一寿、安本　正人、池浦　広美、小川　博嗣、小池　正記、田中　真人、山内　幸彦、本田　一匡

（常勤職員29名、他1名）

［研 究 内 容］

有機・無機の不均質物質からなるナノ・マクロ多階層制御材料は、今後、様々な産業分野における実用化が予測されるが、本課題ではこれらの材料の開発に必須となる、多元的な計測手法によって得られたデータを統合的に解析する技術の開発を行う。そのために、本年度は、当部門の独自のナノ構造等計測技術を高度化するため以下の要素技術の開発を進めるとともに、複数の計測データを統合的に解析する手法の適用可能性を検討した。1）レーザー過渡吸収分光法を駆使した光機能ナノ材料、デバイスにおける機能発現および材料劣化機構に関する評価手法開発では、光機能ナノ材料等の分析のために、3500nm の長波長領域まで、レーザー過渡吸収分光法観測を実現した。2）光電子顕微鏡については試料励起光源最適化による無機粒子分散材料の評価技術開発を行い、光電子顕微鏡を用いて無機粒子分散材料の画像化に成功

した。3）陽電子マイクロビームによるナノ材料の原子～ナノ空隙の空間マッピング技術開発では、陽電子ビームを真空から取り出し、深さ方向でナノメートルからマイクロメートルの範囲の原子～ナノ空隙の空間分布測定ができることを実証した。4）塩基性プローブ分子による界面領域の酸触媒機能評価のための固体 NMR 測定技術開発では、無溶媒による塩基性プローブ分子導入法を開発し、ゼオライトを対象として酸触媒機能評価のための固体 NMR 用測定技術確立に成功した。5）各種マップ情報の特徴を抽出する空間相関解析手法の開発では、粒子分散材料の特性に大きく影響する分散粒子の異方性を空間相関解析により数値化することに成功した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］多元的計測、レーザー過渡吸収、固体 NMR、光電子顕微鏡、陽電子ビーム、相関解析

［テーマ題目３］インフラ診断技術の開発

［研究代表者］津田　浩（構造体診断技術研究グループ）

［研究担当者］卜部　啓、宮内　秀和、山本　哲也、遠山　暢之、李　志遠、鈴木　良一、豊川　弘之（常勤職員8名）

［研 究 内 容］

本課題では構造物安全性確保に資する迅速かつ高精度、可搬性に優れた健全性評価システムを開発することを目標とし、具体的にはデジタルカメラを用いた高精度な変位分布計測技術、および超音波探傷装置や可搬型 X 線検査装置を活用して構造物中におけるサブミリメートルサイズの欠陥情報のその場可視化技術を開発する。本年度は以下の研究を行った。1）規則格子模様を貼り付けた構造物の変位を格子間隔の1/1000の精度で計測することができた。光ファイバセンサを用いてひずみゲージでは検出できない微弱な振動を高感度に検出することができた。また超音波伝搬状況を映像化する技術については動画処理を施すことで0.1mm の大きさの欠陥の自動認識に成功した。2）X 線を利用した非破壊検査技術については X 線管の処理技術を最適化し、カーボンナノ構造体 X 線源の寿命を1万時間以上にする技術を確立するとともに、個人向けの携帯型放射線線量計を改良し1年以上の電池寿命を実現し、つくば市での実証実験の後、企業へ技術移転した。3）陽電子を利用した非破壊検査については、超短パルスガンマ線を用いた光子誘起陽電子寿命測定法の開発に成功し、金属試料の陽電子寿命を評価した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］光ファイバセンサ、超音波可視化探傷、アコースティック・エミッション、放射線線量計、光子誘起陽電子消滅

［テーマ題目４］材料評価のための先端計測及び分析機器開発

［研究代表者］齋藤　直昭（イオン化量子操作研究グループ）

［研究担当者］志岐　成友、全　伸幸、浮辺　雅宏、小池　正記、古部　昭広、松﨑　弘幸、井藤　浩志、中村　健、後藤　義人、林　繁信、大島　永康、木野村　淳、オローク　ブライアン、鈴木　良一、大平　俊行、松林　信行、大久保　雅隆（常勤職員18名）

［研 究 内 容］

新たな産業の創出と発展を先導するための先端計測や分析機器の開発と、オープンイノベーション通じた社会への貢献のため、下記のユーザニーズに対応した改良研究と装置の利用公開を行った。

1）　電子加速器の電源及び制御システムを一新し、消費電力70kW 以下で陽電子ビームライン及び電子加速器の運転を可能にした。垂直入射型陽電子ビームラインで、低速陽電子を発生し、1μm 以下の薄膜試料の欠陥測定を可能にして公開を開始した。

2）　X 線吸収分光装置では、開発した100画素超伝導トンネル接合検出器アレイを搭載した新装置の公開を開始した。従来型の半導体検出器では分析不可能であった SiC 中の微量窒素ドーパント（300ppm）の XAFS 測定を実現した。

3）　可視－近赤外過渡吸収分光装置では、主として太陽電池材料やデバイス、ナノ材料、半導体材料、有機機能性分子の過渡吸収測定を行い、物性評価や材料開発の研究に貢献した。特に、企業からの依頼は実用化が期待される有機系太陽電池が主であり、実用化に向けた材料探索や反応機構解明のために重要なデータを提供できた。

4）　表面プローブ顕微鏡では、ナノデバイス測定における環境対応の強化を行った。具体的には、温度制御装置を組み込むことにより、大気・液中測定に際する温度制御が可能な試料台ユニットを装備した原子間力顕微鏡（AFM）での測定を可能にした。これによって、微粒子の付着力・凝着エネルギーの特定環境下での測定（大気・水中でのシリコンウエハー上のパーティクル評価）や油中の金属微粒子の付着力や添加剤の表面反応の評価などを可能にして分析依頼に応じた。

5）　固体 NMR 装置では、試料まわりのハンドリング技術の改良を行った。ガス雰囲気を制御して試料を調製した後、高速回転用の特殊な試料管に雰囲気制御下で試料を充填して NMR 測定を行うという手順を確立し、雰囲気中での固体触媒材料の表面状態の観測を可能にして分析依頼に応じた。アモルファスカーボン固体酸触媒材料および金属酸化物系固体酸触媒材料の局所構造を明らかにするとともに、触媒活性点の酸強度の強

さを計測して、触媒材料の設計・合成へフィードバックを行った。

6) 集約化クリーンルームを整備し、超電導アナログ□デジタル計測デバイス開発拠点（CRAVITY）として11月から公開を開始した。目標とするユーザ支援（外部利用時間合計1000時間以上／年）を達成した。装置利用の課金収入として約380万を達成した。H25年3月には CRAVITY に関するシンポジウムを開催、70名の出席者を得た。

7) IBEC 機器公開によりユーザの計測分析ニーズに対応し、所内外に対して合計167件（所内：38、所外：129件）の支援を実施した。支援時間割合（平均）30%以上の目標を達成するとともに、装置利用の課金収入として約880万円を達成した。JASIS 展にて公開機器についてのシンポジウムを開催して、120名の参加者があった。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］蛍光 X 線、超伝導検出器、陽電子、欠陥計測、固体 NMR、レーザー分光法、過渡吸収分光法、走査プローブ顕微鏡（SPM）、原子間力顕微鏡（AFM）

［テーマ題目５］物質の分析・評価技術の開発と標準化

［研究代表者］兼松　渉（不均質性解析研究グループ）

［研究担当者］岩下　哲雄、森川　久、小野　泰蔵、柘植　明、兼松　渉、山内　幸彦、井藤　浩志、野中　秀彦、藤原　幸雄、鈴木　淳、中村　健、大久保雅隆（常勤職員12名）

［研 究 内 容］

本課題では、物質の分析・特性評価に必要な計測技術の研究及び標準化を行う。本年度は、以下の研究開発を進めるとともに、規格発行に向けた国内外の関係者との意見調整などを行った。1）超高温熱膨張計測装置のプロトタイプ機を開発し、カーボン系材料の熱膨張率を最高2200℃付近まで接触および非接触法により同時計測した。2）ジルコニア中イットリアの化学分析手法に関して JIS 原案作成委員会を組織し JIS 原案を作成した。窒化ケイ素の転動疲労特性評価手法の ISO 規格が発行された。3）極安定ラジカル作製手法の民間企業への技術移転により ESR 計測用内部標準としての製品化に貢献した。4）AFM プローブ特性計測手法に関する ISO 規格案の審議を DIS 投票段階まで進めた。また AFM 標準試料作製法の民間企業への技術移転により、その製品化に貢献した。5）超伝導センサーに関する新業務項目素案を提案し、25年度に正式案を提出することで IEC 専門委員会メンバーの合意を得た。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］超高温、熱膨張、イットリア、化学分析、転動疲労、原子間力顕微鏡、標準試料、超伝導センサー

［テーマ題目６］ソフトイオン化・リアルタイム質量構造分析装置の開発のための予備研究

［研究代表者］齋藤　直昭（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］齋藤　直昭、藤原　幸雄（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

揮発性・半揮発性有機系混合試料の全成分をリアルタイムで分析可能なイオン付着イオン化法質量分析を基盤にして、分子イオンの構造も分析できる、ソフトイオン化・リアルタイム質量構造分析装置（IA-MS/MS）の開発を推進している。今年度は、第1MS としてイオン付着イオン源と QMS、第2MS として TOF-MS の方式を採用した、IA-MS/MS 装置のプロトタイプの基本部を設計構築した。また、分子の断片化の装置部分については、各種手法を評価できるように基本設計を行い、次年度の構築の準備を完了した。これらにより、イオン付着イオンの断片化技術の研究の基盤を構築できた。

本装置を開発することで、未知の物質についても、その質量と構造をリアルタイムで分析評価することが可能になり、高機能部品、高純度材料、食品・医薬品など製造プロセスの把握に基づく高効率製造や中間・最終製品の品質管理などに適用できる。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］質量分析、ソフトイオン化、リアルタイム分析、構造分析

［テーマ題目７］放射性同位元素 Sr90の高感度・簡易計測を目指した、レーザーイオン化質量分析法の開発

［研究代表者］永井　秀和（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］永井　秀和（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

福島第一原子力発電所の事故により飛散した放射性物質のうち、半減期が30年近い^{137}Cs や^{90}Sr は、長期にわたる環境汚染、健康影響が懸念されている。^{90}Sr は、低エネルギーのβ線しか放出しないため、放射線検出による分析が難しく、前処理に2週間以上の手間がかかってしまう。本研究では、より簡易な分析手法としてレーザーイオン化質量分析法の開発を行った。レーザー光の波長を Sr 原子の吸収287.3nm に合わせることにより、Sr 原子だけを選択的にイオン化できるので、分離・抽出などの前処理が不要になる。また同位体は飛行時間型の質量分析計により同定することができる。レーザー照射による個体試料（金属 Sr や、硝酸 Sr、塩酸 Sr）の気化導入により、濃縮などの前処理なしで0.1ppm 程度の検出感度が達成できた。共存する安定同位体^{88}Sr による干

渉の問題が解決できれば、^{90}Sr の簡易分析法として有効である。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］ストロンチウム、レーザーイオン化、質量分析

［テーマ題目８］高出力テラヘルツ波発生のための小型電子銃開発

［研究代表者］平　義隆（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］黒田　隆之助、田中　真人（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

税関での違法薬物の密輸阻止など安全安心分野での実用化を目指す高出力テラヘルツ波を発生するための小型電子銃開発を行っている。テラヘルツ波は、紙やプラスチックを透過し物質固有の指紋スペクトルが存在する。本研究成果を基にした可搬型で高出力のテラヘルツ波発生装置が実現することで、封書内部に隠匿された違法薬物を実環境下で非開封検査することができる。テラヘルツ波は、サブピコ秒電子ビームの遷移放射によって発生する。

本年度は、電子ビームを発生する装置である小型電子銃の設計製作及び、電子ビームを加速する高周波源であるマグネトロンの動作確認を行った。

開発した高周波源を含む小型電子銃全体の大きさは1.5m のテーブルトップサイズである。発振周波数の高い（5.3GHz）マグネトロンの導入によって小型化を実現した。高周波を蓄積するための銅空洞内面は、鏡面加工とした。マグネトロンに電圧－25kV の高電圧パルスを印加することで、ピーク出力40kW の高周波が発生していることを確認した。電圧を－30kV に上げることで600kW の出力が得られ、エネルギー0.9MeV の電子ビームの発生が可能である。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］テラヘルツ波、超短パルス電子ビーム、電子銃、マグネトロン

［テーマ題目９］ナノ～マイクロ粒子の構造解析を可能にする超低速飛行時間型質量分析計の開発

［研究代表者］全　伸幸（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］全　伸幸（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

従来の飛行時間型質量分析法（Time-Of-Flight Mass Spectrometry: TOF MS）では、検出器の感度の問題に起因して、分子イオンを数十 kV の高電圧で加速飛行させることが常識であった。一方、超伝導検出器は数百 V 程度の低電圧で加速された分子イオンに対しても感度を有していることから、TOF MS の検出部に超伝導検出器を用いることによって低電圧加速の TOF MS が実現可能になる。例えば、質量40MDa のウィルスを200V で加速させたときの飛行速度は31m/s と極めて遅く、仮にウィルスが長さ300nm の棒状構造であるとすれば、超伝導検出器に衝突する際に、10ns 程度の時間をかけてゆっくりと崩壊することになる。言い換えれば、分子が衝突した際の検出器の応答信号を観測することにより、ウィルスの構造に対する知見を得ることができるわけである。

本研究では、ウィルスのイオン化に実績のあるエレクトロスプレー式エアロゾル発生器を、既存の TOF MS 装置近傍に設置し、約10cm 長の導電性チューブを用いてナノ粒子を TOF MS 装置へ導入することを試みた。TOF MS 導入部にあるスキマーの電圧を操作した瞬間だけイオン電流が流れており、安定的にイオンが装置へ導入されていないことが分かった。今後、安定的なナノ粒子流を形成するためには、スキマーの径、差動排気の圧力などが最適化された空気力学的レンズを使用することが必要になると思われる。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］質量分析、検出器、超伝導、ナノ粒子、ウィルス

⑤【計量標準管理センター】

（Metrology Management Center）

所在地：〒305-8563　つくば市梅園1-1-1　中央第3-9

人　員：27名（19名）

概　要：

計量標準は円滑な国際通商を実現するために不可欠であり、さらに産業技術や研究開発の技術基盤であるとともに、環境・安全を評価するための技術基盤を与えるなど、国民の生活に密着したものである。

社会に必要とされる計量標準を的確に把握してその整備・普及の方向性を見出し、標準の供給を的確に行うとともに、計量標準に係わる活動の成果を社会に広く普及していく役割を担っている。

機構図（2013/3/31現在）

［計量標準管理センター］
センター長　臼田　孝
総括主幹　金田　重保
［計量標準計画室］
室長　竹歳　尚之　他
［標準供給保証室］
室長　岸本　勇夫　他
［標準物質認証管理室］
室長　臼田　孝　他
［国際計量室］

室長　加藤　英幸　他
［計量研修センター］
センター長　根田　和朗　他

計量標準計画室（Metrology Planning Office）
（つくば中央第3-9）

概　要：

計量標準の開発や供給を通じて産業界や社会のイノベーションを促進させるため、研究実施部門と密接に連携して、計量標準整備計画の策定、維持、改善を図るとともに、講演会や成果発表会などの開催、報告書・技術資料の発行などを通して、新しい計量標準に関する研究成果の発信を行っている。

また、計量標準に係る活動内容や研究成果などを広く普及するため、産技連知的基盤部会、NMIJ 計測クラブ、計測標準フォーラムなどと連携し、NMIJ ホームページ、展示会出展、パンフレット等、様々な形態の広報・啓発普及活動の企画運営を行っている。

標準供給保証室（Metrology Quality Office）
（つくば中央第3-9）

概　要：

産総研の成果である多岐にわたる物理系計量標準の供給事務（申請書受付、証明書類発行など）を一元的に行うとともに、その信頼性を保証するために必要な ISO/IEC17025、ISO/IEC ガイド65に基づいた品質システムの支援業務を行う。

標準供給業務としては、次のものがある。

・特定計量器の検定、比較検査、基準器検査
・特定計量器の型式承認試験
・特定二次標準器の校正
・特定副標準器の校正
・技能試験参照値の付与
・研究開発品の頒布
・その他計量に係わる試験・校正サービス

標準物質認証管理室（Reference Materials Office）
（つくば中央第3-9）

概　要：

産総研において研究開発された標準物質の頒布に関する事務を行うとともに、その品質を保証するために必要な ISO ガイド34、ISO/IEC17025に基づいた品質システムの支援業務を実施している。主な業務としては、標準物質の認証のための業務（標準物質認証委員会の開催、標準物質認証書の発行等）、標準物質の該当法規に従った安全な管理、標準物質の頒布業務、標準物質に関わる技術相談、ホームページやカタログ配布等による標準物質関連情報のユーザーへの発信などがある。

国際計量室
（International Metrology Cooperation Office）
（つくば中央第3-9）

概　要：

計量標準・法定計量に関わる国際戦略策定の取りまとめ。国際メートル条約、及び国際法定計量条約に関係する各種国際会議・委員会・作業委員会（国際度量衡委員会、国際法定計量委員会等）への対応。国際相互承認（CIPM MRA、OIML MAA）への対応。計測標準研究部門が参加する国際比較等の支援・管理。二国間 MoU に基づく国際活動の取りまとめ。JICA プロジェクト等の研修事業の支援。途上国向け技術研修の受入支援。国際機関事務局（APMP 及び APLMF）との連絡・調整などを実施している。

計量研修センター（Metrology Training Center）
（つくば中央第1）

概　要：

計量研修センターは、都道府県・特定市の計量行政公務員の研修及び民間の計量技術者に対して、一般計量士、環境計量士の資格付与などのため、一般計量関係及び環境計量関係の教習を企画・実施する研修機関である。前身は、1952年に当時の通商産業省傘下に創設された計量教習所で、2001年に独立行政法人化し、産総研に合流した。

年間約800人の研修生を迎えて一般計量教習、一般計量特別教習、環境計量特別教習、短期計量教習、環境計量講習（濃度、騒音、振動関係）、及び計量行政公務員のための特定教習などを企画し実施している。また、計測技術者向けの技術研修などを実施している。

業務報告データは、計量標準総合センターの業務報告データに記載。

⑥【計量標準総合センター】
（National Metrology Institute of Japan）

所在地：〒305-8563　つくば市梅園1-1-1 中央第3

概　要：

産業技術総合研究所内の計測標準研究部門と計量標準管理センターの2つの部署等を一括して、計量標準総合センター（National Metrology Institute of Japan：NMIJ）と総称している。計量標準総合センターは、この2部署等が互いに連携を取りながら、経済産業省が企画立案する政策のもと、計量標準や計測分析技術に関する先導的な研究開発を行っていくとともに、質の高い標準供給を行い、我が国のトレーサビリティ制度と法定計量制度の発展に貢献をしている。また、計量標準総合センターは、外部からは産総研の計量に関わる活動の中核的な組織として位置付けられ、

国際的にはメートル条約などにおいて日本の代表機関として位置付けられている。

計量に関わる活動を円滑かつ確実に実施するため、計量標準総合センター運営委員会（事務局：計量標準計画室）及びその下部委員会である物理標準分科会、化学標準分科会、法定計量分科会を、それぞれ定期的に開催している。

具体的な、主な活動は以下の通りである。

1）標準整備計画に基づく、既存の計量標準の維持・改善と新しい標準の研究・開発

2）高品質な標準の供給、共同研究・技術指導、広報・啓発活動等による成果の普及

3）計量標準の需要動向の調査と、それに基づく標準整備計画や研究課題への反映

4）メートル条約、OIML 条約などの国際条約に基づく活動（計量標準の国際相互承認［MRA］、各国の国家計量標準機関［NMI］との研究協力・技術協力など）

5）計量や計測に関する人材の育成

6）計量法に基づく計量器の型式承認、基準器検査等

関連組織（2013/3/31現在）

［計量標準総合センター］　代表　三木　幸信

［計測標準研究部門］

部門長　千葉　光一　他

［計量標準管理センター］

センター長　臼田　孝　他

業務報告データ

・計量標準総合センター全体会合　2回
（4月4日、1月7日）

・計量標準総合センター運営委員会　43回

・第3期中期計画における2012年度の計量標準整備種類数　12

・2012年度供給開始標準項目
物理標準　11、標準物質　17

・ピアレビュー及び ASNITE-NMI 認定審査
技術ピアレビュー・ASNITE-NMI 認定の合同審査を通じて、5分野での校正サービスについて認定を取得・継続した。

・JCSS 審査等への技術専門家の派遣
延べ84件、技術専門家の派遣を実施した。

・講演会等　8回

1．食総研・産総研ジョイントシンポジウム2012「その分析値は信頼できますか？－食品の放射能測定の信頼性確保に向けて－」（NMIJ、（独）農業･食品産業技術総合研究機構　食品総合研究所主催、フード・フォーラム・つくば　後援）7月20日　星陵会館ホール 東京

2．NMIJ 標準物質セミナー2012「確かな分析と標準物質」（NMIJ 主催）9月5日　幕張メッセ

3．「放射線・放射能計測とその信頼性確保のための取り組み」ワークショップ（NMIJ 主催）9月6日　幕張メッセ

4．産総研オープンラボ　分野講演会「計量標準：今日的課題への対応」10月25日　産総研つくばセンター

5．NMIJ 国際計量標準シンポジウム2012（NMIJ 主催、（一社）日本計量機器工業連合会共催）　10月11日　東京ビッグサイト会議棟6F

6．NMIJ 法定計量セミナー2012（NMIJ 主催、（一社）日本計量機器工業連合会共催）　10月12日　東京ビックサイト会議棟6F

7．計測標準フォーラム第10回講演会（計測標準フォーラム主催、産総研 NMIJ 協賛）11月9日　大田区産業プラザ PiO

8．計量標準総合センター2012年度成果発表会　1月24日～25日　産総研つくばセンター共用講堂

・技能試験

1．NMIJ 分析技能向上支援プログラム「農薬残留分析の信頼性向上のための技能試験」　5月9日～7月27日、参加者43名

2．NMIJ 分析技能向上支援プログラム「バリデーションと不確かさ評価のための技能試験」－第5回：玄米中無機元素分析－9月11日～11月16日、参加者155名

・主なイベント参加

1．「NCSL International 2012」ブース出展　7月29日～8月2日　米国 Sacramento Convention Center

2．「平成24年度霞が関子ども見学デー」ブース出展
8月18日～19日　経済産業省

3．「JASIS2012」出展　9月5日～7日　幕張メッセ

4．「INTERMEASURE2012」ブース出展　10月10日～12日　東京ビッグサイト

・出版物発行　1回

1.　産総研計量標準報告 Vol. 8No. 4発刊（2013. 3）

①物理標準

最上位に位置する国の計量標準の設定・維持・供給という責務を果たすため、さまざまな量に対する国の計量標準を整備して、計量・計測器の校正・試験、標準物質の頒布といった形で利用者への標準供給サービスを行っている。

法定計量

	種　　類	受理個数	検査・試験個数	不合格個数	不合格（%）
イ	検定	0	0	0	－
ロ	型式承認	77	91	9	9.9
ハ	基準器検査	2,956	3,036	35	1.2
ニ	比較検査	26	26	0	0.0

校正・試験等

	種　　類	受理個数	校正・試験個数
ホ	特定標準器による校正（特定二次標準器）	439	423
ヘ	依頼試験(一般)	2,599	2,086
	依頼試験(特殊)･技能試験用校正	33	37
	特定標準器による校正（特定副標準器）	12	14
	OIML 適合性試験	12	14
ト	研究開発品	7	7

イ、検　定

当所で現在行われている計量法に基づいた検定業務は、精度の極めて高いものと高度の検定設備能力を必要とするものなどの機種だけがその対象となっている。

種　　類	項　目 / 実施場所	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率(%)
ガラス製温度計	つくばセンター	0	0	0	－
	関西センター	0	0	0	－
総　　計		0	0	0	－

ロ、型式承認

計量器の構造（性能及び材料の特性を含む。）をあらかじめ十分に試験して、一定の基準に適合するものに「型式の承認」を与え、同一構造のものについては、その後の計量器の検定に際し、構造の検定を省略（一部残るものもある）し、検定の適正化と効率化を図る制度である。

種類		項目／実施場所	受理個数 新規	受理個数 追加	受理個数 計	試験個数	承認個数	不承認個数	不承認率(%)
タクシーメーター		つくばセンター	2	0	2	2	2	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	－
		合　計	2	0	2	2	2	0	0.0
質量計	非自動はかり	つくばセンター	10	10	20	24	21	3	12.5
		関西センター	0	1	1	1	1	0	0.0
		合　計	10	11	21	25	22	3	12.0
温度計	ガラス製体温計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	－
		関西センター	0	0	0	0	0	0	－
		小　計	0	0	0	0	0	0	－
	抵抗体温計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	－
		関西センター	4	3	7	5	5	0	0.0
		小　計	4	3	7	5	5	0	0.0
	合　計		4	3	7	5	5	0	0.0
体積計	水道メーター	つくばセンター	5	5	10	9	6	3	33.3
		関西センター	0	0	0	0	0	0	－
		小　計	5	5	10	9	6	3	33.3
	温水メーター	つくばセンター	0	1	1	3	2	1	33.3
		関西センター	0	0	0	0	0	0	－
		小　計	0	1	1	3	2	1	33.3
	燃料油メーター	つくばセンター	0	3	3	3	3	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	－
		小　計	0	3	3	3	3	0	0.0
	液化石油ガスメーター	つくばセンター	0	1	1	0	0	0	－
		関西センター	0	0	0	0	0	0	－
		小　計	0	1	1	0	0	0	－
	ガスメーター	つくばセンター	0	6	6	12	12	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	－
		小　計	0	6	6	12	12	0	0.0
	合　計		5	16	21	27	23	4	14.8
圧力計	アネロイド型圧力計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	－
		関西センター	0	0	0	0	0	0	－
		小　計	0	0	0	0	0	0	－
	アネロイド型血圧計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	－
		関西センター	12	6	18	23	22	1	4.3
		小　計	12	6	18	23	22	1	4.3
	合　計		12	6	18	23	22	1	4.3
熱量計	積算熱量計	つくばセンター	1	1	2	3	2	1	33.3
		関西センター	0	0	0	0	0	0	－
		合　計	1	1	2	3	2	1	33.3
騒音計	普通騒音計	つくばセンター	1	0	1	1	1	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	－
		小　計	1	0	1	1	1	0	0.0
	精密騒音計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	－
		関西センター	0	0	0	0	0	0	－
		小　計	0	0	0	0	0	0	－
	合　計		1	0	1	1	1	0	0.0
照度計		つくばセンター	0	0	0	0	0	0	－
		関西センター	0	0	0	0	0	0	－
		合　計	0	0	0	0	0	0	－

種類		項目 / 実施場所	受理個数 新規	受理個数 追加	受理個数 計	試験個数	承認個数	不承認個数	不承認率(%)
濃度計	ジルコニア式酸素濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	−
		関西センター	0	0	0	0	0	0	−
		小計	0	0	0	0	0	0	−
	溶液導電率式二酸化硫黄濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	−
		関西センター	0	0	0	0	0	0	−
		小計	0	0	0	0	0	0	−
	磁気式酸素濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	−
		関西センター	0	0	0	0	0	0	−
		小計	0	0	0	0	0	0	−
	紫外線式二酸化硫黄濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	−
		関西センター	0	0	0	0	0	0	−
		小計	0	0	0	0	0	0	−
	紫外線式窒素酸化物濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	−
		関西センター	0	0	0	0	0	0	−
		小計	0	0	0	0	0	0	−
	非分散型赤外線式二酸化硫黄濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	−
		関西センター	0	0	0	0	0	0	−
		小計	0	0	0	0	0	0	−
	非分散型赤外線式窒素酸化物濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	−
		関西センター	0	1	1	1	1	0	0.0
		小計	0	1	1	1	1	0	0.0
	非分散型赤外線式一酸化炭素濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	−
		関西センター	0	0	0	0	0	0	−
		小計	0	0	0	0	0	0	−
	化学発光式窒素酸化物濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	−
		関西センター	0	0	0	0	0	0	−
		小計	0	0	0	0	0	0	−
	ガラス電極式水素イオン濃度検出器	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	−
		関西センター	0	0	0	0	0	0	−
		小計	0	0	0	0	0	0	−
	ガラス電極式水素イオン濃度指示計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	−
		関西センター	4	0	4	4	4	0	0.0
		小計	4	0	4	4	4	0	0.0
	合計		4	1	5	5	5	0	0.0
合計		つくばセンター	19	27	46	57	49	8	14.0
		関西センター	20	11	31	34	33	1	2.9
総計			39	38	77	91	82	9	9.9

ハ、基準器検査

計量器の構造、修理などの事業を行う者及び計量関係行政機関等が、検定、定期検査、立入検査などを行う場合には、その標準として基準器検査に合格して基準器検査成績書が交付された基準器を用いることになっている。基準器検査の対象機種の大半については当所が検査を行っており、これらの業務は計量法に基づいて行う重要な標準供給業務となっている。なお、基準器検査は検定手数料の関係から次の二つに大別される。

(1) 手数料を徴収する検査（計量器メーカー等が使用するもの）

(2) 手数料を伴わない検査（計量行政機関等が使用するもの）

種　　類		項　目 / 実施場所	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
長さ	基準巻尺	つくばセンター	0	0	0	－
		関西センター	19	20	0	0.0
		合　　計	19	20	0	0.0
質量基準器	基準手動天びん	つくばセンター	97	97	3	3.1
		関西センター	98	102	5	4.9
		小　　計	195	199	8	4.0
	基準台手動はかり	つくばセンター	0	0	0	－
		関西センター	0	0	0	－
		小　　計	0	0	0	－
	基準直示天びん	つくばセンター	4	4	0	0.0
		関西センター	3	3	0	0.0
		小　　計	7	7	0	0.0
	特級基準分銅	つくばセンター	0	0	0	－
		関西センター	1,165	1,223	1	0.1
		小　　計	1,165	1,223	1	0.1
	合　　計		1,367	1,429	9	0.6
温度基準器	基準ガラス製温度計	つくばセンター	0	0	0	－
		関西センター	419	435	5	1.1
		合　　計	419	435	5	1.1
体積基準器	基準フラスコ	つくばセンター	0	0	0	－
		関西センター	16	17	0	0.0
		小　　計	16	17	0	0.0
	基準ビュレット	つくばセンター	0	0	0	－
		関西センター	14	18	0	0.0
		小　　計	14	18	0	0.0
	基準ガスメーター	つくばセンター	64	60	0	0.0
		関西センター	0	0	0	－
		小　　計	64	60	0	0.0
	基準水道メーター	つくばセンター	57	69	3	4.3
		関西センター	0	0	0	－
		小　　計	57	69	3	4.3
	基準燃料油メーター	つくばセンター	59	59	2	3.4
		関西センター	0	0	0	－
		小　　計	59	59	2	3.4
	基準タンク	つくばセンター	93	93	4	4.3
		関西センター	0	0	0	－
		小　　計	93	93	4	4.3
	基準体積管	つくばセンター	50	47	1	2.1
		関西センター	0	0	0	－
		小　　計	50	47	1	2.1
	合　　計		353	363	10	2.8

種類		項目 / 実施場所	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率(%)
密度基準器	基準密度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	27	27	1	3.7
		小計	27	27	1	3.7
	液化石油ガス用浮ひょう型密度計	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	51	50	1	2.0
		小計	51	50	1	2.0
	合計		78	77	2	2.6
圧力基準器	基準液柱型圧力計	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	151	148	1	0.7
		小計	151	148	1	0.7
	基準重錘型圧力計	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	344	341	7	2.1
		小計	344	341	7	2.1
	合計		495	489	8	1.6
騒音	基準静電型マイクロホン	つくばセンター	21	21	0	0.0
		関西センター	0	0	0	-
		合計	21	21	0	0.0
振動	基準サーボ式ピックアップ	つくばセンター	17	15	0	0.0
		関西センター	0	0	0	-
		合計	17	15	0	0.0
濃度	基準酒精度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	23	23	0	0.0
		合計	23	23	0	0.0
比重基準器	基準比重浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	139	139	0	0.0
		小計	139	139	0	0.0
	基準重ボーメ度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	25	25	1	4.0
		小計	25	25	1	4.0
	合計		164	164	1	0.6
合計		つくばセンター	462	465	13	2.8
		関西センター	2,494	2,571	22	0.9
総計			2,956	3,036	35	1.2

ニ、比較検査

比較検査は、検定と同様に合否の判定を行うが、具体的な器差を明らかにして成績書を交付し、精密な計量に奉仕する制度である。

種　　類	項　目 実施場所	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
酒精度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	－
	関西センター	26	26	0	0.0
合　　計		26	26	0	0.0

ホ、特定標準器による校正試験

特定標準器による校正(特定二次標準器)

種　　類	受　理　個　数			校　正　個　数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
01.長さ	1	0	1	1	0	1
光周波数コム装置	1	0	1	1	0	1
02.幾何学量	2	0	2	2	0	2
ロータリーエンコーダ	2	0	2	2	0	2
03.時間	148	0	148	134	0	134
周波数発振器	148	0	148	134	0	134
04.質量	35	0	35	35	0	35
標準分銅	35	0	35	35	0	35
05.力	23	0	23	20	0	20
実荷重式、こうかん式又は油圧式力基準機	23	0	23	20	0	20
06.トルク	5	0	5	5	0	5
参照用トルクメータ	5	0	5	5	0	5
07.圧力	14	0	14	14	0	14
ピストン式重錘型圧力標準器	14	0	14	14	0	14
09.真空	2	0	2	2	0	2
粘性真空計	2	0	2	2	0	2
10.流量	20	0	20	22	0	22
ISO型トロイダルスロート音速ノズル	8	0	8	8	0	8
気体流量校正装置	1	0	1	0	0	0
石油用流量計	9	0	9	12	0	12
超音波流速計	1	0	1	1	0	1
微風速校正風洞	1	0	1	1	0	1
11.密度	6	0	6	6	0	6
シリコン単結晶	6	0	6	6	0	6
14.音響	7	0	7	9	0	9
標準マイクロホン	7	0	7	9	0	9
16.振動加速度	1	0	1	1	0	1
振動加速度計	1	0	1	1	0	1
19.直流・低周波	31	0	31	31	0	31
交流抵抗器	2	0	2	2	0	2
電圧発生装置	5	0	5	5	0	5
標準キャパシタ	4	0	4	4	0	4
標準抵抗器	17	0	17	17	0	17
誘導分圧器	3	0	3	3	0	3
20.高周波	39	0	39	37	0	37
ピストン減衰器	1	0	1	1	0	1
固定長エレメント型ダイポールアンテナ	2	0	2	2	0	2
光パワー測定装置	5	0	5	4	0	4
光電検出器	1	0	1	1	0	1
高周波インピーダンス	8	0	8	8	0	8
高周波電圧	2	0	2	2	0	2

種類	受理個数			校正個数		
	つくばセンター	関西センター	計	つくばセンター	関西センター	計
高周波電力　2.9 mm 同軸	3	0	3	3	0	3
高周波電力　7 mm 同軸	10	0	10	9	0	9
同軸可変減衰器	6	0	6	6	0	6
同軸固定減衰器	1	0	1	1	0	1
21. 測光量・放射量	10	0	10	10	0	10
分光応答度	4	0	4	4	0	4
分光放射照度	6	0	6	6	0	6
22. 放射線	18	0	18	17	0	17
放射線線量計	18	0	18	17	0	17
23. 放射能	14	0	14	7	0	7
放射能測定装置(遠隔校正)	14	0	14	7	0	7
25. 温度	20	0	20	27	0	27
貴金属熱電対	10	0	10	17	0	17
白金抵抗温度計	10	0	10	10	0	10
26. 湿度	16	0	16	16	0	16
露点計	16	0	16	16	0	16
28. 硬さ	27	0	27	27	0	27
ロックウェル硬さ標準片	27	0	27	27	0	27
合　計	439	0	439	423	0	423

へ、依頼試験

依頼試験

種　　類	受　理　個　数			校　正　個　数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
01.長さ	32	0	32	32	0	32
ブロックゲージ絶対測定	24	0	24	24	0	24
距離計	3	0	3	3	0	3
波長(周波数)安定化レーザ	4	0	4	4	0	4
標準尺絶対測定(指定線間)	1	0	1	1	0	1
02.幾何学量	45	0	45	46	0	46
CMMによる幾何形状測定	29	0	29	28	0	28
オートコリメータ	1	0	1	2	0	2
ステップゲージ	2	0	2	2	0	2
ボールプレート・ホールプレート	3	0	3	3	0	3
ロータリーエンコーダ	1	0	1	1	0	1
一次元グレーティング	1	0	1	1	0	1
多面鏡	1	0	1	1	0	1
平面度	7	0	7	8	0	8
03.時間	67	0	67	59	0	59
周波数（遠隔校正）	60	0	60	52	0	52
周波数発振器　原子発振器・商用発振器	7	0	7	7	0	7
04.質量	6	0	6	6	0	6
分銅又はおもり	6	0	6	6	0	6
05.力	1	0	1	1	0	1
高精度力計	1	0	1	1	0	1
06.トルク	7	0	7	7	0	7
トルクメータ	5	0	5	5	0	5
参照用トルクレンチ	2	0	2	2	0	2
07.圧力	8	0	8	8	0	8
液体	3	0	3	3	0	3
気体	5	0	5	5	0	5
09.真空計	17	0	17	17	0	17
リーク	5	0	5	5	0	5
真空計	6	0	6	6	0	6
標準コンダクタンス	6	0	6	6	0	6
10.流量	16	0	16	16	0	16
液体小流量	3	0	3	3	0	3
液体大流量及び中流量	10	0	10	10	0	10
気体小流量	1	0	1	1	0	1
石油小流量（軽油）	1	0	1	1	0	1
石油大流量（軽油・灯油）	1	0	1	1	0	1
11.密度	6	0	6	6	0	6
固体材料	6	0	6	6	0	6
12.粘度・動粘度	18	0	18	13	0	13
粘度標準液	18	0	18	13	0	13
13.体積（衡量法）	0	7	7	0	7	7
フラスコ(出用)	0	7	7	0	7	7
14.音響	2	0	2	2	0	2
音場感度（計測用マイクロホン）	2	0	2	2	0	2
15.超音波	35	0	35	35	0	35
音場感度（ハイドロホン）	28	0	28	28	0	28
超音波パワー	6	0	6	6	0	6
超音波音場パラメタ	1	0	1	1	0	1
17.衝撃加速度	2	0	2	2	0	2
電圧感度	2	0	2	2	0	2
19.直流・低周波	6	0	6	6	0	6
インダクタ	1	0	1	1	0	1
交流電圧計	1	0	1	1	0	1

種類	受理個数			校正個数		
	つくばセンター	関西センター	計	つくばセンター	関西センター	計
変流器	4	0	4	4	0	4
20.高周波	20	0	20	20	0	20
アンテナ係数試験	2	0	2	4	0	4
レーザパワー	3	0	3	2	0	2
高周波インピーダンス	2	0	2	2	0	2
高周波電力	6	0	6	6	0	6
同軸可変減衰器	3	0	3	3	0	3
導波管可変減衰器	1	0	1	1	0	1
利得（ホーンアンテナ）	3	0	3	2	0	2
21.測光量・放射量	23	0	23	23	0	23
分光応答度	11	0	11	11	0	11
分光拡散反射率（可視域）	8	0	8	8	0	8
分光放射照度	4	0	4	4	0	4
22.放射線	2132	0	2132	1652	0	1652
β線	173	0	173	173	0	173
照射線量（率）測定器	23	0	23	23	0	23
水吸収線量	5	0	5	5	0	5
放射線量検出素子	1931	0	1931	1451	0	1451
23.放射能	2	0	2	2	0	2
放射能濃度	2	0	2	2	0	2
24.中性子	1	0	1	1	0	1
中性子源校正試験	1	0	1	1	0	1
25.温度	17	0	17	16	0	16
カプセル型白金抵抗温度計	3	0	3	2	0	2
貴金属温度計	1	0	1	1	0	1
非接触温度計・校正装置	13	0	13	13	0	13
26.湿度	6	0	6	3	0	3
物質量分率表示が可能な微量水分計	2	0	2	2	0	2
露点計	4	0	4	1	0	1
27.固体物性	9	0	9	10	0	10
熱拡散率	1	0	1	1	0	1
熱膨張率（線膨張係数）	8	0	8	9	0	9
29.衝撃値	1	0	1	1	0	1
衝撃試験機	1	0	1	1	0	1
30.粒子・粒子特性	4	0	4	2	0	2
粒径	1	0	1	0	0	0
粒子数濃度	3	0	3	2	0	2
31.純度	73	0	73	55	0	55
高純度有機標準物質	73	0	73	55	0	55
51.計量器の構成要素及び検査装置の試験	13	0	13	15	0	15
質量計用ターミナル・デジタルディスプレイ	7	0	7	6	0	6
質量計用指示計（アナログ信号）	2	0	2	5	0	5
特定計量器外部接続装置の性能試験	2	0	2	2	0	2
燃料油メーター用表示装置	2	0	2	2	0	2
52.その他	23	0	23	23	0	23
体積	14	0	14	14	0	14
流量	9	0	9	9	0	9
合計	2592	7	2599	2079	7	2086

ヘ. 依頼試験

依頼試験(特殊)・技能試験用校正

種　　類	受　理　個　数			校　正　個　数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
05. 力	6	0	6	6	0	6
高精度力計	6	0	6	6	0	6
10. 流量	1	0	1	1	0	1
気体小流量	1	0	1	0	0	0
微風速	0	0	0	1	0	1
11. 密度	0	1	1	0	1	1
密度浮ひょう	0	1	1	0	1	1
13. 体積	0	6	6	0	6	6
フラスコ（受用）	0	3	3	0	3	3
メスシリンダー（受用）	0	3	3	0	3	3
14. 音響	4	0	4	4	0	4
サウンドレベルメータ	2	0	2	2	0	2
音響校正器	2	0	2	2	0	2
16. 振動加速度	0	0	0	3	0	3
振動加速度計	0	0	0	3	0	3
19. 直流・低周波	2	0	2	2	0	2
キャパシタ	1	0	1	1	0	1
交直電圧比較装置	1	0	1	1	0	1
20. 高周波	3	0	3	4	0	4
レーザパワー校正	1	0	1	1	0	1
高周波電力	2	0	2	3	0	3
25. 温度	1	0	1	1	0	1
非接触温度計・校正装置	1	0	1	1	0	1
28. 硬さ	9	0	9	9	0	9
ロックウェル硬さ標準片	9	0	9	9	0	9
合　　計	26	7	33	30	7	37

ヘ、依頼試験

特定標準器による校正(特定副標準器)

種類＼実施場所	受理個数			校正個数		
	つくばセンター	関西センター	計	つくばセンター	関西センター	計
19.直流・低周波	7	0	7	7	0	7
交流電圧用交直変換器	3	0	3	3	0	3
交流電流用交直変換器	1	0	1	1	0	1
電圧発生装置	1	0	1	1	0	1
標準抵抗器	2	0	2	2	0	2
25.温度	5	0	5	7	0	7
温度計用	4	0	4	4	0	4
放射温度計校正用	1	0	1	3	0	3
合計	12	0	12	14	0	14

ヘ、依頼試験

OIML 適合性試験

種類	項目＼実施場所	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率(%)
試験成績書審査	つくばセンター	6	5	0	0.0
	関西センター	0	0	0	-
質量計用ロードセル	つくばセンター	5	8	4	50.0
	関西センター	0	0	0	-
非自動はかり	つくばセンター	1	1	0	0.0
	関西センター	0	0	0	-
合計		12	14	4	28.6

ト、研究開発品

種類＼実施場所	頒布個数		
	つくばセンター	関西センター	計
1.熱拡散率試験片（4枚）	0	0	0
2.石英ヨウ素セル	0	0	0
3.パッシブ型シールドループアンテナ	0	0	0
4.標準コンダクタンスエレメント	7	0	7
合計	7	0	7

②認証標準物質

計量標準総合センターでは品質システムを整備し、生産計画に基づいて標準物質の生産を行っている。特性値は安定性と均一性を確認し、妥当性が確かめられた測定方法とトレーサビリティの確立された計測標準を用いている。また、不確かさを算出した上で内部の標準物質認証委員会にて審議され、認証標準物質（NMIJ CRM）を随時頒布している。

認証標準物質の一覧表

（NMIJ 認証標準物質）

識別記号	名　　称	頒　布　数
NMIJ CRM 1001-a	鉄－クロム合金（Cr 5 %）	2
NMIJ CRM 1002-a	鉄－クロム合金（Cr 15 %）	2
NMIJ CRM 1003-a	鉄－クロム合金（Cr 20 %）	2
NMIJ CRM 1004-a	鉄－クロム合金（Cr 30 %）	2
NMIJ CRM 1005-a	鉄－クロム合金（Cr 40 %）	2
NMIJ CRM 1006-a	鉄－ニッケル合金（Ni 5 %）	2
NMIJ CRM 1007-a	鉄－ニッケル合金（Ni 10 %）	2
NMIJ CRM 1008-a	鉄－ニッケル合金（Ni 20 %）	2
NMIJ CRM 1009-a	鉄－ニッケル合金（Ni 40 %）	2
NMIJ CRM 1010-a	鉄－ニッケル合金（Ni 60 %）	2
NMIJ CRM 1011-b	鉄－炭素合金（C 0.1 %）	6
NMIJ CRM 1012-b	鉄－炭素合金（C 0.2 %）	6
NMIJ CRM 1013-b	鉄－炭素合金（C 0.3 %）	6
NMIJ CRM 1014-b	鉄－炭素合金（C 0.5 %）	6
NMIJ CRM 1015-b	鉄－炭素合金（C 0.7 %）	6
NMIJ CRM 1016-a	鉄クロム合金（Cr 40 %）	2
NMIJ CRM 1017-a	EPMA 用ステンレス鋼	3
NMIJ CRM 1018-a	EPMA 用 Ni（36 %）－Fe 合金	0
NMIJ CRM 1019-a	EPMA 用 Ni（42 %）－Fe 合金	0
NMIJ CRM 1020-a	EPMA 用高ニッケル合金	3
NMIJ CRM 3001-b	フタル酸水素カリウム	46
NMIJ CRM 3002-a	ニクロム酸カリウム	2
NMIJ CRM 3003-a	三酸化二ひ素	18
NMIJ CRM 3004-a	アミド硫酸	9
NMIJ CRM 3005-a	炭酸ナトリウム	8
NMIJ CRM 3006-a	よう素酸カリウム	8
NMIJ CRM 3007-a	しゅう酸ナトリウム	10
NMIJ CRM 3401-a	一酸化窒素	0
NMIJ CRM 3402-b	二酸化硫黄	0
NMIJ CRM 3403-a	亜酸化窒素標準ガス（高濃度、窒素希釈）	0
NMIJ CRM 3404-c	酸素	0
NMIJ CRM 3406-c	一酸化炭素	1
NMIJ CRM 3407-a	二酸化炭素	0
NMIJ CRM 3601-a	ナトリウム標準液 Na（1000）	0
NMIJ CRM 3602-a	カリウム標準液 K（1000）	0
NMIJ CRM 3604-a	マグネシウム標準液 Mg（1000）	2
NMIJ CRM 3605-a	アルミニウム標準液 Al（1000）	0
NMIJ CRM 3606-a	銅標準液 Cu（1000）	0
NMIJ CRM 3607-a	亜鉛標準液 Zn（1000）	1
NMIJ CRM 3608-a	鉛標準液 Pb（1000）	0
NMIJ CRM 3609-a	カドミウム標準液 Cd（1000）	0
NMIJ CRM 3610-a	マンガン標準液 Mn（1000）	1
NMIJ CRM 3611-a	鉄標準液 Fe（1000）	1
NMIJ CRM 3612-a	ニッケル標準液 Ni（1000）	0

識別記号	名　　称	頒布数
NMIJ CRM 3613-a	コバルト標準液 Co（1000）	1
NMIJ CRM 3614-a	ひ素標準液 As（1000）	1
NMIJ CRM 3615-a	アンチモン標準液 Sb（1000）	1
NMIJ CRM 3616-a	ビスマス標準液 Bi（1000）	0
NMIJ CRM 3621-a	バリウム標準液 Ba（1000）	1
NMIJ CRM 3622-a	モリブデン標準液 Mo（1000）	1
NMIJ CRM 3623-a	ストロンチウム標準液 Sr（1000）	1
NMIJ CRM 3625-a	タリウム標準液 Tl（1000）	1
NMIJ CRM 3626-a	すず標準液 Sn（1000）	0
NMIJ CRM 3629-a	インジウム標準液 In（1000）	0
NMIJ CRM 3631-a	ガリウム標準液 Ga（1000）	0
NMIJ CRM 3632-a	バナジウム標準液 V（1000）	0
NMIJ CRM 4001-b	エタノール	1
NMIJ CRM 4002-a	ベンゼン	14
NMIJ CRM 4003-b	トルエン	11
NMIJ CRM 4004-a	1, 2-ジクロロエタン	0
NMIJ CRM 4005-a	ジクロロメタン	0
NMIJ CRM 4006-a	四塩化炭素	0
NMIJ CRM 4011-a	*o*-キシレン	1
NMIJ CRM 4012-a	*m*-キシレン	1
NMIJ CRM 4013-a	*p*-キシレン	1
NMIJ CRM 4014-a	1,1-ジクロロエチレン	0
NMIJ CRM 4019-a	ブロモホルム（トリブロモメタン）	0
NMIJ CRM 4020-a	ブロモジクロロメタン	1
NMIJ CRM 4021-a	エチルベンゼン	1
NMIJ CRM 4022-b	フタル酸ジエチル	7
NMIJ CRM 4030-a	ビスフェノール A	13
NMIJ CRM 4036-a	ジブロモクロロメタン	4
NMIJ CRM 4038-a	1, 2-ジクロロプロパン	0
NMIJ CRM 4039-a	1, 4-ジクロロベンゼン	2
NMIJ CRM 4040-b	アクリロニトリル	10
NMIJ CRM 4051-b	メタン	2
NMIJ CRM 4052-b	プロパン	1
NMIJ CRM 4054-a	アセトアルデヒド	19
NMIJ CRM 4055-a	スチレン	3
NMIJ CRM 4056-a	ペルフルオロオクタン酸	2
NMIJ CRM 4202-a	*p,p'*-DDE 標準液	0
NMIJ CRM 4203-a	γ-HCH 標準液	0
NMIJ CRM 4206-a	PCB28標準液	0
NMIJ CRM 4207-a	PCB153標準液	0
NMIJ CRM 4208-a	PCB170標準液	0
NMIJ CRM 4209-a	PCB194標準液	0
NMIJ CRM 4210-a	PCB70標準液	0
NMIJ CRM 4211-a	PCB105標準液	0
NMIJ CRM 4213-a	ベンゾ[a]ピレン標準液	3
NMIJ CRM 4214-a	*p,p'*-DDT, *p,p'*-DDE, γ-HCH 混合標準液	0
NMIJ CRM 4215-a	燃料中硫黄分分析用標準液	0
NMIJ RM 4216-a	トルエン（燃料中硫黄分分析用-ブランク）	0
NMIJ CRM 4217-a	燃料中硫黄分分析用標準液-高濃度	1
NMIJ CRM 4220-a	ペルフルオロオクタンスルホン酸カリウム標準液（メタノール溶液）	2
NMIJ CRM 4403-a	SF_6・CF_4混合標準ガス（窒素希釈、排出レベル）	0
NMIJ CRM 4404-a	SF_6・CF_4混合標準ガス（窒素希釈、濃度0.5 %）	0
NMIJ CRM 4405-a	C_2F_6・CF_4混合標準ガス（窒素希釈、濃度0.5 %）	0

識別記号	名　　称	頒　布　数
NMIJ CRM 4406-a	SF_6・C_2F_6・CF_4混合標準ガス（窒素希釈、濃度0.5 %）	0
NMIJ CRM 5001-a	ポリスチレン2400	3
NMIJ CRM 5002-a	ポリスチレン500	28
NMIJ CRM 5004-a	ポリスチレン1000	24
NMIJ CRM 5005-a	ポリエチレングリコール400	4
NMIJ CRM 5006-a	ポリエチレングリコール1000	8
NMIJ CRM 5007-a	ポリエチレングリコール1500	3
NMIJ CRM 5008-a	ポリスチレン（多分散）	1
NMIJ RM 5009-a	ポリスチレン8500	2
NMIJ CRM 5010-a	ポリエチレングリコールノニルフェニルエーテル	0
NMIJ CRM 5101-a	しゅう酸塩 pH 標準液	0
NMIJ CRM 5102-a	フタル酸塩 pH 標準液	0
NMIJ CRM 5103-a	中性りん酸塩 pH 標準液	0
NMIJ CRM 5104-a	りん酸塩 pH 標準液	0
NMIJ CRM 5105-a	ほう酸塩 pH 標準液	0
NMIJ CRM 5106-a	炭酸塩 pH 標準液	0
NMIJ CRM 5202-a	SiO_2／Si 多層膜標準物質	3
NMIJ CRM 5203-a	GaAs／AlAs 超格子	1
NMIJ CRM 5401-a	シクロヘキサン（熱分析用標準物質）	9
NMIJ CRM 5502-a	動的粘弾性（PVC）	2
NMIJ CRM 5503-a	動的粘弾性（PMMA）	9
NMIJ CRM 5504-a	動的粘弾性（PE-UHMW）	2
NMIJ CRM 5505-a	動的粘弾性（PEEK）	5
NMIJ CRM 5506-a	シャルピー衝撃試験（PVC）	6
NMIJ CRM 5507-a	シャルピー衝撃試験（PMMA）	4
NMIJ CRM 5601-a	陽電子寿命による超微細空孔測定用石英ガラス	1
NMIJ CRM 5602-a	陽電子寿命による超微細空孔測定用ポリカーボネート	1
NMIJ CRM 5603-a	低エネルギーひ素イオン注入けい素（レベル：3×10^{15} atoms/cm^2）	0
NMIJ CRM 5604-a	低エネルギーひ素イオン注入けい素（レベル：6×10^{14} atoms/cm^2）	0
NMIJ CRM 5701-a	ポリスチレンラテックス ナノ粒子（120 nm）	3
NMIJ CRM 6001-a	コレステロール	5
NMIJ CRM 6002-a	テストステロン	0
NMIJ CRM 6003-a	プロゲステロン	0
NMIJ CRM 6004-a	17β-エストラジオール	8
NMIJ CRM 6005-a	クレアチニン	0
NMIJ CRM 6006-a	尿素	2
NMIJ CRM 6007-a	ヒドロコルチゾン	0
NMIJ CRM 6008-a	尿酸	2
NMIJ CRM 6009-a	トリオレイン	1
NMIJ CRM 6011-a	L-アラニン	4
NMIJ CRM 6012-a	L-ロイシン	3
NMIJ CRM 6013-a	L-イソロイシン	3
NMIJ CRM 6014-a	L-フェニルアラニン	1
NMIJ CRM 6015-a	L-バリン	7
NMIJ CRM 6016-a	L-プロリン	0
NMIJ CRM 6017-a	L-アルギニン	2
NMIJ CRM 6018-a	L-リシン一塩酸塩	2
NMIJ CRM 6022-a	グリシン	0
NMIJ CRM 6026-a	L-グルタミン酸	0
NMIJ CRM 6027-a	L-アスパラギン酸	0
NMIJ CRM 6201-b	C反応性蛋白溶液	5
NMIJ CRM 6203-a	定量分析用デオキシリボ核酸（DNA）水溶液	5
NMIJ CRM 6401-b	コルチゾール分析用ヒト血清（4濃度レベル）	2

識別記号	名　　称	頒布数
NMIJ CRM 6901-a	C-ペプチド	1
NMIJ CRM 7202-b	河川水（微量元素分析用 添加）	70
NMIJ CRM 7302-a	海底質（有害金属分析用）	5
NMIJ CRM 7303-a	湖底質（有害金属分析用）	8
NMIJ CRM 7304-a	海底質（ポリクロロビフェニル、塩素系農薬類分析用－高濃度）	2
NMIJ CRM 7305-a	海底質（ポリクロロビフェニル、塩素系農薬類分析用－低濃度）	1
NMIJ CRM 7307-a	湖底質（多環芳香族炭化水素分類分析用）	2
NMIJ CRM 7308-a	トンネル粉じん（多環芳香族炭化水素分析用・有害元素分析用）	4
NMIJ CRM 7401-a	サメ肝油（塩素系農薬類分析用）	0
NMIJ CRM 7402-a	タラ魚肉粉末標準物質（微量元素・アルセノベタイン・メチル水銀分析用）	31
NMIJ CRM 7403-a	メカジキ魚肉粉末（微量元素・アルセノベタイン・メチル水銀分析用）	18
NMIJ CRM 7404-a	スズキ魚肉粉末(有機汚染物質分析用)	0
NMIJ CRM 7405-a	ひじき粉末（微量元素・ひ素化合物分析用）	30
NMIJ CRM 7501-a	白米粉末（微量元素分析用 Cd 濃度レベルⅠ）	48
NMIJ CRM 7502-a	白米粉末（微量元素分析用 Cd 濃度レベルⅡ）	48
NMIJ CRM 7503-a	白米粉末（ひ素化合物・微量元素分析用）	110
NMIJ CRM 7504-a	玄米粉末(残留農薬分析用)	3
NMIJ CRM 7505-a	茶葉粉末（微量元素分析用）	6
NMIJ CRM 7507-a	ネギ粉末（残留農薬分析用）	2
NMIJ CRM 7508-a	キャベツ粉末（残留農薬分析用）	11
NMIJ CRM 7510-a	リンゴ粉末（残留農薬分析用）	1
NMIJ CRM 7511-a	大豆粉末（微量元素分析用）	6
NMIJ CRM 7512-a	ミルク粉末（微量元素分析用）	0
NMIJ CRM 7531-a	玄米粉末（カドミウム分析用）	74
NMIJ CRM 7541-a	玄米（放射性セシウム分析用）	150
NMIJ CRM 7901-a	アルセノベタイン水溶液	26
NMIJ CRM 7902-a	絶縁油（ポリクロロビフェニル分析用－高濃度）	2
NMIJ CRM 7903-a	絶縁油（ポリクロロビフェニル分析用－低濃度）	1
NMIJ CRM 7904-a	重油（ポリクロロビフェニル分析用）	0
NMIJ CRM 7905-a	重油（ポリクロロビフェニル分析用－ブランク）	0
NMIJ CRM 7906-a	ポリクロロビフェニル混合標準液（KC 混合物ノナン溶液）	1
NMIJ CRM 7912-a	ひ酸［As(V)］水溶液	45
NMIJ CRM 7913-a	ジメチルアルシン酸水溶液	43
NMIJ CRM 8001-a	ファインセラミックス用炭化けい素微粉末（α型）	16
NMIJ CRM 8002-a	ファインセラミックス用炭化けい素微粉末（β型）	10
NMIJ CRM 8003-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末（直接窒化合成） Ⅰ	7
NMIJ CRM 8004-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末（直接窒化合成） Ⅱ	23
NMIJ CRM 8005-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末（イミド分解合成）	3
NMIJ CRM 8006-a	ファインセラミックス用アルミナ微粉末（低純度）	4
NMIJ CRM 8007-a	ファインセラミックス用アルミナ微粉末（高純度）	4
NMIJ CRM 8102-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット（Cd, Cr, Pb；低濃度）	10
NMIJ CRM 8103-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット（Cd, Cr, Pb；高濃度）	1
NMIJ CRM 8105-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク（Cd, Cr, Pb；低濃度）	8
NMIJ CRM 8106-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク（Cd, Cr, Pb；高濃度）	9
NMIJ CRM 8108-b	臭素系難燃剤含有ポリスチレン	30
NMIJ CRM 8109-a	臭素系難燃剤含有ポリ塩化ビニル	6
NMIJ CRM 8110-a	臭素系難燃剤含有ポリスチレン（高濃度）	18
NMIJ CRM 8112-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット（Cd, Cr, Hg, Pb；低濃度）	8
NMIJ CRM 8113-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット（Cd, Cr, Hg, Pb；高濃度）	9
NMIJ CRM 8115-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク（Cd, Cr, Hg, Pb；低濃度）	28
NMIJ CRM 8116-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク（Cd, Cr, Hg, Pb；高濃度）	11
NMIJ CRM 8123-a	重金属分析用 PVC 樹脂ペレット(Cd, Cr, Hg, Pb; 高濃度)	11
NMIJ CRM 8133-a	重金属分析用 PP 樹脂ペレット（Cd, Cr, Hg, Pb；高濃度）	5

識別記号	名　　称	頒　布　数
NMIJ CRM 8136-a	重金属分析用 PP 樹脂ディスク(Cd, Cr, Hg, Pb；高濃度)	22
NMIJ CRM 8151-a	ポリプロピレン（フタル酸エステル類分析用）	9
NMIJ CRM 8202-a	鉛フリーはんだチップ（Sn96.5Ag3Cu0.5）（Pb 低濃度）	4
NMIJ CRM 8203-a	鉛フリーはんだチップ（Sn96.5Ag3Cu0.5）（Pb 高濃度）	2
NMIJ CRM 8301-a	バイオエタノール	0
化学系標準物質計		1,450
NMIJ RM1101-a-1	熱膨張率標準物質（単結晶シリコン）　形状：1	6
NMIJ RM1101-a-2	熱膨張率標準物質（単結晶シリコン）　形状：2	0
NMIJ RM1102-a-1	熱膨張率標準物質（ガラス状炭素）　形状：1	0
NMIJ RM1102-a-2	熱膨張率標準物質（ガラス状炭素）　形状：2	2
NMIJ RM1104-a	熱膨張率標準物質（ガラス状炭素）	2
NMIJ RM1301-a	熱拡散時間標準薄膜（窒化チタン薄膜／石英ガラス基板）	1
NMIJ RM1401-a	熱伝導率標準物質(等方性黒鉛)	1
NMIJ CRM5803-a-1	熱膨張率測定用単結晶シリコン（低温用）：形状１	1
NMIJ CRM5803-a-2	熱膨張率測定用単結晶シリコン（低温用）：形状２	0
NMIJ CRM5804-a	熱拡散率測定用等方性黒鉛	12
NMIJ CRM5806-a	比熱容量測定用単結晶シリコン（低温用）	2
物理系標準物質計		27
合　　計		1,477

③外国出張・招へい、協力協定、国際比較

外国出張

出張件数	出張先国	出張目的
180件	フランス	国際度量衡総会 国際度量衡委員会 国際度量衡委員会諮問委員会 国際法定計量委員会 アジア太平洋計量計画 アジア太平洋法定計量フォーラム 二国間比較 その他
	ニュージーランド	
	アメリカ	
	韓国	
	タイ	
	ドイツ	
	パプア・ニューギニア	
	中国	
	フィリピン	
	イギリス	
	トルコ	
	ルーマニア	
	イタリア	
	その他	

外国人招へい

件数	招へい国	招へい目的
9件	韓国（8件）	ピアレビュー　その他
	オーストラリア（1件）	

産総研技術研修による外国人の受入

分野	人数（人）	相手国
環境標準 電気標準第2	1 2	タイ
ガス標準	1	メキシコ

JICA 予算による外国人の受入

0件

外国機関との研究協力覚書締結

0件

国際比較

分野　（BIPM）	件　数
時間・周波数	0
長さ	2
質量関連量	2
音響・超音波・振動	0
測温	1
物質量	4
測光・放射	1
放射線	2
電気・磁気	1
合計	13

④講習・教習

平成24年度計量教習実績

計量標準管理センター 計量研修センター

講習・教習名		対　象　者	期　　間		場　所	受講者数
一般計量教習	後　　期	計量士になろうとする者及び計量行政機関の職員	H24. 9.19～12.13	3月	つくば	30
一般計量特別教習		計量士になろうとする者及び計量行政機関の職員で一般計量教習を修了した者	H25. 1.10～ 3. 8	2月	つくば	26
環境計量特別教習	濃度関係		H25. 1.10～ 3. 1	7週間	つくば	3
	騒音・振動関係		H25. 3. 4～ 3.19	2.5週間	つくば	2
短期計量教習	第一回	計量行政機関等の職員	H24. 7.10～ 8. 7	1月	つくば	35
	第二回		H24. 8.20～ 9.14	1月	つくば	34
特定教習	計量検定所・計量検査所新任所長教習	都道府県及び特定市の新任所長	H24. 6. 4～ 6. 6	3日	つくば	28
	計量検定所・計量検査所幹部職員教習	都道府県及び特定市の幹部計量公務員	H24. 7.18～ 7.20	3日	つくば	12
	計量検定所・計量検査所新任計量職員教習	都道府県及び特定市の計量公務員	H24. 5. 7～ 5.11	1週間	つくば	17
	指定製造事業者制度教習	当該制度の検査に携わる都道府県等の職員	H24. 6.18～ 6.29	2週間	つくば	14
	環境計量証明事業制度教習	都道府県及び特定市の職員	H24. 5.21～ 6. 1	2週間	つくば	11
	技術教習　基準タンクの検査	都道府県及び特定市の計量公務員	H24.12.20～12.21	2日	つくば	22
	技術教習　非自動はかりの定期検査	質量計の定期検査業務に従事する都道府県・特定市の職員	H24. 9.24	1日	臨海	39
			H24.10.17	1日	福岡市	19
			H24.11. 1	1日	関西	31
特定計量証明事業管理者講習		当該事業の環境計量士（濃度関係）であって、ダイオキシン類の実務の経験一年以下等の者	H24.10.15～10.19	1週間	つくば	1
計量研修	計測における不確かさ研修（中･上級コース）	計量関係技術者	H24.12.13～12.14	2日	つくば	19
	非自動はかりの定期検査研修	質量計の定期検査業務に従事する指定定期検査機関職員及び代検査業務を行っている計量士	H24. 9.25	1日	臨海	34
			H24.11. 2	1日	関西	40
			H25. 2. 6	1日	広島市	25
	環境計量士（騒音・振動関係）スキルアップ研修（自動車騒音常時監視手法コース）	環境計量証明事業所に勤務する環境計量士	H25. 1.24～ 1.25	2日	つくば	16
環境計量講習	濃度関係	環境計量士の国家試験に合格した者であって、施行規則第51条（登録条件）の条件を満たさない者。登録しようとする区分に係る環境計量証明事業者等に属し、かつ、計量に関する実務に1年以上従事している方については、その実務経験が認められれば環境計量士として登録することが出来るので本講習を受講することは不要	H24. 7.10～ 7.13	各4日間	つくば	29
			H24. 7.24～ 7.27			30
			H24. 7.31～ 8. 3			29
			H24. 8.14～ 8.17			25
			H24. 8.21～ 8.24			29
			H24. 9.11～ 9.14			27
			H24. 9.25～ 9.28			20
			H24.10. 9～10.12			20
			H24.10.23～10.26			19
			H24.11.13～11.16			25
	騒音・振動関係		H24. 8. 6～ 8.10	1週間	つくば	27
			H24. 8.27～ 8.31			27
			H24.10. 1～10. 5			23
			H24.11. 5～11. 9			16
合　計　（人）						804

６）地質分野

（Geological Survey and Applied Geoscience）

---

①【研究統括・副研究統括・研究企画室】

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

研 究 統 括：佃　栄吉
副研究統括：矢野　雄策

概　要：

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

副研究統括は、研究統括の命を受けて、各研究分野における研究の推進に係る業務の企画及び立案に参画するとともに、各研究分野の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く。）を統括している。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。

地質分野研究企画室（Research Planning Office of Geological Survey and Applied Geoscience）

所在地：つくば中央第2、つくば中央第7
人　員：7名（6名）
概　要：

当研究企画室は、独立行政法人産業技術総合研究所組織規程第10条及び組織規則第7条の規定に基づき、研究所の業務のうち、地質分野における研究の推進に関する業務を行っている。具体的には以下のとおり。

１．分野の運営に関する業務
２．原課及びその他関連機関への対応
３．学会、業界、企業等の外部機関との連携促進に関する業務
４．国際案件に関する業務
５．地震・火山噴火等の自然災害に対する緊急対応
６．研究統括及び副研究統括の支援

そして、これら業務の結果として地質分野における傑出した研究成果の創出、知的基盤としての地質情報整備、外部研究資金獲得の増加、所内外そして海外での産総研地質分野の存在アピール向上に貢献している。

１．については、研究戦略や予算編成等の、分野の基本方針の策定、年度計画・年度実績の取りまとめ、及び分野融合プロジェクトの企画並びに総合調整を行っている。

２．については、経済産業省等の省庁原課との連携調整に関する業務全般、視察への対応等を行っている。

３．については、関連する業界団体との定期懇談会やシンポジウムの開催、オープンラボ出展の取りまとめを行う等、外部機関との積極的な連携の強化を図っている。

４．については、地質調査総合センター（GSJ）としての MOU 締結等の海外地質調査所や地球科学研究機関との連携に関する業務、海外からの研修生の受け入れ、その他国際機関や国際会議への対応等、分野の国際活動を推進している。

５．については、地質分野に関係する自然災害に備えた緊急連絡体制の整備を行い、災害発生に際しては社会的要請に応じて緊急調査の実施及び成果の発信に係る業務を行う。なお、平成24年度においては、前年度に引き続き東北地方太平洋沖地震対応として、各研究ユニットとの連携のもと、現地調査のための研究者の派遣やマスコミ対応に関する支援、ホームページを通じた情報発信等を実施した。

機構図（2013/3/31現在）

［地質分野研究企画室］
　研究企画室長　　伊藤　順一　　他

②【活断層・地震研究センター】

（Active Fault and Earthquake Research Center）
（存続期間：2009.4～）

研 究 セ ン タ ー 長：岡村　行信
副研究センター長：桑原　保人
総 括 研 究 主 幹：杉山　雄一
総 括 研 究 主 幹：小泉　尚嗣

所在地：つくば中央第七
人　員：30名（30名）
経　費：2,372,474千円（1,113,303千円）

概　要：

活断層・地震研究センターは、活断層評価の高度化、海溝型地震評価の高度化、地震災害評価の高度化をミッションとする研究ユニットとして 2009年4月に設置された。その特徴は、地形・地質学に重点を置いた過去の地震活動を解明する研究を実施するとともに、地球物理学的な地震発生メカニズムに関する調査研究も融合させ、広い視点からの研究を展開することにある。今までに、活断層に関しては、活動履歴や地震規模を解明するためのトレンチ調査をはじめとする野外調査や将来の活動を予測するための物理モデルの構築など、海溝型地震に関しては、過去の巨大津波の規模と履歴を明らかにするための津波堆積物調査や東海・東南海・南海地震を予測するための深部滑りの観測と解析など、地震災害の予測に関しては、地震発生時の地盤変形や地震動を予

測するモデルの構築などを進めてきた。

設立2年目の末に当たる2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震が発生した。地震後、多くの地震研究者が想定外の地震と発言する中で、産業技術総合研究所が地震発生前から行っていた津波堆積物調査に基づいた過去の巨大津波を復元する研究が注目され、地質学に基づいた地震研究の重要性が広く認識されることとなった。そのため、第3次補正予算によって、地質学に基づいた地震研究を加速するための予算が配分され、津波堆積物調査や活断層調査を、規模を拡大して実施した。津波堆積物については下北半島から仙台湾、茨城県、房総半島、東海地方から近畿地方まで、多くの地点で重要なデータを取得した。また、関東地方とその周辺域の活断層についても、有益なデータ収集と解析ができた。これらのデータは今後解析を進めて公表する予定である。また、南海トラフ沿いの深部すべりの観測施設も2カ所を増設することができ、今後の観測精度の向上が期待される。

一方、地質分野全体の協力によって進められている政策課題「沿岸域地質・活断層調査」では、石狩平野南部の沿岸海域における海陸のシームレス地質情報の整備を進めた。また、産総研内の競争的資金である戦略予算についても、2つの課題が認められ産総研内の地質分野以外の研究ユニットや産総研外の研究機関との共同研究を実施した。

外部予算は、文部科学省、京都大学、東京大学、九州大学、科学技術振興機構、(株)大崎総合研究所、原子力安全基盤機構、日本学術振興会からの14件の課題について獲得し、陸域及び海域の活断層調査や地震災害予測のための研究・調査を実施した。

東北地方太平洋地震後に急増したマスコミからの取材や講演・原稿の依頼は徐々に落ち着いてきたが、興味の対象が活断層や地震・津波研究全般に広がってきており、依然として関心が高い。取材や講演など要望に対してはできるだけ対応し、社会への情報提供と研究成果の普及に努めた。また、研究及び調査の成果は学会及び学術雑誌上で積極的に公表したほか、産総研のウェブページ、ニュースをはじめ、各種の媒体を通して速やかに発信した。また、「活断層・古地震研究報告」第12号を編集・刊行するとともに、当センターの研究活動の広報のため、ウェブページの運営、センターニュースの発行・配布を行った。

内部資金：
イノベーション推進本部予算（裁量）「地震・火山噴火のリスク対策に関する国際標準化」

重点研究加速予算（戦略予算）「南海・東南海地震の前兆現象検出精度向上のための共同研究」

融合・連携推進予算（戦略予算）「地震・津波等の次世代リスク評価シミュレーション技術の構築」

外部資金：
文部科学省　受託研究費「活断層の補完調査」

文部科学省　受託研究費「沿岸海域における活断層調査」

京都大学防災研究所　財団等受託研究費「上町断層帯における重点的な調査研究」

九州大学　財団等受託研究費「警固断層帯（南東部）における重点的な調査観測」

防災科学技術研究所　財団等受託研究費「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究　海域活構造の地形地質調査」

東京大学地震研究所　財団等受託研究費「東北地方太平洋沖で発生する地震・津波の調査観測」

科学技術振興機構　財団等受託研究費「鉱山での地震被害低減のための観測研究　震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性の研究」

㈱大崎総合研究所　財団等受託研究費「動力学シミュレーションにおける傾斜逆断層の解析的検討」

原子力安全基盤機構　請負研究費「平成24年度 柏崎深部地震動観測サイト周辺の地震・GPS 観測網の保守（その1)」

原子力安全基盤機構　請負研究費「平成24年度 柏崎深部地震動観測サイト周辺の地震・GPS 観測網の保守（その2)」

日本学術振興会　科学研究費補助金「巨大地震断層の力学的・水理学的特性の解明」

日本学術振興会　科学研究費補助金「南海トラフにおける未知の巨大津波に関する地形・地質学的研究」

日本学術振興会　科学研究費補助金「非火山性深部低周波微動の波動特性を利用したメカニズム解決定と微動発生機構の解明」

日本学術振興会　科学研究費補助金「石垣島・宮古島の津波堆積物の調査－巨大地震を繰り返す琉球海溝沈み込

み」

発　表：誌上発表39件、口頭発表158件、その他60件

活断層評価研究チーム

（Active Fault Evaluation Team）

研究チーム長：吉岡　敏和

概　要：

活断層の過去の活動を把握し、将来の活動を予測するための調査・研究を行う。国の地震調査研究推進本部が選定した「基盤的調査観測の対象活断層」等の重要活断層について、位置・形状、活動度、最新活動時期、活動間隔などを明らかにするための調査・研究を行った。調査の方法は、地形地質調査、トレンチ調査、ボーリング調査、海域活断層の音波探査などで、調査結果は、既存の文献資料とともに活断層データベースとして整理し、インターネット上で公開している。また、活断層の評価手法の高度化のため、連動型地震の予測手法に関する研究、最近の地震断層に関する詳細な研究、孤立した短い活断層の研究も併せて行った。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目９、テーマ題目13、テーマ題目15、テーマ題目18、テーマ題目20、テーマ題目21

地震発生機構研究チーム

（Seismogenic Process Research Team）

研究チーム長：桑原　保人

概　要：

本研究チームでは、地質学的調査を主体とした履歴情報に加え、地殻活動のモニタリング、モデリングといった地球物理学的な研究から得られる地下の深部構造、応力情報等を融合させることにより、物理モデルに基づく内陸地震および海溝型地震の予測技術の開発を目指す。本年度は主に糸魚川－静岡構造断層帯をターゲットに広域の応力場が説明できるよう陸と海のプレートの形状と相互作用を取り入れた現実的なモデルを作成し、また、地震破壊の連動を予測するためのコンピュータシミュレーション技術の改良手法を検討した。南海トラフの深部構造・応力状態解明のための地震観測を継続し、深部低周波微動のメカニズム解の空間変化を把握した。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目２、テーマ題目５、テーマ題目６、テーマ題目９、テーマ題目12、テーマ題目15、テーマ題目16、テーマ題目17、テーマ題目20、テーマ題目25、テーマ題目29

地震素過程研究チーム

（Laboratory Seismology Research Team）

研究チーム長：増田　幸治

概　要：

シミュレーションによる地震発生予測精度の向上に資するため、断層深部における塑性変形から摩擦滑りに遷移する構成則の提案につながるような、深部における変形プロセス解明を目指す。断層破砕帯の変形過程解明のための詳細な構造地質学的解析、地殻深部の高温高圧環境を実現できる実験装置を使用した変形・破壊実験等を行った。過去に地下深部にあって現在地表に露出している岩石を地質学的に調べて、地下深部における岩石の変形機構と過去の応力状態を明らかにした。実験室で高温高圧の地下深部環境を作り出して、地下深部で起こっているすべり現象を再現することで、地震発生の場での断層や岩石の変形様式の解明に取り組んだ。さらに、断層周辺の応力状態と地震切迫度の関係を示すモデル構築のために、室内 AE 実験によって基礎データを取得した。

研究テーマ：テーマ題目３、テーマ題目５、テーマ題目９、テーマ題目24、テーマ題目27

地震地下水研究チーム

（Tectono-Hydrology Research Team）

研究チーム長：松本　則夫

概　要：

国の東海地震予知事業および地震調査研究業務を分担し、地殻活動と地下水変動の関係を解明するために、地下水等の観測・研究業務を行っており、地震に関連する地下水変化における日本の中核的研究チームである。東海・近畿・四国地域を中心に、全国に50以上の観測点を展開し、地下水の水位・自噴量・水温等の観測とともに、一部の観測点では、歪・GPS・傾斜計等による地殻変動や地震の同時観測も行っている。これは、地震予知研究のための地下水観測網としては質・量において世界有数のものである。観測データは電話回線等を通じて当チームに送信され、それらのデータを用いて地下水等の変動メカニズム解明のための研究と、深部ゆっくりすべりや深部低周波微動のモニタリングを行なっている。特に重要なデータは気象庁にもリアルタイムで送られて東海地震予知のための監視データとなっている。観測結果は、解析手法とともにホームページを通じてデータベースとして公開しており（http://riodb02.ibase.aist.go.jp/gxwell/GSJ/index. shtml）、地震防災対策強化地域判定会（東海地震の予知判定を行う気象庁長官の諮問機関）・地震予知連絡会・地震調査委員会にデータを報告・説明している。平成24年度は、産総研の歪データと防災科研の高感度加速度計（傾斜計）データに加え、産総研の地下水データおよび気象庁の歪データを統合した解析を開始し、東海・東南海・南海地震のプレート境界の短期的ゆっくりすべりを高精度で信頼性が高いモニタリングが可能となったことが特筆すべき成果である。

研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目４、テーマ題目５、テーマ題目６、テーマ題目12、テーマ題目15、テーマ題目16

海溝型地震履歴研究チーム

（ Subduction Zone Paleoearthquake Research Team）

研究チーム長：宍倉　正展

概　要：

くり返し発生する海溝型地震の中でもまれに巨大化し、異常に大きな津波を伴って甚大な被害をもたらすことがある。2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）は、まさにその典型例であった。このような巨大地震は、津波や地殻変動の痕跡を地層や地形に残すことが知られていることから、本研究チームでは沿岸域での低地や湖沼の堆積物調査、生物遺骸群集や離水海岸地形の調査などを実施し、過去の海溝型巨大地震の履歴解明のための研究を行っている。さらに、これらの調査で明らかになった津波堆積物の分布域や地殻変動量などの観察事実について、定量的に説明できる断層・津波波源モデルを構築するため、津波及び地殻変動シミュレーションなどの検討を行い、過去に発生した海溝型巨大地震像の復元と将来の巨大津波の予測のための研究を実施した。

研究テーマ：テーマ題目6、テーマ題目12、テーマ題目15、テーマ題目21、テーマ題目26、テーマ題目28

地震災害予測研究チーム

（Earthquake Hazard Assessment Team）

研究チーム長：阿部　信太郎

概　要：

地震による被害軽減に資することを目指して、主に地震時の断層変位による表層地盤の変形予測手法に関する研究を行った。本研究においては深谷断層および綾瀬川断層を検討対象として、反射法地震探査、ボーリング調査等を実施し、地盤の力学的特性も含めて地下構造データの充実を図った。これらに基づき地震発生層レベルの深度を対象として実施した拡張有限要素法コードを用いた断層滑りシミュレーションの結果を浅層地盤の物性を考慮した有限要素モデルに受け渡すことにより表層地盤の変形を予測する深部と浅部の連結解析手法の開発に取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目８、テーマ題目13、テーマ題目15、テーマ題目16、テーマ題目17、テーマ題目19、テーマ題目20、テーマ題目22、テーマ題目26

［テーマ題目１］活断層評価の研究

［研究代表者］吉岡　敏和（活断層評価研究チーム）

［研究担当者］吉岡　敏和、吾妻　崇、宮下　由香里、丸山　正、近藤　久雄、楮原　京子、長　郁夫、村上　文敏、谷口　薫、宮本　富士香、中井　未里

（常勤職員7名、他4名）

［研 究 内 容］

活断層評価の高精度化および評価手法の高度化を図るため、日本およびトルコ共和国の活断層について、古地震調査を実施した。短い活断層から発生する地震の評価手法開発のため、活断層の長さの精査ならびに地質図との比較を行った。また断層破砕物質を用いて活断層の活動性を評価するための研究についても、試料の採取や分析を進めた。

調査結果の普及と有効活用の目的ですでに公開中の活断層データベースについては、外部クラウドへの移行に対応するための準備作業を行うとともに、画面を見やすくするためのレイアウト等の修正作業を行った。

１）内陸および沿岸海域の活断層調査

北アナトリア断層系で追加の古地震調査を実施し、最近2回の地震時変位量を復元した。また、糸魚川－静岡構造線活断層系中部において古地震調査を実施し、岡谷断層における最近4回の活動履歴を明らかにした。平成23年福島県浜通りの地震に伴う地震断層等のトレンチ調査を実施し、過去の活動時期を明らかにした。孤立した短い活断層については、データ精度の向上のため、空中写真判読のクロスチェックに基づく活断層の長さの精査ならびに5万分の１地質図幅との比較を行った。断層破砕物質を用いた断層活動性評価手法の一般化に向け、岩国断層帯、西山断層帯等の断層岩試料の鉱物化学分析を実施した。また、湯ノ岳断層のトレンチ調査を実施し、断層岩試料を採取した。

２）活断層データベースの整備

インターネット上で公開中の活断層データベースについては、平成25年度からの産総研公開データベースを外部クラウドへの移行に対応するための準備作業を行った。また、一部の断層位置の微修正を行うとともに、精度に関する注釈文を追記した。さらに、画面を見やすくするためのレイアウト等の修正作業を行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］活断層、地震、古地震、活動性、評価、情報、データベース、インターネット

［テーマ題目２］地震発生の物理モデルに関する研究

［研究代表者］桑原　保人（地震発生機構研究チーム）

［研究担当者］長　郁夫、加瀬　祐子、桑原　保人、今西　和俊、木口　努、中井　未里、武田　直人、松下　レイケン

（常勤職員5名、他3名）

［研 究 内 容］

本研究では、大地震の発生予測精度の向上のため、モ

ニタリングと物理モデルに基づいた予測手法を開発することを目的とする。活断層で発生する大地震については、主に糸魚川− 静岡構造線断層帯（以下、糸静線）をターゲットに、断層の深部構造や応力状態のモニタリング結果を取り入れ、地震の発生時期と破壊の連動性の予測を行う。そのために必要な研究開発要素は、1)糸静線の深部構造モデル、2)糸静線の応力状態の把握、3）複雑な断層形状での3次元動的断層破壊のシミュレーション技術、4）粘弾性3次元不規則構造モデルでの地震発生サイクルシミュレーション技術、である。また、その他の重要な断層について、周辺の応力場を明らかにする。

海溝型巨大地震については、東南海・南海地震の発生予測精度の向上のために、沈み込み帯の深部低周波地震発生域の応力状態モニタリング手法を開発する。研究開発要素は、広い帯域の地震計3次元アレイ観測システムの展開と解析による、深部低周波地震の物理モデルの構築、それによる応力状態推定手法の開発である。将来的には東南海・南海地震の発生シミュレーターに上記観測結果を取り込んだ予測手法に発展させる。

1）糸魚川－静岡構造線での地震発生シミュレーターの開発

物理モデルに基づく糸魚川－静岡構造線断層帯を含む内陸活断層の活動のシミュレーターについては、これまでの全国の粘弾性地殻構造をモデル化し、東西圧縮に加え、伊豆の衝突等の影響を取り入れた有限要素法シミュレーションモデルを開発した。本年度はさらに、活断層およびその深部のシアゾーンの影響を評価できるように有限要素ソフトウェアを改良し、地震の発生が可能なプログラムを作成した。以上の結果は論文、学会等で発表した。さらに、同断層帯で地震が発生した場合の地震規模を評価するため、地表を含まないという条件下で、異なる方向へ傾斜する複数の断層上の動的破壊伝播過程を計算する手法を開発した。

2）重要断層の応力場評価

関東平野北西縁（KHNW）断層帯、立川断層帯周辺で発生する深さ25km 以浅の極微小地震のメカニズム解を約500個決定し、KHNW 断層帯を境にメカニズム解の P 軸方位が急激に変化すること、立川断層帯周辺の応力場は同断層帯を逆断層として動かしやすい方向になっている等の結果を得た。また、2011年東北地方太平洋沖地震以後に正断層タイプの地震活動が活発になった茨城・千葉県境付近で臨時地震観測を実施し、震源の深さが概ね15-20km であることを明らかにした。これらの結果は学会等で発表した。

3）東海・東南海・南海地震の予測精度向上のための物理モデル構築

深部低周波微動の物理モデルを明らかにするため、紀伊半島にある産総研・飯高観測点周辺で38台の高感度地震計と3台の広帯域地震計からなるアレイ観測を継続している。これらのデータの予備的な解析を実施し、微動震源が数分の時間で徐々に移動していく様子を捉えられることを確認した。また、微動のメカニズム解を精度よく推定する目的で、松阪飯高観測点周辺の4地点に高感度地震計を新たに設置し、データ蓄積を開始した。

4）地震地下水観測維持費（地震）

産総研の保有する地下水モニタリング施設のうち5カ所と東南海・南海地震予測のための観測網のうち地震計に関わるシステムの観測維持とデータの整理を行った。結果は随時、地震予知連絡会等で公表した。

［分　野　名］地質

［キーワード］地震発生物理モデル、動的破壊、深部構造、応力場、糸魚川－静岡構造線、南海トラフ

［テーマ題目３］地震素過程に関する研究

［研究代表者］増田　幸治（地震素過程研究チーム）

［研究担当者］増田　幸治、佐藤　隆司、重松　紀生、高橋　美紀、北島　弘子（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

シミュレーションによる地震発生予測精度の向上に重要な情報となる、断層深部における塑性変形から摩擦滑りに遷移する構成則の解明を目指した。運営費交付金によって実施。中央構造線のボーリングコアに含まれる断層岩を調べ過去の応力状態を見積もった。脆性-塑性遷移領域直上で被った差応力は100MPa 未満、脆性-塑性遷移領域直下で被った差応力は200MPa 程度であることが明らかになった。人工的な亀裂を持つ試料の破壊実験を行い、震源核形成過程における周期的封圧変動の影響を調べた。封圧変動に同期して震源核形成域の大きさが増減することを明らかにした。南海トラフ堆積物の三軸変形実験を行い、沈み込み初期段階における堆積物の圧密変形を評価した。南海トラフのプレート境界断層や分岐断層の浅部堆積物は水平方向の最大主応力の影響により圧密が進行し、脆性変形、破壊伝播、さらには津波を引き起こしやすい状態にあることがわかった。

［分　野　名］地質

［キーワード］中央構造線、脆性－塑性遷移、不安定すべり、三軸圧縮破壊実験、微小破壊、南海トラフ

［テーマ題目４］地下水等総合観測による地震予測精度向上に関する研究

［研究代表者］松本　則夫（地震地下水研究チーム）

［研究担当者］松本　則夫、小泉　尚嗣、高橋　誠、北川　有一、板場　智史、落　唯史、武田　直人、石川　有三、梅田　康弘（関西センター）、佐藤　努（地質情報研究部門、兼任）、

加納　靖之（京都大学）、
中村　衛（琉球大学）、
角森　史昭（東京大学）、
浅井　康広（東濃地震科学研究所）、
田阪　茂樹（岐阜大学）、
石井　紘（東濃地震科学研究所）、
大久保　慎人（東濃地震科学研究所）、
山本　明彦（愛媛大学）、
頼　文基（台湾国立成功大学）、
村瀬　雅之（日本大学）
（常勤職員6名、他14名）

［研 究 内 容］

本研究は、東海地震予知事業における地下水観測分野及び、「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について（建議）」（文科省測地学分科会、平成20年8月）の地下水等総合観測による研究に相当し、平成21年度より継続している。

平成24年度には、前兆的地下水位変化検出システムを引き続き東海地方で運用し、地下水等観測データを地震防災対策強化地域判定会等に報告した。プレート境界における深部すべりモデル推定手法を高度化し、さらに歪・傾斜・地下水の他に GPS データを統合できるように改良して伊豆半島におけるダイク貫入モデル推定を行った。活断層周辺の地下水等モニタリングを継続し、地震予知連絡会等に報告した。1946年南海地震前後の上下変動のメカニズムを明らかにするため、高知県須崎市で潮位を観測し、須崎港及び野見湾内の潮位変化の特性を把握した。また、紀伊半島における昭和南海地震前の証言調査を開始し、従来知られていなかった同地震前に地下水変化を生じた井戸を見つけ出し、水位観測を開始した。水文学的・地球化学的手法による地震予知研究についての第11回日台ワークショップを産総研で開催し、プロシーディングスを発行した。

［分　野　名］地質

［キーワード］地震予測、地下水、地殻変動、東海地震、南海地震、東南海地震、ダイク貫入モデル

［テーマ題目５］東南海・南海地震予測のための地下水等観測施設整備

［研究代表者］小泉　尚嗣
（活断層・地震研究センター）

［研究担当者］小泉　尚嗣、高橋　誠、松本　則夫、
北川　有一、板場　智史、梅田　康弘、
桑原　保人、今西　和俊、木口　努、
佐藤　隆司、武田　直人、佐藤　努（地質情報研究部門、兼任）、
山口　和雄（地質情報研究部門）、
高橋　浩（地質情報研究部門）、
森川　徳敏（地質情報研究部門）、
石井　紘（東濃地震科学研究所）、
大久　保慎人（東濃地震科学研究所）、
浅井　康広（東濃地震科学研究所）、
（常勤職員13名、他5名）

［研 究 内 容］

東南海・南海地震予測のために、産業技術総合研究所（産総研）は、平成18年度から、紀伊半島・四国周辺に地下水等総合観測施設の整備を行っている。平成24年度は、平成23年度補正予算（繰越）による施設整備費を用いて、愛媛県新居浜市と愛知県西尾市に観測点を整備するための工事を行い、新居浜市における観測点整備を完了した。また、既存の14観測点において災害等で8時間程度の停電が発生した場合にも観測が継続できるよう、観測機器の高度化をおこなった。さらに、産総研つくばセンターあるいは産総研関西センターのどちらかが地震等で被災したときも、基本的なデータ解析や気象庁へのデータ転送が行えるように、産総研関西センターにバックアップシステムを設置し大阪管区気象台へのデータ通信を常時行うと共に、新居浜市の観測点にデータ中継システムを新設した。

［分　野　名］地質

［キーワード］地震予測、地下水、地殻変動、東南海地震、南海地震

［テーマ題目６］明治・大正期の東アジア地震データ整備

［研究代表者］石川　有三（地震地下水研究チーム）

［研究担当者］石川　有三、小泉　尚嗣、桑原　保人、
松本　則夫（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

2011年東北地方太平洋沖地震や2010年のアイスランドでの噴火を契機として、大規模な自然災害は災害発生国だけでなく国際的な経済活動の混乱をもたらし、地震・火山噴火のリスク評価の国際標準化の必要性が再認識された。本課題では、我が国で得られた地震・火山のリスク評価手法の国際標準化を進めるため、宇津の地震カタログ、気象庁の震源カタログ、国際地震センター（ISC）と Global Earthquake Model（GEM）の震源カタログを再評価し、東アジア地域の地震のデータベース化を進めた。この研究では特に、明治、大正時代に中央気象台などが刊行した地震観測報告の数値のコンピュータ入力をすすめ、これまで決まっていた震源位置の再評価を行うとともに、震源の決められていなかった地震の震源を決めた。それによりデータが整理されていた明治40年代の地震については、震源位置が決められた地震数が宇津カタログのものよりおよそ10倍にもなった。また、台湾で過去に地震観測を行っていた観測点の位置を現地で GPS 測定を来ない、現在の世界測地系での緯度、経度を求めた。その結果、昔の測地系と現在の測地系では40秒もの差があることが判明し、今後、震源位置の再

決定を行う上で重要な情報となった。これらの成果は、平成23年度より開始した、アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスクマネジメント（G-EVER）の活動をサポートするものである。

［分　野　名］地質

［キーワード］地震、国際標準、アジア、太平洋、G-EVER

［テーマ題目７］海溝型地震の履歴と被害予測の研究

［研究代表者］宍倉　正展（海溝型地震履歴研究チーム）

［研究担当者］宍倉　正展、藤原　治、澤井　祐紀、行谷　佑一、谷川　晃一朗（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

海溝型地震は通常、数十年から百年程度のサイクルで発生するが、数百年から千年に1度、まれに巨大化することが近年の古地震調査によって知られ、2011年東北地方太平洋沖地震はその典型例である。本研究の目的は、海溝型巨大地震の履歴を解明すること、および過去の巨大地震に伴う津波や地殻変動を復元して地球物理学的検証から震源・波源の断層を推定することである。本年度は日本海溝沿いの北茨城沿岸において津波堆積物調査を実施した。3地点で合計5本の大型ジオスライサーによる柱状試料を採取した結果、過去複数回分の津波起源の可能性のある痕跡を検出した。

［分　野　名］地質

［キーワード］海溝型地震、津波、地殻変動、津波堆積物、断層モデル

［テーマ題目８］地震災害予測の高度化に関する研究

［研究代表者］阿部　信太郎（地震災害予測研究チーム）

［研究担当者］堀川　晴央、吉見　雅行、安藤　亮輔、木村　治夫、林田　拓己、関口　春子（京都大学）、吉田　邦一（地域地盤環境研究所）（常勤職員3名、他4名）

［研 究 内 容］

本研究では、地震被害軽減に資するよう地震動予測および断層運動に伴う地表変形に関する調査・研究を実施している。

深谷および綾瀬川断層を対象として反射法地震探査、地質層序確認のためのボーリング調査、取得されたコアを用いた物性試験を実施し地下構造データの充実を図った。これらに基づき地盤変形シミュレーションにおいては、深部断層形状を仮定し、拡張有限要素法コードを用いて断層滑りシミュレーションを行った。断層浅部についてはコアの物性試験結果に基づき地盤物性を考慮した有限要素モデルを生成し、深部におけるシミュレーションとの連結解析を行った。開発した粒子法コードについては断層進展解析を行い、既往の実験結果との比較により、その整合性を確認した。

また、茨城県北部地域と深谷断層帯南西部において航空レーザーによる詳細地形データを取得し、首都圏近郊の同種のデータ、既往地質図幅からディジタイズした堆積岩類の地層走向・傾斜、断層・褶曲分布とともにアーカイブ化した。

［分　野　名］地質

［キーワード］地盤変形予測、反射法地震探査、有限要素モデル、深谷断層、綾瀬川断層

［テーマ題目９］融合課題

［研究代表者］桑原　保人（活断層・地震研究センター）

［研究担当者］近藤　久雄、加瀬　祐子、桑原　保人、今西　和俊、長郁　夫、木口　努、重松　紀生、吾妻　崇、今西　和俊、道家　涼介（地層科学研究所）（常勤職員9名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究は、地震の発生・災害の予測に有効な研究の中で、特に、専門の異なる研究者が融合する事で研究の著しい進展が期待できる研究テーマとして、活断層の深部形状推定手法の開発と、地下深部の応力場と地表部の断層運動方向の整合性の把握を目標に、下記2テーマを実施した。

１）糸静活断層系・深部形状の解明

糸静活断層系北・中部の深部形状を推定するため、松本盆地東縁断層におけるトレンチ・ボーリング調査、および犀川丘陵周辺におけるボーリング掘削調査を実施した。松本盆地東縁断層のトレンチ調査では、最新活動に伴って形成された副断層と液状化痕を見いだすことができ、年代測定等の詳細な分析を実施中である。また、犀川丘陵周辺のボーリングでは、河成段丘面を構成する砂礫層から、段丘編年に資する火山ガラスを検出した。

２）応力逆解析と断層運動方向を利用した断層活動性評価手法の開発

断層における応力と断層の運動方向を検討するため、跡津川断層において、断層すべり方向のデータを地質調査により取得し、それを地震データの逆解析により得られる応力と比較した。断層の全体の走向に近い走向を示す区間では、断層の運動方向は、露頭における断層面の姿勢と応力から推定される剪断応力方向と平行である。一方、断層のジョグを形成している区間では、両者は平行ではない。断層の運動方向は、断層の屈曲などの形状の影響を受ける可能性がある。

［分　野　名］地質

［キーワード］融合研究、糸魚川－静岡構造線、断層深部形状、跡津川断層、断層運動方向、微

小地震、応力逆解析、断層面、条線

［テーマ題目10］地質調査データ情報の統合化

［研究代表者］岡村　行信
（活断層・地震研究センター）

［研究担当者］岡村　行信、
佐藤　智之（地質情報研究部門）、
荒井　晃作（地質情報研究部門）
（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

産業技術総合研究所が収集した日本周辺海域の反射法音波探査データのデータベース化のため、SEG-Y 形式の反射データと位置データを整理した上で、データの検索や測線図の作図が可能なシステムを構築してきた。そこに、伊豆諸島・小笠原諸島周辺海域の反射断面と位置データを、品質確認を行いながら追加した。さらに、反射断面をイメージ化し、Google Earth などでも位置情報を見ながら、反射断面を閲覧することも可能になった。

［分　野　名］地質

［キーワード］音波探査、日本周辺海域、データベース、海洋地質

［テーマ題目11］沿岸海域の地質構造調査

［研究代表者］岡村　行信
（活断層・地震研究センター）

［研究担当者］岡村　行信、佐藤　智之
（地質情報研究部門）（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

石狩低地東縁断層帯南部の海域延長部の構造を明らかにするため、ブーマーを音源とするマルチチャンネル音波探査を行った。その結果、この海域は5層の堆積層に区分でき、それらを変形させる2条の背斜を認定した。堆積層はオンラップとダウンラップを交互に示すことから、氷河性海水準変動に伴って形成された上部更新統および完新統と推定した。背斜はこれらの地層を変形させており、その変位速度は0.1m/ky のオーダーである。大陸棚には断層と考えられていた崖地形があるが、背斜軸の位置とは異なっており、崖の下には断層や褶曲が認められないことから、最終氷期最盛期以降に形成された堆積地形であることが明らかになった。

［分　野　名］地質

［キーワード］海底活断層、活褶曲、石狩低地、氷河性海水準変動、音波探査

［テーマ題目12］巨大地震・巨大火山噴火のリスク評価及び次世代火山災害予測システムの研究

［研究代表者］宝田　晋治（地質情報研究部門）

［研究担当者］石川　有三、桑原　保人、小泉　尚嗣、
高田　亮（地質情報研究部門）、
古川　竜太（地質情報研究部門）、
宝田　晋治（地質情報研究部門）
（常勤職員5名、他1名）

［研 究 内 容］

巨大地震のリスク評価のため、歴史地震を含むアジア太平洋地域の地震データベースを構築するため、過去の観測データをディジタル化し、震源パラメータの再決定を行うとともに、各国の歴史地震震源カタログを元に統一した広域のカタログに編集する作業を進めた。また、巨大火山噴火のリスク評価のため，インドネシアとの共同研究を行い、巨大噴火への準備過程と噴火直前の前兆現象の編集を行うとともに、将来巨大噴火を起こす可能性のある火山を、事例研究を行いながら抽出することを試みた。さらに、火山噴火履歴、火山データベース、シミュレーションを統合化した次世代型火山災害予測システム構築のため、これまでの GEO Grid 火山重力流システムを高度化させ、各種の火山データベースの参照機能を持ち、衛星画像等を背景に、世界各地の火山のシミュレーションが可能なプロトタイプを作成した。

［分　野　名］地質

［キーワード］巨大地震、巨大火山噴火、災害、リスク、アジア、太平洋

［テーマ題目13］23年度3次補正予算（複合地質リスク評価− 地震災害リスク）

［研究責任者］桑原　保人
（活断層・地震研究センター）

［研究担当者］近藤　久雄、丸山　正、吉岡　敏和、
堀川　晴央、山口　和雄（地質情報研究部門）、横倉　隆信（地質情報研究部門）、
伊藤　忍（地質情報研究部門）、
阿部　信太郎、吉見　雅行、竿本　英貴、
山本　直孝（地質情報研究部門）
（常勤職員10名、他1名）

［研 究 内 容］

2011年東北地方太平洋沖地震により日本列島の応力状態の変化によって、これまで活動度が低いと思われていた各地の断層等で誘発地震が多発している。ここでは、福島県浜通りの湯ノ岳断層と井戸沢断層、今後の活動の可能性が高くなった糸魚川－静岡構造線断層帯での活動履歴の解明、関東平野の伏在活断層（深谷・綾瀬川など）について、活動によって生じる地震動や地盤の変形についての評価のためのデータ整備、東日本一帯の精密地形データの整備を行う。

1）誘発地震発生域の活断層の活動履歴調査

糸静活断層系中部の岡谷断層および諏訪湖断層群において活動履歴を解明するため、トレンチ・ボーリング調査および群列ボーリング調査、諏訪湖周辺の詳細な数値標高モデル作成をおこなった。岡谷断層の郷田地点におけるトレンチ調査では、過去5回の活動時期を明らかにした。諏訪湖断層群の四賀桑原地点では、

沖積扇状地で実施した群列ボーリングにおいて、最新活動に伴って形成されたとみられる扇状地礫層の高度差を確認した。また、23年度に実施した井戸沢断層のトレンチ調査の結果を報告書にとりまとめた。

2）関東平野に伏在する活断層の構造調査

関東地域最大の活断層である関東平野北西縁断層帯を対象に、断層の存否および断層の浅部構造を調べることを目的として、埼玉県内にて反射法地震探査を実施した。測線は3本設定し、探査目標深度は1km 程度である。さいたま市見沼区から大宮区にかけての測線では変形が認められないなど、得られた結果は、同断層帯に対するこれまでの見解を大きく変えるものではないが、断層が伏在しているが位置は未詳である熊谷市東部に設定した測線では、断層運動に伴う変形構造を明瞭にイメージングできた。

3）関東平野に伏在する活断層のボーリング・土質調査

本年度は、関東平野に伏在する断層による下総層群の変動量を推定するため、群馬県設楽郡大泉町、埼玉県比企郡吉見町、埼玉県富士見市および埼玉県さいたま市見沼区にて150m のオールコアボーリングを実施し、詳細な土質柱状図の作成および年代試料を取得・分析した。また、全てのボーリング孔にて PS 検層、電気検層を実施した。さらに埼玉県さいたま市見沼区では全深度にわたって不攪乱試料を採取し、代表的な深度の砂層・シルト層の三軸圧縮試験を行い下総層群の変形特性データを取得した。また当該ボーリング孔の孔底と地表部に強震対応広帯域地震計を埋設した。

4）航空レーザー測量および変形モデリング

茨城県北部地域および深谷断層帯周辺にて航空レーザー計測を行い詳細地形データを取得した。また、航空レーザーデータのアーカイブシステムを構築し、国交省等で取得した。関東甲信越地域の既存航空レーザー計測データを収集し、新規取得データと併せてアーカイブした。さらに、立川断層帯、関東平野北西縁断層帯周辺の段丘面について、詳細地形データを用いた変動量推定解析を実施した。東北地域については、地質調査所以外で編纂された地質図から堆積層の走向・傾斜、断層、褶曲軸など変動地形にかかるデータを詳細にデジタイズし、基礎データとしてとりまとめた。

[分　野　名] 地質

[キーワード] 2011年東北地方太平洋沖地震、糸魚川-静岡構造線活断層系、岡谷断層、関東平野北西縁断層帯、深谷断層、誘発地震、活断層、変動地形、地質構造、活動履歴、反射法地震探査、ボーリング調査、PS 検層、電気検層、広帯域地震計、航空レーザー測量、数値標高データ

[テーマ題目14] 23年度3次補正予算（津波災害リスクの調査・研究）

[研究代表者] 岡村　行信
（活断層・地震研究センター）

[研究担当者] 澤井　祐紀、田村　亨（地質情報研究部門）、原　淳子（地質情報研究部門）、中島　礼（地質情報研究部門）、池原　研（地質情報研究部門）、宍倉　正展、藤原　治、行谷　佑一、石原　吉明（情報技術研究部門）、中村　良介（情報技術研究部門）、岩男　弘毅（地質調査情報センター）、岡村　行信、谷川　晃一朗、前杢　英明（広島大学）、越後　智雄（地域環境地盤研究所）、松永　恒雄（環境研究所）、石黒　聡士（環境研究所）、小熊　宏之（環境研究所）、山野　博哉（環境研究所）（常勤職員12名、他7名）

[研 究 内 容]

東北地方太平洋沖地震の後、東北地方以外の沿岸域でも巨大津波に襲われるのではないかという不安が広まり、津波堆積物調査に対する期待が高まった。そのような社会の期待に応えるために、長年にわたって津波堆積物調査を継続してきた産業技術総合研究所が、2011年度第3次補正予算を用いて津波堆積物調査を広域的に展開していくこととなった。対象地域は、東北地方、房総半島、静岡県、和歌山県などで、現地調査だけでなく、津波浸水計算を行うための過去の海岸地形データの作成や、浅海域の海底地形レーザー測量などを実施した。多くは調査が終わった段階で、具体的な解析は今後進めていく予定である。

1）東北地方における津波堆積物調査

仙台湾では東北地方太平洋沖地震前後の堆積物を比較するために50地点で、スミス・マッキンタイア採泥器、グラビティコアラー、バイブロコアラーを用いて堆積物を採取し、堆積物の化学分析、粒度分析、底生生物の分析などを行った。また、仙台平野では、最近まで池であった冒険広場において、3本のボーリングコアを採取し、西暦869年の貞観地震以降の津波堆積物の採取を試みた。

2）房総半島沿岸における古地震調査

房総半島の完新世の地震テクトニクスを明らかにするため、海岸沿いにおける50cm メッシュの微地形データを航空レーザー測量によって作成した。さらに、九十九里浜平野南部では、高精度の GPS を組み合わせて地下レーダーを用いた調査を行い、浜堤列の分布と浅部地下構造のイメージングから、少なくとも3回の隆起イベントによって階段状の地形が形成されていることが明らかになった。さらに20カ所でボーリングを行っており、今後年代測定によって房総半島の隆起イベントを解析する予定である。

3）静岡県沿岸の古地震・津波堆積物調査

南海トラフで発生する巨大地震・巨大津波の履歴と浸水範囲を解明するため、浜松平野、太田川低地、浮島が原で調査を行った。浜松では20カ所以上でジオスライサー及びボーリング調査を行い、過去約4000年間に形成された複数の津波堆積物を見いだした。太田川低地では、53カ所でボーリング調査を実施し、少なくとも7世紀以降に4枚の津波堆積物を見つけた。浮島が原では、15カ所で過去の地殻変動を明らかにするためのボーリング調査を行った。

4）紀伊半島南部における古津波調査

和歌山県串本町の橋杭岩で津波石の精密測量、また同町南部では津波堆積物の掘削調査を行った。橋杭岩では、その周辺に散在する巨礫の位置及び形状と海域を含む周辺域の詳細な地形を明らかにするため、地上型レーザースキャナーによる調査と深浅測量を行い、陸域で10cm、海域で2m のメッシュサイズで詳細な DTM を作成した。このデータによって、一つ一つの巨礫の形状が詳細に明らかになり、今後、津波による巨礫の挙動を詳しく計算する予定である。また、津波堆積物調査では、深度9m までのコアの観察から、約7300年前の K-Ah 火山灰の上に少なくとも12枚の津波堆積物が形成されていることを確認した。

5）津波計算用の明治時代以前の地形データ整備

津波堆積物の情報から過去の津波を数値的に再現するためには、現在の地形データから堤防や家屋などの構造物を取り除き、さらに当時の海岸線位置を復元した地形の数値データを作成する必要がある。そのため、既存のレーダー測量などのデータを収集して、海岸付近の0.1秒メッシュの標高データを作成し、そのデータから、1900年代初めの地形図を参考に、人工物や地形の改変を取り除く作業を行い、明治時代以前の数値地形データを作成しているところである。

6）航空機搭載型測深 LiDAR による浅海域細密地形データの整備

津波シミュレーションの信頼性を向上させるため、波打ち際から水深数十 m の浅海域での詳細な海底地形データを取得する目的で、海面下の地形測量が可能なレーザー測量装置を航空機に搭載し、測量を行った。北海道から東北地方、東海地方などを調査対象として計画したが、北海道など北日本の天候が不順であったため、一部の調査を翌年度に延期した。東海地方などでは、海底の鮮明な地形が得られた。

［分　野　名］地質

［キーワード］東北地方、仙台平野、房総半島、東海地方、浜松平野、太田川低地、浮島が原、紀伊半島、千島海溝、日本海溝、相模トラフ、南海トラフ、津波堆積物、海底堆積物、浜堤列、津波石、航空レーザー測量、地下レーダー、レーザー測量、津波シミュレーション、地殻変動、海岸古地形、高精度海底地形測量、環境変化

［テーマ題目15］地震・火山噴火のリスク対策に関する国際標準化

［研究代表者］石川　有三（地震地下水研究チーム）

［研究担当者］石川　有三、宝田　晋治（地質情報研究部門）、吾妻　崇、吉見　雅行、小泉　尚嗣、桑原　保人、高田　亮（地質情報研究部門）、古川　竜太（地質情報研究部門）（常勤職員7名、他1名）

［研 究 内 容］

2011年東北地方太平洋沖地震や2010年のアイスランドでの噴火を契機として、大規模な自然災害は災害発生国だけでなく国際的な経済活動の混乱をもたらし、地震・火山噴火のリスク評価の国際標準化の必要性が再認識された。本課題では、我が国で得られた地震・火山のリスク評価手法の国際標準化を進めるため、地震リスク評価に関しては Global Earthquake Model（GEM）等が進めている国際基準の調査を行い取りまとめた。また、過去の超巨大地震の発生履歴、世界の地震カタログ、活断層カタログ、過去の巨大噴火におけるインドネシアの事例、火山データベース、地震活動と火山噴火の同期性についても調査し取りまとめた。さらに、平成23年度より地質分野として開始した、アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスクマネジメント（G-EVER）の活動状況のレビューを行った。また、国内外の関連機関との連携を図るため、防災科学技術研究所、日本学術会議、IUGS、IUGG、AGU、COV、ニュージーランドの GNS Science、Massey 大学、Canterbury 大学、シンガポールの Earth Observatory of Singapore（EOS）について調査を行なった。

［分　野　名］地質

［キーワード］地震、火山噴火、リスク、国際標準、アジア、太平洋、G-EVER

［テーマ題目16］南海・東南海地震の前兆現象検出精度向上のための共同研究

［研究代表者］松本　則夫（地震地下水研究チーム）

［研究担当者］松本　則夫、小泉　尚嗣、桑原　保人、高橋　誠、今西　和俊、北川　有一、安藤　亮輔、板場　智史、落　唯史、武田　直人（常勤職員8名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究は、南海・東南海地震予測に資するために、深部すべり・深部低周波微動の分布や発生間隔の解析精度の向上を目標として、産総研・防災科研の歪・傾斜データを共有し、同すべりの高度な解析やメカニズム解明のために平成22年度から開始した。

平成24年度には、防災科研の傾斜データおよび産総研の多成分歪データに加え、産総研の地下水および気象庁

の多成分歪および体積歪計のデータを統合した深部すべり解析手法を開発し、実データによる深部すべりの解析を開始した。解析結果は、地震調査委員会・地震防災対策強化地域判定会等に報告した。水平歪センサー（4方向）で計算できる4組の水平歪に着目し、歪計データのみを用いた深部すべりの客観的な検出方法のプロトタイプを開発した。当該検出方法を紀伊半島の歪計に適用し、有効性を確認した。一昨年設置した3次元地震計アレイの観測を継続し、地震計アレイ直下での5回の微動イベントを詳細に観測し、アレイデータの結果を地図上に投影した。国土地理院の GPS データを用いて東海地域の長期的な深部ゆっくりすべりの前後におけるプレート固着の時間的な変化を推定し、東海地域では長期的ゆっくりすべり終了後に固着が回復していないことを明らかにした。産総研が整備した微動のカタログにより伝播特性を明らかにし、それを説明する基本的な物理モデルを構築し､シミュレーションを行うことで微動発生領域における断層のレオロジー特性とその不均質構造を推定し、国際誌に掲載した。

［分　野　名］地質

［キーワード］地震予測、歪、傾斜、地下水、深部ゆっくりすべり、深部低周波微動、東南海地震、南海地震、シミュレーション

［テーマ題目17］地震・津波等の次世代リスク評価シミュレーション技術の構築

［研究代表者］桑原　保人
（活断層・地震研究センター）

［研究担当者］桑原　保人、吉見　雅行、行谷　佑一、堀川　晴央、長谷川　功
（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究は、2011年東北地方太平洋沖地震を受け、地震の揺れと津波による産業施設の一次被害から、サプライチェーン被害等も含めた2次被害を、今後発生しうる大規模地震で的確に予測するための手法を開発するために、安全科学研究部門と共同で産総研融合・連携推進予算（戦略予算）によって昨年度より開始した。当研究センターでは、産業種別ごとの地震の周波数毎の揺れと津波に対するフラジリティカーブ作成および南海トラフの地震について、愛知県の周波数ごとの揺れと津波強度の推定を行なうことである。研究期間は H23年10月から H24年9月である。

本年度は、産業種別ごとのフラジリティカーブ作成に関しては、産業被害データを得るために福島県、宮城県の公設試と協力関係を構築し、両県の企業約3000社に被害調査アンケートを送付し約800社からの回答を得た。さらに、東北大学と清水建設（株）との協力関係を構築し、同大学、同社で収集した企業被害データを取得できることになった。これらの被害データと、産総研 QuiQuakeu システムによる東北沖地震の揺れ推定データを合わせ、予備的な産業フラジリティカーブを得た。揺れと津波に関しては、東北日本を中心に、周波数ごとの揺れ特性把握手法を検討し、4つの周波数帯での揺れの強度分布を得た。また宮城県を中心に既存の津波測定データをもとに、宮城県全域の高さ分布の補完データを作成し、津波流速の空間分布の計算も実行中である。今後、これらと上記被害データを合わせ、産業のフラジリティカーブを作成予定である。さらに、東海・東南海・南海地震について、各種の起こりうる地震を想定し、愛知県の周波数ごとの揺れと津波強度の計算を実行中である。

［分　野　名］地質

［キーワード］産業被害、東北地方太平洋沖地震、フラジリティーカーブ、揺れ、津波

［テーマ題目18］活断層の補完調査

［研究代表者］吉岡　敏和（活断層評価研究チーム）

［研究担当者］吉岡　敏和、吾妻　崇、粟田　泰夫、廣内　大助（信州大学）、杉戸　信彦（名古屋大学）
（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究は、地震調査研究推進本部が定めた基盤的調査観測対象断層帯にのうち、これまでの調査結果に基づく評価で将来活動確率が十分絞り込めなかった断層帯について補完調査を実施することを目的に、文部科学省からの委託を受けて行われたものである。

平成24年度の調査対象断層帯は、十勝平野断層帯（光地園断層帯）、高山・大原断層帯（猪之鼻断層帯）、長良川上流断層帯、濃尾断層帯（三田洞断層帯）の4断層帯である。各断層帯において、断層の位置・形状、活動度、過去の活動履歴等を明らかにするための調査を実施し、地震調査研究推進本部の活断層の長期評価に貢献する資料が得られた。

１）十勝平野断層帯（光地園断層帯）の調査

十勝平野断層帯のうちの光地園断層帯では、断層の活動履歴を明らかにするため、広尾郡広尾町内に位置する断層上の2地点（カシュウンナイ地点、野塚地点）でトレンチ掘削調査と群列ボーリング調査を実施した。調査の結果、カシュウンナイトレンチで確認された光地園断層の最新活動時期は、4万年－4万5千年前以降、約12,200年前以前で、それ以降の活動は認められなかった。また、ボーリング調査による基盤岩（中ノ川層群および豊似川層）の高度差は約5m であり、トレンチ内で確認される上下変位量約5m と変わらないことから、この地点では K-8層堆積以降における断層活動の累積性はなかったと考えられた。また、野塚地点で確認された断層活動は、トレンチ内では1回のみであり、上下変位量は約3m である。最新の断

層活動時期は約31,000年前以降、9,600年前以前であり、これ以降には断層活動がなかったことが確認された。

2）高山・大原断層帯（猪之鼻断層帯）の調査

高山・大原断層帯のうちの最南部にあたる猪之鼻断層帯では、断層帯の分布・形状を明らかにするための地形地質調査を実施するとともに、断層帯の活動履歴を明らかにすることを主な目的として、全域の地形地質調査、および2地点でのトレンチ調査等を実施した。地形地質調査の結果、断層に沿っては右横ずれを示す河谷の系統的は横ずれ屈曲が確認された。また、基盤岩の濃飛流紋岩中に新鮮な断層粘土を伴う断層露頭が確認された。高山市高根町黍生および同市朝日町宮之前におけるトレンチ調査の結果、トレンチ壁面では基盤岩の上面に厚い火山灰質の堆積物が分布し、それらは少なくともトレンチの範囲では断層変位を受けていないことが確認された。

3）長良川上流断層帯の調査

長良川上流断層帯では、断層帯の活動性、変位量分布パターン、および活動履歴を解明する目的で、2mグリッド DEM を用いた地形調査、3地点でのトレンチ、および1地点でのボーリング調査を実施した。地形調査の結果、長さ約34km の断層帯のうち、顕著な変動地形を伴うのは主部をなす二日町断層－八幡断層であり、とくに八幡断層の中央部では系統的な谷の左屈曲が認められた。しかし、上下変位については、西上がりの山地の高度差は明瞭であるが、断層微地形としては逆向きの低断層崖のみが認められた。トレンチ調査は八幡断層中－北部の3地点で実施し、このうち断層中央付近の谷多和地点では、尾根上の断層凹地に厚く堆積した黒色土壌中に断層の最新活動（約4.0-4.9ka）を確認するともに、崩積性堆積物の存在から1つ前の活動（約7.5ka）の可能性も見出せた。また、このトレンチでは、断層の左横ずれと西側が相対的に低下する変位が見られた。北部の越佐地点では、逆向き低崖にせき止められた約1－2万年前の扇状地堆積物が確認でき、ボーリング調査の結果を合わせて、同堆積物が断層変位を受けている可能性があることが確認できた。なお、那留断層および大野断層から構成される断層帯東部では、中・高位段丘面に低断層崖が推定されるが、約1－2万年前の低位段丘面には変位が認められなかった。

4）濃尾断層帯（三田洞断層帯）の調査

濃尾断層帯のうちの最南部にあたる三田洞断層帯では、断層帯の分布・形状を明らかにするための地形地質調査を実施するとともに、断層帯の活動履歴を明らかにすることを主な目的として、全域の地形地質調査、および2地点でのトレンチ、ボーリング調査等を実施した。地形地質調査の結果、断層沿いの岐阜市佐野地区において、扇状地面上に比高1m 程度の低断層崖と見られる直線的な崖地形が確認された。同地区におけるトレンチ調査では、トレンチ壁面には砂礫層とシルト層が分布し、それらは少なくともトレンチの範囲では断層変位を受けていないことが確認された。また岐阜市粟野西地区のトレンチでは、斜面直下に水平な砂およびシルト層が分布しているのが観察され、その近傍に断層が存在することが示唆された。

[分　野　名] 地質

[キーワード] 活断層、活動性、位置、地震調査研究推進本部、補完調査

[テーマ題目19] 沿岸海域における活断層調査

[研究代表者] 岡村　行信
（活断層・地震研究センター）

[研究担当者] 阿部　信太郎、池原　研（地質情報研究部門）、西田　尚央（地質情報研究部門）、杉山　雄一、岡村　行信、内田　康人（北海道立総合研究機構）、
坂本　泉（東海大学）、山本　博文（福井大学）（常勤職員4名、他4名）

[研 究 内 容]

地震調査研究推進本部政策委員会調査観測計画部会が平成21年4月に策定した「新たな活断層調査について」のなかで、「陸域部の活動履歴は求められているが海域部の長さが明らかになっていない活断層」とされているサロベツ断層帯（海域部）、布引山地東縁断層帯東部（海域部）、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯／北部（海域部分）について、海域部の活断層の正確な位置や形状を明らかにするため、海上音波探査、海底堆積物採取等を実施した。

1）サロベツ断層帯（海域部）

サロベツ断層帯の北方延長部の位置形状を明らかにし、また活動履歴を明らかにするため、ブーマーを音源とするマルチチャンネル音波探査と採泥調査を実施した。その結果、同断層帯は納沙布岬の北西約30kmまで連続することが明らかになったが、さらに北方まで連続するため、北端は確認できなかった。断層長は53km 以上と推定される。また、断層の平均変位速度は0.7～0.8m/千年で、最終氷期以降約5回、1万年前以降2回の活動があり、3,000～5,000年間隔で断層活動があったことを明らかにした。

2）布引山地東縁断層帯東部（海域部）

布引山地東縁断層帯東部の海域部の位置形状を明らかにするため、SES2000を用いた高分解能音波探査とピストンコアを用いた採泥調査を実施した。その結果、津沖には長さ約10km の活断層が存在すること、その断層は過去約1万年間に2回活動し、その間隔は3,000～4,000年程度であることが明らかになった。1回の断層変位量は1m 以下なので、同断層帯の一部が破壊したマグニチュード7程度の地震が発生した可能性が高

いと推定した。また、白子－野間断層は西側がやや短くなっていることと、鈴鹿沖断層は布引山地東縁断層帯東部には連続しないことを推定した。

3）柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部／北部（海域部）

断層帯の北端を確認するためブーマーを音源とするマルチチャンネル音波探査と採泥調査を実施した。その結果、本断層帯は越前堆列のマツダシ東方まで延び、断層帯の北端は従来の鮎川断層群の北端よりも30kmほど北になることが明らかになった。また、断層帯の最新活動時期とその時の隆起量を確認するため、越前海岸の離水海食地形の計測、ヤッコカンザシ等の汀線指標生物の炭素同位体年代測定、及び遺跡調査を行った。その結果、ローカルリザーバー効果を－50年と仮定した場合、本断層帯の最新活動時期は16世紀後半から17世紀と推定された。また、その時の越前海岸の隆起量は3～7m と求められた。

［分　野　名］地質

［キーワード］地震調査研究推進本部、長期評価、沿岸海域活断層、サロベツ断層帯、布引山地東縁断層帯、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯、活動履歴、音波探査、バイブロコア、ピストンコア、離水海食地形、ヤッコカンザシ

［テーマ題目20］上町断層帯における重点的調査観測

［研究代表者］吉岡　敏和（活断層評価研究チーム）

［研究担当者］吉岡　敏和、近藤　久雄、吉見　雅行、堀川　晴央、加瀬　祐子、竿本　英貴、木村　治夫、林田　拓己、堤　浩之（京都大学）、杉戸　信彦（名古屋大学）、関口　春子（京都大学防災研究所）、岩田　知孝（京都大学防災研究所）、浅野　公之（京都大学防災研究所）（常勤職員6名、他7名）

［研 究 内 容］

本研究は、大阪府に位置する上町断層帯が活動した場合に想定される地震災害の軽減を目指し、断層帯の地表付近の詳細な位置・形状、地下の震源断層形状、過去の活動履歴等の活断層基本情報の高度化と、震源域での強震動評価の高度化を目的に、京都大学からの再委託で実施しているもので、最終年度に当たる本年度は、「活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査」、「活動履歴調査」、および「動的断層モデル構築と強震動シミュレーション」について分担実施した。

1）活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査

上町断層帯の詳細な断層位置と分布形状を把握するため、これまでに実施された地形・地質学的調査結果、既存反射法地震探査等の成果を整理して文献調査をおこなった。平成22年度に作成した2m メッシュの数値標高モデル（DEM）等に基づく地形解析、空中写真判読、地表踏査等を実施し、上町台地周辺の活断層・活構造分布を明らかにした。また、DEM と第四系層序等を利用して、後期更新世以降の段丘面を基準とした断層帯陸域に沿う平均変位速度分布を解明した。変動地形・活構造の分布、活動性等を総合して、上町断層帯の活動区間を呈示した。

2）活動履歴調査

上町断層帯の最新活動時期を限定し、複数回の断層活動履歴を復元するため、陸域におけるトレンチ・ボーリング掘削調査、地下レーダー探査、および河川域における音波探査・ボーリング掘削調査をおこなった。DEM 等による変動地形学・古地震学的な調査結果により、神崎川以南の上町断層から久米田池断層に至る陸域の上町断層帯は、約2700年前以降に最新活動があった可能性を指摘した。また、新淀川の既存成果と総合すると、この区間の上町断層帯の最近2回の活動間隔は約7000年以上となることを明らかにした。さらに、大津川付近より南西方向へ沿岸域を延ひる活断層においては、少なくとも大津川周辺では2330年前以降、江戸時代以前に最新活動が生じた可能性を指摘した。

3）動的断層モデル構築と強震動シミュレーションの実施

本重点観測研究で収集したデータを基にした上町断層帯の3次元形状および断層走向方向の平均変位速度分布を用いて新たに動力学的破壊計算を行い、物理的に発生しうる地震シナリオを複数作成した。さらに、それらの地震シナリオと既往の地下構造モデルを用いて地震動シミュレーションを行い、広帯域の地震動を評価した。

［分　野　名］地質

［キーワード］活断層、上町断層帯、位置、活動履歴、地震シナリオ

［テーマ題目21］警固断層帯（南東部）における重点的調査観測

［研究代表者］吉岡　敏和（活断層評価研究チーム）

［研究担当者］吉岡　敏和、宮下　由香里、吾妻　崇、水野　清秀（地質情報研究部門）（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

本研究は、福岡県に位置する警固断層帯南東部が活動した場合に想定される地震災害の軽減を目指し、断層帯の地表付近の詳細な位置・形状、地下の震源断層形状、過去の活動履歴等の活断層基本情報の高度化と、震源域での強震動評価の高度化を目的に、九州大学からの再委託で実施しているもので、本年度は「陸上における活断層の詳細位置・形状等の調査」および「陸上部の警固断層における最新活動時期の高精度化」について分担実施した。

1）陸上における活断層の詳細位置・形状等の調査

警固断層帯（南東部）の陸上部分のうち、警固断層とその南東延長部、および宇美断層南東延長部について、地質踏査を行うとともに、地形面の編年を行うために、米軍撮影および昭和30年代撮影の空中写真を用いて、詳細な地形面区分を行った。その結果、宇美断層南東延長部において、活断層の可能性のある断層露頭を確認することができた。警固断層については、那珂川付近の段丘面に大きな上下変位がないことを確認した。警固断層南東延長部については、数カ所で直線的な崖地形や鞍部列が確認できたが、それらについては基本的には浸食により形成された可能性が高いと判断した。

2）陸上部の警固断層における最新活動時期の高精度化

陸上部の警固断層における最新活動時期の高精度化としては、陸上部分における警固断層の最新活動時期および複数回の層活動履歴をより高精度に求めることを目的に、平成23年度の調査結果およびサブテーマ1）の検討結果に基づいて、太宰府市向佐野地点および筑紫野市塔原地点においてトレンチ調査、ボーリング調査、および地下レーダー探査等を実施した。その結果、トレンチ壁面には明瞭な断層は露出しなかったが、地層の堆積状況や基盤岩の破砕状況を確認することができた。

［分　野　名］地質

［キーワード］活断層、警固断層帯、位置、活動時期、トレンチ調査

［テーマ題目22］海域活構造の地形地質調査（ひずみ集中帯）

［研究代表者］岡村　行信
（活断層・地震研究センター）

［研究担当者］堀川　晴央、
池原　研（地質情報研究部門）、
井上　卓彦（地質情報研究部門）、
岡村　行信（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

日本海沿岸の活断層で最も変位速度が大きいのは、新潟沖の角田山東縁断層の海域延長部で3m/千年、秋田沖の活断層は1m/千年前後、粟島付近の活断層は約0.5m/千年の変位速度を持つ。酒田沖の活断層は約0.4m/千年、2007年中越沖地震の震源断層は約0.4m/千年と推定したが、信頼性は劣る。粟島南方沖の詳細な地形調査によって1964年新潟地震時の海底の変位が現れた範囲が震源域の一部に限られることが明らかになった。さらに、沿岸域だけでなく、日本海東縁海域の海岸から約100km 沖合までの範囲について、既存データを活用して活断層図を作成した。

［分　野　名］地質

［キーワード］日本海東縁、海底活断層、新潟地震、中越沖地震、逆断層

［テーマ題目23］東北地方太平洋沖で発生する地震・津波の調査観測

［研究代表者］宍倉　正展
（海溝型地震履歴研究チーム）

［研究担当者］宍倉　正展、藤原　治、澤井　祐紀、
行谷　佑一、田村　亨（地質情報研究部門）、谷川　晃一朗
（常勤職員5名、他1名）

［研 究 内 容］

2011年東北地方太平洋沖地震は、我が国の観測史上最大の規模で、これまで捉えられたことのない様々な現象が観測された。本プロジェクトは、それらの現象をより詳細に把握して検証することと、2011年の断層より北と南の、まだ破壊されていない領域について、そのポテンシャルを評価することを目的としている。産総研では「沿岸の地質調査に基づく地震・津波発生履歴に関する研究」というテーマで、下北半島太平洋岸（青森県東通村および六ヶ所村）と房総半島太平洋岸（千葉県いすみ市）において津波堆積物調査を実施した。下北半島では6地点でボーリング掘削、房総半島では13地点で簡易ボーリング掘削をそれぞれ行い、過去の津波痕跡の可能性のある堆積物を検出した。

［分　野　名］地質

［キーワード］2011年東北地方太平洋沖地震、下北半島、房総半島、津波、津波堆積物

［テーマ題目24］震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性の研究

［研究代表者］佐藤　隆司（地震素過程研究チーム）

［研究担当者］佐藤　隆司、雷　興林
（地圏資源環境研究部門）
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究はJST-JICA地球規模課題対応国際科学技術協力事業「鉱山での地震被害低減のための観測研究」の一部を分担する。本事業は、南アフリカ金鉱山で発生する地震を地震計、歪計等を用いて震源極近傍で観測することにより、地震発生過程解明および鉱山での地震被害低減に寄与することを目的とする。本分担課題では、震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性を室内実験で計測し、震源極近傍での観測結果を解釈する際の基礎データとする。

今年度は、2007年12月に南ア金鉱山の深度約3km で発生した地震（Mw1.9）の震源付近から採取した橄欖岩試料を用いた破壊実験を行い、AE 時空間分布から推定される岩石試料の破壊過程と地震の震源過程の比較を行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］南アフリカ金鉱山、震源近傍観測、室内岩石試験

［テーマ題目25］動力学シミュレーションにおける傾斜逆断層の解析的検討

［研究代表者］加瀬　祐子（地震発生機構研究チーム）
［研究担当者］加瀬　祐子（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

独立行政法人原子力安全基盤機構（JNES）による「平成24年度　東北地方太平洋沖地震を踏まえた断層モデルによる地震動評価手法の高度化」の一環として、長大逆断層に起きる地震の地震動評価手法の高度化業務の一部について、株式会社大崎総合研究所から再委託を受けた。断層傾斜を考慮した動力学的断層破壊シミュレーションプログラムにおける、断層モデルの設定手順およびシミュレーション結果の数値処理手順を明確にするため、指定された断層モデルとすべり弱化則を基に、動力学的断層破壊シミュレーションの解析入力データを作成し、動力学的断層破壊シミュレーション計算をおこなった。一連の作業を通して、モーメントが発散しない断層モデルの設定、外部応力場を圧縮として設定するための設定手法の提案、任意の地点における地震動時刻歴データの出力に対応するためのプログラムの改変をおこなった。

［分　野　名］地質
［キーワード］動力学的断層破壊シミュレーション、逆断層、地震動評価

［テーマ題目26］H24柏崎深部地震動観測サイト周辺の地震・GPS 観測網保守

［研究代表者］岡村　行信
（活断層・地震研究センター）
［研究担当者］吉見　雅行、林田　拓己、竿本　英貴、岡村　行信（常勤職員3名、他1名）
［研 究 内 容］

新潟県南部地域に展開中の GPS 連続観測点30点と微動・地震動連続観測点15点の継続的な運用を確保するため、データ収集等保守作業を行った。大雪等のため、複数の GPS アンテナのケーブル接続部が破損したため交換・修理を行った。こうした保守により全観測点の継続的な運用を可能にした。

［分　野　名］地質
［キーワード］新潟県南部、柏崎深部地震動観測サイト、地震観測、GPS 観測

［テーマ題目27］巨大地震断層の力学的・水理学的特性の解明

［研究代表者］高橋　美紀（地震素過程研究チーム）
［研究担当者］高橋　美紀、北島　弘子、金川　久一（千葉大学）、堤　昭人（京都大学）、廣瀬　丈洋（海洋研究開発機構）、谷川　亘（海洋研究開発機構）
（常勤職員2名、他4名）
［研 究 内 容］

IODP Exp. 315および Exp. 319において南海トラフ付加体浅部（海底下約1,000～1,580m）から採取された、砂岩、凝灰岩およびシルト質泥岩3試料について、試料原位置に近い条件（室温、封圧37～57MPa、間隙水圧29～43MPa）で、軸方向の変位速度を0.1、1、10μm/sでステップ状に変化させて三軸摩擦実験を行った。付加体浅部堆積岩類の摩擦特性は粘土鉱物含有量によって系統的に変化することが明らかとなった。摩擦強度と粘土鉱物含有量には負の相関が認められ、粘土鉱物含有量の増加に伴い、定常摩擦係数は低下する。また、全試料とも速度強化の挙動を示し、粘土鉱物含有量の増加に伴って流動の効果が増大する傾向が認められた。

［分　野　名］地質
［キーワード］南海トラフ地震発生帯掘削、粘土含有量、摩擦強度、速度依存性

［テーマ題目28］南海トラフにおける未知の巨大津波に関する地形・地質学的研究

［研究代表者］宍倉　正展
（海溝型地震履歴研究チーム）
［研究担当者］前杢　英明（広島大学）、宍倉　正展、行谷　佑一、越後　智雄（地域地盤環境研究所）
（常勤職員2名、他2名）
［研 究 内 容］

南海トラフ沿いに発生した過去の巨大地震に伴う津波の規模とその履歴解明のため、和歌山県串本町の橋杭岩周辺において、津波石と思われる漂礫群の調査を実施した。現地において、これまで明らかになっている漂礫の位置、形状を確認し、また得られたデータから今後の宇宙線照射年代の適用の可能性などを検討した。

［分　野　名］地質
［キーワード］南海トラフ、巨大地震、津波、履歴、津波石

［テーマ題目29］火山性深部低周波微動の波動特性を利用したメカニズム解決定と微動発生機構の解明

［研究代表者］今西　和俊（地震発生機構研究チーム）
［研究担当者］今西　和俊（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

世界各地のプレート境界域で発見された非火山性深部低周波微動（以後、単に微動と呼ぶ）は、巨大地震の発生機構を解明するための重要な手掛かりとして注目されている。本研究は微動の波動特性を最大限に利用したメカニズム解推定法を開発し、微動の発生機構を明らかに

するものである。H24年度は紀伊半島において、定常地震観測網を補完する臨時観測を4か所で開始した。観測網直下で発生した微動活動を1回捉えることができ、質の高いデータを取得できた。計算機環境やプログラム整備も行い、次年度からの本格的な解析に向けた準備が整った。本研究は科学研究費補助金（基盤研究 C）により実施されている。

［分　野　名］地質

［キーワード］プレート境界、非火山性深部低周波微動、メカニズム解、波動特性、紀伊半島、臨時観測

［テーマ題目30］石垣島・宮古島の津波堆積物の調査―巨大地震を繰り返す琉球海溝沈み込み

［研究代表者］宍倉　正展
（海溝型地震履歴研究チーム）

［研究担当者］安藤　雅孝（台湾中央研究院地球科学研究所）、中村　衛（琉球大学）、
宍倉　正展（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

琉球海溝沿いに発生した過去の巨大地震に伴う津波について、その履歴解明のために、ジオスライサー掘削およびピット掘削による津波堆積物調査を行った。調査場所は宮古島における友利、池間、伊良部（2地点）の合計4地点である。各地点で得られた試料について14C 年代測定を実施し、また一部で有孔虫分析も行った。その結果、1771年八重山津波およびそれより前の津波によって堆積した可能性のある層準を確認した。

［分　野　名］地質

［キーワード］琉球海溝、石垣島、宮古島、巨大地震、1771年八重山津波、津波堆積物

③【地圏資源環境研究部門】

（Institute for Geo-Resources and Environment）
（存続期間：2001.4.1～）

研究部門長：駒井　武
副研究部門長：中尾　信典、光畑　裕司
総括研究主幹：當舎　利行、棚橋　学

所在地：つくば中央第7
人　員：66名（66名）
経　費：2,934,246千円（928,940千円）

概　要：

現代社会の営みは、多くの天然資源の消費の上に成り立っている。しかし、20世紀後半からの我々人類の生産及び消費活動の活発化は著しく、21世紀の近い将来においても天然資源の枯渇が現実的な問題になりつつある。また、化石燃料資源の大量消費による地球温暖化を始めとして、資源と環境の分野は密接に関連しており、それらの関係を見据えた対応が差し迫った課題となっている。このような状況を背景に、地圏資源環境研究部門は、持続発展可能な社会の構築に向けて、環境への負荷を最小化しつつ資源の開発や地圏の利用を行うための研究及び技術開発を行い、その成果を社会に還元することをミッションとする。

ミッション達成のための具体的な研究及び技術開発として、以下のユニット戦略課題を設定して取り組む。

1）土壌汚染評価技術の開発、2）二酸化炭素地中貯留評価技術の開発、3）地層処分にかかわる評価技術の開発、4）鉱物・燃料資源のポテンシャル評価、5）地下水・地熱資源のポテンシャル評価および、6）地圏の資源環境に関する知的基盤の構築に関する研究を進める。

これらの研究の推進にあたっては、独立行政法人の位置づけを十分に意識し、基礎研究、戦略基礎研究、応用研究、企業化研究とつながる研究発展の流れの中で、戦略基礎研究（第2種基礎研究）を中心に据え、我が国の経済産業が順調に推移するための資源及び環境分野における研究貢献を果たしていく。また、社会ニーズを把握しながら、資源の安定供給や地圏環境の保全に必要な萌芽的・基盤的研究にバランスよく取り組む。

【ユニット戦略課題】

1. 土壌汚染評価技術の開発
2. 二酸化炭素地中貯留評価技術の開発
3. 地層処分にかかわる評価技術の開発
4. 鉱物・燃料資源のポテンシャル評価
5. 地下水・地熱資源のポテンシャル評価
6. 地圏の資源環境に関する知的基盤の構築

内部資金：

「【FS】土壌と食品に係る放射性物質リスク管理技術の開発」

「地下微生物で切り拓く資源創成型 CCS 技術の開発」

「重金属類土壌汚染調査評価及びリスク低減方策に関する技術開発」

外部資金：

経済産業省　平成23年度インフラ・システム輸出促進調査等事業「持続的資源開発推進対策事業」

経済産業省　平成24年度地層処分技術調査等事業「地層処分共通技術調査：沿岸域塩淡境界・断層評価技術高度化開発」

経済産業省　平成24年度地層処分技術調査等事業「地層

処分共通技術調査：海域地質環境調査技術高度化開発」

経済産業省　平成24年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業「日米クリーン・エネルギー技術協力」

経済産業省　平成24年度二酸化炭素回収・貯蔵安全性評価技術開発事業「弾性波探査を補完する CO_2 挙動評価技術の開発」

環境省　平成24年度地球温暖化対策技術開発事業「温泉共生型地熱貯留層管理システム実証研究」

環境省　平成23年度地球温暖化対策技術開発事業「温泉共生型地熱貯留層管理システム実証研究」

農林水産省　平成24年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「加温機排気中の CO_2 の効率的回収貯留システムとその園芸作物への活用技術の開発」

科学技術振興機構「新規廃棄物処分場の適地選定手法の構築」

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「かん水の分析に基づく南関東ガス田の地下微生物の分布及びメタン生成速度の評価」

独立行政法人海洋研究開発機構　平成24年度 IODP 掘削提案フィジビリティ研究委託事業「海底地すべりメカニズム解明のための三陸沖科学掘削に向けた海域データ整備」

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構　メタンハイドレート開発促進事業「新規取得試料の微生物学的分析」

独立行政法人物質・材料研究機構「アモルファス系吸着剤の検討」

公益信託林女性自然科学者研究助成基金　平成24年度研究助成「難溶性鉱物の重希土類資源評価法と抽出法の開発」

財団法人住友財団　2011年度環境研究助成「陸域における嫌気的メタン酸化の大気へのメタン放出抑制効果の評価」

財団法人日本鉱業振興会　平成24年度科学技術試験研究助成「熱水性粘土鉱床における希土類資源ポテンシャルの評価」

財団法人日本鉱業振興会　平成24年度科学技術試験研究助成「なぜレアアース鉱床は軽希土類または重希土類に富むのか？」

財団法人発酵研究所　平成24年度一般研究助成「地下深部油田に隔絶されていた系統的に新規な嫌気微生物群を共生培養法で集積し生態学的解明を行う」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金（基盤研究（B））「防災音声放送の聞こえにくさを「見せる化」するハザードマップの推計手法」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金（基盤研究（B））「孔内用精密制御振源とトモグラフィ解析による表層地盤のＳ波速度構造の高精度決定」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金（基盤研究（B））「アジア有害元素汚染地域における食のリスク評価と専用大気 PIXE 分析システムの構築」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金（基盤研究（B））「海底熱水系における熱水性石油の生成条件の再検証」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金（基盤研究（B））「鉄堆積作用：鬼界カルデラの熱水活動場から紐解く太古代海洋環境への制約条件」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金（基盤研究（A））「ヒートアイランド現象の抑制を目指した冷房排熱の帯水層処分システムの実用化」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金（若手研究（B））「地中熱利用技術開発のための多孔質媒体中の水・熱輸送モデルの高度化に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金（基盤研究（B））「ネパール・テライ低地におけるヒ素汚染の実態とその対策に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金（若手研究（B））「イオン吸着型希土類鉱床の探査法の確立と資源量評価」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金（新学術領域研究）「巨大地震断層の三次元高精度構造と物性の解明」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金（基盤研究（C））「ベトナムにおける鉱物資源開発に関するガ

バナンス」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金（若手研究（B））「陸域における微生物による嫌気的メタン酸化プロセスの解明」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金（基盤研究（A））「南アフリカ大深度鉱山での AE 計測第二期：地下空洞による岩盤損傷の監視と山跳ね予知」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金（若手研究（B））「低炭素型枯渇油田再生化技術の開発を目指した原油分解メタン生成メカニズムの解明」

独立行政法人日本学術振興会　科学研究費補助金（基盤研究（C））「環境振動評価のための戸建て家屋動特性の同定とその推定法の構築」

発　表：誌上発表153件、口頭発表344件、その他117件

地下水研究グループ

（Groundwater Research Group）

研究グループ長：丸井　敦尚

（つくば中央第7）

概　要：

地球の水循環系を構成する地下水について、その流域規模での量・質・流れ・変動・温度分布等を明らかにする調査研究を実施するとともに、地下水の開発・利用・管理・環境改善に関わる評価手法の開発やモデリングの高度化を行う。また、地下水を主題とする知的基盤情報を水文環境図等により公開するほか、水文・地下温度場（地中熱）データベースを更新する。

研究テーマ：テーマ題目３、テーマ題目５、テーマ題目６

地圏環境リスク研究グループ

（Geo-Environmental Risk Research Group）

研究グループ長：張　銘

（つくば中央第7）

概　要：

土壌・地下水・堆積物・帯水層・貯留層・鉱床などの地質媒体内の物理、化学、生物現象の把握とその制御に関する基礎研究をベースにして、土壌汚染、二酸化炭素地中貯留、核廃棄物地層処分、鉱山廃水、スモールスケールマイニング、生態系や地域社会への影響等の多様な環境リスク問題を解決するための基盤技術やリスク評価手法の開発、研究成果の製品化と普及を行う。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目２、テーマ題目６

地圏環境評価研究グループ

（Geo-Analysis Research Group）

研究グループ長：安川　香澄

（つくば中央第7）

概　要：

地圏環境下の多孔質媒体中における物理的、化学的、生物的な現象を把握および評価・制御するための基礎研究を行うとともに、廃棄物処分における土壌・地下水汚染等の地圏環境問題を解決するため評価技術を開発する。また、地圏の計測技術ならびに生活環境における音環境の予測・影響評価手法に関する研究も行う。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目６

CO_2地中貯留研究グループ

（CO_2 Geological Storage Research Group）

研究グループ長：中尾　信典

（つくば中央第7）

概　要：

環境に調和した地下の有効利用を促進するために必要な技術開発を行う。特に、地球温暖化対策としての二酸化炭素地中貯留に関わる技術の開発を行うとともに、環境に負荷を与えない地下利用・資源開発のための技術、環境を保全し安全を評価する技術などについて研究を実施する。

研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目５、テーマ題目６

地圏環境システム研究グループ

（Geo-Environmental System Research Group）

研究グループ長：高倉　伸一

（つくば中央第7）

概　要：

岩石・岩盤力学、物理探査、地圏流体シミュレーションなど主として物理学的実験およびフィールドワークの手法を用いて、地層処分安全研究、CO_2地中貯留研究、地熱等資源研究、地下利用技術研究に取り組み、地圏環境との調和を考えた地下の有効利用および資源開発に必要な技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目２、テーマ題目３、テーマ題目４、テーマ題目５、テーマ題目６

物理探査研究グループ

（Exploration Geophysics Research Group）

研究グループ長：光畑　裕司

（つくば中央第7）

概　要：

地圏の利用や環境保全、資源・エネルギー開発あるいは地質災害に対する防災等のための基盤技術として、各種物理探査手法の高度化と統合的解析手法の研究を行うとともに、地層処分や二酸化炭素の地中貯留等に

おける岩盤評価、地下水環境・地質汚染等における浅部地質環境評価・監視、地熱・鉱物・燃料資源探査などの分野へ物理探査法を適用し、対象に即した効果的な探査法の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目２、テーマ題目３、テーマ題目４、テーマ題目５、テーマ題目６

地圏化学研究グループ

（Resource Geochemistry Research Group）

研究グループ長：佐脇　貴幸

（つくば中央第7）

概　要：

地圏内の物質の分布・挙動を、地化学的・地質学的・鉱物学的手法により明らかにする事を目指し、燃料資源、非金属鉱物資源・材料及びこれらに関連する流体等を研究対象として、資源の成因解明・開発、環境保全、製品化等に資する研究を進める。

研究テーマ：テーマ題目４、テーマ題目５、テーマ題目６

地圏微生物研究グループ

（Geomicrobiology Research Group）

研究グループ長：坂田　将

（つくば中央第7）

概　要：

地圏における微生物の分布と多様性、機能、活性を評価することにより、元素の生物地球化学的循環に関する基盤的情報を提供するとともに、天然ガス等の資源開発、地圏の環境保全や利用に資する研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目１、テーマ題目４、テーマ題目６

燃料資源地質研究グループ

（Fuel Resource Geology Research Group）

研究グループ長：鈴木　祐一郎

（つくば中央第7）

概　要：

メタンハイドレート等天然ガス資源を初めとする燃料地下資源の探査技術高度化を目指し、燃料資源探査法、燃料鉱床形成機構及び燃料資源ポテンシャル評価法の研究を行うとともに、我が国土及び周辺海域の3次元的地質調査情報に基づく燃料資源ポテンシャル把握の精度向上のための基盤的研究を進める。

研究テーマ：テーマ題目４、テーマ題目６

地熱資源研究グループ

（Geothermal Resources Research Group）

研究グループ長：阪口　圭一

（つくば中央第7）

概　要：

国内外の地熱資源の開発を目指して、地熱資源の分布、成因、探査、評価、モデル化、データベース化、利用技術、開発技術等に関わる総合的な研究業務を行う。また、これらの研究をベースに、地下空間利用や地圏環境問題等に関わる応用的な研究業務を行う。

研究テーマ：テーマ題目５、テーマ題目６

鉱物資源研究グループ

（Mineral Resources Research Group）

研究グループ長：高木　哲一

（つくば中央第7）

概　要：

国民生活、日本の産業にとって不可欠な各種の鉱物資源、特に産業界からの要請の強い銅及びレアアース等の希少金属資源の探査手法の開発を行う。また鉱物資源に関する基礎的情報を提供するとともに、鉱物資源のポテンシャル評価を行う。

研究テーマ：テーマ題目４、テーマ題目６

［テーマ題目１］土壌汚染評価技術の開発

［研究代表者］駒井　武

［研究担当者］駒井　武、張　銘、今泉　博之、坂田　将、安川　香澄ほか

（常勤職員12名、他8名）

［研 究 内 容］

東日本大震災によって発生した津波堆積物の調査と評価に関して、昨年度に引き続き東日本沿岸の被災6県から試料を採収し、その化学的、物理的な組成を分析するとともに、津波堆積物中に含まれる重金属類による潜在的リスクを定量的に評価した。その結果、極一部の津波堆積物ではリスクレベルが高く、その管理には十分な留意が必要であるが、ほとんどの津波堆積物は表層土壌と同様の地球化学的組成を示し、復興のための建設資材として活用可能であることが判明した。これらの成果はグループのウェブサイトやオープンラボ、講演会及び被災地住民との交流会などを介して速やかに公表し、復興支援に力を注げるように努めた。また仙台湾において津波堆積物に関する浅海調査を行い、採取したグラブ採泥試料およびショートコア試料の地化学分析を進めた。これにより、津波堆積物に含まれる有害物質の人体へのリスクおよび推定される海底巻上げ深度が明らかとなった。

原発事故に由来する放射性セシウムの土壌中での移動現象を予測するための調査やパラメータの取得などを実施し、土壌の性質・性状などが吸着挙動に及ぼす影響を検討し、モデルの構築を進めた。環境水中における放射性セシウムの動態及び長期にわたる移行特性を適切に測定・モニタリングするために、環境水中における低濃度の放射性セシウムを簡便かつ迅速に測定可能なプルシアンブルー通水・濃縮カラムの開発に成功を収めた。また、

阿武隈川流域を代表とする水中の放射性セシウム濃度の分布と変化のモニタリングを実施し、農産物生産などの長期的な安全確保・対策の必要性の判断に資する情報を提供した。さらに、除染技術ごとのコスト・除染効率・廃棄物発生量のデータや暴露評価モデルを用いて、複数の除染シナリオによる空間線量率の低減効果と除染費用を推定した。

土壌汚染対策法の改正に伴う土壌汚染の原位置浄化の高いニーズを背景に、技術の実用化と普及による社会への還元を目標に、関連調査技術、浄化技術及びリスク評価技術に関する体系的研究開発を民間企業および他研究機関との研究協力のもとで継続して実施している。本年度は、昨年度の成果を踏まえ、汚染物質濃度のオンサイト測定技術の実用化、汚染物質のミクロな存在形態の評価、土壌の鉱物組成及び有機物質が浄化効率に及ぼす影響、ならびに動電学的手法を用いた浄化技術の開発を中心に研究を進めた。鉛を代表とする重金属類の土壌中での存在形態、シリアルバッチ試験による長期溶出特性及び土壌の物理・化学的特性との関連性を体系的に調査し、新たな知見を得た。また、土壌汚染対策法指定外であるが、人の健康にリスクを与える可能性の高い Sn、Zn、Ni、Cu、Ag の毒性評価及び汚染モニタリングツールとして、発光バクテリアによるバイオアッセイ試験を実施した。その結果、これら重金属類が発光バクテリアに対する濃度依存性のある急性毒性影響が認められ、バイオアッセイ法の有効性が確認された。

揮発性有機化合物（VOCs）の原位置浄化技術の実用化に向けて、関連企業と連携し、特に微生物を利活用した低コスト・低環境負荷バイオバイオレメディエーションに関する研究を戦略的に推進し、ベンゼン及びクロロエチレン類による複合汚染浄化技術の開発に成功を収めた。

わが国の地圏環境における環境リスクを評価するための解析手法として、地圏環境リスク評価システム（GERAS）の開発・改良を継続実施している。本年度は鉱物油や VOCs 等の石油系炭化水素に起因した土壌汚染を対象として、微生物分解等による汚染物質の減衰に関する反応モデルに関する検討にも着手し、地圏環境リスク評価システム（GERAS-3）の高度化に向けた研究を進めた。

さらに、スモールスケールマイニングに伴う鉛の健康リスクが懸念されるモンゴルでの現地環境調査やリスクアセスメント、鉱物資源開発に関するガバナンスや透明性が懸念されるベトナムでの関連国際ワークショップの共催、ヒ素による地下水汚染が問題となっているネパールでの現地試掘調査による汚染メカニズムの解明、スリランカでの廃棄物処分場立地に関するリスクマップ作成等、土壌・地下水汚染調査・研究の国際展開を図った。

［分　野　名］地質、環境・エネルギー

［キーワード］土壌汚染、地下水汚染、リスク評価、津波堆積物、放射性セシウム

［テーマ題目２］二酸化炭素地中貯留評価技術の開発

［研究代表者］中尾　信典

［研究担当者］當舎　利行、中尾　信典、高倉　伸一ほか（常勤職員25名、他5名）

［研 究 内 容］

大気中の CO_2削減のため、大規模発生源に近い沿岸域において CO_2を地下1,000m 程度の深部に圧入する地中貯留技術が期待されている。弾性波補完モニタリング技術の開発では、重力、自然電位、AE（Acoustic Emission）などの多面的なモニタリング技術を適用し、弾性波探査（反射法など）を補完できる技術を構築することで、長期的なモニタリングコストの低減を目指す。今年度は、大規模 CO_2圧入を計画している米国・南西部炭素隔離地域パートナーシップ（SWP）のテキサス州のテストサイトに観測システムを整備してベースライン測定を実施した。また、ユタ州のテストサイトの地下モデルを用いて CO_2圧入開始時の変動予測を行った。最適モデリング技術の開発では、数値シミュレーションにより計算される温度、圧力、CO_2飽和度等の変化量を、観測可能な物理量に変換するプログラムの開発・整備を行い、長期 CO_2挙動予測の精度向上に寄与することを目指す。今年度は、VSP 探査用付加機能の作成および改良を行うともに、例題計算により各種モニタリング手法の適用手順等を検討した。

遮蔽性能評価技術の開発のうち、ジオメカニクスを考慮した断層モデリング手法の開発では、研究対象の長野県松代地域でのデータ収集、室内実験による岩石･断層の物性の把握を行い、それらのデータを統合し、ジオメカニクスを考慮したシミュレーション用精密地質モデルを作成した。CO_2移行性能評価技術の開発では、地中貯留用の地層となる砂泥互層に関して、CO_2長期挙動シミュレーションに資する地質モデリング手法の開発を目指し、粒径を制御した人工試料に対する浸透実験を実施しスレッショルド圧ー浸透率の相関性における最密充填直線を決定するとともに、化学的反応プロセスの評価として、炭酸泉および炭酸水素塩泉において現場反応実験を行い、炭酸塩鉱物の反応速度データを取得した。また、砂泥互層内での CO_2挙動シミュレーションを実施し、砂泥互層の遮蔽性能に及ぼすスレッショルド圧の感度解析を行った。

基礎的な研究としては、流体地下圧入による AE 及び微小地震データ解析を行った。GeoTaos（地の道）というフレームワークに AE 及び微小地震データ解析のための機能を統括し、海内外の実例データに適用する実例として中国内陸の四川盆地の天然ガス田における注水誘発地震の解析を始めた。

［分　野　名］地質、環境・エネルギー

［キーワード］二酸化炭素、地中貯留、環境

［テーマ題目３］地層処分にかかわる評価技術の開発
［研究代表者］光畑　裕司
［研究担当者］光畑　裕司、丸井　敦尚、町田　功、横田　俊之、上田　匠、井川　怜欧ほか（常勤職員8名、他8名）
［研 究 内 容］

沿岸域において、「原子力政策大綱でいう、地上からの調査」を想定したボーリングによって地質・地下水環境を調査・観測しながら、段階的かつ繰り返しの地下水流動解析を行い、沿岸域における塩淡境界の形状把握と地下水の長期的な流動・滞留状況を評価する。これによって、ボーリングと物理探査との組合せ、関連データベースの活用等を含めた、沿岸域における塩淡境界や断層等の把握及びその長期的な変遷の評価に係る総合的な調査評価手法として構築することを目的としている。塩淡境界／地下水総合評価技術の開発に関しては、北海道幌延町の沿岸域において深度1,200m のボーリング調査を実施した。本掘削で得られた地質試料に対して、花粉分析、CNS 分析、土質試験、針貫入試験、透水試験等を実施した。また、地質との吸着度の違いによる地下水の性状を考慮して、pF 値の違いによる地下水（間隙水）試料を採取した。比較のため圧縮法による間隙水の採取も実施し、一般水質試験や同位体分析を実施した。この結果、特に深部環境においては水理境界が明らかに地質境界と異なることがわかり、地下水環境の長期的な安定性評価が大きく前進した。さらに、水理試験や広域超長期地下水流動解析を実施した。その結果、浅海域海底電磁探査によって発見された海底下の淡水地下水領域が形成されたのは氷期の地下水流動によるものであり、海底下の地下水が超長期的に安定して存在していることが判明した。

沿岸域地質構造／断層評価技術の開発に関しては、これまで開発を継続してきた浅海域海底電磁探査装置について取得データ品質向上を図るため、電場計測用ダイポール短縮化による揺動ノイズの低減と人工信号源の利用による高精度データの取得に着目した研究を行い、前者については、ダイポール長を変化させて実海域において計測実験を実施したが、鉄道路線からのノイズの影響で低周波数帯域では、短縮化の有効性を検証できなかった。一方で1Hz 以上の帯域では、比較的良質なデータが取得されており、有効性が示唆された。 後者については、既存の人工信号源データに対して、最適なセグメント長の決定とセグメントへの分割、および時系列スタック処理等による再処理を適用し、ファーフィールドの周波数帯域では MT 法データと調和的なデータを抽出できた。特に1Hz～0.1Hz 付近では揺動ノイズを克服し、見掛比抵抗と位相の曲線の連続性も良く、高品質のデータが得られた。

関連データベースの開発においては、全国の平野と盆地における堆積層データベースを完成させ、地下水賦存量や各地の地下水流動解析を実施した。この結果、安定した地下水の存在する領域を示すことに成功し、カスタマイズされた地下水データベースと合わせ、本研究に資するデータベースを発信できるようになった。

海域地質環境調査技術の高度化開発に関しては、物理探査により観測されている堆積平野の沿岸海域に淡水地下水領域（海底湧出地下水）の存在を、広域・超長期的地下水流動解析から証明した。また、地質境界と水理境界が一致しないことが同様に示されているが、これを解析的に考察し、動的初期条件を使うことで海水準変動を繰り返す沿岸域の地下水環境を解明（再現）することができた。これにより、沿岸部の地形や地質に応じて張り出しが存在することが解析的に求められた。すなわち、湾弧が狭まっており、かつ後背山地が海岸に迫っている方が、淡水地下水の海底下への張り出しが大きいことがわかった。また、超長期的な解析よりも地形や地質を考慮した広域的な解析の方が、深層地下水環境を高精度に把握できた。

［分　野　名］地質
［キーワード］地層処分、深部地下水、断層、深部地質環境

［テーマ題目４］鉱物・燃料資源のポテンシャル評価
［研究代表者］棚橋　学
［研究担当者］高木　哲一、鈴木　祐一郎、坂田　将、佐脇　貴幸、棚橋　学ほか（常勤職員20名、他5名）
［研 究 内 容］

レアメタル資源国と共同で資源調査を実施し、我が国の資源権益確保に必要な各種資源情報を獲得するために、資源エネルギー庁委託費により選鉱・製錬技術・資源評価技術の高度化、レアアース鉱床の現地調査・情報収集、世界的レアアース資源のデータベース構築・マテリアルフロー解析などを実施した。そのために、高精度年代測定装置 SHRIMP、高電圧パルス選択性粉砕装置（SELFRAG）等の先端的機器の導入・整備、モンゴル、南ア、米国、タイ等の有望レアアース鉱床の資源ポテンシャル評価を実施した。国際共同研究推進のため、米国地質調査所（USGS)、韓国地質資源研究院（KIGAM）と研究協力覚書を締結し、ブラジル鉱産局（DNPM)、トルコ地質鉱物資源総局（MTA）との研究協力協定の交渉を進めた。また、国内外の学会等で多数の講演、普及活動を実施した。グローバル・リモートセンシング利用資源解析強化事業では、アジア鉱物資源データベース構築のためのデータ整備を実施した。ベントナイト資源研究として、東北地方ベントナイト鉱床の賦存状況と各種性能試験を実施した。骨材資源や粘土鉱物等の非金属鉱物資源の産状等にかかわる現地調査・実験を行い、資源の安定供給と製品化に資する研究開発を実施した。

上越沖 MH 調査航海で得られた試料・データの解析

を引き続き実施し、熱解析では温度構造モデルを構築した。佐渡沖の地震探査データ解析から、海底のマウンドとポックマークの成因を示した。南海トラフ海域で、掘削コアの熱物性値（熱伝導率、熱容量、熱拡散率）を見積もり、海底水温変動のある海域で熱流量を精度良く計測する手法を検討し、隆起に伴う圧力減少によるガスハイドレート分解に関する数値モデルを構築した。三陸沖下北半島東方沖の地質構造解析により、緩傾斜斜面における天然ガスが係わる崩壊型堆積層形成メカニズムを示した。シェールガス鉱床生成条件と国内で対応する地域を検討した。関東地域水溶性天然ガスに関し、坑井地質データを追加収集し深層熱水型温泉水及び水溶性天然ガスの化学分析結果を総合解析した。南関東ガス田以外の地域にも水溶性天然ガスが賦存し上総層群の他、下位の安房層群・三浦層群等、沖積層などに存在し、基盤深度の大きな地域に水溶性天然ガスを溶存する深層熱水が普遍的に滞留している。地圏微生物研究では、基礎試錐「東海沖～熊野灘」で採取された堆積物中の古細菌脂質の研究を進め、アーキア脂質の起源生物について再検討を行い、ヒドロキシアーキオールの起源生物はメタン生成菌の可能性が高く、アーキア中のメタン生成菌の割合が大きいことが示唆された。水溶性天然ガスの濃集機構と鉱床の形成／保存について検討し、数千 m の半深海堆積物の浅層にメタンが濃集し、若い時代に急速に堆積・陸化した場合にのみ鉱床が保存されると解釈した。天然ガスの各炭化水素の同位体比を用いたガスの対比法の改良を行うとともに、メタンを主成分とするガス中の微量非メタン炭化水素測定システムを改良した。ガスハイドレートの相平衡条件を実験的に測定し、メタノール、エチレングリコール等と共存するエタンのハイドレート相平衡条件の実験結果から、溶質濃度の増加に伴い相平衡条件は低温側へシフトすることがわかった。ハイドレート相平衡条件の推定法を改良し、アルコール水溶液等と共存するガスハイドレートの相平衡条件の推定が可能になった。

［分　野　名］地質

［キーワード］鉱物資源、レアメタル、レアアース、天然ガス、メタンハイドレート

［テーマ題目５］地下水・地熱資源のポテンシャル評価

［研究代表者］當舎　利行

［研究担当者］丸井　敦尚、阪口　圭一、内田　利弘、當舎　利行、高倉　伸一、中尾　信典ほか（常勤職員22名、他1名）

［研 究 内 容］

地下水資源のポテンシャル評価においては、帯水層蓄熱を利用した地中熱システムのポテンシャル評価手法の開発に着手した。このシステムは、日本で普及が始まったシステムと比較して熱効率の良いことは知られているが、厳しい地下水揚水規制などにより一般的な技術にまで至っていないのが現状である。本研究では、山形盆地を対象として適地指標の検討および各指標による適地評価を試みた。今後は、現地実証試験データを取り込んで、現在得られている適地指標の高度化を行う予定である。

地熱資源のポテンシャル評価においては、八丈島と南伊豆の2つのモデル地域を対象として温泉共生型地熱貯留層管理システム実証試験にて実証研究を行った。この研究のうち、サブテーマ１）地熱系モデル開発及びシステム統合化では、モニタリング、シミュレーション等のデータの突き合わせを行い、モデルを改良した。南伊豆地域にて、地熱系モデルを作成のため不足している地質・水理・地化学データを取得して、地熱系モデルを作成した。また、システム統合化に関しては、八丈島地域におけるモニタリングデータの自然変動幅を把握し、最終成果物となる統合化システムの概念設計を行った。また、２）モニタリング技術開発では、地域の特性等を考慮したモニタリング手法設計などが課題について究明を行った。八丈島地域においては、掘削をした観測井にて水位等のデータや発電所・温泉データの蓄積と解析を行った。南伊豆地域には約700m 深度の観測井を掘削し、検層と注水試験を行った。微小重力については、八丈島において、3か所の温泉及び観測井での水位等の連続観測、調査井地点での高精度重力計による重力連続観測および、ハイブリッド重力計測を行った。３）変動予測シミュレーションでは、八丈島での地熱発電所管理用に作成されたシミュレーションモデルに基づき、浅部をより詳細にシミュレーションするためのモデルを設計するとともに、変動予測シミュレーション結果と各種モニタリングデータ等の比較検討を行い、モデルの改良を行った。温泉発電システムの開発と実証では、現地実証試験にともなったモニタリングおよびメカニズムの解析などを行った。モニタリングについては、温泉発電を実施する温泉井戸ならびに周辺1km の源泉について毎月温泉水を採取し、昨年度に引き続き水質等が安定していることを確認した。また、メカニズムの解析では初期生産量（624L/min）の60%程度の約400L/min の生産は数十年可能と推定され、この流量での生産試験は可能であることを示した。

次世代地熱エネルギー探査技術の開発では、地下に人工の水理系を作成して天然の水理系につなげてエネルギーの抽出を行う EGS 技術のうち、熱交換面を作成するために水圧破砕を実施したときに、どの方向に亀裂が進展して熱交換面が形成されたかをモニタリングする技術の開発を行う。本年度は、EGS でのテストを想定して、米国にて地震計による予備的な観測を行った。また、高精度の亀裂マッピングを行う為模擬計算を行って、亀裂の進展が地震波速度に与える影響を評価した。インバージョン解析ソフトウェアを用いた坑井内圧力遷移データ解析手法に関する研究では、複数坑井による圧力干渉データの解析に主眼を置き、注水流量が浅部フィードゾー

ンに全量流入するケースと、2つのフィードゾーンに部分流入するケースに分けて解析を行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］地下水資源環境、地熱資源、地中熱

［テーマ題目６］地圏の資源環境に関する知的基盤の構築

［研究代表者］光畑　裕司

［研究担当者］光畑　裕司、棚橋　学、丸井　敦尚、駒井　武、張　銘、坂田　将、佐脇　貴幸、鈴木　祐一郎、阪口　圭一、高木　哲一、高倉　伸一、今泉　博之ほか（常勤職員26名、他5名）

［研 究 内 容］

地圏における地下水・熱環境や物質の循環および集積メカニズムの解明を通じて、土壌汚染、地熱資源、鉱物資源、燃料資源等に関する情報を整備し、データベース構築、地圏資源環境に係る各種地球科学図を作成する。また、地圏の諸現象解明に必要な新たな各種基盤的地質調査技術の開発を行う。平成24年度は、以下の研究を行った。

表層土壌評価基本図に関しては、本年度調査サイトとなった茨城県地域において、各種地盤文献情報の収集を行い、土壌図のシームレス化作業を進めると共に、県内の主要な土壌種を網羅した情報が入手できるよう表層土壌調査を開始した。これにより、県内における土壌図の整備を完了させ、県内全域における表層土壌調査を完了した。また、茨城県地域は震災後初めての福島県近郊の調査地域となるため、調査時には地表より5cm 離れた部分の空間線量を測定項目として加え、県内土壌への放射性物質の蓄積分布について情報を得た。その結果、県内北部は全体に線量が低く、笠間市西部～筑波山東部地域を中心として北東のライン上にやや線量の高いエリアが分布し、国・自治体が発表した福島第一原発から漏洩した放射能分布とよく一致する結果を示した。

地下水環境に関しては、従来まで出版してきた水文環境図の内容をさらに充実させ、新基準（地質調査研究報告にて公表）に基づく作図を開始し、水文環境図第7号「熊本地域」、第8号「石狩平野」の調査出版作業を継続した。平成23年3月には未曾有の大震災を経験し、エンドユーザーが求める情報がより多角化し高精度になってきている。これをふまえ、水の資源・環境・地中熱を含めた熱利用等に対するデータの拡充を測ること、さらに過去の列島の水文データをとりまとめた形で今後の出版を進める。

鉱物資源関係では、300万分の1中央アジア鉱物資源図を出版した。本図は、東はヒマラヤから西はカスピ海周辺まで、北はシベリアおよびウラル山脈南部から南はインド北部までを含む広域地質図であり、統一の規準で編纂された他に類例を見ないものである。また、500万分の1アジア地質図を基図とした、500万分の1アジア鉱物資源図のための鉱物資源データのコンパイルを継続中である。他に50万分の1国内鉱物資源図、及び全国金属鉱山基礎資料集を元に、データコンパイル作業を進めた。

燃料資源関係では、「関東平野における水溶性天然ガス鉱床の分布に関する地質・地化学的調査研究」の研究成果について、燃料資源地質図として取りまとめるため、昨年度に引き続いて坑井地質の整理と温泉の地球化学的特徴に関するデータベース化を行った。

地熱資源関係では、「全国地熱ポテンシャルマップ」（2009）において示された地熱発電可能性と実際の資源の賦存状況に目立った差があるように見られる地域を個別に検討した結果、昨年度の検討で見いだされた重力基盤深度の過大評価による影響に加えて、実際の地熱発電所開発地域であるが企業の坑井データが公開されていないために適切な資源量が計算できていない地域があることが判明した。これらの検討結果は受託研究課題「地熱資源密度図の精緻化に向けた手法検討」での作業に反映された。また、数値地質図としての出版を予定している「地熱資源研究・評価への電子地球科学情報利用の事例集」の出版原稿を作成した。

物理探査技術に関して、海底熱水鉱床やメタンハイドレート探査等の様々な探査対象について注目が高まっておいる海底電気・電磁探査について、平成22年度より鉛直型電極配置による海底電気探査法の研究開発を実施している。鉛直型配置の電極ケーブル位置制御は、水平電極配置と比較して単純で簡単であり、海底地形が急峻な地域でも適用が容易である。本年度は、これまでの試験測定結果を踏まえ、より高品質のデータを取得するため、多芯電極ケーブルと陸上用多チャンネル電気探査装置を導入し静岡県清水港で測定実験をおこなった。

［分　野　名］地質

［キーワード］地質調査、知的基盤、地球科学図、土壌環境評価基本図、放射性物質、水文環境図､鉱物資源図､地熱資源評価、ポテンシャルマップ、海底電気探査

④【地質情報研究部門】

（Institute of Geology and Geoinformation）

（存続期間：2004.5.1～）

研究部門長：牧野　雅彦
副研究部門長：宮崎　一博、池原　研、田中　裕一郎
首席研究員：齋藤　文紀
総括研究主幹：山元　孝広、竹野　直人
研 究 主 幹：星住　英夫、村田　泰章
部　　門　　付：木村　克己、三田　直樹

所在地：つくば中央第7、中国センター
人　員：106名（106名）

経　費：1,310,562千円（1,056,940千円）

概　要：

1.1 研究目的

日本は、四方を海に囲まれ、大地震や火山噴火が頻発する数少ない先進国である。私たちが暮らし、産業活動を行っている地球の環境を守り、地質災害による被害を少なくするためには、まず、足もとの大地の様子と成り立ちをよく知るための地球システムの深い理解が必要である。どこまで地球のことを理解することができたかによって、将来起きることの予測の精度が決まり、これに応じた対策をとることができる。

地質情報研究部門は、国の「地質の調査」を所掌する産総研地質分野のユニットとして、長期的視点にたって陸と海の研究を一元的に実施し、関連するユニットとともに、国の知的基盤として信頼性の高い地質情報を整備し社会に発信する。知的基盤整備・発信及びその基礎となる研究については、部門全体で取り組む。同時に、人類と地球が共生し、安心・安全で質の高い生活と持続可能な社会の実現に向けて、重点的かつ戦略的に研究に取り組む。

1.2 中期目標・計画達成のための方針

産総研地質分野では第3期中期計画の戦略目標および課題を策定し、平成24年度はその中期計画期間の3年度である。地質情報研究部門は地質分野の中核ユニットとして、その戦略目標および課題に対応して、国土の地質情報を取得・整備するとともに、理論モデル構築による的確な将来予測の実現と社会の要請に応えることを目指して研究課題に取り組む。

研究実施にあたっては、研究グループを基盤とする研究と、これらを横断する重点プロジェクトによるマトリックス方式を採用する。これらの研究を進める中で、陸域と海域の研究の融合を進め、バックグラウンドの異なる研究者間の交流、シーズ研究の創出や次世代の人材育成を進める。

研究グループは専門家集団としての特徴を生かし、研究ポテンシャルの向上を目指すとともに、重点プロジェクト研究の基礎を支える研究、あるいは将来のプロジェクト創出の基となる研究を実施する。一方、重点プロジェクト課題を設定し、グループを横断した協力連携でもって研究を推進する。

1.3 グループ体制と重点課題

平成24年5月の再編により、海洋に関する資源および環境地質に関する研究を所内外に明示し、一層の研究推進を図るため、海洋資源環境研究グループを再編し、資源テクトニクス研究グループと海洋環境地質研究グループを新設した。これにより、海洋に関して資源および環境の両分野の強みをいかしたグループを設置することができ、海洋研究全体の推進を図ることができる。また、地球物理情報を効率的に活用し国土とその周辺地域の成り立ちを理解するため、地球物理研究グループの機能である地球物理情報と地質情報を総合した地質地殻活動に関する研究を独立させ、地質地殻活動研究グループを新設した。これにより知的基盤としての地球物理情報整備と、その情報と他の地質情報との統合による地質地殻活動に関する研究の連携強化を図ることができる。このことにより当部門の組織体制は19研究グループ、1連携研究体から構成される。

当部門では研究グループを横断する以下の9プロジェクト（P）を設定し、連携・協力して研究を進める。

・陸域地質図 P：国土基本情報としての陸域の島弧地質と知的基盤整備。
・海域地質図 P：国土基本情報としての海域の島弧地質と知的基盤整備。
・海底鉱物資源 P：海底熱水鉱床ポテンシャル評価。
・大陸棚調査 P：大陸棚画定の科学的根拠提示のための地質調査研究。
・ジオグリッド P：衛星画像情報の整備と地質情報の統合のための研究。情報・エレクトロニクス分野および環境・エネルギー分野との融合課題。
・火山噴火推移予測 P：伊豆大島火山の噴火シナリオと防災に関する研究。
・沿岸域の地質・活断層調査 P：陸域－沿岸域－海域をつなぐシームレス地質情報の整備と活断層の評価。地質調査総合センターのユニットが連携協力して平成20年度から取り組む政策課題。
・深部地質 P：放射性廃棄物地層処分の安全規制支援。
・鉱物資源 P：陸域の鉱物資源ポテンシャル評価。

1.4 内外との連携

社会の要請に積極的に応えるために、地質情報の信頼性の確保と利便性の向上を図り、国・自治体・産業界との連携を強化して、科学的根拠に基づいて提言などを行う。

他の関連ユニットとの連携を強め、産総研における地質調査総合センター（GSJ）としての機能を十分に果たす中核を担うとともに、産総研内外の連携を推進する。総合科学技術会議などの日本の科学技術政策の中で、産総研地質調査総合センターの果たすべき役割について検討し、必要な働きかけを行う。

研究によって形作られる地質情報はもちろんのこと、地球を理解する科学技術は、地質学的にも関連の深いアジアをはじめとする世界にとって共通の財

産であり、地質情報研究部門は CCOP（東・東南アジア地球科学計画調整委員会）等の国際組織やIODP（統合国際深海掘削計画）、ICDP（国際陸上科学掘削計画）などの国際プロジェクトを通じて世界に貢献する。また、地震・火山噴火・地すべりなどの緊急課題についても、地質調査総合センターとして迅速に取り組む。

発　表：誌上発表200件、口頭発表601件、その他196件

平野地質研究グループ

（Quaternary Basin Research Group）

研究グループ長：水野　清秀

（つくば中央第7）

概　要：

堆積平野とその周辺の丘陵地を主な研究対象とし、それらの実体把握と形成プロセスの総合的な理解に努め、地質災害の軽減・産業立地・環境保全等に貢献する地質情報を提供する。この目的のため、特に沿岸域・都市地質プロジェクトの中核となって活動するとともに、陸域地質図プロジェクト等にも積極的に参加し、また関連する内外の諸研究グループや機関とも連携して研究を進める。関東平野、福岡沿岸域、北海道南西部などの沿岸平野及び近江盆地などの内陸盆地を重点的に調査・研究を行っている。平野を構成する地層の詳細な層序、地盤特性、地質構造などを把握し、またそれらの形成プロセスを明らかにするとともに、地質情報のマップ化・データベース化を進める。さらに平野地質に関連した自然災害が発生した場合には、関係諸グループと連携をとり、被害調査などを実施する。

2011年東北地方太平洋沖地震による地盤被害や液状化現象などについても調査・研究を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目7、テーマ題目18、テーマ題目19、テーマ題目47

層序構造地質研究グループ

（Stratigraphy and Tectonics Research Group）

研究グループ長：中江　訓

（つくば中央第7）

概　要：

日本列島（活動的島弧）と周辺の東・東南アジア地域（大陸縁辺域）の地質学的実態を把握し、その長期的地質現象の過程を解明するために、[1] 海溝－前弧域での堆積・造構過程ならびに造山帯の造構作用の解明、[2] 火山弧周辺（前弧－火山フロント-背弧内堆積盆）における堆積環境・火山活動の時空間変遷などの解明、[3] 第四紀島弧内堆積盆における層序区分の高精度化ならびに堆積環境・気候変動の解明、などの地質学的問題を主要な課題と位置づけた「層序構造地質の研究」を、系統的かつ総合的に展開する。さらに国土の基本地質情報整備のために部門重点課題として実行される「陸域地質図プロジェクト」の中核研究グループとして、「層序構造地質の研究」の成果と最新の地質学的知見を融合し、我が国の知的基盤情報として各種の陸域地質図整備を担当する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目20

地殻岩石研究グループ

（Orogenic Processes Research Group）

研究グループ長：宮崎　一博

（つくば中央第7）

概　要：

活動的島弧の長期的挙動及び安定性を解明するために地殻岩石の研究を行う。地殻岩石の研究では、変成帯・火成岩体を研究対象とし、その形成において本質的な沈み込み帯での変形・変成作用、島弧地殻での変形・変成・火成作用などを、地層・岩体の地質調査、岩石・鉱物の化学分析・構造解析、及び形成モデリングにより明らかにする。また、国土の基本地質情報整備のために部門重点課題として実行される陸域地質図プロジェクトに、その中核研究グループとして参画する。陸域地質図プロジェクトにおいては、地殻岩石の研究成果及び既存の地質体形成過程に関する知見を融合・適合することにより高精度の地質図の作成を行う。研究成果は論文・地質図・データベースなどを通じて公表する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目21、テーマ題目49

シームレス地質情報研究グループ

（Integrated Geo-information Research Group）

研究グループ長：斎藤　眞

（つくば中央第7）

概　要：

陸域地質図プロジェクトの主要グループとして5万分の1及び20万分の1地質図幅の研究を行う。また、20万分の1日本シームレス地質図サイトの改良を行うとともに、次世代型20万分の1日本シームレス地質図の編集を行う。産総研地図系データバンクのコアシステムとして20万分の1日本シームレス地質図をベースとした地球科学図の統合データベース「地質図 Navi」の構築・公開を行う。5万分の1縮尺のシームレス地質図等をベースとした新たな大縮尺地質図データベース構築のための基礎研究を行う。更に、地質情報を、社会に役立つ、新たな価値を創出する情報として発信するための研究開発や標準の策定を行う。アジアの地質情報の研究・整備・解析、野外調査を基礎にした地質学的・地球物理学的研究も実施するとともに、アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスクマネジメント（G-EVER）プロジェクトに参画する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目11、テーマ題目22、テーマ題目43

情報地質研究グループ

（Geoinfomatics Research Group）

研究グループ長：中澤　努

（つくば中央第7）

概　要：

これまで地質情報は主に現地調査の成果として蓄積されてきた。一方、様々な潜在的な地質情報を含む衛星情報は1970年代から膨大なアーカイブとして蓄積されてきた。情報地質研究グループの研究は、このような地質情報・衛星情報を高度化し統合することによって、新たな地質学的視点を創出することを目的とする。そのために、野外調査や各種室内分析、X 線 CT 等の機器を用いて基礎的な地質情報を高精度化するとともに、それら地質情報の処理技術の開発研究を行う。また衛星情報から潜在的な地質情報を抽出し、これらをシームレス化・デジタル化された地質情報と統合することにより、地質災害軽減等に関する研究を行う。さらに、それら高度化・統合化した地質情報・衛星情報を公開する方策も検討する。

研究テーマ：テーマ題目8、テーマ題目10、テーマ題目11、テーマ題目18、テーマ題目23、テーマ題目43

海洋地質研究グループ

（Marine Geology Research Group）

研究グループ長：荒井　晃作

（つくば中央第7）

概　要：

海域地質図プロジェクト及び沿岸域プロジェクトの中核を担って研究を遂行する。日本周辺海域の海洋地質情報を整備公開するとともに、それらデータを基に日本周辺海域の活断層評価、古環境変動の解明、地質構造発達史、及び海底火山や熱水活動に伴う地質現象の解明を行うことを目的とする。白嶺等を用いた音波探査、採取堆積物及び岩石を基本データとし、それらの解析によって海洋地質図（海底地質図及び表層堆積図）を出版、インターネットでのデータ公開も進めている。これらの既存データに加え、他機関データや調査船等を活用し、活動的構造運動や古環境変動等の海域における地質現象の解明を目指す。さらに、地質情報に乏しい沿岸海域についても、小型船舶を用いて音波探査と堆積物採取を行い、沖合と陸上の地質情報を統合的に解釈、公開を進める。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目4、テーマ題目24、テーマ題目44

地球変動史研究グループ

（Paleogeodynamics Research Group）

研究グループ長：田中　裕一郎

（つくば中央第7）

概　要：

地磁気層序、岩石磁気層序及び微化石層序学的研究を統合した高分解能年代スケールを基盤とし、海陸の地質及び地球物理学的情報を融合して、地質学的時間スケールの地球システム変動及びテクトニクスを解明することを目的とする。また、日本列島及び周辺海域のテクトニクスの解明を行う。海陸の地質並びに地球物理情報を総合的に解析、モデル化することにより、プレート運動と日本列島及びその周辺海域のテクトニクスの関係を解明する。さらに、海底及び沿岸域における高分解能表層物理探査に関する研究や技術開発を行う。これにより、陸域・海域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化などの当部門のミッション達成に貢献する。また、統合国際深海掘削計画（IODP）の推進に、科学と運営の両面から貢献する。これらの研究ポテンシャルを生かし、陸上及び海域地質図・地球物理図作成、海底鉱物資源ポテンシャル評価・資源情報整備に関して分担する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目25、テーマ題目44

資源テクトニクス研究グループ

（Tectonics and Resources Research Group）

研究グループ長：下田　玄

（つくば中央第7）

概　要：

日本周辺海域における海底鉱物資源の広域ポテンシャル評価に資する研究を行った。そのために海底堆積物、岩石等の地球化学的・岩石学的研究を行った。地球化学的な研究は、海底鉱床の生成に重要な元素の移動や濃集過程の解明に応用することができる。すなわち、同位体比や化学組成が変化する過程を科学的に解明することで、鉱床形成につながる元素濃集過程の指標を科学的に見いだすための研究を行った。岩石学的研究は、日本周辺海域の構造発達史を明らかにするために用いた。日本周辺の広大な海域について海底鉱物資源のポテンシャル評価を行うためには、海底熱水鉱床が形成されるテクトニックセッティング、すなわち、前弧海底拡大、超低速拡大軸、背弧・島弧内リフト盆地の形成過程の解明が不可欠である。これらの形成過程を科学的に解明することで海底鉱物資源の広域的なポテンシャル評価に資する研究を行った。海底鉱物資源開発に関して大陸棚確定は大きな意味をもつ。そこで、大陸棚画定のための資試料のうち産総研が保有、管理する科学的データ／試料の有効利用のための環境を整備した。また、大陸棚審査に対する対応を行った。

研究テーマ：テーマ題目13、テーマ題目26、テーマ題目44

海洋環境地質研究グループ

（Marine Geo-Environment Research Group）

研究グループ長：鈴木　淳

（つくば中央第7）

概　要：

地球環境保全や地質災害などに関する科学的根拠の提示のため、都市・沿岸の環境、そして影響が広範囲にわたる沿岸域および地球環境について、その環境変動幅と変動支配因子を明らかにする。これら目標実現に向けて、安定同位体比分析を始め各種地球化学的分析法および光ルミネッセンス（OSL）年代測定法等の高度化については重点的に取り組むと共に、堆積学、古生物学、海岸工学など多様な手法の連携により、研究課題に対して総合的なアプローチを取る。部門の重点プロジェクト研究に位置づけられている「海域地質図プロジェクト」（沖縄海域プロジェクト）と「海底鉱物資源プロジェクト」については、研究グループとして積極的に参画して研究展開を図るとともに、将来の新たなプロジェクト創出のシーズ探索を推進する。

研究テーマ：テーマ題目27、テーマ題目48

沿岸海洋研究グループ

（Coastal Environment and Monitoring Research Group）

研究グループ長：谷本　照己

（中国センター）

概　要：

本研究グループでは、疲弊した沿岸生態系を再生し、持続的な利活用が可能な活動空間を取り戻すため、沿岸海域の環境モニタリングの高度化、沿岸域の水質改善や沿岸生態系の回復を目指す技術の開発と実用化支援および数値モデル解析を行う。また、沿岸域環境データの収集・解析およびデータベース化を行い、インターネット等で広く社会に提供する。

平成24年度は、風の影響を考慮した海水流動と海面浮遊物の数値モデル解析および藻場分布と衛星画像の解析を行って環境モニタリング手法の高度化などの沿岸域環境評価技術の開発を行った。また、津波リスク評価として仙台湾と松島湾を対象とした数値モデルおよび水理モデル実験を行って、津波堆積物の集積場所の特定や松島湾周辺の津波特性の評価を行った。

研究テーマ：テーマ題目28、テーマ題目48

地球化学研究グループ

（Geochemistry Group）

研究グループ長：岡井　貴司

（つくば中央第7）

概　要：

地殻における元素の地球化学的挙動の解明を中心とした地球化学情報の集積・活用と高度な分析技術の開発を目的とし、元素の地球化学的挙動解明の基礎となる地球化学図の作成、あらゆる地質試料の分析の基礎となる地球化学標準物質の作製、地質関連試料の高度な分析技術の開発と維持・普及を行う。地球化学図の研究では、大都市市街地における元素のバックグラウンドを明らかにするために、従来の10倍の精度を持つ精密地球化学図を作成するとともに、既に公開している地球化学図データベースの充実を図る。標準物質の研究では、岩石標準試料の国内唯一の発行機関として、ISO に対応した各種地質試料の認証標準物質の作製を行うとともに、岩石標準試料の各種情報をデータベースとして公開する。また、地球化学の基礎技術として、様々な地質試料中の元素の高度な分析技術の開発と、それらを用いた元素の挙動解明の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目17、テーマ題目29、テーマ題目48、テーマ題目50

地球物理研究グループ

（Geophysics Group）

研究グループ長：伊藤　忍

（つくば中央第7）

概　要：

地球物理データを取得する調査手法ならびに解析技術の開発・高度化を行い、地下地質構造に関する実態解明を目的とする。地球物理図の作成及び重力データベースの拡充を行い、国土の知的基盤地質情報整備と利活用に貢献する。また、平野部や沿岸域において地震探査や重力探査など物理探査を実施し地層や断層に関する詳細な地下構造を求める。これらの研究成果は論文・地球科学図・データベースや産総研一般公開・地質情報展などを通じて社会に発信する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目5、テーマ題目6、テーマ題目15、テーマ題目30、テーマ題目46

地質地殻活動研究グループ

（Dynamic Earth Research Group）

研究グループ長：名和　一成

（つくば中央第7）

概　要：

本グループは、地球物理情報を効率的に活用し国土とその周辺地域の成り立ちを理解することを目的として、地球物理情報と地質情報を総合した地質地殻活動に関する研究を実施するため、24年度に新設された。地球物理研究グループとも協力して、地球物理学的な調査手法、解析技術、シミュレーション技術の開発・高度化を行うとともに、重力図の作成及び重力データ

ベースの拡充を行う。地球物理情報と他の地質情報を統合・連携した研究を推進することで、国土の知的基盤地質情報の利活用に貢献する。これらの研究成果は論文・地球科学図・データベースや産総研一般公開・地質情報展などを通じて社会に発信する。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目15、テーマ題目31

火山活動研究グループ

（Volcanic Activity Research Group）

研究グループ長：石塚　吉浩

（つくば中央第7）

概　要：

中期的な火山噴火予測のため、活動的火山の噴火履歴・成長史を解明し、将来の活動様式・時期を予測するとともに、火山地質図を作成する。また、長期的な火山活動場変遷の規則性を明らかにするために、日本の第四紀火山活動の時間空間分布を明らかにする研究を実施する。これらに加え、年代測定法や化学分析法などの技術開発および高度化を行うとともに実測定を実施し、物質科学的な見地から火山の総合理解を深める。火山噴火あるいは火山活動時においては、社会的要請に応えるための組織的かつ機動的な緊急調査を実施する。また、陸域地質図プロジェクトのコアグループの一つとして、新生代火山岩地域における高精度の地質図作成を行う。これらの研究成果は、論文・地質図・データベースなどを通じて社会に発信する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目14、テーマ題目16、テーマ題目32

マグマ活動研究グループ

（Magmatic Activity Research Group）

研究グループ長：篠原　宏志

（つくば中央第7）

概　要：

短期的火山噴火予知・活動推移予測の基礎となる、噴火機構・マグマ供給系の物理化学モデルの構築を目指し、マグマ系における化学反応・力学過程などの素過程の実験・理論的研究と活動的火山の観測・調査に基づくマグマ活動の把握及びモデル構築を行う。具体的には、火山ガス放出量・組成観測、放熱量観測、地殻変動観測など活火山の観測研究と、メルト包有物や斑晶組織・組成の解析によるマグマの性質と進化の研究、地質調査に基づく岩脈貫入や噴火時系列の解析、高温高圧実験やアナログ物質を用いた模擬実験などによる素過程の解析などを実施する。研究成果は火山噴火予知連にも報告され、火山活動の評価などの基礎資料としても用いられる。

研究テーマ：テーマ題目14、テーマ題目33

マグマ熱水鉱床研究グループ

（Magma-Hydrothermal Deposits Research Group）

研究グループ長：森下　祐一

（つくば中央第7）

概　要：

マグマ熱水鉱床を含む系における元素の移動、分配、沈澱により鉱物の同位体・化学組成が変化する素過程を、同位体比測定や流体包有物の解析等に基づき明らかにし、熱水の進化や鉱床成因を解明することを目指す。岩石・鉱物の同位体・化学組成は微小領域では不均質なため、二次イオン質量分析装置（SIMS）等を用いて微小領域同位体・化学分析を行うことにより、現象の本質を解明して鉱物資源の探査法の開発やポテンシャリティ評価を行う。一方、鉱床の起源となるマグマの性質を解明するため、火山岩等に含まれるメルト包有物の SIMS 分析を実施し、マグマの進化・脱ガス機構やマグマ供給系の深さを明らかにする。また、同位体分析法等の開発に関する研究を行う。陸域の鉱物資源のポテンシャル評価では微小領域分析や同位体分析等に基づき鉱物資源の成因解明や探査法の開発に関する研究を行う。また、鉄マンガンクラストの成因解明など、海底鉱物資源に関する調査研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目12、テーマ題目34

長期変動研究グループ

（Geodynamics Research Group）

研究グループ長：宮城　磯路

（つくば中央第7）

概　要：

日本列島における、長期的な地殻変動（隆起・侵食・堆積・地震・火山）の基礎的理解を深めることを目的として、第四紀火山の地質・岩石学・鉱物学的研究、変動地形学的手法による第四紀地殻変動の研究、断層解析による地殻応力場変遷史の研究、侵食速度やメカニズムに関する研究を行う。これらの調査結果による知見や各種の調査手法開発による研究結果は、地質情報センターにおいて、深部地質環境研究コアのミッションとして実施される地質環境の長期変動予測や安定性評価手法の開発に応用される。さらに、原子力安全保安院による放射性廃棄物地層処分の安全規制のためのガイドライン作成等に活用され、国による安全審査を科学的にサポートする。

研究テーマ：テーマ題目35、テーマ題目39、テーマ題目49

深部流体研究グループ

（Crustal Fluid Research Group）

研究グループ長：風早　康平

（つくば中央第7）

概　要：

日本列島各地における浅層－深層地下水、温泉、ガス等を調査し、その起源、成因や流動状態を解明するための手法を開発することにより、深層に存在する地下水系や深部流体の実態を明らかにすることを目的とする研究を行う。具体的研究手法は、地下水・ガスの各種化学・同位体組成からわかる地下水やガスの物質収支および形成機構の解明、希ガス同位体組成等を用いた超長期地下水年代測定、地質や地質構造と深層地下水流動の関係を明らかにする GIS ベースの DB 開発などである。これらの調査結果による知見や各種地下水調査手法開発による研究結果は、地質情報センターにおいて、深部地質環境研究コアのミッションとして実施される深層地下水系の長期変動予測や安定性評価手法の開発に応用される。さらに、原子力安全保安院による放射性廃棄物地層処分の安全規制のためのガイドライン作成等に活用され、国による安全審査を科学的にサポートする。

研究テーマ：テーマ題目36、テーマ題目38、テーマ題目47、テーマ題目48

地下環境機能研究グループ

（Geological Isolation Research Group）

研究グループ長：伊藤　一誠

（つくば中央第7）

概　要：

高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全規制を支援する研究として、地層処分の立地及び安全審査段階におけるセーフティケースの妥当性の判断に求められる地質学的知見を整備し、技術情報として提供し、社会の安全に役立てる。このために、地下実験施設などを利用した観測および地下水・岩石試料の採取とその同位体や化学組成などの各種分析を実施し、それを基にモデル化と数値シミュレーションによる地下環境の変遷についての予測と評価をおこなう。これらの一連の解析を通じて、立地選定段階で必要とされる地下環境のベースラインデータについての調査方法を水理、熱、力学、化学（生物を含む）の各プロセスに応じて取得する手法としてまとめるとともに、今後必要とされる安全評価などの安全性の確認をこれによって検討する上での基礎的知見とする。

研究テーマ：テーマ題目37、テーマ題目49

瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体

（Collaborative Research Team for Eco-technology of Seto Inland Sea）

連携研究体長：谷本　照己

（中国センター）

概　要：

瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体として、地域行政機関、大学や企業等との連携により流況制御技術や鉄鋼スラグを利用した沿岸海域の環境保全、修復技術の開発およびその技術支援を目指す。また、公開可能な調査・観測データや水理模型実験データをデータベース化し、インターネット等で広く社会に提供する。

平成24年度は、鉄鋼スラグを利用したアマモ場造成に関わる水槽実験および停滞性の強い大阪湾などの内湾奥部の水質・底質を改善する環境再生手法としての流況制御技術の評価を行った。また、瀬戸内海大型水理模型による流況データの解析とデータベース化を行い、インターネットによる情報公開を継続して行った。

研究テーマ：テーマ題目40

［テーマ題目１］陸域地質図の研究（運営費交付金：重点プロジェクト）

［研究代表者］中江　訓（層序構造地質研究グループ）

［研究担当者］中江　訓、植木　岳雪、中島　礼、原　英俊、野田　篤、辻野　匠、工藤　崇、内野　隆之、宮崎　一博、松浦　浩久、高橋　浩、竹内　圭史、青矢　睦月、山崎　徹、佐藤　大介、斎藤　眞、西岡　芳晴、石塚　吉浩、星住　英夫、松本　哲一、古川　竜太、石塚　治、及川　輝樹、水野　清秀、小松原　琢、田邉　晋、納谷　友規、柳沢　幸夫、高橋　雅紀、七山　太、中澤　努、尾崎　正紀、安原　正也、山元　孝広、中野　俊、利光　誠一、渡辺　真人、角井　朝昭、長森　英明、高木　哲一、実松　健造、宮下由香里、駒澤　正夫（常勤職員43名）、近藤　玲介、栗田　裕司、本山　功、卜部　厚志、鴨井　幸彦、安井　賢、安藤　寿男、中里　裕臣、目代　邦康、海野　進、竹内　誠、柏木　健司、鹿野　和彦、川畑　博、横山　俊治、廣瀬　亘、川上　源太郎、長谷川　健（他18名）

［研 究 内 容］

国土の地質学的実体の解明と社会への詳細な基盤的地質情報の提供のため、20万分の1ならびに5万分の1地質図幅の整備を行う。「陸域地質図の研究」の実施にあたっては、本部門・他研究ユニット及び外部研究機関の研究者との協力体制のもと、「層序構造地質」・「地殻岩石」・「シームレス地質情報」・「火山活動」の4つの研究グループが中心となって推進している。

20万分の1地質図幅については、横須賀・松山・高知・大分の4地域の地質調査を進捗させた。

5万分の1地質図幅に関しては、一戸・鴻巣・茂原・明智・鳥羽など25地域の地質調査を進捗させるとともに、新居浜・今庄及び竹波・早池峰山・八王子の4地域（5区

画）の地質図及び報告書を完成させた。

［分　野　名］地質

［キーワード］地質図幅、20万分の1地質図、5万分の1地質図

［テーマ題目２］海域地質図プロジェクト（運営費交付金：重点プロジェクト）

［研究代表者］池原　研（地質情報研究部門）

［研究担当者］池原　研、荒井　晃作、片山　肇、井上　卓彦、板木　拓也、佐藤　智之、天野　敦子、山崎　俊嗣、小田　啓邦、佐藤　太一、鈴木　淳、長尾　正之、兼子　尚知、野田　篤、辻野　匠、岡村　行信、村上　文敏、松本　弾、西田　尚央、山岡　香子、多惠　朝子（常勤職員16名、他5名）

［研 究 内 容］

日本周辺海域の地球科学的調査・研究を通じて、地殻を中心とした海洋地球に関する基盤的情報を系統的に整備し、広く社会へ提供する。特に、海洋地質図の整備、海洋地質データベースの構築とインターネット公開、これらを支え発展・高度化させる基礎的基盤的研究に関して世界をリードする研究に取り組む。なお、海洋地球に関する基盤的情報及び科学的知見は、国や社会の持続的発展を支える基本的公共財として、産業立地を含む各種海洋開発・災害軽減・環境管理などに対する基礎的資料となる。

本年度は、鹿児島県沖永良部島周辺海域の調査航海を実施するとともに、これまでの調査航海の結果に基づき、海洋地質図の整備を進めた。その結果、約1500海里の航走観測と8地点での底質試料採取を行い、その概要は速報にとりまとめ中である。また、日高舟状海盆海底地質図、宗谷岬西方海底地質図、野間岬沖表層堆積図を CD 出版した（海底地質図には重力異常図・地磁気異常図も添付）。

データベースに関しては、海域地質構造断面（音波探査記録）データ、表層地層探査記録のデジタル化を進め、順次公開した。

［分　野　名］地質

［キーワード］海底地質図、表層堆積図、重力・地磁気異常図、データベース、日本周辺海域、南西諸島海域、白嶺

［テーマ題目３］大陸棚調査「大陸棚画定調査に関わる基盤岩による海山等の形成史および潜在的な資源に関する研究」（運営費交付金：重点プロジェクト）

［研究代表者］岸本　清行（資源テクトニクス研究グループ）

［研究担当者］岸本　清行、西村　昭、湯浅　真人、棚橋　学、石原　丈実、上嶋　正人、石塚　治、下田　玄、森尻　理恵、斉藤　英二、飯笹　幸吉（常勤職員6名、他5名）

［研 究 内 容］

部門プロジェクトである本課題は、大陸棚チーム員およびその所属グループの協力のもとに以下の2課題を実施した。1. わが国の大陸棚延伸に関わる海域の基盤岩等地質試資料・情報の整備管理。2. 2012年4月26日に国連から発出されたわが国の延長大陸棚に関する勧告の技術的検討に関わる作業分担（審査対応部会への参加等）。

(1) 大陸棚画定調査の一環として実施した海域で採取した岩石試料等の分析解析を進めるとともに、海域の地球科学データのとりまとめを行った。また、わが国の延長大陸棚が最終確定するまで、申請に用いた関連する地質試資料の保全管理をする必要がありその対策を行った。さらに、今後海域の潜在的資源に関する研究試料としてそれらを有効活用するための環境整備を進めた。

(2) 受領した「延長大陸棚勧告」の技術的検討のため審査対応部会および WG 会合において活動した。日本の延長大陸棚申請文書は平成20年11月12日に国連の「大陸棚の限界に関する委員会」に提出・受領され、足掛け3年の審査を経て、政府は延長大陸棚申請に対する「勧告」を平成24年4月27日（日本時間）に受領したが、一部海域に審査が先送りされた部分があるため、国として「審査対応」機能を当面継続維持する必要があり、それらの技術的課題についても検討した。

［分　野　名］地質

［キーワード］海洋地質調査、大陸棚画定、国連大陸棚限界委員会

［テーマ題目４］沿岸域の地質・活断層調査－沿岸海域の海洋地質の研究（運営費交付金：重点プロジェクト）

［研究代表者］池原　研（地質情報研究部門）

［研究担当者］池原　研、片山　肇、荒井　晃作、井上　卓彦、天野　敦子、佐藤　智之、岡村　行信、村上　文敏、西田　尚央、松本　弾、宇佐見　和子、多惠　朝子（常勤職員7名、他5名）

［研 究 内 容］

地質情報に乏しい沿岸域の地質情報の整備と沿岸域のよりよい調査手法の確立が本調査研究の目的である。本年度は、北海道苫小牧（勇払）沖海域の反射法音波探査と表層堆積物採取を行った。その結果、音波探査断面に3つのユニットを認め、現在の日高側の河川の流下方向にほぼ平行な地層の前進を確認した。また、これまで断層崖と考えられてきた海底の段差は堆積性の地形であることが確認され、採泥調査からその形成年代が融氷期以

降であることが明らかとなった。これらの結果は、報告書原稿として取りまとめた。また、一昨年度福岡沖の調査結果を DVD 出版するための作業を行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］島弧、沈み込み帯、変成作用、火成作用

［テーマ題目５］沿岸域の地質・活断層調査－陸海接合の物理探査（地球物理 RG-1）（運営費交付金：重点プロジェクト）

［研究代表者］山口　和雄（地球物理研究グループ）

［研究担当者］山口　和雄、加野　直巳、住田　達哉、横倉　隆伸、岡田　真介、阿部　進、山谷　祐介（常勤職員3名、他4名）

［研 究 内 容］

沿岸付近の陸域と海域の地質情報の整備を目的として、新規に地震探査・重力探査を行い、合わせて既存データの収集等も行う。

勇払地域では、H24年度に、海岸に直交し内陸に向かう勇払測線4（長さ約12km）と勇払測線5（8km）で新規に反射法地震探査を行い、この2本の測線と苫小牧86測線で重力探査を行った。勇払測線4では測線両端付近の背斜とその間の向斜がイメージングされた。勇払測線5では向斜がイメージングされ勇払測線4の向斜に繋がると考えられる。再解析は、これまでに、周辺の基礎物探データ（海域563km、陸域45km）を対象として CMP 重合時間断面、マイグレーション断面、深度断面を整備し、基礎物探日高地域の H91-3測線（48km）と外部機関保有の苫小牧86測線（15km）に MDRS（Multi-Dip Reflection Surface）法を適用した。H24年度は、H22年度に調査を実施した勇払測線1（19km）と勇払測線2（8km）、外部機関保有の長沼85測線（18km）、基礎物探胆振沖浅海調査5測線（74km）に MDRS 法を適用した。MDRS により、不明瞭だった深部のスラストや浅部の褶曲のイメージングに成功した。H23年度に調査を実施した勇払測線3（19km）の西半分を高分解能で再解析し、測線沿いで掘削された2本の80m 深度ボーリングと対比した。これまでに重力探査を実施した勇払測線1、2、4、5、苫小牧86の全体的な傾向として、東に下がるブーゲー異常は先新第三系の基盤によるものと考えられ、先新第三系基盤が地下深部で大きく食い違っている様子はブーゲー異常からは確認できない。H22年度に調査を実施した福岡市の生の松原の S 波反射法データをとりまとめ DVD 出版の原稿を作成した。

［分　野　名］地質

［キーワード］沿岸域、勇払地域、福岡地域、反射法地震探査、MDRS 法、重力探査、ブーゲー異常

［テーマ題目６］沿岸域の地質・活断層調査－陸海接合の物理探査（地球物理 RG-2）（運営費交付金：重点プロジェクト）

［研究代表者］大熊　茂雄（地球物理研究グループ）

［研究担当者］大熊　茂雄、駒澤　正夫、中塚　正（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

陸域と沿岸海域とをつないだシームレス地球物理図を作成し、活断層や地下地質を含めた統合化された地質情報を提供することを目的として、本研究では陸海接合の物理探査を行う。平成24年度は、北海道勇払沖の重力データ空白域で海底重力調査を実施し、既往の海上及び陸上データも取り込んで、陸海域を接合した重力図を作成した。また、当該海域の空中磁気データ空白域で、高分解能空中磁気探査を実施し、陸海域にまたがる詳細な空中磁気図を作成した。重力探査の結果、ゼロ値線が断層状構造の最急勾配位置を示す残差重力が石狩低地東縁断層帯に良く対応することが分かった。また、苫小牧は残差重力の正値域となるが、それは南の海域に伸び、基盤が隆起していることを示している。さらに、苫小牧東港南方の NW-SW 方向の線形海底地形（崖）構造に対応して負の残差重力が分布することが分かった。一方、暫定的に作成された空中磁気図では当該の地形に対応して線状の高磁気異常が認められた。これらから、当該の地形が低密度・高磁化強度の地質からなることが推定され、当該海域で行われた音波探査の結果などを加味すると、海流等による堆積環境の特徴を表している可能性が高い。

［分　野　名］地質

［キーワード］重力探査、海底重力調査、空中磁気探査、重力図、空中磁気図、地球物理図、苫小牧、勇払平野

［テーマ題目７］沿岸域の地質・活断層調査－陸域の地質調査（運営費交付金：重点プロジェクト）

［研究代表者］水野　清秀（平野地質研究グループ）

［研究担当者］水野　清秀、小松原　琢、小松原　純子、田邊　晋、石原　武志（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

陸域と沿岸海域とをつないだシームレス地質図を作成し、活断層や地下地質を含めた統合化された地質情報を提供することを目的として、本研究では陸域の地質調査を行う。平成24年度は、北海道石狩－勇払平野におけるボーリング調査を実施するとともに、福岡沿岸域の第四系および活断層についてシームレス地質情報集出版のためのとりまとめを行った。

石狩-勇払低地帯の陸域地質調査においては、千歳市柏台地区において深さ70m のボーリングを実施し、支笏火山噴出物より下位の39m 区間のコアを全採取した。その結果、支笏火山噴出物よりも下位に2層準の海成堆積物が存在することを確認し、現在日本海と太平洋の分

水界付近にあり、かつ石狩低地帯の幅が最も狭くなっている地点において高海水準時期には海成堆積物が堆積していたことが確認できた。また、当ボーリングにおいて最終間氷期以前と考えられる海成層中より既知のテフラに対比できない軽石質テフラを見出した。ボーリングの層相記載とテフラに関する報告は平成24年度沿岸域の地質・活断層調査報告書に報告した。また、現在花粉分析を実施中である。このボーリングとは別個に既存調査ボーリングデータを収集・解析し、物理探査データおよび基準ボーリングと総合して石狩低地帯南部の活構造の第四紀後期における活動性を評価する基礎資料を作成した。その結果、支笏火山噴出物に覆われた石狩低地帯と勇払低地帯の境界をなす丘陵（支笏火山噴出物露出地域）地下で反射法地震探査によって深部の地層の地質構造と調和的に最終間氷期堆積物が変位していることが明らかになった。この結果、従来不明瞭な変位地形を根拠に活構造と推定されていたものが実際に第四紀後期に活動している構造として地質学的にも認定することができた。

福岡沿岸域の活断層と段丘堆積物・沖積層の分布については地質図上にとりまとめ、また主要な平野域での第四紀堆積物基底高度分布図を作成して、シームレス地質情報集（DVD）の一部として公表した。

［分　野　名］地質

［キーワード］ボーリング調査、活断層、活褶曲、第四紀堆積物、シームレス地質情報、石狩低地帯、福岡沿岸域

［テーマ題目８］沿岸域の地質・活断層調査－陸域のシームレス地質図調査（運営費交付金：重点プロジェクト）

［研究代表者］尾崎　正紀（地質情報研究グループ）

［研究担当者］尾崎　正紀、花島　裕樹
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

陸域と沿岸海域の空白域におけるシームレスな地質情報を提供することを目的として、その基盤地質情報の一つである陸域部のシームレス地質図を作成し、海底地質図・重力図・空中磁気図・構造図など多様な地質情報図との統合を行っている。

平成24年度は、福岡沿岸域において、陸域地質図、基盤地質図、第四堆積物基底面図の編纂を行い、福岡沿岸域における活断層系は、基盤構造に依存した活動を行っていることなどを明らかにすることができた。更に、海底地質図、重力図、空中磁気図、活断層図などとの統合データを作成し、それらの成果を海陸シームレス地質情報集「福岡沿岸域」（DVD）にまとめた。また、石狩低地沿岸域では、最新のデータに基づき、新たに石狩低地及び周辺地域の陸域における20万分の１シームレス地質図を作成した。

［分　野　名］地質

［キーワード］シームレス地質図、基盤地質図、福岡沿岸域、石狩低地沿岸域

［テーマ題目９］沿岸域の地質・活断層調査－地下地質情報のデータベース整備とモデリング（運営費交付金：重点プロジェクト）

［研究代表者］木村　克己（地質情報研究部門）

［研究担当者］木村　克己、康　義英、花島　裕樹
（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

北海道石狩平野の6自治体から収集したボーリング柱状図資料の電子化を行い、モデル化に必要な350本の電子化（XML 形式）及び国土地理院の数値標高による詳細な地形図の構築を完了し、浅部地下構造に関する三次元地質モデリングの基礎資料を完備した。ボーリングデータに基づいて福岡平野の浅部地下の三次元モデルを構築し、警固断層が天神沈降盆を伴い、沈降盆の両端域の2箇所で分岐することを明らかにした。また、これまで用いてきた柱状図解析システムについて三次元モデル構築用のデータ管理・境界区分設定機能などを改良した。

［分　野　名］地質

［キーワード］沿岸域、ボーリング柱状図、データベース、福岡平野、石狩平野

［テーマ題目10］沿岸域の地質・活断層調査－海陸空間情報の整備（運営費交付金：重点プロジェクト）

［研究代表者］川畑　大作（地質情報研究グループ）

［研究担当者］川畑　大作、尾崎　正紀、田中　裕一郎、井川　敏恵、佐藤　美子
（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

沿岸域地質・活断層調査で得られた成果が多様な目的で活用されるよう、研究成果の空間情報整備や標準化、公開手法の検討、利活用のための技術開発などを行っている。また、研究成果物（研究報告、DVD）作成のサポートを行っている。

平成24年度は、既刊の海陸シームレス地質情報集「能登地域」及び「新潟地域」のデジタルデータの作成、ファイル共有環境の構築、空間データの簡易閲覧システムの構築を行った。また、海陸シームレス地質情報集「福岡沿岸域」（DVD）用データの作成や平成23年度の沿岸域地質・活断層調査研究報告の編集などを行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］空間情報、情報共有、海陸シームレス地質情報集、研究報告、福岡沿岸域

［テーマ題目11］Geo Grid（運営費交付金：重点プロジェクト）

［研究代表者］宮崎　一博（地質情報研究部門）

［研究担当者］宮崎　一博、西岡　芳晴、吉川　敏之、川畑　大作、巖谷　敏光
（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

野外調査のデジタルアーカイブ手法の研究を目的とし、調査者が使いやすく利便性の高いデジタルアーカイブのためのアプリケーション開発や調査端末の検証開発を行う。近年では GPS やコンパスなどの観測センサーを内蔵したスマートフォンが普及しつつある。本研究ではスマートフォンを用いたアプリケーション開発を行っている。平成24年度は平成23年度に開発した GeoClino for iPhone の国際対応を行った。ユーザーインターフェイスについても変更を行い、従来のアナログ式表示に加え、デジタル式表示を選択できるようにした。収集した情報の編集機能も追加し、位置情報を補正できるようにした。最新の OS への対応やデバイスへの対応も行った。また、インターネットを利用できる場所や電波の届かない場所において、このアプリケーションを利用した電波の強弱の違いによる野外調査手法の検証を行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］デジタルアーカイブ、野外調査情報、GeoClino for iPhone

［テーマ題目12］陸域の鉱物資源のポテンシャル評価に関する研究（運営費交付金：重点プロジェクト）

［研究代表者］森下　祐一
（マグマ熱水鉱床研究グループ）

［研究担当者］森下　祐一、濱崎　聡志、清水　徹、後藤　孝介、清水　日奈子
（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

白金、パラジウム、インジウムや金などを対象とする鉱物資源探査に資するため、微小領域分析や同位体分析手法等を開発し、陸域の鉱物資源の成因を解明して新しい探査法を提出するための研究を行う。

南アフリカ共和国は白金族鉱石の埋蔵量が世界で圧倒的なシェアを占め、また生産量も世界の7割以上を占めるなど重要な資源国である。白金族元素と南アフリカ共和国の白金族鉱山について調査を進め、その一部を資源情報として学会誌に公表した。

雲仙火山掘削試料を用いた熱水性鉱物の分布により推定された山体内部の温度構造から、火山近傍における熱水系の形成について記載、とりまとめをおこなった。

世界有数のインジウム鉱床である豊羽鉱床の銅鉱石を用いて、X 線顕微鏡及び赤外線顕微鏡観察、及び全岩微量成分分析を行い、インジウム分布と含有量を精査した。その結果、インジウムは、亜鉛鉱石に次いで銅鉱石中にも高濃度（最大1090ppm）に含まれ、その量は他のレアメタル（アンチモン及びビスマス）量とも相関することが明らかになった。これらの結果から、インジウムは、アンチモン及びビスマスとともに探査ターゲットになることがわかった。

昨年までに確立した鉄マンガンクラストのオスミウム同位体比分析に基づき、フィリピン海プレートの流星海山より採取された鉄マンガンクラスト試料の成長速度および形成年代の決定を試みた。流星海山より採取された試料は、1500万年前頃より、100万年に約3mm の速度で、ほぼ一定に成長してきたことが分かった。また、鉄マンガンクラストの広域的な分布調査および研究用試料の採取を目的に、太平洋プレートの半沢海山における調査航海（KY12-16）も行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］鉱物資源、白金族、金、インジウム、鉄マンガンクラスト

［テーマ題目13］海底鉱物資源（運営費交付金：重点プロジェクト）

［研究代表者］下田　玄
（資源テクトニクス研究グループ）

［研究担当者］下田　玄、針金　由美子、山岡　香子
（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

久米島西方海域での若い火成活動が示唆されていたので、当該海域で海底資源に資する調査を行った。日本周辺海域で発見された海底熱水鉱床は、全て若い活動的な島弧火山、もしくは背弧リフトの活動に起因している。また、高温熱水活動は、鉱床の生成に本質的な役割を果たすと考えられているので、高温熱水活動域の発見を最終的な目的として調査を行った。これまでに発見された海底金属鉱床を伴う高温熱水活動は、全てカルデラもしくは溶岩ドームで発見されている。従って、久米島西方海域の複合的なカルデラ地形は、この海域が海底熱水鉱床調査に好適であることを示している。そこで、久米島西方海域において堆積物を採取し、含まれる鉱物種と化学組成を調べることで海底鉱床の生成を伴う熱水活動の徴候を検出可能なのかを検証した。その結果、熱水活動域と同一カルデラ内であれば、熱水活動徴候を化学的指標で検出できることが明らかとなった。また、カルデラの外側でも近距離であれは Pb 濃度で異常が検出できる可能性があることが明らかとなった。久米島西方海域で採取された堆積物は、銅・亜鉛・鉛の他にも As、Sb 等の熱水鉱床の指標となり得る元素を高濃度で含むが、これらの元素を熱水活動の指標として使えなかった。その理由は、堆積物の元素組成を規格化する適切なデータが無かったからである。これらの元素を熱水活動の指標として適切に使うためには、この海域の基礎的な地球化学的調査が欠かせない。今後、海底鉱物資源の広域ポテンシャル調査を高精度・高確度で行うためには、非火山海域のデータ採取や活用も必要であろう。

［分　野　名］地質
［キーワード］海底鉱物資源、テクトニクス、沖縄トラフ、フィリピン海プレート、地球化学、岩石学

［テーマ題目14］火山噴火推移予測の高度化（運営費交付金：重点プロジェクト）
［研究代表者］篠原　宏志（マグマ活動研究グループ）
［研究担当者］篠原　宏志、松島　喜雄、川辺　禎久、石塚　治、古川　竜太、及川　輝樹、下司　信夫、石塚　吉浩、高倉　伸一、西　祐司、石戸　恒雄、大石　雅之、Nicolas VINET
（常勤職員10名、他3名）
［研 究 内 容］

伊豆大島火山における地殻内マグマ長距離移動の検討と側火口へのマグマ供給システムを解明する目的で、東海大学と共同で、大島北西沿岸で精密海底地形調査を実施した。今回の調査により、複数の北西－南東方向のリニアメントが見いだされた。特に野田浜付近から北西に延びる崖は極めて連続性が良く、比高は約18m に達する。この崖は、さらに北西海底沖合に伸び、反射法地震波探査断面に現れている断層崖に連続している可能性が高い。一方側火口列の延長部には、スコリアコーンと思われる火山体が認められる。注目すべき点はこの火山体は上記の崖に切られてずれていることであり、この側火口の活動より後の時期まで断層崖の活動が継続していたことを示す。構造探査断面から推定される北東－南西方向の伸張場と側火口配列の密接な関係を示唆する。

伊豆大島をテストフィールドとして、地球物理学的観測から地下構造、地下水系を把握し、噴火活動期のマグマ上昇、脱ガスに伴う熱水系変動についてモデリングを行う。特に地下の熱水流動を反映する観測量である自然電位（SP）に着目した研究を進めている。三原山火口原に設置した自然電位の地表測線での連続観測を引き続き実施した。観測データをインターネット経由でつくばに転送し、web で公開するシステムを作成した。自然電位の観測結果から熱水系変動を予測するために、3次元数値シミュレーションを用いた解析を開始した。代表的な条件下において、脱ガスの上昇に伴う自然電位の発現様式を検討した。

三宅島火山において、歴史記録があるが、その記述の乏しい9～17世紀の噴火について層序とリンクさせた14C 年代測定を行い、2000年カルデラ形成期噴火までの噴火史を、ほぼ明らかにした。その結果、従来12～14世紀に噴火休止期を境に噴火様式が異なっていたとされていたが、そのような傾向は無かったことが明らかとなった。そのため、三宅島は9世紀以降の約1000年間、ほぼ同じ頻度かつ同じ様式の噴火を繰り返した後に、2000年のカルデラ形成噴火に至ったことが明らかとなった。

阿蘇山では湖底で起きる小規模な噴火や湖底堆積物中にも見かけ上新鮮なガラス質の火山灰が観察される事がある。この新鮮なガラス質火山灰の起源を明らかにするために、強酸性で60-80℃と高温である阿蘇中岳火口湯だまりの湖水と火山灰ガラスの反応実験を実施した。実験の結果、ガラスには1週間から1カ月程度で明瞭なエッチングピットが生じた。これにより、湖底堆積物中の新鮮なガラスは過去の噴出物ではなく、新鮮な火山灰が定常的に湖底で噴出している可能性が示された。

霧島山新燃岳火山に展開しているリアルタイム降灰観測網を維持し、噴火監視を継続的に行った。また桜島火山山麓でも観測を開始し、爆発的噴火による降灰をリアルタイム観測に成功した。

桜島昭和火口や霧島新燃岳の火山灰粒子構成物の解析から、火道浅部における爆発的噴火駆動過程の解明を試みた。桜島昭和火口における個々の爆発噴火に対応した噴出物の採取を行い、個々の噴火における噴出物構成粒子の構成比や構成粒子の岩石学的特徴の時間変化を明らかにし、それに基づく火道浅部におけるマグマの上昇プロセスを明らかにした。霧島新燃岳2011年噴出物の解析では、噴火様式の推移に伴う噴出物構成比の時間変化を抽出し、準プリニー式噴火とブルカノ式噴火を駆動する共通したメカニズムとそれらの違いをもたらす火道内プロセスについてモデルを提唱した。

気象庁による火山噴火活動観測業務に対し、火山灰粒子を用いた火山活動評価の技術協力を行った。鹿児島地方気象台をはじめとする気象庁機関からの火山灰粒子の顕微鏡画像を用いた火山灰粒子の迅速なモニタリングを確立させ、実際の運用を開始した。また、気象庁により採取された火山灰粒子試料の解析とそれに基づく噴火状況の推測をあわせて行い、物質科学的手法による火山噴火状況の迅速な把握に貢献した。

噴火シナリオ作成と高度化のために必要な、過去に起きた噴火の推移をデータ集として整備するため、伊豆大島、有珠山などいくつかの火山噴火について噴火推移データ集の試作、検討を行い、それに基づき、データ集の方向性、仕様を決定し、国内 VEI3以上の最近400年間のすべてのプリニー式、準プリニー式噴火について既存データからデータ集の作成を開始した。

［分　野　名］地質
［キーワード］火山、マグマ、噴火予知

［テーマ題目15］地球物理図（運営費交付金）
［研究代表者］伊藤　忍（地球物理研究グループ）
［研究担当者］伊藤　忍、駒澤　正夫、大熊　茂雄、村田　泰章、名和　一成、中塚　正、長谷川　功（常勤職員5名、他2名）
［研 究 内 容］

活動的島弧に位置する国土の地下地質構造を体系的に解明するために重力図、空中磁気図、データベースなど

の作成を行う。20万分の1重力図については、姫路、徳島地域について出版原稿の編集を完了した。京都・大阪、和歌山、名古屋、金沢地域などの調査・編集を進めた。日本重力 CD-ROM 改訂版として海陸合わせたブーゲー異常とフリーエア異常のメッシュデータを作成し、日本重力データベース DVD 版の出版原稿の編集を完了した。重力データベース（RIO-DB）では、システムの移行に伴う作業を進めた。日本列島基盤岩類物性データベース（RIO-DB）の維持作業を行った。空中磁気異常の3次元イメージング解析手法の開発を進め、手法の理論的検討や火山地域での適用結果について国際誌に投稿した。有珠火山での繰り返し空中磁気探査についてとりまとめ、貫入マグマの位置推定結果について GSJ シンポジウムで発表した。

［分　野　名］地質

［キーワード］地球物理図、重力図、空中磁気図、岩石物性、データベース

［テーマ題目16］火山地質図（運営費交付金）

［研究代表者］石塚　吉浩（火山活動研究グループ）

［研究担当者］石塚　吉浩、星住　英夫、川辺　禎久、下司　信夫、石塚　治、山崎　誠子、及川　輝樹、伊藤　順一、山元　孝広、伴　雅雄、嶋野　岳人、小林　哲夫（常勤職員9名、他3名）

［研 究 内 容］

国の火山噴火予知研究を分担し、活動的火山の噴火履歴を明らかにするとともに火山地質図を作成する。平成24年度においては、火山噴火予知連絡会によって選定された「火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な火山」である九重火山、蔵王火山及び八丈島火山の3火山について火山地質図作成のための野外調査を実施した。また、諏訪之瀬島火山については昨年度原稿を完成させた地質図の校正を行い出版した。噴火活動が活発な桜島火山については、初版の出版から30年以上経過していることから全面的に改訂作業を進め、火山地質図の原稿を完成した。

［分　野　名］地質

［キーワード］活火山、噴火履歴、火山地質図、火山防災、噴火予知

［テーマ題目17］地球化学図（運営費交付金）

［研究代表者］岡井　貴司（地球化学研究グループ）

［研究担当者］岡井　貴司、今井　登、金井　豊、御子柴　真澄、太田　充恒、久保田　蘭、立花　好子（常勤職員5名、他2名）

［研 究 内 容］

都市市街地を含む関東地域における元素のバックグラウンドを明らかにするために、従来の10倍の精度を持つ精密地球化学図を作成する。また、日本全国のヒ素、水銀、カドミウムなどの有害元素をはじめとする53元素の濃度分布の全データをデータベース化し、地球化学図データベースとしてインターネットを通して活用できるようにするとともに、日本における地球化学基盤情報を提供する。

精密地球化学図の作成では、本年度は、関東東部地域の試料採取を行うとともに既存試料の分析を行った。試料は関東東部地域（千葉県、茨城県、埼玉県、群馬県）から河川堆積物試料304試料を採取した。試料は各河川の指定された地点の周辺において、その河川の上流域から供給された細粒の堆積物（最大粒径3mm 程度以下）約1kg をスコップ等で採取した。採取した河川堆積物は実験室で乾燥したのち80メッシュ以下の成分を篩分け、自然乾燥した後粉砕し分析試料とした。試料の分解は硝酸、過塩素酸、フッ化水素酸で行い、分析は ICP 発光分析法で主成分元素を、微量成分元素は ICP 質量分析法で行った。これまでに収集・採取した試料総数は合計して関東地方から約1600個で、分析で得られた元素濃度を元に地理情報システムを用いて地球化学図を作成した。地球化学図は53元素について作成することができ、図面操作は地球化学図の作成、解析は距離計測、断面図作成等を行うことができる。この他に3次元のメッシュマップ、メッシュ補間マップ、コンターマップを作成することができる。

地球化学図データベースでは、既に公開している日本における大地からの自然放射線図について、Web 表示に適した画像形式である ZOOMA 形式を用いた、拡大縮小表示機能を追加し、任意の地点について、スムーズに拡大縮小して表示できるようにした。また、任意の地名（住所の市町村の名前）を検索すると、データベースから検索して自然放射線量を表示する機能及び、試料採取地点を地図上でクリックすることにより自然放射線量を表示する機能を追加し、自然放射線量表示の利便性を向上させた。

［分　野　名］地質

［キーワード］地球化学図、データベース、有害元素、バックグラウンド、環境汚染、元素分布

［テーマ題目18］地質地盤図（運営費交付金）

［研究代表者］中澤　努（情報地質研究グループ）

［研究担当者］中澤　努、川畑　大作、野々垣　進、小松原　琢、納谷　友規、長　郁夫（常勤職員6名）

［研 究 内 容］

茨城県つくば市西部において2011年東北地方太平洋沖地震の民家の瓦屋根被害を統計的に処理し被害分布を定量的に明らかにした。また被害が大きい地域について既存ボーリングデータの解析を行うとともに、常時微動測定を行い、H/V スペクトルをもとに地質と地盤振動特性との関係を検討した。その結果、瓦屋根被害は必ずし

も低周波の振動が卓越する軟弱地盤地域に多いわけではなく、むしろ、やや高周波が卓越する地域において被害が多い傾向にあることを明らかにした。またアレイ観測を実施し、つくば市西部の測線での地下浅部の S 波速度構造を明らかにした。被害が大きい地域は地下浅部に S 波速度が300m/s 程度の地層がやや厚く広範囲に分布することが明らかになった。一方、地震被害と地下地質構造を明らかにする目的で、筑波学園都市環境地質図作成に使用したコア試料の再検討を行った。コアの堆積相を記載するとともに、挟在するテフラの検討を行った。これにより、つくば市中心地付近には台地の下に軟弱な泥層を主体とする地層が局所的に分布することが確認された。今後、これらコア解析データを基準として既存ボーリングデータの対比及び3次元地質モデルの構築に取り組む予定である。

［分　野　名］地質

［キーワード］地震被害、ボーリングデータ、常時微動観測、コア解析、つくば

［テーマ題目19］平野地質の研究（運営費交付金）

［研究代表者］水野　清秀（平野地質研究グループ）

［研究担当者］水野　清秀、小松原　琢、宮地　良典、田邉　晋、小松原　純子、納谷　友規、石原　武志（常勤職員6名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究は、平野・盆地内あるいはその周辺の丘陵地・台地や低地地下を構成する主に第四紀堆積物の堆積プロセス、層序、地質構造、あるいは地形の形成プロセス、環境変動などを明らかにすることを目的としている。平成24年度は、以下のような研究を行った。

関東平野中央部に位置する綾瀬川断層の断層崖とみなされていた地形が、段丘面の形成年代の異なる段丘崖である可能性が出てきた。そこで段丘の形成年代を明らかにする目的で、5万分の1「鴻巣」図幅内の伊奈町（GS-IN-1）及び蓮田市（GS-HD-1）でそれぞれ長さ10m のボーリング調査を行った。その結果、ローム層直下の堆積物層相の違いから、GS-IN-1と GS-HD-1のサイトでは、段丘形成年代が異なる可能性が高くなった。現在、年代を決定するためのテフラ分析を進めている。

中・後期更新世の地層の年代を決定するため、地層中に挟まるテフラの分析値などのカタログ作りを進めた。今年度は中部九州の九重火山及びその周辺の大規模火砕流堆積物、北関東の浅間火山起源のテフラについて、試料採取を行うとともに、火山ガラスの屈折率や化学組成などを求めた。

［分　野　名］地質

［キーワード］平野地質、地下地質、テフラ、関東平野、綾瀬川断層、中部九州

［テーマ題目20］層序構造地質の研究（運営費交付金）

［研究代表者］中江　訓（層序構造地質研究グループ）

［研究担当者］中江　訓、植木　岳雪、中島　礼、原　英俊、辻野　匠、野田　篤、内野　隆之、秋山　良子、佐藤　瑞穂（常勤職員7名、他2名）

［研 究 内 容］

日本列島を構成する活動的島弧と周辺の東・東南アジア諸国を含む大陸縁辺域における様々な地質現象を解明するための地質調査・研究を行った。その結果、本年度は以下のような成果を得た。

(1) 世界各地の横ずれ堆積盆の埋積様式を検討した結果、特に土砂供給方向と堆積中心の移動が特徴的であることが明らかになった。

(2) タイ国北部におけるペルム系～三畳系前弧海盆堆積物について露頭記載及び試料採取を行い、その層序を復元した。

(3) 襟裳岬沖の地質構造を検討した結果、前縁褶曲帯は襟裳堆まで延長し、東の衝突帯は乱雑な地層からなることがわかった。

(4) 愛知県の鮮新統東海層群ならびに香川県の下部更新統三豊層群の古地磁気層序を確立した。また、神奈川県の上部中新統愛川層群、茨城県の上部更新統の層序の再検討を行った。

(5) 愛知県豊田地域の新第三系において、中期中新世に特有な植物化石を産出する地層と、中新世のフィッショントラック年代を示す地層が存在することを明らかにした。

(6) 紀伊半島四万十帯白亜系砂岩のジルコン U-Pb 年代を測定し約82Ma の年代値を得た。これは上下層準の泥岩から得られた微化石年代（Campanian）より若干古い値を示すが調和的である。

［分　野　名］地質

［キーワード］層序、構造地質、活動的島弧

［テーマ題目21］地殻岩石の研究（運営費交付金）

［研究代表者］宮崎　一博（地殻岩石研究グループ）

［研究担当者］宮崎　一博、松浦　浩久、竹内　圭史、高橋　浩、二宮　芳樹、青矢　睦月、山崎　徹、佐藤　大介、遠藤　俊祐、鈴木　文枝（常勤職員8名、他2名）

［研 究 内 容］

島弧地殻形成において重要な変形作用・変成作用・火成作用の進行過程を明らかにするため、日本列島の主要な変成帯・火成岩体の野外調査、岩石試料の分析・解析、地質体及び岩石の形成モデリングを行い、以下のような成果を得た。1)沈み込み帯深部で形成された白亜紀高圧型三波川変成帯の超苦鉄質岩の分布を詳細に調べ、マントルウェッジ起源の超苦鉄質岩の出現は、深さ30-35km 以深で形成された同変成帯の高温高圧部に限られることを見いだした。これにより白亜紀の沈み込み帯上

盤側の地殻の厚さが約30–35km であることが推定できた。2)白亜紀高圧型三波川変成帯の西方延長である長崎変成岩中に火山弧下部地殻約35km で形成された薄いマイロナイト岩体が産することを見いだした。さらに、同岩体はマントルウェッジコーナー流に起因する下部地殻の流動によってコーナー流のコーナー付近に移動したと推定した。3)高温型変成帯である領家変成帯作手地域において、白亜紀の地殻約10km 深度に貫入した花崗岩類マグマの接触変成作用により形成された変成岩類が分布することを明らかにした。また、同地域において黒雲母と石英に富む苦鉄質岩貫入岩体を新たに識別した。

［分　野　名］地質

［キーワード］地殻、岩石、島弧、沈み込み帯、変成作用、火成作用

［テーマ題目22］シームレス地質情報の研究（運営費交付金）

［研究代表者］斎藤　眞
（シームレス地質情報研究グループ）

［研究担当者］斎藤　眞、巖谷　敏光、森尻　理恵、西岡　芳晴、宝田　晋治、内藤　一樹、吉川　敏之、中川　充、坂寄　裕代、酒井　キミ子、野々垣　淑恵
（常勤職員8名、他3名）

［研 究 内 容］

20万分の1のシームレス地質図の改訂に必要な基礎的な野外調査を行う。20万分の1日本シームレス地質図のシステム開発を主導すると共に、次世代型20万分の1日本シームレス地質図の編集作業を主導する。地質調査の際にデータをデジタルデータとして直接収集するシステムの開発を行う。標準化の国際動向を把握して、シームレス地質図や地質情報のアジア地域での共通化に関する研究を行う。アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスクマネジメント（G-EVER）プロジェクト活動を推進する。

本年度は、20万分の1日本シームレス地質図については、用語解説をリンク、タブレット PC 版の充実、3D 版の公開と使いやすいシステムを開発するとともに、20万分の1日本シームレス地質図を基本コンテンツにした地質図 Navi の試験公開も行った。地層名データベースは対象データを着実に増やした。また凡例数1200の次世代型20万分の1日本シームレス地質図の西日本の編集を主導した。 地質図に関する JIS については修正点を公表した。G-EVER では、G-EVER コンソーシアムの設立、Global Earthquake Model、Global Volcano Model 等の国際標準プロジェクトとの連携、第1回 G-EVER 国際シンポジウムの開催を実施し、地震・火山噴火リスクに関する研究を推進した。

［分　野　名］地質

［キーワード］シームレス地質図、統合、数値地質図、標準化、データベース、JIS、G-EVER、日本工業標準調査会

［テーマ題目23］情報地質の研究（運営費交付金）

［研究代表者］中澤　努（情報地質研究グループ）

［研究担当者］中澤　努、尾崎　正紀、中野　司、川畑　大作、野々垣　進、浦井　稔
（常勤職員6名）

［研 究 内 容］

火山衛星画像データベースについて、新規観測データを追加登録し、これを外部に公開した。また、福徳岡ノ場海底火山において、火山活動に伴う変色海水を衛星リモートセンシングで観測した結果を解析した。3次元地質モデルの構築手法に関する研究として、スレッド並列技術を用いて、従来よりも高速計算可能な地質境界面推定システムを開発した。開発したシステムをWeb-GISを用いた3次元地質モデリングシステムに組み込み、大阪平野西部における3次元表層地質モデルを構築した。また、地質境界面の形状推定の基礎データとして、ボーリングデータの分布密度を利用する方法を検討した。地すべりポテンシャルに関する研究として、地質図と地形のデータ精度の違いによる地すべりポテンシャル解析への影響を調査した。X線CT岩石学研究として、大型放射光利用施設SPring-8においてX線CT装置の改良を行い、それを用いて小惑星探査船「はやぶさ」の回収試料の初期および公募分析や変形を加えたマグマのX線CT画像の解析を実施した。標準層序・地質情報の高度化研究として、関東平野の層序の鍵となりうる埼玉県秩父市尾田蒔丘陵上のテフラの記載を系統的に実施し、データを公表した。また、化学工業向け石灰石資源において問題となるリンの含有量に着目し、石灰石鉱床中で堆積環境、堆積年代によってリン含有量がどのように変化するかを多数の試料のICP-AES分析により検討した。その結果、後期石炭紀バシキリアンからモスコビアンの礁中核部の石灰岩でリンの含有量が高いことが明らかとなり、堆積環境や堆積年代を把握することで鉱山開発のリスクを低減できる可能性を示した。

［分　野　名］地質

［キーワード］地質情報と衛星情報の統合、リモートセンシング、画像データベース、画像解析、X 線 CT 岩石学、小惑星イトカワ、3次元地質モデル、地すべりポテンシャル、石灰石鉱床品位

［テーマ題目24］海洋地質の研究（運営費交付金）

［研究代表者］荒井　晃作（海洋地質研究グループ）

［研究担当者］荒井　晃作、中村　光一、片山　肇、板木　拓也、佐藤　智之、天野　敦子、松本　弾、西田　尚央、多惠　朝子、井上　卓彦（常勤職員7名、他3名）

［研 究 内 容］

日本周辺海域の海洋地質情報を整備公開するとともに、それらデータ及び海洋地質調査を実施して日本周辺海域の活断層評価、古環境変動の解明、地質構造発達史、及び海底火山や熱水活動等に伴う地質現象の解明を目指している。今年度は以下のような成果を得た。

日本周辺海域の地質構造発達史に関する研究では、沖永良部島周辺海域において調査を行い、琉球弧前弧斜面における活動的な断層運動に関して資料を得た。沖縄島南方沖に発達するマウンド状の地形の反射断面から氷期のサンゴ礁が発達していた可能性を示した。苫小牧沖沿岸海域調査では、これまで知られていた海底の高まりの内部構造を調査し、活断層や背斜軸では無いことを明らかにした。古環境変動の解明では、コア試料、ボーリング試料及び表層堆積物試料の岩相、化石、放射性炭素年代の結果などを基に海洋環境の変化の詳細と、その環境変化の原因並びに相互関係を検討した。海底火山や熱水活動に伴う地質現象の解明では、久米島西方の調査に参加し、海底カルデラの火山活動に関する研究に貢献した。

［分　野　名］地質

［キーワード］海洋地質、日本周辺海域、海底地質構造、海域活断層、海域古環境、テクトニクス

［テーマ題目25］地球変動史の研究（運営費交付金）

［研究代表者］田中　裕一郎
（地球変動史研究グループ）

［研究担当者］田中　裕一郎、柳沢　幸夫、高橋　雅紀、七山　太、小田　啓邦、佐藤　太一、山崎　俊嗣、下野　貴也、佐々木　智弘
（常勤職員7名、他2名）

［研 究 内 容］

(1) 新生代統合高分解能タイムスケールの研究

微化石層序、古地磁気層序、火山灰層序および放射年代など、個々の年代層序の精度と確度を向上させるとともに、複数の年代層序を複合して年代層序の高度化をはかり、それを基に複合年代尺度の標準化を行うことを目的とする。今年度は、高分解能日本海側新第三紀～第四紀タイムスケールを作成し、珪藻化石層序の論文や資料として公表した。この成果は、5万分の1地質図幅「中条」の高精度化に寄与した。

(2) フィリピン海プレートに関わるテクトニクス研究

過去から現在までのフィリピン海プレートの運動を、高分解能タイムスケールに基づく陸域の地質学的情報と海域の地球物理学的情報を総合して復元する。そして、プレート運動が日本列島のテクトニクスを支配してきたことを明確にすることを目的とする。今年度は、過去140Ma の世界中のプレート運動を再現しつつ、これまで未解明であったフィリピン海プレートの過去1500万年間の運動を組み入れることができた。

(3) 物理探査の研究

海底地球物理マッピング技術の研究及び有人・無人潜水艇を用いた海底近傍物理探査の研究を行い、海底構造探査の高分解能化をはかる。また、地中レーダーを用いた沿岸域堆積物のイメージングに関する研究及び、その基礎となる堆積学研究を行う。中央海嶺の岩石磁気測定の結果、AUV 地磁気観測で得たデッドチムニー周辺の正の磁化は玄武岩によるものであることが示唆された。

(4) 古地磁気・岩石磁気研究

過去の地磁気変動の解明、特に、数千年～数十万年の時間スケールを持つ古地磁気強度・方位の永年変動及び地磁気エクスカーションの実態解明を進めるとともに、これらの基礎となる磁気顕微鏡に関する基礎技術開発、岩石磁気学研究及び、岩石磁気手法の古環境研究への応用も行う。今年度は、SQUID 顕微鏡による測定で、マンガンクラストの縞々パターンとして見えるものがミランコビッチサイクル（地球軌道要素による気候変動）と対応づけられることが明らかとなった。

［分　野　名］地質

［キーワード］複合年代層序、タイムスケール、フィリピン海プレート、テクトニクス、物理探査、地球物理マッピング、古地磁気、岩石磁気

［テーマ題目26］資源テクトニクスの研究（運営費交付金）

［研究代表者］下田　玄
（資源テクトニクス研究グループ）

［研究担当者］下田　玄、針金　由美子、山岡　香子、岸本　清行、西村　昭、石原　丈実、田中　弓、李　相均
（常勤職員4名、他4名）

［研 究 内 容］

久米島西方の火山カルデラ群および久米島北方の海域において、火山カルデラを構成する岩石とその形成時期および熱水活動の状況を明らかにする目的で、ドレッジを用いた岩石採取を行った。久米島火山カルデラ群は、大小さまざまな大きさの火山カルデラと窪地が環状に連なっている。久米島火山カルデラ群では軽石が大量に採取されたが、一部の試料採取地点から、基盤を構成すると思われる火山岩が採取されたほかに、海底熱水活動を強く示唆する熱水変質岩を採取することができた。また久米島北方海域では、東西に亀裂の入った地形が認められており、ここでは基盤を構成すると思われる火山岩および生物片が含まれる石灰岩が Mn 酸化物に覆われた状態で採取された。

海底鉱物資源探査指標の確立のため、高精度化学分析に適した実験室環境の構築・整備を行った。これを、GK12航海で得られた堆積物試料に適用し、化学分析を

行い、熱水活動に由来すると考えられる元素異常を検出した。また、探査手法開発に関連して、土壌の鉛同位体分析法を確立した。

GH12航海では沖永良部周辺海域を調査した。この沖永良部周辺海域において海底地形および地震波探査の結果から見いだされた堆積層やその基盤を構成する岩石とそれらの形成時期を明らかにする目的で、岩石・堆積物試料採取および海底の観察を行った。調査海域を沖永良部島東方沖、与論海盆周辺と伊平屋島西方沖の3カ所におおまかに分けて、大口径コアラー、ドレッジ、ROVを用いた岩石と堆積物を採取した。沖永良部島東方沖では礫が多数散在する露頭が観察され、そこから石灰質堆積物が採取された。与論海盆周辺では緑色片岩および黒色片岩などを採取した。伊平屋島西方沖では ROV を用いて火山カルデラの内部を観察し、軽石を採取した。

［分　野　名］地質

［キーワード］海底鉱物資源、テクトニクス、沖縄トラフ、フィリピン海プレート、地球化学、岩石学

［テーマ題目27］海洋環境地質の研究（運営費交付金）

［研究代表者］鈴木　淳（海洋資源環境研究グループ）

［研究担当者］鈴木　淳、長尾　正之、田村　亨、丸茂　克美（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

平成24年度は、海洋環境地質研究に関して、実験室と分析装置の整備を進めた。気候変遷の復元解析のための、酸素炭素安定同位体分析手法の高度化と標準化の検討を進めた。後期更新世から現世までの海岸砂質堆積物の堆積年代推定に有用な光ルミネッセンス年代測定法について検討した。

海洋酸性化が炭酸塩殻生物、特にサンゴ礁棲の石灰藻類に与える影響について飼育実験手法により検討した。また、サンゴ骨格の酸素炭素安定同位体比やストロンチウム／カルシウム比など、水温等の代替指標の高度化のために、サンゴ飼育実験による影響要因の評価に関する研究を行った。

沿岸域等における物質循環と環境修復に関する研究の一環として、音響を利用した海底探査装置に基づくアマモ場計測を実施し、分布の特徴を明らかにした。

［分　野　名］地質

［キーワード］地球温暖化、海洋酸性化、海面上昇、沿岸、炭素循環、気候変動、古海洋学、サンゴ礁、デルタ、有害重金属、土壌

［テーマ題目28］沿岸生物と物理環境のモニタリングと数値モデルの構築（運営費交付金）

［研究代表者］谷本　照己（沿岸海洋研究グループ）

［研究担当者］谷本　照己、橋本　英資、山崎　宗広、高橋　暁、村尾　厚子（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

風の影響を考慮した海面浮遊物の挙動を数値モデルにより解析した。播磨灘を対象に海面浮遊物の海岸漂着量に及ぼす風向と風速の影響および風向に対する海岸の向きによる漂着量の違いを検討した結果、風速の増加に伴い海岸漂着量は増加するが、西に開いた海岸では北風時には地球自転の効果により海岸漂着量が減少することを明らかにした。衛星画像解析では、現地藻場分布と対比させる解析法により、三津口湾において高密度で繁茂するアマモ分布域を判定することができた。

仙台湾津波リスク評価のため、仙台湾鉛直多層流況モデルを構築し、津波堆積物の再輸送と関連する底層流のパターンを明らかにした。また、海域と陸域地形を連続して再現した松島湾水理模型による津波実験を行って、湾内の津波高さの分布や浸水域などの津波特性を明らかにした。

［分　野　名］地質

［キーワード］物理環境、海洋ゴミ、藻場分布、衛星情報、生態系モデル、仙台湾数値モデル

［テーマ題目29］地球化学の研究（運営費交付金）

［研究代表者］岡井　貴司（地球化学研究グループ）

［研究担当者］岡井　貴司、金井　豊、御子柴　真澄、太田　充恒、久保田　蘭（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

地殻における元素の地球化学的挙動解明の研究として、炭酸塩中の元素の挙動と分析法の研究、放射性核種の地球科学的挙動の研究、火成岩の地球化学的研究、鉱物・土壌・堆積物等における微量元素の挙動及び存在形態解析の研究を行った。

炭酸塩中の元素の挙動と分析法の研究では、サンゴ中の Sr/Ca 比及び Mg/Ca 比について、国内外の現世・化石サンゴ及び飼育サンゴを分析し、海水温の復元及び環境因子が元素移動に与える影響について検討を行った。放射性核種の地球科学的挙動の研究では、昨年度に引き続き産総研敷地内において、エアロゾル試料の採取を行い、人工放射性核種の観測を継続するとともに、天然放射性核種に関しても検討を行った。火成岩の地球化学的研究では、東日本地域における深成岩の調査と主・微量成分分析を行い、北上山地の深成岩や苦鉄質岩体の地球化学データ・岩石学的データをとりまとめるとともに、同位体分析法について、検討を行った。鉱物・土壌・堆積物等における微量元素の挙動及び存在形態解析の研究では、国際的に規定された逐次溶解法である BCR 法を用いて、地球化学標準試料（土壌および河川－海洋堆積物）および BCR 認証標準物質（湖底堆積物）中の主・微量38元素の存在形態を解析し、それらの濃度分布について基準となる値を得た。また、地球化学標準物質中の

クロム存在形態及び八丈島土壌試料中の主成分及び微量重金属元素の組成及び挙動について検討を行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］地球化学、土壌、炭酸塩、放射性核種、火成岩、存在形態

［テーマ題目30］地球物理の研究（運営費交付金）

［研究代表者］伊藤　忍（地球物理研究グループ）

［研究担当者］伊藤　忍、駒澤　正夫、加野　直巳、大熊　茂雄、山口　和雄、村田　泰章、中塚　正、横倉　隆伸、稲崎　富士、長谷川　功、山谷　祐介（常勤職員6名、他5名）

［研 究 内 容］

地震波を用いた地下構造調査や、重力・磁力など様々な物理探査手法で取得した地球物理学的データを活用し、地球内部の構造・現象を解明する研究を進めている。従来から実施している手法を駆使する他、地震波干渉法や海底重力観測、各種物理探査手法の融合等に新たに取り組んでいる。平成24年度は、地震波干渉法の実用化を目指し、つくば市内と沖縄県石垣市で実験を行った。その結果、VLBI アンテナが発する振動の特徴を把握した。東北地方太平洋沿岸地域の2011年津波被災地で空中電磁探査を実施し、津波による海水の浸水域を明らかにするとともに、新たな淡水資源の賦存可能地域を推定した。これらの結果を2012年 AGU 秋季大会などで学会発表するとともに、プレス発表した。

［分　野　名］地質

［キーワード］地球物理、地殻構造、重力、地震探査、地震波干渉法

［テーマ題目31］地質地殻活動の研究（運営費交付金）

［研究代表者］名和　一成（地質地殻活動研究グループ）

［研究担当者］名和　一成、高橋　学、大滝　壽樹、大谷　竜、住田　達哉（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

重力、地震波、変位、歪、物性など様々な地球物理学的データおよびその他の地質情報を総合し、地震学・測地学・地盤工学等を駆使して、地球の内部構造とそこで起きる様々な現象を解明する研究を進めている。現在の地球の姿の解明に留まらず、過去から未来への変動予測に関わる研究にも取り組んでいる。24年度は、物性研究において、poroelastic theory に基づく新しい透水試験手法の提案や、CT を用いた空隙構造の定量化・可視化、そして実際の空隙構造を基にした流体力学に基づく数値シミュレーションとして格子ボルツマン手法を導入した。地殻変動研究において、高速化のための数値計算パッケージを導入するなど、大量のデータ解析を行うための計算機環境を整備した。そして、地殻変動に伴う重力変化と変位、歪、応力を同時に計算し表示するツールを作成し、実際の観測データと比較した。地震学的研究において、広帯域地震計の簡易設置法および重力計設置点の浅部地下構造の研究を実施し、論文を投稿した。重力連続観測に関する研究において、長野県松代における超伝導重力計観測に関する成果を国際誌上で発表した。

［分　野　名］地質

［キーワード］地球物理、地下構造、地殻変動、重力、地震波、GNSS、歪、物性

［テーマ題目32］火山活動の研究（運営費交付金）

［研究代表者］石塚　吉浩（火山活動研究グループ）

［研究担当者］石塚　吉浩、星住　英夫、松本　哲一、川辺　禎久、石塚　治、下司　信夫、古川　竜太、山崎　誠子、及川　輝樹、中野　俊（常勤職員10名）

［研 究 内 容］

国の火山噴火予知研究を分担し、活動的火山の噴火履歴を明らかにするとともに、日本の第四紀火山活動の時間空間分布を明らかにし、火山の総合理解を深める研究の実施を目的としている。平成24年度は、活火山の活動史や第四紀火山の時間空間分布を明らかにするために、九州中部や北海道地域の新第三紀～第四紀火山岩類のK-Ar年代測定を同位体希釈法により実施し、あわせて感度法による若い火山岩の年代測定を開始した。火山データベースについてはデータ追加作業と統合作業を進めた。日本列島の第四紀火山の分布、年代、岩質が一覧できる「日本の火山（第3版）」を完成させた。

［分　野　名］地質

［キーワード］活火山、噴火履歴、第四紀火山活動、年代測定、火山データベース

［テーマ題目33］マグマ活動の研究（運営費交付金）

［研究代表者］篠原　宏志（マグマ活動研究グループ）

［研究担当者］篠原　宏志、高田　亮、田中　明子、斎藤　元治、松島　喜雄、東宮　昭彦、斎藤　英二、大石　雅之、Nicolas VINET（常勤職員7名、他2名）

［研 究 内 容］

活動的な火山において放熱量等の熱的観測や電磁気的観測を行い、地質構造や、他の地球科学的観測量を参照しつつマグマ放熱過程のモデル化を行うことを目的にしている。特に伊豆大島を対象にして、マグマからの脱ガスによる熱水系変動のモデル化を進めている。USGSとの共同研究により、伊豆大島の山頂カルデラ内にある噴気地帯の3ケ所にて、特殊な細工を施した希ガスのサンプルホルダーを設置し、火山活動に伴う希ガス上昇量および成分の変化を検出する試みを開始した。

霧島火山、吾妻山、阿蘇火山の最近の噴火のメルト包有物の試料調整を実施し、EPMA 分析を実施した。霧

島火山新燃岳の2011年8月の小規模噴火噴出物についてEPMA を用いた岩石学的解析を行い、同噴火のマグマが1月の準プリニー式噴火マグマと同様な化学的特徴を持つこと、1月と同様に未分化マグマが噴火直前にマグマ溜まりに注入された可能性があることを明らかにした。霧島山新燃岳2011年噴火噴出物の斑晶分析結果等に基づき、噴火直前のマグマ溜まりに存在したマグマとして、混合の端成分2つ（デイサイト、玄武岩～玄武岩質安山岩）と混合マグマ2つ（いずれも安山岩）の計4つを識別した。

富士山山頂付近に露出する岩脈の内部構造と噴出物との対比を行った。将来カルデラ噴火をおこす可能性がある火山の評価法を開発した。静穏期に入っている中部ジャワの2火山を、上記の手法を使って定量的に評価するモデルフィールドとして選択した。

箱根、薩摩硫黄島、口永良部島において連続地殻変動観測を実施し、口永良部島では山頂部の地殻変動の継続を把握した。2011年3月 Kamoamoa 噴火や口永良部島火山において、衛星干渉 SAR 法や PSInSAR 法より得られた地殻変動の時空間分布より推定される変動源を明らかにした。

［分　野　名］地質
［キーワード］火山、マグマ、噴火予知

［テーマ題目34］マグマ熱水鉱床に関する研究（運営費交付金）

［研究代表者］森下　祐一
（マグマ熱水鉱床研究グループ）
［研究担当者］森下　祐一、濱崎　聡志、清水　徹、後藤　孝介、斎藤　元治、宮城　磯治、清水　日奈子（常勤職員6名、他1名）

［研 究 内 容］

地球科学では鉱物内に複雑な構造を持つ試料を扱う必要がある。このような地質試料を簡単な系で代表させることは困難であり、微小領域において現象の本質を研究する必要がある。このため、高感度・高質量分解能の大型二次イオン質量分析装置（SIMS）を研究手法とし、鉱物資源探査や火山の噴火メカニズム研究等の社会的に重要な課題に適用した。

金鉱床地域では鉱床生成に関連して炭酸塩鉱物が晶出することが多い。この炭酸塩鉱物の炭素・酸素同位体比を測定すると、鉱床生成時の熱水の性質を推定することが出来る。炭酸塩鉱物ごとに同位体比測定のための前処理温度が異なるが、本年は炭酸ガス・炭酸塩間の酸素同位体分別の温度依存性を確認するなど、同位体データの整合性を高めるための実験を行った。

浅熱水性鉱床の成因と火山活動との相互関係を明らかにすることを目的に、伊豆半島の更新世火山地域において、マグマ近傍の熱水活動で形成された酸性変質帯の同位体組成に関するとりまとめを行い、周辺鉱脈鉱床との関係を考察した。

北海道光竜金銀鉱床の鉱脈石英の成長組織及び流体包有物研究結果をレビューするとともに、その時間的かつ空間的変遷情報を整理して新たな成因的考察を行った。その結果、石英組織は熱水沸騰条件及び金銀濃集の度合いや生成深度を明瞭に反映していることが明らかになった。本成果は論文投稿した。

鉱物資源のポテンシャル評価を念頭に、誘導結合プラズマ質量分析装置を用いた白金族元素の全岩定量分析を確立し、ルーティン化させた。予察的に、シャツキー海台より採取された鉄マンガンクラスト試料の成長方向3 mm 間隔での白金族元素分析を行った。シャツキー海台の鉄マンガンクラストにおける白金濃度は、0.05－0.13 ppm であり、これまでに報告されている鉄マンガンクラスト中の白金濃度の最大値（2ppm）よりも1桁以上小さいことが確認された。

SIMS でメルト包有物の H_2O および CO_2濃度を正確に測定するには、対象とするメルト包有物と同様な主成分元素組成を持つガラス試料を用いて検量線を作成する必要がある。本年度は、これまで作成した玄武岩から流紋岩までの様々なガラス試料を1つのマウントにまとめた SIMS 検量線用標準ガラス試料マウントを16個作成し、多くのメルト包有物の H_2O および CO_2濃度測定を効率的に実施できる体制を整えた。また、SIMS および EPMA による斑晶ガラス包有物の揮発性成分測定に基づく屈斜路・摩周火山のマグマ供給系に関する論文を公表した。

［分　野　名］地質
［キーワード］熱水性鉱床、二次イオン質量分析装置、SIMS、炭素・酸素同位体比、金、白金族、メルト包有物

［テーマ題目35］長期的な地質変動に関する基礎研究（運営費交付金）

［研究代表者］宮城　磯治（長期変動研究グループ）
［研究担当者］宮城　磯治、大坪　誠、城谷　和代、西来　邦章、宮川　歩夢、上澤　真平（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

島弧屈曲部の長期的火山活動・構造発達史に関する基礎研究として、八ヶ岳－諏訪地域の火成活動に必要な年代測定資料の採取と測定を行い、応力状態の時間変遷を明らかにした。長期的な侵食速度定量手法の開発のため、東北地方（千厩地域の花崗岩）と中国山地（岩国地域の花崗岩）を採取し、宇宙線照射生成核種を用いた侵食速度の比較を行い、侵食速度に時空変化があることが把握できた。2011年4月11日に福島県南部で発生した前弧域の正断層型地震の範囲およびその履歴を明らかにするために変動地形学調査を行い、2011年4月11日の地震の断層運動を微小な応力変化によって引き起こすための別の

要因が必要であることを明らかにした。地殻の活動性（特に隆起性）を評価するために房総半島中部の調査を行い、河川の下刻地形と地質と隆起量に関するモデルを作成した。島弧スケールでの火山活動と地殻変動に関する総合的な理解を進めるため、甲信越～東北地方日本海側を対象として調査を行い、地殻変動と連関した火成活動のモデルを検討した。

［分　野　名］地質

［キーワード］長期変動、八ヶ岳、侵食速度、宇宙線生成核種、島弧、地震断層、下刻速度、房総半島

［テーマ題目36］深部流体の研究（運営費交付金）

［研究代表者］風早　康平（深部流体研究グループ）

［研究担当者］風早　康平、安原　正也、高橋　正明、佐藤　努、森川　徳敏、高橋　浩、戸崎　裕貴、堀口　桂香（常勤職員6名、他2名）

［研 究 内 容］

福島県いわき市で生じた M7.0の2011年4月11日の内陸地震により、噴出した温泉水の定期採取（毎月）、分析および流量の繰り返し観測を行った。その結果、自噴した2カ所については、約2年後においても噴出する湯量は減少していない。温泉水の組成の微小変化から、降水起源の淡水と深部にある高温成分の NaCl 型熱水の混合により温泉水が形成されていることがわかっているが大きな組成変動はみられていない。この塩水は、各種同位体分析の解析結果から、地下深部における続成作用に関連して放出された熱水を起源端成分とする可能性を指摘した。

［分　野　名］地質

［キーワード］内陸地震、地下水、湧出量、ヘリウム同位体比

［テーマ題目37］地下環境機能の研究（運営費交付金）

［研究代表者］伊藤　一誠（地下環境機能研究グループ）

［研究担当者］伊藤　一誠、関　陽児、冨島　康夫、間中　光雄、竹田　幹郎、東郷　洋子（常勤職員6名）

［研 究 内 容］

放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分に係る地質評価手法等の整備として以下の研究を実施した。堆積岩地域における間隙水圧分布形成と地下水流動駆動力に関する検討として、岩石試料の反射係数を厳密な温度制御環境下で測定する手法を構築した。その結果、岩石試料の反射係数を適切に評価し、岩石の空隙構造との関係を明確にすることが可能となった。また、このモデルを3次元地下流体移動解析コード TOUGH2に実装する上で、未知数である圧力と塩分濃度の関係に起因する強い非線形性を緩和するために、浸透圧現象を水分子と塩分の相互拡散現象として評価する手法を適用し、比較的安定した解析が可能となった。微生物の影響評価及び微生物と有機物との相互作用の検討として、地下実験施設において採取された微量有機物を溶存している地下水試料を濃縮し、有機物に吸着している核種アナログ物質である微量元素の存在形態を分析する手法を構築した。地下の水理環境及び地下水水質の変動要因と将来予測技術では、既存地下研究施設データに基づく検討および事象・要因の将来予測手法の検討を行った。地下深部において水素資化炭酸還元が起こっている可能性を DNA 解析から推定するとともに代謝機能の有無を培養と Nano SIMS を用いた実験により確認することができた。地理的に異なる花崗岩岩体深部の地下水に分布する微生物に共通する DNA の特徴を確認するとともに新規の微生物種である可能性を認めた。これらは、これまで知られた近縁の環境クローンとの比較から深部の地下水に固有の種である可能性が高いものと判断された。また、微生物の代謝活動を取り込んだ反応－流動シミュレーションを一次元モデルで実施し、そのフィージビリティを確認した。自然事象等の外的因子を考慮した地質環境条件評価モデルの作成と不確かさの把握では、水理・熱・力学・化学に関する場の把握モデルの作成および場の評価の不確実性検討・モデルの検証手法の検討として、水・岩石反応試験を加熱あるいは封圧下で実施し、改良した連成モデルと比較して一定の再現性を得た。個別要素法を用いた数値シミュレーションによって、堆積岩における断層活動時の破断面周辺における物性変化を定量的に評価することが可能となった。安全評価における各種要因の影響評価では、微生物が核種移行に及ぼす影響をプロセスごとにあげ、移行経路終端での核種移行量に対する分配係数の感度解析によって微生物が有意な影響を及ぼす場合がありうることを示した。

［分　野　名］地質

［キーワード］地層処分、天然バリア、安全評価

［テーマ題目38］深層地下水の研究：深部地質環境研究コア（運営費交付金）

［研究代表者］風早　康平（深部流体研究グループ）

［研究担当者］風早　康平、安原　正也、高橋　正明、佐藤　努、森川　徳敏、高橋　浩、戸崎　裕貴、堀口　桂香（常勤職員6名、他2名）

［研 究 内 容］

北海道の南部および東北地方の東部沿岸部において、深部流体調査を行った。特に、孤立型深部低周波地震あるいは、地下において地震波の低速度域が存在する地域を中心に調査し、深部起源の塩水およびマントル起源ヘリウムの分布を調べた。その結果、多くの深部低周波地震分布域において、新たに Li/Cl 比の高い深部起源の熱

水成分を含む地下水が分布し、Li の異常が見られない地点においても、微小なヘリウム同位体比異常が存在することがわかった。また、東北地方太平洋側沿岸部においては、ヘリウム同位体比、塩水年代の分布を詳細に再解析し、地下の地震波速度構造との関連性について検討を行った。深層に存在する塩水年代が非常に古い（数十万年～百万年）水が広く沿岸部に分布することがわかった。

［分　野　名］地質

［キーワード］深部流体、ヘリウム、年代測定、海水、地下水起源

［テーマ題目39］日本列島スケールの長期的構造発達史の研究：深部地質環境研究コア（運営費交付金）

［研究代表者］宮城　磯治（長期変動研究グループ）

［研究担当者］宮城　磯治、大坪　誠、城谷　和代、西来　邦章、宮川　歩夢、上澤　真平（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

岐阜県の跡津川断層系周辺で、地表で観察される擦痕の調査を行い解析した結果、地表の主断層面直近では地下応力で出来たと考えられる変形構造が卓越するのに対して、主断層面から数10cm～2.5m 離れた場所では地下応力とは異なる応力で出来た変形構造が発達することが明らかになった。また、周辺の微小地震データを使って地下応力を求め、基準応力との類似度の空間分布を調べた結果、跡津川断層の中央部を境に東西で応力状態が異なることが判明した。マグマに含まれる水の量の空間分布を把握するため、東北日本の火山を対象に噴出物の採取と現地調査を行い、含水鉱物（角閃石）の水素同位体比を測定した結果、マグマ水は背弧側から脊梁にかけて増加するが、脊梁から火山フロントにかけて減少している可能性が明らかになった。

［分　野　名］地質

［キーワード］堆積環境、海溝型超巨大地震、断層の再活動、井戸沢断層、応力テンソルインバージョン、東北地方太平洋沖地震、跡津川断層、微小地震、水素同位体比、マグマ

［テーマ題目40］流況制御と鉄鋼スラグを利用した沿岸環境保全と再生に関する研究（運営費交付金）

［研究代表者］谷本　照己（沿岸海洋研究グループ）

［研究担当者］谷本　照己、橋本　英資、山崎　宗広、高橋　暁、長尾　正之（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

藻類の生育に必要な鉄分を多く含む製鋼スラグ（脱炭スラグと脱リンスラグ）を用いたアマモ水槽実験により、鉄鋼スラグの一種である脱リンスラグが海砂に替わる人工アマモ場土壌として利用できる可能性が高いことを明らかにした。脱リンスラグの人工アマモ場土壌としての適応性、優位性を評価するため、脱リンスラグと浚渫土の各種混合比から成る土壌をこれまでと比較して10倍程度大きい水槽を用いてアマモ水槽実験を行った。なお、脱リンスラグとの比較対照土壌として天然砂（ケイ砂）を用いた水槽実験を並行して行った。その結果、実験初期では、脱リンスラグ土壌とケイ砂土壌におけるアマモの成長はほぼ同じであり、また浚渫土の混合比が高いほどアマモの成長が良好であることを明らかにした。

停滞性の強い大阪湾奥部を対象に各種工法を適用した水理実験結果を整理し、環境再生手法としての流況制御技術の効果を評価した。また、昨年に引き続き、瀬戸内海大型水理模型実験で得られた潮流データの解析結果を瀬戸内海全域の潮流分布図や最大潮流図、成層強度図として整理し、インターネットによる情報公開を行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］鉄鋼スラグ、アマモ場造成、アマモ水槽実験、停滞水域、流況制御技術

［テーマ題目41］アジアの海岸沿岸域における基礎地質情報と環境保全に関する研究（運営費交付金）

［研究代表者］齋藤　文紀（地質情報研究部門）

［研究担当者］齋藤　文紀、西村　清和（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

アジアの海岸沿岸域における基礎地質情報と環境保全に資するため、中国地質調査局青島海洋研究所、華東師範大学と共同で、特に中国沿岸域の研究を行った。青島海洋研究所との共同研究では、黄海の旧黄河沖から採取したボーリングコアや音波探査記録の解析を共同で行い、同海域における音波探査層序、海岸・海底地形変化と黄河の河道変化に伴う環境変化についてとりまとめた。これらの結果、旧黄河沿岸域では水深約20m まで広域で沿岸侵食が起こっており、侵食によって生成された土砂量は過去100年間の平均で約７億トンにも及ぶことが明らかになった。この量は、黄河や長江が東シナ海や黄海に供給する土砂量よりも大きく、旧黄河デルタの沿岸侵食が同海域における最も土砂を供給していることが明らかになった。

華東師範大学との共同研究では、長江デルタを対象に研究を行った。デルタ南部から採取したボーリングコアを解析した結果、8.5ka から8.0ka にかけて急激な海水面の上昇があったことが明らかになり、特に8.5-8.3ka においては、3cm/y の上昇が確認された。また長江デルタの最も内陸部の揚州から南京で採取したボーリングの解析の結果、長江デルタの発達史で最初のステージとさ

れた河口州は従来の年代よりも約1– 2千年新しくなることがわかった。

IPCC 第5次評価報告書の第2ワーキンググループにおいて責任執筆者として報告書原稿作成に参加した。

［分　野　名］地質

［キーワード］アジア、デルタ、沿岸、平野、地球環境

［テーマ題目42］東南アジアと東アジアのデルタにおける統合的地質アセスメント研究（CCOP-DelSEA II プロジェクト）（運営費交付金）

［研究代表者］齋藤　文紀（地質情報研究部門）

［研究担当者］齋藤　文紀（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

地質調査総合センターが推進する CCOP 関連プロジェクトの「地球環境基盤としての東・東南アジア地域の地球科学情報整備プロジェクト」の中で、東南アジアから東アジア沿岸域の保全と防災に資するため、これらの地域を対象に、CCOP-DelSEA プロジェクト「東南アジアと東アジアのデルタにおける統合的地質アセスメント研究」を推進した。平成24年度は、マレーシア鉱物地球科学局（JMG）とテレンガヌ大学（UMT）と共同で、2013年3月10日から16日にマレーシアのマレー半島北東部のクアラテレンガヌとコタバルにおいて、第4回会合（CCOP–GJS/AIST–JMG/UMT DelSEA II Short Course on Coastal Geology and Management）を開催し、10ヶ国から約60名を超える参加者があった。DelSEA 会合では、沿岸域の地形と堆積物、ボーリングコア試料、海域の音波探査結果を総合してどのように解釈し、海陸を統合した沖積層の層序や古環境復元を行うか、また沿岸侵食に対してこのようなデータをどのように活用し、またどのようなデータ取得が必要かに焦点が当てられた。また初めてボーリングコアの処理と4地点から採取したコアを実際に見て解釈するというスタイルを採用した。本会合による共同研究の結果、ケランタンデルタの沖積層層序と古環境変遷に関して、新しいデータを取得することができた。

［分　野　名］地質

［キーワード］CCOP、デルタ、沿岸、沖積層、DelSEA

［テーマ題目43］地球観測グリッド GEO Grid（運営費交付金：戦略予算）

［研究代表者］宮崎　一博（地質情報研究部門）

［研究担当者］尾崎　正紀、西岡　芳晴、川畑　大作、野々垣　淑恵（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

東日本大震災被災地の太平洋側沿岸域（1/5万地形図46区画）において、5万分の１地質・地盤図の原図を作成し、数値化を行った。原図の作成においては、5万分の1地質図幅を基本として、表層地質図、地形分類図の地形・地質情報や最新の地質学的情報を加えて全面的に修正を加え編纂した。また、位置精度を高めるため、地質図幅、表層地質図、地形分類図自体の不正確さ、地質図作成後の水界の変化、地形情報と一致すべき地質界（特に、本来、地形情報を反映した形状を有する上部更新統～完新統堆積物の位置情報）の不規則な位置のずれについて修正作業を全面的に行った。

平成23年度に構築・公開準備を行った日本シームレス地質図 WMTS 配信サービスの高度利用を図るため、3D 鳥瞰図で地質図を閲覧できる Web サイト「シームレス地質図3D」を開発・公開した。また、災害時等安定したネットワーク回線が確保できない野外での利用を想定し、オフライン化の研究を進め、HTML5のアプリケーションキャッシュを利用したオフライン版テストアプリケーションを開発した。

［分　野　名］地質

［キーワード］地質図、数値化、編纂、シームレス地質図、WMTS

［テーマ題目44］新たな海底熱水鉱床発見のための海底カルデラ調査（運営費交付金：戦略予算）

［研究代表者］池原　研（地質情報研究部門）

［研究担当者］池原　研、片山　肇、荒井　晃作、板木　拓也、下田　玄、鈴木　淳、天野　敦子、佐藤　智之、針金　由美子、山岡　香子、佐藤　太一、松本　弾、飯笹　幸吉（常勤職員11名、他2名）

［研 究 内 容］

我が国で鉱物資源の供給不安が広がる昨今、海底に賦存する鉱床の存在が注目されている。本研究では、久米島西方の海底火山域において海底地質調査を実施し、新たな海底熱水鉱床の発見の基礎となる海底地形・地質データの収集と解析が目的となる。調査の結果、海底カルデラにおいて、熱水活動に関係すると考えられる複数のプルームを音響調査で確認したほか、硫化水素臭のするチムニーの破片と考えられる試料や著しい発泡現象を示す堆積物等を採取した。これらの結果はプレス発表した。

［分　野　名］地質

［キーワード］海底熱水活動、プルーム、海底カルデラ、久米島西方沖

［テーマ題目45］海底鉱物資源の研究（運営費交付金：分野別緊急）

［研究代表者］岸本　清行（資源テクトニクス研究グループ）

［研究担当者］岸本　清行、飯笹　幸吉（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

部門の別プロジェクトである「大陸棚画定調査に関わる基盤岩による海山等の形成史および潜在的な資源に関する研究」では、これまで「延長大陸棚申請」と連携して海洋地質に関する研究を進めてきたが、日本政府は24年度中に「延長大陸棚勧告」を受領した。これに伴い、延伸がほぼ確実であると考えられる海域の範囲が想定できるようになり、今後のわが国の延長大陸棚および周辺海域における資源評価に資する調査研究の実施促進が課題となる。産総研ではこれまでも海底熱水鉱床の探査や成因モデルの研究、資源ポテンシャル評価の研究等を実施しているが、特に海底熱水鉱床の探査に関しては実海域での試料採取を含む系統的調査が最も重要で時間が必要である。本研究では「海底熱水鉱床の発見的調査」の効率化と加速のために、海底試料採取技術の改良と試作を行い、実海域での実験でも良好な結果を得ることができた。

［分　野　名］地質

［キーワード］海洋地質調査、大陸棚画定、海底鉱物資源、海底熱水鉱床

［テーマ題目46］地震災害リスク調査－井戸沢・湯ノ岳誘発地震活断層構造調査（運営費交付金：平成23年度3次補正予算）

［研究代表者］山口　和雄（地球物理研究グループ）

［研究担当者］山口　和雄、村田　泰章、加野　直巳、伊藤　忍（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

2011年東北地方太平洋沖地震後の福島県浜通りの地震で地表地震断層が出現した福島県いわき市域において、断層の浅部から深部の構造と周辺の地下構造を解明することを目的として、反射法と屈折法による統合地震探査と広域的な重力探査を行った。井戸沢断層では極浅部弾性波探査（S 波反射法、表面波探査）も行った。地震探査は、井戸沢断層を横断する測線1（長さ約6km）、湯ノ岳断層を横断する測線2（6km）、湯ノ岳断層の推定延長方向の測線3（4km）で実施した。測線1は断層構造は把握出来なかった。測線2は山間の堆積盆地の形状が捉えられ、断層位置は盆地の縁にほぼ一致した。測線3は反射面に断層らしき変形は見られなかった。重力探査は、東西22km、南北28km の地域内の計2187点で測定しブーゲー異常図を作成した。湯ノ岳断層では南西落ちの重力異常急変帯が見られ、井戸沢断層は高重力異常のピークの尾根にほぼ対応する。また、重力データから地殻表層密度を推定した。

［分　野　名］地質

［キーワード］福島県浜通りの地震、地表地震断層、反射法、屈折法、統合地震探査、重力探査、ブーゲー異常、地殻表層密度

［テーマ題目47］地盤液状化リスク調査－地形および地質学的手法による液状化調査（運営費交付金：平成23年度3次補正予算）

［研究代表者］水野　清秀（平野地質研究グループ）

［研究担当者］水野　清秀、小松原　琢、宮地　良典、小松原　純子、田邊　晋、安原　正也、中島　善人、石原　武志、稲村　明彦、風岡　修（千葉県環境研究センター）、吉田　剛（千葉県環境研究センター）、香川　淳（千葉県環境研究センター）、石原　与四郎（福岡大学）、宮田　雄一郎（山口大学）、卜部　厚志（新潟大学）（常勤職員7名、他8名）

［研 究 内 容］

液状化がおこりやすい地形・地質的な条件・特性を明らかにし、地震被害軽減に資することを目的として、2011年東北地方太平洋沖地震による液状化被害が大きかった利根川下流域において、地質学的な調査を実施した。調査内容は、1)関係する自治体から液状化による被害報告資料、既存ボーリング資料などの収集とそれらの解析、2)沖積層を対象とした掘削深度60～10m のオールコアボーリングコアの解析、ボーリング孔を利用した速度・電気検層、標準貫入試験など、15地点、3)液状化した地層などのトレンチ調査、3地点、4)地下水の採取・分析と地下水位の観測。

液状化が生じている地域は、かつての湖沼や河川・水路を埋め立てたところが多いとされているが、それら以外に現河川沿いの自然地盤、台地を開析した沖積谷を台地を削った砂で埋め立てた地点でも見られた。ボーリング調査からは、液状化している地層はほとんどが深度10m 以浅の中世以降に堆積した地層や人工地層の砂層主体層であることがわかったほか、コアの CT スキャンや軟 X 線写真撮影などが、流動構造の解明に大変役立つことが示された。既存ボーリング資料の解析からは、利根川沿いの比較的浅層部の砂質堆積物に液状化が生じやすいことがわかり、東部や台地縁辺部の砂層は少し古い時代に堆積した砂州構成層などで、それらの分布地域では液状化被害が比較的低いことが傾向として見られた。砂州上でのトレンチ調査では、砂層上部が酸化鉄の沈着などにより著しく固結していて、液状化が生じにくくなっていると考えられた。

埋め立て地におけるトレンチ調査では、地下水位が高いために周囲に矢板をうち、ウェルポイントによって地下水位を下げて矢板内部の掘削を行った。1987年千葉県東方沖地震と2011年地震によると推定される新旧2種の砂脈が観察されたほか、砂層全体が液状化するのではなくて、部分的に液状化がおこっていること、上位にシルト層があると、砂脈が上に抜けられずにシルト層の下面で水平方向に広がることがあることなどがわかった。地下水と液状化との関係においては、地下水の水位が高い

ことに加えて、流動方向が上向きになっているところに液状化が生じやすいと考えられた。

［分　野　名］地質

［キーワード］液状化、地下地質、ボーリング調査、トレンチ調査、ボーリングコア、2011年東北地方太平洋沖地震、地下水、利根川下流域

［テーマ題目48］土壌汚染リスクにかかる海域及び陸域の調査研究（運営費交付金：平成23年度3次補正予算）

［研究代表者］池原　研（地質情報研究部門）

［研究担当者］池原　研、長尾　正之、田村　亨、高橋　暁、山崎　宗広、御子柴　真澄、高橋　浩、岡井　貴司、金井　豊（常勤職員9名）

［研 究 内 容］

2011年東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波は被災地に大きな被害をもたらした。陸から海への堆積粒子や瓦礫の供給の実態とその海底環境や海洋生態系への影響を評価するために、海陸を統合した元素や粒子、瓦礫の移動と状況把握の調査研究を実施した。本研究では、仙台湾沿岸の海底地形と瓦礫の調査、海域津波堆積物調査、表層堆積物調査の海域現地調査と仙台湾底質流動数値実験、松島湾水理模型実験、さらに、東北地方南部前弧～島弧域の地球化学的・地質学的調査を実施するとともに、ルミネッセンス年代測定実験装置の導入を行った。仙台湾での調査では、仙台港沖の海上コンテナの分布の把握、地震／津波前後での底質の変化の把握、津波による底質移動様式の推定や松島湾における島による津波減衰の効果の実証等が行われ、陸域においても代表的な構成岩石の化学分析から地域・岩質に応じた元素毎の濃度変化を明らかにした。これらの結果については、報告書原稿として取りまとめた。

［分　野　名］地質

［キーワード］2011年東北地方太平洋沖地震、津波、堆積物、瓦礫、仙台湾、松島湾、元素分布

［テーマ題目49］地震災害リスク調査－低活動性断層の時間・空間分布把握（運営費交付金：平成23年度3次補正予算）

［研究代表者］大坪　誠（長期変動研究グループ）

［研究担当者］大坪　誠、宮下　由香里、城谷　和代、間中　光雄、宮川　歩夢、高橋　浩、重松　紀生（常勤職員6名、他1名）

［研 究 内 容］

2011年東北地方太平洋沖地震の1ヶ月後の4月11日に福島県浜通りの地震（M＝7.0）が発生し、地表地震断層（塩ノ平断層、湯ノ岳断層）が出現した。この地震は、2011年東北地方太平洋沖地震直後に発生した最大の内陸地震であり、海溝型巨大地震との関連性が議論されている。また、従来の知見では発生の可能性が殆ど考慮されていなかった前弧域での正断層活動であることから、過去の発生地域や活動性など基本的な情報が不足している。同種の地震の発生地域やその活動性評価を行うことを通じて地震防災に資するため、前弧域に分布する断層の空間分布・活動履歴等を含む基本的な地質データの取得・整備を目的とした。阿武隈山地全域～茨城県北部及び沿岸海域について、平成24年度は、①既存公表資料を用いた活断層、リニアメント、断層破砕帯等の分布及び性状に関するデータの整理、②1/20万地質図幅「白河」および「水戸」のうち、主として花崗岩が分布する地域における活構造・リニアメント判読、③抽出された活断層およびリニアメントのうち重要性が高いと判断した断層に関する断層破砕帯調査、④湯ノ岳断層でのピット掘削調査、を実施した。

［分　野　名］地質

［キーワード］活断層、前弧、阿武隈地域、2011年東北地方太平洋沖地震

［テーマ題目50］地球化学標準試料 ISO（地質分野特定事業費）（成果普及品自己財源）

［研究代表者］岡井　貴司（地球化学研究グループ）

［研究担当者］岡井　貴司、今井　登、金井　豊、御子柴　真澄、太田　充恒、久保田　蘭、立花　好子（常勤職員5名、他2名）

［研 究 内 容］

地質情報研究部門は岩石標準試料の国内唯一の発行機関として、1964年以来50年近くにわたって地質関連試料の標準試料を作製し、世界各国の研究機関との共同研究により、化学組成や同位体組成、年代値の信頼性の高いデータを定め公表してきた。この標準試料は世界中で活用されており、分析精度を高める標準として世界的に大きな貢献をしている。しかしながら、近年の国際化の動きの中で、標準物質は国際的な標準である ISO のガイドラインに対応することが必要とされるようになってきたため、当部門発行の岩石標準試料についても、NITE 認定センターより、ISO に対応した標準物質生産者としての認定（ASNITE 認定）を取得し、ISO の規定に則った認証標準物質とした。

本年度は、安山岩標準試料 JA-2の在庫が少なくなったため、再調製試料として、JA-2a 試料を作製した。試料は、JA-2作製時に採取され、保存されていた、香川県坂出市の安山岩試料（さぬき石）140kg を用い、粉砕・篩い分け・瓶詰めを行って、100g 入り1,100本を作製した。主成分元素について、粉砕直後に行った分析では、JA-2試料と比べ、アルミニウム及びカリウム、ナトリウム含有量がやや少なく、鉄及びカルシウム、マグネシウム含有量がやや多い傾向が見られたが、いずれの元素においても均質性には問題がなかった。

標準物質生産者としての ISO 認定の維持に必要な各種文書やデータ類の管理においては、マニュアル・記録類の維持・管理を行うとともに、過去の分析データの再点検や文書の改善を行い、品質管理を一層向上させた。また、標準試料の各種情報をデータベースとしてインターネット上で公開した。

［分　野　名］地質

［キーワード］国際標準、標準物質、地球化学、岩石、土壌、化学組成

⑤【地質調査情報センター】

（Geoinformation Center）

所在地：つくば中央第7

人　員：21名（8名）

概　要：

地質調査情報センターは、産業技術総合研究所内の地質分野の研究部門・研究センター・研究コア・地質分野研究企画室・地質標本館等との密接な連携のもとに、地質・地球科学に関する信頼性の高い、公正な地質情報を国民に提供している。また、国土の利用、地震・火山噴火等の災害対策、資源の確保、環境問題などへの対応に効果的に使われるべき公共財として、地質情報の活用の利便性向上を図っている。

機構図（2013/3/31現在）

［地質調査情報センター］センター長　渡部　芳夫
次長　　土田　聡
総括主幹　谷島　清一　菅原　義明
［地質・衛星情報整備企画室］　（兼）室長 土田　聡
［地質・衛星情報アーカイブ室］（兼）室長 菅原　義明
［地質・衛星情報サービス室］　　室長 中野　俊

地質・衛星情報整備企画室

（Geoinformation Management Office）

（つくば中央第7）

概　要：

地質・衛星情報整備企画室は、地質の調査に係る数値情報の統合及び提供に関すること、地質の調査に係るデータベースの統合及び提供に関すること、衛星情報と地質情報との統合に関すること、地質の情報に係る連携及び融合に関することを担当する組織として、地質調査総合センター全体における研究情報の集約・共有・発信のあり方を検討するとともに、GEO Grid 融合課題の推進、地理空間情報にかかるデータ整理とクラウドコンピュータ上でのデータベースシステムの構築・運用を行った。

また、地質調査総合センターにおける研究成果発信の標準化のために、新たに策定された JIS の適用ガイドラインを構築して運用を開始した。さらに、地質図製作から出版までのペーパーレス化・内製化の実現を目指し、工程を電子化する試みを開始した。そして、ユーザーによりわかりやすいサイトの実現のために、新たなポータルの設計を開始し、一部を試験公開した。

地質・衛星情報アーカイブ室

（Geoinformation Archive Office）

（つくば中央第7）

概　要：

地質・衛星情報アーカイブ室は、「地質の調査」に関わるメタデータの整備及び提供、地質文献資料・地質図等の収集・管理及び地質調査に係わる基礎データのアーカイブに関する業務を掌る。メタデータの整備については、地質文献データベース及び政府クリアリングハウスにおいて、それぞれの管理・運営とデータの追加更新及びシステム改修等を行った。文献資料・地質図等の収集活動については、国内外関連機関との文献交換等を通じて行った。文献収集活動等の情報の整備とデータベースによる提供を組織的に行うことにより、地質情報の活用を促進した。地質図幅調査に係わる調査時基礎データのアーカイブに関しては基本ポリシー等の検討を行った。

地質・衛星情報サービス室

（Geoinformation Service Office）

（つくば中央第7）

概　要：

地質衛星情報サービス室は、産総研の「地質の調査」業務に基づく地質・地球科学に関する研究成果の出版及び管理、地質情報の標準化整備及び数値化、並びにこれら研究成果の普及に関する業務を行った。研究部門・センターで作成された地質図・地球科学図の編集と出版、研究報告書の編集と出版、数値地質図やデータ集の CD-ROM 出版を行った。また、既刊出版物の管理・頒布・払い出し・オンデマンド印刷を継続して行った。地質出版物・データベースの著作物利用申請には77件対応した。

地質情報整備では地質情報に関する標準化を進めており、既刊地質図類のラスタデータ整備を実施した。また、地質標本館及び地質分野研究企画室と協力して地質情報展等の地質関連イベントで成果普及活動を行うとともに、地質図類のより一層の利活用促進を目指し、Web 等を通じて研究成果品の紹介・普及を進めた。

地質調査総合センターの Web サイトの維持・管理を継続した。5万分の1地質図幅のベクトルデータ公開の要請に応えるため、整備環境を準備するとともに、専用の登録制ダウンロードサイトを構築し、20面分の Shapefile と kml データを公開した。

地質の調査

① 地球科学図

本年度の各種地質図類の編集・発行は、5万分の1地質図幅6件（冊子3件）、海洋地質図4件、火山地質図1件、数値地質図2件、海外地球科学図1件（冊子1件）である。

刊　行　物　名	件　数 図類・冊子	発行部数	摘　　要
5万分の1地質図幅	6 ・ 3	各1,500	戸賀及び船川（冊子のみ）、榛名山（図のみ）、阿仁合第2版 足助、新居浜（図のみ）、京都東南部（図のみ）、青森西部 （図のみ）
海洋地質図	CD-ROM 4	各1,000	No.77 日高舟状海盆海底地質図 No.78 宗谷岬西方海底地質図 No.79 野間岬沖表層堆積図 No.80 奥尻島北方表層堆積図
火山地質図	1 ・ 0	1,800	No.17 諏訪之瀬島火山地質図
数値地質図	DVD-ROM 2	各1,000	S-3 海底シームレス地質情報集「福岡沿岸域」 P-2 日本重力データベース DVD 版
海外地球科学図	1 ・ 1	1,200	中央アジア鉱物資源図

② 地球科学研究報告

本年度の研究報告書は、地質調査研究報告が第63巻1/2号～11/12号6件、活断層・古地震研究報告1件、地質調査総合センター速報4件である。

刊 行 物 名	件　数	発行部数	摘　　要
地質調査研究報告	6	各 190 各 200	Vol.63 No.1/2, 3/4 Vol.63 No.5/6, 7/8, 9/10, 11/12
活断層・古地震研究報告	1	1,550	活断層・古地震研究報告　第12号（2012年）
地質調査総合センター速報	4	300 300 500 300	No.58 東シナ海沖縄トラフ海域の海洋地質学的研究平成23年度研究概要報告書－北部沖縄トラフ海域－ No.59 平成23年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告 No.60 第四紀火山岩体・貫入岩体データベース（CD） No.61 沖縄周辺海域の海洋地質学的研究平成24年度研究概要報告書－沖永良部島周辺海域－

③ 刊行物販売状況

研究成果普及品のうち「地質の調査」に係るものは、地質情報等有料頒布要領（21要領第61号）により、地質調査情報センター及び地質標本館が有料頒布業務を遂行することになっている。平成24年度は、下記のように有料頒布を実施し、収入を得た。

○平成24年度 研究成果普及品頒布収入

地球科学図及び地球科学データ集　　8,379,368 円

内　　訳	頒布部数	頒布金額
委託販売収入（4社合計）	3,856	6,612,223
直接販売収入（地球科学図ほか）	360	917,175
直接販売収入（オン・デマンド）	568	849,970
合　　計	4,784	8,379,368

普及出版物及び絵葉書　　721,844 円

内　　訳	頒布部数	頒布金額
直接販売収入（普及出版物ほか）	1,340	721,844

○平成24年度 シリーズ別　頒布部数トップ5

シリーズ名	頒布部数
5万分の１地質図幅	1,835
20万分の１地質図幅	641
数値地質図	564
火山地質図	289
単独（シリーズ外）	289

○平成24年度 出版物別　頒布部数トップ10

シリーズ名	出　版　物　名	頒布部数
数値地質図	20万分の1日本シームレス地質図 DVD 版	99
5万分の1地質図幅	榛名山	78
5万分の1地質図幅	加茂	49
火山地質図	阿蘇火山地質図	44
数値地質図	日本温泉・鉱泉分布図及び一覧（第2版）（CD-ROM 版）	41
数値地質図	全国地熱ポテンシャルマップ	41
5万分の1地質図幅	足助	35
単独	日本の地球化学図（第2刷）	34
20万分の1地質図幅	東京（第2刷）	34
火山地質図	伊豆大島火山地質図	33

④　文献交換

「地質の調査」に係わる研究成果物をもとに、国内外の「地質の調査」に関係する機関と文献交換を行い、地質文献資料の網羅的収集に努めている。さらに、収集資料の明確化と広範囲の利用者の利便性を考慮して、地質文献データベースを構築し、インターネットで公開を行っている。

国内外交換先

	計	JAPAN	EUROPE	ASIA	AFRICA	U.S.A.	CANADA & C. AMERICA	SOUTH AMERICA	OCEANIA
国　数	157	1	36	40	44	1	12	12	11
機関数	1,245	558	233	178	65	84	37	50	40

交換文献内訳

	計	地質調査研究報告	その他報告類	地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）	その他図幅	CD-ROM
件　数	17	6	1	3	1	7
所外送付部数	2,897	1,268	217	232	105	1,265
国外送付部数	4,446	603	232	705	235	2,671

⑤　文献情報活動

文献交換等で収集した地質文献資料の効果的・効率的な利用を目指して、地質文献データベースを構築し Web 公開している。統合版 GEOLIS 検索システム及び貴重資料データベースの公開を継続し、改良等を行った。今年度はクラウド環境移行を行い、更に統合版 GEOLIS の高度化の設計を行い、オンラインジャーナル情報の収集、インターネット検索での利用及び他デーベースからの検索機能を追加した。次年度に公開予定である。統合版 GEOLIS の蓄積データ数は422,778件（うち位置情報データは42,985件）、Web 公開で433,142件のアクセス数である。貴重資料データベースのアクセス件数は20,515件、登録件数は147件であった。

受　入

	単行本（冊）	雑誌（冊）	地図類（枚）	研究資料集・受託研究資料	電子媒体資料（個）
購　　入	288	100	39	0	51
寄贈・交換	231	4,631	705	15	877
計	672	5,388	1,219	10	928

製本・修理　（冊）　1,331

地質文献データベース（アクセス件数は平成25年2月まで）

	登録数	登録総数	アクセス件数
統合版 GEOLIS （GELIS+・G-MAPI 含む）	15, 321	422, 778	433, 142
貴重資料データベース	147	534	20, 515
計	15, 468	423, 312	453, 657

閲覧・貸出など情報提供

所外閲覧者	入館者 （括弧内外国人）	閲覧件数	貸出件数	返却件数
143	5, 223 (94)	5, 386	6, 267	4, 627

地質文献複写外部委託

件数（件）	通常コピー（枚）	カラーコピー（枚）	電子媒体（部）
492	9, 755	217	8

⑥　メタデータ及びデータベースの整備

「地質の調査」の成果である地質図・地球科学図等の情報に関し、インターネットを通じて利活用出来るよう、メタデータ作成、数値化及びデータベース化を行っている。

メタデータ整備業務では、電子政府クリアリングハウス用の地理標準フォーマット JMP 第2版に基づくメタデータを1, 606件整備し Web 公開した。

⑦　数値化・地理空間情報の配信

地質図類ベクトル数値化整備業務では、5万分の１地質図幅40図幅、海洋地質図8図幅をベクトル数値化し、データの校正・編集を行った。5万分の１地質図幅20図幅の Shapefile と kml 形式のベクトルデータを公開した。

○平成24年度 地質図・地球科学図データベース及びメタデータ整備

１．地質図・地球科学図データベース整備（件数）	
5万分の1地質図幅、海洋地質図幅の数値化数	48
5万分の1地質図幅ベクトルデータ公開	20
２．メタデータ整備（件数）	
電子政府クリアリングハウス：メタデータ登録数	1, 606

⑧　5万分の1地質図幅調査に係わる調査時基礎データのアーカイブ作成

今年度より業務を開始した。今年度はガイドラインの作成、アーカイブシステムのプロトタイプを作成した。併せて他システムでも利用できる緯度経度入力システムを作成し、共用できるよう準備中である。

⑥【地質標本館】

（Geological Museum）

所在地：つくば中央第7

人　員：16名（9名）

概　要：

地質標本館は、世界的にユニークな地球科学専門の博物館として、地質標本、地球科学全般と地球の歴史・変動のメカニズム、人間生活との関わりについて展示し、土・日・祝日も開館している。また、地球科学の普及、地質調査に関する広報および地質相談業務、地質試料等の整備・調製、並びにこれらに係る研究などに関する業務を行っている。

機構図（2013/3/31現在）

［地質標本館］　館長　　利光　誠一

副館長　　下川　浩一

総括主幹　　西澤　良教

総括主幹　　大和田　朗

［企画運営グループ］

グループ長　　渡辺　真人　他

［地質試料管理グループ］

グループ長　　角井　朝昭　他

［地質試料調製グループ］

グループ長（兼）大和田　朗　他

企画運営グループ

（Museum Management Group）

（つくば中央第7）

概　要：

企画運営グループは、展示施設の維持管理、館内での特別展示や行事・外部イベント出展などの企画・調整・運営を行っているほか、ジオパーク、ジオネットワークつくば、地質情報展など、産総研地質分野を代表して、外部機関との連携をとりながら行うアウトリーチの推進業務を行っている。また、GSJ 地質ニュースの編集・発行を行う他「地質相談所」を窓口として、所内外からのさまざまな階層の地質相談業務を行っている。

地質試料管理グループ

（Curating Group）

（つくば中央第7）

概　要：

地質試料管理グループは、地質試料の整備、管理・保管、登録、利用支援、アーカイブ、データベース化並びにこれらに関する研究を行っている。

地質試料調製グループ

（Quality Petrographic Section Group）

（つくば中央第7）

概　要：

地質試料調製グループは、地質の調査・研究に不可欠な岩石試料等の薄片・研磨片等の作製を行う他、独自の作製方法を開発することにより、更なる難試料作製に応じられるよう努めている。その他、作製現場の見学、技術相談、指導等の要請にも応じている。

平成24年度 地質標本館行事一覧

実施期間	特別展および速報	講演会	移動地質標本館	イベント	入館者・参加者
2012/4/16～5/11			地質の日関連ｲﾍﾞﾝﾄ・経産省本館ﾛﾋﾞｰ展示		
2012/4/17～7/1	春の特別展示：砂漠を歩いてﾏﾝﾄﾙへｰ 中東ｵﾏｰﾝの地質探訪				入館者　8,227人
2012/4/22		科学技術週間特別講演会・ｵﾏｰﾝ展ｵｰﾌﾟﾆﾝｸﾞｾﾚﾓﾆｰ			参加者　150人
2012/5/12				地質の日関連：工作ｲﾍﾞﾝﾄ	参加者 17人
2012/5/12～13			つくばﾌｪｽﾃｨﾊﾞﾙ2012ﾌﾞｰｽ出展		来場者延べ120,000人
2012/5/12～15			ｼﾞｵﾊﾟｰｸ国際ﾕﾈｽｺ会議：島原ﾌﾞｰｽ出展		
2012/5/20～25			地球惑星連合大会ﾌﾞｰｽ出展		
2012/7/18～9/30	夏の特別展示：ﾐｸﾛな化石で地球を探るｰ 微化石と地質調査				入館者　16,500人
2012/7/21				つくばｾﾝﾀｰ一般公開（薄片見学ﾂｱｰ実施）	入館者　2,223人
2012/7/21		普及講演会：放散虫が紡ぐ日本列島の物語			入場者　45人
2012/7/21		特別講演会：ｼﾞｵﾊﾟｰｸへ行こう			入場者　85人
2012/7/26			関西ｾﾝﾀｰ（池田）一般公開		入場者 1,520人
2012/8/3				夏休みｲﾍﾞﾝﾄ：石をみがいてみよう	参加者　18人
2012/8/3			関西ｾﾝﾀｰ（尼崎）一般公開		参加者　132人
2012/8/4			東北ｾﾝﾀｰ一般公開		来場者　444人
2012/8/4			中部ｾﾝﾀｰ一般公開		来場者　248人
2012/8/5～10			第34回万国地質学会議ﾌﾞｰｽ出展		
2012/8/23			四国ｾﾝﾀｰ一般公開		来場者　454人
2012/8/24				夏休みｲﾍﾞﾝﾄ：化石ｸﾘｰﾆﾝｸﾞ教室	参加者 25人
2012/8/25				地球何でも相談日	相談数　14件
2012/9/15～17			地質情報展2012おおさか		来場者　4,681人
2012/10/13				野外観察会（ﾌｽﾞﾘﾅの化石を探してみよう：佐野市葛生）	参加者　22人
2012/10/16～12/27	特別展示：知的基盤整備・利用促進ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ～今後10年の地質情報整備～				来館者　6,274人
2012/10/19			中国ｾﾝﾀｰ一般公開		来場者　878人
2012/10/20～21			つくば産業ﾌｪｱ出展		参加者　322人
2012/10/25～26				産総研ｵｰﾌﾟﾝﾗﾎﾞ	
2012/11/3				茨城県高校文化祭自然科学部研究会（協力）	参加者100名
2012/11/17～18			つくば科学ﾌｪｽﾃｨﾊﾞﾙ2012		来場者延べ16,000人
2012/12/15			青少年のための科学の祭典・日立大会		
2013/1/8～3/31	特別展示：地質情報展2012おおさかｰ 過去から学ぼう大地のしくみｰ				来館者数　4,390人
2013/1/19～20			産総研ｷｬﾗﾊﾞﾝ2013やまぐち		来場者 1,138人
2013/2/2			うしくｻｲｴﾝｽﾌｪｽﾀ2013：化石の粘土模型を作ろう		参加者　82人
2013/2/14			埼玉県地震対策ｾﾐﾅｰﾌﾞｰｽ出展		来場者　1,200人
2013/2/16				地質標本館ｶﾌｪ：朗読会「楢の木大学士の野宿」	参加者数　34人
2013/3/3				ｼﾞｵﾈｯﾄの日：ｴｷｽﾎﾟｾﾝﾀｰ館内化石探し石めぐりﾂｱｰ	入館者　669人
2013/3/10				ｼﾞｵﾈｯﾄﾜｰｸつくばｻｲｴﾝｽｶﾌｪ：つくばを車座になって話そう会	参加者 49人
2013/3/16				化石ﾚﾌﾟﾘｶ作り：三葉虫	参加者　35人
2013/3/24				日本地学ｵﾘﾝﾋﾟｯｸ本選ﾄｯﾌﾟ・ﾚｸﾁｬｰ（協力）	参加者　105人

地質標本館　平成24年度　入館者総数 40,910人

地域別入館者数内訳

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
市内	872	509	507	3,053	4,507	579	638	385	381	245	432	446	12,554
県内	725	712	1,059	1,389	1,779	694	900	767	342	312	664	623	9,966
都内	477	702	429	364	631	222	518	396	197	102	277	366	4,681
他県	971	1,282	817	1,369	2,334	875	1,019	1,408	683	519	780	984	13,041
外国	49	20	26	152	20	10	91	96	57	46	67	34	668
計	3,094	3,225	2,838	6,327	9,271	2,380	3,166	3,052	1,660	1,224	2,220	2,453	40,910

職業別入館者数内訳

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
小学	454	469	294	1,641	3,018	428	811	274	190	156	226	382	8,343
中学	426	311	438	250	493	74	135	161	201	22	267	79	2,857
高校	205	322	274	501	399	26	225	581	267	109	46	253	3,208
大学	264	150	224	272	207	190	50	153	108	54	148	98	1,918
教諭	100	116	181	144	223	83	79	130	67	78	79	98	1,378
家庭	1,020	973	854	2,141	3,594	929	770	943	456	397	816	820	13,713
一般	625	884	573	1,378	1,337	650	1,096	810	371	408	638	723	9,493
計	3,094	3,225	2,838	6,327	9,271	2,380	3,166	3,052	1,660	1,224	2,220	2,453	40,910

団体見学への館内説明対応件数 219件

団体見学への館内説明対応実績内訳

	区分	回数	講演内容
学校関係	小学校	26	地層・岩石の話
	中学校	21	地層・岩石の話
	高校	56	地質調査に係る研究成果紹介
	高等専門学校	0	地質調査に係る研究成果紹介
	大学	13	地質調査に係る研究成果紹介
視察・VIP	視察・VIP	10	地質調査に係る研究成果紹介
海外研修生	海外研修生	5	地質調査に係る研究成果紹介
その他（一般団体）	その他（一般団体）	88	地質調査に係る研究成果紹介
合　計		219	

職場体験学習生・研修受入

職場体験学習生	つくば市立手代木中学校　2人	2日間(2人)	展示解説とｲﾍﾞﾝﾄ教材作製
	芝浦工業大学柏中学校　4人	1日間(4人)	展示解説とｲﾍﾞﾝﾄ教材作製

博物館実習	千葉大学　8人	8日間(1人)	博物館業務に係わる試・資料の収集・保管・展示等の指導
		9日間(7人)	
	筑波大学　4人	3日間(1人)	
		10日間(3人)	
	川村学園女子大学　4人	10日間(4人)	
	神奈川大学　　1人	10日間(1人)	
	帝京大学　　1人	10日間(1人)	
	日本大学　　1人	11日間(1人)	

地質標本の利用指導	栃木県立博物館　1人	2日間(1人)	企画展準備のための鉱物標本の準備、標本取り扱い指導

薄片技術指導	アースサイエンス株式会社　1人	4日間(1人)	岩石試料の薄片、研磨片作製技術の指導
	国立大学法人北海道大学　　1人	4日間(1人)	岩石試料の薄片、研磨片作製技術の指導

⑦【深部地質環境研究コア】

（Research Core for Deep Geological Environments）

（存続期間：2007.4.1～ ）

研究コア代表：渡部　芳夫

所在地：つくば中央第7
人　員：1名（1名）
経　費：422,999千円（19,873千円）

概　要：

研究コアとしての設立は、2007年に原子力安全・保安院より、産総研が実施する放射性廃棄物地層処分に対する安全規制の技術的支援研究を、代表制を持って統括するしくみを強く要請され、政策当局、関連機関等との調整、協力において、組織的代表制が不可欠となったことによる。

本研究コアの課題とミッションは、産総研地質分野において、放射性廃棄物地層処分事業の概要調査結果の規制庁レビュー等における、地層処分の安全基準を策定していくために必要となる調査研究を実施することであり、産総研地質分野の研究戦略（戦略課題3-(2)高レベル放射性廃棄物の地層処分のための地質環境評価）に基づき、地質情報研究部門、活断層・地震研究センター、地質調査情報センターの研究者等43名（常勤職員35名、契約研究職員8名）が研究コアメンバーとして実施した。

本研究コアの対外的な代表性に基づく活動は、原子力安全・保安院や原子力安全委員会（共に現原子力規制委員会原子力規制庁）等の安全規制機関への技術支援等の活動と、規制支援研究機関との協力、ならびに上記の外部要請に基づいた外部資金プロジェクトの運営・統括等からなる。

原子力の安全研究の推進を目的として、地層処分の安全規制支援研究機関である原子力安全基盤機構、日本原子力研究開発機構との間で平成19年10月4日に締結された、独法間研究協力協定「放射性廃棄物地層処分の安全性に関する研究協力協定」の協定協力委員会を開催し、今後の研究協力の方針と共同研究計画の策定を行った。また本協定の下で実施中の共同研究活動として、日本原子力研究開発機構との間の共同研究「深部地質環境における水－岩石－微生物相互作用に関する調査技術開発」（平成25年3月末まで）、ならびに「低活動性断層の調査・評価技術の開発」（平成21年10月～平成24年3月末）を実施した。

なお、研究プロジェクト自体の成果は、研究コアメンバーの所属する研究ユニット等の業務の一環として実施したものであり、詳細な内容は各研究ユニットの項に記述した。本項では、研究ユニットでは実施とりまとめがなされない、本研究コア自体が実施した以下の外部資金プロジェクトの1項目について記述する。

外部資金：
原子力安全・保安院（現原子力規制委員会原子力規制庁）　委託研究費「平成24年度核燃料サイクル施設安全対策技術調査（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分に係る地質評価手法等の整備）」

独立行政法人原子力安全基盤機構　委託研究費「平成24年度地質関連事象の時間スケールに応じた不確実性の検討」

［テーマ題目１］我が国の過去の自然事象についてのデータベース化

［研究代表者］宮城　磯治（地質情報研究部門長期変動研究グループ）

［研究担当者］西来　邦章、高橋　正明、内藤　一樹、風早　康平、中野　俊、石塚　吉浩、松本　哲一、安原　正也、高橋　雅紀、渡部　芳夫、中田　和枝、切田　司、竹内　久子、大丸　純、仲間　純子、半田　宙子、稲村　明彦、宮城　磯治（常勤職員10名、他8名）

［研 究 内 容］

目標：

最終処分法に関連する自然事象について既存情報を取りまとめ、地層の著しい変動に関する各種調査で対象とすべき特性等を整理しデータベース化する。このために、産総研出版の地球科学図類を中心とした地質データ、第四紀火山データ、深層地下水データについて、情報を整備する。

計画の概要：

１）第四紀火山データベースの更新：

平成23年度に出版公表された日本の第四紀火山に関係する文献を抽出し、火山毎に文献リストを作成する。既存文献のレビューにより明確な噴火年代が不明確な火山岩体に対しては、新たに年代測定を実施し第四紀火山であるか否かの判定を行う。平成23年度までに整備したデータを「第四紀火山・貫入岩体データベース」としてとりまとめて出版し、判断指標の「火山・マグマ活動」における第四紀火山の確認に備える。

２）地質データベースの整備：

産総研がこれまで整備してきた地質データベースに平成23年度に産総研地質調査総合センターから出版された地球科学情報を登録し最新の地質情報に更新するとともに、電子データ作成及び登録業務を円滑に実施するために地質データベースシステムの管理運用を行う。事業者による概要調査結果を判断する作業に有用な地質データ出力機能を作成する。今後整備すべきデータ項目として、長期的な構造運動による影響のデー

タ化手法について検討する。

3）深層地下水データベースの更新：

我が国の深層地下水の実態把握とデータベース化を行うため、各種の調査で既に判明している日本各地の深層地下水の特性(性状、流量、成分等)を整理し、深層地下水データベースを更新するとともに、深層地下水に係る各種評価用パラメータを地下水地理情報データベースとして整備する。

成果の概要：

1）第四紀火山データベースの更新では、新たに出版された文献から日本の第四紀火山を抽出し、155火山について計1588文献のデータを得た。平成23年度までに整備したデータを、Web ブラウザで閲覧可能な「第四紀火山岩体・貫入岩体データベース」として公開した。第四紀に活動したと考えられる活動年代が不明確な火山岩に対して、複数の年代測定法を用いた検討を行い、溶岩の石基濃集試料を用いたカリウム・アルゴン法、火砕流試料のジルコン結晶を用いた LAb-ICP-MS 法によるウラン・鉛年代測定法とフィッション・トラック年代測定法の組み合わせが、信頼性の高い年代値を得るうえで有効であることを示した。

2）地質データベースの更新では、データベースを最新の地質情報に更新するとともに、データベースの利便性を向上する機能を追加した。また、構造運動の解析技術の開発では、推定されたオイラー極と回転角速度に基づいて実際のプレートの過去の移動を計算し、さらにプレート内部の変形（本州弧の変形）の再現についても検討を行った。

3）深層地下水データベースの更新では、我が国の深層地下水に関する新規データを収集・分析し、分析データあるいは観測値の品質管理を行い深層地下水データベースに登録した。本年度新規に加えたのは698点であり、現在の登録件数は24411件である。また、本データベースのデータを用いて、処分場周辺における水文地質学的モデルを作成するにあたり評価すべきパラメータのうち、地下水の温度に関わるパラメータについて検討した。

［分　野　名］地質

［キーワード］地質データベース、第四紀火山、深層地下水

⑧【地質調査総合センター】

（Geological Survey of Japan）

所在地：〒305-8567　つくば市東1-1-1　中央第7　他

概　要：

産業技術総合研究所地質調査総合センターは、以下に示すように地質調査総合センター代表のもとに構成される研究ユニット及び関連部署からなる産総研内の「地質の調査」に関連する組織の総称である。この組織はほぼ旧工業技術院地質調査所を引き継いでおり、対外的には“Geological Survey of Japan”の名称の基で、各国地質調査所に対して我が国を代表する窓口となっている。

「地質の調査」は、産総研のミッションの一つとして位置付けられている。地質学及び関連科学の幅広い分野にわたる研究者の属する地質調査総合センターは、学際的・境界領域的研究分野の積極的開拓を目指した連携体制を構築し、国の知的基盤整備の一翼を担うとともに、地震・火山噴火等の突発的地質災害発生時の緊急調査・観測体制に対応する機能を持っている。また、地質調査総合センターは、構成する研究ユニットの地質分野における研究成果を一つの出口としてまとめ、旧工業技術院地質調査所の出版物刊行を引き継いだ出版活動及び成果普及活動を実施している。さらに、産学官連携活動の一環として、経済産業省知的基盤課との適宜意見交換、関連業界団体である（社）全国地質調査業協会連合会、地方公共団体等との定期懇談会、産技連知的基盤部会・環境エネルギー部会等を開催している。

地質調査総合センターでは、各研究ユニット等及び研究管理・関連部署間の意思の疎通を図るために、毎月、連絡会議を開催し、情報交換・意見交換等を行っている。

関連組織（2013/3/31現在）

［地質調査総合センター］

代表　佃　栄吉

研究ユニット等

［活断層・地震研究センター］

研究センター長　岡村　行信　他

［地圏資源環境研究部門］

研究部門長　駒井　武　他

［地質情報研究部門］

研究部門長　牧野　雅彦　他

［深部地質環境研究コア］

代表　渡部　芳夫

研究管理・関連部署

［地質調査情報センター］

センター長　渡部　芳夫　他

［地質標本館］

館長　利光　誠一　他

事務局

［地質分野研究企画室］

研究企画室長　伊藤　順一　他

業務報告データ

日付	地質調査総合センター行事
H24. 4.17 ～ 7. 1	「地質標本館 春の特別展（日

本・オマーン外交樹立40周年特別企画）
砂漠を歩いてマントルへー中東オマーンの地質探訪ー」（産総研つくば中央第7事業所　地質標本館）

H24. 9. 15 ～ 9. 17 「地質情報展2012ー過去から学ぼう大地のしくみー」（大阪市　長居公園　大阪市立自然史博物館・花と緑と自然の情報センター）

H25. 1. 22 第20回地質調査総合センターシンポジウム「地質学は火山噴火の推移予測にどう貢献するか」（秋葉原ダイビル）

H25. 3. 11 第1回アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスク対策国際シンポジウム「アジア太平洋地域の地震・火山防災の現状と将来展望」（産総研つくば中央第1事業所　共用講堂）

7）フェロー

【フェロー】

（AIST Fellow）

所在地：つくば中央第2、第3、第4、第7、西

概　要：

　フェローは、理事長の諮問を受けて、研究者の代表として他の研究者の指導にあたるとともに、特別な研究を行っている。

　平成24年度は、6人のフェローを置いている。

機構図

フェロー	十倉　好紀
フェロー	浅島　誠
フェロー	加藤　碵一
フェロー	安藤　功兒
フェロー	中西　準子
フェロー	田中　充

(2) 内部資金

［研 究 題 目］化学物質フィジカルハザードに関するTDG/GHS 国連試験法の標準化

［研究代表者］松永　猛裕（安全科学研究部門）

［研究担当者］薄葉　州、秋吉　美也子、岡田　賢（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

化学物質の国際的な危険分類には国連が勧告する試験法（TDG/GHS）が用いられている。この中で、発熱分解エネルギーの量により、クラス1（火薬類）の試験法を行わなくて良いとするスクリーニング試験の標準化を検討している。今年度までに断熱熱量計では十分な信頼性が得られないことを実証した。また、示差走査熱量計（DSC）において問題となる試料量、加熱条件、容器材質についての詳細検討を行った。これらの成果は国連の危険物輸送専門家委員会において日本側改正案を提出し、了承された。また、国内においては JIS 原案を作成し、JIS K4834:2013として制定された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］危険物、爆発性物質、火薬類、発熱分解、熱量計、標準

［研 究 題 目］触れずに掴むエアロダイナミック・スマートグリップの開発

［研究代表者］池田　喜一（つくばセンター）

［研究担当者］池田　喜一、阿部　裕幸、菊島　義弘、壹岐　典彦、鈴木　雅人（エネルギー技術研究部門）荒井　裕彦、往岸　達也、澤田　有弘（先進製造プロセス研究部門）（常勤職員8名）

［研 究 内 容］

非接触吸着デバイスの高性能化と複数デバイスの協調によるハンドリング制御技術は、不純物の付着を防ぎながら物体を保持及び搬送する場合などにおいて非常に有効な手段であり、産総研における流体制御技術、運動制御技術を専門とする研究者間の協力によりこれまでにないハンドリング手法を提案する。

研究目標は、１）能動的ハンドリング制御により搬送速度100mm/sec 以上での保持・搬送技術を確立する、２）3次元形状にも適応するスマートグリップ、ソフトグリップの実証モデルを作る。この際、吸着力は従来技術の4倍以上となる3.0N/cm^{2}以上を目指すことにある。これらの目標達成に向けて、エネルギー技術研究部門は、吸着デバイス性能、形状、配置などに資する吸着実験と非接触吸着チャックの試作を担当する。先進製造プロセス研究部門は、吸着実験と並行して数値流体シミュレーションによる最適化を検討し、またロボットアームを含む全体の能動的ハンドリング制御技術を担当する。イノベーション推進本部では、異分野融合の面から企業動向を含めた研究開発の進捗を把握しながら、ポイント毎に議論の場を設け、課題の克服に向けた円滑な推進を行う。

平成24年度は、実験と計算環境を整え、ワークとチャック吸着面に作用する動的吸着特性について実験とCFD（Computational Fluid Dynamics）により課題抽出を行った。また平面形状ワークの吸着状態を想定した疑似モデルを試作し、ロボットハンドによる鉛直2次元平面内のハンドリング手法について実証実験を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］搬送、コアンダ効果、ロボット

［研 究 題 目］エネルギー資源を活用した分散型エネルギーマネジメント技術の開発

［研究代表者］山崎　聡（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］山崎　聡、安芸　裕久、村田　晃伸、近藤　潤次、韓　世炅（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

住宅部門の二酸化炭素排出削減や省エネルギーを達成するために、太陽光発電、CO_2ヒートポンプ給湯器、家庭用蓄電装置などの様々な創エネ・省エネ機器が開発され、さらには住宅内の省エネルギー行動を支援するエネルギーマネジメントシステムの開発も進められている。しかし、全住宅に創エネ・省エネ機器を普及させることには困難があるうえ、住宅どうしの連携を欠いた個別的な省エネルギー行動の効果には限界が予想される。

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

平成24年度は、柱上変圧器下流の複数住宅を対象とする、太陽光発電、太陽熱温水器、ヒートポンプ等から構成される住宅用エネルギーネットワークの統合マネジメント実験に着手し、基礎的なエネルギー融通手法の実験および解析結果から、温水需要の少ない夏期における省エネルギー効果を検証した。太陽光発電による電圧上昇に関する実験に着手し、実験設備における太陽光発電逆潮流による配電線電圧上昇の確認と、インバータの無効電力制御実験に向けた機器の動作確認を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

［研 究 題 目］グリーングリッド対応大電力汎用変換器に関する研究

［研究代表者］西澤　伸一（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］西澤　伸一、阿部　宜之、中島　昭、大橋　弘通、田中　保則

（常勤職員4名、他1名）

［研究内容］

大電力汎用インバータの先駆けとなる大電力双方向絶縁型変換器プロトタイプの試作、実証を行う。具体的には、変換器の基本ユニット試作、および基本ユニットの直並列連携制御を軸に大電力インバータの汎用・量産化技術の基礎実証を行う。あわせて、より小型高集積化を可能とするための極限 IGBT モジュール技術、次世代トランス技術を提案する。平成24年度においては、1MVA ハイブリッド変換器（Si-IEGT＋SiC-PiN ダイオード）において、10kHz 動作実証を行った。トランスの高パワー密度化を行うため、従来型（内鉄型）トランス構造に加えて、新構造（外鉄型）トランスの検討を開始した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］変換器、パワーエレクトロニクス、IGBT、トランス

［研究題目］ガス状水素の高効率貯蔵装置の開発

［研究代表者］前田　哲彦（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］前田　哲彦、松本　愛子、中村　優美子、浅野　耕太、辻村　拓（新燃料自動車技術研究センター）、小熊　光晴

（常勤職員6名）

［研究内容］

中圧タンク（1MPa 以下）及び常温で貯蔵可能な水素吸蔵合金のハイブリッド純水素貯蔵装置を構築し、低コストとコンパクトを両立する水素貯蔵装置の実現を目指す。変動する太陽光発電等による水電解により水素を製造し吸蔵合金に貯蔵するとき、低圧の排水素が発生する。その排水素ガスを吸蔵合金の温度変化を利用した昇圧制御によって有効に貯蔵する技術を確立する。水素吸蔵合金は、吸蔵時に発熱、放出時に吸熱し、吸蔵合金の平衡圧力は温度により変化するため、反応熱の熱交換が重要な制御事項となる。吸蔵合金の昇圧や水素放出には熱が必要なので、太陽熱利用・蓄熱を併設する。また、水素吸蔵合金の反応熱利用の有効性を実証するため、合金材料やサイズの異なる水素吸蔵合金タンクを製作し、実運用における反応熱回収効率を評価する。また水素吸蔵合金に水素を吸蔵する際には、水素中の水分を取り除く除湿装置が必要であり、除湿に用いる吸着剤の再生には太陽熱も利用し、ハイブリッド純水素貯蔵装置の有用性を実証する。H24年度は、水素吸蔵合金及び中圧ガスタンクを用いた水素貯蔵装置全体の詳細設計を行った。また太陽熱利用と水素吸蔵合金の水素放出時に必要な熱量などの算出および運用方法の検討を行いシステムのフロー図をまとめた。さらに、使用する水素吸蔵合金について、低コストで高い耐久性を持つ合金を選定するため、耐久性評価を実施しているところである。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素システム、再生可能エネルギー、水素貯蔵

［研究題目］水中ふっ素化合物の定量のための流れ分析法

［研究代表者］宮崎　章（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］中里　哲也、田尾　博明

（常勤職員2名）

［研究内容］

JIS K 0170-6流れ分析法による水質試験方法　第6部：ふっ素化合物が平成21年3月に制定された。このJIS は、FIA（フローインジェクション法）及び CFA（連続流れ分析法）で水中のふっ素化合物をランタンアリザリンコンプレキソン吸光光度法で測定するものである。ISO 規格には、この方法によるふっ素化合物の定量法が規定されていないため、ISO TC147（水質）SC2 に NWIP（新業務提案項目）を行ったところ、参加国の投票の結果採択され、平成24年6月にパリで開かれたTC147の総会で NWIP について議論が行われた。その結果、JIS では FIA と CFA を一つの JIS としていたが、ISO では FIA と CFA の二つに分けることになった。また、スイスからの提案で CFA にイオン選択性電極を検出法として付け加えることになった。その結論に基づき、NWIP として提案した内容を FIA と CFA の二つに分割してその案を事務局に送付した。事務局ではその案を検討中であり、その結果を参照して WD（作業文書）を作成する予定である。また、FIA では、試料をマニュアルで蒸留してから測定する必要があるため、蒸留を行ってくれる機関の検討を行った。また、研究室間分析のために、蒸留した二つの試料の分析を国内機関に依頼した。CFA では、分析操作中に蒸留も行われるので、二つの試料の分析を国内機関に依頼した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水質分析法、ふっ素化合物、標準化、ISO

［研究題目］実用放射温度計の校正・評価技術に関する標準策定

［研究代表者］石井　順太郎（計測標準研究部門）

［研究担当者］石井　順太郎、山田　善郎、笹嶋　尚彦

（常勤職員3名）

［研究内容］

ものづくりや研究開発などの現場で使用されている2色型放射温度計などの実用放射温度計は、トレーサビリティの確保や校正・評価の技術基準が十分確立されていない。そのため、測定窓の汚れや光路障害が問題となるものづくり現場などで多く導入されている2色型放射温度計等について、固有性能の評価技術の開発、および単色型標準放射温度計などを参照標準とした校正技術の開発を行う。上記の成果を用いて、実用放射温度計の規格

化・標準化の提案を目指す。

H24年度は、2色放射温度計の温度目盛校正技術の確立を目的として、1000℃以下の温度領域においては、ヒートパイプを用いた波長特性のない比較黒体炉による比較校正試験を行うと共に、1000℃以上の高温域においては、空洞放射率の波長依存性が事実上無視できる金属−炭素共晶定点（Co-C 共晶点）と銅点を測定し、2色放射温度計の校正における技術課題の実験的な検証を行った。同時に新たなトレーサビリティスキームを提案し、標準2色放射温度計の試作を開始した。これと併せて、産総研が主導して学術振興会温度計測分科会の下に設置したワーキンググループ（WG）において、放射温度計メーカー及びユーザの双方において2色温度計利用に関する実態調査を行い、2色温度計の性能評価・試験における現状調査と課題抽出に取り組むと共に、2色放射温度計の規格化原案を作成するため、2色温度計特有の用語・試験項目について技術的検討を行い、これらの項目に関する規格案の骨子を作成した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］放射温度計、2色温度計、標準化、評価、校正

［研 究 題 目］気中ナノ粒子測定器の精度保証に関する標準化

［研究代表者］榎原　研正（計測標準研究部門）

［研究担当者］榎原　研正、櫻井　博、高畑　圭二（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

粒子数濃度が比較的高い領域で運転可能なエアロゾル電流計を用いて凝縮粒子計数器の計数効率の濃度依存性を決定し、これを用いて粒子計数器の計数効率を低濃度領域で評価する方法を開発し、その不確かさ評価を行った。また、約100 nm の標準粒子を基準に校正した電気移動度分析器を用いて、30 nm から300 nm の範囲で粒径が比較的よく揃った粒子の粒径分布パラメータを高精度に決定する方法と、その不確かさ評価手順を確立した。これらにもとづき、ISO/TC24/SC4における2つの規格作成作業において中心的役割を果たし、凝縮粒子計数器校正方法の規格（ISO 27891）を委員会原案へと進め、また、光散乱式粒子計数器の規格（ISO 21501-4）の改正にむけた作業原案の作成を行った。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］エアロゾル、粒子、粒径分布、個数濃度、電気移動度分析器、凝縮粒子計数器、光散乱式粒子計数器、標準粒子

［研 究 題 目］高分子の定量 MALDI 質量分析法の国際標準化

［研究代表者］衣笠　晋一（計測標準研究部門）

［研究担当者］衣笠　晋一、高橋　かより、松山　重倫、厚見　英里（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

MALDI-TOFMS（マトリックス支援レーザ脱離イオン化飛行時間型質量分析）法は、合成高分子やタンパク質の構造解析手法として多用されていきた。本研究ではこれを定量的な手法として用いるために必要な基礎情報と検討を行い、それに基づいた共同測定の実施と測定規格素案の提案を行うことを目的とする。対象としては末端基の異なるポリエチレングリコール（PEG）誘導体の混合物を選び、MALDI スペクトルの面積比から質量混合比が推定可能かどうかがポイントとなる。

前年度検討した結果をもとに、平成24年度ではMALDI-TOFMS のプレ共同測定を国内5機関で行った。すなわち、平均分子量がともに約2000の PEG と PEG モノメチルエーテル（PEG-mMe）の質量混合比を3：1、1：1、1：3とした3つの混合試料に対して、PEG と PEG-DMe のピーク面積比を各機関が提出し、その機関間変動を見、国際共同測定として同様の共同測定が可能かどうか検討した。その結果、PEG-mMe のほうが約20%、PEG よりもイオン化されやすく、また、②MALDI のピーク面積比の機関間変動が標準偏差で10〜20%とほぼ満足すべき結果であり、共同測定手順の堅牢さが確認できた。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］MALDI-TOFMS、定量分析、共同測定

［研 究 題 目］重錘形圧力天びんを用いた圧力校正技術の標準化

［研究代表者］小畠　時彦（計測標準研究部門）

［研究担当者］小畠　時彦、小島　桃子、梶川　宏明（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

重錘形圧力天びんは、圧力を高精度に発生可能な装置である。信頼性が高く、圧力校正の現場において、標準器として広く用いられている。重錘形圧力天びんの校正においては、通常、校正圧力ごとに参照標準器及び被校正器の発生圧力を比較する。両重錘形圧力天びんの発生圧力が等しいか否かを判断するための方法のうち、産総研が開発してきた圧力計置換比較法の高度化を中心に開発を進めた。これまで2台の重錘形圧力天びんの比較に適用してきた方法を3台以上の圧力天びんに適用できるよう開発を行い、成果を公表した。また、校正事業者やユーザが、実際の使用条件や環境などに応じて自ら重錘形圧力天びんの発生圧力値の不確かさを評価できるように、不確かさ項目の選択方法や評価方法を整理した。昨年度改正原案を作成した JIS B 7610「重錘形圧力天びん」は、2012年10月に制定された。さらに、研究成果を基に、校正や不確かさ評価のための技術情報を盛り込んだ「重錘形圧力天びんの使用方法及び校正方法」の JIS 原案を新たに作成した。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］圧力標準、重錘形圧力天びん、使用方法
校正方法、不確かさ評価

［研究題目］JIS B7556気体用流量計の校正方法及び試験方法の改正
［研究代表者］森岡　敏博（計測標準研究部門）
［研究担当者］森岡　敏博、寺尾　吉哉、石橋　雅裕、舩木　達也（常勤職員4名）
［研究内容］
現行の気体用流量計に関する規格である JIS B 7556「気体用流量計の校正方法及び試験方法」について、流量測定におけるユーザの規格利用の向上のため、2011年に改正された類似規格である JIS B 7552「液体用流量計の校正方法及び試験方法」と整合性が取れるように改正を目的として、メーカーを交えた原案作成準備会を3回開催し、改正内容について議論してきた。また、改正原案に反映させるため、現行版 JIS の使用状況や満足度調査を実施した。
［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］気体流量、規格化、JIS、不確かさ、校正、トレーサビリティ

［研究題目］遠心加速度校正に関する標準化研究
［研究代表者］大田　明博（計測標準研究部門）
［研究担当者］大田　明博、野里　英明、穀山　渉（常勤職員3名）
［研究内容］
自動車の衝突安全性能試験に使用される加速度計の計測信頼性を確保するために、日本で従来まで広く利用されてきた ISO 5347-7 遠心加速度校正法の廃案が審議され、反対を唱える日本に対して不確かさを含めた規格改訂案の提案が要求されている。
この規格改訂案では、衝撃加速度校正を主とする欧州をはじめとする諸外国勢を説得するために、遠心加速度校正に関する不確かさ評価、及び、衝撃加速度校正と遠心加速度校正との整合性検証を行い、それら結果を反映した規格改訂案を作成することが必要とされる。
そこで、本研究では、遠心加速度校正装置の民間製造事業者、そのユーザである民間事業者、産総研が協力して、本改訂に係る不確かさ評価及び整合性検証のためのラウンドロビンを実施し、その結果をとりまとめ、規格改訂案に反映する。
初年度である平成24年度は、ラウンドロビンに使用する加速度計評価に対応可能なレーザ干渉計を衝撃加速度校正装置へ導入し、その復調信号処理の開発を含めて、最適化を図った。
また、ラウンドロビン参加民間事業者との説明打合せを行い、ラウンドロビンで使用する加速度計の仕様、校正条件の決定を行うために実施すべき予備実験の項目を検討した。
［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］遠心加速度、衝撃加速度、ISO 5347-7、ラウンドロビン、不確かさ評価

［研究題目］高電圧直流給電対応スマートモニタリングシステム DC-Smart Energy Monitoring System（SEMS））の開発
［研究代表者］堂前　篤志（計測標準研究部門）
［研究担当者］堂前　篤志、金子　晋久（常勤職員2名）
［研究内容］
現在、電力の供給は、そのほとんどが交流で行われている。しかしながら、電力を消費する家電製品や IT 機器では、供給された交流電力を直流電力へ変換してから使用している。この交流から直流へ変換する際に生じる電力ロスを減らし、さらなる節電を推し進めるため、直流による電力供給（直流給電）の実用化に向けた研究・開発が世界全体で活発に行われている。本研究では、より節電効果が見込まれる高電圧を利用した直流給電（高電圧直流給電）において、信頼性の高い使用電力の見える化を実現するため、高電圧直流給電に対応した電力モニタリングシステムの開発を目指す。
本年度は、モニタリングシステムの高信頼化の要となる基準信号回路を構築し、その評価を開始した。また比較的安価で高い精度が期待できる高電圧対応測定技術を考案し、その実証に着手した。
［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］直流電力、直流給電、電力モニタリング、見える化、高信頼化

［研究題目］産総研物質・材料 DS ポータルの整備
［研究代表者］松永　猛裕（安全科学研究部門）
［研究担当者］薄葉　州、秋吉　美也子、岡田　賢（常勤職員3名）
［研究内容］
RIO-DB「化学物質の爆発安全情報データベース」は世界的にも例が少ない化学物質の爆発危険性を情報発信するものである。今年度から、「分散型熱物性データベース」と「有機化合物のスペクトルデータベース（SDBS）」と統合し、一つの総合的なデータベースとして運用できるような作業を開始した。このために、トップページを全面的に更新した。また、各データベースの構造を見直し、データも追加し続けている。平成25年2月には公開以来、10万件のアクセス数を達成した。
［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］爆発、データベース、物性、危険物、情報、標準

［研 究 題 目］産総研物質・材料 DS ポータルの整備
［研究代表者］馬場　哲也（計測標準研究部門）
［研究担当者］馬場　哲也、山下　雄一郎、山田　修史、渡辺　博道、阿子島　めぐみ、八木　貴志、阿部　陽香（常勤職員6名、他4名）
［研 究 内 容］

産総研物質材料系データバンク構想の下、複数のデータベースが参画し、それらデータベースを横断的に利用できるポータルサイトの開発を行った。具体的には、物質材料閲覧の窓口となる周期律表をベースとした物質材料検索機能、参画データベースを対象とした横断検索機能を開発した。さらに物質材料ポータルサイトのデータは Linked Data に対応した RDF 形式で出力することが可能である。

物質材料系データバンクの参画データベースである熱物性データベースにおいては、モリブデン薄膜、タングステン薄膜などの、26種類の固体材料熱物性データセットを固体材料の熱物性標準を担当する熱物性標準研究室において取得し、信頼性を評価した上で分散型熱物性データベースに収録し、インターネットを介して公開した。文献調査によりビスマステルル系熱電変換材料を主体とする約100件の熱物性データを新規に収録した。さらに、X 線回折スペクトルやラザフォード後方散乱スペクトル、オージェ電子スペクトルなどのスペクトルデータの収録を可能とする機能を開発した。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］物質・材料ポータル、横断検索、データベース、知的基盤

［研 究 題 目］先進製鉄プロセス温度モニタ技術開発
［研究代表者］石井　順太郎（計測標準研究部門）
［研究担当者］石井　順太郎、山田　善郎（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

本研究においては製鐵プロセスに適用可能な鋼板測温技術となりうる新たな放射率補正手法を検討し、実用化を目指す鉄鋼メーカーとの共同研究の提案を目的とする。

測定対象となる鋼板表面の光学特性評価を実施した。中高温域分光放射率測定システムを改造、FTIR に加えグレーティングモノクロメータによる測定も可能にし、より波長の短い近赤外域の分光放射率が測定できるようにし、鋼板分光放射率測定を実施した。3種類の変角分光反射率測定システムを用いて鋼板反射特性評価を行った。ここで得た知見を元に、当研究室で半導体プロセス向けに実績のある放射率補正方法をベースに検討を行い、鋼板表面のような粗さの影響が大きい対象により適した新たな手法を試験した。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］放射温度計、放射率、鉄鋼プロセス、プロセス計測、鋼板温度制御

［大 項 目 名］標準基盤研究
［研 究 題 目］イオン検出器の広域ダイナミックレンジにおける検出信号の較正手順の標準化
［研究代表者］野中　秀彦（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］野中　秀彦、中村　健、鈴木　淳、藤原　幸雄（常勤職員4名）
［研 究 内 容］

二次イオン質量分析法（SIMS）などに利用されているイオン検出器は、イオン1個を検出可能なほど高感度であるが、現在の先端産業における多様な材料の組成分析では、大きな入力信号に対して飽和が起きるため実際の組成を反映した信号が得られないなど、広い測定レンジに対する正しい較正手法の確立が急務となっている。本課題では、検出信号の定量化に向けて、検出器の感度が極短時間だけ消失することを仮定した死時間モデルで代表される各種補正モデルを検証・比較を行い、最適なモデルによる較正手法を開発し、その手順を国際規格化することを目的とする。そのため今年度は、中間拡張死時間モデルについて、VAMAS の組織を利用して6ヶ国12機関で国際ラウンドロビンテスト（RRT）を実施した。複数の異なる装置で SIMS 計測を行い、同モデルの優位性の確認と適用限界などの課題の抽出を行った。それと並行して ISO/TC 201/SC 6（平成24年10月）の Tampa（アメリカ）会議に ISO 委員を派遣し、RRT の手順書に基づいた規格素案の発表を行い、国際 RRT の結果を検討の上、新規課題提案と WD 登録を行うことが決定した。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］SIMS、イオン検出器、ホウ素、ヒ素、デルタドープ試料、信号強度、飽和現象、中間拡張死時間モデル、標準化

［研 究 題 目］超ハイブリッド微粒子製造プロセスの工業技術確立と二酸化炭素霧化技術との融合
［研究代表者］鈴木　明（コンパクト化学システム研究センター）
［研究担当者］鈴木　明、川﨑　慎一朗（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

川研ファインケミカルが保有する複数形状のベーマイトゾルを原料とし、東北大学のシーズである超臨界水雰囲気での有機修飾技術の実験的検討を行った。ベーマイトゾルは柱状、針状と結晶形態の異なるものを選んだ。有機膜内にフィラーとして混合した際の有機膜の割れ抑制効果を針状結晶には期待される。また、有機修飾材はヘキサン酸とアジピン酸を用い、オートクレーブで有機

修飾実験を行った。その結果、針状結晶でアジピン酸を用いた場合、粒子がヘキサン相へ溶解し、疏水化処理がされていることが分かった。今後、東北大学の連続装置を用いて連続合成実験を行う予定である。一方、BKY製の有機溶媒中に均一に分散されたナノ粒子分散液を、UV 硬化型塗料に混合して成膜実験を行ったところ、粒子の沈澱、凝集なく均一な成膜を得た。この結果より、有機溶媒中に均一分散が可能なナノ粒子分散液を作成できれば、均一な膜は得られることが確認された。今後、連続合成及び塗料化の検討を行う。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］超臨界水、二酸化炭素、ナノ粒子

［研 究 題 目］「圧密粉体のせん断特性の測定方法」の海外規格や ISO 化に対する対応と技術相談

［研究代表者］高尾　泰正
（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］高尾　泰正（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

平成22年度末から行われた国際標準部の規格標準制定事業「圧密粉体のせん断特性の測定」で実施された研究開発における課題を解決し、測定方法の規格の具現化とJIS や ISO 化を達成することを目的とする（1年計画）。

結果、平成24年度は JIS・ISO の前段階として、学協会の規格化を達成した。第二段階として、協会内に JIS 化推進委員会を立ち上げ、JSA（一般財団法人日本規格協会(JSA)）への申請と H26.4/1～翌3/31の JIS 化スキームへの採択をめざし、ラウンドロビン測定などを計画している。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造、計測・計量標準

［キーワード］せん断力、付着性、流動性、粉体層、規格標準

［研 究 題 目］金属の腐食抑制を可能とする高耐久性表面処理技術の開発

［研究代表者］穂積　篤
（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］穂積　篤、浦田　千尋
（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

これまでの表面処理は、最表面を覆っている分子や塗膜が剥離してしまうと、その箇所を基点に機能の劣化が進むという問題点があった。生物体表面は常にプラントワックス等の分泌物を徐放し続け、組織を再生することで常にフレッシュな表面状態を保持している。本研究では、生物体表面の織りなす特異なマイクロ・ナノ構造や化学表面・界面に起因する驚異的な濡れ現象（はっ水性、はつ油性、自己洗浄性、親水性）および自己治癒機能を模倣した機能性表面の創製を目指す。平成24年度までの進捗状況は以下の通りである。

シリコンアルコキシド、構造規定剤として鎖長の異なるアルキルシラン、防錆剤を用いて透明な前駆溶液を調製した。当該溶液を各種金属基板上にスピンコートし、室温放置することで透明性に優れた層状ハイブリッド皮膜を作製することに成功した。この層状ブリッド皮膜表面は優れた防食性を示し、例えば、自動車用鋼板にコートし、皮膜をクロスカット後に24時間、塩水に浸漬しても腐食が進行しないことが明らかとなった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］防汚／防錆性、層状化合物、動的濡れ性、自己治癒材料

［研 究 題 目］研究情報の公開データベース化事業（RIO-DB）

［研究代表者］杉山　豊彦
（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］杉山　豊彦、大橋　優喜、楠本　慶二
（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

産総研に30数万点の釉薬テストピースが保管されている。それらのテストピースは陶磁器試験所以来の90年以上の陶磁器研究の過程において作成され、研究過程とその結果が見える形で残された貴重な資料である。この資料から研究情報を抽出し体系的に整理して、産業や新規研究開発に有効活用することを目的としてデータベース構築を行っている。平成24年度は、テストピース全体の再整理とデータベース構築作業に用いるシステムの整備を行った。また、新規データ作成を継続して進め、インターネット上に公開しているセラミックカラーデータベースに新規データの追加を行った。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］セラミックス、陶磁器、釉薬、発色、データベース

［研 究 題 目］構造部材への機能性表面創成技術の研究

［研究代表者］穂積　篤
（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］穂積　篤、浦田　千尋
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

はつ油処理は、指紋付着防止、フラックス這い上がり防止、包装容器の油残り防止等、幅広い産業分野で実施されている。一般にはつ油処理は、テフロン®に代表される有機フッ素化合物（低表面エネルギー材料）の使用に依存しており、本用途に向けた多種多様な有機フッ素化合物が開発されてきた。しかしながら、近年、有機フッ素化合物の製造に必要な原料（蛍石）の価格高騰や、長鎖パーフルオロアルキル含油有機フッ素化合物の人

体・環境への悪影響が懸念されており、本物質群に対する規制も年々厳しくなっている。このような現状を受けて本研究の担当者は、これまで、表面分子の駆動性を上げることで、表面の動的な濡れ性（滑液性）を向上させることを試みてきた。平成24年度はアルキル基鎖長が動的はつ油性、耐熱性に及ぼす影響を明らかにした。はつ油性能は、原料のアルキルシランの鎖長に依存しており、鎖長が十分に短い場合のみ、塗膜ははつ油性を示した。特に、メチルトリアルコキシシランを原料に用いた塗膜は、有機フッ素化合物を用いたはつ油皮膜と比較して、同等以上の耐熱性（空気中で350℃以上、油浴中で250℃以上）を示すことが明らかとなった。また、本塗膜は、従来の有機フッ素化合物を用いた塗膜と異なり、過熱により有毒ガスを発生しないため、安全性の高い耐熱性はつ油塗膜としての利用が期待される。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］耐熱性、はつ油性、滑油性、ハイブリッド、動的濡れ性

［研 究 題 目］高減衰能と易成形性を具備したマグネシウム合金部材の開発

［研究代表者］千野　靖正
（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］千野　靖正、鈴木　一孝、湯浅　元仁
（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

研究者は、これまでに、純マグネシウムに近い組成のMg-Mn 合金を対象として、加工熱処理プロセスにより集合組織を制御することで、純マグネシウムに準ずる減衰能（純 Mg の60～70%の減衰能）と汎用アルミニウム合金に迫る室温成形性（エリクセン値7.8）を付与することに成功している。なお、上記合金は優れた減衰能を示すものの、その室温成形性は汎用アルミニウム合金と比較して未だ劣っており、実用化に向けてさらなる特性改善が求められている。本研究では、Mg-Mn 合金よりも優れた特性（室温成形性、減衰能）を示す新合金を創製することを目指す。

平成24年度は、純マグネシウムに微量の軽希土類元素を添加した合金（Mg-0.2wt%Ce 合金）を対象として、当該合金の室温成形性を改善する加工熱処理プロセスを検討した。その結果、高温焼鈍と温間圧延を繰り返す加工熱処理プロセスを Mg-0.2wt%Ce 合金に適用すると当該合金板材の集合組織形成が著しく抑制され、アルミニウム合金に匹敵する室温成形性（エリクセン値：8.0）が発現することを見出した。また、当該合金の制振特性（内部摩擦）を測定したところ、純マグネシウムの約50%の減衰能を示すことを確認した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］マグネシウム合金、集合組織、成形性、制振性、圧延

［研 究 題 目］塑性加工用マグネシウム圧延板材の評価方法に関する JIS 開発

［研究代表者］斎藤　尚文
（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］斎藤　尚文（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

現在 JIS 化を目指して作業中のマグネシウム合金圧延板材の曲げ試験法にラウンドロビン試験を実施し、各機関での結果を比較検討した。

供試材は、市販の AZ31（Mg-3%Al-1%Zn）マグネシウム合金圧延板（板厚1.5mm および2.0mm）である。ラウンドロビン試験（室温曲げ試験）は、産業技術総合研究所および三つの公設試験研究機関（茨城県、長野県、広島県）で実施した。

曲げ限界値の精度を考慮すると、各機関での結果のばらつきは少なく、本試験法の妥当性が証明された。今回の材料は、曲げ試験後に生じた割れが比較的明瞭であったことも、各機関での結果のばらつきが少なかった原因と考えられる。今後、圧延以外の方法（押出し）で作製したマグネシウム合金を対象にして、今回と同様のラウンドロビン試験を行うことを検討する。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造、計測・計量標準

［キーワード］マグネシウム合金、圧延板材、曲げ試験、日本工業標準規格

［研 究 題 目］粉体の流動性

［研究代表者］高尾　泰正
（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］高尾　泰正（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

セラミックス粉体層の示す特性の測定技術と評価装置について研究・開発と、その標準化を行う。付着性・流動性などセラミックス粉体層せん断特性の新規な検出法の開発と評価装置の製品化、JIS など標準化を達成する（3年計画）。

国内外の主な測定技術・評価装置のメーカー・ユーザー・学識経験者からなる規格委員会を作り、JIS 化に必要な基本的操作条件の明確化と標準試験（ラウンドロビンテスト）を実施した（H24年度＝3年目）。

その結果、粉体工学会の外部団体である（一般社）日本粉体工業技術協会（主に標準粉体の頒布機関として機能）において、規格として制定された。

http://www.appie.or.jp/news/2013/SAP%2015-13-2013.pdf

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造、計測・計量標準

［キーワード］せん断力、付着性、流動性、粉体層、規格標準

［研 究 題 目］地理空間情報メタデータおよび WEB 配信方式の国際標準策定

［研究代表者］小島　功（情報技術研究部門）

［研究担当者］小島　功（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は、国際標準化フォーラム組織 OGC（Open Geospatial Consortiaum）が策定する地理空間情報のメタデータ（データに関連する情報）の検索と Web 配信方式の標準規格に対し、ソフトウェアの実装や経済省の衛星データへの適用に基づき改善点を OGC に提案し、新たな仕様の策定（Catalog Service 3.0）に貢献するものである。OGC 標準は、ISO TC211（あるいは ISO/IEC JTC1など）へ持ち込まれてデジュール標準となり、最終的に JIS 化されるのが通例になっており、本研究成果も同様の展開が期待される。3年計画の2年目にあたる H24年度は、以下のような研究開発を行った。

1）ソフトウェアの開発及び経産省衛星データへの適用：提案予定の機能に準拠した独自ソフトウェアの開発と改良を続けた。開発はおおむね完了し、産総研が研究開発を行っっている地球観測データのプラットフォーム GEO Grid 上での運用を開始して実用化を行うと共に、外部機関での採用を図るなど広報につとめた。具体的には、生物多様性にかかるインディアナ大学のメタデータカタログ等へ試験提供を行い、フィードバックを得た。

2）仕様改善点の検討と規格提案等の標準化活動：さらに高速な処理を行うため、分散処理やインターネット検索との連携の部分において仕様の改善点の検討を進めると共に、OGC のカタログサービスのワーキンググループへの参加・発表を通して、本仕様に関わる問題の洗い出しや仕様の周知に努めた。ワーキンググループでの仕様とりまとめ完成は25年度に引き続き行われる。仕様策定と並行して、仕様を実装したソフトウェアについて複数機関での相互運用試験を行うことが予定されている。また、OGC の技術委員会そのものの日本誘致を行うべく、26年度（2014年）に東大が主催する形で開催するための活動に協力した。引き続き日本開催における協力および支援を行う予定である。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］地理空間情報、メタデータ、OGC

［研 究 題 目］FPC および関連製品のめっき表面の外観検査法の標準化

［研究代表者］野中　一洋
（生産計測技術研究センター）

［研究担当者］野中　一洋、古賀　淑哲、李　雪峰、蒲原　敏浩、檜田　龍美
（常勤職員2名、他3名）

［研 究 内 容］

金めっきは電子回路基板、各種電子部品など、多くの製品に使用されているが、ムラ、シミ等の表面性状の異常検出については、現在、目視検査を中心に実施されている。このため、検査者の熟練度の違いや疲れなどによって検査結果がばらつき、これが製造メーカと製品ユーザ間での品質に関するトラブルや過度の不良発生等の原因にもなっている。これらの問題を解消し、製品の信頼性を向上させるには、客観的検査基準を整備する必要がある。これは、目視検査者の負担軽減、育成にも貢献する。グローバル化に関しては、フレキシブルプリント回路基板（FPC）では、アジアを中心とした製品製造の海外シフトが進んでいる。ここで、日本人のきめ細かな感性に検査方法を適合させていくことによって、海外製品に対する日本製 FPC の品質優位性を確保できる。また、日本企業の FPC 調達に際して、粗悪品の排除も容易となる。我々は、これまでにマイスター型連携研究として、FPC 金めっき（金パッド）の光沢ムラ検査技術の開発に取り組み、光学的手法によるムラの自動検出および数値化技術を開発し、汎用性の高い小型検査装置を試作している。本検査法の標準化推進によって、検査装置としての需要拡大も期待でき、国内装置メーカの競争力向上への貢献も期待できる。

本研究では、FPC 金めっき微細パッドに対応する外観検査法の業界規格化を早期に実現すると共に、種々の材質・製品のめっき表面に対応する外観検査法として段階的に検査対象を拡大する。最終的には、種々の材質・製品に対応する外観検査法として、内容を段階的に拡大した規格化を行い、IEC 国際標準化提案を目指す。

平成24年度では、検査装置のデモ機を作製して関係のメーカ等を訪問し、種々の製品基板の金めっき部位の光沢ムラ検査を実施した。光学系の改良によって、微小サイズ（～1mm）の金めっき部位の評価の可能なことを確認した。また、デモ機の展示会や公開研究会等への出展等を通じて、本検査技術の紹介と標準化への取り組みを広く外部にアピールして、関連企業等との連携を進めた。さらに、関係学会の標準化に関する委員会で本提案を紹介し、基盤となる研究会の立ち上げを準備した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］プリント回路基板、金めっき、光沢ムラ、外観検査、標準化・規格化

［研 究 題 目］暗号モジュールの安全性評価国際標準化および制度運用に向けた評価プラットフォーム開発

［研究代表者］坂根　広史
（セキュアシステム研究部門）

［研究担当者］坂根　広史、佐藤　証（ナノエレクトロニクス研究部門）（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

IC カードや、携帯電話を始めとする様々な情報機器への暗号の利用が急拡大している。しかしながら使用される暗号アルゴリズムが堅牢であっても、電磁波や消費

電力波形を解析することで情報を盗み取るサイドチャネル攻撃のリスクが存在する。そのため種々の対策技術が開発されているが、対策が情報機器上で有効であることを確認するためには信頼のおける評価試験・認定制度が必要である。本研究では、サイドチャネル攻撃に対する安全性の評価方法を規定する国際標準の策定作業に参加するとともに、その標準制度の運用を念頭に置いた標準評価プラットフォームの開発を進める。

ISO/IEC 19790は、暗号モジュールが守るべき安全性要件を定めた国際標準規格である。そこに当初非侵襲攻撃（サイドチャネル攻撃）に関する要件を追加する検討が行われていたが、その要件部分を抜き出しさらに試験手法記述を加えた ISO/IEC 17825が、2011年に米国標準技術研究所（NIST）と日本の情報処理推進機構（IPA）により新たに提案された。その提案ドラフトは、産総研情報セキュリティ研究センター（当時）が NIST に提供した技術文書がもとになっており、その経緯から、現在に至るまで ISO/IEC JTC 1/SC 27/WG 3定例会議において ISO/IEC 17825の策定審議に参加している。

前述の標準規格に基づく評価試験・認証制度が運用されることで、より安全な暗号製品の普及が期待されるが、評価試験のためには信頼できる評価試験ツールの構築が必要である。本研究では、ISO/IEC 17825の策定内容に対応したツールの開発につなげるため、産総研ですでに取り組んでいるサイドチャネル攻撃用標準評価プラットフォーム SASEBO を用いた実験を進めたほか、新たなプラットフォーム ZUIHO の開発予備研究を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］暗号モジュール、サイドチャネル攻撃、標準評価プラットフォーム、国際標準規格

［研 究 題 目］データベースの秘匿検索技術の開発

［研究代表者］花岡　悟一郎
（セキュアシステム研究部門）

［研究担当者］花岡　悟一郎、松井　俊浩、寶木　和夫、渡邊　創、大岩　寛、縫田　光司、田中　哲、山口　利恵、松田　隆宏、Zongyang Zhang（セキュアシステム研究部門）（常勤職員8名、他2名）、浅井　潔、清水　佳奈、広川　貴次、福井　一彦、津田　宏治、浜田　道昭（生命情報工学研究センター）（常勤職員5名、他1名）、中村　良介、小島　功、中村　章人、的野　晃整（情報技術研究部門）（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

科学技術の知識を集積したデータベース（DB）は、IT と他分野との融合が進む中で、急速にビジネス活用の機会を増大させている。しかし、ここにはジレンマが存在する。DB でビジネスをするためには、DB の内容を秘密にしておく必要があるが、その DB を使ってみようとする利用者は、自分の欲しいデータが記載されていることを確認しておきたい。試しの検索を許せば、利用者はそれだけで満足し、ビジネスが成立しない可能性がある。また、利用者の検索は、たとえば新機能物質の分子構造のような利用者の興味対象を露見することになり、DB の所有者に有利な情報を与えてしまいかねない。検索を秘密にするために、DB 全体を利用者に渡すことは極めて高価であり、契約が成立しない。これらを解決し、科学技術成果の集積と DB ビジネスの健全な発展を期すためには、利用者が自分の検索対象を秘匿にしたままデータ検索を行う技術の実現が急務である。そのような DB の典型例に、創薬において利用される化合物 DB がある。

この問題に対し、産総研セキュアシステム研究部門と同生命情報工学研究センターは、互いに連携し、化合物 DB に対するプライバシ保護検索技術の基本方式の設計及びプロトタイプ実装、さらに、数学的安全性評価の大部分を終えている。具体的には、次の二つの特長的機能をもつデータ検索技術の研究開発を行ってきた。

(ⅰ)利用者の検索内容を DB 側が一切知ることができない。

(ⅱ)利用者側は自分の検索内容と十分に関連するデータ項目の個数を知ることができるが、それ以外の情報は一切知ることができない。

本技術の実用化に向けた課題は、次の(1)～(3)となっている。

(1) 大規模 DB に対しても実用的に機能する高速アルゴリズムの実現

(2) 実利用されている DB での実証実験

(3) 検索対象および検索条件の高度化、さらに、それを安全に実現するための基盤的理論の整備およびビジネスモデルの確立

上記の目標に関し、本年度までに以下のような進捗状況となっている。

［課題(1)に対する進捗］

・目標を超える高速化・効率化に成功した。

・提案システムの安全性を数学的に厳密に証明した。特に、悪意ある利用者や悪意ある DB が必要以上の情報を得ることができないことを示した。

・本提案手法に関し、特許申請を行った。

［課題(2)に対する進捗］

・上記プロトコルの試験実装を行い、欧州分子生物学研究所（EMBL）が提供する化合物 DB ChEMBL に対して適用し、従来技術に対して顕著な高速化や通信容量圧縮を実証した。

・創薬研究者であれば誰でも本システムを利用可能できるような、より直感的にシステムを利用できる GUI

の作成を行った。

［課題(3)に対する進捗］

・提案技術を一般利用者に馴染みやすくアピールするため、当該技術を応用したスマートフォン電話帳データの共通要素の秘匿検索技術を開発した。この技術により、電話帳の中身を相手に漏らすことなく、電話帳に記載されている共通の知り合いを調べることができる。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］秘匿計算、ゼロ知識証明、データベース検索

［研究題目］ダイヤモンドライクカーボン膜の密着性評価の標準化

［研究代表者］大花　継頼
（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］間野　大樹（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

ダイヤモンドライクカーボン（DLC）膜は低摩擦・耐摩耗特性に優れた硬質のアモルファス炭素膜であり、広く産業界に適応が始まっている。しかしながら、膜内に残留応力をもち、しばしば皮膜のはく離が問題になる。皮膜の基板への密着性は、自動車部品、情報機器部品、医療機器等の用途によらず実用性の面から極めて重要な特性である。従来、DLC 膜の密着性評価には、スクラッチ法やボールオンディスク摩擦試験法などの評価法が用いられているが、統一的な評価法は確立されていない。そこで、DLC 膜密着評価のための適切な評価法や評価条件について検討を行った。振動型摩擦摩耗試験機を用いて、荷重を段階的に増加させながら摩擦特性を評価したところ、ある荷重で摩擦係数の急激な増加とともに皮膜のはく離が観察された。荷重の増加速度の違いによって、はく離する荷重に違いが見られ、摩耗量とはく離に関連性があることが示唆された。ラウンドロビンテスト等による評価とあわせて、新たな評価方法の提案について検討を開始した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］トライボロジー、皮膜、はく離、標準化、評価法

［研究題目］パワーデバイス用セラミックス放熱基板の機械的特性試験方法の標準化

［研究代表者］宮崎　広行
（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］宮崎　広行、吉澤　友一、大司　達樹、平尾　喜代司（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

本研究では、セラミックス放熱基板の機械特性として重要な「破壊靭性」と「破壊強度」を評価する手法を開発する。セラミックス放熱基板の熱疲労特性試験においては、破壊モードⅠのみならず、モードⅡの破壊靭性が熱疲労特性を支配することが報告されている。どちらのモードの破壊靭性測定法もバルク材を対象とした評価手法しか存在せず、薄いセラミックス基板を測定することが困難であることから、薄いセラミックス基板に最適な試験法の検討を行う。これまでの研究において、予き裂導入破壊試験法（SEPB 法）の改良によりモードⅠの破壊靭性の測定が可能であることが分かり、今後は、安定した結果を生む測定条件などの詳細をさらに詰めていくことになる。

今年度取り組む「破壊強度」評価においては、きわめて薄いセラミックス基板でも精度良く測定可能な最適試験法の選択を行う。具体的な測定法の候補として、セラミックス強度試験において最も一般的である曲げ試験法や、リングオンリング試験法、引っ張り試験法などが考えられる。また、クラムシェル型試験法などの有効表面積が大きく実用性の高い試験法についても検討する。薄いセラミックス基板の強度評価においてはそれぞれ一長一短があることから、各測定法につき簡便かつ再現性があるかを実験的に検証する。

「破壊靭性」と「破壊強度」のどちらにおいても、最も有望な測定法においては、さらに、測定条件に関する系統的実験データの整備を行い、試験形状を初め、測定治具や試験環境などの最適化を行う。また、国際標準化素案作成に向けて、素案における種々の規定のバックデータとなる基礎データの整備を精力的に進め、素案の骨格がほぼ定まった後に国際的なラウンドロビン試験による再現性の検証を行う。上記開発目標を達成し、国際標準提案の基礎となる2つの国際標準規格素案を作成し、ISO の当該専門委員会（ISO/TC206「ファインセラミックス」）へ提案することを最終目標としている。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］セラミックス、放熱基板、機械特性、標準化、パワーデバイス、窒化ケイ素、強度、破壊靭性

［研究題目］CFRTP の高速・高効率加熱プロセス技術に関する開発

［研究代表者］堀田　裕司
（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］堀田　裕司、今井　祐介、島本　太介、村上　雄一朗（サステナブルマテリアル研究部門）、多田　周二（サステナブルマテリアル研究部門）（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

車体を軽量化し、燃費性能を向上させることが次世代自動車に強く求められている。従来、自動車部材には鉄やアルミニウム合金が使用されているが、比重が大きく車体重量の大半を占めている。そこで、鉄よりも高剛性などの機械的特性に優れ、アルミニウム合金の2/3の比重という優れた軽量性を有する炭素繊維強化プラスチッ

クの使用が検討されている。特に生産性の観点からマトリックスを熱可塑性樹脂にしたCFRTPの新規な高速・高効率加熱プロセス開発が重要な研究課題である。本テーマでは、炭素繊維がマイクロ波によって急速に加熱されることに着目し、マイクロ波照射によるCFRTPの高速・高効率加熱プロセスの研究開発に取組んだ。CFRTPの成型に於いては、マトリックス樹脂が融点近くまで均一に加熱されることが重要である。そのため、マトリックス樹脂に熱伝導性を付与したCFRTPを開発し、マイクロ波による加熱状態を調査した。従来のCFRTPでは、マイクロ波加熱によって炭素繊維が急速に加熱されるため、外見上CFRTPは溶解した。また、内部状態を観察すると、炭素繊維界面に密着していた樹脂は分解・劣化し、繊維界面と樹脂は剥離することが分かった。一方、熱伝導性を有したマトリックス樹脂を用いた開発CFRTPでは、同条件でマイクロ波加熱しても外見上に変化なく、且つ炭素繊維界面の樹脂は分解・劣化することなく繊維表面に密着していることが観察された。つまり、熱伝導性をマトリックスに持たせることで、マイクロ波によって加熱された炭素繊維から均一に樹脂へ熱が伝わることが示唆された。これは、CFRTPの成型に於いて、試料全体に均一且つ急速に熱が伝わることを示唆するものである。本年度の研究から、高速・高効率な加熱プロセスを実現可能とする樹脂特性として、マトリックス樹脂の熱伝導性が重要な因子であることが分かった。また、本年度は、CFRTP中の炭素繊維の配向性などの繊維分布状態が、マイクロ波加熱に及ぼす影響を調査するため、不連続繊維の繊維配向CFRTPの作製技術の開発に取組んだ。X線CT並びに顕微鏡による観察結果、90%以上の不連続炭素繊維が配向したCFRTPの開発に成功した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］炭素繊維、熱可塑性樹脂、CFRTP、樹脂劣化、繊維配向、マイクロ波、X線CT

［研 究 題 目］触れずに掴むエアロダイナミック・スマートグリップの開発
［研究代表者］荒井　裕彦
（先進製造プロセス研究部門）
［研究担当者］荒井　裕彦、往岸　達也、澤田　有弘
（常勤職員3名）
［研 究 内 容］

本課題は流体効果を利用した非接触吸着デバイスとその応用に関するエネルギー技術研究部門と先進製造プロセス研究部門の融合・連携テーマである。先進製造プロセス研究部門では、数値流体シミュレーションによるデバイスの最適化を検討し、またロボットアームを含む能動的ハンドリング制御技術を担当する。

非接触吸着デバイスの数値解析を行うために、本年度は先ず、計算サーバおよび利用ソフトの調達を行い、計算環境を整えた。次にデバイスのCADデータを読み込み、デバイス周辺に計算格子を生成し、各物理量の計算点とその種別を自動判別するソフトを開発した。これを用いてワークを固定した静的条件下で、2次元非圧縮性流体に対するデバイスの計算を行い、コアンダ効果による吸着力の発生原理とデバイスの幾何学的パラメータに対する吸着特性を明らかにした。またワークの単純移動問題に対し力学モデルを与え、この解析からワークの動的特性に関し知見を得た。

コアンダ効果を用いた非接触吸着デバイスで構成されるロボットハンドのための軌道計画法を研究した。非接触吸着ハンドと対象物の間の摩擦力はきわめて小さいため、吸着面に対して接線方向に対象物を拘束できない。非接触吸着ハンドを傾けて重力と慣性力の接線方向成分が釣り合うようにすれば、対象物の横滑りを防ぐことができる。そのために、ハンドの水平方向の加減速に応じて傾きの角度を変化させる搬送軌道を計画した。対象物の1次元運動を模擬する擬似的なワークを試作してロボットアームに装着し、搬送実験により横滑り抑制の効果を検証した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］コアンダ効果、数値流体力学、ロボット

［研 究 題 目］RT ミドルウェアの動的なコンポーネント配置・設定（DDC4RTC）の標準化
［研究代表者］ビグス　ジェフ
（知能システム研究部門）
［研究担当者］ビグス　ジェフ、中坊　嘉宏、堀　俊夫（デジタルヒューマン工学研究センター）、安藤　慶昭、神徳　徹雄
（常勤職員5名）
［研 究 内 容］

