

静岡大学 グリーン科学技術研究所

平成 25 年度 — 平成 27 年度
(2013 年 4 月 — 2015 年 5 月)

研究教育活動に対する自己評価報告書

平成 27 年 (2015 年) 9 月 1 日

目次

はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・

1. 組織と概要

- 1.1 設置目的
- 1.2 理念
- 1.3 目標
- 1.4 組織の特徴
- 1.5 財務
- 1.6 資源配分
- 1.7 出版・広報活動

2. 研究活動

- 2.1 主な研究成果
- 2.2 論文発表
- 2.3 学会発表
- 2.4 特許
- 2.5 教員の受賞
- 2.6 科学研究費補助金
- 2.7 外部資金
- 2.8 大学院との連携
- 2.9 学生の受入
- 2.10 学生の受賞
- 2.11 学生シンポジウムの開催
- 2.12 産業界・地域への貢献

3. 研究支援体制

- 3.1 分子構造解析部
- 3.2 ゲノム機能解析部

4. 国際交流

- 4.1 国際交流実績
- 4.2 部局間協定実績
- 4.3 国際共同研究室の設置と利用実績

静岡大学グリーン科学技術研究所研究活動に対する外部評価

はじめに

昨今、日本の置かれている状況は、国内外において大変厳しいものとなっています。国内では、少子高齢化と人口減少が急速に進み、社会的、経済的活力が著しく低下しています。平成23年3月11日の東日本大震災から4年以上過ぎていますが、復興が遅々として進まず、まだ故郷に戻れない多くの方々があります。国外では、開発途上国の経済的発展の裏で深刻な環境破壊が進み、鉱物、エネルギー、食料をはじめとする様々な資源の国際的獲得競争の激化や急速なグローバル化による激しい市場競争が進んでいます。震災から一日も早く復興・再生し、安全で豊かな国民生活を持続的に実現していくためには、新たな基幹科学技術を創成し、未知・未踏の新たな知を開拓する必要があります。

このような喫緊の課題を解決し、安心・安全で活力のある持続可能なグリーン社会を実現するため、平成25年4月1日に本研究所を設立し、早くも2年6ヶ月が経ちました。本研究所は、グリーンエネルギー研究部門、グリーンバイオ研究部門、グリーンケミストリー研究部門の3研究部門からなり、各研究部門に8～9名ずつ全28名体制で、それぞれエネルギー、食料、健康の3基幹研究を進めています。学内においては、電子工学研究所と研究連携を、創造科学技術大学院と人材育成連携を、超領域研究推進本部と分野横断的研究の連携を密にしながら進めています。学外においては、国内研究機関・企業、静岡県近隣自治体等と積極的に共同研究を推進しています。また、研究所内に国際共同研究室を設け、諸外国の研究機関とも積極的に共同研究を推進しています。

この間、文部科学省特別経費プロジェクトとして「高齢化・福祉社会を支えるナノバイオ・テクノロジー研究の推進、一静岡大独自機能性ナノマテリアルや医療用補助計測装置でよりよく食べる・よりよく暮らすー」（平成22～26年度）を遂行し、機能性分子の創成を主とするグリーンケミストリー研究部門の基盤を据えました。また、「農工情融合・地域産学官連携による高度危機管理技術の開発ー光・化学・機械・農学・情報を利用したウイルス性家畜伝染病の防疫技術と放射性物質除染技術の開発ー」（平成25～28年度）を通して、エネルギー分野を中心に分野横断研究を進めており、各研究部門間の研究交流が活性化しています。第3期中期計画では、本学の重点研究分野として、「光応用・イメージング」、「環境・エネルギーシステム」、「グリーンバイオ科学」の3分野が設定され、「環境・エネルギーシステム」と「グリーンバイオ科学」の2分野を担う研究組織として本研究所の再編が予定されています。

今回、本研究所は、ミッションに沿ってどのような研究活動を行い、そして貢献しているかについて、自己点検・評価を行い、外部有識者の方々に外部評価をお願いいたしました。

外部評価をお願いした諸先生方には、ご多忙中にも関わらず、本研究所のために時間を割いていただき、誠にありがとうございます。様々な評価項目がございますが、是非とも貴重なご提言を賜り、今後の研究所の活動や運営に反映させていく所存です。研究所の教職員を代表いたしまして深くお礼申し上げます。

平成27年 9月 1日
グリーン科学技術研究所 所長
朴 龍洙

1. 組織と概要

1.1 設置目的

地球資源やエネルギーの再生・利用、自然共生による循環型・低炭素社会実現のために、新たな環境・エネルギー・バイオ・化学分野の科学技術を創造し、基礎から応用までの出口を見据えたグリーンイノベーションを推進する。

1.2 理念

少子高齢化の急速な進展や地球規模の環境悪化といった深刻な社会・環境の変化に対応できる新たなハイテク集約型科学技術の構築

1.3 目標

- (1) グリーン科学技術による資源およびエネルギー生産・低炭素循環型社会形成のための技術転換と高度研究者・技術者の人材育成およびグローバル教育研究の推進
- (2) グリーン科学技術に関する地球環境および生態系保全や自然システムとの共生による科学技術の開発、有効資源の再生・利用の開発、自然エネルギーや低炭素循環の開発等、それら技術の適用における社会的影響の評価手法の確立
- (3) 生物の分子認識能を活用した高齢化・高福祉における安全・安心な社会の実現、再生可能なエネルギーを基盤とする循環型社会実現への新たな学術貢献のための研究推進

1.4 組織の特徴

(1) 組織の構成

上記研究目的を達成するため、本研究所は 3 つの研究部門と 1 つの支援室を設置している。それぞれの研究部門では、研究者は研究テーマによってさらに 3 つの研究グループに分かれ、独自のミッションに基づいた研究を行っている。

(資料 1-1 研究所組織図)

{I} グリーンエネルギー研究部門

物理・情報プロセス、物理・材料プロセス、化学プロセスの 3 つのグループから構成され、人類の生存と活動に不可欠なエネルギーのグリーン化を目標としている。

➤ 物理・情報プロセスグループ

流体物理、機械物理、情報科学を融合し、これまでにない物理・情報プロセスを創成し、エネルギー利用のグリーン化、新たなグリーンエネルギーの開発、環境と産業との調和を図る技術の開発を目指す。

➤ 物理・材料プロセスグループ

太陽エネルギーを効率よく利用するために、太陽電池用材料開発（多孔質薄膜作

成プロセスの技術) および色素増感型太陽電池の効率化を行う。

➤ 化学プロセスグループ

省エネルギー・省資源な環境低負荷型の化学プロセスを構築することを目的とする。高性能グリーン溶媒として超臨界水や超臨界二酸化炭素等を媒体とするバイオマス利活用・エネルギー製造技術、機能性材料創成技術、プラスチックリサイクル技術、及び機能性低分子合成技術の開発に取り組んでいる。

{II} グリーンケミストリー研究部門

環境に優しいバイオ素材や食の安心・安全のためのイノベーション創出、生命機能の解明・探索研究を柱とし、豊かで活力のある持続可能な成長の実現に貢献する。

➤ 天然物化学グループ

様々な生理活性物質を天然物から探索、同定および機能解明を行い、食の安全・安心社会を実現するための研究開発を進める。

➤ 資源・環境分子化学グループ

(1) 生物学的リグニンの処理やセルロースの糖化および得られた糖の有効利用による効率的木質バイオリファイナリーを実現する。

(2) 有害物質の検知、除去技術を応用した循環型社会の実現に貢献する。

➤ ナノバイオ科学グループ

新規バイオ素子の開発により、インフルエンザウイルスのような感染症の早期診断技術、ワクチン、タンパク質・生体構造の可視化・機能技術の高度化に資する研究を行う。

{III} グリーンバイオ研究部門

主に 3 つの研究グループがあり、現在の地球環境が抱える諸問題に対して、グリーンバイオ科学に関する基礎研究・技術創造を目指す。本部門のキーワードは、環境ストレスとゲノム科学である。

➤ 植物ストレス科学グループ

生理学、ケミカルバイオロジー、生態学という異なる視点から、植物のストレス研究を進め、植物の極限環境への抵抗力を引き出す技術を開発し、その有効性を検証するシステムの構築を行う。