多種多様なニーズに対応するオーダーメイド型の生活支援ロボット産業の市場は萌芽期にあり、製品コストを下げるためにもシステム開発効率の向上が求められている。この問題を解決するために、ロボット技術をソフトウエア的にモジュール化して再利用性を高め技術の蓄積を可能にするRTミドルウエアのコンセプトをNEDOプロジェクトにおいて示し、2008年にOMGにおいてロボット用のコンポーネントモデル（RTC: Robotic Technology Component）標準を発行してきた。

平成24年度には、3回の技術会議に参加した。2012年6月のケンブリッジ技術会議では、柔軟なロボットシステムを構築する際に不可欠となる、プログラム実行時におけるシステムを構成するソフトウエアモジュールの動的な組み替え、および、その設定パラメタを動的に変更することを実現可能にする枠組みを定める標準仕様「DDC4RTC」が採択され、文書化作業部会（DDC4RTC-FTF）が設立され、安藤氏が議長を務め

ている。産総研で開発している RT ミドルウエアに提案する機能を実際に組み込んだ参照実装開発を行うことで仕様検証を進めている。2012年12月のバーリンゲーム技術会議では、Robotics Information Day と呼ばれるワークショップを開催し、13件の講演とデモを含む技術展示を行い、34名の参加者を集め盛況に開催した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］ロボットソフトウェア、標準化活動、動的組込みシステム、RT ミドルウエア、OMG

［研 究 題 目］次世代シリコンデバイス設計環境の構築
［研究代表者］昌原　明植
（ナノエレクトロニクス研究部門）
［研究担当者］昌原　明植、五十嵐　泰史、大内　真一
（常勤職員4名、他5名）
［研 究 内 容］

産総研では各種デバイス開発が行われているが、デバイス技術は集積回路設計により初めて実用化されるものであり、デバイス研究と並行して回路開発を加速する必要がある。新デバイスの回路開発には、高度な設計ツールとそれを用いた設計環境の整備が必須である。次世代デバイスとして開発されている FD-SOI（完全空乏型 Silicon On Insulator）は、高いデバイス性能を超低消費電力で実現できることから、ロジック LSI として実用化が始められている。FD-SOI トランジスタを用いた集積回路では、回路設計の難度が高いアナログ・RF（高周波）分野の検討が遅れている。この理由として、アナログ・RF 用設計環境に必要なトランジスタや受動素子（抵抗、インダクタ、キャパシタ）のシミュレーションモデルとして、周波数特性を考慮した高精度なものが整っていないことが挙げられる。本プロジェクトでは、FD-SOI を用いたアナログ・RF 回路設計環境の構築と回路開発に向けた研究を行った。

平成24年度は、アナログ・RF 回路に適したボディータイ構造トランジスタのモデルパラメータを含めた整備を行った。これにより、広い電圧範囲で高精度な回路動作が必要なアナログ-デジタル変換器（ADC）などが実現できる。

さらに、アナログ・RF 回路向けの FD-SOI 設計環境を利用して、FD-SOI の特徴を活かせる分野の一つであるエネルギーハーベスティング技術への応用検討を行った。具体的には、電波から DC 電圧を発生する RF-DC 変換回路を設計しチップ試作を行った。FD-SOI の特徴を活かした新規回路の適用により、従来のバルクトランジスタに比べて電力変換効率の高い RF-DC 変換回路が実現できた。このチップを実装したデモボードを作製し、無線温度センサーと組み合わせて、市販の無線 LAN モデムの電波を受けて発生した DC 電圧で無線温度センサーが動作することを確認した。見守りセンサーなどへの応用を検討している。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］半導体、FD-SOI、設計環境、アナログ回路、高周波回路、RF-DC 変換回路、エネルギーハーベスティング

［研 究 題 目］【FS】光電子融合集積回路開発プラットフォーム
［研究代表者］森　雅彦
（ナノエレクトロニクス研究部門）
［研究担当者］森　雅彦、堀川　剛、榊原　陽一、岡野　誠、古屋　克己、亀井　利浩
（常勤職員6名）
［研 究 内 容］

目標：

将来の情報通信機器の高性能化、小型化、省電力化、低コスト化に資することを目指し、電子回路等の他のデバイス上に3次元光回路作成が可能な、水素化アモルファスシリコン（a-Si:H）光回路のプラットフォームを構築する。これによって、シリコンフォトニクスの大規模光回路および、産総研で開発した a-Si:H 技術および3次元光回路の産業界への展開が可能となる。

研究計画：

つくば西事業所スーパークリーンルーム産官学連携棟（SCR 棟）に設置済みの既存プラズマ化学気相成長（CVD: Chemical Vapor Deposition）装置を改造、水素化アモルファスシリコンの製造を可能とし、フォトニクス研究に必要な諸特性を満たす成膜条件を明確にする。平成24年度は装置改造の仕様を決定し、改造に着手する。

研究進捗状況：

水素化アモルファスシリコン成膜に必要な装置の仕様を検討、確定し、これを満たす SCR 内の装置および、改造仕様を確定した。同時に、装置改造に伴うガス導入、排気系に関する配管、安全対策等の検討を行い、必要な導入設備を決定した。本装置は最大300mm ウェハ対応であるが、同時に100mm や200mm ウェハにも対応可能であり、SCR の100mm ラインを用いたプロジェクト、共同研究等にも多大な貢献が期待される。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］シリコンフォトニクス、アモルファスシリコン、光回路、大規模集積、3次元光配線、プラットフォーム

［研 究 題 目］革新的次世代 TCAD プラットフォームの開発
［研究代表者］福田　浩一
（ナノエレクトロニクス研究部門）
［研究担当者］伊藤　智、池上　務、越本　浩央
宮崎　剛英、石橋　章司
井上　靖朗、鈴木　爾

（常勤職員5名、他3名）

［研 究 内 容］

産総研では、つくばイノベーションアリーナ（TIA）拠点として、多くの最先端半導体デバイスが研究開発されている。Technology CAD（TCAD）は物理モデルに基づいて半導体デバイスの電気特性を予測する計算機シミュレーション技術で、仮想実験によって研究開発を加速するためのキー技術である。最先端デバイス開発では、ナノスケールの微細化や新材料の導入に加え、パワー、フォトニクスなど目的の多様化にも対応できる、新しいTCAD システムが必要とされており、産総研は各部門のシーズを結集して組織的に取り組んでいる。パワーデバイス分野では大領域の3次元解析が必要であり、並列クラスタ計算手法を応用して、TCAD の行列ソルバーで従来の最大100倍の大規模・高速化を達成し、産業界に提供した。ナノデバイス分野では新材料を用いたデバイスの特性予測を行うため、第一原理計算の結果をTCAD に反映する研究に着手、トンネル FET をターゲットに検討を実施した。併せてトンネル FET（TFET）の解析が可能な新しい TCAD モジュールを開発し、FIRST プログラム Green Nano-electronics Center （GNC）に提供、GNC ではそれによってTFET のデバイス設計に関する多くの知見を得た。GNC は TCAD で得られた知見を元に、回路シミュレーション用の素子モデルも開発し、TFET の回路応用に関する研究も可能にした。LSI 回路については、リソグラフィ工程後の微細パターン形状を反映した回路特性の計算を可能にし、フィン型トランジスタ（FinFET）のStatic RAM （SRAM）回路上の課題を明らかにした。フォトニクス分野では、光シミュレータと TCAD を結合し、フォトダイオードの解析を可能にした。計測分野では、走査型トンネル顕微鏡（STM）やラマン分光測定の TCAD シミュレーションを実現し、ナノスケールの計測精度向上に貢献した。このように産総研内外の研究開発のキーインフラとして、本 TCAD プラットフォームが多くの成果を出し始めている。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］計算論的デバイス設計、テクノロジーCAD、計算機シミュレーション、トンネル FET、パワーデバイス、ナノデバイス、フォトニクス

［研 究 題 目］**ナノ材料の用語・計測手法に関する国際標準化**

［研究代表者］阿部　修治（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］阿部　修治、藤本　俊幸
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

国際標準化機構（ISO）のナノテクノロジーに関する専門委員会 TC229に日本が提案する規格原案作成及び標準化活動において、用語と計測手法の観点から検討を行い、主に用語・命名法の作業グループ（JWG1）と計量・計測を担当する作業グループ（JWG2）の活動に貢献することを目的としている。本年度は2012年6月にイタリア、2013年3月にメキシコで開催された TC229会合に出席し、規格原案の討議に参加した。JWG1では、ナノテクの基本用語に加え、ナノ物体、ナノ薄膜、ナノ計測、ナノ製造、ナノバイオ、量子現象などの用語に関するエキスパート討議に参加し、原案作成に貢献した。JWG2では、日本が技術的に優位でありかつ標準化の需要が高いカーボンナノチューブ等を対象とした規格作成に重点を置いて活動し、日本から提案した規格（標準仕様書、標準報告書）のうち、4件の発行を昨年度までに達成し、今年度はさらに、日本提案によるテストマテリアルに関する標準仕様書について、TC229委員会投票で原案が承認され、イタリア会議において投票コメントを取り入れた修正の審議を行った結果、最終版の合意が得られ、2013年の早い時期に ISO より発行の見込みとなった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ナノ材料、用語、計測手法、標準化

［研 究 題 目］**【FS】高感度半導体ガンマ線カメラの実証研究**

［研究代表者］時崎　高志（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］永宗　靖、時崎　高志、太田　敏隆、馬　莱娜、橋野　健、鈴木　元史、菊地　克弥、渡辺　直也、青柳　昌宏
（常勤職員7名、他2名）

［研 究 内 容］

福島第一原子力発電所の事故による放射能汚染は広い範囲に亘っており、効率的な除染のためには高精度かつ高速な汚染状況の把握が必要とされている。一度に広範囲の測定が可能なガンマ線カメラは非常に有効な手法であると考えられるが、従来の装置では低感度、機械的な脆弱性、高価などの問題があった。

我々は、産総研独自の超低ノイズ増幅回路技術、および半導体実装技術を活用・融合することにより、大量生産によって低価格化が可能ではあるが、低感度であるために利用が難しいと思われてきた半導体素子を高感度なガンマ線検出器として用いる新規のガンマ線カメラを提案し、実用化に必要な機能の原理実証を行った。

半導体素子の実装方法の改良を行い、一定面積の受光面を有するガンマ線検出器モジュールにおいて従来の半導体素子よりも高い感度が得られることを確認し、従来の高価なガンマ線カメラ用検出器との置き換えが可能であることを実証した。また、複数の検出器モジュールを2次元的に配置してカメラを構成することにより、ガンマ線強度画像が得られることを原理実証した。さらによ

り多くの検出器モジュールからのガンマ線信号と撮影範囲を示すためのテレビカメラ信号を取得して、その合成画像からガンマ線強度分布が表示できる電子回路・ソフトウェアを開発中である。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ガンマ線検出、半導体検出器、放射能汚染、超低ノイズ増幅、半導体実装技術

［研 究 題 目］熱エネルギーを自在に操るための材料開発（先進製造担当分）

［研究代表者］近藤　直樹
（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］近藤　直樹、大司　達樹、吉澤　友一、福島　学、長岡　孝明、堀田　幹則、北　憲一郎、安岡　正喜、小塚　晃透、安井　久一（常勤職員10名）

［研 究 内 容］

有効利用されず捨てられている「未利用熱」を有効利用するために、熱エネルギーを自在に操るための材料開発を行うべく、技術調査とスクリーニング試験を実施した。

熱処理工場・製鉄所などの熱消費型プラントにおける中・高温排熱の実態調査を行い、熱源や熱収支を数値データ化するとともに、未利用熱を効果的に活用する方策を吟味した。調査対象製造産業（金属産業、窯業、自動車産業等）における2010年度の排熱量は約926,678TJ と推定され、鉄鋼産業における排熱量が最も多い。鉄鋼産業のスラグ顕熱（高炉一貫製鋼）や溶解炉排ガス顕熱（電気炉製鋼）、窯業分野の炉体放散熱・炉材蓄熱、自動車産業の溶解（・保持）炉排ガス顕熱（鋳造・ダイカスト部品）等の有効利用（または低減）が必要とされ、このためには、熱電発電システム、高性能断熱材、蓄熱・熱輸送システム等の開発、実用化が求められる。

中高温用の無機系断熱材料技術の調査では、高温熱消費型プラントに用いられる断熱材の調査を行った。炉壁からの熱放散を防ぐために断熱性が高く、蓄熱を減らすために低熱容量で、強度が高いファイバーレスの断熱材が求められていることが解ったが、断熱性と強度は相反する特性であり、これまで両者を満足する実用的な断熱材はなかった。しかし、近年、これを満たす可能性のある新規多孔体も発表されつつあることが判明した。

無機系蓄熱材料技術の調査では、200℃以上の高温域で使用できる無機系蓄熱材料技術に関する技術調査を行った。溶融塩を用いた蓄熱技術の実用化のための課題として、実用段階の硝酸塩系では温度不足であり、フッ化物系、塩化物系、炭酸塩系などを用いて作動温度を高温化するとともに、これら溶融塩の腐食環境に耐える耐食性材料の開発が必要であることがわかった。また、化学反応系蓄熱を実用化するためには、蓄熱密度・反応速度の飛躍的な向上と実用レベルの耐久性（数万サイクル）、および、効率的な反応容器の設計が必要であることがわかった。

熱音響変換技術の調査では、熱音響システムに関する現状と市場形成の可能性や技術開発効果について調査を行った。現状の熱音響システムについての利用可能温度としては200℃～450℃が現在効率よく利用可能であり、熱音響エンジン、冷凍機およびリニア発電機が近々のターゲットとしてあげられる。現状で熱音響変換システムにおいては既存の材料が使用されているが、新規材料の開発等によって変換効率を高められる可能性が高いことが解った。

無機系蓄熱材料のスクリーニングでは、溶融塩蓄熱用容器の候補素材としてセラミックス材料（Al_2O_3, SiC）を選定し、これらの塩化物系溶融塩に対する耐食性に関する基本データを取得した。容器向け材料には、長時間の腐食環境下でも外観、表面粗さ、強度の低下とばらつきが生じないことが求められる。この観点から、塩容器向け素材として、Al_2O_3が優れていることを示した。また、溶融塩の低熱伝導解消のため、溶融塩中に混合できるセラミックスフィラー（Al_2O_3, SiC）の基本データを取得した。フィラーの添加により熱伝導改善効果があること、蓄熱量と熱伝導を両立するには、SiC 粗粒やアルミナ板状粒の添加が優れていることがわかった。

熱音響システムは、熱と音響のエネルギ変換システムである。直線管にスピーカから音波を放射して、管中に定在波音場を生成する実験装置を試作した。管中に多数の微細孔を有するハニカムセラミックスを設置したところ、素子の両端に最大で35℃の温度差を得られることを確認した。また、ハニカムセラミックスの両端に温度差を与えたところ、管中の空気が自励振動を起こして音波が発生した。すなわち、熱と音響の相互エネルギー変換が可能であることを確認した。なお、温度差を与えて得られる音波をスピーカで受波したところ、0.5Vpp の電圧が発生した。密閉すれば、更なる電力を得られると考えられる。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］調査、スクリーニング、熱利用、未利用熱、排熱、断熱、セラミックス、多孔体、蓄熱、溶融塩蓄熱、化学蓄熱、腐食、劣化、フィラー、熱音響システム

［研 究 題 目］熱エネルギーを自在に操るための材料開発

［研究代表者］田澤　真人
（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］田澤　真人、垣内田　洋
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

民生部門におけるエネルギー消費の削減が求められている状況下において、熱的な快適性を得るために消費さ

れているエネルギーの削減のため、居住空間における四季を通した熱的収支の把握が必要である。そしてこの熱的収支の改善のために導入すべき最適材料の把握、さらに新たに開発すべき材料を見出す必要があるが、部材探索・開発の視点での系統的な調査が十分行われていないのが現状である。一方、実際の居住用建物は多種多様で、これらの熱収支に関する調査では、幅広く受け入れ可能な建物モデリングを行ってコンピュータシミュレーションにより解析することが最適な手段である。そこで、本調査ではコンピュータシミュレーションによって居住空間における熱的収支の把握と改善すべき部位についての情報を得、さらに現在普及が始まっている材料や開発中の材料のデータをシミュレーションに組み込み、設定された条件下における効果の確認を行った。その結果、対策すべき部材並びに材料についての知見と、窓、内壁などに新材料を適用した場合の効果についての知見を得た。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］居住空間、最適材料、熱収支、コンピュータシミュレーション

［研 究 題 目］**熱エネルギーを自在に操るための材料開発**

［研究代表者］三上　祐史
（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］三上　祐史、尾崎　公洋
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

エネルギー資源の高度利用化に向けて、未利用のまま排出されている廃熱の有効活用が求められている。そのためには、断熱、蓄熱、熱電変換などの技術を総合的に組み合わせた熱を操る（サーマルマネジメント）技術開発が必要である。本研究では、無機系の熱電変換材料に関する調査およびスクリーニングを行い、高性能材料の開発に向けた検討を行った。

国内公開特許、米国公開・登録特許に関する調査結果から、1990年代初頭より研究開発および産業応用に向けた活動が活発化していることが明らかになった。高性能な熱電材料の開発に伴い、熱電変換技術の実用化への期待が大きいことが示唆された。また文献調査による熱電材料の調査結果から、複数の材料系において ZT＞1が実現しており、現在の開発目標は ZT＞2となっていることが明らかになった。熱電材料の高性能化技術については、熱伝導率の低減に資するナノ構造制御や電気的特性を向上させるバンド構造制御およびキャリア低次元化が有効であることが示唆された。

無機系熱電材料について、熱伝導率の低減法を検討し、ナノ構造導入や焼結体の微細化による熱伝導率の大幅な低減を確認した。とくにナノ構造の導入においては、良好な界面構造を得ることで電気的な特性の阻害が発生しないため、大幅な性能指数 ZT の向上が可能であることが明らかになった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］未利用熱、サーマルマネジメント、熱電変換、無機系熱電材料

［研 究 題 目］**日印融合研究促進のためのイノベーション拠点形成－アジアのバイオをリードする研究ハブを目指す－**

［研究代表者］近江谷　克裕
（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］近江谷　克裕、ワダワ　レヌー、カウル スニル、今村　亨、大西　芳秋、大石　勝隆、戸井　基道
（常勤職員7名）

［研 究 内 容］

産総研では国際連携を重視しアジア各国を中心に MOU 協定を元にした戦略的研究が推進されつつある。特にインドとは2007年に日印首相間共同声明に基づいた産総研とインド科学技術省バイオテクノロジー局（DBT）との包括的研究（MOU 協定）が締結され、これまでの研究課題に対して、2011年度から2000万／年のインド政府予算が充当された実績がある。ライフ分野における産総研の強みは、的確に生理活性物質を探索、特定するスクリーニング技術、そして個体・組織・細胞・分子レベルでその生理活性メカニズムを解析するイメージング技術である。これらの連携研究活動を通じて、特にインド側から2つの研究技術に関する技術移転及びそのための人材育成が期待されている。しかしながら、産総研ライフ内での2つの研究技術の移転・人材育成に対する研究体制が十分ではなく、限られた研究者による限られた連携に頼らざるを得ないのが状況であり、産総研ライフとして、より明確に多くの研究者が参加した国際連携が必要である。よって DBT－インドとの MOU 協定を元にした共同研究推進及び研究者育成を更に推進するライフイノベーション研究拠点形成が急務な課題である。そこで本年度はライフイノベーション研究拠点として、共同研究及び人材育成事業を推進するため、産総研の強みである2つの研究コアの整備拡充とそれを活用した国際研究交流を実施した。研究コアとしては１）生理活性物質のスクリーニング技術コア、２）生理活性物質の動態、機序解析のためのイメージング技術コア、の2つとし、初年度は研究基盤整備を重点的に行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］イメージング、スクリーニング、国際連携

［研 究 題 目］**化学物質リスク管理のための発光培養細胞による化学物質安全性評価システムの標準化**

［研究代表者］近江谷　克裕

（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］近江谷　克裕、丹羽　一樹、中島　芳浩（常勤職員3名、他1名）

［研究内容］

動物愛護の潮流の中で、化学物質の有害性を評価する代替法に利用可能な産総研発の多色発光細胞技術の普及が求められているが、結果の信頼性を保証する仕組みの導入が不可避な課題となっている。これまでに化学物質リスク管理の国内・国際動向を調査した結果、有害性評価の結果の信頼性を保証する仕組みとして OECD 化学物質テストガイドラインを通じて国際標準を達成することが極めて現実的であると結論付けられた。このような流れの中、H23年より OECD 化学物質テストガイドライン策定の一環として、多色発光細胞を利用した皮膚感作性多色発光細胞試験のバリデーション試験が開始された。そこで本研究では、多色発光測定技術（校正方法）について、現在進行中の皮膚感作性多色発光細胞試験のバリデーション試験を通じて提案した校正方法を適正化、最適化することで国際的に妥当性を持つプロトコールを策定する活動を支援した。また、現在進行中のバリデーション試験のため、標準発光サンプル（標準ルシフェラーゼ）の生産、精製、値付けを行い、試験研究機関に配布した。さらにこれまでの海外研究機関との技術交流を通じて、多色発光測定法の技術移転を希望するドイツリスク評価機関 ZEBET とは共同研究契約を締結し多色発光細胞技術及び多色発光校正技術の移転を開始した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］毒性評価動物実験代替法、レポータアッセイ、国際標準化

［研究題目］**失敗から学ぶ新しいリード創薬支援技術の開発**

［研究代表者］夏目　徹（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］夏目　徹、五島　直樹、福西　快文、竹内　恒（常勤職員4名）

［研究内容］

目標

短期的に創薬効率化を図るため、開発中止となったドロップ薬を利用し、且つ、臨海センターに整備されたバイオ計測技術基盤（タンパク質絶対定量技術・NMR 立体構造解析）とバイオ IT 技術基盤（数理ネットワーク解析・ドッキングシミュレーション技術）を活用融合し、インタラクティブな創薬プラットフォームを構築し、高度で体系的なドラッグプロファイリング技術基盤を産業界に提供する。

研究計画

産総研独自のロボット・ナノテク・クリーンルーム技術・cDNA リソース・計算機と IT 技術を駆使し、従来困難であった超高精度なタンパク質絶対定量解析をプロテオームワイドに行い、化合物プロファイリングを実施する。また、産総研独自の大規模計測データを用いた数理システム開発、化合物とタンパク質相互作用に特化した NMR 立体構造解析技術、ドッキングシミュレーションソフトウェア等を活用し、プロファイリング情報を基に化合物を合理的に設計するプラットフォームを構築する。

年度進捗状況

① 化合物処理前後の細胞内全タンパク質の変動解析と、化合物ターゲットタンパク質機能複合体ネットワーク変動に特化した計測システムを構築するとともに、データ処理の自動化ソフトを開発した。

② ①で行った計測をもとに、化合物の作用メカニズム及び、副作用メカニズム推定に特化した数理ネットワークシステム開発した。

③ タンパク質と化合物とのドッキングシミュレーションから、化合物の高活性化と副作用低減化のための最適化ソフトウェアを開発した。

④ NMR 等での構造生物学的解析により、ドッキングシミュレーションを検証し、精度を高める手法を開発している。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］質量分析、NMR、数理システム、リポジショニング、リード最適化

［研究題目］**新世代ロボット技術を駆使する超高精度定量プロテオミクス解析**

［研究代表者］夏目　徹（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］夏目　徹、五島　直樹、堀本　勝久（常勤職員3名、他3名）

［研究内容］

目標

バイオ研究産業に関わる作業は煩雑で複雑な作業の連続である。近年の飛躍的な測定技術の進歩（高感度化・微量化）にともない、求められる作業精度は高まる一方である。また、実験は大規模化する傾向にあり、複雑な作業の膨大な繰り返しが求められる。このような要請に、手作業での人海戦術で対応していては、逆に実験精度の信頼性の低下を招き、様々な局面で限界に達している。汎用ヒト型ロボットを、これまで培ってきた産総研独自のコア技術である、超高精度質量分析システムやバイオインフォマティクス技術に融合し、診断・創薬支援技術開発のための、超高精度定量プロテオミクス解析プラットフォームを構築し、産業界へ幅広く技術提供することを目指す。それとともに、新世代ロボットの汎用性をより高め、簡便にバイオ作業全般に応用可能なロボット技術として完成させ産業化することも目指す。

研究計画

本研究では、2年以内に解析プラットフォームを最適

化させ、多検体を解析可能な体制を構築し、幅広く製薬企業との共同研究を実施する。また、新世代ロボットは、将来、手作業に頼ってきた全てのバイオ関連作業全てに応用可能であるため、汎用性バイオロボットとして幅広く普及することを目指し事業化を開始する。

年度進捗状況

汎用ヒト型ロボットの実証実験からロボットシステムの事業化を開始した。また、大手製薬企業との実証研究を開始し、企業が所有する、二つのリード化合物のターゲット決定とプロファイリングを実施した。現在、包括的な大型提携を検討中である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］タンパク質、プロテオーム、質量分析、ロボット、自動化

［研 究 題 目］細胞内タンパク質の変動の網羅的解析に基づいた抗がん剤の開発

［研究代表者］福西　快文（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］五島　直樹、夏目　徹、竹内　恒（バイオメディシナル情報解析研究センター）
堀本　勝久、福井　一彦、広川　貴次（生命情報工学研究センター）
（常勤職員6名）

［研 究 内 容］

もし、市販薬の全ての作用・副作用を、細胞内のタンパク質量の変化として把握できれば、未知の望ましい副作用を活用して治療に役立てることも、また単独薬では達成できなかった治療を、複数薬の同時投与によるシナジー効果により達成できるようになる。これは、産総研独自の技術であるタンパク質量の変動計測とリソース管理、それに基づく化合物ターゲットタンパク質の推定、最適化分子設計を用いて達成することを目指した。

・研究前半の、薬物のある・なしによるタンパク質量の変動からターゲットタンパク質を推定する段階：化合物（抗がん剤）処理前後でタンパク質量がどう変動するか、を調べるには解析を行う対象タンパク質の量を測る物差しとなる標準タンパク質が必要であり、この調製技術（INSOL タグ・アレイ化技術）を開発し、特許出願を行った。また、タンパク質量の変化の計測データから、タンパク質間の相互作用ネットワークを推定し、化合物ターゲットタンパク質候補を推定する数理技術のプロトタイプを開発した。
・研究後半の、ターゲットタンパク質に対する薬物の設計・同定を行う段階：癌領域における低分子医薬品の代表的な標的蛋白質はキナーゼである。文献調査を行い、代表的キナーゼと化合物の相互作用情報を収集した。癌関連キナーゼについて、計算で阻害候補物質を予測し、NMR によるアッセイ実験を行い、複数の阻害活性化合物を見出した。これら阻害活性物質の特徴を見出し、化合物の最適化デザインの指針を決定した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］タンパク質、薬物設計、プロテオーム、質量分析、ロボット、ネットワーク、がん化

［研 究 題 目］1型色覚および2型色覚の等歩度色知覚尺度（色差）、色差式および均等色空間

［研究代表者］坂本　隆（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］坂本　隆（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

標準規格としての障害者等配慮設計指針を考える上で、色覚異常を有する者（特に該当者が多い1型色覚と2型色覚）への配慮は欠かせない。例えば日本人男性の多く（概ね20人に1人）が1型色覚か2型色覚である。にも拘わらず、視認性確保のための客観的評価法、および1型色覚と2型色覚の色差などは、標準化されていない。

そこで本研究では、1型色覚と2型色覚に配慮した視覚標示物設計の際必要となる、色の差異を客観的数値として表現するための基準（色差）、計算式（色差式）、色差を定義可能な尺度系（均等色空間）の構築と検討、標準規格提案（JIS、CIE、ISO など）を目標とする。

H24年度は、以下の成果をあげた。

まず、標準規格案のベースとなる客観的数値基準（色差）とそれを定義可能な尺度系（均等色空間）を構築し、国際会議等においてこれを提案した。

また、当該の標準規格提案について、日本色彩学会 JIS 検討委員会に打診し、日本色彩学会理事会において標準化のための小委員会設立が認められた。この他に、当該年度より色覚研究会を立ち上げ、学術的に詳細な検討と討議を実施することが可能になった。

さらに、色覚異常に対する画像強調法の国際規格化を目指す CIE TC1-89メンバーに加わり、この技術委員会が扱う課題の一つとして、色覚異常の色差等についても国際標準化の検討と提案が可能になった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］快適安全の標準化、障害者等配慮設計指針、視認性、色覚異常、色差、色空間

［研 究 題 目］情報技術における音声命令の標準化

［研究代表者］関　喜一（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］関　喜一、菱沼　秀男（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

多くの情報機器に一定水準の統一化された音声命令を実装できるように標準化し、頸椎損傷や脳性麻痺など機器操作に上肢を使用することが困難な障害者、及び視覚障害者にとって高いアクセシビリティを実現する製品を

普及させる。全体の計画は以下の通り。
・音声命令の基本要素の検討（H23年度）
・音声命令の構築と検証の手続きの検討（H23-24年度）
・音声命令のための翻訳問題と言語間問題の検討（H23-24年度）
・音声命令登録のためのデータベースの開発（H25年度）

H24年度は、以下の作業を行った。

まず、H23年度に引き続き、音声命令を定義するために求められる属性の検討を行った。その結果、音声命令を定義するために必要な属性を最終的に決定した。

また、H23年度に引き続き、標準化の候補となった音声命令が、音声命令として適正であるかどうかを判断する評価方法を定めるための実験を行った。その結果、音声命令として使用できる単語の組合せなどに一定の規制を設けるためのデータを収集できた。

さらに、H23年度から継続して、音声命令の多言語への適用の問題と解決方法を検討した。

合わせて H24年度は、音声命令の国際規格となるISO/IEC 30122の原案作成（Part 1（総則）、Part 4（データベース）の2ndCD 作成、Part 2（検証）、Part 3（多言語）の NP 準備）を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］情報技術、音声命令、ユーザインタフェース、情報アクセシビリティ

［研 究 題 目］アジア人高齢者人工関節のための基盤技術の標準化
［研究代表者］兵藤　行志（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
［研究担当者］兵藤　行志、野中　勝信
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

人工関節のより長期にわたる体内埋入を実現するためには、優れた骨固定性や安定性が要求され、そのためには高い形状適合性を有することが必須である。アジア圏ではその人種や生活様式によって骨形態は多様化しており、必ずしも十分に形状適合せずに人工関節置換術の効果が発揮されない症例も少なくない。この研究では、アジア圏の高齢者により適した人工関節の適用に向けて、骨形態の抽出と比較形態学的データ集、及び人工関節の迅速力学試験方法に係る基盤研究を実施する。

平成24年度は、骨形態の計測及び解析過程に係る要求事項のまとめ、そして光学的な応力イメージングによる迅速力学評価方法の検証を、筑波大学整形外科と共同、経済産業省アジア基準認証推進事業（基準認証イノベーション技術研究組合）と連携して行った。

さらに、人工関節も試験対象となる非破壊試験分野の“赤外線サーモグラフィ試験”の国際標準化を進めた。一般社団法人日本非破壊検査協会と連携し、日本提案の試験方法通則 ISO/AWI 10880　Non-destructive testing － Infrared thermographic testing － General principles の原案作成を、WG コンビーナ及びプロジェクトリーダーとして推進した。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］人工関節、アジア、骨形態、迅速力学評価、赤外線サーモグラフィ試験、非破壊試験

［研 究 題 目］【FS】産総研ニューロマーケティング支援フレームワークの構築
［研究代表者］岩木　直（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
［研究担当者］岩木　直、武田　裕司、永井　聖剛、木村　元洋、小早川　達、仁木　和久、長谷川　良平（以上、ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、
蔵田　武志、大隈　隆史、興梠　正克、大西　正輝、竹中　毅、本村　陽一
（以上、サービス工学研究センター）
（常勤職員12名、他1名）

［研 究 内 容］

ヒトの意思決定過程を脳活動にブレークダウンして評価する技術は、アンケートやヒアリングでは知りえない潜在的な顧客の本音を知る方法として企業の意思決定の手法（ニューロマーケティング）としても検討されており、将来的にはサービス産業の設計に欠かせない技術にもなりうる。他方、技術的には、ヒト認知・行動の計測・評価技術から日常行動の計測と解析等の高度な技術を統合的に行うと同時に、実環境で検証する必要がある。また、倫理面への配慮も欠かせない。こうした状況のもと、企業でも強い関心を示すところが出てきているが、総合的なフレームワークを社会に示し、産業界とともに構築していく必要がある。

本プロジェクトでは、①非侵襲脳活動計測データの統合計測・解析技術、②無意識・情動による認知・行動・選好過程修飾の評価技術、③VR 環境を用いた消費行動関連脳活動と行動の同時計測技術、④脳活動データから得られた消費者行動モデルの実際の購買履歴データを用いた検証、⑤具体的事例への適用を目標としている。⑤では、①～④の要素技術を統合して、ショッピングモール内の1店舗を対象としたフィールドでの妥当性を検証する。平成24年度には、(a) 複数の脳活動計測手法で得られるデータを統合した脳活動解析精度を向上する技術の開発、(b) 無意識・情動刺激による認知修飾パラダイムの開発、(c) VR 環境における簡易脳活動と行動の同時計測技術開発の準備、(d)フィールドにおける実証実験に向けた、顧客の大規模行動データ（ショッピングモールの店舗間の利用行動データ）からの顧客カテゴ

リ分類技術の開発を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］Neuro-aided design、サービス工学、脳機能計測、無意識、ヴァーチャルリアリティ

［研 究 題 目］高齢者・ロービジョン者のための適正照度の標準化：歩行環境

［研究代表者］伊藤　納奈（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］伊藤　納奈、大山　潤爾、佐川　賢（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では、全国で100万人またはそれ以上とも言われるロービジョン者の視覚特性のうち、歩行空間の照度の歩行への影響について計測し、そのデータベースを作成するとともに、ロービジョン者に適した歩行環境の照度について、JISTR 及び JISTS として提案することを目的とする。

疾患や眼症状によりロービジョン者の明るさの感じ方は様々であるが、日常生活において明るすぎる（眩しい）または暗すぎる等で困難を感じる人は多い。本研究では、様々な疾患・症状のあるロービジョンを対象とし、照度の違いによる空間視認性の変化及び歩行の変化を計測し、視覚情報を得ながら安全に歩くための明るさについて検討を行う。

今年度は、3年計画の3年目にあたり、実験を行う予定であったが、本件の内容と深く関わる国内委員会2件に携わり、また国際委員会として CIE(国際照明委員会) TC3-44での活動を依頼されたため、これら委員会活動を行った。委員会内での審議内容を考慮して実験内容を調整し、実験室の再整備を行った。本研究は今年度が最後であるが最終目的の標準化に向け、委員会活動と並行して研究を進める予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ロービジョン、歩行、照度、視認性

［研 究 題 目］整形インプラントの力学試験方法の国内及び国際標準化

［研究代表者］岡崎　義光（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］岡崎　義光、有田　千成子（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

医療機器産業の活性化及び医療機器審査の迅速化・効率化の観点から、整形インプラント製品の表面処理部の力学的試験方法の標準化を行うことが必要不可欠となる。製品開発動向としては、生体内で長期間安定して骨と固定するような表面処理技術が求められている。そのため、各社製品開発が積極的に行われているが、試験方法が不十分なため、性能が立証しにくい現状があり、動物埋植試験を中心に生物学的な固定に関する試験方法を確立する。具体的には、動物種類、埋植部位、試験片形状、試験条件、埋植期間などを中心に、従来まで整形インプラントに関する数多くの耐久性試験方法を取りまとめてきた経験を活用してとりまとめる。インプラント製品の長期の力学的性能を試験する方法が標準化されることにより、患者の QOL、および信頼性が著しく向上する。特に、試験方法に関しては、長期間の安定した試験環境および試験経験が必要となり、企業単独では困難であり、産総研が中心となり試験を行い、とりまとめることが期待されている。

平成24年度の成果としては、整形インプラント製品の表面処理部の力学的試験方法の提案を行うため、動物種類、埋植部位、試験片形状、試験条件、埋植期間など規格化に必要なデータのとりまとめを終了した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］整形インプラント、人工関節、生物学的固定性の評価

［研 究 題 目］プリンテッドエレクトロニクス技術の標準化に向けた計測・評価技術

［研究代表者］高田　徳幸（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

［研究担当者］山田　寿一、徳久　英雄、吉田　学、植村　聖、星野　聡、末森　浩司、小笹　健仁、白川　直樹、山本　典孝、福田　伸子、安部　浩司、野村　健一、所　和彦、堤　潤也、日下　靖之（常勤職員14名、他1名）

［研 究 内 容］

目標：

◆プリンテッドエレクトロニクスに関する国際標準において、認証機能を海外機関にゆだねることが無いよう、我が国での認証機能実現のための評価体制の構築を目指す。

◆プリンテッドエレクトロニクスにおける材料、デバイスの国際標準において、我が国の技術優位性を発現させるための差異化点を評価する信頼性評価技術の確立を目指す。

研究計画：

(1) 認証機能実現のための評価体制構築に向けた、材料基本性能評価設備の整備ならびにそれを用いた評価データベースの構築を目指した指針作成を目指す。

(2) 上記印刷形成単体パターンおよびデバイスの基本電気物性に対する標準寿命・信頼性評価技術を確立し、標準評価法として提案できることを目指す。

(3) 標準策定に関する業界との連携を強化するため、プリンテッドエレクトロニクス国際標準の受託団体である JEITA との連携を図り、JEITA 規格ならびに国際

標準に材料、信頼性評価にかかる提案を行う。

年度進捗状況：

1．材料性能の標準評価計測体制を整備

標準印刷設備の導入整備を行い、印刷用インク評価デバイス作製システムを構築した。

2．インク材料に関するデータベース構築の準備印刷用インク材料（絶縁、半導体、導電材料）を他研究機関・メーカーから入手し、標準的各種印刷方法による印刷特性の評価とそのデータベース化作業を開始した。

3．各種印刷用インク材料に関する情報交換

認証業務への発展を目指し、標準委員会において標準策定の活動への協力を行った。また、コンソーシアムでは、既存各種印刷、新印刷方法の情報収集を通じ、プリンテッドに関する市場調査を始めた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］国際標準、標準策定、認証機能、信頼性評価、JEITA 規格、印刷、印刷評価データベース、インク材料、プリンテッドエレクトロニクス、フレキシブルエレクトロニクス

［研 究 題 目］アクティブ・バックプレーンの全印刷製造プラットフォーム

［研究代表者］長谷川　達生（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

［研究担当者］長谷川　達生、牛島　洋史、鎌田　俊英、峯廻　洋美、野村　健一、松井　弘之、山田　寿一、山本　典孝、吉田　学、植村　聖、徳久　英雄、末森　浩司、井川　光弘、松岡　顕、加藤　綾乃、日下　靖之、小倉　晋太郎、藤田　真理子、岩瀬　典子（常勤職員12名、他7名）

［研 究 内 容］

本研究は、シート状電子デバイスの構成に不可欠となる大面積・フレキシブルなアクティブ・バックプレーンの全印刷製造を目標に、高均質な有機半導体薄膜の製造が可能なダブルショット・インクジェット印刷技術、及び超微細な金属配線の製造が可能なマイクロコンタクト印刷技術などの産総研の独自技術を基盤として、半導体／金属電極配線／誘電体の各印刷製造技術を統合する全印刷製造プラットフォームの開発を行う。本年度は、マイクロコンタクト印刷法における埋め込み電極技術の開発、インク液滴シミュレーションによる電極形状のデザイン則の抽出、ボトムコンタクト型プロセスに向けたダブルショット・インクジェット印刷法の改良を行い、これら印刷製造技術を統合するための技術改良を進展させた。これに加えて、アクティブ・バックプレーンの全印刷製造を著しく高スループット化できる2つの新たな独自技術、①有機ポリマー半導体層の簡易製膜パターニングが可能なプッシュコート印刷法、及び②高精細金属配線を容易に形成可能な表面光反応ナノメタル印刷法の開発にもそれぞれ成功した。さらに、本プロジェクトに関わる塗布や印刷によるエレクトロニクス用薄膜技術に関する、国内・国外の特許情報・技術動向の調査を実施した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］プリンテッドエレクトロニクス、アクティブ・バックプレーン、薄膜トランジスタ、インクジェット法、マイクロコンタクト印刷、有機半導体、金属ナノインク

［研 究 題 目］地震･津波および原発事故等の低頻度大規模災害へ最適対応するための、次世代リスク評価シミュレーション技術の構築

［研究代表者］四元　弘毅（安全科学研究部門）

［研究担当者］四元　弘毅、吉田　喜久雄、和田　有司、玄地　裕、恒見　清孝、田原　聖隆、梶原　秀夫、牧野　良次、井上　和也、岡村　行信、桑原　保人、堀川　晴央、吉見　雅行、行谷　佑一、山本　直孝（常勤職員14名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では、一旦発生すれば社会や経済に与える影響が桁違いに大きい低頻度大規模自然災害リスクへの最適対応を可能とするため、一次災害と二次被害を含めた複層的な影響をシミュレーションする構造とそれらの災害から発生する産業への被害リスクを評価する新たな考え方に基づく分野横断的な総合リスク評価シミュレーション技術の構築を目指して研究を行っている。具体的には、①一次災害予測シミュレーションサブシステム、②二次被害定量化サブシステム、③リスク評価サブシステムから構成される総合的なリスク評価シミュレーション技術を開発している。

平成24年度は、平成23年度に実施したフィジビリティスタディから抽出された課題に基づき以下の研究開発を実施した。

①一次災害予測シミュレーションサブシステム

産業種別ごとの地震の周波数毎の揺れと津波に対するフラジリティカーブ作成に不可欠な詳細な被害データ取得を行うために地方自治体や企業、大学との協力連携関係を構築し、②とともに被害調査を開始した。また、東海・東南海・南海地震について周波数ごとの揺れと津波強度の計算を開始した。

②二次被害定量化サブシステム

化学物質に関する貯蔵・管理データベース整備を行うとともに、漏洩へのシナリオ精緻化、粒子状物質の拡散挙動推定の精度向上のために、被災から漏洩にいたる解析や再現計算による推定精度検証等を開始した。サプラ

イチェーン分析については、分析のための製品レベルの包括的データベース構築のために、上記①と共同で震災による産業のサプライチェーン被害調査を開始するとともに、工場位置情報データ整備や製品のインベントリデータに基づく製品間の連鎖を書き下すデータベース構築に着手した。

③リスク評価サブシステム

モデルの検証と総合リスク評価手法の構築を行うため、過去の地震被害データによる民生部門被害推定モデルの検証を行うとともに、低頻度大規模リスクの算定手順を確立し、被害の補償金額などによる金銭を共同指標とする総合リスク評価手法検討に着手した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］南海トラフ地震、津波、大規模災害、リスク評価、リスクマネジメント、フラジリティカーブ、産業被害、サプライチェーン、化学物質漏洩、共通指標

［研 究 題 目］**環境エネルギー分野におけるレギュラトリーサイエンスの確立－放射性物質のリスク管理問題の事例への適用**

［研究代表者］内藤　航（安全科学研究部門）、保高　徹生（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］保高　徹生、小野　恭子、岸本　充生、内藤　航、吉田　喜久雄、八十田　英市、上坂　元紀（安全科学研究部門）（常勤職員4名、他4名）

［研 究 内 容］

福島第一原発事故により放出された放射性物質により汚染された環境の除染が進められている。今回のような環境汚染の対策では事故前の状態に戻すことが基本的な考え方だと思われるが、除染技術の限界、莫大な費用や汚染の規模を考えると、短期間で事故前の状態に戻すことは不可能である。すべての汚染地域を事故前の状態に戻すことができないのであれば、限られたリソースの中で、除染はどのようにどこから進めるべきか、その検討の土台となる情報やデータが必要である。さらに、福島の除染の問題では、一般的な費用対効果では測れない要因（例えば帰還したいかどうかや避難による精神的負荷）の評価も重要である。本研究では、様々な要因が絡む福島の除染の問題を対象にして、除染のあり方を検討するための土台となる情報を提供すべく、俯瞰的かつ実践的な評価研究を実施した。

除染の費用と効果、空間線量率の経時変化等、福島の除染対策における基盤情報の GIS を用いて整理を行い、それらの情報に基づき、除染特別地域を対象に、複数の除染シナリオにおける累積外部被ばく線量と除染費用を推定した。想定した除染の標準シナリオでは、除染の総費用は1兆円超と推算され、農用地の汚染土壌などの除去費用と保管費用が総費用の大半を占めると推定された。外部被ばく線量の推定に用いる低減係数等の仮定が、除染対象地域の区分や住民の帰還の判断に大きく影響を及ぼすことを確認した。福島県民の避難の経緯や避難者数等の現状を整理するとともに、国や自治体が実施した避難住民へのアンケート結果に基づき避難住民の帰還率を推定した。避難先からの帰還の意志について、個人属性や放射性物質等に対するリスク認知、幸福に対する考え方との関連性を明らかにするためにアンケートを実施した。除染後の追加被ばく線量によって、帰還する人数は大きく異なり、その人口構成も変わりうることがわかった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］除染、費用効果、外部被ばく線量、帰還率、福島、セシウム

［研 究 題 目］**地震・津波等の次世代リスク評価シミュレーション技術の構築**

［研究代表者］桑原　保人（活断層・地震研究センター）

［研究担当者］桑原　保人、吉見　雅行、行谷　佑一、堀川　晴央、長谷川　功（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究は、2011年東北地方太平洋沖地震を受け、地震の揺れと津波による産業施設の一次被害から、サプライチェーン被害等も含めた2次被害を、今後発生しうる大規模地震で的確に予測するための手法を開発するために、安全科学研究部門と共同で産総研融合・連携推進予算（戦略予算）によって昨年度より開始した。当研究センターでは、産業種別ごとの地震の周波数毎の揺れと津波に対するフラジリティカーブ作成および南海トラフの地震について、愛知県の周波数ごとの揺れと津波強度の推定を行なうことである。研究期間は H23年10月から H24年9月である。

本年度は、産業種別ごとのフラジリティカーブ作成に関しては、産業被害データを得るために福島県、宮城県の公設試と協力関係を構築し、両県の企業約3000社に被害調査アンケートを送付し約800社からの回答を得た。さらに、東北大学と清水建設（株）との協力関係を構築し、同大学、同社で収集した企業被害データを取得できることになった。これらの被害データと、産総研 QuiQuakeu システムによる東北沖地震の揺れ推定データを合わせ、予備的な産業フラジリティカーブを得た。揺れと津波に関しては、東北日本を中心に、周波数ごとの揺れ特性把握手法を検討し、4つの周波数帯での揺れの強度分布を得た。また宮城県を中心に既存の津波測定データをもとに、宮城県全域の高さ分布の補完データを作成し、津波流速の空間分布の計算も実行中である。今後、これらと上記被害データを合わせ、産業のフラジリティカーブを作成予定である。さらに、東海・東南海・

南海地震について、各種の起こりうる地震を想定し、愛知県の周波数ごとの揺れと津波強度の計算を実行中である。

［分　野　名］地質

［キーワード］産業被害、東北地方太平洋沖地震、フラジリティーカーブ、揺れ、津波

［研 究 題 目］災害事例データベース

［研究代表者］和田　有司（安全科学研究部門）

［研究担当者］和田　有司、若倉　正英、中島　農夫男、松倉　邦夫、伊藤　俊介、阿部　祥子、杉本　まき子（常勤職員1名、他6名）

［研 究 内 容］

産総研の研究情報公開データベース（RIO-DB）の一つとして公開している「リレーショナル化学災害データベース」（RISCAD）は、継続的に化学関連災害を収集し、公開することを目的としているデータベースで、化学災害に関連した物質の危険性データへのリンクや文字情報以外のプロセスフロー図、装置図、化学反応式などの付帯情報（画像情報）へのリンクを持ち、利用者が利用しやすいように最終事象、装置、工程、推定原因、被害事象を専門家によって階層化されたキーワードで分類し、教訓を持つことを特徴としている。また、一部の事例には産総研で開発した事故分析手法 PFA によって事故を時系列で分析した結果である事故進展フロー図がリンクされ、利用者がより簡便に深く事故を理解できるように工夫されている。また、RISCAD は英語版を有し、国際的にも利用されている。

本研究では、日々化学災害事例の収集、分析を行い、関連化学物質の抽出作業および各キーワードによる分類作業を行いながら新規事例303件のデータベースへの登録、公開を行った。また、新規事例および過去の重大事例25件について事故分析手法 PFA の分析結果をデータベースに登録、公開を行った。データベース利用促進のためにメールマガジンを3回発行し、RISCAD と事故分析手法 PFA の普及のためにセミナーや講演を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］リレーショナル化学災害データベース（RISCAD）、事故分析手法 PFA、事故進展フロー図、教訓

［研 究 題 目］水素ステーションのリスク低減

［研究代表者］和田　有司（安全科学研究部門）

［研究担当者］和田　有司、栗山　信宏、飯島　高志、久保田　士郎、椎名　拡海、高橋　明文、松木　亮、堀口　貞茲、江渕　輝雄、橋本　進吾、Wahyudi Sugeng（常勤職員7名、他4名）

［研 究 内 容］

都市部で水素ステーションを建設するためには、水素ステーションのコンパクト化が緊急の課題となっている。その一つの解決策として、敷地境界に障壁を設置することにより設備から障壁の両端部までの距離で保安距離を担保し、敷地境界までの距離を短縮する方法が考えられている。しかしながら、万が一、設備で爆発が起きた場合に障壁にどのような影響を及ぼすかについては検討されていない。

そこで、水素ステーションを小スケールで模擬した容器内に水素を充てんして爆発させ、強度の異なる障壁のモデルに対する爆風による破壊挙動を高速度カメラで観測し、また、ひずみ挙動を調べた。また、爆風による現象を数値計算によって再現し、障壁への影響を解析した。

その結果、爆発が障壁からある程度離れた位置で起きた場合には、四方を障壁で囲まれたような場合であっても、上方が開放されていれば障壁が破壊するようなことはなく、障壁への影響が小さいことが明らかになったが、さらに、爆発位置と障壁との距離による影響を検討する必要性がある。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素、水素ステーション、障壁、保安距離

［研 究 題 目］地震・火山噴火のリスク対策に関する国際標準化

［研究代表者］石川　有三（活断層・地震研究センター）

［研究担当者］石川　有三、宝田　晋治、吾妻　崇、吉見　雅行、小泉　尚嗣、桑原　保人、高田　亮、古川　竜太（常勤職員7名、他1名）

［研 究 内 容］

2011年東北地方太平洋沖地震や2010年のアイスランドでの噴火を契機として、大規模な自然災害は災害発生国だけでなく国際的な経済活動の混乱をもたらし、地震・火山噴火のリスク評価の国際標準化の必要性が再認識された。本課題では、我が国で得られた地震・火山のリスク評価手法の国際標準化を進めるため、地震リスク評価に関しては Global Earthquake Model（GEM）等が進めている国際基準の調査を行い取りまとめた。また、過去の超巨大地震の発生履歴、世界の地震カタログ、活断層カタログ、過去の巨大噴火におけるインドネシアの事例、火山データベース、地震活動と火山噴火の同期性についても調査し取りまとめた。さらに、平成23年度より地質分野として開始した、アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスクマネジメント（G-EVER）の活動状況のレビューを行った。また、国内外の関連機関との連携を図るため、防災科学技術研究所、日本学術会議、IUGS、IUGG、AGU、COV、ニュージーランドの GNS Science、Massey 大学、Canterbury 大学、シンガポールの Earth Observatory of Singapore（EOS）

について調査を行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］地震、火山噴火、リスク、国際標準、アジア、太平洋、G-EVER

［研 究 題 目］ナノリスク～繊維仮説への挑戦～

［研究代表者］本田　一匡（安全科学研究部門）

［研究担当者］本田　一匡、納屋　聖人、阿部　修治、佐々木　毅、片浦　弘道、田中　丈士、藤井　俊治郎、平野　篤、長沢　順一、針谷　喜久雄、藤田　克英、小野　泰蔵、太田　一徳、早川　由夫、山本　和弘、山脇　浩、湯村　守雄、斎藤　毅（常勤職員18名）

［研 究 内 容］

ナノ材料のリスク評価における最大の障壁である繊維病原性仮説を検証するため、①繊維特性を保存した状態で単層カーボンナノチューブ（SWCNT）を分散させる技術の開発、②長繊維 SWCNT 分散液を用いた有害性試験による生体影響の検証、③ナノ材料の包括的なリスク管理のあり方の検討、を行った。

① 繊維特性を保存した状態で SWCNT を分散させる技術の開発

多様な CNT の有害性評価を行う場合には複数の分散方法を確保しておく必要がある。本研究では、低毒性分散剤である天然 DNA と非イオン性界面活性剤（ポリオキシエチレン(20)ステアリルエーテル）を分散剤とする分散方法の開発を行った。

天然 DNA を分散剤する方法では、SWCNT の長さの違いによる影響をより明確に試験する事を目指し、長さ10μm 以上（以下、長尺と略）の SWCNT のみを含み、長さ数μm 以下（以下、短尺と略）の SWCNT を含まない試料作製の技術開発を行った。その結果、長尺 SWCNT を選択的に取り出すカラム分離技術の開発に成功した。今年度は、長期の動物実験に長尺 SWCNT 及び短尺 SWCNT を十分な量提供するため実験系を見直し、無菌状態を維持しつつ長尺 CNT を大量に取り出すシステムを構築した。その結果、高濃度長尺 SWCNT、低濃度長尺 SWCNT、高濃度短尺 SWCNT の3種類の SWCNT 分散液をそれぞれ数十 mL 準備する事に成功した。

また、非イオン性界面活性剤を分散剤とする方法においては、分散液中に混入する少量の短尺成分（ホモジナイザーにより破断・破砕された短尺の SWCNT や SWCNT の断片等）を除去するため、濾過による簡便かつ効果的な除去方法の検討を行った。大きな孔径（8～10μm）を有する種々のメンブランフィルターを用いて、濾過プロセスの最適化を図った。透過電子顕微鏡及びラマン分光測定から、上記の短尺成分が濾液に移行していることが確認された。このフィルター濾過法による短尺成分除去過程を加えることにより、繊維仮説検証に使用できる SWCNT の長尺分散水溶液試料の調製方法を確立することができた。

② 長繊維 CNT 分散液を用いた有害性試験による生体影響の検証

①の成果により、本課題の最終目標である、長繊維 CNT による生体影響を明確化するための有害性試験の実施が可能となったので、動物実験計画を設計し委託試験機関へ発注した。

③ ナノ材料の包括的なリスク管理のあり方の検討

ナノ材料の環境・健康・安全問題に関わるリスク管理の可能性を検討するため、これまで行ってきた文献調査をもとに、カーボンナノチューブとアスベストの比較を含め、繊維仮説の適用可能性を再検討するとともに、ナノ材料リスク管理における課題を整理し、解説原稿を執筆した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ナノテクノロジー、ナノ材料、カーボンナノチューブ、有害性評価、繊維病原性仮説、分散剤

［研 究 題 目］南海・東南海地震の前兆現象検出精度向上のための共同研究

［研究代表者］松本　則夫（活断層・地震研究センター）

［研究担当者］松本　則夫、小泉　尚嗣、桑原　保人、高橋　誠、今西　和俊、北川　有一、安藤　亮輔、板場　智史、落　唯史、武田　直人（常勤職員8名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究は、南海・東南海地震予測に資するために、深部すべり・深部低周波微動の分布や発生間隔の解析精度の向上を目標として、産総研・防災科研の歪・傾斜データを共有し、同すべりの高度な解析やメカニズム解明のために平成22年度から開始した。

平成24年度には、防災科研の傾斜データおよび産総研の多成分歪データに加え、産総研の地下水および気象庁の多成分歪および体積歪計のデータを統合した深部すべり解析手法を開発し、実データによる深部すべりの解析を開始した。解析結果は、地震調査委員会・地震防災対策強化地域判定会等に報告した。水平歪センサー（4方向）で計算できる4組の水平歪に着目し、歪計データのみを用いた深部すべりの客観的な検出方法のプロトタイプを開発した。当該検出方法を紀伊半島の歪計に適用し、有効性を確認した。一昨年設置した3次元地震計アレイの観測を継続し、地震計アレイ直下での5回の微動イベントを詳細に観測し、アレイデータの結果を地図上に投影した。国土地理院の GPS データを用いて東海地域の長期的な深部ゆっくりすべりの前後におけるプレート固着の時間的な変化を推定し、東海地域では長期的ゆっく

りすべり終了後に固着が回復していないことを明らかにした。産総研が整備した微動のカタログにより伝播特性を明らかにし、それを説明する基本的な物理モデルを構築し、シミュレーションを行うことで微動発生領域における断層のレオロジー特性とその不均質構造を推定し、国際誌に掲載した。

［分　野　名］地質

［キーワード］地震予測、歪、傾斜、地下水、深部ゆっくりすべり、深部低周波微動、東南海地震、南海地震、シミュレーション

［研 究 題 目］産総研発バイオマス化学の研究開発

［研究代表者］中岩　勝
（環境・エネルギー分野副研究統括）

［研究担当者］平田　悟史、星野　保、村上　克治、松鹿　昭則、藤本　真司、井上　誠一、遠藤　貴士、柳下　立夫、関根　伸浩、東　孝一郎、横山　英幸、森川　博代
（常勤職員8名、他4名）

［研 究 内 容］

この研究では、産総研が独自に有するリグノセルロースの分解技術、化学変換技術、バイオ変換技術を組み合わせることで、アルコール、有機酸、芳香属化合物などの基幹化学品を体系的に製造可能なプロセスの開発を行う。BRRC では、環境化学技術研究部門、生物プロセス研究部門、コンパクト化学システム研究センターと連携し、リグノセルロースからの糖の低コスト製造技術の開発ならびに発酵阻害物質の特定（課題１）、リグノセルロースから分離生成したリグニンの新規利用法のロードマップの作成とリグニン利用技術の提案（課題３）を担当した。また、リグノセルロースの化学変換技術（課題２）に対しては、BRRC が有しているリグノセルロースに関する知見に基づいてアドバイスを行うとともに、粉砕したリグノセルロースや各処理を行ったサンプルを連携先のユニットに提供した。

課題１では、リグノセルロースの前処理時に生成する没食子酸等のリグニン由来化合物が、酵素糖化およびその後の大腸菌の発酵を阻害することを明らかにし、その阻害物質除去の一つとしてイオン交換樹脂による吸着除去が有効であることを示した。

課題３では、BRRC 独自技術である水熱・メカノケミカル・酵素糖化法で生成した糖化残渣の特性分析と糖化残渣からのリグニンの回収技術を検討した。糖化残渣中にはまだ未反応の糖が多く残っており、リグニンの利用のためには分離が必要であった。そこで糖化残渣を水熱処理することで、処理残渣中のリグニン含有率が向上し、さらに一部残渣の低分子化が可能であることがわかった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］バイオマスリファイナリー、リグノセルロース、ケミカル原料

［研 究 題 目］バイオプラスチック製品中のバイオマスプラスチック度の測定方法の標準化

［研究代表者］国岡　正雄（環境化学技術研究部門）

［研究担当者］国岡　正雄、船橋 正弘（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

以前より、炭素14の濃度測定法として、加速器質量分析に着目し、米国と議論を行い、ASTM 法をもとに、プラスチック製品のバイオマス度の測定方法の標準化を推進している。その中で、プラスチック製品のどの部分にバイオマス成分が含まれているかを測定することが必要となってきている。具体的には、樹脂成分と添加剤そのどちらがバイオマス由来なのかを明らかにする必要がある。日本バイオプラスチック協会は、樹脂成分がバイオマス由来である度合いをバイオマスプラスチック度として、マーク認証制度を運営している。プラスチック製品を樹脂成分と添加剤に分離し、それぞれのバイオマス度を測定することにより、バイオマスプラスチック度を求める方法を開発した。また、この方法が、多くの種類のプラスチックに適用できることを確認した。溶媒をもちいることにより、樹脂成分と添加剤がきちんと分離でき、それぞれのバイオマス炭素含有率を測定することができた。また、得られたデータを基にバイオマスプラスチックの環境負荷を評価する指標、例えば、カーボンオフセットや、LCA によるエネルギー消費量、二酸化炭素発生量、リサイクル度の求め方を検討した。これらの方法を ISO 国際標準規格とするべく、データ収集を行い、国際審議を通して、国際協調のとれた評価方法を開発していく。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］バイオマス炭素含有率、炭素14、試験法、標準規格、ISO 規格

［研 究 題 目］工場排水中のクロム（Ⅲ）とクロム（Ⅵ）の分別定量法

［研究代表者］中里　哲也、田尾　博明（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］中里　哲也、藤田　愛、田尾　博明
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

水中のクロムは三価クロム［Cr（Ⅲ）］および六価クロム［Cr（Ⅵ）］の状態で存在するが、Cr（Ⅵ）の毒性は非常に高いため、環境基準や排水基準等では全クロムと六価クロム［Cr（Ⅵ）］に対して個別の基準が設定されている。また、Cr（Ⅵ）は排水だけでなく、土壌汚染、RoHS などの化学物質管理規制に対応して分析件数が増加しており、産業界・地方公設機関等からも、効率の高い分析法が要求されている。しかし、既存分析法（JIS K0102）は吸光光度法、共沈分離法など、煩雑な

操作・長時間を要するといった問題があり十分に対応しているとは言えない。本研究では感度、簡便性、自動化等に優れた液体クロマトグラフィー／誘導結合プラズマ質量分析法（LC-ICP-MS）に基づく Cr（Ⅲ）および Cr（Ⅵ）の分別定量法を確立し、JIS 素案を作成するものである。本年度は、昨年度までに基本技術を確立したクロム（Ⅲ）とクロム（Ⅵ）の分別定量法について、共存物質の影響を明らかにし、これを基に分析条件再最適化を行い、工場排水試料への適用範囲を拡大した。結果、代表的な工業分野の実際の排水および廃水条件で、法規制の対象である六価クロムについて、排水基準濃度の1/10の低濃度（50ppb）にも適用可能にした。また、分析時間および操作も現行 JIS K0102 65.2の吸光光度法や共沈／原子スペクトル法と比較して迅速・簡便化した。さらに、水質 JIS 開発委員会などで意見交換を行い、JIS K0102.65.クロムに追加する素案を作成した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］クロム、定量、分別、形態、排水、JIS、標準化

［研 究 題 目］高精度温室効果ガス観測のための標準ガスの開発

［研究代表者］近藤　裕昭（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］近藤　裕昭、村山　昌平、石戸谷　重之（環境管理技術研究部門）
加藤　健次、青木　伸行、安藤　美和子（計測標準研究部門）（常勤職員6名）

［研 究 内 容］

本研究では、観測分野－計量標準分野が連携して、地球観測・排出権取引に適した SI トレーサブルな温室効果ガスの標準ガスを開発・作成し、国内主要機関間で巡回比較実験を行って、各機関が維持する濃度スケールの比較を行う。

H24年度は、小型容器と超精密天秤を用いた一段希釈・質量比混合法による CO_2標準ガスの調製法の検討を行い、秤量方法の改良を進めた結果、調製過程での拡張不確かさを、0.1ppm 以内に抑えることが可能となった。また、高精度化のために自動秤量装置の製作を行った。標準ガスの濃度の経時変化を抑えるために、容器の内面処理法を最適化することを目的として、国内で採用されている3種類の内面処理を選定して、各処理が施された容器を用意し、濃度既知の CO_2標準ガスを移充填して、濃度の経時変化データの取得を開始した。地球温暖化観測推進事務局「温室効果ガス観測データ標準化ワーキンググループ」が実施する国内機関間の巡回比較実験に参加した。2回の実験のうち1回に作成したメタン標準ガスを提供し、国内における観測機関と標準機関が連携した初めての巡回比較実験を行った。他の1回は、既存の CO_2標準ガスを用いた観測機関間の巡回比較実験であり、各観測機関間の濃度スケールの違いや、CO_2の同位体比が異なると、使用する分析計により測定濃度値に違いを生じることが明らかになった。さらに、調製法が確立されていない大気中酸素濃度観測用超高精度標準ガスの開発に関して、高精度小型天秤の秤量可能最大重量および秤量精度、容器内での濃度安定性等を考慮して、酸素絶対濃度±1ppm の調製のために用いられる小型容器を設計し製作した。

［分　野　名］環境・エネルギー、計測・計量標準

［キーワード］標準ガス、地球観測、SI トレーサブル

［研 究 題 目］高精度温室効果ガス観測のための標準ガスの開発

［研究代表者］近藤　裕昭（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］近藤　裕昭、加藤　健次、青木　伸行、安藤　美和子（計測標準研究部門）、村山　昌平、石戸谷　重之（環境管理技術研究部門）（常勤職員6名）

［研 究 内 容］

大気中の温室効果ガス濃度の観測データは、全球規模の温室効果ガスによる影響を評価する際に重要であり、極めて高精度な測定が必要とされている。そのため、観測機関（WMO 等）と標準機関（BIPM や NMI）の連携により SI トレーサブルで高精度な標準ガスを供給する体制の構築に対する要望が高まっている。このような状況の中、計測標準研究部門と環境管理技術研究部門が連携して高精度な温室効果ガス観測のための標準ガスの調製方法の確立を行うこととなった。計測標準研究部門では、一段希釈・質量比混合法による高精度な標準ガス調製法の確立のため、小型容器によるガスの秤量と二酸化炭素標準ガスの調製法について検討を行うとともに、秤量の高精度化を目的として小型容器用自動秤量装置の試作を行った。また、秤量のための自動制御プログラムを開発し、最適な秤量操作の実現及び秤量時の温度、湿度、気圧の自動取得を可能とするシステムとした。環境管理技術研究部門では、標準ガスの評価法の開発や既存の標準ガスとの互換性などの評価を主に担当している。

［分　野　名］計測・計量標準、環境・エネルギー

［キーワード］温室効果ガス、高精度標準ガス、CO_2、大気観測、質量比混合法

［研 究 題 目］戦略メタル国内資源循環プロジェクト

［研究代表者］大木　達也（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］大木　達也、田尾　博明、田中　幹也、古屋仲　茂樹、西須　佳宏、林　直人、成田　弘一、大石　哲雄、尾形　剛、加茂　徹、半田　友衣子、玄地　裕、工藤　祐揮、田原　聖隆、畑山　博樹、増井　慶次郎、近藤　伸亮、高本　仁志、松本　光崇、小林　慶三、多田　周二、田村　卓也、尾村　直紀、村上　雄一朗、

多井　豊、大橋　文彦、尾崎　公洋、
西尾　敏幸、中山　博行、森下　翔、
柘植　明、森川　久、清水　佳奈、
森本　慎一郎（常勤職員34名）

［研 究 内 容］

これまで無秩序に蓄積された我が国の都市鉱山ポテンシャルや、どの廃製品から何を回収すべきかを明確にした上、製品選別～部品選別～製錬処理の境界領域を精緻化したリサイクルビジョンを提案する。また、将来の戦略的な都市鉱山形成を踏まえた評価・設計や標準化も視野に入れた生産ビジョンの構築を行う。以上、環境管理技術研究部門を幹事に5分野7研究ユニットの協力の下、現行都市鉱山からの戦略メタルの高度回収から戦略的な都市鉱山の創生に至る、生産－リサイクル統合ビジョンを提唱するとともに、戦略メタルリサイクル研究拠点の整備を目指す。

無秩序な現都市鉱山のリサイクルポテンシャル評価に向けて、ライフサイクルシミュレーションのベースモデルを開発、また、リサイクルコストの観点から最適な戦略メタルのリサイクル設計を行うために必要な基礎データを収集した。戦略メタル回収品目の選定に向けては、都市鉱山のリサイクルポテンシャルと天然鉱山での鉱物資源の利用可能性を包括的に考慮した金属利用可能性評価手法の開発を実施した。また、廃3.5インチハードディスクドライブ（HDD）から Nd 磁石部を回収する新技術において、磁石検出が困難な製品群を検証し、検出率を向上させる条件を抽出した。さらに、廃製品の資源価値を評価・選別する技術として、Ta 使用量に応じて廃携帯電話を自動選別するシステムやレアアース蛍光ランプのみを自動選別する装置の試作機を開発した。廃製品の中間処理－製錬処理の境界領域を精緻化したプロセス構築では、まず、既存の Ta 製錬へ提供する Ta コンデンサ回収の中間処理技術を開発した。プリント基板から剥離した電子素子群の最適選別条件を見いだす電子素子選別シミュレーションソフトを試作、β版を完成させてクローズドベータテストを実施した。また、Nd 磁石を対象に、前記の廃 HDD から回収した磁石粉末から、レアアースを回収する湿式製錬技術を検討した。酸化焙焼－塩酸浸出－溶媒抽出分離プロセスにおける鉄の挙動を検討した結果、イオン交換樹脂法による鉄の選択分離の可能性が示唆された。さらに、レアアースを対象とした新規吸着分離剤の開発では、ベースメタルとの選択性が高い吸着剤の作製に成功し、配位高分子化した有機リン酸化合物が従来と異なるレアアース吸着特性を発現することも明らかにした。溶融塩電解と合金隔膜を用いた新規な電解セルを作製し、通電量とレアアース透過量の関係から、安定な電解操作が可能なことを明らかにした。モータ等から直接、磁石を回収する乾式製錬プロセスについても検討、高性能磁石と銅、炭素を同時溶解（パイロリサイクル）することで目的のレアアース元素を濃縮できることを確認した。また、効率的にレアアース元素の濃化層を作製できることを見出し、これらの知見をベースに実際のモータ部品を溶解できる溶解炉を設計して導入した。

生産ビジョンの構築では、戦略メタルのリサイクル効率化に向け、中間処理技術と製品設計の関係強化を探索、製品設計と社会システム設計の両面から資源循環システムの構築を目指した。まず、鉱物が持つ特性とそれを用いた製品の機能・性能との関係を明示する知識共有ソフトウエアのプロトタイプを開発するとともに、戦略メタルを含む製品のライフサイクルを検討するシミュレーションモデルを構築した。また、戦略メタル回収業者等との意見交換を行い、産総研で開発するリサイクルプロセス技術を有効活用するための製品設計について情報収集を行った。さらに、戦略メタルの適正循環のため、空間的なタスク・リソース配分を表現する手法として、部品リユース時に製品アーキテクチャを考慮して、分解・組み立て・調整コストと輸送コストを同時に最適化するための計算手法の開発を開始、本年度は都市鉱山最適化問題のモデル化を行った。また、将来の代替磁性材料導入によるリサイクル効率の低下防止と、Li の不純物分離技術についても検討した。リサイクル設計では、代替材料として Sm 系磁性材料が共存した場合に磁石を識別するための暗号化登録、廃棄時にレアアース元素レベルを確認できるプログラムを作成するとともに、識別マークを記載する方法を検討した。リサイクル材の不純物量を測定しながら再生磁石を作製したところ、Ni の混入が性能低下に大きな影響を与えることを明らかにした。さらに、Li と Mg を分離するための分子構造篩を作製し、酸洗処理に耐えうる材料を開発した。

以上の成果の社会導入を促進する目的で、我が国の戦略メタルリサイクル研究拠点となる「戦略的都市鉱山研究拠点（SURE）」準備室の開室を目指して整備した。産総研開発装置等を配した大空間ラボを持つ研究交流スペースを整備するとともに、企業連携に向けて、政府、外郭団体や民間へのヒアリングを行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］都市鉱山、リサイクル、戦略メタル、レアメタル、レアアース、物理選別、製錬、エコデザイン、マテリアルフロー、代替材料

［研 究 題 目］溶存酸素測定に基づく光触媒及び応用材料の環境浄化性能評価

［研究代表者］竹内　浩士（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］平川　力、根岸　信彰、西本　千郁
（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

溶存酸素測定に基づく光触媒および応用材料の環境浄化性能評価方法の開発に関する JIS 案および ISO 案を

作成するための委員会を設置した。これまでに実施してきた試験内容をもとに、委員会内において試験容器の形状の一部を変更し、それに合わせた試験条件及び試験操作手順の変更を行い、繰り返し精度および再現性について検討し問題ないことを確認した。特に、試験前処理の工程について、これまでは24時間程度必要としていたものを、種々の方法の検討から3時間程度の前処理で試験を実施できるようにした。また、試験実施温度の適用範囲を23±5℃と広く設定するにあたり、委員会内でワーキンググループ（WG）を設置して、共同研究により試験実施温度範囲内における再現性を確認した。WG および委員会において決定された試験容器、試験装置構成、試験条件を基にラウンドロビン試験を4機関にて実施した。3つの粉末試料、3つの薄膜試験片を用いて各3回試験を実施し、粉末試料において CV 値3.6～14%、薄膜試験片で6.11～31.1%と再現性が高いことが示された。これらの結果を基に、JIS 原案を作成し、現在 JIS への提案準備を行った。また、ISO 原案を提案した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］光触媒・溶存酸素・水質浄化・セルフクリーニング・光触媒的酸素要求・光触媒燃焼法

［研 究 題 目］アジア戦略「水プロジェクト」

［研究代表者］田尾　博明（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］鳥村　政基、中里　哲也、愛澤　秀信、金　誠培、根岸　信彰、日比野　俊行、王　正明、堀　知行、長縄　竜一、野田　和俊、柳下　宏、遠藤　明、川合　章子、羽部　浩、丹羽　修、栗田　僚二、矢吹　聡一、加藤　大、栗津　浩一、島　隆之、桑原　正史、藤巻　真、高橋　栄一、村川　正宏、坂無　英徳、野里　博和、鎌形　洋一、玉木　秀幸、成廣　隆、菅野　学、田村　具博、樋口　哲也（常勤職員32名）

［研 究 内 容］

水不足は21世紀の世界が直面する最大の問題の一つであり、アジア、アフリカを中心に約10億人が安全な水を確保できないといわれている。アジアの水問題の解決と、わが国水ビジネスの競争力強化のため、水質監視技術、水質改善技術、情報ネットワーク技術を一体的に開発することにより、水資源の有効利用に不可欠なスマートウォーターを先導するグローバルな技術開発拠点を目指す。

水質監視技術に関しては、スマートウォーター、新たな環境規制への対応、飲用水の安全性確保の観点から重要となる①オンサイト・インプラント型水質監視技術、②生体応答を利用する水質監視技術、③微生物の迅速監視技術を開発した。①では、試薬を用いない全有機炭素（TOC）分析装置を試作し、実際の河川水や排水に適用し迅速かつ高精度な分析が可能なことを示した。本装置では水そのものに紫外線を照射して生成する OH ラジカルを酸化剤として利用する。重金属に関しては、バイオメディカル RI にて、電気化学検出に適した新規ナノカーボン膜を開発し、鉛、カドミウム等を市販のカーボン電極より高感度に検出できることを見出した。②では、内分泌撹乱性化学物質を従来より10倍以上高感度に検出できる生物発光分子を開発した。③では、電子光技術 RI にて、微生物に伴う光ディスクの反射率変化を高速に検出できる装置を開発し、これに情報技術 RI と知能システム RI の高次局所自己相関による画像認識技術を適用して、微生物量の測定に成功した。また、環境管理技術 RI にて、電気泳動のスタッキング技術に基づく微生物濃縮法を開発し、1分以内に100倍以上の濃縮が可能なことを明らかにした。

水質改善技術に関しては、油分や窒素分、PPCPs、微生物など既存の水処理技術では処理困難な物質に対して、水処理技術として将来性が高く、かつ、発展途上国にも適したものとして、①膜分離活性汚泥法（MBR：メンブレンバイオリアクター）、②ナノ吸着材／光触媒型水処理法を開発した。①では、パイロットスケールシステムを2機作製し運転を開始した。本年度は油分の処理に高活性を示す微生物を探索するため、種汚泥の微生物組成を次世代シーケンサにより数万種レベルで明らかにし、油分解菌を同定するため安定同位体追跡試験（SIP）を行った。②では、従来の通水性の悪さや表面積の小ささを克服する材料として、シリケート系リン吸着剤を合成し、従来材と比較して極めて高いリン酸吸着容量をもつことを見出した。また、炭素系および鉱物系層状ナノ材料を合成し、中国で関心の高い PPCPs についての吸着特性を現地の水を用いて、清華大学と共同で評価するとともに、光触媒材料を炭素系層状材料の層間に保持することにより、吸着と分解が可能な複合材料を開発した。さらに、光触媒による滅菌および有害物質の分解技術を途上国に適用するため、タイで水質調査を行うとともに、タイおよびベトナムからの研究者を1ヶ月間受入れ、国際標準でもある産総研の光触媒性能評価法を指導した。

情報ネットワーク技術に関しては、水質監視データをネットワークを介してクラウド上に転送してデータ処理を行い、広域コミュニティーの送水・水処理システムにフィードバックして、安全で省エネ性に優れた水の循環利用システムを構築するための①データ送受信システム、②データ処理ソフトを開発した。すなわち、水質監視データを収集するため、環境管理技術 RI にて、データ送信ユニットを開発し、水晶振動子センサのデータを Twitter 上に転送するシステムを開発した。また、情報技術 RI にて、有線又は無線（ZigBee）技術で接続した

各種センサのデータを取得可能な Windows PC 用ソフトウェアおよび小型 Linux 装置を開発し、さらにそのデータをクラウド（Google App Engine）上に転送し、各データをグラフ表示可能にするとともに、環境管理技術 RI が Twitter 上に集積しているセンサデータの取得・グラフ表示も可能とした。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水問題、水質監視技術、水質改善技術、情報ネットワーク技術、スマートウォーター

［研 究 題 目］遺伝子解析データの国際整合を支援する新しい核酸定量技術の開発

［研究代表者］井原　俊英（計測標準研究部門）

［研究担当者］井原　俊英、齋藤　剛、山﨑　太一（計測標準研究部門）、関口　勇地（バイオメディカル研究部門）（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

当所（計測標準研究部門及びバイオメディカル研究部門）では、DNA チップ等における測定値の信頼性向上に資するべく核酸（DNA 及び RNA）標準物質の開発を行っており、DNA 標準物質については既に供給が開始されている。当該標準物質における核酸の定量用標準にはモノヌクレオチドが用いられるが、その純度評価が高精度にできないことが課題の一つとなっていた。そこで、精確な純度評価技術として可能性のある定量 NMR 法に着目し、モノヌクレオチドに含まれる^{31}P を指標とした定量 NMR 法（^{31}P NMR）の実用化を試みた。^{31}P NMR における定量精度の最適化を行ったところ、約 1%の精度で評価できる測定条件を見いだした。さらに、^{1}H NMR と定量値を比較したところ、測定ばらつきの範囲で一致する結果を得ることができた。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］核磁気共鳴分光法、^{31}P NMR、定量分析、核酸、ヌクレオチド、純度評価

［研 究 題 目］東北・北関東地域の公設研の技術の高度化支援事業

［研究代表者］高辻　利之（計測標準研究部門）

［研究担当者］高辻　利之、島田　洋蔵、廣瀬　雅信、黒川　悟、飴谷　充隆、岸川　諒子、堀部　雅弘、権太　聡、阿部　誠、佐藤　理、大澤　尊光、増田　眞文（常勤職員10名、他2名）

［研 究 内 容］

最終製品の電磁環境両立性（EMC）規制の厳格化や範囲拡大への対応、高精度化する部品の三次元測定機（CMM）による評価への対応などの「公設研の試験・評価技術の高度化」について、地方企業から公設研に要望が震災前から寄せられており、以前から各公設研にてこの「潜在的な要望」への対応を取り組んできた。しかし、今回の震災を受け、それらの活動が事実上停止した状況にある。効率的に技術の高度化を再開・推進するために、産総研が中核となって公設研の技術の高度化に必要となる評価技術や手法（プロトコルなど）の開発を進め、それらを活用した東北および北関東地域の公設研の評価技術の高度化支援を進めた。

EMC 分野においては、情報通信機器に対する1 GHz 超の放射性妨害波試験への迅速な対応のため、光伝送システムを用いた共通 EUT を開発し、巡回試験によって産総研オープンサイトにおけるリファレンス値と各サイトにおける測定値との差異を明らかにした。また、電源線を有する共通 EUT を開発し、VHF-LISN の有無による VHF 帯放射妨害波測定結果への影響を明らかにした。さらに、伝導性妨害波試験に用いる擬似電源回路網（LISN）について、前年度に開発した疑似素子による測定を行うとともに、実試験状態での LISN のインピーダンスを測定し、LISN とレシーバ接続用ケーブル間のミスマッチによるサイト間差異を明らかにした。

CMM 分野においては、公設研担当者が自ら保有する三次元測定機の精度検査だけでなく、県内企業の保有する三次元測定機に対しても検査、測定精度分析サービスを提供できるよう、配布済みのゲージの利用法、取得データの解釈法および使用上の注意についての講習会を行った。また、公設研を介した県内企業への技術移転・情報伝達として地域セミナーを開催した。さらに精密計測技術の移転の一環として、公設研担当者の技術講習会への派遣を支援した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］トレーサビリティ、放射性・伝導性妨害波試験、暗室性能評価、疑似電源回路網、三次元測定、形状測定、不確かさ評価

［研 究 題 目］産業応用における CT（コンピュータ．トモグラフィー）装置評価法の標準化に関する研究

［研究代表者］藤本　弘之（計測標準研究部門）

［研究担当者］藤本　弘之、阿部　誠、佐藤　理、高辻　利之、大澤　尊光（計測標準研究部門）、三澤　雅樹（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、豊川　弘之（計測フロンティア研究部門）（常勤職員6名、他1名）

［研 究 内 容］

これまで、X 線 CT 技術は、主に医療分野で人体の画像診断をする目的で使われてきた。近年、自動車をはじめとして産業分野で様々な用途に X 線 CT 装置等が導入され、利用されるようになってきている。X 線 CT 装置を使用することにより、対象物の内部の様子を観察するだけでなく、その三次元形状を測定することも可能に

なりつつある。このような動向の中で、CT 装置の測定精度を共通の手順により客観的・定量的に評価することが求められている。本研究は CT 装置に関する用語の JIS 化を進めるとともに適切な標準試料（ファントム、評価用ゲージ）を作製し、X 線 CT 装置に必要な品質や精度を示す数値的な指標を設定するための研究開発を実施する。H24年度は産業用 X 線 CT 装置の用語 JIS 原案作成委員会において作成した JIS 原案を JISC に提出した。また、ISO/TC213/WG10で審議が行われている X 線 CT 装置の性能評価手法について、ドラフトに記述されたファントムを作製し、持ち回り測定を実施した。得られた知見をもとに WG10への主張を行い、ドラフトの技術的懸案を解消するための評価法の提案を行った。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］産業用 X 線 CT 装置、三次元形状計測、評価法、工業規格化

［研 究 題 目］超高周波帯電磁波絶対強度センサと測定技術の開発

［研究代表者］島岡　一博（計測標準研究部門）

［研究担当者］島岡　一博、堀部　雅弘、木下　基、岸川　諒子、飯田　仁志
（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

無線情報伝送容量が指数関数的に増加し、これに対応するため、大容量の情報伝送が可能となる超高周波帯（100 GHz 超）の利用技術の開発が進められている。日本は、本技術の研究開発（公共放送中継等）で世界的に先行し実用化の一歩手前まで来ているものの、電波利用に関わる国際規制への適合性確認に必要な、電磁波測定技術（主に強度）の標準化が遅れているため、早急に超高周波帯標準計測技術を確立し産業界をサポートする必要がある。そこで本研究では、超高周波数帯において、センサ単体で絶対電力測定が可能な、「超高周波数帯（D バンド、110 GHz～170 GHz）電磁波絶対強度測定センサ」を開発し、現在実用化が準備されている超高周波帯（120 GHz）公共放送中継システムの放射電磁波強度評価に適用可能なことを実証し、さらに、電磁波強度測定における最大の誤差要因となる、電磁波反射の精密測定を行う為の超高周波帯反射係数測定評価技術の開発を目的とする。本年度は、D バンド超高周波電力比較校正装置を完成し、カロリーメータ標準器本体試作を行い、超高周波帯電力計の予備校正実験を実施した。また D バンド反射係数測定装置の開発を完了し、校正サービスを開始した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］高周波電力、D バンド、超高周波、電力標準、反射係数、カロリーメータ

［研 究 題 目］キログラムの再定義に向けた基盤技術の開発

［研究代表者］藤井　賢一（計測標準研究部門）

［研究担当者］藤井　賢一、倉本　直樹、早稲田　篤、上田　和永、水島　茂喜、日置　昭治、成川　知弘、黒河　明、東　康史
（常勤職員9名）

［研 究 内 容］

質量の単位であるキログラムは国際単位系（SI）の中で唯一人工物によって定義されている基本単位であり、その質量の歳月に伴う変動が報告されている。このため、2011年に開催された国際度量衡総会において、国際キログラム原器を将来廃止し、プランク定数に基づく定義へ移行することが採択された。計測標準研究部門では2011年にアボガドロ定数を世界最高精度で測定した実績があるが、再定義にあたっては更に高精度な測定が求められている。そこで、本研究では^{28}Si 同位体濃縮単結晶から作成された1 kg の球体の体積を1.5×10^{-8}、モル質量を8×10^{-9}、格子定数の均一性を1×10^{-9}の相対標準不確かさで評価し、これらの測定結果およびアボガドロ国際プロジェクト参加研究機関による測定結果からアボガドロ定数（プランク定数）を2×10^{-8}よりも良い世界最高精度で決定し、キログラムの再定義に必要な技術基盤を確立することを目標とする。

平成24年度は球体の体積測定高精度化のために、温度測定システムおよび分光エリプソメーターによる球体表面分析システムの開発を行った。また、球体表面の汚染物質が球体質量に与える影響を評価するために X 線光電子分光分析装置（XPS）を整備し、エリプソメトリーだけでは得られない汚染物質の定量分析の準備を進めた。モル質量測定については、濃縮同位体（^{28}Si、^{29}Si および^{30}Si）と試料となる^{28}Si 濃縮シリコン球体周辺の結晶を、フッ素樹脂（PFA）容器および器具を用いて溶液化し、マルチコレクター誘導結合プラズマ質量分析装置（MC-ICP-MS）を用いた同位体比測定を行なった。格子定数の均一性評価に関しては、X 線強度を向上させるための X 線集光素子を整備し、測定サンプルの温度安定性を向上させた。

現在、ドイル物理工学研究所（PTB）で球体の表面汚染除去のための再研磨が進行中であり、研磨終了後にアボガドロ国際プロジェクト参加国（日、独、伊、豪、国際度量衡局）による持ち回り測定が開始される予定である。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］国際単位系、SI、キログラム、質量標準、アボガドロ定数、プランク定数、^{28}Si

［研 究 題 目］回転軸ぶれ検出機能を有するインテリジェント・ロータリエンコーダの性能評

価法の確立

［研究代表者］渡部　司（計測標準研究部門）
［研究担当者］渡部　司、近藤余範、佐藤　理、藤本　弘之、権太　聡、高辻　利之（常勤職員6名）

［研 究 内 容］

近年、産総研「特許」の技術移転として、角度誤差を検出できる自己校正機能付ロータリエンコーダ（SelfA）に、新たな特許として回転軸ぶれ検出機能が付加された SelfA+が開発された。しかし新しい原理であることから評価技術が十分に発展しておらず、中小企業が海外進出・展開するにあたって障害となっている。そこで、このインテリジェント・エンコーダの中小企業による海外販売の促進を後押しするために、SelfA+の軸ぶれ検出機能を定量的に評価する技術を確立し、回転機器の安心安全、高寿命化に貢献できる基盤技術を確立する。エアベアリングのギャップを利用して、ボールによる外力により定量的に可変な軸ぶれを発生させる「軸ぶれ発生部」の機構と、レーザ測長により軸ぶれの XY 面での変位量を同時に測定できる「高性能軸ぶれ検出部」からなる「軸ぶれ性能評価装置」を開発した。研究開始当初は、直径の異なる SelfA+を開発し、当該装置にて評価する予定であったが、1つのセンサ基盤に3つの直径の異なる SelfA+を配置した「SelfA+軸ぶれ検出部」を開発し、これを「軸ぶれ性能評価装置」に内蔵することで、センサヘッドの個数の変化と直径の変化による軸ぶれ検出性能の定量的な評価とその比較を簡単にできる装置とした。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］長さ計測、角度、位置決め精度、計測技術

［研 究 題 目］有機化合物のスペクトルデータベース（SDBS）（研究情報の公開データベース化事業（RIO-DB））

［研究代表者］齋藤　剛（計測標準研究部門）
［研究担当者］齋藤　剛、衣笠　晋一、渡邊　宏、山路　俊樹、滝澤　祐子、浅井　こずえ、鍋島　真美、小野　千里（常勤職員4名、他4名）

［研 究 内 容］

RIO-DB でウエブに公開している有機化合物のスペクトルデータベース（SDBS）に、419化合物（内、125化合物は新規公開化合物）の質量分析（MS）127件、赤外分光（IR）406件、H-1核磁気共鳴（NMR）129件と C-13 NMR 133件のスペクトルを独自に測定、評価した上で公開した。すでに公開したデータのメンテナンスを行い、スペクトルのデータのメンテナンスを5件に対して行った。公開している SDBS のウエブページアクセスは、1日平均約14.5万件であった。ユーザからのコメントの対応を行った。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］有機化合物のスペクトルデータベース、SDBS、質量分析スペクトル、赤外分光スペクトル、核磁気共鳴スペクトル、ウエブ

［研 究 題 目］有機化合物のスペクトルデータベース（SDBS）のクラウド構築

［研究代表者］渡邊　宏（計測標準研究部門）
［研究担当者］渡邊　宏、齋藤　剛、衣笠　晋一（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

産総研内部および外部の関係するデータベースと連携し、知的基盤として高度化、発展させるため、また産総研の情報検索サーバのハードウェア環境が老朽化して安定的に運用していくことが難しくなったため、有機化合物のスペクトルデータベース（SDBS）を外部のクラウド環境へ移設するとともに機能を追加、修正した。

連携については、あらたに Web 検索 API を計画、実装し、計測・計量標準分野が知的基盤整備の一つとしてすすめる産総研 物質・材料データベースポータルへ組込むとともに、外部とのさらなる連携を可能にした。

利用者の利便性を高めるため、検索結果画面に化学構造図もあわせて表示する機能を追加して検索結果から目的とする化合物を見つけやすくし化合物 ID を用いて化合物情報ページへ直接アクセスできるようにポリシーを変更した。

運用面に関しては、スペクトルデータの拡充、整備など今後の運営方針を決めるのに活用するため、毎日見られているスペクトル数、良く見られるスペクトルの種類など、できるだけ具体的な利用実績を計量、把握できるように改良した。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］クラウド化、WebAPI、有機化合物のスペクトルデータベース、SDBS、質量分析スペクトル、赤外分光スペクトル、核磁気共鳴スペクトル、ウエブ

［研 究 題 目］骨導超音波知覚に関する標準化（骨導音の等ラウドネス曲線の推定）

［研究代表者］中川　誠司（健康工学研究部門）
［研究担当者］中川　誠司、伊藤　一仁（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

補聴器開発において特に重要となる知覚特性として“物理的音圧と心理的な音の大きさ（ラウドネス）の関係”を示すラウドネス特性が挙げられる。骨導超音波知覚のラウドネスのダイナミックレンジは20dB 程度と、可聴周波数と比較して極端に小さくなることなどが判っ

ているが、十分な量・質のデータが収集されたとは言い難い。十数 kHz の甲高い音として知覚される骨導超音波の知覚判断は容易ではなく、信頼性の高い厳密な手続きのもとで、統制のとれた心理計測を行う必要がある。また、概して高周波の聴取においては年齢差、個人差が大きくなるため、より多くの被験者のデータが必要となると考えられる。さらに、骨導超音波研究には先行報告が極端に少なく、心理物理計測のプロトコルや使用する機器についても標準となるものは存在しない。本提案課題では、上記のような諸問題についての検討を加えたうえで、気導可聴音で推定されているような等ラウドネス曲線の策定に取り組んだ。

2012年度は、昨年度までの検討結果に基づいて、実験機器や心理物理計測のプロトコルに関する方針、および安定した聴取試験結果を得るために必要な心理物理計測の量についての方針を決定した。さらに、振動子出力の補正方法にいくらかの再検討を加えつつ、ラウドネス特性データの収集を進めた。また、原案作成委員会の設置に向けて、委員会メンバーの選定、国内審議団体などの関係団体や協力機関との具体的な話し合いを進めた。また、標準素案（英文および和文）を作成した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］骨導超音波、ラウドネス特性、工業標準、補聴器

［研 究 題 目］電気活性高分子アクチュエータを用いた医療福祉機器実現のためのドイツ、フラウンホーファーIPA との国際連携研究

［研究代表者］安積　欣志（健康工学研究部門）

［研究担当者］安積　欣志、杉野　卓司、清原　健司（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

目標：

産総研で開発を行った電気活性高分子（EAP）アクチュエータ素子の積層・大型化技術をドイツ、フラウンホーファーIPA（生産技術・オートメーション研究所）と共同開発、この成果をもとに EAP デバイスの実用化開発を加速化することを目標とする。

研究計画：

EAP アクチュエータ素子の大型化・積層技術を開発し、リハビリロボットや、医療用無音ポンプに使用可能な、伸縮型アクチュエータデバイスのプロトタイプを作製する。産総研において、素子の材料構成を検討し、IPA において大型化、積層技術の検討を行う。素子レベルでは、問題となる伸縮量、応答速度と発生力のトレードオフの関係を大型化・積層技術で解決を行う事を目的とする。

進捗状況：

本年度は、まずシステム化技術の開発を行った。具体的には、フラウンホーファーIPA と共同で、産総研で開発を行った EAP 高分子アクチュエータを用いた薄型オートピペットのプロトタイプを作製し、Nanotech2013 の産総研ブースで展示を行った。プロトタイプ作製のために、アクチュエータ特性の測定データを基礎としたシミュレーションに基づくデザインの決定、およびプリント基板によるアクチュエータデバイス作製の手法を確立した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］電気活性高分子（EAP）、高分子アクチュエータ、積層、大型化、システム化、デバイス、プロトタイプ、医療用ポンプ、リハビリロボット、オートピペット

［研 究 題 目］研究情報公開データベースの強化事業

［研究代表者］馬場　哲也（計測標準研究部門）

［研究担当者］馬場　哲也、山下　雄一郎（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

科学技術を支える基盤情報である物質・材料の熱伝導率、熱拡散率、比熱容量、熱膨張率、放射率などの熱物性データを収録した「分散型熱物性データベース」はハードウェアメンテナンスや OS のアップデートの度にサービスの一時停止を余儀なくされている。本事業において連続的かつ安定的なデータベースサービスの実現を目的に、分散型熱物性データベースのクラウド環境への移行作業を実施した。具体的にはデータベース構造の変更ならびに閲覧プログラムの修正を行い、クラウド環境に適合したシステムとすることで、公開の準備を整えた。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］熱物性データベース、物質材料系データバンク、クラウド、知的基盤

［研 究 題 目］水素の液体燃料化技術と高効率利用システム技術の開発

［研究代表者］辻村　拓（新燃料自動車技術研究センター）

［研究担当者］辻村　拓、小熊　光晴、高橋　栄一、小島　宏一（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

産総研イノベーション推進戦略課題として実施。本プロジェクトでは、夜間や春秋季等のエネルギー需要に対して余剰となり得る再生可能エネルギーを液体燃料化し、エネルギーグリッド間、季節間の時空を超えた再生可能エネルギーの輸送・貯蔵・利用に係る技術の高度化を目指すものである。

これは将来の再生可能エネルギーの大量導入を支える技術であり、蓄電池よりも経済性、利便性に優れるものと期待される。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］再生可能エネルギー、エネルギーキャリ

ア、水素、液体燃料、電力平準化、蓄電池

［研究題目］生物・情報融合化解析システム

［研究代表者］町田　雅之（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］町田　雅之、小山　芳典、小池　英明、梅村　舞子、玉野　孝一、浅井　潔、堀本　勝久、光山　統泰、福井　一彦、関口　智嗣、小島　功、池上　努、油井　誠（常勤職員13名、他2名）

［研究内容］

次世代シークエンサーなどの革新的な生物解析技術を背景として、これまでに経験したことのない大規模な情報が短時間で生産されるようになった。この情報を効果的に利用して競争力を維持・向上させるためには、情報処理技術を中心として生物解析と密接な連携に基づいた総合的な技術体系、およびこれに基づいた解析システムの構築が必須である。

今年度は、アセンブリングを自動化し、遺伝子発見、アノテーションを含めて、未知微生物からの基本的な二次代謝遺伝子予測のためのパイプラインを構築し、数種の微生物の解析を実施した。これにより、これまで不明であった化合物の生合成遺伝子の同定に成功した。また、新たに比較ゲノム解析手法を用いた二次代謝遺伝子予測技術を開発し、多数の未知の二次代謝遺伝子の予測に成功した。これらの情報処理技術を用いて、アレイ解析と酵母のタンパク質生産性の向上に関わる遺伝子の解析、放線菌が生産する抗菌活性を有する低分子化合物の生産に関わる遺伝子の予測を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］次世代シークエンサー、バイオインフォマティクス、天然物化学、タンパク質生産、二次代謝

［研究題目］パラゴムノキラテックス増産を目指したゲノム解析と分子育種

［研究代表者］鈴木　馨（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］鈴木　馨、光田　展隆、鶴岡　直樹、藤原　すみれ（常勤職員4名、他3名）

［研究内容］

天然ゴムは、タイヤを中心とするゴム産業において必要不可欠な原材料であり、世界的な需要は増加の一途をたどっている。その一方で、アブラヤシとの競合や森林保全の観点などから耕地面積の拡大は難しいため、単位面積当たりの生産性を向上させることが重要な課題となっている。そこで、インドネシア技術評価応用庁（BPPT）、ブリヂストン、産総研の3者で連携してパラゴムノキにおけるラテックス生産性の向上を目指した分子育種の基盤技術構築をテーマに国際共同研究を実施している。天然ゴムは、パラゴムノキが産出するラテックスと呼ばれる乳液より生産される。我々は、パラゴムノキにおけるラテックス収量増加を目的として、遺伝子情報解析や植物バイオテクノロジー研究に基づいた分子育種のための基盤技術開発に関する研究を進めており、ラテックスの生産器官である乳管の形成機構の解明と形質転換技術の確立を目指している。平成24年度は、乳管形成の元となる形成層の形成機構を解析するためのモデル系において制御因子の候補遺伝子を複数見いだした。またパラゴムノキ培養細胞を用いた形質転換法の検討を行い、障害となる主要な条件を特定した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］パラゴムノキ、天然ゴム、ラテックス、分子育種

［研究題目］TPEC 活用パワーエレクトロニクス研究

［研究代表者］奥村　元（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

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

［研究内容］

地球温暖化抑制のために二酸化炭素排出量削減が叫ばれる中、電力損失の削減（省エネルギー化）に重要な技術として、SiC による超低損失デバイスを用いた高効率電力変換器（インバータ）の実現がパワーエレクトロニクス産業界から期待されている。そのために、これまで、富士電機アドバンストテクノロジー株式会社、アルバック株式会社と連携して大容量 SiC デバイスの実用レベルでの量産技術の共同研究を行った。H24年度は、さらに、住友電気工業株式会社、トヨタ自動車株式会社等16社、京都大学等5大学が参加する TPEC（Tsukuba Power Electronics Constellations）が開始した。本プロジェクトでは、デバイス開発だけでなく、実装技術の開発も行う。H24年度は、耐圧1200V の IE-MOSFET の応用側への供給を開始した。また、実装技術開発用の設備の導入と立ち上げを行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

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

［研究題目］有機薄膜太陽電池の屋内用途試験・評価方法の国際標準化の技術開発

［研究代表者］吉田　郵司（太陽光発電工学研究センター）

［研究担当者］吉田　郵司、他（太陽光発電工学研究センター、常勤職員2名）須田　洋幸、他（環境化学技術研究部門、常勤職員11名、他4名）、池上　敬一、他（ナノシステム研究部門、常勤職員3名）、古部　昭広、

他（計測フロンティア研究部門、常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究は、太陽光発電工学研究センターを中心に、有機薄膜太陽電池の屋内用途試験・評価方法の国際標準化を推進するために、産総研内の各ユニット（太陽光発電工学研究センター、環境化学技術研究部門、ナノシステム研究部門、計測フロンティア研究部門）との連携に基づいて、関連技術基盤の整備を集中的に行うことを目的としている。具体的には、有機薄膜太陽電池の劣化評価技術（シミュレーションを含む）、屋内性能評価技術等の確立を目指すものである。

本年度は、複数のユニット間で連携を進めるために、共通サンプル（小型セルおよびサブモジュール）の作製体制の構築を行い、様々なアプローチでの試験・評価方法を模索検討した。

発電層材料の劣化現象の解明に向けて、溶液状態で光酸化させた材料を用いてデバイスを作成し、構造変化と電池特性との相関を評価した。MALDI-TOF、GPC 等を用いた構造解析により、p 型高分子の低分子量化が電池特性低下の一因となっている可能性を見出した。また、ケミルミネッセンスを用いた酸化劣化機構解明のため、不飽和脂肪酸の酸化劣化に伴うスペクトル解析を行った。また、劣化モデル化合物に対し密度汎関数法を用いた励起状態計算を行い、実験結果との比較を行った。

発電層の光劣化について、熱刺激電流測定等を用いて太陽電池特性と電荷トラップとの相関を調べ、不可逆な光酸化劣化との相違を明確化した。また、熱劣化に関して、ドメインの小角 X 線散乱測定を行い、熱によるドメイン成長と太陽電池特性との相関を明らかにした。更に、共通小型セルの作製装置一式の導入と、サブモジュール試作のための塗布印刷装置の導入検討を行った。

周辺部材評価として、モデル封止膜を用いた劣化要因の内部への蓄積量計測法、および非破壊の劣化要因検出法などを検討した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］有機薄膜太陽電池、劣化解析、屋内性能特性、サブモジュール、国際標準化

［研 究 題 目］災害対応ロボットシステム開発

［研究代表者］横井　一仁（知能システム研究部門）

［研究担当者］横井　一仁、加藤　晋、尹　祐根、山野辺　夏樹、森川　泰、尾暮　拓也、水口　大知、神村　明哉、梶田　秀司、喜多　伸之、金子　健二、金広　文男、森澤　光晴、中岡　慎一郎、三浦　郁奈子、浅野　太、麻生　英樹、吉田　英一（以上、知能システム研究部門）、加賀美　聡、西脇　光一、トンプソン　サイモン（以上、デジタルヒューマン工学センター）（常勤職員21名、他3名）

［研 究 内 容］

東京電力福島第一原子力発電所廃止措置に向けた作業に貢献するため、各種災害対応ロボットシステムに関する研究開発を行なっている。

短期的な貢献として、本田技術研究所と共同で、東京電力の協力の下、原子炉建屋1階高所・狭隘部の環境計測を行うロボットシステムを開発してきた。東京電力が当該ロボットシステムの性能を事前評価した結果、同社より早期の現場投入の要望があったことを受けて、東京電力を加えた三社共同研究契約を締結し、福島第一原子力発電所での実運用に向けて準備を進めた。開発した高所調査用ロボットシステムは、産総研の担当した高所作業台車にホンダが開発したアームロボットを搭載した遠隔操作型のロボットシステムである。移動姿勢では、全高約1.8m、全長約1.8m、全幅約0.8m と原子炉建屋内の通路を通過できるサイズを保ちつつ、調査地点においては最大5.3m の高さまで全長約1.7m の11自由度アームロボットを持ち上げることができる。高所作業台車周囲には、カメラ、LED 照明、レーザーマーカが装備されるとともに、アームロボット先端には、カメラ、温度・湿度、線量計、測域センサが搭載されており、4時間以上の作業が可能なバッテリ、400m の光ファイバー通信線と合わせ、被ばくの危険の少ない場所から、遠隔操作により原子炉建屋の高所・狭隘部の調査を可能とするものである。システム安全設計の手順に従い開発を進め、高い安全性と信頼性を確保している。本ロボットシステムは、今後福島第一原子力発電所において、原子炉建屋における放射線量等の調査に活用される予定である。

この他にも、各種災害対応ロボットシステムのためのシミュレーション環境の構築、災害対応ヒューマノイドロボットに関する基盤技術の研究開発等を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］災害対応、東京電力福島第一原子力発電所廃止措置、高所調査用ロボットシステム

［研 究 題 目］エネルギー・生活支援情報の解析技術（絆プロジェクト）

［研究代表者］大場　光太郎（知能システム研究部門）

［研究担当者］大場　光太郎、谷川　民生、小島　一浩、梶谷　勇、麻生　英樹、松本　吉央、永見　武司、橋田　浩一、本村　陽一（サービス工学研究センター）、西村　拓一（サービス工学研究センター）、小林　吉之（デジタルヒューマン工学研究センター）（常勤職員11名）

［研 究 内 容］

災害時のコミュニティの重要性は、これまで阪神淡路

大震災の際の孤独死等の問題を機に注目されるに至った。今回の東日本大震災ではその経験を活かして、避難者を地域コミュニティ単位で避難所や仮設住宅へ割り振る等の処置がとられたが、コミュニティ形成の持つ問題を根本的に解決しているとは言い難いのが現状である。実際、被災地ではコミュニティの崩壊により、廃用症候群による高齢者の孤独死が深刻化しつつある。

一方で企業などが注目しているスマートコミュニティ技術は、エネルギー・情報・交通をつなぐことで、自律的な都市を構築し、活力あるコミュニティを構築する総合基盤インフラ技術であり、平成24年度科学技術重要施策アクションプランにも盛り込まれている。

しかしながら、ここでいうスマートコミュニティ技術は、コミュニティ形成の基盤インフラとはなりえるが、本来、街の基本となる人と人とのつながりを重視したコミュニティ（“つながり（絆)”）形成の支援方法としては十分ではない。つながり（絆）は基盤インフラの上に乗る具体的サービスコンテンツの一つと考えられ、このようなスマートコミュニティ技術上における具体的なサービスモデルについては、これまであまり議論がなされてこなかった。

そこで、産総研のような総合的に技術を有する機関が、スマートコミュニティ技術を被災地のモデル地区に導入し、そのインフラ上において、地域住民が本当に求める“つながり（絆)”形成といった具体的サービスの実証実験を先駆けて行い、その知見やノウハウを蓄積することで、企業が被災都市にスマートコミュニティ技術を導入する際の一助となることが早期に期待される。

H24年度は、震災によりコミュニティが崩壊した被災地の復興において、“つながり（絆)”を支援するサービスコンテンツを乗せるためのプラットフォームとして、仮設住宅（宮城県気仙沼市五右衛門が原仮設住宅）に、複数企業が資材などを無償提供し構築したトレーラーハウス拠点、および産総研が有するセンサーネットワーク技術を導入したスマートコミュニティインフラを構築し、つながり支援のための情報収集プラットフォームの構築を行い、人間工学実験審査を行ったうえで、①居住支援、②ライフケア、③情報支援、④エネルギー支援、⑤移動支援などの具体的なサービスモデルにおいて、情報の収集・蓄積を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］生活支援ロボット、復興支援、つながり、絆、コミュニティ

［研 究 題 目］【FS】土壌と食品に係る放射性物質リスク管理技術の開発
［研究代表者］駒井　武（地圏資源環境研究部門）
［研究担当者］駒井　武、張　銘、川辺　能成、坂本　靖英、保高　徹生（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

本研究では、放射性物質による土壌および食品における汚染物質の負荷や動態に係るリスク管理技術を確立し、調査や除染の効率化をはじめ、外部研究機関や所内研究協力のもと、リスク・コミュニケーションや復興方策の策定に寄与できる中立的・公共的立場による基盤技術の提供を目的とする。

放射性物質の現場調査・モニタリング技術の開発では、福島県内の土壌及び環境水を対象として、迅速かつ高精度な調査を可能にするためのモニタリング技術の開発と現場における検証を行った。現場で利用可能な可搬型分析装置を導入し、山林や農地における放射性物質の分布特性を調査するとともに、その精度と適用性を検討した。また、環境水などを対象にして、吸着材料を用いた簡易型モニタリング装置を開発し、福島県内の現場で実証的な試験を行うとともに、プルシアンブルーを用いた捕集装置については特許を出願した。

土壌から植物への移行特性に関する評価技術の開発では、福島県農業総合センターなどとの共同研究により放射性物質の土壌から水域への移動性、さらにはコメやムギなどの植物への移行特性に関する評価を実施した。また、福島県内で土壌ポット試験を行い、土壌種や環境条件を反映した移行係数の不確実性解析およびリスク評価用のパラメータ整備を行った。さらに、産総研の所有する土壌物性データベースを用いて再評価した移行係数の結果とポット試験の実測値を比較検討した。

放射性物質の環境中の移動性や移行特性の検討では、放射性物質の環境動態に関する調査・解析データをもとに、土壌から食品への移行特性を反映した数値モデルを作成した。地圏環境リスク評価システム（GERAS）を基礎にして、安全科学研究部門が所有する水系暴露評価システム（AIST-SHANEL）を組み込むための検討を行った。福島県内の阿武隈川水系に AIST-SHANEL を適用して、河川を通じた放射性物質の移行について数値シミュレーションを行い、上記の環境モニタリングの結果と比較検討して、開発した数値モデルの検証を行った。

放射能リスク管理手法および基盤情報の整備では、地質情報研究部門との共同作業により、福島県における地質および地形情報の3次元可視化に向けての実証的な検討を行った。また、放射線防護のための新素材の設計および試作を行い、福島県内の企業と共同で試作品の適用可能性について評価を行った。さらに、土壌や食品の調査、モニタリング、検査、並びにその結果を検証するための基盤技術を整理し、調査手法、環境モニタリング技術、リスク管理技術および技術資料などの具体的な形で研究成果を社会に発信した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］放射性物質、セシウム、リスク管理、土壌汚染

［研 究 題 目］土壌と食品に係る放射性物質リスク管理技術の開発

［研究代表者］齋藤　則生（計測標準研究部門）

［研究担当者］齋藤　則生、柚木　彰、海野　泰裕（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

東京電力福島第一原子力発電所の事故以降、放射性物質による食品の汚染が懸念され、多くの検査機関で放射能測定が行われている。検査機関では測定装置を校正して分析を行っているが、正しい測定ができている確証が得られない場合がある。そこで、放射能の値が分かっている認証標準物質を用いることによって、妥当性の確認が容易となるよう、認証標準物質の開発に取り組んだ。

これまで、放射能濃度の標準供給範囲の下限は、20000 Bq/kg であったため、一般食品の基準値である100 Bq/kg より相当程度大きい。そこで、放射能分析の信頼性の向上に向けて、標準供給範囲の下限値を2 Bq/kg に拡大した。標準物質の製作は、（独）農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所と共同で行った。対象はニーズの最も大きい玄米とし、放射性セシウムを含む玄米の認証標準物質を8月31日に頒布を開始した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］放射能、放射性セシウム、玄米、認証標準物質

［研 究 題 目］地下微生物で切り拓く資源創成型 CCS 技術の開発

［研究代表者］中尾　信典（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］中尾　信典、當舎　利行、坂田　将、吉岡　秀佳、竹内　美緒、持丸　華子、片山　泰樹、田中　敦子、坂本　靖英、加野　友紀、鎌形　洋一、玉木　秀幸、鈴村　昌弘、鶴島　修夫、山田　奈海葉、塚崎　あゆみ、中里　哲也、東野　晴行、井上　和也（常勤職員13名、他1名）

［研 究 内 容］

1）CCS と微生物機能の融合効果の実証

深部地下環境を忠実に模擬する高静水圧培養システムを構築し、同システムを駆使して高温高圧かつ嫌気条件下でメタン生成菌を培養することに成功した。また、メタン生成菌の培養期間中、経時的に溶存ガス成分（メタン、水素、二酸化炭素）をモニタリングした結果、いずれの成分についても再現性のある正確な測定結果を得ることができた。

国内油ガス田環境における原油分解メタン生成ポテンシャルの評価を行い、CCS と微生物機能の融合効果の実証試験に適合する油ガス田の選定を試みた。その結果、国内山形県新堀油田の油層試料から明確な原油分解メタン生成ポテンシャルを検出した。

2）CCS と微生物機能の融合のためのリスク評価

CCS と微生物機能の融合技術の実用化を念頭に、CO_2注入サイトとその近傍の一次リスク評価として、次の研究を行った。

・地中：枯渇油田を対象とした二酸化炭素注入プロセスに、生物プロセスを取り込んだ物理的な地層モデルと、油層条件を考慮した基本的な貯留層モデルを構築した。また、坑井周辺の地質条件と坑井からの漏洩リスクの関係を分析した。

・海中：CO_2の海底へ漏洩によって海底泥層から溶出すると危惧される微量金属およびリンの環境影響評価の準備として、高感度な実験手法を確立した。実海域における CO_2漏出実験を行い、堆積物中のリン含量の変化は顕著ではないことを観察し、CO_2漏洩の影響は小さい可能性を把握した。さらに、海域のシミュレーション手法を整備し、海水中の CO_2濃度や pH の変化を定量的に捉えられることを確認した。

・大気：CO_2圧入気体の漏洩を想定した一次リスク解析を実施し、注入 CO_2が全量定常的に漏出する極端なシナリオでも居住域に健康影響のないことを確認した。

・注入サイト周辺：産業リスクの分析手法によって一次リスク解析を行うとともに、突発的な排出に対応できるモデルの開発を進めた。

［分　野　名］地質、ライフサイエンス、環境・エネルギー

［キーワード］高静水圧培養システム、メタン生成菌、原油分解メタン生成ポテンシャル、微生物を利用した CO_2地中貯留、CCS、リスク解析、環境影響

［研 究 題 目］重金属類土壌汚染調査評価及びリスク低減方策に関する技術開発

［研究代表者］張　銘（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］張　銘、川辺　能成、原　淳子、坂本　靖英、保高　徹生、井本　由香利、杉田　創、星野　美保子、昆　慶明、高木　哲一、鈴木　正哉、駒井　武、月村　勝宏（常勤職員13名）

［研 究 内 容］

「土壌汚染対策法」の改正に伴う土壌汚染の原位置浄化の高いニーズと、東日本大震災の津波によって発生した大量の津波堆積物に含まれる汚染物質への緊急対策を背景に、本研究では、関連調査技術、浄化技術及びリスク評価技術に関する体系的研究開発を民間企業および他研究機関との研究協力のもと実施し、技術の実用化と普及による社会への還元を行う。具体的に、汚染物質濃度のオンサイト計測技術、汚染物質のミクロな存在形態に関する検討、土壌有機物質の存在や鉱物組成が浄化効率に及ぼす影響の検討、酸性電解水及び動電学的手法を用いた浄化技術の開発並びに地盤における汚染物質の移行評価と環境リスク評価技術の開発を行う。2年目である

今年度では、昨年度の成果を踏まえ、汚染物質濃度のオンサイト測定技術の実用化、汚染物質のミクロな存在形態の評価、土壌の鉱物組成及び有機物質が浄化効率に及ぼす影響、ならびに動電学的手法を用いた浄化技術の開発を中心に研究を進めた。その結果、以下に示す知見が得られた。

汚染物質濃度のオンサイト計測技術については、実現場での実証に成功を収め、実用できる段階に至っていることを明らかにした。汚染物質のミクロな存在形態の評価については、沈降分級及び蛍光 X 線分析による形態分析が可能であることを明らかにした。土壌の化学的成分、鉱物成分、有機物含有量及びイオン交換容量などが鉛などの溶出特性及び浄化効率に強い相関性があり、これら土壌の性質を土壌洗浄及び原位置浄化の成否判断に関する指標として利用可能であることを明らかにした。動電学的手法を用いた浄化技術の開発については、実際の浄化設計に有用なデータを取得でき、民間企業による小規模現場実証試験への適用までに至った。今後は計画に基づく更なる研究・開発を重ね、リスク評価に基づく浄化技術の開発に重点を置きながら、現状の民間企業との共同研究を拡大し、関連技術の実用化と普及を推進していく予定である。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］土壌汚染、重金属類、調査技術、浄化技術、リスク軽減

［研 究 題 目］光で自在に操る有機新材料の応用分野の開拓

［研究代表者］則包　恭央（電子光技術研究部門）

［研究担当者］則包　恭央、秋山　陽久、吉田　勝、阿澄　玲子、牛島　洋史（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

研究代表者らはこれまでに、産総研オリジナルの材料である、「光で溶ける有機材料」（2010年12月プレスリリース）、および「光による液化－固化を繰り返す材料」（2012年4月プレスリリース）の開発に成功している。これらの材料は、光で固体と液体間の直接変換が可能であることに加え、繰り返し使用できることから、原理的に低環境負荷なプロセス材料等への応用が期待され、産業界から注目を集めている。本研究では、実際に企業連携を促進するために、用途に沿った材料物性のチューニングや、試作品の製作等の応用について研究する。

H24年度は、企業との連携可能性が高いと考えられる応用分野として、フォトリソグラフィー分野および接着・粘着技術分野について研究を行った。フォトリソグラフィー分野においては、基礎物性のチューニング及びパターン作成技術開発を行った。一方で、接着・粘着分野においては、新規材料開発及び接着特性の評価を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス分野、ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］光応答性材料、フォトリソグラフィー、接着、粘着

［研 究 題 目］上海交通大学との連携ラボを活用した国際共同研究支援事業

［研究代表者］久野　敦（糖鎖医工学研究センター）

［研究担当者］久野　敦、梶　裕之、後藤　雅式、成松　久、松田　厚志（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

これまで当センターは、中国上海交通大学の研究者と共同研究を行い、中国での糖鎖研究（特に糖鎖バイオマーカー）を推進してきた。さらに平成23年4月には産総研－上海交通大学間連携グライコプロテオミクス（GPomics）ラボを上海交通大学に設立し、日中での糖鎖バイオマーカー関連の疾患早期診断技術開発を進めている。本提案では上海交通大学との共同研究を推進し、国内民間企業と協力し産総研発糖鎖解析技術の中国市場への参入を図ることを目標とした。また上海交通大学を中心とした日中間での共同研究の促進のため、人的交流・情報発信を進めていく。同時に「進化型 GPomics 技術」を開発することにより、国際開発競争力を強化する。

これらを達成するために本年度は以下の2つの課題について取り組んだ。①進化型 GPomics 技術開発と中国での応用展開：これまでに無い感度や網羅性を実現する進化型 GPomics 技術シーズの FS 試験を実施した。その結果、2つの技術について系の確立が見込まれた。②産総研発 GPomics 技術普及：GPomics 技術の中国研究者への橋渡しを進めた。将来中国の糖鎖研究を担う大学院生が国費留学生として9月より1年間滞在することになったため、本年度は産総研発糖鎖解析技術であるレクチンアレイの応用技術について半年間指導した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］グライコプロテオミクス、糖鎖バイオマーカー、日中共同研究、技術移転

［研 究 題 目］筑波大・企業三者連携による創薬支援技術の開発

［研究代表者］池原　譲（糖鎖医工学研究センター）

［研究担当者］池原　譲、久保田　智巳、古川　功治、山崎　和彦、村木　三智郎、本間　一弘、松田　圭司、菅生　康子、都　英次郎、広川　貴次、榊田　創、金載　浩、鳥村　政基、愛澤　秀信、佐藤　浩昭、岡崎　俊也、湯田坂　雅子、小倉　睦郎（常勤職員18名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、平成23年2月のアステラス製薬、筑

波大学との各機関トップの合意に基づき、三者連携活動として「バイオイメージング法」と「Fragment evolution（FE）法」の研究開発を行い、創薬支援技術の深化を進めることにある。ライフ分野のみならず、情エレ、環エネ、ナノテク各分野の産総研メンバーが結集し、それぞれの持つ独自の技術を融合させつつ、アステラス製薬と筑波大学との連携形態を構築している。

バイオイメージング法の目標は、筑波大とアステラス製薬で議論されている中性子線捕捉療法（BNCT）の適応拡大を実現できる関連技術の開発と、PET 画像検査を個別化医療へと進化させるためのコア技術の開発であり、産総研の技術アドバンテージをベースにした装置製造開発を実施している。一方で FE 法の目標は FE 法の技術革新であり、その実現のため、アステラス製薬の蛋白質発現・精製、結晶調製、X 線結晶構造解析、化合物設計・合成に関する技術と、産総研の知財取得技術、ノウハウを中心とした独自の蛋白質発現・精製技術、結晶化支援技術、溶液構造解析技術、インシリコ化合物設計技術の融合を進めている。

平成24年度の予算獲得による研究推進の結果、目覚しい進展が得られるに至った。特筆すべきは、「バイオイメージング法」研究における、手術低侵襲性化をめざした画像支援システムに必要な近中赤外線カメラの開発成功（特許出願済）と「FE 法」研究における、世界的に社会貢献度の高い NTD（Neglected Tropical Diseases：顧みられない熱帯病）治療に向けた標的分子構造の決定であり、創薬支援技術の深化に貢献した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］バイオイメージング、がん、低侵襲性医療、個別化医療、創薬支援技術、顧みられない熱帯病、結晶調製、X 線結晶構造解析、

［研 究 題 目］高性能磁石の資源循環プロセスの開発

［研究代表者］中村　守
（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］中村　守、小林　慶三、尾崎　公洋、西尾　敏幸、高木　健太、中山　博行、森下　翔、多井　豊、大橋　文彦、多田　周二
（サステナブルマテリアル研究部門）、
赤井　智子
（ユビキタスエネルギー研究部門）、
田中　幹也、小山　和也、成田　弘一、大石　哲雄、大木　達也、古屋仲　茂樹、西須　佳宏、林　直人
（環境管理技術研究部門）、
森本　慎一郎
（イノベーション推進本部）
（常勤職員20名）

［研 究 内 容］

グリーンイノベーションに不可欠な高性能磁石（Nd-Fe-B 系磁石）を安定供給するための技術開発を産業界の意見（産業競争力懇話会：COCN）を反映しながら推進する。これまでに、廃棄ハードディスクなどの小型電子部材から磁石を物理的に選別・粉砕する技術を確立しているが、この物理的プロセスの高度化、元素毎の回収を目指した化学処理プロセスの開発、物理的プロセスで回収した粉末から低コストで高性能磁石を再生するための技術開発を行った。物理的プロセスの高度化においては、ハードディスクドライブからネオジム磁石を含むボイスコイルモータを自動でくり抜く HDD-CS を開発した。また、エアコンのコンプレッサ内のロータから、ネオジム磁石を回収するため、コンプレッサに使われる磁石の種類、形、ロータの形状を調べた。さらに、高性能磁石の利用分野、使用済磁石の回収ルート、磁石の分別方法などについても調査した。

物理プロセスで得られた粉末を磁石へ再生するため、粉末をさらに機械的合金化法などで短時間処理することでアモルファス化し、再焼結した。機械的合金化法の処理時間や焼結温度を調整することで磁石の再生化は可能であったが、結晶成長制御は困難であった。また、不純物として含まれる遷移金属により再生された磁石の特性はかなり低いことがわかった。産業界からは、磁石のまま再生するより重希土類の省使用化技術と連携した再生化が要望され、重希土類を効率的に分離する技術を検討する必要があることがわかった。

化学処理プロセスの開発においては、ネオジムとジスプロシウムの相互分離の最適条件を求めるため、酸性有機リン試薬である PC88A による両元素の溶媒抽出における平衡定数を検討し、両元素の抽出挙動を定量的に計算することを可能とした。化学処理プロセスへいかに高濃度の重希土類を含む分別資源を提供できるかが化学処理プロセスのコスト低減につながるものと考えられる。特に、形状が複雑で磁石の取出しが困難な対象物に対しては、溶解法を利用したパイロリサイクル技術が有効であることがわかった。

高性能磁石の資源循環に対してはリサイクル技術の強化へシフトするとともに、重希土類の省使用化技術と連携した技術開発を行う必要がある。また、磁石の回収システムはまだ社会的にも構築できておらず、磁石のマテリアルフロー調査、回収のしくみ作りも併せて検討する必要がある。

［分　野　名］ナノテク・材料・製造

［キーワード］高性能磁石、重希土類元素、リサイクル、粉砕、HDD、コンプレッサ、ネオジム、ジスプロシウム、溶媒抽出、焼結、資源循環、パイロリサイクル

(3) 外部資金

中期目標や中期計画で定められているように、産業技術総合研究所は、業務の効率的な実施による費用の低減、自己収入の増加その他の経営努力により財務内容の改善を図ることとなっており、そのため、外部資金や自己収入の増加と固定的経費の割合の縮減に努めている。

外部資金の多くは、各省庁からの様々な制度に基づく委託研究費で、その多くが、公募型資金となってきている。産業技術総合研究所が受け入れる外部資金は、制度的には、主に受託研究として受け入れられ、研究終了後それぞれの委託元に詳しい成果報告がなされている。

平成24年度に受け入れた受託収入等の状況

資　　金　　名	件数(ﾃｰﾏ)	決算額(千円)
受託収入		12,450,033
(1)　国からの受託収入		5,270,701
1)経済産業省		3,921,225
インフラ・システム輸出促進調査等事業	1	1,198,712
メタンハイドレート開発促進事業	1	827,717
日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業	2	537,850
産業技術研究開発	4	333,381
地層処分技術調査等委託費	2	286,861
国際標準化推進事業委託費	11	111,543
石油資源遠隔探知技術研究開発	1	110,407
二酸化炭素回収・貯蔵安全性評価技術開発事業	1	107,010
キッズデザイン製品開発支援事業	1	95,010
水素ネットワーク構築導管保安技術調査	1	63,227
エネルギー使用合理化技術開発等	1	61,180
石油精製業保安対策事業	1	50,912
医療機器等の開発・実用化促進のためのガイドライン策定事業	1	52,547
国内資源開発基礎情報取得等事業	1	51,843
その他	3	33,026
2)文部科学省		467,752
科学技術基礎調査等委託事業	2	228,294
科学技術試験研究委託事業	6	215,972
原子力基礎基盤研究委託事業	2	23,486
3)環境省		749,537
核燃料サイクル施設安全対策技術調査	1	399,462
地球温暖化対策技術開発・実証研究事業	1	292,984
試験研究調査委託費	5	47,968
環境研究総合推進費	2	9,124
4)その他省庁	17	132,187
(2)　国以外からの受託収入		7,179,331
1)新エネルギー・産業技術総合開発機構	39	3,088,767
2)その他公益法人	346	3,132,038
3)民間企業	168	947,848
4)受託出張		10,679
その他収入		10,436,813
(1)　資金提供型共同研究収入		3,357,545
(2)　知的所有権収入		261,380
(3)　外部グラント（個人助成金の間接経費分）		638,343
(4)　その他		6,179,546
合　　計		22,886,846

※ 千円未満四捨五入のため、合計と一致しないことがあります。

1）国からの受託収入

【経済産業省】

(1) インフラ・システム輸出促進調査等事業

我が国の経済再生の重要な役割と期待される次世代自動車製造等に必要不可欠なこれらレアメタル資源を安定的かつ早急に確保するため、資源供給国に対して、我が国の産学官連携のコンソーシアム体制の下、レアメタル資源の安定確保を目指している先進各国等の専門機関・大学等との抽出・回収技術共同研究、レアメタル鉱床の共同調査を実施し、レアメタル資源国への戦略的かつ総合的なアプローチを図ることで、我が国へのレアメタル資源の安定供給確保を行うための経費。

平成24年度は、12.0億円で事業を実施した。

(2) メタンハイドレート開発促進事業

日本周辺海域に相当量の賦存が期待されているメタンハイドレートを将来のエネルギー資源として利用可能とするため、平成 28 年度までに経済的に掘削、生産回収するための研究開発を実施し、我が国のエネルギー長期安定供給の確保に資する研究を実施するための経費。

平成24年度は、8.3億円で事業を実施した。

(3) 日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業

日本国経済産業省と米国エネルギー省間で合意した日米クリーン・エネルギー技術アクションプランに記載されている5分野のうち、「基礎科学」分野および「その他の再生可能エネルギー技術」分野を対象とし、米国エネルギー省傘下の国立研究機関等と共同研究開発を実施するための経費。

平成24年度は、5.4億円で事業を実施した。

(4) 産業技術研究開発

化学物質審査規制法等での適用を想定しつつ、多様なナノ材料のリスクを合理的かつ効率的に評価・管理するための枠組みを構築するため、その基盤となるナノ材料の有害性評価の手法開発を行う。ナノ材料に関する日本主導の安全性評価・管理技術の確立によって産業界の国際競争力の向上に資することを目的とする経費、他。

平成24年度は、3.3億円で事業を実施した。

(5) 地層処分技術調査等委託費

我が国において原子力エネルギーを継続的に利用していく上で、原子力発電及び核燃料サイクルに伴って発生する放射性廃棄物の処理処分対策を着実に進める必要があり、高レベル放射性廃棄物等の地層処分においては、多重バリアシステムによって長期的な安全確保がなされる。この処分システムの成立性や安全性に係る信頼性を一層高めていくため、天然バリアである

深部地質環境の状況把握と将来変化に係る調査評価手法の高度化開発を行うための経費。

平成24年度は、2.9億円で事業を実施した。

(6) 国際標準化推進事業委託費

ISO/IEC ガイド71の理念に基づくアクセシブルデザインを志向した製品・環境・サービスの体系的技術を開発し，それに係る一連の国際規格原案をISO/TC159（人間工学）及び TC173（福祉用具）に提案することを目的とする経費、他。

平成24年度は、1.1億円で事業を実施した。

(7) 石油資源遠隔探知技術研究開発

人工衛星を利用した高度リモートセンシング技術を石油等の資源探査に活用するための基盤技術を活用するため、人口衛星から得られる画像データの処理解析技術等の研究を実施するた めの経費。また、我が国の喫緊の課題である大陸棚延長の可能性のある海域における資源地質調査等を行うため、大水深域を対象とした資源探査技術・データの蓄積を図るための経費。

平成24年度は、1.1億円で事業を実施した。

(8) 二酸化炭素回収・貯蔵安全性評価技術開発事業

CCS 実用化に向けて安全性評価のために、弾性波探査（反射法）を補完するモニタリング技術の開発に加えて、モニタリング技術そのものを補完する観点から弾性波探査で検知が困難と考え られる小規模な断層や薄い砂泥互層などの地質構造の遮蔽性能を評価する技術の開発、及びそれら基盤となる知見やデータの取得・整備を総合的に行い、CO_2挙動評価精度の向上とモニタリング・コストの低減化を目指すための経費。

平成24年度は、1.1億円で実施した。

(9) キッズデザイン製品開発支援事業

子どもを安全かつ安心して生み育てられる生活環境の整備に向けて、消費者庁・医療機関などに収集された事故情報をもとに原因究明等を行い、得られる科学的知見を企業や業界団体に提供することで、事故予防に配慮された安全・安心な製品開発や業界標準の作成を支援すると共に、 安全安心設計のものづくりを産業界が積極的かつ持続的に推進していく体制の構築を目指すこと を目的とした研究を行うための経費。

平成24年度は、1.0億円で実施した。

(10)水素ネットワーク構築導管保安技術調査

一般需要家向けの水素のパイプライン供給に際して、保安確保のために必要となる導管等のガス工作物について、そのネットワークとしての運用に係る安全基準や工法等の具体的措置を明確化するため、これに有用な基盤技術、知見を整理し、ガス事業法の技術基準等の見直しに反映 させることで、水素ネットワーク社会構築における保安確保を図るための経費。

平成24年度は、0.6億円で事業を実施した。

(11)エネルギー使用合理化技術開発等

植物を用いた医薬品原材料・ワクチン・機能性食品等の有用物質生産プロセスの開発およびその実証を産学官連携の下で実施することにより、二酸化炭素排出削減効果のある省エネ型革新製造プロセスを確立するとともに、次世代ものづくり産業基盤を構築するための経費。

平成24年度は、0.6億円で事業を実施した。

(12)石油精製業保安対策事業

最近問題となっている支燃性ガスを含む様々な混合ガスの爆発事故被害を予測出来るシミュレーション技術を、実験的計測により解析・評価を行い、これらのガスを安全に取り扱うために必要 な措置の調査検討を行うとともに、石油精製プラント及び石油化学プラントにおいて爆発事故が発生した際のプラント内外への被害を予測するための手法の開発を目指すための経費。

平成24年度は、0.5億円で事業を実施した。

(13)医療機器開等の開発・実用化促進のためのガイドライン策定事業

医療機器開発の迅速化と薬事法の承認審査の円滑化を目的とした、個別の革新的な医療機器分野毎に生物学的評価基準を軸とした工学(力学、化学、電気、情報)的な評価基準を「開発ガイドライン」として作成するための経費。

平成24年度は、0.5億円で実施した。

(14)国内資源開発基礎情報取得等事業

近年、日本周辺海域における石油・天然ガス、海底鉱物資源（海底熱水鉱床とコバルトリッチクラスト）等の資源の開発の可能性が指摘され、開発が進展する可能性が生じている。本事業では 日本周辺海域の地質情報を収集・整理して、国民経済上特に重要であり、その安定的な供給確保が特に必要な石油、天然ガス等の鉱物の鉱区候補地の指定や資源探査許可申請への対応のための基礎情報を整備するための経費。

平成24年度は、0.5億円で事業を実施した。

(15)その他3テーマ0.3億円

【文部科学省】

(1) 科学技術基礎調査等委託事業

沿岸海域に存在する6つの活断層を対象として、地震調査研究推進本部が今後長期評価等を行うために必

要となる、活断層の活動履歴や位置・形状に関するデータの取得を目的とした調査 観測・分析を実施する等のための経費。
平成24年度は、2.3億円で実施した。

(2) 科学技術試験研究委託事業
「ライフサイエンス」、「情報通信」、「環境」、「ナノテクノロジー・材料」、「防災」の5分野において、文部科学省が設定した課題等に関する研究開発を実施するための経費。
平成24年度は、2.2億円で実施した。

(3) 原子力基礎基盤研究委託事業
基礎的・基盤的原子力研究を推進するとともに、政策ニーズに基づく重点化を図りつつ、将来の応用までを視野に入れた研究を推進することにより、原子力分野の研究基盤の重点的な強化、および持続的・安定的な原子力技術の向上を図るための経費。
平成24年度は、0.2億円で実施した。

【環境省】
(1) 核燃料サイクル施設安全対策技術調査
放射性廃棄物の地層処分に係る概要調査などの立地段階における調査のガイドライン、調査結果のレビュー及び安全審査時に必要な安全評価手法の構築とその手法を適用した安全評価に資する知見・データの整備に資する研究実施のための経費。
平成24年度は、4.0億円で事業を実施した。

(2) 地球温暖化対策技術開発・実証研究事業
我が国の地熱発電開発事業は、温泉との共生を図っていかなければ進展しないことから、温泉に対する悪影響がない発電が可能であることを実証する総合的な地熱貯留層管理システムを開 発し、当該システムの有効性を検証するための経費。
平成24年度は、2.9億円で実施した。

(3) 試験研究調査委託費
環境省設置法第4条第3号の規定に基づき、関係府省の試験研究機関が実施する公害の防止並びに自然環境の保護及び整備に関する試験研究費を「地球環境保全等試験研究費（公害防止等試験研究費)」として環境省において一括して予算計上し、その配分を通じて国の環境保全に関する試験研究の総合調整を行うための経費。また、地球温暖化分野を対象として、各府省が中長期的視点から計画的かつ着実に研究機関で実施・推進されるべき研究で、地球環境保全等の観点から(1)現象解明・予測、(2)影響・適応策、(3)緩和策、などをテーマとする研究課題を実施するための経費。
平成24年度は、0.5億円で実施した。

(4) 環境研究総合推進費
環境問題が人類の生存基盤に深刻かつ重大な影響を及ぼすことに鑑み、様々な分野における研究者の総力を結集して学際的、国際的な観点から総合的に調査研究及び技術開発を推進し、もって持続可能な社会構築のための環境保全に資することを目的とした経費。
平成24年度は、0.1億円で実施した。

【その他省庁】17 テーマ1.3億円

２）国以外からの受託収入
(1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構
平成24年度は、39テーマを30.9億円で実施した。

(2) その他公益法人
平成24年度は、346テーマを31.3億円で実施した。

(3) 民間企業
平成24年度は、168テーマを9.5億円で実施した。

(4) 受託出張
平成24年度は、受託出張の経費0.1億円を受け入れた。

３）その他収入
(1) 資金提供型共同研究収入
平成24年度は、民間企業から30.5億円、民間企業以外から3.0億円の合計33.6億円の資金提供を受け共同研究を実施した。

(2) 知的所有権収入
平成24年度は、当所が所有する産業財産権等を企業等に利用させた実施料収入等として2.6億円を獲得した。

(3) 外部グラント
平成24年度は、科研費補助金及び研究助成金の経理委任収入（間接経費分）として6.4億円を受け入れた。

(4) その他
平成24年度は、計量標準供給業務・計量教習業務による手数料収入、地質図幅等の頒布収入、産学官連携活動の一環として当所施設内で連携先が共同研究等を行うときの経費負担収入及び国等からの機関補助金等として、61.8億円を受け入れた。

1)　国からの外部資金

①【経済産業省】

・インフラシステム輸出促進調査等事業

［研 究 題 目］持続的資源開発推進対策事業

［研究担当者］高木　哲一、渡辺　寧、大野　哲二、村上　浩康、実松　健造、星野　美保子、森本　慎一郎、昆　慶明、申　基澈、堀内　悠、徐　維那、Jacqueline Vidal Satur、恒松　麻衣子（地圏資源環境研究部門）、佐藤　大介、原　英俊（地質情報研究部門）、大竹　翼（北海道大学）（常勤職員9名、その他7名）

［研 究 内 容］

本事業は、平成23年度補正予算（1年繰り越し）により、資源エネルギー庁から受託したものである。本事業は、1）レアメタル選鉱・製錬技術開発・資源評価技術の高度化、2）遠隔地大規模レアアース鉱床での探査・現地選鉱技術開発、3）レアメタルグリーンフィールドでの資源ポテンシャル評価、4）世界的レアアース資源量評価とマテリアルフロー解析の4項目で、地圏資源環境研究部門を中心に、地質情報研究部門の協力により実施された。

1)では、平成23年度に導入した選鉱実験施設の高度化として、高電圧パルス選択性粉砕装置（SELFRAG LAB)、小型浮遊選鉱器、蛍光 X 線分析装置、FT-IR 全反射ユニットを導入し、レアアース鉱物の分離・抽出能力および選鉱物の解析技術の向上を図った。また、資源評価技術の高度化として、MLA（鉱物単体分離解析装置）の EDS 増設および高精度年代測定装置 SHRIMP の導入などを実施した。SHRIMP の導入にあたっては、同機を設置するための恒温恒湿実験室を建設した。また、装置操作のトレーニングのために豪州に約1ヶ月間2名を派遣した。選鉱技術開発としては、モンゴル国で採取した鉱石の選鉱試験をフィンランド地質調査所で実施（外注）すると共に、2名を同地質調査所に派遣し、共同実験を通じた技術交流を行った。さらに、金属シリコン製造技術開発、微生物を用いたレアメタル分離・回収技術開発、放射光を用いたレアアース解析技術開発、液–液界面特性を利用したレアアース鉱物回収技術開発など6件を大学・民間企業等に再委託した。

2)では、モンゴル国西部ハルザンブルゲ鉱床を対象としたボーリングコア調査、現地野外調査、化学分析等を実施した。同鉱床はアルカリ岩付随型重レアアース鉱床で、鉱業権者により多数のボーリング調査が実施されている。産総研では、鉱業権者との研究協力合意の元でモンゴル国内に保管されているボーリングコアの記載および試料採取を実施、さらに現地調査にて鉱体や風化堆積物の記載・試料採取を実施した。また、同鉱床に関する調査研究1件を民間企業に再委託した。採取試料は、詳細な鉱物学的検討を行うと共に化学分析を実施した。同調査は平成25年度も継続し適切な資源ポテンシャル評価を行う予定である。

3)では、南アフリカ共和国プレトリア北方のアルカリ岩付随型重レアアース鉱床のボーリング調査および試料解析を、南アフリカ地質調査所と共同で実施した。また、米国ミズーリ州ピーリッジ鉄鉱床に付随するレアアース鉱床の現地調査を実施した。また、南部アフリカ地域のレアアース鉱床概要調査、モンゴル・中央アジア地域のレアアース鉱床概要調査、付加帯チャート付随のレアアース鉱床概要調査の3件を民間企業・大学に再委託した。南ア・レアアース鉱床は、2009年の産総研・南ア地調共同調査で発見された鉱床で、アクセス条件が良く採掘も容易であることから開発可能性が高いと判断し、本研究にて5本の浅層ボーリングを実施（外注)、鉱体の形態や品位分布を把握した。採取されたコア試料は、南ア地調にて切断・粉砕し、化学分析を実施した。米国ピーリッジ鉱床は、米国地質調査所（USGS）が調査対象としており、同所との共同研究の一環として現地調査を予定していたが、USGS 研究者は予算的事情により参加せず、産総研と鉱業権者およびミズーリ州地質調査機関が合同で現地調査を実施した。同鉱床は塊状磁鉄鉱鉱床（休山中）で一部の角礫パイプや尾鉱に高濃度なレアアースが含有されることが報告されている。本研究では、過去のボーリングコアや尾鉱堆積場の堆積物から試料を採取し、鉱物学的解析と化学分析を実施した。

4)は、インターネット等への公開情報、各種統計資料、企業へのアンケート調査・ヒアリング調査等を基に実施すると共に、調査業務1件を民間企業に再委託した。それらの結果を基に、世界的レアアース鉱床のデータベース構築およびレアアースの今後の需給予測などを行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］レアアース、化学分析、選鉱実験、モンゴル、南アフリカ、米国、マテリアルフロー

・メタンハイドレート開発促進事業

［研 究 題 目］生産手法開発に関する研究開発

［研究代表者］成田　英夫（メタンハイドレート研究センター）

［研究担当者］海老沼　孝郎、天満　則夫、長尾　二郎、神　裕介、今野　義浩、木田　真人、皆川　秀紀、江川　浩輔、宮崎　晋行（兼務)、山本　佳孝、川村　太郎、米田　純、清野　文雄（兼務)、小笠原　啓一（兼務)、佐藤　章子、毛利　大、長原　さゆり、内海　崇、袴田　陽子、浅野　洋一、大山　裕之、池田　育子、林　順子、眞城　一憲、渡辺　敬一、渡邊　瑞穂、深見　英司、

羽田　博憲、金子　広明、西村　興男、
木村　匠、泉　彰子、伊藤　拓馬、
西川　泰則、桝井　明、明円　文子、
小林　秀男、片桐　淳、青木　一男、
覺本　真代、熊谷　小百合、大野　孝雄、
根本　照子、大竹　道香、竹内　基、
宮田　雅子、須々木　尚子、野崎　たみ、
清水　努、椿　卓也、佐藤　康晴、
白鳥　治子（常勤職員14名、他38名）

［研 究 内 容］

メタンハイドレート開発促進事業の生産手法開発に関する研究開発では、大量かつ安定的にメタンを生産する生産手法高度化技術の開発、坑井のガス生産性およびメタンハイドレート貯留層の生産挙動を高い精度で予測する生産性・生産挙動評価技術の開発および生産に伴う地層変形・圧密挙動について長期的な安全性を評価するための地層特性評価技術を開発する。

生産手法高度化技術の開発においては、強減圧時のガス生産挙動に及ぼす減圧スケジュールの影響を水飽和率の異なるコアを用いた室内実験とそのシミュレーション解析によって評価し、減圧スケジュール初期に相当する水飽和率が高いコアほど氷生成が盛んになり、氷生成潜熱の供給によるガス生産性増進効果が高いことを明らかにした。メタンハイドレート貯留層特性に応じた天然ガス生産手法を最適化するため、大型室内産出試験設備による強減圧生産実験を実施し、氷が生成する期間、ガス生産性が顕著に増加することを確認し、強減圧生産法の有効性を検証した。生産障害の解析については、ハイドレート再生成のモデル化を行うために、生成と分解を繰り返した際の再生成挙動を赤外分光法により解析し、フレッシュな状態では過冷却度が大きいほどインダクションタイムが短くなる傾向であることがわかった。また繰り返しによるインダクションタイムの変化については過冷却度が小さいほど顕著にインダクションタイムが変化することを明らかにした。細流砂移流蓄積による浸透率低下については、海洋産出試験地にてコアリングされた事前掘削コアを用いて、ハイドレートが胚胎する堆積層の性状分析を元にどのような細粒成分が存在しているのか評価した。細粒砂の圧入量と浸透率低下の関係を実験により定式化した結果、コア圧入実験における経験式とほぼ一致することを確認した。また、浸透率低下のコア長依存性が見られることから、細粒砂の蓄積は主に流入口近傍にて局所的に発生していることが推察された。ループ型流動障害実験装置を用いて、メタンハイドレート生成実験を実施し、メタンガス体積量の増加に伴い平衡条件に近い値で生成し、かつ短時間で生成することを明らかにした。メタンハイドレート被覆気泡の挙動解析では、被覆気泡がジグザグ運動を行いながら上昇することを明らかにし、さらに静止流体中を上昇する単一の被覆気泡の挙動の流体力学的な特徴を明らかにした。

生産性・生産挙動評価技術の開発においては、地層の孔隙圧減圧時に生じる圧密の影響評価のため、天然試料の圧密および浸透率変化の測定を行い、孔隙率の減少に伴う浸透率低下と、細粒成分の孔隙充填に伴う浸透性低下が堆積物の粒径分布に関連することを確認した。地層の連続性と断層活動の履歴について評価するため、第二渥美海丘周辺域における堆積盆構造の復元解析を行い、海丘周辺の断層活動に伴う堆積盆の構造発達を明らかにした。これにより、第二渥美海丘の隆起に基づいて堆積盆の形成は前半期と後半期に分類され、前半期では砂質層が堆積しやすい堆積中心が海丘近傍に形成されたのに対し、隆起が活発になった後半期では堆積盆の拡大と共に堆積中心がより陸側にシフトしたため、海丘周辺には泥質層が卓越しやすい堆積環境に変化したことを確認した。生産性・生産挙動評価においては、アップスケーリング手法の開発を行い、シミュレーション実行時の計算負荷の低減を可能とする数値モデルの分割手法の改良を行ったほか、海産試験候補地の貯留層モデルの再構築ならびに生産挙動予測を行い、海産試験における生産量の事前評価を行った。

一方、貯留層モデルの構築のため、第一回海洋産出試験地において圧力コア取得作業を行うとともに、取得したコア解析を実施した。全層準における堆積構造の記載および堆積物の物性分析（粒度分布、粒子密度、主要鉱物組成）を行い、連携研究機関へ情報発信した。粒度分布よりコア取得区間の岩相は上部、中部、下部に大別されること、また粒子密度と鉱物組成は粒度分布に大きく依存することを確認した。ハイドレート結晶包接ガス成分・組成解析から、貯留層の深度ごとの包接炭化水素成分・組成を明らかにすることにより、貯留層におけるメタンハイドレートの集積メカニズムに関する知見が得られたほか、熱伝導率の計測についてはメタンハイドレートの分解に伴う熱伝導率の低下について解析し、実測値は、初期は並列モデルに近い値をとるが、分解が進むと共に大きく低下し、分散モデルの推算値へ推移することが明らかとなった。さらに、取得した圧力コア試料を用いた力学試験について、米国の研究機関、大学と共同研究を行い、実験試料の基礎物性（粒度分布、粒子密度、含水比、孔隙率）を明らかにするとともに、コア試料を用いた各種実験（浸透率、力学強度、飽和率、ガス組成）のため、試料の整理、加工を行い、実験担当者に試料を分配した。三軸圧縮試験によってメタンハイドレート胚胎層より上位の泥勝ち砂泥互層の力学特性パラメータを求めた。

地層特性評価技術の開発においては、メタンハイドレート層からのメタンガス生産に伴う地層変形・圧密挙動を解析するための強度等の力学パラメータを実験的に継続して取得した。また、取得した圧力コアのうち高圧条

件下冷凍コアを用いた室内試験も行い、現場の各種パラメータの取得を進めている。さらに、地層の圧密による浸透率低下モデル式を組み込んだ地層変形シミュレータを用いて原位置条件下での感度解析を実施し、メタンハイドレート分解や減圧に伴う圧密変形の影響を明らかにした。さらに、坑井にかかる応力を評価するための室内貫入試験装置を用いて、ケーシング、セメントおよび地層の各材料間の接触面の実験データ取得を行い、接触面における有効拘束圧などをパラメータとした摩擦強度に関するモデル式を導出し、地層変形シミュレータの精度向上を図った。生産期間中における坑井の健全性評価においては、減圧区間や減圧の速度、地層傾斜等をパラメータとした坑井周辺の応力分布に関する感度解析を行い、坑井周辺の応力分布に地層傾斜の有無による影響は少ないが、鉛直及び水平変位量は傾斜による影響が大きいことを明らかにした。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］メタンハイドレート、貯留層特性、生産シミュレータ、エネルギー効率、天然ガス、生産技術、原位置計測技術、熱特性、力学特性、圧密特性、相対浸透率、産出試験、東部南海トラフ、地層変形、生産障害

・日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業

［研 究 題 目］高効率 CO_2還元触媒の半導体光触媒への複合化に関する研究

［研究代表者］姫田　雄一郎（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］姫田　雄一郎、三石　雄悟、砂　有紀、前川　秀（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

本事業では、半導体光触媒の水分解により生じた水素（電子）を用いて二酸化炭素の固定化・燃料化を目指した人工光合成技術の基礎研究を目的とする。可視光応答型光触媒と二酸化炭素の変換錯体触媒などの高い人工光合成用触媒技術を持つ産総研と、錯体触媒等の高度な材料・反応機構解析技術を有するブルックヘブン国立研究所（BNL）が、補完的に協力し、共同研究を行うことにより、革新的な人工光合成触媒の基盤的技術の確立を目指す。

本年度は、産総研の開発した二酸化炭素還元触媒をもとに、水中常温常圧で二酸化炭素の水素化反応による水素貯蔵とギ酸の脱水素化により高圧水素発生を組み合わせた水素貯蔵・放出システムを開発した。この成果はBNL と共同で PCT 出願するとともに、Nature Chemistry で発表した。また、新たな高性能触媒を見出し、Energy & Environmental Science および Chemistry - A European Journal で発表した。以上のように、本共同研究においては、当初の目標を超える優れた研究成果が得られている。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］素固定、水素貯蔵

［研 究 題 目］高圧二酸化炭素の光還元に関するプロセス化技術の開発

［研究代表者］川波　肇（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］川波　肇、石坂　孝之、川﨑　慎一朗、八重嶋　早枝子、David G. Grills（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究は、日米間の連携を築きながら、エネルギー環境技術の開発を行うもので、当該研究課題は、高圧二酸化炭素中で光エネルギーにより二酸化炭素還元反応を行うことで、従来効率の悪かった人工光合成技術を高密度で行い、より生産的な技術へと展開を図ることを目的としている。加えて、高圧条件に適した反応システムを再構築することで、新しい反応システムの提示を行い、プロセス化への道を切り開くことが目的である。平成24年度は、平成23年度に米国と日本の間で統一した試験方法、評価方法に準じて触媒や反応システムの改良を行い、光還元による二酸化炭素変換効率の向上の可能性を探った。種々の検討の結果、反応系にレニウム錯体触媒と、媒体に超臨界二酸化炭素、準溶媒として DMF を用いたところ、二酸化炭素から一酸化炭素の生成が大幅に向上されることが確認された。触媒の TON 値は150を超える値を示すことが分かり、類似の反応系（既報）で比較すると約10倍向上していることが明らかになった。さらに、TOF 値も従来比で数倍高い値を示すことが明らかになり、超臨界流体以外の効果があることも示唆された。これらの結果から、高圧二酸化炭素による光還元システムは、光による二酸化炭素から一酸化炭素への変換プロセスとして将来有効であることを示すことに成功した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水、二酸化炭素

［研 究 題 目］多核金属錯体の CO_2多電子還元機構の解明

［研究代表者］小池　和英（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］小池　和英、佐野　泰三（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究では、究極の再生可能エネルギーである光（太陽光）エネルギーを利用した CO_2の有効利用技術としての「人工光合成」システム構築を目的とする。化学的な「人工光合成」系として、触媒活性や選択性の点で有望な金属錯体触媒を CO_2と直接反応（多電子還元反応）する基本要素に選び、多核化や金属クラスター触媒

等との複合化により、ボトルネックとなっている多電子酸化還元反応の高効率化を目指す。

H24年度は、昨年度の成果を踏まえて、多段階反応である CO_2光還元反応について、重要な素過程としての「多核錯体の構成ユニット間の電子移動」に注目し、その過程の機構と速度の定量評価を目指した研究を行った。

H23年度に測定を行ったルテニウム複核錯体と比較して、より高速な電子移動が期待できる系（ルテニウム - レニウム複核錯体）を新たな測定対象として選び、時間分解分光法による測定を行った。その結果、触媒としての反応効率の高いルテニウム - レニウム複核錯体においては、比較的高速の電子移動（$k_{et}>2x10^7s^{-1}$）が実現されていることを明らかにした。

さらに、通常考えられている(1) 光増感部の光励起による励起状態の生成、(2) 光増感部の励起状態の還元的消光による1電子還元状態への変化、(3) 光増感部の1電子還元状態から触媒部への電子移動による触媒部の1電子還元状態の生成、の過程に加えて、光増感部の光励起により、直接電荷分離が誘起され、触媒部の1電子還元状態が生成する過程が存在することを見出した。この測定法を応用すれば、ユニット間の電子移動の詳細かつ定量的な評価が可能であり、錯体触媒の分子設計と反応効率の相関解析に適用できると期待される。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］人工光合成、CO_2、金属錯体、触媒

［研 究 題 目］色素増感起電力を利用した水分解水素製造

［研究代表者］草間　仁（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］草間　仁、小野澤　伸子、舩木　敬、三石　雄悟、小西　由也、北尾　修、中澤　陽子、船越　裕美
（常勤職員6名、他2名）

［研 究 内 容］

光のエネルギーを用いて見かけの電気分解効率を向上させ、水素コストを大幅に低下させる技術として半導体光電極水素製造がある。この光電極は太陽電池による補助電源が一般的には必要であるが、この電源電力も低コスト化する必要がある。本事業では、低コスト水素製造のために半導体光電極および、補助電源用の太陽電池として革新的な低コスト化が期待できる色素増感セルの起電力を組み合わせた統合水素製造システムの研究を米国のブルックヘブン国立研究所（BNL）と協力して行う。

半導体光電極に関しては、白金（Pt）の析出した酸化タングステン（WO_3）粒子粉末をイオンミリング法で薄片化し、その電子線回折像を観察することで、Pt が選択的に析出した結晶面を同定することを試みた。その結果、[001]面と平行な結晶面に Pt が選択的に析出していることが明らかとなった。WO_3の[001]面は優先的に還元反応を進行できる活性サイトとして機能することを明らかにすることができた。

色素増感セルに関しては、既存の基準色素だけでなく、産総研で開発した色素の構造も電解液中の成分との相互作用に大きな影響を与えていることが示唆された。色素自体や色素増感セルの安定性にもその構造の違いが影響することを見いだした。

色素増感セルと光電極の複合システムに関しては、同じソーラーシミュレータ下で、独立した色素増感セルと光電極の電流－電圧特性が分かれば、複合システムによる水分解水素製造の効率がほぼ推定できることを明らかにした。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素製造、色素増感、光電極

［研 究 題 目］重水素化増感触媒の耐久性に関する研究

［研究代表者］川西　祐司（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］川西　祐司、宮沢　哲、下位　幸弘、椎名　祥己、小畑　繁昭、井上　杏子
（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

重水素（D）は水素の安定同位体で、天然に約150ppm 存在し、存在比の最も高い軽水素（H）の倍の質量数（＝2）を有する。我々は、有機分子中に含まれる軽水素を重水素に置き換えることにより、光や酸化還元などに対する有機分子の耐久性が、20～100%以上向上することを近年見出し、独自の同位体交換技術による有機電子材料等への展開を検討している。本研究は、長期駆動可能な光エネルギー変換系で用いることのできる、高耐久な増感色素・分子触媒等の増感触媒の開発を目的とし、水の人工的な光分解ならびに二酸化炭素固定に関する基礎研究に優れる米国ブルックヘブン国立研究所と協力して進めている。色素増感太陽電池開発において、比較評価にしばしば用いられる N3色素を、重水素型とした分子 N3-D を合成した。その耐久性に関わる基礎特性評価を、色素吸着した酸化チタン膜に対して行ったところ、光照射により半導体への電子注入とともに生成する N3の酸化体が、そのまま放置されやすい低効率なホール埋め戻し条件下では、N3色素の構造変化が進みやすいが、N3-D を用いると、その構造変化が通常の N3に比べて抑制され、耐久性は10%以上向上した。さらに、重水素型 N3-D と通常の N3では、その励起状態寿命すなわち失活プロセスに相違があることも明らかになり、耐久性の向上効果との関係について量子化学計算とあわせた検討を進めた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］色素増感太陽電池、耐久性、重水素標識、増感色素

［研 究 題 目］**共同施設相互利用によるナノエレクトロニクス、ナノ材料開発**

［研究代表者］秋永　広幸（ナノデバイスセンター）

［研究担当者］秋永　広幸、島　久、野田　周一（ナノデバイスセンター）
（常勤職員2名、他1名）
亀井　利浩（集積マイクロシステム研究センター）

［研 究 内 容］

目的：

先端機器共用施設は、その場において多様な研究課題と人材の交流がなされることから、オープンイノベーションプラットフォームとしての機能を持つ。日米共に、このようなプラットフォーム間のネットワーク構築事業において世界を先導してきた経験を持ち、両者が連携を組むことは、全世界的課題に対する研究を推進する上で極めて効率的である。本事業では、日米の先端機器共用施設を相互利用することにより、低炭素社会の実現を目指した環境・エネルギー分野の革新的研究開発の促進と、研究者交流や最先端情報の共有化等、協働のシナジーによる研究連携ネットワークの強化を図る。

年度進捗状況：

米国側は Center for Integrated Nanotechnologies (CINT) / Sandia National Laboratories (SNL)、日本側は Nano Processing Facility (NPF) / AIST が窓口となり、以下の2つのテーマを実施した。

① 酸化物を用いた新規太陽電池の開発

平成24年度は、いままでに確立したスパッタおよびPLD（Pulsed Laser Deposition）による膜質制御方法を基本とし、①より詳細な膜質分析、②ヘテロ接合界面形成技術、③素子構造最適化による高感度化を目指した。また、理論計算においては界面での欠陥の影響を理論的に見積もることを目標とした。その結果、①スパッタおよび PLD により形成する Cu_2O 薄膜の膜質の詳細とその制御方法が明らかとなり、高温熱酸化法に近い膜質（移動度>40cm^2/V/s 等）や高い結晶性が得られるようになった。②接合界面形成技術の改良によって、デバイスの安定性の向上と素子面積の拡大が可能となった。③p-i-n ダイオード型素子である太陽電池のキャリア濃度プロファイルの制御による感度および感度帯域の拡大の可能性が見出された。これにより変換効率 η =0.24%、Jsc=1.2mA/cm^2、Voc=0.69V の太陽電池特性が得られた。理論計算に関しては、変換効率を抑制する原因を推定するため、より現実的な界面構造の再現を目指した。手始めにバンドオフセット計算を行い、計算結果妥当性を実験との比較により確かめた。

② ナノ光アンテナ技術の太陽電池応用

平成24年度は、電磁界分布（FDTD）シミュレーションにより、太陽電池の光吸収を評価し、粒子群最適化法により光吸収が最大となる銀ナノ構造の最適化を進めた。昨年度は吸収層200nm のシリコンに対して銀ナノ構造の最適化を行ったが、今年度は、より高効率が期待できる厚膜に対して、シミュレーションを行い D=540nm、P=720nm の時、増強度は17%に達した。シリコン太陽電池の試作も進め、6.3%の効率を達成した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］先端機器共用施設、太陽電池、ナノ光アンテナ

［研 究 題 目］**蓄電デバイス用ナノ電極材料の開発と電子状態解析**

［研究代表者］周　豪慎（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］周　豪慎、細野　英司、大久保　將史、劉　銀珠、北浦　弘和、朝倉　大輔、李　徳、影沢　幸一、星野　純一
（常勤職員6名、他3名）

［研 究 内 容］

省エネルギー・地球温暖化対策に資する分散型エネルギーネットワーク構築のキーテクノロジーである高性能二次電池として、リチウムイオン二次電池の高性能化が期待されている。本研究では、既存の正極材料では得られない電極特性の発現を目指し、高性能リチウムイオン二次電池の実現を目指す。特に、ナノ材料における電気化学反応メカニズムの解明を放射光内殻励起分光法により行い、電極特性の高性能化への指針を得るとともに、指針に基づいた材料設計を行う。

平成24年度の研究内容として、Cyano-bridged 活物質、ナノサイズ $LiFe_{0.4}Mn_{0.6}PO_4$、ナノ構造 $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ ファイバー等の新規電極材料を用いて、ローレンス・バークレイ国立研究所（LBNL）の放射光施設における軟 X 線吸収分光による電子状態測定を行った。その測定結果に関し、電極材料の電気化学特性と整合性について、理論計算と合わせて検討した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］リチウムイオン二次電池、正極材料、ナノ材料、軟 X 線吸収分光

［研 究 題 目］**ナノ構造を利用した低環境負荷で高効率な熱電変換材料**

［研究代表者］山本　淳（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］山本　淳、太田　道広、Jood Priyanka、國井　勝
（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

熱電発電デバイスを利用することで、我々の身の回りに存在する膨大な未利用熱エネルギーを利用価値の高い電気エネルギーとして回収できる。しかしながら、従来の熱電変換材料は性能が低く、そのうえ希少・毒性元素

を含むために、熱電発電デバイスの幅広い実用化には至っていない。そこで、本研究では、希少・毒性元素を使わない低環境負荷な熱電変換材料の研究を進めている産総研と、ナノテクノロジーを活用した高効率な熱電変換材料に関する研究を展開している米国のアルゴンヌ国立研究所（ANL）が協力して、高効率と低環境負荷の二つの要求を満たす新しい熱電変換材料を開発することを目的としている。

平成23年9月から平成24年9月まで太田主任研究員がANL に長期滞在して、日米技術の融合を進めた。本年度は、研究対象として $Pb_5Bi_6Se_{14}$ を選択した。$Pb_5Bi_6Se_{14}$の基本結晶構造は PbSe 層であり、その層間にナノレベルの Bi_2Se_3層が挟まれている。作製した$Pb_5Bi_6Se_{14}$の熱電性能指数は、既存材料のそれと比較しても遜色はなく、今後、ナノ構造の制御とキャリア濃度の調整によって熱電性能指数の向上が大いに見込める。また、$Pb_5Bi_6Se_{14}$の構成元素である Pb、Bi、Se は希少・毒性元素であるため、産総研の技術を用いて低環境負荷な元素への代替を進めていく。

熱電発電に関する研究開発を次の段階に引き上げるためには、評価技術の高精度化が必須となる。1000℃以上の温度で熱電変換特性を評価する手法を確立するために、既存の R 型熱電対に代わる C 型熱電対による計測の妥当性を検証した。標準物質候補である電解鉄の評価を実施した結果、±5%以内の電気抵抗率の一致、±5%あるいは5μVK^{-1}以内のゼーベック係数の一致を実験的に確認した。1100℃において、これら熱電変換特性を正確に評価できるグループは世界的に見ても少なく、今後の材料開発を有利に展開できる。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］熱電発電、熱電変換材料、ナノ構造、希少元素代替、金属物性・材料、金属・資源生産工学、廃熱利用、未利用熱エネルギー活用、日米協力

［研 究 題 目］ナノ構造電極を活用する発電のための新たな電気化学反応器の開発

［研究代表者］藤代　芳伸
（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］藤代　芳伸、鈴木　俊男、濱本　孝一、山口　十志明、鷲見　裕史
（常勤職員5名、他1名）

［研 究 内 容］

目標：

燃料電池に代表される高性能電気化学反応器は高効率物質・エネルギー変換技術として注目されている。日本側で開発を進めているセラミックリアクター製造技術における様々な構造、材料からなるナノ構造電極を共有し、米国機関（アルゴンヌ国立研究所）と連携し、米国DOE 放射光施設（APS）等で、最新の発電のための機能性セラミック電極のナノレベルでの表面状態評価を実施し、今後のナノ構造電極を活用する新しい高効率電気化学反応器の開発展開に向けた課題抽出を検討する。

研究計画：

日本側が先行する独自の世界最高レベルのナノ電極材料製造技術によって様々な電極構造を具現化し、高度な電極表面の評価が実施できる米国機関で相互に解析を進め、両機関の技術を効果的に発展させる目的で、産総研研究員を米国へ派遣し、共同申請で使用が許可された米国放射光施設（APS）等を活用することにより、日米共同での電極ナノ構造の機能解析を進める。

研究進捗状況：

本年度は、アルゴンヌ国立研究所と連携し、SOFC評価技術で実績がある米国の研究グループとともに、産総研で開発しているナノ構造電極を有するチューブ型SOFC の電気化学的な評価法から有効活性領域の検証を推進した。具体的には、日米連携のもと、日本で製造したナノ構造電極を有する電気化学セルの評価・解析を進めることによって、電気化学的な解析により反応メカニズムの解明に繋がる解析結果を得ることができた。今後は、三次元構造解析も含めた詳細な連携解析を進め、機能-構造の関係解析および開発するナノ構造電極について信頼性評価を進め、発電、電解等に関する産業展開に繋げることを目指す。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ナノ構造電極、電気化学反応器、セラミックス、固体酸化物形燃料電池、放射光施設、機能・構造制御、低炭素、発電、セラミックリアクター

［研 究 題 目］クラスター化学に基づく（光）エネルギー変換システムに関する研究

［研究代表者］大古　善久（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］大古　善久、脇坂　昭弘、久保　史織
（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

再生可能エネルギーの利用を促進するため、低コストで高効率な技術やシステムの開発と共に、技術に見合った市場形成の見極めが重要である。日本の優れた環境技術分野（光触媒や吸着、クラスター分析等）の研究者と、米国のナノ物質化学や（光）電気化学、エネルギー分析の分野の研究者が協力することにより、革新的な（光）エネルギー変換システムの基礎技術を開発する。計算機シミュレーションによって反応経路を予測しながら、微細で質の高いナノ物質の創製を進め、太陽光から高効率かつ安定に水素ガスを発生させ、得られた水素を貯蔵するための最適なナノ材料開発を行うことを目標としている。

今年度は、フィージビリティースタディーの位置づけとして、米国の有するテーラーメイドナノ材料合成技術

と日本が有する光触媒技術とを融合する可能性を検討した。その結果、キセノン灯からの可視光照射によって水素ガスの泡が発生する様子を目視で確認できる高活性な光触媒を開発し、更なる性能向上を期待している。また、電子衝撃イオン化法による質量分析で観測される水-アルコール混合溶液のクラスターイオンについて理論的検証を試み、バイオエタノール精製技術に役立つ成果として論文にまとめた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］光触媒、クラスター分析、カーボンナノ材料

［研 究 題 目］高性能固体高分子形燃料電池の開発に関する研究

［研究代表者］崔　隆基（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］崔　隆基、土田　英二（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

アルカリ電解質形燃料電池（AMFC）は白金のような高価な貴金属を用いなくてもいいので、既存の固体高分子形燃料電池の実用化の妨げとなっている白金使用の問題を回避できる。

しかしながら AMFC に用いられる電解質膜（AEM）は膜の水酸化物イオンによりすぐ劣化してしまう問題があり、解決すべき課題となっている。通常のプロトン交換膜は末端にスルフォン酸（$-SO_3^-$）のようなアニオン基を持っているが、AMFC に用いられる電解質膜は対照的にアルキルアンモニウム（$-N(R)_3^+$、R＝アルキル基）などのカチオン基を末端に持っている。AEM に用いられるカチオン基の一つであるグアニジニウム基の化学的劣化機構及び AEM の骨格部分の劣化を分子シミュレーション技術を用いて調べた。グアニジニウム基に関しては、電解質膜が水酸化物イオンとの反応により、Sn_2反応、引き抜き反応等の複数の経路で劣化が起こる事を明らかにした。また、骨格部分の劣化が予想よりははるかに起きやすいことが計算から明らかになった。これらの結果は AEM のカチオン部分だけでなく骨格部分の劣化の制御も今後の開発に重要であることが分かった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］燃料電池、高分子電解質膜、分子シミュレーション

［研 究 題 目］クリーンアップ石炭ガス化ガスのための SOFC 燃料極開発

［研究代表者］堀田　照久（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］堀田　照久、山地　克彦、岸本　治夫、倉本　浩司、陳　剛（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

クリーンアップされた石炭ガス化ガスを固体酸化物形燃料電池（SOFC）で適用するための材料基礎研究を行なった。特に、石炭ガス化ガス特有の不純物が多量に含まれるガス雰囲気下において、作動しうる高性能燃料極の開発を行うことが目的である。SOFC 材料の不純物・劣化分析技術に優れる我が国とガス不純物の影響評価に先行する米国との英知を結集し、共同で石炭ガス化ガス不純物の SOFC 材料に対する影響を解明し、許容範囲を明らかにすると共に高性能燃料極の開発を行う。

本年度は、（La, Sr）TiO_3（LST）の安定性向上、性能向上を目指し、A サイト欠損 LST の電解質材料との反応性、石炭ガス化ガスに含まれる不純物の一つであるPH_3中での安定性を評価し、GDC とのコンポジット電極としたときの水素中での性能評価を行った。界面の安定性やPH_3との反応性は、LST における A サイト欠損量の増加とともに改善した。コンポジット電極とした際の性能向上も確認した。

また、石炭ガス化ガスに係る視察として、国立エネルギー技術研究所（NETL）の Pittsburgh を訪問、CO_2回収のための吸収剤開発、石炭ガス化ガス中の微量重金属蒸気除去技術、回収 CO_2の地下貯蔵技術などについて知見を得た。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］固体酸化物形燃料電池、石炭ガス化ガス、不純物、酸化物燃料極、安定性

［研 究 題 目］水素生成光触媒電極の耐久性向上に関する研究

［研究代表者］大谷　実（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］大谷　実、安藤　康伸（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

近年の地球規模での気候変動に関わる環境・エネルギー問題の解決は人類にとって喫緊の問題であり、化石資源に変わりうるクリーンエネルギーの開発は最重要課題である。本事業では計算科学的手法を用いて、太陽エネルギーから化学エネルギーへの変換効率を飛躍的に向上する材料開発へ向けた研究を行う。具体的には水素発生光触媒電極の劣化メカニズムを解明し、電極寿命の飛躍的増大に資する研究を行う。

昨年は有効遮蔽媒質法を平面波擬ポテンシャル計算コード PWscf に導入した。本年度は本プログラムを用いて、実際に水素発生光触媒電極のモデル系において、X 線吸収スペクトルのシミュレーションを行った。スペクトルの特徴的なシフトが特定の分子の吸着によるものであることが明らかになった。また、さらに大規模な系を扱うために、京コンピュータ等のスーパーコンピュータで第一原理分子動力学シミュレーションを超並列で実行可能とするために、UC Davis の Francois Gygi 教授が開発している平面波擬ポテンシャルプログラムに ESM 法を導入するための議論を開始した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］太陽光水素発生反応、第一原理分子動力学シミュレーション、有効遮蔽媒質法

［研究題目］植物バイオマスに含まれるセルラーゼ阻害物質の効率的除去に関する研究

［研究代表者］星野　保（バイオマスリファイナリー研究センター）

［研究担当者］星野　保、湯本　勲、横田　祐司、津田　栄、近藤　英昌、矢島　由佳、辻　雅晴（常勤職員5名、他2名）

［研究内容］

この研究では産総研の木質系バイオマス糖化技術と米国ローレンス・バークレー国立研究所の電子顕微鏡3D解析技術を組み合わせて、木質系バイオマスの糖化に必要なセルラーゼの使用量削減を目的とし、セルラーゼ阻害物質を効率的に分解・除去する技術開発を行った。

本年度はユーカリ木粉を用い、糖化処理中の試料分解過程を電子顕微鏡トモグラフィーにより明らかにすると共に、イオン交換樹脂によるセルラーゼ阻害物質の除去による酵素使用量の削減効果の評価を行なった。ユーカリ木粉をメカノケミカル処理した試料を用い、*Trichoderma viride* 由来セルラーゼを用いて調製した糖化液をイオン交換カラムに通過させることにより、酵素阻害物質の除去が容易に実施可能であることを確認した。この糖化液と試料にセルラーゼを添加して糖化反応を行った場合、酵素使用量を1/2にしてもイオン交換カラム未処理の試料と比較して高い糖化率が得られた。また、イオン交換カラムに通過させた糖化液は酵母および乳酸菌の発酵能が高く、酵素阻害物の除去により、糖化液中の発酵阻害物を同時に除去可能であることを確認した。

前年までの研究により、酵素阻害物は試料内部に存在し、酵素処理に伴い酵素反応の途中で徐々に反応液中に放出されると仮定し、酵素処理前後のユーカリ木粉試料の透過型電子顕微鏡観察を行ったところ、酵素処理により試料中に細孔が多数観察された。本年度はさらに透過型電子顕微鏡トモグラフィー観察により、酵素処理により試料中に生じる細孔の大きさ・深さは一様ではなく、酵素阻害物はこの細孔から徐々に放出される可能性の高いことを明らかにした。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］糖化反応、発酵阻害、3Dートモグラフィー

［研究題目］脂肪酸など環境低負荷を目的とした炭化水素系化合物の生産技術の開発に関する研究

［研究代表者］町田　雅之（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］町田　雅之、玉野　孝一、小池　英明、梅村　舞子（常勤職員4名、他1名）

［研究内容］

微生物の持つ物質の分解・生産能力を利用して、バイオマス等の植物成分原料から化石燃料に代わる燃料物質を作製することを目的として、ディーゼル燃料の原料物質である脂肪酸、その他の炭化水素系化合物であるテルペノイドや二次代謝化合物の生産系の構築と生産性の向上技術の研究を進めている。

本年度は、PNNL の研究員との協力により、情報科学的および実験科学的な解析の両面から研究を進めた。ケカビなどの脂質を高生産して細胞内に蓄積する糸状菌3種4株について、ゲノム DNA を調製してメイトペアライブラリーを作製し、次世代型シークエンサーを用いて新規にゲノム解読を行った。取得された配列よりアッセンブルされた数十 Mb のゲノム配列より、約17,000の遺伝子群が予測され、その機能推定を行った。今後、比較ゲノム解析や遺伝子の発現解析により、脂質の高生産に必要な遺伝子およびその制御を特定する予定である。また、黄麹菌（*Aspergillus oryzae*）を用いて、アシル CoA 合成酵素等の、脂質分解に重要と考えられる遺伝子の欠失株を作製した。さらに窒素源の利用を改善することにより、黄麹菌の脂肪酸の生産性に関して、約60倍の向上が達成された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］バイオディーゼル、二次代謝、糸状菌、比較ゲノム科学

［研究題目］新燃料の燃焼機構の解明に資する数値解析及び実験解析

［研究代表者］後藤　新一（新燃料自動車技術研究センター）

［研究担当者］後藤　新一、辻村　拓、小熊　光晴、文　石洙（常勤職員3名、他1名）

［研究内容］

ローレンス・リバモア国立研究所（LLNL）へ在外研究員を派遣し、化学反応動力学に基づく在来燃料及びバイオ燃料等の新燃料に関する最新技術動向の調査を行うとともに、モデリング技術の習得を継続中である。平成24年度には、構築を進める次世代バイオ燃料燃焼モデルの検証用データを追加し、当該モデルの適用範囲を拡大するとともに、そのモデルとしての完成度を高めた上で英文化学技術誌へ投稿し掲載された。また研究協力者とともに、完成した詳細モデルを基に、より実用性に近く難易度の高いエンジン燃焼場を対象としたシミュレーションに取り組んだ。その結果、これまでに示してきた基礎燃焼場の実験データに対する有用性に加え、実エンジン燃焼場における熱発生等の現象を、定性的にも定量的にも再現できる化学反応モデルを完成することができた。なお、本事業において完成したイソペンタノールの詳細化学反応モデルは、LLNL の公式ホームページ上の燃焼モデルデータベースに掲載された。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］新燃料、バイオ燃料、高級アルコール燃料、化学反応動力学、モデリング、燃焼解析数値モデル、燃料物性、燃焼メカニズム、詳細反応モデル、デファクトスタンダード、シミュレーション

［研 究 題 目］バイオ燃料の物理的特性が噴霧発達機構に及ぼす影響解析
［研究代表者］後藤　新一
（新燃料自動車技術研究センター）
［研究担当者］後藤　新一、文　石洙、辻村　拓、小熊　光晴（常勤職員3名、他1名）
［研 究 内 容］

アルゴンヌ国立研究所（ANL）と協力して燃料噴射ノズル内及び噴霧基部の高速 X 線撮影を行い、産総研がマクロ噴霧実験解析を行うことで燃料物性と噴霧発達特性との相関を調べ、高精度な燃料物性モデルの構築を実施している。平成24年度は前年度に構築した実験装置及び解析技法を、本格的な共同研究実験へ展開し、バイオ燃料の物性が噴射機器の性能及び噴霧発達に及ぼす影響を種々の噴射条件に対して調べ、得られた結果に基づいてバイオ燃料に対する既存噴霧モデルの精度検証を行った。また、次世代超高圧噴霧の解析技術開発にも注力し、高速 X 線技法により世界初となる圧力2000気圧以上、速度650m/s 以上の超音速燃料流速を測定する技法を開発した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］新燃料、バイオ燃料、噴霧、噴射特性、X 線、超高圧噴射、燃料物性、噴霧発達過程、モデリング、シミュレーション

［研 究 題 目］セルロース系バイオ燃料の生産に適合した酵素生産糸状菌およびバイオ燃料生産微生物の開発に関する研究
［研究代表者］井上　宏之（バイオマスリファイナリー研究センター）
［研究担当者］井上　宏之、松鹿　昭則、石川　一彦、藤井　達也、岸下　誠一郎
（常勤職員4名、他1名）
［研 究 内 容］

バイオ燃料製造における糖化酵素コストの削減およびエタノール発酵収率の改善を目的に、米国国立再生可能エネルギー研究所（NREL）と連携し、セルロース系バイオ燃料の生産に適合した酵素生産糸状菌およびバイオ燃料生産微生物の開発を行った。糸状菌酵素の開発では、セルラーゼ高生産糸状菌 *Acremonium cellulolyticus* 株の相同組換えによる組換え糖化酵素の生産を検討した。得られた組換え酵素は野生型と同じ性質を示したことから、エキソグルカナーゼ（Cel7A）の改良・高機能化を目指してセルロース結合モジュール（CBM1）を置換および欠失した変異酵素の構築と諸性質検討を行った。さらにβ－グルコシダーゼ（Bgl3A）の発現を強化した株を構築した。この組換え株由来の糖化酵素は、従来のものより NREL の前処理物の初期糖化の反応性を20%上昇させることが出来た。

燃料生産微生物の開発では、DNA マイクロアレイ解析によりキシロース発酵性 *Saccharomyces cerevisiae* 由来の16種類の遺伝子を選抜し、これら遺伝子の欠失変異株の中から、キシロース発酵速度を23%増加することができる酵母株を選抜・開発した。また、糸状菌 *Trichoderma reesei* 由来の2種類のアラビノース代謝系酵素遺伝子をクローニングし、キシロース発酵性酵母に形質転換することにより得られた株は、主にアラビノースを炭素源とする最少培地において対照株よりも増殖能が増加した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］バイオ燃料、セルラーゼ生産糸状菌、キシロース発酵性酵母

［研 究 題 目］リグノセルロース細胞壁脆弱化処理・機械的ナノ解繊処理とその酵素分解挙動及び高付加価値利用研究
［研究代表者］李　承桓（バイオマスリファイナリー研究センター）
［研究担当者］遠藤　貴士、李　承桓、岩本　伸一朗、石川　一彦、井上　誠一、熊谷　明夫、武　龍（常勤職員5名、他2名）
［研 究 内 容］

このテーマは、リグノセルロース系バイオマスの利活用技術開発として、産総研が持つ木質等をナノサイズに解繊できる水熱・メカノケミカル処理技術を、米国オークリッジ国立研究所（ORNL）が持つ1つの微生物で酵素糖化と発酵を同時進行させる統合バイオプロセス（CBP）技術に適応させることにより、リグノセルロースから効率的かつ効果的にバイオ燃料や化学品を製造するための技術開発を目指している。

本年度は、産総研においてユーカリおよびヒノキを原料として水熱・メカノケミカル処理によりナノサイズの微細繊維を製造し、ORNL において耐熱性バクテリアによる資化性評価を行った。その結果、従来の希硫酸処理物と比較して、水熱・メカノケミカル処理物では資化による重量減少速度が速く、ナノ解繊処理の有効性を確認することができた。また、CBP に適用した結果、エタノールや乳酸等の化学品が生産できることも確認できた。

本年度はさらに、ナノ解繊物の表面状態や酵素反応性を直接的に解析するため、水晶振動子マイクロバランス法（QCM）による評価系の構築を行った。QCM は、水晶センサー上に対象物質の薄膜を形成させ、酵素等の

吸脱着や分解による重量変化を解析する手法である。センサーの作製方法について検討を進めた結果、ヒノキからディスクミル粉砕により調製したナノ解繊物を、さらにホモジナイザー処理し、さらに遠心分離により精製することで、センサー上に均一にナノ解繊物を固定化することができた。このセンサーを用いてセルラーゼとの反応挙動を調べた結果、セルラーゼの吸着による重量増加とセルロースの分解による重量減少をモニタリングすることができた。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］リグノセルロース、ナノ解繊、ナノセルロース

［研 究 題 目］**再生可能エネルギー導入に備えた統合型水素利用システムに関する研究**
［研究代表者］伊藤　博（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］中納　暁洋、伊藤　博、前田　哲彦、宗像　鉄雄、高木　聡美
（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

再生可能エネルギーは不安定であることから、それが大量に導入されると一時的なエネルギー貯蔵装置が必要になる。統合型水素利用システムは主に水素製造装置、水素貯蔵装置、水素供給装置、及び燃料電池で構成される定置型の水素システムである。これは、その設置施設に対し電気に加え、熱、及び物質（水素）を供給することができ、水素の形でエネルギー貯蔵を行うことからエネルギーの長期・大量貯蔵に適する再生可能エネルギー利用促進に有望なシステムである。本研究の目的は再生可能エネルギーを最大限取り込むことができ、且つ、優れた省エネルギー性を併せ持つ低炭素化社会の公共インフラとなり得る統合型水素利用システムを米国のサバンナリバー国立研究所（SRNL）と共同で開発することにある。単体試験において性能を検証した水素吸蔵合金タンクを SRNL の全体システムに組み込み、実際に再生可能エネルギー（太陽光）を使用して水素を製造し水素吸蔵合金タンクに貯蔵、その水素を利用して燃料電池を動かす一連の実験を実施し、開発した水素吸蔵合金タンクの性能評価を行った。その結果、統合型水素利用システムの定格運転とは異なる温度・圧力条件ではあるが、合金反応熱の利用率が吸蔵でほぼ100%、放出で約96%という良好な結果を得た。水素吸蔵過程では太陽光の時間変化に伴い、実験終盤で合金温度がほぼ初期の状態に戻ることからタンク外筒を含む全ての材料に蓄えられた熱が循環水により回収され、合金反応熱の利用率が大幅に向上することが分かった。一方、産総研では水素吸蔵合金タンクの更なる低コスト化を図るため、非レアアース系合金材料の実験に着手した。同時に日本仕様の10気圧以下で運転が可能な横置型水素吸蔵合金タンクの性能評価試験の準備も進めた。また、水電解・燃料電池一体型セルの開発についても主に産総研で実験を進めた。本年度はセル複極板流路形状の影響を詳細に検討し、サーペンタイン1列の流路形状を採用することで、セル単体での当初の目標：電圧往復効率40%@500mA/cm^{2}を上回る性能を達成した。ただしこの流路形状では水電解時の不安定性が問題となるため、今後は安定した水電解運転が可能なパラレル型流路においてもサーペンタイン1列と同等の性能を実現することを目標とする。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］水素システム、再生可能エネルギー、水素貯蔵

［研 究 題 目］**次世代型地熱エネルギー探査技術の開発**
［研究代表者］當舎　利行（地圏資源環境研究部門）
［研究担当者］當舎　利行、中尾　信典、阪口　圭一、相馬　宣和、雷　興林、杉原　光彦、西　祐司、船津　貴弘、柳沢　教雄
（常勤職員9名）

［研 究 内 容］

地下に人工の水理系を作成して天然の水理系につなげてエネルギーの抽出を行う EGS（Enhanced Geothermal System）技術は、天然の水理系が全く存在しない場所で人工的に水理循環系を作成し、地熱エネルギーを採取することも可能な技術である。EGS では、高圧の水を地層中に圧入し、意図した方向や範囲に亀裂を作成させる水圧破砕技術、また、どの方向に亀裂が進展して熱交換面が形成されたかをリアルタイムでモニタリングする技術が重要な技術開発課題である。

本研究開発では、日米の技術を融合・発展させ人工的な資源を開発するのに必要なモデリングや数値解法手法の開発、ならびに、貯留層造成をモニターする技術の開発を、米国での地熱開発実験現場において適用し、日米共同で貯留層内の亀裂検知技術を確立する。また、力学的なメカニズムを流体流動シミュレーションに取り込むとともに、流体流動に伴って発生する微小地震をリアルタイムで捕らえて、高圧水圧入による人工亀裂造成を制御する EGS 技術の開発を研究到達目標とする。具体的には、以下の技術開発を行う。

1）米国内 EGS 実験現場での坑井内地震波動の検出技術
2）米国研究所と協力して、波動解析技術
3）岩石実験等による地熱貯留層の力学メカニズム把握
4）貯留層シミュレーションのためのモデリング技術
5）貯留層の中の亀裂の同定

平成23年度は、坑内地震計による予備的な観測を行った。実験場は、アイダホ州南部の Raft River 地熱地帯における EGS 実験場であり、この実験場での坑井に地震計を設置して、現場の地震学的なパラメータを推定するなどの予察的な地震観測を行った。一方、これらの観測と平行して理論的な解析手法の解析や解析の元となる

モデル作成の検討も引き続き行った。速度計算を行う為のモデルについても検討を行った。貯留層を含む地層のモデリングでは、複雑な力学的側面を持つ地質モデルを構築する為、地熱貯留層を含めた地質モデルと、それらを貫く正断層のモデル化を検討した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］地熱エネルギー、EGS 技術、共同研究、米国実験場、坑井内地震計、モデリング技術

［研 究 題 目］再生可能エネルギーのキャリアーとしての水素・化学水素化物の活性化技術に関する研究

［研究代表者］徐　強
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］徐　強、塩山　洋、
Arlin Jose Amali Aruldoss、
Qi-Long Zhu（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

本事業は、米国エネルギー省（DOE）傘下のパシフィックノースウェスト国立研究所（PNNL）との共同研究によって、高密度化学的水素貯蔵材料の高機能化を行い、高効率化学水素貯蔵技術を確立すると共に、化学水素化物に共通した活性化機構の基礎的解明を行い、化学的水素貯蔵材料の規格標準化に向けた基盤構築を目的としている。本研究では、均一な粒子径分布を持ち、高分散された超微細金・ニッケル（AuNi）合金ナノ粒子を多孔性配位高分子（MOF）のメソ細孔内への固定化に成功した。合成された AuNi @MOF 材料は、アンモニアボランの加水分解による水素発生反応において、これまで報告された中で最も活性の高い触媒の一つであり、その高い触媒活性は、MOF のメソ細孔内に固定化された AuNi ナノ粒子における Au と Ni の金属間相乗効果及び極めて小さい粒子径に起因している。また、金属ナノ粒子の形状を制御することによって、触媒活性の向上を図った。球状 Pd、Pt や PdPt ナノ粒子や立方体 Pd ナノ粒子よりも、立方体 PdPt ナノ粒子は、アンモニアボランの加水分解において著しく高い触媒活性を有し、形状が触媒活性に大きな影響を与えることを示した。さらに、超微細 PtNi 合金ナノ粒子をデンドリマー高分子内に固定化することに成功し、アンモニアボラン等化学水素化物の活性化・水素放出反応において高い触媒活性を有することを見出した。本研究によって、構造制御された金属合金ナノ粒子は、高い水素含有量を持ち、水素貯蔵材料として有望なホウ素系化学水素化物の活性化に極めて有効であることが明らかになった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素、燃料電池

［研 究 題 目］水素容器・蓄圧器の特性評価・技術指針・規格化に関する共同研究

［研究代表者］松岡　三郎
（水素材料先端科学研究センター）

［研究担当者］飯島　高志、安　白、中道　修平
（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

研究開発の背景・研究目的及び目標

燃料電池自動車の開発普及と、水素ステーションの設計開発が2015年の同時投入を目指して加速段階にきている。いずれも水素容器・畜圧器による水素の貯蔵・運搬が大きな技術開発要素である。今回の米国サンディア国立研究所との共同研究では、水素畜圧器の安全性・経済性を念頭において、実験データを基に日米の問題意識の共通化を図ることで、燃料電池自動車の車載水素容器や水素ステーションの畜圧器の設計に必要な、国際規格・標準の整備・強化を目指し、日米で世界標準をリードしていくことを目的とする。水素利用社会を構築するために、日米が協力して高圧水素ガス中での材料の疲労強度や破壊靭性など材料特性評価方法の検討、ならびにそれらデータの取得を行い、水素容器・畜圧器を開発するために必要な国際規格・標準化を推進するための技術的裏付けを日米共同で明らかにする。

成果概要

平成23年度に日米協議により策定した研究計画に基づいて、①フェライト鋼の水素ガス中での破壊特性評価、②ステンレス鋼の水素脆化メカニズムの把握について研究を実施した。①では、研究者を2012年10月、2013年3月に派遣し、研究進捗状況の確認と、日本側実験データの考察を行った。その結果、日米で材料試験装置が異なるものの、115MPa 水素中でのき裂進展開始試験の日米の実験結果はほぼ同じであり、クロスチェックが有効であることが明らかになった。②については研究者を2012年10月、12月に派遣するとともに、米国側研究者を2013年3月に招聘した。また、走査型プローブ顕微鏡（SPM）を用いて、水素チャージした SUS304の200-218K 低温引張試料破面の微細構造及び歪み誘起マルテンサイト分布を高分解能で観察し、その結果を2013年7月の米国材料学会（ASME）で共同発表することとなった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素、燃料電池自動車、水素脆化、国際標準

［研 究 題 目］ハイブリッド水素タンクの信頼性向上に関する研究

［研究代表者］栗山　信宏
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］栗山　信宏、清林　哲、竹市　信彦、
戸出　真由美、鍵田　直美

（常勤職員3名、他2名）

［研究内容］

水素吸蔵合金と圧縮水素容器を組み合わせたハイブリッド水素タンクは、日本発の高密度水素貯蔵技術であり、容器及び周辺機器コストの低い35MPa 以下の圧力で重量増加を抑えつつ容器の大幅なコンパクト化が可能な貯蔵技術である。この技術の実用化のため本事業においては、我々ユビキタスエネルギー研究部門と米国サンディア国立研究所（Sandia National Laboratories, SNL）と共同実験及び相互訪問を通して協力し、実際の使用に即した条件の下でのハイブリッド水素タンク及び水素吸蔵合金の水素中不純物ガスに対する耐久性及び容器破壊時の安全性の把握とその対策技術の確立を目的とした。

ハイブリッド水素タンクの破壊時に、充填された水素吸蔵合金が大気に曝露される状況が想定される。その際、空気中の酸素や水等と合金層の反応による発熱の低減や合金層からの水素の放出を抑制する技術を開発する必要がある。そこで、平成24年度では、水素吸蔵合金と大気中の酸素や水等との反応により生じる熱量の定量的評価技術に関する整備に特化し、①熱量測定システムの構築、②水素貯蔵材料の大気曝露時の熱量測定、③大気曝露した水素貯蔵材料の酸素濃度測定、④危険性低減に向けてSNL との意見交換を行った。

大気曝露させながら熱量を測定するシステムを構築し、今年度は、$LaNi_5$と Mg_2Ni を大気曝露させた時の熱量を測定した。$LaNi_5$と Mg_2Ni はいずれも大気曝露させると、発熱が観察され空気中の酸素及び水と反応することで発熱反応が起こったと考えられる。$LaNi_5$と Mg_2Ni を比較すると、Mg_2Ni より $LaNi_5$の方が3～5倍程度大きい発熱量が得られた。比表面積を測定して比較すると、Mg_2Ni の方が比表面積が約5倍広い結果が得られており、比表面積の広さが発熱量の大きさに寄与しているわけではないと言うことが分かった。得られた熱量から、反応した合金の量を算出すると、合金全体が反応するのではなく、表層部分のみが反応していることが確認できた。SLN の研究員が UBIQEN 滞在中に、水素吸蔵合金の危険性低減に関する情報交換を行い、SNL の知見を基に表面改質や高分子との混合など劣化低減に関する手法を提案していく予定である。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素貯蔵合金、ハイブリッド水素タンク、大気曝露、安全性

［研究題目］燃料改質ガスの燃焼モデルの基盤研究

［研究代表者］壹岐　典彦（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］壹岐　典彦、倉田　修、松沼　孝幸、大島　伸行、北川　敏明、桑島　常明

（常勤職員3名、他3名）

［研究内容］

各種バイオマス燃料について、固体燃料や液体燃料は燃料ガス化を行ってガス燃料を得て、これらバイオマス由来のガス燃料を燃料改質してから燃焼することが考えられているが、燃焼特性は含まれるガス成分によりそれぞれ異なる。特に合成ガスの主成分のうち、水素は燃料ガスの中でも特異な燃焼特性を示すため、燃焼器の数値解析に適用可能な燃焼モデルが求められている。バイオマス燃料等の炭化水素燃料を燃料改質して得られるガス燃料について、燃焼現象の数値解析に使用可能な燃焼モデルを確立するために、次の課題に取り組んだ。

(1) 改質ガスの燃焼特性の解明

混合火炎の安定性データ取得のため、水素－酸素－窒素の量論比混合気について実験を行いながらデータ収集のノイズ対策などの実験装置の改良を進めた。バーナ（内径10mm）を用いて、予混合気の流量に30Hz-4000Hz の周期的変動を与えながら大気開放条件下で燃焼を行い、OH ラジカルの発光強度変化を光電子増倍管で調べた。その結果、水素濃度15～20%、平均流速4m/s で、周波数応答のデータを得、流速変動による引き起こされる火炎発光強度の変動が振幅の比で整理できることを示した。振幅の比は、ピークより低い周波数では周波数とともに徐々に値が大きくなるが、ピークより高い周波数では周波数上昇により急速に値が小さくなっている。また一酸化炭素の影響について実験を開始した。

(2) 燃焼モデルの開発

3次元の計算格子を準備し、非燃焼状態での解析が可能なことを確認するとともに、計算結果の表示分析用のソフトウェアを導入し、燃焼状態での解析の準備を進めた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］燃料改質、水素リッチ燃料、ガスタービン、燃焼モデル、数値流体計算

［研究題目］薄膜膜厚計測

［研究代表者］東　康史（計測標準研究部門）

［研究担当者］藤本　俊幸、黒河　明、寺内　信哉、東　康史、尾高　憲二

（常勤職員4名、他1名）

［研究内容］

半導体・エレクトロニクス産業等、ナノ構造を有する材料を積極的に利用する極めて広い産業分野において材料の微細化は進んでおり、ロバストかつ簡便な薄膜構造評価法の確立が期待されている。X 線反射率（XRR）法は、膜厚計測の絶対測定法であること、大気下での非破壊測定が可能なこと、トレーサビリティが明確であり、測定の再現性が高いこと等々から、研究開発のみならず、製造現場における品質管理に向けた応用が期待されている。

本研究では、XRR 法を用いた膜厚評価の産業応用化を目指して、手法の高精度化を目指すとともに、米国・

国立標準技術研究所（NIST）と連携し国際標準化に向けた課題の検討を行う。本年度は、未だ明確でないSiO_2膜の微細構造が製膜条件によって製条件によってどのような影響があるのか調べた。その結果、昇温速度の違いや酸化種の違いにより、SiO_2膜の微細構造が変化する結果を得た。同じ組成による薄膜においても製膜条件において膜構造が変化する事は、より確かな膜厚や不確かさ評価を困難にする要因である。高精度な膜厚計測のためには、これらの製膜条件毎の構造の変化等も考慮に入れて解析を行う必要がある場合があることが示された。その他、SiO_2膜の標準試料としての利用を考慮に入れ、試料の汚染防止と長期安定性についての評価を行った。加えて、NIST と連携し、標準物質を用いたXRR 法による膜厚測定時の試料の位置調整の精度管理と位置調整が原因の膜厚評価の不確かさの評価法について検討した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］X 線反射率法、膜厚計測、国際標準化

［研 究 題 目］薄膜熱物性計測

［研究代表者］八木　貴志（計測標準研究部門）

［研究担当者］八木　貴志、新田　詠子
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

半導体やメモリ等のエレクトロニクスの発熱挙動や温度分布を予測するための熱設計では、デバイス中に使用される薄膜材料の熱物性値が必要であり、これらの正確かつ信頼性の高い評価手法が求められている。本研究では、パルス光加熱サーモリフレクタンス法による薄膜の熱拡散率計測技術に関して、測定方法および解析方法の検討を行い、最終的に国際標準化を前提とした技術指針のとりまとめを目指す。本年度は、測定手順および解析手順の一般化に向けたプロトコルの検討を行うとともに、測定装置のトレーサビリティおよび不確かさの検証等に用いるための薄膜標準物質の開発を進めた。標準物質の製造方法の検討のため、8インチターゲットおよび396mmφの自公転式基板ホルダ4個を有する dc マグネトロンスパッタ装置を用いて、成膜条件を変えた複数回の製造を試験し、膜厚および熱拡散率分布等の特性評価を行った。この結果を基に、1.5インチ合成石英ガラスウェハ上に目標厚さ400nm の Mo 薄膜を作製し、標準物質として十分な均質性と熱拡散率特性が得られる製造手順を確立した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］薄膜、熱物性、測定比較

［研 究 題 目］微細形状計測

［研究代表者］井藤　浩志
（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］井藤　浩志、Wang Chunmei
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

精密な形状計測を行うために必要な測定法、および、ラフネス評価のためにプローブ評価法の開発を行った。形状計測においては、付着力最小の条件で、高い形状精度を得ることに成功し、精密な AFM プローブの評価法の有効性を示した。ラフネスについては、ISO TC201 SC9の国内審議委員会において、国内持ち回り試験の開始が承認された。AFM 画像の低空間周波数成分がラフネスを決めている場合には、探針先端径の影響が少ないが、高い空間周波数成分が支配的な場合には、探針先端の形状がラフネスの再現性を決めることを示し、プローブ特性と対応づけた。さらに、ラフネス計測では、画像補正が必ずしも有効でないことをシミュレーションで示し、AFM 探針形状が十分先鋭であることが必須であることを示した。電気測定に関するプローブ顕微鏡の標準化のために、持ち回り試験のための試料を作成した。この試料を利用して、走査キャパシタンス顕微鏡法（SCM）や走査広がり抵抗顕微鏡法（SSRM）の濃度計測範囲は校正の手順について、国内での持ち回り試験を開始し、その結果を国内審議委員会で検討し、実用的な SCM および SSRM の校正手順を作成した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］原子間力顕微鏡、走査プローブ顕微鏡、カンチレバー、標準試料、国際標準

［研 究 題 目］微細寸法計測

［研究代表者］権太　聡（計測標準研究部門）

［研究担当者］権太　聡、三隅　伊知子、菅原　健太郎、堀　泰明、木下　和人
（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

新規ナノデバイスの機能を実現する上で、三次元微細寸法・形状は普遍的かつ不可欠な評価項目である。しかしデバイス構造そのものが nm 単位となってきており、要求精度は1nm よりはるかに小さく、こうした評価項目において多用される走査型電子顕微鏡（SEM）や原子間力顕微鏡（AFM）でも性能限界に近付いているため、nm サイズの信頼できる基準試料が望まれている。原子ステップ・テラス構造の段差を不変の基準として利用した表面微細寸法を次世代の基準試料として実証し、国際標準化に向けた技術的根拠とするため、候補物質の寸法・形状の品質を高精度に評価する。一般的に AFM 像には装置や床振動に起因する微小振動空気のゆらぎによる機械的ノイズや電気的ノイズが重畳している。これらのノイズやゆらぎはフィルタ処理、平坦化処理を行っても完全には除去しきれない。本年度は、同一場所の繰り返し測定における複数の AFM データを重ね合わせて平均化することで、実質的にノイズを低減できることを実証した。また、複数データを取得中に発生するドリフ

トを補正しないまま重ね合わせるとステップ・テラス構造が崩れて劣化してしまい、正しい寸法解析が不可能となってしまう。そこで各 AFM 像において共通する特徴的な微細形状を捉えてフィッティングを行い、ドリフトを補正した位置で重ね合わせるアルゴリズムを開発した。これにより AFM 像のノイズが低減し、かつ安定な寸法解析が可能となった。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］原子間力顕微鏡、走査型プローブ顕微鏡、単結晶、格子定数、段差、不確かさ、微小寸法計測、ナノスケール

［研 究 題 目］凝集状態評価

［研究代表者］岡崎　俊也
（ナノチューブ応用研究センター）

［研究担当者］岡崎　俊也、丹下　将克、高野　玲子
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

世界的規模で取り組みが行われている地球温暖化対策の推進を背景に、平成21年2月の日米首脳会談において環境・エネルギー技術を中心とした日米協力の重要性について合意された。さらに、日米間の協力を基礎とした標準の策定を促進することとし、MOU（Memorandum of Understanding）にて署名が行われた。このような背景を受け、代表的ナノ物質であるカーボンナノチューブについて、その分散および凝集状態について国際標準化を目指した研究を行っている。

これまでの研究から、分散状態はもとよりチューブ形状の異なる多種類のカーボンナノチューブについてデータを蓄積し、多種類の評価を用いて総合的に評価・検討する必要があることがわかってきた。そこで、アーク放電法や化学気相成長（CVD）法など種々の合成法で作られたカーボンナノチューブ溶液について、各種顕微鏡観測（AFM、SEM、TEM）による凝集体のサイズ・形状評価を行い、レーザー散乱法や動的散乱法（DLS）などの分光法による評価結果と比較検討した。その結果、すべての測定結果を統一的に理解するためには最適な試料調整法の開発が重要であり、また、形状が球ではないような対象を精密に評価する手法を導入することが必要であることがわかった。

そこで平成24年度は、引き続き種々のナノチューブ試料を用いた分散液について、カーボンナノチューブ分散状態評価を行った。特に、偏光解消動的光散乱法（DDL，並進拡散と回転拡散を同時に求めることで円柱型のような対象の太さ・長さを求める方法）やコールター原理（形状に依存せずに対象の大きさ（体積）を精密に測定する電気的検知法）の導入により、確度の高い凝集状態評価法確立を目指した。その結果、偏光解消動的光散乱法が溶液中のナノチューブ形状を推定する手法として有力であることがわかったが、一方で、その粒径分布については、ほとんど情報を与えないという欠点があることが判明した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］カーボンナノチューブ、凝集状態、光散乱、国際標準化

［研 究 題 目］3D 映像

［研究代表者］氏家　弘裕（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］氏家　弘裕、渡邊　洋（健康工学研究部門）（常勤職員2名、他7名）

［研 究 内 容］

立体（3D）映像メディア技術を情報機器・システムに導入することで3DTV 会議システムや3D テレワーク等の活用により、CO_2を多く排出する交通機関の利用を避ける事が可能になる。本テーマでは、立体映像を提示し、これによる心理学的及び生理学的な影響を調べ、映像酔いや視覚疲労など好ましくない生体影響をできるだけ生じさせない立体映像のためのガイドライン草案を作成し、その国際標準化を図ることで、誰にでも安全・安心に立体映像が利用可能な環境を日米連携で早急に整え、世界的な立体映像関連市場立ち上げをスムースかつ急速に進め、エネルギー消費削減とともに、新しい産業による雇用創出への貢献を目指す。

具体的には、以下の2点について実施した。

(1) 3D 生体安全性国際規格化審議の基盤となる生体影響計測

立体映像の両眼間での非整合のうち回転ずれ、縦ずれ、クロストークによる影響について、異なるずれ量に対する個人内での変動を明らかにするために、観察者内計画（within-subject-design）での実験を63名の観察者で実施した。

また、回転ずれ、輝度ずれによる影響について、小さな3D ディスプレイ（23インチ）と小さな視距離（57cm）の組み合わせを用いて、異なる視聴環境（画面サイズと視距離）による影響を明らかにするために、20名の観察者で実験を実施した。

さらに、3D 映像における視覚運動による生体影響を明らかにするために、視覚運動と視差量との相互作用や視覚運動の時間的分布による影響を調べる実験を46名の観察者で実施した。

なお、以上の実験における生体影響計測として、主観評価やアンケートを主体とする心理計測と、心電計測を主体とする生理計測とを実施した。また、過去に報告されている3D での不快度に関する短時間（主として数秒間）での観察による評価と異なり、比較的長時間（10～40分程度）での観察による計測を実施した点を特徴としてあげることができる。

(2) 3D 映像ガイドラインの国際規格化活動

ISO/TC 159/SC 4/WG 12（映像の生体安全性）に

おいて、上記の(1)に基づいて実施された3D 映像による視覚疲労に対する国際規格化提案（NP9241-392）が承認されたため、作業原案（WD）についての審議を進めた。その結果、委員会原案（CD）を登録することができ、CD 投票を開始するに至った。

なお本テーマは、(社)電子情報技術産業協会と共同で実施した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］立体映像、生体安全性、国際標準化

［研 究 題 目］核酸計測

［研究代表者］関口　勇地
（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］関口　勇地、川原崎　守、水野　敬文、陶山　哲志、松倉　智子（常勤職員5名、他2名）

［研 究 内 容］

DNA マイクロアレイ技術、次世代 DNA シークエンシング技術、定量的 multiplex PCR 技術などの多種の核酸種を標的とした核酸計測技術の信頼性確保、測定技術の分析的妥当性評価、比較互換性確保を目的に、米国標準技術研究所（NIST）と共同研究を実施し、以下の2つの技術開発を実施した。(1) 複合16S rRNA 遺伝子解析などのマルチテンプレート定量 PCR 解析、RNA スプライスバリアント解析、コピー数多型解析、ゲノムリアレンジメント解析などの高度な核酸解析技術の信頼性確保のための内部核酸標準の作製、(2) 核酸標準品中の核酸分子の純度、およびその塩基配列のエラー率を従来の方法よりも高い精度で評価する技術の開発。平成24年度は、マルチテンプレート定量 PCR 解析を想定し、医療あるいは環境分野での微生物検査の品質管理に利用できる内部標準16S rRNA 遺伝子を複数新たに合成し、その有用性の評価を行った。また、DNA および RNA 候補標準品の純度評価のため、平成23年度に引き続きさまざまな合成方法で作製した候補核酸標準品の網羅的な1分子塩基配列解析を実施した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］核酸標準物質、DNA マイクロアレイ、次世代 DNA シークエンシング

［研 究 題 目］タンパク質計測

［研究代表者］本田　真也
（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］本田　真也、渡邊　秀樹
（常勤職員2名、他3名）

［研 究 内 容］

タンパク質医薬の会合凝集性評価法を標準化するために必要な、会合凝集性の測定分析のための校正用タンパク質を開発することを目的とする。標準タンパク質候補として、前年度までに合成した分子 A～D に加え、平成24年度は分子 E をあらたに分子設計した。また、昨年度の結果において、合成収量が芳しくなかった分子 D に関しては、遺伝子の配列設計をゼロベースで新たに行った。次いで、設計した分子 E と再設計した分子 D の核酸配列に相当する人工遺伝子を有機化学的に合成し、これらに制限酵素処理等を施して、それぞれに対応する発現ベクターを構築した。得られた発現ベクターを用いて大腸菌を形質転換し、微生物による分子 E と分子 D の組換えタンパク質生産系を完成させた。続いて、分子 E に関しては、培養後の大量の大腸菌を破砕し、可溶性画分から粗製物を回収した。この中に目的のタンパク質が含まれることを SDS-PAGE で確認したのち、多段階のクロマトグラフィー分離を行って、目的物を高純度に精製した。精製した分子 E と免疫関連分子をさまざまな比率で混合させた混合試料の SEC-MALS（サイズ排除クロマトグラフィー－多角度静的光散乱）法、DLS（動的光散乱）法、MFI（マイクロフローイメージング）法による分析を行った。その結果、混合試料中の会合体は、直径12～16nm 程度の多量体が主で、それより高次の粒子はほとんど形成されないことがわかった。一方、重量比で数パーセント以下ではあるが、直径1000nm 程度の巨大な不溶性凝集体が形成することも明らかとなった。このような、離散的な粒径分布の粒子形成は再現性が高く、数回の異なる実験で、ほぼ同様の分析結果を与えた。一方、分子 D に関しては、形質転換した大腸菌の培養破砕後に得られる懸濁液を遠心分離機により可溶性画分と不可溶性画分に分け、可溶性画分に目的とするタンパク質が混合物として存在すること、および遺伝子配列の再設計により合成収量が大きく向上したことを確認した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］バイオ医薬品、タンパク質、凝集、標準化

・産業技術研究開発

［研 究 題 目］ハイパースペクトルセンサの校正・データ処理等にかかる研究開発

［研究代表者］山本　浩万(地質調査情報センター)

［研究担当者］山本　浩万、土田　聡（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

ハイパースペクトルセンサは、従来のセンサと比べて対象物の性質を詳しく分析することができるため、「宇宙にかかる技術の産業（資源確保・防災・環境等）利用への拡大」が期待される。本研究では、ハイパースペクトルセンサを活用するために不可欠な校正技術及び得られたデータの処理技術の開発を実施、特に、現在、次期衛星センサとして経済産業省が開発中の高精度ハイパースペクトルセンサ及びマルチスペクトルセンサ（HISUI）に対して、その「校正技術」および「データ処理技術」の研究開発を実施するものである。

平成22年度から始まった3年目のプロジェクトであり、校正技術の研究開発として、代替校正、相互校正についての研究を進めた。代替校正については、豪州代替校正サイトにおいて豪州連邦科学産業研究機構（CSIRO）と代替校正実験を共同実施し、測定による誤差を確認することを中心に進めた。相互校正においては、海外で同時期に打ち上げが計画されているハイパースペクトルセンサや HISUI と相互校正の可能な衛星ミッションの仕様・運用計画等の調査・検討を行った。

データ処理技術の研究開発については、HISUI の「大気補正済みプロダクト（L2）」の作成方法の検討を実施した。すなわち、他衛星ミッションにおける大気補正アルゴリズムの動向の調査を行い、レイリー散乱および地上視程100km 補正（大気モデルやエアロソルタイプ等を固定値にする）アルゴリズムを提案した。また、MODIS 雲検知アルゴリズムのうち、HISUI のもつ観測帯域で実装可能なものにつき、実際の MODIS 雲マスクと比較して検知能を確認した。打ち上げ後にチューニング容易でかつ効率的な HISUI 雲検知アルゴリズムを開発した。

［分　野　名］地質

［キーワード］衛星画像、校正・検証、画像補正、ハイパースペクトルセンサ、HISUI

［研 究 題 目］平成24年度産業技術研究開発（低炭素社会を実現する超軽量・高強度革新的融合材料プロジェクト（NEDO 交付金以外分）ナノ材料の安全・安心確保のための国際先導的安全性評価技術の開発）

［研究代表者］本田　一匡（安全科学研究部門）

［研究担当者］本田　一匡、蒲生　昌志、納屋　聖人、五十嵐　卓也、篠原　直秀、佐々木　毅、古賀　健司、古屋　武、越崎　直人、清水　禎樹、陶　究、伯田　幸也、山本　和弘、榎原　研正、飯田　健次郎、櫻井　博、江馬　眞、斎藤　英典、カザウィ　理香、福井　浩子、蒲生　吉弘、篠塚　るり、鈴木　貴子、宮本　宏幸、内田　邦夫、吉田　智子、後藤　理恵、林田　津安子、柴野　容一（常勤職員16名、他13名）

［研 究 内 容］

ナノ材料の物理化学性状がどのような範囲の材料であれば有害性が同等と見なせるか（同等性）の判断基準の構築と、簡便な初期有害性試験方法の確立を目的として、以下の研究開発を行った。

1）同等性評価のための試料調製技術とキャラクタリゼーション

二酸化チタンと酸化ニッケルについて、動物試験を実施するナノ粒子の選定、分散液の調製と試験実施機関への供給、キャラクタリゼーションを行った。また、結晶性シリカナノ粒子について、方法や原料に関する検討を行った。

2）エアロゾルの安定発生手法の構築

前年度に構築したエアロゾル発生系を主に使用して、液滴化やエアロゾル処理の検討を行い、酸化ニッケルナノ粒子の懸濁液からエアロゾル粒子を発生させ、吸入暴露試験に供給した

3）エアロゾルの液相捕集手法の構築

昨年度にミニチュアスケールで原理を実証した凝縮成長式エアロゾル捕集技術について、実用スケールへ拡張するための技術開発と評価を行った。

4）ナノ材料の体内分布及び生体反応分布の定量化技術の開発

光学顕微鏡によるミリメートルオーダーの肺組織の広視野の観察と透過型電子顕微鏡観察によるサブナノメートルオーダーでの生体反応分布の可視化を可能とするため、免疫染色法を用いた肺胞マクロファージの活性化識別技術を開発した。

5）ナノ材料の体内動態と生体反応に関する数理モデルの構築

気管内投与試験や静脈注射による体内動態試験からの臓器試料についてチタンの残留分析を行い、臓器間の移行の有無の確認と時間的な変化の解析を行った。また、肺組織の局所での二酸化チタン粒子の分布を、蛍光 X 線分析を用いて定量化する手法を検討した。

6）培養肺胞モデル評価系の開発と数理モデル化への利用方法に関する研究開発

肺胞上皮細胞 A549と単球／マクロファージ様細胞株 THP-1の単培養及び共培養からなる気液界面培養による評価系を確立し、二酸化チタンナノ粒子の影響を検討した。また、ラットからの肺胞上皮細胞抽出と培養法の新規導入を行った。

7）国際動向の把握

OECD 工業ナノ材料作業部会や ISO ナノテクノロジー技術委員会での標準化等に関する議論や米国や EU 等における規制動向について情報を収集した。また、主に OECD に対しては、今後研究成果の発信を円滑に進めるための活動を行った。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ナノ材料、同等性、キャラクタリゼーション、有害性評価、気管内投与試験、吸入暴露試験

［研 究 題 目］平成24年度産業技術研究開発（グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発（革新的触媒）のうち有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発）（国庫債務負担行為に係るもの）

［研究代表者］佐藤　一彦（環境化学技術研究部門）

［研究担当者］佐藤　一彦、島田　茂、清水　政男、
五十嵐　正安、八木橋　不二夫、
江口　勝哉、石原　吉満、安田　弘之、
崔　準哲、深谷　訓久、遠藤　明、
片岡　祥、上村　佳大、山下　浩、
崔　隆基（常勤職員15名、他9名）

［研 究 内 容］

シリコーンに代表される有機ケイ素材料は、耐熱性、耐候性、耐光性、高光透過性、耐寒性、離型性等の様々な優れた特性を有しており、他の材料では代替できない材料として極めて広範な分野において利用されている。しかし、有機ケイ素原料の製造は、高エネルギー消費プロセスであり、また、有機材料に比べ、触媒技術の開発が大きく遅れており、有機ケイ素材料の性能向上、新機能発現、コストダウンに大きな余地を残している。そこで、本研究開発では、①砂から有機ケイ素原料を低エネルギー低コストで製造する触媒技術、②有機ケイ素原料から高機能有機ケイ素部材を製造する触媒技術の2つの研究課題に取り組むことにより、有機ケイ素材料の性能向上、新機能発現とともにコストダウンを達成することを目的としている。

平成24年度は、砂等の原料から金属ケイ素を経由せずにアルコキシシランを製造する触媒技術に関して、シリカゲルを用いて検討し、アルコシキシランを生成する新規触媒系を見出した。また、その他の有機ケイ素原料を製造する触媒技術に関して、技術調査を行うと共に反応装置の設計を行った。高機能有機ケイ素部材を製造する触媒技術のうちケイ素–炭素結合を形成する触媒技術に関しては、非金属触媒を用いる方法に関して、技術調査を行うと共にルイス酸系触媒の検討を開始した。ケイ素–酸素結合を形成する触媒技術に関しては、パラジウム触媒を用いた非対称シロキサンを形成する新規反応を見出した。また、ケイ素–ケイ素結合形成技術に関しては、新規な遷移金属触媒を見出した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］ケイ素、触媒、シリコン、シリコーン、
パラジウム、ルイス酸

・地層処分技術調査等委託費

［研 究 題 目］**沿岸域塩淡境界・断層評価技術高度化開発**

［研究代表者］丸井　敦尚（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］丸井　敦尚、光畑　裕司、町田　功、
井川　怜欧、横田　俊之、上田　匠、
小原　直樹、越谷　賢、伊藤　成輝、
楠瀬　勤一郎、古宇田　亮一、
樽沢　春菜、吉澤　拓也、西崎　聖史
（常勤職員6名、他8名）

［研 究 内 容］

本年度をもって当該研究のとりまとめを実施することになった、北海道幌延町において実施した研究により、以下の成果を挙げることができた。

塩淡境界／地下水総合評価技術の開発に関しては、北海道幌延町の沿岸域において1200m のボーリング調査を実施している。本掘削で得られた地質試料に対して、花粉分析、CNS 分析、土質試験、針貫入試験、透水試験等を実施した。また、地質との吸着度の違いによる地下水の性状を考慮して、pF 値の違いによる地下水（間隙水）試料を採取した。比較のため圧縮法による間隙水の採取も実施し、一般水質試験や同位体分析を実施した。この結果；

・掘削時に高品質な地質コアを効率よく採取することで、深部地質環境が把握できるほか、掘削泥水の影響を避けた地下水の抽出も可能とした。この掘削において開発したコアリング技術開発は本研究の大きな成果である（特許取得）。
・地下水試料の分析においては、ボーリング後のボアホールからの採水とボーリングコアからの採取方法（遠心分離抽出法と圧縮抽出法）の違いによる水理環境特性の把握や水質分析の方法、同位体測定の方法など本研究課題に即した品質管理技術を確立した。これにより超長期地下水流動解析の精度向上に大きく貢献した。
・これまでの研究では同位体比の軽い深層地下水は縁辺部の産地において涵養されたと考えられてきたが、本研究により深部地下水に関する水質と同位体比を高精度に測定することで、深層地下水が同地において低温期（氷期）に涵養されている可能性があることも示唆された。
・水理試験における同位体トレーサー利用技術として開発した脱塩海水をトレーサーとして利用する技術は、これまでの塩や蛍光染料をトレーサーとして利用することに比べ、安定同位体比の異なるトレーサーが地下水と全く同様の挙動を示すため、これまでにないトレーシング性能を発揮することが確認できた。これにより、本研究では高精度な水理試験（PP 試験）を実施することができ、深部地下の水理定数を的確に判断することができるようになり、深部安定領域の評価に大きく貢献した。
・深部地下環境では、地質境界と水理境界にずれがあることが判明した。また、一般的な水理場の特性は、流動域、混合域、拡散域、安定域の順であり、同時に地下水は一般的に、流動性淡水、現世海水、停滞性淡水、かん水、油田ガス田の順に深部に及ぶことが判明した。これは我が国の堆積平野の沿岸域における地質の層序と対応させると、普遍的な環境であると推定できる。今後の事業において大きな役割を果たす成果と考える。
・地下水流動解析においては、初期値を段階的に変化させながら繰り返し解析を行うことで環境の変化に対応した超長期解析技術を完成させ、沿岸域海底下に氷期の地下水流動が保存されることが把握できた。これは

長期安定性地下水領域の評価にとって大きな成果であり、今後の事業の一助となるに違いないと確信する。

沿岸域地質構造／断層評価技術の開発に関しては、浅海域海底電磁探査法について以下の二つの項目について検討を行った。

(1) 電場計測用ダイポール短縮化による揺動ノイズの低減

(2) 人工信号源の利用による高精度データの取得

(1) については、ダイポール長を、これまでの5m から、4m、3m、2m と短縮化を図り、実海域において計測実験を実施したが、鉄道路線からのノイズの影響で1Hz 以下の低周波数帯域では、短縮化の有効性を検証できなかった。一方で1Hz 以上の帯域では、ダイポール長4m で比較的良質なデータが取得されており、有効性が示唆された。

(2) については、既存の人工信号源データに対して、最適なセグメント長の決定とセグメントへの分割、および時系列スタック処理等による再処理を適用し、ファーフィールドの周波数帯域では MT 法データと調和的なデータを抽出できた。特に1Hz～0.1Hz 付近では揺動ノイズを克服し、見掛比抵抗と位相の曲線の連続性も良く、高品質のデータが得られた。

関連データベースの開発においては、全国の平野と盆地における堆積層データベースを完成させ、地下水賦存量や各地の地下水流動解析を実施した。この結果、安定した地下水の存在する領域を示すことに成功し、カスタマイズされた地下水データベースと合わせ、本事業に資するデータベースを発信できるようになった。

［分　野　名］地質

［キーワード］沿岸域、深部地下水、物理探査、浅海域海底電磁探査法、断層評価、長期安定性

［研 究 題 目］海域地質環境調査技術高度化開発

［研究代表者］丸井　敦尚（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］丸井　敦尚、光畑　裕司、町田　功、井川　怜欧、横田　俊之、上田　匠、小野　昌彦、小原　直樹、越谷　賢、楠瀬　勤一郎、古宇田　亮一、樽沢　春菜、伊藤　成輝、吉澤　拓也、西崎　聖史（常勤職員6名、他9名）

［研 究 内 容］

我が国では、これまでの原子力エネルギー利用に伴い既に放射性廃棄物が発生しており、この処理処分対策を着実に進める必要がある。高レベル放射性廃棄物等の地層処分については、「原子力政策大綱」等に沿って、国、研究開発機関等がそれぞれの役割分担を踏まえつつ、密接な連携の下で基盤研究開発を着実に進めていくこととしている。しかし、沿岸域（とくに浅海域）では、これまでは物理探査などの調査が困難であることから断層等の地質構造調査が十分になされてこなかった。沿岸域に潜在する断層は、地質学的な安定性を欠くばかりでなく、深層地下水の流路として核種の選択的な移行経路になる可能性がある。沿岸域が処分場の候補地となる可能性がある以上、沿岸域に係る調査法や既存データの再解析法の適用性や信頼性を向上させる必要があると考え、本委託事業「海域地質環境調査技術高度化開発」は、原子力発電環境整備機構（NUMO）の強い要請を受け、平成19年度より開始している「沿岸域塩淡境界・断層評価技術高度化開発」の発展的な研究課題として、前述の全体計画のうち「地質環境特性調査評価技術」における要素技術の開発・改良・高度化研究の一つとして位置付けられた。

沿岸域海底下に特徴的な地質環境の調査評価手法の高度化開発を行うことを目的として、沿岸海域における反射法物理探査技術に関する研究を実施した。調査対象海域として静岡県富士川河口域を選定し、当該海域の三次元弾性体グリッドモデルを作成し、数値シミュレーションにより探査仕様の検討を行った。その結果、以下の成果をあげることができた。

・沿岸浅海域に適した反射法地震探査手法の適切な仕様提案：漁業活動や船舶の航行が多い沿岸浅海域においては、長大ストリーマケーブルを曳航する通常の手法で反射法地震探査データを取得するのは困難である。このような海域においてのデータ取得に適した、海底設置型地震ケーブル（OBC）を用いた手法、短いストリーマケーブルを曳航する二船式に関して、適切なデータ取得仕様を検討した。

・浅部詳細地質構造調査の可能性：OBC を用いた手法では、波長の短い S 波を利用することで、詳細な構造を把握することが可能である。二船式では、複数回同一測線上でデータを取得する事が必須であるが、その際ニアオフセット側の震源・受振点間距離を CMP 間隔分（もしくはその半分）ずらしてデータ取得することにより、CMP 間隔を小さくすることが可能であり、浅部の空間分解能を向上させることができる。これらにより、浅部詳細地質構造把握が可能となり、水理地質モデル構築に資する。

海上掘削調査技術の開発においては、水理地質構造を評価するための掘削方法、地質・地下水試料採取方法、海底下地下水環境モデルの構築方法に関する体系的な研究を実施し、他の沿岸域研究課題による成果も活用して、既往の研究成果や情報を踏まえた上で、海上ボーリング調査対象となる沿岸域の海底下水理地質モデルを構築し、地下水流動解析を実施することで、掘削地周辺の地下水環境の推定や掘削適地の評価を行った。今年度は7地点、昨年度までの研究と合わせて9地点で、幌延において観測したような海底下に淡水地下水の張り出しが在る無しの解析を実施した。その結果、沿岸部の地形や地質に応じて張り出しが存在することが解析的に求められた。す

なわち、湾弧が狭まっており、かつ後背山地が海岸に迫っている方が、淡水地下水の海底下への張り出しが大きいことがわかった。また，超長期的な解析よりも地形や地質を考慮した広域的な解析の方が、深層地下水環境を高精度に把握できた。

［分　野　名］地質

［キーワード］沿岸域、海域調査、地質調査、反射法物理探査、水理調査、海上ボーリング

・国際標準化推進事業委託費

［研 究 題 目］医療用バイオチップ実用化促進に向けたヒト核酸の測定プロセスに関する国際標準化

［研究代表者］関口　勇地
（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］関口　勇地、川原崎　守、水野　敬文、松倉　智子（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

本事業は、DNA マイクロアレイなどによるバイオチップ測定データの信頼性確保のため、ヒト由来生物試料の管理からバイオチップ測定まで、核酸標準物質を用いて一気通貫で測定データの品質を保証するプロセスの確立することを目的としており、当研究部門は必要な核酸標準物質の整備と評価を実施した。平成24年度は、ヒト由来生物試料の管理からバイオチップ測定までの工程のうち、核酸抽出工程からバイオチップ測定のためのスパイクイン RNA 標準物質（10種）を作製、評価した。また、それら10種のスパイクイン RNA 標準物質を正確に定量するためのリアルタイム定量 PCR 技術を開発、確立した。また、ヒト由来生物試料の管理工程等の品質管理のため標準物質を想定したゲノムあるいは RNA などが正しく評価された陽性コントロール細胞（モデル培養細胞）の整備に向け、細胞あたりの遺伝子発現量を評価する方法の確立を試みた。具体的には、HeLa 細胞などのモデル培養細胞に対し、単位細胞数あたりに既知量のスパイクイン RNA を添加し、RNA を抽出後 RNA-seq を実施することにより、細胞あたりの遺伝子発現量を評価した。その結果、細胞あたりの mRNA コピー数を算出することが可能なことが示された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］国際標準化、核酸標準物質、バイオチップ、核酸計測、ヒト検体、DNA マイクロアレイ

［研 究 題 目］アクセシブルデザイン及びその適合性評価に関する国際標準化

［研究代表者］赤松　幹之（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］赤松　幹之、横井　孝志、倉片　憲治、関　喜一、伊藤　納奈、佐藤　洋、佐川　賢、水浪　田鶴、岡嵜　治子、野田　景子、有住　絵梨香
（常勤職員6名、他5名）

［研 究 内 容］

本事業では、JIS「高齢者・障害者配慮設計指針」シリーズ、ISO/IEC Guide71、及び ISO/TR22411に基づいて、高齢者及び障害者のニーズに対応した製品やサービスに関する一連の国際規格原案を作成し、ISO に提案する。また、その目的のため、高齢者や障害者の人間特性データ収集のための実験等を行う。

平成24年度の実績は以下のとおりである。(1)アクセシブルデザイン適合性評価制度の指針の国際提案に向け、国内外の評価制度の現状、ニーズ調査等を行った。(2)ISO/IEC Guide71及び ISO/TR22411の改訂作業を、それぞれ ISO/IEC/JTAG、ISO/TC159/WG2にて行った。(3)公共空間の音案内について、JIS 原案を基に ISO/TC173に対して国際標準化提案を行った。(4) ISO/TC159における国際標準化に関して、次の i)～vi)に関する調査・実験の実施、標準化提案、原案の作成・審議等を行った：i）音声アナウンスの音量設定、ii）色の組合せ方法、iii）最小可読文字サイズ推定方法、iv) 触知図形の基本設計方法、v）消費生活製品の報知光、vi）消費生活製品の音声ガイド。(5)IEC/SMB/SG5にて、AAL（自立支援技術）に関する検討を行った。(6) 上記(1)～(5)の国際標準化活動を円滑に行うために、欧州及び中国・韓国・東南アジア諸国との連携強化及び調整を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］高齢者・障害者配慮、ISO/IEC Guide 71、国際標準化、JIS、感覚特性、身体特性

［研 究 題 目］テンプレート保護型バイオメトリクスの安全性評価に関する標準化

［研究代表者］井沼　学（情報技術研究部門）

［研究担当者］井沼　学（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

バイオメトリクス認証は、一般に被認証者が指紋などの生体情報をシステムに提示し、その生体情報をシステム内に保存された登録テンプレート（特定の個人情報と関連付けられて登録された生体情報）と照合することによって行われる。現行の多くの認証システムでは、登録テンプレートは、センサから採取した生体情報そのままの形か、あるいは特徴情報を抽出した形でシステム内に暗号化して保存されている。しかし、入力生体情報との照合時に復号された元の登録情報がシステム内に現れてしまうため、照合を行うサーバ管理者の不正や管理ミスなどによって、元の生体情報が漏洩する危険がある。そこで、、元の生体情報が復元出来ないような暗号化による変換を行うと同時に、照合時においても元の生体情報

が現れないよう変換したままで照合可能な認証方式が、画像処理的なアプローチや暗号理論的なアプローチなど種々のアプローチとして提案されている。このような技術は、テンプレート保護技術と呼ばれ、国内外の多くの研究機関によって開発が進められている。しかしながら、これまでに開発されてきた種々のテンプレート保護方式を統一的に評価できるような明確な安全性評価基準が未だ確立していない。そこで、本提案事業では、委員会を設置し、新規国際標準規格として提案することを目的として、種々のアプローチから提案されているテンプレート保護技術を統一的に評価できる性能評価基準・評価手法の検討を行った。

具体的には、評価指標を認証性能評価と生体情報保護性能評価に分けて検討を行い、とくに保護性能評価の面では、十分な保護性能達成のためには、認証時に生体情報と補助データを提示する2 要素認証システムが必要であることを証明した。評価基準としては、補助データあるいは暗号化した生体情報が攻撃者に漏えいした場合に、入手された情報から元の生体情報を復元することが困難である復元困難性（Irreversibility）と、更に複数のシステムから同様の情報（補助データ、あるいは、暗号化した生体情報）を入手できたとしてもそれらの関連を解析することが困難である非連結性（Unlinkability）を重要視することとした。

7月開催の ISO/IEC SC37パリ会議後に米国担当者と調整を進め、11 月 27 日に日米共同で新規提案「Information Technology - ISO/IEC 19795 - Biometrics Performance Testing and Reporting - Part 8: Performance Testing of Template Protection Schemes（情報技術－バイオメトリック性能試験及び報告－第8部：テンプレート保護方式の性能テスト）」（SC37N5299）を行った。

今後は、コエディタに立候補して、規格成立に向けて積極的な活動を行っていく。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］バイオメトリクス、テンプレート保護、キャンセラブル・バイオメトリクス、セキュリティ評価基準、国際標準化

［研 究 題 目］バイオセラミックスの再生医療用特性評価法に関する標準化

［研究代表者］本間　一弘（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］本間　一弘、新田　尚隆、小阪　亮、林　和彦（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

再生医療の産業化においては製造販売される再生医療製品の性能と安全性、製造管理などを標準化することが望まれる。このため、再生医療製品の性能を試験するための手法として、MRI（磁気共鳴イメージング）および領域選択 MRS（磁気共鳴スペクトルスコピー）を活用し、含水率 Mo、緩和時間（T1, T1ρ, T2）、拡散係数（D）、化学シフトδ、局所血流の変化を評価し、化学的な結合状態の変化を評価して組織再生を推定する。東大等の臨床機関との共同研究において実験データを収集・蓄積を行い、再生医療製品の性能を評価するための評価項目としての妥当性を検証した。組織再生は初期および前期には組織の化学組成の進展があり、後期には繊維化や組織特有の化学構造の構築が図られる。このため、初期および前期は上記の特徴が観測される可能性を有する含水率および緩和時間（T1, T1ρ, T2）を、後期においては組織繊維化を評価するための拡散係数 D の測定が必要と判断する。また、元素の結合状態は化学シフトδを用いて再生全期において評価すべきである。これらの検討結果は、当該分野の ISO 会議（ISO/TC 150/SC 7会議（モスクワ、ロシア 2012年9月10日－14日））において審議した。その結果、技術報告書（Technical Report）として提案する方針となった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］再生医療製品、性能評価、MRI、磁気共鳴イメージング、領域選択磁気共鳴スペクトロスコピー

［研 究 題 目］医療用プラズマ装置等に関する国際標準化フィージビリティスタディ

［研究代表者］榊田　創（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］池原　譲（糖鎖医工学研究センター）、金　載浩（エネルギー技術研究部門）、榊田　創（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

主な実施内容としては、次の様である。1）各種の医療用途に想定される医療用プラズマ装置についての調査研究。2）医療用プラズマ装置の性能や安全性を担保する上で必要となる項目の明確化（医療機器承認の際に必要となる項目を明確化）。3）国際標準原案を作成するべき対象となる ISO、IEC のカテゴリーの明確化、及び国産の機器の早期実用化・普及において優位性を確保するための標準化戦略案の提言。4）国内学会における学術論文、特許などの科学技術的な情報、該当する医療機器についての国際市場動向、CLINICAL LANDSCAPE に関連した調査研究。

以上の実施内容を元に、2013年4月に上海で行われた IEC/TC62-SC62D 総会において、「発生させたプラズマを Medical application で利用する」と定義される医療用デバイス「Medical Plasma Equipment」について、特に IEC の定める止血機器の国際標準 IEC60601-2「High Frequency Electrosurgery Equipment」でカバーされない項目が存在することが確認され、これに対応する New Working Item Proposal（NWIP；新業務項目提案）提案の必要性が確認された。そして、

Japanese National Committee（Japanese Industrial Standards Committee（JISC））が、NWIP 提案を行うとして承認された。

［分　野　名］環境・エネルギー、ライフサイエンス、計測・計量標準

［キーワード］プラズマ、プラズマ診断、医療機器、外科手術、国際標準

［研 究 題 目］ナノ・マイクロバブル技術に関する国際標準化

［研究代表者］矢部　彰（理事）

［研究担当者］高橋　正好（環境管理技術研究部門）」

［研 究 内 容］

本研究開発は、ナノ・マイクロバブル技術の計測／評価／認証技術の確立を通して、当該技術の加速的進展に貢献するものである。具体的な目的として、体系としての国際標準を構築することを目指しており、微細気泡産業会が主体となって国際標準化に関わる提案を行うものであり、産総研はそのベースとなる基礎的事項に関わる検討を行なう。本年度は、マイクロバブルから生成したオゾンナノバブルなどに対して AFM 画像を捉えることが出来た。その粒径分布として直径が10～30nm 付近に分散を持つ真球状の微小物質であることを確認した。このことからマイクロバブルが縮小して気泡状の極微細粒子を形成することを証明することが出来た。また、電子スピン共鳴法（ESR）を利用して、酸性条件下でのナノバブル消滅時に水酸基ラジカルが発生することを発見した。これはマイクロバブルとしての特性が残存していることを示しており、気泡（内部に気体を含む微粒子）としての特徴が維持されていることを示している。これらの基礎情報を微細気泡産業会に報告書などを介して提供した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］ナノバブル、国際標準、原子間力顕微鏡、電子スピン共鳴法

［研 究 題 目］「樹脂－金属　異種材料複合体の特性評価試験方法」の国際標準化

［研究代表者］堀内　伸（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］堀内　伸、宮前　孝行、伯川　秀樹、大沼　芳乃（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

近年国内メーカーを中心に、金属と樹脂部品の一体化成型の革新的技術が開発され、従来の接着剤や溶着などに比べ極めて高い金属と樹脂の接合強度が得られるようになってきている。自動車部品や電子部品への応用が期待されているが、接合の強度および耐久性の評価方法が確立されていないことが、本技術の産業分野への普及が進まない理由の1つになっている。本研究開発事業では、金属と樹脂との接合強度およびその耐久性に関わる特性評価基準を最適化し、樹脂－金属異種複合材料の定量的かつ客観的な性能評価を可能とする試験方法を確立し、ISO/TC61/SC11に国際標準原案を提案することを目的とする。

１．樹脂／金属接合界面の接合強度評価

8種類の試験片形状を作製し、それぞれの試験形状について寸法の異なる試験片の引張り、衝撃、曲げ、封止等の接合強度試験を進め、接合強度に対する寸法の影響を検討した。今回作製した試験片寸法の範囲で接合界面の特性評価が可能であることが確認され、予定通りに樹脂－金属界面の接合特性評価のための最適な試験条件および試験片形状を見出すことができた。さらに、引張り接合強度試験について国内ラウンドロビン試験を実施し、評価方法が妥当であることを実証した。

２．樹脂／金属接合界面の耐久性評価

１．の結果を踏まえ、形状・寸法が最適化された試験片を用いた耐久性評価を実施するため、長期環境試験（冷熱衝撃、高温高湿、塩水噴霧）を開始し、冷熱衝撃については、500サイクル、高温高湿については500時間、塩水噴霧については100時間の特性データを収集することができた。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］接合、界面、標準化、成形加工

［研 究 題 目］ナノ材料の安全性評価基盤に関する国際標準化

［研究代表者］山本　和弘（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］山本　和弘、藤本　俊幸、寺内　信哉、水野　耕平、竹歳　尚之、田中　充（常勤職員6名）

［研 究 内 容］

透過型電子顕微鏡を用いたナノ粒子材料の一次粒子粒度分布計測の手法を開発し、国際標準化をすることを目的に、以下の研究開発を行った。

(1) 透過型電子顕微鏡を用いた一次粒子粒度分布測定方法の開発

現状の TEM を用いた一次粒子粒度分布測定方法の検証と課題の抽出のために、国内産業界の協力のもとにラウンドロビン試験を行った。現状技術の検証と課題抽出のために、計測プロトコルは定めずに、参加機関で通常用いられている手法に従うものとした。ラウンドロビン試験の結果から参加者を含めた検討会を開催し、各機関の技術的詳細を検討した結果、1）TEM 装置のスケール校正、2）TEM 試料調整方法、3）ナノ粒子凝集体からの一次ナノ粒子計測手法、が重要な課題であることが明らかとなった。

(2) 透過型電子顕微鏡を用いた一次粒子粒度分布測定のための標準化審議支援

ナノテクノロジー分野の国際標準化活動を円滑に推進するため、ISO/TC229国内審議団体として、関連する国際会議等への参加及び国内審議委員会を運営した。国内審議委員会本委員会、分科会等を開催し、国内関係機関に対して ISO/TC229の会議報告と今後の対応を行った。また ISO/TC229の会議報告書であるナノテクサーキュラーを発行して、国内配布により情報発信を行った。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］透過型電子顕微鏡、ナノ粒子、ナノ材料、粒子径、サイズ、一次粒子径

［研 究 題 目］燃料電池に関する国際標準化

［研究代表者］谷本　一美
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］谷本　一美、山根　昌隆
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本事業は（社）日本電機工業会（JEMA）及び（独）産業技術総合研究所（産総研）が共同で実施し、JEMA が事業全体を統括した。産総研は「マイクロ及び可搬型燃料電池システムからの排気に係る安全性評価試験方法に関する基盤技術開発」を担当した。携帯電話機等人体近傍で使用される機器に内蔵されたマイクロ燃料電池からの排出物に係る国際的な安全性評価試験方法を現行のものからより合理的なものに見直すための提案に資する実証的データの取得を目的とした。上記マイクロ燃料電池使用時の排出ガスの人体への吸引に対する影響の評価方法を検討のため、サーマルマネキン（TM）、またはサンプリング管による直接吸引によるガス吸引実験を行った。その結果、現行試験方法に従ったサンプリング管直接による5L/min での連続吸引試験では、測定されるガス濃度のばらつきが他の吸引条件の場合に比べてかなり大きく、測定の信頼性が十分ではなかった。これに対し流量を10L/min、15L/min と増大させるとガス濃度測定値のばらつきが小さくなった。一方、吸引管径の違いは測定結果にほとんど影響を与えなかった。15L/min（成人の呼吸量）で呼吸動作している発熱 TM によるガス吸引実験での測定値に近い値を示すサンプリング管法での試験条件を求めたところ、15L/min での連続吸引条件が該当した。それによれば簡便に実条件に近い計測値を得ることができると考えられる。以上の結果に基づき、現行国際規格 IEC 62282-6-100の試験条件の見直しとして、現在改訂審議中の委員会原案に15L/min 連続吸引条件が採用されている。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］マイクロ燃料電池、排気、安全性、国際標準

［研 究 題 目］多様な再生医療製品の製造に対応可能な除染接続手段に関する標準化

［研究代表者］弓場　俊輔（健康工学研究部門）

［研究担当者］弓場　俊輔、田所　美香、笹尾　真理
（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

大阪大学、澁谷工業株式会社との共同研究によって、再生医療製品無菌製造システムの構築を目指し、細胞培養等の機器類を無菌的かつユニバーサルに組合せ・脱着するためのインターフェース（除染接続手段）の開発・標準化を行うものである。

除染接続装置の実用性を検証するため、まず、除染能力評価手法を確立した。

具体的には、装置内部および装置接続部の清浄度、すなわち浮遊微粒子濃度測定、浮遊一般細菌に対する培養試験、感染評価試験等、これら従来、セルプロセッシングセンターで行ってきた環境試験の方法を除染接続装置評価用へ最適化した。さらに、除染に用いるガスの残留による細胞安全性（死細胞数評価、細胞増殖能、細胞分化能等）に対する評価手法も確立した。

これら確立した手法を用いて、実際の除染接続装置のプロトタイプの除染機能の評価を行うと共に、同機が作る環境の清浄度（環境微粒子の計測）を評価し、アイソレータ本体やインキュベータの環境基準を十分満たすことが確認できた。さらに除染後の環境について、培養細胞への安全性評価を行った。その結果、長期培養・接続装置の脱着を行っても清浄度に問題なく、培養細胞への影響も無かった。次に最終型除染接続装置の除染能力を評価したが、確立した手順において除染効果が得られることも確認できた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］再生医療、製造システム

［研 究 題 目］戦略的国際標準化推進事業／標準化研究開発／カシミヤ繊維の試験方法に関する標準化

［研究代表者］町田　雅之（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］町田　雅之、小池　英明、
関口　勇地、野田　尚宏
（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

カシミヤ繊維について、DNA を用いて類似のヤクやヒツジの繊維から効率的に鑑別する試験方法を開発、国際標準化を ISO/TC38/WG22に提案し、規格として発行することを目標としている。カシミヤ製品において、カシミヤ表示が誤っている場合、類似のヤクやヒツジが用られていることがほとんどである。このため、カシミヤの毛を、目視により鑑別の難しいヒツジおよびヤクのものと効率的に鑑別する方法の開発が必要である。これらは異なる生物種であるので、ゲノム DNA 配列に基づい

て識別することが確実である。本年度の事業により、カシミヤ等の鑑別対象種について、標準となる獣毛の試料をモンゴルより採取した。また識別する獣毛種のゲノム塩基配列の比較から、PCR 法を応用した方法により識別するための候補部位の絞り込みを行った。さらに、獣毛を識別するための実験手順を改良するとともに、改良した方法、新しい候補部位を用いて実サンプルを用いた国内手合わせ試験を実施した。これらの実績に基づいて、詳細な試験手順を含む規格を ISO/TC38/WG22での WD 原案を改良した。6月のパリ、2月の北京での2回の WG22の会合で内容を各国の委員に説明するとともに、議論を重ね、WG22での投票によって委員会原案（CD）の成立を達成した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］カシミヤ、国際標準化、DNA、種鑑別、塩基配列

・石油資源遠隔探知技術研究開発

［研 究 題 目］石油資源遠隔探知技術の研究開発

［研究代表者］山本　浩万（地質調査情報センター）

［研究担当者］山本　浩万、岩男　弘毅、土田　聡（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

石油等の資源開発および関連する環境管理等の分野においては、人工衛星データ利用技術の研究開発により我が国のエネルギー安定供給の確保に資することが期待されている。

本研究は、このエネルギー安定供給確保に資するため、経済産業省が開発した衛星搭載型地球観測センサ ASTER を用いて、衛星データの処理・解析技術の先端的研究開発を実施するものである。

産総研の複数ユニットにまたがって研究開発を進めており、本センターでは、画像データの校正・検証・補正技術および処理・解析技術の高度・高精度化の研究・技術開発を担当している。

処理・解析技術の先端的研究開発の研究については、平成23年度に引き続き ASTER の校正・検証を行い、衛星画像の精度維持・高精度化を図った。ASTER 可視近赤外バンドの校正・検証および補正の技術開発研究については、代替校正実験結果においては過去からの ASTER センサ劣化傾向に大きな変化は見うけられず、MODIS との相互校正の結果とも劣化パターンにおいては一致性が高かった。ASTER 熱赤外バンドの代替校正およびその放射率プロダクト生成アルゴリズムの研究については、代替校正および検証実験を行い、ASTER/TIR の機上校正は異常なく機能していると推察された。ASTER 雲量推定に関しては、MOD35プロダクトによる雲マスクを毎日生成してプロダクト検索の際に役立てられているが、ASTER スケジューリングにおける Late Change の雲避け効果の検証にも利用された。地理空間情報の高度化・高精度化技術の研究については、クラウドソーシングによる地上情報作成システムの開発、全球都市域マップの試験的公開を行った。また、PALSAR データを組み合わせることで都市域マッピングにおける都市分類精度が向上することを示した。

［分　野　名］地質

［キーワード］衛星画像、校正・検証、画像補正、地理空間情報、ASTER

［研 究 題 目］石油資源遠隔探知技術の研究開発

［研究代表者］浦井　稔（地質情報研究部門）

［研究担当者］浦井　稔、川畑　大作、山本　直孝、加藤　敏（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

石油等の資源開発および関連する環境管理等の分野においては、人工衛星データ利用技術の研究開発により我が国のエネルギー安定供給の確保に資することが期待されている。

本研究は、このエネルギー安定供給確保に資するため、経済産業省が開発した衛星搭載型地球観測センサ ASTER を用いて、衛星データの処理・解析技術およびマップ作成技術の先端的研究開発を実施するものである。

産総研の複数ユニットにまたがって研究開発を進めており、本部門では、オセアニア、南米を対象にグローバル衛星画像データセットを作成した。さらに、来年度以降に予定していた北米についても、前倒しで一部の地域でグローバル衛星画像データセットを作成した。GEO Grid システムにおける ASTER アーカイブ利用の応用の一つとして、熱赤外バンドを用いた高温領域検出システムの開発を行った。これは、新規観測データが追加される都度自動的に解析処理が実行され、検出結果はブラウザで閲覧できる他、RSS や KML でも参照することが出来る。

［分　野　名］地質

［キーワード］リモートセンシング、衛星利用技術、ASTER、東アジア、タリム盆地、画像モザイク、オルソ画像、GEOGrid、高温領域、熱赤外

・二酸化炭素回収・貯蔵安全性評価技術開発事業

［研 究 題 目］弾性波探査を補完する CO_2 挙動評価技術の開発

［研究代表者］中尾　信典（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］中尾　信典、當舎　利行、奥山　康子、菊地　恒夫、杉原　光彦、西　祐司、雷　興林、相馬　宣和、徂徠　正夫、加野　友紀、船津　貴弘、石戸　恒雄、内田　利弘、及川　寧己、高倉　伸一、光畑　裕司、中島　善人、佐々木　宗建、上田　匠、宮越　昭暢、宮崎　晋行、

藤井　孝志、名和　一成、上原　真一、
駒澤　正夫（常勤職員22名、他3名）

［研究内容］

1)　弾性波補完モニタリング技術の開発

本研究では、重力、自然電位、AE（Acoustic Emission）などの多面的なモニタリング技術を CO_2 地中貯留に適用し、弾性波探査（反射法など）を補完できるモニタリング技術を構築することで、長期的なモニタリングコストの低減を目指す。今年度は、我が国に先行して大規模な CO_2圧入が予定されている米国・南西部炭素隔離地域パートナーシップ（SWP）の CO_2大規模圧入テストサイト　ファーンズワース（Farnsworth Unit）（米国テキサス州）において観測システムを整備してベースライン測定を実施した。また、ゴードン・クリーク（Gordon Creek）テストサイトの地質モデルと圧入プランを用いて CO_2圧入開始時の変動予測を行った。

最適モデリング技術の開発では、数値シミュレーションにより計算される温度、圧力、CO_2飽和度等の変化量を、観測可能な物理量（理論計算値）に変換するプログラムの開発・整備を行い、長期 CO_2挙動予測の精度向上に寄与することを目指す。今年度は、弾性波探査ポストプロセッサについて、多面的モニタリングのモデル地域への適用にあたって必要となる VSP 探査用付加機能の作成および改良を行うとともに、ポストプロセッサを用いた例題計算により各種モニタリング手法の適用手順等を検討した。

2)　遮蔽性能評価技術の開発

ジオメカニクスを考慮した断層モデリング手法の開発では、ナチュラル・アナログ研究手法により、CO_2 遮蔽性能に特化して断層のモデル化を進めることで、モデリング手法の確立を目指す。今年度は、CO_2が自然湧出しているナチュラル・アナログ研究モデル地点（長野県長野市松代地区）でのデータ収集及び整理、室内実験による岩石･断層の物性の把握を行い、それらのデータを統合し、ジオメカニクスを考慮したシミュレーション用精密地質モデルを作成した。

CO_2移行性能評価技術の開発では、地中貯留用の地層となる砂泥互層に関して、CO_2長期挙動シミュレーションに資する地質モデリング手法の開発を目的とする。シール圧の評価手法の検討では、粒径を制御した人工試料に対する浸透実験を実施した。スロート径が既知のキャピラリプレート試料を適用することにより、粒子パッキングの不均質性の問題を回避して、スレッショルド圧－浸透率の相関性における最密充填直線を決定することに成功した。化学的反応プロセスの評価では、CO_2地中貯留のナチュラル・アナログとみなされる炭酸泉および炭酸水素塩泉において現場反応実験を行い、地化学プロセスで最も重要となる炭酸塩鉱物について反応速度の計測と生成条件の検討を行った。また、動的光散乱法を導入して、CO_2地中貯留条件下での炭酸塩鉱物の核形成までの待ち時間および臨界過飽和度の計測も実施した。さらに、砂泥互層内での CO_2挙動シミュレーションを実施し、砂泥互層の遮蔽性能に及ぼすスレッショルド圧の感度解析を行った。実験で得られたスレッショルド圧の上限値と下限値を入力パラメータとしたシミュレーションからは、特に圧入終了後の期間における CO_2の挙動に大きな違いが生じ、粒径分布や間隙構造に起因したスレッショルド圧の差が遮蔽性能に大きな影響を及ぼし得ることが示された。

［分　野　名］環境・エネルギー、地質

［キーワード］CO_2地中貯留、モニタリング、重力、自然電位、AE、米国 SWP、断層、モデリング、ジオメカニクス、ナチュラル・アナログ、砂泥互層、シール圧、地化学プロセス

［研究題目］CO_2圧入手法の適正評価と CO_2貯留層の健全性評価

［研究代表者］中尾　信典（地圏資源環境研究部門）
［研究担当者］中尾　信典、當舎　利行、雷　興林、船津　貴弘、加野　友紀、石戸　恒雄、楠瀬　勤一郎（常勤職員5名、他2名）

［研究内容］

本業務では、北海道苫小牧において二酸化炭素地中貯留の実証試験を行うのに先立って、検討すべき課題のひとつとして、二酸化炭素を地中に入れることによる地震の誘発可能性と実証試験地が巨大な地震に襲われたときの安全性について評価を行った。評価の結果は以下のとおりである。

1.　現在計画されている CCS 実証試験の内容であるならば、二酸化炭素の圧入に伴う地震誘発を想定する必要はないと考えられる。
2.　現在計画されている CCS 実証試験の内容であるならば、大地震による強震動に実証試験地が見舞われても、下部貯留層の西縁で滝ノ上層を切る断層により二酸化炭素が上部の萌別層にリークすることを想定する必要はないと考えられる。
3.　ただし、実証試験地においては、微小震動の観測網を設置し、観測結果を圧入事業に反映することが重要である。また、事業への安心・信頼性向上のためには、石狩低地東縁断層帯南部など、周辺の微小地震活動についてもモニターすることが肝要である。
4.　将来、大規模な CCS 事業を実施する際には、今回の CCS 実証試験の成果を踏まえて、地震誘発・二酸化炭素の漏えいについて再評価することが必要である。

［分　野　名］環境・エネルギー、地質

［キーワード］CO_2地中貯留、北海道苫小牧、実証試験、健全性評価、微小地震、地震の誘発可能

性、漏洩、モニタリング

・キッズデザイン製品開発支援事業

［研 究 題 目］キッズデザイン製品開発支援事業

［研究代表者］西田　佳史（デジタルヒューマン工学研究センター）

［研究担当者］山中　龍宏、西田　佳史、堀　俊夫、本村　陽一、北村　光司、多田　充徳、持丸　正明、河内　まき子
（常勤職員7名、他1名）

［研 究 内 容］

我が国では、1歳から14歳までの子どもの死因の第1位が不慮の事故であり、この不慮の事故によって0歳から19歳の子どもが年間約900人、命を落としている(2011年は震災の影響があり、約1800人)。また、生まれてから3歳までの子ども約10人のうち8人は事故のために医療機関にかかるとされている。

少子化が進む現在、このような子どもの事故を予防し、安全かつ安心して子育てができる生活環境の整備は急務である。さらに、子どもの事故防止対策を施した製品の開発・普及は、我が国の子どもに対する安全・安心を高めるだけでなく、今後国外においてもこうした製品ニーズが高まるものであり、世界に先んじて取り組んでいくことが、我が国の産業競争力の強化にもつながる。また、こうした安全対策に積極的に取り組むことは、日本のものづくりのブランド化に向けても必要不可欠である。

そこで、本事業では、子どもを安全かつ安心して生み育てられる生活環境の整備に向けて、消費者庁・医療機関等に収集された事故情報をもとに、人間の特性・行動分析に強みを持つ研究者により原因究明等を行い、得られる科学的知見を企業や業界団体に提供することで、事故予防に配慮された安全・安心な製品開発や業界標準の作成を支援する。また、製品の選択や使い方等に関して社会全体への効果的な情報提供等を行うことを通じて、安全・安心設計のものづくりを産業界が積極的かつ持続的に推進していく体制の構築を目指すことを目的とする。

実施した内容は、以下の通りである。

1．事故情報等の収集・データベースの拡充

（独）国立成育医療研究センターと連携して、平成18年度から継続している傷害サーベイランスシステムを用い、今年度は3,332件のデータ（受傷部位データが存在するデータは、679件）を収集した。また、地域レベルにおける傷害発生の疫学的理解を目的とし、平成23年度から行っていたものを 平成24年度も継続し、（独）長崎医療センター・救命救急センター、大村市医師会、NPO 法人 Love&Safety おおむらと共同で子どもの傷害情報を分析した。また、大村市にある16カ所の幼稚園・保育所においても、傷害サーベイランスの実施を開始した。日本でも初めての試みとなる医療費を含めた地域レベルでの疫学的調査に取り組み、今後の傷害予防の取り組みを進めていくうえで、社会的影響をより正確に映し出すためのデータとして活用できるものとした。

2．基盤整備プロジェクト

基盤整備プロジェクトでは、平成24年7月に、企業・業界団体・その他の機関に対し、キッズデザイン製品の開発に必要となるニーズや技術シーズを募集した。H24年度は、応募があった37課題（16社・団体）について、頻度・重傷度・社会的ニーズ・一般知識化の可能性等を考慮して、12課題（12社・団体）を基盤整備プロジェクトとして実施した。以下に示すようなキッズデザイン製品開発に寄与するデータや技術が整備された。成果は、WEB（http://www.kd-wa-meti.com）から公開した。

●キッズデザイン製品設計支援ツール（子どもの身体寸法データブック改訂版、2D/2.5D/3D 実寸モデル）
●商業施設用ヒヤリハット・事故データ管理ソフトウェア改良版
●子どもの身体寸法・子どもの動作特性データベースの拡充（レバーの操作データ、自転車のブレーキ動作の操作特性、隙間の腕の挿入特性など）
●製品の危険を伝えるための表示に関する留意点の整理
●大人用遊具の安全性評価技術、空気膜構造遊具の安全性評価技術
●生体材料を用いた裂傷・切傷発生データ
●生活不具合データベースの拡充（二世帯住宅のる不具合データ）

3．プロジェクト周知のためのシンポジウム・研修会（ワークショップ）

平成24年7月10日、共通基盤整備テーマ研究の応募を促すため、企業・団体関係者や研究者向けに、これまでの共通基盤整備の成果などの情報発信を兼ねたシンポジウムを、六本木アカデミーヒルズ タワーホールにて開催した。

また、平成24年10月12日～14日に、デザイナー、技術者、企業関係者に対し、キッズデザイン製品開発への積極的かつ持続的な推進に向けた参加意欲の向上と具体的アクションへとつなげることを目的に、福岡県福岡市にて開催された「第4 回際ユニヴァーサルデザイン会議2012 in 福岡」に出展した。

平成23年度に作成したテキスト「ものづくりイノベーション“キッズデザイン”へのアプローチ」を改訂した。企業の設計者・デザイナーなど計42名を対象としたワークショップ形式の研修会を平成24年11月26日（東京）と平成24年12月6日（福岡）に開催した。また、この研修会において、H23年度の基盤整備プロジェクトの中で実施した「デザイン・設計支援における支援

ツール」を使用した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］デジタルヒューマン、キッズデザイン、子どもの傷害予防、傷害サーベイランス、身体寸法データベース、行動データベース、シミュレーション、リスクアセスメント技術、オープンイノベーション

・水素ネットワーク構築導管保安技術調査

［研 究 題 目］水素拡散挙動調査

［研究代表者］和田　有司（安全科学研究部門）

［研究担当者］高橋　明文、和田　有司、中山　良男、久保田　士郎、椎名　拡海、松村　知治、若林　邦彦、松木　亮、堀口　貞茲、江渕　輝雄、堀川　貴広、高柿　大輔、橋本　進吾、Wahyudi Sugeng
（常勤職員8名、他6名）

［研 究 内 容］

水素はクリーン燃料として普及が期待されているが、着火の容易さや爆轟への転移による危険性から都市ガス等とは異なる安全対策が必要となる。本調査研究は一般需要家向けに中低圧の水素をパイプラインによって供給するためのネットワークの構築事業に際し保安確保を図るために行われた。

まず水素の拡散挙動・着火影響の調査を行った。腐食によって発生する漏えい孔を想定して配管に設けた模擬孔（孔径：0.8～10mmφ）からの中低圧（2.5～300kPa）の水素漏えいにおける危険性の調査であり、水素拡散濃度分布及び漏えいした水素に着火した際の火炎サイズ、爆風圧並びに火炎からの熱発生の特性（輻射熱・燃焼ガス温度）を対象とした。また、水素拡散実験を再現する流体計算を実施した。以上の調査により漏えい孔と管内水素圧力に対する危険性を整理した。

次に管内ガス置換挙動の調査を行った。空気の充満した導管に直接水素を導入することは危険性が高いため、効率をなるべく損なわずに空気から水素への置換を安全に行うために、内径25mmφ及び50mmφ、長さ20m 及び50m の管を用い、一定量窒素を供給した後に水素を導入するという作業を模した実験である。結果として本調査の範囲では全て窒素により空気と水素を隔離して安全に置換できることが確認された。

実験による調査と平行して文献調査も行った。これは高温物、静電気、金属火花あるいは電気火花といった水素導管工事の際の着火源と着火現象との関係について記載された文献調査と体系的な取りまとめであり、成果物として水素パイプライン供給事業の実施に適した知見となる資料を作成した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素、空気、窒素、都市ガス、パイプライン、導管、漏えい、置換、ガス爆発、火炎サイズ、爆風圧、輻射熱、燃焼ガス温度、シミュレーション、着火源

・エネルギー使用合理化技術開発等

［研 究 題 目］密閉型植物工場を活用した遺伝子組換え植物ものづくり実証研究開発

［研究代表者］松村　健（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］福澤　徳穂、松尾　幸毅、安野　理恵、田坂　恭嗣、松村　健
（常勤職員5名、他4名）

［研 究 内 容］

目標：

医薬品等に利用するタンパク質を、遺伝子組換え植物により効率的に生産するための基盤技術を確立することにより、二酸化炭素排出削減効果のある省エネ型革新製造プロセスを確立するとともに、次世代ものづくり産業基盤を構築することとする。

研究計画：

Cucumber mosaic virus（CMV）ベクターを用いて、アグロインフェクションにより植物に導入・高発現させる技術開発を開発する。

年度進捗状況：

(1)「植物ウイルスとアグロバクテリウムによる高効率植物発現システムの開発」

Cucumber mosaic virus（CMV）ゲノム（RNA1、2、3）の内、RNA1または RNA3を恒常的に発現する遺伝子組換え植物体に、CMV RNA2に GFP 遺伝子を挿入したベクターをアグロインフィルトレーション法により接種した結果、GFP 遺伝子の発現が葉脈に閉じこめられ、葉肉細胞へ移行できないことを見いだした。そこで、RNA サイレンシングサプレッサーである2b 遺伝子を併用したところ、植物体全組織へのGFP の移行に成功した。本結果をもって特許出願した。。

(2)「超感受性植物の開発」

サイレンシング関連遺伝子である AGO1、AGO4、DCL2、DCL4、HEN の部分配列を *N. benthamiana* より単離し、遺伝子抑制用ベクターの構築、遺伝子抑制用アグロバクテリウムの作成、当該形質転換菌株で形質転換したサイレンシング機構抑制型遺伝子組換え植物の作出を行った。得られた組換え体の一部において、上記サイレンシング関連遺伝子の発現が低下していることを確認できた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］遺伝子組換え植物、抗体、遺伝子発現抑制

・石油精製業保安対策事業

［研 究 題 目］高圧ガスの危険性評価のための調査研究

［研究代表者］椎名　拡海（安全科学研究部門）

［研究担当者］椎名　拡海、緒方　雄二、土屋　健太郎、中山　良男、和田　有司、久保田　士郎、松村　知治、若林　邦彦、高橋　明文、松木　亮、堀口　貞茲、江渕　輝雄、堀川　貴広、高柿　大輔、橋本　進吾、Wahyudi Sugeng
（常勤職員10名、他6名）

［研 究 内 容］

最近問題となっている支燃性ガスを含む様々なガス爆発事故について、被害予測シミュレーション技術を構築するため、実験によりガス爆発現象の解析・評価を行った。本研究は、支燃性ガスの燃焼時における支燃性評価と、球形火炎の火炎伝播速度加速現象評価からなり、それぞれ東京大学大学院土橋教授、三好准教授及び山形大学大学院桑名准教授と連携して行った。

支燃性ガスの燃焼時における支燃性の程度、爆発威力を評価するため、支燃性ガスとして、塩素、二酸化窒素、三フッ化塩素を用い、燃料である水素、メタンと密閉容器内で混合して点火し、圧力上昇速度から燃焼速度を計測した。また、シミュレーションで再現するための詳細反応機構を構築した。昨年度の成果であるフッ素、亜酸化窒素、三フッ化窒素を加えた6種の支燃性ガスについて、これまで支燃性の評価に用いられてきた爆発範囲や酸素当量係数と燃焼速度を比較したが相関は低かった。

ガス漏えい爆発事故の爆風被害予測技術の開発を目的として、火炎の球径が大きくなるに従い加速する火炎伝播速度を再現するシミュレーション技術を構築するため、水素またはプロパンと空気との予混合気を4及び9立方m のビニルハウス内に充てんして点火し、高速度カメラを用いて火炎伝播速度の球径依存性を計測した。また、壁面が球形火炎伝播に与える影響を調べるため、4立方m のビニルハウスに鉄製の壁面を設置して同様の実験を行い、火炎伝播の様子と爆風圧の距離・方向依存性を観測した。さらに、球径が大きくなるに従い加速する火炎伝播速度の加速の程度を火炎伸長が火炎伝播速度に与える影響の違いを用いて再現するシミュレーションを構築した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］高圧ガス保安、ガス爆発、被害予測、支燃性ガス、塩素、二酸化窒素、三フッ化塩素、水素、メタン、プロパン、化学反応モデル、詳細反応機構、火炎伝播速度、火炎加速、シミュレーション

・医療機器等の開発・実用化促進のためのガイドライン策定事業

［研 究 題 目］医療機器に関する開発ガイドライン作成のための支援事業

［研究代表者］赤松　幹之（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］赤松　幹之、本間　一弘、鎮西　清行、鷲尾　利克、岡崎　義光、廣瀬　志弘、山下　樹里（以上、ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、
田口　隆久（関西センター所長）、
木山　亮一（バイオメディカル研究部門・シグナル分子研究グループ）、
片岡　正俊（健康工学研究部門・バイオマーカー解析研究グループ）、
弓場　俊輔（健康工学研究部門・組織・再生工学研究グループ）、
坂無　英徳（情報技術研究部門・スマートシステム研究グループ）、
本間　敬子（知能システム研究部門・ディペンダブルシステム研究グループ）、
梶谷　勇（知能システム研究部門・統合知能研究グループ）、
榊田　創（エネルギー技術研究部門・先進プラズマ技術グループ）、
池原　譲（糖鎖医工学研究センター・マーカー検出技術開発チーム）
（常勤職員16名）

［研 究 内 容］

次世代の医療機器を早期に臨床導入するためには、円滑な機器の開発、迅速な薬事審査、市販後の安全維持を総括的に検討すべきで、これらは関連する産業の発展、国際競争力の強化、安心・安全な機器の利用、国民のQOL の向上に大きく寄与する。本研究は、円滑な機器の開発と迅速な薬事審査への寄与を目的とした開発ガイドラインを策定することにある。

平成24年度は、再生医療分野（ヒト細胞製造システム）、再生医療分野（組織［軟骨］再生性能評価技術）、体内埋め込み型材料分野（高生体適合性［カスタムメイド］股・膝関節以外の関節インプラント）、体内埋め込み型材料分野（高生体適合性［カスタムメイド］脊椎インプラント）、ナビゲーション医療分野（手術ロボット）、テーラーメイド医療用診断機器分野（遺伝子発現解析用DNA チップ）、画像診断分野（コンピュータ診断支援装置）、運動機能回復訓練機器分野（運動機能訓練用医療機器）、プラズマ応用技術分野（プラズマ処置機器）の9課題の開発ワーキンググループを設置し、厚生労働省の事業に基づいて設置された審査 WG と連携して開発者および審査関係者に有益な事項に関して技術的側面から検討した。この結果、再生医療分野（2件）、画像診断分野（1件）、運動機能回復訓練機器分野（1件）における4件の開発ガイドライン（案）、およびナビゲーション医療分野における開発ガイドライン（改訂案）、テーラーメイド医療用診断機器分野における標準仕様書（案）を策定した。

他方、本事業において過去に提案された開発ガイドラ

インに対して、学会等における講演、工業会に対する解説、インターネットを利用した情報の開示、英文化による諸外国への対応などを実施して普及に努めた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］医療機器開発ガイドライン、再生医療、手術ロボット、トレーニング、生体適合性インプラント、コンピュータ診断支援、医療用ソフトウェア

・国内資源開発基礎情報取得等事業

［研 究 題 目］平成24年度国内資源開発基礎情報取得等事業

［研究代表者］池原　研（地質情報研究部門）

［研究担当者］池原　研、宮崎　一博、荒井　晃作、下田　玄、斎藤　眞、片山　肇、小田　啓邦、西岡　芳晴、宝田　晋治、森尻　理恵、水野　清秀、中野　俊、渡辺　真人、佐藤　智之、山岡　香子、佐藤　太一、棚橋　学、鈴木　祐一郎、高木　哲一、佐脇　貴幸、中嶋　健、森田　澄人、後藤　秀作、大野　哲二、宮崎　純一、飯笹　幸吉（常勤職員25名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では、日本周辺海域の地質情報を収集・整理し、国民経済上特に重要であり、その安定的な供給の確保が特に必要な石油・天然ガス等の鉱物の鉱区候補地の指定や資源探査許可申請への対応のための基礎情報を整備することが目的となる。この目的のため、以下の事業を実施した。１）産総研で出版した海洋地質図及び陸上の地質図幅をデジタル化し、探査資源ポテンシャル評価のベースマップとして整備する。具体的には、産業技術総合研究所で出版した1/100万海洋地質図のデジタル化と陸上の1/20万シームレス地質図の凡例入れ替えを行った。また、石油・天然ガス、海底鉱物資源、陸域鉱物資源のそれぞれについて既存データの収集・解析と資源ポテンシャルの概要をまとめた。２）資源開発に関係する法令について調査し、具体的な手続きについて整理した。３）鉱物資源の開発に必要な地質構造等の主要な調査手法である地震探鉱法、電磁法、集中的サンプリング法につき、それぞれにおいて用いられる機器の使用目的、使用方法、能力、スペック等を調査し、整理した。

［分　野　名］地質

［キーワード］鉱業法、海域地質情報、地質図、鉱物、資源、情報整備

・その他

［研 究 題 目］平成24年度環境対応技術開発等（室内環境における消費者製品に含まれる化学物質の管理手法の開発）

［研究代表者］東野　晴行（安全科学研究部門）

［研究担当者］東野　晴行、梶原　秀夫、篠崎　裕哉、村井　賀子、高井　淳（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

室内環境下において、消費者製品等に含まれる化学物質への暴露によって生ずるシックハウス症候群や本態性多種化学物質過敏状態（いわゆる化学物質過敏症）などの健康影響（以下「SHS・MCS 等」という。）の対策に資するための室内濃度の情報が不足していることから、以下の3項目について調査・研究・開発を実施することで、研究者や製品開発者等の専門家だけでなく、一般消費者でも室内濃度を推定し、SHS・MCS 等に対する対策を検討できる環境を整備した。

(1) 室内濃度に関する情報収集・測定及び室内濃度推定のためのアルゴリズムの作成

製品部材中での化学物質の生成・分解に関する文献調査を行い、製品部材中の化学物質の生成・分解を考慮したアルゴリズムを作成した。クローゼットなどの小空間に関する換気回数推定のための簡易モデルを作成した。住環境と換気状況に関するアンケート調査の結果をまとめ、簡易モデルのパラメータについての情報を整理した。

(2) 製品情報の収集

市場に流通している消費者製品の種類や化学物質含有率に関する情報を収集するとともに、消費者の購入、使用、生活行動パターンに係る情報を収集した。

(3) 室内濃度推定モデルのプロトタイプモデルの作成

室内で一般消費者が化学物質暴露によって受ける様々な影響（SHS・MCS 等）を評価し、適切に管理することに資するため、非定常の室内空気質モデル、発生源モデルおよびインターフェイスなどを統合し、室内濃度の時間変化と世帯分布が再現できるような、プロトタイプモデルの開発を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］室内環境、消費者製品、シックハウス症候群、暴露モデル

［研 究 題 目］太陽電池モジュール出力測定及び信頼性評価規格に関する技術的協力支援事業

［研究代表者］菱川　善博（太陽光発電工学研究センター）

［研究担当者］菱川　善博、大谷　謙仁、猪狩　真一、近藤　道雄（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

１．現地指導

太陽電池の出力測定規格（IEC60904シリーズ※）を適用した測定・校正能力の形成に向けて技術支援を実施した。具体的には各国の環境条件などを考慮した測定・校正方法の開発を支援した。測定に関しては太

陽電池セルおよびモジュール性能測定，校正方法に関しては2次基準太陽電池校正方法に関する技術支援を行った。現状での測定・校正能力形成に重要な要素技術であるソーラシミュレータの分光放射照度測定技術については，現地での測定を実施した。今年度はタイ PTEC, KMUTT と中国科学院上海マイクロシステム情報通信研究所（SIMIT: Shanghai Institute of Microsystem and Information Technology）で実施した。通常は表面化しにくい試験装置や手順を含めて、現地で実際の装置を目の前にして各試験機関の測定担当者との議論・指導を行った。これらを通じて AIST の新型太陽電池や高精度評価技術や、欧米等との国際比較測定の経験を生かした性能評価技術のレベル合わせを行い、今後の協力を視野にいれた議論を行った。

２．受入研修

太陽電池の出力測定規格を適用した測定・校正能力の形成に向けて、設備の整った AIST に、要望に応じて試験・校正・認証機関の技術者を招へいし、測定・校正ノウハウを習得のための実習を行った。今年度は中国 SIMIT とタイ PTEC および KMUTT の技術者を招聘した。両国ともに2名、約1ヶ月の受入研修を実施し、中国は結晶 Si 太陽電池セル中心、タイは結晶 Si 太陽電池モジュール中心に、基準太陽電池セルの使用方法、サンプルの外観確認や装置の調整から以下のような実際の測定、データ解析と確認まで、必要な手順全般を経験してもらうことができた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］太陽電池、太陽光発電、エネルギー、1環境、性能評価、信頼性評価、システム

［研 究 題 目］無電力で発光する蓄光陶磁器の高輝度化を目的とした釉薬塗布技術の高度化研究

［研究代表者］赤井　智子
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］赤井　智子、山下　勝、三原　敏行、本郷　俊明、赤尾　暢彦
（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究開発では、より高い残光輝度を達成することを目的として、ガラス層の光透過性を向上させると同時に、蓄光顔料の分布を最適化できる釉薬塗布と焼成技術を開発する。目標としては、標準タイプで現行製品の残光輝度の1.5倍以上（450mcd/m^2（20分後）、150mcd/m^2（60分後））、輝度を向上させるために特殊な形状に加工した超高輝度タイプで現行製品の5倍以上（1500mcd/m^2（20分後）、500mcd/m^2（60分後）の残光輝度を達成することを目的としてガラスフリットの設計、最適構造の設計を担当する。

光線追跡シミュレーションソフトを使用して蓄光層を現行品と同等の透過率、発光性能を有する均一モデルを用いて櫛形構造の効果を検討した。その結果、板状品と比較して発光する面積を半分としたにもかかわらず、輝度は1.3倍と増大することが明らかになり、大きな増強効果を有することが確認できた。ガラスフリットについては、熱膨張係数が現行品と同等程度で屈折率が1.67近傍のガラスを作製することができた。また、量産に適当なプロセスを検討した結果、焼成後のメジウムの残留の問題のない乾式焼成法が適当であること考えられ、予備試験の結果、現行品と同等程度の性能は得られることが明らかになった。また、現行のガラスフリットの反応性を検討したところ、熱処理温度は720℃から790℃の間が適当であること考えられた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］蓄光、光シミュレーション、ガラス

［研 究 題 目］高性能ディスプレイ用有機半導体の超臨界下合成技術の開発

［研究代表者］物部　浩達
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］物部　浩達、清水　洋（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究は、平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業に係る再委託研究である。液晶ディスプレイは鮮明な画像を提供するがバックライトにより大電力を消費し、超大画面化には不向きである。近年注目を浴びているデジタルサイネージにおける大面積ディスプレイには電子ペーパーが省電力の観点から有利である。これらの電子ペーパーの駆動には半導体デバイスが必要であるが、薄膜大面積の点で高性能有機半導体が必須である。これらの問題を解決すべく、革新的技術である超臨界炭酸ガス下での有機機能材料の化学合成の基盤技術を確立することで高純度な有機半導体材料を合成し、高性能な有機半導体デバイスを作成できる高純度有機半導体材料の供給を目指す。また、有機半導体デバイス作成時において超臨界炭酸ガス処理を行うことで絶縁層との界面における有機半導体の構造を制御することによる新しい半導体デバイスの高機能化手法についての技術確立を行う。

平成24年度は、特定の有機半導体材料に注視して超臨界炭酸ガス処理を系統的に行い、これら有機半導体材料を用いたデバイスを産総研において作成して電界効果トランジスタ特性等の評価を行った。また、超臨界炭酸ガス中での有機半導体層成膜に関する基礎的データの取得を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］有機半導体、超臨界流体、有機トランジスタ

［研 究 題 目］グリーンプラスチックの超臨界二酸化炭素による連続発泡成形技術の開発

［研究代表者］中山　敦好（健康工学研究部門）

［研究担当者］中山　敦好、川崎　典起、大嶋　真紀、伊田　小百合（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

超臨界二酸化炭素を利用した押し出し発泡成形により、セル径のそろった微細発泡ポリ乳酸を作成する技術の開発を行う。実用化のためには、a）発泡時の表面形状の制御と b）100℃以上の耐熱性の付与が必要であり、そのための添加剤配合系について検討する。本年度は、a）に関しては、9種のコポリマーや無機系化合物について熱収縮の抑制効果についてホットプレス法にて調べたところ、5種類の化合物にて効果を確認した。良好な形状保持率を示す試料では結晶化度が低い傾向にあるが、候補の添加剤中で結晶化度が上昇してもそれほど熱収縮が進行しない系が望ましく、現在の結果からは乳酸/カプロラクトン系のコポリマーでもっともよい結果が得られた。また、b）に関しては生分解性、リサイクル性、環境安全性等を考慮すると、添加剤まで含めた樹脂全体の中のポリ乳酸比率は可能な限り高いことが望ましいことから、結晶核剤としてポリ乳酸主体の高分子系核剤を検討した。低コスト化のため、発泡させる PLLA そのものを原料に特別な設備を必要とせずに核剤化するプロセスを開発した。また、高分子核剤の利点を効果的に活用するためには微妙な結晶化速度の制御が求められるため、本年度はその制御について検討した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ポリ乳酸、発泡材料、超臨界二酸化炭素、核剤、アロイ、生体材料

［研 究 題 目］光力学診断とマイクロ流路を用いた小型高速癌細胞診断装置の開発

［研究代表者］永井　秀典（健康工学研究部門）

［研究担当者］永井　秀典（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

目標：

各癌種から得られた検体を光力学的診断によりスクリーニングし、さらに、MEMS 回路により、癌細胞のみを特異的に抽出した試料について、マイクロ流路を用いてそれらの細胞の遺伝子解析までを迅速かつ高感度に行うための手法を開発する。

研究計画：

癌関連の遺伝子解析については、膀胱癌であれば、染色体9番、17番、FGFR3の変異・欠失を同定し、悪性度や予後予測を行うことで可能である。さらに前立腺癌における TMPRSS2-ERG や慢性骨髄性白血病における BCR-ABL などの融合遺伝子の検出や、肺癌における EGFR、大腸癌における KRAS の変異など既知の遺伝子変異を、マイクロ PCR プレートを用いて高速検出することを検討する。

年度進捗状況：

マイクロ流路を用いた高速癌細胞診断装置のプロトタイプを開発し、FGFR3遺伝子変異や、慢性骨髄性白血病における BCR-ABL などの融合遺伝子の検出、肺癌における EGFR 遺伝子変異を高速検出することを検討した。まず、FGFR3遺伝子変異については、マイクロ流路による検討用に新たにリアルタイム PCR の系を作製し、Y375C 点変異の高速な検出を試みたところ、従来1時間程度を要していた PCR を7分まで短縮して検出することが可能であった。また、癌関連の融合遺伝子である BCR-ABL 遺伝子については、専用キットを用いた場合、キット付属の DNA ポリメラーゼがマイクロ流路に適しておらず、有効な検出には不十分であったが、EGFR 遺伝子変異検出の系においては、専用キットの組成に改良を加えることで、高速な遺伝子検出が可能であることが確認された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］PCR、マイクロ流路、遺伝子変異、膀胱癌

［研 究 題 目］新規ナノガラス量子ドットによる多層マイクロ流路基板を用いた POC 免疫学的診断法の開発

［研究代表者］村瀬　至生（健康工学研究部門）

［研究担当者］村瀬　至生、安藤　昌儀、李　春亮、楊萍、澤井　俊博、王　石泉（常勤職員2名、他3名）

［研 究 内 容］

臨床分野では迅速・小型・高感度かつ多項目の POC 診断機器が求められている。これに応えるため、本プロジェクトでは、多層マイクロ流路基板を成型し、その流路内で新規ナノガラス量子ドット（量子ドット分散ガラスカプセル）を蛍光試薬として用いて高感度蛍光エンザイムイムノアッセイ検査を行い、アレルギー5項目の同時診断キットを開発し、蛍光読取装置と合せてシステム構築する。産総研では、このうちのナノガラス量子ドットの製作を担当し、高輝度で高耐光性のガラスカプセルの表面に官能基を取り付ける。今年度は、最終年度（3年目）である。

従来は、市販の ZnS コート CdSe 量子ドット（コアシェル構造、CdSe/ZnS と略記）を用いて量子ドット分散ガラスカプセルを作製してきた。本プロジェクトでは、コアとシェルの構造などを最適化したものを安定に供給するために、この量子ドットを自作した。さらに、それを用いたガラスカプセルの作製方法を開発した。このとき、従来の作製法を参照しつつ、添加量や反応時間を変えて、結果を吸収・蛍光スペクトルや透過電顕像により評価した。

これらの条件出しを経て、最後に作製したガラスカプセルに COOH 基による表面修飾を行った。このとき COOH 基を含むアルコキシド（カルボキシエチルシラントリオールのナトリウム塩、CES）を用意し、通常

のアルコキシドのネットワークに CES を取り込む手法を開発した。

このようにして作製した表面修飾ガラスカプセルを共同研究先に送付し、抗体を接着してマイクロ流路にセットすることで、目標通り複数のアレルギー関連物質を高感度で同時検出することに成功した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］量子ドット、ガラス、蛍光試薬、抗体、マイクロ流路

［研 究 題 目］金型成形プラスチックマイクロ流路チップの加工精度向上による実用的なバイオアッセイシステムの開発

［研究代表者］山添　泰宗（健康工学研究部門）

［研究担当者］山添　泰宗（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

細胞を用いた薬剤、食品添加物、環境ホルモンなどの安全性や有効性の評価が広く普及すれば、動物を用いた試験を減らすことができ、コスト面や倫理的観点から有用であるが、煩雑な操作性、低い再現性、長い検査時間などの問題がある。そこで、本研究では、これらの問題を改善するため、加工精度を向上したマイクロ流路型チップを利用して、培養、試験物質への暴露、及び、細胞応答の検出までをシステム化し、迅速で簡便な全自動バイオアッセイ装置を開発することを目的としている。マイクロ流路型チップ上への細胞の接着挙動の制御に関しては、産総研の独自技術である細胞接着性を制御できるアルブミンを原料として作製した架橋アルブミンフィルムを利用することを計画している。本年度は、アルブミンフィルムと細胞膜アンカーリング試薬を利用することで、Jurkat や32D 細胞等の浮遊細胞を効率良く基板上に固定化することに成功した。フィルム上に固定化した浮遊細胞は、固定化状態を保ちつつ良好に生存し、増殖することが分かった。また、アルブミンフィルム内のアルブミン分子の二次構造を CD（円偏光二色性）測定により解析を行い、フィルム形成に伴うアルブミン分子の構造変化が軽微であることを突き止めた。更に、フィルムを100℃で1時間加熱した場合、高次構造の変化は全く見られず、フィルム中のアルブミン分子は極めて安定な状態を保持していることを明らかにした。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］細胞アッセイ、全自動システム、アルブミン、細胞接着性、マイクロ流路デバイス、機能性フィルム、金型成形

［研 究 題 目］消費生活用製品安全法特定製品の規制対応状況検証調査

［研究代表者］多田　充徳（デジタルヒューマン工学研究センター）

［研究担当者］多田　充徳、持丸　正明（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

市場に流通するハードプッシュ式ライター（点火ボタンがかたいライター）とダブルアクション式ライター（ロック解除ボタンと点火ボタンを有するライター）のうち、後者を対象に機械特性試験を実施することで、ボタンの操作に要する力を明らかにする。また、シニアパネル試験を実施することで、ロック解除力と点火力の変化が点火の成否に与える影響を明らかにする。本年度の調査では、市場に流通する11機種のダブルアクション式ライターに対してロック解除力と点火力を計測した。点火力については、ハードプッシュ式ライターに対する機械特性試験方法を定めた JIS S4803:2010に準じた方法で計測可能であった。一方、ロック解除力については、小型の接触子を新たに導入する必要があった。また、ロック解除力と点火力がそれぞれ4段階に変化する4機種の模擬ライターを用いたシニアパネル試験を行うことで、ロック解除力と点火力の変化が点火成功率に与える影響を実験的に明らかにした。いずれのライターでもロック解除力と点火力の双方が点火成功率に影響をあたえるが、その傾向は、ライターの用途（たばこライターか多目的ライター）、ロック解除ボタンのスライド方向（バーナー方向かその反対）、そして性別（男性か女性）によって異なることが分かった。また、手寸法と握力には有意な性差があるが、たばこライターの場合には握力が、多目的ライターの場合には手寸法と握力の双方が点火成功率を変化させることが分かった。一方で、喫煙経験の有無が点火成功率に与える影響はほとんど無かった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］デジタルヒューマン、チャイルドレジスタント、シニアフレンドリー、ライター

②【文部科学省】

・科学技術基礎調査等委託事業

［研 究 題 目］活断層の補完調査

［研究代表者］吉岡　敏和（活断層・地震研究センター）

［研究担当者］吉岡　敏和、吾妻　崇、粟田　泰夫、廣内　大助（信州大学）、杉戸　信彦（名古屋大学）（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究は、地震調査研究推進本部が定めた基盤的調査観測対象断層帯にのうち、これまでの調査結果に基づく評価で将来活動確率が十分絞り込めなかった断層帯について補完調査を実施することを目的に、文部科学省からの委託を受けて行われたものである。

平成24年度の調査対象断層帯は、十勝平野断層帯（光地園断層帯）、高山・大原断層帯（猪之鼻断層帯）、長良川上流断層帯、濃尾断層帯（三田洞断層帯）の4断層帯である。各断層帯において、断層の位置・形状、活動度、

過去の活動履歴等を明らかにするための調査を実施し、地震調査研究推進本部の活断層の長期評価に貢献する資料が得られた。

1）十勝平野断層帯（光地園断層帯）の調査

十勝平野断層帯のうちの光地園断層帯では、断層の活動履歴を明らかにするため、広尾郡広尾町内に位置する断層上の2地点（カシュウンナイ地点、野塚地点）でトレンチ掘削調査と群列ボーリング調査を実施した。調査の結果、カシュウンナイトレンチで確認された光地園断層の最新活動時期は、4万年－4万5千年前以降、約12,200年前以前で、それ以降の活動は認められなかった。また、ボーリング調査による基盤岩（中ノ川層群および豊似川層）の高度差は約5m であり、トレンチ内で確認される上下変位量約5m と変わらないことから、この地点では K-8層堆積以降における断層活動の累積性はなかったと考えられた。また、野塚地点で確認された断層活動は、トレンチ内では1回のみであり、上下変位量は約3m である。最新の断層活動時期は約31,000年前以降、9,600年前以前であり、これ以降には断層活動がなかったことが確認された。

2）高山・大原断層帯（猪之鼻断層帯）の調査

高山・大原断層帯のうちの最南部にあたる猪之鼻断層帯では、断層帯の分布・形状を明らかにするための地形地質調査を実施するとともに、断層帯の活動履歴を明らかにすることを主な目的として、全域の地形地質調査、および2地点でのトレンチ調査等を実施した。地形地質調査の結果、断層に沿っては右横ずれを示す河谷の系統的は横ずれ屈曲が確認された。また、基盤岩の濃飛流紋岩中に新鮮な断層粘土を伴う断層露頭が確認された。高山市高根町黍生および同市朝日町宮之前におけるトレンチ調査の結果、トレンチ壁面では基盤岩の上面に厚い火山灰質の堆積物が分布し、それらは少なくともトレンチの範囲では断層変位を受けていないことが確認された。

3）長良川上流断層帯の調査

長良川上流断層帯では、断層帯の活動性、変位量分布パターン、および活動履歴を解明する目的で、2m グリッド DEM を用いた地形調査、3地点でのトレンチ、および1地点でのボーリング調査を実施した。地形調査の結果、長さ約34km の断層帯のうち、顕著な変動地形を伴うのは主部をなす二日町断層－八幡断層であり、とくに八幡断層の中央部では系統的な谷の左屈曲が認められた。しかし、上下変位については、西上がりの山地の高度差は明瞭であるが、断層微地形としては逆向きの低断層崖のみが認められた。トレンチ調査は八幡断層中－北部の3地点で実施し、このうち断層中央付近の谷多和地点では、尾根上の断層凹地に厚く堆積した黒色土壌中に断層の最新活動（約4.0-4.9ka）を確認するとともに、崩積性堆積物の存在から1つ前の活動（約7.5ka）の可能性も見出せた。また、このトレンチでは、断層の左横ずれと西側が相対的に低下する変位が見られた。北部の越佐地点では、逆向き低崖にせき止められた約1－2万年前の扇状地堆積物が確認でき、ボーリング調査の結果を合わせて、同堆積物が断層変位を受けている可能性があることが確認できた。なお、那留断層および大野断層から構成される断層帯東部では、中・高位段丘面に低断層崖が推定されるが、約1－2万年前の低位段丘面には変位が認められなかった。

4）濃尾断層帯（三田洞断層帯）の調査

濃尾断層帯のうちの最南部にあたる三田洞断層帯では、断層帯の分布・形状を明らかにするための地形地質調査を実施するとともに、断層帯の活動履歴を明らかにすることを主な目的として、全域の地形地質調査、および2地点でのトレンチ、ボーリング調査等を実施した。地形地質調査の結果、断層沿いの岐阜市佐野地区において、扇状地面上に比高1m 程度の低断層崖と見られる直線的な崖地形が確認された。同地区におけるトレンチ調査では、トレンチ壁面には砂礫層とシルト層が分布し、それらは少なくともトレンチの範囲では断層変位を受けていないことが確認された。また岐阜市粟野西地区のトレンチでは、斜面直下に水平な砂およびシルト層が分布しているのが観察され、その近傍に断層が存在することが示唆された。

[分　野　名] 地質

[キーワード] 活断層、活動性、位置、地震調査研究推進本部、補完調査

[研 究 題 目] 沿岸海域における活断層調査

[研究代表者] 岡村　行信
（活断層・地震研究センター）

[研究担当者] 阿部　信太郎、池原　研、西田　尚央、杉山　雄一、岡村　行信、内田　康人（北海道立総合研究機構）、坂本　泉（東海大学）、山本　博文（福井大学）（常勤職員4名、他4名）

[研 究 内 容]

地震調査研究推進本部政策委員会調査観測計画部会が平成21年4月に策定した「新たな活断層調査について」のなかで、「陸域部の活動履歴は求められているが海域部の長さが明らかになっていない活断層」とされているサロベツ断層帯（海域部）、布引山地東縁断層帯東部（海域部）、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯／北部（海域部分）について、海域部の活断層の正確な位置や形状を明らかにするため、海上音波探査、海底堆積物採取等を実施した。

1）サロベツ断層帯（海域部）

サロベツ断層帯の北方延長部の位置形状を明らかにし、また活動履歴を明らかにするため、ブーマーを音

源とするマルチチャンネル音波探査と採泥調査を実施した。その結果、同断層帯は納沙布岬の北西約30kmまで連続することが明らかになったが、さらに北方まで連続するため、北端は確認できなかった。断層長は53km 以上と推定される。また、断層の平均変位速度は0.7～0.8m/千年で、最終氷期以降約5回、1万年前以降2回の活動があり、3,000～5,000年間隔で断層活動があったことを明らかにした。

2）布引山地東縁断層帯東部（海域部）

布引山地東縁断層帯東部の海域部の位置形状を明らかにするため、SES2000を用いた高分解能音波探査とピストンコアを用いた採泥調査を実施した。その結果、津沖には長さ約10km の活断層が存在すること、その断層は過去約1万年間に2回活動し、その間隔は3,000～4,000年程度であることが明らかになった。1回の断層変位量は1m 以下なので、同断層帯の一部が破壊したマグニチュード7程度の地震が発生した可能性が高いと推定した。また、白子－野間断層は西側がやや短くなっていることと、鈴鹿沖断層は布引山地東縁断層帯東部には連続しないことを推定した。

3）柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部／北部（海域部）

断層帯の北端を確認するためブーマーを音源とするマルチチャンネル音波探査と採泥調査を実施した。その結果、本断層帯は越前堆列のマツダシ東方まで延び、断層帯の北端は従来の鮎川断層群の北端よりも30kmほど北になることが明らかになった。また、断層帯の最新活動時期とその時の隆起量を確認するため、越前海岸の離水海食地形の計測、ヤッコカンザシ等の汀線指標生物の炭素同位体年代測定、及び遺跡調査を行った。その結果、ローカルリザーバー効果を－50年と仮定した場合、本断層帯の最新活動時期は16世紀後半から17世紀と推定された。また、その時の越前海岸の隆起量は3～7m と求められた。

［分　野　名］地質

［キーワード］地震調査研究推進本部、長期評価、沿岸海域活断層、サロベツ断層帯、布引山地東縁断層帯、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯、活動履歴、音波探査、バイブロコア、ピストンコア、離水海食地形、ヤッコカンザシ

・科学技術試験研究委託事業

［研 究 題 目］時間分解 X 線回折分光による相変化記録膜材料のフェムト秒格子ダイナミクス

［研究代表者］フォンス　ポール
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］フォンス　ポール、
コロボフ　アレクサンダー、
ミトロファノフ　キリル、長谷　宗谷、
寺島　諒（常勤職員2名、他3名）

［研 究 内 容］

次世代の超高速光スイッチや、省エネルギー型相変化メモリ（Phase change random access memory; PCRAM）の開発が可能になると期待されている、GeTe や GST225などの相変化記録膜材料は、原子レベルでの超高速の相変化過程のメカニズム解明がその鍵となる一方で、現行のレーザー分光技術（近赤外域で発振するフェムト秒パルスレーザー光源を用いた通常の光ポンプ＆プローブ分光法）では構造変化に伴う原子変位の直接動的観測が困難となっており、技術的ボトルネックとなっていた。さらにグラフェンやカーボンナノチューブなどの様々な先端材料における原子レベルでの構造変化の時間分解イメージングが可能になると、今まで未解明の先端材料における相変化過程の起源に迫ることが可能となり、新しい構造変化過程を利用した超高速かつ省エネルギー型のスイッチやメモリの材料開発に大きな知見を与えることとなる。本研究では、XFEL の超短パルスを用いた究極の光パルス励起–X 線プローブ時間分解分光法による固体における相変化のシングルショットイメージング分光に関する先導的研究を行い、先に述べた高速相変化メカニズムの解明を達成し、超高速光スイッチや、省エネルギー型相変化メモリの実現を目指すことを目的としている。

X 線自由電子レーザーにおいて、マルチ・リードアウトポート CCD 検出器（MPCCD）を用いて、500fs ステップで GST225エピタキシャル薄膜試料を測定する。実験配置は、反射型あるいは透過型を採用し、試料ホルダーを回転させることにより、(hkl)=(111)および(222)面からの Bragg 反射を用いる。今年度は GST225エピタキシャル薄膜からの回折イメージの取得と、回折強度の時間変化から構造変化過程に関する知見を得ることを目標とする。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］フェムト秒、相変化記録膜材料、コヒーレントフォノン、時間分解 X 線回折法

［研 究 題 目］微細構造解析プラットフォーム実施機関

［研究代表者］大久保　雅隆
（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］大久保　雅隆、浮邊　雅宏、鈴木　良一、
大島　永康、木野村　敦、大平　俊行、
小池　正記、志岐　成友、松林　信行、
古部　昭広、松崎　弘幸、中村　健、
井藤　浩志、後藤　義人、林　繁信、
全　伸幸、高橋　勝利（常勤職員17名）

［研 究 内 容］

本委託事業は、ナノテクノロジーに関わる最先端の研究設備とその活用のノウハウを有する機関が、緊密に連携して全国的なナノテクノロジーの研究基盤（プラットフォーム）を構築することにより、産学官の多様な利用

者による共同利用を促進し、個々の利用者に対して問題解決への最短アプローチを提供するとともに、産学官連携や異分野融合を推進することを目的としている。本事業の具体的目標を以下に列挙する。1）微細構造解析プラットフォーム全体の共用支援システム基盤を構築し、速やかに共用支援業務を開始する。2）以下の6装置（群）にて研究支援を実施する：①陽電子プローブマイクロアナライザー装置（周辺設備含）（PPMA）②超伝導蛍光収量X線吸収微細構造分析装置（周辺設備含）（S-XAFS）③可視－近赤外過渡吸収分光装置（4台、周辺設備含）（VITA）④リアル表面プローブ顕微鏡装置（3台、周辺設備含）（RSPM）⑤固体 NMR 装置（3台、周辺設備含）（SNMR）⑥イオン価数弁別質量分析装置（周辺設備含）（CDMS）。3）支援実績として、①課題件数：45件以上（9ヶ月）②利用料収入：3,000千円以上（9ヶ月）③外部共用率：30%以上（装置毎に異なる）④外部共用のうち民間企業の占める割合（以下、民間使用率）：10%以上（装置毎に異なる）⑤講習会開催　利用講習会（スクール）を1回、地域公開セミナーを2回（次年度以降2回）を達成する。

代表機関、他の実施機関と調整により、プラットフォーム内で利用形態定義と料金体系を共通化し、つくばイノベーションアリーナ連絡会議への参加により既存共用設備運用組織との連携を強化、7名の技術支援者を雇用し担当研究者とともに所内外の計測分析ニーズに対応した。公開機器の情報をホームページに掲載し、インターネット上での支援申込受付を可能とし、実際の支援体制及びその利用に必要な手続きを整備した。支援成果は、課題件数が、45/10件（公開/非公開）、課金収入は、8,513,895/1,402,821（公開/非公開）であった。

市販装置ではないオリジナル計測分析機器や解析技術により、外部ニーズに対応することは、社会貢献のみならず、支援者と研究者のスキルアップに繋がるとともに、将来の研究計画策定の情報源として重要であることが明らかになった。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］ナノテクノロジー、機器公開、研究支援、先端計測機器、産学官連携

［研 究 題 目］**ナノプロセシング・パートナリング・プログラム（NPPP）**

［研究代表者］秋永　広幸（ナノデバイスセンター）

［研究担当者］秋永　広幸、秦　信宏、和田　恭雄、落合　幸徳、島本　直伸、島　久、浅沼　周太郎、三沢　源人、宮田　直之、増田　賢一、松野　堅吉、佐藤　平道、飯竹　昌則、羽山　和美、山崎　将嗣、真屋　博幸、唐澤　しのぶ、高村　雅美、中島　忠行（ナノデバイスセンター）（常勤職員5名、他14名）

［研 究 内 容］

目的：

独立行政法人産業技術総合研究所のもつ基盤技術から先端技術までの多様で幅広い研究開発資源を組織内部で機動的に連携させ、「技術支援による産業界及び学界への貢献」、「イノベーションを担う人材の育成」という社会ニーズに応えるためのアクションプランとして、有限の資源で成果を最大化し、研究分野の融合、産学官の広範囲な研究者・研究機関のネットワーキング、事業内外における人材育成を推進するプラットフォームの実現を当委託業務の目的とする。より具体的には、

① 利用相談・技術相談：設備利用の相談と、研究開発上のボトルネック抽出、プロセス設計などのコンサルティング
② 機器利用：当該施設の機器を利用する機会の提供
③ 技術支援：産総研の最先端技術を用いた研究成果創出の支援
④ 成果創出支援：得られた成果を、学術論文、特許実施例などに活用するための支援
⑤ 実地訓練：装置利用に際して必要な要素技術のガイダンス
⑥ 人材育成：超微細加工・分析・評価技術等を習得するスクールを開催
⑦ 情報発信：当該分野における最新情報、ノウハウなどを発信
⑧ ネットワーキング：利用者の利便を高め、関連施設との連携を図る

からなるサービスの提供を行う。

年度進捗状況：

① 利用相談・技術相談サービス：

施設・装置を適切に利用するためのガイダンスはもちろんのこと、支援依頼元の研究開発上のボトルネックを明確化し、それに対するプロセス設計などのコンサルティングを、産総研の経験豊富な専門家が実施した。尚、利用手続きについての問い合わせは利用相談件数に計上し、利用報告書に記載すべき技術内容が豊富な相談のみを技術相談の件数として計上した。技術相談の件数は15件であり、その内訳は産：8件、学：4件、公：3件であった。さらに、研究支援効率を上げるために必要とあれば、微細加工プラットフォームコーディネータを介して、ナノテクノロジープラットフォーム参画他機関等への紹介などもこのサービスの一環として行った。

② 機器利用サービス：

平成24年度の機器利用支援件数は85件、当該施設のナノテクノロジープラットフォーム登録装置を利用する機会を提供した。そのために必要な要素技術習得トレーニング、利用機器の日常的メンテナンス、ユーザーからの機器利用に関する質問対応などもあわせて実施した。得られた研究成果はユーザーあるいはユーザ

ーの派遣元が100%保有することになるが、規程で定める利用報告書をご提出いただいた。③　技術支援サービス：条件付技術代行支援と条件付共同研究型支援サービス

機器利用ユーザーとのバランスを考慮しつつ、42件の技術代行および12件の共同研究サービスを行った。尚、技術支援員が支援依頼元の要望に沿った試作、分析を行う場合には、産総研独自の技術ノウハウを必要とする場合に限ってその依頼を引き受けた。また、産総研の知的財産、研究開発資源を一つの支援に対して50%を超える寄与度で投入しなければならない場合には、共同研究による研究支援とする方針をとった。これらの支援に対しても、規程で定める利用報告書をご提出いただいた。

④　成果創出支援サービス：

得られた成果を、学術論文、特許実施例作成、あるいはベンチャー設立に向けた準備などに活用するための支援を行った。①のサービスとあわせ、当事業が民間の有料サービスと最も大きく差別化される項目である。今年度は、58件の学術講演会等での口頭発表（内22件が海外での発表）、10件の学術論文等での誌上発表、および、2件の特許出願が行われている。また、産総研研究関連部門、知的財産部門、ベンチャー支援室などの専門家と協力し、必要に応じて支援案件に対応した。

⑤　実地訓練サービス：

昨年度までと同様に、装置の使い方や注意事項、装置予約の仕方を伝えるために、ユーザーが新たに装置を使い始める際には、個々の装置について必ず操作方法のガイダンス（実地訓練）を行った。今年度は409件の実地訓練を行った。また、不連続に期間をあけて装置を利用するユーザーに対しては、初回だけでなくそのつど技術支援員による手厚いガイダンスを実施した。このようなサービスを行う目的は、装置利用の効率化、装置故障率の低減、安全性の向上を図ることにある。本サービスの充実により、今年度も多数のユーザーが積極的に施設を活用できる環境を提供することができた。

⑥　人材育成サービス：

「微細加工プラットフォーム」参画機関である東京工業大学と合同で、“超微細加工人材育成スクール”を企画・開催した。このスクールは講義と実習からなり、10月4日に産総研つくばセンターで6つの講義をまとめて行った後、集束イオンビーム加工観察（FIB）、走査プローブ顕微鏡（SPM）、エネルギー分散型蛍光X線分析装置による元素分析及び薄膜分析（XRF）、プラズマ技術（ドライエッチング）、X 線回折装置（XRD）、走査型電子顕微鏡（SEM）の計7件の実習を産総研で実施した。また、以前から実施し好評である電子ビーム描画装置の実習は、本年度も産総研と東京工業大学の両機関で実習を行った。このように、要素技術の習得を目指したスクールを多彩な人材に対して開催することができた。さらに、分析・評価技術に特化した人材育成サービスとしては、分析評価スクールを企画・開催した。分析評価スクールは講義と実習からなり、1月23日に産総研つくばセンターで6つの講義をまとめて行った後、ラマン分光フーリエ変換赤外分光、エネルギー分散型 X 線分析、走査型プローブ顕微鏡、二次イオン質量分析の計4件の実習を産総研で実施した。本年度に実施したこれらのスクールの総参加者数は102名（内実習の参加者が35名）であり、内訳を見てみると、産：65名、学：4名、公：33名であった。

⑦　情報発信サービス：

当該分野における最新情報、当事業で開発され公開可能なノウハウなどを、産総研外部研究者に向けてニュースとして発信した。より具体的には、産総研ナノプロセシング施設（NPF）発行の電子メール配信方式のニュースであり、平成17年度から開始したサービスである。また、当事業のホームページに関しては、ユーザーからの要望を受け、共用研究施設に設置されている装置でどのようなことができるのかがより直感的に感じられるよう、各装置で実施された研究支援例を表示するなど日々改善に務めた。

⑧　ネットワーキングサービス：

産総研外部研究者の利便性を高め、安全に上記研究支援活動を行うために、装置予約、利用時間管理、ユーザーによる支援進捗状況の確認などを、インターネットを介して実現するネットワーク環境を管理し、年間を通じてこのサービスの提供を行った。国際交流の機会が少ないことが課題である技術支援者に対し、海外の著名なオープンイノベーション型の技術支援サービス拠点（フランス MINATEC 及びベルギーimec）の現地視察を行った。基礎研究から量産に結び付ける現場支援の実態を学びとることで、海外拠点との国際競争というグローバルな視点で自己のスキルを見直し、自己改革へつなげる契機とした。また事前に産総研で渡航前集合研修を行うことで技術支援者間の横連携を強化した。また集合研修を行い、自らのスキルによる支援で得た信用や対価が事業の運用に活かされていることを確認する場とした。また、技術支援者間の連携を深めることにより高められるサービス形態について意見交換を行った。また、さらに重要なこととして、このサービスにおいては、支援内容がプレコンペティティブ段階にある場合に、上記①、④をベースに、積極的に外部ユーザー同士の連携や研究分野の融合によるネットワーキングの推進に努めた。

⑨　先端共用施設の整備と管理：

先端共用施設を効率的に稼動させるためには、消耗品の欠品を防止し日常点検および定期点検で装置の故

障を事前に察知し対応することが肝要である。共通消耗品の管理に加えて専任担当者による NPF の日常点検・監視を行い、さらに、装置予約・使用状況の管理も年間を通して実施した。また、酸素濃度計など各種モニターによる作業環境の監視サービスに加え、クリーンルーム内に設置したカメラ6台により、ドラフト等危険な作業での事故を防止できるよう務めた。また、利用初期のユーザーに対して、装置の原理や操作手順などが記載された装置マニュアルを以前から提供しているが、この装置マニュアルがより実践的で実用的なものとなるよう、⑤に示した実地訓練サービス時等に受ける頻度の高い質問やトラブルシューティングを装置マニュアルに取り入れるなどして随時改訂を推進した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］極微細加工、ナノ造形、リソグラフィー

［研 究 題 目］重度先天性骨代謝疾患に対する遺伝子改変間葉系幹細胞移植治療法の開発
［研究代表者］弓場　俊輔（健康工学研究部門）
［研究担当者］弓場　俊輔、小田　泰昭
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

低フォスファターゼ症は、組織非特異型アルカリフォスファターゼ（TNSALP）の遺伝子変異による重度先天性骨代謝疾患で、このうち、最も重症である周産期型に対して骨髄移植併用同種（他家）間葉系幹細胞（Mesenchymal Stem Cell；MSC）移植による治療技術の確立を目指している。これまで「ヒト幹細胞を用いた臨床研究に関する指針」に従った「ヒト幹細胞臨床研究」として、島根大学医学部附属病院と共同で本疾患患者に対する他家間葉系幹細胞 MSC 移植を行ってきたが、同疾患モデルマウスを用いた動物実験において、臨床研究で得られた有効性を検証しようとした。患者と同様の遺伝子変異を人工的に導入した TNSALP KO マウスのヘテロ接合体の個体同士を交配したが、疾患モデルとなるホモ接合体の殆どが出生直後に死亡し、同疾患モデルへの細胞移植実験は断念した。そこで、血清 ALP 値が野生型の半分程度であるヘテロ接合体マウスに対して、ヒト臨床研究に倣い、マウス骨髄と共にマウス MSC を移植したが、レシピエントマウスの血清 ALP 値の上昇は認められなかった。また、患者 MSC から疾患 iPS 細胞を樹立、病態解明・治療法開発の研究用試料として、低フォスファターゼ症 iPS 細胞を2株、理化学研究所の疾患 iPS 細胞バンクへ同細胞を寄託した。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］再生医療、間葉系幹細胞、骨代謝疾患

・原子力基礎基盤研究委託事業

［研 究 題 目］白色中性子を用いた中性子線量計の革新的校正法に関する研究
［研究代表者］原野　英樹（計測標準研究部門）
［研究担当者］原野　英樹、松本　哲郎、増田　明彦、海野　泰裕（常勤職員4名）
［研 究 内 容］

原子炉施設や核燃料施設の他、多くの工業分野で中性子を利用する現場で用いられている中性子線量計は、中性子環境下で作業する人や放射線施設周辺住民、周辺環境の安全性を担保するために重要な役割を果たしている。しかしながら、中性子線量計の感度曲線は、通常 ICRP が定める理想的な線量曲線を再現していることが少ない。したがって、固有の中性子スペクトルをもつ作業環境場において、中性子線量計の表示値は、従来の校正法では、現実の線量との間に大きな差異が生じる場合がある。そこで、本研究では、熱外中性子から20MeV までの領域のパルス白色中性子を利用し、中性子飛行時間と線量計等測定器からの出力の2次元測定を行い、広いエネルギー領域の測定器の感度を実験的に一度に求める方法を提案した。研究は、(1)白色中性子源を用いた中性子線量計の校正法に関する研究、(2)静電加速器を利用したパルス白色中性子源の開発、(3)準単色高エネルギー中性子場における低エネルギー成分の解明の3つに分類して行った。本研究では、平成21年度からの3か年計画で実施され、地震の影響により平成24年度は(1)及び(2)について最終年度の平成23年度の計画を1年延長して実施した。また、本研究の一部は京都大学、高エネルギー加速器研究機構、放射線医学総合研究所に再委託された。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］中性子校正、パルス白色中性子、中性子線量計

［大 項 目 名］白色中性子を用いた中性子線量計の革新的校正法に関する研究
［中 項 目 名］白色中性子源を用いた中性子飛行時間と測定器出力の2次元測定による校正方法に関する研究
［研究代表者］原野　英樹（計測標準研究部門）
［研究担当者］原野　英樹、松本　哲郎、増田　明彦、海野　泰裕（常勤職員4名）
［研 究 内 容］

本研究項目では、熱外中性子～20MeV までのパルス白色中性子を発生させ、中性子線量計の応答曲線を実験的に得る。そして、核燃料施設において、校正した中性子線量計を用いて作業環境場で中性子線量評価を行うことを目的とする。熱外から10keV までのエネルギー領域については、京都大学電子ライナックによる光核反応中性子源を用いた。10keV 以上については、産総研において厚いターゲットを用いた^{7}Li（d,n）反応及び^{7}Li（p,n）反応によって生成される。中性子スペクトラルフルエンスは、実験とシミュレーションによって求めら

れた。本研究の校正の不確かさについて、測定、核データ、空気散乱の効果などに対する不確かさから評価された。2種類の中性子線量計についてパルス白色中性子場を利用した校正を行い、応答曲線を得ることができた。応答曲線がわかった中性子線量計を用いることによって、日本原燃株式会社の核燃料を取り扱う作業環境場において、今回新たに提案した校正方法で中性子線量評価が正確になされることを実証した。

今後も、測定を繰り返すことにより、本校正法の精度向上を目指す。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］パルス白色中性子、中性子線量計、作業環境場

［大 項 目 名］**白色中性子を用いた中性子線量計の革新的校正法に関する研究**

［中 項 目 名］**静電加速器を利用したパルス白色中性子源の開発**

［研究代表者］松本　哲郎（計測標準研究部門）

［研究担当者］原野　英樹、松本　哲郎、増田　明彦、海野　泰裕（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

本研究項目では、産総研4MV ペレトロン加速器を用いてパルス白色中性子を生成させることを目的とした。ペレトロン加速器に、スウィープ、ポップ、バンチャーによって構成されるパルス化装置を搭載し、パルスイオンビームを安定的に生成することに成功した。パルスイオンビームは中性子照射室に導かれ、核反応によりパルス中性子を生成することが可能である。中性子生成ターゲットにパルスイオンビームが到達したタイミング信号は、ビームチューブ内に取り付けられたキャパシティブピックオフにより取り出される。D（d,n）反応により5MeV のパルス単色中性子を生成することにより、2ns以下のパルス幅が達成できていることが確認できた。また、繰り返し周波数としては、0.5MHz～4MHz が可能であり、現状では陽子と重陽子に対してパルス化が可能である。^{7}Li（d, n）反応でパルス白色中性子を生成し、液体シンチレータを用いた中性子飛行時間法による中性子スペクトルが測定でき、校正に利用できるパルス白色中性子源であることが確かめられた。このことにより、本研究項目の最終目標は達成された。しかしながら、今後もパルス性能の向上のため、装置の改良を続けていく予定である。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］加速器、パルス化装置、白色中性子源

［研 究 題 目］**電気化学的吸着脱離によるコンパクトで再利用可能なセシウム分離回収システム**

［研究代表者］田中　寿（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］田中　寿、川本　徹、浅井　幸、福島　千賀子、陳　栄志（常勤職員2名、他3名）

［研 究 内 容］

我々は Cs の吸着材料としてよく知られているヘキサシアノ鉄酸金属錯体塩（MHCF）を新たにナノ粒子インク化することで加工性を高め、ユーザビリティに優れた材料としての応用を進めている。このインク化 MHCF を用いて、選択的 Cs 分離回収を電気的にかつ繰り返しおこなうことのできるシステムの構築を目指しているが、その特長は従来の電析による MHCF の膜形成に比べて、容易に多孔質かつより厚膜を電極上に作ることができ、金属イオンの電気的吸着／脱離をおこなう目的に適している点にある。我々はこの吸着電極を用いて、吸着液からセシウムを回収し、脱離液側にセシウムを移動させることに成功した。この方法はシステム自体が単純であるため小型化が可能で、かつ電気的に制御することで、操作手段・スペースなどに制限の多い使用済み核燃料処理に利用可能となることが期待される。この特性を活かして大量の廃液を処理するためのシステム開発を試み、電気化学的にセシウムの吸着脱離を制御できる吸着電極と送液のシステムをひとつのカラムに組み込んだ装置を試作した。今後はこの装置のセシウム回収性能評価をおこない、更に耐放射線性能評価や共存イオンの影響を明らかにする。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］セシウム回収、使用済み核燃料処分、電気化学的吸着脱離、ヘキサシアノ鉄酸金属錯体

［研 究 題 目］**光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点**

［研究代表者］野間口　有（理事長）

［研究担当者］石川　浩、並木　周、工藤　知宏、河島　整（常勤職員33名、他19名）

［研 究 内 容］

映像情報を中心としてネットワークトラフィックが増大しており、対応してネットワーク機器の消費電力が急激に増大している。ネットワークを活用した効率的な社会インフラを構築するには、低消費エネルギーで大量の情報を処理することのできる新しいネットワーク技術が必要となる。この新しいネットワーク技術として、光スイッチを用いた回線交換型の光パスネットワーク技術を開発する拠点を協働企業10社とともに形成している。映像情報のような大きな情報を、光スイッチによる光パスネットワークで扱うことで従来の IP ネットワークに比べて大幅な消費電力の低減が可能となる。この拠点では、デバイス、システム化技術からアプリケーションとのインターフェースまでをカバーする垂直融合の技術開発を進めている。具体的には企業と連携して、以下の四つの技術開発を行っている。第一はネットワークアプリケー

ションインターフェース技術で、ネットワーク資源とストレージ資源を統合管理するソフトウエアの開発を進めた。第二はダイナミックノード技術で、多粒度情報に対応できる光ノードを目指して、要素技術として、ODU スイッチ、ダイナミック ROADM、ならびに波長可変レーザの開発を進めた。第三はパスコンディショニング技術で、伝送路の分散と波形劣化の評価技術の開発、パラメトリック分散補償装置のプロトタイプ化を行った。第四は光パスネットワークすなわち光パスを切り替える光スイッチで、シリコン細線導波路型の干渉計構造による光スイッチの多ポート化に関する技術開発を進めた。また、波長選択性スイッチについても設計と試作を進めた。以上に加えて、将来のネットワークのアーキテクチャについて検討を行い、光パスネットワークの消費エネルギーが現状技術より数桁小さくできることを見積もった。H26年に行う光パスネットワークの実証デモ実験の本格的な準備に着手した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］光パス、省エネルギー、ネットワーク、シリコンフォトニクス、光スイッチ、可変分散補償

［研 究 題 目］国際共同研究の推進　アジア GEO Grid イニシアチブ

［研究代表者］田中　良夫（情報技術研究部門）

［研究担当者］田中　良夫、小島　功、中村　良介、山本　浩万、前田　高尚、村山　昌平、石戸谷　重之、幕田　裕貴、宇佐美　哲之、矢田部　裕美（常勤職員7名、他3名）

［研 究 内 容］

アジア地域においては、地球環境保全や災害予防などの地球環境科学に対するニーズが高い。しかし、現在炭素排出・吸収源などの局所規模地上観測データは、地理的に散在し、観測実施者ごとに非統一的に処理されている。そのためこれらのデータを広域、全球を網羅する面的分布データにして衛星観測データやモデルとのスケールのギャップを埋めるためには、地上観測データや衛星データを標準的プロトコルに基づき統合利用する技術の開発が必要である。本研究においては、グリッド技術を用いてアジア諸国が保有するデータベースを共有する情報処理基盤を確立する。複数の環境観測的研究分野と情報技術研究分野の融合により、アジア地域における長期持続的かつ分野・地域横断的な環境観測情報の集約・統合・利用の推進と、地理情報システムに関する国際標準に貢献することを目指す。

本研究は平成22年度から24年度までの計画であり、最終年度にあたる平成24年度は、①地球観測データの統合検索システムの研究開発、②CO_2排出量観測などを行う地上フラックス観測のモデルケース構築、について研究開発を進めた。①においては、富士北麓スーパーサイト（様々な項目の観測が可能であり、1つの研究機関だけでなく、国内外の複数の研究機関・大学などが共同して観測に参加できる施設）および台湾の Chi-Lan Mountain 観測サイトのフラックス観測データと、GOSAT（温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」）による衛星データを取り込み、合計で3つ以上の国と地域により提供される、総数5つの地上センサデータベースと、3つの衛星データベースを、地理空間情報システムの国際標準化団体 Open Geospatial Consortium（OGC）の標準プロトコルにより統合検索、利用可能とするアジア GEO Grid 基盤を構築した。本研究の成果を標準仕様のユースケースとして OGC の技術委員会で報告し、標準化に対してフィードバックすることとなった。また、アジア GEO Grid 基盤にカメラの画像も取り込み、観測時の天候を確認する機能を組み込んだ。②においては、岐阜高山スーパーサイト、タイの MaeKlong および Sakaerat の2スーパーサイトにおいて、現地タワーに装備された多数のセンサによる観測データをオンラインで自動収集・送信するシステムの構築、運用を継続した。

3つの衛星データと5つのセンサデータの比較により植生指数 EVI（Enhanced Vegetation Index）と植生の総一次生産量 GPP（Gross Primary Production）の関係を見るシステムを構築した。3つの国と地域により提供される、5か所における二酸化炭素フラックス観測データを含む5つの地上センサデータベースと、3つの衛星データベースに加え、カメラ画像の統合検索、利用を可能とするアジア GEO Grid 基盤を構築して予備評価を行ない、当初目標を超える成果を達成した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］グリッド、GEO Grid、フラックス、地球環境

［研 究 題 目］細胞性粘菌リソースの整備と提供（細胞性粘菌標準株および変異株の収集、保存と提供）

［研究代表者］上田　太郎（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］上田　太郎、長崎　晃、範　翠晶（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

基礎と応用のさまざまな分野でモデル生物として利用されている細胞性粘菌について、第2期では、代表種 Dictyostelium discoideum の非重複 cDNA を再整列した遺伝子セットを整備するとともに、国内に散在していた系統株と野生株、変異株のリサーチリソースを収集・保存・提供するための基本体制を確立した。しかしながら、東日本大震災により株リソースの大半が失われ、いまだ復旧半ばである。また、いくつかの株は寄託元からも失われてしまい、保存体制が万全でないことの厳しい

教訓となった。そのため、第3期においては、できるだけ早期に株の復旧を完了するとともに、災害に強い保存とバックアップの体制を確立して安定した提供を可能にすることが最重要課題として取り組んでいる。このうち本年度の主な実績は以下の通りである。

① 震災で失われた細胞性粘菌標準株および変異株の再収集と保存

外部寄託元からの再寄託に関して、寄託元に株が残っているものについては作業を完了した。寄託元に株が残っていないもののうち、過剰発現株については、今後、プラスミドの寄託を促していきたい。

② 震災で失われた細胞性粘菌遺伝子破壊株のうち、再収集できないものの再作製と保存

震災で失われた株のうち、寄託元が産業技術総合研究所であった31株は、再寄託を受けることはできない。このうち19株は遺伝子破壊株であり、再作製が必要である。平成24年度はこれらの再作製作業に鋭意取り組んだが、作業はやや難航し、19株全ての再作製と再保存を完了することはできなかった。残り11株の再作製と保存作業は平成25年度に持ち越しとなった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］細胞性粘菌、リソース

③【環境省】

・地球温暖化対策技術開発事業

［研 究 題 目］温泉共生型地熱貯留層管理システム実証研究

［研究代表者］安川　香澄（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］安川　香澄、阪口　圭一、當舎　利行、佐々木　宗建、柳澤　教雄、内田　利弘、上田　匠、高倉　伸一、杉原　光彦、西　祐司、町田　功、名和　一成、駒井　正夫、松林　修

（常勤職員12名、他1名）

［研 究 内 容］

本事業の目的は、“温泉に対する悪影響がない発電が可能であることを実証する総合的な地熱貯留層管理システムを開発した上で、当該システムの有効性を検証すること”である。平成23年の事業（C4）は、南伊豆での観測井掘削工事の一部を延長して行ったため、平成24年の6月まで平成23年度の事業を行った（C4の詳細については、昨年の年報を参照）。平成24年度の事業（C3）は、八丈島と南伊豆の2つのモデル地域を対象として実証研究を行った他、最終年度として管理システムの構築を行った。以下に、その詳細を記す。

1) 地熱系モデル開発及びシステム統合化

八丈島地域においては、地熱水の年代測定、温泉水化学分析及び観測井のコア試料とカッティングス試料の同位体分析などの追加的な分析を行った。南伊豆地域においては、比抵抗調査（AMT, MT 法）、自然電位調査、重力探査を行った他、涵養井を掘削し、平成23年度に掘削した観測井との間で生産－涵養試験を行い、水理構造の把握を行った。

2) モニタリング技術開発

八丈島地域においては、島内の3か所の温泉及び観測井での温度・水位・流量・電気伝導度の連続観測を継続し、データ解析を行った。微小重力についても、調査井地点での高精度重力計による重力連続観測および、ハイブリッド重力計測を行い、観測井の温度変化等のイベントとの関係性を調べた。

南伊豆地域においては、観測井近傍の休止温泉井3本における水位等の連続観測を継続した。また今年度は約200m 深度の涵養井を掘削して、観測井との間で生産-涵養試験を行い、近傍の休止井および観測井におけるトレーサー回収のモニタリングも実施した。

3) 変動予測シミュレーション

八丈島での浅部をより詳細にシミュレーションするための数値モデルのパラメータを調整することで改良を行い、さらに極端な生産を想定した場合のシミュレーション計算を行った。

4) システム統合化

温泉に対する悪影響がない発電を行うための管理システム（シナリオ）を作成した。また、その補助ソフトウェアとして、温泉と地熱貯留層との関係をタイプ分けし、またモニタリングデータと他データとの相関やデータ異常を抽出する、プロトタイプの自動判別ソフトウェアを開発した。

［分　野　名］エネルギー・環境、地質

［キーワード］地熱発電と温泉との共生、地熱貯留層管理システム、地熱系モデル、モニタリング、シミュレーション、八丈島、南伊豆、観測井

・試験研究調査委託費

［研 究 題 目］メガデルタ沿岸環境保全のための観測診断技術と管理手法の開発

［研究代表者］齋藤　文紀（地質情報研究部門）

［研究担当者］齋藤　文紀、田中　明子、金井　豊、田村　亨、西村　清和、上原　克人（九州大学）、Thanawat JARUPONGSAKUL（チュラロンコン大学）、NGUYEN Van Lap（ベトナム科学技術院）、TA Thi Kim Oanh（ベトナム科学技術院）、楊　作升（中国海洋大学）、王　厚杰（中国海洋大学）

（常勤職員4名、他7名）

［研 究 内 容］

アジアに数多く分布するメガデルタ（巨大デルタ）の沿岸環境保全のために、河川データと、沿岸陸域・海域

調査、衛星データ解析、数値シミュレーションを統合して、観測診断技術と管理手法を開発することを目的としている。5ケ年計画で、1-2年目が中国の黄河を主体に、3-5年目はベトナムとタイのメガデルタを対象にし、平成24年度は、タイのチャオプラヤデルタとベトナムのメコンデルタを主対象に研究を行った。

タイのチャオプラヤデルタでは、地盤沈下などにより過去50年間に約1kmの海岸線の後退が起こっている。海面下での侵食状況を把握するために、沿岸域においてサイドスキャンソナーによる海底面状況調査、測深調査、堆積物の年代測定を行った。これらの結果、海岸線の後退に見られる沿岸侵食は水深約4mまで及んでいることが明らかになった。また合成開口レーダ観測による干渉SAR時系列解析を、チャオプラヤ河流域について適用した結果、面的な地盤変化と、更に任意の地点における時系列の変化を捉えることができ、Tha Chin川流域において最大20mm/yr程度の沈降が確認できた。

ベトナムのメコンデルタでは、デルタ中央部のチャービン省バードン海岸における2010年から2012年にかけての現地調査の結果、侵食が顕著になってきていること、冬季に侵食が顕著である事が確認できた。更に冬季の中でも顕著な侵食が起こった時は、特別に潮位が高い、大潮と波浪による高潮が重なった時に生じていることが明らかになった。観測された潮位によれば約10cmの違いで大きな侵食が引き起こされており、海水面の変化が重要な要因となることが示された。潮間帯から採取したコア試料のBe-7とCs-134、Cs-137をとりまとめて夏季と冬季の堆積物移動と侵食に関して学会誌に投稿した。メコンデルタの数百年から数千年スケールの海岸線の変化を明らかにするため、浜堤から採取した石英粒子を用いて光ルミネッセンス年代測定を行った。これらのデータを用いてデルタの成長モデル、浜堤の発達成長モデルを構築し、国際学術誌から発表した。

［分　野　名］地質

［キーワード］メコン江、デルタ、環境変動、沿岸侵食

［研 究 題 目］温暖化に伴う内水域環境の変化監視情報システム構築に資する研究

［研究代表者］長尾　正之（地質情報研究部門）

［研究担当者］長尾　正之、鈴木　淳、安永　恵三子
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

わが国の内水域における水温上昇傾向のこれまでの検討によると、代表的な9つのダムの最表層水温は、1993年から2006年にかけてすべて上昇傾向にあり気温上昇の影響を強く受けていた。最下層水温は、上昇傾向と下降傾向にあるダム湖が存在し、気温上昇に伴うダム湖全体の水温上昇よりも、湖底上昇によるダム容量の減少等の影響を受けている可能性が示唆された。そこで、平成24年度は、ダム諸量データベースに記録がある108箇所のうち代表的な80のダム湖に数を増やし、比較期間を揃え、水温上昇傾向について再度検討した。

また、霞ヶ浦に流入する新利根川では、炭酸系諸量には明瞭な季節変化が認められた。また、季節変化が明瞭な溶存無機炭素の炭素同位体比が、河川の物質循環の状態の指標となるマクロパラメータであることを示した。この他、過去データが存在しない内水域の環境変遷復元には、淡水棲二枚貝類の殻の炭素同位体比分析が有効であることを示した。新利根川の炭酸系が、低 pH・高二酸化炭素分圧であるのに対して、霞ヶ浦の湖水は一般に高 pH・低二酸化炭素分圧であり、河川と湖沼では、その炭酸系緒量の特性が大きく異なることが確認された。

［分　野　名］地質

［キーワード］水温、ダム湖、地球温暖化、時系列解析、季節調整法、水質、季節変動、霞ヶ浦

［研 究 題 目］非意図的生成 POPs の生成挙動と排出抑制に関する研究

［研究代表者］畑中　健志（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］畑中　健志、竹内　正雄、土屋　健太郎、浮須　祐二、北島　暁雄
（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

金属溶解炉などの産業用炉では、残留性有機汚染物質（POPs）に関するストックホルム条約において可能な限り削減することとされている非意図的生成 POPs の排出を、廃棄物焼却炉で有効な排ガス処理では十分に抑制できないことが、これまでの研究により明らかとなった。この原因を解明し、産業用炉からの汚染物質の排出を低減するため、金属溶解炉から採取したフライアッシュを用いた実験を行うとともに、稼働中の金属溶解炉の煙道で排ガスやフライアッシュのサンプリング、POPs 等の組成分析を行った。

金属溶解炉の煙道に設置されたバグフィルター内では、これまでダイオキシン類が生成し難いとされていた低温域でも POPs が生成する可能性があることを、工場での測定と研究室での加熱実験により確認した。この際、フライアッシュ中の POPs 生成に関与する物質の活性が影響することも分かった。この低温度域では、フライアッシュ中の炭化水素と主に水溶性の塩化物を原料として触媒反応等により POPs が生成すると推定され、フライアッシュへの水の添加により POPs 生成を抑制できる可能性があることを示した。この成果は中小規模の工場で比較的容易に行える対策の導入を促進するものであり、金属溶解炉だけでなく、多くの業種で非意図的生成 POPs の排出低減に直接結びつく可能性が高い。また本結果は、従来のいわゆるデノボ合成の概念を拡張するものであり、より現実に即した規制やガイドラインの設定に貢献できる成果と言える。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］金属溶解炉、残留性有機汚染物質、排出抑制

［研 究 題 目］南鳥島における微量温室効果ガス等のモニタリング

［研究代表者］村山　昌平（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］村山　昌平、石戸谷　重之、宇佐美　哲之（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

南鳥島において、既存の観測所設備と研究観測で確立されてきた観測技術を活用し、また同島の諸事情にあわせた形で改修し、微量温室効果ガスのモニタリングを開始する。気象庁が取得している主要な温室効果ガスの観測データと新たに気象研究所、国立環境研究所および産総研が開始する観測で得られるデータとを組み合わせて統合データセットを作成し、温室効果ガス等の濃度変動のプロセス解明等の研究を進める。産総研では大気中二酸化炭素（CO_2）の安定同位体比の観測をフラスコサンプリング法及び質量分析計を用いた手法により開始するとともに、開発中の CO_2安定同位体比連続測定装置の改良を進め、清浄大気観測への適用を目指す。

H24年度は、概ね1週間に1度の頻度で、フラスコサンプリング法による南鳥島における大気中 CO_2安定同位体比の高精度観測を継続して行った。得られたデータの解析を行い、大気中 CO_2濃度およびその安定同位体比の変動の特徴を明らかにすることができた。得られたデータの解析結果から、CO_2濃度及びその炭素安定同位体比の季節変動は、主として北半球中高緯度の陸上の C_3植物活動の季節変動の影響を反映しているが、夏～初秋は熱帯草原の C_4植物あるいは海洋との交換も影響している可能性が示唆された。同位体比連続測定装置については、各 CO_2同位体の吸収線による減衰を分離して測定できることが確認できた。また、使用しているレーザの耐久性が不十分であることが明らかになったため、改良したレーザに交換し、光学系の仕様を変更して高精度化を進めた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］南鳥島、温室効果ガス、バックグラウンド大気、安定同位体、炭素循環

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

［研究代表者］前田　高尚（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］前田　高尚、村山　昌平、石戸谷　重之、近藤　裕昭（常勤職員4名、他5名）

［研 究 内 容］

運用中の陸域生態系炭素収支の長期連続観測を継続しつつ、遠隔地にある観測現場の測器からのデータ収集から、処理、データベース搭載までのプロセスに、観測機器運用の遠隔監視やデータ流通・解析の自動化といった情報通信技術を参画他機関と共同で開発、それぞれの担当観測サイトに導入し、これらを通じて安定で精度の高い観測とそのデータベース化、他の観測データとの統合を技術面から推進する。

平成24年度は、岐阜県高山市（高山サイト）、タイ中西部カンチャナブリ県（メクロンサイト）、タイ東北部ナコンラチャシマ県（サケラートサイト）において、大気・陸面間の二酸化炭素交換量（フラックス）および気象等の関連環境諸量の観測を継続して実施した。現地観測のセンサーネットワーク化のためのシステムの構築・改良作業は、観測機器の障害発生等の遠隔監視の仕組みを早急に必要とするタイの2サイトで重点的に行った。従前に試験導入した観測サイト構内のオンライン化および現地基幹コンピュータによるデータの定期的収集等を運用しつつ改修した。さらに通信機器類の障害対処のため、基幹コンピュータによる通信機器の監視と電子メールによる障害発生通知の仕組みを試作した。試験運用中の現地－つくば間の通信回線用機器やプログラムの変更・改良を実施し、通信を安定化して、データ送信のプログラムの試作と運用を開始した。また、高山サイトについて、観測データ回収後の処理解析ワークフローの自動化の検討を開始した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］地球温暖化、二酸化炭素収支、陸域植物生態系

・環境研究総合推進費

［研 究 題 目］気中パーティクルカウンタを現場にて校正するためのインクジェット式エアロゾル発生器の開発

［研究代表者］飯田　健次郎（計測標準研究部門）

［研究担当者］飯田　健次郎、櫻井　博、榎原　研正（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

光散乱式気中パーティクルカウンタ（Optical particle counter, OPC）は、粒径サブマイクロメートル以上粒径域での大気エアロゾル粒子の粒径分布測定に広く使用されている。OPC がサンプルされたエアロゾル粒子を実際に計数している割合は、粒子計数効率を呼ばれ、この校正法は ISO 規格（21501-4）に定められている。しかし、ISO 規格の定める参照器との平行測定による校正をマイクロメートル粒径域で精度よく行うことは技術的に困難であるため、この解決策として、本研究では発生器型の気中粒子数標準としてインクジェットエアロゾル発生器（inkjet aerosol generator, AIST-IAG）を開発した。この装置は単分散性の高いエアロゾル粒子を既知の頻度で発生できるこれまでにない装置であり、発生粒径範囲は0. 25-10μm の範囲である。AIST-IAG 内部で発生されたインクジェット溶液が AIST-IAG

出口でエアロゾル粒子となって輸送される効率が99.5%以上であることを実証し、AIST-IAG が発生器型気中粒子数標準としての性能を十分に有していることを実証した。また、AIST-IAG 発生粒子の粒子径の定義が ISO 規格に準拠した OPC の校正に使用されるポリスチレンラテックス（PSL）球の粒径へと変換できることを実証し AIST-IAG による OPC の粒子計数効率の校正結果が社会に波及しやすくなる状況も整えた。今後は、PM2.5エアロゾル粒子計測の分野へと AIST-IAG による校正技術の応用用途を拡張することに努める。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］エアロゾル、粒子数濃度、インクジェット

［研 究 題 目］溶融塩電解精製による太陽電池用 Si のリサイクルおよび製造方法の開発

［研究代表者］大石　哲雄（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］大石　哲雄、布施　正暁、矢口　未季（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

太陽電池はエネルギー問題や CO_2排出量削減への寄与が期待され、需要も急増している。現在の主流は結晶 Si を用いたものであり、これは発電効率や信頼性等が優れているためであるが高コストであり、特に高純度 Si 製造時のコストや消費エネルギーが問題視されている。一方、今後廃棄される太陽電池も当面は結晶 Si 系のものが主であり、2020年頃から廃棄量が急増すると予想されているが、そのリサイクル技術はまだ確立していない。そのため、廃太陽電池から Si を低コストかつ効率的にリサイクルする、あるいは高純度 Si を安価に製造する技術の確立は緊急性の高い研究課題である。本研究では、Si を低コストかつ効率的にリサイクルするプロセスとして溶融塩を用いた新規な電解精製法を検討した。このプロセスは、Cu-Si 液体合金に不純物を含む Si を溶解して陽極とし、Al-Si 液体合金を陰極として主にフッ化物系の溶融塩中で電解精製を行う。これにより陰極側に濃縮した Si は部分的に冷却して Si を析出させ、高純度 Si を回収する。Si 濃度の低下した液体合金は電解槽に戻し、陰極として再利用する。本プロセスの特長は、両電極に液体合金を用いることで電解浴からの汚染を大幅に低減できる、連続化および工業化が容易である、省エネルギー的に Si を精製できる点などである。平成24年度は、廃太陽電池から回収した Si、あるいは市販の低純度 Si を用いて実験を行い、精製効果等を評価した。さらに、本プロセスの導入による環境負荷、および本プロセスに許容される電力消費等を評価し、本プロセスの優位性を示した。また、普及途中段階である太陽光発電システムにおいて Si の製造とリサイクルの両方を行える点が特に重要であることを示した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］リサイクル、太陽電池、溶融塩電解、廃棄物

［研 究 題 目］環境基準項目の無機物をターゲットとした現場判定用高感度ナノ薄膜試験紙の開発

［研究代表者］和久井　喜人（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］和久井　喜人（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は、長岡技術科学大学が主委託先となって実施している環境研究・技術開発推進費によるプロジェクト「環境基準項目の無機物をターゲットとした現場判定用高感度ナノ薄膜試験紙の開発」の一環として再委託され実施した。

平成24年度においては、大学側で使用条件及び感度が決定された試験紙について、ICP 質量分析法（ICP-MS）及び ICP 発光分光分析法（ICP-OES）を用いて人工もしくは実サンプルでのクロスチェックを行い、試験紙のポテンシャルを決定した。

釣り用の鉛重りを超純水及び水道水に浸漬し鉛の溶出を時間変化で追跡した結果では、時間と共に鉛の濃度の上昇が確認された。また、水道水よりも超純水中の濃度が大幅に高く、重金属の溶出が促進されることがわかった。

温泉水中のヒ素の分析では、低濃度のヒ素に対応するために水素化物発生装置を ICP-OES に接続して分析を試みた。その結果、10ppb 前後の領域で良好な検量線が得られ、また、分析値は公的機関による値と一致した。

カドミウム検出紙のクロスチェックのために、20～30ppb オーダーの溶液試料の分析を実施した。ICP-OES 及び ICP-MS による分析値は、ほぼ10%以内で一致した。検量線の直線性及び繰り返し精度を考慮した結果、ICP-OES の方がより正確な結果を与えたと推定された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］微量有害元素、重金属、簡易測定、ナノ粒子、検出紙、膜濃縮、環境測定、眼視検出

④【その他省庁】

［研 究 題 目］加温機排気中の CO_2の効率的回収貯留システムとその園芸作物への活用技術の開発

［研究代表者］鈴木　正哉（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］鈴木　正哉、月村　勝宏、犬飼　恵一、前田　雅喜（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

施設園芸では、収量増大・品質向上を目的として、CO_2発生機により CO_2を施用することが行われている。

一方、寒冷地では、灯油燃焼による加温機も併用しているが、その排気から CO_2を回収貯留して施用に利用すれば、全体として CO_2排出総量とコストの削減が期待できる。本研究開発は、CO_2の回収貯留のために非金属鉱物材料を使用した、新たな施設園芸用システムとその活用技術の開発を目的としている。実施に当たっては、産総研を中心とした複数の研究機関・企業による連携体制をとっている。

平成24年度までに、装置の小型化・低価格化を目指した省エネ型 CO_2回収貯留システムの試作機を製作し、奈良県および岩手県の施設園芸現場試験を通して園芸作物の増収・高品質化の実証試験を実施した。その3年間のプロジェクトのまとめを含めた検討を行い、次年度以降の商品化に向けた検討を行える体制を整えた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］燃焼排気ガス、二酸化炭素、回収貯留、園芸作物

［研 究 題 目］我が国の大陸棚延長申請に対する大陸棚限界委員会勧告文書の検討のための資料作成

［研究代表者］岸本　清行（地質情報研究部門）

［研究担当者］岸本　清行、棚橋　学、湯浅　真人（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

国連「大陸棚の限界に関する委員会」から日本政府に届いた日本の延伸大陸棚の申請に対する「勧告」について、その内容について科学的な記述内容等の解釈を含めて精査し、その検討結果をもとに報告書を作成する。報告書の内容の理解を助けるため、適宜「勧告」邦文訳、文献等による資料を追加する。

［分　野　名］地質

［キーワード］大陸棚、大陸棚勧告

［研 究 題 目］地震等災害時に救助活動を支援する障害物除去システムの開発

［研究代表者］久保田　士郎（安全科学研究部門）

［研究担当者］久保田　士郎、和田　有司、緒方　雄二、西野　佳奈（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では、地震等の災害時に倒壊した建物の中から人命を迅速に救助するために、大型の重機を使用せずに小規模爆破（ミニブラスティング）等を適用して倒壊コンクリート壁等を局所的に迅速に破砕し、突破口を作り（ブリーチング）、救助活動を支援するための技術開発を実施した。壁の裏側に要救助者が存在しない場合は、ミニブラスティングを発展させた効率的な破砕技術を適用する（ダーティブリーチ）。要救助者が存在する場合は、裏側に破片を飛散させない効果的技術を適用する（クリーンブリーチ）。

一般壁（厚さ15cm）と構造壁（厚さ25cm）を対象として、鉄筋コンクリート壁の一部をモデル化した試験体ならびに火薬類と非火薬の2種類の破砕ディバイスを試作し、モデル壁の破砕基礎実験を実施することで、装薬条件（穿孔長や穿孔パターン等）、ならびに込め物について破砕効果との関係を調べた。また、実規模モデル壁を用いた現場実験を実施し、技術の適用性を検証するとともに、爆風圧や爆発音等を計測して、爆発影響を把握した。さらに、作業時間を見積もり、本技術の迅速性を検証した。

その結果、一般壁に火薬類破砕ディバイスを用いた場合について、クリーンブリーチで要救助者側に飛散物を発生させず安全かつ迅速な条件を明らかにした。ダーティブリーチではクリーンブリーチと同薬量でより効率的な条件を示し、同条件下で人体に損傷を及ぼす爆発影響は発生しないことを確認した。また、本技術での作業時間は従来の半分になり迅速性を確認した。構造壁については火薬類を用いたダーティブリーチの有効な装薬条件を明らかにした。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］人命救助、ブリーチング、ミニブラスティング、火薬類、鉄筋コンクリート壁

［研 究 題 目］超伝導光子検出器による量子もつれ波長多重量子暗号通信技術に関する研究

［研究代表者］吉澤　明男（電子光技術研究部門）

［研究担当者］吉澤　明男、福田　大治、土田　英実（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

量子暗号通信の長距離・高速化を目指して、波長1.55μm 帯における研究が進展しているが、光ファイバのポテンシャルを活かすためには、波長多重によるビットレートの向上は必須である。本研究では波長多重量子暗号通信の実現を目指して、広帯域量子もつれ光子対発生技術、高量子効率・高速・低雑音光子検出技術、及びこれらの要素技術を用いた量子暗号鍵配布システムの開発を行っている。本年度は量子もつれ暗号通信の波長多重化に必須な高量子効率超伝導単一光子検出技術の実現に向け、超伝導転移センサによる光子検出器のアレイ化を実施した。具体的には、広帯域多心配線、及び、検出素子用広帯域電圧増幅装置を整備し、16素子からなる単一光子検出器の実装を行った。検出器の低雑音化に向けては、線路内の抵抗値に起因した熱雑音の除去に取り組んだ。一方、広帯域化に向けては、超伝導転移センサのバイアスループに存在する寄生インダクタンスを低減させるため、超伝導転移センサと検出素子用広帯域電圧増幅装置を近接配置する構造を採用した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］量子暗号、超伝導、量子もつれ光子対、光ファイバ、光子検出

2) 国以外からの外部資金

①【新エネルギー・産業技術総合開発機構】

［研 究 題 目］低圧固定床用 FT 触媒技術を利用した BTL プロセスの研究開発

［研究代表者］村田　和久（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］村田　和久、高原　功、岡部　清美（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

H24年度は、ゼオライトを含む FT 触媒の形態として、混練りによる一体型とゼオライト／FT 触媒の物理混合型のいずれがゼオライトの性能を最大に引き出せるか、という点で、反応評価や解析評価を行った。結論としては、両者に基本的に差はなく、反応管への均一充填という観点から、一体型触媒が実用的となった。耐久性向上のためには、触媒劣化原因の解明が必要であり、ラボスペントおよびベンチスペント触媒の解析を行った。数千時間程度までの触媒では、各種ワックスの蓄積が劣化の主原因であり、350℃程度での空気酸化または水素還元で除去できるもの、除去しにくいもの（無機状炭素など）があることが分かった。以上の総合として、ガソリン基材を一段で製造するプロセスを開発し、3000時間以上の耐久性を確認できた。4年間の研究を通して、産総研としては、本プロジェクトに対して、触媒解析を行い、実用触媒の開発に大いに貢献できたと考えている。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］FT 触媒、低圧固定床、活性劣化

［研 究 題 目］新エネルギー技術研究開発／次世代風力発電技術研究開発／基礎・応用技術研究開発

［研究代表者］小垣　哲也（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］小垣　哲也、角口　勝彦、壹岐　典彦、阿部　裕幸、近藤　潤次、松宮　煇、丸山　康司、石原　陽子、青木　繁光、西沢　良史、河野　孝昭、高乗　加代子、小野　智恵、稲吉　仁（常勤職員5名、他9名）

［研 究 内 容］

日本における厳しい風特性を反映した風車設計のための複雑地形・台風要因極値風モデルを開発した。風車荷重シミュレーション等によって、開発したモデルの評価・検証を行ない、その技術的妥当性を実証することにより、JIS 規格に盛り込み、更には、IEC 国際規格としても提案し、採用の目処を得ることに成功した。

風速のリモートセンシング技術の検証のため、LIDAR と通常のマスト設置のカップ風速計による同時計測を実施した。複雑地形においては LIDAR の誤差が増大するため、風力発電分野への応用が難しいことを明らかにした。対策として、60m 以下のマストと LIDAR とを併用する手法を考案し、これを実際の複雑地形において適用した場合、平坦地形における LIDAR 計測とほぼ同等な精度を低コストで達成可能である事を実証した。更に、この手法を風車の年間発電量（AEP）評価に適用し、その有効性を実証した。

大学、研究機関、産業界の専門家を招集した次世代風力発電基礎応用技術研究開発・IEA 風力国内委員会を設置し、IEA 風力実施協定への参画を支援すると共に、最新の研究開発動向、データを国内に情報共有した。

小形風車の安全性・信頼性・性能を確保するため、IEC 国際規格等で規定されている各種試験手法に基づき、小形風車のフィールド試験を実施した。得られたデータを基に技術評価における課題抽出を行い、小形風車の各種試験方法と評価基準を開発し、国内の専門家を招集した「小形風車認証制度検討委員会」における審議を経て、「小形風車の性能及び安全性に関する技術評価基準」を策定することにより、国内における小形風車認証制度の確立に貢献した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］次世代風力発電技術、風車設計、複雑地形・台風要因風特性モデル、風のリモートセンシング技術

［研 究 題 目］基礎的・共通的課題のための研究開発

［研究代表者］堀田　照久（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］横川　晴美、堀田　照久、山地　克彦、岸本　治夫、Manuel.E. Brito、下之薗　太郎、西　美奈、鈴木　善三、倉本　浩司、趙　度衡、王　芳芳、石塚　香（常勤職員8名、他4名）

［研 究 内 容］

固体酸化物形燃料電池（SOFC）スタックの耐久性・信頼性向上のために、大学など他の研究機関と連携し、開発会社4スタックの耐久試験後サンプルの詳細分析を行い、その劣化機構を検討した。劣化現象の解析・改善のなかから燃料電池の運転条件（過電圧、温度、燃料利用率など）が重要な要因であることが明らかになった。最も顕著に表れたのは、円筒横縞形の空気極微構造の改良に伴う過電圧の大幅な低下とクロム被毒に対する大幅な耐性の向上である。このことによりハイブリッド機における実際の空気の配管材料からのクロム汚染は問題にならないことが明らかになった。筒状平板形などで見出された $SrZrO_3$ の生成挙動は当初想定していたよりも複雑な様相を示すことが解った。このことは加速試験がそのまま単純に適用できるわけではなく、より高度なシミュレーション技術と連動させる必要があることを示している。電解質の劣化要因の一つとして広く認識されてきた YSZ 系電解質の立方晶から正方晶への相変態に起因する伝導度の低下は、実際に長時間運転した後の電解質のイオン廃位状況をラマンで観測することにより大きな寄与していないこと、運転条件が把握できれば、その寄

与を定量的に把握できる可能性があることが明らかになった。小型円筒形での集学的劣化機構解明も進み、特に空気極の改良が進んだ。この結果、4万時間の耐久ならびに250回の起動停止に関する信頼性を見通す事ができた。また、加速試験法の SOFC における特徴を明らかにし、適用できる劣化現象と他の高度な取り扱いをすべき現象とに分かれることが明らかになった

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］固体酸化物形燃料電池、耐久性、信頼性、不純物、2次イオン質量分析計、スタック

［研 究 題 目］**グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発／廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発／革新的酸化プロセス基盤技術開発(2)**

［研究代表者］今　喜裕（環境化学技術研究部門）

［研究担当者］今　喜裕、佐藤　一彦、富永　健一（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

機能性化学品製造プロセスの中でも酸化プロセスは重要だが、重金属酸化剤や塩素系酸化剤を使用すると重金属や塩素系廃棄物を大量に発生するため環境への負荷が大きい。一方、過酸化水素を酸化剤とするプロセスは比較的安価で発生する副生成物が水のみという強みを持つ。昨年度までに過酸化水素酸化プロセス基盤技術開発を行い、新規触媒開発により半導体封止材原料製造などの実用化を行った。今年度は、昨年度までに開発した過酸化水素酸化技術では適用が困難な基質で高難度かつ産業上必要な基質を高反応率、高選択率でエポキシ化する酸化触媒の開発を行うことを目的とする。

高難度な基質として、従来知られているエポキシ化合物よりも加水分解し易く多官能な、3か所以上のエポキシを同一分子内に有する化合物を製造する過酸化水素酸化技術を開発した。タングステン触媒－リン系添加剤－窒素系添加剤に、さらに2種類の固体触媒を混合した新規触媒系により、反応率99%以上、選択率85%でエポキシ化合物を合成し、目標値（反応率80%、選択率80%）を達成した。得られたエポキシ化合物は、塩素フリー、低粘度で、かつ銀粒子との親和性も高く、導電性接着剤として極めて優れた長期絶縁信頼性を発揮することがわかった。

通常、高温処理を避けたい電子部品回路の配線には銀を含む導電性接着剤が使用されている。しかし銀には使用中に接着剤中の塩素と反応して回路を短絡させるという問題がある。今回開発した塩素フリーの多官能エポキシ化合物製造法により、導電性接着剤として極めて優れた長期絶縁信頼性を発揮する、塩素フリーのエポキシ化合物を開発できた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］グリーンケミストリー、過酸化水素、酸化反応、触媒

［研 究 題 目］**IT 融合による新社会システムの開発・実証プロジェクト／（都市交通分野）パーソナルモビリティのスマートシェアリングシステムに関する研究開発**

［研究代表者］松本　治（知能システム研究部門）

［研究担当者］松本　治、橋本　尚久、富田　康治（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

立ち乗り型のパーソナルモビリティのシェアリング事業を、公道上を含む市街地において大規模展開した場合、人の流れが変わることによる各種交通機関や商業施設等に及ぼす影響なども含めて、効率的な人の流れの管理やインフラの最適配置を事前に予測することなどが重要である。そのため、屋内外シームレス移動可能で、かつ乗り捨てを特徴とするパーソナルモビリティのシェアリングシステムを対象とした、人の流れのミクロ・マクロシミュレータを構築することを目的としている。

① 実証データ取得・解析とシミュレータでの利用

次年度の本格実証実験に向けた実験データ取得のための基礎実験を行った。基礎実験では、保有するパーソナルモビリティを利用し、つくばモビリティロボット実験特区内において様々なルートを走行し、GPS によるルート情報、温度、湿度、加速度、角速度、ヒヤリハット情報を含んだ映像情報の取得を行った。

② シミュレータ開発

利用者のモビリティ利用行動をモデル化し需要予測を行うための行動モデルシミュレータを開発した。パーソナルモビリティのシェアリング特性の基礎的検討のために、歩行とパーソナルモビリティのみが利用可能である状況を想定し、プロトタイプを構築した。対象エリアとして、つくばモビリティロボット実験特区エリアの一つであるつくばエクスプレス研究学園駅付近を取り上げ、移動状況確認のためのシミュレータを構築した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］パーソナルモビリティ、搭乗型ロボット、シェアリング、交通シミュレータ

［研 究 題 目］**ナノテク・先端部材実用化研究開発／水素拡散を制御した高信頼性絶縁縁膜の開発とフラッシュメモリーへの応用**

［研究代表者］柳　永勛（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］柳　永勛、昌原　明植、遠藤　和彦、松川　貴、堀川　剛（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

フラッシュメモリーの高信頼性と低電圧化を実現するため、ナノレベルの水素貯蔵層絶縁膜を導入した3次元チャネル FinFET フラッシュメモリーの開発を目指している。平成24年度においては、新規水素貯蔵層材料として、極薄 SiAlON を導入したチャージトラップ型 FinFET フラッシュメモリーの開発を進め、ゲート長 30-nm 級の FinFET フラッシュメモリーの作製に成功した。また、作製した FinFET フラッシュメモリーの断面 STEM 観察により、Al_2O_3-Si_3N_4界面に形成される SiAlON 厚は1.2-nm 程度であることも確認した。その作製した FinFET フラッシュメモリー特性の Fin チャネル形状依存性を調べた結果、三角断面形状が低電圧動作に最も有効であり、ゲート電圧6V においても書き込み動作ができることが分かった。最後に、その作製した FinFET フラッシュメモリーの信頼性を調べた結果、書き換え回数10万回以上、データ保持10年以上であることが分かった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］FinFET フラッシュメモリー、3次元チャネル、トンネル絶縁膜

［研 究 題 目］革新的ノンフロン系断熱材技術開発プロジェクト／革新的断熱技術開発／発泡ポリマー＝シリカナノコンポジット断熱材および連続製造プロセスの開発

［研究代表者］依田　智（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］依田　智、古屋　武、大竹　勝人
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

マイクロメートルサイズ以下の大きさをもつポリマーの発泡セル内部を、熱伝導率の低い低密度シリカで充填した構造を持つ発泡ポリマー＝シリカナノコンポジット断熱材の開発を行った。

・ポリマー／シリコンアルコキシド／超臨界二酸化炭素反応系の検討

ポリマー、シリコンアルコキシドおよび二酸化炭素（CO_2）の三成分系について、高圧相平衡観察を引き続き行った。テトラメトキシシランオリゴマー-CO_2-ポリメタクリル酸メチル PMMA－三成分系について、313K-393K、0.1-30MPa の領域について相平衡を検討した。

・断熱材の構造と物性の評価

発泡させた試料の発泡セル内に、シリカ成分が凝集した構造を、連続法で作成する条件について検討し、セル内壁へのシリカ粒子の集積構造を確認した。

・連続製造プロセスの開発

ポリマーの押出成型機をベースとした断熱材連続製造プロセスについて、発泡倍率の増大と、熱伝導率の最適化を目的とした製造条件の最適化を引き続き行った。発泡倍率と発泡密度、平均発泡径はトレードオフの関係にあり、最大で発泡倍率30倍程度の発泡体を安定して製造する条件を見いだしたが、粗発泡、破泡になりやすい傾向が見られた。熱伝導率は0.028W/mK 程度であった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］断熱材、ナノコンポジット、発泡ポリマー、シリカエアロゲル、超臨界二酸化炭素

［研 究 題 目］燃料電池自動車用水素貯蔵材料に関する調査研究

［研究代表者］小川　浩（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］小川　浩（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

燃料電池車搭載用水素貯蔵タンクの高性能化を目的に、水素貯蔵材料中の格子欠陥が水素貯蔵特性に与える影響を計算科学的に解析した。代表的な金属系水素貯蔵材料として BCC バナジウム合金を選択し、元素置換（点欠陥）、転位（線欠陥）、ナノ粒子表面（面欠陥）を導入した際の水素吸着サイトエネルギーやその他の特性変化について、密度汎関数法に基づく第一原理計算と、非経験的2体相互作用関数に基づく古典分子動力学計算によりシミュレートした。その結果、元素置換効果については原子半径に応じて格子中での水素のポテンシャル表面が変化し異なる水素貯蔵特性が発現すること、転位の効果については格子中の水素が転位近傍へ凝集し機械的特性を変化させること、表面の効果については材料表面への水素吸着特性が面指数によって異なり、水素吸蔵の進行に伴いナノ粒子全体の構造を変化させることが分った。これらの変化は NMR や中性子回折実験で得られている結果と整合し、計算科学的手法が水素貯蔵材料研究に有用であることが示された。実験とシミュレーションを組み合わせることにより、格子欠陥を含む材料中で水素吸着がどのように起こるかを解明・予測し、今後の材料設計に生かすことが期待される。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］水素貯蔵材料、格子欠陥、バナジウム合金、第一原理計算、分子動力学法

［研 究 題 目］高速・自己保持機能を有する光スイッチング回路の研究開発

［研究代表者］河島　整（ネットワークフォトニクス研究センター）
［研究担当者］桑原　正史、王　暁民、飯塚　寿夫、田代　勝正、斉藤　央
（常勤職員2名、他4名）

［研 究 内 容］

状態保持の機能を備えた PLZT スイッチの光入出力部として機能する石英 PLC 光回路作製に向けて、引き続き損失低減の方策を検討し、ハンドリングウエハを石英からシリコンに変更、石英導波路の屈折率コントラス

トも、前年の高Δ（2%）から低Δ（0.5～0.75%）に変更した。入力側石英 PLC は200GHz×20ch の AWG、出力側 PLC は2×1分岐の21ch アレイに200GHz×21ch の AWG に接続したものを、PLZT スイッチと組み合わせて、200GHz×20ch、1×2の波長選択スイッチを構成した。

光記録材料を用いた自己保持型波長スイッチの開発を行った。このために、広範な GST 系光記録材料の光特性を調べた結果、光通信波長帯で GeTe が最も損失が少ないことを見出した。光記録材料を光導波路のシリコン・コアに装荷した場合の位相変化量を考慮して、アーム長などマッハツェンダー干渉計の主要寸法を確定し、これを試作した。また、光記録材料でできた回折格子を利用した空間偏向型波長スイッチを開発した。このために単一光束の干渉計を使って高精度の回折格子を安定に作製する技術を開発した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］光スイッチ、シリコンフォトニクス、光導波路、光相変化材料

［研 究 題 目］**創薬加速に向けたタンパク質構造解析基盤技術開発**

［研究代表者］佐藤　主税
（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］佐藤　主税、三尾　和弘、川田　正晃
（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

目標：

タンパク質構造を決定することは、創薬を加速する上での鍵の一つである。結晶を用いずにタンパク質構造を決定する電子顕微鏡単粒子解析において分解能を規定する最も重要な条件の一つは、粒子画像の枚数である。画像粒子の自動拾い上げプログラムおよびその周辺の画像処理技術をさらに改良し、単粒子解析法をより高分解能の方法へと改良する。

研究計画：

画像情報学による構造決定法である電子線単粒子解析の分解能を向上させるために、非線形最適化法を組み合わせて、単粒子解析を改良し、改良した単粒子解析法を用いて、形質膜のイオンチャネル、細胞内膜である小胞体チャンネルや Ca2+ポンプなど、生理的に重要な様々の蛋白質の構造・機能相関の解析を行う。骨格筋や心筋などで特殊に進化した小胞体に特に注目して研究を進める。

年度進捗状況：

筋肉の小胞体において Ca ポンプの役割を果たす、Ca-ATPase の動的な小胞体チャンネルである分子量23kDa の3回膜貫通たんぱく質 Mg23の機能が、陽イオン透過機能を持つことを京大薬学部竹島研究室と共同で見つけた。その構造を電子顕微鏡像から再構成したところ、主な構造はおよそ36量体からなるボール（深皿）状であることを決定した。また一部の複合体は6量体のサブ複合体状態に留まっている。このチャンネルが開くと様々な陽イオンを透過するが、イオン選択性は低い。このチャンネルが Mg33チャンネルとどのように協調して Ca 放出を制御しているか、また様々な心筋症とどう関連するかが今後の課題である。さらに、C 型肝炎の発症機構などに関係する様々な膜タンパク質の構造決定に成功した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］電子顕微鏡、単粒子解析、小胞体チャンネル

［研 究 題 目］**次世代大型有機 EL ディスプレイ基盤技術の開発（グリーン IT プロジェクト）**

［研究代表者］鎌田　俊英（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

［研究担当者］鎌田　俊英、星野　聰、高田　徳幸、末森　浩司、茨木　伸樹
（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

次世代のディスプレイとして期待されているアクティブマトリクス有機 EL ディスプレイの大型化、および実用化に向けた製造技術に関して、ディスプレイの低消費電力化、量産化のためのパネル製造トータルシステムとの整合、高い生産性の視点から、有機 EL 素子・パネル製造基盤技術の開発を進めており、有機 EL パネルフロントプレーンに関して、「低損傷大面積電極形成技術の開発」、「大面積透明封止技術の開発」、「大面積有機製膜技術の開発」、「大型ディスプレイ製造に向けた検証」の4つの研究項目について研究開発に取り組んでいる。

本年度は、有機 EL フルカラーディスプレイの低消費電力化と広い色度域を実現するのに不可欠なトップエミッション方式に不可欠な透明カソードの開発に関して、透明酸化物導電体スパッタ薄膜形成時に有機層に与えるダメージ要因の解析と低ダメージスパッタ条件の探索を行い、金属極薄膜を加熱抵抗線によって真空蒸着させただけの従来法のカソード形成と同等性能を担保する酸化物透明電極を有機層上に形成可能にするダメージレススパッタ技術の開発に成功した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］有機 EL ディスプレイ、大型製造技術、低消費電力化技術

［研 究 題 目］**極限シリコン結晶太陽電池の研究開発（銅ペーストの研究開発）**

［研究代表者］鎌田　俊英（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

［研究担当者］徳久　英雄、伊東　宇一、高田　徳幸
（常勤職員3名、他1名）

［研究内容］

結晶シリコン太陽電池の低コスト印刷製造を実現する技術として、その電極構成部材としての低温焼結型銅合金ペーストを利用して、その印刷製造技術を開発している。これは、最近の世界的な需要拡大や太陽電池普及の急拡大などによりペースト材料である銀の価格が高騰しているため、現行の銀ペーストを用いる技術から低価格材料への転換の実現を可能とするものであり、太陽電池のさらなる低コスト化が期待できる。

平成24年度では、主に偏析しない均一組成のナノコンポジット構造粒子作製法によってできた低融点合金と銅粉とを混合して銅ペーストを用いて、耐酸化性、銅のシリコン基板への耐拡散性について検討した。

耐酸化性ついては、85℃、85%RH 環境下に750時間さらした後、深さ方向 X 線光電子分光分析法（XPS）により解析した。その結果、O1s 由来のシグナルは、最表面から約200nm の深さで消失した。酸素は、樹脂や低融点合金成分の酸化によるもので、Cu の酸化物は観察されなかった。また、最表面から銅のシグナルが観察されなかったことから、低融点合金が銅の表面を被覆することにより、酸化のバリア層としての役割を果たしていることが証明された。

シリコンへの拡散については、二次イオン質量分析法（SIMS）を用いて、シリコン基板に直接塗布したサンプルの加熱前後の深さプロファイル分析を行った。その結果、シリコン基板に直接蒸着により製膜した銅は、熱により拡散が確認されたが、同条件では、印刷により作製した銅-低融点合金膜においては、顕著な拡散は観察されなかった。このことより、シリコン基板界面においても低融点合金層が拡散のバリア層として機能していることが示唆された。作製した。銅ペースト中の低融点合金は150℃以下で融解し、銅の粒子間および銅粒子中へ拡散し、合金化することによって金属結合を形成し、導電性を向上させる。また、この融解した低融点合金が銅粒子を覆うので、銅粒子の酸化や、銅原子の基板などへの拡散が抑制される。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］銅ペースト、太陽電池、スクリーン印刷

［研究題目］**銅ペースト量産化技術と試験・評価方法に関する研究開発**

［研究代表者］徳久　英雄（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

［研究担当者］鎌田　俊英、徳久　英雄、伊東　宇一、高田　徳幸（常勤職員3名、他1名）

［研究内容］

本提案の太陽電池低コスト化のための銅ペースト事業化において、銅ペーストの試験・評価方法の開発を実施する。

従来から使われている銀電極に関しては、試験・評価方法がすでに確立しているが、銅ペーストに対する確定した試験・評価方法はまだない。新しく市場に銅ペーストを太陽電池用電極として導入するためには、試験・評価方法を開発する必要がある。銅ペーストの課題と必要とする開発は①銅イオンが結晶シリコンに入るとキャリアの再結合中心と作用するために、キャリア寿命が減少して、変換効率が減る。②電極から銅イオンが EVA 膜に流れ出すと EVA 膜は変色する。③太陽電池セルとモジュールフレーム間に高電圧がかかるために、イオンが移動して絶縁膜の弱い部分に集中して破壊を引き起こす PID（Potential Induced Degradation）の原因になる可能性がある。

また、太陽電池用電極ペーストは、スクリーン印刷技術で電極を形成するので、ペーストとして性能評価、例えば、印刷性、高アスペクト比ライン形成性などに加えて太陽電池セル性能評価を行う必要がある。

平成24年度は、銅イオンのシリコン基板への拡散を検討するためにキャリヤ寿命測定法のセットアップを行った。まずは、擬定常状態光伝導度測定装置（QSSPC）を用いて検討する予定である。

新しく開発された銅ペーストを用いて、印刷、焼成を行って電極を作製し、印刷性評価、電気特性評価を行った。その結果、200℃以上の焼成が必要であったが、$10^{-5}\Omega$cm 台の線抵抗率に達することが分かった。200℃と250℃焼成において1ケタの抵抗率の違いが生じるため、焼成メカニズムを銅粒子界面を TEM 等で観察することにより、明らかにする予定である。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］銅ペースト、太陽電池、スクリーン印刷

［研究題目］**総合調査研究**

［研究代表者］匂坂　正幸（安全科学研究部門）

［研究担当者］匂坂　正幸、玄地　裕、美濃輪　智朗、工藤　祐揮、林　彬勒、定道　有頂、楊　翠芬、山口　克誠、北川　直美、本瀬　良子（常勤職員5名、他5名）

［研究内容］

この総合調査研究のプロジェクトは、「セルロース系エタノールの加速的先導技術研究開発に参画する研究チームへの情報提供、研究チーム間の相互利用・検証の連携の推進」、「バイオマス総合利用に係る経済性評価・ライフサイクルアセスメント（LCA）評価、社会・環境・文化への影響リスク分析手法の確立」、「有望バイオマス生産地域・事業モデルの検討」の3テーマから成っている。そのうち、安全科学研究部門では、LCA 評価を担当し、有望バイオマス生産地域およびバイオ燃料事業を想定した利活用モデルに対して特に温室効果ガス（GHG）排出量調査を実施し、地球温暖化への影響評価を行っている。その評価結果を加速的先導技術研究開発に参画する研究チームに提示して研究開発の方向の決

定、確認に寄与することを行った。

具体的には、①当該地域への現地調査を実施し、原料調達や土地利用変化に関する情報の収集および GHG 排出量評価　②国際会議等での情報収集および既存の評価ツール調査による LCA 手法に関する情報の収集　③得られた情報・成果を随時、GHG 排出量評価ツールへ反映　④各プロセス研究開発のフォローアップを行った。

平成24年度には、過去4年間に構築した LCA の基本データおよび手法を、平成23年度に実施したタイ・インドネシアといった特定地域だけではなく、ASEAN 地域全体にも適応できるように基本データの拡充と LCA 評価ツール構築を実施した。このツールの利用目的は、事業者が簡便に GHG 排出量および持続可能性評価スキームの観点から、バイオ燃料事業の成立性可否の目安を確認するためのものである。そのため、GHG 排出量の観点だけではなく、経済性評価や持続可能性評価スキームとの連携を図り、情報の共有化を行った。これらの実施により、経済性も含めた総合評価ツールの開発に携わり、事業化を目指した合理的なプロセス開発支援に貢献した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］バイオマスエネルギー、セルロース、ライフサイクルアセスメント、温室効果ガス、地球温暖化、評価ツール

［研 究 題 目］バイオポリオレフィン等のバイオマス由来度の測定・試験方法の研究開発

［研究代表者］国岡　正雄（環境化学技術研究部門）

［研究担当者］国岡　正雄、田口　和宏、船橋　正弘、大石　晃広、八木　久彰
（常勤職員5名、他2名）

［研 究 内 容］

バイオマス由来のポリオレフィンと石油由来のポリオレフィンを判別でき、ポリオレフィン中のバイオマス由来度を定量的に測定できる方法を開発するため、規格 ASTM D6866にある放射性同位元素炭素14濃度を測定してバイオマス由来度を評価する方法を中心に検討した。炭素14の濃度測定法として、加速器質量分析に着目し、以下のことを明らかにした。①再生可能原料であるバイオマス等のみから生成したポリオレフィンのバイオマス由来度を測定した。また、石油由来のポリオレフィンについてもバイオマス由来度を測定した。②バイオマス由来及び石油由来のモノマー等のポリマー原料について、バイオマス由来度を測定した。③ポリオレフィンから製造される製品に近いプラスチック製品、複合材料を視野に、充填材や添加剤等のバイオマス由来度を測定した。④無機炭素類（珊瑚、貝殻、珪藻土等）に、この測定法が適用できるかどうかを詳細に検討した。ポリオレフィン材料に関して、測定誤差を明らかにするために、繰り返し測定を行い、本測定法の精度を確認し、国際標準規格としての精度があることがわかった。また、ポリオレフィンプラスチック樹脂と添加剤を分離して、それぞれのバイオマス度を測定することにより、樹脂成分のバイオマス度を測定できる方法を開発した。樹脂と添加剤の分離方法としては、溶媒による分離法を詳細に検討し、ポリオレフィンと添加剤がきちんと分離できることを確認した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］バイオマス炭素含有率、炭素14、試験法、ポリオレフィン、標準規格

［研 究 題 目］セルロース系バイオマスエタノールからプロピレンを製造するプロセス開発

［研究代表者］島田　広道（研究環境安全本部）

［研究担当者］島田　広道、中岩　勝、榊　啓二、佐藤　俊、大森　隆夫、山本　拓司、遠藤　明、吉宗　美紀、藤谷　忠博、中村　功、高橋　厚、原谷　賢治、Xia Wei、木村　幸紀、新保　外志夫、谷口　智、溝口　敬信、穐吉　紀子、萬徳　遥（環境化学技術研究部門）
（常勤職員11名、他8名）

［研 究 内 容］

本研究では、2015～2020年頃の実用化をめざし、セルロース系バイオエタノールからプロピレンを製造するための反応プロセス設計、分離プロセス設計を行った。

1)　反応プロセス設計

酸化物系触媒の性能向上について検討し、反応圧の増大によりエチレン収率が低下しプロピレン収率が増大することを見出した。また、水の添加、アセトンのリサイクルによりプロピレン収率は増大するが、反応圧が高い状況ではその効果は低減する傾向が見られた。また、触媒の高表面積化により、プロピレン生成速度を改善できることを明らかにした。

2)　分離プロセス設計

粗留エタノール中に不純物として含まれる有機硫黄化合物が、酸化物系触媒の反応によって硫化水素やジメチルスルフィドに転換されることを確認した。蒸留プロセスでは除去が困難と考えられる硫化水素を反応生成物中から選択的に除去し、硫化水素の濃度を許容値（10ppb）以下に低減可能な吸着剤を見出した。当該吸着剤の吸着性能を吸着破過曲線の測定により検証し、得られたデータを元にベンチスケールの吸着脱硫装置を設計した。

水素等の副生ガスの影響や運転温度の影響等を考慮した炭素膜を用いて、ベンチプラント用炭素膜モジュール（膜面積0.1m^2以上）を製作し、脱水膜実ガス試験装置に組み込んで、反応出口ガスを想定した模擬混合ガスの脱水試験を行った。また、ベンチスケールでの膜脱水試験の結果から大型膜モジュールでの脱水度の予測と所要

エネルギー算出を行う計算プログラムを整備した。

開発した装置は、共同研究相手の触媒技術研究組合が24年度に建設した100kg－エタノール／日のベンチプラントに導入し、実証試験を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］バイオマスエタノール、プロピレン、触媒、硫黄化合物、吸着分離、膜分離イオマス炭素含有率、炭素14、試験法、ポリオレフィン、標準規格

［研 究 題 目］省水型・環境調和型水循環プロジェクト／水循環要素技術開発①／１）革新的膜分離技術の開発　うち　iii）分離膜の細孔計測技術の開発及び標準化に向けた性能評価手法の開発

［研究代表者］柳下　宏（環境化学技術研究部門）

［研究担当者］榊　啓二、萩原　英昭、小林　慶規、伊藤　賢志、鈴木　良一、大平　俊行、大島　永康、オローク　ブライアン、古部　昭広（常勤職員5名、他4名）

［研 究 内 容］

陽電子消滅法によるRO膜及びNF膜中の細孔を計測する技術を確立し、同手法で測定された細孔と分離性能との関係を比較するとともに、RO膜及びNF膜の膜評価方法の標準化に向けた技術開発を行う。そのために以下の研究開発を行った。

① 陽電子消滅法による分離膜中の細孔計測技術の開発

低速陽電子消滅法によるRO膜評価に引き続き、1nmよりも大きい細孔を有するNF膜評価のために、高分子系複合膜の分離機能層に存在する0.5nmから10nmの細孔計測に関する校正技術基準を確立し、マニュアル化した。

さらに、放射性同位元素を陽電子源としたパルスビーム式陽電子寿命測定装置を整備し、同装置によりRO膜及びNF膜の陽電子消滅寿命を測定した。その結果、陽電子寿命の繰り返し測定による相対不確かさは2%以下であった。加速器ベース陽電子寿命測定装置と同等の再現性を有し、分離膜評価用標準装置として必要な性能であることを確認できた。

② 分離膜における細孔と分離性能との相関

RO膜とNF膜の阻止率を評価する物質の選定を行い、RO膜には、NaClと分子量が近い尿素、エチレングリコール、1-プロパノール、2-プロパノールが、NF膜には、$MgSO_4$、グリセリン、グルコースが適していることがわかった。

分子固有の発光を利用した、NF膜の評価方法として、プローブ分子にピラニンを選定し、その溶液の調製や光学系の調整法などを含めた測定の手順書としてまとめた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］膜分離技術、RO膜、NF膜、陽電子消滅法、細孔計測技術

［研 究 題 目］グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト（グリーンITプロジェクト）／エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発／データセンタのモデル設計と総合評価

［研究代表者］伊藤　智（情報技術研究部門）

［研究担当者］伊藤　智、中田　秀基、小川　宏高、竹房　あつ子、広渕　崇宏、中村　宏（常勤職員6名、他1名）

［研 究 内 容］

データセンタの電力消費量削減が迫られているが、何をどう改善すれば、どの程度の電力消費量削減効果が得られるかを把握することは容易ではない。本研究では、データセンタを構成する設備（UPS、空調機など）およびIT機器（サーバ、ストレージ、ネットワークスイッチなど）をモデル化し、ハードウェアの改善に加え、運用による改善についても評価可能な指標を開発し、実測を行いながらの改善によって得られる効果の評価を行う。サーバのモデリングと指標の開発を筑波大学が、データセンタのモデリングと指標の開発を産総研が、設備やIT機器の最適配置の検討をNTTコミュニケーションズがそれぞれ担当し、開発成果の実証評価をNTTコミュニケーションズと産総研が共同で行う。

5年計画の5年目となる平成24年度は、サーバ以外のIT機器、空調設備、電源設備について市場調査と実機測定を行い、データセンタの構成要素と電力消費量に関するモデル化を行った。また、データセンタ関連プロジェクト全体の成果を統合した場合に削減可能な電力消費量を評価する手法を開発した。データセンタに関わるグリーンITプロジェクト全ての効果を本評価手法に組み込むことで、全プロジェクトによる電力消費量削減効果を評価した。その結果、目標数値である電力消費量の30%削減が可能であることを確認した。また、データセンタの省エネルギー性を評価する指標として、公平かつ精緻な手法として機能単位に評価する手法を開発し、これを広く利用されている指標であるPUEに適用した機能型PUEと呼ぶ指標を提案した。

昨年度より開始した加速プロジェクトでは、グリーンITプロジェクトで開発を進めるデータセンタに関連する技術開発の成果の一部を実際に統合し具現化するために、日本電気、NTTファシリティーズらと産総研が連携し、サーバの液冷、高圧直流電源、クラウド運用、および外気導入を融合したモジュール型データセンタをつくば構内に構築した。比較のために、同じIT機器を備える従来型のモジュール型データセンタも構築し、直接電力消費量を比較することで、30%以上の電力消費量を削減できることを検証した。本成果はプレス発表および

産総研オープンラボでの実機見学を含めた発表を行った。産総研は全体の統括、設計、および空調系の研究開発を担当し、稼働・省電力状態の監視・表示装置の実装、および、温度・湿度・風量などの計測環境の構築を実施した。構築した環境および設備を利用して、次世代モジュール型データセンタの電力消費量および効率性の評価を実施した。評価においては、我々が提案する機能型 PUE を適用することで、機能型 PUE の有効性を示した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］グリーン IT、データセンタ、省エネ指標、外気導入

［研 究 題 目］**グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト（グリーン IT プロジェクト）／②革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発／a）IT 社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究、c）社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価**
［研究代表者］工藤　知宏（情報技術研究部門）
［研究担当者］工藤　知宏、挾間　壽文、並木　周、来見田　淳也、高　明義、井上　崇、石井　紀代、児玉　祐悦、小林　克志、中田　秀基、竹房　あつ子、高野　了成（常勤職員9名、他3名）

［研 究 内 容］

本課題は、現在データ通信において広く用いられているパケット交換網に加え、光のまま経路を切り替える光パス網やヘッダの単純なルックアップだけで経路切り替えを行うラベルスイッチ網などを組み合わせて省エネルギー型ネットワークを構成する手法と、そのようなネットワークを構築した場合の省エネルギー効果を調査・評価することを目的としている。本課題は、NEDO からの委託研究であり、産総研・名古屋大・NEC が参加している。産総研は、情報量、光信号再生技術、アプリケーションからの情報によるルーティング切替方式の調査評価を担当している。

平成20年度からの5年計画で、最終年度にあたる平成24年度は、期間全体の成果を取りまとめた。まず、平成23年度に構築した、ネットワークトポロジモデルと、将来トラフィックの予測、現在のインターネットにおけるユーザあたりのコネクション数などの調査に基づき、従来型の電気ルータが用いられた場合の、2030年までのネットワークの消費電力を予測した。

また、ルーティング切替方式については、アプリケーションからトラフィックの性質が通知されたフローを、任意のパスを用いて転送可能とした。各種ルーティング方式のパスを制御する OGF（Open Grid Forum）規格の制定作業に参加し、欧米亜のネットワーク相互運用の実現可能性を実証した。

さらに、一部のフローを本技術でパス網にオフロードすることで、40～70J/bit（ビットあたりの消費エネルギー）の省エネ効果が得られることを示した。提案技術について、実機を用いた総合的な実験評価を行い、システムとしての適用可能性を評価した。実験により得られた消費電力等のパラメータ値をネットワークモデルに導入してその構成を検討し、装置機器については装置省電力機構の採用、制御方式についてはカットスルー方式の採用により、ノード装置電力を従来電気装置構成に比べ約30%削減できることを明らかにした。また、ネットワーク全体でも提案技術の導入により30%以上の大幅な消費電力削減効果が得られることを確認した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］グリーン IT、ネットワーク、省エネルギー、ルーティング方式、光パス網

［研 究 題 目］**IT 融合による新社会システムの開発・実証プロジェクト（データ処理基盤分野）リアルタイム大規模データ解析処理基盤の研究開発**
［研究代表者］小川　宏高（情報技術研究部門）
［研究担当者］小川　宏高、中田　秀基、工藤　知宏（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

モバイルネットワーク技術の普及と各種センサ技術の発展に伴い、多種多様なモノがネットワークに接続されるようになり、実世界の様々な事象をデータとして IT の世界から捉えられるようになった。しかし、こうした所謂ビッグデータから新たな知見を得るには、現状ではデータを収集・解析するための大規模な IT インフラや高度なプログラミングスキルが必要であり、ビッグデータの恩恵を受けることはいまだ困難な状況にある。こうした問題を解決するため、本研究では、実世界から取得される大規模データに対するリアルタイムの複雑なデータ解析を実現するとともに、対象データの量に対するスケーラビリティと対象データの種類や処理内容に可変性を有するリアルタイム大規模データ解析処理基盤の研究開発を行う。本研究では、大規模時系列データのリアルタイム解析を Preferred Infrastructure が、多種多様な情報を用いたデータ処理技術を産総研が、大規模リアルタイム解析を支える高速分散データストアならびに次世代メモリストレージノード技術を NEC が、次世代メモリストレージデバイスを中央大がそれぞれ担当する。特に産総研は、大規模機械学習プラットフォーム Jubatus において、実世界から取得される多種多様な時系列データの利活用を可能にするデータ処理技術に関する研究開発を実施する。

2年計画の1年目となる平成24年度は、多種センサデータを対象としたリアルタイム解析を実現するために、動

画像ストリームを対象に CHLAC（立体高次局所自己相関特徴法）ならびに OpenCV（画像処理・画像認識用ライブラリ）の特徴抽出器を用いた Jubatus 特徴量抽出モジュール、Jubatus 入力データ拡張機構を設計し、プロトタイプ実装を行った。プロトタイプ実装を基にフィージビリティ調査を行った結果、小規模な実験環境下で目標通りノードあたり8本の20FPS（インターネットで多く用いられる動画のフレームレート）の動画像ストリームを同時に解析可能であることを確認した。また、他言語による特徴抽出モジュール記述を実現するために、前述の Jubatus 入力データ拡張機構をベースとし、特徴抽出を外部 RPC サーバにオフロードする機構を設計し、プロトタイプ実装した。プロトタイプ実装を基に、Java 言語で記述した簡単な特徴抽出モジュールを用いた結合試験を行った結果、他言語向け外部インタフェース拡張のフィージビリティを確認した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］ビッグデータ、ハイパフォーマンスコンピューティング、認識・意味理解

［研 究 題 目］**エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発／サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャの開発／クラウド・コンピューティング技術の開発）**
［研究代表者］中田　秀基（情報技術研究部門）
［研究担当者］中田　秀基、工藤　知宏、高野　了成、小川　宏高、谷村　勇輔
（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

昨今クラウドコンピューティング（以下クラウド）が広く用いられるようになりつつあり、クラウドを支えるデータセンタの消費電力低減が大きな課題となっている。本研究では、データをそのデータが配置された場所で処理する「データ・アフィニティ処理」を、近年利用が可能になった高速な半導体ストレージに適用することによって、クラウド上で大容量データにアクセスするアプリケーションの実行に要する消費電力の低減を図る。

高速な半導体ストレージを持つ計算機を高速なネットワークで接続し、高速に並列処理を行うことで、データ処理に必要な計算機台数を減らし、消費電力を低減する。

対象とするデータは、キーバリューペアの形で、各ノード上の半導体ストレージに保存する。この際に、キーの値によって保持するノードを分散する。キーの値を制御することで、各ノードへの負荷を均等にする。データに対する計算処理は、データが存在するノード上で行う。これによって、ネットワーク転送を排除し、効率的な並列処理を実現する。処理の結果も新たにキーバリューペアとしてストレージに書き出し、次段の処理を行う。このような構造をとると、中間結果がその都度ストレージに展開されるという欠点があるが、メモリキャッシュと高速な半導体ストレージを用いるため、ストレージに展開するオーバヘッドは問題にならない。提案システムの計算モデルは、Google の提唱する MapReduce を汎化拡張したものであるといえる。

本プロジェクトは平成21年度中盤から24年度までの計画であり、最終年度にあたる平成24年度は、これまでに構築したシステムと実アプリケーションを用いた実証実験と実験結果を受けてのシステム拡張を行った。実アプリケーションとしては、昨年度まで用いたものに加えグラフ構造で表現されたデータの規則性を発見するグラフ処理を用いた。提案システムの提供する大規模データ処理フレームワーク MapReduce 拡張モデルにより、効率的な実装が可能であることが確認できた。システム拡張ではストリームデータへの適用を実現し、Web サーバから出力されるログを模したデータを少数のサーバで十分な効率で処理できることを示した。本システムを用いることでより少数のサーバによって、即ち、より低消費電力で、大規模データ処理を行えることを示した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］クラウド、半導体ストレージ、並列分散計算、マップリデュース

［研 究 題 目］**バイオ燃料の品質規格及び計量標準に関する研究開発**
［研究代表者］後藤　新一
（新燃料自動車技術研究センター）
［研究担当者］後藤　新一、古谷　博秀、小熊　光晴、辻村　拓、篠崎　修、広津　敏博、貝塚　昌芳（常勤職員4名、他3名）

［研 究 内 容］

本研究開発では、2015～2020年頃に実用化されるであろうエタノールおよびバイオディーゼル燃料に対し、品質規格と計量標準を策定し、JIS 規格および国際規格策定に貢献することを目的とする。具体的には、①バイオ燃料の品質規格・国際標準化の研究開発、②ジャトロファ油から BDF 製造過程及び利用時での有害成分解析の研究開発の2テーマを実施している。平成24年度の成果を以下に示す。

① バイオ燃料の品質規格・国際標準化の研究開発

ガソリン混合用エタノールとしてバイオエタノール、及び比較のために試薬エタノールを用いて品質規格に関する分析上の検証を行った。エタノールの pH について JIS 規格値制定に資するデータを取得した。1年半に亘る長期保存で pH、pHe、酸度等に与える影響を把握した。また、防食安 定剤や金属板浸漬による効果を調べ、pH 低下（酸化）とその防止策に資するデータを取得した。これらの研究成果を ISO へ回答し、ISO 規格策定に貢献した。また、バイオエタノール中の金属成分の測定法の検証を行うとともに、金

属板の浸漬が金属溶出に与える影響を確認した。その結果、貯蔵や加速条件下に、銅はエタノール、特にバイオエタノールへ溶解しやすいが、SS 鋼や亜鉛引鉄板からの金属の溶解はほとんどないことを確認した。

② ジャトロファ油から BDF 製造過程及び利用時での有害成分解析の研究開発

ジャトロファ油から BDF 製造過程および利用時の有害成分を解析した。JME 製造工程における粗油（原料油）、精製油、BDF 及び工程中から廃出される物質に含まれる PEs の濃度を HPLC により測定した結果、粗油に含まれる PEs は大半がアルカリ処理による脱酸工程で分離廃液・廃棄物に分離された。エステル交換工程で廃出される副生グリセリンや廃水には PEs は含まれず、同工程では PEs は分離されていないことが示唆された。また、廃出物および精製油・燃料油に含まれる PEs 量の総和が粗油に含まれるそれと一致しないが、これはホルボールエステルが燃料製造工程で異性化している可能性が示された。電気泳動による PKC 活性の測定結果から、JME の活性はブランクと同程度であり、ジャトロファ粗油の活性と比較しても非常に小さいことがわかった。さらに、PEs を含む燃料を300℃で Pt-アルミナ系の酸化触媒を通した結果、HPLC と PKC 活性の測定結果から、PEs および PKC 活性の消失を確認することができた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］バイオ燃料、品質規格、計量標準、自動車

［研 究 題 目］希少金属代替材料開発プロジェクト（対象鉱種追加分／⑥排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発

［研究代表者］濵田　秀昭
（新燃料自動車技術研究センター）

［研究担当者］濵田　秀昭、佐々木　基、小渕　存、鈴木　邦夫、内澤　潤子、難波　哲哉、千葉　晃嗣、益川　章一、大井　明彦、原　重樹、原　伸生、多井　豊、三木　健、尾崎　利彦、粕谷　亮
（常勤職員11名、他4名）

［研 究 内 容］

本プロジェクトは、平成21年度～平成25年度の5年計画で、大型ディーゼル車排出ガス浄化触媒システムの酸化触媒とディーゼルパティキュレートフィルター（DPF）を対象とし、白金族金属使用量の大幅な低減を目標として研究開発を行っている。平成24年度は、23年度の中間評価通過を受けて、「実用触媒製造技術の確立」を目標に2企業、2大学との共同研究を行った。当研究所は下記研究項目を担当した。

（１）酸化触媒の改良と高度化

（ａ）酸化触媒の活性種高度化

PtPd/アルミナ触媒の活性向上に有効であった担体への酸性酸化物の添加効果を Si 添加アルミナ担体に対して検討した。添加物種によってエージング処理後の活性に向上が認められたが、改善程度はアルミナ担体の場合ほど顕著ではなかった。一方、PtPd 触媒の調製過程において、水素還元処理を行うことにより活性が飛躍的に向上することを確認した。

（ｂ）酸化触媒の担体高度化

有望担体である Si 添加アルミナに関し、Si の添加量の最適値が4wt%付近であることを明らかにし、この活性向上の効果が塩基点減少に起因するものと推察した。続いて、メソ孔径の影響を検討した結果、メソ孔径増大に伴い、酸化活性が増大することがわかった。シミュレーションの結果、このメソ孔径の効果には細孔内拡散が影響しており、細孔径10nm 以下で顕著に現れることを明らかにした。

（ｃ）DPF 用触媒の高度化

DPF 用の AgPd 触媒の物性と活性に及ぼす担体不純物の影響を検討した。900℃以上の高温焼成により Ag は担体中の Cl と相互作用して、Ag と AgCl からなる二相粒子を形成することがわかった。また、SiO_2の影響については、Ag が SiO_2付近に存在し、低活性な Ag/SiO_2が形成されることが推測された。

（２）ナノ粒子固定化触媒の開発

PtPd 複合ナノ粒子触媒の量産化を目的とした新規触媒調製法を開発した。この方法により作製した触媒を評価した結果、既存の方法で調製したナノ粒子触媒と同等以上の耐熱性と触媒活性を示した。また、触媒調製のスケールアップを行い、他チームで開発した有望担体を使用してハニカム触媒を大量調製し、実機試験を行った。その結果、白金族使用量50%減の触媒においても、これまでの使用量40%減の触媒と同等の性能を示した。

［分　野　名］環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ディーゼルエンジン、排出ガス浄化触媒、白金族低減、酸化触媒、ディーゼルパティキュレートフィルタ

［研 究 題 目］太陽エネルギー技術研究開発／太陽光発電システム次世代高性能技術の開発／CZTS 薄膜太陽電池の高効率化技術の研究開発

［研究代表者］太陽光発電工学研究センター

［研究担当者］仁木　栄、柴田　肇、反保　衆志
（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

次世代の化合物薄膜太陽電池用材料として、希少金属を含まないために安価に製造でき、かつ高い変換効率が

期待できる CZTS（$Cu_2ZnSnS_{4-x}Se_x$）が注目されている。

本研究の目的は、これまでに CIGS 系薄膜太陽電池の高効率化に大きく寄与した Na 効果、禁制帯幅のダブルグレーディング効果（深さ方向の組成分布）、溶液成長バッファ層による効果を CZTS 系太陽電池において検証し CZTS 薄膜太陽電池に最適なデバイス構造とプロセスを確立し高効率化実現を目指すことである。

2012年度は高品質な CZTS 薄膜を成膜できると期待される同時蒸着法により CZTS を成膜するための真空蒸着装置を設計し導入した。その装置の特徴は、S および Se の供給にラジカル源を利用していることである。CZTS 系薄膜は、揮発性の SnSe への分解反応が顕著に起こりやすく、特に同時蒸着法では400℃以上で Sn, Se の蒸発が顕著に起こるために高温成長による高品質化が困難であるという特徴を持つが、反応性の高い S および Se ラジカルの導入により、この問題を克服することが可能となった。また、CZTS 太陽電池を試作して9.1%の変換効率を達成した。その際に、CZTS 薄膜の上に各種の薄膜を成膜する際の CZTS 薄膜の表面状態が、太陽電池の性能に大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］太陽電池、化合物半導体、CZTS

［大 項 目 名］低炭素社会実現に資する有機系太陽電池の開発（最先端研究開発支援プログラム）

［中 項 目 名］有機薄膜太陽電池の劣化機構の解明

［研究代表者］吉田　郵司
（太陽光発電工学研究センター）

［研究担当者］吉田　郵司（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

有機薄膜太陽電池の実用化に資するため、高耐久化技術を確立することを最終目的として、太陽電池特性の劣化機構の解明を行っている。

本年度は、耐熱性の高い発電材料 PCDTBT とフラーレン誘導体 PCBM を発電材料として用いた耐熱性の高い太陽電池の熱劣化の要因解明と、作製環境クリーン化による太陽電池の高効率・高耐久化を行った。

発電層として p 型高分子 PCDTBT と n 型有機半導体 PCBM を混合した素子は、p 型高分子材料としてポリチオフェン誘導体 P3HT を PCBM と組み合わせた素子と比較して高効率である上に、熱耐久性が高いことが知られている。耐熱性を決定する要因および熱処理による構造最適化の指針を見出すことを目的とし、熱処理に伴う相分離ドメイン構造の変化を微小角入射 X 線小角散乱（GISAX）測定により解析し、光電変換特性の関係性を評価した。まず、熱処理による膜内相分離構造の評価を GISAX 測定により行った。得られた小角散乱曲線をもとに、混合膜の相関長を見積もったところ、熱処理温度の上昇に伴い相分離ドメインのサイズが増大した。また PCDTBT:PCBM 薄膜表面の原子間力顕微鏡観察や従来の報告から、PCDTBT:PCBM 混合膜の散乱プロファイルの変化は、熱処理による PCBM 分子の拡散・凝集により、PCBM ドメインサイズが増大していることに起因していると考えられる。一方、PCBM の可溶性側鎖2付加体である bis-PCBM と PCDTBT を混合した系では、ドメインサイズの大幅な変化が観測されなかったことから、構成材料への置換基の導入が物性を変化させるのみならず、熱によるドメイン構造の形成機構にも影響を及ぼすことが明らかとなった。

有機薄膜太陽電池の作製環境における水分や酸素、異物粒子などは素子の欠陥となる可能性がある。これらの影響を避けるために、発電層のスピンコートから電極蒸着までの作製工程をクリーン仕様グローブボックス–真空蒸着装置連結型有機薄膜太陽電池作製装置で行った。これを従来の作製環境で作製した素子の発電特性と比較した。比較には、PTB7 と C70 フラーレン誘導体[70]PCBM を混合して発電層とした高効率な素子を用いた。エネルギー変換効率の平均値とばらつきを評価したところ、平均値は7.2%から8.5%へと向上し、さらに標準偏差が0.71から0.31へと半減し、歩留まりの改善も見られた。また、異物由来の構造欠陥も減少し、耐久性も向上させることに成功した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］有機薄膜太陽電池、有機半導体、劣化機構、耐久性

［研 究 題 目］高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電池の研究開発

［研究代表者］近藤　道雄
（太陽光発電工学研究センター）

［研究担当者］坂田　功、高遠　秀尚、加藤　俊一、永井　武彦、金子　哲也、増田　淳、Svrcek Vladimir、Turkevych Ivan、菱川　善博、大谷　謙仁、仁木　栄、柴田　肇、石塚　尚吾、反保　衆志、小牧　弘典、牧田　紀久夫、菅谷　武芳、大島　隆治、松原　浩司、小西　正暉、吉田　郵司、原　浩二郎、甲村　長利、山成　敏広、大橋　昇、西村　久美子、鯉田　崇、松井　卓矢、齋　均、水野　英範、Kazaoui Said（以上、太陽光発電工学研究センター）、橘　浩昭、赤坂　夢、水野　冬矢、永崎　洋、吉田　良行（以上、電子光技術研究部門）、長谷川　達生（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）、古部　昭広（計測フロンティア研究部

門）、大古　善久（環境管理技術研究部門）、蒲生　昌志、小野　恭子（安全科学研究部門）（常勤職員33名、他8名）

［研 究 内 容］

40%を超える変換効率を目的として、最適なバンドギャップを有する複数の高度秩序薄膜材料を新たに設計・創製するとともに、波長選択型導電層を介した2端子メカニカルスタック太陽電池形成を目指す。光マネジメント技術、二光子利用技術等についても検討を行う。本研究開発は計13機関で共同実施するものであり、産業技術総合研究所は8テーマを実施している。各サブテーマの成果は以下のとおりである。

Ⅰ-1-1：メカニカルスタック・デバイス化技術の開発

スマートスタック技術を目指して太陽電池接合技術の開発を行っている。本年度は、すでに前期において提案した導電性ナノ粒子配列を接合界面に導入した直接接合技術において、形成条件等の改善を行い接合抵抗<2 Ω cm^2、吸収損失<2%を達成した。本接合法の検証として、GaInP/GaAs/InGaAsP-3接合構造を試作し、効率22.5%を達成した。以上は、本プロジェクト中間目標を満足する成果である。今後は、接合技術に関し量産性および信頼性の検討を行い完成度向上をはかるとともに最終目標効率（>30%）の達成を目指す。また、陽極接合法を用いた単結晶シリコン／透明導電膜／ガラスから構成される貼り合わせ基板がガラス基板上単結晶太陽電池の基板として有効であることをヘテロ接合型太陽電池の作製により確認した。

Ⅰ-2-1：高度光利用技術の開発

高効率薄膜多接合太陽電池に向けた高度光利用技術を開発に向け、本年度は昨年度に引き続き、(1)平坦型光閉じ込め基板（FLiSS）の高性能化、(2)プラズモン利用型光閉じ込め技術、の開発を実施した。(1)では、FLiSS 構造の更なる高性能化に向けた光学解析を海外研究機関と共同で実施した。その結果、形状・材料設計を最適化することで、従来構造に較べ、薄膜シリコン太陽電池の短絡電流密度を40%程度向上出来ることを明らかにした。これらの解析結果を元に FLiSS の高性能化に取り組み、従来構造比で23%の近赤外感度向上を達成した。また平坦化により開放電圧や曲線因子が改善することも確認した。(2)については、制御可能なプラズモン構造導入法としてスタンプ転写による銀ナノ構造作製手法を開発し、薄膜シリコン太陽電池に適用して近赤外感度向上を確認した。

Ⅱ-1-1：SiGe 系薄膜ボトムセルの開発

分子線エピタキシー装置を用いた SiGe 単結晶成長技術の開発を継続した。Si 基板と SiGe 薄膜層の間に挿入する組成傾斜バッファ層技術をさらに高度化させ、任意の高 Ge 組成（Ge～70%）の高品質 SiGe 薄膜（転位密度$10^5$$cm^{-2}$以下）の作製に適応可能な技術を構築した。Ge 組成50%の単結晶 SiGe ヘテロ接合太陽電池は、吸収端は理論計算値である約1eV に近い値を示し、変換効率は前年度に比べて約1.5倍に向上した。単結晶 Ge 基板の両面に水素化アモルファスシリコン（a-Si:H）薄膜を有する両面ヘテロ接合型 Ge 太陽電池において、a-Si:H 膜形成を最適化すると低抵抗基板でも短絡電流密度が増加、変換効率が向上することを確認した。また、ポストアニールで開放電圧、曲線因子が向上し、最適アニール温度が200℃と Si 太陽電池よりも高温であることを見出した。

Ⅱ-2-1：有機単結晶材料ボトムセルの開発

本研究テーマでは、トラップや不純物の少ない高品質な結晶性有機半導体材料を用いて、高性能な有機単結晶材料ボトムセルの開発を行っている。セル特性向上のため、有機分子線蒸着法によるキャリアドーピング技術による界面制御を行った。まず、n ドーパントの Mg および p ドーパントの CuI を用いて、有機半導体膜の導電率、仕事関数の精密制御を可能とした。次に、電極／有機半導体界面へドーピングした pn 接合有機太陽電池を作製した結果、短絡電流値で1.5倍、開放電圧で0.1V 増加し、変換効率は0.8%から2.6%に改善した。これは界面ドーピング層が、無機太陽電池で用いられている Back surface field（BSF）層として機能していると考えられる。更に、有機単結晶の Fission 現象を利用した多重励起子による高効率太陽電池の開発に向けた原理検証を行った。ルブレン単結晶の励起子生成から電荷分離までを過渡吸収分光法等を用いて評価したところ、Fission 過程は時定数10ps 程度、その後生成したトリプレット励起子のフラーレンへの電荷分離過程は時定数300ns であり、Fission 現象を利用した有機結晶太陽電池が動作可能であることを確認した。

Ⅱ-3-1：ナノ材料系ボトムセルの開発

本研究テーマでは、高純度半導体単層カーボンナノチューブ（CNT）の大量抽出技術の開発と、半導体 CNT における多重励起子や多重キャリア生成効果（MC 効果）の実証を試みている。大量抽出技術では、単層 CNT 粉末の分散・分離、超音波・超遠心分離機の条件を最適化し、半導体単層 CNT の純度99wt%、抽出率30wt%を達成した。特に、今まで廃棄していた僅かに半導体単層 CNT を含む沈殿物を回収し、再分散・再分離することにより、高純度半導体単層 CNT の抽出率を向上した。更に CNT の純度を向上させる為に、200℃、1時間、真空中で加熱する事により、残留不純物（主に PFO ポリマー）を取り除くことに成功した。MC 効果の実証では、石英基板/ITO/PEDOT-PSS/半導体 CNT/LiF/Al の太陽電池を作製し、Jsc，Voc，FF，変換効率の光強度の依存性を調べた。半導体 CNT の1Eg 励起状態（1054nm）と2Eg 励起状態（660nm）の光強度依存性を調べた結果、それぞれ約500mW、約100mW 以上の光強度で Jsc，Voc および変換効率が非線形に増加することがわかった。

Ⅱ-4-1：強相関材料ボトムセルの開発

前年度までに確認に成功した分子化合物の優れた光電特性を最大限に活用する方策を明らかにするため、まず種々の分子化合物について光キャリアの拡散長を単結晶横型素子により評価した。その結果、CT ギャップが大きな材料で拡散長が大きくなる傾向を見出し、キャリア拡散長の最大化と近赤外域の光電変換がともに可能な材料選定指針を得ることに成功した。さらに多重電荷キャリア生成効果等を検証するため、フェムト秒レーザーによる超高速過渡吸収分光による検討を行い、その結果、光励起後数十 ps で CT 励起子に緩和したのちに電荷キャリアが生成することを明らかにした。さらに上記の優れた光電特性を太陽電池の高効率化に結実させるため、製膜が容易で分子化合物の類似系であるドナー・アクセプター型ポリマー系を用いた積層型素子を作製し、高い光起電力効果を確認するとともに、CT 励起子の電荷分離による光電変換が、分子化合物系と同様な CT ギャップとの相関を示すことを明らかにした。

Ⅲ-1-1：ナノ材料系トップセルの開発

ポリシランとフラーレンのブレンド膜に長鎖アルカンを添加して作製した薄膜を加熱処理することにより、膜構造の変化とともに吸収特性が向上することを明らかにした。また、ケイ素化カルシウムから有機合成化学的手法により合成した層状ポリシランを用いて、ウエットプロセスにより作成した薄膜にパルス光照射することにより、バンドギャップ2eV を有する層状シロキセン構造を有する薄膜を簡便に作成できる手法を見いだした。さらに、有機合成的手法により合成したバンドギャップが2eV であるオクタシラキュバン薄膜上にフラーレンを積層したデバイスは、フラーレンのみで作成したデバイスより、太陽電池の電流密度が向上することを明らかにした。

Ⅲ-2-1：化合物系トップセルの開発

化合物系タンデムセルのトップセルとしてカルコゲナイド系とⅢ-Ⅴ族系の太陽電池の開発を行なっている。カルコゲナイド系では、$CuIn_{1-x}Ga_xS_{2y}Se_{2-2y}$（CIGSSe）系ワイドギャップ太陽電池の研究開発をおこなっている。三段階法（同時蒸着法）を用いて高 Ga 組成領域の CIGSSe 膜の作製を行い、傾斜した膜組成構造の形成過程を明らかにした。また太陽電池を試作し、電池特性の S/（S＋Se）比依存性や Na 効果を調査し、低 Ga 組成領域との違いを示した。Ⅲ-Ⅴ族系セルとしては、固体ソース分子線エピタキシー法(MBE)を用いて InGaP 成長技術を確立し、バンドギャップ1.9eV で変換効率12%（ARC 無）を得た。また InGaP/GaAs2接合太陽電池の作製に成功し、固体ソース MBE として初めて、開放電圧2.3V、変換効率21.1%の高性能セルを作製した。InGaP ベースの InGaAs 量子ドット太陽電池については AR コート無しで変換効率10%を達成した。また、InGaP 上にドット間4.5nm で InGaAs 量子ドット超格子を作製することに成功し、フォトルミネッセンス発光強度の励起光依存性からミニバンドが形成されていることを確認した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］薄膜多接合太陽電池、高度秩序構造、メカニカルスタック太陽電池、波長選択型導電層、光マネジメント技術、多重エキシトン生成、二光子利用技術

［研 究 題 目］発電量評価技術等の開発・信頼性及び寿命評価技術の開発

［研究代表者］菱川　善博（太陽光発電研究センター）

［研究担当者］菱川　善博、増田　淳、土井　卓也、加藤　和彦、高島　工、猪狩　真一、大谷　謙仁、大関　崇、津野　裕紀、石井　徹之（常勤職員10名）

［研 究 内 容］

Ⅰ）発電量評価技術の開発

①　太陽電池性能評価・校正技術

a.　太陽電池性能評価技術

（ⅰ）太陽電池実効性能評価技術の研究開発

光照射効果を含めた性能評価技術については、太陽電池光照射装置等を用いて、各種薄膜太陽電池の光照射において照度温度等の条件が及ぼす効果を検討した。モジュール分光感度温度依存性測定技術開発については、市販の結晶 Si 太陽電池モジュールにおいて、分光感度の温度依存性を測定することが可能となり、今年度の目標を達成した。

（ⅱ）屋外高精度性能評価技術の研究開発

屋外測定におけるスペクトルミスマッチ補正および基準太陽電池の使用による高精度化技術を定量的に検証した。短絡電流に関しては、全天日射計使用した場合、太陽光の分光放射照度スペクトルの変化や入射角度、太陽電池と日射計の応答時間の違いのため大きな誤差となり、また、分光放射照度スペクトルを補正した場合、誤差は約±3%となり、太陽電池と日射計、さらに分光放射計の応答時間の違いによる誤差が顕著となることが明らかとなった。一方、日射計の代わりに基準太陽電池を使用した場合、誤差は約±1%となった。また、モジュールの温度測定や日射変動の影響に関わる高精度化の検討に着手した。

（ⅲ）各種新型太陽電池性能評価技術の研究開発

NEDO 開発品等約80サンプルの新型太陽電池性能高精度評価を実施し、新たに開発される各種新型太陽電池の高精度な性能評価に必要な技術を開発・検証した。今後の発電量評価技術の高精度化に必要な結晶 Si、薄膜 Si、多接合、CIGS 有機系太陽電池を含む各種新型太陽電池の温度特性、照度特性を測定し、照度特性については現状で太陽電池の材料

構造そのものよりも、直列抵抗成分の大小が照度特性に大きく影響していることを明らかにした。集光型太陽電池性能技術については、米国 NREL との比較測定による整合性を確認すると共に、更に高精度化をはかるために、3接合太陽電池の分光感度、照度依存性を含めた検討を開始した。また角度依存性能評価を実施し、光学アラインメント、光束平行度等の要因が Isc、FF 等の性能パラメータに及ぼす影響を明らかにした。

b.　基準太陽電池校正技術

（ｉ）精密構造型 WRR 絶対放射計測技術の研究開発

これまでに開発した空洞型放射計に入射する放射エネルギーを計測するための電源、シャッタ制御コントローラ、並びにデータ収集ソフトウェアを開発し、これらの組み合わせによって精密構造型絶対放射計の自動計測システムを完成させた。また、超高温定点黒体炉をと精密輻射測定システム導入し、試運転を開始した。

（ⅱ）絶対分光感度法による一次校正技術に関する研究開発

スペクトルと均一性に影響を与えることなく、その強度を広範囲で可変のバイアス光源を開発し、高強度・高均一単色光照射機構との組み合わせによって DSR 法による一次校正が実現可能となった。また、主にレーザ光源を用いた新しい DSR 法へのアプローチにとして光源切り替えステージ、分光器切り替えステージ、均一照射光学系を開発し、これらの組み合わせによってこれらの組み合わせによって、可視域での絶対分光感度測定環境を構築した。

（ⅲ）二次基準モジュールの校正精度の向上に関する研究開発

モンテカルロ・シミュレーションによる解析を含む不確さ要因全ての解析を完了し、ソーラシミュレータ法による基準モジュールの二次校正の最高校正能力が1.1%（U95）であることを明らかにした。

②　発電量推定と予測技術

a.　発電量定格技術

（ｉ）発電量定格方式の研究開発

産総研つくばセンターと九州センターに太陽電池モジュール発電量計測システムを導入し、地域における気象データから算出される発電量と I-V 特性計測器で測定された発電量の比較を行い、p 型基板結晶シリコン太陽電池の発電量は、単結晶・多結晶共に±3%の精度で発電量を算出できることを明らかにした。九州センターに、高効率単結晶シリコン太陽電池等の導入工事を行い、太陽電池アレイ発電量計測システムを8種類10型式50kW まで拡張した。発電量定格 IEC61853の審議を通じ、研究成果の国際標準化を図る。

b.　発電量予測技術

（ｉ）分散・広域発電量推定技術の研究開発

PV システムの発電予測における、予測された気象パラメータおよび日射量データを日射量／発電電力量に変換する技術開発の検討を行った。SVM をベースとした技術開発を行った。また広域予測の基礎検討を行った。

（ⅱ）気象パラメータ予測技術の研究開発

気象庁で現業運用されているメソ数値予報モデルによる日射予測の地域、季節に関して予測精度の検証を行った。またモデル改良を開始して、モデル改良に着手した。

Ⅱ）信頼性評価技術と長寿命化技術の開発

①　モジュール・機器耐久性評価技術

（ｉ）新加速試験技術の研究開発

（ａ）4セル（40cm 角）のミニモジュールで、逆バイアス定電流試験の結果、負荷条件の検討において、特定のセルで降伏破壊が起こることを確認した。また、4セルモジュールでの降伏破壊はセル1枚当たり48W 程度で起こっており、単セルモジュールでの試験結果（降伏破壊の閾値は100～110W）に比べて、4セルモジュールではより低い負荷レベル（セル1枚当たり）で起こることが分かった。そこで、セル間隔の異なる（2、5、10、20mm）サンプルを作成し、試験を行った結果、セル間隔を大きくすると降伏破壊が起こるまでの時間が長くなることが分かり、セル間隔を10mm 以上とした場合は、降伏破壊は起こらなかった。いずれの場合も PV 特性の低下は見かけの Rsh 特性の劣化によるものが主であった。

（ｂ）加重・抜重方式の試験を、粘弾性特性の異なる封止材（EVA）を用いた3セルモジュールを試作し、試験を行った。その結果、粘弾性が高い封止材を用いたものほど、Pm の低下が大きく、低温域で劣化が進行することが分かった（4.5秒×10万回で Pm 低下3%弱）。また、インターコネクタのピール強度が異なるセルストリングを用いた3セルモジュールで急速温度サイクル試験を実施した結果、300サイクルでインターコネクタに沿って EL 暗部が発生（Pm は2%程度低下）したがその後暗部はほとんど見られなかった。これら試験方式では試験時間の大幅な短縮が見込めないため、今後は、温度サイクル試験を加速する試験法として、3点式（あるいは4点式）の機械式曲げサイクル方式を検討することとした。

（ⅱ）モジュール内水蒸気浸入経路調査方法の研究開発

太陽電池モジュールの寿命・信頼性に影響を与えると考えられる水蒸気のモジュール内への浸入経路を明確化するとともに、浸入量を定量化可能な技術を開発し、太陽電池モジュール部材の設計指針を見出すことを目標に研究を進めた。

微量の水蒸気と反応するカルシウム蒸着膜を太陽

電池モジュール内に組み込むことができる世界で初めての装置を構築し稼働を開始した。カルシウム蒸着膜を組み込んだテストモジュールを用いることにより、太陽電池モジュール内への水蒸気の浸入経路を可視化することに成功した。

さらに、水蒸気透過率の異なる様々なバックシートを用いることにより、結晶シリコン系太陽電池においては、水蒸気そのものが直接的な劣化要因になるのではなく、封止材に用いられているエチレン-酢酸ビニル共重合体と水蒸気の反応により生成する酢酸が太陽電池の電極部分を腐食させ、直列抵抗が増大することが劣化のメカニズムであることを解明した。また、薄膜シリコン系太陽電池においては、酢酸に加えて水蒸気そのものが劣化要因となることも見出した。これらの結果から、太陽電池の種類毎に封止材やバックシートに必要とされる特性が明確化され、これらの部材の設計指針が示された。

② システム点検技術

a. オンサイト発電性能点検技術

システム点検技術に関して、システム全体とモジュール個別の電流－電圧を同時計測可能な実証設備を利用して、線形内挿法を応用したオンサイト点検技術の検証を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］太陽電池、太陽光発電、エネルギー、環境、性能評価、信頼性評価、システム

［研 究 題 目］太陽エネルギー技術研究開発／革新的太陽光発電技術研究開発（革新型太陽電池国際研究拠点整備事業）／高効率集光型太陽電池セル、モジュール及びシステムの開発（日 EU 共同開発）／集光型太陽電池セル、モジュールの標準測定技術の開発（WP4）

［研究代表者］菱川　善博（太陽光発電研究センター）

［研究担当者］菱川　善博、大谷　謙仁、高島　工、西　大輔（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

① 集光型太陽電池セル評価技術

屋内性能評価において、各集光倍率（約40suns～700suns）によって分光放射照度の面内均一性（約6.5cm 角内）が異なることを確認した。この効果を詳細に確認して補正することにより、集光型太陽電池評価精度の改善が可能なことが明らかになった。

EU 研究機関（Fraunhofer ISE）との第1回ラウンドロビン測定を実施した。2種類の集光型3接合太陽電池セル（GaInP/GaAs/Ge 及び GaInP/GaAs/InGaAs）の性能パラメータについて、照度1sun 下では絶対値1.8%以内、集光下では相対値5%以内の一致であった。差の要因の一つとして考えられる上記分光放射照度等について詳細な評価・解析を実施することで来年度さらなる高精度化を図る。

② 集光型太陽電池ミニモジュール評価技術

ミニモジュール評価用ソーラシミュレータのスペクトル調整フィルターにより各要素セルにおける光電流バランス（基準太陽光スペクトル下における値とソーラシミュレータ光下における値の相対値）を、2種類の集光型3接合太陽電池（GaInP/GaAs/Ge, GaInP/GaAs/InGaAs）について±2～3%以内に調整できることを確認した。今後更にフィルターを最適化してスペクトル合致を向上させる。ミニモジュール受光面における照度の入射光角度特性を屋内外環境にて実測した。入射光角度がミニモジュールの短絡電流に及ぼす影響：約1.7%程度と評価し、補正の可能性を示した。

集光型3接合太陽電池ミニモジュールについて IV 特性の予備的な屋内外比較測定を実施し、各性能パラメータ（Isc, Voc, Pmax, FF）において2～3%以内の測定結果の一致を得た。日射変動・追尾誤差等の屋外環境特有の不確かさ要因の解析を含め、来年度さらなる検証を図る。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］太陽電池、太陽光発電、エネルギー、1環境、性能評価、集光型、信頼性評価、システム

［研 究 題 目］新エネルギー技術研究開発／新エネルギーベンチャー技術革新事業（太陽光発電）／太陽電池アレイ故障診断技術の開発

［研究代表者］近藤　道雄（太陽光発電工学研究センター）

［研究担当者］高島　工、大谷　謙仁（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本事業は、太陽光発電システム（PV システム）の直流側である太陽電池アレイについて、アレイ中の不具合モジュールを発見し、その不具合モジュールの位置を特定する技術および装置を開発するものである。また、PV システムの故障診断システムを構築し、これを用いたビジネスプランを策定し、実用に供することを目的とする。

初年度（平成22年5月まで）は、技術の確立とプロトタイプ開発を行った。また、開発製品の要求性能・販売価格等を検討し、事業化に向けたビジネスプランを策定した。2年目（平成23年5月まで）は、プロトタイプの製作等、事業化に向けて必要となる技術開発を実施した。最終年度（平成24年5月まで）は、携帯型検査装置の製品化に向け数多くのフィールドテストを実施し、その結果を基に精度向上と機能拡張を行うとともに、策定したビジネスプランに基づき、事業展開・サポート体制を検討した。

事業最終年度はプロタイプ機の不具合検出能力の検証を行うことを目的として、既存技術（電圧測定、赤外線カメラによるモジュール発熱観察、IV 特性計測）およびプロトタイプ機による不具合検出の比較測定実験を行った。産総研内 PV システムおよび運転開始後10年程度たっている PV システムのオンサイト測定を通して、本技術による不具合検出レベルの限界を特定するとともに、どういう種類の不具合は検出可能か、本技術のみでは検出が難しい不具合は何かを確認し、本装置を市場に投入する際にユーザー（施工業者、メンテナンス業者）が適切に使用できるための情報を整理した。また、ユーザーに提供するにあたってのハードウェア・ソフトウェアの課題を整理した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］太陽光発電システム、太陽電池アレイ、故障診断技術

［研 究 題 目］**超高効率色素増感太陽電池を目指した新規増感色素の探索（有機薄膜太陽電池の劣化機構の解明）**
［研究代表者］杉原　秀樹（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］杉原　秀樹、佐山和弘、北尾　修、草間　仁、小野澤　伸子、舩木　敬、小西　由也、春日　和行
（常勤職員6名、他2名）

［研 究 内 容］

色素増感太陽電池の超高効率実現のためには、従来型ルテニウム錯体や酸化チタンに代わり、赤外光まで効率良く利用するための革新的な材料開発を進めることが必須である。特に赤外光領域の小さなエネルギーの光を利用する場合、電子移動のためのポテンシャル差を大きく取ることが出来ないので、材料固有のエネルギー準位が非常に重要になる。高効率実現のためには、電子移動が十分速く起こるぎりぎりのエネルギー差をもつよう材料を組み合わせる必要があり、様々なポテンシャルをもつ多種類の材料情報をもつことが重要である。本研究題目では、新規増感色素の探索を行い、色素やそれ以外の半導体・電解液材料等について、基本的な情報を系統的に収集することで超高効率光電変換デバイス実現に貢献することを目的として研究を実施している。平成24年度は独自に開発した、色素増感太陽電池として世界最高レベルの変換効率を示す、テルピリジントリカルボン酸とフェニルピリミジン誘導体を配位子とするシクロメタル化ルテニウム錯体色素の分子構造と性能の関連について、フェニルピリミジン配位子に電子吸引性基であるトリフルオロメチル基を位置と数を変えたものを合成し詳細な検討を行い、従来十分な情報がなかった電子を失った色素が再生される過程に必要なヨウ素レドックスとのエネルギー差について明らかにし、今後の分子設計への指針を得た。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］太陽電池、有機系、ルテニウム、色素増感

［研 究 題 目］**エネルギーITS 推進事業／協調走行（自動運転）に向けた研究開発**
［研究代表者］加藤　晋（知能システム研究部門）
［研究担当者］加藤　晋、橋本　尚久、津川　定之
（常勤職員2名、他4名）

［研 究 内 容］

運輸部門のエネルギー・環境対策として、省エネルギー効果の高い ITS（Intelligent Transport Systems）技術による「渋滞半減を目指すクルマネットワーク化社会システム」および「物流効率倍増を目指す自動制御輸送システム」の実現が期待されている。これらの実現には、高度なエコドライブを可能とする自動運転と、空気抵抗を低減するために複数の貨物車両が接近して走行する隊列走行の技術開発が重要である。そこで本事業では、自動運転・隊列走行に必要とされる要素技術および省エネ運転制御技術を研究開発すると共に実車による実証実験を実施し、実用技術の開発を目指している。産業技術総合研究所は、自動運転・隊列走行システムの安全性とヒューマンマシンインターフェース（HMI）に関する研究開発を行い、実車検証および受容性評価等を行った。

本年度は、最終年度にあたり、自動運転および隊列走行の欧米の関連技術、実道検証、法制度、安全性・信頼性等の課題解決の取組を調査しまとめを行った。また、円滑なマニュアル運転から隊列自動運転への遷移や隊列形成支援、高い受容性を目的とした、車内・車外の情報提示のための隊列走行システムの HMI を開発し、受容性評価を行い、最終目標である被験者の3分の2以上の受容性を確認した。協調型アダプティブクルーズコントロール（CACC）システムに対しては、実用化を目指した高い操作性、覚醒度の維持を目的とした HMI を開発し、実車の受容性評価から状態理解や操作性に対し3分の2以上の受容性を確認した。さらに、隊列走行システムの安全確保のための隊列内の故障等による衝突衝撃吸収バンパを世界で初めて開発し、衝突実験により被害低減の目標を満たすことを示した。上記の HMI や衝撃吸収バンパは実証実験車両に搭載され、最終成果報告として行った H25.2月末の「自動運転・隊列走行デモ2013 in つくば」において、最終目標であった車間距離4m、車速80km/h の大型トラック4台での隊列走行の実現に貢献した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］自動運転、隊列走行、安全性・信頼性、受容性、HMI（ヒューマンマシンインターフェース）、衝撃吸収バンパ

［研究題目］生活支援ロボット実用化プロジェクト、生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発
［研究代表者］大場　光太郎（知能システム研究部門）
［研究担当者］大場　光太郎、本間　敬子、中坊　嘉宏、尾暮　拓也、水口　大知、藤原　清司、花井　亮、松本　治、安達　弘典、堀内　英一、加藤　晋、岩田　拡也、橋本　尚久、角　保志、神徳　徹雄、Geoffrey BIGGS、安藤　慶昭、原　功（常勤職員18名、他3名）

［研究内容］

本研究開発は、介護・福祉、家事等の生活分野への適用が期待されている生活支援ロボットの中でも産業化が期待されるロボットとして、移動作業型（操縦が中心）、移動作業型（自律が中心）、人間装着（密着）型、搭乗型の4タイプを対象に研究開発実施者と密接に連携しながら機械・電気安全、機能安全等に係る試験を行い、安全性等のデータを取得・蓄積・分析し、具体的な安全性検証手法を確立することを目的としている。以下に今年度産総研で実施した研究内容について報告する。

① リスクアセスメント手法の開発

生活支援ロボットの安全性に関するデザインレビューを行うために必要なシミュレーション環境について、前年度計画の技術評価結果に基づき、ロボット想定ユーザの拡充などの改良を実施した。

② 機械・電気安全、機能安全等ロボットの安全性試験評価方法の開発

静的安定性試験、平行2輪型搭乗型ロボット走行安定性試験、装着型・移動型ロボットの耐久性試験、障害物（移動・静止）検知・対応試験については、前年度までに作成した試験・評価手法案に基づいて、ロボット研究開発実施者から提供されたロボットや類似の市販ロボットを用いて試験データを取得し、その結果を試験・評価手法および手順書案に反映した。外界センサの環境認識性能試験に関しては、人工太陽灯をはじめとする各種外乱光源の多点照度を計測するためのシステムなどを開発した。さらに、以上のすべての試験に関して、安全試験方法規格の草案を作成し提案した。

機能安全に関しては、搭乗型ロボットの安全関連制御系を題材として機能安全システムの模擬開発を実施し、機能安全技術基準への適合方法の一例を提示した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］生活支援ロボット、安全、認証、機械安全、機能安全

［研究題目］二酸化炭素冷媒で作動する圧縮吸収ハイブリッドサイクルの研究開発
［研究代表者］金久保　光央（コンパクト化学システム研究センター）
［研究担当者］金久保　光央、牧野　貴至、増田　善雄、新妻　依利子、小国　敦博（常勤職員3名、他2名）

［研究内容］

冷凍空調機の冷媒は、ハイドロクロロフルオロカーボン（HCFC）から代替フロンに切り替わったが、これらは極めて大きな温室効果を持つため、排出抑制が求められている。特に、業務用空調分野では地球温暖化係数（GWP）が低く、不活性な冷媒の実用化が望まれている。本研究では、CO_2冷媒の優れた吸収特性をもつイオン液体を用いた圧縮／吸収ハイブリッドサイクルを構築し、省エネ性が高い自然冷媒空調機の開発を目的とする。空調機に適したイオン液体の探索、機器設計に必要なイオン液体の物性計測、サイクルシミュレーション等による性能評価を行い、イオン液体を吸収液とした圧縮／吸収ハイブリッドサイクルの技術開発を行う。

モデル物質として1-ブチル-3-メチルイミダゾリムビス（トリフルオロメタンスルホニル）アミドを採り上げ、圧縮／吸収ハイブリッドサイクルの評価を行ったところ、現行のフロン系冷媒と比較して性能が低く、さらに吸収量に優れたイオン液体の開発が求められた。平成24年度は、新たに二種のイオン液体を選定・開発し、これらのCO_2吸収特性を調べた。サイクル運転条件において、CO_2吸収量、エンタルピー、及び粘性率を推算可能な相関式を提案した。これらのイオン液体を用いることで、現行のフロン系冷媒のサイクルと同等以上の空調性能が発揮されることがプロセスシミュレーションにより示唆された。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］脱フロン、二酸化炭素、イオン液体、ガスヒートポンプ

［研究題目］新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術研究開発）／酵素糖化・効率的発酵に資する基盤研究
研究開発項目 iv）：高効率 C6・C5発酵に資する遺伝子情報の獲得
［研究代表者］鎌形　洋一（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］鎌形　洋一、扇谷　悟、森田　直樹、藤森　一浩、佐原　健彦（常勤職員5名、他2名）

［研究内容］

概　要:

本研究では、セルロース系バイオマスの酵素糖化液中に共存する C6・C5混合糖からのエタノールへの高効率な変換ため、エタノール生産酵母に求められる特徴である耐酸性・耐熱性・キシロース代謝速度の向上に関わる遺伝情報の獲得を目的としている。

耐酸・耐熱性に関わる遺伝情報の獲得については、基準株（NAM34-4C 株）を酸性条件または高温条件で連続培養することで、熊本大学によって作出された基準株由来耐酸性向上変異株（SC-iso-Kan-12-B3、SC-iso-Kan-12-C3株）および基準株由来耐熱性向上変異株（SCi15-8A 株）について、次世代シーケンシング技術による全ゲノムシーケンシングおよび変異解析を行った。その結果、各変異株の変異情報を網羅的に取得することができた。これらの変異情報およびこれまでの変異解析により蓄積した変異情報を合わせて利用することで、耐酸性・耐熱性向上に関わる原因変異候補の情報を獲得することに成功した。

キシロース代謝速度向上に関わる遺伝子情報の取得については、崇城大学によって作出された6株の基準株由来キシロース代謝向上変異株のうち、未解析の3株について、次世代シーケンシング技術を用いた全ゲノムシーケンシングおよび変異解析を行った。その結果、各変異株においていずれも約1,000カ所の変異を網羅的に同定することができた。各変異株の系統を考慮した論理プログラミングによる比較変異解析を行った結果、それぞれの変異株においてキシロース代謝向上に関わると予測された原因変異を数個まで絞り込むことに成功した。これらの原因変異情報を崇城大学に提供し、原因変異候補の親株への導入によって検証が行われた結果、基準株由来キシロース代謝向上変異株のすべてにおいて原因変異を特定することに成功した。また、キシロース代謝3遺伝子（XR, XDH, XK）発現系の改良を目的として、本改良に必要な新規プロモーターの取得のため、本発現系を導入した実用酵母株を用いて、YPDX 培地および実バイオマス糖化液などを用いて発酵試験を行うと共に、発酵中の遺伝子発現情報を次世代シーケンサーによるRNA-seq 解析によって網羅的に取得した。その結果、培地中のグルコース枯渇後のキシロース代謝フェーズにおいて発現誘導される遺伝子を特定することができ、これらの遺伝子プロモーターを利用することで、キシロース代謝3遺伝子発現系を改良することができた。

研究テーマ

1. 耐酸・耐熱性遺伝子情報の取得
2. C5代謝遺伝子情報の取得

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］エタノール、キシロース代謝、耐酸性、耐熱性、酵母

［研 究 題 目］**新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術研究開発）／酵素糖化・効率的発酵に資する基盤研究**
研究開発項目 vi）：革新的糖化酵素の創成

［研究代表者］鎌形　洋一（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］宮崎　健太郎、矢追　克郎、内山　拓、木村　信忠（常勤職員4名、他4名）

［研 究 内 容］

概　要:

Trichoderma reesei が生産する糖化酵素中の成分酵素よりも良い機能を示す他の微生物由来の成分酵素・タンパク質を探索・収集・評価し、最適な成分酵素を最適な比率で含有する糖化酵素（革新的糖化酵素）を生産する *Trichoderma* 属を造成するとともに革新的糖化酵素の安価な大量生産法を開発する。

1）メタゲノムを用いたバイオマス糖化関連酵素の探索

Trichoderma 酵素系に添加効果を示す糖質関連酵素をメタゲノム手法等により徹底的に探索し、一次選抜された酵素について様々な糖化条件で二次選抜を行い、有用酵素を絞りこんだ。その結果、新たに5種類の酵素（ヘミセルラーゼ3種類、グルコース耐性β-グルコシダーゼ2種類）が *Trichoderma* 酵素系に添加効果を示すことを見いだした。グルコース耐性β-グルコシダーゼについては、進化分子工学的手法による機能改変とグルコース耐性の分子メカニズムの解明を目的に研究を行った。その結果、グルコース感受性の変化、発現効率や活性の向上、基質特異性の変化など、様々な種類の変異体を多数獲得し、機能向上と分子メカニズム解明に大きな手がかりを得た。

2）環境メタトランスクリプトーム解析によるバイオマス糖化酵素の探索

実バイオマスを用いたメタトランスクリプトーム解析による成分酵素の遺伝情報の検出を実施するために、実バイオマスの前処理物である爆砕処理したスギ、希硫酸、または苛性ソーダ処理を行った稲ワラを炭素源として集積培養系を構築した。苛性ソーダ処理を行った稲ワラを炭素源とした集積培養系において真菌が活発に活動しており、糖化酵素を産生していることを示すデータが得られたことから、苛性ソーダ処理イナワラを炭素源とする培養液（30℃で培養したものと50℃で培養したもの）から Total RNA を抽出して、真核生物由来の mRNA の精製と cDNA 合成を行い、次世代シーケンスサーによる塩基配列の決定と糖化酵素遺伝子情報の検索を実施した。一方、成分酵素を評価チームへ提供することを目的に、平成20-22年度の成果として得られた結晶化セルロースを添加した土壌のメタトランスクリプトーム解析のデータから、糖化酵素の遺伝情報を検出し、大腸菌による発現系の構築と酵素評価を実施した。結果として、10種類の酵素・遺伝子に関する発現系の構築を実施し、評価チームへの提供を行った。

研究テーマ

1. メタゲノムを用いたバイオマス糖化関連酵素の探索
2. 環境メタトランスクリプトーム解析によるバイオマス糖化酵素の探索

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］セルラーゼ、ヘミセルラーゼ、メタゲノム、メタトランスクリプトーム、進化工学

［研究題目］**新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術研究開発）／酵素糖化・効率的発酵に資する基盤研究**
研究開発項目 iv）：高効率 C6・C5発酵に資する遺伝子情報の獲得
［研究代表者］鎌形　洋一（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］鎌形　洋一、扇谷　悟、藤森　一浩、佐原　健彦（常勤職員4名、他3名）

［研究内容］
概　要:

本研究では、リグノセルロース系バイオマスの酵素糖化液中に共存する C6・C5混合糖からのエタノールへの高効率な変換ため、エタノール生産酵母に求められる特徴である耐酸性・耐熱性・キシロース代謝速度の向上に関わる遺伝情報の獲得を目指している。

エタノール生産酵母の耐酸性・耐熱性を向上させる遺伝子情報の獲得のため、熊本大学によって作出された耐酸性株・耐熱性株とその育種に用いた株の比較ゲノム解析を行い、各株の系統関係を考慮した比較変異解析を行った結果、耐酸性変異株については84種類、耐熱性変異株については49種類の遺伝子にアミノ酸レベルでの変異が生じており、それら変異遺伝子が各耐性に関わる可能性が示唆された。これらの変異遺伝子を実験室酵母に導入した発現ライブラリーをそれぞれ構築し、酸性培地もしくは高温条件での培養によって生育が改善される株のスクリーニングを行った結果、耐酸性の向上に関わる変異遺伝子を4種類、耐熱性の向上に関わる変異遺伝子を3種類、それぞれ同定することに成功した。

また、キシロース代謝速度を向上させる遺伝子情報の獲得を目的として、崇城大学によって作出されたキシロース代謝向上変異株の次世代シークエンシング技術によるゲノム解析を行った。その結果、各変異株において約1,000ヶ所の SNP を網羅的に同定することができ、さらに、各変異株の系統関係を考慮に入れた比較変異解析により、数箇所の遺伝子領域および転写制御領域における変異がキシロース代謝向上に関わっている可能性が示唆される結果を得ることに成功した。また、エタノール生産酵母における効率的なキシロース代謝に重要な3種類の酵素（キシロース還元酵素 XR、キシリトール脱水素酵素 XDH、キシルロースリン酸化酵素 XK）の適切な発現に必要な発現ベクターをそれぞれ構築した。構築したキシロース代謝遺伝子群発現系を実用酵母株へ導入した結果、従来型のキシロース代謝遺伝子群発現系を導入した場合と比較して、本発現系を導入した株では、より高いキシロース代謝能を有する株を得ることに成功した。

研究テーマ
1.　耐酸・耐熱性遺伝子情報の取得
2.　C5代謝遺伝子情報の取得

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］エタノール、キシロース代謝、耐酸性、耐熱性、酵母

［研究題目］**早生樹からのメカノケミカルパルピング前処理によるエタノール一貫生産システムの開発**
新エネルギー・産業技術総合開発機構セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業
［研究代表者］平田　悟史（バイオマスリファイナリー研究センター）
［研究担当者］矢野　伸一、遠藤　貴士、石川　一彦、星野　保、美濃輪　智朗、李　承桓、村上　克治、井上　宏之、松鹿　昭則、藤井　達也、岩本　伸一朗、石黒　真希、五島　徹也、喜多　晃久、山本　茂弘（常勤職員11名、他4名）

［研究内容］
バイオ燃料技術革新計画における技術革新ケースの実現に向けたエタノールの一貫製造プロセスの構築を目標とする事業の中で、プロセス最適化のための前処理、糖化酵素、発酵微生物に関する基盤研究と、経済性、温室効果ガス（GHG）排出量削減効果等についての LCA 評価を行った。

前処理技術の基盤研究では、アルカリ添加水熱処理におけるアルカリ種（亜硫酸ナトリウム、水酸化カルシウム、水酸化ナトリウム）とその添加量、および水熱処理温度の検討を行い、20wt%アルカリを添加した150℃以上の処理では、アルカリ種による影響は少なく、処理温度170℃で最も高い糖化率が得られることを明らかにした。また高い糖化率を与える前処理物の特性の解析を行い、ヘミセルロースやリグニンの量は重要でなく、機械的処理によりナノサイズにほぐして比表面積を増大させることが最も重要であることを明らかにした。

糖化酵素に関しては、セルラーゼ高生産菌 *Acremonium cellulolyticus* の遺伝子破壊技術を新たに開発し、これを用いて転写因子である *cre1*遺伝子を破壊することにより、セルラーゼ生産性の向上に成功した。発酵については、同時糖化発酵に適した高温性酵母 *Issatchenkia orientalis* のキシロース代謝能を改変するため、この酵母のゲノム情報を用いたキシロース代謝系遺伝子のクローニング、発現プロモーターの検討、発現プラスミドの構築などの基盤的研究を実施した。また *I. orientalis* 由来のショットガンライブラリーを構築して、

発酵阻害物質耐性に関与する遺伝子の探索を行った。

LCA 解析では、集約型植林、分散型植林およびエタノール製造設備の新設独立型、パルプ工場併設型の各モデルについて経済性、GHG 排出量削減効果の解析・評価を実施した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］バイオエタノール、メカノケミカル処理、エタノール発酵酵母、酵素糖化、プロセスシミュレーション

［研 究 題 目］**高速合成・評価法による蛍光ランプ用蛍光体向け Tb，EU 削減技術の開発**

［研究代表者］赤井　智子
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］赤井　智子、李　佳龍、三原　敏行、山下　勝、木内　美紀子、松本　佐智子、今村　俊徳、村上　方貴、重田　照明、義本　徳子、今野　可菜絵
（常勤職員4名、他7名）

［研 究 内 容］

蛍光ランプの保護膜に使用可能な高輝度の発光シリカを作製することを目的として研究を行う。昨年度まで作製したシリカを分散、塗布する手法を検討し4-6μm 程度塗布したところ10μm 厚の蛍光体の30-35%の輝度を示した。ガラス管表面に適切な形状の凹凸パターンを形成する技術を開発することで、ガラスからの光の取り出し効率を10%以上高める技術の開発を実施した。本年度は、ゾル塗布後の乾燥時間を数週間程度と長くすることで、平面で50×60mm 以上の面積で、若干の欠陥はあるものの膜が形成できることがわかってきたが、実用性に欠けるため、ポリエチレングリコールを加えることを検討し、その結果、乾燥時間が短縮できることがわかった。また、企業からの工程内回収品の分離試験を実施した。さらに、市中回収の廃蛍光体を入手し、分離試験を行った。市中回収品については適性な洗浄工程を経て、3～4回程度分離を繰り返せば、90%以上の純度の緑色蛍光体 $LaPO_4$（Ce，Tb）（LAP）分離可能であり、蛍光強度も新品の LAP の96-100%まで回復することが明らかになった。ランプメーカーにこれらの蛍光体を提供し、ランプ試作を行い性能評価を開始した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］蛍光体、希土類、ナノインプリント、蛍光、シリカ

［研 究 題 目］**「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業／革新型蓄電池先端科学基礎研究開発」**

［研究代表者］辰巳　国昭
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］辰巳　国昭、栄部　比夏里、竹内　友成、松本　一、鹿野　昌弘、小林　弘典、佐野　光、作田　敦、蔭山　博之、城間　純、香山　正憲、秋田　知樹、田中　真吾、藤原　直子、五百蔵　勉、永井　つかさ、田口　昇、森垣　健一、菊園　康雄、松本　亮子、太田　静生、横田　秀則、奥本　めぐみ、吹谷　直美、
（常勤職員16名、他8名）、
共同研究者（常駐）3名

［研 究 内 容］

本研究は、革新型蓄電池先端科学基礎研究事業の研究開発項目の一つである「材料革新」について、リチウムイオン電池のエネルギー密度の向上並びに長寿命化・高度信頼性の同時達成のための高電位正極および高容量負極の材料の革新に資する指針の提案を示すものである。

平成24年度は、革新的にエネルギー密度の高い電池の構築を目指し、京大拠点の革新電池グループと連携して硫黄系正極材料の開発と亜鉛－空気電池の空気極の開発に取り組み、合金負極の開発も行った。さらに前年度に選定した被覆材料（$LiNi_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}O_2$母材を中心に）および被覆手法により被覆した正極材料につき、引き続き被覆効果の検証と、正極／電解質界面での副反応抑制機構の解明を目標とした。

硫黄系正極材料として、硫黄含有量を極力増やした金属との複合化物の合成を行い、非晶質のチタンの硫化物について、充放電可能で電圧範囲の制御により高容量かつ多硫化リチウムの溶出の殆どない材料を見出した。空気電池については、ペロブスカイト構造を有する触媒と炭素に替わる安定な担体の開発を行いアルカリ性電解液中での適用可能性を見い出し、更に複合化のための手法の開発を進めた。合金負極については有限要素法による計算を行い、充放電中にクラックが生じない電極構造の設計をさらに進めた。正極／電解質界面の高度安定化に関しては前年度までに行っていた Al 酸化物に加え乾式または湿式に分類される複数の方法で Zr 酸化物の被覆を行い、Al の場合と同様に電極特性と特に高温での劣化試験における電極活物質表面・内部の変化の関係を調べ、粒子内部の結晶方位の大きく異なる一次粒子間のクラック発生と劣化率には大きな相関があることを確認した。被覆の効果発現メカニズムを調べるため、完全被覆と見なせない少量での被覆を湿式にて行った。この場合にも被覆による容量劣化の低減が確認され、今後表面状態の分析をさらに進める。また分析電子顕微鏡を駆使し、Co 共存下では初めて、正極活物質粒子内の Li 濃度のマッピングを EELS スペクトルの解析により行った。その手法により被覆物の違いによる被覆状態の差を明らかにした。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］二次電池、リチウム電池、リチウムイオン電池、革新電池、正極、負極、界面、自動車、硫黄、空気電池

［研 究 題 目］固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発／研究開発項目①「基盤技術開発」テーマ　b　定置用燃料電池システムの低コスト化のための MEA 高性能化 ②高濃度 CO 耐性アノード触媒開発

［研究代表者］山﨑　眞一
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］山崎　眞一、八尾　勝、前田　泰、竹田　さほり、五百蔵　勉
（常勤職員5名、他4名）

［研 究 内 容］

本研究では、CO を低過電圧で電極酸化できる Rh-ポルフィリン錯体を開発し、この錯体と Pt-Ru 触媒とを複合化させることにより高濃度 CO 耐性アノード触媒を開発することを目標とした。本年度は、スケールアップした触媒調製法についての検討と、高耐久化を見据えた錯体系触媒の劣化要因の検討を行った。

通常の錯体触媒と Pt-Ru 触媒とを複合化させる手法では、スケールアップした際に、錯体が Pt-Ru 触媒粒子を被毒し、逆に触媒活性が低下してしまうという問題が起こりやすくなる。そこで本研究ではスケールアップしても触媒活性が落ちないように、担持条件（濃度や溶液調製条件）を最適化した。この調製により、スケールアップしたときの活性の減少が抑制された。

分子レベル・分子／基板レベルの耐久性評価を行い、得られた情報から劣化要因を検討した。まず、酸性溶液中でポルフィリン錯体の分子としての耐久性を検討した。溶液中での Rh ポルフィリン錯体は酸性溶液中で高濃度の過酸化水素の存在下でも長期間安定であった。これに対して同じ配位子を持つ Co ポルフィリン錯体はより薄い過酸化水素溶液の存在下でも短期間で分解された。これらの結果から、ポルフィリン錯体の過酸化水素に対する安定性は中心金属に大きく依存し、Rh の場合は長期間安定であることがわかった。このことから分子の界面での移動が主たる劣化要因であることが推察された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］耐 CO アノード触媒、ポルフィリン、燃料電池

［研 究 題 目］伸縮性単層 CNT 電極による高効率高分子アクチュエータの製品実用化開発

［研究代表者］安積　欣志（健康工学研究部門）

［研究担当者］安積　欣志、杉野　卓司
（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

目標：

産総研で開発を行ったカーボンナノチューブ（CNT）を電極材として用いた高分子アクチュエータ技術の実用化のための目標値を達成し、実用化開発を行う。

研究計画：

産総研で開発を行った CNT である SG-CNT、eDips を電極材料として検討し、実用化のための目標値を達成する。

研究進捗状況：

ナノカーボン材としてまず市販のものをもちい、イオン液体として EMIBF4をもちいて TCNQ 添加の効果を調べたところ、無封止の状態で、変位の戻り現象が大きく改善され、また、DC 通電後、動作確認を行ったところ、劣化が見られなかった。以上から、TCNQ の劣化防止効果を確認した。次に、ナノカーボンとして、SG-CNT を用い、最適な分散法を見出すことで、市販の CNT 以上の変位、発生力を示すアクチュエータを作製できることが分かった。eDiPs は、調整を試みたが、十分な性能を出せる調整法を見いだせなかったので、CNT を SG-CNT に一本化することに決定した。SG-CNT/EMIBF4/ポリマーにポリアニリン被膜カーボンブラック微粒子と TCNQ を添加した電極から作製したアクチュエータを最適な調整法で作製することにより、ほぼ、本年度の無封止の目標値を達成する素子を作製することに成功した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］高分子アクチュエータ、ソフトアクチュエータ、人工筋肉、カーボンナノチューブ、イオン液体、TCNQ、変位、発生力、耐久性

［研 究 題 目］水素先端科学基礎研究事業

［研究代表者］村上　敬宜
（水素材料先端科学研究センター）

［研究担当者］高田　保之、新里　寛英、赤坂　亮、小川　邦康、深井　潤、伊藤　衡平、河野　正道、久保田　裕巳、迫田　直也、松岡　三郎、堤　紀子、濱田　繁、井藤賀　久岳、藤原　広匡、金子　文俊、伊藤　雄三、近藤　良之、高木　節雄、笠尾　大作、土山　聡宏、福島　良博、久保田　祐信、西村　伸、山辺　純一郎、水口　健吾、安永　幸司、谷口　隆夫、泉　義徳、葛西　昌弘、松永　久生、古賀　敦、畠山　和久、綾香　りつこ、高津　須嘉生、杉村　丈一、宮越　栄一、岡田　和三、忍田　雄樹、尾田　安司、和泉　直志、澤江　義則、森田　健敬、田中　宏昌、中嶋　和弘、坂井　伸朗、福田　応夫、八木　和行、黒野　好恵、岡田　和三、佐々木　信也、金山　寛、柿本　浩一、阿部　孝行、吉田　聡子、志水　章一、川崎　勇、野中　寛治、栗根　徹、吉川　倫夫、末岡　淳男、

松尾　尚、重松　実、副島　孝、
蒲生　純一、Arnaud MACADRE、
西口　廣志、大山　恵子、田中　史浩、
山部　匡央、藤原　広唯、山口　哲生、
飯島　高志、安　白
（常勤職員3名、他71名）

［研 究 内 容］

水素と材料に関わる種々の現象を科学的に解明して各種データを産業界に提供するとともに、経済性を考慮しつつ安全に水素を利用するための技術指針を確立することを目標として、①高圧水素物性、②金属材料の水素脆化の基本原理、③金属、非金属材料の長時間使用と加工の影響、④高圧水素トライボロジー特性、⑤水素の挙動シミュレーションについて研究を行う。

今年度は、以下の成果が得られた。

・水素物性データベースを地域水素供給インフラ技術・社会実証事業（2011～2015）における水素ステーションに使用するため打ち合わせを開始し、企業等に15件提供した。
・水素エネルギーシステム・インフラに使用される金属材料、部品・部材の調査・損傷解析を関連企業、団体と共同で進め、水素構造材料データベースの拡充を実施し、関連業界、公的機関に361件提供。圧縮水素スタンド及び使用可能鋼材の拡大に関する技術基準策定に寄与した。
・水素機器に使用されるゴム材料の化学構造評価を行い、本事業参画企業と素材開発を進めた。O リングの実機評価、溝設計の影響評価とデータ集積を行い、水素機器メーカー、自動車メーカーと連携が進展し、－40℃水素充填対応 O リング材料等を共同で開発した。
・トライボアトラス改善のためバルブ・圧縮機・自動車・重工業メーカーと意見交換、関連企業と協力し、ニーズの高いシール材料の水素トライボロジー特性評価とデータ集積を実施した。

代表的な材料の組み合わせや水素中不純物の影響に関するデータ充実を図り、摺動材料、軸受選定の考慮点を提示することで技術開発に貢献した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素エネルギー、水素脆化、水素物性、トライボロジー、シミュレーション

②【その他公益法人】

［研 究 題 目］光格子時計高精度比較のための高速制御型光周波数コムの開発

［研究代表者］洪　鋒雷（計測標準研究部門）
［研究担当者］洪　鋒雷、稲場　肇、大久保　章
（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

本研究は、光格子時計高精度比較の為の高速制御型光周波数コムの開発を目的とし、Sr 光格子時計と Hg 光格子時計の高精度比較の為に、波長698 nm、1062 nm 及び1.5 μm のレーザ光とのビートを観察可能で、かつそれらの一つに位相同期可能な高速制御型光周波数コムを開発し、3×10^{-16}@1s の周波数安定度で光-光周波数比較を行う。

光コムの光源となるフェムト秒モード同期ファイバレーザの高速制御のためにオフセットビートの高速制御系、および共振器内電気光学変調器を導入する。それを基に光コムのオフセットビート信号、及び波長698 nm、1062 nm 及び1.5 μm のレーザ光とのビート信号を観察するための光学系を構築する。光コムを制御する二つの高速位相同期系を構築し、同期のサイクルスリップ、測定のカウントミスを極限まで減らすなど調整を行い、3×10^{-16}@1s の周波数安定度で光-光周波数比較を行う。H24年度は、高速制御型フェムト秒モード同期ファイバーレーザの製作、オフセットビート信号の位相同期、Sr 光格子時計の689 nm レーザおよび Hg 光格子時計の1062 nm レーザとのビート信号観察を行う。

繰り返し周波数は約100 MHz で、ストレッチドパルスレーザとするよう設計した。共振器内電気光学変調器（EOM）として、信頼性に優れるバルク型を採用し、オシレーター、および光アンプの一部の物品を調達し、製作中である。3月末現在、オシレーターを製作中。一度仮製作し、1.5μm 帯レーザとのビートを EOM で位相同期し、1 MHz 程度の制御帯域が得られることを確認した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］光格子時計、光周波数コム、光周波数測定

［研 究 題 目］PV 発電予測の不確実性評価および電力系統シミュレーションによる評価

［研究代表者］大関　崇
（太陽光発電工学研究センター）
［研究担当者］大関　崇、村田　晃伸、益田　泰輔
（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

本研究では、超大規模電力システムに対して、階層型のモデル予測制御の枠組みの中で、系統側から需要家側までの各層ごとの電力予測精度と最適性の関係に着目し、予測値と配分値の時空間分解能に基づく電力最適配分制御系の基礎理論を構築することを目的とする。これにより、太陽光発電を最大限利用し、調整用電源の燃料費および CO_2排出量を削減することで電力システムの経済性、環境性を高めるとともに、需要家間での電力最適配分によるコスト負担の公平性と過度な需要抑制を回避することによる快適性を実現することを目指す。なお、提案する理論は、需要を制御するインセンティブ等を加えることや、コミュニティレベルから系統レベルまでの異なる規模を有する電力システムに適用が可能であり、各

階層レベルでの最適化手法自体の種類（分散あるいは集中）も問わないため、来たるべき次世代電力ネットワークシステムの最適運用に対して普遍的な枠組みを与えるものである。

(1) PV 発電予測を用いた EEDC（環境的経済負荷配分制御）のシミュレーションによる評価

本研究グループが開発してきた太陽光発電予測手法を適用した場合の、電力系統の環境的経済負荷配分制御（Environmental Economic Dispatching Control, EEDC）について検討した。関東エリアの電力需要および太陽光日射の実データを用いてシミュレーションを行い、運用コストや供給支障電力・余剰電力を評価した。また、予測誤差モデルについて理論的な検討を行った。

(2) PV 発電予測における短時間予測評価

予測不確実性を評価するモデルデータとして、短時間予測モデルの開発に着手し、今年度は、MSM-GPV データを入力に SVM を利用したモデルについて日射予測について誤差の評価を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］太陽電池、太陽光発電、エネルギー、環境、需給バランス、エネルギーネットワーク、発電予測

［研 究 題 目］単結晶性 $LiMn_2O_4$ナノワイヤーの簡易な合成法による高性能 Li イオン電池正極材料開発

［研究代表者］細野　英司（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］細野　英司（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

環境・エネルギー問題の解決へ向けて、二酸化炭素ガス排出量に大きな影響を持つ自動車のエネルギー源をガソリンや軽油から電気エネルギーに転換していくことが重要であり、そのためには高性能二次電池の開発が必須となっている。高出力型および大容量Liイオン電池用正極材料として理想的なナノ構造である単結晶一次元構造体である単結晶$LiMn_2O_4$ナノワイヤーを大量に合成する手法を確立することを目的として研究を行った。Liイオン電池材料として有望な$LiMn_2O_4$について、高い結晶性を有するナノ材料の作製を低コストにて行うためには、前駆体となるマンガン化合物のナノワイヤーをいかに簡易に作成可能であるかが重要な点であり、耐圧容器を必要としない合成法の確立を目指して研究を行った。

現状では、100℃未満の温度にてMn化合物のナノワイヤーの作製に成功しており、来年度、ナノワイヤーの直径や長さの制御および高純度化に加えてLi塩とのフラックス処理、熱処理によって$LiMn_2O_4$単結晶ナノワイヤーの簡易な合成について期待できる。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］Li イオン電池、正極材料、単結晶、ナノ構造制御

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

［研究代表者］山崎　聡（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］山崎　聡、西澤　伸一、大橋　弘通、大串　秀世、竹内　大輔、牧野　俊晴、小倉　政彦、加藤　宙光、中島　昭、宮崎　剛英、宮本　良之、松本　翼、工藤　唯義、桑原　大輔、水落　憲和、徳田　規夫、鈴木　真理子、小泉　聡、波多野　睦子、岩崎　孝之、都築　康平、佐藤　一樹、齊藤　丈靖（常勤職員9名、他14名）

［研 究 内 容］

二酸化炭素排出抑制に大きな効果を持つ大幅な省エネルギーが実現できるパワーデバイスの候補として、ダイヤモンドの得意な物性である高密度ドーピング薄膜が示す低抵抗ホッピング伝導を利用した新概念の超低損失パワーデバイスを取り上げる。この超低損失パワーデバイス実現に必要なダイヤモンド特有の物性の物理的理解、その物性を利用した新しいデバイス物理の構築、材料プロセス・デバイス作製プロセスの問題点の抽出とその解決策を総合的に行い、超低損失パワーデバイスを提案・試作し、ダイヤモンドによる次世代パワーデバイスの基礎を構築する。

プロジェクト3年度の大きな成果として、低抵抗ダイヤモンド薄膜を用い、デバイス作製プロセスを工夫することにより、世界で初めて、接合型電界効果トランジスタの作製に成功した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］パワーデバイス、ダイヤモンド、電子デバイス

［研 究 題 目］革新的なダイヤモンド熱電子発電技術の開発

［研究代表者］竹内　大輔（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］竹内　大輔、山崎　聡、牧野　俊晴、小倉　政彦、加藤　宙光、祖父江　進、奥野　英一、木村　裕治、片岡　光浩（常勤職員5名、他4名）

［研 究 内 容］

本研究では、産総研の負性電子親和力の評価技術と N 型ダイヤモンド薄膜の合成技術をシーズ候補とし、熱電子発電技術の顕在化に必要な要素技術を開発する。課題は、内部抵抗が高い（10Ω･cm^2）、1.7eV 以下の仕事関数が望ましい、電極間の温度差が安定しない等である。本研究開発では、内部抵抗1Ω･cm^{2}以下、仕事関数1.7eV 以下、実装条件の抽出、を行う。

本年度は、①ダイヤモンド膜の内部抵抗の低減、および②ダイヤモンド表面の実効的な仕事関数の低減、を目指した。①については、(1)高濃度リンドープ CVD ダイヤモンド薄膜を合成し、膜抵抗の測定を行った。(2)上記膜にデンソーで高濃度窒素ドープ CVD ダイヤモンド薄膜を積層し、膜抵抗の測定を行った。(3)測定結果を合成に反映し、平成25年度の膜質および膜厚の最適化に向けて考察した。熱電子放出の結果を得ることができ、考察を進めている。②については、(1)①で作製した CVD ダイヤモンド薄膜の TPYS 測定を行う、(2)同上の AFM･KFM 測定を行う、ことを目標とし、実験準備を進めた。

以上の結果および実動作での仕事関数評価から、①の合成に反映し、仕事関数低減に向けて考察する。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］パワーデバイス、ダイヤモンド、負性電子親和力、真空パワースイッチ

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

［研究代表者］姫田　雄一郎
（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］姫田　雄一郎、三石　雄悟、王　万輝
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では、(1)「水素の貯蔵を指向した高効率な二酸化炭素の水素化触媒の開発」と(2)「多機能型錯体触媒を目指したプロトン応答性触媒の設計指針の構築」を目的とする。具体的には、温和な反応条件で二酸化炭素を還元できるエネルギー効率の高い触媒を開発し、二酸化炭素をエネルギー貯蔵物質として利用するための基盤技術の確立を目指す。また、提案者が開発した独創的触媒設計概念である「プロトン応答性」触媒の反応機構の解明および「多機能型触媒」の開発を行うことにより、新しい触媒技術への貢献を目的とする。

本年度は、プロトン応答性配位子およびペンダントベース効果に基づいて、新たな高性能触媒を見い出すことができた。そこで、ヒドリド錯体生成の加速効果を検証するために、モデル触媒を用いて、CO_2水素化反応における重水素や重水を用いた同位体効果を調べた。その結果、水分子が水素分子のヘテロリシス開裂に強く関与していることが示唆された。そこで、DFT 計算から水素分子の開裂によるヒドリド錯体生成の反応機構解明を行った。その結果、水素分子－水分子－水酸基へのプロトンリレーが起こる反応機構が得られた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］炭素固定、水素貯蔵

［研 究 題 目］多孔性配位錯体における高速イオン拡散を利用した高出力型マグネシウムイオン2次電池の開発

［研究代表者］大久保　将史
（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］大久保　将史（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

省エネルギー・地球温暖化対策に資する分散型エネルギーネットワーク構築のキーテクノロジーである高性能2次電池として、マグネシウムイオン2次電池の開発が期待されている。本研究では、既存の正極材料では得られない電極特性の発現を目指し、高性能マグネシウムイオン2次電池の実現を目指す。特に、シアノ基で架橋された多孔性配位錯体を正極材料として応用する。

平成24年度においては、シアノ基で架橋された多孔性配位錯体が電解液に水溶液を用いることでマグネシウムイオン挿入脱離反応を示すことを明らかにした。また、充放電メカニズムについても電子状態、構造状態から詳細に検討し、電気化学反応機構を明らかにした。一方で、電子伝導性や充放電サイクル特性等の課題が明らかとなり、今後の改善が期待される結果となった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］2次電池、正極材料、ナノ材料

［研 究 題 目］1 リグニンの可溶化（1段目）
1-②可溶化液の溶剤分画とその詳細分析
1-④可溶化経路の詳細解析、最適化
3 実バイオマスへの応用
3-①製紙工場の黒液、パームの空房への適用

［研究代表者］鷹觜　利公（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］鷹觜　利公、佐藤　信也、麓　恵里、近藤　輝男、丸山　一江
（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

リグニンなど劣質な未利用難処理炭素資源は C-C、エーテル、エステル結合を介して芳香環が組み込まれており、場合によっては芳香環が縮合している。そのため、従来資源化する技術がないために減容・焼却されてきた。本研究では芳香環同士を結び付ける多様な結合と置換基について、所望の結合のみ分解することで、それらを構成する基本構造である単環芳香族を単離・製造するプロセス開発に結び付く要素技術を開発するものである。

リグニンなど劣質な未利用難処理炭素資源は巨大分子であるため、実用化の際には実施者が提案する2段階プロセスで単環芳香族を生成する。まず低分子化（分解）を行い、次いで酸化鉄を中心とした触媒による接触分解を行うことで単環芳香族を生成する。本研究では、リグニンとその反応生成物の平均分子モデルを描くことにより、反応過程での分子構造の変化を明らかにする。

リグニン分解試料9種類について、元素分析、^{1}H-および^{13}C-NMR、FT-IR、熱重量分析を用いて解析を行い、分解生成物の構造解析を行った。各試料について元素分析、^{1}H-、^{13}C-NMR 分析を行った。特に^{13}C-NMR では芳香族3級および4級炭素の詳細なタイプ分布、^{1}H-NMR では側鎖の詳細なタイプ分布の解析を行った。また、TFAA による水酸基のアセチル化と^{19}F-NMR 分析より、フェノール性およびアルコール性水酸基の割合を推定する方法を確立した。この他、赤外によるカルボニルの定量、硫黄の昇温ガス化法によるタイプ分析も併せて行った。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］リグニン、可溶化、構造解析

［研 究 題 目］**リグニンとその反応生成物の平均分子構造解析**
［研究代表者］鷹觜　利公（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］鷹觜　利公、佐藤　信也、麓　恵里、近藤　輝男、丸山　一江（常勤職員3名、他2名）
［研 究 内 容］

リグニン等の劣質な未利用難処理炭素資源から、単環芳香族を単離・製造するためのプロセスを開発する。本プロセスは2段階の反応から成り、まずリグニンを低分子化（可溶化）し、次に酸化鉄を中心とした触媒による接触分解を行うことで単環芳香族を生成する。本探索ステージでは、2段階プロセスに組み込まれる要素技術の開発を実施し、各段階について次の目標を設定する。

1．リグニンの可溶化（1段目）
(a) リグニンなどの構造解析手法の確立
(b) リグニン可溶化液の解析手法の確立、および可溶化機構の解明
(c) 上記の解析結果を基に可溶化条件を最適化し、可溶化率を現在の80%から90%まで向上
2．酸化鉄系触媒によるフェノール類の生成（2段目）
(d) リグニン中の芳香族からのフェノール類収率として、現在の7%を20%まで向上

原料、残渣および分解リグニンの炭素、水素結合様式を重ジメチルスルホキシド（DMSO-d6）溶媒を用いて^{1}H-NMR および^{13}C-NMR（nne 法）で解析した。^{13}C-NMR では Dept、Quat のパルスモードを併用することにより、3級、4級芳香族炭素の定量に加え、酸素を有する炭素、その隣接炭素数の推定を行った。また、熱重量分析による軽質分や残存溶媒量の推定、FT-IR を用いたてカルボニル基の定量を行った。これらの解析結果より平均分子モデルを作成し、作成されたモデルの比較より分解反応経路の推定を行った。

芳香族3級炭素、4級炭素の割合、および酸素の付いた炭素のオルト位の炭素を定量でき、構造を絞り込むことが出来るようになった。この結果と^{1}H-NMR の結果より、フェノール性水酸基とフェニルエーテルの割合を推定できるようになった。この解析結果から作成された分子モデルの比較から、分解反応は脂肪族炭素－酸素結合の切断であると予想された

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］リグニン、可溶化、構造解析

［研 究 題 目］**高活性・抗菌性・化学的安定性を有する可視光応答型酸化タングステン光触媒の実用化**
［研究代表者］小西　由也（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］小西　由也（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

紫外光がほとんどない室内でも使用することができる可視光応答型酸化タングステン光触媒は、酸化銅などの助触媒により環境浄化用途などにおける実用化が期待されている。しかしアルカリ性環境下で溶解するという問題点があるためにアルカリ性の洗剤などが多用されるキッチンやバスルームの内装建材として用いることは困難であった。一方、以前に実施された NEDO による「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」ではビスマスなどの金属元素を添加することで光触媒活性を保ったまま耐アルカリ性を向上させることに成功している。本研究では、この知見に基づき抗菌性・セルフクリーニング性能への金属元素添加の影響の解明、それに応じた新たな添加元素の探索、および添加量・添加方法（添加条件）の最適化等を行って、室内建材用の抗菌性・セルクリーニング機能を持つ可視光応答型酸化タングステン光触媒材料を開発することを目標とした。

これまでの研究から酸化タングステンに加熱の伴う含浸法でビスマスを添加することにより光触媒活性を保持した状態で耐アルカリ性が向上することが分かっていた。さらに常温において酸性のビスマス溶液中で酸化タングステンにビスマスを吸着させることによっても同様の効果が得られることも分かってきた。そこで平成24年度は、常温でビスマスを吸着させた酸化タングステンの粒子形状とアルカリ性水溶液中へ浸漬することによるその変化を調べて耐アルカリ性が向上するメカニズムおよび適したビスマスの添加方法についての検討を行った。その結果、添加するビスマスの分散性が高いほど耐アルカリ性の向上の効果に優れる傾向を見出した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］可視光応答型光触媒、酸化タングステン、耐アルカリ性、抗菌性

［研 究 題 目］**低炭素社会を支える輸送機器用超伝導回転機システム**
［研究代表者］古瀬　充穂（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］古瀬　充穂（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

中・大型電気自動車や鉄道用の高効率・高トルク密度超電導モータの実現を目指し、大電流密度高温超電導コイル技術の開発を行っている。

実現しようとしているモータは、京都大学を中心としたグループが開発した「高温超電導誘導同期回転機」（従来のかご形誘導モータのかご形巻線を高温超電導線材で構成したもの）をベースとし、さらに固定子巻線も超電導化した全超電導モータである。高温超電導誘導同期回転機は、同期・非同期トルクの両立、それによる制御性能向上、同期運転による高効率化といった、従来機では実現できない特性を持つ。そのため十分なトルク密度を持つモータが実現できれば、電気自動車等の一層の高効率化、始動・加速特性の大幅な向上が期待できる。固定子巻線の超電導化には、レーストラック形状巻線技術の確立、鉄心中での大電流容量化、低交流損失化などの技術課題がある。初年度は市販のイットリウム系高温超電導線材によるレーストラックコイルの試作を行い、その特性評価を行った。コイル製作には産総研が保有する巻線技術を応用した。大電流容量化に向けて２並列導体を採用し、中間部で転位を施して均流化した。曲げ歪み等の応力による性能劣化もなく、設計通りのコイルが製作できることを確認した。今後さらなる大電流容量化を目指す。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］超電導回転機、電気自動車、誘導同期回転機、高温超電導コイル

［研 究 題 目］超高耐圧高効率小型真空パワーデバイス

［研究代表者］竹内　大輔（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］竹内　大輔、小泉　聡、八井　崇、山崎　聡、大橋　弘通、西澤　伸一、大串　秀世、牧野　俊晴、小倉　政彦、加藤　宙光、中島　昭
（常勤職員7名、他4名）

［研 究 内 容］

本研究では、ダイヤモンド半導体の特長を利用した真空を用いた高耐圧パワースイッチを作製し、動作実証に世界で初めて成功した。これは、真空管で固体素子同様のパワースイッチングが可能であることを世界で初めて実証したことを意味している。実験結果から、理論的に従来の10分の1の大きさで、100kV 以上で99.9%の効率が得られる大電力変換装置が可能になる。将来、日本近海の洋上風力エネルギー導入や日本列島間での効率的な送電などを行う際に、この技術を利用することで、新しいエネルギー戦略に貢献することが期待できる。

本年度は、耐圧10kV において効率73%のパワースイッチとしての動作実証に成功した。この成果により、耐圧100kV 級を目指す本格ステージへの研究継続が認められた。これまでの実験結果をもとに、新構造真空パワーデバイスのモデル化を行い、指標となる各パラメータの見積を行い、99.9%を超える可能性を見出し、今後の開発の指針とした。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］パワーデバイス、ダイヤモンド、負性電子親和力、真空パワースイッチ

［研 究 題 目］SOFC 高機能化のためのイオン－電子流れ解析技術の開発（エネルギー高効率利用のための相界面化学）

［研究代表者］堀田　照久（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］堀田　照久、西　美奈、岸本　治夫、山地　克彦、Manuel E. Brito
（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

固体酸化物形燃料電池（SOFC）電極では、酸素分子の固体電極表面での吸着・解離→イオン化→拡散→燃料酸化という一連の反応がおこる。この反応の最適化には、多孔質電極／緻密電解質／多孔質燃料極界面での反応機構解明が重要である。酸素（あるいは酸化物イオン）の流れ・動きをミクロレベルで視覚化することができれば、SOFC 高性能電極の設計、高機能界面の設計に有益な情報を与える。本研究では、安定同位体酸素（^{18}O）を利用し、異種機能材料界面でおこる酸素イオン化と拡散をミクロレベルで視覚化する技術を開発する。また、この観測結果に基づき、高機能・高性能電極／電解質界面の設計指針を提案する。本年度は、昨年度試作を開始した均一雰囲気での安定同位体酸素（^{18}O）のイオン化・拡散を燃料電池反応下で導入できる試験装置を完成させ、実験を開始した。空気極／中間層／電解質の3層構造からなる空気極のイオン流れ評価が行えることを確認した。また、イオン流れを評価するために必要となる基礎データの収集、たとえば LNF などカソード材料の拡散係数の評価、セル試験による発電性能評価などを行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］固体酸化物形燃料電池、石炭ガス化ガス、不純物、酸化物燃料極、安定性存

［研 究 題 目］光触媒の光物理的性質、二酸化炭素還元光触媒反応の初期過程の解明

［研究代表者］小池　和英（環境管理技術研究部門）

［研 究 内 容］

本研究では、太陽光をエネルギー源、水を還元剤とした CO_2の資源化技術の中核となる光触媒の開発を目指す。具体的には、(1) Z スキーム型金属錯体 - 半導体複合系光触媒、(2) メタノール生成可能な CO_2多電子還元光触媒、(3) 稀少性の少ない金属を中核とする CO_2光還元触媒を開発する。

本年度は、項目(1)の光触媒システムの還元側の構成要素である多核金属錯体について、電子供与体となる犠牲剤を利用して電子移動過程および励起エネルギー移動

過程に関する高速分光測定を行った。

昨年度までの研究では、電子供与体には、NAD のモデル分子である1-Benzyl-1, 4-dihydronicotinamide（BNAH）を用いて来たが、より効率的な電子供与体として 1, 3-Dimethyl–2–phenyl–2, 3-dihydro-1H-benzo[d]imidazole（BIH）を採用した。BIH は、1電子供与後のプロトン脱離により生成するイミン種の還元電位が大きく負側にシフトしているため、2電子目の供与が効率的に起こることが期待された。ルテニウム錯体の励起状態に対して、BIH を用いた場合の還元的消光過程における、錯体還元種の生成・消滅過程の測定を行ったところ、異なる時定数をもった2段階の還元体生成が確認され、BIH による効率的な還元体生成機構を明らかにすることができた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］人工光合成、CO_2、金属錯体、触媒

［研 究 題 目］**サイドチャネル攻撃への安全性評価手法の確立および PUF デバイスの実装・評価とセキュリティシステムへの応用**

［研究代表者］堀　洋平（セキュアシステム研究部門）

［研究担当者］堀　洋平、片下　敏宏、坂根　広史、佐々木　明彦、飯島　賢吾（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究課題では、サイドチャネル攻撃の安全性評価環境の構築や攻撃手法の研究、および半導体の物理特性を利用した偽造防止技術 PUF（Physically Unclonable Function）の研究開発を行った。

サイドチャネル攻撃は、IC カード等に搭載されている暗号回路の消費電力や漏えい電磁波を解析して内部データを盗み出す攻撃であり、産業界における大きな脅威の1つとなっている。サイドチャネル攻撃に対する安全性評価ガイドライン策定が急がれているが、各研究機関が独自の環境で実験を進めていたため、実験結果の追試や検証が難しく標準化の妨げとなっていた。そこで我々は、セキュリティ LSI の耐タンパ性能を評価する指針を提示するとともに、上記の様々な物理解析攻撃実験用の LSI ボードを開発し、評価試験環境を構築してきた。本年度は、サイドチャネル攻撃の教育・技術研修用および防御技術開発用に評価ボード ZUIHO を開発し、国内外の研究機関でのサイドチャネル研究を促進するとともに評価ボードの事業化を行った。また、世界に先駆けて 28nm プロセス FPGA における電力および電磁波解析攻撃を実施し発表するなど、様々な評価実験および攻撃・対策手法の開発を行った。

PUF は、LSI の製造過程において偶然に生じるデバイスの物理的なばらつきを固有の ID や認証データとして利用するものである。LSI チップのばらつきを複製することはできないため、PUF は複製が極めて困難な ID を生成することができる。PUF は半導体製品の偽造防止のみならず、RFID 化して製品に添付することで、医薬品やブランド品等の様々な模倣品を検出・防止することができる。本年度は、FPGA 上に Arbiter PUF や独自の疑似 LFSR-PUF を実装し性能評価を行ったほか、企業と共同でカスタム IC 化された PUF の性能評価も行った。また、認証システムのアーキテクチャ、および利用する暗号化方式や符号化方式について検討し、プロトタイプをソフトウェアで構築して有効性を評価した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］サイドチャネル攻撃、標準評価プラットフォーム、PUF、偽造防止

［研 究 題 目］**電力・電磁波解析攻撃向け評価プラットフォームの開発**

［研究代表者］川村　信一（セキュアシステム研究部門）

［研究担当者］川村　信一、片下　敏宏、堀　洋平（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

様々な情報機器に用いられている暗号のソフトウェアはハードウェアに対し、その動作中に発生する電磁波や、消費電力波形に漏洩している情報を解析することで、内部データを盗み出す「サイドチャネル攻撃」と呼ばれる脅威が現実のものとなっている。

これに対し、電力や電磁波から漏洩する情報を評価し、サイドチャネル攻撃への安全性を検証するプラットフォームの開発が研究目的である。

本年度の取り組みは、前年度に開発した IC カードの電力や電磁波を測定するためのボードとその制御・測定ソフトウェアのプロトタイプの改良である。具体的には、様々な実験で利用する回路・モジュール・測定機器の多様化により複雑化したコードを改良し、機能拡張性を改善した。また、暗号モジュールの制御回路、ならびに、FPGA 向けの AES 暗号プロセッサの簡素化を実施することで、測定実験をより容易とし、評価の効率を向上させた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］暗号モジュール、サイドチャネル攻撃、標準評価プラットフォーム、測定ソフトウェア、電力測定、電磁波測定

［研 究 題 目］**RFID とセンサネットワーク向け暗号基礎技術とそれを用いた構成要素の設計および安全性評価**

［研究代表者］渡邊　創（セキュアシステム研究部門）

［研究担当者］渡邊　創、古原　和邦、萩原　学、辛　星漢、花岡　悟一郎、田沼　均、山口　利恵、Nuttapong Attrapadung、縫田　光司、高木　浩光、井沼　学、Cyrille Artho、田中　哲、中田　亨、

Miodrag Mihaljevic
（常勤職員13名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究は、特に RFID などの単純なハードウェアのみの利用や、低電力消費といった要求条件おいての実現を、日印の研究者の交流を通じて行うことを目指している。プロジェクトの最終目標は、このような制限された環境において用いることのできる、基礎暗号技術や汎用部品の設計、およびにその安全性の評価を行うことである。

最終年度に当たる本年度は以下のような活動を行った。11月には福岡において、JST 日印交流プロジェクトのうち、本研究に関連の深い他の2つのプロジェクトとともに、JST-DST 共同ワークショップを開催し、3プロジェクトの日印研究者が参加し、各プロジェクトの共同研究成果を含む成果の紹介と議論を行った。前年度と同様、前述の2プロジェクトと連携を取り合い、インド側研究者が日本を訪問した際には自身以外の日本側機関を訪問させ、互いの研究についての意見交換を行うなど、各プロジェクトを超えた日印交流を進めることができた。1月、3月には日本側研究者が、インド統計研究所コルカタ校、同デリー校、インド工科大ルールキー校を訪問し、プロジェクト参画者以外を含めた研究者と交流を図った。共同研究成果としては、複数の具体的なストリーム暗号の新たな脆弱性の指摘、符号理論を元にした効率的かつ安全な暗号の構成法等を論文発表することができた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］RFID、センサネットワーク、暗号、認証

［研 究 題 目］**自然言語処理とオントロジーに基づく自由テキスト入力支援の医療文書への応用**

［研究代表者］橋田　浩一（知能システム研究部門）

［研究担当者］橋田　浩一、タム ワイロック、
松原　勇介（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

実際の病理診断報告書における肉眼所見のテキストデータへのアノテーションを通じて文法とオントロジーの開発を進め、特に文法の体系を全面的に再構成した。具体的には、項構造を明示する形で品詞体系をゼロから再構築するとともに、意味表現についても特に等位構造（coordinate structure）の扱い等を新たに定式化し、規範文法の第1版を作成した。この文法に基づくコーパスデータ作成作業を支援するため、意味的アノテーションを補完するプラグインプログラムを開発した。さらに、オントロジーと文法との対応関係の管理を実践しつつそのコストを低減し効率を向上させるための方策を整理し文書化を進めた。

この文法に基づいてテキスト解析モジュールを実装し、東大で開発した入力補完プログラムと連携して動作するようにした。入力補完に関する実験の結果、文法とオントロジーの整備によって補完の精度を大幅に向上させるのは不可能であること、したがって、入力補完よりも入力の検証と修正が重要であることが明らかになった。そこで、検証と修正の具体的な方法に関する詳細な検討に着手した。

以上から次のような知見が得られた。

●テキスト入力支援においては、補完よりも検証・修正を重点化し、領域に応じてメニュー方式の入力と組み合わせるべきである。

●検索や分析等の二次利用においては、受動態などに起因する意味構造を無視できるようにするなど、意味構造の間の同義性の判断をある程度自動的にできるようにする必要がある。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］オントロジー、自然言語処理、テキスト入力支援、病理診断報告書

［研 究 題 目］**高齢者の記憶と認知機能低下に対する生活支援ロボットシステムの開発**

［研究代表者］児島　宏明（知能システム研究部門）

［研究担当者］児島　宏明、佐土原　健（知能システム研究部門）、熊田　孝恒、永井　聖剛（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

記憶や認知機能の低下した高齢者の自立・自律した生活を維持・促進するために、生活に必要不可欠な情報把握・行動を確実に支援するロボットシステムを開発することを目的に、国立障害者リハビリテーションセンターを代表とする6機関で共同研究を行っている。産総研は、高齢者の発話に対する音声認識精度の向上のための研究と、認知機能低下と発話の特徴との関係を調査する研究とを担当する。全体で3ステージから成る最長10年間のプロジェクトのうち、本年度は第1ステージの最終年度として、第2ステージ以降の開発に用いる手法の検討と妥当性の評価を中心とする研究を行った。

高齢者の発話の認識に関しては、自由発話認識の困難さに対処するために、正確なテキスト化を仮定せずに発話者の意図を抽出することを目指した。そのために、談話行為タグを用いて発話意図をモデル化し、単語辞書に依存しないサブワード符号列への変換と、任意の部分符合列を網羅的に効率よく分析してタグの識別モデルを学習する手法を開発した。その結果、語彙知識を用いないSVM（サポートベクターマシン）に基づく談話行為識別器により78.9%の意図抽出精度を達成した。

認知機能低下の評価に関しては、認知症者セグメントの認知科学的エビデンスに関する調査を行い、本課題で支援対象として想定する軽度認知症高齢者の場合には、言語機能が保たれている傾向が高いことがわかった。そ

の際に、認知機能を評価するための指標として10項目から成るテストバッテリーを提案した。今後はこの指標の利用と、その結果に基づく改良を進める。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］音声対話、ロボット、高齢者、認知症

［研 究 題 目］機能性酸化物を用いた界面相転移スイッチングデバイスの開発

［研究代表者］秋永　広幸
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］秋永　広幸、島　久、浅沼　周太郎
赤穂　博司、澤　彰仁、井上　公、
佐藤　弘、石橋　章司、寺倉　清之
（常勤職員9名、他4名）

［研 究 内 容］

目標：

半導体エレクトロニクスが持続的に発展していくためには、遷移金属酸化物など新材料の導入と、それらによって構成される界面を制御する技術の開発が必要不可欠となっている。本事業では、金属／絶縁性酸化膜の界面電子状態および強相関相転移の物性制御研究を通して、それらを利用した不揮発性スイッチングデバイス技術の開発を行う。より具体的には、下記の2課題を設定した。

１、金属／遷移金属酸化物界面の電子状態制御

２、界面における強相関相転移を利用したスイッチ機能の開発

年度進捗状況：

課題１に関して、当事業の最終年度である平成24年度は、マンガン酸化物である $CaMnO_3$を例にとってエピタキシャル歪と安定な磁気秩序をコリニア磁性の範囲で調べた。その結果、$CaMnO_3$では、ノンドープ状態では、G-タイプと呼ばれる反強磁性秩序を取り、電子ドープに伴い、二重交換相互作用のためノンコリニア磁性が発現することが確認できた。また、TiO_2ベーストランジスタの研究開発については、アニール雰囲気を希薄な低酸素分圧雰囲気とすることによって、アニールプロセスの信頼性を高めることができた。その結果、アニールによる TiO_x/SiO_x 界面の制御とともに、膜中の酸素量を制御することにより、TiO_x 膜をチャンネルとするトランジスタを再現性良く作製することができるようになった。

課題２に関しては、モットトランジスタの微細素子実現に向けて、固体ゲート絶縁膜の研究開発を行った。強相関酸化物の金属 - 絶縁体転移の制御には$10^{14}cm^{-2}$以上のキャリアをチャンネルに蓄積する必要があることから、ゲート絶縁膜には膜厚10nm の high-k 材料 HfO_2を用い、膜厚6nm の $Nd_{0.55}Sm_{0.45}NiO_3$チャンネルを持つプロトタイプデバイスを作製した。その結果、－5V のゲートに電圧を印加することにより、数 K であるが金属－絶縁体相転移温度の制御に成功した。ゲート電圧の静電効果によるキャリア蓄積により、強相関酸化物の金属－絶縁体転移が制御可能なことが示された。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］機能性酸化物、界面相転移、第一原理計算、スイッチ素子、極微細加工

［研 究 題 目］微小ジョセフソン接合の開発

［研究代表者］前澤　正明
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］前澤　正明（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

急速に進展が続いている情報化の恩恵を低エネルギー社会の構築に向けることで、低炭素社会の構築が見込まれる。そこで、本研究開発では、情報機器の中でエネルギー消費がもっとも大きいデータセンタに焦点を当て、そこに使われる情報機器の低エネルギー化を新しい超伝導エレクトロニクス技術を導入することで達成する。具体的には、主構成要素であるマイクロプロセッサ、メモリ、光入力回路（光－電気変換器、O/E 変換器）のそれぞれを、これまでの超伝導もしくは低温エレクトロニクス技術より、1桁から2桁低エネルギー化、もしくは高性能化する。マイクロプロセッサに関しては、低電圧動作単一磁束量子回路（低電圧 RSFQ 回路）を導入する。また、メモリは電源部の不要なエネルギー消費を抑制した LR バイアスシフトレジスタキャッシュメモリ、LR バイアス Vortex Transition Cell（VTC）主メモリを開発する。同時に記憶保持に磁束量子を用いない磁性－単一磁束量子（SFQ）融合メモリを研究し、大幅なエネルギー低減化を探る。O/E 変換器には、超伝導ナノワイア単一光子検出器の技術を応用し低エネルギー化を図る。超伝導集積回路プロセスの高度化（微細化、高電流密度化）も合わせて進め、最終的には高速性と低エネルギー性を兼ね備えた光・磁気・超伝導融合計算システムの実証を目指す。これを実現するため、9層の超伝導層数を維持した状態で、超伝導集積回路に使用可能な微小ジョセフソン接合技術を確立する。具体的には、現在の接合の臨界電流値のばらつき（1σ ばらつき3%以下）を保持したまま、接合面積の0.7μm 角以下への縮小化を目標とする。今年度は、国際超電導産業技術研究センターチームと連携して、集積回路に使用可能な高臨界電流密度・微小ジョセフソン接合作製技術の開発を行った。全体プロセスフロー最適化、反応性イオンエッチング（RIE）技術、新規導入した i 線ステッパを用いた微小接合パターン高精度露光法などを研究し、集積回路プロセスと両立する微小接合作製の見通しを得た。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］超伝導システム、単一磁束量子素子、低消費電力、超高速情報処理、微小接合

［研 究 題 目］ナノ Si 熱電材料の実現のための材料設計指針の探索

［研究代表者］多田　哲也
（ナノエレクトロニクス研究部門）
［研究担当者］多田　哲也、内田　紀行、森田　行則、前田　辰郎、Vradimir POBORCHII、PARK Sungjin（常勤職員4名、他2名）
［研 究 内 容］

現在、一次エネルギーの約七割が廃熱として捨てられている中、ゼーベック効果を利用した熱電発電技術が注目を集めている。熱と電気の直接エネルギー変換を実現する熱電材料の高性能化のためには、電気伝導率は高いが熱伝導率は低いという、相反する状況を材料中に創り出す必要がある。この状況を創出する手法の一つが、材料のナノ組織化である。加えて、既存熱電材料は、ビスマスやテルル等から構成されていることから、熱電発電技術の民生分野での実用化のためには、有害元素を含まない材料を開発していかなければならない。

本研究では、代表的な環境調和型元素であるシリコン（Si）に着目し、多様なナノ組織構築技術と高度な Si ナノデバイス技術を元に、ナノスケールで構造を制御した Si を創製し、熱電特性の高機能化を図る。

本年度は、ナノ結晶コンポジットへのキャリアドーピングを狙い、界面制御性の高い Ni シリサイドを用いて Si-Ni シリサイドナノコンポジット材料を作製した。Ni シリサイドとのコンポジットの粒径は20nm 以上であったが、熱伝導率は粒径から予想される10W/mK を大幅に下回る5-6W/mK であった。Ni シリサイドは Si よりも大きな熱膨張率を持つことから、Si ナノ結晶に大きな引っ張り応力を印加することが判明した。この応力印加が熱伝導率の抑制要因になっている可能性がある。

また、予めスパッタ・ターゲットに P 又は B を混入し、多量の P, B 原子を供給することによりドーピングに成功し、10^{19}–10^{20}cm^{-3}のキャリア密度が得られた。これにより、これまでに報告のあった n 型ナノ結晶 Si の室温での熱電性能指数 ZT の値0.02を大きく上回る、0.13（n 型）、0.06（p 型）を達成することに成功した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］熱電材料、ナノ構造、シリサイドナノ結晶コンポジット

［研 究 題 目］高機能神経内視鏡用リトラクターの開発
［研究代表者］堀内　伸（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］堀内　伸、島田　悟
（電子光技術研究部門）（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

リトラクターは内視鏡手術時に対象物の位置をずらし、視野を妨げるものを圧排・牽引して、安全に手術を行うための医療器具である。内視鏡下脳内血腫除去術は患者への負担が少なく、治療効果の高い神経外科手術であるが、技術と経験が必要であり、普及が進んでいない。本研究課題では、安全かつ容易な内視鏡下血腫除去手術の発展に資する高機能神経外科手術用低侵襲リトラクターの開発を行う。術者とリトラクターの位置関係、内視鏡及び手術操作器具の位置関係を容易に把握し、手術中の脳損傷を起こさない医療器具を開発するため、フッ素系樹脂製透明円筒体を設計し、円筒内壁に貴金属膜マーカーを無電解めっきによる低コストプロセスにより加工する。フッ素系樹脂からなる円筒形リトラクターへ無電解めっきにより生体安全性の高い金、もしくは白金膜を作製し、テープ剥離により剥離が起こらない高い密着性を保持すること、および、内視鏡手術において、位置を正確に確認するための目盛りをめっき膜により円筒上に作製するための効率的なパターニング方法を開発することを目標とした。

フッ素系樹脂により製造された既存の円筒リトラクターへの無電解金めっきを検討し、触媒となる貴金属コロイドを最適化することにより均一な金めっきが可能となった。密着性は200℃で5分間加熱することによりテープ剥離で剥離しない密着性が得られた。めっき膜のパターニングに関しては、フィルム上基板について検討し、パルス光照射によるパターニングが可能であることを確認した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・製造・材料
［キーワード］無電解めっき、内視鏡手術、フッ素系樹脂、パターニング

［研 究 題 目］光応答性カーボンナノチューブ分散液を用いた塗布型透明電極作製及び微細加工技術の開発
［研究代表者］松澤　洋子（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］松澤　洋子、吉田　勝
（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

本研究課題では、研究代表者らが見出した光反応によって単層カーボンナノチューブの水中における分散性を制御することが可能な分散剤を用いて作製した単層カーボンナノチューブ孤立分散水溶液を機能性インクとして使い、ウエットプロセスで作製可能な透明導電膜作製技術ならびにマスク露光による微細加工技術の確立を目指している。現行の透明導電膜の主要材料である ITO は、資源の国際的偏在や製造工程、基板選択に課題があり、ITO に替わる材料の探索が求められている。本研究課題において、簡便で高精細な透明導電膜作製技術を確立し、技術移転の可能性を探索することを目標とする。とくに、情報端末の高機能化や小型軽量化が求められるモバイル機器に用いられる透明導電フィルムの高精細化において、市場要求にマッチした新技術の提供を探索することを目標とする。本年度は、当該単層カーボンナノチューブ孤立分散水溶液を用いた薄膜作製ならびに、薄膜中における光応答性カーボンナノチューブ分散剤の光反

応性について検討を行った。その結果、当該分散液を使って薄膜を形成できることがわかった。さらに、光応答性カーボンナノチューブ分散剤は、薄膜中において十分に光反応が進行することがわかった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］カーボンナノチューブ、分散、光反応、薄膜、パターニング

［研 究 題 目］超親水性アルミナ多孔質水分離膜の開発
［研究代表者］水上　富士夫（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］水上　富士夫、伯田　幸也、小平　哲也、阪東　恭子、長谷川　泰久
（常勤職員4名、他2名）

［研 究 内 容］

無機多孔質膜は、アルコール等有機溶剤中の水の分離除去用に多大の需要があるが、その必要性能は溶剤並びに使用環境の多様性により多種多様である。これに呼応して、様々な性能の膜、および新規な機能を有する無機多孔質膜の開発が求められている。本研究では、アルミナナノファイバーがスリット型ナノ細孔を有する膜を形成し易いこと、およびこのアルミナ膜をリン酸化処理すると超親水性が発現し、この性質は沸騰水処理でも失われないことを発見したことから、アルミナナノファイバーをベースとする多孔質膜を開発し、本膜を水とイソプロパノール（IPA）の分離に適用し、その実用性を評価した。アルミナナノファイバーからなる新規な水分離アルミナ分離膜は、多孔質αーアルミナ管上へのアルミナナノファイバーを塗布することで作製した。先ず、膜の分離性能は、用いたアルミナナノファイバーの繊維長に依存することを見出した。また、分離性能は、リン酸およびエポキシ修飾で向上することも見出した。この、エポキシ修飾膜では透過速度0.9kg/m^2/h、分離係数2200が得られた。これらの数値は、当初の目標値（透過速度1kg/m^2/h、分離係数10000）に比べ低いが、水／IPA の実用分離には1000程度の分離係数で十分であると言われているので、今後は、耐久性に関する研究を重点的に進める予定である。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］アルミナ膜、水分離、エポキシ修飾

［研 究 題 目］エコマテリアルの開発と商品化
［研究代表者］清水　博（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］清水　博、高橋　顕、塚田　英幸（以上ナノシステム研究部門）、冨士岡　芳樹、北川　良一（以上ベンチャー開発部）（常勤職員2名、他3名）

［研 究 内 容］

目標：

二酸化炭素由来ならびにバイオマス由来の両エコマテリアルについて加工条件と力学性能との相関を解明し、これら材料の商品化を図るとともに起業の可能性を検討する。

研究計画：

以下の両エコマテリアルについて加工条件と力学性能との相関を解明し、商品化を図る。

1）二酸化炭素由来エコマテリアル
2）バイオマス由来エコマテリアル

年度進捗状況：

1）二酸化炭素由来エコマテリアル

原料である脂肪族ポリプロピレンカーボネート（PPC）に対して、ポリ酢酸ビニル（PVAc）ならびにポリメタクリル酸メチル（PMMA）をアロイ化する際、各組成のポリマー粘度を考慮して組成と力学性能との相関を検討した。この系については市場調査から内容物に直接触れない容器や包装材等へのニーズが主であることから、フィルム特性も含めた容器素材としての実用性を検証しながらエコマテリアルの最適化を図り、合成紙や医療用運搬容器等への商品化を進める。

2）バイオマス由来エコマテリアル

バイオマス由来のポリエチレン（bio-PE）とポリ乳酸（PLLA）とを高せん断成形加工によりナノアロイ化することで、この材料系の剛性と延性のバランスを自在に調整できることが分かった。また、この材料系の耐溶剤性を評価した。今後は商品ニーズに対応させながら、この材料系に求められる剛性と延性のバランスを調整し、熱湯消毒等が必要になる容器素材向けにサンプルを大量に生産するシステムを構築していく。

［分　野　名］ナノテク・材料・製造分野
［キーワード］エコマテリアル、二酸化炭素由来エコマテリアル、バイオマス由来エコマテリアル、バイオ PE、ポリ乳酸（PLLA）高せん断成形加工、ナノアロイ

［研 究 題 目］遷移金属表面ナノクラスター構造を利用する小分子常温変換触媒の開発
［研究代表者］村上　純一（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］村上　純一、阪東　恭子
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究では、自然界の金属酵素のようにマイルドな条件下で N_2（窒素）等の小分子を有用な物質に変換する、新しい概念に基づいた触媒を開発することを目標とした。ここで利用するのは、小分子を常温で非解離で活性化し、酸化還元反応を誘起する能力を持つ遷移金属表面ナノクラスター構造である。この触媒の開発により、これまで行われてきた高温・高圧エネルギー消費型の小分子変換化学工業プロセスを、自然界において常温・常圧で行われているのと類似のプロセスで置き換える道を開拓する。本年は（1）担持微粒子の作製、（2）微粒子表面へのナ

ノクラスター構造の作製および、(3) クラスター構造のN_2をマイルドな条件下で活性化し、酸化・還元する触媒能力の有無、について検討した。(1) については、鉄およびタングステンの微粒子を含浸法でシリカ上に作製し、評価を透過電子顕微鏡、電子エネルギー損失分光法を用いて行った。その結果シリカ上に粒径数十 nm の担持微粒子が確認された。(2)、(3)については鉄やタングステンの微粒子を H_2による還元あるいは加熱処理後、N_2にさらしたものを X 線光電子分光法で評価した。その結果、表面にはこれまでの研究において担持クラスターで観測されたのと同じ N_2H_4（ヒドラジン）、NH_3（アンモニア）などの吸着種が存在することが明らかとなった。以上のことから、ナノクラスターおよびバルク金属表面で以前見出された現象を触媒の一般的な形態である微粒子表面に拡張し、微粒子上にナノクラスター様の構造を作製して N_2を常温で活性化し還元することが達成された。さらに微粒子表面に生成した窒素水素化物、N（ナイトライド）が表面から容易に脱離に脱離するという触媒創製に関する重要な知見も明らかになった。

以上のように、微粒子表面のナノクラスター構造を用いて「マイルドな条件下で窒素を還元しアンモニアにするための触媒」を開発するための基盤となる知見が得られた。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］小分子、金属ナノクラスター、窒素固定、CO_2削減

［研 究 題 目］研究成果展開事業　研究成果最適展開支援プログラムフィージビリティスタディステージ探索タイプ「太陽電池用有機半導体の一気通貫合成を目指した高温高圧マイクロリアクターの開発」
［研究代表者］竹林　良浩（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］竹林　良浩（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

有機太陽電池の高効率化に向けて、新規の有機半導体を高純度で迅速かつ連続的に合成できる反応プロセスが求められている。我々がこれまでに開発してきた高温高圧マイクロ反応システムは、こうした用途に有効であるが、難溶性の中間体を経由する多段反応では、送液上の問題から高濃度での処理が難しかった。この問題を解決するため、難溶性中間体を析出させずに、高温で溶解させたまま、複数の反応ステップを一気通貫で進めることが可能なマイクロ反応システムを開発することを目的とした。

本年度は、多環芳香族色素であるキナクリドンの合成をモデルとして、そこに含まれる2つの反応（高温環化と酸化）を、難溶性のジヒドロ中間体を析出させることなく連続化することを試みた。この環化反応には250℃以上の高温が必要であるため、通常はダウサムなどの特殊な高沸点溶媒が必要となるが、100気圧に加圧して溶媒の沸騰を抑制すると、N-メチルピロリドンなどの一般的な溶媒が使用できることが分かった。この原料溶液を、内径1mm のマイクロ反応管を用いて300℃まで急速加熱すると、4分間流通させたところで環化反応が完了した。この環化反応後の溶液に、マイクロミキサーを用いて、別の流路から酸化剤を含むアルカリ溶液を加え、120℃で4分間反応させると、難溶性中間体が析出することなく酸化反応が完了し、目的生成物であるキナクリドン色素を単一装置内で連続的に合成できることが示された。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］有機色素、多段反応、難溶性中間体、連続合成

［研 究 題 目］グラファイト複合構造体の基礎物性解明
［研究代表者］大谷　実（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］大谷　実、中西　毅、
Nguyen Thanh Cuong
（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］

量子力学に立脚した計算機科学の手法を用いて、次世代半導体材料における新探究材料として注目を集めている、グラフェンを中心とするナノスケール炭素物質の基礎物性解明を行い、そこで得られた知見を基に現状におけるグラフェン、ナノスケール炭素材料のデバイス応用における問題点の指摘と、デバイス設計指針の提示を行う。同時に、次元性、形状、階層構造制御による新たな機能性ナノ炭素構造体の理論物質設計を行い、次世代半導体材料において、新に目指すべき炭素ナノ材料設計、応用の指針を示す。本年度は二層グラフェンに関する研究を行った。二層グラフェンに対して鉛直方向に電界を加えることでグラフェンを半導体化できる事実に着目して、二層グラフェンの上下面をそれぞれ陽イオン分子、陰イオン分子を用いて被膜し、陽イオン分子と陰イオン分子によるサンドイッチ構造を構築することによって、イオン性分子間に生じる電位差による二層グラフェンの半導体化が可能であることを見出した。さらに、陽イオン分子と陰イオン分子の組み合わせにより、半導体化された二層グラフェンの伝導性を n 型または p 型に制御できることを理論的に示した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］グラファイト薄膜、グラフェン、密度汎関数法

［研 究 題 目］GW 法に基づいた強相関電子系シミュレーション手法の開発と応用
［研究代表者］三宅　隆（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］三宅　隆、品岡　寛（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究プロジェクトでは、実際にはクーロン相互作用の効果の大きな現実物質（強相関電子物質）の物性を予測し、現象のメカニズムを解明する上で、汎用性が高く実用に耐える高精度計算手法を開発応用することをめざしている。密度汎関数法の局所密度近似など、従来の第一原理計算手法は、強相関電子系に対して多くの困難を抱えている。この困難を克服するために、私たちは3段階手法によるアルゴリズムを提唱し、東大、産総研、エコール・ポリテクニクの共同でこのプロジェクトを推進してきた。5年プロジェクトの前半では3段階手法の各要素、すなわち大域的電子状態計算と GW 計算、ダウンフォールディング法、低エネルギーソルバーについてそれぞれ個別の改良と、各要素の接続による統合的応用を試行し、研究期間の後半で要素を統合して広範な現実物質へ大規模に応用するという大局的な戦略を設定して進めてきた。最終年度の平成24年度は、3段階手法を融合した方法をさらに高度化し、興味深いいくつかの物質群に対して、3段階手法を実際に適用する研究を展開した。GW+DMFT 法を遷移金属化合物 $SrVO_3$への適用に成功した。これは周波数に依存するハバード U を用いた GW+DMFT 法の現実物質に対する初めての適用例である。また U の周波数依存性を運動エネルギーに繰り込んだ静的低エネルギー有効模型の構築法を提案した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］計算科学、強相関電子系

［研 究 題 目］高密着性エッチングレス無電解めっきプロセスの高度化に関する研究
［研究代表者］堀内　伸（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］堀内　伸、中尾　幸道、島田　悟
（電子光技術研究部門）
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

電子部品の随所に使用されている難めっき樹脂素材であるポリイミド、フッ素系樹脂、ポリオレフィン、エポキシ樹脂等に対し、化学エッチング等の表面処理を行わずに高密着性を実現する金属コロイド触媒によるエッチングレス無電解めっき技術の高度化を目的とする。従来方法では、密着性向上のためにめっき後の加熱工程が必要であるが、基材の変形など問題が引き起こされるため、後加熱工程に代わる密着性向上手法を開発する。基材に吸着したコロイド表面の改質による樹脂／金属界面の強化、および短パルス光やマイクロ波による樹脂／金属界面の選択的加熱方法を検討する。本技術が確立されれば、低コスト、低環境負荷めっきプロセスが開発され、電子部品等の高性能化がもたらされる。

平成24年度では、後加熱行程を行わずに、同等の密着強度を得ることが可能な手法を探索することを目標とし、短パルス光およびマイクロ波をめっき膜に照射し、密着性を向上させる条件を見出すことを目標とした。

キセノンランプからの白色パルス光をめっき膜に照射することにより、瞬間的にサンプルの加熱処理が可能であり、樹脂基材に熱ダメージを与えることなく、金属薄膜が加熱され、密着性を向上させることが可能になった。さらに、最適なマスクとの組み合わせにより、選択的に密着強度を向上させ、金属パターンを樹脂基板上に転写することも可能となった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・製造・材料
［キーワード］無電解めっき、コロイド、触媒、光焼成

［研 究 題 目］樹脂封止を必要としない次世代の超高出力 GaN 系 LED の開発
［研究代表者］王　学論（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］王　学論（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究の目的は、我々が独自に開発した微細リッジ構造におけるエバネッセント光-伝播光変換現象に基づく光効率取出し技術を利用した超高出力 GaN 発光ダイオードを実現するための第一歩として、誘導結合プラズマ（ICP）エッチング法による GaN 試料表面上への微細リッジ構造の作製プロセスを開発し、エバネッセント光の結合による光取出し効率の向上効果を実証することである。平成23年度では、シリコン酸化膜（SiO_2）をマスクとして用いた ICP ドライエッチング法を開発し、エバネッセント光の結合効果の発現に必要な微細リッジ構造の作製に成功した。平成24年度では、室温フォトルミネセンス測定により、作製したリッジ構造中におけるエバネッセント光の結合効果の発現状況を調べた。その結果、リッジ構造試料の発光強度、すなわち光取出し効率が平坦表面試料より約2.7倍向上されていることが分かった。また、角度分解フォトルミネセンス測定により、リッジ構造試料の発光がエバネッセント光の結合効果に特有な空間分布パターンを示すことも確認された。以上の結果から、本研究で観測された光取出し効率の増大はリッジ構造におけるエバネッセント光の結合効果によるものであると考えている。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］発光ダイオード、GaN、取り出し効率、リッジ構造、エバネッセント光、結合

［研 究 題 目］第二世代カーボンナノチューブ創製とデバイス開発
［研究代表者］片浦　弘道（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］片浦　弘道、榊原　陽一、藤井　俊治郎、平野　篤、劉　華平、伊藤　靖浩、清水　麻希、卜部　泰子
（常勤職員4名、他4名）

［研 究 内 容］

カーボンナノチューブ（CNT）の持つ優れた電気特性により、CNT の電子デバイス応用が期待されている。

近年の合成技術の革新により高純度 CNT が得られるようになったが、導電性の異なる、金属型 CNT と半導体型 CNT の2種類が混在して合成されることが、電子デバイス応用への大きな障害となっている。本研究では、独自技術により CNT の金属・半導体分離を高度に実現し、さらに CNT の内側の空間に異種分子を挿入することにより、精密なキャリア制御の実現を目指す。電子状態が高度に制御されたこれらの CNT を、第二世代 CNT と名付けた。第二世代 CNT を用いて、CNT でしか実現できない優れた特性を持つデバイスを開発する事が、本研究のメインテーマである。

本年度は、本課題の最終年度であり、デバイス開発を中心に研究を行った。まず、高純度半導体型 CNT に内包する分子を工夫する事により、p 型と n 型の半導体 CNT インクを実現した。これらのインクを基板上に塗布し、電極となる金属膜をつけるだけで、p 型および n 型の両特性を示す薄膜トランジスタを作製することに成功した。さらに、これら2種類のトランジスタを組み合わせる事により、初めて CMOS 型インバータ回路の動作を確認し、第二世代 CNT が十分機能する事を確認した。一方、半導体型 CNT の精密構造分離の高度化も行った。これまで、バンド構造が全く同じ CNT の分離を実現しているが、今年度はこれをさらにすすめ、右巻き螺旋と左巻き螺旋構造の分離も実現した。これによって、CNT の構造分離は究極のレベルに到達した事になる。本成果は、ゲルカラムに CNT の分散液を注ぐだけで、上記の高度な構造分離を実現するもので、世界最先端の分離技術である。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］カーボンナノチューブ、分離精製、トランジスタ、センサー、分子内包

［研 究 題 目］結晶性酸化チタンサブミクロン球状粒子のグラムスケール安定合成法の開発
［研究代表者］越崎　直人（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］越崎　直人、陶　究、加藤　友紀子（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］

これまでに、サブミクロン球状粒子の生成には、必要なエネルギー密度のレーザー光が原料に正確に照射されれば、1パルスのレーザー光でも球状粒子が生成することがわかってきた。自動化バッチ処理装置の設計を検討し、自動化によって引き起こされる問題点について検討した。特に最適な撹拌方式について検討した。しかし、液相厚みに関しての検討を行うための原料の濃度やレーザーエネルギーの効果を含めたモデル化に時間がかかり、十分な検討が行えなかった。また、冷却方式についても、自動化機構と両立が可能な方法の調査に時間がかかり、結論が得られなかった。今後はこのようなパラメータの効果を含めて自動化バッチ装置の設計を進め、グラムスケールの球状粒子合成につなげていく予定である。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］サブミクロン粒子、酸化チタン、球状粒子

［研 究 題 目］イオン液体電解質の特異性を実証する計算科学的研究
［研究代表者］都築　誠二（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］都築　誠二、篠田　渉（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

本プロジェクトでは、次世代の二次電池として期待されているものの、放電生成物の電解質への溶出などの問題から実現できていなかった硫黄（S）を正極とするリチウム系二次電池を開発する。すなわち、リチウムイオン液体を電解質に用いた高エネルギー密度（〉500 Wh/kg）・低環境負荷・低価格・資源制約のない Li 系負極 ｜ Ionic Liquid ｜ S 型電池（LILS 電池）の創出を目指す。この目標を達成するためには放電生成物の解明、放電生成物の溶解が少なく、リチウムイオンの拡散の速い電解質の開発が必要となる。放電生成物の詳細やイオンの拡散と密接に関連するリチウムイオンが溶解したイオン液体の液体構造は未解明であるが、実験的な手法だけで解明することは容易ではない。そこで産業技術総合研究所では分子軌道法、分子動力学法などの計算化学手法を用いて放電生成物やイオン液体の構造、イオン液体中のイオンの運動を解析する。また、イオン液体を構成するイオンの分子構造とイオン液体のバルク物性の相関を解明する。本年度は分子軌道法による放電生成物として生じるポリスルフィドアニオンおよびポリスルフィドアニオンとリチウムイオン、イミダゾリウムカチオンからなる錯体の構造と安定性の解析を行い、ポリスルフィドアニオンの分解経路の検討を行なうとともに、リチウムイオンが溶解したイオン液体中のイオン間相互作用の解析を行なった。また、分子動力学法による Li-グライム錯体からなるイオン液体中のイオンの拡散のシミュレーションを行い、グライム鎖長がイオンの拡散に与える影響を検討した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］イオン液体、リチウム電池電解質、分子間相互作用

［研 究 題 目］3次元磁気記録新ストレージアーキテクチャのための技術開発
［研究代表者］久保田　均（ナノスピントロニクス研究センター）
［研究担当者］福島　章雄、薬師寺　啓、甲野藤　真（常勤職員4名、他2名）
［研 究 内 容］

本研究では、共鳴アシスト磁化反転書き込みと共鳴読み出しを組み合わせた超高密度ストレージの開発に取り

組んでいる。共鳴アシスト書き込みでは、局所的なパルス磁界に加えてスピントルク発振器から発生するマイクロ波磁界を用いる。共鳴読み出しは、スピントルク発振器の発振状態の変化により媒体の磁気情報を読み出す。共鳴周波数の異なる磁性層を多層化することで記録密度の向上を目指す。24年度は、企業と連携し、原理の実証および、発振素子の要素技術の開発を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］スピントルク発振素子

［研 究 題 目］**金属／機能性酸化物複合デバイスの開発**
［研究代表者］湯浅　新治
（ナノスピントロニクス研究センター）
［研究担当者］野崎　隆行、松本利映、甲野藤　真、薬師寺　啓、久保田　均、福島　章雄
（常勤職員6名）
［研 究 内 容］

本プロジェクトでは、産学官の連携により高品質の酸化物薄膜を低い基板温度で大面積基板上に高効率に作製できる革新的成膜プロセスを開発し、それを用いて酸化物層と強磁性金属層を複合化した新機能デバイスの創生を目指している。具体的には、(1) スパッタ成膜プロセスの開発、(2) 電圧印加磁化反転技術の開発、(3) 不揮発性スイッチング素子の開発、の3項目について研究開発を行う。産総研グループは主として不揮発性スイッチング素子の開発に取り組んでいる。平成24年度は、フェリ酸化物であるマグヘマイト（γ-Fe_2O_3）と酸化マグネシウム（MgO）を積層させたハイブリッド障壁層を有する新型トンネル接合素子を開発し、低温においてMgO トンネル接合素子の特性を上回る磁気抵抗効果の観測に成功した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］金属酸化物、スイッチング素子

［研 究 題 目］**電気磁気効果を有する反強磁性連続媒体を用いた電界操作磁気記録原理の理論精査とシミュレーション技術の開発**
［研究代表者］今村　裕志
（ナノスピントロニクス研究センター）
［研究担当者］今村　裕志（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

モバイルコンピューテイングやクラウドコンピューティングの進展により、ネットワークを介した情報の流通量は劇的に増加している。その膨大な情報を記録するためのストレージ技術はもはや記録密度の限界に到達しつつあり、従来型の微粒子磁石の磁化反転を利用する方式とは異なる新しい磁気記録方式の開発が求められている。この磁気記録の大きな壁を克服するために、エネルギーアシスト磁気記録などの新たな磁気記録方式が検討されているが、これらは従来原理の域を出るものではなく、かつエネルギーアシストは省エネルギー化の流れに逆行するものである。本研究では、低消費電力な磁気記録技術の実現を目指し、電気磁気効果を有する反強磁性連続媒体を用いた電界操作磁気記録原理の理論精査とシミュレーション技術の開発を行う。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］電気磁気効果、反強磁性、磁気記録

［研 究 題 目］**単原子層デザインによる希少金属フリー超高磁気異方性薄膜の開発**
［研究代表者］薬師寺　啓
（ナノスピントロニクス研究センター）
［研究担当者］薬師寺　啓（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

既存の実用垂直磁化薄膜は、通常、Pt, Pd, Tb, Ru, Gd といった希少金属を含むが、本研究では、これら高性能垂直磁化薄膜を、レアアースフリー・貴金属フリーで実現することを目指す。なおかつ、同時に、現行の実用薄膜（6-8Merg/cc 程度）の10倍以上、既存の最高値と比べても2倍以上の、垂直磁気異方性エネルギー密度（Ku）～100M（＝1×108）erg/cc を目指す。これは薄膜としては未踏の大きさである。現行の10倍以上の Ku となれば、同じ磁化保持のために要する体積は10分の1となり、その省スペースと省エネルギーによるグリーンイノベーションが大きく推進される。

今年度は、Mn 系および Cr 系の垂直磁化薄膜形成を試みた。具体的には、垂直磁化薄膜の下地層の開発を同時に進め、多層構造一体としての材料探索を行った。まず下地層の開発に於いて、熱酸化 Si 基板上に Cr、V、Ta の（001）配向層を室温で形成することに成功した。次いで、これら（001）配向下地層上に、Mn 系 Cr 系の準安定規則合金層の垂直磁化材料の成膜を行い、レーザー照射による瞬間熱処理を併用することで垂直磁化薄膜の形成に成功した。このとき使用した装置は量産向けの大型スパッタ装置であり、量産応用に即転用可能な技術開発を行うことができた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］スピントロニクス、磁性材料、材料戦略、レアアースフリー、垂直磁気異方性

［研 究 題 目］**物質や生命の機能を原子レベルで解析する低加速電子顕微鏡の開発**
［研究代表者］末永　和知
（ナノチューブ応用研究センター）
［研究担当者］末永　和知、佐藤　雄太、劉　崢、越野　雅至、OviduCRETU、YungChan Lin、新見　佳子、佐藤　香代子、齋藤　昌子
（常勤職員4名、他5名）
［研 究 内 容］

本研究加速課題では、CREST 研究の成果をもとに、製品化・市場投入を念頭に置き、装置開発と応用研究を重点的に加速する。そのために、基礎電子光学および周辺技術に立脚した電子顕微鏡の要素技術の高度化を行う。

具体的には、10～100kV 程度で使用できるデルタ型球面・高次収差補正機構および軸外収差の発生を抑制した色収差補正機構など、商用機に搭載可能な次世代の収差補正装置を開発し、幅広いニーズに対応できる低加速高性能電子顕微鏡を実現する。また、これに加えて、単分子・単原子計測に特化した電子分光機能や環境制御機能を備えた世界に例のない高機能電子顕微鏡を開発する。

本研究加速課題により、軽元素材料の単分子・原子観察のみならず、有機材料、生体材料など（ソフトマター）が観察可能となり、反応の直接観察による高効率太陽電池開発や創薬への原子レベルのアプローチなど、多分野にわたる研究の飛躍的な発展が期待される。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］電子顕微鏡、収差補正技術、単分子イメージング

［研 究 題 目］**自己組織プロセスにより創製された機能性・複合 CNT 素子による柔らかいナノ MEMS デバイス**

［研究代表者］畠　賢治
（ナノチューブ応用研究センター）

［研究担当者］畠　賢治、湯村　守雄、山田　健郎、Futaba Don、小橋　和文、関口　貴子、田中　文昭、山本　由貴、山田　幸子、LASZCZYK Karolina Urszula、浜名　志帆、彦坂　理恵
（常勤職員5名、他7名）

［研 究 内 容］

CNT はその優れた物理・化学的特性のため、次世代デバイスのコア素材として期待されている。しかしながら、CNT デバイスを実用化するためには、所定の位置に所望の量の CNT を敷設し、かつ配向方向・形状を任意に制御して、多様かつ設計された機能を有する CNT デバイスを安定に再現性良く製造する技術が必須である。このような高度な構造制御が必要なため、CNT デバイスは、CNT を大量にバルク材料として使用する用途より、実用化が遥かに困難となっている。

本研究では、カーボンナノチューブ（CNT）MEMS デバイス産業を実現するための、デバイス基盤製造技術と、異材料とのインテグレーション技術を開発している。ボトムアップの技法と微細加工技術を組み合わせて、CNT の位置・形状を自由自在に制御しながら集積化、異材料とインテグレーションさせ、デザインされた機能を有する CNT 素子・ナノ（MEMS）デバイスの創製を目標としている。

これまで我々のグループでは、CNT の超高効率成長法である、スーパーグロース法を用い、基板からシート状に垂直配向した、CNT のマクロ構造体「CNT シート」を作製した。それを成長基板から剥がして、デバイスを製造する基板上に液滴を導入し、その乾燥時に、シートの CNT 同士を液体の表面張力で引きつけ高密度化し、同時に基板にも密着させ貼り付ける技術を開発した。これにより、CNT が平面的一方向に配向し、高密度に集合し板状になった「CNT-wafer」を、任意の基板の任意の位置に、任意の配向方向をもって形成可能とする「CNT シートを基板に貼って作るデバイスの製造技術開発」を行ってきた。本年度は、CNT シート貼り付け技術に基づいて、CNT センシング構造体の作成に成功した。開発した CNT ツイストセンサーは、人体やロボットの動作をモニターでき、ストレッチャブルデバイス、ヘルスケア、バーチャルリアリティ等の広い分野で応用が期待される。

CNT の新規な機能発現を目指し、異材料との複合化技術を開発するため、CNT の密度制御技術、形態制御技術の開発を行った。特にフレキシブルキャパシタ、ナノメカトロニクスやバイオ発電デバイスに特化した複合化技術の開発に取り組んでいる。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］カーボンナノチューブ、スーパーグロース、CNT-wafer、デバイス

［研 究 題 目］**高機能化細胞増殖因子を用いたヒト iPS 細胞用の無血清培養液の開発**

［研究代表者］今村　亨（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］今村　亨、鈴木　理、浅田　眞弘、倉持　明子、織田　裕子、上原　ゆり子、隠岐　潤子、中島　真紀
（常勤職員3名、他5名）

［研 究 内 容］

iPS 細胞を用いた再生医療が本格化している。そこで用いる細胞を増殖させ加工するためには、動物由来成分を含まない無血清培養液と高い生理活性を有する細胞増殖因子が必要である。加えて、培養液交換頻度低減や細胞形質維持能力の向上が期待されている。独自の知見と技術で作られた細胞増殖因子 FGFC は、ヒト ES/iPS 細胞の培養に必須な FGF2の特徴を有し、かつ高い安定性と生理活性を有する。本研究では、被災地仙台の細胞培養用培養液の製造会社が確立した無血清培養液作成技術を基盤として、この新規増殖因子の性能を最大限に活かし、ヒト iPS 細胞用の無血清培養液、及びヒト再生医療用細胞に使用できる高性能無血清培養液を開発することにより、震災からの復興を支援することを目指している。

本年度は、複数のヒト iPS 細胞株において、FGFC が示す細胞の未分化能の維持活性と、増殖促進活性を評価した。iPS 細胞の新規培養液を開発するための基盤と

して、京都大学 iPS 細胞研究所（CiRA）で確立された標準的培養技術を導入し、iPS 細胞の維持・培養を行う基礎的作業手順を整備した。iPS 細胞として、CiRA で確立された標準的細胞株201B7に加え、253G1株の解析も開始した。未分化マーカー遺伝子の発現維持性能を信頼性高く評価するため、201B7株では、FGFC により10継代以上の維持培養を行い、定性的な解析により、細胞が良好に増殖し、4種の未分化マーカーの発現レベルにおいても、従来用いられている FGF2を用いた場合と同様に良好な性質を示すことを確認した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］再生医療、iPS 細胞、細胞培養液、震災復興

［研 究 題 目］藻類由来レクチンを用いた血中ウイルス等除去技術の開発

［研究代表者］巌倉　正寛
（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］巌倉　正寛、広田　潔憲
（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

関係する企業および大学との共同により、ウイルス吸着除去のリガンドとして使用する藻類由来レクチン自体の血液適合性評価法を確立し、血液適合性の面からのレクチンのスクリーニングが行えるようにする。また、藻類由来レクチンをシリカモノリス担体に結合させた吸着担体（デバイス）の血液適合性を評価しうる評価法を確立する。これにより、吸着担体（デバイス）の血液適合性を改善し、血液体外循環吸着療法に使用できるようにすることを目的に研究開発を行っている。このような課題の中で、我々は、吸着担体に導入するウイルスを結合除去するための固定化用リガンド蛋白質の開発及びその大量製造方法についての開発を分担している。

平成24年度は、配向制御固定化できるようにデザインしたレクチンの大量製造法を開発するため、精製方法を検討し、ニッケルキレートカラム→陰イオン交換カラム→ニッケルキレートカラム、の順に連続クロマトグラフィーを行うことによって高純度に精製できることを確認した。また、糖鎖の特異性に関するバリエーションを広げるため、異なるタイプのレクチンを配向制御固定化できるようにデザインし、大腸菌に発現させて大量精製することに成功した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］レクチン、藻類、ウイルス、除去デバイス、固定化蛋白質、配列デザイン

［研 究 題 目］抗体発現細胞開発および培養モニタリングのための迅速な抗体濃度測定装置の開発

［研究代表者］巌倉　正寛
（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］巌倉　正寛、広田　潔憲、吉岡　恭子
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

これまで独自に開発してきた「モノクローナル抗体の高速精製技術を活用した培養液中の抗体濃度の迅速測定法」を活用し、抗体産生用 CHO 株の培養液中の抗体濃度測定をハイスループットに行う装置の開発とそれを用いた CHO 細胞育種支援技術および培養モニタリング技術への適用可能性について検証を行うことを目的に研究開発を行っている。

昨年度まで開発していた96穴タイプの抗体精製用マルチカラムプレートにおいては、細胞培養液から抗体を精製する際、不純物の持ち込みによるバックグラウンドがあり、低濃度の抗体に関しては吸光度の測定データにばらつきが見られた。そこで平成24年度は、マルチカラムプレートの製造方法を検討し、バックグラウンドおよび測定データのばらつきを低減させることに成功した。その結果、無血清培地においては、0.2ml の培養液中0.005mg/ml までの低濃度の抗体を検出し定量できることを確認した。また実際に、CHO 細胞にモノクローナル抗体を発現させてマルチカラムプレートで精製してみたところ、高純度に精製できることを確認した。これらの結果は、発現細胞構築におけるハイスループット化に貢献できる成果と考えられる。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］抗体濃度測定、モノクローナル抗体、ハイスループット、CHO 細胞、発現細胞構築

［研 究 題 目］ラベル不要の高機能性バイオセンサシステムの開発

［研究代表者］Penmetcha Kumar（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］Penmetcha Kumar、末永　恵美、水野　洋、富永　淳二、Subash C.B. Gopinath
（常勤職員2名、他11名）

［研 究 内 容］

目標：

バイオセンサとは、生体関連物質を用いたセンサのことであり、その用途は広く、重要性は高い。しかし、計測には、蛍光色素や放射性同位体等でラベルして利用するのが現状であり、煩雑な作業やコストがかかる等問題点が多い。これらの問題点を解消すべく、我々は DVD を導入し、化合物のディスク基板上への結合を光ディスクにおける信号の変化として捕らえることが可能となったので、ラベル不要バイオセンサとしての BioDVD 開発を行う。

計画：

RNA アプタマーのディスク上への吸着試験においては、非特異的吸着が生じやすいため、反射率の観測において目に見えない程度に非特異的吸着を減少させる。NMR で構造解析したプリオンアプタマーを DVD 基板上にハイブリダイゼーションさせる際に、標的分子との相互作用が立体障害によって阻害されることがないかを検討する。プロトタイプ評価機検出回路基板の動作確認、信号処理手法の検討、アプリケーションソフトの改良、機能追加を行う。ハイスループットを念頭に置いたインクジェット方式は、多種高速スポッティングには不向きなので、多種溶液の均一キャピラリー固定法を検討する。
年度進捗状況：

SAM 試薬を導入しても非特異的吸着の根本的解決には至らず、特に洗浄と乾燥が問題になることが判明したので、最初から DVD 基板を用いずに、非特異的吸着を除く pre-step 法を導入し、最終ステップに DVD 基板を用いることにより非特異的吸着解消に成功した。DVD 基板上で立体障害が無いプリオンアプタマーをデザインし、実際に SAM を用いて測定し、標的分子との相互作用の信号を確認した。ソフトウェアについてはいくつかの項目の機能追加を行い、ソフト処理だけでは信号レベルの精度が良くない場合に、手動による信号レベルのエディット機能を改良した。50本のキャピラリーに異種溶液を毛細管現象により注入し、容器に封入して徐々に減圧して滴下することで、異種高速マルチスポッティングが可能になった。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］BioDVD、アプタマー、バイオセンサ

［研 究 題 目］藻類由来原料を利用した多糖類系バイオプラスチックの研究

［研究代表者］芝上　基成
（バイオメディカル研究部門）
［研究担当者］芝上　基成（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

地球上にほぼ無尽蔵であり、トウモロコシのように食糧としての供給と競合せず、かつ安定に供給されうる非食用植物資源由来の多糖類を主原料とした、バイオプラスチック創製のための基盤技術の確立を目的とする。本課題で開発するバイオプラスチックは、自然が創り上げた精緻かつ強固な構造をもつ多糖類（グルコースポリマー）を主骨格としてもつことを構造上の特徴とする。平成24年度は微細藻類の一種であるユーグレナ（ミドリムシ）から抽出した多糖類（パラミロン）に、長さの異なる長鎖アルキル基を様々な割合で導入した各種パラミロン誘導体を合成し、これらについてその諸物性を測定することでバイオプラスチックとしての利用可能性の検討を行った。今回合成した6種類のパラミロン誘導体はいずれも熱可塑性を示すことが明らかとなった。その熱可塑性は植物由来プラスチックであるポリ乳酸（PLA）やナイロン11、石油由来の ABS 樹脂と同等レベルであった。5%重量減少温度については PLA やナイロン11よりも若干低いもののほぼ同等レベルであった。また耐熱性の指標であるガラス転移温度については PLA、ナイロン11、ABS 樹脂よりも高いことが分かった。曲げ強度、曲げ弾性率については PLA、ナイロン11、ABS 樹脂と同等レベルであった。一方、衝撃強度については ABS 樹脂よりも低かったが PLA やナイロン11と同等レベルであった。一連の物性測定より、パラミロンに導入した長鎖アルキル基の置換度および長鎖アルキル基の長さがこれらの物性値に大きく影響を及ぼすことが明らかとなった。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］微細藻類、バイオプラスチック

［研 究 題 目］復興促進プログラム（A-STEP）探索タイプ「未利用海藻資源からの健康食品素材製造技術の開発」未利用海藻資源からの健康食品素材製造技術の開発

［研究代表者］市村　年昭
（バイオメディカル研究部門）
［研究担当者］市村　年昭（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

東北地方沿岸地域において中小規模設備で実施可能な新規高付加価値食品加工法の開発を目指して、未利用海藻資源から血圧降下ペプチドを含有する機能性食品素材を製造するための基盤技術の開発を目標とする。当研究室のこれまでの研究や各種報告を元に検討した結果、一部の海藻から機能性食品成分になり得る血圧降下ペプチドを生成できることが示された。本研究ではこれを食品加工法として応用することを目指し、藻体の前処理から精製過程まで可能な限り簡便で再現性が期待できるように各工程の諸条件を設定し、得られた機能性食品素材試料の生成率、その血圧降下作用の強さ等を定量的に測定、評価することにより、技術移転のための基盤データを取得する。本年度は、東北地方で資源量が比較的多く、近年さまざまな調理法が考案され注目度が高まっているアカモクを取り上げた。松島湾産海藻の乾燥藻体を材料とし、破砕法、酵素処理法などの各種処理条件を検討し、抽出液試料を調整した結果、一定の条件下で、アンジオテンシンⅠ変換酵素阻害活性を有する試料が得られた。さらにこれを高血圧自然発症ラットに経口投与し、その血圧を測定した結果、投与から5時間後の血圧が有意に低下することが見いだされた。今後さらに、他の海藻資源について検討を行う。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］食品、生理活性、血圧降下作用

［研 究 題 目］復興促進プログラム（A-STEP）探索タイプ「未利用海藻資源からの健康食品素

材製造技術の開発」ヤマユリ精油の産業化に関する研究

［研究代表者］河野　泰広
（バイオメディカル研究部門）
［研究担当者］河野　泰広（常勤職員1名）
［研究内容］

ヤマユリの精油はこれまでに全くなかったものであるため、新しいニーズが創出されることから、中小企業への技術移転を行い、実用化の促進を図る。本研究では、ヤマユリ花弁から精油を安全かつ簡便に抽出する小規模企業向け技術を開発することを主要な目標とする。ヤマユリの香りにばらつきがなく、簡便かつ安定に抽出し、香水のユリ抽出成分の濃度を安定化する。さらに抽出した精油成分の確認と、精油の生活習慣病への効果など機能性解析を行う。研究計画の一年目の今年は、ヤマユリ精油（香気成分）を採る方法として担体吸着法および溶媒抽水法を検討した。担体吸着法としてユリの花の部分を生け花の状態にして、成分の酸化、劣化を防ぎつつ、減圧吸引を行い、トラップ（担体カートリッジ入り）中に香気成分を回収する手法を開発し、担体には逆相 C18、陽および陰イオン交換樹脂、活性炭等種々の充填剤についてユリ花弁成分の抽出を行った結果、逆相 C18の担体を用いた場合、ヤマユリの香気成分を含む精油を得ることができた。また酸化防止剤を添加した引火性の低い有機溶媒を用いて香気成分を抽出する手法を開発し、良い結果は得られた。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］ヤマユリ、精油、酸化防止剤、香水、生活習慣病

［研究題目］DNA ポリメラーゼの displacement 活性（鎖置換活性）の増強による二本鎖 DNA 複製系の開発

［研究代表者］松井　郁夫
（バイオメディカル研究部門）
［研究担当者］松井　郁夫（常勤職員1名、他1名）
［研究内容］

目標：

DNA プライマーゼと MCM ヘリカーゼを共存させることによりファミリーB DNA ポリメラーゼ（PolB）の鎖置換活性を高め、化学合成プライマーに依存しない Leading 鎖と Lagging 鎖の同時合成系を開発する。

研究計画：

従来法として、環状一本鎖核酸分子を鋳型として、phi-29DNA ポリメラーゼ等の鎖置換型 DNA ポリメラーゼで、相補的な配列を繰り返し合成させる方法が既に知られているが、この鎖置換型酵素を用いる方法では、複数の化学合成プライマーと環状一本鎖核酸が必ず必要である。そこで、それらに依存しない、Leading 鎖と Lagging 鎖の同時合成系を構築する。

年度進捗状況：

まず、H24年度は、蛍光標識化プライムマーをアニールさせた環状一本鎖 DNA 基質を作成するために、種々の長さのオリゴヌクレオチドをデザインした。また、超好熱菌由来の MCM ヘリカーゼ（PH0606）高発現系を構築し、組換え大腸菌上清からニッケルカラムを用いた His-tag 融合体の精製に成功し、ATPase 活性と3'→5'方向性の unwinding（巻き戻し）活性測定を試みた。その結果、精製された MCM ヘリカーゼには ATPase 活性は存在するものの、3'→5'方向性の unwinding（巻き戻し）活性が欠けていることが分かった。そこで、クローニングした MCM ヘリカーゼ遺伝子の塩基配列解析を行ったところ、6か所の変異を確認した。さらに、DNA プライマーゼ（Pri）は触媒機能を有する小サブユニット（PriS）と制御機能を有する大サブユニット（PriL）が会合し、ヘテロ2量体を形成することにより、DNA プライマーゼ活性が著しく増強されることを確認した。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］DNA ポリメラーゼ、遺伝子複製、鎖置換活性、超好熱性古細菌

［研究題目］シグナル撹乱複合体の電子顕微鏡解析

［研究代表者］佐藤　主税
（バイオメディカル研究部門）
［研究担当者］佐藤　主税、川田　正晃、三尾　和弘
（常勤職員3名、他2名）
［研究内容］

目標：

ASEM を用いた、CagA の細胞内への移行経路の解析、極低温電子顕微鏡を用いたシグナル撹乱複合体の単粒子解析を行う。溶液中での電顕観察を可能とする ASEM を用いて、金でラベルした CagA を用いて細胞内へ移行する CagA の移動経路を解析する。

極低温電子顕微鏡を用いた解析では、電顕像の解析と生化学解析を組み合わせ、得られている多量体構造に関して一定の答えを得るべく努力する。

研究計画：

現在、CagA の細胞内移行に関しては、いくつかの点で論争になっている。これは、CagA が細胞内に移行していく過程を捉えた高分解能画像が得られていないことが一番の原因である。ASEM を用いることで、光学顕微鏡より高分解能での観察が可能となる。多くの画像を取得することで、細胞内に移行して行く過程の CagA の像を得る。

極低温電子顕微鏡を用いた解析では、CagA 単体とシグナル撹乱複合体を対象とする。これまでに得られている CagA の電子顕微鏡像は、単分子で構造の柔軟性を示す分子種と、数個の CagA が集合して多量体を形成しているものに分けられている。電子顕微鏡による単粒

子解析と X 線結晶構造解析により得られたシグナル撹乱複合体の部分構造を組み合わせることで、シグナル撹乱複合体の全体像を得るべく解析を行う。
年度進捗状況：

ASEM による CagA の細胞内移行の解析に必要な基盤技術開発と、CagA 単体での透過電顕解析を中心にプロジェクトを進めた。ここでは、CagA が Helicobacter pylori 菌で生産され、ヒト細胞へと注入される様子の可視化を行った。強くラベルされた細長い pylori 菌が、一部丸い菌と共に宿主細胞に貼り付いて観察された。今後、CagA および4型分泌機構に関して、電顕法をさらに最適化する。

透過電顕による CagA 単体の構造情報の取得を目指し、解析ツールの開発を進めた。CagA 単量体は分子量130kDa であり、その粒子はコントラストが小さく、微かにしか見えない。その画像拾い上げを実現するために、新たに自動拾い上げアルゴリズムの開発行なった。

単粒子解析では、粒子像ライブラリーを構築した後で初期3次元構造を構築する。構造と画像ライブラリーとを照らし合わせながら、繰り返し計算によって構造を改善してゆく。CagA の構造決定を最短時間で進めるために、ワークフローの最適化を大幅に自動化するプログラムを構築した。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］電子顕微鏡、単粒子解析、pylori 菌、CagA

［研 究 題 目］研究成果展開事業　研究成果最適展開支援プログラムフィージビリティスタディステージ探索タイプ「レンチキュラーレンズを用いた高精度な姿勢検出が可能な視覚マーカの開発」他5課題　膜タンパク質認識ペプチド創製技術の最適化および自動化に関する技術開発

［研究代表者］木村　忠史
（バイオメディカル研究部門）
［研究担当者］木村　忠史、亀山　仁彦、久保　泰
（常勤職員3名）

［研 究 内 容］
目標：

我々は大腸菌を用いた膜タンパク質を認識するペプチドを創製する技術（intra Periplasm Secretion and Selection 法（PERISS 法））の開発に成功した。固相で行っている PERISS 法で扱えるライブラリーサイズを約1000-10000倍に拡大するために液相で行う技術を開発し、更に自動化するための素過程の最適化を行う。以上の技術開発により(1)より大きな母集団からの探索が可能となる、(2)複数の標的膜タンパク質を同時に扱えるようになる、(3)培養条件や洗浄条件などの条件検討も同時に行えるようになり、PERISS 法の企業への技術移転の可能性を高めることになると期待される。
研究計画：

H23年度に得た液相培養条件で4つのアミノ酸をランダムライブラリー化したペプチドを用いて、ある受容体に対して PERISS 法を適用する。
年度進捗状況：

LB（OE）培養液を用いて培養した PERISS 法によるスクリーニング前のプラスミドを解析したところ、終止コドンが出現しているものが10%ほどであり、これはアミノ酸4カ所に変異を入れたランダムライブラリーにおいて終止コドンが出現する確率とほぼ同等であった。PERISS 法を適用した結果のプラスミドを解析したところ、終止コドンの出現確率が85%と高率であった。一方、残りの15%のアミノ酸配列を解析したところ、ある種のアミノ酸に収束することが認められた。しかしながら、終止コドンが85%という高率で出現していることおり、いかにして効率的に非特異的結合を除去するかが今後の課題となった。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］PERISS 法、スクリーニング、液相培養、自動化

［研 究 題 目］バイオメディカル光イメージングにおける数理モデルと画像再構成

［研究代表者］星　詳子（東京都医学総合研究所）
［研究担当者］谷川　ゆかり（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、
星　詳子（東京都医学総合研究所）
岡田　英史（慶應義塾大学）、
吉永　哲哉（徳島大学）、
大川　晋平（防衛医科大学）
（常勤職員1名、他4名）

［研 究 内 容］

輻射輸送方程式の解析から導かれる生体内光伝播数理モデルの妥当性の検証を目的として、光学ファントム、小動物、ヒトを対象にフェムト秒パルス光源と高速の光検出器から構成される高精度時間分解計測システムを用いた生体計測を行い、数理モデルとの比較を行う。また、多チャンネル時間分解計測システムを用いて、ファントムとヒトの計測を行い、画像再構成アルゴリズムの検証を行う。

平成24年度は、ファントムの設計及び試作・改良を行うと同時に、高精度時間分解計測システムを立ち上げ、実験精度の検証を行った後、ファントム計測を行った。また、多チャンネル時間分解計測システムを用い、ファントムを対象とした計測を行い、画像再構成アルゴリズムの妥当性の検討を行った。

フェムト秒レーザとストリークカメラによって構成される高精度時間分解計測システムにおいては、ファイバホルダ等計測冶具の開発を行うとともに、均質な平板の

ファントムを用いた時間分解計測実験を行った。さらにその結果を装置関数を利用して補正をかけたモンテカルロシミュレーション結果と比較し、時間分解計測結果とたいへん良い一致が見られた。

多チャンネル時間分解計測ステムを用いた計測では、円柱形ファントムおよび計測用冶具を作製し、光ファイバをファントムの周囲に同一平面上かつ放射状に設置して時間分解計測を行い、その結果を従来の光拡散方程式を用いた画像再構成アルゴリズムを用いて再構成し、その精度について検証を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］近赤外光を利用した生体計測装置、光拡散方程式、光学ファントム

［研 究 題 目］**大脳皮質への神経活動入力による機能回復促進**

［研究代表者］肥後　範行（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］肥後　範行、山本　竜也、杉山　容子（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

皮質内微小刺激法－intracortical microstimulation（ICMS）を用いて、マカクサル第一次運動野の体部位マップを同定した後に、神経毒であるイボテン酸を体部位マップの手指の領域に注入し、限局した損傷を作成した。脳機能回復に伴う領域レベルの活動変化の背景にある、単一ニューロン活動の変化を知るために、サルがスリットから物体を把握し、取り出して食べるという一連の運動を行っているときに、脳内に記録電極を刺入し単一ニューロン活動を計測した。この分野の先行研究として、ICMS によって同定される体部位マップの変化を調べた研究がある（Nudo et al., 1996）。この先行研究では、運動野の手指領域を損傷した後にリハビリ訓練を行うと、もともとは肘や肩の動きにかかわる領域に手指領域が拡がることから、この体部位マップの変化がリハビリによる機能回復の脳内基盤だと考えられてきた。今回の私の実験では、損傷した領域の周囲に指領域の拡大が少し見られた一方、電気刺激で何も応答が見られない領域、すなわち体部位マップが明確でない領域が多くなり、第一次運動野の指と肘肩以外の領域がほとんど見つからなくなった。この結果と先行研究との違いの原因は不明であるが、先行研究はリスザルを用いているのに対して、本研究では手の巧緻性の高いニホンザルを用いていることと関係がある可能性がある。この体部位マップの変化に対応して、損傷前と運動機能の回復後で活動パターンの変化を示す領域がいくつか見られた。例えば電気刺激で何も応答が見られない領域では、損傷前と比べて、手の動きに相関したニューロン活動が有意に上昇した。このことから、損傷後の回復期には、手の動きを担うニューロンが損傷の周辺領域にモザイク状に広がっていると考えられる。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］リハビリテーション、霊長類、病態モデル、機能回復、神経可塑性

［研 究 題 目］**BMI を介した観察者間の知覚共有技術の開発**

［研究代表者］林　隆介（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］林　隆介（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

脳と脳の間で視覚情報の伝達を行うブレイン・トゥ・ブレイン・インターフェース技術の基礎研究として、本研究は、動物モデルを用いた実証実験を主眼としたシステムの開発研究を行った。すなわち、一方の動物モデルから、マルチ微小電極アレイを用いて神経活動を記録し、その神経活動から視覚体験を解読し、解読した視覚情報を他方の動物モデルにマルチ微小電極アレイを介して皮質電気刺激として入力することで、視覚情報の伝達を行うことををめざした。実験では、多数の微小電極アレイを、サルの下側頭葉に埋め込み（電極総数224本）、覚醒行動下で多数の神経活動を同時記録した。さまざまな物体画像を提示したところ、100チャンネル以上の電極から下側頭葉ニューロンの活動電位を記録することができ、記録した神経活動から、モデル動物がどの画像を見ていたか高い精度で判別できることを明らかにした。さらに、圧縮した画像情報と神経情報との間の写像関係を機械学習することにより、大まかではあるが入力画像の復元に成功した。また、多点で皮質電気刺激できるシステム開発を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］神経科学、ブレイン・マシン・インタフェース、視覚情報処理

［研 究 題 目］**社会ロボットにおける文化的モデルに関する研究－日本とアメリカにおけるロボットの利用者の比較に関する研究**

［研究代表者］柴田　崇徳（ヒューマンライフテクノロジー研究部門

［研究担当者］柴田　崇徳、和田　一義、川口　幸隆（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

動物の様に人と共存し、特に身体的な相互作用を通して、楽しみや安らぎの精神的効果を与え、人の心を豊かにすることを目的に、メンタルコミットロボット「パロ」を開発している。動物の場合、アレルギー、人畜感染症、噛み付き、引っかき事故、管理、衛生などの問題で、動物を飼うことができない人々や一般家庭・医療福祉施設などがある。メンタルコミットロボットは、動物と同様に、人々に様々な効用を与えようとしている。

これまでに国内外30か国以上で約2600体が利用され、米国では医療機器として承認され、ドイツのニーダー・ザクセン州ではパロを用いた在宅認知症高齢者等の訪問介護サービスが保険適用となった。米国のイリノイ州では、看護師等に義務付けている継続教育ユニット（年間30ユニット＝30時間）の1ユニットにパロに関する講義が認定されている。デンマークでは医療福祉施設でのセラピーを目的に、一日の講習によるライセンス制度とともに、施設のみを対象としてパロを導入し、これまでに300名強がライセンスを受け、70%以上の地方自治体の施設に導入された。また、オランダ、スウェーデン、ドイツ等の他のヨーロッパの国でも同制度を導入している。

本研究では、日本と米国において、それぞれ、アンケート調査や医療福祉施設での臨床実験から、パロの受容性やセラピー効果に関して様々な評価や比較を行っている。一般家庭ではペットの代替として家族の一員に、医療福祉施設ではアニマルセラピーの代替として高齢者向け施設での生活の質を向上させ、認知症高齢者の脳機能や行動を改善しているが、文化的背景や社会制度の違いによる、日米での違いについて、欧州とも比較しながら研究している。さらに、日本の独特の環境として、東日本大震災の被災地で、被災者の心のケアや被災者と支援者の交流におけるパロの役割についての研究も行っている。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］文化比較、ロボット・セラピー、認知症、東日本大震災の被災者の心のケア

［研 究 題 目］**プリンテッドエレクトロニクスのための強誘電／導電技術の開発**
［研究代表者］鎌田　俊英（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）
［研究担当者］鎌田　俊英、白川　直樹、徳久　英雄、植村　聖、末森　浩司、福田　伸子、峯廻　洋美、堤潤也、松井　弘之
（常勤職員9名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究は印刷可能な強誘電／導電体材料の材料・デバイス・プロセス開発のための研究交流を目的とする。具体的には産総研の材料、印刷技術と、フィンランド、VTT のデバイス、大量生産プロセス技術を組み合わせ、メモリ素子、センサ素子開発などにおいて革新的な印刷エレクトロニクス技術を創出する。

日本、フィンランドともそれぞれ独自にまた共同での成果が上がっている。特に、スーパーインクジェットを用いて形成する高密度高速書き込みの WORM メモリーの研究開発において、相手側チーム VTT から2名研究員が産総研を訪問し、産総研のスーパーインクジェットを実際利用して、デバイス作製を共同で行った。それによって、線幅がより均一なラインを作製する条件を得ることに成功した。

さらに、11月から産総研のメンバーが5人増員され、産総研、VTT 両者のポテンシャルをさらに活かせるより強力な共同研究体制を整えることができた。その結果、新たに産総研のマイクロコンタクト印刷技術、酸素ポンプ技術を用いて CNT、グラフェンをベースとした透明電極、半導体を開発することとなった。1月には産総研から7名が VTT を訪問し、これまでの研究経過報告と今後の方針について協議を行った。協議後に産総研メンバー1名が2週間 VTT に滞在し、VTT の高速通電焼結技術を習得し、さらにウェットプロセスで作製した半導体膜を高速通電焼結する技術開発について共同で取り組み、交流高速通電焼結技術を半導体用途に適すよう改良し、技術課題の抽出とプロセス適用可能性を見出した。

3月に産総研つくばにて、国内外の招待講演者を集め、「日欧プリンテッドエレクトロニクスの最新動向とビジネス展望」と題してシンポジウムを開催した。

本研究で日本とフィンランドが交流を通じて相互的に取り組むことで、印刷可能な強誘電材料や導電材料の開発を行い、各種センサやメモリ、電気回路、素子電極、アンテナなどへの応用が期待される。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］プリンタブルエレクトロニクス、フレキシブルエレクトロニクス、メモリ、配線

［研 究 題 目］**新しい高性能ポリマー半導体材料と印刷プロセスによる AM-TFT を基盤とするフレキシブルディスプレイの開発**（JST）
［研究代表者］長谷川　達生（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）
［研究担当者］長谷川　達生、山田　寿一、堀内　佐智雄、松井　弘之、堤　潤也、井川　光弘、千葉　亮輔、松岡　賢
（常勤職員5名、他3名）

［研 究 内 容］

本研究は、印刷により製造されたフレキシブルなアクティブ・マトリックス・トランジスタアレイ（AM-TFT）の開発を目標として、広島大学・住友化学・大阪大学・産総研が共同して、高性能ポリマー半導体の開発とデバイス高性能化のための研究開発を行う。平成24年度において産総研が取り組んだ研究は以下の通りである。①新規ポリマーTFT の素子特性最適化・安定性向上においては、有機薄膜トランジスタの浅いトラップ状態の起源について、有機高分子ゲート絶縁体材料内の極性基のランダム分布による効果についてモデル解析を行い、これが浅いトラップ密度分布を形成する原因になることを明らかにした。②新規ポリマーTFT の高効率電極の印刷プロセスへのインテグレーションにおいては、親水／疎水パターンを用いて印刷技術により精細度の高いパ

ターニングを可能にする技術を確立するため、親水／疎水パターン上の液滴形状シミュレーション技術を開発、及び、反応性を有する基板表面の介在によりナノメタルインクの室温凝着化と電極配線パターン形成を同時に促す、超簡易印刷プロセス技術の開発に成功した。③プッシュコート法によるアレイ化技術の開発においては、ポリマーTFT によるアクティブ・バックプレーンを新開発したプッシュコート法を用いて製造することに初めて成功するとともに、高性能な TFT を多く与える低分子系有機半導体にもプッシュコート法の適用が可能であることを実証することに成功した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］有機半導体、プリンテッドエレクトロニクス、プリンテッドエレクトロニクス、アクティブ・バックプレーン、薄膜トランジスタ、ポリマー半導体、有機エレクトロニクス

［研 究 題 目］有機強誘電体の新材料開発、薄膜プロセス技術の開発、及び電子状態計算

［研究代表者］堀内　佐智雄（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

［研究担当者］堀内　佐智雄、長谷川　達生、山田　寿一、所　和彦、野田　祐樹、加藤　綾乃（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）、石橋　章司（ナノシステム研究部門）（常勤職員5名、他2名）

［研 究 内 容］

「元素戦略を基軸とする物質・材料の革新的機能の創出」領域で採択された課題「有機材料を用いた次世代強誘電物質科学の創成」（JST CREST、課題代表：産業技術総合研究所）を、標記のテーマで主導している。本研究では、(1) 優れた分極性能と十分な耐久性をもつ新規有機強誘電体の材料開発、(2) 多結晶性薄膜／単結晶性薄膜の作製によるデバイス化に適した薄膜・印刷プロセス技術の確立、(3) 自発分極などの物性パラメータ予測、スペクトルシミュレーション、及び分子軌道解析など微視的電子状態の解明に向けた理論計算、の3点に取り組んでいる。平成24年度は，生体物質にも含まれるイミダゾール化合物を用いることで、化学的安定性や溶解性を向上させつつ高い分極性能をもつ低分子強誘電体を実現した。反平行な分極配向を電場で平行に強制できる反強誘電性や、2－メチルベンゾイミダゾールのような、90度配向も可能な擬正方晶型の強誘電体など、分子配列に応じた多様な分極配向ができた。また、さまざまな組み合わせの化学修飾が可能であり、多くが市販品もしくは確立された合成法で入手できるため、結晶構造と次元性など、有機強誘電体の構造物性相関を調べる格好の舞台が実現できた。理論計算については、酸（アニル酸）と塩基（種々のビピリジン類やフェナジン）が水素結合した新規有機強誘電体の電子状態および自発分極の大きさを第一原理計算により評価し、実験結果の正当性を裏付ける妥当な結果を得た。今後、イミダゾール化合物などによる、ドメイン構造制御を通じた高機能化への展開を図る予定である。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造分野

［キーワード］有機強誘電体、有機エレクトロニクス、相転移現象、電子状態、第一原理計算

［研 究 題 目］複雑化する世界における Natech（自然災害と技術の相互作用）リスクの低減に関する学際的研究：日本の経験から学び、iNTeg-Risk プロジェクト・NaTech 分野の手法を応用

［研究代表者］岸本　充生（安全科学研究部門）

［研究担当者］岸本　充生、和田　有司（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

東日本大震災が、欧州で近年研究が進みつつあった Natech（自然災害起因の技術事故）の典型例であること、及び、津波を原因とする Natech についてはまだ研究が進んでいないことなどから、フランスの Natech リスク研究者と共同で、既存の Natech リスク研究に、津波のケースを追加すること、および、サプライチェーンを通した経済波及影響まで含めた拡大版の Natech リスク分析枠組みを提案することを目的とした。具体的には、タンクを中心とする危険物施設の地震と津波からの減災対策を対象に、フランスチームが工学的アプローチを、日本チームが政策的アプローチを担当した。経済被害評価モデルの基礎モデルとなる、地域間産業連関表をベースとした多地域・多部門・静学応用一般均衡モデルを開発し、試験的なシミュレーションでは、東北地方の工場設備の毀損が、サプライチェーンを通じ、他地域の経済活動に影響をもたらす事態を再現できた。さらに、フランスチームが開発した産業施設のフラジリティカーブ（脆弱性曲線）を媒介として、既存の Natech 枠組みにサプライチェーンを通した経済的被害をつなげた拡大版の Natech のフレームワークを提案した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］自然災害、Natech、法規制、保険金融

［研 究 題 目］東日本大震災被災地域の中長期低炭素エネルギー供給システムの検討

［研究代表者］玄地　裕（安全科学研究部門）

［研究担当者］玄地　裕（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

東日本大震災を受けて、原子力発電以外の低炭素エネルギー供給システムについて再検討する必要性が生じて

いる。本研究では、（独）科学技術振興機構低炭素社会戦略センターと共同で、事業として経済的に自立可能で、かつ、低炭素なエネルギー資源の活用計画の提案を目指している。

平成24年度は、再生可能エネルギーの一つとしてバイオマスエネルギーを選び、東北3県における潜在的なバイオマスエネルギー量を試算した結果、年間約193PJ（ペタジュール：10の15乗ジュール）と見積もられた。これは、東北3県の民生部門（家庭と業務部門）の最終エネルギー消費量（2009年推計値で合計約365PJ）の約53%に相当し、大きなポテンシャルを有することが分かった。

さらに、すでに再生可能エネルギーの導入が高度に進んでいるヨーロッパの環境都市の中から、スウェーデンのストックホルム（ハマルビー地区）、ベクショー、マルメ、デンマークのコペンハーゲンを選び、自治体担当者に再生可能エネルギー導入の歴史的、技術的な背景と具体的なシステム運用などを中心とした聞き取り調査を実施した。その結果、地域的、地理的特徴（地震が無い、岩盤上の立地など）から木材を大規模建築に使いやすい、地中熱利用システムの導入費用が安いなどの利点のほか、環境都市プラニングに、同じ自治体担当者が長年携わっていることや、土地の所有権を自治体が持っていることが多いことが、プランの実現に大きく貢献していることが示唆された。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］エネルギー、バイオマスエネルギー、環境都市、低炭素社会

［研 究 題 目］震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性の研究
［研究代表者］佐藤　隆司
（活断層・地震研究センター）
［研究担当者］佐藤　隆司、雷　興林（地圏資源環境研究部門）（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

本研究はJST-JICA地球規模課題対応国際科学技術協力事業「鉱山での地震被害低減のための観測研究」の一部を分担する。本事業は、南アフリカ金鉱山で発生する地震を地震計、歪計等を用いて震源極近傍で観測することにより、地震発生過程解明および鉱山での地震被害低減に寄与することを目的とする。本分担課題では、震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性を室内実験で計測し、震源極近傍での観測結果を解釈する際の基礎データとする。

今年度は、2007年12月に南ア金鉱山の深度約3km で発生した地震（Mw1.9）の震源付近から採取した橄欖岩試料を用いた破壊実験を行い、AE 時空間分布から推定される岩石試料の破壊過程と地震の震源過程の比較を行った。

［分　野　名］地質
［キーワード］南アフリカ金鉱山、震源近傍観測、室内岩石試験

［研 究 題 目］ナノ細孔を有する多孔質材料の機能化
［研究代表者］遠藤　明（環境化学技術研究部門）
［研究担当者］遠藤　明、片岡　祥、上村　佳大、下村　真理江（常勤職員3名、他1名）
［研 究 内 容］

ナノ細孔に閉じ込められた物質の相状態や吸着・移動特性の基礎メカニズムを検討・解明し、得られた知見を応用技術へ展開することを目的とする。ナノ細孔を有する多孔質材料の機能化，およびナノ細孔における物質の吸着・移動現象の解析と制御に取り組む。主に高機能湿度制御材料・システムの創成を目指す。

ナノメートルオーダーで構造規則性を有するナノ多孔質材料粒子、薄膜を合成するとともに、次年度以降に対象とする材料に関する調査・構造設計を行う。

ブロックコポリマーのミクロ相分離を利用したナノメートルオーダーで構造規則性を有するナノ多孔質材料の合成方法を開発した。同法によると、溶媒の極性をコントロールすることで同一のブロックコポリマーから多様な相構造が得られること、従来のミセルテンプレートでは報告されていなかった逆相（無機物が不連続相）も得られることがわかった。またシリンダー状細孔を有するものについては、細孔径10nm でほとんど屈曲のない直線的な細孔形状を得ることができた。

また、ナノ細孔表面物性の評価手法として、細孔内部の水の吸着および窒素有着等温線を極低相対圧（水蒸気で $p/p0=10^{-5}$、窒素で $p/p0=10^{-8}$程度）からの測定が可能となり、合成されたナノメートルオーダーで構造規則性を有するナノ多孔質材料（メソポーラスシリカ粒子）や、ゼオライトを対象としての測定を開始した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］ナノ多孔質材料、吸着、相変化

［研 究 題 目］バッチ式内部熱交換型蒸留システムの実用化開発
［研究代表者］遠藤　明（環境化学技術研究部門）
［研究担当者］遠藤　明、片岡　祥（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

リチウム電池合成用溶媒として用いられている N-メチル-2-ピロリドン（NMP）や製薬原体合成用溶媒として用いられているピリジンを高効率にリファイン可能なバッチ式内部熱交換型蒸留システムを実用化するための操作ならびに設計条件を確立する。

バッチ式 HIDiC の塔底液からの脱水を吸着プロセスにより行うことを目的として、対象とする混合物系（NMP あるいはピリジン）において使用可能かつ吸水性にすぐれた吸着剤を探索するとともに、モデル系（ア

ルコール−水系等）における水吸着除去に関する検討を行う。これらの結果およびシミュレーション結果を融合させることにより、吸着による脱水プロセスとバッチ式 HIDiC とのハイブリッド化による省エネルギー性向上の可能性を山形大学とともに検証する。

平成24年度はイソプロパノール−水系において利用可能な脱水用吸着剤として、親水性ゼオライトを選定し、その液相における脱水挙動の検討をおこなった。エタノール系と異なり、イソプロパノールが細孔内に侵入不可能な A 型ゼオライトが最もよい脱水性能を示した。山形大学とともに、吸着ー蒸留ハイブリッドシステムのモデル化および省エネ特性計算を行い、実際に省エネとなるプロセス条件を検討した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］ナノ多孔質材料、吸着、脱水、バッチ式内部熱交換型蒸留

［研 究 題 目］化学的アプローチによるセルロースからの乳酸合成および誘導体化

［研究代表者］富永　健一（環境化学技術研究部門）

［研究担当者］富永　健一、藤谷　忠博、島田　茂、高橋　厚、平田　恵一、佐藤　一彦（常勤職員5名、他1名）

［研究内容］

本研究は、セルロース系バイオマス原料から化学的変換法により乳酸を合成し、さらにその化学変換によりアクリル酸を合成するための、一連の要素技術を開発することを目的としている。本年度は、①六炭糖からの乳酸合成反応用触媒の開発、②セルロースからの乳酸合成用触媒の開発、③乳酸脱水反応触媒の開発を行なった。

六炭糖からの乳酸合成反応用触媒については、昨年度までの成果を元に触媒系を最適化することにより、高収率で乳酸を生成する触媒系を開発することができた。また、蒸留により生成物を留去した残渣が触媒活性を有しており、触媒系が繰り返し再利用可能であることを確認した。また、上記の触媒系にセルロース分解能を持つ触媒と組み合わせることにより、セルロースから一段で乳酸を合成する触媒系の開発にも成功した。乳酸合成に適したセルロース分解触媒をスクリーニングし、最適化も行なった。

乳酸脱水反応触媒の開発に関しては、従来のゼオライト系触媒に代わる新規な触媒系を見い出した。初期活性はゼオライト系に劣るものの、耐久性が格段に優れている。表面の修飾により乳酸への選択性を向上できることも見い出した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］バイオマス、バイオマスリファイナリー、セルロース、乳酸、アクリル酸、触媒

［研 究 題 目］活性点の配置を精密制御した高性能固定化金属錯体触媒の開発

［研究代表者］深谷　訓久（環境化学技術研究部門）

［研究担当者］深谷　訓久（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

目標：

嵩高いリンカーを利用し、SH 基を配位子として有する固定化パラジウム錯体触媒を新規に開発し、臭化アリールとフェニルボロン酸を用いた鈴木カップリングにおいて、収率90%以上を維持しつつ、技術移転への目安の一つである10回以上のリサイクル使用が可能な触媒を開発する事を目標とする。

研究進捗状況：

担体上での触媒サイトの分布を高分散な状態にするため、嵩高いリンカーを介してシリカ担体上に SH 基を配位子とするパラジウム錯体を固定化した触媒（A）、さらに触媒（A）表面の残留 OH 基をトリメチルシリル着でキャップした触媒（A-Cap）を新規に調製した。また性能比較の為、パラジウム錯体周りを同様の構造とし、リンカー部位のみを従来型構造とした固定化触媒（B）を調製した。

上記の3種の触媒を用いて、p−ブロモ安息香酸エチルとフェニルボロン酸との鈴木カップリング反応により、触媒活性および繰り返し利用性能の評価を行った。従来型リンカーをもつ触媒（B）では、繰り返しの度に生成物の収率が低下し、顕著な触媒性能の低下がみられるのに対し、新規に開発した嵩高いリンカーを持つ触媒（A）では、5回まで収率90%以上を維持しており、リンカー構造を変える事によって触媒寿命を向上させることができた。しかし触媒 A では6回目以降の繰り返し利用では触媒性能が低下し、収率は40−60%程度となった。一方、触媒（A-Cap）ではさらなる長寿命化が実現でき、最終目標である10回の繰り返し利用で収率90%以上を達成した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］固定化触媒、金属錯体、鈴木カップリング反応

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

［研究代表者］鳥村　政基（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］愛澤　秀信、黒澤　　茂、丹羽　修、栗田　僚二、加藤　大（常勤職員6名）

［研 究 内 容］

種々の計測情報を迅速簡便に取得し活用できる社会の構築が、特に環境やライフサイエンスの分野で強く望まれている。これまで、これら計測情報は実験室や試験所などに持ち帰って大型の機器分析装置を使って取得していたが、近年は環境や医療のより現場に近い場所で誰も

が迅速簡便に測定できるような技術の開発が課題となっている。これらの課題を解決する方法として、片手に載る大きさのマイクロ流路デバイス上で一連の計測が達成できるデバイスの研究開発が進められてきた。その結果いろいろな項目を分析できるマイクロ流体デバイスが提案されてきた。しかし、一方でこうしたデバイスの量産化の際の高い製造コストの問題は残されていた。

そこで、本研究では計測機能を持った流路を刻んだ樹脂製のマイクロデバイスを量産するための新たな金型作成技術を開発することを目標とした。現在民間企業と福島県ハイテクプラザとの共同研究を通して開発を進めており、特に現在市販されている金型より迅速かつ安価に作成できる技術の開発に重点を置いている。

今年度は、環境中の化学物質や微生物、生体内の疾病マーカー分子等をセンシングする機能を有するマイクロデバイスの試作を進め、試作したマイクロデバイスの性能評価と問題点の洗い出しを図った。

［分　野　名］環境・エネルギー、ライフサイエンス
［キーワード］計測、診断、マイクロデバイス、金型

［研 究 題 目］**エレクトロスプレー反応場を利用した繊維・紙加工技術の開発**
［研究代表者］脇坂　昭弘（環境管理技術研究部門）
［研究担当者］脇坂　昭弘、小原　ひとみ
（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

正・負エレクトロスプレーを対向させ、正・負に荷電した極微小液滴間の静電的相互作用によって両液滴を衝突・混合させることができるエレクトロスプレー反応場の技術を利用し、銀ナノ粒子等の抗菌性の高い粒子を極微小液滴内で合成し、そのまま繊維・紙製品の表面に効率よく定着させる新たな製造技術を確立し、従来品よりも高機能、低コスト、低環境負荷な製造方法を開発する。また、本エレクトロスプレー反応場の技術が抗菌加工以外の繊維・紙加工プロセスに適用できることを実証し、本技術のオープンイノベーションを推進して実用化を目指す。このため、①繊維加工・紙加工に適用するエレクトロスプレー反応場試作機の開発、②抗菌力を最適化する金属ナノ粒子のサイズ・密度の決定、③繊維・紙表面への金属ナノ粒子定着技術の開発、④金属ナノ粒子の化学組成・サイズ・密度制御技術の確立、⑤抗菌加工以外への適用となるエレクトロスプレー法による染色技術の開発に関する研究を実施する。今年度は、エレクトロスプレー反応場の最適化により、繊維・紙の抗菌及び染色加工用試作機の設計を行った。特に糸に対する染色を可能とするエレクトロスプレーの飛散防止技術を開発し、試作機に適用した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］エレクトロスプレー、抗菌加工、ナノ粒子

［研 究 題 目］**微量元素の挙動解析のための熱分解／誘導結合プラズマ質量分析装置（Py/ICP-MS）の開発**
［研究代表者］田尾　博明（環境管理技術研究部門）
［研究担当者］中里　哲也、佐藤　浩昭、重田　香織
（環境管理技術研究部門）
（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］

分析試料加熱時における、微量元素の挙動を調べるための解析装置、および高温反応を利用した分析装置を提供するため、試料を加熱するための熱分解炉（Py）と、元素を検出するための高周波誘導結合プラズマ質量分析計（ICP-MS）とをオンラインで結合した Py/ICP-MS 装置を開発する。①Py については現状では不可能な反応溶液の添加、反応の可視化を実現するため、インジェクションポートの形状、ガス混入防止機能、並びに反応容器中の試料状態を観測するための構造等を改良することによって、反応容器サイズを2倍とし、且つ溶液試料の交換速度を1/5以下に短縮することが可能となった。②Py/ICP-MS 用のインターフェースの開発については、現状では450℃までの発生ガスに対応したインターフェースを、950℃までの発生ガスに対応したインターフェースに改良するための材質と加熱方法を検討し、ICP トーチ及びトランスファーラインを考案して、設計図を作成した。また、インターフェースの破損を防ぐための機構が必要なことが判明したため、これを可能とする方式を考案し作製した。本インターフェースの開発が、本装置開発の鍵となる部分であり、高温を保持し、且つ破損を防ぐことが大きな課題であったが、この2点を解決できる方式を考案できたことで、大きく進歩した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］微量元素分析、挙動解析、質量分析、熱分解炉

［研 究 題 目］**レーザー3次元解析法による非磁性金属ソーティング装置の開発**
［研究代表者］古屋仲　茂樹（環境管理技術研究部門）
［研究担当者］古屋仲　茂樹、山本　剛義、
小林　賢一郎（常勤職員1名、他2名）
［研 究 内 容］

将来、外板パネルなどにアルミ展伸材を使用した自動車が大量に廃棄されるようになると、アルミスクラップに含まれる展伸材と鋳造材を分離するリサイクルシステムが必要となる。本研究では、その有効な手段になると考えられるレーザー3次元解析法による非磁性金属スクラップソーティング技術について、国内6箇所以上の廃車破砕選別処理施設から回収したスクラップを対象に従来技術と同等の処理効率で材質識別精度90%以上の性能を発揮するラボスケールの試作機を開発する。同時に、このスクラップソーティング技術の市場性に関する調査

を通じて将来の事業化に最適な装置仕様を決定し、実用化製品としての具体像を明確化することを目的とする。

レーザー3次元解析法による非磁性金属スクラップソーティング技術の実用性について検証するために、国内7箇所の廃車破砕選別施設で回収したアルミスクラップの材質識別を可能とするデータベース・識別アルゴリズム、リサイクル現場で活用できるデータ学習機能を内蔵したシステム制御ソフトウエア、スクラップ自動分別装置ならびに自動供給装置を新たに開発した。スクラップのソーティング実験によって、試作機が従来技術と同等の処理効率で材質識別精度90%以上の性能を発揮することを確認した。本技術の市場性について金属リサイクル事業者を対象としたヒアリング調査を行い、最終的に目指すべき製品仕様や今後の開発課題を明確化した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］リサイクル、自動車、アルミ、鋳造材、展伸材、選別

［研 究 題 目］土壌中 VOC の太陽光による無害化処理を可能とする光触媒式パッシブリアクターの開発に資する光触媒材料調製（復興促進プログラム（A-STEP）探索タイプ）

［研究代表者］根岸　信彰（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］根岸　信彰（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

光触媒式パッシブリアクターの開発に資する光触媒材料調製を溶射法により行った。調製担体として、真鍮金網並びにモネル金網を選択し、この担体上に溶射法により直接担持、金網のブラスト処理後の担持、並びに金網表面を高分子バインダー処理した後に担持する計3種類の方法を検討した。直接担持並びにブラスト処理担持では、光触媒溶射後の性状に差がなく、担体の違いに関係なく粉落ちが認められた。一方、高分子バインダー処理では担体の違いに関係なく、また粉落ちも観察されず状態の良い溶射調製が可能であることが確認された。これら試料の性能評価をアセトアルデヒドの光触媒分解により実施し、十分な VOC 処理性能が出ることを確認した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］光触媒、土壌汚染、土壌中 VOC、溶射、太陽光

［研 究 題 目］ストレス診断用簡易発光キットの試作

［研究代表者］金　誠培（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］金　誠培（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

生物発光を用いたホルモン診断技術が汎用技術として定着するには、使用者側に極めて簡便な診断手段に仕上げる研究が必須である。この実用化課題として、プロトコルの簡略化、試薬量や試料量の低減および低コスト化、バッファー条件の最適化が求められる。この課題解決のために、簡易ホルモン診断キットを設計・試作し、試作過程を通じて課題を解決し、新たな問題点を見つける研究を推進した。

最初の研究計画書で目標したとおりに、最適バッファー条件の探索、より高性能の発光酵素の樹立、唾液ホルモン診断用の発光デバイスの製作を行った。その成果として、2件の論文が出版できた。JST の事後評価でも好評価をうけ「技術移転シーズ紹介集」にも本研究成果が紹介された。達成度は現時点で既に100%を超えていると自己評価する。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］発光デバイス、分子イメージング、バイオアッセイ

［研 究 題 目］活性酸素表面処理装置の開発と医療用滅菌器への応用

［研究代表者］野田　和俊（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］野田　和俊、古川　聡子（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

従来困難であった短時間での手術器具滅菌を可能とするフラッシュ滅菌器、ならびに医療用内視鏡の滅菌処理を可能とする滅菌器にターゲットを絞り、比較的小規模クラスの医療機関でも利用しやすい汎用性の高い滅菌器の開発を目的とし、現場の真のニーズを十分に把握しながら、医療認証の取得、事業化を前提とした基礎システムの確立を目指す。今までの基本技術を活用し、医療器具の滅菌処理に関して、処理時間の短縮・最適化と処理状況を可視化するシステムの開発を行うことで、従来の滅菌器が抱えていた課題である環境への負荷、人体への悪影響等を大幅に低減することが可能となる。

滅菌器内でリアルタイムオンライン測定を可能とするモニターシステムとして、外乱の影響を減少させる方法である測定電極と参照電極の2素子を一つのセンサヘッド内に一体化した検知部を試作し、基本動作特性を確認した。この結果をもとに、本方式とは異なる、水晶振動子の同一面上に測定電極と参照電極の2電極を有する構造の検知素子を検討した。

活性酸素インジケータ（カートリッジタイプ）の開発としては、センサ検出部のみを任意の必要な箇所の滅菌器・バック等へ個別に取り付け安全性のダブルチェックと利用範囲を拡大するカートリッジタイプを検討した。従来までの基板をベースに有効活用について検討した結果、基板上に共振周波数9～20MHz 程度の水晶素子を取り付け、専用カートリッジを検討した。

従来の QCM 法をベースとし、多孔質薄膜にラジカルスピントラップ試薬を担持させた検出薄膜について、選択的にトラップ可能なラジカルスピントラップ試薬の有無を調査した。その結果、いくつか可能性のある試薬を

選択して、水晶素子上への固着方法の検討に着手した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］センサ、活性酸素、水晶振動子、ケミカルセンサ、プラズマ

［研 究 題 目］産業用 X 線照射装置の大線量冷陰極 X 線管の開発

［研究代表者］鈴木　良一
（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］鈴木　良一、加藤　英俊
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

ライフサイエンスやバイオテクノロジーの分野では動物や植物に放射線を照射して放射線照射の効果を調べ、医療や産業に役立てる研究がなされている。これらの実験では、放射性同位元素は特別な管理が必要なため、電源を切れば放射線が出ない X 線照射装置が様々な研究機関で使われている。従来の X 線照射装置の X 線管は、医療用の X 線管を転用したもので、熱陰極から出る電子をターゲットの1点に照射して X 線を発生する X 線管を用いているが、出力を大きくしようとすると回転ターゲットなど複雑な機構が必要になる。本課題では、電子放出特性に優れたカーボンナノ構造体を用いて大面積大線量照射が可能で、寿命も従来の X 線管を超える性能の照射装置用 X 線管を開発することを目指している。

本年度は、棒状のカーボンナノ構造体電子源と、リング状のカーボンナノ構造体電子源を製作し比較するとともに、リング上カーボンナノ構造体電子源を用いた X 線管のプロトタイプ機を試作し、電子の放出特性などを調べた。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］カーボンナノ構造体、X 線源、X 線照射装置

［研 究 題 目］鉄筋コンクリート用小型リアルタイム X 線非破壊検査装置の開発

［研究代表者］鈴木　良一
（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］鈴木　良一（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

住宅や建造物の損傷、耐久性の非破壊検査のニーズに対して、従来の検査装置では、広範な検査範囲をカバーするのは困難となっている。そこで、当所が開発したカーボンナノ構造体電子源を用いた乾電池駆動小型高エネルギーX 線装置のシーズと、高エネルギー加速器研究機構が開発したリアルタイム X 線2次元検出器のシーズを融合させた鉄筋コンクリート用小型リアルタイム X 線非破壊検査装置を開発し、震災で被災した地域の復興を促進させることを目的としている。

本年度は、カーボンナノ構造体 X 線源の電子源やゲッター形状の最適化、X 線管および電源を収納する筐体の絶縁等を考慮した設計をするとともに、セラミック処理技術や最適な形状等の検討を X 線管に適用して最大 150keV の X 線を発生できる小型 X 線管を試作し、X 線の発生を確認した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］カーボンナノ構造体、X 線源、鉄筋コンクリート、非破壊検査

［研 究 題 目］国家標準にトレーサブルなコヒーレント周波数リンクの創生とそれに基づいたテラヘルツ周波数標準技術の系統的構築

［研究代表者］稲場　肇（計測標準研究部門）

［研究担当者］稲場　肇、美濃島　薫
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

光波と電波の周波数境界に位置するテラヘルツ（THz）帯（10^{11}Hz（100 GHz）～10^{13}Hz（10 THz））は、これまで良質なレーザ光源や高感度検出器が無かったため、唯一残された未開拓電磁波領域とされてきた。近年のレーザ励起 THz 波や THz 量子カスケードレーザを始めとした各種 THz 要素技術の進展により研究開発が加速しているが、超高速・大容量無線通信や非破壊検査といった産業分野での利用が具体化し始め、THz 帯電磁波の計量標準（周波数、パワーほか）の整備が世界的に急がれている。特に周波数については、電磁波の最も基本的な物理量の一つであると同時に最も高精度に発生・計測可能な物理量であり、THz 技術の根幹をなす標準として強く望まれている。本研究では、電波領域（DC～10 GHz）や光波領域（200～600 THz）と同等な周波数の不確かさを THz 周波数でも実現するため、電波・光波・THz 波という3つの異なる周波数帯を、光周波数コム（光コム）を利用して精密にリンクする。この周波数リンクによって、電波や光波領域における充実した周波数標準群の不確かさを THz 領域に分配し、SI 基本単位の1つである時間（秒）の国家標準にトレーサブルな三種の THz 周波数標準技術（THz コム走査型分光計、THz シンセサイザ、THz スペクトラム・アナライザ）を確立する。

今年度は、100 GHz 帯の CW テラヘルツ源と光コムとを光伝導アンテナに入射し、100 GHz 帯のビート信号を検出し、その位相同期に成功した。二つのコムそれぞれと共通の CW 源との間の二つのビート間の差周波数は、二つのコムの繰り返し周波数の高調波に相当するため、その安定化により差周波数を直接安定化することができる。結果として、差周波数の安定度は基準周波数源であるルビジウム原子時計の安定度である10^{-12}に改善された。また、最終目標の一つとなっている THz-QCL の絶対線幅の狭窄化のため、高速制御可能なモード同期ファイバレーザを用いたデュアル光コムの構築を進め、

1台目のコムシステムを完成させた。繰り返し周波数は約46 MHz であり、出力として10 mW 程度が得られている。f_{CEO} の線幅はフリーランで10–30 kHz であり、高速フィードバックにより1 mHz 以下の線幅が得られた。また、波長1.5 μm 帯レーザとのビートを検出し、そのビートスペクトラムを共振器長への高速フィードバックにより全幅1 mHz 以下に狭窄化した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］光周波数コム、モード同期レーザー、モード同期ファイバーレーザー、テラヘルツ

［研 究 題 目］**低消費電力を削減するグリッドデータセンター運用管理システムの研究**

［研究代表者］伊藤　智（情報技術研究部門）

［研究担当者］伊藤　智、中田　秀基、竹房　あつ子、小川　宏高、広渕　崇宏（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

データセンターにおける電力消費量の増大が大きな問題となっている。電力消費の要素は多種にわたるが、本研究では、サーバのプロセッサの不使用や、空調の効きすぎなど、データセンターに潜む無駄に着目し、これらの消費電力を削減する技術開発を行う。本研究は NEC との共同プロジェクトであり、計測のための超低消費電力ユビキタスセンサ端末を開発し、それを活用した実証実験と将来的なデータセンターの電力需要予測を行う。産総研集積マイクロシステム研究センターがセンサ端末の開発を、NEC がデータセンターの設備的な観点からの省電力化研究を、産総研情報技術研究部門が運用の省電力化研究をそれぞれ担当する。

当部門が担当する運用研究においては、使用するサーバになるべく多くの仕事を集め不要となったサーバは電源を落とす手法を研究し、電力消費量を削減するグリッドデータセンター運用管理システムを開発する。5年計画の最終年度にあたる平成24年度は、以下の研究開発を行った。

平成23年度にプロトタイプの開発を行った Mobile IP v6トンネリング機構は、広域データセンター間で仮想マシンのマイグレーションを行う場合に、仮想マシンの OS が IP アドレスを維持したまま透過的に通信を継続可能とするもので、、平成24年度はプロトタイプ実装を用い、仮想マシンの IP アドレスを変更することなく、遠隔地にマイグレーションできることを確認した。さらに、遠隔地へのマイグレーションにおいて、ストレージの全てのデータをマイグレーション時にコピーすると、マイグレーションにかかる時間が長くなってしまうという問題に対して、通常時はデータの更新分をネットワーク帯域の一部を使いながら遠隔地に順次コピーを行っておき、マイグレーションの実行時に、残りの差分を転送するプレキャッシュ機能を実現した。また、平成23年度にパッケージ化したグリッドデータセンター運用システム構築用ソフトウェアを産総研内で運用するクラウド環境に適用し、サーバの電源を落としたり、立ち上げたりすることによる影響含めて、実運用での評価を行った。対象であるリソースのタスク稼働率が低い際にサーバの電源を落とし、消費電力の削減が可能であり、実運用上問題ないことを実証した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］省エネ、データセンター、仮想化技術

［研 究 題 目］**大規模災害における IT インフラ復旧技術に関する調査・研究**

［研究代表者］広渕　崇宏（情報技術研究部門）

［研究担当者］広渕　崇宏、中田　秀基、高野　了成（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

本課題では、災害に対して堅牢性を持つ IT インフラを実現するため、仮想化技術によって IT インフラを遠隔地に待避させる技術と、耐障害性を実現するフェイルオーバー技術を米国フロリダ大学と共同で研究する。2年間の研究期間における最終年度にあたる平成24年度は以下の研究を行った。

第一に、災害発生時に多数のサーバ群上の仮想計算機を遠隔拠点に移動する際のデータ転送を最適化し、限られた猶予時間内にできるだけ多くのサーバ上の情報を被災拠点から退避する手法を研究した。サーバの実行状況やネットワークの状態に応じてフィードバック制御を行い、最短時間でサーバ群上の仮想計算機全体を移動するとともに、個々の仮想計算機の移動時間も最小化する退避アルゴリズムを開発した。

第二に、サーバ退避時のデータ転送量削減手法について研究を行った。個々のサーバの退避時間の短縮は、限られた猶予時間内により多くのサーバ上の情報を遠隔拠点に退避することにつながる。サーバの実行状態には重複する内容が含まれていることから、それらの転送を省略することでデータ転送量を削減する手法を開発した。

いずれの開発手法においても、ネットワークのエミュレーション環境や実際の日米間のネットワークを用いて、震災発生直後の模擬的な状況を再現し、その有効性を確認した。高性能計算分野における最高峰の学術会議 SC12においてデモンストレーションを成功させ研究成果を内外にアピールしたほか、得られた知見を論文としてまとめ国際会議や論文誌に投稿した。また、産総研とフロリダ大学双方において研究開発環境を整備し、今後の継続的な共同研究環境を構築した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］災害対策、データセンタ、仮想化

［研 究 題 目］**音楽を中心とした類似度可知化情報環境の実現と全体統括**

［研究代表者］後藤　真孝（情報技術研究部門）

［研究担当者］後藤　真孝、栗原　一貴、中野　倫靖、濱崎　雅弘、藤原　弘将、吉井　和佳（常勤職員6名、他6名）

［研 究 内 容］

本研究は、創作支援技術と鑑賞支援技術を研究開発することで、音楽や動画のようなメディアコンテンツの創作や鑑賞を誰もが能動的に楽しめる社会や、過去のコンテンツに敬意を払う文化、感動体験重視型のコンテンツ文化の実現を目指している。そのために、コンテンツを豊かで健全に創作・利用する「コンテンツ共生社会」の確立に向けた研究開発に取り組み、コンテンツ間の類似度を人々が知ることができる（可知化する）情報環境を実現する技術基盤を構築する。

5年半計画の2年目である平成24年度は、平成23年度に重点的に取り組んできた鑑賞支援技術を発展させ、音楽音響信号理解技術によって音楽の聴き方をより豊かにするための能動的音楽鑑賞 Web サービス「Songle（ソングル）」（http://songle.jp）を実現し、平成24年8月には一般公開とともに実証実験を開始して、その研究成果をプレス発表した。Songle により、Web 上で公開されている任意の楽曲中の音楽情景記述（サビ、ビート、メロディー、コード）を自動的に推定した結果が可視化され、ユーザは可視化された「音楽地図」とともに楽曲の再生を楽しむことが可能になった。さらに、自動推定では誤りが不可避であるため、効率的な誤り訂正インタフェースを提供し、誰でも自動推定誤りを訂正して貢献できるようにした。楽曲の中身の可視化や訂正に加え、歌声の類似度に基づく関連楽曲表示や、コード進行検索も可能にした。他にも、コンテンツ間の関係性に基づく音楽鑑賞支援 Web サービスの検討も進め、プロトタイプシステムの構築に着手した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］音楽情報処理、音響信号理解、音楽コンテンツ類似度、音楽インタフェース

［研 究 題 目］**ジャトロファからの高品質輸送用燃料製造・利用技術（非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術）**

［研究代表者］葭村　雄二（新燃料自動車技術研究センター）

［研究担当者］葭村　雄二、後藤　新一、濱田　秀昭、鳥羽　誠、小熊　光晴、村田　和久、杉本　義一、西嶋　昭生、望月　剛久、陳　仕元、阿部　容子、堀江　裕吉、佐村　秀夫（常勤職員6名、他7名）

［研 究 内 容］

本研究では、タイとの国際共同研究の中で、非食糧系バイオマスとして注目されている Jatropha 果実の総合利用効率を高めるため、オイル留分からの高品質バイオディーゼル製造技術、並びにオイル抽出残渣の熱分解から得られるバイオオイルの輸送用燃料化技術の開発を行うと共に、各種バイオ燃料の燃焼特性、エンジン特性、排ガス特性等から新燃料の社会実装に向けた基盤を構築する。更に、タイ国研究者への技術指導等を通し、タイ国研究者の自立に向けた能力開発も併せて推進する。本年度は、以下の検討を行った。

新たにトランスエステル化用触媒としてチタン含有メソポーラスシリカを開発し、本触媒を用いてジャトロファ油から得られるバイオディーゼルは、脂肪酸メチルエステル純度、グリセリド類残存量が、東アジアサミット品質を満たした。また、遊離酸含有量の多い原料でも、予備エステル化処理することなく、優れたエステル交換活性を有することがわかった。バイオディーゼル中の易析出成分の除去効果について検討したところ、モノグリセリド除去により曇り点が大幅に改善されることを見出した。ジャトロファ残渣の急速熱分解における分解温度と生成物の関係について、パイロライザー付 GC-MS により検討した結果、芳香環に結合した含酸素官能基を有する長いアルキル側鎖の切断、グアヤコール類の脱メトキシは、熱分解温度の上昇とともに促進されることを確認した。バイオオイルの回収率改善のため、バイオオイル凝縮部に電気集塵器を導入した結果、冷却もしくは溶媒によるバイオオイル回収に比べ、大幅に液収率が向上することを見出した。バイオオイルの軽度脱酸素のためのスラリー床反応における触媒消費量の低減のため、回収触媒0.8%に新触媒0.2%を加えた木質タールの脱酸素実験では、コーク堆積による反応器底部での閉塞が発生したが、粘凋な減圧残油を共処理することにより触媒の流出が可能となり、連続運転が可能となった。深度脱酸素技術において、ジャトロファ残渣に多く含まれる窒素分の水素化脱酸素／脱硫及び脱酸素生成物分布に与える影響をモデル化合物で検討し、窒素分のみでは脱酸素活性を低下させるが、石油系基材との共処理のような硫黄化合物共存の場合は、脱酸素及び脱窒素は高活性を維持し、より水素化が進行した炭化水素が生成物として得られることがわかった。バイオディーゼルの材料浸せき試験の結果、銅材に対し物理的及び外観的変化は見られなかったが、ゴム材についてはバイオディーゼル燃料のよる少量の膨潤が見られた。また、燃料ホースのゴム材による影響と思われる、テスト燃料の色の変化が見られた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］非食糧系バイオマス、ジャトロファ、第二世代バイオ燃料、接触熱分解、バイオオイル、改質触媒、コプロセッシング、エンジン適合性、環境適合性

［研 究 題 目］非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術
［研究代表者］葭村　雄二
（新燃料自動車技術研究センター）
［研究担当者］葭村　雄二、後藤　新一、濱田　秀昭、鳥羽　誠、小熊　光晴、村田　和久、杉本　義一、西嶋　昭生、望月　剛久、陳　仕元、阿部　容子、堀江　裕吉、佐村　秀夫（常勤職員6名、他7名）
［研 究 内 容］

本研究では、タイとの国際共同研究の中で、非食糧系バイオマスとして注目されている Jatropha 果実の総合利用効率を高めるため、オイル留分からの高品質バイオディーゼル製造技術、並びにオイル抽出残渣の熱分解から得られるバイオオイルの輸送用燃料化技術の開発を行うと共に、各種バイオ燃料の燃焼特性、エンジン特性、排ガス特性等から新燃料の社会実装に向けた基盤を構築する。更に、タイ国研究者への技術指導等を通し、タイ国研究者の自立に向けた能力開発も併せて推進する。

本年度は、タイ国科学技術研究院（TISTR）に設置した1.0ton/day 規模の BDF 製造パイロットプラントにおいて、年度当初に前年度に発生した洪水被害からの復旧作業を行い、引き続き自動車適合性試験のための実車走行試験に供給する高品質バイオディーゼル製造を実施した。復旧後の製造試験においても東アジアサミット推奨品質のバイオディーゼルが得られることを確認した。バイオディーゼル製品油中のリン分を低減するために、新たに脱ガム装置を導入して、粗ジャトロファ油を用いた試験運転を実施し、最適処理条件の検討を行った。

流動層型熱分解炉を組み込んだジャトロファ残渣熱分解用パイロットプラントの運転を開始した。熱分解炉本体は正常に稼働した。現行装置に加え、生成物の捕集には液回収率の向上のための捕集装置および固形分の分離向上が必要であることがわかり、平成25年度に設置することとなった。

タイ国研究者の人材育成として、日本側から12名（うち産総研9名）の専門家派遣を行い、タイ側研究機関で技術指導を行うとともに、バイオディーゼルの高品質化、急速熱分解によるバイオオイル製造技術に関して8名のタイ側研究者を受け入れ、技術指導を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］非食糧系バイオマス、ジャトロファ、第二世代バイオ燃料、接触熱分解、バイオオイル、改質触媒、コプロセッシング、エンジン適合性、環境適合性

［研 究 題 目］ゼロから創製する新しい木質の開発
［研究代表者］光田　展隆（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］光田　展隆、大島　良美、坂本　真吾、戸部　文絵、杉本　好美
（常勤職員1名、他4名）
［研 究 内 容］

目標：

合成生物学的観点から新しい、有用形質を備えた木質を植物に合成させ、バイオ燃料やバイオリファイナリー原料に適した植物を開発する。

研究計画：

木質を形成しない変異体（*nst1 nst3*二重変異体）をベースに糖化しやすい形質を備えた木質を人工的に構築する技術をまずはモデル植物（シロイヌナズナ）で開発し、それを木本モデル植物（ポプラ）、単子葉類モデル植物（イネ）に調整、適用して糖化しやすい木質を持つ植物を開発する。

研究進捗状況：

これまでの実験結果などから、*nst1 nst3*二重変異体の表現型を回復させるのに有望と考えられる転写因子を、すでに77種類個別に導入した。また、全転写因子からすべてのサブファミリー、サブグループを網羅するように代表遺伝子300種類を選抜し、30遺伝子ずつまとめて導入した。個別導入系統のうち21遺伝子について、細胞壁含量や酵素糖化性を中心に評価し、細胞壁含量では野生株比で35%増加する系統を得た。酵素糖化性においては、木質欠損の表現型が相当程度回復しているにもかかわらず野生株比で30%向上する系統を得た。最終的に鮮重量あたりのグルコース収量では、これらの系統においてそれぞれ野生株比で25%、17%の増加が見込まれた。とくに細胞壁含量が増強された系統では硫酸糖化によるグルコース、キシロース収量が野生株比でそれぞれ45%、77%増加することがわかった。酵素糖化においてもより強力な酵素を用いることで野生株比で35%多くのグルコースを得ることができた。今後は新しい因子の探索を継続すると同時に、これら系統の改良を行ったり、ホヤのセルロース合成酵素を利用したりして、日本における木質エンジニアリングの拠点化を目指していきたい。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］植物、ゲノム、木質、バイオエタノール、発現制御、遺伝子、バイオマス

［研 究 題 目］水生根圏微生物の培養技術開発と根圏微生物ライブラリーの構築
［研究代表者］玉木　秀幸（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］玉木　秀幸、鎌形　洋一
（常勤職員2名、他2名）
［研 究 内 容］

水生植物はその根圏に多様な未知微生物を内包しており、そこには互いの成長を支え合う『水生植物－根圏微生物共生系』が成り立っている。本研究では、この水生植物とその根圏微生物との共生系を開拓するとともに、それらを巧みに活用することにより、革新的な高次植生バイオプロセス技術の創成を目指している。特に、本研

究では、有効な未知微生物探索技術を駆使して、多様な水生植物種の根圏環境から未知微生物を可培養化し、新しい根圏微生物ライブラリーを構築するとともに、水生植物の成長を促進する新たな根圏微生物（PGPR: Plant Growth Promoting Rhizobacteria）の取得を目的とするものである。今年度は、ウキクサ、コウキクサ、マコモ、キショウブ等の水生植物から、系統学的に多様で新規性の高い根圏微生物100株以上を収集・取得し、それらを「水生植物根圏微生物ライブラリー」として整備した。特に、本ライブラリーには、門レベルや綱のレベルで新規な根圏微生物等、30属40種以上からなる多様な根圏微生物が含まれており、新規 PGPR の探索に有効な微生物資源を開拓・拡充した。次に、効率の高い新しい PGPR 探索手法を確立するとともに、実際に水生植物根圏微生物ライブラリーから PGPR の探索を実施したところ、著しい水生植物成長促進効果を示す3種の新規 PGPR を見出すことに成功した。実際に、無菌コウキクサを用いた評価系において、これら3種の PGPR はコントロール（微生物無添加系）に比べて3倍以上高い成長促進効果を示しており、既存の PGPR と同等かそれ以上の水生植物成長促進効果を示すことが明らかとなった。また、これら新規 PGPR の中には、系統学的にも新規性が高い細菌が含まれていることが明らかとなった。さらに、新たに発見した上記3株の PGPR について、野生モデルウキクサを用いてその成長促進効果を評価したところ、無菌状態のコウキクサだけでなく、他の環境微生物が存在する野生状態のコウキクサであっても、上記3種の PGPR は高い成長促進作用を持つことが明らかとなった。さらに上記3株以外にも、我々が昨年提案した新門 *Armatimonadetes* 門の根圏微生物 *Armatimonas rosea* もまた、無菌コウキクサの成長を著しく促進することが明らかになってきており、有望な新規 PGPR の探索は順調に進展してきている。

［分　野　名］ライフサイエンス・環境・エネルギー
［キーワード］水生植物、水質浄化、植生浄化、未知微生物、根圏微生物、16S rRNA 遺伝子、分子系統解析、未知微生物

［研 究 題 目］表面テクスチャリングを用いた抗菌表面の開発

［研究代表者］中野　美紀
（先進製造プロセス研究部門）
［研究担当者］中野　美紀、三宅　晃司
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

これまで一部の植物感染糸状菌（*Magnaporthe oryzae* など）では発芽菌糸が付着した固体の表面特性に応答して、発芽菌糸先端から器官分化が誘導されることが知られている。しかし、表面のどのような特性が菌の器官分化機構に影響するかは未だに明らかになっていない。そこで、固体表面の微細形状が菌の接着に及ぼす影響を調べるために、高感度な表面認識システムを持つ *M. oryzae* をモデル菌、基板として微細形状のサイズ・形状の制御を容易に行えるシリコンを用いた。シリコン表面にサンドブラスト法により数十～百ミクロンのサイズの凹凸形状を施した。平滑なシリコン表面に比べ、サンドブラスト加工を施した表面において付着器の形成が阻害される結果が得られた。続いて、サイズと形状の効果を詳細に検討するため、菌の大きさを基準として、フォトリソグラフィおよびドライエッチングによりシリコン基板表面に微細形状加工を行った。この微細加工表面を用いて、*M. oryzae* および主要な環境汚染菌の表面への接着と微細形状の相関について検討したところ、菌の種類によって表面微細形状への接着阻害への影響が異なることがわかった。この研究は、独立行政法人農業生物資源研究所・植物・微生物相互作用研究ユニットと共同で行ったものである。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］表面微細形状、糸状菌、シリコン、器官分化、フォトリソグラフィ

［研 究 題 目］住環境向け色素増感型アンビエント太陽電池の研究開発

［研究代表者］廣瀬　伸吾
（先進製造プロセス研究部門）
［研究担当者］廣瀬　伸吾、明渡　純、江塚　幸敏、荒川　さと子（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究で得られたガラス基板上への AD 法による多孔膜では、スクラッチ強度は超薄膜スクラッチ試験により8～80mN が得られており、従来法である焼成ペースト法（4～8mN）に比べて、数倍から十倍の密着性を有していることがわかった。また、プラスチック基板へのフレキシビリティを評価するために、新たに繰り返し折曲げ試験を開発し、R60度の往復繰り返し100回以上を行っても、膜と基板の界面でのはく離は生じず、高い密着性を有することを示すことができた。ガス噴射量、ガス噴射角度、ノズル形状、粉末サイズなどの成膜条件や製造装置の改良を行い、成膜速度向上のための最適化条件探索を行うことで、これまで15μm 程度であったチタニア膜厚を40μm までほぼ3倍に向上させることができた。膜厚の均一性についても、ノズルの改良による粉末の分級作用により、10%以下の範囲で均一性を確保することができた。太陽電池セル構造にした光電変換効率は、ガラス基板上で7%、プラスチック基板上で4.8%と、本研究で最も高い変換効率が両基板で得られており、機械的特性の向上が電子輸送の点でも効果的であることがわかった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］色素増感型太陽電池、エアロゾルデポジ

ション、多孔質膜、微粒子

［研究題目］自己再生型ナノパターン表面の低摩擦特性の検討

［研究代表者］三宅　晃司
（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］三宅　晃司、中野　美紀、是永　敦
（常勤職員3名）

［研究内容］

原子間力顕微鏡装置による摩擦試験を行い、ナノパターン表面の低摩擦発現条件の検討を行った結果、ナノパターン表面に分子修飾を施し、表面エネルギーを制御することにより、摩擦力を低減できることを明らかにした。また、金属に対する添加剤の腐食特性と摩擦特性の検討を行った結果、酸性リン酸エステル（PAE）を添加剤として用いると、表面に保護膜（リン酸ポリマーと考えられる）が形成され、ナノパターン表面でも摩擦、摩耗が低減することが示された。さらに様々な材料の組み合わせで摩擦試験を行った結果、摩耗しても高い潤滑性能が保たれる機能性摺動面の設計指針として、(1) 低せん断力（固体潤滑剤としての特性)、(2) 基板との高い密着性、(3) 高い靭性を持つ材料の組み合わせが重要であることが示された。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ナノストライプ、摩擦低減、耐摩耗性、分子修飾

［研究題目］CZTS 系薄膜太陽電池の欠陥・界面・粒界の評価および高性能化技術の開発

［研究代表者］仁木　栄
（太陽光発電工学研究センター）

［研究担当者］仁木　栄、柴田　肇、反保　衆志
（常勤職員3名）

［研究内容］

次世代の化合物薄膜太陽電池用材料として、希少金属を含まないために安価に製造でき、かつ高い変換効率が期待できる CZTS（$Cu_2ZnSnS_{4-x}Se_x$）が注目されている。本研究の目的は、CZTS 薄膜および CZTS 太陽電池の評価を行い、高品質な CZTS 薄膜や高性能な CZTS 太陽電池を実現するための技術的な指針を明らかにすることである。2012年度は、CZTSe（$Cu_2ZnSnSe_4$）薄膜の蒸着法による組成制御および、太陽電池特性に与える Na 効果を、同時蒸着法により製膜した薄膜を利用して調査した。

CZTS 系材料では、構成元素比が大きく化学量論比からずれたところで高効率化が達成されることが以前より報告されている。そこで、本研究では同時蒸着法により Cu、Zn、Sn および Se を独立に制御することにより、供給量と組成の関係を詳細に検討した。その結果、Se を十分に供給した条件下においては、他元素の供給量に関わらず、組成比が[Cu]:[Sn]=2:1になることを明らかにした。つまり、$Cu_2ZnSnSe_4$-ZnSe 上に自動的に CZTSe の組成が決まる。これは、Zn の供給量により $Cu_2ZnSnSe_4$-ZnSe 上の組成を制御できるということを意味している。

CIGS 太陽電池では、Na の存在により高効率化が達成されることが知られているが、CZTSSe 系材料では、Na 効果についての検証はほとんどない。そこで、CZTSe 太陽電池の変換効率と、組成および Na 量に関する調査を行った。上述したとおり、CZTSe 薄膜の組成は、$Cu_2ZnSnSe_4$-ZnSe 上に自動的に CZTSe の組成が決まる。ここでは横軸として CZTSe 薄膜の組成、縦軸に Na 組成を選んで、得られた CZTSe 太陽電池の変換効率をプロットした結果、Na 濃度=2%の付近で高い変換効率が得られることが分かった。この結果は、CZTSe 太陽電池においても、Na の存在により高効率化が得られる可能性を示唆している。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］太陽電池、化合物半導体、CZTS

［研究題目］励起子サイエンス（有機太陽電池のためのバンドギャップサイエンス）

［研究代表者］吉田　郵司（太陽光発電研究センター）

［研究担当者］吉田　郵司、原　浩二郎、甲村　長利
（常勤職員3名、他1名）

［研究内容］

本研究では、有機薄膜太陽電池の高性能化に向けて、原理検証から高変換効率の達成まで行うものである。特に、半導体のバンドギャップ理論からの理解を有機半導体に適用し、バンドギャップサイエンスとして確立する。研究項目として、励起子サイエンスの確立を分担している。

本年度は、高性能な有機薄膜太陽電池用の半導体材料の創出を目指し、高い電流密度と開放電圧を示す候補材料として電子ドナー（D）、π電子共役系スペーサー（π）およびアクセプター（A）を連結させた D-π-A 型の分子構造を導入した。特に、電子アクセプター性の高い構造を分子に導入し、深いエネルギー準位（HOMO 準位）と狭いエネルギー準位差（HOMO-LUMO）に調節することで、高い電流密度と開放電圧を両立することが期待される。また、平面性の高い分子構造を実現することで、π電子共役系の重なりを利用した高いキャリア輸送特性によるフィルファクターの改善が期待できる。

具体的な分子設計として、ドナー構造（D）としてカルバゾール骨格を、アクセプター構造（A）として2-（3-oxoidene）malononitrile（OM）を、π電子共役系スペーサーにはチオフェン環にて架橋した材料を合成した。

吸収スペクトルの測定結果から、吸収は572nm（ε, 45400$M^{-1}cm^{-1}$）と長波長領域にて高い吸光係数を示した。

薄膜のイオン化ポテンシャル測定から HOMO 準位は 5.7eV と非常に深い位置にあり、DFT 計算の結果から高い平面性を有する分子であることも確認され、設計通りの材料合成に成功した。

有機薄膜太陽電池を作製した結果、開放電圧が0.96Vと極めて高い値を示し、電流密度も7.29mAcm^{-2}と十分な値が得られた。分光感度測定の結果、750nm の長波長領域まで高い外部量子効率が観測され、太陽電池としての高いポテンシャルを示した。更に、デバイス作製後に加熱処理を行うことで、薄膜の結晶化に伴って、開放電圧およびフィルファクターの著しい改善に伴い、光電変換効率は向上した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］有機薄膜太陽電池、有機半導体、分子設計、長波長光吸収、バンドギャップ

［研 究 題 目］**ヘテロエピタキシーを基盤とした高効率単結晶有機太陽電池**

［研究代表者］宮寺　哲彦
（太陽光発電工学研究センター）

［研究担当者］宮寺　哲彦（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

高効率有機太陽電池の実現のために高度に制御された素子作製手法である「有機ヘテロエピタキシー」の開拓により素子作製の基盤技術を構築する。新規結晶成長技術を確立し、理想的な構造の太陽電池を作製することで、有機半導体の基礎メカニズムを解明し、高効率化を実現させることを目標とする。

自己組織化単分子膜をテンプレート層として用い、有機薄膜のエピタキシャル成長を試みた。テンプレート層の挿入により亜鉛フタロシアニンがα相からβ相に変化することを見出し、細線状の大きな結晶粒を得ることができた。この相変化および結晶粒サイズの増大により効率の良いキャリア輸送が実現し、太陽電池特性の向上に成功した。

また、規則構造をもつ透明基板であるグラフェン電極上での有機薄膜のエピタキシャル成長を試みた。グラフェン電極上に p 型半導体である亜鉛フタロシアニンやバナジルフタロシアニンを結晶成長させたところ、どちらも分子のπ共役面が基板に対して平行に成長することを見出した。今後、実際にグラフェンを透明電極として用いたデバイスを作製し、結晶構造が太陽電池特性に与える影響を解析する。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］有機デバイス、太陽電池、グラフェン

［研 究 題 目］**誤嚥性肺炎予防のための誤嚥リスク自動評価装置の研究開発**

［研究代表者］小林　匠（知能システム研究部門）

［研究担当者］小林　匠（知能システム研究部門）、樋口　哲也、岩田　昌也、叶　嘉星（情報技術研究部門）、保手浜　拓也（健康工学研究部門）（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

肺炎による病死者数は年々増加しており、その大半は高齢者の誤嚥に起因した肺炎（誤嚥性肺炎）によると見られている。これまで誤嚥に関わるリスクは、熟練した医師の聴診によってのみ評価されてきた。しかしながら、その評価は医師によってバラツキがあり、そもそも熟練した医師が少なく、誤嚥リスクのある患者がみな平等にそのようなリスク判定といったサービスを受けることが困難であった。

そこで本研究では、嚥下行為をマイクにより音響データとして採取し、音声／音響信号認識技術と医師の専門知識を用いて、誤嚥判定の熟練技能をシステムとして実現し、誤嚥性リスクの自動評価装置の開発を目標とする。統計的パターン認識の枠組みにより、専門知識は訓練データサンプルに対するリスク指標値（教示）といった形式で与え、嚥下音響信号から教示指標値への回帰（推定）方式を学習により統計的に獲得していく。そのため、自動評価の精度は、訓練として用いる嚥下音響データ及び専門知識により与えるリスク指標値の数と質に左右される。本年はまず、嚥下音響信号を採取するための装置開発に取り組んだ。通常のマイクでは嚥下音という微弱な音響信号を拾うことが困難であるため、ここでは骨伝導マイクなどを用いた音響信号の取得方式の比較・検討を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］嚥下、誤嚥、音響信号認識

［研 究 題 目］**高次局所自己相関を用いた掘削音からの地質・地層変化検知**

［研究代表者］佐宗　晃（知能システム研究部門）

［研究担当者］佐宗　晃、小木曽　里樹
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

福島第一原発事故以降、原発の再稼働が難しい状況において、石炭は、安定的かつ安価に確保可能であり、またクリーンコーラルテクノロジの進歩と相まって、今後のエネルギー計画で注目されており、より効率的な採掘方法の確立が求められている。石炭の採掘工事では石炭を露出させて掘り出すため、石炭層の上に載っている砂岩層に孔を開けて発破している。しかし、両層の境界面検知が難しく、掘削し過ぎて石炭の露出が不調となるなどの問題が起こっている。この問題を解決するためには、掘削機のドリル先端位置において、地盤の地層変化を正確に検知できる技術が求められている。本研究課題では、高次局所自己相関（HLAC）を用いて、掘削音の微小変化を手掛かりとする地層・地質変化の検知装置の実用化を目的とする。従来の知見より、地層・地質が変化する

少し前に掘削音が僅かに変化し始めることが知られており、この掘削音の微小な変化を高次局所自己相関（HLAC）により検知できないかに関する基礎的な検討を行った。その結果、地層・地質の変化による掘削音の変化が HLAC を用いて数値化及び検知可能なことを確認した。これは、掘削開始直後の数秒間の掘削音を基準音として学習し、それ以後は掘削音が基準音から相対的にどれだけ変化したかを HLAC に基づいて数値化することで実現している。本年度は、掘削音に対して HLAC に基づいた特徴抽出法を最適化すると共に、関連企業が実際の掘削現場で検証実験を行えるようにプロトタイプ機の設計を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］石炭、掘削、高次局所自己相関

［研 究 題 目］大規模観測対象のためのワンショット形状計測法の研究開発

［研究代表者］佐川　立昌（知能システム研究部門）

［研究担当者］河村　達也、竹川　祐介、佐川　立昌（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

運動・変形する対象の形状計測は、人間の運動解析・医療応用や、衝突実験による材料解析といった様々な応用に有用である。これまでに、観測対象にパターン光を投影し、1回の撮影でその瞬間の物体形状を計測する手法（ワンショット形状計測）を研究し、高速に変形する物体を高フレームレートで形状計測することを実現してきた。本課題では、屋外において大規模・遠距離の観測対象に対して高速・高密度な形状計測を実現するシステムの開発を目的とする。提案するシステムが実現したあかつきには、建築物・地形、道路、遠方の人物のような様々な応用が想定され、情報通信の利用・活用を支える基盤技術として、社会に役立ち、新たな産業基盤を強化することが期待される。平成24年度に実施した研究開発は、縦・横100本の線パターンから構成され、明るさの SN 比が10dB となる DOE 素子の設計と試作である。まず、産総研より提案したパターンの要求仕様に対して、DOE 素子およびレーザー光源の制約を満たすように ALT の知見を加えて両者で議論し、パターン詳細仕様を決定した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］高速3次元形状計測、ワンショット形状計測、大規模形状計測

［研 究 題 目］パラサイトヒューマン装着者の行動モデル獲得ならびにパラサイトヒューマン装着者による人の誘導に関する研究

［研究代表者］大山　英明（知能システム研究部門）

［研究担当者］大山　英明、野田　五十樹（サービス工学研究センター）、城間　直司（茨城大学）（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

パラサイトヒューマン（PH）とは、人間が装着するウェアラブル・ロボットであり、感覚刺激の適切な提示によって、装着者の行動を誘導することが可能である。CREST 研究領域「先進的統合センシング技術」の「パラサイトヒューマンネットによる五感情報通信と環境センシング・行動誘導」（代表：前田　太郎氏（大阪大学））では、遠隔地の専門家が PH 装着者を誘導して、応急措置等の作業を行うことや、PH 装着者への避難方向指示により、安全な避難を実現し、安全・安心を実現することを目指している。産総研ではシステム開発と評価を担当する。

研究計画：

(1) パラサイトヒューマン装着者の行動モデル獲得に関する研究

本テーマでは、PH 装着者の行動認識・誘導のため、遠隔行動誘導システムを開発し、行動モデルを構築する。また、行動モデル検証のために行動誘導・ロボット操縦システムを構築する。

(2) パラサイトヒューマン装着者による人の誘導に関する研究

本テーマでは、センサネット等の情報を集積し、集団を安全に誘導するための PH 装着者への避難方向指示システムを開発する。

年度進捗状況：

(1) パラサイトヒューマン装着者の行動モデル獲得に関する研究

本プロジェクトで開発した、PH 技術を用いた遠隔行動誘導システムについては、プラントの遠隔メンテナンスを応用先として、企業との共同開発による製品化を目指し、軽量化・高信頼化を進めた。現実のプラントにて、デモンストレーションを行えるように、ネットワーク構成の設計やシステム起動の自動化を行った。広視野で、かつ手先と目の対応関係を自然に保つ画像提示が可能な HMD／プロジェクター複合ディスプレイシステムや直感的な全身運動や移動指示の機能を持つ、遠隔行動誘導・ロボット操縦のためのコクピットを開発した。

(2) パラサイトヒューマン装着者による人の誘導に関する研究

本年度は、これまでに開発した避難誘導シミュレータと避難誘導の効果について、成果の発表を進めた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］遠隔行動誘導、パラサイトヒューマン、テレイグジスタンス、避難誘導

［研 究 題 目］レンチキュラーレンズを用いた高精度な姿勢検出が可能な視覚マーカの開発

［研究代表者］田中　秀幸（知能システム研究部門）

［研究担当者］田中　秀幸（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

視覚マーカは、カメラで位置姿勢を簡単に認識するためのツールとして拡張現実やロボティクスの分野で活用されているが、正面付近から観測した時の姿勢精度が悪いという計測原理上の問題があった。これに対し我々は、レンチキュラーレンズを用いて姿勢に応じて変化する1次元のモアレパターンを作り、これを計測することで高精度な姿勢検知を行う手法を開発した。さらに、この原理を2次元に拡張し、マイクロレンズアレイを用いた2次元モアレパターンを姿勢推定に応用する手法も開発した。本研究の目的は、この技術を応用し、正面からの観測時でも安定かつ高精度な姿勢計測が可能な視覚マーカを開発することである。また、実用化に向けた技術課題の洗い出しと解決策の検討を行う。本年度は、レンチキュラーレンズを用いた高精度マーカ（LentiMark：レンチマーク）と、マイクロレンズアレイを用いた高精度マーカ（ArrayMark：アレイマーク）の双方について、マーカ認識プログラムを改良することにより、照明条件に対するロバスト化、処理の効率化、複数マーカへの対応を行った。また、正面付近からの観測時以外でも発生する「姿勢の曖昧性・多義性」という問題を、LentiMark ではさらに広い角度範囲で認識可能なモアレパターンを追加することで、ArryaMark では小さい突起状の計測点を追加することで、それぞれ解決した。実用化に向けた取り組みとしては、製造過程をより簡素化するため、両マーカともマイクロレンズアレイを用いて製作する手法の開発を進めている。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］視覚マーカ、AR マーカ、サービスロボット、環境構造化

［研 究 題 目］新規廃棄物処分場の適地選定手法の構築
［研究代表者］駒井　武（地圏資源環境研究部門）
［研究担当者］駒井　武、張　銘、坂本　靖英、原　淳子（常勤職員4名）
［研 究 内 容］

スリランカ国における廃棄物処分場の適正な管理および対策技術の開発に資するため、相手国特有の技術的・社会的・経済的条件を見出し、見出した条件に関するデータを収集・整理する。それらのデータを総合的に分析し、新規廃棄物処分場の適地選定のための総合的評価手法を構築する。また、選定手順書を作成することによって、相手国での利活用と普及を図る。

本年度は、本研究調査サイトであるガンポラ町及びハンバントタ市を含むスリランカ国中央州及び南部州を対象に、入手可能な基本的情報（表層地質、地形、河川、気象、土地利用、交通及び住居等）の収集・整理を行うとともに、これらを用いた予備的解析を行った。具体には、GIS 解析と環境リスク評価を組み合わせ、特定地域を対象として廃棄物処分場立地に関するリスクマップを作成し、選定手順の方法論を提示した。また、相手国関連機関の研究者に対して、技術情報の提供を行うとともに、解析技術などに関する技術研修を実施した。

今後、適地選定のための社会・経済的要因も含めた形でのスリランカ国廃棄物処分場選定基準（観点）・手法を明確化し、新規廃棄物処分場の選定手順書を作成していく予定である。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］土壌汚染、リスク評価、廃棄物処分、スリランカ、地理情報システム

［研 究 題 目］集光加熱法による局所的なアスベスト壁面高温処理のための位置制御技術開発
［研究代表者］池田　伸一（電子光技術研究部門）
［研究担当者］池田　伸一（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究で進める集光加熱によるその場アスベスト溶融無害化処理は、壁面を対象として局所的に高温化する、これまでにない処理方式である。そのような環境、条件下での、加熱ユニット位置制御技術を本研究において開発する。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］集光加熱技術、装置開発、輻射場における位置制御技術

［研 究 題 目］インライン型極低濃度重金属汚染検出器の開発
［研究代表者］藤巻　真（電子光技術研究部門）
［研究担当者］藤巻　真、栗津　浩一（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

工業排水中に重金属が混入すると多大な健康被害を引き起こすため、定期的な水質検査が行われているが、理想的には常時監視することが望ましい。しかし現在の分析機は高価でかつ試料の前処理等人為的操作が必要であり、常時監視可能なインライン化は現実的でない。電気化学的手法による検出法は小型、安価、高感度であるが、検査に試薬を用いる為、やはり常設には不向きである。常時監視を可能にするために、我々は光導波モードセンサを用い、消耗品を必要とせず、安価かつ簡易で、高感度なインライン型検出器の開発を行う。

平成24年度は、重金属捕捉用キレート剤として、ジピコリルアミン、他3種のキレート剤を選定した。また、これらのブロックコポリマーを入手し、チップ表面へ固定化するための表面処理の準備を完了した。また、実際にジピコリルアミンを検出面に修飾した検出チップを用いて鉛とカドミウムの検出試験を行ったところ、いずれも環境基準濃度での検出試験に成功した。

本検出チップは、その表面に重金属イオンを電気還元するための透明電極を持つ。平成24年度は、最適な透明

電極作成条件を導出した。透明電極材料として ITO 膜を使用し、常温及び200℃にて膜堆積を行った。室温堆積では膜厚10～50nm の範囲で抵抗値に大きな変化はなく、$5\times10^{-3}\Omega\cdot cm$ であった。一方、200℃堆積では、膜厚が厚くなるほど低抵抗化し厚さ50nm では、$1.2\times10^{-3}\Omega\cdot cm$ という低い値を得ることができた。いずれの堆積温度でも厚さ50nm では、センシング特性に劣化は生じず、検出が可能であることも分かった。平成25年度は、各種重金属の検出に加え、種類の判別ができるように開発を進める。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］センサ、水処理、光検出、導波モード、電気還元

［研 究 題 目］救急および災害現場で用いるポータブル血液検査装置の開発

［研究代表者］粟津　浩一（電子光技術研究部門）
［研究担当者］粟津　浩一、藤巻　真（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

災害時や事故現場で負傷した患者に対して、病院において輸血をする、胃カメラや内視鏡を用いて診断する、あるいは手術をする必要がある。この場合まず ABO と Rh（D）血液型検査を行い、また血液由来の感染症を防ぐため、血液検査（HBs、HCV、HIV、梅毒）が不可欠である。従って病院に到着してから手術を開始できるまで1時間程度が必要となり、初動がその分遅れることになる。現状では、患者の感染症の有無の判定をその場で瞬時にできないために、医療従事者は自身の身の安全を考え感染症陽性患者を扱うように全ての患者を扱わなければならない。これは初動の遅れにもつながっている。災害や事故現場あるいは救急搬送中に ABO と Rh（D）血液型検査、感染症検査を行うことができれば、病院到着後ただちに内視鏡検査や手術を行うことが可能となり、生存率を劇的に増大させることが可能となる。そこで屋外も含む事故現場で多数のけが人の ABO と Rh（D）血液型検査を行え、かつ血液由来の感染症を数滴の血液を用いて20分以内で完了できる可搬型の装置を作製する。

ABO 血液型検査（オモテ検査と裏検査）と Rh（D）血液型検査、HIV、HCV、HBs 抗原、HBs 抗体、梅毒の陽性陰性の判定を行える20分以内で行える装置を開発する。また電源不要（バッテリー駆動）、携帯可能、屋外でも使えるように温度安定（±4℃以内で安定）であることが装置スペックとして必要である。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］ウイルス、血液、光学

［研 究 題 目］テラバイト時代に向けたポリマーによる三次元ベクトル波メモリ技術の実用化研究

［研究代表者］福田　隆史（電子光技術研究部門）
［研究担当者］福田　隆史、渡辺　歴、有本　英伸、古川　祐光、江本　顕雄、野口　尚美、小林　知子（常勤職員4名、他3名）
［研 究 内 容］

三次元ベクトル波の記録を行うには偏光感受性を有する材料の開発と媒体化技術の確立が必須である。また、媒体に露光する際に生じる媒体内の屈折率変調構造についてその詳細を観察し、材料組成との相関を考察することが出来れば、記録材料の開発が大幅に効率化するものと期待される。そこで産業技術総合研究所では、新規の偏光感受性材料の開発、ならびに、高感度・高分解能な位相イメージング技術の開発に取り組んでいる。

平成24年度においては、偏光感受性物質の性能向上に成功し、405nm にて78%の透過率（偏光感受性物質を5wt%にてドープした1mm 厚さの媒体における値）を有しながらも、2.7×10^{-3}の光誘起複屈折値を呈する新規物質を合成し、マトリクスとの化学的結合化を通じて100℃-1時間以上の耐熱性を持つ媒体の開発に成功した。採用している高ガラス転移温度のマトリクスの透明性についても検証し、$3.7\times10^{-5}[Srad^{-1}\cdot\mu m^{-1}]$の十分な透明性（低光散乱性）を有していることを確認した。また、当該媒質において400（角度）多重の偏光ホログラフィック記録に成功した。さらに、フーリエ変換型ホログラム記録光学系における強い光強度分布に起因した弊害を解消するべく、新規のランダム位相マスクデザインについて考案し、効果を実証した。また、当該技術に関して特許出願を行った。

位相イメージング技術に関しては、モデルとなる構造複屈折性試料を対象としてその定量性を評価し、誤差が少なくとも3%以内であることを確認した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］三次元ベクトル波記録、偏光感受性媒体、経時安定性、偏光／角度多重記録、位相イメージング技術、複屈折率変調構造、デジタルホログラフィック顕微鏡

［研 究 題 目］鉄系超伝導体の高 T_c 化指針の確立と純良単結晶、多結晶試料を用いた超伝導特性評価

［研究代表者］永崎　洋（電子光技術研究部門）
［研究担当者］永崎　洋、伊豫　彰、鬼頭　聖、竹下　直、吉田　良行（電子光技術研究部門）
石橋　章司、三宅　隆（ナノシステム研究部門）、
後藤　義人、藤久　裕司（計測フロンティア研究部門）、
李　哲虎（エネルギー技術研究部門）

（常勤職員10名）

［研 究 内 容］

本研究は、実用材料化の観点から鉄系超伝導体のポテンシャルを明らかにするとともに、同物質を用いた応用プロトタイプを試作することをその目的とする。H24年度は、高品質の多結晶、単結晶試料作製技術をベースとして、超伝導線材の作成に着手した。鉄系超伝導体（Ba, K）Fe_2As_2を対象とした線材を、PIT 法を用いて試作し、プロセスの最適化を行うことによって臨界電流密度 J_c=20000A/cm^{2}を達成した。これらの研究で得られた成果を学会発表・論文発表によって報告した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］超伝導、高温超伝導、鉄系超伝導体、単結晶、輸送送特性、異方性

［研 究 題 目］糖鎖統合データベースの運営と統合化支援、データベース更新作業

［研究代表者］成松　久（糖鎖医工学研究センター）

［研究担当者］成松　久、梶　裕之、鹿内　俊秀、鈴木　芳典、藤田　典昭、前田　真砂子、澤木　弘道（常勤職員2名、他5名）

［研 究 内 容］

糖鎖科学統合データベース（JCGGDB）の構築

JST の統合化推進プログラムに参加し、国内外の糖鎖に関するデータの統合化を推進している。JCGGDB では、各データベースに高機能な Application Program Interface（API）や Resource Description Framework（RDF）を出力するプログラムを設置し、XML や RDF の形式で詳細な情報を提供できるようになった。この API や RDF を利用し国内外の連携・統合化を進めていくことになる。糖鎖構造情報を扱うために開発してきたインフォマティクスのツールも十分に機能してきた。統合化を高度化するためにも整備した糖鎖関連用語の URI を定義し、別の名称でも同じ構造であれば1つの固有の ID になるように用語の整備とツール開発を行った。

国際連携について、アジア諸国との連携を行うため年2回の会議を開催し、その結果、RCMG が保有する GlycoProtDB をベースにしてアジア主体の糖タンパク質の統合データベースを構築していくことになった。また、米国、欧州のデータベースのグループと連携するために、主要な研究者を招聘し、共同開発のための話し合いを開始した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］糖鎖、統合データベース、糖鎖遺伝子データベース、糖タンパク質データベース

［研 究 題 目］半導体素子を用いた肝線維化センサーの開発

［研究代表者］成松　久（糖鎖医工学研究センター）

［研究担当者］成松　久、後藤　雅式、梅谷内　晶

（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

目的：

糖鎖医工学研究センターでは種々の疾患状態を反映する各種疾患糖鎖バイオマーカーの開発を行ってきており、糖タンパク質と、それと選択的に結合するレクチン（プローブ）についての豊富な知見がある。現在広く自動診断機器に対応する蛍光・発光測定試薬は高価なため、より安価な測定系が必要とされている。本研究では半導体を用いて糖タンパク質を高感度で検出する安価なセンサを開発し、疾患の早期診断を促進することを目的とする。

研究内容：

ゲート絶縁膜（HfO_2、SiO_2等）へのプローブ（レクチン・抗体）の固定化プロセスの開発のために、始めに、モデル糖タンパク質マーカー分子の検出系構築のための準備を行った。まず、文献調査と我々の過去の知見に基づき、モデル糖タンパク質マーカー分子としてα-fetoprotein（AFP）等を選定した。さらに、センサ表面での分子の物理的距離などを推定するために、各タンパク質分子の分子モデリングを行うことで、予定するサンドイッチアッセイ系のシミュレーションを行った。その結果から、センサでの検出が可能であるという予測された。次に、文献調査を行うとともに、糖鎖に関する知見を考慮して、それらの糖タンパク質マーカー分子を検出するための適切なプローブ（レクチンや抗体）を選定した。これらのプローブ（抗体）の性能評価として、生化学的解析（Western Blot 法）により抗体の特異性を評価した結果、最適な抗体をほぼ見出した。以上より、モデル糖タンパク質の選定とプローブ候補の性能評価により、生化学的に使用可能であるということを確認した。残る課題としてゲート絶縁膜へのプローブの固定化プロセスに選択したリンカーとの相性（プローブ性能への影響）などについての検討を進める予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］糖鎖、糖タンパク質、疾患糖鎖バイオマーカー、半導体センサ、診断

［研 究 題 目］糖タンパク質の糖鎖品質を全自動で定量評価できる省エネ・省スペース型装置の開発

［研究代表者］久野　敦（糖鎖医工学研究センター）

［研究担当者］久野　敦、齋藤　こずえ（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

抗体など、糖タンパク質医薬品の生産プロセス開発や品質管理に役に立つシステムを開発する。具体的には、糖タンパク質生産細胞培養液から対象物を効率よくエンリッチし、その機能に関わる糖鎖の品質を調べるまでの工程を全自動で行う装置を開発する。これは、当該研究者が保有する独自糖鎖品質評価技術シーズを、共同申請

企業の製品である省エネ・小型核酸定量測定装置へ応用することではじめて達成される。2年間の研究開発により、A. 糖鎖変化を精密に定量するためのマルチレクチンアッセイ同時検出（以降「糖タンパク質糖鎖変化検出系」とする）の実現。 B. 生体試料中微量糖タンパク質の高効率、高再現性回収機能および糖タンパク質糖鎖変化検出機能の集積化、省スペース化。 C. 前処理から検出までの全工程を4時間で完了。を目指す。

そのために当該研究者は、レクチンー抗体サンドイッチアッセイが可能であり、かつ糖タンパク質上の糖鎖変化を定量するのに有効なレクチンを少なくとも4種選抜することを本年度の第一開発目標とした。対象となる3種の糖タンパク質分子に対し、分析条件を最適化したのちにレクチンマイクロアレイ解析した。取得したデータから、レクチンアレイ上の45種レクチンのうち、上述の糖タンパク質上の糖鎖と結合するレクチンで有用なものを4種選抜できた。また本年度は開発装置の検出感度、精度をモニタリングするための系を構築することも目標とした。結果、装置の評価に使用する糖タンパク質標品の確保とその現有システムによる検出上限、下限の算出など、評価系に必要なものをほとんど準備することができた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］糖タンパク質、バイオ医薬品、糖鎖解析、レクチン、自動測定

［研 究 題 目］光分解性バイモーダルナノパーティクルの開発と、がんの可視化と治療への応用

［研究代表者］Biju Vasudevan Pillai（健康工学研究部門）

［研究担当者］Biju Vasudevan Pillai, Edakkattuparambil Sidharthan Shibu, Sakiko Sugino（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究は、以下の二点に着目して行った。(i)光分解可能な蛍光磁性バイモーダルナノプローブの開発と(ii) *in vitro* 及び *in vivo* でのバイオイメージングのためのバイモーダルナノパーティクルの産業応用への可能性の評価である。我々は、磁性部位に Fe_3O_4、蛍光部位に近赤外蛍光 CdSe/ZnS 量子ドット、あるいは Au_{25}量子クラスターから構成される光分解性蛍光磁性バイモーダルナノ粒子の調製を行った。本研究から得られた重要なポイントは、新規の二機能性を有する光脱ケージドリガンドの創製である。多様な量子ドットや量子クラスターは Fe_3O_4ナノ粒子個々の表面上にあるいはリガンドを介して修飾されている。リガンドやバイモーダルナノ粒子の光脱ケージ化は、吸収及び質量分光技術や FESEM 画像解析を用いて特性評価が可能である。バイモーダルナノ粒子は、アラトスタチンペプチドや上皮増殖因子 EGF のような特異的生体分子と抱合されると、マウス黒色腫細胞（B16）やヒト肺腺癌細胞（H1650）で効率的に輸送される。バイモーダルナノ粒子の細胞内輸送は、蛍光イメージングと MRI を併用することによって特性評価される。平行して、*in vivo* イメージングへのバイモーダルナノ粒子の可能性を B6マウスに静脈注射及び皮下注射によって評価した。マウスの MRI 及び近赤外蛍光イメージから肝臓におけるナノプローブの優位な局在が見られた。興味深いことに、肝臓に蓄積したナノ粒子は24時間以内に消失した。これらの結果から、新規に創製したバイモーダルナノ粒子は *in vitro* 及び *in vivo* 共に MRI や近赤外蛍光イメージングの併用に最適なプローブとなり得ることが示唆された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ナノテクノロジー・バイオイメージング・ナノ粒子・バイモーダリティ

［研 究 題 目］化学処理による放射性セシウム汚染土壌の除染・減容化に関する研究

［研究代表者］苑田　晃成（健康工学研究部門）

［研究担当者］苑田　晃成、槇田　洋二、チトラカー　ラメシュ（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

農地等に拡散した放射性物質（特にセシウム-137）の除染技術の確立は喫緊の課題である。本研究では、高価な処理設備を必要としない経済性に優れた化学処理による放射性セシウム汚染土壌の除染・減容化処理技術の確立を目指し、土壌中の放射性セシウムを脱着（除染）するための溶離液の検討および溶出させたセシウムを減容するためのセシウム選択性捕捉剤の検討を行った。

セシウム選択性捕捉剤の検討においては、トドロカイト型マンガン酸化物がセシウムイオンに対して高い選択性を示すことはわかっていたが、合成時に複雑な多段階の工程を要し、大量合成した場合には高コストになる。そこで、1段階で簡便かつ低コストで合成できる他のマンガン系吸着剤についてセシウムイオンに対する選択性を調べたところ、低結晶のバーネサイト型マンガン酸化物がセシウムイオンに対して高い選択性を示すことを見出した。

また、土壌中の放射性セシウムを脱着（除染）するための溶離液の予備検討として、セシウムイオンを吸着させたバーネサイト型マンガン酸化物を用いて、各種溶離液におけるセシウムイオンの脱着性をバッチ法で調べた結果、塩化カリウム溶液のセシウムイオン脱着率が高く、次いで、塩化アンモニウム溶液のセシウムイオン脱着率が高かった。

今後、使用済み溶離液の再利用技術やより高性能なセシウム選択性捕捉剤を開発し、経済性に優れた除染・減容化プロセスの構築を図る。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］セシウム、吸着、脱着、減容化、マンガン酸化物

［研 究 題 目］マルチウェルプレート対応生細胞リアルタイム多色発光測定装置の開発
［研究代表者］中島　芳浩（健康工学研究部門）
［研究担当者］中島　芳浩、室冨　和俊、安永　茉由、大西　尚子（常勤職員3名、他1名）
［研 究 内 容］

発光レポーターアッセイは、測定の簡便性や定量性の高さから、遺伝子発現やシグナルトランスダクション等の細胞内の変化を定量的にモニターするための必須ツールとして、基礎研究のみならず、創薬、食品機能などの広範な研究開発に汎用されている。本研究は、緑色・橙色・赤色の3色発光を放つ3種の発光レポーターを活用し、複数種の細胞情報を長時間に渡りリアルタイムに検出、且つ多検体を同時に処理可能な、これまで市販化されていない新規リアルタイム発光測定装置の開発を行う。

本年度は、開発予定のリアルタイム発光測定装置の感度や測定誤差等の測定性能の評価に供するポジティブコントロール用発光細胞を以下の方法により樹立した。NIH3T3細胞のゲノム中に相同組換え用配列（FRT 配列）が1箇所組込まれた FlpIn3T3 細胞に、herpes simplex virus 由来 thymidine kinase プロモーターと緑色発光ルシフェラーゼを連結したカセットを相同組換えにより挿入し、ハイグロマイシンにより選抜した。樹立した細胞の発光強度を検証したところ。既知の細胞の強度と比較し50倍以上高いことが明らかとなった。続いてこの細胞が、開発予定のリアルタイム発光測定装置の性能評価に使用できるかを検討するため、既存のルミノメーターをモデル装置として用い、リアルタイム発光測定により装置のリニアレンジを測定した結果、既存装置においても3桁のリニアレンジの検証が可能であることが判明、今後の装置評価に極めて有用な細胞であることが示唆された。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］ルシフェラーゼ、ルミノメーター、セルベースアッセイ、創薬スクリーニング

［研 究 題 目］高度石英ガラス構造を有する新規マイクロナノ分析計測デバイスの開発
［研究代表者］脇田　慎一（健康工学研究部門）
［研究担当者］脇田　慎一（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

石英ガラスは電気的、化学的、物理的に安定な優れた特性を有しており、在宅医療やオンサイト環境分析のプラットフォームとして有望視されているマイクロ流体デバイスなどへの応用が期待される。しかし射出成形による大量生産が可能な樹脂材料と比較して石英ガラスはコスト面で不利である。

そこで、石英ガラス独自の性質を活かした分析デバイス開発を目指して、高度石英加工技術により、高品質高性能なマイクロナノ分析デバイスを低コストで供給できる製造技術開発を検討した。

試作した特殊構造を有するマイクロナノ流体デバイスの分析性能をモデル蛍光物質により理論段数を用いて評価した。デバイス全体での分析性能は当初の予測ほどには発揮されなかったが、分析デバイスの各部で予想された分析性能が確認された。今後、製造精度の向上により高性能分析性能を得られる見込みを得た。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］マイクロ流体デバイス、分離デバイス

［研 究 題 目］低温成形配線用ナノ粒子インク材料を目的とした窒化銅微粒子の合成
［研究代表者］中村　考志（コンパクト化学システム研究センター）
［研究担当者］中村　考志、蛯名　武雄、林　拓道（常勤職員3名）
［研 究 内 容］

本研究は、プリンテッドエレクトロニクスデバイス用配線インクとして、高価でイオンマイグレーション性のある銀や、化学的に不安定な銅に変わる材料として窒化銅を利用することを目指した研究である。窒化銅は酸化耐性があり、バルクにおいて350℃で銅と窒素に分解することが知られている。この性質とナノ粒子化による分解温度の低下を活用することで、200℃以下の加熱で導電性が発現する窒化銅配線インクの開発を目標としている。

平成23年度の研究でアジ化銅錯体から窒化銅が生成することを確認していたが、爆発性原料からの合成は大量合成時の製造操作や取り扱いが困難になることから、とても実用化を視野に入れた合成法とは言えなかった。

平成24年度では、種々の銅及び窒素を含む化合物からの窒化銅ナノ粒子の合成を検討した結果、酢酸銅を長鎖アルコール中でアンモニアを通気しながら130℃以上、30分間加熱すると、二次粒径100-200nm の窒化銅ナノ粒子が収率約30%で合成できることを見出した。これにより、安全かつすみやかに窒化銅ナノ粒子を合成できる条件を見出した。

上記の方法により合成した窒化銅ナノ粒子の分解温度と市販されている窒化銅粉末（粒径＞2μm）の分解温度とを比べた結果、窒化銅ナノ粒子は220℃、窒化銅粉末は430℃であり、ナノサイズ化により200℃以上分解温度が低下していることを確認した。現在はこのナノ粒子を用いて配線化に向けた検討を進めている。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］ナノ粒子、金属窒化物、印刷配線、エレクトロニクス

［研 究 題 目］**マイクロ波利用流通反応器における高速高精度温度測定法の開発**

［研究代表者］佐藤　剛一（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］佐藤　剛一、西岡　将輝（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

円筒型照射空間を利用した気相流通式マイクロ波利用反応装置の速やかな技術移転を促進するためには、温度測定技術の最適化を図る必要がある。マイクロ波利用反応では、接触型の温度計を照射空間内に設置することが材質の関係から困難であり、外部からの非接触温度測定が必須となる。この場合、窓材の材質やガス雰囲気等によって反応物質の温度測定条件が異なることから、正確な温度を測定するためには、流通式マイクロ波反応器に適し、触媒層の温度を高速、高精度で測定する手段の開発が必要である。しかしながら、マイクロ波照射ガス流通式反応における温度の非接触測定については、ほとんど研究が実施されておらず、温度計測に関するデータの蓄積もない。

新規な測定法の開発に向け、放射温度計、光ファイバー温度計、サーモグラフィ等を用いてマイクロ波照射下の温度解析を実施し、サーモグラフィの測定波長の影響、触媒の反射率の影響などのデータを蓄積し解析した。その結果、触媒層の温度は反応ガスの種類により大きく影響されること等を明らかにした。続いて、より正確に触媒温度を測定する手法を検討し、特に、共振周波数を利用した測定方法の可能性を見出し、実証することに成功した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］マイクロ波加熱、温度測定、触媒、流通反応

［研 究 題 目］**飽和炭化水素とアルコールを用いたプロピレン製造技術の開発**

［研究代表者］山口　有朋（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］山口　有朋（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

現在、化学産業の基幹物質であるプロピレンは、原油成分であるナフサの熱分解法（850℃程度）により製造されている。固体触媒を用いたナフサの接触分解法は、熱分解法に比べて低温で進行し、高いプロピレン収率が得られる利点がある。本研究では、高い耐スチーム性を示す P/ZSM-5を触媒として利用し、反応物としてヘキサンとエタノールの混合物を使用した接触分解反応を行い、高収率でプロピレンを製造する。エタノールがプロピレンに転換する際（脱水反応過程）に生成する水により、コーク生成を抑制する。プロピレンを高収率で製造する新規技術であり、石油化学産業における省エネルギー、二酸化炭素排出削減に寄与できる技術である。反応温度及びヘキサンとエタノールの混合比率をパラメーターとして反応条件を精査し、目標とするプロピレン収率を達成し、24時間の連続反応試験においてもプロピレン収率は安定していた。さらに、異種元素導入によるプロピレン収率の向上を検討し、高いプロピレン収率が得られた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］ナフサ、エタノール、ゼオライト触媒

［研 究 題 目］**不揮発性溶剤を用いる吸収式 VOC 除去・回収技術の開発**

［研究代表者］牧野　貴至（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］牧野　貴至、金久保　光央、及川　裕美（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

イオン液体を用いる吸収式 VOC 除去・回収技術の開発に取り組んだ。従来吸収液の課題であった排気ガス中に含まれる水蒸気成分による除去率の低下を低減するため、本研究では疎水性のイオン液体に着目した。トルエンおよび酢酸エチルの除去試験では、水及びエチレングリコールと同等もしくは優れた除去率を示すことを見出した。処理ガス中の VOC 濃度は排出基準値以下であった。また、飽和吸収量も従来吸収液より優れており、イオン液体を利用することで、VOC 除去技術を高効率化できることを実証した。VOC の回収にあたっては、イオン液体を加熱・減圧することで、吸収液の損失なく VOC を回収できることを明らかにした。

さらに、プロセスの高効率化を図るため、よりトルエン吸収量に優れたイオン液体の開発に取り組んだ。VOC 吸収量がイオン液体の分子構造に依存することを明らかにすると共に、ポリエチレングリコールの2倍近いトルエン吸収量を示すイオン液体を見出した。当該イオン液体は酢酸エチルの除去においても、水やポリエチレングリコールよりも優れた除去率・吸収量を発揮した。イオン液体の最適化により、VOC 除去・回収技術のさらなる効率化が可能である。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］イオン液体、VOC 除去・回収、環境保全、リサイクル、省エネルギー

［研 究 題 目］**水素と酸素から過酸化水素を安全に連続合成するプロセスの開発**

［研究代表者］鈴木　明（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］鈴木　明、川﨑　慎一朗（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

過酸化水素の製造技術として、アントラキノン法が一

般的である。特に、半導体製造分野で多量に消費され、高純度過酸化水素が用いられる。これは無機イオンのみ ppb、ppt オーダーの制限がかけられているものの、有機物 TOC については数10ppm が現状である。これは有機物をプロモーターとして用いる製造方法に由来している。

そこで、超高純度過酸化水素を得るためには、水素と酸素から直接合成する方法が好ましく、安全にかつ安定的に高濃度の過酸化水素合成が実現できれば、有機・無機いずれの不純物も低減することができる。

そこで、水素と酸素、貴金属触媒を用いて過酸化水素を直接合成する連続プロセスを開発する。反応管として、内面に Pd を無電解メッキした触媒マイクロチューブを作成した。また、Pd 触媒表面で合成された過酸化水素は、合成と同時に分解反応も生じる。この分解反応を抑制するために過酸化水素回収水として酸水溶液（硫酸に臭化ナトリウムを添加）を供給した。触媒マイクロチューブ内の流動状態を気相、液相が交互に形成されるスラグ流に制御するプロセスを開発した。このスラグ流触媒マイクロチューブ方式を用いて、低水素濃度から基礎実験を開始し、気体中の水素濃度、反応管内の気液比、スラグサイズ、酸濃度、触媒種類、触媒表面形状等を検討し、水素分解率、過酸化水素選択率、過酸化水素収率を評価している。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］過酸化水素、水素、酸素、直接合成、マイクロリアクター、スラグ流

［研 究 題 目］反応性イオン液体の CO_2吸収機構解明

［研究代表者］金久保　光央（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］金久保　光央、牧野　貴至、丹野　美香（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

膜分離法は、体積効率の高い省エネルギー技術であり、種々の条件の CO_2発生源を対象として、脱炭酸を実現可能な技術である。本研究開発では、室温から高温、常圧から高圧（～3Mpa）、低湿から高湿度までの全ての性状ガスに対応できる、イオン液体を利用した CO_2選択透過膜を創製する。そのためには、分離膜の設計にあたり、イオン液体の CO_2吸収量や輸送特性、及び水蒸気の影響等を明らかとし、熱力学的な見地から CO_2吸収メカニズムを考察することが不可欠である。

平成24年度は、アミノ酸をアニオンとするイオン液体に着目し、常圧から高圧条件で CO_2吸収量を測定した。5MPa までの圧力域において、開発したアミノ酸イオン液体は、一般的な物理吸収系イオン液体よりも高い CO_2吸収量を示し、その優位性が実証された。また、ラマン分光法により、イオン液体中の CO_2吸収状態を観察した。イオン液体中に水が存在すると、アミノ酸アニオン－CO_2反応体に加えて、炭酸塩と炭酸水素塩が生成することが明らかになった。また、CO_2分圧の上昇により、これらの塩と物理吸収された CO_2の組成が増加することが確認された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］分離膜、二酸化炭素、イオン液体、省エネルギー

［研 究 題 目］マイクロ波による機能性粒子表面修飾技術の検討とそれを用いた機能性コンポジットの開発

［研究代表者］西岡　将輝（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］西岡　将輝、台野　洋平（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

マイクロ波の非接触加熱・選択加熱の特徴を生かし、無機微粒子表面に選択的に化学処理を施す技術を開発するため、スラリー中における無機微粒子の非平衡加熱現象の確認、同現象による表面反応の進行、評価及び本反応進行に好適な装置開発を目標とした。マイクロ波照射の有無により、スラリー温度が5～80℃以上の瞬時に変動することで非平衡加熱効果を確認するとともに、処理剤と微粒子表面の結合は通常の処理方法と比較してより強固な結合状態であることを示唆する評価結果を得たことで、非平衡加熱効果による表面改質効果を確認した。装置開発においては、マイクロ波照射装置を流通式装置に組み込み、表面にローカライズした表面修飾反応を可能とするフロー式マイクロ波処理システムを開発した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］マイクロ波、表面処理、選択加熱、流通反応

［研 究 題 目］高圧二酸化炭素を用いた厚膜塗工プロセスの開発

［研究代表者］川﨑　慎一朗（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］川﨑　慎一朗（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、リチウムイオン二次電池の電極膜製造プロセスの環境負荷低減、省エネルギー化を目的として、有機溶媒使用量を低減した超高粘度塗工液の新規塗工プロセスの開発を行っている。電極膜塗工液は、高分子有機バインダーを有機溶媒で溶解させた溶液に電極物質、導電助材を混合してスラリー化処理したものである。この塗工液は、電極物質（粉体）の濃度が高く、かつ、超高粘度であり、高圧プロセスでの連続操作も容易ではない。この塗工液を連続供給し、高圧二酸化炭素を安定的に混合して、粘度低下挙動を把握し、任意の粘度に制御して電極箔上に塗工し焼き付けを行った。電極膜の性状

評価（SEM、EDX)、電極膜を用いてボタン電池を製作し、充放電サイクル特性、出力特性を評価した。

従来の塗工液で使用している希釈溶剤の添加量を低減でき、高圧 CO_2をマイクロミキサーで混合して減圧した直後の塗工液で電極を作成すると、電池性能が向上する結果が得られた。ただし、高圧スリットダイからの連続安定塗工技術の開発に課題を残した。スリットダイ内部の減圧過程で溶解していた CO_2が脱離し、気液状態となるため間欠流となり塗工面の均一性が得られなかった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］超臨界二酸化炭素、リチウムイオン電磁、成膜

［研 究 題 目］粘土を含む保護層を付与した高耐久性漆器の開発

［研究代表者］蛯名　武雄（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］蛯名　武雄、林　拓道、和久井　喜人、中村　考志、岩田　伸一、鈴木　麻実（常勤職員4名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究では、玉虫塗として知られる漆器塗工面上に粘土等の無機ナノ粒子を含む保護層を付与し、難燃性・耐擦過性・耐紫外線性・耐久性に優れた漆器及びその製造方法を開発する。開発漆器には、自動車の内装材料として利用可能な高い難燃性を付与する。また、従来問題となっていた、紫外線による色褪せ等を防止する。さらに、開発塗料に従来品よりも高い表面硬度を持たせ、傷をつきにくくすることによって携帯電子機器カバー等に使用した際の耐久性を向上させる。

平成24年度は、主に粘土を含む保護層の設計及びペースト開発を行った。具体的には、下記の項目について検討を行った。1)表面保護層の設計及びペースト開発において、水系及び有機系溶媒を用い、粘土を分散・ペースト化し、成分比・混合方法・塗工方法の検討を進めた。目標である、保護層（粘土膜層）単独でのアルコール燃焼試験で、水系粘土膜及び有機系粘土膜は、共に着火のない高い不燃性を有することが確認できた。また、2)玉虫塗への表面保護層の塗工と製品試作において、玉虫塗りの製法である、スプレー塗工に適合した粘土膜用ペーストの製法を確立し、玉虫塗への表面保護層（粘土層）の形成と製品試作が可能であることを確認した。この際、水系粘土膜の表面硬度が有機系粘土膜よりも高いことを見出した。粘土膜の玉虫塗への密着性の評価としては、粘土膜を加熱処理することにより、玉虫塗への十分な密着強度が確保できることを確認した。平成24年度は、粘土を含む保護層が玉虫塗表面に密着し、均一コーティングされ、その表面保護層の不燃性が確認された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］粘土膜、難燃性、コーティング

［研 究 題 目］木質材料の流動性発現による複雑三次元成形加工への天然添加剤の適用

［研究代表者］金山　公三（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］金山　公三、三木　恒久、杉元　宏行、重松　一典（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

木質材料の超塑性的変形挙動を利用し、バルク状の木質材料から任意形状の製品を得る技術を世界で初めて見出した。この技術は従来の木材成形技術と比較して、粉末化のエネルギー削減、迅速な任意形状付与、高力学特性付与、高木質感の付与、および、原料形状を限定しない点等の多数の優位点を持つ。この変形挙動は、添加剤を木質材料成分の非結晶領域へ拡散後、非結晶領域中の水素結合性官能基とナノ複合化する事により発現する。現状では、添加剤に石油由来物質を用いているため、木質材料の優位性である持続性が損なわれる。そこで本課題では、天然系添加剤による木質材料高機能化技術の開発を行った。

天然添加剤によって、石油系添加剤と同等以上の木質材料の流動成形技術の開発に取り組んだ。天然添加剤を木質材料内に拡散させる含浸・乾燥条件を検討し、添加剤が木材細胞壁にまで十分拡散した材料について金型内で圧縮成形を行ったところ、80MPa 以下の圧力で容易に流動性が発現することを確認した。得られた成形体は、水中浸漬24時間による寸法変化率5%以下の形状安定性が付与されており、バイオプラスチック並みの強度特性を得られることを確認した。その特性は促進劣化試験を行った後も維持していた。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］木質材料、流動成形、天然添加剤、含浸、細胞壁

［研 究 題 目］高耐久性・高意匠性を両立する木質成形体の開発

［研究代表者］金山　公三（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］金山　公三、三木　恒久、杉元　宏行、重松　一典（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

樹木は光合成により CO_2 を固定し、製品として使用される間も炭素を保持し続けるため、樹木、竹等から得られる木質材料の利用を拡大することは CO_2 吸収・貯蔵の促進につながる。また、木質材料は、適切に管理することにより持続的に入手できる材料であるため、資源の少ない日本にとって、環境調和型かつ持続的利用可能な材料としてプラスチックなどの石油資源の代替資源としてその活用が期待されている。

しかし、プラスチックの代替には、製品としての形状付与技術が必要条件となる。現状の木質材料の加工技術では、用途に合わせて切削加工を行う方法が一般的である。しかし、複雑な形状を切削によって得る場合には、職人の技術やマシニングセンタなどの特殊機械を必要とする他、良質の材料を必要とする、歩留まりが低い（30%程度）、生産性が低いといったコスト高を引き起こす問題が多くある。この解決策として、木質材料の流動成形技術の開発を進めているが、変形および形状固定の工程で受ける熱による変色が問題となっている。

熱分解物が成形体の内部に留まり、成形体の色変化の原因となっていると推測されたので、木質材料を構成する成分の熱分解挙動を調べた。具体的には、成形過程で受ける温度条件において、様ざまな樹種の熱分析を行った。これらと並行して、各種樹種と含浸薬剤とを組合せ、成形実験を進め、多種多様な色の成形体の作製が可能なことを確認した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］木質材料、流動成形、熱分解、変色、意匠性

［研 究 題 目］光神経電子集積回路開発と機能解析・応用
［研究代表者］下島　康嗣
（サステナブルマテリアル研究部門）
［研究担当者］下島　康嗣（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

シナプス後膜に流れる電流を正確に測定できる培養型イオンチャネルバイオセンサー内に、神経細胞ネットワークを形成してレーザー光で活動電位を制御して記憶や学習特性を測定することは、脳高次機能の解明や神経変性疾患の診断・創薬に非常に有用である。

そのためには、計測素子を精度よく配置してさまざまな信号を同時に獲得することが可能なセンサーの多チャンネル化が必要であり、本研究では、ナノ加工技術を駆使してセンサーの多チャンネル化を行っている。

これまで、多点計測素子開発において、PMMA 基板の微細貫通孔形成を従来 X 線リソグラフィで行っていたが、今後多点計測に向けてあらたな X 線マスクの開発が必須で、マスク用材料の開発と FIB による多数の微細貫通孔の形成の技術開発を進める。

平成24年度は X 線マスクの金薄膜（10μm 厚み）に直径2μm の貫通孔を、位置精度±3μm にて複数個形成する技術を開発した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］神経細胞ネットワーク、FIB、マスク加工

［研 究 題 目］材料技術および金型技術のハイブリット制御によるマグネシウム合金板材の室温プレス成形技術の開発
［研究代表者］千野　靖正
（サステナブルマテリアル研究部門）
［研究担当者］千野　靖正、黄　新ショウ、斎藤　尚文
（常勤職員3名、他2名）
［研 究 内 容］

マグネシウム合金圧延材は優れた比強度を有するため、次世代の軽金属材料として注目されている。一方、圧延時に強い集合組織が形成されることに起因して、アルミニウム合金と比較して室温成形性が著しく低いことが問題となっている。近年、研究者らは、汎用マグネシウム合金を固相線近傍で圧延すると、集合組織の形成が抑制され、室温成形性が著しく改善することを発見している。一方、開発した圧延材の塑性異方性は他の金属と大きく異なるため、プレス成形に関連する従来の知見を流用することが困難である。そこで、本研究開発では、開発したマグネシウム合金圧延材を用いて複雑構造体を作製するための室温プレス成形技術を開発することを目指した。

具体的には、(1)限界絞り比1.75以上の深絞り成形の実現、(2)絞りしごき比（初期ブランク直径／最終パンチ直径）2.1以上の多段深絞り成形の実現を目標として研究開発を実施した。そこでは、マグネシウム合金の室温深絞り成形プロセスに、プレスモーションを精密に制御可能なサーボプレスの導入を検討するとともに、プロセスパラメータの最適化を図った。その結果、目標とした限界絞り比（=1.83）および絞りしごき比（=2.1）の室温プレス成形を行うことに成功した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］マグネシウム合金、集合組織、成形性、金型、深絞り

［研 究 題 目］石英薄板へのタンパク質の固定化とバイオセンサーチップへの応用
［研究代表者］松田　直樹
（生産計測技術研究センター）
［研究担当者］松田　直樹（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

石英薄板へのタンパク質の固定化とバイオセンサーチップへの応用を図るため ITO 電極を表面修飾しタンパク質を固定化する。次に電気化学的手法であるサイクリックボルタンメトリー（CV）法とスラブ光導波路（SOWG）分光法による吸収スペクトル変化からチトクローム *c*（cytc）とヘモグロビン（Hb）の固定化量、固定化時間、電子移動速度等を検討する。

表面修飾ではキトサンの希薄な水溶液中に cytc と Hb を共存させ試料溶液とし、cytc と Hb を含むキトサンを ITO 上に固定化し、タンパク質固定化電極として使用する。また ITO 表面にホスホン酸の自己組織化単分子膜を生成させその上に cytc や Hb を吸着させる。技術課題はキトサン、cytc や Hb の濃度や浸漬時間等のパラメ

ータの最適化であり、実験結果を確認しながら検討する必要がある。

H24年度はガラス表面上にタンパク質を固定化する実験を行い、cytc の酸化還元に対する機能が保持されていることは確認した。また表面修飾を行わない ITO 電極での実験では、cytc の吸着量は単分子層に対して50%程度の被覆率で止まりそれ以上は吸着しない、また例えば一時間の実験でその中の30%程度の cytc が脱離することが分かった。

CV 法では、酸化還元ピークの電荷量からクーロン量が求まりタンパク質の吸着量に換算でき、酸化と還元ピークの電位差から電子移動速度が求まる。SOWG 分光法による吸収スペクトル変化からは ITO 電極に固定化された cytc や Hb が直接電子移動反応を行う機能を保持しているかどうかが確認でき、SOWG 吸収スペクトルに観察される cytc と Hb のソーレ帯の吸収強度は吸着しているタンパク質の量に比例しているため吸着量変化を観察可能である。cytc の吸着量を変化させながら CV と SOWG 分光法のその場観察を行ったところ、得られる吸着量は比例関係にあったが、CV の酸化還元ピークの電荷量がゼロになっても SOWG 分光法で得られるソーレ帯のピーク吸光度は残っており、ITO 電極と直接電子移動反応を行った。試料溶液が希薄になるとともに cytc が吸着しているにもかかわらず CV でピークが現れなくなるのは、CV の酸化還元反応のピーク電位がカソード側にシフトして分散するためと考えられる。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］タンパク質、チトクローム *c*、スラブ光導波路分光法、バイオセンサーチップ、

［研 究 題 目］ソリューションプラズマ法の低電力化と直接燃料型燃料電池用合金ナノ微粒子の調製

［研究代表者］松田　直樹
（生産計測技術研究センター）

［研究担当者］松田　直樹（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では、従来1～2kV、3A、15kHz といった大電力を使用する必要があったソリューションプラズマ法（以下 SP 法と略す）を、数百 V まで低電圧化することによって白金（Pt）ナノ粒子合成時の消費電力を大幅に削減することを目標とする。また、ダイレクト形燃料電池やセンサー用のプローブへの応用を目指し、Pt 合金触媒を SP 法を用いて合成する手段を確立する。そのため実際に合成した Pt 合金をダイレクト燃料電池の触媒として用い性能検査を行い技術移転の可能性を検討する。

具体的には以下の三項目を検討する。

① SP 法を低電圧化し、消費電力を従来の半分（380kJ/Pt 1g）以下まで引き下げるとともに、低電圧合成条件においても、10nm 以下の Pt ナノ粒子が担持できるように、合成条件を探索する。

② ダイレクト形燃料電池への応用を目指し、SP 法を用い Pt 合金触媒を合成する手法を確立する。

③ 実際に合成した触媒を用いてダイレクト燃料電池の発電試験を行う。

平成24年度は、電極に2mmφの金（Au）と Pt 線を同時に用い SP を生じさせることで Pt-Au 合金が生じるかどうかを検討した。得られたナノ粒子分散水溶液を XRD 分析行ったところ Pt-Au 合金ナノ粒子のピークが確認されたが、同時に Pt ナノ粒子のみのピークも観察され、Pt のみのナノ粒子も多く存在する事が示唆された。そのため現在は Pt-Au 合金ナノ粒の存在割合を増やす実験条件を検討中である。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ソリューションプラズマ、貴金属ナノ粒子、触媒、低電力化

［研 究 題 目］解凍精液から元気な精子だけをオンサイトで簡便に得るための技術開発

［研究代表者］山下　健一
（生産計測技術研究センター）

［研究担当者］山下　健一（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

人工授精に典型的に用いられる凍結精液おいて、解凍後の精子の生存率低下が受胎率の大幅低下の原因となっている問題を克服するため、元気な精子だけを選別するための手法の開発を行った。従来技術は、人の臨床利用や実験用途での体外受精を念頭として、数十～数百匹の精子を得るものである。一方、家畜生産での人工授精で求められる量と濃度は桁違いであり、数百万～数千万匹/0.5mL である。つまり、家畜生産用途での要求レベルは、実に10-100万倍の効率化であり、簡便さと安価を維持しつつ、この要求に応える技術はなかった。

層流の中では、流速等の条件を調整することにより、精子が流れを遡る方向に配向して移動できることが広く知られている。この既知の知見と、今回新たに見出した、薄層状流路を併用する流路構造体により、人工授精で要求される10万倍の効率化を達成した。基本構成は、解凍精液を入れる液溜め、第一段目の「薄い層状」の流路構造体、それに続く第二段目の「細い流路部分」から成る。この基本構造を基として、精子の運動挙動の特性を最大限に活用できる応用構造を複数試験し、その性能が確かに家畜牛の人工授精による繁殖作業に供するに十分な性能があることを確認した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］畜産、マイクロ流体、層流、牛、精子、農業

［研 究 題 目］テスト技法 FOT の大規模システムへの適用可能性の検証

［研究代表者］大崎　人士
（セキュアシステム研究部門）
［研究担当者］大崎　人士、北村　崇師、
Nguyen Tang（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

産総研が開発するテスト設計技法 FOT（Feature Oriented Testing）の実用化に向けた、大規模システムへの適用可能性の検証のための実証実験を、オムロンソーシアルソリューションズ株式会社（OSS 社）と共同で行った。具体的には、OSS 社が開発する産業で使用される駅務システムのテストに FOT 技法を適用し、その大規模システムへの適用可能性についての技術評価を行った。特に、本研究では以下に示す3つの項目に取り組んだ。

1)　テスト設計言語の表現力の調査研究

FOT では、論理樹（and-or trees）の拡張言語を用いてテスト設計を行う。本項目では、この FOT で用いるテスト設計言語が、産業で使用される大規模で複雑な実システムに対しても、十分な記述性を備えるかについての調査を行った。具体的には、実際に産業で使用されるシステムのテスト設計を FOT の記述言語で記述した。結果、本研究開始時の言語セットでは記述不可能な場合をいくつか発見した。本研究では、この結果に対応すべく、つまり、そうしたケースを全て記述可能にするためテスト設計言語をいくつかの新しい操作子で拡張した。さらにこの拡張された記述言語の記述力が、命題論理というクラスと同等の記述力をもつことを数学的な証明により示した。

2)　Pair-wise 法の導入

FOT では論理樹によって設計されたテストモデルから、組合せ技術を用いてそれぞれのテストケースを機械的に生成する。この方法を大規模システムに適用する際、テストケースが爆発的に増えすぎてしまう問題（テストケース爆発問題）が発見された。この問題を解消するために、FOT 技法に Pair-wise 法を導入した。Pair-wise 法は組合せテストのテストケース生成戦略であり、網羅基準の概念を用いてテストケースの数を減らす。本研究では、この Pair-wise 法を導入し、FOT 技法を拡張した。導入の際には、木構造のテスト設計から Pair-wise テストケースを生成する「平坦化アルゴリズム」を独自に開発した。

3)　FOT 支援ツールの拡張

上記の研究項目1）及び2）の拡張を支援できるよう、FOT ツールの拡張を行った。特に、FOT 支援ツールは GUI ベースの支援ツールであり、ユーザはこの GUI を通してテスト設計を行うが、「1)テスト設計言語の表現力の調査研究」におけるテスト設計言語の拡張に対応するため、GUI を拡張した。また、「2) Pair-wise 法の導入」に対応するために必要な平坦化アルゴリズムやその他の必要なアルゴリズムや機能の実装を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］ソフトウェア検証、ソフトウェアテスト

［研 究 題 目］利用者指向ディペンダビリティの研究

［研究代表者］木下　佳樹
（セキュアシステム研究部門）
［研究担当者］木下　佳樹、武山　誠、湯浅　能史、
木藤　浩之、平井　誠、田口　研治
（常勤職員2名、他4名）

［研 究 内 容］

本研究は、開放情報系におけるディペンダビリティの概念を確定することを中心に、規格策定、ツール開発、理論的基盤の整理・発展を目的とするものである。ディペンダビリティの保証のため、ディペンダビリティ保証の議論（Argumentation）の構造を記述する記法である D-case と、そのエディタである D-case editor が開発されている。本研究においては、D-case のより形式的な取扱い、ディペンダビリティ保証のための標準化、議論に関する基礎的研究について実施した。

1）D-case in Agda

開発環境・証明支援系 Agda と D-Case のグラフィカルエディタ D-Case Editor を連携させたツールで、形式 D-Case の議論部分の Agda による記述と、D-Case の図式記法による議論木としての記述の間の相互変換を行う。証明支援機能を用いての Agda 記述に対する整合性検査・不整合解消を実行することが可能である。

2）規格の策定

ISO/IEC JTC1 SC7 WG7 において、ISO 15026 System and Assurance Case に関する規格の策定を co-editor を派遣し、執筆を行った。IEC TC56においては、Open Systems Dependability の概念を記した新しい規格策定の NWIP（New Work Item Proposal）を WG4 System Aspects of Dependability に提出した。OMG（Object Management Group）の System Assurance Task Force においては、ISO とは別に、ツール間の互換性確保のためのアシュアランスケースの規格策定が行われている。アシュアランスケースの規格である SACM （Structured Assurance Case Metamodel）に対しては、その改定チームに参加し、規格の改定に主体的に参加をした。さらに、D-case in Agda に代表される、証明系とアシュアランスケースの形式的チェック機能に関する標準化を目指し、MACL（Machine-checkable Assurance Case Language）を提案した。

3）理論的基盤

D-case の基本となる argumentation に関しては、Dung の議論モデルに基づいて、反駁（rebuttal）に関する研究成果を発表した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］開放情報系ディペンダビリティ、ディペンダビリティ保証、議論に関する理論、標準化

［研究題目］セルラーゼとリジン脱炭酸酵素の高機能化・低コスト化技術開発（Ⅰ）ー解析と改良
［研究代表者］石川　一彦（バイオマスリファイナリー研究センター）
［研究担当者］石川　一彦、片岡　未有、前野　友香、中林　誠（常勤職員1名、他3名）
［研究内容］

この研究は、低炭素社会実現に貢献するバイオポリマー原料であるモノマーを非可食性バイオマスから低コストかつ省エネルギーで製造するための革新的製造プロセス開発を目的とした酵素の研究開発である。産総研では、本工程に必須の耐熱性セルラーゼ（5種類）の開発を行った。5種類のうち2種類を好熱菌ゲノムより見出し、遺伝子クローニングを行いさらにタンパク質工学的手法で改変した後、大腸菌により大量発現生産することに成功した。本酵素の結晶を調製して構造機能解析を行った結果、目的温度域での利用の可能性が示唆された。さらに共同研究先との連携で、糸状菌による本酵素群の大量生産技術を構築し、上記の2種類の酵素において大量発現ができることを確認した。また、ポリマー原料であるジアミン生産に関わるアミノ酸関連酵素の耐熱化と実用化を目指した酵素開発研究を行った。好熱菌ゲノム情報から本酵素遺伝子を見出し、その遺伝子クローニングおよびコドンを最適化することで大腸菌による大量発現生産に成功した。得られた酵素タンパク質の機能解析を行い70℃での安定性および酵素活性が確認された。本酵素の実用化を行うための基礎的データの収集を行うとともに、タンパク質工学的手法による酵素改良実験に必須である酵素の結晶調製実験を開始した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］糖化酵素、耐熱性酵素、結晶構造解析

［研究題目］サトウキビ廃棄物からのエタノール生産研究
［研究代表者］平田　悟史（バイオマスリファイナリー研究センター）
［研究担当者］矢野　伸一、遠藤　貴士、美濃輪　智朗、李　承桓、松鹿　昭則、坂西　欣也、三浦　豊和、高　旻天、孫　孝政（常勤職員6名、他3名）
［研究内容］

世界最大のサトウキビ生産国であるブラジルにおいてサトウキビ廃棄物からエタノールを生産する技術を開発することを目標に、前処理、酵素糖化、発酵の各要素技術についてブラジルの大学と国際共同研究を実施した。また温室効果ガス（GHG）排出量削減効果等についてのLCA解析を行った。

昨年度までに、湿式ディスクミルによる前処理法だけではサトウキビ廃棄物に対しては効果が低いことが明らかになり、その解決策として湿式ディスクミルと水熱処理の複合処理方法の検討を行ってきたが、水熱処理（150℃、2時間）後、ディスクミル処理を行うことで、固形分濃度が10%（w/v）の高濃度条件においても、セルロースから77%のグルコース収率を得ることができた。

糖化酵素については、糸状菌の培養による酵素生産において、スケールアップの際に酵素生産性が変動する例が知られているため、ベンチ規模での生産を円滑に行うための基盤的研究として、重要なパラメーターと考えられた総括酸素移動容量係数（kLa）と酵素生産性の関係を調べる実験を行った。その結果、kLa と酵素生産性の間に相関関係があることが明らかになり、kLa の重要性が確認された。

発酵に関しては、ブラジルで使用されている工業用酵母株に遺伝子組換えによりキシロース発酵能を付与することに成功しているが、これを用いてキシロースの細胞取り込みについての実験を行い、7種あるヘキソーストランスポーターのキシロースに対する応答が種類ごとに異なることを明らかにした。

さらに LCA 解析により、サトウキビ廃棄物からのエタノール生産により、同エネルギーのガソリンを使用する場合に比べて、GHG 排出量を72%低減できることを明らかにした。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］バイオエタノール、サトウキビ廃棄物、ブラジル、バガス、酵素糖化、プロセスシミュレーション

［研究題目］ハミルトニアンからの材料強度設計
［研究代表者］香山　正憲（ユビキタスエネルギー研究部門）
［研究担当者］香山　正憲、田中　真悟、Bhattacharya Somesh Kumar（常勤職員2名、他1名）
［研究内容］

「大規模第一原理計算による界面・欠陥の力学応答の解析」を担当した。本課題では、Fe 金属および Fe-Si 系合金の機械的性質を解明するため、粒界・界面・欠陥の安定構造、力学応答を、第一原理計算を用いて原子・電子の挙動から解明する。本年度は、bcc Fe 中の〈110〉傾角の対応粒界（対称傾角粒界）として、{112}Σ=3粒界、{111}Σ=3粒界、{332}Σ=11粒界、{221}Σ=9粒界について、密度汎関数理論に基づく第一原理計算を適用し、安定原子配列、エネルギー、局所磁気モーメントを明らかにするとともに、局所エネルギー・局所応力計算を適

用した。また、界面の局所ヤング率計算を適用した。これらにより、界面の原子間結合や構造ユニットの様子、磁気特性や界面強度と局所構造との関係を明らかにした。また、Si の偏析した Fe 粒界に局所エネルギー・局所応力の解析、局所ヤング率解析を行い、Si 偏析の物理的起源の解明、Si 偏析が界面の弾性特性に及ぼす効果の解明等を行った。不純物偏析の起源の解明に局所エネルギー法が極めて有効であること、Si 添加で弾性的性質が大きく変化する様子が明らかになった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］結晶粒界、第一原理計算、材料強度

［研 究 題 目］s－ブロック金属負極のデンドライト析出制御と表面観察

［研究代表者］栄部　比夏里
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］栄部　比夏里、松本　一、竹内　友成、小池　伸二、佐野　光、妹尾　博、八尾　勝、山下　奈美子、草棚　育子
（常勤職員7名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究の最終目的は、s－ブロック金属表面の改質を行うことにより、可逆性の高い溶解析出挙動を示す負極を得ることにある。5年目となる本年度には析出形態に大きな影響を及ぼす因子を特定し、最終年度の目標につなげる必要がある。また電池の基本特性評価のための正極材料については、23年度までに見出した Mg 電池系で作動するキノン類を中心とし、さらに安定動作を行える材料系の探索を行い、負極に適した電解液での動作確認を行うことを目標とした。

前年度までに環状4級アンモニウムーアミド系イオン液体にカーボネート系添加剤を使用した場合の析出形態改善効果を確認したが、さらに電析前処理として適当な電位で添加剤を用いて定電位電解を行うと、その後添加剤を使用しない電解液に交換しても球状の析出物が得られることが判明した。析出形態は電解電位に依存したため、最適条件を検討中である。Li 金属極系で得たこれらの知見の適用可能性を調べるために Mg 析出過程の観察が可能なその場観察セルにより代表的なグリニヤール試薬を用いて金属 Mg の析出・溶解を確認した。またマグネシウム金属電池向けの有望な正極材料として注目しているキノン系の有機正極である2,5-ジメトキシ-1,4-ベンゾキノン（DMBQ）について、2電子反応とした場合の理論容量（319mAh/g）の80%程度の実効容量を昨年度までに確認したが、充放電中の元素構成比と X 線回折パターンの分析により Mg イオンの電極への挿入・脱離により充放電反応が進行し、この際に挿入・脱離により構造が結晶質-低結晶性と周期的に変化することを確認した。負極に適した電解液では現時点で DMBQ の十分な特性が引き出せていないため、これまでに報告されていない電解液の組成を抽出し、正負極での作動が行えるよう最適化を進めている。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］リチウム、マグネシウム、リチウム電池、デンドライト抑制、表面状態、イオン液体、有機正極材料

［研 究 題 目］電極近傍における高分子電解質イオンチャンネル構造の発光プローブを用いた解析技術

［研究代表者］塩山　洋
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］塩山　洋、大長　亜紀
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

高分子電解質膜は、疎水性主鎖マトリックス中に親水性側鎖からなるイオンチャンネルが拡がった構造をとっている。このイオンチャンネルのナノ構造は、カチオン性の発光プローブと消光剤を導入し、発光挙動を解析すると求めることができる。本研究ではこの技術を発展し、実際の固体高分子形燃料電池や全固体形蓄電池において、電極表面のうちイオンチャンネル部分に接している割合を評価する方法を確立する。

イオン性の発光プローブである $Ru(bpy)_3^{2+}$は、高分子電解質であるナフィオン膜においては疎水性骨格部に侵入せず、イオンチャンネル中にのみ存在することがこれまでの研究から分かっている。本年度は、ナフィオン膜を製造する段階で $Ru(bpy)_3^{2+}$を仕込んだ場合においても同様であることを確認した後、さらに表面に $Ru(bpy)_3^{2+}$を均一に固定化したカーボンナノチューブ（CNT）を含むナフィオン膜を製膜した。そこへイオンチャンネル側から消光剤である MV^{2+}を作用させると、発光の77%が消光されることが分かった。この実験事実より、CNT が接しているナフィオン膜のイオンチャンネル部の割合は77%であることが明らかとなった。言い換えると、疎水性骨格部に接している CNT に固定されている $Ru(bpy)_3^{2+}$は消光されず、その割合は23%である。今後は他の種類のカーボンについても、同様の手法によりイオンチャンネル部分に接している割合を評価する予定である。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］高分子電解質膜、発光プローブ、カーボン電極

［研 究 題 目］二酸化炭素と水素からの炭化水素製造技術の実用化に向けた基盤研究

［研究代表者］藤原　正浩
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］藤原　正浩、櫻井　宏昭、田中　秀明、飯塚　泰雄（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

地球温暖化を抑制し低炭素社会を構築するために、現在すでに大量に利用されている化石燃料由来の LPG、ガソリン等のメタン（天然ガス）以外の炭化水素（C2＋炭化水素）を、固定発生源等から回収した二酸化炭素と再生可能エネルギーで得た水素から高収率で製造することを目指す。C2＋炭化水素を選択的に合成するために、メタノール合成触媒とゼオライトとから成る複合触媒を用い、メタノール経由による炭化水素合成を試みる。この複合触媒では、二酸化炭素からのメタノール合成とゼオライトによるメタノールの炭化水素への変換反応を同時逐次的に行うことで平衡を移動させ、高転化率が望めないメタノール合成の熱力学的制約を受けずに反応を行うことができる。また、メタノール経由で炭化水素を合成するため、メタン生成を抑えながら、オクタン価が高い分枝状の C2＋炭化水素を高選択的に合成することも可能である。

平成24年度においては、反応圧力1MPa 以下の条件下でも高い活性を維持する触媒を探索した。その結果、メタノール合成触媒としては銅と亜鉛成分を少なくした銅－亜鉛－アルミ（1：1：4）系触媒が、ゼオライトとしてはプロトン型ベータゼオライトが有効であることがわかった。300℃の温度で反応のごく初期においてではあるが、この触媒は当該条件でのメタノール合成の平衡転化率以上の C2＋炭化水素を合成することができた。しかしながら、この高い活性はその後劣化した。この結果により、当該複合触媒は高収率で C2＋炭化水素を合成する潜在能力があり、この劣化を抑制することで、二酸化炭素と水素から有用な炭化水素を製造できる触媒となることを明らかにした。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］地球温暖化、低炭素社会、二酸化炭素固定、炭化水素燃料、触媒

［研 究 題 目］**光反射シリカ粒子による温度応答性調光省エネルギーガラスの研究**

［研究代表者］藤原　正浩
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］藤原　正浩（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

夏季における冷房、冬季における暖房に伴う電力消費の抑制は、オフィスビルや住居等の断熱・遮熱効果を高めることが効果的である。外気温が高い際、窓ガラス等の光透過性を下げて外光の進入を防ぐことができる調光ガラスは、効果的な省エネルギー技術である。しかしながら、従来の調光ガラスは、ガラス作成時に調光機能のための加工をするため、既設の窓ガラスに付設することは困難である。しかしながら、調光材料をシート状にしてガラス等に貼付することで、既設の窓ガラス等にも調光性能を付与することができる。そこで本研究では、独自に開発した光反射シリカ粒子とポリマー等の分散剤との屈折率差がもたらす光透過制御を利用し、分散剤の屈折率の温度変化等によって屈折率差を生じさせ、温度自動応答性の調光機能を発現できる技術の基盤構築を目指す。

平成24年度では、シリカナノ粒子で殻が構築されたシリカ中空粒子を、種々の液体ポリマーに高濃度で分散させた。このシリカ粒子は乾燥体（空気中に分散）の場合、ほとんどの光を反射して透過させない。一方、シリカの屈折率に近い屈折率を持つ溶剤に分散させた場合、シリカ粒子溶剤系は透明感が向上した。また、一部の溶剤の系では、温度変化に伴い著しい光透過性の変化が見られた。例えば、ポリエチレングリコールでは、室温での600nm の可視光の透過率は約15%であるのに対し、5℃では約72%と変化した。また、他のポリマーについても、シリカに近い屈折率のものであれば、同様の現象を示すことがわかった。これらの知見より、温度応答性調光ガラスの創出に向けた基本性能を見出すことができた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］省エネルギー、調光材料、遮熱、シリカ中空粒子、温度応答性

［研 究 題 目］**自然ナノ構造材料の開発とモジュール製造技術の構築**

［研究代表者］舟橋　良次
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］舟橋　良次（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

大規模太陽熱発電への応用に向け、高温～低温まで広い温度域で発電が可能な熱電システムの構築を試みた。昨年度までに開発してきた Mn-Si-Al 合金の単相化にも成功し、組成も $Mn_3Si_4Al_2$ と決定できた。Mn の一部を Cr で置換することで、300℃において最高で ZT≒0.3を達成した。今後、さらなる組成の最適化により、ZT≒0.6を目指す。またモジュールも素子表面のメタライズ技術、接合形成用材料を最適化することで、空気中ならば400℃、真空中ならば700℃の高温熱電に対して劣化せず長期間発電することが可能となった。高温側温度が600℃の時、受熱面積当たり2.3kW/m^{2}だった出力密度も、作製条件の最適化により3.9kW/m^{2}まで向上させることができた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］熱電変換、太陽熱利用

［研 究 題 目］**高性能室温熱電酸化物材料の探索**

［研究代表者］舟橋　良次
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］舟橋　良次、松村　葉子
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

Te のような希少且つ毒性金属を含む Bi_2Te_3モジュールを置換する、低コスト、高安全性の新規「室温」熱電酸化物材料を開発する。室温で高い *ZT* を得るためには、低い熱伝導度が必要である。そのためにはフォノンのみを選択的に散乱し、電荷キャリアの散乱には寄与しない散乱点の導入が重要である。これを実現するためにはフォノン及び電子の平均自由行程レベルでの構造制御が必要となる。層状構造を有する $Bi_2Sr_2Co_2O_9$熱電材料は包晶反応系である。そのため、溶融時に固相と液相に分解熔融し、徐冷により主相が結晶化する。この熔融条件や冷却条件を制御することで、熔解時生じた固相の粒径、分布状態を制御できる。これによりフォノンを選択的に散乱する構造を形成し、高い *ZT* を有するバルク材料の作製を目指す。

ペロブスカイト構造を有する Mn 系酸化物で結晶粒中に副結晶粒が形成していることが分かった。この副結晶粒間には双晶が存在することが、詳細な透過型電子顕微鏡（TEM）観察で分かった。本研究ではこの原因と、制御技術、さらには熱電性能への寄与を明らかにし、室温域で2以上の *ZT* を実現する。平成24年度は $Bi_2Sr_2Co_2O_9$及び $CaMnO_3$系複合酸化物の100～1000Kの熱電特性を評価し、新たな指針を見いだした。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］熱電発電、廃熱利用

［研 究 題 目］シングレットフィッションの太陽電池への活用（ビラジカロイド化合物の光学的性質の測定）

［研究代表者］鎌田　賢司
（ユビキタスエネルギー研究部門）
［研究担当者］鎌田　賢司（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

一光子で二つの励起子を生み出すシングレットフィッション過程を用いることで有機太陽電池の光電変換効率向上の可能性を探索する。高効率のシングレットフィッションの発生が期待できるビラジカルと呼ばれる特殊な電子状態を持つ有機化合物（ビラジカロイド）に着目し、その新規合成、理論的な物性予測、電子励起状態の実測、そしてデバイスに向けた検討を行う。このために「ビラジカロイド化合物の光学的性質の測定」を担当した。昨年度に1700～2500nm の長波長域での測定が行えるように改造を行ったオープンアパーチャーZ-スキャン法と呼ばれる評価光学系を用いて、今年度は3種の新規合成ビラジカロイド化合物についての二光子吸収スペクトルを測定し、シングレットフィッション過程で重要な最低エネルギー励起状態の対称性とその励起エネルギーを明らかにした。測定した化合物の中で最もπ電子共役長の短いものは最低エネルギー励起状態が g 状態では無いのに対し、それよりもπ電子共役長の長いものは g 状態であると考えられることが分かった。ここで g 状態とは、通常の光吸収スペクトル測定では観測されず、二光子吸収スペクトル測定でのみ観測される電子励起状態（偶対称性を持つ状態）であり、これが最低エネルギー励起状態であるとシングレットフィッション過程が起こり易いと考えられる。以上の結果からシングレットフィッションが期待できる化合物であるためには、ある程度のπ電子共役の広がりが必要であり、候補ビラジカロイド化合物のうち2種がそのような化合物であることが分かった。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］光電変換、有機材料、シングレットフィッション、ジラジカロイド

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

［研究代表者］五百蔵　勉
（ユビキタスエネルギー研究部門）
［研究担当者］五百蔵　勉、朝日　将史、丹上　貴子、渡邉　久美子（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

太陽光や風力など不安定な再生可能エネルギーを大規模に普及させかつ有効に利用するためには、何らかの蓄電デバイスによる平準化が重要と考えられる。燃料電池／水電解可逆セルは逆反応の関係にある燃料電池反応と水電解反応を同一のセルで実施可能な電気化学セルであり、水素貯蔵と組み合わせることによって、水素をエネルギー媒体としたコンパクトな蓄電デバイスを構成することができる。本研究では、高分子電解質膜を用いた燃料電池・水電解可逆セルの高性能化を目的として、酸素極の触媒活性を向上させることを目指した。

可逆セルでは水電解（水素製造）時に陽極が1.5V vs SHE を超える高い電位に晒されるため、一般に触媒担体として多用されるカーボンブラック等のカーボン材料が安定性の観点から適用できない。したがって、従来の可逆セルでは、一般的に白金黒や酸化イリジウム微粒子などの無担持触媒が用いられるが、触媒分散性が低くなる問題があった。そこで、可逆セル酸素極触媒の質量活性を向上させるため、高い耐酸化性を有する導電性チタン酸化物（TiOx）の触媒担体としての適用可能性について検討した。紫外パルスレーザを用いて作製したTiOx 粒子（直径：数十～数百 nm）を触媒担体として用いることにより、白金およびイリジウムのナノ粒子を担持した可逆セル触媒を作製できることがわかった。これらの触媒を用いた可逆セルは、従来の触媒材料を用いたセルに比べ、特に燃料電池モードで優れた質量活性を示すとともに、水電解モードにおいても同等の特性が得られることがわかった。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］燃料電池、水電解、水素

［研 究 題 目］レドックスメディエーターレドックスフロー電池システム
［研究代表者］城間　純
（ユビキタスエネルギー研究部門）
［研究担当者］城間　純、山﨑　眞一、村井　嘉子
（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］
従来のレドックスフロー電池の問題点のひとつとして、負極側電解液（アノライト）と正極側電解液（カソライト）に含まれるそれぞれの活物質（酸化還元反応する成分）が相互に拡散し、徐々に効率や容量が低下する現象が知られている。このため、例えば鉄・クロム系レドックスフロー電池では一定期間毎にアノライト・カソライトの再生プロセスを要する。本研究では、セルを内部的に2つのハーフセルに分割した構造を採用することにより電解液の混合が原理的に生じない新型レドックスフロー電池が構築できるのではないかとのアイデアに基づき、ハーフセルを作製して種々の電解液の充放電が可能であることをこれまでの実験で明らかにしてきた。
本年度は、新型レドックスフロー電池で放電した後のアノライト中の活物質を再生反応槽内で燃料により還元再生する運転を行った。また、この運転に必要な触媒の候補として非白金の金属錯体を前年度に見いだしており、これが実際に再生反応槽内で利用できることを検証した。また、同様に、放電したカソライトを再生反応槽内で酸素により酸化再生する運転も行なった。これらの結果により、新型セル・アノライト再生反応槽・カソライト再生反応槽を結合することにより間接的に燃料電池と同等に機能するシステムが構築できる可能性を示すことができた。
［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］レドックスフロー電池、燃料電池

［研 究 題 目］液晶科学に基づく革新的塗布型有機太陽電池の開発（液晶性有機半導体の分子設計および合成と構造形成）
［研究代表者］清水　洋
（ユビキタスエネルギー研究部門）
［研究担当者］清水　洋、米谷　慎、高橋　己之一、松田　幸真、ネケルソン　ファビアン、真壁　孝嘉、ソーサ-ヴァルガス　リディア（常勤職員2名、他5名）
［研 究 内 容］
本研究では、低製造コスト、低設置コストによる発電単価の劇的な低下を目的として、特別な前後処理を一切必要としないワンステッププロセスにより、非真空ロールトゥロールで大面積が高速生産可能な変換効率20%超の低発電コスト有機太陽電池の実現を目指す。大阪大学と共同で研究を進める。そのために、(a) 溶媒に可溶で塗布するだけで安定して素子作製が可能であること、(b) 高効率化に適した素子構造が特殊な微細加工等を必要とせずに実現可能であること、(c) 単一材料・単一層で広範囲な波長領域に感度を持つこと、(d) 光化学的、熱的に安定な材料であることを満たす材料の研究開発を、新たな概念として自己組織化性の強い液晶をベースとした有機半導体を利用することを基軸とした研究を行う。現在の大面積・高精細液晶ディスプレイを実現させた液晶の卓越した性質を活用する。平成24年度は、当初3.1%の光電変換効率を示した低分子系塗布型活性層を持つ有機薄膜太陽電池の最安定構造を解明し、最安定組成における最速キャリヤ移動度の極大化と光電変換効率の向上との相関を明らかにした。また、光吸収の広波長化を実現するために液晶の混和性を利用することが可能であることを見出した。
［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］太陽電池、有機エレクトロニクス、液晶

［研 究 題 目］鶏卵バイオリアクター化を目指したニワトリ生殖巣キメラ率改善技術開発
［研究代表者］大石　勲（健康工学研究部門）
［研究担当者］大石　勲、吉井　京子、小島　正己
（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］
目標：
本課題はニワトリ遺伝子組換えにより、鶏卵をバイオリアクターとして活用し、抗体医薬等の有用蛋白質を安価に生産することを目指した技術開発研究である。これまでに卵管特異的に抗体医薬を飛躍的高効率に生産可能な遺伝子発現系を開発し、ニワトリ始原生殖細胞を用いて生殖巣キメラ個体を樹立した。本研究では技術移転に向けて課題となっている生殖巣キメラ率の大幅な改善を達成し、抗体医薬高発現系を有する組換えニワトリ後代の樹立を目標とする。
研究計画：
本研究では薬剤や電離放射線を用いて、遺伝子改変始原生殖細胞株を移植するレシピエント胚から予め内在性の始原生殖細胞を除去することで移植始原生殖細胞株の精巣内キメラ率向上を図り、高効率に始原生殖細胞株由来産子を得る新技術の確立を目指す
研究進捗状況：
レシピエント初期胚にガンマ線照射を行うことにより、内在性の始原生殖細胞の低減を誘導した。このレシピエント胚に蛍光分子を高発現する遺伝子改変始原生殖細胞株を移植するとガンマ線未照射の対照群とくらべて有意に移植細胞が高効率に精細管内に定着することを見出した。さらに、移植細胞が VASA 蛋白質等生殖系列特異的なマーカーを発現し、精細管において生殖系列と同様の形態を示すことを明らかにしている。
［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］抗体医薬、ニワトリ、遺伝子組換え

［研 究 題 目］高感度 in situ 蛍光イメージングのための細胞培養プラズモニックディッシュの作製
［研究代表者］田和　圭子（健康工学研究部門）
［研究担当者］田和　圭子、清末　和之、細川　千絵、笹川　知里(常勤職員3名、他1名)
［研 究 内 容］

これまでに、細胞培養ディッシュの代わりに、プラズモニックチップ上で神経細胞を長期培養することに成功し、蛍光顕微鏡下で明るい細胞の蛍光像を撮影することができた。本研究では、①汎用的に使える細胞培養プラズモニックディッシュを作製し、ディッシュで培養された細胞を高倍率対物レンズでも明るく高 S/N で蛍光観察できること、②プラズモニックディッシュで免疫染色することなく in situ に培養細胞を蛍光観察できる系を確立することを研究課題としている。今年度は、プラズモニックディッシュ上で蛍光性タンパク質を発現させた細胞の培養を行うとともに、プラズモニックディッシュの構造設計を行った。

培養細胞の細胞膜上に、SNAP-tag タンパク質を現させることによって、生きたまま細胞表面の蛋白質を蛍光標識し，可視化可能な標本系をプラズモニックディッシュ上で確立できた。この系で水浸レンズを用いた正立落射蛍光像と、倒立落射蛍光像をそれぞれ取得することができた。また、作製するディッシュにおける周期構造のピッチは、正立落射と倒立落射系を考慮し、低角の共鳴角を示す 380、420、500nm の二次元ホール構造をとらせることとした。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］細胞培養ディッシュ、神経細胞、プラズモニックチップ、周期構造、蛍光顕微鏡、高感度イメージング

［研 究 題 目］レーザー細胞操作による神経回路再生機能の解析技術の開発
［研究代表者］細川　千絵（健康工学研究部門）
［研究担当者］細川　千絵（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

近年、再生医療が注目を集めており、脳神経系の機構の解明とともに再生医療の神経系への応用が期待されている。この神経再生医療の研究を行うためには、成熟した中枢神経回路網の再生過程や薬理効果の評価が必要となる。本課題では、我々がこれまでに開発したレーザー細胞操作による神経再生機能の評価技術を発展させ、神経再生を促進する新規化合物のスクリーニングシステムへの応用を図る。今年度は、フェムト秒レーザーを神経細胞に集光し、単一神経突起を切断するためのレーザー照射条件の最適化（レーザー光強度55mW、照射時間16ms）を行い、周辺細胞へのダメージを低減し、ターゲット細胞の神経突起のみを精度良く切断できることを示した。また、レーザー切断に伴う神経再生を評価する指標として、複数の微小電極を有する細胞外電位計測プローブ上で培養した神経回路網の一部をフェムト秒レーザーにより切断し、切断前後における神経回路網の自発活動の同期パターンを相互相関解析により定量できることを明らかにした。さらに、神経再生に伴う細胞の形態変化を解析するため、培養神経細胞上にグリア細胞を播種したカバーガラスを静置することにより、神経細胞の低密度条件における培養手法を確立した。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］神経細胞、フェムト秒レーザー

［研 究 題 目］神経細胞相互作用研究プラットフォームのための細胞パターニング
［研究代表者］鈴木　正昭（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］鈴木　正昭、山口　宗宏、太田　英順（常勤職員3名）
［研 究 内 容］

細胞培養皿に多数の微小な電極を配置した多点電極基板（MEA）は細胞の電気的活動を同時に多点で観察することができ、神経や心筋細胞の研究にとても有用である。この MEA 上に細胞をパターン状に配列することで細胞の電気的活動をより精密に解析することができる。私たちは細胞接着性物質のひとつであるポリリジン（PDL）を真空紫外光でパターン化することで神経細胞を MEA 上にパターン化できることを明らかにした。本研究ではこの技術をより実用化に近づけるために①適用可能な細胞接着性物質の種類を4種類以上に増やす。②パターン基板の信頼性の裏付けとなる評価法を確立する事を目標に研究している。MEA 基板は高価で多数の実験を行うことはできないことから、本年度は MEA 最表面の主成分であるポリメタクリル酸メチル（PMMA）をガラス表面にコーティングしたサンプルを用いて2種類の細胞接着性物質（ポリエチレンイミン（PEI)、コラーゲン（タイプ I-C）について本パターニング手法が適用できるかどうか調べた。その結果コラーゲン（タイプ I-C）については真空紫外光によるパターン化は可能であったが、細胞培養中に PMMA コーティングが剥離した。PMMA のコーティングはディップ法により行ったが、この方法ではガラス基板との密着が弱く改良が必要なことがわかった。評価法については水への濡れ性を利用してパターンの出来を判別するための装置を試作した。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］細胞パターニング、多点電極基板（MEA)、神経細胞

［研 究 題 目］単結晶ナノキューブのボトムアップによる高性能小型デバイス開発
［研究代表者］加藤　一実

（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］加藤　一実、安井　久一、木村　辰雄、増田　佳丈、三村　憲一、瀧川　玲子
（常勤職員4名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、誘電体セラミックスナノ粒子を低温で結晶形態制御して単結晶ナノキューブ化する技術、誘電体単結晶ナノキューブを様々な基板上において配置・配列・接合・界面制御する技術を確立し、単結晶ナノキューブが大面積に密に詰まり結合することによって形成される極薄の誘電体単結晶超薄膜や、多種類の誘電体ナノキューブが任意に配列した超格子構造の薄膜を形成する技術を開発することにより、スーパーキャパシタを実現することにある。また、開発技術はセラミックス部材の製造に関する分野横断的な基礎・基盤技術の確立に繋がり、蓄電デバイスなどのエネルギー関連未来型デバイスの開発を加速することが可能になる。

本年度は、誘電体単結晶ナノキューブの合成方法および配列制御方法の高度化により、数10μm 四方にわたってナノキューブが精緻かつ緻密に配列した精密マイクロ構造を再現性よく形成するための条件を明らかにした。前年度までに得られた知見を基に、溶媒の蒸発速度を抑え、基板を低速で引き上げる操作を加えることにより、多様な基板上でナノキューブの配列秩序を維持したまま精緻な集積体を形成した。また、分散液の固体濃度を調整することにより、集積体の厚みを調節することができることも明らかにした。これらの結果は、単結晶ナノキューブを構成単位とした新たなナノ構造セラミックスの部材化のための先行的な基礎的知見であり、関連基盤技術の強化に資する。また、外部共同研究者との連携により、単結晶ナノキューブの LB 法への適用性、合成メカニズムの解明、誘電体以外のエネルギー関連材料への適用性、他材料との複合化に関する検討を継続し、初期的な知見を蓄積した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］単結晶ナノキューブ、ナノクリスタル、ボトムアップ製造技術、誘電体、チタン酸バリウム、チタン酸ストロンチウム、誘電デバイス、スーパーキャパシタ、蓄電デバイス

［研 究 題 目］**液状発酵食品中の不要タンパク質の高効率除去材の開発**

［研究代表者］加藤　且也
（先進製造プロセス研究部門）
［研究担当者］加藤　且也、永田　夫久江、田村　千春
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

みりん等の液状発酵食品の食味や視覚を劣化させる滓の原因となる不要タンパク質を安全かつ確実に吸着するために、ペプチドを複合化したリン酸カルシウムを創成し、不要タンパク質を多量かつ選択的に吸着する新規な複合材料の開発を行う。本年度は、【開発内容３）液体食品中に含まれる微量タンパク質の選択的吸着を実現する】を検証するために、同量のリゾチームとアルブミンの混合液中に、今回合成した複合体を添加してその吸着特性を調べた。12時間室温で撹拌混合させ、遠心分離によって複合体を分離した。上澄みに残存するタンパク質を SDS-PAGE（ゲル電気泳動法）によって分析した。また複合体に吸着したタンパク質の種類を確認するために、タンパク質吸着後の複合体を高塩濃度の緩衝液に混合し、吸着したタンパク質を脱離させた。その脱離タンパク質を上述と同様に SDS-PAGE により分析を行った。コントロールとして、80kDa（アルブミン）と17kDa（リゾチーム）が同量程度混合した溶液を作製し、上記サンプルと同時に分析した。その結果、ペプチドを複合化していない HAp は、両タンパク質が吸着した後、上澄みに残存した両タンパク質がバンドとして観察された。しかし、pLys-HAp は、吸着後にリゾチームのみが太いバンドとして現れ、アルブミンのバンドは視覚的には消滅していた。この結果は、アルブミンとリゾチームの混合溶液から、pLys-HAp が、選択的にアルブミンのみを吸着除去したことが分かる。また、アルブミン吸着後の pLys-HAp を、高塩濃度の緩衝液に懸濁し一晩撹拌することで吸着リゾチームを脱離させた。その上澄みの SDS-PAGE の結果から、pLys-HAp からは、アルブミンのみが溶出していることが分かった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］タンパク質、ペプチド、リン酸カルシウム、吸着、発酵食品

［研 究 題 目］**廃熱発電を志向した導電性ナノキューブ $SrTiO_3$の合成とその熱電特性評価**

［研究代表者］杵鞭　義明
（先進製造プロセス研究部門）
［研究担当者］杵鞭　義明、安岡　正喜、加藤　一実
（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

熱電材料は熱を直接電気エネルギーに変換できる半導体素子であり、各種廃熱からのエネルギー回収用途として期待されている。酸化物で構成される熱電素子は、空気中で高温まで安定な材料として知られ、廃熱エネルギーの回収用途に適した材料である。また、多くの酸化物は資源量の豊富な元素で構成されるという特徴も有している。そのため、産業応用が期待されているが、その変換効率は市販材料（BiTe 合金素子）の1/3程度に留まっている。これは酸化物の高い熱伝導率に起因しており、その解決方法として、ナノ構造化による熱伝導率の低減が有効であると考えられている。

$SrTiO_3$を適切な条件のもとで合成を行うと、結晶構

造（立方晶）を反映して10-20nm の立方体形状のナノ粒子（ナノキューブ）が形成される。本研究では、一連のランタノイド元素を Sr サイトに置換することで、ナノキューブが n 型の半導体となることを確認した。また本合成方法によれば、固相反応に比較しランタノイド元素の固溶限が拡大することも判明した。超高圧を利用した低温焼結により熱電素子を作製したところ、素子はナノキューブのサイズが維持されたナノセラミックスであることがわかった。このナノサイズの結晶により、大幅な熱伝導率の低下（<1W/mK@RT）が確認された。また、熱起電力は組成から予想される値よりも数倍以上高いことがわかった。しかしながら、その導電率は従来法による結晶の値よりも大幅に低く、原因の究明が必要となっている。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］熱電発電、酸化物、ナノ構造

［研 究 題 目］易加工性アルミナ型の実用可能性の検証
［研究代表者］近藤　直樹
（先進製造プロセス研究部門）
［研究担当者］近藤　直樹（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

ファインセラミックスや陶磁器の成形方法の1つに鋳込み成形法がある。鋳込み成形では、一般的に石膏型が用いられるが、石膏型には、水に溶ける、熱に弱い、柔らかい、などの問題点があった。その代替としてこれまでに提案されてきたセラミックス型には、汚染防止・強制乾燥・耐久性向上には効果があるが、加工性に乏しいため、型への形状化が難しいという問題があった。

本研究では、石膏型の代替となるセラミックス鋳込み型を開発することを目的とした。従来のセラミックス型の欠点を改良すべく、板状のアルミナ粒子を用いて型を作製し、粒子同士の接触点を減らすことで、良好な加工性と高い気孔率を実現することを試みた。

原料として、比較的低コストで入手できる敷き粉グレードの板状アルミナを用いた。このアルミナは強く凝集しているため、ボールミルによる解砕をおこなった後、型素材の作製に用いた。解砕後の粉末状態と、作製した型素材の特性との関連について調査をおこなった。型素材の成形は、振動流し込みによる湿式方式で行った。この方法では、原料粉末に水を加え、容器等に流し込んだ後、脱水、乾燥させて固める、という手法をとる。この手法は、成形コストが安くなる反面、乾燥クラックや気泡が入りやすい、密度ムラが生じやすい、という欠点を有している。型素材を、欠陥なく安定して成形する条件を検討した。成形後の型素材の焼成をおこない、解砕条件や成形条件と合わせて、気孔率、強度、加工性等の型素材特性の最適化を図った。結果、例えば、気孔率44%、平均気孔径1.7μm、強度9MPa、乾式加工可能な型素材を得ることができた。

得られた型素材について、実際にスラリーの鋳込み成型を行い、型としての特性評価をおこなった結果、石膏型に近い吸水特性を示すことが確認できた。また、作製した型に対し、ユーザー企業により実用を想定した鋳込み成形試験の評価を受けることにより、型としての性能を検証し、実用可能性があることを示した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］セラミックス、鋳込み成形、石膏、型

［研 究 題 目］被災地初期医療用使い捨てハサミの開発
［研究代表者］寺岡　啓（先進製造プロセス研究部門）
［研究担当者］寺岡　啓、古川　慈之
（常勤職員2名、他5名）
［研 究 内 容］

被災地の初期医療対応を速やかにできる医療用ハサミの提供であって、つまり、従来ハサミのように清掃、滅菌、メンテに使用効率を制限されない、また、プラ・セラ製ゆえに射出成形による大量生産が可能、かつ、軽量ゆえに輸送効率も良い医療用ハサミの開発を目的とする。

本年度は、計画に従い、ハサミのリバースエンジニアリング的作製（ハサミ原型作製、ハサミ形状スキャン、スキャンデータに基づいた複合材料ハサミ切削加工）、及びハサミ刃先押圧測定機の作製を行った。ハサミ刃先押圧とは、ハサミの両刃が押し合っている力であって、刃先閉状態から開状態にしたときに片方の刃先にあてたロードセルにかかる力として定量化した。本年度試した材料はガラスエポキシであるが、該ハサミで紙を切ることはできたものの、改善の余地が有ると判断した。次年度は、刃先押圧を増加させるためのスキャンデータ改修、及び材質変更を行う。作製したハサミは刃先押圧により評価する。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］複合材料、プラスチック、セラミックス、被災地初期医療

［研 究 題 目］高周波化に対応した低誘電損失コンポジット基板材料の開発
［研究代表者］今井　祐介
（先進製造プロセス研究部門）
［研究担当者］今井　祐介（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

情報処理・通信分野において近年利用が進められているセンチメートル波～ミリ波領域の高周波帯で、高機能誘電体デバイス用材料として用いるための有機ポリマー／無機誘電体フィラーコンポジット基板材料を開発する。フィラーとして高品質 MgO を中心に検討し、低誘電損失有機ポリマーと複合化させたコンポジット材料とする。高周波用途に求められる低比誘電率・低誘電損失に加え、誘電特性の温度依存性、さらに、各種力学・熱特性に優れたコンポジット材料とすることを目指す。

iPP と MgO を窒素雰囲気下200℃で混練することにより、MgO 濃度10～40vol%のコンポジットを調製した。射出成形法により50mm×50mm×t1mm の基板を作製し、誘電特性および熱伝導率測定に用いた。誘電特性は、空洞共振法（JIS R1641）により、12GHz の空洞共振器を用いて測定した。熱伝導率は熱流計法を用いて測定した。

誘電率は MgO の添加量と共に増加し、測定値は Bruggeman の有効平均場モデルに基づく推定値と良い一致を示した。また、tanδ の値は全組成領域において 10^{-4}オーダーを保っており、低誘電損失なコンポジット材料であることが確認できた。比誘電率の温度変化率は MgO の添加により減少することがわかった。

熱伝導率も MgO の添加量と共に増大しており、MgO の高熱伝導性を生かしたコンポジットとなっていることが確認された。熱伝導率は Maxwell タイプの有効平均場モデルで良好に推定できることがわかった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］高周波、誘電体、酸化マグネシウム

［研 究 題 目］酵素の耐熱性向上を実現するメソポーラスジルコニア担体の開発

［研究代表者］加藤　且也
（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］加藤　且也、中村　仁美、増田　雄一
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

熱帯・亜熱帯などの高温地域へ日本から酵素製剤を輸出するというニーズが増大しており、酵素の熱安定性を高める固定化担体の高機能化が、強く要望されている。国内消費においても、シェルフライフの増大を目的として熱安定性への期待が大きい。本研究では、酵素のサイズに最適化されたメソポーラス（MP）ジルコニア上に熱に対して不安定な酵素であるホルムアルデヒド脱水素酵素を固定化し、その触媒特性と安定性向上の効果について明らかとする。本年度の結果として、孔径サイズが約4～20nm に制御されたメソポーラスジルコニア（MPZ）を作製することができた。これまで利用したメソポーラスシリカ（MPS）と今回作製した MPZ を比較した場合、酵素（FDH：ホルムアルデヒド脱水素酵素）吸着量はそれぞれ0.3mg/mg MPS、0.05mg/mg MPZ であり、吸着量は MPS に比較して低い数値を示した。しかし、相対酵素活性は、それぞれ29.2%及び51.3%であることから、活性効率の上昇が確認された。これは MPZ が高い生体親和性を有していることや MPZ が有する粒子間細孔構造により、粒子間を容易に基質が通過することで、基質親和性が向上したためである。次に、Km・Kcat の測定により、MPZ に固定化された FDH は、高い基質親和性を示した。さらに MPS 及び MPZ に固定化された FDH の熱安定性について評価を行った。40℃下で50分間の熱処理後、相対酵素活性を測定した結果、それぞれ33.3%、71.2%であることから、MPZ 固定化酵素は、耐熱性が向上したことが確認された。今後、さらに MPZ の酵素固定化能力について詳細に検討を加える予定である

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ジルコニア、酵素、メソ多孔体、活性、安定性

［研 究 題 目］虐待などの意図的傷害予防のための情報収集技術及び活用技術

［研究代表者］山中　龍宏（デジタルヒューマン工学研究センター）

［研究担当者］山中　龍宏、西田　佳史、本村　陽一、北村　光司、大野　美喜子、
高野　太刀雄（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

本課題の目的は、「犯罪」を子どもの健康被害と位置づけ、個人の個別的な問題ではなく、科学技術および社会システムの問題としてとらえ、子どもが受ける意図的な傷害行為（intentional injury）を予防するための科学的なアプローチを実施することにある。具体的には、従来、子どもと接する各種の専門家に、客観的に判断し介入可能にするための、現場で利用できるデータや技術を提供し、現場での負担の軽減に寄与する。そのために、医療機関を中心に情報を収集・解析し、現場で使用できる形に加工し、また、社会実装のツールを開発し、その検証を行う。本プロジェクトでは、以下を具体的な目標とした。

1．救急医療や法医学教室などの医療機関を中心に重軽傷のみならず死亡事例の傷害情報を収集する体制を構築し、虐待の早期発見と再発防止に不可欠な傷害データベースを整備する。
2．傷害のデータベースに基づく科学的診断技術として、物理学的虐待診断技術と統計学的虐待診断技術を開発する。児童虐待なかでも最も相談件数の多い身体的虐待に取り組む。
3．実際に、開発した技術を地域社会で運用・検証することによって、虐待の早期発見と適切な対応を可能とする地域社会システムの現状課題を明らかにし、地域社会システムのあるべき姿を、利用可能なパッケージ技術とともに示す。

傷害データベースを整備に関しては、H24年度までに、傷害データ（18,237件）、受傷機転が明確な頭部外傷データ（81件）、歯科外傷データ（324件）、死亡事例の CT データ（200例、うち小児11例）、眼底のデータ（32件）、警察からの鑑別依頼データ（13件）、 虐待が疑われる症例（583件）が蓄積された。

成長過程にある子どもの場合、生体組織の特性値が大きく変化している時期であり、虐待診断において、個人

の生体特性データを用いた物理シミュレーション技術が求められる。解明が進んでいる子どもの頭蓋骨の特性値の場合であっても、胎児と1歳、6歳での少数のデータが報告されているだけであり、2～5歳のデータは世界的に欠損している．また、日本人子どもの場合、全年齢で欠損しているという問題がある。さらに、大人の場合であっても、個人差の影響を考慮することはできておらず重要な課題である。このような観点から、本プロジェクトでは生体特性検査を行うシステムを開発した。材料定数推定までの手順は、試験片の採取⇒三次元計測⇒限界強度検査⇒材料定数の算出という流れである。限界強度検査に関しては、上述した硬組織検査システムを用いて行う。また、材料定数の正確な算出のためには計測対象の形状の情報が必要となる。計測の対象となるヒトの生体組織は複雑な形状であり、正確な形状データを取得するためレーザースキャナによる試験片の3次元計測を行う。さらに材料定数の精度の向上のため詳細な形状データ、負荷変位データ、有限要素法を用いたシミュレーションを用いることにより材料定数の算出を行うという方法である。この新たな開発した検査法を用いて、これまで11例の力学特性データを蓄積し、世界的に全く存在していない年齢の子どもの頭蓋骨片の力学状態のデータや3次元形状のデータを取得した。

警察・検察の立件支援・鑑定支援のための物理的診断ソフトウェアに関しては、過去警察から提供されたデータと、大阪医療センターから成傷機転が明らかなものの画像をもとに乳児ダミーを用いて虐待により発生する頭部外傷と転倒事故において発生する頭部外傷を判別できるようになった。また、疑虐待の頭部外傷例5例に対して、本研究で開発した技術を適用し、力学的鑑定を実施した。これらの実症例分析を通じて、本研究で開発中の傷害再現技術は疑虐待例に対する客観的かつ科学的な判定をサポートするものであることを確認した。

物理的診断支援技術（バイオメカニカルシミュレーション）による鑑定支援に関しては、H24年度までに、警察・検察から、鑑定依頼・分析依頼のあった13件の事件に関して協力を行った。また、統計的診断支援ソフトウェアの社会実装に関しては、PRECEED-PROCEED モデルに基づいて、児童相談所や医療機関や学校関係の利用者が導入を促進するために、1）なぜ通報をする必要があるのか（準備因子への働きかけ）、2）どのようにソフトウェアが入手・利用可能になるのか（促進因子への働きかけ）、3）どんな成功事例があるのか（強化因子への働きかけ）を助けるための啓発用プログラムの作成を行った。また、実際にセミナーを実施し、社会実装拡大の活動を行った。これまでに虐待分野で開発されていた「聞こえますか？」と、本プロジェクトによって開発した啓発プログラム、また、実際に現場で用いることができる統計的診断支援ソフトウェアを組み合わせ、導入から運用までをサポートするパッケージを開発した。実際にこのパッケージを用いて、地域の医療機関の外来や救命センター向けの講習会（参加者：50人程度）を実施した。2012年10月11日は、横浜市瀬戸区医師会主催の虐待防止セミナーにおいて、啓発プログラムの一部を、共同研究者の溝口を講師として実施し、その際に、統計的虐待診断ソフトウェア（CDROM）を配布した。（講演会名「子どもの虐待・医学診断について～医療機関で子どもの虐待を見逃さないために～」、聖マリアンナ医科大学横浜市西部病院、2012年10月11日）

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］デジタルヒューマン、傷害データベース、統計数理、データマイング、虐待対策、傷害予防、傷害サーベイランス技術、インパクトバイオメカニクス（生体衝突工学）

［研 究 題 目］**分散 Structure-from-Motion 法による自由視点画像生成 Web サービスの検証**

［研究代表者］山崎　俊太郎（デジタルヒューマン工学研究センター）

［研究担当者］山崎　俊太郎（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

未校正の画像集合から実物体の3次元空間情報を復元する技術の実用化を目指して、株式会社モルフォの助力を得て実用化検証研究を実施した。Structure from Motion（SFM）法による3次元復元と、光線空間レンダリング法による自由視点画像合成の基盤技術を開発し、3次元コンテンツの作成から閲覧に至る処理の自動化を目指している。開発した技術を Web サービスとして実現し、異なる情報端末で高画質の3次元画像処理を実行することが最終的な目的である。

平成24年度は、実用化に向けて大規模計算を実施するための基盤技術として、数値計算ライブラリの開発を実施した。クラウド計算機環境で3次元復元を行うことを想定し、分散メモリ型クラスタコンピュータで SFM 法の計算を実行するための数値計算アルゴリズムの開発と、その並列計算実装に取り組んだ。

計算アルゴリズムの工夫として、確率伝搬法を用いて行列計算を離散的に行う手法を検討した。疎行列分解を利用する従来法では逐次計算が必要であったが、確率伝搬法によって全画像を同時に利用して大域的最適解を求めることができるようになった。

平成25年度も引き続き本研究を実施予定であり、開発したシステムの Web サービスとしての実装と、自由視点画像合成のライブラリの開発を計画している。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］Structure from Motion、光線空間レンダリング

［研 究 題 目］実時間並列ディペンダブル OS とその分散ネットワークの研究
［研究代表者］加賀美　聡（デジタルヒューマン工学研究センター）
［研究担当者］加賀美　聡、松井　俊浩、西脇　光一、Simon Thompson、石綿　陽一、梶田　秀司、金広　文男、安藤　慶昭、尹　祐根、佐々木　洋子
（常勤職員9名、他1名）
［研 究 内 容］

ロボットなど多様な環境で運用される組み込みシステムにとって、想定外の使われ方をした場合や、さまざま機能を組み合わせたサービスを行った場合などに発生する仕様外のエラーは避けられない。また使っているうちに仕様が変わってきたり、ハードウエアやソフトウエアのバージョンが改変されることによりエラーが発生する場合がある。そこでこのようなエラー時にもクリティカルな事故を起こさないで、システムのダウンを最小限にし、発生した事故の原因を後から明らかにすると共に、効率的に PDCA のサイクルをまわすという、ディペンダビリティ向上の仕組みが重要となってくる。

本研究では、a）～ c）の3つのディペンダブル機能を提供する OS を実現することを目的とする。a）カーネルおよびアプリケーションの異常をリアルタイムで検出し、分散ネットワークによりその異常をリアルタイムに伝達する機能、b）システムを安全に停止させる非常機能を保護する機能、c）カーネル、アプリケーション、デバイスドライバの何が悪かったかがロギングにより事後に解析可能な機能。

この目的を実現するために Linux に、1）実時間、2）AMP 機能を実現し、3）カーネルとユーザー空間アプリケーションの監視、非常機能の保護、およびロギング、に関わるコードを AMP 機能を利用して独立に実時間で実行する機能を開発した。

開発した ART-Linux はユーザー空間から実時間タスクを実行するシステムコールを提供する OS であり、複数のコアを非実時間 SMP-Linux と実時間 ART-Linux の組み合わせにより用いることで、ディペンダブルなシステムが構成可能な設計となっている。H24年度は、これまで開発してきた上記の OS を記者発表し、Sourceforge より公開した。

開発した OS をヒューマノイドロボット HRP2, HRP3, HRP4や移動ロボット Pen2, Segway RMP などで利用し、実証実験を行った。また開発した OS を搭載した組み込み用ボードが GRX から販売されている。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］ロボット、ディペンダビリティ、実時間 OS、ヒューマノイド、サービスロボット

［研 究 題 目］火山災害軽減のための次世代高精度火山重力流シミュレーションシステムの研究
［研究代表者］宝田　晋治（地質情報研究部門）
［研究担当者］宝田　晋治、Laurence Girolami
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

火山災害は、火砕流や岩屑なだれ等火山で発生する重力流による被害が大部分を占めており、そのメカニズムの解明が重要となる。本研究では、高精度火山重力流シミュレーションシステム構築の為の基礎データとして、高速度カメラによる室内実験と雲仙火山1991–95年火砕流及び火砕サージ堆積物の調査を実施した。

室内実験では、ニューヨーク州立大学バッファロー校と共同で、長さ4m の巨大実験装置を製作し、火山重力流の内部の挙動解析を実施した。密度の異なる粒子群、サイズの異なる粒子群を使い、実験装置で発生させた粒子流の挙動をくり返し高速度カメラで撮影し、画像解析を行った。その結果、堆積物内部の水平方向と垂直方向の分離過程など、重力流内部の粒子の挙動が明らかとなった。

雲仙火山の野外調査では、1991年6月3日、8日と9月15日の比較的大きい火砕流イベントについて、火砕流堆積物とそれに伴う火砕サージ堆積物の詳細な分布、層厚変化、堆積構造、内部分級構造の調査を実施した。その結果、火砕流から火砕サージが分離する過程や、これらの流走メカニズム等が明らかとなった。これらの研究成果は、今後 G-EVER で構築中の次世代型火山災害予測システムで活用する予定である。

［分　野　名］地質
［キーワード］火山災害、火砕流、重力流、室内実験、流走メカニズム

［研 究 題 目］グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発
［研究代表者］横山　直樹
（ナノエレクトロニクス研究部門）
［研究担当者］横山　直樹、金山　敏彦、新谷　俊通、手塚　勉、入沢　寿史、小田　穣、臼田　宏治、小池　正浩、上牟田　雄一、小野　瑞城、鎌田　善己、守山　佳彦、池田　圭司、古瀬　喜代恵、Jevasuwan Wipakorn、三枝　栄子、太田　裕之、田邊　顕人、右田　真司、森田　行則、水林　亘、宮田　典幸、森　貴洋、多田　哲也、前田　辰郎、福田　浩一、昌原　明植、遠藤　和彦、松川　貴、柳永　勛、大内　真一、畠　賢治、二葉　ドン、桜井　俊介、小橋　和文、Li Shisheng、佐藤　信太郎、原田　直樹、近藤　大雄、

佐藤　元伸、伊藤　正勝、林　賢二郎、
山口　淳一、山田　綾香、中払　周、
中野　美尚、二瓶　瑞久、川端　章夫、
富永　淳二、Paul Fons、
Alexander Kolobov、
Jan Hinnerk Richter、小高　貴浩、
添谷　進（常勤職員54名）

［研 究 内 容］

LSI およびエレクトロニクス機器の消費電力を1/10－1/100とするためのコア技術を開発するため、下記三つのサブテーマの研究開発を実施した。

①　低電圧動作 CMOS：Ge ナノワイヤ pMOSFET の特性改善を進めた結果、ゲート長45nm でオン電流800μAμm が得られ、電流値に関する最終目標値を達成した。世界で初めて、Ge-pMOSFET と InGaAs-nMOSFET を積層した CMOS インバーターを試作し、電源電圧1V から0.2V の範囲で正常な伝達特性を確認した。0.2V 未満動作 CMOS を狙った Si 系新構造 TFET を開発し、従来構造比で10倍以上のオン電流増大の実証に成功するとともに、TFET の SPICE 用コンパクトモデルを開発し、精密な TFET の LSI 回路アプリケーションの探索を可能とした。

②　ナノカーボン材料の開発と応用：グラフェン配線層に異種分子をドーピングする技術を開発し、抵抗値として銅に匹敵する4.8μΩcm が得られ、ほぼ最終目標値を達成した。トランジスタ用グラフェン高品質化を進めた結果、6,000cm^2/Vs の移動度が得られ年度の目標を達成した。高品質で長尺の CNT を成長する技術を開発し、TIM 材料として熱伝導改善効果があることを実証し企業事業部との連携を深めた。

③　バックエンドデバイス：Sn_xTe_{100-x}/Sb_2Te_3超格子相変化材料の x 値の低減によって従来材料の1/1500の消費電力を実現、最終目標値を一年前倒しで達成した。$GeTe/Sb_2Te_3$系超格子相変化薄膜のバンド構造を第一原理計算で調べた結果、Γ点にシングルのディラックコーンを持つ非自明なトポロジカル絶縁体であることがわかるとともに、電場によるわずかな Ge 原子の移動でディラックコーンが壊れ、巨大磁気抵抗効果を発現させる原因になることが明らかとなった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］CMOS、ナノカーボン、バックエンドデバイス、TFET、CNT（カーボンナノチューブ）、グラフェン、相変化、トポロジカル絶縁体、巨大磁気抵抗

［研 究 題 目］低炭素社会創成に向けた炭化珪素（SiC）革新パワーエレクトロニクスの研究開発

［研究代表者］奥村　元（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

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

［研 究 内 容］

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

本テーマでは、スマートグリッドに代表される社会インフラ系を通じて低炭素社会の実現に寄与する13kV の PiN ダイオードと IGBT の開発を行う。H24年度は、8mm□チップで PiN ダイオードの試作を行い、13kV の耐圧と順方向の電流が50A まで流れることを確認した。また、動特性試験装置で逆回復特性の観測に成功した。また、P チャネル IGBT の2A 級素子の試作と n チャネル IGBT のセル構造、耐圧構造、プロセスの開発を行った。高品質エピウェハの活用と独自のデバイス構造を適用することで、3A までの通電動作と14.6kV の高耐圧を得ることに成功し、今年度の目標を達成した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］SiC、Si、デバイス、スマートグリッド

［研 究 題 目］フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発

［研究代表者］森　雅彦、堀川　剛
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］森　雅彦、堀川　剛、青柳　昌宏、
榊原　陽一、岡野　誠、古屋　克己、
亀井　利浩、吉田　知也、小森　和弘、
鈴木　基史、武井　亮平、Bui Tung、
高橋　正志、平山　直紀、埜口　良二、
眞子　祥子、鈴木　政雄、面田　恵美子、
小川　真一、飯島　智彦、塚原　雅宏、

中野　栄司、佐野　作、越野　圭二、
大塚　実、関　三好、杉山　曜宣、
石塚　栄一、横山　信幸、山岸　雅司、
斎藤　茂（常勤職員10名、他21名）

［研 究 内 容］

目標：

将来の情報通信機器の高性能化、小型化、省電力化、低コスト化に資することを目指し、CMOS プロセス技術を基にしたシリコンフォトニクス光集積回路プロセス基盤技術を構築するとともに、電子回路等の他のデバイス上に3次元光回路作成が可能な、水素化アモルファスシリコン（a-Si:H）光回路の基盤技術を開発する。

研究計画：

技術研究組合光電子融合基盤技術研究所と連携し、つくば西事業所スーパークリーンルーム産官学連携棟（SCR 棟）の CMOS 技術を用い、単一シリコン基板上に、マルチチャンネルアレイレーザーダイオード、シリコン光変調器、ゲルマニウム受光器、シリコン細線光導波路を集積した、光電子融合システムを作製し、マルチチャンネルのインターコネクト動作を実現する。また、積層型アモルファスシリコン3次元光回路において、平成23年度に開発した異なる層の光導波路間で信号光が移行するデバイス構造を利用して、光導波路が立体交差する構造を試作する。作製プロセスフローの高度化を進め、層間距離600nm 以上の構造の試作を行うことにより、低クロストークの光導波路交差を実現する。

研究進捗状況：

単一シリコン基板上に、マルチチャンネルアレイレーザーダイオード、シリコン光変調器、ゲルマニウム受光器、シリコン細線光導波路を集積した、光電子融合システムを作製し、6.6Tbps/cm^{2}の信号伝送密度を実証した。また、光源実装技術として100チャンネル以上の光源アレイを実現した。さらに、3次元光回路においては、積層型アモルファスシリコン光回路の中で異なる層の光導波路間で信号光が移行するデバイスを試作し、光の層間移行を確認した。また、層間距離600nm 以上の構造の光導波路立体交差を作成した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］シリコンフォトニクス、アモルファスシリコン、光源実装、細線導波路、低損失化、光変調器、受光器、光回路、大規模集積、立体交差光導波路、3次元光配線

［研 究 題 目］**強相関量子科学・モットロニクス基礎**

［研究代表者］長谷川　達生（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

［研究担当者］長谷川　達生、澤　彰仁、堀内　佐智雄、伊藤　利充、堤　潤也、山田　寿一、峯廻　洋美、福地　厚、渋谷　圭介、井川　光弘（常勤職員7名、他3名）

［研 究 内 容］

本研究では、モット絶縁体が示す巨大かつ高速の応答性を各種の電子デバイスに結実させることを目標に、モット絶縁体の物性制御法の確立と、強相関太陽電池／強相関抵抗変化メモリ／強相関トランジスタ等のプロトタイプデバイスの実証研究を行う。本年度実施した研究開発を以下列挙する。強相関太陽電池開発においては、有機強相関電子系のプロトタイプとなるドナー・アクセプター（DA）型ポリマーについて、電荷移動（CT）励起と中性主鎖（MC）励起の二種類の光励起に伴う電荷分離効率の相違とその起源を明らかにすることに成功した。強相関トランジスタ開発においては、ペロブスカイト型コバルト酸化物（$SmCoO_3$）をチャネルとし、電気二重層をゲートとするモット電界効果トランジスタにおいて、室温で高いオン／オフ比を示すデバイスの開発に成功した。デバイス作製技術の開発においては、有機物系の強相関薄膜デバイスの高性能化と低コスト化のため、有機ポリマー半導体を溶かした微量の溶液を3層構造シリコーンゴムスタンプで圧着し、溶液を基板表面全体に均一に濡れ広げることによって製膜する新技術「プッシュコート製膜法」を開発に成功した。さらに印刷法により電子回路配線や半導体薄膜を製造するための基本技術として、親水／撥水パターン上に着滴後の液滴の平衡形状を高速・高精度に予測するための新しい計算アルゴリズムを考案し、これにもとづくシミュレーションソフトウエアを開発した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］モットロニクス、強相関電子系、モット絶縁体、強相関太陽電池、抵抗変化メモリ、強相関トランジスタ、強相関酸化物、ポリマー半導体

［研 究 題 目］**単一構造 SWCNT を用いた光子および電子の超高速スイッチング**

［研究代表者］片浦　弘道（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］片浦　弘道、田中　丈士、藤井　俊治郎、平野　篤（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

単層カーボンナノチューブ（Single-Wall Carbon Nanotube：SWCNT）は、グラフェンと同様に超高速デバイスへの応用が期待されている。一方、光吸収には非線形光学効果の一種である「可飽和吸収」が観測され、これを応用した超高速光スイッチング素子への応用が期待されている。本共同研究では、日本の SWCNT 構造分離技術とロシアの無欠陥 SWCNT 分散技術を組み合わせる事により、日本側は高速スイッチング電子デバイスを、ロシア側は高速光スイッチング素子応用に向けた基盤技術開発を目的とする。

本年度は、まず日本側から2名の若手研究員をロシア科学アカデミーに派遣し、情報交換を行った。その後、

ロシア側から研究代表者と2名の若手研究員を産総研に1週間招聘し、さらに密な情報交換・研究交流を行った。以上の研究交流を通して得られた情報をベースに、日本独自のアイデアを加えて、新しい低欠陥分散技術の開発を行った。この新たな分散技術と高度分離技術を組み合わせる事により、低欠陥の高純度半導体 SWCNT を得る事に成功した。現在、この低欠陥半導体 SWCNT を用いて、高性能 SWCNT デバイスの開発を進めている。この分散技術は、欠陥導入が少ないだけでなく、SWCNT を切断せずに効率良く分散できるため、我々の関係している複数のプロジェクトの基盤技術として導入し、それぞれ良好な結果を得た。これらの成果は、英国やオーストリア、フィンランドで開催された国際会議で、招待講演やポスター発表で報告し、特に、フィンランドの会議ではポスター賞を受賞した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］カーボンナノチューブ、分離精製、トランジスタ、レーザー

［研 究 題 目］**量子情報処理プロジェクト「光格子時計の絶対周波数測定及び国際原子時計への貢献」**
［研究代表者］洪　鋒雷（計測標準研究部門）
［研究担当者］洪　鋒雷、安田　正美、稲場　肇、保坂　一元、赤松　大輔、大久保　章、田邊　健彦、雨宮　正樹、鈴山　智也、渡部　謙一、和田　雅人
（常勤職員11名）

［研 究 内 容］

光格子時計の優位性を明らかにするために、Yb 原子及び Sr 原子を用いた光格子時計の開発及び高度化をさらに進めるとともに、協定世界時による周波数計測を行った。具体的には、Yb 光格子時計における光格子レーザ光路中に偏光ビームスプリッターを挿入することで消光比を改善し、ベクトル光シフトを抑制した。また、時計遷移分光時の磁場を制御することにより、時計遷移スペクトルの4本のゼーマン成分のうち、2本のπ成分のみを S/N よく観測できるようにした。このようにして得られた時計遷移スペクトルに時計レーザ周波数を安定化し、協定世界時（UTC）を基準として絶対周波数測定を行った。その結果、3年前と比較して一桁以上の不確かさ低減に成功した。この測定結果は国際度量衡局傘下のメートル条約関連会議にて報告され、これを根拠の一つとして、Yb 光格子時計は、秒の2次表現（秒の定義候補）の一つとして採択された。

一方 Sr 光格子時計については、狭線幅光コムを用いた線幅転送により外部共振器半導体レーザの線幅を狭窄化し、時計遷移の分光に成功した。得られた最小のスペクトル線幅は、およそ10 Hz であり、パルスの照射時間で決定されるフーリエ限界であった。さらに、予備的ではあるが絶対周波数計測を行った。

その他、各種時計レーザの基準となる狭線幅レーザに関しては、従来の超低膨張ガラスではなく、超低膨張セラミック製の光共振器の開発、並びに、性能評価を行った。セラミックはガラスに比して、剛性が高く、焼結成形により大きな構造を作成しやすいことなどから、長い共振器スペーサーの材料として注目されている。これにより、より短期安定度の高いレーザを得ることが期待される。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］光格子時計、光周波数コム、光周波数測定

［研 究 題 目］**高性能蓄電デバイス創製に向けた革新的基盤研究**
［研究代表者］周　豪慎（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］周　豪慎、細野　英司、大久保　将史、北浦　弘和、岡垣　淳、王　雅蓉、尉　海軍、張　涛、簡　澤浪
（常勤職員5名、他4名）

［研 究 内 容］

中温領域におけるイオン電導率とイオン拡散係数が著しく向上することを利用したリチウムイオン電池と新型蓄電デバイスを開発する。平成24年度の成果は以下の通りである。(1)中温領域において、$LiFePO_4$, $Li_4Ti_5O_{12}$ 電極活物質とイオン液体により組み立てた電池の電気化学特性を調べた。(2)リチウムレドックスフロー二次電池／燃料電池の研究を行った。(3)大容量を有する正極活物質（$0.5Li_2MnO_3 \cdot 0.5LiMn_{0.42}Ni_{0.42}Co_{0.16}O_2$）の Li_2MnO_3相と $LiMn_{0.42}Ni_{0.42}Co_{0.16}O_2$相が共存することを透過電子顕微鏡で初めて観察した。(4)リチウム空気電池用ゲル型空気極を開発した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］中温領域、リチウムイオン電池、正極活物質、リチウムレドックスフロー二次電池、新型蓄電デバイス

［研 究 題 目］**通信プロトコルとその実装の安全性評価に関する研究開発**
副題：形式手法によるプロトコル実装の検証技術と形式仕様に基づく網羅的ブラックボックス検査技術の開発
［研究代表者］柴山　悦哉
（セキュアシステム研究部門）
［研究担当者］柴山　悦哉、大岩　寛、須崎　有康、田中　哲、Reynald Affeldt、Nicolas Marti、飯島　賢吾、坂口　和彦（常勤職員4名、他4名）

［研 究 内 容］

インターネットでは多様な通信プロトコルが使われて

いる。一方で、そのソフトウェア実装の問題が脆弱性などにつながる事例も報告されている。このような問題は、仕様自体に曖昧さが含まれ、ソフトウェアを仕様通りに実装する技術も未熟なために発生する。

この問題に対処するために、プロジェクトでは TLS（Transport Layer Security）を対象にソースコードの形式検証基盤とプロトコルの仕様から網羅的にファジングテストを行う実行環境の研究開発を進めた。平成24年度は、C 言語実装の形式検証基盤作成、網羅的なテストプロトコル生成ツール、VM による実行環境の巻き戻し機構の開発を行った。

C 言語実装の形式検証基盤では、定理証明支援系 Coq を用いて C 言語の形式的検証基盤を作成した。具体的には、実用的な C 言語のサブセットを選定し、そのシンタックスと意味論を形式化した。有用性を試すためにオープンソースの TLS プロトコル実装である PolarSSL に対して検証技術を適用し、バグを発見した。

網羅的テストケース生成によるプロトコル実装のブラックボックス解析技術では、通信プロトコル記述言語を設計し、この言語によるプロトコル記述から参照実装を生成する処理系を作成し、この処理系から網羅的なプロコトルファジングが行えるツールを作成した。VM の二重化による巻き戻し機構による実行環境と組み合わせることで、ブラックボックステストができるようにした。具体ていには4つの TLS サーバ（OpenSSL, GnuTLS, PolarSSL, CyaSSL）に対し TLS 1.2のハンドシェイクプロトコルのファジング検査を行い、いくつかの実装上の不具合を発見した。本プロジェクトの最終評価では A となった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］暗号通信プロトコル、形式仕様、形式検証、仮想化、ブラックボックステスト、フォールトインジェクション

［研 究 題 目］真空封止技術を利用したモジュール連動型電子ペーパーの製造
［研究代表者］川本　徹（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］川本　徹、高橋　顕、渡邊　浩、野田　恵子、杉山　泰、川上　正美
（常勤職員2名、他4名）
［研 究 内 容］

本事業では、基板に電解質層と封止材を印刷もしくは塗布した後に、真空中で貼り合わせる ODF 法をエレクトロクロミック素子の製造に適用する。これにより、強力な電解質閉じこめが可能となり、素子としての耐久性が向上する。また、その方法で得られた複数の素子をモジュール化し、モジュール毎に駆動回路を設置した上で、モジュール間を連動させて電子ペーパーを構築する。これにより、様々な形状の電子ペーパーを同じ枠組みで製造できるようになる。本年度については、スプレー印刷法を利用し、より量産性の高い製造法を確立した。また、電解質中の溶媒、支持電解質等の材料を再検討することにより、飛躍的に耐光性を向上させることに成功した。これらの成果については、共同研究企業に技術移転し、企業における展示会開催等に貢献した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］プルシアンブルー、エレクトロクロミック、電子ペーパー、真空

［研 究 題 目］共生細菌のゲノム解析と生物機能の解明および共生器官の発現遺伝子解析と生物機能の解明
［研究代表者］深津　武馬（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］深津　武馬、細川　貴弘、棚橋　薫彦、牧野　純子、菊地わか奈
（常勤職員1名、他4名）
［研 究 内 容］

難培養性で機能解析が容易でないが、高等生物に顕著な生物活性を有しており、生物遺伝子資源として有望である共生細菌の高度な生物機能の解明と利用の観点から，多様な昆虫類の体内に存在する共生細菌について、高純度の共生細菌 DNA 標品を調製し、ショットガン塩基配列をおこない、全ゲノム塩基配列を決定して，培養を介さずに共生細菌の全遺伝子レパートリーおよび可能な生物機能を明らかにする。また，その形態や微生物学的実体、体内局在および感染動態などについて解明し，必要であれば新規微生物として記載をおこなう。今年度は以下のような成果を挙げた：

殺虫剤分解活性をもつ腸内共生細菌 *Burkholderia* に感染することにより、宿主ホソヘリカメムシが有機リン系殺虫剤のフェニトロチオン等に抵抗性になることを明らかにし，共生細菌による新規な殺虫剤耐性獲得機構を解明した（Kikuchi et al. 2012 *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 109, 8618）。本研究成果については2012年4月14日に産業技術総合研究所プレスリリース「害虫に殺虫剤抵抗性を持たせる共生細菌を発見－殺虫剤抵抗性は害虫自身の遺伝子で決まるという常識を覆すー」をおこない、新聞、TV 等により国内外で広く報道された。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］昆虫共生細菌、ゲノム解析、新規生物機能

［研 究 題 目］共生細菌により昆虫が獲得する新規生物機能の解明と制御への基盤研究
［研究代表者］深津　武馬（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］深津　武馬、古賀　隆一、安佛　尚志、二橋　亮、細川　貴弘、棚橋　薫彦、牧野　純子、菊地　わか奈
（常勤職員4名、他4名）
［研 究 内 容］

難培養性で機能解析が容易でないが、高等生物に顕著な生物活性を有しており、生物遺伝子資源として有望である共生細菌の高度な生物機能の解明と利用の観点から，多様な昆虫類の体内に存在する共生細菌について，高純度の共生細菌 DNA 標品を調製し、ショットガン塩基配列をおこない、全ゲノム塩基配列を決定して，培養を介さずに共生細菌の全遺伝子レパートリーおよび可能な生物機能を明らかにする。また，その形態や微生物学的実体、体内局在および感染動態などについて解明し，必要であれば新規微生物として記載をおこなう。今年度は以下のような成果を挙げた：

マルカメムシの必須腸内共生細菌 *Ishikawaella* の 0.75Mb の全ゲノム塩基配列を決定した。細胞外必須共生細菌の縮小ゲノムとして世界初である（Nikoh et al. 2011 *Genome Biol Evol* 3, 702）.