➤ 環境分子生物学グループ

温度変化、乾燥、化学物質、生理活性物質、活性酸素などのストレスを受ける動物の生物学的応答を分子レベルで解析し、その分子機構を明らかにすることで人類の健康に資することを目指す。

➤ 育種生物学グループ

資源植物から品種改良に役立つ低コスト多収性、適応性、ストレス耐性などの有用遺伝子をゲノム解析と遺伝子工学の手法で探索・機能解明し、それら遺伝子を効果的に集積して植物ゲノムを構築するための育種工学の技術を開発する。

{IV} 研究支援室

研究支援室は、分子構造解析部とゲノム機能解析部から構成されており、学内の大型研究設備の管理運営を行っている。

➤ 分子構造解析部

分子構造解析部は、機器分析センターを前身とし、各種機器を集中管理することで、学内利用者の研究・教育活動の支援、大型機器を学外へ開放することによる民間企業の活動支援を行っている。

本部門には、核磁気共鳴装置（NMR）、質量分析装置、X線構造回折装置、電子スピン共鳴装置（ESR）、電子顕微鏡など物質を分子レベルで解析するための機器が34台整備されており、実験室における合成物や自然界から抽出単離された微量成分の同定、構造決定および物性評価を行うことができる。

➤ ゲノム機能解析部

ゲノム機能解析部は、遺伝子実験施設を前身とし、ゲノム機能解析に用いる最先端機器を集中管理するとともに、複雑な生命現象の総合的理解を通して科学的な新発見に貢献することを目的としている。

本部門には、次世代シーケンサー、DNAマイクロアレイ、液体クロマトグラフ質量分析装置（LC-MS/MS）、飛行時間型質量分析計（TOF-MS）、共焦点走査型レーザー顕微鏡など遺伝子と遺伝子産物の構造や機能を解明するための機器が38台整備されている。

さらに、植物や動物の細胞培養室、P3実験室、隔離温室など遺伝子組換え実験関係の設備が整備されている。

(2) 教員の構成と配置

現在、本研究所は主担当8名、副担当20名、計28名の教員（教授14名、准教授11名、助教1名、講師2名）で構成されている。グリーンエネルギー研究部門には教授3名、准教授5名、助教1名（うち主担当2名）、グリーンバイオ研究部門には教授6名、准教授2名、講師2名（うち主担当3名）、グリーンケミストリー研究部門には教授5名、准教授3名（うち主担当3名）が所属している。また、研究支援室には、2名の主担当教員（兼任）、副担当の准教授1名を配置している。

また、平成27年度から研究者1名へ客員教員の名称を付与している。

（資料 1-2 構成員一覧）

1.5 財務

2013年度から2015年度までの経費は、次の表のとおりである。

運営費交付金・間接経費の配分内訳としては、2013年度は45%が教員研究費、35%が研究支援室運営費、20%が研究所運営費である。2014年度は47%を教員研究費、約37%を研究支援室運営費、16%を研究所運営費として配分している。研究所運営費は主に施設使用料（光熱費含）、海外研究者招聘支援、シンポジウム等会議開催諸経費等、研究所の運営上に必要な経費、物品、人件費に充当し、計画どおりに執行している。

また、本研究所の獲得した文部科学省特別経費については、表1-2のとおりである。

表1-1 研究所予算 (千円)

科目	2013年度	2014年度	2015年度
運営費交付金	78,092	85,120	90,368
間接経費	14,524	13,878	4,270
科学研究費	65,900	72,000	67,400
共同研究費	31,232	31,788	9,567
受託研究費	105,007	80,357	79,855
寄附金	15,751	15,068	7,711
計	310,506	298,211	259,171

*科学研究費は直接経費のみ計上

*間接経費は本研究所へ配分された額を計上

*2015年度は5.31現在の予算

(資料1-3 研究所 2013、2014年度決算表)

表1-2 文部科学省特別経費 (千円)

科目	2013年度	2014年度	2015年度
高齢化・福祉社会を支えるナノバイオ・ナノテクノロジー研究の推進	18,430	14,228	0
農工情融合・地域産学官連携による高度危機管理技術の開発	35,512	20,685	13,445
農理工横断型ゲノム・ナノ・バイオ融合教育プログラムによるイノベーションの創出	0	3,500	3,500
計	53,942	38,413	16,945

1.6 資源配分

教員の研究基盤を確保するために、研究部門ごとにプロジェクト経費として校費 10,000 千円（H27 年度は 9,300 千円）を配分しており、研究力に応じて研究費を傾斜配分している。

また、本研究所では学術論文発表の促進を目的として、予算的支援を行っている。（表 1-3 論文支援経費）当支援は、投稿論文の IF、Q に応じて支援額を 6 段階に分けており、より有用、高度な論文を発表した研究者に対して予算的支援ができるよう体制を整えている。

表 1-3 論文支援経費

	2013 年度	2014 年度	2015 年度	合計
支援対象論文	38	40	19	97
支援額（円）	2,000,000	5,033,400	2,207,452	9,240,852

*2015 年度は前期分のみ計上

（資料 1-4 研究活性化支援 学術論文発表支援，資料 1-5 論文支援対象論文リスト）

1.7 出版・広報活動

（1）出版物

グリーン科学技術研究所パンフレット（日本語版／英語版）・紹介冊子を発行し、研究所の研究内容、組織、部門研究課題などを紹介している。

また年度ごとに活動報告書を発行し、研究所の活動報告を行っている。

- ▶ パンフレット（日本語） …第 1 版 1,000 部，第 2 版 300 部 発行
- ▶ パンフレット（英語） …第 1 版 500 部 発行
- ▶ 研究所紹介冊子 …第 1 版 300 部，第 2 版 300 部 発行
- ▶ 平成 25 年度活動報告書 …第 1 版 200 部 発行
- ▶ 平成 26 年度活動報告書 …第 1 版 300 部 発行

（2）インターネットによる広報

本研究所のホームページ（<http://www.green.shizuoka.ac.jp/>）は、静岡大学のホームページ（<http://www.shizuoka.ac.jp/>）にリンクしている。研究所の概要、所員紹介、トピック、ニュース、イベントなどを掲載している。教員紹介からは、各研究室のホームページにリンクし、より具体的な研究活動を案内している。また、研究支援室においては、機器を利用するための専用ページにリンクし、学内・学外利用者が機器をスムーズに利用できるよう案内している。

また、平成 25 年度末から Facebook（<https://www.facebook.com/RIGST.SU>）に本研究所ページを作成し、外部への情報発信に努めている。

(3) 報道

研究所で得られた成果や所員の研究成果については、各報道機関を通じて広報活動を行っている。

平成 25 年度は、静岡朝日テレビ Team Earth と連携し、研究所の活動を紹介した番組を作成した。(http://www.satv.co.jp/0350teamearth/0006old/index.html)

第 1 回

■放送日時：平成 25 年 10 月 27 日（日） 17:25～17:30

内容：研究所紹介

グリーンケミストリー研究部門紹介（朴・近藤教授）

第 2 回

■放送日時：平成 25 年 11 月 3 日（日） 17:25～17:30

内容：グリーンエネルギー研究部門紹介（齋藤・昆野教授）

第 3 回

■放送日時：平成 25 年 11 月 10 日（日） 17:25～17:30

内容：グリーンバイオ研究部門紹介（富田・原教授）

（資料 1-6 研究所報道実績）

2. 研究活動

2.1 主な研究成果

2013年度からの研究所員の主な研究成果は以下のとおりである。

(1) グリーンエネルギー研究部門

本研究部門は、①従来型エネルギーの高度利用技術（二酸化炭素の分離・回収・隔離、省エネ、カスケード利用、情報技術によるスマート化等）、②再生可能エネルギーの新たな利活用技術（太陽電池、バイオマス、高度スマート化）、③新エネルギー技術（光による直接水素製造等、ならびに製造プロセスの高効率化技術＝フリクシオンフリー等）に関する基礎研究から実用化・社会実装までをシームレスに行った。

5年間の目標として設定した3つの基幹テーマに関して、以下の成果を得た。

(a)農工情連携によるグリーンエネルギー開発（エネルギー有効利用、新エネルギー開発と周辺技術のグリーン化）： 静岡大学の特徴である光科学とエネルギー利用とを融合させた技術（プロセスの光ファイバーによるモニタリング等）により既存エネルギー技術のグリーン化に新たな方向を開拓した。また、光と物質との相互作用の新エネルギー製造技術への利用（＝光による新たな水素製造プロセスならびにプラズマによるアルミナ還元技術）に関して、その素過程を10-14秒という時間スケールで明らかにするなど、独自の成果を出した。（5年目標の90%を達成）