ホソヘリカメムシの腸内共生細菌 *Burkholderia* の経口摂取による感染感受期が2令幼虫期であることを証明した（Kikuchi et al. 2011 *Appl Environ Microbiol* 77, 4075）。

ヒメナガカメムシ類より新規菌細胞共生細菌を同定し、'*Candidatus* Schneideria nysicola' の暫定学名を提唱した（Matsuura *et al.* 2012 *ISME J* 6, 397）。

コウモリ吸血性のクモバエ類より新規細胞内共生細菌を同定し、'*Candidatus* Aschnera chinzeii' の暫定学名を提唱した（Hosokawa et al. 2012 *ISME J* 6, 577）。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］昆虫共生細菌、ゲノム解析、新規生物機能

［研 究 題 目］消化管免疫細胞の活性化と機能成熟機構の解明

［研究代表者］辻　典子（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］辻　典子（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

免疫システムの主たる役割は外界の様子を認知し、病原菌を排除するなど適切な対応をすることであり、粘膜や皮膚などの体表面はサーフェスバリアとしてその中心的な役割をはたしている。サーフェスバリアのなかでも消化管の面積は大きく、体内の60−70%の免疫関連細胞を擁することからその機能は全身の免疫応答にも大きな影響を与えると考えられている。食物成分などの腸内環境因子のひとつとしてβ−グルカンが小腸パイエル板を介して消化管免疫を活性化するしくみを明らかにすることを目的とした。

粒子状β−グルカン（OXCA）の経口投与が強い抗炎症性効果を誘導し、デキストラン硫酸ナトリウム誘導性腸炎において顕著な予防効果をあらわすことを見いだした。OXCA は樹状細胞／マクロファージ上の dectin−1 を介してサイトカイン産生を促すが、パイエル板樹状細胞においては抗炎症性サイトカインであるインターロイキン−10（IL−10）産生誘導が特徴的であり、その結果、パイエル板環境では IL−10産生性の T 細胞が多く発現した。また、OXCA を摂取したマウスからパイエル板 CD4+T 細胞を調整して抗炎症作用を調べた。ナイーブ T 細胞を Rag−1遺伝子変換モデルに移入して誘導する T 細胞誘導腸炎において、ナイーブ T 細胞とこれらの細胞を共移入すると、顕著な炎症抑制効果を示した。

これらのことから食物中のβ−グルカンは dectin−1を介してパイエル板の IL−10産生レベルを増強し、IL−10産生性制御性 T 細胞を誘導して強い炎症抑制機能を促すと考えられた。これらの細胞メカニズムが全身の免疫応答に与える影響、消化管免疫と全身性免疫の関係についてもさらに明らかにしていく。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］消化管免疫、抗炎症、IL−10産生性制御性 T 細胞、β−グルカン、C−タイプレクチン、パイエル板、腸炎症性疾患

［研 究 題 目］かん水の分析に基づく南関東ガス田の地下微生物の分布及びメタン生成速度の評価

［研究代表者］坂田　将（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］吉岡　秀佳、片山　泰樹、坂田　将（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

地下微生物を利用した未利用資源からのガスエネルギー技術開発のための基盤情報として、南関東ガス田における真正細菌・古細菌の分布、及び、メタン生成活性評価を行った。関東天然瓦斯開発（株）との共同研究のもと、前年度試料と合わせて計31カ所のガス生産井からかん水を採取し、分析を行った。

いずれの試料も炭酸還元によるメタン生成が主要な経路であり、これは各試料から検出されたメタン生成菌が水素資化性であったことと整合した。メタン生成速度とメタン生成古細菌の相対存在量、あるいは、水質に明確な相関は認められなかったが、メタン生成速度と試料を採取した井戸のガス生産量に有意な相関が認められた。また、ここ数年内に掘削された新しい抗井では、水素資化性だけでなくメチル化合物分解性のメタン生成菌が優占して検出され、掘削の影響が示唆された。これらメタン生成活性及び微生物の変化は、地下深部においてもメタン生成が生じていることを強く示唆している。

［分　野　名］地質

［キーワード］水溶性天然ガス田、微生物、メタン生成活性、メタン生成菌、遺伝子解析

［研 究 題 目］海水温の精密測定に用いる温度センサの長期評価技術の開発

［研究代表者］丹波　純（計測標準研究部門）

［研究担当者］丹波　純、山澤　一彰、

Januarius V. Widiatmo
（常勤職員3名）

［研究内容］

独立行政法人　海洋研究開発機構では、地球環境観測のために高精度水中センサの開発に取り組んでいる。このうち高精度水中センサ TD センサについては、平成22年度の受託研究課題「精密海水温度センサの評価技術の開発」において良好な成績を確認している。

TD センサの量産化に向け、センサプローブの性能安定性の事前確認の手法が確立されていない。そこで、本受託研究課題では、センサプローブの選定を含めた、性能評価手法の開発を実施する。当該センサプローブ評価専用の治具を開発し、また、高精度にサーミスタの抵抗値を測定するための回路を構築して、これらを利用して選定・性能評価手法の開発を行った。JAMSTEC から供与された2種類のサーミスタ素子について、高温で長時間暴露した上で、その暴露の前後において1℃～35℃の範囲の温度－抵抗値特性を詳細に評価し、長期安定性の評価に着手した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］温度測定、海水温センサ、長期安定性、サーミスタ

［研究題目］筋ジストロフィーおよび関連疾患の診断・治療開発を目指した基盤研究

［研究代表者］松田　知栄
（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］松田　知栄（常勤職員1名）

［研究内容］

目標：

筋細胞膜タンパク質である dysferlin の欠損は三好型筋ジストロフィーと LGMD2B を引き起こす。本年度は dysferlinopathy の分子病態を解明するために、dysferlin を欠損する SJL、A/J マウス骨格筋における、dysferlin 結合タンパク質、アフィキシンの細胞膜修復時の挙動を解析した。さらに、骨格筋細胞膜修復とアクチン細胞骨格系の再構成の関連を調べるために、細胞膜損傷時のβPIX、α-、β-、γ-アクチンの挙動をリアルタイムで観察した。

研究計画：

解析する分子に GFP または RFP を付加した培養細胞発現用プラスミド10-20μg をマウスの足底筋に注射し、エレクトロポレーション法で導入を行った。7-10日後、マウスより FDB を単離し、コラゲナーゼⅠで処理することにより単一の筋線維を得た。導入した遺伝子が発現した筋線維の細胞膜を2光子レーザーで損傷し、修復過程を共焦点レーザー顕微鏡でリアルタイムに観察した。

年度進捗状況：

野生型マウス筋線維の細胞膜損傷部にアフィキシンは凝集するが、SJL、A/J マウスではアフィキシンの顕著な動きは認められなかった。A/J マウスに dysferlin-GFP、アフィキシンーRFP を導入すると、細胞膜損傷部におけるアフィキシンの凝集は回復した。通常、dysferlin とアフィキシンは細胞膜上で共局在しているが、細胞膜の損傷時に dysferlin とアフィキシンは異なる局在パターンを示した。そこで dysferlin とアフィキシンの結合を免疫沈降法で解析した所、両者の結合は Ca^{2+}により阻害されることが明らかになった。

野生型マウスの細胞膜損傷部にはβPIX、β-、γ-アクチンが凝集するが、α-アクチンの凝集は認められなかった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］筋ジストロフィー、細胞膜修復

［研究題目］インターフェロン誘導性のウイルス RNA の合成

［研究代表者］Penmetcha Kumar（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］Penmetcha Kumar、西川　富美子
（常勤職員1名、他1名）

［研究内容］

目標：

ウイルスの2重鎖 RNA が1型インターフェロンを誘導すること、それによってウイルス性肺炎を併発した肺がん患者のがんが退縮することは良く知られている。麻疹ウイルスでは特に遺伝子治療用のベクターも作製され、効果が査定されている。既に種々の麻疹ウイルス RNA 配列を in vitro transcription で合成し、そのインターフェロン誘導活性は細胞実験（北大実施）で確認、さらにマウスを用いた in vivo 実験（北大実施）でもその可能性が認められた。この結果を基に長鎖 RNA 合成方法を確立し、in vitro で大量合成、インターフェロン誘導能を査定する。（本研究は、国立大学法人北海道大学大学院医学研究科瀬谷研究室からの受託研究である）

研究計画：

産総研では麻疹ウイルスの2重鎖 RNA を大量に in vitro 合成する。In vivo での実験に用いるため LPS が混入しない精製方法を検討する。

研究成果：

In vitro transcription の系と同配列の化学合成 dsRNA のインターフェロン誘導活性をマウス細胞で測定したところ、外から加えただけでは殆ど活性がない（北大実施）、とのことであり原因を考察し改良を加えた系を検討した。長鎖 RNA の化学合成収率はかなり低い（<1%）。そこで分割した合成 RNA を用い、ライゲーションサイトの検討、ライゲーションによる方法で効率よく長鎖合成 RNA を作製する事が可能となった。同時に活性試験の比較用として in vitro transcription の方法で同配列 RNA を作製、化学合成品の品質評価に用

いた。dsRNA の sense, antisense 両方とも化学合成品を用いた場合はインターフェロン誘導活性がほとんどみられなかったが、片鎖のみ使用（もう片方は transcript RNA）の dsRNA では活性を検出する事ができ改善がみられた。化学合成品を使用した場合の活性低下の原因として、長鎖 RNA 化学合成品の2’OH の脱保護が不十分？、ライゲーション反応後の合成 RNA の精製純度等が考えられる。分割デザインに更に詳細な検討を加える事、化学合成品の精製段階の検討等でさらなる改善が期待でき、改良の余地がある。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］dsRNA、インターフェロン、自然免疫

［研 究 題 目］上町断層帯における重点的調査観測

［研究代表者］吉岡　敏和
（活断層・地震研究センター）

［研究担当者］吉岡　敏和、近藤　久雄、吉見　雅行、堀川　晴央、加瀬　祐子、竿本　英貴、木村　治夫、林田　拓己、堤　浩之（京都大学）、杉戸　信彦（名古屋大学）、関口　春子（京都大学防災研究所）、岩田　知孝（京都大学防災研究所）、浅野　公之（京都大学防災研究所）
（常勤職員6名、他7名）

［研 究 内 容］

本研究は、大阪府に位置する上町断層帯が活動した場合に想定される地震災害の軽減を目指し、断層帯の地表付近の詳細な位置・形状、地下の震源断層形状、過去の活動履歴等の活断層基本情報の高度化と、震源域での強震動評価の高度化を目的に、京都大学からの再委託で実施しているもので、最終年度に当たる本年度は、「活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査」、「活動履歴調査」、および「動的断層モデル構築と強震動シミュレーション」について分担実施した。

１）活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査

上町断層帯の詳細な断層位置と分布形状を把握するため、これまでに実施された地形・地質学的調査結果、既存反射法地震探査等の成果を整理して文献調査をおこなった。平成22年度に作成した2m メッシュの数値標高モデル（DEM）等に基づく地形解析、空中写真判読、地表踏査等を実施し、上町台地周辺の活断層・活構造分布を明らかにした。また、DEM と第四系層序等を利用して、後期更新世以降の段丘面を基準とした断層帯陸域に沿う平均変位速度分布を解明した。変動地形・活構造の分布、活動性等を総合して、上町断層帯の活動区間を呈示した。

２）活動履歴調査

上町断層帯の最新活動時期を限定し、複数回の断層活動履歴を復元するため、陸域におけるトレンチ・ボーリング掘削調査、地下レーダー探査、および河川域における音波探査・ボーリング掘削調査をおこなった。DEM 等による変動地形学・古地震学的な調査結果により、神崎川以南の上町断層から久米田池断層に至る陸域の上町断層帯は、約2700年前以降に最新活動があった可能性を指摘した。また、新淀川の既存成果と総合すると、この区間の上町断層帯の最近2回の活動間隔は約7000年以上となることを明らかにした。さらに、大津川付近より南西方向へ沿岸域を延ひる活断層においては、少なくとも大津川周辺て2330年前以降、江戸時代以前に最新活動が生じた可能性を指摘した。

３）動的断層モデル構築と強震動シミュレーションの実施

本重点観測研究で収集したデータを基にした上町断層帯の3次元形状および断層走向方向の平均変位速度分布を用いて新たに動力学的破壊計算を行い、物理的に発生しうる地震シナリオを複数作成した。さらに、それらの地震シナリオと既往の地下構造モデルを用いて地震動シミュレーションを行い、広帯域の地震動を評価した。

［分　野　名］地質

［キーワード］活断層、上町断層帯、位置、活動履歴、地震シナリオ

［研 究 題 目］警固断層帯（南東部）における重点的調査観測

［研究代表者］吉岡　敏和
（活断層・地震研究センター）

［研究担当者］吉岡　敏和、宮下　由香里、吾妻　崇、水野　清秀（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

本研究は、福岡県に位置する警固断層帯南東部が活動した場合に想定される地震災害の軽減を目指し、断層帯の地表付近の詳細な位置・形状、地下の震源断層形状、過去の活動履歴等の活断層基本情報の高度化と、震源域での強震動評価の高度化を目的に、九州大学からの再委託で実施しているもので、本年度は「陸上における活断層の詳細位置・形状等の調査」および「陸上部の警固断層における最新活動時期の高精度化」について分担実施した。

１）陸上における活断層の詳細位置・形状等の調査

警固断層帯（南東部）の陸上部分のうち、警固断層とその南東延長部、および宇美断層南東延長部について、地質踏査を行うとともに、地形面の編年を行うために、米軍撮影および昭和30年代撮影の空中写真を用いて、詳細な地形面区分を行った。その結果、宇美断層南東延長部において、活断層の可能性のある断層露頭を確認することができた。警固断層については、那珂川付近の段丘面に大きな上下変位がないことを確認した。警固断層南東延長部については、数カ所で直線

的な崖地形や鞍部列が確認できたが、それらについては基本的には浸食により形成された可能性が高いと判断した。

2）陸上部の警固断層における最新活動時期の高精度化

陸上部の警固断層における最新活動時期の高精度化としては、陸上部分における警固断層の最新活動時期および複数回の層活動履歴をより高精度に求めることを目的に、平成23年度の調査結果およびサブテーマ1）の検討結果に基づいて、太宰府市向佐野地点および筑紫野市塔原地点においてトレンチ調査、ボーリング調査、および地下レーダー探査等を実施した。その結果、トレンチ壁面には明瞭な断層は露出しなかったが、地層の堆積状況や基盤岩の破砕状況を確認することができた。

［分　野　名］地質

［キーワード］活断層、警固断層帯、位置、活動時期、トレンチ調査

［研 究 題 目］IST 産学官事業「次世代自動車用エアバッグシステムの開発」

［研究代表者］和田　有司（安全科学研究部門）

［研究担当者］和田　有司、緒方　雄二、伊藤　俊介（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

自動車用エアバッグは、衝突時にガス発生剤と呼ばれる薬剤が燃焼し、燃焼ガスでバッグが膨らむ。硝酸アンモニウムを主成分とするガス発生剤は、吸湿・振動の影響により運行中に粉状化し、異常燃焼を起こす可能性が指摘されている。また、一般にエアバッグが正常に稼働した場合でも展開したバッグと人の衝突により眼などに重篤な外傷を負うなどの加害性が指摘されている。本研究では、吸湿・振動に耐性を有するガス発生剤および加害性を軽減するバッグ形状を開発することを目的とする。

そのために2ヵ年計画で産総研は、中核機関の福岡大学と共同で新規ガス発生剤の開発を担当し、(1)「自動車部品の振動試験方法」準拠試験で、吸湿の有無に係わらず粉状化しないこと、(2)SAE/USCAR-24準拠の貯蔵試験で、貯蔵前後での燃焼速度の変化および重量変化が5%以上変化しないこと、を目標とした。

硝酸アンモニウム（AN）系ガス発生剤の開発においては、AN と各種ポリマーからなる水溶液に対してスプレードライ処理を施し、固体粒子を造粒した。この試料に各種添加剤を加え、圧縮成型してガス発生剤を調整し、燃焼試験により AN の燃焼性の改善を確認した。また、同ガス発生剤の振動試験を実施し、粉状化せず、ペレット強度や重量変化がないことを確認したが、燃焼速度にばらつきや圧力依存性がみられ、今後の課題が明らかになった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］自動車用エアバッグガス発生剤、硝酸アンモニウム、硝酸セルロース、吸湿、熱安定性

［研 究 題 目］低毒化ガスジェット装置用推進薬の安全性確認に関する研究

［研究代表者］中山　良男（安全科学研究部門）

［研究担当者］中山　良男、若林　邦彦、松村　知治、高柿　大輔（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

目標：

低毒性ガスジェット装置用推進薬の衝撃感度試験を実施して、燃料の輸送時・射場作業時の安全性評価に資するとともに他の爆発性物質との比較等安全性の評価を行う。

研究計画：

従来に比べて低毒性の推進薬として、日本が開発中の HAN（Hydroxyl ammonium nitrate）系推進薬の衝撃感度試験（ギャップ試験）を実施して、衝撃に対する安全性を評価する。また、同じく低毒性の推進薬として欧州で開発された ADN（Ammonium dinitramido）系推進薬についても同様の試験を行い、比較・検討を行う。

研究進捗状況：

HAN 系推進薬について、MIL-STD-1751A Method 1041（Large scale card gap test）に準拠したギャップ試験を実施した。本試験法では、試料物質の衝撃感度は、ギャップ材に用いる厚さ1/100インチの PMMA（Polymethylmethacrylate）板の枚数で評価される。一連のギャップ試験を行った結果、開発中の HAN 系推進薬は23枚以上では爆発しないこと、また、50%爆点は11枚程度であることがわかった。

ADN 系推進薬のギャップ試験については、平成25年度に実施する予定。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］低毒性推進薬、衝撃感度、ギャップ試験、HAN、ADN、PMMA、50%爆点

［研 究 題 目］微燃性冷媒の燃焼爆発影響評価

［研究代表者］匂坂　正幸（安全科学研究部門）

［研究担当者］匂坂　正幸、和田　有司、緒方　雄二、佐分利　禎、久保田　士郎、椎名　拡海、高橋　明文、松木　亮、中山　良男、松村　知治、若林　邦彦、堀口　貞茲、江渕　輝雄（常勤職員11名、他2名）

［研 究 内 容］

地球温暖化対策として従来の空調機器用に用いられてきた冷媒から地球温暖化係数にすぐれた新規代替冷媒への転換促進が重要課題となっている。ジフルオロメタン（R32、CH_2F_2）や2, 3, 3, 3-テトラフルオロプロパン（R1234yf、CH_2=$CFCF_3$）は地球温暖化係数が低く、オゾン破壊係数もゼロであることから次世代の冷媒とし

て期待されている。しかし、これらの冷媒はわずかに燃焼性（微燃性）を有しているため、実用的に利用促進をはかるには事故などで漏洩した場合のリスクを評価し、適切に利用するための基準を定めることが重要課題となっている。本研究では、微燃性冷媒の基本的な燃焼特性を評価し、事故シナリオに基づいた被害の影響度を評価可能にすることで微燃性冷媒のリスク評価に資することを目的としている。

今年度は微燃性冷媒の燃焼挙動の規模効果や浮力の影響を明らかにするため、大容量の球形燃焼容器を用いた実験観測システムを構築した。R32と R1234yf の浮力による火炎伝播挙動の変化を高速度カメラで観測するとともに、映像解析により火炎伝播速度を評価した。燃焼時の圧力上昇プロファイルから球形火炎伝播を仮定した燃焼速度を求め、燃焼時の最高到達圧力であるピーク過圧、燃焼時の圧力上昇速度から評価される爆発強度指数を評価した。これらの結果を整理して微燃性冷媒の燃焼特性を明らかにするとともに、他の可燃性ガスとの間で燃焼特性の比較検討をすることで被害の影響度を検討可能にした。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］地球温暖化、新規代替冷媒、オゾン破壊、微燃性冷媒、一般高圧ガス保安、冷凍保安、リスク評価、火炎伝播速度、燃焼速度、爆発強度指数

［研 究 題 目］平成24年度深海底資源基礎調査に関わる情報収集業務

［研究代表者］岸本　清行（地質情報研究部門）

［研究担当者］岸本　清行、棚橋　学、西村　昭、湯浅　真人、石原　丈実、田中　弓、李　相均、針金　由美子、山岡　香子、山崎　俊嗣、小田　啓邦、佐藤　太一、荒井　晃作、佐藤　智之、飯笹　幸吉、石塚　治、下田　玄
（常勤職員10名、他7名）

［研 究 内 容］

当該情報収集業務においては、日本周辺海域のコバルトリッチクラストの賦存状況や採鉱時の環境影響の評価、採鉱・選鉱・製錬技術の検討を行うとともに、深海泥等の有望性の検討なども行うことを目的とした。そのために、文献調査や、内外の地球科学関連学会や研究機関、国際機関等において、海底地球科学や海底資源関連の最新研究および関連技術情報を収集し、深海底鉱物資源開発技術等に係るレビュー、評価、提言、広域ポテンシャルマップ等として成果をまとめた。

以下の4つに分類して報告を行った。

(1) 海底鉱物資源情報

我が国周辺海域に賦存すると推定される各種海底鉱物資源情報を以下のカテゴリに大別して地球科学的観点からレビューし、また我が国の大陸棚申請の勧告との関わりも含め、今後の探査・評価・開発の指針策定に資する情報とすべくとりまとめをした。我が国も同様、世界的にはコバルトリッチクラスト、マンガンノジュールに関しての調査研究の歴史がもっとも長く、関連技術や知識の蓄積も多い。一方で、世界で初めての経済的採掘が実施されようとしているのは、PNG海域での海底熱水鉱床である。最近、太陽光発電やハイブリッド自動車開発等の先端技術に必須の資源として注目されている希土類元素（REE、レアアースエレメント）を含む深海底に胚胎する資源泥が注目を浴びているが、その資源的評価に関する科学的研究は端緒についたばかりである。深海底の地質学的研究に長らく携わってきた立場からの考察・議論2点を追加した。

１－１　コバルトリッチクラストの探査の歴史と成因に関する考察。

１－２　レアアース資源泥の資源ポテンシャルについて。

(2) 調査技術情報

海底地球科学調査に用いられる手法はそのまま資源探査のための手法にも応用されうるものであるが、経済的採鉱へ移行するためには、資源としての定量評価が必須であり技術改良や新手法の開発が必要な場合もある。また採鉱に伴う法的規制や、環境評価対応など、周辺分野に関連する課題も多い。これらの課題を以下の5つの項目に関して技術的調査と検討を行った。

２－１　探査技術　海底地盤工学測定

２－２　地形調査技術

２－３　地球物理探査技術

２－４　音波探査技術

２－５　採鉱・選鉱・精錬技術・環境影響評価

(3) 海底資源情報コンパイルによるポテンシャル評価

海域の地質情報として、これまでに出版またはコンパイルされつつある関連情報を組み合わせて GUI 形式の簡易データベースとしてまとめた。緯度経度情報をタグにした任意の数値情報、画像情報等を簡単な書式変換をすることで、独自の情報をこの簡易データベースに追加することができ、またマップやテキスト出力も可能であるので、今後の海域調査の計画策定のベースマップツールとして便利であると考える。

(4) 情報収集活動

上記(1)～(3)の情報のもとになった出典情報や、メタ情報などを以下の項目に分類して資料集として追加作成提出した。

４－１　シンポジウム

４－２　国内学会

４－３　国際学会

４－４　ウェブによる情報収集

４－５　プレス発表

４－６　大陸棚関連

［分　野　名］地質

［キーワード］海底鉱物資源、コバルトリッチクラスト、深海泥、資源探査技術、大陸棚調査、ポテンシャル評価

［研究題目］Exp. 330ルイビル海山列掘削試料によるマントルダイナミクスと南太平洋古環境研究

［研究代表者］山崎　俊嗣（地質情報研究部門）（8月まで）、牧野　雅彦（地質情報研究部門）（9月以降）

［研究担当者］山崎　俊嗣、牧野　雅彦、星　博幸（愛知教育大学）、町田　嗣樹（早稲田大学）、守屋　和佳（金沢大学）、Erdensaikhan Ganbat（東北大学）、石渡　明（東北大学）、佐野　晋一（福井県立恐竜博物館）（常勤職員2名、他6名）

［研究内容］

本研究は、統合国際深海掘削計画（IODP）Expedition 330による南太平洋ルイビル海山列の掘削コア試料を用いて、マントル対流によりホットスポットが移動する可能性の検証、ホットスポット・マグマの化学的進化の解明、及び、白亜紀～古第三紀における南太平洋古環境の解明を行うことを目的とする。

古地磁気研究については、昨年度に引き続き、Tsunakawa-Shaw 法による古地磁気強度測定を行った。5サイト計139試料で測定を完了し、65試料から有効な結果を得た。その結果、白亜紀末期～古第三紀初頭の古地磁気強度は、最近500万年間の平均と同程度である見通しを得た。また、火山礫岩を用いた古地磁気礫岩テストにより、礫岩堆積後に海山が全体として再磁化した可能性はないことを明らかにした。

ホットスポット・マグマの研究については、電子線プローブマイクロ分析装置（EPMA）を用いた分析によって得られた Ni や Mn などを含む主要元素についての高精度のデータの解析を行い、リサイクルされた過去のプレート物質がマグマの生成に寄与した程度は高々37%程度であり、ハワイ等の他のホットスポットで想定されている値に比べ著しく低いことが判明した。

古環境研究については、Site U1372A の最上部の未固結の有孔虫砂岩から浮抽出した遊性有孔虫化石の核体の酸素・炭素同位体比分析を行い、共生藻を持つ種と持たない種を識別した。Site U1376の堆積物被覆層最下部から得られた大型軟体動物化石について、X 線 CT データを利用したコンピュータ上での三次元像復元、ピール法による貝殻構造の検討、イギリスの大英自然史博物館およびオープン大学所蔵標本との比較検討の結果、後期白亜紀末にテチス地域に生息した巻貝 Otostoma cf. persicus であることが明らかとなった。

［分　野　名］地質

［キーワード］ルイビル海山列、ホットスポット、古地磁気、古環境、IODP

［研究題目］Exp. 336による大西洋中央海嶺 North Pond 下の海洋リソスフェアにおける流体循環の解明

［研究代表者］針金　由美子（地質情報研究部門）

［研究担当者］針金　由美子（常勤職員1名）

［研究内容］

IODP Expedition 336による大西洋中央海嶺 North Pond の掘削コア試料の岩石学的・地球化学的・構造地質学的解析を行い、不均質な海洋リソスフェアの物質特性と、そこでのメルト生成過程を明らかにするとともに、不均質な海洋リソスフェアに生じている熱水変成および熱水変質過程を詳細に検証し、North Pond 下の海洋リソスフェアにおける流体循環の解明を目的とする。平成24年度では North Pond にて採取された海洋リソスフェア物質の岩石学的・構造地質学的特徴を理解するために偏光顕微鏡および走査型電子顕微鏡を用いた微細構造の分類、鉱物組み合わせの記載および主要鉱物化学組成分析を中心に行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］海洋リソスフェア、かんらん岩、はんれい岩、流体循環、North Pond、IODP、大西洋中央海嶺

［研究題目］火山噴火ハザード評価手法の開発

［研究代表者］山元　孝広（地質情報研究部門）

［研究担当者］山元　孝広、石塚　吉浩、古川　竜太、下司　信夫、七山　太（常勤職員5名）

［研究内容］

火山噴火に関するハザード評価手法を開発するため、地質データベースより過去に噴火した火山の記録を調査し、火山現象の特徴とその強度を整理した。また、既往研究から火山噴火ハザード評価手法を調査し、降下火山灰、火砕流、溶岩流の数値シミュレーション手法の現状について整理した。次に、ナトリウム冷却高速炉の崩壊熱除去機能に影響を及ぼす火山噴火ハザードの重要パラメータが遠方の火山で起きた爆発的噴火による降下火山灰であることを同定した。さらに、火山灰細粒粒度分析装置及び火山灰微細粒子形状観察装置を導入・活用し、火山灰の粒子径・形状・構成物を分析し、火山灰粒度分析手法を開発した。

［分　野　名］地質

［キーワード］火山、噴火、火山灰、ハザード評価

［研究題目］クリープ疲労試験に基づく劣化損傷評価技術の開発

［研究代表者］鈴木　隆之
（先進製造プロセス研究部門）
［研究担当者］鈴木　隆之、原田　祥久、中住　昭吾、村松　眞由（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

「もんじゅ」および実用炉で用いられる構造材料のクリープ疲労試験を実施し、マイクロキャラクタリゼーションによる劣化損傷評価法を開発し、クリープ疲労における劣化・損傷過程を解明することを目的とする。

本年度は、SUS316FR 鋼と高クロム鋼のクリープ疲労試験を継続した。また、微小硬さや磁束密度の測定とともに、磁気力顕微鏡、透過型電子顕微鏡によるマイクロキャラクタリゼーションを実施した。

クリープ疲労試験結果から、高クロム鋼母材では特にクリープ荷重保持の影響がみられ、定常クリープのようなひずみ－繰り返し数曲線を呈した。これは、クリープ・疲労過程中に生じる転位が主に副結晶粒界に集中し、粒内の転位密度が低下することすること、また、磁気力顕微鏡によりその程度が評価可能であることを示した。さらに、高クロム鋼溶接材においては HAZ に変形が集中するのに対し、SUS316FR 鋼溶接材では母材、HAZ、溶接金属とも変形していくことがわかった。これは、SUS316FR 鋼では溶接金属中のδ-フェライト相が、クリープ疲労により非磁性相に相変化するためであることを磁気力顕微鏡および透過型電子顕微鏡によるマイクロキャラクタリゼーションにより明らかにすることができた。

本研究は、特別会計に関する法律（エネルギー対策特別会計）に基づく文部科学省からの受託研究として、本年度福井大学が実施した「「もんじゅ」における高速増殖炉の実用化のための中核的研究開発」のうち、、独立行政法人産業技術総合研究所が国立大学法人福井大学から再委託を受けて実施した成果である。

［分　野　名］ナノテクノロジー、材料、製造
［キーワード］もんじゅ、高速増殖炉、オーステナイト系ステンレス鋼、高クロム鋼、クリープ疲労、劣化・損傷、マイクロキャラクタリゼーション

［研 究 題 目］ソフトイオン化質量分析のためのマススペクトルデータ解析ソフトウェアの開発

［研究代表者］津越　敬寿（計測標準研究部門）
［研究担当者］津越　敬寿（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、戦略的基盤技術高度化事業支援事業「ソフトイオン化質量分析のためのマススペクトルデータ解析ソフトウェアの開発」の一部を産総研が分担実施し、迅速簡便な測定が可能ソフトイオン化質量分析装置・技術のために、データ解析手段を備えた組み込みソフトウェアの開発・実用化を目的としている。これは、リアルタイム計測も可能なソフトイオン化質量分析装置のデータ解析には、高速データ通信・処理が必要であり、それには分析装置の装置制御を行う組み込みソフトウェアにデータ解析機能までを実装させることが必要となるためである。

H23年度の研究開発目標は、有機化合物のスクリーニング分析技術として注目を集めているソフトイオン化質量分析装置用の解析機能を備えた組込みソフトウェアの開発について、解析機能部分の適用範囲の拡大とその妥当性を、種々の試料において検証することである。

プラスチックやオイル、その他の試料についてデータ解析ソフトウェアの機能検証・評価に関するデータ解析技術研究に参画し、H23年度の開発目標を達成した。

H24年度においては、操作性の向上、表示の整合化について検討し、解析に用いるデータベーススペクトルの測定条件を決定した。これにより、ソフトイオン化質量分析計を実装している装置メーカーにオプションソフトとして供給し、販売を開始した。尚、販売中の製品は高分子分析に主眼を置いており、85種のポリマーのデータベースを、定量分析用の強度比補正データと共に搭載している。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］質量分析、熱分析、発生ガス分析、示差熱－熱重量分析、イオン付着イオン化、光イオン化、多変量解析、主成分分析、クラスター分析、回帰分析、残差スペクトル解析

［研 究 題 目］計算科学技術推進体制構築の「産官学連携」の推進（高性能汎用計算機高度利用事業「HPCI 戦略プログラム」分野2 新物質・エネルギー創成

［研究代表者］浅井　美博（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］浅井　美博、石橋　章司、大谷　実、宮本　良之、三宅　隆、土田　英二、中村　恒夫、Fedorov Dmitri、小西　優祐、（常勤職員8名、他1名）

［研 究 内 容］

文部科学省・高性能汎用計算機高度利用事業「HPCI 戦略プログラム」分野２　新物質・エネルギー創成での分野振興の一環として、計算物質科学シミュレーションの産業分野への普及活動を行った。平成24年度は以下の活動を実施した：(1) 計算シミュレーションを中核としたオープンイノベーションに関する認識を共有する為の産官学連続研究会や合同ワークショップの開催。(2) CMSI で開発しているアプリケーションソフトの産業界への情報発信・紹介、アプリケーションソフトポータルサイトの立ち上げとプログラム講習会の開催。(3) 産学連携活動の支援。(1) については以下に記した内容で3回行った：

1. 産業界における OCTA 活用の現状
（2012/5/8 秋葉原ダイビル）
2. 原子スケールシミュレーションから TCAD へ
（2012/12/21 秋葉原ダイビル）
3. 熱マネジメント技術を支える材料シミュレーション
（2013/3/12秋葉原 UDX）

［分 野 名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］計算シミュレーション、次世代スパコン「京」、産業応用

［研 究 題 目］革新炭素繊維基盤技術開発
［研究代表者］児玉 昌也（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］児玉 昌也、羽鳥 浩章、曽根田 靖、吉澤 徳子、入澤 寿平、丸山 勝久、橘内 稔、常名 美穂子、有馬 住子、塩田 真澄、山田 裕之
（常勤職員4名、他7名）

［研 究 内 容］

炭素繊維（CF）は我が国が世界市場の約7割を占める国際競争力の非常に強い高付加価値素材であり、省エネルギーや環境保全などの社会的ニーズに応えることが大きく期待されている。CF を用いた複合材料は、航空機等で燃費向上のためにすでに実用化されており、今後自動車を始めとする新たな分野への使用拡大が確実視されている。現行の CF 製造方法は、消費エネルギーと CO_2 排出量がいずれも鉄の約10倍に達し、生産性も高まらないことが大きな課題である。これを解決し、我が国の CF の国際競争力を維持・強化するために、本研究においては、酸化工程を必要としない全く新しい CF 原料（前駆体高分子化合物）の探索・設計および合成を行い、紡糸特性に優れた高分子化合物を開発する。

本年度は、紡糸装置を作製し、CF 原料として有望な窒素原子を含む縮合多環芳香族系ポリマーについて紡糸条件を検討するとともに、得られた前駆体繊維の炭素化を行って、その構造解析と機械的特性の評価を行った。今後製造条件の最適化が必要であるが、高強度材料としての基本的物性を有する炭素繊維の製造が可能であることを明らかにした。

［分 野 名］環境・エネルギー
［キーワード］炭素繊維、耐炎化、炭素化、ポリアクリロニトリル（PAN）、炭素繊維強化プラスチック（CFRP）

［研 究 題 目］ガス化合成ガス製造の実証
［研究代表者］鈴木 善三（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］鈴木 善三、松岡 浩一、村上 高広、浅井 稔（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

林野庁委託事業として、木材をオイル化処理した後の残渣分を燃料とし、ガス化させることによって、汎用性の高い高品位な液体燃料をフレキシブルに製造できる技術の実証を目指す。ガス化装置として、流動層を利用した二重循環三塔型流動層ガス化炉を提案した。本装置の特徴として、熱分解炉、ガス化炉および燃焼炉が分離されており、熱分解炉およびガス化炉は二段炉構造とし、熱分解炉下段に燃料を供給し、ガスとともに生成するタールを上段のタール吸収粒子に吸収させることで、炉内で効率良くタールを処理できる。さらに、燃料およびタール吸収粒子がそれぞれ独立して循環するため、反応後に生成するボトムアッシュと高価なタール吸収粒子とが混在せず、タール吸収粒子の長寿命化が可能となる。今年度は、流動媒体として多孔質アルミナおよび石灰石を使用し、昨年度と同様に木材ペレットを燃料として、ガス化性能の比較を行った。結果として、熱分解／水蒸気ガス化とも1073K での同条件において、多孔質アルミナの方が得られる水素量は、若干ではあるが多いことが分かった。流動媒体の単価で検討すると、多孔質アルミナは石灰石よりも数倍高いため、単価当たり得られる水素量で評価すれば、石灰石の方が良い。ただし、石灰石は粉化し易いため、実証規模による長時間運転を実施し、トラブルが生じないか明らかにする課題は挙げられるものの、コストを低減できる可能性を見出せた。

［分 野 名］環境・エネルギー
［キーワード］バイオマス、ガス化、流動層

［研 究 題 目］海域活構造の地形地質調査（ひずみ集中帯）
［研究代表者］岡村 行信
（活断層・地震研究センター）
［研究担当者］堀川 晴央、池原 研
（地質情報研究部門）、
井上 卓彦（地質情報研究部門）、
岡村 行信（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

日本海沿岸の活断層で最も変位速度が大きいのは、新潟沖の角田山東縁断層の海域延長部で3m/千年、秋田沖の活断層は1m/千年前後、粟島付近の活断層は約0.5m/千年の変位速度を持つ。酒田沖の活断層は約0.4m/千年、2007年中越沖地震の震源断層は約0.4m/千年と推定したが、信頼性は劣る。粟島南方沖の詳細な地形調査によって1964年新潟地震時の海底の変位が現れた範囲が震源域の一部に限られることが明らかになった。さらに、沿岸域だけでなく、日本海東縁海域の海岸から約100km 沖合までの範囲について、既存データを活用して活断層図を作成した。

［分 野 名］地質
［キーワード］日本海東縁、海底活断層、新潟地震、中越沖地震、逆断層

［研 究 題 目］グローバルリモートセンシング利用資源解析強化事業に係る再委託（その2）
［研究代表者］山本　浩万（地質調査情報センター）
［研究担当者］山本　浩万、土田　聡（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

本事業では、レアメタル資源の代替供給地の早急な確保・安定供給確保に資することを目的に、リモートセンシングによる全球解析のためのプラットフォームの作成、全地球を調査対象としたレアメタルの賦存が期待される地域における集中的な衛星画像の解析、グローバル・リモートセンシング利用資源解析に係るシステム構築及びポテンシャルのあるレアメタル資源賦存有望地域の抽出・情報提供を行うものである。

産総研内では複数ユニットにまたがって研究開発を進めており、本センターではASTERデータセット開発を担っている。平成22年度からのプロジェクトの3年目であり、アフリカ北部、ヨーロッパ南部、オーストラリアのASTER/VNIR（可視近赤外放射計）データに基づくASTERデータのグローバルデータセット（独自技術による対象物認識がし易い天然色画像のモザイクマップ）を開発し、Open Geospatial Consortium（OGC）が定める標準的なWebサービス（WMS）で配信できるよう加工した。

［分　野　名］地質
［キーワード］リモートセンシング、衛星利用技術、ASTER

［研 究 題 目］グローバルリモートセンシング利用資源解析強化事業に係る再委託（その2）
［研究代表者］浦井　稔（地質情報研究部門）
［研究担当者］浦井　稔、脇田　浩二、SAEPULOH Asep、山本　直孝（常勤職員2名、他2名）
［研 究 内 容］

本事業では、レアメタル資源の代替供給地の早急な確保・安定供給確保に資することを目的に、リモートセンシングによる全球解析のためのプラットフォームの作成、全地球を調査対象としたレアメタルの賦存が期待される地域における集中的な衛星画像の解析、グローバル・リモートセンシング利用資源解析に係るシステム構築及びポテンシャルのあるレアメタル資源賦存有望地域の抽出・情報提供を行うものである。

産総研内では複数ユニットにまたがって研究開発を進めており、本部門では、衛星リモートセンシングデータ（ASTER TIR）を用いて、鉱物探査に役立つグローバルな地質インデックスマップ、すなわち、石英指標（QI）、炭酸塩鉱物指標（CI）、苦鉄質指標（MI）をオセアニアと南アメリカについて作成し、その一部の地域について、既存の地質図と比較して、鉱物探査への有効性を評価した。ASEAN鉱物資源データベースの国際標準によるWeb流通のためのトレーニングをインドネシアで実施した。

［分　野　名］地質
［キーワード］リモートセンシング、衛星利用技術、地質インデックス、ASTER、希少金属、TIR、石英指標、炭酸塩鉱物指標、苦鉄質指標、ASEAN、鉱物資源データベース

［研 究 題 目］大学キャンパスの省 CO_2化に向けたキャンパスエネルギーマネジメントの実証研究
［研究代表者］歌川　学（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］歌川　学、小杉　昌幸（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

本研究は、大学キャンパスの CO_2排出削減のため、全体管理手法を用いて CO_2排出実態と削減余地、対策効果に関して定量化指標の評価を実証し、削減目標を達成する具体的な対策計画を策定し、自治体や事業者などに適用できる管理プロセスと管理方法を提示することを研究目的としている。

平成24年度は、大学キャンパスの CO_2排出について、キャンパス単位の全体管理指標評価による時系列の定量評価から、排出実態を把握した。

また、できる限り建物ごとに分類した全体管理指標評価を分析把握した。これにより、キャンパスごとではなく、その中の細分ごとに、「他所と比較した原単位の比較」の管理が可能になる。特に、大学の中に存在する、用途が異なり原単位も他と大きく異なるような施設について分離して評価を実施した。

また、各キャンパスにおけるエネルギー多消費設備の抽出調査を実施した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］温暖化対策、省エネ対策、業務部門

［研 究 題 目］電子デバイス用超平坦性ダイヤモンド基板の自動切削研磨技術開発
［研究代表者］小倉　政彦（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］小倉　政彦、山崎　聡、牧野　俊晴、竹内　大輔、加藤　宙光（常勤職員5名）
［研 究 内 容］

本研究課題は、平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業（経産省）におけるプロジェクトである（平成22～24年度）。ダイヤモンドはその並外れた物性から、次世代の革新的電子デバイスとして発光・パワー・耐環境・電子放出などの電子デバイスへの応用が強く期待され、研究開発が加速している。本研究開発では、電子デバイスに応用するために必須である、ダイヤモンド基板の超

平坦性切削研磨において、大量生産とコストダウンに向けた切削研磨自動化の技術開発を行った。産総研では、今までの研究で培ってきた世界最高レベルの薄膜作製技術、特性評価技術を適用して課題を見出し、切削研磨技術開発にフィードバックした。平成24年度（最終年度）は、従来より研究に用いられている小さいダイヤモンド基板について職人によるのではなく自動（研磨機）で超平坦性切削研磨を安定的に行い、また10mm 角の大型単結晶ダイヤモンド基板については超平坦性切削研磨を実現し、目標をクリアした。いずれも平坦性の目標とする数値を大きく凌駕した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］切削研磨、ダイヤモンド、電子デバイス、半導体

［研 究 題 目］電気的酵素反応駆動による高効率な物質生産技術の開発

［研究代表者］三重　安弘（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］三重　安弘、艾澤　祥子（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

目的：

高い生体親和性を有する導電性材料を合成・作製すること、及びこれらを用いて電極界面上に様々なナノ構造を構築する手法の確立を目標とする。これにより、酵素反応を利用するバイオプロセスの高効率化・低コスト化を実現するための「電気的酵素反応駆動技術」を開発するための基礎が確立される。

研究計画:

本研究では、導電性ナノ構造を有する電極界面を用いて、該ナノ空間に酵素分子を埋め込み固定することで、「電極から酵素への迅速電子移動」と「電極上での酵素の失活防止」を実現する。

年度進捗状況：

本年度は、主としてナノ構造界面の構築・制御の検討を行い、下記の成果を得ることができた。１）オリゴDNA を用いたナノ構造界面：長さが6nm 程度のオリゴDNA の調製、電極界面上への固定化とその界面評価を行ったところ、電極に固定するためのテザー分子として、長鎖の分子構造を用いた場合に、短鎖（0.5nm 程度）のものより高密度に DNA 分子を配列できることを見出した。また、固定化時の溶媒のイオン強度を変化させることで、固定化量（ナノ凹凸構造の窪みの幅）を特定の範囲で調製できることも確認され、今後の電気的酵素反応駆動の検証に有用な知見を得た。２）芳香族分子を用いたナノ構造界面：電子を通しやすいπ結合を有する芳香族系分子を用いた種々のナノ構造界面の構築と同界面を用いたシトクロム P450酵素反応の電気的駆動の評価を行ったところ、特定の芳香族分子で構築された界面上において比較的安定に同酵素反応を駆動できることを見出した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］バイオプロセス、酸化還元酵素、電気的酵素反応駆動、ナノ構造界面

［研 究 題 目］光を用いた微小構造評価装置の高度化及び多機能化

［研究代表者］島　隆之（電子光技術研究部門）

［研究担当者］島　隆之、桑原　正史、藤巻　真、斉藤　央（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

放送や公文書等の情報アーカイブ用途に、光ディスクは省電力や耐環境性の点で優れるが、記録容量がハードディスクなどに比べ低く、使い勝手が必ずしも良くない課題があった。従来技術では、直径12cm の光ディスクにおいて、容量で300GB 未満の特性評価装置しかなかったが、本研究では多層化（共焦点）と超解像の両技術を新たに導入することで、より高密度で微小な情報ピットを読み出し、評価可能な容量を500GB 以上に向上させることを目標とする。

最終年度となる平成24年度は、樹脂層硬化のための紫外線光源を見直した結果、より短時間でフラットな層形成を行うことができた。記録及び超解像再生の両方が可能な、$ZnS\text{-}SiO_2$/相変化材料の酸化物/$ZnS\text{-}SiO_2$から成る層構造（薄膜層、L_x 層）を、樹脂層と交互に積層し、薄膜層が計10層（L_1～L_{10}層）あるディスク試料を作製した。樹脂層が改善した結果、全ての薄膜層にフォーカス及びトラッキングを掛けることに成功した。とある薄膜層（L_5層）について、長さが113nm（評価光学系の解像限界とほぼ同じ）と75nm の周期的な記録マークを形成した。再生パワーが4.0mW のとき、それぞれ32dBと21dB の搬送波対雑音比を得ることができ、10層積層した状態においても、超解像再生が行えることを確認した。500GB 到達のためには、113nm において40dB 以上を確保することと、適切な再生信号処理を行うことが必要であるが、試作した記録媒体では、その数値までは到達しなかった。しかしながら、アウトプットとして製作した特性評価装置において、10層を区別した上で、記録と超解像再生の両方が行えたことから、評価可能な容量を引き上げる当初の目的は達成された。平成25年度以降は、同装置の販売に向けた取り組みを支える。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］光ディスク、情報記録、微小構造、光検出、大容量化

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

［研究代表者］田尾　博明（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］田尾　博明、鈴村　昌弘、谷本　照己、

左山　幹雄、長尾　正之、高橋　暁、
中里　哲也、鶴島　修夫
（常勤職員8名）

［研 究 内 容］

製鋼スラグと浚渫土の化学的相互作用によって駆動される栄養塩、酸化還元物質、アルカリ成分および二酸化炭素などの物質フローを明らかにし、藻場・干潟基盤材としての特性・有効性を評価するための実験を行った。具体的には、スラグー浚渫土混合土壌が海水にさらされた場合、土壌および水環境にどのくらいのタイムスケールでどのような影響を与えるのか把握するため、疑似堆積物（コア）を用いて土壌および水環境の中・長期的なモニタリングを行った。製鋼スラグと浚渫土の混合土壌とともに、コントロールとしてケイ砂と浚渫土の混合土壌を用いて疑似コアを作成し、大型水槽（70×150×60 cm）に沈め，現場海水を常時供給した。これらのコアを数日から数十日間隔で採取し、間隙水中の pH、炭酸系、栄養塩類、微量元素等の分析を行った。スラグのコアでは実験開始直後に pH の上昇と全炭酸の低下がみられたが、コア表層では時間がたつにつれ直上の海水の値へと回復していくことが確認された。また、同じくスラグのコアについて、深いところで時間の経過とともにアンモニア濃度が増す傾向がみられ、コア内部でアンモニアの生成が起きていることが示唆された。リン酸塩濃度は、時間の経過とともにスラグコア上部で上昇し、徐々に溶出が起こる可能性が示唆された。元素分析の結果からは、スラグコア間隙水中でカルシウムおよび鉄濃度が増加する一方、マグネシウム濃度が減少し、これらの効果は少なくとも2ヶ月以上は維持されることが明らかとなった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］干潟、藻場、スラグ、浚渫土、物質フロー、pH、微量金属、栄養塩、リン

［研 究 題 目］残留性有機フッ素化合物群の全球動態解明のための海洋化学的研究による研究委託業務のうち、残留性有機フッ素化合物群の包括的海洋測定法の開発及び国際精度管理試験によるトレーサビリティ研究

［研究代表者］谷保　佐知（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］谷保　佐知、山下　信義、山﨑　絵理子
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

温暖化問題・オゾン層破壊・越境汚染など地球環境問題の焦点となることが多い残留性有機フッ素化合物群（PFCs）について全球挙動を理解するための海洋化学的な統一概念を構築する。具体的には、炭素鎖長や修飾基により様々な物理化学的特性を有する PFCs について、「水溶性」・「揮発性」の有機フッ素化合物の大気・海水間挙動・環境内構造変換も含めた環境動態を全球的に明らかにする。特に従来は生物濃縮・環境汚染化学的アプローチがほとんどであった有害化合物研究を、放射性・元素トレーサーも用いた伝統的な海洋化学的視点から展開・検証することで、地球化学と環境汚染化学の垣根をとりはらった高度に学際的な知見の蓄積を目指す。

本年度は、外洋大気中に存在する揮発性 PFCs の高感度分析法の開発を「大気試料低温捕集装置」試作品を用いて行った。昨年度開発した試作器一号を近海の調査航海で使用したところ冷却性能が十分でないことが判明した。これを改善した試作器2号を開発し KH-12-04および MR12-05の調査航海で検証実験を行った。その結果、従来多くのサンプラーで使用されているガラス製捕集装置では PFCs が不可逆的に吸着される事が判明し、試料接触部にプラスチック素材を用いた捕集装置により大きく改善される事を発見した。現在開発中の試作品3号機を来年度の調査航海で検証し、世界初の外洋大気中水溶性 PFASs の測定を試みる。また、国外研究者と共同で外洋海水試料中 PFCs について共同分析を行い、現状で最も分析が困難な外洋環境試料についてどのような精度管理要件を満たせば分析値の相互比較が可能になるかについて検証しており、昨年度までに確立したドイツ、米国、中国に加え、韓国研究者との共同研究体制の確立に成功した。次年度韓国で開催されるダイオキシン国際会議の特別セッションのチェアとして招待されており、ここで本研究成果を国際的にアピールする事で地球規模モニタリング標準調査手法として国際的コンセンサスを取ることが可能と考えられる。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］残留性有機フッ素化合物、PFOS、トレーサー

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

［研究代表者］近藤　裕昭（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］近藤　裕昭、保刈　和也、亀卦川　幸浩、
井原　智彦（常勤職員1名、他3名）

［研 究 内 容］

将来の地球温暖化時に起きることが懸念されている都市のさらなる高温化とその健康への影響を評価するため、都市域の将来の温熱環境を詳細に予測できるモデルの開発と、その基礎データとなる社会調査を行っている。今年度は東工大で実施した東東京都内の86の街区について、都市建物の谷間であるキャノピーにおける渦のスケール長が地上からの高さに対してどのような関係を持つかを調べた。その結果を用いて500m 四方程度の領域の建坪率の高度変化、ビル幅、ビル間隔をパラメータとしたモデル化を行った。このモデルに基づき、名古屋気象台周

辺と、多治見市 AMeDAS 局周辺について2012年8月17日～24日の気温変化の計算を実施した。改良したモデルでは、最高気温が上昇し、最低気温が下降する結果となり、従来のモデルより気温の再現性がよくなった。これは新しいモデルでは都市キャノピーの下部ではスケール長が小さく、上部境界付近では大きくなったことに起因する。

昨年度に引き続き、名古屋都市圏における都市の気象と人間健康との関係を定量化するために、インターネット調査会社のモニターを対象に自記式質問票を用いた社会調査を実施した。調査期間は2012年7月31日～8月16日のうち連続する火曜日・水曜日・木曜日の3日、計9日間として、週末影響を除外するようにした。基礎的な健康状態の質問項目には、睡眠にピッツバーグ睡眠質問票、疲労にチャルダーの疲労尺度（Chalder Fatigue Scale, CF）を採用し、毎日の健康状態の質問項目には、睡眠に毎日の睡眠質問票、疲労にチャルダーの疲労尺度と視覚的アナログ尺度を採用した。解析の結果、気温・WBGT が上昇するにつれ、CF 総合得点の平均点が上昇することが判明した。また、昨年度同様、睡眠や暑熱に関する自覚症状と気温との関係も評価した。結果は昨年度とほぼ同様であり、既往研究で解析されている東京都区部や大阪市とほぼ同様の傾向を示すことが分かった。少なくとも東京・名古屋・大阪では、気温と暑熱障害の関係は大きくは変化しないと推測された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］気候変動適応評価、都市温熱環境モデル、健康影響評価

［研 究 題 目］**大気環境物質のためのシームレス同化システム構築とその応用**

［研究代表者］近藤　裕昭（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］近藤　裕昭（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、二酸化炭素の発生源解析モデルとして東大大気海洋研で開発された NICAM と産総研で開発した AIST-MM を結合して、観測される二酸化炭素濃度から逆問題解法を用いて都市域を含む人為起源および自然起源の二酸化炭素の排出・吸収量を推定する。観測データとしては、温室効果ガス観測技術衛星 GOSAT（いぶき）によるカラム炭素濃度および航空機観測による二酸化炭素濃度データベース（CONTRAIL）を使用する。今年度は AIST-MM による長期積分が可能なように境界条件となる気象条件データとパラメータを整備した。AIST-MM には人為起源の二酸化炭素発生量データが組み込まれているが、生態系による二酸化炭素の吸収・放出については簡略化されたモデルしか組み込まれていない。このため、米国で開発され、生態系による二酸化炭素の吸収・放出も計算可能である NCAR-LSM を参考として、中部日本の気候条件を用いて陸域自然起源の二酸化炭素発生・吸収量を計算できるようにした。ここではまず手始めとして、中央日本域で収集可能なデータに基づいて光合成による二酸化炭素ガス交換を計算することを試みた。落葉広葉樹を対象とし、関東地方の9月の晴天日の1日を対象として計算を行ったところ、光合成量は日出とともに増加するが、その効率がある程度のところからそれ以上は上昇しない状況が再現された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］二酸化炭素吸・発生源解析、AIST-MM、NCAR-LSM

［研 究 題 目］**常時補正制御型マイクロ NC 旋盤による微細長尺加工技術の開発**

［研究代表者］碓井　雄一（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］碓井　雄一、渡辺　正博（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

従来はいくつかの部品を組み合わせて作っていた複雑形状微細長尺部品を NC 旋盤で一体加工して、部品の高精度化・低コスト化を目指している。このために、切削加工中の現象を解明して加工精度を向上させるための切削工具の開発と切削条件の探索、切削点に CCD カメラを取付けて測定座標値と加工目標値の誤差を検知して目標位置を常時補正することが可能なマイクロ NC 旋盤の開発を行っている。

今年度は、チタン合金材の高精度加工を目標に、加工によって発生する残留応力による変形を防ぐために、切削条件および素材の熱処理条件の影響を検討した。素材を線材にしたのちに溶体析出硬化処理を行うことで、目標とする5μm/10mm の加工精度が実現できた。また、マイクロ NC 旋盤が常時補正モードに入る時の加工能率低下を防ぐため、制御切り替え方式の検討を行った。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］微細径軸、旋削加工、加工精度

［研 究 題 目］**加工最適化機能を有する CFRP（CFRTP）高精度加工システムの開発**

［研究代表者］碓井　雄一（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］碓井　雄一、岡根　利光、尾崎　浩一、渡辺　正博（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

CFRP（炭素繊維強化プラスチック）は、炭素繊維をマトリックス樹脂により保持した複合材料であり、軽量・高剛性・高強度という特性を活かして、航空機や自動車の分野で金属材料との代替が進められている。しかし CFRP を機械加工するときに加工工具が著しく摩耗するとともに、局部的な切削温度上昇に伴う加工面の損傷や切削力による層間剥離などが起こって、機械加工が極

めて困難である。

本研究では、CFRP の高能率・高精度加工を実現するために、素材の材料特性及び加工特性を見直し、材料特性に合った加工システム、加工条件の開発を目指している。今年度は、種々の切刃形状の工具による二次元切削実験により、炭素繊維破断のメカニズムを求めるとともに、研削による穴加工実験によって、層間剥離の発生要因解明とその対策を行い、欠陥発生の少ない加工方法を提示した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］CFRP、切削加工、研削加工、加工品質

［研 究 題 目］半導体製造装置用クランプ式超音波流量計の開発

［研究代表者］佐藤　治道
（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］佐藤　治道、明渡　純（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

3次元実装は研磨、洗浄、レジスト塗布工程が何度も繰り返されるため、これら薬液の精密流量制御が重要な課題である。一方、半導体製造装置には多くの流量計が用いられているが、研磨工程における研磨剤供給、洗浄工程における洗浄液生成、フォトリソ工程におけるフォトリソ液塗布などでの精密流量制御に用いられる流量計が存在しない。そこで、新型流量計を開発し、実装技術の小型・高密度集積化、低コスト化を図ることを目指している。

本事業の特定研究開発等計画では、非接触、後付け（クランプ式）、高精度（誤差±1%）の流量計を開発することを最終目的としている。本年度は、ガイド波を活用した非クランプ式流量計の設計・一次試作を行い、小型演算回路の開発、電磁ノイズ試験及び温度試験の実施などを行うことを目的とした。

パイプを伝搬するガイド波の解析やシミュレーション（固体－液体 FEM 等）を行い、流量計の設計を行うのに必要な情報（周波数、超音波送受信子の材質、取り付け角度、界面の材質、軸方向の長さ、温度の影響等）を得た。さらに、インピーダンス・アナライザ等を用いて超音波送受信子に利用する圧電素子の特性評価と選定を行うとともに、超音波送受信機や任意波形発生装置等を用いて、基礎実験および最適な駆動波形の探索を行った。さらに、実際に水を流してセンサーの基本特性を調べた。

また、共同研究先の株式会社琉 SOK とクランプ式超音波流量計のプロトタイプを作製し、SEMICON JAPAN2012に出品した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］超音波、流量計、ガイド波

［研 究 題 目］プロサポシンまたはサポシン B によるファブリー病に対する酵素増強薬の開発

［研究代表者］千葉　靖典（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］千葉　靖典、渡邉　徹
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

遺伝性難病である幾つかのリソソーム病に対して、疾患責任酵素を遺伝子工学で産生し、その組み換え酵素を血管内に投与する酵素補充療法が導入された。しかし、酵素製剤の血中での不安定性、ターゲット臓器への取り込みの低さ、繰り返し投与によるアレルギー性有害副反応の発生や治療効果の減弱などが大きな問題となっている。

本プロジェクトでは、明治薬科大学の櫻庭均教授を代表研究者とし、分子設計により、従来の治療薬酵素よりも安定で、細胞内取り込みに優れ、アレルギー反応を起こし難い新規リソソーム病治療用酵素を開発する目的で研究を行なっている。

研究担当者らは分担課題において、リソソーム病の中で最も発生頻度が高いファブリー病に対して、その疾患責任酵素であるα－ガラクトシダーゼ（GLA）の活性化因子であるプロサポシンを CHO 細胞または酵母細胞において大量発現し、精製法を確立することを目的としている。ヒトのプロサポシンおよびサポシン B の発現系に関して比較し、サポシン B を生産対象として選択した。大量調製のため、サポシン B 遺伝子を導入した酵母細胞の培養液から計9mg の精製サポシン B を精製した。糖鎖付加サポシン B は N-型糖鎖のみを有し、抗原性がある酵母 O-型糖鎖は検出されなかった。また N-型糖鎖の95%以上はマンノース-6-リン酸型糖鎖であった。糖鎖付加サポシン B は3mg/ml の濃度で培養細胞内に効率よく取り込まれたが、糖鎖が付加していないサポシン B は20mg/ml と高濃度にしても細胞内への取り込みは確認できなかった。従って細胞への取り込みにはサポシン B に付加した糖鎖が不可欠であることが確認された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ファブリー病、プロサポシン、酵素補充療法

［研 究 題 目］微細バンプ形成用ナノパーティクルデポジション装置および微細バンプ接続応用技術の開発

［研究代表者］青柳　昌宏
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］青柳　昌宏、渡辺　直也、鈴木　基史、仲川　博、根本　俊介
（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

目　標

3次元 LSI デバイス積層実装技術は、LSI デバイスのシリコン基板内表面から裏面に貫通する電極（シリコン

貫通電極）を形成したものを複数用意して、それらを微細金属バンプ接続により縦方向に積層して高度な電子システムを実現する技術である。微細金属バンプ接続による実装工程における課題は低温化及び低加圧化であり、これを実現するために最適なバンプの形状・特性等（概ね10μm 以下のサイズで円錐・角錐形状）を探り出し、その評価を行い、量産化のため高精度・高信頼性・安価に製造することのできるバンプ製造装置とバンプ実装応用技術を株式会社みくに工業と共同で開発する。

平成24年度は、微細円錐バンプ形成プロセスの高信頼化に向けて、ナノパーティクルデポジション工程の最適化を図り、バンプ高さのばらつき低減を試みた。その結果、ステージ速度を最適化することで、バンプ高さのばらつき量を目標値の±5%（3σ）以内とすることができた。また、アルゴンプラズマクリーニングによる円錐バンプの表面清浄化により、微細バンプ接続プロセスを、目標の200℃以下まで低温化できた。更に、バンプ接続プロセス条件（具体的には、(1)印加荷重と(2)温度に対する円錐バンプの変形量）のデータベースを構築した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］3次元 LSI 積層、微細バンプ、ナノ粒子

［研 究 題 目］ミニマル3次元積層 LSI デバイス製造ファブに対応したデバイス検査装置の開発
［研究代表者］青柳　昌宏
（ナノエレクトロニクス研究部門）
［研究担当者］青柳　昌宏、渡辺　直也、鈴木　基史、菊地　克弥、原　史朗、井川　登
（常勤職員5名、他1名）

［研 究 内 容］

3次元積層 LSI では、複数の良品 LSI チップをシリコン基板貫通電極と微細バンプを用いて積層させるため、従来の LSI に比べてシステム性能向上と消費電力低減が可能であり、ミニマルファブ方式（小型0.5インチ（=10mm 角）基板と居所クリーン化技術を核とした多品種・少量生産方式）による3次元積層 LSI/デバイスの開発・製造ライン構築が期待されている。本研究では、ミニマルファブ方式での3次元積層 LSI/デバイス製造ラインの構築に必須となるデバイス検査装置を STK テクノロジー株式会社と共同で開発する。

平成24年度は、ミニマル3次元積層 LSI デバイス製造ファブに対応したデバイス検査装置プローブ部の試作と基本特性評価を行った。プローブ部は、(1) 50μm ピッチの薄膜電極つきチップ、(2) 20μm ピッチのシリコン貫通電極つき3次元積層チップ、(3) フラッシュメモリチップに対応するものを試作し、歩留まり良く作製することができた。また、プローブ部の基本特性評価を行った結果、プローブ部と電極間の接触抵抗が小さいことを確認できた。また、ミニマル3次元積層 LSI デバイス製造ラインに対応したデバイス検査装置の統合化モデルの設計及び試作を実施し、自動で検査動作できることを確認した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］3次元 LSI 積層、検査、プローブ

［研 究 題 目］海底の地震性堆積物を用いた地震発生間隔の研究
［研究代表者］池原　研（地質情報研究部門）
［研究担当者］池原　研、荒井　晃作、佐藤　智之、天野　敦子、田村　亨、宇佐見　和子
（常勤職員5名、他1名）

［研 究 内 容］

東北地方太平洋沖の海域において海底堆積物を採取し、2011年東北地方太平洋沖地震による海底の変動に伴って形成された堆積層の特徴を把握し、海底堆積物コア中の斜面崩壊堆積物の認定とその堆積年代の決定から、2011年以前の地震発生履歴の検討を行うことが本研究の目的である。この目的のため、海洋研究開発機構の「みらい」による MR12-E01航海とドイツの調査船「ゾンネ」による SO219A 航海により震源域近傍の日本海溝底から採取されたコア試料の解析を進めた。結果として、3枚の厚いタービダイト層を確認した。このうちの最上部のものは2011年の地震によるものであり、さらに2つの過去の地震イベントが識別できた。年代測定と挟在する火山灰の分析結果から、この過去のイベント堆積物はいずれも完新世のものであり、仙台平野や石巻平野の遡上型津波堆積物のイベント層序と類似していることがわかった。

［分　野　名］地質
［キーワード］海底堆積物、地震性堆積物、2011年東北地方太平洋沖地震、タービダイト、日本海溝、古地震

［研 究 題 目］東北地方太平洋沖で発生する地震・津波の調査観測
［研究代表者］宍倉　正展
（活断層・地震研究センター）
［研究担当者］宍倉　正展、藤原　治、澤井　祐紀、行谷　佑一、田村　亨（地質情報研究部門）、谷川　晃一朗
（常勤職員5名、他1名）

［研 究 内 容］

2011年東北地方太平洋沖地震は、我が国の観測史上最大の規模で、これまで捉えられたことのない様々な現象が観測された。本プロジェクトは、それらの現象をより詳細に把握して検証することと、2011年の断層より北と南の、まだ破壊されていない領域について、そのポテンシャルを評価することを目的としている。産総研では「沿岸の地質調査に基づく地震・津波発生履歴に関する研究」というテーマで、下北半島太平洋岸（青森県東通

村および六ヶ所村）と房総半島太平洋岸（千葉県いすみ市）において津波堆積物調査を実施した。下北半島では6地点でボーリング掘削、房総半島では13地点で簡易ボーリング掘削をそれぞれ行い、過去の津波痕跡の可能性のある堆積物を検出した。

［分　野　名］地質

［キーワード］2011年東北地方太平洋沖地震、下北半島、房総半島、津波、津波堆積物

［研 究 題 目］**「光コムを用いた空間絶対位置超精密計測装置の開発」の一部「大気揺らぎ補正法の開発」**

［研究代表者］美濃島　薫（計測標準研究部門）

［研究担当者］美濃島　薫、寺田　聡一、高橋真由美、Wu Guanhao（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

開発したエルビウムドープ・モードロックファイバレーザによる基本波（中心波長1.56 μm）と、その第2高調波（中心波長780 nm）の光源を用い、伝搬長61 mの2波長ビーム伝搬系を構築した。伝搬後の光強度を検出し、変動の影響を評価した。光学系の機械的安定性や環境変動の影響を評価し、安定性を向上させた。

次に、長距離化した2波長における各々のパルス間干渉計において、光強度を光学フィルタによって変化させ、光強度変動の干渉位相変動への影響を評価し、開発したヘテロダイン干渉計は、強度を測定する従来型のホモダイン干渉計に比べて、光強度変動の影響が大幅に低減化され、安定性の大幅な改善が実現されていることを確認した。

さらに、実際に、61 m 伝搬光路における干渉計測に適用した。まず、空気屈折率揺らぎの影響の少ない短時間の安定性を評価したところ、2色の干渉位相差として高精度の距離計測分解能1.3×0^{-11}が得られた。次に、連続10時間の測定を行い、環境変動の影響を評価した。干渉計測と同時に気温、気圧、湿度の環境パラメータを独立にセンサによって測定し、空気屈折率経験式との比較を行った。その結果、2色の光学距離差の長期変動において、測定値と計算値は3.8×10^{-11}という超高精度で一致した。最後にこれらの結果を2色法に適用し、空気屈折率変動の自己補正原理を実証した。その結果、連続10時間の環境変動補正において、精度1.4×10^{-8}（0.014 ppm）という空気屈折率経験式を上回る世界最高精度を実現し、目標を大きく上回る成果が得られた。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］光コム、光周波数コム、ファイバレーザ、空気揺らぎ、長さ計測

［研 究 題 目］**低温光共振器を用いた超高安定光源の開発**

［研究代表者］池上　健（計測標準研究部門）

［研究担当者］池上　健、渡部　謙一、稲場　肇、洪　鋒雷（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

産総研の高安定発振器と光周波数コムを用いて、東大で開発される超高安定光源の評価を行うために今年度は下記を行った。

装置の運搬や連続運転を可能とするために、低温サファイア発振器のクライオスタットを改造し、冷凍機によりサファイア結晶を冷却可能な構造とした。液体ヘリウムで冷却された低温サファイア発振器を基準として、冷凍機で7 K まで冷却され10.8 GHz で発振する低温サファイア発振器の周波数安定度の評価を行い、平均時間で2×10^{-15}のアラン偏差を得た。

産総研の高安定1064 nm レーザに位相同期され狭窄化された高速制御型ファイバコムを用いて、波長1396 nm のモードクリーナーに周波数安定化されたプリ安定化レーザの評価を行い、0.1秒～10秒の平均時間で（3～7）$\times10^{-12}$の周波数安定度、また数 kHz のスペクトル線幅を確認することができた。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］低温サファイア発振器、光コム、高安定発振器、周波数安定化レーザ

［研 究 題 目］**制御ソフトウェアの高度化による産業用超高安定度電圧標準装置の開発**

［研究代表者］鈴木　英一（情報通信エレクトロニクス分野研究企画室）

［研究担当者］神代　暁、佐々木　仁、山森　弘毅、金子　晋久、丸山　道隆、大崎　人士（常勤職員6名）

［研 究 内 容］

絶対温度12K で動作するジョセフソン電圧発生素子と小型機械式冷凍機による小型化・低廉化と、組込みソフトウエアによる操作の簡略化・自動化を図ることにより、国立研究所の専門家だけでなく、一般の校正業者も扱うことのできる電圧標準器を開発する。これにより、海外製ツェナーダイオードに席巻されている市場に、高精度・定期校正不要・国産の二次電圧標準器の供給を目指す。本研究における産総研の分担課題は、(1) 組込みソフトウエアの高度化、(2) ジョセフソン素子作製技術の開発、(3) 装置安定性・操作性の評価である。2012年度は、完成した直流電圧標準器を、長野県工業技術総合センター、日本電気計器検定所、大手計測器メーカに順次貸出し、安定度や使い勝手を評価した。(1)において、巡回評価試験の結果に基づいて信頼性・操作性向上のための改良を実施すると共に、直流－交流変換モジュール用プログラムを新たに開発した。また、モデル検査を本体用組込みソフトウェアに適用し、各種障害の自動検出と復旧動作についての仕様及び設計の検証を行った。(2)において、素子歩留の制限要因であった素子基板上

への付着パーティクル数の低減法を突き止め、動作余裕度の広いチップの安定した作製を可能にした。また、ジョセフソン素子チップの安定供給のため、完成チップに関する抜き取り試験を行い、温度12±0.5K、マイクロ波電力200±30mW の範囲で、約1mA 程度の電流マージンを示したチップを10個以上選別し、未測定のチップにも100個以上の良チップが存在する見通しを得た。(3)において、出力安定度の評価を行い、ジョセフソン電圧で校正された電圧増倍回路の10V 出力が、本プロジェクトの目標に照らして十分なノイズレベルを有することがわかった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、計測・計量標準

［キーワード］組込みソフトウエア、超伝導、ジョセフソン素子、電圧標準、機械式冷凍機

［研 究 題 目］アジア低炭素社会の構築に向けた緩和技術のコベネフィット研究

［研究代表者］村田　晃伸（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］村田　晃伸、野村　昇、西尾　匡弘、遠藤　栄一、梁　建国
（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

現行のクリーン開発メカニズム（CDM）は二酸化炭素の排出低減に対象を限っており、大気汚染の改善などのローカルな環境に対する改善効果は評価の範囲外に置かれている。本研究は、ローカルな環境改善効果（コベネフィット）を経済的に価値付けする手法であるコベネフィット分析に取り組み、アジア地域における緩和技術のローカル環境改善効果と、CDM などのオフセット・メカニズムを通じた緩和技術の普及に対するコベネフィットの影響を明らかにすることを目標としている。

(1) 緩和技術に関わる社会的認識についての調査・分析

前年度までに実施した北京と山西省農村部に続き、平成24年度は山西省都市部おいて300件の社会調査を実施した。調査は、大気汚染による健康被害の経済価値評価のための設問を中心として構成した。シナリオ及び吸入器購入コストを提示して得られた回答から、10年後の生存率増加シナリオに対する支払意志額がロジスティック分布に従っているとして、モデルを最尤法で当てはめパラメータを推定した。北京の調査データから推定された、説明変数を含まないモデルでの支払意志額の中央値は1、300元程度で、日本円に直すと15～16万円となった。世帯所得を説明変数に導入すると、所得が高い世帯に属する回答者は支払意志がより強いという傾向が検出された。その他、学歴や生活習慣と支払意志額の関係を分析した。

(2) 新オフセット・メカニズムにおける緩和技術のコベネフィットを考慮した技術的経済的評価

平成24年度は、過去2年度の試行を踏まえて調査票を改善し、6都市（マニラ、デリー、重慶、北京、太原、クアラルンプール）においてインターネット調査による社会調査を実施した。サンプルは男女同比率、20代～40代の各地点110程度のサンプル数である。平成22-24年度において取得した社会調査データを用い、限界支払い意思額を被説明変数とし、回答者や調査都市の属性や調査方法などを説明変数とする関数形構築を試行し、関数形から得られる推計値と実測値との比較を行った。その結果、石炭使用量や自然保護区割合等が有効な説明変数であることが判った。推計値と実測値の差分の絶対値を実測値で除した誤差率は、全調査都市4属性のうち9割程度が50%以内となった。また、得られた限界支払い意思額をコベネフィット推定に適用する方法を検討し、他のサブテーマにおけるコベネフィットの推定を可能とした。

(3) アジア地域におけるコベネフィットを考慮した緩和技術の導入分析

平成24年度には、中国およびインドを想定ホスト国として、超々超臨界（USC）石炭火力発電、石炭ガス化複合サイクル（IGCC）発電、天然ガス複合サイクル（CC）発電、二酸化炭素回収型（CCS）火力発電等の先進的火力発電技術と、風力発電、太陽光発電、バイオマス発電などの再生可能エネルギー発電および原子力発電を事例とするケーススタディを実施した。CDM において大気汚染物質排出削減のコベネフィット効果を考慮することにより、ほとんどのケースにおいて、CDM の導入規模が拡大することが示された。大気汚染物質排出削減のコベネフィットの効果は、再生可能エネルギー発電の CDM よりも、先進的石炭火力発電の CDM の場合に相対的に強く現れる。この傾向は、ベースラインにおける平均火力発電効率が高く、kWh あたり SOx、NOx の排出量が小さく、かつ CER の価格が低い CDM の場合に、より顕著に認められた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］クリーン開発メカニズム、アジア、コベネフィット、社会調査、エネルギーシステム分析

［研 究 題 目］標準コンダクタンスエレメントを用いた基準微小ガス流量導入装置の開発

［研究代表者］吉田　肇（計測標準研究部門）

［研究担当者］吉田　肇、新井　健太（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

高真空・超高真空を測定する電離真空計や分圧真空計は、これまで、適切な校正方法が無かったため、正しく校正することが難しかった。近年、産総研では、ステンレス製の多孔質焼結体からなる微小ガス流量導入素子「標準コンダクタンスエレメント（SCE)」（特願2009-197894）を開発した。SCE を用いることで実現する定

量化された再現性の良い気体流量は、真空計を“その場”校正するための信頼性の高い基準と利用することができる。本研究では、SCE を用いて、ユーザ自らが、任意の気体種について、既知の流量を真空装置に導入することが可能で、かつ、操作に専門的な知識と習熟を必要としない基準微小ガス流量導入装置を開発することを目的としている。

今年度は、多孔質体の高度化・高信頼性化を行い、計画を大幅に上回る6桁にわたるコンダクタンスを持つ多孔質体に成功した。設計値通りのコンダクタンスを持つ多孔質体を製作するため、製造の再現性評価を行い、歩留まりが初期の30%から60%まで向上できることを確認した。15種類の気体を使っても安定に導入できること、及び、水蒸気を18時間連続導入しても、影響はないことを確認した。

また、標準コンダクタンスエレメントを組み込んだ基準微小ガス流量導入装置の開発として、装置の設計を行い、製品の試作を開始した。漏れ試験と材料評価分野において、既存技術と比較実験を行い、優位性を確認した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］真空、計測、高真空、超高真空、分圧、ガス放出、リーク、校正

［研 究 題 目］先端計測分析機器用共通ソフトウェアプラットフォームの開発

［研究代表者］林田　美咲（計測標準研究部門）

［研究担当者］林田　美咲（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本課題は、最先端の計測分析機器を開発する際に、そのソフトウェアの開発効率を高めるとともに、開発したソフトウェアの資産化を容易にするための共通プラットフォームの開発を目的としている。本機関は、透過型電子顕微鏡（TEM）に関して機種やメーカーの違いを吸収し、開発者あるいはユーザが行いたい電子顕微鏡の制御を行えるプラットフォームの開発を担当している。

その開発には、現在機器開発の現場において欧米で広く使われている Labview を用いた。具体的には、既存のコンピューター制御の入っていない TEM において、その制御をすべてプラットフォーム上から行えるようにソフトウェアの開発を行った。また、既存のコンピューターによる制御が行われている TEM に対しても並行して制御ソフトウェアの開発を行い、これら両方の TEM において共通して用いる事が出来る市販ソフトベースの TEM 用プラットフォームを大阪大学及び松浦電弘社と共同で開発した。24年度は、開発したプラットフォームを異機種へ展開し、動作確認を行なった。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］透過型電子顕微鏡、ソフトウェア、プラットフォーム

［研 究 題 目］わが国周辺のサンゴ種の成長への水温と海洋酸性化の影響

［研究代表者］鈴木　淳（地質情報研究部門）

［研究担当者］鈴木　淳、中島　礼、佐藤　瑞穂、吉永　弓子（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

人為的な二酸化炭素排出量の増加は大気二酸化炭素濃度の上昇を通して、地球温暖化と海洋酸性化を同時進行させている。海洋生物は、温暖化のみならず海洋酸性化の影響も受け得るため、同時進行を踏まえてその複合影響評価が必要である。日本周辺は世界のサンゴ礁分布の北限域となっており、数値モデルとアラレ石の飽和度のデータから、今後の日本周辺のサンゴの分布可能域は、水温上昇によって高緯度側へ北上する速度よりも、海洋酸性化により低緯度側へ縮小する速度の方が大きくなることが予測されている。そこで、本研究課題では、日本周辺域の北限域サンゴとして代表的なキクメイシモドキと、北上種を含む数種のサンゴについて、海水の二酸化炭素分圧および水温を調整した水槽からの掛け流し配水による長期室内飼育実験を実施した。サンゴの石灰化量は水中重量法によって評価した。さらに長期飼育が確立されたエンタクミドリイシについて、現在の二酸化炭素分圧条件下で、多段階に水温設定した飼育実験により、サンゴの石灰化と成長が受ける水温影響を評価した。これまでに、アラレ石の飽和度がサンゴの骨格成長に与える影響についての飼育実験手法による検討例は、主に熱帯性のサンゴを対象として多いが、日本周辺の温帯性サンゴに着目した研究は本研究が初めてである。今回、北上種の一種、エンタクミドリイシについて、その成長速度の炭酸塩飽和度への感受性が高いことが示唆された。今回得られた知見は、今後の温帯性サンゴ動態の将来予測の高度化に寄与することが期待される。

［分　野　名］地質

［キーワード］サンゴ、海洋酸性化、骨格、pH、ストレス

［研 究 題 目］形式的仕様記述を用いた高信頼ソフトウェア開発プロセスの研究とツール開発

［研究代表者］水口　大知（知能システム研究部門）

［研究担当者］水口　大知（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

■研究内容および目的

TCP/IP プロトコルスタック上で動作するミドルウェアを対象に B メソッドを用いた開発を行う。ISO/IEC 15408にて形式的（準形式を含む）な表現・証明が要求されている箇所において、EAL6の認証取得が可能なレベルで形式手法の適用を行う。また、形式的な表現・証明に関連する要求のみを対象として認証取得が可能か評価を実施する。これにより、B メソッドを活用した EAL6/7認証における形式手法関連要件への対応方法を

確立する。

■成果概要

B メソッドを用いて開発した3つの設計文書

・セキュリティ方針モデル（SPM）

・形式的機能仕様モデル（FDS）

・形式的設計モデル（TDS）

に対して、前年度レビュー時の指摘事項を解決するための修正を施し、再度第三者によるレビューを実施した。その結果、ISO/IEC 15408における形式手法関連要件への規格適合方針が全て適切であるという評価を得ることができた。これまでの「組込み用暗号化通信ミドルウェア」の開発を通して、ISO/IEC 15408認証における形式手法関連要件に準拠できる B メソッド適用開発手法を確立することができた。

今後の課題として、自然言語仕様と形式記述仕様との間のトレーサビリティを管理し、形式的な記述ができない仕様も含めて網羅的な確認が可能な開発手法の確立する必要がある。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］形式手法、フォーマルメソッド、組込みソフトウェア、不具合防止、B メソッド、形式仕様記述

［研 究 題 目］剥離型フレキシブル用 CIGS 太陽電池の検討（その2）

［研究代表者］柴田　肇
（太陽光発電工学研究センター）

［研究担当者］柴田　肇、石塚　尚吾、仁木　栄
（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

次世代の宇宙用太陽電池として、放射線耐性が高く、また薄膜太陽電池の中で変換効率の高い CIGS 太陽電池が注目されている。特に、CIGS 太陽電池はいくつかのフレキシブルタイプが開発されており、その特長を生かして、太陽電池パネルのさらなる軽量化が可能となる。近年、ソーラセイル衛星などの新たなタイプの宇宙機においては、太陽電池がフレキシブルであることが必須であり、フレキシブル CIGS 太陽電池が強く望まれている。そこで、リフトオフ技術を用いた、CIGS 太陽電池モジュールのフレキシブル化を目指して、モジュール化に向けた製膜、スクライブおよびリフトオフと各プロセス技術を検討した。

CIGS 太陽電池は、高い変換効率や，耐宇宙環境耐性が高いことから、将来の宇宙用太陽電池として注目されている。本研究は、この太陽電池のさらなる軽量および高効率化のため、従来の軽量フレキシブル基板タイプではなく、リフトオフ技術を用いた新たな CIGS 太陽電池モジュールを開発している。本年度は、これまでの小面積タイプで培った技術を基盤とし、モジュール化のための製膜及びスクライブ技術について検討した。

その結果、リフトオフのための剥離層を含む CIGS 太陽電池モジュール（サイズは3cm×3cm）の作製に成功し、その電気性能を測定することができた。しかし，その後の薄膜・フレキシブルのためのリフトオフプロセスにおいて、太陽電池層が損傷し、電気性能を測定できるサンプルを作製することができなかった。これより、リフトオフを容易に行うための製膜条件の最適化（例えば，剥離層の厚膜化）を行うことが、今後のプロセス検討において重要課題と考える。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］太陽電池、宇宙開発、宇宙用太陽電池

［研 究 題 目］高特性亜鉛新合金により製品実現する高効率生産可能な鋳造機と解析技術の開発

［研究代表者］岡根　利光
（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］岡根　利光、菖蒲　一久（生産計測技術研究センター）（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

亜鉛合金ダイカストは安価で精密な部品を大量に生産でき、近年、自動車企業、モバイル機器企業等からその強度特性の向上を強く求められている。撹拌による亜鉛合金組成の均一な制御、高温連続鋳造が可能な鋳造装置を試作・開発し、高特性亜鉛新合金の製品を実現する技術の確立を目的とする。

亜鉛合金の既存規格品に合金添加等によって改良を加えた材料の熱特性評価、凝固過程の組織観察を行い、凝固組織形成プロセスを検討した。これらの結果から、亜鉛合金の既存規格品の基本組成に対して、合金添加した高強度亜鉛合金における添加元素の組織に及ぼす影響を検討した。

新合金の機械的・物理的性質を十分見極め、性能評価を正確に行うために、新合金の各種物性評価試験、材料組織観察及び衝撃試験を実施し、組織と試験結果から得られる特性の関連から有効な組成を検討した。

高周波誘導による電磁撹拌効果で新亜鉛合金組成を均一に制御し、高温連続鋳造が可能な鋳造装置を試作・開発し、高特性亜鉛新合金の製品実現する技術の確立を目的として、亜鉛合金の材料組成・混合条件の適正化を行った。合金溶液とチャンバー材料の主に基本成分（Zn、Al、Fe 等）に関する熱力学データベースを構築するとともに、相互の反応性を検討した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］亜鉛合金、ダイカスト、高強度、組織制御、凝固

［研 究 題 目］放射能環境標準物質の開発

［研究代表者］三浦　勉（計測標準研究部門）

［研究担当者］三浦　勉（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本課題は、東京電力福島第一原子力発電所事故にともない多数実施されている放射能分析の信頼性向上に欠かせない土壌、食品等の環境・食品試料の組成を持つ標準物質の開発技術の確立を目的としている。産業技術総合研究所は環境放射能分析用標準物質で重要なβ線放出核種、α線放出核種の従来法より簡易で信頼性の高い分析法の開発を担当している。開発対象の核種はβ線放出核種では Sr-90を、α線放出核種としては Pu 同位体である。これらの核種は^{134}Cs、^{137}Cs とは異なり壊変γ線を検出手段とすることはできないので、化学分離後にβ線、α線を測定する必要がある。そのため、Sr、Pu 化学分離法の開発とβ線、α線の測定技術が開発項目である。

新規分析法の開発には最近、普及が進んできたクラウンエーテル等の環状化合物や高分子量アミン等の液状イオン交換体を担持した樹脂や微細なイオン交換樹脂を用いた分離材を活用し、目的元素の吸着挙動を詳細に検討したうえで、新規分析法を開発する。また測定技術としては測定試料の調製が容易な液体シンチレーション法を選択した。

24年度は、α線、β線の絶対測定が原理的に可能な TDCR（Triple to double count ratio）法を装備した液体シンチレーションカウンター（HIDEX 300SL）を導入し、天然放射性核種^{87}Rb（$T_{1/2}$=4.923×10^{10}年）を用いて TDCR 法の実用性を検証した。

開発グループ全体の成果としては、^{134}Cs、^{137}Cs 放射能濃度を認証した3品目の環境組成型の放射能分析用認証標準物質（玄米、牛肉、大豆粉末）を開発した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］環境放射能、β線放出核種、α線放出核種、標準物質

［研 究 題 目］産業用移動機械向けに低価格で実現する高精度マシン制御システムの開発

［研究代表者］小谷内　範穂（知能システム研究部門）

［研究担当者］小谷内　範穂（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

道路工事の自動化・情報化や屋外作業ロボットに必要となる高精度位置検出センサには現在2周波 RTK-GPS 装置が用いられているが、高価格が普及の妨げになっている。そこで「産業用移動機械向けに低価格で実現する高精度マシン制御システムの開発」では1周波 RTK-GPS 装置、モーションセンサ、工事情報サーバーなどを使った低価格普及型センサシステムを開発することを目標としている。

産総研では、これまでの2周波 RTK-GPS の情報処理と屋外建設機械の自律化の研究の実績を活かして、「モーションセンサによる1周波 RTK-GPS 情報の補間アルゴリズムの開発」および「移動局モーションセンサの開発」の一部を担当している。

平成24年度は、平成23年度に開発した2周波 RTK-GPS 情報と IMU（慣性航法センサユニット）情報の補間アルゴリズムのプログラム改良を行った。GPS による位置・方位の計測頻度が10Hz と低いので、建設機械の制御に用いることができる約50Hz の位置・方位の情報に外挿補間して求めるアルゴリズムを開発したが、方位に関する不具合を確認し、修正した。GPS 情報と IMU の姿勢情報を組み合わせて刃先の3次元位置情報をリアルタイムで求めるアルゴリズムの開発環境を整えるために一度取得した2つの情報を別の開始時刻にずらして相対的なタイミングを維持したまま再生できるシステムを構築した。これによりバケットの位置・姿勢を3次元グラフィクスで表示するプログラムのプロトタイプを開発した。屋内環境用の IMU センサを屋外で使用しやすいように防水カバーを作成して装着した。

移動局モーションセンサの開発に関しては、補間アルゴリズム実行に必要なセンサに関して情報交換を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］情報化施工、屋外作業ロボット、GPS、姿勢センサ

［研 究 題 目］平面波基底法（QMAS）などを基軸にした磁気物性量の高精度計算手法の開発

［研究代表者］三宅　隆（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］三宅　隆（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

希少元素を含まない高性能磁石の開発を目的とし、ネオジム磁石等の既存の希土類磁石の高性能化と新規磁石の探索を行う。H24年度は、磁石材料の性能を決定づける磁化と磁気異方性の第一原理計算手法の開発と整備を行った。磁気異方性はスピンの方向を制御した相対論的密度汎関数計算を行い、磁化の向きに対する全エネルギー差として求めた。希土類系の LDA＋U 計算では自己無撞着計算の収束に困難を生じるので、電荷混合法や初期密度行列の設定を改良して収束性を改善した。QMAS コードを用いて LDA＋U 法により典型的な希土類磁石である $SmCo_5$の計算を行った結果、磁気異方性や軌道磁気モーメントが U の値に強く依存する結果が得られた。状態密度にはフェルミ準位近傍に f 軌道成分のピークが出現し、電子相関の取り扱いが重要であることが示唆され、その精密な取り扱いが今後の課題として残った。一方、簡便な手法として結晶場係数や f 軌道に対する open-core 機能の QMAS への実装に着手した。次年度の早い時期に完成して複数の希土類磁石へ展開する予定である。非希土類磁石としては FePt, CoPt の磁気異方性計算を行った。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］計算科学、磁石材料

［研 究 題 目］新規取得試料の微生物学的分析

［研究代表者］坂田　将（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］吉岡　秀佳、片山　泰樹、坂田　将、棚橋　学（常勤職員4名）

［研究内容］

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム（MH21）の研究の一部として、東部南海トラフ海底堆積物中の微生物のメタン生成酸化活性と群集構造を調べることにより、微生物のメタン生成能力を評価し、メタンハイドレートの集積メカニズムの解明に貢献する。

本年度は、東部南海トラフにおける海洋産出試験事前掘削において採取された MH 濃集帯コア堆積物試料について、^{14}C-トレーサーを用いた培養実験によって酢酸分解経路と炭素還元経路によるメタン生成速度を評価した。その結果、主なメタン生成経路は、炭酸還元経路であり、いずれの深度からもメタン生成活性が検出された。水素や酢酸、メタノール等の基質を添加した培養実験においてもメタンが生成され、多様なメタン生成菌が分布していることが推察された。同じく採取された堆積物について、16S rRNA 遺伝子を用いた微生物の群集解析を行った。その結果、バクテリア群集構造は、岩相や SMI 深度、MH 濃集の有無と関連していることが分かった。

［分　野　名］地質

［キーワード］海洋ガスハイドレート、微生物、メタン生成菌、メタン生成活性、遺伝子解析

［研究題目］高生体適合性(カスタムメイド)インプラントの上市を目指した研究開発

［研究代表者］岡崎　義光（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］岡崎　義光、有田　千成子（常勤職員1名、他1名）

［研究内容］

整形外科分野のインプラントについては、医療現場において、「欧米の骨格構造に基づいて設計された海外製品が主に使われ、日本人の骨格構造には必ずしも合わないため患者にとって身体的負担（骨を削る等）が大きいこと」及び「生体毒性を含んだ工業用材料が転用されるなど長期間の生体適合性が必ずしも十分ではない」といった課題が生じている。この課題を解決するために、チタン合金を用いた生体適合性が良好で患者の体型に最適化したカスタムメイドインプラントの研究開発を実施した。カスタムメイドインプラントの上市のために、設計・製造技術に加えて品質保証と量産体制の確立が必要となるため、量産体制に必要な技術を検討した。また、カスタムメイド髄内釘及び人工股関節ステムの耐久性試験を実施した。カスタムメイドインプラント上市への第1歩として、既承認品「ジョイアッププロキシマルフェモラルネイルシステム」を基本製品としたカスタム化の範囲を決定した。

さらに、高生体適合性 Ti-15Zr-4Nb-4Ta 合金を低コストで上市するため、Ta 量を最小量にした製造技術（鍛造及び丸棒製造技術）を開発し、部材のミクロ組織観察、機械的強度試験、疲労試験、耐食性評価試験を実施した。高生体適合性部材の細胞毒性試験を実施したが、生物学的安全性試験項目が2012年3月に追加されたため、試験費用が増加することが懸念された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］整形インプラント、カスタム化、耐久性

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

［研究代表者］田尾　博明（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］田中　幹也、脇坂　昭弘、中里　哲也、田崎　友衣子（環境管理技術研究部門）、苑田　晃成、槇田　洋二（健康工学研究部門）、多井　豊、大橋　文彦（サステナブルマテリアル研究部門）（常勤職員9名、他10名）

［研究内容］

我が国が保有するリチウム回収技術をボリビア・ウユニ塩湖かん水からのリチウム回収事業に適用し、将来の事業化の際の最適プロセスを見いだすために、現場実証試験の結果評価、改良型吸着剤の大量製造試験、脱着法の改良・高度化試験を行い、以下の知見を得た。①現場実証試験については既存吸着剤のボリビア現地での50回繰り返し吸脱着試験を行い、耐久性、吸着容量、吸着剤の結晶構造に変化は見られないと結論された。②改良型吸着剤の大量製造試験については、安価な合成法である固相反応法を用いて、大型の電気炉により改良吸着剤の前駆体を100kg レベルで合成した。改良型吸着剤前駆体は、既存吸着剤に比べて Mn の溶出が抑制され、Li 吸着量は既存吸着剤と同等であることを見いだした。さらに吸着剤前駆体の造粒は転動造粒法で行い、バインダーは、単位体積あたりの吸着量、耐酸性、耐酸化性を考慮して無機バインダーを選択した。ラボスケールでの予備試験で、バインダー固形成分量の好適量を明らかにした後、ボリビアでの実証試験に用いるため、改良型吸着剤約200kg 製造した。③脱着法の改良・高度化試験については、リチウムを吸着した改良型吸着剤を用いてリチウム脱着の基礎試験をバッチ法で行った。脱着速度は速く、短時間で脱着平衡に達することがわかった。また、脱着に用いる塩酸濃度を変更することにより、従来より高濃度のリチウム溶液が得られることを示した。また、カラムによる多段脱着法を試験した結果、さらに高濃度のリチウム脱着液を得られることを示すことができた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］リチウム、資源回収、吸着分離

［研 究 題 目］超高速・低温フレームを特徴とする衝撃焼結被覆技術を用いた、昇華性材料、窒化アルミニウム（AlN）溶射皮膜形成技術の開発

［研究代表者］川口　建二（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］川口　建二、清水　禎樹
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

半導体製造分野で、セラミックス製ウェハチャック部材として求められる耐プラズマ性が高く放熱特性の良い機能を満たすが、昇華性であるために通常の溶射技術が適用困難な窒化アルミニウムについて、リバストン社が独自開発した低温溶射技術（CASP）を用いて皮膜形成技術の開発を行う。産総研としては、その開発の中で成膜の構造解析と物理特性評価を分担する。

3年計画の初年度である H24年度においては、リバストン社が CASP 装置の改良及び溶射温度測定・制御技術の開発を行い、試験的な窒化アルミニウム被膜形成を行った。不純物として除外したい酸化アルミニウムの融2030℃と、窒化アルミニウムの昇華温度2450℃の間でプロセス温度を制御する技術に関して、およその目処が得られた。

また、群馬産業技術センターが、試験試料のキャラクタリゼーション及び耐プラズマ特性評価などを行い、産総研は IBEC センターの協力を得て TEM 分析と原料粉末の SEM 分析などを行った。

その結果、試験被膜においては、窒素組成がかなり低く現状では不純物である酸化アルミニウム粒子が混在していること、また原料の窒化アルミニウム粉末の窒素組成にもばらつきが有ることを解明し、リバストン社の被膜形成プロセス開発の次のステップへのフィードバックを行った。

［分　野　名］ナノテクノロジー・製造・材料

［キーワード］溶射、窒化アルミニウム、構造評価

［研 究 題 目］海水密度絶対測定に関する研究

［研究代表者］藤田　佳孝（計測標準研究部門）

［研究担当者］藤田　佳孝、粥川　洋平
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

海洋中の海水の運動の把握は、地球温暖化メカニズムを把握する上で重要であり、高精度なシミュレーションのために海水の正確な密度値が要求されている。これまで、電気伝導度測定に基づく実用塩分から海水密度を求めていたが、ケイ酸塩濃度や海域による有意なばらつきがあった。より正確な絶対塩分の評価のために採用された海水の状態方程式（TEOS-10）では、採用された絶対塩分推定式には、推定式の作成に用いた海水密度実測値の誤差に起因する系統誤差（約10 ppm）が含まれ、より正確な海水密度実測値に基づく推定式の改定が喫緊の課題となっていた。海水サンプルの密度測定に用いられる振動式密度計を精度良く校正するためには、海水の密度を持つ標準液が必要である。そこで、海水の密度を国家標準にトレーサブルかつ小さい不確かさ（目標の相対標準不確かさは1 ppm）で値付けする技術を開発することを目的に、液中秤量法による測定技術の開発を行った。本研究ではシリコン単結晶製のシンカーを作製し、これを海水中で荷重交換させ、吊り線を介して電子天秤で浮力を測定する液中秤量装置を開発した。不確かさ評価の結果、シンカーの質量および体積、感度校正分銅および電子天秤の測定不確かさ、吊り線に対する表面張力の影響などを総合した海水密度の合成標準不確かさは10^{-6}の目標値を達成した。今後は各種計測器の校正を行うとともに海水サンプルの測定を行い、早期に海水密度の依頼試験サービスを開始する予定である。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］海水、密度

［研 究 題 目］CNT 複合めっきによる次世代ソーワイヤの実用化

［研究代表者］吉田　勝（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］吉田　勝、木原　秀元、松澤　洋子、髙田　裕子（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

現在、単結晶シリコン・多結晶シリコンなどの材料を薄板形状に加工する工具には、遊離砥粒式ソーワイヤを用いることが主流である。しかし、近年では加工効率が高く、ワイヤの使用量が少なく、砥粒を含んだ廃液が発生しない固定砥粒式ソーワイヤに移行しつつある。これまでに市販されている電着ダイヤモンドワイヤは、製造効率や基礎となる Ni めっきとの親和性を上げるために、ダイヤモンド砥粒の表面に種々の導電性炭素化合物を被覆したものが用いられている。これら固定砥粒式ソーワイヤは遊離砥粒式に比べて加工効率は優れているものの、表面のダイヤモンド砥粒が切削加工中に脱落することにより、ウエハの仕上がり面粗度が悪いことやコストが悪いことが問題になっている。本研究課題では、これらの問題点を解決すべく、カーボンナノチューブを基礎となるめっき被膜中に分散・複合化させてダイヤモンド表面に被覆し、砥粒の保持力を向上させることで、ウエハ加工中におけるダイヤモンド砥粒の脱落を抑制する技術を開発することを目標としている。カーボンナノチューブをめっき被膜中に複合化するためには、カーボンナノチューブをめっき液中に分散させる必要がある。カーボンナノチューブは難溶性であり、溶液中には適宜分散剤を用いて分散させるが、めっき液中には金属塩が多量に存在するため、イオン強度や pH の影響を十分に考慮した分散剤を選定することが求められる。本年度はいくつかの分散剤候補を選定し、カーボンナノチューブ複合めっき液の調製を行った。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］カーボンナノチューブ、複合めっき、ダイヤモンドソーワイヤ

［研 究 題 目］超音波プレス加工を用いた医療機器の実用化
［研究代表者］芦田　極（先進製造プロセス研究部門）
［研究担当者］栗田　恒雄、増井　慶次郎、澤田　有弘、黒田　雅治、作本　里香
（常勤職員4名、他1名）
［研 究 内 容］

産総研では、実施テーマ①「音叉型金型における超音波共振の最適化に関する開発」において、加振周波数と金型ホルダの振動振幅の測定を行い、解析結果との整合を検証した。定盤に固定した加振器からの振動の影響が無いように、2軸のレーザドップラ振動計を設置する方案を検討し、同時に X,Y 軸の振幅を測定した結果から、金型ホルダ評価の試験条件を設定した。並行して、実施テーマ④「加工プロセスの検証」において、実機では加工対象が小さく、高速変形現象の観察が困難であることから、高周波と低周波変形力を独立に変えて加工プロセスを観察できる特殊な実験装置を設計・製作した。超音波プレス加工で主に作用すると考えられている高周波成分の加工力だけでなく、低周波の変形力を独立して付与できる新たな概念に基づく基礎実験装置を試作した。変形の与え方もインクリメンタルフォーミング方式を採用して、単に加工プロセスの観察に止まらず、従来では成形できない形状も実現できる設計を行った。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］マイクロ鍛造、極細パイプ、塑性加工

［研 究 題 目］先端計測分析機器用共通ソフトウェアプラットフォームの開発
［研究代表者］佐藤　了平（大阪大学）
［研究担当者］神徳　徹雄、原　功、安藤　慶昭
（知能システム研究部門）
（常勤職員3名）
［研 究 内 容］

独自開発が多い先端計測分析機器ソフトウェア開発環境に対して、ユーザーフレンドリー（操作性、リアルタイム性など）で、かつ、開発効率が良く、世界標準が可能な組込みソフトウェア開発環境を実現する先端機器用共通ソフトウェアプラットフォームの開発を目標として、平成22年度から大阪大学の佐藤了平教授をリーダーとしたプロジェクトが開始されている。プロジェクトの3年目に当たる平成24年度から、共通プラットフォームの基盤技術となる「RT ミドルウエア」の開発担当として、先端計測機器を考慮した国際標準化を目的としてプロジェクトに参画した。

平成24年度には、国際標準策定に向けた必要機能調査として、先端計測機器開発者向けに2日間の実習形式の講習会を大阪大学吹田キャンパスにて開催するとともに、先端計測機器用の組込機器用のコントローラとして、安価に入手可能な組込ボードを利用した講習プログラムを開発することにより、計測分析機器開発に向けた紹介コンテンツ・教育コンテンツの作成を大阪大学と共同でおこなった。また、国際標準化活動の動向調査として OMG 技術会議に参加するとともに、技術会議の期間中にワークショップを企画して開催することで、RT ミドルウエアの普及を狙うとともに先端計測機器向け共通プラットフォームの一例としてポータブル電子顕微鏡の開発例の紹介を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］先端計測機器、RT ミドルウエア、国際標準化、ソフトウェア開発環境

［研 究 題 目］超音波画像装置の開発
［研究代表者］永田　可彦（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
［研究担当者］永田　可彦（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

超音波画像測定法は非侵襲で身体内部を観察できる有用な技術であるが、「大型で可搬性に劣り、コスト的にも高価であること」及び「装置の操作性や患部、症状の画像判別に特別な教育や経験、習熟が必要であること」を改良する必要がある。特に「リンパ浮腫については皮下組織硬度の判定」が課題となっている。

そこで本開発では、軽量小型かつ簡易に測定可能な皮下組織硬度計測機能をもつ超音波画像装置を試作し、リンパ浮腫組織をモデル化したシミュレーションと超音波ファントム実験を行うことで、皮下組織超音波画像装置における画像解析技術及び硬度推定技術の改良に資するデータを提供する。

平成24年度の実績は以下のとおりである。皮下組織超音波画像装置の改良に関して、有限要素法によるシミュレーション解析および超音波ファントムによる荷重負荷組織変形実験を行った。これらの解析および実験で使用する模擬生体組織モデルは、実際のリンパ浮腫において硬化、繊維化の症状が現れる大腿部を対象とし、表皮、真皮、脂肪層、大腿直筋層、中間広筋層および大腿骨からなる。用いたモデルの生体パラメータは軟組織の密度1g/cm^2、大腿骨の密度5g/cm^2、表皮、真皮および皮下脂肪のポアソン比0.495、筋のポアソン比0.45、大腿骨のポアソン比0.3とし、リンパ浮腫の重症度によって軟組織の厚を2mm～20mm、ヤング率を7～500KPa と変化させた。

これらによって以下の結果が得られた。表皮と真皮層の厚さの影響が大きく現れ、生体パラメータの違いによって変化率や発生する応力の大きさが顕著に変化した。実験では表皮と真皮を一体として解析したが、分離して

観察することが可能かどうか、またそのような扱いが必要かどうかなど、解剖学的な知見を加えた検討が必要であることが明らかになった。深い層程、横方向への荷重の影響が現れており、ポアソン比を考慮した測定データの解析を行う必要があることが明らかになった。実際の生体組織の測定で生じる非線形性の前後において、異なる変形モデル、測定データの解析方法を検討しなければならないことが明らかになった。ただし、非線形性の現れる前では単純な直線近似で硬度を推定できる可能性があることが示唆された。超音波ファントムによる実験によって得られた組織変形率と、シミュレーションによって得られた内部応力を用いて推定したヤング率は、設定ヤング率に近い値を示した。これらのことより、内部応力推定の重要性が明らかになった。脂肪層、大腿直筋層、中間広筋層とも、1000gf までの荷重付加に対する組織厚の変位量および内部応力は線形であった。また、大腿直筋層と中間広筋層は同じヤング率であったにもかかわらず、組織厚変化率に違いが見られた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］リンパ浮腫、生体組織、厚、ヤング率、超音波

［研 究 題 目］高速双ロール式縦型鋳造法による難加工性高機能薄板の革新的製造技術の確立

［研究代表者］松崎　邦男（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］松崎　邦男、花田　幸太郎、村上　敬、永井　秀明（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

Al-SiCp 複合材は低熱膨張性や高熱伝導率のため電子部品の基板等には有効な材料である。しかし、高コストのため使用の範囲が限定されていた。低コスト化が実現すれば社会への影響は大きい。Al-SiCp 複合材が高コストの原因は、Al-SiCp 複合材は硬く脆いことに起因している。固く脆い原因は、硬い SiC 粒子がアルミニウム合金中に高体積率で存在しているため、著しく変形し難くなるためである。特に、低熱膨張率と高熱伝導率を向上させるためには、SiC の分散量を高くする必要があり、それに伴い成形性は著しく低下する。本研究は、SiC 分散 Al 合金を溶融状態から直接圧延して板材を製造する技術を開発するものである。産総研では、溶融圧延を最適化するために、DTA による熱分析と冷却曲線を測定して、材料の溶湯開始温度、共晶温度を明らかにし、溶融圧延時の最適な注湯温度の評価を行った。また作製した板材はヒートシンク材としての応用を目指すことから、ホットデスク法による熱伝導の測定と熱機械試験機による熱膨張係数を測定して、ヒートシンク材として十分な性能を有することを明らかにした。さらに、SiC 分散 Al 合金の組織を明らかにするため、X 線回折、光学顕微鏡、透過電顕観察を行い、特性との相関性を検討した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］Al 複合材、双ロール圧延、低熱膨張、高熱伝導材

［研 究 題 目］自動車部品等の軽量化を促進するためのメタルと炭素繊維強化プラスチックス（CFRP）のレーザを用いる異材接合技術のシステム開発

［研究代表者］新納　弘之（環境化学技術研究部門）

［研究担当者］新納　弘之、佐藤　正健、卜部　啓、鈴木　隆之、原田　祥久（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

CO_2排出量削減等の社会的ニーズに対応するために、自動車の製造において画期的な軽量化が求められている。炭素繊維強化プラスチックス（Carbon Fiber Reinforced Plastic：CFRP）は重量当たりの比強度・比剛性が高く、自動車の軽量化に最も適した革新的材料である。しかし、CFRP を自動車に適用するための重要な課題として、金属など異種材料との接合が挙げられる。しかし、現段階で実用化されている接合技術はリベットやボルトによる機械締結や構造用接着剤を用いた接着であり、いずれの場合も接合にかかる費用、時間、信頼性の点で量産方法としては十分ではない。本研究開発では、前田工業株式会社、岡山県工業技術センター、大阪大学と連携し、CFRP の自動車への量産採用を可能とするレーザ溶着技術を開発し、レーザ溶着システムとして具現化する。

今年度は、CFRP の損傷しきい値評価、レーザ溶着接合部の接合強度評価技術の開発、および、レーザ溶着接合部の超音波映像化技術適用性評価の検討を産総研において分担実施し、レーザ照射部位の CFRP 表面状態に関しては、走査型電子顕微鏡等を用いた高精度分析手法や空中超音波プローブによる非接触映像分析による評価を行い、表面／界面分析時における問題点や検討課題を抽出できた。さらに、JIS K6850規格に準拠した引張試験を行い、応力、ひずみ、引張せん断強度および破面観察による破壊特性を評価した。

［分　野　名］環境・エネルギー、計測・計量標準、ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］接合技術、炭素繊維強化プラスチックス、自動車部品軽量化、レーザ加工

［研 究 題 目］3次元 LSI 積層実装技術に対応した微細先鋭バンプ検査装置の開発

［研究代表者］青柳　昌宏（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］青柳　昌宏、渡辺　直也、鈴木　基史、井川　登（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

次世代3次元 LSI 積層実装技術において、低加重・低温条件での LSI チップ間接続技術が必要不可欠であり、円錐・角錐形状の先鋭微細バンプを用いた接続技術が有望である。本研究では、量産レベルの実用化に不可欠なバンプ形状検査技術の確立を目指し、既に製品化されているスタッドバンプ形状検査技術に基づき高速微細先鋭バンプ形状検査装置をソフトワークス株式会社とともに共同で開発する。

平成24年度は、斜め2方向、上面の3カメラを用いた原理検証プロトタイプ機として設計・製作したレヴュー簡易検査装置について、検査プログラムの構築に際して、必要となる検査対象として、産総研から先鋭バンプを形成した評価試料の作製・評価（電子顕微鏡による寸法測定を含む）を進め、評価済み試料を提供し、検査プログラム構築に貢献した。また、完成した装置について、実際の使用環境を想定した、形状測定項目、ゴミ・欠陥検出項目、測定精度、測定操作手順などの具体的評価を進め、検査プログラムの改良点抽出を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］3次元 LSI 積層、微細バンプ、形状検査

［研 究 題 目］**ナノ空間を利用した高リサイクル鋳物砂による無機系砂型鋳造技術の高度化**

［研究代表者］加茂　徹（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］加茂　徹、王　正明、小菅　勝典（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究開発では、砂型鋳造法において鋳物砂として最も使用割合の高いけい砂の砂粒子と水ガラスに、微少量の多孔性物質を複合化し、ナノ空間の吸着･吸蔵及び脱離特性を活用することで、水ガラス－CO_2ガス硬化法における最大の課題である崩壊性に優れた機能性鋳物砂を開発することを基本として、製造した鋳物砂を用いてアルミ合金を対象に砂型鋳造による実証試験を実施し、無機粘結剤水ガラスを用いた環境負荷低減プロセスを実現し、省エネ、高生産性特殊鋳型造型技術の高度化を目指す。

24年度は、下記の目標値の達成をめざし、数種類の多孔性物質の添加量と圧縮強度との評価結果に基づき、多孔性物質のナノ空間機能を利用するため、構成成分、比表面積、細孔径、表面特性、粒度等をパラメータとして、添加率と圧縮強度との関係を検討した。また、この相互関係に基づいて多孔性物質と原料砂の選択を行い、代表サンプルについて、水ガラスの性状（濃度、粘度）及びCO_2量を変化させ、多孔性粒子の添加において、焼成前の一定の圧縮強度（初期鋳型強度）を保ち、加熱後（注湯に対応）に高い崩壊性を併せ持つ効果が認められるかどうかの確認を行った。

その結果、未加熱及び加熱状態の JIS 鋳型試験片の圧縮強度データから目標値を達成する複合化鋳物砂としての最適配合比を明らかにした。さらに、X 線回折法による構成成分の同定と、窒素吸着等温線測定に基づく添加多孔性粒子の細孔特性評価、並びに走査電子顕微鏡による形態観察及び元素分析等の解析データから、複合化鋳物砂の硬化・崩壊性機構に関する反応モデルを推定することができた。

（目標値）初期圧縮強度：2.0N/mm^2 以上
鋳造後の高崩壊性：強度の低下率90%以上
CO_2使用量の低下：20ml/Kg・砂

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］砂型鋳造、水ガラス、CO_2硬化法、けい砂、砂再生

［研 究 題 目］**めっき液中添加剤の劣化に起因するめっき液性能劣化診断用計測器の開発**

［研究代表者］藤巻　真（電子光技術研究部門）

［研究担当者］藤巻　真、島　隆之、桑原　正史、栗津　浩一（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

めっき液は、液の基本組成に添加剤を加え、要求性能に合わせて使用される。基本組成と添加剤の濃度バランスは、めっき処理過程にて徐々に崩れていくため、品質管理が欠かせない。しかしながら、添加剤に関しては、効果的な管理方法は確立されておらず、現在でも仕上り外観の目視比較などが行われている。本開発では、添加剤の効果を直接的に計測することで、添加剤の劣化を迅速かつ正確に判定できる自動計測器を開発する。

計測器に用いる検出用チップ表面には、透明電極を形成し、めっき液からの金属析出を行う。平成24年度は、透明電極として ITO を用い、成膜条件の最適化を行った。本開発によって、膜の不透明さに起因するセンサ特性の劣化は全く生じないことを明らかにした。また、ITO 膜は、単に成膜しただけでは銅めっき液に溶けてしまうが、膜成膜後に一定の処理をすることにより、この問題を解決した。

さらに、検出チップを長時間めっき液に漬けていても、検出特性が劣化しないように、チップ表面を防汚コーティングする試験を行った。防汚コーティングしたチップを用いて、ニッケルめっき浴にて試験したところ、24時間浸漬後でも問題なく金属析出及び析出した金属による信号観測ができることを確認した。また、チップ上にニッケルめっきを行った後に逆バイアスにてニッケルの剥離を観測したところ、コーティングしたチップでは容易に剥離することがでた。このように、今回実施した防汚コーティングは、チップの汚れ防止や繰り返し利用に効果がある。

平成25年度は、劣化具合の異なる様々なめっき液からの金属析出を観測し、それぞれの劣化具合を定量評価できるように開発を進める。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］センサ、金属析出、導波モード、銅めっき、TSV

［研 究 題 目］太陽光発電システムにおける信頼性向上のための遠隔故障診断に関する技術開発
［研究代表者］大関　崇
（太陽光発電工学研究センター）
［研究担当者］大関　崇、加藤　和彦、髙島　工
（常勤職員3名）
［研 究 内 容］

今後、日本国内で大量の導入が見込まれる太陽光発電（以下、PV）システムがその目的を果たすためには、設備の故障を低コストで検知し必要な対応を行う仕組みが必要である。そこで PV の発電データを通信回線経由で取得し、それを設備仕様や気象データなどと組み合わせて遠隔故障診断を実現する技術開発を実施した。

(1) 故障診断用分析手法の開発

故障診断用分析手法として、現状の故障モードの調査を踏まえて、自然現状、発電量低下、発電量停止事象について検出する手法の全体イメージを固めた。診断手法について、オンサイトでの気象センサを利用しないことを前提にして、従来の検出手法を包括して、発電量データのみを利用した電流／電圧低下の検出手法および気象庁データの利用した日射量推定、さらに計測データからの日影時間帯の抽出や GIS/CAD を利用した日影分析について検討を行い、全体システムを明確にした。また、このうち電流および電圧低下の検出手法については、従来手法では日影に依存しない検出手法が存在しないため、新たに開発を行った。具体的には、計測日射量データの代替として快晴日の理論日射量データを利用することで、電流低下および電圧低下を検出する手法の開発を行った。

故障診断に利用可能な評価指標は多数あるため、単純な閾値の決定では指標の組み合わせが無限に存在するため、判定が難しい。そこで、機械学習を利用した判定方法としてサポートベクターマシンを利用した判定方法を開発した。本手法は機械学習の方法であるため、学習データが必要となる。これまでに実測データを模擬的に低下させた故障データや実証設備に物理的に網をかけるなど故障模擬を発生させたデータなどで検証を進めてきた。しかしながら、これらの手法では、実証数が少ないことから故障もケースとして少なくなる。そこで、ここではシミュレーションを用いた手法での学習および検証を行った。検証の結果、全指標を利用したケースでは98%以上と非常に高い推定精度を示した。ストリング比較の効果が大きいことが分かった。また、正解率がわかるケースにおいも、正常を不具合に判定する（偽陰性）が多く、不具合を正常と判定する（偽陽性）は少ないことを示した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］太陽光発電、故障診断、不具合、モニタリング、太陽電池

［研 究 題 目］介護施設等モニター協力にかかわる事業（アザラシ型メンタルコミットロボット「パロ（セラピー用）」）
［研究代表者］柴田　崇徳（ヒューマンライフテクノロジー研究部門
［研究担当者］柴田　崇徳、和田　一義、川口　幸隆
（常勤職員1名、他2名）
［研 究 内 容］

動物の様に人と共存し、特に身体的な相互作用を通して、楽しみや安らぎの精神的効果を与え、人の心を豊かにすることを目的に、メンタルコミットロボット「パロ」の開発を行っている。動物の場合には、アレルギー、人畜感染症、噛み付き、引っかき事故、管理、衛生などの問題で、動物を飼うことができない人々や一般家庭・医療福祉施設などがある。メンタルコミットロボットは、動物と同様に、人々に様々な効用を与えようとしている。

特別養護老人ホーム、介護老人保健施設、精神科病院において、認知症を有する高齢者と、その介護者（介護師、看護師、セラピスト等）を対象として被験者のプロフィールとセラピー効果に関する調査および介護者の介護の負担の軽減に関する調査を行った。介護者には、約2時間のパロとロボット・セラピーの運用方法に関する研修を行った上で、調査を実施した。

調査の結果、認知症高齢者の暴れる・叫ぶなどの問題行動の抑制、徘徊・帰宅願望の抑制等、BPSD の抑制・緩和の効果、気分の向上、イベントへの参加意欲の向上、会話の増加等、心理的効果と社会的効果を確認した。

施設の環境により、バーンアウトの改善効果が出なかった施設もあったが、パロによりコミュニケーション・スキルの向上があり、多くの介護者が精神的な負担の軽減を示した。また、徘徊・帰宅願望の抑制により、他の人を巻き込んでの不穏な行動を抑制できたことから、介護者の介護負担の軽減につながった。これにより、特定の人に関わる時間が低減化したことで、他の高齢者に目を配ることができ、介護の質の向上にもつながった。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］ロボット・セラピー、認知症、介護負担軽減

［研 究 題 目］Exp. 339地中海流出に支配されたカディス湾ドリフト堆積体の成立と時空変化の解明
［研究代表者］西田　尚央（地質情報研究部門）
［研究担当者］西田　尚央（契約職員1名）
［研 究 内 容］

本研究の主な目的は、ポルトガルースペイン沖大西洋で実施された統合国際深海掘削計画（IODP）第339次航海で掘削・回収したコアの解析から、主に地中海流出水起源の底層流に支配されたコンターライト堆積システムの実態について明らかにすることである。特に、泥質コンターライトの粘土ファブリックに注目し、新たな堆積相モデルの構築を目指すものである。

調査航海で得られた試料について、粘土ファブリック観察に合わせて、古地磁気・帯磁率異方性測定、鉱物組成分析、粒度分析、地層に保存されたコンターライトとの比較検討を3年間のうちに実施し、研究をとりまとめる計画である。

平成24年度は、粘土ファブリック観察の前処理、古地磁気・帯磁率異方性測定、鉱物組成分析、粒度分析、野外地質調査を実施した。このうち粘土ファブリック観察のための前処理は、アルコール置換法にしたがって実施した。古地磁気測定と帯磁率異方性測定は、全試料の測定を完了させて、それらをもとに古流向の特徴について検討した。鉱物組成分析は、3つの掘削サイトから得られた試料を対象に実施し、石英や粘土鉱物に加え、カルサイトが多く含まれることが認められた。粒度分析は、最も古い層準の試料を中心にレーザー式粒度分析装置を用いて実施した。野外地質調査は、従来底層流堆積物が報告されている三浦半島に分布する三浦層群の地層を対象に露頭観察と試料採取を行った。いずれの研究項目についても、次年度も継続実施していく計画である。

［分　野　名］地質

［キーワード］コンターライト、粘土ファブリック、統合国際深海掘削計画（IODP）

［研 究 題 目］大風量低濃度排ガス用直接加熱式吸着回収装置の研究開発

［研究代表者］竹内　浩士（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］竹内　浩士、加茂　徹、竹森　信、菊川　伸行（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

揮発性有機化合物（VOC）の更なる排出低減が求められている。最も多量の VOC を排出する塗装工程は排ガス風量が大きく濃度が低いので除去処理の前に濃縮する必要があるが、ハニカムローター式濃縮装置は温風で脱離するため濃縮率が上がらない。本研究開発では、ハニカムローター自身を内部から発熱させることによって最小限のキャリアーガスで脱離させ、これによって濃縮率を飛躍的に高め、VOC を直接液化回収する省エネで省スペースなシステムを構築することを目指す。これを実現するための主な開発項目は、【1】従来技術の温風加熱に替わる効果的な直接加熱を達成するための磁気発熱ハニカムの開発、【2】大風量低濃度排ガス用吸着回収システムの開発、【3】塗装工場での実証試験などであり、産総研はこのうちの基礎的な検討を担当している。

平成24年度においては、インバー、パーマロイ、SUS430等7種類の0.03mm または0.05mm 厚の試験片を入手して高周波磁界による発熱試験を行い、発熱速度に関係する初期昇温速度で整理して各種磁性合金の発熱性の傾向を明らかにした。また、有限要素法による電磁界シミュレーションに関しては、発熱試験に用いたコイルをモデル化してコイル間隔を種々変えてコイル間空間の高周波磁界強度への影響を算出した。さらにハニカム基材への吸着剤担持法に関して、200℃未満の熱処理温度で硬化するバインダー等を探索して小試験片への担持試験を行い、無機系の接着剤をプライマーとして用い、シリカベースのバインダーによるゼオライト塗布法が有望であることを見出した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］VOC、吸着回収、塗装、リサイクル、揮発性有機化合物

［研 究 題 目］リアルタイム自己校正型ロータリーエンコーダ

［研究代表者］渡部　司（計測標準研究部門）

［研究担当者］渡部　司（常勤職員1名、他13名）

［研 究 内 容］

工作機械や組み立てロボットの位置決め精度の高度化には、角度測定に広く用いられているロータリーエンコーダの高精度化が不可欠である。機器やロボットに組み込んだ後は不可能と思われたロータリーエンコーダの角度誤差をリアルタイムに評価し、さらにその誤差補正まで行う低価格で小型な次世代ロータリーエンコーダを研究し、角度制御の信頼性確保に貢献できる製品の研究開発を行う。これにより、位置決めに係る技術において達成すべき高度化目標の高精度化、小型化・軽量化、低コスト化のための技術向上と寿命管理技術の向上に応えることを目的とする。

角度の自己校正原理をリアルタイム処理化する原理を考案し、原理実現に必要なエンコーダ本体部とデータ処理部の技術的要求事項の精査を行った。データ処理部では、従来の時間計測型 FPGA 回路を改造しリアルタイム信号処理原理にもとづいたパルス計測型 FPGA 回路を開発した。この回路の動作確認を行うために異なる直径（φ200 mm～φ60 mm）のスリット円板に対応しセンサ個数を変えられる原理実証評価装置を開発し、パルス計測型と時間計測型の両 FPGA 回路の比較実験を実施することで FPGA 回路にプログラミングされたリアルタイム処理アルゴリズムは適切であることを確認した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］長さ計測、角度、位置決め精度、計測技術

［研 究 題 目］戦略的基盤技術高度化支援事業／角形チップ用フォトレジスト塗布装置・現像装置の開発
［研究代表者］原　史朗
（ナノエレクトロニクス研究部門）
［研究担当者］クンプアン　ソマワン（常勤職員2名）
［研 究 内 容］
近年、集積回路の3次元積層化の技術開発、実用化が加速している。3次元化においては、歩留まりや技術の難易度の点で、小型ウェハが有利であり、産総研で提唱、開発を進めている、超小型ウェハを用いるミニマルファブシステムは、3次元積層とっては大変高井適合性を持つ。ここで必要な技術開発の中でも重要な技術は、大型ウェハをダイシングで角型の個片に切断した後のレジスト塗布工程でレジストを角型ウェハに均一に塗布することである。通常は、四角の端が表面張力や風向の関係で、レジスト塗布量が分厚くなり、3次元積層プロセス全体にとって障害となる。本研究においては、ウェハ端でのレジストの厚みを制御する要因を解析し、それを解決する方法と、その方法を搭載した塗布装置を開発する。同時に塗布装置と組になる現像装置も開発する。本年度は、産総研分担テーマとしては、まず、角型ウェハ向けウェハ密閉容器を開発した。
［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造、計測・計量標準
［キーワード］ミニマルファブ、局所クリーン化、搬送システム、マイクロファクトリ、デスクトップファクトリ、アジャイルファブ、生産技術、多品種少量、変種変量、1個流し、オンデマンド、ミニマルマニュファクチャリング、低コスト化、小型化、CMOS、MEMS、洗浄、エッチング、スパッタ、塗布・現像、リソグラフィ、イオン注入、実装、ウェハ、シリコン、ハーフインチ

［研 究 題 目］ミニマル半導体装置共通プラットフォームの開発
［研究代表者］原　史朗
（ナノエレクトロニクス研究部門）
［研究担当者］クンプアン　ソマワン、前川　仁、池田　伸一、中野　禅（常勤職員5名）
［研 究 内 容］
半導体産業の巨大投資問題を解決するため革新的製造プロセス「ミニマルファブ」の開発を産総研主導で進めている。ミニマルファブでは、規格統一された小型装置群を整然とライン配置し、また、プロセスレシピに応じ装置の並べ替えを高精度な位置決めをもって行うことが肝心であるが、「一発ドッキングにて装置の並べ替え」「重量負荷・振動負荷状態での精密位置決め」技術は従来には無い。本研究開発はこの問題を解決するため装置共通プラットフォームを開発する。これにより次世代型半導体製造システムを現実のものとし、日本半導体産業の復活再生に寄与することを目的とする。

本研究開発の目標として、ドッキングステーションの開発をし、工具レスで一発位置決め・一発ドッキングが可能で、装置間ギャップ6mm、装置間ウェハ受け渡し自動搬送に必要とされる装置の精密位置決め及び震度7の地震に耐えうる強固な固定とする。さらにミニマルリフターの基本構造を開発し、分単位で装置を搬入・搬出可能とする。また、ユーティリティの容易な接続を可とするユーティリティ接続の基本方式を考案し、原理試作を製作する。

今年度は、ミニマル半導体装置共通ドッキングステーションを試作製造ラインによりユーザレベルでのフィールドテスト（実稼働テストやストレステスト）を実施し、結果をプラットフォーム及び装置に反映して実用化に支障のないレベルまで高度化した。
［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造、計測・計量標準
［キーワード］ミニマルファブ、局所クリーン化、搬送システム、マイクロファクトリ、デスクトップファクトリ、アジャイルファブ、生産技術、多品種少量、変種変量、1個流し、オンデマンド、ミニマルマニュファクチャリング、低コスト化、小型化、CMOS、MEMS、洗浄、エッチング、スパッタ、塗布・現像、リソグラフィ、イオン注入、実装、ウェハ、シリコン、ハーフインチ

［研 究 題 目］アモルファス系吸着剤の検討
［研究代表者］鈴木　正哉（地圏資源環境研究部門）
［研究担当者］鈴木　正哉（常勤職員1名）
［研 究 内 容］
福島第1原発事故による除染作業が進められているが、今後の課題として剥ぎ取った土壌等の減容化が大きな問題となっている。本研究では、表層土壌におけるアモルファス系吸着剤（アロフェン・イモゴライトなど）のCs 吸脱着機構についての検討を行い、その吸脱着機構を基に減容化の開発に向けた検討を行うことを目的としている。本研究の実施に当たっては、日本原子力研究開発機構と物質材料研究機構を中心とし、複数の研究機関による連携体制をとっている。

平成24年度は、表層土壌においてどの程度の非晶質物質が含まれているかの定量を行うとともに、水ひによって分画した試料において、粒子サイズと放射能濃度との関係についての検討を行った。

［分　野　名］地質
［キーワード］非晶質物質、吸脱着、粒子サイズ、放射能濃度

［研究題目］神経・血管温存下に最大限の病変摘出を行う手術用治療器（パルスウォータージェットメス）の開発
［研究代表者］冨永　悌二（東北大学）
［研究担当者］鷲尾　利克（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）
［研究内容］

物理特性を評価する手法と数値モデルにおける解析の手法を確立するため、肝臓組織を対象とした。現状の生体軟組織数値解析においては、文献検索の結果 ogden model と呼ばれる数値モデルが一般的であるので、このモデルを使用することにした。Ogden model はゴム材料などの特性評価を行うために作成されたモデルで、特徴として実験値から係数を求めることが前提とされている。従って、生体組織を組成や工程が不明な材料とみなしても、試験を行うことが出来ればモデルの同定が出来る。具体的な実験は、JISK6251で規定されているダンベル状試験片を用いて、引張試験を行った結果から、伸び比、公称応力を求め、伸び比－公称応力曲線に対して、ogden model をカーブフィッティングさせ、係数を求める。カーブフィッティングさせる際、理想的には試験片の並行部分のみの伸び比－公称応力曲線を対象とするべきだが、実際にはチャッキング間の試験片すべてが試験対象となっている。そのため、実際の試験結果から得た伸び比－公称応力曲線のそれぞれの軸を定数倍して変形させカーブフィッティングを行い、その結果を数値モデルで使用し実験のシミュレートを行い、数値計算から得られる荷重－変位曲線と、実験で得た荷重－変位曲線を比較し、適当な低数倍の伸び比－公称応力線図を得、それより求めた ogden model の係数を解析に使用した。ダンベル状試験片での引張試験結果（破断に至る）から、破断を規定するパラメータを検証した。これまでの結果では、歪みおよび応力の主値を用いたノルムが最も適当であることが示唆された。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］生体組織、力学特性、数値モデル

［研究題目］H24柏崎深部地震動観測サイト周辺の地震・GPS 観測網保守
［研究代表者］岡村　行信（活断層・地震研究センター）
［研究担当者］吉見　雅行、林田　拓己、竿本　英貴、岡村　行信（常勤職員3名、他1名）
［研究内容］

新潟県南部地域に展開中の GPS 連続観測点30点と微動・地震動連続観測点15点の継続的な運用を確保するため、データ収集等保守作業を行った。大雪等のため、複数の GPS アンテナのケーブル接続部が破損したため交換・修理を行った。こうした保守により全観測点の継続的な運用を可能にした。

［分　野　名］地質
［キーワード］新潟県南部、柏崎深部地震動観測サイト、地震観測、GPS 観測

［研究題目］『コールバンクの拡充』における『石炭試料の受入れと微粉砕他』
［研究代表者］山田　理（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］山田　理、中里　哲也、安田　肇、後反　克典、海保　守、中久喜　千亜紀、功刀　芳美（常勤職員3名、他4名）
［研究内容］

NEDO プロジェクト「ゼロエミッション石炭火力技術開発（旧名：戦略的石炭ガス化・燃焼技術開発（STEP-CCT））－ゼロエミッション石炭火力基盤技術－」の課題のもとに「コールバンク」を運営している。コールバンクは、日本で利用あるいは利用可能性のある世界の石炭を不活性ガス下で粉砕保存し、研究用試料として系統的なデータとともに提供する事業であり、石炭利用基盤技術開発（Brain-C）プログラム（平成7～17年度）により（財）石炭エネルギーセンターと産総研が構築した標準石炭試料供給システムを石炭研究の基礎をなす事業として継続的に拡充している。昨年度までに112炭種の標準石炭試料を作成し、研究開発のために研究機関に送り出してきた。

今年度は新規3炭種を受入れ、標準試料作成と分析データの取得を行った。これにより、年度末現在、米国炭10炭種、中国炭20炭種、豪州炭35炭種、インドネシア炭23炭種、ロシア炭7炭種、南アフリカ炭7炭種、ベトナム炭1炭種、カナダ炭3炭種、コロンビア炭2炭種、EU 炭1炭種、インド炭1炭種、日本炭5炭種の合計115種について、元素分析、工業分析、マセラル分析、灰の組成・性状分析等のデータベースを構築、関係試験研究機関のニーズに応じて標準石炭試料を配布した。

また今年度は、コールバンク保有炭のうち15炭種について微量成分分析を行い、取得済の112炭種と合わせ計115炭種の微量成分データをデータベース化した。微量成分分析に当たっては、ISO23380:2008「石炭中微量元素分析の選定方法」Annex B に規定される産総研法（マイクロ波利用石炭前処理法と誘導結合プラズマ（ICP）法を組み合わせた、フッ酸を使用しない低環境負荷型の独自の石炭中微量成分の分析方法）を適用した。国内3機関の参画を得て、同法を JIS 規格化するためのラウンドロビンテストを実施した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］石炭、標準試料、微粉砕、不活性ガス保存

［研 究 題 目］電池材料の第一原理計算の業務
［研究代表者］森下　徹也（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］森下　徹也（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

2次電池電極材料の候補として NiOOH の基礎物性を第一原理分子動力学計算により調べた。いくつかある多形の中でγ-NiOOH 相の6種類の元素比率構造の内部エネルギーを計算し、その体積依存性を明らかにした。体積変化は c 軸比率を変えることで実現し、比率が0.9から1.1の間では内部エネルギーはあまり大きく変化しないことがわかった。また電子スピンを考慮した場合としない場合のエネルギー変化も検証し、γ-NiOOH では電子スピンがエネルギーに与える影響は小さいことが明らかになった。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］NiOOH、2次電池、電極

［研 究 題 目］流動層による石炭とバイオマスの共ガス化
［研究代表者］鈴木　善三（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］鈴木　善三、中山　勝洋
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

Ca ケミカルループを利用してガス化及びタール改質を促進する、石炭とバイオマスの共ガス化プロセスの構築の一環として、石炭とバイオマスの共ガス化ガスの技術データの取得を目的に、流動層反応装置の整備とそれを用いた模擬タールの分解実験を行った。また、3塔式循環流動層ガス化改質装置の設計、設置、調整作業を行った。

既設装置を改造し、装置に窒素用、空気用及び酸素用のマスフローコントローラーを設置した。水蒸気の結露を防止するために、リボンヒーターやマントルヒーターでの保温加工を行い、模擬タール供給装置と同供給ラインを設置して、タールの石灰石による分解実験が可能とした。生成ガス連続分析が可能なように配管、ガスクロを設置した。試運転の結果、上段流動層反応管内の温度、予熱管反応管内温度、サイクロン、アッシュホッパー、粒子ホッパーなどが予定していた所定温度に達することを確認した。次に、各改質条件で石灰石流動層による模擬タール（トルエン）の改質試験を行い、石灰石粒径250～500μm、ガスの流動層内滞留時間0.74s、流動層温度900℃の反応条件で最終的に目標とする転換率、約90%をほぼ達成した。

実験と並行して石英製の3塔式循環流動層装置の設計を行い、反応管、ループシールなどを製作した。製作した石英部品を、W1500×H700×H4000の大きさの架台に電気炉と共に組みあげた。装置は、石炭とバイオマスを連続投入する流動層ガス化炉、その上段に石灰石流動層による改質炉を設けた。ガス化炉下部には、ガス化炉から排出される未反応チャーの燃焼のための流動層燃焼炉を設けた。これら3塔を、ガス化炉→燃焼炉→改質炉→ガス化炉の順に石灰石が移動する3塔循環流動層方式とした。これら3炉の間には、ガスと粒子の分離のためのループシールを設けた。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］石炭、バイオマス、共ガス化、タール分解

［研 究 題 目］高機能難焼結性粉末を低温・短時間でニアネット成形する動的加圧機構を搭載した次世代パルス通電焼結技術の実用化開発
［研究代表者］中山　博行
（サステナブルマテリアル研究部門）
［研究担当者］中山　博行、小林　慶三、西尾　敏幸、溝尻　瑞枝、尾崎　公洋
（常勤職員5名）
［研 究 内 容］

前年度の成果を踏まえ、平成24年度は WC-FeAl の諸特性を明らかにしながら、通電用金型の最適組成を探索するとともに、ニアネット成形用金型の作製や10回の使用に耐え得る金型を作製した。また、前年度までに開発した高サイクル・パルス通電加圧焼結装置において開発した金型を用いて高速昇温・降温を実現するための機構開発を行った。さらに、産業界への PR を行えるように高サイクル・パルス通電加圧焼結装置の焼結作業以外の粉末充填や焼結体の抜き出しまでを自動化して高サイクル化の目標を達成するように、機械装置とプログラム開発を行った。最終的には目標としていた10分1サイクルを実現することが出来た。また、開発した金型材料の最適形状を応力解析から求めるとともに、動的負荷を行った際の金型や試料の温度変化を測定し、従来の静的荷重の場合と比較検討した。さらに、開発した金型、焼結機を用いて種々の材料を焼結し開発金型および焼結機の優位性を明らかにした。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］通電焼結、高サイクル、ニアネット成形、金型、WC-FeAl、硬質材料、超硬合金、コーティング、セラミックス、伝熱、低温焼結、加圧焼結

［研 究 題 目］畜産物における病原微生物のリスク低減技術の開発
［研究代表者］藤原　正浩
（ユビキタスエネルギー研究部門）
［研究担当者］藤原　正浩、塩川　久美
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

畜産物における病原微生物、鶏肉においてはカンピロ

バクター等のリスクを低減する技術が求められている。それら菌類から家畜類を守る際、薬剤等を無為に投与することなく、薬剤の有効性維持、家畜の副作用や排出された薬剤による環境や生態系等への影響の低減を実現するため、薬物等を必要量、適切な部位（家畜体内および臓器等）へ選択的に運搬（デリバリー）する必要がある。さらに、菌類によるリスク軽減には、薬剤の投与法が簡便であることも重要な要素である。従来の薬剤投与の多くは、注射等による直接的な方法が多く、煩雑で負担の大きな操作が必要であった。また、エサ等に漫然と混入させる方法では、家畜が摂取する量が少なく、多量に薬剤を使用しなくてはならなくなるため、薬剤のコストが上がる、あるいは環境中への薬剤の拡散という問題も想定させる。

本研究では、畜産物、特に鶏肉類の病原微生物のリスク低減のため、独自に開発した炭酸カルシウム等の無機マイクロカプセルへ、病原微生物に対し高活性な薬剤・抗体等を封入しエサ等に混入するという簡便な方法で、当該薬剤を家畜体内の必要とする部位（臓器）に選択的に運搬・放出できるドラッグデリバリー技術を開発する。炭酸カルシウムは鶏卵殻の主成分であり、カプセル素材による鶏肉の汚染はないことも利点である。平成24年度では、温和な条件下での物質内包法で抗体を包含させた炭酸カルシウムを鶏へ投与し、その効果を研究した。また、最終的な実用化に向けて、炭酸カルシウム・マイクロカプセルの合成過程に用いる原料等を全て食品添加物などの可食品に適応できることも確認し、本プロジェクト研究の目標を達成した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］食の安全、ドラッグデリバリーシステム、マイクロカプセル、畜産物

［研 究 題 目］共生細菌によるカメムシ類の農薬抵抗性獲得機構の解明
［研究代表者］菊池　義智（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］菊池　義智、堀　知行、西　郁美、青柳　智、会田　学
（常勤職員2名、他3名）

［研 究 内 容］

多くの昆虫の体内には共生細菌が生息し、宿主に対して重要な生物機能を果たしている。最近我々は、作物害虫であるカメムシ類が環境土壌中のフェニトロチオン分解細菌を体内に共生させ、これによってフェニトロチオン抵抗性になるという現象を発見した（フェニトロチオンは有機リン系の農薬）。この発見は、「農薬抵抗性の形質は昆虫自身の遺伝子によって決められている」というこれまでの常識を覆す発見であり、現行の化学農薬を用いた害虫管理においては全く考慮されていない盲点といえる。本研究では、野外調査と遺伝子発現の網羅的解析・操作実験を有機的に組み合わせ解析することで、共生細菌によるカメムシ類の農薬抵抗性の獲得機構および分子基盤を総合的に明らかにすることを目的とする。本年度の達成目標は以下の4つであった：①土壌へのフェニトロチオン散布が分解細菌の感染動態に与える影響を解明する；②野外農耕地でフェニトロチオン分解細菌の自然感染が観察されるカンシャコバネナガカメムシについて、野外における共生実態を解明する；③フェニトロチオン分解細菌によるホソヘリカメムシ体外でのフェニトロチオン分解過程を解明する；④13C 標識フェニトロチオンの分解細菌への取り込みと13C のホソヘリカメムシへの移行を解明する。これら研究目標に即して研究を計画通り実施し、概ね本年度の研究目標を達成する事ができた。①の研究課題においては、農薬散布時の土壌中の農薬分解細菌の群集動態とホソヘリカメムシへの感染動態を培養法および次世代シークエンサーによって解析した。また、①に関連して、*Burkholderia* 属細菌のカメムシ共生器官への感染効率についても調査を行った。②の研究項目に関しては、農薬分解細菌の自然感染個体群が発見されたカンシャコバネナガカメムシについて、その内部共生系の実態について分子系統解析や組織学を含んだ複合的アプローチによって総合的に解明した。また、③および④の研究項目に関しては、13C ラベルしたフェニトロチオンを用いて試験管内および生体内における分解細菌によるフェニトロチオンの分解過程を調査した。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］応用動物、昆虫、微生物、環境微生物、農薬抵抗性

［研 究 題 目］CPP3の低温下における生殖細胞保護メカニズムの解明と高純度大量生産法の確立
［研究代表者］津田　栄（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］津田　栄、西宮　佳志
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

北海道沿岸などの寒冷海域に生息する魚類が発現する不凍タンパク質の中には非常に強い細胞保護機能を有する種類があり、それらは細胞保護ペプチド（Cell-Preservation Peptide, CPP）と呼ばれている。CPP は3つのタイプ（CPP1～3）に分類される。これまでの研究により、CPP3は細胞膜と相互作用することが示唆されているが、その詳細なメカニズムや保護性能の限界は明らかになっていない。本研究では、特に CPP3がウシ黒毛和種受精卵に対して発揮する保護効果を明らかにする。CPP3を大量生産するための遺伝子組み換え技術を開発しこれが細胞毒性を有さないことを確認する。ウシ黒毛和種の7日齢胚（受精卵）を＋4℃の CPP3細胞保存液の中に浸漬し、同受精卵が発生を止めたまま何日間生存できるかを解析する。この技術はヒトを含む哺乳動物

の未成熟胚や受精卵の低温保存技術を開発する基礎となる。

大腸菌などの宿主を用いた遺伝子組み換え技術を改良することによって、1L の培養液から0.4グラムものCPP3を作製する技術を開発した。従来のウシ黒毛和種受精卵保存液であるリン酸緩衝液の代わりに、20%ウシ血清ならびに20%HEPES 緩衝液成分を含む199培地を用いることで同受精卵の細胞膜がきわめて良く守られることが明らかになった。また、共焦点レーザー顕微鏡の実験から CPP3が同受精卵の表面を覆う透明体を透過して卵内に侵入すること、さらに卵黄部分の細胞膜に到達してこれを保護することが明らかになった。多次元核磁気共鳴法（NMR 法）を用いて細胞膜アナログ物質の一つであるナノ・ディスクと CPP3の相互作用解析を行い、CPP3の細胞膜作用部位に関する NMR 信号情報を得た。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］蛋白質、大量生産、細胞、膜保護、構造解析、NMR、X 線

［研 究 題 目］ナノピラー・ナノウォールによる1分子分離・解析技術の開発

［研究代表者］吉田　康一（健康工学研究部門）

［研究担当者］片岡　正俊、八代　聖基、山村　昌平、阿部　佳織、村瀬　則夫、福岡　聡、大槻　荘一、田中　芳夫、伊藤　民武、Biju. Vasudevan、平野　研、脇田　慎一（常勤職員12名、他1名）

［研 究 内 容］

目標：

当部門では、馬場教授が分担するサブテーマの内、がん原発巣より超早期に血液中に分離する循環がん細胞（CTC）の分離・分析技術開発、および急性腎障害マーカで尿中に放出される極微量タンパク質、ミッドカインを高感度で検出・同定する技術開発を分担する。

研究計画：

CTC はがん転移の超早期診断に有効で、がん原発病巣除去手術後のがん転移の可能性に関して効果的な予知診断が可能になる。これを実現するため、当部門が有する一細胞レベルでの機能解析が可能な細胞チップを CTC 検出へ応用する。また、ミッドカインのような極微量タンパク質を非蛍光標識で検出・同定できる可能性を有する、表面増強ラマン分光（SERS）の細胞表面分子検出への応用を検証する。

年度進捗状況：

血中循環がん細胞（CTC）の検出のため、直径105 ㎛ 深さ50 ㎛ のマイクロチャンバーを2万個形成したポリスチレン製細胞チップ基板を用いて、各マイクロチャンバー底に均一に90個ずつの白血球を単層配列する細胞チップを開発した。この細胞チップを用いることで、白血球に培養肺がん細胞をスパイクしたモデル実験系において上皮マーカーEpCAM およびサイトケラチンの発現により正確に180万個に1個存在するがん細胞の検出系を構築した（PLoS One, 2012, e32370）。この技術を元に、現在は肺がん患者由来末梢血中に存在する CTC の検出を、EpCAM、サイトケラチンおよび DAPI の3重染色により一細胞レベルで検出することが可能になった。血中循環がん細胞（CTC）識別やバイオマーカー計測には高感度な計測法が必要となる。分子識別能力が高く単一分子感度を有する表面増強ラマン散乱（SERS）を用いて高感度計測のモデル系による基礎検討を行った。SERS 法の難点とされるシグナル揺らぎの原因が金属ナノ粒子上における数オングストロームレベルの分子揺らぎであることを解明し、SERS シグナルの適切な解釈を可能とした（J. Chem. Phys. 2012, 136: 024703）。モデル細胞として酵母を用い SERS 分光法と阻害検定法を組み合わせることで細胞周期と同期して発現する細胞表面タンパク質分子を直接観測できた。本結果は SERS を用いた細胞識別技術に応用可能である（Langmuir 2012, 28: 8952）。更に、金属ナノ粒子が自然吸着しないピロリ菌や大腸菌をモデル細胞の対象に選び、光還元ナノ粒子作成法と SERS 分光法を組み合わせることにより単一細胞 SERS 検出に成功した

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］循環がん細胞、急性腎障害、がん転移、細胞チップ、表面増強ラマン散乱

［研 究 題 目］発酵乳製品副産物ホエー機能成分を活用した高齢者用人工唾液の開発

［研究代表者］苑田　晃成（健康工学研究部門）

［研究担当者］苑田　晃成、小比賀　秀樹、垣田　浩孝（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

チーズやヨーグルトなどの醗酵乳製品の製造中に大量に排出される、副産物ホエーは、唾液としての有効成分を多く含んでいるにもかかわらず、有効利用されず廃棄コストが必要であり、ホエーの有効利用が望まれている。本事業では、ホエーの有効成分を破壊することなく、老化、生活習慣病、薬の副作用、過労やストレス、免疫疾患、癌等で唾液分泌量が低下した人のための人工唾液を作成し、医薬品ではなく「飲料」として市場に提供し、手軽に購入出来るように、製品化するための技術確立を実施する。

そのため、共同研究体制を構築し、１）余剰物質除去法の確立、２）ホエーの殺菌方法の検討、３）ホエーの粉末化の検討、４）人工唾液の機能性評価、５）飲料としての試作品作成およびユーザー評価の項目で分担研究を実施した。産総研は、岐阜大学の研究グループと共に、殺菌方法の検討を行った。

平成23年度は冷凍保存した原料および各処理後のサンプルを評価したが、食品衛生上問題となる細菌は認めら

れなかった。平成24年度、出来立てで、まだ暖かい原料をその場で、炭酸ガス処理を行った後、冷蔵保管した試料について、評価した。食品衛生上問題となる細菌は認められなかった。

一方、上記試料を輸送後、細菌検査を行ったところ、一般細菌、セレウス菌、乳酸菌、大腸菌等の汚染の可能性が認められた。原料の採取、余剰物質除去、輸送の過程で汚染された結果と判断した。そこで当該試料を炭酸ガス10気圧40℃24時間の条件で殺菌したところ、上記微生物群の殺菌が確認された。現在行われている作業工程の範囲であれば雑菌汚染が生じても、炭酸ガス殺菌が適用できる物と判断した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ホエー、人工唾液、殺菌、一般細菌、乳酸菌、大腸菌群

［研 究 題 目］高機能簡易型有害性評価手法の開発における培養細胞を用いた有害性評価法のOECD テストガイドライン化「免疫毒性試験バリデーション」

［研究代表者］中島　芳浩（健康工学研究部門）

［研究担当者］中島　芳浩（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本事業は、化学物質のリスク評価・管理の効率的な実施のため、遺伝子導入、幹細胞分化誘導、遺伝子発現等の技術を培養細胞に活用して開発された高機能で簡易な有害性評価手法、特に免疫毒性予測試験法を OECD テストガイドラインにするために必要な知見を整備することを目的とする。

本試験においては、毒性マーカー遺伝子である IL-8 のプロモーターと橙色発光ルシフェラーゼを、また内部標準用遺伝子である GAPDH 遺伝子のプロモーターに赤色発光ルシフェラーゼを連結したカセットを THP-1 細胞のゲノムに挿入した免疫毒性評価用多色発光細胞（THP-G8細胞）を用い、コード化された被試験物質について、指定のプロトコールに従い実験を3～4反復行い、各被試験物質に対する免疫毒性の評価を行った。被験物質の陽性あるいは陰性の判定は、プロトコールに規定された被験物質処理による IL-8および GAPDH の転写活性化あるいは転写抑制化の比から算出されるクライテリアにより判定した。その結果、PhaseIIa バリデーション試験においては10被験物質のうち、6物質を陽性、4物質を陰性と判定した。続いて実施した PhaseIIb バリデーション試験においては15被験物質のうち、3物質を陽性、その他の物質は陰性と判定した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］化学物質毒性評価、発光細胞、免疫毒性、ルシフェラーゼ、THP-1細胞

［研 究 題 目］石油精製物質等の新たな化学物質規制に必要な国際先導的有害性試験法の開発

［研究代表者］中島　芳浩（健康工学研究部門）

［研究担当者］中島　芳浩、室冨　和俊、安部　博子、丹羽　一樹、岩城　知子、大西　尚子（常勤職員4名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究開発では、これまで実施された動物を用いる28日反復投与毒性試験において、化学物質によって毒性が発現する可能性が高い、肝毒性、腎毒性、神経毒性のそれぞれの毒性に関して、簡便で高精度の in vitro 試験系を開発する。その開発手段として、肝毒性および腎毒性では、人工染色体や多色発光技術といった我が国で開発された先端技術を導入、毒性の主要バイオマーカーを用いたレポータージーンアッセイを開発し、簡便かつ精度の高い in vitro 試験法を開発することを目的とする。

本年度は、臓器特異的毒性評価細胞群の開発、および HTP 試験システム構築に向け、各種発光レポーターを導入したマウス人工染色体（MI-MAC）ベクター導入モデル株化細胞（A9細胞）を樹立し、MI-MAC ベクターのレポーターベクターとしての基本性能を検証した。その結果、MI-MAC ベクターへのレポーター遺伝子の挿入により、クローン間のバラツキの極めて小さい均一な細胞集団が、従来の樹立方法と比較し簡便且つ短期間で樹立できることを明らかにした。また、これらの樹立した細胞の発光強度は、従来法で樹立した細胞よりも顕著に高いこと、さらに長期間の継代培養による経時的な発現（発光）の消失は起きず、長期間安定に発現（発光）することも明らかにした。また緑色に発光する MI-MAC 導入 A9細胞をモデルとして、96ウェルマルチプレートを用いた HTP アッセイを実施したところ、各ウェルから発する発光は高い精度で測定可能な発光値を示すこと、また細胞刺激に応じた転写活性化を正確に検出できることが確認された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ルシフェラーゼ、発光細胞、レポーターアッセイ、人工染色体ベクター、化学物質毒性評価、

［研 究 題 目］次世代自動車用触媒開発のための小型ハニカム触媒の試作・評価イノベーション実証研究「クリオゲル法によるセリア材の高性能化と粉体およびハニカム触媒評価」

［研究代表者］多井　豊（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］多井　豊、尾崎　利彦（サステナブルマテリアル研究部門）、小渕　存、難波　哲哉、内澤　潤子、古谷　博秀、高橋　栄一、篠崎　修

（新燃料自動車技術研究センター）
（常勤職員8名、他1名）

［研 究 内 容］

省セリア材の開発においては、ゾルゲル技術を駆使してセリア-ジルコニア系均一ゲルを調製し、ゲルの乾燥に凍結乾燥法を採用することで、従来の共沈法にて作製された同触媒に比べて、優れた耐熱性能や高い酸素貯蔵放出（OSC）性能が得られることを確認した。例えば1000℃で5時間、空気中で耐久試験を実施した後の500℃における OSC は、共沈触媒の162μmol/g-cat に対してクリオゲル触媒が186μmol/g-cat と、約15%の改善が見られた。クリオゲル作製手法により一次粒子間のネック数を減少させたことが、触媒の耐熱性と OSC 性能の向上をもたらしたものと考えられた。

研究担当者は、本ゲルにスズを添加することにより耐熱性や OSC 性能が改善することを既に見いだしていたが、本プロジェクトではさらに第四元素を少量添加することで、耐熱性能や OSC 性能が一層向上することを見いだした。例えば、300℃における1000℃20時間のスチーム耐久試験後の OSC は、CeO_2-ZrO_2に比べて3～5倍、CeO_2-ZrO_2-SnO_2に対しても1.5～2.3倍の増大となった。第四元素の添加により、高温下での粒子成長が抑制され、またセリアの還元温度が低下したことが、上述した優れた OSC 性能を発現した要因と考えられた。

粉体触媒試料の共通評価においては、本プロジェクトにおいて作製されるセリウム低減触媒の性能評価を行った。性能評価においては、排ガスに含まれる窒素酸化物（NO_x）、炭化水素（HC）および一酸化炭素（CO）を同時に除去する性能（三元触媒性能）を測定した。測定を迅速に行うために5連触媒活性試験装置を用いて迅速に行った。また、5連触媒活性試験装置を0.5Hz で O_2濃度を変化させることができるように改良し、より実排ガス条件に近いパータベーション三元触媒性能評価も行った。121種類の新規触媒活性の評価を行った。

また、触媒活性に影響を及ぼす酸素貯蔵能（OSC）の新規測定方法としてパータベーション CO 酸化反応法を提案した。本方法では反応に実際に使用される酸素量（有効 OSC）に加えて酸素放出速度（OSC-r）を同時に定量可能であり、一般に用いられる方法で得られる移動可能酸素量よりも、触媒反応解析によって有益な情報を得ることができるようになった。

ハニカム触媒評価においては、実車のモード試験により、現状のセリア含有排ガス触媒に加え、本プロジェクトで開発された新規触媒4種類についての評価実験を実施し、触媒の排気ガス浄化特性等、基礎特性に関する評価、並びに今後の小型ハニカムの評価実験に供する比較のためのデータを取得した。具体的には、シャシダイナモにより実車を JC08モードにて走行させ、被評価触媒の上流と下流での排出ガス成分濃度、並びに温度等を時系列的に測定することによって、過渡的な現象を含めたさまざまな排出ガス条件での浄化性能、および各種特性の評価を実施した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造、環境・エネルギー

［キーワード］セリウム使用量低減、三元触媒、酸素吸蔵放出特性、実車触媒性能評価

［研 究 題 目］**希少金属代替材料開発プロジェクト「Nd－Fe－B 系磁石を代替する新規永久磁石の実用化に向けた技術開発／窒化鉄ナノ粒子の大量合成技術およびバルク化技術の構築／窒化鉄ナノ粒子の表面修飾と低温焼結技術の開発」**

［研究代表者］尾崎　公洋
（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］尾崎　公洋、高木　健太、中山　博行
（サステナブルマテリアル研究部門）、
安岡　正喜、砥綿　篤哉、杵鞭　義明
（先進製造プロセス研究部門）
（常勤職員6名）

［研 究 内 容］

これまで開発してきた、電場、力場、温度場を最適に制御できる複合場焼結技術を基に、窒化鉄ナノ粒子を低温での通電焼結を試みた。200℃以下での焼結によって、比較的強固なバルク体を作製することができた。バルク体にミクロレベルのポアは観察されず、金属光沢のある高密度焼結体を作製することができた。ただし、密度換算をすると100%の焼結密度ではなかったため、通常の SEM では観察できないナノレベルでの空孔があるものと思われる。このようなナノポアを無くし、さらなる高密度化を行うための技術開発が必要である。

また、緻密化における表面層の影響を検討した。表面層のシェル部分のクリープ変形を利用してコアとなる磁性材料の粒成長を防ぎながらバルク体の緻密化を図るものである。現時点ではシェルの材料候補として考えられるアルコキシド系由来のシリカガラスに関して高圧化における低温焼結挙動に関する実験を行い、コアシェル粒子を緻密化するための条件を導いた。その結果アモルファス SiO_2がガラス転移温度以下であっても、高圧力によりクリープ変形を誘起することを見出した。ここで得られた条件を元に、当方で作製したフェライト系ナノ粒子をコアに、シリカ系材料をシェルとして用いて、コアシェル構造ナノ粒子の低温による緻密化を試みた。その結果、コアに対するシェルの厚みが1/10程度のコアーシェル構造のナノ粒子の合成とその緻密化を行った。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］磁石、希土類フリー、ナノ粒子、低温焼結、巨大磁気モーメント、コアシェル構造

［研 究 題 目］航空機中空複雑形状鋳物用、砂型差圧鋳造技術の開発
［研究代表者］多田　周二
（サステナブルマテリアル研究部門）
［研究担当者］多田　周二、尾村　直紀
（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

少量の水を添加した砂を凍結して造型した凍結鋳型は、鋳造後の崩壊性に優れるという利点を有する。本研究では、この凍結鋳型の特長を活用することにより、製品鋳造後の中子の除去作業にかかる作業負荷の軽減を目的として、複雑な中空形状を有するギヤボックスなど航空機用アルミニウム合金鋳物を対象とした差圧鋳造プロセスに凍結鋳型および凍結中子を適用するための技術開発を行った。

研究の初年度である平成24年度は、対象製品の寸法形状に適合させるため、凍結鋳型の大型化および凍結中子の長尺化に取り組んだ。長辺300x 短辺150x 直径15mm の L 字型中子を対象として、まず、これを鋳ぐるむことのできる母型の凍結技術を検討した。生産性に優れる減圧凍結法を中子を、多用する曲面部の多い鋳型に適用するため、ベントホールを必要とせず素材そのものが通気性を有する型枠材の開発を行った。低温環境で用いられることを考慮して低温下での強度特性に優れるポリエチレンを原料とし、その粉末を焼結することによって多孔質のポリエチレン板を作製した。この板の通気度を測定した結果、減圧凍結法にも十分使用できる値であることが確認できた。開発したポリエチレン板を用いて実際に鋳型の凍結試験を行ったところ、上述の L 字型中子を配置できるサイズ（340x336x60mm）の凍結母型を問題なく製造することができた。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］鋳造、アルミニウム合金、凍結鋳型、中子

［研 究 題 目］同時複数組成蒸着膜製造技術による安全・小型・低コスト水素検知センサおよびシステムの製品化
［研究代表者］松田　直樹
（生産計測技術研究センター）
［研究担当者］松田　直樹（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

2015年に全国で100カ所の水素ステーション設置計画が推進されている。ところが、現在の水素ステーション等での水素検知器は、サイズやコスト等の問題から多点に配置して水素漏れ箇所を特定するのは困難である。本開発では同時に複数組成の蒸着膜を作製できる新しい蒸着装置を試作し、高度な蒸着技術により水素検知薄膜の性能・信頼性・生産性の向上を図り、安全・小型・低コストの水素検知センサ及びシステムの開発を行う。

平成24年度は、九州計測器㈱と協力し、光導波路型センサチップデバイスの大きさや光路長等をパラメータとして実験し実用化のための基礎データを取得した。特に素材として実績のあるガラス製導波路を用いて光路長やサイズに関する基礎的データを取得し、九州計測器㈱が製作する光導波路のための知見とする。一方、九州計測器㈱は将来の量産化、低コスト化に向けて、樹脂製の光導波路を用いた試験を行った。また、スラブ光導波路は「光導波路」「光源」「受光素子」「光ファイバ」で構成されるため、それぞれの構成部において最適な応答と小型化および操作性を考慮した設計を行う必要性がある。水素検知薄膜は導入する光源の波長によっても応答特性（検知速度）が異なることから、開発する水素検知膜で検知感度の高い光源および受光素子の選定を行うべきである。

反射回数が多いほど、水素に対する応答性が高いことは確認できた。ただし、光路長が長いほど、光の減衰もあるためむやみに長くすることは適さない。特に樹脂製基板の場合は内部で光の拡散等が大きいため光路長は限られる。実際、樹脂製基板でも厚さ2mm、長さ10mm、反射回数3～4回であれば十分に応答を確認できた。また薄くすることで短い光路長で反射回数を多くすることになるが、製品とする際の組込みや調整さらに製造コストの面から吟味する必要がある、こと等が分かった。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］水素ガス検知、スラブ光導波路分光法、Mg-Ni 合金ナノ薄膜

［研 究 題 目］省エネルギー・高効率水熱反応技術の開発
［研究代表者］井上　誠一（バイオマスリファイナリー研究センター）
［研究担当者］井上　誠一、藤本　真司、福田　和義、新　優子（常勤職員2名、他2名）
［研 究 内 容］

この研究開発では、エネルギー源の多様化と化石燃料への依存度の低減に向けて、再生可能な資源としてのバイオマスから、水熱処理および触媒反応を利用し、バイオ燃料を製造するための技術開発を目的としている。プロジェクトは新エネルギー・産業技術総合開発機構から鹿児島大学に委託されており、BRRC はそこからの再委託で研究を実施している。本研究では、製糖工場から排出されるバイオマス（バガス、廃糖蜜）に水熱処理を施し、含酸素化合物を製造するための研究を実施しており、水熱処理技術の省エネルギー・高効率化を目指している。今年度は、バガスを原料として後段の触媒反応で用いる含酸素化合物をより低温で製造することを目指し、触媒添加の水熱反応を行いその効果を検討した。さらに廃糖蜜の水熱処理および燃料サンプル製造についても検討した。

バガスを原料とした水熱処理では、触媒を添加することにより無添加の場合と比較して、含酸素化合物製造における処理温度の低温化や含酸素化合物の収率を向上できることを明らかにした。また、主成分として得られた化合物は、主にヘミセルロースが分解して得られる成分であることがわかった。さらに廃糖蜜の水熱処理や燃料製造のための水熱処理も併せて行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］バガス、廃糖蜜、水熱処理、含酸素化合物、バイオ燃料

［研 究 題 目］**山側における「間伐材から機能化混練型WPC 変換まで一貫したシステム」の実証化研究**

［研究代表者］遠藤　貴士（バイオマスリファイナリー研究センター）

［研究担当者］遠藤　貴士、李　承桓、岩本　伸一朗、谷岡　拓弥、下地　良平（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

この研究では、間伐材の利活用のための技術開発として、木質から効率的にバイオマスフィラーを製造して樹脂と複合化させ、既存の樹脂製品を代替可能な混練型木材プラスチック複合材料（WPC）の製造技術開発を目標としている。

混練型 WPC の開発においては、バイオマスフィラーの形状が複合材料の強度物性に影響することから、本年度は、電子顕微鏡によるバイオマスフィラーの形状評価とともに前年度に構築した沈降法による特性評価を実施した。バイオマスフィラーの調製はスギ間伐材を原料として、ディスクミルを用いて湿式で多段階粉砕することにより行った。得られた含水フィラーを樹脂と複合化させるために低温乾燥を行い、続いて生成した凝集物を短時間乾式粉砕することにより、湿式粉砕と乾式粉砕の組み合わせ効果を粉砕物の粒度分布および沈降性から比較した。その結果、乾式粉砕物の特性は湿式粉砕時の工程に大きく影響され、多段階で湿式粉砕して微細化を進行させたフィラーでは、乾燥により凝集が起こるものの乾式粉砕により微細化され樹脂複合化が可能であることが分かった。粉砕物の沈降速度を解析した結果、乾式粉砕により、フィラーの微細化度合いが均一化されることも分かった。さらに、沈降速度と粒度分布測定結果を比較することにより、フィラーの毛羽立ち具合を評価できることが示された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］間伐材、フィラー、複合材料

［研 究 題 目］**植物 CO_2資源化研究拠点ネットワーク**

［研究代表者］平田　悟史（バイオマスリファイナリー研究センター）

［研究担当者］遠藤　貴士、美濃輪　智朗、北浦　敦志、孫　孝政（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

本テーマは、生産性が高くかつ工業材料としての利用可能性が高いスーパーバイオマスを育種し、化学品やマテリアルへの高効率転換技術の基盤開発を行うための研究拠点ネットワークを産学官で連携して構築することを目標としている。マテリアル利用としては、バイオマスから得られ軽量高強度材料への応用が進められているセルロースナノファイバーへの利用性評価を実施し、育種へのフィードバックを行った。また、利用技術のトータルプロセスの経済性、環境性、社会環境への影響評価（LCA）についても実施した。

バイオマス種によるナノファイバーの製造特性については、連携先から提供された既存の木質系および草本系バイオマスについて、小型ボールミルを用いて湿式粉砕を行い、生成物の粒度分布評価、比表面積評価、高分解能電子顕微鏡による形状評価を行った。その結果、針葉樹は広葉樹と比較してナノファイバー化しやすいことがわかった。また比表面積の評価方法として、一般的な乾燥試料を用いたガス吸着による BET 法と比較して、NMR 法を用いた湿式比表面積測定では、迅速な相対比較方法として有効であることが確認できた。

トータルプロセスの経済性、環境性、社会環境への影響評価（LCA）については、経済性、環境性評価に必要なデータ項目の抽出を行うために、各研究拠点を訪問して、研究内容の確認、トータルプロセスの中での位置付けの議論、LCA の意義の説明、評価範囲の設定、LCI（インベントリデータ）の収集の議論を行った。これにより、参画する研究機関の LCA に関する意識を共有する体制の構築を図った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］バイオマス、ナノセルロース、LCA

［研 究 題 目］**スラリー層反応による触媒寿命、ガス組成影響、生成物条件の検討及びコンパクト液化装置、熱回収の研究開発**

［研究代表者］平田　悟史（バイオマスリファイナリー研究センター）

［研究担当者］宮澤　朋久、志村　勝也、横山　英幸（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

この研究ではバイオマスと石炭の共ガス化を可能とするタール改質塔を備えた循環流動層ガス化炉の開発と、耐タール・耐硫黄性能を持つ炭化水素合成触媒の開発によって、次世代バイオマス液体燃料製造システムを開発することを目標としている。プロジェクトは新エネルギー・産業技術総合開発機構から石炭エネルギーセンターと岐阜大学に委託されており、BRRC は岐阜大学からの再委託で触媒に関する研究を実施している。具体的に

は産総研が保有するスラリー層反応装置を使って、岐阜大学が開発した触媒の寿命、原料ガスの組成に対する触媒への影響、触媒の性状による生成物組成への影響を調べる。さらにこの結果に基づいて、スラリー層反応装置のコンパクト化の検討、熱回収の効率化のための検討を実施する計画である。研究は10月からスタートしたが、岐阜大学から触媒が提供されなかったため、BRRC が独自に開発した2種類の Fischer-Tropsch 合成触媒を用いて、触媒性能の評価及び原料ガス中の硫黄に対する触媒の影響を検討した。その結果、硫化水素濃度が20ppm の場合は、明らかな阻害が起きたが、5ppm の場合は8時間程度は触媒性能が維持されることが確認された。また触媒寿命を評価するために、長時間の自動運転が可能な触媒寿命評価装置を設計した。残りの課題については、平成25年度に実施する予定である。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］Fischer-Tropsch 合成、触媒、リアクター

［研 究 題 目］ボルネオ生物多様性保全のためのパームバイオマスを活用した革新的グリーン産業の創出

［研究代表者］平田　悟史（バイオマスリファイナリー研究センター）

［研 究 内 容］

ボルネオ島にはパームオイル工場が多数存在するが、いずれもエネルギー効率は悪く、大量の廃棄物が環境中に排出され、生物多様性の保全に悪影響を及ぼしている。そこで九州工業大学が代表となり、九州大学、産総研と、マレーシアプトラ大学、サバ大学が連携して、パーム産業から発生する廃棄物を有効利用する技術を開発するとともに、パームオイル工場のエネルギー効率を改善することによって、グリーン産業の創出と環境保全を目指した研究を進めている。プロジェクトは5月に採択されたのち、プロジェクトの詳細計画を策定するとともに、国際協力機構、科学技術振興機構による現地調査が10月に実施され、計画の検証が行われた。平成25年度は準備期間であり、BRRC には研究予算はついていない。

BRRC ではパームバイオマスを用いた前処理・糖化技術の研究開発を平成25～26年度に、パームバイオマスからのナノファイバー製造研究を平成26～28年度に、糖化液からの有用物質生産技術の開発を平成27～28年度にそれぞれ実施する計画となっている。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］パームバイオマス、分解、糖化、ナノファイバー

［研 究 題 目］北海道独自の機能性素材の発掘可能性調査にかかる評価試験に関する研究

［研究代表者］森田　直樹（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］森田　直樹、坂下　真実、扇谷　悟（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

食素材の高付加価値化と「北海道ブランド」の確立のため、北海道の独自性・優位性を活かした新たな機能性食素材発掘への期待が高い。本研究では、北海道内の研究機関が有する医薬品候補物質の活性評価手法を活用し、北海道独自の機能性食素材の発掘を目的とする。

北海道内で採取、栽培可能な植物の中から、新規の機能性植物素材及び機能性成分の発掘可能性を調査した。具体的には、健康機能性が期待できる数種類の植物の抽出物について、医薬品開発でも使用されている評価手法（核内受容体活性評価）を用いて機能性のスクリーニングを行った。活性が高い抽出物について、成分分画した試料の活性評価を行い、新規の機能性成分の同定を試みている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］核内受容体、北方系高機能作物、植物素材、高機能作物素材、健康食品、レポーターアッセイ

［研 究 題 目］VOC 検知器評価法の国際標準化

［研究代表者］松原　一郎（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］松原　一郎、伊藤　敏雄、申　ウソク、伊豆　典哉、赤松　貴文、橋本　めぐみ（常勤職員5名、他1名）

［研 究 内 容］

揮発性有機化合物（VOC）は、シックハウス症候群の原因物質であり、室内環境や作業環境を安全に保つために、簡易型 VOC 検知器を用いたその場モニタリングに対するニーズが高まっている。しかし、簡易型 VOC 検知器の評価法は確立されておらず、各メーカーが独自の手法で評価しているのが現状であり、測定結果の信頼性に関する客観的なデータは提供されていない。

室内環境を保つ為の自主的取り組みにおいて、簡易 VOC 検知器を用いたモニタリングのニーズが高まっているものの、これら VOC 検知器の評価法は確立されておらず、各メーカーが独自の手法で評価しているのが現状である。

本事業では、VOC 検知器評価法の国際規格の制定を目指し、ISO/TC146（大気の質）/SC6（屋内空気）の中で ISO16000-29 ”Test methods for VOC detectors” の DIS 原案の審議経過を踏まえ、FDIS 原案を作成する。

当該標準化事業の実施に当たり、上記目標を達成するために、各種 VOC 検知器を用いた評価法の検証、国内委員会活動及び国際会議活動を行った。各種 VOC 検知器を用いた評価法の検証では、標準応答試験ガスを用いて、規格原案に定めている標準応答試験の妥当性を評価

した。特に重要と考えられる短期安定性試験、湿度試験、測定範囲を超える動作試験、電力変動試験を規格案に則って実施した結果、いずれも設定した検知器が示す表示濃度値の変動幅を下回っており、評価法が妥当であることを示した。

また、TC146/SC6/WG16会議では、各国からの DIS 案へのコメントに対応した修正を行い、引き続き DIS 投票を行うことが決定した。DIS 投票は可決された。

以上の結果より、評価法の実験的な検証を行い作成中の規格案に適切に反映させ、目標に定めた ISO16000-29 "Test methods for VOC detectors" の DIS 化を達成し、FDIS 案配布の見通しを得た。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］ガスセンサ、揮発性有機化合物、評価法、国際標準化

［研 究 題 目］マイクロフォーカス X 線 CT 用圧力容器を用いた透水係数変化の計測および内部破壊構造プロセスの観察

［研究代表者］高橋　学（地質情報研究部門）

［研究担当者］高橋　学（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

目標：

岩石の破壊プロセスの進展に伴う構造変化と透水挙動との関連を解明するためマイクロフォーカス X 線 CT 用圧力容器を用いたデータ取得および解析を実施する。

研究計画：

中国側から提供を受けた岩石供試体を用いて、マイクロフォーカス X 線 CT 用圧力容器にて透水試験を実施し、原位置の圧力下における岩石内部構造変化と透水性変化に関するデータ取得および解析を実施する。

進捗状況：

研究開始時に、ベレア砂岩を用いた三軸透水試験を実施し、透水係数と比貯留率（水をためる能力）を軸圧の変化に対して計測した。この結果および応力ひずみ関係から、三軸応力下における CT 撮影の応力条件を決定。三軸応力条件下における圧力容器のリークチェックやひずみの換算、応力の評価などのキャリブレーションを実施した。これら一連の準備段階が終了したところで、マイクロフォーカス X 線 CT のターンテーブル上に設定した三軸圧力容器を用いて、事前に決定した軸圧条件において CT データ取得を行った。得られた CT データは VGStudioMax および EXFactAnalisys にて解析を実施。これらデータ整理に関しては来年度実施予定となっている。

［分　野　名］地質

［キーワード］μフォーカス X 線 CT、岩石内部構造、透水係数

［研 究 題 目］岩石の空隙構造の定量化に関する研究

［研究代表者］高橋　学（地質情報研究部門）

［研究担当者］高橋　学（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

目標：

中国側から提供を受けた岩石供試体を用いて、密度他の基本物性を把握したのち、水銀圧入式ポロシメータおよびガス吸着装置にて、岩石内部空隙の幾何学情報を取得することを目標とする。

研究計画：

送付されてきたサンプルのカッティングを行い、計測に適用できるサイズに縮小し、乾燥過程（約2週間）を経て計測に至る。装置の事前準備として用いる測定セルのブランクデータを取得した。この過程により、精度よくそして再現性のある空隙率データを取得することができる。測定結果として空隙率のほか、自然密度や空隙サイズ分布等の情報も得られるので、これらの値を整理し、まとめた。報告書では、装置の原理や詳細なスペック、そしてデータ解析の内容に関して網羅し、生データのほか、各種図面を用いた整理も行い、報告書とした。

進捗状況：

中国側から提供された岩種は堆積岩3岩種21サンプル、花崗岩1岩種5サンプル、大理石1岩種15サンプルの合計5岩種41サンプルとなった。通常の計測手法に準じて、サンプルのカッティングを行った。おおよその空隙率を想定し、10mm cube、もしくは10×10×20mm サイズとした。110度で約1週間の真空乾燥後、実験に供した。残りのサンプルはデシケータ中にシリカゲルと一緒に保管した。計測自体は完全にルーティン化されており、実験終了後データ解析を実施した。得られたデータから空隙サイズ分布および空隙率を評価し、表に整理した。空隙サイズ分布は種々の物性と関連することから重要視され、今回の計測結果も岩種毎にμ以上のサイズ、μ以下のサイズ分布に特徴が現れた。

［分　野　名］地質

［キーワード］空隙、水銀圧入式ポロシメータ、空隙率

［研 究 題 目］岩石の変形と間隙流体圧との相互作用に関する実験的研究

［研究代表者］高橋　学（地質情報研究部門）

［研究担当者］高橋　学（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

目標：

地下空間施設の安全性を取り扱う際には、間隙流体の流れや圧力変化の岩盤の変形に及ぼす影響を評価することが重要である。このためには、岩石の変形と間隙流体の相互作用を連成解析と呼ばれる数値解析手法によって予測する必要があり、相互作用に関連する物性値を実験的に求めなければならない。このような相互作用に関連する物性値を、岩石の三軸圧縮試験装置を用いて求める

ことを目的とする。
研究計画：
国内で入手可能な砂岩と頁岩試料を選定するとともに、これらを用いて三軸圧縮試験を実施し、各岩種における以下の物性値を取得する。①排水条件における体積弾性定数、②非排水条件における体積弾性定数とスケンプトンの B 値、③透水係数。なお、間隙流体には水と超臨界 CO_2の2種類を用い、砂岩・頁岩試料各1個について上記データ取得を行う。
進捗状況：
国内で入手可能な砂岩と頁岩を用いて三軸圧縮試験を実施した。用いた間隙水圧媒体は水と超臨界二酸化炭素である。一般的に砂岩と頁岩の空隙サイズや空隙率そして空隙の連結性から砂岩の透水係数は頁岩の透水係数よりも大きいことが認められている。当該実験結果も通常の透水試験手法とな異なるものの、この概念の範囲内に相当する。より、詳細な検討のためには、空隙サイズ分布や空隙率そしてマイクロフォーカス X 線 CT を用いた空隙の三次元幾何学情報の抽出が必要と考えられる。もう一つの水理定数である非貯留率は媒質が水などの媒体を取り込むあるいは吐き出す能力の指標であるが、通常の透水試験手法と同じように砂岩が若干大きな値を示しているが、両岩種ともオーダー的には通常の試験手法で得られた値と同じである。その他多孔弾性定数に関しては、原理的な各定数の概念からするとほぼ同じ様な値を示しているが、参照すべき既存データが少なく、また実験中の応力条件の保持に精度上の問題があり、現時点で議論できるだけの精度となっていない。特に超臨界二酸化炭素条件における物性値には今後改善の余地があると考えられる。
［分　野　名］地質
［キーワード］ポロエラ実験、変形係数、間隙水圧効果

［研 究 題 目］平成24年度二国間交流事業共同研究・セミナー
［研究代表者］石塚　治（地質情報研究部門）
［研究担当者］石塚　治、下司　信夫（常勤職員2名）
［研 究 内 容］
本研究はマグマが地殻内を長距離移動する際、移動するマグマとその周囲の岩石にどのようなプロセスが、どのような条件下で作用するのかを解明することを最大の目的とする。このため、過去のマグマ移動の記録が地表に露出するスコットランド西部地域で、Mull 島から南東方向に300km 以上にわたって伸びるダイク（岩脈）システムについて地質調査及び試料採取を実施した。現時点で以下のような知見が得られた。a）調査地域で長距離移動したマグマは玄武岩マグマが主体であるが、中にはかなり分化した安山岩–デイサイト組成のものも含まれ、特に遠方で分化したマグマが多く認められる。b）化学組成および岩石学的特徴の違いと、露頭での岩脈の交差関係から、マグマ移動イベントに複数のステージがあることを確認した。マグマの化学組成上の特徴から、Mull 島で知られている特定の噴火ステージに対比できると考えられる。c）帯磁率異方性及び結晶配列のデータから、マグマの移動方向は、Mull 島内のマグマシステム中心部では概ね垂直成分が大きいのに対し、離れるに従って水平成分が大きくなる傾向があることが明らかになった。d）各岩脈形成時の古地磁気方位を得ている。注目すべき結果の一つは、大きく組成の異なるマグマが同じ場所に貫入することで形成された複合岩脈について、古地磁気方位の決定により、いずれのマグマも数百年以内に貫入したことが明らかになった。このデータは長距離移動したマグマの挙動を検討する上で大きな制約を与える。
［分　野　名］地質
［キーワード］マグマ、ダイク、長距離移動、Mull 島

［研 究 題 目］製鋼スラグと浚渫土により造成した干潟・藻場生態系内の物質フローと生態系の評価
［研究代表者］長尾　正之（地質情報研究部門）
［研究担当者］長尾　正之、谷本　照己、高橋　暁、村尾　厚子（常勤職員3名、他1名）
［研 究 内 容］
干潟・藻場（アマモ場）生態系の再生・創出のために必要とされる造成土壌を、製鋼スラグと浚渫土の混合土壌で代替した場合の物質フローを含む生態系の特徴及び優位性を、科学的な根拠のもとに明らかにし、生態系の再生・創出が環境劣化を引き起こす自然砂の採取に依存することなく、環境再生と資源再生が Win-Win の関係で成り立つことを示す。
平成23年度の脱リンスラグと脱炭スラグを用いた予備実験により、脱炭スラグを主体とする混合土壌については固化が発生し、長期的なアマモの生育に重大な影響を及ぼすことを示した。そこで、藻場マイクロコズム実験で使用する製鋼スラグは脱リンスラグとし、コントロールとして天然砂（ケイ砂）を使用することとした。スラグと浚渫土の混合比は、浚渫土乾燥重量比（百分率）で8、15、30および75%とし、ケイ砂と浚渫土の混合比も同じとした。なお、スラグやケイ砂を混合しない土壌の傾向を把握するため、浚渫土単独（100%）の試験泥も設置した。
2012年11月初旬に、内寸90×110cm、深さ67cm の角形水槽に上述9種の混合土壌をそれぞれ厚さ18cm で敷き詰め、阿賀臨海実験場にて天然海水を掛け流した。なお、土壌表面から1、6、12cm の深さに間隙水採取用のフィルターを埋設した。アマモ移植最適時期である12月初旬に天然アマモ場から採取したアマモを地下茎5cm、葉長40cm に切り揃え、各水槽に80本ずつ移植した。水槽内のアマモの株数と葉長、間隙水中の pH、栄養塩濃

度等の経時変化および底生生物の出現状況を調べた。

藻場マイクロコズム実験を開始し、約4ヶ月間モニタリングを行った結果、アマモの成長に差は認められるものの、全ての混合土壌においてアマモ葉長と株数は増加し、また底生生物の出現に大きな違いは認められないことから、藻場生態系形成の初期段階と判断された。今後、土壌の特性に応じたアマモの成長や底生生物の出現が発生すると推察した。

［分　野　名］地質

［キーワード］製鋼スラグ、アマモ場、浚渫土、産業副産物、物質循環

［研 究 題 目］中海浚渫窪地の埋め戻し時の高精度音響モニタリングに関する研究

［研究代表者］齋藤　文紀（地質情報研究部門）

［研究担当者］齋藤　文紀、西村　清和（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究は、NPO 法人自然再生センターが中海（島根県、鳥取県）で実施している干拓などの開発事業でできた浚渫窪地の石炭灰造粒物の覆砂による環境修復実証事業において、湖底及び湖底下の状況を把握するため、高分解能海底音響プロファイリング装置（SBP）及び海底表層音響画像探査装置（SSS）をベースにした音響モニタリングシステムを構築し、窪地の埋め戻し時の音響モニタリングの手法の確立を図ることを目的とする。平成24～25年度において以下の研究を行う。

(1) SBP により、湖底のヘドロの分布および覆砂の状況の事前把握と埋め戻し後の変化を精査する。

(2) SSS により、湖底面の底質および覆砂の状況の事前把握と埋め戻し後の変化について精査する。

(3) SBP、SSS、高精度測位装置、音響データ処理ソフト等を組み合わせ、高精度な窪地の音響モニタリングシステムを構築する。

平成24年度は、中海の細井沖窪地等において、SBP 及び SSS を用いて覆砂施行後の湖底状況の変化について調査した。細井沖 SBP 調査では、窪地をカバーする50m グリッドの測線を設定し、調査を行い、覆砂した石炭灰造粒物（Hi ビーズ）が SBP の記録断面に表示され、その層厚を明らかにできた。また、湖底表層のヘドロ層の存在は明瞭には認められなかった。細井沖 SSS 調査では、SSS のレンジを広域の片舷60m に設定し、窪地をカバーする測線とし、モザイクマッピングを行った。その結果、石炭灰造粒物が窪地に全面的に散布されたことを反映して、全体として濃い反射記録が得られ、細かな凹凸の表面状況にあることが明らかになった。

［分　野　名］地質

［キーワード］音響モニタリング、浚渫窪地、埋め戻し、中海

［研 究 題 目］重金属汚染土壌のマッピングと要因識別に関する研究

［研究代表者］鈴木　淳（地質情報研究部門）

［研究担当者］鈴木　淳、丸茂　克美（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

煤塵に起因する大気降下起源の有害金属による土壌汚染の実態を明らかにするため、溶出量試験と含有量試験を行う。また、従来の蛍光 X 線分析法で未利用であった透過 X 線を活用し、土壌中に含まれる第二種特定有害物質である鉛を含有する物質を X 線が貫通しているか把握するために、土壌中の鉛含有粒子の粒子径の X 線透視像を観察し、これらの粒子が土埃として体内に移行したり、水に溶解して地下水汚染を引き起こしやすい形態か把握する技術を開発する。

昨年度までの研究で、重金属汚染土壌のマッピングのため、可搬型蛍光 X 線分析装置を工場周辺地帯に運び、ハンドオーガーで得られた表層深度10cm の土壌に含まれる亜鉛濃度（現場調査での蛍光 X 線分析法で得られた亜鉛全量値）分布を調べて亜鉛濃度コンタマップを作成した。このコンタマップから亜鉛が工場の煙突から飛散した煤塵起源のものであることが明らかとなった。また、亜鉛含有量が多い土壌試料中に含まれる亜鉛含有粒子を蛍光 X 線透視分析装置で調べた結果、亜鉛・鉛含有粒子の X 線透視像の輝度は X 線管球電圧を50kV にすると最大値に達し、X 線が完全に透過することが確認された。従って X 線管球電圧を50kV にすることにより、蛍光 X 線分析法で亜鉛を定量分析できることが明らかにされた。また、コリメータを用いて X 線を1.5mm の径に絞って土壌試料に含まれる1mm 大以下の径の土壌粒子の蛍光 X 線分析を行った結果、亜鉛や鉛が含まれることが判明した。従って土壌汚染の原因となる物質は亜鉛や鉛を含む1mm 大以下の径の煤塵と考えられる。鉛の全量値と含有量（1M 塩酸溶出量）の相関は良好であり、全量値と含有量はほぼ同じ値となっている。従って、蛍光 X 線透視分析法を用いて得られた鉛の全量値（蛍光 X 線分析値）から鉛の含有量（1M 塩酸溶出量）を計算することが可能である。

［分　野　名］地質

［キーワード］土壌汚染、亜鉛、鉛、蛍光 X 線分析、煤塵

［研 究 題 目］宝石サンゴの持続的利用のための資源管理技術の開発

［研究代表者］鈴木　淳（地質情報研究部門）

［研究担当者］鈴木　淳（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

深海に生息する宝石サンゴは資源枯渇が懸念されており、国際取引規制の議論も起きている。しかし、宝石サンゴ類の成長率、繁殖期、資源量等の科学的知見がない

ため、規制の是非を判断することができない。宝石サンゴの資源の持続的利用のための管理計画や施策を提案するための基礎的なデータを得ることを目的として、本研究課題では、宝石サンゴ骨軸の酸素同位体等を分析することで、それらが生存していた期間の海洋環境を復元する。本年度は、骨軸断面の成長方向のマグネシウム／カルシウム比（Mg/Ca 比）変動を測定して、生息水温の時系列変動が記録されている可能性を検討した。

宝石サンゴの骨軸について、断面の成長方向に0.2mm 間隔で試料を採取する微小試料採取技術を開発した。分析測線に沿う縦横2mm の部分について0.1mm 間隔の骨格部分から各種分析に十分な約1mg の粉末試料が得られる。宝石サンゴの酸素同位体比は採取地点の水温・塩分から予想される変化幅を大きく超えた変動を示し、成長方向に分析した場合でも環境の時系列変動を記録していないことを明らかにした。造礁サンゴの酸素同位体比は、同位体平衡からのズレ（生物的効果）はあるものの、基本的に「酸素同位体温度計」の挙動によく従い、水温と水の酸素同位体比のよい指標となっているのとは対照的である。日本周辺の宝石サンゴ（アカサンゴ、シロサンゴ、シンカイサンゴ）およびウミタケの骨軸を均質化したバルク試料の Mg/Ca 比は、生息水温と統計的に有意な水温との相関が得られ、関係式の傾きは無機的に形成された方解石のそれと近い。一部の宝石サンゴについては、骨軸断面の成長方向の Mg/Ca 比変動に生息水温の時系列変動が記録されている可能性が示唆された。

［分　野　名］地質
［キーワード］宝石サンゴ、骨軸、水温、酸素同位体比、マグネシウム／カルシウム比

［研 究 題 目］土壌中の鉛及びほう素の簡易分析手法開発に関する研究
［研究代表者］鈴木　淳（地質情報研究部門）
［研究担当者］鈴木　淳、丸茂　克美
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

蛍光 X 線分析法は土壌中に含まれる鉛の迅速分析をする有効な手段であるが、土壌汚染調査で活用されることの多いエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置で鉛を分析する場合、データのばらつきが問題となっている。

本研究では蛍光 X 線透視分析装置による汚染土壌中の鉛含有粒子の透過 X 線観察と蛍光 X 線分析の結果、炭酸鉛より水溶出し易い鉛が含まれている土壌試料には鉛が銅、亜鉛とともにマンガン酸化物や鉄酸化物に吸着された粒子として存在している可能性があることが判明した。実際、この試料の溶出量試験での鉛溶出量は4,800μg/L にも達し、マンガン酸化物や鉄酸化物に鉛が吸着されてため、鉛が容易に溶出すると考えられる。一方、鉛含有量は高いものの鉛溶出量が低い汚染土壌試料（tks-03）の透過 X 線観察と蛍光 X 線分析の結果、鉛粒子は炭酸鉛、リン酸鉛、金属鉛などのような鉛化合物として産している可能性があることが判明した。この推定は tks-22の低いマンガン含有量（200mg/kg）からも支持される。炭酸鉛、リン酸鉛、金属鉛中の鉛は溶出し難いため、tks-22の鉛含有粒子がこうした鉛化合物であるならば、溶出量試験における鉛の低い溶出量（3.5μg/L）を説明できる。

［分　野　名］地質
［キーワード］鉛、X 線透視像、土壌汚染、蛍光 X 線分析法、蛍光 X 線透視分析装置

［研 究 題 目］ホスト分子による希少金属オンサイト分離のためのマイクロリアクターシステムの構築
［研究代表者］宮崎　真佐也
（生産計測技術研究センター）
［研究担当者］宮崎　真佐也（常勤職員1名、他2名）
［研 究 内 容］

レアメタル資源の確保は極めて重要であり小型家電などの廃棄物からのリサイクルによる資源確保が望まれるが、含まれる元素は多種にわたりその含有量は微量である。効率的にレアメタルを分離する技術の確立が望まれているが、微量含まれる多種元素の個別分離は容易ではない。テーラーメイド型抽出試薬は分離機能には優れるが、経済性が悪く大量に扱えない、抽出速度が遅い、などの欠点がある。本研究では欠点を改善し、テーラーメイド型抽出試薬であるカリックスアレーン誘導体を有効利用するために、微量処理可能であり迅速な抽出が利点となるマイクロリアクターを用いたシステムを構築し、廃棄物回収地オンサイトでのレアメタルの個別分離を目的とする。

H23年度は、単元素回収のためのマイクロリアクターとして、水油2相を効率よく分離できるデバイスを設計・作製した。流路表面を上半分と下半分に分けてそれぞれシリコン基板とガラス基板上に作製し、シリコン基板側の流路表面は Cr-金を蒸着させたものである。この金膜上を化学修飾することにより流路内に疎水部分を形成し、水油の分離を容易とするものである。作製後、流路内にドデカンチオール溶液を流通させて金上に自己組織化膜を形成させて疎水化を施した。完成したデバイスにキャピラリー等を接続し、リアクターを完成させた。

得られたデバイスを用いて、単元素回収試験を行った。まず、市販のカルボン酸系抽出剤であるバーサティック10を用いて、水相から有機相への銀イオンの抽出を試験した。その結果、マクロスケールの抽出よりもかなり抽出速度が速くなることがわかった。

次に、p-t-オクチルカリックス[4]アレーン誘導体による銀イオンおよびパラジウムイオンの抽出挙動を解析した。その結果、いずれの抽出剤でも抽出速度がマクロ

スケールの抽出よりも劇的に改善され、秒単位で達成されることが判明した。特に、ケトン誘導体ではバッチ試験では72時間かかったが、15秒で達成されることが分かった。したがって、特にこのケトン型抽出試薬はマイクロリアクターを用いる利点がある。

また、有機相からの逆抽出についてもバーサティック10を用いて試験した。バッチ法では、12時間の逆抽出によって逆抽出率が13%であった。同様の反応をマイクロリアクター中で行うことにより、5秒の時点で逆抽出率は24%であり、バッチ法での逆抽出12時間以上の逆抽出率を達成した。さらに、マイクロリアクターを用いた逆抽出では10秒の時点で35%の逆抽出率を達成した。この結果から、バーサティック10の逆抽出をマイクロリアクター中で行うことにより逆抽出速度が向上することが示された。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］希少金属、オンサイト分離、マイクロ化学プロセス

［研 究 題 目］環境メタトランスクリプトーム解析による生態系への総合的影響評価手法の開発
［研究代表者］木村　信忠（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］木村　信忠（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

概　要:

本研究では、操業中の工場・事業場の自主的な土壌汚染対策を促進するため、原位置で行う回収・浄化機能等を有する低コストの土壌汚染対策技術として、微生物を利用した塩素化エチレン類の次世代型バイオレメディエーションの普及に向け、最新の微生物叢解析技術を用いたバイレメの有効性や生態系影響評価等の安全性についての科学的な知見の収集、ならび実証試験に基づいたバイレメ指針適合を合理的に実施するための評価技術開発まで、一連のバイオオーグメンテーションに係わる基盤技術・情報の整備を実施することを目的とする。

本課題は、環境メタトランスクリプトーム解析（RNA の網羅的なシーケンス解析）を実施し、環境中で活発に活動する細菌の特定や病原性に関わる遺伝子の遷移など、バイオレメディエーションによる生態系への影響評価に関する研究を実施している。環境メタトランスクリプトーム解析を行う場合に、土壌・地下水試料など環境試料から RNA 分子を抽出することが必須である。しかし、環境試料中に存在する RNA 分子は、非常に不安定であるため、環境メタトランスクリプトーム解析での利用に適した長鎖 RNA 分子を環境試料中から取得するには、用いる環境試料の特性に適した適切な抽出手法の採用が重要となってくる。

そこで、本年度は、バイオレメディエーションを実施している現場から取得した環境サンプルより RNA を調製し、転写されている16S rRNA 遺伝子の種類に基づいた微生物相解析を実施し、バイレメディエーションの実施による微生物相の遷移や病原性微生物の出現の有無についてモニタリングを実施した。微生物相解析と環境メタトランスクリプトーム解析による結果から、脱ハロゲン化が進行する過程において、微生物コーソシアム中の特定の微生物が脱ハロゲン化に対して活発に働いている様子をモニタリングすることに成功した。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］バイオレメディエーション、揮発性有機塩素化合物

［研 究 題 目］部品内蔵基板内の狭間隔部品実装技術及び WLP-LSI チップ実装技術の確立
［研究代表者］青柳　昌宏
（ナノエレクトロニクス研究部門）
［研究担当者］青柳　昌宏、菊地　克弥、渡辺　直也、鈴木　基史、菖蒲　一久、本郷　望
（常勤職員5名、他1名）
［研 究 内 容］

本研究では、「部品内蔵基板内での部品間隔0.1mm 実装技術の確立」及び「部品内蔵基板内での LSI チップはんだ実装技術の確立」をテーマに、0.1mm 間隔の狭隣接部品実装技術の高度化を図り、部品内蔵基板技術に適用展開するため、回路基板内部に部品、デバイスを直接内蔵して部品実装可能な領域を増加させ、従来方式の部品内蔵技術より大幅に優れた高密度性・高性能性を確保できるとともに小型・高集積化を実現できる実装モジュール製造技術を株式会社アリーナと共同して開発する。また、3次元 LSI 積層実装技術の研究開発において重要課題である3次元積層対応インターポーザ技術に対し、開発した部品内蔵基板技術の適用を試みることで開発技術の応用分野開拓を進める。

平成24年度は、開発した部品間0.1mm の狭隣接実装が可能な部品内蔵基板技術により、0402チップコンデンサを高密度（1cm 領域に300個）に埋め込んだ評価 TEG インターポーザを設計・試作し、電源インピーダンスの測定評価を実施した。従来、製造コストの高い薄膜コンデンサ内蔵シリコンインターポーザでのみ実現可能な広帯域での低電源インピーダンス特性に匹敵する優れた低電源インピーダンス特性の獲得に成功した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］3次元 LSI 積層、インターポーザ、部品内蔵

3) その他の収入

［研 究 題 目］**スピントロニクス技術を用いた超省電力不揮発性トランジスタ技術の開拓**

［研究代表者］齋藤　秀和
（ナノスピントロニクス研究センター）

［研究担当者］齋藤　秀和（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

グリーン IT は、クリーンで持続可能な生活環境を守る上での柱となる技術であり、現在、IT 機器の省エネルギー化が求められている。このため、スピントロニクスと呼ばれる新技術の導入により、電子・光デバイスの消費エネルギーの劇的な削減を目指す研究が現在盛んに行われている。この技術を用いれば、磁性体が持つ電子スピン機能を半導体素子中で利用できることが見込まれるため、例えばスピントランジスタ等の革新的半導体素子の実現が期待されている。

p 型ゲルマニウムは現行の半導体材料であるシリコンの数倍ものキャリア移動度を有することから、高速動作できる次世代トランジスタ材料として注目されている。したがって、p 型ゲルマニウムに磁性体からのスピン情報を効率良く入力することができれば、グリーン IT 化に向けての大きな推進力となることが期待される。しかし、これまでスピン情報の入力は実現されていなかった。昨年度、我々は MgO 障壁層を用いて世界で初めて p 型 Ge へのスピン注入に成功したが、電流密度が大きいという問題があった。そこで本年度は新トンネル障壁層 GeO_2を導入することにより、MgO と比較して Ge へのスピン注入に必要な電流密度を約3桁（0.17A/cm^2）の削減に成功した。また、Si 基板上の Ge 単結晶薄膜の作製のための成膜装置の改造を行った。

これまでの我々の研究により、半導体へのスピン注入のために必要な電流密度を減少させるためには、酸化物/半導体接合界面の不完全性に起因する界面状態密度を出来るだけ小さくなるように、適切な酸化物絶縁体を用いることが有効であることがわかっている。GeO_2は Ge に対して高品位の界面を形成できるためゲート酸化膜として用いられているが、トンネル障壁材料としての報告例はなかった。そこで、不純ガスの少ないバルク状 GeO_2蒸着源の開発を行い、これを用いた高品位 Fe/GeO_2強磁性トンネル接合を実現することにより、スピン注入の臨界電流密度の劇的な削減に成功した。この成果は、Ge を用いたスピントランジスタの低消費動作に極めて重要であり、グリーン IT の発展へ大きく貢献できると期待される。また、改造した成膜装置を用いて作製した Si 基板上の Ge 単結晶薄膜の結晶品位を、フォトルミネッセンス法を用いて評価したところ、スピン依存発光の観測に必須である直接遷移発光が観測された。したがって、この結晶を用いることにより、目的である注入された電子のスピン偏極率の直接測定は可能であることが示された。さらに、最終年度で予定していた Si へのスピン注入を前倒しで行った。具体的には、Si 上の Fe/MgO 完全単結晶トンネル接合の作製技術を開発し、p 型 Si への室温でのスピン注入に成功した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］スピントランジスタ、スピン注入、ゲルマニウム

［研 究 題 目］**太陽エネルギーの化学エネルギーへの革新的変換技術の研究**

［研究代表者］佐山　和弘（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］佐山　和弘、草間　仁、三石　雄悟、斉藤　里英、ワン　ニイニイ
（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

太陽エネルギー利用の数少ない選択肢の一つとして、水を分解して水素と酸素を製造する太陽光水素製造技術は持続可能な水素社会実現のための理想的な技術である。本研究開発の目的としては、可視光応答性半導体を用いた光触媒及び多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発に関して、太陽光による水分解水素製造の実用化のための基礎要素技術を開発することである。太陽エネルギーを直接化学エネルギーに変換・貯蔵できる。具体的には、多孔質半導体光電極の構造制御による高性能化、レドックス媒体を用いた効率的な光触媒－電解ハイブリッドシステムによる水素製造、高速自動半導体探索システムを用いた新規可視光応答性半導体探索などの研究を進め、上記目的を達成する。

酸化物半導体の光電極による水分解水素製造に関して、今年度は半導体膜の調製法を工夫して光閉じ込め効果を発現させることや膜厚を大きくしても電荷の拡散長が延びない多孔質構造を制御することで、光電極1枚でも高い効率が得られる現実的な光電極を目指した。$BiVO_4$半導体膜を調製する前駆体溶液に界面活性剤と多量の酸化剤を同時に添加することで、低温で結晶性が高く且つ高表面積の多孔質膜を合成することができた。その結果、効率は約5割向上し、酸化物光電極としては世界最高の太陽光エネルギー変換効率を更新することに成功した。高速自動半導体スクリーニング装置を活用した高性能な半導体探索については、新規な銅系 p 型半導体や鉄系 n 型半導体組成などを多数見出した。また、レドックス媒体を用いる光触媒－電解ハイブリッドシステムのための光触媒反応系開発に関しては、表面処理した WO_3半導体の表面に Fe^{3+}/Fe^{2+}レドックスを固定すると、V^{5+}/V^{4+}イオン対のレドックス反応が著しく促進される効果を見出した。この複数のレドックス媒体と光触媒とを組み合わせて活性が向上する新規な反応機構はこれまで成功例が無かったものであり、光合成明反応のメカニズムと類似している点で興味深い。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素製造、光触媒、光電極

［研 究 題 目］遺伝子転写制御機構の改変による環境変動適応型スーパー植物の開発

［研究代表者］藤原　すみれ（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］藤原　すみれ（常勤職員1名、他8名）

［研 究 内 容］

我々は、植物の遺伝子の働きを調節する転写因子の働きを人為的に制御してスーパー植物を開発することにより、人類が抱える様々な問題を解決することを目指している。具体的には、二つのアプローチで研究を進めている。一つ目の「転写抑制機構に関わる新規因子の単離およびメカニズムの解析」では、植物の転写抑制の基本メカニズムを解明し、得られた知見を応用して斬新な遺伝子発現制御法を開発することを目指す。二つ目の「転写抑制因子を転写活性化因子に転換する植物の作出・解析」では、転写抑制因子を人為的に活性化因子に転換することで、過酷な環境下でも生育できるなどの有用植物を作出し、応用化を目指す。両者とも、植物の力を利用してグリーン・イノベーションの推進を目指すものである。

一つ目のプロジェクトでは、転写抑制時に特異的に転写因子と共に複合体を形成する候補因子を複数同定した。これらの候補因子に関して個々に解析を行い、転写抑制因子の局在や性状に影響を与えるなどの興味深い性質を発見した。また、新規の機構で転写が抑制されていることを示唆する結果を得た。

二つ目のプロジェクトでは、転写抑制ドメインを持つ約300個の転写因子に転写活性化ドメインを付加し過剰発現させる系統の形質転換体を作成した。栽培試験により、通常では見られない強烈な形質を示す植物を多数発見し、応用化につながり得る各種の有用形質が観察された。また、各種の過酷な条件下での栽培試験を行い、低温、乾燥、高塩濃度など、ストレスに対して耐性を獲得した系統の単離に成功した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］植物、シロイヌナズナ、転写因子、環境変動、グリーン・イノベーション

［研 究 題 目］骨導超音波知覚の解明に基づく最重度難聴者用の新型補聴器の開発

［研究代表者］中川　誠司（健康工学研究部門）

［研究担当者］中川　誠司、籠宮　隆之、大塚　明香、保手浜　拓也、川村　智、藤幸　千賀（常勤職員1名、他5名）

［研 究 内 容］

従来の補聴器を使用しても聴覚を回復することができない重度難聴者は、日本国内に約85000人存在する。一方、骨導にて呈示された周波数20kHz 以上の高周波音（骨導超音波）であれば、聴覚健常者はもとより、重度感音性難聴者であっても知覚することができる。本研究では、骨導超音波知覚を利用した重度難聴者用の新型補聴器（骨導超音波補聴器）に実用的な性能を持たせることを目的として、信号処理方式や振動子呈示方式の最適化や、安全基準・適用基準策定のための神経生理メカニズムの解明などに取り組んだ。

いくつかの振幅変調方式に対する調音素性情報やパラ言語情報（話者感情）の伝達特性を調べ、変調方式に関わらず母音情報の伝達は比較的良好であるものの、調音様式や調音位置情報の伝達率が低下することを明らかにした。また、人工内耳に比べて、骨導超音波補聴器の方が話者感情の伝達が良好であること、音声の基本周波数の伝達能力に優れるものの、振幅情報の伝達にやや劣ることを示した。

重度難聴者を対象とした各種電気生理計測、一過性閾値変動の計測を行い、蝸牛における特異なメカニズムの存在を示唆する結果を得た。また、心理物理計測と頭部振動計測の結果から、骨導超音波知覚が生体の非線形性によって生じる可聴音の聴取によるものでないこと、耳小骨筋反射が生じるほどの高エネルギー曝露が生じていないことを明らかにした。

また、携帯電話等への応用を想定したパネルスピーカ型の超音波振動子を提案した。一時的な利用が前提となるものの、振動子の固定に伴う不快感、デザインなどの問題を解決することができた。

さらに、得られた知見に基づいた新型試作器の開発を開始した。機能を限定することで実用的なサイズと電池寿命の達成を、既存の補聴器の技術を利用することでコストの低減やデザインの向上を図っている。今後、実用性の評価を行う予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］骨導、超音波、補聴器、明瞭性、知覚メカニズム、頭部内伝搬

［研 究 題 目］ナノニードルアレイを用いた革新的細胞分離解析技術の開発

［研究代表者］中村　史（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］中村　史、小林　健（集積マイクロシステム研究センター）、山村　昌平（健康工学研究部門）、川村　隆三、Yaron Silberberg、Sathuluri Ramachandra Rao、辻村　範行、下奥　万梨恵、三島　麻里、宮崎　みなみ（常勤職員3名、他7名）

［研 究 内 容］

本プログラムでは、抗体修飾ナノニードルアレイを用いて、多数の細胞に対してこれを同時挿入し、細胞内で抗原抗体相互作用により標的タンパク質を結合させ、この結合力によって標的タンパク質を発現している細胞だけを機械的に釣り上げ、分離する技術を開発している。この抗体の結合力を Fishing force と呼び、これに対して細胞の基板に対する接着力を減少させることにより、細胞の釣り上げ分離を達成するものである。

平成24年度の研究では、まず実際に抗体修飾ナノニードルによる細胞の釣り上げ分離が可能であるかどうかを、カンチレバー型ナノニードルを用いて実証した。抗ネスチン抗体修飾ナノニードルを用いて、付着培養状態のネスチン陽性マウス胚性癌細胞 P19を抗体の結合力で強制的に剥離させ分離することに成功した。釣り上げ時の力は10nN 以上であり、ナノニードル表面に固定化された抗体で細胞の釣り上げに十分な結合力が得られることを証明した。細胞アレイは、ナノニードルアレイの作製工程で得られるマイクロピラーアレイを用いたコンタクトプリント法により作製した。細胞膜修飾剤（BAM）のスポットを BSA 被膜上に配列し、単一細胞を繋留することにより細胞アレイを調製した。その結果、ナノニードルの直下に細胞が配列した割合、細胞充填率は60%であり、総数6千個の細胞を配列させることが可能であった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］細胞分離、抗原抗体反応、ナノニードル、AFM、接着制御

［研 究 題 目］RNA 合成酵素の反応制御分子基盤

［研究代表者］富田　耕造（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］富田　耕造　竹下　大二郎、杉本　崇、山下　征輔、小林　鈴寿子、西垣　梓
（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

平成24年度は、ウイルス由来 RNA 合成酵素複合体が RNA 合成を終結する過程を表した複数の X 線結晶構造解析を行った。また、構造をもとにした機能解析をおこなった。この結果、RNA 合成終結時における酵素の動き、またウイルスの増殖に必要な RNA 合成終結時における鋳型非依存的なモノヌクレオチド付加反応の分子機構が明らかになった。また、鋳型非依存的 RNA 合成酵素のうち、低分子ノンコーディング RNA の代謝に関わる特殊な RNA 合成酵素に関しては、酵素の一部分を欠失させても活性を有した最少コア領域を生化学的、分子細胞生物学的手法で同定した。さらにそのコアの領域に関して微小な結晶が得られた。また、この結晶からは放射光施設でのビームラインにて2.8A までの回折像が得られた。さらに、この鋳型非依存的な RNA 合成酵素と相互作用する因子複合体を、これらの蛋白質を恒常的に発現する細胞の抽出液から免疫沈降によって複合体として精製した。そして、それらを質量分析で解析し、低分子ノンコーディング RNA の代謝を制御すると考えられるいつかの興味深いタンパク質を同定した。特異的な mRNA の翻訳に関与する特殊な RNA 合成酵素については結晶が得られていないが、最小必要ドメインを明らかにした。また、通常の鋳型非依存的 RNA 合成酵素のうち、RNA の品質管理や修復に関わる酵素と RNA との複合体、ヌクレオチドとの複合体あるいは単体の結晶がえられ、これらのいくつかに関しては放射光施設でのビームラインにて回折データーの取得を行い、現在、それらの構造を決定しつつある。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］RNA、プロセシング、機能－構造

［研 究 題 目］細胞内構造構築 RNA の作用機序と存在意義の解明

［研究代表者］廣瀬　哲郎（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］廣瀬　哲郎、佐々木　保典、長沼　孝雄、萬年　太郎、谷川　明恵、川口　哲哉、中條岳志、水戸　忍
（常勤職員2名、他6名）

［研 究 内 容］

本研究では、哺乳類ゲノムから産生される機能未知の非コード RNA（ncRNA）の中から、特に細胞内構造構築に携わる RNA の作用機構と生体機能を明らかにすることを目標にしている。本研究では、実施者グループが同定した NEAT1 ncRNA による核内構造体パラスペックルの構造構築の分子機構の解明、パラスペックルの生体内機能解明と疾患への関わりについて研究を行う。この他に、新しい細胞内構造構築 RNA を探索し、細胞内構造構築 RNA の存在意義を明らかにする。今年度は、NEAT1によるパラスペックル構造構築に関わる新しい因子であるクロマチン再構築因子複合体の作用機序の解析を行った。その結果、クロマチン再構築複合体が、複数の必須パラスペックルタンパク質と NEAT1 ncRNA と直接相互作用し、かつ NEAT1クロマチンローカスの RNA ポリメラーゼ II 転写伸張を抑制することによって、NEAT1上への RNP 会合を統合していることを明らかにした。こうしてパラスペックル構造構築は、NEAT1転写と密接に共役して進行することが明らかになった。次に抗癌剤プロテアソームの阻害による NEAT1の発現誘導を通したパラスペックル肥大化現象を見い出し、その分子機構を解明した。また肥大化の意義として、核質中の転写制御因子を NEAT1との結合を通してパラスペックル内に係留し不活化する機構を見いだした。理研との共同で作出した NEAT1の KO マウス由来細胞を用いて、上記プロアソーム阻害による細胞死誘導が NEAT1の欠失によって著しく亢進することを見いだした。これによって NEAT1には細胞死抑制機能があることが明らかになった。さらに NEAT1の異種生物オーソログと思われる ncRNA をアフリカツメガエルから単離し、その発現機能解析を進めた。この他に、パラスペックルに続く、新規な細胞内構造構築に関わる ncRNA の探索を、当センター保有 FLJ クローンリソースを用いて行った。核内構造体に局在する約500種類の因子を選別し、その中から細胞膜透過処理と RNase 処理によって、消失する構造体を選別した。その結果、癌抑制タンパク質を含

む新しいRNA依存的核内構造体を発見した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］核酸、RNA、遺伝子発現制御、細胞内構造、疾患

［研 究 題 目］革新的有機ヘテロ原子機能材料の創製

［研究代表者］韓　立彪（環境化学技術研究部門）

［研究担当者］韓　立彪、内丸　祐子、山下　浩（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

我々はリン化学結合が金属錯体により活性化されることを見いだした。これを基に触媒反応を設計し、リン類の実用的な触媒合成法の開発を行う。研究は、「固める」（実用化）、「広げる」（反応系の拡張）、そして「使う」（機能性材料への応用）の三本柱を軸に進め、安価な非貴金属触媒によるヒドロホスホリル化反応の実現を目指すとともに、クリーンな原料を用いる新リン類合成法の開拓、元素リンから直接有機リン類の合成、脱水素カップリングによるリンーヘテロ元素結合の構築、キラルリン類に代表される高付加価値リン類の提供、及び有機リン系高分子・材料の新合成法と応用の開拓を行う。さらに、研究は硫黄、ケイ素、ホウ素等のヘテロ原子にも拡張し、「有機ヘテロ原子化合物の合成の高度化と機能化」の確立を目指す。

平成24年度では、高分子ホスフィン配位子を用いたビニルリン類の合成を行い、高収率と選択性で付加物のビニルリン類を与えた。高分子固定化触媒は、繰り返し使用可能であり、また濾過により反応混合液から容易に回収できることから、合成プロセスを大幅に簡素化できた。さらにより効率的な触媒製造法の検討を行い、安価なニッケル塩から高活性な触媒を容易に発生させることに成功した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］ヘテロ原子化合物、製造法、利用法

［研 究 題 目］近赤外分光法に基づく顕微領域の温度・水分同時イメージング法の開発

［研究代表者］有本　英伸（電子光技術研究部門）

［研究担当者］有本　英伸（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

温度計測は生活の中でも大変身近であり、もちろん研究現場において温度を計測する機会や必要性は多い。測定は接触式の熱電対やサーミスタ、あるいは非接触で遠隔から計測可能な赤外放射温度計などがある。しかしながら、生体の細胞レベルのように微小領域で精度の高い温度を計測する方法はなかなか適切なものがないのが実情である。そこで我々は、水溶液の温度を高精度に計測する新たな手法として、近赤外分光を利用した測定方法を提案するとともに、微小領域における温度分布計測実験を繰り返してその有用性を確認した。

測定は、近赤外領域の1412nm、あるいは1908nm の光吸収を計測することで実現する。液体状態の水は水分子相互で水素結合をしているが、分子によって水素結合が0個のものから、1個、2個のものが分布している。この分布は温度に依存して変化するが、同時に水素結合の個数分布によって1412nm、1908nm 付近の吸収スペクトルがわずかに変化する。具体的には水溶液の温度が上昇すると吸収ピークが波長の短い側にシフトする。このシフト量を計測することで水溶液の温度が計測できる。これを近赤外領域に感度を有するイメージセンサで波長を切り替えながら計測すれば2次元的な温度分布の計測が可能である。これを確認するために、PDMS で作成したマイクロ流路に水を流し、一部を加熱することで意図的に温度の分布を作り出したものを近赤外カメラとバンドパスフィルタからなる計測システムで温度を計測した。その結果、理論から予想される温度分布とほぼ等しい計測結果が得られ、この温度計測手法の有用性が確認できた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］近赤外分光、光吸収、温度計測、伝熱

［研 究 題 目］都市型ブルーカーボン：新たな沿岸海域炭素循環像の構築

［研究代表者］鈴村　昌弘（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］鈴村　昌弘、鶴島　修夫、山田　奈海葉（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

これまで、海洋による CO_2吸収は外洋域で発揮され、陸域からの負荷を受ける沿岸域では有機物が分解する場、すなわち CO_2の放出源と考えられてきた。特に都市河川が流入し人間活動の影響を受ける内湾は、大量の CO_2放出を伴う環境価値の低い場所であると認識されてきた。しかし近年、国連環境計画（UNEP）は、森林など陸上で吸収・貯留される炭素（グリーンカーボン）に対し、沿岸域で吸収・貯留される炭素を「ブルーカーボン」と新たに称するとともに、熱帯林に匹敵もしくはそれを上回る高い沿岸生態系の CO_2吸収能力の重要性をアピールした。本研究では、人間活動の影響を受けている内湾として東京湾を例に取り、流入河川から湾外までを対象として炭素のストック・フローの実測データを解析と数理モデルによる検証を行ってきた。さらに下水処理場からの CO_2の負荷を含めて、都市隣接海域の理想のブルーカーボン像について検討を進めた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］沿岸海域、海洋生態系、二酸化炭素、物質循環、生態系物質循環モデル

［研 究 題 目］高効率硫化物熱電材料創製のための原子クラスターの高機能化

［研究代表者］太田　道広（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］太田　道広（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

未利用のまま棄てられている膨大な未利用熱エネルギーを電気エネルギーとして回収できる熱電発電デバイスは、省エネルギーと CO_2排出量削減の観点から大きな注目を浴びている。しかしながら、既存の熱電変換材料は性能が低く、そのうえ希少・毒性元素を含むために、熱電発電デバイスの実用化には至っていない。すなわち、熱電発電デバイスの実用化を達成するためには、高効率と低環境負荷の要求を満たした新規熱電変換材料を開発する必要がある。

自然界に存在して、環境にやさしい元素を主成分としている硫化鉱物のテトラヘドライトの Cu サイトの一部を Ni で置換した $Cu_{12-x}Ni_xSb_4S_{13}$（$0.0 \leq x \leq 2.0$）の粉末を、北陸先端科学技術大学院大学にて人工的に作製して頂き、その提供を受けた。本研究では、提供を受けた粉末をホットプレスすることで、緻密な焼結体の作製に成功した。熱電変換材料としての可能性を調査するために、室温から673K の温度範囲で、$Cu_{12-x}Ni_xSb_4S_{13}$焼結体の熱伝導率、ゼーベック係数、電気抵抗率を評価した。$Cu_{12-x}Ni_xSb_4S_{13}$の格子熱伝導率は、$0.6 W K^{-1}m^{-1}$以下のガラスのように非常に低い値を示し、すなわち、熱電変換材料として有利な熱の輸送特性を有していることが明らかとなった。そのうえ、熱電出力因子は、Ni 量を調整することで最適化できた。低い格子熱伝導率と最適化された熱電出力因子のため、$x=1.5$のときに最も優れた熱電性能指数を示した。この熱電性能指数は、既存の熱電変換材料である PbTe と比較しても遜色のない値であり、PbTe が希少・毒性元素を含有していることを考慮に入れると、本研究で開発したテトラヘドライトが熱電変換材料として優位であることは明白である。今後、本研究で切り開いた熱電変換鉱物という新しい研究指針が熱電変換材料の開発において重要となる。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］金属物性・材料、環境材料、エネルギー材料、熱電変換材料、電子・熱物性、金属・資源生産工学、廃熱利用、未利用熱エネルギー活用

［研 究 題 目］粘膜剥離手技研修用実体シミュレータの研究開発
［研究代表者］山下　樹里（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
［研究担当者］山下　樹里（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

粘膜剥離操作が重要となる内視鏡下鼻中隔矯正術の手技研修が可能な実体シミュレータ（患者モデル）実現のため、モデルの骨から剥離可能な模擬骨膜・粘膜の素材と製造方法を開発した。それぞれの部品の素材と接着剤の組み合わせを試作し、熟練医師の手術操作により評価した。粘膜素材には、手術操作に対する力学的特性に加え、内視鏡での観察時に光学的特性が実際の粘膜組織と類似していることが求められるため、着色剤の検討も行った。その結果、模擬粘膜の素材として熱可塑性エラストマーが有望であることがわかった。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］内視鏡下鼻内手術、鼻中隔矯正術、粘膜剥離、手術手技トレーニング

［研 究 題 目］冷熱利用から高効率燃焼実現までを目的とした気体流れのマルチスケール温度速度多次元同時計測
［研究代表者］染矢　聡（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］染矢　聡（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究は感温性の燐光粒子と高速度カメラを用いて低温から高温まで、マイクロからマクロスケールまで適用可能な温度速度同時計測手法の開発を目的とする。

燐光粒子として100℃以下の流れ場では市販の PIV（Particle Image Velocimetry）粒子に有機系金属錯体を焼結した粒子を用いる。60℃以下ほどの温度で顕微鏡観察を行う微小スケール流れでは液中乾燥法を用いた感温性マイクロカプセルを合成してトレーサー粒子とする。100～900℃以上の高温条件では無機蛍光体粒子をトレーサーとして用いる。これらの感温性燐光粒子を紫外線で励起し、温度に依存した燐光の寿命を高速度カメラで捉えることにより温度を、粒子パターンの移動量を算出することにより速度分布を、共通の画像から算出することができる。流体中の温度分布を可視化計測可能な手法は限られており、気体中の温度分布を可視化する手段は存在しないため、特に気体に着目しつつ温度速度同時計測手法の開発を行う。

本研究では、感温性燐光粒子を用いた計測を実現するため、まず初めに多様な燐光物質の発光強度、スペクトル、燐光寿命の温度依存性を評価した。また、温度速度同時計測の実現可能性を実証するためオイル流れを対象とした実験を行い、±0.35～0.40℃の精度で瞬時の温度分布を可視化可能であることを示した。

更に顕微鏡観察下においても同手法を適用できることを確認した。顕微鏡下で利用可能な機能性マイクロカプセルの合成に着目し、マルチスケールでの温度速度同時計測に必要なトレーサーの作成が可能であることを確認した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］可視化、温度分布、蛍光

［研 究 題 目］光反応を利用したカーボンナノチューブの分散性制御
［研究代表者］松澤　洋子（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］松澤　洋子（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本課題では、これまでに研究担当者らが見出した「単層カーボンナノチューブの分散性を光で制御する新技術」に関して、Materials Research Society（MRS）が主催する2012MRS Fall Meeting において成果発表し、多くの参加者にアピールするとともに、情報/技術交換することを目的とした。MRS は約80か国、のべ1万6千人の科学者、技術者（産学官問わず）がメンバーとなっている国際的な科学技術系学協会であり、春（Spring Meeting）と秋（Fall Meeting）に主たる国際会議を開催している。特に Fall Meeting は毎年6千名程の参加者が集う国際会議であり、成果発信、情報収集に適している。研究担当者は Compatible and High-throughput Deposition of Carbon Nanomaterias のセッションにおいて、“Water soluble stilbene derivatives act as novel dispersants for SWCNTs”と題した発表を行った。

発表を行ったセッションでは、カーボンナノチューブの専門家というよりも、化学的な視点からナノチューブの分散性に取り組んだ話題が中心であった。分散剤を用いて作成したナノチューブ分散液を機能性インクとして用い、インクジェット方式で塗布、製膜性や導電性を評価した報告等があった。分散剤には芳香族系の化合物、多糖類等を用いる例が多かった。ナノ材料の発展には、扱いを容易にするための技術が必須であることを再認識し、有益な意見交換等を行うことができた。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］カーボンナノチューブ、分散剤、光反応

［研 究 題 目］**アバターロボットを制御する脳波コミュニケーション技術の開発**

［研究代表者］長谷川　良平（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］長谷川　良平（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

昨今、脳と機械を直結する BMI（ブレイン-マシンインターフェース）、特に脳波による意思伝達技術が注目されている。しかし、先行研究の多くは装置の性能向上に関心があり、ユーザビリティに対する配慮が少なかった。そこで本研究では「人が快適に使える脳波コミュニケーション技術」の開発を目的として、「ユーザーに身体的・精神的負担の少ないような脳波計測装置」と「楽しくかつ臨場感のあるコミュニケーション場面を演出するアバターロボット制御」という2つの要素技術の開発に取り組んだ。

具体的には、快適に脳波を計測できる事を目的とした軽量樹脂製ヘッドギアの設計開発と、臨場感あるコミュニケーションを可能にするアバターロボット制御システムの開発を行った。軽量樹脂製ヘッドギアの開発には、国際10-20法に基づき選択した信号導出チャネルの配置を行い、この電極配置を反映したヘッドギアの3次元データを作成した。今後このデータに基づき造形試作を行う予定である。また、アバター表出ロボットとしては近藤科学製の KHR-3HV に改良を加え、カメラおよび無線通信装置を装備させることで、パソコンから送られた信号をリアルタイムで動作として表現できるように各種ジェスチャーの登録を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］アバター、二足歩行ロボット、脳波、事象関連電位

［研 究 題 目］**フタル酸エステル類への経皮曝露評価～皮膚透過性試験法の確立と応用～**

［研究代表者］篠原　直秀（安全科学研究部門）

［研究担当者］篠原　直秀（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

可塑剤として床材や壁紙などの建材や、各種家庭用品などの我々の身近にあるプラスチック材料に多く使用されているフタル酸エステル類は、蒸気圧が低いために、室内の浮遊粒子や床・壁などの表面に吸着して存在しており、接触時の経皮曝露が懸念されている。本研究では経皮曝露評価を行うための手法を開発することを目的としている。

昨年度は、材料表面のフタル酸エステル類存在量及び放散量を求めるためのパッシブ式の測定器を開発し、測定を行った。建材からの放散はフィックの法則に従って分子拡散していることが確認された。今後、本測定器応用することで経皮曝露量測定を実施する予定である。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］室内環境、フタル酸エステル類、経皮曝露、放散量、分子拡散

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

［代表研究者］野田　和俊（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］野田　和俊（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

いつでも、どこでも、住宅内の各種環境情報を小型のセンサユニットによって管理し、得られたデータはソーシャルネットワークサービスを活用したデータ発信器によって公開可能なシステムを構築し、ユーザーに対して容易に可視化できる基本システムの開発を目的としている。そこで、住宅環境を測定するためにセンサ（温度、湿度、気圧、ガス（匂い）、振動等）を小型のユニットに集合化して設置を容易にし、そこから得られたデータを簡単にユーザーへ情報提供するために既成のソーシャルネットワークサービスを活用したデータ発信器を新たに開発し、誰でも簡便に利用でき可視化するための基本システムを試作開発し、短期間で実用化に結びつけるための研究を実施する。

センサユニットとしては、室内環境ガス測定を目的とした、VOC ガス検知特性が良好と考えられるプラズマ重合薄膜を利用した水晶振動子（QCM）センサを2素子取り付ける構造のものを試作した。同時に、小型の温湿度センサ、気圧センサ、3軸加速度センサも内蔵し、さらに光センサなど外部センサ信号も入力可能とするアナログ入力機能を有する構造とした。このセンサから得られたデータは、インターネット上で多くのユーザーが利用しているソーシャルネットワークサービス（SNS）を利用し、表示可能なシステムを検討した。この結果をもとに実際の現場に設置し、その有効性を確認した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］スマートセンサ、ソーシャルネットワークサービス、環境計測、水晶振動子、ケミカルセンサ

［研 究 題 目］**安全で快適な半屋外・居住環境形成のための高齢者の温熱生理・心理・行動特性に関する研究**

［研究代表者］都築　和代（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］都築　和代（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

安全で快適な居住環境構築のために、高齢者の温熱生理、心理、そして、行動特性に関するデータを収集する。特に、近年、夏季に熱中症等で亡くなる高齢者の数が増えているので、熱中症予防等に用いられる暑熱環境における温熱環境評価の妥当性を検証する。屋外の温熱環境を評価するために、屋外で直達日射がある環境（日向）と直達日射がない環境（日陰）で、気温、湿度、風速等の環境測定とともに、高齢者の皮膚温や発汗などの体温調節反応を測定し、温冷感、快適感、許容度などの主観申告を得る。実測した温熱環境と被験者の生理・心理反応との関係、ならびに、実測した物理的温熱環境から温熱指標を計算し、それらとの関係を調べる。測定項目は、(1) 温熱環境の測定：気温、湿度、風速、放射温度、水平面日射量等を連続測定する。(2) 被験者の体温調節反応：前額、胸、背中、大腿、下腿、足の皮膚温を連続測定する。胸と背中において衣服と肌の間の衣服内温度・湿度を連続測定する。また、心拍数を連続測定する。暴露時間の前と後に体重測定を実施し、体重減少量を算出する。(3) 被験者の主観申告：温冷感、快適感、放射感、風速感、許容度についての申告を被験者から受ける。以上の実験計画を立案し、夏季に実験実施する予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］高齢者、屋外環境、日射、体温調節

［研 究 題 目］**アルミニウム資源循環の高度化を目的とする建材スクラップ選別技術の研究**

［研究代表者］古屋仲　茂樹

［研究担当者］古屋仲　茂樹、山本　剛義（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究は、研究代表者らが開発したレーザー3次元解析法による金属スクラップの自動ソーティング技術をアルミ建材スクラップの破砕物の選別に応用し、アルミ展伸材であるサッシとその他の不純物金属の選別の可能性について検討することを目的とする。

廃アルミサッシの破砕・選別処理を行っているリサイクル施設で発生しているスクラップを対象に、形状、組成、品質などを調査してデータベース化するとともにサッシスクラップと不純物の選別に最適な識別アルゴリズムを開発し、小規模な実験装置を製作して性能評価試験を実施した。その結果、サッシと不純物金属の識別において、識別アルゴリズムを更新して試験を繰り返すごとに的中率が上昇し、最終的にデータベースに未登録のサッシを含むすべての試料について 90%以上の精度で識別可能であることが分った。また、この選別の結果として得られる「サッシ回収物」は、不純物の混入量が低減したことによってアルミニウム展伸材に近い元素組成を示し、新塊による希釈率 4.8 倍で建材用の 6063 合金として再生可能であることが分った。さらに、既存のリサイクル業者におけるスクラップ処理工程におけるレーザー3 次元解析法の最も有効な使用法を明らかにし、トータルな処理システムとして提案した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］リサイクル、建材、アルミサッシ、破砕、選別

［研 究 題 目］**運動学習における小脳－基底核連関を探る**

［研究代表者］山本　慎也（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］山本　慎也、小島　奉子（ワシントン大学）（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

海外研究者招聘助成事業（公益財団法人ブレインサイエンス振興財団・海外研究者招聘助成）において、米国ワシントン大学の小島奉子博士を平成24年9月12日より26日まで招聘した。小島博士には、日本滞在期間中、生理学研究所、第35回日本神経科学大会、産業技術総合研究所において、ご講演いただいた。

第35回日本神経科学大会（9月18日～21日）においては、大会3日目の9月20日に、生理学研究所の橘吉寿博士と共に、シンポジウム「古い脳に潜む新たな機能−故きを温ねて新しきを知る−（Exploring novel functions of old brain structures)」をオーガナイズした。当シンポジウムは、「古い脳に備わる運動・認知・情動機能」をコンセプトに、霊長類における小脳・大脳基底核・視

床・脊髄といった皮質下構造がどのようにして行動制御やその学習に関与しているのか？という問いに、最新の研究成果を展開・議論することで迫ろうと企てた。小島博士には、小脳における誤差信号がサッカード適応の学習過程に必要であることを、「Is a cerebellar error signal required for saccade adaptation?」というタイトルで、非常に洗練された美しい実験系によりクリアに証明いただいた。

さらに産総研および生理研において、上記のトピックのほかに、「Cerebellar influences on agonist and antagonist motoneuron activity during saccades.」というタイトルでご講演いただいた。運動には主働筋と拮抗筋の協調が重要であるが、サッカード中の主働筋－拮抗筋の協調に、caudal fastigial nucleus が重要な役割を果たすことについて、電気生理学的手法を用いた最新の研究をご披露いただいた。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］神経科学、認知科学

［研 究 題 目］**光コムによる超精密時空間操作・計測技術の研究**
［研究代表者］美濃島　薫（計測標準研究部門）
［研究担当者］美濃島　薫（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

光コムの利用技術を高度化するため、近年、間隔の広いモード同期レーザを発生させる技術が研究されているが、間隔周波数を高周波化することにより、共振器内の非線形光学効果の効率が低下し光コムの品質に影響するため、レーザ自体の高周波化には限度がある。そこで、光コムの周波数精度と等間隔性を損ねることなくフィルタリングすることによって、光コムの周波数間隔を実効的に拡大する技術を確立する。本年度は、フィルタリングのための共振器構成を低分散光学系によって検討・設計し、フィルタリングによるモード除去性能を検討した。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］光コム、光周波数コム、ファイバレーザ、長さ計測

［研 究 題 目］**実験系に即した量子状態推定技術の確立**
［研究代表者］吉澤　明男（電子光技術研究部門）
［研究担当者］吉澤　明男、福田　大治、土田　英実（常勤職員3名）
［研 究 内 容］

量子状態トモグラフィーにより量子状態を推定する方法は、実験で生成した量子もつれ光子対を評価する手段として必須であり、推定された密度行列から得られる忠実度は生成した量子もつれ状態と理想状態との類似性を示す重要な指標となる。本研究の目的は、量子状態トモグラフィーの適用範囲を明確にし、実験系に即した量子状態推定技術を開発するものである。具体的には、実験系に含まれる損失の大小、光子数識別能力の有無等を考慮しながら量子状態トモグラフィーについて理論的、実験的な検討を行い、推定した忠実度の妥当性について評価、更に、実験系に依存した修正を量子状態トモグラフィーに対して行う。

本年度はパラメトリック下方変換による偏光量子もつれ発生を想定し、マルチペアを含む量子もつれ状態に対して量子状態トモグラフィーを数値演算により実施、16種類の同時計数から推定した忠実度（推定値）と忠実度の定義式から直接計算した値（真の値）を比較して「光子数識別不可の光子検出器：4台」を用いる量子状態トモグラフィーが実験において推奨される構成であるとの結論を得た。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］量子暗号、量子もつれあい、量子トモグラフィー、光子検出

［研 究 題 目］**局部傾斜角度測定を利用した高精度かつ高ダイナミックレンジな形状測定法の開発**
［研究代表者］尾藤　洋一（計測標準研究部門）
［研究担当者］尾藤　洋一、近藤　余範（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

物体の表面形状の測定は、様々な分野のものづくりや研究開発において欠くことのできない重要な基盤技術の一つであり、その要求性能（高精度化、大口径化など）は年々高まる一方である。本研究では、形状表面の局所的な傾斜角分布を測定し、積分することにより形状を測定するシステムを開発し、高ダイナミックレンジかつナノレベル精度の実現を目指す。

本年度は、物体表面の局所的な傾斜角変化に伴う反射ビーム角度の変化をミラーの回転角に変換するシステム（フィードバック制御システム）を導入し、表面形状の局部傾斜角度の変化をミラーの回転角として、オートコリメータにより間接的に測定できるシステムを構築した。これにより、高精度に校正されたオートコリメータによる測定か可能となった。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］形状測定、角度、平面度

［研 究 題 目］**クリシュナ・ゴダバリデルタの自然システム機能に基づく環境解析**
［研究代表者］齋藤　文紀（地質情報研究部門）
［研究担当者］齋藤　文紀（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

インド東部海岸のクリシュナデルタとゴダバリデルタについて、アンドラ大学のナゲシュワラ・ラオ教授と共同で、デルタの発達史から見た自然システム機能の把握を試みた。用いたデータと解析は、SRTM の強度画像

と標高データによる表層微地形の解析、アンドラ大学で採取したボーリングコアの堆積相解析と放射性炭素年代測定による解析である。平成23年度と24年度に採取したボーリングコアと既存のデータを総合的に解析した結果、従来出されていたデルタの成長モデルでは地形や発達史が説明できなく、新たな成長モデルを構築する必要があることが判明した。数千年スケールにおけるデルタの変遷をみると完新世におけるデルタは大きく海進期と海退期の2つの時期に分けることができ、海退期は更に2つのステージに区分される。海退期の2つの時期では同じようなデルタの成長を繰り返していることが明らかになった。これらの変遷から現在の環境を見ると、現在は最もデルタ前面が侵食される時期に当たり、これにダム建設にともなう土砂輸送量の減少が加味され、大きな沿岸侵食が生じていることが明らかになった。

クリシュナデルタにおいては、ボーリング試料の記載と年代測定が終了した。地形データと総合して25年度に向けて解析を行う予定である。

［分　野　名］地質
［キーワード］インド、ゴダバリデルタ、クリシュナデルタ、デルタ、環境変動、完新世

［研 究 題 目］室内環境中ピレスロイド系及び有機リン系農薬の曝露評価のための基礎的研究
［研究代表者］大竹　貴光（計測標準研究部門）
［研究担当者］大竹　貴光（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

現代人は、一日のおよそ8割を室内で過ごすと言われていることから、室内環境はヒトの健康を考える上で重要である。そこで近年、建材などを発生源とする、室内中のホルムアルデヒドや揮発性有機化合物の分析が多く行われている。しかし農薬類のうち、特にピレスロイド系及び有機リン系農薬は、例えば家庭用殺虫剤、蚊取り線香、タンス用の防虫剤として室内で幅広く使用されていることから、先に述べたホルムアルデヒドなどと同様に調査の必要性が高いにもかかわらず、国内の一般家庭を対象とした調査はほとんど行われていない。さらに当該農薬の一部は、曝露することにより神経系に影響を引き起こす可能性が示唆されている。そこで本研究では、将来的に曝露評価を行う土台作りとして、室内におけるピレスロイド系及び有機リン系農薬分析を、空気及びハウスダストを対象に行い、濃度レベルをモニタリングすることを目的とする。

今年度は、サンプリング条件と分析法の確立、一般家庭の室内中ピレスロイド系及び有機リン系農薬の分析を予定通り行うことができた。具体的には、論文などの情報を基に分析対象農薬を選定し、捕集剤や空気採取量の検討などを行ってサンプリング条件を確立した。また、マイクロ波抽出法を用いた精確な分析法を確立した。確立したサンプリング条件と分析法により、一般家庭10軒における実際の室内中における対象農薬濃度の調査を行った。サンプリング期間が冬季であったため、対象農薬の濃度は空気、ダスト中とも検出下限値以下であったが、来年度実施する夏季の測定結果と比較し、対象農薬濃度レベルの季節変動や発生源などについて考察する予定である。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］室内環境、農薬、マイクロ波抽出法

［研 究 題 目］光による液体固体相転移を示す材料の研究
［研究代表者］秋山　陽久（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］秋山　陽久、吉田　勝、阿澄　玲子、則包　恭央（常勤職員4名）
［研 究 内 容］

単一化合物の液体状態と固体状態の可逆的転移は、温度変化によって引き起こされるというのが一般常識である。これに対して本研究者らは、近年、室温で光の照射のみにより液化と固化を繰り返しおこす物質を初めて見出した。また、これに加えて、この材料を、光で接着と脱着が繰り返し可能な接着剤として用いることができることを実証している。しかし、この物質は光を吸収する部分にアゾベンゼン色素を用いているため黄色～赤色に呈色している。そのため、用途が限定されてしまう可能性がある。そこで、無色の光反応性材料を用いても同様な光相転移を可能にすることを目指して、新たな光相転移を示す分子の設計と合成を行っている。具体的には、同じく可逆的光異性化反応を示す可視光領域に吸収のない炭素炭素二重結合をもつ化合物をアゾベンゼンの代わりに用いて、これを糖アルコールに導入する反応を試みている。しかしこの化合物は、副反応も起こすために、この反応を抑えるための分子設計をした上でその化合物の合成を行っているところである。一連の研究を通じて色素を無色することに加え、液体固体光相転移を示すのに必要な要件を検討して、光液化固化性能化合物の基本設計指針を明らかにし、化合物群の拡張を狙う。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］液晶、高分子、相転移、接着剤

［研 究 題 目］鉄・マンガンクラストの成長ハイエタス仮説の検証
［研究代表者］後藤　孝介（地質情報研究部門）
［研究担当者］後藤　孝介、野崎　達生（海洋研究開発機構）、鈴木　勝彦（海洋研究開発機構）（常勤職員1名、他2名）
［研 究 内 容］

海底鉱物資源としても期待される鉄マンガンクラストの成因および形成史解明に向け、北西太平洋より採取された鉄マンガンクラスト試料の形成年代決定を行った。鉄マンガンクラストは、海水から様々な重金属元素を濃

集しながらゆっくりと形成することが知られており、本研究で着目するオスミウムも濃集する。この性質を利用し、鉄マンガンクラストの成長に伴うオスミウム同位体比変動を、堆積物より復元された過去の海水のオスミウム同位体比変動パターンにフィッティングさせることで鉄マンガンクラストの形成年代を決定する方法が近年提唱された。オスミウム同位体比を用いた年代決定は、他の年代決定法では困難な古い時代（～6500万年前）に形成した鉄マンガンクラストの生成年代決定や、鉄マンガンクラストの成長が停止した期間（成長ハイエタス）の検証が可能であるという利点がある。本研究では、海洋研究開発機構との共同研究のもと、北西太平洋の拓洋第五海山より採取された鉄マンガンクラストの形成年代をオスミウム同位体比分析に基づき決定した。その結果、拓洋第五海山の鉄マンガンクラスト試料は、他の年代決定方法により推測されていた形成年代よりも古い時代に形成が開始したことが明らかとなった。また、先行研究により示唆されていた成長ハイエタスと同様の成長停止期間が、拓洋第五海山の試料でも存在した可能性があることも分かった。今後、他の海域より採取された鉄マンガンクラストの分析も行い、鉄マンガンクラストの成長ハイエタスが普遍的に存在する現象であるかを検証していく。

［分　野　名］地質
［キーワード］鉄マンガンクラスト、古環境変動、オスミウム

［研 究 題 目］全固体リチウムー空気電池の構築とキャラクタリゼーション
［研究代表者］北浦　弘和（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］北浦　弘和（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

目標：

環境問題、エネルギー問題の深刻化から、高性能二次電池の開発が精力的に行われている。正極を空気極、負極を Li 極とするリチウムー空気電池は、リチウムイオン二次電池と比べて10倍以上のエネルギー密度が期待できる。しかしながら Li 金属と有機電解液が併用された場合、安全性の面で大きな問題となる。一方、不燃性の無機固体電解質を用いた全固体電池は安全性の問題を根本的に解決できる電池として研究されている。もし全固体リチウムー空気電池を構築できれば、安全性と高エネルギー密度を兼ね備えた二次電池となる。そこで本研究では、実際に無機固体電解質を用いたリチウムー空気電池を構築し、評価を行った。

まず始めに無機固体電解質としてオハラ社より提供された Li-Al-Ti-PO_4系固体電解質（LATP）を用いて、Li／ポリマー電解質／LATP／空気極という構成の電池を構築し、電池として作動することを確認した。LATP は Li 金属と接触させると反応してしまい電子伝導性が発現してしまうため、間にはポリマー電解質を導入した。空気極はカーボンナノチューブ（CNT）と LATP 粉末を混合したものを用いた。この結果から電解質として固体電解質のみを用いたリチウムー空気電池が実現できる可能性が示唆された。

そこで、全固体リチウムー空気電池により適した電解質として、Li-Al-Ge-PO_4系固体電解質（LAGP）を合成し、Li／LAGP／空気極という構成の電池を構築した。得られた成果として、電解質として固体電解質のみを用いたリチウムー空気電池を作動させることに成功し、大気雰囲気下における充放電特性についての知見を得た。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］全固体電池、リチウムー空気電池、セラミックス

［研 究 題 目］国際会議に向けた海外渡航費援助（Conference on Precision Electromagnetic Measurements 2012）
［研究代表者］堂前　篤志（計測標準研究部門）
［研究担当者］堂前　篤志（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

Conference on Precision Electromagnetic Measurements（CPEM）は精密電磁気計測に関する国際会議であり、参加者の大多数が各国の国家計量機関に所属する研究員である。このことから、CPEM は精密電磁気計測に関する国際会議のなかで最も権威ある会議のひとつとなっている。CPEM は隔年で開催され、今回の会議（CPEM2012）は Washington D.C.において2012年7月1日から6日にかけて開催され、参加者が40を超える国から集まり、合計368件の発表があった。

今回、CPEM2012に参加し、「直流高電圧分野における国家計量標準の高度化につながる新たな抵抗分圧器の開発」、および「国家計量機関や企業等において実用的な電気抵抗の基準として用いられている標準抵抗器の高度化」に関する研究成果の報告を行った。どちらの報告も聴講者から活発な質問が寄せられた。また、聴講者とのディスカッションを通じて今後の研究の進め方についての重要な示唆を得ることができた。

標準抵抗器の高度化に関する報告は論文として IEEE の Instrumentation & Measurement Society へ投稿し、2013年6月発行の”Special Issue on CPEM2012”に掲載された。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］精密電磁気計測、計量標準、電気抵抗

［研 究 題 目］高アスペクト比を持つ金ナノロッドのサイズ分散抑制法の開発
［研究代表者］武仲　能子（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］武仲　能子、井上　貴仁、大園　拓哉（常勤職員3名）

［研究内容］

金コロイドの中でも棒状の形状をしたものを金ナノロッドと呼び、特に直径と長さの比（アスペクト比）が20を超えるものを高アスペクト比金ナノロッドと呼ぶ。高アスペクト比金ナノロッドは、ナノギャップ電極や光学素子等に応用が期待されているナノ材料であるが、合成時の長さ分散が大きく、工業化に向けては長さ分散の抑制が必須である。先行研究では、長さ分散を抑制するために、合成後の金ナノロッドを長さによって分別する方法が多く研究されてきた。たとえば、遠心時の遠心チューブの形状に依存した分別法などがある。しかし実際の工業化を見据えた場合には、なるべくサイズ分別までのプロセスが少ないほうが有利である。

そこで本研究では、合成後にサイズ分別を行うのではなく、合成時にサイズを分別して作成する新たな方法を開発する。この合成方法では、合成後のサイズ分別プロセスが必要ない為、実際の工業化においては有利であると考えられる。具体的な合成方法として、微小空間内で金ナノロッドを1本ずつ合成するシステムを構築した。このシステムでは金ナノロッド間の相互作用がない為、金ナノロッドの長さは基質の濃度のみによって制御できる。今後、最適な基質濃度を制御することで、サイズ分散の小さい金ナノロッドが合成できると期待される。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］金ナノロッド、合成方法、サイズ制御

［研究題目］陽電子寿命測定を用いた金属疲労診断装置の開発

［研究代表者］山脇　正人（計測標準研究部門）

［研究担当者］山脇　正人（常勤職員1名）

［研究内容］

陽電子寿命測定法は転位等の原子欠陥レベルの超微細空孔の高感度検出が可能であり、材料の分析研究に用いられている。従来、本手法による測定ではサンプルを2枚切出し、陽電子線源をサンドイッチする方法がとられていたが、近年、サンプルを切出さずに直接対象を陽電子寿命測定出来る手法が開発され、構造物や1枚の試験片で陽電子寿命測定をおこなうことが可能となった。

陽電子寿命測定を用いた金属疲労診断を実施するにあたって、欠陥の挙動をその場測定することは非常に重要なことと考えられる。例えば、試験片の曲げ挙動では表面に圧縮応力と引張応力が同時に負荷されるため、サンドイッチして測定した従来手法で陽電子寿命測定を行った場合、圧縮応力と引張応力の情報が混在してしまうが、1枚の試験片で陽電子寿命測定が可能な技術を用いれば、圧縮応力下と引張応力下の陽電子寿命情報を別々に評価することができる。今回この技術を用いた応力負荷中の陽電子寿命測定系を開発し、鉄鋼材料において曲げ応力負荷中における陽電子寿命測定を行った。応力負荷は塑性変形のおこらない弾性領域での応力負荷で測定を行ったところ陽電子寿命の変化が観測された。この理由として

①結晶の歪による陽電子寿命の変化

②弾性領域の応力負荷での空孔の変化

の2つの可能性が考えられる。今後測定性能の向上と更なる分析により、この2つの可能性を明らかにしていきたい。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］陽電子寿命測定、非破壊検査、アンチコインシデンス、転位、弾性変形

［研究題目］イオン液体と高分子が自律形成するミクロ構造を活かしたガス分離膜の開発

［研究代表者］牧野　貴至（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］牧野　貴至（常勤職員1名）

［研究内容］

イオン液体を多孔質体に含浸させた膜は、優れたCO_2透過選択性を示すものの、圧力や同伴成分によるイオン液体の脱落、それに伴う性能低下が課題とされていた。これらを解決するため、イオン液体と高分子を複合化させたゲル膜の利用が提案されている。当該複合材の微細構造は、イオン液体及び高分子の種類や組成に依存して変化する。本研究では、微細構造の CO_2透過選択性に対する影響を明らかにすることを目的とした。

ポリフッ化ビニリデン（pvdf）及びポリフッ化ビニリデン–ヘキサフルオロプロピレン（pvdf-hfp）と、1–ブチル–3–メチルイミダゾリウム　トリフルオロスルホン酸（[bmim][TfO]）を種々の組成で複合させた。いずれの系においても CO_2透過選択性は、[bmim][TfO]の組成が増加するほど向上した。各系の CO_2選択率は同程度であったが、CO_2透過速度は pvdf-hfp 系の方が優れていた。熱分析及び分子分光分析から、[bmim][TfO]は pvdf とより強く相互作用していることが示唆され、[bmim][TfO]の運動性の低下が透過速度に影響していると考えられた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］分離膜、二酸化炭素、イオン液体、高分子、省エネルギー

［研究題目］セルロースから化学品のワンステップ合成を実現する担持金属触媒の創製

［研究代表者］山口　有朋（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］山口　有朋（常勤職員1名）

［研究内容］

循環型社会構築のために、枯渇性資源ではなく再生可能な資源を原料として利用する研究が進められている。特に、バイオマスに多く含まれ、かつ、非可食性であるセルロースから有用物質に変換する反応が研究されてい

る。本研究では、セルロースをワンステップでイソソルビド（医薬品原料や高分子添加剤）に変換する担持金属触媒の創製を検討した。具体的には、水素化分解反応（セルロース→ソルビトール）と酸触媒反応（ソルビトール→イソソルビド）を同時に進行させる担持金属触媒を創製し、セルロースからイソソルビドへのワンステップ変換を実現した。

現在、工業的なイソソルビドの合成は、硫酸によるソルビトールの脱水反応により行われている。このプロセスでは、反応後に中和・中和により生成する塩の分離・生成物の精製と煩雑な過程が必要である。本研究では、反応物を豊富な非可食性バイオマス資源（セルロース）に変更可能であり、かつ、ワンステップの反応で有用物質に変換することが可能となる。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］バイオマス利用、担持金属触媒、高温水反応場、セルロース

［研 究 題 目］代替フロンの加水分解反応速度再評価と省エネルギー処理システムの提案

［研究代表者］忽那　周三（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］忽那　周三（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

ヒドロクロロフルオロカーボン類（HCFCs）は、成層圏オゾン層への影響のため国際的な規制により2020年または2030年までに放出量を全廃する必要がある。担当者らは主要な HCFCs である HCFC-22が80℃において容易に加水分解（OH^-反応）し、その速度定数が文献値の10倍であることを見出した。本研究では、代表的な HCFCs の80℃付近の加水分解反応速度定数を実測により再評価し、加水分解反応性の高い HCFCs を対象物質として、80℃のような低温において水酸化ナトリウムなど広く工業的に使用されているアルカリ水を用いる、HCFCs の省エネルギー処理システムを提案する。

24年度は、HCFC-225ca と HCFC-123の加水分解反応（OH^-反応）速度定数 $k_{OH^-}(T)$ を40℃ - 80℃の温度範囲で決定した。HCFC-225ca の $k_{OH^-}(T)$ は HCFC-22と同程度に大きく、HCFC-123の $k_{OH^-}(T)$ は3桁小さかった。HCFC-225ca の加水分解反応ではβ脱離が起こり、$CF_3CF{=}CCl_2$がほぼ定量的に生成した。HCFC-225ca では加水分解による破壊処理が有効となる可能性があるが、生成物 $CF_3CF{=}CCl_2$の破壊処理が必要である。吸着剤の添加により HCFC-22と HCFC-225ca の加水分解による処理速度が増大することを確認した。$k_{OH^-}(T)$ を決定した OH^-濃度範囲より1桁以上高い OH^-濃度範囲では、加水分解速度は OH^-濃度に比例せず特定の OH^-濃度で加水分解速度が最大になった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］ヒドロクロロフルオロカーボン、HCFC、ヘッドスペース、脱離

［研 究 題 目］超早期診断技術開発プロジェクト

［研究代表者］申　ウソク（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］申　ウソク、伊藤　敏雄、伊豆　典哉、赤松　貴文、永井　大資、中嶋　隆臣（常勤職員4名、他2名）

［研 究 内 容］

ガスセンサを用いた呼気分析は最も有望な非侵襲生体情報計測であり、簡便で迅速に呼気中のガス成分を検出し、早期に健康状態及び疾患等を診断する技術として有望である。

本課題では、触媒燃焼熱を電圧に変換して出力する熱電式ガスセンサ原理を利用した呼気ガスセンシング技術とがん等の疾患を早期に診断できる VOC ガスセンシング技術を開発するとともに、それらのプロトタイプガス検知器を医学部グループに提供し、呼気水素濃度計測を実施する。

本年度は、素人でも操作できるように自動化を進め、数～200ppm の範囲の呼気中の水素濃度をガスクロ（GC）のようなガス分離部無しで選択的に計測する熱電式水素センサを搭載したプロトタイプを試作した。熱電式センサの信頼性向上のために、デバイスの熱バランス解析を行い、熱抵抗と熱容量等を見積もり触媒燃焼による発熱量をシミュレーションした。これらの定量的なデータから素子プロセスへのフィードバックが期待できる。

VOC ガスセンサについては、GC 式で VOC 成分を分離するプロトタイプ試作品を開発した。昨年度開発したセンサ素子のセンサ基板のヒータパターンを設計変更し、パッケージを改良することで VOC プロトタイプ試作品に搭載し、患者の呼気中数 ppb のノナナールの検知を達成した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ガスセンサ、アレイ、燃焼触媒、熱電デバイス、半導体式センサ、模擬呼気ガス計測

［研 究 題 目］導電性高分子をフレキシブル電極とする電場駆動型・超薄膜ペーパーアクチュエータの創製

［研究代表者］原　雄介（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］原　雄介（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究課題は、導電性高分子をフレキシブル電極とするキャパシタータイプの電場駆動型の超薄膜ペーパーアクチュエータを開発し、その機能を明らかにすることを目標としている。これまでの研究で開発に成功した電場応答型・超薄膜アクチュエータの特徴は、数百μm といった薄さだけではなく、ウェットプロセスのみで非常に安易に作製可能な点にある。本アクチュエータの電極に

は、フレキシブルで高導電性を有する導電性高分子を採用している。この素子に低電圧（1V 程度）を印加すると、アクチュエータ全体が屈曲運動を起こすことを確認した。今後は、アクチュエータの高機能化を目指した研究を行っていく。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］導電性高分子、アクチュエータ、電場応答

［研 究 題 目］2011年東北地震津波による日本国宮城県松島湾の海底環境被害

［研究代表者］長尾　正之（地質情報研究部門）

［研究担当者］長尾　正之（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

2012年6月17日から22日までギリシア国ロードス島で The Twenty-second (2012) International Society of Offshore and Polar Engineering Conference（ISOPE-2012 Rhodes Conference）（第22回海洋と極地工学に関する国際会議）が開催された。ISOPE-2012には、「津波と安全に関するシンポジウム(ISOPE-2012 Tsunami and Safety Symposium)」が設けられた。これは、近年立て続けに起こった2011年東北地方太平洋沖地震津波、2010年チリ地震津波、2004年スマトラ沖地震津波で生じた深刻な被害に鑑み、今後世界で予想される津波災害への対策と、科学技術コミュニティーが直面する課題について討論することを目的としたシンポジウムである。今回2011年に松島湾で生じた津波被害を速報し、津波対策分野を先導する第一線の研究者と津波災害対策について意見交換することを目的として、この津波と安全に関するシンポジウムに参加した。

［分　野　名］地質

［キーワード］ 2011年東北地方太平洋沖地震津波、津波、海底がれき、超音波海底探査装置、松島湾

［研 究 題 目］アルギニンを用いたポリフェノールの可溶化

［研究代表者］平野　篤（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］平野　篤（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

ポリフェノールは活性酸素種を除去する作用（抗酸化作用）を有するため、老化防止や成人病予防などに有効な物質であると期待されているが、酸性や中性条件下で水に溶解しにくいため、食品や飲料への応用が困難である。我々は既に人体に安全なアミノ酸の一つであるアルギニンが難水溶性の薬剤の可溶化に有効であることを示しており、当該研究では、この可溶化技術を応用してポリフェノールの溶解度の向上を目指す。

我々はアルギニンの共存による芳香族薬剤の溶解度の向上に成功しており、同じく芳香族化合物であるポリフェノールの可溶化も、アルギニンの共存によって実現すると予測している。アルギニンは芳香環と相互作用するため、芳香環の数が多いポリフェノールほどアルギニンによって可溶化されやすいと考えられる。本研究はポリフェノールの溶解度実験と分子動力学計算を組み合わせることで、ポリフェノールに対するアルギニンの可溶化効果とそのメカニズムを明らかにする。

ポリフェノールの難水溶性は消化管での吸収効率（効能）の低下も招くため、本手法によって、ポリフェノールの溶解性が改善されれば、ポリフェノールを含有した飲料やサプリメントの開発の幅が広がるだけでなく、抗酸化作用等の効能の向上も可能になる。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］可溶化、アルギニン、薬剤、ポリフェノール

［研 究 題 目］社会性アブラムシにおける自己犠牲的なゴール修復行動に関わる分子、細胞、発生学的基盤の解明

［研究代表者］沓掛　磨也子（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］沓掛　磨也子（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、モンゼンイスアブラムシの兵隊幼虫が示すゴール修復という社会行動に着目し、その成立基盤および進化について、分子・細胞・発生の多面的アプローチからの理解を目指すものである。

ゴール修復とは、外敵により破壊された巣（ゴール）の傷を、兵隊幼虫がみずからの大量の分泌体液を混ぜ固めて塞ぎ、修復するという社会行動である。兵隊は、体腔内に多数の巨大で顆粒をもつ特殊な細胞（以下、巨大顆粒細胞とよぶ）を有しており、ゴール修復時には、巨大顆粒細胞を大量に含む体液を放出する。これまでの研究から、この分泌体液中には、5-6種類のタンパク質が多量に存在しており、それらの一部は、フェノール酸化酵素および内部に繰り返し配列をもつ新規タンパク質（以下、サイズ多型タンパク質とよぶ）であることが明らかになっていた。

フェノール酸化酵素およびサイズ多型タンパク質の*in situ*ハイブリダイゼーションおよび免疫組織化学をおこなったところ、いずれも巨大顆粒細胞で発現していることがわかった。また、巨大顆粒細胞におけるRNAseq解析をおこなったところ、これらの遺伝子は、巨大顆粒細胞において極めて大量かつ特異的に発現していることが明らかになった。このことは、これらのタンパク質成分がゴール修復時における分泌液凝固に重要な役割を果たしている可能性を強く示唆している。特にフェノール酸化酵素はメラニン合成の鍵酵素として知られており、その反応過程で生じるキノン類は周辺タンパク質を架橋し凝固させることから、ゴール修復との関連性が推測された。

分泌液凝固反応を*in vitro*で再現するために、大腸菌で発現させたサイズ多型タンパク質の組換えタンパク質に対して、フェノール酸化酵素（キノコ由来の標品）と、基質としてL-DOPAを加えて室温で反応させたところ、サイズ多型タンパク質が架橋され高分子化することが明らかになった。現在、モンゼンイスアブラムシの配列を用いたフェノール酸化酵素の組換えタンパク質を合成中であり、酵素活性をもつ組換えタンパク質を発現させることに成功している。これを用いて、*in vitro*凝固実験をおこない、サイズ多型タンパク質の架橋および凝固反応が再現できるかどうかを調べる予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］社会性昆虫、兵隊アブラムシ、社会行動、体液凝固、メラニン

［研 究 題 目］**難溶性鉱物の重希土類資源評価法と抽出法の開発**

［研究代表者］星野　美保子（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］星野　美保子（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

世界各地のアルカリ火成岩に多量に含まれるジルコンやユージアル石などの鉱物が、金属資源として重要な重希土類元素（HREE：Y, Gd-Lu）を多量に含有することは古くから知られていたが、風化や変質に強く分解しにくい鉱物（難溶性鉱物）であるため、これまで資源開発の対象にはなっていなかった。そのため、難溶性HREE 含有鉱物の定量的化学分析や結晶構造の評価といった鉱物学的情報は欠如していた。しかし、研究代表者らの最近の研究により、アルカリ火成作用に伴う熱水活動の過程で形成された HREE 含有ジルコンは、結晶性が著しく低下しており、簡単な酸処理で HREE をほぼ100%抽出できることが判明した。そこで本研究課題では、ジルコン以外の鉱物にもこの手法を適用し、HREE 含有難溶性鉱物を実用的な資源として利用することを目指して、化学組成分析と結晶性の評価を行う。これらの鉱物学的情報と、溶媒の種類・温度・濃度を変化させた HREE 抽出実験の結果を合わせて、HREE 資源として利用可能な難溶性鉱物の資源評価法を提案する。

平成24年度は、重希土類資源の候補である多様な産地に産出するフェルグソン石（$HREENbO_4$）に対して、粉末 X 線回折装置を用いた結晶性の評価と希塩酸を用いた HREE の抽出実験を行った。その結果として、フェルグソン石は、結晶構造が壊れた状態で産出するものが多く、150℃程度の1M 塩酸で30時間保持するだけで、ほぼ100%の HREE を抽出できることが判明した。さらに抽出後の残さは、純粋なニオブ酸化物（Nb_2O_5）が形成される。ニオブも最先端製品に必須のレアメタルであり、本結果は、フェルグソン石が有用な重希土類資源だけでなく、ニオブ資源としても有用であることを示唆する。

［分　野　名］地質

［キーワード］重希土類資源、難溶性鉱物、結晶性評価

［研 究 題 目］**免疫応答を高めるための新規メソ多孔質アルミ化合物アジュバント**

［研究代表者］王　秀鵬（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］王　秀鵬（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

免疫システムは、人間が病気と戦うための最高のツールである。しかし、体の自然免疫応答がダウンレギュレートしている場合は、病気との戦いをより効果的にするために、外部からの免疫刺激が必要になる。アジュバントとは、抗原に特異的な免疫応答の程度、範囲、品質と耐久性を向上させる物質である。

本研究課題の目的は、臨床使用可能なアルミ化合物アジュバントにメソ多孔質及び繊維状の形態を付与することで、生体の免疫応答を高めた新規メソ多孔質アルミ化合物（M-Al ナノファイバー）アジュバントを開発することである。本研究では蒸発誘起自己組織化の方法を採用し、長さおよそ1μm、幅およそ100nm、比表面積209m^2/g の M-Al ナノファイバーを調製した。M-Al ナノファイバーは、免疫増強効果を有する菌体由来物質（結核菌熱水抽出物など）を複合化させるキャリアとして使用し、in vivo 実験に供するアジュバント候補材料を調製した。

In vivo 実験に先駆けて、アジュバント候補材料は in vitro 実験によって有効性のスクリーニングを行った。詳細には、免疫の活性化に重要な抗原提示細胞のモデルであるマクロファージ様細胞の培養系にアジュバント候補材料を添加し、40時間培養後に免疫活性の指標となる培養液中のサイトカイン（GM-CSF、IL-4など）を定量した。本研究で開発したアジュバントの in vitro 免疫活性は、アラムと比較して明瞭に高まった。

In vitro の免疫活性が示されたアジュバント候補材料は、in vivo 実験にて免疫活性化の有効性を確認した。詳細には、アジュバント候補材料はマウスの皮下に注入した。数週間後に、脾臓及び血液中に含まれる免疫活性の指標となるサイトカイン（GM-CSF、IL-4など）を定量した。In vitro での結果と同様に、アジュバント候補材料の in vivo 免疫活性がアラムと比較して明瞭に高まったことが分かった。

以上のように、新規メソ多孔質アルミ化合物アジュバントによって生体の免疫応答を高めることが可能であると示された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］メソ多孔質アルミ化合物、免疫補助療法、アジュバント、

［研 究 題 目］光で溶ける有機材料－再生可能な感光性有機材料の基盤技術の創出
［研究代表者］則包　恭央（電子光技術研究部門）
［研究担当者］則包　恭央（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

近年、研究代表者らは、光照射によって融解し、加熱によって固体へ戻る有機材料を開発した。このような材料はこれまでに報告が無く、産業応用的に様々な用途が考えられる。本研究課題では、研究代表者らが新たに発見した、繰り返し可能な光で溶ける有機材料系についての体系的な理解に加え、これを突破口とし、固体と液体の状態間を光によって自由自在に操ることが可能な革新的機能材料系へと発展させることを目指して研究する。

H24年度は、分子構造と光相転移特性との関連を明らかにし、「光で溶ける」材料を設計する上での経験的な指針を得るため、新規化合物を合成し、光特性、結晶構造および材料としての諸物性の測定を行った。その結果、分子構造設計の指針、分子の動きと光相転移現象との関連、光融解および結晶化の制御に関する知見を得た。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス分野、ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］結晶、固体、液体、光応答性材料、超分子化学

［研 究 題 目］一般食品の味覚に対する感知しやすさと感覚的強度に基づいた消費者の食物認知に関わる国際比較
［研究代表者］小早川　達（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
［研究担当者］小早川　達、後藤　なおみ（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

同じ一般食品を摂取しても、異なる食文化をもつ消費者の間では、食物に対する認知に差異が生じる可能性がある。そこで本研究では日本人および西欧人を対象に、親近性の異なる一般食品に対する消費者の食物認知について検討した。日本人および西欧人に馴染みのあるマシュマロと、日本人には馴染みがあるが西欧人には馴染みのない羊羹を用い、鼻腔開放状態および鼻腔閉鎖状態で基本五味（甘味、塩味、酸味、苦味、うま味）に対する感知しやすさ、および感覚強度の評定を行った。その結果、後鼻腔香による味覚の増強にとって基本五味に基づく一般食品の印象に関する先行情報は必要条件であるとは言えなかった一方、感知しやすさと感覚強度の間に特徴的な関係性が生じるためには基本五味に基づく先行情報と後鼻腔香が必要であることが示された。換言すれば、一般食品に対する親近性によって、基本五味に基づく一般食品の印象や、感知しやすさと感覚強度の関係に及ぼす後鼻腔香の影響が変化することが明らかになった。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］一般食品、内省強度、感知しやすさ、後鼻腔嗅覚、国際比較

［研 究 題 目］エレクトロスピニング法を用いた Li および Na イオン電池次世代材料開発
［研究代表者］細野　英司（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］細野　英司（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

世界での産業の発展に伴い、化石燃料の消費が増加し、CO_2の排出量の増加による地球温暖化や原油価格の高騰などの環境･エネルギー問題が、近年、盛んに取り上げられている。その解決にはクリーンなエネルギーデバイスの開発が必要とされており、Li イオン電池に注目が集まっている。さらに、Li 資源の枯渇やコストの高騰が懸念されており、二次電池の高性能化と共に、低コスト化も重要な課題である。Na はユビキタス元素であり、Li が海水中に僅かに存在するのに対し、Na は非常に高濃度で存在し、Li よりも遥かに豊富かつ容易に回収できると考えられる。したがって、Na イオン電池は、低コスト化への期待がある二次電池である。

高性能 Li および Na イオン電池開発へ向けて、豊富な種類の元素を用いたナノ構造材料作製が可能なエレクトロスピニング法を利用した研究を行った。

本研究では、$LiMn_xFe_{1-x}PO_4$単結晶ナノワイヤーと VGCF の複合コアシェル構造について XRD、SEM、TEM による構造および形態の解析に加えて、Mn の割合に対する充放電特性や出力特性、サイクル特性等の電池特性について詳細を報告した。また、$LiFePO_4$という Li イオン電池材料を用いて、Na イオン電池の動作を確認し、今後の Na イオン電池開発において、材料探索の対象の広さについても確認することができた。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］Li イオン電池、Na イオン電池、正極材料、単結晶、ナノ構造制御

［研 究 題 目］光触媒による高塩濃度中細菌の処理機構の解明
［研究代表者］根岸　信彰（環境管理技術研究部門）
［研究担当者］山田　奈海葉、忽那　周三、小池　和英（常勤職員3名）
［研 究 内 容］

海水中細菌の光触媒による殺菌効果を調べるために、淡水、0.5%NaCl 水溶液、及び人工海水中の全てで生存可能な *E-coli* K12の光触媒による除去を実施した。海水中の NaCl は、光触媒作用により残留塩素の生成要因になると予期されたため、残留塩素計による光触媒への光照射に伴う残留塩素濃度の濃度変化についてモニターした。その結果、光触媒共存下において NaCl 水溶液への UV 光照射のオンオフに応答した残留塩素レベルの変化が観察された。光触媒共存下における淡水中 *E-coli* K12

への UV 照射では生菌数は暫時減少することが観察されたが、全菌数の変化は8時間の UV 照射では観察されなかった。一方、人工海水中 E-coli への UV 照射では生菌数は急激に減少したばかりでなく、全菌数の減少も観察された。この結果は光触媒表面に生成した塩素活性種の生成と関連性があると推察された。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］光触媒、海水、E-coli、残留塩素生成、殺菌

［研 究 題 目］**視床－皮質ネットワークが司る注意統合機構とその病態解明**
［研究代表者］小村　豊（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
［研究担当者］小村　豊（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究では、注意統合機能に着目して、動物に色（赤あるいは緑）と動き（上あるいは下）を組み合わせた視覚刺激を提示し、その視覚刺激から知覚内容（赤色が下に動くなど）を判別させる課題を遂行させた。この課題で動物は、あらかじめ指定されたターゲットの色（赤あるいは緑）に注意して、その色のドットの集合体が、上に動いているか、下に動いているかを判別し、上に動いている場合は右のバーを、下に動いている場合は左のバーを触って報告する必要がある。赤緑、上下という個々の視覚属性の呈示確率は一定にしながら、その組み合わせ確率のみ（横軸）を変化させ、正答率または反応時間を縦軸にとると、各々、シグモイド曲線と回帰直線でフィットできた。また、視床－皮質は、密接な解剖学的結合があり、脳の中でもひとつの複合体としてのネットワークを形成しているが、その役割についてはほとんど分かっていない。そこで、視床と皮質のニューロン活動を同じチャンバーから記録できるようなグリッドを設置し、MRI 上も確認できた。今後、注意統合課題を遂行時の各ニューロン活動のふるまいを、詳細に解析していく。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］視床、皮質、注意

［研 究 題 目］**原発等の複雑システムの安全性向上を目的とする「工学システム」と「人・組織システム」の複合体の挙動に関するゲーム理論を基礎としたシミュレータの開発**
［研究代表者］牧野　良次（安全科学研究部門）
［研究担当者］牧野　良次（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

原子力発電所や化学プラントといった複雑システムの安全性向上（＝事故リスクの低減）を目的として、複雑システムを「工学システム」と「人・組織システム」の複合体と理解した上で、そのダイナミクスをシミュレートし、時間とともに変動する事故リスクを定量化する技術を開発することが本研究のねらいである。産業関連施設は複雑な工学システムとそこで働く人や運営する組織が複合している人間－機械系であるため、その安全を担保するには「工学システム」だけでなく「人・組織システム」の特性を考慮し、かつ両者の相互作用を評価することが必要不可欠となる。産業関連施設の事故リスクを評価する研究分野として確率論的リスク評価（probabilistic risk assessment: PRA）があり、そこでは「工学システム」のシミュレーションに関する研究が進展している。しかしながら、従来の PRA は「人・組織システム」について十分な注意を払っておらず、したがってシミュレーション技法も確立されていない。この状況は、産業関連施設の安全確保という目的に対して不十分であると言わざるを得ない。福島第一原子力発電所における事故発生からこれまでの経緯が明らかにしているように、「工学システム」自体の安全性だけでなく、事故発生前の予防段階あるいは事故対応中における人・組織の行動が事故予防や事故影響拡散防止において極めて重要である。そこで本調査研究では、経済学やゲーム理論の分析方法を基礎として人間・組織の行動をシミュレートする手法を開発し、それを工学システムのシミュレーションと融合させることによって産業関連施設の安全性向上・事故リスク低減に貢献する。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］安全、工学システム、人・組織システム、ゲーム理論、シミュレータ

［研 究 題 目］**室温マルチフェロイクスにおける強誘電ドメイン・磁気ドメインの協調スイッチング**
［研究代表者］伊藤　利充（電子光技術研究部門）
［研究担当者］伊藤　利充（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

マルチフェロイクスは強誘電性・（反）強磁性などの複数のフェロ特性を併せ持つ系であり、フェロ特性同士を結合させて電場で磁性を変化させるなど、従来にない制御性が得られる期待が高まっている。研究代表者が開発した「レーザ加熱結晶育成技術」を用いて、育成が困難な室温マルチフェロイクス $BiFeO_3$の大型結晶の育成を可能にし、強誘電・磁気ドメインを観測する手法を開発し、実際に協調スイッチングさせることが目標である。レーザ加熱を用いることによって原料棒での不要な反応を抑制することに成功し、安定的に結晶成長を行なうことが可能になった。得られた結晶の質は非常に高く、従来の試料で問題となっていた低温での不純物磁性の効果がほとんど見られない。実際に帯磁率の温度依存性かららせん磁性の方向を推定することが可能になった。このことを利用すれば磁気ドメインを推定し、スイッチングによる磁気ドメインの変化を調べることができる。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］レーザ加熱結晶育成技術、室温マルチフェロイクス、協調スイッチング

［研究題目］隔測計測を活用した海底堆積ごみの面的分布の把握方法
［研究代表者］長尾　正之（地質情報研究部門）
［研究担当者］長尾　正之、古島　靖夫、橋本　英資、鈴木　淳（常勤職員3名、他1名）
［研究内容］

海底ごみは漁業の妨げになり、生態系環境を悪化させるなど多くの問題を持つ。しかし、海底ごみは人目に触れる機会が極めて限られるため、その分布状況などがまだよくわかっていない。先行研究によると、海底ごみは陸起源であり、特に生活ごみの「ポイ捨て」が主な発生源であるとされる。これまでの主な海底ごみ調査法は底曳網を用いたものであるため、日本において小型底曳網漁場の範囲外での海底ごみ分布の知見は少ないことが指摘されている。

以上の状況を踏まえると、今後、海底ごみの影響範囲を調査するには、様々な沿岸域全体に適応可能で、空間分解能が高く、調査時間が短くてすむ計測方法が必要と考えられる。音響を利用した海底探査装置、たとえばマルチビーム測深機、サイドスキャンソナーは、海底上の物体を識別する能力を持つ機器である。一方で、音響を利用した海底探査装置が海底ごみの調査に使用される割合は非常に小さい。このため、海底ごみの調査に用いるには、解決すべき技術的問題が存在すると考えられる。そこで、我々は海底ごみ試験片を浅い海の海底に置き、ワイドバンドマルチビームにより試験撮影を行い、その結果に基づき、音響を利用した海底探査装置に基づく海底ごみ識別に関する技術的課題について議論した。その結果、ある程度の大きさと特徴的な形状を有する海底ごみや、海底からの高さを持った小型海底ごみの集合体については、それらの形状からマルチビーム測深機で識別できる可能性があることがわかった。このほか、宮城県松島湾で東日本大震災直後の被害実態を明らかにするために、サイドスキャンソナーで海底環境の調査を行った。

［分　野　名］地質
［キーワード］海底ごみ、海洋ごみ、浅海域、海底探査装置、ワイドバンドマルチビーム測深機

［研究題目］二酸化炭素加圧による薬剤の融点降下機構の分光学的解明
［研究代表者］竹林　良浩（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］竹林　良浩（常勤職員1名）
［研究内容］

常温常圧で固体である有機化合物に、CO_2で100気圧程度の圧力をかけると、その融点が数10℃にわたって低下することが知られている。この現象を利用すると、熱的に不安定な医薬品を、比較的低い温度で融解させて液体化させることができ、混合や分散・微粒化などの処理が容易となる。こうした融点降下の原因は、固体融液中への CO_2の溶解であると考えられる。しかし、融液中に CO_2がどのくらい溶解し、その溶解量が化合物の種類や温度・圧力によりどのように変化するかについては、実測データがほとんどない。本研究では、融液中への高圧 CO_2の溶解量を近赤外分光法を利用してその場測定し、融点降下量との相関を熱力学的に明らかにすることにより、CO_2加圧融液プロセスにおける温度・圧力条件の設定指針を示すことを目的とした。

今年度は、近赤外分光測定用の高圧光学セルと光ファイバーシステムを作成し、ビフェニルとナフタレンを対象として、融液中への CO_2溶解量の圧力・温度変化を測定した。CO_2溶解量は、温度が低く圧力が高いほど増加し、200気圧での CO_2モル分率は0.6に達した。また、ナフタレン中への CO_2溶解量は、100気圧以下ではビフェニル中よりも小さいが、より高圧側では逆に大きくなることが分かった。これは融点降下量の大小関係と一致しており、CO_2溶解量と融点降下量の間に相関があることが示された。さらに、得られた CO_2溶解量を Peng-Robinson 型の状態方程式を用いた気液平衡計算により相関し、決定した相互作用パラメータを用いて気液固平衡計算をすると、融点の圧力変化を5℃程度の誤差で再現できることを明らかにした。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］超臨界 CO_2、高圧流体プロセス、近赤外分光法、溶解度

［研究題目］グラフェンナノシートを用いた高活性、低コストリチウム－空気電池の空気極の開発
［研究代表者］劉　銀珠（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］劉　銀珠（常勤職員1名）
［研究内容］

近年、大きいエネルギー密度を有する金属リチウム－空気電池が注目されている。我々のグループではハイブリッド型リチウム－空気電池を提案し、報告してきた。しかし、実用化に至るまでには改善すべき点が多く残されているのが現状である。すなわち、実用化に向けては新しい材料の開発および発見によるエネルギーデバイス性能の向上が必須である。本研究では新規炭素材料であるグラフェンナノシートに N や P をドープし、ハイブリッド型リチウム－空気電池の電極触媒として用いることにより高活性かつ低コストのリチウム－空気電池の開発を目的とした。

得られた N ドープグラフェンナノシートと P ドープグラフェンナノシートを空気極触媒として用い、アルカリ電解液（1M $LiNO_3$＋0.5M LiOH）で24時間放電を行った結果、N ドープグラフェンナノシートが P をドープグラフェンナノシートより高い放電電位を示した。更

に、サイクル特性においても20サイクル充放電を行っても充放電電位に大きな変化は見られず、高い耐久性を持つことが確認できた。これらの結果より、N ドープグラフェンナノシートが水系リチウムー空気電池の高活性触媒として可能性を持ちことを確認した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］リチウムー空気電池、グラフェンナノシート、触媒、元素ドープ

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

［研究代表者］平川　力（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］平川　力、西本　千郁（他3名）

［研 究 内 容］

本研究は、水質浄化においてマイクロバブル単体及び光触媒単体では効率が低いことに着目し、これらを併用することでお互いの活性の低下を補完する方法を模索するために共同研究機関である八戸高専と共に開始した研究である。マイクロバブル水中と光触媒反応の併用を行った結果、マイクロバブル水中において光触媒反応効率が良いことを確認した。これは、マイクロバブル粒径が小さいと、バブルの寿命が長く、酸素分子を長く液体中に存在させられるという物理的特性が有意に光触媒に働いたためであると考察した。この際、分解対象とした難分解性物質においては、光触媒表面に吸着し易いものほど分解されやすい傾向にあった。このマイクロバブル水にオゾンを生成できる短波長の紫外線を照射することで、難分解性物質の分解効率は著しく促進された。これは、マイクロバブル内部にオゾンが生成されることに加え、オゾンの光分解によりヒドロキシルラジカルが生成され、難分解性物質の酸化反応が促進されるためと考察した。そこで光触媒を併用したところ、ヒドロキシルラジカルの生成速度が増大することが分かった。光触媒は短波長紫外線ほど吸収しやすいため、短波長の紫外線を用いた場合に光触媒が吸収する光の量が増大し、光触媒反応が促進されヒドロキシルラジカルの生成量が増大したと考察された。上記の研究過程から、オゾンを生成できる短波長の紫外線を照射することで、光触媒とマイクロバブルが相乗的な効果が見出された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］光触媒、マイクロバブル、オゾン、水質浄化、活性酸素

［研 究 題 目］陸域における嫌気的メタン酸化の大気へのメタン放出抑制効果の評価

［研究代表者］吉岡　秀佳（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］吉岡　秀佳（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

陸域地下圏におけるメタン生成・嫌気的メタン酸化プロセスを解明し、メタンフラックスを明らかにするとともに、ガス・水の地化学分析により嫌気的メタン酸化の制限要因を明らかにする。

本年度は、東京都で掘削された沖積層のコア堆積物について、^{14}C-トレーサーと^{13}C-メタンを用いた培養実験によって、それぞれ現場のメタン生成速度とメタン酸化速度を評価した。その結果、沖積層のすべての深度においてメタン酸化活動が活発であり、遺伝子解析で見つかった嫌気的メタン酸化菌の分布と調和的であった。メタン生成活性も検出されたが、メタン酸化速度より小さく、現在はメタンの消費が進行していると考えられる。間隙水は淡水組成であったことから、地質時代に天水の水に置換された後に、微生物によって生成されたメタンが堆積物中に蓄積し、その後嫌気的メタン酸化菌によって消費されている状況にあると考えられる。

［分　野　名］地質

［キーワード］陸域地下圏、嫌気的メタン酸化、沖積層、メタン生成

［研 究 題 目］東日本大震災における津波被災住宅改築のためのフェントン反応を用いた新規防カビ・防虫技術の開発

［研究代表者］篠原　直秀（安全科学研究部門）

［研究担当者］篠原　直秀（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

カトリーナ台風などの洪水被災地の住宅において、カビの繁殖と喘息や肺炎等の増加の報告がある。東日本大震災で浸水した住宅において、カビによる健康影響が強く懸念されている。一方で、一般的に使用されている防カビ剤自体がヒト健康に悪影響を与える可能性も懸念されている。本研究では、ヒト健康リスクの小さいカビ除去・防カビ・害虫駆除法を開発することとした。

室内環境中に存在する代表的な真菌である *A. penicilliadus*、*A. restrictus*、*Wallemia*、 *A. niger*、*cladosporium cladosporioides* の5種類を対象として試験を行った結果、60分以内に大きな減衰を示し、その後徐々に減衰することが確認された。また、震災被災地の被災住宅における実地テストにおいても、夏季・冬季共に、フェントン試薬散布前と比較して、フェントン試薬噴霧翌日の浮遊真菌濃度及び付着菌濃度が減衰することが確認された。これらの結果から、様々な真菌に対しフェントン反応が有効であることが示された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］室内環境、真菌、フェントン反応、鉄、過酸化水素、東日本大震災

［研 究 題 目］液相レーザを利用した1ーStep アパタイト形成プロセスの開発

［研究代表者］大矢根　綾子（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］大矢根　綾子、坂巻　育子（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

研究代表者らはこれまでに、液相レーザープロセスを利用して、エチレンービニルアルコール共重合体（EVOH）基材に対する部位特異的なリン酸カルシウム形成技術を開発してきた。この従来技術ではまず、リン酸カルシウム過飽和溶液中に設置された EVOH 基材の表面に非集光のレーザー光を3時間照射し（第1工程）、次いで同基材を別に用意した過飽和溶液中に24時間浸漬する（第2工程）。その結果、EVOH 基材表面のレーザー照射領域のみに、リン酸カルシウム層を形成させることができる。しかし、このような長時間の2-Step プロセスは実用的でない。そこで本研究では、第2工程を実施することなく1-Step で EVOH 基材の表面にリン酸カルシウム層を迅速形成させる技術の確立を図った。まず初めに、種々の制御因子を変化させて液相レーザープロセスを実施し、各々の制御因子が EVOH 基材上における CaP 形成に与える影響・効果について検討した。その結果、レーザー光の周波数が高いほど、エネルギー密度が高いほど、また、波長が短いほど、照射領域における CaP 形成が促進されることが分かった。最適化された照射条件によれば、液相レーザープロセスを30分間実施するだけで、EVOH 基材のレーザー光照射領域のほぼ全面に CaP 層が形成された。すなわち、EVOH 基材表への CaP 層の迅速形成を、1-Step の液相レーザープロセスで実現することができた。さらに、基材によるレーザー光の吸収が CaP 形成の必須条件であることを明らかにし、EVOH 以外の高分子基材にも本液相レーザープロセスを適用できることを示した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］リン酸カルシウム、コーティング、バイオミメティック、過飽和溶液、レーザー

［研 究 題 目］光によって固体から液体へ相転移する化合物のフォトリソグラフィー材料への応用

［研究代表者］則包　恭央（電子光技術研究部門）

［研究担当者］則包　恭央（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究課題では、研究代表者らが新規に発見した、光を当てると固体から液体へ相転移を起こす有機化合物を活用した新しいフォトリソグラフィー技術を開発することを最終目的とする。そのための基盤研究として、未解明である当該材料の光応答特性を明らかにすると共に、この材料を用いた光パターニング方法を開発する。

H24年度は、反応メカニズムの詳細な検討と、材料として使用する最適な化合物の探索についての基盤的な検討を行った。分子構造と光相転移特性との関連を明らかにするため、アゾベンゼンを光反応部位として有する化合物の検討を行った。さらに、それらの化合物の光応答特性、結晶構造、およびパターニング方法について検討した。その結果、当該材料を用いた薄膜のパターニングに成功した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス分野、ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］結晶、固体、液体、光応答性材料、超分子化学

［研 究 題 目］睡眠不足が情動記憶の偏向および脳活動に及ぼす効果検証

［研究代表者］甲斐田　幸佐（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］甲斐田　幸佐、仁木　和久（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

睡眠は、記憶するために必要な生理現象である。睡眠不足になると、物事を認知・判断する能力が低下し、記憶能力が低下することが知られている。本研究では、断眠（38時間）によって生じる感情認知や記憶の偏向が、長期的な影響として残るのかどうかを検討した。

被験者は健常男性大学生16名であった。本研究では、通常睡眠のあと（統制条件）、または38時間の連続覚醒のあと（断眠条件）に被験者に感情写真を記憶させ、その後に記憶テストを行い、記憶の忘却率を算出し、条件間で比較した。記憶テストは、記憶の直後（10分後）と8日後に行った。本研究で検討した仮説は下記であった。① 断眠後の記憶能力は、中性刺激に対しては低下するが、快・不快刺激に対しては低下しない、② 断眠の影響は、断眠8日後にも残る。

実験の結果、下記の2点が分かった。① 睡眠不足状態では、快・不快刺激の記憶に比べて、中性刺激の記憶能力が低下することが分かった。② 睡眠不足状態で憶えた快・不快刺激は、8日目には忘却されやすいことが分かった。

本研究の結果は、睡眠不足で記憶した直後（記憶課題終了10分後）には、中性刺激と比べて、感情刺激が記憶に残りやすいが、逆に8日目には、感情刺激は忘却されやすくなることを示している。つまり、本研究の結果から、睡眠不足状態で記憶した感情刺激は、長期に保持されにくいことが分かった。この結果は、睡眠不足が感情記憶の忘却に寄与している可能性を示唆している。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］睡眠不足、感情、記憶

［研 究 題 目］生体高分子試料導入インターフェースの開発及び高度化

［研究代表者］藤井　紳一郎（計測標準研究部門）

［研究担当者］藤井　紳一郎（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は、バイオ医薬品開発や生体関連分子を対象とした検査などにおける生体高分子分析技術の向上によっ

て、国内のバイオ・メディカル産業の活性化を目的とするものである。近年、これらの分野において、生体高分子中の特異的元素を指標とした分析技術が導入されつつあり、使用される装置である誘導結合プラズマ（ICP）分析装置のための高効率な試料導入技術が求められている。本研究では、生体高分子分析に適した ICP 分析装置用試料導入インターフェースを開発し、特に核酸（DNA, RNA）などの生体高分子を対象としたアプリケーションの確立とその高度化を図った。

技術シーズとして、独自に開発した可変式三重管ネブライザーを基盤とする試料導入インターフェースを生体高分子導入用にゲル緩衝液など高粘性溶液を導入可能なように高度化し、堅牢性等の検証を行うことで連携企業からの製品化を目指した。特に、ネブライザー先端形状および気化室形状の最適化および、ネブライザー内挿キャピラリーの素材および形状の検討を行った。DNA や RNA などの生体高分子分析のために、キャピラリーゲル電気泳動装置との接続をするため、内挿キャピラリーにテフロンチューブを採用して、最適化されたネブライザーを用いて試料噴霧実験を行った。ゲル緩衝液をシース液と共に10 μL/min で送液し、電気泳動によってリン酸イオン標準液の分析を行ったが、繰り返し再現性は RSD で3.5%程度と安定した測定値を得ることが可能であった。

開発した試料導入インターフェースを用いて、キャピラリーゲル電気泳動－ICP－質量分析装置によって DNA の定量分析を行った。125 bp の DNA 断片の検出下限値は9.4 pg と既報と比較して3桁以上の高感度化を達成した。今後、他の分子種への拡張が期待される。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］生体高分子、試料導入、元素質量分析

［研 究 題 目］高アスペクト比を持つ金ナノロッドの溶媒分散及び配列技術の開発

［研究代表者］武仲　能子（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］武仲　能子、大園　拓哉（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

金コロイドの中でも棒状の形状をしたものを金ナノロッドと呼び、特に直径と長さの比（アスペクト比）が20を超えるものを高アスペクト比金ナノロッドと呼ぶ。高アスペクト比金ナノロッドは、ナノギャップ電極や光学素子等に応用が期待されているナノ材料である。高アスペクト比金ナノロッドは、濃厚界面活性剤水溶液内で金イオンを還元することによって合成するため、使用にあたっては合成に用いた界面活性剤を洗浄する必要がある。この洗浄過程は、一般的に遠心操作によって行われる。ところが、低アスペクト比金ナノロッド（アスペクト比～10）では問題なく行える遠心操作が、高アスペクト比金ナノロッドの場合には、ナノロッド同士の凝集・バンドル化という問題を引き起こす。この凝集現象こそが、高アスペクト比金ナノロッドの工業化を妨げている一つの大きな要因だと考えられる。

そこで本研究では、高アスペクト比金ナノロッドの表面を、電荷をもつ化合物で修飾することで、電荷間の斥力相互作用を用いて、遠心操作後も高アスペクト比金ナノロッドを凝集させない技術を開発した。またこの方法で分散させた高アスペクト比金ナノロッドを、一方向に配列させる技術も合わせて開発した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］金ナノロッド、分散技術、配列技術

［研 究 題 目］キャピラリー電気泳動法を用いる海水中のけい酸イオンの新規定量法の開発

［研究代表者］チョン　千香子（計測標準研究部門）

［研究担当者］チョン　千香子（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

全球での海水栄養塩の長期的変動の観測では、測定時期や空間の隔たりを超えた測定データの間で相互比較が行われる。高い信頼性を有する測定データを得るために、拡張不確かさ1%未満の正確な標準物質が求められており、我々はその迅速な開発を目指している。標準物質の値付けには、複数の測定手法を用いて定量値の妥当性を十分に評価し、正確性を確保することが必要である。海水中のけい酸イオンの定量には比色法が広く用いられており、公定法や栄養塩観測指針にも採用されている一方、他の原理を用いた測定法の例は少ない。本研究では第二、第三の定量法を獲得するために、高い分離機能を有するキャピラリー電気泳動法に着目し、海水中のけい酸イオンの検出を試みた。

けい酸イオンは紫外可視領域に吸光を持たないので、通常の吸光検出は難しい。そこで電気伝導度検出を行うために、装置流路内に非接触型電気伝導度検出器を導入した。また、キャピラリー電気泳動法では、電気泳動と並行して泳動液自身の流れである電気浸透流（EOF）を利用して分離を行う。陰イオンであるけい酸イオンを直接検出するために、EOF 反転剤を用いてキャピラリー内壁表面を修飾し、EOF を陰極から陽極方向に反転させた。

泳動液組成および EOF 反転剤の種類と導入方法を検討した結果、水酸化カリウム、りん酸水素二カリウムおよび臭化ヘキサデシルトリメチルアンモニウム（EOF 反転剤）の混合液を泳動液として同時導入すると、けい酸イオンの負のピークが確認された。標準液を用いて検量線を作成したところ、相関係数0.9994の直線性が得られた。本法を海水に適用することで、海水中のけい酸イオンの新規定量法が獲得できる可能性が示唆された。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］環境計測

［研 究 題 目］ひ素含有細菌内遺伝物質の生成機構の解明
［研究代表者］宮下　振一（計測標準研究部門）
［研究担当者］宮下　振一（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究では、近年、遺伝物質としての有用性が示唆されているひ酸含有核酸の細菌における生成機構を解明するために、細胞内のひ酸が核酸に取り込まれる過程をモニタリングする手法の開発を目的とした。具体的には、高速液体クロマトグラフ（HPLC）-誘導結合プラズマ質量分析計（ICP-MS）を用いた高分子ひ素化合物と低分子ひ素化合物の分離分析法の開発に取り組んだ。

はじめに、検討用試料の調製を行った。低分子ひ素化合物のマーカーとしては o-アミノフェニルひ酸を使用した。高分子ひ素化合物のマーカーとしては、市販の DNA ラダー及び合成したひ素脂質（ホスファチジルアルセノコリン）を使用した。次に、HPLC-ICP-MS 分析条件の検討を行った。ICP-MS に連結する HPLC において、高分子マーカーと低分子マーカーを別々の保持時間に溶出させるための最適な分離条件を検討した。分離カラムはサイズ排除クロマトグラフィー用カラムを使用し、移動相は中性の緩衝液を使った組成を検討した。ICP-MS では、ひ素化合物はひ素を検出し、DNA ラダー中の各 DNA は、化学構造内に存在するリン酸残基のリンを検出した。

HPLC 分離条件を検討した結果、カラムとして YMC-Pack Diol-200（粒子径5 μm、細孔径20 nm、内径4.6 mm×長さ300 mm）、移動相としてトリス酢酸緩衝液（pH 7.5）を使用し、カラム温度を40℃、ポンプ速度を0.2 ml/min に設定することにより、高分子マーカーと低分子マーカーのピーク分離、ならびに低分子マーカー同士の比較的きれいなピーク分離が可能となった。このことから、本研究の目的である高分子ひ素化合物と低分子ひ素化合物の分離分析法の確立が達成された。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］ひ素、核酸、分離分析、ゲル濾過

［研 究 題 目］熱水性粘土鉱床における希土類資源ポテンシャルの評価
［研究代表者］実松　健造（地圏資源環境研究部門）
［研究担当者］実松　健造、昆　慶明、堀内　悠（常勤職員1名、他2名）
［研 究 内 容］

本試験研究の目的は、火山岩が熱水変質する過程での希土類（レアアース）の地球化学的挙動、及び粘土（主にカオリン）が希土類資源としてのポテンシャルを持つかどうかを調べることである。

重希土類のほとんどが中国南部のイオン吸着鉱と呼ばれる風化花崗岩から採掘されており、希土類はこの鉱石中のカオリンに吸着されて存在していると考えられる。そこで、熱水性カオリン鉱床のカオリンに十分な量の希土類が吸着していれば、副産物として回収可能であるかもしれないと考えた。

入来カオリン鉱山から採取した63個の粘土・岩石試料について、全岩化学組成分析と、REE の抽出実験を行った。また、同鉱山から採取したと2個の水試料について化学分析を行った。

分析の結果、粘土・岩石試料の REY（REE+Y）含有量は平均146ppm、中間値95ppm、最小20ppm、最大1067ppm であった。明らかに含有量が高い1試料は酸性水の pH を人工的に中和した時に沈殿した Fe 酸化水酸化物であり、特に LREE に富んでいた。粘土・岩石試料から0.5M 硫酸アンモニウム水溶液で REE を抽出した抽出液の REY 含有量は平均2.7ppm、中間値0.4ppm、最小0.0ppm、最大33ppm であった。また、全岩 REY 含有量に対するイオン交換性 REY 濃度の割合は、平均値3.1%、中間値0.35%、最小値0.0%、最大値40%であった。

本試験で分析した粘土試料は REY が低く、イオン交換性 REY の割合も低く、イオン吸着鉱と比べると経済的価値が低いのは明らかである。しかしながら、REY が溶解している酸性水の pH を人工的に中和することによって多くの REY を沈殿させることができるということは、酸性水の中和過程で REY を回収できる可能性を示唆している。

［分　野　名］地質
［キーワード］希土類（レアアース）、イオン吸着鉱、資源、カオリン、熱水変質、入来鉱山

［研 究 題 目］増えずに生き続ける代謝戦略－地球炭素循環の鍵をにぎる微生物新機能－
［研究代表者］堀　知行（環境管理技術研究部門）
［研究担当者］堀　知行（他1名）
［研 究 内 容］

鉄は第4位の地殻構成元素であり、地下深部に至るまで結晶性の鉄鉱物として分布している。地圏の大部分を占める嫌気環境において鉄還元反応は、酢酸をめぐりメタン生成と基質競合する。本研究では、分子系統解析から存在は知られているものの実体の明らかでない「結晶性酸化鉄を還元する微生物」を独自に着想した選択的二段培養と次世代シークエンスにより網羅的に同定・分離培養し、生理学的に特徴づけることを目的とした。結晶性酸化鉄4種を電子受容体、酢酸を電子供与体として用い、自然環境試料を接種源とする一段目培養を約150の条件で開始した。酸化鉄の還元により生じる培養系の色の変化を指標に継代し、2年以上にわたり培養を続けた末、58の微生物集積系を取得した。これらの構成種を明らかにすべく培養物から DNA を抽出し、16S rRNA 遺伝子を標的とする PCR を行った。得られた遺伝子増幅断片を次世代シークエンサーによる大規模塩基配列解読

に供し、各集積系から約1万リードを系統学的に特徴づけた。その結果、*Geobacter* 属を含む *Deltaproteobacteria* 綱の新規細菌群が優占化した。次に38の高度集積系を対象に、電子受容体を結晶性酸化鉄から溶解性の鉄に置き換える二段目培養に供することで、優占微生物の増殖を促し純粋菌株としての取得を試みた。限界希釈法とロールチューブ法を駆使することで、分子系統樹上で新しい分類群を形成する *Geobacter* 属細菌5種、*Pelobacter* 属細菌1種の分離培養に成功した。得られた分離株は、それぞれで結晶性酸化鉄の利用性が大きく異なり、それにより自然環境中で棲み分けを行っていることが強く示唆された。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］地球炭素循環、鉄還元微生物、代謝戦略

［研 究 題 目］**地下深部油田に隔絶されていた系統的に新規な嫌気微生物群を共生培養法で集積し生態学的解明を行う**
［研究代表者］持丸　華子（地圏資源環境研究部門）
［研究担当者］持丸　華子（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

対象とした国内高温油田は地下1000m 前後の深部地下油ガス田であり、その貯留層は数万～数百万年単位で地表から隔絶された特殊な環境である。この油層水を対象とした16S rRNA 遺伝子塩基配列を基にした系統解析により存在する細菌のほとんどが、既存株との相同性が90%前後で系統的に新規のものであることが明らかとなった。これらの菌の分離を目的として培養を行った結果、既存株と88%の相同性を持つ新規の細菌の分離培養に成功した。性質決定のための培養実験を行っている。

［分　野　名］地質
［キーワード］油ガス田、嫌気性微生物、分離培養、同定

［研 究 題 目］**全固体リチウム－空気電池の構造解析およびインピーダンス解析**
［研究代表者］北浦　弘和（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］北浦　弘和（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

環境問題、エネルギー問題の深刻化から、高性能二次電池の開発が精力的に行われている。正極を空気極、負極を Li 極とするリチウム－空気電池は、リチウムイオン二次電池と比べて10倍以上のエネルギー密度が期待できる。しかしながら Li 金属と有機電解液が併用された場合、安全性の面で大きな問題となる。一方、不燃性の無機固体電解質を用いた全固体電池は安全性の問題を根本的に解決できる電池として研究されている。もし全固体リチウム－空気電池を構築できれば、安全性と高エネルギー密度を兼ね備えた二次電池となる。そこで本研究では、全固体リチウム－空気電池を構築し、インピーダンス解析および構造解析を行い性能の律速となっている原因を特定することを研究目的とした。

インピーダンス解析、および電子顕微鏡観察から、高電位への充電時に空気極の劣化が生じ、電池の抵抗が上昇していることがわかった。また、各種分光法による解析から、全固体リチウム－空気電池の反応メカニズムに関する様々な知見を得ることができた。その結果、空気中の二酸化炭素や水分が反応に大きく影響し、炭酸リチウムなどの副生成物を生じさせ、電池性能の劣化に繋がっていることもわかった。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］全固体電池、リチウム－空気電池、セラミックス

［研 究 題 目］**デザイン性と作業性を両立した対向3指を備えた作業用電動義手の開発**
［研究代表者］吉川　雅博（知能システム研究部門）
［研究担当者］吉川　雅博（他1名）
［研 究 内 容］

本研究は作業性、操作性、装着性などの機能性とデザイン性に優れた軽量・低コストの電動義手を開発し、切断者に新たな作業用義手の選択肢を提案することを目的としている。開発する義手は人間同様の5指が必要という発想を転換し、対向配置の3指をリニアアクチュエータで制御する機構とすることで、低コスト・軽量化を図るとともに、優れた作業性を実現する。また、安価な距離センサを用いることで、筋電センサ同様の直感的な操作性を低コストで実現する。切断端とのインタフェースとなるソケットは、普段は装飾義手を使用している場合でも、自宅や職場における作業用として使い分けられるように、容易に着脱可能とした。そして、愛着を持って使えるように、道具として洗練された外観を備える。本年度は上記コンセプトに基づいて、3D プリンタを活用して義手の試作を行った。前腕切断者によるユーザ評価の結果、手の基本6動作を反映したオブジェクトの操作が可能となるなど良好な結果を得た。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］電動義手、3D プリンタ、前腕切断者

［研 究 題 目］**波浪卓越型デルタの堆積システムとその構造に関する研究：インド、ゴダバリデルタ**
［研究代表者］齋藤　文紀（地質情報研究部門）
［研究担当者］齋藤　文紀（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

インド東部海岸のゴダバリデルタについて、アンドラ大学のナゲシュワラ・ラオ教授と共同で、波浪卓越型デルタの堆積相に関する研究を、アンドラ大学が採取したボーリングコアを用いて行った。ゴダバリデルタは世界でも有数の波浪卓越型デルタであり、デルタ平野には明

瞭な浜堤列が発達している。これらの浜堤平野から採取したボーリングコアの堆積相解析と放射性炭素年代測定を行った結果、以下の事柄が23年度からの研究で明らかとなっている。デルタフロントに相当する砂質な堆積物は約10m の層厚を有し、上部の砂礫質の堆積物と下部の細粒から極細粒砂の堆積物に分かれる。下部の堆積物は葉理の発達する粗粒シルトからなる堆積物に漸移し、更に泥層との互層を経て、泥層に変化し、全体としては上方粗粒化、上方厚層化のサクセッションからなる。堆積速度分布を見ると、シルト層との砂泥互層から上位は一様に堆積速度が大きく、下部の均質また生物擾乱の発達した泥層は堆積速度が小さく、両者は大きく異なる。従来砂泥互層の層相はプロデルタと解釈されてきたが、層相の連続性や堆積速度を考えると、デルタフロントの一部と解釈するのが妥当である。これらの成果を国際学術誌に23年度末に投稿し、24年度は修正原稿を作成し、受理され、出版に至った。

［分　野　名］地質

［キーワード］インド、ゴダバリデルタ、デルタ、環境変動、完新世

［研 究 題 目］還元触媒によるグアイアコールおよび木質系タールの脱酸素反応

［研究代表者］望月　剛久（新燃料自動車技術研究センター）

［研究担当者］望月　剛久（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

一般社団法人触媒学会の平成24年度若手研究者の海外渡航費用助成により、第7回世界環境触媒会議（ICEC2012）において、一般口頭発表を行った。下記に発表概要を示す。

バイオマスの急速熱分解により得られる黒色液状のタール（バイオオイル）からの高品位輸送用燃料の製造を目的として、ガソリンの高オクタン価基材となる芳香族炭化水素の生成に高い活性・選択性を示す触媒の探索を行った。バイオオイルのモデル化合物として、グアイアコールおよび木質系タールを使用し、種々の触媒を検討したところ、還元コバルト／シリカ触媒が既存の硫化物触媒に比べ、グアイアコールおよび木質系タールの脱酸素反応に高い活性を示し、更に高い芳香族選択性を示すことを見出した。これは、還元コバルト/シリカ触媒が主にフェノールからベンゼンを生成する直接脱酸素反応に高い活性を示すためと推察された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］脱酸素、バイオオイル、芳香族炭化水素、還元コバルト触媒

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

［研究代表者］山田　奈海葉（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］山田　奈海葉、鈴村　昌弘、前田　高尚、鶴島　修夫、高村　和子（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、沿岸生態系を支える藻場や干潟の津波による物理的破壊はもとより、沿岸工業地帯等から流出した化学物質による汚染、陸上の人間生活圏の大規模な改編（産業・農業活動、下水道などのインフラシステム）に伴う物質流入の変化、あるいは福島第1原発事故に伴う放射能汚染など、海洋生態系に著しい影響を及ぼした。「研究者間の情報流通」「研究活動から得られる生態系に関する情報を分かりやすくまとめ、国民や政策決定者に伝達する広報・アウトリーチ活動」は復興にとって本質的に重要な点である。また「規模・内容において多種多様で膨大な調査データ・情報の一元管理や配信などソフトの面からの体制構築」「調査結果に加えて調査計画情報も取り入れることによる調査の効率化」も強く求められている。本事業では、関連する調査研究に携わる機関・組織・プロジェクト間の意思疎通を諮り、情報ネットワークを構築するための課題を検討する場を設けたほか、メールベースでの議論を行った。また、特設サイトを開設し、関係機関・組織・プロジェクトをリンクしたポータルサイトを立ち上げた。さらに、専門家や市民に対するアンケートなどを通じ、海洋研究のアウトリーチ活動のあり方についても検証した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］東日本大震災、海洋生態系、情報共有

［研 究 題 目］ハロモナス菌による木材から3－ヒドロキシ酪酸等の生産技術開発に関する研究

［研究代表者］河田　悦和（健康工学研究部門）

［研究担当者］上垣　浩一、川崎　一則、河田　悦和（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

木材等を原料としたバイオエタノール生産の研究においては、副生する C5糖の利活用が課題である。一方、日本の石油消費の21%を占める化成品も、再生可能資源への原料転換が求められている。我々は、木材利用に好適な独自のハロモナス菌 KM-1株を発見した。本菌は、高アルカリ高塩濃度環境で生育するため、培養液を殺菌する必要がなく、C6糖のみならず、利用が難しい C5糖も利用し、菌体内にバイオプラスチックを蓄積した後、そのモノマーの3-ヒドロキシ酪酸（3-HB）を分泌する。そこで我々は、C5糖を含む木材糖化液等を利用して、ストレス抑制に関連する生理機能を持ち、化成品原料として有望な D 体の3-ヒドロキシ酪酸等を分泌生産する

基礎技術の確立を目的に研究を実施する。

本年度は、主にバッチ培養により、3-HB の生産性、メカニズム等について検討した。木材に含まれるキシロースなど C5糖の利用を詳細に確認したところ、ハロモナス菌は、これらを利用できるのみならず、C6糖による代謝抑制も認められなかった。さらに、実際のスギ木材糖化液で培養、3-HB の生産が可能であったので、論文にて報告した。さらに、3-HB の生産性については、総培養時間72時間で37g/L を達成した。ポリマーの蓄積量は70g/L を達成していることから、菌体密度などに注視して研究を進めれば、最終的な目標値3-HB の分泌量10 g/L、生産速度1.0g/L を達成可能と推察している。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］バイオプラスチック、ヒドロキシ酪酸、バイオマス、微生物、ハロモナス

［研 究 題 目］マグマの脱ガス及び結晶化の定量評価に基づく噴火過程解析

［研究代表者］篠原　宏志（地質情報研究部門）

［研究担当者］篠原　宏志、Nicolas VINET（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

火山灰の水溶性付着生成分および火山灰の大きさ、形状および火山噴火推移との相関を評価することにより、噴火発生過程や推移機構を明らかにする事を目的とする。

桜島および2011年の新燃岳の火山灰試料の水溶性付着生成分の分析法の検討を行い、得られた分析法に基づき付着生成分組成・濃度の測定を実施するとともに、カムサイザーを用い火山灰の大きさと形状の測定を実施した。火山灰水溶性付着性成分の陰イオンの主成分は Cl、SO_4、F、陽イオン主成分は Na、Ca であり、それぞれ Na-Cl、Ca-SO_4濃度の間に正の相関があるため、主に NaCl、$CaSO_4$として火山灰表面に付着していると推定される。また、主成分である SO_4、Cl、F および Cl/SO_4には一般的に正の相関が得られ、その中でも桜島火山灰の水溶性付着成分の SO_4、Cl、F、Cl/SO_4、S/F、Mg/Na 比には、噴火の頻度・強度や様式の変化に伴う長期的および短期的な変動が見いだされた。これらの変化は、火口内での火山灰の破砕過程や火山ガスと火道上部マグマおよび生成した火山灰との混合集積を反映しており、マグマ・火山灰と火山ガスの混合滞留時間に依存すると推定された。

［分　野　名］地質

［キーワード］火山、噴火、火山ガス、噴煙、活動推移

［研 究 題 目］セシウム吸着能を強化したバリヤ材としてのベントナイト製品の開発

［研究代表者］高木　哲一（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］高木　哲一、堀内　悠、昆　慶明、申　基澈（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究は、青森県による民間企業助成事業の再委託として実施したもので、青森県黒石地域に分布するベントナイト鉱床の賦存状況調査および各種性能の分析の一部を担当した。その結果、同鉱床の一部にバリヤ材に適した性能を持つベントナイトが賦存することが明らかになった。

［分　野　名］地質

［キーワード］ベントナイト、青森県、バリヤ材

［研 究 題 目］東北地方におけるベントナイト資源の賦存状況に関する研究

［研究代表者］高木　哲一（地圏資源環境部門）

［研究担当者］高木　哲一、堀内　悠、昆　慶明（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

東北地方のうち、特に福島県内に分布するベントナイト資源について、文献調査および現地調査を実施した。福島県内には、昭和20年以前に採掘されていたベントナイト鉱床が会津地域を中心に数ヵ所存在することが明らかになった。そこで、それらについて現地調査およびX線回折分析を実施した結果、現在は畑地や荒地となっており鉱床の詳細は不明であるものの、ベントナイトの分布が確認された。

［分　野　名］地質

［キーワード］ベントナイト、福島県、東北地方

［研 究 題 目］炭素繊維及び粘土鉱物を用いた建築用コンポジット膜の創製

［研究代表者］石井　亮（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］石井　亮（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

目標：

本研究は、耐火構造物用膜材料に資する炭素繊維と粘土鉱物からなるコンポジット膜の創製に関するものである。炭素繊維は、高強度部材として建築材料や土木材料として使用されているが、その耐熱性は高くなかった。本研究では、複合化に資する炭素繊維と粘土鉱物の間の親和性の向上及び耐熱性バインダー開発の課題について取り組み、炭素繊維の耐熱性を向上させることを目的とする。

研究計画：

平成24年度は、炭素繊維と耐熱性フッ素雲母からなるコンポジット膜材料の創製のため、各種無機バインダーを用いた複合化方法の検討を行った。

研究進捗状況：

無機バインダーとして、アルミナゾル、リン酸アルミニウム、アミノポリシロキサン、スメクタイト系粘土鉱物を検討した。検討した四種類のバインダーにより加熱

前の状態で自立膜が形成できるのは、アルミナゾル及びスメクタイト系粘土鉱物であった。その二つについて柔軟性を比較すると、アルミナゾルは柔軟性がなかったのに対して、スメクタイト系粘土鉱物は柔軟性を持っていた。加熱後については、検討した四種類のバインダーの中で柔軟性を有するものはなかった。加熱後の減量率を評価可能なバインダーは、アルミナゾルとスメクタイト系粘土鉱物であった。その二つについて比較すると、アルミナゾルは、その減量率は高く炭素繊維の熱損傷を抑制できなかったのに対して、スメクタイト系粘土鉱物は、その減量率は低く、目視で炭素繊維を確認できたことから熱損傷を抑制できたとみられる。

まとめると、今回検討を行ったバインダー四種では、炭素繊維とフッ素雲母のコンポジット膜を形成するためのバインダーとしては不十分であった。原因として、アルミナやリン酸アルミニウムについては、①高温条件下で硬化する性質があること、また、②フッ素雲母を高配合した膜を得ることができないことが挙げられる。これらの検討から考えられる最適なバインダーとしては、①フッ素雲母を高濃度に配合可能なものであり、かつ、②高温条件下でも硬化しないもの、と考えられる。

フッ素雲母を高濃度に複合化できない点は、フッ素雲母がバインダーと結合可能な官能基をほとんど有していないということに起因している。そのため、バインダーの候補としては、少量で強力な膜形成能力を有する材料が求められる。例えば、高分子量を有する繊維状物質が候補に挙げられる。また、高温条件下で硬化しない点については、シリカやアルミナ、リン酸アルミニウム等酸化物は、高温で硬化してしまう傾向があるため、酸化物ではない材料についての検討が必要と考えられる。以上のことから、例えば、ホウ素系高分子は、炭素繊維とフッ素雲母コンポジット膜用のバインダーとしての候補のひとつであり、今後の検討としたい。

[分　野　名] 環境・エネルギー
[キーワード] 炭素繊維、粘土鉱物、耐火構造

[研 究 題 目] 東アジアにおけるバイオ燃料の指標および小規模・大規模バイオマス事業の持続性評価に関する研究
[研究代表者] 匂坂　正幸（安全科学研究部門）
[研究担当者] 匂坂　正幸、工藤　祐揮、定道　有頂（常勤職員2名、他1名）
[研 究 内 容]

バイオマスエネルギーはその利活用により、エネルギー源の多様化や温暖化対策、また農村開発などの便益が得られると考えられており、世界各国で利用促進が検討されている。しかしその一方でバイオマスエネルギーのGHG 削減効果や、バイオマス資源生産の拡大に伴う食料との競合や森林破壊等の環境問題への懸念が顕在化しており、バイオマスエネルギーの持続可能性が国際的に着目されている。東アジア経済統合推進を目的として、地域の課題分析、政策立案および提言を行う国際的な研究機関である東アジア・ASEAN 経済研究センターでは、東アジア地域における持続可能なバイオマス利活用に関するプロジェクトを実施している。この国際プロジェクトは平成20年に開始され、現在は産総研安全科学研究部門を中心とした東アジア6カ国・10人の研究者から構成される研究チームで実施している。

平成24-25年には、平成20年以降に行ってきたプロジェクトの総括をすべく、トリプルボトムライン（環境・経済・社会の3側面）で評価する指標（環境側面：ライフサイクル温室効果ガス排出量、経済側面：総付加価値、社会側面：雇用創出と近代的エネルギーへのアクセス）を用いて、東アジア地域におけるバイオマス持続可能性を評価するための手法をガイドラインとして取りまとめる。

[分　野　名] 環境・エネルギー
[キーワード] バイオマスエネルギー、東アジア、持続可能性、トリプルボトムライン、評価指標・手法

[研 究 題 目] 事業者の自主的リスク評価・管理を支援する環境リスク評価ツールの開発
[研究代表者] 林　彬勒（安全科学研究部門）
[研究担当者] 林　彬勒、内藤　航、加茂　将史、平田　絵里子（常勤職員3名、他1名）
[研 究 内 容]

化学物質の生態リスク評価には、高度な専門知識と、情報の収集・解析における膨大な時間と労力が要求される。さらに、リスク評価手法は近年急速に発展しており、既存の個体レベルでの影響から、より生態学的に関連の深い、種の感受性分布（SSD）や個体群影響を評価するよう変わりつつあるため、非専門家にはますます敷居が高いものとなっている。このような現状を打破するには、専門家による簡易リスク評価管理ツールの開発・提供が望まれるが、国内外においてこうしたツールはまだ開発されていない。

本研究では、すべての科学的なリスク評価手法と評価に必要とされる化学物質の有害性データを搭載したユーザーフレンドリーな「汎用生態リスク評価管理ツール（AIST-MeRAM）」を開発し、特に事業者の自主的リスク評価管理に寄与することを目標としている。23年度までに、すべての評価手法とデータを搭載した初期的なプロトタイプツールの改善と機能実装のほか、化審法の一次リスク評価仕様に対応可能な評価機能を追加した「0.9版ツール」（マニュアル含む）を開発した。24年度では、「0.9版ツール」に、①化審法スクリーニング評価、②リスク管理に利用可能な評価結果の提示、③各国機関の有害性テクニカルガイダンスに基づく搭載データの適合状況確認＆信頼性確保、④化審法で信頼性ありとされ

る欧州産業界のデータの収集・加工と実装、⑤各界ニーズヒアリングから「一括評価」＆「初期評価」の追加、といった機能の改善と追加を加えたスタンドアロン版（「0.9+α」）を作成した。本ソフトは、2013年6月末にAIST-MeRAM 0.9x（Windows 版）としてのリリースをめざしている。なお、本研究成果は2013年2月26日の化学工業日報に紹介された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］生態リスク、リスク評価、ユーザーフレンドリー、種の感受性分布、個体群存続、リスク管理

［研 究 題 目］**爆発影響低減化の技術基準の作成に関する研究**

［研究代表者］中山　良男（安全科学研究部門）

［研究担当者］中山　良男、若林　邦彦、松村　知治、和田　有司、久保田　士郎、椎名　拡海、角舘　洋三、松永　猛裕、岡田　賢、秋吉　美也子、薄葉　州、匂坂　正幸（常勤職員12名、他3名）

［研 究 内 容］

目標：

火薬庫の周囲に設置される土堤の防護性能を評価するために、野外での実証実験を行い、技術資料を収集する。

研究計画：1/10スケール（C-4爆薬40kg）の地上式一級火薬庫モデルの爆発実験を全5ショット行う。土堤の高さは400mm（現行基準）に統一し、基準土堤のほか、垂直土堤、補強土を用いた垂直土堤、火薬庫から土堤までの距離を2倍にした垂直土堤の防護性能を検討する。また、両側45度勾配の土堤でその高さを火薬庫高さの1倍、1.5倍、2倍に変えて3水準で実験し、増し高効果を検討する。

研究進捗状況：

爆風や地盤振動に対する垂直土堤の防護性能は、現行基準の土堤とほぼ変わらないこと、これは火薬庫から垂直土堤までの距離を長くした場合も同様であることが確認された。また、土堤を高くすると爆風の到達は遅くなるが、ピーク静水過圧やインパルス、そして地盤振動には影響を与えないことなどが確認された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］高エネルギー物質等、爆発影響、土堤、爆風圧、地盤振動

［研 究 題 目］**足入れの良い健康革靴プロジェクト**

［研究代表者］持丸　正明（デジタルヒューマン工学研究センター）

［研究担当者］持丸　正明、森田　孝男、小林　吉之、河内　まき子、元田　真吾（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

高付加価値の日本製革靴について「Made in Japan 革靴」ブランドを確立し、新興アジア圏で「履き心地がよく、歩きやすく、美しく、靴に起因する足のトラブルがない革靴」としての認知を得るために、科学的根拠に立脚し、パフォーマンスの高い革靴を開発するための基盤設計技術を研究する。美しさや機能性、コスト性を考慮できる自由度を許容しつつも、履き心地がよく、歩きやすく、美しく、靴に起因する足のトラブルがない革靴のための靴型設計ガイドラインを、科学的根拠に基づいて策定することを最終目標とする。平成24年度事業では、平成23年度に実施した靴型のボール部設計要件の多人数・長時間実験による検証と、新たに靴型アーチ部、踵部設計要件に関する基礎実験を行った。具体的には、(1)ボール部を修正した靴型に基づく試作靴を店舗を模擬した実験環境での100名以上の試履試験、(2)同試作靴で1.5km 以上の長時間歩行試験、(3)アーチ部、踵部形状を修正した靴型に基づく試作靴での10名規模での試履試験と物理計測、(4)部品の製造ばらつきを考慮した試作靴での10名規模での試履試験と物理計測を実施した。この結果、100名のうち60%以上の被験者が、足のボール線角度に一致するように靴型のボール線角度を修正した靴型に基づく試作靴を選択した。また、長時間の試履によって、ボール部線角度を修正した靴型に基づく試作靴を選択する者が増えることが確認できた。なお、部品の製造ばらつきの影響はほとんど認識できない程度であることが明らかになった。アーチ部、踵部の修正は、婦人靴と紳士靴で結果が異なっており、ヒールの高い婦人靴ではアーチ部と踵部を修正することで接触面積が増え、靴内での足の前すべりが押さえられることが確認できた。これらの靴型の設計方法と効果を靴型設計ガイドラインとして取りまとめるとともに、この靴型設計ガイドラインを中核として革靴製造、販売までの一貫したプロセス全体の品質管理ガイドラインについて業界団体と議論を進めた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］デジタルヒューマン、人間工学、バイオメカニクス

［研 究 題 目］**人間の意図理解と行動予測のための一人称ビジョンセンシングの研究**

［研究代表者］山崎　俊太郎（デジタルヒューマン工学研究センター）

［研究担当者］山崎　俊太郎（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

日常生活環境において人間と共生する情報システムでは、情報機器が自律的に人間の行動や意図を理解し、それに基づいて人間への指示や情報提供を自律的に行う技術が求められる。本研究では、このような能動的インタラクションを実現するための視覚情報処理技術として、一人称ビジョンシステムを提案する。本システムでは2

組のカメラを利用者の頭部に装着し、外向きカメラで第一人称視点映像を、内向きカメラで眼球運動を計測し、視点や視線の変化から人間の行動を理解と予測を行う。環境設置型のカメラで人間を観測する従来法と異なり、利用者の視覚情報を直接計測することによって、利用者に見えているものと見えていないものを識別し、人間の内部モデルをもちいた意図の理解や行動予測を行うほか、必要十分な情報を適切なタイミングで提供することのできる、人間調和型の情報支援システムを研究する。

平成24年度は、日常生活空間における人間の行動追跡のための基盤技術を研究した。一人称視点の時系列画像から環境の3次元地図を復元し、各時刻における自己位置や姿勢を推定する技術を開発した。地図の作成にはStructure from Motion法とMulti-view Stereo法を用い、事前に計測した画像集合の特徴点解析によって3次元空間の特徴点集合を復元した。

本研究は平成25年度以降も引き続き実施予定であり、今後はビジョンアルゴリズムを用いた作業物体と作業内容の自動認識技術の開発、移動ロボットを用いた生活空間におけるサービス提供への応用を計画している。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］デジタルヒューマン、一人称ビジョン

［研 究 題 目］**東アジアにおけるバイオ燃料の指標およびバイオマス利活用の影響評価に関する研究**

［研究代表者］後藤　新一
（新燃料自動車技術研究センター）

［研究担当者］後藤　新一、小熊　光晴、葭村　雄二
（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

平成19年度にERIA（東アジア・アセアン経済研究センター）Energy Projectの一つとしてワーキンググループ“Benchmarking of Biodiesel Fuel Standardization in East Asia”を立ち上げ、良質なバイオディーゼル燃料の流通を目指した各国の標準化支援と基準調和活動を行っている。平成24年度も事業のワーキンググループ運営を継続した。各国で対応可能な分析ラボのリストアップ作業を完了し、6カ国のラボによる同一バイオディーゼル燃料サンプルの分析比較試験を実施した。その結果、各国で採用されている分析方法をそれぞれ用いても、分析結果に大きな差異は見られないことを確認した。平成20年に発行した「EAS-ERIA Biodiesel Fuel Standard: 2008」を引用し、タイ、フィリピン、インドネシア、マレーシア、ベトナムおよび日本が自国のバイオディーゼル燃料品質規格の見直しを行った（一部見直し検討中）。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］東アジア、アセアン、ERIA、バイオディーゼル燃料、BDF、FAME、脂肪酸メチルエステル、酸価安定性、ハンドブック

［研 究 題 目］**DNA伸長合成反応のリアルタイム1分子検出による高速DNA1分子シーケンス技術の研究開発**

［研究代表者］平野　研（健康工学研究部門）

［研究担当者］平野　研（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本申請研究では、DNAポリメラーゼが伸長合成反応時に取り込む蛍光標識された塩基をその順番でリアルタイムに識別し、DNA1分子から超高速にDNAシーケンスを行う手法を確立し、将来的に装置実用化を行うための布石を構築することを目標としている。

システム全体を完全に超高感度検出・リアルタイム同期検出が可能な4種類の蛍光色素1分子をリアルタイムに同時に検出できる全反射顕微鏡の構築を達成した。また、リンカー長・化学構造の選定では現在特許出願検討中の構造にすることで、1.5倍程度の取込み活性向上を達成でき、DNAポリメラーゼの選定では1分子シーケンス手法に有用である新たな酵素を探索することに成功し最適な酵素を選定することができた。さらに、至適温度制御機構の追加により当初計画の1分子シーケンス速度（単塩検出速度）を達成するに至った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ゲノム解析、DNAシーケンス、1分子計測、DNAポリメラーゼ、テーラーメード医療、遺伝子

［研 究 題 目］**自己組織化マイクロリンクルを利用した微小体積液体のマニピュレーション**

［研究代表者］大園　拓哉（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］大園　拓哉、物部　浩達
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

シリコンゴム表面に密着する比較的硬い薄膜表面は側方応力下において固有な空間波長（200nm-20um）を有するマイクロリンクル（シワ）が自発的に発生する。この微小スケールでのメカニカルな不安定性により形成した自発的凹凸構造は、パターンの鋳型、マイクロ流路、細胞の制御培養、光学材料などの幅広い応用が考えられる。本研究の目的は、マイクロリンクルの溝を大気開放型毛細管として利用することでの微小量の液体のパターン化や操作である。マイクロリンクルの微細形状は外部からの応力刺激に対して、可逆的に応答し、その溝の深さや、方向が制御できることが分かっている。

柔らかい弾性体基板上に高分子材料で硬い層を形成させ、応力下でマイクロリンクルを発生させた。さらに、外部応力によって凹凸構造を変形させることで、表面に載せた様々な液体に対して毛細管力を発生させ、液体が溝に浸透していく現象をみつけ、さらにその液体形状を

変形させる技術を確立した。さらにその液体パターンを鋳型に金属ナノリボンを作製する技術や、液体が液晶の場合に現れる新規液晶欠陥構造も見出した。今後の研究推進により、省エネ型パターニング方法や、化学センサーや微小反応場として応用可能な液体操作技術として利用が見込まれる。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］マイクロリンクル、毛細管、ナノリボン

［研 究 題 目］微弱電磁波による異常状態判定システムの開発と応用

［研究代表者］鍛冶　良作（知能システム研究部門）

［研究担当者］鍛冶　良作（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、老年施設での介護支援を目的として、夜間の高齢者の異常状態検出技術を開発することを目指している。寝室や洗面所等での異常状態を検出するには、カメラを用いるとプライバシーの侵害に該当することが問題となるため、個人情報を取得せずに人の状態を記録・判別する技術が必要である。本研究では、RFID タグが出す微弱電磁波の強度変化を利用して人の状態を記録・判別する技術を開発することを目標とする。

4年計画の4年目の最終の2ヶ月である平成24年度は、転倒・徘徊状態分析を WEB 入力から行えるインタフェースの作成を実施した。具体的な実施内容は以下の通りである。

・携帯端末の画面から分析したい時間、センサを指定できるようにした。
・時間の指定はタッチパネル上に出た電卓形式のボタンで入力する方式を採用した。
・センサの指定はタッチパネル上に出たセンサ番号の入ったボタンで入力する方式を採用した。
・入力ボタンの横には分析データ描画のペインを設け、リアルタイムの電界強度データ、動きのデータ、動きの大きさの統計データを表示するようにした。
・成果を学会1件、講演2件、展示会2件で発表し、企業や地方自治体から合わせて28件の相談を受けた。うち2件の企業と共同研究に発展し、2件の企業と NDA を締結、共同研究を模索している。
・特許が登録になった。

上記のように当初の目標である、RFID タグシステムを利用した夜間の高齢者の異常状態を記録・判別する技術の開発を行うことができた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］RFID タグシステム、動体検知、状態検知、介護、防犯、環境電磁場

［研 究 題 目］酸化物交流電界発光原理の探求と素子開発

［研究代表者］高島　浩（電子光技術研究部門）

［研究担当者］高島　浩（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

ペロブスカイト型酸化物（$Ca_{0.6}Sr_{0.4}$）TiO_3:Pr を発光層とした二重絶縁構造をもつ EL 素子において低電圧駆動による赤色発光を確認した。（$Ca_{0.6}Sr_{0.4}$）TiO_3:Pr を発光層とした非絶縁構造の EL 素子を作製し電気的・光学的評価を行った。この単純構造の EL 素子作製・評価を通じて EL 素子作製の簡略化を図り、さらに発光の素過程を調査することを目的とした。パルスレーザー堆積法（PLD）によって $SrTiO_3$:Nb（001）単結晶基板上に発光層　（$Ca_{0.6}Sr_{0.4}$）TiO_3:Pr を成膜し大気中1000℃で5時間の熱処理を行い、上部電極として SnO_2:Sb（ATO）を成膜した。素子に周波数1kHz の正弦波交流電圧を印加し、7V の時、目視で発光を確認した。7V 印加時の発光スペクトルで、波長610nm に中心を持つ鋭いピークが得られ、純度の高い赤色であることを確認した。この発光は Pr^{3+}イオンの$^1D_2$から$^3H_4$のエネルギー遷移である。さらに透明電極パッド全体が発光し、面発光を確認した。高輝度を実現するため、複数の発光層と絶縁層を有する多層発光層 EL 素子を作製し電圧を印加したところ、電圧50V で輝度10cd/m^{2}を得ることに成功した。複数の界面が発光し、透明な複数の膜を光が透過し、透明電極を介して発光が得られた結果である。結論として、透明なペロブスカイト型酸化物薄膜 EL 素子で100V 以下の低電圧で発光が得られ、駆動電源のコンパクトな発光システムが実用化される基盤技術の構築に成功した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］ペロブスカイト型酸化物、電界発光、発光中心、二重絶縁構造

［研 究 題 目］ピコリットル微小液滴反応場を利用した低分子系有機薄膜デバイスプロセスの開発

［研究代表者］長谷川　達生（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

［研究担当者］長谷川　達生、山田　寿一、峯廻　洋美、野田　祐樹、松岡　顕、加藤　綾乃（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

本研究は、異質な微小液滴どうしを組み合わせて液体中に反応場を構築することにより、従来問題となってきた材料の凝集化を回避し、均質性に優れた低分子系有機半導体薄膜を得る新しい液体プロセスの開発を行う。最終年度である本年度は、前年度までに開発に成功した、単一成分有機半導体薄膜を製造するための独自技術であるダブルショット・インクジェット印刷法について、さらなる高度化と実用化に向けた研究開発を実施し、本プロジェクトの最終目標達成に向けた総合的な研究展開を推進した。基板としてプラスチックを用いる研究におい

ては、溶解性ポリマーのスピンコート法によるゲート絶縁膜形成に的を絞り、UV 光照射による親水／疎水表面改質について集中的な検討を実施した。この手法を活用することにより、簡易なデバイス製造に適したソース・ドレイン電極の構築法の開発に成功するとともに、その最適化について検討を行った。さらにダブルショット・インクジェット印刷法によって良質な有機半導体薄膜を形成するための印刷条件を明らかにするため、2種のミクロ液滴が混合する動的機構を高速度カメラによって顕微鏡観察し、その動画解析を行った。特にこれらの実験を多種の液体の組合せに対して行うことにより、ミクロ液滴の混合過程の類型化と2液の特性相関を明らかにした。これら検討に関連し、装置ブース内の気温・湿度・基板温度・ヘッド温度等の印刷環境が、膜質の均質性に与える影響について詳しい知見を得ることに成功した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］プリンテッドエレクトロニクス、アクティブ・バックプレーン、薄膜トランジスタ、インクジェット法、有機半導体、有機エレクトロニクス

［研 究 題 目］レーザフラッシュ法による固体材料のインヒレントな熱拡散率測定方法の確立および国際的ガイドラインの提案

［研究代表者］阿子島　めぐみ（計測標準研究部門）

［研究担当者］阿子島　めぐみ、阿部　陽香（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

熱対策・熱利用の観点から、固体材料の熱拡散率・熱伝導率に対し、より信頼性の高い値が求められている。現状の熱物性値の実用測定装置や測定規格は、経験的でプロシージャルな内容であり、そのニーズには対応していない。本研究では、日本（産総研）とフランス計量標準研究所（Laboratoire national de metrologieetdoratoir, LNE）の共同研究により、レーザフラッシュ法（以下、LF 法）を用いてインヒレントな熱拡散率・熱伝導率を絶対測定する技術を確立することが目的である。本プロジェクトの研究期間は、平成20年1月1日から平成24年12月31日までで、最終年度である今年度は、本研究の成果として確立することに成功した熱拡散率の測定手順や不確かさ評価方法について、ガイドライン案としての文書案の作成を行った。この文書は、同分野の計量標準コミュニティへ提案する予定で、関係者との相談を行った。また、この手順の有効性を充分に活用できる実用測定装置の要素技術開発を進めた。LF 法による熱拡散率測定のための標準物質に関する研究として、熱拡散率の異方性が大きい高配向性黒鉛の熱拡散率の精密測定を試み、材料固有かつ$1\times10^{-3}m^2/s$ 台の高い熱拡散率を測定することに成功した。また、この材料を活用して、測定装置の適用範囲の検定方法を開発した。さらに、熱拡散率に加え、熱伝導率を算出する際に必要になる比熱容量の測定技術の高度化を進めた。LF 法の応用的な用途である多層試料の熱拡散率測定について、昨年度製作した遮熱コーティングを模擬した金属基板とセラミックス層の層状試料の熱拡散率測定を実施し、検討を行った。本研究で得られた成果は、実用測定の現場に活用できるよう今後普及に努めたい考えである。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］熱拡散率、材料評価、標準化

［研 究 題 目］ヒト型糖鎖を均一に有する組換え糖タンパク質を高効率に生産する代替宿主としての酵母株の開発

［研究代表者］安部　博子（健康工学研究部門）

［研究担当者］安部　博子（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

目標：

高価なバイオ医薬の原料となる糖タンパク質を安全かつ安価に提供するだけでなく、低抗原化と薬効の向上を目指して、生体内と同じ糖鎖もしくは高機能化できる糖鎖構造を均一に持った糖タンパク質を高効率に生産する出芽酵母株を開発する。

これまでに Man5GlcNAc2（M5）糖鎖を生産する酵母 YFY20株に O-マンノース転移酵素をコードする遺伝子ファミリーの1つである PMT1遺伝子の破壊を加えた YFY21株、同株の増殖能の低下を不均衡変異導入法を適用することによって、その増殖能を回復させた YFY22株を開発している。本株では O-結合型糖鎖が約50%程度に減少することから本株を親株としてタンパク質の分泌生産能を向上させた株の開発を試みた。その目的に従って、出芽酵母のプロテアーゼをコードする pep4遺伝子の破壊株および pep4prb1 2重遺伝子破壊株の開発に成功した。また、これまでに強い活性を見出すことができなかった、β（1,4）－ガラクトース転移酵素、β（2,3）－シアル酸転移酵素をヒトや線虫等からクローニングし、出芽酵母細胞壁固定化後の糖転移活性を調べた。その結果、ヒト由来β（1,4）－ガラクトース転移酵素およびヒト由来β（2,3）－シアル酸転移酵素の膜貫通領域を除去した部分と、出芽酵母細胞壁タンパク質 Pir1との融合遺伝子は細胞壁に固定化されつつ高い活性を維持できていることを明らかにした。また、GnTII 遺伝子はこれまでにヒトおよびシロイヌナズナからクローニングされたが、いずれも酵母内での活性が確認できなかった。そこで、ラットの GnTII の膜貫通領域を除去した領域を出芽酵母のコドンに合わせ全合成し、ゴルジ体上で機能できるように、出芽酵母の MNN2遺伝子のゴルジ体局在に機能する部分との融合遺伝子を構築し、その GlcNAc の転移活性の測定を行った。その結果、アクセプター糖鎖の殆どに GlcNAc が転移しており、ラット由来 GnT-II は出芽酵母内で高

い活性を示すことが分かった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］糖鎖、酵母、バイオ医薬品

［研 究 題 目］しきい値可変型 FinFET による極低消費電力アナログ回路の開発

［研究代表者］大内　真一
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］大内　真一、松川　貴（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

電源電圧低減が困難なアナログ回路にしきい値可変型 FinFET を導入することで、当該回路の低電源電圧化による極低消費電力化、高性能化、更にはディジタル・アナログ混載による低コスト化を目指す。具体的には、しきい値可変型 FinFET が導入された提案型低電圧演算増幅器及び比較器を試作し、動作電圧0.7V での動作実証を行うことが、本研究の目的である。

前年度までに行った検討の結果、差動増幅回路の基本動作が電源電圧0.7V で可能であることが確認された。また、これを用いた比較器、演算増幅器の基本動作も確認された。今年度は、更なる低電圧化を可能とする回路方式を考案し、トランジスタ・配線層を含めて、すべて EB 直接描画によって形成を行う試作プロセスを構築した。このプロセスに基づいて、演算増幅器の詳細設計を行い、実際にプロセスを流動中である。

また、本研究で考案した回路構成は、他プロセスにも転用可能であるため、回路構成レベルで企業への技術移転の検討を開始した。さらに、本研究の派生的成果として、FinFET によって構成される演算増幅器の極低温動作に成功した。試作した演算増幅器は、4.2K において、GB 積3MHnz を達成する。宇宙、計測用途への転用が期待される。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］FinFET、演算増幅器、比較器、低電圧動作、システムオンチップ（SoC）

［研 究 題 目］短尺カーボンナノチューブの創製と CNT トランジスタへの展開

［研究代表者］斎藤　毅
（ナノチューブ応用研究センター）

［研究担当者］斎藤　毅、大森　滋和
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

カーボンナノチューブ（CNT）を切断することは、炭素－炭素結合で構成される強固なグラフェンネットワーク構造を切断することに他ならず、切断はおろか格子欠陥を導入することも困難であるが、酸化性の強い酸処理などによる過度な切断反応では CNT の優れた特性の起源である電子構造までも深刻なダメージを受けてしまい、デバイス応用に不適となってしまう。本研究では CNT 自身の反応性を制御でき、少なくともグラフェンネットワークになるべく欠陥を導入しない切断や長さ分級の技術開発を行い、CNT トランジスタへの展開を目指している。平成24年度は、本プロジェクトにおける最終目標であるオンオフ比10^7以上、移動度10cm^2/Vs 以上で動作する薄膜トランジスタを目指して、長さ分級技術、金属／半導体分離、成膜技術、デバイス作製技術、測定方法などすべてのプロセスについて見直しを図ることによって、オンオフ比10^7以上で移動度が1～2cm^2/Vs のデバイス特性や、オンオフ比$10^{3\sim5}$で移動度がすべて10cm^2/Vs 以上のデバイス特性を得た。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ナノチューブ、CVD、印刷技術、トランジスタ

［研 究 題 目］エンジンの潤滑油粘性モニタリングや流体プラントの多点プロセス粘性計測を実現する超小型粘性 MEMS センサの開発

［研究代表者］山本　泰之（計測標準研究部門）

［研究担当者］山本　泰之、松本　壮平（集積マイクロシステム研究センター）（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

MEMS 技術を用いて、小型の粘性センサを実用化するため、研究開発を行った。

本年度は、ダブルスパイラル形状を用いた粘性センサの測定性能の検証を進めるとともに、センサ表面に変位検出のためのひずみゲージパターンを形成する研究を行った。また、新たに電磁アクチュエータを内蔵したセンサホルダを開発し実用化に向けた実証研究を行った。

ダブルスパイラル構造の粘性センサは、センサ本体を液体中に直接投入して手軽に粘性を測定することが可能で、頑丈で、安価という特徴を有している。産業界における粘性測定のフィールドの、簡易的な測定シーンの多くを代替できるものと考えている。

ダブルスパイラル構造を振動子として用いた粘性センサの基本原理を確認するため、標準液を用いた検証実験を行った。理論と一致する良好な測定結果が得られ、粘度の算出値は校正値と概ね数%のオーダーで一致した。

変位の検出機構として、金属ひずみゲージ効果を利用した変位検出センサを、センサチップ表面に集積化する方法の開発を行い、金属膜の製膜プロセス等の実証的検討を進めた。製作されたひずみゲージパターンを用いて、振動体の変位を検出し、レーザ変位計の結果と比較したところ、ほぼ完全に一致した。これにより、集積化された変位検出センサによっても、変位を測定できることが明らかとなり、粘性センサの実用化に向けた開発の大部分を完了することができた。

センサホルダは前年度まではピエゾ素子に直結したピンでセンサの振動子を振動させる形式であったが、これを電磁アクチュエーション方式に改め、センサ表面にネ

オジム磁石を埋め込み、駆動コイルをホルダ側に設置することで、振動子を駆動できるようにした。製作したホルダを用いて液体中での粘性測定の実験を行い、これまでと変わらず良好な結果を得ることに成功した。電磁駆動方式に変更したことで、より小型化、低価格化が可能となり、実用化へさらに前進した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］粘度、粘性率、センサ、MEMS、マイクロマシン、プロセス粘度計

［研 究 題 目］光通電ハイブリッド・パルス加熱法による高速多重物性測定装置の実用化開発

［研究代表者］渡辺　博道（計測標準研究部門）

［研究担当者］渡辺　博道、山下　雄一郎（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

高温機器の設計や材料開発に必要な200～3000℃超における固体の複数の熱物性値を同時測定する装置を開発することを目標とする。本装置は、通電加熱とパルス光加熱を高速制御して試料を物性測定する際に必要な境界条件（温度・熱流環境）に瞬間的に保持すると共に試料の温度、電流、電圧、形状、光学特性を同時測定することで熱伝導率、熱拡散率、比熱、全放射率、分光放射率、電気抵抗率、熱膨張率を同時測定する。測定を1秒以内で終了させ、試料汚染を回避できると共に測定効率を画期的に向上させることを目指す。

H24年度は、カーボンナノチューブ（IG110とGC20SS 基盤上に垂直配向成長）の半球全放射率測定を行い1800 K 以上の温度域で0.938という値を得た。また、チューブの長さや温度に、放射率は依存しないという結果を得た。また、タングステン基板上に成膜したアルミナの比熱・半球全放射率測定を行い、文献値と良く一致することを確認した。その他、マルチチャネル分光器を組み合わせた垂直分光放射率測定システムの開発及びに本研究の要素技術であるパルス通電加熱技術を応用した平面黒体の作製を開始した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］熱物性、金属、炭素材料、フラッシュ法、熱量法

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

［研究代表者］大久保　將史（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］大久保　將史（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

省エネルギー・地球温暖化対策に資する分散型エネルギーネットワーク構築のキーテクノロジーである高性能2次電池として、リチウムイオン2次電池の高性能化が期待されている。本研究では、既存の正極材料では得られない電極特性の発現を目指し、高性能リチウムイオン2次電池の実現を目指す。特に、シアノ基で架橋された多孔性配位錯体を正極材料として応用する。

平成24年度においては、シアノ基で架橋された多孔性配位錯体におけるナノ構造制御に着目し、高容量材料においては、サイクル特性が極めて低くなり実用に供せないことが明らかとなった。そこで、合成プロセスを新規に開発し、コアシェル型材料の構築に成功した。本手法により得られた表面不安定性を抑制したシアノ基で架橋された多孔性配位錯体は、高い耐久性を示した。また、充放電メカニズムについても電子状態、構造状態から詳細に検討し、電気化学反応機構を明らかにした。

［分　野　名］環境・エネルギー、計測・計量標準

［キーワード］リチウムイオン2次電池、正極材料、ナノ材料

［研 究 題 目］高効率成膜プロセスを用いた機能性酸化物薄膜の開発および調光ミラーデバイスへの応用と優れた耐環境性能を有する構造開発

［研究代表者］田嶌　一樹（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］田嶌　一樹（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

調光ミラーデバイスは電気的に反射（鏡）状態と透明状態を可変できるため複層ガラスあるいは遮熱フィルムへの応用により優れた省エネルギー効果を期待できる。本研究では、当該デバイスの実用化のため特に生産性を律速する機能性酸化物薄膜の省使用化技術開発を行い、新規の高効率成膜プロセスを適用する。さらに使用環境に対する適合性を調査し、優れた耐環境性能を有するデバイス構造の開発を行う。

平成24年度の主な成果は以下の通りである。

① 大面積コーティングに適するスパッタ法を用いた酸化物系薄膜の高効率・高速成膜技術開発

前年度導入を行った新規スパッタ用電源を用い、高品質薄膜作製の検討を行った。前年度の成果において、固体電解質：酸化タンタル薄膜（Ta_2O_5）の研究開発例として、厚さ50nm 程度の薄い膜厚においても同程度の切替速度および切替幅（透過率・反射率可変範囲）を有するデバイスの作製が可能となっている。本年度はさらに高性能かつ短時間プロセスを開発した。たとえば、新規電源では酸化タングステン薄膜（WO_3）において約4分と、前年度実施した Ta_2O_5薄膜同様10分の1程度までプロセス時間を短縮することができている。表面形状観察結果からもこちらもほぼ同程度の膜質を得ることができている。次年度はこれらプロセス技術を適用し、大型品の製膜が可能なスパッタ成膜メーカに外注依頼をすることで、開発初期の100倍サイズ（30cm×30cm）の調光ミラーデバイスを作製す

る予定である。

② 高い耐環境性能を有する調光ミラーデバイスの創出

前年度導入のソーラーシミュレータを用いた擬似太陽光照射における調光ミラーデバイスの環境性能把握をさらに発展させ、温湿度も含めた周辺環境における環境性能試験を複合的に行うことで多角的な環境性能把握を行った。最表面の透明導電膜 AZO を保護層として適用した場合、ほとんど劣化を示さないことが分かった。さらに、種々環境中で耐候性を調査したところ、ガラスを基材として用いた当該デバイスにおいて擬似太陽光照射による影響はほとんど観察されないことが分かった。使用する薄膜材料特性の環境測定については、たとえば、PET やポリカーボネートなど樹脂基材においては、基材自身の性能により環境応答（環境に対して敏感）の懸念もあり、環境中湿度に由来する水分の吸収、紫外線による劣化なども生じる。そのため各種基材への適合性を継続的に調査した。近年開発の貼り合わせ法による作製において、環境の影響を緩和できるため上部保護層が不要となり、設定目標値に関して（a）電力供給後数秒でのスイッチング（鏡⇔透明）、1万回以上の繰り返しスイッチング耐久性および（b）光学透過率のスイッチング幅（可視光および近赤外光）50%以上も透明導電膜の構造検討により前年度までに達成しており、(c) 夏季・冬季、乾燥期・梅雨時の調光性能誤差10%以内、半年経過後も安定動作に関しては、擬似太陽光照射ならびに温度40℃、湿度60%で保持した結果、長期保持後もほぼ性能の変化がなく調光が可能である。

③ 調光ミラーデバイスの大型化に関する検討

本助成に基づく成果により見出した各種機能性薄膜の作製方法や諸特性と工業的な実プロセスへの適合性をより詳細な把握を行った。

当該デバイスに使用する各種薄膜材料に関して、その成膜方法を研究担当者が指定して、外注による成膜加工メーカの調査を行った。そして、当方作製薄膜とほぼ同程度の特性を有する酸化物薄膜材料の作製が可能である企業を見出した。次年度も継続的に作製条件の最適化を行う予定であり、より詳細に膜質などの分析も行う。

[分　野　名] ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] 薄膜、スパッタリング、調光ミラー、加速試験、耐環境性能、希少金属省使用化

[研 究 題 目] 新型インフルエンザウイルスの高感度その場分析装置の開発

[研究代表者] 粟津　浩一（電子光技術研究部門）

[研究担当者] 粟津　浩一、藤巻　真（常勤職員2名）

[研 究 内 容]

インフルエンザウイルスのスクリーニング方法としてイムノクロマトグラフィーが広く用いられているが、A, B 型の判定を行えるだけで、A の亜型、例えば H1N1と H5N1、の識別を行うことはできない。また感度、信頼性も低く、感染後期のウイルス量がかなり増大してからでないと検出ができない。我々は我々が開発した導波モードセンサを用い、H1N1と H5N1の識別を行った。その結果、両者を明確に識別することに成功した。また感度に関してもイムノクロマトグラフィーとの比較を行った結果、導波モードセンサは2桁高感度であることを示す実験結果を得た。装置に関しても、光の入射角度を回転させながら測定する方式から、白色光を入射して、スペクトル測定する方式に変更を行った。その結果角度回転機構であるゴニオメーターが不要となり、ハンドキャリー可能な小型装置の試作に成功した。

[分　野　名] 情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] センシング、ウイルス、光

[研 究 題 目] ミリ波・サブミリ波領域の S パラメータ測定の国際標準化に向けた評価技術研究開発

[研究代表者] 堀部　雅弘（計測標準研究部門）

[研究担当者] 堀部　雅弘（常勤職員1名）

[研 究 内 容]

標準器を用いたミリ波・サブミリ波帯の導波管ベクトルネットワークアナライザ（VNA）の校正及び測定確度向上のため、導波管については、1.1 THz までの導波管（電磁波伝搬する開口部が250 μm×125 μm）について、その開口寸法の評価などを昨年度までにレーザ干渉計を用いることで実現し、TRL（スルー・リフレクト・ライン）校正を行った VNA の測定不確かさについて、世界で初めて1.1 THz 帯域で実現した。さらに、測定の校正に用いる基準導波管の長期使用による特性の変動を電気特性と形状の両面から評価し、基準導波管の厚さについて、長期安定性の視点から推奨値を提示した。また、測定用に開発した VNA 測定用のプラットフォームについても、性能実証結果の発表およびデモンストレーションを実施して、普及に努め、現在までに業者を通じて3基の導入実績がある。一連の評価方法については、IEEE 標準化においても参照され、規格の一部に採用されており、また、IEC 国際標準化についても、国内委員会の中で作業部会の立ち上げを準備している。

[分　野　名] 計測・計量標準

[キーワード] ベクトルネットワークアナライザ評価技術、導波管インターフェース、アライメント精度、国際標準化

[研 究 題 目] ナノ結晶による低熱伝導率化を利用したシート状熱電発電モジュールの開発

[研究代表者] 馬場　創（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］馬場　創、佐藤　宏司、舟橋　良次
（ユビキタスエネルギー研究部門）
（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

AD 法を用いて PET 基板上に $Bi_{0.3}Sb_{1.7}Te_3$ 層の成膜を試みた。$Bi_{0.3}Sb_{1.7}Te_3$ 層は PET 基板上に直接成膜できなかったので、密着層を挿入した。今回、密着層として $CoSb_3$ 層を1μm の厚さで AD 法を用いて成膜した。その結果、PET 基板上でも200μm 程度の厚膜で $Bi_{0.3}Sb_{1.7}Te_3$ 層を成膜することに成功した。断面を TEM 観察した結果、$CoSb_3$ 層は PET 基板との界面にナノオーダーのアンカリング層を形成して成膜されていることがわかり、PET 基板上に強固に密着した $CoSb_3$ 層上で $Bi_{0.3}Sb_{1.7}Te_3$ 層が常温衝撃固化して成膜できたものと考えられる。PET 基板上に形成された $Bi_{0.3}Sb_{1.7}Te_3$ 層は外力によって剥離したり破壊したりしないようにパターニングした。Ag ペーストを用いて下部電極と上部電極を形成して PET 基板上の $Bi_{0.3}Sb_{1.7}Te_3$ 層の面内方向に温度差を印加して熱電発電させた結果、室温付近の5℃程度の温度差で10W/m^{2}程度の最大発電量を得ることができた。また、ポジ感光基板を用いたより薄いポリイミドテープ上にも同様に $CoSb_3$ 層を介して $Bi_{0.3}Sb_{1.7}Te_3$ 層を種々の素子数になるように下部電極をパターニングして成膜した。その結果、素子数にかかわらず、各素子から発電できる起電力は同程度であったが、素子数が多くなるに連れて最大発電量が減少してしまうことがわかった。これは上部電極として用いた Ag ペーストの配線抵抗や $Bi_{0.3}Sb_{1.7}Te_3$ 層との接触抵抗が、素子数が増えると増加してしまうために、モジュールに流れる電流値が減少し、結果的に最大発電量が減少してしまったためと考えられる。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］熱電変換、フレキシブル、高速成膜、熱伝導率、エアロゾルデポジション、微結晶構造、フォノン散乱

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

［研究代表者］瀬川　武彦
（新燃料自動車技術研究センター）
［研究担当者］瀬川　武彦、湯木　泰親、前田　茂、前田　哲彦、小方　聡
（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

自動車エンジンシステムを始めとする流体機械のエネルギー効率を飛躍的に向上させ、将来的に自動車、大型風車、航空機、高速列車といった流体機械へ実装できる革新的な流体制御デバイスの実用化に向け、プラズマアクチュエータと FBG センサを用いた剥離流れの制御及び検出を行い、時間変動する翼周りの剥離流れをリアルタイムで制御できるシステムを開発する。本年度は可動壁を有する風洞試験部において剥離流れを周期的に発生させ、NACA0024翼及び NACA4418翼の正圧面に設置した片持ち梁構造内側表面に FBG センサを配置することで、剥離流れを高感度で検出できることを明らかにした。また、プラズマアクチュエータ表面露出電極の形状や配置の多様化により剥離抑制効果を向上させ、翼型の失速角を20%以上向上させた。これらの流体制御技術によりフィードバック制御デモンストレーションを行った結果、周期的に発生する剥離流れの発生頻度を30%以上抑制することに成功した。静止部と回転部間の光信号送受信技術として、光ファイバロータリジョイントのファイバ突き合わせ部の改良により、回転体に設置した FBG からの反射 Bragg 波長を最大1,000pm まで検出することが可能になった。また、ポットコアを用いた非接触電力伝送回路を小型化し、光ファイバロータリジョンと同軸で発電モータに接続するシステムを開発した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］空力、アクチュエータ、剥離制御、プラズマ技術、ファイバーグレーティング、光ファイバロータリジョイント、非接触電力伝送

［研 究 題 目］次世代パワー集積回路の実現に向けた低抵抗 P チャネル型 GaN 素子の開発

［研究代表者］中島　昭（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］中島　昭、劉　璞誠
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

GaN（窒化ガリウム）は絶縁破壊電界強度が高いことから、次世代のパワー半導体素子としての期待が大きく、世界中で研究・開発が進められています。これまでは N チャネル型 GaN 素子の開発が主に行われており、一部で市販化が始まっています。さらに P チャネル型素子が実現できれば、電力変換器システムの大幅な低コスト化・小型化が可能になると考えられます。しかし、Mg 不純物ドープによる従来の方法では、デバイス応用に十分な移動度・キャリア濃度を得ることが非常に困難です。近年我々は、GaN の特長である分極を利用した PN 接合（分極接合）により高濃度のホール（2次元ホールガス）を得ることに世界で初めて成功しました。

本研究は、この成果をさらに進め、次世代電力変換器のシーズ技術として、2次元ホールガスの移動度の向上、および2次元ホールガスを用いた P チャネル型 GaN 素子の研究開発を行っています。平成24年度は、昨年の成果をもとに、2次元ホールガスの輸送機構および現在の移動度を律速するボトルネックを、実験及び理論の両面から調べました。これらの結果から、2次元ホールガス

における輸送機構に関する物理的理解が深まりました。また、2次元ホールガスを用いた P チャネル素子の実証に向け、素子作製のためのプロセス開発に着手致しました。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］高効率電力変換、ワンチップ集積回路、ワイドバンドギャップ半導体、窒化ガリウム

［研 究 題 目］化学反応を駆動源とする超省エネ型・新規自励振動ゲルアクチュエータを用いた外部装置フリーのマイクロ流体素子の開発

［研究代表者］原　雄介（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］原　雄介（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本提案では、化学反応を直接力学的なエネルギーに変換して駆動する超省エネ型・新規自励振動型ゲルアクチュエータをマイクロポンプ・バルブ等に搭載することで、外部制御装置フリーのマイクロ流体素子を開発する挑戦的な研究課題である。マイクロポンプ・バルブ等を駆動させるゲルアクチュエータは、化学反応を駆動源とするため生命体同様にエネルギー効率が高く、電場・光などの外部制御装置が一切不要であることを特徴とする。自励振動ゲルをマイクロ流体素子へと応用するためには、現状で抱えている数々の問題点をクリアーする必要性がある。まず現状の自励振動ゲルは、強酸環境でしか自励駆動できないため、素子の安全面の観点からよりマイルドな環境下で駆動されることが望まれている。そのため、分子構造を抜本的に改善することにより、駆動環境のマイルド化を狙った。その結果、強酸を直接加えない環境で自励振動を起こすことに成功した。またマイクロ流体素子への応用を考えた場合、ゲルアクチュエータの駆動変位および発生力を明らかにする必要性があった。これまで、ゲルの発生力測定は行われてきたものの、微細なゲルアクチュエータの発生力を水中で簡便・正確に測定することは、まだまだ難しい状況にあった。その背景としてゲルアクチュエータの発生力を簡便・正確に測定することが可能な装置が市販されていない現状が挙げられる。そのため、簡便・正確に微細なゲルアクチュエータの発生力を測定可能な装置の開発を行い、ゲルアクチュエータの発生力を計測した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］高分子ゲル、アクチュエータ、MEMS

［研 究 題 目］製造プロセスの高度化に向けた多様環境対応型　静電気計測技術の開発

［研究代表者］菊永　和也（生産計測技術研究センター）
［研究担当者］菊永　和也、山下　博史、藤井　義貴
（常勤職員1名、他2名）
［研 究 内 容］

生産現場に対応可能なアクティブ型の静電気計測技術を開発するために、静電気の定量的な評価を原理的・技術的に可能にすること、励振装置と電界計測装置から構成される静電気センサを開発することを目標とした。

まず静電気の振動によって誘起される電界について、周波数領域差分法を用いたシミュレーションと自動計測システムを用いた系統的評価によって、電界から静電気への関係式を検証した。この結果、電界は、電荷量、振幅、距離、周波数によって決まること、同じ設置条件にいて電界強度が表面電位に直線比例することを明らかにした。これにより、計測装置を校正することで静電気の定量的な評価を可能にした。次に、励振装置として、285個の超音波振動子のフェーズドアレイを用いて、小型の集束超音波発生装置を作成した。これは、集束径1.5cm 程度で発生力10mN 以上の集束超音波を発生させることができ、この集束音波が走査可能な空間範囲内にある対象物に対して、部分的な振動を与えることができる励振装置を開発した。また、励振によって発生した低周波の電界を高感度で計測するために、アンテナの最適化と計測器の小型化を行なった。計測器としては、発生する電界の周波数が音波によって制御可能であることから、周波数積算によって高感度化が可能なロックインアンプ方式を用いた。また、電界検出のためのアンテナを平板電極にすることで検出感度を高感度化することに成功し、平板電極とロックインアンプを用いた小型電界計測装置を開発した。これらより、対象物に近接することなく振動を付与する集束超音波発生装置と電界検出装置を、手動で搬送できるレベルまでの小型化に成功した。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］静電気、振動、音波、電界、非破壊計測、製造現場

［研 究 題 目］木質細胞ヒエラルキー界面をセミソリッド化する非平衡塑性加工技術の開発と自動車用木材・プラスチック複合材料への展開

［研究代表者］三木　恒久
（サステナブルマテリアル研究部門）
［研究担当者］三木　恒久、杉元　宏行
（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］

本研究では、木質素材を高い比率で含有しつつ、高強度、高耐熱、難燃化性能を持つ木材・プラスチック複合材（WPC）の高生産な塑性加工技術の開発に取り組んだ。木質細胞の階層構造に各種樹脂をバインダとして選択的に導入することで、プレス成形時に細胞実質の高機能化と同時に細胞間層のセミソリッド化による3次元大変形の実現を目指した。この技術により、既存 WPC では困難である自動車用部材としての実用化を図り、自動

車産業におけるグリーンイノベーションに貢献する。

平成24年度は、木質細胞間のすべり変形による変形能向上と得られる成形体の物性向上を目指した研究開発を行った。得られた成果は以下のとおりである。

1．変形能の向上

圧縮試験による変形率200%を高温水蒸気下（180℃）にて達成した。水を溶媒としたバインダを導入することによって、セミソリッド化は顕著に生じることがわかった。これは、有機溶媒を使用するバインダに対して、作業面・安全面でも優位性が高いと考えられる。

2．機械的性質の向上

フェノール樹脂を水溶媒下で導入した木材を素材として得られた流動成形体（木質率60～70wt%、板厚2mm）の機械的性質は、成形温度によって制御可能であり、強度は成形体内でのバラツキはあるものの最大で170MPa を達成した（平均120MPa）。同様に、曲げ弾性率は約10GPa、シャルピー衝撃強度は3.2kJ/m^{2}を得たが、これらの値についても、木質繊維の配向状態によって大きく変化する可能性があることがわかった。一方、繊維の配向状態について、X 線回折を用いた解析手法を確立した。

3．熱的性質の向上

フェノール樹脂をバインダとした流動成形体（テストピース：板厚2mm）の耐熱性として、曲げたわみ温度150℃を達成した。難燃性能は、当初目指していた性能より1ランク高い V-0をクリアした。

4．新たな機能の模索

熱硬化性バインダを用いた技術開発を行う一方で、二次変形加工や易リサイクル化を考慮し、熱可塑性樹脂をバインダとして木質素材に導入する方法を検討した。その一つとして、疎水性のアクリル樹脂を親水性の木質細胞壁中へ含浸する方法を開発した。この手法によって、これまでは熱硬化性を示し、二次加工やリサイクルが困難であった流動成形体が、熱可塑性を持ち、再変形やリサイクルといった二次加工が容易になった。ただし、耐熱性においては、軟化点が100℃付近から始まるため、更なる物性の向上が望まれる。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］複合材料、非平衡プロセス、ヒエラルキー、木材、バインダ

［研 究 題 目］電気的酵素反応駆動による高効率な物質生産技術の開発

［研究代表者］三重　安弘（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］三重　安弘、館山　絵美（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