(b)太陽電池用多孔質薄膜作製プロセスの技術開発および色素増感型太陽電池の高効率化： 新たなタイプの全固体型色素増感太陽電池（正孔輸送材料にヨウ化銅）により、これまでの変換効率を上回る効率を得た。（5年目標の50%を達成）

(c)高性能グリーン溶媒としての超臨界流体を媒体とするバイオマス利活用・エネルギー製造技術の開発： 新規な高活性金属フリー有機触媒の開発に成功するとともに、新たな化学プロセス創成の基盤を構築した。加えて、高圧加熱水蒸気を用いて大型藻類をガス化・水素製造する技術を開発するとともに、超臨界流体を利用してグラフェンを製造するプロセスの基礎を確立した。（5年目標の70%を達成）

以上の研究と並行して、科研費の獲得に積極的に挑戦した。また、学生の学会発表・国際会議発表を増やし、学生自身が研究成果により外部から評価されるよう促した。

(資料 2-1 GE 部門業績一覧)

<A> 全固体型色素増感太陽電池の高効率化 (昆野昭則)

従来の色素増感太陽電池用色素は、金属錯体をはじめとする有機系色素であり、多孔質酸化チタン表面に単分子光吸収層を形成させることで高効率な電荷分離を実現している。一方で、色素によっては、単分子層吸着制御の困難さや、多孔質層の厚膜化等の問題があった。これに対して、近年光吸収効率が高かつ単分子制御を必要としない無機系色素や量子ドットを用いる太陽電池が注目されている。これら無機系色素と当研究室で実績を有

するヨウ化銅をはじめとする p 型半導体電解質を組合せた、完全固体型色素増感太陽電池を作製し、変換効率 20%を目指した高効率化を目指した。これまでの成果は以下の通り。

- 1) 有機無機ハイブリッド色素（ペロブスカイト）を用いた固体型太陽電池において、最高で 7.9%の変換効率を達成した。
- 2) ホール輸送材料として、これまでの色素増感太陽電池で用いられたヨウ化銅にカーボンナノチューブ（CNT）層を導入することで、光電流密度が大幅に向上した。

さらに従来の有機色素に代わる無機色素として硫化アンチモン(Sb₂S₃)を用いた全固体型色素増感太陽電池について、高効率化の検討を行った。TiO₂/Sb₂S₃/HTM 型太陽電池では、正孔輸送材料(HTM)として CuSCN を用いて、2.8 %の変換効率が報告されているが、ヨウ化銅(CuI)を HTM とするものは、知られていなかった。実際、太陽電池 TiO₂/Sb₂S₃/CuI を作製したところ、0.94 %という低い変換効率であった。これに対し、TiO₂/ Sb₂S₃ 界面に従来の色素増感太陽電池で用いられるルテニウム錯体色素 N719 を吸着させた太陽電池 TiO₂/ Sb₂S₃/N719/CuI では、短絡電流密度 J_{sc}、開回路電圧 Voc とともに向上し変換効率 2.5 % を達成した。色素 N719 の効果は、光増感過程によるものではなく、電荷再結合の抑制であることを、暗電流測定、インピーダンススペクトル解析の結果から、明らかにした。

 混相流と最先端科学をベースとした新エネルギー技術ならびに地球環境保全技術の開発 (齋藤隆之)

基礎研究から研究成果の実用化と社会実装までをシームレスに展開することを研究の基調として、主として以下の 3 つの研究を進めた。

- 1) 2 件の科研費基盤研究 A ならびに 1 件の挑戦的萌芽による基礎研究 (次世代グリーンエネルギー開発と工業プロセスのグリーン化に資する基礎研究)
- 2) 文部科学省特別経費プロジェクト分による地域社会貢献研究 (難処理廃水の実用化開発研究ならびに放射性物質の新規除染技術の開発)
- 3) 中部電力との共同研究による発電の安全性向上に資する技術開発 (既存エネルギー技術のグリーン化プロトタイプ開発研究 [新規除染技術の実装化開発])

研究テーマ：極短パルスレーザー加工による多層屈折率光ファイバープローブの創製 (齋藤隆之)

科研費基盤研究 (A) 期間 2011 年 4 月～2014 年 3 月 代表者：齋藤隆之

先端光科学, 光マイクロ加工技術および CFD の異分野融合による新たな体系の流体計測技術の基盤を創成, 確立した。すなわち、透明物質（石英と超純水）とフェムト秒レーザーパルス（FLP）との非線形相互作用をフェムト秒オーダーで時間分解計測した知見に基づいて石英光ファイバーを FLP による精密に微細加工する技術、ならびに光の伝播を気液相、反射・屈折、偏光とエネルギーを考慮して 3 次元で数値解析する技術を開発し、光ファイバーの特性を最大限に引き出した多機能光ファイバープローブを創生した。

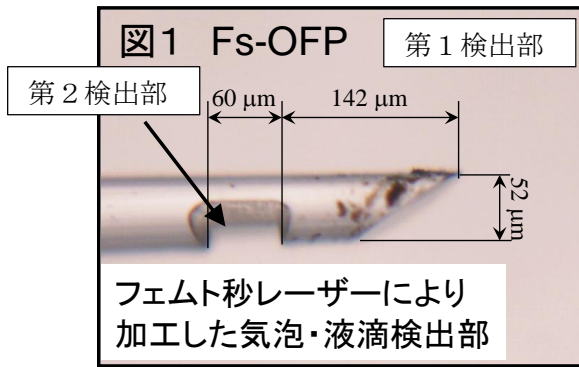


図1 フェムト秒レーザーで製作した世界初の光ファイバープローブ

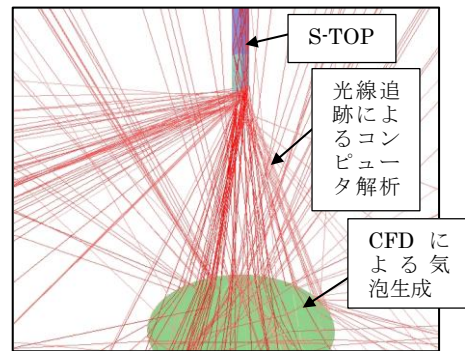


図2 完全な3次元光線追跡シミュレーションによるプローブ信号の数値解析の一例

これまで光ファイバープローブは気泡や液滴の計測に広く利用されてきたが、単一光ファイバーにより気泡や液滴を高精度に計測することはできなかった。齋藤は、気泡の場合にはプレグナル、液滴の場合にはポストシグナルという特徴的な信号が発生することを実験と数値解析により明らかにし、気泡や液滴の短軸長を高精度に計測する方法を世界に先駆けて開発した。加えて、水中の超音波場の圧力変動を光ファイバープローブにより検出する新たな原理を実験と数値解析により見出した。これらの成果を *GTL (Gas To Liquid)* による液体燃料製造プロセスや除染時に発生するフォーム計測などに応用した。

FLP による石英加工は高エネルギーパルスレーザーと透明物質との相互作用であることから、実験条件を精密に設定できる超純水と FLP との相互作用の研究を進め、 10^{-14} という高い時間分解でこの相互作用の一部を実験的に明らかにした（**水分子の光による直接分解＝水素の生成と気泡成長の時間領域での解明 →光による水素の直接製造。科研費挑戦的萌芽に継続＝グリーンエネルギー（水素）の新たな製造法の基礎研究**）。

→ また、開発した時間分解計測手法は、**新たな科研費基盤A**で発展的に使用されている。

以上の成果は、計測、応用物理、流体力学、化学工学の分野で Q1 あるいは Q2 の国際誌に掲載されるとともに、化学工学会（粒子流体プロセス技術賞 2013.3、化学工学会技術賞 2014.3、高柳記念賞 2014.12）を受賞した。なお、日本機械学会の流体力学部門賞（2015.11）の受賞が内定した。さらに、グリーンエネルギーとして開発が進められている GTL 開発における実証機コールドモデル実験において上記の単一光ファイバープローブが採用され、次世代グリーンエネルギー開発に貢献している。

→ **NEDO 事業に発展し、製品化プロジェクトを申請中（基礎から応用・製品化までのシームレスな研究展開、産業への貢献）**

研究テーマ：高時間分解計測による超音波キャビテーションの時間領域での解明と粒子分級への応用 (齋藤隆之)

科研費基盤研究 (A) 期間 2014 年 4 月～2018 年 3 月 代表者：齋藤隆之

kHz オーダー (数 kHz～数十 kHz) の超音波を水中に放射すると、分散した粒子 (数百 μm ～2mm) が球状に定位置に凝集することを発見した (T. Saito, et al., Chemical Engineering Science, 2013)。従来の超音波による粒子マニピュレーションは数十 MHz～数百 MHz の超音波を水中あるいは空中に照射して、数 μm の粒子を筋状に水中あるいは空中に定在させるというものであった。kHz オーダーの超音波による mm 級の粒子凝集は報告されておらず、新規な現象である。この粒子凝集は超音波の音圧変動によって発生した超音波キャビテーション起源の微小気泡 (Acoustic Cavitation Oriented Bubble: ACOB) が粒子に吸着し、この気泡に音響力 (第 1 ビヤークネス力と第 2 ビヤークネス力) が作用して、球状に凝集することを明らかにした。また、水に溶存しているガス種を変えると、粒子の凝集形態が、球状から数珠に変わることを発見した。CO₂ は水への溶解度が大きく、超音波によって ACOB が収縮する際に整流拡散の効果が大きいことにより、第 2 ビヤークネス力の作用が小さくなることにより、数珠状の粒子クラスターを形成するものと考えられる。現在、フェムト秒レーザーを用いたピコ秒の時間分解計測とストリークカメラを用いたソノルミの発生の経時変化 (時間分解ピコ秒) とにより、空気が溶存した場合と CO₂ が溶存した場合の ACOB の界面運動の違いと気泡内部の温度上昇との関係を捉える実験を推進中である。

球状の粒子凝集体は、超音波の振動数、振幅、溶存ガス種を変えることで、粒子径によって定在位置が異なること、粒子凝集体が棒を近づけると棒に吸い寄せられこの棒の動きに追従することを見出した。これらにより、同一密度で径の異なる粒子を精密に分級できることが分かり、特許申請した。 → 放射性物質が吸着した粘土鉱物の選択的分離に応用 (=既存エネルギー技術のグリーン化、ならびに地域貢献)

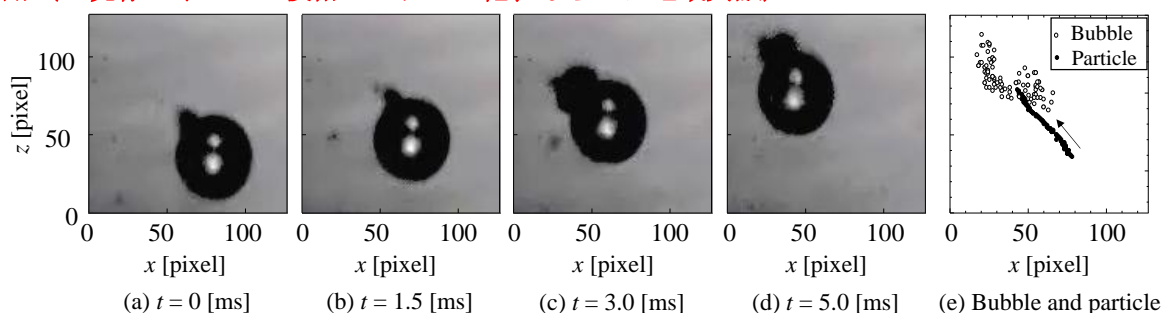


図 3 粒子に付着した気泡の振動と運動方向 (超音波周波数: 19.8 kHz、O₂: 0.21 [mmol/L])

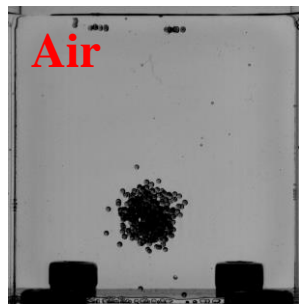


図3 空気が溶存した純水内での球状の粒子凝集 (超音波周波数: 19.8 kHz、O₂: 0.21 [mmol/L])

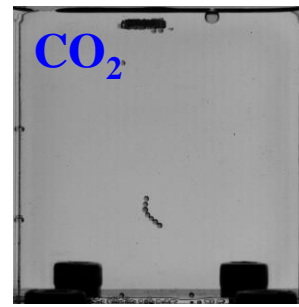


図4 CO₂が溶存した純水内での球状の粒子凝集 (超音波周波数: 20.8 kHz、CO₂: 0.21 [mmol/L]、O₂: 0.13 [mmol/L])

さらに、粒子の分離・分級の研究成果を化学工学系の国際誌に、また、ガス種の違いによる凝集パターン (凝集メカニズム) を応用物理系の国際誌に投稿する予定である。

加えて、成果を各種プロセスに応用するため、イノベーションジャパンに出展する (8/27、28 於いて東京ビッグサイト) とともに、産業界での応用へと展開する。

研究テーマ: フェムト秒レーザー干渉 OCT による高分解能液膜計測法の原理開発 (齋藤隆之)

挑戦的萌芽 期間 2015年4月~2017年3月 代表者: 齋藤隆之

フェムト秒レーザーパルス (FSLP) の強い干渉性、極短パルス性、超高エネルギー密度、非線形性 (多光子吸収)、広い周波数帯域という特性をフルに利用して、蒸気タービン静翼に形成される液膜 (最大厚み 2mm 程度を想定) を数百 nm の分解能かつ 10⁴ という広いダイナミックレンジで計測する新たな手法、「フェムト秒レーザー干渉 OCT による高分解能液膜計測」の原理を確立することを目的とする。生体計測に利用されている既存

OCT (光コヒーレンストモグラフィ。低干渉性赤外ビームを使用) とは異なり、強い干渉と水への多光子吸収を伴う FSLP とそのスペクトル領域での干渉強度を巧みに利用することを計測原理とする。既に、FSLP の水への吸収が時間領域でどのように行われるかを実験により明らかにすることで、多光子吸収→電子の軌道遷移→水素結合の切断→低温プラズマの生成→気泡の初生→気泡の成長→水素・酸素・水蒸気混合気体の気泡生成というプロセスを明らかにした。

電子スケールの時間領域 (10⁻¹⁵=熱作用のない時間領域) から分子スケールの時間領域 (熱作用が顕在化する領域=気泡の成長) に

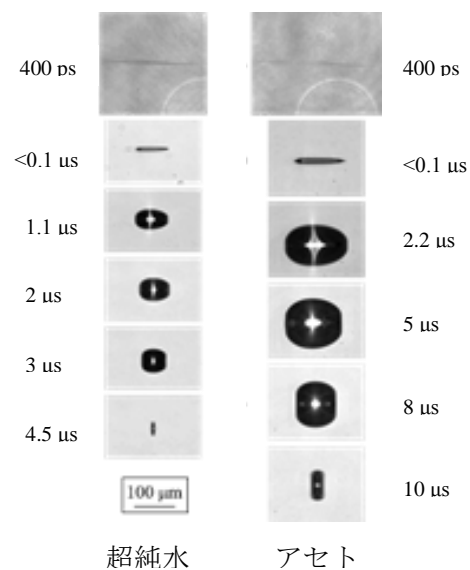


図5 低温プラズマの生成。気泡の初生と気泡の成長の時間分解

至る 10^8 という極めて大きな時間領域において、1パルスのフェムト秒レーザーと水との相互作用の一端を明らかにした（図5）。

さらに、連続パルス水を水に照射した際の気泡の発生を時間分解計測により捉えるとともに（図6）、生成気泡の成分を分析した。

10^8 という時間幅は、現在と1億年前（中生代）のオーダーを同じである。人間と恐竜の年代差に匹敵する時間幅で、光と水との相互作用の一端を明らかにするとともに、光による水分子の分解プロセスの一部を理解できた。