目的：

高い生体親和性を有する導電性材料を合成・作製すること、及びこれらを用いて電極界面上に様々なナノ構造を構築する手法の確立を目標とする。これにより、酵素反応を利用するバイオプロセスの高効率化・低コスト化を実現するための「電気的酵素反応駆動技術」を開発するための基礎が確立される。

研究計画:

本研究では、導電性ナノ構造を有する電極界面を用いて、該ナノ空間に酵素分子を埋め込み固定することで、「電極から酵素への迅速電子移動」と「電極上での酵素の失活防止」を実現する。

年度進捗状況：

本年度は、昨年度に得られたオリゴ DNA を用いたナノ構造界面を用い、同界面上へのシトクロム P450酵素分子の固定化および電気化学反応評価を行った。電圧印加による酵素反応の進行を確認でき、従来法に比べて酵素反応の持続性（酵素活性の安定性）を大きく向上させることに成功した。しかしながら、活性そのものは低く、今後さらなる改善が必要と考えている。一方、芳香族分子修飾ナノ構造界面を用いたシトクロム P450酵素反応の電気的駆動の評価を昨年度に引き続き行い種々の分子を検討したところ、アミノチオフェノール修飾界面が非常に良い効果を示すことを見出した。従来法では、電極上の酵素活性は電圧印加5分間程度で大きく低下したが、該修飾電極を用いると90分間の電圧印加でも活性が持続することが示された。また、電極応答の曲線から電極から酵素への電子移動が迅速であることも示唆された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］バイオプロセス、酸化還元酵素、電気的酵素反応駆動、ナノ構造界面

［研 究 題 目］排ガスからの二酸化炭素分離・回収実証設備整備

［研究代表者］井田　博之（JFE エンジニアリング株式会社）

［研究担当者］海老沼　孝郎（メタンハイドレート研究センター）

［研 究 内 容］

大気中の二酸化炭素は、地球規模の温暖化を引き起こす温室効果ガスのひとつとして注目されており、地球温暖化を防止するための有効な対策の早期実施が切望されている。このような地球規模の温暖化防止対策として、産業活動に伴い火力発電所、製鉄所、化学工場などから大気へ放出される排ガス中に含まれる二酸化炭素を分離・回収した後、固定化、有効利用を図ることが出来れば、地球温暖化の防止に大きく寄与できると考えられる。

本整備事業では、二酸化炭素分離・回収技術において、従来技術によるコストを大幅に削減する可能性を有するハイドレートを用いた排ガスからの二酸化炭素分離・回収プロセスについて、パイロットプラント規模の設備を試作して、この技術の実現可能性を確認する。製鉄関連設備の排ガスの一部を取り出し、二酸化炭素を分離・回

収する設備を導入した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］ハイドレート、二酸化炭素、分離・回収

［研 究 題 目］押出用高強度難燃性マグネシウム合金製造設備の整備

［研究代表者］千野　靖正
（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］千野　靖正、湯浅　元仁、黄　新ショウ、斎藤　尚文（常勤職員4名、他2名）

［研 究 内 容］

マグネシウム合金は実用合金の中で最軽量であり優れた比強度を有することから、次世代の構造材料として、輸送機器部材への適用が始まっている。一方、マグネシウムは活性金属の一つであり、融点付近で長時間加熱すると発火する欠点を有しており、難燃特性が必須の要件とされる公共輸送機器（鉄道、航空機）への適用が進まないことが問題となっている。近年、既存のマグネシウム合金に1～2wt%のカルシウムを添加することで発火温度を200～300℃高めたマグネシウム合金（難燃性マグネシウム合金）が開発されている。また、当該合金を押出加工に供する事により優れた強度と延性を付与することが可能であることが明らかとなっており、公共輸送機器への適用が期待されている。

本研究開発は、φ177mm ビレットを利用して難燃性マグネシウム合金の押出加工を実施するための押出設備、精錬設備、評価設備を整備し、高強度アルミニウム合金並みの機械的特性を有する難燃性マグネシウム合金押出し材を実用化レベルで作製することを目標とする。平成24年度は難燃性マグネシウム合金の代表的組成の一つである AZX912合金（Mg-9wt%Al-1wt%Zn-2wt%Ca 合金）を対象として、φ40mm ビレットを利用したモデル実験により当該合金の押出し特性を評価した。そこでは、押出しパラメータが押出し材の諸特性に及ぼす影響を系統的に明らかにした。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］マグネシウム合金、難燃性、押出し、機械的特性

［研 究 題 目］SOFC（固体酸化物形燃料電池）を活用したパワートレーンのシステム化研究

［研究代表者］山本　淳（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］山本　淳、田中　洋平、小熊　光晴、永田　進（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究ではトラック・バス等の大型車両のエネルギー効率向上を目指し、ディーゼルエンジンより高効率が期待できる固体酸化物形燃料電池（SOFC）を用いたパワートレインシステムの可能性を明らかにする。本年度は最初に SOFC 性能の高精度測定を行い、各種システム構成機器を考慮したパワートレイン用 SOFC システムのモデルを構築した。また、新燃料自動車技術研究センター 新燃料燃焼チームと共同で、数値計算に必要な燃料の熱力学的特性を調査した。得られた結果を用いてSOFC システムの性能を予測した。

電池性能計測では、車両に適し、かつ高効率が期待できるアノード排ガスリサイクルシステムを前提とし、各種 SOFC 運転条件にて電池に供給されるガス組成を精度よく模擬して、リサイクル時の発電性能を取得した。その結果、供試 SOFC では、700-800℃、電流密度25-400mA/cm^2、燃料利用率90%にて、60-70%の発電効率が得られることが判明した。

次に、この電池性能計測結果を組み込んだ、SOFC システムモデルを開発しシステムの性能計算を実施した。なお、燃料種として、メタン、プロパン、ジメチルエーテル等の熱力学的特性を NASA 多項式として SOFC システムモデルに組み込み、選択できるようにした。その結果、最高出力の20-100%にて、パワートレイン用 SOFC システムレベルでも、60%（交流、送電端、LHV）の発電効率が期待できることが判明した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］固体酸化物形燃料電池、SOFC システムモデル、高効率発電

［研 究 題 目］不燃透明複合材とそれを用いた照明カバーの製造技術の開発

［研究代表者］蛯名　武雄（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］蛯名　武雄、林　拓道、中村　考志、岩田　伸一、夏井　真由美
（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

現在、鉄道車両の電照カバー類のほとんどは不燃性の基準を満たしていない従来からのアクリル、ポリカーボネート類のプラスチックが使用されている。その理由としては、透明性、不燃性、安全性を併せ持った良い素材が未だ存在しないことがあげられ、不燃性の基準を満たした透明度のある素材の開発が待ち望まれていた。本研究では、宮城化成のガラス繊維強化プラスチック（GFRP）技術と産総研の粘土膜（クレースト）技術を融合させ、不燃透明材を開発する。

平成24年度は、不燃透明材の製作及び量産プロセスの確立に関して、1)板材の十分な不燃性の確立については、樹脂に混合する無機材の配合量や板材の厚み、クレーストの膜厚を変化させ評価を行ったところ、鉄道車両用材料のアルコール燃焼試験及びコーンカロリーメーター試験の不燃性の基準を満たす、無機材配合量、板材の厚み、クレーストの膜厚等を決定することができた。2)透明性の向上については、樹脂及びガラス繊維の屈折率に近い無機材（シリカ等）の選定を行い、板材の試作を行った

結果、結晶シリカを使用することで全光線透過率が大幅に向上した。また、樹脂、硬化剤、無機材を混合する際に自転公転ミキサーによる混練・脱泡に加えて、真空脱泡を行うことで成形時に残留する細かな気泡を無くすことができ、板材の透明性を向上させることができた。3）スプレー塗工可能な粘土ペーストの開発においては、新たに、化学成分を改良した合成粘土の活用について検討を行った。その結果、従来の合成粘土と比較すると、ペーストの粘土が低く、スプレー塗工可能な粘土を作製することができた。4）平成24年度の成果としては、板材は不燃レベルまで達している。不燃レベルまで達した板材の全光線透過率は約60%である。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］粘土膜、難燃性、透明性、ナノコンポジット

［研 究 題 目］車載電池の性能評価手法の技術開発

［研究代表者］小林　弘典
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］小林　弘典、鹿野　昌弘、小池　伸二、奥村　豊旗、栗山　信宏、廣瀬　道夫、村野　克弘、山本　博文、和合　由美子、森　里織、山口　洋一、山野　由美子、鈴木　友美、竹井　かずえ、平井　順、佐藤　扶美子、名倉　規代、中島　美幸、金光谷　和彦、古谷　恭代
（常勤職員5名、他15名）

［研 究 内 容］

管理下走行試験および走行を模擬した電池単体の加速劣化試験によって劣化した車載蓄電池について内部分析を行い、電池構成材料を直接調べることで劣化要因を解明することを目的とする。今年度は、「電池単体の加速劣化試験により作製した劣化電池の内部分析を行い、電池の種類・使用条件の違いによる劣化モードや劣化要因の違いを把握する」等を開発目標に設定して実施した。1）車載蓄電池の電池試験の実施：市販電気自動車の車載用蓄電池の単セル（新品）について、サイクル試験・保存試験を開始した。2）18650型円筒電池を用いた電池試験の実施：電気自動車型小容量モデルセルを試作し、サイクル試験及び保存試験を実施した。一部の電池については、試験後に解体試験を実施し、取り出した電極について各種分析を実施することで、電池特性劣化の因子並びに特性劣化のメカニズムについて検討した。3）定量分析手法の検討：電池内部分析で定量化が期待できる手法について検討した。正負極電極活物質のバルク構造や表面構造については、SPring-8等を利用した X 線回折測定及び XAFS 測定、J-Park を利用した中性子回折測定、^{7}Li NMR 測定等を中心に分析及び解析を実施してきた。また、各種分光測定データの理論的解釈を進めるため、Wien2k 等を用いた第一原理計算を行った。XAFS 測定データについては三元系層状酸化物についても検討することで既報の文献及び放射光を用いた実測データとの整合性及び定量性について検証した。^{7}Li NMR データの解釈についても第一原理計算での計算結果の適用を試みることで、観測されたシグナルの帰属が可能であることを見出した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］車載蓄電池、解体試験、量子ビーム

［研 究 題 目］定置用リチウムイオン二次電池の安全性評価技術等の開発

［研究代表者］小林　弘典
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］小林　弘典、小池　伸二、鹿野　昌弘、永井　功、松島　壽一
（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究開発では、定置用リチウムイオン電池に係る国際標準の検討に対応した安全性試験等の試験方法の開発及び第三者認証の構築を視野に入れた試験方法の開発に資するために、耐類焼試験に適用可能な単電池熱暴走方法の開発および製造直後の電池を評価する事で、電池のライフサイクルにおける安全性評価を代表することが可能であるかを検証することを目的とする。そのために、長期的な電池性能評価を実施しつつ劣化電池の安全性を検証する事とする。今年度は「耐類焼試験用単電池熱暴走方法の開発」と共に、「長期的な電池性能・安全性の評価と検証」を合わせて実施した。「耐類焼試験用単電池熱暴走方法の開発」に関連して、既存の安全性規格や内外の安全性試験結果を調査することで、耐類焼試験のトリガーとなる単電池熱暴走方法として釘刺し及び加熱試験を選定した。また、「長期的な電池性能・安全性の評価と検証」に関連しては、1種類の定置用リチウムイオン電池の保存劣化試験を実施し、保存温度により劣化が加速される事を確認した。また、劣化電池の安全性試験として釘刺し及び加熱試験を実施することで、劣化電池でも新品同様の熱暴走挙動を示すことが確認できた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］定置用リチウムイオン電池、第三者認証、安全性試験

［研 究 題 目］高いユーザビリティを低コストで達成する革新的な多機能型細胞アッセイ装置の開発

［研究代表者］平野　悠（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］平野　悠、小松　康雄（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

医薬品や機能性食品などの開発には、細胞を用いた解析が不可欠である。本研究は、電気化学を利用した表面解析技術を細胞分析に応用することで、新規な細胞アッ

セイ装置を開発することを目指している。2012年度は、装置の操作性を向上させるためのセンサプローブの開発、および標的細胞選択的に薬剤を添加するキャピラリーデバイスの開発を担当した。

開発する細胞アッセイ装置は、微細なセンサプローブを利用することで、不均一な細胞群から目的の一細胞のみを非接触で解析する。しかしながら、これまでの研究では金属細線をガラスで被覆されたセンサプローブを利用していたため壊れやすく、操作性に課題があった。そこで、ガラス以外の絶縁材料で被覆したセンサプローブを新たに開発した。開発したセンサプローブは、ガラス製と比較して壊れにくく、かつガラス製と同様に細胞アッセイに適用可能であることが確認できた。

細胞アッセイにおいて、ランニングコストを下げるためには、細胞・薬剤使用量を低減する必要がある。単一細胞を対象とすることにより細胞の使用量は減少するが、薬剤使用量は培地への添加をする限り従来とほとんど変わらない。そこで、標的細胞に対して少量の薬剤を選択的に添加可能なキャピラリーデバイスを開発した。開発したシステムを利用することで、薬剤使用量を低減した細胞アッセイが可能であることが確認できた。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］細胞、細胞アッセイ

［研 究 題 目］**CHP/NY-ESO-1ポリペプチドがんワクチンの術後食道癌症例を対象とした多施設共同前期第 II 相臨床試験**
［研究代表者］五島　直樹（バイオメディシナル情報研究センター）
［研究担当者］五島　直樹、川上　和孝
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

転移・再発固形腫瘍例に対する化学療法を始めとする薬物治療の限界を改善するため、宿主の免疫反応を利用する免疫的治療が注目されている。近年、T リンパ球に認識される腫瘍抗原が多数同定されてきているが、これら同定抗原を免疫源とする「癌ワクチン」が有望な特異的癌免疫療法の一つとして期待されている。これまでに癌ワクチン投与後に抗原特異的免疫反応が患者体内で誘導され、また低頻度ながら腫瘍縮小反応がみられることが挙げられる。癌ワクチン投与後の免疫反応として、免疫源に対する抗体産生だけでなく種々の抗体産生が誘導されることが報告されている。本研究では、癌ワクチン投与後に生じる体内での免疫反応をプロファイリングし、対象群と比較することによって治験研究の補助的データとすることを目的とする。

我々が開発した世界最大のヒトタンパク質発現リソース（HuPEX）から cancer/testis antigen（CTA：癌と精巣のみに発現する遺伝子群）の240種を選択し、コムギ無細胞タンパク質合成系で合成した。傍腫瘍性神経疾患患者の血清をテストサンプルとして使用し、血清中の自己抗体のプロファイリングを、Beads 方式とアモルファスカーボン（aC）基板方式によって作製したプロテインアレイを使用して検出を行った。Beads 方式のアレイは240種の CTA タンパク質に対して14種のタンパク質に対する自己抗体を検出した。一方、aC 基板方式のアレイは19種のンパク質に対する自己抗体を検出した。Beads 方式のアレイは1基板あたり180種のタンパク質を搭載しており、aC 基板方式は356種のタンパク質を搭載可能であり、今後さらに高密度にタンパク質をアレイ化可能である。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］がんワクチン、食道癌、自己抗体

［研 究 題 目］**肝疾患病態指標血清マーカーの開発と迅速、簡便かつ安価な測定法の実用化**
［研究代表者］成松　久（糖鎖医工学研究センター）
［研究担当者］成松　久、梶　裕之、久野　敦、
栂谷内　晶、佐藤　隆、雄長　誠、
曽我部　万紀、清原　克恵、萩原　梢、
海野　幸子、橋本　美香、鉄羅　奈央子
（常勤職員5名、他7名）
［研 究 内 容］

目標：

C 型慢性肝炎患者の多くは、肝線維化が進展し、肝硬変を経て、やがて肝がんを発症する。この慢性肝炎の治療には抗ウイルス療法が適用されるが、その効果判定や肝硬変、肝がんハイリスク群のエンリッチには肝線維化の程度を知ることが重要である。しかしその判定は高侵襲性の生検によるため、臨床上の隘路となっている。また、現行の肝がんマーカーでは、早期発見は難しい。我々はこれまでに肝臓由来血清糖タンパク質の糖鎖構造が、肝疾患の進展に伴って変化することに着目し、肝線維化および肝がんマーカーの候補糖タンパク質を多数見いだした。そこで本研究では、肝線維化マーカーについては血清を用いた測定法を確立し、多施設・多検体での有効性検証を行って実用化を図る一方、並行して新たな肝がんマーカーの探索とその正当性検証を目的とする。

研究計画：

肝線維化進展の指標となるマーカーの実用化には、臨床的有効性の検証が必須であるので、多数の臨床機関が参画する共同研究体制を確立した。この体制は国立国際医療研究センター肝炎・免疫研究センターを中核機関とし、参画機関からは、適切な手順と情報管理のもと、試料（血清）や臨床情報を収集し、規格化された方法で多検体測定を実施することとした。線維化マーカーの正当性検証は、まず肝生検・病理診断済み HCV 感染患者血清125検体を対象に線維化の進展評価や肝硬変検出に有効なレクチンを絞り込み、さらに別の血清275検体を用いて正当性検証試験を行った。その結果、線維化の中期

（線維化ステージ F2–3–4）から線維化後期（F3–4）の診断に関して、既存の線維化マーカー（ヒアルロン酸、IV 型コラーゲン、FIB–4）よりも優れていることが判明した。そこで多施設多検体検証（厚労科研 研究班）として、各機関より提案のあった課題について、HBV, HCV 感染ないし非感染の慢性肝炎、肝硬変、肝細胞がん患者および非アルコール性脂肪性肝疾患（NAFLD）などを対象として、累計4000サンプル以上の測定を行った。各課題のデータ解析の結果、既存の非侵襲型線維化評価技術（LSM, ARFI）およびインデックス（APRI, FIB–4, ヒアルロン酸、IV 型コラーゲン）と遜色ない、もしくは凌駕する肝線維化との相関が得られた。

また、新規肝疾患マーカー候補の1つである H1–12について、抗体–レクチンのサンドイッチ ELISA 系を構築し、100検体の肝疾患患者血清を用いて検証した結果、肝がん（肝硬変含む）患者群は肝炎患者群よりも有意に値が上昇している事が確認された。免疫染色解析の結果、この新規肝疾患マーカー候補分子 H1–12については、肝硬変結節部周辺域においてプローブレクチンエピトープ糖鎖と共局在することが判明し、臨床情報の明確な患者血清を用いた検証では、肝硬変患者の予後予測マーカーとしての可能性が示唆された。この臨床的な意義や利用法などについて今後更なる検証が必要である。

一方、新規の肝疾患（特に肝がん）マーカーの開発は、肝がん細胞培養液（や患者血清）より、糖鎖プロファイル分析およびグライコプロテオミクス技術によってスクリーニング、選別した数百種類のプローブレクチン反応性の糖タンパク質が同定された。さらに外部データベースに格納されている各種データを利用し、バイオインフォマティクス技術により、数十種類の糖タンパク質まで絞り込み、優先順位付けを行った。同定した糖タンパク質については、まずは培地や少数の患者血清などを用いて、正当性検証を進めている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］糖鎖、糖タンパク質、疾患糖鎖バイオマーカー、グライコプロテオミクス、肝臓疾患、肝線維化、迅速診断

［研 究 題 目］新型インフルエンザ H1N1のウイルス病原性等の解析に関する研究

［研究代表者］安武　義晃（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］安武　義晃（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、新型インフルエンザウイルス2009（H1N1）pdm（新型ウイルス）の抗原蛋白質であるヘマグルチニン（HA）と、複数の中和抗体との複合体結晶構造解析を目指した。国立感染症研究所の協力のもと、HA は組換え体を使用せず、本来のウイルス上に存在する HA 構造（立体構造や糖鎖付加の状態）を維持した分子を取得して構造解析を行うことを重要視し、ウイルスから直接プロテアーゼ（ブロメライン）を用いて HA 膜外ドメインを切り出す手法を試みた。しかしながら、Narita 株 H1N1ウイルスはブロメラインに抵抗性を示し、複合体結晶化に適した大量のサンプルを準備することができなかった。そこで、方針を転換し、高速原子間力顕微鏡（高速 AFM）を利用した抗原抗体相互作用の観察を行い、抗体単独、および抗原抗体複合体となった状態の分子の観察を行った。蛋白質濃度、基板へ固定化する際の分子の方位をコントロールするなど、観察条件の最適化を行うことで明瞭な画像を得られる可能性が示された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］インフルエンザ、抗原、抗体、ヘマグルチニン、高速 AFM

［研 究 題 目］インフルエンザウイルス複製に関与する宿主因子とウイルス因子のインターフェースを標的とした新規抗ウイルス薬探索の基盤研究

［研究代表者］夏目　徹（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］夏目　徹（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

インフルエンザウイルスの増殖過程の中の、ウイルスゲノムの複製とウイルス遺伝子の転写過程に焦点をあて、独自に開発した活性を指標とするアッセイ系である cell-free 系と酵母内ウイルスレプリコン系を基盤として、基本的でユビキタスな感染体と宿主因子の重要な相互作用ネットワークを同定する。得られたネットワーク情報を基に、新規な抗ウイルス薬開発ターゲットの発見を目指す。

これまでの、変異率の高いウイルス因子を標的としたものが主であるので、本研究ではウイルス因子と宿主因子のインターフェースの構造基盤を明らかにし、これをもとに宿主因子を標的としてウイルス因子との相互作用を阻害する新しい作用機序の抗ウイルス薬を探索することを目指し、インフルエンザウイルスの制御戦略に資する。

今年度は、感染体ゲノムにタグ付けを行い、網羅的にコンピテント細胞に遺伝子導入する準備を整え、システマティックなネットワーク解析を行う準備を整えた。
また、感染体の遺伝子転写に関わる、重要な因子間の相互作用を阻害する低分子化合物のスクリーニングを、感染体因子の精密な構造情情報を基に実施した。得られたヒット化合物の中から、プラークアッセイ、in vitro の転写活性評価などから、毒性がなく高い抗ウイルス活性を有するリード化合物候補を得た。今後、化合物と感染体因子との構造情報を得ることにより、化合物を合理的理論設計から最適化を行う。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ウイルス、宿主感染体ネットワーク、質量分析、インフルエンザ

［研 究 題 目］**Bridge to Decision を目的とした超小型補助循環システム並びに頭蓋内・心血管治療用の新規多孔化薄膜カバードステントに関する医師主導型治験及び実用化研究**

［研究代表者］中山　敦好（健康工学研究部門）

［研究担当者］中山　敦好、伊田小百合、大嶋　真紀（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

脳動脈瘤や再狭窄心血管の治療を目的とする新規な治療デバイスとしてのカバードステントの開発において、ステントの頭蓋内深部への誘導化と生分解化をめざして、新規高分子カバー材料の研究を行う。求められる物性としては、小さな応力で十分な伸びを示すこと、生分解性を有すること、親水性の制御等が挙げられ、血管内圧に負けない強度を持つエラストマー様の材料を開発する。本年度は、ポリ乳酸ベースのポリウレタンウレアについて検討し、分子量10万以上のポリ乳酸をエチレングリコールなどのグリコール化合物でソルボルシスし、低分子量ポリ乳酸ジオールを調製し、これにアミノ酸由来ジイソシアネートを重付加させ、さらにメチル側鎖を持つジアミンで鎖延長し、分子量1万以上のウレタンウレアを合成した。得られたポリマーの強度は40MPa 程度であったが柔軟性に関しては未だ改善の余地がある。また、生分解性ナイロンを含むコポリエステルアミドを合成し、その生分解性を輸液やリン酸バッファー中での加水分解性、酵素存在下での加水分解性にて評価したところ、特定の組成のコポリマーにて高い分解性を示した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］生分解性ウレタン、ウレタンウレア、生分解性ナイロン、ポリ乳酸、ポリアミド4、ステント

［研 究 題 目］**B 型肝炎ウイルスにおける糖鎖の機能解析と医用応用技術の実用化へ**

［研究代表者］成松　久（糖鎖医工学研究センター）

［研究担当者］成松　久、梶　裕之、久野　敦、梅谷内　晶、佐藤　隆、安形　清彦、澤木　弘道、雄長　誠、助川　昌子、齋藤　こずえ、平野　朋子、高野　慶子、辻川　紫華子（常勤職員5名、他8名）

［研 究 内 容］

日本には約150万人の B 型肝炎ウイルス（HBV）保有者がいると考えられ、我が国ではユニバーサルワクチネーションが行われておらず、母子感染に加え水平感染による新規感染が起きている。B 型肝炎においては IFN による治療成績が悪い場合が多く、核酸アナログ薬の継続投与でも薬剤耐性ウイルスの出現が問題になっており、逆転写酵素に代わる創薬ターゲットの発見が必須である。本研究は、肝疾患や HBV 作製・感染実験の専門家とグライコプロテオミクス技術など糖鎖機能解析技術を開発・実用化して来た糖鎖医工学研究センターとの協力体制（補完的医工連携体制）により、平成24年度厚生労働科学研究費補助金（B 型肝炎創薬実用化等研究事業）として採択され実施した。HBV の感染に関わる糖鎖の構造・機能を明らかにし、HBV の感染を阻害する薬剤シーズの探索と HBV の多検体検査や創薬支援に繋がる技術の開発を行う。ウイルス粒子の形成や分泌における糖鎖の役割を明らかにし、抗 HBV の創薬の標的とする。また、ヒト型糖鎖を持つ HBs 抗原を開発し新規ワクチンの開発を目的としている。

1）HBs 抗原をレクチンアレイによって検出する方法の開発を進め、候補レクチンを選定し、微量検出系の開発に繋がる結果を得た。グライコプロテオミクス解析により精製 HBs 抗原中の L-HBs 抗原の N 末側（HBV の認識に関わると考えられている領域）にも N 型糖鎖修飾を確認した。これまでに、HBV 上の糖鎖と病体あるいは個人間の差などの解析は殆ど行われておらず、HBV および HBs 抗原の糖鎖構造を多サンプルについて簡便に解析する方法の開発は有用であると考えられる。

2）HBV 非感染性の HuH7細胞と HepG2細胞について質量分析による糖鎖構造解析（*N*-glycan/*O*-glycan 解析）を行った。*N*-結合型糖鎖については両細胞間の糖鎖構造は類似していたが、*O*-結合型糖鎖はシアリル化糖鎖構造の相対量に両細胞間で差がある結果となった。現在感染可能な肝細胞などを解析中であり、HBV 感染と糖鎖の関係をより詳細に比較解析する。また、肝細胞と非感染性の肝細胞株の遺伝子発現を比較し、糖鎖遺伝子や内在性レクチンの発現差を明らかにするため、次世代シーケンサーによるホールトランスクリプトーム解析を行っている。

3）グライコプロテオーム解析の結果を基に感染に関わる可能性がある内在性レクチンの検索を行い、候補分子をクローニングした。タグ付き HBs 抗原（S、M、L）を HuH7細胞や非肝細胞株で発現・調製し、精製 HBs 抗原を用いて細胞への吸着を定量化する方法を検討した。他班で研究される HBV 受容体との感染促進効果や、HBV の肝細胞へのインビトロ阻害実験などを行い、HBV の感染に関わる糖鎖の機能を解明のための基礎情報を得る。

4）糖鎖遺伝子 qPCR アレイにより糖鎖遺伝子発現を解析し、糖鎖遺伝子を2群（抑制目的と過剰発現目的）に分け、cDNA と siRNA ライブラリーの作成を進め、糖鎖改変細胞作製の準備を行った。GFPcDNA を用いた HuH7細胞への形質転換実験により、リバーストランスフェクションの条件を検討した。糖鎖合成阻

害剤の HBV 分泌や感染への影響も解析しており、糖鎖改変細胞の影響を詳細に解析する事により、創薬ターゲットの選定に繋げる。

5）現在ワクチンとして糖鎖を持たない S-HBs 抗原が用いられている。生物プロセス研究部（千葉靖典研究員）との共同研究として、ヒト型糖鎖を有する HBs 抗原調製のために、HBs 抗原遺伝子を出芽酵母の最適コドンに変換し発現させた。2種の cDNA に由来するクローンで L-HBs 抗原の発現に成功し、少なくとも一つの N 型糖鎖修飾を有することを確認した。今後、抗体産生試験を行い糖鎖の影響を解析し、より有効なワクチンの開発に繋げる。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］B 型肝炎ウイルス、HBs 抗原、糖鎖、グライコプロテオミクス、レクチンアレイ

［研 究 題 目］B 型肝炎ウイルス感染症に対する新規の治療薬の研究・開発

［研究代表者］安武　義晃（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］安武　義晃（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究は、B 型肝炎ウイルス（HBV）感染症治療薬開発において重要なターゲット分子である HBV 逆転写酵素（HBV-Pol）の立体構造を解析し、その活性部位構造の詳細を原子分解能で明らかにし、そこに結合する有効な阻害剤（薬剤）の設計を促進させることを目的とする。HBV-Pol は逆転写酵素活性を示す領域以外に、鋳型 RNA に結合する役割を担う領域、鋳型 RNA を分解する領域を含み、複雑な構造を形成している。これまでの研究で、本酵素を異宿主で大量に発現させ活性のある可溶性酵素として取得できた事例がまだほとんどない。本研究ではまず、HBV-Pol を結晶化させるために、本酵素を安定かつ大量に取得できる条件検討を行った。活性部位を含んでかつ可溶性蛋白質として発現する領域を探索するため、様々な領域に分断した発現系の構築を行い、可溶性蛋白質として発現するか否かを検証した。結果、いくつかの領域において可溶性画分に HBV-Pol を精製できることを明らかにした。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］B 型肝炎ウイルス、逆転写酵素、創薬

［研 究 題 目］妊娠・授乳期における医療用医薬品の使用上の注意の在り方に関する研究

［研究代表者］吉川　裕之（筑波大学）

［研究担当者］江馬　眞（安全科学研究部門）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、妊婦及び授乳婦に対する医薬品の催奇形性等の発生毒性のリスクを臨床現場で正しく理解するために、本邦独自のリスク分類を確立することである。そのためには動物実験による胎児及び新生児に対する有害影響を正確に把握する必要がある。動物を用いた発生毒性試験結果の解釈には試験に用いた動物の背景対照データが必要不可欠である。

本年度は、ラットの発生毒性試験の背景対照データを整理した。1994-2010年に実施されたラットを用いた出生前発生毒性試験に関する背景対照データを国内の19機関（製薬会社：10社、受託研究機関：9社）から収集した。試験のデータは1994-2000年及び2001-2010年に分けて解析した。帝王切開データ（妊娠率、黄体数、着床数、子宮内胚／胎児死亡数、生存胎児数、胎児体重等）、胎児の外表、内臓、骨格の自然発生奇形に関するデータを収集、解析した。帝王切開データ、胎児の形態学的所見にはラットの系統による差がわずかにみられた。胎児の外表、内臓、骨格奇形の頻度には機関間の差がみられたが、これらは機関毎の胎児異常所見の分類、判断基準の差によるものと考えられた。ラットの背景対照データを整理したことにより、ラットを用いた発生毒性試験結果をより正確に解釈できるようになることが期待される。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］動物実験、発生毒性、催奇形性、胎児毒性、ラット

［研 究 題 目］被災後の子どものこころの支援に関する研究

［研究代表者］西田　佳史（デジタルヒューマン工学研究センター）

［研究担当者］西田　佳史、本村　陽一、北村　光司（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、被災後に閉じこもり、セルフコントロールの困難などの問題を抱える子どもの心のケアの新たな試みとして、センサ遊具（対話的遊具）を通じて、個々の子どもにあった様々なチャレンジを提供することで、それを乗り越える楽しさ、身体をコントロールするスキルを身につける楽しさ、他の子どもとコミュニケーションを取り知識伝承の楽しさなどを育める環境を開発し、その効果検証を行うことにある。

平成24年度は、産業技術総合研究所で保有している対話型遊具（ノボレオン）を改良し、子どもに適合した遊びを提供するプログラムを作成する。さらに、被災地として気仙沼市の NPO 団体等と協力し、子どもに遊んでもらう実験を行い、データを収集することで継続的な運用の可能性を検討した。

開発した対話型遊具を用いて、気仙沼市において、遊具を用いた計測実験を2回（12/8、12/8）行い、のべ310人（4～11歳）の参加者のデータを取得した。そのうちの39人からアンケートデータを取得した。また、現地の NPO 法人 TreeSeed との連携関係を構築し、継続的な調査に関する協力関係を築き、TreeSeed の事務所にお

いて継続的に運用できるように遊具とソフトウェアの整備を行った。

今回提供した遊びプログラムにおいて、試行回数が増加するに従い、移動スキルが向上することが確認された。また、ベイジアンネットワークを構築することで、スキル獲得モデルを作成した。これらの分析により、定量的にスキル獲得の評価が可能であることが分かった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］被災、センサ遊具、対話型遊具

［研 究 題 目］**国際共同研究の推進**
水と二酸化炭素を利用するサステイナブル触媒反応システム開発
［研究代表者］白井　誠之（コンパクト化学システム研究センター）
［研究担当者］白井　誠之、佐藤　修、山口　有朋、日吉　範人、佐藤　恭子、上田　昭子、村上　由香（常勤職員4名、他3名）
［研 究 内 容］

本開発では、バイオマスや有機系廃棄物の化学原料化、そして得られた化学物質を変換し工業的に重要な化合物へ変換する触媒システム開発を行うものである。特に、有害な有機溶媒や無機酸を用いないで変換する触媒反応システムをインドの研究者の協力のもとに行う。具体的には、1)二酸化炭素溶媒と固体触媒を利用する水素化反応、2)高温水による未利用資源の化学原料化、3)水と二酸化炭素を利用するバイオマス派生物の変換反応、について検討する。平成24年度は、高温水と高圧二酸化炭素を用いる反応システムの構築を行い、以下の結果を得た。1)超臨界二酸化炭素中でフラン類の水素化反応に高活性を示す担持パラジウム触媒を開発し、二酸化炭素圧力制御により反応活性の向上に成功した。2)有機系廃棄物としてバイオエタノール残渣を選定し、400℃の超臨界水でメタンや水素等の燃料ガスに変換できる触媒を開発した。3)多価アルコールを高温水と高圧二酸化炭素で連続的に処理できる流通装置の開発に成功した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］水、二酸化炭素、固体触媒

［研 究 題 目］**森と人が共生する SMART 工場モデル実証**
［研究代表者］遠藤　貴士（バイオマスリファイナリー研究センター）
［研究担当者］遠藤　貴士、美濃輪　智朗、李　承桓、岩本　伸一朗、山本　茂弘、文　多美、谷岡　拓弥（常勤職員4名、他3名）
［研 究 内 容］

このテーマは、ヒノキ等の間伐材から複合材料等の強化素材として利用できるセルロースナノファイバーの効率的かつ経済的な製造技術および樹脂複合材料化技術の確立を目標としている。またナノファイバーおよび複合材料製造に関する経済性・環境性評価についても実施している。

本年度は、ヒノキ間伐材のチップを原料にして、湿式ディスクミル粉砕により、ナノファイバーを製造し、大量の水に分散しているナノファイバーのポリプロピレンとの複合化方法として、マスターバッチ法について検討した。その結果、低融点樹脂にナノファイバーを混合・分散させることで水の蒸発過程を穏和にしてナノファイバーの凝集が抑制されたマスターバッチが製造できることを明らかにした。このマスターバッチをポリプロピレンと複合化した結果、得られた複合材料の引っ張り強度は30%向上し弾性率は40%向上した。さらにこの手法で製造した複合材料では、強度物性の向上とともにポリプロピレンが本来持っている伸び物性も維持できることが分かった。

経済性・環境性評価については、ビジネスモデル構築に向けた基礎データを作成することを目指して、マスターバッチ製造事業を導入した場合の地域の経済的波及効果を産業連関表分析により明らかにした。また、カスケード利用ビジネスモデル構築のために、新規提案である木粉製造事業の会計表を作成した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］間伐材、セルロースナノファイバー、経済性

［研 究 題 目］**計算物質科学技術推進体制構築の「研究支援」の推進**
［研究代表者］香山　正憲（ユビキタスエネルギー研究部門）
［研究担当者］香山　正憲、田中　真悟、Sharma Vikas、（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］

実用材料の特性を支配する微細構造（析出相、粒界、転位などの集合体）の構造や性質、力学挙動を、大規模第一原理計算により、原子・電子の挙動から解明し、乱れた原子配列や合金成分、各種添加物の効果を探るとともに、Phase Field 法などメゾスケールの計算技術と繋ぐことで、マルチスケールの組織設計・特性評価技術を構築する。また、計算材料科学分野における高性能汎用計算機の活用のための各種計算技術の構築、融合、普及を推進し、計算材料科学技術推進体制の構築を支援し、これにより独創的な成果の創成を推進し、プロジェクト全体の戦略目標の達成に貢献する。本年度は、金属中の異相界面として、Fe／遷移金属界面の整合構造、部分整合構造を取り上げ、大規模第一原理計算を適用し、界面周囲の歪エネルギーによる、整合界面から部分整合界面への遷移を検討した。また、「局所エネルギー・局所応力計算法」の適用により、こうした異相界面の界面応力の物理的起源について掘り下げて検討した。次世代ス

パコンや東北大学、名古屋大学、東京大学等の関係機種を使用し、各種プログラムの調整を行いながら実行した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］大規模第一原理計算、次世代スパコン、計算材料科学、異相界面

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

［研究代表者］香山　正憲
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］香山　正憲、田中　真悟
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

耐熱材料や構造材料の特性は、結晶粒界や界面、欠陥の構造とエネルギー、諸性質に大きく支配される。特に、粒界・界面・欠陥の応力下での挙動の理解が重要である。本研究課題では、まず、こうした粒界・界面・欠陥の構造や安定性、諸性質、応力下での挙動を、第一原理計算を用いて高精度に解明するための方法論、手法を検討する。とりわけ、威力を発揮すると期待される「局所エネルギー・局所応力の解析法」の整備とその適用方法の検討を進めた。密度汎関数理論に基づく平面波基底の第一原理計算法において、エネルギー密度、応力密度を計算する手法が既に提案されており、それらを局所領域で積分すれば、理論的に局所エネルギー、局所応力が計算できる。しかし、gauge 依存性（関数形の選択への依存）のため、unique な物理量として、局所エネルギー、局所応力を得ることは容易ではない。そこで、gauge 依存性が消えるような局所領域の選定法と、そのための計算技術を検討した。その結果、Bader 積分や layer-by-layer 積分を用いることで、粒界・界面・欠陥の局所エネルギー、局所応力を unique な物理量として計算できることが判明した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］第一原理計算、粒界・界面、局所エネルギー、局所応力

［研 究 題 目］**可搬型生物剤・化学剤検知用バイオセンサの開発**

［研究代表者］永井　秀典（健康工学研究部門）

［研究担当者］永井　秀典、鳴石　奈穂子
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

目標：

病原性微生物を検知するバイオセンサを搭載した、小型軽量で携帯可能なシステムを開発する。超高速なセグメントフローPCR を搭載し、測定開始から結果表示まで15分以内に危険濃度の検知を実現する。

研究計画：

炭疽菌特有の毒性関連遺伝子を迅速に検知する技術を開発する。現状では炭疽菌検出用のリアルタイム PCR キットを使用しているものの、流路のエンドポイントにおける蛍光検出から含有遺伝子量の定量を行っている。しかし本来のリアルタイム PCR 法のように、サーマルサイクル途中の蛍光変化を計測していないため、厳密には定量性に課題があるため、光学系の改良によりリアルタイム PCR が可能な光学ユニットを開発し、感度及び定量性について検証する。

年度進捗状況：

炭疽菌特有の毒性関連遺伝子を迅速に検知する技術として、これまでの流路のエンドポイントにおける蛍光検出から、本来のリアルタイム PCR 法に合わせサーマルサイクル途中の蛍光変化を計測できるよう光学系を改良し、リアルタイム PCR が可能な光学ユニットを新たに開発し、含有遺伝子量の定量を可能とした。さらに従来のように PCR 反応の最後まで待たずとも、サーマルサイクル途中であっても標的遺伝子があれば検知可能となり、これまでの装置以上の迅速性と、より高い感度を実現した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］PCR、POCT、遺伝子、炭疽菌

［研 究 題 目］**小型遠心ポンプを用いた可搬型除水システムの開発**

［研究代表者］山根　隆志（神戸大学）

［研究担当者］丸山　修、西田　正浩、小阪　亮（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、
松田　兼一（山梨大学）、
山本　健一郎（東京女子医科大学）
（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

心不全あるいは腎不全のために緊急に除水を必要とする患者から、簡便かつ安全に除水する可搬型除水システムを開発し、救急医療のほか在宅医療、ひいては被災地医療にも使える除水システムを提供することを目的とする。このため、小型遠心ポンプ及び末梢静脈へのカテーテルを用いた、体外循環血液ろ過装置を開発する。小型遠心ポンプについては、羽根直径30mm、ポンプ外径70mm、モータ厚さ8mm、流入・流出径5.0mm、流入口を円弧曲り管とした遠心ポンプ（DP3）を試作し、性能試験、溶血試験および模擬血栓試験を実施した。性能試験では回転数1,500rpmで圧力30mmHg、最大流量1,300mL/minを達成した。溶血試験では、閉回路にウシ保存血液500mLを充填し、流量50mL/min、圧力30mmHg（回転数1,500rpm）、37℃、4時間の条件で行った。その結果、ピボットが摩耗した球面接触状態では、血漿中遊離ヘモグロビン量が168mg/hであったが、ピボットが新しい点接触状態では13mg/hとなり、体外循環の標準溶血量（249mg/h）の5%と良好な溶血成績をおさ

めた。模擬血栓試験では、クエン酸ナトリウムで抗凝固したウシ保存血液500mLを閉回路に充填し、塩化カルシウムで中和して、活性化凝固時間で170～190sに凝固能を調整・維持し、37℃、2時間の条件で行った。その結果、モノピボット軸受周りにはリング状の血栓形成があるものの、それ以外にろ過に影響を与えるような血栓は観察されなかった。これによりポンプ単体試験では、目標性能が達成された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］腎不全、連続流ポンプ、透析、除水、血液適合性

［研 究 題 目］**オープンプランにおけるスピーチプライバシ保護のためのハイブリット設計技術の開発**

［研究代表者］森本　政之（神戸大学）

［研究担当者］佐藤　洋（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

近年の個人情報保護に対する需要の高まりから、会話に含まれる個人情報の保護、すなわちスピーチプライバシの保護に対する注目が高まっている。需要が高い空間として、病院の診察室や薬局・銀行の窓口等が挙げられるが、オープンプランで設計されるのが一般的であり、現状では遮音性能の確保は困難である。会話を聞こえにくくする音を発生させるサウンドマスキングシステムも提案されているが、遮音性能が低すぎる場合は過大な音が必要となるため、空間の快適性を保つためには遮音性能の向上も合わせて考えなくてはならない。本研究では、建築設計の視点からオープンプランの利便性を保ちつつ遮音性能を向上させる技術と、電気設備設計の視点からサウンドマスキングシステムの効率を向上させる技術を開発し、最終的に両者を組み合わせたハイブリッドなスピーチプライバシ保護のための設計技術開発を行う。

オープンプランにおけるスピーチプライバシ保護性能の総合的かつハイブリッドな評価技術を開発するために、室内音響の評価方法、マスキングノイズの評価方法、ハイブリッド設計技術の確立に関する研究を行った。

まず、数値シミュレーションにより、特に初期に到来する透過音、回折音、反射音等の時間構造が室の条件によって様々に変わることが分かった。また、様々な音響条件下において物理計測および被験者実験を神戸大学と共同で行うことにより、スピーチプライバシのハイブリッド設計技術の確立に向けての基礎を構築し、スピーチプライバシ保護性能を予測可能な物理指標の提案の準備を行った。以上の成果を援用し、最終的には様々な室形状パターンについて、スピーチプライバシ性能を設計および評価できるツールの開発を目指す。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］プライバシー、保護技術、音環境

［研 究 題 目］**3次元有効視野計測法の開発と、それに基づく人間の視空間情報収集特性の加齢変化**

［研究代表者］斎田　真也（神奈川大学）

［研究担当者］氏家　弘裕（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

自動車運転環境における3次元有効視野計測を行うために、両眼立体視や運動視差など、奥行き手がかりによる奥行き運動知覚の特性について明らかにすることを目的とする。

具体的には、運動視差による奥行き知覚の距離情報に基づくスケーリングが、どのような要因に影響を受けるか、見かけのサイズを一定としたまま、視距離（57, 114, 228cm）と奥行き変化の空間周波数（0.125, 0.25, 0.5cpd）を独立変数として検討した。予備的実験により、視距離57cm では比較的容易に回答できる奥行きの知覚量が、視距離が228cm など遠くなると、知覚しているにもかかわらず、これを手許で再現することに、多くの観察者が困難を感じた。そこで、比較的これを容易に実施できた熟練した観察者により実験を行ったところ、奥行き変化の空間周波数が0.125cpd では、奥行きの知覚量がシミュレート量と視距離を介してよく対応したが、空間周波数が0.25, 0.5cpd と高くなるほど、知覚量がシミュレート量よりも明らかに減少する傾向が見られた。この結果は、運動視差による奥行き知覚の距離情報に基づくスケーリングが、空間周波数の影響を受けることを示すものである。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］立体映像、有効視野、運動視差、奥行き知覚

［研 究 題 目］**ふく射輸送現象論に基づくヒト頭部内光伝播の解明と光マッピング画像の高度化**

［研究代表者］山田　幸生（電気通信大学）

［研究担当者］谷川　ゆかり（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、
山田　幸生、横井　浩史（電気通信大学）、
星　詳子（東京都医学総合研究所）
（常勤職員1名、他3名）

［研 究 内 容］

脳の高次機能の解明、教育効果や認知機能の評価、リハビリテーションの評価、BMI（Brain Machine Interface）などに広く用いられている光マッピング技術の高度化のために、頭部内の光伝播現象を解明し、それに基づいて画像の質の向上を図る。頭部内のほとんどの体積は光学的な散乱体で占められているが、一部に光伝播現象が大きく異なる透明体も含んでいる。まず、透明体を含む散乱体中の光伝播現象を光拡散方程式と射度

の概念により解析し、ファントム実験で解析結果を検証する。次に、解析結果に基づき、光マッピング画像の解像度や脳活動に対する感度を向上させる逆問題アルゴリズムを開発する。最後に被験者実験によりこれらを実証する。

平成24年度は、ファントムの改良と計測精度の向上を目指し、設計及び試作・改良を行った。特に、血管の大きさ・位置が画像再構成に与える影響を調べるため、血管を模擬した非均質部分を埋め込んだファントムを設計・試作した。さらにファントム計測用冶具を作製し、多チャンネル時間分解計測システムを用いて計測を行い、得られた結果を光拡散方程式を用いた画像再構成アルゴリズムで再構成画像を作製し、精度、妥当性を検討した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］近赤外光を利用した生体計測装置、光拡散方程式、光マッピング

［研 究 題 目］巨大地震断層の力学的・水理学的特性の解明

［研究代表者］高橋　美紀（活断層・地震研究センター）

［研究担当者］高橋　美紀、北島　弘子、金川　久一（千葉大学）、堤　昭人（京都大学）、廣瀬　丈洋（海洋研究開発機構）、谷川　亘（海洋研究開発機構）（常勤職員2名、他4名）

［研 究 内 容］

IODP Exp. 315およびExp. 319において南海トラフ付加体浅部（海底下約1,000～1,580m）から採取された、砂岩、凝灰岩およびシルト質泥岩3試料について、試料原位置に近い条件（室温、封圧37～57MPa、間隙水圧29～43MPa）で、軸方向の変位速度を0.1、1、10μm/sでステップ状に変化させて三軸摩擦実験を行った。付加体浅部堆積岩類の摩擦特性は粘土鉱物含有量によって系統的に変化することが明らかとなった。摩擦強度と粘土鉱物含有量には負の相関が認められ、粘土鉱物含有量の増加に伴い、定常摩擦係数は低下する。また、全試料とも速度強化の挙動を示し、粘土鉱物含有量の増加に伴って流動の効果が増大する傾向が認められた。

［分　野　名］地質

［キーワード］南海トラフ地震発生帯掘削、粘土含有量、摩擦強度、速度依存性

［研 究 題 目］リスクに対する頑健性と柔軟性を備えた環境調和型サプライチェーン設計手法の開発

［研究代表者］田原　聖隆（安全科学研究部門）

［研究担当者］田原　聖隆、工藤　祐揮（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究課題は、リサイクルを含む国内のサプライチェーン全体を対象として、リスクに対する頑健性・柔軟性と、低炭素や循環型といった環境調和性を併せ持ったサプライチェーンの構築に向けた分析・設計手法を開発することを目的とする。そのために、1900品目分類以上の製品・サービス間の地理的分布を含めた物質連関を可視化し、それに地理的偏在性などのリスク要因を付加した「サプライチェーンマトリクス」を整備する。また、サプライチェーンの「頑健性・柔軟性」を指標化し、それらと環境調和性の分析手法を確立する。実装した分析手法によって、リスク回避と環境調和性の観点から産業プロセスの立地の検討や原料供給源としてのリサイクルの再評価を行い、国家レベルでのサプライチェーン再構築に向けた戦略的な提言につなげる。

本年度は、我々が開発しているインベントリデータベース IDEA に、統計データやヒアリング調査により収集した量的情報（生産量、貿易量）を加えることにより、1900品目分類以上の製品・サービス間の物質連関を可視化した。生産プロセスの国内の各地域と輸入のシェアなどの情報収集には、各種の統計データを活用した。適宜、産業連関表による環境負荷原単位の約400品目分類のデータとのクロスチェックを行った。このことで、任意の製品やサービスが、どこから、どういった素材や原料を調達しているか、任意の原料・素材が、国内のどこで、どういった製品やサービスに使用されているかといった、サプライチェーンの追跡を可能にした。また、震災時などに起こる、ある製品の工場停止に伴うサプライチェーンの影響を、ナフサを事例に検討を行った。その結果、直接的な生産量の低下に伴い、サプライチェーン全体での減産の影響が定量的に明らかになった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］サプライチェーン、リスク管理、LCA、産業連関

［研 究 題 目］地域分散型のエネルギーシステムへの移行戦略に関する研究

［研究代表者］歌川　学（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］歌川　学、小杉　昌幸（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究は、地域分散型エネルギーシステムへの移行戦略として、再生可能エネルギー普及、省エネ普及、電力システム、経済、政策などに関し、理工系の研究者と社会科学の研究者が協力し、多角的多面的に検討を実施する。産総研エネルギー技術部門では、主に省エネ技術の普及（更新・改修など）や運用を通じた電力消費削減の技術的検討を担当する。

平成24年度は、地域の電力および他のエネルギー（熱利用、運輸燃料）の需給について、年間値について、電力についてはピーク値等を含め、その構造・特徴について検討、平成23年度需給の平成22年度以前の需給と比較しての特徴についても検討し、他分野の研究者と議論を

行った。

また、地域での省エネ技術普及とその効果について、全体管理に基づく削減可能性、実際の省エネ診断や対策実績などをもとに検討した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］温暖化対策、省エネ対策

［研 究 題 目］錯体水素化物における原子・イオン輸送機構の解明－中性子散乱と陽電子消滅の相補利用

［研究代表者］榊　浩司（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］中村　優美子、榊　浩司（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

目標：

水素貯蔵材料には作動温度が低く反応速度に優れた特徴を有する水素吸蔵合金と、軽量かつ高密度という特徴を有する錯体型水素化物が存在する。後者の代表例として $NaAlH_4$や $LiAlH_4$などがあるが、これらは金属イオン（Na^+や Li^+）と錯イオン（$[AlH_4]^-$）から形成されており、水素と Al が強い結合で結びついている。また、水素放出反応速度も遅いという課題を有している。本研究では中性子回折及び陽電子消滅その場観察を実施し、空孔を含めた構造の乱れを評価し、空孔や欠陥の制御方法を検討し、反応特性改善を目指している。

研究計画：

上記目標を達成するにあたり、産総研では中性子回折と陽電子消滅での相補的利用のための標準試料（$Pr_{1-x}Ni_2$および $Y_{1-x}Ni_2$）の作製及び評価を行った。また、第一原理計算から $Pr_{1-x}Ni_2$および $Y_{1-x}Ni_2$の構造最適化にも取り組んだ。

年度進捗状況：

中性子回折と陽電子消滅での相補的利用のための標準試料として、$Pr_{1-x}Ni_2$及び $Y_{1-x}Ni_2$合金をアーク溶解・熱処理にて作製した。熱処理後の試料は C15構造のユニットセルの2×2×2のサイズを有した空間群 F-43m の構造で、特定の Pr サイトが欠損している規則構造であった。高温での X 線回折その場観察を用いて構造相転移（規則－不規則変態）温度を評価した結果、228℃まで X 線回折プロファイルに変化が見られなかった。263℃で超格子ピークが消滅し、空間群 Fd-3m の C15構造に相変態した。このことは特定の Pr サイトを占有していた空孔が他の Pr サイトにもランダムに占有するようになったことを示している。したがって、空孔の占有状態の異なる2種類の合金（空孔が規則的に占有した合金とランダムに配列した合金）を作製することに成功した。第一原理計算により安定な構造の探索を行った。2×2×2のサイズを有する F-43m の構造ではユニットセルあたりの原子数が192原子であるが、計算機の性能上192原子の構造の計算はできない。そこで、C15構造のプリミティブセルを2×2×2のサイズに拡張した48原子からなる構造モデルを採用した。空孔周りの金属原子が空孔側に構造緩和することで、構造が安定化されることが明らかとなった。これらの合金の中性子回折及び陽電子消滅実験及び得られた構造モデルを用いた解析次年度以降に行う予定である。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素貯蔵材料、中性子全散乱、陽電子消滅、構造解析、格子欠陥

［研 究 題 目］MHz 級デトネーションエンジンの物理機構解明：バルブ共振型と回転爆轟波型エンジン

［研究代表者］榊田　創（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］榊田　創（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、デトネーションエンジンの MHz 作動での理論上限モデルを構築すること、プラズマ理工学、可視化技術を駆使したナノ秒オーダーでのデトネーション開始に関する研究を行い、MHz 作動に適した開始方法を解析すること、自律作動バルブと同軸管回転バルブを組み合わせた10～100kHz 作動用の自律回転バルブの機構を構築すること、回転爆轟型 MHz デトネーションエンジン及びバルブ共振型 MHz デトネーションエンジンの物理機構を実験、数値解析によって確認・解明することを研究目的とし、これらエンジンの実証試験機を製作・テストし、デトネーションエンジンとしての実現性を確認することを目標としている。

本分担研究では、プラズマ理工学、可視化技術を駆使したナノ秒オーダーでのデトネーション開始に関する研究を行う。特に、誘電体バリヤ放電（DBD）技術によるデトネーション開始の可視化研究として、水素－酸素予混合気、及びバルブによる混合直後の予混合気に対して、DBD によって DDT 距離がいかに短縮されるかを可視化する。

平成24年度は、空気中において、プラズマと中性流体との相互作用に関して、シュリーレン法と組み合わせた実験を行い、中性流体の乱流化現象について可視化実験を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］デトネーション、ロケット、燃焼、プラズマ、可視化

［研 究 題 目］急速合体加熱と定常中性粒子ビーム加熱を駆使した球状トーラスの限界ベータ検証実験

［研究代表者］榊田　創（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］榊田　創（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、プラズマ合体を用いた超高ベータ球状トカマク（ST）と磁場反転配位（FRC）の生成に、産業

技術総合研究所と東京大学の中性粒子ビーム入射（NBI）装置0.75MW と0.3MW を組み合わせて、40%を超える超高ベータ状態を100アルヴェン時間維持して第2安定状態の ST の限界ベータと ST-FRC 境界領域の安定性を解明することを目的としている。そこで、不安定の成長時間より Sweet-Parker 時間の1/10以下で急速合体形成する超高ベータの圧力・電流分布を NBI で維持して、その安定性を検証する実験を行う。ベータ限界を決めるバルーニング（キンク）、電流駆動型キンク等の不安定と磁気井戸とプラズマ流、壁による安定化効果との釣り合いを検証する。リコネクションによる圧力・電流分布の幅広い制御に加え、複数の NBI でプラズマ流の制御を試み、限界ベータを人為制御できるかを実験的に明らかにする。

本分担研究において平成24年度は、NBI 装置導入により流速分布を制御することにより、40%を超える超高ベータ状態を数十マイクロ秒維持することを目標として、ビーム引き出し条件の最適化試験、及び NBI 加熱・流速駆動実験を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］プラズマ、中性粒子ビーム（NBI）、実験室天文学、磁気再結合、太陽フレアー

［研 究 題 目］錯体水素化物における原子･イオン輸送機構の解明－中性子散乱と陽電子消滅の相補利用

［研究代表者］中村　優美子（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］中村　優美子（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は、高性能な錯体系水素貯蔵材料開発のため、中性子回折及び陽電子消滅のその場観測を実施し、空孔を含む構造の乱れに着目した解析により、錯体水素化物における原子・イオンの輸送機構を解明することを目的とする。科研費研究代表者（高エネルギー加速器研究機構・大友教授ほか）および榊研究員（エネルギー技術研究部門；M10）との分担により研究を実施する。

まず、$NaAlD_4$を合成し、水素化特性測定と中性子回折による構造解析を行った。$NaAlD_4$の収率は78%程度で、NaD、Na_3AlD_6、AlD_3が混在していた。水素放出反応および再水素化反応を促進する $TiCl_3$を加えた試料の回折データをリートベルト解析したところ、Ti が Al サイトの一部を置換している可能性および D が一部欠損している可能性が示された。PDF（二体分布関数）の予備解析では、ピークがかなりブロードになっており、$TiCl_3$の添加による明確な変化は確認できなかった。また、重水素ガス雰囲気下での水素吸蔵・放出その場中性子回折測定に成功した。詳細な解析は次年度以降に行う。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素貯蔵材料、結晶構造、局所構造、格子欠陥

［研 究 題 目］省エネ用半導体の実現に向けたマクロ・ナノ統合結晶成長法の構築

［研究代表者］西澤　伸一（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］西澤　伸一（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

エネルギー問題の解決策の一つである炭化珪素（SiC）高機能半導体結晶は、化学量論的組成や結晶多型の問題解決が喫緊の課題である。本提案は、過去40年にわたって解決できなかった化学量論的組成および結晶多型が制御可能な新規結晶成長法の提案と実証を行う。具体的には、結晶成長炉内の動的圧力制御による過飽和度の制御法の開発や、従来全く議論されていなかった電気的特性を決定する化学量論的組成を高精度数値解法によりこれを可能にすることが目的である。これにより、SiC の結晶多型の精密制御と結晶中の化学量論的組成の精密制御が可能になり、従来使用されてきたシリコンに代わるパワーデバイス用半導体用結晶となりえる SiC 結晶育成を実現する。平成24年度は研究分担者として、特に結晶多形制御を決定するキーパラメータである表面エネルギーの定量評価を行い、マクロ的結晶成長条件との相関関係を検討した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］SiC、単結晶、結晶成長

［研 究 題 目］超高密度パワーSOC（Supply on Chip）用集積回路基板の検討

［研究代表者］西澤　伸一（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］西澤　伸一（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

低炭素社会実現に向けて、化石燃料を燃焼するエネルギーから電力エネルギーへの転換が推進されている。このような状況下、パワーエレクトロニクス技術はエネルギーの有効利用にかかわるキー技術である。パワーエレクトロニクス技術でキーとなる装置は電力変換装置であり、この電力変換装置は15年で1桁程度小型化してきており、小型化された高効率な電力変換機器を多数用いてより効果的に電力を有効利用することが重要となる。しかしながら、電源の小型化は排熱の問題で限界に達することが予想されており、本研究では、電源の究極の小型化であるパワーSOC（Supply on Chip）を実現する一環として、電源において重要な絶縁性を確保しつつ排熱特性（良好な熱伝導性）を有するパワーSOC 用の基板を開発することを目的とする。平成24年度においては、ダイヤモンド層間膜を用いた場合の抜熱効果について定量的な検討を行い、従来の SiO_2膜と比較して高パワー集積化が可能であることを示した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］パワーエレクトロニクス、集積化、ダイヤモンド、電力変換器

［研 究 題 目］巨大振幅原子振動がもたらす新しい電子相の動的分光法による研究

［研究代表者］李　哲虎（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］李　哲虎（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

近年、ラットリングと呼ばれる大きなかご型格子の中に充填されたゲスト原子の振動モードが局所電荷揺らぎを誘起し、様々な異常物性の原因となっているのではと考えられ注目を集めている。その振動モードの性質を明らかにすることは新たな機能性材料の開発にも繋がり、非常に重要である。本研究では中性子散乱を用いてかご状物質のラットリング振動の性質を明らかにすることを目的とする。

本研究では中性子非弾性散乱により、type-1クラスレートの $A_8Ga_{16}Ge_{30}$（A＝Ba, Sr）及び $Ba_8Ga_{16}Sn_{30}$などのフォノンを系統的に調べてきた。。その結果、これらの物質いずれにおいても、低エネルギーの光学フォノン（E＝2～5meV）が観測された。これらのゲストモードは音響フォノンと anti-crossing しており、ゲストモードが音響フォノンと強くカップルすることを示している。解析の結果、ゲスト原子と周りの格子との結合力は極めて弱いことが分かった。また、ゲスト原子の自由空間が大きくなればなるほどゲストモードのエネルギーは低くなる。これらから、大きなかご内で非常に緩く束縛された希土類原子が大きく振動しているという描像が明らかとなった。

以上のように我々は中性子非弾性散乱によりかご型物質のラットリング振動の性質を明らかにした。これらの知見は新しい高性能熱電材料の開発に繋がるものと期待されている。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］熱電、強相関

［研 究 題 目］CO_2を作動媒体とする地中熱利用ヒートポンプの実験および数値解析による研究

［研究代表者］遠藤　尚樹（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］遠藤　尚樹、Seghouani Lotfi（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

現在、普及が促進されつつある地中熱利用ヒートポンプの地中熱交換器部分はブラインを利用したシステムが主流である。一方で、地中熱交換器内で作動媒体が直接膨張或いは直接凝縮するシステム（以下直膨システムと呼ぶ）は、ブラインシステムにおいて生じる作動媒体とブラインとの熱交換の際のエクセルギー損失がなく、また、ブラインポンプが省略できる。現在主に使われている作動媒体は、フロン系冷媒であるが、この冷媒は、地球温暖化係数が問題となっており、これが無視できるような作動媒体を用いることが望ましい。本研究では二酸化炭素を作動媒体としたシステムを対象に研究を行う。

地下に埋められたボアホールに直接 CO_2を循環させる熱交換器を挿入する前の段階として、ブラインを用いた方式について採熱量に関する数値シミュレーションを行った。暖房や冷房の負荷によっては複数のボアホールが必要とされる。垂直な複数のボアホールに設置されたU チューブに水（あるいはブライン）を直列に流す場合、それぞれの暖房・冷房のシーズン中に、水を流す方向を変えることにより、ブラインを流すボアホールの周りの地中温度が均質化され、採熱や放熱に必要なボアホールの長さを5～10%短くすることができることが明らかとなった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］ヒートポンプ、作動媒体、二酸化炭素、地中熱、数値シミュレーション

［研 究 題 目］大面積単結晶グラフェン膜の carpet-like 成長プロセスの研究

［研究代表者］小田原　玄樹（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］小田原　玄樹（他1名）

［研 究 内 容］

超平坦化処理を施した多結晶金属基板上に、大型単ドメインのグラフェンが成長できることが我々の研究から示され、そのカーペット成長プロセスや核発生メカニズムの解析・制御を、低エネルギー電子顕微鏡や走査型電子顕微鏡その場観察によって検討した。さらに各種多結晶金属基板（Ni、Pt、Co、Pd 等）の炭素固溶度の差を利用して、所望の大型単ドメイングラフェンの層数制御を試みた。

研究計画：

従来の研究では、金属としてグラフェンとの格子整合が良い Ni を用いたが、平成24年度は、金属基板の種類を広げて、Pt、Co、Pd 等にも超平坦化処理をして、それぞれの基板でのグラフェン成長過程を解析した。特に、各金属基板における炭素固溶度の差を利用して、所望のグラフェン層数制御の可能性を検討した。

年度進捗状況：

研究の結果、金属種によらず、単ドメインのグラフェンが金属結晶粒界を乗り越えて連続的に成長することが示された。また、炭素の固溶度が高い Ni、Co、Pd では室温まで基板を冷却するとグラフェンが多層化する一方、固溶度の低い Pt では室温においても1層の領域が保持され、金属基板の炭素固溶度・固溶量が層数制御の重要なパラメータであることが示された。

また、超平坦化処理を施した多結晶 Ni 基板上での、走査型電子顕微鏡によるグラフェン成長その場観察から、グラフェン核発生は（111）グレインにおいて生じやすいことが明らかになり、グラフェン核発生メカニズムの解析・制御への足掛かりとなる可能性が示唆された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］カーボン系薄膜、界面、真空

［研 究 題 目］制度を媒介とした持続可能な発展と主観的福祉のリンケージ
［研究代表者］西尾　匡弘（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］西尾　匡弘、時松　宏治
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

2009年に提示されたスティグリッツらのレポートでは、GDP に変わる指標群が模索される中で、主観的福祉（幸福等）と経済発展とその持続可能性は区別した上で、それぞれの指標で分析することが推奨された。両者の区別を明確にすることは重要であるが、同時にこれらは本来密接に関連しており、スティグリッツらの問題提起を更に進めるためには、それらを貫く理論、すなわち幸福に代表される主観的な福祉（生活の質）を考慮に入れた持続可能な発展の理論と実証が求められている。

本研究全体では、持続可能な発展の視点から、幸福などの主観的福祉（生活の質）と財的資本基盤の持続性との関係および両者の媒介項を解明することを目的とする。ダスグプタらの研究によると、持続可能性を生産基盤としての「包括的富（inclusive wealth）」をもとに測り、これが減少していないことが持続可能性の条件であるとされてきた。富とは、人工資本、人的資本、自然資本、さらには知識など無形資本も含む生産的基盤を、社会的限界価値を表すシャドウプライスで評価し合計したものである。産総研では、従来から開発してきた統合評価モデルを用い、政策効果などの分析を念頭に置いた将来推計を担当している。

本年度は、エネルギー技術、鉱産物資源、環境影響評価、土地利用、マクロ経済などを明示的に考慮した統合評価モデルを用いて、持続可能性の推計する方法の検討を実施した。温暖化抑制シナリオとの関係で、将来の持続性を評価可能にするなど、持続可能性の推計方法が大幅に改善することが期待される。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］持続可能性、資源環境、環境政策、経済指標

［研 究 題 目］微細構造による蓄熱材の過冷却度制御の研究
［研究代表者］平野　聡（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］平野　聡（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

エネルギー有効利用の観点から、物質の相変化を利用して高密度かつ高有効熱エネルギー効率で蓄熱可能な技術の重要性が高まっている。相変化蓄熱材の過冷却度を能動的に制御できれば、貯蔵された熱の抽出が需要に応じて可能な高効率蓄熱・熱利用システムを実現することができる。そこで、微細構造を持つ材料の介在が相変化蓄熱材候補物質の最大過冷却度に及ぼす影響を調べる実験を行った。また、相変化蓄熱材を機能的に利用するための設計データとして、高融点の相変化蓄熱材候補物質の物性の温度依存性を調べる実験を行った。

蓄熱材候補物質には、無機化合物として燐酸水素二ナトリウム十二水和物（融点36℃）を、また有機化合物としてスレイトール（融点87℃）を使用した。実験の結果、微細な孔を持つ材料での発核促進効果は確認できなかった。また、超音波振動の付与により、最大過冷却度が数℃程度は小さくなることを確認できた。過冷却状態を含むスレイトールの密度、比熱、熱伝導率の温度依存性を調べた結果、液相比熱は同温度の水の液相比熱の60～72%に相当し、熱容量を顕熱蓄熱として有効活用できる可能性があること、粘性係数は過冷却状態において温度低下とともに急激に高まる傾向にあること、粘性係数の温度依存性が他の物性に比べて強く、対流熱伝達への影響が大きいことなどを明らかにした。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］蓄熱、過冷却、核生成、表面・界面物性

［研 究 題 目］電力系統の特性を詳細に模擬した新しいエネルギーシステムモデルの開発
［研究代表者］益田　泰輔（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］益田　泰輔（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究では、風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギー電源が大量に導入され、それに伴う新しい電力系統技術である、再生可能エネルギー電源の出力予測技術、蓄電池などの系統安定化技術、スマートメーターを用いた需要側制御技術などが利用される将来の電力系統の特性を詳細に模擬した新しいエネルギーシステムモデルを開発することを目的としている。モデルは利用実績の高いエネルギーシステム分析モデル MARKAL（Market Allocation）の機能を拡張することで設計し、新しいモデルを用いてシナリオ分析を行う。

平成24年度は、MARKAL の多時間帯化に取り組み、発電機の変化率および調整力を考慮することで電力系統の需給制御を模擬し、平日・休日・特異日（低負荷日または高負荷日）を考慮して1日24時間断面（1断面＝1時間）での分析が可能なモデルを作成した。作成したモデルでは従来のように設備量と設備利用率の単純な積で太陽光発電や風力発電などの発電電力量を計算するのではなく、出力の時間変化も考慮することができる。さらに、電気式給湯機器による電力需要制御も考慮できるようモデルを拡張した。また、モデルを用いたシナリオ分析も行い、電気式給湯機器による電力需要制御が、太陽光発電の導入量に影響を及ぼす場合があることを確認した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］電力工学、再生可能エネルギー、地球温暖化排出ガス削減、蓄電デバイス、エネルギー全般

［研 究 題 目］中性子散乱による鉄系超伝導体のスピン揺動の研究
［研究代表者］李　哲虎（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］李　哲虎、木方　邦宏
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

2008年に新型超伝導体 $LaFeAsO_{1-x}F_x$ が発見されたのを契機に鉄系超伝導が一躍注目を浴びるようになった。現在、超伝導転移温度は Tc＝56K にまで達しているが、この高い Tc を単純な BCS 理論で説明することは難しい。超伝導の発現機構解明に向けた研究が現在盛んに行われている。

本研究では主に中性子散乱を用いて、鉄系超伝導体の結晶構造及び素励起を調べることにより、超伝導の発現機構解明を目指している。これまでの研究により、我々は結晶構造と Tc の間に強い相関関係があることを見いだしている。その結果に基づき、Tc をさらに上げるための戦略も提案している。本研究ではまた、中性子散乱実験に必要な大型単結晶を数多く作製している。我々は作製が難しいとされているアルカリ金属元素を含有した単結晶の作製にも成功している。これらの単結晶を用い、中性子非弾性散乱実験によりスピン励起と超伝導の相関関係を調べている。その結果、磁性と超伝導に強い相関関係があることが明らかとなりつつある。現在、超伝導の機構解明に向けてさらなる研究を進めているところである。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］超伝導、中性子散乱

［研 究 題 目］不凍タンパク質の融解抑制機能の発現
［研究代表者］稲田　孝明（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］稲田　孝明、富田　博之
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

不凍タンパク質（AFP）は、平衡融点以下のある温度域（FH：freezing hysteresis）で、水溶液中での氷の成長を完全に抑制する機能を持つことで知られる。一方、AFP による氷の融解抑制も古くから認識されており、平衡融点以上で氷の融解が完全に抑制される温度域（MH：melting hysteresis）も確認されている。しかし、これまでに検出された MH は、FH と比べて1〜2桁も小さい。本研究では、本質的な MH は負結晶中（水溶液が結晶に囲まれた系）でのみ測定可能だという仮説のもと、実際に負結晶中で MH を測定し、FH と同じオーダーの MH を検出することを目的としている。平成24年度は、まずは測定に最適な負結晶作成の条件を検討しつつ、MH の検出を試みた。10mm 程度の大きさの円柱形の単結晶氷内部に注射針を挿入して、真空ポンプで減圧し、温度と圧力を最適化して結晶を内部から昇華させることで、六角柱状の負結晶を作成することができた。水溶液を注入する前であれば、観察によって負結晶の六方晶系の結晶軸の特定は可能となっている。さらに負結晶中に AFP 水溶液を注入して MH の検出を試みたが、今のところ有意な MH の検出にはいたっていない。水溶液注入後の結晶融解・成長を測定するための局所的な温度制御の方法や、水・氷界面の観察方法に課題が残っており、次年度に向けて実験手法の再構築や装置の改良が必要となっている。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］氷結晶、タンパク質、融解

［研 究 題 目］高強度超短パルスレーザーによって駆動された電離波の構造と安定性に関する理論的研究
［研究代表者］加藤　進（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］加藤　進（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

高強度レーザーを用いた粒子加速や高速点火核融合では、レーザーとターゲットとの相互作用によって発生した大電流密度の高エネルギー電子ビームが中性媒質中を伝播する。この時に生成される電場によって中性媒質は急速に電離する。プラズマが生成されると、その分極によって静電場は遮蔽される。一方、プラズマが加熱されることにより、衝突過程による電離が進む。このような過程で、中性媒質からプラズマへの遷移過程で励起された電離波が、プラズマへの発展を支配し、最終的な粒子のエネルギー、量、品質を決定する大きな役割を担っている。本研究の目的は、このようなプラズマ生成すなわち電離過程に伴う複雑な現象を理解することである。

本研究では、高エネルギー電子の伝播と電離波を記述する運動論に基づいたモデルを構築し、シミュレーションによる電離波の構造、安定性、及びその高エネルギー電子伝播への影響を解明する。

大電流電子ビームが中性媒質中を伝播することによる電離面の形成では、電子ビームによる直接衝突電離、背景電子による衝突電離、電場による直接電離過程が重要となる。電離の素過程として、静電場による直接電離には Landau モデル、背景電子による衝突電離には放電モデルで広く利用される Boltzmann 方程式に基づくモデルを用いることにより、電離波面の1次元的な構造を背景物質の電離係数と衝突周波数のみに依存する形で決定した。この1次元解に対する安定性解析を行った。その結果、この解は不安定であり、その成長が問題となる長さはおよそ1μm であることを示した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］プラズマ、核融合、粒子加速、高エネルギー電子、原子・分子物理、電離過程、高強度レーザー

［研究題目］レーザープラズマ加速電子線を用いたフェムト秒 X 線パルス生成と時間分解 X 線回折応用
［研究代表者］三浦　永祐（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］三浦　永祐、黒田　隆之助（計測フロンティア研究部門）、豊川　弘之（計測フロンティア研究部門）
（常勤職員3名）
［研究内容］

本研究は、レーザープラズマ加速（高強度レーザーパルスとプラズマの相互作用を利用した電子加速）により得られるフェムト秒電子線パルスとフェムト秒レーザーパルスを相互作用させ、レーザーコンプトン散乱を用いたフェムト秒 X 線源を開発することを目的としている。レーザーコンプトン散乱 X 線の光子エネルギー、光子数等の特性を評価し、発生光子数増強等、X 線源の高度化を行う。また、フェムト秒 X 線パルス発生を実証すると共に、フェムト秒 X 線パルスを用いた高速現象観測への応用を示す。

発生 X 線の光子エネルギー等の特性を評価するには、X 線分光器が必要である。レーザーコンプトン散乱で発生する1～100keV の広いエネルギー領域の X 線を観測するため、2種類の分光器を設計し、完成した。1～10keV 領域の観測用に、透過型回折格子分光器を作製した。また、10～100keV 領域の観測用に、α－石英の湾曲結晶を用いたラウエ型結晶分光器を作製した。検出感度の評価を行い、1ショットあたり10^7個の X 線光子数が得られれば、透過型回折格子分光器では1ショットで、ラウエ型結晶分光器では10ショット程度の重ね撮りで X 線スペクトルの取得が可能であることを明らかにした。

レーザーコンプトン散乱 X 線の発生光子数を増強するには、電子線パルスの電荷量増強が必要である。レーザープラズマ加速電子線の電荷量増強のため、ヘリウムに微量の高原子番号ガスを混入したガスジェットを用い、高原子番号ガスから多量の被加速電子を供給する手法が有望である。この手法等を用い、電荷量の増強等、電子線を高度化するため、レーザーとプラズマの相互作用を記述するシミュレーションコードを整備し、実験条件最適化のための解析に着手した。

［分　野　名］環境・エネルギー、計測・計量標準
［キーワード］高出力レーザー、プラズマ、量子ビーム、レーザープラズマ加速、レーザーコンプトン散乱、フェムト秒 X 線パルス

［研究題目］電子とのハイブリッド加速を用いたレーザー陽子ビーム生成
［研究代表者］三浦　永祐（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］三浦　永祐（常勤職員1名）
［研究内容］

本研究は、レーザープラズマ電子加速（高強度レーザーパルスとプラズマの相互作用を利用した電子加速）により得られる高エネルギー電子ビームを用いたレーザー陽子ビーム生成の新手法の原理を実証することを目的としている。本手法ではレーザープラズマ電子加速により得られる電子を陰極としてレーザー照射薄膜ターゲット裏面との間に電場を形成し、薄膜から発生する陽子を加速する。

薄膜ターゲットにレーザーパルスを照射し、被加速陽子が発生する条件を調べた。厚さ3μm のアルミニウム薄膜に波長800nm、エネルギー300mJ、パルス幅60fs のレーザーパルスを入射角度45°で集光照射し、陽子ビームを発生した。最高エネルギーが1MeV を超える陽子発生を観測し、発生陽子数は1パルスあたり10^7程度と見積もられた。

波長800nm、エネルギー700mJ、パルス幅40fs のレーザーパルスをガスジェットに照射し、レーザープラズマ加速で高エネルギー電子ビームを発生する。これに同期し、電子ビーム進行方向前面に設置された厚さ3μm のアルミニウム薄膜に波長800nm、エネルギー150mJ、パルス幅100fs のレーザーパルスを入射角度45°で集光照射し、本研究で提案するレーザー陽子ビーム生成実験を実施した。しかし、高エネルギー陽子ビームは観測されなかった。原因として、薄膜ターゲットを照射するレーザーのパワー不足のため被加速陽子が発生できなかった、2レーザーパルスの同期精度が不十分であった等が考えられる。これらを解決するため、レーザーの高出力化、照射装置の改造、プラズマならびにビーム診断法の改良を進めた。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］高出力レーザー、プラズマ、量子ビーム、レーザープラズマ電子加速、レーザー陽子ビーム生成

［研究題目］水素貯蔵材料の表面酸化による弾性作用の発現と水素貯蔵温度の低下メカニズムの解明
［研究代表者］松本　愛子（エネルギー技術研究部門）
［研究担当者］松本　愛子（常勤職員1名）
［研究内容］

マグネシウム水素化物 MgH_2 の水素貯蔵量は7.6mass%と高く、水素貯蔵材料として注目されているが、実用化のためには水素との反応温度の低下が求められる。水素貯蔵材料の反応温度は、材料のナノサイズ化や表面皮膜による弾性作用によって低下する可能性が示されている。そこで、直径がナノオーダーの MgH_2ファイバーを合成し、その表面を酸化し酸化皮膜を形成させることにより弾性作用を発現させれば、反応温度の低下が可能であると考えられる。本研究では、MgH_2ファイバーの表面に酸化皮膜を形成させ、その水素貯蔵特性を

評価することによって、酸化皮膜の厚さと水素貯蔵特性との相関を明らかにすることを目的とした。また、水素貯蔵放出の前後や反応過程における試料を観察し、反応メカニズムを解明することを目指した。

まず直径数百ナノメートル～数ミクロンの MgH_2ファイバーを気相合成によって作製し、これらを空気に曝露したのち加熱することによって酸化皮膜を形成させた。それらの水素貯蔵特性を測定したところ、弾性作用の効果について再現性がとれなかった。試料を観察したところ、水素を吸蔵・放出する過程でファイバー形状が保たれず、微粒子状に分解していた。これまでの研究では、弾性作用が生じた試料はファイバー形状を保ち、酸化膜と密着していた。このことから、微粒子状の試料は皮膜との接着力が小さいために分解し、弾性作用を生じなかったと考えられる。酸化皮膜の密着性・緻密性を高める取り組みが必要であるため、今後進めていく予定である。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素貯蔵材料、マグネシウム

［研 究 題 目］フェロアロイを用いた V 系水素貯蔵材料の創製と貯蔵水素の挙動の解明

［研究代表者］浅野　耕太（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］浅野　耕太（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

目標：

燃料電池車の本格普及に向けて、現在開発が進められている水素貯蔵材料に体心立方（BCC）構造をもつ V 基合金がある。BCC 合金の開発には、量産には向かない高コストの高純度 V 金属素材が用いられることが一般的である。本研究では、高純度 V に比べて酸素および鉄などの不純物元素濃度は高いが、コストが低いフェロバナジウムをベースとした合金開発を行う。固体核磁気共鳴（NMR）および X 線実験などを駆使して、作製した合金あるいはその水素化物の結晶構造、水素の占有サイトおよび拡散挙動に不純物元素が及ぼす影響を解明する。得られる結果を基に合金作製方法を検討して、実用に適した水素吸蔵放出性能をもつ合金の開発を目指す。

研究計画：

はじめに、酸素濃度および鉄濃度が異なる種々の V 金属素材を購入あるいは作製して、それらの水素吸蔵放出性、水素化物中の水素の占有サイトおよび拡散挙動などを解明する。得られる知見より合金の組成および金属組織等を最適化して、フェロバナジウムベースの水素貯蔵材料を試作する。

年度進捗状況：

平成23年度は主に不純物酸素濃度が V の水素吸蔵放出性に及ぼす影響を明らかにした。その結果、酸素濃度が約3000～4000mass ppm 以上になると、水素吸蔵量が大幅に減少することと、水素化物中の水素の拡散が遅くなることが分かった。24年度には、その不純物酸素による V の水素吸蔵量の減少は、本来2水素化物が単相で生成するような水素圧力下でも、酸素濃度が高まると2水素化物相の他に体心正方格子がひずんだ1水素化物相に近い構造の水素化物相も生成することによることが明らかになった。また23年度に、市販のフェロバナジウムには Al あるいは Si も数%のオーダーで含まれることが分かったため、24年度は Al が V の水素吸蔵放出性に及ぼす影響を調べた。その結果、Al を V に添加すると、水素吸蔵量が減少すること、2水素化物が生成する平衡水素圧力が上昇することがそれぞれ分かった。V の1水素化物中で水素は体心正方格子の八面体サイトを本来占有するが、Al 添加により水素は四面体サイトにシフトすることが分かった。現段階ではこの水素のサイトのシフトが、V の水素吸蔵反応および水素吸蔵量の減少に影響を及ぼしたものと推察される。また、V の1水素化物中の水素の拡散は Al 添加により速くなることが明らかになった。

今後は、本研究の本題である Fe が V の水素吸蔵放出性に及ぼす影響について詳細を調べると共に、フェロバナジウム基の水素貯蔵材料の開発を継続して目指す予定である。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素エネルギー、水素貯蔵材料、固体核磁気共鳴（NMR）法、フェロアロイ

［研 究 題 目］燐光寿命を利用した気体流れの温度速度相関計測

［研究代表者］染矢　聡（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］染矢　聡，坂田　藍美（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では燐光粒子の燐光寿命（明るさの時間変化）を利用し、1台の紫外線レーザーと高速度カメラで、共通の画像から任意の作動流体（空気、水、油など）の温度と速度を二次元高精度同時計測する手法を確立する。燐光寿命に基づく温度測定では、粒子の移動を考慮し、これまでより適用可能範囲を広げる。加熱気体流れの基礎実験に適用し、温度精度±0.5℃、時間分解能100μsを達成する。また、シミュレーション画像を利用して精度評価を行う。

これらの研究目的達成に向けて、平成24年度は可視化エンジン実験を行った。まず、燃焼条件を含む壁面温度分布計測を実施し、薄膜熱電対との比較により、適用可能性について検討するとともに、吸気圧等エンジン運転条件と壁面温度との関係を明らかにした。これにより蛍光体を筒内で利用可能であることも明らかとなったため、非燃焼時の筒内ガスの温度速度同時計測実験を行った。その結果、開発手法の適用可能性について、速度分布については通常の PIV 同様の結果が得られること、温度分布についても定性的には筒内ガスの温度を反映してい

ることがH24年度までにわかった。

900℃まで昇温可能で光学計測に適用可能な高温加熱炉を作成し、低温から高温までの広範囲にわたり、燐光物質のスペクトルや寿命など光学特性と温度との関係を特性データベースにまとめた。光学物性情報取得の際には燐光物質を固定することが不可欠であるため、燐光物質の固着方法の影響についても明らかにした。

研究目的達成に向けて可視化エンジン試験を終えて成果発表を行った。また、低温から高温までの広範な温度条件におけるトレーサー物質の光学的特性を明らかにした。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］可視化、温度分布、蛍光

［研 究 題 目］原子クラスターの形態を制御した硫化物熱電材料の開発

［研究代表者］太田　道広（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］太田　道広（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

未利用のまま棄てられている膨大な量の熱エネルギーを有効利用できる技術として、熱電変換材料に大きな期待が集まっている。本研究では、モリブデン（Mo）と硫黄（S）から成る原子クラスターを基本構造として持つモリブデン硫化物に注目し、原子クラスターとその間に存在する空隙の形態を制御することで、優れた熱電変換特性を発現させることを目的とした。本年度は、カリウム（K）と銅（Cu）を空隙に充填したモリブデン硫化物の高品質焼結体を作製し、室温から800K の温度範囲で熱電変換特性を評価し、熱電変換材料として相応しいモリブデン硫化物の形態を検討した。

昨年度開発した合成プロセスを用いて、①原子クラスターがつながった Mo_6S_6一次元チェーンが基本構造の $K_{3.00}Mo_6S_6$、②Mo_6S_8クラスターが基本構造の $K_{1.10}Mo_6S_{8.2}$と $Cu_{4.00}Mo_6S_8$、③Mo_9S_{11}クラスターが基本構造の $K_{2.15}Mo_9S_{11}$、④Mo_6S_8と Mo_9S_{11}クラスターが基本構造の $K_{1.85}Mo_{15}S_{19}$の単相で緻密な高品質焼結体の作製に成功した。優れた熱電変換材料には、低い格子熱伝導率と高い熱電出力因子が求められる。我々は、原子クラスターが基本構造の $K_{1.10}Mo_6S_{8.2}$、$Cu_{4.00}Mo_6S_8$、$K_{2.15}Mo_9S_{11}$、$K_{1.85}Mo_{15}S_{19}$の格子熱伝導率が、原子一次元チェーンが基本構造の $K_{3.00}Mo_6S_6$のそれよりも低いことを見出した。さらに、同じ Mo_6S_8クラスターが基本構造のモリブデン硫化物において、$Cu_{4.00}Mo_6S_8$の熱電出力因子が、$K_{1.10}Mo_6S_{8.2}$のそれよりも高いことを明らかにした。これらの結果から、原子クラスターを基本構造に持ち、その間の空隙には Cu に代表される遷移金属が充填されていることが、熱電変換材料として相応しいモリブデン硫化物の形態であるという結論に至った。今後、本研究で得られた知見を基に、モリブデン硫化物の研究開発を加速することで、高い熱電性能指数が得られると期待される。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］金属物性・材料、環境材料、エネルギー材料、熱電変換材料、電子・熱物性、金属・資源生産工学、廃熱利用、未利用熱エネルギー活用

［研 究 題 目］固体電気化学を基盤としたイオンによる磁気特性の可逆制御

［研究代表者］大久保　将史（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］大久保　将史（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

近年、集積型錯体における機能性として、光・圧力・ゲスト分子等の外部刺激による磁気特性の制御が盛んに研究されている。特に、イオン拡散チャンネルと電子伝導経路を併せ持つ配位高分子は、固体電気化学的イオン脱挿入に伴うホスト構造の酸化還元反応と、それに伴う磁性を含めた様々な物性のスイッチング現象を示すことが期待される。本研究では、イオンと電子の混合伝導性を示す配位高分子の開発を行い、磁性制御を実現する。また、ホスト構造中におけるゲストイオンのダイナミクス、イオンと共に注入されるスピンのホスト構造中での状態を解析することで、配位高分子における固体電気化学という学術的基盤の確立を目指す。平成24年度においては、古典的シアノ架橋配位高分子であるプルシアンブルー類似体を用いて、Li^+と同時にホストに挿入される電子が Fe サイトをランダムに占有すると仮定した固溶体モデルにおいて、磁気的相互作用を分子場（平均場）近似して求めた低温における磁化の温度依存性は、実験結果と良い一致を示した。また、モデルから予想される磁気転移温度の Li^+挿入量依存性も実験結果と良く一致し、定量的な固体電気化学反応による磁気特性の可逆制御に成功した。また、オクタシアノ錯体を基本ユニットとした電気化学的イオン脱挿入可能なシアノ架橋配位高分子ホストの開発を行い、全率固溶のリチウムイオン挿入脱離、ナトリウムイオン挿入脱離が可能であることを示した。また、スピン状態変化を利用して、フェリ磁性と常磁性のスイッチングを達成した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］2次電池、電気化学、磁性材料

［研 究 題 目］リチウム電池用電極材料の二相共存反応における核発生と相境界移動メカニズムの解明

［研究代表者］大久保　将史（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］大久保　将史（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

省エネルギー・地球温暖化対策に資する分散型エネルギーネットワーク構築のキーテクノロジーである高性能2次電池として、リチウムイオン2次電池の開発が期待さ

れている。本研究では、2相共存反応を示す電極材料における電気化学反応メカニズムの解明を目指す。

平成24年度においては、2相共存反応を示す $LiFePO_4$ におけるポテンシャルステップ印加後の電流応答を解析するためのモデル開発を行い、特に、Scharifker-Hillsモデルを応用することで実測データの再現が可能であることを示した。このことは、微視的な核発生メカニズムを理解する上で非常に重要であり、様々な材料系へのモデル応用を行う必要性が示唆される。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］2次電池、正極材料、ナノ材料

［研 究 題 目］水蒸気由来水素による水素化を伴う重質油からの軽質燃料油製造技術の開発

［研究代表者］麓　恵里（エネルギー技術研究部門）

［研究担当者］麓　恵里（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

有限な石油資源の有効活用のため、石油精製過程で副生する常圧・減圧残油等の重質油から軽質燃料油を製造する技術開発が求められている。重質油を分解して軽質燃料油へ転換する際、軽質燃料油を貯蔵・輸送する際の固形物の生成を防ぐために二重結合の生成を抑制するには、水素の添加が有効である。しかし水素は高価であるため、本研究では水蒸気を水素源として利用する重質油の軽質化について検討した。ジルコニアとアルミナを含む酸化鉄触媒による常圧残油の接触分解を大気圧、475℃で行った結果、ガソリン、灯油、軽油等の軽質油と二酸化炭素が生成する。本反応では、酸化鉄の格子酸素を介して水蒸気由来の酸素種が重質油と反応し、軽質油と二酸化炭素が生成する。同時に水蒸気から水素種が生成し、水素種の一部は気体炭化水素や硫化水素へ添加される。さらに残りの水素種が軽質油へ添加されれば、二重結合の生成が抑制され、軽質油の安定化が期待される。

そこで、モデル化合物としてドデシルベンゼンの分解を常圧残油の場合と同様の方法で行った。ドデシルベンゼンは分解され、主に芳香族化合物が生成した。窒素雰囲気下に比べ、水蒸気雰囲気下での反応では、スチレンに対するエチルベンゼンの生成割合が増加した。従って、水蒸気由来の水素種が炭化水素へ供給され、二重結合の生成が抑制されたと考えられる。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］重質油、水蒸気、酸化鉄触媒

［研 究 題 目］インドにおける医薬品及び薬剤耐性菌環境汚染調査

［研究代表者］山下　信義（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］山下　信義、谷保　佐知、山﨑　絵理子（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

昨年度に引き続き、インドにおけるサンプルの採集と予備的分析を行った。今年度は、インド南部 Manipal 大学のカウンターパートと連携し、ケララ州を中心にインド南部の河川水と下水サンプル約80検体を採集した。採集した試料の一部は現地で抽出、残りは日本へ輸送した。医薬品汚染調査では、HLB カートリッジを用いて水サンプルからの固相抽出を行った。抽出物を日本に持ち込み、HPLC/MS/MS により、スルファメトキサゾール（SMX）、トリメトプリム（TMP）、クロラムフェニコール（CHL）、エリスロマイシン（ERY）、エリスロマイシン-H20（ERY-H20）の定量を行った。薬剤耐性菌汚染調査では、水サンプルからキット（NucleoSpin Soil）を用いて DNA を抽出し、それらをテンプレートとして NDM-1を含むβラクタマーゼ遺伝子の PCR 検出を行った。

昨年度行った現地調査の結果、試料にグリセリンを20%添加し、冷凍保存する事で細菌類を生きたまま長期保存できる事が判明した。これを利用することでサンプリング毎の分析だけでなく、時系列的なスペシメンバンクを作成する事が可能になった。

残留化学物質の毒性評価では、乾固した水サンプルの沈渣をジクロロメタン（DCM）を用いて抽出した。抽出物は濃縮後、C18 SPE カートリッジを用い分画した。画分を窒素ガス雰囲気下で乾固し、DMSO に再溶解して豚初代培養肝細胞に添加し、24時間後に RNA を抽出した。薬物代謝酵素シトクロム P450ファミリーの CYP1A1遺伝子の発現を RT-PCR で検出した。抽出物を豚初代培養肝細胞に添加したところ、CYP1A1遺伝子が誘導されることから、サンプル中にアリル炭化水素受容体アゴニスト活性が存在することを示唆する成績と考えられた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］薬剤耐性菌、医薬品汚染、インド

［研 究 題 目］海洋化学トレーサの組み合せによる南大洋における人為起源二酸化炭素吸収量の見積り

［研究代表者］山下　信義（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］山下　信義、谷保　佐知、山﨑　絵理子（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究課題の目的は、南極大陸をとりまく南大洋における、人為（化石燃料）起源二酸化炭素（CO_2）の吸収能力をより正確に評価することである。海洋における人為起源 CO_2吸収量は大気中 CO_2濃度の上昇にともなう地球温暖化予測に必要不可欠な情報であるが、限られた観測データによるその見積りには大きな不確かさが含まれる。特に広範な南大洋における吸収能力はその重要性が指摘されつつも、これまでに得られている解析結果間の差異は大きい。本課題では、溶存無機 CO_2濃度増加

から直接人為起源 CO_2増加量を求めるだけでなく、海洋化学トレーサと呼ばれる炭素14、セシウム137、フロンガス、人工フッ素化合物を同時に測定することで、南大洋における人為起源 CO_2増加量の見積りの確度を上げ、同海域におけるその吸収能を評価することを目的とする。

MR12-05で採集した外洋海水試料を分析した結果、西部太平洋の海域で PFASs 類を検出し、外洋海洋循環に関する知見を得る事に成功した。次年度は、(独) 海洋研究開発機構の「みらい」航海 MR13-06航海 (H25年9-10月) に参画し、本研究に用いる海水試料採取、船上でのデータ取得をほぼ予定通りに実行することができた。特に PFASs の外洋海水分析法の信頼性を向上させるために従来使用されている WAX カートリッジの最適化実験を行う事で PFASs の外洋海水分析に特化した分析法を開発する事に成功した。この方法を用いて次年度予定する北極海航海で試料採集・分析を行う予定である。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］気候変動、海洋科学、地球化学、地球変動予測、環境分析

［研 究 題 目］選鉱・製錬技術を用いた2次電池からのレアメタルの分離と回収

［研究代表者］古屋仲　茂樹（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］古屋仲　茂樹、藤木　由美子（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

リチウムイオン電池やニッケル水素電池は EV や HEV のような自動車に用いられる2次電池である。金属資源はエネルギー資源とは異なり、使用後も製品の形として残っている。レアメタル資源の偏在性や資源ナショナリズムのために日本ではレアメタルの確保を強く求められている。本研究では選鉱技術を駆使して2次電池からレアメタルをリサイクルするプロセスを開発することを目的とする。本研究は関西大学環境都市工学部芝田研究室との共同研究であり、当所が粉砕・物理選別工程を、関西大学が湿式処理によるレアメタル回収工程をそれぞれ担当している。

2次電池を酸化状態で焼成して、安全に粉砕処理できるようにした後に、衝撃力、せん断力、切断力などの異なる作用力を有する2軸剪断機と衝撃粉砕機で粉砕処理して、焼成条件と粉砕・分級後の粒度分布と電池成分の組成の変化を調べ、500℃焼成で2軸剪断機と衝撃粉砕機を使用して粉砕するのが適切であることを明らかにした。1.00～5mm の目開きのふるいで板状や箔状の物質をふるい上に残し、これに磁力選別を組み合わせて、+3.35mm、3.35-1.68mm、1.68-1.00mm、-1.00mm に区分して組成を調べたところ、-1.00mm の産物には Co と Li が99.5%と99.6%の回収率で分離回収できることが明らかになった。1.00mm 以上のふるい上産物には Fe や Cu や Al が高い回収率で濃集した。粉砕・物理選別工程における初期の目標を達成することができた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］リサイクル、二次電池、レアメタル、粉砕、分離、回収

［研 究 題 目］Molecular-Net Sieving の提案と超薄膜分離膜の創製

［研究代表者］都留　稔了（広島大学）

［研究担当者］伊藤　賢志（計測標準研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

分離困難な各種気体および液体分離プロセスの省エネ化の可能性を探るため、ナノメートルスケール構造を制御したアモルファスシリカネットワークを成長させることでシリカ分離膜を形成し、その構造を評価する。本年度は、正ケイ酸エチルとヘキサメチルジシロキサンを用いて有機シリカ複合薄膜をプラズマ化学気相堆積法により作製し、低速陽電子消滅法でナノ構造を調べ、組成及び熱処理により空孔サイズが制御できることを明らかにした。これらの成果は異なる構造を有する有機シリカ複合薄膜を作製するためにプラズマ重合と熱処理温度の各条件の最適化ができたこと、また、薄膜中の細孔サイズを計測するための低速陽電子ビーム照射条件を見いだしたことによる。今後は低速陽電子ビームの生成条件に合わせた標準多孔質薄膜を作製することにより信頼性の高い空孔サイズ解析技術の確立をめざす。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］陽電子消滅、空孔、分離膜

［研 究 題 目］放射光軟 X 線を用いて誘発した ATP の分子変異の誘発による生物効果の制御

［研究代表者］藤井　健太郎（日本原子力研究開発機構）

［研究担当者］藤井　紳一郎、加藤　大（バイオメディカル研究部門）（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

生体内で最も一般的な分子の一つであるアデノシン三リン酸（ATP）に量子ビームを用いて特異的な分子変異を導入し、様々な生物効果を制御することが本研究の目標である。化学反応を制御することは、量子ビーム科学の最も重要な課題の一つであり、とりわけ生体内での生物効果について、生体内分子を介して制御可能となれば、生体機能の解明だけではなく、薬剤的応用にも繋がる重要なテーマである。本研究の目標を達成するために、ATPの物理化学的特性について特に分析化学的見地から解析を進め、特異的な分子変異について定量的な評価を行う。得られた化学的特性について、研究グループ内で生物学的活性評価を行う研究担当者らが得た知見と比較検証することによって、ATPの分子変異による生物効果の制御性を検証する。

本研究では、量子ビームとして放射光軟X線のもつ元素選択性を利用して、RNA合成や放射線バイスタンダー効果などの生物効果を制御する手法を確立することにより、細胞の放射線感受性を制御することが目的である。そのために、以下の4項目についての実験を進める。(1)放射光軟X線による特異的なATP分子変異の選択的な導入。(2)電気化学分析法および質量分析法による分子変異の分析。(3)ATP分子変異に起因した生物効果の網羅的解析。(4)細胞の放射線高感受性化。

本年度はATP溶液について、放射線を照射しない状態で安定な試料条件を検討した。その結果、溶液状態においてリン酸基の脱離が起こらないTris緩衝液の濃度やATPの濃度の最適化を行うことができた。ATP分子の分解については、質量分析、軟X線吸収スペクトルおよび電気化学分析により行い、生物学的効果については、ATPのルシフェラーゼ活性、および細間情報伝達能力を定量することのできる、P2Y受容体活性により分析を行った。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］ATP、軟Ｘ線、分子変異

［研 究 題 目］非 DNA に対する放射線損傷に伴う生物影響の検討
［研究代表者］藤井　健太郎（日本原子力研究開発機構）
［研究担当者］藤井　紳一郎、加藤　大（バイオメディカル研究部門）（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

本研究では、非 DNA 性の核酸生体分子である RNA 分子が、放射線によって損傷した場合の生体影響を多角的に解析し、どのような生物学的効果を示すかを *in vitro* および *in vivo* 実験で検証することが目的である。リボ核酸（Ribonucleic acid, RNA）の一種であるアデノシン三リン酸（ATP）は、生体エネルギー供与物質として多様な生化学反応へエネルギーを供与している。さらに、遺伝情報の仲介物質であるメッセンジャーRNA を合成するための基質でもあるため、遺伝子情報の正確な発現にも重要な働きをしている。そのため、ATP の塩基部位に生じる僅かな分子変異が、この RNA 合成にも深く関わり、突然変異や発がんの原因となる可能性がある。そこで、本課題では、DNA 以外の分子が損傷を受けた場合に引き起こす生物効果を指標として ATP の生化学機能を網羅的に解析する。

本年度は ATP 溶液について、放射線を照射しない状態で安定な試料条件を検討した。その結果、溶液状態においてリン酸基の脱離が起こらない Tris バッファーの濃度や ATP の濃度の最適化を行うことができた。ATP 分子の分解については、質量分析、軟 X 線吸収スペクトルおよび電気化学分析により行い、生物学的効果については、ATP のルシフェラーゼ活性、および細間情報伝達能力を定量することのできる、P2Y 受容体活性により分析を行った。上記の最適条件を用いて、γ線照射あるいは軟 X 線照射による細胞間情報伝達および ATP 分子変異の解析を行い、放射線照射による分子変化の同定や生物学的効果の解析を行った。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］非 DNA、ATP、放射線損傷

［研 究 題 目］材料オントロジーの拡張と国際化による材料データ交換手法の確立
［研究代表者］芦野　俊宏（東洋大学）
［研究担当者］山下　雄一郎（計測標準研究部門）（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

目標：

材料科学に関する各種の概念、物性、材料名、プロセスなどの関係を記述した一種の辞書といえる標準的なオントロジーを確立し、国際的な枠組みで進んでいるオントロジー整備の動きに参画してゆくとともに、単なる概念辞書を越えた材料科学の知識表現へと拡張することを目標とする。

研究計画：

産総研分散型熱物性データベースをモデルデータとして基礎的な材料オントロジーを確立し、さらにその拡張についての検討を行う。特に式データの表現について検討を行い、国際的な材料データ交換手法確立における課題などを洗い出す。

年度進捗状況：

H23年度の取り組み実績である Haas-Fisher 式による熱力学データのフィッティングデータについて、式定義および係数データを OpenMath 形式で記述した。さらに XSLT 変換により OpenMath 形式から MathML のコンテンツマークアップ形式への変換と一般的な Web ブラウザによる式表示が可能であることを確認した。

本年度の取り組みの結果、材料・物性分野に於ける数式データ表現において、概ね OpenMath 形式で対応可能なことが確認された。こさらに、産総研分散型熱物性データベースにおける OpenMath 形式を利用した式データ収録・公開の実現するための基礎的な技術課題が解決された。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］熱物性データベース、材料設計、シミュレーション

［研 究 題 目］超小型 X 線源を用いた立木用ポータブル非破壊材質検査装置の開発と立木の材質評価
［研究代表者］鈴木　良一（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］鈴木　良一（常勤職員1名）

［研究内容］

木材の材質研究をはじめ野外の林木・樹木を対象にした立木用 X 線検査では、軽量、小型、バッテリー駆動可能な X 線源が必要とされている。本研究では、フィールド実証試験に用いることを目的として、九州大学と協力し針葉樹型カーボンナノ構造体電子源を用いた小型・軽量な X 線源の開発とそれを利用した X 線断層イメージングによる立木の材質評価等の計測技術の開発の検討を行っている。

本年度は、乾電池駆動のカーボンナノ構造体 X 線源およびイメージングプレートなどを用いた X 線イメージング技術を用いて九州大が用意した木のサンプルの X 線透過試験を行った。サンプル木材の中を非破壊でイメージングすることにより、木材の材質などを評価できることを確認した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］カーボンナノ構造体、X 線源、立木、材質評価、非破壊検査

［研究題目］天然ガスハイドレートの結晶構造安定性に及ぼす多成分系ガスの影響

［研究代表者］竹谷　敏（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］竹谷　敏（常勤職員1名）

［研究内容］

環境・エネルギー分野において、新たな天然ガス資源として期待され、地球上の海底下や永久凍土地帯等に存在が確認されている天然ガスハイドレートにおいて、ケージ内でのゲスト分子の分布状態、分子数を決定することが不可欠である。本研究では、粉末 X 線回折法を用いた天然ガスハイドレートの測定手法、結晶解析手法を確立することを目的としている。天然に含まれるメタン以外の炭化水素にも焦点をあて、これらの成分が天然ガスハイドレートの結晶構造安定性に及ぼす影響を理解することを目指している。

今年度は、低温粉末 X 線回折測定により、イソブタン、ノルマルブタンを天然ガスハイドレート中の水分子で構成される大ケージに入れた人工試料に関し、結晶構造解析を実施した。その結果、メタン・ブタン系の天然ガスハイドレートでは、ブタン分子が大ケージの中心付近に等方的に分布することが判明した。また、水分子で構成される大ケージにはブタンおよびペンタン、小ケージには希ガス分子を包接する試料を生成し、大ケージ内に包接されたブタンおよびペンタンのラマンピークの同定にも成功した。こうした解析手法の確立により、結晶中に内包されるガス分子の評価が可能となった。

今後、硫化水素や炭酸ガスなど、天然に存在する試料への応用が期待されている。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］X 線構造解析、包接化合物、ナノ空孔

［研究題目］ハイドレート技術を用いた農工融合による低炭素社会の実現に関する研究

［研究代表者］竹谷　敏（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］竹谷　敏、山本　佳孝（常勤職員2名）

［研究内容］

低炭素社会では、地球温暖化の主因である二酸化炭素（CO_2）の排出量を吸収量より少ない産業生活システムを目指すが、今後は CO_2回収貯留など供給側の抜本的な対策が実施されない限りこれらのバランスの維持が難しい。工業圏から発生する CO_2を分離回収し、そこで生成する CO_2ハイドレートにより、CO_2並びに冷熱を農業圏のハウスや植物工場に供給し利用する農工融合型環境負荷低減システムの実現は、CO_2処理の観点から、非常に有効であると考えられる。本研究においては、CO_2並びに冷熱を農業圏のハウスや植物工場に供給するためのシステムの構築と、回収貯留された CO_2量の解析手法の確立を目指している。

今年度は、低温粉末 X 線回折測定により、高圧 CO_2処理を施した植物中においても、組織中の水分が体積の150倍程度もの CO_2を包接する CO_2ハイドレートへと変化することを明らかにした。また、低温型位相コントラスト X 線 CT 測定に関し、CO_2ハイドレートと氷、さらには植物の組織とが複雑に混在するような試料でも、これらの内部構造撮影が可能な条件が明らかとなった。この最適条件に従った測定を行うことにより、試料中に CO_2が拡散により取り込まれた部分を可視化することが可能であるとともに、凍結食品の内部構造のイメージングにも、低温型位相コントラスト X 線 CT 測定が有効であることが示された。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］X 線構造解析、位相コントラスト X 線イメージング、包接化合物、ガス貯蔵

［研究題目］マイクロリアクター内のソノケミストリーとソノルミネッセンスに関する研究

［研究代表者］辻内　亨（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］辻内　亨（常勤職員1名）

［研究内容］

超音波により激しく膨張収縮するキャビテーション気泡からのラジカル、酸化剤を用いた化学は、ソノケミストリーと呼ばれ、薬剤の添加なしに化学反応を起こすことができる。本研究では、液体への強力超音波照射による種々の化学効果を、マイクロリアクター内で生じさせることを目的とする。微小領域におけるキャビテーション気泡の導入は、液体の混合や攪拌、ポンプ機能のみならず圧壊時の水の解離により生成される酸化剤を基にした化学反応が期待できる。そこで超音波キャビテーション気泡由来の酸化剤の生成と計測を、ヨウ化カリウム酸化に基づく吸光度測定、ルミノール音響化学発光測定等により行う。

平成24年度は、キャビテーション気泡由来の酸化剤生成の閾値ならびに酸化剤生成閾値の超音波周波数依存性の解明を行うべく、マイクロ流路内へ超音波を照射する装置を作製し、超音波化学反応の反応効率の指標として用いられる、ルミノール水溶液からの音響化学発光の観測を行った。ルミノール発光強度の周波数依存性を測定し、ルミノール発光強度極大値を示す周波数を決定できたため、反応の高効率化を図ることができた。この知見を元に適切に選択された周波数の下で溶液の溶存ガス濃度を変えて発光強度の測定を行った。その結果、溶存ガス飽和状態と比べて過飽和条件で高い発光強度が得られることが判明した。ヨウ化カリウム水溶液の超音波酸化反応においても、同様に過飽和条件で高い吸光度を得ることができた。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］超音波、マイクロリアクター、キャビテーション気泡、超音波化学反応、音響化学発光

［研 究 題 目］固分子性結晶三ヨウ化ホウ素と四ヨウ化スズの高圧力下の構造物性研究

［研究代表者］藤久　裕司
（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］藤久　裕司（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

BI_3分子は平面正三角形をしており、常温常圧で分子性結晶ヘキサゴナル $P6_3/m$ 構造を組む（LPP）。高圧下では6.2GPa から9GPa にかけて高圧相（HPP）へ相転移し、約23GPa で金属化を起こす。HPP ではヨウ素は fcc 格子を組んでいる。ボロンは fcc 格子間に挿入されており、BI_3分子は壊れていると予想されている。ボロンはヨウ素に比べ圧倒的に X 線散乱能が低いためその位置を決定することはできていない。我々はボロンの位置をラマン散乱実験と DFT 計算により解析する計画を進めていたその時、Yao らは DFT 計算により高圧相では2個の BI_3がペアになりダイマーを作るという予測を発表した（Z=2モデル）。我々はラマン測定を行ったが、HPP の実測のスペクトルと Z=2モデルから計算されたそれが合わない問題に直面した。そこで我々はより良いモデルがないかどうか検証するために、X 線回折実験、ラマン散乱実験、DFT 計算を行った。

ラマン実験の結果、LPP では波数600cm^{-1}のピークが圧力とともにソフト化を示すことを発見した。これは三角形分子の中央にある B 原子が平面から垂直に飛び出す振動モードに帰属された。このソフト化は二つの分子が互いに近づきダイマーを形成し HPP に相転移することの前駆現象であると言える。

DFT 計算に基づく分子動力学計算（MD）を行ったところ、Z=2モデルのみでなく、よりユニットセルの大きい Z=4，6，8，10，12という、ダイマーをそれぞれ2，3，4，5，6個含んだ長周期のモデルが出現することを見出した。実際の HPP ではダイマーが一方向にランダムにスタッキングした状態になっていると考えられた。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］粉末 X 線回折、ラマン分光、結晶構造、相転移、DFT 計算、分子動力学計算

［研 究 題 目］新奇な圧力誘起水素－炭素間相互作用の制御とその機構解明

［研究代表者］藤久　裕司
（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］藤久　裕司、中山　敦子
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

グラファイトは、低温で水素の物理吸着を生じるが、電荷移動相互作用を必要とする水素-グラファイト層間化合物の生成は難しいとされていた。一方近年、軽量で環境負荷の少ないカーボン材料が水素貯蔵材料として注目され、カーボンナノチューブなどの炭素材料で水素吸蔵が報告された。しかし、水素がカーボンのどのサイトにどのような状態で取り込まれるかを実験的に解明した報告はない。我々は気体水素と炭素π電子系との間にはたらく相互作用の本質を理解するため、グラファイト構造をもつメソカーボンマイクロビーズ（MCMBs）に注目した。水素が MCMBs のどのサイトにどのような状態で取り込まれるか明らかにすることを目的として、圧力による水素－炭素間相互作用制御をおこない、X 線回折、ラマン散乱によるその場観察をおこなった。

圧力発生には、ダイヤモンドアンビルセルを用いた。粉末 X 線回折実験には放射光を用い、角度分散法により回折像を得た。得られた回折パターンをリートベルト法により解析し、各圧力下での格子パラメータを決定した。ラマン散乱実験は、顕微レーザーラマン分光装置を用いて180°後方散乱で観測した。光源にはアルゴンレーザー（励起波長514.5nm）を用いた。

本研究でおこなわれた2GPa 以下の測定では、系が非平衡状態にあると考えられ、定量的評価は難しいが、次のことが明らかになった。ラマン実験では MCMBs の G-バンドは圧力の増大に伴ってハード化した。また、圧力のかけかたによっては、MCMBs-H_2の相分離が観察されることが明らかになった。

X 線回折実験からは MCMBs 単体にはない回折ピークが観測された。これは、高圧水素雰囲気下でグラファイトの相分離が誘起されたことを示しており、水素のインターカレーションを示唆する。新たなピークは今のところグラファイト層のステージングによって発生したものと考えている。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］粉末 X 線回折、結晶構造、グラファイ

ト、炭素材料、水素吸蔵、DFT 計算

［研究題目］ストレスマイグレーションの熱制御増速機構の解明と金属ナノ・マイクロ材料の大量創製

［研究代表者］李　志遠（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］李　志遠（常勤職員1名）

［研究内容］

最近、従来の化学的手法と異なる物理的な手法で直径数十ナノメートルなる極微細 Cu ワイヤを成長させる報告がある。これは静水圧勾配を駆動力とした原子拡散であるストレスマイグレーションを利用し、集積した金属原子を表面酸化膜の弱部より排出して再配列させるという新たな金属微細材料の創製手法である。しかし同創製手法を他の金属原子に適用した場合、金属微細材料の大量創製が容易に実現できる状況ではない。一方、熱サイクル試験が薄膜材料の表面劣化を促進する効果があり、適切な熱制御条件を用いれば、原子拡散を増速できる可能性があり、多種類の金属微細材料の大量創製を実現させ得ることが期待できる。

本研究では、ストレスマイグレーションにおける熱制御増速機構を解明し、マイクロ・ナノオーダの金属微細材料の大量創製に挑戦することを目的とした。今年度は研究代表者である東北大学の坂真澄教授と共同で、金属微細材料の大量創製に資する知見を得ることができた。具体的には異なる金属薄膜試験片を用い、熱サイクル付与と雰囲気冷却なる条件を付加して表面形状の変化を観察し、原子を集積することへのこれら熱制御の効果を明らかにした。これは原子排出への外部冷却の影響について金属薄膜サンプルの底面加熱と上面からの外部冷却を同時に行うことで、垂直方向に生じる温度差により応力勾配が誘起され、より多くの原子を排出させることが可能であることを見出した。これらの知見を踏まえて、金属薄膜構造と熱処理条件を制御することで、より多くの金属原子を効率的に排出することを実現した。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］ストレスマイグレーション、原子拡散、熱サイクル試験、熱疲労、金属ナノ・マイクロ材料

［研究題目］規則性2次元ナノポーラス材料を用いた揮発性芳香族化合物ガスセンサ用検知膜の創製

［研究代表者］石井　亮（コンパクト化学システム研究センター）
［研究担当者］石井　亮、長縄　竜一（環境管理技術研究部門）（常勤職員2名）

［研究内容］

目標：

本研究は、揮発性芳香族化合物（以下、AVOC）用ガスセンサにおいて求められる検知膜開発において、提案者が新規に合成した規則性2次元ナノポーラス材料を検知膜素材として適用し、感度向上に資する親 AVOC 的な細孔の設計構築と成膜による高集積化の課題を検討することにより、AVOC ガス用高感度検知膜を創製するための方法を確立する。

研究計画：

前年度においては、AVOC ガス感度向上に資する材料のセンサ電極上での高密度集積化を進めると共に、親 AVOC ガス官能基であるアミノフェニル部位を導入した細孔（アミノフェニル部位導入型材料）の構築を行った。平成24年度においては、アミノフェニル部位導入型材料の高比表面積化に取り組むと共に、得られた材料を電極上に高密度に集積化することによって、目標である現状感度の100倍以上（感度にして0.08ppm 以上）を有する検知膜の作成を検討した。

研究進捗状況：

アミノフェニル部位の細孔骨格への導入は、アミノフェニル部位を持つシラン化合物（以下、APhS）とスペーサー分子を同時に ilerite の層間に導入することによって行った。アミノフェニル部位とスペーサー部位の理想的な導入比率を調べるため、APhS とスペーサー分子の配合量を変えて ilerite の層間に導入した。その比率は、APhS：スペーサー分子＝1:0、1:3、1:9、0:1であった。得られた4種類の2次元規則性ナノポーラス材料の X 線回折測定を行ったところ、その層間距離は、d＝1.89、1.89、1.86、1.67nm であり、スペーサー分子の長さに応じて層間距離が拡張したことを確認した。他方、本材料の比表面積は30m^2/g 前後であり、前年度の結果と比べてほとんど変化はなかった。その原因は、スペーサー分子の分子配向を予想通りに制御できないため、結果的に層間空隙が減少したためと推測された。

アミノフェニル基を最も多く含むと考えられる2次元ナノポーラス材料（APhS:スペーサー分子＝1:9）を水晶振動子の検知膜として用い、トルエン蒸気に対する応答を評価した。検知膜はキャスト法により調製した。トルエン蒸気483ppm での応答挙動を評価したところ、ビフェニレン架橋型の2次元ナノポーラス材料の場合と同様に応答の繰り返し安定性は高かった。一方、その応答は－32Hz であり、BESB-ilerite の6分の1程度であった。その感度は13ppm/Hz であり、ビフェニレン架橋体と同等レベルであった。しかし、その検知膜は本来の目標である0.08ppm/Hz を達成できるほどの高い感度を有しないことが分かった。その原因の一つは、材料の比表面積が小さいためであり、今後比表面積の向上を図っていきたい。比表面積の向上は、今回実施したスペーサー分子を用いた方法により十分可能であり、今後分子長の長いスペーサー分子の設計と合成を行う予定である。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］AVOC、トルエン、ガスセンサ、多孔体、

水晶振動子

［研 究 題 目］アルキルフェノール類の立体選択的水素化法の開発

［研究代表者］日吉　範人（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］日吉　範人（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

環境負荷低減の観点から、有機溶媒を使用しない化学合成プロセスの開発が望まれている。アルキルフェノール類の水素化反応により得られるアルキルシクロヘキサノール類は、香料原料として有用な化合物であり、工業的には担持貴金属触媒と有機溶媒を使用した液相水素化法で製造されている。本研究では、有機溶媒の代替として、超臨界二酸化炭素を溶媒として利用し、香気の点から望まれるシス体のアルキルシクロヘキサノール類を高選択的に、かつ、低環境負荷で合成するための触媒反応技術開発を行った。平成24年度は主に、超臨界二酸化炭素溶媒と担持ロジウム触媒を用いた4-tert-ブチルフェノール水素化反応に対する二酸化炭素加圧効果について、二酸化炭素 - 水素 - 4-tert-ブチルフェノール三成分系の相挙動観察と相平衡計算を基に検討した。ビューセルを用いた反応相の観察を行い、4-tert-ブチルフェノールの溶解量が二酸化炭素圧と共に増加することを確認し、また、Pen-Robinson状態式を用いた相平衡計算を行い、4-tert-ブチルフェノールの溶解量が二酸化炭素圧と共に増加する結果を得た。二酸化炭素圧力の増加による4-tert-ブチルフェノール水素化反応速度の上昇が4-tert-ブチルフェノールの溶解量の増加と良く対応していることを見出した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］超臨界二酸化炭素、水素化、担持金属触媒

［研 究 題 目］一細胞ゲノム解析へ向けた高性能 DNA 増幅マイクロチップの開発

［研究代表者］松浦　俊一（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］松浦　俊一（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は、規則性細孔を有するシリカ系ナノ空孔材料（メソポーラスシリカ）とDNA合成酵素を複合化することにより、ナノ空孔を反応場とした高効率・長寿命のDNA増幅システムを構築することを目的としている。また、酵素固定化マイクロチップによる連続的なDNA生産を目指し、最終的には、南極大陸由来の難培養性微生物の遺伝子解析を実現するために、一細胞ゲノムDNAからのDNA増幅法の開拓を試みるものである。

前年度は、メソポーラスシリカと耐熱性DNA合成酵素の複合材料を用いた短鎖（100塩基対）のDNA増幅反応において、酵素製品に含まれる核酸不純物の排除及び基質DNAの非特異的吸着の抑制、さらに、酵素の繰り返し使用を同時に達成できる可能性を示した。

平成24年度は、前年度とは異なるタイプの DNA 合成酵素のシリカ材料に対する吸着挙動の評価と、これまでに達成できていなかった、環状プラスミド DNA を鋳型とした長鎖（1000塩基対）の DNA 増幅反応試験を行った。その結果、DNA 合成酵素はシリカ材料に対して強固に吸着できており、また、未吸着の DNA 合成酵素と比較して、固定化酵素では副反応を抑制しながら DNA 増幅活性を増大できるという新たな効果に関する知見を得た。

平成24年度は更に、翌年度に実施予定の DNA 合成酵素－メソポーラスシリカ複合体による流通式反応に適用するためのシリコーン樹脂製マイクロチップ（プロトタイプ）及びマイクロ流路近傍を局所的に加熱可能である、新規のマイクロチップ用温度制御装置を作製した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］ナノ空孔材料、DNA 合成酵素、マイクロチップ、DNA 増幅

［研 究 題 目］ソルボサーマル合成による新規アルミノシリケートの創出・制御と触媒応用に関する研究

［研究代表者］池田　拓史（コンパクト化学システム研究センター）

［研究担当者］池田　拓史、日吉　範人、長瀬　多加子、阿部　千枝（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では、ゼオライト結晶を前駆体に用いるソルボサーマル反応により、新規ナノポーラスアルミノシリケート及び骨格置換メタロシリケートを創製し、構造・物性評価及び触媒応用研究を行う。平成24年度は、ソルボサーマル合成による既知のゼオライト結晶（例えば FAU 型、CHA 型、PHI 型ゼオライト等のアルミノシリケート）を用い、様々な Si/Al 値のゼオライト前駆体を調製し、それら前駆体とアルカリ金属やアルカリ土類金属をアルコール系の非水溶媒に加え、耐圧容器であるオートクレーブを用い自己静圧下（200℃）、反応時間15～120h の条件でのソルボサーマル反応を用い、これまで天然物でしか知られていなかった-LIT 型ゼオライト構造を有するアルミノシリケートの合成に成功した。また、構造に類似性のある副生成物についても検討した。得られた-LIT 型ゼオライトについて、固体 NMR 分光法により、Si、Al、H、C 等の各核種の測定から局所構造情報を収集し、元素分析や熱重量分析の結果を組み合わせ、高分解能粉末 X 線回折法による非経験的構造解析から結晶構造を詳細に解析した。最大エントロピー法を用いて、骨格に含まれる特異な O-H···O で表される水素結合の存在を可視化することに成功した。また、こ

れをアンモニアイオン交換した NH4LIT では、水素結合が外れ、ゼオライトとしては非常に大きな体積変化を伴う構造変化が起きることを見い出し、その性質について詳細に調べた。また、ソルボサーマル反応における結晶化過程を観察する目的で、高温-自己静圧状態での測定が可能な ATR-FT-IR 装置を製作し、様々な類縁物質を用いて室温から250℃程度の温度範囲で測定できることを確認した。さらに、-LIT ゼオライトを触媒に、カーボンブラックを Particulate Matter（PM）のモデル物質として用い、カーボンブラックと触媒の混合物を含酸素ガス気流下で加熱し、二酸化炭素及び一酸化炭素の生成量をガスクロマトグラフで測定することにより触媒活性を評価したところ、既知のアルミノシリケート触媒に比べ、低い燃焼温度で高活性を示すことを見い出した。また、燃焼反応の繰り返し特性にも優れていることを確認することができた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］ゼオライト合成、ソルボサーマル反応、炭素燃焼触媒、精密構造物性

［研 究 題 目］**有機複合体材料への3次元微細構造形成に基づく感温型デバイスの光制御機能開発**

［研究代表者］垣内田　洋
（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］垣内田　洋、吉村　和記
（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究では、サブミクロンから数ミクロンのスケールで液晶と高分子の複合相分離構造を形成し、液晶の相転移現象を利用した感温型の建物調光窓材の開発を目指している。平成24年度は、感温型光制御デバイスとして、ホログラフィック高分子分散液晶（HPDLC）への新機能性の付加と性能向上および構造解析技術の開発を行った。相分離で形成される数十ナノメートルからサブミクロン程度の液晶凝集滴の形状と滴内の液晶分子配向秩序を、より幅広く設計･作製できるよう技術を高め、HPDLC で生じる回折の偏光特性およびその温度依存性に関し実現可能な選択幅を拡げた。また、プリズム等を用いた液浸露光法を導入し、より微細なサブミクロン格子構造の形成を行った。一方、広い範囲で入射角を変えて測定した高次の Bragg 回折データを積極的に用い、周期構造中の液晶の分布や配向を定量的に解析する技術を見出した。この知見は、今後の感温型光制御デバイスの開発を進める上で有意義なものと見込まれる。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］感温型調光窓、高分子分散液晶、液晶、光学異方性、Bragg 回折、ネマティック－等方相転移、ホログラフィック構造、光重合誘起相分離

［研 究 題 目］**同心球構造を有するハイブリッドナノ粒子の作製と閉じた空間空隙材料としての応用**

［研究代表者］浦田　千尋
（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］浦田　千尋（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

前年度は、アルキルトリアルコキシシランとテトラアルコキシシランの共加水分解・共縮重合反応より得られた有機–無機ハイブリッド膜が、はっ水／はつ油性を示すことを見いだした。平成24年度は、この特性のアルキル鎖長依存性を明確にするため、アルキル鎖長の異なるアルキルトリアルコキシを原料として、はっ水／はつ油性の発現機構をより詳細に調査した。

ハイブリッド膜の作製方法は、前年度と同様であり、アルキルトリアルコキシシランとテトラアルコキシシランを主原料（固形成分）として、弱酸を含むエタノール溶液中で加水分解・縮重合させ、ガラス板へスピンコートし、有機-無機ハイブリッド膜を得た。アルキル鎖長（C_nH_{2n+1}）のはつ油性への影響を調査すると、n＝3-12 の範囲で、平滑かつ優れたはつ油性を示すハイブリッド膜が得られ、これらの表面上で、微小油滴（5μL のヘキサデカン）は僅かな傾斜で滑落した。これは、テトラアルキルシラン由来のシリカ種がアルキル鎖間の距離を制御するスペーサーとして機能し、アルキル鎖の運動性が向上したため、試料表面と油滴の相互作用がなくなり、優れた動的はつ油性を示したものと考えられる。一方で、n≧14 の場合は、凹凸表面（クラック）が得られるとともに、はつ油性は示されなかった。一般にアルカンチオールやアルキルシラン等から形成させた自己組織化単分子膜では、アルキル鎖長の増加に伴い、その配座は *all-trans* が支配的となり運動性が抑制される。本系においても、n≧14 の場合、同様の分子配向が支配的となり、アルキル鎖の運動性が抑制され、はつ油性の低下に繋がったと考えられる。さらに、表面に生じたクラックによる“ピン留め効果”も相まって、はつ油性がさらに低下したと考えられる。これらの知見をもとに、アルキルシランの代替として、パーフルオロアルキルシランを用いると、耐久性（耐熱・耐候性）に優れたハイブリッド膜を得ることができた。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］同心球構造、閉じたナノ空間、はっ水／はつ油処理、動的濡れ性

［研 究 題 目］**生物規範階層ダイナミクス(2)**

［研究代表者］浦田　千尋
（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］浦田　千尋（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、生物機能を取り入れた実装技術の開発を

目指しており、自己治癒、防食、酸化防止、はっ水／はつ油性等の機能を示す皮膜の作製を試みている。作製した層状皮膜は、有機層および無機層がナノレベルで交互積層しており、その層間に様々な機能性分子を導入することで所望の機能発現が期待できる。

平成24年度は、上記機能を示す皮膜の作製技術の確立、および、本皮膜を用いたはつ液性の機能発現を試みた。まず、種々の有機シラン（主として、アルキルトリアルコキシシラン）と金属アルコキシド（主として、テトラアルコキシシラン）を前駆物質として用いたゾルーゲル反応により、数ナノメートルの有機－無機層が、基材に対し平行に積層した、層状膜の合成手法を確立した。これは、有機シランと金属アルコキシドの協奏的な反応により、溶液中で生成したオリゴマーが両親媒性を獲得し、これを駆動力とした自己組織化反応により層状構造が形成されたと考えられる。また、得られた表面は、優れた動的はっ水／はつ油性を示した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］バイオミメティクス、汎用元素、はっ水／はつ油処理、防汚／防錆性

［研 究 題 目］金属複合化合物を経由する新規な白金族金属の再資源化プロセスの確立

［研究代表者］粕谷　亮
（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］粕谷　亮（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

白金族金属（PGM）の回収における溶解プロセスでは、王水や塩素ガスを通気した塩酸等の酸化剤を含む酸が用いられている。しかし、PGM に対して有効な酸化剤は腐食性、有毒性が非常に高いという問題があり、環境負荷低減のためにはそれらの酸化剤を含まない酸、例えば塩酸のみで PGM を溶解するプロセスの開発が望まれている。本研究では、塩酸に対して PGM を溶解するため、PGM 含有複合酸化物を経由する手法に着目した。これまでの研究から、白金粉末と炭酸リチウムの混合物を600から800℃で加熱することで、白金とリチウムの複合酸化物である Li_2PtO_3が得られること、および、加熱処理の温度が低くなるほど Li_2PtO_3の白金溶解率が増加することを明らかにした。平成24年度は、Li_2PtO_3の溶解条件の探索と、溶解機構の解明に関する研究を行った。

白金溶解率の溶解温度依存性を調べるため、600℃焼成試料を溶解温度40から80℃の範囲で塩酸に9時間溶解した。この結果、塩酸の温度上昇とともに白金溶解率が増加し、80℃では99.9%と、ほぼ完全に白金を溶解できることがわかった。次に金属溶解率の時間変化を調べるため、溶解温度を80℃、溶解時間を5分から9時間として600℃焼成試料を溶解させた。溶解処理後の溶解液に含まれる金属濃度を分析した結果、白金よりもリチウムが迅速に溶解することがわかった。

溶解処理に伴う Li_2PtO_3の構造変化について調べるため、80℃で5分溶解処理を行った後の残渣を粉末 X 線回折法を用いて分析したところ、溶解処理後では Li_2PtO_3の（003）に由来する回折ピークが高角度側にシフトしており、c 軸の格子定数が減少したことが示唆された。また、元素分析の結果、この残渣における白金に対するリチウムの原子比は Li_2PtO_3の化学量論比である2.0よりも低い値を示した。

Li_2PtO_3は層状化合物であり、リチウムイオンのみからなる層と、白金イオンおよびリチウムイオンからなる層が c 軸方向に交互に積層した構造をとる。したがって、溶解処理に伴う c 軸の格子定数の減少は、Li_2PtO_3中のリチウムイオンがサイズの小さな水素イオンに置き換わったために起こったものと推察される。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］白金族金属、アルカリ金属、複合酸化物、リサイクル

［研 究 題 目］Mg-Zn-RE 合金の衝撃安全特性および破壊メカニズムの解明

［研究代表者］千野　靖正
（サステナブルマテリアル研究部門）

［研究担当者］千野　靖正（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

Mg-Zn-RE 合金と等価の特性を示す Mg-Zn-Ca 合金を対象として、添加元素濃度を変えた際の特性を調査した。Ca 濃度を0.1wt%に固定し、Zn 濃度を変化させた合金の特性を調査した結果、Zn 濃度を1.5～4.0wt%に設定すると TD-split texture（底面が板幅方向に約35°傾く集合組織）が現れることを確認した。一方、Zn 濃度を6.0wt%以上に設定すると TD-split texture が消滅し、ピーク強度は低いものの、c 軸が ND 軸に揃う集合組織が現れることを確認した。なお、Zn 濃度を1.5wt%から3wt%に増加すると、高い室温張り出し成形性（エリクセン値8.0以上）を確保しつつ、降伏応力が15～20MPa 増加することを確認した。次に、Zn 濃度を3.0wt%に固定し、Ca 濃度を変化させた合金の特性を調査した結果、Ca 濃度を0.8wt%以上に設定すると室温成形性が著しく劣化することを確認した。また、第4元素添加の影響を調査した結果、微量の Sr と Zr を添加した合金 Mg-3Zn-0.1Ca-0.1Sr-0.3Zr 合金（wt%）が Mg-1.5Zn-0.1Ca 合金（wt%）と同等の室温成形性を示しつつ、約80MPa 高い降伏応力を示すことを明らかにし、それが結晶粒微細化に起因することを明らかにした。また、開発合金と同等の室温成形性を示す汎用 Mg 合金（AZ31合金高温圧延材：弊所開発）の機械的特性を調査した結果、開発合金（Mg-Zn-Ca-Sr-Zr 合金）の降伏応力が汎用 Mg 合金とほぼ同じ（144～154MPa）であることを確認した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］マグネシウム合金、集合組織、成形性、機械的特性

［研究題目］粒子アセンブリ法によるフォトニック結晶テラヘルツレーザの創製
［研究代表者］高木　健太
（サステナブルマテリアル研究部門）
［研究担当者］高木　健太（常勤職員1名）
［研究内容］

本研究は、粒子アセンブリ法を用いた発振素子内包型フォトニック結晶の作製によるテラヘルツレーザの創製を目標とし、前年度は結晶格子となる粒子の粒径が従来より小径（200μm 以下）となる粒子の3次元配列を可能とするような粒子配列システムを再設計し、その製作を行った。そこで平成24年度は、粒子配列システムの動作プログラムの開発を進めるとともに、3次元粒子配列の主要技術となる粒子間接合技術についての検討を行った。粒子間接合は微小焦点ファイバーレーザを用いて行うが、従来システムの焦点径は40μm 以上であるため、粒径200μm の微小粒子を過溶解することなく接合することが困難であった。そこで、本年度は新システムに導入した焦点径20μm のレーザを用いて接合実験を実施した。まず、小径粒子の作製法として高精度単分散粒子が量産できる POEM 法の適用を検討したが、粒子原料のポリエチレンの表面張力が小さいことから粒子作製は困難であることが判明し、当初のオイルバス法による粒子作製を選択した。オイルバス法と2軸ロール分級法により粒径200±20μm のジルコニア／ポリエチレンおよびチタニア／ポリエチレン単分散球形粒子を準備した。この粒子を用いて初期接合テストを実施したところ、小径粒子接合は全てのサイズが従来の半分であるために、レーザの照射位置や角度、出力などを高精度に調節する必要があることが判明した。そこで、新システムを用いてレーザ照射座標・角度を精密に調整したところ、安定した粒子間接合ができた。またレーザ出力を調整することで、接合径を50～150μm で調整できることが分かった。3次元配列の要となる粒子間接合技術が確立したことから、フォトニック結晶の作製を早急に実施する予定である。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］フォトニック結晶、テラヘルツ材料・素子、粒子アセンブリ

［研究題目］第一原理計算を利用した CNT／金属異相界面の破壊メカニズムの解明
［研究代表者］湯浅　元仁
（サステナブルマテリアル研究部門）
［研究担当者］湯浅　元仁（常勤職員1名）
［研究内容］

多層カーボンナノチューブ（CNT）を金属、樹脂、セラミックス等に分散したナノ複合材料は、軽量性と機能性（放熱性・触媒性等）を兼備した次世代の軽量構造・機能材料として注目を集め、リチウムイオン電池電極補強材、高比強度を必要とする構造部材への実用化が始まりつつある。一方で CNT ナノ複合材料においては CNT と母相間における異相界面で界面剥離が起こり、CNT ナノ複合材料の機械的特性の劣化の一因となっている。本研究開発では、第一原理計算による電子状態解析を利用し、CNT/金属基ナノ複合材料の異相界面強度及び異相界面の破壊メカニズムを解明し、高い信頼性を有する CNT/金属基ナノ複合材料を作製するための設計指針を構築することを目標とする。また、第一原理計算と並行して、電解析出法（めっき法）を用いて CNT ナノ複合材料を作製し、その力学特性を測定することにより、異相界面破壊モデルの妥当性を評価する。

平成24年度は第一原理計算を用いて、CNT/金属異相界面の破壊メカニズムを評価するため、CNT/金属（ニッケル（Ni）、銅（Cu）、白金（Pt））異相界面のモデル化を行い、その構造安定性を調べた。その結果、Ni、Cu、Pt と CNT の間の安定な界面形成は、その金属と CNT 間の格子定数の差（ミスマッチ）により異なる原子構造、安定性を示すことを見出した。また、CNT/Ni ナノ複合材料をめっき法により作製し、硬さ試験を用いてその硬さを評価した。作製した CNT/Ni ナノ複合材料は、単独の CNT 膜よりも25%高い硬さを示すことを見出した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］第一原理計算、ナノ複合材料、機械的特性

［研究題目］異周速圧延法によるチタン板材の集合組織制御と高性能化
［研究代表者］黄　新ショウ
（サステナブルマテリアル研究部門）
［研究担当者］黄　新ショウ（常勤職員1名、他1名）
［研究内容］

JIS2種の純 Ti に対して周速比1.36の異周速圧延を行い、プロセス条件が材料組織と成形性に与える影響および集合組織の形成メカニズムを調査した。室温～700℃の材料温度と室温～300℃のロール温度の温度範囲では、高い張出し成形性を得るための適正な圧延温度は、材料とロールの温度が同じ場合では300℃であった。また、ロール温度が150℃以下の場合では材料温度が500℃であった。いずれも、圧延後に面内異方性の小さい底面集合組織が形成しやすいことが理由であると考えられる。焼鈍の影響を調査したところ、500℃では残留歪みの除去が不十分で、700℃では結晶粒が粗大化するため、650℃で焼鈍すると最も優れた張出し成形性が発現した。次に、異周速圧延（圧延温度500℃）の進行に伴う集合組織の変化を EBSD により調べた。その結果、c 軸が板幅方向に約35°傾く初期集合組織は、すべり変形により誘起

される変形結晶の格子回転により、徐々にc軸が板面に垂直する集合組織に変化することを明らかにした。これは底面すべりの活発化によるものと考えられる。異周速圧延材は、焼鈍を経ることにより、板幅方向にc軸傾斜を示す通常の集合組織に戻る傾向がある。その原因を究明するために、焼鈍に伴う組織変化を EBSD により調査した。その結果、板幅方向に方位分散を持つ1μm 程度の動的再結晶粒が焼鈍中に優先的に成長することにより、板幅方向にc軸傾斜を示す集合組織を形成することを明らかにした。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］純チタン、集合組織、成形性、再結晶

［研 究 題 目］VO_2マイクロフレーク創製と熱応答型表面熱伝達制御素子の開発
［研究代表者］垣内田　洋
（サステナブルマテリアル研究部門）
［研究担当者］垣内田　洋（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

二酸化バナジウム（VO_2）は70℃付近で半導体－金属相転移を有し、この相転移により、光学的･熱的特性が温度に対し可逆的に変化する。本研究では、VO_2にメゾスケール（サブミクロンからサブミリメートル）の薄片（フレーク）形状を持たせ、従来にない温度に対する光学･熱挙動を発現させた。このような機能は、熱流や光伝播などを気温変化に応じて自律的に制御できる技術として応用が見込まれる。平成24年度は、酸化バナジウムで形成されるメゾスケールフレーク膜を液相成膜法により創製し、出発原料･温度･化学ポテンシャルといった成膜条件とフレーク形状との関係を詳細に調べた。ここで得られた主な知見（以下、①から④に記述）は、成膜面積拡大と膜質向上に繋がるものである。①従来型の二酸化バナジウム膜と異なる温度変化に対する光学挙動の発現、②相転移温度とヒステリシスの制御性、③フレーク成長過程に及ぼす下地の効果、④pH によるフレーク形状の制御性。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］二酸化バナジウム、サーモクロミズム、表面熱伝達、放射率、自己組織化

［研 究 題 目］熱電薄膜表面への反射防止構造の作製
［研究代表者］溝尻　瑞枝
（サステナブルマテリアル研究部門）
［研究担当者］溝尻　瑞枝（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究の目的は、超短パルスレーザと半導体プロセスを組み合わせた微細加工技術を、熱電薄膜上への反射防止構造形成のために発展させ、太陽光エネルギーを利用した薄膜型熱電発電デバイスを作製する技術を開発することである。平成24年度は、前年度までに確立した微細加工プロセスを用いて、熱電薄膜表面に微細周期構造を作製し、擬似太陽光を照射したときの反射率を評価した。更に、その微細周期構造を評価用の熱電薄膜モジュールの高温部の表面に付与した。

熱電薄膜表面に微細周期構造を形成するため、ガラス基板上にリソグラフィプロセスにより微細周期構造のレジストパターンを形成し、プラズマエッチングにより下地のガラス基板に転写した。続いて、その上から、$Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$の熱電薄膜をスパッタ成膜し、規則化のための熱処理を行った。擬似太陽光（A.M. 1.5）を45°の角度で照射したとき、周期2μm の周期構造を付与した熱電薄膜表面の反射率は約47%に低減することができた。熱電薄膜モジュールに均一な密度の光エネルギーを照射したとき、微細周期構造の有無による表面反射率の違いにより温度差が生成されると期待できる。生成される温度差を測定するため、熱電薄膜モジュールの高温部のpn 接合表面に微細周期構造を形成し、擬似太陽光を照射したときのモジュールの開放電圧を測定した。測定用の熱電薄膜モジュールは、$Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$（p 型）と$Bi_2Te_{2.7}Se_{0.3}$（n 型）の熱電薄膜素子をスパッタ成膜とリフト・オフプロセスによりパターニングし、15対のpn 接合を直列に接続した。擬似太陽光を照射したとき、正の開放電圧が得られた。このことから、高温部として微細周期構造を付与した pn 接合部の光吸収が、低温部の光吸収より小さくなり、均一な光源を照射した場合においても熱電薄膜表面の反射率を制御することで温度差を生成することに成功した。本研究に関連する成果は、MEMS に関する国際会議や応用物理学会で発表するとともに、国際的な学術論文誌に投稿した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］反射防止構造、熱電薄膜、熱電薄膜モジュール、スパッタリング

［研 究 題 目］ナノ空隙の吸着サイト改質とミクロ界面すべり制御による木材の超塑性加工法の開発
［研究代表者］三木　恒久
（サステナブルマテリアル研究部門）
［研究担当者］三木　恒久、金山　公三、杉元　宏行
（常勤職員3名、他2名）
［研 究 内 容］

本研究では、“木材の超塑性挙動”に着目し、ナノ～マイクロレベルでの微細構造変化の観点から変形メカニズムを解明するとともに、木材の超塑性現象を利用した変形加工技術の開発を目指す。具体的には、木材の非結晶領域に多く分布するナノ空隙と吸着サイトを把握・制御して、種々の界面状態を変化させ、木材に超塑性的変形を生じさせる。また、吸着サイトや吸着剤のナノ表面処理によって、変形と同時に寸法安定性や強度、難燃性能を付与することを目的とする。平成24年度は以下の3

つの項目を検討した。

1．ナノ空隙の把握と制御：低分子フェノール（PF）樹脂を含浸した木材の空隙構造は、空隙半径 r：10nm 以下での空隙量の増加ならびに無処理では認められる r：10～42nm 程度の空隙が消失することが水銀圧入法から明らかになった。PF 樹脂によって流動特性が向上したことを考慮すると、細胞壁内に存在するナノレベルの空隙のうち r：10nm 以下のものがすべりの起点となっている可能性が示唆された。

2．吸着サイトの把握と制御：ポリエチレングリコール（PEG）のうち、r：10～42nm の細孔へ浸入可能な分子の分子量が300～1540であることが明らかになった。この細孔領域に吸着できる分子サイズがバインダ・添加剤には必要である。

3．界面すべりの制御：数種の添加剤（グリコール類、フェノール樹脂、メラミン樹脂）を導入した木材の熱軟化特性、ならびに円柱圧縮試験によるすべり（流動）特性を評価した。走査プローブ顕微鏡によって細胞実質と細胞間層の物性値に変化があることが確認された。これらの軟化挙動、すべり現象（降伏挙動）、組織構造における物性値の差を総合的に検討することによって、木材で生じる超塑性的変形挙動の発生に細胞間層が大きな影響を及ぼしていることがわかった。

[分　野　名] ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] 超塑性、ナノ空隙、塑性加工、木質材料

[研 究 題 目] エネルギー・環境応用を目指した高結晶性ナノ粒子の創製プロセス開発

[研究代表者] 粕谷　亮
（サステナブルマテリアル研究部門）

[研究担当者] 粕谷　亮（常勤職員1名）

[研 究 内 容]

液相還元法の一種であるポリオール還元法では、多価アルコールであるポリオールが溶媒、還元剤および保護剤としての役割を担う。そのためポリオール還元法を用いて合成した金属ナノ粒子、例えば鉄や銅ナノ粒子は、水溶液を用いて合成した場合よりも耐酸化性に優れるという利点がある。本研究では、導電材料や高周波材料、触媒材料等への応用を目指し、ポリオール還元法による遷移金属ナノ粒子、および遷移金属合金ナノ粒子の合成と特性評価を行った。平成24年度の主な成果は以下の通りである。

① 印刷回路形成用銅ナノ粒子インクの作製技術開発

プリント基板用の導電材料に用いられる銀ナノ粒子は、回路が微細化するとマイグレーション（金属が絶縁物等の上を移動する現象）が生じて短絡する問題がある。そのため、銅ナノ粒子インクの製造技術を確立し、銀から銅へと移行することが望まれている。本研究では、耐酸化性に優れる銅ナノ粒子インクを作製し、焼結後の導電特性を評価した。

銅ナノ粒子インクは、ポリオール還元法により合成した銅ナノ粒子（平均粒子径約10nm）を溶媒置換してドデカン中に分散させることで作製した。金属濃度を50wt%とした場合でも、銅ナノ粒子は溶媒に対して安定に分散できた。この導電性インクをガラス基板上にスピンコートし、窒素雰囲気下および減圧下で加熱した。得られた銅薄膜はそれぞれ26および35μΩcmと低い抵抗率を示した。

② 金属ニッケルナノ粒子のサイズ制御合成

我々はこれまで、ポリオール還元法によるニッケル－白金合金ナノ粒子の合成において、塩化物イオンおよび添加剤であるオレイルアミンが粒子成長を抑制すること、また、貴金属である白金ナノ粒子を種結晶として用いることで、一辺の長さが約20nm の立方体粒子が得られることを明らかにした。

本研究では、ポリオール還元法におけるニッケルナノ粒子のサイズ制御合成を目的として、加熱条件や添加剤の種類および量などの合成条件を最適化した。この結果、平均粒子径約20nm のニッケルナノ粒子の合成に成功した。ニッケルナノ粒子は、中間体である層状水酸化物がポリオール分子により還元されることで生成することがわかった。

[分　野　名] ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] ポリオール還元法、ナノ粒子、遷移金属、合金

[研 究 題 目] 生物規範階層ダイナミクス(1)

[研究代表者] 穂積　篤
（サステナブルマテリアル研究部門）

[研究担当者] 穂積　篤（常勤職員1名、他1名）

[研 究 内 容]

本研究は、生物のサブセルラー・サイズ構造の階層性に起因する動的特性（表面特性・界面特性・内部構造特性）を材料科学・分子科学の視点から解明し、生物の多様な機能（昆虫の足の可逆的接着性、カタツムリや蓮の葉のセルフクリーニング現象、自己増幅・自己複製修復機能、等）を規範として、新しいエレクトロニクス実装技術（可逆的接合、セルフアライメント技術、防汚／防錆性付与による長寿命化、微細結線）等を開発することを目標としている。研究担当者は、特に、表面（動的なぬれ性）制御による防汚／防錆性付与と、それによる材料の長寿命化を担当する。

平成24年度までの進捗状況は以下の通りである。当初の研究計画に従い、層状ハイブリッド皮膜の作製手法の確立を目指し研究を実施した。

無機酸化物の原料として、ジルコニウムのアルコキシド、構造規定剤として鎖長の異なるカルボン酸を用いて透明な前駆溶液を調製した。当該溶液をガラス基板上にスピンコートし、加熱処理することで透明性に優れた層状ハイブリッド皮膜を作製することに成功した。この層

状ブリッド皮膜表面はアルカン（油）に対し、優れた滑落性と温度応答性を示すことが明らかとなった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］バイオミメティクス、汎用元素、はっ水／はつ油処理、防汚／防錆性

［研 究 題 目］**マツノマダラカミキリのゲノム上に存在する共生細菌由来遺伝子群の機能解析**

［研究代表者］相川　拓也（森林総合研究所）

［研究担当者］相川　拓也、安佛　尚志（生物プロセス研究部門）、菊地　泰生（宮崎大学・医学部）（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

既往の研究により、マツ材線虫病の病原体であるマツノザイセンチュウを媒介するマツノマダラカミキリの染色体には、節足動物の共生細菌として知られるボルバキアの遺伝子が数多く組み込まれていることが示されている。本研究の目的は、このマツノマダラカミキリのゲノム上に大規模に存在するボルバキア由来の遺伝子群の中に、宿主昆虫に利用されている遺伝子があるかどうかを明らかにすることである。本年度は、マツノマダラカミキリ成虫を人工飼育により多数作出し、それらの各組織から抽出した RNA をトランスクリプトーム解析に供試した。まず、マツノマダラカミキリ雌雄成虫をペアにして交尾させ、産卵用丸太に産卵させた。卵は丸太の樹皮を剥いで取り出し、孵化幼虫は1頭ずつ人工飼料に入れ、終齢幼虫になるまで発育させた。得られた終齢幼虫は順次10℃で保管し休眠を覚醒させた。約3ヶ月後、終齢幼虫を湿らせた濾紙を敷いたシャーレに移し、成虫になるまで25℃で保管した。羽化後、性成熟するまで飼育したマツノマダラカミキリ雌雄成虫を解剖し、精巣、卵巣、筋肉、消化管を取り出し、各組織別に RNA を抽出した。それらの RNA サンプルを材料とし、次世代シークエンサーによる RNA シークエンシングを外部に委託し、遺伝子の発現データを取得した。現在、解析を進めているところである。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］マツノマダラカミキリ、ボルバキア、遺伝子水平転移、遺伝子発現

［研 究 題 目］**モデル微生物共生系を用いた酢酸分解メタン生成機構の解明**

［研究代表者］加藤　創一郎（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］加藤　創一郎（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

酢酸は微生物メタン生成における重要な中間代謝産物であり、その分解活性の多寡はメタン生成反応全体に大きく影響する。酢酸分解メタン生成には単独型・共生型の2種類の経路が存在する。それぞれの経路は各種環境要因によって異なる影響を受けるが、その詳細な機構はほとんどわかっていない。本研究では、嫌気性廃水処理メタン発酵・地下微生物圏のそれぞれにおける主要な環境要因（高濃度アンモニア・高圧）をターゲットとして、その酢酸分解メタン生成に及ぼす影響の定量的評価、および機構解明を目的としている。

高濃度アンモニアによるメタン生成阻害の研究では、各微生物の培養実験の結果、単独型のメタン生成が顕著にアンモニア阻害に弱いことを見出した。さらに単独型のメタン生成菌に対し詳細な培養実験、および遺伝子発現解析を行うことで、(1)細胞内 pH ホメオスタシスの崩壊、(2)メタン生成酵素群の直接的な阻害、(3)細胞内酸化ストレスの上昇、といった様々な要因が高濃度アンモニアにより引き起こされることが明らかとなった。

高圧がメタン生成に及ぼす影響の研究に関しては、各微生物種を高い静水圧力下（15MPa、150気圧相当）で培養を行えるシステムの構築に成功し、メタン生成が高圧力下でも進行しうることを確認した。今後高圧条件下での遺伝子発現変動などを調べることで、高圧がメタン生成に及ぼす影響を明らかにしていく。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］微生物、メタン生成、酢酸分解、共培養、アンモニア阻害、高圧

［研 究 題 目］**最も難治性である膵胆管系癌の早期質的診断ならびに進展度診断のシステム構築**

［研究代表者］米澤　傑（鹿児島大学）

［研究担当者］亀山　昭彦、松野　裕樹（生物プロセス研究部門）（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

数ある癌の中でも膵胆管系腫瘍は、現在、早期発見はもちろん、治癒を望める段階での診断が困難な難治性の癌である。それゆえ、膵胆管系腫瘍の悪性度の確定診断ひいては早期診断法の確立が望まれている。本研究では、一連のムチンファミリー抗原の発現様式と癌の生物学的悪性度との関連性を新規メチル化パターン解析法を用いて当該遺伝子プロモーター領域における DNA メチル化の変化として高感度に検出し、さらに悪性度を規定するムチンの糖鎖修飾プロファイルとあわせることで、多角的に異常ムチン発現及び修飾状況の解析を行い、難治性の膵胆管系癌を早期に、かつ、その浸潤性や転移能などの悪性度の診断もあわせて的確に行う方法を確立する。

産業技術総合研究所研究担当者は、ムチンの糖鎖修飾プロファイルを分担している。今期はムチン糖鎖を調べるための実験プロトコールの検討を培養細胞を材料として進めた。また、抗体を用いたムチンのコアタンパク質の同定法の開発も行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］電気泳動、糖鎖、質量分析

［研 究 題 目］植物におけるアルミニウムおよび酸性ストレス感受性を制御する因子の同定
［研究代表者］鈴木　馨（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］鈴木　馨、Chuan-Ming Yeh
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

酸性土壌は、植物の生育に有害なアルミニウムの溶解を促進し、また、空気中のチッソを肥料分としてとり入れる土壌微生物の活性を著しく抑制するなど、農業に深刻な影響を与える。酸性土壌で溶出した土壌中のアルミニウムイオンは、植物の生育に必要なリンと結合し、難溶性の塩を形成するとによって、結果として施肥効率が低下を引き起こし、穀物などの生産量に大きな影響を与えることが知られている。世界では約30%の耕地が酸性土壌であり、これら酸性土壌条件下においても問題なく生育出来る植物の開発が求められている。特に酸性条件下で土壌に溶出するするアルミニウムイオンは根の細胞の細胞壁に結合し、それによって活性酸素の発生を促し、脂質の過酸化やミトコンドリアの機能障害を引き起こすことによって、生育阻害を誘導すると考えられているが、その詳細な機構については明らかになっていない。

そこで本研究は、酸性土壌で生じるアルミニウムが、植物の生育にどの様に影響し、生育阻害を誘導するのかその分子機構について明らかにする為、シロイヌナズナ全転写因子を網羅するキメラリプレッサー発現種子ライブラリースクリーングし、アルミニウムイオンに対して耐性又は過敏である株の単離を根の伸長を比較することによって行った。その結果、6種類の異なる転写因子に対するキメラリプレッサーを発現するシロイヌナズナが、野性型に比べて顕著に高い感受性を示し、別の1種類の転写因子は、耐性を示す事が明らかになった。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］植物、酸性土壌、

［研 究 題 目］薬剤フリー環境において抗生物質耐性能がもたらす微生物間相互作用および群集動態変化
［研究代表者］山本　京祐（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］山本　京祐（他1名）
［研 究 内 容］

病原菌の薬剤耐性は、医学上の最重要課題のひとつとして医学細菌学や公衆衛生上の観点から幅広く研究がおこなわれている。しかし、治療時以外、すなわち薬剤フリーの環境における耐性菌の挙動についてはほとんど知られていない。本研究では、薬剤耐性菌として知られる緑膿菌と黄色ブドウ球菌との関係に注目し、薬剤フリーの環境下において耐性能が微生物の種間相互作用や群集動態、進化動態に及ぼす影響を解明することを目的とする。

各種臨床分離株を用いて様々な組み合わせで共培養をおこない、それぞれの増殖や二次代謝産物産生能の変化を解析し、薬剤耐性能の差異が種間の相互作用様式やその強度に与える影響を評価した。緑膿菌 PAO1株に対し、黄色ブドウ球菌の臨床株（メチシリン感受性株（MSSA）2株、耐性株（MRSA）3株の計5株）を作用させ、互いの増殖への影響を評価したところ、緑膿菌の増殖に黄色ブドウ球菌の存在は影響を及ぼさなかったが、緑膿菌は黄色ブドウ球菌の生育を阻害した。緑膿菌による生育阻害作用の効果は黄色ブドウ球菌の株によって異なったものの、薬剤耐性とは特に相関はみられなかった。一方で、共培養時の緑膿菌の二次代謝産物（pyocyanin）産生能が緑膿菌単独培養時に比べて変化し、さらにその変化は共存する黄色ブドウ球菌の株によって異なった。このことから、黄色ブドウ球菌は緑膿菌によって生育を阻害されながらも、緑膿菌の代謝に影響を及ぼし、その作用も株レベルで多様性があることが明らかになった。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］薬剤耐性、種間相互作用、共進化

［研 究 題 目］複合適応形質進化の遺伝子基盤解明
［研究代表者］長谷部　光泰（基礎生物学研究所）
［研究担当者］長谷部　光泰、深津　武馬（生物プロセス研究部門）（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

生物進化の一般法則として、自然選択理論、中立進化理論が構築された。これらの理論は複数の生物材料の研究結果から、それらを総合することによって初めて考案できたものである。しかし、これらの理論でも未だうまく説明できていないのが複合適応形質の進化である。本研究領域では、複合適応形質がどのように進化するのかを研究し、従来の進化理論で複合適応形質の進化を説明できるのか、あるいは、新しい共通理論が必要なのかを明らかにすることを目指している。総括班は計画・公募研究の支援をするとともに、各研究結果の一般性を探り出すことを目的として設置する。

本年度は以下を行った。

(1) 領域ホームページの作成管理
http://staff.aist.go.jp/t-fukatsu/SGJHome.html
(2) COMPLEX ADAPTIVE TRAITS Newsletter Vol. 3 No. 1–10の発行
http://staff.aist.go.jp/t-fukatsu/SGJNewsletters.html

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］昆虫共生細菌、ゲノム解析、新規生物機能

［研 究 題 目］光プローブを応用した生体イメージング法による画期的術中ライブ診断法の開発
［研究代表者］尾崎　倫孝（北海道大学）
［研究担当者］森田　直樹（生物プロセス研究部門）、

近江谷　克裕（バイオメディカル研究部門）（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では光プローブを用いて、腫瘍細胞に発現する特異的分子をターゲットとした新規生体イメージング法の開発により、より迅速、より低コスト、より手軽で画期的な術中マクロ・ミクロ診断法を新規開発することを目的としている。

腫瘍細胞の表層に特異的に発現している腫瘍マーカーについて、その分子を認識する抗体に自己励起型近赤外発光プローブを結合し、「光プローブ搭載抗体」を作出した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］光プローブ、生体イメージング、術中ライブ診断法、術中超迅速診断法、自己励起型近赤外発光プローブ、ルシフェラーゼ、光プローブ搭載抗体

［研 究 題 目］**組込みソフトウェアの安全な構築のための C 言語のモデルとその形式検証**

［研究代表者］Affeldt Reynald
（セキュアシステム研究部門）

［研究担当者］Affeldt Reynald、大岩　寛
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

ソフトウェアに対して信頼性の高い保証を与える技術として、形式検証が注目されている。しかし、多くのソフトウェアは低レベルな言語で書かれており、検証には技術的な詳細が多く必要で、現状では完全な形式検証による安全性の保証はまだ困難である。本研究では組込み応用向けプログラムを検証するために、動作環境の差異と移植性を考慮した C 言語のモデルとその論理を形式化することを目的にする。本研究では既存の C 言語の形式モデルと比較して、プラットフォームにより異なる意味論を一旦抽象化し、その後プラットフォームごとに個別化することで、C 言語とアセンブリ言語を組み合わせたプログラム全体の形式検証を可能とする。

本年度は、アセンブリ言語のプログラムのための形式検証基盤を改良した。その上で、詳細化という技術を用いて、この基盤上での形式検証のケーススタディを行い、実用性を確認した。ここで用いた詳細化技術は、疑似コードとアセンブリ言語プログラムの関係を形式的に表現し、それらの対応関係を用いて形式検証を容易にする技術である。具体的な結果としては、MIPS アセンブリによる符号付き多倍長整数演算関数の実装25個（313行）に分離論理を適用して検証し、これらを用いた2進拡張互除法のアセンブリ言語プログラムの詳細化による検証に成功した。これらの検証した関数の行う処理は暗号スキームの実装などにしばしば使われるもので、今後の実験結果のライブラリとしての再利用も期待できる。これらのプログラムと検証結果をライブラリ化し公開し、国際雑誌に掲載された[1]。つぎに、開発中の C 言語の形式検証基盤の拡張に関しては、これまでの C 言語コンパイラの実装の知見を元に形式化の詳細の検討を行い、関数呼出しに関する形式化手法の可能性を調査・検討し、プロトタイプを作成した。また、その準備のために定理証明支援系の最新技術なども検討し、国際学会などで関係する研究者への成果の普及と意見交換を行った。

[1] Reynald Affeldt. On Construction of a Library of Formally Verified Low-level Arithmetic Functions. Innovations in Systems and Software Engineering, 9(2):59–77, 2013. NASA/Springer.

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］形式検証、定理証明支援系、C 言語

［研 究 題 目］**完全準同型ファンクショナル暗号の実現に向けた挑戦的研究**

［研究代表者］Attrapadun Nuttapong
（セキュアシステム研究部門）

［研究担当者］Attrapadun Nuttapong
（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は、クラウドコンピューティングにおけるセキュリティソリューションとなる暗号方式を提案する。これまでに、クラウド上のデータベース管理と、クラウド上のデータ処理時のセキュリティが主な課題であるが、クラウドプロバイダーの信頼性を仮定せず、かつ、プライベートクラウドを利用しない状況での解決方法はまだ提案されていなか った。本研究はこのような状況においても安全なシステムを考案する。具体的な成果は、効率のよいかつ高度なアクセス制御機能を持つ暗号方式としてコンパクトな「関数型暗号」の提案 および、データが正しく処理される際にデータの真正性が保持される仕組みである「準同型電 子署名」の提案である。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］公開鍵暗号、関数型暗号、準同型署名、クラウドセキュリティ

［研 究 題 目］**よりよい効率性と厳密な安全性証明を有する新しいパスワード認証方式に関する研究開発**

［研究代表者］辛　星漢（セキュアシステム研究部門）

［研究担当者］辛　星漢（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は、実世界でもっともよく使われている暗号学的な認証方式に係るものであり、その中でも短いパスワードだけを使って相互認証と安全な通信路を確立するパスワード認証方式をターゲットにしている。本研究の目的は、既存のパスワード認証方式を理論的に分析した上、もっとも効率がよくてかつ厳密な安全性証明ができる新

しいパスワード認証方式を提案し、国際標準団体でその認証方式の標準化活動を行うことである。

平成24年度では主に以下のような研究成果が得られた。サーバからパスワード認証情報が洩れてもユーザの成りすまし攻撃ができないパスワード認証方式（AugPAKE）をインターネットの標準的な認証鍵交換モジュールIKEv2（Internet Key Exchange Protocol version 2）へ適用した仕様が、国際標準団体 IETF（Internet Engineering Task Force）より2012年6月に新たな規格 Experimental RFC 6628として承認・発行された。そして、その紹介記事を産業技術総合研究所公式 HP の主な研究成果（2012年9月）と産業技術総合研究所広報誌の産総研 TODAY（2013年2月）に掲載した。また、パスワード認証方式 AugPAKE を TLS（Transport Layer Security）へ適用したインターネットドラフト（Internet-Draft）を2013年3月に IETF TLS Working Group へ提案した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］パスワード認証、効率性、証明可能な安全性、国際標準化

［研 究 題 目］有用な付加機能をもつ電子認証技術に関する研究

［研究代表者］花岡　悟一郎
（セキュアシステム研究部門）

［研究担当者］花岡　悟一郎、Jacob Schuldt
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

非常に多くの電子情報システムにおいて、データの保全性を保証するための極めて重要な要素技術として、すでに電子署名の活用が広くなされている。しかし、従来の電子署名の機能は必ずしも十分ではなく、情報システムの高度化に伴い、有用な付加機能や、それに付随したより高度な安全性がなおも求められている。本研究においては、そのような社会的要望に応えることを主たる目的としている。また、ここで得られた知見を活用し、それを電子署名以外の暗号技術（たとえば、(非)対話証明など）にも適用し、さまざまな実用的暗号技術の研究および開発を行っている。本研究計画の最終年度である本年度においては、特に、プライバシ保護機能をもつ認証技術のうち最も基本的な技術のひとつであるグループ署名やその関連技術について、それらの安全性評価および安全な構成方法について研究を行った。グループ署名に関しては、従来の安全性の定義においてとらえられていなかったタイプの現実的な攻撃方法の存在を示唆し、より幅広い利用環境での利用に耐えうるための新たな安全性定義と、それを満足するための具体的な構成方法を示した。また、グループ署名と同様に、利用者が自分自身がある利用者集合に含まれていることをゼロ知識対話証明で証明可能な認証プロトコルの提案も行った。さらに、公開鍵暗号の構成に関する基礎的理論の整備も行い、証明可能安全な公開鍵暗号における暗号文サイズの非自明な下界を明らかにした。これらの成果により、国際会議に合計三件の成果が採録されている。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］電子署名、認証方式、証明可能安全性、付加機能

［研 究 題 目］問題ある平文の暗号化を不可能とする暗号方式の実現に関する研究

［研究代表者］花岡　悟一郎
（セキュアシステム研究部門）

［研究担当者］花岡　悟一郎、Reynald Affeldt、Nuttapong Attrapadung、
縫田　光司（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

本研究においては、近年の緊迫した世界情勢を鑑み、高度に安全であると同時にテロリスト等による悪用を許すことのない情報通信ネットワークの確立を大きな目的とする。特に、そのようなネットワーク社会において真に要求される全く新たな暗号技術の実現を目指す。現在、多くの研究者による活発な研究開発により、最新の暗号技術によって提供される安全性は極めて高度なレベルに達していると考えられる。その一方で、そのような技術は、テロリスト等が犯罪行為を行う際の情報伝達にも非常に有用な技術となっている。そのため、善意の利用者による正当な暗号技術の利用を制限するか、もしくは、テロリスト等による暗号技術の不正利用を黙認するかのどちらかをせざるを得ない状況である。この事態を根本的に解決する技術の創出が本研究の目標となる。

三年計画の4である平成23年度においては、前年度において設計および安全性評価を行った、平文空間に関して動的な制限を加えることが可能な公開鍵暗号方式について、その問題点を検討し、それを克服するための基盤的理論の構築と、要素技術の設計を行った。本年度は、特に、検索可能暗号、関数暗号、ゼロ知識証明について研究を行い、これらの技術の拡張に基づく、本研究の目的を達成するための方針を明らかにした。
これらの成果は、国際英文誌および査読付国際会議に採録されている。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］公開鍵暗号、証明可能安全性、選択暗号文攻撃、ゼロ知識証明、公開鍵基盤（PKI）

［研 究 題 目］クラウドコンピューティング環境でも高い安全性･信頼性を持つ公開鍵暗号技術の研究

［研究代表者］松田　隆宏
（セキュアシステム研究部門）

［研究担当者］松田　隆宏（他1名）
［研 究 内 容］
本研究の目的は、クラウド環境でも高い安全性・信頼性を持つ公開鍵暗号技術を提案することである。具体的には、(1)クラウド環境において不可避な「計算を委託する」という状況でも、サービス提供者におかねばならない信頼性のレベルを可能な限り低減することのできる公開鍵暗号技術、及び、(2)クラウドデータストレージサービスでの利用を想定し、暗号化されたデータへの高度かつ柔軟なアクセス制御が可能な公開鍵暗号技術の構築に取り組む。

研究目的(1)に関する研究では、前年度に引き続き、「代理人再暗号化方式」及び「準同型性暗号方式」に関し研究を推し進めた。代理人再暗号化方式とは、ある受信者宛ての暗号文を、別の受信者宛ての暗号文へと復号することなく変換できる機能を持つ公開鍵暗号方式である。本年度は「再暗号化操作時の不正の検証」という概念を新たに導入し、さらに前年度に構築していた代理人再暗号化方式に「検証可能性」を持たせる拡張方法を示した。一方、準同型暗号とは、データを暗号化したまま、暗号文のみを用いて平文に関する様々な演算を行うことが可能な暗号方式である。本年度は、前年度に提案していた準同型演算にアクセス制御機能を付与した「鍵付き準同型暗号」の構成法について厳密な安全性評価を行った。

また、研究目的(2)に関する研究では、本年度はその汎用性の高さから、「数値データがある範囲に属するか否か」によりデータへのアクセス制御が可能な「範囲暗号」に着目し、研究を推し進めた。範囲暗号では、暗号文には「範囲」が、復号用鍵には「点の座標」が紐づけられており、復号鍵に紐づけられた点の座標が暗号文に紐づけられた範囲に属する場合にのみ、その暗号文を復号できる。範囲暗号を部品として、多次元の点や範囲に紐づけられたデータに対しクエリの情報を秘匿した状態での検索や、匿名性を保ちつつ年齢認証や場所認証などが可能となる。本年度は実用的効率性を持つ方式の構成法、座標・範囲を多次元版や閾値版へ拡張した方式などを提案した。

これらの成果は、国際会議、国内研究会などにおいて発表がなされている。
［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］暗号技術、クラウド、証明可能安全性

［研 究 題 目］糸状菌の環境認識シグナルと接着に関する、表面工学手法を利用した解析
［研究代表者］中野　美紀
（先進製造プロセス研究部門）
［研究担当者］中野　美紀、三宅　晃司
（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

糸状菌バイオフィルムの制御は食品産業、工業、医療現場さらには住環境の衛生管理において重要な課題である。糸状菌では酵母等とは異なる独自の環境認識機構により接着が誘導されていることが遺伝学的解析およびゲノム情報から示唆されている。しかし、糸状菌の接着を誘導する環境認識機構や接着機構は殆ど明らかになっていない。

Magnaporthe oryzae はゲノム情報を利用した様々な解析が可能な糸状菌である。当研究グループでは表面工学技術により作製された分子修飾基板を用いた研究から、*M. oryzae* をはじめとする様々な糸状菌において基板表面の分子特性により接着が制御されていることを示唆する結果を得た。そこで本研究では *M. oryzae* をモデルとして用いて、糸状菌における「環境認識シグナルによる接着制御」を明らかにすることを目的として研究を行った。

M. oryzae の環境認識に関わるシグナル伝達に関わる遺伝子の変異株の中から糸状菌の接着を阻害する分子修飾基板に対して接着性を示す菌のスクリーニングとその接着時の遺伝子発現解析を行った。その結果、*M. oryzae* において表面接着を制御するシグナル伝達経路が明らかになった。さらにそのシグナルにより接着時に発現が制御されている遺伝子の絞り込みを行い、接着に関わると考えられるいくつかの候補遺伝子を見出した。そのうち分泌タンパク質をコードする1遺伝子については破壊株を作出し、この遺伝子が発芽直後の接着（初期接着）に必要な遺伝子であることを確認した。この研究は、独立行政法人農業生物資源研究所・植物・微生物相互作用研究ユニットと共同で行ったものである。
［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］糸状菌、表面接着、器官分化、遺伝子、自己組織化

［研 究 題 目］微小重力で明らかにされる超流動ヘリウムの特異な膜沸騰の実相と伝熱促進効果の解明
［研究代表者］木村　誠宏
（高エネルギー加速器研究機構）
［研究担当者］間宮　幹人（先進製造プロセス研究部門）
（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

超流動ヘリウム（He II）は、それ自身が超流動性や超熱伝導性などの特異性を持つだけではなく、その沸騰においても非常に特異な特性を持っている。本研究は、微小重力場での実験を通して He II の膜沸騰について熱流体力学的な解釈を行い、その実相の解明を目的とする。さらに飽和からサブクール領域（大気圧）まで広い範囲並びに2次元の狭小領域から開放空間に亘る He II の3次元の沸騰モードマップを完成し、宇宙航空分野への工学的応用の基礎データとする。

本年度は、昨年度に引き続き自由落下用小型軽量クライオスタットを用いた飽和超流動ヘリウムの沸騰実験と実験結果の解析を行った。また、解析の要となる可視化部の解像度の性能向上を目指した改良も並行して行い、実験の精度の向上を図った。また、地上での重力場での実験と並行して高エネ研が所有する自由落下実験用クライオスタットを用いて微小重力場での HeII 膜沸騰への対流熱伝達の寄与を検証した。

具体的な結果としては、1G の重力下で Rayleigh-Taylor 不安定性を伴う細線ヒータ廻りの膜沸騰しているのが観察されたのに対し、微小重力環境下へ遷移するのに伴って、その不安定性も変化していくことが確認できた。

以上の実験と解析結果は、本年5月には福岡市で開催された国際低温会議（ICEC24）において報告を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］微小重力、落下塔、可視化、超流動、膜沸騰、クライオスタット

［研 究 題 目］マイクロリアクター内のソノケミストリとソノルミネッセンスの研究

［研究代表者］安井　久一（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］安井　久一、辻内　亨（計測フロンティア研究部門）（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、マイクロ流路中で超音波照射によって化学反応の促進を図ることにあるが、本年度は、マクロな系での数値シミュレーション・モデルの検証と、マイクロ流路中での気泡内化学反応の数値シミュレーションに向けたモデル化を行った。

マクロな系において、カリフォルニア大学の Putterman のグループは2011年に、キセノン気泡が、音波照射下で潰れるときに、瞬間的ではあるが100W の強度の光を放射することを実験で見出した。我々は、キセノン気泡の圧壊に関して数値シミュレーションを行い、実験と一致するほぼ100W の発光を得た。その理由は、気泡内の高密度によるイオン化エネルギーの著しい低下であることが分かった。

一方、マイクロ流路内での気泡振動に関して、シンガポールの Nanyang Technological Univeristy の Ohl と情報交換、ディスカッションを行った。マイクロ流路中では、気泡形状が1次元となり、特異な膨張、収縮の振る舞いを示すことが分かった。数値シミュレーションのモデル化では、イギリスの University of Southampton の Leighton が2011年に発表した論文で導いた式が適用できることが分かった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］超音波、キャビテーション、マイクロバブル、発光、化学反応、マイクロ流路

［研 究 題 目］防災音声放送の聞こえにくさを「見せる化」するハザードマップの推計手法

［研究代表者］大久保 朝直（(財)小林理学研究所）

［研究担当者］今泉　博之（地圏資源環境研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

防災音声放送システムのスピーカ群から一斉に同じ内容の音声が放射されると、複数のスピーカから受聴者までの到達時間に差が生じ、音声がずれて重なる。時間ずれが大きいと異なる音節が重なるため、了解性が低下する。都市域の建物周辺における防災音声放送の了解性や放送拡声系の高度化に関する研究が東日本大震災の発生と前後して盛んになる中で、本研究は、遠距離の屋外音響伝搬における気象影響を考慮しながら防災音声放送の了解性を推計するモデルの確立を目的とする。この推計モデルの用途として、防災音声放送了解度の分布を描いた防災ハザードマップの提供、あるいは了解性の変動を考慮したスピーカ配置設計の支援を想定する。

平成24年度から26年度までの3カ年を実施期間とし、1年目である平成24年度の概要は以下の通りである。

1）了解性推計モデルは、遅延音群の時間パターンを予測するモデルと、その時間パターンに基づき了解度を算出するモデルから構成した。

2）遅延音群予測モデルでは、振幅を距離減衰だけではなく、長距離屋外音響伝搬における気象影響や地表面効果なども考慮して算出する点を特色とする。

3）遅延音重畳の影響に関する了解度（I_{echo}）を n 個のスピーカから到達する寄与間の時間差および音圧レベル差をパラメータとする関数として定義、また周辺の暗騒音との SN 比による了解度（I_{SNR}）は、単語の親密度をパラメータとして関数化された単語了解度を用いることとし、遅延音重畳と SN 比の両方を考慮した了解度を $I_{total}=I_{echo}\times I_{SNR}$ として算出することを提案した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］防災音声放送、ハザードマップ、了解度、SN 比、長距離伝搬、気象影響、地表面効果

［研 究 題 目］孔内用精密制御振源とトモグラフィ解析による表層地盤の S 波速度構造の高精度決定

［研究代表者］渡辺　俊樹（名古屋大学）

［研究担当者］国松　直（地圏資源環境研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、表層地盤の S 波速度構造を高精度かつ高分解能に決定するために、従来の孔内用 S 波振源で達成し得ない高品質な S 波波形記録を取得することが可能な新たな振源装置の開発と、その精密制御によるデータ取得および解析の方法を確立することを目的として

いる。すなわち、モーター制御の偏心錘による振源に、精密制御定常信号システム（ACROSS）によって確立された高度な信号設計とデータ処理手法を組み合わせ、取得されたデータから S 波速度トモグラフィによる高精度・高分解能な S 波速度構造を決定する。

今年度は、まず、振源装置の仕様を決定して設計を行い、振源機構の基本動作部分を製作した。当初の計画では、振源機構のプロトタイプモデルを作成し、基本的な性能試験を行う予定であったが、要素技術の調査と仕様や設計について検討を重ねた結果、最初から実用試験機の基本動作部分の製作を行うことにした。これにより、開発期間の短縮と研究経費の効率的な使用ができた。

製作した振源機構は、孔中に設置する振動発生部（モーターと偏心錘、モニター計測用センサで構成される）と地上に設置する制御回路部からなっている。基本動作部分の完成後、振源機構の基礎的な動作試験を実施した結果、当初の仕様をほぼ満足することができた。2個の錘を同一方向に回転させるモードと互いに反対の方向に回転させるモード（直線加振モード）のそれぞれが実現可能である。さらに分解能向上を目標として最大の回転周波数90Hz を目標としたが、これを実現するためには、回転数の向上とさらなる軽量化が課題であり、次年度に改良を実施することにした。振源の孔内への固着機構の開発と実装も行う。

データ解析処理については、すでに開発ずみのプログラムを本システムに適用可能なように調整する必要があり、それについて検討を開始した。

［分　野　名］地質
［キーワード］地盤構造、S 波速度、振源装置、トモグラフィ

［研 究 題 目］アジア有害元素汚染地域における食のリスク評価と専用大気 PIXE 分析システムの構築
［研究代表者］村尾　智（地圏資源環境研究部門）
［研究担当者］村尾　智（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

牧畜とスモールスケールマイニングが共存するモンゴル北部の村について現地調査とリスクアセスメントを行った。その結果、鉛の健康リスクがきわめて高いことが判明し、早急な対策が必要と結論した。成果の一部は学会で公表し、また、一連の研究業績が認められモンゴル科学大学より客員教授号を授与された。

［分　野　名］環境・エネルギー
「キーワード」モンゴル、鉛、砒素、PIXE、スモールスケールマイニング

［研 究 題 目］沈み込み帯のマグマの成因：最初は一つの玄武岩マグマか？
［研究代表者］石塚　治（地質情報研究部門）
［研究担当者］石塚　治（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究の目的は、マリアナ弧の火山フロント周辺に噴出しているマグマを検証し、「それぞれの火山は一つの玄武岩初生マグマから導かれたのか」、「玄武岩初生マグマは NW Rota-1のように二つ存在するのか」、または「初生マグマには二つ以上の多様性が存在するのか」、を明らかにすることである。今年度は、系統的に多数の試料を分解するマイクロウエーブ試料分解装置を導入した。それの立ち上げを進めると同時に、マリアナ弧の火山体、パガン及びアラマガン火山などから採取された溶岩の系統的な微量成分分析及び同位体組成分析を実施した。これにより Pagan 島及びアラマガン島海底部のマグマに、明瞭に化学的特徴の異なる2種類の初生マグマに由来するものが存在することが明らかになった。微量成分組成と同位体組成の相関から、初生マグマの組成が異なる原因は、物性が異なるスラブ由来物質の寄与により説明される可能性が高いことが明らかになりつつある。

［分　野　名］地質
［キーワード］沈み込み帯、初生マグマ、マントル、マリアナ島弧

［研 究 題 目］全国の教室に露頭を届ける「地質宅配便計画」
［研究代表者］植木　岳雪（地質情報研究部門）
［研究担当者］植木　岳雪（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

今年度は3年計画の最終年にあたり、学校教員を対象にした地層のはぎ取り標本の野外での作成実習と、室内での授業実践例の紹介をあわせたフォーラムを、京都教育大学において実施した。

［分　野　名］地質
［キーワード］地学教育、学校教育、地層、はぎ取り標本

［研 究 題 目］ジュラ紀アジア大陸東縁における大横ずれ断層運動の復元
［研究代表者］勝部　亜矢（地質情報研究部門）
［研究担当者］勝部　亜矢（他1名）
［研 究 内 容］

東アジア地域では内陸地域から大陸縁近において2000km にも及ぶ中生代の大規模な横ずれ断層が知られ、当時のプレート運動との関連が示唆されている。日本海に面する地域においても同時期の約500km 規模のいくつかの断層が存在し、これらが連続し大陸縁辺期の古日本列島の地殻構造に大規模な影響を与えた可能性を指摘できる。白亜紀以降の地殻変動で地質構造学的な対比が不十分なこれらの断層の連続性とその運動像を明らかにする為に、断層周辺に分布する中生代・古生代堆積層の広域対比と堆積時の地殻変動による後背地変化の検討を

目的とした。

本課題の最終年度である平成24年度は、①平成23年度までに採取した中国大陸南東部、朝鮮半島中部～南西部、日本列島飛騨帯南縁部、ロシア沿海州の中・古生代砂岩試料の砕屑性ジルコン年代分析、②砕屑物供給源となる大陸地域の年代データ整理、③砕屑性ジルコン年代分布の統計解析による後背地対比、③糸魚川－静岡構造線周辺の地形発達と浸食作用調査に基づく中生代の横ずれ変動による砕屑物供給源機構モデルの検討、を実施した。

［分　野　名］地質

［キーワード］ 東アジア、中生代、砕屑性ジルコン年代、後背地解析

［研 究 題 目］**オフリッジ火山から高速拡大海嶺のモホ遷移帯マグマプロセスを探る**

［研究代表者］岸本　清行（地質情報研究部門）

［研究担当者］岸本　清行、石塚　治、下司　信夫（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、日米の協力のもとに双方が観測を展開し、東太平洋海膨14° S 付近の巨大溶岩原を中心としたオフリッジ単成火山群を対象として産状観察、主要・微量元素および同位体組成分析、年代測定及び電気伝導度構造探査を行い、オフリッジ火山群の１）産状と定置過程、２）岩石学的・地球化学的特徴とオフリッジマグマの成因、３）給源マグマ溜りの分布と規模、４）脆性地殻の歪みの時空分布を明らかにすることである。これらに基づいて、高速拡大海嶺のマグマ供給系及びマグマ生成過程においてモホ遷移帯が果たす役割を解明するとともに、海洋地殻形成とプレート拡大過程の定量的解明を目的とする。

本年度は、当初研究計画で予定していた東太平洋海膨における調査航海が実施できなかったため、主に2004年度調査航海にて採取した既存の試料を用いた分析を行い、マグマシステムの復元を試みた。SEM-EDS システムを用いた火山ガラス及び鉱物化学組成により、オフリッジ火山における海底噴出物試料の岩石学的解析を行った。EDS による多元素同時測定のための定量分析条件を、標準試料および実際の中央海嶺のガラス試料を用いて行い、精度の高い定量分析を実現することが可能となった。この測定方法を用いて、2004年の東太平洋海膨の調査によって採取された中央海嶺拡大軸・オフリッジ火山から噴出した火山ガラスおよび、我が国における苦鉄質火山の噴出物に含まれる火山ガラスの化学組成の測定を行った。その結果、主要元素組成では相対精度数%以下の再現性の高い測定を実施できた。

また、これまでに得られている海底地形データやサイドスキャン画像データ等をコンパイルし、地形地質構造解析を進め、来年度調査航海提案の準備のため文献調査を行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］中央海嶺、マグマ、テクトニクス、地質構造

［研 究 題 目］**北極海の海氷激減－海洋生態系へのインパクト－**

［研究代表者］原田　尚美（海洋研究開発機構）

［研究担当者］原田　尚美、田中　裕一郎（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では、北極海の海氷減少に伴う環境変化を捉え、それに伴って海洋生態系がどのような影響を被るのかを解明するために、動・植物プランクトンの経年変化（季節変化）の解析を行う。海洋調査船「みらい」による北極航海において、海洋表層での生物起源粒子の季節変化及び鉛直・水平方向のフラックス変化を解明するために、北極海シベリア沖の NAP 観測地点（75° N、162° W、水深1975m）において、セジメントトラップ係留系を300m 層、1300m 層の2層に設置した。回収されたトラップ試料について円石藻フラックスの分析を行った。その結果、冬季の11月～12月は、ほとんど産出がなく、海洋表層が海氷によって覆われた1月～6月はまったく産出しない時期が続いた。一方、海氷が溶けた後の7月～9月は、円石藻フラックスは低いものの産出が観察された。この傾向は、炭酸カルシウム殻を持つ浮遊性有孔虫フラックスと類似していることが認められた。

［分　野　名］地質

［キーワード］地球温暖化、北極海、海洋生態系、海洋観測、円石藻

［研 究 題 目］**音響機器・自律型水中環境観測ロボットによる潮汐卓越型海域の泥粒子堆積過程の解明**

［研究代表者］秋元　和實（熊本大学）

［研究担当者］秋元　和實、七山　太（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

有明海は潮流が速いために、海水中に浮遊する泥分が多く、いつも濁っている。しかし、諫早湾口の防潮堤の建設により、潮流が遅くなって浮泥が沈みやすくなり、海水の透明度が上がったことで、赤潮プランクトンが増殖しやすくなったとも言われている。さらに、底質の泥質化が進み、砂地がなくなったため、生態系に異常が生じている。有明海での泥粒子の生成－拡散－堆積過程の特性を把握するために、熊本大学沿岸域環境科学教育研究センターの秋元和實准教授と共に、長崎県諫早湾で現地調査を3ヶ年計画で進めてきた。

最終年度には、測深・サイドスキャンソナーで海底地形および底質分布を、地層探査機で海底下20m までの地層の厚さを、自律型水中環境観測ロボットで濁度、流

向・流速を台風が九州を通過した直後に精査する予定であった。しかし残念ながら、調査予定日の気象条件に恵まれず、今年度は十分なデータは得られなかった。現在までに得られた観測データに基づいて、諫早湾の海底地形を3D 化することを試みている。なお、我々がこれまで得られた海底の表層試料からは浮泥と呼べるゲル状の物質は見いだせてはいない。これは、浮泥が出水時に河川から有明海に土砂として流入し浮泥化した後も、一定の場所に留まらず潮流によって掃き寄せられるように移動し続けるためと考えられる。

［分　野　名］地質

［キーワード］音響機器、自律型水中環境観測ロボット、潮汐卓越型海域、泥粒子、堆積過程、浮泥

［研 究 題 目］現世および化石カキ礁の形成過程から解明する古環境とカキ類の古生態変遷

［研究代表者］安藤　寿男（茨城大学）

［研究担当者］安藤　寿男、秋元　和實（熊本大学）、七山　太（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

現世及び地質時代のカキ礁の発達様式や海面変動との関係をモデル化することを目的として3ヶ年計画で実施してきた。最終年度は、亜熱帯浅海生の現世のカキツバタ礁マウンド群の生態の検討を行った。八代海南部、鹿児島県出水市の西北西方沖約10km の水深30～40m の海域には、直径40～70m、高さ5～7m のマウンド90個弱ほどが密集する大曽根マウンド群が知られている。マウンドの分布や外形、表面がカキツバタを主とする貝殻で覆われていることが明らかにされたが、成因や内部構造は不明であった。この度、マウンド群の構造や底生生物の詳細を解明するため、平成24年6～7月にマウンド群南半部について、精密海底地形探査、海底地質構造調査を行い、マウンド1ヶ所で潜水調査を実施した。

マウンド群は、東シナ海との開口部に近い潮流の強い海底にあって、おそらく海底下の活構造に支配された、北西−南東方向の配列をしている。マウンドは直径・高さ比が約10：1で、平面形態がほぼ円形の半ドーム形をなしている。

マウンド表面は、大半が貝殻質底をなしており、隙間は含貝殻片砂質泥底で、全体をデトリタス質泥が薄く覆う。貝殻質底はカキツバタの中～大型個体（殻高8-15cm）の死殻を主体とし、上面に生貝が少数固着している。生貝は単独の横臥個体も少なくないが、数個体の固着塊をなすものがあり、リレー型固着個体も認められる。しかし、固着塊は散在的で、枠組みを作ってはいない。アズマニシキ、フネガイ、ウミギク等の二枚貝も付随的に産する。幾つかのベントスも確認でき、多様な生物の生息場となっている。海底下数10cm までは、貝殻質未固結堆積物となっている。マウンドはカキツバタ礁と呼べる構造物となっているが、これほど大規模な礁はこれまで少なくとも日本近海では知られていない。

［分　野　名］地質

［キーワード］八代海、出水沖、水深30m、海底マウンド群、カキツバタ礁

［研 究 題 目］プログラム可能な紐結びシステムに関する研究

［研究代表者］音田　弘（知能システム研究部門）

［研究担当者］音田　弘（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、種々の紐結びをプログラムで記述し実行できるシステムを実現するための手法を開発し、それを通して作業を実現するための動作制御を視覚などの外界情報を利用して体系的に行うための方法論を確立することにある。

このため本研究では、

・視覚と力覚による紐の形状・状態特徴量の抽出、
・形状・状態特徴量とロボット動作との関係の抽出およびそれに基づく動作制御、
・上記に基づく紐結びの各ステップに対応した動作プリミティブ（スキル動作）の実装、
・スキル動作の組み合わせによる紐結び作業の実現

を行い、種々の紐結びをプログラムで記述し実行できるシステムを構築する。本研究において、研究分担者として下記を担当した。

紐結び作業では結び目のようなトポロジーのみを考慮した操作だけでなく紐の長さを調整したり、結び目の位置を調整したりすることが必要となる。そのような計量を考慮して、結び目の位置、紐の形状の一部をなすセグメントの長さ、これらの量を増減する基本動作を表現するための、紐および結び作業のモデル化を行った。紐のセグメントを形成する箇所をあらかじめ支持する準備動作、それに対して結びの手順を実行する結び動作、最終的な長さを調整するための調整動作をその基本動作を導出した。紐の形状モデル・物理モデルの拡張と、結び目を作る際の把握位置、把握位置の変位、引っ張りの方向、張力を用いたモデルを構築した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］知能ロボット、スキルトランスファー、作業教示、柔軟物操作

［研 究 題 目］知能化センサネットワークによる障害・高齢者の健康リスク管理技術の開発

［研究代表者］井上　剛伸（国立障害者リハビリテーションセンター）

［研究担当者］児島　宏明、佐宗　晃、佐土原　健（知能システム研究部門）（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

在宅の障害者・高齢者の健康リスクを管理するための高度センシング技術とセンサネットワークシステムの構築を目的として、国立障害者リハビリテーションセンターを代表に研究を行なっている。全体目標としては、障害者・高齢者が直面する主要な健康リスクとして、褥瘡リスク、温熱リスク、運動機能低下リスク（ロコモティブシンドローム）を取り上げ、関連する物理量を継続的に監視するセンサの要素技術を開発するとともに、センサ群からのマルチモーダル情報を収集・解釈して、検知した健康リスクを可視化・周知・軽減する知能化センサネットワークの構築を目指す。そのうち産総研では、マイクを用いた音響的センサ技術の開発を担当している。

今年度は、3年間のプロジェクトの初年度として、これまでに研究を進めてきた音響的特徴量抽出手法を、屋内における活動量のセンシングに応用するための方針を検討した。そのために、足音などのデータを用いて適用可能性を確認するとともに、手法の改良点を抽出した。また、家屋内でセンサネットワークに接続して簡便に運用できるように、小型機器への実装を進めた。開発中の音響的特徴手法を1辺10cm 程度の小型 PC 上に実装するとともに、市販のマイクアレイデバイスを利用した音源方向推定機能も実装した。また、各種のマルチモーダル情報を収集して管理するために開発が進められているサーバシステムの仕様やプロトコルを確認し、これに音響的センサを接続するためのデータの受け渡し方法を検討した。今後は、活動量のセンシング精度の評価に基づいて手法の改良を行うとともに、システムの実装とセンサネットワークへの統合を進める。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］福祉機器、ロコモティブシンドローム、健康リスク、センサネットワーク

［研 究 題 目］超高速微細操作技術を用いた3次元細胞システム構築
［研究代表者］新井　健生（大阪大学）
［研究担当者］谷川　民生（知能システム研究部門）（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究では、マイクロ・ナノロボティクスを基盤として、in vitro 環境で機能する3次元細胞システムを構築する「バイオアセンブラ」の超高速計測操作手法と組織機能発現の原理を解明することを目標としている。その中で、複雑な形状の3次元細胞システムを成型し組み立てる「3次元細胞システム構築」として、超高速マイクロ・ナノロボット技術を用いて細胞を線・面・立体形状に形成し、積層・ロール・折りたたみなどの手法を適用して多様な3次元細胞システムを組み立て構築するための方法論を確立し、体系化することを目的としている。

本年度においては、10ミクロンから100ミクロン程度の細胞を高速にマニピュレ-ションする技術として、マイクロハンド機構の高剛性化、高速度カメラによるビジュアルサーボおよび細胞の三次元計測技術、および、微小力センサによる微小対象物である細胞を対象とした力制御技術を統合する事で、高速、安定なピックアンドプレース動作を実現した。マイクロハンド機構の高剛性化については、従来3自由度パラレルメカニズムでは、ボールジョイントの代わりとしてワイヤーによるフレキシブルジョイントを利用していたが、高剛性化のために、全て円弧ヒンジのみで3自由度パラレルメカニズムを実現出来る機構を開発し、高剛性化かつコンパクトな機構を実現した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］マイクロマニピュレーション、再生医療、細胞操作、システム化、微小力制御

［研 究 題 目］身体運動・感覚経験の蓄積に基づく動作理解機能の構成論
［研究代表者］國吉　康夫（東京大学）
［研究担当者］長久保　晶彦（知能システム研究部門）（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究は、科学研究費補助金の基盤研究（A）における研究課題（研究代表者 東京大学大学院 國吉康夫教授）の分担研究として行われた。身体運動の生成過程には無意識の複数の感覚・運動協調が働いており、ある単一の目的を志向した最適な動作というよりは、複数の解釈が可能な多元的創発的過程である。本研究では、新しい動作理解の理論の構築に向けて、多種類の身体運動・感覚経験を計測、蓄積し解析するための基盤技術を構築し、多様な身体運動を支援するロボットシステム応用へ向けた理論を提示することを目的とする。

家庭内環境において、人の自然な動作計測を行い、データベースを構築するため、平成24年度は、手の触覚センサおよび姿勢計測装置において、人の知能の際立った特徴である手のスキルに特に重点を置いた計画とし、特に分担研究として計測基盤技術として手の触覚センサの高度化を進め、構築している姿勢センサシステムとの統合などを行うこととした。触覚センサについては、柔軟性を実現するために基板をレーザカットによって特殊な形状を実現しているが、熱などにより感度が悪くなるという問題があったため、センサ周辺の設計を見直すことでレーザによる影響を軽減する方法を新たに導入するなどして、主に感度の向上をはかった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］動作理解、ロボット、触覚センサ

［研 究 題 目］音圧差検出と認識の双方向処理に基づく移動ロボットに適した音環境理解の研究
［研究代表者］佐々木　洋子（デジタルヒューマン工学研究センター）

［研究担当者］佐々木　洋子（常勤職員1名）
［研 究 内 容］
本研究は、走行中のロボットが「知っている音には気づける」機能の実現を目指している。初年度は方位角・仰角の2次元で音を定位するために、ロボットに搭載可能なサイズで全方位に誤差6[deg]以下で音源定位可能な球形マイクロホンアレイを開発した。2年目は、一連の音響信号からどの部分が何の音かを推定する音響ダイアライゼーション技術を開発した。本プロジェクトの最終年度である平成24年度は、これらの定位・分離・認識技術を統合し、「どちらから何の音がするか」、実環境中で周囲の音を検出する機能を実現した。

提案法は、実環境中で複雑さの異なる様々な音を同時に扱うため、音の種類数や各音を表現するモデルの次元数といった、音のモデル化に必要な事前知識を最小限にし、入力音に合わせて柔軟なモデルを構築できることが特徴である。

さらに各時刻で得られる音源方向と認識結果を時系列に接続する移動音の追跡機能を構築した。本追跡手法は複数の仮説を基に、複数の音を同時に扱えること、音の鳴り始めや終わりを検出し常に変化する音源数に対応できることが特徴である。断続的な音が互いに交差する状況で2種類の移動音源を追跡可能なことを確認した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］マイクロホンアレイ、音源定位、音源分離、環境音識別

［研 究 題 目］ロボット聴覚の実環境理解に向けた多面的展開
［研 究 分 担］加賀美　聡（デジタルヒューマン工学研究センター）
［研究担当者］加賀美　聡、佐々木　洋子（常勤職員2名）
［研 究 内 容］
実環境で用いる聴覚に必要とされる機能としては、どこからどんな音がしているか、という時空間的な音理解機能を備えることが重要である。本研究では、我々がこれまで提唱してきたモバイルオーディションの機能を発展させ、低サイドローブ全方位望遠マイクアレイの研究を進め、音源定位、分離、音声認識・音源識別などの各手法の研究と、これを用いた環境の音地図作成・人間の発見・生活行動のモデル化の研究を行う。

本年度は情報技術研究部門との連携により、人の声、物音など様々な音を識別する機能を実現した。さらに音源識別の成果を発展させ、移動音の追跡手法を開発した。

次にマイクロホンアレイで取得した音のモデル化および識別手法を提案し、分離音から人の声を含む様々な音源を識別する機能を構築した。提案法は、実環境中の多様な音を表現し未知の音を検出可能なモデル生成を行うことで、環境変化に合わせて柔軟にモデルを更新することができる。さらに音源識別の成果を利用した移動音の追跡手法を多重仮説検定型のパーティクルフィルタリングを用いて開発した。

これらの手法を音環境理解機能として発展させていく。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］ロボット、時空間聴覚理解機能、マイクロホンアレイ、サービスロボット

［研 究 題 目］系統的な接触状態制御による把持姿勢データベース構築と手姿勢生成
［研究代表者］宮田　なつき（デジタルヒューマン工学研究センター）
［研究担当者］宮田　なつき、広野　孝祐（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］
本研究では、手が物体を把持する姿勢を、手の上で物体と接触する領域という観点から整理して収集し、関節の動きうる範囲でデータ数を絞ってデータベース化することを目指した。24年度は実際の姿勢データの収集と、それを用いた姿勢生成手法に取り組んだ。まず、Feixらによる把持分類を参考に、データベースに含める姿勢を決定した。手表面を60の領域に分割し、主な把持形態において使われるかどうかや他の領域との同時使用関係などを定性的に検討し、34の領域を定義して170の接触領域の組み合わせを考慮することを決定した。また、各組み合わせについて、関節可動域内で分散したデータを獲得するため、対向する親指（または掌部）と指部の領域間の距離を変化させたものをバリエーションとして含めることにし、全部で801の姿勢を計測してデータベースに含めた。次に、手のどの領域が物体モデル上のどの位置を把持するかを手動で与えた時に、データベースを利用して把持姿勢を生成する手法を構築した。把持姿勢データベースより、指定した把持領域の組み合わせに対応した姿勢データを抽出し、領域間距離が目標に近くなるように重みを求め、補間を行う。これを初期姿勢として、目標となる接触状態が、関節可動域内で実現されるように、最適化によって姿勢を修正することとした。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］デジタルヒューマンモデル、手、姿勢データベース、把持

［研 究 題 目］嚥下メカニズムの解明による喉ごしの定量評価法の開発
［研究代表者］三輪　洋靖（デジタルヒューマン工学研究センター）
［研究担当者］三輪　洋靖（常勤職員1名）
［研 究 内 容］
「食」は生命維持において欠かすことのできない行動の一つであると同時に、日常生活における楽しみの一つでもある。そして、喉ごしに代表される嚥下感覚、す

なわち、食品や水分を飲み込むときの感覚は「食」を楽しむ要素の1つと考えられている。しかし、喉ごしは主観的要素が強く、多くの研究、調査は官能検査が中心で、工学的研究は限られていた。そこで、本研究では「食品や水分が口腔および咽頭を通過するときに感じる体性感覚」を喉ごしと定義した。そして、筋電図や嚥下音を計測・分析することで嚥下における筋活動や嚥下音のメカニズムを説明できる新しい嚥下モデルを構築すること、構築した嚥下モデルを用いて嚥下と喉ごしの関係を解明することを研究目的とした。

平成24年度は、食品や水分の特性を変更しながら嚥下における筋活動および嚥下音の計測を行い、嚥下時の口腔、咽頭の筋活動のモデル化や嚥下と筋活動、嚥下音と関係のモデル化を目指し、以下の3点に重点化を置いて研究を進めた。(1)嚥下における筋活動のモデル化：解剖学や既存研究によると、嚥下は準備相、口腔相、咽頭相、食道相の4相に分かれ、喉ごしと関係が強い咽頭相では、オトガイ舌骨筋、甲状舌骨筋、胸骨舌骨筋、胸骨甲状筋を収縮させて、舌骨、甲状軟骨を動かすことで、口腔から入ってきた食品や水分を食道へ送り込んでいる。そこで、オトガイ舌骨筋、甲状舌骨筋、胸骨舌骨筋、胸骨甲状筋、舌骨、甲状軟骨から構成され、嚥下・咽頭相における筋骨格の運動をモデル化した嚥下モデルを構築した。(2)嚥下における筋電・嚥下音の計測：7名の被験者に対し、嚥下における筋電、嚥下音の同時計測実験を実施した。実験試料には炭酸強度の異なる2種類の炭酸水と水を使用し、試料を飲み込んだときの舌骨上筋群(オトガイ舌骨筋)、舌骨下筋群(甲状舌骨筋、胸骨舌骨筋、胸骨甲状筋)および咬筋の筋電と喉頭隆起（のど仏）側部の嚥下音を同時計測した。筋電計測には筋電計（Biolog 2000 + DL-141, S&ME）を、嚥下音計測には研究代表者らが開発した体内音センサを改良して用いた。(3)筋活動に対応した嚥下音のモデル化：筋電、嚥下音の同時計測によって得られたデータに対し、嚥下音には Wavelet 変換による時間・周波数解析を、筋電には絶対値化、ローパスフィルタを適用することで特徴量を抽出した。さらに、嚥下モデルを考慮に入れて統計的手法で分析することで、嚥下における筋活動として舌骨上筋群、舌骨下筋群および嚥下音の活動順序とその時間差を確認できた。また、炭酸強度によって嚥下の活動時間が統計的に有意に異なることが確認された。

[分　野　名] 情報通信・エレクトロニクス
[キーワード] 嚥下、嚥下音、筋電、感性計測

[研 究 題 目] 歩行中の転倒リスク評価・警告装置の開発－日常の歩容を見守ることによる転倒数減少策
[研究代表者] 小林　吉之（デジタルヒューマン工学研究センター）
[研究担当者] 小林　吉之（常勤職員1名）

[研 究 内 容]

センサによる歩行の評価と転倒のリスク因子抽出方法の検討

昨年度の成果を踏まえて本年度は、１）つまずきリスク評価装置の実地試験と「つまずきリスク年齢」の提案、及び２）リスク因子を精度高く抽出するために必要なデータベースの拡充の2つの課題を行った。

１）つまずきリスク評価装置の実地試験と「つまずきリスク年齢」の提案：

上記のとおり開発したつまずきリスク評価装置について、気仙沼など様々な現場に持ち込んで実地試験を行い現状の課題を抽出した。これまでに延べ200名以上を対象にデモを行い、装置が出力する MTC の統計量では、つまずきリスクを主観的に理解しづらいという点が明らかになった。そこで産総研 DHRC が保有するヒト歩行 DB を用いて、MTC のばらつきの傾向からユーザが何歳相当のつまずきリスクに該当するのかを表すことができる「つまずきリスク年齢」を作製し、実際にこの新指標をフィードバックすることによる MTC への影響を定量的に評価した。その結果、つまずきリスク年齢をフィードバックした群は、何もフィードバックしなかった群に比べて有意につまずきリスクが減少する傾向が確認された。一方これまで通り MTC の統計量をフィードバックした群では有意な効果は確認できなかった。これらのことからつまずきリスク年齢による MTC への効果が示唆された。評価指標の認知と運動変容のメカニズムの解明は今後の研究課題である。

また、上記データベースに登録されているデータの年齢分布に偏りがあるため、以下の２）でこの拡充を行う。

２）転倒のリスク因子抽出用データベースの拡充：

既存のデータベースに登録が少ない、45歳～60歳といった、中高年の歩行データを計測し、データベースの拡充を行うことで、リスク因子をセンサから抽出する際の精度を上げた。

[分　野　名] 情報通信・エレクトロニクス
[キーワード] 人体形状、人間計測、デジタルヒューマン

[研 究 題 目] 手指伸筋腱ネットワークに潜む関節トルク調整機構の解明と筋腱張力推定問題への展開
[研究代表者] 多田　充徳（デジタルヒューマン工学研究センター）
[研究担当者] 多田　充徳（常勤職員1名）
[研 究 内 容]

繊細な手指の機能は複雑な筋腱ネットワークから生み出される。特に手指の伸展機構に関しては、伸筋腱が基節骨の背側で中央索と2本の側索に分岐すると同時に、

これら3本の索に撓側と尺側から伸びる手内筋腱が接続するなど、屈筋腱の走行に比して極めて複雑な構造を持つ。本年度は、この複雑な腱構造の相互作用に着眼し、内在筋腱の張力が外在伸筋腱の走行や張力に与える影響を明らかにするための腱骨格モデルを物理シミュレーションエンジン上に構築した。また、この筋骨格モデルを用いて、腱の走行がモーメント長の変化に与える影響を推定するための予備的な数値シミュレーションを実施した。基本的に腱とは繊維質の束である。このため、曲げ方向に比べて引張り方向の剛性が高いという特徴的な機械特性を有する。本モデルでもこの特性を忠実に再現できるように、曲げ方向には抵抗なく屈曲するが、引張り方向には伸展することがない仮想的な紐状エレメントを用いて腱を再現した。初期状態における腱の走行については、医用画像や解剖写真などを参考に決定した。具体的には、中央索と側索の分岐構造を中心に、2本の伸筋腱と2本の屈筋腱（外在勤腱）、そして3本の手内筋腱（内在筋腱）を持つ構造とした。ただし、指背腱膜については腱モデルに含めていない。腱構造の相互作用（腱張力の伝達や、分岐部における張力の分配など）については物理シミュレーションエンジンを用いて計算できるようにした。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］デジタルヒューマン、筋腱モデル、伸筋腱、屈筋腱、モーメントアーム

［研 究 題 目］InGaAs 系量子井戸におけるメゾスコピック・スピン輸送効果の検証
［研究代表者］川畑　史郎（電子光技術研究部門）
［研究担当者］川畑　史郎（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

ラシュバ及びドレッセルハウス効果は、半導体低次元電子系におけるスピン制御の基本的メカニズムとして興味深く、スピン FET の実現、スピン量子ビットの制御、スピン偏極流の創出及び検出等の応用や新たな物理の開拓が期待されている。ところが、その機構の根幹を担うラシュバ、ドレッセルハウス係数の定量化は未解決の課題となっている。そこで本研究においては、半導体ビリヤードモデルに基づく半古典散乱理論と極低温電子輸送実験を組み合わせることにより、ラシュバ及びドレッセルハウス係数を定量的に評価するための基礎技術を確立する。H24年度は半古典カオスシミュレーションを行い、ラシュバ及びドレッセルハウス係数だけでなく位相緩和長などの非弾性散乱に関連した物理量の抽出にも成功した。これらの結果はスピントランジスタなどの次世代デバイス設計のための重要な指針を与えると期待される。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］半導体、スピントロニクス、カオス、ラシュバ効果

［研 究 題 目］相変化材料のナノ秒領域における高速結晶化温度特性の解明と多値記録への応用
［研究代表者］保坂　純男（群馬大学）
［研究担当者］桑原　正史（電子光技術研究部門）
［研 究 内 容］

相変化メモリーは、次世代の不揮発メモリーとして、盛んに研究開発が行われている。記録保持は相変化材料の結晶－アモルファスの電気抵抗の差によって行われるが、その相転移現象において未知の部分が多い。また、消費電力の観点から、一セルに多くの記録を行う多値化の研究開発も進んでいる。

H24年度は、相変化材料の高温状態での熱的、光学的な測定を通し、その電子構造を議論した。高温時の電気伝導率や熱伝導率の測定を行なった。これらは動作時の熱シミュレーションに使用する熱物性のパラメーターを与えるとともに、相転移機構の解明への手がかりとなる。また、相変化材料の微粒子による新たなるメモリーセルの構造にむけて、微粒子の作製に着手した。群馬大とは、作製条件の議論を行い、また作製後の微粒子観察として群馬大の AFM を用いた。およそ20nm の微粒子の作製条件を決定した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］相変化材料、不揮発メモリー、ナノ微粒子

［研 究 題 目］シリコンナノ構造を基盤としたドーパント原子デバイスの開発
［研究代表者］品田　賢宏
（ナノエレクトロニクス研究部門）
［研究担当者］田部　道晴、小野　行徳、水田　博、
（常勤職員1名、他3名）
［研 究 内 容］

本研究は、半世紀以上にわたってシリコンテクノロジーを支えてきたドーパントの概念を一新し、個々のドーパント原子を利用したドーパント原子デバイスの開発を目指している。1個のドーパント原子を用いたトランジスタを基本とし、さらに2個～数個を利用したメモリ、単電子転送デバイス、フォトニックデバイスなどドーパント原子デバイス群を開発する。並行してドーパント原子導入プロセス、検出技術および第一原理計算によるナノシリコン中のドーパント原子の物性研究を総合的に行って、ドーパント原子デバイス工学の基盤を構築することを目的としている。

平成24年度はシングルドーパントイオン注入法を用いて、ドナー（P，As）イオンがチャネルに沿って1次元に配列したデバイスを作製し、低温においてドナー準位を介する量子輸送特性を観測した。試作した全てのデバイスから量子現象を観測し、ドーパント原子デバイス研究の効率を高めた。シングルドーピング精度を20nm～

50nm に改善するために、電子線リソグラフィを用いて予め形成されたチャネル領域に単一微小孔を形成するための位置合わせ精度の検証に着手した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］シリコン、ドーパント原子デバイス

［研 究 題 目］**多段ゲート電界放出電子源を用いたマイクロカラムの開発と電子線顕微鏡への応用**

［研究代表者］吉田　知也
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］吉田　知也、長尾　昌善、西　孝、神田　信子（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究は電子顕微鏡に利用できるような、静電レンズと電界放出電子源を一体形成したマイクロカラムを開発することを目標としている。本年度は収差が従来よりも少なくなる4段ゲートマイクロカラムの設計および試作を行った。設計の要点は、①レンズに入射する電子のエネルギーを低速にし、なおかつ、②平行ビームが得られるように、電子ビーム軌道解析を行い必要な構造を設計した。産総研で独自に開発した手法（特許第5062761号）により、設計した4段ゲートマイクロカラムを3インチシリコンウエハ上に試作した。試作したマイクロカラムの電子放出特性を測定した結果、①レンズに入射するエネルギーを従来よりも1/3程度の20eV に低速化することができ、②エミッタンス20mrad 程度の平行ビームを形成できること、③集束電子ビームを得るために必須であるクロスオーバー（電子ビームの交差）を作ることができることを確認した。構造としては、概ね設計通りのデバイスが作製できることが確認できたが、電子ビームの径は40ミクロン程度であり、さらなる縮小が必要であることもわかった。更にビーム径を縮小するために、新たにウェネルト電極の検討を開始した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］静電レンズ、マイクロカラム、フィールドエミッタ、電子ビーム

［研 究 題 目］**イオンビームによる細胞へのドーピングと細胞機能修復**

［研究代表者］品田　賢宏
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］品田　賢宏（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、申請代表者らが半導体物性制御用に世界に先駆けて開発した単一イオン注入技術（イオンを1個ずつ数10nm の精度で注入可能）を応用して、ドーパント原子を生きた細胞に注入し、細胞機能修飾を試みている。具体的には、慢性関節リウマチ治療に効果が知られている Au、抗がん剤シスプラチンに含まれる Pt ヒントを得て、細胞へのドーピングを実施、生きた細胞に対する注入効果の検証に着手した。細胞機能修飾を通じて生命現象を解明し、半導体用に開発されたイオン注入法の細胞生物学分野への新展開を図り、創薬分野に資することを研究目的としている。H24年度に研究実施計画で予定した「研究項目１　生きた細胞へのドーピング効果の検証」に取り組んだ。

生きたがん細胞（HeLa）を凍結させた状態で Au イオンを注入し、細胞活性の評価を通じてドーピング効果を検証した。細胞活性評価には、アデノシン三リン酸（ATP）アッセイ（CellTiter-Glo, Promega）を用いた。がん細胞1個当たり1000～10000個の Au イオンを注入すると、未注入の細胞と比べて平均して20～40%ほど ATP 量が向上し、細胞が活性化していることが確認された。イオン注入法による細胞活性の変化を観測した、恐らく初の成果である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］がん細胞、ドーピング、細胞機能修飾

［研 究 題 目］**単一原子ドーピング法による単一原子デバイスの創製**

［研究代表者］品田　賢宏
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］品田　賢宏（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、（たまたま存在する1個ではなく）真に1個のドーパント原子が制御され、動作の基本となる単一ドーパント原子デバイスを創製することを目的としている。ドーパントゆらぎに解決の道筋を与え、次世代デバイス設計指針を与える他、量子コンピューターをはじめとする革新的デバイスの基盤となる基幹技術の確立を目指している。平成24年度の成果は次の通りである。

(1) 単一ドーパント1次元規則配列デバイスの試作と量子輸送現象の観測

リンドナー2個、6個、10個をチャネルに沿って1次元配列させたシリコンデバイスを試作し、電気的特性を評価した。低温において量子輸送現象：1個のドナーが有する2つの準位 D0と D-を介する単一電子トンネリング、及びドナー間カップリングによる Hubbard バンドの形成に起因する電気的特性が観測された。従来、多数のデバイス計測から偶然、観測されるに止まっていたが、本研究では試作した全てのデバイスから量子現象を観測し、単一ドーパント研究の効率を格段に高めた成果である。

(2) ダイヤモンドへの低エネルギーイオン注入による発光センターの生成

H23年度に引き続き、室温で光学的にアクセス可能な量子ビットとして有望視されているダイヤモンド中の Si-Vacancy（Si-V）センターをダイヤモンド表面に規則配列を試みた。Si イオン注入に起因する発光

センター738nm が室温下で明瞭に観測され、Si-V センターの規則配列に世界に先駆けて成功した。Si 注入イオン数と（Si-V）センタの PL 発光強度に正の相関を確認し、収率は現在のところ1%程度であるが、ダイヤモンド表面処理が極めて重要であることを確認した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］シリコン、単一原子ドーピング法、単一原子デバイス

［研 究 題 目］**断熱モード単一磁束量子回路の導入によるサブμW マイクロプロセッサの研究**
［研究代表者］前澤　正明
（ナノエレクトロニクス研究部門）
［研究担当者］前澤　正明、伊坂　美千代
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

本研究では、高速低消費電力で知られる単一磁束量子（single flux quantum; SFQ）回路の極限的な低消費電力化を目指す。断熱モード動作など低消費電力化への回路的ブレイクスルーを中心に、アーキテクチャ、プロセスも含めすべての知見を導入することによって、SFQ 回路の消費電力は従来の1/400から1/100000に低減され、冷凍機の電力を考慮しても半導体システムに対し強い競争力が生まれることが期待できる。本研究では、これらの技術を構築し、最終的に50μW 30GHz 動作16ビットマイクロプロセッサの動作実証を行い、学術的にも未踏領域となる高性能サブμW マイクロプロセッサを実現する基盤技術の確立を目的とする。本年度は、国際超電導産業技術研究センターと連携して、昨年度に CMP 平坦化プロセスを用いて作製した微細 Nb ジョセフソン接合の特性の系統的な解析を行い、ウエハースケールで良好な制御性・均一性の実現に向けて、接合特性ばらつきの主要因を明らかにした。あわせて横浜国立大学と名古屋大学が設計した低消費電力 SFQ 回路を試作した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］超伝導材料・素子、先端機能デバイス、低消費電力、超高速情報処理、デバイス設計・製造プロセス

［研 究 題 目］**Ⅲ - Ⅴ族 p チャネル MOSFET のための価電子帯エンジニアリングと界面双極子制御**
［研究代表者］安田　哲二
（ナノエレクトロニクス研究部門）
［研究担当者］宮田　典幸、前田　辰郎
（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

微細化が物理限界を迎える CMOS 回路への高移動度チャネル材料の導入が近年真剣に検討されているが、プロセスの複雑化を避けるために、p チャネルと n チャネルに同じ材料を用いた MOSFET デバイスにより CMOS を構成することが望ましい。Ⅲ-Ⅴ族半導体を用いた n チャネル MOSFET については良好なデバイス特性が達成されていることから、p チャネル MOSFET の高性能化が重要となっている。本研究は、ホール有効質量が比較的小さなⅢ-Ⅴ族半導体を用いれば高性能の pMOSFET を実現できる可能性があることに着目し、価電子帯エンジニアリング、界面双極子制御、GaSb エピタキシャル層高品質化、MOS 界面制御等の検討を通じて、Ⅲ-Ⅴ族 p チャネル MOSFET の高性能化を目指す。

価電子帯エンジニアリングの一つの手法として、本研究では InGaAs のオーダリングの利用を提案しており、本年度はオーダリングが誘起する誘電率異方性を反射率差分光測定により評価できることを示した。界面双極子制御に関して、GaSb 上の MOS 特性について検討し、熱処理により界面双極子強度の変化によると考えられるフラットバンド電圧シフトを観測した。MOCVD によりヘテロエピタキシャル成長した GaSb について、AFM とホール測定により高い平坦性と電子移動度を確認した。GaSb 上に Al_2O_3絶縁膜を ALD により堆積した MOS 界面について、特性変化を引き起こす熱処理温度と、Sb と GaO の熱脱離する温度との間に対応があることを見出した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］Ⅲ - Ⅴ族化合物半導体、MOSFET、バンド構造、界面制御

［研 究 題 目］**超伝導光子検出器の多画素化のための広帯域・広ダイナミックレンジ読出回路**
［研究代表者］神代　暁
（ナノエレクトロニクス研究部門）
［研究担当者］神代　暁、平山　文紀、山森　弘毅、福田　大治、佐藤　泰、山田　隆宏
（常勤職員6名）
［研 究 内 容］

半導体検出器の30倍優れたエネルギー分解能を持ちながら、受光面積が2桁以上小さいゆえに応用の限られていた超伝導転移端検出器（TES）カロリーメータの受光面積拡大に必要な、多画素 TES からの読出信号の極低温下での周波数多重化技術を開発する。今年度は、昨年度世界で初めて4-8GHz 帯全域にわたり、+/-0.02%の周波数精度で実現した16画素分の超伝導コプレーナ線路共振器の終端に、TES 出力の低雑音読出電流計（SQUID）を集積化したチップの設計・作製・絶対温度4K での評価を行った。読出効率が SQUID インダクタンスに強く依存すること、および本研究の SQUID は、生体磁界計測用 SQUID に比べ1桁小さなインダクタンス（<10pH）を持つため、米国の先行研究で用いられた

平面ループ型ではなく、マイクロストリップ線路ベースの鉛直ループ型 SQUID の採用により、小インダクタンス値の高精度な実現に成功した。読出用マイクロ波信号の SQUID 入力回路への漏洩防止用ローパスフィルタのチップ上への集積化により、SQUID の入力電流に対する共振周波数は、理論通りの周期的応答を示した。しかし、実験的に得られた読出効率は設計値の約1/4と低く、そのため、読出効率と読出回路出力のベースラインのゆらぎから計算した入力換算雑音電流は200-270pA/√Hz と、従来型 TES 読出用 SQUID の典型値に比べ5-10倍悪かった。今後、共振器表面の薄膜誘電体除去による共振 Q 値の向上を目指す。また、三画素の SQUID 入力に、1ミリ秒の時間幅の疑似パルスを1ミリ秒の時間差を付けて各々加え、出力信号の周波数軸上での多重読出実証に成功した。TES と読出回路との協調動作実験の準備に関し、手持ちの断熱消磁型冷凍機クライオスタットへの装荷用要素部品（チップモジュール、極低温増幅器、マイクロ波信号線、コネクタ）の設計と発注を完了した。また協調動作実験に用いる TES の特性と動作パラメータを調べ、来年度以降、TES-SQUID 間の結合設計に活かす。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、計測・計量標準

［キーワード］超伝導、ジョセフソン素子、マイクロ波、マルチプレクス（周波数多重）、センサ、放射線計測

［研 究 題 目］次世代高移動度チャネル材料向け全窒化膜ゲートスタック技術の研究

［研究代表者］前田　辰郎
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］前田　辰郎、安田　哲二
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では、高移動度チャネル材料向けゲートスタック材料として、HfNx を選択し、そのユニークな電子物性を明らかにする事、そして HfN 金属/HfNx 絶縁体/高移動度チャネルという「全窒化膜ゲートスタック構造」を提案し、その有用性を実証する事を目的としている。このゲートスタック構造は、酸化雰囲気を嫌う高移動度チャネル材料に非酸化環境を提供するとともに、化学組成の観点からも最もシンプルなゲートスタック構造であるという特徴を有する。本年度は HfNx の堆積条件の探索と最適化を行った。成膜には、非酸化雰囲気を実現するため、Hf 金属をターゲットにした高真空反応性マグネトロンスパッタリング法を用い、今年度は新規設備として HfNx 専用のスパッタ源を超高真空装置に取り付け、成膜できる環境を整えた。窒化膜形成には、堆積時に窒素を導入しプラズマ化された活性窒素中で Hf 金属を窒化させることから、窒素流量やチャンバー圧力などの堆積時の条件は、形成される窒化膜の電気的特性を大きく左右する。したがって、作製された膜の物理化学分析、電気測定を系統的に評価し、その結果をもとにゲートスタック構造に適した堆積条件の最適化を図った。その結果、窒素流量比が増加するにつれて、抵抗率が指数関数的に増大し、数百マイクロオームの金属から、半導体さらには絶縁体に窒素流量のみで制御できる事を見出した。得られた成果は、国内外の学会等で速やかに外部発表を行い、高移動度チャネル材料向けの新しいコンセプトのゲート構造ということで注目を浴びている。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］半導体、ゲート絶縁膜、ゲート金属、窒化薄膜、スパッタリング

［研 究 題 目］百万画素サブミクロン分解能中性子ラジオグラフィのための固体超伝導検出器システム

［研究代表者］前澤　正明
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］前澤　正明（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、サブミクロン分解能を持つ大画素中性子ラジオグラフィにおいて、学術・産業の基幹技術として大きな期待に答えるため、サブミクロン分解能・100万画素・高フレームレート・全固体素子の実現を目指し基礎研究を推進する。二硼化マグネシウム（MgB_2）、あるいは、ニオブ（Nb）による超伝導ナノワイヤのリニアアレイ・システムを形成することで、ワイヤ中の同位体10B と中性子の核反応熱を運動インダクタンスの変化 ΔLK として検出する一次元1000画素検出系の実現を目指す。Nb を用いる場合は、10B の核反応層を間に挿入するサンドイッチ構造を取る。この一次元1000画素検出系を2式、X 方向と Y 方向に直交させてイベントを同時計測する。小さな運動インダクタンスの変化 ΔLK を感度良く測定するために単一磁束量子 SFQ 尤度判定回路による ΔLK 検出と高速超低消費電力大容量読出しにより高フレームレートを実現し、中性子による実証実験を行う。今年度は、国際超電導産業技術研究センターと連携して、中性子を検出するための中間層に B を挟んだ Nb ナノワイヤと SFQ 多重読出し回路を1チップ上にハイブリッド化するためのデバイス構造などデバイス作製面からの検討を行った。その結果、1チップの大きさを産総研が所有する i 線ステッパーで露光できる最大サイズである22mm 角とし、その問題点を抽出した。また、ナノワイヤ部分と SFQ 回路部分の作製順序とハイブリッド化による問題点を明らかにした。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］超伝導検出器、単一磁束量子素子、中性子、ラジオグラフィー、イメージング

［研 究 題 目］原子層シリサイド半導体を用いたドーピング制御

［研究代表者］内田　紀行
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］内田　紀行、岡田　直也
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究課題では、Si 表面上で遷移金属内包 Si クラスター（MSi_n）を単位構造とする原子層シリサイド半導体を形成し、MSi_n の性質を利用することで、原子レベルの急峻性で10^{21}–$10^{22}cm^{-3}$の超高キャリア密度を実現し、フェルミレベルコントロール可能な原子層シリサイドと Si との界面準位を持たない接合形成、電界や電荷注入による原子層シリサイドのバンドギャップ制御を実証することで、Si ナノエレクトロニクスの革新的な要素技術の開発を目指してしている。

今年度は、電流-電圧、容量-電圧測定から WSin/Si 接合特性を評価した。WSi_nH_x クラスター（n＝～10）を、n 型（P ドープ、8Ωcm）、及び p 型（B ドープ、8Ωcm）の Si（100）基板（n-Si、p-Si）上に堆積して、500℃で熱処理により Wsin（n～10）を単位構造とする厚さ 2nm 程度のヘテロエピタキシャル層を作製した。n-Si との接合では、オーミック特性を示す一方で、p-Si との接合では、0.8eV の障壁高さを持つ整流特性が得られた。n-Si との接合特性の温度依存性から、室温付近では WSi_n 層が$1.7\times10^{19}cm^{-3}$以上の高い電子密度を持っているため、トンネル電流が支配的となり、実質的なオーミック接合を形成すること、220℃以下では、WSi_n 層のキャリアが凍結し空乏層が形成され～0.4eV の障壁を持つ接合を形成したと考えられる。

WSi_n 層は、高い電子密度を持つ原子層シリサイド半導体材料であり、n-Si に対してオーミック接合、p-Si に対して高い障壁（0.80eV）を有する接合材料であり、n-Si に対して、低抵抗かつ急峻な接合を形成できることを実証した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］遷移金属内包 Si クラスター、原子層シリサイド半導体、半導体コンタクト

［研 究 題 目］ナノデバイスでの原子レベル構造変化（ダメージ）と低ダメージ評価手法の研究

［研究代表者］小濱　和之
（ナノエレクトロニクス研究部門）

［研究担当者］小濱　和之、小川　真一、飯島　智彦
（他3名）

［研 究 内 容］

本研究では、ヘリウムイオン顕微鏡内にタングステンカルボニルガスを導入し、二次電子誘起ガス分子解離反応により単結晶 Si 基板表面にタングステン基ピラーを形成させた。ビームエネルギーやビーム電流など種々の照射条件を変化させ、形成されたピラーの形状、結晶構造、成長速度などを、収差補正走査透過電子顕微鏡などを用いて観察・評価すると同時に、ビーム照射により基板に形成されたダメージを定量的に観察・評価し、これらの結果を総合して、極微細ヘリウムイオンビームと材料の相互作用について考察した。

ピラーの詳細観察の結果、ピラーの中心部に数 nm 幅の柱状ボイドが観察され、ビーム照射位置におけるエッチングの発生が示唆された。一方、ピラーと Si 基板の界面において Si 基板のアモルファス化および隆起が観察された。ビーム照射により単結晶 Si がアモルファス化し、体積増大により隆起したと考えられる。種々のビーム照射条件を変化させると柱状ボイド幅および Si 隆起高さは変化したが、ビーム照射条件に直接依存しているわけではなく、ピラー堆積速度が増大するほどこれらは減少した。この結果から、(1)柱状ボイド幅はビーム照射位置におけるピラー成長速度とエッチング速度のバランスで決まっていること、(2)形成されたピラーによってビームが遮蔽されるためピラー成長速度が速いほど Si 基板中に打ち込まれるヘリウムイオン量が減少すること、が示唆された。ピラー形成時には、ピラー成長（ビーム照射による二次電子発生とガス分子解離反応）、柱状ボイド形成（ビーム照射によるピラーのエッチング）、Si 隆起（ビーム照射による Si 基板のアモルファス化）、という少なくとも3つの現象が競合しており、柱状ボイド幅と Si 隆起高さはともに種々のビーム照射条件に直接依存しているわけではなく、ピラー成長速度に依存していることがわかった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］ヘリウムイオン顕微鏡、Si 基板、タングステン、堆積

［研 究 題 目］キラルブレンステッドの酸触媒による制御システムの理論的検討

［研究代表者］内丸　忠文（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］内丸　忠文、都築　誠二
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

プロリンの誘導体である有機分子触媒ジアリールプロリノールシリルエーテルは、マイケル型付加反応や付加環化反応など多くの反応に対して優れた不斉触媒であることが報告されている。また、同触媒を用いる不斉触媒反応は、医薬品や医薬品候補化合物の合成においても鍵反応として巧みに利用されている。このように、ジアリールプロリノールシリルは、合成化学の様々な場面で有用性の高い有機分子不斉触媒であることが示されているが、その反応における位置／立体選択性や不斉識別のメカニズムに対する理解は必ずしも充分ではない。そこで、実験的手法による解析と並行して、計算化学的手法によ

る解析を行うことによって不斉触媒反応における制御機構を明らかにすることを試みる。すなわち、ジアリールプロリノールシリルエーテルの不斉触媒反応システムの制御因子を分子レベルで理解し、触媒の性能向上や目的に即した触媒の創製に向けた設計指針を導き出すことを目指している。

24年度には、ジアリールプロリノールシリルエーテルの不斉触媒反応の反応中間体について、計算化学的手法による詳細な構造解析を行った。その結果、プロリノール系シリルエーテル触媒の不斉反応における反応中間体の構造や、その動的挙動を的確に予測できる方法論を確立することができた。これは、今後、ジアリールプロリノールシリルエーテルの触媒性能の向上や、同触媒を用いる新たな不斉反応の設計に向けて、有用な知見となるものと期待される。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造分野
［キーワード］有機分子触媒、計算化学、不斉反応、ジアリールプロリノールシリルエーテル

［研 究 題 目］生物多様性を規範とする革新的材料技術
［研究代表者］下村　政嗣（東北大学）
［研究担当者］大園　拓哉（ナノシステム研究部門）
（常勤職員1名、他10名）
［研 究 内 容］

本新学術領域研究の目標は、生物学・工学・環境科学の異分野連携によって、「生物多様性」に学び「人間の叡智」を組み合わせた新しい学術領域としての「生物規範工学」を体系化し、技術革新と新産業育成のプラットフォームとなる「バイオミメティクス・データベース」を構築するとともに、生物学と工学に通じた人材を育成することを目的としている。本領域は、7つの計画班と総括班から構成され、総括班には、計画班メンバーからなる実施グループ、評価グループ、産学連携グループ、ならびに事務局を置き、以下等の実施を開始した。
(1)各計画班内ならびに班間における異分野融合を効果的に推進するために、主として若手の連携研究者・大学院生を対象にした連携研究課題の募集と支援を行う。(2)「バイオミメティクス・データベース」作成の進捗を勘案しつつ、ポータルサイトの運用計画を立てる。(3)「生物と工学の融合」を主題とする講習会を開催する。(4)バイオミメティクス国際標準化の国内審議・認証機関である高分子学会や関連の学協会との密な連携のもと、海外における実用化、産業化など研究開発動向を収集分析する。(5)領域国際会議、分科会および全体会議を開催する。(6)本領域の研究成果や国内外の研究動向を発信するホームページを設置する。(7)博物館が有する生物資源を効率的にデータベース化するため、博物館ネットワーク形成の検討を始める。(8)博物館機能を利用して、市民講座や定期刊行物等による市民向け情報発信を図り、我が国の科学・技術を文化として育むことに資するとともに、次世代人材育成に寄与する。
［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］バイオミメティクス、データベース、生物規範工学、自己組織化

［研 究 題 目］結晶性酸化チタンサブミクロン球状粒子のグラムスケール安定合成法の開発
［研究代表者］佐々木　浩一（北海道大学）
［研究担当者］越崎　直人（ナノシステム研究部門）
（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

結晶性機能性物質のサブミクロン球状粒子の合成手法として、液相中に分散したナノ粒子コロイド溶液パルスレーザーにより選択的加熱を行う方法（液中レーザー溶融法）を開発し、さまざまな物質でサブミクロン球状粒子作製が可能であることを示してきた。この手法ではナノ粒子を原料とすることが重要であるが、活性金属のナノ粒子は危険物に分類されるためその入手が困難であった。しかし、活性金属の酸化物のナノ粒子を出発原料として、有機溶媒中に分散してレーザー光を照射することで銅や鉄などの活性金属のサブミクロン球状粒子を作製できることがわかってきた。この手法を利用することで、さまざまな合金のサブミクロン球状粒子作製の可能性が開けてきた、そこで、従来法では得られない組み合わせの非相溶性 Au-Co 合金サブミクロン球状粒子の作製を目指して、2成分混合コロイドを利用した球状粒子の作製法について検討した。

原料として、金ナノ粒子とコバルト酸化物ナノ粒子を原子比 Au:Co＝60:40でエタノール中に混合後、レーザー光（30Hz の Nd:YAG レーザー2倍波（532nm）、100 mJ $pulse^{-1}cm^{-2}$、1時間）を照射した。レーザーの照射時間を変えて得られる生成物の相変化を調べたところ、5分間照射では結晶相は Au だったが、10分間の照射で AuCo 相が徐々に生成し始め、照射時間が増加するとともに Au 相の割合が徐々に減少し、60分間照射で AuCo 相のみが存在した。

Au と Co の組み合わせは非相溶性であり、通常の熱力学的プロセスではほとんど合金相が生成しないことが知られている組み合わせであるが、本手法による合金相生成を確認した。
［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］サブミクロン粒子、合金、球状粒子

［研 究 題 目］ナノ構造形成・新機能発現における電子論ダイナミクス
［研究代表者］土田　英二（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］土田　英二（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究は新学術領域研究「コンピューティクスによる物質デザイン」の一環として行っているもので、物性科

学とハイパフォーマンスコンピューティング分野の密な協力を進め、京コンピュータやその後継機のような大規模な計算機環境を活用することで前例のない規模の第一原理シミュレーションを行うことを目標としている。最近は以下のような項目について研究を進めている。

(1) 今年度から「京コンピュータ」が運用を開始したため、プログラムの対応を進め、最大でピーク性能の40%程度を実現できることを確認した。また、ベリー位相を用いたボルン有効電荷や分極率の計算機能を追加し、色々な検証を行った。

(2) 次世代スパコンで主流になりそうなアクセラレータ搭載システムを導入し、検証を進めた。導入したシステムは Intel Xeon Phi プロセッサであり、ピーク性能は単精度で2,022GFlops、倍精度で1,011GFlops である。コアの数は60、クロック数は1.053GHz、搭載メモリは8GB となっている。インテル系アクセラレータの特徴として、MPI や OpenMP で並列化された自作プログラムを比較的容易に動作させることができる。このアクセラレータ上で行列積に対する実行性能を測定し、大規模な問題に対してはアクセラレータが理論性能の80%近い高性能を発揮することを確認した。

[分　野　名] ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] シミュレーション、京コンピュータ、第一原理計算

[研 究 題 目] 第一原理有効模型と相関科学のフロンティア

[研究代表者] 三宅　隆（ナノシステム研究部門）

[研究担当者] 三宅　隆、石橋　章司、小杉　太一（常勤職員2名、他1名）

[研 究 内 容]

密度汎関数法と強相関模型解法を融合した手法を発展させ、強相関物性解明に必要な方法論の確立と応用を目指す。強相関物質の金属絶縁体転移や競合するゆらぎを第一原理的な手法で非経験的に理解した上で光電子分光、光学スペクトルなどの励起構造に現れる強相関効果を解明し、実験結果との比較検証を進める。とりわけ誘電応答、交差相関に関する第一原理からの知見を得て、スピン軌道相互作用と電子相関効果の競合と絡み合いが生む物理を解明する。H24年度は自己エネルギーの動的効果を繰り込んだ低エネルギー有効模型を構築する方法論を開発した。この方法を鉄系超伝導体に適用し、磁性を議論した。また自己エネルギーの非局所性を GW 近似で、短距離相関を動的平均場理論で扱う GW＋DMFT 法を開発・整備し、ペロフスカイト酸化物 $SrVO_3$に適用した。

[分　野　名] ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] 計算科学、電子相関

[研 究 題 目] コロイド結晶の応力変形

[研究代表者] 森田　裕史（ナノシステム研究部門）

[研究担当者] 森田　裕史（常勤職員1名）

[研 究 内 容]

近年コロイド等の粒子材料についての研究が、機能材料の観点から多く進められている。一方で、コロイドが凝集したコロイド結晶についての応用の模索も始まっている。コロイドやコロイド結晶の材料を用いようとした場合、それ自体の変形等によってその機能等に影響を及ぼすことも考えられるが、このコロイドの変形について扱った研究はほとんどない。そこで、本研究では、実験と理論（数値）解析を組み合わせることで、その粒子の変形について解析を行い、変形のメカニズムについて、研究を行っている。

実験より、(a) Micro-bricks 型、(b) Micro-dobbers 型、(c) Micro-runner beans 型の3つの興味深い構造が観測された。理論解析の側からは、これらの構造について、各長さについて伸長率と並べて比較を行い、理論的に解析できるかどうか、調査した。コロイド結晶が接触している状況の構造解析より、最密充填の六方格子状に粒子が並んだ構造を仮定した。そこから、伸張倍率をもとに、各長さについて、アフィン変形のもとで解析したところ、伸張方向についてはきっちりと理論と一致するが、伸張方向と水平な長さについては一致しないことが示された。次年度は、3つの構造について、接着している部分と変形できる部分という観点から解析を進める予定である。

[分　野　名] ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] コロイド結晶、アフィン変形、界面

[研 究 題 目] 錯体分子超構造膜の構築と量子効果発現

[研究代表者] 石田　敬雄（ナノシステム研究部門）

[研究担当者] 石田　敬雄、大山　真紀子（常勤職員1名、他1名）

[研 究 内 容]

24年度は、年度は最初に量子構造の前段階の実験として錯体分子の多層膜について、合成された3種の Ru 錯体を用いて、単成分多層膜の電気伝導性、光学特性等についての測定を行った。まず ITO 基板上にこれらの錯体分子をジルコニウムイオンを多層化のための錯イオンとして用いて、単成分の多層膜を作製した。5層膜まで作製し紫外可視吸収スペクトル、電気化学測定、サンドイッチセルによる物性測定を行った。Ru 単核錯体、Ru2核錯体、Ru-N2核錯体のそれぞれの分子単成分では多層膜の形成が電気化学測定より確認できた。導電性高分子を上部電極としたサンドイッチセルによる導電性の測定結果から電子移動能を示す β 値は0.02から0.04 $Å^{-1}$ の値となった。また一部の分子での液体窒素温度まで冷やして低温での導電性測定を行い、10meV 程度の低い活性化エネルギーを得た。これは従来までに代表者たち

が測定してきた水素結合による Ru2核錯体での測定結果と近い値であり、ジルコニウム金属での錯形成でも錯体多層膜に共鳴トンネルに近い飛び石機構での長距離電子移動が成立し、超格子構造をとっても十分に電気伝導性測定が可能であるとの結果になった。この結果を受けて、量子効果発現の可能性のある Ru 単核錯体、Ru2核錯体を交互に積層した多層膜を ITO 基板上に形成して同様にサンドイッチセルによる導電性の測定を行った。流れる電流は膜厚に対して単成分系と異なり単調な変化を示さず、複雑な変化を示した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］表面コーティング、分子素子、超分子、自己組織化

［研 究 題 目］再生医療のための遺伝子導入の空間的･時間的コントロール

［研究代表者］大矢根　綾子（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］大矢根　綾子、荒木　裕子、鶴嶋　英夫（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

研究代表者らはこれまでに、ラミニン、フィブロネクチンなどの機能分子を複合担持させた DNAーアパタイト複合層（以後、複合層）による遺伝子導入技術を開発してきた。本研究では、骨組織再生における本遺伝子導入技術の有用性を検証するための *in vitro* および *in vivo* 実験を行った。まず、種々の条件下で複合層（ルシフェラーゼの cDNA を含むプラスミド使用）を作製し、遺伝子導入効率向上のための最適化を行った後、骨組織再生医療において有用なラット間葉系幹細胞に対して遺伝子導入を試みた。ルシフェラーゼアッセイの結果、本複合層によって、株化細胞だけでなくラット間葉系幹細胞に対しても遺伝子を導入できることを確認した。次に、ルシフェラーゼに代わって骨形成タンパク質－2の cDNA を含むプラスミドを用いて複合層を作製し、骨芽細胞系株化細胞である MC3T3-E1細胞の *in vitro* 骨分化誘導実験を行った。その結果、複合層の表面ではコントロール群（アパタイト層および機能分子を含まない複合層）に比べて、細胞の骨分化が有意に促進されることを明らかにした。さらに、人工骨モデル材料である焼結水酸アパタイト基板の表面に複合層を形成させてラットの頭蓋骨欠損部に移植した。移植後、周辺組織における骨分化マーカーの遺伝子発現量および新生骨形成量が、コントロール群に比べて有意に増大した。また、複合層をラットの皮下（骨組織のない部位）に移植した場合にも、骨欠損部と同様の遺伝子発現の結果が得られた。これらの結果から、本遺伝子導入技術の骨組織再生医療における有用性が実証された。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造、ライフサイエンス

［キーワード］アパタイト、細胞接着因子、遺伝子導入、再生医療、複合層、骨

［研 究 題 目］マイクロカンチレバープローブの非線形振幅制御と完全非接触ナノバイオセンシング

［研究代表者］藪野　浩司（慶應義塾大学）

［研究担当者］黒田　雅治（ナノシステム研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、生体関連試料を生きたまま生理機能を乱さずに、ナノスケールの解像度で、かつリアルタイムに動画観察可能な計測システムを開発することを目標とした。すなわち、原子間力顕微鏡（AFM）用van der Pol型自励発振マイクロカンチレバープローブの発振原理をさらに発展させて、生体試料に対し完全非接触でダメージを与えずに、リアルタイムで液中観察可能な計測システムを開発する。

そのために、まず、測定環境の非線形粘性抵抗を考慮したマイクロカンチレバーの力学モデルを導出した。次に、多重尺度法を用いた非線形解析により、時間とともにゆっくり変動する成分を支配する方程式（平均化方程式）を取り出し、それを直接操作することによってマイクロカンチレバーの定常振幅を低減化する非線形制御法を構築した。さらに、マイクロカンチレバーへの加振入力が加速度として作用することに着目し、積分型の非線形フィードバック制御法を提案した。この結果、高速スキャンニングの成否を左右する高周波ノイズの影響を受けることなく、安定な自励発振が可能になった。

低振幅定常自励発振法を確立するため、光てこ出力のノイズの除去や感度の向上、さらに非線形フィードバック回路の精度の向上、カンチレバー保持機構の最適化、各種回路の改良、遮光による光てこ出力のノイズの低減化などの作業を必要とした。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］振動制御、分子計測、バイオ関連機器、非線形分岐制御

［研 究 題 目］階層的シミュレーションによる球状錯体創発過程の解明

［研究代表者］米谷　慎（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］米谷　慎（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は、分子レベルの高次構造創発のメカニズムを、階層的シミュレーションを用いることにより分子論の観点から解明することを目的とするものである。前年度は、粗視化を溶媒モデルにのみ留めたモデリングに於いて、構成要素数の最も少ない球状錯体の一つである M_6L_8系に於いて、自発的な球状錯体形成のシミュレーションに成功した。今年度は、上記 M_6L_8系に適用したシミュレーションモデルを、当初研究計画のターゲットである、

より構成要素数の大きな球状錯体である $M_{12}L_{24}$ 系に適用し、その自発形成能を検討した。その結果、M_6L_8 系と基本的に同様の、1. 自己集合、2. 構造進化、3. 構造捕捉の3つのステージプロセスにより、$M_{12}L_{24}$ 系においても球状錯体自発形成が得られ、当該シミュレーションモデルの妥当性がより大きな系でも確認できた。一方で、同程度の計算時間スケールでは、$M_{12}L_{24}$ 系では M_6L_8 系よりも完全な球状錯体形成の生成率が遥かに小さく、この点でシミュレーションモデルの改良の余地があることも明らかとなった。生成率が低い原因について詳細に解析すると、$M_{12}L_{24}$ 錯体形成に至る以前に特定の構造へのトラップが生じている事が明らかとなった。これらのトラップ構造はエネルギー的に $M_{12}L_{24}$ 錯体より不利のはずであるが、現在のモデルではこのエネルギー差の再現が不十分であることが原因と思われることが判った。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］錯体、自己組織化、シミュレーション、配位結合、粗視化

［研 究 題 目］**第一原理的固体光物性の提唱：分子性結晶の特徴づけとその光誘起相転移**
［研究代表者］下位　幸弘（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］下位　幸弘、岩野　薫（高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所）（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

平成24年度は、本課題の最終年度にあたるため、これまでの成果を集大成するとともに、今後の新たな展開も念頭に置き研究を進めた。特に、本課題の主たる対象物質である $(EDO\text{-}TTF)_2PF_6$ に対して、昨年度に引き続き、我々が開発を進めてきた「環境場を無撞着に取り入れた第一原理計算」を用いた励起状態に対する原子緩和の理論について詳細な検討を進めた。その成果を取り纏め、Physical Review Letters に論文発表した。また、この成果の重要性を考え、高エネルギー加速器機構からプレス発表をおこなった。より具体的には、この論文において、(1) CT2と呼ばれる特定の励起状態が大きな構造緩和を起こすこと、(2) この緩和の方向が絶縁体–金属転移で期待される構造変形に近く、特に分子間距離の変化に大きく見られることなどを明らかにし、CT2からの励起緩和が光誘起相転移の初期過程として重要なことを理論的に解明した。$(BEDT\text{-}TTF)_2I_3$ に対して、ハイブリッド型密度汎関数法を用いることにより、この物質の電荷秩序状態を良く説明できることを、国際会議で発表した。新たな展開も念頭においた研究として、水素結合型強誘電物質であるクロコン酸に対し、密度汎関数法を用いたクラスター計算を行った。この物質の励起状態と非線形光学効果に関し分子軌道からの知見をうることができ、実験研究とともに Applied Physics Letters に論文投稿を行った。その他、（チオフェン／フェニレン）コオリゴマーやナフチルヘキサトリエンなど有機材料について密度汎関数法計算などを行い、実験研究者と論文発表をおこなった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］光物性、分子性固体、物性理論、計算物理、有機導体

［研 究 題 目］**ナノ接合での非弾性電流、局所加熱、熱散逸の第一原理シミュレーション**
［研究代表者］中村　恒夫（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］中村　恒夫（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

第一原理電気伝導計算方法を用い、ナノワイヤーや有機薄膜－電極接合での電気伝導シミュレーションを行った。また、ナノ接合系での伝導電子－フォノン（接合分子振動）相互作用による非弾性電流、局所加熱、基板電極への熱散逸といった過程を第一原理計算する為の基礎理論構築とプログラム HiRUNE の開発を行った。精密計測との比較を行いながら実在系分子・分子膜－電極接合複合構造体の非平衡電気伝導を解明した。

二核金属有機錯体分子からなる分子膜が従来のπ共役分子よりもはるかによい長距離伝導特性をもつことが実証された。本研究で、HiRUNE を用いて、膜厚（分子長）を変化させ伝導度を決定するとともに、伝導性軌道の特定とサイトエネルギーアライメント計算により、金属核がもたらす伝導物性を明らかにした。電気伝導、電子－フォノン散乱による非弾性電流と同じ精度（第一原理）での熱流、ジュール熱生成のシミュレーション基礎理論の確立に向けて研究を継続中であり、上の二核金属錯体分子についての熱伝導計算も成功している。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］第一原理シミュレーション、非平衡伝導理論、ナノエレクトロニクス

［研 究 題 目］**電子顕微鏡による高分子接着機構の解析と接着制御**
［研究代表者］堀内　伸（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］堀内　伸（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

高分子－高分子の接着において、界面での分子鎖からみ合いが重要な役割を果たすことが知られている。我々は、接着剥離表面を低加速 SEM により高分解能観察すると、分子鎖の一部の絡み合いにより形成された接着強度の低い界面のはく離により形成された表面に、太さが10～20nm の微細なフィブリルが形成することを見出した。このフィブリル構造を詳細に検討すると、界面における絡み合い構造に関する知見が得られることが明らかになった。低加速高分解能 SEM により初めて明らかになった破面構造の特徴の定量的な解析を進めるため、白金－カーボンレプリカにより表面構造をカーボン薄膜に

転写し、透過型顕微鏡（TEM）による電子線トモグラフィーにより、3次元構造の構築を検討した。特に、走査透過型電子顕微鏡（STEM）による環状暗視野像（ADF）により、SEM で見られた構造を再現することが可能となり、3次元立体構築化により、表面構造の定量的な解析が可能となった。今後は、本手法により、破面構造を系統的に解析し、高分子界面構造と接着破面構造との相関を詳細に検討する。

さらに、真空紫外光により表面改質したシクロオレフィンポリマー（COP）の低温接着挙動の界面と接着の解析を検討したころ、溶融接着での剥離面と同様のフィブリル構造が得られることが明らかになった。このことから、ナノフィルリル構造と接着界面との相関は幅広い高分子系に適用することが可能であることが示唆され、接着機構の解明に役立つことが明らかになった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］接着、高分子、電子顕微鏡、フラクトグラフィー

［研 究 題 目］**有機半導体のフロンティア状態密度の直接観測に基づいた電気物性の解明**
［研究代表者］石井　久夫（千葉大学）
［研究担当者］宮前　孝行（ナノシステム研究部門）（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

有機 EL などの有機デバイスにおける有機材料界面の構造や相互作用を詳細に解析するために、界面選択性の高い和周波発生（SFG）分光による材料表面のその場計測を進めた。可視光レーザーを波長可変化した2色可変 SFG 分光装置を用いて有機 EL デバイスで、液体である ethyl-hexyl calbazole（EHCz）を用いた有機 EL デバイスが近年注目されている。有機 EL においては界面の分子の分極がデバイスの電気特性に大きく影響を与える可能性があるため界面における分子の配向を知ることが重要になるが、液体表面の分子配向を評価することのできる手法は非常に限られる。SFG 分光は液体表面の分子配向を解析できる手法であるので、EHCz について気液界面における表面構造を SFG 分光を用いて検討した。CH 伸縮領域では EHCz の側鎖の CH 伸縮振動は全く観測されず、表面では側鎖は液体内側方向を向いていることが示唆された。また紫外光を励起光源とした SFG 分光では、1465cm^{-1}付近に弱いピークが観測されており、EHCz は気液界面ではアルキル側鎖を液層側に向けてカルバゾール骨格が液体表面に突き出して配向していることが明らかとなった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］有機 EL、表面・界面、非線形分光

［研 究 題 目］**有機電解質におけるゲル化機構の解明と高機能材料化**
［研究代表者］吉田　勝（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］吉田　勝、長沢　順一（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

当該研究の目的は、機能材料として新規な物質系である『ゲル形成能をもつ有機電解質（電解質ゲル化剤）』の自己組織化過程を詳細に解析することにより、その知見に基づいて新たな有用材料系を創出することを主たる目的としている。具体的には、電解質ゲル化剤の誘導体として、コアとなる主鎖ユニットおよび置換基を系統的に変えた種々のモデル電解質化合物を作成し、その物性を明らかにすることで、産業化に適した高機能を有する新たな電解質ゲル化剤を創製するものである。今年度は、一昨年から検討しているイオン液体に特異的に作用する新規構造の電解質ゲル化剤について、スペーサー部分の長さを変えた誘導体を合成してゲル化能を検証し、その特異な物性をさらに解析した。電解質ゲル化剤のスペーサー部分の長さを短くすることによりゲルの耐熱性の向上が見られた。動的粘弾性法により測定したイオン液体ゲルの貯蔵弾性率は物理ゲルとしては非常に大きく、5%の濃度でも形態を保持する固さがある。また、イオン液体ゲルはチキソトロピー性を示した。赤外吸収スペクトルの測定により、イオン液体のゲル状態ではアセトニトリル溶液状態に比べてアミドⅠ吸収帯が低波数側にシフトしており、アミドのカルボニル基がゲル中で水素結合や静電的相互作用など何らかの相互作用をしていることが示唆され、ゲル化機構に関係していると推測される。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］ゲル・電解質・イオン液体・電導度

［研 究 題 目］**社会的インプリケーティングによる生物規範工学体系化**
［研究代表者］石田　秀輝（東北大学）
［研究担当者］阿多　誠文（ナノシステム研究部門）（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

サブセルラー材料研究及びバイオミメチックスデータベース研究成果をシーズに、また、持続可能な社会に必要なライフスタイルをニーズとして、これら両者をマッチングさせ、人と地球を考えたテクノロジーのパラダイムシフトのためのテクノロジー創出システムを構築する。産総研は社会科学的視点から、生物規範工学が研究開発からイノベーションプロセスへの展開、さらに社会からの信頼性醸成に至る包括的ガバナンスの課題に取り組む。また、日本におけるバイオミメティクスの研究開発とその産業化のために、バイオミメティクスに関する国際標準化活動の立ち上げを行い、その活動に対する国内審議会の設立や産学コンソーシアムの枠組みつくりといった戦略対応を担っている。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］バイオミメティクス、国際標準化 ISO/TC266 Biomimetics、JISC 国内審議会、テクノロジーガバナンス

［研 究 題 目］**生物毒素に対する分子認識素子の創製と効果的な除染法の開発**

［研究代表者］瀬戸　康雄（科学警察研究所）

［研究担当者］鵜沢　浩隆（ナノシステム研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

リシン等の生物毒素を吸着・除去する除染技術を開発するために、標的毒素が結合する認識素子の設計・合成を行った。リシンは、非還元末端側のβ－D－ガラクトース残基と結合するので、この糖残基を有する誘導体を合成した。目的の生物毒素以外による非特異的吸着を抑制する目的で、還元末端側のスペーサーにはオリゴエチレングリコール基を導入した。除染剤の基材として、カルボン酸で修飾したシリカモノリス担体を選択し、将来、合成糖鎖を縮合させるため、糖誘導体のスペーサー末端にアミノ基を導入した。結果として、トリエチレングリコール基を有するβ－D－ラクトース、β－D－ガラクトース、β－D－N－アセチルグルコサミン（対照）、β－D－グルコース（対照）の各誘導体、及び、ジエチレングリコール基を有するβ－D－ラクトース誘導体を合成した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］テロ対策、分子認識、認識素子、機器分析、生物毒素

［研 究 題 目］**微小錐台におけるエバネッセント光の結合効果による自然放射光の指向性**

［研究代表者］王　学論（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］王　学論、天野　建（電子光技術研究部門）、今村　裕志（ナノスピントロニクス研究センター）、戸田　直也（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

高い空間指向性を持つ発光ダイオード（LED）の実現は様々な応用分野において強く望まれている。我々は微小リッジ構造におけるエバネッセント光–伝播光変換現象の研究において、発光領域をリッジ構造の中心に局在させることによって、光はリッジに直交する面内において高い指向性を持って放出される現象を見出した。本研究は上記現象を利用したもので、その目的はエバネッセント光の結合現象を錐台構造において2次元的に発現させることによって、全ての方向において高い空間指向性を持ち、しかもその指向性は目的や応用に応じて自由に設計できる革新的高指向性・高輝度 LED を実現することである。平成24年度では、主に微小リッジ・錐台の作製に必要な微細加工プロセスの開発を行った。具体的に、リッジ構造に関して、選択ウェットエッチング・再成長プロセスを用いて幅100nm 程度のストライプ状の InAs/GaAs 量子ドット層を GaAs リッジ構造の中心付近に±100nm 程度の精度で配置させることに成功した。作製した試料の発光特性をフォトルミネセンス法で評価したところ、量子ドット層の発光強度がその位置がリッジの中心からずれるにつれて弱くなる傾向が観測された。この結果は理論シミュレーションと一致しており、リッジストライプの垂直方向において指向性が実現されていることを示唆している。一方、微小錐台構造に関して、AlGaInP の場合、Al 酸化物や In 塩化物などの堆積物の影響により、平滑な傾斜面を有する錐台の作製が困難であることが判明した。これに対して、GaN の場合、エバネッセント光の結合効果の発現が可能な微小錐台の作製に成功した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］発光ダイオード、指向性、錐台構造、エバネッセント光、結合

［研 究 題 目］**有機電界効果デバイス界面の電子・スピン機能とその制御**

［研究代表者］下位　幸弘（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］黒田　新一（名古屋大学）、伊東　裕（名古屋大学）、丸本　一弘（筑波大学）、田中　久暁（名古屋大学）、下位　幸弘（常勤職員1名、他4名）

［研 究 内 容］

有機電界効果トランジスタ（FET）は高移動度分子の開発などによる性能向上が著しく、応用研究が盛んに行われる。一方、高い移動度の起源や伝導機構について物性的な観点からも注目さている。本研究では、FET 界面の注入キャリアを直接検出する新しい実験手法である電場誘起電子スピン共鳴（FI-ESR）法を用い、新しい分子の導入やデバイス界面の化学修飾などにより性能が著しく向上している新規な FET へ系統的に展開する。これにより、キャリアの電子状態と伝導特性との相関を解明し、キャリア伝導機構をミクロに解明することを主要な目標としている。本研究課題において、産総研は、名古屋大学ならびに筑波大学の実験グループとの相互フィードバックのもと、理論研究を担当する。

本課題の産総研担当部分の研究として、分子動力学法を用いた有機半導体高分子 P3HT の界面配向に関するシミュレーションをおこなった。P3HT は典型的な有機デバイス材料で、界面でエッジオンとフェースオンの2通りの分子配向をとることが知られている。この2つの配向のエネルギー安定性の要因を理論的に解明し、界面構造を制御する可能性を理論的に考察した。さらに、密度汎関数法を用いた g 値の理論計算を Alq3分子等に対しておこない、ESR 実験との比較・検討した。また、オリゴアセンとルブレンの g 値の理論計算の結果につ

いて誌上発表をおこなった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］有機半導体、電子スピン共鳴、有機電界効果トランジスタ、シミュレーション

［研究題目］生体膜における不均一構造のダイナミクス

［研究代表者］関　和彦（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］関　和彦（常勤職員1名）

［研究内容］

生体膜は数十種類の脂質で構成されており、多数のステロールなども含まれている。多くの成分は生体膜内で均一には分布しておらず、特定の脂質が集まった動的ドメインが特定のタンパク質を取り込み、シグナル伝達などの役割を果たしている。本研究では、生体膜を多成分の2次元流体とみなして、周囲の溶媒も含めた流体力学的効果および粘弾性効果を詳細に検討することにより、生体膜における不均一構造の形成ダイナミクスを、理論およびシミュレーションの手法を用いて研究した。生体膜における動的不均一性の物理的起原を議論するには、生体膜の周囲に存在するバルク溶媒（具体的には水）を媒介とする流体力学的相互作用を考慮することが重要である。本研究では特に(1)バルク溶媒の粘性および粘弾性効果、(2)膜の形状について、多成分生体膜の構造とダイナミクスに関する研究を行った。その結果、球状膜中のドメインの拡散融合による成長則をバルク溶媒の粘性効果を考慮して理論的に導出した。また、バルク溶媒の粘弾性により、脂質中での相関拡散が異常拡散となることを示した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］自己組織化、脂質二重膜、不均一構造

［研究題目］in situ 非線形分光による有機金属界面分子配向と界面相互作用の研究

［研究代表者］宮前　孝行（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］宮前　孝行（常勤職員1名）

［研究内容］

有機 EL などの有機デバイスにおける有機材料界面の相互作用を詳細に解析するために、界面選択性の高い和周波発生（SFG）分光による実デバイスのその場計測を進めた。可視光レーザーを波長可変化した2色可変 SFG 分光装置を用いて実際の有機 EL 素子評価への適用を試みた。実際に安定して動作する有機 EL 素子は性質の異なる有機層が幾層も積層され、さらに封止された状態で作製されている。こうした封止状態の有機 EL 実素子内部の各有機層からの情報を選別して計測できる手法は極めて限られる。また通常の有機 EL 素子はガラス基板上やプラスチック基板上に作製されるためそのままの状態では SFG 分光の測定を行うことは不可能であるが、産総研に設置されている次世代化学材料評価研究技術組合（CEREBA）の協力により、通常の有機 EL 素子と同じ特性を有する SFG 分光測定用のフッ化カルシウムを基板として有機 EL 素子を作成し、測定を進めた。我々は、SFG 分光において、可視光の波長を有機物固有の光学遷移に合わせることで起こる2重共鳴効果と、測定試料に電位をかけることで引き起こされる電界誘起効果を効果的に使用することで、積層型有機 EL の個別の層の情報を引き出すことに初めて成功した。多層積層された有機 EL 素子に電圧を印加することで有機 EL 素子内部に電荷集中する層が存在し、印加電圧と蓄積電荷により形成された内部電界が比例関係にあることを解明した。この手法は、有機デバイスを非破壊で計測する方法として非常に有効な方法であり、今後、有機デバイスの機構解明を目指していく。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］有機 EL、界面、非線形分光

［研究題目］化学反応を駆動源とする超省エネ型・新規自励振動ゲルアクチュエータを用いた外部装置フリーのマイクロ流体素子の開発

［研究代表者］原　雄介（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］原　雄介（常勤職員1名）

［研究内容］

自励駆動する筋繊維を模倣したナノファイバーゲルアクチュエータの創製に向け、水溶液中で安定なナノファイバーゲルの構築を目指した。水溶液中で安定なナノファイバーゲルの作製には、ナノファイバー中に化学結合もしくは物理結合を構築する必要性がある。本研究では、ナノファイバーを構成する自励振動するポリマー鎖に疎水基を導入包することにより、疎水基同士の相互作用によってポリマー鎖間に物理的な結合を持たせることを目指した。その結果、疎水基を導入した自励振動高分子を原料としてエレクトロスピニング法によって作製したナノファイバーは耐水性を有し、含水しながらも耐水性を付与することができた。現在、自励振動高分子からなる耐水性を有するナノファイバーゲルの駆動条件を探索している。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ナノファイバー、アクチュエータ、エレクトロスピニング

［研究題目］知能分子ロボット実現に向けた化学反応回路の設計と構築

［研究代表者］小林　聡（電気通信大学）

［研究担当者］原　雄介（ナノシステム研究部門）（常勤職員1名）

［研究内容］

本研究課題では、分子デバイス群を統合して動作させる分子ロボットの知能中枢を担う、核酸をベースとした

化学反応回路の構築を通じて、知的な動作が可能な分子ロボットを設計・構築する方法論の確立に取り組んでいる。本研究では、高感度な光応答性分子を設計・合成し、これを用いて従来の100～1000倍の処理速度を有する光演算素子を開発する。またこの光演算素子を1分子状態遷移機械に組み込み、より高速に動作する状態遷移機械を実現する。これと並行して、確率的自律分散システムの解析理論、および複雑な化学反応系の数理解析理論を応用し、安定に動作する状態遷移機械を設計する方法論を確立する。分子ロボット実機の作成に向けて他班と緊密に連携し、センサからの核酸シグナル情報を処理して運動に変換する機構を開発する。特に本研究期間においては、核酸をベースとした化学反応回路を内包した高分子ゲルの分子設計を行った。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］高分子ゲル、アクチュエータ、核酸、分子ロボット

［研 究 題 目］非整数階微積分の工学応用

［研究代表者］黒田　雅治（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］黒田　雅治（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、非整数階微積分によって記述されるダイナミクスを状態空間表示し、非整数階微積分応答の計測、および非整数階微積分に基づく制御器の設計方法について明らかにする。

提案したマルチセンサ法とは、特殊なアナログ・デバイスやデジタル・フィルタなどを必要とせず、既存のセンサ（変位計、速度計、加速度計など）を用いて、構造物上の複数点での応答から、それら応答信号の実係数の線形結合として、ある1点での非整数階微積分応答を求める手法である。

平成24年度は、デジタル・シグナル・プロセッサ（DSP）システムを用いて、マルチセンサ法に対応する制御器を構築すると共に、計測・制御実験の対象たる構造物（例えば、片持ち梁など）、およびセンサ、アクチュエータの選定に進んだ。その結果、外乱及び制御力を構造物に印加するアクチュエータとして当初計画していた動電型加振器を用いるのではなく、スタック型の圧電素子を構造物に接着し、それによって外乱と制御力を与える方が理論通りの制御系の実現につながることが判明した。

次年度（最終年度）は、アクチュエータをスタック型圧電素子に切り替えて、制御対象を制御ループに組み込み、制御実験を開始する。構造物の非整数階微分応答をマルチセンサ法によって計測した後、非整数階微分応答のフィードバックに基づく最適制御を実現する。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］物理数学、ダイナミクス、運動方程式、制御工学

［研 究 題 目］in situ XAFS と XRD 同時測定による無機発光材料の活性点構造の解明

［研究代表者］阪東　恭子（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］阪東　恭子（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は、ガス流通下室温より1000℃までの加熱処理条件下で、X 線吸収端微細構造解析（XAFS）と X 線回折（XRD）を同時にその場測定することを可能にする新規 XAFS および XRD 同時測定法の開発し、それを用いて新規無機エレクトロルミネッセンス（EL）材料である希土類イオンドープアルミナ自立膜を焼成条件下でその場観察し、EL 発光活性構造および活性構造発現の機構、活性構造発現条件の解明を行うことを目的とする。H24は、新規セルの設計に必要な情報を得るために、既存の XAFS および XRD 測定両用セルを用いて、EL 発光の発光元素としての Tb をドープしたアルミナゾルから調製した EL 特性を持つ自立膜に関して、窒素中加熱条件下での XAFS および XRD の測定を試みるとともに、測定温度の効果を評価するため、別途各温度で加熱処理した Tb ドープアルミナゾルを室温で XAFS 測定し、比較検討した。その結果、加熱条件下と、加熱後室温での測定では、温度による熱振動の効果に加えて、温度により Tb の周囲の配位環境が変化することが分かり、新規セルを利用した実験において測定すべき条件に関する情報を得ることができた。また、XRD 測定に関しては、通常の Cu Kα線とは違うエネルギーの入射 X 線を照射したときの、回折角、回折強度とその変化について、加熱条件下での情報を得るとともに、加熱処理後室温測定での XRD 測定とのデータ比較も行い、注目すべき回折角等を明確にすることができた。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］無機発光材料、X 線吸収端微細構造解析、その場測定

［研 究 題 目］第一原理計算によるスピン軌道相互作用系の電界効果の研究

［研究代表者］三宅　隆（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］三宅　隆（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

電界下でのスピン軌道相互作用に関する第一原理計算手法の開発と応用を目的とする。鍵を握る技術要素としてスピン軌道相互作用、電界効果、ノンコリニア磁性、磁気異方性、最局在ワニエ関数が挙げられる。これらの技術要素を組み合わせた汎用的なプログラムは世界的にも希少である。プロジェクト初年度の H24年度は、以下のように QMAS（http://qmas.jp/）の整備を行った。Fully relativistic なプログラムではノンコリニア磁性が自然に導入される。その自己無撞着計算の効率を改善した。また磁気異方性の計算手法開発を行った。スピンの向きを固定した計算を行い、方向の関数として全エネル

ギーをプロットする方法で磁気異方性を算出する方法でユニットセルあたり数 meV 以下の精度の計算を可能にした。より簡便な磁気異方性の計算手法として、軌道磁気モーメントに基づいた計算法の開発も遂行中である。H25年度は本年度開発した機能と電界効果機能を組み合わせた計算に着手する予定である。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］計算科学、スピン軌道相互作用

［研 究 題 目］創発化学の自己組織化的デザイン
［研究代表者］山口　智彦（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］山口　智彦、西村　聡、谷田部　哲夫、真原　仁、鈴木　航祐
（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

創発化学の重要テーマの一つに、ノイズによる自己組織化がある。ナノスケールほどの領域では、分子数は直接数えられるほどになり、反応も粒子数の確率的な変化と捉えるのが妥当になる。そこで、分子ナノシステムにおける創発現象の理解を深化させるために、パターン形成系のサイズとノイズの影響について検討した（P. Parmananda 教授（IIT Bombay）との研究協力）。その結果、反応が確率過程であるとみなせる微小空間では、適切な空間サイズのもとで内生ゆらぎによってパターンが創発される現象が見出された。これは確率共鳴にも似た現象ではあるが、反応場のサイズと熱ゆらぎによって最適化される特異なケースであり、微小空間における分子ナノシステムの構造や機能の創発をデザインする際に考慮されるべき知見である。

上述の知見をもとに、脱ぬれによる C_{60}微結晶の巨大ラセンの創発現象を再吟味した。巨大ラセンを形成する散逸的界面は、溶媒蒸発によって系の空間サイズが大→小へと自発的にスキャンされている系とみなすことができる。この過程で、内生ゆらぎが影響を及ぼす適正しサイズが実現される可能性がある。例えば、巨視的ラセンを誘発する回転モードの出現においては、内生ゆらぎが建設的な役割を果たしている可能性が示唆される。最終年度にあたり、巨大対数ラセン構造が創発する一般条件について実験的検討を加えた。種々の化合物を用いて脱ぬれ実験を行った結果、巨大ラセンの創発を可能にする溶液が満たすべき条件として、溶質の溶解度が低く、溶媒の蒸発速度が大きく、溶液の流動性が高い、という3つが抽出された。液膜の脱ぬれによる巨大ラセンの創発というマクロな自己組織化現象を、溶質と溶媒の分子物性から解き明かす道筋が実験的に得られたのは本課題における大きな収穫であった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］自己組織化、分子デバイス、計算科学、フラーレン、ゆらぎ

［研 究 題 目］分子ナノシステムの創発化学
［研究分担者］山口　智彦（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］山口　智彦（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

日本化学会第93年会に出席し、ATP（Advanced Technology Program）の T2.「新材料開発最前線」の C) 自己組織化技術、融合マテリアルが支えるバイオミメティクス研究の最前線で、「やわらかいロボット」という演題で50分のキーノート講演を行った。本年度終了する新学術領域「分子ナノシステムの創発化学」の根幹の一つに、階層を超える自己組織化の学理とその実証がある。すなわち、ソフトマテリアルのアセンブリーや反応場の環境設計に基づいた時空間的な自己組織化をデザインする技法の開発が求められた訳である。実はこのことは、生物、特に昆虫などの小型生命体がすでに行ってきたことに他ならない。「やわらかいロボット」とは、自己組織化の原理や創発概念をさらに一歩推し進めた、ソフトマテリアルの統合的なシステムとその設計指針を示すものである。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］自己組織化、分子デバイス、計算科学

［研 究 題 目］液晶の自己組織化を利用した省エネルギーー有機半導体薄膜製造技術の開発
［研究代表者］山本　貴広（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］山本　貴広、川田　友紀
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究は、低分子有機半導体材料を用いた薄膜デバイスの製造において、従来困難であった配向制御可能な溶液プロセスを実現するため、液晶の自己組織化を利用した薄膜作製の基盤技術を開発し、低炭素社会の実現に学術・応用の両面で貢献することを目的としている。低分子有機半導体には、耐酸化性に優れ、真空蒸着によって FET デバイスを作製した場合に高いキャリア移動度を示すことが報告されているピセンを用いた。溶媒には、液晶相の中でも対称性が高いネマチック相を発現する3ーブロポキシ安息香酸を用いた。そして、3ーブロポキシ安息香酸がネマチック相発現する温度において、溶液プロセスによるピセン薄膜の作製に成功し、適切な表面処理とパターニングを施すことにより所望の場所でのピセン薄膜作製を実現した。そして、作製したピセン薄膜が FET デバイスとして動作することを確認した。また、微小なしわ構造を鋳型として用いることにより、薄膜内でのピセン結晶の成長方位を制御できる可能性があることを偏光顕微鏡観察等の実験的手法により明らかにした。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］液晶、有機半導体、溶液プロセス、薄膜

［研 究 題 目］階層的分子モデリングによる生体膜融合過程の研究

［研究代表者］篠田　渉（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］篠田　渉、都築　誠二、川本　周平
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

生体系における情報・物質伝搬の大変重要なプロセスである膜融合について、脂質分子の種類・組成変化の影響及び融合タンパクの役割を分子論的に解明することを目指す。この目的のため、全原子及び粗視化分子モデルを併用した階層的分子モデリング技術を構築・応用し、50－100nm の系を分子シミュレーションによって解析可能とする技術開発に取り組んでいる。特に本年度は膜融合過程をストーク中間体形成過程、ストーク中間体から融合細孔形成の2段階に分けて、それぞれの過程の自由エネルギー障壁の計算に取り組んだ。前者は2つの脂質二重層の外膜同士がつながる過程であり、後者は内膜同士がつながる過程である。これらの過程における膜の変形を特徴づける反応経路を探索するため、外部条件を変更することによって融合を進める試行的な分子動力学計算を繰り返し行った。観測に基づいて得られた反応経路を用いて、自由エネルギー障壁の見積もりを熱力学積分法により実行した。その結果、自由エネルギー障壁の高さは脂質組成比、融合する脂質二重層間距離、曲率などに依存して大きく変わることを明らかにした。さらに、膜融合過程における膜の変形（弾性）エネルギーの解析は大きなベシクル間の膜融合を特徴付ける上で大変重要であることから、分子シミュレーションから弾性係数を精度よく求める手法を開発した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］膜融合、分子シミュレーション、脂質、融合タンパク

［研 究 題 目］気－液界面を起点として合成されるゼオライト AFI の配向自立膜

［研究代表者］小平　哲也（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］小平　哲也、池田　卓史（コンパクト化学システム研究センター）
（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

多孔質結晶の一種であるゼオライト AFI の配向自立膜は研究代表者が本研究課題前に発見したものであり、特異的な合成機構に由来している。本研究の第1目標は、この配向自立膜の形成過程の解明と高品質配向自立膜合成条件の探索である。第2目標として、軽量であるが機械的強度に劣る自立膜に対し、従来とは異なる発想に基づく機能の付与・利用法の開発を行うことである。

研究は自立膜の配向性に関する定量的かつ精度の高い X 線結晶学的手法による評価、更に膜の最適合成条件探索の一助ともなる膜形成過程の解明を目的とした合成環境その場観察装置の開発などからなる。既に自立膜形成の起点は気－液界面であることを研究開始時に解明したが、その子細がその場観察により明らかになると期待される。また応用として、従来のゼオライト膜の用途（例えば混合ガス・液体の分離）とは異なる非接触・非破壊型の用途開発を狙う。

本年度は、合成反応その場観察装置を使った反応過程の可視化による具体的な膜形成過程の経時変化を記録し、マクロな反応機構を解明した。水熱反応の進捗に共に、気液-界面に発生した溶液の相分離界面が重力により徐々に下降する。この界面にて自立膜が形成されていった。また、相分離した下方の溶液はゲル状であり、高い粘性を有することが確認された。そのため、自立膜の沈降を抑え、界面にて膜の配向成長を促進したと考えられる。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ゼオライト、配向自立膜

［研 究 題 目］血管内皮細胞と骨髄細胞の共存培養系による骨再生に関する研究

［研究代表者］植村　寿公（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］植村　寿公（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

組織工学による再生骨は骨グラフトに代わる技術として注目されているが、臨床応用可能な大きさや形を持つ骨の再生は、血管を伴わないと難しい。本研究では、骨髄細胞（MSCs）と骨髄由来血管内皮細胞（Ecs）とを多孔性細胞足場材料に播種し、RWV バイオリアクターによる3次元培養を行うことにより、血管を伴う骨組織の再生に成功した。RWV バイオリアクターによる回転培養によって、MSC 由来の ECs は足場材料中に、vWF の免疫染色、フローサイトメーターによる CD31の発現により確認できた。再生組織は、トルイジンブルー、ヘマトキシリン－エオジン染色、オステオポンチン、オステオカルシンの免疫染色、トマトレクチン染色により解析した。その結果、血管を伴った骨組織が再生されていることが確認できた。RWV バイオリアクター中の培地の流れ、MSCs、ECs の相互作用がうまく作用して、血管を伴った3次元的骨組織が再生できたものと考えられる。

本研究では、回転培養装置を利用して *in vitro* での骨組織の構築を目指した。骨髄間葉系幹細胞と骨髄間葉系幹細胞由来の内皮細胞を共培養すること、さらに scaffold の使用や段階的な播種方法により、生体外で血管様構造を備えた三次元骨組織の構築に成功した。また、この組織を免疫不全ラットの骨欠損部位に移植し、生体内での骨再生を観察したところ、非移植群に比べて骨再生能が高いことが確認された。本研究の組織工学・再生医工学的アプローチが、低侵襲な治療法の1つに寄与することを期待したい。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］血管、骨再生、共培養

［研究題目］第一原理計算に基づくシリコンナノシートの有機分子修飾による機能化
［研究代表者］森下　徹也（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］森下　徹也（常勤職員1名）
［研究内容］

ナノシートは体積に対する表面積の割合が高いため、2次電池電極や太陽電池、分子センサーなどへの応用が期待されている。特に Si ナノシートは分子修飾しやすいため、修飾分子に応じて多様な性質の発現が期待される。本研究では、有機分子修飾された Si ナノシートの電子物性を第一原理計算により明らかにし、電池電極などへのデバイス応用に適した分子修飾を提案する。

平成24年度は deanol 基が Si(111)表面に吸着したシリコンナノシートを対象とした。実験的には有機溶媒反応において合成されているが、構造等の詳細は不明であった。本計算では、deanol 基の吸着構造を密度汎関数理論（DFT）に基づく構造最適化と分子動力学計算より明らかにし、deanol 修飾シリコンナノシートの単層状態における電子状態を解明した。計算より、deanol 基は酸素原子が Si のダングリングボンドと結合することでシート面に垂直に近い形状で吸着することがわかった。吸着により Si シートは若干ひずみが生じるものの(111)面は安定に保持されていた。deanol 修飾ナノシートの構造確定後、アニオン分子のナノシートへの吸着を検証した。DFT に基づく計算を実行し、BF4アニオンが吸着した際の安定構造を同定し、さらに吸着前後のナノシートの電荷分布を計算してアニオンとシート間に電荷移動が生じることを明らかにした。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］シリコン、ナノシート、2次電池、電極

［研究題目］高分子－液体間ナノ界面における高分子鎖シミュレーション解析
［研究代表者］森田　裕史（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］森田　裕史（常勤職員1名、他1名）
［研究内容］

本研究では、粗視化シミュレーションを用いて高分子―液体間ナノ界面における界面場中における高分子鎖のコンフォメーションとダイナミクスを明らかにし、1分子鎖のサイエンスの観点から、高分子－液体間界面がソフト界面となりうるメカニズムを明らかにすることを目的として進めている。

本年度は、部分溶解するポリマーとして、溶ける粒子と溶けない粒子のランダムコポリマーとして扱うこととし、DPD モデルで記述した。結果として、下記にあげる3つの状態、4種類の構造が得られた。1) Flat swelling surface、2) Fluctuating swelling surface、3)inhomogeneous Dissolved structure 、 4) homogeneous Dissolved structure である。1)は、界面近傍に溶ける成分が偏析して、分子鎖スケールで膨潤構造が生成する状態を表す。2)は、界面近傍に溶ける成分が偏析するが、界面に溶ける成分が偏析できる量よりより多い成分が偏析した際に、界面の面積を稼ぐために界面に揺らぎが現れてくる状態を表す。3)は、巨大なミセル状となり、不均一な状態ではあるが、ポリマーが溶けている状態を指す。4)は、ポリマーがほぼ液体の中で均一分布しながら溶けている状態を指す。また、溶ける成分の割合と溶ける成分における溶媒粒子との間の非結合相互作用を変えた際の相図についての作成も行い、これらの構造の生成について検証することができた。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］界面、シミュレーション、高分子

［研究題目］分子軌道設計による新規電子相の開拓
［研究代表者］石橋　章司（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］石橋　章司、寺倉　清之（常勤職員1名、他1名）
［研究内容］

本研究は、実験研究者と密な連携をとりつつ、経験的パラメータを用いない第一原理計算手法を駆使して、必要に応じて結晶構造の決定も行ないながら、単一分子性金属や有機強誘電体などの分子性物質の電子状態を明らかにし、各種物性値を求めていこうとするものである。H24年度は、最局在ワニエ軌道を用いたバンド計算結果の解析を軸に、それぞれの物質群の電子状態の特徴付け、物質群内での電子状態の差異とその起源の解明、を行ない、分子軌道の観点から結果を整理していくことを計画していた。それに従って、次のような研究活動を進めた。Projector Augmented-Wave 法と平面波基底を用いた第一原理計算により、単一成分分子性導体 $Cu(dmdt)_2$の電子状態（磁気秩序を含む）を、類縁物質 $Cu(tmdt)_2$のものと比較しながら、詳細に調べた。これらの物質に加え、$Ni(tmdt)_2$・$Au(tmdt)_2$および有機強誘電体 TTF-CA の電子状態について、最局在ワニエ軌道を用いて、系統的な解析を行った。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］第一原理計算、電子状態、有機導体、強誘電体、最局在ワニエ軌道

［研究題目］超分子単分子膜作製と刺激応答素子への応用
［研究代表者］石田　敬雄（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］石田　敬雄、大山　真紀子、衛　慶碩（常勤職員1名、他2名）
［研究内容］

24年度は、Ru 錯体分子膜を利用した液晶駆動および導電性高分子の自己組織化と熱起電力について研究を行

った。刺激応答素子への展開として酸化還元能を持つRu 錯体分子膜から生じる大きな電気化学電流を利用した液晶セルの研究では、Ru 錯体と絶縁分子の混合によって液晶が様々なパターンを形成することが判明していたが、さらに詳細な解析より Ru 錯体と絶縁分子の混合比が変わると分子膜にかかる電圧が変化していたことが明らかになり、対流の大きさ、形がこの電圧に依存することが分かった。また導電性高分子 PEDOT:PSS の自己組織化と熱起電力発生について刺激応答の視点から研究をはじめた。PEDOT:PSS の導電性は通常キャストしただけの膜では1S/cm 程度の導電性であるが、キャスト前の PEDOT:PSS にエチレングリコールを混合させ、キャスト後、さらに150℃の温度でアニールすることで導電率が2～3桁向上し最大870S/cm となった。エチレングリコール添加によってこのような非常に高い導電性が得られたのは、X 線回折からエチレングリコールが蒸発する過程で溶媒に分散している PEDOT:PSS のナノ結晶粒子が、非常に高い秩序をもって配列されるためだと考えられる。また有機材料として大きな熱起電力の発生も確認した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］表面コーティング、分子素子、超分子、自己組織化

［研 究 題 目］分子ナノシステムの創発化学
［研究代表者］石田　敬雄（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］石田　敬雄（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

24年度は、主に分子ナノシステムの創発化学領域の情報収集の一部として導電性高分子の自己組織化と熱起電力、超分子の自己組織化などについて9月の秋の応用物理学会への調査を行った。例えば導電性高分子ポリアニリンの熱電特性に関する報告や、導電性高分子 PEDOT:PSS のテラヘルツ分光によるキャリア密度、移動度の評価、導電性高分子 PEDOT:PSS のマイクロ電極によるホール係数測定、同じく PEDOT:PSS の熱電特性とその評価について新しい2オメガ法、3オメガ法を取り入れた評価など導電性高分子の熱電材料に関する研究のの最新動向や、導電性高分子のキャリア密度、移動度の評価法等、関連技術動向について多くの有益な情報が得られた。

このほかPEDOT:PSSのトランジスタ測定、有機太陽電池の自己組織化と関係した特性変化についての多数の報告、エレクトロスプレーを利用したフラーレン誘導体の自己組織化で電圧と分子種により会合状態が大きく異なる現象、フェロセン誘導体の基板上への自己組織化に関する報告など興味深い発表を多数聴講し、超分子の自己組織化や分子のナノスケールでの創発現象に関係する最新動向を調査することができた。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］表面コーティング、分子素子、超分子、自己組織化

［研 究 題 目］タンパク質機能の自由エネルギー解析と機能制御の分子基盤
［研究代表者］石田　豊和（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］石田　豊和（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究課題では、非経験的量子計算と分子動力学計算を組み合わせた複合シミュレーション技術の開発と拡張を基礎として、分子認識や酵素反応など、タンパク質の機能発現過程を分子レベルで詳細に解明する事を目的としている。今回特に「反応基底状態を不安定化させる事で相対的に酵素反応を加速させる」と言う作業仮説を検証するため、オロチジン一リン酸脱炭酸酵素（Orotidine 5’-phosphate decarboxylase, ODCase）を題材に選び、触媒過程の自由エネルギー変化を定量的に計算する事で酵素活性の要因を検討した。

脱炭酸過程の反応自由エネルギー変化を酵素中／水溶液中とでそれぞれ計算し、反応経路に沿ったエネルギー成分を解析する事で、タンパク質の極性環境が反応中間体を安定化し、結果として酵素活性が促進される事が改めて確認された。しかしその一方で、ES錯体形成時にタンパク質場が基質に構造歪みを加え、相対的に基質が不安定化する事により活性化エネルギーを低下させる寄与も認められ、それぞれの触媒効果に対して異なったアミノ酸残基が関与している事が確かめられた。これら触媒性残基を変異させた変異型酵素の反応機構解析を通して、本酵素の活性を調整する分子機構を解明する事が次のステップの目標である。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］量子化学計算、自由エネルギー計算、酵素反応、分子認識、アミノ酸変異

［研 究 題 目］生物規範界面デザイン
［研究代表者］大園　拓哉（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］大園　拓哉、黒川　孝幸、平井　悠司、小林　元康（常勤職員1名、他3名）
［研 究 内 容］

生物の「動き」とその「制御」は、生物表面－環境の界面が持つ作用である。様々な環境に適応した多様な生物群を考えると、その環境下での生物の運動、物質交換、情報獲得のために進化した個性豊かな界面構造、その動き、制御機構が存在する。最近になってバイオミメティクスの観点からその一部の原理が調べられ、抽出された概念が工学へ応用されるようになってきた。そのなかで本研究では、変形能を有する界面凹凸形状と液体に濡れた（ウェット）界面に特に着目し、そのトライボロジー機能と構造・変形の関連を人工的な材料系を構成することで調査し、生物の事例にも学びながら、より一般的な

学理を導き出す。さらにその結果を、社会ニーズの実現の観点から応用し、特にスイッチング可能なトライボロジー特性（吸脱着能、摩擦力の増減能）を有する界面を開発することを目的とする。そのため、生物の体表面などに見出されるウェットかつ可逆的に変形可能な微細構造を模倣した材料を創製し、それらの構造が摩擦や潤滑、接着など表面特性に与える影響を明らかにすることで、表面・界面の機能を自在に制御（スイッチング）可能な新しい技術や原理の創出を目指している。生物特有のウェットかつ柔軟な材料（ソフトマテリアル）のトライボロジー特性を明らかにすることは学術的にも極めて重要であるが、そのためには高分子科学、無機化学、トライボロジー、付着・接着学、海生生物学、界面メカニクス、非線形科学、機械工学など当班員がカバーする幅広い異分野連携・異分野融合によって研究を進めている。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］バイオミメティクス、トライボロジー、生物規範工学、自己組織化

［研 究 題 目］第一原理分子動力学法による構造サンプリングと非平衡ダイナミクス
［研究代表者］大谷　実（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］大谷　実、Nicephore Bonnet（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

密度汎関数理論に基づく第一原理分子動力学法を用いて、原子間相互作用の非調和性が本質的に重要となる大きな原子変位を伴う物理現象の予測と、非平衡ダイナミクスの解明を目指す。具体的には、分子／電極界面での電子移動による再配置エネルギーと電子移動度、固液相変化とナノスケールでの相関や揺らぎ、固液界面の電気化学反応をターゲットとする。本年度は分子／電極界面のモデリングを向上するための方法論の開発を行った。

通常の第一原理分子動力学シミュレーションは系の電子数を一定に保って行われる。これは系が外部と電子の交換を行なっていないことを意味するが、現実の多くの興味あるデバイスでは、系が外部のポテンショスタットに接続され電子の交換を行い、電位を一定に保ち機能（物理現象）をコントロールしている。このような系をうまくモデリングするために、電位を一定に保つことができる手法を開発した。温度や圧力一定の分子動力学法に用いられる、拡張系の方法を参考に電荷の運動方程式を導入し、統計力学的に印加電圧を制御することが可能になった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］第一原理分子動力学シミュレーション、有効遮蔽媒質法、固液界面シミュレーション手法開発

［研 究 題 目］グラフェン・ナノ構造の電気伝導
［研究代表者］中西　毅（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］中西　毅、宮本　良之、安藤　恒也（東京工業大学）（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］

本研究は層欠陥、周期構造などナノ構造があるグラフェンの電気伝導、電子状態などを理論的に研究し、トポロジカルに特異な2次元系でのメゾスコピック現象を解明し予言することを目的とする。

最初に、表面に層欠陥を含む多層グラフェンにおいて電気伝導を有効質量近似の方法で調べた。その結果、電気伝導の谷状態に依存する異方性すなわち谷分極伝導を示した。異方性の方向は層数の偶奇性により反転し、その大きさは層数と共に減衰する。また、異方性の大きさは層欠陥の原子構造に大きく依存することを見いだした。

次に、グラフェン・ナノ構造の一例として扁平したカーボンナノチューブを調べた。扁平したカーボンナノチューブは層間相互作用があり2層グラフェンとみなせる中央部分と、単層グラフェンとみなせる端部分から構成される。実験的には太い単層ナノチューブの単離と、それに由来する扁平したカーボンナノチューブが報告されている。グラフェン・リボンに比べ、端構造に揺らぎの少ない新たな量子細線として注目される。そこで有効質量近似の方法により、端での境界条件とその電子構造を調べた。結合と反結合サブバンドに分かれた金属的な電子状態、および単層部分に広がり2層部分では減衰する新しい端状態を示した。この端状態はエネルギー分散を持ち、平らなバンド構造で特徴付けられるグラフェン・リボンの端状態とは異なる。

さらに、第一原理シミュレーションでは加工されたグラフェンデバイスの評価手段として近年注目されているHe イオン顕微鏡の実用性を調べ、格子像レベルの解像度が達成可能であることを実証した。さらに、レーザーによるグラフェン化学修飾の制御方法を提案した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］グラフェン、電気伝導、量子効果

［研 究 題 目］単分子素子の機構解明を先導する機能性π電子系の創製
［研究代表者］中村　恒夫（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］中村　恒夫（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

単分子による、p 型あるいは n 型の素子材料を有機合成により創成、金属電極に接合し、その伝導性や機構をシミュレーションで検証することで、機能性π電子系の設計を行うことが目標である。我々は、シミュレーション及び理論解析を担当し、合成された実在分子系の物性を評価する。本研究では、我々が開発した電気伝導計算プログラム HiRUNE を用いて、合成されたチオフェンをユニットに持つ、多脚アンカーを電極に接合した、π

共役分子の伝導計算を行い、その伝導特性が p 型であることを示し、アンカーと共役分子の留め金にあたる部分の置換による特性変化を議論した。一連の結果は合成担当の研究グループにフィードバックされ、より伝導度を高め、かつ、p/n を自在に設計するための指針について、議論しているところである。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］第一原理シミュレーション、有機エレクトロニクス材料

［研 究 題 目］**量子多成分系分子理論システムの構築およびプロトニクス・ポジトロニクスへの展開**

［研究代表者］長嶋　雲兵（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］長嶋　雲兵（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

現在の量子化学理論は主に化学結合を支配する電子状態の理論に偏っているが、本プロジェクトでは、電子に加え、水素結合に重要な役割を果たすプロトンや医療応用がすでに始まっている陽電子、μオンなど量子多成分系を取り扱う事が可能な分子理論の開発と応用を行う。産総研グループは陽子に注目し、水素結合と H/D 同位体置換による幾何学的同位体効果の解析を行うために、経路積分分子動力学（PIMD）シミュレーション技術の開発と応用を行っている。

本年度は、塩素負イオン水和クラスターの構造にたいする、核の量子効果と H/D 同位体置換に関する幾何学的同位体効果を解析した。また温度依存性のみの効果を見るために、核の量子効果を含まない古典的分子動力学シミュレーション（CMD）もあわせて実行した。

核の量子効果を含む PIMD の構造分布は CMD のそれに比べ広く、またその平均構造は、重原子間の距離が短くなっている。この結果からは核の量子効果はポテンシャル面をより浅くするため構造分布の広がりを与え、平均構造の違いからイオンー水間のイオン性水素結合および、水ー水間の水素結合両者を強める効果があることが判った。また H/D 同位体置換による幾何学的同位体効果は、H の場合に比べイオンー水間のイオン性水素結合および、水ー水間の水素結合両者を弱める傾向があることが判った。これは、D の方が核の広がりが小さく、電子を核中心に多く引きつけるため、D の正電荷が H のそれに比べ小さくなるからである。また D 置換した場合、イオンー水間のイオン性水素結合の弱まり方のほうが大きいため、結果的に水ー水間の水素結合が重要となる第二水和圏の形成が促進されることが観測された。また、フッ素のイオンー水間のイオン性水素結合に比べ塩素のそれは弱いため、塩素イオン水和クラスターの場合は先の D 置換の場合と同様、相対的に水ー水間の水素結合が重要となる第二水和圏の形成が促進される。これは、塩素陰イオン水和物のように比較的通常の水同士の水素結合に近い、弱いイオン性水素結合を持つ水和物は、水の水素結合をより強固にするという実験的知見を支持する。

［分　野　名］量子化学

［キーワード］水素結合、同位体効果、ポジトロン、μオン、核の量子効果

［研 究 題 目］**ゲルを用いた金属型カーボンナノチューブの単一構造分離**

［研究代表者］田中　丈士（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］田中　丈士（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

平成24年度は、金属型単層カーボンナノチューブの構造分離を行うことを目的に実験を行った。前年度に段階溶出による方法と、単層カーボンナノチューブ分散液を過剰投与することによる競争的吸着による分離を行ったが顕著な分離を認めることが出来なかったため、今年度は、長いカラム（60cm）を用いて、クロマトグラフィーシステムにより溶出液組成を厳密に制御することで、分離の改善を試みた。分離用試料にはあらかじめ金属型単層カーボンナノチューブを分離精製したものを用いた。濃縮した金属単層カーボンナノチューブ試料を少量添加し、長いカラムを通過する間に分離が生じた。その結果、光吸収スペクトルで明らかに単層カーボンナノチューブ組成の異なるものが分画された。ラマン分光によっても、異なる金属型単層カーボンナノチューブが分離されていることが確認された。分離されてくる順序には一定の法則性があるようであった。分離された試料を再分離すること、あるいは、さらに長いカラムを用いることによって、分離精度の向上と単一構造金属型単層カーボンナノチューブが期待できる。一方、ゲルを用いた金属型・半導体型単層カーボンナノチューブの分離原理解明に関する研究も行った。分離精製した金属型と半導体型単層カーボンナノチューブのそれぞれについて、ゲルに対する吸着を定量的に解析した。その結果、単層カーボンナノチューブとゲルの相互作用は Langmuir の吸着等温式に従うこと、その吸着はエントロピー駆動であること、金属型と半導体型の単層カーボンナノチューブとゲルの吸着定数が異なる結果分離されることを見出した。本成果は、金属型と半導体型の単層カーボンナノチューブとゲルとの相互作用を熱力学的視点から世界で初めて示したものであり、海外著名雑誌（ACS Nano, impact factor＝11.4）に掲載された。

［分　野　名］ナノテク・材料・製造

［キーワード］カーボンナノチューブ、金属、半導体、分離、ゲル

［研 究 題 目］**高品質酸化物ナノ粒子製造のための核発生と成長過程の厳密評価用マイクロデバイス開発**

［研究代表者］陶　究（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］陶　究（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

マイクロ流路を用いた連続式水熱法による酸化物微粒子製造において、粒径分布が狭く平均粒径を制御した高品質な酸化物ナノ粒子の製造には、流路内壁面での不均質核発生／成長による粒径分布の拡大・多峰化、副生成物の生成等の回避が不可欠である。本研究ではこの課題を解決可能な構造のマイクロデバイスを開発し、各種条件でナノ粒子合成を行い有用性を実証するとともに、平衡論・速度論の両面から核発生／成長機構を解析し、所望の粒子特性を有するナノ粒子の設計指針を明らかにすることを目的としている。

今年度は、前年度に開発した加熱水と原料金属塩溶液との混合部の促進のためのマイクロデバイスを用いて、水熱反応速度の異なる酸化物（Fe_2O_3や ZnO など）を対象に研究を実施した。特に滞在時間と粒径と分布の関係について検討した結果、デバイスの有用性は実証できた。一方で、水熱反応速度の遅い酸化物（たとえばZnO）では混合を改善しても分布の狭い粒子は得られなかった。これは、酸化物種によらず均質なナノ粒子を得るためには数百ミリ秒オーダー以下の滞在時間での混合の完結に加えて『高過飽和比の付与、つまり瞬時に原料の全てを核発生させ結晶成長過程を経ない粒子生成条件の設定』が不可欠であることを示している。よって、過飽和比制御のために用いるアルカリ水溶液との混合部についても混合促進構造について検討し、来年度開発するマイクロデバイスについて、混合促進のために旋回流を利用する新たな構造を決定した。また、上述した結果は、核発生と成長を進行させる部分を装置内で明確に分割して制御するために、原料を多段供給する方法の必要性を示しており、来年度も検討を継続する。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］金属酸化物、ナノ粒子、高温高圧水、オンデマンド製造、マイクロ流体デバイス

［研 究 題 目］蛍光体ナノ結晶の合成とＥＬデバイスへの応用

［研究代表者］伯田　幸也（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］伯田　幸也、陶　究、大原　基広（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］

本研究は、粒子径を制御された希土類元素ドープ型のペロブスカイト蛍光体ナノ結晶の合成と得られたナノ蛍光体の素子、デバイスへの応用の可能性を明らかにすることを目的とする。本年度は、以下の課題について実験的検討を行った。

ペロブスカイト蛍光体ナノ結晶の合成と粒子特性評価においては、本年度は、母体としてカルシウムージルコニア系、およびカルシウムーすず系を選び、発光イオンとしては希土類イオンのテルビウムイオンを用いて、緑色および青色発光蛍光体の合成を試みた。原料組成、反応温度、圧力を広範囲で変化させて合成を試みたが、目的相であるペロブスカイトは得られず、主な生成物は正方晶ジルコニアであった。一方、カルシウムーすず系を母体として用いた場合、X 線回折解析によれは、酸化スズが副生したが、ペロブスカイト相の生成が確認できた。さらに、微小であるが、緑色の PL 発光も観察できた。

PL, EL 特性評価とモデル素子の試作については、前年度作製したチタン酸系ペロブスカイトナノ粒子を使い、発光素子の試作を行った。本年度は、ナノ粒子分散膜の厚みが発光開始電圧および発光強度へ及ぼす影響を調べた。発光強度を高めるために、超臨界水熱合成蛍光体ナノ粒子を予め1000℃で8時間焼成処理を行った。モデル素子の分散膜の厚みはスペーサーによって10～100μmまで制御した。その結果、50、100μm では発光開始電圧が400V（1kHz）であったのに対して、膜厚を10μmとすることで、発光開始電圧が20V と劇的に下げることができ、商用電力を用いた発光素子の可能性を確認できた。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］ナノ蛍光体、ペロブスカイト、超臨界水熱合成

［研 究 題 目］キラリティを有する液晶が形成する3次元秩序構造

［研究代表者］福田　順一（ナノシステム研究部門）
［研究担当者］福田　順一（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

強いキラリティを有する液晶は、コレステリックブルー相と呼ばれる、液晶の配向欠陥が複雑に入り組んだ特異な3次元秩序構造を形成することが知られている。本研究の目標は、コレステリックブルー相を示す液晶の平行平板セルにおける秩序形成のメカニズム、電場応答のダイナミクスの解明、およびコレステリックブルー相の安定性を決める要因を理論的に明らかにすることである。本年度は、平行平板間に電場を印加した時、および電場消失時の配向欠陥のダイナミクスに対して、連続体理論に基づく数値計算を行なうことで詳細な検討を行ない、電場の強さに応じた応答のダイナミクスの違いを明らかにした。また、ディスプレイで実際に用いられる櫛歯電極によって誘起される、空間的に非一様な電場に対する応答が、本研究で開発した計算スキームによって明らかにできることを示した。さらに、高分子の光重合によるコレステリックブルー相の安定化のメカニズムについて、高分子によって液晶の配向欠陥の部分が置き換えられるという仮定のもとに検討を行い、実際そのようなメカニズムで BP I と呼ばれる相は安定化されるのに対し、BP II という相の安定性は高分子の存在によってほとんど変化しないことがわかった。この結果は、実験事実を定

量的なレベルでうまく再現するものである。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］液晶、シミュレーション、コレステリックブルー相、位相欠陥、液晶セル、電場応答、安定性

［研 究 題 目］タンパク質コロナと生体分子の相互作用の解明

［研究代表者］平野　篤（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］平野　篤（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

ナノ粒子は、サイズや形態に由来する特有の機能をもつため、次世代材料として電子材料から医療まで幅広い分野で応用開発が進められている。しかし同時に、アスベストように、ナノ粒子の生体への有害性が指摘されている。ナノ粒子を研究開発する上で、有害性の理解が後手に回ることは、労働災害のみならず生態系へも影響しかねない。したがって、ナノ粒子の有害性を理解し、安全性を事前に確保することは、ナノテクノロジーの発展の根幹に関わる重要な課題である。

現在、生体内へ取り込まれた際に形成されるナノ粒子表面のタンパク質層（タンパク質コロナ）は、ナノ粒子の生体内動態と関わることが細胞実験から示されている。しかし、細胞実験だけでは、タンパク質コロナが生体へ及ぼす効果を分子レベルで理解することは困難である。

そこで当該研究では、世界的に応用開発が進められている単層カーボンナノチューブ、金ナノ粒子、酸化セリウムなどのナノ粒子を用いて、未知であるタンパク質コロナと生体分子の相互作用を物理化学的に明らかにし、ナノ粒子の生体内動態の分子機構を理解することを目的とする。当該知見はナノ粒子の安全性を知る手がかりとして有益なものになると考えられる。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ナノ粒子、タンパク質、安全性

［研 究 題 目］光二量化反応に基づいた有機化合物の可逆的な相構造制御とその応用に関する研究

［研究代表者］木原　秀元（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］木原　秀元、吉田　勝（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究では、光反応性有機分子であるアントラセンに着目し、光反応に基づいた材料の相変化を機能性材料開発に応用することを目指す。アントラセンの2位の位置にアルキルスペーサーを介してシアノビフェニル基を導入した化合物は室温で結晶相を示すが、この化合物を加熱溶融させながら紫外光を照射して得られた光二量体は室温でも安定なアモルファス固体相を示すことが分かった。そこで、フォトマスクを用いて、この化合物の薄膜サンプルに紫外光を照射したところ、結晶相と固体アモルファス相のコントラストを有するパターンを形成することができた。また、光二量体は200℃付近まで加熱すると元のアントラセン化合物に戻るので、パターン化したサンプルを加熱することによりパターンを消去することができた。酸化による分解が徐々に起こるものの、このパターン書き込み・消去のプロセスは繰り返し行うことができた。このように、本材料は、長期記録保存可能また繰り返し使用可能な光記録メディアに応用できる可能性を示した。

さらに、アントラセン化合物の光二量体がアモルファス固体相を発現するメカニズムを解明するために、光二量化反応で生成する構造異性体の分離精製をリサイクル分取 HPLC などを用いて試みている。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］アントラセン、光二量化、相変化、光記録

［研 究 題 目］有機材料とナノ構造体材料における熱電効果の理論研究

［研究代表者］浅井　美博（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］浅井　美博、Marius Ernst（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

昨年11月来日直ぐに開始したフォノン輸送を計算する為の第一原理コード開発は既に完成・終了し、開発済みの電子伝導度、電子ゼーベックを計算する為のコードと併せて熱電性能指数 ZT の第一原理計算が可能になった。これらの計算コードを用いて積層シクロファンと endo fullerene の熱電特性の計算を行った。これらの有機分子系に共通してフォノン熱伝導度が強く抑制される事をまず確認した。これは電極フォノンと有機分子の分子振動の振動数ミスマッチから予期される事であり理論的な予測と良く一致する。これと並行して化学的な修飾が電子・フォノン輸送に及ぼす影響も研究した。接合狭窄効果により電子伝導度は量子化されるが、量子フォノン伝導の場合は接合構造がどの様な影響を及ぼしているのであろうか？この問題を第一原理計算により研究しており、結果を精密測定実験と比較検討する事を予定している。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］理論シミュレーション、熱電特性、フォノン熱伝導度、ゼーベック係数

［研 究 題 目］構造化ゲルと化学反応場の協働による運動創発

［研究代表者］有村　隆志（ナノシステム研究部門）

［研究担当者］有村　隆志、向井　理（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

平成24年度から発足した新学術領域研究「感覚と知能を備えた分子ロボットの創成（領域略称：分子ロボティ

クス)」は、個別の材料やデバイスを「いかにシステムとして組み上げるか」に重点を置いて、人工的な分子システムを構築する方法論の創成を目指す新しい学術領域であり、4個の計画研究テーマ（感覚班、知能班、アメーバ班、スライム班）から構成されている。すなわち、ロボット工学の方法論を導入してこれらをシステム化し、従来の方法論では達成しえない「プログラム可能な人工分子システム」の実現をねらうのが本学術領域である。「構造化ゲルと化学反応場の協働による運動創発」をテーマとするスライム班においては、分子ロボットの「スケールの拡大」を目的として、ゲル反応場で構成されるスライム型分子ロボットを開発することを目的としている。具体的には、精密に分子設計された高分子ゲルを反応場として、ミリオーダーの非均質な反応空間を生成し、反応生成物の時空間的分布中で、さまざまな分子デバイス群を動作させるための基盤要素を開発する。今年度は、異方性を必要とする機能、即ち分子反応場環境中の濃度勾配をセンシング可能な分子システム、および自律運動の可能な反応場の設計・合成を試みた。また、インターカレーション特性を有する新規アクティブゲルの合成に成功した。

[分　野　名] ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] 分子ロボティクス、アクティブゲル、レオロジー制御、自己組織化

[研 究 題 目] 高周波スピントロニクスの研究

[研究代表者] 今村　裕志
（ナノスピントロニクス研究センター）

[研究担当者] 今村　裕志、谷口　知大
（常勤職員2名、他1名）

[研 究 内 容]

強磁性体を含むナノ構造にスピン流を注入することで生じる高周波（GHz から THz）領域におけるスピンの歳差運動を利用する「高周波スピントロニクス」の基礎理論を確立する。このことにより、高性能トンネル磁気抵抗素子をベースとした高出力・狭腺幅な高周波発振器、半導体を凌駕する感度をもつ検波器、単一の超常磁性微粒子が作るダイポール磁場を検出できるような高感度磁気センサーの実現を目指す。

今年度は、スピントルクダイオード出力の外部磁場角度依存性や固定層磁化角度依存性を精査し、高出力化に最適な条件の理論的な導出を行う。

[分　野　名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] 高周波、スピントロニクス、スピントルクダイオード

[研 究 題 目] 高周波スピントロニクスの研究

[研究代表者] 鈴木　義茂（大阪大学）

[研究担当者] 久保田　均，福島　章雄、薬師寺　啓、山口　明啓、野崎　隆行、甲野藤　真、松本　利映、谷口　知大、今村　裕志
（ナノスピントロニクス研究センター）
（常勤職員9名、他1名）

[研 究 内 容]

本研究では、MgO トンネルバリアを有する強磁性トンネル接合をベースとする、マイクロ波発振器および検波器の基礎的なメカニズムの解明に関する研究を行っている。素子を応用する場合には、発振周波数の揺らぎを低く抑制する必要があるが、その手法はまだ確立されていない。本研究では，スピンダイナミクスの観点から発振周波数の揺らぎのメカニズムの解明に取り組んでいる。H24年度は、発振波形を高速で取り込む手法を確立し、解析により揺らぎには低周波の揺らぎと高周波の揺らぎがあることがわかった。

[分　野　名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] スピンダイナミクス

[研 究 題 目] スピンエレクトロニクス材料の探索

[研究代表者] 野崎　隆行
（ナノスピントロニクス研究センター）

[研究担当者] 野崎　隆行（常勤職員1名）

[研 究 内 容]

本プロジェクトでは、理論研究者と密に連携することにより、電界による磁気異方性制御の物理起源解明と異方性変化効率の増大を目指している。産総研グループは理論予測の実証を目的とした実験を担当しており、特に high-Ku 材料における電界効果の観測に取り組んでいる。平成24年度は、強磁性金属／絶縁体積層の界面を原子レベルで制御するために、原子相互積層により作製した［Fe/Pt］および［Fe/Pd］からなる磁性層と酸化マグネシウム（MgO）との積層構造を作製し、2原子層程度の超薄膜領域において垂直磁化膜を得ることに成功した。この技術により、MgO と接する最表面元素の電界効果に与える影響を調べることが可能となる。今後は電界を印加可能な素子構造化を進め、電界効果の定量評価を行う。

[分　野　名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] スピントロニクス、電界効果、垂直磁気異方性

[研 究 題 目] 面内規則配列を有する自己組織化ナノ構造薄膜の作成とスピンデバイスへの適用

[研究代表者] 今村　裕志
（ナノスピントロニクス研究センター）

[研究担当者] 今村　裕志（常勤職員1名）

[研 究 内 容]

膜厚1ナノメートル程度の極薄の酸化物層の面内に直径1から2ナノメートルの金属導電チャネルを規則正しく配列し、高スピン伝導非対称性を有する単原子積層［Fe/Co］n エピタキシャル単結晶薄膜で挟み込むこと

で、従来型の面直通電型巨大磁気抵抗素子の性能を凌駕する高磁気抵抗比・低面抵抗の磁気抵抗素子の実現を目指す。我々のチームではシミュレーション技術を駆使し、目標とする100%の磁気抵抗比を実現するための物質パラメータおよび素子形状の設計を行う。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］ナノ構造、自己組織化、磁気抵抗素子

［研 究 題 目］不揮発生トランジスタ開発のための半導体へのスピン偏極電子注入

［研究代表者］齋藤　秀和
（ナノスピントロニクス研究センター）

［研究担当者］齋藤　秀和（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

電子のスピン自由度を利用して不揮発的に情報を記憶するトランジスタ（スピントランジスタ）は、その導入によりあらゆる IT 機器の消費電力の劇的な削減につながるため、世界的に熾烈な開発競争の只中にある。スピントランジスタを実現するためには、半導体中へのスピン注入技術を確立する必要がある。スピン注入とは、強磁性体からスピン偏極電子を半導体へ注入し、そのスピン情報をトランジスタのベース層幅程度（数十～百 nm）を伝搬させる技術である。

IV 属半導体である Ge は半導体技術の将来指針を与える ITRS ロードマップでも次世代の MOS-FET のチャネル材料の有力候補とされており、スピン注入技術の確立が期待される。高効率のスピン注入のためには、高品位の強磁性体/Ge 接合を可能とする材料・成長技術が必要であると考えられるため、新規障壁層材料や強磁性体を用いたトンネル接合技術を開発する必要がある。

本研究では将来の Ge 基不揮発性トランジスタの実現のために必要である、Ge への高効率のスピン注入技術のための高品位接合の開発を行う。本年度は、主に Ge 上に MnGe 強磁性化合物を用いた Ge 中へのスピン注入を試みた。この物質は Ge 基板上のエピタキシャル膜成長が容易であることが大きな特長であるが、これまでスピン注入の報告例はなかった。我々の実験により、高物質を用いて Ge 中へのスピン注入が可能であることが分かった。この成果は、Ge を用いたスピントランジスタの作製上極めて重要でありにするものであり、グリーン IT の発展へ大きく貢献できると期待される。さらに、異方性トンネル磁気抵抗効果という現象を Si 基デバイスにおいて初めて観測する等、当初予想していなかった成果を挙げることができた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］スピントランジスタ、スピン注入、Mn 基強磁性化合物

［研 究 題 目］ナノチューブ近赤外発光を利用した次世代臨床検査システム

［研究代表者］湯田坂　雅子
（ナノチューブ応用研究センター）

［研究担当者］湯田坂　雅子、岡崎　俊也、池原　譲、小倉　睦郎、飯泉　陽子、渡辺　玲子
（常勤職員4名、他2名）

［研 究 内 容］

現在の血液検査で使われている光の波長は400-500 nm である。この波長域では、血球などによる強い光吸収と非特異的発光ノイズが、検出されるべき疾患バイオマーカーの蛍光検出を妨害し、疾患検出感度を下げる。そこで、本研究では、血球などに対して透過性が高い近赤外光を使い、臨床検査の高感度化を目指す。

この目的に最適な素材は、唯一、単層カーボンナノチューブ（CNT）である。よって、CNT に IgG 抗体をカップリングさせ、プロテイン G 付き磁気ビーズを使って、イムノアッセイ基礎実験を行い、成功した。これにより、CNT が、近赤外イムノアッセイに適した蛍光ラベルで、ナノモル程度抗原検出あるいはそれより高感度の検出が可能であることを確認した。また、CNT 近赤外イムノアッセイを実用化するために必須である小型簡易近赤外光検出装置の開発にも成功した。

今後は、CNT 近赤外イムノアッセイの実用化を目指して、肝炎などの高感度診断を目的に研究を進める。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］カーボンナノチューブ、近赤外発光、臨床検査

［研 究 題 目］アクチンフィラメントの B 端方向への協同的構造変化とハイパーモバイル水の機能解明

［研究代表者］上田　太郎（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］上田　太郎、梅木　伸久
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

目的１

（ミオシン結合により誘起されるアクチンフィラメントの一方向的な構造変化の検出）：昨年度までに、アクチンと S1のキメラタンパク質とピレン標識した正常アクチンのブロック共重合体を作製し、ATP を添加したときのピレン蛍光強度の変化をモニターすることで、キメラタンパク質に起きた構造変化が、P 端側に隣接するアクチンに伝播することを見出していた。しかし蛍光強度の変化幅が小さく、説得力に乏しいことが問題であった。変化幅が小さいのは、大量に混入するピレン標識アクチンのホモフィラメントの蛍光が大きいためだと考えられたので、今年度は、ピレン標識アクチンのホモフィラメントの分離除去を試みたが、おもわしい成果が得られなかった。そこで方針を大きく変更し、ミオシンの結合しやすさを指標にアクチンフィラメントの一方向的な構造変化を検出することとした。この場合は、電子顕微

鏡または高速 AFM による検出となるので、ブロックコポリマーを精製する必要はない点が有利である。電子顕微鏡を用いた予備実験により、キメラタンパク質のホモポリマーブロックの両側に正常アクチンを重合させたブロックコポリマーがある程度生成され条件を確立した。
目的２
（キメラタンパク質と正常アクチンが互いに共重合しにくい現象のメカニズム解明）：昨年度までは、Alexa488と Alexa594という二つの蛍光色素で標識されたキメラタンパク質と正常アクチンの共重合を蛍光顕微鏡で観察し、二つの蛍光がフィラメント中で均一に混ざり合わないことから、キメラタンパク質内のアクチンは、正常アクチンとは異なる構造をとるのだろうと推測していた。しかし今年度の研究により、Alexa594にはタンパク質を凝集させる傾向があることが判明し、蛍光の不均一性は Alexa594の人工産物である可能性が排除できなくなった。今後は別の蛍光色素を用いて実験する必要がある。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］アクチンフィラメント、ミオシン、協同的構造変化

［研 究 題 目］アメーバ運動を統御するアクチン構造多型マシナリー
［研究代表者］上田　太郎（バイオメディカル研究部門）
［研究担当者］上田　太郎、長崎　晃、梅木　伸久、古谷　のぞみ（常勤職員2名、他2名）
［研 究 内 容］

本研究の主たる目的は、アクチン結合ドメインとアクチンフィラメントの結合が協同的か、また二つのアクチン結合ドメインが排他的もしくは協調的にアクチンフィラメントと結合するかを解明することである。手法としては、蛍光顕微鏡による直接観察法と、アクチンフィラメントを超遠心し、共沈するアクチン結合ドメインの量を定量する方法を想定しており、平成24年度は、それぞれについて必要な設備の整備および組換えタンパク質の発現系の確立などを行った。

蛍光顕微鏡による観察については、高速高感度ビデオカメラを導入するとともに、フィルター系などを工夫し、3色の蛍光色素を同時に観察できる全反射蛍光顕微鏡システムをほぼ完成させた。一方、すでに設置してある通常型の蛍光顕微鏡を用いた予備的な観察も進め、F-アクチンへのコフィリンと HMM（ミオシン II の可溶性断片）の相互排他的な協同的結合を進めた。従来、ウサギ由来アクチン、ヒト由来コフィリン、細胞性粘菌由来 HMM を用いてきたが、生物種が異なることによるアーティファクトの可能性が懸念されたため、全てのタンパク質を細胞性粘菌由来のもので統一し、HMM とコフィリンは相互排他的にアクチンフィラメントと協同的に結合することを確認した。

上記と同じ三つのタンパク質の組み合わせについて、超遠心共沈法による解析も進めた、コフィリン結合がミオシン II 結合を阻害し、コフィリン結合を促進すること、ミオシン結合がコフィリン結合を阻害することを確認した。

また、ミオシン II やコフィリン以外の多くの F アクチン結合タンパク質（具体的には、αアクチニン、フィラミン、ファッシン、フィンブリン、タリン A および B、トロポミオシン、コロニン、コーテキシリン）のアクチン結合ドメインと GFP との融合遺伝子を作成し、一部については実際に細胞性粘菌細胞において発現を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］アクチンフィラメント、アクチン結合タンパク質、協同的構造変化

［研 究 題 目］細胞内在化機能を有する抗体を利用した安定かつ無毒性生体内イメージング技術
［研究代表者］カウル　スニル（バイオメディカル研究部門）
［研究担当者］カウル　スニル、ワダワ　レヌー（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］

本研究は、幹細胞、再生医療、診断の研究分野において、広い応用性のあるイメージング技術を開発することを目的としている。当研究室で見出したモータリン抗体は細胞内在化の性質を持つことから、in vitro、in vivo を問わず、遺伝子導入やイメージング実験の強力なツールとなることが予想される。しかし、モータリンを抗原とする全ての抗体がこの性質を示すわけではなく、特異性と抗体価が同じでも内在化しない抗体があるため、高い細胞内在化機能を有するモータリン抗体の作製が必要である。我々は新規に作製した細胞内在化抗モータリン抗体のエピトープ解析を行った。大腸菌を用いて His タグ付組換えモータリンの欠損変異体を作製し、新規抗体を用いて ELISA 解析を行ったところ、246-330及び375-415アミノ酸残基を含む2つの候補エピトープ領域を同定した。さらに、これらの領域からペプチドを化学合成し、最終的なエピトープを決定していく。また、候補エピトープの1つに対する単鎖抗体を、大腸菌内で発現する His タグ付き組換えタンパク質を作製することにより得た。この単鎖抗体のモータリンタンパク質に対する反応性を、ウェスタンブロッティングにより調べたところ、モータリンタンパク質に対し高い反応性を有したが、細胞内在化能は優れていなかった。これらのデータから、ウサギあるいはマウスにおいて生成された従来型の抗体が、より高い細胞内在化能を持つという結論に至った。今後、細胞内在化のメカニズム解明により、従来の単鎖抗体の細胞内在化におけるこのような差の原因を明らかにしていく。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］モータリン、抗体、イメージング

［研 究 題 目］FGF 受容体の変異による骨・軟骨形成不全疾患発症メカニズムの分子レベルでの解析
［研究代表者］浅田　眞弘（バイオメディカル研究部門）
［研究担当者］浅田　眞弘、鈴木　理、今村　亨
（常勤職員3名）
［研 究 内 容］

繊維芽細胞増殖因子（FGF）は受容体（FGFR）と結合することで様々な生理活性を発揮する。この際、ヘパラン硫酸をはじめとするグリコサミノグリカン（GAG）の共存が必須であると考えられている。近年、先天性奇形である Apert 症候群に見られる FGFR2の点突然変異によって、FGFR がヘパラン硫酸非依存的にリガンドと結合する例が報告され、FGFR の突然変異による受容体活性の亢進をヘパラン硫酸への依存性の消失で説明できる可能性が考えられた。本研究では、他の類似の疾患における FGFR の変異が三者（リガンド、受容体、GAG）複合体の形成や細胞内でのシグナル伝達に及ぼす影響を解析し、FGFR の変異がもたらす疾患の発症メカニズムを分子レベルで解明することを目的とした。

これまでに、複数の変異型の受容体遺伝子を構築し、これらを組換え体可溶性蛋白質として調製した。これらを用いて、in vitro のリガンド結合試験を行った結果、野生型 FGFR2はヘパリン存在下でのみ FGF1と結合するのに対し、Apert 症候群の原因変異を導入した FGFR2はヘパリン非存在下でも FGF1と結合した。一方、Jackson-Weiss 症候群や Pfeiffer 症候群の原因変異を持つ FGFR2は、野生型 FGFR2と同様、ヘパリン存在下でのみ FGF1と結合することが判明した。

昨年度は、Apert 症候群の原因変異を導入した FGFR2を発現する細胞株を構築し、その細胞増殖に与える FGF と HP の効果を検証した。その結果、野生型 FGFR2c 導入細胞の増殖には FGF と HP の両者が必要であったが、変異型 FGFR2c（S252W、P253R）導入細胞は、FGF1のみで細胞増殖が惹起されることを観察した。

今年度は、さらにこの現象を検証する目的で、細胞内でのシグナル伝達を解析した。その結果、変異型 FGFR2c（S252W、P253R）導入細胞は、FGF1のみで FGFR 下流のシグナルが活性化していることが判明した。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］繊維芽細胞増殖因子、Apert 症候群、先天性奇形、グリコサミノグリカン

［研 究 題 目］休止期の毛包に高発現する細胞増殖因子は毛成長をどのように制御するか？
［研究代表者］今村　亨（バイオメディカル研究部門）
［研究担当者］今村　亨（常勤職員1名、他2名）
［研 究 内 容］

研究実施者らは、マウスの休止期毛包において高発現することを見出した細胞増殖因子 FGF18が、周期的な毛成長の制御においてどのような役割を担っているかを明らかにすることを目標として、本研究を行っている。本研究では、①皮膚特異的に Fgf18遺伝子をノックアウトしたマウスを Cre-loxP 法により作成してその表現型など生物現象を解析すること、②毛包構成細胞の増殖分化と生体外（in vitro）毛包形成への FGF18の影響を解析すること、③脱毛症と FGF18の関連を解析すること、を研究計画としている。

本年度は、①において、平成23年度までに皮膚特異的 Fgf18遺伝子欠損マウスの作成と解析によって得られた、「Fgf18はマウス背部毛包の休止期を維持する決定的に重要な遺伝子である」という画期的な知見の深化を目的として、遺伝子欠損マウスの作成過程の帰結で生じた遺伝背景の複雑さを低減し、より詳細な解析の精密度を高めるため、本遺伝子欠損マウスを純系マウスと交配すること（バッククロス）を進めた。その結果、遺伝背景の個体差が減少した。これにより、個体差の少ない解析結果が期待される。②において、マウス皮膚に由来する真皮細胞と表皮細胞の混合培養により、生体外で毛包を形成させる実験系を構築した。さらに、この系における FGF18の与える影響を遺伝子発現レベルで網羅的に解析した。その結果、毛包形成に関わる重要な遺伝子の発現制御が示された。これらの結果は、FGF18が有する毛包休止期を維持する活性を、生体外の複合細胞系でも明確に示すものとして、大きな意義を持つ。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］繊維芽細胞増殖因子、毛成長周期、毛包形態形成、組織幹細胞

［研 究 題 目］張力によるアクチンの構造変化と、それに依存したミオシンの結合増加及び局在制御
［研究代表者］上田　太郎（バイオメディカル研究部門）
［研究担当者］上田　太郎（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究は、張力によるアクチンフィラメントの構造変化を解明し、さらにそうした構造変化によるミオシン結合量の増加ならびに細胞内局在変化するかを検証するために、大別して三つのサブテーマに分かれた実験を行い、最終的にそれらの結果を総合的に解釈してメカノセンサーとしてのアクチンフィラメントの機能とそれによるミオシン機能の制御システムの理解を目指す。それぞれのサブテーマの目標と昨年度の進捗は以下の通りである。

1．目標：

in vitro でアクチンフィラメントに張力を負荷し、

それによってミオシンモータードメインの結合量が増えることを実証するとともに、構造変化を引き起こすのに必要な力を見積もる。

進捗：力を負荷するための伸縮性基板上でアクチンフィラメントを共焦点蛍光観察できる目処が立った。

2．目標：

張力負荷時にアクチンフィラメントにどのような構造変化が起きるかを予測し、それを検出できるような蛍光プローブを開発して、in vitro および in vivo でプローブの蛍光変化を検出する。

進捗：MD シミュレーションにより、力負荷により構造変化するアクチン内の残基を予想することができたので、それに基づいて、蛍光プローブアクチンの設計に着手した。また蛍光プローブアクチンを発現するための発現系の整備を行った。

3．目標：

細胞内のアクチンフィラメントにどの程度の張力がかかっているかを見積もり、in vitro で構造変化を起こすのに必要と見積もられた力と比較する。

進捗：細胞底面にかかる牽引力を測定するための微小ピラー列を作製し、培養のための条件検討を始めた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］アクチンフィラメント、メカノセンシング、協同的構造変化

［研 究 題 目］tRNA 揺らぎ塩基のカルボキシメチルアミノメチル化反応機構の構造機能解析

［研究代表者］大澤　拓生（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］大澤　拓生、沼田　倫征（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

RNA の切断・修飾に関わる2種の酵素遺伝子を pET ベクターに導入して、大腸菌内で共発現させた。HiTrapHeparin による群特異的アフィニティクロマトグラフィーおよび ResourceQ による陰イオン交換クロマトグラフィーによって精製した。2種のタンパク質は精製過程で常に複合体を形成していた。精製サンプルは限外濾過器によって10mg/ml 以上に濃縮し、ヌクレオチド存在下で結晶化スクリーニングに用いた。結晶が得られた条件を最適化することで、回折実験に適したサイズにまで成長させた。大型放射光施設 Photon factory において、回折実験を行い分解能2.5Åのデータを得た。回折データの指数付け、積分を HKL2000によって行い、MolRep を用いた分子置換法によって位相を決定した。位相決定により得られた電子密度に対して Coot を用いてモデルを構築し、CNS によってモデルを精密化した。2種のタンパク質からなる複合体は結合面近傍に形成されるクレバスを有していた。この部分には正電荷が広く分布しており、RNA が結合することが推測された。クレバスの底に相当する部分に2分子のヌクレオチドが結合していた。2つのヌクレオチド結合部位は非常に近いことから、ヌクレオチドの結合様式の一部が実際の RNA の一部の結合様式を模倣している可能性が示唆された。複合体を形成する2つのタンパク質の内の1つは、他の RNA 結合タンパク質と3次構造上の相同性を有しており、他のタンパク質において RNA が結合している領域に相当する部分がクレバスの形成に関与していた。この結果は複合体において形成されているクレバスが RNA を結合する可能性を支持している。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］タンパク質、核酸、酵素、RNA、結晶構造解析

［研 究 題 目］高分解能3次元組成分析システムの開発と生物試料の解析

［研究代表者］小椋　俊彦（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］小椋　俊彦（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

目標：

本研究では、大気圧下や水溶液中の生物サンプル及び有機材料を高分解能で観察するための、電界放射型走査電子顕微鏡を用いた新規の顕微鏡システムの開発を行う。このシステムでは、従来の装置では困難であった、1回の撮像によるサンプルの3次元構造と組成情報を同時に解析することを目標とする。

研究計画：

本年度は、まず分光型リニアアレイ軟 X 線検出システムの開発を行う。これまで使用していたリニアアレイ検出素子は、X 線フォトダイオード（PD）のため、X 線の強度情報のみを計測していた。これに対して今回は、Si-PIN ダイオードやシリコンドリフトデテクターを使用することで、X 線のエネルギーを測定可能とする。さらに、それぞれの素子の視野角に依存した傾斜画像から、3次元構造を高精度に求める新規のアルゴリズムを開発する。また、透過性の高い2次電子の撮像に関する開発も進める。

年度進捗状況：

本年度は、X 線のエネルギー分光分析が可能なシリコンドリフト検出器を熱電子銃型走査電子顕微鏡内に導入するための回路部や制御機構、さらに検出信号の解析アルゴリズムの開発を行った。この検出システムを実際の走査電顕内部に取り付け、X 線エネルギー組成分布の計測システムを構築した。3次元の再構築アルゴリズムでは、シミュレーティッドアニーリングアルゴリズムを応用することで極めて高精度な再構成を可能とした。さらに、生物試料を観察するための特殊な試料ホルダの開発も平行して行い、大気圧状態や水溶液中の生物試料を X 線や電子線により観察可能とした。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］電子顕微鏡、画像情報処理、非染色生物

試料、3次元構造解析

［研 究 題 目］蜘蛛類毒腺の生理活性ペプチドの探索・解析および新規ペプチド創製の試み

［研究代表者］木村　忠史（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］木村　忠史、久保　泰（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

目標：

毒産生生物の毒液には様々な生理活性ペプチドが含まれている。我々はこれまでに南米産タランチュラ毒腺から30個以上の新規生理活性ペプチドを発見している。本研究の目的は、更に多くの新規生理活性ペプチドを発見し、様々な細胞・脳神経機能研究などに適用できるペプチドライブラリーや低分子ケミカルライブラリーの基盤となることである。

研究計画：

H24年度までに研究を進めてきたクモ毒腺のトランスクリトーム解析を補完するタランチュラゲノムの de novo 解析を行う。

年度進捗状況

本研究に使用しているローズヘアータランチュラのゲノムを抽出し、次世代シーケンサーによるゲノム配列の de novo 解析を進め、約39億塩基のデータを得た。先行してマニュアルでゲノム解析をしたデータでは、ICK モチーフ毒である Hanatoxin と VSTx1のゲノム配列を得ており、同じ ICK モチーフ毒であるものの Hanatoxin は3つのエクソン、VSTx1は2つのエクソンからなることを明らかにしている。今後もゲノム配列の de novo 解析を推進する。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］タランチュラ、毒腺、cDNA ライブラリー、トランスクリプトーム、生理活性ペプチド、ゲノム解析

［研 究 題 目］エストロゲン様化学物質影響評価のための細胞内新規シグナル伝達経路の解明

［研究代表者］木山　亮一（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］木山　亮一（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

エストロゲンは、女性ホルモンとして、妊娠などの生理現象や性行動などに関わっているだけでなく、発生において脳の性分化にも大きく関与している。エストロゲンはステロイドの一種であり膜を透過することが可能なために細胞核内に受容体がありそれを通じて転写反応を制御するゲノミック経路が存在するが、近年、膜受容体を介した細胞内シグナル伝達経路の重要性が分かってきた。我々は、本課題において、エストロゲン刺激に伴って細胞内で進むゲノミック経路とは異なる新たなシグナル伝達について、small G-protein の関与を明らかにするとともに、それらが関わる生理機能や性分化などを指標にして新規カスケードを明らかにすることを目標にする。さらに、エストロゲン製剤や機能性食品などへの応用の可能性も検討する。本年度は、(1)エストロゲン様化学物質による遺伝子発現プロファイル解析により新しいエストロゲンシグナルカスケードの存在を明らかにして報告を行った。また、(2)新規シグナル伝達カスケードに関する検証を行い、細胞運動に関わる Rac などの small G-protein の関与を明らかにした。また、共同研究により、(3)ラット脳の分化におけるエストロゲン応答細胞運動関連シグナルカスケードの解析を進めて、アクチン重合反応を制御する cofilin の関与を明らかにした。今後は、(4)天然物由来化合物を用いた検証により、(1)～(3)で得られた基本的なシグナルカスケードに関する情報をさらに複数の刺激が同時に起る場合に対して応用が可能かどうかを検証することでエストロゲン製剤や機能性食品などへの応用の可能性を検討する。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］エストロゲン、シグナル伝達、脳神経系、遺伝子発現プロファイリング、遺伝子機能

［研 究 題 目］シグナル制御複合体の構造と細胞内局在の電子顕微鏡解析

［研究代表者］佐藤　主税（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］佐藤　主税、三尾　和弘、川田　正晃（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

目標：

細胞におけるシグナル伝達と制御の主役を担うのはタンパク質複合体である。本研究では複合体構造を、精製タンパク質の透過電子顕微鏡（TEM）画像から情報学的再構成により立体構造を導き出す単粒子解析法と、細胞を水溶液中で固定・ラベルするだけで複合体の局在を高分解能で決定する大気圧走査電子顕微鏡（ASEM）を組み合わせて解析し、その機能を明らかにする。

研究計画：

単粒子解析の画像解析プログラムの精度を向上させ、不安定な複合体で完全会合体の割合がある程度低くとも、その構造が解明できる方法へと改良する。

シグナル制御を行うタンパク質複合体の機能を理解するためには、大気圧電子顕微鏡 ASEM によって細胞内での局在と離合集散とを高分解能で観察することが必要である。タンパク質3次元微小結晶を ASEM を用いて高分解能で観察することで、微小3次元結晶染色法を開発し、シグナル制御複合体のより良い3次元結晶化条件を ASEM を用いて探す。

年度進捗状況：

単粒子解析の画像解析プログラムの精度を向上させ、完全会合体の割合が低い不安定なチャネル複合体でも、解析できる方法を開発した。この方法を用いて、実際に

動的な複合体である microtubule を解析した。シグナル制御を行う複合体の多くは、動的に離合集散を繰り返し、細胞内での配置を換えながら機能する。これらの局在を観察するために、新たに開発した大気圧走査電子顕微鏡（ASEM）を用いた水中免疫電顕法の開発に成功した。離合集散を繰り返す複合体である細胞骨格の microtubule・F-actin が初代培養神経細胞がシナプス形成するときに起こす変化を水中免疫電顕撮影に成功した。マイコプラズマの免疫電顕高分解能撮影に成功した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］シグナル伝達、分子複合体、電子顕微鏡、タンパク質構造、イオンチャネル

［研 究 題 目］3次元ナノ相分離膜構造と高感度分子認識能の動的解析

［研究代表者］佐藤　縁（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］佐藤　縁、吉岡　恭子、田中　睦生、中田　知里（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では、特異性は高いが相互作用が弱く、現行では抗原抗体反応のように利用することが難しかった糖鎖–タンパク質（レクチン）の相互作用検出をモデルとして取り上げ、基板上に精緻に構築された分子認識界面を構築することで、弱い相互作用でも抗原抗体反応のように取り扱いができることを実証すべく検討を行ってきた。基板表面で弱い相互作用を検出する際には、認識薄膜の設計と構造が極めて重要であるが、ナノ相分離薄膜を作製することで、解離定数が大幅に小さくでき、抗体での認識に近い値で検出が可能となったこと、ノイズ応答を下げるために新規に非特異吸着抑制のための小さな分子（TEGCnSH）をスペーサー分子として用いレクチン認識量が増大したことなどを昨年度までに確認できたが、今年度はそれらの応答について、表面プラズモン共鳴測定法だけでなく、水晶振動子マイクロバランス法を組み合わせて、効果を実証した。外部から電位などの刺激をあたえることで、膜の柔軟性が変化し、レクチンの高感度検出につながる可能性についても昨年度に引き続き検討したところ、電位効果により、共吸着させた電気化学活性基を有する分子の構造が変化し、膜全体の構造変化をもたらし、レクチン認識ポイントをより検出しやすい状態になることで、結果として従来よりもさらに1桁以上の高感度検出ができることを確認した。また、糖鎖修飾金微粒子を用い、疾病マーカーの候補分子であるガレクチンの種類区別検出にも取り組んだ。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ソフト界面、自己組織化膜、分子認識、レクチン、糖、非特異吸着抑制、金、表面プラズモン共鳴、電気化学

［研 究 題 目］人工細胞膜を目指した安定なナノ構造分子膜構築に関する研究

［研究代表者］澤口　隆博（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］澤口　隆博、田中　睦生（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究は、表面修飾材料として新規に開発したホスホリルコリン系膜分子を電極基板上に単分子膜形成させ、膜タンパク等の生体分子を捕捉し安定に機能発現しうる、生体膜類似のナノ構造分子膜の構築を目的としている。チオール基等を介した結合形成により膜構造の安定化を図り、膜の集積状態や膜を介した物質移動等、膜の基本特性評価と膜構造の分子レベル解析により、膜タンパクを非変性的かつ安定に補足しうるナノ構造分子膜の詳細を検討した。

一連の新規ホスホリルコリン系分子によるナノ構造分子膜を原子的に平滑な Au 単結晶電極（Au(111)）上に構築し、膜の基本構造、すなわち、膜の密度、分子配列や配向等の評価を行った。その結果、ホスホリルコリン部位がアルキル鎖に比べてかなりかさ高いこと、そのためホスホリルコリン系分子はダブルストライプ状の配列構造である可能性が高いこと、その表面濃度は約5×10^{-10}mol/cm^{2}程度あること等が判明し、ホスホリルコリン系分子によるナノ構造分子膜の基本構造が明らかになった。一方、膜タンパクのナノ構造分子膜内への導入時に用いる膜タンパク補足固定用リンカー分子についても検討を行い、Au 単結晶電極表面でのリンカー分子の固定化状態は極めて緻密あること、ホスホリルコリン系分子との混合分散では均一なナノ構造分子膜を形成すること、リンカー分子が約10%以下ではナノ構造分子膜の基本的な膜特性を損なわないこと等が分かった。また、膜タンパクとしてユビキノンを用いた検討では所定の条件で比較的再現性良く膜内への導入が可能であり、膜タンパクの非変性導入におけるいくつかの重要な技術要素が明らかになった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］構造・機能材料、機能性薄膜、走査プローブ顕微鏡、自己組織化、表面・界面物性

［研 究 題 目］環境浄化に関わる未培養微生物を生きたまま選択的に回収する技術の創成

［研究代表者］関口　勇地（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］関口　勇地（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究は、難培養微生物群の培養を可能にするための新規技術を創成し、その開発技術を環境工学分野で活用されている難培養微生物群に適用することにより、その機能を解明することを目的とした。具体的には、16S rRNA を標的とした Fluorescence in situ hybridization 法（FISH 法）とコンビナトリアル・バイオエンジニア

リング技術を組み合わせ、特定の微生物群のみを「生きたまま」選択的に回収する新規技術の開発を行うことを目的とした。平成24年度は、平成23年度まで開発、改良した微生物回収技術を利用し、平成23年度に引き続きメタン回収型廃水処理プロセスに存在する未培養微生物群を標的とした選択的回収システムを構築することを試みた。具体的には、嫌気性廃水処理汚泥への分子系統学的解析からその存在が予見されている、系統学的に新規で処理プロセスにおいて重要な未培養系統群に対して本手法を適用し、それぞれに特異的なペプチドの選定後、ペプチドリガンドを利用した各微生物細胞の高濃度、高純度取得の試みを実施した。また、その過程で得られた新規微生物については、その生理学的、遺伝学的特徴を調査し、新種記載を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］未利用生物資源、未培養微生物、コンビナトリアルバイオエンジニアリング

［研 究 題 目］**廃用性筋萎縮の新たなメカニズムの解明：体内時計の乱れは筋肉をも壊してしまうのか？**

［研究代表者］中尾　玲子（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］中尾　玲子、宮崎　歴、大石　勝隆（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

筋肉は、身体活動量の減少に伴って萎縮し、その機能が著しく低下する（廃用性筋萎縮）。これは活動量の減少を引き起こし、さらに筋量が減少する負の循環が起こる。高齢者における廃用性筋萎縮の予防や治療を目指した研究は数多く行われているが、筋代謝の分子メカニズムの全貌は明らかにされていない。

我々の体内時計のリズムを生み出すのは、脳の視交差上核にある中枢時計遺伝子と、末梢組織の時計遺伝子である。近年、時計遺伝子欠損マウスはサルコペニア様の症状（加齢による筋肉減少）を示すことなど、時計遺伝子が筋肉の機能維持に関与する可能性があると報告されている。そこで本研究では、遺伝的（先天的）、後天的な体内時計の乱れが筋萎縮を悪化させる要因となり得るかを評価し、体内時計と筋萎縮の関連を分子レベルで明らかにすること目的とした。平成24年度は、筋特異的時計遺伝子欠損マウスと野生型マウスに坐骨神経切除による筋萎縮を誘導し、萎縮筋の状態を時間軸を含めて評価するためマウスを昼夜に解剖し、下肢の筋肉を摘出した。現在、筋蛋白質合成・分解に関与する分子の発現量を解析し、それぞれのマウスの筋肉の萎縮度の評価を行っている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］筋萎縮、体内時計、時計遺伝子

［研 究 題 目］**オンチップスクリーニングと1細胞時系列イメージングによる細胞運動因子のキノーム解析**

［研究代表者］長崎　玲子（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］長崎　玲子、藤田　聡史、長崎　晃（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

細胞運動は、器官形成などにおいて重要な役割を担うだけでなく、がん細胞の浸潤にも関与している。しかし細胞運動の制御過程は複雑であり、未だ断片的な知識しか得られていない。そこで本研究では、独自技術である細胞運動評価チップを用いて細胞運動調節因子を全キナーゼ及び関連因子群からスクリーニングする。さらに細胞外マトリックス依存的に発現誘導を受ける遺伝子の情報と上述の結果の統合することで、転写レベルの ECM 依存的発現誘導から、がんの悪性度を左右する細胞運動調節キナーゼの活性化に至る一連の作用機序について理解を深める。

本年度では実験条件の最適化が容易に可能となり、安定的に細胞運動を再現する環境が整ったため、一次スクリーニングで絞り込まれた遺伝子を再評価した。昨年度の結果に対して24遺伝子が残り、新たに6遺伝子が同定された。新規同定6遺伝子に対する siRNA の抑制効果を確認したところ、5遺伝子で抑制効果が確認できた。新規同定6遺伝子は該当しなかったが、24遺伝子のうち3遺伝子が昨年度報告したように細胞外マトリックス依存的に発現誘導を受ける遺伝子と重複した。さらに、L2b 細胞と L2b の亜種でありコラーゲン依存的な細胞運動が遅い T1細胞との間で上記遺伝子の発現量を比較したところ、L2b 細胞での発現が上記とは別の3遺伝子について高くなった。また、新規同定6遺伝子の細胞内局在も検討したところ、細胞膜、小胞体、移行型小胞体、細胞質に局在した。

さらにタンパク間相互作用のデータベースを用いて30遺伝子について最短経路を描画した結果、EGFR を中心としたパスウェイが浮かび上がった。すなわち EGFR を抑制することですべての細胞運動のシグナルを停止させることが可能であると思われる。以上のことから、我々のスクリーニング手法で浮かび上がってきた遺伝子群は局在・機能も多様であったが、パスウェイ解析の結果最上流に EGFR があることが示唆された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］細胞運動、トランスフェクションマイクロアレイ、時系列解析、がん細胞

［研 究 題 目］**酵母を用いたヒト上皮増殖因子受容体の機能解析**

［研究代表者］福田　展雄（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］福田　展雄（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

ヒト遺伝子産物に対する創薬シード化合物の開発を行うためには、モデルとなる生物の表現型を活用したスクリーニング系の構築が重要である。出芽酵母は高等動物細胞のモデルとして有用であり、遺伝子操作が容易で寒天培地・液体培地などで簡便に培養できることから、遺伝子の機能解析のみならず新たな細胞機能の制御物質探索系としても非常に優れている。ヒト細胞において、増殖や分化など重要な機能を制御している受容体の異常は、癌の発生要因となることが知られているため、当受容体を標的とした抗癌剤を開発することが強く望まれている。そこで酵母のシグナル伝達機構を出力系として利用した、受容体機能の評価技術を確立することとした。平成24年度は遺伝子組換え技術を用いて、酵母のシグナル伝達の可視化を行った。緑色蛍光タンパク質 GFP をコードする遺伝子配列を酵母の染色体に導入することで、シグナル伝達経路が活性化された酵母細胞を、蛍光強度を指標として識別することが可能となった。しかしながら酵母細胞の自家蛍光を考慮すると、ヒト上皮増殖因子受容体の機能評価を実施するためには、より高いシグナル強度を得ることが望ましいと想像される。そこで酵母の培養条件を最適化することで、GFP レポーターの発現量を増大させることに成功した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］酵母、ヒト受容体、シグナル伝達

［研 究 題 目］遺伝子導入セルチップの高機能化を実現するソフト界面の構築

［研究代表者］藤田　聡史（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］藤田　聡史（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

目標と研究計画：

本研究課題では、「固相リバーストランスフェクション（固相界面から細胞への遺伝子導入;Reverse Transfection: RTF)」のメカニズムを明らかにし、これに基づいた「高性能ソフト界面」を作製し、固相から様々な細胞株への遺伝子導入を可能にする高機能化セルチップを開発する。

年度進捗状況：

平成24年度は、前年度までの成果に基づき、次に示す研究成果を達成した。

① 固相リバーストランスフェクション（RTF）の効率を上げるソフト界面の作製

様々な RTF を上昇させる物質を検討し、適切な ECM の種類と濃度、細胞適合性、カチオン性ポリマーを選定した。ポリエチレングリコール表面への ECM の重層法を確立し、マイクロスポット上の細胞移動を防ぐ表面作製法を確立した。

② 様々な細胞への RTF を可能にするソフト界面の作製

異なる特徴を持つ細胞種に対して、RTF を試みた。それぞれの細胞における適切な ECM の種類と濃度を検討した。以上の RTF 用表面作製法の特許を取得した（特開2012-187072)。

③ 本チップの高集積化と高機能化と応用

以上の結果に基づき、スポット径が100μm 以下の「世界最高密度の TCM 基板」を開発に成功した((Fujita, S., et al. 2013, Lab Chip, 13, 77.)。さらに、本技術を応用した「長期継続遺伝子導入セルチップ」、「マイクロ流路型セルチップ（Enomoto, J., Proceeding of μTAS 2012, Enomoto, J., et al., 2013, Lab Chip, Submitted)」、「細胞運動評価セルチップ」、「中空糸セルチップ（特願2013-050718)」などの開発をすすめ、その一部はすでに成果として公表した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］マイクロアレイ、表面界面物性、マイクロナノデバイス、ナノバイオ

［研 究 題 目］進化分子工学を利用した蛍光性 RNA の獲得

［研究代表者］加藤　義雄（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］加藤　義雄（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

生きた細胞内で目的の分子だけを観測する手法は、現代の分子生物学において欠かせない技術となっている。タンパク質に関しては GFP を用いた技法が発展してきたものの、遺伝子の直接産物である RNA の検出に関しては、外部から加えられた蛍光分子を結合させる方法しか存在しなかった。しかしながら、蛍光分子を結合させることによって RNA の性質が変化してしまうという懸念もあり、自発的に蛍光を発する RNA 分子の開発が望まれていた。そこで本研究では、ランダム配列を有する RNA ライブラリーを大腸菌内で発現させ、蛍光性の大腸菌を取得することによって、生体内で自発的に蛍光を発する新規 RNA 配列を獲得することを目指している。初めに、細胞内で RNA を発現させる系として pET システムをベースに種々の検討を行ったが、RNA の発現量は少なかった。そこで、lpp プロモーターおよび構造足場として tRNA を用いることとしたところ、特に tRNA（Lys）において大量に RNA を発現させられる事が分かった。大腸菌の5S rRNA よりも多く、1細胞あたり10000分子以上の RNA 発現が見られており、今後はこの系を使ったライブラリーの構築を行う。さらに、蛍光性の RNA として機能が発揮されるためには、エネルギー的に比較的安定な構造を取る必要があるものと考えられる。そこで、完全にランダムな配列を出発点として進化分子工学を行うのではなく、ある程度の安定性を有する構造を出発点として、ライブラリーを作製して進化分子工学を行い、蛍光性 RNA の獲得を目指す。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］進化分子工学、分子イメージング、RNA

［研 究 題 目］**生物希少資源が不要な酵素増幅型エンドトキシン検出法の開発**

［研究代表者］加藤　大（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］加藤　大、小田　侑、田中　睦生、丹羽　修（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

従来、高価な試薬を必要とするエンドトキシン（ET）の計測を、ET 認識分子を修飾したナノカーボン電極と、第二の ET 認識基と電気化学活性基からなる ET 認識メディエータを利用することで、安価にかつ高感度に ET を電気化学検出する方法を開発した。具体的に、下記項目を検討した。

1．電気化学 ET 測定系の構築：ET の認識・濃縮を行う反応場をナノカーボン電極上に構築するため、①牛血清アルブミンと認識分子を混合架橋した膜を電極上に成膜する物理的固定、および②ナノカーボン表面と認識分子を直接架橋可能な二官能性リンカーによる化学的固定を検討した。また、ET 認識メディエータとして、ET 認識分子であるポリミキシン B（PMB）に、①酵素 ALP を標識した ALP-PMB、②フェロセン（Fc）を標識した FcPMB の二種類を開発した。得られた修飾ナノカーボン電極・PMB 標識メディエータの組合せから成る測定系において、メディエータの Fc、並びに ALP の酵素反応生成物である PAP の酸化電流が電極表面に吸着した ET 濃度に比例すること、かつ還元剤（鉄(II)イオン）を添加すると酸化された Fc、PAP が還元され、得られた信号がリサイクリング効果によって増幅することを確認した。その結果、ET 検出感度2ng/mL を達成した。

2．測定系のフローシステム化：マイクロ流路と電気化学測定を組合せた微小流路システムを開発した。シリコン基板上にパタンスパッタしたナノカーボン電極とポリジメチルシロキサンからなる流路を貼合せることで、マイクロ流路を形成した。十分な送液と電気化学測定が可能となる様、流路デザインを検討した結果、流路幅1.2mm、高さ40μm のマイクロ流路において、ET 測定で用いる上記 PAP を感度良く測定できることを見出した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ナノカーボン、エンドトキシン、電流増幅、マイクロ流路

［研 究 題 目］**快・不快情動が操る嗅覚表象の単離脳イメージング：行動解析との融合的アプローチ**

［研究代表者］梶原　利一（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］梶原　利一、高島　一郎（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究では、“こころの動き”が、知覚感受性や記憶の程度に影響を与える脳内メカニズムを明らかにする事を目的とした。具体的には、報酬や罰を伴う嗅覚学習行動が、辺縁系皮質の神経ネットワークの、どの部位に、どのような機能変化を生じさせるのか、その機能変化は海馬や扁桃体の情報伝達パターンにどのような影響を及ぼすのかという問題を明らかにする為に①条件付け学習モデル動物の単離脳を用いた ex vivo 脳機能解析システムを新たに構築し、これにより②情動や報酬予測行動を支える嗅覚神経回路の探索と動作機構の解析を行うことを、目指した。平成24年度は、①の課題については、行動実験システムの構築に取りかかった。嗅覚学習モデル動物作製にむけて、モルモット用のオペラントチャンバーを試作した。②の課題については、情動を司る扁桃体が海馬周辺皮質への信号伝達へ及ぼす影響についての神経回路機構を明らかにする目的で、脳スライスの膜電位イメージング解析を行った。嗅内皮質を中心とした皮質―海馬および扁桃体間神経連絡を保持した脳スライスを用いて繰り返し入力に対する応答変化パターンを、膜電位イメージング法により解析した。その結果、40Hz で嗅周囲皮質36野を刺激すると、35野に持続性の神経興奮現象が認められた。持続性の神経興奮現象は、35野において扁桃体からの入力により制御を受ける可能性が過去の研究から示唆されているが、その神経機構の詳細は謎に包まれている。我々は、35野の神経活動伝播制御機構に緩やかに不活性化するカリウム電流が関与するという仮説を立て、その検証を開始した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］脳、記憶、嗅覚

［研 究 題 目］**ストレス性睡眠障害モデルを用いた不眠症改善物質スクリーニング系開発とその応用**

［研究代表者］宮崎　歴（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］宮崎　歴、大石　勝隆（常勤職員2名、他3名）

［研 究 内 容］

マウスの水に対する嫌悪感を利用し、回転輪上で飼育するという新しいストレス負荷方法（PAWW ストレス）をマウスに与える事で日内行動リズム、睡眠リズムおよび体温リズムなどが乱れる事を昨年度に見いだしていた。今年度はさらに補足的データとして、血液中カテコールアミン（ノルアドレナリン、アドレナリン）の上昇を確認し、PAWW ストレス下のマウスでは交感神経系の優位が起きていると考えられた。これらの研究結果より、PAWW ストレスにより睡眠障害モデルマウスを作成できると判断した。次に、この睡眠障害モデルマウスに睡眠改善薬の効用が認められるかを検討した。照明点灯後に活動が活発に認められる睡眠障害モデルマウスに睡眠

障害改善薬として利用されているエチゾラムを照明点灯時に投与する事により、マウスの過活動な行動を鎮静化することはできた。しかしながら、本モデルマウスで認められる活動期での活動量低下（覚醒不良）を改善する事は出来ず、これまでのヒトの睡眠薬治療でみられるような副反応に似た傾向が認められた。これらの成果の口頭発表及び論文発表をした。

これまでのストレス負荷をより効率的に行い睡眠障害モデルマウスを作成するために、PAWW ストレス専用の飼育ケージの開発も行った。回転輪にマウスをとじこめて飼育し、回転輪からの摂餌／飲水を可能なケージで、省スペース化も実現した。このケージを特許として出願した。

PAWW ストレスからマウスを解放すると、睡眠障害パターンは徐々に改善される。しかし、活動期の活動量の回復には1週間以上を要した。このことは PAWW ストレスにより睡眠障害モデルマウスにうつ傾向を発症する可能性を示唆した。そこで、本睡眠障害モデルマウスにおいてうつテストを行った。ショ糖に対する嗜好性を利用したうつテストでは、睡眠障害モデルマウスにおいてうつ傾向が認められた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］サーカディアンリズム、ストレス、睡眠障害、モデル動物

［研 究 題 目］新規発光・蛍光技術ソースの探索を目指した発光生物調査

［研究代表者］近江谷　克裕（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］近江谷　克裕、三谷　恭雄、二橋　亮（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

新規発光・蛍光技術の確立、新規の生物発光・蛍光技術を創出するソース探索のため、世界各地の発光生物及びその共生微生物群の現地調査を実施する。本研究において採取されたサンプルは、現地協力者の実験室にて遺伝子を抽出、或いは低分子化合物も抽出し、協力者の許諾のもと一部は現地の研究者に、一部は産総研に持ち帰り、知財確保、論文作成を目指す。本年度は、気候変動や現地協力者の状況に応じて3カ国（中国、ベルギー、ブラジル）を中心に現地調査、研究打合せを行った。具体的には、① 平成24年6月下旬、研究代表者近江谷、共同研究者二橋、及び研究協力者大場は中国での研究協力者の中国科学院昆明動物研究所の Andy Liang 教授とともに同教授が発見した星虫の野外調査を実施した。しかしながら、季節的な端境期のため、ホタルは採取されたが星虫の採取には至らなかった。② 平成24年8月上旬、共同研究者三谷はベルギーのルーベン大学 Jerome Mallefet 教授の実験室を訪問、発光クモヒトデの遺伝子の抽出作業を行い、同時にライブラリーの作成を行った。現在、ルシフェラーゼ遺伝子のクローニングを行っている。③ 平成25年3月に研究代表者近江谷、共同研究者三谷はブラジルサンパウロ、国立サンカルロス大学 Viviani 教授を訪問、共同研究契約のもとサンパウロ周辺の発光生物を調査した。各種発光甲虫を確認した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］発光生物、ルシフェリン、ルシフェラーゼ、遺伝子資源

［研 究 題 目］ルシフェリン合成系を導入した完全人工発光植物の創製

［研究代表者］近江谷　克裕（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］近江谷　克裕、光田　展隆（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

生命科学では基礎・応用研究の幅広い分野においてルシフェラーゼ遺伝子を人為的に導入した光る生物群が作られ、多くの生命現象の解明に貢献すると共に、創薬や生命科学研究等に活用されている。しかしながら、人為的に作製した光る生物群は、全て発光反応の基質であるルシフェリンを外から加える必要があり、自己システムで完全に光る生物は作られていない。特に植物では最も早期に発光植物が開発され、観賞用発光植物が期待されていたのにも関わらず、その後の進展はない。そこでこれまでに解明されたホタルルシフェリンの生合成経路のキー酵素群を遺伝子導入した人工植物を作出し、人工完全発光生物の創製を目標とした。昨年度までに甲虫ルシフェラーゼ遺伝子を個々に導入したシロイナズナ植物を作出、活性型 D 体ルシフェリン溶液による発光を確認し、基盤となる発光植物を樹立することができた。今年度は L 体ルシフェリンを D 体へと変換するエステラーゼ酵素をクローニングしシロイナズナ植物に遺伝子導入した。従来、動物細胞では L 体ルシフェリンにエステラーゼ酵素を加えることで発光活性が増加する点は明らかであった。しかしながらエステラーゼ酵素を発現する甲虫ルシフェラーゼ遺伝子導入シロイナズナ植物では発光の増加が認められなかった。植物細胞ではエステラーゼ酵素が発光阻害する可能性が高く、別のストラテジーを立てる必要がある点が明らかになった。一方、ウミホタルルシフェラーゼ遺伝子を導入したシロイナズナ植物を作出に成功した。これによってウミホタルルシフェリンの合成経路の検討も可能になった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］組み換え植物、ルシフェリン、ルシフェラーゼ、イメージング、有用物質生産

［研 究 題 目］実用化を目指した血液脳関門透過型高分子医薬デリバリーシステムの開発

［研究代表者］近藤　哲朗（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］近藤　哲朗（常勤職員1名）
［研 究 内 容］
目標：
近年、抗体医薬や核酸などの高分子医薬の開発が進み、その特異性や劇的な治療効果から今後ますます需要が増大すると予想されるが、これらは末梢組織の癌や自己免疫疾患などを対象としたものが多い。一方、脳を標的とした抗体医薬・蛋白医薬は、血液脳関門（Blood-brain barrier：BBB）が障壁となっており、実用化されているものはほとんどないのが現状である。本研究計画では、抗体医薬のみならず将来医薬としての効果が期待される様々な機能蛋白・高分子を、指向性進化工学的手法を用いて高機能化し、血液脳関門（BBB）の障壁を超えて脳へ非浸襲的に送達可能にする新しいドラッグデリバリーシステムの技術開発を行うことを目標とする。
研究計画：
機能性蛋白を血液脳関門（BBB）を介して血中から脳へ送達可能にするアミノ酸配列モチーフの探索を指向性進化工学的手法を応用して行う。
年度進捗状況：
BBB を介した高分子輸送を可能にするアミノ酸配列モチーフの探索をバクテリアディスプレイ法およびファージディスプレイ法等の種々の指向性進化工学的手法を用いて行った。BBB に発現している特定の膜蛋白・受容体を標的としてこれらに特異的に結合するポリペプチドアミノ酸配列の探索を行う一方、BBB 透過機能を指標にしたアミノ酸配列モチーフの探索をファージディスプレイ法を応用して行った。多孔質膜を挟んでマウス脳毛細血管内皮細胞とアストロサイトの共培養を行い、経上皮電気抵抗値（TEER）の上昇および種々の分子量の標識標準分子の非透過度を指標に in vitro BBB モデルを作成した。様々な鎖長のリンカーを隔ててモチーフ部の高次構造に一定の束縛条件を付与したランダムペプチドファージライブラリーを作成し、上記 in vitro BBB モデルに対して機能的透過能を示すアミノ酸配列のスクリーニングを行った。現在、目的とする機能モチーフの創出を進めている。
［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］高分子・蛋白医薬、DDS、中枢神経系、血液脳関門（BBB）、脳毛細血管内皮細胞、アストロサイト、受容体、指向性進化工学、ポリペプチド、in vitro BBB モデル

［研 究 題 目］ナノホールアレイを用いた表面プラズモン共鳴法によるメチル化 DNA の迅速検知
［研究代表者］栗田　僚二（バイオメディカル研究部門）
［研究担当者］栗田　僚二、柳澤　博幸（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］
現在、血液や尿などの体液中に含まれる各種生体成分を検出することは、病気の早期発見や診断、さらには治療方針を決定する上で極めて重要である。本研究では、ナノ構造基板上での表面プラズモン共鳴（SPR）現象を利用し、DNA のメチル化状態を迅速検知する新手法の提案、基礎特性評価及びデバイス化を行うことである。従来、抗体を用いる手法では DNA メチル化の量的情報は得られるものの、位置情報を得られなかったため利用価値が乏しかった。そこで、2本鎖 DNA の“歪み”を利用した位置選択的な抗体認識と、SPR 法による迅速計測に挑戦する。これにより、測定対象 DNA 中に含まれる任意領域の迅速な DNA メチル化センシングデバイス開発を目指す。
本年度は、測定対象となるメチルシトシンがミスマッチとなる二本鎖 DNA を形成させ、この二本鎖 DNA への抗メチルシトシン抗体の結合量を SPR 法によって測定することでメチルシトシン検出を行った。ミスマッチ箇所として、C/C、C/A、C/T ミスマッチや脱塩基部位、バルジ構造などを形成させ、表面プラズモン共鳴法によりアフィニティ解析することで最適な構造を確認した。さらに、本法の迅速化を目的とし、金薄膜を有するガラス基板とポリジメチルシロキサン流路基板から形成されているマイクロセンシングチップを開発した。マイクロセンシングチップでは、深さ20ミクロンの薄層流路内に SPR 計測用の金薄膜を有している。本マイクロセンシングチップをメチル化 DNA 検出に用いることにより、迅速計測に成功した。
［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］メチル化 DNA、エピジェネティクス、表面プラズモン共鳴、免疫センサ

［研 究 題 目］低分子量 G タンパク質間クロストーク制御による細胞移動と軸索伸長メカニズムの解析
［研究代表者］戸井　基道（バイオメディカル研究部門）
［研究担当者］戸井　基道、鈴木　えみり（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］
目標：
脳や末梢神経系における神経回路網の形成過程において、神経細胞の層移動や軸索伸長過程においては、誘引あるいは反発作用に働く細胞外のガイダンス分子に依存した細胞骨格制御が重要である。本研究では、この細胞骨格制御に関わるキー因子である低分子量 G タンパク質「Rac」の新規エフェクターとして単離した RIN-1タンパク質の機能解析を通して、このタンパク質を介した複数の低分子量 G タンパク質群間の活性化や空間的配置制御といった機能的クロストークの実態を明らかにする事を目指す。

研究計画：

RIN-1タンパク質と各 G タンパク質との詳細な相互作用解析を行う。得られた相互作用の結果を基に、線虫の *rin-1*変異体および G タンパク質変異体を用い、細胞移動時および軸索伸長時の各タンパク質の詳細な局在解析を行う。

年度進捗状況：

線虫 RIN-1は、小胞輸送に関与する RAB-5とアクチン動態制御に関わる CED-10と相互作用することを明らかにした。しかしながら、移動中の神経細胞における RAB-5の分布パターンは野生型と変異体で差異は見られず、また活性化型 RAB-5の過剰発現による *rin-1*変異体の表現型の回復も見られなかった。したがって、RAB-5は観察した神経の形態変化には大きく関与していない事が推測された。CED-10の細胞内分布パターンも変異体で大きな違いは見られなかった。しかしながら、活性化型 CED-10の過剰発現により、rin-1変異体では移動方向と逆側にも多数のフィロポディア様構造が形成され、これにより移動方向が歪められていることが明らかになった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］細胞移動、神経軸索伸長、低分子量 G タンパク質

［研 究 題 目］少数のダイニンと微小管から成る振動系の作成と構造・機能研究

［研究代表者］広瀬　恵子（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］広瀬　恵子（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

繊毛・鞭毛の運動はダイニンの力発生によって駆動されるが、その周期的波打ち運動は、一方向に運動するダイニンの機能の足し合わせでは説明できない。まず、軸糸ダイニンは隣り合う微小管の間に密に配列し、隣接するダイニンとの相互作用による影響を受ける。また、微小管同士が伸縮性分子で架橋されることにより、微小管を介して、他のダイニンが発生する力による制御を受ける。本研究では、複数のダイニン分子が協同的に働き、効率的な運動機能を獲得するメカニズムの理解を目指して、少数のダイニン、微小管、および微小管架橋構造から成り、単純かつ運動機能をもつ複合体を作成し、その運動機能や高分解能構造を解析している。