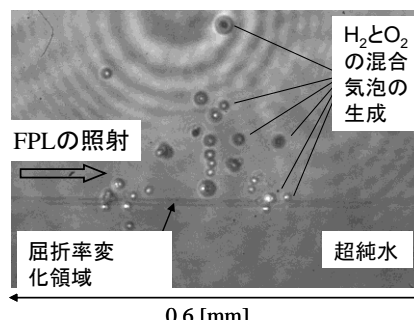


図6 低温プラズマの生成と気泡群の発生（連続パルス照射）

研究テーマ：農工情融合・地域産学官連携による高度危機管理技術の開発 ー光・化学・機械・農学・情報を利用したウイルス性家畜伝染病の防疫技術と放射性物質除染技術の開発ー (齋藤隆之)

文部科学省特別経費プロジェクト分による地域社会貢献研究
期間 2013年4月～2016年3月 代表者：齋藤隆之

これまでは規制の対象とはならなかった中小酪農家に対するパーラー廃水（牛乳を含む廃水）の排出規制が強化される方針が打ち出された。さらに TPP により日本の酪農は壊滅的な打撃を受けることが懸念されている。一方、牛乳は生鮮食品であるため、生乳の輸入は難しい。環境対策と酪農の健全化とを両立させるには、中小酪農家でも導入できる価格、ボタン一つで操作できるような簡便性、維持費の安い新たな廃水処理技術が必要となる。

加えて、口蹄疫、高病原性鳥インフルエンザなどの家畜ウイルス性伝染病、牛乳と乳製品に対する放射能新規規制値（50 ベクレル）に伴う廃棄乳の増加、原子力発電所の事故時の除染という危機への対応技術が必要となる。

平常時にはパーラー廃水処理に使用し、危機時には、殺菌、廃棄乳処理、除染に使える技術があれば、脆弱な我が国の酪農、畜産業に有益である。我々は、オゾンを利用する新たな廃水処理システムと装置によりこれらを達成する基礎技術を確立した。具体的には下記の成果を出した。

①効率的なオゾン水の製造装置の開発

県畜産技術研究所および地元企業との共同研究により、パーラー廃水の処理に適したオゾン水製造装置を開発した。←ガス溶解のノウハウを企業に技術移転した。

②オゾン混合気泡の廃水処理槽への吹き込み（乳脂肪、乳タンパク、水槽水深等に適した初期気泡径と気泡数密度）方法と条件を技術移転するとともに、反応効率と経済的に最適な気液二相流動の条件を見出した。

③気泡にオゾンと乳脂肪・乳タンパクとの化合物（オゾニド）を吸着させて、浮遊分離させる手法を見出し、処理効率を飛躍的に高めるとともに、運転コストを飛躍的に低減させた。←実用化への橋渡しと地域産業への貢献



図7 現場実験でのオゾニド生成

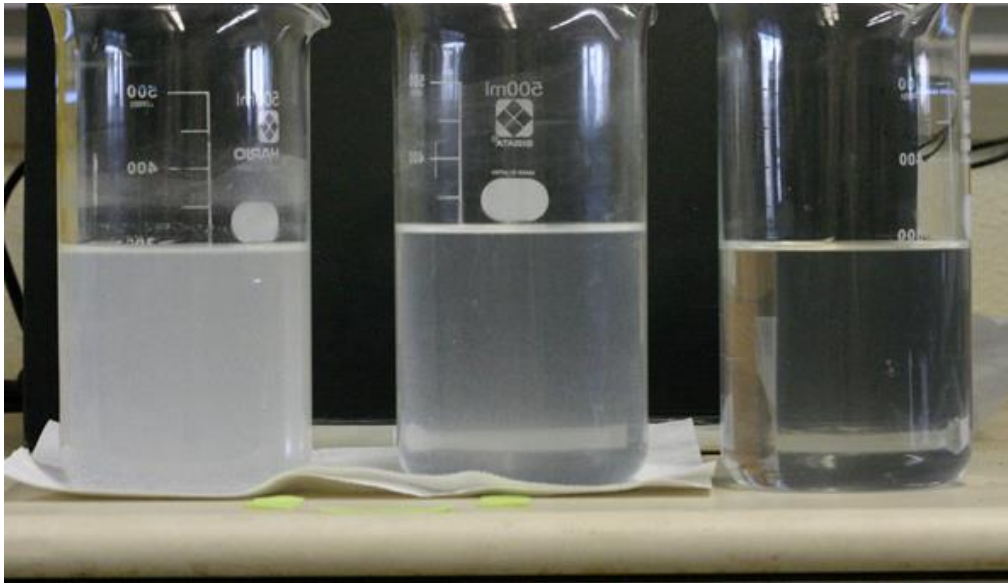


図8 処理効果（左から通気前，通気後 20 分，通気後 60 分）

- ④オゾニドフォームの3次元構造を計測する手法を開発し、さらに処理効率を高めた。
さらに、環境ホルモンとなる抗生物質を完全に分解することが副次的に確認された。
←地域環境保全への貢献
- ⑤以上により、中小規模酪農家においても購入できる価格帯（150万円～250万円）を達成した。←地域産業への貢献、地域環境保全への貢献
- ⑥静岡県内の2ヶ所の農場で長期運転を行い、操作性と通年性能を確認中である。
- ⑦オゾン水によるウィルス殺菌を実証し、静岡県畜産技術研究所で確認実験を行った。
←危機管理技術への貢献
- ⑧加えて、基礎研究成果が多く海外誌に掲載された。Chemical Engineering Journal (IF4.321、Q1) に2015年12月に掲載された論文は半年で約400件ダウンロードされた。←基礎研究成果の世界への発信
なお、放射性物質の除染については、次節で述べる。

研究テーマ：廃棄乳オゾニドを利用した除染水の処理と減容化（齋藤隆之）

中部電力（株）原子力公募研究（委託研究）

期間 2013年4月～2015年3月 代表者：齋藤隆之

上記の文科省特別プロジェクトの成果を地域電力企業に技術移転し、原子力発電所の事故時の除染に廃棄乳オゾニドを利用する方法を開発した。←既存エネルギー技術のグリーン化と危機対応

本方法はオゾン水によるパーラー廃水の処理技術と基本的には同じである。研究室での模擬実験では、ゼオライト（粘土鉱物）に塩化セシウムを吸着させた模擬微粒子を、廃棄乳を含む廃水に混入させて、オゾニドフォームに吸着、分離させた。←既存発電技術のグリーン化

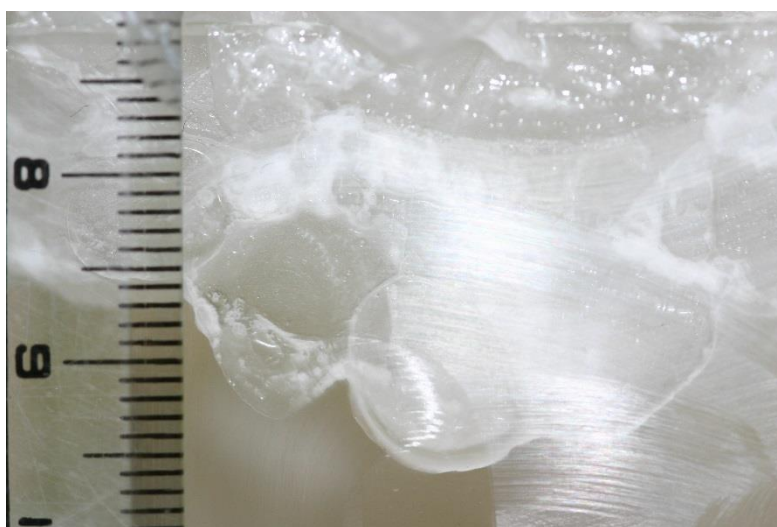


図9 オゾニドフォームに吸着したゼオライト

オゾニドフォームの3次元構造（フォームセル径、セル数密度の空間分布）、膜厚、セルの径分布を計測する光ファイバースローブとデータ処理法を新たに開発し、計測システムを完成させた。←先端的計測技術の開発による産業貢献・製品化 [NEDO 事業：革新的ものづくり産業創出連携促進事業（プロジェクト委託型）への申請]



図10 開発した光ファイバースローブによるオゾニドフォーム計測（現場実験）

除染技術に関する研究成果は中部電力により原子力学会で発表されるとともに、実用化に向けた社内プロジェクトが検討されている。

<C> 新規化学結合検出用蛍光センサーによる高活性有機触媒の開発：偶然から必然への挑戦 (間瀬暢之)

若手研究 (A) 2011年4月～2015年3月 研究代表

真に効率的な触媒を探索・開発することは生産性・安全性を向上し、消費エネルギーの削減につながることから持続可能な社会を構築する上で重要である。従来のマンパワーに依存した触媒探索法は、膨大な労力・時間・コストが必要であった。一方、本研究課題では低環境負荷反応条件で機能する新規化学結合検出用蛍光センサーをデザイン・合成し、化学結合形成反応ライブラリーをマイクロスケールで直接モニタリングする技術を開発、ならびに、これにより特定されるリード化合物をテンプレートとした高活性金属フリー有機触媒の開発を目指した。

その結果、下記項目を達成した。

- (1) 広範な有機合成反応に対応可能な蛍光分子ライブラリーの構築
- (2) 多検体のマイクロスケールにおける迅速評価
- (3) 対応する反応ならびに基質一般性の拡大
- (4) 新規・改良金属フリー触媒の開発
- (5) 基質一般性の拡大
- (6) 不斉合成への応用

今後、本手法により、何らかの反応が進行し蛍光が観測された場合、新奇な現象（反応・触媒機能）の発見につながる可能性がある。この「偶然」を突き詰めることにより「必然」へと導き、「偶然を必然にする化学への挑戦」へと発展することを期待している

<D> 磁気浮上ベアリングレスモータの基礎・応用研究 (朝間淳一)

当研究室では、回転子を磁気力により非接触で支持する磁気軸受およびモータと磁気軸受の機能を磁氣的に一体化したベアリングレスモータの基礎・応用研究を行っている。特に、磁気浮上技術を搭載した新しいモータや電磁機械システムを創造することで、さらなる機械の高性能化、摩擦損失低減による省エネ化、システム構成部品の低減と高寿命化によるランニングコストとエネルギーの削減を目指している。2013年度以降の主な研究成果を以下に示す。

(1) ワイドギャップベアリングレスモータ

ベアリングレスモータは、回転軸の機械的摩擦・摩耗が無いため、半導体製造分野でのコンタミフリー遠心ポンプへの応用事例がある。しかし、回転子隔壁厚が薄く、イオン浸透により磁石表面で塩が生成され、回転子の隔壁が破壊され寿命が短いという問題がある。この問題解決の一手法として、隔壁を厚くすることで浸透速度の遅延が可能になるが、同

時にモータの回転子・固定子間の磁気的なギャップを広く設計する必要があるため、磁気支持力・トルク、および磁気剛性が大幅に低下する。そこで本研究では、ワイドギャップでも十分な磁気支持力とトルクが発生可能で、かつ高剛性なベアリングレスモータの実現を目的としている。研究成果として、磁気ギャップ g が 8mm で、回転子半径 R に対する g の比（ギャップファクタ）が 0.2 のワイドギャップベアリングレスモータの新しい構造の提案、およびテスト機の試作と性能評価を行った。回転時に、回転子の漏れ磁束が渦電流変位センサにノイズとして作用するため、ノッチフィルタによりノイズを除去した。これにより、 6000rpm での高速回転、およびフィルタ導入前と比較して最大で 83% の低消費電力化を実現した。

(2) 三相インバータ 1 台のみで磁気浮上回転が可能なベアリングレスモータ

過去の磁気浮上モータでは、回転・浮上用に複数のパワーモジュールが必須であった。これに対し、本研究ではシステム全体の小形化・低消費電力化・低コスト化を目指し、三相パワーモジュール 1 台のみで、すなわち、パワースイッチング素子 6 個のみで駆動する磁気浮上モータシステムの新コンセプトの提案・実証およびその基盤構築を目的としている。その手段として、一般モータの駆動に用いられる三相 Y 結線の中性点と、パワー回路の電源中点を結線する。この部分を流れる電流を零相電流と呼び、この零相電流を磁気浮上モータに応用する。研究成果として、零相電流を磁気浮上制御力用の電流に利用する磁気浮上モータシステムについて検討を行った。まず、システムの電圧電流方程式を導出し、零相電流を三相電流とは独立して制御可能な制御システムを構築した。次いで、鉄球磁気浮上装置と三相永久磁石モータを用いて検証実験を行い、パワースイッチング素子 6 個のみを用いて、鉄球の磁気浮上とモータ駆動を実現した。

<E> 光機能性薄膜の形成と応用 （奥谷昌之）

機能性透明導電膜の新規作成法の開発、および色素増感太陽電池への応用に関する研究を推進した。

機能性透明導電膜の新規作成法の開発に関し、誘電体バリア放電に分類される沿面放電に着目した。有機金属や無機金属の原料を基板に塗布した後、平面状に発生させたプラズマを照射することにより酸化物を中心とした製膜を行った。さらに、平面状のプラズマに新規に磁場を印加することにより空間的な制御を試み、プラズマを効率的に金属酸化物前駆体へ照射した。この手法により、酸化スズや酸化チタンの製膜に成功し、形成膜の評価とともにデバイスへの応用を行った。

色素増感太陽電池に関し、SPD法による薄膜形成技術を利用し、安価で人体に影響の少ない元素から構成される化合物半導体薄膜を形成することにより、環境保全に適した色素増感太陽電池の開発を試みている。従来の酸化スズを透明導電膜として使用する代わりに、酸化チタン透明導電膜を導入し、ホモ接合による色素増感太陽電池の作製に成功した。

また、電池特性の解析により、従来法に比べ光電子の失活の低減が確認され、高効率化に向けての指針が得られた。同時に、透明導電膜の表面形態制御による入射光の有効利用を実現し、光吸収率の増加に伴う光電変換効率の向上を達成した。

<F> 超臨界流体の基礎物性、炭素導電材料の創製 (孔 昌一)

本研究室では、超臨界流体中の拡散などの輸送物性および部分モル体積や溶解度などの平衡物性の実測および理論推算に関する基礎研究を行うと共に、環境にやさしい亜臨界・超臨界流体技術を用いた炭素機能性材料の創製を目的とした応用研究も行っている。

2013年度から、液体(エタノール)から超臨界(二酸化炭素)状態までの拡散係数や部分モル体積の測定に関して研究を行い、これまでトリス(アセチルアセトナト)アルミニウム($\text{Al}(\text{acac})_3$)、トリス(ヘキサフルオロアセチルアセトナト)アルミニウム(III) [$\text{Al}(\text{hfa})_3$]、クロム(III)アセチルアセトナト($\text{Cr}(\text{acac})_3$)、コバルト(III)アセチルアセトナト($\text{Co}(\text{acac})_3$)、白金(II)アセチルアセトナト($\text{Pt}(\text{acac})_2$)、ジルコニウムアセチルアセトナト($\text{Zr}(\text{acac})_4$)、リチウムアセチルアセトナト ($\text{Li}(\text{acac})$)、フェニルブタゾン、アンチピリンおよびアミノピリンについて系統的にデータの蓄積を行ってきた。また、金属錯体類や薬物類に関して、実測を行わなくても物性値の推算を可能となることを目指し、相関式も開発した。ついでに、測定が難しいとされている超臨界流体中における高分子や極性物質の物性測定を目指し、超臨界二酸化炭素内諸物性評価プログラムの開発も行った。

一方、応用研究では、黒鉛から酸化により酸化グラフェン(GO)の創製をした。最適な酸化度をもつGOを目指し、超臨界発泡技術、プラズマによる酸化処理技術などを開発した。黒鉛より、必要最小限の酸化により、高い電気伝導率をもつクラファイトシートの創製に成功した。GOの還元によりグラフェンの創製法の開発では、これまで超臨界流体により還元技術、亜臨界流体により還元技術などを開発した。特に処理温度を年々低温化に進み、最近では、 300°C という低温で高品質なグラフェン創成技術の開発に成功している。開発した還元処理技術、導電膜製造方法等について特許出願をした。

<G> レーザーの宇宙工学への応用 (松井 信)

(1) レーザープラズマ風洞/衝撃波管関係

- ・ レーザープラズマ風洞を用いて地球低軌道上の高速原子状酸素気流を模擬する研究において、純酸素作動で 6.1 km/s 、分子量の軽いヘリウムを混ぜることでさらに 6.6 km/s の高速気流を生成することに成功した。今後拡散ポンプを導入し、さらなる低真空下での実験を行う予定である。
- ・ レーザープラズマ風洞を用いたアルミナ還元に関する研究において、供給系に超音波ふるいを用いることで粉体同士に付着を低減し、気流中での還元効率を従来の7.4倍である5.5%を達成した。
- ・ 木星トロヤ群小惑星からのサンプルリターンミッションに向けて衝撃波管の高速化を