平成24年度は、高分解能構造解析に適した複合体の作成を中心に研究を行った。我々は以前、ウニ精子外腕ダイニンを用いて複合体を用いて構造を研究していたが、この複合体はダイニン尾部と微小管の結合が弱く、力発生時に解離する傾向があった。そこで、緑藻クラミドモナスを培養し、その鞭毛から軸糸外腕ダイニンを精製して微小管に結合させ、複合体形成の条件検討を行った。

電子顕微鏡法観察により、2本から数本の微小管がダイニンによって架橋された複合体ができたが、複合体の多くは数マイクロメートルの微小管から成り、電子顕微鏡で全体像を観察するのが困難だった。そこで、微小管の長さを短くし、1マイクロメートル程度の微小管の間に十～数十個のダイニン分子が並んだ複合体を作成した。今後はこの複合体に架橋構造を加え、力発生中の構造を研究する予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］分子モーター、細胞運動、鞭毛・繊毛、電子顕微鏡

［研 究 題 目］転写因子 SATB1に対する複合標的核酸創薬基盤の開発

［研究代表者］山崎　和彦（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］山崎　和彦、宮岸　真、岡田　知子、山崎　智子（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

乳がん治療に役立つ創薬基盤構築を目的とし、乳がん細胞の悪性化に関わる転写因子 SATB1の多様な部位を標的とした核酸創薬開発研究を行う。転写因子 SATB1と他タンパク質との結合ドメインや複数の DNA 結合ドメインを対象とし、結合して機能を阻害するアプタマー型あるいはデコイ型の核酸医薬を取得する。塩基配列をランダム化した一本鎖および二重鎖の DNA あるいは RNA のライブラリーから、次世代シークエンサーを用いた手法によって網羅的かつ効率的に、結合する配列の選別を行う。得られた核酸について、乳がん由来の培養細胞を用いたバイオアッセイおよび物理科学的手法による相互作用解析を行って効果を評価する。さらに、タンパク質・核酸複合体の立体構造解析を行って結合機構を精査することにより、ライブラリーデザインの改変や修飾導入による活性強化の可能性を検討する。

本年度は、二重鎖の DNA ライブラリーを用い、複数の DNA 結合ドメインに結合するデコイ型核酸の創出を目指した研究を進めた。標的となる複数の DNA 結合ドメインの調製を行って磁気ビーズに固定化し、核酸を結合・解離させ、PCR によって増幅することを繰り返した。特に、塩濃度や反応時間などの反応条件を検討することにより、十分な量の結合核酸分子を得ることに成功した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］転写因子、核酸創薬、がん、タンパク質核酸相互作用

［研 究 題 目］近赤外デジタルホログラフィー法による動物プランクトン計測技術の開発

［研究代表者］秋葉　龍郎（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］秋葉　龍郎（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

生態系の調査において、1次消費者である動物プランクトンの現存量データは重要な測定項目である。動物プ

ランクトンの高効率計測のために近赤外デジタルホログラフィー法による撮像技術を開発する。動物プランクトンの種識別が可能な空間分解能を持ち、かつ顕微鏡に比べて100倍以上の被写界深度を持つ測定方法を開発する。分解能10ミクロン、観察体積100cc 以上の撮影の開発を予定している。本年度は予備的にホログラフィー観察を行い、プランクトンの撮影が可能な事また、レーザーの強度やカメラの感度について調査研究を行った。また効率的にプランクトンを撮影するためには撮像可能領域に出現したタイミングを検出して撮影する必要がる。本年度はプランクトンのようなサイズの物体に反応しかつ応答がミリ秒以下のラインセンサーが適用可能であることを確認した。これにより流水中のプランクトンの検出が可能である。またデジタルホログラフィーの開発ではレーザーを近赤外領域のものとして走光性の影響が及ばないように工夫した。さらに画像の保存では動画圧縮したファイル形式での撮像と静止画での記録を比較できるように準備を行った。今後はこれら基礎技術の開発を利用し実海域で使用できる計測技術を開発する予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］デジタルホログラフィー、ラインセンサー、レーザー

［研 究 題 目］CRISPR システムにおける AGO2様活性を有する RNP 複合体の構造機能解析

［研究代表者］沼田　倫征（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］沼田　倫征、大澤　拓生、沼田　英子（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

Cmr エフェクター複合体は6種の Cmr タンパク質（Cmr1-6）と crRNA から構成されたリボ核タンパク質複合体である。発現・精製したタンパク質サブユニットを用いて、分子間相互作用を検討した結果、Cmr2とCmr3が相互作用することを明らかにした。次に、Cmr2-Cmr3複合体の結晶化を試みた結果、15%イソプロパノール、20mM $MgCl_2$、50mM MES（pH6.0）を含む条件で単結晶を得た。大型放射光施設フォトンファクトリーにて回折実験を行い、2.5～2.6Å 分解能の回折データを収集した。Cmr2の結晶構造はすでに報告されており、Cmr2をサーチモデルとした分子置換法によって複合体の結晶構造を決定した。Cmr2-Cmr3複合体の結晶構造を解析した結果、分子境界付近に大きなクレバスが存在することが明らかとなった。また、本研究では ATP もしくは3'-AMP と結合した Cmr2-Cmr3複合体の結晶構造を決定しており、これらヌクレオチドはクレバスの奥深くに結合していることが明らかとなるとともに、ヌクレオチド結合部位が少なくとも2か所存在することが判明した。また、Cmr3の立体構造は Cas6と類似していることが分かった。Cas6は pre-crRNA のプロセシングに関わる酵素であり、Cas6に特有のくぼみ領域を用いて pre-crRNA の5'側に位置する ssRNA 領域と結合する。興味深いことに、Cmr3にもプラスにチャージしたくぼみ領域が存在し、それはクレバス形成に関わることが分かった。したがって、Cmr2-Cmr3に見られるクレバスは ssRNA と相互作用することが推定され、結合していたヌクレオチドは ssRNA の各ヌクレオチド残基をミミックしたものであることが推定された。Cmr2-Cmr3は ssRNA と結合することから、このクレバスに ssRNA が結合すると示唆される。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］タンパク質、酵素、核酸、RNA、結晶構造解析

［研 究 題 目］ミトコンドリアにおける tRNA プロセシング機構の解明

［研究代表者］沼田　倫征（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］沼田　倫征、大澤　拓生、沼田　英子（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

高等真核生物のミトコンドリアでは、ロイシン tRNA などのアンチコドン1文字目のウリジンは、タウリンにより化学修飾され5-タウリノメチルウリジンへと変換されている。この化学修飾には2種類の酵素（MTO1および GTPBP3）が関与し、タウリン、5,10-メチレンテトラヒドロ葉酸を基質として、GTP 依存的に反応が触媒されると推定されている。まず、MTO1およびGTPBP3の大腸菌内における発現系を構築した。その結果、GTPBP3については可溶性画分への発現を確認したが、MTO1はすべて封入体として発現していた。MTO1を可溶性画分へ発現すべく様々な発現系を構築したが、現在のところ MTO1の可溶性画分への発現系は得られていない。GTPBP3と MTO1の真正細菌ホモログは相互作用することが指摘されているため、今後、pETDuet-1などを用いた共発現系を構築し、MTO1の可溶性画分への発現を目指す。発現させた GTPBP3をアフィニティークロマトグラフィー、イオン交換クロマトグラフィー、疎水性クロマトグラフィー、ゲルろ過クロマトグラフィーを用いて精製した。得られた GTPBP3（GTP フリーフォーム）を用いて結晶化条件の初期スクリーニングを行ったが、結晶は得られなかった。反応に必要な GTP は GTPBP3と相互作用する。一般的に、GTP 結合タンパク質は GTP 結合型と GDP 結合型で大きく構造が変化する。そこで、GTP もしくは GDP 存在下で GTPBP3の結晶化を試みたが、現在のところ、結晶は得られていない。上記のように、GTPBP3と MTO1の真正細菌ホモログは相互作用することが指摘されているため、今後、共発現系を構築し、複合体としてサンプル調製・結晶化する予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］タンパク質、酵素、核酸、RNA、結晶

構造解析

［研究題目］唾液を用いた生体時刻測定法確立のための唾液腺特異的遺伝子の同定

［研究代表者］大西　芳秋（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］大西　芳秋（常勤職員1名）

［研究内容］

昨年度の ChIP on Chip 解析において、HSG 細胞において Bmal1により制御されている遺伝子が797、Rev-erba により制御されている遺伝子が2076、そのうち両方に制御されている遺伝子を見出した。本年度は、HSG 細胞を Dexamethasone 刺激することにより概日リズムをリセットし、12時間後ならびに24時間後に RNA を調製し、マイクロアレイ解析により概日リズム発現をしている遺伝子の同定を試みた。昨年度の ChIP on Chip 解析において Bmal1と Rev-erba 両方に転写制御されている遺伝子のうち、Rev-erba 自身は概日リズム発現されていることが既に知られており、ポジティブコントロールとして利用可能である。そこで Rev-erba の発現リズムと同様に12時間後に発現が低く、24時間後に発現が高くなる遺伝子をマイクロアレイ解析の結果から検索したところ、1368遺伝子がヒットした。このうち ChIP on Chip 解析により選択された Bmal1と Rev-erba 両方に転写制御されている遺伝子と重複する遺伝子は22であった。さらにマイクロアレイ解析における検出シグナルが50以下の、発現量が極めて少ない遺伝子が6含まれており、最終的に16遺伝子が生体時刻測定のマーカー候補として選択された。この16遺伝子のうち、正常ヒト唾液腺細胞における発現を市販の cDNA を用いた RT-PCR 解析により検討したところ、Rev-erba を含む9遺伝子まで絞り込むことに成功した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］唾液、マーカー、転写、クロマチン、生物時計

［研究題目］非標識バイオセンシングに向けた高触媒活性な窒素ドープグラフェン様薄膜電極開発

［研究代表者］丹羽　修（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］丹羽　修、加藤　大、鎌田　智之、廣野　滋（常勤職員2名、他2名）

［研究内容］

本研究では、電気化学検出器やセンサに用いる為の、DNA 等の生体分子に対して高い電子移動速度を有し、活測定電位範囲が広い、カーボン薄膜電極を開発する為、近年電極触媒として注目されている窒素を含んだ微結晶のグラフェン構造からなる薄膜を電子サイクロトロン共鳴（ECR）スパッタ法により形成することを目的とする。また、作製したカーボン膜を用いて、核酸塩基や NADH など生体分子の測定を行うことで、窒素含有カーボン薄膜の優位性を実証する。今年度は、まずカーボン膜のスパッタ法による形成時にスパッタガス（アルゴン）中に窒素を濃度を変えて混合し、カーボン膜の形成を行ったところ窒素ガスの濃度の増加に伴い形成されたカーボン薄膜中の窒素含有率が増加した。XPS や TEM を用いて構造を調べたところ、カーボン膜中に窒素が増加すると sp2結合の率が減少し、sp3結合の分率が増加することが分かった。また窒素を含む置換基は、窒素濃度の低い時は、グラフェン環中に直接される窒素が多いが、その後ピリジン構造や末端に付加するニトリル構造が増加し、導電性などの電気的な特性も低下することが分かった。

様々な窒素濃度のカーボン薄膜を電気化学的に評価した。電位窓は、窒素含有により酸化側の電位窓がやや減少した。これは、炭素－炭素結合に比べて炭素―窒素結合のエネルギーが小さいことに起因すると考えられる。また、還元側では、窒素含有カーボンは、酸素の還元電流や過酸化水素の還元電流が、pure なカーボン薄膜電極に比較して、かなり高電位側にシフトした。これは、窒素を含むバルクのカーボン材料であるカーボンアロイなどと類似の挙動である。特に過酸化水素の還元では感度も大幅に増加した。過酸化水素は、バイオセンサに用いる様々な酸化酵素の反応生成物であり、この検出感度が増加したことは、本窒素含有カーボン膜がバイオセンサ用電極として優れていることを示した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］窒素ドープカーボン、スパッタ法、電気化学測定、核酸分析

［研究題目］カーボンナノ構造薄膜電極の創成と薬物代謝スクリーニングチップの開発

［研究代表者］丹羽　修（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］丹羽　修、加藤　大、吉岡　恭子、鎌田　智之、井上　淳司、薛　強（常勤職員3名、他3名）

［研究内容］

本研究では、電子サイクロトロン共鳴（ECR）スパッタ法で形成したカーボン薄膜が、ナノレベルで、sp^2結合と sp^3結合の量が異なる領域を有し、それに大気中に UV／オゾン処理を行うと、棘状のナノ構造が形成できることを見出したことから、これに薬物代謝に関与する酵素（チトクローム p450）を固定化し、薬物代謝と阻害を電流値の変化でスクリーニングことを目的とする。昨年度、ビリルビン酸化酵素（BOD）とチトクローム C（*Cyt.C*）を修飾してナノ構造体の効果を調べた。UV／オゾン処理により形成したナノ構造体電極上では、BOD の酸素還元電流が、30倍以上も向上した。しかしながら今年度 *Cyt.C* に比較して酵素のサイズが大きいチトクローム P450で同様な実験を行ったところ、あまり顕著な差は観測されなかった。そこで、より大きなナ

ノ空間を創りだせる材料としてカーボンナノファイバーを選択し、それをスパッタカーボン膜に修飾して UV 照射しまず、BOD と *Cyt.C* を固定化した電極で両者の酸素還元電流を測定した。その結果、BOD で38倍、*Cyt.C* で6倍の電流値の増加が観測され大きな効果が得られた。そこで、このカーボンファイバー修飾電極にチトクローム P450を修飾して測定を行い、大幅な酸素還元電流の増加が観測された。また、薬物として、テストステロンを例にとってその酵素反応に伴う電流変化を計測したところ、テストステロンの添加により還元電流が大幅に増加し、薬物代謝を電気化学的に明瞭に観測することができた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ナノ構造カーボン、電気化学、薬物代謝、チトクローム P450、カーボンナノファイバー、グラフェン

［研 究 題 目］ホスホリパーゼ D の細胞膜上における動態解析と細胞運動における極性維持機構の解明

［研究代表者］長崎　晃（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］長崎　晃（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

細胞運動は、器官形成や損傷治癒などの生物学的現象において重要な役割を果たしているが、その制御機構は複雑であるため未ただ全貌は明らかになっていない。私はこれまでに細胞性粘菌をモデル型として細胞運動に関与する遺伝子の探索を行い、PLD を同定し、動物細胞においても PLD が細胞運動に必須であることを明らかにした。

そこで、細胞内の PLD の活性化状態を可視化するために、PLD の産生物であるホスファチジン酸（PA）を検出するプローブ作成をした。PLD の活性化因子である EGF の添加後における PA 検出プローブの1分子観察を行うことで、細胞運動時における空間的な PLD 活性化状態の検出を試み、前年度まで作成した PA 検出プローブの評価を進める。

また、セルチップを用いて同定した細胞運動関連キナーゼ遺伝子群（30遺伝子）のクローニングがすべて完了したため、GFP タグによる詳細な細胞内動態を決定する。さらに、これら30遺伝子については、シグナル伝達系における PLD との関連を明らかにするために、既知データに基づいたネットワーク解析を進める。

一方で、PLD2の1分子計測については高速高感度カメラの導入により、細胞膜上における PLD2の正確な挙動を検出することが可能となったため、再度 PLD の全反射像を取得し解析を進める。また、488、594nm レーザに加え、新たに542nm レーザを導入した。そこで、異なる蛍光タンパクでラベルした3種のタンパク質を同時に1分子で計測するために、励起光源の制御システム構築を進めるとともに、この3光源に対する蛍光タンパク質の最適な組合せを探り、蛍光タンパク質タグの置換を行う。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ホスホリパーゼ D、1分子計測、全反射顕微鏡、シグナル伝達、細胞運動

［研 究 題 目］後続バイオ医薬品開発を目指した環状化サイトカインの分子設計と合成

［研究代表者］本田　真也（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］本田　真也（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、バイオ医薬品として認可済みのサイトカインタンパク質の生体内安定性を向上させた後続バイオ医薬品の開発を目指して、同タンパク質を構成するポリペプチドを環状に連結した環状化サイトカインを合成し、その機能と構造に関する in vitro 分子特性を解析することである。平成24年度は、以下の3項目を実施した。「連結配列設計プログラムの開発」では、連結部分のアミノ酸を最適な配列にするためのコンピュータプログラムを開発した。野生型サイトカインタンパク質の立体構造データを用いて、主鎖の両末端をストレス無くつなぐ適切なセグメント主鎖構造を複数抽出し、次いで、それぞれに対し任意の側鎖を発生させ、分子全体のエネルギーを評価した。開発したプログラムを用いて、400種以上の候補の中から最適の連結配列を決定した。「環状化サイトカインの合成と精製」では、前年度に作成した発現ベクターを用いて、環状化サイトカインを合成した。野生型サイトカインの大腸菌発現と同様の方法で形質転換、培養、溶菌、リフォールディング、クロマトグラフィー精製、同定を行った。インテインの脱離を SDS-PAGE でチェックすることで環状化反応の進行を確認した。「環状化サイトカインのレセプター結合活性の測定」では、分子間の結合活性を SPR 用いて定量的に評価した。レセプターをセンサーチップに固定化して、濃度の異なる試料溶液を連続的にインジェクトし、シングルカイネティクス法で解析したところ、野生型サイトカインの解離常数と同等であった。これより、環状化サイトカインが正しくフォールドし、活性な立体構造を形成していることが明らかとなった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］バイオ医薬品、タンパク質工学、インテイン

［研 究 題 目］酸化ストレスマーカータンパク質検出用蛍光分子プローブの創製と医療診断への展開

［研究代表者］鈴木　祥夫（バイオメディカル研究部門）

［研究担当者］鈴木　祥夫（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、研究代表者によって開発されたタンパク質検出用蛍光分子プローブを改良し、アルデヒド修飾タンパク質を特異的に検出するための化合物の設計及び合成を中心に行った。具体的には、タンパク質との疎水性相互作用による複合体形成および分子内の ICT 状態の変化によって強い蛍光発光を誘起する部位として4-（ジシアノメチレン）-2-メチル-4H-ピランを有し、4-（ジシアノメチレン）-2-メチル-4H-ピランと、二重結合を介してフェニル基を結合させることによって、共役系を伸長し、励起波長および蛍光波長の長波長化を引き起こすように分子設計した。さらに、アルデヒド修飾タンパク質への特異性を高めるため、促すために、チアゾリノン基とヒドラゾン基を導入した。今後、合成した物質の評価にあたり問題となる点は、通常、サンプル中のアルデヒド修飾タンパク質濃度に対して、添加する分子プローブの濃度は高いため、未反応の分子プローブがタンパク質中のカルボニル基以外の部分と相互作用して蛍光を発することによって、分析精度が低下することである。合成した化合物は、アルデヒド基と反応した分子プローブの構造は、反応前の構造と比較して、共役系が伸長しているため、励起波長および蛍光波長共に、反応前のそれよりも長波長側にシフトするように設計した。以上のことから、分子プローブの反応後の構造から発せられる蛍光と、反応前の構造から発せられる蛍光は容易に区別することが出来るため、上記問題点は解決出来ると考えられる。合成した化合物の確認は、^{1}H-NMR、質量分析を用いて行った。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］タンパク質、蛍光分析、分子プローブ

［研 究 題 目］中心体・一次シリアと細胞周期
［研究代表者］五島　直樹（バイオメディシナル情報研究センター）
［研究担当者］五島　直樹、福田　枝里子
（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

中心体は、細胞分裂期において染色体の分離・分配を制御し、静止期にある細胞では一次シリアの基底小体として働くことが知られている。多細胞生物において、細胞は、内部環境（中心体など）から発生する情報と一次シリアや細胞間接着装置などを介して得た外部環境からの情報を統合して、その細胞周期チェックポイントを制御し、秩序だった増殖と分化を行い、巧みに組織や器官を形成・維持していると考えられる。特に、組織幹細胞において、このシリア・中心体系を経由した細胞内外からの情報のフローが、細胞周期チェックポイントをどのように制御しているのかは、細胞生物学・発生生物学における根本的命題であるが、現時点ではその詳細は不明である。本研究では、網羅的なヒト蛋白質発現リソースを構築し、インビボ及びインビトロでの蛋白質の発現および複合体形成の解析、網羅的な蛋白質の細胞内局在情報の解析を行い、トリコプレイン及びその類縁蛋白質群と中心体構成蛋白質群のプロテオミクス研究を行う。

我々の構築した世界最大のヒト蛋白質発現リソース、ハイスループット蛋白質合成技術、プロテインアクティブアレイの特徴を生かし、プロテオームワイドなシリアー中心体系の解析研究を行った。シリア形成の制御に重要な機能を持つトリコプレインは、Trichohyalin/Plectin Homology Domain（TPHD）ドメインをもつことから、TPHD 様の構造を有する97個の蛋白質群を同定した。これら97個の TPHD 蛋白質を培養細胞で強制発現してそれらの局在を確認した。次に、これら候補蛋白質の siRNAi によるノックダウン実験を行い、シリア形成に関連する因子の特定を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］中心体、1次シリア、細胞周期、組織形成、器官形成、細胞間ネットワーク

［研 究 題 目］リシークエンシングによる HLA ゲノム多様性解析
［研究代表者］今西　規（バイオメディシナル情報研究センター）
［研究担当者］今西　規、世良　美穂
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

新学術領域研究「先端技術を駆使した HLA 多型・進化・疾病に関する統合的研究」の計画班「リシークエンシングによる HLA ゲノム多様性解析」（代表者：椎名隆）において、前年度に引き続き、HLA 統合データベースの構築研究を行った。ここでの目的は、HLA に関する公共データおよび本領域の研究成果を整理し、本領域参加者の研究推進を支援するデータベースを構築するとともに、収集したデータを用いた計算機解析によって HLA の疾患と進化の解明に有用なデータを産生することである。本年度は、HLA 分子に関する公共データを収集した統合データベースに新たなコンテンツを追加した。具体的には、HLA Class I および Class II 分子に対するヒト全タンパク質の網羅的エピトープ予測結果、HLA 遺伝子領域の大規模な連鎖不平衡データなどである。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］HLA、統合データベース、ゲノム多様性、連鎖不平衡

［研 究 題 目］小胞体レドックスネットワークを中心とする小胞体品質管理機構の解析
［研究代表者］新木　和孝（バイオメディシナル情報研究センター）
［研究担当者］新木　和孝（他1名）
［研 究 内 容］

タンパク質は正しく合成され、正しい構造をとって初めて本来の機能を発揮する。それにはタンパク質の構造形成を助ける種々の分子シャペロン、小胞体においては翻訳後修飾にかかわるレドックス因子や糖鎖修飾酵素などが重要な働きをしてその正しい構造形成を助けている。一旦正しい機能を獲得したタンパク質も、種々のストレスによって変性したり、遺伝的変異によってどうしても正しい構造をとれないタンパク質も発生している。このような不良タンパク質は、単に機能を持たないだけでなく、細胞毒性によって細胞死を誘導し、アルツハイマー病やパーキンソン病のような種々の神経変性疾患の原因ともなっている。本研究ではこのような疾患原因ともなり得る小胞体レドックス因子の機能と制御機構の解明をもとにして、生体内の健全な恒常性を維持するための創薬開発基盤を構築することを目標にしている。現在、相互作用因子の網羅的探索を続けている。小胞体レドックス関連因子20種類を哺乳類培養細胞に発現させ、免疫沈降後に質量分析解析により相互作用因子を同定している。同定された相互作用集団に対して統計処理を行い、結合因子の有意性・特異性を評価し、小胞体レドックス関連因子を中心とする小胞体因子群の全貌を有意なモデルとして提示することに成功している。さらに小胞体のレドックス制御機構をより的確に把握するため、小胞体レドックス因子のカスケードを in vitro により再構成することで素過程の探索も行ない、その制御骨子の一端が明らかになりつつある。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］タンパク質相互作用、絶対定量、レドックス、小胞体、品質管理

［研 究 題 目］クロマチンリモデリング制御複合体の構造と機能の解析

［研究代表者］千田　俊哉（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］千田　俊哉、赤井　祐介、羅羽　華（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

真核生物においてクロマチンの基本構成要素であるヌクレオソームの破壊と再形成は、ヒストンの翻訳後修飾等のエピジェネティク情報の伝達に深く関わる生命現象である。ヒストンシャペロンは、ヌクレオソームの破壊と再形成に関わる分子であるため、エピジェネティック情報の伝達にも深く関与していると考えられる。本研究では、(1)高分子量型のヒストンシャペロン CAF-1、HIRA 等と、これらの相互作用因子である CIA、ヒストン H3-H4等との複合体の立体構造を決定し、(2)転写・複製時におけるエピジェネティック情報の伝達及び変換機構を解明することを目的としている。HIRA は溶液中で DNA と非特異的に結合し、可溶性の凝集体を形成していることがわかったので、全長での結晶化は困難と結論し、ドメインごとの発現・精製を行い、C 末端側の残基番号644番以降のドメイン（HIRAC644）の精製に成功した。ゲル濾過および CD スペクトル等による分析の結果、HIRAC644は溶液中で二次構造を形成するとともに、DNA と非特異的な凝集体を形成しない事も明らかにした。CAF-1に関しては、昆虫細胞の発現系である MultiBac 発現系を導入し、複合体全体としての発現・精製を開始した。p150-p60-p48の三者複合体、p150-p60の二者複合体に関して良好な発現が認められたので、これらの複合体が安定な条件の検討をしつつ精製を行い、CAF-1の粗精製に成功した。C IA-H3-H4-Mcm2複合体の結晶構造解析に関しては、生化学的、生物学的な解析から、本複合体が複製段階において複製フォークの進行速度を調節している可能性を見いだしたので、詳細な解析を行うため、本複合体の構造解析を開始した。CIA-H3-H4-Mcm2複合体が安定化する条件付近での結晶化を進めている。ヒストンの N 末領域が結晶化中に分解されてしまうため、サンプル中のプロテアーゼの除去や複合体の形成法の改善なども進めた。転写基本因子である TFIID 複合体に関しては、240L の酵母培養 液からスタートし、電子顕微鏡観察に十分な量の TFIID サンプルを得ている。TFIID と複合体を形成させるため、RNA ポリメラーゼ II（Pol II）に関しても精製を開始し、20L の酵母培養液から純度約90%のタンパク質を0. 2mg 程度得る事に成功した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］細胞核、転写反応、ヌクレオソーム、遺伝子発現、蛋白質立体構造解析

［研 究 題 目］原核生物多剤耐性トランスポーターの構造揺らぎと薬剤排出活性の NMR 解析

［研究代表者］竹内　恒（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］竹内　恒（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

原核生物は様々な薬剤に対して耐性を獲得するため、細胞膜上に多剤耐性トランスポーターを発現させている。一方、多剤耐性トランスポーターの発現は、多剤耐性転写制御因子（MDR-GR）により制御されており、MDR-GR が細胞内に侵入した薬剤を認識し、多剤排出トランスポーターの転写を亢進させることでその細胞膜上での発現を増大させる巧妙なシステムが構築されている。本年度はこの MDR-GR に着目し、研究を推進した。MDR-GR には3種類のファミリーが知られており、それぞれ異なる多剤認識機構を持つと考えられる。そのうち PadR ファミリーに属する LmrR は、他の MDR-GR とは異なり二量体形成面において挟み込むようにして1分子の薬剤を認識するため、薬剤の多様な構造に合わせて、分子全体の構造を変化させる必要がある。LmrR の薬剤非結合状態、結合状態における運動性を比較するこ

とで、分子の揺らぎと多剤認識機構との関係を NMR を用いて解析した。薬剤が結合していない状態において解析を行ったところ、薬剤認識部位のシグナル強度がその他の部位に比べて顕著に低く、またシグナルが観測されない残基が複数存在することが判明した。また LmrR の主鎖アミド基の緩和解析を行った結果、薬剤結合ヘリックスが ps-us の運動性を有することが明らかとなった。これらの結果は LmrR が非結合状態においては薬剤結合部位に多型を保持することで、様々な薬剤に対する結合親和性を保障していることを示唆し、多剤耐性薬物トランスポーター等の基質認識機構の理解にもつながるものと考える。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］核磁気共鳴、多剤耐性、運動性解析

［研 究 題 目］ポストゲノム解析による感染体ー宿主ネットワーク

［研究代表者］夏目　徹（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］夏目　徹（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

生体を構成する個々の細胞には十数万種類のタンパク質が存在する。それらのタンパク質は、単独で機能するのではなく、常にグループ・組織を形成し、生体システムを構成する。ウイルスの感染・侵入から、感染性ゲノムの複製、ゲノム因子の翻訳と、ウイルス粒子へのパッケージング、そして放出に至るまで、そこには、多くの宿主因子間相互作用と、ウイルス因子間の相互作用、そして、宿主因子とウイルス因子との相互作用が存在し、大きな感染体ー宿主ネットワークを形成している。

本研究では、網羅的でシステマティックな方法により、このような感染体・宿主ネットワークを捉え、ウイルスの複製と病原性発現機構の理解を深化させ、予防・治療薬の新規ターゲットを同定することを目的とする。

平成24年度は、ウイルス因子と宿主因子のタンパク質間相互作用ネットワークを明らかとするために、ウイルス側の因子としてインフルエンザウイルスの Nonstructural protein NS1（NS1）、宿主側の因子でありウイルス RNA/タンパク質複合体の輸送に関わる因子として YBX1について、LC-MS/MS によりネットワーク解析を行った。その結果、NS1および YBX1についてそれぞれ約60種類および約80種類のタンパク質が同定された。大部分の既知の相互作用因子の RNA 結合因子が同定でき、さらにいくつかの新規相互作用と思われる因子を同定することができた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ウイルス因子、宿主因子、タンパク質相互作用、LC-MSMS、NS1、YBX1

［研 究 題 目］ウイルス感染現象における宿主細胞コンピテンシーの分子基盤

［研究代表者］夏目　徹（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］夏目　徹、（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、病原性発現に帰結する宿主特異的なウイルス複製と細胞内防御メカニズムとの拮抗の分子基盤を理解することである。ウイルスは自然宿主の中では、感染現象と細胞内防御系を含む生命プロセスが折り合った状態であると考えられ、高い病原性は示さず感染サイクルを繰り返しながら存続する。一方、疾患に繋がる感染を起こす宿主では、この均衡がウイルス側に偏ることで高い病原性が発現すると考えられる。本研究領域では、これらの結果に繋がる細胞の特性を「宿主細胞コンピテンシー」と言う概念で捉え、その特性の分子基盤を明らかにし、ウイルスが宿主を選択し、また宿主に適合したメカニズムを明らかにする。

本研究組織は、7つの計画研究班と計画研究のすべての代表者および分担者で構成される総括班から成り、総括班は有機的な研究連携を促進するという重要な役割を持つ。

平成24年度は、得られた研究成果を共有するために定期的な領域会議を開催すると同時に、若手研究者の共同研究を推進するために ワークショップ（The 2nd Meeting on RNA and Biofunctions-ASIA Study "RNA bio functions and Viruses"）を開催した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ウィルス、宿主、宿主細胞コンピテンシー、分子基盤

［研 究 題 目］シリア・中心体系による生体情報フローの制御

［研究代表者］五島　直樹（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］五島　直樹（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

シリア・中心体系を経由した細胞内外からの情報のフローが、細胞周期チェックポイントをどのように制御しているのかは、細胞生物学・発生生物学における根本的命題であるが、現時点ではその詳細は不明である。多細胞生物において、細胞は、内部環境（中心体など）から発生する情報と一次シリアや細胞間接着装置などを介して得た外部環境からの情報を統合して、その細胞周期チェックポイントを制御し、秩序だった増殖と分化を行い、巧みに組織や器官を形成・維持していると考えられる。特に、組織幹細胞において、このシリア・中心体系を経由した細胞内外からの情報のフローが、細胞周期チェックポイントをどのように制御しているのかは、細胞生物学・発生生物学における根本的命題であるが、現時点で

はその詳細は不明である。我々の網羅的なヒト蛋白質発現リソース、発現蛋白質、細胞内局在情報を本領域の各チームと協力して活用し、プロテオミクスサポートセンターとして有機的連携を図り、研究を円滑に進める。

シリア・中心体系の制御に重要なトリコプレインの分解制御を明らかにするため、E3リガーゼを約1000種類搭載した E3リガーゼプロテインマイクロアレイを作製し、トリコプレイン及びその類縁蛋白質群に対する E3リガーゼを結合特異性を基に探索した。また、約1000種類の E3リガーゼを蛋白質合成し、トリコプレイン及びその類縁蛋白質群に対する結合特異性をビアコア A100を用いた SPR 法によって測定した。探索した E3リガーゼを細胞内で過剰発現および siRNA でのノックアウト実験を行い、トリコプレイン等の細胞内蓄積を調べ、インビボにおける分解系としての検証を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］シリア・中心体系、トリコプレイン、E3リガーゼ、ユビキチン化、タンパク質分解

［研 究 題 目］網羅的自己抗体プロファイリング法に基づく免疫性神経疾患の病態解明と治療戦略の構築

［研究代表者］五島　直樹（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］五島　直樹（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

自己免疫性神経疾患や傍腫瘍性神経疾患の発症に、自己抗体が関与することは古くから知られている。しかしながら、最近になっても、新しい自己抗体が見出され続けている、例を挙げると、精巣腫瘍に伴って著明な錐体外路症候を示す疾患における抗 Ma2抗体、卵巣奇形種に伴って発症する非ヘルペス性辺縁脳炎における抗 NR1/NR2 heteromer 抗体、“アジア型の多発性硬化症”（neuromyelitis optica）における抗アクアポリン4抗体など、新たな自己抗体の発見が続いている。生理的な構造を維持したタンパクを網羅的に搭載したプロテインアレイを用いて、自己免疫性神経疾患、傍腫瘍性神経疾患について、その病態に関与する抗体群を体系的に、網羅的に明らかにする。これらの疾患の発症に関与する新規の抗体を全て明らかにすると共に、それぞれの疾患、それぞれの症例において病態に関与する複数の抗体をすべて明らかにする。これらの成果に基づき、臨床試験として汎用性の高いプロテインアレイの構築をし、診断法を確立するとともに、最適な治療法を確立することを目指す。

ヒトタンパク質（約19,000種類）を未変性状態で網羅的に搭載したプロテインアレイを用いて、自己免疫性神経疾患、傍腫瘍性神経疾患について、その病態に関与する抗体群を体系的に、網羅的に明らかにしている。これまでに、各疾患ごとにグルーピングを行い、患者血清のミクスチャーをもちいて自己抗体のプロファイリングを行った。その結果、疾患ごとに得られた自己抗体データをもとに疾患特異的プロテインアレイを作製し、同じ疾患の検体数を増やして共通性の高いマーカー自己抗体群を特定する。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］自己抗体プロファイリング、自己免疫性神経疾患、傍腫瘍性神経疾患、プロテインアレイ

［研 究 題 目］摂食障害のプロテインアクティブアレイを用いた網羅的自己抗体スクリーニング

［研究代表者］五島　直樹（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］五島　直樹（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

摂食障害（Eating Disorders, ED）は食行動の重篤な障害を特徴とし神経性食欲不振症（anorexia nervosa, AN）と神経性過食症（bulimia nervosa, BN）、特定不能の摂食障害（EDNOS）に分類される。AN の特徴は食事制限、絶食、過剰な運動、排出行動（自己誘発性嘔吐、下剤等の濫用）により正常体重の最低限の維持を拒否することである。BN はむちゃ喰いと体重増加を防ぐための代償行動（絶食、過剰な運動、排出行動）を繰り返し著しい低体重は示さない。両者はやせ願望や肥満恐怖、自己評価が体型や体重の影響を過剰に受ける等の臨床像を共有する。思春期・青年期の女性に多く発症する。女子高校生の2002年の調査で AN0.2%、BN2.2%、EDNOS9.1%とされ ED は一般的な疾患である。近年、精神・神経疾患に関連する可能性のある自己抗体の存在が相次いで報告されている。ED においても AN および BN 患者において、血清中に alpha-melanocyte-stimulating hormone（alpha -MSH）、ACTH、LHRH に対する自己抗体が健常者に比較して高頻度にみられること（Fetissov SO et al. Proc Natl Acad Sci USA 99:17155, 2002）、alpha -MSH や adrenocorticotropic hormone（ACTH）、oxytocin, vasopressin に対する自己抗体のレベルが健常者の ED に関連する心理行動特性と相関すること（Fetissov SO et al. Proc Natl Acad Sci USA 102: 14865, 2005）が報告された。

約2万種類のヒト抗原タンパク質が搭載されたプロテインアクティブアレイを用いて、摂食障害患者血清中の自己抗体の同定を行い、摂食障害患者血清中の自己抗体と良く反応する180種類の抗原タンパク質が搭載された F-PAA（Focused-Protein Active Array）を作製した。そして、この F-PAA を用いて、摂食障害患者（90例）について自己抗体の探索を行った。その結果、神経性食欲不振症の ANB では、他の症例に比べて自己抗体が少ない傾向にあった。また、ANR で SOX5、ACVR2A の

自己抗体が特異的に検出された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］摂食障害、神経性過食症、自己抗体、プロテインアクティブアレイ

［研究題目］プロテアソームの単粒子解析による構造研究

［研究代表者］光岡　薫（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］光岡　薫（常勤職員1名）

［研究内容］

プロテアソームは、真核細胞の細胞質にあるタンパク分解酵素複合体である。しかし、その全体構造は、原子モデルが得られるような分解能ではまだ明らかになっておらず、特にポリユビキチン鎖を認識し、分解を行う20S 部分に輸送すると考えられる、19S 部分については、その認識メカニズムの詳細の解明が期待されている。本研究では、プロテアソームに関して単粒子解析を行うことで、26S の全体構造やその制御因子との結合構造を得ることを目的とする。特に単粒子解析を用いることで、任意の条件の立体構造を得ることができるので、いろいろな制御因子の作用機構に関して詳細を明らかにする基盤技術が確立できる。

今年度は、電子顕微鏡観察する試料の検討と、野生型を中心とした低温電子顕微鏡によるデータ収集を行った。試料については、野生型以外に、プロテアソームの機能を制御していると考えられるプロテアソーム相互作用タンパク質群（PIPs:Proteasome-interacting proteins）の結合した構造が得られないか検討した。そこで PIPs の一つである Ubp6への金コロイドのラベル結合を行い、19S の部分に金コロイドが結合した電子顕微鏡像などを得た。そして、GraFix を行った野生型を中心に、極低温電子顕微鏡を用いたデータ収集を行った。この結果、野生型について、従来までの情報を確認する構造情報を得ることができるようになり、今後 PIPs への結合構造などを迅速に解析するためのシステム開発を行うことができた。これにより、基質の結合様式やその制御機構を解明するための構造解析基盤を構築することができた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］単粒子解析、プロテアソーム、生体高分子複合体、極低温電子顕微鏡

［研究題目］超微小逆位配列をマーカーとして用いる新しいゲノム進化学の構築

［研究代表者］今西　規（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］今西　規、原　雄一郎（常勤職員1名、他1名）

［研究内容］

本研究ではまず、バクテリアからヒトまでの広範な生物種のゲノム配列の計算機解析により、進化において起こった超微小逆位を同定する。次に、超微小逆位および近傍領域の配列と構造の特徴を精査し、さらには実験手法も導入して、超微小逆位が生じる分子機構を解明する。以上を通じて、超微小逆位の生物学的意義を明らかにし、同時にゲノム最小レベルの構造変化が生物進化にどのような影響を与えたかを明らかにすることをめざす。

本年度は、計算機による高精度な超微小逆位検出法の開発を行った。申請者らが以前に開発した逆位同定プログラムを全面的に改良し、最小レベルの配列長（5-7 bp）をもつ逆位の同定精度を高めた。ここでは、逆位を考慮したペアワイズアラインメントのためのソフトウエアを新たに作成し、逆位ペナルティなどの超微小逆位を同定するための最適なパラメータ設定を決めた。このプログラムの精度評価を計算機シミュレーションにより実施し、擬陽性が著しく減少されることを確認した。このプログラムを用いた解析の結果、大腸菌、酵母、ハエ、イネ等を含め、調べた全ての系統で近縁種アラインメント内に超微小逆位がみつかった。これにより、超微小逆位が幅広い生物に普遍的な現象であることを示すことができた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］配列解析、逆位、バイオインフォマティクス

［研究題目］核内構造体パラスペックル形成の分子機構・核内分布様式と生理機能

［研究代表者］佐々木　保典（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］佐々木　保典（常勤職員1名）

［研究内容］

核内構造体パラスペックル（PS）は RNA－蛋白質複合体であり、その形成・維持には機能性 RNA（NEAT1 RNA）が必須である。PS の構成成分の多くが RNA 代謝制御蛋白質であることから、PS は多くの機能を持つと考えられるものの詳細は明らかでない。本研究は、PS が持つ構造と核内分布様式のダイナミクスに焦点を絞り、PS 特有の形成機構を解明し、PS が核内で何らかの構造（体）と相互作用する可能性を探り、それら標的の同定を試みる。さらに、それらと PS 蛋白質の標的分子（RNA）探索とをあわせて多面的に PS の動態を捉え、遺伝子発現制御機構等の観点から PS 機能を解き明かすことを目的としている。

今年度は、マウス NIH3T3細胞内でヒト BAC 由来 PS を形成するヘテロな系に加えて、アフリカツメガエルの系を解析した。アフリカツメガエルは偽4倍体であり、NEAT1 RNA 座位が2箇所あると考えられている。実際に各遺伝子座位より、配列が若干異なる NEAT1が転写されており、独立した顆粒を形成することがわかった。次に、NEAT1転写が一方のアレルからのみの遺伝

子改変マウスの細胞を用いて、PS 間の RNA の移動を観察した。すると、単一アレル由来であるにもかかわらず、PS 間で RNA の移動が見られなかった。以上の結果は、新たに転写された RNA が既存の PS に供給されない、PS の不連続形成モデルを強く支持する。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ゲノム、RNA、RNA 結合蛋白質、核内構造体、遺伝子発現制御

［研 究 題 目］核内膜タンパク質群による核ラミナ制御機構の解明

［研究代表者］三尾　和弘（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］三尾　和弘、松田　知栄（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

核ラミナ形成における核膜タンパク質の関与を電子顕微鏡を用いて構造学的見地から解析し、核膜病発症の理解と治療に関する基盤構築をめざしている。本年度は電子顕微鏡観察を用いてラミン分子の2量体構造－線維構造-高分子パラクリスタルの構造変化と、細胞周期関連リン酸化酵素による非常に速い重合解除を観察した。また高速 AFM の観察からは、分子内での自由度が大きく、溶液中では容易に折れ曲がって動き回ることが示された。同種・異種のタンパク質との相互作用を容易にしていることが推測された。更に、リンカー領域に変異を持つ疾病発症型ラミンの合成・精製を行い、物理化学的性質を超遠心分析法や Native-PAGE 法、動的光散乱法などを用いて解析すると共に、重合化に及ぼす影響を電子顕微鏡を用いて詳細に解析した。その結果、たった1アミノ酸の置換によってその物理化学的性質は大きく変化し、重合過程においても正常なパラクリスタル構造を失ってしまうことが示された。またエメリンや Lap2等の核膜特異的に存在する核内膜タンパク質の発現系構築を行い、相互作用解析を行った。それらのうちいくつかはラミンと相互作用し、ゲルろ過解析でも同一画分に複合体として検出された。相互作用領域の解析を電子顕微鏡や他の構造決定方法を用いて継続して行う。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］タンパク質構造解析、核、電子顕微鏡、画像情報処理

［研 究 題 目］転移 RNA の硫黄修飾塩基の生合成とその制御機構

［研究代表者］鳴　直樹（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］鳴　直樹、（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

RNA は転写後にスプライシングや修飾などのプロセシングを経て成熟し機能を発揮する。転移 RNA（tRNA）はタンパク質合成においてコドンとアミノ酸を結び付ける分子であるが、本研究では tRNA が機能する上で必須である、立体構造の安定化やコドン認識に関わる硫黄修飾塩基の生合成機構の解明を目的とする。

理化学研究所横山茂之グループによる先行研究により、好熱菌 tRNA54位硫黄修飾酵素である TtuA についてすでに結晶構造を得ていた。決定した構造をもとに、活性部位の3つの保存されたシステイン残基や ATP 結合部位と推定される部位について、高度好熱菌 *Thermus thermophilus* の相補系を構築し、変異体解析を共同研究により行った。その結果、ATP 結合部位や3つのシステイン残基いずれも硫黄修飾反応に重要であることが明らかになった。上記の結果は国際誌 Proteins に投稿、受理された。

また試験管内でより詳細に反応機構を解析するために、放射性同位元素や高速液体クロマトグラフィー装置を用いて反応効率を定量する手法を確立した。特に高速液体クロマトグラフィー装置については、オートサンプラーを追加設置し、迅速に自動で反応効率を定量する系を構築することができた。これらの系を用いて硫黄修飾反応機構について初歩的な解析を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］タンパク質合成系、転移 RNA、RNA 修飾、タンパク質翻訳後修飾

［研 究 題 目］臨床分離脳腫瘍由来のがん幹細胞に特異的に作用する化合物の探索研究

［研究代表者］新家　一男（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］新家　一男（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

がん細胞の特徴は、高い増殖力、細胞の不死化、周辺組織への浸潤や転移など代表的であるが、全てのがん細胞がこのような特徴全てを持っているわけでは無く、実際にこれらの特徴を併せ持ち、ヒトや動物に癌を生じさせたり、進行させる能力（造腫瘍能）があるものは、全体のごく一部である。そういった違う機能を持ったがん細胞を作り続ける最も未分化な細胞をがん幹細胞と呼ばれ、がんがこの幹細胞様の細胞から発生・進行するという仮説（がん幹細胞仮説）が提唱されている。がん化学療法において、薬剤耐性を含めた問題を克服するためにも、このがん幹細胞を叩かなければならないと考えられるようになってきており、がん幹細胞に対して作用を示す化合物の発見が望まれている。

平成24年度は、がん幹細胞モデルとして、がん患者由来の二種類の膠芽腫［グリオブラストーマ、Glioblastoma multiforme（GBM）］を用い、sphere 形成および sphere 形成したがん幹細胞特異的に細胞死を誘導する二つのアッセイ系について、約30万の天然物ライブラリーを用いてスクリーニングを行った。

本スクリーニングの結果、27個の化合物をヒット化合物として得ることに成功した。これらの中には、アクチン重合阻害剤である cytochalasin など活性発現メカニズムから、sphere 形成阻害を示すことが予測されるような化合物もあったが、未知のメカニズムによって sphere 形成あるいは sphere 状態で細胞死を誘導する化合物も含まれていた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］がん幹細胞、スクリーニング、天然化合物ライブラリー

［研究題目］ヒストンシャペロン TAF-Iβ－ヒストン（H3－H4）2複合体の X 線結晶構造解析

［研究代表者］赤井　祐介（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］赤井　祐介（他1名）

［研究内容］

真核生物におけるヌクレオソームの構造変換は、ヒストン上の翻訳後修飾などのエピジェネティック情報の伝達に必要不可欠であり、その分子機構の解明が期待されている。本研究では、DNA 複製過程においてヒストン $(H3\text{-}H4)_2$四量体の運搬に関わるとされる TAF-Iβとヒストン（$(H3\text{-}H4)_2$四量体との複合体の結晶構造を決定し、得られた結晶構造に基づいて遺伝学的・生化学的・生物学的解析を行うことでエピジェネティック情報伝達機構のメカニズムを解明することを目的する。これまでに TAF-Iβ－$(H3\text{-}H4)_2$複合体の結晶が得ることに成功した。しかし、結晶成長に数ヶ月を要することから、効率よく良質な複合体の結晶を作製する必要があり、以下の実験を行った。結晶化条件を元に、緩衝液の種類や濃度、沈殿剤や蛋白質濃度などを細かく検討し、シーディング法と組み合わせて結晶化を行った。複合体の結晶成長に最適な蛋白質の発現領域を選び出すため、トリプシンによる限定分解や相互作用解析などを行い、複合体の安定性や物理的性質を検証した。現在、種々の複合体の物理的安定性を検証しながら、継続的に結晶化を進めている。得られた結晶を用いて X 線回折データを収集し、分子置換法による構造計算を試みたが、未だ構造決定には至っていない。引き続き、クライオプロテクタントの種類や結晶のソーキング時間を検討することにより、高分解能のデータの収集を行っている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］DNA 複製、ヌクレオソーム、ヒストンシャペロン、蛋白質立体構造解析

［研究題目］エックス線結晶構造解析で用いるタンパク質結晶の質を大きく改善する手法の開発

［研究代表者］千田　俊哉（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］千田　俊哉、千田　美紀（常勤職員2名）

［研究内容］

多段階でクライオプロテクタント溶液にソーキングする手法を確立し、CagA 結晶の質を10Å 分解能から3.1Å 分解能に改善した。二段階で二種類の異なる種類のクライオプロテクタント（トレハロース＋PEG1000もしくはトレハロース＋PEG4000）にソーキングした場合には、CagA の N 末端側（1-261番）のドメインの電子密度が明瞭ではなく完全なモデルを組み立てることが困難であった。そこでこの方法をさらに進化させ、三段階で三種類の異なる種類のクライオプロテクタント（トレハロース＋PEG1000＋PEG400もしくはトレハロース＋PEG4000＋PEG400）にソーキングしたところ、N 末端側（1-261番）のドメインが明瞭になり、最終的には1-876番のモデルを組み立てることができた。得られた CagA の X 線結晶構造解析については、論文発表を行った（Hayashi et al., *Cell Host and Microbe*. **12**, 20-33）。

CagA の結晶構造を決定するまでの段階で収集した1045個の結晶からの回折データを詳細に分析した結果、多段階でクライオプロテクタントにソーキングする手法「multi-step soaking method」は結晶の質を改善するために有効であることが明らかになった。そこで、我々のグループで結晶構造解析を試みている他のタンパク質結晶にこの方法を適用して結晶の質を改善することを試みた。その結果、当初3.5Å 分解能の回折しか生じなかった結晶の質が最終的には2.1Å まで改善され、2.5Å 分解能以上の回折を生じる結晶の割合も10%程度から50%程度まで大幅に向上した。この結果から、multi-step soaking method の有効性が確かめられた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］結晶化、結晶工学、クライオプロテクタント、分解能

［研究題目］ミトコンドリア内膜トランスポーターの立体構造解析と輸送メカニズムの解明

［研究代表者］竹内　恒（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］竹内　恒（常勤職員1名）

［研究内容］

ミトコンドリアは、生体機能の維持に不可欠なエネルギー生産、代謝物の生合成を司る真核生物の細胞小器官である。この機能発現の中核を担うミトコンドリアトランスポーター（MTP）はミトコンドリア内膜に存在する膜蛋白質群で、様々な低分子代謝原料をミトコンドリアに供給するとともに、代謝産物を細胞質に輸送する。またヒト遺伝子中にある約50種の MTP のうち少なくとも13種が病態関連遺伝子であり、MTP の重要性は明ら

かである。本研究の目的は MTP の発現精製系を確立し、立体構造を解析することにより、その輸送メカニズムを解明することである。本研究ではまずヒトの疾患との関連が明らかな13種の MTP の大腸菌発現系を確立し、安定同位体標識が可能な M9最小培地における発現および精製条件の検討を行った。その結果、UCP1、ORC1、CAC、ODC（36K）と GC1（38K）で良好な発現量が観察された。しかしながら発現した MTP はすべて不要性画分に移行しており、様々な界面活性剤をもちいた可溶化を検討したが、十分な効率での可溶化には成功していない。最近、海外のグループがマウス UCP2の大腸菌を用いた発現および構造解析に成功した。一方本件ではヒト UCP2は発現していない。これを鑑みると異種由来の MTP をより広く解析候補とするなどの工夫が必要と考えられる。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］核磁気共鳴、膜タンパク質、タンパク質発現

［研 究 題 目］**ヒト由来膜タンパク質の NMR 構造解析に向けた基盤研究**

［研究代表者］竹内　恒（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］竹内　恒（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

酵母 *K. lactis* における重水素化、メチル選択^{13}C 標識を検討した。NMR による立体構造解析においては安定同位体標識したタンパク質を大量に得ることが必要であり、一般に大腸菌発現系が用いられるが、ヒト由来膜タンパク質など大腸菌での発現が困難なタンパク質も存在する。そのような場合には酵母を用いた発現が有効である。近年、我々は酵母株 *K. lactis* に注目し、本酵母が真核生物を用いた安価な安定同位体標識に有効であることを示してきた。そこで本研究では酵母株 *K. lactis* を用いたタンパク質の重水素化および重水素化背景における選択的メチル標識を検討した。まず重水素化条件におけるタンパク質発現を検討した結果、培養中に新たな培地を徐々に加える “Fed-Batch” 行い、前培養における D_2O 馴化行うことが有効であることを見出した。最適条件における重水素化率は約95%と算出され、*Pichia pastoris* において Morgan らによって達成された平均重水素化率80%を大きく凌駕し、かつより均一であったことから、酵母株 *K. lactis* の重水素化における有用性を示すことができた。一方メチル選択標識の効率はアミノ酸合成酵素の細胞内局在やミトコンドリア上のトランスポーターの有無に大きく左右されたが、アミノ酸合成酵素の共発現により標識効率を向上させることに成功した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］核磁気共鳴、膜タンパク質、タンパク質発現

［研 究 題 目］**TFIID 複合体を中心としたヌクレオソーム構造変換機構の立体構造基盤**

［研究代表者］千田　俊哉（バイオメディシナル情報研究センター）

［研究担当者］千田　俊哉（他2名）

［研 究 内 容］

これまでに得られていた TAF7の純度が90%程度と不十分だったので、純度向上のための精製法を改善した。純度95%の精製タンパク質を用いて結晶化を行ったが、結晶は得られなかった。精製後のサンプルの状態を確認するためにプロテアーゼによる限定分解や、CD スペクトルによる2次構造の解析を行ったところ、構造形成領域と天然変性領域が共存することが示唆された。そこで、安定同位体ラベルしたタンパク質を用いて NMR 測定を行ったところ、大部分の領域が決まった構造を持っていないらしいことが分かった。以上の解析から、TAF7単独では立体構造を形成しない天然変性タンパク質で、相互作用相手と相互作用することで始めて明確な立体構造を形成することが示唆された。そこで、TAF7の立体構造を安定化させるための TAF7と相互作用する TAF1の各種ドメインを精製し、共結晶化を行うこととした。TAF1の HAT ドメイン周辺は、ユビキチン様ドメイン-HAT ドメイン-ユビキチン化酵素ドメイン（E1/E2ドメイン）-RAPID ドメイン（TAF7と直接結合するドメイン）-HMG ボックス（DNA 結合ドメイン）という構成になっているので、これらのドメイン及びその組み合わせについて精製を行う事にした。これまでに、ユビキチン様ドメイン、HAT ドメイン、HAT ドメイン-E1/E2ドメイン、E1/E2ドメイン-RAPID ドメイン、RAPID ドメイン、HMG ボックス下記のドメインについて His タグ融合タンパク質を大腸菌にて発現させるためのコンストラクトを構築した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］TFIID、転写、天然変性領域、結晶化、構造解析、相互作用

［研 究 題 目］**随意運動に先行する脳活動の同定－セントラルコマンド発生機構の探索**

［研究代表者］松川　寛二（広島大学）

［研究担当者］小峰　秀彦（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、松川　寛二（広島大学）、定本　朋子（日本女子体育大学）、浜岡　隆文（立命館大学）、梁　楠（広島大学）、丹　信介（山口大学）（常勤職員1名、他5名）

［研 究 内 容］

心拍数は随意運動の開始に数秒先行して増加する。自律神経系や心臓洞結節での遅延を考慮すると、高位中枢は少なくとも運動開始の約10秒前には活動を開始し、自律神経系へ下降性制御信号（セントラルコマンドと呼ぶ）

を送らねばならない。本研究はセントラルコマンド発生源を探索しその遠心性経路や活動様式を解明することを目的とし、ヒトや実験動物を用いた相補的な研究を実施した。

1)ヒトを用いた研究：昨年度に開発した運動解析システムを用いて、自転車運動の時間経過や筋力動態を精密に評価した。全頭型多チャンネル近赤外分光法を用いて、運動開始前後や運動中にみられる大脳皮質各部の酸素化ヘモグロビン動態（Oxy-Hb）を計測した。Oxy-Hbは局所脳組織血流量を反映し間接的に脳活動量に対応する。頭蓋上のプローブ配置から、デジタイザを用いて計測部位を標準脳に投影した。その結果、大脳皮質前頭前野の脳活動の増加は運動開始に約10秒先行するが運動中に持続しない事、逆に運動関連領域の脳活動は運動中に増えるが運動開始には先行しない事を解明した。

2)動物を用いた研究：視床下部尾側部で除脳した動物は自発運動を誘発できる。除脳下で起こる自発運動を随意運動モデルとして、運動開始に先行する脳活動を探索した。特に中脳腹側被蓋野（VTA）がセントラルコマンドの発生に関与するという仮説を調べるため、VTAの組織脳血流量をレーザー血流計で記録した。その結果、自発運動開始に同期してVTA組織血流量は増加した。c-fos染色で自発運動中に興奮する脳幹活動部位を網羅的に探索すると、c-fos陽性細胞がVTA内において観察された。以上の所見は、自発運動と対応する中脳VTA脳活動の存在を示唆する。ヒトの研究結果を一緒に考慮すると、大脳皮質前頭前野は中脳VTAにある神経回路をトリガーしてセントラルコマンドを発生させる、という新しい仮説が考えられる。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］セントラルコマンド、中枢性循環制御、随意運動、大脳皮質、動脈血圧反射

［研 究 題 目］筋活動と早期がんの画像診断を目的としたマイクロ波局所糖代謝イメージング

［研究代表者］宮川　道夫（新潟大学）

［研究担当者］谷川　ゆかり（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、宮川　道夫（新潟大学）、山田　幸生（電気通信大学）、木塚　朝博（筑波大学）（常勤職員1名、他3名）

［研 究 内 容］

ヒトが筋運動を行う際に主たる筋力を供給する内側筋（インナーマッスル）の活動状態の研究について、従来、MRI を用いた筋断面の形状変化計測が行われており、機能計測法の開発についてはほとんど手がつけられていない。一方で、スポーツ科学やリハビリテーション科学の研究から、近年、諸筋肉間の協調動態の解明が求められるようになった。マイクロ波局所糖代謝イメージングの技術を用い、糖代謝の画像化を行い、筋活動を近赤外光を利用した拡散光トモグラフィーで計測し、ヘモグロビン変化の断層画像再構成を行うことで深部筋肉の機能画像を作製し、両者を比較することによって、相補的に諸筋肉間の協調動作状態の解明を目指す。

平成24年度は、光学ファントムを用いて画像再構成アルゴリズムの検証・改良を行った。また、計測精度の向上を目指して生体計測用の冶具等の改良を行った。さらに、この冶具を用いてヒト前腕を対象とした拡散光トモグラフィー計測を行った。得られた結果から、画像再構成アルゴリズムを用いてヘモグロビン変化の断層画像を再構成し、MRI 画像との比較により、活動のあった筋肉群を調べた。また、平成23年度までに取得したデータについても改良したアルゴリズムで再構成を行い、得られた画像の検討を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］拡散光トモグラフィー、光を用いた筋活動計測、画像再構成アルゴリズム

［研 究 題 目］時空間変調に基づく光－超音波融合高機能生体イメージング法の開発

［研究代表者］椎名　毅（京都大学）

［研究担当者］新田　尚隆（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、光と超音波による計測技術の高度融合を目指し、様々な形で双方の時間的・空間的変調を講ずることで、光と超音波信号が担う情報の伝達と統合を図り、双方の信号の利点を生かした生体特徴量の抽出法を開発することを目的とする。産総研では、超音波振動をレーザードップラー計測により捉えて微小サンプルの弾性評価技術の開発を担当した。微小サンプルとしては摘出した再生軟骨組織を扱い、当該計測技術の医療応用の基礎的な検討を行った。

今年度は、レーザードップラー計測値を試料の弾性率値に変換する校正方法について検討した。本計測法は、測定対象となる試料に対して超音波振動を与え、その際に試料表面で発生する粒子速度をレーザードップラーで計測する。それを時間積分することで変位を求め、微小ひずみに変換する。均質媒質を仮定すると印加音圧が一定ならば微小ひずみと弾性率は反比例の関係にあるので、既知の音圧を微小ひずみに作用させて弾性率を求めることができるが、実際には音響インピーダンスの影響を受けるために仮定は成り立たず、正確な校正係数の決定が困難であり、故に定量的な弾性率を算出できなかった。そこで、試料の境界条件を考慮したモデル化を行い、平面波音圧の透過率を計算したところ、透過率自体は小さいが、試料の弾性率の変動によらず一定と見なせることを見出した。この知見をもとに、校正用試料を用いて校正係数を決定し、再生軟骨サンプルの弾性率を算出したところ、静的な圧縮試験で得られた弾性率と同オーダー

となり、かつ高い相関を示した。これにより提案手法の妥当性が確認された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］超音波、光、融合計測

［研 究 題 目］音響放射力を伴う超音波の生体組織への影響

［研究代表者］秋山　いわき（同志社大学）

［研究担当者］新田　尚隆（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

超音波を用いて生体内部で音響放射力を発生させ、弾性評価を行う技術が最近実用化された。この技術では、従来よりも高強度で持続時間が長い超音波パルス（音響放射力インパルス）が用いられており、温度上昇やキャビテーションの発生に伴う生体組織への影響について関心が高まっている。そこで本研究では、最終的には動物実験を行い、音響放射力インパルスによる生体作用を調査する。産総研は、基礎データとなる超音波出力と温度上昇との関係について調査を担当し、今年度は、超音波照射下の温度測定システムの構築と生体模擬材料（TMM）等を用いた温度上昇評価を行った。

構築した超音波照射下温度測定システムは、超音波の焦点位置に細径熱電対を置き、超音波が照射されたときの媒質内の温度上昇を熱電対で測定するものである。超音波振動子中心には熱電対刺入用の細径穴を開け、ビーム軸と熱電対を同軸に置くことで焦点と熱電対との位置ずれが最小化されるようにし、またカーブフィット法を適用して超音波吸収由来の温度上昇のみ測定できるようにした。さらに温度波形を高速・高感度で捉えるため、熱起電力を超低雑音プリアンプで増幅し、高速・大容量で記録可能なシステム構成とした。

本システムを用いた温度評価では、軟組織モデルとしてIEC60601-2-37準拠のTMMを、骨含モデルとして吸音板を埋め込んだものをそれぞれ製作した。超音波出力の範囲は、実際に用いられている音響放射力インパルスのレベルを考慮し、パルス持続時間、キャビテーション発生の目安であるMI、パルス繰返し周期、パルス照射回数を各々数通りずつ変えながら設定した。その結果、空間ピーク-時間平均強度と温度上昇には比例関係が見出され、軟組織モデルよりも骨含モデルの方が高い温度上昇を示した。この傾向は、生体熱輸送方程式を用いたシミュレーションでも再現された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］超音波、音響放射力、生体作用

［研 究 題 目］筋萎縮性側索硬化症療養者の病態生理に基づく革新的な意思伝達手段開発に関する研究

［研究代表者］中山　優季（東京都医学総合研究所）

［研究担当者］長谷川　良平、中村　美子（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

重度運動機能障がい者を対象とした意思伝達支援装置「ニューロコミュニケーター」を開発した。装置の早期の製品化を実現するために、基盤技術である　1）小形無線脳波計　2）脳波計を搭載したヘッドギア　3）脳内意思伝達解読手法　の開発を中心に、刺激提示方法の工夫や患者の療養環境で良好な精度で使用できる機器に改良することを本研究の目的とした。

具体的には、「ニューロコミュニケーター」の想定ユーザーである筋萎縮性側策硬化症（ALS）をはじめとした重度運動機能障がい者を対象として、試作機の実証実験を行った。同時に、プロトタイプ試作機のモニタリングから得られた知見を元に装置に改良を加え、健常者にて試用試験を行った。

その結果、重度運動障がい者による意思伝達精度は、対象者の脳内意思を予測するためのモデルを生成するセッション（トレーニングセッション）および予測モデルを検証するためのセッション（テストセッション）ともに平均正答率95.8%を得た。意思伝達効率について、良好な成績を得た一方で、全ての実験工程を完了することが困難であったものも同時に多数件に上った。その原因として、家電製品のアーチファクトなど排除しづらい環境的要因と、実験協力者の病態に起因すると考えられる集中力の低下や画面注視の困難などユーザー側の心身的要因が挙げられる。これらの結果を受けて、装置使用時の疲労度を考慮した刺激呈示方法や電極装着方法の検討を多方面より行い、システム全体の見直しと改良を行い、現在も早期製品化に向け遂行中である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］筋萎縮性側索硬化症（ALS）、意思伝達、実証実験

［研 究 題 目］皮質および内包損傷動物モデルを用いた把握機能回復に関わる神経システムの解明

［研究代表者］村田　弓（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］村田　弓、肥後　範行（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

脳損傷後の機能回復の背景には神経回路の可塑的変化による代償機能が関わっていると考えられるが、メカニズムの理解は不十分である。本研究課題は、脳機能イメージングと薬理学的手法を用いて、脳損傷後の機能回復に関わる脳領域を明らかにすることを目的に行った。

モデル動物にヒトと脳筋骨格構造が類似しているサルを用いた。第一次運動野の手を支配する領域に薬物による不可逆的な損傷を作成した。損傷作成の前後に、母指

と示指で小さな物体を把握する「つまみ動作」を行っている時の脳血流を、PET を用いて測定した。その結果、第一次運動野損傷後につまみ動作が回復した時期には、損傷前と比較して、損傷半球の運動前野腹側部の脳活動が上昇する傾向が認められた。

この脳活動上昇が機能回復に関わっているかを調べるために、運動前野腹側部の活動を、薬物を用いて一時的に抑制し、つまみ動作の遂行にどのような影響が出るか損傷前後で比較した。その結果、損傷後は回復していた運動麻痺が再び生じて、つまみ動作が困難となった。この結果は、PET による脳機能イメージング実験で認められた損傷半球の運動前野腹側部の脳活動の上昇と把握動作の回復の関連を支持すると考えられる。以上の結果から、第一次運動野の損傷周辺の領域および運動前野腹側部が機能回復に関わっている可能性が示唆された。

さらに、ヒトの脳卒中好発部位である内包に限局した損傷を作成するモデルの構築に取り組んだ。

以上の研究結果から、脳損傷後の機能回復のメカニズムや機能回復への運動訓練の影響を解明するための神経科学の知見として有益な情報が得られた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］リハビリテーション、霊長類、病態モデル、機能回復、神経可塑性

［研 究 題 目］**推論の複雑性に関する圏論的アプローチ**

［研究代表者］Phillips Steven（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］Phillips Steven、武田　裕司（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、麻生　英樹（知能システム研究部門）（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、圏論に基づいて複雑な事象に対するヒトの認知メカニズムを理解することにある。この目的に沿って、実験的研究と理論的研究を行った。

実験的研究：我々が提案している圏論的アプローチでは、直積および直和の引数が認知的複雑性を定義していると想定している。昨年度までに行った実験的アプローチでは、視覚探索課題における直積の引数（標的を定義している特徴の次元数）を系統的に操作し、前頭－頭頂間の位相同期性が引数の増加に応じて強くなることを明らかにした。そこで本年度は、認知課題における直積と直和の双対原理を確認するため、直和の引数を段階的に操作し、前頭－頭頂間位相同期性との関係性を検討した。実験参加者は画面上に提示されたオブジェクトが乗り物か否かの判断をするカテゴリ判断課題を遂行した。オブジェクトは1個のシルエット、2個あるいは3個に空間的に分割されたシルエットで提示され（引数1～3に対応）、分割されている刺激を判断するにはオブジェクトを結合する（直和を求める）必要があった。実験の結果、引数の増加にともなって刺激提示後200-400ms×30-40Hz 帯域の前頭－頭頂間位相同期性の増加が観察された。この結果は、昨年度の直積を検討した視覚探索の結果（引数の増加に伴う175-225ms×30-38Hz 帯域位相同期性の増加）とオーバーラップしている。カテゴリ判断課題を用いた直和の結果について更なる分析が必要であるものの、これらの結果を総合すると、複雑な認知における圏論的計算原理が前頭－頭頂間の位相同期によって実装されているとする仮説を一般化できる可能性を示している。

理論的研究：これまでの圏論的アプローチを発展させ、数学や言語などにおいて扱われているような再帰的構造にも適用できるように拡張した（Phillips & Wilson, 2012，in press）。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］圏論、直和、直積、脳波、位相同期性、前頭－頭頂皮質

［研 究 題 目］**並列処理に基づく物体認識アルゴリズムに関する研究**

［研究代表者］市村　直幸（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］市村　直幸（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本年度の研究成果は大きく2つある。1つ目は、高解像度動画に対し並列処理を用いた特徴抽出を適用し、その速度評価を行ったことである。この際、CPU、GPU（Graphics Processing Unit）間のバスが高速化された（PCI Express Gen3を導入した）ことから、両プロセッサに処理を振り分けるハイブリッド型の計算方法を採用した。並列化が容易なフィルタリング、特徴点位置探索等の処理は GPU により並列実行し、スレッドの同期の問題から単純な並列化ができない特徴点の位置リストの生成処理は CPU で逐次実行した。その結果、デジタルシネマ等で使用される4k2動画フォーマット（4096x2304画素から100万の特徴を約1秒で抽出可能な処理速度（1μs/特徴）を達成している。国際会議、解説論文、技術セミナーでの講演を通じ、これらの成果普及に努めた。

2つ目は、画像から抽出される大量の特徴ベクトルの高速な対応付けのために、ベクトル量子化に基づく近似最近傍法に関する研究開発を行ったことである。大量の特徴ベクトルを対応付ける場合、計算時間の削減と共に、記憶容量の削減も問題となる。この問題の解決のために、直積ベクトル量子化による特徴ベクトルの圧縮と構造化の利用を検討した。最初に、約30万の特徴ベクトルを有する小規模のデータベースを作成し、それに対して数万のクエリで検索する実験環境を用意した。そして、その環境で、直積ベクトル量子化を適用した場合の、探索精度、圧縮率、計算時間の関係を考察した。結果、例えば、90%以上の精度を保った状態で、データベースを約6%

に圧縮でき、計算時間も枚挙的な最近傍探索に比べ約40倍高速化できることを確認した。現在、より大規模のデータベースでの対応付けやシーン認識、処理の並列化等についての検討を進めており、特徴抽出も含めて、研究は順調に推移していると考えている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］画像処理、画像特徴量、並列処理、GPU

［研 究 題 目］孤立した大地震被災地の初動救命活動を支援する可搬動力システムの開発

［研究代表者］佐藤　満（昭和大学）

［研究担当者］井野　秀一（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、佐藤　満（昭和大学）（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

水素吸蔵合金の加熱による水素圧を利用したアクチュエータは、小さな装置形状ながら極めて大きな出力が得られ、太陽光や環境内の余剰熱を用いての駆動が可能という他のアクチュエータにはない特徴をもつ。地震等で孤立した被災地での初期救命活動はもっぱら人力で行わざるを得ないが、その際に利用可能な小型軽量で徒歩可搬性に優れ、電源や化石燃料を用いずに瓦礫下からの救助作業を支援する携帯動力システムの開発が本課題の目的である。まず、最もシンプルで可搬性に優れた閉鎖空間拡大用昇揚装置（ジャッキ）の開発の基礎となる技術要素として、水素密閉に優れた円盤状の多段伸縮型昇降機構にてジャッキを構成して、高出力に対応させる基礎技術を構築した。具体的には、水素用シーリング部材を施した装置の外殻を兼ねる伸縮機構の試作と、外殻部に内包される二重シーリング部材の選定と設計を実施している。また、本課題では太陽光など環境における熱源での駆動、固形燃料や瓦礫の燃焼による駆動など、エネルギー供給が遮断されている被災地の状況に適した駆動手法の確立も重要な課題である。そのひとつとしてこれまでに、生石灰の加水反応を利用した小型熱源ユニットの発熱特性の検証を実施し、装置外殻部に装填することで昇揚動作を開始する熱源機構の設計を実施した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］防災、救助資材、アクチュエータ、水素吸蔵合金、熱駆動

［研 究 題 目］雨天時の視覚障害者の歩行環境整備に関する研究

［研究代表者］上田　麻理（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］上田　麻理（他1名）

［研 究 内 容］

雨天時に生じる傘の降雨騒音により、環境騒音レベルは大幅に上昇することが確認されている。降雨騒音の上昇により、視覚障害者が屋外歩行時に情報源とする聴覚情報の聴取妨害を引き起こし、交通事故等の危険性があることが問題となっている。そこで、本研究では傘の降雨騒音を低減し、歩行の安全を確保するための支援策の提案及び、屋外の聴覚情報の聴き取りに関する評価手法を構築することを目的とした。これまで、傘の雨滴音の制振性に関する検討結果に基づき、降雨騒音制御傘の開発とその評価、音響環境計測聴覚情報の聴き取り及び話しやすさ関する評価実験とその手法開発、マスキングモデルの構築を行ってきた。今年度は、降雨騒音傘を例とした晴眼者の音環境の価値評価に関する経済評価実験として開発した降雨騒音低減傘の販売価格を設定する際の参考にすること及び、低減傘から得られる様々な効用（メリットなど）より定量化することを目的とした。対象はまずは、低減傘の主な利用者ではない晴眼者を対象として実験を実施した。降雨騒音低減傘から得られる静穏な音環境に対する視覚障害者及び、聴覚障害者等の利用者以外からの認識を高めるためには、それらに潜在するサービスを明示することが重要であることが明らかになった。低減傘のサービス評価を題材とした CVM により検討した結果、静穏性以外にサービスを具体的に明示した場合には WTP の推定金額が異なり、またサービスの内容によってもその結果が異なることが示唆された。今後は、低減傘の主な利用者である視覚障害者の評価との比較など、使い手の条件を変えた検討や、様々なサービスを教示に加えた実験を行い、音環境のサービス評価の実践に向けた検討を行う。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］視覚障害者、歩行環境、雨天時、降雨騒音、音響情報、遮蔽レベルの客観評価手法

［研 究 題 目］選択反応時間タスクを用いた脳梗塞片麻痺の回復過程の解明

［研究代表者］金子　秀和（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］金子　秀和（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

脳機能障害のリハビリテーション過程は、感覚や運動機能の再学習と密接に関連しており、リハビリテーション技術の高度化のためには脳の可塑性や学習過程の解明が欠かせない。我々は、脳梗塞後のリハビリテーション過程においても、鳥の歌学習と同様に感覚学習期から運動学習期へと段階を経た学習過程が存在し、それに応じた適切な機能回復訓練法あるいは訓練時期が存在するのではないかと考えている。本研究では、感覚運動機能の左右差を評価可能な新規ラット用選択反応時間タスクを脳梗塞片麻痺ラットに行わせ、脳損傷後の回復過程においても感覚学習期から運動学習期への学習過程の変遷が見られることを実証し、リハビリテーション技術の高度

化に寄与する。

前年度までに、健常ラットに選択反応時間タスクの逆転課題を学習させ、利き手の違いに着目して学習曲線を解析することで、一般の感覚運動連合学習が感覚学習期と運動学習期からなるのではないかとの知見が得られている。また、本タスクを脳梗塞片麻痺ラットに適用することで対側前肢を用いる感覚運動学習の過程が遅延することを明らかにした。今年度は、昨年度と同様に本タスクを脳梗塞片麻痺ラットに行わせ、脳損傷後の回復過程においても感覚学習期から運動学習期への学習過程の変遷が見られるかどうか検討した。その結果、麻痺側前肢の感覚機能が障害されたことに伴う成績の低下が逆転学習初期に現れて消失し、その後、運動機能が障害されていたことに伴う成績の低下が顕著に現れた。脳損傷による左右前肢の感覚機能の違いによる成績の差が運動機能の違いによるものよりも先に消失していたことから、感覚系に関連した学習が運動系に関連した学習に先行しているのではないかという知見を得た。

本研究成果は、一般の感覚運動連合学習やリハビリ訓練において、感覚系に関連した学習の上に運動系に関連した学習が成り立っていることを示唆するものであり、リハビリ訓練法を開発する上で有用な知見であると考えている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］リハビリテーション、脳神経疾患、脳・神経、神経科学、動物

［研 究 題 目］視覚における非意図的な時間文脈ベースの予測に関する脳内情報処理モデルの構築

［研究代表者］木村　元洋（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］木村　元洋（常勤職員1名、他5名）

［研 究 内 容］

“備えあれば憂いなし”という諺があるが、これは脳の情報処理についてもよく当てはまる。人間が環境に適応する上で最も重要な機能の一つが“予測”である。我々を取り巻く環境には常に様々な事象が生起しているが、脳の処理資源には限界があり、それらすべてを同時に処理することはできない。そこで我々の脳は、この処理資源の限界を補うべく、環境中に起こりそうな事象を様々な方法で予測するという方略をとっている。例えば、我々を取り巻く視覚環境には、常時膨大な数の視覚オブジェクトが存在し、その多くはその見えを時々刻々と変化させている（人や動物、車、飛んでくるボールなど）。近年の研究から、我々の脳には、視覚オブジェクトの時間的文脈（動きや変化のパターン）からルールを抽出し、そのオブジェクトが次にどのように変化するかを意図に関わらず自動的に予測する機能が備わっていることが示唆されている：“非意図的な時間文脈ベースの予測”。本研究の目的は、この非意図的な予測の脳内情報処理メカニズムを解明することであった。脳波の一種である事象関連脳電位（event-related brain potential: ERP）を用いた電気生理学実験を通し、この非意図的な予測を反映する二種類の脳活動の同定に成功した：(1) 予測された事象と実際の事象が不一致の際に生起する視覚ミスマッチ陰性電位（visual mismatch negativity: VMMN）、および (2) 予測された事象と実際の事象が一致した際に生じる、視覚誘発電位（visual evoked potentials: VEPs）の増強（P1および N1成分）および抑制（P2成分）。さらに、これらの ERP 成分に関する脳内発生源の推定、および発生源間の時間関係の分析結果に基づき、視覚における非意図的な時間文脈ベースの予測が、視覚皮質－前頭前野間の双方向性（フォードフォワード・フィードバック）のネットワークにより達成されているとする脳内情報処理モデルを提案した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］予測、視覚、脳波、事象関連脳電位

［研 究 題 目］運動中の血圧が加齢に伴って上昇するメカニズムの解明

［研究代表者］小峰　秀彦（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］小峰　秀彦、横井　孝志、菅原　順（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、運動中の血圧が加齢に伴って上昇する現象について、運動中の動脈血圧反射に着目して、そのメカニズムを解明することである。これにより、高齢者が安全に運動するための運動プログラム構築に貢献することを目指す。

ヒトの動脈血圧反射調節を大動脈血圧反射と頸動脈血圧反射に分け、それぞれが循環調節に与える影響について調べた。具体的には、一過性の血圧変化が生じた時に、変化した血圧情報を頸部陰圧陽圧付加装置にフィードバックし、頸動脈圧受容器反射の影響を除外して大動脈血圧反射の影響のみを調べる手法を開発し、実験を行った。血圧変化情報を頸部陰圧陽圧負荷装置にフィードバックしない場合、動脈血圧変化に伴って推定頸動脈血圧も変化し、動脈血圧反射応答（頸動脈血圧反射＋大動脈血圧反射）としての心拍変化が観察された。一方、血圧変化情報を頸部陰圧陽圧負荷装置にフィードバックすると、血圧は変化するものの推定頸動脈血圧は維持され、大動脈血圧反射調節のみが機能したと考えられた。その結果生じる心拍応答は、血圧情報をフィードバックしない場合の半分程度に減弱した。したがって、ヒトの動脈血圧反射調節による心拍制御は、頸動脈血圧反射および大動脈血圧反射が同程度に影響していることが明らかになった。我々は、大動脈血圧反射の抑制が運動時の心拍上昇に関与することを動物実験によって明らかにしており、

ヒトにおいても運動時の心拍上昇に大動脈血圧反射が関わる可能性がある。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］血圧、加齢、運動、動脈血圧反射

［研 究 題 目］**視知覚の「まとまり」を支える脳内ダイナミクス**

［研究代表者］小村　豊（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］小村　豊（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

我々は、外界の事象を一つのまとまりとして認知しているが、脳のなかでは、視覚、聴覚、触覚といった異なる感覚種ごとに、また同一の感覚種のなかでも異なる感覚特徴ごとに、いったん分解されて、処理されてしまう。本研究は、脳は、いったん分解された情報をどのように統合するのかという問題に迫るため、モデル化しやすい視覚系を選んで、色と動きの情報統合を要求する課題を遂行させた動物を用いている。本年度は、ほぼすべての視覚皮質と解剖学的結合を有している視床枕に微小電極を挿入し、課題遂行中のニューロン活動を多数記録した。記録したニューロン活動パターンを大別すると、視覚刺激呈示期間中のみに応答するタイプと、その期間に限らず、視覚刺激呈示前から行動選択に至るまでの期間に応答するタイプに分けられた。前者のタイプを詳細に解析すると、色または動きに選択的に応答するニューロン、特定の色と動きの組み合わせに応答するニューロン、さらに、視覚特徴によらず、色と動きの組み合わせ率に相関して応答強度を変化させるニューロンに分類できた。今後、各タイプのニューロンが果たす役割を詳細に解析していく予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］視覚、色と動き、統合

［研 究 題 目］**認知症高齢者を対象としたメンタルコミットロボット・パロを活用したケア効果**

［研究代表者］井上　薫（首都大学東京）

［研究担当者］柴田　崇徳（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、
井上　薫、和田　一義（首都大学東京）
（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

動物の様に人と共存し、特に身体的な相互作用を通して、楽しみや安らぎの精神的効果を与え、人の心を豊かにすることを目的に、メンタルコミットロボット「パロ」の開発を行っている。動物の場合には、アレルギー、人畜感染症、噛み付き、引っかき事故、管理、衛生などの問題で、動物を飼うことができない人々や一般家庭・医療福祉施設などがある。メンタルコミットロボットは、動物と同様に、人々に様々な効用を与えようとしている。

これまでに、アンケート調査や医療福祉施設での長期実験などから、パロの効用に関して様々な評価を行い、定量的、定性的研究により実証してきた。一般家庭ではペットの代替として家族の一員に、医療福祉施設ではアニマルセラピーの代替として高齢者向け施設での生活の質を向上させ、認知症高齢者の脳機能や行動を改善している。

本研究は、デンマークでのユーザ会議や日本でのパロによるロボット・セラピー研究会等のユーザーからのコメントや臨床データ等に基づき、認知症高齢者のセラピーに適切なパロの行動生成動作アルゴリズム等の認知症用パロの研究開発を行っている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ロボット・セラピー、認知症、認知症周辺症状（BPSD）の軽減、介護負担軽減

［研 究 題 目］**運動習慣が脳循環動態・脳循環調節機能に及ぼす影響：脳疾患予防の基礎的研究**

［研究代表者］小河　繁彦（東洋大学）

［研究担当者］菅原　順（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、小河　繁彦（東洋大学）、
宮本　忠吉（森ノ宮医療大学）、
片山　敬章（名古屋大学）
（常勤職員1名、他3名）

［研 究 内 容］

我が国では65歳以上の高齢者の約1割が認知症と言われており、高齢化社会において運動推進が健康づくり・生活習慣病の予防において重要な課題である。近年、運動習慣（トレーニング）が脳疾患発症リスクを軽減することが示唆されており、「脳疾患と運動習慣」の関連性が注目されている。しかしながら、脳循環調節は複雑な生理機能を有するため、運動習慣やトレーニングの脳血流量・脳循環調節機能への効果について十分な生理学的知見は得られていない。本研究では、「運動習慣の脳循環への影響」という未解決問題の解明を目指す。生理システムを統合的に捉え、トレーニングの直接的な脳循環調節への影響（研究①）に加え、運動習慣に適応変化する呼吸系（研究②）・心臓循環系調節機能の脳循環への影響（研究③）を明らかにする。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］生活習慣病、脳循環、呼吸調節、循環調節、運動適応

［研 究 題 目］**側頭葉の階層的な情報処理のメカニズムと顔認知における役割**

［研究代表者］菅生　康子（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］菅生　康子、松本　有央
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

我々は、顔を視覚刺激とした実験で、サル下側頭皮質の単一ニューロンが、まず大まかな分類情報（ヒトかサルか図形か）を処理し、それから個体や表情などの詳細な分類情報を処理していることを明らかにしてきた。本研究は、このような側頭葉のニューロンにみられる情報の時間的処理過程のメカニズムと顔の認知に果たす役割を明らかにすることを目的とする。

顔の詳細な分類情報の一つである個体識別は、顔の部分特徴の検出とその組み合わせによる布置情報の把握に依存していると考えられる。顔の布置情報が顔倒立呈示によって認知されにくくなる現象はサッチャー錯視として知られており、最近サルでもサッチャー錯視が起こることが報告されている。そこで、複数のヒトとサルの個体と表情からなる顔画像のセットを用い、正常顔画像およびサッチャー顔画像を正立あるいは倒立の状態で400ミリ秒間呈示し、アカゲザルの下側頭皮質からニューロン活動を記録した。顔応答性ニューロンの約6割が顔の倒立呈示で応答強度を変化させた。顔の倒立呈示は、ニューロンが時間的に遅れて処理する顔の個体や表情の情報を減少させることが分かった。この結果は、心理学的研究で顔倒立効果としてよく知られる現象の神経基盤である可能性を示唆している。サッチャー顔でも同様に、正立呈示条件に対して倒立呈示条件では詳細分類情報の量が低下した。また、正常顔とサッチャー顔に対する活動の違いは少数のニューロンで観察され、正立呈示した場合に、より高い頻度で観察されること、活動の違いは詳細分類情報よりさらに遅く現れる可能性が示唆された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］顔情報処理、側頭葉、ニューロン

［研 究 題 目］プライバシー保護のための情報幾何的協調フィルタリング

［研究代表者］赤穂　昭太郎（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］赤穂　昭太郎、神嶌　敏弘（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究課題では、情報幾何的データ解析手法を用いて協調フィルタリングを行う手法の構築を目指す研究を進めている。その際、近年重要となるプライバシー保護の観点を導入し、プライバシー情報に配慮した結果出力を行おうとする点が特色である。

平成24年度は、外れ値などに強いロバストデータ解析を情報幾何的な観点から整理し、有効性を確認した。まず、k 乗ノルムを最小化する規準は$0<k<1$では凸ではないが非常にロバストであることに着目し、その最適解がサンプル点を通るという事実を発見した。また、類似の規準として LMedS 推定を拡張した L 定を拡規準を考案した。これらの考察に基づいて開発したランダムサンプリングアルゴリズムを実画像データにおける直線や2次曲線検出に適用し、k 乗ノルム最小化と L ノルム規準がほぼ等価であることを実験的に検証した。具体的には、画像からエッヂ抽出したものに対して逐次的なロバスト直線（曲線）あてはめを行うことにより、複数の直線（曲線）をあてはめることができた。一方、協調フィルタリングについては、単にプライバシーを保護するだけではなく、データ解析をした結果が差別的にならないような公正性に配慮した枠組みを考案し、情報理論的な観点からアルゴリズムを開発し、実データを用いて有効性を確認した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］情報幾何、個人情報保護、多変量解析

［研 究 題 目］脳皮質神経カラム電気刺激による人工感覚の生成とその制御

［研究代表者］高島　一郎（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］高島　一郎（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

ラット一次体性感覚野バレル皮質に膜電位イメージング法を適用すれば、個々の頬ヒゲに順次感覚入力を与えた際、バレル皮質全体に惹起される神経興奮応答を可視化することができる。本研究課題は、このバレル皮質上の神経活動の時空間パターンを、脳への直接電気刺激により再現することを目的とした。

本年度、脳表を硬膜上から電気刺激するための電極シート基板を作製した。電極シートは透明 PET（ポリエチレンテレフタラート）基板上に刺激電極点をアレイ上に配置した構成であり、電極パッドと配線領域以外は透明であることから、脳表を電気刺激して惹起される皮質脳神経活動を、電極基板シート越しに膜電位イメージング法で捉えることが可能となった。刺激電極をバレル皮質の吻側外側部－中央部－尾側内側部の位置に直線上に配置し、適切な刺激パラメータを用いて脳表をパターン電気刺激することによって、バレル皮質上を吻側から尾側方向に、あるいは、尾側から吻側方向に伝播する神経興奮応答の時空間パターンを再生することに成功した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］膜電位イメージング、触知覚

［研 究 題 目］情報論的自己組織化マップとその応用

［研究代表者］上村　龍太郎（東海大学）

［研究担当者］竹内　晴彦（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）上村　龍太郎（東海大学）（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

データ解析法の主要な目的として、データ自身の持つ特徴を少ないパラメータで自然に表現することが挙げられる。一方、人間は、同じ情報を得ても、状況や目的に応じて異なった判断をすることがあるように、データ解

析法においても、さまざまな目的に応じて、異なる表現をすることが良いと考えられる場合もある。そこで、本研究では、まず、データが持つ構造や分布に忠実な表現を行うために、情報論的競合学習を用いた自己組織化マップを構築する。続いて、忠実な表現から多様な目的のための表現へと視点を切り替えることによって、さまざまな目的に応じてより適した表現となるような、新しい自己組織化モデルの構築へと展開していく。

本年度は、研究代表者により、研究の基盤となる技術の一つとして、単純化にバイアスをおいた重要性の研究が行われた。単純化の重要性の研究においては、情報エンハンスメント法を進めることにより、ニューラルネットワークの構成要素の重要性と情報量最大化との関連について検討がなされた。

応用分野として、新規に構築される自己組織化モデルの有効性を、ウェブマイニングや視覚心理学などの分野で検証することを目指している。ウェブマイニングへの応用として、Yahoo 知恵袋データの利用について検討し、言語データのパージングを行うなど、単語の共起行列の作成に必要な前処理を行った。また、視覚心理学への応用として、視線計測データの解析法について検討を開始した。具体的には、被験者がウェブサイトを閲覧する時の注視点データを用いて、視線系列の長さが一定となるように、注視点データを変換する手法の検討を進めた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ニューラルネットワーク、データ解析、情報理論

［研 究 題 目］脳波の位相同期性解析およびグラフ理論解析を用いた視覚的注意の評価手法の開発

［研究代表者］武田　裕司（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］武田　裕司（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、脳波の位相同期性解析を用いて、注意の制御様式を評価する手法を確立することである。高ガンマ帯域位相同期がボトムアップ注意制御を、低ガンマ帯域位相同期がトップダウン注意制御を反映しているという仮説を検証するため、昨年度までに行ったストップシグナル課題、注意の瞬き課題、先行手がかり課題、フランカー課題に加えて、本年度は条件付き注意捕捉課題、次元加重課題などのデータを収集した。その結果、条件付き注意捕捉課題では、標的と妨害刺激が同じ特徴を有している場合に標的提示後200-300ms×22-34Hz の位相同期性が、標的と妨害刺激の特徴が一致しない場合に100-200ms×40-50Hz の位相同期性が増強されることが示された。また、次元加重課題では、標的の定義次元が予め知らされている場合に刺激提示後0-100ms×22-34Hz の位相同期性が増強されることが示された。これらの結果は、低ガンマ帯域位相同期がトップダウン注意制御を、高ガンマ帯域位相同期がボトムアップ注意制御を反映しているという仮説を支持している。脳内の情報処理ネットワークが注意制御様式によって構造的に変化しているのかを検討するため、これまでにトップダウン注意制御と関連して位相同期性の増強が認められた実験データについて、グラフ理論に基づいたネットワーク効率の解析を行った。その結果、注意制御様式によって情報処理ネットワークの構造が系統的に変化しているという証拠は得られなかった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］注意、脳波、位相同期、グラフ理論

［研 究 題 目］変動する温熱環境が睡眠時の人体に及ぼす影響の評価技術の開発

［研究代表者］都築　和代（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］都築　和代、甲斐田　幸佐（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究では、夜間就寝時ならびに就寝前の温熱環境が睡眠時の人体の体温調節ならびに睡眠に及ぼす影響を解明することを目的とする。

就寝時の温熱環境が高齢者の睡眠中の血圧と睡眠構築に及ぼす影響を調べるために、冬季に実生活場面において、連続血圧計とアクチグラフ、1ch 脳波計を装着し、高齢者に就寝させた。合わせて、寝室ならびに身体周囲の温熱環境を実測するとともに、就寝前後で眠気、ならびに温冷感、快適感等のアンケート調査を実施した。被験者はシルバー人材センターに勤める健康な高齢者男女8名であり、平日3～4晩の測定（通常入浴あり、入浴なし）を実施した。1ch の脳波計から推定された全就床時間、入眠潜時、睡眠時間、睡眠効率等の睡眠変数に有意な違いは認められなかった。また、アクチグラフによる体動から Cole らのアルゴリズムにより算出された睡眠変数についても同様に、有意な違いが認められなかった。温冷感、快適感、睡眠感についても入浴による影響は差が認められなかった。これらの事から、入浴による身体加温がその後の睡眠に及ぼす影響は本研究結果には認められず、今後さらに検討する必要がある。連続血圧計の測定値は、午前8時から午後9時に最高血圧、最低血圧、心拍数の平均値は132mmHg、79mmHg、70拍/分となり、午前0時から5時の就寝中の平均値は118mmHg、71mmHg、63拍/分となった。血圧の値に性差は認められなかった。寝室気温は就寝前平均10.3℃、睡眠中7.8℃、起床時5.9℃であった。血圧との関係を検討したところ、有意な相関関係は認められなかった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］睡眠、温熱環境、変動、評価

［研 究 題 目］訓練サンプル最適化による識別器の性能向上手法
［研究代表者］西田　健次（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
［研究担当者］西田　健次（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

サポート・ベクトル・マシン（SVM）などの識別手法とカーネル法に代表される非線形化手法の発展により、教師あり学習に基づく識別器の能力は大幅に向上し、本質的に識別可能な問題であるならば、訓練サンプルに対しては100%の識別率を実現することは難しいことではなくなってきている。しかし、未学習サンプルに対する識別能力（汎化性能）は、過学習などの問題もあり、その性能を向上することは、未だ難しい課題となっている。識別器の汎化性能を向上する手法の一つに、識別に本質的に関わる特徴を選択して訓練に用いる特徴選択手法が挙げられ、特徴選択を行った複数の識別器を組み合わせることで、高い汎化性能を実現することが可能であることが示されている。一方、訓練サンプルセットが、識別対象のモデルを上手く再現したものとなっていなくては、性能の良い識別器（および、特徴選択）を用いたとしても、最終的な識別性能は高いものとはならない。車両検出・追跡課題のように、膨大なサンプルの中から識別対象のモデルを再現する訓練サンプルセットを抽出すると、訓練サンプルセット自体が非常に大きなものとなることが多く、訓練サンプルセット全体で識別器の訓練を行った場合、非常に大きな計算量が必要となると同時に過学習による汎化性能の低下を招く可能性がある。大きな訓練サンプルセットから適切な訓練サンプルを選択し、小さな訓練サンプルで識別器を訓練することが出来れば、計算量の削減とともに、汎化性能の向上が期待できる。本研究では、訓練サンプルの一部をランダムに選択し、ランダムなパラメータを用いた弱い識別器を多数統合することにより、全訓練サンプルよりも遥かに少ない数の訓練サンプルで識別能力が高く、かつ、汎化性も高い識別器の構成手法を検討している。人工データによる評価実験では、単一の SVM による識別器では、20,000サンプルの訓練セットに対して4000個のサポートベクターを必要としたが、提案手法によると100個から200個のサンプルを用いるだけで、同等の識別性能を持ち、汎化性に関してはより高い識別器が構成できることを示している。今後は、車両検出、追跡などの実応用への適用などを目指していく。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］パターン認識、識別器、SVM、汎化性

［研 究 題 目］超音波血管機能検査装置の高度化と血流依存性血管拡張機序の解明
［研究代表者］新田　尚隆（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
［研究担当者］新田　尚隆（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

血流依存性血管拡張（Flow-Mediated Dilation：FMD）は、血管壁上のずり応力を主たる刺激源として血管内皮細胞から一酸化窒素が産生され、それが血管壁内へ拡散して平滑筋弛緩が起こり、血管径が拡張する反応である。FMD 検査ではこの血管径拡張率（%FMD）が計測されるが、刺激源であるずり応力が未知であり、また他刺激因子の寄与も不明であるため、内皮機能を的確に評価できない問題があった。この問題を解決すべく、本研究では、FMD 検査装置を高度化して前記刺激因子を特定することにより、血流依存性血管拡張反応における機序解明のための知見を得ることを目標とする。

平成24年度は、前年度までに高度化した FMD 測定装置を用い、健常者を対象とした被験者実験を実施した。固定具を用いて上腕でのプローブずれを低減させ、常に同一血管部位での計測ができるように位置決めを行った後、被験者上腕動脈における血管径、血流速度、血流量、血液粘度、壁ずり速度、壁ずり応力等のトレンドデータを収集した。各トレンドデータの特徴量として、血管径からは%FMD 値を、血流速度、血流量、血液粘度、壁ずり速度、壁ずり応力からは、それぞれ駆血解除後の最大値を安静時の平均値で除した増加率（Increasing Rate：IR）を求め、%FMD 値と各 IR との相関を調査した。その結果、%FMD 値と壁ずり応力の IR 値（IR of Shear Stress：IRSS）が最も高い相関を示した。これは従来の生理学的な予測と一致し、血管拡張の刺激因子として壁ずり応力の寄与が最も高いことを示す結果と考えられた。さらに、%FMD 値を IRSS 値で正規化した指標値の分散は%FMD 値の分散よりも小さくなり、刺激因子を含めた指標化によって、内皮機能や状態変化の識別能が向上すると考えられた。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］超音波、血管拡張、ずり応力

［研 究 題 目］定位行動の意思決定に関わる脳内機構の解明
［研究代表者］長谷川　良平（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
［研究担当者］長谷川　良平、森田　奈々、
長谷川　由香子（常勤職員1名、他2名）
［研 究 内 容］

環境空間内で動物が一定の方向に体軸や頭部、眼球などを動かす行動は「定位」と呼ばれ、各種感覚器官からの刺激に対して誘発される。特に視覚情報に基づく定位行動に関しては、上丘が重要な役割を担っていると考えられている。このような視覚に基づく定位行動には、上丘浅層へ入力された感覚情報を中間層に伝達し、運動情報へと変換する回路の存在が指摘されている。近年、中間層から浅層への経路の存在が発見され、定位行動のフ

ィードバック回路として機能する可能性が示唆されているが、その経路の活動様式や役割についてはまだ十分に明らかになっていない。

そこで、本研究では、上丘中間層から浅層への集団の電位変化を、前額断面スライス標本を用いて電位イメージング法で調べた。具体的には、乳児期と若年期のマウス前額面上丘標本を作成し、中間層を刺激した時の刺激伝搬を計測した。その結果、乳児期においては、中間層への刺激は中間層内に留まり浅層へ伝搬されることはなかったが、若年期では中間層に与えられた刺激は短時に浅層へ伝搬し浅層内で大きく広がることが観察された。このことから、上丘中間層から浅層への経路は、開眼前後で大きく発達することが明らかとなった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］定位行動、意思決定、上丘、ラット

［研 究 題 目］**微弱高周波電界による生体内計測技術**

［研究代表者］稗田　一郎（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］稗田　一郎（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

微弱な高周波電界を用いることで、生体内の誘電率分布を安全に測定し、体内の水分量（血液、体液、膀胱内尿量）や脂肪、空隙の分布を求め、内臓脂肪、皮下脂肪、膀胱内尿量、肺機能等を計測する技術の開発を行っている。

実験装置の主要な機能である、生体の組成の影響によって電界強度が変化して得られる高周波信号の測定に、従前は汎用計測装置であるスペクトルアナライザーを用いていたが、一般的な測定装置であるため、設定できる測定の条件や得られる測定データの精度等に制約があった。そこで、前年度までに、信号処理の大部分を高速処理できるコンピューターのソフトウェアで実行可能なソフトウェア受信機（SDR）を導入して、計測に適した測定と信号処理を行うように改良した。さらに、本年度は、SDR を増設して、アンテナを含む測定系に改良を施し、高周波電界によって生じる高周波信号の振幅に加え、位相情報までを測定ができるようにした。

この新たな計測システムで、人の組織のうち水分含有量が多い組織と同程度の誘電率（比誘電率が約70）を持つ水をアクリル製の槽に入れてファントムとして用いたモデル実験と、実際の人の腹部の測定を行った（3MHz および48MHz による一次元的なスキャン）。

その結果、水槽の測定では水槽を水平方向にスキャンしても、信号の振幅は大きく変化するのに対し、位相にはほとんど変化しなかった。一方、人体の腹部を水平にスキャンした際には、信号の振幅の変化と同時に位相にも変化が現れた。測定された位相の変化は、測定開始点からの相対的な変化であり、この情報だけでは誘電率によって電解強度が高められる効果と、人体内を高周波電流が流れることによる損失分とを分離することはできないが、少なくとも損失による影響を測定できたことが確認できた。

今後、装置にさらに改良を加え、複数の周波数で同時に測定する等実験の条件を工夫することで、損失の分離を目指したい。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］生体計測、誘電率、高周波電界、SDR

［研 究 題 目］**報酬獲得のための行動決定制御の脳内情報処理機構**

［研究代表者］設楽　宗孝（筑波大学）

［研究担当者］肥後　範行（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、設楽　宗孝
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

生物は、報酬を最大化するように報酬獲得までの道筋を計画し行動する。この過程では、報酬を得るのに必要な労働負荷および時間と、予測される報酬量との兼ね合いを考えてどのような行動選択を行うかを決定する。より遠い将来の大きな報酬を待つ過程には、縫線核と呼ばれる脳幹の核から放出されるセロトニンと呼ばれる神経伝達物質が関わっているという報告がある。報酬獲得までに複数回の視覚弁別試行が必要な報酬スケジュール課題を応用した、報酬量と報酬獲得までの労働負荷（視覚弁別試行数）の双方を可変にし、これらの組み合わせの内、2つ提示してそのうち1つを選択させる課題を遂行中のサルの縫線核から単一ニューロン記録を行い、その役割を解析した。縫線核の同定のために、単一ニューロン記録を行ったサルの脳において免疫組織化学を行い、セロトニンの生成に不可欠な酵素であるトリプトファンヒドロキシラーゼの発現を調べた。単一ニューロン記録を行った電極刺入部位周囲では、トリプトファンヒドロキシラーゼ陽性細胞が点在していた。これらの細胞はセロトニン生成細胞であると考えられる。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］霊長類、モチベーション、セロトニン、行動決定、タンパク発現

［研 究 題 目］**運動機能可塑性における赤核機能・構造連関の解明**

［研究代表者］林　拓也（理化学研究所）

［研究担当者］肥後　範行（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、林　拓也、尾上　浩隆
（以上、理化学研究所）
（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

マカクサル大脳皮質の第一次運動野を損傷した後にMRI を用いた拡散テンソルイメージングを行うことで、神経線維の走行の変化を画像化することを試みた。すな

わち、第一次運動や損傷後の把握動作の回復に伴って、神経線維の走行の変化を示すシグナル値の増加した部位を調べた。損傷後の回復時に、運動前野腹側部から発し皮質下と対側半球に向かう線維が同定できた。皮質下へ向かう線維の一部は赤核小細胞層に達していた。ただし、これらの線維は損傷後の回復過程で新たに形成・強化された経路ではなく、損傷以前から存在していた経路である可能性も考えられる。拡散テンソルイメージングで見られたシグナルの上昇は、軸索のミエリン鞘の増加に関係しているという仮説に基づき、ミエリン鞘の形成に関わるオリゴデンドロサイト前駆細胞マーカーであるPDGFRαとNG2の発現に着目したところ、回復期白質ではこれらのタンパクの発現上昇が見られた。オリゴデンドロサイト前駆体細胞が凝集し、ミエリンを形成することが、拡散テンソルイメージングのシグナル増強の一つの原因になっていて、また、損傷後の機能回復に関与している可能性が考えられる。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］霊長類、病態モデル、機能回復、神経可塑性、タンパク発現

［研 究 題 目］**側頭葉におけるカテゴリー化の神経機構の解明**

［研究代表者］松本　有央（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］松本　有央（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、側頭葉でのカテゴリー化の神経機構がアトラクターネットワークの一種である連想記憶モデルに基づいているものだと仮説を提唱し、それを実証するためにニューロン活動記録とデータ解析手法の開発を行う。初めに側頭葉のニューロン集団による大まかな分類が起こり、続いて詳細な分類が起こるような階層的カテゴリー分類の情報処理は、学習によって獲得された可能性がある。平成24年度の実験では、ヒトの顔画像とサルの顔画像と図形の画像を用いて、サルが顔の画像を注視するタスクを実行中の下側頭葉からニューロン活動を記録した顔画像は正立画像と倒立画像、さらにサッチャー錯視を起こす目をフリップさせたサッチャー正立画像とサッチャー倒立画像を用いた。個々に記録したニューロン活動を集団として扱い、主成分分析で解析した結果、先行研究と同様初めにヒトの顔 vs.サルの顔 vs.図形といった大まかな分類が起こり、次に顔の正立、倒立の分類、さらに遅れてヒトの個体やサルの表情と行った詳細な分類に関する情報が処理されることが分かった。また、サッチャー錯視を起こす顔画像を呈示したとき、応答の差が画像呈示後から280ms 遅れて現れることが分かった。この結果より、サッチャー錯視の情報処理は下側頭葉以外の領野で行われている可能性を示唆した。これによってどのような顔の画像を提示したら下側頭葉のニューロンがどのような活動をするかの知見をためることができ、神経回路モデルを構成するときに役に立つ。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］カテゴリー分類、物体認知、下側頭葉、神経回路モデル

［研 究 題 目］**報酬獲得のための行動決定制御の脳内情報処理機構**

［研究代表者］設楽　宗孝（筑波大学）

［研究担当者］松本　有央（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

報酬獲得のための行動決定を調べるために、報酬までの労働負荷と報酬量の組み合わせを選択する行動決定課題をトレーニングしたサルを用いて課題の誤答率を調べた。この課題では、4段階の報酬量と4段階の仕事量を組み合わせた16通りから、その内の2つを選択肢として呈示し、選択を行わせる。選択はチェア内に装備した左右のバーの内いずれかを握ることで行う。課題としては画面に表示される視覚刺激の色が赤から緑に変わったら、モンキーチェア内の中央バーから1秒以内に手を離すという試行を複数回行わせることである。この回数が労働負荷量となる。労働負荷と報酬量の組み合わせは、全部で16通りあり、労働負荷はパターン刺激の長さによって、報酬量はパターン刺激の明るさによって表す。この16通りから2つを選ぶ組み合わせは全部で120通りある。様々な選択肢の組み合わせを用いたときの行動決定の結果を報酬割引モデルによってフィッティングすると、指数関数を使った割引モデルによってよくフィットできた。また、行動決定を行った場合とコンピューターにより与えられた場合のスケジュール課題の誤答率を報酬割引モデルによってフィッティングすると、行動決定を行った場合の方が報酬量にかかる定数項および割引率の両者とも大きいことがわかり、これらによって、課題の誤答率が低いという自己選択効果が現れていることが示唆された。次に、行動決定課題遂行時のニューロン活動を調べるために、眼窩前頭皮質から単一ニューロン活動を記録し、行動決定の際に反応するニューロンが記録された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］意思決定、行動選択、報酬量、負荷量

［研 究 題 目］**高度な計測信頼性を実現する新型近赤外脳機能計測システムの開発**

［研究代表者］山田　亨（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］山田　亨、梅山　伸二、松田　圭司（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

近赤外線脳機能計測法（fNIRS）は安全で簡便な脳機能計測手法である一方、頭皮血流などに起因する信号変

動のため計測信頼性は未だ確立されていない。本研究の目的は脳機能信号抽出のために必要な諸技術を開発し、その実装システムを実現することである。本年度は、我々の開発した血流動態分離法を44チャンネル、15mm×15mm 間隔の高密度 fNIRS 計測に展開し、大脳皮質運動野の神経賦活部位を fMRI で予め特定した複数の被験者の計測で、手指運動課題時の脳機能信号と全身性信号の分離を行った。この結果、脳機能信号は運動手指の対側運動野で顕著に生じ、その信号部位は神経賦活と相関が高いとされる fMRI-BOLD 信号の部位と極めて良好な一致を示した。一方、この種の計測は多数のプローブ装着を必要とし、装着不良の検出/改善にかかる時間が実用上大きな困難をもたらすことが分かってきた。そこで、データの特徴から装着不良箇所を識別するアルゴリズムを開発した。これにより装着に要する時間は飛躍的に短縮できる。これらの技術はすべて市販 fNIRS 装置に実装可能であり、リハビリ訓練時の脳機能モニタリング等への応用が期待できる。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］脳機能計測、近赤外線分光法、脳血流、表層血流、アーティファクト

［研 究 題 目］**妊娠高血圧症候群に対する運動の有効性の検討ならびにそのメカニズムの解明**
［研究代表者］吉澤　睦子（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
［研究担当者］吉澤　睦子（他1名）
［研 究 内 容］

妊娠高血圧症候群は母児の生命が危険にさらされる重篤な疾患である。一般降圧剤は胎盤通過性があり、催奇形性や胎児毒性の問題から妊婦には使用できず、未だ妊娠高血圧症候群に対する有効な治療法が確立されていない。有酸素性運動は、血管内皮機能改善を介して高血圧症の予防・改善に貢献する可能性があり、妊娠高血圧症候群妊婦の病態改善にも有効であるかもしれない。しかしながら、ヒトでの研究はリスクが大きいことに加えて、モデル動物の開発が遅れていることから、実際に妊娠高血圧症候群の母児に対する有酸素性運動を実施した場合の安全性やトレーニング効果を検討した研究はない。それゆえ、ヒトの妊娠高血圧症候群に酷似した症状を呈するモデル動物を用いて、妊娠時の運動が病態に与える影響を明らかにすることは、妊娠高血圧症候群の予防・改善への応用に重要である。そこで、本研究は、妊娠高血圧症候群モデルマウスを用いて、妊娠高血圧症候群に対する運動効果を検討することを目的とした。

今年度は、米国での研究成果をまとめ、アメリカ生理学会で研究発表を行った。日本に帰国後は、研究環境を整えると同時に、実際に実験動物をトレッドミル上で走らせ、運動速度やトレーニング頻度についての検討を行った。また、血圧測定のための技術練習として、実験動物の頸動脈にカテーテルを挿入する手術技術の練習を行った。さらに、予備実験を行い、実験動物から採血および大動脈を摘出し、動脈機能の評価および血液生化学データの変化を検討した。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］妊娠高血圧症候群、運動、血管機能

［研 究 題 目］**虚弱高齢者の定量的身体機能計測に基づいた縦断的転倒リスク評価指標の構築**
［研究代表者］山下　和彦（東京医療保健大学）
［研究担当者］井野　秀一（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、山下　和彦（東京医療保健大学）、佐藤　満（昭和大学）、太田　裕治（お茶の水女子大学）（常勤職員1名、他3名）
［研 究 内 容］

高齢者の転倒骨折は社会的問題であり、後期高齢者では要介護要因の上位に挙げられている。高齢者の転倒予防には、身体機能の観点から、下肢筋力・バランス機能・歩行機能の3要素の向上が重要である。本研究では、この3要素を定量的かつ簡便・安全に計測可能なシステムを開発することを目的としている。今年度は、インソール型重心動揺計の通信方式に Bluetooth（ワイヤレス）を採用し、かつ複数の PC を並列使用することで、同時計測による大規模介入の研究に向けた準備を進めた。また、解析用ソフトウエアを開発し、短時間での計測と解析を可能にした。これらの計測システムの有用性の検証では、歩行機能の評価に用いる床反力計と同様の結果が得られ、簡便かつ安全に高精度で計測が可能であることがわかった。また、バランス機能の観点からは、従来の重心動揺計と高い相関性が確認され、転倒リスク指標構築のための実効性を確認した。上記の計測システムの構築と並行して、追跡研究の準備に着手した。具体的には、（a）足部ケア実施群、（b）運動実施群、（c）a と b の両方を実施する群、（d）対照群とし、身体機能が低下した虚弱高齢者から糖尿病などの慢性疾患を持つ群などを含めた高齢者の分類作業である。さらに、これらの対象者の下肢筋力・歩行機能・バランス機能等の基礎データの取得、疾病などの病歴情報、医療費を取得し、今後の縦断的転倒リスク評価に重要な基盤整備を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］転倒予防、下肢筋力、歩行機能、バランス機能、定量的計測評価

［研 究 題 目］**自閉特性が顔認知に与える影響－分類画像法および反応一貫性分析による検討－**
［研究代表者］永井　聖剛（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
［研究担当者］永井　聖剛（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

自閉症者と定型発達者では知覚・認知上処理スタイルに様々な違いが指摘されている。しかし、定型発達者（＝非自閉症）の中にも自閉性には大きな個人差があり、共同注意にはこの自閉性の個人差が影響することが報告されている。本研究では、自閉性が高い（自閉症者に近い）定型発達者と自閉特性が低い定型発達者で顔認知情報処理の差異がどのように生じるかを調べることを目的とする。近年開発された分類画像法を用いて顔情報処理ストラテジーの個人差を詳細に視覚化し、反応一貫性分析により反応決定プロセスの影響も検討する。

昨年度は、大きな画像データを用いて、分類画像における統計的有意ピクセルの計算、処理効率および内部ノイズの計算およびシミュレーションを行うための実験システム、被験者が用いるストラテジーを可視化するための実験実施システム、データ解析システムを開発した。本年度は、この実験システムをもとに実験を行い、自閉性特性に応じて、顔認知ストラテジーが変化するか否かを検討した。具体的には、自閉性の高低によって顔区別課題時に用いる情報が異なっている可能性が示唆された。自閉性傾向が高い者の顔認知方略は、自閉症者の顔認知方略に類似したものである可能性が高い結果が得られた。来年度は、処理効率性についての実験ならびに解析を行っていく予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］顔情報処理、分類画像法、内部ノイズ、処理効率

［研 究 題 目］物理・免疫融合療法に用いる in situ 癌免疫誘導のためのナノ構造アジュバント

［研究代表者］王　秀鵬（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］王　秀鵬（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

今や癌は日本では第一位、世界でも主要な死亡原因となり、癌治療研究は社会的にも重要性が増している。中でも癌の免疫療法は、ヒトが元来持つ免疫系を利用し、免疫細胞を正常な細胞を傷つけずに腫瘍細胞のみを認識・破壊するよう活性化する新規の癌治療法として注目されている。しかし、一般に腫瘍抗原は免疫系の刺激が弱いため、免疫細胞が腫瘍細胞を認識できないことが多く、免疫療法には免疫賦活剤（アジュバント）の投与が必須である。本研究課題では、ナノ構造を有する無機粒子と免疫刺激分子を組み合わせた高免疫活性能を有するアジュバントの開発を目指す。

平成23年度は、二価陽イオン（マグネシウム、または亜鉛）含有の TCP（Mg-TCP、Zn-TCP）と免疫刺激分子（菌体由来物質、HTB 等）をリン酸カルシウム飽和溶液中で共沈現象によって複合化したアジュバント候補材料を作製した（Zn-TCP-Ap-HTB、Mg-TCP-Ap-HTB アジュバント）。これらを用いて平成23年度に開始した in vitro 試験の結果を解析し、有望と認められたアジュバント候補材料について、本年度は in vivo 評価実験を実施して、生体内においても免疫獲得にアジュバント候補材料が有効に機能したか否かを評価した。具体的には、がん治療モデルマウスに固定化自己がん抗原と共存するように Zn-TCP-Ap-HTB、Mg-TCP-Ap-HTB アジュバント材料を皮下注入した。コントロールグループには生理食塩水を注入した。一定期間の飼育後それらのマウスに再度腫瘍細胞を皮下注入し、さらに30日間観察を続けたところ、Zn-TCP-Ap-HTB、Mg-TCP-Ap-HTB アジュバントを注入したマウスは腫瘍の成長速度は遅く、マウス体内でがん細胞に対する免疫が確立されたものと考えられた。それらのマウスの脾臓中には細胞性免疫に関連するサイトカイン（GM-CSF、IL-2、TNF-α、IL-12 および IFNγ）量がコントロールグループと比較して増大しており、細胞性免疫関連する免疫活性が高まった事が分かった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］癌ワクチン、免疫補助療法、アジュバント、リン酸カルシウム

［研 究 題 目］睡眠中の潜在記憶学習の可能性

［研究代表者］甲斐田　幸佐（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］甲斐田　幸佐、武田　裕司（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、指に呈示された触覚刺激の順序学習が、キーボード押し運動をした時だけでなく、運動をしない場合でも生じるかを検証することであった。

被験者は健常大学生17名であった（被験者内比較計画）。比較する実験条件は2条件であり、条件間の違いは受動的セッションにおける刺激の呈示順序に規則があるかどうかとした。指の刺激には、携帯電話のバイブレーションに似た振動刺激（200Hz）を用いた。右手と左手の第2および第4指に自作の振動モータをサージカルテープで固定した。両手の指に装着した振動モータは全部で4個であった。振動刺激の呈示順序は1–4までの12桁の数列（例：242134132143）またはランダム配列とした。12桁の数列は、1ブロックにつき9回提示した。配列に規則性があるブロックを「規則ブロック」、配列がランダムなブロックを「ランダムブロック」とした。実験では、刺激が呈示されたらできるだけ早く正確にキーボードのボタンを押すセッション（能動セッション）と、ボタン押しをせずに刺激だけを受けるセッション（受動セッション）を設けた。

本実験の結果、触覚刺激を用いた系列反応時間課題において、(1) 運動学習が生じること、(2) 刺激系列への受動的な暴露による学習は生じないこと、(3) 受動的セッションのランダム刺激が直後のブロックの反応時間を

遅延させることが分かった。(1)、(2) の結果から、触覚刺激における系列学習は、主に運動学習によると考えることができる。(3) の結果は、ランダム刺激の呈示によって、刺激－反応の対応関係が一時的に阻害された可能性を示唆している。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］睡眠、記憶

［研 究 題 目］**色覚障害者に配慮した均等色空間および色差式の確立にむけた基礎研究**
［研究代表者］坂本　隆（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
［研究担当者］坂本　隆（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

色覚障害者向け技術開発や、色覚障害者向け視覚標示物作成のためには、色覚障害者が知覚する色の差異（色差）を予測し、これを定量的に評価する方法が必要である。しかし、当該の方法は未だ確立されていない。これを解決するためには、色覚障害者の知覚的色差に等歩度となる均等色空間および色差式が必要である。本研究は先天色覚異常、特に1型2色覚と2型2色覚に着目し、人間工学実験と色覚モデルに基づく解析を通じて、均等色空間を構築し、色差式を導出することを目標とする。

平成24年度の進捗状況：

2色覚の色覚特性を表現する際使用される混同色線と混同色中心、および LMS 錐体色空間の幾何学的関係性に着目し、2色覚の色属性を明示的に表現可能な色空間を分析的に構築した。また学会等において、当該の成果について討議を重ねた。当初提案の方法は、特に色相の定式化に関して幾つかの解決すべき問題を抱えていたが、その後、色空間構築に関する新たな着想を得たため、従来法に基づく人間工学実験は保留し、新しい着想に基づいて、より2色覚の色属性表現に適した色空間構築に再度着手した。具体的には、色空間を構成する2軸を、lightness と chromaticness という完全に独立な属性として捉え、またそれらが LMS 錐体色空間から計算可能であるように定式化プロセスを改めた。これにより、2色覚の色属性をより明示的に表現可能な色空間提案に、改めて成功した。なお、新提案の色空間に基づく心理物理実験も順次開始予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］色覚異常、知覚特性、色差、色空間

［研 究 題 目］**自己と他者の認識が感覚情報処理に与える影響－社会性と知覚の接点－**
［研究代表者］山本　慎也（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
［研究担当者］山本　慎也（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

我々の脳は、様々な感覚受容器から受ける複数の感覚信号を、適切に統合し、また分離する。一方、我々の脳は、自己と他者を区別して認識する。前者のような、いわゆるベーシックな感覚情報処理と、後者のような、より認知的な過程が、どのように相互作用するのかを解明することが、本研究計画の目的である。当初の仮説は、『自己と他者という別々の信号源から発生した2種類の感覚信号は、脳内で分離して処理される傾向にある』というものであった。本年度、さまざまな実験を試行錯誤した結果、さらに一般的な事実として、「外界における信号源の単一性に応じて、情報が統合されるか、分離されるかが切り替えられる」という発見をすることができた。これは、左右別々の手から発生した2種類の感覚信号（視覚および触覚）の時間順序判断の実験系によって、行うことができた。

さらに申請者らは、自己と他者の別々の信号源から『同時性』の判断をした場合、同時性の窓が小さくなるというプレリミナリーな結果を得た（北米神経科学会にて発表）。今後さらに条件を絞り、その本質を見極めていく。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］神経科学、認知科学

［研 究 題 目］**多感覚情報の脳内統合機構の解明**
［研究代表者］山本　慎也（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
［研究担当者］山本　慎也（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

我々の脳は、様々な感覚受容器から複数の感覚信号の入力を受ける。これらの信号を適切に統合し、また分離する必要がある。本研究計画では、そのメカニズムの解明を行うことが大きな目標である。この目的のために、本年度も心理実験・生理実験を通じて様々な実験を行ったが、最も大きな発見は、「外界における信号源の単一性に応じて、情報が統合されるか、分離されるかが切り替えられる」というものである。我々はこれまで、視覚と聴覚のような2種類の信号の時間差を、無視するタイプの知覚順応（ラグアダプテーション）と、協調するタイプの知覚順応（ベイズ較正）の2種類があることを解明してきた。前者は情報の統合、後者は情報の分離に対応すると考えられてきたが、「これら2種類の知覚順応がどのように切り替えられているのか」に関しては、全く未知であった。申請者らは、知覚と触覚の時間順序判断の実験系を用いて、触視覚の信号がともに同一の手から生じている場合にはラグアダプテーション（すなわち情報統合）が、触視覚の信号がともに別々の手から生じている場合にはベイズ較正（すなわち情報分離）が生じることを明らかにした。このことは、信号源の単一性が知覚順応の方向性を決めることを示す、世界で初めての結果となった。

また、生理実験では、実験データをより充実したもの

にするため、新しい装置の開発も行った。動物実験では動物に液体報酬を与えるが、そのタイミングを正確に計測する方法がこれまでなかった。また、時間順序判断の確信度を計測するために、動物が報酬（正解）を期待する度合いをリッキング・サッキングと呼ばれる行動で定量化するシステムを開発した(特願2013-000790)。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］神経科学、認知科学

［研 究 題 目］**血液自身を潤滑液として非接触回転駆動する長期体外循環血液ポンプに関する研究開発**

［研究代表者］小阪　亮（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］小阪　亮（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

開胸手術なしに生命維持を可能にする経皮的心肺補助装置（PCPS）や体外式膜型人工肺（ECMO）などの緊急医療で使用されている補助循環ポンプは、短期使用が前提である接触式の軸受を採用しているため、危機的状況を脱した後の固体接触で生じる軸受の磨耗による耐久性や、溶血や血栓形成などの血液適合性に課題が残っている。本研究では、長期耐久性と低溶血性、耐血栓性を有する体外設置型補助循環血液ポンプを開発するため、血液自身を潤滑液として浮上回転する遠心血液ポンプを研究開発する。

平成24年度の主な成果として、遠心血液ポンプに取り付けた4円弧ラジアル動圧軸受の安定性評価試験と血液適合性試験を実施した。(1) 安定性評価試験では、ポンプ内のインペラ側面に焦点を合わせた2つのレーザー変位計を用いて、インペラの公転半径を非接触で計測した。評価モデルとして、ラジアル動圧軸受の軸受隙間が80μm、90μm、100μm となる血液ポンプを製作した。本評価試験の結果、インペラの安定回転を実現できるラジアル動圧軸受の最適形状は、円弧の溝深さ100μm、軸受隙間90μm であることがわかった。(2) 4円弧ラジアル動圧軸受の血液適合性試験として、血液ポンプによる赤血球破壊を評価するための溶血試験を実施した。本評価試験の結果、ラジアル動圧軸受の軸受隙間を80μm から90μm に増加させることで溶血が改善した。これは、軸受隙間が広くなることで、赤血球破壊の原因となるせん断応力が減少した結果と考えられる。しかし、ラジアル動圧軸受の軸受隙間を90μm から100μm に増加させたところ溶血が悪化した。これは、インペラの不安定回転が溶血の悪化の原因だと考えられた。これらの試験結果から、円弧の溝深さ100μm、軸受隙間が90μm となるモデルが、インペラの安定性と血液適合性の観点から最適な4円弧ラジアル動圧軸受形状であるということがわかった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］人工心臓、動圧軸受、血液適合性

［研 究 題 目］**意思決定における「迷い」の検知・制御メカニズム**

［研究代表者］小村　豊（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］小村　豊（常勤職員１名）

［研 究 内 容］

意思決定とは、複数の可能性のある選択肢から、ベストの行動を決定するという脳機能である。不確定要素の多い現代では、意思決定に迷うケースに、しばしば出くわす。その迷いに合わせて、私たちは様々な適応行動をとる。

例えば、もっと正確な情報を得るために、注意を高めたり、異なるソースを探したり、煮詰まるほどの迷いであれば決断を遅らせたり、逃避することだってあろう。しかし、これまで、脳がどのように意思決定における「迷い」を検知し、それをもとに様々な適応行動につなげているのかというメカニズムについては、ほとんど分かっていない。

本年度は、サルをモデル動物として、意思決定のゆれを的確にとらえる系を確立した。具体的には、tree-search型プランニングが必要なdeliberative課題と、同一行動を反復すればよいstereotyped課題を用意し、心理物理関数を得た。今後は、感覚情報や報酬比などの因子が、心理物理関数のどのパラメータに影響を及ぼすのかを、解析する予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］意思決定、迷い

［研 究 題 目］**実世界環境下での輻輳眼球運動計測による視空間情報処理の研究**

［研究代表者］河野　憲二（京都大学）

［研究担当者］松田　圭司（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は、ヒトが豊富な視環境の中から処理すべき対象物を抽出し、視線を向けるときに起こる輻輳眼球運動とサッケード運動を調べることにより、実世界環境下で対象物の存在を感じ、眼を向けるための視空間情報処理を明らかにしようとするものである。そのため、輻輳眼球運動とサッケード運動を計測するための高精度の眼球運動計測システムを新たに開発する。この高精度の眼球運動計測システムを用いて、実世界環境下で被験者の眼から様々な距離に付置された対象物に視線を移す時の輻輳眼球運動をサッケード運動と同時に計測する。この結果を解析することにより、実世界環境下での視覚情報処理についての新たな知見を得る。本年度は、輻輳眼球運動とサッケード運動を計測するための高精度の眼球運動計測システムを開発した。赤外線で眼球を照射し、高速

ビデオカメラで撮像した瞳孔を楕円近似し、回転角を計測する手法を用いる。まず、マウスを実験動物として眼球運動を計測し、短時間で校正が可能なアルゴリズムを完成させた。今後は、サルを実験動物としてサーチコイルを使ったシステムを用いて眼球運動を同時計測し、その精度を確認する。十分な精度が得られるまでシステムの改良を重ね、単眼用の眼球運動計測システムが完成した時点でヒトの眼球運動計測に適用する。その後、周辺機器の簡素化を図り、視対象物が豊富にある環境に持ち出し、実世界環境下でヒトの眼球運動を計測する。これにより、眼球運動のダイナミクスが実験室内のコンピュータディスプレイ上の刺激を見ている時とどのように異なるか、定性的な観察を行う。実世界環境下での単眼眼球運動計測と並行して、両眼計測用システムの作成にとりかかる。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］眼球運動計測、赤外線、輻輳運動

［研 究 題 目］**低容量回線でも高画質画像を活用できる「超舞台」遠隔交流学習支援システムの開発**

［研究代表者］森川　治（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］森川　治、戸田　賢二（知能システム研究部門）（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

一般にテレビ電話では、伝わる画質に限界があるため、普段どおりに書いた黒板の文字はそのままでは伝わらない。そのため教師たちは、色、線の太さ、字の大きさ等を工夫して、遠隔授業を進める必要がある。一方、静止画であれば普段どおりに書いた黒板の文字であっても、通信時間をかけさえすれば、鮮明な画像を送受信でき、授業に利用可能である。線がぼやけて文字が読めない、色がにじんで色分けした図が読めないといったトラブルが回避できる。本研究では、黒板など背景写真を静止画として別途送り、その上に教師や児童の映像を重畳表示することにより、低容量回線でも高画質画像を活用できる遠隔交流学習の実現を目指す。

平成23年度には、Windows で動く画像合成システム（動画部の解像度が320x240画素）を試作し動作確認した。解像度不足等のため、残念ながら試作版の仕様では、教育現場で利用できないとの評価が出た。これを受け平成24年度は、高解像度化およびハードウエア化を検討した。

高解像度化に向け、ゲーム機メーカーにアドバイスを求めたところ、試作版で使用している Windows の画像取り込みのライブラリの関係から高解像度化は無理であり、ゼロからの再開発を提案された。ハードウエア化について、RISC プロセッサ SH-2A、RX62N、FM3（ARM-Cortex-M3）、ARM11などを使用した各種コンピュータボードを調査検討したが、画像データの取り扱いが簡単に行える商品を見つけることができなかった。それらの中で、Linux OS が動き、HDMI、USB2.0が2つある名刺大のコンピュータボード Raspberry Pi が比較的有力と考え購入し、HDMI 出力はとりあえず満足できる仕様であることを確認した。USB ポートにカメラを接続する動画撮影のプログラムを計画し、プログラマーを募集したが、プログラマーが見つからず現在に至っている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］遠隔授業、一体感、テレビ電話、ハイパーステージ、ハイパーミラー

［研 究 題 目］**教育クラウドによる学習支援環境の開発**

［研究代表者］前迫　孝憲（大阪大学）

［研究担当者］森川　治（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は、2020年の生徒一人一台情報端末導入や教材デジタル化を支えるモデルとして期待される「学習者連携による協働教育」の展開を図る教育クラウド（協働教育プラットフォーム）の開発を目的とする。すなわち、1）学校間や教室と地域・家庭をつなぐ高速超低遅延時間の地域無線 LAN 学習環境の開発、2）教室内に特殊装置（映像合成機器）等を要しない身体協調型協働学習環境の開発、3）言語と空間認知操作能力の連携による個別支援学習環境、4）ソーシャルメディアと融合したクラウド環境による特別支援や地域教材・カリキュラム開発および運用、5）学習時脳機能計測装置の開発と客観的学習評価法の検討である。

平成24年度には、身体協調型協働学習環境の開発のために、シンガポールー奈良の中学生の遠隔交流実践授業を実施し、必要とされるクラウド上での画像処理の要求仕様について検討した。また、身体協調型協働学習の有効活用事例として、京都ー大阪教育大の接続実験による英語寸劇授業案を検討した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］遠隔授業、一体感、テレビ電話、ハイパーステージ、ハイパーミラー

［研 究 題 目］**社会的公正性に配慮したデータマイニング技術**

［研究代表者］神嶌　敏弘（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］神嶌　敏弘、赤穂　昭太郎（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、公正性・中立性に配慮したデータマイニング技術を開発することにある。データマイニング技術は、与信や採用といった重要な決定にも関与してい

る。このとき、性別・人種・出生などの社会的公正性の観点から利用すべきでない情報の関与を排除すべきである。これには、単純にこれらの情報をモデルから除外するだけでは不十分であることが知られている。例えば、特定の人種が、特定の区域に住んでいる場合、これらの情報には高い相関が生じ、人種という情報を除外しても、居住区域の情報から間接的に差別的な判断がなされることがあり、これを red-lining 効果という。

このような判断を回避するために、本研究では、与信や採用などの決定事項と、性別・人種など配慮を要する情報との間の統計的独立性を保証することで、こうした公正性を確保する分析モデルを研究している。ここでは特に、統計的独立性を相互情報量によって定量化し、それをロジスティック回帰による分類モデルと組み合わせる方法について取り組んでいる。

今までの予備実験では、このようなモデルを構成して実験を行ってきた。しかし、モデルの非凸性などの問題のため最適化は困難だった。本年度は、初期化を工夫することにより、最適化の不安定さを大きく取り除く改良を行った。

また、上記の社会的公正性の他に、利用者に提供する情報の中立性に関しても、同様のモデル化をするアイデアも開発した。こうした問題は推薦システムにおける情報の偏向としてフィルターバブル問題とも関連し、注目されている。本年度は、確率的行列分解モデルにこの中立性を確保するため仕組みを、社会的公正性と同様のモデリングにより実装する予備実験を行った。

［分　野　名］情報通信エレクトロニクス
［キーワード］データマイニング、公正性

［研 究 題 目］海馬バインディングの脳認知科学研究
［研究代表者］仁木　和久（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
［研究担当者］仁木　和久（他1名）
［研 究 内 容］

記憶、認知に重要な役割を果たす脳基盤として大脳新皮質が注目されがちであるが、本研究では、大脳新皮質とも連携して働く海馬や扁桃体等の下部脳領域に注目し、全脳にわたる連携活動の解明を目指した脳イメージング研究を展開した。(1) インサイト問題解決時に海馬等下部脳領域と大脳新皮質の間で起こる連係脳活動パターンに正・負の感情刺激が異なった影響を与えることを報告、(2) ヒト固有の能力である社会的協調活動においても、扁桃体、角回、ACC、内側前頭葉などのハブ領域の間で起こる連係動作の重要さを報告、(3) 我々が生後成長しながら獲得する社会的感情と生得的に身につけている生物学的感情の同一性と相違性を検討し、脳活動パターン、とりわけ特定脳部位間の連携活動の相違として理解できることを明らかにした。即ち、生物学的感情刺激に対しては、視覚野の活動が有意に大きく、かつ視覚野と扁桃体との間に有意な機能的結合を発見した。一方、社会的感情刺激に対しては、内側前頭前野（MPFC）で大きな活性を誘発し、扁桃体と MPFC 間のより強い機能的結合を発見した。従って、社会的感情の処理は前頭葉とりわけ MPFC での精巧な処理により作られ、扁桃体を駆動することにより動物のもつ感情の機能を拡張し利用している、と理解できることを報告した。(4) 感情と連合した強固に形成された記憶を（消去や）更新する時、有意に大きな活動が frontopolar/眼窩前頭（OFC）で認められ、その活動が扁桃体の感情活動を押さえることにより、感情刺激が関係した連合記憶の更新が可能になることを報告した。(5) 全脳的な連携活動を解剖学的構造から抽出するため、拡散テンソルイメージング計測を用いて獲得した神経繊維走行の解剖学的データと心理物理量との関連性を解析する手法の開発を行った。これを用いると、半球間情報統合の脳のハブ構造を明らかにできる。このような研究成果を国際論文誌に纏めることができた。

東日本大震による損傷により MRI-EEG バインディング同時計測系構築が破損したが、平行開発した DTI（拡散テンソルイメージング）を用いた神経繊維走行解析と脳機能活動や心理物理量との関連性の解析が Brain Connectome 解析として近年注目される研究の一手法として注目を集めるなど、本研究が目指した大脳新皮質と海馬、扁桃体等の下部脳領域に渡る連係動作の解析手法を構築できた。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］海馬、知能、認知、MRI-EEG 同時記録、脳イメージング

［研 究 題 目］側頭葉における報酬に基づいた視覚刺激の連合記憶メカニズムの解明
［研究代表者］菅生　康子（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
［研究担当者］菅生　康子、松本　有央、大山　薫（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］

我々の日常生活において記憶機能は重要な役割を担っている。また、長寿化が進むにつれ、記憶の機能が衰える認知症への対応が社会の大きな課題となってきている。記憶や認知の脳内メカニズムを明らかにすることは、認知症を理解し、認知症患者のクオリティ・オブ・ライフを向上する技術開発の手掛かりを得ることにつながる。状況に応じて柔軟に認知する仕組みは不明な点が多い。

本研究では、物事を識別する脳のメカニズムを明らかにするため、嗅周囲皮質の情報処理の解明を目指した。今回の実験では、同じパターン刺激が、その前に呈示される色刺激によって、「報酬あり」か「報酬なし」に関係づけられている。実験動物は、色刺激を記憶し、続いて呈示されるパターン刺激を見て報酬の有無を連想する。

実験動物のパターン刺激呈示中の嗅周囲皮質の神経細胞活動を電気的に記録したところ、パターン刺激呈示中つまり、まだ実際の報酬呈示・非呈示が行われていない状況にもかかわらずニューロンの約半数が報酬の有無の情報を表現することが分かった。さらに、色刺激・パターン刺激の組み合わせの情報も表現していたことから、嗅周囲皮質で報酬の有無の情報が段階的に処理されることも示唆された。

状況に応じてある出来事の認識を柔軟に変化させる時の脳内情報処理メカニズムに、嗅周囲皮質内部の神経機構が関与していることが今回の研究によって初めて明らかになった。本研究成果は国際誌で発表した。また、「状況に応じて物事を柔軟に認識する脳の活動－認知症の理解へ手掛かり－」と題して所のホームページで公開した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］動機付け、側頭葉、ニューロン

［研 究 題 目］**半定値四次形式の比の和で表される関数の最適化とその幾何学**

［研究代表者］藤木　淳（福岡大学）

［研究担当者］赤穂　昭太郎（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、大域的最適解を完全に保証する形で凸関数とは限らない半正値同次型4次形式の比の和で表される関数の最適化を実現することである。そのためにまず、半正値同次型4次形式及びこれに対応する同次型4次曲線・曲面の極値問題について考察する。この際、既に行なわれている4次曲線・曲面の位相的分類では最適化には不十分であるため、凹凸に基づいた形状分類を行なうことによって同次型4次曲線・曲面の極値問題を解決することによって考えるべき大域的最適解の保証への足掛かりとする。またこれと同時に、計算コストが高く定式化が複雑ではあるが、多くの場合に大域的最適解を与える半定値計画緩和による多項式最適化の幾何学を明らかにすることによって、提案手法が大域的最適解を完全に保証することも明らかにする。

平成24年度は、2変数同次型4次曲線の全ての極大値・極小値を求める手法について研究した。代数多項式関数の最適化については、昨年のグレブナ基底に関する調査に基づいて、多項式最適化との関連についてさらに調査した。次にレイリー商の和で表現される評価関数の最適化の幾何学の構築についてであるが、このレイリー商の和で表現される評価関数はコンピュータビジョンにおいて数多く登場する形式の評価関数であるため、その幾何学の構築は急務である。これについては、半定値緩和を用いた実験的な検証を行い、最適化の幾何学を構築するための基礎的な考察を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］代数多項式、最適化、幾何学

［研 究 題 目］**加齢変化を考慮した騒音評価方法の開発に向けた聴覚モデルの構築**

［研究代表者］倉片　憲治（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］倉片　憲治（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

これまで騒音の測定は、もっぱら若齢者の聴覚特性に基づいて行われてきた。そのため、現行の方法では、高齢者が知覚する騒音の大きさを適切に評価することができない。そこで本研究では、加齢に伴う聴覚特性の変化を表現する聴覚モデルの構築を行い、これを基礎として新しい騒音評価方法を開発する。これにより、若齢者だけでなく、高齢者の音の聞こえも的確に反映した騒音の測定及び評価が可能であることを示す。

本研究では最初に、聴覚特性の変化を表現する聴覚モデルの構築を行うための音響心理実験を行う。具体的には、音響条件の統制された無響室内にてスピーカから純音を若齢及び高齢の被験者にそれぞれ提示し、知覚される音の大きさの判断を求める。さまざまな周波数及び強さの純音を用いてこの測定を繰り返すことにより、周波数と強さの関数で表現された基本的な音の大きさの増加関数を、可聴範囲全体にわたって求める。

平成24年度は、この聴覚特性の測定の準備として、これまでに収集した予備的な実験結果の分析を進めた。その結果、これまでの音響心理学的知見から予想される音の大きさの増加関数が、その分析結果と必ずしもうまく合致しない点のあることを明らかにすることができた。

また、聴覚モデルの検討に必要な現実の騒音（交通騒音、環境騒音、機器の動作音など）を収録し実験素材とする作業を、上記の分析作業と並行して実施した。これにより、計30種類以上の音資料を収集することができた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］聴覚モデル、騒音評価、加齢効果

［研 究 題 目］**認知行動を取捨選択制御する前頭前野神経回路機構の研究**

［研究代表者］瀧田　正寿（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］瀧田　正寿（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

「何かに気持ちを奪われ、意図することが十分できない／不適切なことをしてしまう」様な不具合な認知行動の生じる仕組みを、脳神経回路機能レベルから明らかにし、対処法を提唱することが本研究の目的である。臨床では作業記憶が負の感情で阻害される報告が増え、ラットではそれぞれに海馬－前頭前野路と前頭前野－扁桃体路が関わり、共にドーパミン調節を受ける。この直列関係を電気生理・神経化学的に解析し、ラット早期母仔分

離モデルが示す不安行動と前頭前野－扁桃体路の伝達機能不全を改善することを最終目的として、認知行動療法的な作業記憶トレーニングや臨床様に向精神薬投与を行い、不具合な認知行動の生じる仕組みを検証する。

当年度、ラットの飼育・繁殖・課題訓練は、研究代表者と雇用した研究補助1名（15時間/週）が担当した。オリジナル遅延交代課題（Izaki et al., 2008）は4秒と16秒を用いたが、短長それぞれ異なる日の試験だった。今回、報酬水と近接2レバーを用い、同一日に短長の遅延交代課題の実施可能なことを見出した。更に、高架式十字迷路を自作して計測装置を導入し、複数要因に応じて閉路／開路の計測比が大きく変わることが判明した。反復テストが閉路滞留を増大することも判明し、これまでの解釈では「不安増大」となる状況となった。現在、この問題解決を最優先している。また、共同研究先と、脳3部位から同時計測した自発神経活動から、神経回路機能の解析のできることを確認した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］認知行動、作業記憶、不安、前頭前野、扁桃体、海馬

［研 究 題 目］**前頭前野における神経調節物質の影響に関する研究**

［研究代表者］渡辺　由美子（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］渡辺　由美子（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

学習や記憶、思考や推論など様々な高次脳機能に欠かせない前頭前野は、ドーパミンやアセチルコリンなど様々な神経調節物質の影響を受けている。これまでの研究から、ドーパミン細胞はゆっくりとした情報伝達だけでなく、前頭前野に素早く情報を伝える役割も果たしていることが明らかになってきた。そこで本研究では、前頭前野が、ドーパミンやアセチルコリンなどの神経調節物質の影響をどのように受けているのかを、ミリ秒オーダーの時間解像度で明らかにすること、これらが前頭前野および関連する神経回路における情報処理にどのように影響するかを明らかにすることを目的とした。本年度は、ドーパミン細胞のある中脳腹側被蓋野の電気刺激による前頭前野での応答について膜電位イメージングおよびマルチ電極を用いてラットより計測し、刺激による応答が前頭前野でどのように伝搬するのかを調べた。その結果、早い興奮性の応答のあと、ゆっくりとした抑制性の応答が続くことが明らかになった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］神経科学、前頭前野

［研 究 題 目］**ヒートショックが人体の過渡状態に及ぼす影響評価**

［研究代表者］都築　和代（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］都築　和代（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、電力使用条件を一定にした場合に暖房器具の違いにより室内温熱環境がどのように分布し、その環境下で脱衣をした場合の被験者の生理・心理反応を測定する。今年度は暖房3条件に不使用を含めた4条件に高齢女性6名をほぼ裸体で暴露し、昨年度のデータとともに、年齢差・性差を検討した。前室（25℃）の平均皮膚温33℃よりも高くなったのは、カーボン（33.6℃）、セラミック（31℃）、カーペット（30.5℃）、暖房なし（29℃）の順に低下し、年齢差・性差は認められなかった。収縮期血圧は25℃に比べ脱衣室で有意に高くなったが、脱衣室では青年群ではカーボンはカーペットと暖房無しに比べ有意に低くなった。しかし、高齢群では暖房条件による有意な差、性差は認められず、収縮期血圧は高いままであった。温冷感は青年群、高齢女性群、高齢男性群の順に暖かく感じており、高齢男性ではカーボンヒーターのみが、やや許容された（30%）。一方、高齢女性群ではどの条件も20%以下となり全てがほぼ許容された。

そこで、高齢男性群について気温上昇・下降についての詳細な検討を実験的に実施したところ、気温上昇時に大腿での皮膚温上昇が小さく、かつ、下肢の暖かさの感じ方が弱かった。これにより、熱放射による暖房器具の有用性が示唆されるが、高齢男性には今後は投入エネルギー量を変えるなどの検討が必要である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ヒートショック、脱衣室、室内環境、血圧、評価

［研 究 題 目］**時間的同期に基づいた異種感覚モダリティ間・属性間の情報統合メカニズムの解明**

［研究代表者］藤崎　和香（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］藤崎　和香（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は、心理物理学的実験手法を用いて、物理的・生物学的な時間のずれや、誤対応、組み合わせの爆発といったさまざまな困難を乗り越えて、異なる感覚モダリティ間の時間比較を可能にしている人間の脳内情報処理機構を解明することを目的としている。研究成果から、物理的には時間がずれていても人間にはずれを感じさせないような、人に優しいマルチモーダルインターフェースの設計指針が得られることが期待される。

我々は近年、感覚モダリティ間・属性間のバインディング課題の時間周波数限界が、感覚モダリティや属性の組み合わせに寄らず、約2.5Hz と共通になることを発見した。平成24年度は、昨年度に引き続き、この約2.5Hz という感覚モダリティや属性に共通の時間限界

が、「時間」と「内容」の情報を並列処理したのちに統合するという脳の戦略を反映したものではないかという仮説を検証するため、交替刺激とステップ刺激を用いて臨界クラウディング周波数（CCF）の検討を継続して行うとともに、視覚内だけでなく聴覚内の異なる属性間のバインディング課題の時間限界の検討を行った。さらに、感覚間だけでなく感覚運動間の時間的な対応付けのメカニズムを探るため、自己の行為とその感覚フィードバックとの時間遅れの問題について引き続き検討を行った。これらの研究は、感性学研究会（九州大学）で招待講演を行ったほか、Vision Science Society や日本音響学会、多感覚研究会で発表した。また、MIT Press から出版された多感覚情報処理のハンドブック（The New Handbook of Multisensory Processing）において、Multisensory Timing の章を共著で執筆した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］マルチモダリティ、同時性判断、時間情報処理、時間バインディング

［研 究 題 目］**質感認知に関わる視聴触情報の心理物理的分析**

［研究代表者］西田　眞也（NTT　コミュニケーション科学基礎研究所）

［研究担当者］藤崎　和香（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

物体の材質についての情報は、視覚だけでなく聴覚など多くの感覚から得られる。例えば、視覚的には物体の見た目から、それが硝子なのか金属なのか陶器なのかそれとも木なのかといったことを判断できる。同様に、聴覚的にも、例えばその物体が叩かれたときの衝撃音を聴くことで、叩かれた物体が金属なのか木なのかといったことを判断できる。このように、物体の材質についての情報はそれぞれの感覚モダリティから得られるが、では、それらの情報を統合して感覚間で一体感のある材質知覚を成立させているクロスモーダルな質感知覚メカニズムとはどのようなものだろうか。このような謎を解くための最初のステップとして、本研究では、映像がもたらす材質情報と音がもたらす材質情報が矛盾した状況を作り、そのような状況で材質知覚がどのように変化するかを調べた。視覚刺激として金属、陶器、硝子、石、木材、樹皮、聴覚刺激として、硝子、陶器、金属、石、木、野菜、樹脂、紙を用いた。これらの刺激を組み合わせて視聴覚動画セットを作り、評定実験を行った。得られたデータについては現在解析中である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］マルチモダリティ、質感知覚、多感覚情報統合、材質判断

［研 究 題 目］**サル下側頭葉における無意識下での視覚情報処理様式の解明**

［研究代表者］林　隆介（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］林　隆介（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は、物体画像の提示によって引き起こされる下側頭葉のニューロン集団の活動が、物体像の意識的な知覚に依存してどのように変化するのか解明することを目的とした。実験では、動物モデルの下側頭葉の脳表面に埋め込まれたマルチ微小電極アレイを通して、物体画像に応答する神経活動を記録した。その結果、覚醒時の顔情報処理において、顔の方位と個体識別に関する情報表現が同じ下側頭葉でも領域によって違うことを明らかにした。特に、従来研究が示唆した階層的情報処理とは異なる、より複雑な情報処理の存在が、神経集団の活動解析から示唆された。また、quadrature motion という画像処理を使って、二つの物体画像が異なる方向に動いて見える特殊な両眼視野闘争刺激を生成し、動物モデルに提示する実験系を構築した。この刺激を観察すると、二つの物体画像のうち、いずれか一方の画像しか意識的に知覚できず、どちらの画像が見えているかは、反射的に誘発される視運動性眼振を記録することで検証できた。最後に quadrature motion 刺激を提示している間、下側頭葉ニューロンの活動を記録したところ、運動方向によらず、物体像に特異的にニューロンが応答することが明らかになった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］神経科学、意識、視覚情報処理

［研 究 題 目］**MR エラストグラフィーによる非侵襲的頭蓋内圧・コンプライアンス・脳自動調節能評価**

［研究代表者］中川　敦寛（東北大学）

［研究担当者］鷲尾　利克（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、外傷性脳損傷（traumatic brain injury：TBI）を中心とした脳神経疾患の病態把握と治療方針決定において重要な情報である頭蓋内圧（intracranial pressure：ICP）、頭蓋内コンプライアンス、脳自動調節能に関する非侵襲的モニタリング法の開発である。現在 ICP センサーは脳実質（脳室内）に留置するため、侵襲的であり、適応が重症 TBI に限られる一因となっている。頭蓋内コンプライアンス、あるいは自動調節能に関する情報の重要性は誰もが認めるところであり、30年以上開発が試みられてきたが、日常臨床で使用可能なモニタリングは開発されていない。本研究では、核磁気共鳴画像（magnetic resonance imaging：MRI）の新しい応用の一つである生体の硬さ

情報を画像化する MR elastography（MRE）を用いて、前述の3つの情報の非侵襲的な画像モニタリングの開発に向けた基礎的知見を得ることを目的とする。振動装置としてパラメトリックスピーカを用いた。振動系をシミュレーションした結果、外部より直接脳を揺らす方法だと脳脊髄液による減衰により振動強度が十分に得られず、また上顎を揺らした場合頭蓋形状により振動方向が複数になった。本研究で使用する MRE 法は、リードアウト傾斜磁場方向と垂直方向の波の伝播現象を用いるので、振動の伝わる方向の制御が必要不可欠である結果を得た。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］MR elastography、力学特性、数値モデル

［研 究 題 目］**パルスジェットメスによる末梢神経機能温存下拡大経蝶形骨洞腫瘍摘出法の開発**

［研究代表者］小川　欣一（東北大学）

［研究担当者］鷲尾　利克（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、末梢神経機能温存下に腫瘍を摘出する手術デバイス（パルスジェットメス）の開発である。本研究では、更に難易度の高い末梢神経の機能温存下の腫瘍摘出を目的とし、組織選択性を高めるための流体工学的基礎実験を行い、得られた結果を動物実験で検証し、研究期間終了時に倫理委員会の承認を得て臨床応用に移行可能な知見を得る事を達成目標とする。神経への適用を考える上で、組織性状について文献値を用いて、数値計算によるシミュレーションを担当した。数値計算において、飛沫の飛翔範囲についても組織破砕と共にシミュレーションすることを試みた。計算では最初arbitrary lagrangian-eulerian法（以下、ALE法）を用いて、脳組織、間欠的液体ジェットの飛沫をシミュレーションした。結果として、1）多大な演算時間を必要とする、2）モデルの変更に時間を要する、ことが明らかとなり、臨床で想定される使用法を全てシミュレートするには適さない方法であることがわかった。そこで次に、粒子法の1つであるsmoothed particle hydrodynamics法（以下、SPH法）の適用を試みた。SPH法の特徴はモデル作成の簡便さと短い計算時間である。まずSPH法が適用可能であるか、剛体を対象に間欠的液体ジェットを照射するシミュレーションを行った。今回適用してみた結果では、液体側の飛沫計算の際、計算が発散してしまうことが判明した。これは粒子間の干渉条件に起因するもので、今後はこの点を改良し、更には破断についても考慮したモデルを作成計算し、結果を検証する。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ジェット、組織破断、飛沫シミュレーション

［研 究 題 目］**インフラ途絶下において利用可能な体温管理システムの開発**

［研究代表者］古川　崇（東北大学）

［研究担当者］鷲尾　利克（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、インフラが機能停止した際においても、36度±1度の範囲で無、あるいは最小限のエネルギーで簡易的に体温管理を実現する機器の開発につなげるための基礎知見を得ることである。開発する機器像としては、熱輻射、流体制御によるものを想定しており、流体工学的な見地から基礎実験を行う。担当は、体温維持を可能とする既存製品もしくは、既存技術の発掘である。東北大震災をキッカケに、通常の救命救急病棟でも使用出来る（日常的な医療関連用品にもなる）ことを重要視し、検索を行った。検索結果では、1）保温に関しては個人で使用出来るものから、建屋を対象にした技術は存在する、2）しかしながら、既存の設備に取り込むのは簡便ではない、3）救命救急病棟の日常品になる価格ではない、4）夏場を想定した場合、熱中症を防止したいが外気温より下げることは出来ても、36度±1度を保つことは素材のみでは不可能、であることが明らかとなった。特に価格の制限は多大で、既存製品では医療費を押し上げるだけであり、多くの医療現場に導入することは不可能であることを明らかにした。今後は、低エネルギーによる体温管理に関する流体力学的可能性を検証する。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］体温維持、輻射熱、素材

［研 究 題 目］**生体内超音波ビーム計測及び制御法を用いた低侵襲超音波診断治療統合システム**

［研究代表者］松本　洋一郎（東京大学）

［研究担当者］葭仲　潔（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、松本　洋一郎、高木　周、光石　衛、東　隆（以上、東京大学）、沖田　浩平（日本大学）、梅村　晋一郎（東北大学）、村垣　善浩（東京女子医科大学）（常勤職員1名、他7名）

［研 究 内 容］

超音波治療は侵襲性の低い治療法として期待されており、一部実用化されているが、治療ビームの位置精度の向上が安全で確実な治療の実現には必要である。この課題を解決するべく、以下の要素技術を開発し、これを備えたシステムを構築する。要素技術として、(1) 生体内超音波ビームの計測技術、(2) アレイ素子の位相最適化によるビーム制御技術、(3) ロボティック技術を応用した、標的追従のビーム制御技術、(4) 生体内超音波伝搬シミュレーション技術を開発する。これらの要素技術を統合して、機能評価と改良を行う。また、本技術によって初めて実現可能となる定量的ビーム制御に基づいた非

線形作用を活用した新たな超音波治療技術の実現性を検討し、超音波治療を低侵襲治療技術として確立する。更に、対象部位を全方位から取り囲む形状の新規なトランスデューサー形状の採用により、安全性と治療効率を両立した超音波治療技術を確立する。本年度は、それぞれの要素技術において実験を行うためのプロトタイプの仕様策定ならびに実機の試作、計算モデルの構築を行い、実機の性能評価に向けた準備を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］超音波診断・治療、集束超音波、超音波トランスデューサー

［研 究 題 目］**非侵襲超音波痛み評価・治療統合システム**

［研究代表者］小泉　憲裕（東京大学）

［研究担当者］葭仲　潔（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、
小泉　憲裕（東京大学）、
川崎　元敬（高知大学）
（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

強力集束超音波（High Intensity Focused Ultrasound : HIFU）による非侵襲治療技術は、球面型の超音波振動子を用いて超音波を集束させることにより、周りの体組織に損傷を与えることなく、体内の狭い領域にエネルギーを集中させるというものであり、正常な組織を損傷させることなく患部のみを治療することができる。しかしながら、HIFU を利用した既存のシステムに共通する主要な問題点の一つとして、呼吸をはじめとする臓器の運動に対する補償が行なわれていないことがあげられる。そのため、呼吸を制御した状態で治療を行なう必要があり、患者や医師への負担が大きくなる。本研究で提案する非侵襲超音波痛み評価・治療統合システムとは、痛みを発生する患部に追従・モニタリングしながら、超音波を集束させてピンポイントに患部へ照射することにより、痛み緩和を非侵襲かつ低負担で行なおうとするものである。本研究課題は、骨転移がんの医療診断・治療技能を取り上げ、HIFU を利用した非侵襲超音波診断・治療統合システムの構築法を確立することを目的とする。本年度は、本課題における基礎実験系を構築するためのシステムデザイン、ならびに超音波振動子仕様の基礎検討を主に行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］超音波診断・治療、集束超音波、超音波超音波振動子

［研 究 題 目］**体外補助循環における出血・血液凝固の非侵襲連続光診断法の確立**

［研究代表者］迫田　大輔（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

［研究担当者］迫田　大輔（他1名）

［研 究 内 容］

血液透析、人工心肺、左心室補助などの体外循環治療において、出血、赤血球破壊、血液凝固が問題となっており、これらを最小限するため、生体に無害な可視・近赤外光によって血液状態を常時監視するモニタリングシステムの開発を行っている。

平成24年度の主な成果として、人工心肺回路の血流内光伝播シミュレーションを開発した。血液は赤く濁っているが、それは赤血球によって光が吸収・散乱されるためである。赤血球は流動しているため、血流中の赤血球の配向や分布の変化よって散乱が変化する。そこで、両凹円盤形状の赤血球をモデル化し、幾何光学に基づいて赤血球境界における光子の振る舞いを表現するシミュレーション（pciMC）を開発した。実験において人工心肺回路に He-Ne レーザーを照射してその光散乱分布を計測し、一方シミュレーション内で、流体力学に基づく流れ場中の赤血球の配向（Tumbling motion）を表現し、実験で得た散乱分布と最も適合する赤血球の配向表現を解くことで、人工心肺回路の血流内光伝播シミュレーションを完成させた。このシミュレーションを使って、血液中の赤血球内外の光路長を計算し、光を吸収させる物質がどれくらい含まれているのかを推定することで、採血測定との誤差1%以下で、赤血球密度（ヘマトクリット）を定量することができた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］体外補助循環、血液、光計測、非侵襲診断

［研 究 題 目］**電界誘起電子スピン共鳴法による有機トランジスタ界面トラップ準位の微視的起源の同定**

［研究代表者］長谷川　達生（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

［研究担当者］長谷川　達生、山田　寿一、
堀内　佐智雄、松井　弘之、堤　潤也、
井川　光弘、金井　直之、高橋　永次
（常勤職員5名、他3名）

［研 究 内 容］

本研究は、有機薄膜トランジスタにおいて、ゲート電圧により蓄積したキャリアが持つスピンを探針とする電界誘起電子スピン共鳴（FI-ESR）法を用いて、デバイス特性を劣化させる構造的・化学的要因を調べる評価解析法を確立することを目的とする。最終年度である本年度は、前年度までに得られた知見を総合し、デバイス内のキャリアを局在化する原因の理論的な解析、各種の新材料への適用による手法の一般化、および成果普及に取り組んだ。第一に、半導体とゲート絶縁層の界面近傍でキャリア輸送が生じるデバイス構造の特徴に着目し、絶縁層内の電荷分布の乱れがキャリア輸送に及ぼす影響を

理論的なモデル解析により調べた。高分子によるゲート絶縁層を想定し、極性基のランダムな分布によって半導体界面に誘起されるポテンシャル揺らぎを見積もった結果、その揺らぎが数十 meV に及び、これが FI-ESR 法で観測された連続的な浅いトラップ準位を与えることが明らかになった。第二に、昨年度開発した微結晶内・微結晶間のキャリア輸送を分離する評価解析法を、近年開発が進むドナー・アクセプター型ポリマー半導体に適用し、輸送機構を精密に評価した。プッシュコート法により高撥水基板上に製膜した PNDTBT 薄膜について、FI-ESR スペクトルと伝達特性の温度依存性とその比較・解析から、微結晶内・微結晶間の運動頻度とともに、電極における障壁ポテンシャルが見積もられることを明らかにした。第三に、以上を含む研究成果を日本物理学会誌等に解説記事を寄稿し、本研究によって得られた研究成果の普及を図った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］有機半導体、ポリマー半導体、プリンテッドエレクトロニクス、有機エレクトロニクス、電子スピン共鳴

［研 究 題 目］分子軌道設計による新規電子相の開拓

［研究代表者］堀内　佐智雄（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

［研究担当者］堀内　佐智雄、長谷川　達生、山田　寿一、野田　祐樹（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究課題は、新学術領域研究「分子自由度が拓く新物質科学」領域の計画班（班長：小林 昭子 日本大学教授）として、内部自由度を持つ物質特有の物性制御として分子軌道設計による新規電子相の開拓を行っている。物質開発、理論計算、電子密度精密解析の3つのグループが連携しながら、新物質･新現象の発見、さらには新材料･新機能の開発に取り組んでいる。本研究では、物質開発グループとして当計画班に参画し、水素結合やπ分子軌道の外部要因への高い感受性を利用した新たな誘電体や電子相の開拓を課題とし、a)酸-塩基超分子、b)水素結合単成分系、c)電荷移動錯体について、物質開発を展開している。これまでに巨大な自発分極値をもつ数々の有機強誘電体を見出した。当年度は、研究プロジェクトの最終年度でもあり、5年間の研究成果も総括した。酸－塩基超分子として、アニル酸類とフェナジンやピリジン類などの塩基を共晶化した結晶では、計12例の新規強誘電体を発見し、強誘電性発現におけるプロトンの役割を回折実験などにより明らかにできた。酸－塩基超分子で得た強誘電性発現原理を応用し、プロトン供与基と受容基を併せ持つ単一成分系分子にも開発対象が広がった。電荷移動錯体については、分子間の電子移動が巨大な分極を担う「電子型強誘電体」なる、極めて特異な強誘電体を世界に先駆けて見出した。このように、電子またはプロトン授受機構が、永久双極子をもつ剛体を特徴とした従来の有機強誘電体との違いを象徴している。そこで、これらの新規強誘電体を「ドナー・アクセプター型有機強誘電体」と呼ぶことを提唱した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］物質科学、分子軌道、誘電性、相転移現象、電子状態

［研 究 題 目］電荷移動励起子を用いた光電変換機能の開発

［研究代表者］堤　潤也（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

［研究担当者］堤　潤也（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

研究分野「機能材料・デバイス」で採択された「電荷移動励起子を用いた光電変換機能の開発」（JSPS 科研費若手 B）において、研究代表者として研究を進めている。本研究では、有機太陽電池について、電荷移動励起子を用いた新たな光電変換機能を開発することを目的とし、これを可能とするドナー・アクセプター（DA）分子化合物半導体材料の創生と、その電荷分離機構の解明に取り組んでいる。本年度は、電荷移動度の異なる種々の DA 分子化合物半導体材料を共昇華法により作製し、その電荷分離機構をレーザー誘起光電流法を用いて系統的に調べた。これにより、DA 分子化合物半導体が、通常の単一成分系有機半導体に比べてはるかに電荷分離しやすいことを見出し、有機太陽電池用半導体として極めて優れた材料であることを明らかにした。また、中程度の電荷移動度をもつ分子化合物半導体が最も電荷分離しやすく、光電変換に適していることを見出した。今後は、DA 分子化合物半導体についてさらに研究を進めつつ、類似の電子構造を有する DA 型ポリマー半導体についても研究を進め、これらの光電変換機構について共通の知見を得ることを試みる。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］有機太陽電池、電荷移動錯体、電荷移動励起子、光電変換、電荷分離

［研 究 題 目］ハイドレート技術を用いた農工融合による低炭素社会の実現に関する研究

［研究代表者］松尾　誠治（東京大学）

［研究担当者］山本　佳孝（メタンハイドレート研究センター）

［研 究 内 容］

本研究では、工場等から発生する CO_2を低コストのハイドレート技術により分離し、そこで生成した CO_2 並びに冷熱を農業圏のハウスや植物工場に供給し利用す

る農工融合型環境負荷低減システムを提案する。これにより、莫大な費用を要する CCS による CO_2量の削減と冷熱との同時供給による光合成速度の増進すなわち農業生産の増加を図る。MH センターでは、工業圏での効率的 CO_2ハイドレート生成法及び農業圏での CO_2ハイドレート冷熱・生育用 CO_2供給のための効率的分解法の研究等を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］CO_2削減・有効利用、CO_2ハイドレート、冷熱の効率的利用、CCS、農業生産増加、農工融合型環境負荷低減システム

［研 究 題 目］白金を含む多元金属ナノ粒子の内部構造と触媒活性の関係の研究

［研究代表者］山本　孝夫（大阪大学）

［研究担当者］秋田　知樹（ユビキタスエネルギー研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

超音波や荷電粒子、放射線などの特殊反応場を利用して作製した多元金属ナノ粒子を作製しその微細構造と触媒機能の関係を明らかにすることを目標に、透過型電子顕微鏡による微粒子の構造解析を行った。収差補正装置を搭載した分析電子顕微鏡を用いて超音波照射によって作製した金-パラジウム・コア-シェル粒子の観察、分析を行った。高角度散乱環状暗視野走査透過型電子顕微鏡（HAADF-STEM）により金を中心にパラジウムが層状に覆うコアシェル構造であることを確認して、エネルギー分散型 X 線分光（EDS）による分析を行った。検出立体角を大きく有する、EDS システムを用いて、低倍率の分析では HAADF-STEM で明るく観察される部分からは金、パラジウムの信号が共に確認でき、各粒子は金、パラジウムを含んでいることが確認できた。

さらに、走査型透過電子顕微鏡法（STEM）と EDS によるスペクトラム・イメージング法を適用し、5-10nm 程度の粒子径を持つ金ーパラジウム微粒子において、金、パラジウムの EDS による元素マッピング像の取得を試みた。

その結果、1-2nm 厚さのパラジウムーシェルが金粒子を覆っている様子を元素分布像として得ることができた。このような手法を用いて、白金ールテニウム触媒の組成分析を試みた結果、5nm 程度の粒子内の白金-ルテニウムの分布像を得ることができた。白金が粒子表面で多くなっている粒子などが観察されたが、白金ールテニウムの組成分布は粒子ごとに大きく異なることがわかった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］微粒子、電子顕微鏡、触媒

［研 究 題 目］開殻分子系の開殻因子、荷電・スピン状態を制御因子とする新規非線形光学物質の設計

［研究代表者］鎌田　賢司（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］鎌田　賢司（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

開殻電子構造を持つ分子とその開殻因子、荷電・スピン状態を新しい制御・指標パラメーターとする新規非線形光学物質の設計および制御指針の確立と創成を目指す。これまでの研究で合成された一重項ジラジカル（ジフェナレニル系ラジカル、ナノグラフェン等）に関して、ジラジカル因子と観測量との関係式に基づいて実験結果からジラジカル性を決定する方法を確立し、理論計算から得られる値との相関を明らかにするとともに、ジラジカル因子の外部電場印加や置換基導入などの効果を明らかにし、実在分子系にも適用可能な理論計算手法の確立を行う。これらの計画の元、ジラジカル性を持つ開殻化合物の赤外域での非線形光学特性、特に省エネルギー技術への展開が見込まれる二光子吸収特性について、その実測を担当する。本年度は、開殻電子構造を持ち、二光子吸収特性が比較的高いことを昨年度までに見いだした Z 型の立体構造をもつ縮環芳香族化合物について、その縮環骨格を変形させること無くπ電子系を拡張すべく三重結合からなる直線状π電子共役系で拡張した分子系について、その二光子吸収特性を評価した。基本骨格のみの分子種に比べ、π電子共役系を拡張した系は期待通りより強い二光子吸収を示した。拡張したπ電子共役系の末端に電子供与系もしくは電子受容性の置換基を導入することで、二光子吸収の強度はさらに増大した。これらのことから、ジラジカル因子と電子供与・受容性基の導入という、2つの制御因子が互いに損なうこと無く加成的に用いることができること実証した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］開殻電子構造、ラジカル、二光子吸収

［研 究 題 目］第一原理計算によるバルクナノメタルの基礎物性設計

［研究代表者］香山　正憲（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］香山　正憲、田中　真悟、王　昊（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

金属系の構造材料やエネルギー材料の特性は、粒界や界面、欠陥の構造とエネルギー、諸性質に大きく支配される。特に粒界・界面の割合が飛躍的に増える微細粒組織の材料では、粒界・界面・欠陥の構造や安定性、諸性質、応力下での挙動の理解が不可欠である。本研究では、粒界・界面・欠陥の構造や応力下での挙動を高精度にシミュレートするための第一原理計算技術、特に局所エネルギー・局所応力の計算法を開発する。密度汎関数理論に基づく平面波基底の第一原理計算法において、エネル

ギー密度、応力密度を計算する手法は既に提案されており、それらを局所領域で積分すれば、理論的に局所エネルギー、局所応力が計算できる。しかし、gauge 依存性（関数形の選択への依存）のため、unique な物理量として、局所エネルギー、局所応力を得ることは容易ではない。そこで、gauge 依存性が消えるような局所領域を決定する計算技術の確立が必要となる。本年度は、Bader 積分法の計算技術を検討し、粒界・界面・欠陥系で、原子毎に局所エネルギー、局所応力が計算できることを実証した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］第一原理計算、粒界・界面、局所エネルギー、局所応力

［研 究 題 目］薬物送達システムに資する無機中空蛍光体の蛍光特性に関する基礎的研究

［研究代表者］神　哲郎
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］神　哲郎、落石　知世（バイオメディカル研究部門）（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究では、中空構造および多機能を有する高輝度希土類系蛍光体のドラッグデリバリーシステム（DDS）の創成について検討する。平成24年度は、以下の材料創成および機能発現を目標とした。

1. ガドリニウムを含有する蛍光体について酸化物系ならびにガラス系で創成する。
2. 末端に抗体を有する有機化合物で改質してガン細胞や組織上へ化学的に結合できるようにした希土類蛍光体微粒子を励起光照射による強い蛍光でガン組織の直接目視を可能にする機能を付加する。

結果として得られた成果は以下の通りである。

粒径100～500nm を有するポリマー微粒子をテンプレートとして、希土類（Y，Gd，Eu）硝酸塩アルコール溶液をコーティングして水熱処理し、空気中で加熱してテンプレート剤を燃焼除去し中空粒子を得ることができた。X 線回折から Gd_2O_3:Eu^{3+}に帰属され、組成分析から（Y，Gd）$_2O_3$:Eu^{3+}であることがわかった。さらに SEM 像から粒径がいずれも500nm 以下であり、完全な閉殻構造であることが明らかとなった。

ヒト由来乳ガン細胞を培養して、これに葉酸誘導体で表面改質した上記希土類蛍光体を蒔いて付着させ、その表面の蛍光について検討した。結果として、ガン細胞膜表面に 当該蛍光体を固定化させ、表面を赤色発光させることに成功した。

一方、現在、ガンの治療法として、非常に注目を集めているホウ素中性子捕捉療法（BNCT）に着目し、ホウケイ酸ガラスを母体ガラスとし、当該ガラス中に $GdBO_3$:Eu^{3+}の蛍光結晶が析出する条件を検討した。当該結晶は、共沈法やゾルゲル法等の溶液法によって得るのは非常に困難であるが、Na_2O–B_2O_3–SiO_2系ボロシリケートガラスに Y_2O_3と Gd_2O_3を添加し、1600℃程度で溶融、ガラス化し、その後結晶化する手法によって、単相の状態で当該結晶が得られることを明らかにした。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］希土類蛍光体、ドラッグデリバリーシステム、ナノ材料、分相ガラス、蛍光特性

［研 究 題 目］リチウムイオン電池材料の表面・界面の原子･電子レベル解析

［研究代表者］香山　正憲
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］香山　正憲、橘田　晃宜、前田　泰、田中　真悟、秋田　知樹、田中　孝治、吉川　純（常勤職員6名、他1名）

［研 究 内 容］

リチウムイオン電池の容量や出力、充放電速度、耐久性等を飛躍的に高めるためには、電極材料の表面や電極／電解質界面の微視的な構造や充放電過程での原子・電子挙動を解明し、確固とした設計指針を構築することが必要である。本研究では、性能を大きく支配する電極活物質の表面・界面、電解質／電極界面を取り上げ、電子顕微鏡観察、走査プローブ顕微鏡観察、第一原理計算の三つの手法の緊密な連携により、表面・界面の微視的な構造や Li の出入りに伴う原子・電子挙動、構造変化を明らかにする。具体的には、スピネル型チタン酸リチウム（LTO）について、電子顕微鏡観察と走査プローブ顕微鏡の両方を適用し、第一原理計算も用いることで、表面構造の詳細解析を進めた。さらに、充放電過程での試料観察を行い、Li の出入りによる表面・バルクの構造変化の解析を進めている。また、第一原理計算では、電子線エネルギー損失スペクトル（EELS）の高精度シミュレーション手法を検討し、実験との比較検討を行っている。本年度は、特に LTO 表面の詳細な原子配列観察、電極二次粒子での Li 吸収相の伝播の様子の STEM-EELS 法解析を進めた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］リチウムイオン電池、電子顕微鏡、走査プローブ顕微鏡、第一原理計算

［研 究 題 目］放電プラズマプロセスによる次世代二次電池用コンポジット電極の創製

［研究代表者］作田　敦
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］作田　敦、竹内　友成、小林　弘典（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

本研究では、二次電池のエネルギー密度の向上を目的として、高容量正極材料の開発を目指す。現在のリチウムイオン二次電池にはリチウム金属酸化物が正極活物質

として用いられているが、硫黄を正極活物質として用いることで、現状の数倍の理論エネルギー密度を有する二次電池の開発が可能になる。硫黄正極の高性能化には、硫黄のナノ化、電子伝導性の向上、レドックスシャトル機構の制御が有効である。本研究では、放電プラズマ焼結装置を用いる新規な機能性カーボンの合成プロセスの開発を目指す。

平成24年度は、次世代型二次電池であるリチウム－硫黄二次電池用のコンポジット正極の電気化学的特性評価及び、新規機能性カーボンの合成法の探索を行った。本研究の開発目標であるカーボン－硫黄コンポジット正極の比較対象として、ボールミルを用いて市販のナノカーボンと硫黄のコンポジット材料を作製し、有機電解液及び無機固体電解質を用いた電気化学セルを用いて正極の評価を行った。無機固体電解質としては、硫化物系固体電解質を用いた。有機電解液を用いたセルで評価した場合、初回放電時には約800mAh g^{-1}の容量が得られるが、充放電の効率が悪く多硫化物が電解液中に溶出することを確認した。カーボンと硫黄の複合化手法を検討する中で、長時間ボールミル処理を行うと低容量化するが、充放電効率が高く、充放電サイクル寿命が高い材料が得られることが分かった。無機固体電解質を用いた場合には、理論容量に近い1500mAh g^{-1}の充放電容量が得られ、サイクル性も比較的良好であった。現状では多量のカーボンと固体電解質が必要であり、硫黄の重量比は50wt%以下である。適切な細孔径を有するカーボン中に硫黄を担持することで、硫黄のナノ化、電子伝導性の向上、レドックスシャトル抑制の同時解決が期待される。出発物質としてスクロースやクエン酸を用いて、放電プラズマプロセスでカーボンを合成した場合、軟化によって下限値の加圧によっても形状保持できず、メソ細孔を有するカーボンは得られないことが分かった。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］二次電池、リチウム電池、革新電池、硫黄、正極、炭素、通電焼結

［研 究 題 目］次世代高エネルギー密度型リチウムイオン電池およびナトリウムイオン電池用正極材料
［研究代表者］鹿野　昌弘
（ユビキタスエネルギー研究部門）
［研究担当者］鹿野　昌弘、小林　弘典、
BEN YAHIA Hamdi
（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］

次世代の高エネルギー密度型リチウムイオン電池およびナトリウムイオン電池用正極材料開発を目指し、各種酸化物の合成と電気化学的特性評価を行っている。本研究の特徴は、結晶学的見地による材料の設計を行い材料合成プロセスの最適化を検討するものである。本年度においては、ポリアニオン系の材料をベースに多様なオキシフッ化物について検討を開始したところであり、単結晶および多結晶の X 線回折法を用いた結晶構造解析による相の同定と結晶構造の確定を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］二次電池、リチウムイオン電池、ナトリウムイオン電池、正極

［研 究 題 目］高性能水素貯蔵材料としてのホウ素－炭素－窒素系多孔質高分子の研究
［研究代表者］徐　強（ユビキタスエネルギー研究部門）
［研究担当者］徐　強、Arshad Aijaz
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

水素エネルギー社会を支えるキーテクノロジーとして、高効率水素貯蔵技術の確立が求められている。最近、多孔質金属配位高分子材料による水素貯蔵が盛んに研究されているが、フレームワークと水素との相互作用が弱く、十分な水素吸蔵量を得るには低い吸蔵温度（液体窒素温度付近）が必要である。そのために、水素との相互作用が強く、高密度水素を可逆的に吸蔵・放出できる水素貯蔵材料の開発が強く求められている。本研究では、新しい試みとしてホウ素－炭素－窒素（BCN）系多孔質高分子による高性能可逆的水素貯蔵技術の確立を目的としている。テンプレートとして多孔質の金属配位高分子材料を使用して、ホウ素、窒素及びホウ素・窒素系前駆体を導入し、処理条件を制御することにより、ホウ素、窒素及びホウ素・窒素ドープされた炭素材料を合成した。塩基性窒素（N）ドープされた炭素材料は、高い CO_2吸着量及び高い吸着熱を有することがわかった。一方、ホウ素（B）ドープされたカーボンフレームワークは、比較的低い CO_2吸収量を示す一方、より高い水素吸着能力を示した。X 線構造解析を行い、多孔質フレームワークの構造に関する情報を明らかにした。吸着等温線測定を行い、比表面積及び細孔径分布を明らかにし、CO_2、N_2や H_2と多孔質フレームワークとの相互作用についての情報を得た。金属でのスピルオーバーによって、水素の吸着が促進される可能性があるため、ホウ素、窒素及びホウ素・窒素を組み込んだカーボンフレームワークに貴金属をドープし、水素吸着能の向上に取り組んでいる。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］水素、燃料電池

［研 究 題 目］高性能液相化学水素貯蔵材料の研究
［研究代表者］徐　強（ユビキタスエネルギー研究部門）
［研究担当者］徐　強、Mahendra Yadav
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

これまで報告されている化学的水素貯蔵材料の主なものは水素放出温度が高い上、固相材料であったため、自

動車等の移動型供給先への充填や副生成物の回収・再生が困難であった。そのために、水素含有量が高く、温和な条件下で水素放出が可能で且つ移動型タンクへの充填が容易な液状の化学的水素貯蔵材料の開発が強く求められている。本研究では、液相化学的水素貯蔵材料を取り上げ、温和な条件下での水素発生触媒の開発を目的としている。さまざまなシリカナノ球に内包／担持されたPd ナノ粒子の合成とキャラクタリゼーションを行った。これらのシリカナノ球に内包／担持された Pd ナノ粒子は、温和な温度でギ酸分解・水素発生反応に高い触媒活性を示した。ここで、ポリオキシエチレンノニルフェニルエーテル／シクロヘキサン逆ミセル系において、$Pd(NH_3)_4C_{12}$前駆体を用いて合成を行い、ついで$NaBH_4$を用いて還元を行い、中空シリカナノ球に内包された Pd ナノ粒子（$Pd@SiO_2$）を合成した。また、逆ミセル法により、シリカナノ球を合成し、さらに$Pd(NH_3)_4C_{12}$前駆体を含浸法によってシリカナノ球に担持させ、ついで $NaBH_4$を用いて還元を行い、シリカナノ球担持 Pd ナノ粒子（Pd/SiO_2）を合成した。$Pd@SiO_2$及び Pd/SiO_2触媒は、市販シリカに担持されたPd ナノ粒子触媒よりもギ酸分解・水素発生反応に高い触媒活性を示した。シリカ担体の表面基と Pd ナノ粒子との相互作用は触媒活性に大変重要であることが示唆された。本水素発生システムによって、高い重量・体積密度の水素貯蔵が可能であり、且つ比較的温和な反応条件において高い速度で水素を放出することが可能であることを示した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］水素、燃料電池

［研 究 題 目］新しい液相窒素系水素貯蔵材料の研究
［研究代表者］徐　強（ユビキタスエネルギー研究部門）
［研究担当者］徐　強、Ashish Kumar Singh
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

高い水素含有量を持ち、燃料電池用水素源として高い可能性を持つ液相窒素系水素化物であるヒドラジン水和物に注目し、ヒドラジン水和物の触媒による選択的完全分解反応で、温和な温度において、NaOH 水溶液で合成した白金とニッケル（PtNi）の高分散合金ナノ粒子触媒を用いた場合、高い効率で水素ガスを発生させることができることを見出した。NaOH 水溶液中では、界面活性剤などの保護剤を用いることなく、白金とニッケル（PtNi）の高分散合金ナノ粒子を合成した。PtNi 二成分合金ナノ粒子触媒の組成を調節して、触媒活性・水素生成選択性評価を行ったところ、100%水素選択率を示す組成領域を明らかにした。さらに、NaOH 水溶液で合成した、界面活性剤を持たない高分散 PtNi 合金ナノ粒子触媒は、通常の水溶液で界面活性剤を用いて合成した PtNi 合金ナノ粒子触媒よりも高い触媒活性を示すことが明らかになった。放出ガスの体積測定から、ヒドラジンの完全分解反応 $H_2NNH_2 \rightarrow N_2 + {}_2H_2$が選択的に進行していることが確認された。TEM 観察により、界面活性剤を持たないにもかかわらず PtNi の平均粒径は約2.4nm と小さく、高分散状態にあることが明らかになった。XPS 測定により、PtNi 二成分合金ナノ粒子となっていることがわかった。この合金ナノ粒子が高活性・高選択性を有することは、触媒表面に両成分とも存在し、完全分解・水素生成に有利なヒドラジン結合活性化に寄与していることを示している。また、NaOH 溶液中において、PtNi の水酸化物ナノ粒子を経由し、且つ OH^-基がナノ粒子の保護剤の役割を果たして、高分散の超微細 PtNi 合金ナノ粒子が形成されていることが示唆された。ヒドラジン水和物は、液体であるため移動型燃料タンクへの充填が容易であり、既存の液体燃料用供給・貯蔵インフラ設備が利用可能という大きなメリットを有する。さらに完全分解によって水素と窒素に分解するため、生成物回収・再生が不要である。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］水素、燃料電池

［研 究 題 目］新しい窒素－ホウ素系化学水素貯蔵材料の研究
［研究代表者］徐　強（ユビキタスエネルギー研究部門）
［研究担当者］徐　強、Di-Chang Zhong
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

高い水素含有量（15.4重量%）を持ち、燃料電池用水素源として高い可能性を持つヒドラジンボラン（Hydrazine Borane, $N_2H_4BH_3$）に注目し、ヒドラジンボランの脱水素化反応において、温和な温度において、低コストの非貴金属の合金ナノ粒子触媒を用いることにより、制御可能な条件下で水素ガスを効率よく発生させることができることを見出した。鉄（Fe）やニッケル（Ni）の単金属ナノ粒子触媒を用いた場合、$-BH_3$グループの加水分解が効率よく進行する一方、$-N_2H_4$グループの分解による水素生成反応が進行しないことがわかった。一方、70℃、NaOH 共存条件下において、鉄とニッケルの複合金属触媒を用いることにより、$-BH_3$グループの加水分解が効率よく進行するだけでなく、$-N_2H_4$グループの分解反応からも選択的に水素を発生させることができることを見出した。本反応では、$-BH_3$グループの加水分解は、単成分や2成分複合金属触媒のどちらでも比較的容易に進行し、3当量の水素ガスを発生するが、$-N_2H_4$グループの分解反応における水素生成の選択率は、金属の種類や金属の組成に大きく影響されることがわかった。鉄とニッケルの比を1:1に調整し、温度を70℃、NaOH の濃度を0.5M にすることにより、水素生成の選択率はほぼ100%に達することを見出した。本結果は、燃料電池用水素源として高い可能性を持つヒドラ

ジンボランの脱水素化反応において、高価な貴金属触媒を必要とせず、低コストの非貴金属の触媒でも、選択的に水素を完全発生させることができることを示した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素、燃料電池

［研 究 題 目］電極触媒のナノ界面研究

［研究代表者］前田　泰
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］前田　泰、荒井　富士子
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

燃料電池、特に低温で使用する固体高分子形燃料電池（PEFC）において、高性能電極触媒の開発は実用化に向けた重要な技術的課題である。その開発に向けた試みの一つとしてナノクラスター化がある。これはクラスターの量子サイズ効果を期待したものである。構造としては、白金ナノクラスターなどの触媒が導電性電極に分散・固定されたものになるが、この時ナノヘテロ界面の理解が必要不可欠となる。

我々は、金ナノクラスター触媒を対象としてナノヘテロ界面の研究に取り組んできた。金ナノクラスター触媒では、金クラスターと担体との接合界面もしくは周縁部が活性に寄与していると考えられている。即ち、ナノヘテロ界面の性質が金の活性化という極めて特異な現象を引き起こしている。そのメカニズムを明らかにするために、電子顕微鏡、表面科学、第一原理計算の連携による詳細な解析を行ってきた。例えば、走査トンネル顕微鏡（STM）による LBH（Local Barrier Height）測定では、局所仕事関数に対応する量である LBH とエネルギーギャップとに相関があることなどを見出した。つまり、金クラスターの電位や界面での電荷移動などが量子サイズ効果の影響を受けることが明らかになっている。

こうした研究背景から、本研究ではこれまでの研究成果を固液界面にまで拡張し、電極触媒ナノ界面の解析を行うこととした。なぜなら、仕事関数や価数など電位に関するパラメータは触媒機能に重要な役割を果たすだけでなく、固液界面における電気二重層もイオンの拡散などを通して電極の性能に影響を与えるからである。測定は主に走査プローブ顕微鏡によって行うこととした。ナノ界面ではわずかな構造の違いが性質に影響するため、走査プローブ顕微鏡による個々のナノ界面の測定はこれを理解する上で有効な手段となる。

固液界面の性質を調べるためには、原子間力顕微鏡によるフォースカーブマッピング（FCM）測定が効果的である。昨年度までに、SIS-AFM モードによる FCM 測定技術を確立したが、このモードでは測定時間が長いことが運用上の課題として残っていた。そこで本年度は、位相フィードバックモードを新たに開発することで測定時間の短縮を図った。本モードでは、探針－試料間距離に変調をかけフォース信号の位相変化を検出する。これにより液相からの粘性抵抗の影響を排除し、高速な FCM 測が定可能になった。具体的には、1画面当たり90分かかっていたものが、5分にまで短縮でき、実用的な測定が可能になった。さらに本モードでは、従来よりも小さいフォースで測定することが可能であり、結果として面内分解能も向上することが明らかになった。

開発した測定モードを Rh 錯体触媒に適用した。この触媒は研究代表者が所属する研究部門で開発されたものであり、有機分子系 PEFC 触媒としては最も実用化が期待されるものの一つである。測定の結果、担体である HOPG 上に凸構造が観察された。フォースカーブ情報を用いて詳細に解析したところ、この構造は周囲に比べて変形しやすい（軟らかい）ことが明らかになった。これは液相または気相分子の粗密にナノレベルのむらがある可能性を示唆しており、こうしたナノレベルの分布構造は電極触媒の特性に重要な影響を与えるものと予想されることから、実際の触媒開発に対して重要な知見を与えるものと考えられる。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］燃料電池、電極触媒、微粒子、表面電位、仕事関数、走査プローブ顕微鏡

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

［研究代表者］鎌田　賢司
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］鎌田　賢司（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

光の電場によって揺らぎやすい電子を持つ有機分子系について、600nm 以下の可視光短波長領域で高い励起状態が関与した強い二光子吸収特性を持つ可能性を実験的に検証する。可視光短波長領域の二光子吸収特性を評価するための測定光学系を構築して、スペクトル測定を行うとともに、高精度の量子化学計算も併用して観測された二光子遷移の帰属を行い、強い二光子吸収遷移が生じる理由を明らかにする。さらに機能材料への応用展開を図るため、二光子吸収誘起による微細パターンの高効率な形成を目指す。今年度は昨年度に構築した短波長用測定系を用いて分岐型フェニルエチニレン誘導体の480nm までの二光子吸収スペクトルの測定を進めると共に、その誘導体についての高精度の量子化学計算を行った。測定結果より、二光子吸収断面積は波長が短くなるに従い次第に増加して400nm の結果に近づく傾向を示し、計算結果からは二光子吸収が強いと期待される高い対称性を持つ励起状態が短波長域に存在することが示された。また、分岐鎖数の異なる化合物についても測定を行った結果、分岐鎖数が増えるにつれて二光子吸収断面積が非線形的に著しく増大した。これらの結果は短波

長に存在する対称性の高い励起状態が強い二光子吸収に重要であることを示している。また既測定の環状オリゴフェニレン系化合物を発展させたナノケージ化合物の二光子吸収スペクトル測定も行い、平面的な環構造を取る方がより強い二光子吸収を生じることを明らかにした。さらに特定の環状オリゴフェニレン系化合物では溶液中および固体膜で二光子誘起反応が生じることが確認した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］二光子吸収、有機材料、π電子共役系

［研 究 題 目］**二種の鎖状分子の同時配向制御と有機薄膜太陽電池の異方的な電子物性に関する研究**

［研究代表者］溝黒　登志子
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］溝黒　登志子（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では p 型と n 型の鎖状π共役分子の配向制御技術を確立し、配向制御した有機薄膜太陽電池特性と偏光応答性を評価することで、異方的な電子物性と分子配向との相関を調べる。オリゴチオフェンを始めとする鎖状π共役分子は、分子鎖が基板に対して平行に配向すると、電荷の移動が促進され、膜厚方向の導電性が向上する。同時に偏光応答性も生じる。しかし鎖状π共役分子を基板に平行方向に配向させることは困難であるうえ、2種類以上の鎖状分子を同時配向させた太陽電池の報告例はほとんどない。

当方が有する摩擦転写法を用いて基板に平行に配列した p 型導電性高分子膜を形成し、この上に p 型鎖状π共役分子を真空蒸着すると、下層の高分子配向膜をテンプレートとし、高分子の配列方向に平行に配列した p 型鎖状π共役分子膜を容易に得られることが分かっている。

H24年度は、p 型導電性高分子膜上に蒸着して高分子の主鎖方向に配列させた p 型鎖状分子膜上に n 型鎖状分子をさらに蒸着させると、n 型鎖状分子が基板に平行に配向することを偏光紫外可視（UV-vis）吸収測定と X 線回折（XRD）測定により確認した。他方、基板に対してランダムに配向している p 型鎖状分子膜上に n 型鎖状分子をさらに蒸着させると、n 型鎖状分子が基板に対しほぼランダムもしくはほぼ垂直に配向することを確認した。

さらに、p 型鎖状分子と n 型鎖状分子からなる p 層および n 層が基板に対して平行に配向した有機薄膜太陽電池と、素子構造は同じだが pn 層が基板に対してランダムに配向している有機薄膜太陽電池を作製し、p 型鎖状分子と n 型鎖状分子の配向と太陽電池特性を評価したところ、基板に対して平行に配向した p 型鎖状分子と n 型鎖状分子からなる pn 型有機薄膜太陽電池の変換効率の方が高くなることを見い出した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］分子配向制御、構造解析、有機薄膜太陽電池、摩擦転写、導電性高分子、導電性オリゴマー、鎖状分子

［研 究 題 目］**液晶内包シリカナノ粒子の研究**

［研究代表者］清水　洋
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］清水　洋、藤原　正浩、樋口　由美
（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

現在の液晶ディスプレイはネマチック液晶が電圧印加下、分子配向が変化し、それによる透過光の on/off を基本原理とする。この場合、液晶分子は電極表面で一様に配向し、これが電圧印加で変化する。基板界面との相互作用は基板から数 nm と考えられ、中空シリカナノ粒子のような数十～数百 nm の空孔を持つ媒体中に閉じ込められたネマチック液晶の振る舞いを研究することは液晶の新機能発掘に欠かせない。本研究は、徳島大学と共同で Core shell 法及び Stöber 法等により室温ネマチック液晶を閉じ込めたシリカナノ粒子の調製法及び既存の中空シリカマイクロカプセルへの液晶注入法を確立することにより、ナノ空間に閉じ込められた液晶の挙動を知ることを目的に研究に取り組む。昨年度見出した Core Shell 法で液晶分子（5CB）をシリカカプセル（内径40nm）内に内包させる手法は物性を計測するに十分な5CB 内包量を獲得することが難く新たに界面活性剤を用いた手法を検討した。その結果5CB を内包したシリカナノ粒子の合成に成功した。一方、中空シリカマイクロカプセルへの5CB の外部からの注入法では減圧下、5CB の液体温度で5CB を注入する手法を検討した結果、体積充填率が70%を達成し、光学的には弱い電場応答を確認できた。中空シリカ微粒子内の液晶性物質の挙動として閉じ込め系を考える上で重要な知見を得た。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］液晶、ナノ空間、省エネ家電技術

［研 究 題 目］**積層型水素吸蔵合金の水素吸蔵・放出特性向上因子の抽出と高機能化に関する包括的研究**

［研究代表者］田中　孝治
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］田中　孝治、竹下　博之（関西大学）、宮村　弘（滋賀県立大学）
（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

水素エネルギーはクリーンエネギーの代表候補の一つであるが、実用化には、水素吸蔵合金の水素貯蔵量や水素吸蔵・放出温度の低下、反応速度の向上が不可欠である。繰り返し圧延によって作製された積層型水素吸蔵合

金は、水素吸蔵・放出温度の低下や反応速度の向上を示す等、優れた特性を持つ。本研究では、積層型水素吸蔵合金の水素吸蔵・放出のメカニズムを解明し、どのような材料組織学的因子が水素吸蔵・放出温度の低下、反応速度向上に貢献するかを明らかにし、優れた特性を持つ材料開発の設計指針に資することを目的とする。

水素吸蔵・放出を途中で中断し、光学顕微鏡、SEM、TEM を駆使してマルチスケールで各過程における組織変化調べ、水素吸蔵のメカニズムを詳細に解析し、優れた水素吸蔵・放出特性を得るための材料組織学的因子を抽出し、材料設計指針を得る。

初期水素化過程において2つの反応プロセスが存在し、生成される微細組織が異なることを明らかにした。すなわち、

プロセス1：Mg と Cu の合金化とその後の Mg_2Cu の水素化が Mg の水素化に先んじる場合。

$4Mg(s)+2Cu(s)=2Mg_2Cu(s)$　(1)、

$2Mg_2Cu(s)+3H_2(g)=3MgH_2(s)+MgCu_2(s)$　(2)

という反応が起こり、$3MgH_2(s)+MgCu_2(s)$の3次元網目組織となる。

プロセス2：Mg の水素化が Mg と Cu の合金化に先んじる場合。

$4Mg(s)+4H_2(g)=4MgH_2(s)$　(3)、

$4MgH_2(s)+2Cu(s)=3MgH_2(g)+MgCu_2(s)+H_2(g)$　(4)

という反応が起こり、$MgCu_2$が層状に成長する。

反応(2)は、良く知られた Mg_2Cu の水素化反応であるが、反応(4)は、水素雰囲気下での水素化物の分解反応で有り、一般には知られていない。そこで、MgH_2と Cu の混合ペレットを水素雰囲気下で加熱し、MgH_2と Cu の間に $MgCu_2$が生成することを SEM ならびに XRD で確認し、実際に反応(4)が起こることを証明した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］積層型、水素吸蔵合金、水素吸蔵・放出特性、向上因子

［研 究 題 目］有機活物質によるリチウム二次電池レアメタル正極の代替

［研究代表者］八尾　勝
（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］八尾　勝（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

リチウム二次電池の電極材料として通常用いられているレアメタル酸化物を、酸化還元活性な低分子性有機物で完全に代替することで、低環境負荷な二次電池を創出できる。本研究代表者は、既にベンゾキノン誘導体が高容量の電極材料として機能することを見出し、報告している。本研究では、有機材料を探索-設計-合成することで、電極材料としての高性能化を目指し、同時に未解明な点も多い充放電機構の解明を目的としている。

平成24年度は、独自に見出した有機正極材料であるベンゾキノン誘導体を用いた電池のサイクル特性の改善に取り組んだ。周辺置換基として長さの異なるアルキル基を有する電極材料を合成し、それらを用いた電極のサイクル特性と電極材料の電解液への溶解性を調べたところ、それらには相関があり、有機電極材料の電解液への溶解性を下げることが特性の改善に対して有効であることが示唆された。一方、多環構造を有するキノン材料の2量体および3量体を新規に合成－評価したところ、電極活性部位のオリゴマー化も特性改善に対して有効であることが明らかとなった。

一方、充放電機構の解明にも着手している。これまでの有機電極材料においては、充放電過程におけるリチウムイオンの関与は想定されていたものの確証は提案されていなかった。本研究では、核磁気共鳴を用いてリチウム核の観測を行った結果、リチウムイオンの有機電極への挿入-脱離過程を実証することに成功した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］リチウム二次電池、レアメタル代替、正極、多電子反応

［研 究 題 目］ビスマスナノプレートの磁気的および電気的特性に関する研究

［研究代表者］北村　直之（ユビキタスエネルギー研究部門）

［研究担当者］北村　直之、福味　幸平（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

金属ナノ粒子を分散させた複合材料は、光散乱・導光・偏光などの高度な光波制御をできる特徴があり、指向性散乱体や導光フィルムとして期待される。粒子の配向・配列を制御することはこれらの光機能の効率向上や必要な粒子量の低減に有効であるのみならず、新機能の発現する上で重要な技術である。粒子の磁場や電場に対する特性は配向・配列に欠かせない特性であり、複合体の機能を左右する。ビスマス金属ナノ粒子は光学的また磁気的に異方性を有し、配向・配列を利用した光学部材の対象として興味深いが、その特性は良く知られていない。本研究は、ポリオール法により球・板・ロッド状のビスマスナノ粒子を合成し、その形成機構を明らかにする。粒子の形状およびサイズの磁気的・電気的特性へのサイズや形状の影響を明らかにすることを目的とし、光散乱、導光や偏光などの光を高効率で利用するデバイスへの展開をはかるものである。

本年度は、塩化ビスマスを出発原料とし、ポリオール合成法を用いて種々の形状のビスマスナノ粒子の合成を行った。エチレングリコールを還元溶媒とし、またポリビニルピロリドン（PVP）をオストワルド成長の抑制剤とした合成では、200-400nm の球状粒子が生成した。粒径はポリビニルピロリドン（PVP）添加量増加により小さくなった。極微量の塩化鉄の添加により大きさ

800nm 厚さ50nm の板状粒子が形成された。助剤の添加量により板状結晶の成長が一方向に選択性を持ち、長さ2-3μm 幅200-300nm 厚さ50nm のロッド状粒子が形成された。球状粒子の異方性磁化率はバルク結晶よりも小さい値を示した。作製したすべての粒子は光学的な異方性を有するとともに、板状粒子は指向性の光散乱特性を有することが分かった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］ナノ粒子、散乱・導光、省エネ家電技術

［研 究 題 目］亜鉛等重金属の存在形態を考慮した生態リスク評価手法の開発と適用に関する研究

［研究代表者］内藤　航（安全科学研究部門）
［研究担当者］内藤　航（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究の目的は、地域特異的な水質要因（例えば硬度、懸濁物濃度、pH）の違いを考慮して、亜鉛等重金属類の水生生物へのリスクを定量的に評価する技術の開発と現実的なリスク管理のあり方を提案することである。平成24年度は、平成23年度までに実施した水質の異なる複数河川での環境水サンプルの重金属等の分析結果を用いて、河川ごとの生物利用可能量の違いの解析と生物利用可能量を考慮した生態リスクの評価を行った。生物利用可能量の把握には、特殊な膜を通過できる形態の金属のみを測定する薄膜拡散勾配（DGT:diffusive gradient in thin films）法と金属化学平衡モデル（WHAM：Windermere Humic Aqueous Model）を用いた。その結果、金属ごと、地点ごとに生物利用可能量に違いが見られ、溶存有機炭素や硬度等が重金属の生物利用可能量重要な役割を果たしていることが確認できた。DGT 法と金属化学平衡モデルの結果は必ずしも合致せず、現段階では両方を相互補完的に使用していくことが必要と考えられた。重金属の汚染レベルが高い水域において、亜鉛と銅を事例に、生物利用可能量を考慮した水生生物へのリスクを評価したところ、水域によってはリスクの大きさに2倍程度の差が生じることがわかった。これは、各金属と有機錯体を形成する有機物の種類とその錯体生成能の違いに起因していると考えられた。このように、生物利用可能な金属濃度は河川の水質状況に依存するので、日本の河川において実態に即した評価のためには、他の水質項目も合わせて、金属の生物利用性や毒性を考慮することが必要であると考えられた。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］生態リスク評価・管理、重金属、生物利用可能量、存在形態、薄膜拡散勾配法、DGT、化学平衡モデル、WHAM

［研 究 題 目］天然鉱山と都市鉱山の利用可能性に関する統合的評価手法の開発

［研究代表者］畑山　博樹（安全科学研究部門）
［研究担当者］畑山　博樹、田原　聖隆
（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

金属は非再生資源であるため、天然資源量がその持続性の目安とされてきた。しかし、使用済み製品からの金属のリサイクルが進んでいる現在では、鉱山が有する天然資源の量だけでなく、各種製品の形で社会に蓄積している金属（都市鉱山）のリサイクルポテンシャルも考慮した利用可能性の評価が必要である。これら2つの鉱山が有する資源ポテンシャルから金属資源の利用可能性を総合的に評価する手法の開発が本研究の目的である。

最終年度となる本年度は、天然鉱山と都市鉱山の統合的評価のための指標開発を進めると同時に、前年度に整理したデータを用いた評価をおこなった。統合的評価のための指標開発では、使用済み製品中の金属をすべて回収すると仮定することで計算される可採年数の最大値の、現状の可採年数に対する比を考慮することで、金属資源の利用可能性に対する都市鉱山の寄与のポテンシャルを示した。この新しい指標と天然資源の利用可能性を表す指標である従来の可採年数を用いて、主要7金属を対象として2000年時点での世界レベルでの金属資源の利用可能性の評価をおこなった。その結果、銅、亜鉛、鉛、銀といった可採年数が20年程度と同等な金属の中では、リサイクルの促進が持続性の向上に大きく貢献するのは鉛であることを示した。また、個別の国を対象とした評価や、動的なマテリアルフロー分析との融合によって、資源利用戦略の検討へ展開できる可能性を示した。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］金属、持続可能性、埋蔵量、可採年数、都市鉱山、リサイクル、統合化指標

［研 究 題 目］リレーショナル化学災害データベース

［研究代表者］和田　有司（安全科学研究部門）
［研究担当者］和田　有司、若倉　正英、中島　農夫男、松倉　邦夫、伊藤　俊介、阿部　祥子、杉本　まき子（常勤職員1名、他6名）
［研 究 内 容］

「リレーショナル化学災害データベース」は、継続的に化学関連災害を収集し、公開することを目的としているデータベースで、化学災害に関連した物質の危険性データへのリンクや文字情報以外のプロセスフロー図、装置図、化学反応式などの付帯情報（画像情報）へのリンクを持ち、利用者が利用しやすいように最終事象、装置、工程、推定原因、被害事象を専門家によって階層化されたキーワードで分類し、教訓を持つことを特徴としている。また、一部の事例には産総研で開発した事故分析手法 PFA によって事故を分析した結果である事故進展フロー図がリンクされ、利用者がより簡便に深く事故を理解できるように工夫されている。

本研究では、日々化学災害事例の収集、分析を行い、事故の概要文を作成した約200件の事例について、関連化学物質の抽出作業および各キーワードによる分類作業を行いながらデータベースへの登録、公開を行った。また、事故分析手法 PFA の結果である事故進展フロー図約20件を Web で公開するフォーマットに整える作業を行い、データベースに登録、公開を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］リレーショナル化学災害データベース（RISCAD）、事故分析手法 PFA、事故進展フロー図、教訓

［研 究 題 目］金属特異性を考慮した包括的な生態リスク評価手法の開発

［研究代表者］加茂　将史（安全科学研究部門）

［研究担当者］加茂　将史、小野　恭子、内藤　航、保高　徹生（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

これまでのリスク評価から、金属の生態リスクは無視できないレベルであると示唆されている。しかしながら、金属は水質や土質により生物への影響の程度が変わる、金属は地球上のあらゆるところに自然に存在しており削減がそもそも難しい、なおかつ金属は元素であるため代替が難しい等、他の化学物質とは異なる性質を持つことから、金属に特異的なリスク評価手法の開発が必要であると考えられている。欧米では、様々に存在する金属の存在形態の内、生物に影響をもたらす形態を定量（生物利用可能量）し、その量に基づいた評価手法が発展しつつある。しかしながら、我が国の水質や土質は欧米とは著しく異なり、生息する生物種も異なる。そのため、欧米で発展した利用可能量ベースの評価手法を直接援用することは難しく、我が国に適したものにカスタマイズする必要がある。我が国における金属存在形態の把握や、我が国の生物種における金属の毒性を予測するモデルの開発等、リスク評価に必要な要素技術を開発し、利用可能量に基づいた金属の生態リスク評価を行う事が、本研究の目的である。

今年度は、利用可能量の把握や毒性予測モデルの構築に必要な基礎データの取得を主に行った。土壌の生態リスク評価では、カドミウムを例にした評価手法の開発を行っている。我が国を代表する土壌4種を選定し、土質と利用可能量の関係を調べた。また、我が国に生息するミミズを用いた毒性試験を行い土質と毒性の関係を調べているところである。水生生物のリスク評価では、水質に応じた銅の毒性予測モデルを開発するため、我が国に生息する魚（メダカ）、甲殻類（カブトミジンコ）、藻類（数種）で毒性試験を行っている。また、汚染地域において野外調査を行い、汚染地域における金属の利用可能量の把握を行い、水質と利用可能量の関係について分析中である。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］金属、利用可能量、生物リガンドモデル、生態リスク評価

［研 究 題 目］太陽電池産業におけるグローバルサプライチェーンの最適化に関する研究

［研究代表者］河尻　耕太郎（安全科学研究部門）

［研究担当者］河尻　耕太郎（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は、経済と環境の両側面から、最適な太陽電池産業のグローバルなサプライチェーンを明らかにするとともに、サプライチェーンを最適化するための政策について、定量的に検討することを目的とする。平成24年度は、平成23年度で開発された太陽電池のコストデータとインベントリデータ、分析用プログラムを用いて、最適なサプライチェーンを明らかにするとともに、サプライチェーンを最適化する政策について検討を行った。

上記データと分析用プログラムにより、既存のサプライチェーンにおいて、太陽電池モジュールの製造コストは約700$/kW-1200$/kW、CO_2排出量は約1600kg/kW-2400kg/kW の範囲にあり、CO_2排出量を1600kg/kW 程度、製造コストを700$/kW 程度までそれぞれ削減可能であることを明らかにした。一方、使用時の年間のCO_2削減量は、約0kg/kW-1200kg/kW、コストペイバックは約50$/kW-190$/kW の範囲であり、コストと CO_2 を削減する上で最も影響の大きいステージは使用段階であることが明らかにした。

以上の結果に基づいて、使用時において、CO_2削減に適した場所に太陽電池の導入させるための政策について検討した。本研究では、CO_2削減量に応じて電力の買取価格にプレミアムを上乗せする政策を提案した。CO_2削減量1kg あたり0.1ドル以上の CO_2プレミアムを加算することで、徐々に CO_2削減量の大きな場所に太陽電池を導入するインセンティブが生じることが明らかになった。しかしながら、現在の市場における CO_2の買取価格は、前記の CO_2プレミアムの価格よりも小さいため、今後、政策的に CO_2削減に適した場所に太陽電池を導入するためには、望ましい CO_2プレミアムの価格と市場価格のギャップを、補助金等で補う必要があることが明らかになった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］太陽電池、サプライチェーン、ライフサイクルアセスメント、最適化、CO_2、コスト、政策

［研 究 題 目］LCA に基づく金融商品の環境パフォーマンス定量化手法の開発と活用のための制度設計

［研究代表者］本田　智則（安全科学研究部門）

［研究担当者］本田　智則、岸本　充生、田原　聖隆、

柴　義則、若松　弘子
（常勤職員3名、他2名）

［研究内容］

目標：

経済基盤を支えている金融業、特に投資市場に着目し、環境負荷削減を効率的に行える企業に対して投資を誘導することで、環境負荷削減、企業の経済的インセンティブ、投資家利益を同時に満たす新たな環境投資指標を開発し、この指標を活用して環境負荷削減に資する制度の提案を行うことを目的とする。

研究計画：

工学的手法である LCA（Life cycle assessment）手法を応用し、SRI ファンドの環境負荷削減効果を定量的に評価する。これによって、投資市場を活用した環境負荷削減の実現可能性を評価し、株価・企業財務の形成に対する環境パフォーマンスの影響メカニズムを解明する。最終的に、投資市場のニーズを満たしつつ環境負荷削減が可能な環境投資制度の提案を行う。

研究状況：

前年度までに得た SRI ファンドの環境パフォーマンスに関する成果を踏まえて、実験経済学の知見に基づく被験者実験を実施した。その結果、投資家の投資意思決定において、環境情報の提示の方法によって、投資家が利他的行動を行うことが示唆される結果を得た。この結果は従来の経済学における利己的かつ合理的な意思決定を行う投資家ではない投資家の存在を示唆しており、今後金融市場の活用による持続可能な社会実現において重要な知見を得た。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］投資、金融、証券、株式、社会的責任投資、企業の社会的責任、ライフサイクルアセスメント、経済実験

［研究題目］暑熱環境におけるエネルギーの消費による人間健康の改善効果の評価に関する研究

［研究代表者］玄地　裕（安全科学研究部門）

［研究担当者］玄地　裕（常勤職員1名、他2名）

［研究内容］

本研究では、暑熱環境に対する適応策の利用に伴うエネルギー消費量増大と人間健康影響削減のトレード・オフ関係に着目する。適応策のエネルギー消費量と適応策による環境温度の緩和効果を評価し、一方で、環境温度と熱中症や睡眠障害など健康被害との関係解析、健康被害の影響の定量化を行うことで、エネルギー消費量と健康影響のトレード・オフ関係を定量化する。さらに、緩和策のエネルギー消費量と健康影響削減効果も評価し、エネルギー消費・健康影響両面から見て望ましい適応策・緩和策の導入設計に関する指針を示す。

平成24年度は、平成23年度に実施した調査に基づき夏季の実際の温度・湿度と主観・客観両面から疲労・睡眠を評価し、外部環境、生理機能、疲労と睡眠の関係性などの解析を行うことで、実際の日常生活における暑熱環境での疲労や睡眠の指標に基づく評価・解析を実施した。また、冷房使用と外気温、睡眠の質に関する調査を行った結果、夏の最も暑い時期には冷房の利用率が80%に達する一方で、外気温上昇により睡眠の有症者の増加が観測された。このことから冷房利用が必ずしも睡眠の改善につながっていないことが示された。また、冷房をつけて睡眠が改善された場合でも、翌日の疲労度は高くなることも観測された。これらのことから、適応策導入に関する指針検討には、冷房による睡眠の改善があったとしても疲労度が高くなる現象等を考慮して、冷房の条件や個人の状態など複数の要因を考慮する必要性が示唆された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］エネルギー、ヒートアイランド、健康影響、適応策、睡眠

［研究題目］住宅の Dampness による健康損失の評価と建築的防除に向けた因果構造の解明

［研究代表者］篠原　直秀（安全科学研究部門）

［研究担当者］篠原　直秀（常勤職員1名）

［研究内容］

日本や欧米先進国では、幼児や児童のアレルギー性疾患が増加傾向にあり、居室等のダンプネスがアレルギー性症状や呼吸器疾患の発症を誘発している可能性が高いことが指摘されている。本研究ではアンケート調査と実測調査を通して、ダンプネスとアレルギー性症状等との因果関係を解明することを目的としている。

1,000軒程度のプレ調査結果に対してロジスティック回帰分析を行い、カビの発生や結露の出現などと住宅の断熱仕様の関係や居住者の温熱感との関係について明らかにした。これらの結果を元にして、ダンプネスの定義付けを行っている。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］室内環境、ダンプネス、カビ、真菌、湿度、断熱仕様、アレルギー

［研究題目］東南アジアにおけるバイオ燃料生産による温室効果ガス排出量の削減可能量

［研究代表者］定道　有頂（安全科学研究部門）

［研究担当者］定道　有頂（他1名）

［研究内容］

エネルギープランテーションによるバイオ燃料の生産は、国内での新産業を創出し、地球温暖化の主因である温室効果ガス（GHG）排出量の削減につながるとして、特に東南アジア諸国では重要なエネルギー政策の1つとなっている。しかしながら、近年、食糧との競合、土地利用変化に伴う GHG 排出量の影響、生物多様性への影

響等の様々な問題が提起されている。本研究では、こうした影響を最小限にしつつ、今後のバイオ燃料の生産可能性とそれに伴う GHG 排出削減ポテンシャルを予測することにより、長期的なエネルギー政策構築を支援することを目的としている。

平成24年度は、平成23年度に作成したタイにおけるエネルギー・物質等の GHG 排出量原単位データベースと主なエネルギー作物4種類（サトウキビ、キャッサバ、ジャトロファ、アカシア）のインベントリデータベース、およびバイオ燃料生産可能量と GHG 削減ポテンシャルを算出できるフレームワークを用いて、北タイ地域を対象にケーススタディを行った。ケーススタディは、この地域で栽培が可能なサトウキビ、キャッサバ、ジャトロファ、アカシアを用い、技術が確立しているプロセスによるエタノール、バイオディーゼルの生産を対象とした。その結果、栽培方法や農業残渣の利用等において一定の条件を満たせば、GHG 排出量削減が可能なことが確認された。その一方でバイオ燃料生産ポテンシャルはこの地域の燃料需要の約5%程度にとどまることが明らかになった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］エネルギー、影響評価手法、バイオ燃料、タイ、温室効果削減、燃料供給ポテンシャル

［研 究 題 目］熱力学解析と MFA の融合による都市鉱山からの金属資源の回収可能性評価手法の開発

［研究代表者］畑山　博樹（安全科学研究部門）

［研究担当者］畑山　博樹（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

製品として社会に蓄積されている金属資源は都市鉱山と呼ばれ、リサイクルが進められている。これに関連して、使用済み製品からの金属回収システム・技術といった実践的な課題に焦点を当てた研究は多いものの、学術的な基礎研究は少ない。本研究の目的は都市鉱山からの金属資源のリサイクル可能性の評価手法の確立及び定量化であり、熱力学解析に基づく都市鉱山からの金属資源の回収可能性の評価と、マテリアルフロー分析に基づく都市鉱山としての資源量及び回収可能量の評価をおこなう。

都市鉱山からの再生資源の回収は、天然資源消費の低減や生産エネルギーの削減だけでなく、金属資源の国内安定供給にも貢献する。しかし、各産業での製品生産で必要な金属量に対して再生資源として確保可能な量の割合は、国の経済発展段階や金属を含む製品の輸出入状況によって異なる。そこで、各金属の需要量、使用蓄積量、廃棄量などを国ごとに整理し、各国が有する都市鉱山の資源供給ポテンシャルの比較検討を実施した。その結果、日本は使用蓄積量は大きいものの、年間の需要量に対する割合は米国や欧州など他の先進国に比べて小さいことが明らかになった。これは、日本が鉱物資源や素材を輸入し、加工した製品を輸出する加工貿易を盛んにおこなっているためである。製品の輸出によって金属資源が流出するため、国内の使用済み製品から回収できる金属の量は産業での需要量に比べて十分ではない。日本は使用蓄積量の絶対量は大きいものの、それをもって資源大国と考えらえるほどの資源ポテンシャルが存在しているとは言えない点を、他国の状況との比較を通して明らかにした。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］都市鉱山、資源ポテンシャル、マテリアルフロー分析、貿易、メタ分析

［研 究 題 目］LCA に基づく金融商品の環境パフォーマンス定量化手法の開発と活用のための制度設計

［研究代表者］本田　智則（安全科学研究部門）

［研究担当者］本田　智則、岸本　充生、田原　聖隆、柴　義則、若松　弘子
（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

目標：

経済基盤を支えている金融業、特に投資市場に着目し、環境負荷削減を効率的に行える企業に対して投資を誘導することで、環境負荷削減、企業の経済的インセンティブ、投資家利益を同時に満たす新たな環境投資指標を開発し、この指標を活用して環境負荷削減に資する制度の提案を行うことを目的とする。

研究計画：

工学的手法である LCA（Life cycle assessment）手法を応用し、SRI ファンドの環境負荷削減効果を定量的に評価する。これによって、投資市場を活用した環境負荷削減の実現可能性を評価し、株価・企業財務の形成に対する環境パフォーマンスの影響メカニズムを解明する。最終的に、投資市場のニーズを満たしつつ環境負荷削減が可能な環境投資制度の提案を行う。

研究状況：

前年度までに得た SRI ファンドの環境パフォーマンスに関する成果を踏まえて、実験経済学の知見に基づく被験者実験を実施した。その結果、投資家の投資意思決定において、環境情報の提示の方法によって、投資家が利他的行動を行うことが示唆される結果を得た。この結果は従来の経済学における利己的かつ合理的な意思決定を行う投資家ではない投資家の存在を示唆しており、今後金融市場の活用による持続可能な社会実現において重要な知見を得た。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］投資、金融、証券、株式、社会的責任投資、企業の社会的責任、ライフサイクル

アセスメント、経済実験

［研究題目］南海トラフにおける未知の巨大津波に関する地形・地質学的研究

［研究代表者］宍倉　正展（活断層・地震研究センター）

［研究担当者］前杢　英明（広島大学）、
宍倉　正展、行谷　佑一、
越後　智雄（地域地盤環境研究所）
（常勤職員2名、他2名）

［研究内容］

南海トラフ沿いに発生した過去の巨大地震に伴う津波の規模とその履歴解明のため、和歌山県串本町の橋杭岩周辺において、津波石と思われる漂礫群の調査を実施した。現地において、これまで明らかになっている漂礫の位置、形状を確認し、また得られたデータから今後の宇宙線照射年代の適用の可能性などを検討した。

［分　野　名］地質

［キーワード］南海トラフ、巨大地震、津波、履歴、津波石

［研究題目］火山性深部低周波微動の波動特性を利用したメカニズム解決定と微動発生機構の解明

［研究代表者］今西　和俊（活断層・地震研究センター）

［研究担当者］今西　和俊（常勤職員1名）

［研究内容］

世界各地のプレート境界域で発見された非火山性深部低周波微動（以後、単に微動と呼ぶ）は、巨大地震の発生機構を解明するための重要な手掛かりとして注目されている。本研究は微動の波動特性を最大限に利用したメカニズム解推定法を開発し、微動の発生機構を明らかにするものである。H24年度は紀伊半島において、定常地震観測網を補完する臨時観測を4か所で開始した。観測網直下で発生した微動活動を1回捉えることができ、質の高いデータを取得できた。計算機環境やプログラム整備も行い、次年度からの本格的な解析に向けた準備が整った。本研究は科学研究費補助金（基盤研究 C）により実施されている。

［分　野　名］地質

［キーワード］プレート境界、非火山性深部低周波微動、メカニズム解、波動特性、紀伊半島、臨時観測

［研究題目］石垣島・宮古島の津波堆積物の調査－巨大地震を繰り返す琉球海溝沈み込み

［研究代表者］宍倉　正展（活断層・地震研究センター）

［研究担当者］安藤　雅孝（台湾中央研究院地球科学研究所）、中村　衛（琉球大学）、
宍倉　正展（常勤職員1名、他2名）

［研究内容］

琉球海溝沿いに発生した過去の巨大地震に伴う津波について、その履歴解明のために、ジオスライサー掘削およびピット掘削による津波堆積物調査を行った。調査場所は宮古島における友利、池間、伊良部（2地点）の合計4地点である。各地点で得られた試料について14C 年代測定を実施し、また一部で有孔虫分析も行った。その結果、1771年八重山津波およびそれより前の津波によって堆積した可能性のある層準を確認した。

［分　野　名］地質

［キーワード］琉球海溝、石垣島、宮古島、巨大地震、1771年八重山津波、津波堆積物

［研究題目］パラジウム膜を用いて達成しうる最大水素透過流束の評価

［研究代表者］原　重樹（環境化学技術研究部門）

［研究担当者］原　重樹、Alessio CARAVELLA
（常勤職員1名、他1名）

［研究内容］

パラジウム（Pd）膜は高分子膜や無機膜に比して高い水素選択性および透過性能を有していることから燃料電池に必要な水素の精製への利用が期待されている。Pd 膜の水素透過流束は膜厚に反比例して増大するが、そのうちに水素分子の吸着・脱離といった表面過程の影響が顕著となって透過流束は限界に達すると考えられている。しかしその実験的根拠は十分でない。そこで本研究は有効表面積を小さくすることで表面律速の状況を作り出し、Pd 膜で得られる水素透過流束の上限を実験的に評価することを目的としている。有効表面積を小さくするために Pd 膜表面にリソグラフィーの技術を活用して銅（Cu）のマスクを形成することを特長としている。24年度にはこうした試料を作製し、水素透過特性の評価を試みた。

スパッタリング法、電気メッキ法で Cu を被覆した Pd 膜を作製してその水素透過特性を調べた。開口のないものでは当初水素透過しないものの、時間とともに透過するようになることが明らかとなった。現在その原因を究明している。また、被覆前の Pd 膜表面の凹凸がリソグラフィーにおける加工精度を低下させる要因になることも明らかとなった。そこで、鏡面研磨してからリソグラフィーを行うこととした。さらに水素濃度による拡散係数や溶解度係数の変化を調べるため新しい透過モデルの構築を行った。その結果、温度の増大や膜厚の減少とともに理想的な平方根則からずれてくる挙動を定量的に示すことに成功した。これは高温や薄膜では膜を透過する速度が大きくなり、膜外の物質移動の影響が相対的に重要になるためであることも明らかにした。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］水素、パラジウム、分離膜、燃料電池

［研 究 題 目］温度に応じて金属錯体を着脱する固定化触媒の開発

［研究代表者］小野澤　俊也（環境化学技術研究部門）

［研究担当者］小野澤　俊也（常勤職員1名）

［研究内容］

金属錯体触媒の担体への吸着と液相への溶出を温度変化によって制御することで、均一系触媒と同等の性能(活性・選択性)を有し、かつリサイクル可能な触媒の開発を目的に、平成24年度は、①配位子モデルと担体の合成、②配位子モデルの温度変化による溶出挙動、③溶媒・担体表面等が配位子モデルの溶出挙動に与える影響、に関して検討を行った。配位子モデルとして、UV 吸収を有するナフタレン骨格に温度依存性部位としてポリマー鎖を導入した化合物を合成した。ポリマー鎖長に関しては、繰り返し単位 n がおよそ3、7、12、16、45の5種類を用いた。担体表面から溶液相への配位子モデルの溶出量は、溶液の UV 吸収を測定することで定量した。担体にシリカゲルを用いた場合、配位子モデルの加熱時の溶出量は室温時の1～5倍程度であったが、表面を極性の有機基で修飾した担体を用いることで溶出量の比が向上した。また、溶出量に与える溶媒の影響についても、ヘキサン、トルエン、ジクロロエタン、ジオキサンの4種類を用いて検討を行った。シリカゲル表面を極性の有機基で修飾した担体を用い、配位子モデル中のポリマーの繰り返し単位 n、担体と配位子モデルの量比、及び溶媒を最適化することで、加熱時の溶出量が室温時の10倍以上を達成することができた。この組み合わせと傾向は、実際の触媒や反応系を設計する上で重要な知見となる。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］遷移金属錯体、触媒設計、触媒リサイクル

［研 究 題 目］短寿命代替フロン物質の地球温暖化ポテンシャル新指標の開発

［研究代表者］田村　正則（環境化学技術研究部門）

［研究担当者］陳　亮、田村　正則（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

オゾン層破壊や地球温暖化の原因物質であるフロン及びフロン代替物の全廃や排出削減が国際条約で定められ、大気寿命の短い代替物質が次々に開発されている。これらの物質の地球温暖化ポテンシャル（GWP）の評価は国内外の機関で行われ、IPCC の第4次報告書等で報告されているが、現在の GWP の評価法は長寿命物質に適した方法であり、そのまま現在開発が行われている短寿命物質に適用するのは問題があるとの指摘もある。そこで、本研究では、大気寿命の短い物質にも適用可能な新しい地球温暖化影響評価指標を開発することを目的としている。特に、IPCC の第4次報告書に記載された短寿命物質については、物性値等の再測定等も含め、温暖化影響予測値をより信頼度の高いものにすることを目指している。産総研では、本研究の一環として GWP 評価に必要な大気寿命と赤外域での吸収強度の評価を行っている。大気中に放出された揮発性の物質は、主として OH ラジカルとの反応で大気中から除去されることから、大気寿命は OH ラジカルとの反応速度から決定され、GWP の評価を行うためには OH ラジカルとの反応速度を得ることが不可欠である。そこで、本年度は、相対速度法を用いて含フッ素環状オレフィンと OH ラジカルとの反応速度の測定を行い、大気寿命を評価した。また、赤外分光光度計で赤外吸収スペクトルの測定を行い吸収断面積を求めると共に、物質毎の GWP 値の比較を目的として従来から用いられてきた方法で GWP の評価を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］地球温暖化ポテンシャル（GWP）、フロン代替物質、大気寿命、OH ラジカル、赤外吸収

［研 究 題 目］遷移金属内包ケイ素ケージ物質群の合成

［研究代表者］島田　茂（環境化学技術研究部門）

［研究担当者］島田　茂、五十嵐　正安（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

遷移金属を内包するケージ型ケイ素クラスターは、次世代ナノ電子デバイスの材料として期待を集めている。理論分野を中心に研究が進んできたが、最近物理化学的手法による合成法が開発され、極薄膜半導体として優れた物性を示す例も報告され始めている。しかし、これまでの合成法は極微量の物質量にしか対応できず、また、均質な構造の構築が困難であるなど多くの問題点・限界を抱えている。本研究は、プリカーサー分子を用いる合成化学的手法により、遷移金属を内包するケージ型ケイ素クラスターを選択的に且つ多量に合成する手法の開発を目指すものである。

平成24年度は、環状ケイ素化合物と4-10族の種々の遷移金属錯体との反応によりプリカーサー分子の合成を試みた。ケイ素-水素結合を持つ環状ケイ素化合物との配位子交換反応や酸化的付加反応を主に想定し、アミド錯体、アルキル錯体、ホスフィンやベンゼンなどの中性配位子を持つ0価錯体等を用いて検討を行った。多くの組み合わせで、ケイ素配位子が導入されたと考えられる生成物を得ることができた。しかし、原料として用いたケイ素化合物が多数の反応点を持つため、多くの場合オリゴマーもしくはポリマーと考えられる不溶性生成物が得られ、構造を十分に明らかにするには至らなかった。全く前例の無い取り組みであったため、当初予想した以上に困難であったが、今後に繋がる多くの知見を蓄積することができた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］クラスター、ケイ素、錯体

［研 究 題 目］リサイクル可能な新規均一系金属錯体触媒の開発
［研究代表者］藤田　賢一（環境化学技術研究部門）
［研究担当者］藤田　賢一、井上　賢亮
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

これまでに、デンドリマーのコア部に酸化オスミウムを固定化することにより、ジヒドロキシル化反応が均一系で円滑に進行し、さらに再沈殿により触媒の回収も可能であることを明らかにした。本研究では、コア部中心に酸素原子や窒素原子を有するデンドリマー支持体を基にデンドリマー固定化酸化オスミウム触媒を各種合成し、これを用いてオレフィンのジヒドロキシル化反応を行い、デンドリマー固定化触媒の有効性を検証した。

含水アセトニトリル中でデンドリマー固定化酸化オスミウム触媒を1mol%用い、オレフィンのジヒドロキシル化反応を行ったところ、コア部の中心に酸素原子を有するデンドリマー固定化酸化オスミウム触媒を用いた場合、コア部の中心に酸素原子を有しないデンドリマー固定化触媒を用いた場合と同様の反応性およびオスミウムの溶出率を示した。一方、コア部の中心に窒素原子を一つ有するデンドリマー固定化触媒を用いた場合、オスミウムの溶出率は抑制された。さらに、コア部の中心に窒素原子を二つ有するデンドリマー固定化触媒を用いてジヒドロキシル化反応を試みたが、この場合目的生成物であるジオール体は殆ど得られなかった。これより円滑なジヒドロキシル化反応の進行とオスミウムの溶出率の抑制のためには、デンドリマーのコア部の中心に窒素原子を一つ導入することが望ましいことが分かった。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］触媒、酸化オスミウム、リサイクル

［研 究 題 目］微小球マイクロオプティクスのオンデマンド型レーザー転写作製技術の開発
［研究代表者］奈良崎　愛子（環境化学技術研究部門）
［研究担当者］奈良崎　愛子（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

高度情報化社会において、光信号による高速情報処理のための光回路が望まれている。光回路の開発・普及には小型集積化が重要な課題であり、その課題解決の手段として微小球マイクロオプティクスの活用が期待される。そこで本研究では、微小球マイクロオプティクスの画期的かつ省工程・省資源なオンデマンド作製法の開発を目指し、レーザー誘起ドット転写法の透明酸化物への適用と高度化を図る。

平成24年度は、前年度モデル化に成功した原料膜内高温分布シミュレーション結果をもとに、これまで難しかった酸化物材料での転写構造物の微細化を目指し、実験と有限要素法シミュレーションの両面から、透明導電性酸化物として有用な ITO をモデル材料に、レーザー転写による酸化物微小球のオンデマンド作製技術開発に取り組んだ。その結果、酸化物において、転写物のサイズ・形状が顕著な原料膜依存性を示すことを見出した。特に原料膜が厚くなると、膜厚方向のレーザー誘起高温分布において、膜界面と表面における温度差が顕著となり、熱応力の発生が増加する傾向が示唆された。そこで原料を薄膜化した条件に絞りレーザー照射条件を最適化した結果、これまで課題であった原料膜破砕を起こすことなく、レーザー集光径の約10分の1まで微細化した直径約1–3ミクロンの微小球を初めて調製することに成功した。さらに高繰り返しレーザーパルス光源とそのビームを高速走査できるガルバノミラーを利用した転写システムを構築し、酸化物微小球の自在配列によるオンデマンド堆積を実証することができた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス分野、環境・エネルギー
［キーワード］光プロセシング、レーザー転写、省工程・省資源、オンデマンド作製、有限要素法

［研 究 題 目］アロステリック電気化学アプタザイムに基づく高感度遺伝子センサ
［研究代表者］青木　寛（環境管理技術研究部門）
［研究担当者］青木　寛（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

従来の遺伝子検出法では、測定対象である遺伝子（DNA、mRNA）に蛍光標識して検出するため、煩雑で時間の掛かる点が課題だった。これを克服するため、迅速で簡便な電気化学遺伝子センサとして、測定系に何ら手を加える必要なしに検出可能な、外部シグナル物質の結合により酵素活性が調節されるアロステリック酵素の概念に基づいた、新規遺伝子プローブの開発を目指した。アプタマーにより構成された酸化還元酵素（アプタザイム）に基づき、多電子反応を利用した高感度検出を目的とした。

そこで、ヘミンを分子認識するアプタマー部位を電気化学活性部位として、かつイミダゾール基を阻害因子として、それぞれ両端に取り付けたプローブを考案した。プローブ合成に先立ち、ヘミンアプタマーとヘミンにより構成された部位のアプタザイムとしての可能性を検討した。ヘミンが G-quadruplex 構造を有するオリゴ核酸とアプタマーを形成することを分光学的および電気化学的に検討したところ、ヘミンが G-quadruplex 構造に内包し H_2O_2と ABTS との酸化還元反応を仲介することが明らかになった。一方、ヒスタミンの添加により、上記反応は小さくなった。以上から、ヘミン内包 G-quadruplex はアプタザイムとして働き、その働きはヒスタミンの添加により抑制されることが明らかとなった。

また、本研究の最終目標である遺伝子の網羅的診断を目指して、1つのデバイス上に遺伝子センサをマルチ化

して配置した遺伝子センサアレイチップを作製した。エストロゲン応答遺伝子などの検出へ応用し、遺伝子配列の相補性の明確な判別が可能であることを示した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］DNA、遺伝子、核酸塩基、センサ、電気分析化学

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

［研究代表者］石戸谷　重之（環境管理技術研究部門 大気環境評価研究グループ）

［研究担当者］石戸谷　重之（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では地球温暖化に対する森林生態系の応答を調べるため、森林内の大気中酸素（O_2）および二酸化炭素（CO_2）濃度の観測を生態系呼吸量と光合成量の分離評価に応用することを目指す。H24年度は、昨年度までに開発した燃料電池式 O_2濃度高精度連続観測装置を用いて高山サイトでの大気連続観測を開始した。また土壌および葉チャンバー実験から得られた$-O_2$：CO_2交換比に基づき、生態系呼吸および光合成の$-O_2$：CO_2交換比を1.11および1.00と仮定し、森林内大気貯留量として大気中 O_2、CO_2濃度の連続観測結果を、光合成量・生態系呼吸量として渦相関法による大気－森林間の CO_2フラックスおよび呼吸－温度関係の経験式を用いた推定値を与えることで、森林内の O_2、CO_2収支を考察した。その結果、森林内大気貯留量変化における夏期の$-O_2$：CO_2交換比は6:00-13:00（18:00-24:00）の時間帯において1.00より小さく（大きく）、収支式から推定された大気－森林間フラックスにおける$-O_2$：CO_2交換比の日変化と整合的な値を示した。この結果は Seibt et al.（2004）による先行研究と傾向が異なっており、森林内 O_2、CO_2収支に関する一層の研究が必要であることを示唆している。また本研究の観測内容に加えて大気－森林間フラックスにおける$-O_2$：CO_2交換比の直接観測が可能になれば、生態系呼吸と光合成の分離評価が可能になり、不確実性の大きい呼吸－温度関係の経験式を用いた推定法を検証できることから、今後もさらなる研究と技術開発を推進する。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］物質循環、気候変動、大気中酸素濃度、大気中二酸化炭素濃度、陸上植物、呼吸、光合成

［研 究 題 目］海洋における真の密度測定

［研究代表者］鶴島　修夫（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］鶴島　修夫（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

海水の密度測定のための試料保存容器の検討を行った。アルカリ性の海水に対し、ガラスからのケイ素の溶出が起こらない事を目指した。年度当初検討を行った管瓶（硬質ガラスの管をガスバーナーで成型して作られたもの。安価なソーダライムブローガラス瓶と比べ、アルカリ溶出やガラスの腐食が少ない）に薄膜のテフロンコーティングを施した瓶については、特段の改善がみられず、常温から40℃の環境では数週間で密度の測定に影響を及ぼすほどの珪酸塩濃度増加が起こることがわかった。これは、1μm 以下の薄膜コーティングのため、ピンホールが無数に存在し、海水がガラス面に直接触れるためと考えられた。そのため、ガラス瓶の内面に厚膜のコーティングを施すことを試みた。コーティング専門メーカーとの検討の結果、100μm 前後の厚膜テフロンコーティングを施すことが出来た。溶出試験を行ったところ、室温から40℃の環境下で数ヶ月間、ケイ素の溶出は起こらなかった。一方で、耐久性のテストも行ったところ、常温で海水を入れて半年程度でコーティングがガラス面から剥がれることがわかった。しかしながら、厚膜コーティングのため、テフロン膜が剥がれ落ちたりゆがんだりすることはなく、形状が保たれているため、海水密度測定用試料の保存瓶としての機能は長期間保持できることが示唆された。これまでに蓄積した太平洋周辺海域の密度測定データについて、硝酸塩、リン酸塩、珪酸塩といった栄養塩濃度と全炭酸、アルカリ度との関係を解析した結果、これまでのデータ空は空白域においても珪酸塩濃度との間で最も高い相関が認められ、先行研究で提唱されていた関係式によりこれらの海域でも密度の推定が可能であることが示唆された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］海水、密度、海洋、塩分

［研 究 題 目］分子制御による融合マテリアル形成の計算科学シミュレーション

［研究代表者］灘　浩樹（環境流体工学研究グループ）

［研究担当者］灘　浩樹（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、バイオミネラリゼーションに倣いそれを超える省エネルギー・省資源・低環境負荷材料「融合マテリアル」研究の理論的基盤を構築するために、有機分子の無機結晶成長制御に焦点を当てた計算科学研究を実施する。

タンパク質やペプチド、ポリマーなどの有機分子は無機結晶の成長を巧みに制御する機能を有しており、その機能は歯や骨、貝殻真珠層の形成に代表されるように、材料としても極めて優れた有機／無機複合体（バイオミネラル）を生み出す源となっている。このような生物による材料合成のしくみを人類が自在に応用することができれば、自然と調和して永続的に発展可能な材料調和社会の実現へ大きく前進すると思われる。本研究では、バイオミネラル形成の一連の過程における初期過程“有機

分子による無機結晶の成長制御”に焦点を当て、制御有機分子の構造および成長制御機構の解明に絞り込んだ計算科学シミュレーション研究を実施する。

本年度は、炭酸カルシウムカルサイト（104）面成長時に形成されるステップ形状をアスパラギン酸が制御する機構を分子動力学シミュレーションにより解析した。また、炭酸カルシウム結晶核生成前駆体アモルファス構造の不純物マグネシウム添加濃度依存性を分子動力学シミュレーションにより解析し、不純物マグネシウム存在下での結晶多形選択との関係を検討した。今後は、高分子や有機結晶などをテンプレートとした核生成制御および結晶成長制御の基礎的研究も行っていく計画である。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］結晶成長、バイオミネラリゼーション、炭酸カルシウム、計算科学、機能性分子

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

［研究代表者］村山　昌平（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］近藤　裕昭、村山　昌平、石戸谷　重之
気象研究所：松枝　秀和、坪井　一寛
北海道大学：渡辺　力
（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

本研究では、酸素安定同位体の同位体分別が光合成と呼吸で異なることを利用して、フラックス観測で得られる正味の大気－森林生態系間 CO_2交換量を光合成と呼吸に高精度に分離評価する手法を確立することを目的とする。この目的のために、H24年度は、同位体連続観測システムの開発、森林サイト（飛騨高山サイト）における現場観測および群落多層モデルの改良を進めた。同位体連続観測システムに関しては、CO_2の吸収線強度が強い中赤外域の光を射出するレーザ光源の波長を変化させ、CO_2の各同位体の吸収線の減衰を分離して測定できることを確認した。しかし、使用したレーザは、高速の波長変化に対して耐久性が不十分であることが判明したため、耐久性が改良されたレーザに交換し、光学系の仕様を変更し改造を進めた。飛騨高山サイトでの現場観測に関しては、森林上におけるフラックス、森林内外の CO_2濃度、気象要素の連続観測データを取得し、異なる高度・深度における大気・土壌空気の採取、土壌水、水蒸気等の水試料の採取を実施し、質量分析計により同位体比分析を行った。群落多層モデルの改良に関しては、高精度化を図るため、群落内において高度別に観測された、大気中 CO_2濃度の時間変動（1時間毎）の再現性について検討した。森林上の実測データをモデル上端の境界条件として与え、1年間のシミュレーションを行ったところ、各高度における時間変化のパターンは概ね再現された。しかし、詳細にみると、季節や時間帯によって系統的な違いを生じる傾向があったため、森林内大気中の鉛直混合過程や土壌呼吸に関わるパラメタリゼーション等の改良が必要であることが示唆された。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］炭素循環、安定同位体、群落多層モデル、森林生態系、レーザ分光

［研 究 題 目］垂直細孔配列メソ多孔体膜付着グラフェンナノ複合体／複合膜の創製

［研究代表者］王　正明（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］久保　史織、吉澤　徳子
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

高い電気伝導性を持つグラフェン層の両側面に規則構造性メソ細孔シリカのメソチャンネルが垂直に配向成長した高電導・不導体ナノ接合体の創製に成功したが、その生成機構が未解明である。このナノ接合体の生成機構を解明し、多様なナノ構造性付与できれば分子ふるい性高性能センサー、分子選択的電気化学的反応媒体、薬物所包材など、多岐の分野における応用が見込まれる。本研究では、グラフェン酸化物、界面活性剤、無機酸化物源の三元分散系における自己組織化メカニズムを、合成条件による複合構造変化や界面ミセル構造の直接観察から解明し、グラフェン層の厚みとポアサイズを制御した垂直細孔配列メソ多孔体・グラフェン複合体の合成法を確立する。H24年度において主に形成メカニズムに関する研究を遂行した。グラファイト酸化物（GO）に異なる温度で水熱処理を施し、異なる表面状態を制御した前駆体を得た。GO の表面状態の変化を UV-Vis、FT-IR、XPS などの分析手段を駆使して解明すると同時に、PMS との複合体の構造との関係を調べた。その結果、高温で処理するほど、次第に垂直配列ポア構造が失われ、代わりに GO の表面にメソポーラスシリカナノ粒子が大量に沈着した。このように垂直配列ポア構造が炭素層の表面状態と密接関係することが分かった。溶液 in-situ 小角 X 線散乱法を用いて、GO 分散系と界面活性剤の混合系の構造を調べた結果、シリカ源（TEOS）を加える前に、すでに界面活性剤の集合体構造ができていることをはっきりと確認した。このことから、垂直配列ポア構造が吸着界面活性剤のミセル構造を鋳型に形成している可能性を示唆した。

［分　野　名］環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］グラフェン、規則性メソポーラスシリカ、垂直配列、複合体

［研 究 題 目］温室効果ガス観測衛星「いぶき」による発生源解析のための局所 CO_2輸送モデルの開発

［研究代表者］近藤　裕昭（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］近藤　裕昭、村山　昌平、石戸谷　重之（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

温室効果ガス観測技術衛星「いぶき（GOSAT）」のデータを用いて発生源の時空間変動を解析する逆問題解析手法開発に使用する局地 CO_2輸送モデル（AIST-MM）を開発している。このモデルでは生態系起源の CO_2の排出・吸収について従来は日射量と気温の関数としてのみ与えていた。今年度は季節変化を含む長期の計算ができるようにするため、光合成量・呼吸量に関するもう一つの重要なファクターである土壌水分の変化のモデルへの組み込みを行った。また、計算に必要な気象データの取得およびモデルに組み込み可能なようにデータ加工を行った。岐阜県高山市乗鞍岳山麓にある産総研の長期観測サイト（TKY サイト）において CO_2フラックス・微気象等の通年観測を実施するとともに、酸素同位体比のデータを取得した。化石燃料起源の CO_2について燃料種別について分離できる可能性があることから、質量分析計を用いた大気中酸素濃度の高精度連続観測装置の開発を推進した。酸素濃度を±1ppm、CO_2濃度を±0.3ppm の精度で観測できる装置の開発に成功し、つくばにおいて試験的な連続観測を開始した。モデルの検証用データとして東京における CO_2排出量の実態を把握するための CO_2フラックスの観測サイトを防衛大学校と共同で渋谷区の東海大学キャンパス内に設置し、平成24年11月より長期計測を開始した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］二酸化炭素、局所輸送モデル、酸素同位体比、都市の二酸化炭素フラックス

［研 究 題 目］放射性降下物大気輸送モデリングと移行過程の理解

［研究代表者］近藤　裕昭（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］近藤　裕昭（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

福島第一原子力発電所事故により、領域スケールから全球スケールの広い範囲で放射性物質が環境中に拡散した。特に大気中の放射性物質の除去過程におけるモデル間の差異および沈着量のモデルと観測値の差異はまだ大きい。このような認識の中、本課題では複数の大気循環のモデリングを用いて福島県中通りを中心とした複雑地形地における大気循環、雲、降雨等の正確な情報に基づいたモデリングを行う。また空間線量率等を再現して実測と比較することにより発生源情報の精緻化を行う。

今年度は AIST-MM を用いて水平格子間隔1km の高分解能で福島県を中心とした領域を計算できるようにモデルをセットアップした。また AIST-MM は雲過程、降水過程を陽に含んでいないため、これらを気象庁の予報モデルデータおよびレーダ・アメダス解析雨量からデータ同化によりとりこんだ。このモデルを基本として、2011年3月11日～17日の放射性プルームの移流・拡散と沈着を^{137}Cs を中心に計算した。チェルノブイリ事故の際に解析された沈着速度、洗浄係数を用いたコントロール計算では、福島県中通りの沈着は過小評価、宮城県での沈着が過大評価となり、他のモデルの結果と同様な傾向となった。気象場を見ると、3月15日午後の南寄りの風への転向がモデルでは早めに計算され、気象場の再現性が悪いことがわかった。しかし実際の天候は雪、霧雨などであり、モデルでの再現がむずかしい気象条件であった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］福島第一原子力発電所、中通り、^{137}Cs の沈着

［研 究 題 目］心臓組織におけるストレスホルモン様化学物質評価系の構築

［研究代表者］金　誠培（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］金　誠培（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

当該研究計画書で定めた目的として「ストレスホルモンプローブの開発と高輝度化、及び生物発光顕微鏡による時空間的な分解能の向上」を掲げたことから、新たな生物発光酵素を樹立し、ストレスホルモンプローブに適用することによって、プローブの高輝度化・高感度化を行った。

まず、深海発光プランクトン由来の生物発光酵素配列から頻度の高いアミノ酸を抽出する手法で、今までの発光酵素とは異なる人工生物発光酵素の樹立ができた。この人工発光酵素を発光標識とする抗体を試作した。またこの発光酵素を骨格にする1分子型生物発光プローブを開発しストレスホルモン計測に応用した。このプローブを安定発現する万能細胞（ES 細胞）を樹立し、脈動する心筋組織まで作りあげることができた。この一連の研究から、ストレスホルモンを高感度で検出する材料、プローブ設計、可視化手法に関する新たな研究成果を対外に発信できた。具体的には、本研究と関連して総説含めて5報の論文発表と2件の特許出願を行った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］人工生物発光酵素、分子イメージング、ストレスホルモン

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

［研究代表者］兼保　直樹（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］兼保　直樹（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

地方自治体での酸性雨測定の際に前処理に使用されている濾過メンブラン・フィルターに保持された元素状炭素を測定する手法を決定し、バックグラウンド地点（北

海道利尻島）および都市域（札幌市）における過去のバルク（湿性＋乾性）沈着量レコードを復元する試みを開始した。メンブランフィルターの有機溶媒への溶解条件、塩酸による炭酸塩の除去条件の検討、石英繊維フィルターへの再濾過の際の粒子透過補正などを検討し、現時点での最適な条件を決定した。北海道札幌および利尻島でのバルク沈着サンプルは1ヶ月積算の形で各フィルターが保存されており、多くの場合、そのままでは炭素系粒子濃度が濃すぎるため、春・冬・秋についてはフィルターの1/2枚または1/4枚を使用し、濃度が低下する夏については1枚全量を使用するといった調整を行う必要があることがわかった。初期的な分析として、国内でのディーゼル排気ガス規制の結果をみるため約10年の間隔を経た期間のサンプルの元素状炭素を先行して定量した。2000年、2001年、および2011年の両地点での TOT-EC 総沈着フラックス測定結果は、両地点とも2000年代初頭と比べて2011年で沈着量が減少しているが、札幌と利尻島ではその要因が異なると考えられる。札幌では2000年代のディーゼル排気ガス規制の効果が見えていると考えられ、利尻島では春～初夏に盛んとなるシベリア森林火災の年々変動が反映されていると考えられる。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］大気エアロゾル、長距離輸送、元素状炭素、沈着フラックス、雪氷面アルベド、化石燃料燃焼、バイオマス燃焼

［研 究 題 目］健康影響が懸念される PM2.5粒子状物質のわが国風上域での動態把握

［研究代表者］兼保　直樹（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］兼保　直樹（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は人体の健康に影響があると考えられる $PM_{2.5}$ 粒子状物質や粒子状有機物（主に PAH）、重金属類を対象として、わが国の風上域で地上観測を行い、東アジア起源のエアロゾルが国の都市域における大気汚染に対する影響の評価を目指している。福岡および南西に170km離れた風上域にある福江島において測定された週平均の $PM_{2.5}$ 組成を比較すると、SO_4^{2-} 濃度は年間を通じて福江島と福岡ではほぼ同じである。これに対して、NO_3^- の濃度は福江島と福岡では大きく異なり、福江島での微小粒子領域の NO_3^- 濃度はきわめて低く、これに対して福岡では寒候期に $PM_{2.5}$ 濃度の5～10%を占める程度まで上昇する。これより、$PM_{2.5}$ 中の主要成分のうち硫酸塩は広域的汚染、すなわち域外からの長距離輸送に事実上支配されているが、硝酸塩は福岡で発生した都市大気汚染によるものが主体であることがわかる。また、福岡では粒子状有機物（TOT-OC より計算）も長距離輸送分が大部分を占めるが、夏季のみは都市大気汚染による生成分が加わる状況が判明した。

観測された多環芳香族炭化水素（PAH）の発生源情報を含む指標（FLT/FLT+PYR）の福岡市と福江島での季節変化を比べたところ（FLT はフルオランテン、PYR はピレンを表す）、福岡および福江島で観測された PAH はいずれも春・冬には石炭由来の成分に富み、夏には石油由来の成分に富んでいた。レーザーイオン化マス・スペクトルメータによる個別粒子の組成解析により、2010年春季の集中観測期間（2週間）のうち、Pb を含む粒子を重点的に解析したところ、Pb は多くの場合 K, Fe, Na, Zn などと内部混合していた。石炭燃焼実験で得られたものと同様のスペクトルは観測期間中の全含鉛粒子の春季32%、冬季33%に含まれていた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］大気エアロゾル、$PM_{2.5}$、長距離輸送、PAH、重金属、黒色炭素

［研 究 題 目］希酸溶液による廃棄物含有貴金属の溶解に関する研究

［研究代表者］古屋仲　茂樹（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］古屋仲　茂樹、山本　剛義、藤木　由美子（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究では毒・劇物を使用しない穏やかな条件下で貴金属を溶解させることで、リサイクル現場で活用可能な安全かつ高効率な貴金属溶解技術の開発を目指している。本年度は湿式粉砕過程における基礎的溶解特性の解明を目的として、Au、Pd、Pt のメタル粉を0.3～1.0mol/dm^{3}の濃度の希塩酸とマンガン酸化物に混合して、所定時間撹拌混合させてこれら貴金属の浸出挙動を調べた。得られた主な結果は以下の通りである。

塩酸濃度の増加に伴い Au と Pd の浸出率は増加し、0.3mol/dm^{3}の塩酸を用いた場合に90%程度の高い値を示した。このときマンガンの溶解率は充填量の2-3%であり、マンガン酸化物と塩酸が過剰に反応することなく、温和な条件で貴金属が溶解することを確認した。0.5 mol/dm^{3}の塩酸を用いた場合においても浸出率の増加は見られなかった。Pt は5-6mol/dm^{3}の濃塩酸を用いた場合でも殆ど浸出されなかった。

Pd の浸出速度は極めて速く30min で浸出率が90%以上となるのに対し、Au の浸出は Pd に比べて遅く、180min で浸出率90%以上となった。

塩酸によるマンガンの溶解反応に比べて、貴金属浸出時には多くのマンガンの溶解が見られ2倍程度にマンガンの溶解量が増加した。浸出試験では、Pd>Au>Pt の順にマンガンの溶解量は増加する傾向を示したことから、希塩酸とマンガン酸化物による貴金属の浸出試験では、貴金属浸出量とマンガン溶解量に相関があることが分った。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］リサイクル、貴金属、粉砕、溶解、希酸

［研 究 題 目］乾性沈着表面抵抗の定量法の開発

［研究代表者］忽那　周三（環境管理技術研究部門）
［研究担当者］忽那　周三、小池　和英、瀬戸口　修、陳　亮（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

大気質モデルで現在用いられている乾性沈着表面抵抗は、水への溶解性等のみを指標としたスケーリング法により評価されている。本研究は、アルデヒド類のスケーリング係数の改良方法を提案して大気質モデルの改良に資することを目的とする。

スケーリング法の基準物質の二酸化硫黄について、土壌成分への沈着を吸着と分離して測定した。また、重量法により土壌成分の吸湿等温線を測定した。pF 値が4～7の比較的乾燥した地表面に相当する実験条件下、吸着平衡定数は土壌水分量と pH を考慮した有効ヘンリー定数の積に比例するが、沈着速度（表面抵抗の逆数）は比例しないことがわかった。

アルデヒドと水クラスターからなる水和反応モデルを構築した。ジオール生成を導くアルデヒドへの水素移動反応は、水分子の配向に依存し、段階的または協奏的反応の2つの異なるモデルで記述される。一連のアルデヒド類の水和反応の活性化自由エネルギー$\Delta G^{\ddagger}$（298K）およびジオール生成自由エネルギーΔG（298K）に対して、いずれのモデルも計算値と実験値の間に高い相関係数をもつ線形関係が成立した。この関係を用いてフッ素化アルデヒド等の水溶液中での$\Delta G^{\ddagger}$およびΔG 値を推算することができた。

二相フロー法により、アセトアルデヒドの水表面への物質移動係数を多重反射セル - FTIR を用いて測定した。アセトアルデヒドの水表面への物質移動係数の気相および液相攪拌の依存性を測定し、気相境膜と液相境膜がともに撹拌により変化しない時のアセトアルデヒドの水表面への物質移動係数を得た。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］アルデヒド、水和反応、物質移動係数、大気質モデル

［研 究 題 目］グラファイト状窒化炭素の構造制御と光触媒性能の向上

［研究代表者］佐野　泰三（環境管理技術研究部門）
［研究担当者］佐野　泰三、筒井　咲子（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

屋内の可視光に応答する新しい光触媒として、グラファイト状窒化炭素（g-C_3N_4）の比表面積増大手法を開発した。メラミン焼成温度を高くすると（～650℃）アルカリ水熱処理後に得られる g-C_3N_4の比表面積は増大したが、NOx 除去率は焼成温度550℃で最大となった。g-C_3N_4の末端にはメレムやメラミン（またそれらにシアノ基の結合した誘導体）が結合しており、それらの割合が550℃の焼成温度で最適となった可能性がある。光触媒活性の高かった550℃で得られた g-C_3N_4にはメレムユニットに一つのシアノ基が結合した構造が多く含有され、光触媒活性点との関係が示唆された。一酸化窒素の光触媒酸化反応解析から、光照射によって窒化炭素は僅かに自己酸化分解するにも係わらず光触媒活性は低下しなかったことから、活性点は反応により減少しないことが確認された。g-C_3N_4内部に存在する不安定ドメインと安定ドメインが細かく複雑に混在する場合に、後処理のアルカリ水熱処理によって大きな比表面積が得られると推察されたため、g-C_3N_4の前駆体であるメラミンに欠陥生成因子を配合し、積極的に不安定ドメインを導入する手法を検討した。尿素を配合すると550℃で焼成後の比表面積は増大するが、アルカリ水熱処理によって比表面積は減少し、光触媒活性も向上しなかった。g-C_3N_4内部に尿素に起因する欠陥が導入されていない可能性と、尿素の添加で形成される窒化炭素の光触媒活性が低い可能性が示唆された。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］グラファイト状窒化炭素、可視光応答型光触媒、空気浄化、一酸化窒素

［研 究 題 目］富栄養化内湾堆積物における異種微生物間長距離細胞外電子伝達の実証

［研究代表者］左山　幹雄（環境管理技術研究部門）
［研究担当者］左山　幹雄、中島　善人、鳥村　政基、佐藤　浩昭、小熊　輝美、鈴木　早苗、片山　明美、川畑　史子、池田　智英子（常勤職員4名、他5名）

［研 究 内 容］

富栄養化内湾堆積物の生物地球化学的物質循環過程において、微生物群集、細胞外電子伝達系（extracellular electron transfer, EET）、固体酸化還元物質及び溶存態酸化還元物質により構成されている長距離細胞外電子伝達（EET network）により、空間的に大きく隔たって存在している異種微生物間での酸化還元反応の共役（酸化還元種間の電子の授受）が実際に機能していることを実証し、その調節要因と調節機構を明らかにする。具体的には東京湾を調査対象海域とし、H_2S 酸化反応と O_2 還元反応を解析対象の酸化還元反応として研究を行う。平成24年度は以下の研究を行った。

1. EET の生物電気化学的解析に用いる実験堆積物コアの構築：EET の実在が示唆された東京湾湾央部から採取した堆積物を用いて実験堆積物コアを構築し、O_2、H_2S 及び pH の微細鉛直分布の測定を行い、EET が実際に機能している実験堆積物コアの作製に成功した。
2. EET に対する環境要因（微生物学的及び地球物理学的）の影響の実験堆積物コアを用いた解析：EET の発現に対して温度（15℃と20℃）が大きな影響を与

えることを実験堆積物コアを用いて確認した。この成果は、以後の解析を進める際の実験条件を設定するために重要な情報であるとともに、自然環境下における EET の時空間動態を調節している環境要因を解明するための手掛かりとなる重要な情報である。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］細胞外電子伝達、酸化還元反応、堆積物、物質循環、微生物

［研 究 題 目］白金族抽出における外圏サイズ認識効果の解明及び新規分離試薬開発

［研究代表者］成田　弘一（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］成田　弘一、田中　幹也、森作　員子（常勤職員2名、他1名）、
元川　竜平（日本原子力研究開発機構）

［研 究 内 容］

目標：

白金族の中で有効な工業用分離試薬が存在しないオクタヘドラル構造を持つ白金族クロロアニオン錯体の新規分離試薬の開発、及び白金族抽出錯体の内圏及び外圏構造測定による抽出機構解明を目標とする。

研究計画：

本研究では、新規抽出系における白金族イオンの抽出分離挙動の把握に加え、X 線吸収微細構造（XAFS）法と中性子小角散乱（SANS）法を用い、内圏における錯形成と外圏におけるイオン対形成を相互に観察しながら白金族イオンの抽出機構を明らかにすることで、新規抽出剤の設計・開発を行う。

年度進捗状況：

アミン系抽出剤とスルフィド系抽出剤の混合溶媒を用いて、塩酸溶液中のロジウムの抽出挙動を調べた。アミン系抽出剤にはトリ-n-オクチルアミン（TOA）を、スルフィド系抽出剤にはジ-n-ヘキシルスルフィド（DHS）、N-メチル-N-n-オクチル-3-チアブチルアミド（3TBA）及び N, N’-ジメチル-N, N’-ジ-n-オクチル-チオジグリコールアミド（TDGA）を用いた。TOA－DHS、TOA－3TBA、TOA－TDGA のすべての混合溶媒系におけるロジウム抽出率は、それぞれ単独で使用した場合の抽出率の和よりも大きく、協同効果を示すことが分かった。また、塩酸濃度2M においてロジウム抽出分配比のスロープ解析を行い、抽出錯体中のロジウムと各抽出剤の比を求めたところ、いずれも Rh：TOA：スルフィド比は約1：2：1であることが示唆された。塩酸濃度2M におけるロジウムの優勢な化学種はペンタクロロアニオンであることから、プロトン化した TOA2分子により電荷が中和され、スルフィドにより溶媒和抽出されていると推測される。

FT-IR スペクトル測定では、TDGA のカルボニル伸縮振動のピークに注目し、TOA-TDGA 系におけるロジウム抽出前後のスペクトルを比較したところ、ロジウム抽出錯体ではこのピークに加え、低波数側にも新たなピークが生じた。ゆえにカルボニルの酸素原子が抽出錯体において何らかの相互作用に関与していると推測できる。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］白金族、抽出錯体、溶媒抽出、抽出剤

［研 究 題 目］ヒマラヤ氷河融解によるガンジス河生態系への影響評価研究

［研究代表者］谷保　佐知（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］谷保　佐知、山下　信義、山﨑　絵理子（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

Manipal 大学、インド海洋研究所（NIO）、Patna 大学等との研究協力体制を確立し、現地研究者の協力の下、ヒマラヤ周辺より氷河融水とガンジス河流域の環境試料を収集した。また2012年1月および7月に、残留性汚染物質（POPs）や医薬品汚染なども含めた包括的な化学分析を行った。環境試料はガンジス川流域8地域から、水試料30、底質25の試料を採集し化学分析に供した。特に、新たな地球化学トレーサーである PFOS（ペルフルオロオクタンスルホン酸）関連物質と POPs 類等、水資源の地球環境動態解析に必要な環境分析化学・地球化学指標を JISK0450-70-10および ISO25101等に準じて測定した。検出感度は数 pg/L であり、インドのようなベースライン汚染を調査する上で十分な高感度分析技術を開発した。ヒマラヤ氷河周辺から、PFOS は<0.01～0.73 ng/L、PFOA は<0.01～0.62ng/L の濃度範囲で検出された。これは、日本、欧米のような先進国と比べ有意に低く、この地域には直接的な汚染源は存在しないことを示している。一方で、短鎖の化合物である PFBA や PFPeA などの濃度は標高5000m の氷河でも検出されており、これらの給源に興味が持たれる。また、氷河が流入しガンジスカワイルカが生息するガンジス川流域において、Delhi など都市域での顕著な濃度上昇が確認された（PFOS：0.325～21.8ng/L、PFOA：0.098～2.46 ng/L）。インドの都市域での PFASs 汚染組成は日本とインドでは大きく異なり、汚染源や汚染状況が異なることが推測されたが、その濃度レベルは日本に匹敵するレベルであり、これらの化学物質が食物連鎖を通してガンジスカワイルカに高濃度に蓄積され、固体数減少に関係している可能性も指摘できた。全体として、インドでの PFASs 類の使用量は現在急激に増加しており、ストックホルム条約によって国内生産使用が禁止された先進国とは大きく異なった状況が明らかになった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］インド、ガンジス川、PFOS

［研 究 題 目］ハイブリッドゲルによる新規陰イオン吸着剤の開発

［研究代表者］日比野　俊行（環境管理技術研究部門）

［研究担当者］日比野　俊行（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

層状複水酸化物（LDH）は、層状構造を有する化合物で陰イオン交換能を持つ。層間の陰イオンを乳酸イオンにすることによって、水中で LDH を薄層に剥離し、ナノシート状の LDH が分散したコロイド溶液を得た。このコロイド溶液とアガロースを、加熱した液状物状態で混合し、冷却することによってハイブリッドゲルを得た。ゲルは細かく切断し、陰イオンの吸着実験に供した。吸着性能は、粉末状の LDH と比較して検討した。吸着は24時間以内には、ほぼ平衡状態に達することが分かったので24時間を目安にして検討を行った。様々な陰イオンを用いた吸着検討では、イオン間の吸着のしやすさ、すなわち、親和性の序列は、粉体 LDH とハイブリッドゲルにおいても用いた陰イオン間では同じ序列であった。ハイブリッドゲル中の LDH 含有量を変化させたときの、吸着性能の検討も行った。その結果、LDH 含有量が低いときは、含まれる LDH の LDH1g 当たり換算での吸着能力は低い傾向にあったが、乾燥状態の重量比で LDH とアガロースが1：1前後まで LDH 含有量を増加させると、含まれる LDH の LDH1g 当たり換算では、粉体の LDH とほぼ同等な吸着能を示すようになった。以上、粉体との比較において著しい吸着能力向上は今のところみとめられていないが、ハイブリッドゲルは成形やハンドリング等において興味深い特性を持ち、高分子ゲルがバインダーとしては良好な特性を持つことが分かったため、高分子ゲルを LDH のバインダーとして用いる観点からの検討を中心に進めていくこととした。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］ハイブリッドゲル、層状複水酸化物、吸着剤、イオン交換

［研 究 題 目］**未知環境微生物群の機能強化による重金属汚染土壌のオンサイト修復技術の開発**
［研究代表者］堀　知行（環境管理技術研究部門）
［研究担当者］堀　知行（他1名）
［研 究 内 容］

本研究では、未培養微生物の機能を直接同定する「Stable Isotope Probing」や環境メタゲノミクスを駆使することによって、六価クロム汚染土壌の還元（Cr^{6+}［拡散性・有毒］→Cr^{3+}［非拡散性・無毒］）またはセレン汚染土壌の還元（Se^{6+}［拡散性］→Se^{4+}［非拡散性］）に関与する未知環境微生物群の実体を明らかにし、当該汚染土壌の分子診断法および修復活性化法の確立を目指す。平成24年度は、六価クロムおよびセレンで汚染された土壌において生物学的な重金属還元が起こるか否かを調べた。重金属汚染土壌を前培養に供し、内在する微生物群の代謝を活性化させた。さらに六価クロムまたはセレンを電子受容体、酢酸を電子供与体とする本培養試験を行った。なお対照区として、1.オートクレーブ滅菌土壌に同様の基質を添加した系、2.電子供与体を加えるものの電子受容体を添加しない系を用意した。六価クロムおよびセレンの酸化還元動態の把握には ICP-AES を用い、酢酸濃度の変化は HPLC により求めた。その結果、六価クロム汚染土壌では、対照区を含めたすべての土壌において Cr^{6+}の減少が見られたが、酢酸濃度は減少せずにほぼ一定の値をとった。この事は、Cr^{6+}減少が微生物作用でなく土壌吸着や化学的還元に依るものであることを示唆している。一方でセレン汚染土壌では、対照区以外の土壌において Se^{6+}の減少が観察され、それに連動して Se^{4+}上昇と酢酸減少が見られた。対照区では、そのような変化が見られないことから、セレンは土壌に内在する微生物によって還元されていることが示された。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］未知環境微生物、重金属汚染、バイオレメディエーション

［研 究 題 目］**スマートパーティクルセンシングデバイスの開発**
［代表研究者］野田和俊（環境管理技術研究部門）
［研究担当者］野田和俊（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

大気中の浮遊粒子状物質（SPM）、特に「PM2.5」などについて水晶振動子を利用した微量天秤測定手法（QCM）の応用を行い特別な付加装置を使用することなく SPM を電極表面へ付着させるリアルタイム計測手法の検討を行った。

今年度は、SPM が付着しやすい高分子膜の作成とその評価を行った。SPM が吸着しやすい高分子薄膜をプラズマ重合やスピンコート法などで作成して成膜条件を求めた。膜厚が厚くなるほど吸着表面積が大きくなるが、湿度に対する影響も大きくなるため、約10000ng 程度が本条件では最適であることを明らかにした。エタノール、アセトンなどの VOC に対する検知感度は小さく、湿度に対する影響も小さいことが分かった。測定流量に対する影響も小さかった。走査型電子顕微鏡（SEM）での表面観察の結果、小さな凸凹はあるが全体を見ると比較的フラットな形状が確認された。この他に、スピンコート法による成膜も同様な特性であった。

この結果から標準的な SPM 試料（中心粒径4.7～54μm：90%）を利用して QCM 検知特性を求めた。試料を単独で発生させた実験では、SPM の付着によって生じる周波数変化は、発生量と正の相関関係を明らかにした。表面に付着した SPM を SEM で観察した結果、2.5μm 程度以下の粒子も付着しており、本測定法の有効性が確認された。付着割合と検出感度の関係では、市販のレーザ式粉じん計の測定結果と QCM 周波数変化もほぼ正の相関関係が示された。高感度検知では、逓倍波を利用しなくても基本周波数の高周波数化（9→20MHz）により、約5倍程度高感度化が可能なことが分かった。

［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］センサ、スパッタリング、水晶振動子、パーティクル、プラズマ

［研究題目］生体環境高分子の動的立体構造分析技術の研究
［研究代表者］和泉　博（環境管理技術研究部門）
［研究担当者］和泉　博（常勤職員1名）
［研究内容］

環境負荷物質の健康影響は、アスベスト、粒子状物質（PM）、シックハウスなどにみられるように、異物が体内にとりこまれることが大きく関わっている。その際に起こる免疫反応や DNA 構造変化を中心に、コンフォメーションの解析ツールを活用し、化学物質の構造活性相関の視点から明らかにする研究を行う。具体的には、赤外円二色性（VCD）解析から派生した立体配座コードを第一原理計算法に拡張し、X 線結晶構造解析等の計測手法に組み込む基盤研究を行う。1000個を目標に生体高分子の立体配座コード構造データのデータベース化を行い、活性と相関を持った共通する動的構造因子を特定するとともに国際基準への採用を目指した活動を行う。

αヘリックス型（h:3β5α4β）、βシート型（s:6α4β4β）の立体配座コードをテンプレートとして、アミノ酸残基毎の主鎖の立体配座を整理する手法をプリオンタンパク質分子に適用し、二次構造帰属の標準的な手法である DSSP 法との比較を行った。プリオンタンパク質の構造データ2w9e と1i4m について、アミノ酸配列65-76aa. の hsssshhhhssh と hhhhhhossssh の構造の違いが分子全体の形を大きく変化させていた。DSSP 法では、loop もしくは irregular に対応するブランクがかなりの頻度で存在しており、3D 情報を1D 情報に変換する本 DCCP（Dictionary of Conformational Code in Proteins）法は多数の構造データの中から複雑な形を持った loop 構造のような超二次構造のデータマイニングに有効な手法と考えられる。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］データマイニング、超二次構造、タンパク質、アライメント、コンフォメーション、ケモインフォマティクス、赤外円二色性

［研究題目］光学活性超原子価ヨウ素による不斉酸化反応の機構探究に基づく展開
［研究代表者］脇坂　昭弘（環境管理技術研究部門）
［研究担当者］脇坂　昭弘、藤田　守文（常勤職員1名、他1名）
［研究内容］

溶液中の反応中心において基質分子と溶媒分子との相互作用を正確に把握することは、反応中間体の反応性を制御するための重要な知見となる。このため、溶媒分子との相互作用を制御することを意図して超原子価ヨウ素化合物の立体構造を系統的に設計・合成し、これら一連の超原子価ヨウ素化合物と溶媒分子との相互作用の強さを液相クラスター質量分析法により解析した。超原子価ヨウ素化合物の設計・合成は藤田（兵庫県立大学）、液相クラスター質量分析は脇坂が担当した。本質量分析には、エレクトロスプレー法による試料導入法を用い、ヨードニウムイオンの正電荷とアセトニトリル分子との静電的相互作用によって形成されたクラスターを真空チャンバー内で溶液から分離して質量分析を行う手法を用いた。超原子価ヨウ素化合物のヨウドニウムイオンは溶媒のアセトニトリルと強く相互作用し、溶媒和クラスターを形成した。一方、超原子価ヨウ素化合物の側鎖に乳酸側鎖を導入すると、ヨウドニウムイオンと乳酸側鎖との分子内相互作用が優勢となるために、アセトニトリルとの相互作用が全く観測されなくなった。このような分子内相互作用による溶媒との相互作用の違いが、反応選択制と密接な関係があることを明らかにした。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］クラスター、溶媒和、質量スペクトル

［研究題目］超伝導ナノストリップライン分子検出器による巨大分子質量分析
［研究代表者］大久保　雅隆（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］大久保　雅隆、全　伸幸、鈴木　宏治、志岐　成友、浮辺　雅宏（常勤職員4名、他1名）
［研究内容］

超伝導体を厚み数10nm、幅1μm 以下のナノサイズにすると、イオンの衝突を高感度、高速で検出でき、その性能は従来技術を上回ることができる。この検出器は、イオン衝撃により発生したフォノン（格子振動の量子）により、超伝導状態が壊れて抵抗状態が出現することを利用する。平成24年度は、厚みが数10ナノメートル、線幅が数100ナノメートルの超伝導体（ニオブあるいは窒化ニオブ）のストリップ線を、数ミリメートルの領域に直並列に配置することにより、従来型のイオン検出器と同等のナノ秒の高速応答と、質量が大きいイオンでも低下しない検出特性が得られた。従来1つの素子のサイズは2mm 角であったが、5mm 角まで面積の拡大を実現し、測定時間を短縮することを可能にした。また、高速の超伝導デジタル回路を用いてナノ秒の信号を読み出すことに成功し、大規模アレイの実現に道を拓いた。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］質量分析、ナノ構造、超伝導デバイス、極低温

［研究題目］分子トンネルイオン化の量子制御を利用したレーザー場フーリエ合成

［研究代表者］大村　英樹
（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］大村　英樹、齋藤　直昭
（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

本研究課題の目的は、2色の位相制御レーザーパルスによる気体分子の異方性トンネルイオン化の量子制御技術を多色の位相制御レーザーに発展させ、従来技術では困難であった課題に対して原子分子制御の質的転換を目指した新しい方法論を提示することである。具体的な課題は、1. 多色位相制御レーザーパルスにおいて各周波数成分の相対位相の計測と制御が可能な、レーザー場フーリエ合成装置の作製、2. フーリエ合成された多色位相制御レーザーパルスによって駆動された光電子の運動を追跡するイオン－光電子同時検出装置の高性能化、3. 強いレーザー場による分子トンネルイオン化の精密な理論の構築と実験との詳細な比較検討である。

各課題に関する今年度の成果は以下の通りである。

1. ナノ秒 Q スイッチ YAG レーザーの高調波の相対位相を制御する多色位相制御レーザーパルス発生装置を作製した。3色位相制御レーザーパルスを3原子分子（OCS）に照射する実験を行い、位相に強く依存する配向選択分子イオン化の観測に成功した。
2. 電解イオン顕微鏡を基本構造とした原子分子溜め込み型真空チェンバーによるイオン－光電子追跡装置の作製を行った。
3. シーガート漸近理論をもとに、非対称分子軌道からのトンネルイオン化の異方性についての理論的枠組みを構築し、計算コードを開発した。CO や OCS などの分子について高精度の理論計算を実施した。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］量子制御、コヒーレント制御、位相制御レーザーパルス

［研 究 題 目］イオン・陽電子同時照射系を用いるトランジェント陽電子計測法の開発
［研究代表者］木野村　淳
（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］木野村　淳、大島　永康、
B. E. O'Rourke、鈴木　良一、
西島　俊二（常勤職員4名、他1名）
［研 究 内 容］

電子直線加速器を用いた低速陽電子ビーム源では、加速器の電子パルスと同じ時間構造で発生する瞬間的に非常に強いパルス陽電子ビームが得られる。このような電子加速器による陽電子源の特徴を生かし、パルスイオンビームとパルス陽電子ビームを同期して固体材料に照射し、イオン照射誘起欠陥の過渡状態を評価することが可能な新しい測定法を開発する。平成24年度はビーム制御技術の開発と照射実験をそれぞれ以下の様に進めた。まず、ビームラインの陽電子発生部と試料チャンバの間に挿入する陽電子蓄積セクションを開発した。蓄積なしの場合、試料上での陽電子パルス幅は約20μs であるが、数10μs 程度の蓄積をするとパルス幅が40μs まで拡がり、陽電子蓄積セクションが陽電子パルス幅制御にも使えることを示した。また、次年度設置予定のインダクションバンチャーによる陽電子パルス制御装置の設計を行った。さらに、高速波形デジタイザーを中心としたパルスイオンビームとパルス陽電子ビームを同期照射するための制御システムを開発した。照射実験として、試料温度を室温から550℃までの範囲に設定し、SiO_2（熱酸化シリコン基板もしくは溶融石英）試料、純金属試料（Ni または Fe）へのイオン・陽電子パルスビームの同時照射を行った。パルスイオンビーム照射により、連続ビームでは変化が早すぎて観測できなかったイオン照射初期（低照射量領域）における照射損傷の変化が観測できることを示した。さらに、照射タイミングを制御することにより、イオンビーム照射時と非照射時で陽電子寿命スペクトルに変化が生じることが純金属試料への照射実験で示された。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］陽電子消滅分光、照射損傷、その場分析

［研 究 題 目］準単色 LCS－X 線と標的指向性 DDS を組み合わせた相乗的癌治療効果に関する研究
［研究代表者］小池　正記
（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］小池　正記、黒田　隆之助、三浦　永祐、
鶴島　英夫（常勤職員3名、他1名）
［研 究 内 容］

準単色 LCS-X 線源の開発に関しては、悪性腫瘍細胞への単色 X 線照を実現するため、レーザーコンプトン散乱（LCS）X 線収量の増強は不可欠で有り、10Hz 以上の高繰返しのマルチパルス LCS-X 線を生成する必要がある。このため、Ti:sapphire 結晶ベースの再生増幅型エネルギー蓄積レーザー共振器の開発を行った。再生増幅器へ導入する種光生成用の各モジュール製作を行い、加速器に同期した種パルス列を生成した。種光を蓄積するための共振器は、共振器長 L＝3.8m において繰り返し10Hz での自己発振を達成し、種光を導入することで、パルスの増幅蓄積が行える見通しである。また、パルスエネルギー増強を更に効率化するため、パルスの伸張と圧縮を一つの共振器内で行える構造を発案し、同時に高繰返し化が可能な Yb:YAG 結晶を用いた高平均出力化技術の可能性調査を行い、その有用性を確認した。

さらに Ti:sapphire 結晶ベースの再生増幅型エネルギー蓄積レーザー共振器へ、加速器と同期した種パルス列を導入しビルドアップ増幅を行い、100パルス以上のレーザー蓄積に成功した。また、同時に計算機シミュレー

ションにより共振器長、凹面鏡半径等の最適パラメータをサーベイし、集光サイズ50μm 以下を達成できることを確認した。電子ビームに関しては、昨年度に引き続き、マクロパルス内に10ns 程度の間隔で50パルス以上のマルチパルス電子ビームを安定に発生させることに成功した。また、照射密度をあげるためピンポイント X 線集光光学系に関しては、ガラス・ポリキャピラリーと X 線管球を用いた集光テストを行い、約10倍弱の輝度増強を確認した。光軸調整を含め、単色光源を用いた際には更なる増強が見込まれる。

金コロイドを添加した悪性腫瘍細胞に対する X 線照射の研究に関しては、まず、U251MG 悪性脳腫瘍細胞の培養液に金コロイド（粒子径8nm）を最終濃度15、30、45mg/mL 濃度で添加して24時間培養した。これに低エネルギーレベルの X 線を照射してコロニーフォーミングアッセイを施行した。8Gy 照射、金コロイド30mg/mL で悪性脳腫瘍細胞の生き残りコロニー数は、コントロール群（金コロイド添加しなで X 線照射した群）と比較して10分の1に低下した。金粒子が細胞表面および内部に存在している場合、金の吸収率のよい低エネルギーX 線を照射すると、放射線の抗腫瘍効果が増強されることが確認された。この増強効果を得るための金濃度は、培養液中の濃度で15-30mg/mL 程度であると考えられる。照射 X 線を単色化して金の吸収率のよいエネルギーレベルに限局すれば、更なる増強効果も得られるものと思われる。

AT-DDS 薬剤の開発と単色 X 線ピンポイント集光照射による照射効果の検証としては、細胞培養液中に金ナノ粒子を付加して低エネルギーX 線を照射したところ、活性酸素の産出量が約2−3割増加したことが確認された。X 線源は1.0mm アルミフィルター、1.0mm アルミ＋0.5mm 銅フィルター、又は1.5mm 銅フィルターでエネルギー分布を調整した。細胞培養溶液中には粒径8nm と50nm の2種類の金ナノ粒子が、100mg/mL になるように加えた。悪性脳腫瘍細胞（U251）に金ナノ粒子（粒径8nm）を細胞培養液にそれぞれの濃度で添加して低エネルギーX 線（1.0mm アルミフィルター使用）を照射して colony forming assay を施行した結果、照射線量8Gy、添加金ナノ粒子30mg／mL（培養液中濃度）以上でコントロールに比して有意な細胞増殖抑制効果が観られた。

以上の通り、将来の低侵襲の新たな癌治療システムの構築を目指し、薬剤と X 線の相乗効果を利用した癌治療法の開発を行うことを目的とし、そのため、X 線源として、高繰り返しの再生増幅器型レーザー共振器とマルチパルス電子ビームを用いた、マルチパルス・レーザーコンプトン散乱による準単色 X 線源を開発した。さらには治療用の薬剤運搬のため、金コロイドや白金抗癌剤（シスプラチン）などの重金属を内包し、癌細胞に集積させる標的指向性（アクティブターゲティング）Drug Delivery System（AT-DDS）を開発した。この AT-DDS 薬剤と X 線照射による治療効果の検証として、細胞培養液中に金ナノ粒子を付加して低エネルギーX 線を照射したところ、活性酸素の産出量が約2－3割増加することがわかった。また、悪性脳腫瘍細胞（U251）に金ナノ粒子（粒径8nm）を細胞培養液にそれぞれの濃度で添加して低エネルギーX 線を照射して colony forming assay を施行した結果、照射線量8Gy、添加金ナノ粒子30mg／mL（培養液中濃度）以上でコントロールに比して有意な細胞増殖抑制効果が観られることがわかった。最終的に両者の成果を融合させ、AT-DDS 薬剤と単色 X 線ピンポイント集光照射による計算機シミュレーションを実施することで、薬剤と X 線の相乗効果実証の目処を立てることができた。

［分　野　名］ 計測・計量標準

［キーワード］ レーザーコンプトン散乱、単色 X 線源、標的指向性 DDS、金コロイド、相乗的癌治療効果

［研 究 題 目］ 質量顕微鏡による高空間分解能分子動態解析

［研究代表者］ 高橋　勝利
（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］ 高橋　勝利（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

シロイヌナズナの葉をテスト試料として、質量顕微鏡観察のための試料調製法を確立した。植物組織には細胞壁があり、細胞壁を取り除かないと細胞内部の物質にアクセスが出来ない。しかし常温下で細胞壁を取り除くと膨圧によって細胞が破裂してしまう。このため植物組織を急速凍結固定して極低温下で薄切し、細胞壁を取り除き細胞内部を露出させた状態で乾燥試料を作成する必要がある。昨年度はこのための手法、つまり(1)急速凍結法、(2)極低温薄切法、(3)氷温凍結乾燥法に関して検討を行ったが、本年度はこのような凍結切片を作らずに、植物体を直接分析するための手法の検討を実施した。

全固体紫外線パルスレーザー（波長355nm）を光ファイバーに入射し、反対端から出射されるパルス光を大口径カセグレン鏡に入射し、ファイバーコア径の約4分の1のスポット径にレーザー光を集光できる光学系を用いて小さく絞ったレーザー光を、11mm×11mm の ITO コートガラスの上に接着した切片化していない植物体、ここではシロイヌナズナの芽生え・根・葉等、に直接、または貼り付けた植物体にマトリクス物質を真空蒸着した試料、の表面に照射して植物体を直接アブレートすることにより、直接イオン化することが可能であることを発見した。これにより、手間のかかる切片化を行うことなしに、直接植物体の質量顕微鏡測定を行う事に成功した。

［分　野　名］ 計測・計量標準

［キーワード］ 質量顕微鏡、フーリエ変換型質量分析計、

MALDI、イメージング、植物組織

［研 究 題 目］加速器を用いた光子誘起陽電子消滅法による非破壊材料評価法の開発

［研究代表者］豊川　弘之
（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］豊川　弘之、平　義隆（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

電子加速器を用いて発生した高エネルギーガンマ線ビームを物質に照射し、光子誘起陽電子消滅法によって金属材料の健全性を実環境で評価する手法の開発に成功した。具体的には、電子加速器を用いたレーザーコンプトン散乱によって MeV 領域の超短パルスガンマ線ビームを発生し、これを用いて陽電子パルスの生成、および金属サンプルにおいて光子誘起陽電子の寿命測定を行った。

電子蓄積リングに蓄積した電子と超短パルスレーザーとのレーザーコンプトン散乱によって発生させたガンマ線を、厚さ5cm の鉛ブロック試料に照射して、試料内部から発生した陽電子消滅ガンマ線（511keV）を、試料傍に置いたフッ化バリウム（BaF2）シンチレータによって検出した。

陽電子消滅ガンマ線の信号波形を高速のデジタルオシロスコープによってデジタイズし、チタンサファイアレーザーの繰り返し周波数（1kHz）と電子蓄積リングの高周波信号（90MHz）をオシロスコープのトリガーとして用いることで、高時間分解能の寿命測定システムを構築した。

また、シンチレーション検出器内における光子輸送をモンテカルロシミュレーションコードによって解析し、検出器内での散乱に起因する時間分解能を見積もったところ約60psec であった。この値は実験的に得られた時間分解能88psec のかなりの部分を占めており、検出器素子を小さくすることで、時間分解能を数10%向上できることが分かった。そこで、BaF2よりも高密度で、かつ発光波長がより可視域に近いシンチレータ（Yb 添加セラミックシンチレータ）を用いた陽電子寿命測定システムを試作し、寿命測定が可能であることを確認した。これによってシステムの時間分解能を70psec 以下とすることが可能であることが分かり、本手法によって金属試料の陽電子消滅寿命測定が可能であることを確認した。最終的に鉛試料の陽電子消滅寿命は194±15psec と測定された。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］陽電子消滅法、ガンマ線、超長短パルス

［研 究 題 目］表面脱離有機分子の新規ソフトイオン化法の開発：高感度イメージング質量分析への展開

［研究代表者］藤原　幸雄
（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］藤原　幸雄（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

二次イオン質量分析（Secondary Ion Mass Spectrometry：SIMS）は、イメージング質量分析における有力な手法の一つである。特に、クラスターイオンを一次イオンビームとして用いることで、有機材料等を構成する大きな分子も検出できるようになり、半導体産業のみならず、化学分野等においても、SIMS の応用範囲が広がっている。

SIMS 法における大きな課題の一つは、試料分子のイオン化率の向上である。一般的に、イオンビーム照射によって試料表面から脱離する粒子の殆どは、二次イオンではなく電気的に中性な原子や分子である。特に有機分子の場合には、電子衝撃を用いる電子イオン化やレーザー照射による光イオン化では、分子の解離が問題となるため、有機分子をソフトにイオン化する新しい技術が必要となる。

一般的に、有機分子等の質量分析においては、外部からイオンを付加する手法がソフトなイオン化法として知られている。例えば、有機分子に1個のプロトンを付加することでフラグメントを抑制したイオン化が可能となる。

そこで本研究では、試料分子の二次イオン化率を増大させるため、プロトン等のイオンを付加する手法を応用する研究開発を進めている。具体的には、水素や炭化水素等を含有する多価の帯電液滴を分析試料表面に照射することにより、二次イオン化率の向上を目指している。本年度は、SIMS 装置に帯電液滴ビーム源を取り付け、各種パラメーターを調整して水素や炭化水素等を含有する多価の帯電液滴ビームを有機試料表面に照射して SIMS 分析を実施した。本成果は、質量分析に関する国際会議（IMSC2012）等において発表した。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］表面分析、イメージング質量分析、イオン化

［研 究 題 目］複合材料の超音波非接触映像化探傷技術に関する研究

［研究代表者］卜部　啓（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］卜部　啓（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

レーザー励起と空中受信による、繊維強化複合材料のための非接触超音波映像化探傷技術の確立を目的として、CFRP（炭素繊維強化プラスチック）を対象に以下のように研究を進めた。

1．板波伝搬映像による層間はく離検出に対し厚さ方向でのはく離位置が及ぼす影響について調べるために、モデルはく離（テフロンシート）の挿入層が異なる試験体について、受信角度と周波数を変えて色々なモードの板波の映像化実験を行った。その結果、はく離の

厚さ方向位置により検出に適するモードや周波数が異なることが明らかとなった。

2．高次モードの抑制による映像の単純化と探触子の低価格化を目的に、より低周波の40kHz 帯空中探触子による映像化を試みた。その結果、数百 kHz 帯と同様に板波の映像化が可能であることが分かった。しかし、長波長のため面内で10mm 程度以下の大きさの欠陥検出は困難であることが判明した。このことから低周波での映像は、大型構造物の広範囲の状況を粗い走査ピッチで概観する場合に適することが分かった。

3．複雑形状への適用として、前年度に引き続き CFRP と金属の接着部の非接触映像化実験を、モデル接着不良を入れた試験体について行った。その結果、5mm 平方の接着不良が十分に検出可能であった。なお、これについては、経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援事業の中で、実用化に向けて研究開発を展開することとなった。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］非破壊検査、超音波、映像化、非接触、空気伝搬超音波、レーザー、板波、炭素繊維強化複合材料

［研 究 題 目］錯体水素化物のリチウムイオン伝導圧力依存と構造の相関による伝導パス形成因子の解明

［研究代表者］山脇　浩（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］山脇　浩、藤久　裕司、中野　智志（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

水素貯蔵材料としてのみならず、高い Li イオン伝導性が見出されたことで固体電解質としても注目されている Li 系錯体水素化物に関して、本研究では温度・圧力により出現する様々な結晶相に対するイオン伝導度を調べ、振動分光によるイオンの振動状態、粉末 X 線回折による構造変化などを明らかにし、イオン伝導度と構造との相関関係を解明することを目的としている。

$LiBH_4$が空気中の水分と室温においてもすばやく反応し、一水和物を形成することを見出した。結晶中では、二水素結合の形成が安定化に寄与している。

また、$LiBH_4$を超える高い伝導性を示すことが知られる $LiBH_4$–$LiNH_2$複合錯体の温度－圧力相図およびイオン伝導度や結晶構造を調べた。まず、組成比1:3の錯体 $Li_4(BH_4)(NH_2)_3$については、昨年度室温における圧力誘起相転移を見出していたが、粉末 X 線回折測定により、高温高圧域での新規高圧相（II 相）との相境界が圧力に対して負の傾きをもつことがわかった。さらに、3GPa 付近の相境界では転移に伴うイオン伝導性に大きな差がないことも明らかとなった。

次に、組成比1:1の錯体 $Li_2(BH_4)(NH_2)$については、3GPa、400K 付近の温度・圧力域で高温高圧相（HPHT1）が出現するが、さらに加圧すると4.8GPaで別の高温高圧相（HPHT2）も出現した。粉末 X 線回折データからリートベルト解析および DFT 計算に基づき、これらの相に対してそれぞれ空間群 *Pbam* と *Imma* を有する斜方晶の構造モデルが得られた。今後、相境界およびイオン伝導性に明らかにしていく。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］リチウムイオン伝導、錯体水素化物、粉末 X 線回折、振動分光、温度圧力相図

［研 究 題 目］指向性圧電素子を用いた CFRP 積層板の損傷モニタリングシステムの開発

［研究代表者］遠山　暢之（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］遠山　暢之（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

炭素繊維強化プラスチック（CFRP）積層板に内在する衝撃損傷を、一箇所のみに配置した超音波アレイセンサを用いて検出・位置同定することが可能な全方位損傷モニタリングシステムを開発することを目的としている。本年度は、複数の圧電素子からなる放射状アレイセンサの設計、発信素子の最適形状設計およびこれらの発信・受信アレイを利用した衝撃損傷検出・位置同定手法の開発を行った。

まず前年度に設計した高アスペクト比形状のラム波ゼロ次非対称モードに対して顕著な指向性を有する圧電素子を8つ用いて、45度間隔で放射状に配列させたセンサ網を構築し、中央部に全方位に等方的にラム波を放射できる円形の発信素子を配置したアクティブセンシング用の発信・受信アレイを設計・作製した。さらに励起されたラム波の伝播挙動をレーザ超音波映像化技術を用いて可視化することでアクティブセンシングとしての機能を有することを確認することができた。

円形の発信素子から全方位に放射され、CFRP 積層板中を伝播したラム波が、衝撃損傷部で反射され、その反射エコーを各圧電素子で検出することができた。各圧電素子は指向性を有しているため、各反射エコーの振幅を比較することによって定量的に衝撃損傷の方位を導出することに成功した。さらに反射エコーの到達時間を基にして、センサー損傷間距離についても併せて定量的に導出することができた。最終的に得られた方位と距離の情報から衝撃損傷の2次元位置を同定することに成功した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］炭素繊維強化プラスチック、超音波、板波、非破壊検査、圧電素子、アレイ探触子

［研 究 題 目］強誘電体チューブを用いた単色可変高出力テラヘルツ光源の開発

［研究代表者］黒田　隆之助
（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］黒田　隆之助、熊木　雅史、立花　充章
（常勤職員1名、他2名）
［研 究 内 容］

本研究は、高輝度・超短パルス電子ビームを生成し、キャピラリーチューブによるテラヘルツ領域コヒーレント・チェレンコフ放射生成を行うものである。同時に、キャピラリー材料に強誘電体を用いることで単色可変の高出力テラヘルツ光源の可能性を探索するものである。S バンド小型リニアック施設を用いて、キロアンペア級のピーク電流値を持つ高輝度・超短パルス電子ビーム（エネルギー約40MeV、電荷量1nC 以上、パルス幅500fs 以下）を生成し、誘電体キャピラリーチューブを通過させることでテラヘルツ領域のコヒーレント・チェレンコフ放射を生成に成功した。本年度は、誘電体チューブとして石英チューブを用いることで、単色性の高い放射が得られることが確認できた。また、単色可変を目指した強誘電体材料としては PVDF フィルムを用いた放射実験を行い、コヒーレント・チェレンコフ放射の発生を確認することができ、単色可変テラヘルツ光源実現への目処が立ったと言える。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］テラヘルツ、キャピラリーチューブ、コヒーレント・チェレンコフ放射

［研 究 題 目］超短パルス電子ビームを用いたリアルタイム2D テラヘルツ分光システムの開発
［研究代表者］黒田　隆之助
（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］黒田　隆之助、熊木　雅史、立花　充章
（常勤職員1名、他2名）
［研 究 内 容］

本研究は、小型加速器ベースの高出力テラヘルツ光源を開発し、テラヘルツパルスによる時間領域分光を行うと同時に、リアルタイム2D 吸収スペクトルを取得する手法の実現を目指すことを目的としている。本年度は昨年度同様に、産総研 S バンド小型電子リニアックを用いてエネルギー約40MeV の高輝度・超短パルス電子ビームを生成し、コヒーレント放射を用いた高出力テラヘルツパルスを生成した。そして、EO サンプリング法をベースとした時間領域分光の分解能向上とシングルショット分光実現のための試験を行った。コヒーレント放射源には、アルミターゲットによるコヒーレント遷移放射光を生成し、テラヘルツレンズによって平行光にした後、再度テラヘルツレンズによって、EO 結晶に集光した。EO 結晶としては、ZnTe（100面）結晶を用いた。プローブ光としては、加速器と同期した Ti:Sa フェムト秒レーザーを用い、テラヘルツパルスと同時に EO 結晶に集光した。結晶を透過したプローブ光は、10^7コントラストを持つ偏光子を透過させ、プローブ光の位相変化を PhotoDiode（PD）によって検出し、テラヘルツ時間波形の取得を行った。その後、上記手法における時間分解能は、テラヘルツパルスとプローブパルスとの時間ジッターによって大きく制限されるため、問題解決のためチャープパルスをプローブ光としたシングルショット時間領域分光の試験を行った。その結果、フェムト秒レーザーを約60ps 程度までチャープしたプローブ光を、テラヘルツパルスによる EO サンプリング法を用いて計測し、プローブ光の周波数領域と時間領域の対応関係（2ps/1nm）を測定することに成功した。このことから、開発中のシングルショット計測システムにおける時間分解能は200fs であることが確認でき、最終年度でのシングルショット分光を実現させる。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］テラヘルツ、シングルショット時間領域分光、コヒーレント遷移放射

［研 究 題 目］コヒーレント逆コンプトン散乱による大強度軟 X 線発生の原理実証
［研究代表者］黒田　隆之助
（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］黒田　隆之助（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究課題は大強度 X 線生成のためにコヒーレント逆コンプトン散乱実現のための要素技術開発を行うものである。コヒーレント逆コンプトン散乱実現のための電子ビーム変調に関して、空間領域変調を時間領域変調に圧縮変換する手法に関してコード PARMELA によるビームトラッキングシミュレーションを実施した。具体的には、40MeV の電子ビームに対し、アクロマティックアーク（2個の偏向電磁石、4個の四極電磁石）の中心部に設置したマルチスリットによって水平方向変調を行い、アクロマティックアーク出口において、空間領域を時間領域に変換した。マルチスリットは、0.5mm 幅、0.5mm 間隔で、ビーム中心軸から±50mm とした。アクロマティックアークにおける磁場設定は、時間圧縮も考慮した圧縮モード（R56が負）である。その結果、スリットにより平均で約1/6、中心付近では約1/30（約16μm）に空間領域を時間領域に圧縮変換できることがわかった。しかしながら、均等圧縮をするためには、マルチスリットのスリット間隔等を変調させる必要があることがわかった。これは、アクロマティックアーク内で、電子ビームの2次、3次の分散により位相空間分布の裾野が広がってしまうことが原因である。今後は、分散補償と最適なスリット形状を算出し、実際の実験によりμm オーダーの変調を実現させ、最終的には nm オーダーの変調を行っていく。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］小型電子加速器、コヒーレント逆コンプ

トン散乱、マイクロバンチ電子ビーム

［研究題目］レーザーコンプトン準単色硬 X 線による低侵襲高精細医用イメージング技術の研究

［研究代表者］山田　家和勝
（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］山田　家和勝、黒田　隆之助、平　義隆、豊川　弘之、福山　直人
（常勤職員4名、他1名）

［研究内容］

本研究は、小型電子加速器と高出力レーザーを駆使したレーザーコンプトン散乱準単色硬 X 線（LCS-X 線）の高収量発生技術とその医用イメージングへの適用手法の研究を目的とする。

本年度は、再生増幅器型レーザー共振器を完成させ、LCS-X 線マルチパルスを安定生成するため、レーザー発振器の安定化を行った。同時に、レーザーコンプトン散乱 X 線により人体等価材料（ポリウレタン・エポキシ樹脂）で作製された人体頭部ファントムを用いた血管造影実験を行った。ファントム内部には硫酸バリウム（K 殻吸収端約37.4keV）を造影剤とした血管が模擬されており、最大約38keV にチューニングした準単色 X 線を照射することでファントム首部の頚動脈撮像に成功した。これにより人体とほぼ同じ材質・厚みの物質であっても準単色性を生かした低侵襲・高コントラスト撮像が可能であることが示された。今後は、さらなるコントラスト増強のため、タルボ干渉法による高精細医用イメージング実現を目指しいく。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］小型電子加速器、高出力レーザー、レーザーコンプトン散乱、単色 X 線、放射線、線量測定・評価、医用・生体画像

［研究題目］実時間観察可能な陽電子顕微鏡の開発

［研究代表者］小川　博嗣
（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］小川　博嗣、木野村　淳
（常勤職員2名）

［研究内容］

材料中の原子レベルの空孔型欠陥分布の測定に関して陽電子顕微鏡は電子顕微鏡に比べて優位性があり、他の計測手法では観察できない顕微鏡像が取得できる。試料表面から再放出された陽電子を結像・拡大する再放出陽電子顕微鏡（PRM）は、試料表層に空孔型欠陥やボイドなどの陽電子捕獲中心が存在すると、その部分だけ陽電子が再放出されないため、画像にコントラストが付くことにより、陽電子捕獲中心（原子空孔）の二次元分布を可視化する装置である。しかし、PRM は画像取得に長時間必要という問題があり、実用化がなされて来なかった。この技術課題を解決するため、本研究では、電子線形加速器による高強度陽電子パルスビームを用いた PRM 装置の開発を行っている。本年度は、PRM 装置の設計および加速器により生成した低速陽電子ビームを PRM 装置に導入するためのビーム輸送・集束系の設計と構築を行った。

PRM 装置の設計では、試料表面から再放出された陽電子が対物レンズ、投影レンズで構成される静電レンズを通過し、マイクロチャンネルプレートに結像するまでの軌道を SIMION コードにより計算し、各静電レンズへの最適な印加電圧を探索した。この計算を基に PRM の静電レンズの印加電圧を決定し、高圧電源の導入を行った。さらに、本研究を推進するため低速陽電子ビームラインに PRM 専用のビームラインを建設するとともに陽電子ビームの輝度を増大させるため、ビーム径を約1/10に集束する電磁レンズの設計を行った。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］陽電子、顕微鏡、空孔型欠陥

［研究題目］コヒーレント放射光を用いたテラヘルツ波電子線分光の研究

［研究代表者］清　紀弘（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］清　紀弘、小川　博嗣、高橋　俊晴、早川　建、田中　俊成、早川　恭史、中尾　圭佐、野上　杏子、稲垣　学
（常勤職員2名、他7名）

［研究内容］

テラヘルツ波を用いたナノ秒スケールの動的吸収分光測定を可能にする技術として、テラヘルツ波電子線分光法を考案した。本研究では、テラヘルツ帯のコヒーレント放射光（CSR）を利用し、この新たな分光法の実証を行っている。

京都大学原子炉実験所 L バンドライナック下流に昨年度構築した CSR 発生システムを利用した。四重極電磁石ダブレットを使用して電子ビームを偏向磁石間で極小にし、CSR スペクトルを計測したところ、CSR 強度が最大になる波長は3mm 付近であることがわかった。そこで CSR と電子ビームの逆コンプトン散乱光子が可視域に発生するように、テラヘルツ波電子線分光実験は約19MeV の電子ビームエネルギーで実施した。高感度光電子増倍管を使用して逆コンプトン散乱光子スペクトルを計測し、CSR スペクトルを利用して評価したスペクトルと一致していることを確認した。さらに、テラヘルツ波電子線分光にて有機材料の吸収スペクトルを計測したところ、干渉計による測定結果と一致した。こうして、バックグラウンドの少ないテラヘルツ波電子線分光が CSR を利用することで実施できることを実証した。

また、日本大学電子線利用研究施設の S バンドリニアック LEBRA にて観測された CSR の特性を調べ、国際誌に報告した。テラヘルツ波電子線分光に必要なテラ

ヘルツ波輸送技術を開発し、実験室でテラヘルツ波が利用可能になった。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］テラヘルツ、コヒーレント放射、放射光、逆コンプトン散乱

［研 究 題 目］イオン価数弁別可能な超高速超伝導ナノストリップライン分子検出器の開発

［研究代表者］全　伸幸
（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］全　伸幸（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

飛行時間型質量分析法（Time-Of-Flight Mass Spectrometry; TOF MS）は、低分子から高分子に至る広い質量範囲を、質量ごとのスキャンを必要とせずに一度に計測することのできる優れた質量分析法である。しかしながら、高分子側の検出感度が、従来から用いられているマイクロチャンネルプレート（Microchannel Plate; MCP）検出器によって制限されてきた。一方、超伝導検出器は、分子が検出器表面に衝突した際に励起される格子振動（最大でも数十 meV）を検出原理とするため、分子が数十 keV 以上のエネルギーを持って飛行する TOF MS においては、分子量に制限されない100%の検出感度を実現することができる。

さらに、従来の TOF MS では、分子の質量電荷比（m/z）が得られるのみであり、例えば1量体の1価イオン（質量 m、価数 z＝1）と2量体の2価イオン（質量2m、価数 z＝2）を区別することは不可能であった。イオン価数弁別を可能にする超高速応答の超伝導ストリップイオン検出器が実現されれば、生体内で重要な機能を持っているタンパク質複合体やアミロイド病の原因とされている凝集体の分析を、従来の高い質量精度を保ったまま分析することができるようになり、学際的・社会的インパクトは大きい。

本研究では、2mm 角の超伝導ナノストリップ検出器を作製し、分解酵素であるリゾチームの飛行時間と出力波高値の同時計測を行った。検出器は1.2ns という高速応答性を示し、また、リゾチームの1価イオンと2価イオンの波高値が分離されるという革新的な結果が得られた。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］質量分析、検出器、超伝導、価数弁別、価数分離

［研 究 題 目］位相制御レーザーパルスによる液相中分子の量子制御と物質濃縮への応用

［研究代表者］大村　英樹
（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］大村　英樹（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

レーザー光を用いて物質の量子状態や量子ダイナミクスを直接操作し、物性や機能を制御しようとする量子制御（またはコヒーレント制御）に関する研究が近年精力的に行われている。これまでに我々は波長の異なるフェムト秒光パルスを重ね合わせ、その相対位相を精密に制御した位相制御光による異方的トンネルイオン化とそれに基づいた分子配向制御を世界に先駆けて実現し、位相制御光と気体分子との相互作用は位相に強く依存する多彩な量子現象を示すことを明らかにした。位相制御光は従来の光とは本質的に異なった性質を持っているため、光の位相に関わる新しい量子現象の観測、さらに位相制御光を用いた物質制御の新しい方法論を提示できる可能性がある。

本研究課題の目的は、位相制御光と物質との相互作用による量子現象の探索をこれまでの気体分子から固体表面に展開することである。具体的には以下のとおりである。(1) 位相制御光と固体表面および固体表面に担持された分子との相互作用によって引き起こされる量子効果を系統的に探索・分類し、総合的な理解をする。(2) 位相制御光を用いた新しい方法論に基づく物質操作法として、位相制御レーザーパルスによる液相中分子の特定分子の選択イオン化による破壊とそれに基づく化学物質の濃縮を試みる。

本年度は、フェムト秒過渡吸収2色性測定装置で位相制御レーザーパルスによる液相中分子の異方性トンネルイオン化の観測の実験を行った。ヨウ化メチルを対象分子として実施した実験で、レーザーの位相に依存する現象を観測観測することに成功した。この現象と異方性トンネルイオン化による配向分子選択効果との関連解明には、さらなる実験と解析が必要であることを示した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］量子制御、コヒーレント制御、位相制御レーザーパルス

［研 究 題 目］コンビナトリアル手法を取り入れた照射環境下での経年劣化現象の解明・評価技術研究

［研究代表者］大島　永康
（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］大島　永康（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は、原発機器構造物の照射環境下での経年劣化現象の機構解明を効率的に行うための“コンビナトリアル法”を取り入れた非破壊評価技術を開発するものである。コンビナトリアル法とは試料作製と特性評価を高効率・高精度に行う強力な実験手法で、元素濃度・損傷度等を多条件含む試料を1度に作製し、走査型プローブによる非破壊特性評価を行うことで、極めて効率良くデータを取得できる。さらに同時作製・評価により実験値のばらつきが低減される。この概念に基づき、本研究ではモデル合金単結晶の重イオン照射と電子・陽電子・X 線

等のマイクロビームの走査による物性評価を実施する。このうち、産総研では、陽電子マイクロビームを用いた非破壊評価技術の開発を行う。

本年度は、イオンビームの照射時間を調整することで損傷度を変化させた純鉄薄膜をモデル試料として、陽電子マイクロビームによる非破壊評価試験を行った。試験の結果、試料中の陽電子寿命が損傷度に依存することが確認され、陽電子マイクロビームが、薄膜金属試料の非破壊評価に有効であることが解った。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］陽電子マイクロビーム、照射損傷、コンビナトリアル法

［研 究 題 目］有機電子材料の非占有軌道の電子状態と非局在性の観測手法の開発

［研究代表者］池浦　広美
（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］池浦　広美（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

有機分子が電気伝導性を示すためには、隣接する分子間を電子が自由に動く必要がある。そのため、分子設計においては分子間での軌道の重なりや電子の動きやすさに関する情報が不可欠である。本課題では、我々が提案した内殻正孔寿命（フェムト秒からアト秒）を利用した伝導電子の動的計測手法を、電荷移動により電子が不足した軌道（HOMO）や非占有軌道（LUMO）などの、他の計測法では観測することが困難な空軌道（伝導帯）の非局在性（電子の動きやすさ）に関する情報を得るとともに、新たな計測手法として確立することを目的とする。

前年度はポリチオフェンや電荷移動錯体などの電子移動の計測を行ったが、ポリチオフェンでは伝導帯上で速い電子移動は観測されなかった。今年度は、ポリチオフェンよりも高い伝導性をもつことで知られるポリ(3-ヘキシルチオフェン-2,5-ジイル)（レジオレギュラー)の計測を行った。これまではバンドが形成されやすい微結晶からなる多結晶粉末の試料で計測を行っていたが、有機分子は異方的な電子輸送特性を持つため分子配向制御が課題の一つとなっている。そこで、今年度は、有機配向膜の作製に加え、放射光の偏光特性を利用した分子配向の評価を開始した。偏光依存性の結果から分子が配向していることは確認できたが、X線の吸収ピーク（非占有軌道）の重なりと、従来受け入れられてきたピークの帰属にも問題点が見つかり、分子配向の詳細な情報を得るためには、新たに解析手法を構築する必要がでてきた。そこで、X線吸収分光法の偏光測定とオージェ電子分光法を組み合わせ、遷移モーメントを利用した3次元解析手法を構築し、πスタックしたキャスト膜の配向評価を行った。ポリヘキシルチオフェンにおいても微結晶および配向膜共に速い電子移動は観測されなかった。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］電子状態、放射光、オージェ電子、有機導体、X線吸収分光、電子移動

［研 究 題 目］二成分系ガスハイドレートのケージ占有性とゲストーホスト間相互作用

［研究代表者］竹谷　敏（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］竹谷　敏、藤久　裕司（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

多孔質材料におけるガス吸着量や、結晶中に包接されるガス量、および、結晶の特性を計測・評価する技術の確立を目指している。本研究では、環境・エネルギー分野において期待されているガスハイドレートのうち、CO_2やCH_4が他種のゲスト分子と一緒に包接されるガスハイドレートを対象とし、ケージ内でのゲスト分子の分布状態、分子数を決定するための測定、解析手法を確立することを第一の目標とし、確立した方法に基づき、水分子で囲まれた結晶中のナノスペースでのガス分子と水分子との相互作用を理解し、ガスの貯蔵メカニズムを明らかにする。

今年度は、低温粉末 X 線回折測定により、炭化水素分子を包接するガスハイドレート試料の粉末 X 線回折による精密構造解析を実施した。直接空間法で導出された初期データに基づき、炭化水素分子のケージ占有率、および、ゲスト分子のケージ内での分布を明らかにした。この結果が、分子動力学法による計算結果とも良い一致が得らることが確認された。

また、低温型位相コントラスト X 線 CT 測定に関し、共に水分子で構成されるガスハイドレートと氷とが複雑に混在するような試料でも、内部構造撮影が可能な条件が明らかとなった。さらに、同 X 線 CT 測定の結果から算出される結晶の密度は、粉末 X 線回折法による解析結果ともよく一致している。従って、この最適条件に従った測定を行うことにより、従来の同一試料内のみでの密度比較ではなく、異なる試料の非破壊測定の結果に基づく密度比較が可能となった。

ここで用いた計測手法は、結晶構造および状態変化の定量的評価技術として有効で、ますます重要性の増す軽元素材料の計測・分析手法として有効である。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］X 線構造解析、位相コントラスト X 線イメージング、包接化合物

［研 究 題 目］テラヘルツ領域での先駆的な円二色性・光学活性計測手法の構築と検出への挑戦

［研究代表者］田中　真人
（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］田中　真人、黒田　隆之助、平　義隆
（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

本研究は近年飛躍的に進展するテラヘルツ領域における分光技術分野において、いまだ開発が進んでいない円二色性・光学活性のような円偏光を用いた分光手法の先駆的な構築を目的とするものである。上記計測手法の確立によって、特にセキュリティや医療・バイオテクノロジーなどの分野の発展に大きく寄与できる。本課題では強い円二色性強度を示すと予想される螺旋構造を持つ物質や重要性の高い模擬麻薬物質などを試料として世界初の計測に挑戦する。

本年度はまずテラヘルツ領域において偏光を制御させるシステムならびにその偏光度を計測するシステムの構築を進めた。これらはテラヘルツ領域に対応した面内回転機構を有する直線偏光子、位相子等で主に構成される。また併せて検出システムとしてショットキーダイオードならびにボックスカー積分器による高精度なパルス光強度計測システムを構築した。

このシステムを用いて、コヒーレント遷移放射から発生される高強度テラヘルツ光の偏光状態を直線偏光および円偏光状態に制御するとともに、その偏光度の観測に成功した。なお上記実験では当所で整備している S バンド小型加速器を光源として利用した。次年度は本システムを基にした円二色性・光学活性計測システムの開発をその端緒の計測を目指す。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］テラヘルツ、円二色性、光学活性、キラリティ、偏光分光、禁止薬物

［研 究 題 目］糖鎖等の超高感度構造解析を目指した真空紫外域での顕微円二色性計測装置の開発

［研究代表者］田中　真人
（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］田中　真人（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は微小量の抽出・合成しかできない糖鎖や希少タンパク質(例えばアミロイドタンパク質、膜タンパク質)など重要な生体分子の分子構造解析のための新規分析手法として、円二色性分光装置と顕微装置とを組み合わせた画期的な計測システムの開発を行うものである。計測波長領域としてタンパク質の二次構造解析に広く利用されている真空紫外領域をカバーできるシステムを構築する。本研究の遂行を将来的には円二色性計測による糖鎖や微量タンパク質の分子構造解析へとつなげていき、これら生体高分子の構造解明による各種疾病の予防や治療・製薬開発などへ貢献していきたいと考えている。

本年度は昨年度に開発した真空紫外円二色性計測システムを改良し、微小量試料を計測するための縮小光学系を組み込んだ装置の開発とその性能評価を行った。縮小光学系として反射対物レンズを組み込み、光学調整を行った結果、検出光のスポットサイズを通常の7mm 角から40×80マイクロメートル角にまで縮小化することに成功した。この縮小化光を用いても円二色性スペクトルの大きな変化は観察されなかったため、縮小光学系を用いても正確な円二色性スペクトルが計測できることを証明した。現状の計測波長領域は約150～300ナノメートル程度であり、タンパク質などの生体分子試料の構造解析に十分な波長領域をカバーできている。次年度は本装置を駆使して、希少タンパク質や糖鎖試料の円二色性計測ならびに構造解析を中心に研究を進める。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］円二色性、糖鎖、タンパク質、真空紫外線、キラリティ、構造解析、分子構造

［研 究 題 目］逆コンプトンγ線を用いた原子核共鳴蛍光散乱同位体イメージングに関する基礎的研究

［研究代表者］豊川　弘之
（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］豊川　弘之、大垣　英明、羽島　良一、早川　岳人（常勤職員1名、他3名）

［研 究 内 容］

本研究は税関や核廃棄物処理において要求されている、隠蔽された任意の物質を測定する手段として、原子核共鳴蛍光散乱（NRF）を利用した非破壊同位体イメージングについて研究を行う。当該年度においては、高エネルギー電子とレーザーの散乱によって生成した高エネルギー・準単色ガンマ線ビームを用いて NRF イメージングを試み、画像の取得に成功した。

具体的な成果としては、縦、横高さの寸法がそれぞれ30mm×30mm×10mm の鉛同位体（^{208}Pb を52.4%に濃縮したもの）を厚さ15mm の鉄の箱に隠匿し、遮蔽体中に隠された核物質を模擬した供試体を製作した。同供試体に、エネルギー約5.6MeV のガンマ線ビームを照射し、^{208}Pb より放出される5.512MeV の NRF ガンマ線強度を高純度 Ge スペクトロメータによって測定した。同様の測定を、10mm 間隔で10数点繰り返し、2次元の画像を得た。また NRF ガンマ線の減衰を解析することで、深さ方向の情報を得る事に成功し、3次元画像を得た。共鳴散乱ガンマ線の測定手法に関して、GEANT4（モンテカルロ法による計算コード）の導入を行った。当該年度では、この GEANT4コードに原子核共鳴蛍光散乱のサブルーチンを付加し、^{11}B の2.12 MeV の励起レベルに対して実験並びにその再現計算を行い、ピークの再現を見た。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］ガンマ線、原子核共鳴蛍光

［研 究 題 目］格子画像の位相情報に基づく大型構造物の高精度高速全視野変位・ひずみ計測法

の開発

［研究代表者］李　志遠（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］李　志遠（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

近年、大型構造物の事故や崩落等が問題視され、非破壊で検査可能な全視野変位・ひずみ計測技術はますます重要であり、現場で直ちに対応可能な計測技術の早期開発が急務となっている。

本研究は、格子画像の位相情報を活用した革新的全視野変位・ひずみ計測手法を開発するものである。今年度では対象構造物表面の規則性模様の位相情報を有効活用した高精度高速な全視野変位・ひずみ分布を測定できる新しい計測手法の原理を確立し、以下の研究成果が得られた。

1．規則性模様を活用した変位計測法の開発

本研究では扱える格子模様を拡張し、大型構造物表面に存在する任意の規則性模様（例えば建築物の外壁タイル等）に対応できるような汎用性の高い全視野変位計測法のアルゴリズムを考案した。ここではサンプリングモアレ法の間引きと輝度補間処理より得られる複数枚の位相がシフトしたモアレ縞に対して、フーリエ変換を行う際に、従来の基本周波数成分のみならず、高次の周波数成分までを考慮することで精度の向上を図った。100mm ピッチのタイルを用いた精度確認実験では、0.1mm の精度で微小変位分布を検出することができ、本手法が大型構造物の変位分布を得るのに極めて有効な手法であることを確認した。

2．動的ひずみ計測法の開発

本研究では変位情報を示すモアレ縞と空間情報を示す元格子の両方の位相情報を同時に活用し、基準長不要な動的ひずみ計測法を確立した。その有効性についてシミュレーションより確認した。

3．変位・ひずみ計測精度の評価

様々な格子模様（矩形波形やタイル状波形等）と計測条件下（ランダムノイズ、間引き数等）に対する本開発手法の精度を評価できるシミュレータを開発した。これを用いて理論的精度を検証した。その結果、高次の周波数成分を考 慮することで、任意の規則性格子に対して計測精度を向上できる効果があることを判明した。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］大型構造物、変位ひずみ計測、モアレ縞、規則性格子、位相解析

［研 究 題 目］固体 NMR による固体酸触媒材料の酸性質の計測・評価

［研究代表者］林　繁信（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］林　繁信、治村　圭子、小島　奈津子（常勤職員1名、他2名）
［研 究 内 容］

多孔質材料における吸着、分離、触媒などの機能は、細孔やメソ孔のサイズだけではなく、その内表面の性質に大きく依存する。本研究では、多孔質材料における内表面の性質を計測・評価する技術を確立することを目的としている。機能として酸触媒機能に着目し、酸強度および酸量の計測・評価を行う。手法として固体 NMR 法を用い、酸性質を担う「水素」を直接観測するとともに、分子をプローブとして細孔やメソ孔に導入してその分子の挙動（吸着サイト及びダイナミクス）を固体 NMR 法によって詳細に観測することにより、内表面の性質を評価する。細孔もしくはメソ孔を持つ物質としては、ゼオライトやその類縁化合物、メソポーラス物質を取り上げる。

今年度は、分子をプローブとして細孔もしくはメソ孔に導入し、その分子の挙動（吸着サイト及びダイナミクス）を固体 NMR 法によって観測した。プローブ分子として、リン（P）を含む塩基性有機化合物、トリメチルホスフィンオキシド（TMPO）を用いて、多孔質材料の内表面の酸性質を調べることを試みた。^{31}P は天然存在比100%であり、NMR において比較的感度の高い核種である。また、化学シフト範囲も広い。従来から用いられてきた溶媒を用いた方法（溶媒法）と我々が提案した気相法によりプローブ分子を導入して、TMPO の吸着状態を固体 NMR 法により調べた。溶媒法では多孔質材料によって溶媒が残留したが、気相法では溶媒の影響をなくすことができた。また、気相法では、プローブ分子の導入温度を上げることによってより均一に導入することができた。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］固体 NMR、固体酸触媒、酸性質、計測・評価、多孔質材料、プローブ分子

［研 究 題 目］水晶振動子型水素漏洩検知器の屋外使用のための温度・湿度補正法に関する研究

［研究代表者］鈴木　淳（計測フロンティア研究部門）
［研究担当者］鈴木　淳（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

温度変化をより高速かつ敏感に観測するため、水晶振動子に何もカバーを付けない状態の測定子を用いた水晶摩擦圧力計を用いて計測を行った。この水晶摩擦圧力計及び隔膜圧力計の測定子、温湿度センサを恒温恒湿器中に設置し、湿度一定の条件下で温度を変えて測定を行った。湿度一定下で温度を10～60℃の範囲で変えると水晶摩擦圧力計の指示値は温度の増加と共に変化した。一方別途測定した水晶振動子の共振周波数は湿度一定の測定条件では温度と良い相関があることからこの共振周波数を温度のモニターとして用い、温度補正が可能であると考えられる。この方法では指示値表示のための計算の過程にこの共振周波数の情報を加えることによって温度の代替として利用し、温度校正が可能であるが、今年度に

おいてはその組み込みが間に合わなかったため、その代替として Q ゲージの温度依存性を線型関数でフィッティングすることにより校正する方法について検討した。

温度校正は湿度一定条件での Q ゲージ指示値の温度依存性の結果を用いて行った。Q ゲージ指示値の温度依存性は15～50℃の範囲ではほぼ2次関数か3次関数でフィッティングでき、これらのフィッティング関数から、温度変化による Q ゲージ指示値の変化を求めることができる。そこでこの温度変化による Q ゲージ指示値の変化量を相殺することによっての温度校正を行い、その効果について水素漏洩検知の観点から評価した。その結果15～50℃の温度範囲での温度依存性の実験結果では水素濃度換算最大5.0vol.%の差異があるが、温度校正によってそれぞれ2.4vol.%、1.6vol.%の差異にまで抑制することができ、この方法での温度校正が有効なことが示された。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］水素エネルギー（製造･吸蔵･貯蔵等）、水素濃度計測、水素漏洩検知、燃料電池、次世代自動車

［研 究 題 目］化学分離を必要としない迅速な放射性ストロンチウムの絶対測定法の研究

［研究代表者］海野　泰裕（計測標準研究部門）

［研究担当者］海野　泰裕（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究課題では、放射性セシウムとの混在状態にある試料中の放射性ストロンチウムの測定法を開発することを目標としている。既存技術では、前述の測定は複雑な化学分離操作を必要としており、また放射化学平衡に達するまでの時間が2週間程度かかることから、一般的な検査において速やかに測定結果を示すことが困難である。そこで、(1)$4\pi\beta$–©同時測定による全ベータ線放出率の絶対測定、(2)ベータ線・ガンマ線同時検出条件によるセシウム134・セシウム137の分離測定、(3)全ベータ線放出率からセシウム134・セシウム137の寄与分を差し引く、という原理により純ベータ線核種である放射性ストロンチウムを測定する手法を開発した。研究期間（平成24年度～平成25年度）において、測定原理を実証し、本測定法による測定能力を明らかにすることを計画している。平成24年度は、(a) 試作機により測定原理を実証し、(b) 次年度に最適な測定器を設計するために、放射性核種からのベータ線・ガンマ線の放出を模擬して測定器の感度を計算するプログラムを開発した。この過程において、本測定手法における重要パラメータであるベータ線検出特性を詳細に調べている。一方で、ここで開発されたプログラムは、一般的なガンマ線スペクトロメトリによる放射能測定における補正値（試料内での自己吸収、セシウム134のサムコインシデンス効果）を算出するために使用できる。これらの研究成果は、国際学会1件、国内学会・研究会5件で発表した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］放射能測定、放射性ストロンチウム、化学分離、福島第一原子力発電所事故、絶対測定

［研 究 題 目］ジョセフソン効果と量子ホール効果を基準とした熱力学温度測定技術の開発

［研究代表者］浦野　千春（計測標準研究部門）

［研究担当者］浦野　千春、丸山　道隆、金子　晋久、大江　武彦、堂前　篤志、福山　康弘、山澤　一彰、丹波　純、山田　隆宏（常勤職員9名）

［研 究 内 容］

2011年10月に行われた第24回国際度量衡総会の決議で、国際単位系SIの熱力学温度の単位ケルビンの定義は、基礎物理定数であるボルツマン定数を基にした定義となる方向性となった。現行の定義と改訂後の定義との不一致が最小限となるよう、現在多くの研究機関で各種の熱力学温度計を使用し、現在の熱力学温度の定義からボルツマン定数を精密に測定するための研究が進められている。我々のグループでは抵抗器の熱雑音から熱力学温度を求める、所謂ジョンソンノイズサーモメトリー（JNT）によってボルツマン定数の精密測定を行う技術の開発に取り組んでいる。

平成24年度は、ジョセフソン任意波形発生器が生成する量子電圧雑音信号を基準として水の3重点に置かれた抵抗温度計の熱雑音を測定するシステムの作製をひととおり完了した。当初、量子電圧雑音のスペクトル強度が周波数の増加とともに増大するという致命的な問題が発生していたが、7月頃には解決した。その後、不要信号の低減により、年末には定常運転に入ることができた。年度末の時点で不確かさは目標値である7 ppm の10倍程度であった。この結果は3月にドイツで開催された CCT ミーティングで報告した。現在、測定を進めながら不要信号の除去等、不確かさ改善のためのチューニングに取り組んでいる。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］SI 単位、ボルツマン定数、熱雑音、ナイキストの定理、ジョセフソン効果、量子ホール効果

［研 究 題 目］二次元ダークフリンジ法による球体直径測定原理開発とアボガドロ定数精密決定への応用

［研究代表者］倉本　直樹（計測標準研究部門）

［研究担当者］倉本　直樹、藤井　賢一、藤本　弘之、早稲田　篤、水島　茂喜、東　康史（常勤職員6名）。

［研 究 内 容］

アボガドロ定数は重要な基礎物理定数であり、シリコン単結晶の密度、モル質量、格子定数の測定から求められる。近年、質量の単位であるキログラムの基礎物理定数による再定義のために、非常に高精度なアボガドロ定数測定が求められている。アボガドロ定数測定高精度化においては、密度測定のためのシリコン単結晶球体体積測定高精度化が支配的な役割を果たす。そこで本研究では、１．新たな球体直径測定原理（二次元ダークフリンジ法）に基づく、シリコン単結晶球体体積高精度測定用レーザ干渉計の開発、２．アボガドロ定数の世界最高精度（2×10^{-8}）での決定、を目的とする。

この目的のために以下の研究開発を平成24年度に実施した。

１．二次元ダークフリンジ法による球体直径測定原理開発および光学部品の最適化

二次元ダークフリンジ法開発に必要な高速度カメラの仕様を検討し、干渉縞を高速度かつ低ノイズで撮像可能な特殊ウェッジ角ガラス基板を備えるカメラを購入した。また、新たな干渉縞解析法を開発した場合の球体体積測定高精度化およびアボガドロ定数決定への影響をまとめ、精密電磁気計測国際会議（CPEM2012）で発表した。また、球体体積測定の理論的解析に関する論文を英文誌 Metrologia で発表した。

２．アボガドロ定数決定に必要な各測定の精度検証

平成26年度に実施予定の^{28}Si 単結晶球体の体積測定、質量測定、表面分析及び格子定数均一性評価に備え、各測定の精度検証を行った。格子定数均一性評価については測定精度の向上のため複合屈折レンズシステムを導入し、精度評価の概要を高エネルギー加速器研究機構物質構造研究所サイエンスフェスタ第30回フォトンファクトリーシンポジウムで発表した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］基礎物理定数、アボガドロ定数、光周波数制御

［研 究 題 目］振動子による二種混合気体の粘性計測

［研究代表者］黒河　明（計測標準研究部門）

［研究担当者］黒河　明（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

気体中で振動する水晶振動子センサの共振周波数（Fo）・共振インピーダンス（Zo）が、その気体の粘性（η）・気体の平均分子量（M）・圧力（P）と相関があることを利用し、Fo や Zo の測定を行って気体粘性を測定する手法の開発を行った。この計測手法の特徴は、被測定気体の圧力変動の影響を受けることなく粘性を計測することができることにある。これまでに圧力（P）を別途測定すると気体の平均分子量も計測できることを明らかとし、これにより気体の粘性（η）と平均分子量（M）の同時計測を可能とした。本年度は、幅広い圧力範囲にわたって精度よく測定ができるようにするため、下記の研究を行った。

１．振動子センサの安定性を阻害する要因調査：

大気中に長期保管したセンサは、固有振動数が次第に低下する傾向があることがわかった。Au 保護層のピンホールからの酸化機構が推定されていたが、さらに各種表面分析を実施し、センサの表面組成や深さ方向の解析を行って酸素暴露の影響を調べた。その結果 Cr が表面に析出していること、表面の Cr が酸化していること、Au 層にも Cr が存在することがわかった。耐酸化性を向上させるため、センサ表面に耐酸化保護膜を形成した。その評価手法を開発した。

２．気体粘性計測装置のセンサ温度の安定化向上：

これまで真空付近と大気圧付近ではセンサの温度制御精度が異なっていた。センサ部の熱伝導を考慮した計測部を開発した。被測定気体の圧力が大気圧から真空まで変化してもセンサ温度が一定に維持されるようになり高精度計測が可能となった。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］気体、粘性計測、振動子

［研 究 題 目］新たな放射能絶対測定法を用いた PET 装置の定量性向上に関する研究

［研究代表者］佐藤　泰（計測標準研究部門）

［研究担当者］佐藤　泰（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

陽電子放出断層撮影装置（以下、PET）は、定量性の高い画像診断装置および分子イメージング装置として考えられているが、相対測定を行っているので、定量性の精度が不十分なままである。また、PET 装置、ウェルカウンタ、核医学用電離箱のクロスキャリブレーションの定量性の精度も不十分なままである。

本年度では、クロスキャリブレーションの定量精度向上のため、新たに考案したクロスキャリブレーション用溶液線源に適用できる放射能絶対測定手法である、反復計算を用いる TDCR 法を、トリチウムの放射能絶対測定に適用した。その結果、本方法においては、トリチウムから放出されるβ線のエネルギー分布を文献値から参照し、これに基づき、検出効率を反復計算により求め、標準線源に依らない放射能絶対値が得られることを確認した。この手法により放射能絶対値をもちいた、クロスキャリブレーションが可能になると考えられる。

また、PET 装置校正に適用可能な点線源を製作する装置として、揮発性のある放射性物質を含む放射性溶液を原料とし、吸着ガスを流入できる装置が付いていると共に、放射性ガスモニタを放射性ガス吸着槽のガス出入り口それぞれに設置した気体循環装置のついた密閉容器をもち、この密閉容器内で点線源及び点線源の構成部分を製造することのできる点線源製造装置を新たに考案し、特許出願を行うことができた。これに加え、DOI-PET

装置や市販 PET 装置での放射能絶対測定に関する検討を行い、適用可能であることを確認した。

本研究開発をさらに進めることにより、既存装置を含めた全ての PET 装置、ウェルカウンタ、核医学用電離箱の測定の定量性が向上でき、核医学研究、生物科学研究における計測基盤の向上にも資することができると期待される。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］放射線、シミュレーション工学、PET、放射能絶対測定、定量性

［研 究 題 目］**ポルフィリン類化合物の X 線増感作用に関する基礎的研究（平成23年度繰越）**

［研究代表者］高橋　淳子（計測標準研究部門）

［研究担当者］高橋　淳子、三澤　雅樹、岩橋　均（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

これまでに、濃度（数μg/ml）のプロトポルフィリンと数グレイの X 線照射処理により、光照射とは異なる活性酸素種が発生することを見いだした。また、培養細胞のコロニー形成能評価により細胞増殖能の阻害が促進され、さらに、マイクロアレイを用いた遺伝子発現解析によりリボソーム構成タンパク質の遺伝子群の発現が特異的に抑制されることから、ポルフィリン類化合物の X 線増感作用が確認された。ポルフィリン誘導体は腫瘍細胞親和性を有し光線力学的治療において既に臨床応用されており、放射線療法において増感効果が得られれば、深部低被曝悪性腫瘍の治療法として臨床に用いることが可能となる。

本年度は増感効果を検証の為に、担癌動物の X 線増感効果の評価の際に得られた腫瘍について、遺伝子発現解析を行った。X 線照射単独と増感剤を使用して X 線照射した場合では、明らかに遺伝子発現パターンが異なることから、X 線単独とは異なる作用機序により増感効果が生じている可能性が示唆された。今後はさらに詳細な遺伝子発現解析より増感作用機序の解明を行う。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］放射線療法、X 線増感剤、ポルフィリン、遺伝子発現解析

［研 究 題 目］**ポルフィリン類化合物の X 線増感作用に関する基礎的研究**

［研究代表者］高橋　淳子（計測標準研究部門）

［研究担当者］高橋　淳子、岩橋　均（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

これまでに、濃度（数μg/ml）のプロトポルフィリンと数グレイの X 線照射処理により、光照射とは異なる活性酸素種が発生することを見いだした。また、培養細胞のコロニー形成能評価により細胞増殖能の阻害が促進され、さらに、マイクロアレイを用いた遺伝子発現解析によりリボソーム構成タンパク質の遺伝子群の発現が特異的に抑制されることから、ポルフィリン類化合物の X 線増感作用が確認された。ポルフィリン誘導体は腫瘍細胞親和性を有し光線力学的治療において既に臨床応用されており、放射線療法において増感効果が得られれば、深部低被曝悪性腫瘍の治療法として臨床に用いることが可能となる。

平成24年度は、平成22年度－23年度に行った、ポルフィリン類化合物の選択、および担癌動物実験の結果を基に、X 線励起によるポルフィリン類化合物増感法の最適化および性能評価を行った。X 線照射時の増感作用は、X 線単独の効果とのバランスによるものであり、増感剤の投与経路、作用濃度等により異なる。そこで in vivo におけるポルフィリンの腫瘍蓄積濃度の検討を行ったところ、局所投与では投与後24時間でも、投与無しの場合に比べて高濃度にポルフィリンが蓄積されるのが確認された。また増感剤投与後に10Gy の X 線照射を行い、3ヶ月後および6ヶ月後に X 線照射部位の病理標本を用いた病理学的観察により長期毒性の可能性の検討を行ったところ、顕著な毒性は見られなかった。急性毒性については前年度の評価により顕著な毒性がみられていない。これらの結果および、X 線増感治療法は治療に用いる可能性が示唆された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］放射線療法、X 線増感剤、ポルフィリン、遺伝子発現解析

［研 究 題 目］**超伝導、常伝導ハイブリッド構造を持つ単電子トランジスタによる電流標準の研究**

［研究代表者］中村　秀司（計測標準研究部門）

［研究担当者］中村　秀司（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、超伝導／絶縁体／常伝導／絶縁体／超伝導（SINIS）接合構造をもつ単電子トランジスタを用いて直流電流標準を実現することである。電流値を正確に測定することは、構造の微細化が進み微小な電流を測定することが求められる現在のエレクトロニクスにおいては必須な技術である。これまでの電流標準は、ジョセフソン電圧標準および量子ホール抵抗標準を用いて間接的に実現されてきたが、本研究では、SINIS 接合構造を持つ単電子トランジスタを用いることにより直接的に電流の標準を実現し、実現した単電子トランジスタを並列に組み合わせることで、ナノテクノロジーなどにおいて重要性が増している数 pA～数 nA の電流標準の確立を目指している。本年度は、超伝導／絶縁体／常伝導／絶縁体／超伝導構造を持つ単電子トランジスタを作製し、単電子ポンプを行うことによって数 fA～百 pA の電流を生成することに成功した。生成電流の温度依存性

を調べることで、生成電流の不確かさの要因の一つが外部雑音による電子温度の増加であることを突き止めた。この外部雑音を取り除くため、高周波フィルタを自作し、電子温度を下げることで不確かさを低減することに成功した。また駆動した単電子トランジスタを並列に組み合わせ、同時に駆動することで電流の増幅を行った。その結果、数百 pA の電流を単電子ポンプで生成することに成功した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］電流標準、単電子トランジスタ、微小超伝導接合

［研 究 題 目］高速クラスターイオン照射による非線形的2次イオン強度増大効果の解明

［研究代表者］平田　浩一（計測標準研究部門）

［研究担当者］平田　浩一（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

平成24年度は、2次イオン強度に及ぼす単原子とクラスターイオン照射の比較測定を中心に追加実験を行い、これまでの実験結果と合わせて、成果のまとめを行った。

その結果、高速クラスターイオン照射による2次イオン生成では、次のような特徴があることがわかった。単原子およびクラスター炭素イオン（0.5 MeV/原子-C_1 および C_4、(0.1～0.5 MeV/原子-C_8)）、C_8とほぼ同じ質量である単原子 Mo 重イオン（4～14 MeV）をポリチロシン薄膜に照射した際に放出された当試料表面の化学構造分析に有用な2次イオン種の量を例とすると、(1)1次イオンを同速度で照射しても、クラスター数が増加すると入射原子当たりに生成する2次イオン量が増加する、(2)同種のクラスター照射に関して、入射エネルギーの増加により2次イオン量が増加する、(3) C_8照射では、同じ入射エネルギーの Mo と比較して2次イオン強度が数倍程度高く、また、数分の1程度の入射エネルギーで Mo と同程度の2次イオン強度を得ることができる、(4)クラスターイオン照射では、単原子炭素イオン照射時に観測される試料表面の帯電による負2イオン強度の急激な減少が観測されない、である。

(1)～(3)は、高速クラスター1次イオンが高感度な有機材料分析に有用であることを示し、(2)は、その高い2次イオン強度には電子的エネルギー付与が大きく影響することを示唆している。さらに、(4)は、クラスター1次イオンでは、試料表面の帯電が抑制され、2次イオンが安定的に放出されていることを示している。このように、高速クラスター1次イオンでは、高い電子的エネルギー付与に加えて、帯電の抑制により、安定的に高い2次イオンを得ることができる。この高速クラスターの優位性は上記条件に限られたものではなく、C_{60}イオン照射等でも観測された。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］クラスター、2次イオン分析

［研 究 題 目］低熱雑音光共振器を用いた超安定化レーザーの開発

［研究代表者］保坂　一元（計測標準研究部門）

［研究担当者］保坂　一元、稲場　肇、渡部　謙一（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

本研究では、光格子時計における時計遷移励起用レーザの線幅狭窄化実証のため、熱雑音の極めて少ない新型光共振器を用いた超安定化レーザの開発を目指す。

光共振器における熱雑音の影響を抑制するためには、長い共振器が有効であるが、この場合、実験室の振動の影響を大きく受け、レーザの短期周波数安定度が光共振器の変形によって制限される可能性がある。この問題を解決するために、できるだけ剛性が高く、室温付近で熱膨張が小さな材料が望まれる。

我々は、低熱膨張セラミックをスペーサーに用いた光共振器を作製し、セラミックの熱的特性を詳細に調べた。この結果、このセラミックは熱膨張係数が0になる温度（zero crossing temperature ： ZCT）が、16.4(1)℃に存在すること。また、ZCT 近傍で温度変化に対する熱膨張係数の変化が、低熱膨張ガラス（ultralow expansion glass: ULE glass）に比べて約5倍大きいことが分かった。このセラミックは、高い剛性を備え、熱膨張が比較的小さいことから、熱雑音軽減を目的とした長い光共振器に極めて有望な材料であることが明らかになった。

共振器長の長いセラミック光共振器が垂直方向の加速度を受けた時、鏡中心の共振器軸方向の変位を有限要素法により計算し、その影響を見積もった。この結果、セラミック光共振器の垂直加速度に対する感度は、ULE ガラス光共振器のそれと比べて、約半分であることが分かった。セラミックスペーサー（長さ0.6 m、直径0.2 m）を用いた場合の、振動に対する周波数変化の感度は、13.6 kHz/（g mm）と見積もられ、この値は十分に小さいことが分かった。（光共振器の振動に対する感度に関して、これまで報告された値の中で最小のものと同程度である。）このセラミックをスペーサーに用いて、ブラウン運動の効果を抑制し、熱雑音を低減した次世代光共振器が可能になると考えられる。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］光格子時計、光共振器、超安定化レーザ

［研 究 題 目］MEMS 式熱量計によるナノ粒子の比熱測定と低次元系比熱理論への実験的アプローチ

［研究代表者］阿部　陽香（計測標準研究部門）

［研究担当者］阿部　陽香（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）技術を用いた断熱型熱量計を開発し、ナノ粒

子等の直接的な微小熱容量測定を実現することにより、低次元系における物質の熱的性質を明らかにすることである。平成24年度は、これまで研究されている MEMS 式センサの調査研究を基に、MEMS 式熱量計に適した温度センサ、ヒータ、サーモパイルなどの形状・構造の検討を行い、熱量計の設計に着手した。また、断熱制御に必要な PID 制御をソフトウェア方式にすると共に、リアルタイム自動制御可能な比熱容量計測システムの整備を進めた。

さらに今年度は、示差走査法によるバルク、薄膜、微粒子の比熱測定を実施した。対象試料と標準物質との比較測定により熱容量を算出する示差走査法は、比熱の簡便な測定法として広く用いられている。この方法による薄膜、微粒子等の比熱測定を検証することは、今後、本研究を進めるにあたり有用な情報となる。今回は、モリブデンのバルク、薄膜（厚さ383 nm）、微粒子（粒径＜100 μm）を用いて、同条件下での測定を行なった。結果より、バルクでの測定と比較して、薄膜、微粒子での測定のばらつきは非常に大きく、従来の汎用的な測定法では評価が難しいことが明らかとなった。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］比熱容量、微粒子、MEMS、熱量計

［研 究 題 目］イッテルビウム光格子時計における青方魔法波長の探索

［研究代表者］安田　正美（計測標準研究部門）

［研究担当者］安田　正美、赤松　大輔（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究では、イッテルビウム（Yb）光格子時計のさらなる不確かさ低減のために、Yb 原子の青方離調魔法波長を探索することを目的とする。魔法波長とは、時計遷移周波数に対する最大の摂動要因であるドップラーシフトを抑制するために原子を空間的に強く束縛しながらも、それに対する1次光シフトの影響をキャンセルできる光格子レーザ波長のことである。従来の赤方光格子とは逆に、正に離調をとる青方光格子の場合には、原子は光電場強度がゼロの点に捕獲されるため、従来の魔法波長では除去できない高次光シフトによる不確かさを低減できる。

本年度は、時計レーザ周波数を時計遷移に安定化し、さらに、光格子レーザ周波数を光周波数コムに安定化する等の改善を施したのち、^{171}Yb 光格子時計の絶対周波数測定に成功した。相対不確かさは、3.9×10^{-15}であり、これは2009年の測定不確かさの14分の1と大幅に改善できた。この測定結果は、国際度量衡委員会傘下の時間周波数諮問委員会に報告され、米国 NIST での測定結果とも合わせて、Yb 光格子時計は秒の2次表現に採択された。これにより、秒の再定義を目指した議論に大きく貢献することができた。さらに、本研究課題である、青方離調の光シフト用レーザ光源システム（外部共振器半導体レーザ、テーパーアンプによる光強度増幅器、第二次高調波発生用光共振器等）の開発を進めて、青色レーザ光の発生に成功した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］光格子時計、魔法波長、高次光シフト

［研 究 題 目］堆積物中ペリレンの新規指標物質としての確立と検証

［研究代表者］伊藤　信靖（計測標準研究部門）

［研究担当者］伊藤　信靖（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

多環芳香族炭化水素類の一つであるペリレンは、世界中の堆積物から普遍的に見つかっているものの、その起源は未だ不明である。そこで本研究では、高濃度にペリレンを含む琵琶湖堆積物（NMIJ CRM 7307-a）を用いて、その起源を明らかにする事を目的とした。

平成23年度の成果から、琵琶湖堆積物中に含まれる高濃度ペリレンの起源は菌根菌の一種である *Cenococcumgeophilum*（*Cg*）の菌核粒子に由来するものと考えられた。その一方で、ペリレンを高濃度に含む *Cg* の菌核粒子断片には、新鮮な菌核粒子に特徴的なアルミニウムがほとんど検出されず、その代わりにけい素が検出された。このため H24年度は、ペリレン含有断片に含まれるけい素の起源推定と構造推定を行った。

電子顕微鏡観察と H23年度の結果から、菌核粒子自身が当初から構造中に含んでいる微量のけい素が断片中けい素の起源であり、堆積物中での続成過程においても断片形状を維持するのに大きな役割を果たしているものと考えられた。また、この断片は白色光下では大部分が透明であり、有意な結晶構造も認められなかった。これらのことから、この断片中に含まれているけい素はオパール状ではなく、石英ガラス状であるものと考えられた。この構造により、ペリレンは堆積物中で長期間にわたって保存されているものと推察された。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］ペリレン、堆積物、起源、琵琶湖、蛍光顕微鏡、走査型電子顕微鏡

［研 究 題 目］新規シス／トランス異性体分離法の開発とそれを利用したトランス脂肪酸の高精度分析

［研究代表者］稲垣　真輔（計測標準研究部門）

［研究担当者］稲垣　真輔（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

ガスクロマトグラフィー（GC）による脂肪酸の分析の際には、現在、メチルエステル化による誘導体化が圧倒的に使用されている。しかしながら、この方法では検出器として化学構造の同定能力に優れる質量分析計（MS）を用いても、不飽和脂肪酸の二重結合の位置ま

でを特定することは困難である。そこで、メチルエステル化に替わる誘導体化法で構造・幾何異性体のGCによる分離に優れかつMSによる構造の同定にも寄与する方法の開発、さらには食品中の脂肪酸の精確で迅速な分析法の開発に取り組んだ。

得られた結果としては、研究代表者がこれまでに開発したESI-MS測定において感度および同定能力を向上させるための誘導体化法を用いたところ、得られた誘導体の揮発性の問題から測定の際にカラム温度をその限界付近まで上昇させねばならないことが明らかとなり、良好な分離を得るという観点からはさほど効果的ではなかった。一方で、ジメチルオキサゾリン化を適用したところ、誘導体化反応に長時間要することや異性体間の分離度がやや減少するといった欠点はあるものの、MSによる構造同定が容易であり、カラム温度の問題は生じないことが確認された。引き続き、同法の改良に取り組みたい。

また、カラムの液相として、現在よく使用されているシアノプロピルポリシロキサンに加え、高極性イオン液体もまた有効であることを見出すことができた。さらには、高速GCを活用することやオンカラム誘導体化試薬を組み合わせて用いることにより、食品中に含まれるトランス脂肪酸分析の公定法（AOCS法や基準油脂分析試験法など）のハイスループット化について一定の成果を得ることが可能であった。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］食品分析、脂肪酸、ガスクロマトグラフ、誘導体化、幾何異性体（シス-トランス異性体）

［研 究 題 目］ナノ粒子の細胞内取り込み挙動解析を可能とする単一ナノ粒子計測システムの開発

［研究代表者］稲垣　和三（計測標準研究部門）

［研究担当者］稲垣　和三、藤井　紳一郎、宮下　振一、高津　章子（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

本研究では、我が国における産業及び医療分野における機能性ナノ粒子の開発競争力強化に資することを目的として、金属含有ナノ粒子の細胞内取り込み及び溶解性評価を可能とする単一ナノ粒子計測システムを新規開発している。研究初年度であるH24年度は、細胞内単一ナノ粒子計測システムを具現化するため、①高時間分解計測（時間分解<1 ms）を可能とする検出システムの構築、②細胞直接導入インターフェースの大幅改良による適用細胞サイズ範囲の拡張を実施した。

① 高時間分解計測を可能とする検出システムの構築

過去のエアロゾル分解時間に関する研究から、ナノ粒子のプラズマ内分解を捕らえるには、時間分解<1 msが必要だが、汎用装置では時間分解10 msでの測定が限界であった。本研究では、装置メーカー協力のもと、パルスカウンティングユニットを用いた直接信号読み込みシステムを構築し、検出器からのパルスシグナルを直接読み込むことで時間分解50 μsの計測を可能とした。本システムを用いることで、細胞及びナノ粒子から短時間に生成するイオンを高感度に検出することに成功した。

② 細胞直接導入インターフェースの大幅改良による適用細胞サイズ範囲の拡張

既開発の細胞直接導入インターフェースでは、噴霧液滴の平均粒子径（<3 μm）未満の大きさの細胞しか導入することができなかった。また、その導入効率も30%程度であった。本研究では、細胞直接導入インターフェースのネブライザー形状の改良及び気化室部分の再設計により、平均粒度3 μm前後の細胞のみならず平均粒度10 μmの細胞でもプラズマへの100%導入を可能とした。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］細胞、ナノ粒子、多元素計測

［研 究 題 目］先端光源を融合した超高分解能赤外分子分光計の開発

［研究代表者］佐々田　博之（慶應義塾大学）

［研究担当者］稲場　肇、洪　鋒雷、保坂　一元（計測標準研究部門）（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

波長3 μm帯には、吸収強度の大きなNH、CH、OHなどの水素化物の吸収があり、この波長域の高分解能高精度分光研究は分子の基礎科学に大きく貢献している。また、その遷移周波数は分子種毎に異なり、非破壊で遠隔検知が可能であり、分析化学、大気化学、天文学、医療まで様々な科学技術分野に応用されている。波長3 μm帯の分光計測には通常フーリエ変換赤外分光法（FTIR）が使われ、そのスペクトル分解能は約100 MHzである。一方、レーザを用いるとこれより高い分解能が得られるので、FTIRでは重なって観察されていた吸収線が分離され、スペクトルの同定や微弱な分子内相互作用を知ることができる。本研究の目的は、高効率な波長変換デバイスである光導波路型PPLN、および光周波数の高精度な物差しである光周波数コム（光コム）の2つの光源技術と、光共振器吸収セルによる高分解能・高感度検出技術を融合させることにより、従来のフーリエ変換赤外分光法をはるかに凌ぐスペクトル分解能10 kHzをもつ波長3 μm帯の分光計を開発することである。さらに、試作した装置を環境分野におけるアイソトープ分子種存在比の定量計測に応用し、装置開発にフィードバックするとともに、装置の有効性・実用性等について評価、実証する。

本年度は、波長1.5 μm帯用の高安定光共振器に半導体レーザを安定化した。レーザ光を共振器に結合させ、

昨年度製作した光コムを用いて既存の高安定レーザとのビート信号を観察し、周波数安定度、および線幅を測定した。その結果、平均時間1秒において1～1.5×10^{-14}の周波数安定度を得た。また、この方法を用いて、光格子中の Yb 原子の分光実験を行い、約20 Hz の線幅観察に成功した。これは光コムが少なくとも20 Hz の絶対線幅を持つことを意味し、本課題目標である10 kHz に余裕を持って対応できるものである。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］光周波数コム、分子分光、分子分光計、スペクトル分解能、スペクトル線幅、波長3 μm 帯

［研 究 題 目］**高安定光共振器による光周波数コムの絶対線幅狭窄化**

［研究代表者］稲場　肇（計測標準研究部門）

［研究担当者］稲場　肇、保坂　一元、洪　鋒雷（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

（光コム）は、従来世界最先端のグループが大プロジェクトを決行して、それでも限られた期間しか行えなかった「光の周波数を測ること」を、定常的に行える技術に変えた画期的なものである。これにより光周波数での時間標準（光時計）が現実味を帯び、現在熾烈な研究競争が繰り広げられている。この光時計では、高安定共振器に安定化された線幅1 Hz 級の連続発振（CW）レーザ、いわゆる狭線幅化レーザが時計遷移の観察に必要である。一般的には、時計遷移波長に相当する波長用の高安定共振器が一種類の光時計に一つ必要である。

本研究の目標の一つは、高安定共振器に安定化された狭線幅化レーザ（波長1064 nm）を基準レーザとして用いて、光コムを介して Yb 光格子時計の時計遷移波長である578 nm に線幅を転送して時計遷移を観察することである。この技術により、高安定共振器が一つあれば可視～近赤外全ての波長域で狭線幅化レーザを実現できるようになる。もう一つの目標は、高安定共振器に安定化された狭線幅化 CW レーザを省略し、光コムを光共振器に直接安定化することである。CW レーザを省略することでより線幅伝達の経路が短くなり、我々の開発した高速制御型光コムがもともと低雑音であること、および制御帯域が1 MHz を超え、他のレーザでは実現することが難しいほど高速であることと相まって、信頼性の飛躍的な向上、および高安定光共振器の安定性のより忠実な光コムへの伝達による性能向上が期待できる。

今年度は、まず波長1535 nm の CW レーザ（半導体レーザ：LD）を高安定光共振器に安定化し、レーザ光を共振器に結合させた。次に、既存の高速制御型光コムを用い、既存の高安定レーザ（波長1064 nm）とのビート信号を観察し、周波数安定度、および線幅を測定した。その結果周波数安定度として、1秒平均において1～1.5×10^{-14}@1 s、そして10 Hz 以下の線幅を得た。またこの方法を用いて、光格子中の Yb 原子の分光実験を行い、約20 Hz の線幅観察に成功した。これは本課題の目標の一つである。

また、もう一つの目標である CW レーザを用いない、光コムの共振器への直接安定化のため、オフセット周波数をゼロにするための周波数シフター（AOM）を用意し、LD からのレーザ光を AOM を介して共振器に結合させる光学系を構築した。光コムの繰り返し周波数（約46 MHz）は高安定光共振器の縦モード間隔（約1978 MHz）の43分の1となっており、

光コムを共振器に導入するための準備が完了した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］光周波数コム、高安定光共振器、狭線幅レーザ、線幅1 Hz 級レーザ

［研 究 題 目］**環境動態解析のためのハロゲン化ナフタレン分析法の高度化**

［研究代表者］羽成　修康（計測標準研究部門）

［研究担当者］羽成　修康（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究の目標は、一から八塩素化体の同族体を有する塩素化ナフタレン（PCN）の全75異性体について、二次元ガスクロマトグラフ質量分析計（GC×GC/MS）を用いて詳細な分離分析を実施することである。当該年度は、昨年度実施困難であった二から四塩素化体の異性体に関して得られた詳細な分離分析結果を解析し、異性体分離・定性情報を確定すること、及び PCN 分析条件を臭素化ナフタレン（PBN）へ拡張することであった。二塩素化体及び四塩素化体では、昨年度決定した一次元目に光学異性体分割カラム（中極性）、二次元目に高極性カラムを組み合わせた分析条件を若干変更することで、詳細分離を実現し、また当該異性体の定性も可能となった。この結果により、三塩素化体を除く異性体に関しては、これまで分離が困難であったダイオキシン類似の毒性値を持つ五塩素化体の異性体#52/60、六塩素化体の異性体#64/68、#66/67及び#71/72の分離に成功したことだけでなく、発生源特定のための指標として用いられる、市販製剤の主成分である二塩素化体の異性体#5/6及び#7/11/12、四塩素化体の異性体#33/34/37及び#43/45の異性体組成を明確にできたため、リスク評価の高精度化、及びこれまでの発生源特定に関する報告結果の精査や発生源特定の高度化にも繋がった。また本手法では、精密質量数が近接している安定同位体標識体（いわゆるラベル体）四塩素化 PCN と二臭素化 PBN の溶出位置が大きく異なり、相互に妨害物質にならなかったことを確認できたため、GC×GC/MS はより高精度な PCN/PBN 一斉分析が可能な手法の一つであると考えられた。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］有害化学物質、環境分析、異性体分離、二次元ガスクロマトグラフ質量分析計

［研究題目］常温下熱機械変位方式高速高感度光パワー標準器の開発
［研究代表者］雨宮　邦招（計測標準研究部門）
［研究担当者］雨宮　邦招（常勤職員1名）
［研究内容］

先端光計測や光応用分野で用いられる受光素子は、広い波長域に渡る分光量子効率の高精度な定量が求められている。分光量子効率の基準器として用いられる電力置換方式熱型検出器は SI 単位にトレーサブルな高確度光パワー計測が可能だが、従来の熱電変換型温度検出方式では応答時定数が数十秒と長すぎる点、及び光吸収部が任意波長で一様な吸収率を保証しきれていない点等により、所望の波長域での網羅的測定に不向きだった。これを克服すべく、熱型光パワー測定器のセンサ部に高速応答と高感度を両立できる機械的変位検出方式を採用し、また超低反射率と波長感度一様性を保証した光吸収体を実現・実装して、国家標準レベルの高確度かつ常温で高速読取可能な光パワー標準器の開発を目指した。

熱型標準器の高速高感度化方式の評価と選定：

熱型光パワー標準器の温度センサ部に採用する機械的変位検出方式について、有限要素法による数値解析などを元に応答感度、応答速度を評価し、その最適化設計の探索を行った。温度上昇に伴う機械的変位発生法としては、性能や製作・オペレーションの難易度も加味して、熱膨張率の異なる2種類の材料を貼り合わせたバイメタル方式を主に検討した。機械変位検出に特有のノイズや電力置換の等価性も含めて評価した結果、有感面積5 mm 角を有する並進変位の MEMS 構造で、従来器よりも応答感度・応答速度とも1桁以上の性能向上が見込まれる体系を見出した。一方、微小変位の検出法として当初想定していた光てこ技術は、並進変位の検出には必ずしも適切ではないため、ファブリペロ干渉計方式の変位計測法を採用することとし、必要な測定系の整備に着手した。

波長感度一様性の高い光吸収体の原理検討：

NiP ウルトラブラックの超低反射率および波長感度一様性の原理解明を目指し、これまでの文献で公表されている表面構造や光吸収層のサイズ、黒化層の組成の情報を元に、FDTD 法による光の伝播のシミュレーションを行った。その結果、光吸収体表面のピット構造のサイズ、アスペクト比、吸収層厚、基板材料、光入射角が反射率に影響を与えることがわかり、実験的に得られた反射率データを説明できる構造の存在を明らかにした。また、可視から近赤外に渡っての波長感度一様性を保証するための評価法についても提案した。本内容は論文として Applied Optics 誌に投稿し、受理・掲載された。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］光カロリーメータ、光吸収体、レーザパワー、計測標準

［研究題目］双方向波長多重信号による長距離光ファイバの位相安定化技術の研究
［研究代表者］雨宮　正樹（計測標準研究部門）
［研究担当者］鈴山　智也、渡部　謙一（常勤職員3名）
［研究内容］

同期用の高精度タイミング信号はサイエンス、産業等の多岐の分野において必要であり、光ファイバによる高安定な供給が期待されている。課題は光ファイバ周囲の温度変動等による位相変動を抑圧させることである。このため位相制御用信号を一心の光ファイバに双方向に異なる波長で伝送させることにより、光ファイバの位相変動量を送信側で検出し、高精度に位相制御する方法の検討を行った。試作した位相補償装置の性能評価の結果を以下に示す。本装置は微調用ファイバストレッチャーと粗調用ファイバスプールの組み合わせにより光ファイバ長の位相変動を補償する構成である。ピエゾ式ファイバストレッチャーによる位相補償の性能評価は、短尺ファイバと高速信号（10 GHz）を用いて平均時間1日でアラン標準偏差1e−19の安定度が得られ目標とした長期安定性が得られた。次に長距離光ファイバの位相補償に必要な粗調用ファイバスプール位相補償装置の作成とその性能評価を実施した。本装置は断熱化した小型のチャンバ内に設置したファイバスプールをペルチェ素子で温度制御して位相を制御する。10 MHz の位相制御用信号と位相制御用の40 km ファイバスプールを用いた実験結果は、温度を−4℃～46℃の範囲で変化させることにより、出力位相を75 ns 変化させることに成功した。実際に敷設された伝送路長100 km の光ファイバ最大位相変動量は約50 ns であったため、実験で得られた75 ns の位相補償量は長距離光ファイバの変動に十分対応できるものであることが確かめられた。このファイバスプール補償装置による位相制御実験の結果は、平均化時間10,000 s で1e−15と良好であった。また本研究の最終目的であるファイバ長固定化システム（＝プラットフォーム）の評価に向けた試作を開始した。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］計測工学、情報通信工学、クロック伝送、タイミング信号、同期技術、周波数安定度

［研究題目］液中分散ナノカーボン材料の分散安定化機構の解明
［研究代表者］加藤　晴久（計測標準研究部門）
［研究担当者］加藤　晴久（常勤職員1名）
［研究内容］

安定な液中分散ナノ材料を作製するには、界面活性剤

や錯体分子を分散剤として利用した液中で均一且つ安定化させる方法が有効である。このとき高効率且つ最適な分散剤添加量を決定するためには、定量的な分散剤吸着量の計測評価と分散安定化機構の解明が必須である。本研究では、とくに水中での分散が困難で会合性が高いナノカーボンに焦点を当て、材料分散安定性に対するナノカーボンへの分散剤吸着量の相違・ナノカーボン／分散剤会合体の構造変化の関係を評価することを目的とした。H24FY では CNT に焦点をあて分散剤としては高分子分散剤ならびに低分子分散剤を用いて分散検討を実施した。高分子分散剤としては牛血清由来タンパク質（BSA）等、低分子分散剤としては Tween80等を用いて分散を実施した。各分散剤での分散では超音波分散時間、超音波パワー等の最適条件を検討し、粒径変動ならびに光散乱強度変化から分散性評価を実施した。カーボンナノチューブの分散剤による表面電位の違いについてはゼータ電位を用いた検討した。結果、安定的に分散された分散液のゼータ電位値は、分散剤にかかわらずその絶対値は小さく、安定性は粒子間の静電反発相互作用ではなく、立体反発相互作用等がかかわっていることがDLVO 理論より解明された。さらに PFG-NMR による自由ならびに束縛分散剤の拡散挙動を評価し、各分散剤の分散液中の挙動の違いについて検討している。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］ナノ材料、粒径、ゼータ電位、拡散係数

［研 究 題 目］R32を基本成分とする低 GWP 混合冷媒の新たな熱力学モデル

［研究代表者］赤坂　亮（九州産業大学）

［研究担当者］粥川　洋平（計測標準研究部門）
（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

冷凍空調分野においては、地球温暖化への寄与と、可燃性や毒性、化学的な安定性、サイクルに対する熱力学的な適性といった諸条件を満たす代替冷媒の実用化が近年の課題となっている。そこで本研究では炭化水素よりも可燃性が低く、他のハイドロフルオロカーボン（HFC）よりも地球温暖化係数（GWP）が低い R32に着目し、この冷媒を含む混合冷媒の冷凍空調機器への適性を目的とし、プロパン・イソブタン等の炭化水素、R1234yf・R1234ze（E）等のオレフィン系冷媒等と R32との2成分系混合冷媒に関する熱力学性質を実験的に求め、ヘルムホルツ自由エネルギーの混合測に用いるパラメータを決定することにより、それぞれの混合系の熱力学性質を計算可能な数値モデルを開発することが目標である。

初年度である平成24年度は、小型の気液平衡性質測定装置を作成し、R32+R1234ze（Z）および R32+R134a 系の気液平衡性質に関する予備データを取得した。また、R32を含む混合冷媒の実測値情報を収集し、データベース化を行い、R32と R1234yf や R1234ze（E）のような低 GWP 冷媒との混合冷媒に対する混合モデルを検討した。これらの混合物は気液平衡の実測値以外にも、信頼性が高い臨界点のデータが公表されており、本研究においては、臨界定数の値も用いた新たなの最適化手法を開発した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］混合冷媒、R32、状態方程式、気液平衡性質

［研 究 題 目］生体マトリックス中タンパク質の高精度、高感度定量法の開発

［研究代表者］絹見　朋也（計測標準研究部門）

［研究担当者］絹見　朋也、中島　芳浩
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究課題は、血清など生体マトリックス中の特定のタンパク質を、高い選択性をもって高精度かつ高感度に定量する手法の開発を目的とする。定量対象とするタンパク質の配列にアミノ酸点変異を導入した組換体タンパク質を内標準として用い、プロテアーゼ消化によって得られた試料由来および内標準由来ペプチド（標的ペプチド）を LC-MS/MS により比較定量する方法である。定量に用いるペプチドにアミノ酸点変異が入るよう内標準を設計し、アミノ酸変異による質量差を利用して、同位体希釈法と同様に試料由来ペプチドと内標準由来ペプチドを区別する。従って同位体希釈質量分析法と同等の感度と精度が期待できる。本課題では、血清中低濃度 C 反応性タンパク質（CRP）や血清中成長ホルモンなど臨床化学の分野に重要なタンパク質の精密定量に応用する。

24年度は、血清中の C－反応性タンパク質（CRP）定量のための内標準となる点変異を導入した CRP の調製、および血清から CRP の精製およびプロテアーゼ消化と LC-MS/MS の測定条件を検討した。

1．変異導入 CRP は、ヒスチジンタグまたはシャペロンとの融合タンパク質、およびヒスチジンタグのみを付した組換体として得ることができた。

2．変異導入 CRP のトリプシン消化物を LC-MS/MS により解析し、変異を導入したアミノ酸を含むペプチドが十分な感度で測定できることを確認した。また、プロテアーゼ消化ののちに LC-MS/MS により CRP 由来の目的のペプチドを検出することができた。これにより、血清中 CRP および血清に添加した内標準 CRP に由来するペプチドの相対比測定が可能となった。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］タンパク質、質量分析、定量分析、臨床化学

［研 究 題 目］超電導放射線検出器を用いた新しいバイオマス度測定装置の開発
［研究代表者］佐藤　泰（計測標準研究部門）
［研究担当者］佐藤　泰、福田　大治（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

地球温暖化防止に向けて、温室効果ガスの削減が推進されているところであるが、この一環として、バイオマス燃料やバイオマスプラスチック等の利用促進が行われている。これらのバイオマス製品を人々が安心して利用し、不正品の流通を抑制して、温室効果ガス削減を達成するには、製品のバイオマス成分の混合比（バイオマス度）を検証することが必要である。本研究開発では、従来法と異なる新しい測定手法により、製品のバイオマス度を、比較的安価な装置で高精度に測定できるようにすることを目的としている。これにより、人々が安心してバイオマス製品を利用できる基盤を確立できる。

本年度においては、バイオマス測定用超電導転移端放射線検出器の設計を行った。EGS5MPI モンテカルロコードを用いて、バイオプラスチックと接続したバイオマス測定用超電導転移端放射線検出器について、これらに対する C-14から放出されるβ線の挙動をシミュレーションするプログラムを作成し、これらに付与されるエネルギーを計算した。その結果、本検出器は C-14をほぼ100%の検出効率で、測定できることが確認できた。また、バイオマスプラスチックの中にカーボンナノチューブを混合することによる、β線検出における本検出法の時間応答特性の向上について検討を開始した。