行い、圧縮管を延長することで膨張波の干渉を防ぎ 15 km/s の衝撃波を生成することに成功した。

(2) プラズマ診断法の開発

- ・ 従来は定常プラズマへの適用に限られていた波長変調分光法の時間分解能を向上させるため、ロックインアンプのフィルタをチェビシェフ型に改良することで 50 Hz の振動プラズマの温度、数密度の時間履歴測定が可能になった。
- ・ 禁則遷移を用いた基底状態の酸素原子数密度を測定するために波長変調法と集積キャビティ出力分光法を組み合わせることで従来に比べ4桁程度感度を向上させることに成功し、 $1.2 \times 10^{21} \text{m}^{-3}$ の以上の酸素原子数密度を測定することに成功した。

(3) その他

- ・ グラフェンの大量生成のため、誘導結合プラズマを用いて酸化グラフェンを還元する研究を孔グループと開始し、プラズマ条件と還元率の関係について EDS により明らかにした。

<H> 知的センサネットワークシステムの研究 (峰野博史)

(1) 有線/無線通信を併用した相互補完通信向けルーティングメトリクス MCETX

無線センサノードからのデータをサーバへ到達させるための中継網として、無線と有線通信を併用したネットワークを想定し、双方の通信インタフェースを相互補完的に用いてマルチホップ通信するルーティングプロトコルを研究開発した。特に IEEE 802.15.4 と電力線通信を搭載した中継器で高損失かつ全く異なる特性の通信インタフェースが複数使用可能な時に、複数通信路間での適切な送受信成功率を計算し、適切な送受信経路を選択するメトリクスとして MCETX (Mutually Complementary Expected Transmission Count) を開発した。試作機 10 台での大学構内実証実験にて、従来手法で約 62% であった通信到達率を約 86% まで向上でき、平日や休日を含む実環境における MCETX の有効性を確認した。

(2) SW-SVR: Sliding Window-based Support Vector Regression

規則変動のある時系列データに対して、適切な学習データ量を自動的に抽出し、予測精度が向上するよう自律的に予測モデルを構築し続けることのできる機械学習アルゴリズム SW-SVR を研究開発した。AMeDAS のオープンデータを用いた評価の結果、従来 SVR と比べて予測誤差を最大 67.1% 削減、モデル構築時間を最大 96.1% 削減することに成功した。コンピュータが自律的に適切な学習データのみを抽出し学習でき、予測精度向上と予測モデル構築時間削減を両立可能な画期的なアルゴリズムである。現在、施設園芸環境での知的制御システムへ組み込み、コンピュータに職人技の再現をさせる実証実験を進めている。

(3) GPS のみを用いた高精度なコンテキスト推定技術

GPS のみを用いてユーザの移動手段や滞在場所、滞在場所での状況 (コンテキスト) を高精度な推定可能な手法を研究開発した。GPS データから算出した「速度」「位置の分散」、気象庁から得た「天気」を説明変数として移動手段を推定し、GPS データから得た「緯度」

「軽度」「時間帯」、「滞在場所までの移動手段」をさらに説明変数として加えることで、滞在場所でのコンテキストを推定可能とした。機械学習アルゴリズムとしてランダムフォレストが有効であることを示し、学生生活において関わりの深い「静岡大学」「居酒屋」での状況を、それぞれ 92%、95%という高精度に推定可能なことを示した。

<I> 亜臨界・超臨界流体を用いる環境低負荷技術の開発 (岡島いづみ)

(1) 高圧過熱水蒸気を用いる大型藻類のガス化・水素製造技術の開発

大型藻類の一つであるホンダワラをターゲットにガス化を試みた。その結果、アルカリ触媒存在下、700℃、10MPa、30分の条件でガス化率 92%、有機物 1g 当たり水素 1.7L、メタン 0.3L、二酸化炭素 0.3L、一酸化炭素 0.2L の混合ガスを生成することができた。一方、同じ 700℃の条件で、大気圧下、無触媒における過熱水蒸気を用いた場合はガス化率 35%で水素生成量は 0.2L/g-有機物、更に 10MPa、無触媒の条件ではガス化率 68%、水素生成量 1.2L/g-有機物であったことから、触媒及び高圧すなわち高い過熱水蒸気密度が有効であることを示した。

(2) 超臨界アセトンを用いるアラミド繊維強化プラスチック (AFRP) のリサイクル

熱硬化性樹脂であるエポキシ樹脂と耐熱性樹脂であるアラミド繊維の複合材料である AFRP から、アラミド繊維を回収するリサイクルを試みたところ、超臨界アセトンを溶媒とした際、320℃、10MPa の条件でエポキシ樹脂は完全に分解し、アラミド繊維を回収することができた。回収アラミド繊維の単繊維引張強度は新品繊維に比べて 36%低下したが、切創抵抗性は新品と同程度を維持できた。

(2) グリーンケミストリー研究部門

グリーンケミストリー研究部門では、環境に優しいバイオ素材や食の安心・安全のためのイノベーション創出、生命機能の解明・探索研究を柱とし、豊かで活力のある持続可能な成長の実現に貢献することを目指している。

コア・サブコアメンバーの主な業績は以下の通りである。

- ・ ナノバイオ研究分野では、ウイルス様粒子 (VLP) の表面には標的細胞ターゲティング分子を、VLP の中には薬剤を包埋した高機能性 VLP の作製に成功した。薬物伝達系やワクチンとして応用を展開している。
- ・ キノコから得られたフェアリーリング形成物質 (フェアリー化合物と命名) が、普遍的に植物に内生することを証明し、その生合成経路も明らかにした。さらに、フェアリー化合物が米や小麦等の収量を大幅に増加させることも明らかにした。
- ・ 過塩素酸イオンは乳幼児の成長を阻害する有害性を示すにも関わらず、極めて高い溶解度を示すため、水溶液中からの除去が極めて困難である。この過塩素酸イオンを ppb レベルまで短時間で除去できるカプセル型の化合物の合成に成功した。
- ・ バイオマスプラスチックの機能化に成功した。
- ・ 環境ホルモン的一种であるビスフェノール A 及びネオニコチノイド系殺虫剤イミダクロプリドの白色腐朽菌による代謝経路を決定した。
- ・ キレート架橋配位子を用いることによりニ核構造を有する新たな銅錯体を創製し、この錯体を触媒として用い末端アルキンの高効率カップリング反応を開発した。
- ・ 金属酸化物クラスター構造内への白金サイトの精密制御により、水からの持続的水素発生と白金の原子レベル利用を可能にする新たな光触媒反応系を構築することに成功した。

以上のように、グリーンケミストリー研究部門では、「機能性分子」をキーワードとして、様々な視点から研究を行い、グリーン科学技術研究の環境・命を支える取り組みの一端を担っている。

(資料 2-2 GC 部門業績一覧)

<A> 生物が産生する機能性物質の探索 (河岸洋和)

(1) 菌類 (主にキノコ) と植物の共生 (共存) に関わる分子の発見

芝草が輪状に繁茂し、後にキノコが発生する「フェアリーリング」という自然現象がある。我々はこの現象を引き起こす物質群をコムラサキシメジから発見し、その物質群が植物にも普遍的に内生していることを証明し、新しい植物ホルモンであると提案した。この研究は Nature 誌 (505 巻, 298 頁, 2014) に紹介された。また、これらの物質は、圃場実験で米や小麦の収量を増加させ、植物生長剤としての開発が進んでいる。

(2) 未解明キノコ毒の精製、構造決定、活性発現機構

食用キノコとして知られていたスギヒラタケの摂取によって、2004 年以降に東北、北陸地方を中心に原因不明の急性脳症が発生した事件を分子レベルで解明することを目的とし研究を行い、高分子 2 分子と低分子毒が発症に関わっている可能性を示した。