これに加え、バイオマス測定用超電導転移端放射線検出器によるバイオプラスチックのバイオマス度測定のために必要な、低温環境構築のための冷凍機の整備を行うとともに、試験用超電導転移端放射線検出器の整備を行った。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］バイオマス、超電導放射線検出器、β線、シミュレーション工学、EGS5MPI

［研 究 題 目］陽電子寿命測定法を用いた構造物の疲労検査装置の開発
［研究代表者］山脇　正人（計測標準研究部門）
［研究担当者］山脇　正人（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

陽電子寿命測定法は転位等の原子欠陥レベルの超微細空孔の高感度検出が可能であり、材料の分析研究に用いられている。近年インフラの劣化が問題視されており、構造物の安全性が求められている。例えばショットピーニング加工という金属材料に鋼球を打ち付け材料表面を硬化させる技術では、破壊寿命を最大600倍にできるといわれている。しかし、現場でショットピーニング加工をおこなう場合、加工品質は作業者の技術等に依存してしまうため、ショットピーニングの加工性を保証する手段が必要である。そこで今回、構造物の“その場”測定が可能なアンチコインシデンスを用いたノイズキャンセル方式による陽電子寿命測定技術を用い、ポータブル型のアンチコインシデンスシステムを開発し、陽電子寿命測定システムの性能評価を行った。

アンチコインシデンスによるノイズキャンセル方式による陽電子寿命測定法を行う場合、陽電子検出器を遮光する必要がある。そこで今回 Na-22線源の密封材に、Ti 泊を用いた密封線源を試作し、陽電子検出器の遮光を行った。システム性能を評価したところ、ノイズとなる長寿命成分が1%程度観察された。このノイズ成分はアンチコインシデンスによるノイズキャンセルで弁別しきれていない、シンチレータ由来の寿命成分であると考えられる。今後、測定性能を向上させるとともに、この1%のノイズの影響について計算評価により、フィッティング方法の検討を行う。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］陽電子寿命測定、非破壊検査、その場測定、金属疲労、金属材料

［研 究 題 目］光滞在時間の長い光 FP 共振器の新しい制御信号取得とその応用
［研究代表者］三代木　伸二（東京大学）
［研究担当者］三代木　伸二、寺田　聡一（計測標準研究部門）、内山　隆、大橋　正健（常勤職員1名、他3名）
［研 究 内 容］

本研究は、次世代重力波望遠鏡の光学的構成要素である、フィネス1500程度の長さ3～4キロメートルという、非常に長い光滞在時間を持つ Fabry-Perot 共振器を、Pound-Drever-Hall 法によって得た線形信号を利用し、かつ構成する鏡に直接に力を加えて位置制御することで共振制御する際の、その非共振状態から共振状態への導入自体の困難さ（Lock Acquire 問題）の克服を、同じ Pound-Drever-Hall 法に基づきながら、既知の常識的な変調周波数設定・復調位相を全く違う条件に設定するなどにより、その Lock Acquire 問題の原因の一つであると考えられる「線型信号領域の狭さ」が大幅に拡大できることを理論的に考案したことを実際に実験で実証し、Lock Acquire 問題を改善する。

理論的考察に於いて、本研究で用いる位相変調周波数の偶数の高調波の周波数で復調した信号を加算することで、更なる線形信号領域の拡大が可能であることが判明している。しかしながら、高調波の周波数での復調信号は S/N が良くないため、本研究での実証実験では、基本波の周波数で復調した信号のみで、Lock Acquire の線形信号領域の拡大の実験をした。

共振器として、低温レーザ干渉計重力波アンテナプロトタイプ（CLIO）のモードクリーナー（MC）と呼ばれる、基線長9.5 m、フィネス1700の三角共振器を用い

た。通常の Pound-Drever-Hall 法とは異なる、周波数で変調し、復調位相を調整することで、共振状態の線形信号領域の拡大が確認できた。また、この信号を用いて、MC を共振状態に Lock Acquire することが出来た。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］共振器、線形信号、高周波

［研 究 題 目］音波と電磁波を用いた気体の複数物性同時計測装置の開発

［研究代表者］狩野　祐也（計測標準研究部門）

［研究担当者］狩野　祐也（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

気体試料の多重物性計測装置の開発を目指して、無酸素銅製の内径24 mm、長さ50 mm の円筒型キャビティを製作し、音波および電磁波共鳴測定システムを構築した。音波共鳴測定用としてコンデンサ型マイクロホンを用い、円筒型キャビティ両端のフランジ中心部にキャビティ内壁と同一面となるように取り付けた。また、電磁波共鳴測定用として銅製セミリジッドケーブルを加工したアンテナを用い、フランジ中心部から8 mm ほどずらした所にキャビティ内壁と同一面となるように取り付けた。音波共鳴は周波数1～30 kHz の範囲で周波数応答アナライザにより測定し、電磁波共鳴は周波数1～20 GHz の範囲でネットワークアナライザにより測定した。それぞれの振幅・位相差のベクトルデータを理論共鳴曲線に非線形フィッティングすることで、音波および電磁波の共鳴周波数と半値幅（Q 値）を求めた。

開発した多重物性計測装置による各物性測定の検証を行うため、物性がよく知られているアルゴンを用いて実験を行った。温度範囲は15～35℃、圧力範囲は0～500 kPa で測定を行った。真空状態での電磁波共鳴測定の結果から、各温度における円筒型キャビティの内径および長さを求めた。サンプルを充填して測定された音波共鳴周波数から音速を、電磁波共鳴周波数から誘電率をそれぞれ求めた。得られた測定結果と従来の報告値を比較したところ、音速について0.02%、誘電率について0.001%以内で良好に一致した。

さらに、異なる音波共鳴モードの半値幅測定から、粘性および熱伝導率の導出を試みた。しかし、モード間での半値幅測定値のばらつきが予想以上に大きく、精度の高い輸送性質の導出は困難であった。これは、キャビティの振動など予測困難な音波エネルギーロスに起因しているものと考えられる。比較的ばらつきの小さい特定のモードのみを用いて粘性および熱伝導率を求めたところ、10%以内で従来の報告値と一致する結果が得られた。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］音波、電磁波、マイクロ波、共鳴、音速、粘性、熱伝導率、誘電率

［研 究 題 目］常磁性物質定量用新規一次標準分析法の開発

［研究代表者］松本　信洋（計測標準研究部門）

［研究担当者］松本　信洋（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

一次標準分析法は、物質量が認証値である様々な認証標準物質の開発に用いられている。一次標準分析法の一種である一次標準直接法は、物質量の標準物質を参照する事なく試料の濃度等を直接定量できる分析法である。しかしながら、現在、国際度量衡委員会物質量諮問委員会が承認している一次標準直接法は、重量分析法・電量滴定法・凝固点降下法の3種類のみである。将来の一次標準直接法の候補となる新規定量分析法の実現を目的として、本研究における定量分析法の原理をキュリーの法則に基づいて導いた。そして、その原理の妥当性確認を超伝導量子干渉計（SQUID）、および、質量比混合法により調製した酸化ガドリニウム（Gd_2O_3）と酸化ケイ素の混合粉末を用いる事により実施した。妥当性確認の前に、国際単位系（SI）へのトレーサビリティが確保された NMR 磁場測定器、白金抵抗温度計、磁気モーメント標準物質を用いて、市販の SQUID の試料空間における磁場・温度および検出される磁気モーメント値のチェックを実施し、磁場・温度・磁気モーメント値の補正値・不確かさを求めた。その後に実施した妥当性確認では、Gd_2O_3分析濃度と調製濃度の差が10%となった。さらに、分子磁界による磁気モーメント間の相互作用が考慮されたキュリー・ワイスの法則から導いた原理に基づいて分析を行った結果、分析濃度と調製濃度の差は約2%まで縮小した。分析濃度の拡張不確かさは約2%であり、その不確かさを考慮すると分析濃度と調製濃度の差がほぼ一致している結果が得られた。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］化学計量、分析化学、磁気分析

［研 究 題 目］多層型マンガンバスによる中性子放出率の絶対測定法の開発

［研究代表者］松本　哲郎（計測標準研究部門）

［研究担当者］松本　哲郎（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

多くの放射性同位元素による Cf-252や^{241}Am-Be 中性子線源は、水分計や非破壊検査などさまざまな産業、工業分野で利用されている。中性子線源は、現場の安全やコンプライアンスの観点からも管理が求められている。その一つの指標が中性子放出率（単位時間当たりの中性子放出数）であるが、従来中性子放出率の絶対測定には、大規模な装置を必要としていた。本研究では、マンガン含有金属と水素を含有したポリエチレンを多層状に廃止した構造の多層型マンガンバス検出器の提案をした。検出器の中心に中性子線源をセットする。線源からの中性子は、検出器中水素により減速され、金属中のマンガン

が^{55}Mn(n, γ)^{56}Mn 反応で放射化して得られるガンマ線を測定することにより、中性子放出率を求めるものである。マンガン含有金属として、大同特殊鋼社製のスターサイレントを用いた。この材料は、約70%がマンガンであり、ステンレスや鉄と同じような加工が可能な材料である。全体の大きさは30 cm×30 cm×30 cm であり、移動も可能である。また、検出器の設計にあたり、MCNP モンテカルロコードを利用し、検出効率や検出器からの漏えい中性子割合の評価を行った。本研究は、3か年計画で実施され、本年度はその1年目である、次年度、産総研中性子照射場において測定を行い、計算との比較から詳細な特性評価を行う予定である。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］中性子放出率、マンガン、中性子線源

［研 究 題 目］高出力レーザ用イメージングパワーメータの実現に向けたイメージセンサ校正技術の開発

［研究代表者］沼田　孝之（計測標準研究部門）

［研究担当者］沼田　孝之（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

高出力半導体レーザや高パワー伝送用マルチモードファイバなど、高次の横モードを持つレーザ光源の産業利用が急速に進んでいる。これらの分野ではビームプロファイルの制御が生産技術の高度化や製品性能の向上に不可欠であり、ビーム断面内の局所的なパワーの値やパワー密度値に対する信頼性の高い評価技術が求められている。本研究では、このような計測ニーズに対応するため、CCD 等の二次元格子型光検出器（イメージセンサ）に着目し、これをレーザパワー測定に適用するための評価・校正技術の開発を目的としている。特に、高いパワー密度と可干渉性を特徴とするレーザ光の測定を想定したイメージセンサ応答度評価技術と、入射ビームの精密減衰技術の確立が課題である。本年度は、イメージセンサ表面近傍を走査し画素レベルの局所領域における光検出特性と応答度評価を行うための光ファイバ型標準光源の構築に取り組み、波長1.1 μm のレーザ光源を用いた光ファイバ導入部の開発と光源の安定性評価を行った。また、光減衰器について減衰特性の数値シミュレーションを行いつつ実機の設計を進めた。これらの進捗について、1件の国際会議発表を申請した。次年度は、上記ファイバ型標準光源の走査システムを構築し、イメージセンサに対する応答度評価を進めるとともに、光減衰器を試作し特性評価を行って高出力レーザへの適用を試みる。また既存の標準との比較校正により、イメージセンサを用いたレーザパワー測定の精度を検証する。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］レーザ標準、レーザパワー、パワー密度、CCD、CMOS、イメージセンサ、ビームプロファイラ

［研 究 題 目］デュアル光格子時計を用いた、黒体放射の影響を受けない合成時計周波数の実証

［研究代表者］赤松　大輔（計測標準研究部門）

［研究担当者］赤松　大輔（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、二つの光格子時計に周波数安定化されたレーザを用い光周波数コムを周波数安定化することで黒体放射の影響の受けない合成時計周波数の存在を実証することを目的としている。そのためには Sr 光格子時計と Yb 光格子時計を同一真空槽中で実現する必要がある。そこで、1年目は Yb 光格子時計と両立可能な Sr 光格子時計を立ち上げることに注力した。完成した Sr 光格子時計の性能を評価するために、時計遷移を分光し絶対周波数計測を行った。

本研究の肝となる技術の一つに「線幅転送」による時計レーザの開発が挙げられる。これは本来2年目以降の研究で遂行する予定であったが、一年前倒しし開発する事に成功した。具体的には、高い Q 値を持つ光共振器により線幅狭窄化された1064 nm の Nd:YAG レーザの線幅を周波数基準として高速制御可能な光周波数コムを安定化し、その光周波数コムに対して698nm の半導体レーザを位相同期する事で半導体レーザの線幅を狭窄化した。

Yb 光格子時計のための光源開発については、一次冷却光源用レーザの基本波である798 nm のレーザ及びテイパードアンプ（TA）の製作を行った。また第二次高調波発生に必要な光共振器の設計を行った。また、光格子時計用759 nm のレーザ及び TA の製作も終了し、Yb 光格子時計に必要な光源の製作が終了した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］光格子時計、黒体放射、光周波数コム

［研 究 題 目］微細射出機構による高粘度マイクロカプセル生成システムの開発

［研究代表者］青山　尚之（電気通信大学）

［研究担当者］大田　明博（計測標準研究部門）
（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、同軸の多層ガラスピペット内にさまざまな高粘度液体または微小固体を充填し、それらを極細ロッドで精密に押し出しながら、直径が100 μm 以下のマイクロカプセルを生成させる方法を提案し、その特性や性能および応用を実験的に検証することを目的としている。

産総研における研究分担は、直動機構の高速駆動時の振動特性の計測と減衰性能の向上である。同軸式微細射出機構は極細ガラスピペットと極細タングステンロッドで構成されているが、基礎実験で、その極細タングステンロッドの押し出し速度やその振動もカプセル生成の再現性に大きく影響することが判明した。したがって、高

粘性液体が付着した状態でタングスタンロッドの速度変動や振動挙動を解析・計測する必要があることから、レーザドップラ振動計を用いて、タングステンロッドの微小振動を計測し、その特性評価を行った。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］マイクロカプセル、高粘度液体、極微小射出、直動機構、振動

［研 究 題 目］極微弱 LED の全光子束測定技術の開発

［研究代表者］丹羽　一樹（計測標準研究部門）

［研究担当者］丹羽　一樹（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

マイクロプレートリーダ、あるいは発光イメージング装置の精度管理、あるいは校正に用いられる2π放射 LED 微弱光源の開発が進められている。本研究では、この光源の分光全放射束の測定を目的としている。

本年度は前年度に整備を完了させた極微弱 LED 用積分球式分光計測装置を用いて、分光全光子束の測定と不確かさの評価を行い、2π幾何条件の極微弱 LED 光源の実測定を実施した。

測定装置の分光感度校正は500W 分光放射束標準電球を使用、光源の2π幾何条件補正係数、CCD 検出器感度の直線性、測定の繰返し再現性などの評価を行い、測定の不確かさを±18%（k=2）と見積り、極微弱 LED 光源の分光全光子束の測定が可能となった。特に重要な CCD 感度直線性評価に関しては、標準電球の積分球入射窓前に設置する可変アパーチャの面積を精密に評価し、積分球に入射させる光パワーレベルを変化させ、それに併せて露光時間も変化させ、種々設定における測定データを比較することで、実際の測定条件において CCD 感度に顕著な非直線性が認められないことを確認した。

プレート型極微弱 LED 光源については共同研究者である中谷氏が開発しており、試作品が完成したが、発光強度が弱いために充分なシグナルが得られなかった。そこで本年度はチューブタイプの光源と、ATTO 社より発売された微弱 LED プレート光源である TRIANT を対象として、分光全光子束および分光全放射束を測定した。

また、本測定の妥当性確認と活用促進を目的として、ホタル生物発光反応の量子収率測定実験を行い、発光反応特性と量子収率の関連性などの知見を得ることが出来た。更に汎用型発光分光測定装置（スペクトロメータ）の波長感度校正に LED 光源あるいは発光反応溶液を用いるための実証に必要なデータ収集まで実施した。

以上の研究成果に関して、国際生物発光化学発光学会（6月、カナダ・ゲルフ市）等での成果発表を行った。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］分光放射計測、積分球、LED、バイオアッセイ

［研 究 題 目］治療用高エネルギー電子線の絶対線量計の開発

［研究代表者］田中　隆宏（計測標準研究部門）

［研究担当者］田中　隆宏（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

放射線治療の効果は、照射された領域の吸収線量に比例する。そのため、吸収線量の精度が放射線治療の成否を決める重要な因子となる。本研究の目的は、治療用放射線の中でも飛程の短い電子線の吸収線量を絶対測定できる線量計（薄入射面グラファイトカロリメータ）を開発することである。

本線量計は、物質（グラファイト）の放射線吸収による上昇温度測定をベースにしている。本線量計は、検出器と温度制御・測定器に大別され、本年度は、検出器の設計及び開発を行った。

検出器内の吸収体が電子線を吸収して上昇する温度は数 mK であり、1%程度の不確かさで測定するためには μK オーダーの温度制御と計測が必須となる。そのため、mPa のオーダーの高真空下に吸収体を置く必要がある。しかし、通常の真空槽は金属製であるため、飛程の短い電子線に対して透過率が低く、電子線を吸収体に到達させることが困難となる。そこで、高密度グラファイトを約50μm の厚さで蒸着させたグラファイトを使った真空槽を設計し、電子線に対する透過性と真空保持性（気体に対する低透過率）の両立を図った。

その結果、最薄部のグラファイトの厚さ（吸収体と検出器表面間距離）が約5 mm（治療用電子線が十分透過できる厚さ）の真空槽を開発し、真空断熱に必要な mPa オーダーまで減圧することを確認した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］カロリメータ、治療用電子線、水吸収線量

［研 究 題 目］配列特異的な核酸分子の高精度定量技術の開発

［研究代表者］藤井　紳一郎（計測標準研究部門）

［研究担当者］藤井　紳一郎（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

臨床検査や食品検査などで DNA や RNA を対象とした定量分析が求められるなか、定量値の信頼性確保のために、対象となる塩基配列のみを高精度に定量する技術開発が急務である。本研究では、分光学的手法や PCR 法といった相対比較法ではなく、塩基配列情報を維持した高分子の核酸分子を直接定量する絶対的な定量手法を開発することを目的とする。

本年度は、次の3つの課題を設定し、以下のように実施した。課題①として、内標準用核酸の分子量および配列評価による純度検定を行い、内標準核酸として用いるメチル化修飾オリゴヌクレオチドまたは1塩基脱離オリゴヌクレオチドの合成および安定同位体標識核酸の合成

を検討した。純度検定方法としては、高速液体クロマトグラフィ（HPLC）やキャピラリーゲル電気泳動（CGE）法を適用し、モノマー核酸を含め、本提案で対象とする数十塩基の核酸を十分に含む分子量範囲で分離分析を実現した。内標準核酸としては、メチル化修飾部位および修飾数を変化させたオリゴヌクレオチドを複数選定し、合成を検討した。また、安定同位体標識核酸の合成も検討し、モノマーについて分析を行った。これらについても HPLC や CGE を用いた同様の分離分析を実現した。課題②として、限外濾過等の各種前処理法の実施による定量値への影響評価を実施した。核酸由来、非核酸由来の夾雑物について前処理による精製を検討し、前処理中に夾雑物として含む可能性のある物質についても確認した。適合する複数種の核酸精製手法を比較し、分光学的手法および質量分析法を用いて核酸定量および回収率を評価した。課題③として、質量分析装置による多価イオン解析による目的配列の定量に関する装置準備を行った。具体的には、低濃度の核酸分離装置としてナノフロー型高速液体クロマトグラフを用いるが、当該装置と質量分析装置を接続するマスステージを新たに構築し、両装置の接続を試みた。核酸の定量評価を行うために、既存の質量分析装置および分離装置を当該ステージで接続し、稼働条件検討を行った。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］核酸定量、配列特異的、質量分析

［研 究 題 目］キャビテーション発生量の定量計測技術の開発

［研究代表者］内田　武吉（計測標準研究部門）

［研究担当者］内田　武吉、菊池　恒男
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

高出力水中超音波に付随して発生するキャビテーションは、多くの分野で利用されている。代表的な例として、半導体などの精密部品の洗浄にキャビテーションが応用されている。また、医用分野では、キャビテーションを利用したがん治療などの研究が行われており、一定の成果を得ている。一方、キャビテーションは、超音波照射対象を破壊する作用も有するため、安全性や効率の観点から、キャビテーション発生量を計測・制御する技術が求められている。そこで本研究では、キャビテーション由来の信号である broadband noise を利用したキャビテーション発生量の計測技術開発を行っている。今年度は、broadband noise の測定に用いるキャビテーションセンサの空間分解能の向上を検討した。キャビテーションセンサ内側のポリフッ化ビニリデンのサイズを、従来の30 mm から2 mm にすることにより、高分解能化を図った。試作した新型センサの空間分解能をパルスエコー法により評価した結果、従来型より空間分解能が向上していることが確認できた。また、新型センサを用いて水槽内のキャビテーション発生分布を測定した結果、これまでより正確にキャビテーション発生分布を測定できることを確認した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］キャビテーション、水中超音波、キャビテーションセンサ、超音波洗浄、ソノケミストリ

［研 究 題 目］分光立体映像再生のための超広帯域ヘテロダイン干渉計の開発

［研究代表者］吉森　久（岩手大学）

［研究担当者］平井　亜紀子（計測標準研究部門）、吉森　久、小原　正樹、橋本　哲弥
（常勤職員1名、他3名）

［研 究 内 容］

多色物体から伝搬した光波のパッシヴ干渉計測に基づいて物体の3次元立体形状情報（3D 情報）と分光情報を同時に得るパッシヴ干渉計測法を開発し、これまでに多色で広がりのある物体の測定に成功している。この方法を一般の物体へ適用し実用化を目指す場合、データ量、信号対雑音比に課題がある。これらを解決するため、単一光センサを利用する改良型2光波折り畳み干渉計の着想を得、超広帯域ヘテロダイン変調技術との融合システムを考案した。改良型2光波折り畳み干渉光学計と、多色光にも適用可能な超広帯域ヘテロダイン変調干渉光学計を融合することにより、分光立体映像再生のための超広帯域ヘテロダイン計測システムを開発する。

平成24年度は、従来の2光波折り畳み干渉計を改良することにより、分光立体映像取得に必要な双曲面型体積インターフェログラムを高い信号対雑音比でヘテロダイン検出できる可能性があることを、模擬実験により確認し、この体積インターフェログラムから分光立体映像が再生できることを理論的・実験的に示した。試作した改良型2光波折り畳み干渉光学計は、現時点で収差が大きく、原因の究明を続けている。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］形状情報、分光情報、パッシヴ計測、広帯域光干渉計、ヘテロダイン干渉計

［研 究 題 目］フィードバック型広帯域干渉計による位相・群屈折率分散計測システムの開発

［研究代表者］平井　亜紀子（計測標準研究部門）

［研究担当者］平井　亜紀子（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

光科学、光学産業の多くの分野で、光学材料の屈折率やその波長依存性（分散）の正確な情報が必要とされているが、10^{-5}から10^{-6}オーダーで値の信頼性が確保できる測定技術は少なく、また、これまではレーザや輝線スペクトルのような離散的な単一波長における屈折率の値しか直接精密測定できなかった。本研究では、白色

LED のようなブロードバンド光源を用い、バリアブルパス（光路長可変）干渉法と分光器、光路長補償系を組み合わせることにより、光学材料の位相屈折率分散および群屈折率分散を精密に直接計測する手法を開発する。

平成24年度は、前年度に設計した、群屈折率分散と位相屈折率分散の両方を測定することができる光学系を構築した。また、目標とする屈折率の測定精度を達成するために重要な装置の性能を評価した。

群屈折率分散測定では、光路長変化用のステージが静止した状態でチャネルドスペクトルを取得する。位相屈折率分散測定では、光路長変化用のステージを移動させながら時間変化する干渉縞を取得する。よって、長距離移動ステージの静止性能および移動速度の安定性が重要である。平成23年度に長距離移動ステージの仕様を決定し発注したが、受注メーカーが要求仕様を達成できずに納品が大幅に遅れていた。メーカーへの改善依頼を行ってきたが仕様を達成できなかったため、要求仕様を緩和せざるを得なかった。ステージの制御パラメータを調整しながら、長距離移動ステージの静止性能および移動性能を評価し、できるだけ良い性能が得られるパラメータを探索した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］屈折率、分散、干渉計測、広帯域光干渉計

［研 究 題 目］光励起型原子泉方式実用セシウム原子時計の開発

［研究代表者］柳町　真也（計測標準研究部門）

［研究担当者］柳町　真也（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

現在、一次周波数標準器の主流である原子泉方式を実用原子時計に適用し、セシウム原子のラマン遷移を分光することで、現用の高安定実用原子時計（水素メーザー等）の周波数安定度を超える原子時計の実現を主目的としている。昨年度までは、NMIJ-F1を用いて予備測定を行い、D2線のラマン遷移を観測し、時計遷移の AC シュタルク効果が打ち消される条件が存在することを確認した。本年度は、これらの実験結果を元に、装置の組み立てを行った。本装置にはアルミニウム製のマイクロ波共振器を組み込み、より多様な実験を行えるよう工夫を凝らした。マイクロ波共振器の共鳴周波数は室温付近で時計周波数から±200 kHz 以内に収まった。真空度は高性能原子時計を運用するのに問題のない10^{-9}torr 台に到達することを確認した。また、相互作用領域では不要な磁場を発生する要素がないことを確認した。さらに、本体の開発と平行して原子時計を多重化する技術についても進展があった。これは、デジタルシグナルプロセシング（DSP）と離散的フーリエ変換（DFT）を用いて、既存技術より用意に多数の原子時計間の位相差を精度良く観測するものである。その相対精度は1秒の観測時間で10^{-14}台を達成し、既存技術と同等レベルにあることが確認できた。1台の実用原子時計で得られる性能が限界に差し掛かっており、本研究で得られた多重化の技術は今後の実用原子時計開発の方向性を左右する可能性を秘めている。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］マイクロ波周波数、実用原子時計、2分光ラマン遷移

［研 究 題 目］東アジアにおけるエアロゾル数濃度の空間分布とその変動要因の解明

［研究代表者］竹川　暢之（東京大学）

［研究担当者］桜井　博（計測標準研究部門）
（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

エアロゾルは大気中に浮遊する直径数 nm から10 μm 程度の微粒子であり、雲を生成する核（CCN）として作用し、その数濃度の大小が、雲生成を介して地球の放射収支に大きな影響を与える（間接効果）。間接効果はCO_2の加熱効果に匹敵する冷却効果を持つと推定されているが、その信頼性は非常に乏しく、特に、東アジアは世界最大の人為エアロゾル排出源でありながら、その数濃度分布の動態はほとんど分かっていない。本研究は、最新の大気観測装置を駆使して東アジアで航空機および地上観測を行い、エアロゾル数濃度の空間分布とその変動要因を明らかにすることを主目的として行った。産総研は、航空機に搭載した凝縮粒子計数器（CPC）の校正を東京大学と協同して行った。特に、航空機の高度とともに気圧が変化することによって、CPC の粒子検出効率がどのように変化するかを重点的に調査した。その結果、観測に用いた型の CPC に対して、気圧の低下とともに生じる検出効率の低下と最小可測粒径の増加を定量的に評価することができた。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］ナノ粒子、校正、間接効果、航空機観測

［研 究 題 目］二量化、クラスタ構成、および膜受容体細胞内輸送に関する単一分子蛍光の研究

［研究代表者］Biju Vasudevan Pillai
（健康工学研究部門）

［研究担当者］Biju Vasudevan Pillai（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、上皮増殖因子受容体（EGFR）の二量体化、クラスター形成及び細胞内輸送の分子メカニズムを明らかにすることである。蛍光標識した EGF リガンドを用いてヒト肺腺癌細胞株 H1650に過剰発現させた EGFR を活性化させ、生細胞での EGF-EGFR 複合体及びクラスター形成の様子を解析し研究を行った。初めに、ヒトリコンビナント EGF を Biotin-3-Sulfo NHS ester を用いてビオチン化し、その反応物を

sephadex-G25カラムを用いてゲル濾過にて精製した。同様の方法で抗 EGFR 抗体のビオチン化を行い、ビオチン化 EGF をストレプトアビジン標識 CdSe/ZnS 量子ドット（QD）と抱合反応させた。60%コンフルエンスまで培養した H1650細胞はリン酸緩衝液 PBS で洗浄後、0.5 nM QD-EGF 抱合体溶液を加え4℃にて反応させ、数回洗浄した。細胞の蛍光イメージングは反応直後からすぐに15分単位で観察を行った。添加直後の蛍光イメージは独立した蛍光のスポット（点）が見られ、QD-EGF-EGFR 複合体によるものだと考えられた。しかしながら、我々は添加30分後には大きなクラスター様蛍光イメージを観察した。この予備実験から、EGFR のクラスター形成が添加30分以内に起こり、その15分後にはクラスターの細胞内輸送が始まっていることが示唆される。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］上皮増殖因子受容体（EGFR)、量子ドット（QD）

［研 究 題 目］細胞機能を可視化する新奇な超分子ナノ材料の光創製
［研究代表者］Biju Vasudevan Pillai
（健康工学研究部門）
［研究担当者］Biju Vasudevan Pillai、
Edakkattuparambil Shibu
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

本研究の目的は、無毒性かつ高発光性超分子の新規ナノ粒子を開発することである。また、これらのナノ粒子については、細胞外および細胞内標識用の蛍光ラベルとしての利用を目指している。

平成24年度は、金 QCs を用いた細胞イメージングとその細胞内輸送に焦点を当て、QCs を含む超分子ナノ粒子の光加工を試みた。まず、我々は上皮増殖因子（EGF）ヤアラトスタチン（AST）のようなホルモンと金 QCs の抱合反応を行った。がん細胞に高発現する EGF 受容体（EGFR）を標的にしたラベリングを目的として、我々はヒト肺腺癌細胞株 H1650細胞に金 QCs で標識した EGF を添加し培養を行った。その結果、細胞膜上にある EGFR は金 QCs 標識 EGF によって効率よくラベルできた。続いて、我々は標識された EGF-EGFR-QCs 複合体が受容体を介したエンドサイトーシスによって細胞内に取り込まれ、細胞質に輸送されることを確認した。これらの様子は蛍光イメージングによって観察できた。また金 QCs 標識 AST 抱合体と比して、EGF 抱合体の細胞内輸送効率は格段に高かった。次に強励起レーザーを用いて、細胞内における金 QCs 抱合体を光励起した。細胞内での金 QCs の検出は、抱合体の細胞内凝集によって観察できなかった。並行して、金 QCs の単一分子を検出し、その光安定性も評価した。金 QCs は有機蛍光色素と比して4-5倍の光安定性を持つことを確認した。最後に、培養細胞を用いた細胞毒性評価によって金 QCs の生体親和性についても調べた結果、10μM レベルまでは金 QCs 抱合体による標識は細胞増殖に影響を及ぼさないことが確認された。

要約すると、新規に創製した無毒性 QCs 抱合体は、生体ラベリングやイメージング解析への応用が見込まれる。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］量子クラスター・ナノ粒子・蛍光ラベル

［研 究 題 目］不溶性セルロース分解をめざした耐熱性人工酵素創製に関する基盤研究
［研究代表者］上垣　浩一（健康工学研究部門）
［研究担当者］上垣　浩一、中村　努（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

近年、食物（トウモロコシ等）の持つ糖を利用した発酵法でのエタノール生産（バイオエタノール産生）が注目を集めている。しかし食物を利用する限り食糧問題とエネルギー生産のバランスをどう調整するかという問題が生じてくる。そこで食物と競合しない木質系バイオマス（廃材等）を利用して糖を生産することができればバイオマス利用の促進に大きな弾みをつけることができる。そのためには硬い結晶構造をもつセルロースを主成分とする木質系バイオマスを高速で分解することのできる強力な酵素セルラーゼの開発が渇望されている。研究代表者らは木質系バイオマスの酵素的分解に利用可能な有用超耐熱性セルラーゼを開発することを目標に *Pyrococcus horikoshi* 由来の超耐熱性セルラーゼの触媒ドメインと他の好熱性古細菌（*Pyrococcus furiosus*）由来の糖分解酵素キチナーゼが持つ基質吸着ドメインとの融合化を行い不溶性基質に強い活性を持たせたセルラーゼの高機能化研究を行ってきた。これまでに好熱菌由来セルラーゼ触媒ドメインにセルロース結合能を付加すべくリンカーを介して吸着ドメインを N, 末端あるいは C 末端に融合させた耐熱性人工セルラーゼを創製し、融合位置やリンカー長の最適化による活性向上効果を調べてきた。本年度は、基質吸着ドメインを多重化させてセルロース結合能をより強めた変異体を作製し多重化の効果を2種の基質に対して調べた。その結果、結晶性セルロースを基質として用いた場合、基質吸着ドメインを2個導入した変異酵素において最大の活性増加が見られ、その活性は野生型の約3倍強まで増加した。一方、リン酸膨潤セルロースを基質に用いた場合、基質吸着ドメインが1個の時に最大となり、数を増やすと逆に活性の低下が見られた。以上より吸着ドメインの多重化には基質により多重効果が異なることが明らかとなった。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］人工酵素、セルロース、バイオマス

［研 究 題 目］Wnt/Ror2シグナルと細胞応答、組織形成機構の解析
［研究代表者］大石　勲（健康工学研究部門）
［研究担当者］大石　勲（常勤職員1名）
［研 究 内 容］
目標：
Wnt シグナル伝達は生体応答に必須のシグナル伝達である。Wnt シグナルは多岐に渡る複雑なシグナル伝達系であり、受容体型チロシンキナーゼ Ror2は Wnt シグナル伝達因子の一つである。本研究では Wnt シグナル伝達機構を Ror2を中心に解析する。
研究計画：
ゼブラフィッシュを用い、Ror2をはじめとする Wnt シグナル関連分子の機能促進、抑制を中心に生体における構成要素の役割を明らかにする。
研究進捗状況：
昨年度、ゼブラフィッシュ心臓再生過程における Wnt/Ror シグナル研究を端緒として、新たにケモカイン CXCL12b と受容体 CXCR4a が心臓再生に必須の役割を担う可能性を見出した。本年度は心臓再生過程におけるケモカインシグナルの分子機構について解析すると共に、Wnt/Ror との協調の可能性について検討した。ゼブラフィッシュ心室を損傷後、CXCR4シグナル阻害下では心臓の再生が顕著に抑制された。一方、損傷後の増殖性心筋細胞数を計測したところ、野生型と CXCR4阻害個体で違いが認められず、心筋細胞増殖以外の再生過程をケモカインが制御することが示唆された。そこで、変色性蛍光分子 Kaede を心筋細胞特異的に発現し、蛍光色の違いを指標に損傷時の心筋細胞について検討したところ、CXCR4阻害個体では損傷領域への心筋細胞移動が顕著に抑制されており、ケモカインシグナルが心筋再生時の細胞移動に必須の役割を担う事が示された。一方、Wnt シグナルの抑制では心筋細胞の増殖自体が阻害され、ケモカインシグナルの抑制とは完全には合致しなかったが、両者が協調的に心臓再生過程を制御する可能性が考えられる。
［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］ゼブラフィッシュ、形態形成、組織再生、シグナル伝達

［研 究 題 目］光の波長による日中覚醒作用の心理的・神経生理的評価に関する研究
［研究代表者］岡本　洋輔（健康工学研究部門）
［研究担当者］岡本　洋輔（他1名）
［研 究 内 容］
光はその波長によって人間に与える影響が異なる。これまで、夜間における短波長光への暴露が覚醒度を向上させることが明らかにされている。一方、夜間以外の時間帯における光の波長による心理的・生理的作用については不明な点が多い。本研究課題では、日中における暴露光の波長が認知課題処理に及ぼす影響を解明するため、以下の実験を行った。
本実験では、日中において短波長光、中波長光、長波長光、または暗闇に暴露中に聴覚オドボール課題を行い、課題遂行時の脳波を計測した。刺激呈示後約300ms に生じる脳波のピーク（P300）について解析を行った。その結果、P300の振幅は、暗闇条件と比較して短波長光条件において有意に増大した。P300振幅の大きさは注意資源の量を反映すると考えられていることから、本結果は日中における短波長光暴露によって、同一課題に向けられる注意の量が増大することを示唆している。
さらに、日中において短波長光または中波長光に暴露中に作業記憶課題（聴覚スタンバーグ課題）を遂行しているときの脳磁界反応を計測した。その結果、中波長光に暴露された条件と比較して短波長光に暴露された条件において、記憶刺激群に対するアルファ波帯域の活動が有意に大きくなった。聴覚スタンバーグ課題の記憶刺激呈示時に観察されるアルファ帯域の活動は、能動的な作業記憶の保持または聴覚刺激に対する注意を反映すると考えられている。よって、本結果は、日中における短波長光への暴露によって作業記憶の保持あるいは聴覚刺激に向けられる注意が増強された可能性を示唆している。
［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］光環境、波長、覚醒度、認知処理

［研 究 題 目］海藻生長促進微生物群集の解明及び海藻と微生物共存系による水圏環境浄化に関する研究
［研究代表者］垣田　浩孝（健康工学研究部門）
［研究担当者］垣田　浩孝（常勤職員1名）
［研 究 内 容］
目標：
海藻バイオフィルターへの導入海藻の供給技術開発として本研究を行う。海藻の栄養塩吸収機能を活用した水圏健康リスク因子削減技術を進展させるために海藻付着共存微生物群集を解明し、海藻付着共存微生物群集と海藻を人工的に共存させた再構成共存系での培養により海藻収量の増加を試みる。
研究計画：
H24年度は海藻バイオフィルターへ導入可能な海藻の単藻培養株の作成、非成熟株の継続培養、天然海藻及び培養海藻の付着共存微生物の数とその検索を実施する。
研究進捗状況：
天然オゴノリ科海藻と天然海藻を滅菌海水中で室内培養した海藻（培養海藻）について付着共存微生物群集を分離・同定し、過去2回の実験結果と比較した。天然海藻の付着共存微生物群集は *Vibrio* sp.及び *Moraxella* sp.が優勢であるが、室内培養後の付着共存微生物群集は *Flavobacterium* / *Cytophaga* sp.優勢に変化することを形態・生理学的分類により解明した。この結果は過去2

回の結果と同様であり、当該海藻に特有の付着共存微生物が存在する裏付けとなった。当該海藻付着共存微生物の数種の単離株に関して16SrDNA 塩基配列をデータベースと比較し、*Flavobacterium* / *Cytophaga* sp.と相同性が高い結果を得た。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］健康リスク削減、水圏、海藻

［研 究 題 目］ムチン型糖蛋白質による微絨毛形成機構と細胞接着におよぼす機能の解析

［研究代表者］立花　宏一（健康工学研究部門）

［研究担当者］立花　宏一（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

目標：

CD43等の細胞表面ムチン型糖蛋白質による微絨毛形成のメカニズムおよび細胞接着制御機構を明らかにする。

研究計画：

CD43などの細胞表面ムチン型糖蛋白質をヒト胎児腎臓由来細胞株 HEK293T に発現させると細胞表面に微絨毛（マイクロビライ）を形成すると共に細胞の球状化を引き起こし、また、細胞接着を抑制することを発見している。CD43等ムチン型糖蛋白質の細胞接着阻害や微絨毛形成メカニズムを、機能発現に必要なドメインの決定や細胞内シグナル伝達の解析によりを明らかにする。

年度進捗状況：

本年度は造血幹細胞・前駆細胞表面に見られるムチン型糖蛋白質 CD34の機能について解析した。前年度、CD34も CD43同様 HEK293T 細胞に発現させると細胞接着抑制および微絨毛形成を引き起こす事を明らかにしていたが、本年度は内在性 CD34を発現しているヒト白血病細胞株 KG-1や CD34＋血液細胞について CD34と微絨毛・細胞形態の関係について研究を行った。これらの細胞は球状で表面に微絨毛を有し、CD34は微絨毛等の表面に局在する。さらに、ムチン型糖鎖結合蛋白質を切断する OSGEPase で細胞を処理すると、KG-1細胞の細胞接着は一部回復する。しかし、すべての細胞が接着する訳ではなく、また、接着した細胞でも球状形態・微絨毛は保たれている。これらの結果より、一度これらの細胞表面構造が形成されると、この細胞形態自体が細胞接着を阻害するのではないかと考えられる。これは細胞形態による細胞接着制御という新しい概念であり、そのメカニズム・意義について研究を行っている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］微絨毛、ムチン型糖蛋白質、細胞接着

［研 究 題 目］周期構造･高屈折率無機界面を有する高感度バイオチップの研究

［研究代表者］田和　圭子（健康工学研究部門）

［研究担当者］田和　圭子、笹川　知里（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では、マーカーの高感度検出技術（産総研：プラズモニックチップによる増強蛍光検出）とマーカー認識抗体をチップに高密度配列させる技術（東北大学：酸化亜鉛表面に特異的に結合する抗体断片を利用した抗体固定化技術）との異分野融合によって、簡単な装置および操作でマーカータンパク質の高感度検出を実現するアッセイの確立を目指した。①500nm の周期構造（ピッチ）を有し、②金属薄膜（銀）を高屈折率無機薄膜（酸化亜鉛）でコートし、③酸化亜鉛に特異的に高密度に結合する抗酸化亜鉛抗体を利用する、という特徴をもつバイオチップを用い、サンドイッチアッセイによるマーカー検出を試みた。

マーカータンパク質として、炎症性サイトカインの一つである IL - 6を選び、これらを認識するサンドイッチアッセイを構築した。まず、酸化亜鉛表面にビオチン標識抗酸化亜鉛抗体を調製し、ストレプトアビジンを仲介してビオチン標識抗 IL - 6捕獲抗体を結合した。このチップ界面で、マーカーである IL - 6を蛍光標識検出抗体で検出したところ、非特異吸着を十分に抑制することができなかったため、定量検出限界は2pM となった。ブロッキング剤として当初 BSA を用いていたが、リンス過程で、酸化亜鉛表面に吸着した BSA が酸化亜鉛とともに脱離していくと考えられたため、本研究ではブロッキング剤は使用しなかった。更なる高感度計測には、適当なブロッキング剤の検討も重要である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］バイオセンシング、プラズモン共鳴、周期構造、プラズモニックチップ、サンドイッチアッセイ、高感度検出、酸化亜鉛

［研 究 題 目］ソフト界面で修飾されたプラズモニックチップ上の高感度蛍光バイオセンシング

［研究代表者］田和　圭子（健康工学研究部門）

［研究担当者］田和　圭子（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

プラズモニックチップ（＝金属薄膜でコーティングした波長オーダーの周期構造をもつチップ）を用いた増強蛍光法によるバイオセンシングでは、表面プラズモン共鳴法（ビアコア）と比べ、5桁ほど高感度な抗原抗体反応の検出が可能である。本研究では、さらに高 S/N・高感度なマーカー検出を目指し、プラズモニックチップ上に非特異吸着を抑制するソフト界面、かつ捕獲抗体を高密度に修飾できる界面を形成し、サンドイッチアッセイによる高感度マーカー計測を目指した。

周期構造のレプリカは石英モールドを用いて光ナノインプリント法によりピッチ430nm のチップを作製し、銀薄膜（膜厚30～40nm）等をコーティングした。このプラズモニックチップの表面層のシリカ層をアミノ化した後、PEG クロスリンカーを修飾した。炎症性サイト

カイン・インターロイキン6（IL-6）の捕獲抗体をクロスリンカーで結合し、サンドイッチ法によってマーカーを認識した蛍光標識検出抗体からの蛍光強度を計測した。本年度は、IL-6マーカーについて2pg/mL＝までを定量的に計測することができた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］バイオセンサー、プラズモン共鳴、増強蛍光、周期構造、プラズモニックチップ

［研 究 題 目］メダカの発生過程におけるリンパ管と神経の相互作用の解明

［研究代表者］出口　友則（健康工学研究部門）

［研究担当者］出口　友則、靜間　和子、田中　みどり（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

リンパ管は体液の恒常性の維持・脂肪の吸収・免疫に必須であり、病理面では癌や浮腫あるいは様々な炎症性疾患で重要な役割を果たす事が知られる。このことからは、リンパ管形成に関する理解は、リンパ管が関与する様々な生命現象の真実に迫るとともに、新たな治療戦略の開発につながることを意味する。しかし、リンパ管内皮細胞が増殖・進展しながら個体内の隅々まで、そのネットワーク構造を形成していく機構については不明なことが多い。血管の形成過程においては、血管内皮細胞は体節由来や神経由来の遺伝子によりガイダンスを受けており、リンパ管でも同様の機構の存在が考えられた。

そこで、私はメダカを用いた in vivo イメージングと末梢神経の走行操作、神経由来ガイダンス遺伝子の発現操作により、リンパ管が血管と同様に、その形成過程で末梢神経束からのガイダンスを受けているかを明らかにする研究を構想し、科研費・新学術領域・「血管ー神経ワイヤリングにおける相互依存性の成立機構」・公募研究に応募し「メダカの発生過程におけるリンパ管と神経の相互作用の解明」（H23-H24）として採択された。この研究により、リンパ管・神経2重可視化メダカの開発に成功し、リンパ管と神経における解剖学的な走行の類似性を明らかにした。また、このメダカの発生過程を in vivo イメージングにより観察したところ、神経束の走行形成より先にリンパ管形成が進むことが示唆された。そこで、今後は当初の発想を逆転し、リンパ管の走行操作、リンパ管成長因子の発現操作により、リンパ管が末梢神経の走行に与える影響とその機構を明らかにすることを目指す。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］リンパ管、神経、発生、in vivo イメージング、遺伝子組換え、蛍光タンパク質、モデル生物、メダカ

［研 究 題 目］マイクロウェルによる微小分割を用いた細胞単離に基づく一細胞 PCR 用ディスクの開発

［研究代表者］永井　秀典（健康工学研究部門）

［研究担当者］永井　秀典（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

目標：

診療現場での癌など各種疾患の早期診断を目指して、既存の大型で高価なセルソーターを利用せず、小型化が容易な遠心力による送液と簡便な微小分割による細胞単離を組み合わせ、正常細胞群に僅かに混在する病変細胞を高感度に検出可能な一細胞 PCR 用ディスクの開発を目的とする。

研究計画：

ヒト T リンパ腫細胞である Jurkat cell の遺伝子を標的とし、リアルタイム PCR による蛍光強度変化を、蛍光顕微鏡や蛍光イメージスキャナーにより計測することで、PCR の成否を確認する。これにより、マイクロウェル集積化ディスク上で単離された細胞数と、リアルタイム PCR 後の蛍光増幅したマイクロウェル数が同じポアソン分布であることを確認し、単一細胞からの PCR について検証を行う。

年度進捗状況：

個々に単離された細胞のアッセイに、変異配列等の標的遺伝子を高い選択性で検出できるリアルタイム PCR 法を利用することとし、開発するディスク上で単離後、そのままマイクロウェル中で PCR することで、個々のマイクロウェルの蛍光強度変化から標的遺伝子を有する細胞を定量可能とした。具体的には、ヒト T リンパ腫細胞である Jurkat cell の遺伝子を標的とし、リアルタイム PCR による蛍光強度変化を、蛍光顕微鏡や蛍光イメージスキャナーにより計測することで、PCR により 18S rDNA を増幅できることを確認した。さらに、マイクロウェル集積化ディスク上で単離された細胞数と、リアルタイム PCR 後の蛍光増幅したマイクロウェル数が同じポアソン分布に従うことを確認し、単一細胞から PCR されたことが明らかとなった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］マイクロウェル、単一細胞、PCR、微小分割

［研 究 題 目］多孔性無機陰イオン交換体の細孔制御及び過塩素酸イオンの選択的捕捉技術に関する研究

［研究代表者］槇田　洋二（健康工学研究部門）

［研究担当者］槇田　洋二、苑田　晃成（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究は、近年、健康リスク因子として人体への有害性が指摘されている過塩素酸イオンを選択的に捕捉するための無機陰イオン交換体を開発するとともに、過塩素酸イオンを添加した水道水中の過塩素酸イオン濃度を

20ppb 以下まで低減する技術を開発するものである。

昨年度、層状構造を持つモンモリロナイトの層間に塩化ヘキサデシルピリジニウムを挿入した化合物が、過塩素酸イオンに対して高い分配係数を示すことを明らかにした。そこで、今年度は、水道水中の過塩素酸イオンを塩化ヘキサデシルピリジニウム担持モンモリロナイトで捕捉し、どの程度まで過塩素酸イオン濃度を低減できるかを調べた。バッチ法での吸着実験の結果、イオンクロマトグラフィー法による検出限界（10ppb）以下まで過塩素酸イオン濃度を低減でき、本研究の目標値である20ppb 以下を達成した。また、過塩素酸イオン低減技術の上水処理への応用性について検討するため、カラム法による評価を行った。カラム実験は、塩化ヘキサデシルピリジニウム担持モンモリロナイトをガラスカラムに充填し、過塩素酸イオン濃度が500ppb になるように調整した水道水を流し、カラムからの排出液をフラクションコレクターでサンプリングした。サンプリングした溶液の過塩素酸イオン濃度を調べたところ、吸着剤の充填体積の4,000倍の体積以上の過塩素酸イオン添加水道水を流しても、イオンクロマトグラフィー法では検出されず、10ppb 以下に低減できることがわかった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］無機イオン交換体、多孔質材料、有害イオン除去、過塩素酸イオン

［研 究 題 目］マイクロチップ基板を用いた歯周病迅速診断デバイスの開発

［研究代表者］阿部　佳織（健康工学研究部門）

［研究担当者］阿部　佳織、片岡　正俊（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

歯周病患者で血中濃度が上がると報告されている炎症性サイトカインの IL-6と TNF-αの測定をマイクロチップ基板上で行った。検出原理は96穴 ELISA 法と同じであり、本年度は迅速（抗原抗体反応：35分）で高感度（検出感度：2pg/ml）な検出を行うために以下の5項目について検討を行った。

(1)一次抗体濃度とブロッキング液の検討：一次抗体濃度を既存法の250倍の濃度でマイクロ流路に固定化することにより、高感度に検出することが可能になった。また、ブロッキング液の種類とブロッキング時間を検討した結果、4%ブロックエースを用いて4℃で一晩反応させることで非特異的吸着を抑制できることが分かった。(2)一次抗体のマイクロ流路への固定化パターンの検討：微細化インクジェット装置で吐出する液滴量や液滴数の検討を行った。その結果、120pl で12滴を吐出し、これを3点まとめて定量することで高感度に検出できることが分かった。(3)抗原抗体反応温度の検討：室温、37℃、50℃で抗原抗体反応を行った結果、室温で反応を行うのが最も高感度に検出できることが分かった。(4)既存法（96穴 ELSIA 法）との相関を確認:健常者から採血した血漿を使用し、96穴 ELISA 法とマイクロチップ法での測定値に相関が得られるか確認した。その結果、IL-6、TNF-αともに96穴 ELISA 法とマイクロチップ法で良好な相関が得られた。(5)1枚のマイクロチップ基板上で IL-6と TNF-αの2種類を同時に検出できるか確認:IL-6と TNF-αの一次抗体を1枚のマイクロチップ基板上の別々の流路に吐出し、それぞれの流路に健常人の血漿を導入し、96穴 ELISA 法とマイクロチップ法での測定値に相関が得られるか確認した。その結果、IL-6、TNF-αともに96穴 ELISA 法とマイクロチップ法で良好な相関が得られた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］歯周病、マイクロチップ、サイトカイン

［研 究 題 目］新規育種技術による糖鎖改変酵母を利用した糖鎖機能の解析

［研究代表者］安部　博子（健康工学研究部門）

［研究担当者］安部　博子（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

目標：

本研究は糖鎖異常を補填することによって増殖能を回復させた酵母株のその補填機能の解明から、糖鎖が持つ増殖制御機構を明らかにすることを目的とする。

酵母の高マンノース型 N-糖鎖の外糖鎖を除去し、マンノース5個までにトリミングした N-結合型糖鎖を持ち、さらに新規育種技術である不均衡変異導入法の適用によって増殖能を回復させた YFY20株に、O-マンノース型糖鎖付加の抑制も同時に行う目的で、PMT1遺伝子（protein-O- mannnosyltransferase）の破壊を加えた YFY21株を取得した。しかしながら、YFY21株は再び、増殖能の低下および高温度感受性を引き起こした。そこで、不均衡変異導入法を適用し、増殖能等を回復させた YFY22株をこれまでに取得することに成功している。この YFY22株がどのようなメカニズムによってこれらの表現型を回復することができるのかを調べることを今年度の目的とした。YFY22株にて発現量が増加する遺伝子群および発現能が低下する遺伝子群の YFY21株における強制発現株、遺伝子破壊株を作成し、それら遺伝子改変株の増殖能について明らかにした。また、昨年度までに構築した PMT2および PMT4の2重遺伝子破壊株の増殖回復株における、細胞壁センサータンパク質の細胞表層への局在能についての解析をおこなった。さらに、糖鎖機能と極性維持機能の解明を行うために、分裂酵母の糖鎖欠損株におけるアクチンの局在変化について解析を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］糖鎖機能、酵母、遺伝子発現解析

［研 究 題 目］単一銀ナノ粒子2量体と単一色素分子で構成された電磁気学的強結合系の実証

［研究代表者］伊藤　民武（健康工学研究部門）
［研究担当者］伊藤　民武、山本　裕子
（常勤職員6名、他1名）

［研 究 内 容］

概　要：

表面増強ラマン散乱（SERS）分光では、単分子の振動状態の詳細な識別が出来るため生体分子の超高感度認識へ応用できる。しかし、SERS の起源であるプラズモン（金属の伝導電子の集団振動）共鳴と分子の電磁力学的結合の状態は不明な点が多い。従って、この結合の定量的検証を行う。弱結合の場合はプラズモン共鳴と分子分極は独立して扱えるので分子のラマンとして SERS スペクトルを扱える。強結合の場合では、分子分極とプラズモン共鳴の量子状態が混合するため、それぞれを独立して扱えない。このような弱結合と強結合の検証という観点で SERS の研究を行う。

目　標：

単一銀ナノ粒子凝集体の SERS と表面増強蛍光（SEF）を用いて弱結合と強結合の効果を検証する。第1の目標は、銀ナノ粒子凝集体に吸着した色素の SEF スペクトルを通常の蛍光と比較して強結合による分子の電子ダイナミクス変化を検証すること。第2の目標は、その電子ダイナミクス変化を強結合の証拠である電子励起状態における振動高準位からの発光として検証することである。

進捗状況：

目標1について、SEF スペクトルが通常の蛍光スペクトルとは大きく異なることを観測した。この異なりについて、弱結合モデルと強結合モデルで検証した。弱結合モデルによってこのスペクトル変化の大部分はプラズモン共鳴による変調であることが明らかになった。しかしながら、それでは説明できない短波長成分が SEF スペクトルには含まれていることを見出した。この短波長成分は分子の最低電子励起状態における振動高準位からの蛍光の可能性があることが強結合モデルから予想できた。目標2について、振動高準位からの SEF ならば、励起波長に伴いスペクトルが大きく変化することが考えられる。プラズモン共鳴による変調を実験的に打ち消すことによってその変化を実証した。この結果は、強結合の証拠である電子ダイナミクス変化を電子励起状態における振動高準位からの発光として検証できたと言える。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］表面増強ラマン散乱（SERS）、銀ナノ粒子、プラズモン（伝導電子の集団振動）、蛍光増強、蛍光消光増強

［研 究 題 目］好塩、好アルカリ・ハロモナス菌による化成品原料生産に向けた極限菌との代謝比較解析

［研究代表者］河田　悦和（健康工学研究部門）
［研究担当者］河田　悦和、JIN YOUXUN
（常勤職員1名、他3名）

［研 究 内 容］

持続可能型社会実現にはエネルギー・リファイナリーの非食用バイオマス資源化が必要である。我々が発見した *Halomonas* sp. KM-1は高塩、高 pH 環境で、ほぼコンタミネーションなく生育し、各種の余剰バイオマスを利用し、バイオプラスチック PHA を生産する。将来の工業利用に向けて、本菌と、他のハロモナス菌や好塩、好アルカリ菌との代謝物の違いを分析することで、好塩性、好アルカリ性、さらに、バイオプロセス産品である PHA 等の生産との関連を明らかにする。

1. *Halomonas* sp.KM-1の培養条件による菌体内、外の代謝物の分析

   バイオディーゼル製造の際に余剰となるグリセロールを基質として、*Halomonas* sp.KM-1を培養した。バイオプラスチック PHA を著量に蓄積する条件と蓄積しない条件それぞれにおいて、培養初期から定常期までのサンプリングをおこない、菌体内に蓄積される代謝物を GC-MS にて分析し、主成分分析などにより、PHA 産生に関連する代謝物を検討し、論文発表した。

2. ハロモナス菌、好塩菌、好アルカリ菌の代謝と *Halomonas* sp.KM-1と比較解析

   NITE 等のカルチャーコレクションにあるハロモナス菌の代謝分析を行い、*Halomonas* sp.KM-1と比較した。本年度は複数の条件で PHA の産生について検討を行った。ハロモナス菌の菌体内の物質を GC-MS にて分析し、それぞれの成分について主成分分析で解析した結果、PHA を著量蓄積する種としない種について、グループ分けできることが判明した。それぞれの寄与が大きい物質などについて検討を進めている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］微生物、バイオテクノロジー、分析化学、メタボローム、ハロモナス

［研 究 題 目］嗅覚情報を用いた危険検知用人工の鼻センサシステムに関する研究

［研究代表者］佐藤　孝明（健康工学研究部門）
［研究担当者］佐藤　孝明、川﨑　隆史、廣野　順三（併任）（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

匂いは、ヒトや動物の危険察知や生活向上に大きな影響を与えており、匂いを生物学的に意味付ける嗅覚情報センシングが可能になれば、危険成分、犯人捜査、体臭変化からの疾病発症予告、自動食品加工管理などを行う多様なロボットや嗅覚情報関連機器・技術の開発が実現されると期待される。本課題では、一千種から数種の嗅覚受容体を選び、培養細胞センサ化し、嗅覚情報を抽出

する人工の鼻センサ要素システムを試作する。また、嗅覚受容体を改変し対象の危険物成分を検知するセンサ開発を目指す。本年度の進捗は以下の通り。

1) 培養細胞の人工の鼻センサ化：ヒト人工染色体ベクターに嗅覚受容体を含む4種遺伝子を搭載し、培養細胞に保有させることで嗅覚受容体安定機能発現細胞株の作製と改良を試みた。1種の嗅覚受容体について本来の受容細胞同等の感度で応答性を観察することに成功した。また、受容体と G 蛋白質の相互作用サイトを1アミノ酸変異体群を用いて解析するための応答データを収集し、構造モデルでの応答変化の解析を行った。

2) 受容体信号の feedforward 抑制系および要素情報形成への寄与の評価：ΔD マウス3匹の3セット目の匂い検知・識別閾値データを取得し、後半2セットでの応答再現性が得られていることを確認した。2成分系の識別データについては、継続して収集する予定である。また、共同研究先で、2成分系でのストレス応答系と嗅覚神経系の応答の比較を行い、2成分混合時に以前にバラ臭で見出された2次嗅覚中枢抑制系の応答減弱を伴わず、ストレス応答系の隣接領野に応答を引き起こすことで、ストレスを軽減する匂いが1例見出された。

3) マウス高感度受容体導入メダカ作成：遺伝子組換え技術を用いてマウス高感度受容体をメダカに導入するために用いることができる神経特異的プロモータの候補を探索し、その適性を予備実験で評価し、実施対象を絞り込んだ。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］情報センシング、匂い、生体機能利用、細胞アレイ、分子認識、感覚センサシステム

［研 究 題 目］血中循環がん細胞の検出を目指した細胞チップデバイスの開発

［研究代表者］山村　昌平（健康工学研究部門）

［研究担当者］山村　昌平、阿部　佳織、八代　聖基、片岡　正俊（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

目標：

血液中の循環がん細胞（Circulating Tumor Cell, CTC）の解析は、新たながん検査として期待されているが、CTC が存在する割合は、血液10ml（白血球：約5千万個）中に数個から数十個といわれており、既存の FACS 等では極めて検出は難しい。本研究では、従来法では不可能であった CTC を高感度、高精度、簡易に検出するため、1000万個以上の白血球を均一に配置し、抗体多重染色による高精度検出で、一度に解析可能な超集積型の細胞チップの開発を目標とする。

研究計画：

微細加工技術であるフォトリソグラフィー技術を用いて、マイクロアレイチップを作製する。その際に、マイクロチャンバーの直径、深さなどの条件検討を行い、マイクロアレイに展開できる細胞数の制御を行う。また、チップの表面処理などを行うことによって、細胞の吸着性や展開効率の最適化を図る。以上の条件をもとに、白血球の均一でかつ単一層での配置を目指す。

年度進捗状況：

細胞チップは、ナノリソグラフィー技術である LIGA プロセスを用いて、直径105μm のマイクロチャンバーが約2万個集積化されたポリスチレン製マイクロアレイチップを作製した。細胞チップの表面は、反応性イオンエッチング（RIE）装置を用いて親水化処理を行い、チップデザイン、白血球濃度の条件と併せて、白血球の配置条件の最適化を行った。その結果、1枚のチップ上で、180万個以上の白血球を均一かつ単一層に配置することに成功した。それによって、複数枚の細胞チップを用いることにより、100万個から1000万個の白血球に混在する少数の CTC の検出も可能であることが示された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］細胞チップ、マイクロアレイ、血中循環がん細胞（CTC）、転移性がん、がん診断、単一細胞解析、ハイスループットスクリーニング

［研 究 題 目］抗癌剤の薬効評価のための癌微小環境を模倣した擬似癌組織の構築

［研究代表者］山添　泰宗（健康工学研究部門）

［研究担当者］山添　泰宗、市川　貴士、中西　久嗣（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

研究代表者らは近年、血清アルブミンを原料として作製した架橋アルブミンフィルムにより、細胞の接着挙動を人為的に制御する方法を開発した。本研究は、癌組織を一度細胞レベルにまで分解した後、同フィルムを利用して、抗癌剤の薬効評価に適した形に組織を作り変える技術を構築し、この再構成した擬似癌組織を用いて、個々の癌患者に適した抗癌剤を投与前に判別できる新規の薬剤評価法を確立することを目的とする。この目的を達成するためには、癌組織を構成している各種細胞を抗体を利用して分離する技術や癌細胞の周囲に間質細胞を配置する技術を確立することが求められる。本年度の研究成果の具体的内容は以下の通りである。①固定化した抗体の安定性や配向は、細胞の分離効率に大きな影響を及ぼす。そこで、より効率的な細胞分離を実現するために、抗体の配向を制御しながら基板上に抗体を安定に固定化する新規方法の確立に向けた検討を行い最適条件を見出した。②癌間質線維芽細胞や単核細胞の株化細胞をモデルとして用い、癌細胞の周囲にこれらの細胞を配置して、擬似癌組織を構築するための培養デザインの検証

を行った。さらに、癌細胞のみの場合と癌細胞の周囲に間質細胞が存在する擬似癌組織の場合とでは、癌細胞の増殖や抗癌剤の薬効が大きく異なることを明らかにした。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］アルブミン、擬似組織、癌、細胞分離、パターニング、薬剤評価、テーラーメード医療

［研 究 題 目］空中駆動可能なナノカーボン・高分子アクチュエータの開発と応答メカニズム解明

［研究代表者］寺澤　直弘（健康工学研究部門）

［研究担当者］寺澤　直弘（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究課題では、これまでの単層カーボンナノチューブ（SWCNT）アクチュエータ素子より、価格、汎用性の観点から有利であるが、性能面ではるかに劣っている多層カーボンナノチューブ（MWCNT）またはカーボンブラック（CB）／イオン液体（IL）／ベースポリマー（BP）ゲルアクチュエータの高機能化のために、電池の特長を電気化学デバイスである、アクチュエータに適用し、IL、BP、キャパシター機能や応答性能を向上させる金属酸化物（ルテニウム（Ru）等）及び手法（ナノカーボンの酸処理等）に注目し、応答速度に優れ、大きな曲げや発生力を示す等の、SWCNT をはるかに凌ぐ、優れたアクチュエータ素子を開発する。また電気化学的手法等を用いて、素子の応答メカニズムを解明し、タッチパネルや人工筋肉材料等に適用可能な、これまでの常識を覆す、画期的なアクチュエータの設計指針を示す。

平成24年度においては、MWCNT あるいは CB のみのキャパシタンスは SWCNT より小さいが、金属酸化物の添加やナノカーボン酸処理することにより、SWCNT をはるかに凌ぐアクチュエータを開発に必要なキャパシタンスが得られた。さらに、MWCNT or CB：IL：ポリマー（PVdF（HFP））系において、キャパシター機能や応答性能を向上させる金属酸化物（ルテニウム（Ru）マンガン（Mn））を用いて、高速応答、大きな曲げや発生力を示す等の、SWCNT を凌ぐ優れたアクチュエータ素子を開発し、また、酸処理した MWCNT を用い、製膜性や応答速度に優れ、大きな曲げや発生力を示す等の、SWCNT をはるかに凌ぐアクチュエータ素子を開発した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］高分子アクチュエータ、ナノカーボン、金属酸化物、電気化学シュミレーション、人工筋肉

［研 究 題 目］カーボンナノチューブを用いた高分子アクチュエータの高機能化

［研究代表者］杉野　卓司（健康工学研究部門）

［研究担当者］杉野　卓司、清原　健司、安積　欣志（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

本研究では、カーボンナノチューブとイオン液体および支持高分子からなる電極膜の伸縮現象を利用したアクチュエータの高機能化を目的として研究を進めている。今年度は、電極膜中あるいは電解質膜中のイオン液体濃度を調整することにより、素子中のイオン液体濃度が異なるアクチュエータ素子を作成し、その変形応答特性を調べることで変形応答のメカニズムの解明を試みた。これまで、交流電圧を印加することによりアクチュエータの変形応答を調べていたが、印加電圧の周波数が遅くなってくる（0.1Hz 以下）と、初期的に正極側に屈曲変形した素子が次第に電圧印加前の原点方向に戻ってくる現象が見られた。そこで、アクチュエータの電極膜層あるいは電解質膜層に含まれるイオン液体の量を調整して変形応答を詳細に調べた。その結果、電解質膜および電極膜中のイオン液体量を減らすことにより、変位の戻り現象が抑制できることが明らかになった。我々が研究しているカーボンナノチューブを用いた高分子アクチュエータの変形メカニズムとしては、①ナノチューブを構成する炭素-炭素結合の伸縮、②イオンが電極中にチャージ（伸）あるいは電極からディスチャージ（縮）することによるイオンの排除体積効果、③電極中に貯まったイオン間の静電反発（いずれも伸）が主な因子であると考えられ、上記のイオン液体濃度を調整した実験の結果から、特に、アニオンの移動が変位の戻り現象（逆方向への変位）を誘起していることが分かった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］アクチュエータ、ナノチューブ、イオン液体、メカニズム

［研 究 題 目］多孔質電極の熱力学

［研究代表者］清原　健司（健康工学研究部門）

［研究担当者］清原　健司（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

多孔質電極は、その細孔径が電解質イオンの径と同程度まで小さくなると、蓄電量や発生圧力などの熱力学的物理量が古典的な電気二重層の理論では説明できないような振る舞いを示すことが、近年明らかになってきた。この小さい細孔を持つ多孔質電極に特異的な性質は、電池や電気化学キャパシタの特性を大きく改良すると期待されるのみならず、全く新しいデバイスの発明へとつながる可能性もある。我々は、モンテカルロ・シミュレーションを用いてこの小さい細孔を持つ多孔質電極の熱力学的振る舞いを分子間相互作用のレベルで解析し、多孔質電極の熱力学を構築して、その産業利用のための理論的枠組みを与えることを目指している。

本年度は、一定電圧グランドカノニカルアンサンブル

のモンテカルロ・シミュレーションを用いて、多孔質電極の蓄電量や圧力などの熱力学的な一般的性質を印加電圧や細孔径の関数として計算した。電解質にはプリミティブ・モデルを用い、電極には表面電荷を持つことができる剛体板を組み合わせて用いた。

多孔質電極に電圧を印加すると、電極表面に誘起電荷が蓄えられるとともにその電極の細孔内にカウンターイオンが充填されるが、このときコイオンも同時に充填されることや、電圧印加に伴って細孔内には圧力が発生し、これは正にも負にもなり大きさは大気圧より桁違いに大きくなりうることなどが明らかになった。また、二成分の電解質については、印加電圧の大きさによって多く充填されるイオンの成分が異なることなど、イオンの電極への選択的吸着が見られた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］電気化学、分子シミュレーション、熱力学、多孔質電極、イオン

［研 究 題 目］神経活動履歴に伴う受容体輸送制御における Rab エフェクター分子の役割

［研究代表者］清末　和之（健康工学研究部門）

［研究担当者］清末　和之（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

ストレスの多い社会環境が脳神経機能へ与える影響は多大なものである。その分子基盤を解明するため、動物細胞を用いた基礎的研究を実施している。

シナプスにおける神経伝達受容体の種類・数量は、シナプス伝達の強度のみならず、シナプス可塑性の性質を決定する要因である。さらに神経活動の履歴が、シナプス強度や可塑性を変化させることが知られている。しかしながら、その分子機構は未だ未解明である。本研究では、「神経活動履歴に伴う受容体の輸送制御は、Rab エフェクター分子 Rabatpin-5の活動依存的制御に起因する」との仮説をたて、本年度は以下の項目に取り組んだ。

1．Rabaptin-5は恒常的シナプス可塑性を担う分子であるか？また、活動履歴に応じた機能修飾と Rabaptin-5を検討する。

恒常的シナプス可塑性では、神経活動の抑制に対して微小シナプス後電流の増加を誘導するが、この増加が Rabaptin-5を介して GluA1のシナプスへの膜輸送増加に依存するかを検討した。microRNA をもちいたノックダウンの結果、有意に GluRA1受容体を含む AMPA 型受容体の表面発現を抑制した。このことは、Rabaptin-5が恒常的シナプス可塑性の発現の一因を担っていることを示している。

2．神経活動履歴に応じて Rabaptin-5の発現は変化するか。

メタ可塑性の発現は、神経活動履歴によって変化することが必須である。当該分子がその候補となるかを検討した結果、神経活動の上昇に伴い減少することを、さらに、ある特定の領域がその責任部位であるとこと突き止めた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］脳神経、経験に依存した神経機能修飾、シナプス、受容体

［研 究 題 目］脂質酸化物を標的としたメタボリックシンドロームにおける抗酸化食品因子の機能評価

［研究代表者］赤澤　陽子（健康工学研究部門）

［研究担当者］赤澤　陽子、吉田　康一、梅野　彩（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

加齢に伴い、多くの人が糖尿病・動脈硬化などを特徴としたメタボリックシンドロームを発症するが、それらの疾患の主要原因に肥満が起因するケースがある。肥満によって肥大化した脂肪組織にはマクロファージ細胞の浸潤・集積が起こり、炎症性サイトカインの産生や酸化ストレスが亢進する。本課題では生体内に豊富に存在する脂質に注目し、脂質酸化物（特にリノール酸）を生体内のレドックスバランスを示すパラメーターとして、機能食品の評価法確立を目的とした。24年度は、一重項酸素によって特異的に生成する10、12－ヒドロキシリノール酸（HODE）が境界型糖尿病等の早期診断に有効である知見を踏まえ、HODE 異性体による細胞応答解析と HODE 測定による酸化ストレス評価法構築を行った。

① HODE の適応応答誘導とそのメカニズム解析

培養細胞（HaCaT）への10-および12-HODE を前処理は、過酸化水素の細胞障害に対して保護効果を示した。一方、同濃度の9-および13-HODE には保護効果は認められなかった。また、細胞保護作用が認められた HODE 異性体では、NF-E2 related factor 2（Nrf2）の核内移行を介した GSH 含量の増加と HO-1の発現上昇が認められ、抗酸化機能の活性化が明らかとなった。以上の結果から HODE は異性体種によって異なる細胞応答を誘導し、その細胞保護作用には抗酸化能の上昇が寄与していると示唆された（論文投稿準備中）。

② HODE 測定による酸化ストレス評価法

HODE 異性体はラジカル種によって生成する異性体が異なる。一重項酸素では9EZ、10ZE、12EZ および13ZE-HODE が生成する一方で、ラジカル酸化では9EZ、9EE、13ZE、13EE-HODE が生成する。この知見を利用し、培養細胞中の HODE 生成を測定することで、機能性食品等の抗酸化作用を一重項酸素消去能とラジカル種消去能に区分して評価できる測定系構築へと発展した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］メタボリックシンドローム、脂質酸化、機能性食品

［研 究 題 目］プラズモン増強効果を示す量子ドット分散微小球のゾルーゲル法を駆使した作製と評価

［研究代表者］村瀬　至生（健康工学研究部門）

［研究担当者］村瀬　至生、安藤　昌儀、鎌田　賢司、細川　千絵、川崎　一則、伊藤　民武、澤井　俊博（常勤職員6名、他1名）

［研 究 内 容］

今までの高発光効率量子ドット分散ガラス微粒子作製技術を生かして、金属ナノ粒子を一定の厚みのガラス層で覆い、その周りに量子ドットを配置することで、プラズモン共鳴により大きな蛍光増強効果を得ようとしている。

作り易さ及び安定性から、まずは金ナノ粒子を選択し、その周りを均一なガラス層で覆うことを目指した。

水分散性の金ナノ粒子をエタノール中に分散させ、さらにアルコキシド（テトラエトキシシラン、ゾル - ゲル反応の原料）およびアンモニアを添加、撹拌して反応させた。

この方法では、金ナノ粒子表面のクエン酸を、加水分解したアルコキシドで直接に置換する。類似の方法は金および銀のナノ粒子のガラスコートで報告されていたが、粒径が50nm 程度と比較的大きなものに限られていた。より強い蛍光増強効果が期待できる小さい粒径（10nm 程度）で、系統的に実験条件を確かめた文献は見当たらなかった。試行錯誤の後、コーティングには、金ナノ粒子作製時にできる副生成物濃度が大きくかかわっていることがわかった。精製によりこの副生成物の濃度を数百分の1程度に減らしたときに、金ナノ粒子の凝集が防がれ均一なガラス層で覆われることがわかった。さらに精製しすぎるとガラス層が形成されにくく、また再現性が低下した。

量子ドット作製では、各種の CdSe 系（Te の添加量などを変えたもの）を作製した。また、プラズモン共鳴による蛍光増強の理論の論文を調査し、特定のモデルに基づく計算を Mathematica を用いて行い、最適条件を得るための考察を進めた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］金、ナノ粒子、量子ドット、ガラス、プラズモン共鳴、蛍光、増強

［研 究 題 目］脳磁界計測を用いた音環境の動的評価メカニズムの解明に関する研究

［研究代表者］添田　喜治（健康工学研究部門）

［研究担当者］添田　喜治、金　容熙（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究は、音環境評価の基本となる音の質的要素の時間変化とヒトの脳磁界反応の関係を調べ、動的音環境評価メカニズムを明らかにすることを目的とする。本年度は、音の質的要素の変化が心理的不快感に及ぼす影響の調査、脳磁界計測を用いた最適サイン音設計手法の検討を行った。

鉄道駅構内・車内は、多くの人々が長時間利用する場所であるが、その音響特性はあまり調査されていない。これまでの研究代表者らの研究で、騒音レベルに加えて、騒音を自己相関・相互相関関数で解析することにより得られる、ピッチの明瞭性、両耳間相互相関度、スペクトル重心などの指標を用いて、鉄道駅構内・車内音環境の定量化を行った。本年度は、それらの質的要素が心理的な不快感に及ぼす影響を明らかにするため、鉄道駅構内・車内音環境に対する心理的不快感が相関関数解析によりえられる指標により予測できないか検証した。その結果、不快感は、騒音レベル、ピッチ明瞭度、両耳間相互相関度、スペクトル重心により高精度で予測できることを明らかにした。

駅の改札口や階段の場所を音で案内する「サイン音」は、視覚障害者にとって危険物からの逃避や目的場所への移動のために重要である。しかし、実際には視覚障害者の4割強がサイン音を利用しにくいと報告している。本研究では、脳活動からわかりやすいサイン音の推定を目指し、鉄道駅構内音環境をシミュレートした環境下で、8種類のサイン音（鳥の鳴き声）聴取時の脳磁界活動を解析した。カッコーの鳴き声を聞いている時に N1m 活動強度が最大となったことから、カッコーが利用しやすいサイン音の有力候補であることを示した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］脳磁界計測、音質、相関、不快感、サイン音

［研 究 題 目］色覚バリアフリー照明の設計に関するシミュレーションの研究

［研究代表者］田村　繁治（健康工学研究部門）

［研究担当者］田村　繁治（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

目標：

人間は外部情報の8割を視覚で得ており、日本人の300万人が色覚障害者であることを鑑み、安全・安心な社会生活を営む上で必要な正しい色情報を認識することを可能とするための（健常者と同じ配色パターンを認識・共有）ツールとして色覚バリアフリー照明のスペクトルの開発を行う。被験者実験は行わず、機器の利用、シミュレーションで遂行することを特徴とする。

結果：

専用の光学実験台を試作すると共に、分光スペクトル測定器を購入し、実験の高度化を図り、以下の結果を得た。なお、得られたデータは研究代表者によるものである。

(1) 製品化されている既存の LED のスペクトルを合成・生成することで、石原式検査式表（国際版38表）

をシミュレータを介して観察した場合に、正答率が80%となる分光スペクトルを見出した。これは前年度（2011）に見出したスペクトルでの正答率50%を大幅に上回る数値である。

(2) 3種類以上の色を利用する配色パターンを対象にする目標に対しては、テストの WEB 版を作成し、Vischeck（WEB 上で公開）でシミュレーションし、色覚障害者（Ⅱ型）の見え方を調べた結果、連続的に色相が変化するように15個のチップを並べる方式のテストに対しても「誤り、欠落」が無く、今回提案した色覚バリアフリー照明は有効であった。

以上より、開発した色覚バリアフリー照明は、赤色と緑色の識別に加えて、連続して変化する色相の識別に対しても有効であることが判明した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］色覚障害、色覚バリアフリー、照明スペクトル、バリアフリー照明

［研 究 題 目］光トラップ場の時空間構造の動的制御による3次元マイクロ操作の研究

［研究代表者］田中　芳夫（健康工学研究部門）

［研究担当者］田中　芳夫（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、光ピンセットを拡張した概念である光トラップ場の制御による非接触3次元マイクロ操作技術の確立のために、光トラップ場の時空間構造をパソコンで精密に実時間制御できる光学系を開発し、高度自動化技術と統合・融合化することで、多様な物質を3次元マイクロ操作できる基盤技術を開発することを目的としている。本年度得られた主な成果は以下のとおりである。

(1) ハイブリッド光ピンセット光学系の試作：

空間光変調器によって面単位の大域的光トラップ場を生成・制御できる一般化位相コントラスト光学系と、2軸ミラーによる XY 走査と電気式焦点可変レンズによる Z 軸走査により3次元空間内で線分単位の局所的光トラップ場を高精度・高速に制御できる3D 走査光学系の、2方式の光トラップ場制御系が1台のレーザ源で併用できるハイブリッド光ピンセット光学系を設計し、YAG 反射防止コーティングレンズ等を組み込むことで試作光学系を最適化した。

(2) 試作システムの基本性能評価：

2軸ミラーによる XY 走査と焦点可変レンズによる Z 軸走査を同期して時分割走査（3D-T3S）することで、3次元作業空間内に孤立点型光トラップ場を複数個同時に生成・高精度制御することができた。この3D-T3S 法を用いて、8個程度までのマイクロビーズを各々独立して、時間 t の関数によって明示された3次元軌道上で位置制御できること、6面体の頂点位置に配置されたビーズを XYZ の3軸周りに回転角度制御できることなどを実証した。これら成果を掲載した論文（Journal of Optics）は Featured Article に選定され、その有用性が高く評価された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］光学顕微鏡、マイクロ・ナノデバイス、マイクロマニピュレーション、細胞操作、微粒子アレイ

［研 究 題 目］カーボンナノチューブを利用した生体内発電素子の開発

［研究代表者］都　英次郎（健康工学研究部門）

［研究担当者］都　英次郎（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

心臓ペースメーカーをはじめさまざまな体内埋め込み型医療機器の需要が世界中で高まっている。また、健康状態などを常時モニタリングできる生体貼り付け型のウエアラブルデバイスに注目が集まっている。しかし、このような機器を持続的に駆動させるための安定した電力供給システムが問題となっている。本研究では、生体内に埋め込まれたデバイスなどへの新しい遠隔式電力供給・充電技術として生体透過性の高い近赤外レーザー光により容易に発熱するカーボンナノチューブ（CNT）の特性（光発熱特性）を、温度差によって発電する熱電変換素子に組み入れることで、生体内で機能する新しい発電技術の開発に取り組んだ。

本年度は、前年度までに構築した光熱発電素子の発電効果をさらに向上させるために、CNT 表面化学修飾法を改良することで生体適合性ポリマー［シリコーン樹脂：ポリジメチルシロキサン（PDMS)］中への CNT の高濃度分散化を試みた。また、作製した光熱発電素子への光照射システムを改良を行った。これらの結果、前年度までに作製した素子に比較して発電効果が約5倍向上することが明らかとなった。また、改良した光熱発電素子をラット体内に埋め込み、生体適合性評価を行ったところ、血液学的ならびに解剖学的手法のいずれにおいても、従来型発電素子と同様、生体毒性が低いことが分かった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ナノチューブ、光、発電

［研 究 題 目］因果推論が多感覚統合プロセスに及ぼす影響の検討

［研究代表者］梅村　浩之（健康工学研究部門）

［研究担当者］梅村　浩之（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では二つの事象の生起における因果関係を推測する過程（因果推論）が外界の知覚に与える影響について，実験的に検討を行い、知覚内容がこのような因果推論によって変容するか、及び知覚システムが複数の事象を関連づける、またはそれぞれを独立とするプロセスがどのような要因によって影響を受けるかを明らかにする。

平成24年度はこの検討のための実験環境の構築と実験プロトコルの策定などを行った。本研究では予備検討において因果関係の成立が知覚に影響を及ぼすらしいことを観察してきた。この予備検討における実験環境下では、力覚提示装置を通して物体を押し込む行為を行うと、別の位置における物体の視覚的奥行の変化が膨らむ方向へシフトするという、空気ポンプのような現象が観察された。だが、この予備環境はそもそも別の実験のために構築されたものであったため、その影響をより観察しやすい状況の構築や、その一般性について検討する必要があった。

そこで、奥行き視覚情報（両眼立体視や単眼立体視手がかりによる）の信頼性を調整することにより、この現象の観察しやすい条件の探索を行った。その結果、今回の因果関係の影響は情報の信頼性の影響を受けやすく、定常的に観察できるほどのロバスト性はなかった。また、この他にも異なる行為によって生起する因果関係（例：息の吹きかけ）などの影響についても予備的検討を行っている。

これらの結果は、人間の他感覚情報統合過程における基礎的な知見を与え、マルチモーダルな情報の提示などに示唆を与えるものである。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］認知科学、バーチャルリアリティ、脳科学

［研 究 題 目］精製リプログラミング因子による piPS 細胞樹立効率化

［研究代表者］萩原　義久（健康工学研究部門）

［研究担当者］萩原　義久、中島　芳浩、西尾　敬子（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

ハチ毒由来ペプチドであるメリチンによって実際に生体物質が細胞質-核移行を促進するか否かを精査した。メリチンは26アミノ酸よりなるペプチドであるが、塩基性アミノ酸の反発により中性付近ではランダムコイル状になっている。この状態は生体膜と相互作用し、その構造を撹乱する。そこでまず作製した天然型、及び変異ペプチドの培養細胞毒性の pH 依存性を調べた。天然型メリチンは弱酸性で顕著に細胞毒性が増加すること、変異メリチンでは pH6-9の範囲では細胞毒性が変化しないことを見出した。天然型及び変異メリチンについて生体物質の細胞質ー核移行効果を調べるために、ペプチド存在下で蛍光蛋白質をコードしたプラスミドの培養細胞への形質転換を行った。その結果、ペプチドを添加することによる形質導入／形質転換効率の上昇はいづれの条件においても観察されなかった。また、大腸菌における形質転換への添加効果についても評価を実施したが添加効果は観 察されなかった。この原因を探るために、溶血活性の測定を pH5、pH7を行った。その結果、全てのペプチドが溶血活性を示し、これらペプチドは生体膜の撹乱効果を有することが明らかとなった。これらのことから膜の撹乱効果を維持したまま、ヒスチジンによってペプチドのヘリックスーコイル転移の pH 依存性、及び細胞毒性を制御できることが明らかとなったが、生体物質を効率的に核移行させるためには、生体物質とメリチンを同時に取り込ませる等のさらなる改良が必要であることが示唆された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］蛋白質細胞導入、メリチン、発光モニターー、iPS 細胞、リプログラミング因子

［研 究 題 目］抗マラリア薬スクリーニングを見据えた迅速マラリア原虫検出手法の開発

［研究代表者］八代　聖基（健康工学研究部門）

［研究担当者］八代　聖基、片岡　正敏、山村　昌平、阿部　香織、橋本　芳子、メイ　モウテツ（常勤職員3名、他3名）

［研 究 内 容］

マラリア原虫はヒトの赤血球に寄生を繰り返し、年間感染者数3億人以上うち200万人以上が死亡している人類史上最も重篤な寄生虫感染病である。感染症マラリアの深刻な問題として抗マラリア薬に対する薬剤耐性マラリア原虫の出現や、地球規模の温暖化・交通手段の発達によるグローバル化によって感染者数の増加・感染地域の拡大が上げられる。このような背景のなか WHO などの国際機関ではマラリア撲滅指針の一つに「早期発見および適切な早期治療」を掲げている。近年、予防・治療分野では薬剤を塗布した蚊帳による感染予防は大きな成果を上げ、また生薬をベースとした抗マラリア薬の開発は実を結びつつある。しかし診断法に関しては、イムノクロマト法や PCR 法が開発されてはいるものの、検出感度や検出時間などの面から今だ100年以上前に確立されたギムザ染色による顕微鏡下での観察診断が主流とされている。そのため特に感染初期段階での診断に多大な時間と労力を必要とし、早期発見とその先に続く治療の大きな妨げとなっている。そのため感染症マラリア撲滅にはギムザ染色法に代わる感染初期に感染の有無を見極める事のできる迅速な診断手法の開発が急務と考えられる。そこで申請者は小胞輸送関連タンパク質を標的としたマラリア特異的抗体と、大量の血球細胞を一定数ずつ正確に並べる（整列させる）事ができる細胞チップと名付けた微細加工プラスチック基盤を用いることで、大量（数百万個）の血球細胞の中からたった一個のマラリア感染赤血球を見つけ出すことを可能とする簡便かつ迅速なマラリア診断手法を確立しようと考えた。今年度は昨年度より作成をしている300万個を一度に並べることが可能な細胞チップと、DNA マイクロアレイスキャナーもしくは細胞チップ検出に合わせた、新規スキャナーを使ってマラリアの検出の原理をほぼ構築することができ

た。さらに、マラリア患者サンプルを使った原理検証を進めることを目的として、マラリア患者サンプルを用いた実験遂行のためのネットワークを構築することができた。来年度以降このネットワークを使い患者サンプルを用いての原理検証を行おうと考えている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］マラリア原虫、細胞チップ、薬剤スクリーニング

［研究題目］マウス及びヒト iPS 細胞を用いた神経分化誘導での神経栄養因子 BDNF の機能解析

［研究代表者］北畠　真子（健康工学研究部門）

［研究担当者］北畠　真子（常勤職員1名）

［研究内容］

iPS 細胞技術の開発によって、遺伝病の患者の神経分化にどのような異常がでるかを観察したり、特定の薬剤の効果や副作用を安全に検証したりできる可能性が現実のものとなりつつある。これらの目的を達成するために iPS 細胞からの各種細胞への分化誘導は現在大いに研究が進められている分野である。ただ iPS 細胞の分化は大変不安定なため神経細胞への分化誘導効率は現在一般的に行われている方法では30%程度と振るわず、効率的な分化誘導方法が模索されている。分化の指標としては神経細胞単体としてのシグナル伝達機能のみならず神経回路としてもしっかり機能するかどうかをみる評価系を用いる。本研究ではこの評価系をマウス iPS 細胞から分化誘導した神経細胞に用いて in vitro で構築された iPS 細胞由来の神経回路に応用し、これらの細胞が確かに神経回路として機能していることを確かめることを目標としている。神経細胞はどこからも入力がなくても単独で自発的に発火して活動電位を生ずるが、神経回路が形成され多点電極上のすべての電極においてこの自発的発火が同期して行われていることが観察された。また神経栄養因子 BDNF の発現量が神経分化により昂進することがわかった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］神経細胞、BDNF、分化

［研究題目］オンサイト遺伝子迅速検知用集積化マイクロチップの開発

［研究代表者］渕脇　雄介（健康工学研究部門）

［研究担当者］渕脇　雄介（常勤職員1名）

［研究内容］

ポリメラーゼ連鎖反応（PCR）から検知までをフィールドオンチップに完了するマイクロチップを構築するため、検知感度、正確性、操作性の課題の解決にあった。そこで、マイクロ流路の非特異吸着の抑制のため、ブロッキング剤を予め流路にプレコーティングする方法が検知感度の向上に有効であることが分かった。しかし、ブロッキング処理がないときに比べ流体の流れを制御する事が困難になってしまい、正確性の向上と操作性の向上に対して問題が発生した。又、90℃以上まで昇温する熱変性領域では、ブロッキング剤の安定性にも問題が認められた。

そこで、2つの方法で改善を行った。一つは90℃以上でも耐性を有する親水性ポリマーで化学結合によるコーティング処理を行い非特異吸着の抑制を行った。二つ目は、PCR を行う4つの領域（アニーリング反応、伸長反応、熱変性反応、冷却）において、流体の界面張力が流動速度の遅延/促進の制御を容易にするよう検討した。

その結果、非特異吸着が大きく抑制され、流路サイクル毎の流動速度のバラつきも低減できる事がわかった。これにより当該年度の目的であった、検知感度の向上、正確性の向上、操作性の向上に成功した。

又、これに留まらず、PCR によって増幅した遺伝子を簡便かつ正確に測定するため、流体から測定に必要な量だけを自動的に分取する機構を新たに発明した。本技術の発明により、オンチップでの遺伝子迅速検知の実用化に向けた自動化を達成するためのコア技術をクリアしたと考えられ、従来技術に比べて大きく進展した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］マイクロチップ、PCR、マイクロ流路、非特異吸着、遺伝子、親水性ポリマー、オンチップ

［研究題目］細胞操作技術を目指したケージドペプチドの合成

［研究代表者］達　吉郎（健康工学研究部門）

［研究担当者］達　吉郎（常勤職員1名）

［研究内容］

ケージドペプチドは、光解離性保護基を生理活性ペプチドに導入したペプチド誘導体であり、生理活性が遮蔽されている状態にあるが、紫外光照射により、保護基を脱離させ、活性な構造のペプチドを生成することができる。光で生理活性ペプチドの濃度を瞬間的に任意の部位で上昇させることができることから、神経伝達や細胞内情報伝達のような速く且つ部位特異的な生命現象の解明に有用と期待されている。ペプチドへ光解離性保護基が導入できる部位は、親水性アミノ酸の側鎖、両末端、アミド、に限られる。これまでの構造生物学的な知見からは、ペプチドとその相手蛋白質（レセプターや酵素等）との相互作用は、側鎖や主鎖アミドが関与しているものが多く知られており、これらの部位への「汎用な導入法の確立」が望まれる。これまでの研究から、アスパラギン酸やグルタミン酸側鎖のカルボン酸は、ニトロベンジルアルコールのエステルとして保護することができるが、エステルは分解しやすいことが分かっている。そこで、二級アルコール構造の光解離性保護基の検討を行った。2－ロベンジル基（NB）と4,5－ジメトキシ2－ニトロ

フェニルエチル基（DMNPE）をアスパラギン酸の側鎖に導入し、分解特性を比較したところ、両者ともトリフルオロ酢酸には耐性があったが、ピペリジンでは NB 基速やかに分解された。一方、光分解特性は、DMNPE 基はより速やかに分解することを見出した。この知見をもとに、アスパラギン酸の側鎖に DMNPE 基を持つケージドペプチド（AIP、アンジオテンシン、RGD ペプチド）の合成に成功した。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］ケージド化合物、ペプチド

［研 究 題 目］精神疲労の客観的評価手法の確立と精神的健康の増進
［研究代表者］七里　元督（健康工学研究部門）
［研究担当者］七里　元督（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

本研究計画の3年目である24年度には、初年度で見出した精神的ストレス負荷時に脂質酸化生成物が生成されるメカニズムについての解析を行った。特に活性酸素による非特異的酸化に依存しない酵素的酸化によって生成される脂質酸化生成物の変動を認めていたため、脂質酸化酵素の関与の検証を行った。脂質酸化酵素の欠損したマウスに対して精神的ストレスを負荷し、脂質酸化生成物の測定を行ったところ、野生型マウスで認められていた、ストレスに伴う脂質酸化物の増加が認められなかった。この結果より、ストレスに伴う脂質酸化生成物の産生亢進には脂質酸化酵素が関与していることが明らかとなった。また、この脂質酸化酵素の活性化機序に関する解析を行ったところ、ストレス負荷によって、腹腔マクロファージの細胞質に多くが存在していた脂質酸化酵素が細胞膜に局在移行することが確認された。この脂質酸化酵素の細胞内局在変化がストレスによる脂質酸化生成物の産生亢進の引き金になっていることが明らかとなった。以上の結果にて特許出願を行った（特願2013-81500）。

また、ヒトに終夜のデスクワーク作業負荷を行った際の血液中脂質酸化生成物および抗酸化物質の測定を行い、終夜のデスクワーク負荷に伴って、抗酸化物質トコフェロール、コエンザイム Q の減少とトコフェロール酸化物の増加及びコレステロール由来脂質酸化物の増加を認めた。このヒト疲労負荷実験の結果を論文作成し、投稿している。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］精神疲労、脂質酸化生成物

［研 究 題 目］レーザによる任意組織における発癌モデル開発
［研究代表者］弓場　俊輔（健康工学研究部門）
［研究担当者］弓場　俊輔、出口　友則、川﨑　隆史、上﨑　頼子、靜間　和子（常勤職員3名、他2名）
［研 究 内 容］

研究代表者が世界で唯一の新技術として開発に成功した赤外レーザ誘起遺伝子発現操作（IR-LEGO）法を、メダカに適用し、任意組織における発癌を誘起するものである。これにより、細胞レベルの空間分解能をもった生体イメージングから発癌メカニズムの研究のみならず、抗癌剤等の候補物質のスクリーニングにも寄与する発癌モデルの開発を目指した。一方、発癌過程や固形癌における脈管新生・転移過程等の解析を目的として、蛍光タンパク質遺伝子の導入によって血管・リンパ管を可視化した系統も同時に作製し、発癌モデル系統との交配系統作製も目指した。まず、レーザ照射の標的細胞を可視化するために、組織構成細胞に蛍光タンパク質遺伝子を発現するトランスジェニック（TG）メダカの樹立を目指した。その結果、膵臓細胞を可視化したトランスジェニック（TG）メダカと、がん組織への血管浸潤を観察するため、血管可視化 TG 系統も作出した。また、レーザにより発癌させる TG 系統に関しては、ヒートショックで組み換え酵素 Cre を発現する系統は他の研究機関から入手予定で、Cre の発現によって、構成的プロモーター制御下で癌遺伝子が誘導される TG 系統も作製中である。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］癌、病理学、顕微鏡システム、創薬スクリーニング

［研 究 題 目］生活習慣病の早期診断を目的とした新規バイオマーカーの生理的意義解明
［研究代表者］吉田　康一（健康工学研究部門）
［研究担当者］吉田　康一、七里　元督、赤澤　陽子、梅野　彩（常勤職員3名、他1名）
［研 究 内 容］

本研究においてバイオマーカーとして提案している脂質酸化生成物（ヒドロキシコレステロールおよびヒドロキシリノール酸）は、疫学的研究のもと生活習慣病などの早期診断に有望であると考えているが、これら生成物の生理的意義は未だ解明されていない。これらが原因物質かそれとも結果の反映であるのかを解明し、疾患の早期診断における実用性をより明確に示すことを目標としている。24年度は以下の知見が得られた。

① ヒドロキシリノール酸の細胞応答メカニズム解明
ヒト表皮細胞（HaCaT）を用いて HODE 異性体による細胞応答について検討を行った。細胞保護作用は、HODE 添加後に過酸化水素で酸化ストレスを負荷し、その後の生細胞数を MTT 法により計測した。細胞応答は、DNA アレイ解析および抗酸化システムの変化としてグルタチオン（GSH）含量やヘムオキシゲナーゼ1（HO-1）等の発現レベルの測定を、RT-PCR 法やウエスタンブロット法を用いた解析を行った。過

酸化水素により誘導される細胞死に対して、HODEの前処理により細胞保護効果が認められ、その効果は異性体種によって異なった。また、細胞保護作用が認められたHODE異性体では、NF-E2 related factor 2（Nrf2）の核内移行を介したGSH含量の増加とHO-1の発現上昇が認められ、抗酸化機能の活性化が明らかとなった。以上の結果からHODEは異性体種によって異なる細胞応答を誘導し、その細胞保護作用には抗酸化能の上昇が寄与していると示唆された。この研究成果を論文投稿準備中である。

② ヒト試験による有用性検証

健常者に対して糖負荷試験を実施し、ヒドロキシリノール酸の異性体の中でも、一重項酸素によって特異的に生成する10、12－HODEが境界型糖尿病等の早期診断に有効である見通しを得た。論文として報告するとともに、細胞実験、動物実験によってより詳細なメカニズム解明研究へと展開した。

[分　野　名] ライフサイエンス

[キーワード] 生活習慣病、バイオマーカー、脂質酸化物、早期診断

[研 究 題 目] 酸化ストレスによって惹起される体内時計の乱れと睡眠障害発症過程の解明

[研究代表者] 吉田　康一（健康工学研究部門）

[研究担当者] 吉田　康一、七里　元督、宮崎　歴、冨田　辰之介、梅野　彩、石田　規子（常勤職員4名、他2名）

[研 究 内 容]

今年度は大きくわけて3つの研究成果を得た。

(1) 睡眠障害モデルマウスにおける酸化ストレスマーカーHODEの血中濃度

睡眠障害モデルマウスとコントロールマウスでの血液中HODEの日内濃度変化を比較した。予想と反し、ストレス性睡眠障害モデルではコントロールマウスよりも血液中HODE濃度の低下が認められた。さらに、本実験でのいずれのHODE濃度も一般ケージでの飼育と比べて数倍高い値であった。これはストレス性睡眠障害モデルマウスの実験のマウスは回転輪付きのケージにて飼養しており、コントロールマウスでは睡眠障害モデルマウスよりも行動量が低下することから、HODE濃度の違いは運動量の違いを反映しているためではないかと考えた。このことは、HODEを運動ストレスの評価として用いる事が出来る可能性を示唆している。

(2) 栄養成分による血中HODE量の変化への影響

昨年度、摂食によりHODEの血液中濃度に日内リズムがある事を明らかにした。そこで、各種栄養成分によるHODE濃度変化を観察した所、糖、アミノ酸のいずれの単独投与でも上昇は認められなかった。さらに栄養成分の与え方などによりHODE量上昇のメカニズムを調べる必要がある。

(3) 培養細胞によるサーカディアンリズム形成に及ぼす酸化ストレス反応の影響

Per2遺伝子の下流にルシフェラーゼ遺伝子を導入したマウス繊維芽細胞を用いて、酸化ストレスが体内時計に及ぼす影響について評価した。細胞をルシフェリン入培地で培養する時に、培養細胞に酸化ストレスを与えるために汎用される過酸化水素水を添加して生物発光をリアルタイムで観察した。その結果、過酸化水素水の添加により、従来示すサーカディアンリズムが逆位相で観察され、酸化ストレスが体内時計リズム発振に影響することが予想された。

[分　野　名] ライフサイエンス

[キーワード] 酸化ストレス、リズム障害、睡眠、時計遺伝子

[研 究 題 目] 行動生理計測に基づく抑うつ状態評価改善技術の開発

[研究代表者] 吉野　公三（健康工学研究部門）

[研究担当者] 吉野　公三、二谷　博美（常勤職員1名、他1名）

[研 究 内 容]

鬱病はある程度まで重症化した場合には再発率の高い病であるため、体の病と同様に、前兆検知や早期発見は非常に重要である。これまでにこれを可能にする確立された方法はない。本研究は比較的健康な状態から鬱病を発症するに至る過程のおける行動・生理・心理それぞれのパターンの遷移プロセスを明らかにすることを目的とする。このプロセスが明らかになれば、鬱病の前兆検知や早期発見に対する可能性が出てくる。今年度は対照群となる健常な家族4名を対象とした3ヶ月間にわたる実験住宅内滞在実験を行った。被験者の3ヶ月間にわたる住宅内の生活行動パターンを、住宅内に設置した焦電型人感センサ、家電機器や家具に設置したセンサなどを用いて測定した。さらに、被験者は携帯型心拍変動・身体加速度計を装着して生活した。その計測データを用いて、生活中の自律神経系活動バランスと睡眠覚醒リズム、生活活動度の変動パターンを数量化した。さらに、被験者は心理状態評価質問紙に回答し、そのデータを用いて心理状態の変動を記録した。以上のデータを基に健常者の長期間にわたる日常生活中の行動・生理・心理パターンに関するデータを蓄積することができ、平成25年度に実施する抑うつ傾向の強い被験者のパターンと比較するために利用する。また、本実験により、実験の安全性を確認することができ、それを基に人間工学実験倫理委員会に申請した結果、抑うつ傾向の強い被験者を対象に本実験を実施することに対する承認を得ることができた。

[分　野　名] ライフサイエンス

[キーワード] 行動、心拍、自律神経、抑うつ、住宅、気分、人間、日常生活

［研 究 題 目］ダウン症モデルＴs65Dn マウス中枢神経障害発症機序に関わる酸化修飾蛋白質の探索

［研究代表者］七里　元督（健康工学研究部門）

［研究担当者］七里　元督（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究ではダウン症モデルマウスを用いて、ダウン症やアルツハイマー病の脳内で蓄積される酸化修飾蛋白を探索することを目的としている。本研究計画の初年度の平成24年度はダウン症モデルマウス Ts65Dn マウスとコントロールマウス（B6EiC3マウス）を繁殖、交配、飼育した。すでに確立している real-time PCR 法を用いて染色体型の判別を行い、Ts65Dn マウスおよびコントロールマウスをそれぞれ2匹を選出した。選出した4匹のマウスを用いて3D マッピング用の頭部（脳）MRI 撮影を外部発注にて行い、画像を取得した。その結果、Ts65Dn マウスではコントロールマウスに比較して、両側の海馬容積が小さく MRI 上 high intensity であり、さらに側脳室が全体的に拡大しているという所見が得られた。また、イメージングマススペクトル画像との合成、マッピングを目的とした3D 画像の作成も完了した。

MRI 撮影後に2日間の安静期間を置いたのち、生理食塩水の経心臓還流後に脳組織を摘出し迅速に液体窒素で組織を凍結した。凍結した脳組織を研究分担者の大阪医科大学臨床検査学教室に輸送し、凍結切片を作成し、イメージングマススペクトル分析装置による解析を開始した。また、本マウスより血漿、赤血球、肝臓、脾臓なども摘出し凍結保存している。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ダウン症、酸化修飾蛋白質、酸化ストレス

［研 究 題 目］アディポカイン迅速測定用マイクロチップの開発と糖尿病早期診断への応用

［研究代表者］片岡　正俊（健康工学研究部門）

［研究担当者］片岡　正俊、阿部　佳織、橋本　芳子（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

我々は既に pl 単位の極微量の液滴を幅300μm、深さ100μm のマイクロ流路表面の任意部分に吐出・固定が可能な微細化インクジェットを用いて、抗体溶液をマイクロ流路上に一次抗体として固定化することで、マイクロ空間でのサンドイッチ ELISA 系の構築を行い血中の各種バイオマーカーの定量検出系の構築を行っている。

肥満を基盤とした末梢組織でのインスリン抵抗性を示す2型糖尿病患者は、患者とその予備軍（境界型糖尿病）の数は2千万人を超えており、重篤な合併症と高額な医療費から個人の QOL の低下と社会的な経済的負担が問題となっている。そこで境界型糖尿病患者に着目して、インスリン抵抗性を規定する TNF-α など6種類のアディポカインの血中動態を、系時的・網羅的に定量解析することで糖代謝能の頑健性の測定・解析を行い、境界型から糖尿病への移行を診断する糖尿病超早期診断法の確立を目指している。この目的を可能にするため、微細加工技術を用いたマイクロ空間での、迅速・省サンプルで定量性を有する血中アディポカイン測定用マイクロチップの開発を行った。

平成24年度は、この微細化インクジェット法を用いて、TNF-α、IL-6、アディポネクチンの各種アディポカインを対象にして既存96穴 ELISA 法と同等の正確性と再現性を確保し、さらに全測定時間が30分と迅速かつ血液量や試薬量が既存法の数百分の1程度と省サンプルなマイクロチップ基板上で定量検出が可能な免疫検出系を構築した。特に TNF-α および IL-6については、臨床的基準値である1pg/ml の検出限界を確保しつつ同一基板上に複数のマイクロ流路を形成することで、一枚のマイクロチップ基盤でマルチ検出が可能な定量検出系を確立し論文化している。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］サンドイッチ ELISA 法、マイクロ化学チップ、糖尿病、アディポカイン

［研 究 題 目］蝸牛遅延を考慮した聴覚末梢系情報処理メカニズム解明及び情報処理技術への応用

［研究代表者］饗庭　絵里子（健康工学研究部門）

［研究担当者］饗庭　絵里子、中川　誠司、津崎　実、長田　典子（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、蝸牛遅延特性を活用し、蝸牛から脳幹に至るまでの聴覚末梢系における情報処理メカニズムの全体像明らかにすることである。蝸牛遅延とは、蝸牛基底膜の物理的な固さが、鼓膜側から蝸牛頂側にいくにつれて次第に柔らかくなることから、その固さに応じてよりよく共振する周波数が異なり、低音域に情報処理の遅れが生じる現象のことである。本成果は、将来的に、工場など重機が作動する際に発せられる警報音について、音圧レベルを抑えたままでも検出可能な音に加工する技術へとつながり、労働者の難聴リスクを低減することに役立てられる。

本年度は、ヒトの聴覚が音のオンセットの同時性を知覚する際の精度を推定する実験を実施した。その結果、聴覚システムは低音域の遅延に対してのみ同時性の知覚精度が低いことが再確認され、その高音域に対する遅延が約40ms であったしても、約10ms の遅延との区別がつきにくいことが明らかになった。

これに加え、音のオンセットの同時性の知覚精度推定に対する日常的な聴取訓練の影響も観察した。その結果、楽器演奏などに伴う日常的な注意深い聴取訓練が、同時生判断の精度の向上を向上させることが明らかになった。

さらに、蝸牛遅延による時間的な情報の崩れの処理に関わるようなシステムとは別の段階で生じている可能性が示唆された。

また、企業からの依頼を受け、どのような音響特性をもつ音がホワイトノイズから検出しやすいかについて聴取実験を実施した。その結果、先行研究において分離しやすい音であることが示されていた蝸牛遅延を増長するようなパルスで生成した警報音が、最もホワイトノイズから検出されやすいことが明らかになった。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］聴覚、蝸牛遅延、時間情報処理

［研 究 題 目］**重症低ホスファターゼ症に対する骨髄移植併用同種間葉系幹細胞移植に関する研究**
［研究代表者］弓場　俊輔（健康工学研究部門）
［研究担当者］弓場　俊輔、大串　始、勝部　好裕、笹尾　真理（常勤職員1名、他3名）
［研 究 内 容］

低フォスファターゼ症は、組織非特異型アルカリフォスファターゼ（TNSALP）の遺伝子変異による重度先天性骨代謝疾患で、このうち、最も重症である周産期型に対して骨髄移植併用同種（他家）間葉系幹細胞（Mesenchymal Stem Cell；MSC）移植による治療技術を確立しようとしている。

島根大学医学部附属病院と共同で本疾患患者に対する他家間葉系幹細胞 MSC 移植を行う。当所では細胞製造施設（セルプロセッシングセンター；CPC）を厳密な品質管理の下に運用して移植用 MSC を製造する。また、患者 MSC からの iPS 細胞を作製し、病態解明・治療法開発の研究用試料として理化学研究所細胞バンクへ寄託する。

第1症例については、1回（延べ5回）、第2症例については、4回（延べ8回）の移植治療用ドナーMSC を製造し、これら移植用 MSC は骨分化能検査、感染症検査、環境モニタリング等を行い、全例とも異常がないことを確認した。どちらの症例でも、島根大学病院において、ドナーからの骨髄移植を行った後、複数回の MSC 移植を行ったところ、全身の骨における石灰化、何よりも呼吸状態が改善し、明らかに延命効果が認められたことから、それぞれの治療を一先ず終了することとした。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］再生医療、間葉系幹細胞、骨形成、疾患モデル

［研 究 題 目］**Linked Data 検索のための結合効率化に基づくメタデータクラウドの研究開発**
［研究代表者］的野　晃整（情報技術研究部門）
［研究担当者］的野　晃整（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

世界中にデジタル化したさまざまなデータが存在しているが、その活用は十分でない。データは多様かつ膨大であるため、機械で処理することも、人手で処理することも容易ではない。特に、データ作成時には個別用途を想定してデータが整理されているため、異なる種類のデータ間に関連があったとしても発見できない。これを解決する手段として近年注目を集めているのが、関連するデータ間をリンクした Linked Data と呼ばれるデータである。現在のインターネットは関連文書間のリンクでネットワークを構成しているため Web of documents と呼ばれるのに対し、Linked Data は Web of data と呼ばれ、データ間リンクでネットワークを構成した次世代の Web として期待されている。Linked Data は近年爆発的に増加しているが、巨大で複雑な Linked Data を扱う方法が確立できていない。我々はこの問題を解決するために Linked Data を効率的に検索するための研究を進めている。本研究の目的は、Linked Data に対し、A)中間データの再利用による演算省略や B)ダイジェストデータを用いた代理演算による結合演算の効率化などの手法を提案し、複雑な検索でも高速に処理できるプラットフォームを実現することである。3年計画の初年度である平成24年度は、A)については、これまで誰も注目していなかった文書構造に基づく格納方法を研究開発し、国際会議にて発表した。B)については、大規模データ処理のソフトウェアフレームワークである MapReduce 上で、データ構造の一つである Bloom フィルタを用いた並列結合アルゴリズムを設計した。この手法は結合しない不要なデータを事前に判定できるため、ネットワーク転送量を減少でき、低結合選択率の時に効率化が期待できる。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］データベース、Linked Data、メタデータ、クラウド

［研 究 題 目］**ノンパラメトリックベイズ理論に基づく音楽音響信号の構造学習と音源分離**
［研究代表者］吉井　和佳（情報技術研究部門）
［研究担当者］吉井　和佳（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究は、人間が音楽的な感覚を獲得する過程を解明するため、音楽音響信号から音楽に特有の潜在的構造を教師なしで学習し、同時に音源分離を行うことができる統計的機械学習法を確立することを目的とする。この目的の達成のためには、ノンパラメトリックベイズ理論に基づく確率的なモデリングが有用である。

2年計画の最終年度である平成24年度は、主に「音響データに対する音源分離」に関する技術開発を行った。具体的には、市販 CD のように様々な音色および音高から構成される混合音を楽器パート（音色）ごとに分離するための確率モデルについての研究を行った。従来、音

源分離のための標準的な方法である非負値行列分解では、混合音を音高ごとに分離することはできても、音色ごとに分離することはできなかった。本研究では、ソース・フィルタ理論に基づいて、混合音中に含まれる楽器音の音色と音高とを一挙に推定することを可能にした。このとき、音色と音高の個数は未知であるため、理論上可算無限個の音色と音高とが存在することを許容するノンパラメトリックベイズモデルを提案した。このアイデアをさらに発展させ、無限カーネル線形予測分析や無限半正定値テンソル分解とよぶ音響信号解析のための新しい確率モデルを提案した。さらに、今年度大きな進展が見られた音響信号解析に、平成23年度に開発した「楽譜データに対する構造学習」に関する技術を確率的な枠組みのもとで統合する方法についても検討を進めた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］音楽情報処理、機械学習、ノンパラメトリックベイズ

［研 究 題 目］聴衆の視線移動の制御によりコンテンツ理解度を高める電子黒板システム
［研究代表者］栗原　一貴（情報技術研究部門）
［研究担当者］栗原　一貴（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究の目的は、電子黒板システムにおいて「システム操作に伴う身体動作」が聴衆に与える影響を視線情報等に基づき定量評価し、操作者のユーザビリティと聴衆のコンテンツ理解度を同時に最適化することである。2年計画の最終年度となる平成24年度は、「聴衆の視線の局所化を達成するインタフェースデザイン手法を洗練させる。最終的に開発したソフトウェアを公開する。」を目指し、以下の研究を行った。

講演や、授業等では電子黒板使用者（発表者）が電子黒板上の提示コンテンツを視認しながら内容を確認し、進行していくことがあるが、その際に人に備わっている共同注意（ジョイントアテンション）が促され、発表者が見ている対象へと聴衆の視線が誘導されてしまう可能性がある。そこで、発表者自身への聴衆の視線の集中が望ましい際にこの現象が起こることを防ぐため、発表者が装着したワイアレスヘッドセッドにより提示コンテンツの内容を音声化したものを発表者自身に秘密裏に提示（プロンプト）することで、発表者の提示コンテンツ視認行為を減少させ、意図しない聴衆の視線誘導を減少させる発表支援システムのプロトタイプ版を開発し、公開した。

また電子黒板の使用時に、操作者に対し視線計測器を用いることにより、「注視していない」領域および状況を感知し、操作者にフィードバックして有効活用することで聴衆のコンテンツ理解度を損なわないままで操作者のユーザビリティの向上を図るコンセプトを提案し、その第一段階としてデスクトップ PC 操作時のカーソルのポインティングにおいて有効性を確認した。得られた知見をまとめ、査読付き国内学会 WISS'12および国内論文誌コンピュータソフトウェア誌に論文を発表した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］電子黒板、ユーザビリティ、コンテンツ理解

［研 究 題 目］大規模仮想計算機群の遠隔移動に関する研究
［研究代表者］広渕　崇宏（情報技術研究部門）
［研究担当者］広渕　崇宏（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究では、複数の仮想計算機を効率的に遠隔移動する技術を開発することを目標としている。平成24年度は2年間の研究期間の最終年度にあたり、以下の研究を行った。

第一に、仮想計算機を遠隔移動する際のデータ転送量を削減する手法について研究を進めた。仮想計算機の動作を解析した結果、仮想計算機上でワークロードを実行中であっても、更新されないメモリページが相当数存在することがわかった。そこで仮想計算機のメモリページをあらかじめキャッシュしておくことで、遠隔移動にともなうデータ転送量を削減する機構を開発した。実際の WAN 環境を用いて評価実験を行い、提案手法の有効性を確認した。

第二に、仮想計算機群が遠隔拠点に移動した際にもネットワーク到達性を透過的に維持する手法について研究を進めた。Client Mobile IPv6プロトコルのシグナリングメッセージやトンネリングメッセージをゲスト OS の代わりにホスト OS 上で処理する機構を開発した。この機構は、仮想計算機内部を改変することなく透過的なトンネリングを可能とするものである。詳細な評価実験を行い、実環境に対する適用可能性を確認した。

第三に、遠隔移動の際に発生する性能低下を緩和する手法について研究を行った。従来のポストコピー型の移動機構においては、仮想計算機が瞬間的ではあるものの何度も一時的に停止するため性能が低下してしまう。特に同時並行的に複数の仮想計算機が移動する場合にその影響が大きい。そこで、仮想計算機のページフォルトハンドラを改良し、仮想計算機全体の一時停止を回避する手法を開発した。プロトタイプを実装し基本的な有用性を確認した。

以上の研究成果を国内外の学会で発表し、論文誌等にまとめた。ポストコピー型移動機構の性能向上手法を発表した論文は、コンピュータシステム・シンポジウム2012にて論文賞を獲得した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］仮想計算機、マイグレーション、Mobile IPv6

［研 究 題 目］性能可搬性を提供する仮想計算機マイグレーション技術の研究
［研究代表者］高野　了成（情報技術研究部門）
［研究担当者］高野　了成（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

高性能計算など様々な用途でクラウドの利用が拡大しているが、クラウドで広く用いられる仮想化された計算機環境は、従来の物理クラスタと同等の性能を得ることが難しいという課題を抱えている。本研究は、EthernetやInfiniBandといった異なる通信インタフェースをもつクラスタ計算機を接続し、その上でクラスタ計算機を跨ぐ仮想計算機マイグレーションを実現し、アプリケーションプログラムからすべてのクラスタ計算機が透過的に扱えるようにし、かつ計算機環境の変化に適応して最大の通信性能を達成する性能可搬性を実現することを目的とする。

3年計画の1年目となる平成24年度は、高性能計算分野でデファクト標準となっている並列計算プログラム手法MPI（Message Passing Interface）を対象にシステムの概念設計を行い、仮想計算機モニタ KVM 上に、PCI パススルーと InfiniBand を用いた場合のライブマイグレーション機能を実装した。従来でも PCI パススルーを利用することで仮想計算機でも物理計算機に匹敵する通信性能を得られていたが、仮想計算機をマイグレーションすることができなかった。本技術により、PCI パススルーの性能上の利点を損なうことなく、仮想計算機のマイグレーションおよびチェックポイント・リスタートを実現できた。本技術によって、高性能計算分野など、高性能と耐故障性の両立が必要となる分野においても仮想化技術が適用可能になる。本成果は、2012年10月に米国シカゴ市で開催された国際会議 IEEE eScience 2012 において発表した。

また、本技術をディザスタリカバリ対策に応用することを検討し、大規模災害時でもサービスを継続できるよう遠隔地に仮想計算機をマイグレーションする技術を開発し、その予備評価を実施した。クラスタの通信インタフェースに依存しない仮想計算機マイグレーションを実現することで、避難先であるクラスタの選択肢数が増加し、災害時のサービス継続性が向上することが期待できる。本成果については、2013年3月タイ国バンコク市で開催された国際ワークショップ PRAGMA 24にて、ポスタ発表を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］HPC クラウド、仮想計算機、VM マイグレーション

［研 究 題 目］Web 音声インデキシングのための言語的特性の変動に頑健な音声認識に関する研究
［研究代表者］緒方　淳（情報技術研究部門）
［研究担当者］緒方　淳（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究では、辞書やコーパスといった Web 上に存在する電子的な様々な言語資源や Web サービスを通じた集合知（不特定多数のユーザからの協力）を利用することで、Web 上の動画・音声コンテンツといった多様性を持つ音声データに対して、いかに音声認識性能を向上させることができるかを探求する。

2年計画の最終年度である平成24年度は、まず、前年度に構築した Web ニューステキストから構築する言語モデルを、日々配信される最新のニューステキストを取り込み日常的に自動更新できるように拡張した。これにより、言語モデルが日々移り変わる世の中の情勢や話題を逐次追従していく仕組みを実現した。また、獲得した新出語の読み情報を、外部の Web キーワード辞書サービス（はてなキーワードを活用）から自動取得する機能を実装した。さらに集合知に基づく言語資源として、Web サービス「PodCastle」を通じて得られる書き起こしテキストを発話スタイルの観点から分析するとともに、こうした集合知をもとにした書き起こしテキストを集約し独自のコーパスとして構築・整備した。

また、言語モデルの高度化への取組みとして、Web 上の言語資源を有効活用した言語モデリングの検討およびシステム実装を行った。開発したシステムは、様々なトピックをカバーする大量の Web ニューステキストをベースにしてメイン言語モデルを構築し、その特性を活かして、認識対象ごとのトピックに合致するよう言語モデルのパラメータを最適化することで動的な言語モデル適応を行うものである。さらに、PodCastle を通じて得られる集合知（ユーザによる訂正情報、書き起こし）を利用することで、Web 音声コンテンツごとのトピック、ドメイン、発話スタイルに特化した動的言語モデリングを実現した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］音声認識、言語モデリング、Web サービス、集合知

［研 究 題 目］大規模・異種の時空間データ統合で生じる矛盾を許容するサイエンスクラウド基盤
［研究代表者］小島　功（情報技術研究部門）
［研究担当者］小島　功、中村　章人、的野　晃整、岩田　健司、油井　誠、Steven Lynden（常勤職員6名）
［研 究 内 容］

本研究は複数の衛星情報アーカイブなどのペタバイト級の異種時空間データの統合を支援することで、科学研究を促進するクラウド基盤（サイエンス・クラウド）を研究開発するものである。産総研を代表として筑波大、静岡大と共同で実施している。

本研究の特徴は、アーカイブ全量同士の結合・突き合わせなど大規模・高度なデータ統合の過程において多々発生するデータ間の相違といったある種の「矛盾」に着目した点にある。矛盾したデータの存在下で統合を可能にする「許容」を行うことで矛盾の解決を図り、精度の高い時空間的知見の獲得を可能とする。

平成24年度は3年計画の初年度にあたり、矛盾を扱うための要素技術として　1)統合のモデル化とアーキテクチャ、2)時空間データの解析とワークフロー、3)検索と解析のための並列処理基盤の3点を中心として研究開発を行い、以下のような成果を得た。

1)のモデル化については、新たな研究課題であるため周辺研究の調査/評価を行い、メタデータから取得される Provenance（来歴情報）を用いたモデル化の有効性を確認した。曖昧性や不確実性のあるデータ集合に対し距離の外れ値の検出手法を提案し有効性を検証した。2)の解析については、火事など地表温度の高いホットスポットの解析において、地球観測のためのプラットフォーム GEO Grid で処理した熱赤外線画像を用い、効率的な検出手法を提案した。不確実性のあるデータに対する GPU を用いた高速化処理を提案し、実験によって有効性を検証した。写真画像の機械学習による土地利用分類に取り組み、分類における新たな研究課題を発見した。同じく写真画像に対し、撮影方向を意識することで対象物の認識を高精度化する方法を提案、有効性を示した。解析の手順を容易にワークフロー化できるツール（lavatube2）を実際の地理空間応用に用いて有効性を検証した。3)の並列処理については、分散環境におけるメタデータ(Linked Data)の分散問い合わせの効率化手法を提案した。またこれら検索結果をオンライン分析処理である OLAP 的に解析するためのフレームワークを研究開発した。結合などのメタデータ処理を、小さいデータサイズに要約するダイジェストデータを使って効率化する方法の研究開発に着手した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］データベース、データ統合、時空間データ、クラウド

［研 究 題 目］**大規模 HPC クラスタにおける高性能共有ストレージの性能保証に関する研究**
［研究代表者］谷村　勇輔（情報技術研究部門）
［研究担当者］谷村　勇輔（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

高性能計算（HPC）向けの大規模計算機は通常データ入出力等のための高速な共有ストレージを持つが、プログラム同士のアクセス競合により、I/O 性能が不足する場合がある。グリッドやクラウドの普及により計算機の共有利用が進む中、競合による性能低下は大きな課題となっている。本研究では、各プログラムが明示的に I/O 性能を予約するというコンセプトを採用し、これを HPC に適用するための I/O 制御や資源割り当て、予約方式等の研究を行う。具体的には、産総研で開発中の予約に基づいた性能保証の枠組を有する Papio ストレージソフトウェアをもとに、HPC 用プログラムが Papio によって構築されたストレージシステム（Papio Storage）にアクセスするツールを開発して、実アプリケーションの利用における性能予約のコンセプトの有用性を検証する。この成果により各プログラムの安定実行を可能にし、大規模計算機の共有利用を促進することを目指している。

2年計画の最終年度である平成24年度は、前年度に引き続いて Papio を利用するための2つの上位ツールを開発するとともに、それらツールの評価実験を行った。第一のツールは、データセンタ外部と Papio Storage 間、あるいは Papio Storage と大規模計算機の各ノードとの間のデータ転送を行うためのものであり、Amazon S3 のインタフェースをベースに Papio 独自の性能予約、予約に基づいたアクセスインタフェースを提供する。第二のツールは MPI-IO を通して Papio を利用するためのものであり、エジンバラ大学が開発中の MPI-IO 実装と Papio を連携させることで MPI-IO アクセスの性能保証を実現する。評価実験を通して、予約による I/O 性能保証の有効性を明らかにした。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］ストレージ、性能保証、ハイパフォーマンスコンピューティング

［研 究 題 目］**合成開口レーダ画像および海洋観測に基づく海上風シミュレーションの精度向上**
［研究代表者］竹山　優子（情報技術研究部門）
［研究担当者］竹山　優子（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

ここ数年、沿岸海域における洋上風力エネルギー資源調査の有力な手段として、数値モデルによる海上風シミュレーションや、衛星に搭載した合成開口レーダ（Synthetic Aperture Radar, SAR）観測データを使った海上風推定が注目されている。風力エネルギーは風速の3乗に比例するため、その資源調査には高精度な風速の推定が必要とされるが、研究が進むにつれて日本沿岸域での数値気象モデルおよび SAR 海上風推定にはいくつかの問題があることが分かってきた。そこで本研究では、沿岸海上風シミュレーション精度の向上を目的として、SAR 海上風推定精度の向上とその成果を用いたメソ気象モデル（局所的気象予測などに用いられる数値解析ツールの一つ）の改良を行う。また、メソ気象モデルと SAR の組み合わせにより、高精度な風況マップ作成の手法開発を行う。

3年計画の1年目である平成24年度では、本研究に必要な人工衛星データと現場観測データの整備およびアーカイブ化を行うとともに、SAR を用いた風速推定におけ

る大気安定度補正検証を実施した。具体的には、等価中立風の概念を導入している最新のモデル関数（Geophysical Model Function, GMF）であるCMOD5.Nと旧来のCMOD4、CMOD_IFR2、CMOD5を用いて推定される風速の比較を行い、大気安定度の考慮による推定風速の変化量について検証を行った。その結果、大気安定度の変化によって推定風速は最大で約20%変化し、CMOD5.Nが最も高精度な風速推定をできることが分かった。また、CMOD5.Nから推定される等価中立風は、数値気象モデル（Weather Research Frocasting, WRF）の出力値から抽出した水温、気温、湿度データを入力値とし、モニン・オブコフ相似則を基礎としているLKBコードのアルゴリズムを用いて大気安定度を考慮した風速に変換できることが分かった。引き続き、平成25年度は陸域がSAR風速推定に与える影響について研究を進める。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］洋上風力発電、合成開口レーダ（SAR）、メソ気象モデル、海上風推定

［研究題目］画像認識技術を用いた大腸内視鏡画像の客観的評価手法の研究
［研究代表者］野里　博和（情報技術研究部門）
［研究担当者］野里　博和（常勤職員1名、他1名）
［研究内容］

本研究は、原因不明で治療や診断方法が確立されていない難病である潰瘍性大腸炎の大腸内視鏡検査において、大腸粘膜の炎症の重症度を画像認識技術により定量化することで、客観的な評価手法を確立することを目的としている。潰瘍性大腸炎は、特定疾患として30年間以上厚生労働省研究班による調査研究が行われているが、その病変の様態の複雑性から、詳細な診断基準はいまだ確定しておらず、医師の知識や経験の差によりその診断精度にばらつきが生じている。そこで本研究では、大腸内視鏡画像から大腸粘膜の特徴を画素レベルで抽出し、その特徴から統計的な手法により評価値を算出する評価手法を提案し、医師の診断を支援する客観的な評価指標の提供を目指す。

3年計画の1年目となる平成24年度は、潰瘍性大腸炎において医学的観点からみて異なる炎症度合に対応する大腸内壁表面の外観の違いを、大腸内視鏡静止画像から幾何学的な特徴として抽出する研究を行った。具体的には、炎症を示す大腸粘膜表面の様子（血管網の有無や表面の凹凸など）の違いを抽出する特徴量に反映させるため、大腸内視鏡画像をRGB色空間やHSV色空間など複数の色成分に変換し、画像に含まれる幾何学的な特徴をいくつかの不変的な数字の組み合わせとして表す高次局所自己相関特徴（HLAC）を抽出した。この抽出したHLAC特徴量をあらかじめ医師によって分類された重症度ごとにそれぞれ統計的に解析し、大腸内視鏡画像を重症度別に分類が可能かどうか検証を行った。

協力機関である東邦大学医療センター佐倉病院から提供された、実際の大腸内視鏡画像データを用いた検証実験の結果から、提案した手法により、大腸粘膜表面の様子を特徴量として抽出することができ、炎症の重症度ごとの特徴量に統計的有意差を確認することができた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］画像認識、大腸内視鏡、診断支援技術

［研究題目］ストリーム処理とデータ分析処理を統合した戦略的データ活用基盤の開発
［研究代表者］油井　誠（情報技術研究部門）
［研究担当者］油井　誠（常勤職員1名）
［研究内容］

大規模な機械学習を実現するための代表的なアプローチとして、関係データベース内で高度なデータ解析処理を行うIn-Database Analyticsと、MapReduceを用いた機械学習の並列処理の2つがある。テラバイト～ペタバイト級の大規模なデータ解析を行うにあたっては、システム間のデータ移動に非常に時間を要することが課題であり、In-Database Analyticsはビジネスデータが存在するデータベース内でデータ解析を行うという点でデータ移動のコストを省けるため有効である。一方で、関係データベースは、時間を要する解析処理をバッチ処理する上で重要な耐障害性や性能劣化ノードの扱いに課題を残している。

そこで本研究では、バッチ学習をMapReduce/Hadoopを用いて行い、インクリメンタルな学習を関係データベース上で行う、ハイブリッドな機械学習手法を開発した。

3年計画の初年度にあたる平成24年度は、スループット重視のバッチ学習では、Hadoop上に構築した32台の並列学習器により約2,300,000tuples/secのトレーニング速度を実現した。一方、レイテンシ重視のインクリメンタル学習は、PostgreSQL上に実装し、70,000tuples/secのトランザクショナルな更新に対してインクリメンタルな学習モデルのメンテナンスを約5secのレイテンシで行うことができることを確認した。

提案手法の評価として、KDD Cup2012の広告クリック率推定タスクを用いてState-of-the-artな機械学習フレームワーク（Vowpal Wabbit、Bismarck）との比較を行い、Vowpal Wabbitに対して5倍、Bismarckに対して5～7.65倍の学習速度が得られるという結果を得た。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］機械学習、データベース管理システム、MapReduce、Hadoop

［研究題目］誘電体バリア放電誘起噴流の高速化メカニズム解明に関する研究
［研究代表者］瀬川　武彦

（新燃料自動車技術研究センター）

［研究担当者］瀬川　武彦（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

誘電体バリア放電を利用して機能的な噴流を誘起できるプラズマアクチュエータは、自動車、航空機、高速列車などの空力性能を飛躍的に向上させることができる流体制御素子として期待されている。しかし、誘起噴流の高速化や投入電力の低減のためには、加速メカニズムの解明が必要不可欠である。本研究では非対称電極構造を有する誘電体バリア放電プラズマアクチュエータにより誘起される一方向噴流の加速メカニズム解明に向けて、マイクロスケールの放電生成消滅過程とマクロスケールの噴流形成過程の関係を定量的に解析した。絶縁材としては、ポリイミド、サファイアガラス、石英ガラス、高純度アルミナセラミックス基板を用い、表面に形成された直線型及びドーナツ型の表面露出電極と裏面電極との間に電圧立ち上がり勾配が制御された矩形電圧を高周波数で印加した。ストリークカメラによる誘電体バリア放電の1次元時間空間分布解析に加え、ICCD カメラを用いたプラズマ進展の2次元空間分布の解析を行った結果、誘電体バリア放電は電圧立ち上がり勾配に応じて特定の時間スケールで生成・消滅を繰り返すことが明らかになった。一方、電圧立ち上がり勾配に応じて進展距離は制限されるが、勾配増加に伴い進展距離も伸長する傾向を見出した。また、ドーナツ型電極を用いて生成した環状噴流の空間速度分布から、誘電体材料及び厚みが同じ条件では1マイクロ秒あたり200V 程度の電圧立ち上がり速度の矩形電圧印加時に流速が最大になるが、誘起噴流の代表速度は誘電体バリア放電の発生頻度、電圧立ち上がり勾配の逆数、及び誘電体バリア放電進展距離の積に比例することが明らかになった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］誘電体バリア放電、噴流、プラズマ、高温材料、流体計測

［研 究 題 目］非平衡プラズマによる高圧可燃予混合気の着火機構に関する研究

［研究代表者］高橋　栄一（新燃料自動車技術研究センター）

［研究担当者］高橋　栄一（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

内燃機関の高効率化、低エミッション化のために希薄燃焼、あるいは排気ガス再循環（EGR）といった方法が有効と考えられているが、それらにおいて確実な着火技術の開発が課題となっている。そこで、本研究では従来のスパークプラグ等の熱平衡プラズマに対して、非平衡プラズマを用いた可燃性予混合気の着火技術の研究開発を行っている。本年度は急速圧縮膨張装置（RCEM）を用いた実験のために放電電極を設計、並びに製作し、実際に同装置を用いて高温圧縮予混合気中において非平衡プラズマの一種であるストリーマ放電を形成する実験を実施した。その結果、圧縮に伴う気体の温度上昇に伴い、ストリーマ放電の発生閾値電圧が低下する傾向があることが明らかとなった。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］ストリーマ放電、誘電体バリア放電、希薄燃焼、EGR

［研 究 題 目］不均一構造導入による圧電体膜の圧電特性向上に関する研究

［研究代表者］岡村　総一郎（東京理科大学）

［研究担当者］飯島　高志（エネルギー技術研究部門）（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、圧電体 Pb（Zr，Ti）O_3（PZT）膜において、膜中に3次元的に分布する微細な空孔を導入し、その空孔の周囲での連続的な応力変化を利用して膜内に不安定な状態を生じさせ、膜内の不均一性が圧電特性に及ぼす影響を明らかにすることである。

平成24年度は、膜厚約300～500nm で空孔率の異なる Pb（Zr，Ti）O_3（PZT）薄膜を複数種類作製し、その圧電特性を評価した。薄膜は化学溶液堆積法により作製し、仮焼温度を250～400℃と変化させることで膜密度の制御を行った。周波数1kHz における比誘電率は688～782、断面の SEM 像から見積もった膜密度は、0.93～0.95であった。原子間力顕微鏡（AFM）を用いて測定された、変位－印加電場特性の原点付近の傾きから見積もった圧電定数 $d_{33,\,eff}$ は、33.9～49.5pm/V であった。比誘電率、膜密度と圧電定数との相関について検討したところ、比誘電率が小さいほど、また膜密度が低いほど圧電特性は上昇する傾向が見られた。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］圧電体、センサ、高圧水素ガス

［研 究 題 目］ユビキタス性を持つ革新的な応力発光ナノ光源の開発

［研究代表者］寺崎　正（生産計測技術研究センター）

［研究担当者］寺崎　正、山田　浩志、徐　超男（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

本提案の内容は、【生体内に導入でき、使用できる革新的なユビキタス光源】を創生することである。達成には、生体にも導入できる光源が開発でき、“その場”で光源を発光させる手段を開発することで、バイオイメージングに対する光源の提供が行なえれば良い。具体的な手段として、以下2つの研究を行い、各成果を挙げた。

【１】生体透過性の高い赤外～近赤外（600－900nm）発光型応力発光（ML）体の開発

これまでに開発した $SrAl_2O_4$:Eu, M_1, M_2（M_1, M_2：近赤外光発光性金属イオン）の定量・定性的な ML 評

価を行い、発光の起源を明らかにした。すなわち、Eu^{2+} 励起状態と、ダウンコンバージョンプロセスである。ML 強度の観点でも、生体透過像取得に必要な近赤外光の最低値（1.7nW/cm^2）を大きく上回り、本目的に十分な発光強度を達成した。実際、近赤外 ML を利用した指の生体透過像、頬（生体組織）を介した咀嚼力計測にも成功した。これは、応力発光体を生体内の“その場”おける光源・マーカーとして、体外からの in-vivo 力学情報可視化（バイオイメージング）を行う革新的な可能性を示した特筆すべき成果である。

【２】超音波刺激による発光

近赤外 ML 材料 $SrAl_2O_4$:Eu, M_1, M_2の、超音波刺激による発光特性について検討を行った。結果、超音波照射に対する近赤外 ML 発生、照射超音波強度による近赤外 ML 強度の制御に成功した。更に超音波誘起近赤外 ML による生体透過像取得にも成功した。生体内に導入した ML 粒子をユビキタス光源として使い、体外から情報の取得が可能なことを意味している。

以上より、本研究を通して、目標であった【生体内に導入でき、使用できる革新的なユビキタス光源の創出】は完全に達成できた。そればかりでなく、【動的な in-vivo 生体力学情報の体外から計測】といった革新的な可能性をも明示した、大きな前進と考えている

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］応力発光体、ユビキタス光源、超音波、ナノ粒子、バイオイメージング

［研 究 題 目］帯電二次元分布可視化計測システムの開発

［研究代表者］菊永　和也（生産計測技術研究センター）

［研究担当者］菊永　和也（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では静電気を帯びた物体を物理的に動かし発生した変化を検出するということに着目した帯電計測技術を用いて二次元分布計測へ展開した。そこでは帯電の可視化を実現するための集束音波発生装置を開発することで、帯電の二次元分布可視化システムを開発することを目標とした。

本方法を用いて帯電を可視化するためには、対象物を非近接で局所的に振動させて、その位置における電界の情報を測定する必要がある。そのためには空気中において十分な音圧が得られる集束音波の発生が可能な音響デバイスが必要である。そこで複数の超音波音源と電子フォーカス手法を用いることで、集束度と音圧を両立する集束音波の発生装置の試作を行った。

超音波振動子を複数個用いて超音波振動子アレイを試作した。これを用いて、塩化ビニルシートに集束音波を照射し、その音圧によって変化したシートの変位をレーザー変位計で測定したところ、半値半幅が約25mm で、約1mm の変位が観測された。これより、局所的に振動させられる集束度と、測定対象物を振動させるのに十分な音圧を持つ集束音波が発生する音響装置を開発することに成功した。次にポリイミドフィルム対象として、この音響装置を用いて、集束音波を1点1点動かしながら局所的に振動させたときに発生する電界を測定し、それぞれの位置で測定された電界強度の分布を測定した。そして、この分布の検証を行うために、表面電位センサを用いて1点1点動かしながら走査する表面電位測定法を用いて、空間的な帯電位置と帯電量の関係を比較したところ、その分布が比較的一致した。また、このときに測定された各々の位置における電界の位相を考慮することによって、電荷の正と負の位置関係に相関性を見出した。これより、帯電の二次元分布を可視化する計測システムの開発に成功した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］帯電、可視化、振動、電界

［研 究 題 目］マイクロ流路を利用した分子の2次元配列技術

［研究代表者］宮崎　真佐也（生産計測技術研究センター）

［研究担当者］宮崎　真佐也、浅海　裕也（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究では、我々が独自に開発してきたマイクロ化学デバイスを用いる多段階の酵素反応技術を発展させ、より効率的な生理活性分子合成技術として酵素反応を用いるための技術開発を最終目標としている。本提案では、生体に近い効率での多段階酵素反応を行うために、生体内とほぼ同等の空間配置構築のために、ナノメートルオーダーで2次元に酵素分子を規則配置する新規の分子固定化技術を開発する。これを用いてマイクロ流路内に酵素分子を規則固定化したマイクロリアクタを作製して多段階の酵素反応に供与し、効率的な生理活性分子合成デバイスの開発を目指す。本提案では①マイクロ流路内での長鎖 DNA の配置による櫛形構造体の構築技術の確立、②櫛形構造体への分子の配置・固定化技術の開発、ならびに③櫛形構造体上に配置した酵素による多段階反応挙動の解析を目的として研究を行う。2年目は初年度の成果を踏まえ、櫛形構造体形成技術の最適化と作製した櫛形構造体上への分子の固定化条件を検討した。初年度に開発した作製技術に加え、櫛形構造体の簡易作製技術として交流電化を印加して櫛形構造を微小電極間に形成させる技術を開発した。遺伝子長より少し短い間隔の金電極を基板上に作製し、それに PDMS 製の流路を被せた。そこに交流電化を印加しながら遺伝子の水溶液を流通させることにより、櫛形の構造体を簡便に作製することに成功した。印加する交流電圧と印加時間、ならびに流通させる DNA 量を検討して、最適な固定化条件を見いだすことに成功した。

次に、従来法ならびに交流電化を用いた新規固定化法を用いて作製した遺伝子の櫛形構造体に固定化する方法を開発した。まず、櫛形に固定化した遺伝子上の特定部位を標識する足場とするために、DNA と特異的に結合するペプチド核酸を3種類合成した。特異的な遺伝子配列に相補的なペプチド核酸を合成し、それに各々タグとなるペプチド配列を導入した。これを遺伝子に結合させた後、タグに特異的な抗体とそれに対応する二次抗体を蛍光波長の異なる量子ドットで標識したものを用いて3種類の量子ドットを櫛形構造に固定化することに成功した。

また、二次抗体に酵素を標識したものも作製し、その結合も解析した。上記の量子ドットと同じようにタグ付きペプチド核酸を固定化し、それを足場として酵素を固定化することに成功した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］マイクロリアクタ、固定化、分子配列

［研 究 題 目］**量子切断効果を利用した近赤外応力発光体の開発とその物性解明**

［研究代表者］山田　浩志（生産計測技術研究センター）

［研究担当者］山田　浩志、徐　超男、寺崎　正、寺澤　佑仁、上村　直（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、量子切断効果を利用して既存もしくは新規の応力発光体の発光波長を紫外・可視光から近赤外光へ波長変換（ダウンコンバージョン）することにより、近赤外発光を有する新しい応力発光体を実現させること、およびその発光機構を解明することにある。

本年度はプロジェクトの最終年度ということもあり、これまで開発してきた近赤外応力発光体の各電子遷移プロセスの検証とモデルの検討を行った。まずドナーイオンからアクセプターイオンへの電子遷移に起因する発光の量子効率を定式化し、これまで開発した近赤外応力発光体の量子効率を評価した。その結果、$SrAl_2O_4$:Eu, Er において、Eu の添加量が0.1%と0.5%のときでそれぞれ25%、10%以下という結果となり、期待していた100%以上の量子効率は達成できていないことが判明した。アクセプターイオンへの電子遷移確率を増やすため Er の添加量を増やしたが、改善することはなく逆に低下する傾向が見られた。これは Er イオンを増やすことにより、逆にエネルギー回遊が生じて無輻射遷移の確率が増加したことに起因しているものと思われる。またドナーイオンからアクセプターイオンへのエネルギー遷移メカニズムを検証するためドナーイオンの蛍光寿命測定を行ったところ、Inokuchi-Hirayama 理論で予想されていた非指数関数型の減衰曲線が観測された。この結果は、エネルギー遷移が共鳴伝搬機構であることを示唆している。

以上の研究成果をまとめると、近赤外発光効率を向上させるための方法として、①ドナーイオンの輻射遷移、アクセプターイオンの吸収・輻射遷移、ドナー・アクセプターイオン間のエネルギー共鳴遷移が許容であること、②ドナーイオンの発光帯とアクセプターイオンの吸収帯に大きな重なりが必要であること、以上のような知見は、今後の応力発光の多色化につながる技術として重要である。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］応力発光体、近赤外発光、センサ、ダウンコンバージョン、エネルギー共鳴伝搬、量子切断効果

［研 究 題 目］**新規な菌類検査方法の基礎研究**

［研究代表者］松田　直樹（生産計測技術研究センター）

［研究担当者］松田　直樹、大庭　英樹（常勤職員2名、他2名）

［研 究 内 容］

細菌類検査では「細胞膜を破壊し酵素をその機能を損なわずに取り出す」ため、超音波照射や界面活性剤等が用いられるが、取り出し効率が低いあるいはその機能を失う等の問題がある。我々が開発した低電圧パルス（low voltage pulse：LVP）を用いて菌類の細胞膜を破壊する前処理方法では菌類や細胞内に含まれる酵素の内容物をそれらの機能を損なわずに高効率に細胞外に取り出すことが可能である。

菌株として大腸菌を用い、LB 液体培地で37℃、12時間以上振とう培養し、遠心分離（2,000rpm、15min）を行い培養時の LB 液体培地を新たな LB 液体培地に交換し、培養液用比色計により試料溶液とした（約10^8cfu/mL）。コンデンサ容量3,000μF、ファンクションジェネレータ、直流電源を用いて、低電圧パルス電源を構成した。コンデンサに対する充放電が信号発生器による所定のスイッチング操作で制御され電気エネルギーが供給される。放電電極はﾀﾝｸﾞｽﾃﾝ製で、針電極をｶｿｰﾄﾞ及び平板電極をｱﾉｰﾄﾞとし、電極間は2mm に固定した。試料溶液をセルに1mL 分注し、平板電極下に設置したスターラーで撹拌しつつ、5V、5Hz、200秒間 LVP 印加を行い、37℃で保存し20時間後に吸収スペクトル測定を行った。

LVP 印加により酵素が大腸菌の細胞膜から取り出せている事を証明するため、平成24年度は更に LVP 印加後に試料溶液を遠心操作で固形分と溶液成分に分離しそれぞれに X-gluc を添加し吸収スペクトル変化を観察した。その結果、①溶液成分と固形分の吸光度増加はほぼ遠心分離を行っていない試料のそれとほぼ等しい事、②溶液成分の方が固形分より3倍程度大きい事、が分かり酵素が大腸菌から取り出せている事が分かった。また我々の実験条件では10V、5Hz の LVP を印加すると10分で試料溶液が45℃程度まで温度上昇する事も分かりこれが酵素機能消失の原因と考えられることも分かった。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］低電圧パルス、細菌、細胞、酵素発色基質法

［研究題目］コアシェルナノ粒子の結晶配向合体による量子ドット超格子構造体の作製
［研究代表者］上原　雅人（生産計測技術研究センター）
［研究担当者］上原　雅人（常勤職員1名）
［研究内容］

本研究の目的は、ナノ粒子を原料とする薄膜製造の高度化技術の開発である。ナノ粒子を用いたウェットプロセスでも単結晶化や結晶方位制御が可能な技術の開発を目標とする。ナノ粒子やナノロッド等の生成で報告されている結晶配向合体現象（Oriented Attachment、OA）を利用して、コアシェルナノ粒子を合体成長させ、新型太陽電池等に期待される量子ドット超格子構造体を作製することを目的とする。透過電顕での電子線トモグラフィーなど、種々の構造解析を基に、ナノ粒子の構造、特に表面構造に着目しながらOA現象を明らかにする。

本年度は、コアシェルナノ粒子の結晶配向合体による量子ドット構造体の組織制御を行うための、コアシェルナノ粒子の形態制御を行った。コアとなる $CuInS_2$ナノ粒子についてこれまでは直径約5nm 以上での形態制御が可能であった。しかし結晶配向合体が生ずるためには更に小さいサイズのナノ粒子が必要と考えた。本年度、原料溶液組成や合成温度等を検討した結果、直径約3nmで均一な $CuInS_2$ナノ粒子を合成することができた。また、これに伴い、ZnS シェルの被覆条件も再検討した。高分解能電子顕微鏡および電子線トモグラフィーによる3次元的形態および原子配列等の構造解析により、現在、層厚1nm 以下の被覆を達成していると推察される。量子閉じ込めと量子ドット構造体の母相の結晶性を高めるために、更に厚く被覆する必要があり、現在、検討中である。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］ナノ粒子、電子線トモグラフィー、表面構造、量子ドット

［研究題目］応力発光体を用いた構造物のイメージング異常検出技術の開発
［研究代表者］上野　直広（生産計測技術研究センター）
［研究担当者］上野　直広、徐　超男、川崎　悦子、松尾　修身、末成　幸二、久保　正晴、古澤　フクミ（常勤職員2名、他5名）
［研究内容］

本研究の目的は、力学的な信号を直接光信号に変換する応力発光体を用いて、構造物、特に圧力容器のイメージング異常診断手法を開発することである。その中で、本年度は、応力発光イメージの構造物の異常に基づくパターン分離手法の開発を行った。具体的には、高圧容器の加圧時における一連の応力発光時系列画像において、各画素値を説明変数とし、各時刻の応力発光画像を超空間の1点として、その分布状態に主成分分析を適用することにより加圧1サイクルの特徴画像を抽出するソフトウェアを開発した。ただし、主成分分析は、データ群の分散が最大化するように説明変数を最大化するので、形式上時系列データのトレンド解析に当てはめることができるが、過去の文献にいくつかの課題が指摘されている。本手法においても、各画素値を説明変数とする超空間内の分布のみを解析対象とするのでは、時間データが失われてしまう。そこで、高圧容器の加圧サイクル疲労試験では加圧力を計測できることから、このデータを時系列応力発光画像の重みとして用いることにより、間接的に時間データを含むように改良を行った。この手法を用いて、過去の複合圧力容器疲労試験データを解析したところ、注目範囲の単なる発光強度変化の時間変化の分析では捕捉できなかった疲労亀裂貫通の、予兆となるパターンを分離することに成功した。これを裏付けるため、疲労亀裂に模したスクラッチを付加した複合試験片の引っ張り試験を行い、その結果から、スクラッチ直上では応力発光強度が増加するのではなく、逆に減少し暗いパターンを形成することがわかり、分離されたパターンの特徴と一致することを明らかにした。

［分　野　名］計測・計量標準
［キーワード］応力発光、複合圧力容器、疲労試験、パターン計測、水素

［研究題目］独立成分分析を利用した超音波画像テクスチャ情報からの肥育牛の脂肪交雑推定
［研究代表者］福田　修（生産計測技術研究センター）
［研究担当者］福田　修（常勤職員1名）
［研究内容］

本研究の目的は、肥育牛から計測した超音波エコー画像に基づいて、非侵襲かつ高精度に肉質（脂肪交雑（いわゆる霜降り度）を12段階でランク付けした値）を推定する技術を確立することである。そのため、独立成分分析を利用した推定アルゴリズムの研究開発を行い、その有効性を様々な角度から検証する。

平成24年度は前年度に構築したプログラムについて、人工的に生成した数値データを使って検証し、さらに200頭超の実サンプルデータに対しても有効性を確認した。従来手法である主成分分析との精度比較を行った結果、人工データを使った検証では、主成分分析の場合で $r=0.67$、独立成分分析の場合で $r=0.91$という大幅な改善を確認することができた。実サンプルデータでの検証ではアナログ撮像方式の103頭分のデータについては、主成分分析の場合で $r=0.62$、独立成分分析の場合で $r=0.70$と大きな改善を確認することができた。しかしながら、デジタル撮像方式の116頭分のデータに関しては、いずれの手法でも有意な相関が得られなかった。専門技

術者の画像判読の際にも、デジタル撮像方式での判読の難しさが指摘されており、撮像方式による情報量の違いがこの要因と思われる。次年度はこの点について考察を掘り下げたいと考えている。

なお、並行して進めている電気インピーダンス法による体組成値の計測は、のべ29頭に対して実施することができ、超音波画像を利用した本技術との融合による精度向上についても検討をすすめたいと考えている。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］超音波画像、畜産、テクスチャ

［研 究 題 目］中高齢者の下肢筋プロポーションが生活動作能力に及ぼす影響

［研究代表者］福田　修（生産計測技術研究センター）

［研究担当者］福田　修（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は下肢筋プロポーションの①加齢変化、②各種生活動作の可否との関係、③移動動作（歩行などのモーション）との関係を明らかにすることである。平成24年度は①加齢変化と③移動動作との関係の一部について研究を実施した。

超音波横断面積計測システムを用い、下肢筋プロポーション（大腿部および下腿部の筋横断面積）の男性、女性ごとの加齢変化の特徴を検討した。現在のところ、大腿部計測者は若中高齢者男女約800名、下腿部計測者は若中高齢者男女500名である。その結果、男女共に加齢に伴い筋面積が減少することや、伸筋群が選択的に萎縮することが示唆されたことから、大腿部総筋面積の減少は膝関節伸筋群の減少によるものであると考えられる。これらの年齢と各筋の面積との関係式は介護予防のための標準値として利用が可能である。また、下肢筋プロポーションと歩行動作（モーション）との関係を検討するために、高齢男性を対象として平地で歩行を行わせ、赤外線カメラを用いた三次元動作解析システムにより歩行動作を計測し、歩行動作に関わる様々なパラメーターを解析した。その結果、特に膝関節屈筋群の筋横断面積といくつかの歩行パラメーター（歩行速度、歩幅、股関節の動きなど）との相関関係が認められた。このことより歩行動作における膝関節屈筋群の筋量の重要性が示唆された。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］超音波計測、加齢、下肢筋

［研 究 題 目］超音波エコー画像のテクスチャ情報から筋力を推定する手法の開発

［研究代表者］福田　修（生産計測技術研究センター）

［研究担当者］福田　修（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

筋力は筋の量と質によって決まる。筋の量（筋量）の指標には筋横断面積や筋厚が用いられ、これらは筋力と高い相関関係を示すことから、筋の老化度の指標としても用いられている。また、単位筋面積当たりの筋力、すなわち筋の質は高齢になると低下する。したがって、量的な面に質的な面の評価を加えることによって正確に筋力を捉えることができる。本研究では大腿前部の筋（大腿直筋および中間広筋）を対象に、Bモード超音波エコーによって得られた筋の画像テクスチャに筋の質を表す情報（特徴量）が含まれるかを検討した。

その結果、年齢群の違いを反映する画像テクスチャ特徴量が数種類抽出され、大腿直筋および中間広筋の両者の画像テクスチャ特徴量を用いることにより、最大87%という高い正解率にて所属する年齢群を判別できることが判明した。また、筋力の大小を反映する画像テクスチャ特徴量も抽出することができた。これらの結果から、画像テクスチャ特徴量と筋の量的な情報（筋厚など）を組み合わせることにより、筋力や筋の老化度を評価できることが示唆された。今後はこれらに筋の量（筋厚）を組み合わせ、年齢や筋力を予測するアルゴリズムの構築を検討していく予定である。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］超音波画像、筋力、テクスチャ

［研 究 題 目］エコー動画イメージを利用した肥育牛脂肪交雑の自動判定システム

［研究代表者］福田　修（生産計測技術研究センター）

［研究担当者］福田　修（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、エコー動画イメージを利用した肥育牛脂肪交雑の自動判定システムを構築することにより、肥育過程における牛の早期肉質判定を実現することである。

平成24年度は、前年度までに構築した自動判定アルゴリズムの改良やシステム構成の効率化を完了し、エコー画像の入力からフィードバックシートの出力までをオールインワン・システムで構成する肥育牛脂肪交雑の自動判定プログラムを開発した。その結果、自動判別にかかる処理時間は約10秒と大幅な短縮が実現され、スムーズな作業性を確認した。また、研究期間内に出荷される肥育牛の画像を測定して画像データの充実に努め、判別精度の信頼性を検証するとともに、結果を提示する標準フォーマットも検討した。その結果、新たに127頭分（累積約267頭）の画像を取得することができ、推定モデルの相関係数0.73という高精度な推定を達成した。

今回の研究開発によってシステムの完成度が高まったことから、市場により近いフェーズでの研究開発を展開したいと考えている。また、開発したソフトウェアを応用展開できる分野は広いことから、今後は他の産業分野（例えば、水産業、ヘルスケア、福祉など）との連携を模索していきたいと考えている。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］超音波画像、畜産、テクスチャ

［研究題目］微生物－昆虫間クロストークの解析による昆虫の適応度上昇メカニズムの全容解明
［研究代表者］石井　佳子（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］石井　佳子（他1名）
［研究内容］

ファイトプラズマは昆虫媒介性の植物病原細菌であり、植物と昆虫という異なる界に属する生物に寄生するユニークな微生物である。ファイトプラズマは、植物に対して病気を引き起こす一方で、昆虫に対しては産卵数の増加や寿命の延長などの『適応度の上昇』を引き起こすことで、相利共生の関係を営んでいる。また、ファイトプラズマの昆虫宿主であるヒメフタテンヨコバイは、共生細菌が宿主に不足する栄養素を補っている可能性が高い。したがって、昆虫体内においては「共生細菌」と「ファイトプラズマ」がフローラ（細菌叢）を形成し、これが昆虫宿主の生命活動をサポートしていると考えられ、複雑系の例として非常に興味深い。以上をふまえ本研究では、『ファイトプラズマ・昆虫・共生細菌』の3者間のクロストークを明らかにし、ファイトプラズマが昆虫宿主の適応度を上昇させる分子機構の全容解明を目指す。

平成24年度は、ヒメフタテンヨコバイの共生細菌の特定、局在解析および系統解析を行った。ヨコバイを解剖したところ、共生細菌が局在する菌細胞が前胸部・背側に一対存在していた。これらの菌細胞からは、一次共生細菌として **Candidatus Sulcia muelleri** および *Candidatus* Nasuia deltocephalinicola の計2種類が検出され、二次共生細菌として *Wolbachia, Rickettsia, Burkholderia,* 新種の *Rickettsiaceae* に属する細菌の計4種類が検出された。一次共生細菌は両細菌ともに100%の感染率であったが、二次共生細菌の感染率は7%、31%、12%、24%であった。また、これらヨコバイからファイトプラズマの検出を試みたところ、*Candidatus* Phytoplasma asteris および *Candidatus* Phytoplasma oryzae の2種類のファイトプラズマが感染していることが明らかとなり、その感染率は16%と高いものであった。**Sulcia** は楕円形の菌細胞の外側に、また Nasuia は菌細胞の内側に局在していることが明らかとなっていることから、今後ファイトプラズマの局在も特定し、共生細菌との相互作用について解析していく予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］植物病原性細菌ファイトプラズマ、昆虫共生細菌、適応度上昇機構

［研究題目］生体内の糖化修飾タンパク質を利用した、食事による糖尿病予防効果の評価法の確立
［研究代表者］奥田　徹哉（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］奥田　徹哉、福井　麻美、森田　直樹（常勤職員2名、他1名）
［研究内容］

本研究では糖尿病の主病態である高血糖による臓器への直接的な悪影響を考慮した新規な栄養指標開発について、新たなモデルマウスの確立に基づき検討した。特に高血糖と相関して細胞内にて増大することが知られるタンパク質の「*O*-GlcNAc 化」に着目し、食事による高血糖の改善がその生体内動態にどのように影響するのかについて検討した。今年度は目的とした食餌により血糖値を慢性的にコントロールしたモデルマウスの確立に成功した。具体的には過食により高血糖となるミュータントマウス（*ob/ob* マウス）を、通常飼料および特殊配合飼料（糖質制限飼料）にて飼育することで、その血糖値を慢性的（1.5ヶ月間）に高血糖、低血糖に維持できる条件を確立した。また ELISA 及びウエスタンブロット法により、生体試料中の *O*-GlcNAc タンパク質を半定量的に解析する方法を確立した。確立したモデルと手法を用いて、高血糖下における肝臓、膵臓、腎臓、筋肉、脂肪組織の *O*-GlcNAc 化タンパク質の発現動態を解析した。その結果、慢性的な高血糖を反映して発現量が変化する *O*-GlcNAc 化タンパク質を幾つか見いだした。

一方で、確立したモデルの表現型解析により、食餌による持続的な高血糖の改善により *ob/ob* マウスの主要な表現型である脂肪肝の形成が抑制されることを見いだした。詳細な解析により、高血糖の改善に伴い脂肪酸生合成酵素（FAS, ACC1）の発現量が低下することで肝臓での脂質生合成が起こりにくくなり、脂肪肝の形成が抑制されていることが解った。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］糖鎖、バイオマーカー、高血糖、糖尿病、糖質制限食

［研究題目］コドン頻度を応用した新規手法による非組換えワクチンウイスルの作出
［研究代表者］柿澤　茂行（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］柿澤　茂行（常勤職員1名）
［研究内容］

弱毒ウイルス（ワクチンウイルス）とは病原性や増殖力の低いウイルスのことであり、多くの実用例がある一方で、その復帰変異が問題となっていた。近年考案されたレアコドンウイルスは、復帰変異しにくく、抗原として優れ、多くのウイルス種に対して水平展開可能といった利点を持つことから、従来の問題点の多くを克服したワクチンウイルスとして期待されているが、遺伝子組換えウイルスである点が問題である。本研究は、遺伝子組換えを用いることなくレアコドンウイルスを作出する手法を考案し、これを植物ウイルスに対して適用するものである。

まず、シロイヌナズナゲノムにおけるコドン頻度を調

べ、レアコドンをリストアップした。加えて、シロイヌナズナ以外の植物種についても同様にコドン頻度を調べた。その結果、多くの植物ではコドン頻度が比較的似ており、レアコドンも似ていることがわかった。加えて、いくつかの植物ウイルスにおけるコドン頻度を調べたところ、宿主である植物ゲノムのコドン頻度とある程度の相関関係にあることがわかり、またレアコドンも同様であることが分かった。これは宿主内におけるウイルス遺伝子の効率的な転写翻訳を考えると、妥当な結果だと思われた。

次に、レアコドンに対応する tRNA 遺伝子を用いて植物を形質転換する系を検討した。遺伝子導入系やプロモーター系等を検討した結果、tRNA 遺伝子の導入にはアグロバクテリウムを用いた通常の形質転換法を用いるのが最適であろうと考えられた。その後、tRNA 遺伝子を形質転換し、この新たなワクチンウイルス作製手法の確立を試みた。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］コドン、ウイルス、実験室内進化

［研 究 題 目］ハイブリッドゲノムを用いた難培養細菌ファイトプラズマの培養系の確立
［研究代表者］柿澤　茂行（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］柿澤　茂行（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究は、近年開発されつつあるゲノム操作の技術を応用することで、難培養細菌ファイトプラズマのゲノムをマイコプラズマのゲノムに導入したハイブリッドゲノムを作製し、これをマイコプラズマ細胞へと移植することで、難培養細菌の培養系を擬似的に確立することを目的とする。これによりこれまで困難であった難培養細菌の遺伝子操作を行うことができ、その性状の解明に関する研究が飛躍的に進展すると期待される。ハイブリッドゲノムの作製に先立ち、難培養細菌の全ゲノムクローニングを行うと共に、これらのストラテジーに関わる技術開発を行う。

本年度はまず、ファイトプラズマゲノムをクローニングするベクターについての詳細な追加調査および検討を行った。新たに検討したベクターは、形質転換時における偽陽性クローンが得られにくいように設計されている。このベクターを使うことでクローニング効率が大幅に改善されることを確認した。

加えて、大規模なゲノム断片のクローニングに成功したかどうかを確認する必要がある。これにはマルチプレックス PCR が最適であろうと考えられるため、この系の確立を試みた。ファイトプラズマゲノムの複数の領域に対してプライマーを設計し、これを混ぜ合わせ、1つの PCR 反応で9断片（9ゲノム領域）を増幅することができる系を確立した。これにより、数百 kbp の断片のクローニングに成功したかどうかを1チューブ、1PCR リアクションで確認することができる。この系により、ゲノムクローニングの実験が速やかに進展するものと考えられる。加えて、確立したマルチプレックス PCR の手法を応用することで、ファイトプラズマ感染植物中のファイトプラズマ系統の簡易判別を行うことができることが判明した。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］ゲノム操作、細菌、マイコプラズマ、酵母、培養系

［研 究 題 目］昆虫ー細菌共生系における遺伝的基盤の解明
［研究代表者］菊池　義智（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］菊池　義智（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

多くの農業害虫はその体内に共生細菌を保持しており、緊密な相互作用を行っている。これら共生細菌は、食物の分解や栄養補償を行うなど、宿主の栄養代謝において極めて重要な役割を果たしている。これら共生細菌を制御することで食害の低減や害虫の成長・繁殖抑制を図りうると考えられるが、その研究はほとんどなされていない。本研究では、ホソヘリカメムシとその *Burkholderia* 共生細菌をモデル系として、昆虫–共生細菌間に見られる緊密な相互作用の遺伝的基盤を明らかにし、新たな害虫制御法の開発に資することを目的としている。研究最終年にあたる本年度は、トランスポゾン挿入変異株のスクリーニングにより得られた13株の運動変異株につて、(1)軟寒天培地中および液体培地中における運動性の観察、(2)鞭毛形態の電子顕微鏡による観察、(3)Tn 挿入部位の inverse PCR による同定、(4)ホソヘリカメムシへの感染能力の調査を行った。(1)については、13株全てが軟寒天培地中で運動不全を示したが、液体培地中では4株が運動性を示した。(2)については(1)で運動性を示した4株では鞭毛の形成が観察されたが、液体中でも非運動性だった菌株のほとんどは鞭毛を欠いていた。(3)の調査では、1株を除いた12株全てにおいて運動性に関わる遺伝子のいずれかに Tn が挿入されていることが明らかとなった。(4)では、液体培地中で運動性を示した4株以外はほとんど共生器官に感染することができないことが明らかとなり、共生細菌の鞭毛運動性がホソヘリカメムシ共生器官への定着に必須であることが明らかとなった。これらの結果については国内外の学会において発表を行った。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］応用動物、昆虫、微生物、細菌 、共生微生物、腸内共生

［研 究 題 目］生合成マシナリー構築に向けたロドコッカス属細菌の宿主最適化と遺伝子ツールの拡充

［研究代表者］北川　航（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］北川　　航、安武　義晃
（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］

本研究では生合成マシナリー構築のための新規宿主をロドコッカスで開発する事を目指している。ロドコッカスは外来プラスミドの保持安定性が良くないという欠点があるが、昨年度までに有望な新規宿主候補株を2株（どちらも *Rhodococcus erythropolis*）得ることに成功した。本年度はこれらの株の特性を再確認し、またドラフトゲノム解析を行った。この結果、ゲノム解析株である *R. erythropolis* PR4とそれぞれ95%以上の塩基配列相同生を示したが、その他の部分はそれぞれ個性のある遺伝子を保持していることが判明した。これら株特異的遺伝子の中に遺伝子安定性、あるいは不安定性に寄与する遺伝子があると考えられ、現在解析を進めている。

またロドコッカス属細菌で利用できる新規の発現ベクターの開発も進めた。昨年度までに取得した新規複製領域を持つ野生型プラスミドを改良し、発現プロモーターを持たせた発現ベクターを完成させた。これは既存の2種の発現ベクターと和合性をもち、同時に3種の発現ベクターをロドコッカス細胞内に保持させる事が出来るものである。これにより発現強度や発現のタイミングを異にする3つの遺伝子（群）を発現させる事が可能になった。

上記新規宿主、発現プラスミドを改良し、生合成マシナリーに最適化したシステムを構築できると考えている。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］ロドコッカス、微生物生産、生合成マシナリー

［研 究 題 目］海洋無脊椎動物共生微生物系のケミカルバイオロジー

［研究代表者］中尾　洋一（早稲田大学）
［研究担当者］木村　信忠（生物プロセス研究部門）
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

概　要:

本研究では、海綿に代表される海洋無脊椎動物は、陸上の生物が作り出す化合物とは構造が大きく異なるユニークな化合物の宝庫である。近年、これらの化合物の多くが、海洋無脊椎動物に共生している共生微生物由来であることが明らかとなってきた。本研究では、2つの海洋天然化合物とそれらを含む海綿を対象として、化合物の生産微生物・生合成遺伝子・シグナル分子という3つの側面から、海洋無脊椎動物における共生微生物系を総合的に理解することを目的とする。

本課題は、カリキュリンＡを含む *Discodermia calyx* をモデル海綿に選び、共生微生物のメタゲノム解析による二次代謝産物を合成する遺伝子の同定と海洋無脊椎動物内での共生関係の維持機構を明らかにする。本年度は、主要な二次代謝産物である Calyculin をマーカーとして、この化合物を産生する共生微生物の分離・同定を試みた。まず、海綿を海水中で破砕後、各ポアサイズのメッシュを通して共生微生物をサイズごとに分画し、Calyculin を含む微生物はφ8μm のメッシュを通る画分に濃縮された為、濃縮された画分に対して、高速セルソーターを利用した微生物細胞の分画を実施した。得られた微生物の画分からゲノム DNA を抽出してメタゲノムシーケンス解析を行った。その結果、本画分に含まれる主要な微生物として *Pseudomonas* 属のバクテリアであることが明らかになった。また、公共データベースに公表されている *Pseudomonas* 属細菌のゲノム配列に対して、得られた DNA ライブラリーをマッピングしたところ、全ゲノムの94%をカバーできていることを確認した。さらに、Calyculin の生合成酵素の候補と考えられるポリケチド合成酵素の遺伝子群について、13個の遺伝子が存在していることを確認することできた。

一方、海綿 *Discodermia calyx* に共生する微生物相の解析を実施する為に、次世代シーケンサーを利用した16SrRNA 遺伝子の配列決定と系統解析を実施し、海綿 *Discodermia calyx* には特殊な微生物群集が存在していることを明らかにし、さらに、Calyculin を生産しない *Discodermia calyx* の共生微生物相との比較から、Calyculin を産生する海綿には共通する微生物種が共生していることを見出すことに成功した。

研究テーマ

1. カリキュリン A を含む海綿 *Discodermia calyx* の共生微生物に関するメタゲノム解析

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］海洋生物、天然化合物、メタゲノム

［研 究 題 目］作物全般に利用可能な分岐・矮性化・分化能を制御する転写因子の単離とその利用

［研究代表者］樋口（池田）美穂
（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］樋口（池田）美穂（他1名）
［研 究 内 容］

本研究においては、植物バイオマスの増大など、植物の諸形質の改善に役立つ転写制御因子を探索し、それを用いて作物の形質を一律に改善する技術を確立することを目ざしている。研究対象としている具体的な形質は、矮性化、および、枝・葉数の増減である。

矮性化形質の誘導については昨年までに明らかにしていた矮性化誘導遺伝子 HR0444の研究を発展させ、HR0444、PRE1、ACE1の3因子によって構成される三重拮抗阻害システム（tri-antagonistic bHLH system と命名）が細胞伸長を制御することで、植物の背丈を変えていることを解明した。本研究の成果は既に論文とし

て発表し、「植物の葉、実のサイズを決める機構を解明」としてプレスリリースも行った。さらに、実際の野外環境における植物バイオマス生産性の調節に、もっと役立つ因子を探索する目的で研究を発展させ、日陰で植物の草丈が伸びる反応（避陰反応）に関与する転写活性化因子として ACE4を単離した。現在は、日陰と類似した波長の光の下で ACE4の遺伝子発現がどのように調節されているか、および、ACE4がどのように細胞の伸長を制御しているかを解明しつつあり、論文を作成して近日中に投稿する予定である。

一方で、枝数・葉数の増減についても、以前に単離していた枝・葉数を増加させる機能を持つ遺伝子 HR1049遺伝子と機能重複する遺伝子を同定、これらの遺伝子の機能を欠損した植物を作成して解析を行い、HR1049らが枝・葉の形成にどのように関与しているかについて、解析を行った。その結果、HR1049らは植物の花器官形成などに関連する遺伝子の発現をポジティブに制御すること、既知のものとは異なるシステムによって分裂組織の活性を制御しているらしいことなどを明らかにしつつあり、論文を作成している。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］植物の形質改善、遺伝子改変、矮性化、多枝・多葉

［研 究 題 目］共生細菌による宿主昆虫の体色変化：隠蔽色に関わる共生の分子基盤の解明

［研究代表者］深津　武馬（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］深津　武馬、森山　実
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

アブラムシ体色を変化させる共生細菌のゲノム解析、アブラムシ体色を構成する色素の解析、共生細菌の感染にともなう宿主アブラムシの遺伝子発現解析、関連候補遺伝子の機能解析、共生細菌感染及び体色変化がアブラムシの生理や生態に与える影響の解析などを通じて、共生細菌による体色変化という生物現象を徹底的に解明し、理解することをめざす。今年度は以下のような成果を挙げた。

体色を変化させる共生細菌 *Rickettsiella* の全ゲノム塩基配列1576143bp を決定した。同じレジオネラ科の *Rickettsiella grylli*, *Coxiella*, *Legionella* などと遺伝子構成は類似しており、アブラムシ任意共生細菌 *Hamiltonella*, *Serratia* などとは似ていなかった。

昨年度までに、RNA-seq 法によって感染によって変動する54の遺伝子が得られ、そのうちの2つ、ポリケチド／脂肪酸合成酵素遺伝子が色素関連候補として考えられた。今年度は、これら2種の脂肪酸合成酵素遺伝子のアブラムシの成長に伴う発現を定量 PCR 法によって解析した。その結果、*Rickettsiella* 感染虫では、体色が赤色の初令幼虫から緑色の成虫に至る段階で、100倍以上に発現が上昇していることが示された。一方、非感染虫では、遺伝子発現はわずかに減少する傾向が示された。以上の結果より、これらの脂肪酸合成酵素遺伝子が有力な色素合成関連候補であることが示唆された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］昆虫共生細菌、ゲノム解析、新規生物機能

［研 究 題 目］新規 POCT デバイスの創出を目指したマルチプローブ親和電気泳動法の開発

［研究代表者］松野　裕樹（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］松野　裕樹（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、研究代表者らが最近開発した新しい電気泳動法である、分子マトリクス電気泳動（Supported Molecular Matrix Electrophoresis, SMME）を利用し、POCT（point-of-care testing）デバイスのコア技術として期待できるマルチプローブ親和電気泳動法を開発することを目標とする。SMME とは、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）等の多孔性の疎水性膜を支持体とし、その内部に吸着形成させたポリビニルアルコール等の親水性ポリマーのマトリクスを分離担体とする膜電気泳動法である。本法では、タンパク質などのアフィニティプローブを疎水的相互作用により簡単に局所配置できることが特徴である。

プローブとなるタンパク質（レクチンや抗体など）の局所配置には、市販のバキュームブロッターが利用できる。レクチンやトラップ用抗体の配置デザインや固定化量などの最適化に加え、検出用抗体の濃度など様々な条件検討を進めた。複数のモデル糖タンパク質の混合物を用いて、それらに含まれるレクチン反応性分子を一度に検出できる方法を確立した。今後は、より実用的な方面に技術を応用する必要がある。

一方、SMME による親和電気泳動に関する基礎的な検討も進めた。レクチン等のタンパク質を PVDF 膜に吸着させた後、親水性ポリマーにより親水化する工程で、タンパク質が一部剥がれてしまう現象が観察されていたが、条件を最適化することで改善できることが分かってきた。また、吸着固定したレクチンの活性評価についてもその方法を模索検討した。α1酸性糖タンパク質（AGP）と ConA レクチンの組み合わせをモデルとして用い、古典的な方法である交差親和免疫電気泳動法において報告されている解離定数の算出方法の活用を試みた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］電気泳動、親和電気泳動、糖鎖、レクチン

［研 究 題 目］オーラシンアルカロイドが示す強い抗菌活性とその利用に向けた研究

［研究代表者］安武　義晃（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］安武　義晃、北川　航
（常勤職員2名、他2名）
［研究内容］

抗生物質の探索は、多剤耐性菌や新たな病原菌への備えとして重要であり、特に既存の分子骨格とは異なる新規化合物の発見・創成は大きな意義がある。本研究では、放線菌ロドコッカス・エリスロポリスが合成する新規抗菌物質であるオーラシン RE の強い抗菌活性発現に重要な役割を果たすシトクロム P450（RauA）に着目し、本酵素の詳細な構造機能解析を行った。その結果、RauA はオーラシン骨格のキノリン環窒素を水酸化する活性を示し、この水酸基の付加によって強い抗菌活性が生まれることが明らかとなった。また、RauA 遺伝子をノックアウトした菌株から抽出された不活性オーラシン RE 前駆体を用い、その不活性物質と RauA との複合体結晶構造の解析を行った。解析の結果、RauA のヘムポケット内にオーラシンが結合している状態が明確に観察された。この構造情報から、強い抗菌活性を生むキノリン環窒素の水酸化を可能とする RauA の基質認識メカニズムが明らかになった。また抗菌物質の候補となりうる他のオーラシン類縁物質に対して、本酵素が同様の水酸化活性を示す可能性が示された。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］抗菌物質、放線菌、シトクロム P450、オーラシン

［研究題目］宿主昆虫－共生細菌間相互作用の分子機構の解明とその利用基盤技術の開発

［研究代表者］安佛　尚志（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］安佛　尚志（常勤職員1名）
［研究内容］

3系統のスピロプラズマ（*Drosophila nebulosa* 由来の雄殺しスピロプラズマ NSRO 系統、NSRO 系統の突然変異体で雄を殺さない NSRO-A 系統、キイロショウジョウバエ由来の雄殺しスピロプラズマ MSRO 系統）のファージのゲノム解析を進めた。ショットガンデータのアセンブルの結果、NSRO および MSRO から1種類、NSRO-A から2種類のファージゲノムが得られ、それぞれ、SpV-N、SpV-M、SpV-NA1、SpV-NA2と名づけた。4つのファージゲノムの全体的な塩基配列の相同性は81%であり、ORF の並びもよく保存されていた。各ファージゲノム上に推定された遺伝子（ORF）の数は SpV-N が23個、SpV-M が22個、SpV-NA1および NA2が21個であった。SpV-M では ORF10、SpV-NA では ORF10および ORF2が失われていた。次に、ファージ間の ORF の相同性を調べたところ、ORF8（hypothetical protein gene）、ORF18（hypothetical lipoprotein transmembrane gene）、ORF19（p123）、ORF23（新規）は、オス殺し系統と非オス殺し系統の間の相同性が低かった。次に、ORF22（p58）および ORF7（RecT）の配列情報を用いて分子系統解析をおこない、4種のファージが極めて近縁なファージファミリーに属することを示した。一方、次世代シークエンサーを用いて、スピロプラズマ感染により発現が変動する宿主遺伝子の解析をおこなった結果、共生に関わる遺伝子の候補が複数得られた。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］昆虫内部共生、共生細菌、雄殺し、ファージ、ゲノム

［研究題目］特異な環構造と強力な殺虫活性を有するインドールジテルペン類の全合成と構造活性相関

［研究代表者］榎本　賢（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］榎本　賢（常勤職員1名）
［研究内容］

インドールジテルペン類はインドール核とジテルペンが融合した特異な構造を有する化合物群である。殺虫活性、抗 MRSA 活性の他、ほ乳類に対する痙攣作用を持つものが多く、薬理学的にも注目されている。本研究ではインドールジテルペン類の全合成と構造活性相関研究により中間体、誘導体を利用した新規薬剤シード化合物の創成を目的する。昨年度までにインドールジテルペン類の一種である痙攣作用物質パスパリニンの全合成を達成した。これにより、天然物そのものとこれまでに合成済みの部分構造との活性の比較、即ち構造活性相関研究を行うことが可能となったので、本年度は確立した合成経路に基づいて部分構造の合成を行った。パスパリニンの左右両部分構造を持つ化合物、および活性発現に関与すると推測されるヒドロキシ基を欠いた化合物を合成した。また、昆虫成長阻害物質チエルシニン B の右側部位も合成した。チエルシニン B の分子左側部位（インドール部位）はパスパリニンと同一の構造を持つので、これによりチエルシニン B の構造活性相関研究も可能となった。これらの化合物は現在、研究協力者のもとで活性試験中である。これによりインドールジテルペン類の活性発現機構解明に貢献できると考えている。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］天然物、構造活性相関研究、インドールジテルペン、痙攣作用、昆虫成長阻害

［研究題目］糖尿病の改善効果を評価するための新規指標物質の開発

［研究代表者］奥田　徹哉（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］奥田　徹哉、福井　麻美、森田　直樹
（常勤職員2名、他1名）
［研究内容］

糖尿病発症に関わる N-アセチルグルコサミン付加（*O*-GlcNA 化）ならびにその蓄積と、高血糖が惹起す

る耐糖能低下や代謝異常などの慢性的な組織病変とが、どのように相関するのかを明らかにするため、食餌により血糖値を慢性的に高低にコントロールしたモデルマウスを用いて、体内における *O*-GlcNAc 化タンパク質の発現動態の解析を進めた。本年度は、確立したモデルマウスの肝臓において、その発現量が血糖値の変化に応じて変動する *O*-GlcNAc 化タンパク質の解析を進めた。その結果、インスリンシグナル経路の細胞内メディエーターである Akt プロテインキナーゼタンパク質が、高血糖下の肝臓にて *O*-GlcNAc 化される基質タンパク質の一つであることを発見した。*O*-GlcNAc 化された Akt は慢性的な高血糖にさらされた肝臓に蓄積しており、一方で高血糖を持続的に改善した肝臓ではこの蓄積が改善されることも併せて見いだした。Akt は *O*-GlcNAc 化により、その活性化に必要なリン酸化修飾を受けにくくなることが細胞レベルでの研究にて明らかにされていたため、Akt のリン酸化状態を調べたところ、生体内においても *O*-GlcNAc 化された Akt はリン酸化を受けにくくなっていることが解った。これら成果は、高血糖による *O*-GlcNAc 化 Akt の蓄積が糖尿病の病態（インスリン抵抗性）発症の一因となること、また *O*-GlcNAc 化 Akt が目標とする糖尿病の改善効果を評価する指標物質の候補となることを示す。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］糖鎖、バイオマーカー、高血糖、糖尿病、糖質制限食

［研 究 題 目］GPI アンカー型タンパク質の最終目的地を決定するメカニズム

［研究代表者］横尾　岳彦（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］横尾　岳彦、高瀬　久美子
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

特定の GPI アンカー型タンパク質（GPI-AP）が細胞膜にとどまるか細胞壁に移行するかについては、タンパク質の種類を見分けて振り分けるメカニズムが細胞表層にあると考えられてきたが、研究担当者らの研究結果によると、GPI-AP の最終目的地の振り分けメカニズムが、小胞体で働いている可能性が出てきた。この可能性を検証するとともに、GPI-AP の最終目的地がどのようなメカニズムで決定されているのかを解明する。

GPI-AP が細胞膜に留まるか細胞壁に移行するかは、タンパク質のωサイト上流のアミノ酸配列が重要な役割を担っていることが、過去に報告されている。この報告と、「細胞膜の GPI-AP はセラミド型、細胞壁の GPI-AP はジアシルグリセロール型」という私たちの提唱する仮説との関連を探るため、ωサイト上流を Cwp2p のそれに改変したキメラ型 Gas1p の挙動を調べたところ、細胞壁により多く移行することが、前年度の研究で明らかになっていた。もし、Cwh43p がωサイト上流の配列を認識した結果として生じた GPI 脂質の種類の違いが GPI-AP の最終目的地を決定しているならば、cwh43破壊株ではωサイト上流の配列を改変した効果はキャンセルされるはずである。しかしながら、cwh43破壊株においても、ωサイト上流改変型 Gas1p は依然として細胞壁により多く移行した。このことより、ωサイト上流の配列に応じて細胞壁あるいは細胞膜への局在を決定するメカニズムは、Cwh43p によるセラミド変換とは独立した、別のシステムとして稼働していることが明らかになった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］GPI アンカー、細胞膜、細胞壁、酵母、マイクロドメイン、脂質ラフト、糖鎖生物学

［研 究 題 目］高グリコシル化タンパク質ムチンに関する革新的分析法 SMME の高度化研究

［研究代表者］亀山　昭彦（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］亀山　昭彦、松野　裕樹、董　偉傑、児玉　弘美、飯竹　信子
（常勤職員2名、他3名）

［研 究 内 容］

膵液・胆汁中のムチンを調べることにより、膵胆管腫瘍の早期診断、悪性度判断の糸口が見出されると期待されているが、ムチンは分析が困難なためバイオマーカーとしてのムチン研究は手つかずの状態にある。分子マトリクス電気泳動法（SMME）は、ムチンを分析するために研究代表者が最近開発したポリビニリデンジフルオリド膜を用いた新しい膜電気泳動法である。本研究では新手法である SMME をバイオマーカー探索に活用できるように、分離能と感度に重点をおいた高度化研究を進めている。平成24年度は、①SMME の物理化学的基礎を明らかにすること、および②ムチンの高感度検出法の検討を実施した。

①については、電気泳動に伴って発生する蒸散流および電気浸透流について、各種 PVDF 膜の種類、ポリマーコーティング量、親水性ポリマーの種類について検討した。PVDF 膜は強い電気浸透流を発生するが、コーティング後は電気浸透流がほぼ完全に抑制されることが判明した。②については赤外分光検出を検討した。PVDF 膜は1500cm^{-1}以上の赤外領域でほぼ透明であるため、PVDF 膜上のムチンを FT-IR によりマッピングすることを検討した。SMME 膜を2枚のフッ化カルシウム板で挟むことにより、膜状のムチンスポットを FT-IR にてイメージングすることができた。また、アルシアンブルーで染色する検出法はシアル酸や硫酸基が少ない中性のムチンは染色されないという問題があった。そこで SMME 膜上のムチンをコハク酸無水物で処理した後、アルシアンブルーで染色することによりこの問題を解決した。この方法で染色したムチンの糖鎖はコハク酸で修

飾されているが、糖鎖分析の際にはコハク酸が遊離するので従来通りに糖鎖分析を行なうこともできた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］電気泳動、糖鎖、質量分析

［研究題目］共生成立の分子基盤を解く：昆虫－細菌共生系における大規模 RNAi スクリーニング

［研究代表者］菊池　義智（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］菊池　義智、二橋　亮（常勤職員2名）

［研究内容］

多くの生物がその体内に共生微生物を持つことが知られているが、それら内部共生の分子基盤については未だ不明な点が多い。本研究ではホソヘリカメムシー *Burkholderia* モデル共生系を対象に、共生器官の大規模トランスクリプトーム解析および RNAi スクリーニングを行い、共生成立に関わる宿主昆虫側の遺伝子基盤を網羅的に同定することを目的とする。研究初年にあたる本年度は、(1)共生器官において共生時に特異的に発現亢進する遺伝子の特定、(2)発現遺伝子の定量 RT-PCR、(3)dsRNA による経口 RNAi を行った。(1)については感染、非感染個体の共生器官について RNAseq 解析を行い、大規模トランスクリプトームを得た。de novo アセンブリによって明らかとなった約92,000遺伝子について RNAseq データに基づいてその発現量推定を行い、新規分泌タンパクやカテプシン様プロテアーゼ、抗菌タンパクなどが共生器官で高発現していることが明らかとなった。(2)については、特に発現量が高かった新規分泌タンパク数種について定量 RT-PCR を行い、共生細菌の感染・定着に伴って発現が亢進することを確認した。(3)については、トランスクリプトームによって絞られた共生関連遺伝子候補について機能解析を進めるにあたり、インジェクションよりも簡便な経口 RNAi を確立することを目的に行った。RNAi の判別が容易な Laccase2遺伝子（クチクラの黒化に関わる遺伝子）を対象に、dsRNA を合成し各種濃度で経口投与を行ったが、インジェクションによる投与のようには発現阻害が観察されなかった。この点に関しては来年度も検討を続ける。得られた成果の一部について学会発表を行うとともに、論文発表も行った。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］応用動物、昆虫、微生物、共生微生物、RNAi

［研究題目］メタゲノム遺伝子の網羅的発現を目指した大腸菌宿主の開発

［研究代表者］宮崎　健太郎（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］宮崎　健太郎（常勤職員1名）

［研究内容］

メタゲノムは環境中に存在するゲノムの総称であり、様々な生物種由来のゲノムを含んでいる。メタゲノムから有用遺伝子を機能スクリーニングする際には、大腸菌等を宿主としたメタゲノムライブラリーを作成し、組換え大腸菌ライブラリーをスクリーニングすることになるが、起源生物の異なる多様な遺伝子を単一の宿主で均等に発現することは現行技術では著しく困難である。そこで本研究では、メタゲノム由来の様々な遺伝子を均等発現可能な大腸菌宿主を創成することを目的に研究を行った。

蛋白質をコードする遺伝子は、アミノ酸コドンが縮退しているために、どのコドンを選択するかで様々な配列がありうる。コドン使用頻度は生物種ごとに大きく異なり、この違いが異宿主発現に大きく影響を及ぼす。そこで平成24年度は、アミノ酸配列は同一であるが、コドン使用頻度の異なるレポーター遺伝子を用いて大腸菌の発現特性の解明を目指した。

大腸菌の遺伝子発現特性を改変する手段としては、リボソームの成分を改変する手法をとった。改変型リボソームを含む大腸菌変異株に塩基配列の異なる緑色蛍光タンパク質発現ベクターを導入し、レポーター遺伝子の発現解析を行った結果、野生株に比べて発現亢進する株が存在することが明らかとなった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］リボソーム、大腸菌、宿主、蛋白質発現、コドン使用頻度

［研究題目］翻訳システム改変による人工細胞創成

［研究代表者］宮崎　健太郎（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］宮崎　健太郎（常勤職員1名）

［研究内容］

目標：

大腸菌リボソームを様々に改変することで、翻訳特性の改変された大腸菌宿主ライブラリーを創成する。本方法を目的宿主の創成に活用する。

研究計画：

大腸菌リボソームの中核因子の一つを変異させることで様々な翻訳特性を有する大腸菌を創成する。とくにリボソーマル RNA（rRNA）に着目し、多様な rRNA を環境 DNA からクローニングし、大腸菌に組み込む方法をとる。

研究進捗状況：

ユニバーサルプライマーを用いて環境 DNA より rRNA を PCR 増幅し、大腸菌の rrn オペロン完全欠失株に組み込んだ。ハイブリッドリボソームを含む変異大腸菌は、生育速度やレポーター遺伝子を介した蛋白質発現において多様な性質を示した。とくに、野生型大腸菌よりも発現効率の高い宿主株も見出されたことから、リボソーム改変という手法が物質生産に適した大腸菌に有効である可能性が示された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］リボソーム、大腸菌、宿主、蛋白質発現

［研 究 題 目］rRNA の置換変異によるリボソーム可塑性の研究
［研究代表者］宮崎　健太郎（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］宮崎　健太郎（常勤職員1名）
［研 究 内 容］
目標：
大腸菌リボソームの構成成分である16S rRNA を異種生物由来の遺伝子を置換することで、リボソームの機能可塑性を探求する。
研究計画：
様々な環境 DNA（メタゲノム）を鋳型に16S rRNA を PCR 増幅し、発現ベクターに組み込む。さらに変異 16S rRNA を含む大腸菌株を創成し、生育相補性により 16S rRNA の機能を調べる。
研究進捗状況：
まず、様々な環境試料（土壌、活性汚泥、河川堆積物等）より環境 DNA を調製した。次いでユニバーサルプライマーを用いてより16S rRNA を PCR 増幅し、大腸菌の rrn オペロン発現ベクターに組み込んだ。本発現ベクターを大腸菌の rrn オペロン完全欠損株に導入し、薬剤選択、ショ糖を用いたカウンターセレクションにより、生育を相補する変異株をスクリーニングした。その結果、γ−プロテオバクテリア、β−プロテオバクテリア由来の 16S rRNA で生育を相補する遺伝子を多数取得した。
［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］リボソーム、大腸菌、宿主、蛋白質発現

［研 究 題 目］超高速シークエンサーで切り拓く陸域地下生物圏の多様性とレアバイオスフィア
［研究代表者］玉木　秀幸（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］玉木　秀幸（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］
本研究は、次世代シークエンス技術を最大限活用し、地球最大の未開拓微生物生命圏である陸域地下圏に棲息する地下微生物の多様性を明らかにするとともに、これまで全く解析対象とされてこなかったレアバイオスフィアの存在とその多様性を明らかにすることを目的としている。本年度は、新たに陸域地下圏試料を採取し、全 DNA ならびに RNA の抽出精製、保存を行った。また今年度は、パイロシークエンサーよりも安価で大量の配列情報を取得可能なイルミナシークエンサーを用いることとし、その配列解析手法の諸条件を検討するとともに、実際に、陸域地下圏微生物の群集構造と多様性を超高解像度に解析した。特に今年度は DNA だけでなく RNA も解析対象とすることで、地下圏に棲息し、かつ代謝活性も高い微生物について解析した。その結果、特に、氷河堆積物からなる陸域地下環境においては、DNA と RNA で得られる微生物群集プロファイルに大きな差がなかったことから、同環境に棲息する微生物群は代謝活性を有しており、生物地球化学プロセスに寄与している可能性が示唆された。さらに、各地下圏環境試料について地球化学的解析を行い、各々の地質、地球化学的なプロファイル情報を取得し、レアバイオスフィアも含めた微生物群集構造と地球化学的パラメーターの相関性について詳細な統計的解析を実施した。その結果、各地下圏環境中の微生物群集構造の違いは、それぞれの地下環境の地球化学的プロファイルの違いと非常によく一致しており、特に、メタン、硫酸、マンガン、溶存有機物等と高い関連性を示した。さらに、一部の未知微生物系統群のポピュレーションは、メタン、硫酸ともに低濃度の環境でより高いことも明らかとなるなど、陸域地下圏に棲息する未知微生物の機能推定に資する重要な知見を提示した。このように、本研究を通じて、これまで未開拓微生物生命圏となっていた陸域地下環境の微生物の多様性と群集構造を着実に解析してきており、これらの基盤情報は、将来的に地下圏に存在する未知系統群の新生物機能の解明に向けて有力な手がかりを提供するとともに、地球環境変動や化石エネルギーの持続的利用に関わる地下圏微生物生態系の全容解明に資する知見として重要である。
［分　野　名］ライフサイエンス、地質、環境・エネルギー
［キーワード］次世代シークエンス、16S rRNA 遺伝子、パイロシークエンス、超高解像度微生物コミュニティー解析、陸域地下圏、生物地球化学プロセス、レアバイオスフィア、稀少生物圏、分子系統解析、未知微生物

［研 究 題 目］陸域地下圏のメタンフラックスに関与する未知アーキア系統群の発見と新生物機能の解明
［研究代表者］玉木　秀幸（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］玉木　秀幸（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］
本研究は、陸域地下圏環境に優占する未知・未培養アーキア群とその周辺微生物群の実体を明らかにし、メタンフラックス等の重要な生物地球化学プロセスにおいて未知微生物群が果たす役割を解明することを目指している。今年度は、陸域地下圏試料（氷河堆積物や油田環境等）を対象として、最先端技術を活用した分子生態学的解析を実施し、未知未培養微生物系統群を新たに見出すことに成功するとともに、それらの未培養系統群を豊富に内包する陸域地下圏試料を選別した。さらに地球化学的な解析を実施したところ、未知未培養微生物系統群が存在する地下圏ではメタンが検出されており、そのメタンは生物学的に生成・消費されている可能性が示唆された。続いて、陸域地下圏環境から見出した未培養微生物

系統群の未知機能を解明することを目的として、シングルセル解析に着手した。まず、シングルセル解析に供試するための前処理方法を検討し、最適化するとともに、地下圏試料を用いて実際にシングルセル解析を試験的に実施した。その結果、地下圏試料からシングルセルを分取するとともに、分取したシングルセルからゲノムを増幅することに成功した。得られたシングルセルゲノムの16S rRNA遺伝子配列を決定したところ、メタン生成アーキアならびに門レベルで新規な未培養細菌系統群が含まれていることが明らかとなった。今後、未知微生物群を豊富に内包する地下圏環境を対象としてシングルセルの分取とゲノム解析を実施する予定である。また地下圏環境の未知微生物群の集積培養を目的として、陸域地下圏環境を模擬した培養システムの構築に着手しており、本システムを活用した未知微生物群の機能解明を実施する予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス、地質、環境・エネルギー

［キーワード］陸域地下生命圏、未知アーキア、新生物機能、メタンフラックス、環境ゲノム解析

［研 究 題 目］社会性アブラムシにおけるゴール修復行動の分子・細胞・発生基盤の解明

［研究代表者］沓掛　磨也子（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］沓掛　磨也子（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、モンゼンイスアブラムシの兵隊幼虫が示すゴール修復という社会行動に着目し、その成立基盤および進化について、分子・細胞・発生の多面的アプローチからの理解を目指すものである。

ゴール修復とは、外敵により破壊された巣（ゴール）の傷を、兵隊幼虫がみずからの大量の分泌体液を混ぜ固めて塞ぎ、修復するという社会行動である。今年度は、昨年度に引き続き、ゴール修復に重要な役割を果たす兵隊の巨大顆粒細胞における網羅的な遺伝子発現解析（RNAseq解析）を推進するとともに、ゴール修復のための兵隊分泌液中の主要タンパク質成分に関して、未解析の因子についての解析をおこなった。

RNAseq解析については、昨年度の解析を予備実験と位置づけ、今年度はサンプル数を増やすとともに、全サンプルの遺伝的背景を統一するため、単一のクローン集団を出発材料とした解析をおこなった。これにより、予備実験より高精度かつ大規模な結果を得ることができた。その結果、兵隊の巨大顆粒細胞においては、体液のメラニン化および生体防御系に関わる遺伝子群の発現が亢進していることが明らかになり、予備実験の結果を再現するものとなった。これらの遺伝子については、定量PCRにより、確かに発現が亢進していることを確認した。また、巨大顆粒細胞においては脂質や糖の代謝に関わる遺伝子が発現亢進しているという結果が、今回の解析においても示された。この点について、兵隊の巨大顆粒細胞において確かに脂質や糖が局在していることを、オイルレッド0染色およびPAS染色により確認した。

タンパク質レベルでの解析においては、兵隊分泌液中の主要タンパク質成分のうち、これまで未解析であった高分子量タンパク質についての同定をおこなった。SDS-PAGEゲルから切り出したバンドから内部アミノ酸配列を決定し、RNAseq解析で得られた遺伝子配列に対して相同性検索をおこなったところ、脂肪酸合成酵素がヒットした。今後、特異的ペプチド抗体を用いたイムノブロットにより、確認実験をおこなう予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］社会性昆虫、兵隊アブラムシ、社会行動、体液凝固、メラニン

［研 究 題 目］高効率薬物代謝アッセイのためのミクロソーム電極の創製

［研究代表者］三重　安弘（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］三重　安弘（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

目的：

薬物代謝酵素を含有するミクロソーム試料を用いて薬物の代謝率を計測することは、医薬品開発や薬物投与設計において極めて重要である。しかしながら、高価な活性化剤等を用いてクロマトグラフィーや分光法で検出する現在のアッセイ法は低感度かつ高コストで時間を要するといった問題を有している。本研究では、高感度かつ低コストで迅速な計測が可能な電気化学法を利用する新しいアッセイ法の開発を目指す。

研究計画:

電極をミクロソーム試料の活性化剤として利用し、代謝反応量に比例する電流を計測することで目的を達成する。通常の電極界面上では、薬物代謝酵素を失活させずに活性化することは困難であるため、本研究では種々の電極コーティング剤を検討し、該目的を可能にするコーティング電極を構築する。

年度進捗状況：

昨年度に得られた長鎖 DNA を用いた成果を基に、更に好適なミクロソーム固定化電極を作製するため、電極と結合しやすい末端修飾 DNA を作製し、種々の条件下でコーティングを行い、電極上のミクロソームによる電気化学薬物代謝反応を調べた。特定の条件下においては、比較的安定に電気化学薬物代謝反応を計測することができた。薬物として糖尿病治療薬を用いた系に適用し、野生型および allelic 変異体薬物代謝酵素による代謝反応を詳細に解析したところ、得られた薬物親和性や代謝速度などの酵素反応パラメーターの相関性は、従来の溶液系で評価されたものと一致した。以上より、電気化学的にミクロソーム薬物代謝反応を計測することに成功した。

今後の課題としては、電極間の誤差を低減する技術開発が重要と考えている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ミクロソーム、薬物代謝、電気化学アッセイ、機能電極

［研 究 題 目］海洋性油糧微生物由来のドコサペンタエン酸合成系を導入した出芽酵母の創製

［研究代表者］森田　直樹（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］森田　直樹、佐原　健彦（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究は、ドコサペンタエン酸（DPA）生産海洋性ラビリンチュラ微生物の DPA 合成機構の解明を目標とし、１）DPA 合成に関与する遺伝子（群）の単離と発現、及び２）出芽酵母における DPA 合成酵素遺伝子群のポリシストロニックな発現を実現することを目標としている。

今年度は以下について検討した。ｉ）DPA 生産海洋性ラビリンチュラ微生物 L59株の脂肪酸組成の変動；一般に、DPA をはじめとする高度不飽和脂肪酸は、培養環境によって変動する。L59株は細菌（特にサイクロバクター属 LB004株）との混合培養によって増殖が活性化される。まず、L59株用寒天培地に LB004株を塗布して25℃で培養し、そこに L59株を移植し更に25℃で培養した。2日後、菌株をループで寒天培地から回収した菌株塊を10%メタノール性塩化アセチル溶液に懸濁し、そのヘキサン抽出物をガスクロマトグラフィーで分析した。その結果、同方法で菌体の脂肪酸組成を分析できることがわかった。また、DPA が増加する条件を明らかにするために、培養温度を変えて脂肪酸組成を調べている。ⅱ）サイクロバクター属 LB004株の培養特性；L59株は細菌（特にサイクロバクター属 LB004株）との混合培養によって増殖が活性化されるが、その状態で抽出されたゲノム DNA には、L59株と LB004株のものが混ざってしまう恐れがある。そこで、細菌 LB004株のクロラムフェニコール感受性を確認した。LB004株は10μg/mL 以上では生えないことが解った。よって、培養条件記録書には、クロラムフェニコール200μg/mL を含む培地で培養することによって L59株を純粋化できるとあるが、もう少し低い濃度で L59株を純粋化できる可能性が示された。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ドコサペンタエン酸、ラビリンチュラ微生物、ポリシストロニック発現、出芽酵母、高度不飽和脂肪酸

［研 究 題 目］細胞情報伝達に関わる蛋白質活性を可視化する発光プローブ分子の開発

［研究代表者］森田　直樹（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］森田　直樹（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では「ルシフェラーゼ再構成系」技術を用い、Akt の活性化をイメージングする分子プローブ及び小胞体ストレスをイメージングする分子プローブ（CHOP/PERK 機能プローブ）の構築を目指している。

Akt 活性化をイメージングするプローブについては、刺激が入る（Akt が活性化される）と発光するプローブ分子の構築を目指している。一方、小胞体ストレスを感知した PERK は二量体化することに着目し、ルシフェラーゼ再構成系技術を用いて、この二量体化をイメージングする発光プローブ分子の構築も目指している。しかし、両プローブの構築は満足できるものができていない。今年度は、既に小胞体ストレスをイメージングするプローブとして構築できている CHOP 遺伝子の発現をモニターするプローブを用いて研究を進めた。pEBMulti ベクターは、霊長類（ヒト、サル）、イヌなどの細胞に導入する遺伝子発現ベクターである。pEBMulti は、Epstein-Barr Virus（EBV）由来の複製起点 OriP と EBV Nuclear Antigen 1（EBNA1）遺伝子の働きにより、遺伝子導入細胞中においてプラスミドが細胞分裂後の娘細胞に分配される Episomal 型ベクターあるため、宿主ゲノム DNA に組み込まれず、容易に安定発現株を樹立てできる特徴を持つ。CHOP 遺伝子の発現をモニターするプローブは、CHOP 遺伝子のプロモーターの下流にレポーター遺伝子としてホタルルシフェラーゼ遺伝子を配置している。PCR を用いて同部位を増幅し、pEBMulti ベクターに導入した。pEBMulti/CHOP プラスミドの各種癌細胞株（膵癌、胃癌、大腸癌及び肝細胞癌細胞株）への導入を試み、安定発現株の樹立を試みている。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］生体イメージング、発光プローブ、ルシフェラーゼ再構成系、可視化、Akt、小胞体ストレス

［研 究 題 目］「利他行動」を制御する新規化合物の探索とその作用機構の解明

［研究代表者］斎藤　玉緒（上智大学）

［研究担当者］森田　直樹（生物プロセス研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

細胞性粘菌のゲノムに見られるポリケタイド合成酵素の産物の解析を行った。これまでに、通常実験に用いられている *Dictyostelium discoideum* の新規ハイブリッド型酵素 SteelyA の *in vivo* 産物が 4-methyl-5-pentylbenzene-1, 3-diol（MPBD）であることを明らかにしているが、近縁種 *D. purpureum* にも DIF-1（Differentiation Inducing Factor-1）の生合成酵素が保存され、DIF-1や MPBD を生産していることを明ら

かにした。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］ポリケタイド合成酵素、ハイブリッド型酵素、分化誘導、細胞性粘菌、土壌微生物

［研究題目］「未知生育因子／1細胞探索システム」の構築と未培養微生物の安定培養の実現

［研究代表者］菅野　学（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］菅野　学、玉木　秀幸、鎌形　洋一（常勤職員3名）

［研究内容］

新規な培養デバイスを開発し未培養微生物を効率的に培養化することを最終目標に掲げ、本研究では、難培養微生物の細胞濃度をデバイス供試前にあらかじめ高める要素技術の開発を試みた。環境中の微生物群の一握りに可培養微生物が限られる原因の1つとして、ある特定の増殖の早い易培養な微生物が人工培地上に優占化されやすいことが挙げられる。そこで本研究では、DVC 法の原理と蛍光色素 CFDA-AM による細胞染色を組み合わせることで、任意の人工培養環境（栄養条件、温度、pH など）で増殖の早い易培養な微生物と増殖の遅い難培養な微生物を見分ける手法の検討を行った。実環境中（湖沼底泥、沼水）の微生物群を対象に本手法を適用したところ、特定の微生物群が蛍光の伸長細胞として観察された。本手法の適用前後の微生物群をそれぞれ DAPI 染色後に観察して分布パターンを調べたところ、通常サイズ1～3μm のサイズで分裂していた細胞が5μm 以上にシフトしたと考えられた。これら伸長細胞は、難培養微生物の分離を困難とする一因である易培養微生物と考えられ、本手法の適用により12時間程度でその特徴化に成功した。さらに、上記の操作に続けて、低強度の超音波処理による易培養微生物の凝集体の解消とシリンジフィルターを用いた分画を行うことで、各環境試料の微生物群から0.8μm のフィルターサイズを通過する蛍光の非伸長細胞のみを濃縮した。これら非伸長細胞は、任意の人工培養環境では培養できない、もしくは生育速度の遅い難培養微生物と考えられ、本手法の適用により1日以内の操作でその標識と濃縮に成功した。今後、蛍光標識した難培養微生物の細胞群をセルソーターで1細胞ずつ培養デバイス上へ分取し、効率的に分離培養する方法の確立を目指す。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］未培養微生物、DVC 法、培養デバイス

［研究題目］合掌造り家屋床下の焔硝生産遺構に生息する新規微生物が有する未知硝化経路の解明

［研究代表者］成廣　隆（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］成廣　隆（常勤職員1名）

［研究内容］

本研究では、世界遺産に登録されている白川郷合掌造り家屋の床下で営まれていた「焔硝生産」の現場となった土壌遺構に生息する微生物の生態と機能に着目する。焔硝生産は、微生物群による硝化反応を巧みに利用して、蚕糞や人尿などの窒素含有廃棄物から火薬の原料となる硝石を得るバイオリファイナリー技術である。その中心代謝系である硝化反応を担う未解明の微生物群を分子生態学的解析により特定することを目標とする。今年度は、9サンプルの床下遺構土壌を対象とし、次世代シークエンス技術を利用したパイロシークエンス法に基づく分子生態解析を実施し、硝化反応関連微生物の多様性を明らかにすることを試みた。16S rRNA 遺伝子を標的としたパイロシークエンス解析の結果、各サンプルから3,000～11,000個ずつの16S rRNA 遺伝子配列を獲得することができた。各遺伝子配列の相同性情報等に基づき硝化関連微生物の存在率を解析したところ、全原核生物の0.1%～7.8%のポピュレーションを占めており、*Nitrosococcus*、*Nitrosospira*、および *Nitrosomonas* 各属に近縁のアンモニア酸化菌、*Nitrococcus* および *Nitrospira* 各属に近縁の亜硝酸酸化菌が優占していることが明らかとなった。来年度は、アンモニア酸化遺伝子（*amoA*）に着目したパイロシークエンス解析を実施し、さらに詳細に硝化関連微生物の生態を明らかにする。なお、本研究の実施に当たっては、アメリカ合衆国イリノイ州立大学の Wen-Tso Liu 教授の研究室に滞在し、各種解析技術を習得した。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］次世代シークエンス、16S rRNA 遺伝子、パイロシークエンス、分子系統解析、未知微生物、窒素循環

［研究題目］斬新な機能を有すると予測される、ガラクトシクロデキストリンの合成と利用研究

［研究代表者］清水　弘樹（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］清水　弘樹（常勤職員1名、他1名）

［研究内容］

β1-4Gal の環状糖鎖化合物（Gal-CD）は理論的には存在可能で、分子モデリングに依れば分子表面の疎水性が強くなり、通常のシクロデキストリンと反対の性質を示すユニークなものになると予想されている。しかし実際には合成が非常に困難で、未だその合成は達成されていない。この合成にマイクロ波利用技術を駆使して挑戦し、合成後基本的な化合物の性質を検証、さらに反応系への2次利用展開研究を計画した。

昨年度、糖ユニットの環化反応における反応点が近づくこと、また分子内反応となることで反応性の向上が期待できる「コア化合物補助環化反応」の活用の検討と、合成中間体となるガラクトース単糖誘導体の調製をおこ

なった。今年度は、コア化合物とガラクトース誘導体をリンクさせるリンカー長を分子モデリングにより検討し、その結果に基づいて実際にβ1-4Gal の環状糖鎖化合物（Gal-CD）合成に挑戦したが、残念ながら現在のところ実際の化合物を得るに至っていない。そこで現在、化学法のみならず酵素法による合成、当初予定した6糖環状糖鎖化合物でなく7糖環状糖鎖化合物を合成ターゲットとする、リンカーの炭素鎖長を C1でなく C3～C5を検討するなど遂行中である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］糖鎖、シクロデキストリン、有機合成、マイクロ波

［研 究 題 目］超強力細胞保護ペプチド CPP の機能と応用技術に関する研究

［研究代表者］津田　栄（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］津田　栄、西宮　佳志、坂下　真実、近藤　英昌、（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

北海道沿岸などの寒冷海域に生息する魚類が発現する不凍タンパク質の中には非常に強い細胞保護機能を有する種類があり、それらは細胞保護ペプチド（Cell-Preservation Peptide, CPP）と呼ばれている。CPP を従来の細胞保存液に加えると、低温保存下にある細胞の寿命が少なくとも5倍長くなることが明らかになっている。これまでの研究により、CPP が細胞膜と相互作用することが示唆されているが、その詳細は未だ明らかになっていない。本研究では CPP の性能評価および細胞との相互作用解析によって、細胞保護機能の作用機序の解明を行う。これらの結果を踏まえ、CPP というこれまでに無い特殊な保護剤と既存の保護剤、保存液を組み合わせた新たな細胞保存液及び保存技術の開発を目指す。この技術は、再生医療で使われる摘出細胞等、1週間以内に需要のある細胞の保存技術の基盤となる。

これまでに魚体や遺伝子組換え微生物から精製したⅠ～Ⅲ型の CPP を用いて肝臓細胞、上皮細胞、浮遊細胞などを保存する実験を行い、CPP がどの細胞に対しても一定の保護効果を発揮することを見出した。ペプチドを含まない細胞・組織保存液としてユーロコリンズ液をえらび、同液に CPP を溶解したときの細胞保護性能を解析した。その結果、マウス膵島細胞に対しては、Ⅰ型とⅢ型の CPP が保護効果を発揮するがⅡ型 CPP は効果を発揮しないことが示された。ウシの7日齢胚（受精卵）に対するⅢ型 CPP の細胞保護効果を解析したところ、199培地、20%ウシ血清、20% HEPES 緩衝液によって同受精卵は7日間ものあいだ発生と止めた状態で生存することが明らかになった。さらに、多次元核磁気共鳴法を用いて CPP の水溶液構造の解析を行い、CPP の細胞膜作用部位に関する構造情報を得た。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］蛋白質、大量生産、細胞、膜保護、構造解析、NMR、X 線

［研 究 題 目］根域の環境調節による根菜類の水耕栽培技術の開発

［研究代表者］田坂　恭嗣（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］田坂　恭嗣（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、水耕栽培において根域の環境調節技術を利用し、根菜類の効率的な栽培方法を開発することを目指している。すなわち、我々がこれまで植物工場で開発したジャガイモ水耕栽培法を改良して、根への光照射や養液温度の管理、培地（支持体）の検討、浸透圧ストレスを与える等の手法を用いて根域環境を調節することで、根活性を上げ、植物体の成長を促進し、塊茎を誘導させるための全く新しい栽培方法を開発することを目指している。

昨年度の結果から根域の環境（養液温度や光照射）を制御する方法で、地上部の栽培温度や日長等を変えないで、植物体の生育を促進し、塊茎形成を誘導できることが分かった。今年度は引き続き水耕栽培試験を継続しながら、更に分子生物学的手法を用いて、根域環境制御と生育や塊茎肥大に関する遺伝子の発現について調査した。根域の養液温度に対する影響について検討したところ、養液温度を下げることで塊茎を誘導できることが確認された。すなわち養液温度17℃、23℃、27℃の3つの処理区でたん液水耕栽培を行ったところ、17℃処理株の生育は、地上部、地下部とも他の処理区より劣っていたが、わずか2週間で塊茎が誘導された。このとき、塊茎肥大時に高発現することが知られているエクスパンシン遺伝子と Ran 遺伝子について半定量 RT-PCR 法により遺伝子発現レベルを解析した結果、低温下ではエクスパンシン、Ran 遺伝子ともに発現が低下することが分かった。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］水耕栽培、ジャガイモ、環境調節

［研 究 題 目］トンボの体色変化・体色多型の分子基盤の解明

［研究代表者］二橋　亮（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］二橋　亮（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

トンボは主に視覚でお互いを認識するため、翅色や体色に著しい多様性が見られる。トンボの成虫における色彩変化や色彩多型については、生態学的、行動学的な視点から多くの研究が行われてきたが、具体的な色素や体色に関わる分子機構については、全く不明であった。平成24年度は、3種類のアカトンボ（アキアカネ、ナツアカネ、ショウジョウトンボ）の成熟オスにおける黄色から赤色への体色変化が、2種類のオモクローム色素の酸化還元反応によって生じることを、動物の体色変化に関

わる新規なメカニズムとして PNAS 誌で報告した。赤くなったトンボは抗酸化状態を保っていたことから、その分子機構が明らかになれば、抗酸化反応に関わる新たな知見が得られる可能性がある。次世代シークエンサーを用いた遺伝子発現解析により、成熟したオスで発現量が上昇している酵素や結合蛋白質を見出したことから、これらが色素の抗酸化反応に関与する可能性が考えられた。さらに、白〜水色のシオカラトンボでは、♂が成熟すると Wax 状の物質を大量に分泌し、その微細構造に基づく構造色であること、日向を好むシオカラトンボの Wax は UV を強力に反射するのに対して、日陰を好む近縁種のオオシオカラトンボでは、UV 反射能が弱く、生息環境の違いと対応していることを新たに発見した。これらの発見は、紫外線反射に関わる新たな生物素材としての応用面への展開も期待できる結果と考えられた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］昆虫、トンボ、進化、遺伝子探索、体色変化

［研 究 題 目］真菌類における二次代謝産物を多く産生するテンプレート培養条件の設計

［研究代表者］梅村　舞子（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］梅村　舞子(常勤職員1名)

［研 究 内 容］

真菌類が産生する二次代謝物質は構造的に多岐にわたり、多様な生理活性を示すため、ペニシリンやシクロスポリンを始めとして、薬剤として有効なものが多い。主な生合成経路として、ポリケチド、非リボソームペプチド、テルペノイドに分かれるが、物質によって生産する培養条件が大きく異なり、生産性も安定しないことが多い。したがって、望む二次代謝物質の産生に適した培養系をデザインすることは研究上意義が高いが、これまでの多くの研究にもかかわらず、総合的な知見は現在のところほとんど存在せず、研究者の経験と勘に任せられている部分が大きい。本研究では、糸状菌 *Aspergillus oryzae* について様々な培養条件下で取得した190を超える大規模遺伝子発現（アレイ）情報を用いて、個々の二次代謝物質の産生に適した培養系をデザインすることを目的としている。

初年度である平成24年度は、大規模アレイ情報を74の代謝経路毎にまとめて、独自の手法を交えながらクラスター分析および相関分析を行った。その結果、*A. oryzae* において、二次代謝経路の種類に応じた遺伝子発現パターンが存在することを見出した。すなわち二次代謝経路は大きく炭化水素系とアミノ酸系に分かれ、一次代謝経路の中にも、それらと連動して動く一団のグループが各々存在する。これは、ある種類の二次代謝物質の産生と連動した特徴的な遺伝子発現パターンが存在することを示唆するもので、生合成遺伝子の不明な二次代謝物質の産生を遺伝子発現情報から判断することにつながる、重要な知見である。さらに、二次代謝経路の各グループは、飢餓状態や低窒素といったそれぞれ特徴的な培養条件の下で発現することも明らかになった。これにより、二次代謝物質を高生産させる培養条件を、種類に応じてデザインできる可能性を裏付けることができた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］二次代謝経路、大規模遺伝子情報、真菌類、代謝パターン、培養条件

［研 究 題 目］電気化学顕微鏡を利用した初代培養細胞の動態解析システムの開発

［研究代表者］平野　悠（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］平野　悠（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

生体より回収された植え継ぐ前の細胞（初代培養細胞）は生体臓器に近い機能を保持しているため薬剤活性の解析には必須である。例えば、心筋細胞ではその拍動パターン、脂肪細胞では脂肪の蓄積・消費に伴う形状変化が解析指標となる。しかしながら、細胞群を対象とした初代培養細胞の測定には定量性に課題があり、また形状が変化する細胞を連続して観察することは極めて困難であった。そこで、本研究では、生細胞を非接触で観察可能な走査型電気化学顕微鏡（SECM）を利用して初代培養細胞の評価システムを開発し、薬剤解析への応用を試みた。

2012年度は11年度に開発した心筋細胞の拍動解析システムを改良することで、拍動する細胞の酸素消費量の測定が可能となった。さらに、測定データから拍動の動きを解析するソフトウェアを開発した。これにより、培養温度を変えたときの拍動の動きおよび酸素消費量の変化を観察することができた。

薬剤の誘発する心室筋の活動電位持続時間（QT 間隔）の延長は、最悪の場合、心停止を伴う重篤な副作用であり、一般的には心筋細胞の拍動時の細胞外部電位を測定することで評価されている。開発したシステムを QT 延長アッセイへ適用し、心臓へ副作用を起こす薬剤（アステミゾール）を培地に添加した時の拍動パターンを観察した。その結果、薬剤添加により拍動の間隔が乱れる様子を観察することができた。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］走査型電気化学顕微鏡、電気化学、細胞、マイクロ電極

［研 究 題 目］植物細胞壁の酵素分解におけるキシログルカン分解酵素の作用機構の解明と利用

［研究代表者］矢追　克郎（生物プロセス研究部門）

［研究担当者］矢追　克郎（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

キシログルカンはβ1,4グルカンを主鎖として、キシロース側鎖を高頻度に持つ構造を有している。そのため、

キシログルカンを分解する酵素は、主鎖を分解する酵素と側鎖を分解する酵素に大別される。主鎖を分解する酵素であるキシログルカナーゼについては、分解様式がエキソ型、エンド型、エンドプロセッシブ型など多様なメカニズムが存在する。今年度は、エンドプロセッシブ型の作用機構である *Paenibacullus* 由来の GH74キシログルカナーゼ（XEG74）について立体構造情報を基にした変異を導入し、エンド型の作用機構に変化した変異酵素を獲得した。側鎖構造を切断する酵素としては、キシロース側鎖に結合するガラクトースを分解する酵素であるβガラクトシダーゼを6種類クローニングした。大腸菌による異種宿主発現に成功し、His-Tag を用いて高純度に精製した。精製した組換えβガラクトシダーゼの諸性質を解析し、キシログルカン側鎖中のガラクトースへの作用を解析した。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］キシログルカン、ヘミセルロース、ヘミセルラーゼ、植物細胞壁、バイオマス

［研 究 題 目］メタンハイドレート成因解明をめざした生物学的メタン生成とハイドレート形成の再現
［研究代表者］鎌形　洋一（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］鎌形　洋一（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

本課題は、生物的メタン生成を高圧下で起こす事が可能か否か、を検証することによって、海洋ならびに陸地地下圏において今なお起きつつあると推定される生物学的メタン生成ならびにメタンハイドレート形成を実験室的に再現することを試み、メタンの成因解明をめざすものである。本研究ではまず生物的メタン生成を高圧下で起こす事が可能か否かを検討した。まず地下圏に広く存在する典型的な高温性メタン生成古細菌である *Methanothermobacter thermautotrophicus* の培養を試み、さらには酢酸を炭素源として酢酸酸化水素生成型微生物と水素資化性メタン生成古細菌の共生培養を試みた。培養はシリンジポンプにより圧力容器内部の圧力を保持しながら上述の微生物の培養液ならびに基質を注入し、カラム状容器に高温ヒーターを装填して行った。本実験手法を用いることによってこれらの微生物系が高温高圧条件で生育しメタン生成を行うことを捉えた。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］メタン生成古細菌、水素、メタン、地下圏、安定同位体

［研 究 題 目］深部地下圏を模擬した高圧条件下における生物的メタン生成過程の解明
［研究代表者］鎌型　洋一（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］鎌形　洋一、坂田　将、吉岡　秀佳、皆川　秀紀（常勤職員4名、他2名）
［研 究 内 容］

本研究は生物的メタン生成が高圧下で起こりうるか否か、とりわけ(1)メタン生成に必要な水素を供給する微生物と水素からメタンを生成する微生物間で種間水素伝達が高圧下で起こりうるか、(2)ケロジェン等根源有機物由来と考えられる中間物質からメタン生成に必要な酢酸を生成する微生物とメタンを生成する微生物との間で酢酸授受が高圧下で起こりうるか等を検証することによって、海洋ならびに陸地地下圏において今なお起きつつあると推定される生物的メタン生成を実験室的に再現することを試み、メタンならびにメタンハイドレート成因解明をめざすものである。中度高温帯域でメタン生成古細菌の基質となる物質（主に水素）を供給する発酵性微生物とメタン生成古細菌との間で種間物質伝達が高圧下で起こりうるか否かを明らかにした。また原油ならびにあらかじめメタン生成古細菌その他の微生物の存在が確認されている地層水の混合物の培養を試み、メタン生成の有無を測定した。培養はステンレス製高圧培養器を用い、上記培養を常圧ならびに高圧下で培養を行った。その結果、100気圧以上の静水圧においても微生物の生育が認められ、メタン生成を確認することができた。また圧力変化に伴うメタンの安定同位体比を測定することにより、メタンハイドレートの成因過程との関係を明らかにすることを試みた。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］微生物群集、メタン生成古細菌、地下圏、分子系統解析、酢酸、水素、メタン

［研 究 題 目］代謝遺伝子サイレンシングライブラリ72の構築
［研究代表者］中島　信孝（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］中島　信孝、高橋　一弘
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

微生物による物質生産は、バイオマス（再生可能な生物由来の資源）を原料として、温和な条件下で行われる。そのため、従来の化学的に物質を合成する方法に対して、低環境負荷・省エネルギーである。大腸菌は世界で最も研究が進んでいる微生物で、扱いも容易なことから、有用物質を生産する宿主として頻繁に用いられる。しかし天然の大腸菌のままでは有用物質生産に向かないことから、遺伝子組換え技術を駆使し、その代謝経路に改変を施す必要がある。そこで、代謝経路のうち、特に重要な中央代謝経路について、包括的に解析する技術の開発を行った。具体的には、大腸菌の中央代謝経路は、解糖系、TCA 回路、呼吸鎖の総計60反応ステップからなり、71遺伝子産物が関与しているが、これらの反応ステップ全てに対するアンチセンス RNA の発現ベクターを作成した。その結果、71遺伝子全てにおいて満足できるレベルのサイレンシング効率を達成できた。

さらにそれらベクターを用いて各遺伝子個別にサイレンシングした時に、糖資化性（グルコース、ピルビン酸、コハク酸、酢酸）がどのように変化するかを調査した。その結果、過去文献で発表されている遺伝子破壊株での結果と一致するものもあれば、そうでないものもあった。さらに、サイレンシング前後で、グルコースを唯一の炭素源とした時の中間代謝産物がどう変化するか、高速液体クロマトグラフィーを用いて解析した。その結果、ピルビン酸、フマル酸などに顕著な蓄積量の変化が見られた。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］遺伝子、大腸菌、ゲノム、炭素代謝経路、アンチセンス RNA、サイレンシング、バイオマス

［研 究 題 目］インジゴ還元槽中の微生物槽の機能解明
［研究代表者］湯本　勲（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］湯本　勲（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

目標、および研究計画：

インジゴ還元槽中の機能性微生物の分離と機能解析を行い、微生物叢形成原理を明らかにする。

年度進捗状況：

本研究の目的はインジゴ還元槽が雑菌汚染の可能性がある状況で運用していながら、数ヶ月以上の長期間にわたってインジゴ還元の状態を維持出来る要因を菌叢ベースで突き止めることである。そのためにはインジゴ還元槽の安定期に、インジゴ還元の原因となる細菌を特定し、コンタミの原因菌との相互作用を検討することが有効な方法論の一つとして考えられる。そこで、インジゴ還元槽の安定期に、インジゴ還元能を持つ細菌のさらなる分離を試みた。その結果、これまで分離されていた C40および N214に加え N314株を分離することに成功し、インジゴ還元能を持つことを明らかにした。当該菌株は植物系の高分子であるデンプン、キシラン、セルロースを分解し、L-アラビノース、D-アラビノース、D-キシロース、D-グルコース、D-フルクトースなどから嫌気条件下で酸を産生した。生育温度域は26～39℃で、至適生育温度は36℃であった。生育 pH 域は pH8.0～11.6で至適 pH は9.0であった。上記の他菌体脂肪酸組成、16S rRNA 遺伝子シークエンス解析および DNA-DNA 交雑その他の生理生化学的性状検査の結果、当該菌株は新種であることが明らかになった。当該菌株は C40および N214と多くの性質において類似した性質を示したが、生育 pH 特性、抗生物質感受性、各種酵素活性において異なる性質を示した。以上のことから、分類学上類似した、少しずつ性質の異なる細菌が存在することも、インジゴ還元槽の安定化要因になっている事が推測された。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］遺伝子解析、微生物叢、インジゴ還元

［研 究 題 目］二次代謝産物生産に適した糸状菌遺伝子発現システムの開発
［研究代表者］五味　勝（東北大学）
［研究担当者］町田　雅之、小池　英明、梅村　舞子（生物プロセス研究部門）
（常勤職員3名、他1名）
［研 究 内 容］

糸状菌は多種多様な二次代謝化合物を生産する能力を有する。近年の糸状菌ゲノム情報の整備により多様な生合成経路の存在が明らかとなり、未知・未利用の遺伝子が従来の予想をはるかに超えて存在することが明かになった。これらの生合成過程に関わる酵素群はクラスター構造を形成しており、クラスター内の遺伝子群が協調的に発現することにより、複雑な構造をもつ化合物が生産される。本研究では東北大との共同により、糸状菌ゲノム中から見出された生合成遺伝子クラスターについて、その全長または一部を導入・高発現させ、生合成マシーナリーを構築することにより、生合成中間体を含む生産物の構造解析に資するとともに、構造変換が可能と考えられる異種由来酵素遺伝子の置換または導入によって新規化合物の生産を可能にすることを目指している。今年度は、麹菌などから二次代謝化合物を生産すると予想された遺伝子クラスター6個を同定し、その遺伝子構成を解析するとともに、クラスター内にある転写因子モチーフをもつ遺伝子を高発現することにより、クラスターの協調的な発現と物質生産の変化を解析した。特に遺伝子の高発現には、二次代謝の生産時期に活性化すると考えられるプロモーターの利用を試みた。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］二次代謝、糸状菌、遺伝子クラスター、有用物質生産

［研 究 題 目］昆虫共生細菌による宿主性比操作メカニズムの解明
［研究代表者］春本　敏之（生物プロセス研究部門）
［研究担当者］春本　敏之（他1名）
［研 究 内 容］

キイロショウジョウバエ *Drosophila melanogaster* のメスに共生細菌スピロプラズマ *Spiroplasma* が感染すると、次世代のオスだけが殺される。本研究は、この「雄殺し」という生殖操作の分子メカニズムを解明することを目的とする。スピロプラズマ感染オス胚では異常な細胞死が起きることが報告されている。そこでまず、抗活性化型 Caspase-3抗体及び TUNEL 法による免疫組織染色により、細胞死のパターンを胚発生の段階を追って観察した。その結果、感染オス胚では異所的な細胞死が孵化後6-7h より見られ始め、12-13h 以降に胚致死となるようであった。次に、通常発生で起きる細胞死に必須の遺伝子を欠失した H99欠損系統を観察した結果、感染メス胚では TUNEL シグナルはほぼ完全に失われ

ていたが、感染オス胚では弱いながらも TUNEL シグナルが検出された。このことは、スピロプラズマ感染による異常な細胞死には、通常は活性化しない経路が関与している可能性を示唆している。胚発生との関係を調べるため、セグメントポラリティ遺伝子や Hox 遺伝子の発現パターンを観察したが、顕著な異常は見られなかった。一方、中枢神経系の形成は損なわれており、神経分化への影響が示唆された。現在、スピロプラズマ感染による胚発生への影響および、オス殺しを引き起こすスピロプラズマ遺伝子を網羅的に調べるため、感染胚とスピロプラズマ双方について RNA-Seq による遺伝子発現解析を行っている。今後、サンプル数を増やすとともに候補遺伝子の絞込みを行い、オス殺しとの関連を解析していく予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］昆虫内部共生、共生細菌、オス殺し、免疫染色、遺伝子発現解析

［研 究 題 目］リン酸塩ガラス電解質を用いた中温作動燃料電池の開発

［研究代表者］鷲見　裕史
（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］鷲見　裕史、藤代　芳伸
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

1. 研究目的

Pt 触媒使用量低減や加湿システムの簡略化等の観点から、従来の固体高分子形燃料電池（PEFC）よりも高い150～300℃の中温で作動する燃料電池の開発が望まれている。本研究では、プロトン伝導性を示す無機リン酸塩ガラスに着目し、導電率向上にむけた基礎的検討を行った。

2. 研究手段

酸化物、炭酸塩およびオルトリン酸を原料とし、一般的な溶融急冷法によってリン酸塩ガラスを得た。核磁気共鳴（NMR）およびラマン分光によってガラス構造を解析するとともに、実際に燃料電池を試作し、150～250℃における発電性能を評価した。

3. 年度進捗

今年度は、ガラス組成と合成温度の最適化を行い、ガラス構造とプロトン導電率の相関を詳しく調べた。P_2O_5濃度70mol%系では、リン酸亜鉛ガラス（ZnO-P_2O_5）が最も高い導電率を示した。合成温度の低下とともにガラス内のプロトン濃度が増加し、800℃で合成したリン酸亜鉛ガラスの導電率は、250℃において1×10^{-3}S/cmに達した。このガラスを電解質に用いて燃料電池を作製したところ、mW レベルの出力が得られることを実証した。今後は、さらなる導電率向上に取り組むとともに、電解質の薄膜化や、電解質－電極一体成形プロセス等の検討を行う。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］燃料電池、エネルギー効率化、電気化学、プロトン伝導、ガラス

［研 究 題 目］事例とシナリオモデリングに基づく持続可能ビジネス設計・立案支援手法

［研究代表者］近藤　伸亮
（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］近藤　伸亮、高本　仁志、松本　光崇
（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、持続可能な社会に向けた動きを企業のビジネスモデルや、生活者のライフスタイルとして協調的に設計するための方法論および支援システムを構築することである。その方法として、様々な事業分野において共通して生起するエコビジネス構築の障害や、それらに共通する問題構造、解決方法を「パターン」として整理し、パターンおよびパターンの使い方を様々な関係者間で「言語」のように共有することで、エコビジネスを協調して設計できるようにする「パターン言語」という考え方を採用する。

本年度は、文献調査、インタビュー調査を通じてエコビジネス事例を収集するとともに、パターン言語の要素となるパターンの収集、整理、類型化を行った。また、生分解性プラスチックを例題として、エコビジネス設計ワークショップを行い、エコビジネスにおけるアイデア生成プロセスを分析し、パターン言語を用いてエコビジネスを設計するための必要条件や、要求機能等を抽出し、手法開発のおおまかな指針を策定した（例えば、エコビジネスを因果モデル、ステークホルダモデル等の複数のモデルを用いて表現すること、トップダウンあるいはボトムアップ的に事象の因果ツリーを構築することでエコビジネスのアイデアを生成することなど）。さらに、エコビジネス設計支援手法の実地での適用を支援するため、東京都環境局担当者と打ち合わせを行い、マイクロソフトアクセスを用いてエコビジネス事例データベースのα版を開発した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］エコビジネス、設計支援、事例ベース推論、パターン言語

［研 究 題 目］生活環境内のコンフリクト解消に向けた行為シーケンスのパタン・ランゲージの構築

［研究代表者］近藤　伸亮
（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］近藤　伸亮（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、生活環境において人々の快適な活動を阻害する要因（以下、コンフリクト）を人々の行為シ

ーケンスを収集・分析することで抽出し、これらを体系的に整理・構造化することで、コンフリクト解消のための設計方法論を「パターン言語」という形式で開発することである。

本年度は、行為シーケンスにおいて生じるコンフリクトを因果ループ図により表現することを試みた。すなわち、記録された生活者の行動を一連の行為へと分節化し、行為または行為シーケンスと行為が観察された環境との相関関係を分析し、行為と環境との因果ループ図を作成、蓄積することで、行為シーケンスにおいて生じるコンフリクトを体系化し、その解法をパターン化することを試みた。生活者の行為シーケンスデータとして、設計オフィス内での設計者たちの移動軌跡の記録を行ったが、因果ループ図を用いた分析には、データの粒度が不適切であったので、上記手法を工業製品のリユース、リサイクル等の事例における企業活動の因果ループモデルに適用し、これに基づく設計手法が開発可能であることを示した。

また、行為シーケンスの獲得のためには、人の動作を安価に、簡単に取得するシステムを開発することが必要である。マイクロソフト社の深度情報取得カメラを用いて、これを実現するプロトタイプシステムを開発した。

[分　野　名] ナノテクノロジー・材料・製造
[キーワード] 生活環境のコンフリクト、パターン言語、行為シーケンス

[研 究 題 目] 複合機能性デバイスの開発
[研究代表者] 佐藤　宏司
（先進製造プロセス研究部門）
[研究担当者] 佐藤　宏司（常勤職員1名）
[研 究 内 容]

本研究では、形状記憶合金と圧電材料の今までは個別に利用されてきた2つの全く異なる機能性材料の特徴が機能したまま結合させる技術の研究を進めるとともに、形状記憶効果、超弾性効果、圧電効果、焦電効果が連成して起こる現象を解明し、個々の機能の利点を生かし、欠点を他の機能で補うことができるハイブリット多機能センサ・アクチュエータシステムの開発を行う。

本年度は、基礎研究に重点を置き（1）水熱合成法で製膜する上での最適な条件の探索、(2) 水熱合成法で成膜する上での最適な条件の探索を行い、チタンの含有率が低い形状記憶合金だけでなく、ステンレスなど全くチタンを含まない材料への成膜に成功した。

また（3）形状記憶効果、超弾性効果、圧電効果、焦電効果の特性の評価として、超弾性状態にした複合繊維の変形を表面の圧電薄膜で測定を行う事により、形状記憶効果と焦電効果の影響を無くし、超弾性状態の伸び変形による圧電効果の評価を行った。PZT などの圧電性セラミックスの最大変形量は高々0.1%程度であるが、水熱合成法により作製した PZT 薄膜は密度が低く柔軟性に富むため、形状記憶合金の超弾性効果による弾性変形（5%程度）でも剥離が起こらず、変形量を正確に測定することができることが分かった。

また有限要素法を利用することにより、4つの効果の連成解析を行い、視覚的にそれぞれの効果が連成して起こることを示すことができた。

[分　野　名] ナノテクノロジー・材料・製造
[キーワード] センサ、アクチュエータ、形状記憶合金、圧電材料

[研 究 題 目] 液体金属を内包する構造体の音響振動によるその場予寿命診断技術の開発研究
[研究代表者] 佐藤　治道
（先進製造プロセス研究部門）
[研究担当者] 佐藤　治道（常勤職員1名）
[研 究 内 容]

中性子ビームは軽元素で透過力が強く磁気モーメントがあるという特徴があり、Li 電池の Li の位置や磁性材料の磁場分布の観察、癌の治療等に使われている。中性子は、SUS（ステンレス）容器内に水銀を満たし、それに陽子線を照射することによって発生させる。この時キャビテーションも発生し、SUS 容器が劣化する。SUS 容器は数百トンもある巨大な構造物なので、その製造や廃棄のコストが問題になっている。そこで、日本原子力研究開発機構では、有限会社超音波材料診断研究所と共同で、超音波を用いた SUS 容器の診断法の開発を行っている。本年度は、レーザー光を用いて SUS に超音波を非接触に発生させ、レーザー干渉計で超音波を非接触に検出する実験を行った。有限要素法を用いたシミュレーション結果との比較から、板厚に比べて波長が少し短かったが、板波が励起されていることが確認された。また、SUS 容器が劣化したときの液体（水銀）と固体（SUS）の連成振動の解析を行うため、超音波の減衰がある材料を伝搬するガイド波の解析解を得た。この解析解は内部に液体を満たしたパイプを伝搬するガイド波の解析解であり、減衰がある場合、つまり波数が複素数になる場合の解析解としては、世界で初めてのものである。

[分　野　名] ナノテクノロジー・材料・製造
[キーワード] 超音波、非破壊検査、ガイド波

[研 究 題 目] 傷形状の復元アルゴリズム統合による磁気計測探傷法の新展開
[研究代表者] 笹本　明（先進製造プロセス研究部門）
[研究担当者] 笹本　明（常勤職員1名）
[研 究 内 容]

前年度の成果を引き続き、ラプラス方程式から導かれる境界積分方程式に関する議論を海外の研究者と検討し、特異積分方程式を用いる解法によって空間2次元の表面に垂直亀裂を有する問題と内部にクラックを有する問題

について、各々の解の陽的表現を得る事が出来た。加えて2次元領域の内部に亀裂を有し、その亀裂両端に飛びのある Dirichlet データが与えられたラプラス問題を検討し、これまでに複雑な条件の下で存在が保証された過去の報告に代えて、大幅に簡約化された境界積分表現を得て、ヘルダー連続な関数空間での解の一意性と可解性を証明した。この成果は国際学術論文誌に発表した。また漏洩磁束のモデルの積分表現での妥当な定式化の検討を行った。これに関連して、表面から垂直に亀裂の入っている平板に流れる電流が表面につくる電位について、境界積分法に基づいて2次元の厳密解を求めることに成功した。また同時に傷深さを示す逆問題の解を計算可能な数式表現を得た。その数値計算と併せて、この成果を国際会議において発表した。会議においては内外の研究者との渦電流探傷およびその逆解析の数値解析のための調査を実施した。前年度の磁場印加部の機構と3次元磁気センサ構造の概念設計に基づいて、直流から1MHzの周波数範囲で十分なゲインを有するアンプ回路を設計した。この設計に基づき、GMR センサを用いた磁気センサおよびそのアンプ回路を製作した。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］非破壊検査、磁気探傷、3次元磁場センシング、積分方程式の可解性、亀裂数理モデル

［研 究 題 目］複合機能型潤滑剤の設計と評価

［研究代表者］三宅　晃司
（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］三宅　晃司（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

複合機能潤滑剤分子を設計するための指針構築のため、カチオンとアニオンの組み合わせによりさまざまな特性を発現することができるイオン液体（IL）を対象に、FTIR，XPS を用いて、イオン液体と腐食との関係について、湿度の影響について検討を行った。潤滑剤としてカチオンに1-ブチル-3-メチルイミダゾリウム（BMIM）、アニオンにハロゲンを含むトリフルオロメタンスルホネート（OTf）を用いて実験を行った。その結果、湿度が高くなるにつれ IL 中に含まれる水分量が多くなり、腐食摩耗が進行することが分かった。また IL 中の水分量が多いと、IL に取り込まれた水の状態が変化し、腐食に大きく寄与していることが分かった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］イオン液体、腐食、水、イミダゾリウム

［研 究 題 目］化学溶液法における紫外レーザー照射時のナノ秒温度計測に基づく光結晶成長機構の解明

［研究代表者］篠田　健太郎
（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］篠田　健太郎（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

塗布光照射法では、紫外パルスレーザー照射時の数十ナノ秒程度のごく短時間における表面温度上昇が、酸化物薄膜の低温合成に極めて重要な役割を果たすことが数値計算によりわかってきたが、電子顕微鏡断面観察による結晶成長領域との整合がとれないなど、光結晶成長機構には未解明な点があり、表面温度のナノ秒スケールでの実測が求められた。そこで、本年度は、高速応答の近赤外フォトディテクタ、バンドパスフィルター、集光レンズを用いて、紫外パルスレーザー照射時の試料表面からの放射光を検出する装置を試作した。本装置を用いて、シリコンウェハにパルスレーザーを照射したときの放射光プロファイルと数値計算プロファイルを対応させたところ、良好な一致を示しており、計測装置の時定数が問題ないことを確認した。また、実際に、マンガン系ペロブスカイト酸化物薄膜作製時に基板にチタン酸ストロンチウム単結晶とアルミン酸ランタン単結晶を用いた場合の冷却挙動を計測したところ、チタン酸ストロンチウム上の方が冷却速度が小さいことがわかった。このように、本計測手法により、プロセス条件の差異が判別できるようになり、光結晶成長機構における光熱反応について考察することが可能となった。また、透明導電膜の一例として酸化インジウムスズ薄膜に異なるレーザー強度で紫外パルスレーザーを照射したときの放射光プロファイルと試料表面の原子間力顕微鏡像を対応させたところ、アニール、再溶融、アブレーションの状態を判別できることが確認でき、本手法がエキシマレーザープロセシングのモニタリングツールとしても有用であることがわかった。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］酸化物薄膜、塗布光照射法、エキシマレーザープロセス、プロセスモニタリング

［研 究 題 目］熱音響システムの高効率化のためのハニカムセラミックスの検討

［研究代表者］小塚　晃透
（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］小塚　晃透、安井　久一
（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

熱音響システムは、熱（温度差）と音響（気体媒質の振動）のエネルギ変換システムである。音波は流体媒質中を縦波（疎密波）として伝搬するため、媒質は音波の周期で圧縮・膨張を繰り返す。圧縮時には発熱して周囲に熱を放出し、膨張時には吸熱して周囲を冷却する。多数の微細孔を有する熱音響変換素子をこの音場中に設置すると、微細孔の壁面との間で熱交換が行われ、熱の移動を行うことが可能である。本年度は、直線管中に形成した定在波音場中に、各種の熱音響変換素子を配置して、

素子の両端に発生する温度差を測定することを試みた。

本研究で用いた直線管は、内径42mm、長さ1500mmのステンレス製である。一端に設置したスピーカに226Hz、10W の電気入力を与えて音波を放射し、他端を反射板で塞いだ閉管中に定在波音場を形成した。そして、音場中に設置した熱音響変換素子の両端の温度差を熱電対で測定した。熱音響変換素子は、ハニカムセラミックス6種（壁厚、孔径が異なる）、ステンレス金網を積層させたもの8種（針金の径、目の間隔が異なる）、ガラス管を束ねたもの（外径1.3mm、内径0.8mm の管860本）を用意した。素子の物性を示すパラメータには開口率と ωτ があり、開口率は大きく、ωτ は1に近いほど変換効率が良いと考えられる。

実験の結果、いずれの材料においても温度差の発生が確認されたが、材料により違いが現れた。最も高い温度差を得たものは、ハニカムセラミックスの微細孔のもの（ωτ が1に近い）であった。ハニカムセラミックスは開口率が大きく、均一な微細孔をもつことが優位に作用したと考えられる。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］熱音響、超音波、熱エネルギ、ハニカムセラミックス

［研 究 題 目］安価な砂鉄、珪砂等を用いた自然系液体用しゅう動材料の開発

［研究代表者］村上　敬（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］日比　裕子、間野　大樹、松崎　邦男（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

1997年の京都議定書以降、地球温暖化抑制のため国内外で CO_2排出量の削減が重要な課題になってきている。CO_2排出量削減方法の一つとして、自動車エンジンの燃料を化石燃料からバイオエタノールなどの自然系液体に切り替える方法が考えられる。このためには現在使用されている内燃エンジンのしゅう動材料をエタノールに合った材料に切り替える必要があるが、このような研究はほとんど進んでいない。本研究は、最近、研究代表者らが低摩擦・低摩耗であることを明らかにした α $FeSi_2$基合金について、最適な組成やコーティング作製条件などを明らかにし、かつ低摩擦・低摩耗機構を明らかにすることを目的とする。本年度は、α $FeSi_2$系合金についてさらに低摩擦・低摩耗である条件等を探索し、その結果摩擦係数0.5～0.7、比摩耗量10^{-6}～$10^{-7}$$mm^3$/Nm になる組成のバルク状焼結体を作製することができた。一方でパックセメンテーション法を用いて、シリサイド、アルミナイド、ボライド及びクロム炭化物を鋼や片状黒鉛鋳鉄試験片全面に形成させ、これらのうちアルミナイド、ボライド及びクロム炭化物被覆試験片については、高硬度で密着性の良い被膜を得ることができた。しかしシリサイド被覆試験片については高硬度で密着性の良い被膜を得ることができなかった。この原因としては、鉄原子が基板内部から基板表面に拡散し、カーケンドールボイドが形成されやすいことが考えられ、今後、二重拡散法などを用いたり、拡散処理を行う基板の組成を変えるなどの改善を行う予定である。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］金属間化合物、エタノール、トライボロジー

［研 究 題 目］表面化学修飾法による核磁気共鳴画像用ガドリニウム担持ナノダイヤモンド粒子の作製

［研究代表者］中村　挙子（先進製造プロセス研究部門）

［研究担当者］中村　挙子、大花　継頼（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

表面化学修飾法を利用することにより、生体親和性・化学安定性等の高機能を有するナノダイヤモンド（ND）粒子の特性を利用した、核磁気共鳴画像法（MRI）新規造影剤適用を目指したガドリニウム（Gd）担持ナノダイヤモンド粒子作製法の開発を目的とする。

本年度は、ND 粒子表面官能基に基づく有機化学反応を利用し、MRI 造影能を有する Gd 担持 ND 粒子作製法について集中的に検討した。

具体的には、ND 粒子表面上には水酸基が多数存在することから、各種金属イオンとの高いキレート機能を有するジエチレントリアミン五酢酸（DTPA）のカルボン酸基と、塩化チオニル存在下において脱水縮合反応を行うことにより、エステル結合を介して ND 粒子表面上に DTPA 分子を化学修飾した。化学修飾処理後に XPS、FTIR、質量分析を行ったところ、XPS においては新たに N1s（398.9eV）ピークが観測され、FTIR においてはカルボニル基由来のピークが観測され、質量分析においても DTPA 由来のフラグメントが観測されたことから、ND 粒子表面上への DTPA 分子の化学修飾が確認された。さらに、MRI 造影能を有する Gd イオンを錯形成させるため、DTPA 修飾 ND 粒子に塩化ガドリニウム水溶液を作用させた。錯形成処理後に試料の XPS 測定を行ったところ、新規に Gd4d（141.3eV）ピークが観測されたことから、Gd 担持 ND 粒子が作製されたことが明らかとなった。特に、Gd4d ピークについて市販 MRI 造影剤であるガドジアミドとの比較を行ったところ、ほぼ同位置にピークが観測されたことからもガドリニウムイオンの錯形成が示唆される。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］ダイヤモンド粒子、表面化学修飾、ガドリニウム、核磁気共鳴画像

［研 究 題 目］鉄系表面における高機能コーティング技術の開発
［研究代表者］中野　美紀
（先進製造プロセス研究部門）
［研究担当者］中野　美紀（常勤職員1名）
［研 究 内 容］
鉄系材料は、代表的な金属材料の一つであり、様々な工業製品や建築資材などに使用されている。鉄系材料の機械部品の潤滑には、主に、潤滑油やグリースが用いられているが、潤滑油を使用できない部品もあり、その場合には、潤滑性皮膜などのコーティングが用いられている。この潤滑性皮膜の低コスト化および高機能化が実現すれば、その波及効果は大きい。当研究グループでは、有機分子の自己組織化膜の潤滑膜への可能性を検討してきており、分子種の選定により、潤滑特性を向上できることを報告してきた。本研究では、自己組織化膜の潤滑膜への適用を鉄系基板上に応用し、高機能付与コーティング技術の開発を目指すものである。最初に、工業的によく用いられる数種類の鉄系基板へ自己組織化膜による分子修飾を行い、用いる分子種の選定を行った。分子・基板間の結合種の選択により、高密度な膜を形成することが確認できた。次に、耐熱性の評価を行った結果、フッ素を含む分子種を用いた方が、フッ素を含まない分子種よりも熱的に安定であることがわかった。続いて、摩擦特性評価を行った結果、低荷重条件下においては、低摩擦を示す分子膜を確認することができた。以上から、分子種の選定により耐熱性・潤滑特性を向上できることが示された。
［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］鉄、コーティング、自己組織化、耐摩擦、耐熱

［研 究 題 目］超音波照射による気泡振動を利用したナノ駆動体に関する研究
［研究代表者］砥綿　篤哉
（先進製造プロセス研究部門）
［研究担当者］砥綿　篤哉（常勤職員1名）
［研 究 内 容］
微小空間における物質移動を可能とするマイクロ・ナノ駆動媒体がバイオセンサー、触媒、ポンプ、アクチュエータ、医療機器などで将来必要と考えられている。この研究では、バイメタル構造のナノワイヤを合成および表面修飾し、電気化学的な反応でこの駆動媒体から発生する気泡を外力である超音波照射場において有効に機能させる駆動方法を検証することが目的である。本年度は、超音波を利用した銀のナノ粒子の合成を行い、その超音波の周波数の違いによる銀粒子の粒径への影響を光子相関法による粒度分布測定により調べた。照射した超音波の周波数が20kHz の場合には、ピークが125nm に有り、300、400kHz が95nm 付近で最小となり、さらに周波数を大きくすると、例えば2MHz の場合には、120nm となった。TEM 観察によりホーン式の周波数20kHz の場合には100-150nm の集合体が粒径20nm から40nm の粒子で構成されており、他の周波数の場合には100nm 前後の粒径であることを確認した。また、最小となった周波数では他の周波数に比べて、ソノルミネッセンスが大きく、これらは対応していると考えられる。
［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］超音波、モーター、キャビテーション、バイメタル

［研 究 題 目］多面体幾何学にもとづく球面駆動システムの研究
［研究代表者］矢野　智昭
（先進製造プロセス研究部門）
［研究担当者］芦田　極、笠島　永吉、徳野　木綿子
（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］
多面体にもとづいて球面センサ、球面支持機構、球面減速機を設計・試作し、球面アクチュエータと組み合わせて球面駆動システムを構築した。球面センサとして、誘導巻線、イメージセンサ、ホール素子を検討した。誘導巻線には「高調波重畳方式」を検討した。姿勢検出は原理的に可能だが、現状ではインダクタンス曲線が最適になる形状を決定するのが困難であることがわかった。イメージセンサは、レーザマウスを2個使用し、ロータ姿勢を1回転数度以内で検出可能で、フィードバック位置決め制御が可能であることを確かめた。誤差が累積するため、絶対位置センサとの併用が必要である。ホール素子を多数配置したセンサは誤差が大きいが、絶対姿勢を検出できた。球体にマーキングして画像処理を行う絶対位置姿勢センサを試作し、実験を開始した。
球面支持機構については、誘導巻線、空気圧支持、球体ベアリングを検討した。誘導巻線は、駆動用誘導巻線に磁気支持用電流を重畳することで非接触支持が可能なことを理論的に確認した。浮上支持には大電流が必要である。空気圧は摩擦を測定限界以下に低減できたが、回転中心がぶれる問題があった。球体ベアリングは摩擦が大きいが、駆動トルクが大きいとダンピングが効いて位置決めが行いやすいことがわかった。
［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］多自由度アクチュエータ、球面エンコーダ、電磁モータ

［研 究 題 目］有機官能基秩序配列を有したペプチド薄膜上での無機結晶析出の解析とその応用
［研究代表者］加藤　且也
（先進製造プロセス研究部門）
［研究担当者］加藤　且也、中村　仁美、野々山　貴行
（常勤職員2名、他1名）

［研究内容］

バイオミネラリゼーションは常温常圧下において特異な無機構造体を構築する高効率プロセスであり工学的応用が期待されている。そのメカニズムとして、結晶核形成の起点となる有機鎖官能基の種類や空間的配置が結晶形態に影響を及ぼすと考えられている。今回テンプレートに用いるペプチドは、アミノ酸側鎖由来の多種多様の官能基を自在にシークエンスに組み込むことができ、タンパク質の一次、二次構造の形成によって官能基を空間的に厳密に配列制御できる。そこで平成23年度は、カルボキシル基およびアミノ基を界面に規則 正しく配置したペプチド基板上に、交互滴下法によりリン酸カルシウムのミネラリゼーションを行い、官能基の間隔および官能基種と 結晶形態の関係性を評価した。本年度は、前年度までに作製した上記のβーシートペプチド単分子膜上での各種界面バイオミネラリゼーションを行い、その構造解析を詳細に行った。無機析出物の構造解析については、析出形態を確認するために電子顕微鏡（SEM）や原子間力顕微鏡（AFM）観察を行った。また Ca/P 組成比を調べるために X 線光電子分光（XPS）および誘導結合プラズマ（ICP）発光分析測定を実施した。さらに結晶相の決定の要因に析出物の成長速度も重要であると考えられるために、水晶振動子マイクロバランス（QCM）測定により、析出物の成長速度を追跡した。その結果、QCM による成長速度は両基板ともほぼ同値であることがわかった。これにより今回の系において結晶成長速度は結晶形態の決定には関与しておらず、結晶相の違いは界面の影響であると示唆された。

［分　野　名］ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］無機結晶、ペプチド、自己組織化、配向性、結晶成長、リン酸カルシウム

［研究題目］**薄膜シリコン成長時の半導体特性評価法の開発と欠陥形成機構の解明**

［研究代表者］布村　正太
（太陽光発電工学研究センター）

［研究担当者］布村　正太（常勤職員1名）

［研究内容］

本研究では、プラズマプロセス下の薄膜半導体の半導体特性をその場評価する手法を開発し、薄膜半導体成長時の欠陥発生メカニズムを解明することを目的としている。本年度は、プラズマ CVD プロセス下で適用可能な光電流測定法を開発し、薄膜シリコン成長時の光電流と半導体特性及び太陽電池デバイス特性との比較を行い、以下の成果を得た。

1）薄膜シリコン成長時の光伝導度をその場で実時間測定することに成功した。光伝導度は、初期成長時極めて低いが、膜成長と共に向上する結果を得た。本測定を通し、初期成長時に欠陥の多い低品質膜が成長することを明らかにした。

2）膜成長時に近赤外レーザーを照射することで、成長時の膜中トラップキャリアの検出に成功した。トラップキャリアの起源は、電子スピン共鳴法との比較検討より、ダングリングボンド欠陥に起因すると考えれられることを示した。

3）薄膜シリコン太陽電池のデバイス特性と発電層成長時の可視及び近赤外励起の光電流の相関を調べた。可視及び近赤外励起の光電流の比が、発電効率及び形状因子を予測する指標になることを示した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］太陽電池、半導体、診断技術

［研究題目］**非周期歩容および物体操作を同時に実現する、多点接触を伴う全身運動の計画**

［研究代表者］Kheddar Abderrahmane
（知能システム研究部門）

［研究担当者］Kheddar Abderrahmane、吉田　英一、Escande Adrien、Bouyarmane Karim
（常勤職員1名、他3名）

［研究内容］

平成24年度は、最終年度として(1) 接触動作計画の統合と実装、(2) ダイナミックな多点接触動作の生成手法の構築に取り組んだ。(1) 接触計画の高度化では、前年度までに導出した多点接触動作計画機能や物体操作を含む動作生成機能を汎用的な枠組みとして統合した。この手法はさまざまな用途に適用され、例として人間型ロボットによる災害対応作業での梯子登り動作や、作業車両への乗り込み動作の生成に利用された。これらの成果は、当該分野で主要な国際学会誌に掲載された。(2) ダイナミックな多点接触動作の生成では、ロボットの関節角やトルクの制限、障害物回避や自己干渉回避などの制約を考慮し、(1)の計画手法で計画された安定な接触状態の系列を最適化技法に基づいてダイナミックな動作に変換する手法として、2つのアプローチでこの問題の解決を図った。第一に制約をテイラー展開近似することで最適化パラメータを多項式の係数の最適化に帰着する新規な方法を構成し、第二にセンサ情報に基づくダイナミック動作の制御器を2次計画法に基づいて設計した。ここでは、環境との衝突回避や自己干渉検出は付加的な制約として考慮した。第一の手法では、動作の部分区間で満たすべき制約として、また第二の手法では2次計画法の制約条件として導入している。複雑な形状間の干渉検出を解析的に表現することは一般的に困難で、数値的に求める必要がある。そのため、これらの制約の上下限値を、動作軌道上の各時間における距離関数として評価し最適化手法を適用した。これらの成果も、ロボット工学分野で著名な学会誌や国際会議で採択された。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］接触運動計画、ディジタルヒューマン、ヒューマノイド

［研 究 題 目］モノアイの研究
［研究代表者］角　保志（知能システム研究部門）
［研究担当者］角　保志、金　奉根、田中　秀幸
（常勤職員3名）
［研 究 内 容］

本研究は、自律移動ロボットの画像情報に基づくナビゲーションに関する新しい方法論の提案を目標とする。これまで様々な形で蓄積されてきた画像処理プログラム資産を利用して、走行経路に最適なビジョンベーストナビゲーションシステムを自動構築する手法の確立を目指す。

本研究計画においては、自律移動ロボットが利用できる様々なランドマーク検出プログラムのソフトウェア構造を分析し、その共通 API を明らかにする。画像入力には、上下左右とズーム制御が可能なカメラ（モノアイ）を採用し、ランドマーク検出に基づく屋外・屋外環境で自律移動できる移動ロボットプラットフォームを開発する。また、環境構造化技術を積極的に利用し、マーカや標識などを利用する技術を追究する。さらに、ランドマークをシミュレートするための環境モデリングの研究と移動ロボットの経路計画に関する研究を実施する。

平成24年度は、移動ロボットおよび画像センシング・画像処理プラットフォームの開発を行った。また、ロボットの位置姿勢を高い精度で推定できる新しいデザインのマーカを開発し、その性能評価を行った。このマーカを観測することで、カメラの相対位置姿勢を1deg.以下の角精度で推定することが可能になった。さらに、レーザースキャナを搭載した屋内移動ロボットのための新しいパスプランニングアルゴリズムを提案した。このアルゴリズムは、障害物が存在する環境における移動ロボットのパス設計と環境情報の収集を最適化するものであり、本研究におけるナビゲーションの基礎となることが期待される。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］移動ロボット、ランドマーク検出、ナビゲーション

［研 究 題 目］柔軟物連続操作のための視覚認識とアクションの双方向連動に関する研究
［研究代表者］喜多　泰代（知能システム研究部門）
［研究担当者］喜多　泰代、喜多　伸之、植芝　俊夫、金広　文男、森澤　光晴
（常勤職員5名）
［研 究 内 容］

本研究は、ロボットが衣類のように操作中に形が大きく変化する柔軟物を視覚的に認識しながら自然に扱うことを可能とし、将来的に、高齢者や要介護者の日常生活支援に役立てることを目指す。本研究期間内では、アクションと視覚認識の相互連動に着目し、柔軟物を確実に連続操作できる基盤技術の確立を目指す。

平成24年度は、4年計画の3年目である。今年度は、対象衣類の状態が既知となった後の衣類の整形動作に有用なアクションと視覚の連動機能を整理し、「畳み動作」を例として、基盤となる手法を開発した。まず、衣類形状を机上に特定の形で置くことにより、次に把持すべき部位の位置・姿勢を限定し、その限定情報を活用した画像処理で、把持アクション遂行に必要な3次元情報を入手する戦略を提案した。また、この戦略に沿って、「袖の折り」「身頃の折」を頑健に実現する手法を開発した。並行して、指定した手先の位置姿勢を実現する実行可能アクションの自動生成技術を、円弧軌道も描けるように拡張し、折り目を回転軸として袖等を回転運動させる動作を実現した。さらに、ロボット系－視覚系の時刻を正確に同期させつつターゲットを視覚的に追跡することによって、ロボットを連続的に動作させながらキャリブレーションを行う手法を開発した。また、手元にあるものを認識するための広視野視覚情報処理技術に関して、衣類の把持状態情報などを利用して処理すべき視野領域を限定することで処理を高速化し、同時に処理結果の信頼性も向上する手法を開発した。これらの成果により、より頑健に、「衣類を畳む」という一つの完結したタスクを実現する基盤が整った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］コンピュータビジョン、ロボット

［研 究 題 目］音響的状況認識に基づく高齢者見守り技術の研究
［研究代表者］児島　宏明（知能システム研究部門）
［研究担当者］児島　宏明、佐土原　健、佐宗　晃、大内　慶久（常勤職員3名、他1名）
［研 究 内 容］

独居高齢者の安全な生活を支援するために、音響的なセンサに基づく見守り技術の研究を行った。音響センサによる見守りには、カメラ等のセンサデバイスに比べて比較的低コストで広範囲をカバーでき、本人へのデバイスの装着なしに豊富な情報が得られるなどの利点がある。そのための手法として、日常生活における音響イベントを独自の符号に変換し、それに位置情報を含めた時系列パターンからのデータマイニングにより、生活状況の異常を推定する方針を採った。

本年度は、3年計画の最終年度として次のような研究を行った。独自開発したハの字型のマイクアレイを複数組合せ、20m^{2}程度の模擬居室内で音源定位・分離及び足音認識により、歩行音から連続的な動線をパーティクルフィルタで推定するシステムを構築するとともに、音響高次局所自己相関と非負値行列因子分解を用いた複合環境音からの異常音検知方法を開発した。また、音響信号のモデル化と符号への変換において、提案した音響イベント記述方法の妥当性を検証するために、人が音を聴いて評価した結果と自動抽出した特徴量とを比較する識

別実験を行うとともに、国立障害者リハビリテーションセンター内のモデル住宅で実際に8名の高齢者が模擬生活行動を行なった音を収録した。また、長時間にわたる生活イベントに対応したセンサデータの系列を、文字列カーネルを用いた教師なしクラスタリング法で分割し、過去の行動履歴に対する類似性を評価する異常検出アルゴリズムを開発した。生活状況の分類課題において、センサ出力を素性とする方法に比べ、提案法で得られた過去の行動履歴に基づく素性を用いる方法により識別性能が8%程度向上した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］音響センサ、環境音認識、データマイニング、異常検出、見守り

［研 究 題 目］スマートモビリティと環境固定センサ群の相互支援による走行時リスク検出法の開発
［研究代表者］佐藤　雄隆（知能システム研究部門）
［研究担当者］佐藤　雄隆（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

歩行者とも共存しながら移動する一人乗り移動機器において、車載センサと環境側に設置された固定センサ群の情報を自動的に協調・統合し用いることで、走行時のリスク検出を行う技術について研究を行った。具体的には、まずセンサ間の対話アルゴリズムに関する検討を行った。移動機器はまず自らのおおよその自己位置推定結果と運動パターンを環境固定センサに通知する。環境固定センサはその情報を元に移動機器を検出し、位置情報を移動機器に通知する。移動機器は通知された位置情報を初期値としてより詳細な自己位置推定を行う、といった手順を繰り返すアルゴリズムにより、高い精度で位置姿勢推定が可能になることを明らかにした。また、センサ対話ためのプロトコルのプロトタイプを設計・実装し実験に用い、改良を行った。

次に、ロバストパターン認識技術の導入に関する検討を行った。スマートモビリティは屋内外の様々な環境で用いられることを想定しているため、センサに対するさまざまな外乱に対してロバストである必要がある。特にセンサとしてカメラを用いる場合、照明変動に対するロバスト性の確保が問題となる。そこで、明度の増減の符号に着目する独自の統計的リーチ特徴法の導入に関する検討を行った。同手法を導入することで、環境固定センサからの移動体の検出時に明度変動の影響を大きく低減することが可能であることを明らかにした。一方で、より速いフレームレートで検出を行うために高速化が必要となった。そこで、リーチの参照点をランダムサンプリングによって得る方法を開発し、従来の方法と比較して、性能を落とすことなく、10倍以上の高速化が実現できることを明らかにした。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］画像情報処理、情報センシング、センサ融合・統合、知能ロボット、生活支援技術

［研 究 題 目］半構造化環境を利用したロボットの自律的環境モデル構築とタスクプランニング
［研究代表者］田中　秀幸（知能システム研究部門）
［研究担当者］田中　秀幸（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本課題では、ロボット用のインフラ整備が部分的に行われた「半構造化環境」における環境モデリングとタスクプランニングの技術を研究し、サービスロボットの自律性および実用性の向上を目指す。本年度の成果は主に下記の2つである。(1) 人間-ロボット間で共有可能なモデルを記述する手法の研究：人間と共存するサービスロボットを指向し、人間の生活機能を記述する共通言語として最近注目されている ICF（WHO 国際生活機能分類）の応用を検討した。さらに、この ICF をロボットシステムで活用するべく、オントロジー工学の手法により計算機処理可能な形式に再編成する試みを開始した。こうした試みを発展させることで、人間の生活環境・生活機能を体系的に記述することができるようになり、ロボットが提供するサービスの機能を明確に定義することが可能である。(2) マイクロレンズアレイを用いた高精度マーカの開発：マイクロレンズアレイによって生じる2次元モアレパターンを用いた新たな視覚マーカを開発した。本マーカは以前のレンチキュラーレンズを用いたマーカよりも製造過程がシンプルとなり、今後の実用化により適したものである。また、従来の AR マーカが苦手としていた正面付近からの観測においても、本マーカは姿勢誤差1deg 未満の非常に高精度な姿勢推定が可能であることを種々の検証実験により実証した。位置・姿勢の情報は環境構造化の基礎であり、これを高精度化することによってロボットはより正確かつ細かい環境情報を取得することができるようになるため、本マーカは今後のサービスロボットのための環境構造化ツールとして非常に有用と考える。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］サービスロボット・環境知能化・環境構造化

［研 究 題 目］胎児・新生児シミュレーションに基づく初期発達原理とその障害の解明
［研究代表者］國吉　康夫（東京大学）
［研究担当者］長久保　晶彦（知能システム研究部門）
（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究は、科学研究費補助金の新学術領域研究における研究課題（研究代表者 東京大学大学院 國吉康夫教授）の分担研究として行われた。本研究の目的は、胎児期か

ら乳児期までの連続的発達シミュレーションを構築し、環境条件を変化させつつ実験することで、発達の基本原理と発達障害のメカニズムを構成論的に解明し、これに基づく発達障害の包括的診断方法、支援法・支援技術の構築を行うこと、また、実験結果の定量比較や診断用定量指標のために、胎児・新生児用の認知運動計測・解析の新手法も開発し、これによって、胎児期から乳児期までの範囲を対象に、領域内のあらゆる知見を統合するモデルと定量化手法の提供を行うことである。

平成24年度は、最も重要な研究基盤である発達シミュレータの高度化・精緻化と、臨床データとの定量比較に不可欠な胎児・新生児の認知運動計測・解析技術の開発に取り組む計画の中で、特に環境・対人相互作用発達の実験精緻化のために乳児型ロボットの感覚系の改良に関する分担研究を進め、ロボットの皮膚感覚および運動計測のための柔軟でありながら狭接触対象でも高感度なセンシングが可能な圧力分布センサ技術、また柔軟な接触相互作用を効果的に実現する機械系の研究などを行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］認知発達、ロボティクス、皮膚感覚センサ

［研 究 題 目］人とかかわる共生型ロボットのためのロボットの適応的要素行動

［研究代表者］松本　吉央（知能システム研究部門）

［研究担当者］松本　吉央、脇田　優仁、吉川　雅博（知能システム研究部門）、石黒　浩、中村　泰（大阪大学）、住谷　昌彦（東京大学）、宮尾　益知（成育医療研究センター）（常勤職員2名、他5名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、アンドロイドや人間型ロボットが人の話を聞く際の“うなずき”や“微笑み”などのしぐさを、ゆらぎの概念を取り入れながら周囲の人間と同期させ、ロボットやアンドロイドとのコミュニケーションにおいて人間が感じる満足度や安心感を向上させることである。24年度は、これまでの研究成果を踏まえながら、本学術領域「ロボット共生学」全体の目標である「ロボットによるよい聞き手の実現」へ向けて以下の研究を行った。

研究プラットフォームとしては、昨年度までに開発した「微笑み」や「快・不快」などの表情を表出可能で、人の動きや表情に同調して動くことが可能なアンドロイドの女性・男性版を利用し、アンドロイドの遠隔操作時にオペレータが感じる違和感を、パーソナルスペースの転移によるものであるという仮説を立て、SCR（皮膚抵抗値）を利用して調べた。その結果、モーションキャプチャを利用してアンドロイドにオペレータと同じ動きをさせるという「同調的な操作」をしているときは、そうでない場合と比べてオペレータの SCR の反応が大きく、統計的にも有意な差があることが分かった。

また、発達障害児のソーシャルスキル学習のためにアンドロイドを利用することに関して、病院での実験を開始し、他の見かけ（ぬいぐるみ人形型、および小型ヒューマノイド型）のロボットとは異なる反応が見られることが分かった。さらに、A02、A03班と協業し、アンドロイドの高校でのジグソー学習への適用や、認知心理実験への適用を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］ロボット、アンドロイド、人間共存、存在感

［研 究 題 目］無人ヘリコプタによる3次元視覚観測システムの研究

［研究代表者］森川　泰（知能システム研究部門）

［研究担当者］森川　泰（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、複数台のカメラで距離計測をするステレオビジョンを搭載した自律型無人ヘリコプタシステムを開発し、無人ヘリコプタが移動してステレオビジョンで複数位置から空中撮影した画像データから遠距離の対象物の高精度な3次元データを構築するラージスケールステレオ法のアルゴリズムに関する研究することを目的としている。

ステレオビジョンに関しては、カメラと GPS、姿勢センサを搭載した無人ヘリコプタで飛行実験を行った。その結果、地上目標物の3次元データを作成出来たが、野外での撮影環境に対するカメラセッティングが不十分で、画質が良くなく想定していた精度を達成出来なかった。今後、カメラセッティングを最適化、自動化する機能を追加して行く必要がある。また、GPS と姿勢センサのセンサフュージョンにより、カメラの位置姿勢及びラージスケールステレオの基線長を計測しているが、精度向上の為にはセンサフュージョンのアルゴリズムを改良して更に位置姿勢の計測精度を上げて行く必要があることが分かった。

無人ヘリコプタの飛行制御に関しては、空中撮影画像取得を容易かつ確実にする為に搭載カメラの画像をモニターしながら半自動的に遠隔制御を行うシステムを開発し、飛行実験を行った。その結果、遠隔操縦システムが画像撮影には有効であることが確認出来たが、非熟練者が操縦出来る程には操縦が容易にはならず、更なる制御性能の改良が必要なことが明らかになった。また、飛行中の機体の振動を計測した結果、本研究の無人ヘリコプタは電動の為、従来のエンジン機に比べて振動が小さく、画像撮影への悪影響も非常に少ないことも明らかになった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］無人航空機、無人ヘリコプタ、飛行制御、ステレオビジョン、3次元計測

［研 究 題 目］ヒューマノイドによる支援機器評価のための人間動作模擬と再現

［研究代表者］吉田　英一（知能システム研究部門）

［研究担当者］吉田　英一、Moulard Thomas（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

平成24年度は、ヒューマノイドによる人間動作模擬のための基盤理論を整備した。人間動作のようにデータ量が多く複雑で、周期的・非周期的な時間変化をするデータをヒューマノイドで再現するため、最適化手法を用いたリターゲッティング法について研究を行った。主成分分析や統計的解析手法を検討したうえ、このリターゲッティング問題を、適用範囲が広く、ロボットのさまざまな制約を考慮できる非線形最適化手法として定式化することとした。まず、特別研究員が開発してきた数値最適化を行うソフトウェアの枠組みである「RobOptim」を拡張し、ヒューマノイドの軌道など大きなデータを最適化する際に扱う必要が生じる「疎行列」を用いた、非線形最適化手法を解く機能を整備した。この枠組みを利用して、現在利用可能なさまざまな非線形最適化手法とそれが実装されているソフトウェアを利用できるインタフェースを構築した。次に、人間動作のヒューマノイド動作への変換を、この枠組み上で非線形最適化問題として定式化した。最適化の評価関数として、モーションキャプチャによる人間動作のマーカのデータとヒューマノイドの全身姿勢の幾何的な類似度を、手や足など主要部分のラプラス座標系における距離として定義した。協力関係にあるデジタルヒューマン工学研究センターでこれまでに測定した、歩行や持ち上げ動作などの人間動作データを用いて、この手法が基本的に機能することを確認した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］人間動作解析、非線形最適化、ヒューマノイド、動作再現

［研 究 題 目］把握技能における指の協調関係と機能の解明

［研究代表者］永田　和之（知能システム研究部門）

［研究担当者］永田　和之、山野辺　夏樹（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、人の手指による把持・操作を力学的・運動学的に計測することで、指の協調関係と機能を明らかにし、その知見をロボットハンドによる把持・操作の作業戦略に適用することである。本年度は、昨年度に構築した把持・操作計測システムを用い、人の手指による把持・操作データの計測と可視化に重点を置いて研究をすすめた。把持・操作データの可視化はchoreonoid 上に実装し、各指先に作用する指先力の時系列データと、グラフィクスでの指の運動とその軌跡・力ベクトルを、それぞれ同期をさせて、タイムバーを操作しながら表示できるようにした。人の手指による一連の把持・操作を機能単位のプリミティブ動作に分割するためには、まずプリミティブ動作のコードブックを作成する必要がある。そのため指の機能を「把持」「操作」「センシング」に大別し、把持に関するプリミティブ動作として support, press, grasp を、操作に関するプリミティブ動作として drag, raise, roll, twist を定義した。更に grasp に関しては Cutkosky の把持分類にのっとり precision grasp を対象に細分化した。この中で、Cutkosky による把持分類の disk, sphere, tripod, thumb-3finger, thumb-2finger, thumb-index finger と、比較のために二つのプリミティブ動作の協調から成る pivot について実演データの計測を行った。仮想指を導入すると disk, sphere, tripod は三本指把持の circular precision に、thumb-3finger, thumb-2finger, thumb-index finger は二本指把持の prismatic precision に分類される。そこで、把持内力の情報を用いて把持データを circular precision, prismatic precision, pivot にクラスタリングすることを検討した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］ロボットハンド、把持、操作、運動計測、可視化

［研 究 題 目］作業プログラムの機能的構造を用いた自動チューニングに関する研究

［研究代表者］音田　弘（知能システム研究部門）

［研究担当者］音田　弘、尹　祐根（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究では、知能ロボットの作業プログラムの自動チューニングについて、作業プログラムの意味的構造を元に自動チューニングを行う手法の基礎を確立することを目的としている。モジュール化された作業プログラムの個々の性能を考慮し全体の最適化を行うには、異なる条件下で作成されたモジュールを接続・比較可能とした上での評価法が必要となる。具体的には、認識・行動系の構造に基づく感度解析を元に、作業プログラムの仕様の実現度をシミュレーションで評価し自動チューニングを行う新しいチューニング手法を提案・開発し、その有効性を実験により実証する。

本年度は、認識・計画・実行系の構造に基づく機能レベルでの感度解析および認識系の配置と認識特徴を選択するアルゴリズムの拡張と実験環境の構築を行った。認識・計画・実行系の構造に基づく機能レベルでの感度解析については、認識系・実行系の構造に基づく感度解析を行い、その結果を位置・速度・力（加速度）に対応する三種のマトリクスとして表現した。作業プログラムで採用する作業実行の構造（並進・回転等のどの自由度の観測・実行をどの程度の精度で行うか）を三種のマトリクスで表現した。これらのマトリクスでその直交性や精

度の伝播を解析に着手した。作業プログラムで採用する作業実行の構造を反映させた最適化の目標関数を定義した。

認識系の配置と認識特徴を選択するアルゴリズムの拡張と実験環境の構築については、既に提案者らにより作業プログラム化された作業について、上記の解析を行い、作業の不確かさをマトリクスで表現した。これにより最適化された認識系を有する仮想環境における配置を導出し、そのプロトタイプを構築した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］知能ロボット、スキルトランスファー、自動チューニング、作業プログラミング

［研 究 題 目］ユーザビリティと高性能を両立するクラウド型リアルタイム画像解析処理ミドルウェア
［研究代表者］岩田　健司（知能システム研究部門）
［研究担当者］岩田　健司（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究はクラウド環境下において、大規模な画像解析アプリケーションを迅速かつ効率的に開発展開できるミドルウェアの研究開発を行う。特に、HTML5等 WEB 技術を基とした直感的でグラフィカルなユーザーインターフェースと、リアルタイム性を併せ持つ高速な実行基盤の組み合わせで構成されている点に特徴がある。これにより画像解析システムの記述・実行・検証のサイクルを加速し、様々な画像解析の応用や科学的研究を推進することかが的である。具体的には、画像解析手順の記述方式の研究、実行状況のリアルタイムなビジュアライズ方法の研究、データ量の大きな画像解析のための高速な実行基盤の研究、大規模解析のためのタスク分割に関する研究を行い、最終的にそれらを統合し、クラウド型画像解析サービスの提供を行う。平成24年度の進捗状況は、WEB 技術を用いた画像解析アプリケーション記述のための GUI である “Skylight”、およびクラウド環境下における画像解析アプリケーション実行基盤 “Deepcave” の開発を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］ミドルウエア、画像処理、画像解析、クラウドコンピューティング

［研 究 題 目］ダイナミックインバージョン制御を用いた重力制御姿勢安定化飛行体の研究
［研究代表者］岩田　拡也（知能システム研究部門）
［研究担当者］岩田　拡也（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

平成24年度は、ダイナミックインバージョン制御ソフトウェアを入れる組み込み制御回路の設計と回路基板の製作を行った。前年度に製作したハードウェアの数値を基に、主翼の揚力中心から重心を内包する振子となる本体が直交懸垂し前後のピッチ軸と左右のロール軸に対して振子運動を行う運動のうち、ロール軸の運動方程式を導出し、逆運動学の解を導いた。また、応答速度の解析を行い、前年度に製作した1/3スケールの実験機の場合、2ms 程度のロール姿勢フィードバックが必要であることを明らかにした。これにより、姿勢センサからの100ms 程度のロール角速度データでは、フィードバック速度が大幅に不足しており、高速フィードバック専用のロール姿勢センサを付加し、高速サンプリングが可能な A/D 変換ポートからフィードバック入力を行うこととした。ロール姿勢センサとして、(1)角速度センサ、(2)角加速度センサ、(3)その他のセンサの3方式を比較検討することとし、本年度は(1)の角速度センサフィードバックによるロール姿勢角制御を行った。(1)のロール角速度フィードバック制御の場合、振子の速度制御へのフィードバックとなるが、角速度の検出角度範囲が狭く S/N 比が低い領域でのセンシングとなるため、ある程度の角速度が出るまでフィードバック制御を発動させることができない。このことから、次年度には(2)のダイバーシティ制御の角加速度センサを用いた新しい方法によるロール角姿勢制御を行う予定である。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］無人航空機、飛行ロボット、姿勢制御

［研 究 題 目］実践の物語化による病院看護サービスの熟達を支えるオントロジー駆動分析エンジン
［研究代表者］松田　憲幸（和歌山大学）
［研究担当者］橋田　浩一（知能システム研究部門）
（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究は、サービス提供者のための組織的かつ持続可能な知識の洗練・継承モデルについて検討する。サービス技能の習得には、長い年月を要する。対象の状態や状況が常に変化しつづけるとき、何が重要で、なぜ重要かをすべて言葉に言い表すことは極めて困難である。実際、サービスの多くの現場において経験の積み上げが重視される。たとえば病院の看護は、患者・家族・社会の安心・安全を大前提に正確に対応することが求められることに加えて、患者自身・家族の性格・経済状況、病気の個別性など、複雑な文脈に対応し、患者の満足を得ることが要請される。そこで、同僚と語りあうことで新たな気付きを得るといった、看護師のための組織的かつ持続的な成長モデルを検討する。看護業務を多視点から分析する研鑽活動を支える仕組みを開発し、実際の病院組織と連携して実証する。

平成24年度は、開発した分析エンジンを連携病院の実際の看護業務の改善に導入して検証・改良した。看護師らが看護業務について語り、看護業務の記録を意味付けし、分析エンジンで看護業務を分析する循環によって、

持続的な改善が図れることを確認した。ここでいう持続的な改善とは、過去の気付きの上に新しい気付きを積み上げることである。これらの作業を支援するため、看護業務等に関連するデータを RDF エディタにインポートするソフトウェアを作成した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］オントロジー、看護サービス、協調学習支援

［研 究 題 目］直観的理解の容易さと合理的根拠を兼ね備えた医療の質評価内容の表現法および計算法

［研究代表者］高木　理（北陸先端科学技術大学院大学）
［研究担当者］橋田　浩一、和泉　憲明（知能システム研究部門）（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

一般に、医療・教育・行政などの公共サービスは、属人的要素も大きいサービスであり、適切な評価項目・評価指標を設定することが難しい。技術的にはサービスの質に関する記述を正確に表現・測定・計算することが難しいため、利用者が適切なサービスの選択に困難を有している。

本研究の目標は、医療サービスに関する質指標を定義し、その値を計算するというプロセスを、医療者の言葉の問題、システム視点と医療視点のズレの問題、および、指標化の不統一性の3つの観点から、課題分析と問題解決を行うことである。そして、その方法論として、質指標の構成を、従来の文章による分け方や1階述語論理に基づく集合による分け方ではなく、サービス評価のための指標独特の構造と医療の指標に用いられる用語の定義部分との組み合わせとして表現法を確立させる。

そこで、北陸科学技術先端大学院大学、北里大学と連携して、医療サービスオントロジーを構築し、医療情報検索および医療サービス評価支援フレームワークの研究開発を行う。特に、医療サービスの質の評価指標（以下、質指標）を定義し、その値を複数の医療機関における医療データベース上のデータから自動的に算出するためのフレームワーク（QI-FW）を開発する。

本研究における今年度の成果として、質指標を分かりやすく、かつ、医療データベースの検索クエリに直接変換できる程度に正確な記述が可能となる質指標表現システムを開発した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］公共サービス評価、サービス質指標、統合データベース

［研 究 題 目］対象物の柔軟性を考慮した組み立て作業計画

［研究代表者］原田　研介（知能システム研究部門）
［研究担当者］音田　弘、山野辺　夏樹、吉田　英一、永田　和之（常勤職員5名）

［研 究 内 容］

平成23年度に構築した組み立て動作の計画手法やロボットの制御則を、シミュレーションや実際のロボットを用いて検証した．より具体的には、柔軟性を有するパーツの組み立てにおいて、組み立ての状態や、状態の遷移を表現する手法を構築した。この手法に基づいて、手首に取り付けられた力・トルクセンサの情報より、ロボットが現在どのような状態にあるかを判定するアルゴリズムを構築した。また、手首に取り付けられた力・トルクセンサの情報をフィードバックしながら、組み立ての際にパーツが接触する力を制御するアルゴリズムの有効性を、シミュレーションや双腕ロボットを用いた実験によって検証した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］組立作業、ロボット、柔軟性

［研 究 題 目］マイクロブログにおける情報伝播と群集誘導

［研究代表者］小島　一浩（知能システム研究部門）
［研究担当者］小島　一浩（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

2011年3月11日、東北地方三陸沖を震源地とした東日本大震災は、甚大な津波災害をはじめ構造物の倒壊・火災、原子力事故等を引き起こした。震源地から遠く離れた東京においては、鉄道等の都市交通機能が停止し、かつて経験したことの無い大規模な帰宅困難者が発生した。このように首都機能麻痺と携帯電話の発着制限下においても、データ通信回線の物理的・論理的断絶が大規模または特定地域に発生しなかったため、多くの帰宅困難者は、Twitter や Facebook といったマイクロブログによって安否確認、ニュース速報、自治体からの情報、ユーザによる実況情報等を得ることが可能であった。このように適切な情報を適時発信することにより、帰宅困難者という群集を効果的に誘導することが可能であることが示された。しかしその一方で、非事実の情報（以下、デマと表記）が流布する事例も多数観測されている。更には、事実確認を行ったうえでデマを正す訂正情報（以下、デマ訂正と表記）を発信する現象も観測されている。デマ・デマ訂正の伝播では、デマは伝播し易いがデマ訂正は伝播し難いといった情報伝播の非均一性が観測され、マイクロブログ上では複雑な情報発信・伝播現象が発生していた。

そこで本研究では、Twitter の実データもとに

課題1 平常時における人間関係ネットワークを複雑ネットワークによりモデル化
課題2 災害等の危機的状況下における人間の情報判断・再配信のモデル化
課題3 情報共有システムによる群集誘導のシミュレーション

を実施し、今後の減災に資するものとする。
［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］ソーシャルメディア、減災

［研 究 題 目］テンソル表現に基づくパターン識別法に関する研究
［研究代表者］小林　匠（知能システム研究部門）
［研究担当者］小林　匠（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究は、テンソルによって表現される特徴パターンの新たな識別方法に関するものである。

平成24年度は特徴行列に対する識別方法に関する研究を行った。実世界から計測したデータ（特徴量）は、多くの場合に行列形式での表現が自然となる。例えば、静止画像は XY 座標に基づく2次元データであり、多チャンネル時系列信号からは時間軸 T に沿って並ぶ信号列（チャンネル vs 時間の行列）が得られる。従来はそれらをベクトルに伸長し、ベクトル識別器を適用していたが、それでは特徴の行列表現における本質的性質は失われてしまう。そのため、このような特徴行列に直接的に作用する識別器を構成することが様々な認識課題において重要となる。ここでの識別器とは、特徴行列に識別重み行列を掛け合わせて識別スコアを出力する線形識別器を指す。ここでの課題は、例えばある対象を識別する2クラス識別問題（「目的対象」vs「その他」）を考えると、その対象の識別に有効な行列識別重みを学習することにある。本年提案した学習方法においては、１）行列の階数を事前に規定することなく自動的に低階数の行列重みが得られ、２）学習に掛かる計算時間も少ない、という大きな利点がある。低階数行列の識別重みはその自由度が適切に抑えられ、訓練サンプルから効果的に高性能な識別器が学習でき、またその学習も高速に行えることから大規模データへの適用も可能となる。
［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］パターン識別、特徴行列、低階数行列

［研 究 題 目］コンピューターウィルスの進化を分析する手法の研究
［研究代表者］森　彰（知能システム研究部門）
［研究担当者］森　彰（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

コンピューターウィルスによるリスクが年々増大している。新しく出現するコンピューターウィルスの数もさることながら、それらの変種を加えた数は莫大である。現状の対策は限界に達しており、新たな自動分析の手段が必要である。本研究では、コンピューターウィルスのプログラムの振る舞いを自動分析して相互の関係を調べることにより、進化や変異の過程を明らかにすることを目的としている。本年度は、プログラムのコード解析の方式を改良するなどして、解析速度の高速化を行った。従来手法と比べて約4倍の高速化を達成し、当初の目標を達成することができた。解析実験では、100個を超えるサンプルに対してほぼ完全な制御フローグラフを自動生成することに成功した。これらの制御フローグラフを支配木とよばれる木構造に変換し、木差分計算アルゴリズムを適用して得られる類似度マトリクスをもとに進化系統樹の推定を行ったところ、同種ウィルスの変異過程が実際に可視化されていることをすることができた。さらに、ウィルスが行う特徴的な攻撃パターンを同定し、パターンの有無をもとにした系統樹解析を行うことで、進化を予測する実験を行う研究の検討を行った。
［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］コンピューターウィルス、進化の可視化と予測、バイナリーコード解析

［研 究 題 目］視聴覚を利用した見まね学習によるアクティブな動的動作生成に関する研究
［研究代表者］池内　克史（東京大学）
［研究担当者］中岡　慎一郎、森澤　光晴（知能システム研究部門）（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

本提案研究課題では、視覚・聴覚を利用した、アクティブかつ動的なロボットのための見まね学習の枠組みを構築することを目的とする。具体的には、日本の伝統的な舞踊動作を対象として、従来のたんなる「事前にデザインされた動作の再生」とはまったく異なる、視覚情報に基づく舞踊動作の本質的な構造の理解と、聴覚情報に基づく実行時に演奏される音楽リズムのリアルタイムな把握による、その場その場のリズム合った舞踊動作生成が可能なヒューマノイドロボットを実現する。

産総研は主にロボットの動作軌道の生成を分担する。本年度は、人から取得した舞踊動作のロボットへの適用において、身体部位が近接する動作軌道においても自己干渉を回避したスムーズな軌道を生成するアルゴリズムを開発し、一般的な舞踊動作軌道をロボットで再現するための基礎を構築することを研究計画とした。

この結果、身体部位間の総合的な相対位置関係を表現する「インタラクションメッシュ」技法をロボットの動作軌道生成に適用する手法を開発し、以下の論文として発表した。この手法により、手本となる動作軌道において身体部位間の近接がある場合でも、自己干渉を回避したスムーズな軌道としてロボットに適用することが可能となった。S. Nakaoka, T. Komura, "Interaction Mesh Based Motion Adaptation for Biped Humanoid Robots", Proc. of the 12th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, pp. 625-6 31, 2012.
［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］ヒューマノイドロボット、見まね学習

［研 究 題 目］グラフオートマトン上の自己組織的な振動生成と構造遷移
［研究代表者］富田　康治（知能システム研究部門）
［研究担当者］富田　康治、黒河　治久、神村　明哉（常勤職員3名）
［研 究 内 容］

グラフオートマトンは、構造を変化させるルールと、ルールの適用を制約する構造との間の相互作用を記述する数理モデルである。これは静的な格子構造の上での格子点における状態変化を扱うセルオートマトンを、動的なグラフ構造に拡張したものといえ、より豊かな表現力をもつ。この枠組み上の構造の生成とその解析に関する研究を発展させ、局所的に周期的動作する構造がグラフ上に分散し相互作用する系の自己組織過程を考え、動的な構造の自己組織化の研究に資することが本研究の目的である。

このような場合、振動子のネットワークに位相関係を形成するという自己組織化と、グラフ構造によって振動子を形成する形成するという自己組織化が同時に起こる。単純な場合として、各ノードを振動子として取扱い、各々がパルス結合された場合の振る舞いを検討した。周囲のノードが局所的に同期した時に限りグラフオートマトンのルールを実行するというモデルを想定して、これらを実験するためのシミュレータのプロトタイプを試作し、基本的な動作を確認した。ただし、モデルの改良、ルールセットの検討は今後の課題である。

また、これらの応用への検討の一部として、均質な機械的構成要素に対する自己組み立て、自己複製のための様々な手法を提案し、比較検討した。具体的にはランダムな摂動による方法や、構成要素を集めて結合することによる万能組み立て器に基づく方法などを検討し、統一的な取扱いが可能であることを示した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］自己組織化、振動子、グラフオートマトン、動的ネットワーク、複雑系

［研 究 題 目］他動運動機器の使用が下腿部浮腫に及ぼす効果に関する研究
［研究代表者］本間　敬子（知能システム研究部門）
［研究担当者］本間　敬子、薄葉　眞理子（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

本研究では、機器を用いた他動運動が末梢組織の循環状態に与える影響に関する研究の成果を踏まえて、他動運動機器の使用が下腿部浮腫に及ぼす効果について、実験的に明らかにすることを目的とする。本年度は以下を実施した。

過去に脳血管疾患に罹患して後遺症により足部に浮腫が生じているが、実験の参加に支障がない健康状態である人（以下「脳血管疾患罹患者」と記す）を被験者として、日常生活の中で下腿の血流量、皮膚温等の生体信号及び室内の温度等を計測し、生体信号の日内変動と、室温などの環境パラメータの変動との関係について評価を行うための計測実験を実施した。具体的には、脳血管疾患罹患者1名を被験者とし、日中の3時間程度車いす座位で安静にしていただき、安静前後の足部体積および足部周径を計測するとともに、安静中の皮膚血流量および皮膚温度を計測した。計測実験で得られたデータから、生体信号の日内変動と足部のむくみの状態との関係を検討するとともに、異なる時季に計測実験を実施することにより、これらの関係の季節的な変化に関する検討を行った。

低速で作動する機器と連続的に接触する際に皮膚等の身体組織が受ける影響のモデル化に関して、身体組織のモデル化に関する文献の調査を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］他動運動機器、末梢循環状態

［研 究 題 目］確率関係モデルによる医療臨床データの高度活用に関する研究
［研究代表者］麻生　英樹（知能システム研究部門）
［研究担当者］麻生　英樹、橋田　浩一（知能システム研究部門）、赤穂　昭太郎、神嶌　敏弘、城　真範（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員5名）
［研 究 内 容］

近年、情報化の進展により、臨床医療の現場にも多くの情報機器が導入され、電子的な治療記録や各種の医療機器からの情報など、膨大なデータが電子的に蓄積されるようになっている。本研究の目的は、日常の診療行為の中で生み出される膨大な臨床情報をより高度に活用して医療過程の質を持続的に向上させるための新たな統計解析手法を開発することである。研究計画2年目の平成24年度には以下のような成果を得た。①東京大学医学部附属病院を中心に構築している循環器内科情報データベースの拡張を行った。研究対象として心不全の患者を新たに選定し、治療過程で収集されている各種のデータ（患者の属性、診察・処置・投薬情報、検査結果情報）を抽出し、確率モデリングに適した形に成形した。②前年度にデータ抽出した心筋梗塞（心臓カテーテル手術）および今年度に抽出した心不全の臨床データについて、処方された薬物の成分と分量、医学的効用、分類に関するオントロジーを整備した。③昨年度構築したデータマイニングツールを、部分観測マルコフ決定過程を扱えるように拡張した。また、医師の行動データから報酬関数や状態価値関数を推定するための逆強化学習機能および徒弟学習機能を追加した。公平性の高い学習手法に関して様々な手法の関連性を明らかにした。④心筋梗塞（心臓カテーテル手術）の臨床データに逆強化学習を適用し、特定の治療法の有効性の検証や医師が治療中に想定して

いる報酬関数や状態価値関数の推定等を行った。心不全の臨床データに対してマルコフ決定過程によるモデル化を適用し、患者の状態の評価、医師の投薬処方の有効性の推定、患者の予後予測などを行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］確率関係モデル、データマイニング、医療臨床データ

［研 究 題 目］ベッド上空間スイッチによるロボットの作業指示
［研究代表者］脇田　優仁（知能システム研究部門）
［研究担当者］脇田　優仁、田中　秀幸（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

日常生活環境内での移動に障碍のある患者等が、ベッド上においてユーザが望む対象物を簡単な指示で把持するロボットアームシステムの実現を目指し、ロボットアームと、ベッドのシーツを投影面とするプロジェクタ及び、ベッド上のユーザの手の位置のモニタリングのための3D スキャナの統合システムの構築を目標とする。シーツ上に投影されるロボットの作業環境のモニタリング画像及び様々なキャラクタ画像の上にユーザが手をかざすことで、作業指示のためのジェスチャとみなして、その指示に従ってロボットに作業を行わせる。ジェスチャとして、かざされた手の位置を3D スキャナで計測し、ユーザの意図を解釈するシステムを構成する。

ロボットアームとして、現在当研究室で保有しているKINOVA 社製の JACO アームを用いることとした。さらに、本計画で用いるための物体の把持機能の実装のため、把持対象の物体側にマイクロレンズアレイとモアレパターンを利用した AR マーカーを添付し、作業空間中の物体のデータと位置姿勢の情報を統一的に取り扱えるシステムを構築した。対象物の姿勢推定誤差が1度以下という高い精度で対象物体を認識できることを確認した。また、合わせてそのようなロボットによるユーザへの介助が実際の障碍者の生活支援にどれだけ効果的なものになるかの客観的な指標として ICF に注目し、日常生活における生活支援機能の定量的な評価の可能性についても検討した。

3D スキャナについては、マイクロソフトの KINECT for Windows を調達し、実際の人の手の位置の検知の枠組みについて調査した。プロジェクタとしてCASIOXJ-A256を調達し、両者を組み合わせたユーザインタフェースについて検討した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］介護ロボット、マンマシンインタフェース、プロジェクション機能

［研 究 題 目］ナビゲーションシステムのための複数全方位画像列を用いた仮想視点画像生成
［研究代表者］阪野　貴彦（知能システム研究部門）
［研究担当者］阪野　貴彦（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究では、全方位画像列を用いて、経路ナビゲーションのための任意視点画像生成手法の研究を行った。初年度では、(1)単一動画像列のための処理、および(2)複数動画像列のシームレスな接続のための処理に関する手法開発を行い、最終年度では、(3)仮想視点から見た新動画像列生成のための処理手法の開発を行った。

単一動画像のための処理としては、全方位動画像からカメラの動きと周辺の3次元環境を同時に推定する手法を開発し、また写りこんだ人物等の除去法開発を行った。全方位画像を利用したことにより、画角の狭い従来の画像よりも、カメラパス推定と3次元復元の精度が向上することを確認した。

複数画像列の処理においては、重複して復元した3次元環境をもとに、つなぎ合わせ処理手法を開発し、大規模な地図構築のための基礎技術を確立した。画像および画像列間の類似性より複数パスで重複している箇所を検出、もしくは同じ画像列であっても復元精度が低下した場合に自動的にパスを分割することで、精度のよいサブマップをつなぎ合わせる手法を開発した。

新画像の生成に関しては、最も近い撮影済みのカメラ位置から復元した3次元環境を投影し、モーフィングによって生成する手法を開発した。本手法によりカメラの揺れを除去した画像の生成等を可能にした。これらの個々の開発事項のほかにも、全方位および通常画像を用いたカメラパス復元や3次元復元でも、頑強な基礎行列推定や外れ値除去手法など、関連した要素技術の精度向上を図ることができた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］コンピュータビジョン、全方位画像、3次元復元

［研 究 題 目］鉄堆積作用：鬼界カルデラの熱水活動場から紐解く太古代海洋環境への制約条件
［研究代表者］後藤　秀作（地圏資源環境研究部門）
［研究担当者］後藤　秀作（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

鹿児島県薩摩硫黄島の長浜湾では、低温熱水活動と非常に高速度な鉄堆積物の沈殿が起こっており、鉄沈殿システムを研究できるモダンアナロジーの場所である。長浜湾にみられる赤色酸化鉄の堆積機構を明らかにすれば、酸素濃度上昇にともって形成されたと言われている縞状鉄鉱層沈殿メカニズム解読に向けての大きな足がかりになると思われる。本研究は、薩摩硫黄島長浜湾の浅海熱水系の全貌およびバクテリア活動と特殊熱水系生態系の解明と高解像度コア解析沈殿史復元を通して、浅海域での金属鉱床形成メカニズムを明らかにすることを目的とする。

本研究では、長浜湾内の地質学的調査、海底下長期温度モニタリング、セディメントトラップ、海底定点カメラ及びダイビングによる海底観察調査、陸上定点観測、硫黄岳の火山活動データ及び気象データの収集を行い、湾内の海水表面変色域は風向に影響を受けていること、湾内の堆積物の堆積は気象に影響を受けていること、海底下温度は海洋潮汐に強く影響を受けていることを明らかにした。また、長浜湾内で採取した堆積物試料の詳細な堆積構造解析、堆積物試料及び気象・降灰記録を用いた長浜湾の鉄堆積物の沈殿史の復元作業を進めた。

［分　野　名］地質

［キーワード］鉄沈殿システム、低温熱水活動、薩摩硫黄島、鬼界カルデラ

［研 究 題 目］ヒートアイランド現象の抑制を目指した冷房排熱の帯水層処分システムの実用化

［研究代表者］吉岡　真弓（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］吉岡　真弓、内田　洋平、井川　怜欧、シュレスタ　ガウラヴ（常勤職員3名、他1名）

［研 究 内 容］

ヒートアイランド現象の有効な対策の一つが地中熱利用技術による冷房排熱の従来型大気放散から地中処分への転換である。これにより夏季気温の低下が期待できる。本研究では、帯水層間のポテンシャル差または地表からの水圧入により熱交換井内に鉛直方向の地下水流れを発生させ、冷房排熱の帯水層圧入処分によるゼロエミッション型冷房システムの構築を目指している。特に、2つのサイト（青森および福岡）における強制排熱試験によるシステムの高度化と、広域へのシステム導入に対する地下影響への評価について研究を行っており、我々のチームでは後者が主な研究分担である。本システムの実用化のためには、大規模にシステムを導入した場合の広域の地下影響への検討を行うことは不可欠である。そこで、実証試験サイトである津軽平野・弘前地域において、地下水流動熱輸送モデリングを実施し、地中熱利用ポテンシャル評価を行った。本研究に必要なモデリングでは、地下水流動に加え、地下の熱環境も評価する必要がある。地下温度の測定には観測用の井戸が用いられているが、実証試験サイトがある津軽平野では観測井が少なく、地下温度の実測データを得ることが困難である。そこで、本モデリングでは、弘前市・黒石市周辺で測定された13地点での熱応答試験の結果を、広域地下水流動熱輸送モデリングの検証データとして用いることで、井戸の観測データの少ない津軽平野の地下水・温度環境を適切に評価した。モデリング結果を元に津軽平野における融雪利用・冷暖房利用時の地中熱ポテンシャルを評価し、ポテンシャルマップを作成した。ポテンシャル評価には、広域地下水流動・熱輸送モデリングにより求められた地下水流速と地下温度分布を重ね合わせることで評価した。その結果、地下水流速の比較的速い平野周辺部および地下温度の高い平野中央部で地中熱ポテンシャルが高い地域が推定された。

［分　野　名］地質

［キーワード］地中熱利用、ヒートアイランド、帯水層、数値モデリング、有効熱伝導率、津軽平野

［研 究 題 目］地中熱利用技術開発のための多孔質媒体中の水・熱輸送モデルの高度化に関する研究

［研究代表者］吉岡　真弓（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］吉岡　真弓（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

再生可能エネルギーである地中熱利用の分野において、効率向上システムの開発に向けて地盤と熱交換器との熱交換率の増強に関する研究開発が進められている。その中には、砂利等の比較的透水性の高い多孔質媒体を活用する技術も進展しており、多様化する浅層の地中熱利用システムの技術開発のためには、様々な地盤の粒径に対し地下水流動やそれに伴う熱輸送の変化を適切に評価できる数値モデルが必要である。本研究では、細粒から粗粒の多孔質媒体中の水・熱輸送モデルの構築を目的として、室内実験および数値モデルの開発を実施した。本年度は、地盤・土壌での流体流動と熱変化に関する論文についてレビューおよび室内実験装置の設計、予備実験を行った。不飽和の多孔質体中の流体流動のメカニズムについては古くから研究がなされているが、温度変化を定量的に解明した例は少ない。定量的に流体流動と温度変化の関係を評価し、地中熱利用技術の発展に適用可能な数値モデル化するためにはさらなる実験の必要性が確認された。実験を行うために、温度センサを取り付け可能な流体温度計測用大型カラム装置の設計を行った。温度センサには熱電対を利用し、高速度で温度を測定できるデータロガーを用いた。カラム内部には多様なガラスビーズ（直径10mm～1mm 程度）を充填させ、内部に水や温水（恒温水槽により生成）を流入させた。また、数値モデルについては、これまでに研究代表者が構築した数値モデルの整理および改良を実施した。本モデルでは、多孔質体中の固相・液相（水相）・気相の熱変化を個別に追跡することが可能であり、今後は本実験結果を元にモデルの高度化を行う。

［分　野　名］地質

［キーワード］多孔質体、熱輸送、地中熱利用、数値モデル、流体流動

［研 究 題 目］ネパール・テライ低地におけるヒ素汚染の実態とその対策に関する研究

［研究代表者］駒井　武（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］駒井　武（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

ネパール国のナワルパラシ地方において、地質構造に関する調査を実施し、ヒ素による地下水汚染の実態と発生メカニズムを把握することを研究目的とする。このため、当該地方における地質構造に関する文献や地質調査資料を収集し、タライ低地に特有の地質構造や層序、帯水層の構造などに関する各種データを解析した。地表付近は黄色の粘性土より成り、深度が増すにつれて嫌気的な黄褐色の地質を形成して、その下部に砂質の帯水層が数枚あることが分かった。また、低地の沖積層に特有の透水層と難透水層の累層構造を有することも判明した。

文献調査を踏まえ、現地調査では地域内の数か所で試掘を行い、ヒ素濃度と地質・地下水環境との関係を調査した。その結果、地質構造と帯水層の存在は既往の文献や地質調査の結果とほぼ一致し、地表から数ｍに第一帯水層あるいは自由地下水、10数 m の位置に第二帯水層、さらに深部には第三帯水層が存在することが確認された。特に、第二帯水層において高濃度のヒ素が確認され、嫌気的な環境条件と地下水の過剰な揚水に起因してヒ素が濃集されたことが示唆された。また、地下水と地質試料を採取して、ヒ素の含有量と溶出量の関係や他の元素との相関などの解析から、現地住民の健康被害とヒ素の関わりについて考察した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］地下水汚染、ヒ素、健康影響、環境地質、リスク評価

［研 究 題 目］**イオン吸着型希土類鉱床の探査法の確立と資源量評価**

［研究代表者］実松　健造（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］実松　健造（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

イオン吸着型希土類（レアアース）鉱床とは、世界の重希土類資源の重要な供給源である。鉱石となるのは風化花崗岩であるが、その形成には原岩花崗岩の地球化学的特徴に強く依存することがこれまでの当該研究で明らかになってきた。ミャンマー国にはペルム紀～ジュラ紀または白亜紀～新第三紀の花崗岩が南北に分布しており、温暖・湿潤な気候で化学風化を被っているため、イオン吸着型希土類鉱床の存在が期待される。本地域の花崗岩の地球化学的特徴と希土類資源ポテンシャルを明らかにするために、花崗岩の化学分析を行った。また、花崗岩採取のための野外調査を行った。

ミャンマー国のイオン吸着型鉱床の資源ポテンシャルを調べるために、同国中央部および南東部から得られた花崗岩41試料とその他の火成岩27試料について全岩化学分析を行った。花崗岩の REY（REE+Y）含有量は39～770ppm 程度であり、その他の火成岩は花崗岩にくらべ REY に乏しかった。Kayin 州 Thandaung 地域の花崗岩の REY 含有量は251～770ppm と比較的他の花崗岩よりも REY に富むことが分かった。これらの花崗岩はアルミナ飽和度［モル濃度で $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$］が1.1以下であり、P_2O_5含有量は0.04～0.15%と比較的低い値であった。特に、HREE に富む花崗岩4試料は共通して SiO_2含有量>73%と結晶分化作用が進んでおり、P_2O_5含有量<0.06%とリンに乏しい特徴を持つことが分かった。これまでの研究の結果により、このような地球化学的特徴を持つ花崗岩は難溶性の REE リン酸塩鉱物に乏しく、希土類フッ素炭酸塩鉱物を形成することがあるため、イオン吸着鉱を形成しやすいことが分かっている。これらの結果から、Thandaung 地域はイオン吸着型 REE 鉱床に必要な原岩花崗岩を有する地域であり、仮に花崗岩の風化殻が十分に（厚さ10m 以上）発達していれば、REE 資源ポテンシャルが高く、資源量に換算すると中国南部の小型～中型のイオン吸着型鉱床に匹敵する程度と見込まれる。

Thandaung 地域の野外調査は安全上の理由でさらなる調査が不可能であったが、これよりもさらに広範囲でミャンマー中央部の野外調査を行った。試料採取は主に Mon 州と Mandalay 管区で行った。花崗岩を中心に火成岩試料を約130個採取した。これらの岩石試料の化学分析や記載は、引き続き平成25年度の当該事業において行う。

［分　野　名］地質

［キーワード］希土類（レアアース）、イオン吸着鉱、資源、風化、花崗岩、ミャンマー

［研 究 題 目］**ベトナムにおける鉱物資源開発に関するガバナンス**

［研究代表者］村尾　智（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］村尾　智（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

鉱業におけるガバナンスや透明性の概念が、ベトナムの官僚機構にどの程度浸透しているかを調査するため、国際ワークショップを共催した。準備から当日のワークショップまで、一連のプロセスを共有・観察する事で、必要な情報を取得した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］ベトナム、商工省、鉱業法、透明性、情報公開、資源開発

［研 究 題 目］**陸域における微生物による嫌気的メタン酸化プロセスの解明**

［研究代表者］竹内　美緒（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］竹内　美緒、吉岡　秀佳（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

地球規模でのメタンの循環は重要な課題の一つである。微生物はメタンの循環に大きく関与しているが、本研究では陸域地下圏でほとんど明らかになっていない微生物

による嫌気的メタン酸化活動の実態を解明することを目的としている。平成24年度は、新たに掘削した関東平野の沖積層試料を用いた嫌気的メタン酸化の現場活性の測定結果の取り纏め、ならびに陸域に存在する独自の嫌気的メタン酸化古細菌（ANME-1aFW）の生理学的特性を明らかにするための、様々な条件（温度、塩濃度）を変化させた活性測定結果のとりまとめを実施した。その結果、沖積粘土層の15-20m 付近に高い活性が存在することが明らかになった。メタン生成活性も検出されたものの、メタン酸化の方が卓越していると考えられた。また、バクテリアに対する抗生物質（ストレプトマイシン、アンピシリン）の添加は、嫌気的メタン酸化速度に大きく影響しなかったことから、バクテリアが関与していない可能性も示唆された。

［分　野　名］地質

［キーワード］陸域地下圏、嫌気的メタン酸化、ANME、mcrA

［研 究 題 目］南アフリカ大深度鉱山での AE 計測第二期：地下空洞による岩盤損傷の監視と山跳ね予知

［研究代表者］雷　興林（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］雷　興林、佐藤　隆司（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

南アフリカ（以下南ア）の金鉱山では、地下3km 程度で進行中の大規模な採鉱によって数年で大きな地震（山跳ね）を起こすまでに応力が高まる。大きな山跳ねに前震等の直前先行現象が伴うことの多い、よく発達した地質断層を立体的に囲む100m 規模の AE 観測網を展開し、大きさ10cm オーダーの試料を用いる室内岩石破壊実験を加え微小破壊（mm～cm サイズ）までの精密震源位置標定、応力への応答などの解析を通して、微小破壊からより大きな規模の破壊に至までの様々なスケールでの岩盤破壊プロセスを実証的に明らかにする。

産総研分担課題では、パイロットホールやセンサ埋設孔から採取された鉱山内観測領域内の岩石のコアサンプルを用い、室内 AE 発生実験を行う。観測領域は、複数の礫岩層を含む珪岩からなっており、地層は、複数の断層で複雑に寸断されており、また、主要な断層は、石英沈着脈らしき独特の物質で充填されている。さらに現在、採掘による空洞が、現地観測領域の20-40m 上方で拡大しており、観測領域内の岩盤は、その位置に応じた、大きな応力変化の履歴を経験する。観測領域内の様々な岩種が応力変化に対してみせる AE 活動の消長を室内実験において把握しておくことが主要な研究内容である。

平成23年度は、鉱山のサイトからとった試料の室内破壊実験を実施し、多チャンネル高速度で AE 波形を収録した。詳細な AE の時空間分布解析結果によって、岩石試料に既存する微視的な面構造組織が、AE 活動で強調されることが示唆された。

［分　野　名］環境・エネルギー、地質

［キーワード］室内岩石破壊実験、AE 技術、共同研究、南ア鉱山、山跳ね、誘発地震

［研 究 題 目］低炭素型枯渇油田再生化技術の開発を目指した原油分解メタン生成メカニズムの解明

［研究代表者］眞弓　大介（地圏資源環境研究部門）

［研究担当者］眞弓　大介（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

油層内微生物の原油分解・メタン生成経路を評価するため、国内油田の2カ所の生産井から油層水と原油を採取し、現場油層環境を模擬する高温高圧培養実験と CCS 後の高濃度 CO_2環境を模擬する高温高圧培養実験を行った。一方で、採取した油層水や原油の地球化学的な分析を行った。その結果、ある1カ所の油田においてのみ生物的原油分解反応の兆候が観察された。

高圧培養の期間中、油層水の有機酸とヘッドスペースガス中のメタンと二酸化炭素の濃度を定期的に測定し、その経時変化を検討した。その結果、上記の生物的原油分解反応の兆候が観察された油層試料において、培養後150日後から原油無添加区に比べて原油添加区で有意なメタン生成が観察された。また、CCS 後の高濃度 CO_2 環境を模擬する高温高圧培養においても、原油からのメタン生成反応を観察した。今後も培養を継続し、メタン生成の増加を観察する一方で、採取した油層試料の地球化学的および微生物学的解析も進める。

［分　野　名］地質

［キーワード］油田、油層内微生物、高圧培養、原油分解メタン生成経路、遺伝子解析

［研 究 題 目］環境振動評価のための戸建て家屋動特性の同定とその推定法の構築

［研究代表者］松本　泰尚（埼玉大学）

［研究担当者］国松　直（地質情報研究部門）（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、外部振動源による環境振動の評価にあたり、戸建て家屋の動特性の解明、およびその推定に基づく屋内での環境振動の予測法の構築を目標とした。ここで、戸建て家屋の動特性は、振幅依存など非線形性を示すことが、家屋の耐震性を対象とした大振幅領域を対象とした既往の知見で示されているが、環境振動を対象として振動振幅を限定し、その範囲内での動特性の解明を目的とした。また、動特性の推定においては、間取り図や実物の目視で確認できる構造形式と壁量などのパラメータから固有振動数を推定できる、実務でも利用可能な手法の構築を目指すこととした。

複数の戸建て家屋における振動測定により動特性を検討するとともに、測定対象とした家屋の固有振動特性の

集中質量系モデルによる推定について検討し、間取りや壁量などの情報が得られれば、環境振動評価で求められる程度の精度で、家屋の固有振動数を推定できる可能性を示した。他の家屋に対する適用性については、さらなるデータの収集により検証する必要がある。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］環境振動、戸建て家屋、固有振動数

［研 究 題 目］巨大津波の発生原因を探る～スマトラ北西沖巨大津波発生メカニズムに関する仮説の検証

［研究代表者］平田　賢治（防災科学技術研究所：2013年1月1日より）（気象庁気象研究所）

［研究担当者］平田　賢治（気象庁気象研究所）、
弘瀬　冬樹（気象庁気象研究所）、
荒井　晃作（地質情報研究部門）、
徳山　英一（東京大学）
木下　正高（海洋研究開発機構）
（常勤職員1名、他4名）

［研 究 内 容］

2004年スマトラ沖地震（M9.2）による巨大津波の発生メカニズムについて5つの仮説が提案されているが未だ決着していない。本研究は、現場海域の調査と津波数値モデリングに基づき、最新の仮説の検証作業を通じて、この巨大津波の発生様式を明らかにすることを目的とする。

平成24年度は、（独）海洋研究開発機構の学術研究船「白鳳丸」によって取得済みの48chの反射法地震探査データや、3.5kHzのサブボトムプロファイラー（SBP）を用いた海底表層の地層探査のデータ解析を行い、いくつかの発表をした。海底地形調査によってスマトラ北西沖外縁隆起帯の中央付近に見つけられた明瞭なリニアメントとあわせて解釈を進めている。外縁隆起帯は圧縮応力に伴う背斜構造が発達しており、その間にある小さな堆積盆に注目して、堆積盆を埋める堆積層の変形を解析した。今後、解析を進め、当該リニアメントが分岐断層であることが確認されるとともに、新しい時代の変形運動が解明されることが期待される。

［分　野　名］地質

［キーワード］津波、地震、スマトラ島沖、音波探査、地殻変動

［研 究 題 目］フィリピン海プレート創成過程復元と島弧創成メカニズムの解明

［研究代表者］石塚　治（地質情報研究部門）

［研究担当者］石塚　治、山崎　俊嗣（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

伊豆小笠原マリアナ島弧形成前のフィリピン海プレート創成期から、島弧形成にいたる時期のテクトニクスを復元し、プレート沈み込み開始を決定づける要因や、沈み込み開始時のマグマの化学的特徴の時空変遷とマグマプロセスの解明を目指した。この目的でパラオ諸島周辺の未踏海域及びパラオ諸島、小笠原諸島にて岩石学的、古地磁気学的研究を実施した。取得したデータ、試料の分析、解析から以下を明らかにした。１）パラオ海盆と西フィリピン海盆は同時期に、しかも同方向に伸びる海底拡大軸により形成された。これは、パラオ海盆が西フィリピン海盆より古い海盆であるという従来の解釈を覆す。２）これらの海盆拡大開始時期は伊豆小笠原マリアナ島弧の形成開始時期とほぼ一致する。３）伊豆小笠原マリアナ島弧の南端部に非海洋地殻の基盤を発見し、伊豆弧前弧域で発見されている中生代の基盤と対比される可能性がある、ことが明らかになった。これらの制約を元に、島弧形成期から上記海盆形成終了までにいたる地質構造発達史を説明するフィリピン海プレートの復元モデルを作成した。

［分　野　名］地質

［キーワード］フィリピン海プレート、島弧創成、化学分析

［研 究 題 目］古地図および堆積物を利用した高分解能火山地質学の構築

［研究代表者］及川　輝樹（地質情報研究部門）

［研究担当者］及川　輝樹（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は、古地図と堆積物を利用した火山活動史構築法の開発を目的とする研究である。噴煙の画かれた古地図のカタログづくりを行い、噴煙の描かれた火山の噴煙史と火山活動史の関係を、文献史料及び地質調査を併用して明らかにするのが目的である。本年度は、今まで収集した資料のとりまとめを行い、噴煙の描かれた古地図のカタログづくりを行った。カタログは主にある程度の広がりを持った地域（国、郡単位以上）が描かれている古地図を中心に収集し、それらに描かれた火山の活動文字記録も同時に収集しまとめた。対象となった地域は、古地図に噴煙活動の記録が豊富に残る、北海道（蝦夷）地域、中部日本､九州地域の各火山である。さらに、噴煙の描かれた火山の噴煙史と火山活動史の関係を、文献史料及び地質調査を併用して明らかにするのを目的とした調査をトカラ列島横当島において行った。その結果、まだ予察的であるが、古地図の情報を断片的な文書記録及び地質調査と併用することによって、噴気活動史を組み入れた詳しい火山活動史の構築が行なえることが明らかとなりつつある。また、本研究で昨年度とりまとめた霧島火山新燃岳の文書記録に基づく江戸期の活動については、学術論文としてまとめた。

［分　野　名］地質

［キーワード］火山、古地図、噴煙、噴火史

［研 究 題 目］宇宙線層序学の開拓
［研究代表者］堀内　一穂（弘前大学）
［研究担当者］堀内　一穂、小田　啓邦（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

バイカル湖から得られたピストンコア（Ver96-2, St. 7）の高分解能古地磁気記録の整理を行い、Iceland Basin 地磁気エクスカーション（～188ka）の記録について、バイカル湖の他の記録と比較を行い、さらに年代軸の検討を行った。比較に用いたのは、Acadmician Ridge で採取された Ver98-1、St. 6（Oda et al., 2002）と CON01-603-2（Demory et al., 2005）である。特にバイカル湖の相対古地磁気強度記録を相対古地磁気強度の最も新しい標準曲線 PISO-1500（Channell et al., 2009）と比較させることを試みた。PISO-1500の年代軸は北西大西洋の統合国際深海掘削計画（IODP）のU1308コアに依存しており、U1308コアの年代軸は底生有孔虫（深層水）の酸素同位体を酸素同位体標準曲線LR04（Lisiecki&Raymo、2005）にパターンマッチさせたものである（Channell et al., 2008)。この LR04は（深層水の）酸素同位体標準曲線として知られているが、特に氷床量変動を表すとしてある氷床モデルに依存する形で氷床量変動に時間差を加えた年代軸で表現される。一方で、Caballero-Gill et al. (2012)は中国大陸の鍾乳石（ウラン－トリウム法による絶対年代測定されたもの）と南シナ海の掘削コア試料による表層水（浮遊性有孔虫）の酸素同位体のパターンをマッチさせ、同じコア試料の底生有孔虫による深層水の酸素同位体に絶対年代軸を与えることに成功した。この年代軸をもとにPISO-1500の過去35万年分の年代軸を修正したもので、バイカル湖の相対古地磁気変動による年代推定を行った。結果として、バイカル湖の珪藻量変動を日照量変動にパターンマッチさせたもの（Prokopenko et al., 2006）と食い違いがみられることが判明したが、詳細については今後の検討が必要である。

［分　野　名］地質
［キーワード］宇宙線生成核種、相対古地磁気強度地磁気逆転、地磁気エクスカーション、珪藻、日照量変動、酸素同位体、氷床量変動、バイカル湖、鍾乳石

［研 究 題 目］活褶曲地帯における地震に伴う斜面変動と地形発達過程に関する研究
［研究代表者］小荒井　衛（国土地理院）
［研究担当者］小荒井　衛、中埜　貴元（国土地理院）、岡谷　隆基（国土地理院）、黒木　貴一（福岡教育大学）、小松原　琢（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他4名）
［研 究 内 容］

本研究は、地震に伴う斜面変動のポテンシャル評価のための基礎資料を得るため、2004年新潟県中越地震と2011年長野県北部地震に伴った斜面変動発生場の地形的特徴、特にその地形発達史上の意義意味を明らかにすることを目的とする。そのために、地域地形地質発達過程を解明するとともに、詳細地形判読・地表調査・衛星画像解析および GIS 解析を併用し、斜面変動が集中的に発生した場所の地形的特徴を検討した。平成24年度には、中越地震の地殻変動域に当たる魚野川・信濃川周辺とその支流の低位段丘面をテフラにより編年するとともに、長野県北部地震の斜面変動発生場を明らかにした。その結果、中越地震の地殻変動域では中期更新世後半以降に一定傾向で活褶曲運動を伴った隆起が継続していること、隆起軸部で地すべりによる斜面の開析が進み斜面が従順化している一方で、隆起軸から離れ隆起速度の小さな場所では地すべり性斜面と谷壁斜面が共存する地形が形作られていること、中越地震においては隆起軸から離れ地すべり性斜面と谷壁斜面が共存している芋川流域において斜面変動が多発したことが示された。長野県北部地震においても同様の傾向が認められた。同時に行った解析により、斜面変動が多発した場の条件として、震源断層の断層上盤側に位置すること、起伏量が大きく、急傾斜かつ凸型斜面が発達することが示された。このような地形条件は、新しい地質時代に隆起を開始した山地においては地すべり地形と谷壁斜面が共存する地域で生じやすく、それは特定の地形発達段階において成立すると考察した。以上をまとめて報告書として出版するとともに学術雑誌に投稿した。

［分　野　名］地質
［キーワード］斜面変動、新潟県中越地震、長野県北部地震、地殻変動、地形発達

［研 究 題 目］火山ガス観測に基づく継続的噴煙活動火山の噴火・活動推移解明
［研究代表者］篠原　宏志（地質情報研究部門）
［研究担当者］篠原　宏志（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

継続的な噴煙活動を行っている火山において噴煙組成（火山ガス組成）の繰り返し観測および連続観測を実施し、火山ガス組成の変動から、火山ガス放出過程を明らかにし、噴火・脱ガス機構をモデル化するとともに活動推移過程を明らかにする。平成22年度から浅間山山頂火口縁にて継続している火山ガス組成連続観測の結果を解析し火山ガス観測の誤差の原因の推定とデータの評価を行うとともに、それ以前から実施していた繰り返し観測の結果と総合し長期的な火山ガス組成変動についても評価した。浅間山の火山ガスは山頂火口底中央の火孔が主要な放出源と考えられるが、その周囲および火口壁周辺にも多数の噴気孔が存在しているため、火口縁に設置している観測装置に流れてくる噴煙は様々な噴気の影響が混入している。周辺の噴気孔は温度が低く、ガス組成も

CO_2/SO_2が大きいなど、主火孔のガスとは異なっている。主火孔のガスの放出量が大きいため、主火孔起源の火山ガスが観測された場合には高濃度の SO_2が検出すると期待される。そのため低温噴気ガスの影響を除去するために、組成と SO_2濃度の相関を解析し、高 SO_2濃度測定時に特徴的な組成を抽出することにより、主火孔起源ガスの組成を推定した。これにより得られた火山ガス組成は、連続観測実施期間の2年間に顕著な変動は見いだされなかった。

浅間山では2-3年毎に火山ガス放出量が高い時期と低い時期が繰り返されており、高放出量期の初期に噴火が生じている。本研究期間中は低放出量期であったが、低放出量期には主火孔起源ガスに対して周辺低温ガスの影響が大きくなるため、繰り返し観測では精度の良い組成の推定が困難であったが、連続観測結果の解析により、低放出量期の組成の定量化が可能となった。その結果、高放出量期と低放出量期では火山ガス組成の顕著な差はないことが明らかとなった。浅間山における継続的火山ガス放出活動は火道内マグマ対流により駆動されていると推定されている。本研究の結果は、噴火直後の高放出量期でも、活動度の低い低放出量期でもマグマ対流は同様の条件で生じており対流速度のみに変化がある事を示した。

［分　野　名］地質

［キーワード］火山、噴火、火山ガス、噴煙、活動推移

［研 究 題 目］ドミニカ共和国における近過去から現在のバッテリー工場起源沿岸域鉛汚染の調査・解明

［研究代表者］長尾　正之（地質情報研究部門）

［研究担当者］長尾　正之、鈴木　淳（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本年度は、まず11月にドミニカ共和国ハイナ川河口周辺海域において造礁サンゴ探索のための予察的な調査を実施し、数種類の塊状サンゴを採取した。これらのサンゴには目視でも数年分の年輪が確認された。また、現地の研究者との情報交換ならびに今後の研究方針についての打ち合わせを行った。日本に移送されたサンゴ試料は、スラブ（薄板）状に切断され、軟エックス線による年輪の疎密バンドの撮影を行い、約10年分の年輪を保持していると推定された。成長軸に沿って微小試料切削が行なわれた。今後、水温指標となる Sr/Ca 比分析による年齢査定を行なう予定である。

さらに、2月に再度現地調査を実施し、前回の調査海域よりも、さらにハイナ川河口に近い海域で塊状サンゴを探索し、カリブ海における環境復元研究の標準種であるマルキクメイシ属の一種の塊状群体を採取した。目視観察の結果、15年ほどの年輪が含まれていた。これらの2回の調査で採取されたサンゴ試料を用いることで、鉛汚染の時間空間分布を復元できる可能性がある。

［分　野　名］地質

［キーワード］鉛汚染、汚染履歴、リモートセンシング、生物モニタリング、サンゴ

［研 究 題 目］沿岸防災基盤としてのサンゴ礁地形とその構造に関する研究

［研究代表者］長尾　正之（地質情報研究部門）

［研究担当者］長尾　正之、鈴木　淳（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

温暖化時代の海面上昇の下で、あるいは台風や津波などの災害に対して熱帯・亜熱帯島嶼の住民・社会基盤の安全を維持するため、サンゴ礁の地形および堆積構造を防災基盤として評価することを目指した研究である。

サンゴ礁の礁縁から外洋側にかけての礁斜面の地形は、具体的に提示されることが少ない。サンゴ礁の外洋側には縁脚縁溝系のように、シングルビーム測深による二次元の断面図では表現できない地形が多く存在する。平成24年度は、隆起サンゴが発達する奄美諸島喜界島でワイドバンドマルチビーム測深機を用いて地形の高解像度マッピングを行い、デジタル三次元図として可視化を行なった。

［分　野　名］地質

［キーワード］サンゴ礁、喜界島

［研 究 題 目］スロースリップの繰り返し周期は何が決めるか？—重力観測で流体の挙動を探る

［研究代表者］名和　一成（地質情報研究部門）

［研究担当者］名和　一成（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

昨年度、長期的スロースリップイベント（SSE）のサイクルの全期間にわたる重力変化を捉えることを目的として、琉球海溝沿いで半年に一度発生する SSE を対象とし、石垣島、西表島で超伝導重力計及び絶対重力計を用いた連続観測を開始した。今年度、それらの観測を継続し、2012年5月と2012年12月に発生した2度の SSE 前後の重力変化データを取得することができた。超伝導重力計データについて、重力観測点（VERA 石垣島観測局）近傍の雨量データや石垣港の検潮データを使って、地下水や潮位変化の影響を補正した。現時点では、気圧応答も含めた各種の補正が不十分であるものの、今年度発生した2度のイベントにおいて、SSE イベント前の重力増加と SSE イベント発生後の重力減少（いずれも大きさはマイクロガルオーダーで期間は1ヶ月程度）という同様な重力変化パタンが観測された。最終年度である来年度も観測を継続して、イベント前後の重力変化データを蓄積する。

［分　野　名］地質

［キーワード］スロースリップ、沈み込み帯、重力、地殻変動、測地学、地震学、琉球海溝、石垣島、西表島

［研 究 題 目］SIMS による初期太陽系における親鉄性元素の分別に関する研究
［研究代表者］比屋根　肇（東京大学）
［研究担当者］比屋根　肇、森下　祐一（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

本年度は、白金族元素を含む多くの親鉄性元素について、二次イオン質量分析計（SIMS）による定量分析の基礎実験を行うとともに、実際の隕石試料中の金属粒子に対する分析を試みた。標準試料としては、昨年度から準備していた、鉄が主体で数個の親鉄性元素を1%程度ずつ含む合金標準試料を用いた。一次イオンとして酸素イオンビームを用いて合金試料を分析し、SIMS 分析に不可欠な「相対感度係数」を多くの親鉄元素について求めることができた。

実際の試料の分析については、まず、マーチソン隕石から見つかった大きなマグネシウム同位体分別を示す二つのヒボナイト包有物中の超難揮発性金属粒子について詳しい分析を行った。金属微粒子はミクロンサイズで、SIMS ではスパッタリングにより失われる可能性があるため、SEM-EDS により分析した。その結果、白金族元素を含む超難揮発性金属元素のパターンは、ロジウムより難揮発性の元素についてほぼフラットな太陽組成のパターンを維持しており、鉄とニッケルのみが欠乏していることがわかった。このパターンを説明するため、金属元素の蒸気圧データをもとに蒸発のモデル計算を行い、金属微粒子の生成条件を推定した。結果は摂氏1600度以上の高温での蒸発と整合的であった。また、これらの包有物に対してカルシウム同位体、チタン同位体の分析を行った結果、いずれも^{48}Ca, ^{50}Ti に同位体異常が見られることがわかり、いわゆる FUN と呼ばれる特異な包有物に属することが明らかになった。

次に、非常に始原的な Y-81020 隕石（CO 3.05）中のコンドルール内の金属粒子について、酸素イオンビームを用いた SIMS による分析を試み、分析手法の検討を行った。その結果、多くの親鉄性微量元素が検出可能であることが確認できた。

［分　野　名］地質
［キーワード］二次イオン質量分析装置、SIMS、初期太陽系、隕石、親鉄性元素

［研 究 題 目］縞状堆積物を用いた浮遊性海生珪藻類の進化過程の高分解能解析
［研究代表者］柳沢　幸夫（地質情報研究部門）
［研究担当者］柳沢　幸夫、渡辺　真人（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

この研究は、浮遊性海生珪藻類の進化過程を、「年縞」堆積物の特性を生かして高時間分解能で解析することを目的とする。最終年度にあたる今年度は、佐渡島中山層で見つかった *Hemidiscus* 属新種（*Hemidiscus* sp. A）の進化過程を解析した。新種 *Hemidiscus* sp. A は、祖先種の *Hemidiscus cuneiformis* とは、蓋殻中央の点紋が退化して円形の透明な領域を持つ点で区別される。新潟県佐渡島の中山層や新発田市の内須川層の8.6Ma 付近の層準で発見され、その生存時間はわずか約1万年と推定される。太平洋側では全く検出されないので、本新種は日本海固有種である可能性が高い。本新種の祖先である暖流系の *H. cuneiformis* は、約11Ma から量的には1%以下とわずかではあるが連続的に産出し、この時期に日本海側に微弱な暖流が流入していたことを示すが、約10.0 Ma 付近で本種の産出は途絶するので、この層準で日本海側への暖流の流入が停止したことがわかる。これより新しい区間では *H. cuneiformis* の産出は鮮新世まで原則として認められないが、約8.6Ma 頃にわずかに産出があり、瞬間的に暖流が日本海域に流入し、その後すぐに停止したことを示唆する。おそらく日本海に流入した *H. cuneiformis* 個体群が、暖流の流入停止により太平洋側の個体群との交流が途切れて隔離され、急速に形態進化を起こして *H.* sp. A が進化したと推定できる。しかし、暖流の途絶に伴うその後の日本海の寒冷化により、暖流系の *H.* sp. A は環境に適応できず、1万年程度生き延びただけで絶滅に至ったと思われる。こうした進化は典型的な異所的種分化の例として重要な意味を持つ。

［分　野　名］地質
［キーワード］古生物学、珪藻、進化

［研 究 題 目］海底噴出熱水のホウ素同位体化学から迫るホウ素グローバル循環の解明
［研究代表者］山岡　香子（地質情報研究部門）
［研究担当者］山岡　香子（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

ホウ素は、地球システムの定量的な物質循環解明のための地球化学トレーサーとして有効な元素であるが、より正確な解釈のためには、様々な地球化学プロセスにおける挙動の理解が必要である。ホウ素の海洋への流入経路として、噴出熱水は河川についで重要であるが、特に島弧・背弧熱水系に関するデータは不足している。本研究では、西太平洋の島弧・背弧熱水系（水曜海山・マリアナトラフ・マヌス海盆・北フィジー海盆・沖縄トラフ）に注目し、噴出熱水のホウ素濃度及びホウ素同位体分析を行った。結果は、3つの異なる地質条件により、以下のように整理された。

1)　堆積物で覆われていない熱水系：マヌス海盆 Vienna Woods の噴出熱水はホウ素濃度が低く同位体比が高いという中央海嶺熱水系に似た組成を示した。一方、マヌス海盆 PACMANUS と伊豆小笠原弧水曜海山は、ホウ素濃度が高く同位体比が低いという特徴を示した。マリアナトラフの Alice Springs と

Forecast vent は、これらの中間的な値を示した。これらの特徴は、基本的に母岩のホウ素濃度の違いによると考えられる。

2)　二相分離している熱水系：海底下での二相分離により気相に富んでいる北フィジー海盆の噴出熱水は、中央海嶺熱水系と似た組成を示した。二相分離におけるホウ素同位体分別は非常に小さいことを考えると、この組成は水－岩石反応を反映していると考えられ、熱水が MORB 的な岩石と反応したことを示している。

3)　堆積物に覆われた熱水系：沖縄トラフの噴出熱水は、非常に高いホウ素濃度と低い同位体比を示し、高い Cs/B 比を持つ。このことは、熱水が岩石だけでなく堆積物とも反応し、多量のホウ素が堆積物から熱水に溶出したことを意味する。

これらの地質条件の違いに関わらず、全ての噴出熱水のホウ素同位体比は濃度の逆数に比例し、基本的に反応した岩石または堆積物から溶出したホウ素の量に支配される。本研究は、島弧・背弧熱水系のホウ素濃度及び同位体比を体系的に明らかにし、水–岩石反応におけるホウ素の挙動及びホウ素循環における噴出熱水の寄与に関して、重要な知見をもたらした。

［分　野　名］地質

［キーワード］海底熱水系、ホウ素同位体

［研 究 題 目］過去4千万年間の古地磁気強度変動：地磁気逆転頻度と地磁気強度の関係の解明

［研究代表者］山崎　俊嗣（地質情報研究部門）

［研究担当者］山崎　俊嗣、苅谷　恵美、山本　裕二（高知大学）（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

今年度は、統合国際深海掘削計画（IODP）Site U1332コア試料について、FORC（First-order reversal curve）測定、IRM（等温残留磁化）獲得曲線等の岩石磁気測定・解析を行った。これまでの測定結果とあわせて、外洋域の海底堆積物の磁性鉱物は主として陸源と生物源の2成分からなること、この量比の変動は非履歴性残留磁化（ARM）と IRM の比（ARM/IRM）の変動から推定できること、そして、この量比の変化が相対古地磁気強度に影響していることを明らかにした。また、相対古地磁気強度推定は、堆積速度にも影響を受けていることが明らかとなった。これまでに南大西洋の DSDP Site 522コアを用いた研究から、古地磁気強度と地磁気逆転間隔の間に弱い相関があると指摘されていたが、前述の結果に基づき元データを検討した結果、磁性鉱物組成や堆積速度の変化に影響された見かけのものであることが明らかとなった。これらの点を論文として公表した。

Site U1331～U1333コアにおいて、磁性鉱物組成を反映する ARM/IRM 比は始新世と漸新世とで大きく異なるが、それぞれの時代での変動は比較的小さいため、相対古地磁気強度変動を見積もることは、始新世と漸新世とに区分して解析すれば基本的に可能であると推定された。ARM および IRM を規格化パラメータとして相対古地磁気強度変動を見積もったところ、おおむね同様の変化を示すことが分かったが、IRM による規格化のほうが規格化残留磁化強度と IRM との相関が小さいため適していると結論された。得られた始新世と漸新世の相対古地磁気強度変動には、地磁気逆転時だけでなく極性一定時にも地磁気強度の極小が見られ、これは過去3百万年間について従来知られていた特徴と同じである。これらの結果を論文にとりまとめて投稿した。

［分　野　名］地質

［キーワード］古地磁気強度、地磁気逆転頻度、IODP、岩石磁気、始新世、漸新世

［研 究 題 目］都市域の地下水中における医薬品類の汚染の実態ならびに挙動の評価

［研究代表者］安原　正也（地質情報研究部門）

［研究担当者］安原　正也（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

都市域の地下水涵養源として上下水道管からの漏水（上下水道漏水）が近年注目を集めている。上下水道漏水の地下水水質に与える影響とその量的評価手法の確立、さらには来年度以降の PPCPs（パーソナルケア製品；Pharmaceutical and Personal Care Products）の調査地点の選定を目的として、都市化の程度が多様である石神井川流域の上流域～下流域において一斉調査を実施し、地下水、水道水ならびに地表水を採取した。採取した試料については、主要溶存成分、環境同位体（水の $\delta^{18}O$・δD、NO_3^-の $\delta^{15}N$・$\delta^{18}O$、SO_4^{2-}の $\delta^{34}S$、DIC の $\delta^{13}C$）、大腸菌群数（T.coli）、大腸菌数（E.coli）を測定した。

この結果、水の $\delta^{18}O$・δD から、地下水の起源は降水ならびに上下水道からの漏水と判断された。ただし $\delta^{34}S$ から、少なくとも上流域では、上水道からの漏水の寄与率は小さいと考えられた。都市化の程度が小さい上流域では、降水寄与率の高い地下水において Cl^-濃度や NO_3^-–N 濃度、大腸菌群数が高い傾向を示したことから、これらは農地に由来すると考えられた。これに対して都心部に位置する下流域では、地下水への降水寄与率と大腸菌群数が負の相関を示した。大腸菌群数の高い地下水においても大腸菌は検出されなかったが、$\delta^{34}S$ からは下水漏水の寄与が考えられた。一方、主要溶存成分については地点間の差が大きく、降水寄与率との関係は見られなかった。これは、$\delta^{15}N$ 等の結果を考慮すると、都心部では郊外よりも脱窒等の地球化学反応が盛んに起こっているためと考えられた。

郊外に位置する上流域では、都市化の程度が小さいことに加え、都心部よりも遅れて上下水道が整備されたため、これらの管渠の劣化の程度が少ない。このため、地下水への漏水寄与率が小さい。これに対して、都心部に

位置する下流域では上下水道の整備が早くに行われたため、管渠の劣化が進行しており、漏水量が大きいと考えられた。

このような研究地域の水文化学的な調査結果を踏まえ、来年度は地下水中に認められる PPCPs の濃度分布や起源について検討を行う予定である。

［分　野　名］地質

［キーワード］都市の地下水、地下水涵養、水質形成機構、下水漏水、環境同位体、マルチトレーサー

［研 究 題 目］爆発的噴火をもたらす浅部火道システムの構造発達過程

［研究代表者］下司　信夫（地質情報研究部門）

［研究担当者］下司　信夫（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は、爆発的噴火をコントロールする浅部火道の構造発達過程を、侵食された火山体に露出する火道断面構造の解析から復元することを目的とする。本年度は、三宅島の2000年陥没カルデラの崩壊壁に露出する火道断面を約20個抽出し、遠望観測によって取得された画像データに基づきその構造を解析し、その発達過程を復元した。地表に露出する噴出物の解析から、これらの火道を形成したマグマの組成は玄武岩～玄武岩質安山岩の比較的狭い組成範囲にあることが判明した。カルデラ壁において観察された火道を、その構造から溶岩流出火道、火砕丘形成火道、爆発噴火火道に区分した。さらにそれらに付随する噴出物の堆積構造及び構成物の解析を行い、噴火スタイルの復元を行った。噴出物の構造から、これらの火道を形成した噴火は、非爆発的な溶岩流出噴火から、爆発性の強い準プリニー式噴火まで広いバリエーションを持つことが明らかになった。

これらを総合した結果、溶岩流出噴火では火道壁の顕著な侵食が発生しないのに対し、より爆発的な噴火では地表から最大100m ほどの深さまで火道壁が機械的侵食をうけ、火道幅が増大することが明らかになった。また火道壁の侵食が開始するレベルは、火道を満たすマグマが破砕を開始する深度に一致する。このことから、火道内を上昇するマグマの破砕と、火道壁への火砕物粒子の衝突によって火道壁の浸食が進行する可能性を指摘した。また、大規模な火道壁の侵食の進行により火道壁の不安定さが増大し、その結果火道壁の崩壊が発生することが観察された。

［分　野　名］地質

［キーワード］火山、噴火、マグマ、三宅島、地質構造

［研 究 題 目］フィールドサーバによるリアルタイム降灰観測手法の開発

［研究代表者］古川　竜太（地質情報研究部門）

［研究担当者］古川　竜太、及川　輝樹（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

フィールドサーバ技術を応用した火山灰観測装置を設計し、導入予定のセンサの性能試験を行った。レーザ回折方式の花粉センサについて火山灰についての検出性能を確かめるための実証試験を行った。頻繁に爆発的噴火を行っている鹿児島県の桜島火山で火山灰を検出するテストを実施し、気象庁の公表している噴火情報とセンサの反応結果が相関していることを検証した。また、レーザ回折方式センサと従来の定容量容器で回収する方式による観測との比較を行った。その結果、細粒火山灰粒子についてはよい一致が見られたものの、粗粒火山灰についてはレーザ回折方式センサの感度不良域があることが判明した。そこで、別方式の火山灰センサとして埋没度センサ（光抵抗素子）、堆積厚測定センサ（赤外線および超音波方式）の導入の検討を開始した。また、高さや風速場の変化によって噴火以外のかく乱要因（強風や降雨などによる火山灰の再移動など）を評価するため、気象観測装置をセンサに併設して、気温、風速、風向の観測を行い、かく乱要因を最小にするセンサ設置位置の検討を行った。観測機器設置場所として予定していた霧島火山は2011年10月以降、噴火していないため、観測機器の設置場所として不適当な状況となった。そこで別の設置場所として、鹿児島県の桜島火山の東～南東側の山麓を候補地に選定した。現地の地形・地質、電波状況の調査、借地手続き等を行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］火山、フィールドサーバ、火山灰、観測、リモートセンシング、Arduino、花粉

［研 究 題 目］琉球弧島嶼の沈降運動に関する地質学的検証

［研究代表者］荒井　晃作（地質情報研究部門）

［研究担当者］荒井　晃作、井上　卓彦、佐藤　智之、井龍　康文（名古屋大学）、町山　栄章（海洋研究開発機構）（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究では、かつては琉球弧の島嶼の一部であった可能性のある沖縄島と宮古島の間の高まりにおいて、高分解能マルチチャンネル構造探査、第四紀堆積層の音響層序学的な解釈、精密地形調査、岩石採取、採泥調査とその年代決定により、１．島嶼の沈降が、いつどの様に開始したかを検証する。沈降運動は琉球弧を胴切りする方向の断層運動に関連していると考えられ、断層運動の変位量や速度を求める。２．陸続きであったとされる宮古島と沖縄島の間の溝がいつから形成され、発達したかを解明する。それによって、従来の研究よりも精度の高い古地理の復元を試みる。

平成24年度の研究では、宮古島北東沖において海底地形調査を実施した。この調査は水深約150m 以浅の海域を中心にマルチナロービームの測深を行った。その結果、水深約120m にはテラス状の地形が認められることが分かった。さらに浅い、水深60m には明瞭な凹凸地形が存在しており、その地形は現世の水深10m 以浅に認められるサンゴ礁地形と良く一致していた。つまり、海底下に没したサンゴ礁を見いだした可能性が高い。これらの地形に関して、さらに調査を進めればこの海域の沈降や隆起運動を解明できる。また、「なつしま」NT09-11 航海の分析作業がほぼ完了し、公表の準備を行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］地質構造、正断層、古地理、音波探査、サンゴ礁

［研 究 題 目］カルデラ噴火機構とマグマ溜まりの発泡プロセスに関する研究

［研究代表者］斎藤　元治（地質情報研究部門）

［研究担当者］斎藤　元治、森下　祐一、川辺　禎久、東宮　昭彦（常勤職員4名）

［研 究 内 容］

火山観測に基づくカルデラ噴火の予知や推移予測を行うためには、カルデラ噴火の噴火機構を理解する必要がある。噴火の引き金として予想されているプロセスは、マグマ溜まり内の揮発性成分（主として、水、二酸化炭素、硫黄）の濃集と発泡である。本研究の目的は、「メルト包有物」という微小な岩石試料を用いて、後期第四紀に国内で起きた巨大カルデラ噴火のマグマの揮発性成分濃度を決定し、マグマ溜まり内の揮発性成分の濃集と発泡がカルデラ噴火で果たした役割を定量的に検証することである。

今年度は、巨大カルデラ噴火のうち、姶良噴火（大隅降下軽石、入戸火砕流堆積物）、阿多噴火（降下軽石、火砕流堆積物）、阿蘇3噴火（火砕流堆積物）、および、阿蘇4噴火（火砕流堆積物）について、メルト包有物分析のための試料調整（鉱物分離、メルト包有物のマウントと研磨等）を実施した。また、岩石試料内の様々な化学組成のメルト包有物を二次イオン質量分析（SIMS）で迅速に分析するため、玄武岩から流紋岩までの様々な化学組成の標準ガラス試料をひとつのマウントに埋め込み、SIMS 分析用の標準ガラス試料マウントを作成した。調整済みのメルト包有物試料と標準ガラス試料マウントを一つのホルダーにセットし、SIMS 分析のための金蒸着を行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］火山、カルデラ噴火、マグマ溜まり、メルト包有物、揮発性成分濃度、二次イオン質量分析

［研 究 題 目］断層岩の直接年代測定による活断層の活動性評価

［研究代表者］山崎　誠子（地質情報研究部門）

［研究担当者］山崎　誠子（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

断層の活動時期の推定において、年代既知の地層や段丘との切断（新旧）関係を用いる方法が適用できない場合、断層岩そのものを年代測定する必要がある。断層運動に伴う熱水活動により生成した断層岩中の自生の粘土鉱物（イライト）は K を含むため K-Ar 法が適用できる。しかし、より古い原岩の砕屑物の混入など前処理における問題が指摘され、年代値を解釈する上で議論が残っている。そこで本研究では、自生の粘土鉱物を断層岩から高純度で分離する手法を確立するとともに、より若い試料に適用できる感度法による K-Ar 法を組み合わせることで、若い活動を検出することを目的とする。

平成24年度は感度法による粘土鉱物の K-Ar 年代測定を実施した。細粒・微量の粘土鉱物からのガス抽出・精製条件を最適化し、測定手順を決定するとともに、同位体希釈法との比較実験を行い、誤差の範囲で一致する年代値を得た。また、断層周辺の原岩の各種鉱物についての年代と閉鎖温度を組み合わせて断層周辺の熱履歴を復元し、断層粘土の年代値の妥当性と解釈法を検討した。その結果、母岩である花崗岩が脆性破壊する300℃以下の温度まで冷えた後に断層および熱水活動が起こったと解釈できる。ただし、X 線回折による鉱物組成解析によると、より低温で生成する粘土鉱物（スメクタイト）も含まれることがわかった。スメクタイトには K が含まれないため原理的に K-Ar 年代では生成時期を決定することができず、細粒粘土の年代値が断層の最終活動年代とは言いきれないことが明らかになった。

［分　野　名］地質

［キーワード］断層、活動時期推定、粘土鉱物、イライト、年代測定、K-Ar 法、サイズ分離

［研 究 題 目］地中レーダーを用いた地震性バリアーシステムの堆積様式の解明

［研究代表者］七山　太（地質情報研究部門）

［研究担当者］七山　太、渡辺　和明、吉川　秀樹（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

風蓮湖バリアーシステムは、根室海峡に沿って西別川河口からもたらされた沿岸漂砂系によって成立している。このうち別海町側に位置する走古丹バリアースピットは西別川河口から南東方向に延びる12.5km の分岐砂嘴をなしており、5列の浜堤（BR1-BR5）が明瞭に認識できる。我々の研究グループは、2010年以来、走古丹バリアースピットにおいて GPS 測量調査とハンドボーリング調査およびボーリング試料を用いた AMS14C 年代およびテフラ年代の検討を実施してきた。特に浜堤間低地の

掘削により、泥炭層中に樽前山（Ta-a、Ta-c）、北海道駒ヶ岳（Ko-c2）、白頭山（B-Tm）や摩周起源（Ma-b、Ma-d、Ma-e）の完新世テフラが多数見いだされ、これにより概ね1000年オーダーでの地形発達史を解読することが出来た。

風蓮湖バリアーシステムが現在の位置に成立したのは泥炭層基底の年代から5500年前と推定されるが、最初のバリアーは現在浸食されて存在しない。その後、5200年前と4000年前に大規模な海進・海退があり、その都度、一時的に干潟環境が広がった。一方、最も若い分岐砂嘴である BR1は17世紀以降に出現し、現在活動的なバリアーである。BR2は17世紀にあった巨大地震によって離水した浜堤である可能性が被覆するテフラから理解される。BR3および BR4の離水年代は明確ではないが、同時期に大規模な砂丘が出現することから、それぞれ12–13世紀と9世紀に出現したものと考えている。現在、掘削試料を用いて、粒度分析、AMS14C 年代測定、珪藻・花粉分析をあわせて実施している。

［分　野　名］地質

［キーワード］海面変動、バリアーシステム、沿岸湿原、地球環境、音波探査地中レーダー

［研 究 題 目］SQUID グラジオメータによる氷床コア中の火山灰の非破壊検出

［研究代表者］小田　啓邦（地質情報研究部門）

［研究担当者］小田　啓邦、宮城　磯治、船木　實（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では金沢工業大学および国立極地研究所と協力することにより、氷床コア試料に含まれる微量火山灰の検出を目指すものである。桜島で採取された2008年噴火の火山灰（宮城ほか、2008）および北海道で採取されたAso4火山灰（噴出年代8.5–9万年）を用いて人工的に作成した氷床コアを模した試料についての予察的結果を得た。金沢工業大学では医療用脳磁計システムのための SQUID グラジオメータの開発を行い、脳の微弱な磁場を検出するために感度の向上につとめてきた（Kawai et al.，2008）。グラジオメータは試料直上と離れたところに2つのピックアップコイルを配置することによって磁気ノイズの影響を受けにくいというメリットがある。桜島で採取された2008年噴火の火山灰を磁性鉱物の含有量が多い火山灰の例として、北海道で採取された Aso4火山灰を磁性鉱物の含有量が少ない火山灰の例として、これらを人工的に作成した氷の間に挟んで火山灰層を模したものを用意して SQUID グラジオメータにて測定を行った。結果は火山灰をゼラチンと混ぜて地球磁場中で自然に凍らせたものはいずれの試料も検出が困難であるが、その試料をネオジム磁石で後から磁化させた場合は検出可能であることがわかった。センサを氷表面に近づけることにより感度が大幅に向上することもわかった。さらに、寒天に火山灰を混ぜた模擬試料を用いた試料の非破壊検出に成功した。火山灰試料は、Aso4火山灰、桜島火山灰の他に米国で採取された磁性鉱物の粒径が揃っている Tiva Canyon Tuff（TCT）試料を用いた。それぞれ5mg あるいは50mg の火山灰を200cc の寒天溶液で薄めたものを地球磁場中で固めた試料を用いたが、自然状態の試料は50mg の桜島火山灰と TCT が検出可能であった。電磁石によって25mT の等温残留磁化を着磁させた試料については Aso4火山灰以外は十分に検出できた。Aso4火山灰は検出限界に近いが、測定ノイズを減らすことで安定的に検出できると思われる。

［分　野　名］地質

［キーワード］SQUID グラジオメータ、氷床コア、火山灰、非破壊測定、南極、残留磁化、人工磁化

［研 究 題 目］活動的火山の脱ガスに伴う自然電位異常の発生に関する研究

［研究代表者］松島　喜雄（地質情報研究部門）

［研究担当者］松島　喜雄、高倉　伸一（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

火山活動が活発化した際にどのような自然電位の変動が現れるか予測を行うために、地殻浅部でマグマからの脱ガスが活発に行われている火山を対象に、自然電位異常の発生メカニズムを検討することを目的にしている。テストフィールドを設け、野外観測と、数値シミュレーションを併用した多角的な解析を実施することによって、自然電位発生メカニズムのモデルを作成し、それを検証する。今年度は、基礎データとなる、自然電位および AMT 法による電磁探査からなる野外観測を薩摩硫黄島火山で実施した。そのデータを解析し比抵抗構造を得た。

［分　野　名］地質

［キーワード］火山、脱ガス、自然電位、電磁探査

［研 究 題 目］SIMS 分析によるレアメタル鉱床生成過程の解明

［研究代表者］森下　祐一（地質情報研究部門）

［研究担当者］森下　祐一、比屋根　肇（東京大学）（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では二次イオン質量分析装置（SIMS）を用いた微小領域分析手法等により、鉱石中の金、白金族の存在形態を解明する。鉱石中白金族元素の SIMS 分析を行う際に固体標準試料が必要だが、白金族のような微量元素では均質な標準試料が得られないため、イオン注入試料を作成して用いた。本研究では白金族鉱石に含まれる3つの硫化鉱物である磁硫鉄鉱、ペントランド鉱、黄銅鉱に1平方 cm 当たり3×10^{14}個のプラチナ（Pt）を1.3MeV でイオン注入した。全 Pt のイオン注入量は正確に計測されるが、金と異なり6個の同位体を持つ Pt

では、イオン注入における同位体組成は明らかではない。そこで、イオン注入の際にシリコンウエファにも同量のPt を注入しておき、その同位体組成を SIMS で正確に求めた。一方、未知試料の硫化鉱物では様々な妨害分子イオンがあるため、6個の同位体のうちその影響が最も少ない^{195}Pt を測定し、標準試料の同位体組成から Pt 濃度を計算で求めた。

ブッシュフェルト（Bushveld）複合岩体東部地区にあるツーリバーズ白金族鉱床のボーリングコアから得た硫化鉱物では、磁硫鉄鉱と黄銅鉱の Pt 濃度は1ppm 以下だったが、ペントランド鉱では数十 ppm に達した。Pt の存在形態は比較的均質で、金鉱石で見られたナノ粒子は白金族鉱石では認められず、また硫化鉱物粒のコアとリムにおいて濃度の差異はなかった。比較のため、ブッシュフェルト北部地区の白金族鉱石の分析を行ったが、鉱物への Pt の濃集傾向は同様であった。

SIMS 分析に関しては軌道に乗ったが、成因を解明するためには組織的な分析が必要である。南アフリカ共和国の研究協力者と連携し、ブッシュフェルト東部地区のボーリングコアから連続サンプリングを行い、コアの代表的な箇所を入手した。その試料から研磨薄片を作成すると共に、依頼分析によりバルク分析値を得て SIMS 分析のための準備を行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］二次イオン質量分析装置、SIMS、白金族、南ア、レアメタル

［研 究 題 目］世界最大級の海洋コアコンプレックスにおける流体浸透過程の解明

［研究代表者］針金　由美子（地質情報研究部門）

［研究担当者］針金　由美子（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

中央海嶺近傍に発達する海洋コアコンプレックスを形成したデタッチメント断層は、流体を海洋プレート内部へ浸透させる役割を果たし、中央海嶺下における火成活動、熱水活動、レオロジーに大きな影響を与える。本研究は世界最大級の海洋コアコンプレックスであるゴジラメガムリオンの岩石を用いて(1)デタッチメント断層に浸透する流体の特徴を把握し、(2)岩石－流体反応における物質移動過程を明らかにすることを目的とする。平成24年度ではデタッチメント断層に関係する断層岩とその他の未変形岩から構造地質学・岩石学・地球化学的データを収集することを行うとともに、上記の目的のために必要な設備備品など（偏光顕微鏡）を導入・設置した。

［分　野　名］地質

［キーワード］海洋コアコンプレックス、ゴジラメガムリオン、デタッチメント断層、はんれい岩、かんらん岩、断層岩、熱水変成作用、フィリピン海、背弧海盆

［研 究 題 目］最終氷期最寒冷期の中部～西南日本のレフュージアにおける生物群の分布様式

［研究代表者］百原　新（千葉大学）

［研究担当者］百原　新、水野　清秀（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、最終氷期最寒冷期の植物化石・昆虫化石の分析などから、現在までの生物群集の空間分布の変遷、レフュージアの位置を復元することである。担当者の役割は、全国に広く分布する姶良 Tn テフラ（約2.6～2.9万年前）を年代指標としてその前後の層準の泥炭層から大型植物化石、花粉化石などを採取し正確な年代を明らかにすると共に、比較のためのより古い泥炭層の年代をテフラの対比などを用いて求めることである。平成24年度は、関東平野西縁・渥美半島などにおいて植物化石を含む後期更新世の地層の詳細な調査と年代の検討を行うとともに、愛媛県宇和島市のせき止め堆積物の年代の検討をテフラ対比をもとに行った。

関東平野と甲府盆地の中間に位置する上野原～大月地域に分布する後期更新世の植物化石包含層の年代を、前年度に続き検討した結果、植物化石を産する層準は、姶良 Tn テフラよりも古い地層であると考えられた。それらよりも新しい低位段丘堆積物の調査を行ったが、植物化石が得られるものはなかった。渥美半島において姶良 Tn テフラを挟む有機質シルト層の分布調査を行ったが、大型植物化石を含む露頭は発見できなかった。愛媛県宇和島市のせき止め堆積物に挟まる火山灰層の対比の検討を前年度に引き続いて行った結果、大分市内の最終間氷期の海成層に覆われる軽石層に類似することが分かり、別府湾付近から噴出した15万年前頃のテフラの可能性が高くなった。

［分　野　名］地質

［キーワード］気候変動、植物地理、最終氷期、レフュージア、姶良 Tn テフラ

［研 究 題 目］全国地質 Sr 同位体比マッピング－古代における“もの”の移動の解明に向けて－

［研究代表者］南　雅代（名古屋大学）

［研究担当者］南　雅代、淺原　良浩（名古屋大学）、宮田　佳樹（名古屋大学）、太田　充恒（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他3名）

［研 究 内 容］

全国 Sr 同位体比図作成は、産業技術総合研究所の全国地球化学図計画で採取された河川堆積物試料を流用して行っている。同位体比はその背景となる地質の分布に大きく左右される。本年度は、日本にほとんど分布が認められないアルカリ火山岩が Sr 同位体比図に与える影響を把握するために、隠岐の島から河川堆積物36試料の

採取を行い、51元素の化学分析を行った。また、秋吉石灰岩地域で採取した河川堆積物の化学組成や鉱物組成の特徴から、石灰岩岩帯が地球化学図へ与える影響が低い原因を明らかにした。結果をとりまとめ、地質調査研究報告へ投稿した。

［分　野　名］地質

［キーワード］地球化学図、バックグラウンド、Sr 同位対比、同位体分布

［研 究 題 目］高時空間分解能での地殻歪場の推定によるゆっくり地震の発生過程と条件の解明

［研究代表者］大谷　竜（地質情報研究部門）

［研究担当者］大谷　竜、名和　一成（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

石垣島周辺の琉球トラフ沿いにかけて約半年間隔で繰り返し発生し、国土地理院の GPS 観測点で多数のイベントが記録されているゆっくり地震を対象とした解析を行った。まず、国土地理院による先島諸島の GPS の変位データについて、ユーラシアプレートの剛体回転成分による見かけ上の変動を除去し、特に変動成分の大きい石垣島の観測点での各ゆっくり地震のイベントについて、ゆっくり地震の開始を同定し、指数関数をフィッティングしてその時定数を求め、残りの全観測点・全成分について、この時定数を用いてゆっくり地震の各イベントにおける変位量を推定した。そして Heki and Kataoka（2008）の断層面を用いて、断層面上のすべり量や方向を求めた。その妥当性の検証のため、独立な観測量として同地で行われている重力計による連続観測の結果と比較したところ、両者は必ずしも調和的ではなかった。そのため、断層面を独立に推定するために、中村・兼城（2000）によって求められたフィリピン海プレート上面データについて、10km×10km のパッチを設定したグリッドサーチを行い、最も変位量を説明できるパッチの場所を同定した後、その周辺の範囲でパッチの幅や長さ、すべり量のグリッドサーチを行って最適パラメータの組み合わせを求めた。しかしながら、そうして得られた値から計算された変位量と、観測量とのフィッティングが良好でない結果が得られた。その原因として、当該地域でのプレートの沈み込み角度が大きく、また形状も空間的に複雑に変化するためであることが考えられ、当該地域においては沈み込むプレート上面（断層面）の与え方に結果が大きく依存することが分かった。

［分　野　名］地質

［キーワード］ゆっくり地震、GPS 連続観測網、地殻変動、断層面

［研 究 題 目］高精度変動地形・地質調査による巨大地震断層の活動履歴の解明

［研究代表者］芦　寿一郎（東京大学）

［研究担当者］芦　寿一郎、池原　研（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究では、南海トラフ沿いを中心とする海域において、海底堆積物中に残された地震発生の記録から過去の巨大地震の発生履歴を解明することを目標とする。本年度は本科研費課題に関連して実施された白鳳丸による KH-11-9航海で採取された堆積物試料の年代測定を実施し、同じ航海で得られた表層地層探査記録から、南海トラフ海溝陸側斜面の小海盆における細粒タービダイトの堆積様式や海底活断層の活動履歴に関する検討を行った。また、2011年東北地方太平洋沖地震震源域周辺で採取された表層堆積物の解析を行い、仙台沖において、津波によるタービダイトの形成過程を明らかにした。

［分　野　名］地質

［キーワード］海底堆積物、地震、津波、タービダイト、半遠洋性泥

［研 究 題 目］カルサイトとアラゴナイトからなる軟体動物の殻体形成機構の解明

［研究代表者］中島　礼（地質情報研究部門）

［研究担当者］中島　礼（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

軟体動物の殻体は主に炭酸塩鉱物であるアラゴナイトやカルサイトによる規則的な構造からなり、その構造パターンは分類や系統進化を反映する。一般にカルサイトとアラゴナイトは形成される温度・圧力条件が異なる。しかし軟体動物には同一殻体に両鉱物が作り分けられ共存している種類もあり、なぜ？どのように？作り分けが行われているかという「カルサイト-アラゴナイト問題」が注目されている。そこで本研究では、カルサイトとアラゴナイトが共存する殻体を持つ軟体動物を材料とし、飼育実験、殻体構造解析、地球化学分析に基づき両鉱物の作り分けがどのような環境や成長の条件下で行われているかを解明することを目的とする。

平成24年度には研究材料としてのアワビ類以外の軟体動物として、カルサイト殻を持つホタテガイ類、カルサイトとアラゴナイト殻を持つシンカイヒバリガイ類を材料として研究をすすめた。貝殻構造解析については、貝殻断面にアセテートフィルムを用い観察用に加工し、実体顕微鏡や走査型電子顕微鏡で観察し、貝殻に含まれるアラゴナイトやカルサイトの分布を把握した。また、軟X線による写真から、成長密度などを見積もった。この手法のほか、今年度は新しくカルサイトとアラゴナイトを区別して染色する方法を用いて、さらに詳細にそれぞれの鉱物の分布を把握した。ほかにラマン分光法によって、ミクロン単位での精度でカルサイトとアラゴナイトの分布を測定する手法をとりいれた。

［分　野　名］地質

［キーワード］カルサイト、アラゴナイト、バイオミネラリゼーション、軟体動物、地球化学

［研 究 題 目］河川砂礫堆の3次元形成ダイナミクス：水路実験と現世堆積物の GPR による融合
［研究代表者］田村　亨（地質情報研究部門）
［研究担当者］田村　亨（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

GPR（ground penetrating radar 地中レーダー）は、地下に電磁波を放ちその反射信号から地下の内部構造を探査するもので、深さ10m 未満の浅層探査に有効である。GPR の探査深度と分解能は、アンテナの中心周波数と媒質によってかわり、より高周波では探査深度は小さくなるが分解能が上がる。本研究はこの特性を生かして異なる周波数の GPR のアンテナを用いて、水路実験と現世河川における砂礫堆（bar）の3次元内部構造を探査し、比較する。どちらの場合にも時間面を挿入し、3次元の移動・堆積様式を明らかにする。

本年度は、静岡県静岡市の安倍川の砂礫堆に対し、複数の縦断面と横断面における地中レーダ探査を行った。その結果、砂礫堆の内部構造を3次元的に明らかにした。
［分　野　名］地質
［キーワード］河川、物理探査、堆積物、水路実験

［研 究 題 目］マグマ溜まりにおける噴火誘発過程の解明
［研究代表者］東宮　昭彦（地質情報研究部門）
［研究担当者］東宮　昭彦（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

噴火を誘発する要因、特にマグマ溜まりへの高温マグマの注入から噴火開始までのタイムスケールやマグマ過程を解明するため、いくつかの噴火を例として岩石学的分析を進めている。

平成24年度も、主に霧島山新燃岳2011年噴出物（1月26～27日軽石ほか）の岩石学的観察・分析を引き続き実施した。電子線マイクロアナライザ等によって得られた斑晶鉱物の化学分析・組織観察等の結果から、既存の低温マグマ溜まり（デイサイトマグマ）に新たな高温マグマ（玄武岩～玄武岩質安山岩マグマ）が噴火前から注入していたことが、これまでに分かっている。また、磁鉄鉱斑晶の化学組成の累帯構造を元素拡散で形成するために必要な時間に基づき、大規模なマグマ混合が噴火のわずか数時間から数日前に地下で起こったことも明らかにしている。

今回、岩石学的に得られたマグマ混合過程と、地球物理学的に得られた地殻変動データを結びつけて、地下のマグマ過程を検討した結果、以下の結論を得た。高温マグマの注入は2011年噴火の1年以上前から継続的に起こっていた；注入開始からしばらくは大規模なマグマ混合はなく、マグマ溜まりは安定な成層構造を保ちながら重い高温マグマが下層に溜まっていった；上層の低温マグマが下層の高温マグマに加熱・融解されることによって、両層の間に中間的マグマ（安山岩マグマ）が徐々に形成していった； 2011年噴火の数日程度前に、マグマ溜まりの成層構造が崩れてオーバーターン（マグマ溜まり内部でのマグマの再配置）が起こり、大規模なマグマ混合が発生した［混合 I］；このマグマ混合ではマグマ溜まりの顕著な体積変化が無かったため、地殻変動には特に異常が現れなかった；マグマ混合が引き金となり、2011年1月の大規模な準プリニー式噴火が発生した；噴火中のマグマ上昇に伴い、二次的なマグマ混合が発生した［混合 II］。
［分　野　名］地質
［キーワード］火山、軽石噴火、マグマ溜まり、磁鉄鉱

［研 究 題 目］化学形態とヨウ素同位体比に基づく地下深部でのヨウ素の挙動解明
［研究代表者］東郷　洋子（地質情報研究部門）
［研究担当者］東郷　洋子（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

日本は世界で二番目のヨウ素生産国であるが、高ヨウ素濃度のかん水形成過程は未解明な点が多い。また、放射性ヨウ素（^{129}I）は易動性が高く、長半減期であるため、放射性廃棄物の地層処分において重要な核種の一つである。そこで、本研究では、堆積岩地域における岩石および地下水中のヨウ素の分布・化学形態・同位体比を決定し、高ヨウ素濃度のかん水形成過程の解明、および、地下圏におけるヨウ素の固定化能の評価を行う。

本年度は、北海道幌延地域を対象とし、深さ約100–1000m で採取された地下水および堆積岩中のヨウ素の分布と化学形態を調べた。地下水中のヨウ素は深部において高濃度で、主に I^-として存在していた。一方、岩石中のヨウ素濃度は深部で低く、X 線吸収端近傍構造により有機ヨウ素と I^-の混合であることが明らかとなった。また、岩石薄片試料のヨウ素マッピングにより、数～数十μm のヨウ素濃集域が確認された。これらの結果から、海底堆積物中に有機ヨウ素として固定されたヨウ素は、圧密・続成過程において特に深部において I^-として溶出し、高ヨウ素濃度の地下水を形成したと考えられる。圧密過程で間隙水は上方へ移動し、地下水中のヨウ素の一部は岩石へ吸着した可能性が高い。これらの知見は、高ヨウ素濃度のかん水形成過程を解明する上で重要である。ヨウ素は間隙水中で吸着能の低い I^-として存在するため、堆積物間隙水中に含まれるヨウ素は沈み込み帯の水循環を明らかにする上でも有用な指標となる可能性がある。
［分　野　名］地質
［キーワード］ヨウ素、X 線吸収端近傍構造、ヨウ素同位体比

［研 究 題 目］完新世における東アジア水循環変動とグローバルモンスーン

［研究代表者］多田　隆治（東京大学）
［研究担当者］多田　隆治、長島　佳菜（JAMSTEC）、木元　克典（JAMSTEC）、内田　昌男（国立環境研究所）、入野　智久（北海道大学）、板木　拓也（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他4名）
［研 究 内 容］
本研究は、東アジア夏季モンスーンに伴う降水の強度および空間分布が、幾つかの特徴的時間スケールで、どの様に、どの程度変動したか、その究極的支配要因は何かを、海水準や二酸化炭素濃度等の境界条件が現在とほぼ同じになった完新世中期以降に的を絞って解明することを目的としている。平成24年度は、沖縄本島の東方沖から採取された海底コアの化学分析を実施し、過去26,000年間の環境変動について検討を行った。また、東シナ海において調査航海を実施し、2地点から海底コアを採取した。このうち沖縄トラフから採取されたコアから放射性炭素年代の測定を行った。
［分　野　名］地質
［キーワード］アジアモンスーン、水循環、古環境

［研 究 題 目］地殻流体の発生と移動のダイナミクス
［研究代表者］風早　康平（地質情報研究部門）
［研究担当者］風早　康平、安原　正也、高橋　正明、佐藤　努、森川　徳敏、高橋　浩（常勤職員6名）
［研 究 内 容］
内陸微小地震と関係する熱水の特徴と分布を明らかにするため、1）日本列島における深層地下水のフィールド調査・試料採取（50温泉）および100カ所の温泉水の分析、2）水質解析による深層地下水の広域分布の特徴および内陸地震活動等との関連性の検討、および、3）日本列島の深部流体マップの改訂を行った。
地震に関係する熱水の情報を得るため、震源周辺の地下水データを調査し、その化学・同位体組成等に関する特徴をまとめた。その結果、関係すると考えられる水は、西南日本では Li/Cl 比が高く、CO_2を含む塩水であり、分布域は広く前弧側に見られることがわかった。一方、東北日本においては、このような NaCl-CO_2型は火山フロントの背弧側にのみ存在することがわかった。この違いはプレートの違いと関係があると考えられ、今後、詳細に検討を行う必要がある。
［分　野　名］地質
［キーワード］深部低周波地震、内陸地震、塩水、遊離炭酸ガス、同位体比、スラブ起源熱水

［研 究 題 目］広域地質情報発信のための分散共有型 WebGIS 3次元地質モデリングシステムの構築
［研究代表者］升本　眞二（大阪市立大学）
［研究担当者］升本　眞二、Venkatesh Raghavan（大阪市立大学）、根本　達也（大阪市立大学）、野々垣　進（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他3名）
［研 究 内 容］
本研究の目的は、3次元地質情報を発信するために開発した「Web-GIS による3次元地質モデリングシステムのプロトタイプシステム」を基本として、データやモデルを分散して開発でき、かつ、それらを相互に共有・活用できる新しいシステムを構築することである。
本年度は、理論的な基礎の確立とシステムの開発・検証を行った。理論的基礎の確立では、分散したモデルの共有・結合に必要な3次元地質モデルの基本要素として「調査・観察データ」、「推論情報」、「地質構造の論理モデル」、「地質境界面」、および、「構築方法」の5つを確定した。また、モデルの結合に信頼性を示す情報を利用することを提案した。その上で、異なる論理モデルを結合するための理論（層群単位のまとめや鍵層の活用など）を構築した。その結果、信頼度を重みとした地質境界面の重ね合わせにより、隣接地域または一部重複する地域で構築した2つの3次元地質モデルが結合可能であることを確認した。また、信頼度の定義や算出方法は多様であるため、地質境界面を結合する場合には、調査・観察データの密度のみならず、個々のデータがもつ影響度も合わせて評価する必要があることがわかった。システムの開発と検証では、3次元地質モデルとその信頼度とを同時に表示できるように可視化モジュールなどを改良した。また、2つの機関が持つボーリングデータを用いて、大阪平野の西部と東部の表層地質モデルを構築・結合し、各モジュールの動作を確認した。
［分　野　名］地質
［キーワード］地質情報、Web-GIS、3次元地質モデル、信頼度

［研 究 題 目］造礁サンゴ骨格による気候変動解析の新展開
［研究代表者］鈴木　淳（地質情報研究部門）
［研究担当者］鈴木　淳、中島　礼、岡井　貴司（常勤職員3名）
［研 究 内 容］
造礁サンゴ骨格に記録された気候変動情報は、精度や時間分解能の点で他の間接指標と比較して抜群の性能を持つ。サンゴ骨格の元素・同位体比組成が、無機合成された炭酸塩中での平衡論的挙動と異なる「生物学的効果（vital effect）」の解明も近年大きく進んだ。本課題では、「間接指標（酸素同位体比・Sr/Ca 比）の成長速度依存特性」、「炭素同位体比の制御因子」、「種内変異（群体間差異）が抑制／拡大されるメカニズム」の3つの問題に集中し、サンゴ骨格による気候変動研究の確度・精度向上を推進する。

造礁サンゴのハマサンゴ骨格について、「間接指標は、炭素同位体比＞酸素同位体比＞Sr/Ca 比の順でサンゴの成長速度（健康状態）に影響される」という仮説の検証を行なった。琉球大学瀬底研究施設の屋外水槽にて実施されたハマサンゴ（Porites australiensis）の長期飼育実験の試料が用いられた。この飼育実験には5つの元群体から切断されたクローン小群体が各光区に配置され、約6年間にわたり飼育された。これらは、骨格化学組成の種内変異および群体間変異を検討するのに適した試料群である。すべての群体について同様の分析を行い、炭素同位体比も含めて、間接指標の頑強性を評価した。その結果、Sr/Ca 比が酸素同位体比よりも群体の健康状態あるいは成長速度の影響を受けにくいことを示す結果が得られた。

［分　野　名］地質

［キーワード］酸素同位体比、ストロンチウム／カルシウム比、炭素同位体比

［研 究 題 目］地球表層システムにおける海洋酸性化と生物大量絶滅

［研究代表者］鈴木　淳（地質情報研究部門）

［研究担当者］鈴木　淳、山岡　香子、川幡　穂高（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

二酸化炭素は酸性気体なので、人為起源二酸化炭素の放出は、地球温暖化と共に海洋酸性化をもたらし、新たな地球環境問題として注目されている。これは、海洋の炭酸塩殻をもつ生物群に損傷を与えるとともに、5500万年前と同様、深海底での大量絶滅を引き起こすと危倶される。そこで、生物の応答を精密飼育実験で明らかにすると共に、「大量絶滅海洋酸性化説」の適否を検証する。また、中和機能がある陸の風化過程の実態を明らかにし、海水のpHを支配する地球システムと将来の生物圏への影響を考察することが、本研究課題の目的である。

本年度は、水環境の酸性化に伴う生物の応答を精密飼育実験で明らかにする研究を実施した。従来は主に造礁サンゴを対象にする研究が多いが、ここでは軟体動物二枚貝のアカガイほかを実験試料として検討した。貝殻の成長は、海水の炭酸塩飽和度よりもむしろ、水温に依存した成長パターンを示した。これは、造礁サンゴに見られるような一般的には海水のあられ石飽和度の低下にともなって、石灰化量が低下する種が多いのと大きな違いである。

［分　野　名］地質

［キーワード］酸素同位体比、あられ石

［研 究 題 目］ストレスとサンゴ礁の歴史的変化

［研究代表者］鈴木　淳（地質情報研究部門）

［研究担当者］鈴木　淳（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

地球温暖化、人間居住史、都市化や農林畜産業の構造変化に伴う変化に着目し、数十年から数百年で、ストレス要因（温暖化による水温上昇、海洋酸性化、陸源負荷等）の過去からの変遷とサンゴ礁の状態を復元し、人－サンゴ礁共生・共存系の変遷・崩壊過程とその要因を明らかにすることが本研究課題の目的である。年輪を形成するハマサンゴ属の塊状サンゴは海水中の濃度に応じて微量元素を骨格中に取り込むために、サンゴ骨格は河口環境における優れた環境指標になると考えられている。重点的な研究対象地域に選定された沖縄県石垣島の轟川周辺海域より、陸域由来物質の空間分布を明らかにするために、河口から外洋に向かってハマサンゴ属5群体から短尺柱状試料が、また、時系列変化を明らかにするために2群体から長尺柱状試料が採取された。これらの骨格試料について、誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）により分析された重金属元素濃度の変遷について検討した。これらのサンゴ骨格試料のバリウムとマンガンの濃度は年周期変動を示した。鉄はマンガンと同様に先行研究にて土壌流出の指標とされているにも関わらず、年周期変動を示さないコア試料も見られた。これはサンゴによる鉄とマンガンの取り込み方の違いが原因であると考えられた。本海域において、サンゴは鉄を主に懸濁粒子の状態で取り込んでいると考えられるため、骨格中の鉄の濃度は河川による土壌流出のみでなく、堆積物の再懸濁にも影響を受けていることが考えられる。長尺柱状試料では、バリウムは降水量を反映して、ほぼ一定の変動幅を示すのに対し、鉄とマンガンの濃度は、1980年代後半から上昇傾向が見られ、1990年代に最大となり、その後減少に転ずる変動を示した。これは土地改良事業による赤土の流出およびその後の環境保全活動による流出状況の改善に対比されると考えられる。

［分　野　名］地質

［キーワード］サンゴ、骨格、重金属、水温、ストレス

［研 究 題 目］第四紀における円石藻・珪藻間のブルーム形成戦略の相互的進化過程の解明

［研究代表者］田中　裕一郎（地質情報研究部門）

［研究担当者］田中　裕一郎、柳沢　幸夫（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

気候変動に伴う海洋環境変化は、海洋植物プランクトンの生息環境にも大きな影響を与えている。過去の海洋環境変動は、海洋植物プランクトンの生態的地位（ニッチ）に大きな影響を与えていることから、このニッチを獲得するための生態学的メカニズムを明らかにすることが生物の進化過程や海洋環境への適応機能を考える上で重要である。そこで、本研究では南太平洋ロードハウ海膨の柱状コア試料を用いて、約40万年前から現在における氷期・間氷期変動に伴う海洋環境変化と円石藻ブルーム種の生産量変化の相互関係について *Emiliania*

huxleyi 化石の morphotype の組成の変遷を走査型電子顕微鏡下で調べた。その結果、南緯30度では、約8万年前以前は morphotype の Type O が60%と多産していたが、それ以降は、Type A が80%を占めた。南緯25度は、同様の優勢種のスイッチが、14万年前に起きており、時間の変化とともに、当時の栄養塩のバランスに起因し両形態種の優勢が変動していることが判明した。

［分　野　名］地質

［キーワード］環境、沿岸海洋、円石藻、珪藻、海洋生態系

［研 究 題 目］前期ペルム紀スーパープルームと礁生物群集・海洋環境の応答に関する研究

［研究代表者］中澤　努（地質情報研究部門）

［研究担当者］中澤　努（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

秋吉台真名ヶ岳付近で掘削採取した下部ペルム系石灰岩のボーリングコア試料（真名ヶ岳コア；掘削深度250m）の詳細な岩相記載をもとに堆積環境を推定し、コアにラグーン域を特徴づける堆積サイクルを認定した。またフズリナ化石から年代決定を行い、検討区間は前期ペルム紀アルチンスキアンの *Chalaroschwagerina vulgaris* 帯から *Levenella leveni* 帯にほぼ相当することが明らかになった。また詳細な岩相観察から、アルチンスキアンを通じて微生物岩（microbialite）が多産すること、特に *Chararoschwagerina vulgaris* 帯上部から *Pseudofusulina* ex gr. *kraffti* 帯を中心として直径10～20cm にも及ぶ巨大なオンコイド（球状の微生物岩）が特徴的に産出することが明らかになった。一方、既存の帰水コア（秋吉台科学博物館所蔵）を再検討し、中部ペルム系から石灰質海綿からなる礁堆積物を見いだし詳細に記載した。既に秋吉帯石灰岩の最上部石炭系～最下部ペルム系からは石灰藻 *Palaeoaplysina* を主体とする礁堆積物が見いだされていることから、パンサラッサ環礁の主要な造礁生物は、前期ペルム紀の劇的な環境変化（氷室期から温室期への気候期の転換及びゴンドワナ氷床衰退）により石灰藻 *Palaeoaplysina* から石灰海綿群集へと大きく変化し、その過渡期には巨大オンコイド等の微生物岩の多産で特徴づけられる極めて特異な環境が一時的に形成されたことが推定される。

［分　野　名］地質

［キーワード］石灰岩、パンサラッサ、海洋環境、ペルム紀

［研 究 題 目］ダムの植物プランクトン日周期変動特性からブルーム発生を予測するための基礎的研究

［研究代表者］長尾　正之（地質情報研究部門）

［研究担当者］長尾　正之（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

強制循環装置の設置がなされているダムでいまだに発生しているカビ臭対策の一環として、カビ臭の原因となる微細藻類の急激な増殖現象の予測に資するため、時間分解能が高いダムのクロロフィル *a* 時系列データの解析を通じて、植物プランクトンの急激な増殖の予測に関する基礎研究を実施する。

昨年度に引き続き、国土交通省から得た釜房ダムの水質鉛直分布時系列データを解析し、春秋のブルーム発生と総クロロフィル *a* の卓越周期との関係について検討を行った。具体的には、総クロロフィル *a* 量の時系列をセグメント幅（たとえば5日間）に区切り、セグメント内の卓越周期変動の時間的変動特性（ここでは24時間、12時間、8時間、6時間とした）を求め、その特性が、植物プランクトンの急激な発生の前後で類型化が可能かについて検討した。また、5日から10日程度の周期を持つ、総クロロフィル *a* 量の中期変動特性についても、植物プランクトンの急激な発生の前後で類型化が可能かについて検討した。

また、カビ臭の原因となる微細藻類の起源が、ダム湖内のみならず、ダム湖流域の河底や浅い湖底であるという可能性があるため、その量を迅速に測定するために、付着藻類量を蛍光により測定できる装置を導入し整備した。

［分　野　名］地質

［キーワード］クロロフィル *a*、植物プランクトン、ブルーム、時系列解析、ダム

［研 究 題 目］砂丘堆積物を用いた中世以降の東アジア冬季モンスーン変動の検出

［研究代表者］田村　亨（地質情報研究部門）

［研究担当者］田村　亨（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、過去の風成作用を高時間分解能で記録する砂丘堆積物から、東・東南アジアの冬季モンスーンにおける中世以降の数十～数百年スケールの変動を明らかにすることである。地中探査レーダにより砂丘堆積物の内部構造を連続的に明らかにし、地中レーダ断面に基づいて採取したオーガーボーリングによる地下試料に対して光ルミネッセンス年代測定を適用することで、砂丘の発達過程を復元する。研究対象とする砂丘は、日本海の海岸砂丘のほか、ベトナム南東部のMui Ne砂丘である。

本年度は、ベトナムMui Ne砂丘での現地調査に向け、ベトナム科学技術院の共同研究者2名を招聘し、調査計画を立て、調査許可手続きを行った。また、鳥取県の鳥取砂丘と北条砂丘においては、地中探査レーダ測線の下見を行い、光ルミネッセンス年代測定試料を試験的に採取した。

［分　野　名］地質

［キーワード］海岸、砂丘、アジア、環境変動、

小氷期、山陰、日本海

［研 究 題 目］日本産古生代腕足類化石模式標本データベース

［研究代表者］兼子　尚知（地質標本館）

［研究担当者］兼子　尚知、田澤　純一
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究は、日本産古生代腕足類化石の新種記載において指定された、模式標本のデータベースを構築することを目的とする。古生代腕足類化石は、古生物地理学的研究において重要な情報をもたらすもので、日本列島の構造発達史を解明する上でなくてはならない資料である。それらの種名の基準となる模式標本のデータベースを構築することは、上述のような研究課題の高効率化を将来にわたって提供するものと期待されるほか、分類学や古生物学研究史の分野においても重要な情報をもたらすと考えられる。

上記の目的を達成するため、新種記載論文の調査、模式標本情報の抽出と入力、実標本調査とそれに基づくデータ修正を行い、インターネットでデータベースを公開する。

今年度は、日本における古生代腕足類化石の新種記載論文を調査し、そこから模式標本に係わる情報を抽出し、データ入力・修正を行った。これらの作業を進めるにあたり、研究担当者は、複数回にわたり作業方法の打合せを実施し、経過情報を交換しながらデータの最適化を図った。さらに、当該模式標本が収蔵・保管されている機関（東京大学・京都大学・九州大学など）に赴いて実標本を直接観察し、論文から抽出した情報の吟味を行った。このような標本の再検討結果を、データ修正に随時適用した。また、本データベースを作製・検討するために比較データとなる標本記載研究を実施し、論文投稿及び学会発表を行った。

［分　野　名］地質

［キーワード］古生代、腕足類化石、模式標本、データベース

［研 究 題 目］ナノ集積体を用いたフレキシブルデバイスへの応用

［研究代表者］KIM, Yeji（電子光技術研究部門）

［研究担当者］KIM, Yeji（他1名）

［研 究 内 容］

近年、フレキシブル電子デバイスの実用化が急速に進んでおり、これらの技術によって素子の軽量、薄型化、大型化、低コスト化が期待できる。本研究ではこれらを踏まえてフレキシブル基板および多曲面基板にも適用可能な薄膜トランジスタの構築とセンサーへの応用について研究する。

H24年度は、フレキシブルデバイスに必要不可欠なフレキシブルでかつ透明な導電膜の作成のため、屈曲に優れ高い導電性を示すカーボンナノチューブ（CNT）を用いた。

今回開発した CNT 透明導電フィルムは、真空や高温プロセスを必要とせず、省資源、省エネ、かつ室温で成膜できる溶液プロセスで作製できる。この透明導電フィルムは、基材フィルムの透過率に対して89～98%の透過率のとき、表面抵抗率68～240Ω/□という、ウェットコーティング法による透明導電フィルムとしてこれまでに報告されたものと比較して世界最高レベルの透明性と導電性を持つ。また、CNT 特有の屈曲性や密着性により、耐屈曲性、耐衝撃性に優れ、折りたたむことができる。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］カーボンナノチューブ、可溶化、フレキシブルデバイス、透明導電膜

［研 究 題 目］固有ジョセフソンフォトニックデバイスの数値的研究：新奇テラヘルツ帯デバイスの提案

［研究代表者］川畑　史郎（電子光技術研究部門）

［研究担当者］川畑　史郎、浅井　栄大
（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究においては単一の高温超伝導体固有接合からの THz 波放射について数値的に調べ、その放射機構の解明及び高出力に関する検討を行う。近年メサ型固有接合において、自己発熱に起因する不均一な温度分布の出現が報告されている。しかし、その温度分布が THz 波放射に与える影響については十分に理解されていない。そこで申請者はメサ内部の位相ダイナミクスを記述する Sine-Gordon 方程式と熱伝導方程式を同時に解く事により、温度分布と THz 波放射強度の関係を詳細に調べた。計算の結果、メサ内部に存在する大きな温度の不均一性が Josephson プラズマを強く励起し、THz 波放射強度を高めている事がわかった。また、近年様々な形状のメサ型固有接合からの THz 波放射が報告されている。そこで筑波大学の実験グループ（門脇研究室）と共同研究を行い、実験に用いられているメサ型試料（正三角形、二等辺三角形、正五角形等）からの THz 波放射のシミュレーションを行った。計算結果は実験で観測された THz 波放射特性を良く再現しており、本計算により様々なメサ型試料内部に発生する電磁場モードと THz 波放射の関係が明らかになった。一方、これまで盛んに研究が進められているメサ型固有接合を用いた THz 波放射デバイスは、放射効率が著しく低い（0.01～0.1%）という問題点を抱えている。そこでこの問題を解決する新たなデバイス構造として、パッチアンテナと結合した固有接合デバイスを提案し、その THz 波放射特性を数値的に調べた。計算の結果、新たなデバイス構造はサブ

mW の高出力な THz 波を放射し、また20%を超える高い放射効率を持ちうる事がわかった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］THz 発振、高温超伝導体、固有ジョセフソン接合、アンテナ

［研 究 題 目］難育成高温超伝導体大型単結晶の作製技術開発と直接手法による物性評価

［研究代表者］伊藤　利充（電子光技術研究部門）

［研究担当者］伊藤　利充（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

研究代表者が開発した「レーザ加熱結晶育成技術」を用いて、重要性にも関らず育成が困難な高温超伝導体大型結晶の育成を可能にし、大型化によって初めて可能となる直接測定により往年の課題を一気に解決することが目標である。開発を進めてきた $La_{2-x}Ba_xCuO_4$の結晶育成法を発展させた。該当前年度度まではレーザ加熱を用いて育成方向に急峻な温度勾配を実現しても原料棒における不要な反応を完全には抑えることが難しい状況であったので、原料棒の送り速度は早くして反応を最小限に抑え、結晶の送り速度を遅くすることにより育成を行なっていた。十分な大きさの結晶を得るためには複数の原料棒を用いて育成をつないでいく必要があり、Ba 濃度が不均一になりやすいという問題があった。そこで今年度は、事前に原料棒を低速で溶融させて高密度化させておくことで、原料棒と結晶の送り速度を同一にして単一の原料棒で結晶育成を行なうことに成功し、Ba 濃度の均一性を向上させることが可能になった。ストライプが存在する $x>0.10$の組成における電子輸送現象の研究から、磁場中抵抗率の温度依存性に見られる超伝導転移の平行シフト、磁場を用いた超伝導抑制による log(T)の発散がより明瞭になった。$LnBa_2Cu_3O_7$（Ln:ランタノイド）の結晶成長については同一条件で結晶育成を行なったつもりでも育成できるときとできないときがあり、再現性に問題がある状況である。$LaBa_2Cu_3O_7$と共存する液相面が狭いことが原因と考えられる。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］レーザ加熱結晶育成技術、難育成高温超伝導体、1/8異常

［研 究 題 目］静電キャリア濃度制御で切り開く新物性探索とモットロニクス

［研究代表者］井上　公（電子光技術研究部門）

［研究担当者］井上　公（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究は「有機無機ハイブリッドゲート絶縁膜（特願2010-208052)」を遷移金属酸化物単結晶に応用して世界初のモットトランジスタのプロトタイプをフォトリソグラフィーで作製し動作させることを目標としている。そのためにまず「5～10nm の極薄パリレン」を効率よく作製することが不可欠である。

本年度はその要求を満たすパリレン蒸着装置を特注・購入し実験を開始した。さらに研究の進展を加速させるためには膜厚を非破壊で簡便に測定する装置が必要だと判断したので、予定にはなかったが慎重に機種選定して測定装置を購入した。両者のおかげでフォトリソグラフィープロセスを（マシンタイムの制約などで）途中で長く待たされることなく連続かつ集中して行えるようになり、これまでの予備実験では突き詰め切れていなかった「パリレン極薄膜の膜質の再現性」や「パリレンのエッチング条件と下部電極のバリの関係」といった問題点を十分多くのデータで検証することに成功した。この2つの問題点はフォトリソグラフィーで作製したモットトランジスタ（つまり実用に即したプロトタイプ）の動作例の報告が過去にないことの大きな原因であったと考えられる。昨年度までに繰り返して来た予備実験の成果を Nature の姉妹紙の Scientific Reports 誌で発表した。希釈冷凍機を用いた極低温での物性測定のセットアップもシンガポールの南洋理工大学の共同研究者と行い、実際に本研究で作製した試料での予備実験を開始することもできた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］モットロニクス、モット転移、強相関電子系、パリレン

［研 究 題 目］光誘導固体電気化学反応技術の確立

［研究代表者］江本　顕雄（電子光技術研究部門）

［研究担当者］江本　顕雄（他1名）

［研 究 内 容］

エネルギー・環境問題に起因して、太陽電池関連の研究開発が急速に進んでいる。有機太陽電池材料の開発も同様であり、今日では高性能の光起電力材料が市販されている。これらは光を照射することで、大きな空間電荷あるいはこの電荷移動に基づく空間電界をバルク中に誘起することができる。光照射によって空間選択的に誘起される電荷や電界を利用することで、機能性素子の実現やデバイスプロセスへの応用が期待できる。本研究では、フラーレンをドープした光導電性材料中で光誘起された電荷あるいはキャリアを電気化学反応に利用する技術を開発する。

H24年度は、一般的な増感色素を添加した水溶性ポリマーゲルを用いて透明電極によるサンドイッチ構造のセルを作製し、励起光照射の下、電極界面での酸化・還元反応の調査を行った。ポリマーのイオン性や添加色素などの構成を調整することで、前述の電圧－電流特性をアレンジできることを見出し、本題の電気化学反応に利用可能な光導電層の調査を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］有機電子材料・素子、光導電性材料

［研 究 題 目］実用化に向けたニオブ系鉛フリー圧電セラミックスの創製
［研究代表者］王　瑞平（電子光技術研究部門）
［研究担当者］王　瑞平（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

本研究は、人体や環境に有害な鉛元素を含まず、性能的に実用化水準に達するニオブ系（(Na, K)NbO_3を母材とした固溶体）鉛フリー圧電セラミックスを開発することを目指す。（$Na_{0.5}K_{0.5}$）NbO_3を母材に$ATiO_3$（A=$Bi_{0.5}K_{0.5}$, $Bi_{0.5}Na_{0.5}$, $Bi_{0.5}Li_{0.5}$）及び$BZrO_3$（B=Ba, Sr, Ca）を同時に導入した（1−x−y）（$Na_{0.5}K_{0.5}$）NbO_3−x$ATiO_3$−y$BZrO_3$（NKN−AT−BZ)固溶体は正方晶／菱面晶相境界（MPB）を示す。MPB 近傍の組成は圧電特性が優れ、鉛系圧電セラミックスに匹敵するが、圧電定数の温度特性・耐圧性の面で実用化水準になお及ばない。そこで、本研究では微量元素添加により局所構造及び強誘電ドメインを制御することにより優れた温度特性・耐圧性を有するニオブ系鉛フリー圧電セラミックスを開発することをめざした。

平成24年度は、主に(1) NKN-$Bi_{0.5}K_{0.5}$T-BaZ 固溶体の圧電特性における希土類元素・銅などの元素添加効果；(2) NKN-$Bi_{0.5}Li_{0.5}$T-BaZ 固溶体の圧電特性の温度依存性を調べた。結果としては、(1) NKN-$Bi_{0.5}K_{0.5}$T-BaZ 固溶体の圧電特性は、ドナー（例えば、希土類元素酸化物）添加によりソフト化され、アクセプター（例えば、酸化銅）添加によりハード化され、鉛系と類似した振る舞いを示す；(2) NKN-$Bi_{0.5}Li_{0.5}$T-BaZ 固溶体の MPB 組成の圧電特性は室温付近に最大値を示すが、MPB 組成より少しずれる組成の圧電特性は−20～100度温度範囲で高い値とリニア温度変化を示すことがわかった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］鉛フリー、圧電、セラミックス、MPB、ペロブスカイト、ニオブ系

［研 究 題 目］究極のナノスクイッドの開発とデバイス展開
［研究代表者］柏谷　聡（電子光技術研究部門）
［研究担当者］柏谷　聡（電子光技術研究部門)、
柏谷　裕美（計測フロンティア研究部門）
（常勤職員2名）
［研 究 内 容］

本研究は、単一スピンの量子状態が検出可能な究極のナノスクイッド（超伝導磁束量子干渉計（Superconducting Quantum Interference Device: SQUID））の開発を一つの目標とする。1スピン検出が数の極限ならば、時間的な限界として200MHz 以上のスクイッド動作を開発し、光誘起された少数スピン系の時間的緩和過程の解明も行う。またナノスクイッドにより微小超伝導体の局所状態の計測を行うことにより、従来知られていなかった超伝導体のナノスケールでの物理、量子状態の解明を行う。

研究の進捗状況

Sr_2RuO_4をはカイラル P 波超伝導体であることが示唆されており、磁束量子は半整数状態の実現が許されることが理論的に予測されている。これを用いることによりトポロジカル量子ビットの実現が期待されている。まずSr_2RuO_4の弱結合ナノブリッジを作成し、そのジョセフソン特性を調べた。その結果、通常のジョセフソン接合とは異なるヒステリシスループを有する特性を観測し、これがカイラルドメイン運動によるものであることを明らかとした。この弱結合ナノブリッジを用いた DC-SQUID を作製し半整数磁束量子状態の観測を試みたが、現在までに変調特性が観測できておらず、カイラルドメイン運動の影響により局所超伝導位相が揺らいでいることが示唆される。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］ナノスクイッド、局所磁場計測、量子状態

［研 究 題 目］不均一超伝導体における奇周波数電子対の研究
［研究代表者］柏谷　聡（電子光技術研究部門）
［研究担当者］柏谷　聡、柏谷　裕美（計測フロンティア研究部門)、小柳　正男（電子光技術研究部門）（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］

新奇な対称性を持つ奇周波数電子対を理論実験両面から研究して、超伝導接合のような不均一系において存在することを確立することを目的とする。スピン3重項対称性が有力視されているSr_2RuO_4の接合系あるいは重い電子系$PrOs_4Sb_{12}$における近接効果、ジョセフソン効果の実験を理論解析と比較しながら、奇周波数電子対の問題の解明に迫っていく。さらに奇周波数ペアポテンシャル（エネルギーギャップ関数）の特徴を理論的に解明して、新しい物性の予言を行うことを目指す。

研究の進捗状況

奇周波数超伝導電子対の近接効果の観測に最も適していると考えられるSr_2RuO_4に対して、その場蒸着法を用いて、T 型接合と呼ばれる超伝導パリティと奇周波数電子対を検出する素子を作成し、輸送特性を評価した。その結果、状態密度の超伝導ギャップ構造を検出したが、奇周波電子対に対応するゼロバイアスピーク構造は観測できなかった。また磁場応答も微弱であり、界面の効果により近接効果が抑えられていると考えられる。これにより p 波超伝導を起源とする奇周波電子対の形成は現在確認できていない。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］奇周波数電子対、近接効果、スピン3重項超伝導体

［研 究 題 目］**時間反転対称性を破る超伝導体の新奇界面現象**

［研究代表者］柏谷　聡（電子光技術研究部門）

［研究担当者］柏谷　聡、柏谷　裕美（計測フロンティア研究部門）、齋藤　広大（電子光研究部門）（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

本研究の目的は、対称性の破れた量子凝縮系でしばしば発現する、トポロジカルに特徴付けられる量子現象を分野横断的に研究することで、「トポロジカル量子現象」としての普遍概念を創出し、新たな学術領域を形成することである。具体的にはスピン3重項伝導体であるSr_2RuO_4や金属／強磁性体界面で起こる、トポロジーを起源とするエッジ状態の形成、奇周波数超伝導ペアの形成、自発電流の観測などの観測を行い、これらの現象に共通に見いだされる物理の解明を行う。

研究の進捗状況

カイラル p 波超伝導体であることが強く示唆されている Sr_2RuO_4の d ベクトルを実験的に確定させるために、Sr_2RuO_4と s 波超伝導体 Nb とのジョセフソン接合を作成する技術を確立した。単結晶試料を用いて、その場劈開法を用いて高品質なトンネル接合の作製を行い、ジョセフソン輸送特性を精密に計測した。得られたジョセフソン接合の IcRn 積は Sr_2RuO_4の超伝導ギャップより2−3桁小さく、Sr_2RuO_4の界面に存在するスピン軌道相互作用がジョセフソンカプリングの起源となっていることが示唆される。またこれに基づき d ベクトルの方向とスピン軌道相互作用の大きさが実験的に初めて評価されたことになる。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］トンネル分光、トポロジカル量子ビット、トポロジカル量子現象、トポロジカル超伝導、エッジ状態、スピン3重項超伝導

［研 究 題 目］**対称性の破れた磁性体･超伝導体ナノ接合系における量子輸送理論**

［研究代表者］川畑　史郎（電子光技術研究部門）

［研究担当者］川畑　史郎（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

近年、対称性の破れた微小超伝導接合を舞台としてトポロジカルに非自明な量子状態の実現を目指した研究が盛んに行われている。本研究では、時間反転対称性の破れた磁性体／超伝導接合に現れる異常な量子輸送現象の理論構築とその応用を目指して研究を進めてきた。H24年度はまず具超伝導体／磁性体接合における奇周波数クーパー対とその検証法の提唱を行った。磁化が非一様な磁性体と超伝導体を接合した系においては、磁性体中にスピントリプレット奇周波数クーパー対が誘起されることが理論的に予言されている。本研究では、磁性体中の準粒子状態密度に表れるゼロエネルギーピークを観測することによって、奇周波数クーパー対の存在を実験的に検出できることを準古典グリーン関数法による数値計算により示した。またさらに磁性半導体・超伝導接合を用いた電子冷却に関する理論研究も行った。近年量子デバイスや検出器を冷却する技術として金属／絶縁体／超伝導体接合（NIS）冷却に関する研究が注目を集めている。しかしながら超伝導金属界面におけるアンドレーフ反射のために冷却効率が期待したほど増大しないという深刻な問題があり、それが実用化のための大きな障害となっていた。そこで、絶縁体の代わりに磁性半導体スピンフィルターを用いることによって、アンドレーフ反射が抑制され、通常の NIS 冷却器の理論限界を大幅に上回る冷却性能が引き出せることを示した。今後は実験グループとの共同研究を進めていく予定である。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］ジョセフソン素子、磁性半導体、電子冷凍機、スピントロニクス、奇周波数ペア

［研 究 題 目］**圧力反応場を利用した超伝導体をはじめとする新機能性材料の物質設計と実験的検証**

［研究代表者］鬼頭　聖（電子光技術研究部門）

［研究担当者］鬼頭　聖（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、これまでに鉄砒素系新超伝導体の研究の中で得られた知見、経験を基に、鉄と砒素以外の元素の組み合わせについて系統的な物性の理解を進め、例えば超伝導に適するような物質設計を行い、合わせて合成・評価による実証研究を行った。特に、元素の組み合わせを拡張することにより鉄砒素系超伝導体と同じメカニズムによる超伝導の可能性を探った。

$NdFeAsO_{1-y}$ 系超伝導体のとる ZrCuSiAs 型結晶構造、類縁構造として $ThCr_2Si_2$型、Cu_2Sb 型等に着目し、3d、4d 遷移金属原子等に着目し、超伝導体をはじめとする新規化合物の開発を目指した材料開発を行った。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］高圧合成、新物質探索、金属間化合物、ZrCuSiAs 型結晶構造、SrCrAsF、$ThCr_2Si_2$型結晶構造、$(Ca, K)Fe_2As_2$

［研 究 題 目］**原子位置分解能を有するテラヘルツ光分光**

［研究代表者］上原　洋一（東北大学）

［研究担当者］桑原　正史（電子光技術研究部門）

［研 究 内 容］

相変化材料は、非常に狭いギャップを持つ半導体として知られている。以前、我々は相変化材料にトンネル電子を注入あるいは引き出すことにより、可視域での発光が起こることを見いだした。これは、伝導体の上のエネ

ルギーに励起された電子が、緩和することによって発光が起こるという機構を提案した。本研究では、テラヘルツの発光を確認するとともに、テラヘルツの光源や検出器として相変化材料の応用を探るものである。

結晶化した相変化材料を超高真空中の STM に導入し、探針よりトンネル電子を注入した。検出器は熱型検出器であるボロメーターである。分光は行っておらず、発光のみを確認する構成である。その結果、確かにテラヘルツの発光が起きていることを確認し、現在その発光機構について議論するとともに、次の実験に向けて準備を行っている。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］相変化材料、テラヘルツ、狭ギャップ半導体

［研 究 題 目］有機半導体マイクロレーザーの作製と発振特性の研究

［研究代表者］佐々木　史雄（電子光技術研究部門）

［研究担当者］佐々木　史雄（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究テーマでは室温での光学特性、伝導特性共に優れた性能を持つ有機半導体材料（チオフェン／フェニレン）コオリゴマーに共振器量子電磁気学（Cavity Quantum Electro-Dynamics, CQED）が適用できる領域まで微細加工を施し、少ないキャリア注入でレーザー発振が得られるような微小共振器と電流注入デバイス構造とを両立させる有機結晶薄膜作製技術と加工プロセス技術とを開発することに主眼を置いている。TPCO 系有機半導体の内、p 型である BP1T と n 型である AC5-CF_3と言う2つの材料からなる pn 接合形成について研究を行った。昨年度、所内外の共同研究者の協力を得て、極端紫外（EUV）光を用いた光電子分光法（EUPS）により、フェルミ準位の変動を測定し、p 型ドーパントである MoO_3を BP1T に、n 型ドーパントである CS_2CO_3を AC5-CF_3にいずれも2%ドーピングした時、フェルミ準位はそれぞれ4.0eV から4.3eV へ、4.8eV から3.9eV へシフトすることを報告した。それぞれ p 型、n 型ドーピングとしては妥当なシフトであった。これらのことから、TPCO 系有機半導体においても p,n 型伝導制御が可能で、これによる有機 EL デバイスの向上が期待できることが分かった。本年度はこのドーピング膜を用いて有機 EL 素子を試作し、電流値を20倍以上向上させることに成功した。また、共振器加工プロセス中の加工ダメージによる発光効率の低下が解決すべき課題に上っていたが、これも解決できる道筋が明らかになりつつある。本年度はマイクロキャビティ加工条件の改善による発光効率の向上と、pn 制御による電流注入性の向上が実デバイスで確認された点、順調に進展している。この両者を兼ね備える共振器作製プロセス上の課題や、単結晶的な品質の薄膜を電極上に形成する手法など、今後解決すべき課題が明らかになった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］有機半導体レーザー、微小共振器、（チオフェン／フェニレン）コオリゴマー

［研 究 題 目］強相関遷移金属酸化物の酸素欠陥による電子物性変化と電場制御に関する研究

［研究代表者］澤　彰仁（電子光技術研究部門）

［研究担当者］澤　彰仁（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究では、強相関遷移金属酸化物中の酸素欠陥の特性を理解することを目的に、酸素欠陥の生成およびその密度変化による強相関遷移金属酸化物の電子状態変化と、電場印加による強相関遷移金属酸化物中の酸素欠陥の移動機構の詳細を明らかにする。さらに、電場印加による酸素欠陥の電気化学的移動現象を利用して強相関遷移金属酸化物の界面電子状態の制御を実現し、電場により強相関遷移金属酸化物の輸送特性や磁気特性を大きく変調することを目指す。

本年度は、酸素欠損の電界移動により発現する抵抗スイッチング現象について、人工的な酸素欠陥導入が与える効果を検証するため、イオンミリングにより人工的に酸素欠陥を導入した Nb ドープ $SrTiO_3$と、導入していない Nb ドープ $SrTiO_3$を用いた素子を作製し、抵抗スイッチング特性を比較するとともに、TEM-EELS により界面構造及び Ti の価数を評価した。酸素欠陥を導入することにより、10倍以上のスイッチング速度の向上が見られた。また、酸素欠陥を導入した素子では、界面から離れるにしたがって Ti 価数の明確な変化が見られた。この結果から、人工的な欠陥導入は酸素欠陥の移動を促進し、抵抗スイッチング特性の向上に有効であることが示された。また、金属電極と強誘電体の界面に薄い常誘電体層を挿入した新しい強誘電抵抗スイッチング素子を開発した。素子特性の精密測定とバンド構造の解析から、界面に挿入した常誘電体層が遮蔽電荷と分極電荷を分離することが、抵抗スイッチングの発現に重要な役割を演じていることを見出した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］不揮発性メモリ、遷移金属酸化物、抵抗スイッチング

［研 究 題 目］可視域位相制御ファイバー光源を用いた実時間動的分子構造制御

［研究代表者］高田　英行（電子光技術研究部門）

［研究担当者］高田　英行、鳥塚　健二（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

本研究では、可視域のコヒーレント制御光源を開発し、同帯域に反応性を持つ有機分子の量子状態を制御することを目的として、産総研の光源技術、大学の量子状態制

御の技術をベースとした共同研究を行っている。

分子の高速な内部運動を制御するために MHz 繰り返しの可視域 Yb ファイバーレーザーを新規に開発し、所望の可視域超短パルスを得る。また、共同研究者の「高速掃引量子波束分光計」を可視域用に改良し、これらの開発結果を総合して、分子の構造、特に、光応答性 DNA などにも応用されているアゾベンゼン系分子の構造を任意にスイッチングする励起パルス条件を調べることを最終的な目標とする。

本年度は主として、可視域の超短パルス光源の開発を進め、必要な可視域超短パルスを得るためのレーザー増幅システムにおけるキーデバイスである「モード同期 Yb ファイバーレーザー発振器」の試作と、「利得狭窄補正フィルター」の設計まで達成した。発振器については、到達パルス幅の指標である構造の少ないスペクトル帯域拡大をすすめた。フーリエ限界パルス幅で40fs に相当する帯域幅が得られ、分子構造制御の目的のために設定した目標値、45fs 以下を達成できた。利得狭窄補正フィルターについては、Yb ファイバーレーザー用の仕様実現が技術課題であったが、フィルターに用いる誘電体の材質と層数、各誘電体の厚み、フィルターの入射角などを検討した結果、目標の45fs 増幅パルス発生を可能とするフィルターを設計することができた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］超短パルスレーザー、レーザー制御、レーザ光反応、超高速分光、フェムト秒レーザー、ファイバーレーザー

［研 究 題 目］超臨界金属における金属絶縁体転移のミューエスアール法による研究

［研究代表者］竹下　直（電子光技術研究部門）

［研究担当者］竹下　直（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

高温高圧力下の超臨界状態の金属に対して、ミュオンスピン緩和法により金属－非金属転移を伴う臨界点近傍の電子相関を明らかにすることを目的としている。特にアルカリ金属 Cs の臨界点近傍における反強磁性の発達に注目して研究を進めている。今年度は高温高圧力下における測定を可能とする圧力容器の構築に向けて、ここで用いるガスケット素材の吟味を行った。具体的には MgO セラミック反焼結体によるガスケットを制作し、圧力発生が可能かどうかについての検証を行った

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］ミューエスアール法（μSR)、超高圧力、ブリッジマン型高圧装置

［研 究 題 目］強相関電子系の量子シミュレーションによる高温超伝導機構の研究

［研究代表者］柳澤　孝（電子光技術研究部門）

［研究担当者］柳澤　孝、長谷　泉、山地　邦彦（常勤職員2名、他1名）

［研 究 内 容］

電子相関による高温超伝導機構を研究するために、ハバードモデル等の二次元の多体電子モデルを考察し、その基底状態を数値計算の手法を用いて研究を行った。

二次元ハバードモデルに対する新しい量子モンテカルロ法のプログラムを構成し、シミュレーションを行った。行列の対角化法と量子モンテカルロ法を組み合わせた方法であり、フェルミ粒子系に特有の負符号問題は現れない。この方法により、二次元ハバードモデルの電子対の相関関数を計算した。量子モンテカルロ法の二つの手法、すなわち、メトロポリス法と対角化法による結果は小さい系では非常によく一致することを示した。

対角化量子モンテカルロ法によって得られた結果から、超伝導相関は系のサイズが小さいと小さく抑えられているが、サイズが大きくなると共に増大することが明らかになった。すなわち、超伝導相関は系のサイズが大きくなると共に大きくなる。また、ホールがドープされていないキャリアーがゼロの系の状態では、電子間相互作用があっても超伝導相関は増大しないことが明らかになった。これは、キャリアーがない系では超伝導が起こりにくいことを示している。キャリアードープと共に超伝導相関は増大し、実験で見られているようなドーム状のキャリアー依存性を示すことを明らかにした。

銅酸化物高温超伝導体における超伝導臨界温度の物質依存性を理解するために、超伝導凝縮エネルギーの物質パラメータ依存性を調べた。P ホールと d ホールのエネルギーレベル差を正の方向に大きくしていくと、超伝導凝縮エネルギーは増大する。これは、d ホール数が増え、d ホール間の有効的な相互作用が強くなるためである。p と d のレベル差を小さくしていくと超伝導凝縮エネルギーが減少し、極小を経て再び増大に転ずることが明らかした。この領域では p ホール間の相互作用が重要であることが明らかになった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］二次元強相関系、量子シミュレーション、変分モンテカルロ法、第一原理計算、銅酸化物高温超伝導体、鉄系超伝導体、共存状態、物質パラメータ

［研 究 題 目］高分子規則表面のバイオエッチングとソフトマター分子群集積化への応用

［研究代表者］吉川　佳広（電子光技術研究部門）

［研究担当者］吉川　佳広（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

自己組織化で合成されるナノマテリアルを有効に利用するためには、基板上に機能を最大限に発揮できるように集積化する必要がある。特に、ソフトマテリアルの界面で動作するような機能性物質を設置するためには、その基板も柔らかい材料で構成されることが望まれる。本

研究では、自己組織化と酵素分解に基づくバイオエッチング手法を開発し、生分解性高分子表面にパターン化したアレイ構造の構築を目指した。

H24年度は、簡便に高分子加水分解酵素による分解を制御する手法の開発を行った。まず、生分解性高分子表面に UV-オゾン処理を施すと、酵素分解速度を低下させることができた。これは、酵素吸着が抑制されるためであることが示唆された。一方、UV のみで処理を行うと、低分子量化が起こり、酵素分解速度が早くなることを見出した。これらの現象を利用して、生分解性高分子表面のパターニングを行った。マスクを介して、UV／UV-オゾン処理を行った上で酵素分解すると、お互いに反転した凹凸パターンを、マスク形状に応じて形成することが可能であった。本手法は、代表的な生分解性高分子で利用可能であり、簡便かつ低エネルギーなバイオエッチングにより、表面パターニングに成功したといえる。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］酵素、生分解性高分子、原子間力顕微鏡、ソフトマテリアル

［研 究 題 目］多波長コヒーレント合成による高繰り返し極短光パルス発生の研究
［研究代表者］吉富　大（電子光技術研究部門）
［研究担当者］吉富　大（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

光化学反応の初期過程などの超高速現象を解明する超高速プローブとして、極短光パルスは重要性を増している。本研究では、100MHz 程度の高繰り返しで未踏の4フェムト秒以下の極短パルスを発生することを目的とする。3種類の異なる波長帯域のモード同期レーザー光のタイミング及び光波位相を高精度に同期制御し、合成する技術を確立する。これにより、波長600nm～1400nmに渡るコヒーレントな超広帯域光を発生させ、全帯域で分散補償を行うことにより、単一レーザー帯域の壁を超える極短光パルスの発生を実現する。

これまでに産総研では、チタンサファイアレーザー（中心波長800nm）及びクロムフォルステライトレーザー（中心波長1250nm）の2種類のレーザーのタイミングと位相を、0.1フェムト秒という世界最高の精度で同期制御することに加え、この2つのレーザーの波長領域の中間に位置するイッテルビウムファイバレーザー（中心波長1040nm）の制御技術も開発し、チタンサファイアレーザーとのジッター1.4フェムト秒の高精度タイミング同期を実現している。本年度は、長時間安定動作をめざして、イッテルビウムファイバレーザーの温度安定化制御を行い、チタンサファイアレーザーとの間で6時間にわたる安定した同期動作を実現した。繰り返し周波数のカウンター測定において、揺らぎを表す指標となる周波数差は6時間の間、1ミリヘルツ程度に抑制されていることを確認した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］レーザー、超短パルス、フェムト秒、超高速現象

［研 究 題 目］エネルギー回収型リニアック放射光源用電子銃励起レーザーシステムの研究
［研究代表者］吉富　大（電子光技術研究部門）
［研究担当者］吉富　大（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

エネルギー回収型リニアック（ERL）放射光源は、蓄積リング放射光源の非破壊性などの特徴を継承しつつ、その輝度、空間コヒーレンス、短パルス性が2桁以上も向上する次世代光源として期待されている（平均輝度は10^{22}–10^{23}[photons/s/mm^2/mrad^2/0.1%b.w.]、空間コヒーレント成分は10%以上、パルス幅は100フェムト秒以下）。ERL 放射光源が実現すれば、これらの特長により広範な利用研究を尖鋭化できると同時に、新しい研究分野を切り開くことができる。日本では、高エネルギー加速器研究機構（KEK）を中心に、日本原子力研究開発機構、東京大学物性研究所、分子科学研究所、産業技術総合研究所、SPring-8などの研究者が参画している ERL 研究開発共同チームが発足し、平成18年度から要素技術開発と ERL 実証機（コンパクト ERL）建設のための研究開発を進めている。本研究では、ERL 放射光源の実現で必要とされる主要な開発要素の1つとして、低エミッタンスの光陰極電子銃を実現するための励起用レーザーシステムの開発を行っている。本年度は、イッテルビウムファイバレーザー増幅システムを用いて、波長532nm、繰り返し周波数1.3GHz の高出力パルス光源を開発した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］レーザー、超短パルス、電子銃、加速器、放射光

［研 究 題 目］光記録技術と画像認識技術の融合によるウイルスその場検出器の開発
［研究代表者］粟津　浩一（電子光技術研究部門）
［研究担当者］粟津　浩一、島　隆之、藤巻　真（以上、電子光技術研究部門）
高橋　栄一、村川　正宏、坂無　英徳、野里　博和（以上、情報技術研究部門）
（常勤職員7名）
［研 究 内 容］

感染性のある疾患か否かを短時間で診断する装置開発を救急医療の現場が求めている。本研究ではその要素技術を開発する。光記録材料表面に抗体を固定し、ウイルスとの抗原抗体反応を行うことを目指す。位置決めのためのマーカーを表面上に形成するなどして、ウイルスな

どの付着物の像を再構築する。さらに、ウイルス同定の精度向上およびウイルスの非特異吸着による誤診断防止のため、情報科学におけるパターン認識技術（適応学習型汎用認識システム）を併用し、様々なウイルスの形状による光信号の形状を学習させて検出感度や識別性能を向上させる。光記録、表面化学、ウイルス学、情報科学という四つの異分野を融合し、斬新な技術を開発することにより、社会的に重要なウイルスの迅速測定のための要素技術を開発するのみでなく、全く新しい学問分野を開拓する。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］センサー、ウイルス、導波モード

［研 究 題 目］多元環境下の新しい量子物質相の研究
［研究代表者］伊豫　彰（電子光技術研究部門）
［研究担当者］伊豫　彰、P.M. Shirage
（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

鉄系超伝導体は、2008年に日本で発見された物質である。その報告直後から世界中で集中的に研究が行われた。その結果、鉄系は銅酸化物に次ぐ高い超伝導転移温度（T_c~55K）を示すこと、銅酸化物に匹敵する程バラエティーに富む超伝導物質群が存在することなどが明らかとなった。現在でも物質探索や超伝導メカニズム解明に向けた物性研究が精力的に行われている。

昨年度までに本研究課題において発見した新鉄系超伝導体（$Ca_4Al_2O_6$）(Fe_2As_2）と（$Ca_4Al_2O_6$）(Fe_2P_2）は、超伝導転移温度がそれぞれ28K および17K の超伝導体である。結晶構造は同じであるが、超伝導ギャップにはP 系にのみノードがあることが NMR で明らかになっている。そこで、それら二つの物質の固溶体において T_c などの物性がどのように変化するかを調べるため、($Ca_4Al_2O_6$）($Fe_2(As_{1-x}P_x)_2$）の合成を行った。

高圧合成（4.5GPa、1300℃）において酸素量などの組成を精密に制御することにより、$0 \leq x \leq 1$の広い範囲で単相試料を得ることに成功した。磁化および電気抵抗による測定を行った結果、$0.5 < x < .5$よび電の組成範囲で超伝導が消失することを見いだした。得られた電子相図は、非超伝導母物質にP 置換をすることによって超伝導が誘起されるという典型的な鉄系超伝導体 $BaFe_2$（As, P）$_2$や LaFe（As, P）O とは全く異なるものである。

また、鉄系の母物質における構造相転移あるいは反強磁性秩序に伴う抵抗異常を彷彿させるような電気抵抗率の異常が、超伝導が消失する組成範囲で現れ、その温度が組成と共に系統的に変化することも見いだした。この系についてさらに詳しく研究を進めることで、鉄系超伝導体の超伝導メカニズムの解明およびさらに高い T_c を有する物質の開発に繋がると期待される。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］超伝導、鉄ヒ素系超伝導材料、高圧合成

［研 究 題 目］生分解性高分子鎖の配列制御と酵素を用いたソフトマター表面の機能化
［研究代表者］吉川　佳広（電子光技術研究部門）
［研究担当者］吉川　佳広（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

環境低負荷なバイオマス由来物質を利用したナノテクノロジーの開拓を目指し、有機・高分子物質の規則的配列制御と酵素等の機能性ナノ材料の集積化を最終目的としている。本年度は、基板上での組織化に影響を及ぼすと考えられる、分子内水素結合に着目して様々な化合物を合成した。そして、二次元平面上での自己組織化構造の解析を走査型トンネル顕微鏡（STM）によって行った。

基板上への分子固定化ユニットとして作用するアルキル鎖をアミド結合で導入すると、アルキル鎖内の炭素数の偶奇で多様な二次元構造が発現することがわかった。一方、エステル結合でアルキル基を導入すると、分子内水素結合が無くなり、アミドの場合とは全く異なる構造を形成した。さらに、アミド化合物については、-CO-NH-Alkyl と-NH-CO-Alkyl の様に、結合方向を変化させた化合物についても二次元構造の観察を行った。その結果、やはり分子内水素結合の有無によって、-NH-CO-Alkyl の場合には偶奇効果が発現せず、すべて同一のナノ構造を示すことが明らかとなった。このように、アルキル基の導入方法を変化させるだけで、偶奇効果の発現を制御できることがわかった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造
［キーワード］自己組織化、走査型トンネル顕微鏡、ソフトマテリアル

［研 究 題 目］強相関酸化物ヘテロ構造の競合性を利用した機能開拓
［研究代表者］山田　浩之（電子光技術研究部門）
［研究担当者］山田　浩之（常勤職員1名）
［研 究 内 容］

強相関酸化物では、一つの物質において様々な状態（金属・絶縁体、強磁性・常磁性、など）が複雑に競合し、競合している状態間の電場・光・磁場などによるスイッチ現象が知られている。それを基礎原理としたエレクトロニクス～強相関エレクトロニクス～が近年注目されている。本研究課題においては、そのような強相関酸化物特有の相競合性を、強誘電体の電場制御性と組合せた新奇な不揮発デバイス機能を開拓することが目的である。本年度においては、強相関酸化物半導体である$CaMnO_3$薄膜をチャネルに用い、強誘電体である$BiFeO_3$薄膜をゲートに用いた「強誘電電界効果トランジスタ」を作製した。その結果、$BiFeO_3$の分極反転に

伴い、$CaMnO_3$チャネル抵抗が大きな不揮発抵抗スイッチングを示すことを発見した。抵抗の OFF/ON 比は室温で400%、200K では1000%を超えた。ホール効果の測定から、強誘電ゲート（$BiFeO_3$）による$10^{14}cm^{-2}$近いキャリア濃度変調が起こっていることが分かった。この OFF/ON 比は強相関・強誘電 FET としては、これまでで最大のデバイス応答である。しかし、OFF/ON 比およびホール効果のチャネル膜厚依存性の解析から、界面における dead layer などの形成により、$CaMnO_3$および $BiFeO_3$が十分にその機能を発揮できていないことが分かった。よって今後、適切なチャネル材料や界面構造の設計により、より高い OFF/ON 比や、強相関酸化物の相競合性を生かした磁性の制御なども可能になると考えられる。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］不揮発性メモリ、遷移金属酸化物、抵抗スイッチング

［研 究 題 目］微小ジョセフソン接合集団における量子同期の理論

［研究代表者］川畑　史郎（電子光技術研究部門）

［研究担当者］川畑　史郎（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

本研究においては、超伝導体ジョセフソン接合において創発する同期現象及び巨視的量子現象に関して理論的に研究を行う。本年度は、高温超伝導体固有ジョセフソン接合における同期現象及びテラヘルツ波発振に関して理論及び数値的に研究を行った。ジョセフソン接合の位相差ダイナミクスを記述する運動方程式、熱伝導方程式、マクスウェル方程式を連立させることにより固有接合から発生する。

テラヘルツ電磁波の計算を行った。その結果、温度分布に非一様性が自然に現れることを明らかにした。さらに温度分布が非一様な場合、分布が一様な場合に比べて桁違いに強いテラヘルツ電磁波が発生することを示した。また、現在人工的に局所加熱をすることによって、テラヘルツ波の強度を制御する方法について検討を行なっている。またジョセフソン接合の協力量子ダイナミクス理論を構築することを目指して多バンド超伝導ジョセフソン接合における巨視的量子トンネル効果に理論構築を行った。その結果、バンド間位相差トンネル結合の存在により極めて多彩な量子トンネル現象が発現することを明らかにした。具体的には、多バンド接合においては多次元空間のトンネルパスが出現し、巨視的量子トンネル率が通常の単一接合の場合に比べて大きく減少することを見出した。それに対し熱的な脱出率はほとんど変更を受けないことが明らかとなった。そのため、巨視的量子トンネル現象を観測することによりバンド間位相差トンネル結合が検出可能になることが分かった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］高温超伝導体、熱伝導、巨視的量子現象、THz 発振、多バンド超伝導体、同期現象

［研 究 題 目］フォトクロミック反応を活用した平版印刷法の開発と有機エレクトロニクスへの展開

［研究代表者］則包　恭央（電子光技術研究部門）

［研究担当者］則包　恭央（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

近年、有機材料を種々の電子デバイスに活用する開発研究が行われている。これらの有機電子デバイスの特徴は、既存の無機材料ベースのデバイスよりも軽く柔軟性があり、しかも蒸着等の真空プロセスに替わって印刷技術を用いて作成でき、低コストで低環境負荷であると期待されることである。このようなデバイスの実現には、新材料の開発に加え、適した印刷プロセスの開発が求められている。本研究課題では、有機電子デバイスを印刷プロセスによって簡便に作製するために、フォトクロミック反応を活用した新しい印刷方法を開発する。

H24年度は、光によって固体が液化する有機化合物の開発と、それを用いた薄膜形成に関する検討を行った。分子の適切なデザインによって、紫外線照射によって結晶が液体に相転移する有機材料の開発に成功した。さらに液体状態は、加熱によって元の結晶状態に戻す事が可能であることを見出した。分子構造と光応答挙動の関連について知見が得られた。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス分野、ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］結晶、固体、液体、光応答性材料、超分子化学

［研 究 題 目］制御された異方的超高圧力下の物理

［研究代表者］竹下　直（電子光技術研究部門）

［研究担当者］竹下　直（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

層状構造の物質、あるいは、薄膜試料など構造に異方性をもった物質を理解するためには、異方的な圧力によって、圧力効果の異方性を正しく理解することが重要であると思われる。これを実現するため、均質でありながら異方的な圧力発生をめざし、その技術的な開発を含め異方的な超高圧力下の物理の開拓を進めている。

本年度は、この異方的な圧力効果の前段階として、静水圧性に優れた圧力環境下のもと、出発点となる正しい圧力下の相図を得る実験を進めた。具体的には、常圧下では最も高い超伝導転移温度を持つ水銀系銅酸化物高温超伝導体 Hg-1223（$HgBa_2Ca_2Cu_3O_{8+\delta}$）に対して、キュービックアンビル型高圧力装置を用いて15GPa までの圧力下の超伝導転移温度 T_c の観測を行った。その結果、T_c は圧力によって上昇していき、最高圧力である

15GPa において T_c=153K に達した。これはこれまで報告された中では史上最も高いゼロ抵抗達成温度である。

また、異方的圧力発生の技術開発については、試料形状によって、試料に加わる圧力の異方性を実質的に制御することができることが $BaFe_2As_2$単結晶試料の電気抵抗測定から明らかになった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］キュービックアンビル型高圧力装置、異方的圧力、超伝導、高圧力、銅酸化物高温超伝導体、鉄ヒ素高温超伝導

［研 究 題 目］古典光を利用した量子イメージングの諸特性の解明とその応用分野の探索

［研究代表者］白井　智宏（計測フロンティア研究部門）

［研究担当者］白井　智宏（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

量子もつれ光子対などの量子光を利用した量子イメージングでは、物体が存在しない場所にその情報が転送されるゴーストイメージングや、古典限界を超える分解能の断層像を取得する量子 OCT など、これまでの常識を覆す機能や性能が実現される。しかし、一般に、量子光は微弱でありかつその制御が容易ではないため、これに代わり通常の古典光を使って同様のイメージングを実現できれば、実用上のメリットは計り知れない。本研究では、古典光を利用した量子イメージングの諸特性を理論と実験により明らかにし、量子イメージングの特徴を最大限に活かしたイメージングを古典光により実現する方法の確立を目指す。

本年度は、参照光側に設置する空間フィルターがゴースト回折光学系においては物体に対する複素共役フィルターとして作用することを新たに見出し、この作用を利用することで擾乱媒質の影響を受けないイメージングが可能となることを明らかにした。この方法では、物体を照明した光波がランダムな媒質を透過した場合であっても、物体の位相情報が失われずその情報が忠実に再現される。理論的には、ある条件を満たすように物体と擾乱媒質を配置する必要があるが、原理の検証実験を行った結果、理論上必要とされる条件を厳密に満たさなくても高品質なイメージングが可能となることが明らかとなった。

一方、量子 OCT の特徴のひとつである奥行き分解能の向上を、古典光を利用した OCT において実現する方法を検討した。従来型の周波数領域の OCT の出力側に二光子干渉を検出するための干渉計を設置し、その出力ポートで検出されるスペクトル強度の相関を評価する。その後、相関信号の周波数解析を行うことにより、古典的な白色光源を利用した場合であっても、従来型の OCT と比較して約1.41倍改善された分解能で走査不要の断層イメージングが可能となることを明らかにした。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］ゴーストイメージング、光コヒーレンストモグラフィー、生体医用光計測

［研 究 題 目］アトリットル空間における局所増幅電場の発現と超高感度スクリーニングチップへの応用

［研究代表者］福田　隆史（電子光技術研究部門）

［研究担当者］福田　隆史、石田　尚之、安倍　浩司、牛島　洋史、福田　伸子、江本　顕雄（常勤職員4名、他2名）

［研 究 内 容］

本研究では、制御されたアトリットル空間（一辺がサブ波長以下の立体空間）を高分子膜中に構築し、プラズモン共鳴場を閉じ込めることによって局所増幅電場を発生させることを目的とする。H24年度は、昨年度に有効性を確認した『微粒子を鋳型とするプロセス』の再現性を向上し、プロトコルを確立した。アトリットル空間の空間位置制御には微粒子分散液に変成ポリビニルアルコール（数 wt%）の添加が微粒子間の相関長制御に顕著な効果を及ぼすことを見出し、構造形成に活用した。また、目的のバイオマーカー用抗体（タンパク質）が反応性リジン残基を有することを利用し、活性エステルとアミノ基の縮合を通じて化学的に固定できることを実証し、バイオセンシングの定量性と再現性向上に顕著な寄与が得られることを確認した。さらに、パームトップサイズ、かつ、スマートデバイスで無線操作可能な小型スペクトル計測器を試作し、チップのスペクトルを当該機器で検出できることを確認した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

［キーワード］バイオセンサー、局在プラズモン、アトリットル空間、電場増幅効果、スクリーニングチップ、ポイントオブケアテスティング（POCT）

［研 究 題 目］クラッディング励起システムを利用した有機光増幅器の開発

［研究代表者］望月　博孝（電子光技術研究部門）

［研究担当者］望月　博孝（常勤職員1名）

［研 究 内 容］

短距離光ネットワークでつながった情報家電の省エネ効果は大きく、益々そのシステムが拡大している。しかしこの短距離光ネットワークには、末端機器やセンサーなどを繋ぐために多数の分岐素子が敷設されており、分岐による微弱化した信号光強度を復元する必要がある。特に短距離光ネットワークでは、ポリマー光ファイバー（POF）が用いられており、信号波長は幹線とは異なって650nm である。POF との相性のよい有機色素で増幅現象の報告はあるものの、信号波長である650nm を増幅した例はない上、POF との接合性を鑑み大口径の

光増幅器が望まれている。加えて大口径の光導波路の作製では、加工速度の点でエッチングなどが現実的なプロセスではなく、煩雑なプロセス（半導体プロセス他）よりも工程の少ない作製方法が必要であった。

提案者らはこれまでに、コア中に赤色レーザー色素（4-（ジシアノメチレン）-2-メチル-6-（4-ジメチルアミノスチリル）4H-ピラン、DCM）を導入した大口径光導波路を作製し、650nm の信号光の増幅現象を世界で初めて観測し、3.8dB/cm の高い利得を得ている。

従来は増幅器を初めとするアクティブ光導波路では活性物質をコア中に導入してきたが、コア中にレーザー色素を分散させるのは容易ではなく、しかも色素の選択肢が少ない。そこで担当者らは色素をコアではなくクラッドに導入することを着想し、実験を行った。提案者はポリマークラッドファイバー（PCF）のクラッドに DCM を蒸気輸送法で浸透させたものを作製した。このコアに励起光を入射するとクラッドの DCM を励起し、DCM による自然放出増幅光（ASE）を世界で初めてコアから観測した。この現象はレーザー色素の反転分布が起こったことを示しており、励起光と同時に信号光を入射させると信号光が増幅することに直結する。

本テーマの目的はクラッドに高活性色素を導入した光増幅器システムの構築をはかることである。平成23年度は、結晶状態で強い発光能を有するチオフェン／フェニレンコオリゴマー（TPCO）を選出し、平成24年度は、それらの結晶を簡便に作製する手法を開発した。これは貧溶媒中に加温した溶液を滴下するもので、30分間以内に基板上に700μm サイズの結晶が形成可能になり、従来法に比べて結晶形成期間の著しい短縮に成功した。この手法を用いることにより石英コア上に容易に TPCO 薄膜を形成することが可能になり、簡便にクラッド励起システムの評価が可能になった。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス
［キーワード］有機光増幅器、クラッド

［研 究 題 目］**糖鎖遺伝子改変マウスを用いたコア3型O-結合型糖鎖の生体内機能解析**
［研究代表者］成松　久（糖鎖医工学研究センター）
［研究担当者］成松　久、杜　東寧、梶　裕之、久野　敦、安形　清彦（常勤職員3名、他2名）

［研 究 内 容］

O-結合型糖鎖はタンパク質のセリンまたはスレオニンに結合した糖鎖で、GalNAc が付加されたムチン型*O*-結合型糖鎖は様々な糖タンパク質を修飾している。*O*-GalNAc 糖鎖は様々疾患との関係が知られており、β3GnT6糖転移酵素によって合成されるコア3型糖鎖には、癌抑制作用があり、一般に癌化によりコア3型糖鎖が消失することが知られている。しかしながら、コア3型糖鎖の生体内での機能や癌抑制の機構は依然不明なままである。本研究では糖鎖遺伝子 B3gnt6欠損マウスを使用してβ3GnT6の生理的機能の解明を目指している。

まずコア3型糖鎖の生体機能の解明には、コア3型糖鎖がどのタンパク質上に結合しているかを知る必要がある。コア3型糖鎖を特異的に認識するプローブ（抗体など）が存在しないため、そのプローブとしてまずレクチンを探索した。最適なレクチンの探索のために、コア1型糖鎖やコア2型糖鎖を発現しない大腸癌細胞を用い、β3GnT6を発現する安定株（＋β3GnT6）を作製してレクチンアレイを行った。その結果、レクチン X が有意に親細胞株と区別出来ることが分かり、レクチン X でコア3型糖鎖を持つ糖タンパク質を捕集することとした。現在、レクチン Y での前処理、レクチン X での捕集の系を構築しプロテオミクスによるキャリア分子の同定を行っている所である。

B3gnt6は主に胚細胞で発現しておりムチン産生に関わっている可能性が高い。B3gnt6欠損マウスで潰瘍性大腸炎や癌化の関連が示唆されている。今後、上記の方法によってコア3型糖鎖のキャリア分子を同定し、B3gnt6欠損マウスでの発現量の変化や細胞内シグナルの変化を解析し、コア3型糖鎖を介した癌の抑制の機構やコア3型糖鎖の生理的機能を解明する予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］*O*-結合型糖鎖、コア3型糖鎖、レクチンアレイ、ムチン

［研 究 題 目］**構造生物学的解析による R 型レクチンのシアル酸含有糖鎖結合能獲得メカニズムの解明**
［研究代表者］逸見　光（農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所）
［研究担当者］久野　敦（糖鎖医工学研究センター）、平林　淳（幹細胞工学研究センター）（常勤職員2名）

［研 究 内 容］

これまで実施者らは、ガラクトースに特異的な糖結合活性を持つ R 型レクチン（EW29Ch）の糖結合部位において遅い分子内運動による構造の揺らぎが糖結合活性に関係することを明らかにした。また、このレクチンを分子進化工学的に改変させてシアル酸結合性レクチン（SRC: Sia-Recognition EW29Ch）を創製し、X 線結晶構造解析を行った。しかしながら、その特異的な糖鎖結合能獲得メカニズムについては十分な情報を得ることができていないことから、本研究では、NMR を用いて、そのメカニズムを解明することを目的とする。本年度は、1）NMR 測定に安定な13C 及び15N ラベル体タンパク質の調製法の確立、2）溶液中での SRC と EW29Ch の構造比較、3）NMR 緩和測定法による SRC と EW29Ch の分子内運動の比較、を行った。目的タンパク質の調整段階において、遊離状態で安定なラベル体タ

ンパク質の取得が困難であったので、ラクトースを添加した状態で調製を行い、調製したラクトース添加 SRC の15N-HSQC スペクトルを経時的に測定し、NMR 測定に対する安定性を評価した。その結果、15℃及び25℃において十分安定であることが確認できた。２）では、ラクトース添加ラベル体 SRC を用いて、多核多次元 NMR 法により、NMR シグナルの帰属を行い、ほとんどの帰属が完了した。現在データ解析から、SRC の特異的な糖鎖結合能獲得メカニズムに関して追及しているところである。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］タンパク質、糖鎖、NMR、レクチン、糖認識ドメイン

［研 究 題 目］糖鎖機能の統合的理解を目指した糖鎖改変マウスの *N*－統合グライコプロテオーム解析

［研究代表者］成松　久（糖鎖医工学研究センター）

［研究担当者］成松　久、梶　裕之、佐藤　隆、梅谷内　晶、安形　清彦、鈴木　奈美（常勤職員4名、他2名）

［研 究 内 容］

目的：

糖転移酵素遺伝子に欠失や突然変異を生じたモデル生物は、多様な生理機能の異常を呈す。種々の糖転移酵素が標的とする糖タンパク質を同定することは、生体内における糖鎖の機能を理解する上で重要な鍵となる。本研究では、各糖転移酵素に特異的な標的タンパク質の大規模同定を行うために、これまでに作製した糖転移酵素の遺伝子ノックアウトマウス群を用い、糖鎖キャリア分子（糖ペプチド）をレクチン捕集し、*N*-結合型糖ペプチドを糖鎖付加位置特異的な安定同位体標識法（IGOT 法）で標識し、LC/MS ショットガン法で同定することにより、野生型マウスとノックアウトマウスとの比較解析を行う。

研究内容：

糖転移酵素遺伝子ノックアウトマウスを用いて、グライコプロテオーム解析技術により、糖鎖キャリア分子を網羅的・ハイスループットに同定するための系の構築（レクチンの選定とレクチンによる捕集系の構築）のモデルとして、まずは最も糖転移酵素として生化学的に解析が進められてきていたβ1,4-ガラクトース転移酵素1（β4GalT1）について実証実験を進めた。β4GalT1は最も解析が進んだ糖転移酵素ではあるが、同じ糖転移活性を有する複数のβ4GalT ファミリー酵素が存在しており、β4GalT1が生体内でどのように使い分けられているのかは不明であった。そこでまずは、野生型及び *B4galt1*$^{-/-}$マウス肝臓より、(β1-4-)ガラクトース末端をもつ糖ペプチドを RCA120カラムで捕集し、そのキャリアタンパク質を同定した。同定された全1176タンパク質のうち、181タンパク質が野生型マウス試料からのみ同定された。この結果は、*B4galt1*$^{-/-}$マウスにおいて、これら181タンパク質には目的糖鎖構造（Galβ1-4GlcNAc）が形成されないことを示唆している。即ち、これらのタンパク質はβ4GalT1標的タンパク質であることが推定された。同定されたタンパク質のバイオインフォマティクス解析を実施した結果、β4GalT1標的タンパク質の分子性状に共通した特徴および傾向が見出された。ここまでの結果については論文として誌上発表に至っている。

ここまでの検討・解析により、基本となる解析技術、手順などが確立できたが、別の糖鎖構造（別の糖転移酵素）をターゲットにした場合は、捕集するレクチン（あるいは抗糖鎖抗体）の選択や、捕集条件なども異なるので、それぞれに適した条件を模索する必要があると考えられる。現在、他の糖転移酵素の遺伝子ノックアウトマウスや各種細胞でも同様の解析が出来るように系の構築を進めており、順次解析していく予定である。

［分　野　名］ライフサイエンス

［キーワード］糖鎖、糖タンパク質、糖鎖機能、グライコプロテオミクス、*N*－結合型糖鎖、糖転移酵素、遺伝子ノックアウトマウス

［研 究 題 目］分化能の異なるがん幹細胞の同定とがん免疫療法による治療可能性の検討

［研究代表者］池原　譲（糖鎖医工学研究センター）

［研究担当者］池原　譲、山口　高志、池原　早苗、（常勤職員1名、他2名）

［研 究 内 容］

目的：

科研費・基盤研究（C）にて実施している研究の目的は、すい臓上皮幹細胞とすい臓がん幹細胞、それぞれの特性について理解を深めることにある。そして、達成される理解に基づき、臨床上有用なバイオマーカーを開発するとともに、がん免疫療法など「がん幹細胞を治療標的とした治療法」へと展開する事を目標として実施している。

計画：

池原研究室では、膵臓特異的に Cre/loxP 遺伝子組み換えを誘導することで、短期間のうちに、膵臓がんを生じるマウス発がんモデルを作成してきた。本研究では、同マウスに生じた腫瘍組織から培養細胞株を樹立して用い、以下の課題を実施している。

腫瘍組織から樹立した培養細胞株を用い、i-a)細胞分化能の異なるがん幹細胞の同定と、i-b)これを区別できるバイオマーカーの探索を進めている。さらに、発がんさせるためにマウスへ導入した遺伝子をモデルがん抗原として利用し、これまでに開発を進めてきた ii)オリゴマンノース被覆リポソーム（OML）が誘導する抗腫瘍免疫は、がん幹細胞の増殖制御に有効であるかどうかを

検索している。最終的には、同免疫療法をマウス発がんモデルにて試み、その有効性を検証したいと考えている。
成果：
研究を開始した本年度、我々は作製したマウス発がんモデルに生じた腫瘍に、ヒト膵臓がんで発現亢進の知られている tasctd2、Maspin、Cycline A などの発現上昇、ヒトすい臓がん細胞に特徴的なタンパクシアリル化の亢進を確認した。さらに、発がんに利用したタンパクに対する免疫応答が原因となり、同系の野生型マウス C57Black6(B6)には生着しないが、免疫寛容を成立させた同系マウスや、ヌードマウス、SCID マウスには生着することを見出している。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］がん、疾患モデルマウス、がん幹細胞、ワクチン療法

［研 究 題 目］医療用マイルドプラズマによる創傷治癒の確立とプラズマ－組織細胞交互作用の解明
［研究代表者］池原　譲（糖鎖医工学研究センター）
［研究担当者］池原　譲、池原　早苗、榊田　創（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］
目的・目標：
本研究の目的は、止血に始まる創傷治癒のプロセスにフォーカスして「プラズマと生体分子の交互作用」を検討し、プラズマの効果メカニズムを分子レベルで明らかにすることである。さらには、見出した原理に照らして、プラズマの分子に対する凝集・分散作用を計測し評価し、タンパク質の機能改変など、医薬品製造やバイオテクノロジーでの用途の探索へと展開を進めることを目標としている。
研究計画：
生体に照射したプラズマによる作用や効能を系統的に捉えるために、1）プラズマの作用する生体分子ネットワークの探索と、2）プラズマによるタンパク凝集・分散の解析を計画している。1）では、個体レベルで観察されるプラズマの作用や効能のうち、止血に始まる創傷治癒のプロセスにフォーカスして、病理組織学的検索、網羅的な遺伝子発現解析を行う。プラズマの作用メカニズムについての系統的な理解は、各種 *in vitro/in vivo* モデル系を利用するなどして、検証する。2）では、生化学実験に適したプラズマ発生装置を開発し、これを用いて、血液中タンパクのプラズマによる凝集・分散効果を再現評価する。プラズマの時間的安定性や生成される粒子種とエネルギーの同定も進め、プラズマと生体分子の交互作用を工学的に検出評価することも計画している。
年度進捗状況：
1）では、これまで止血効果の検討を重ねてきた医療用プラズマ装置を使用し、観察される「止血に始まる創傷治癒」のプロセスで発現する遺伝子・糖鎖について、網羅的解析を実施した。結果、止血に始まる創傷治癒に関連する分子群の全体像に迫ることができた。また2）では、生体分子の量・体積に適した照射を可能とするプラズマ発生システムを組み上げ、分子・細胞レベルでの実験への最適化を進めているところである。なお、当該プラズマの質を評価する計測システムとして、近赤外分光法、可視分光法、及びリアルタイム電流計測法等を駆使した研究を合わせて実施している。

［分　野　名］ライフサイエンス・環境エネルギー
［キーワード］プラズマ医療科学、止血・創傷治癒、低侵襲性医療、病理学、プラズマ工学

［研 究 題 目］プラズマ医療科学創成に関する総括研究
［研究代表者］池原　譲（糖鎖医工学研究センター）
［研究担当者］池原　譲（常勤職員1名）
［研 究 内 容］
目的と目標：
科研費・新学術領域研究「プラズマ医療科学創成」の目的は、プラズマ【活性粒子の集合体】と生体や生命組織との相互作用に関する学術基盤を確立し、新たな学問領域として『プラズマ医療科学』を創成して、新しい医療技術を開拓することである。その実現を先導する総括研究は、プラズマプロセス分野の研究者と生物、医学領域の研究者が有機的に連携した学術研究組織の構築を進めている。この課題の目的は、研究分担者として、上記活動をサポートする事にある。
研究計画と成果：
「プラズマ医療科学創成」では、領域長のリーダーシップのもと、研究項目 A01：医療プラズマエレクトロニクス、A02：プラズマ分子生物科学、A03：プラズマ臨床科学よりなる3つの班が設定された。そこでは、各研究者がそれぞれの専門領域で研究を推進すると同時に、迅速にその成果が異分野間で共有できるようにスキームが構築され、研究が開始されているところである。池原はA02のリーダーとして、活動を開始したところである。なお、名古屋大学プラズマナノ工学研究センターと医学部を中心としたハブ拠点『プラズマ医療科学総合拠点』、九州大学プラズマナノ界面工学研究センターを中心とするサテライト拠点『プラズマ医療安全安心科学拠点』とともに、産業技術総合研究所はサテライト拠点『プラズマ医療分子生物科学・応用拠点』となるため、その確立・整備を進めた。

［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］プラズマ医療科学、止血・創傷治癒、低侵襲性医療、病理学、プラズマ工学

［研 究 題 目］糖鎖による細胞表面生体分子の機能の調節・制御機構の解明
［研究代表者］栂谷内　晶（糖鎖医工学研究センター）

［研究担当者］梅谷内　晶、梶　裕之（常勤職員2名）
［研 究 内 容］
目的：
糖転移酵素遺伝子を欠損したモデル動物（マウス）は、多様な生物機能（表現型）の異常を認める。その生体メカニズムを解析する上で、対象糖転移酵素が標的とする（合成に関与する）糖タンパク質を同定することは非常に重要な情報である。本研究では、基幹的糖鎖構造の一つであるポリラクトサミン糖鎖合成に関与する糖転移酵素（ポリラクトサミン合成酵素）遺伝子ノックアウトマウス（KO マウス）の細胞・組織を用いて、各種解析をすることによって、生合成されるポリラクトサミン糖鎖の標的分子と機能の解明を試みるものである。
研究内容：
ポリラクトサミン糖鎖の発現に関する基礎的な知見に関しては、未だ不足していると考えられるため、まず始めにポリラクトサミン糖鎖のキャリア分子の同定を目的とした。そこで本研究では、KO マウスと野生型マウスから、それぞれ糖鎖キャリア分子（糖ペプチド）をポリラクトサミン糖鎖に特異的なレクチンを用いて捕集し、これらの比較グライコプロテオーム解析を行うことにより、ポリラクトサミン合成酵素に特異的な標的タンパク質の大規模同定を進める。
これまで、ポリラクトサミン糖鎖のキャリア糖タンパク質を効率的に捕集するための系（レクチンアフィニティーなどによる捕集の系）の構築を行ってきた。まず、ポリラクトサミン糖鎖に結合するレクチンを選択し、これを用いてアフィニティーカラムを作製した。まずは野生型マウスを用いて、キャリア分子の網羅的な同定を試みた。このカラムに細胞抽出物を通した後に溶出し、解析を行った。当該の溶出物をレクチンブロットで確認したところ、ポリラクトサミン糖鎖を含む糖鎖構造を有する糖タンパク質群が濃縮されていると考えられた。予備的に行ったグライコプロテオーム解析技術により、野生型マウス B 細胞からは50以上の糖タンパク質分子を同定したが、まだレクチン捕集あるいは溶出の効率が悪いと考えられるため、現在も継続して系のブラッシュアップを行うと同時にキャリア分子の同定を継続して行っている。
［分　野　名］ライフサイエンス
［キーワード］糖鎖、糖タンパク質、糖鎖機能、グライコプロテオミクス、ポリラクトサミン合成酵素、遺伝子ノックアウトマウス

［研 究 題 目］**薄膜シリコン太陽電池の高性能化に向けたプラズモニックリフレクタの開発**
［研究代表者］近藤　道雄
（太陽光発電工学研究センター）
［研究担当者］齋　均（常勤職員1名、他1名）
［研 究 内 容］

近年、金属ナノ粒子が有する光との強い相互作用が注目され、プラズモニクスという新しい学術領域が生まれている。この技術は、薄膜太陽電池の光閉じ込めを高度化する新しい手法となる可能性も秘めている。特に、銀ナノ粒子は光と強く相互作用するため、大きな光散乱断面積を持ち、散乱される波長をナノ粒子の形状や大きさによって制御できる特徴がある。このような観点から、本研究では高度に制御した銀ナノ粒子を配置したプラズモニック基板を薄膜シリコン太陽電池に適用し、その光閉じ込め効果を確認することを目指した。英国サウサンプトン大学のグループが電子線描画法を用いてプラズモニックリフレクタの開発を、産総研が太陽電池作製及び評価を実施した。開発の結果、下記の成果が得られた。
1）プラズモニック基板を用いた薄膜微結晶シリコン太陽電池において、平坦基板に較べて EQE の長波長側で顕著な改善が認められ、銀ナノディスクによる太陽電池内部で光散乱効果の寄与が確認された。
2）プラズモニック基板を用いた電池では、高い平坦性の効果で開放電圧（V_{OC}）や曲線因子（FF）を維持したまま短絡電流密度（J_{SC}）のみ向上しており、結果として発電効率を向上させることができた。
［分　野　名］環境・エネルギー
［キーワード］太陽電池、半導体、光閉じ込め、プラズモン

［研 究 題 目］**クライアントおよびサーバ双方からの情報漏えいを防止するアクセス制御技術の研究開発**
［研究代表者］須崎　有康
（セキュアシステム研究部門）
［研究担当者］須崎　有康、古原　和邦、八木　豊志樹
（常勤職員2名、他1名）
［研 究 内 容］
ネットワーク暗号化の普及により、情報漏えいはネットワークではなく、プロバイダ管理者からの覗き見や利用者のクライアント端末を経由したものが多くなっている。クライアント端末経由からの漏えいは不用意な印刷や画面のカットアンドペーストからも起こる。これらを解決するためにインターネットで公開するファイルが手元のクライアントから漏えいせず、且つサーバからも漏えいさせないアクセス制御技術を開発する。2年目に当たる本年度は3つに分けた下記の構成要素の開発、および全体統合を見据えた連携インターフェースの作成を行った。
「(1) サーバから情報が漏えいしない技術」のために、サーバの預けるファイルは ANOT（All Or Nothing Tranfrom）による暗号化、Reed-Solomon による冗長化および複数サーバへの分割、細かいピースに分割する重複除外など機能を付けたインターネット対応仮想ディスクを開発した。

「(2) クライアント端末からの情報が漏えいしない技術」のために(1)で開発するインターネット対応仮想ディスクに対してアクセスコントロールを加えた。アクセスコントロールにより、仮想ディスク内のファイルはアプリケーションが開くことができるが、ファイルを他のストレージに保存すること、印刷すること、画面のカットアンドペーストすることを禁止する技術（NonCopy）を適用可能とした。

「(3) ドライバへの攻撃検出および鍵の無効化による高信頼クライアント技術」のためにハイパーバイザーのメモリ改ざんを検知する技術の開発、および攻撃者がクライアント端末に記録されているデータと通信路を流れたデータの両方を入手し解析できたとしてもそこに格納されている鍵の特定が困難であり、かつ、鍵の無効化と再発行を可能とする鍵管理機能（LR-AKE: Leakage-Resilient Authenticated Key Exchange）に対するインターフェースの開発を行った。

上記の3つの技術は最終年度に統合され、一つのストレージシステムとすることで、クライアントおよびサーバ双方からの情報漏えい防止を可能にする。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］クラウドストレージ、情報漏えい対策、鍵管理、仮想化

［研 究 題 目］サブバンド間遷移素子を用いた多値位相変調光信号処理の研究開発

［研究代表者］鍬塚　治彦（ネットワークフォトニクス研究センター）

［研究担当者］秋本　良一、小笠原　剛、牛頭　信一郎、土田　英実、物集　照夫（常勤職員4名、他1名）

［研 究 内 容］

コア・メトロフォトニックネットワークで適用が拡大する多値位相変調光信号を超小型、低消費電力で処理するための技術の確立を目的として研究を進めている。超小型を実現するため、他の通信用光半導体素子や電子回路と集積可能で、低消費電力を実現するため、パッシブ動作が可能な、AlAsSb/InGaAs サブバンド間素子を用い、光パスネットワークシステムや、位相多値変調・光時分割多重複合システムにおいて不可欠な光信号処理技術の確立を目指している。

サブバンド間遷移素子の高効率化に関する研究、サブバンド間遷移素子による多値位相変調信号光信号処理の実証、の二つのサブテーマに分けて研究を進めた。

サブバンド間遷移素子の高効率化に関する研究については、23年度までの高効率化の検討結果や、他のプロジェクトで進めてきた集積化構造等に鑑み、集積化構造に向けた結晶成長の研究を進めた。Al の組成が少なく、Sb の含まれない量子井戸構造で、ISBT を実現できる可能性を見出した。

サブバンド間遷移素子による多値位相変調信号光信号処理の実証においては、デジタル信号処理回路による多値位相変調の処理の一部を、光信号処理で肩代わりする可能性の検討を行い、四光波混合による光信号処理の可能性を見出した。四光波混合による光信号処理の一つとして、ISBT 素子による、20Gbps-QPSK 信号の波長変換の実証実験に初めて成功した。

以上、本年度の数値目標である、シンボルレート 40G-symbol/s の DQPSK 位相変調信号を、OTDM で 4 重化して 160G-symbol/s の信号とし、この信号のタイミング抽出の実現という目標は達成できなかったものの、デジタル信号処理の置き換えの可能性を検証し、震災の影響により昨年度まで遅れていた 20Gbps-QPSK 信号の波長変換の実証に成功した。

［分　野　名］情報通信・エレクトロニクス

［キーワード］サブバンド間遷移素子、多値位相変調光信号、光信号処理

［研 究 題 目］ソリューションプラズマ法を用いる新規且つ低コストな貴金属製造技術の開発

［研究代表者］松田　直樹（生産計測技術研究センター）

［研究担当者］松田　直樹（常勤職員1名、他1名）

［研 究 内 容］

水溶液等の液中でプラズマを発生させるソリューションプラズマ（solution plasma：SP）法は、電源と電極が必要なだけで低価格であり、金属ナノ粒子合成に際して還元剤等を用いる必要がないため低環境負荷である。我々は既に貴金属を電極として SP を発生させることで直接電極から貴金属 NP を合成することに成功し、ソリューションスパッタ法と称している。分散剤を添加しなくても金ナノ粒子（AuNP）が数週間にわたって分散した状態を保つ事が特徴である。近年、電子部品用貴金属ナノインクへの需要が高まっており、本研究では SP 法を用いて合成した貴金属 NP 分散水溶液を濃縮しナノインクを製造する。プラズマ条件を検討し貴金属 NP を大量に合成し、更にその水溶液の濃縮条件を検討し、新規且つ工業的に低コストな貴金属ナノインクの製造法を開発する事が目標である。

Au 電極を発生電極として5%過酸化水素水中で SP を生じさせた。印可したパルス電圧の条件は、周波数が20kHz、パルス幅が2μsec、一次電圧が110V である。SP 発生後すぐに溶液が透明から赤ワインの様な赤紫色に変化し始め、徐々に濃い色へと変化した。溶液中には過酸化水素と水しか含まれていない。

SP 法の条件を変え AuNP を合成した。特に放電電圧を上げると AuNP 合成速度が増加することはわかった。電圧が高過ぎると SP 中で AuNP 間の融着が発生した。特に2kV 以上で放電を行った場合はいったん合成された AuNP が数～数十個つながった一次元ナノワイヤー状、あるいは数百個程度二次元的に連結したナノネット

上の構造物が形成された。現在は50mL のセル中で5分間で20mg 程度の AuNP 合成に成功しており、AuNP 分散水溶液中の Au 濃度は0.04%程度である。この時点では分散剤は添加していない。遠心分離に代わる方法として有機溶媒を用いた液々抽出法を検討した。例えばトルエンと PVP を組み合わせた場合、100倍程度の濃縮は簡単に行えることが分かった。その後、2,000rpm 程度で遠心分離することで更に2～3倍程度の濃縮が行えるため、10%程度の AuNP 分散溶液の調製に成功した。

［分　野　名］計測・計量標準

［キーワード］ナノインク、貴金属ナノ粒子、ソリューションプラズマ

［研 究 題 目］**テラワット PV 世代の薄膜太陽電池技術の開発／新材料の探索と太陽電池技術の開発**

［研究代表者］仁木　栄
（太陽光発電工学研究センター）

［研究担当者］仁木　栄、柴田　肇、反保　衆志
（常勤職員3名）

［研 究 内 容］

地球上に豊富に存在する元素（Cu、Fe 等）を用いたカルコゲナイド新材料に注目し、その太陽電池作製技術とデバイス高性能化技術を開発する。希少金属の使用量削減と、安価な製膜・デバイス化手法の開発によって製造コストの大幅な低減を図り、コスト競争力が高く資源戦略性に優れた“ロバスト”な薄膜太陽電池技術を確立することを目指す。

2012年度は材料のスクリーニングを主な目的とし、太陽電池に適した材料の探索を行った。具体的には、Cu、Fe 等の元素を用いた太陽電池のスクリーニングを行い、Cu-Fe-S（Se）系、Fe-S 系などの材料を検討した結果、特に $CuFeS_2$という化合物に注目して研究を行う指針を得た。また $CuFeS_2$の製膜装置の開発を行った。製膜方法には、既に我々が長い経験を蓄積しており、温度やフラックスの制御性に優れる多元蒸着法を採用した。また、Fe の供給源には、当グループで開発した高純度 Fe 原料を用いた。開発した製膜装置を使って実際に $CuFeS_2$の製膜実験を行い、フラックス比、基板温度等を精密に制御することによって、異相の混入のない $CuFeS_2$薄膜の作製技術を開発することに成功した。

［分　野　名］環境・エネルギー

［キーワード］太陽電池、化合物半導体

２．事業組織・本部組織業務

産総研発足時に、旧工業技術院傘下の各研究所等に分散していた研究関連業務、管理業務等を可能な限り集中し、研究開発を支援する業務を担う「研究関連・管理部門等」を設置した。電子化・ネットワークを活用した事務処理により各業務の効率化・迅速化を図り、無駄のない業務運営を行っている。また、各業務の実績と運営状況を常に把握し、評価結果、社会状況を踏まえた経営判断により、コンプライアンス対応体制や産学官連携体制の強化、個人情報保護のための体制整備等最適な体制に向けて不断の見直しを行っている。

平成22年10月に組織及び業務体制の見直しを行い、研究開発の支援業務に携わる従前の「研究関連・管理部門等」から、より効率的かつ質の高い研究支援体制（「事業組織」及び「本部組織」）へ変更した。

(1) 事業組織

「研究関連・管理部門等」に集中処理していた業務の一部を、現場で判断し、迅速に執行すべく、一体的かつ自律した業務執行体制を確立した。具体的には、「事業組織」のトップ（「管理監」、「地域センター所長」）の下に、「研究業務推進部」又は「研究業務推進室」を配置するとともに、地域センターにおいては、所長の下に、「産学官連携センター」を配置した。

【事業組織】

・東京本部
・北海道センター
・東北センター
・つくばセンター（つくば中央第一事業所、つくば中央第二事業所、つくば中央第三事業所、つくば中央第四事業所、つくば中央第五事業所、つくば中央第六事業所、つくば中央第七事業所、つくば西事業所、つくば東事業所）
・臨海副都心センター
・中部センター
・関西センター
・中国センター
・四国センター
・九州センター

＜凡　例＞
地域拠点名（English Name）

所在地：住所
代表窓口：TEL：、FAX：
人　員：常勤職員数（研究職員数）
概　要：部門概要

機構図
（3/31現在の役職者名）

１）東京本部（AIST Tokyo Headquarters）

所在地：〒100-8921　東京都千代田区霞が関1-3-1
代表窓口：TEL：03-5501-0900
人　員：53名（32名）

概　要：

産業技術総合研究所は、それぞれの地理的な特長を生かした活動を行い効率的な運営を行っている。東京本部を行政との接点、情報収集、広報活動の拠点として産総研の機動的な活動に有効に活用するとともに、研究現場と隣接して配置され、産学官連携、国際、研究業務推進等の効率的な組織運営を行っているつくばセンターをはじめとする他の事業組織等とテレビ会議システムの活用等により、有機的・効率的連携を図っている。

機構図（2013/3/31現在）

［東京本部］　管理監　　進藤　秀夫
└──［総務室］　室長　　小野瀬　克信
　┆
　└┄┄［企画本部］

総務室（General Affairs Office）
（東京本部）

概　要：

東京本部における職員等の勤務・服務管理、文書管理、安全衛生管理、施設管理等定常的な庶務業務を行うとともに、役員の秘書業務及び官庁との事務連絡等の業務を行っている。

２）北海道センター（AIST Hokkaido）

所在地：〒062-8517　札幌市豊平区月寒東2条17丁目2-1
代表窓口：TEL：011-857-8400、FAX：011-857-8900
サイト：札幌大通りサイト
（住所：〒060-0042　札幌市中央区大通西5丁目8
TEL：011-219-3359、FAX：011-219-3351）
人　員：65名（48名）

概　要：

産業技術総合研究所北海道センターは、地域の中核研究機関として、「バイオものづくり」を研究戦略とした研究拠点の構築とともに、北海道経済産業局が推進する「北海道バイオイノベーション戦略」と連携したバイオ産業の活性化や、新産業創出に資するための地域連携拠点の構築を目指している。また、メタンハイドレート研究センターは、メタンハイドレート資源の利活用を目指すナショナルプロジェクトの中心的な役割を担っている。

研究拠点の強化として生物プロセス研究部門では、植物工場を活用した農商工連携、微生物による物質生産プラットフォームの開発などバイオテクノロジーを応用した研究を推進している。植物工場の研究では、民間企業との共同研究により動物用医薬原料製造の商業応用へ向けた展開を進めてきた。また、平成24年度に、関係機関の協力により財団が運営する「グリーンケミカル研究所」が敷地内に建設され、産総研の植物工場と連携した世界的な植物バイオ研究拠点が形成された。この他に、組換え微生物の遺伝子設計技術が経産省プロジェクト「革新的バイオマテリアルを実現するための高機能ゲノムデザイン技術開発」（H24年度～H28年度）に採択され、北海道センターに集中研を置き、研究開発事業を開始した。

地域連携拠点の強化として、道内4国立大学法人、4高専、市立大、公設・独法研究機関、経済産業局、自治体、経済団体等23機関と協力してＲ＆Ｂパーク札幌大通サテライトの運営を支援し、企業の技術開発、新事業創出のための各種相談に対するワンストップサービス、セミナー・交流会等の人的交流を促進する場の提供など、産業界および行政と産総研との連携強化を図ってきた。平成24年度のサテライトの利用者数は3,587人、技術相談の件数は169件であった。

また、北海道センター独自の活動として「バイオテクニシャン育成事業」を実施し、専門学校生を受け入れ、バイオ技術者としての人材育成支援を推進してきた。平成24年度は7名の研修を修了し、この10年間で総数36名のバイオテクニシャンを輩出してきた。

広報活動として、産総研本格研究ワークショップ、産総研北海道センター講演会（全4回）等の開催、ビジネス交流会等のイベント出展（他3件）、近隣住民を対象にした一般公開の実施や年間を通じた見学者（312名）の受入などを行った。

機構図（2013/3/31現在）

［北海道センター］
　　所　　長　　松岡　克典
　　所長代理　　扇谷　悟
├［北海道産学官連携センター］
　　センター長　　（兼）松岡　克典
　　産学官連携イノベーションコーディネータ
　　太田　英順、千葉　繁生
　　総括主幹　　中川　充、永石　博志
├［北海道研究業務推進室］
　　室長　　尾崎　ひろ美
　　総括主幹　横田　久美子
┆［生物プロセス研究部門］
┆［メタンハイドレート研究センター］

3）東北センター（AIST Tohoku）

所在地：〒983-8551　仙台市宮城野区苦竹4-2-1
代表窓口：TEL:022-237-5211、FAX：022-236-6839
（サイト）
仙台青葉サイト（東北サテライト）
〒980-0811　仙台市青葉区一番町4-7-17
TEL：022-726-6030、FAX：022-224-3425
人　員：43名（31名）
概　要：

産業技術総合研究所東北センターは、東北経済産業局が推進する産業クラスター計画「TOHOKU ものづくりコリドー」と連携しながら地域産業の振興に向けて、東北地域における研究拠点および連携拠点として、先端的な低環境負荷型化学プロセス分野の COE 化を目指すとともに、東北6県の公設研との連携を基軸にした広域連携のハブ機能としての役割を果たしている。

当センターには、環境負荷の小さい機能性材料の開発と低環境負荷かつ省エネルギー型の化学プロセス技術の研究開発を集中的に実施し、これらの新素材・化学プロセスのシステム化を目指す「コンパクト化学システム研究センター」が置かれている。また、当センターの研究成果をもとに化学産業分野におけるエネルギー多消費型化学プロセスから省エネルギー・省資源・低環境負荷型化学プロセスへの革新的転換を目指した技術開発と、実用化及び新しい産業創出を目的として企業会員70社が参加する「グリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム（GIC）」を組織し、産学官連携活動による産業ニーズと研究シーズのマッチングの促進を図っている。GIC では、研修セミナーを開催するなど研究情報の交流促進に努めており、その結果、会員企業との共同研究は24件に達し、研究ユニットのシーズを核とした連携強化が図られている。さらに、特に当センターが開発した粘土膜系新素材「クレースト®」の実用化に向けた取り組みを促進するコンソーシアム「Clayteam」では、企業会員50社の参画により具体的な製品づくりを積極的に進めている。また、東北地域のものづくり産業基盤を支える各種計測技術に関して、東北分析・計測科学技術コンソーシアム（TCAST）を組織し、計測関連技術力の向上に向けた活動を行っている。

また外部研究機関との共同研究、受託・委託研究、技術研修、研究助成金等に係わる契約業務、フェローシップや研究交流（派遣・招へい）等の手続きの円滑化、さらには質の高い特許取得のための弁理士相談を積極的に推進している。

高温高圧実験室、防塵室、除振室を備えた東北産学官連携研究棟（とうほく OSL）では、平成24年度末で、32実験・研究室が使用され、東北地域における新たな産業技術創生のための研究開発が行われている。

主な成果普及活動としては、8月に東北センター一般公開を開催し444名の来場者が訪れ、平成25年1月には産学官連携フェア2013Winter みやぎを経済団体等と共催し、研究成果の紹介や技術相談を通して成果普及に努めた。

市内連携オフィスとして設置している東北サテライトでは、産技連東北地域部会事務局、東北航空宇宙産業研究会事務局、東北再生可能エネルギー研究会事務局として、公設試験研究機関・大学・企業との連携業務の中核として活動するとともに、産総研全体の新しい研究成果を東北地域産業界に発信する「新技術セミナー」をほぼ毎月開催した。また、市民向け科学普及事業として「まちなかサイエンス」をほぼ毎月開催すると共に、7月には東北大学等と「学都『仙台・宮城』サイエンス・デイ」を共催した。さらに積極的な企業訪問を行う「東北コラボ100」を各県の公設試験研究機関の協力のもとに行うなど、連携活動を強化した。

業務報告データ：
○刊行物

名　称（Vol. No.）	刊行区分	発行部数
産総研東北 Newsletter No. 37～38	不定期	900部/回

○主な行事（主催・共催・協賛）

開催年月日	名　称
24.4.24	GIC 平成24年度総会及び特別講演会
24.5.9	第11回産総研・仙台まちなかサイエンス
24.5.10	第15回産総研・新技術セミナー
24.5.21	GIC 第1回研究開発相談会
24.5.24～5.25	Clayteam 平成24年度総会及び第9回 Clayteam セミナー
24.6.4	平成24年度 産業技術連携推進会議 東北地域部会 総会・幹事会
24.6.14	第16回産総研・新技術セミナー
24.6.27	第12回産総研・仙台まちなかサイエンス
24.7.3	GIC 第29回研修セミナー
24.7.9	第17回産総研・新技術セミナー
24.7.15	学都「仙台・宮城」サイエンス・デイ2012
24.7.31～8.1	第13回産総研・仙台まちなかサイエンス（東北センタープレ一般公開）
24.8.4	独立行政法人産業技術総合研究所東北センター 一般公開
24.8.6	産業技術連携推進会議　東北再生可能エネルギー研究会　平成24年度第1回講演会

24.8.22	Clayteam 第10回 Clayteam セミナー
24.9.3	第18回産総研・新技術セミナー
24.9.18	GIC 第30回研修セミナー
24.9.25	第14回産総研・仙台まちなかサイエンス
24.10.2	第19回産総研・新技術セミナー
24.10.19 ～ 10.21	エコプロダクツ東北2012
24.10.25 ～ 10.26	産総研オープンラボ2012
24.10.31 ～ 11.1	産業技術連携推進会議 東北地域部会秋季合同分科会
24.11.2～11.3	おおさき産業フェア2012
24.11.5	第20回産総研・新技術セミナー
24.11.13	Clayteam 第11回 Clayteam セミナー /The 3rd International Symposium on Advanced Composite Materials
24.11.19	産総研本格研究ワークショップ in 秋田
24.11.19 ～ 11.21	GIC 仙台マイクロナノ国際フォーラム 2012/GIC 特別セミナー
24.11.26	GIC 第2回研究開発相談会
24.12.4	TCAST 基礎セミナー
24.12.5	第15回産総研・仙台まちなかサイエンス
24.12.7	GIC 第31回研修セミナー
24.12.13	第 21 回産総研・新技術セミナー
24.12.17	第 22 回産総研・新技術セミナー
24.12.20	産業技術連携推進会議　東北再生可能エネルギー研究会　平成24年度第2回講演会
25.1.11～1.20	工芸 Design の原点－仙台発・国立工藝指導所をめぐる物語－
25.1.17	産学官連携フェア2013winter みやぎ
25.1.22	第 23 回産総研・新技術セミナー
25.2.2	第16回産総研・仙台まちなかサイエンス
25.2.14	Clayteam 平成24年度総会／第12回 Clayteam セミナー
25.2.19	第 24 回産総研・新技術セミナー
25.2.20	産業技術連携推進会議　東北再生可能エネルギー研究会　平成24年度第3回講演会
25.2.26	GIC 平成24年度報告総会／第32回研修セミナー
25.3.6	産業技術連携推進会議　東北航空宇宙産業研究会総会及び第2回東北航空宇宙産業広域連携フォーラム2012
25.3.8	TCAST 平成24年度総会・講演会
25.3.13	第17回産総研・仙台まちなかサイエンス
25.3.15	平成24年度　東北大学－産総研　連絡協議会
25.3.21	産業技術連携推進会議　東北地域部会　放射線担当者会議

機構図（2013/3/31現在）

所　　長：原田　晃
所長代理：松永　英之

├── ［東北産学官連携センター］
│　センター長：(兼) 原田　晃
│　イノベーションコーディネータ：
│　(兼)松永　英之　南條　弘
│
├── ［東北研究業務推進室］
│　　室　長：佐藤　学
└┄┄ ［コンパクト化学システム研究センター］

４）つくばセンター（AIST Tsukuba）

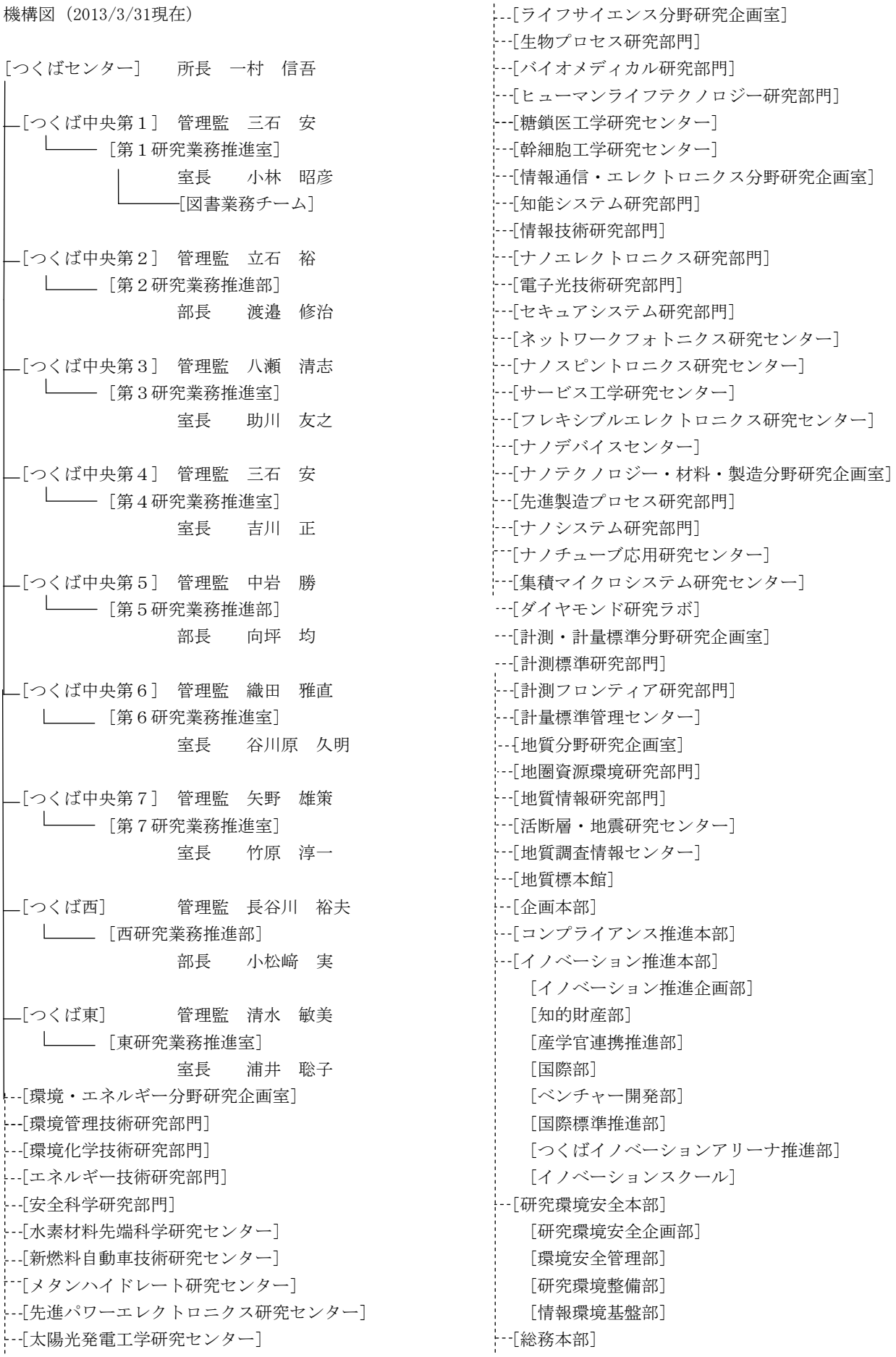
所在地：〒305-8561　茨城県つくば市東1-1-1
人　員：2,254名（1,759名）
概　要：

産総研つくばセンターは、産総研全体の研究機能の中核として、およそ70パーセントの施設や研究者が集積した大規模研究拠点である。その特徴を生かし、幅広い研究分野をカバーするとともに、分野を融合したこれまでにない新規研究分野の創出を目指している。また、それらの研究ユニットとともに本部組織・事業組織の大部分が集中配置され、東京本部との密な連携によって、産総研の中枢を担う役割を持っている。

つくばセンターは、全国に展開する地域センターと連携して、また、その立地する茨城県やつくば市そして首都圏の大学・研究機関・民間企業とも密接な連携を進め、研究人材の供給や研究成果の移転を促進する役割を果している。地域から国際社会までを視野に入れて、社会や産業界が直面している困難な問題について、科学技術の立場から解決策を提供している。

また、つくばセンターは、つくば地域に展開する最大規模の研究所の一つとして、地域の環境と安全への取り組みも行っている。

機構図（2013/3/31現在）



［業務推進支援部］
［人事部］
［財務部］
［ダイバーシティ推進室］
［評価部］
［広報部］

研究業務推進部室
（General Affairs Division/Office）
（つくば中央第1、つくば中央第2、つくば中央第3、つくば中央第4、つくば中央第5、つくば中央第6、つくば中央第7、つくば西、つくば東）
概　要：

つくばセンターの各事業所研究業務推進部室は、研究支援業務、職員等の勤務及び服務管理、物件の調達業務、施設及び設備等の管理等の業務、環境及び安全衛生の業務等を行っている。

これらの業務を迅速に行うことにより、効率的な組織運営を図っている。

図書業務チーム（Library Office）
（つくば中央第1、つくば中央第2、つくば中央第3、つくば中央第5、つくば中央第6、つくば中央第7、つくば東、つくば西）
概　要：

研究活動を行うために不可欠な情報源である学術雑誌の収集・管理、文献情報の提供、各図書室の運営、各図書室からの図書情報の一元管理を行っている。

オンラインジャーナルによるサービスの提供、文献データベースの利用促進並びに所蔵データの整理・統一を推進している。

５）臨海副都心センター（AIST Tokyo Waterfront）

所在地：〒135-0064 東京都江東区青海二丁目3番地26号
人　員：75名（56名）
概　要：

産業技術総合研究所臨海副都心センターは、文部科学省及び経済産業省の連携協力によって整備された国際研究交流大学村に、産学官連携の役割を担う研究拠点として、平成13年4月1日に設置された。当センターは国内外産学官各分野の一線級研究者による多様な研究に対応できるフレキシビリティの高い空間を設けている。

平成17年4月からは、産学官連携の研究拠点を拡張し、新たにバイオテクノロジーと情報工学の融合研究のための施設として、バイオ・IT 融合研究施設の運用を開始し、技術者等の人材育成から最先端の研究開発まで積極的な事業活動を展開している。

そして6つの研究ユニット（生命情報工学研究センター、バイオメディシナル情報研究センター、デジタルヒューマン工学研究センター、サービス工学研究センター、バイオメディカル研究部門、ユビキタスエネルギー研究部門）が、新産業の創出や市場拡大につながる独創的かつ先端的技術シーズの研究開発とともに国内外の研究者との交流や研究成果の情報交換を行っている。

当センターへは、平成24年度に内外の大学・企業・政府関係者等約780名が視察に訪れており、国際的な産学官による研究交流拠点としての役割を果たしている。

平成24年度における外部機関と行った連携研究は、共同研究112件、受託研究32件である。

また、展示コーナー（サイエンス・スクエア臨海）を平日に公開するとともに、国際研究交流大学村を舞台に開催された、サイエンス・アゴラ2012開催に合わせて臨海副都心センターの一般公開を実施するなどの広報活動を行っている。

機構図（2013/3/31現在）

［臨海副都心センター］所　　長　八木　康之
所長代理　伊藤　日出男
［臨海副都心研究業務推進部］
部　　長　上野　俊夫
［臨海副都心産学官連携センター］
センター長　（兼）八木　康之

［生命情報工学研究センター］
［バイオメディシナル情報研究センター］
［デジタルヒューマン工学研究センター］
［サービス工学研究センター］
［バイオメディカル研究部門］
［ユビキタスエネルギー研究部門］

６）中部センター（AIST Chubu）

所在地：〒463-8560
名古屋市守山区大字下志段味字穴ケ洞2266-98
代表窓口：TEL:052-736-7000、FAX:052-736-7400
サイト：名古屋駅前サイト：
〒450-0002名古屋市中村区名駅4丁目4-38
TEL：052-583-6454
人　員：143名（118名）
概　要：

産業技術総合研究所中部センターは、ものづくり産業が高度に集積した中部地域における研究開発ゾーンの一つである「なごやサイエンスパーク」に立地し、その中核的研究機関となっている。当センターは、地

域における伝統的なものづくりである窯業や機械・金属に関わる技術の開発を出発点として発展し、ファインセラミックスや金属などの工業材料の創製・部材化とそのプロセス技術を軸として研究開発を行い、新産業の創生と産業競争力強化に寄与してきている。当センターは、現在、先進製造プロセス研究部門、サステナブルマテリアル研究部門及び計測フロンティア研究部門を擁し、持続的発展可能な社会の構築に貢献できる産業技術を確立するため、材料・プロセス・計測評価技術に関わる高度な研究を展開している。また、中部における産業政策の展開に貢献するため、中小企業のものづくり基盤技術の高度化支援事業等に協力・支援するとともに、地域の企業・大学・公設研と連携し、各種研究開発事業への提案を行っている。

連携・協力提携協定を締結した名古屋大学および名古屋工業大学それぞれと連携協議会を開催すると共に、連携強化のため技術交流会や共同研究構築のためのFS 調査研究を実施した。地域の公設試験研究機関とは産業技術連携推進会議の活動を通じ、産総研を中核とした連携を構築するための活動を展開した。中部地域における産学官連携に携わる機関が活動拠点を共同で運営することにより、当地域のイノベーションの創出基盤の強化に資することを目的として、平成20年度に関係の7機関（平成22年度より8機関）により設置した「名古屋駅前イノベーションハブ」を活用し、ワンストップサービスが可能な企業向けの技術相談事業を実施するとともに、各種イベントを開催した。平成24年度の代表的な活動状況を以下に示す。

中部センター所属の3研究ユニットと合同で中部センター研究発表会・オープンラボを開催し、33件の研究発表と11件の研究現場紹介を行った。研究発表会には昨年度より多い373名の、オープンラボには165名の参加者があり、中部センターの研究動向をアピールした。また「TECH Biz EXPO 2012」（来場者18,986名）において、産総研中部センターならびに中部地域の公設試験研究機関が各機関の紹介やシーズ・連携成果等の展示を合同で行う「産総研中部センターと歩む産業技術展／中部地域公的研究機関 EXPO2012」を開催した。北陸地域でのシーズ発信活動として富山市で技術普及講演会（参加者37名）を開催した。産総研の技術シーズを定期的に発信する技術シーズ発表会を昨年度に引続き行った。科学技術の啓蒙活動として8月に一般公開を開催した（参加者2,932名）。本年度の延べ見学者数は309名に達している。

知的財産権の取得を積極的に推進し、国内特許34件、外国特許12件を出願した。技術相談件数は540件あった。

産業界をはじめとする外部機関との連携も積極的に展開し、共同研究265件、委託研究1件、受託研究19件を行った。大学とは、連携大学院の拡充強化に努め、10大学（名古屋工業大学、岐阜大学、大同大学、名城大学、中部大学、愛知工業大学、長岡技術科学大学、上智大学、北海道大学、金沢工業大学）に13名の教授と2名の准教授が就任している。平成22年度から愛知県が開始した「知の拠点あいち」重点研究プロジェクトに、中部センターからも21名の研究者が加わり、「低環境負荷型次世代ナノ・マイクロ加工技術の開発」と「超早期診断技術開発プロジェクト」に取り組んだ。また、戦略的基盤技術高度化支援事業2テーマ、復興促進プログラム（A-STEP）2テーマ、地域イノベーション協創プログラム（震災復興技術イノベーション創出実証研究事業）2テーマ、新あいち創造研究開発補助事業1テーマに参加した。

機構図(2013/3/31現在)

［中部センター］所　　長　鳥山　素弘
　　所長代理　山内　幸彦
　　（兼）村山　宣光
　　（兼）中村　守
　├［中部産学官連携センター］
　　センター長　（兼）鳥山　素弘
　　副センター長　　佐藤　憲司
　　イノベーションコーディネータ
　　渡村　信治、都築　明博、山田　豊章、
　　(兼)山内　幸彦
　　連携主幹
　　粂　正市
　　産業技術総括調査官
　　（兼）都築　明博
　　├総括主幹
　　林　永二、阪口　修司
　├［中部研究業務推進部］部長　中島　義昭
　　［業務推進チーム]チーム長　中田　正人　他
　　［会計チーム]チーム長　寺島　広之　他
　　└［研究環境安全チーム］　安田　進　他
　┆----先進製造プロセス研究部門
　┆---- サステナブルマテリアル研究部門
　┆---- 計測フロンティア研究部門

７）関西センター（AIST Kansai）

所在地：〒563-8577　大阪府池田市緑丘1-8-31
代表窓口：TEL：072-751-9601、FAX：072-754-1939
サイト：
尼崎支所：〒661-0974 兵庫県尼崎市若王寺3-11-46
　　TEL：06-6494-7854
人　員：177名（147名）
概　要：
　産業技術総合研究所関西センターは、旧大阪工業技

術研究所、旧電子技術総合研究所大阪ライフエレクトロニクス研究センター、旧計量研究所大阪計測システムセンター、旧地質調査所大阪地域地質センターの4所を母体としている。

現在、当センターには、1研究ラボ（ダイヤモンド研究ラボ）、4研究部門（ユビキタスエネルギー研究部門、健康工学研究部門、計測標準研究部門、セキュアシステム研究部門）、及び関西産学官連携センター内の1連携研究体が置かれている。

関西センターは、持続的発展可能な社会の実現、産業競争力の強化、地域産業の発展への貢献を目指し、健康な暮らしを支える技術、豊かな暮らしを創る技術、安心・安全な暮らしを守る技術の生活に密着する研究開発を推進している。

関西地域は、産業界とアカデミアが集積し産学官連携が組みやすい構造にある。この特徴を活かし、産総研の研究ポテンシャルを地域産業の振興に役立たせる連携活動も積極的に展開している。

近畿経済産業局をはじめ、企業、大学、公的研究機関、自治体、企業団体や研究開発支援団体などとの交流・連携を深めている。

産総研の研究活動を紹介するため、「AIST 関西懇話会」（相楽郡）、「ダイヤモンド・イノベーション・クラブ」（池田市）、「第8回 UBIQEN フォーラム：次世代電池の展望と拓かれる未来」（豊中市）、「本格研究ワークショップ（関西）」（大阪市）、「鹿児島大学・産総研関西センター研究シーズ連携発表会」（大阪市）、「次世代ナノテクフォーラム：環境調和型ナノコンポジット講演会／次世代色素・顔料（DP）講演会」（豊中市）、「関西センター研究講演会「微生物研究が創る未来」」（豊中市）、「Electro-Active Polymer（EAP）研究シンポジウム」（大阪市）等を開催した。

連携業務の平成24年度実績（共同研究209件、技術研修99件、受託研究41件、国内特許出願（単願31件、共願53件）、外国特許出願（単願17件、共願51件））は活発な産学官連携の実態が表われている。

また、科学技術の啓蒙普及を主眼に開催した研究所一般公開（尼崎7月26日：511名、池田8月3日：1550名）、池田市教育特区事業による市内小学校への科学教室や、全国の科学館や地方自治体等の要請による科学教室を実施した（81回：6558名）。毎回多数の参加者を得ており関西センターに寄せられている期待は大きい。

機構図（2013/3/31現在）

- ［関西センター］ 所　長　田口　隆久
  - 所長代理　牧原　正記
  - 所長代理　小林　哲彦
  - 尼崎支所管理監（兼）山中　裕
  - ［関西産学官連携センター］
    - センター長　（兼）田口　隆久
    - 副センター長　（兼）牧原　正記
    - イノベーションコーディネータ
      （上席）上原　斎、（兼）牧原　正記、堀野　裕治、佐藤　義幸、山中　裕、坪田　年、松原　一郎
    - 総括主幹　齋藤　俊幸　他
    - ［組込みシステム技術連携研究体］
      連携研究体長　（兼）田口　隆久
  - ［関西センター研究業務推進部］ 部長　巽　一
    - 総括主幹　上野　治
    - ［業務推進チーム］ チーム長　橋本　朗
    - ［会計チーム］ チーム長　清水　潔
    - ［研究環境安全チーム］ チーム長　村岡　忍
    - ［尼崎業務推進チーム］ チーム長　篠岡　賢三
  - ［ダイヤモンド研究ラボ］
  - ［計測標準研究部門］
  - ［健康工学研究部門］
  - ［ユビキタスエネルギー研究部門］
  - ［セキュアシステム研究部門］

組込みシステム技術連携研究体

（Collaborative Research Team for Verification and Specification）

連携研究体長：（兼）田口　隆久

（関西センター）

概　要：

24年度計画

平成19年度補正予算により関西センターに組込みシステム検証に関する先端技術の研究施設をもうけることとなり、検証向きクラスターシステムを導入した。これをきっかけに同施設の運用とそれに伴う技術移転、および関連人材養成を目的に当連携研究体が発足した。平成24年度は、クラスターシステムを用いた検証技術の適用と普及を加速すると共に、組込みシステム産業振興機構との共同研究を軸として活動の拡大と深化を図る。組込みシステム産業振興機構との共催による組込みシステムアーキテクトの人材養成プログラム（組込み適塾）を開催する。また機構の交流サロン、セミナーと連携して関西産業界や国内他地域との情報交換、産総研の活動や成果の紹介などを行う。

24年度成果

クラスターシステムの運用については産学より6者の施設利用があった。マイコンの復帰機能をモデル検査にて検証したこと、モデル検査技術演習において標準演習環境として参加者への資源提供を行ったことが主な利用結果である。またクラスター資源の一部を使

用して web ベースでモデル検査を行えるアプリケーションが稼働しており、クラスターシステムの能力に触れる機会を提供している。組込み適塾に関しては東北センターの協力のもと、試みとして遠隔受講による東北地域からの講義参加を受け入れた。受講者数は関西、東北合わせて延べ65名であった。他には、国内各地域の組込み産業関連団体との連携強化を図る「全国組込み産業フォーラム」、製品開発の現場で技術展示を行う「出張展示会」などを組込みシステム産業振興機構と開催した。

当連携研究体は本年度で終了するが、組込みシステム産業振興機構との共同事業など活動の一部は関西産学官連携センターとセキュアシステム研究部門で引き続き進められる。

８）中国センター（AIST Chugoku）

所在地：〒739-0046　広島県東広島市鏡山3-11-32
TEL：082-420-8230、FAX：082-423-7820
人　員：36名（26名）
概　要：

産業技術総合研究所中国センターは、中国地域における中核的な研究拠点として活動を展開しており、バイオマスリファイナリー研究センターでは木質系バイオマスからの化学品原料（ケミカル）、高性能複合材料（マテリアル）、液体燃料を製造するための基盤技術の研究開発を、地質情報研究部門沿岸海洋研究グループでは瀬戸内海などの沿岸・閉鎖性水域の環境修復のための研究を進めている。また産総研の中国地域におけるイノベーションハブ基地として、技術相談、中小企業支援に注力するとともに、大学、公設研との連携を推進している。

バイオマスリファイナリー研究センターでは、木質系バイオマスからのセルロースナノファイバーなどの製造および高性能複合材料としての利用、糖化酵素の生産性向上と機能性向上、発酵により多様な有用物質や液体燃料を製造するための基盤技術の開発を実施している。また、木質系バイオマスをガス化した後、合成ガスから、触媒合成によって BTL 軽油を製造するプロセスの開発、微生物により有用物質やエタノールに変換するプロセスの研究開発に取り組んでいる。

沿岸海洋研究グループでは、瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体を軸に現地観測、水理模型実験、数値シミュレーション等の手法並びに阿賀臨海実験施設（呉市阿賀）を活用し、流況改善やアマモ場再生による沿岸域環境修復と環境評価の技術開発を推進した。

中国産学官連携センターは、中国経済産業局や中国地域の公設研と連携して、地域産業の活性化に資するべく、地域企業の課題を抽出し、それを産総研のシーズと結びつけるために、産総研中国センター友の会（産友会）を立ち上げ、メルマガ発信等の活動を実施した。さらに、産業技術連携推進会議中国部会、中国地域産総研技術セミナー、中四国地域公設試験研究機関研究者合同研修会等を開催するとともに、中国5県公設研開放機器データを、中国センターホームページに公開した。

機構図（2013/3/31現在）

［中国センター］所　　長　　中村　修
　　所長代理(兼)　平田　悟史
├［中国産学官連携センター］
　　センター長　(兼)　中村　修
　　副センター長　　松井　眞一
├［中国研究業務推進室］
　　室　　長　　関河　敏行
├［バイオマスリファイナリー研究センター］
　　成分分離チーム
　　酵素利用チーム
　　微生物変換チーム
　　セルロース利用チーム
　　BTL プロセスチーム
　　実証・実用化チーム
└［地質情報研究部門］
　　沿岸海洋研究グループ
　　瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体

９）四国センター（AIST Shikoku）

所在地：〒761-0395　香川県高松市林町2217番地14号
代表窓口：TEL：087-869-3511、FAX：087-869-3553
人　員：33名（23名）
概　要：

産業技術総合研究所四国センターは、‘94.7月に香川県が技術・情報・文化の複合拠点として旧高松空港跡地に整備した「香川インテリジェントパーク」内に立地し、「研究拠点」として健康工学研究部門の研究成果や技術を活用した「健康関連産業の創生」に取り組むとともに、「連携拠点」として全産総研のポテンシャルを活用したものづくり基盤技術力の向上および先端技術の導入による「ものづくり産業の競争力強化」に取り組んでいる。

健康工学研究部門（平成22年4月1日設立　研究拠点：四国センター、関西センター）は「人間の健康状態を計測・評価し、その活動を支援するため、先端的なバイオ技術と材料システム開発技術を融合し、健康な生活の実現に寄与する技術を確立する」ことをミッションとし、四国センターでは特に、1)バイオマーカーの機能解析・同定とその検知デバイス技術開発、2)

健康リスク計測・評価とリスクモニタリング技術の開発を戦略課題として、境界型糖尿病マーカー、酸化ストレスマーカー、炎症性糖脂質マーカーなどの探索と疾患予知診断のためのバイオデバイス開発、および感染症の超早期診断機器の開発などに取り組んでいる。

四国地域の企業を中心に組織化した「四国工業研究会」による研究成果の普及、工業技術の振興、産業の発展を目指した活動や「健康ものづくり研究会」によるイノベーションコーディネータ等による個別企業との対話を重視した活動を実施した。

産総研と経済局・自治体との情報共有を主とした連絡会議に加え産業支援機関などの支援ツールの活用により企業の多様なニーズに応える「四国地域イノベーション創出協議会」の副事務局として活動した。

「産業技術連携推進会議四国地域部会」では「食品分析フォーラム分科会」を設立し、北海道センターをはじめ各地域センター及び計量標準総合センターの協力により、全国の17の公設試験研究機関の参加を得た。本分科会では、食品中の機能性成分分析法のマニュアル作成及びフォーラム標準化に取り組んでいる。現在までに、約80の分析法マニュアルをホームページ上に公開している。

四国内の6大学（連携協定締結大学：徳島大、鳴門教育大、香川大、愛媛大、高知大、高知工科大）と産総研との四国研究プラットフォームでは、「四国・住みたいまちに生きる」をテーマに、大学の研究者が一人の個人としてどのような社会に住みたいか、四国の将来の社会を議論していただくことを目的として、ワーキンググループで議論し、その内容を中間報告として取りまとめた。

香川インテリジェントパーク活性化のため、「インテレクチュアル・カフェ」を6回開催し、延べ209名の参加があった。また、1月には、「本格研究ワークショップ」を世界に羽ばたく技術の四国をテーマに、講演会、ポスターセッション、技術相談会を開催し、236名の参加があった。

その他、連携業務として、共同研究65件、受託研究9件、技術相談517件、一般公開454名、セミナー開催、見学の受け入れを実施した。

機構図（2013/3/31現在）

［四国センター］所　　長　松木　則夫
　　所長代理（兼）　吉田　康一
　　上席イノベーションコーディネータ
　　三木　啓司
├［四国産学官連携センター］
　　センター長(兼)　松木　則夫
　　副センター長　塩津　進
　　イノベーションコーディネータ　矢野　哲夫
　　連携主幹　内海　明博
├［四国研究業務推進室］
　　室　　長　小池　英樹
　　室長代理　松岡　邦治
├［健康工学研究部門］
　　研究部門長　吉田　康一
　　総括研究主幹　脇田　慎一
　　研究主幹　大槻　荘一
┆----　生体ナノ計測研究グループ
┆----　バイオデバイス研究グループ
┆----　健康リスク削減技術研究グループ
┆----　生体機能制御研究グループ
┆----　バイオマーカー解析研究グループ
（以下、関西センター）
┆----　ストレスシグナル研究グループ
┆----　人工細胞研究グループ
┆----　生体分子創製研究グループ
┆----　先端融合テーマ研究グループ
┆----　バイオインターフェース研究グループ
┆----　くらし情報工学研究グループ
┆----　組織・再生工学研究グループ
└----　細胞分子機能研究グループ

10）九州センター（AIST Kyushu）

所在地：〒841-0052 佐賀県鳥栖市宿町807-1
代表窓口：TEL：0942-81-3600、FAX：0942-81-3690
福岡サイト：〒812-0013 福岡市博多区博多駅東二丁目13-24　(財)九州産業技術センター内 2F
TEL：092-282-0283、FAX：092-282-0281
福岡西支所：〒819-0395 福岡市西区元岡744
TEL：092-802-0260、FAX：092-802-0259
人　員：50名（35名）
概　要：

産業技術総合研究所九州センターは、九州地域におけるオール産総研の窓口として、「研究拠点」と「連携拠点」の二つの機能を活かすための研究開発に取り組んでいる。

九州は半導体、自動車関連分野における製造業の集積地であることから、「研究拠点」として二つの研究センターを設置している。一つは、「マイスター型連携制度」を導入し、半導体産業などの生産現場における品質・生産性の向上、安全確保などに資する新たな計測ソリューションをオンタイムで提供することを目指す「生産計測技術研究センター」であり、鳥栖市の九州センター内に設置している。もう一つは、水素エネルギー社会構築に向けた水素の安全利用技術を確立しつつ、大容量の水素のコンパクトな輸送・貯蔵を実現するための基礎的・科学的知見の深化を目的とする

「水素材料先端科学研究センター」であり、九州大学との密接な連携の下、福岡市の同大学伊都キャンパス（福岡西支所）内に設置している。

「連携拠点」としては、「太陽電池モジュール信頼性評価連携研究体」を設置し、民間企業等とともに太陽電池モジュールの長期信頼性評価のための産学官連携拠点形成を進めている。

この他の「連携拠点」の活動として、11月に産技連九州・沖縄地域部会等が一体となって地域企業等へ技術情報提供、情報交換等を行う交流の場として「第2回九州・沖縄 産業技術オープンデー」を鳥栖市にて開催し、企業から多数の参加者を得た（来場者：377名）。また、九州経済産業局、中小機構九州本部、九州産業技術センターおよび九州ニュービジネス協議会との5者共同主催による「産学官交流研究会 博多セミナー」を中小機構九州本部において毎月第一金曜日に開催し、産学官の出会いと交流・相談の場を提供した。

8月には、九州センターを一般公開し、科学の楽しさや不思議さを体験させる機会を提供した（来場者：1,134名）。1月には、「産総研本格ワークショップ in 熊本」をくまもと有機薄膜技術高度化支援センターとの共催で開催し、講演会、地元企業との意見交換会、技術相談の他、産総研の成果展示も行い、産総研の技術活用を地域企業に広報した（参加者：221名）。

また、5月には佐賀県と連携・協力に関する協定を締結し、県内中小企業向けセミナー・シンポジウムを3回（11月2回、12月1回、延べ参加者:107名）、MZ プラットフォーム導入事例セミナーを1回（2月、参加者:60名）開催した。九州工業大学および北九州市とは、平成24年2月に締結した連携・協力に関する協定に基づく連携事業として、10月の「北九州学術研究都市第12回産学連携フェア」において合同セミナー「環境エレクトロニクス分野の現状と展開」を開催（参加者：66名）するとともに、研究成果を展示した。

産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」では、傘下の5研究会による講演会等を16回、出前シンポジウムを2回（うち1回は佐賀県と共催）開催（参加者:延べ763名）した。

機構図（2013/3/31現在）

［九州センター］

所長　渡辺　正信
所長代理　平井　寿敏
（兼）坂本　満

――［九州産学官連携センター］
センター長　（兼）渡辺　正信
副センター長　成瀬　徹
イノベーションコーディネータ
犬養　吉成
猿渡　新水
（兼）平井　寿敏
産業技術総括調査官
（兼）菖蒲　一久

――［九州センター研究業務推進室］
室長　玉上　康弘
室長代理　山口　秀樹
チーム長　大塚　茂
太田　幹雄

……［生産計測技術研究センター］
研究センター長　坂本　満

……［太陽電池モジュール信頼性評価連携研究体］
連携研究体長　増田　淳

……［水素材料先端科学研究センター］
研究センター長　村上　敬宜

◆図書蔵書数

蔵書												平成24年度末
センター・事業所	区分	単行本					雑誌					
		24年度受入数(冊)				総蔵書数	24年度受入数(冊)				製本冊数	総蔵書数
		購入	寄贈	除籍・移動	計	(冊)	購入	寄贈	除籍・移動	計	(冊)	(冊)
北海道センター	外国	0	65	0	65	1,399	74	0	0	74	74	15,809
	国内	0	248	0	248	4,527	3	226	0	229	205	8,091
	計	0	313	0	313	5,926	77	226	0	303	279	23,900
東北センター	外国	0	0	0	0	515	6	0	0	6	6	6,401
	国内	0	0	△ 911	△ 911	1,469	0	0	△ 34	△ 34	0	2,652
	計	0	0	△ 911	△ 911	1,984	6	0	△ 34	△ 28	6	9,053
つくばセンター												
第2事業所	外国	0	0	△ 67,705	△ 67,705	71	0	0	△ 31,612	△ 31,612	0	0
	国内	3	1	△ 67,405	△ 67,401	392	0	0	△ 5,105	△ 5,105	0	0
	計	3	1	△ 135,110	△ 135,106	463	0	0	△ 36,717	△ 36,717	0	0
第3事業所	外国	0	0	△ 2,579	△ 2,579	206	0	0	△ 2,496	△ 2,496	0	0
	国内	0	0	△ 4,372	△ 4,372	176	0	0	△ 608	△ 608	0	124
	計	0	0	△ 6,951	△ 6,951	382	0	0	△ 3,104	△ 3,104	0	124
第5事業所	外国	0	0	△ 24,248	△ 24,248	167	0	0	△ 43,432	△ 43,432	0	0
	国内	2	0	△ 15,017	△ 15,015	801	0	0	△ 9,891	△ 9,891	0	0
	計	2	0	△ 39,265	△ 39,263	968	0	0	△ 53,323	△ 53,323	0	0
第6事業所	外国	0	0	△ 7,857	△ 7,857	149	0	0	△ 10,781	△ 10,781	0	15,168
	国内	1	0	△ 9,622	△ 9,621	572	0	0	△ 5,017	△ 5,017	0	1,798
	計	1	0	△ 17,479	△ 17,478	721	0	0	△ 15,798	△ 15,798	0	16,966
第7事業所	外国	117	441	60,452	61,010	78,809	2,943	129	87,266	90,338	2,406	141,091
	国内	4	756	51,882	52,642	66,421	504	63	21,266	21,833	364	41,348
	計	121	1,197	112,334	113,652	145,230	3,447	192	108,532	112,171	2,770	182,439
東事業所	外国	246	59	0	305	16,698	361	24	0	385	359	37,385
	国内	0	90	0	90	13,640	192	7	△ 23	176	165	9,533
	計	246	149	0	395	30,338	553	31	△ 23	561	524	46,918
西事業所	外国	1	39	0	40	8,340	138	1	0	139	138	22,949
	国内	12	99	0	111	9,865	158	1	△ 2	157	158	10,711
	計	13	138	0	151	18,205	296	2	△ 2	296	296	33,660
中部センター	外国	3	32	0	35	7,279	44	0	0	44	44	44,686
	国内	0	93	0	93	9,873	62	10	0	72	72	12,119
	計	3	125	0	128	17,152	106	10	0	116	116	56,805
関西センター	外国	12	54	0	66	10,884	241	391	0	632	241	35,909
	国内	0	121	0	121	8,788	16	71	0	87	18	10,031
	計	12	175	0	187	19,672	257	462	0	719	259	45,940
中国センター	外国	0	13	0	13	1,485	114	0	0	114	56	5,757
	国内	0	71	△ 1	70	3,509	45	4	0	49	45	2,959
	計	0	84	△ 1	83	4,994	159	4	0	163	101	8,716
四国センター	外国	0	7	0	7	1,567	31	0	△ 318	△ 287	31	6,670
	国内	0	51	0	51	3,772	50	228	△ 5	273	50	2,689
	計	0	58	0	58	5,339	81	228	△ 323	△ 14	81	9,359
九州センター	外国	5	0	0	5	2,218	87	0	0	87	87	15,025
	国内	57	16	0	73	5,331	72	0	0	72	72	7,310
	計	62	16	0	78	7,549	159	0	0	159	159	22,335
産総研　合計	外国	384	710	△ 41,937	△ 40,843	129,787	4,039	545	△ 1,373	3,211	3,442	346,850
	国内	79	1,546	△ 45,446	△ 43,821	129,136	1,102	610	581	2,293	1,149	109,365
	計	463	2,256	△ 87,383	△ 84,664	258,923	5,141	1,155	△ 792	5,504	4,591	456,215
	※関西センターには尼崎事業所の蔵書の一部も含む											
	※つくばセンター第2、第3、第5、第6の単行本、製本雑誌は第7(6-11棟書庫含)に集約。											

(2) 本部組織

研究の円滑な実施と社会への還元を、より効率的・効果的に支援すべく、平成22年10月の組織改編に際し「研究関連・管理部門等」のうち15部署を3本部に統合・スリム化等を行った。具体的には、産学官連携に関連する業務を総合的かつ横断的に実施する「イノベーション推進本部」、施設の維持・管理に関連する業務を一体的に実施する「研究環境安全本部」、事業所等の研究支援業務を統括する「総務本部」を設置した。

【本部組織】
・企画本部
・コンプライアンス推進本部
・イノベーション推進本部
・研究環境安全本部
・総務本部
・評価部
・広報部

＜凡 例＞
本部・事業組織名（英語名）

所在地：つくば中央第×、△△センター
人　員：常勤職員数（研究職員数）
概　要：部門概要

機構図（2013/3/31現在の役職者名）

××室（英語名）
（つくば中央第○）
概要：業務内容
△△室（英語名）
（△△センター）
概要：業務内容

業務報告データ

１）企画本部（Planning Headquarters）

所在地：東京本部、つくば中央第2
人　員：66名（43名）
概　要：

企画本部は、理事長を補佐し、研究所の総合的な経営方針の企画及び立案、研究所の業務の実施に係る総合調整並びに業務合理化の推進等に係る業務を行っている。

具体的には、理事長の執務補佐を行うとともに、研究所の経営企画業務として、経済産業省と密接なコミュニケーションをとりつつ、法人運営全体に係わる企画調整、経営方針の企画立案、中期計画及び年度計画の取りまとめ、研究資源の配分、研究センター・研究部門・研究ラボの新設及び改廃案の策定等を行っている。研究企画業務として、研究方針の企画立案、研究戦略の策定、分野融合による重点研究テーマの設定、研究スペースの調整、研究計画の取りまとめ等を行っている。

また、国会、経済産業省、総合科学技術会議や独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構等の外部機関への総括的な対応を担っている。

機構図（2013/3/31現在）

【企画本部】

企画本部長	脇本　眞也
企画副本部長	進藤　秀夫
	宇都　浩三
	大和田野　芳郎
審議役	廣田　正典
├【総合企画室】	
室長	中村　安宏
総括企画主幹	今泉　博之
	鎮西　清行
	加納　誠介
├【組織企画室】	
室長（兼）	頓宮　裕貴
├【研究戦略室】	
室長（兼）	宇都　浩三
総括企画主幹	古屋　武
├【産業技術調査室】	
室長	関根　重幸
├【福島拠点設立準備室】	
室長（兼）	廣田　正典
└【法人統合準備室】	
室長	頓宮　裕貴

総合企画室
（General Planning Office）
概　要：

企画本部6室を総括し、研究所の総合的な経営方針及び研究方針の企画及び立案並びに総合調整に関する業務を行っている。

組織企画室
（Organization Planning Office）
概　要：

組織企画室は、研究所の組織及び人員配置にかかる基本方針の企画及び立案並びに総合調整、研究所の運営諮問会議、及び理事長が参加する外部委員会等への対応に関する業務を行っている。

研究戦略室
（Research Strategy Office）
概　要：

研究戦略室は、研究所の研究戦略及び研究所の人事に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整を行っている。

産業技術調査室
（Industrial Technology Research Office）
概　要：

産業技術調査室は、研究所の経営方針の企画立案に資する調査並びに産業技術や国等の政策動向に関する情報の収集、分析を行っている。

福島拠点設立準備室
（Planning Office for Fukushima Research base）
概　要：

福島拠点設立準備室は、研究所の福島県における再生可能エネルギー研究開発等に係る拠点整備及び研究業務の企画及び立案並びに総合調整に関する業務を行っている。

法人統合準備室
（Planning Office for Reorganization）
概　要：

法人統合準備室は、研究所と他法人との統合に関する関係機関等との調整に関する業務を行っている。

２）コンプライアンス推進本部（Compliance Headquarters）

所在地：つくば中央第2
人　員：15名（3名）
概　要：

当本部は、「研究所のコンプライアンスの推進及び内部統制に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整並びに研究所の業務の監査に関する業務を行う」

（産総研組織規程第18条）の規定に基づき、産総研における各部署や職員等のコンプライアンスに関する取組みを支援するとともに、リスク管理の最終責任部署として関連部署等と連携を図りながら、社会の信頼に応える組織の構築を推進している。
当本部の平成24年度の主な活動は以下のとおりである。
１．各部門等及び組織全体としてのリスク管理活動の向上
２．参加型によるコンプライアンスの周知徹底

１．については、各部門等が作成したリスク管理活動評価票の記載内容から、各部門等で発生した想定外事案等の整理・分析を行うとともに、研究ユニットのリスク管理責任者等を主体に意見交換を行った。更にこれらの事案等を、参考となる取組み事例及び教訓となる事例として整理し、イントラ上で公表を行い、部門等へフィードバックするなどにより、リスク管理のPDCAサイクルを遂行した。
また、平成23年度に着手した平成20年度以降のヒヤリハット・事故等の起因を分析・分類するとともに、職員に分り易い表現とするなどによるリスクテンプレートの改訂に向けた見直しの結果を踏まえ、平成24年度にリスクテンプレートの改訂を行った。
更に、大規模地震を想定した優先業務の継続・早期復旧を図るための対策として、平成23年10月に策定した業務継続計画（BCP）について、他法人への業務承継等に伴う優先業務の見直し等の改定を行った。

２．については、職員等のコンプライアンスに対する意識向上に向けた当本部の活動が押しつけとならないよう、「参加型コンプライアンス」の推進を意識して活動を展開した。具体的には新規採用職員・契約職員に対する「新規採用職員研修」及び「職員等基礎研修」において「コンプライアンス」の講義を行いコンプライアンスに関する意識づけを行った。中堅職員に対する「グループ長等研修」においては、コンプライアンスの知識の再認識とともに部下への指導等を担う立場の意識づけのための講義を行った。また、コンプライアンスに対する意識向上を図るため「コンプライアンスに関するセルフチェック」を実施するとともに、所内におけるコンプライアンス推進活動の一環として、身近な事例をもとにコンプライアンスに関する理解をより深めるため「コンプラ便り」を作成し、所内に発信した。
更に、近年、Facebook、Twitterなどのソーシャルメディアサービスが急激に普及し、社会的に業務上での利用も増加しており、これらの利用によるメリットやリスクを正しく理解し、適切に活用することを目的として、平成24年度にソーシャルメディア活用ガイドラインを策定し、役職員等への周知を行った。

機構図（2013/3/31現在）

［コンプライアンス推進本部］
本部長　（兼）一村　信吾
副本部長　（兼）河津　司
総括企画主幹　肥田野　昌広
緒方　雄二
［法務室］　室　長（兼）肥田野　昌広
総括主幹　大川　裕之
総括主幹　小賀野　功
［リスク管理室］室　長　宮本　晃之
総括主幹　北川　由紀子
［監査室］　室　長（兼）伊東　一明
総括主幹　金田　孝雄

法務室（Legal Office）

（つくば中央第2）

概　要：
法務室は、(1)不服審査及び訴訟に係る業務、(2)規程類の整備、(3)業務及び生活に関する法律相談、(4)内部通報制度に関すること、(5)利益相反マネージメントに係る年2回の定期自己申告、利益相反カウンセラーによるヒアリング等の業務を行った。

リスク管理室（Risk Management Office）

（つくば中央第2）

概　要：
リスク管理室は、研究所における研究活動や一般業務を阻害する要因を“リスク”と捉え、適切なリスク管理による業務内容の高度化と研究所運営の効率化に向けて、(1)研究所全体のリスク管理のとりまとめ及び組織横断的なリスクの管理・対策に係る企画立案・総合調整、(2)研究所におけるリスクの定量的な評価の実施、重大リスク（優先的に取り組むべきリスク）の掌握、(3)過去の教訓事例やリスク評価の結果に立脚した重大リスクの低減策の策定、(4)事故・事件等の危機に対応し、被害を最小限に留める対策、(5)適切なコミュニケーション（情報提供・公表等）による信頼の維持・確保に向けた各部門等との調整、(6)リスク管理委員会の事務局に係る業務を行った。

監査室（Audit Office）

（つくば中央第2）

概　要：
監査室は、(1)①業務の有効性及び効率性、②事業活動に係る法令等の遵守、③資産の保全、④財務報告書等の信頼性の実現のため、各業務が適正かつ効率的に機能しているかモニタリングすることを目的とした内部監査業務、(2)研究所の財務内容等の監査を含む

業務の能率的かつ効果的な運営を確保することを目的とした通則法第19条第4項に基づく監事の監査業務の支援に関する業務を行った。

3）【イノベーション推進本部】（Research and Innovation Promotion Headquarters）

所在地：つくば中央第2
人　員：14名（14名）
概　要：

イノベーション推進本部は、産学官連携、知的財産の活用、国際標準の推進、ベンチャー創出・支援、国際連携、イノベーション人材の育成などの業務を一体化かつ密接に連携して実施する体制を敷き、これらのイノベーション推進業務を一元的なマネージメントの下、総合的かつ横断的に執行する。また、産学官が結集する研究拠点を整備し、研究開発に加えて評価や標準化を見据えた産総研の「人」と「場」を活用する連携を推進している。

さらに、企業や大学などの外部機関とのインターフェースとなって連携コーディネーションを担う「上席イノベーションコーディネータ」、「イノベーションコーディネータ」、それらを補佐する「連携主幹」を配置し、本部、研究分野、研究ユニットが一体となって外部との連携を推進する体制をとっている。

当本部はこの体制の下、産業技術に関する産業界や社会からの多様なニーズを迅速かつ的確に捉え、有望な技術シーズの発掘と育成、研究開発プロジェクトの企画立案と推進・支援、さらには中小企業支援や新産業の創出を行う。

機構図（2013/3/31現在）

［イノベーション推進本部］

- 本　部　長　　瀬戸　政宏
- 研究参与　　田中　芳夫
- 研究参与　　河野　満男
- 研究参与　　石川　正俊
- 研究参与　　吉田　重治
- 上席イノベーションコーディネータ
  - 上原　斎
  - 三木　啓司
  - 米田　晴幸
  - 景山　晃
  - 坂西　欣也
  - 秋宗　淑雄
- イノベーションコーディネータ
  - 綾　信博
  - 横地　俊弘
  - 元吉　文男
  - 古沢　清孝
  - 高井　一也
  - 山中　忠衛
  - 山田　豊章
  - 小高　正人
  - 清水　聖幸
  - 石川　純
  - 天神林　孝二
  - 渡辺　一寿
  - 内田　利弘
  - 樋口　哲也
  - 尾崎　浩一
  - 名川　吉信
  - 橋本　亮一
  - 田中　充
  - 鈴木　英一
- 連携主幹
  - 伊達　正和
  - 吉田　晴男
  - 児玉　泰治
  - 小林　秀輝
  - 新間　陽一
  - 泉　和雄
  - 三國　一郎
- イノベーション推進企画部
- 知的財産部
- 産学官連携推進部
- 国際部
- ベンチャー開発部
- 国際標準推進部
- つくばイノベーションアリーナ推進部
- イノベーションスクール

①【イノベーション推進企画部】（Planning Division）

所在地：つくば中央第2
人　員：19名（11名）
概　要：

イノベーション推進本部7部1スクール（イノベーション推進企画部、知的財産部、産学官連携推進部、国際部、ベンチャー開発部、国際標準推進部、つくばイノベーションアリーナ推進部及びイノベーションスク

ール）を総括し、イノベーションの創出及び推進のための戦略策定、企画の立案、及びプロジェクト等の推進を行っている。

イノベーション推進企画部の当該年度における主な活動は、次の通りである。

・「戦略予算事業」としてグリーンイノベーション分野、ライフイノベーション分野、それぞれにおける課題解決型研究開発とオープンイノベーションハブ機能の強化を推進することを目的とした課題を対象とし、所内募集・審査を行い、58課題（30億円）を採択した。加えて、イノベーション推進本部内にタスクフォースを設置し、当該課題のブラッシュアップ、企業連携・知財戦略等の支援を行った。
・本格研究ワークショップを7地域拠点で開催。理事長をはじめとする経営層・研究者と、地域の産業・行政との間で本格研究の理念・方法論について共有化を進めた。
・産総研が参画する20の技術研究組合により実施される延べ22の大型外部資金プロジェクトの推進、及び技術研究組合に関する運用方針の取り決め、事務手続きフロー整備等の総合調整を行った。
・産総研の研究施設等を民間企業等が使用し、研究成果物等を社会に普及する為に「完全密閉型遺伝子組換え植物工場」を使用した医薬品原料（遺伝子組換えイヌインターフェロンα発現イチゴ）の生産及びそれらを用いた動物用医薬品の供給を平成23年度から継続すると共に、平成24年度は新たに次の2事業を開始した。
  ⅰ「イオン注入装置」を使用した単結晶ダイヤモンドの供給。
  ⅱ「スーパーグロース法 CNT 合成実証プラント」を使用したスーパーグロース法による単層 CNT（SGCNT）試験サンプルの配布。
・「産総研オープンラボ2012」の開催に係る総合調整を行い、産総研の研究リソースや技術シーズの公開等、外部機関との連携促進のための支援を行った。
・「産総研研究戦略」において、イノベーション推進戦略に関わる部分（第2部）を改訂した。
・日本経済新聞社との協働事業「日本を元気にする産業技術会議」を実施し（シンポジウム等を14回開催）、議論の総括として日本の産業界に向けて提言を発表した。
・個々の研究開発（実施テーマ）とその従事研究者、資金、研究業績などの関連情報を登録・収集する研究テーマデータベースを用いて、研究ユニットにユニット評価のデータ提供を行った。

機構図（2013/3/31現在）

［イノベーション推進企画部］

	部　長	濱川　聡
	審議役	三留　秀人
		重政　弥寿志
		菊地　正寛
	総括企画主幹	谷口　正樹
		三宅　正人
		浅川　真澄
		榊原　陽一
├［戦略事業推進室］	室長（兼）	谷口　正樹
	総括主幹	濱崎　陽一
└［地域戦略室］	室長（兼）	重政　弥寿志
	総括主幹	関　浩之
	総括主幹	佐脇　政孝
	総括主幹	小川　博文

戦略事業推進室

（Strategic Research Promotion Office）

（つくば中央第2）

概　要：

イノベーションの創出及び推進に係る企画・立案及び総合調整、並びにイノベーションの創出のための戦略策定及びプロジェクトの推進に関する業務を行っている。

地域戦略室

（Regional Research Promotion Office）

（つくば中央第2）

概　要：

地域の産学官連携戦略の策定及び地域センターの産学官連携活動の支援等を行っている。

②【知的財産部】

（Intellectual Property Division）

所在地：つくば中央第2

人　員：23名（5名）

概　要：

産総研の研究成果を社会に普及させることにより、経済及び産業の発展に貢献していくことは、産総研の大きな使命である。このため、知的財産部においては、研究成果が技術移転につながるよう知的財産権を戦略的に取得し、適切に維持・管理すると共に、産総研所有の知的財産を広く一般に紹介し、技術移転マネージャーが中心となり、イノベーションコーディネータ等とも協力し、技術移転を強力に推進している。

また、職員に対して研修や説明会を開催することにより、研究開発等において創製される発明等について、知的財産権を強く意識するよう促すとともに、内部弁理士（パテントリエゾン）、技術移転マネージャー並びにイノベーションコーディネータと連携し、産総研内外の知的財産に関する各種ニーズに対応している。さらに、ベンチャー開発部と連携し、産総研発ベンチャーへの知的財産に関する支援も行っている。

機構図（2013/3/31現在）

［知的財産部］

部　　長		間中　耕治
次　　長		高井　一也
審 議 役		菅生　繁男
［知的財産企画室］	室　　長	柴田　昌弘
［技術移転室］	室長（兼）	高井　一也
［知的財産管理室］	室　　長	吉原　公一

知的財産企画室
（Planning Office）
（つくば中央第2）

概　要：

産総研の知的財産に関する企画及び立案並びに総合調整を行うとともに、知的財産に係る各種業務を行うことで、産総研職員の知財マインドの向上及び産総研研究成果の技術移転を推進している。

具体的には、秘密保持契約等の交渉及び締結事務、発明者補償金に関する業務、知的財産に関する研修企画業務、共同研究契約や技術研究組合の知財関連規程等に関する支援業務等、知的財産に関する業務を幅広く行っている。

技術移転室（Technology Licensing Office）
（つくば中央第2）

概　要：

産総研の研究成果を社会に普及するため、保有する知的財産のライセンス等の技術移転を推進している。

具体的には、研究成果の産業化に向けた技術移転戦略の構築、産業界における技術ニーズ及び事業化戦略の動向等に関する情報の収集、マーケティング活動、ライセンス交渉及び契約締結、ライセンス収入の徴収・管理、産総研技術移転ベンチャーへの知的財産に関する支援等に関する業務を行っている。

知的財産管理室
（Intellectual Property Administration Office）
（つくば中央第2）

概　要：

産総研の研究成果を戦略的かつ効率的に知的財産権化するため、パテントリエゾンや連携企業等と協力し、研究ユニットで創製した発明等を速やかに国内外特許庁に対し出願するとともに、適切な知的財産の保護と権利満了までの管理業務を行っている。

出願時には、研究者及びイノベーションコーディネータ並びにパテントリエゾンと連携し、速やかな特許相談対応と明細書等を作成し、出願等手続を行っている。また、企業・大学等の外部機関と連携して創製された共有発明等の出願にあたっては、当該発明等にかかる知的財産権の持分について契約締結等調整業務を行っている。

また、特許権等の維持管理にあたっては、「産総研知的財産ポリシー」を踏まえ、権利維持の要否を判断するための特許出願プレビューや特許審査委員会の事務局業務を行っている。

産総研平成24年度特許関連統計

国内特許	出願件数	687件
	登録件数	1,185件
国外特許	出願件数	232件
	登録件数	231件
実施（国内＋国外）	実施契約件数	882件
	技術移転収入	258百万円

平成 24 年度ユニット別出願件数（届出時のユニット名）　　（2013/3/31 現在）

研究ユニット	24 年度国内出願件数			24 年度外国出願件数			24 年度外国基礎出願件数		
	単	共	計	単	共	計	単	共	計
水素材料先端科学研究センター	1	2	3	0	2	2	0	2	2
糖鎖医工学研究センター	2	3	5	4	3	7	4	3	7
新燃料自動車技術研究センター	4	2	6	1	2	3	1	2	3
生命情報工学研究センター	0	4	4	0	1	1	0	1	1
生産計測技術研究センター	7	9	16	4	1	5	3	1	4
バイオメディシナル情報研究センター	1	4	5	1	4	5	1	4	5
ナノチューブ応用研究センター	9	4	13	6	3	9	6	3	9
サービス工学研究センター	3	1	4	0	0	0	0	0	0
ネットワークフォトニクス研究センター	1	1	2	3	2	5	3	2	5
活断層・地震研究センター	0	1	1	0	0	0	0	0	0
メタンハイドレート研究センター	0	0	0	0	0	0	0	0	0
コンパクト化学システム研究センター	8	14	22	1	8	9	1	5	6
ナノスピントロニクス研究センター	3	4	7	2	3	5	2	1	3
幹細胞工学研究センター	6	1	7	1	1	2	1	1	2
デジタルヒューマン工学研究センター	1	0	1	0	0	0	0	0	0
集積マイクロシステム研究センター	10	8	18	1	1	2	1	1	2
先進パワーエレクトロニクス研究センター	13	32	45	4	19	23	4	19	23
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	5	4	9	0	4	4	0	2	2
太陽光発電工学研究センター	10	9	19	1	2	3	1	2	3
バイオマスリファイナリー研究センター	5	5	10	2	3	5	2	3	5
計測標準研究部門	13	8	21	3	1	4	3	1	4
地圏資源環境研究部門	4	2	6	0	0	0	0	0	0
知能システム研究部門	10	6	16	0	2	2	0	2	2
計測フロンティア研究部門	5	3	8	2	0	2	2	0	2
ユビキタスエネルギー研究部門	16	39	55	6	19	25	6	18	24
先進製造プロセス研究部門	23	14	37	3	6	9	3	5	8
サステナブルマテリアル研究部門	13	7	20	3	0	3	3	0	3
地質情報研究部門	1	0	1	0	0	0	0	0	0
環境管理技術研究部門	10	10	20	2	2	4	2	2	4
環境化学技術研究部門	19	7	26	0	4	4	0	4	4
エネルギー技術研究部門	22	7	29	2	6	8	2	5	7
情報技術研究部門	4	4	8	0	0	0	0	0	0
安全科学研究部門	0	4	4	0	0	0	0	0	0
バイオメディカル研究部門	20	19	39	4	2	6	4	2	6
健康工学研究部門	14	10	24	3	5	8	3	5	8
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	10	1	11	2	1	3	2	1	3
ナノシステム研究部門	25	22	47	7	7	14	7	6	13
生物プロセス研究部門	11	6	17	2	0	2	2	0	2
電子光技術研究部門	13	2	15	3	0	3	3	0	3
ナノエレクトロニクス研究部門	35	39	74	27	17	44	19	9	28
セキュアシステム研究部門	3	2	5	1	0	1	1	0	1
ダイヤモンド研究ラボ	2	0	2	0	0	0	0	0	0
ナノデバイスセンター	2	1	3	0	0	0	0	0	0
地質標本館	1	0	1	0	0	0	0	0	0
関西センター	0	1	1	0	0	0	0	0	0
合計	365	322	687	101	131	232	92	112	204

※外国基礎出願件数：外国出願を行う基礎となった国内出願の件数。

平成 24 年度研究分野別登録件数（届出時の研究分野）　　（2013/3/31 現在）

研究分野＼登録件数	国内			外国		
	単願	共願	合計	単願	共願	合計
環境・エネルギー分野	263	128	391	27	38	65
ライフサイエンス分野	124	49	173	12	21	33
情報通信・エレクトロニクス分野	132	89	221	31	28	59
ナノテクノロジー・材料・製造分野	224	90	314	43	23	66
標準・計測分野	54	20	74	1	4	5
地質分野	10	1	11	3	0	3
その他	1	0	1	0	0	0
合計	808	377	1,185	117	114	231

③【産学官連携推進部】

（Collaboration Promotion Division）

所在地：つくば中央第2

人　員：45名（8名）

概　要：

産業界、大学、公的研究機関、自治体等との連携の構築を通して、第三期中期計画における取組の大きな柱と位置付けている「21世紀型課題の解決」と「オープンイノベーションハブ機能の強化」に貢献することを目的とした活動を行っている。具体的には、産学官が一体となって研究開発や実用化等を推進するために、共同研究や受託研究の受入等を含めた各種産学官連携制度の企画・立案及びそれらの制度の効率的かつ着実な運用、地域技術施策の立案・調整、技術相談窓口、関東甲信越静地域における産業支援機関・団体等との連携ネットワークの構築、中堅・中小企業等への技術移転の推進等に関する業務を行っている。

機構図（2013/3/31現在）

[産学官連携推進部]

部　　長　清水　聖幸

次　　長　鈴木　光男

- [連携企画室]　室長　宮本　健一
- [産学・地域連携室]　室長　尾崎　浩一
  - 総括主幹　掛札　泰司
  - 総括主幹　後藤　浩平
- [関東産学官連携推進室]　室長　橋本　亮一
  - 総括主幹　松本　成司
- [プロジェクト支援室]　室長　小林　良三
  - 総括主幹　吉成　美智夫
- [共同研究支援室]　室長　屋代　久雄
- [検査管理室]　室長　狩野　篤

連携企画室

（Collaboration Promotion Division Planning Office）

（つくば中央第2）

概　要：

産学官連携活動全般について企画・立案を行うとともに、産学官連携推進部全体の業務を円滑に推進させるための総合調整を行っている。さらに、外部機関との連携協定の締結に関すること、連携大学院協定の締結と運用に関すること、産総研コンソーシアムの設立手続に関すること等の業務を行っている。

産学・地域連携室

（Collaboration Promotion Division Corporate, Academic and Regional Collaboration Office）

（つくば中央第2）

概　要：

地域技術施策の立案・調整業務、中小企業との共同研究の推進、技術相談窓口業務、産業技術連携推進会議事務局として産総研と公設試験研究機関とのネットワークの構築・強化に係る業務等を実施している。

産業技術連携推進会議事務局業務では、産総研と公設試験研究機関によるプロジェクト共同提案へ向けた取組として「研究連携支援事業」や、研究会として持ち回り計測や依頼試験等の計測値に関する公設試間連携のための「技術向上支援事業」を行っている。

さらに、地域・中小企業ニーズを取り込み、産総研の技術を活用し製品化を目指して、公設試験研究機関・中小企業と共同で研究開発を実施する「地域産業活性化支援事業」を行っている。

中小企業と共同研究を推進するための事業として、研究開発規模が数千万円から億円レベルでプロジェク

ト化が必要な共同研究の提案を支援する「中小企業共同研究スタートアップ事業」を実施している。

また、産総研の技術シーズを基に高性能な製品を開発し海外展開を図る中小企業に対し、その製品性能を評価する手法を確立して製品及び評価手法を海外に向けて発信することにより、中小企業のグローバル展開を支援する「中小企業グローバルトップ性能製品の評価手法の開発」事業を実施している。

関東産学官連携推進室
（Collaboration Promotion Division Kanto Collaboration Office）
（つくば中央第2）

概　要：

関東甲信越静地域における、産業支援機関・団体等との連携ネットワークの構築・強化を行うとともに、域内の技術開発力を持つ中堅・中小企業等を発掘・育成し、技術開発支援を行うことにより、共同研究等の技術移転を促進している。また、産学官連携共同研究施設（つくば）の運営に関する業務を行っている。

プロジェクト支援室
（Collaboration Promotion Division National Project Support Office）
（つくば中央第2）

概　要：

産総研における研究成果の普及、技術移転等を図るための受託研究及び請負研究並びに産総研から他機関への委託研究に係る契約事務等の業務を行うとともに、受託研究及び研究助成金等外部からの研究資金受入のための支援業務を行っている。

共同研究支援室
（Collaboration Promotion Division Collaborative Research Support Office）
（つくば中央第2）

概　要：

産総研における外部機関との連携、技術移転等を図るための共同研究に係る業務を行っている。

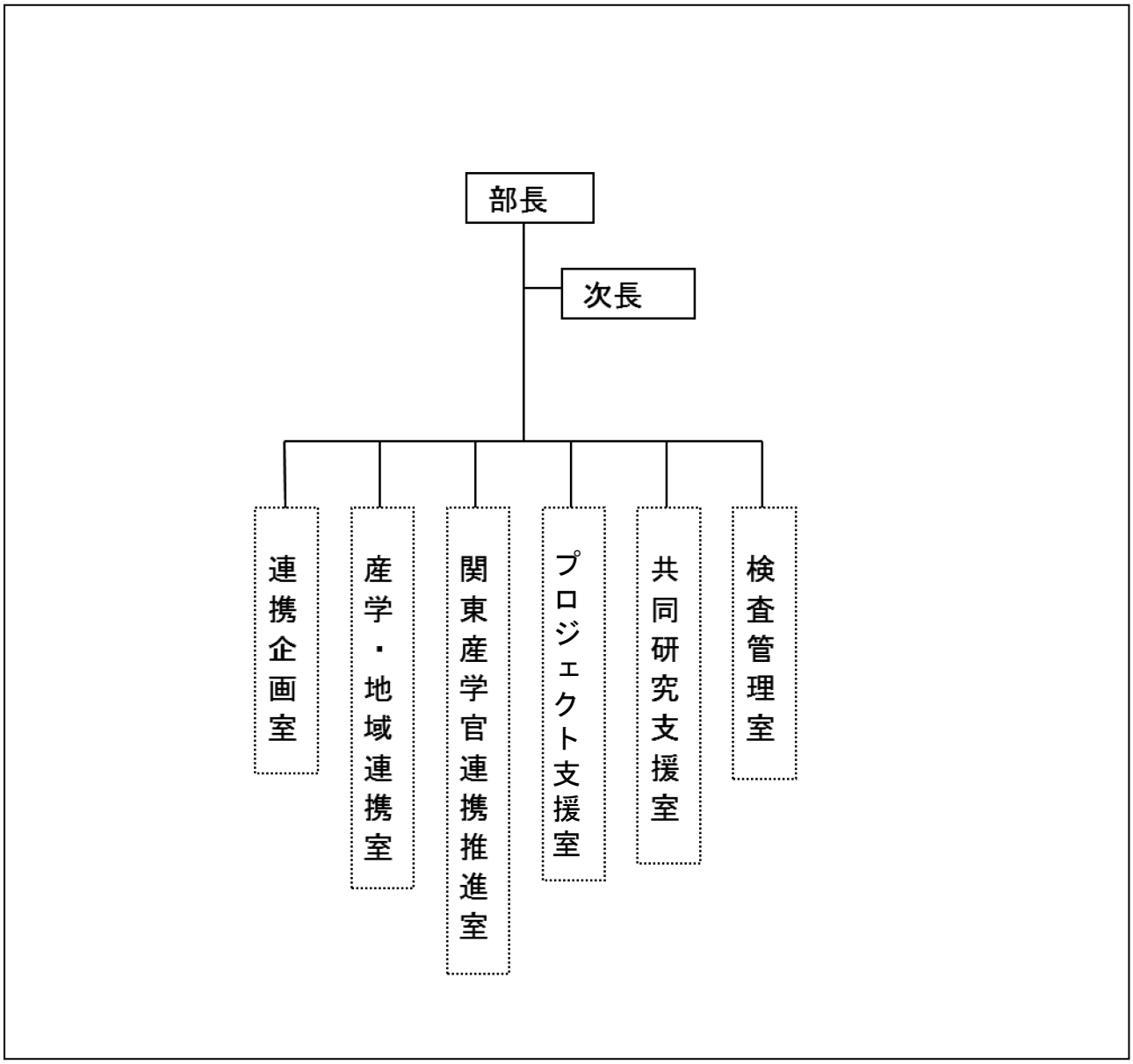
また、産総研の「人」と「場」を活用した産学官連携活動を推進するため、技術研究組合からの研究員等の受入に関する覚書締結及び技術研究組合事業に参加する職員に関する協定書締結等の支援業務を行っている。

検査管理室
（Collaboration Promotion Division Inspection and Administration Office）
（つくば中央第2）

概　要：

受託研究等外部研究資金について、その適正な執行を確保するため、職員説明会の開催、自主点検等の実施を通じ、職員に対するコンプライアンスの向上に努めている。また、組織内外からの外部研究資金に係る相談窓口の設置及び不正使用等に係る通報窓口を設置している。

１．産学官連携推進部の組織



1）共同研究

企業、大学や公設研究所などと産総研が、共通のテーマについて対等な立場で共同して研究を行う制度である。

共同研究ユニット別件数一覧

平成25年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	19	3	57	26		105
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	26	10	31	34	10	111
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	5	2	25	6	4	42
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	48	9	45	23		125
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	11	5	28	10	3	57
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～2013.03.31			3	1		4
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～	4	1	17	2		24
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	2		3			5
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	13	3	34	17	1	68
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	9	2	42	4	1	58
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	25	8	114	29	8	184
バイオマスリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～	9	1	21	5	5	41
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	64	12	36	23	8	143
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	49	17	32	31	5	134
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	36	5	29	27	3	100
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	41	6	40	27	2	116
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	12	2	14	3	1	32
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	6	6	10	3	3	28
バイオメディシナル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～2013.03.31	19	20	14	13	1	67
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	20	1	9	3		33
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	36	12	31	24	3	106
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	6	3	19	5		33
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	41	12	36	31	7	127
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	30	5	29	30	1	95
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～	10	2	14	5	2	33
ネットワークフォトニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	3	1	9	3		16
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	4	1	21	3	1	30
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	1		5			6
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	3	1	17	10		31
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	10	1	62	6		79
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	40	5	69	47	10	171
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	36	10	52	58	12	168
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	42	7	74	40	1	164
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	23	4	9			36
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	3	6	20	14	2	45
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～2013.03.31	5	2	5	3		15
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～	33	30	61	52	25	201
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～	40	17	27	21	2	107
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～	19	6	17	16	5	63
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	18	5	27	10	5	65
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	11	5	2	2	3	23
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	6	1			4	11
フェロー、事業組織・本部組織等	その他		3		9	3	1	16
		計	841	249	1,219	670	139	3,118

※国内案件のみ

2）委託研究

産総研で研究するより、産総研以外の者（大学、企業等）に委託した方が、研究の効率性や経済性が期待出来る場合に、産総研以外の者に委託する制度である。

委託研究ユニット別件数一覧

平成25年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～						0
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	3					3
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	4					4
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	2					2
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	5			2	1	8
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～2013.03.31						0
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～						0
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	11	2	4	4		21
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～						0
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	3		1			4
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～						0
バイオマスリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～	1					1
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～						0
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	4					4
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	1			1	2	4
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	1			1		2
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～						0
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～						0
バイオメディシナル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～2013.03.31						0
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～						0
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	2					2
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	1	1				2
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	6	3				9
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	1		1			2
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～				1		1
ネットワークフォトニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～						0
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～						0
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～						0
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～						0
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～						0
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～						0
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～		1				1
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	1	1			1	3
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～						0
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	1					1
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～2013.03.31						0
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～	1	1				2
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～			1			1
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～						0
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	9	2	4	6	3	24
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	10				1	11
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	2				2	4
フェロー、事業組織・本部組織等	その他		9	1				10
		計	78	12	11	15	10	126

※国内案件のみ

3）受託研究

企業、法人など他機関から産総研に研究を委託する制度である。その成果は委託元で活用できる。委託元の研究者を外来研究員として受け入れることも可能である。

受託研究ユニット別件数一覧

平成25年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	2	18	1	3	3	27
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	4	14	2	7	6	33
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	2	10	2	1	1	16
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	4	17	10	7	11	49
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	1	5	1	6	7	20
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～2013.03.31		1			1	2
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～		4	1		2	7
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～					1	1
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	1	11	1		1	14
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～		1	2			3
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	1	11	6		1	19
バイオマスリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～	4	5	1		3	13
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	2	12	2	2	2	20
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～		11	1	3	3	18
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	14	1	1	3	20
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	7	3	2	4	17
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	1	3				4
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～		8				8
バイオメディシナル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～2013.03.31		6			3	9
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	3				4
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	1	11	1	6	3	22
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～		9			2	11
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～		9	2	4	2	17
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～		7	1	1	1	10
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～		6	1		1	8
ネットワークフォトニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～		1			1	2
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～		4			2	6
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～		4	1			5
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	2	8	1	2		13
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～		6	1	1		8
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	2	15	1	6	1	25
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	2	7	1	1	1	12
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	2	20		2	7	31
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～		4			1	5
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～		6	1			7
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～2013.03.31	1			1		2
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～	4	12	9	6	6	37
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～		2	3	3	3	11
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～		7	1			8
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～		7	4	5	8	24
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	2	5		1	5	13
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	2	2		1	2	7
フェロー、事業組織・本部組織等	その他			6	1		6	13
		計	43	319	63	72	104	601

※国内案件のみ

4）請負研究

受託研究によることができない研究を他機関からの依頼に応じて産総研が行うものであり、その経費は依頼者に負担していただく。

請負研究ユニット別件数一覧

平成25年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～						0
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～						0
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～						0
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	1	2	3	3		9
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～			1	1	1	3
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～2013.03.31						0
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～			1			1
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～						0
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～			1			1
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～						0
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～						0
バイオマスリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～			3			3
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～				1		1
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～				1		1
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～			1			1
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～			1			1
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～						0
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～						0
バイオメディシナル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～2013.03.31	2		1	1		4
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～						0
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～			1			1
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～						0
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～						0
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～						0
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～						0
ネットワークフォトニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～						0
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～		1		1		2
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～						0
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	1		1	3		5
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～						0
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～						0
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～						0
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	1		1			2
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～						0
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～						0
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～2013.03.31						0
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～			1	1		2
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～						0
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～						0
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～			2	1		3
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～					1	1
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～		2				2
フェロー、事業組織・本部組織等	その他				2			2
		計	5	5	20	13	2	45

※国内案件のみ

5）技術研修

外部機関等の研究者、技術者を産総研が受け入れ、産総研の技術ポテンシャルを基に研修を行う制度である。

技術研修ユニット別人数一覧

平成25年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止年月日	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	51		2	3		56
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	29		3			32
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	23		3	1		27
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	53	1	2	2		58
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	17	1	6	3	1	28
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～2013.03.31	93			2	1	96
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～	6		1			7
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	18	2		3		23
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	21		6			27
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	7					7
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	23		2	4		29
バイオマスリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～	4					4
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	73			1		74
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	51				5	56
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	61		6	4	2	73
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	39	1		1		41
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	4			1		5
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	18	1	10			29
バイオメディシナル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～2013.03.31	12	6	2			20
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	26					26
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	22			1	1	24
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	22			2		24
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	21		11	1		33
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	66	4	1			71
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～						0
ネットワークフォトニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	5					5
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	25					25
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	9					9
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	29					29
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	9		6	2		17
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	49		2	1	2	54
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	7				2	9
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	36		11	1		48
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	11	5				16
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	33			1	2	36
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～2013.03.31	1					1
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～	22	7	3	5	2	39
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～	25	2	16	4	4	51
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～	22					22
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	6				1	7
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	17					17
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	4				6	10
フェロー、事業組織・本部組織等	その他		82	8	32	17	3	142
		計	1,152	38	125	60	32	1,407

※国内案件のみ

６）外来研究員

外部機関等の研究者等が産総研において研究を行う際に研究員として受け入れる制度である。

外来研究員ユニット別人数一覧

平成25年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	13	1		1	7	22
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	10	3		1	12	26
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	5	2	2		4	13
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	30	8	6	1	19	64
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	11	2			10	23
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～2013.03.31	50	2	2			54
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～	4	7	1	2	6	20
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	5		6			11
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	8			2		10
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	3		13	1	6	23
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	5		1	1	2	9
バイオマスリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～		4			1	5
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	41	3	2	2	19	67
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	5	2	2	3	8	20
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	7	5	1	7	6	26
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	37	4		2	21	64
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	3					3
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	14		1	1	2	18
バイオメディシナル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～2013.03.31	8		1	3	2	14
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	3				3	6
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	16	2	1	1	7	27
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	5	6				11
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	6	2	6	2	17	33
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	14	6	2	4	11	37
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～	3			1	4	8
ネットワークフォトニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	2					2
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	7	1		2	5	15
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	2		2			4
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	14	2		1	1	18
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	9	3	1	1	4	18
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	16	1		2	17	36
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	4	2		1	5	12
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	21	2	2	4	10	39
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～						
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	5				3	8
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～2013.03.31		2				2
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～	3	2	6		11	22
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～	4			1	2	7
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～	4		5	1	3	13
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	11		4		10	25
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	59	9	4	5	21	98
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	21	11		1	2	35
フェロー、事業組織・本部組織等	その他		6	4	4	2	18	34
		計	494	98	75	56	279	1,002

※国内案件のみ

7）連携大学院

大学と産総研が協定を結び、産総研研究者が大学から連携大学院教官の発令を受け、大学院生を技術研修生として受け入れ、研究指導等を行う。この制度による大学院生には被指導者であると同時に研究協力者としての側面があり、産総研にとっても研究促進を図ることができる。

（参考：大学院設置基準「第13条第2項　大学院は、教育上有益と認めるときは、学生が他の大学院又は研究所等において必要な研究指導を受ける事を認めることができる。(後略)」）

○連携大学院派遣教員ユニット別人数一覧

平成25年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止年月日	派遣教員数				
			国公立大学		私立大学		計
			教授	准教授	教授	准教授	
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	3	3	5	2	13
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	2	2	1		5
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	5	2	5		12
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	11	3	7	1	22
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	1	1	1		3
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～2013.03.31			1		1
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～		1			1
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～					0
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	2	1	6		9
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	1		2		3
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	10	1	1	1	13
バイオマスリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～					0
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	4	5	2	5	16
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	13	4	1		18
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	9	6	3	1	19
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	3	1	5	1	10
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	1	2			3
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	3	14	3	5	25
バイオメディシナル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～2013.03.31	3	3			6
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	1			2
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	7	3	2	1	13
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	3	3	2	2	10
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	1		9		10
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	1		7	1	9
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～	1	1			2
ネットワークフォトニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～			1		1
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	1	1		2	4
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	1			1	2
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	3	4			7
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	1		1		2
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	6	2	11		19
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	2		2		4
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	7	1	5		13
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	3	1			4
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～					0
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～2013.03.31	1				1
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～	1	1	4		6
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～		1	3		4
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～	8	5			13
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	4	4		1	9
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	4	2			6
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～		1			1
フェロー、事業組織・本部組織等	その他		16	1	5	1	23
		計	143	81	95	25	344

（注）教授、准教授以外の役職で登録されている場合は准教授とする

○連携大学院派遣教員一覧

平成25年3月31日現在

No.	地域	国公私立の別	大学名	学科名	派遣教員数		
					教授	准教授	計
1	北海道	国立	北海道大学	生命科学院	3	3	6
				総合化学院	2		2
				農学院	3	2	5
2	東北	国立	東北大学	環境科学研究科	1	1	2
				理学研究科	2	4	6
3		国立	福島大学	共生システム理工学研究科	13	1	14
4	関東	国立	茨城大学	理工学研究科	2		2
5		国立	筑波大学	システム情報工学研究科	15	6	21
				人間総合科学研究科	3	3	6
				数理物質科学研究科	10	5	15
				生命環境科学研究科	6	5	11
				生命領域学際研究センター	1		1
				知的コミュニティ基盤研究センター		1	1
6		国立	宇都宮大学	工学研究科	2		2
7		国立	群馬大学	工学研究科	1	1	2
8		国立	埼玉大学	理工学研究科	11		11
9		国立	千葉大学	工学研究科	2		2
				理学研究科	2		2
10		国立	東京工業大学	総合理工学研究科		1	1
				理工学研究科	7		7
11		国立	東京農工大学	工学府	1		1
				工学研究科	3		3
12		国立	東京大学	新領域創成科学研究科	4	13	17
13		国立	お茶の水女子大学	人間文化創成科学研究科		1	1
14		公立	首都大学東京	理工学研究科	6	3	9
15		国立	横浜国立大学	環境情報研究院		1	1
16		国立	長岡技術科学大学	工学研究科	2	2	4
17	中部	国立	金沢大学	自然科学研究科	1	1	2
18		国立	北陸先端科学技術大学院大学	マテリアルサイエンス研究科	4	2	6
				知識科学研究科	1	2	3
				情報科学研究科		3	3
19		国立	岐阜大学	工学研究科	3		3
				連合創薬医療情報研究科	1	1	2
				連合農学研究科	2		2
20		国立	名古屋工業大学	工学研究科	1	1	2
21	関西	国立	福井大学	工学研究科	1		1
22		国立	京都工芸繊維大学	工芸科学研究科		1	1
23		国立	大阪大学	理学研究科	2	1	3
24		国立	神戸大学	工学研究科	3	4	7
				人間発達環境学研究科	1	1	2
				理学研究科	1		1
25		国立	奈良先端科学技術大学院大学	情報科学研究科	3	1	4
26		国立	和歌山大学	システム工学研究科	2		2
27	中国	国立	広島大学	工学研究科	2	1	3
28		国立	山口大学	理工学研究科		1	1
29	四国	国立	徳島大学	ソシオテクノサイエンス研究部	1	1	2
30		国立	香川大学	農学研究科	3	1	4
31	九州	国立	九州大学	総合理工学研究院	2	2	4
32		公立	北九州市立大学	国際環境工学研究科		1	1
33		国立	佐賀大学	工学系研究科	4	2	6
34		国立	熊本大学	自然科学研究科	1		1
35		国立	鹿児島大学	理工学研究科	2	1	3
				国公立大学小計	143	81	224
36	東北	私立	東北学院大学	工学研究科	5		5
37	関東	私立	東邦大学	理学研究科	6	3	9
38		私立	千葉工業大学	工学研究科	4		4
39		私立	東京理科大学	基礎工学研究科	2	3	5
				理学研究科	3		3
				理工学研究科	22	3	25
40		私立	東京電機大学	先端科学技術研究科・工学研究科	3		3
41		私立	芝浦工業大学	理工学研究科	2		2

No.	地域	国公私立の別	大学名	学科名	派遣教員数		
					教授	准教授	計
42		私立	日本大学	工学研究科	2		2
43		私立	上智大学	理工学研究科	1		1
44		私立	立教大学	理学研究科	4		4
45		私立	青山学院大学	理工学研究科	2	1	3
46		私立	早稲田大学	理工学術院	2	5	7
47		私立	東京都市大学	工学研究科	1	1	2
48		私立	明治大学	理工学研究科	4	1	5
49		私立	神奈川工科大学	工学研究科	10		10
50	中部	私立	金沢工業大学	工学研究科	8		8
51		私立	大同大学	工学研究科	1		1
52		私立	名城大学	理工学研究科	1		1
53		私立	中部大学	工学研究科	2		2
54		私立	愛知工業大学	工学研究科	2		2
55	関西	私立	立命館大学	理工学研究科	1		1
56		私立	関西大学	理工学研究科	5	5	10
57		私立	関西学院大学	理工学研究科	2	3	5
				私立大学小計	95	25	120
				合計	238	106	344

（注）教授、准教授以外の役職で登録されている場合は准教授とする

8）技術相談

産業技術総合研究所が蓄積してきた技術ポテンシャルを基に、民間企業、公設試験研究機関等からの技術相談を受ける。

1) 平成24年度「技術相談届け出システム」に入力された件数： 5221件 （内 GSJ 752件）

2) 拠点件数

拠点名	相談件数
北海道センター	158
東北センター	190
つくばセンター	3204
東京本部	5
臨海副都心センター	158
中部センター	541
関西センター	411
中国センター	112
四国センター	517
九州センター	185
上記の合計	5481
相談件数	5221

一相談で複数拠点にまたがる案件は、複数カウントされるため正味の相談件数より大きくなっている。

3) 相談者の分類

相談者の分類	全体件数	全体件数%	GSJ 以外件数	GSJ 以外%	GSJ 件数	GSJ%
大企業	1712	32.8%	1650	36.9%	62	8.2%
中小企業	2179	41.7%	2053	45.9%	126	16.8%
教育機関	333	6.4%	237	5.3%	96	12.8%
公的機関	482	9.2%	337	7.5%	145	19.3%
出版放送マスコミ	93	1.8%	15	0.3%	78	10.4%
個人	310	5.9%	81	1.8%	229	30.5%
その他	112	2.1%	96	2.1%	16	2.1%
合計	5221	100.0%	4469	100.0%	752	100.0%

4)分野別問い合わせ件数

ライフサイエンス	632
情報通信・エレクトロニクス	589
ナノテクノロジー・材料・製造	1604
環境・エネルギー	812
地質	752
計測・計量標準	513
その他	319
合　　計	5221

9）依頼出張・受託出張

外部機関からの要請により、研究打ち合わせ、調査、講演等のために、職員が出張する制度である。

依頼・受託出張ユニット別人数一覧

平成25年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止年月日	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	7	2	2	1	5	17
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	11	17	6		3	37
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	2	1			1	4
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	14	8			5	27
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	4	5	1			10
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～2013.03.31		1				1
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～						0
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～						0
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	1	4			1	6
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～			1	1		2
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	3	1	2	2		8
バイオマスリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～	1	9				10
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	8	3			2	13
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	5	4		2	1	12
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	1			4	6
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	16	12			2	30
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～						0
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	4	1				5
バイオメディシナル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～2013.03.31	17	6			3	26
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	2	3			1	6
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	4	6		1	4	15
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	4	2				6
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～		4	1			5
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	22					22
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～	5	5				10
ネットワークフォトニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	3					3
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～						0
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	2					2
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～					1	1
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	1	2				3
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	2	1			5	8
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	2	3			7	12
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	19	4			1	24
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	2					2
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～						0
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～2013.03.31						0
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～	16	16	6		3	41
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～	10	2				12
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～						0
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	6	7	4	12	4	33
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	22	8	7		14	51
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	32	9			19	60
フェロー、事業組織・本部組織等	その他		12	9	3	1	48	73
計			260	156	33	20	134	603

※国内案件のみ

10）委員の委嘱

産総研の職員が外部の委員等に就任し、必要とされる情報、アドバイス等の提供を行う。

委員の委嘱ユニット別人数一覧

平成25年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止年月日	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	16	84	1	1	31	133
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	5	50		1	21	77
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	2	43		1	10	56
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	9	129	9	3	43	193
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	7	60	2		46	115
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～2013.03.31		6			1	7
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～		29			5	34
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	1	3			3	7
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～		8	1	1		10
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～		11	1			12
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	6	25	4		8	43
バイオマスリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～	3			1	3	7
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	16	25	1	4	15	61
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	6	13		1	6	26
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	7	23	3		12	45
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	12	148	6	2	42	210
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	6	1	2		2	11
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	3	3			6	12
バイオメディシナル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～2013.03.31	7	1			3	11
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	5			6	12
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	6	78	3	1	18	106
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	9	59	3		14	85
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	3	44		5	8	60
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	12	41		3	5	61
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～	16	52		1	6	75
ネットワークフォトニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	2	3	1			6
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	2	21	1	1	11	36
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	1					1
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	4	2	1	1	5	13
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～		11				11
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	5	118		1	39	163
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	3	53	1		22	79
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	12	39		1	11	63
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	1	11			1	13
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	5	33	2		7	47
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～2013.03.31	1	6				7
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～	6	470	3		79	558
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～	5	39	2		16	62
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～		12			5	17
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	1	92	4	4	111	212
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	11	59		2	105	177
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	12	43	2		44	101
フェロー、事業組織・本部組織等	その他		29	270	5	7	225	536
計			253	2,223	58	42	995	3,571

※国内案件のみ

11）産業技術連携推進会議

約93の公設試験研究機関（支所を含む）並びに産総研との協力体制を強化し、これらの機関が持つ技術開発力及び技術指導力をできる限り有効に発現させることにより、機関相互の試験研究を効果的に推進して、産業技術の向上を図り、我が国の産業の発展に貢献するために、産業技術連携推進会議を設置し運営している。

平成19年度4月には本会議の組織改正を図り、技術分野を6部会に再編するとともに、新たに地域部会（事務局：地域産学官連携センター）を設置し産業技術関連情報の相互提供、戦略の検討、活動状況及び活動成果の情報発信等を行っている。

また、経済産業局ブロックごとに設置されている地域産業技術連携推進会議とも協力して地域関連施策の連携強化を図っている。

産業技術連携推進会議開催実績　　平成25年3月31日現在

部会等名称		開催回数
総　会		1
企画調整委員会		2
技術部会	ライフサイエンス部会	5
	情報通信・エレクトロニクス部会	4
	ナノテクノロジー・材料部会	32
	製造プロセス部会	20
	環境・エネルギー部会	7
	知的基盤部会	13
地域部会	北海道地域部会	18
	東北地域部会	14
	関東甲信越静地域部会	10
	東海・北陸地域部会	26
	近畿地域部会	20
	中国地域部会	21
	四国地域部会	10
	九州・沖縄地域部会	22
地域産技連	北海道地域産業技術連携推進会議	0
	東北地域産業技術連携推進会議	1
	関東甲信越静地域産業技術連携推進会議	1
	東海北陸地域産業技術連携推進会議	2
	近畿地域産業技術連携推進会議	3
	中国地域産業技術連携推進会議	2
	四国地域産業技術連携推進会議	1
	九州・沖縄地域産業技術連携推進会議	11
合　計		246

④【国際部】

（International Affairs Division）

所在地：つくば中央第2

人　員：16名（7名）

概　要：

1）先進国の研究機関とは互いの強みを生かした補完的研究協力を、アジア・BRICs 諸国の有力研究機関とは現地資源を生かした互恵的研究協力を実施。

2）産総研のネットワークを活用し、日本企業の海外展開を支援。在タイ日系企業等を対象に、産総研イノベーション・ワークショップ in タイを開催し、計量標準技術の普及の成果や共同研究の事例を紹介。

3）政策的要請に基づき、政府ミッションに貢献。特に資源外交に貢献するため、ブラジルや南アフリカにおいて、資源探査を実施。また、経済産業省委託事業として、米国エネルギー省傘下の11の国立研究所と、環境・エネルギー分野を中心に25テーマの研究協力を展開。

4）国際連携の強化に向けて、海外の主要研究機関と研究協力覚書等を締結。さらに研究者の派遣・招へいなど、人材交流を推進。また、世界12ヶ国から16の研究機関長が参加した、第1回世界研究機関長会議を開催するなど、トップレベルの交流を促進。

5）海外への技術の提供ならびに貨物の輸出に関し、法令遵守の徹底を図るための取り組みを継続し、法令遵守にかかる国の政策に貢献。海外での危機管理については、海外での危機発生時に現地出張等している研究者に対し、情報提供を実施し、リスク回避に貢献。

機構図（2013/3/31現在）

［国際部］

	部　　長	宮崎　芳徳
	審 議 役	二タ村　森
	審 議 役	長嶋　雲兵
	審 議 役	鹿野　郁夫
	総括主幹	橋本　佳三
	総括主幹	孫　正明
［国際連携企画室］		
	室　　長	丹波　純
	総括主幹	村井　保夫
［安全保障貿易管理室］		
	室　　長	（兼）鹿野　郁夫

国際連携企画室（Global Collaboration Office）

（つくば中央第2）

概　要：

海外の主要研究機関等と良好な研究ネットワークを構築し、人材交流や国際研究協力の推進を目指す。

具体的には、

1）研究協力覚書等の締結により、組織的連携を推進。

2）産総研フェローシップ事業、米国インターンシップ事業、研究者の派遣・招へい制度により、国際的な人材交流を支援。

1）産総研に来訪する海外の要人向け視察対応や、理事長等幹部の海外研究機関の訪問等、トップセールスを推進。

2）米国再生可能エネルギー研究所において、クリーン・エネルギー技術分野の研究協力ワークショップを開催。また、東京において、11ヶ国からの研究者等が参加した、バイオマスに関するワークショップを開催するなど、個別の研究事業の推進を支援。

安全保障貿易管理室

（Security Export Control Office）

（つくば中央第2）

概　要：

外国為替及び外国貿易法及び関係法令等を確実に遵守するため、産総研の安全保障輸出管理体制の整備・輸出管理を実施。また、大学や研究機関での輸出管理体制整備への協力を実施。

具体的には、

1）研究ユニット等に対し輸出管理に関する研修を実施。

2）研究ユニット等の具体的案件に対して、輸出管理相談、輸出管理指導を実施。

3）具体的な輸出案件等の審査等を実施。

4）大学や研究機関での輸出管理体制整備への協力として、経済産業省主催の研修会において講演を実施。

5）産総研での外部人材受け入れに関し、外部人材の事前登録業務を実施。

1）海外出張

研究の推進を目的とした職員の海外出張について、平成24年度の出張者総数（国・地域別）は、3766名、実出張者数（組織別）は、3453名。分類のカテゴリーは、以下のとおり。

産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）…運営費交付金等により行う出張

外部予算による出張…文部科学省科学研究費補助金等、外部予算により行う出張

依頼出張…外部機関からの依頼による出張。依頼元は、公益法人、民間企業、海外の大学・研究機関等。

表１　平成24年度外国出張者数（国・地域別）

人数（人）／国・地域名	計	1. 産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2. 外部予算による出張	3. 依頼出張
アジア・大洋州地域				
インド	47	20	24	3
インドネシア	27	18	4	5
カンボジア	8	3	5	0
スリランカ	1	0	0	1
シンガポール	64	30	28	6
タイ	149	90	54	5
ネパール	2	1	1	0
フィリピン	12	9	2	1
ブルネイ	3	1	2	0
ベトナム	45	26	16	3
マレーシア	19	13	6	0
ミャンマー	5	1	4	0
モンゴル	13	3	8	2
ラオス	1	0	1	0
韓国	310	188	92	30
中国	301	163	102	36
台湾	85	48	31	6
日本（海外在住）	8	6	2	0
オーストラリア	108	52	50	6
ニュージーランド	53	48	5	0
米州地域				
米国	1093	473	592	28
カナダ	72	44	24	4
アルゼンチン	4	2	1	1
コスタリカ	3	2	0	1
チリ	3	1	2	0
ドミニカ共和国	1	0	1	0
ブラジル	26	11	14	1
ペルー	1	0	1	0
ボリビア	2	0	0	2
メキシコ	23	14	8	1
ヨーロッパ地域				
アイスランド	3	2	1	0
アイルランド	8	1	6	1
イタリア	85	40	41	4
ウクライナ	3	1	2	0
ウズベキスタン	1	0	1	0
英国	99	48	45	6
エストニア	1	0	1	0
オーストリア	39	16	22	1
オランダ	53	23	30	0
ギリシャ	11	5	6	0
クロアチア	1	0	1	0

人数（人） 国・地域名	計	1.産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2.外部予算による出張	3.依頼出張
スイス	55	29	22	4
スウェーデン	25	10	15	0
スペイン	49	25	21	3
スロベニア	5	4	1	0
セルビア	1	1	0	0
チェコ	12	6	5	1
デンマーク	36	15	20	1
ドイツ	272	146	113	13
ノルウェー	21	15	5	1
ハンガリー	8	7	1	0
フィンランド	33	9	23	1
フランス	247	147	90	10
ベラルーシ	2	0	2	0
ベルギー	49	25	21	3
ポーランド	21	11	10	0
ポルトガル	30	13	16	1
マルタ	1	1	0	0
ルーマニア	7	6	1	0
ルクセンブルク	1	0	1	0
ロシア	30	10	19	1
その他の地域				
アラブ首長国連邦	6	3	3	0
イラン	1	0	0	1
ウガンダ	2	2	0	0
エジプト	3	1	0	2
カタール	4	4	0	0
ケニア	1	1	0	0
サウジアラビア	2	2	0	0
トルコ	23	11	12	0
パプアニューギニア	5	5	0	0
モーリシャス	2	0	0	2
モロッコ	1	0	0	1
南アフリカ	18	4	13	1
合　計	3766	1916	1650	200

※1つの出張で数ヶ国にまたがる場合には、それぞれの国にカウントしております。

表２　平成24年度外国出張者数（組織別）

人数（人） 組織別	計	1.産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2.外部予算による出張	3.依頼出張
理事長、理事、フェロー、顧問	57	54	1	2
研究ユニット	3123	1517	1433	173
研究センター	757	365	369	23
研究部門	2359	1146	1064	149
研究ラボ	7	6	0	1
本部組織	139	91	30	18
地域センター	11	7	2	2
その他	123	81	37	5
合　計	3453	1750	1503	200

表３　平成24年度外国出張者数（目的別）

目的＼人数（人）	計	1.産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2.外部予算による出張	3.依頼出張
国際会議・学会等	2536	1349	1070	117
動向調査	184	80	94	10
実地調査	135	43	83	9
在外研究	71	43	28	0
共同研究	276	111	153	12
技術協力	71	28	21	22
交渉折衝	40	30	4	6
在外研修	10	4	6	0
その他	130	62	44	24
合　計	3453	1750	1503	200

【各区分の定義】

国際会議・学会等：国際会議や学会への参加

動向調査：海外の大学・研究所・企業等を訪問し、動向を調査

実地調査：地質調査等の野外における調査

在外研究：海外の大学・研究所等における研究

共同研究：海外の大学・研究所等との共同研究の実施

技術協力：JICA 専門家等として、海外機関における技術協力

交渉折衝：海外の大学・研究所等における交渉、折衝

在外研修：海外の大学・研究所等における研修

そ の 他：上記に属しないもの

２）外国人研究者受入

研究の推進を目的として、海外の研究機関、大学等から外国人研究者の受け入れを実施している。平成24年度は、145名を受け入れた。

表４　平成24年度外国人研究者受入実績

受入制度	受入人数
外国人外来研究員 （内　JSPSフェロー23人）	145
合　　計	145

※　新規受入分、滞在6日以上

【各区分の定義】

・外来研究員：産総研以外の者であって、自己の知見、経験等を活かし研究の推進に協力するために行う研究、調査、指導、助言等を行う者で原則として5年以上研究に従事した者をいう。

・JSPS フェロー：JSPS フェローシップにより来日している外国人外来研究員

表５　平成 24 年度外国人研究者受入実績（国・地域別）

人数 / 国・地域別	外来研究員
アジア・大洋州地域	
インド	12
インドネシア	2
韓国	10
タイ	9
台湾	3
中国	24
フィリピン	1
ベトナム	5
オーストラリア	3
米州地域	
米国	17
カナダ	4
アルゼンチン	1
チリ	1
ベネズエラ	1
ペルー	1
メキシコ	2
ヨーロッパ地域	
イタリア	2
英国	1
オランダ	2
スペイン	2
スロバキア	1
デンマーク	1
ドイツ	7
フィンランド	2
フランス	18
ベルギー	1
ロシア	5
その他の地域	
エジプト	2
エチオピア	1
チュニジア	1
トルコ	1
南アフリカ	1
南スーダン	1
合計	145

表６　平成 24 年度外国人研究者受入実績（組織別）

人数 / 組織別	外来研究員
ユビキタスエネルギー研究部門	8
環境管理技術研究部門	10
環境化学技術研究部門	1
エネルギー技術研究部門	7
安全科学研究部門	5
水素材料先端科学研究センター	1
新燃料自動車技術研究センター	2
メタンハイドレート研究センター	0
コンパクト化学システム研究センター	3
先進パワーエレクトロニクス研究センター	1
太陽光発電工学研究センター	8
バイオマスファイナリー研究センター	5
健康工学研究部門	3
生物プロセス研究部門	5
バイオメディカル研究部門	8
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	4
連鎖医工学研究センター	3
生命情報工学研究センター	1
バイオメディシナル情報研究センター	0
幹細胞工学研究センター	1
知能システム研究部門	16
情報技術研究部門	1
ナノエレクトロニクス研究部門	5
電子光技術研究部門	1
セキュアシステム研究部門	4
ネットワークフォトニクス研究センター	0
デジタルヒューマン工学研究センター	0
ナノスピントロニクス研究センター	2
サービス工学研究センター	1
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	2
ナノデバイスセンター	0
先進製造プロセス研究部門	3
サステナブルマテリアル研究部門	0
ナノシステム研究部門	10
ナノチューブ応用研究センター	0
集積マイクロシステム研究センター	0
ダイヤモンド研究ラボ	0
計測標準研究部門	5
計測フロンティア研究部門	0
生産計測技術研究センター	0
計量標準管理センター	0
地圏資源環境研究部門	4
地質情報研究部門	8
活断層・地震研究センター	7
地質調査研究センター	0
関西産学官連携センターバイオベースポリマー連携研究体	0
合計	145

３）技術研修

「独立行政法人産業技術総合研究所技術研修規程」（13規程第23号）に則り、外国の大学及び研究機関等から派遣された者に対して研究所が蓄積してきた技術ポテンシャルを基に、産業科学技術の発展及び継承を図るために技術研修を実施している。

また、(独)国際協力機構（JICA）や(社)日本学術振興会（JSPS）、(社)科学技術国際交流センター（JISTEC）、日欧産業協力センターからの依頼により、JICA 集団研修、個別研修、JSPS サマープログラム研修、ウインターインスティテュートプログラム研修やヴルカヌス・イン・ジャパン プログラム研修を実施している。

平成24年度は､6日以上滞在の技術研修員受入数は53名、5日以下 2名の総数 55名を受け入れた。
（平成23年度から継続滞在［6日以上滞在9名］を含むと、64名となる。）

表７　平成24年度 国際技術研修受入実績（制度別）

制　　度	6日以上	5日以下	計
技術研修（JICA／サマー／ウインター 研修以外）	48	2	50
サマープログラム研修	2		2
ウインターインスティテュート研修	1		1
JICA 個別研修	2		2
小　計	53	2	55

平成23年度からの継続

技術研修	9		9
小　計	9		9
合　計	62	2	64

表８　平成24年度 国際技術研修受入実績（組織別）　（6日以上滞在）

人数（人）／組織別	計	JICA	ｳｨﾝﾀｰ ｲﾝｽﾃｨﾃｭｰﾄ	ｻﾏｰﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ	技術研修
ユビキタスエネルギー研究部門	1				1
環境管理技術研究部門	4				4
環境化学技術研究部門	2	2			
エネルギー技術研究部門	2		1		1
メタンハイドレート研究センター	9				9
太陽光発電工学研究センター	3				3
バイオマスリファイナリー研究センター	1				1
健康工学研究部門	1				1
生物プロセス研究部門	3			1	2
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	1				1
知能システム研究部門	2				2
ナノエレクトロニクス研究部門	4				4
電子光技術研究部門	7				7
セキュアシステム研究部門	1				1
サービス工学研究センター	1				1
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	1			1	
先進製造プロセス研究部門	1				1
ナノシステム研究部門	2				2
計測標準研究部門	4				4
生産計測技術研究センター	1				1
地圏資源環境研究部門	1				1
地質情報研究部門	1				1
計	53	2	1	2	48

表９　平成24年度 国際技術研修 国・地域別受入一覧表　（6日以上滞在）

人数（人） 国・地域別	受入人数	JICA	ｳｨﾝﾀｰ ｲﾝｽﾃｨﾃｭｰﾄ	ｻﾏｰﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ	技術研修
アジア・大洋州地域					
インド	3				3
韓国	12		1		11
タイ	2				2
中国	7				7
フィリピン	1				1
台湾	1				1
マレーシア	2	2			
パキスタン	1				1
米州地域					
メキシコ	3				3
米国	7			2	5
アルゼンチン	1				1
ヨーロッパ地域					
スペイン	1				1
デンマーク	2				2
ギリシャ	1				1
スロバキア	1				1
チェコ	1				1
フランス	3				3
マルタ	1				1
ロシア	1				1
その他の地域					
アルジェリア	2				2
合　計	53	2	1	2	48

表10-1　平成24年度 国際技術研修受入実績（組織別；平成23年度からの継続；6日以上滞在）

人数（人） 組織別	計	JICA	技術研修
エネルギー技術研究部門	1		1
生物プロセス研究部門	1		1
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	1		1
ナノスピントロニクス研究センター	1		1
先進製造プロセス研究部門	3		3
生産計測技術研究センター	1		1
地質情報研究部門	1		1
計	9		9

表10-2　平成24年度 国際技術研修国・地域別受入一覧表　（平成23年度からの継続；6日以上滞在）

人数(人) 国・地域別	受入人数	JICA	技術研修
アジア・大洋州地域			
日本	1		1
中国	1		1
インド	1		1
米州地域			
メキシコ	1		1
チリ	1		1
ヨーロッパ地域			
ドイツ	2		2
ハンガリー	1		1
スペイン	1		1
合　計	9		9

4）外国機関等との覚書・契約等

外国機関等との組織的な研究協力を推進するにあたり、研究協力覚書を締結している。研究協力覚書は、産総研全体として諸外国の主要研究機関との連携強化を目指して戦略的に締結する包括研究協力覚書、個別研究分野での研究協力促進を目的とする個別研究協力覚書の2種類がある。平成24年度に有効な包括研究協力覚書、個別研究協力覚書の実績は表11、12のとおりである。

平成24年度は、包括研究協力覚書では、中国上海交通大学（SJTU）、米国オークリッジ国立研究所（ORNL）、米国サバンナリバー国立研究所（SRNL）、ドイツフラウンホーファー研究機構（FhG）との間で4件の新規締結、またインド科学技術省バイオテクノロジー局（DBT）、インド科学技術省科学産業研究機構（CSIR）、中国科学院（CAS）との間で3件の更新を行い、組織的な研究協力や人材交流の促進、国際共同研究の提案等のための基盤整備を行った。また研究協力覚書に基づいて、研究機関との間でワークショップ等を実施し、連携成果の確認や新たな研究連携課題の探索等、情報交換の場を設けた。これにより各外国機関等との科学技術分野での連携を実施し、研究協力活動、研究者交流の促進を図っている。

表11　外国機関等との包括研究協力覚書

国・地域名	機関名
アジア・大洋州地域	
インド	科学技術省バイオテクノロジー局（DBT: Department of Biotechnology）
	科学技術省科学産業研究機構（CSIR: Council of Scientific and Industrial Research）
中国	中国科学院（CAS: Chinese Academy of Sciences）
	上海交通大学（SJTU: Shanghai Jiao Tong University）*
台湾	工業技術研究院（ITRI: Industrial Technology Research Institute）
韓国	韓国産業技術研究会 （ISTK: Korea Research Council for Industrial Science and Technology）
インドネシア	インドネシア技術評価応用庁 （BPPT: Agency for the Assessment and Application of Technology）
マレーシア	マレーシア標準・工業研究所（SIRIM Berhad）
ベトナム	ベトナム科学技術院（VAST: Vietnam Academy of Science and Technology）
タイ	国家科学技術開発庁 （NSTDA: National Science and Technology Development Agency）
	タイ科学技術研究所 （TISTR: Thailand Institute of Scientific and Technological Research）
シンガポール	科学技術研究局（A*STAR: Agency for Science, Technology and Research）
オーストラリア	連邦科学産業研究機構 （CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation）
モンゴル・日本	モンゴル鉱物資源・エネルギー省（MMRE: Ministry of Mineral Resources and Energy）、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC: Japan Oil, Gas and Metals National Corporation）
米州地域	
米国	国立標準技術研究所 （NIST: National Institute of Standards and Technology）
	ローレンス・バークレー国立研究所 （LBNL: Lawrence Berkeley National Laboratory）
	国立再生可能エネルギー研究所 （NREL: National Renewable Energy Laboratory）
	ロスアラモス国立研究所（LANL: Los Alamos National Laboratory）
	ローレンス・リバモア国立研究所 （LLNL: Lawrence Livermore National Laboratory）
	サンディア国立研究所（SNL: Sandia National Laboratories）

国・地域名	機関名
米国	ニューヨーク州立大学ナノスケール理工学部（CNSE: College of Nanoscale Science and Engineering of the University at Albany - State University of New York）
	オークリッジ国立研究所（ORNL: Oak Ridge National Laboratory）*
	サバンナリバー国立研究所（SRNL: Savannah River National Laboratory）*
ヨーロッパ地域	
ノルウェー	ノルウェー科学技術大学（NTNU: Norwegian University of Science and Technology）
	エネルギー技術研究所（IFE: Institute for Energy Technology）
	産業科学技術研究所（SINTEF: The Foundation for Scientific and Industrial Research）
フィンランド	フィンランド技術研究センター（VTT: Technical Research Centre of Finland）
フランス	国立科学研究センター（CNRS: Centre national de la recherche scientifique）
	原子力代替エネルギー庁技術研究部門（CEA-DRT: Direction de la recherche technologique, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives）
ドイツ	ヘルムホルツ協会（Helmholtz Association of German Research Centres）
	カールスルーエ技術研究所（Karlsruhe Institute of Technology）
	ユーリッヒ研究センター（Forschungszentrum Jülich GmbH）
	フラウンホーファー研究機構（FhG: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.）*
ベルギー	IMEC インターナショナル（IMEC: Interuniversity Microelectronics Center International）
その他の地域	
南アフリカ共和国・日本	地質調査所（CGS: Council for Geosciences）、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC: Japan Oil, Gas and Metals National Corporation）

注）平成24年度に有効な包括研究協力覚書。*印は24年度新規締結分。

表12　外国機関等との個別研究協力覚書

国・地域名	機関名	研究ユニット名
アジア・大洋州地域		
オーストラリア	オーストラリア国立標準研究所（NMIA: National Measurement Institute, Australia）	計量標準総合センター
タイ	国立計量研究所（NIMT: National Institute of Metrology, Thailand）	計量標準総合センター
	鉱物資源局（DMR: Department of Mineral Resources, Ministry of Natural Resources and Environment）	地質調査総合センター
ニュージーランド	ニュージーランド地質・核科学研究所（GNS: GNS Science）	地質調査総合センター
モンゴル	モンゴル鉱物資源石油管理庁（MRPAM: Geological Department of Mineral Resources and Petroleum Authority of Mongolia）	地質調査総合センター
韓国	韓国標準科学研究院（KRISS: Korea Research Institute of Standards and Science）	計量標準総合センター
	韓国技術標準院（KATS: Korean Agency for Technology and Standards）	計量標準総合センター
	韓国地質資源研究院（KIGAM: Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources）*	地質調査総合センター
	韓国電子通信研究院（ETRI: Electronics and Telecommunications Research Institute）	知能システム研究部門
	韓国窯業技術院（KICET: Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology）	先進製造プロセス研究部門
台湾	国立成功大学（Disaster Prevention Research Center, National Cheng Kung University）	活断層・地震研究センター

国・地域名	機関名	研究ユニット名
中国	中国計量科学研究院（NIM: National Institute of Metrology）	計量標準総合センター
	上海交通大学（SJTU: Shanghai Jiao Tong University）	集積マイクロシステム研究センター
	華東理工大学（ECUST: East China University of Science and Technology）*	ナノシステム研究部門
中国・韓国	中国計量科学研究院（NIM: National Institute of Metrology）、 韓国標準科学研究院（KRISS: Korea Research Institute of Standards and Science）	計量標準総合センター
日本・マレーシア	九州工業大学、マレーシアプトラ大学（Kyushu Institute of Technology, University Putra Malaysia）	バイオマスリファイナリー研究センター
米州地域		
カナダ	国立ナノテクノロジー研究所 （NINT: National Institute for Nanotechnology, National Research Council of Canada）	ナノシステム研究部門
米国	米国地質調査所（USGS: United States Geological Survey）	地質調査総合センター
	国立標準技術研究所（NIST: National Institute of Standards and Technology）	計量標準総合センター
メキシコ	メキシコ計量センター（CENAM: Centro Nacional de Metrología）	計量標準総合センター
	メキシコ国立自治大学（UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México）	健康工学研究部門
ブラジル	国立工業度量衡・品質規格院（INMETRO: National Institute of Metrology, Quality and Technology）	計量標準総合センター
	ブラジル鉱産局（DNPM: National Department of Mineral Production）*	地質調査総合センター
ヨーロッパ地域		
オーストリア	オーストリア地質調査所 （GBA: Geological Survey of Austria）*	地質調査総合センター
	ヨハネスケプラー大学（Johannes Kepler University Linz）	生命情報工学研究センター
ドイツ	ドイツ連邦物理工学研究所 (PTB: Physikalisch-Technische Bundesanstalt)	計量標準総合センター
	パウル・ドルーテ固体電子工学研究所（PDI: Paul Drude Institute for Solid State Electronics）	ナノエレクトロニクス研究部門
オランダ	オランダ計量研究所（NMiVan Swinden Laboratorium B.V.）	計量標準総合センター
スイス	国立放射性廃棄物協議機構（NAGRA: National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste）	地圏資源環境研究部門
スロバキア	スロバキア科学アカデミー（IMS SAS: Institute of Measurement Science, Slovak Academy of Sciences）	電子光技術研究部門
ロシア	ロシア計量試験科学研究所 （VNIIMS：All-Russian Scientific-Research Institute of Metrological Service of Gosstandart of Russia）	計量標準総合センター
英国	シェフィールド大学（University of Sheffield）	エネルギー技術研究部門
その他の地域		
トルコ	トルコ共和国鉱物資源調査開発総局 （MTA: Mineral Research & Exploration General Directorate）	地質調査総合センター

国・地域名	機関名	研究ユニット名
米国・ドイツ	国立再生可能エネルギー研究所（NREL: National Renewable Energy Laboratory）、 フラウンホーファー研究機構太陽エネルギーシステム研究所（Fraunhofer ISE: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.）*	太陽光発電工学研究センター
APMP 加盟国	アジア太平洋計量計画（APMP: Asia Pacific Metrology Program）	計量標準総合センター
アボガドロ定数協定加盟国	国際度量衡局（BIPM: Bureau International des Poids et Mesures）、イタリア計量研究所（INRIM: L'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica）、オーストラリア国立標準研究所（NMIA: National Measurement Institute, Australia）、ドイツ連邦物理工学研究所（PTB: Physikalisch-Technische Bundesanstalt）	計量標準総合センター

注）平成24年度に有効な個別研究協力覚書。　*印は24年度新規締結分。

５）その他の連携活動

表13　平成24年度 主な国際シンポジウム等（国際部扱い）

国際シンポジウム等名称	開催場所	開催期間	備考
第6回VAST-AISTワークショップ	ハノイ(ベトナム)	2012年6月18日～19日	主催
バイオマス事業化に向けた国際シンポジウム（SATREPS）	東京(日本)	2012年9月3日～4日	共催
産総研イノベーション・ワークショップinタイ	バンコク(タイ)	2012年10月30日	主催
上海交通大学とのMEMSシンポジウム	上海(中国)	2012年11月5日～6日	共催
第9回バイオマス・アジアワークショップ	東京(日本)	2012年12月3日～4日	主催
TISTR-AISTワークショップ	つくば(日本)	2013年1月28日～29日	主催
日米研究協力ワークショップ	プレザントン(アメリカ)	2013年3月12日	共催

※ 国際シンポジウム等開催　全17件

研究ユニット等が主催し国際部が関与しない国際会議等のうち、重要なものは下記URLにて紹介されております。

http://www.aist.go.jp/db_j/list/l_event_old_event_main.html

表14　平成24年度 主な外国要人来訪

国地域名・機関名・役職	来訪者
駐日オマーン大使	ハリッド　アル　ムスラヒ
駐日ルワンダ大使	チャールズ　ムリガンデ
ベルギーIMEC 総裁	ルーク　バンデホーブ
スイス連邦エネルギー庁長官	ウォルター　シュタインマン
駐日南アフリカ大使	モハウ　ペコ
駐日マラウィ大使	ルーベン　ングウェンヤ
中国科学院（CAS）副院長	詹文龍
タイ科学技術研究所（TISTR）長官	ヨンブット　サオバプラック
インドネシア技術評価応用長（BPPT）長官	マルサン　アジズ　イスカンダール
駐日エジプト大使	マムドウハ　モスタファ
台湾工業技術研究院（ITRI）院長	徐爵民
エストニア教育科学省次官	ジャナール　ホルム
カナダ自然科学・工学研究会議（NSERC）理事長	スザンヌ　フォルティエ
韓国外交通商部エネルギー資源大使	パク　ノビョク
タイ　ナノテクノロジー研究センター（NANOTEC）執行委員会委員長	パイラッシュ　サジャヤンポン
フランス日仏パートナーシップ担当 外務大臣特別代表	ルイ　シュヴァイツァー
フランス生産力再建大臣付中小企業・イノベーション・デジタル経済担当大臣	フルール　ペルラン

※　公式訪問　全118件

⑤【ベンチャー開発部】

（Division for Start-ups）

所在地：つくば中央第2

人　員：9名（3名）

概　要：

「スタートアップ開発戦略タスクフォース」（以下、タスクフォース）によるベンチャー企業を創出する取組みとベンチャー技術移転促進措置実施規程を根拠としたベンチャー創出後の支援を柱に、より成功確率の高いベンチャーの創出・支援を行う。

2012年度の取組みは以下の通り。

○ベンチャー企業創出の取組み

１）新規タスクフォース3件と継続タスクフォース3件を実施し、ベンチャー創業に向けたビジネスモデルの策定や技術開発等の集中的な取組みを行った。タスクフォースからベンチャー企業3社を創業し、産総研技術移転ベンチャーは累計115社（内タスクフォース発ベンチャーは累計45社）となった。２）タスクフォースの候補案件について、先行技術調査、市場性調査等を実施し、事業性の把握に努めた。３）人材育成の一環として、創業に関心を有する研究者を対象としたビジネスプラン作成のための研修や各種セミナーを企画・開催した。

○ベンチャー創業後の支援

１）法務・経営・財務等各種専門家と12件の請負契約のもと、起業者及び既存ベンチャーに専門家相談の場を提供した。また、3社について、会社定款認証や会社設立登記手続きなどの支援業務を行った。２）3社については審査のうえ、産総研技術移転ベンチャーの称号を付与するとともに、知的財産権および施設等の使用に関する技術移転促進措置を実施した。３）創出したベンチャー間の交流促進、およびベンチャー支援機関等関係者とのネットワーク構築・連携のため、スタートアップスクラブの一環として「早稲田大・産総研ベンチャーフォーラム」を開催した。

○ベンチャー創出支援事業に関する検証

産総研第3期中期計画に従い、外部委員5名と内部委員1名からなる検証委員会を設置して、これまでのベンチャー創出支援事業の取組みにおける成果及び問題点ならびに制度上のあい路等について検証を実施した。各施策については一定の評価が得られ、さらにイノベーション推進本部機能を活用した戦略的取組みの強化、発展性のあるベンチャーの創出を通じたイノベーションへの一層の貢献を期待との結果であった。

機構図（2013/3/31現在）

［ベンチャー開発部］

┣	部長	米田　晴幸
┣	次長	岩崎　孝志
┣	スタートアップ・アドバイザー	
┃		平林　隆
┃		竹生　一行
┃		岡本　裕重
┃		工藤　泰彦
┣	［ベンチャー開発企画室］	室長　北川　良一
┗	［ベンチャー支援室］	室長　大曽根　均

スタートアップ・アドバイザー（Start-up Advisor）

（つくば中央第2）

概　要：

産総研内のベンチャー化に適した技術シーズの発掘とともに、タスクフォースを統括し、ベンチャー創業に向けて必要な追加的研究開発やビジネスモデルの策定等を行う。必要に応じて、産総研の職を離れ、創業後の企業経営に参画する。

ベンチャー開発企画室（Planning Office）

（つくば中央第2）

概　要：

ベンチャー開発部の活動計画の企画・立案、活動に伴う総合調整、部予算の管理及びタスクフォースの運営管理に関する業務を行う。また、ハイテクベンチャーの創出を担うイノベーションプラットフォーム化に向けて組織改革や制度改革を推進するとともに、産総研内部の人材育成や意識改革を図るために、ベンチャー創出に関する職員向け研修やセミナーの企画・運営、さらに、成果の発信のための広報活動を行う。

ベンチャー支援室（Office of Business Development）

（つくば中央第2）

概　要：

ベンチャー支援に係る企画及び立案、並びにベンチャーに対する支援・手続等に関する業務を実施する。

具体的には、産総研の知財を用いて起業を希望する者からの事業プラン、資金調達及び販路開拓等、創業前後に関する相談に対応する。

また、「産総研ベンチャー技術移転促進措置実施規程」に基づく称号付与及び技術移転促進措置の実施に関する事務を行う。併せて、産総研内外と連携し新たな支援策の創出を図る。

2012年度実績

○スタートアップ開発戦略タスクフォース

・ベンチャー創出・支援研究事業　5件

新規案件 3件
継続案件 2件
・カーブアウト事業　1件
新規案件 0件
継続案件 1件

○ベンチャー支援室が受けた創業関連相談件数
108件

○会社設立等支援業務の実施数
3件

○産総研技術移転ベンチャー
・産総研技術移転ベンチャー企業数
新規 3社（累計115社）
・支援期間中ベンチャー企業数
21社（2013年3月31日現在）

・産総研技術移転ベンチャーのうち、スタートアップ開発戦略タスクフォース発ベンチャー企業数
新規 3社（累計45社）

○研修
・「研究成果の実用化のための事業戦略研修」
実施回数：1回（6名が受講）
・成果活用人材育成研修
「ベンチャー創業に関心を有する職員向けアラカルトセミナー」
実施回数：3回（3回合計で150名が参加）

表1　2012年度に称号付与した産総研技術移転ベンチャー一覧

	企業名	称号付与年月日	創出元研究ユニット	備考
1	（株）グリーン・パイロラント	2012/09/03	安全科学研究部門	TF 案件
2	サイトセンシング（株）	2012/10/01	ﾋｭｰﾏﾝﾗｲﾌﾃｸﾉﾛｼﾞｰ研究部門	TF 案件（ｶｰﾌﾞｱｳﾄ事業）
3	（株）ライフセム	2012/10/01	バイオメディカル研究部門	TF 案件

○ベンチャー開発部の共催イベント
・「早稲田大・産総研ベンチャーフォーラム
～明日に羽ばたくベンチャー起業を目指して～」
2012年6月29日開催
会場：早稲田大学 小野記念講堂
参加者数：132名

○展示会・見本市への出展
1. JASIS2012
開催期間：2012年9月5日～9月7日
開催場所：幕張メッセ国際展示場

2. BioJapan2012
開催期間：2012年10月10日～10月12日
開催場所：パシフィコ横浜

3. 産総研オープンラボ2012
開催期間：2012年10月25日～10月26日
開催場所：産総研

4. 産業交流展2012
開催期間：2012年11月20日～11月22日
開催場所：東京ビッグサイト

5. SAT テクノロジー・ショーケース2013
開催期間：2013年1月22日
開催場所：つくば国際会議場

6. 第6回 つくば産産学連携促進市 in アキバ
開催期間：2013年2月19日
開催場所：秋葉原ダイビル2階コンベンションホール

⑥【国際標準推進部】

（International Standards Promotion Division）

所在地：つくば中央第2

人　員：8名（5名）

概　要：

産総研の研究ポテンシャルを活用した標準化研究開発を実施することにより、標準化に貢献し、もって我が国の産業競争力強化や安心・安全な社会の実現に貢献する各種活動を行っている。

外部有識者を含む委員による「標準化戦略会議」を設置し、産総研が研究開発と標準化を一体的に推進するための大枠の活動方針について検討を進めている。

標準化を目的とした研究開発は、社会ニーズや行政からの要請を受けて運営費交付金によって行う「標準基盤研究」、経済産業省からの委託を受けて行う「工業標準化推進事業」などの事業として行っている。これら研究開発の成果は、国内標準（JIS）、国際標準（ISO、IEC）などの公共財として世の中に出され、社会に貢献する。

機構図（2013/3/31現在）

［国際標準推進部］

	部長	松田　宏雄
	審議役	奈良　広一
［標準企画室］	室長	服部　浩一郎
［標準化推進室］	室長	田中　伸一
［試験システム開発支援室］	室長	川原崎　守

標準企画室（Standards Planning Office）

（つくば中央第2）

概　要：

標準に係る企画及び立案並びに総合調整、研究ユニット等における標準化計画の策定の支援、標準化戦略会議の事務局を行っている。

標準化推進室（Standardization Promotion Office）

（つくば中央第2）

概　要：

研究成果の規格化の推進、標準化に関する活動の支援、ナノテク標準化活動等の国際標準化活動に関する支援・事務局業務、標準化普及のための広報活動、研究情報公開データベースの整備を行っている。

試験システム開発支援室

（Testing System Cooperation Office）

（つくば中央第2）

概　要：

標準への適合性評価に関する活動の調査・支援、認証及び認定に関する活動の調査・支援、鉱工業の科学技術に係る依頼試験等の受付、管理及び立ち上げ支援を行っている。

1）標準提案

標準化を通じた研究開発成果の普及や社会からの要請への対応のため、標準基盤研究や工業標準化推進事業等の外部制度の活用を通じて、標準化のために必要な研究を実施している。

平成24年度　標準提案数	計34件
国際標準（ISO、IEC 等）	15件
国内標準（JIS、TS）	19件

2）国際会議の役職者等

産総研の研究者は、ISO 等の国際会議の議長、幹事、コンビーナ等、並びに技術専門家（エキスパート）として審議に貢献している。これらの貢献を促進するため、国際会議への旅費補助などの支援を行っている。

議長、幹事、コンビーナ	のべ 48人
エキスパート	のべ179人

3）鉱工業の科学技術に係る依頼試験

産総研の研究成果に基づく試験、分析、校正を有料で実施している。

平成24年度　依頼試験実施件数		計7件
材料及び製品の試験	火薬類の試験 （自動車用緊急保安炎筒試験）	1件
基準太陽電池セル校正	一次基準太陽電池セルの校正	6件

⑦【つくばイノベーションアリーナ推進部】

（Tsukuba Innovation Arena Promotion Division）

所在地：つくば中央第2

人　員：16名（7名）

概　要：

つくばイノベーションアリーナ推進部は、「つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点（TIA-nano）」の形成を通じて、産総研のミッションである「21世紀型課題の解決」、「オープンイノベーションのハブ機能の強化」をその業務としている。

TIA-nano は、世界水準の先端ナノテク研究設備・人材が集積するつくばにおいて、内閣府、文部科学省及び経済産業省の支援を得て、産総研、物質・材料研究機構（NIMS）、筑波大学が中核となって産業界と共に世界的なナノテクノロジー研究・人材育成拠点構築を目指すもので、2009年6月に発足した。2012年4月からは高エネルギー加速器研究機構（KEK）が参画して、4機関により推進されている。

TIA-nano の活動は中核4機関の各担当部局から構成される TIA-nano 運営最高会議事務局が担っており、この中で、つくばイノベーションアリーナ推進部は、企画・運営において中心的な役割を果たしている。さらに、産総研内では、最先端研究開発支援プログラム等の TIA-nano の拠点を活用するプロジェクトの支援と、TIA-nano が直営するパワーエレクトロニクスの民活型新規プロジェクトの立ち上げと運営、さらに拠点の共用施設の一翼を担う IBEC センターの運営などを行っている。

1. TIA-nano の運営体制強化

TIA-nano の効果的な運営を推進するため、運営最高会議議長直下の会議体「中核4機関理事会議」、「正副事務局長会議」を昨年度末に立ち上げ、今年度は定期的に開催して運営に関わる重要事項の意思決定を迅速化した。

2. コアインフラ強化と拠点活用プロジェクト支援

スーパークリーンルーム（SCR）を始めとするコアインフラの強化に取り組み、これを活用する最先端研究開発支援プログラムを始めとする各種の研究開発プロジェクトの支援を行った。

3. TPEC 設立と運営支援

産総研と企業が協働して、SiC（炭化珪素）パワーデバイスの研究開発と産業化を推進するオープンイノベーションの組織体「つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション（TPEC）」を立ち上げ、本格的な活動を行った。

4. TIA 連携棟の整備推進

TIA 連携棟は、つくば西の SCR 棟と直結して建設が進められている TIA-nano の研究開発、人材育成等の中核拠点である。この機能の具体化、運用についての企画・調整を進めた。

5. IBEC センター等の活動

所内共用施設（旧テクニカルセンター）と所外公開共用施設（旧 IBEC-IP）の予算・課金の統括管理を行い、正確な運営状況の把握と詳細な運営計画の検討が行えるようになった。また、種々の機会を利用して IBEC-IP の宣伝を行い、所外利用の実績向上に努めた。さらに、中核4機関による共用施設タスクフォースを立ち上げ、施設運営の情報交換、共同広報活動、運用協力の検討などを行い、各施設を網羅する「共用施設データベース」構築作業を開始するなど、TIA コアインフラとしての持続的な運用を目指す活動を行った。

6. 各種展示会へ出展、公開シンポジウム開催、学術誌への TIA-nano 関連記事の投稿、パンフレット・ホームページ等による広報活動を行った。

機構図（2013/3/31現在）

［つくばイノベーションアリーナ推進部］
- 部長　岩田　普
- 審議役　岡田　道哉
- 審議役　鈴木　浩一
- ［TIA 企画室］
  - 室長　榊原　陽一
  - 室長代理　真中　民雄
- ［IBEC センター］
  - センター長　村上　純一
  - 副センター長　高野　史好

TIA 企画室（TIA Promotion Office）

（つくば中央第2）

概　要：

担当業務は次のとおりである。

1. つくばイノベーションアリーナの推進に関する基本方針の企画及び立案並びに総合調整。
2. つくばイノベーションアリーナの推進に関する情報の収集、分析及び調査。

IBEC センター（IBEC Center）

（つくば中央第2他）

概　要：

担当業務は次のとおりである。

1. IBEC センターの運営の基本方針の企画及び立案並びに総合調整。
2. 研究用品の依頼試作及び工作。
3. IBEC センターに登録された機器及び装置を利用した依頼分析。
4. IBEC 機器等を利用した技術研修。

⑧【イノベーションスクール】
（Innovation School）

所在地：つくば中央第2、つくばセンター
人　員：2名（2名）
概　要：

産総研イノベーションスクール制度は、産総研特別研究員および産総研にて技術研修を行う博士課程の学生を対象として、特定の専門分野について科学的・技術的な知見を有しつつ、より広い視野を持ち、異なる分野の専門家と協力するコミュニケーション能力や協調性を有する人材の輩出を目指す事業である。「産総研イノベーションスクール制度」では、本格研究に関する講義、本格研究実践のためのツールを用いた研修、キャリアカウンセリング、産総研の人材育成に協力いただける企業との間で行われる実践的な On-the-Job Training（OJT）などのカリキュラムを通じて、企業等で即戦力として活躍できる人材を輩出し、社会的なニーズと有用な人材とのミスマッチの解消に寄与することを目的としている。

具体的に、イノベーションスクールは、次の業務を行う。

・イノベーションスクールの運営の基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関すること
・その他イノベーションスクールの運営等に関すること

平成24年度の活動の概要

・イノベーションスクールの運営の基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関すること
平成24年度6期生講義を博士研究員22名と博士課程学生11名の計33名に対して開講し、標準化と研究、知的財産と研究、自然災害研究、リスク評価、公的研究機関の研究戦略・研究経営、経済産業省の人材育成政策、企業の研究経営・研究開発、キャリア開発などについて講義し、構成学輪講、研究発表会演習や、マナー・コミュニケーション研修などを行った。また、企業 OJT を全てのポスドク生に対して実施するとともに、スクールの効果の検証のため、スクール生の指導担当者に対するヒアリング調査を行った。
・その他イノベーションスクールの運営等に関すること
平成24年度6期生講義に関し受講者の提出した受講レポートや構成学輪講・研究発表レポート、企業 OJT 参加報告書をとりまとめた。また、成果発表のためにオープンラボに出展した。より大きな効果を得るために、企業・大学等との連携を推進し、筑波大学と「企業と博士人材との交流会」（83名参加）を共催するとともに、関連イベントに講師やパネリスト、スクール生を派遣することで、スクールのノウハウ普及につとめた。また、東京大学の「博士人材の能力と育成についての枠組み開発研究」と連携し、OJT 受け入れ実績のある企業と修了生に対するヒアリング調査に協力して事例提供を行った。

機構図（2013/3/31現在）

［イノベーションスクール］

├イノベーションスクール長	一村　信吾
├副スクール長	瀬戸　政宏
├副スクール長	景山　晃
└事務局長	美濃島　薫

出版物・プレス発表等業務報告データ

【広報誌「産総研 TODAY」】（かっこ内は掲載年・月）

・AIST Network：「平成23年度「産総研イノベーションスクール」5期生修了式」、Vol. 12、No. 5（2012. 5）
・AIST Network：「2012年度「産総研イノベーションスクール」第6期開校式」、Vol. 12、No. 7（2012. 7）
・「座談会：産総研イノベーションスクールを体験して～5期生からのメッセージ」Vol. 12、No. 7（2012. 7）

【プレス発表等】（かっこ内は発表日）

・茨城新聞「【つくば市】第4回つくばグリーンイノベーション「バイオサイエンス」～産総研イノベーションスクール「中島厚志氏講演会」（2012. 6. 21）

【シンポジウム開催】

・「企業と博士人材との交流会」、共催：産総研／筑波大学、筑波大学、参加者83名（2012. 11. 27）

４）研究環境安全本部
（Research Environment and Safety Headquarters）

①【研究環境安全企画部】
（Research Environment and Safety Planning Division）

所在地：つくば中央第1
人　員：14名（2名）
概　要：

研究環境安全企画部は、安心・安全で良好な研究環境を持続的に提供することを目的として、研究環境安全本部傘下各部との有機的連携の下に、研究環境安全に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整等を通じて、産総研としてふさわしい研究環境の創出及び環境負荷低減に向けたエネルギーの有効活用の促進に関する業務を行っている。

機構図（2013/3/31現在）

［研究環境安全企画部］
部　長　　廣田　正典
次　長　　尾形　敦　　他

［ファシリティマネジメント室］
室　長　　菊地　義男　他

平成24年度の主な活動

１．省エネルギー及び地球温暖化対策
・政府要請による数値目標を伴う夏季節電に対応するため、以下の措置を講じることでつくばセンター全体では平成22年度の最大使用電力比11%、各地域センターでは節電目標値に比べ12～48%のピーク電力削減を達成した。
ⅰ）つくばセンターの各事業所及び臨海副都心センターに加え、全ての地域センターにおいても1週間の夏季輪番・一斉休暇を実施
ⅱ）大電力消費施設の一部稼動停止や負荷分散運転
ⅲ）空調設備の一部稼働停止や負荷の低減
ⅳ）職員等がリアルタイムで電力使用量を把握できるようイントラネット掲載し、節電意識の向上を図った。
・クリーンルーム並びに恒温恒湿室等の大電力を消費する特殊な空調を一般的な空調に改修し、エネルギー使用量を削減した。

２．研究環境安全委員会等による工事の審査
・建築、機械、電気、安全、省エネ等に関する所内専門家からなる「研究環境安全委員会」「施設・安全検討チーム」において、研究ユニットによる大規模な工事やエネルギー増が見込まれる工事、及び技術研究組合が産総研敷地内で実施する工事について、事前の審査を実施した（33件）。これにより、研究施設の省エネルギー性、及び安全性の確保等を図り、適切な施設整備の実現に貢献した。

３．中期施設整備計画の策定と実行
・平成23年度に閉鎖・解体を決定した11棟の建物のうち6棟（北海道センター：1棟、つくばセンター：4棟、九州センター：1棟）について解体・撤去した。残る5棟の解体工事は、より経済的な時期を検討した上で実施することとした。
・施設不具合や整備計画の進捗状況の把握・評価、並びに施設整備に必要なトータルコストを加味して、閉鎖・解体建物や研究排水管接続先の縮減等を具体化し、中期施設整備計画をより実効性の高い計画へと見直した。

４．産総研レポートの作成
・環境配慮への取り組み及び実績について、SR 報告書「産総研レポート2012社会・環境報告」として公表した。特に、環境トピックスとして、つくばセンターにおける放射線量の測定状況や平成23年夏期の節電対策について紹介した。

５．施設及び設備に係るデータの管理・分析
・施設情報のデータベース化を完了し、施設管理支援システムを完成させた。施設データの分析結果をもとに、建物閉鎖規模の提示や老朽化対策の順位付けなどの整備方針として取りまとめ、中期施設整備計画において可視化を図った。

６．研究スペース及び光熱料金の管理
・研究スペースを効率的に管理するために定めた有効活用フローに基づき、研究開発のニーズに応じたスペース利用や研究領域の集約化等、研究スペースの有効活用を推進した。また、使用者負担の原則に基づいた光熱課金制度を実施し、省エネルギーと節約意識の向上を図った。

②【環境安全管理部】
（Safety and Environmental Management Division）

所在地：つくば中央第1
人　員：28名（13名）
概　要：

環境安全管理部は、研究所の環境及び安全衛生の管理並びに防災対策等に関する業務を行っている。環境及び安全管理は、産総研で働く職員のみならず周辺住民の環境及び安全にも関わる重要な事項である。また、産総研の組織にとっても生命線であり、あらゆる種類の事業を実施するにあたって最優先事項であると位置付けている。

環境安全管理部は、産総研環境安全憲章に記載する基本的活動理念を実現、遂行するために、他の関連部

署との密接な連携と協力のもと、安全で快適な研究環境を創出し、これを確保することを最上の活動目的としている。この目的を実現するため、安全ガイドラインやマニュアル等の整備と普及、環境安全関連の施設及び設備整備と改善等のハード及びソフト両面での積極的活動を行うとともに、環境影響低減化に向けた活動及び事故発生数抑制のため全職員の環境安全に対する意識の向上を図る活動を重点的に行っている。

機構図（2013/3/31現在）

［環境安全管理部］
部　長　　飯田　光明
次　長　　中村　徳幸
審議役　　米田　理史
審議役　　丸山　明彦

［安全衛生管理室］
室　長　　安富　正
総括主幹　森本　研吾
総括主幹　白波瀬　雅明
総括主幹　長沢　順一　他

［施設環境管理室］
室　長　　長山　隆久
室長代理　冨澤　和男　他

［つくばセンター基幹設備管理室］
室　長　　井上　訓芳　他

［ライフサイエンス実験管理室］
（兼）室　長　　丸山　明彦
室長代理　飯田　和治　他

［放射線管理室］
室　長　　上岡　晃
室長代理　吉成　幸一　他

平成24年度の主な活動

１．安全衛生管理体制の水準向上及び維持

１）安全衛生管理の徹底、強化等

・安全衛生委員会（各事業所月1回）及びユニット長巡視（年2回）の立会い、指導を行った。
・グループ／チーム安全衛生会議（最低月1回）の実施状況の把握及び実施の徹底、指導を行った。
・高圧ガス及び危険薬品等安全講習会を実施した。
・事故、ヒヤリハット報告の状況を踏まえた巡視月間テーマの設定を行い、巡視のマンネリ化を改善するとともに、問題意識の共有化による事故軽減の対策を行った。
・安全ガイドラインについて、適宜法改正を反映させる等の改定を行った。
・資格取得講習会や安全講習会の企画及び開催を行った。

２）環境安全マネジメントシステム（ESMS）

・各事業所の内部監査に立会い、運用に関するアドバイスを行った。また、全国安全衛生管理担当者会議において、各事業所及び地域センターの取り組みについて相互に紹介し、改善点や評価点の情報共有を図った。

３）事故防止活動

・全国総括安全衛生管理者補佐会議（月1回）を開催し、事故ヒヤリハット報告及び環境安全に関する各種情報等の共有及び周知を行った。
・全国安全衛生管理担当者会議（年2回）を開催し、安全衛生に関する意見交換及び情報共有を行った。
・全国の地域センター所長及び管理監と TV 会議による安全管理報告会（毎朝）を実施した。また、報告事項を毎月取りまとめ、各事業所の事業所会議等を経由して職員等全員へ周知した。

２．環境影響低減化活動

・環境法改正情報の周知及び各地域センターにおける環境関連条例等の情報提供を行った。
・水質汚濁防止法、下水道法、安衛法等の法令に基づく特定施設等の届出を行った。
・廃棄物処理を委託している中間処理場及び最終処分場の現地調査を実施した。
・水質汚濁防止法の改正にともない、特定施設の定期点検に係る点検要領を作成し、地域センター及びつくばセンターにおいて、特定施設の点検を実施した。
・有害物質の漏えい・流出を想定した緊急事態対応訓練をつくばセンターの6つの事業所で実施した。

３．個別事項の法令遵守並びに施設、設備及びシステムの整備、運用

環境や化学物質等の関連法規を遵守するため、危険物、高圧ガス、ライフサイエンス実験、放射線管理等の個別事項の管理監督、薬品・ボンベのデータベースによる管理を実施した。

１）化学物質管理

・薬品ボンベ管理システムを用いて、消防法、建築基準法、高圧ガス保安法等の法令遵守状況を監視し、管理状況について各事業所の総括安全衛生管理者あてに報告を行った。
・ユニットに配置されている薬品取扱責任者を通して、法改正情報の周知、危険薬品等の減量化等の薬品管理の徹底を推進した。特に、関西センターにおける火災事故の原因及び再発防止策の調査報告結果等を踏まえた危険薬品の再点検を実施した。また、毒劇物については、管理状況の一斉点検を実施する等、危険薬品の適正管理の徹底を推進した。

2）ライフサイエンス実験管理
・ライフサイエンス実験の倫理面及び安全面から実験計画を審議する7つの委員会の運営を行うとともに、ヒト由来試料実験、組換え DNA 実験、動物実験及び生物剤毒素使用実験現場の実地調査を実施した。
・情報系人間工学実験については、既存の人間工学実験委員会で計画を審査するとともに、新たな委員会の設置の要否及び運営等を WG 等で検討し、既存委員会の体制変更の方向性を決定した。
・組換え DNA 実験、動物実験の従事者向け教育訓練及びヒト由来試料実験、人間工学実験、医工学応用実験の従事者向け教育訓練を実施した。
3）放射線管理
・地域センターにも拡大した放射線業務従事者等の一元管理を実施し、一層の効率化を推進するために管理システムの改修を行った。また、つくばセンター各事業所放射線障害予防規程の形式統一化を完了した。
・放射線業務従事者、エックス線装置の使用者等に対する教育訓練を実施した。
・各事業所における放射線管理体制を強化するため、放射性物質の使用及び管理に関する現地調査を行い、法令遵守状況に問題が無いことを確認した。
・中部センターで保管管理されていた核燃料物質をつくばセンターに移設して集約化を完了するとともに、集約化した核燃料物質の法的管理を行った。
・原発事故由来の放射性物質について、除染研究に関する基本ルールを策定するとともに、所内外での研究実施にあたっての一連のルールを整備した。また、研究目的での警戒区域や福島第一原発構内への立ち入りについて、法的手続き等の情報提供を行うことにより研究実施を支援した。
・つくばセンター敷地内の放射線量測定結果を昨年度に引き続き公式 HP 公表した。また、一般公開で測定システムの見学ツアーを実施し、市民への情報提供を行った。
4）施設の維持保全
・つくばセンターにおける施設、設備及び植栽に係る維持管理並びにエネルギー供給施設及び廃水処理施設の運営管理を行った。
・施設設備の修繕・更新に関しては、安全を確保し必要な機能を発揮させるために、不具合箇所対応の優先順位判定を行うとともに予防保全的な観点に考慮した修繕計画を策定して執行した。
・特別高圧受変電設備及び研究廃水処理施設等の改修計画の策定に参画した。
5）セキュリティ対策
・セキュリティ設備の維持保全に努めるとともに老朽化した設備の改修に着手した。

4．防災及び地震対策
・地域センター及びつくばセンターにおいて防災訓練を実施するとともに、訓練結果等を踏まえ、つくばセンター防災業務マニュアルを改正した。
・産総研業務継続計画（BCP）の策定業務に参画した。
・各地域センター及びつくばセンターの防災用備蓄品（防災用備品、消耗品、食料等）の見直しを行い、品目の標準化を推進した。

5．その他
・カルタヘナ法違反の再発防止策として、試薬購入時の注意及び用いた試薬や器具等の不活化処理を周知徹底し、実験現場の視察により指導を行った。

③【研究環境整備部】
（Research Facilities Division）

所在地：つくば中央第1
人　員：28名
概　要：

研究環境整備部は、世界的にも高い競争力を維持し、多様な産業技術の研究開発を推進する公的研究所として、安全で良好な研究環境を継続的に提供するため、その中核となる施設・設備の効率的かつ機動的な整備に努めている。この様な観点から、長期施設整備計画（マスタープラン）等を踏まえた計画的な施設整備を実施するとともに、営繕業務の品質向上及び効率的・効果的な業務に努めている。また、営繕業務に起因する事故・ヒヤリハットの低減に向けた措置を講じてきている。

また、産総研発足後、営繕業務は産総研の「自主営繕」として実施しているが、業務推進における品質向上のため、専門家集団の育成に取り組み、体制の強化を図っている。

機構図（2013/3/31現在）

［研究環境整備部］
部　長　　久保田　喜嗣
次　長　　池田　正樹
次　長　　黒羽　義雄
部総括　　塩釜　士郎
総括主幹　榊原　修

［施設計画推進室］
室　長　　芝原　徹　他

［建設室］
室　長　　望月　経博
総括主幹　小野　一洋
総括主幹　河田　秋澄　他

平成24年度の主な活動

新たな研究開発新拠点の円滑な整備や老朽化対策を含む施設整備計画について、迅速かつ適切に実施するとともに、以下の業務を行った。

１．施設及び設備の整備計画に関する業務

・施設及び設備に係る法令、規程その他遵守すべき事項の周知徹底を行った。
・耐震化計画に基づく改修内容の検討を行った。
・石綿含有吹き付け材除去基本計画に基づく年度計画の策定、未除去部分の劣化状況の調査及び室内環境測定を実施した。
・産総研施設設計基準等のメンテナンス及び見直しの検討を実施した。
・工事及び工事関連役務の提供等の契約業務を行った。

２．施設及び設備の整備事業の実施

・施設整備費補助金事業、ユニットからの依頼工事事業における工事の設計・積算・監督・監理・検査及び各事業予算の執行管理を行った。
・建築許可など工事に係る各種申請業務を行った。
・各事業所、地域センターからの営繕業務にかかる相談業務を行った。

施設の整備（平成24年度に産総研資産になった主なもの）

１）新営棟建設

①世界的産学官連携研究センター（仮称）整備事業

(1)目的

世界的なナノテク拠点を目指す「つくばイノベーションアリーナ（TIA)」の中核施設として、世界的産学官連携研究センター（仮称）を整備。

(2)整備費用　29.9億円（平成22年度施設整備費補助金）

工事発注：産業技術総合研究所　研究環境安全本部　研究環境整備部			
工事件名	設計・監理	施　　工	工　　期
世界的産学官連携研究センター（仮称）建築工事	株式会社日本設計（設計）（変更設計）（監理）	戸田建設株式会社	平成24年 2月27日～平成25年 3月29日
世界的産学官連携研究センター（仮称）電気設備工事		振興電気株式会社	平成24年 2月29日～平成25年 3月29日
世界的産学官連携研究センター（仮称）機械設備工事		高砂熱学工業株式会社	平成24年 2月29日～平成25年 3月29日

２）老朽化対策

①建物構造部改修

(1)目的

耐震性が低い建物の構造部を補強するとともに、関連した設備等の改修を行った。

(2)整備費用　18.5億円（平成21・22・23年度施設整備費補助金）

工事発注：産業技術総合研究所　研究環境安全本部　研究環境整備部			
工事件名	設計・施工	監理	工　　期
つくば中央5-1棟耐震改修事業	株式会社大林組	株式会社綜企画設計	平成22年 2月22日～平成24年 6月29日
つくば東-1棟耐震改修事業	大成建設株式会社	株式会社東建築設計事務所	平成23年 4月19日～平成24年 5月 8日

②石綿関連改修

(1)目的

石綿含有吹き付け材の改修及び関連した設備等の改修を行った。

(2)整備費用　5.7億円（平成24年度施設整備費補助金）

工事発注・設計：産業技術総合研究所　研究環境安全本部　研究環境整備部			
工事件名	積算・監理	施　　工	工　　期
つくば中央第1極低温センター他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	積算：株式会社ＮＳ設計 監理：研究環境整備部	松本建設株式会社	平成24年12月26日～平成25年 3月29日
つくば中央2-1Ａ棟他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	積算：株式会社丸川建築設計事務所 監理：株式会社綜企画設計	株式会社淺沼組	平成24年11月12日～平成25年 3月29日
つくば中央3-1棟他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	積算：株式会社丸川建築設計事務所 監理：株式会社綜企画設計	株式会社小川建設	平成24年11月 7日～平成25年 3月29日
つくば中央5-1Ｂ棟他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	積算：株式会社丸川建築設計事務所 監理：有限会社アップル建築設計事務所	株式会社羽原工務店	平成24年11月 7日～平成25年 3月29日
つくば中央5-1棟機械室他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	積算：株式会社ＮＳ設計 監理：研究環境整備部	明星工業株式会社	平成24年12月26日～平成25年 3月29日
つくば中央7-3Ｄ棟石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	積算：株式会社丸川建築設計事務所 監理：株式会社綜企画設計	呉光塗装株式会社	平成24年10月22日～平成25年 3月29日
つくば東-2Ａ棟他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	積算：株式会社丸川建築設計事務所 監理：有限会社アップル建築設計事務所	松本建設株式会社	平成24年10月16日～平成25年 3月27日

つくば西爆発ドーム他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	積算：株式会社ＮＳ設計 監理：研究環境整備部	三協興産株式会社	平成24年12月28日～ 平成25年 3月29日
つくば中央4-2Ａ棟電気室他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	積算・監理：研究環境整備部	福田リニューアル株式会社	平成25年 1月28日～ 平成25年 3月29日
つくば中央7-3Ｃ棟電気室他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	積算・監理：研究環境整備部	三協興産株式会社	平成25年 1月23日～ 平成25年 3月29日
つくば東-4Ｃ棟電気室石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	積算・監理：研究環境整備部	三協興産株式会社	平成25年 1月22日～ 平成25年 3月29日

３）震災復旧

①災害復旧のための施設・設備改修

(1)目的

東日本大震災により被災した施設・設備の改修及び倒壊の恐れがある棟の耐震改修を行った。

(2)整備費用　19.1億円（平成23年度施設整備費補助金）

工事発注：産業技術総合研究所　研究環境安全本部　研究環境整備部			
工事件名	設計（積算）・監理	施　工	工　期
つくば中央3-8棟外壁改修工事	設計：株式会社九段建築研究所 監理：研究環境整備部	松本建設株式会社	平成24年 5月31日～ 平成24年 9月27日
つくば中央5-1棟トイレ改修その他工事	設計・監理：研究環境整備部 積算：株式会社友水設計 変更設計：株式会社ＮＳ設計	池田煖房工業株式会社	平成23年12月19日～ 平成24年 4月30日
つくば中央5-2棟トイレ改修その他工事	設計・監理：研究環境整備部 積算：株式会社友水設計 変更設計：株式会社ＮＳ設計	新菱冷熱工業株式会社	平成23年12月20日～ 平成24年 6月30日
つくば中央7-1棟03341室他内装改修その他工事	設計・監理：研究環境整備部	株式会社フジタ	平成24年 1月27日～ 平成24年 6月30日
つくば西-5Ｄ棟外壁改修その他工事	設計・監理：研究環境整備部	松本建設株式会社	平成24年 1月23日～ 平成24年 8月31日
つくば中央2-1棟耐震改修事業	設計：株式会社大林組 監理：株式会社綜企画設計	株式会社大林組	平成23年 7月 1日～ 平成24年 6月30日
つくば中央2-1Ｃ・Ｄ棟空調配管他改修その他工事	設計・監理：研究環境整備部	高砂熱学工業株式会社	平成23年10月27日～ 平成24年 5月31日

④【情報環境基盤部】

(Intelligent Information Infrastructure Division)

所在地：つくば中央第1、先端情報計算センター棟

人　員：16名（4名）

概　要：

情報環境基盤部は、我が国有数の情報技術に関する研究を行っている産総研の特長を最大限に活かし、最先端の技術の知見を用いて、全所的な情報ネットワークの構築・管理、情報セキュリティポリシーの運用、及び基幹業務システムの構築・管理・支援を実施している。また、産総研の情報基盤の高度化を図り、より生産的な研究活動と円滑で効率的な業務推進を支援する役割を担っている。

機構図（2013/3/31現在）

［情報環境基盤部］

部　長　　坂上　勝彦

次　長　　久野　巧

（情報基盤再構築特任チーム長）小方　一郎

（総括チーム長）宮本　哲

（情報セキュリティチーム長）鈴木　智行

（情報ネットワークチーム長）武井　勇二郎

（イントラ基盤チーム長）正木　篤

（業務システム管理チーム長）坂　勝美　　他

平成24年度の主な活動

情報基盤再構築特任チーム、総括チーム、情報セキュリティチーム、情報ネットワークチーム、イントラ基盤チーム、業務システム管理チームの6チーム体制で、下記の業務を実施した。

１．情報セキュリティの向上

・「政府機関の情報セキュリティ対策のための統一規範」（情報セキュリティ政策会議決定）との整合性を図るため、情報セキュリティポリシー（基本方針、規程、要領、実施ガイド）の全面改訂に向け原案作成に着手した。

・情報セキュリティ意識の啓発、確認のための自己点検（セルフチェック）と個人情報保護セルフチェックとを業務の効率化、省力化の観点から統一実施した。あわせて、点検項目や内容を拡充し、各部門等の情報セキュリティ対策の向上のための情報として実施結果を部門等に還元した。
・産総研の情報セキュリティ対策の PDCA サイクルを確立のため、研究推進組織等に対して情報セキュリティ監査及び外部公開サーバの脆弱性診断を実施した。また、前年度の監査対象について改善確認（フォローアップ監査）を実施した。
2．産総研情報通信ネットワークの構築、運用、保守、管理
・クラウド型のメールサービスを導入し、運用を開始するとともに、関連する認証サーバ、DNS サーバについてもクラウド化を実施する事により大規模災害時のメールシステムの可用性を確保した。また、付随する強力なクラウド上の SPAM フィルターの効果により情報セキュリティを向上させた。
・メールシステムのクラウド化を契機にネットワークのシステム構成を根本から見直し、基幹のスイッチ数を6システムから2システムに削減するとともに、最新の基幹スイッチを導入した。これにより、2倍の速度向上と冗長化の両立を図るとともに、メールシステムのクラウド化と併せて大幅な費用削減を実現した。
3．基幹業務システムの運用、保守、管理
・一層効率的な投資効果を得るため、本部・事業組織における情報システム化の計画・予算要求に係る審議の手順について見直しを行うとともに、以下の対応を行った。
　旅費システムの Internet Explorer 7対応のための改修。
　個人スケジュール並びに施設予約管理をクラウドサービスへ移行。
　法令改正対応（復興特別所得税新設）。
・業務用ファイル共有システムを更新し、平成24年9月より運用を開始した。

⑤【情報化統括責任者】
（Chief Information Officer）

所在地：つくば中央第2他
概　要：
　情報化統括責任者（CIO）は、産総研の情報化戦略の企画及び立案並びに研究所の情報化に関する業務の統括をミッションとしている。そのため、(1) 電子行政推進国・独立行政法人等協議会を通じて、情報化に関して政府との調整を行うこと、(2) 産総研の情報化戦略委員会を主宰して、情報化戦略及び情報化に関する重要事項を審議し、情報化関連予算の調整、情報システムによる業務効率化・高度化を行うこと等を実施している。

機構図（2013/3/31現在）

情報化統括責任者	（兼）島田　広道
情報化統括責任者補佐	（兼）坂上　勝彦
	（兼）久野　巧

平成24年度の主な活動
　個別業務システムの計画や予算のあり方について検討を行い、新たなルール策定の方針を決定した。また、サービスの安定稼働を継続するため、機器の老朽化対策の観点及び BCP 対策の観点から必須である情報基盤システム更新の方針として、集約化・省電力化・メンテナンス省力化を決定した。

5）総務本部（General Affairs Headquarters）

①【人事部】
（Human Resource Division）

所在地：つくば中央第1、つくば中央第2、
　　つくば中央第4
人　員：60名（6名）
概　要：
　人事部は、研究所の人事、労務、福利厚生に係る業務を実施している。

機構図（2013/3/31現在）

［人事部］

部　　長	福岡　徹	
審 議 役	小滝　義昭	
	山田　家和勝	
	菊池　恒男	
部 総 括	草間　常夫	
	五十嵐　光教	
［人事室］	室長	田崎　英弘　他
［勤労室］	室長	草間　常夫　他
［人材開発企画室］	室長	田村　正則　他
［バリアフリー推進室］	室長	寺平　豊　他
［厚生室］	室長	戸田　昭彦　他
［健康管理室］	室長	松本　卓　他

人事室（Personnel Office）
（つくば中央第2）
概　要：
①役職員の任用に関すること。
②個人評価制度の構築、実施に関すること。
③給与の支給に関すること。

④人件費の把握、見通しに関すること。
⑤兼業の許可に関すること。
⑥栄典及び表彰に関すること。

勤労室（Staff Office）
（つくば中央第2）
概　要：
①職員等の労働条件の基準に関すること。
②労使関係に係る総合調整に関すること。
③服務規律に関すること。
④役職員等の懲戒等に関すること。

人材開発企画室
（Human Resources Development Planning Office）
（つくば中央第2）
概　要：
①キャリアパス開発及び研修企画に関すること。
②職員等の研修（計量研修センター及びイノベーションスクールの所掌に属するものを除く）の実施に関すること。
③その他人材開発に関すること。

バリアフリー推進室（Barrier-free Promotion Office）
（つくば中央第2、つくば中央第4）
概　要：
①障害者の雇用促進に関すること

厚生室（Welfare Office）
（つくば中央第2）
概　要：
①役職員等の福利厚生に関すること。
②役職員等の災害補償に関すること。
③宿舎に関すること。
④職員等の退職の相談に関すること。
⑤経済産業省共済組合に関すること。
⑥職員等の社会保険事務に関すること。

健康管理室（Healthcare Office）
（つくば中央第1）
概　要：
①役職員等の健康診断、健康管理及び保健指導に関すること。
②職員等のメンタルヘルスに関すること。
③産業医に係る業務に関すること。

業務報告データ
年度特記事項
１．平成24年度採用実績
①事務職員　11名
②研究職員（パーマネント）　10名
③　〃　（招聘型任期付）　4名
④　〃　（博士型任期付）　60名
⑤　〃　（研究テーマ型任期付）　2名
計　87名

２．平成24年度研修実績

	コース	実施回数	受講者数
①職員等基礎研修（e-ラーニング）	2	3回	408名
②階層別研修	19	20回	719名
③プロフェッショナル研修	15	104回	1,010名
合　計	36	127回	2,137名

②【財務部】
（Financial Affairs Division）

所在地：つくば中央第2
人　員：41名
概　要：

財務部は、独立行政法人制度の趣旨に則り、研究支援の高度化及び組織運営の高度化を、財務及び会計に係る諸施策を通じて実現することにより、産総研ミッションの遂行に寄与することとしている。

なお、財務及び会計に係るコンプライアンスとリスク管理を適切に行いつつ支援業務を遂行するため「財務室、経理室、出納室及び調達室」を配置している。

＜平成24年度活動トピックス＞

○九州センター直方サイトの国庫納付

独立行政法人通則法（平成11年7月16日法律第103号）第46条の2第1項に基づき、九州センター直方サイト（福岡県直方市）の土地、建物及び附帯設備について、平成25年2月15日に現物による国庫納付を行った。（減資額：312,593,564円）

○公共サービス改革(市場化テスト)の開始

「公共サービス改革等基本方針」に係る閣議決定(平成23年7月15日)に基づき、つくばセンターにおける施設・管理業務等について、関連する8業務を「つくばセンターの施設管理等業務共同企業体」が包括して事業を請け負い平成24年度より開始した。

同事業のサービスについて平成24年度分の点検を行った結果は以下の通り。

【一体組織としての機能】
・総括管理業務を中心とした指揮命令の明確化
・緊急対応マニュアルの作成及び連携体制の構築
・業務監督職員への情報集約による事業全体の状況把握の迅速化

※平成24年12月震度4の地震発生時のマニュアルに基づく緊急事態対応
総括管理業務責任者からの統一指揮命令

施設・設備の巡回点検及び早期復旧（警備員、維持管理保守員の連携）

【サービス、質の向上】

・業務連携体制の一層の強化（「共同事業体従事者勤務規程」の作成）

・相互業務の理解（業務報告会・定期集合研修の開催）

※施設利用者アンケートにおける平均満足度

研究協力センター（さくら館）運営管理　96%（指標90%以上）

研究協力センター（けやき館）運営管理　99%（指標85%以上）

地質標本館運営管理　99%（指標90%以上）

サイエンス・スクエアつくば維持管理　94%（指標90%以上）

機構図（2013/3/31現在）

［財務部］	部長	小林　勝則	
	部総括	井佐　好雄	
	部総括	松崎　一秀	
	キャリア主幹	細川　潤一	
├──［財務室］	室長	(兼)松崎　一秀	他
├──［経理室］	室長	山口　洋二	他
├──［出納室］	室長	新井　清和	他
└──［調達室］	室長	五十嵐 直幸	他

財務室（Finance Office）

概　要：

財務及び会計に係る業務の企画及び立案並びに総合調整、予算のとりまとめ、予算の分野別情報の管理、余裕金の運用、資金の借入及び償還、年度計画に基づく実行予算の配賦の計画及び示達、予算の執行管理、財務及び会計に係る業務であって、他の所掌に属しないものに関する業務を行っている。

○収入件数　約7,600件、収入金額　約904億円。

経理室（Accounting Office）

概　要：

決算、消費税の確定申告、計算証明、財務会計システムの管理、有形固定資産の管理（他の所掌に属するものを除く。）に関する業務を行っている。

出納室（Treasury Operations Office）

概　要：

資金計画、金銭の支払、出納及び保管、税務、旅費の支給に関する業務を行っている。

○支払件数　約15万件、支払金額　約932億円。

○旅費件数　約7万9千件、支払金額　約24億円。

調達室（Procurement Office）

概　要：

物件の調達、物件の売払及び賃貸借等の契約、役務の提供等の契約、調達物品等の市場調査、競争参加者の資格審査、調達業務の調整、政府調達に係る協定に基づく調達公告等の官報掲載、物件の調達等に係る監督及び検査、共通在庫消耗品の払出及び在庫管理※に関する業務を行っている。

（※共通在庫消耗品センターは、運営経費の削減等を勘案し、平成25年3月末決算をもって閉鎖した。）

○全契約件数　約96,000件

○政府調達協定の対象案件数　161件、約233.3億円

○インターネット調達

単価契約を締結している電子購買業者の電子購買サイト上で、商品検索・注文を行い、翌日又は翌々日には指定場所まで納品され、支払は毎月一括というスキームのインターネット調達を運用している。オフィス用品（約34,000品目）、理化学用品（全般）、電子部品（約72,000品目）、試薬類（全メーカー）、書籍（全般）、雑貨（約141,000品目）の物品が調達可能。利用件数約4.8万件、利用金額約7.1億円。

○グリーン購入法の適用

「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律」に基づき、産総研として、平成24年度における「環境物品等の調達の推進を図るための方針」を定め、取り組んでいる。

③【ダイバーシティ推進室】

（AIST Diversity and Equal Opportunity Office）

所在地：つくば中央第2

人　員：4名（3名）

概　要：

ダイバーシティ推進室は、性別、国籍、年齢等にかかわりなく能力を発揮できる環境実現を目指し、所内システムの改善や職場環境の整備を進めるため、多様性活用（以下ダイバーシティ）の推進に係る以下の業務を行う。

・基本方針の企画及び立案並びに総合調整

・啓発及び広報

・女性職員の採用拡大と外国人研究者の積極的な採用の支援

・キャリア形成の支援及び勤務環境整備支援

・ダイバーシティの総合推進

【平成24年度の主な活動】

「第3期中期目標期間（平成22～26年度）におけるダイバーシティの推進策」のアクションプランにより、職員の多様な属性がもたらす価値・発想を活かすダイバーシティを目指して、様々な取り組みを実施した。

●ダイバーシティ意識の啓発・浸透

意識改革を趣旨としたセミナーを開催し、所内研修においてダイバーシティに関する講義を実施した。また、産総研におけるダイバーシティ推進の各種取り組みやワーク・ライフ・バランス進展の状況等を、シンポジウムや学会等において発表するとともに、内閣府発行の機関誌や所内誌で紹介した。

●女性研究者及び外国人研究者の積極的な採用・活用

各分野採用担当者に対し女性研究者採用状況を提示し、採用目標の実現を促した。また、外国人研究者向けセミナーを開催するとともに、他機関の情報収集を行い、課題を分析した。

●キャリア形成における共同参画のための方策

懇談会の開催やマルチロードマップデータベースを拡充し、ロールモデルの提示を行った。

●仕事と生活の調和のための支援

職員の介護状況や関心事を調査し、その結果を反映した介護関連セミナーや男性の育児に対する意識向上のためのセミナーを開催した。

●国、自治体及び他の研究教育機関等との連携

つくば市の男女共同参画審議会委員やつくば市主催イベントの実行委員を務めるなど連携協力を行った。ダイバーシティ・サポート・オフィス（DSO）の事務局として、懇話会開催、ニュースレターの発行など、男女共同参画推進および参加する研究教育機関間の連携を深めた。

●ダイバーシティの総合推進

ダイバーシティ推進委員会において、“業務を容易に理解できるよう分かりやすく解説・説明することで、組織全体の効率化を進める”という、業務手続きの「ユニバーサルデザイン化」について議論を行った。

機構図（2013/3/31現在の役職者名）

室　　長　山田　理
総括主幹　菅澤　正己
総括主幹　小木曽　真樹

④【業務推進支援部】

（General Affairs Support Division）

所在地：つくば中央第2
人　員：5名
概　要：

業務推進支援部は、独立行政法人の趣旨に則り、抜本的な業務改善を推進するとともに、組織の基盤的機能の向上を図ることにより、産総研ミッションの遂行に寄与する組織として、平成24年10月1日に設置された。

機構図（2013/3/31現在）

［業務推進支援部］	部長	大辻　賢次
	部総括	中川　啓子
［支援企画室］	室長	中山　一彦 他
［支援業務室］	室長	関根　英二 他
［情報公開・個人情報保護推進室］	室長（兼）	関根　英二 他

支援企画室（Support Planning Office）

（つくば中央第2）

概　要：

研究支援事務及び庶務等の業務の企画及び立案並びに総合調整、外部機関による検査及び監査への対応、研究所の業務効率化の推進に関する業務等を行っている。

支援業務室（General Affairs Support Office）

（つくば中央第2）

概　要：

つくば本部の役員の秘書業務、文書及び公印に関する業務、職員等の勤務及び服務管理、外国人研究者の支援及び産総研インターナショナルセンターに関する業務、役職員等及び研究所の業務を行う者であって役職員等以外の者の外国派遣の手続きに関する業務等を行っている。

情報公開・個人情報保護推進室

（Disclosure and Personal Information Protection Promotion Office）

（つくば中央第2）

概　要：

研究所の情報公開に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整、研究所の情報公開の実施等に関する業務、研究所の個人情報保護に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整、研究所の個人情報の本人開示の実施等に関する業務等を行っている。

６）評価部（Evaluation Division）

所在地：つくば中央第2
人　員：20名（17名）
概　要：

評価部のミッションは、①研究ユニット及び研究関連等業務の活動の活性化・向上を促すこと、②評価結果を経営判断に活用し自己改革に適切に反映すること、

③評価結果を公開して透明性の確保と国民の理解を促し説明責任を果たすことである。

評価結果は理事長に報告するとともに、社会や国民への説明責任と併せて、産総研の活動についてより広い理解が得られるよう、評価報告書として刊行する。

１．研究ユニット評価

第2期中期目標期間から導入したイノベーションの創出に資することを重視した「アウトカムの視点からの評価」を引き続き継続し、外部委員による評価のさらなる充実、評価内容の見直し等の改善を行い、研究ユニット評価を実施した。

研究ユニット毎に研究ユニット評価委員会（外部委員と内部委員で構成）を設置して、研究ユニット評価及び研究ユニット評価フォローアップを行った。外部委員は延べ245名、内部委員は延べ82名であった。

１）研究ユニット評価

「研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ」、「ユニット戦略課題毎のロードマップ・アウトプット」、「イノベーション推進への取り組み」、「研究ユニット運営の取り組み」について評価を行い、評点とコメントによる評価を実施した。本評価は隔年度実施であり、本年度は30研究ユニットを対象とした。

２）研究ユニット評価フォローアップ

研究ユニット評価を実施しない年度には評価委員との「意見交換」あるいは「開始時意見交換会」を実施し、研究ユニット評価の信頼性の向上を図るとともに、評価委員の評価対象の把握と理解の機会の拡大を図った。本年度は11研究ユニットを対象とした。

２．研究ユニット活動総括・提言

外部委員からの評価を強化した研究ユニット評価の結果等に基づき今後の研究、組織のあり方を提言する「研究ユニット活動総括・提言委員会」を開催した。本年度は10研究ユニットを対象とした。

３．研究関連等業務活動評価

研究関連等業務活動の評価について、第3期中期目標期間では、１）地域活性化に係わる業務、２）イノベーション推進、産業人材育成等に係わる業務を対象に評価を行う。

本年度は、イノベーション推進本部と地域センターにおける地域活性化業務活動を対象に実施した。

機構図（2013/3/31現在）

評価部　部長　（兼）上田　完次
首席評価役　赤穂　博司、阿部　修治、永壽　伴章、久保　泰、栗本　史雄、竹内　浩士、檜野　良穂
次長　遠藤　秀典
審議役　大井　健太、高橋　正春
室長　池上　徹、秋道　斉

評価企画室（Evaluation Planning Office）

（つくば中央第2）

概　要：

評価に係る業務の企画及び立案並びに総合調整に関する業務を行う。研究推進に係る活動以外の評価に関する業務を行う。評価に係る業務であって、他の所掌に属しないものに関する業務を行う。

研究評価推進室（Research Evaluation Office）

（つくば中央第2）

概　要：

研究推進に係る活動の評価に関する業務を行う。

業務報告データ

平成23年度研究ユニット評価報告書（平成24年4月）

平成23年度研究関連等業務活動評価報告書（平成24年4月）

平成24年度研究関連等業務活動評価報告書（平成25年3月）

＊産総研公式ホームページから閲覧可能

（http://unit.aist.go.jp/eval/ci/report.html）

７）広報部（Public Relations Department）

所在地：つくば中央第2、つくば中央第1

人　員：22名（3名）

概　要：

広報部は、産業技術や国民生活の向上に貢献することを目的として、報道発表、ホームページ、広報誌、パンフレット、所内公開、イベント出展等の広報活動を通じ、広く国民に対して研究所の研究成果を分かりやすい情報として提供している。

機構図（2013/3/31現在）

［広報部］　部長　（兼）瀬戸　政宏
次長　並木　壯壽
次長　多屋　秀人
審議役　石井　武政
総括主幹　下村　正樹
総括主幹　梶原　茂
キャリア主幹　馬場　正行
［広報企画室］　室長　亀卦川　広之　他
［報道室］　室長　目黒　卓男　他
［広報制作室］　室長　河合　健二　他

［科学・技術コミュニケーション室］
室長　田沼　弘次　他

広報企画室（Public Relations Planning Office）
（つくば中央第2）

概　要：

広報企画室は、広報の基本方針の企画・立案、並びに広報部の業務を総括している。

報道室（Media Relations Office）
（つくば中央第2）

概　要：

報道室は、報道発表を中心にマスメディア対象の広報活動に関する業務を行っている。

広報制作室（Website and Publication Office）
（つくば中央第2）

概　要：

広報制作室は、コーポレートアイデンティティの活用とコーポレートコミュニケーションの企画及び推進、情報ネットワークを用いた研究成果の発信、データベースを用いた研究成果の提供、広報誌・刊行物その他印刷物の編集や発行及び頒布、映像及び広報のための画像の制作に関する業務を行っている。

科学・技術コミュニケーション室
（Science Communication Office）
（つくば中央第2、つくば中央第1）

概　要：

科学・技術コミュニケーション室は、つくばセンターに設置された常設展示施設「サイエンス・スクエアつくば」の運営、所内公開等の企画・運営、外部イベントへの出展、見学対応などの業務を行っている。

1）報道関係

平成24年度プレス発表件数（ユニット別）

所　属　名	発表件数
企画本部	2
太陽光発電工学研究センター	3
バイオメディシナル情報研究センター	1
ナノチューブ応用研究センター	3
ナノスピントロニクス研究センター	3
幹細胞工学研究センター	1
デジタルヒューマン工学研究センター	1
集積マイクロシステム研究センター	1
先進パワーエレクトロニクス研究センター	1
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	4
計測標準研究部門	3
地圏資源環境研究部門	1
知能システム研究部門	1
計測フロンティア研究部門	4
先進製造プロセス研究部門	2
サステナブルマテリアル研究部門	3
地質情報研究部門	3
環境管理技術研究部門	1
環境化学技術研究部門	3
エネルギー技術研究部門	3
情報技術研究部門	4
安全科学研究部門	1
バイオメディカル研究部門	3
健康工学研究部門	2
ナノシステム研究部門	13
生物プロセス研究部門	6
電子光技術研究部門	4
ナノエレクトロニクス研究部門	8
環境・エネルギー分野	1
国際部	1
つくばイノベーションアリーナ推進部	1
関西センター	1
九州センター	1
総計	90

＊発表件数は85件。

平成 24 年度取材対応件数（所属別）

所　属　名	発表
理事	12
企画本部	8
評価部	1
広報部	5
国際標準推進部	2
水素材料先端科学研究センター	2
生命情報工学研究センター	1
生産計測技術研究センター	4
バイオメディシナル情報研究センター	22
ナノチューブ応用研究センター	4
ネットワークフォトニクス研究センター	1
活断層・地震研究センター	274
メタンハイドレート研究センター	16
バイオマスリファイナリー研究センター	1
コンパクト化学システム研究センター	2
ナノスピントロニクス研究センター	4
幹細胞工学研究センター	8
デジタルヒューマン工学研究センター	15
集積マイクロシステム研究センター	5
先進パワーエレクトロニクス研究センター	3
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	13
太陽光発電工学研究センター	34
計測標準研究部門	27
地圏資源環境研究部門	63
知能システム研究部門	64
計測フロンティア研究部門	6
ユビキタスエネルギー研究部門	4
先進製造プロセス研究部門	4
サステナブルマテリアル研究部門	11
地質情報研究部門	90
環境管理技術研究部門	24
環境化学技術研究部門	3
エネルギー技術研究部門	23
情報技術研究部門	52
安全科学研究部門	22
バイオメディカル研究部門	23
健康工学研究部門	8
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	40
ナノシステム研究部門	32
生物プロセス研究部門	13
電子光技術研究部門	2
ナノエレクトロニクス研究部門	13
セキュアシステム研究部門	28
ダイヤモンド研究ラボ	1
フェロー	11
ライフサイエンス分野研究企画室	2
情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室	1
ナノデバイスセンター	2
ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室	1
環境・エネルギー分野研究企画室	2
地質分野研究企画室	4
地質標本館	52
標準・計測分野研究企画室	1
地質調査情報センター	4
計量標準管理センター	3
サービス工学研究センター	6
イノベーション推進企画部	3
産学官連携推進部	1
国際部	2
つくばイノベーションアリーナ推進部	3
産学官連携推進部門	3
研究環境安全本部	1
業務推進支援部	2
つくば中央第一事業所	2
北海道センター	1
東北センター	5
中部センター	6
関西センター	12
中国センター	4
四国センター	8
九州センター	1
総　　計	1,133

平成 24 年度マスコミ等報道数

媒　体　名		件数
新聞	朝日新聞	128
	読売新聞	81
	毎日新聞	65
	産経新聞	47
	日本経済新聞	146
	日刊工業新聞	360
	フジサンケイ　ビジネスアイ	26
	日経産業新聞	193
	化学工業日報	190
	科学新聞	67
	他	1,160
	計	2,463
雑誌等		237
TV／ラジオ	NHK	130
	民放　他	223
	計	353
WEB その他		1,548
合計		4,601

2）主催行事等

平成24年度講演会等実施一覧

	開　催　日	名　　称	主催等名称	産総研とのかかわり	開　催　地	
					会場都道府県	会　場　名
1	2012.4.19	第1回 AIST コア技術セミナー	(独)産総研　関西センター、組込みシステム産業振興機構	主催	大阪府	リーガロイヤル NCB
2	2012.4.19	計測・診断システム研究協議会平成24年度総会・講演会	計測・診断システム研究協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構
3	2012.4.20	第8回ガスハイドレート産業創出イノベーション講演会、第9回メタンハイドレート研究アライアンス講演会	(独)産総研　メタンハイドレート研究センター	主催	東京都	産総研　臨海副都心センター
4	2012.4.23	計測フロンティア研究部門・新人講演会	(独)産総研　計測フロンティア研究部門	主催	茨城県	産総研　つくばセンター中央
5	2012.4.24	GIC　平成24年度総会、特別講演会、第28回研修セミナー	GIC 事務局	主催	宮城県	産総研　東北センター
6	2012.5.8	シンポジウム「グローバル化時代の研究開発とオープンイノベーション」	(独)産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	日経ホール
7	2012.5.10	第15回産総研・新技術セミナー	(独)産総研　東北センター	主催	宮城県	産総研　東北サテライト
8	2012.5.11	第2回 AIST コア技術セミナー	(独)産総研　関西センター、組込みシステム産業振興機構	主催	大阪府	リーガロイヤル NCB
9	2012.5.12	「心の復興プロジェクト」シンポジウム	心の復興プロジェクト実行委員会	主催	茨城県	つくばサイエンスインフォメーションセンター
10	2012.5.15	つくば発イノベーション第19回講演会	(独)産総研	主催	茨城県	産総研　つくばセンター中央
11	2012.5.24～2012.5.25	平成24年度 Clayteam 総会、第9回 Clayteam セミナー	Clayteam	主催	茨城県	産総研　つくばセンター、宇宙航空研究開発機構（JAXA）筑波宇宙センター
12	2012.5.30	第1回「窒化物半導体デバイスに関わる超精密加工プロセス研究会」発会記念特別講演会（第11回精密加工プロセス研究会講演会）	日本機械学会　情報・知能・精密機器部門	共催	福岡県	九州大学　伊都キャンパス
13	2012.6.8	第3回 AIST コア技術セミナー	(独)産総研　関西センター、組込みシステム産業振興機構	主催	大阪府	リーガロイヤル NCB
14	2012.6.14	第16回産総研・新技術セミナー	(独)産総研　東北センター	主催	宮城県	産総研　東北サテライト
15	2012.6.22	第4回 AIST コア技術セミナー	(独)産総研　関西センター、組込みシステム産業振興機構	主催	大阪府	リーガロイヤル NCB
16	2012.6.22	第9回インスペクション技術研究会講演会	AIST・計測・診断システム研究協議会インスペクション技術研究会	主催	福岡県	産総研　九州センター
17	2012.6.29	第71回ロボット工学セミナー次世代アクチュエータの技術動向と筋骨格への応用	(一社)日本ロボット学会	協賛	東京都	中央大学　後楽園キャンパス
18	2012.6.29～2012.10.19	組込み適塾 システムアーキテクトコース	(独)産総研　関西センター、組込みシステム産業振興機構	主催	兵庫県	産総研　関西センター　尼崎支所
19	2012.7.3	GIC　第29回研修セミナー	GIC 事務局	主催	宮城県	産総研　東北センター
20	2012.7.6	第5回 AIST コア技術セミナー	(独)産総研　関西センター、組込みシステム産業振興機構	主催	大阪府	リーガロイヤル NCB
21	2012.7.6	出前講義：地下水観測による東海地震予知	大井川地域地下水利用対策協議会	協力	静岡県	島田市役所　田代環境プラザ
22	2012.7.9	インテレクチャルカフェ「IT 社会インフラの未来像 ～生活者主導で公共情報サービスを構築するために～」	(独)産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	産総研　臨海副都心センター
23	2012.7.9	第17回産総研・新技術セミナー	(独)産総研　東北センター	主催	宮城県	産総研　東北サテライト
24	2012.7.10	第8回「さつき」講習会 モデル検査(SPIN)編	(独)産総研　関西産学官連携センター、組込みシステム産業振興機構、組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研　関西センター　尼崎支所
25	2012.7.11～2012.7.13	ROBOTECH　RT ミドルウエア講習会	ロボットビジネス推進協議会	共催	東京都	東京ビッグサイト
26	2012.7.12	第1回産総研北海道センター講演会	(独)産総研　北海道センター	主催	北海道	TKP 札幌カンファレンスセンター

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
27	2012.7.20	第6回 AIST コア技術セミナー	(独)産総研　関西センター、組込みシステム産業振興機構	主催	大阪府	リーガロイヤル NCB
28	2012.7.20	食総研・産総研ジョイントシンポジウム2012	(独)農研機構　食総研、(独)産総研	共同主催	東京都	星陵会館ホール
29	2012.7.23～2012.7.24	「形式手法入門―エンジニア向け二日コース」in 大阪	組込みシステム産業振興機構	共催	兵庫県	産総研　関西センター　尼崎支所
30	2012.7.25	日本を元気にする産業技術会議シンポジウム－「日本の競争力を創造する 化学産業の将来展望」	(独)産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	日経カンファレンスルーム
31	2012.7.25	出前講義：地下水等総合観測による南海・東南海・東海地震予測	新居浜市役所　市民部　防災安全課	協力	愛媛県	新居浜市役所コミュニティ防災センター
32	2012.8.3	技術フォーラム：湿式製錬に関わるベース・データを考える	東京大学　生産技術研究所	共催	東京都	東京大学　生産技術研究所
33	2012.8.6	東北再生可能エネルギー研究会　平成24年度第1回講演会	産業技術連携推進会議 東北地域部会 資源・環境・エネルギー分科会	共催	宮城県	産総研　東北サテライト
34	2012.8.10～2012.8.20	第123回産学官交流研究会 博多セミナー（一金会）	産学官交流研究会	主催	佐賀県	中小企業基盤整備機構
35	2012.8.20	生産計測技術 RC&ナノシステム RI 合同産学官連携促進フォーラム in 九州	(独)産総研　生産計測技術研究センター、ナノシステム研究部門	主催	佐賀県	産総研　九州センター
36	2012.8.22	平成24年度 国際標準推進戦略シンポジウム「新技術の認証を視野に入れた標準化推進」	(独)産総研 、日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	イイノホール
37	2012.8.22	第10回 Clayteam セミナー	Clayteam	主催	宮城県	仙台市情報・産業プラザ
38	2012.8.30	平成24年度 産総研 環境・エネルギーシンポジウム シリーズ1「環境・ヘルスケアを支える将来の診断技術開発」－環境・ヘルスケア分野におけるスマートコミュニティを目指して－	(独)産総研	主催	東京都	機械振興会館
39	2012.8.31	東北大 - 産総研合同シンポジウム「材料科学で日本を元気にする」	東北大学、(独)産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	日経ホール
40	2012.9.3	「未利用熱エネルギー技術シンポジウム　～中・低温領域～」	(独)産総研	主催	東京都	産総研　臨海副都心センター
41	2012.9.3	第18回産総研・新技術セミナー	(独)産総研　東北センター	主催	宮城県	産総研　東北サテライト
42	2012.9.5	第2回窒化物半導体デバイスに関わる超精密加工プロセス研究分科会講演会第12 回精密加工プロセス研究会講演会	日本機械学会情報・知能・精密機器部門	共催	山口県	山口大学常盤キャンパス
43	2012.9.5	NMIJ 標準物質セミナー2012　～確かな分析と標準物質～	JASIS2012	主催	千葉県	幕張メッセ
44	2012.9.6	「放射線・放射能計測とその信頼性確保のための取り組み」ワークショップ	JASIS2012	主催	千葉県	幕張メッセ
45	2012.9.10	第1回セキュアシステムシンポジウム	(独)産総研　セキュアシステム研究部門	主催	東京都	日本科学未来館 みらい CAN ホール
46	2012.9.18	つくば発イノベーション第20回講演会	(独)産総研	主催	茨城県	産総研　つくばセンター中央
47	2012.9.18	GIC　第30回研修セミナー	GIC 事務局	主催	宮城県	産総研　東北センター
48	2012.9.25	第72回ロボット工学セミナー「アドバンストな環境認識センサとその処理方法」	(一社)日本ロボット学会	協賛	東京都	東京大学工学部
49	2012.9.27	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」第13回精密加工プロセス研究会講演会（第3回窒化物半導体デバイスにかかわる超精密加工プロセス研究分科会講演	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」　精密加工プロセス研究会	主催	福岡県	リファレンス駅東ビル
50	2012.9.27	第14回医療福祉技術シンポジウム	産業技術連携推進会議 医療福祉技術分科会、(地独)東京都立産業技術研究センター、(独)産総研	共同主催	東京都	東京都立産業技術研究センター
51	2012.10.1	中国地域産総研技術セミナー in 岡山	(独)産総研　中国センター、岡山県工業技術センター	共同主催	岡山県	岡山ロイヤルホテル
52	2012.10.1	第10回メタンハイドレート研究アライアンス講演会 Malcolm A. Kelland 教授（ノルウェー・スタバンゲル大学）講演会－ガスハイドレート生成防止剤の研究開発動向－	(独)産総研　メタンハイドレート研究センター	主催	茨城県	産総研　つくばセンター西
53	2012.10.2	第19回産総研・新技術セミナー	(独)産総研　東北センター	主催	宮城県	産総研　東北サテライト

	開　催　日	名　　称	主催等名称	産総研とのかかわり	開　催　地	
					会場都道府県	会　場　名
54	2012.10.3	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」平成24年度第1回　食品・バイオテクノロジー技術研究会講演会	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」	主催	福岡県	リファレンス駅東ビル
55	2012.10.5	中国地域産総研技術セミナー in 東広島	(独)産総研、広島県立総合技術研究所 西部工業技術センター	共同主催	広島県	中国電力株式会社　エネルギア総合研究所
56	2012.10.5	第125回産学官交流研究会 博多セミナー（一金会）	産学官交流研究会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構　九州支部
57	2012.10.9	第73回ロボット工学セミナー「生体計測とインタフェース技術」	(一社)日本ロボット学会	協賛	東京都	東京大学　本郷キャンパス
58	2012.10.10～2012.10.12	「中小企業総合展 JISMEE2012」	(独)中小企業基盤整備機構	後援	東京都	東京ビッグサイト
59	2012.10.11	第3回　プラズマ医療・健康産業シンポジウム	(独)産総研　エネルギー技術研究部門／糖鎖医工学研究センター	主催	大阪府	産総研　関西センター
60	2012.10.12	NMIJ 法定計量セミナー2012	(独)産総研　計量標準総合センター	主催	東京都	東京ビッグサイト
61	2012.10.18	セミナー「環境エレクトロニクス分野」の現状と展開	(独)産総研、九州工業大学、公益財団法人国際東アジア研究センター(北九州市)	共催	福岡県	北九州学術研究都市　産学連携センター
62	2012.10.19	地質リスクマネジメント事例研究発表会	(一社)全国地質調査業協会連合会	協賛	東京都	飯田橋レインボーホール
63	2012.10.21～2012.10.26	「 International Symposium on Metal-Hydrogen Systems, 2012」（金属－水素系に関する国際シンポジウム2012）	広島大学　先進機能物質研究センター	協賛	京都府	京都府民総合交流プラザ
64	2012.10.30	産総研 イノベーション・ワークショップ in タイ－ タイにおける産業界、公的研究機関と産総研とのさらなる連携に向けて－ AIST Workshop for Innovation Ecosystem in Thailand - Toward global research collaboration among industries, research institutes and AIST -	(独)産総研	主催	タイ・バンコク	GRAND MILLENNIUM SUKHUMVIT BANGKOK
65	2012.11.3	平成24年度第2回データベース講習会@東北「創薬研究のためのデータベース講習会」	(独)産総研	主催	宮城県	東北大学　星陵地区 IT 教育施設
66	2012.11.5	第20回産総研・新技術セミナー	(独)産総研　東北センター	主催	宮城県	産総研　東北サテライト
67	2012.11.6	つくば発イノベーション第21回講演会	(独)産総研	主催	茨城県	産総研　つくばセンター中央
68	2012.11.9	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」第12回プラズマ技術研究会講演会、第3回ミニマル3DIC ファブ開発研究会講演会	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」	主催	福岡県	リファレンス駅東ビル
69	2012.11.12	第3回形式手法の産業応用ワークショップ(国際会議 ICFEM 2012 併催)	ICFEM （ 14th International Conference on Formal Engineering Methods ） プログラム委員会	共催	京都府	京都リサーチパーク
70	2012.11.13	震災復興技術推進シンポジウム「復興から未来を創るデザインイノベーション」	(地独)東京都立産業技術研究センター	協賛	東京都	東京都立産業技術研究センター
71	2012.11.13	第 11 回 Clayteam セミナー、The 3rd International Symposium on Advanced Composite Materials	Clayteam	主催	東京都	産総研　臨海副都心センター
72	2012.11.26	第2回産総研北海道センター講演会	(独)産総研　北海道センター	主催	北海道	TKP 札幌ビジネスセンター
73	2012.12.3	第2回 未利用熱エネルギー技術シンポジウム	(独)産総研　先進製造プロセス研究部門	主催	愛知県	愛知県産業労働センター ウインクあいち 小ホール
74	2012.12.4～2012.12.5	ナノテク製造中核人材の養成プログラム『プラズマ技術と成膜技術』講義	(独)産総研　ナノデバイスセンター	主催	茨城県	産総研　つくばセンター中央
75	2012.12.4	東北分析・計測科学技術コンソーシアム TCAST　基礎セミナー	TCAST	主催	宮城県	産総研　東北サテライト
76	2012.12.5	「東北地方の水産加工業復興に向けた新しい流通システムの構築」フォーラム	(独)産総研、東京大学	共催	東京都	東京大学　農学部キャンパス
77	2012.12.7	産総研　環境・エネルギー分野シンポジウム シリーズエネルギー技術シンポジウム 2012特集“非在来型エネルギー革命に向けた我が国の資源戦略と技術開発”	(独)産総研　エネルギー技術研究部門	主催	東京都	東京国際交流館プラザ平成

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
78	2012.12.7	中国地域産総研技術セミナー in 米子	(独)産総研　中国センター、(地独) 鳥取県産業技術センター	共同主催	鳥取県	国際ファミリープラザ
79	2012.12.7～2012.12.10	第127回産学官交流研究会 博多セミナー（一金会）	産学官交流研究会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構　九州支部
80	2012.12.7	GIC　第31回研修セミナー	GIC 事務局	主催	宮城県	産総研　東北センター
81	2012.12.10	第2回プリンテッドエレクトロニクスシンポジウム	(独)産総研　フレキシブルエレクトロニクス研究センター（FLEC）	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
129	2012.12.10	産総研本格研究ワークショップ in 中部「ものづくりとサービスの融合－新たな価値づくり（快適・安心・満足･･･）－」	(独)産総研	主催	愛知県	メルパルクNAGOYA
83	2012.12.13～2012.12.14	産総研環境・エネルギーシンポジウムシリーズ第4回メタンハイドレート総合シンポジウム（CSMH-4）	産総研メタンハイドレート研究センター	主催	東京都	産総研　臨海副都心センター
84	2012.12.13	第21回産総研・新技術セミナー	(独)産総研　東北センター	主催	宮城県	産総研　東北サテライト
85	2012.12.17	第22回産総研・新技術セミナー	(独)産総研　東北センター	主催	宮城県	産総研　東北サテライト
86	2012.12.19～2012.12.20	第4回　窒化物半導体デバイスに関わる超精密加工プロセス研究分科会講演会、第14回精密加工プロセス研究会講演会	日本機械学会　情報・知能・精密機器部門	主催	東京都	日本機械学会会議室
87	2012.12.20	東北再生可能エネルギー研究会 平成24年度第2回講演会	産業技術連携推進会議　東北地域部会　資源・環境・エネルギー分科会	共催	宮城県	産総研　東北サテライト
88	2012.12.21	第13回応用物理学会・プラズマエレクトロニクス分科会・新領域研究会、第4回プラズマ医療・健康産業シンポジウム　合同開催	(独)産総研	主催	東京都	産総研　臨海副都心センター
89	2012.12.21	平成24年度第1回計測・診断システム研究協議会出前シンポジウム	佐賀県、(独)産総研　九州センター、計測・診断システム研究協議会	主催	佐賀県	グランデはがくれ
90	2012.12.26	先進製造シンポジウム　－グローバル競争を勝ち抜くための製造業の研究開発と産総研の展開－	(独)産総研　先進製造プロセス研究部門	主催	東京都	機会振興会館ホール
91	2013.1.9～2013.1.11	第25回バイオエンジニアリング講演会	(一社)日本機械学会	共催	茨城県	産総研　つくばセンター中央
92	2013.1.16	第128回産学官交流研究会 博多セミナー（一金会）	産学官交流研究会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構　九州支部
93	2013.1.21	平成24年度　第5回先導技術交流会シンポジウム	(社)研究作業・産業技術振興協会	後援	東京都	機械振興会館研修室
94	2013.1.22	第23回産総研・新技術セミナー	(独)産総研　東北センター	主催	宮城県	産総研　東北サテライト
95	2013.1.23	平成24年度人材育成スクール「分析・評価スクール」講義	(独)産総研　ナノデバイスセンター	主催	茨城県	産総研　つくばセンター中央
96	2013.1.24～2013.1.25	計量標準総合センター2012年度成果発表会	(独)産総研　計量標準総合センター（NMIJ）	主催	茨城県	産総研　つくばセンター中央
97	2013.1.24	環境調和セラミックス材料研究会	名古屋工業大学　先進セラミックス研究センター	共催	愛知県	名古屋工業大学
98	2013.1.28	第15回連携大学院産学官交流セミナー	(独)産総研　九州センター、佐賀大学	主催	佐賀県	佐賀大学
99	2013.1.30	第3回未利用熱エネルギー技術シンポジウム	(独)産総研　ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室	主催	東京都	東京ビッグサイト
100	2013.1.30	中国地域産総研技術セミナー in 山口	(独)産総研　中国センター、(地独)山口県産業技術センター	共同主催	山口県	山口グランドホテル
101	2013.2.1	第129回産学官交流研究会 博多セミナー（一金会）	(独)産総研　九州センター、(独)中小企業基盤整備九州支部、(一財)九州産業技術センター、(一社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構　九州支部
102	2013.2.4	講演会「日本の遠隔医療の現状と実態」	(独)産総研　ヒューマンライフテクノロジー研究部門	主催	茨城県	産総研　つくばセンター中央
103	2013.2.5	中国地域産総研技術セミナー in 島根	(独)産総研　中国センター、島根県産業技術センター	共同主催	島根県	テクノアークしまね
104	2013.2.14	日本学術振興会 第153委員会　第109回研究会(公開)第13回プラズマ技術研究会講演会	日本学術振興会共催：産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」プラズマ技術研究会	共催	福岡県	サットンホテル博多シティ

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
105	2013.2.14	平成24年度 Clayteam 総会、第12回 Clayteam セミナー	Clayteam	主催	宮城県	TKP ガーデンシティ仙台
106	2013.2.15	化学物質の安全管理に関するシンポジウム ーリスク評価は現実の問題や政策にどのように活用されるのかー	化学物質の安全管理に関するシンポジウム実行委員会	共催	東京都	中央合同庁舎
107	2013.2.15	(独)産総研「新技術説明会 in 浜松」加工技術編	浜松商工会議所工業振興課	出展	静岡県	浜松商工会議所
108	2013.2.18	平成24年度産業技術連携推進会議北海道地域部会合同分科会（製品＆技術開発事例報告会）	産業技術連携推進会議北海道地域部会	主催	北海道	北海道大学 学術交流会館
109	2013.2.19	次世代ナノテクフォーラム2013	(独)産総研 関西センター、産業技術連携推進会議近畿地域部会ナノテクノロジー分科会	主催	大阪府	千里ライフサイエンスセンター
110	2013.2.19	第24回産総研・新技術セミナー	(独)産総研 東北センター	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
111	2013.2.20	第15回精密加工プロセス研究会講演会（第5回窒化物半導体デバイスにかかわる超精密加工プロセス研究分科会講演会）	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」 精密加工プロセス研究会	主催	福岡県	リファレンス駅東ビル
112	2013.2.20	東北再生可能エネルギー研究会 平成24年度第3回講演会	産業技術連携推進会議 東北地域部会 資源・環境・エネルギー分科会	主催	秋田県	秋田ビューホテル
113	2013.2.21	第5回産総研ナノシステム連携促進フォーラム ～先進ナノ材料とデバイス化技術の新展開～	(独)産総研 ナノシステム研究部門	主催	東京都	秋葉原・コンベンションホール
114	2013.2.26	つくば発イノベーション第22回講演会	(独)産総研	主催	茨城県	常陽つくばビル
115	2013.2.26	第3回産総研北海道センター講演会「医薬品の承認審査について」	(独)産総研 北海道センター R&B パーク札幌大通サテライト	共催	北海道	R&B パーク札幌大通サテライト
116	2013.2.26	GIC 平成24年度報告総会および第32回研修セミナー（特別講演会）	GIC 事務局	主催	宮城県	TKP ガーデンシティ仙台
117	2013.2.27	高専・産総研研究交流会 in 旭川	旭川工業高等専門学校、(独) 産総研	主催	北海道	旭川工業高等専門学校
118	2013.2.27	一般社団法人日本生体医工学会専門別研究会医用アクチュエーション研究会	日本生体医工学会専門別研究会医用アクチュエーション研究会	協力	茨城県	産総研 つくばセンター東
119	2013.3.1	(独)産総研 技術普及講演会	(独)産総研 中部センター、(一財)北陸産業活性化センター	主催	富山県	とやま自遊館
120	2013.3.7	(独)産総研 関西センター研究講演会「微生物研究が創る未来」 －自然を見極め、社会・世界に繋ぐ	(独)産総研 関西センター	主催	大阪府	千里ライフサイエンスセンター サイエンスホール
121	2013.3.8	東北分析・計測科学技術コンソーシアム TCAST H24年度総会・講演会	TCAST	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
122	2013.3.11	震災復興技術推進シンポジウム「イノベーションによる市場創造へ～ものづくり企業の医療・福祉機器分野への参入～」	(地独)東京都立産業技術研究センター、(独)産総研	共同主催	東京都	都産技研本部 東京イノベーションハブ
123	2013.3.11	平成24年度第2回 食品・バイオテクノロジー技術研究会	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」 食品・バイオテクノロジー技術研究会	主催	福岡県	リファレンス駅東ビル
124	2013.3.12	(独)産総研 福島新拠点再生可能エネルギーシンポジウム	(独)産総研	主催	福島県	郡山ユラックス熱海
125	2013.3.13～2013.3.15	第1回 糖鎖解析技術研修会 in 産総研	(独)産総研 糖鎖医工学研究センター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター中央
126	2013.3.15	第130回産学官交流研究会 博多セミナー（一金会）	(独)産総研 九州センター、(独)中小企業基盤整備 九州支部、(一財)九州産業技術センター、(一社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構 九州支部
127	2013.3.19	第1回スマートライフケアフォーラム「復興から学ぶコミュニティデザイン「」	産総研 スマートライフケアコンソーシアム	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
128	2013.3.21	第10回インスペクション技術研究会講演会プログラム	AIST・計測・診断システム研究協議会インスペクション技術研究会	主催	宮崎県	宮崎県工業技術センター
129	2013.3.25	平成24年度 第2回出前シンポジウム	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」	主催	福岡県	（株）北九州テクノセンター
130	2013.3.26	第2回 先進製造シンポジウム ―顧客価値を取り込む製造技術―	(独)産総研 先進製造プロセス研究部門	主催	茨城県	産総研 つくばセンター中央

1．主催行事（共同主催を含む）

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
1	2012.4.6	第119回産学官交流研究会 博多セミナー（一金会）	(独)産総研　九州センター、(独)中小機構　九州支部、(財)九州産業技術センター、(社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構　九州本部
2	2012.4.22	地質標本館特別講演：地質探訪　中東の国オマーン	(独)産総研　地質標本館	主催	茨城県	産総研　つくばセンター
3	2012.4.22	科学技術週間特別イベント　「なぜ？」と「ふしぎ！」を見つけにいこう	(独)産総研	主催	茨城県	産総研　つくばセンター
4	2012.4.25	第7回インテレクチュアル・カフェ	(独)産総研　四国センター	主催	香川県	産総研　四国センター
5	2012.4.25～2012.4.27	Asia-Pacific Microwave Photonics Conference 2012（APMP 2012)アジア・パシフィックマイクロ波フォトニクス国際会議2012	Asia-Pacific Microwave Photonics Conference 2012実行委員会	主催	京都府	コープイン京都
6	2012.4.27	第5回 NRI(AIST)-NINT(NRC)共同ワークショップ	(独)産総研　ナノシステム研究部門	主催	茨城県	産総研　つくばセンター
7	2012.5.9	仙台まちなかサイエンス(第11回)	(独)産総研　九州センター	主催	宮城県	産総研　東北サテライト
8	2012.5.11	第120回産学官交流研究会 博多セミナー（一金会）	(独)産総研　九州センター、(独)中小機構　九州支部、(財)九州産業技術センター、(社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構　九州本部
9	2012.5.18	第33回　(独)産総研サイエンスカフェ「ロボットで移動する街　モビリティロボットが作る未来の形」	(独)産総研　広報部	主催	茨城県	カフェベルガ
10	2012.5.21	GIC　平成24年度第1回研究開発相談会	GIC事務局	主催	宮城県	産総研　東北サテライト
11	2012.5.24～2012.5.25	太陽光発電工学研究センター成果報告会	(独)産総研　太陽光発電工学研究センター	主催	茨城県	つくば国際会議場
12	2012.5.29～2012.5.31	8th Inernational Workshop on Mwthane Hydrate Research & Development 2012 Fiery Ice 第8回メタンハイドレート研究開発国際ワークショップ	(独)産総研　メタンハイドレート研究センター	主催	北海道	ロイトン札幌
13	2012.6.1	日本ゾルゲル学会第9回セミナー【光テクノロジーに向けた新材料開発】	日本ゾルゲル学会	主催	東京都	日本大学　駿河台キャンパス
14	2012.6.1	第121回産学官交流研究会 博多セミナー（一金会）	(独)産総研　九州センター、(独)中小機構　九州支部、(財)九州産業技術センター、(社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構　九州本部
15	2012.6.4～2012.6.5	第3回ナノシステム研究部門研究交流会	(独)産総研　ナノシステム研究部門	主催	茨城県	産総研　つくばセンター
16	2012.6.8	日本を元気にする産業技術会議シンポジウム－再生可能エネルギーとしての地中熱活用に向けた将来展望	(独)産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	日経ビル
17	2012.6.25	第8回インテレクチュアル・カフェ	(独)産総研　四国センター	主催	香川県	産総研　四国センター
18	2012.6.26～2012.6.27	(独)産総研中部センターオープンラボ2012	(独)産総研　中部センター	主催	愛知県	産総研　中部センター
19	2012.6.26～2012.6.27	2012年(独)産総研中部センター研究発表会	(独)産総研　中部センター	主催	愛知県	産総研　つくばセンター
20	2012.6.27	仙台まちなかサイエンス(第12回)	(独)産総研　九州センター	主催	宮城県	産総研　東北サテライト
21	2012.6.28～2012.6.29	What is Next Workshop 2012	(独)産総研　光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点	主催	愛知県	名鉄犬山ホテル
22	2012.6.29	（公開講座）経済産業研究所 中島厚志理事長講演会　～グローバル社会における経済・産業の方向性と期待される人材像～	(独)産総研　イノベーションスクール	主催	茨城県	産総研　つくばセンター
23	2012.7.1～2013.2.28	平成24年度中国地域公設試験研究機関功績者表彰事業	(公財)ちゅうごく産業創造センター	主催	広島県	ちゅうごく産業創造センター会議室
24	2012.7.6	第122回産学官交流研究会 博多セミナー（一金会）	(独)産総研　九州センター、(独)中小機構　九州支部、(財)九州産業技術センター、(社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構
25	2012.7.7	(独)産総研瀬戸サイト メモリアル講演会	(独)産総研　中部センター	主催	愛知県	パルティせと
26	2012.7.18～2012.9.30	地質標本館　夏の特別展　ミクロな化石で地球をさぐる　－微化石と地質調査－	(独)産総研　地質標本館	主催	茨城県	地質標本館

	開　催　日	名　称	主催等名称	産総研とのかかわり	開　催　地	
					会場都道府県	会　場　名
27	2012.7.19	第3回つくばイノベーションアリーナ（TIA-nano）公開シンポジウム	つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点運営最高会議	主催	東京都	一橋講堂
28	2012.7.26～2012.7.27	日本ゾルゲル学会第10回討論会	日本ゾルゲル学会	主催	神奈川県	慶應義塾大学
29	2012.7.27	第34回(独)産総研サイエンスカフェ『正しく「節電」してますか？　ライフサイクル的思考に基づく節電評価』	(独)産総研　広報部	主催	茨城県	カフェベルガ
30	2012.7.30～2012.8.3	RT ミドルウエアサマーキャンプ2012	(独)産総研	主催	茨城県	産総研　つくばセンター
31	2012.7.31～2012.8.1	第13回　(独)産総研・仙台まちなかサイエンス	(独)産総研　九州センター	主催	宮城県	産総研　東北サテライト
32	2012.8.3	地質標本館夏休みイベント石をみがいてみよう!!	(独)産総研　地質標本館	主催	茨城県	地質標本館
33	2012.8.4	(独)産総研九州センター 一般公開	(独)産総研　九州センター	主催	佐賀県	産総研　九州センター
34	2012.8.4	(独)産総研東北センター一般公開	(独)産総研　東北センター	主催	宮城県	産総研　東北センター
35	2012.8.4	(独)産総研中部センター一般公開（なごや・サイエンス・ひろば）	(独)産総研　中部センター	主催	愛知県	なごやサイエンスパーク
36	2012.8.5	つくばウォークの日	つくば市	主催	茨城県	イーアスホール
37	2012.8.11	(独)産総研北海道センター一般公開	(独)産総研　北海道センター	主催	北海道	産総研　北海道センター
38	2012.8.20	生産計測技術 RC&ナノシステム RI 合同産学官連携促進フォーラム in 九州	(独)産総研　生産計測技術研究センター、(独)産総研ナノシステム研究部門	主催	佐賀県	産総研　九州センター
39	2012.8.23	平成24年度(独)産総研四国センター一般公開	(独)産総研　四国センター	主催	香川県	産総研　四国センター
40	2012.8.24	地質標本館　夏休み化石クリーニング体験教室	(独)産総研　地質標本館	主催	茨城県	地質標本館
41	2012.8.25	地質標本館　地球何でも相談	(独)産総研　地質標本館	主催	茨城県	地質標本館
42	2012.8.27	第9回インテレクチュアル・カフェ	(独)産総研　四国センター	主催	香川県	産総研　四国センター
43	2012.8.30～2012.9.5	ナノテク製造中核人材の養成プログラム　ナノエレクトロニクス	(独)産総研　ナノデバイスセンター	主催	茨城県	産総研　つくばセンター
44	2012.9.10	(独)産総研本格研究ワークショップ	(独)産総研　北海道センター	主催	北海道	札幌全日空ホテル
45	2012.9.21	Post-ECOC Workshop 2012ポスト ECOC 国際会議ワークショップ2012	(独)産総研、Eindhoven 工科大学、東北大学	共同主催	オランダ・アイントホーフェン	Eindhoven　工科大学
46	2012.9.25	仙台まちなかサイエンス(第14回)	(独)産総研　九州センター	主催	宮城県	産総研　東北サテライト
47	2012.9.25～2012.9.27	Eleventh Japan-Taiwan International Workshop on Hydrological and Geochemical Research for Earthquake Prediction（水文学的・地球化学的手法による地震予知研究についての第11回日台国際ワークショップ）	(独)産総研　活断層・地震研究センター	主催	茨城県	産総研　つくばセンター
48	2012.9.28	日本を元気にする産業技術会議シンポジウム－「サービス工学による新しい社会価値創造」	(独)産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	日経カンファレンスルーム
49	2012.9.28	第35回(独)産総研サイエンスカフェ「聞きやすい音・わかりやすい音 耳が遠くなった ひとのことも考えた音づくり」	(独)産総研　広報部	主催	茨城県	カフェベルガ
50	2012.10.4	平成24年度人材育成スクール超微細加工人材育成スクール　講義	文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム、(独)産総研、東京工業大学	主催	茨城県	産総研　つくばセンター
51	2012.10.13	地質標本館2012年度野外地質観察会フズリナの化石を探してみよう！　～葛生の石灰岩の観察と鉱山見学～	(独)産総研　地質標本館	主催	栃木県	佐野市葛生化石館
52	2012.10.19	(独)産総研　中国センター一般公開（広島中央サイエンスパーク　施設公開　2012）	広島中央サイエンスパーク研究交流推進協議会	共同主催	広島県	産総研　中国センター　他
53	2012.10.22	第7回(独)産総研レアメタルシンポジウム	(独)産総研　レアメタルタスクフォース	主催	東京都	石垣記念ホール
54	2012.10.22	第10回インテレクチュアル・カフェ	(独)産総研　四国センター	主催	香川県	産総研　四国センター
55	2012.10.25	(独)産総研オープンラボ「産業技術会議講演会」“医療機器分野におけるオープンイノベーションに向けて”	(独)産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	茨城県	産総研　つくばセンター

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
56	2012.10.25～2012.10.26	(独)産総研オープンラボ2012	(独)産総研	主催	茨城県	産総研　つくばセンター
57	2012.10.25～2012.10.26	(独)産総研オープンラボ「トップ講演会」	(独)産総研	主催	茨城県	産総研　つくばセンター
58	2012.10.25～2012.10.26	(独)産総研オープンラボ	(独)産総研	主催	茨城県	産総研　つくばセンター
59	2012.11.2～2012.12.10	第126回産学官交流研究会 博多セミナー（一金会）	(独)産総研　九州センター、(独)中小機構　九州支部、(財)九州産業技術センター、(社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構
60	2012.11.5	第5回超高速フォトニクスシンポジウム	(独)産総研、(独)情報通信研究機構、東北大学電気通信研究所、早稲田大学	主催	東京都	日本女子大学　目白キャンパス
61	2012.11.6	平成24年度　環境・エネルギー分野シンポジウムシリーズ 化学物質の最適管理をめざすリスクトレードオフ解析手法の開発～ プロジェクト成果報告と今後の方向性 ～	(独)産総研　安全科学研究部門	主催	東京都	きゅりあん（品川区立総合区民会館）
62	2012.11.7～2012.11.9	ナノテク製造中核人材の養成プログラム　リソグラフ―関連技術	(独)産総研　ナノデバイスセンター	主催	茨城県	産総研　つくばセンター
63	2012.11.9	計測標準フォーラム第10回講演会	計測標準フォーラム	主催	東京都	大田区産業プラザ（PiO）
64	2012.11.15	健康食品・化粧品ビジネスマッチング in 札幌2012	経済産業省北海道経済産業局、札幌市、北海道バイオ産業クラスター・フォーラム、(公財)北海道科学技術総合振興センター	主催	北海道	札幌コンベンションセンター
65	2012.11.16	第36回(独)産総研サイエンスカフェ「重要文化財になった科学機器　－メートル原器に込められた先人の想い－」	(独)産総研　広報部	主催	茨城県	カフェベルガ
66	2012.11.19	日本を元気にする産業技術会議シンポジウム「次世代電池の展望と拓かれる未来」（第8回UBIQENフォーラム）	(独)産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	大阪府	千里ライフサイエンスセンター
67	2012.11.19	平成24年度（独)産総研 本格研究ワークショップ in 秋田	(独)産総研　東北センター	主催	秋田県	秋田ビューホテル
68	2012.11.19～2012.11.21	仙台マイクロナノ国際フォーラム2012	東北大学、フラウンホーファー研究機構、フラウンホーファー日本代表部、(独)産総研　東北センター　グリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム、MEMSパークコンソーシアム、仙台市	主催	宮城県	仙台サンプラザ
69	2012.11.21～2012.11.22	SiC パワー半導体関連プロジェクト合同シンポジウム　-FIRST Outreach Program-International Symposium on SiC Power Electronics 2012-Challenges for Ultrahigh - Voltage Power Devices - 最先端研究開発支援プログラム「低炭素社会創成へ向けた炭化珪素（SiC）革新パワーエレクトロニクスの研究開発」国際シンポジウム	(独)産総研	主催	京都府	京都テルサ
70	2012.11.26	(独)産総研本格研究ワークショップ in 広島	(独)産総研　中国センター	主催	広島県	メルパルク広島
71	2012.11.26	GIC　平成24年度第2回研究開発相談会	GIC 事務局	主催	宮城県	産総研　東北サテライト
72	2012.11.27	企業と博士人材との交流会	(独)産総研　イノベーションスクール、筑波大学 グローバルリーダーキャリア開発ネットワーク(GLCNet)	主催	茨城県	筑波大学
73	2012.11.28	第4回(独)産総研マグネシウムシンポジウム	(独)産総研　中部センター　サステナブルマテリアル研究部門、名古屋国際見本市委員会	主催	愛知県	ポートメッセなごや
74	2012.11.28～2012.11.30	(独)産総研中部センターと歩む産業技術展／中部地域公的研究機関 EXPO 2012	(独)産総研　中部センター	主催	愛知県	ポートメッセなごや
75	2012.11.29	平成24年度 九州・沖縄 産業技術オープンデー	(独)産総研　九州センター、九州経済産業局	主催	佐賀県	鳥栖市民文化会館
76	2012.12.5	第5回「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」シンポジウム	(独)産総研	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
77	2012.12.5	仙台まちなかサイエンス(第15回)	(独)産総研　九州センター	主催	宮城県	産総研　東北サテライト
78	2012.12.5～2012.12.7	セミコンジャパン2012	セミジャパン	主催	千葉県	幕張メッセ

	開　催　日	名　称	主催等名称	産総研とのかかわり	開　催　地	
					会場都道府県	会　場　名
79	2012. 12. 7	シンポジウム「新材料で構成する快適建築空間」－新しい窓の機能と役割（光・熱の制御と利用を中心にして）－	(独)産総研　サステナブルマテリアル研究部門、環境ハーモニック建築部材研究会	主催	東京都	石垣記念ホール
80	2012. 12. 7	再生可能エネルギー技術への期待と展望（第7回再生可能エネルギー世界展示会、併催(独)産総研セッション）	再生可能エネルギー協議会、(独)産総研	主催	千葉県	幕張メッセ
81	2012. 12. 7	ジェロンテクノロジーフォーラム 2012 Gerontechnology forum 2012	(独)産総研	主催	東京都	産総研　臨海副都心センター
82	2012. 12. 18	第11回　地圏資源環境研究部門　研究成果報告会	(独)産総研　地圏資源環境研究部門	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
83	2012. 12. 18	平成24年度(独)産総研関西センター本格研究ワークショップ	(独)産総研　関西センター	主催	大阪府	大阪科学技術センター
84	2013. 1. 15	(独)産総研 本格研究ワークショップ in 熊本「オープンイノベーションで地域産業に貢献する半導体および有機薄膜関連技術」	(独)産総研、くまもと有機薄膜技術高度化支援センター	主催	熊本県	KKR　ホテル熊本
85	2013. 1. 15	計算機言語談話会（CLC）1月第1回	組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研　関西センター　尼崎支所
86	2013. 1. 19～2013. 1. 20	(独)産総研キャラバン2013やまぐち	(独)産総研	主催	山口県	防府市青少年科学館ソラール
87	2013. 1. 21～2013. 1. 22	5th International Symposium on Innovative Solar Cells 第5回　革新的太陽光発電国際シンポジウム	(独)産総研　太陽光発電工学研究センター、東京大学　先端科学技術研究センター、東京工業大学	主催	茨城県	つくば国際会議場
88	2013. 1. 22	地質調査総合センター第20回シンポジウム「地質学は火山噴火の推移予測にどう貢献するか」	(独)産総研　地質調査総合センター	主催	東京都	秋葉原ダイビル
89	2013. 1. 25	日本を元気にする産業技術会議シンポジウム「“もの”、“こと”、“ひと”づくりで日本を元気にしよう！」	(独)産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	日経ホール
90	2013. 1. 25	第37回(独)産総研サイエンスカフェ「小さな植物が秘めた力　植物の中で働く見えないアクセルとブレーキ」	(独)産総研　広報部	主催	茨城県	カフェベルガ
91	2013. 1. 28	鹿児島大学・(独)産総研関西センター　研究シーズ連携発表会	鹿児島大学産学官連携推進センター、(独)産総研　関西センター	主催	大阪府	大阪科学技術センター
92	2013. 1. 29	つくば医工連携フォーラム2013	(独)産総研　ヒューマンライフテクノロジー研究部門つくばバイオマテリアル医工学研究会つくば医療産業懇談会いばらき成長産業振興協議会	主催	茨城県	産総研　つくばセンター
93	2013. 1. 29	平成24年度(独)産総研本格研究ワークショップ	(独)産総研	主催	香川県	サンメッセ香川
94	2013. 1. 30～2013. 1. 31	水素先端世界フォーラム2013International Hydrogen Energy Development Forum 2013	(独)産総研　水素材料先端科学研究センター、福岡水素エネルギー戦略会議、福岡県、九州大学	主催	福岡県	グランドハイアット福岡
95	2013. 2. 1	ナノテクノロジー国際標準化ワークショップ　ナノバイオテクノロジーの開発と標準化	(独)産総研、ナノテクノロジー標準化国内審議委員会	主催	東京都	東京ビッグサイト
96	2013. 2. 1	センサワークショップ	(独)産総研　先進製造プロセス研究部門	主催	愛知県	名古屋駅前イノベーションハブ会議室
97	2013. 2. 1	「第11回高分子ナノテクノロジー研究会講座　ポリマーナノコンポジットの進展」	高分子学会 高分子ナノテクノロジー研究会	主催	東京都	産総研　臨海副都心センター
98	2013. 2. 5～2013. 2. 6	第12回　(独)産総研・産技連 LS-BT 合同研究発表会	(独)産総研、産業技術連携推進会議ライフサイエンス部会、バイオテクノロジー分科会	主催	茨城県	産総研　つくばセンター
99	2013. 2. 6	平成24年度　産業技術連携推進会議　ナノテクノロジー・材料部会、製造プロセス部会合同研究発表会	産業技術連携推進会議　ナノテクノロジー・材料部会、製造プロセス部会	主催	茨城県	産総研　つくばセンター
100	2013. 2. 10	まちなかサイエンス in もりおか－地学童話の傑作、宮沢賢治『楢ノ木大学士の野宿』を読み解く－	(独)産総研　東北センター	主催	岩手県	いわて県民情報交流センター
101	2013. 2. 16	地質標本館カフェ朗読会　宮澤賢治「楢ノ木大学士の野宿」－イーハトーヴの石たち－	(独)産総研　地質標本館	主催	茨城県	地質標本館
102	2013. 2. 19	平成24年度　(独)産総研　環境・エネルギーシンポジウムシリーズ「21世紀の化学反応とプロセス　－未来を切り拓く革新触媒－」	(独)産総研	主催	茨城県	つくば国際会議場
103	2013. 2. 20	2013産学官連携支援シンポジウム	産学官連携支援協議会、北海道中小起業家同友会	主催	北海道	ホテルさっぽろ芸文館
104	2013. 2. 25	第12回インテレクチュアル・カフェ	(独)産総研　四国センター	主催	香川県	産総研　四国センター

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
105	2013.3.4	レアメタルシンポジウム　@関西「エネルギー高度利用とレアメタル」	(独)産総研　関西センター	主催	大阪府	大阪科学技術センター
106	2013.3.5	第2回電子光技術シンポジウム「電子と光の新しい潮流」－情報通信社会の持続的発展を担う新材料・新技術－	(独)産総研　電子光技術研究部門	主催	東京都	産総研　臨海副都心センター
107	2013.3.6～2013.3.8	第8回 新エネルギー技術シンポジウム	第8回 新エネルギー技術シンポジウム 実行委員会	主催	茨城県	産総研　つくばセンター
108	2013.3.8	デジタルヒューマン・シンポジウム2013	(独)産総研　デジタルヒューマン工学研究センター	主催	東京都	日本科学未来館
109	2013.3.8	第38回(独)産総研サイエンスカフェ「太陽の光で水から水素を　エネルギー問題解決を目指す人工光合成」	(独)産総研　広報部	主催	茨城県	カフェベルガ
110	2013.3.13	最先端研究開発支援プログラム2013年成果報告会グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発	(独)産総研、グリーン・ナノエレクトロニクスセンター（GNC）	主催	東京都	一橋講堂
111	2013.3.13	仙台まちなかサイエンス（第17回）	(独)産総研　九州センター	主催	宮城県	産総研　東北サテライト
112	2013.3.15	(独)産総研創薬・バイオセミナー	(独)産総研	主催	兵庫県	神戸国際ビジネスセンター（KIBC）
113	2013.3.16	第24回　自分で作ろう!!化石レプリカ　“三葉虫”	(独)産総研　地質標本館	主催	茨城県	地質標本館
114	2013.3.16～2013.3.17	科学・技術フェスタ	内閣府、(独)産総研他	主催	京都府	京都パルスプラザ
115	2013.3.19	Electro-Active Polymer（EAP）研究シンポジウムーフラウンホーファー・(独)産総研共同研究キックオフー	(独)産総研　健康工学研究部門	主催	大阪府	梅田スカイビル
116	2013.3.19	復興から学ぶコミュニティデザイン	(独)産総研　スマートライフケアコンソーシアム	主催	東京都	産総研　臨海副都心センター
117	2013.3.21	(独)産総研サイエンスカフェ in 北海道「菌のミュージアム～食べ物が光った原因は!?電気を食べる菌!?菌が虫を救う!?驚きの菌の世界～	(独)産総研　広報部	主催	北海道	産総研　札幌大通りサイト
118	2013.3.22	つくば先端機器共用施設連携ワークショップ2013	高エネルギー加速器研究機構、筑波大学、(独)物質・材料研究機構、(独)産総研、つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点運営最高会議	共同主催	東京都	東京ステーションコンファレンス

２．その他参加行事

	開　催　日	名　　称	主催等名称	産総研とのかかわり	開催地	
					会場都道府県	会　場　名
1	2012. 4. 11～2013. 3. 3	『先端技術館@TEPIA』	(財)機械産業記念事業財団	協力	東京都	TEPIA
2	2012. 4. 17～2012. 4. 18	Asian Workshops on 3D Body Scanning TechnologiesTokyo, Japan, 17-18 April 2012	Hometrica Consukting	共催	東京都	産総研　臨海副都心センター
3	2012. 4. 25～2012. 4. 27	OPTICS&PHOTONICS Internatiol Congress 2012	OPTICS&PHOTONICS Internatiol 協議会	協賛	神奈川県	パシフィコ横浜会議センター
4	2012. 4. 27	四国マイクロ波プロセス研究会第10回フォーラム	四国マイクロ波プロセス研究会	後援	高知県	高知大学総合情報センター
5	2012. 5. 8～2012. 5. 11	第15回 組込システム開発技術展	リードエグジビジョンジャパン(株)	出展	東京都	東京ビッグサイト
6	2012. 5. 9～2012. 5. 11	アジア・アントレプレナーシップ・アワード 2012	(一社)フューチャーデザインセンター	後援	千葉県	千葉県柏市柏の葉キャンパス一帯地域
7	2012. 5. 12～2012. 5. 15	第5回ジオパーク国際ユネスコ会議	第5回ジオパーク国際ユネスコ会議組織委員会	後援	長崎県	長崎県島原半島（島原半島ジオパーク）
8	2012. 5. 14～2012. 5. 18	「第24回国際低温工学会議－2012年国際低温材料材料会議（ICEC24-ICMC2012)」	(公社)　低温工学・超電導学会	後援	福岡県	福岡国際会議場
9	2012. 5. 18	地盤材料試験・地盤調査の精度とばらつきに関するシンポジウム	(公社)　地盤工学会	協賛	大阪府	ドーンセンター
10	2012. 5. 20～2012. 5. 25	「日本地球惑星科学連合2012年大会」	(一社)　日本地球惑星科学連合	後援	千葉県	幕張メッセ国際会議場
11	2012. 5. 22	第69回ロボット工学セミナー「ロボットに利用できるコンピュータビジョン技術」	(一社)日本ロボット学会	協賛	東京都	東京大学　本郷キャンパス
12	2012. 5. 24～2012. 5. 27	技研公開2012	NHK 放送技術研究所	協力	東京都	NHK 放送技術研究所
13	2012. 5. 25～2012. 7. 11	平成24年度　ニュービジネス助成金	(株)池田泉州銀行	後援	大阪府	池田泉州銀行
14	2012. 5. 30～2012. 6. 1	「中小企業総合展2012 in kansai」	(独)中小企業基盤整備機構	後援	大阪府	インテックス大阪
15	2012. 5. 30～2012. 6. 1	スマートグリッド展2012	(株)日刊工業新聞社	協賛	千葉県	東京ビッグサイト
16	2012. 6. 1～2013. 3. 31	「板橋製品技術大賞」	東京都板橋区	後援	東京都	板橋区役所
17	2012. 6. 13～2012. 6. 15	JPCA Show 2012/ラージエレクトロニクスショー2012/2012マイクロエレクトニクスショー/JISSO PROTEC2012	(社)日本電子回路工業会	協賛	東京都	東京ビッグサイト
18	2012. 6. 14～2012. 6. 15	Embedded Technology West 2012／組込み総合技術展 関西	(社) 組込みシステム技術協会 Embedded Technology 運営事務局	出展	大阪府	インテックス大阪
19	2012. 6. 16～2012. 6. 17	第70回ロボット工学セミナー「ロボットの作り方2012」	(一社)日本ロボット学会	協賛	埼玉県	埼玉大学　工学部
20	2012. 6. 19～2012. 6. 20	第125回塑性加工工学講座「板材成形の基礎と応用～基礎編～」	(社)日本塑性加工学会	協賛	東京都	日本大学　理工学部
21	2012. 6. 19	12-1 高分子ナノテクノロジー研究会「機能と高分子ナノテクノロジー」	(公社)　高分子学会	協賛	東京都	産総研　臨海副都心センター
22	2012. 6. 24	日本福祉のまちづくり学会 音サインシンポジウム	日本福祉のまちづくり学会情報障害特別研究委員会	共催	東京都	産総研　臨海副都心センター
23	2012. 6. 26	第4回 ナノ材料科学環境拠点シンポジウム	TIA-nano の拠点活用 PJ　ナノ材料科学環境拠点（GREEN）	その他	茨城県	物質・材料研究機構　並木地区
24	2012. 6. 29	早大・(独）産総研ベンチャーフォーラム～明日に羽ばたくベンチャー起業を目指して～	（独）産総研　イノベーション推進本部ベンチャー開発部、早稲田大学	共催	東京都	早稲田大学
25	2012. 7. 1～2012. 7. 31	「蓄熱月間」	（一財）ヒートポンプ・蓄熱センター	後援	東京都	ヒートポンプ・蓄熱センター
26	2012. 7. 1～2013. 9. 30	平成24年度国際経済産業交流事業	（一社）国際経済交流財団	後援	東京都	国際経済交流財団

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
27	2012.7.2	1st SKLFMC/ECUST–NRI/AIST JOINT WORKSHOP 第一回華東理工大学上海市効能化学重点実験室－産業技術総合研究所ナノシステム研究部門合同ワークショップ	華東理工大学 上海市効能化学重点実験室（SKLFMC/ECUST）	共催	中国・上海	華東理工大学
28	2012.7.5	地方独立行政法人化記念イベント 新生！産技研テクノフェア	(地独)大阪府立産業技術総合研究所	後援	大阪府	地方大阪府立産業技術総合研究所
29	2012.7.11～2012.7.13	テクノフロンティア2012	日本能率協会	出展	東京都	東京ビッグサイト
30	2012.7.15	学都「仙台・宮城」サイエンス・デイ2012	特定非営利活動法人 natural science	共催	宮城県	東北大学 川内北キャンパス
31	2012.7.24～2012.7.25	第6回ビジネスマッチングフェア in Hamamatsu2012	浜松商工会議所	後援	静岡県	アクトシティ浜松
32	2012.7.26	「かがわ健康関連製品開発フォーラム設立記念シンポジウム」	かがわ健康関連製品開発フォーラム、(公財)かがわ産業支援財団	後援	香川県	アルファあなぶきホール
33	2012.8.1～2012.8.7	「機械の日・機械週間」	(一社)日本機械学会	後援	東京都	国立科学博物館
34	2012.8.1	2012サイエンスパーク in 札幌駅前通地下歩行空間	（地独） 北海道立総合研究機構	出展	北海道	室蘭工業大学
35	2012.8.2～2012.8.3	第6回 国際燃料電池ワークショップ2012	山梨大学	後援	山梨県	甲府富士屋ホテル
36	2012.8.7	北洋銀行ものづくりテクノフェア2012	(株)北洋銀行	後援	北海道	札幌コンベンションセンター
37	2012.8.7	市民公開シンポジウム「農学・食糧科学が創る安全・安心な世界」	日本学術会議農学委員会・食糧科学委員会、北海道大学大学院農学研究院	協賛	北海道	北海道大学農学部大講堂
38	2012.8.8	「第25回国際超電導シンポジウム(ISS2012)」	(公財)国際超電導産業技術研究センター	後援	東京都	タワーホール船堀
39	2012.8.11～2012.8.13	「みんなのエネルギーフェスタ2012」	みんなのエネルギー会議	後援	東京都	秋葉原 UDX
40	2012.8.31	第1回「元気・長生き・運動器」	日本運動器科学会	共催	宮城県	気仙沼市五右衛門が原応急仮設集会所
41	2012.9.1～2012.10.31	2012キャンパスベンチャーグランプリ四国（CVG 四国）	キャンパスベンチャーグランプリ（CVG）四国実行委員会	後援	大阪府	日刊工業新聞社 大阪支社 cvg 四国事務局
42	2012.9.1～2012.10.31	第11回キャンパスベンチャーグランプリ中国	キャンパスベンチャーグランプリ中国実行委員会	後援	広島県	日刊工業新聞社 広島総局 cvg 中国事務局
43	2012.9.1～2013.3.31	キャンパスベンチャーグランプリ北海道	キャンパスベンチャーグランプリ北海道実行委員会	後援	北海道	日刊工業新聞社 札幌支局 cvg 北海道事務局
44	2012.9.1～2012.10.31	第8回キャンパスベンチャーグランプリ東北（CVG 東北）	CVG 東北実行委員会	後援	宮城県	日刊工業新聞社 仙台総局 cvg 東北事務局
45	2012.9.3～2012.9.7	「第10回 全日本 学生フォーミュラ大会ーものづくり・デザインコンペティションー」	(公社)自動車技術会	協賛	静岡県	エコパ（小笠山運動公園）
46	2012.9.3～2012.9.4	バイオマス燃料の事業化に向けた国際戦略シンポジウム	(独)科学技術振興機構、(独)国際協力機構（JICA）、(独) 産総研（AIST）、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）、(一社)日本経済団体連合会	共催	東京都	大手町サンケイプラザ
47	2012.9.5～2012.9.7	「JASIS2012 (Japan Analytical & Scientific Instruments Show)」	(社)日本分析機器工業会、(一社)日本科学機器協会	後援・出展	千葉県	幕張メッセ国際展示場
48	2012.9.5	技術移転マッチング	経済産業省北海道経済産業局札幌市	出展	北海道	KKR ホテル札幌
49	2012.9.10	平成24年度イノベーションコーディネータ表彰	(独)科学技術振興機構	後援	香川県	サンポートホール高松
50	2012.9.11	「反応分離シンポジウム2012」	(公社)化学工学会 反応工学部会 反応分離分科会	協賛	福島県	産総研 つくばセンター
51	2012.9.16～2012.9.18	トライボロジー会議2012秋北海道室蘭	トライボロジー会議2012秋北海道室蘭実行委員会	後援	北海道	室蘭工業大学

	開　催　日	名　　称	主催等名称	産総研とのかかわり	開催地	
					会場都道府県	会　場　名
52	2012.9.17	リアルロボットテクノロジーシンポジウム	(一社)日本ロボット学会	後援	北海道	札幌コンベンションセンター
53	2012.9.18	「産学官連携シンポジウム」～（独）産業技術総合研究所×金沢工業大学　協力協定締結10周年記念事業～	学校法人金沢工業大学、（独）産総研	共催	石川県	金沢工業大学扇が丘キャンパス
54	2012.9.18～2012.9.19	「地下熱利用（熱応答試験およびその解析）講習会」	(公社)　日本地下水学会	共催	長野県	信州大学　工学部
55	2012.9.19～2012.9.21	スマートプロダクツ2012	スマートプロダクツ実行委員会	協賛	東京都	東京ビッグサイト
56	2012.9.19	平成24年度　産業創出講演会について	（公財）ちゅうごく産業創造センター	後援	広島県	ホテルグランヴィア広島
57	2012.9.19	広島市立大学2012年度リエゾンフェスタ	広島市立大学、広島市	後援	広島県	広島市まちづくり市民交流プラザ
58	2012.9.19～2013.6.14	イノベーションネットアワード2013地域産業支援プログラム表彰事業	(財)日本立地センター	後援	東京都	（財）日本立地センター
59	2012.9.20～2012.9.21	全地連「技術フォーラム2012」新潟	(社)全国地質調査業会連合会	協賛	新潟県	朱鷺メッセ
60	2012.9.21	「電気自動車開発技術展(EVEX・イーベックス）2012」	電気自動車開発技術展実行委員会	協賛	東京都	東京ビッグサイト
61	2012.9.21	「第47回ナノビズマッチ」	(一社)ナノテクノロジービジネス推進協議会	協賛	東京都	東京 YWCA会館
62	2012.9.26	「第48回ナノビズマッチ」	(一社)ナノテクノロジービジネス推進協議会	協賛	東京都	東京 YWCA会館
63	2012.9.27～2012.9.28	第3回日中大学フェア＆フォーラム	(独)科学技術振興機構	後援	東京都	東京国際フォーラム
64	2012.9.27～2012.9.28	イノベーション・ジャパン2012-大学見本市	(独)科学技術振興機構	出展	東京都	東京国際フォーラム
65	2012.10.2～2012.10.6	最先端 IT・エレクトロニクス総合展 CEATEC JAPAN（シーテック ジャパン）2012	(一社)情報通信ネットワーク産業協会、(一社)電子情報技術産業協会、(一社)コンピュータソフトウェア協会	後援	千葉県	幕張メッセ
66	2012.10.5	「トーゴーの日シンポジウム2012～ライフサイエンスデータベース統合の医学への応用を探る」	(独)科学技術振興機構　バイオデータベースセンター	共催	東京都	時事通信ホール
67	2012.10.5	東京都立産業技術研究センター・表面技術協会三部会公開シンポジウム「ドライプロセスの新潮流」	(地独)東京都立産業技術研究センター、(一社)表面技術協会　表面改質・硬化部会、材料機能ドライプロセス部会、電鋳・金型の表面処理研究部会	後援	東京都	地方東京都立産業技術研究センター本部
68	2012.10.5	「全国イノベーションコーディネータフォーラム2012」	(独)科学技術振興機構	後援	香川県	サンポートホール高松
69	2012.10.6	第2回「元気・長生き・運動器」	日本運動器科学会	共催	宮城県	気仙沼市五右衛門が原応急仮設集会所
70	2012.10.7～2012.10.9	「科学技術と人類の未来に関する国際フォーラム(Science and Technology in Society forum）第9回年次総会」	特定非営利活動法人 STS フォーラム	後援	京都府	国立京都国際会館
71	2012.10.9～2012.10.14	2012年国際航空宇宙展（ジャパン エアロスペース2012/JA2012）	(一社)　日本航空宇宙工業会	出展	愛知県	ポートメッセなごや／中部国際空港　セントレア
72	2012.10.10～2012.10.12	BioJapan2012	BioJapan 組織委員会	後援・出展	神奈川県	パシフィコ横浜
73	2012.10.10～2012.10.12	INTERMEASURE 2012（第25回国際計量測量展）	(一社)日本計量機器工業連合会	後援	東京都	東京ビッグサイト
74	2012.10.10～2012.10.12	第6回総合検査機器展	日本検査機器工業会	出展	東京都	東京ビッグサイト
75	2012.10.12	秋田大会－石油学会地域貢献フォーラム－	（公社）石油学会秋田大会実行委員会	出展	秋田県	秋田キャッスルホテル
76	2012.10.13	「市民講座」里山・里海としての瀬戸内海について	The North Pacific Marine Science Organization（北太平洋海洋科学機関：PICES)、（独）水産総合研究所センター瀬戸内海区水産研究所、水産庁	後援	広島県	広島県情報プラザ
77	2012.10.13～2012.10.15	ねんりんピック宮城・仙台2012　生活支援ロボットフェスティバル	ねんりんピック宮城・仙台2012実行委員会事務局	出展	宮城県	夢メッセみやぎ
78	2012.10.17～2012.10.19	VACUUM2012－真空展	日本真空工業会、(一社）日本真空学会	出展	東京都	東京ビックサイト

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
79	2012.10.17～2012.12.19	北九州市学術研究都市第12回産学連携フェア	北九州市学術研究都市産学連携フェア実行委員会、(公財)北九州産業学術推進機構（FAIS）	出展	福岡県	北九州学術研究都市各施設
80	2012.10.18～2012.10.19	北陸技術交流テクノフェア2012	技術交流テクノフェア実行委員会	後援	福井県	福井県産業会館
81	2012.10.19～2012.10.21	エコプロダクツ東北2012	特定非営利活動法人環境会議所東北	協賛	宮城県	夢メッセみやぎ
82	2012.10.20～2012.10.21	つくば市制25周年記念　第9回つくば産業フェア＆農産物フェア2012	つくば市、つくば市商工会、つくば産業フェア実行委員会	協力	茨城県	つくばカピオ、大清水公園
83	2012.10.20～2012.10.21	サッポロヘルス＆ビューティフェア2012	サッポロヘルス＆ビューティフェア2012実行委員会	後援	北海道	アクセスサッポロ
84	2012.10.20～2012.10.21	第6回ビジネスフェア2012夢商い in こおりやまーふるさと産品等の安全・安心フェアー	郡山地区商工会広域協議会	出展	福島県	ビッグパレットふくしま
85	2012.10.24～2012.10.26	びわ湖環境ビジネスメッセ2012	滋賀環境ビジネスメッセ実行委員会	後援	滋賀県	滋賀県立長浜ドーム
86	2012.10.24～2012.10.26	日本地熱学会平成24年学術講演会	日本地熱学会	協賛	秋田県	湯沢文化会館
87	2012.10.25～2012.10.26	第50回全国繊維技術交流プラザ	全国繊維工業技術協会	後援	富山県	福野文化創造センター
88	2012.10.25～2012.10.26	（独）産総研オープンラボ	（独）産総研	出展	茨城県	産総研　つくばセンター
89	2012.10.29～2012.10.30	エンジニアリングシンポジウム2012	(一財)エンジニアリング協会	協賛	東京都	日本都市センター会館
90	2012.10.31～2012.11.2	計測展 2012 OSAKA	(一社)日本電気計測器工業会	協賛	大阪府	大阪国際会議場
91	2012.11.2～2012.11.5	第3回日本ジオパーク全国大会室戸大会	第3回日本ジオパーク室戸大会実行委員会	後援	高知県	室戸市保険福祉センター
92	2012.11.2	日本情報地質学会2012年度シンポジウムー地形・地質・地球物理情報の三次元モデリングー	日本情報地質学会	共催	東京都	産総研　臨海副都心センター
93	2012.11.2～2012.11.3	おおさき産業フェア2012	NPO 法人未来産業創造おおさき	出展	宮城県	大崎市古川総合体育館
94	2012.11.3～2012.11.4	あいち少年少女創意くふう展2012	愛知県、名古屋市、名古屋商工会議所、中日新聞、(一社)愛知県発明協会	後援	愛知県	トヨタテクノミュージアム産業技術記念館
95	2012.11.3	学研労協サイエンスカフェ　第4回つくろう！科学の輪「これからのエネルギー、選ぶのはあなたです。」	筑波研究学園都市研究機関労働組合協議会つくば市民大学	後援	茨城県	つくば市民大学
96	2012.11.3	テスト設計コンテスト’13関西地域予選会	NPO 法人　ソフトウェアテスト技術振興協会（ASTER)、ソフトウェアテスト設計コンテスト関西地域予選実行委員会	後援	奈良県	奈良工業技術センター
97	2012.11.3	茨城県高等学校文化連盟自然科学部発表会	茨城県高等学校文化連盟自然科学部	後援	茨城県	産総研
98	2012.11.5～2012.11.8	The Third International Conference on Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots（SIMPAR-2012）	SIMPAR-2012　実行委員会	共催	茨城県	産総研
99	2012.11.7～2012.11.19	第32回キャピラリー電気泳動シンポジウム	第32回キャピラリー電気泳動シンポジウム実行委員会、日本分析化学会電気泳動分析研究懇談会	協賛	大阪府	産総研　関西センター
100	2012.11.7～2012.11.8	ふくしま復興・再生可能エネルギー産業フェア2012	福島県、(公財)福島県産業振興センター	後援・出展	福島県	ビッグパレットふくしま
101	2012.11.7～2012.11.10	メッセナゴヤ2012	メッセナゴヤ実行委員会	出展	愛知県	ポートメッセなごや
102	2012.11.7	四国工業研究会特別企画セミナー	四国工業研究会	共催	香川県	ホテルパールガーデン
103	2012.11.8～2012.11.9	ビジネス EXPO「第26回 北海道 技術・ビジネス交流会」　北海道 価値創造！～つなぐ力で未来へ～	北海道 技術・ビジネス交流会実行委員会	後援・出展	北海道	アクセスサッポロ
104	2012.11.9	第21回 日本 NCSLI 技術フォーラム	非営利団体 日本 NCSLI	後援	東京都	東京都大田区産業プラザPio
105	2012.11.9	「NEDO 技術フォーラム in 近畿(2012)」～快適で、環境にやさしい、エネルギー利用を考える！～	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構	協賛	大阪府	住まい情報センター

	開　催　日	名　　称	主催等名称	産総研とのかかわり	開催地	
					会場都道府県	会　場　名
106	2012. 11. 9	平成24年度　（独）産総研　本格研究ワークショップ in 秋田　『持続可能社会を支える東北の精緻なものづくり技術』	(独)産総研　東北センター	出展	秋田県	秋田ビューホテル
107	2012. 11. 10～ 2012. 11. 11	サイエンスアゴラ2012	(独)科学技術振興機構	共催・出展	東京都	日本科学未来館、産総研臨海副都心センター、東京都立産業技術研究センター
108	2012. 11. 11～ 2012. 11. 15	第21回パターン認識国際会議/The 21st International Coference on Pattern Recognition（ICPR2012）	第21回パターン認識国際会議組織委員会	共催	茨城県	つくば国際会議場
109	2012. 11. 12	ISO50001 国際ワークショップ	経済産業省産業技術環境局	後援	東京都	プラザ平成東京国際交流館
110	2012. 11. 15	京都産学公連携フォーラム2012	(公社)京都工業会	後援	京都府	京都工業会館
111	2012. 11. 15	地球観測連携拠点（温暖化分野）平成24年度ワークショップ「太陽放射エネルギーの観測と利用」－地球環境問題を解く鍵－	地球温暖化観測推進事務局／環境省・気象庁	後援	東京都	千代田放送会館
112	2012. 11. 15	第13回ビジネスフェア from TAMA	西武信用金庫、(一社)首都圏産業活性化協会	出展	東京都	新宿 NS ビル
113	2012. 11. 15～ 2012. 11. 17	第16回いたばし産業見本市	いたばし産業見本市実行委員会	出展	東京都	板橋区立東板橋体育館
114	2012. 11. 16	第32回日本微生物系統分類研究会年次大会シンポジウム「微生物学研究における系統分類学の輪役割と貢献」	日本微生物系統分類研究会	協力	茨城県	産総研
115	2012. 11. 16	「第8回日独産業フォーラム 2012」	ドイツ貿易・投資振興機構	後援	東京都	マンダリンオリエンタル東京
116	2012. 11. 16	中四国環境ビジネスネット（B-net）フォーラム2012	岡山県、(財)岡山県産業振興財団	後援	岡山県	岡山ロイヤルホテル
117	2012. 11. 16	高機能素材活用産業創出フォーラム	四国経済産業局四国地域イノベーション創出協議会	後援	愛媛県	メルパルク松山
118	2012. 11. 17	平成24年度「みやぎサイエンス・フェスタ」	宮城県仙台第三高等学校	出展	宮城県	宮城県仙台第三高等学校
119	2012. 11. 18～ 2012. 11. 20	Techno-Ocean2012	Techno-Ocean2012実行委員会	後援	兵庫県	神戸国際会議場
120	2012. 11. 20～ 2012. 11. 22	産業交流展2012	東京都、東京商工会議所、東京都商工会議所連合会、東京都商工会連合会、東京都中小企業団体中央会、(株)東京ビッグサイト、(公財)東京都中小企業振興公社、(地独)東京都立産業技術研究センター	出展	東京都	東京ビッグサイト
121	2012. 11. 21～ 2012. 11. 26	ブルーシャンブルーを利用した ECD 技術展示会	(株)東和製作所	共催	東京都	澁谷ヒカリエ
122	2012. 11. 26	（独）産総研本格研究ワークショップ in 広島	(独)産総研　中国センター	出展	広島県	メルパルク広島
123	2012. 11. 27	環境省　環境研究総合推進費環境問題対応型研究領域研究プロジェクト E-1001「アジア低炭素社会の構築に向けた緩和技術のコベネフィット研究」一般公開シンポジウム「アジアの大気汚染と地球温暖化対策」	環境省環境研究総合推進費 E-1001	協力	茨城県	筑波大学
124	2012. 11. 27	第3回太陽電池モジュール国際基準認証信頼性フォーラム	太陽光発電技術研究組合	共催	東京都	イイノホール
125	2012. 11. 27～ 2012. 11. 28	第34回風力エネルギー利用シンポジウム	(公財)科学技術振興財団、(一社)日本風力エネルギー学会	後援	東京都	科学技術館
126	2012. 11. 28～ 2012. 11. 30	「国際粉体工業展東京2012」	(一社)日本粉体工業技術協会	後援	東京都	東京ビッグサイト
127	2012. 11. 28	第49回ナノビズマッチ	(一社)ナノテクノロジー推進協議会	協賛	東京都	東京 YWCA 会館
128	2012. 11. 28	四国食品健康フォーラム2012～機能性食品の新たな表示、「健康支援食品」制度の実現に向けて～	四国地域イノベーション創出協議会	後援	香川県	サンポートホール高松
129	2012. 11. 28～ 2012. 11. 29	メディカルクリエーションふくしま2012	メディカルクリエーションふくしま2012実行委員会	出展	福島県	ビッグパレットふくしま
130	2012. 11. 30	第4回中国四国男女共同参画シンポジウム「ともに協働環境の構築へ」～中国四国地域の未来を拓く～	香川大学	後援	香川県	高松シンボルタワー　かがわ国際会議場
131	2012. 12. 1	第5回中国地区高専テクノ・マーケット in 中国エリア	(独)国立高等専門学校機構	後援	山口県	徳山商店連合会館

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
132	2012.12.3～2012.12.4	第9回 バイオマス・アジアワークショップ 9th Biomass-Asia Workshop	(独) 産総研、(一社) 新エネルギー財団、(独) 科学技術振興機構、バイオマス・アジアリサーチコンソーシアム、(独) 国際農林水産業研究センター、(独) 農業・食品産業技術総合研究機構、(独) 森林総合研究所、東京大学、広島大学	共催	東京都	イイノホール
133	2012.12.3～2012.12.4	第38回 (2012年) 感覚代行シンポジウム	感覚代行研究会	共催	東京都	産総研 臨海副都心センター
134	2012.12.3～2012.12.4	「第6回つくば3E フォーラム会議」	つくば3E フォーラム委員会、筑波大学	後援	茨城県	つくば国際会議場
135	2012.12.5～2012.12.7	第7回再生可能エネルギー世界展示会	再生可能エネルギー協議会	共催	千葉県	幕張メッセ
136	2012.12.5～2012.12.6	ビジネス・エンカレッジ・フェア2012 ～関西からつくる、日本の未来。東北の未来。～	池田泉州ホールディングス、池田泉州銀行	出展	大阪府	大阪国際会議場
137	2012.12.6	NIMS・AIST 微細構造解析プラットフォーム 合同地域セミナー	NIMS 微細構造解析プラットフォーム、AIST 微細構造解析プラットフォーム	共催	茨城県	産総研 つくばセンター
138	2012.12.7～2012.12.8	第22回環境地質学シンポジウム	地質汚染－医療地質－社会地質学会	共催	茨城県	産総研
139	2012.12.7～2012.12.8	2012 アグリビジネス創出フェア in Hokkaido	特定非営利活動法人グリーンテクノバンク、農林水産省	後援	北海道	サッポロファクトリー
140	2012.12.10	看護ニーズ医療機器等開発に関する研究会 (第1回) (経済産業省 課題解決型医療機器等開発事業 医工連携推進事業)「看護領域の医療機器開発・事業化に関する公開型ラウンドテーブルディスカッション」	経済産業省商務情報政策局ヘルスケア産業課医療・福祉機器産業室	協力	東京都	産総研 臨海副都心センター
141	2012.12.10	平成24年度(独)産総研本格研究ワークショップ in 中部	(独)産総研	出展	愛知県	メルパルク NAGOYA
142	2012.12.14	触媒学会 つくば地区講演会	(一社)触媒学会	後援	茨城県	産総研 つくばセンター
143	2012.12.15～2012.12.16	マンモグラフィ X 線トレーサビリティ講習会	NPO 法人マンモグラフィ検診精度管理中央委員会	協賛	茨城県	産総研
144	2012.12.17	第五回 大阪大学共同研究講座シンポジウム	大阪大学大学院工学研究科	後援	大阪府	大阪大学 中之島センター
145	2012.12.18～2012.12.20	第13回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会	(公社)計測自動制御学会システムインテグレーション部門	協賛	福岡県	福岡国際会議場
146	2012.12.19	超低電圧デバイス技術研究組合 第2回成果報告会	超低電圧デバイス技術研究組合	協賛	茨城県	つくば国際会議場
147	2012.12.28	かがわ糖質バイオフォーラム第5回シンポジウム	かがわ糖質バイオフォーラム、(公財)かがわ産業支援財団	後援	香川県	かがわ国際会議場
148	2013.1.11～2013.1.20	工芸 Design の原点－仙台発・国立工藝指導所をめぐる物語－	(公財)仙台市市民文化事業団	協力	宮城県	東北工業大学
149	2013.1.17	「東北大学イノベーションフェア2013 in 仙台」	東北大学	後援	宮城県	仙台国際センター
150	2013.1.17	産学官連携フェア2013winter みやぎ～研究成果発表・交流の集い～	(公財)みやぎ産業振興機構	共催	宮城県	仙台国際センター
151	2013.1.21	「第5回技能継承フォーラム (理研シンポジウム：「ものづくり技能継承の現状と展望」)」	(独)理化学研究所 基幹研究所大森素形材工学研究室	協賛	埼玉県	理化学研究所和光研究所
152	2013.1.22	「SAT テクノロジー・ショーケース2013」	(財)茨城県科学技術振興財団 つくばサイエンス・アカデミー	共催	茨城県	つくば国際会議場
153	2013.1.23	インテレクチャル・カフェ広島	中国地域産学官コラボレーション会議	共催	広島県	ひろしまハイビル２１
154	2013.1.25	札幌市経済界フォーラム	(財)さっぽろ産業振興財団	後援	北海道	京王プラザホテル 札幌「プラザホール」
155	2013.1.25	第5回北海道地区高専テクノ・イノベーションフォーラム	(独)国立高等専門学校機構、函館工業高等専門学校、苫小牧工業高等専門学校、釧路工業高等専門学校、旭川工業高等専門学校	後援	北海道	ロワジールホテル函館
156	2013.1.26	第2回「微化石。火山灰を観る」、「北海道の山から採れた微生物”有孔虫 (海洋プランクトン) ”の化石の拡大模型づくり」	新宿区立環境学習情報センター	協力	東京都	新宿区立環境学習情報センター
157	2013.1.28	北九州市制50周年プレ事業第4回次世代ユビキタス・パワーエレクトロニクスのための信頼性科学ワークショップ	北九州市長	共催	福岡県	北九州国際会議場

	開　催　日	名　　称	主催等名称	産総研とのかかわり	開催地	
					会場都道府県	会　場　名
158	2013.1.28	第3回「元気・長生き・運動器」	日本運動器科学会	共催	宮城県	仙沼市五右衛門が原応急仮設集会所
159	2013.1.30	「第50回ナノビズマッチ」	(一社) ナノテクノロジービジネス推進協議会	協賛	東京都	東京ビッグサイト
160	2013.1.30～ 2013.2.1	nano tech 2013 第12回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議	nano tech 実行委員会	後援・出展	東京都	東京ビッグサイト
161	2013.1.30～ 2013.1.31	彩の国ビジネスアリーナ2013	埼玉県、(財)埼玉県産業振興公社、(公社)埼玉県情報サービス産業協会、(株)埼玉りそな銀行、(株)武蔵野銀行、埼玉縣信用金庫、飯能信用金庫、川口信用金庫、青木信用金庫	出展	埼玉県	さいたまスーパーアリーナ
162	2013.2.3	親子であそぼう♪ジオネットの日	ジオネットワークつくば	共催	茨城県	つくばエキスポセンター
163	2013.2.15	第2回「健康と環境」ビジネス創出セミナー	(一社)バイオビジネス創出研究会	後援	滋賀県	北ビワコホテルグラツィエ
164	2013.2.15	先端加工技術講習会「実用化が始まった圧力制御鋳造技術の最前線」	(財)先端加工機械技術振興協会	後援	東京都	日本工業大学神田キャンパス
165	2013.2.19	第6回つくば産産学連携促進市 in アキバ	つくば市	共催	東京都	秋葉原ダイビル
166	2013.2.19～ 2013.2.20	中部ものづくり基盤技術展	(独)中小企業基盤整備機構　中部本部	出展	愛知県	吹上ホール
167	2013.2.20	Japan Venture Awards 2013 (JVA2013)	(独)中小企業基盤整備機構	後援	東京都	六本木アカデミーヒルズ
168	2013.2.20	第7回企業情報交換会 in いちのせき	(財)岩手県南技術研究センター	後援	岩手県	ベリーノホテル一関
169	2013.2.27～ 2013.3.31	PKC2013	国際暗号理論学会 (IACR)	共催	奈良県	奈良県新公会堂
170	2013.2.27	県内5金融機関との連携による“茨城ものづくり企業交流会2013”	(一社)茨城県経営者協会	後援	茨城県	水戸プラザホテル
171	2013.3.3	スマートライフプロジェクト「健康寿命をのばそう in 気仙沼！」	厚生労働省	出展	宮城県	気仙沼市総合体育館
172	2013.3.6	東北航空宇宙産業研究会 総会及び第2回東北航空宇宙産業広域連携フォーラム2012	産業技術連携推進会議 東北地域部会 東北航空宇宙産業研究会	共催	秋田県	秋田ビューホテル
173	2013.3.7～ 2013.3.9	第6回としまものづくりメッセ	としまものづくりメッセ実行委員会	後援	東京都	サンシャインシティ
174	2013.3.12	「四国マイクロ波プロセス研究会第11回フォーラム」	四国マイクロ波プロセス研究会 (SIMPI)	後援	香川県	e-とぴあ・かがわ BB スクエア
175	2013.3.16～ 2013.3.17	科学・技術フェスタ	内閣府、総務省、文部科学省、厚生労働省、農林水産省、経済産業省、環境省　他	出展	京都府	京都パルスプラザ
176	2013.3.24～ 2013.3.26	第5回日本地学オリンピック大会本選 (第4回グランプリ地球わくわく)	特定非営利活動法人　地学オリンピック日本委員会	共催	茨城県	筑波大学、産総研
177	2013.3.29	元素戦略/希少金属代替材料開発　＜第7回合同シンポジウム＞	(独)科学技術振興機構	後援	東京都	学術総合センター　一橋講堂
178	2013.3.30～ 2013.6.30	「平成25年春企画展『ヒトと共にあるロボット～頼もしきサポーターたち』展」	北九州産業技術保存継承センター	協力	福岡県	北九州イノベーションギャラリー

3）見　学

平成24年度見学視察対応数（ユニット別）

部署	総計
ユビキタスエネルギー研究部門	34
環境管理技術研究部門	96
環境化学技術研究部門	51
エネルギー技術研究部門	167
安全科学研究部門	46
水素材料先端科学研究センター	204
新燃料自動車技術研究センター	39
メタンハイドレート研究センター	53
コンパクト化学システム研究センター	23
先進パワーエレクトロニクス研究センター	32
太陽光発電工学研究センター	62
バイオマスリファイナリー研究センター	12
健康工学研究部門	91
生物プロセス研究部門	36
バイオメディカル研究部門	37
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	165
糖鎖医工学研究センター	3
生命情報工学研究センター	7
バイオメディシナル情報研究センター	27
幹細胞工学研究センター	19
知能システム研究部門	319
情報技術研究部門	49
ナノエレクトロニクス研究部門	198
電子光技術研究部門	38
セキュアシステム研究部門	21
ネットワークフォトニクス研究センター	4
デジタルヒューマン工学研究センター	95
ナノスピントロニクス研究センター	11
サービス工学研究センター	89
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	83
ナノデバイスセンター	159
先進製造プロセス研究部門	144
サステナブルマテリアル研究部門	42
ナノシステム研究部門	111
ナノチューブ応用研究センター	43
集積マイクロシステム研究センター	31
ダイヤモンド研究ラボ	7
計測標準研究部門	483
計測フロンティア研究部門	71
生産計測技術研究センター	63
計量標準管理センター	21
地圏資源環境研究部門	28
地質情報研究部門	11
活断層・地震研究センター	5
地質標本館	402
環境・エネルギー分野研究企画室（環境・エネルギー分野含む）	0
ライフサイエンス分野研究企画室（ライフサイエンス分野含む）	0
情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室（情報通信・エレクトロニクス分野含む）	0
ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室（ナノテクノロジー・材料・製造分野含む）	35
計測・計量標準分野研究企画室（計測・計量標準分野含む）	0
地質分野研究企画室（地質分野含む）	0
企画本部（理事等含む）	0
コンプライアンス推進本部	1
イノベーション推進本部	464
研究環境安全本部	8
総務本部	6
評価部	2
広報部　サイエンス・スクエア つくば	473
北海道センター	70
東北センター	20
臨海副都心センター	71
つくばセンター	6
中部センター	23
関西センター	71
四国センター	11
中国センター	23
九州センター	53
総計	5069