(3) 菌類 (主にキノコ) から薬理活性物質の発見

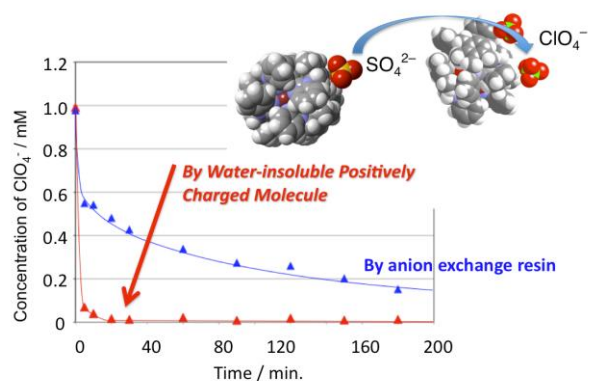
多くのキノコから低分子活性物質やレクチンを発見した。

(4) キノコの生活環を制御する物質の発見

キノコにおいてホルモンの存在は全く不明である。我々はキノコの発生に関わる可能性のある物質を発見した。

 新しい金属錯体の合成とその分子構造に基づいた機能発現 (近藤 満)

金属イオンと有機分子を組み合わせる新しい性質や機能を発現する金属錯体の合成を進めている。この金属錯体を利用した新しい有害陰イオン除去剤の合成、ならびに金属酵素の機能解明を目的としたモデル化合物の研究を進めている。特に、乳幼児に対して高い有害性を示すものの、水溶液中からの除去が困難である過塩素酸イオンの除去活性を示す金属錯体の開発を展開している。過塩素酸イオン



ンは甲状腺のヨウ素の取り込みを阻害し、その結果成長ホルモンの生成を抑制する活性をもつ。子供に悪影響を及ぼさない過塩素酸イオンの濃度は 24ppb 以下とされている。これまでに、カプセル分子を利用して、水溶液中の過塩素酸イオンを高効率に除去できることを見いだしている。例えば、1000 ppb の過塩素酸イオンを含む水溶液を、通過させるだけで 24 ppb 以下に除去できるフィルターを開発することに成功している。これはこれまでに開発されてきた過塩素酸イオン除去剤の活性をはるかに凌駕する高い活性である。

また、金属酵素の活性を発現する金属錯体の合成を進めている。ヘムオキシゲナーゼやシトクロム P450 は、酸素分子の活性化(不活性基質の酸化)を司る金属タンパク質である。その活性中心には鉄ポルフィリン錯体が存在していることから、その構造を模倣したポルフィリン錯体とそのモデル錯体として合成されてきたが、実際に酸素分子を活性化させて基質を酸化した例は非常に限られている。本研究では、いくつかの金属酵素の活性中心近傍に見られる極性アミノ酸に注目し、アミド基を導入したポルフィリン錯体の合成を進めてきた。これまでに、このコバルト錯体は空気に対して不活性でありながら、軸配位子の添加に伴い酸素分子の活性化を引き起こし、ポルフィリンのメソ炭素のヒドロキシ化や C=C 結合の切断を引き起こすことを見出してきた。これは、金属酵素様の活性化過程を再現した世界で初の例である。

<C> カイコを用いた機能性分子の創成 (朴 龍洙, 加藤竜也)

カイコを用いて効率的にかつ大量に組換えタンパク質を生産し、さらに生産した組換えタンパク質をライフサイエンス全般に幅広く活用することを目指している。

(1) 各種抗原の発現およびネオスポラ症に対するワクチン開発

様々な組換えタンパク質 (Neospora caninum 由来抗原タンパク質、インフルエンザウイルス由来ヘマグルチニン (HA)、ラチェサナ タラベビ由来毒素タンパク質など) の発現を行った。特に、N. caninum 由来の抗原タンパク質を発現・精製した抗原、または抗原タンパク質を表面に提示させたバキュロウイルスは、部分的に N. caninum の感染を抑えるサブユニットワクチンとしての可能性を示した。

(2) 脂質代謝酵素の発現とリン酸化修飾

ヒト由来脂質代謝関連酵素 (Acetyl-CoA carboxylase 1 および 2 (ACC1, 2) と malonyl-CoA decarboxylase (MCD)) を、カイコで活性を有する組換え体として発現・解析を行ったところ、ヒトと同様にリン酸化修飾が起きることを明らかにした。

(3) ウイルス様粒子 (virus-like particle, VLP) に関する研究

カイコを用いて Rous sarcoma virus (RSV)由来 gag タンパク質からなる VLP やヒトパピローマウイルス (HPV) 6b の L1 キャプシドタンパク質からなる VLP の発現に成功した。RSV VLP の表面に結腸がん細胞に特異的な結合を示す一本鎖抗体の提示や VLP 内腔に薬剤を包埋することでドラッグデリバリーの運搬体としての利用可能性を示した。

(4) ナノ材料を用いた感染症検出法の開発

カーボンナノチューブ、量子ドット (QD) および金ナノ粒子が持つ光特性 (局在表面プラズモン共鳴) をウイルスの検出に応用した。ナノ粒子の作製とウイルス特異的な抗体を修飾する方法を開発した。QD の蛍光強度はウイルスの濃度依存的に増強し、インフルエンザウイルスの場合 10 pfu/ml 濃度の感度で検出が可能であった。また、QD とクエンチャー、核酸プローブで構成された分子ビーコンを設計・作製し、高感度の核酸 (DNA、RNA) 検出に成功した。今後、感染症検出の実用化を追求する。

<D> グリーンケミストリーによる環境調和型高分子素材の創製 (澤渡千枝)

繊維学会、セルロース学会、日本家政学会、産業教育学会の主催する学会で以下の成果を発表した。

(1) γ線照射による合成高分子の化学修飾

(学会発表 6 件, うち国内団体主催の国際学会発表 2 件)

ポリ-L-乳酸への照射時の共存試薬と官能基の導入効率との関係を明らかにし、新規な導入条件を開発した (H27 年 8 月上旬までに特許出願予定)。加えてフッ素系高分子の多官能基化学修飾を可能にした。

(2) 酢酸菌が生産するバクテリアセルロース (BC) ならびに BC を利用した素材開発

(学会発表 1 件)

BC と合成繊維との複合化に及ぼす要因を明らかにした。また、膜の複合化やコーティングによって透析性の異なる BC 膜を作成した。

(3) 被服繊維の性質と肌の衛生 (学会発表 2 件, (H23-24 科研費テーマ))

被服繊維自体が持つ抗菌性の有無を明らかにし、皮膚の健康維持に適した素材を把握した。

(4) 被服繊維の緑茶色素による染色性の向上と抗菌性の評価

(学会発表 2 件, うち国内団体主催の国際学会発表 1 件)

繊維への緑茶色素の染着量を高めることで抗菌性を向上させた。

(5) 技術教育への研究成果の還元 (学会発表 3 件) プラスチック教材の例示と提案

実験解説として、" FTIR および FTIR-ATR 法によるセルロースの測定と解析 (セルロースの実験と解析法シリーズ第 27 回) , Cellulose communications, 2014, 21(4) 191-195. を著した。

<E> 白色腐朽菌を用いた木質バイオリファイナリー技術の構築及びバイオレメディエーションに関する研究 (平井浩文)

(1) 白色腐朽菌を用いた木質バイオリファイナリーに関する研究

食糧生産と競合しない木質バイオマスを原料としたバイオリファイナリー技術を確立するため、木材腐朽能に特化した白色腐朽菌の利用について検討している。まず、リグニン分解関連酵素の一種である glyoxal oxidase 遺伝子高発現株を作出した結果、リグニン分解能が改善されることを見出した。また、リグニン分解酵素の一つであるマンガンペルオキシダーゼ (MnP) を用いることで、木粉中リグニンの *in vitro* 分解を世界で初めて再現し、MnP 処理木粉を同時糖化発酵に供することで、エタノールの産生が可能となる事を見出した。

一方、白色腐朽菌は乳酸発酵能を有さないが、乳酸菌由来乳酸デヒドロゲナーゼ遺伝子を導入することで乳酸発酵能の付与が可能であり、エタノール発酵の鍵酵素であるピルビン酸デカルボキシラーゼ遺伝子をノックダウンさせることで、乳酸産生能をさらに改善可

能であることを見出した。

(2) 白色腐朽菌を用いたバイオレメディエーションに関する研究

高活性リグニン分解菌 *Phanerochaete sordida* YK-624 株によるビスフェノール A (BPA、環境ホルモン的一种) の代謝について検討したところ、リグニン分解酵素非産生条件下では BPA はシトクロム P450 により水酸化され、その後メチル化されることを見出した。またこれら代謝産物は BPA と比較して毒性が低くなることが判明した。

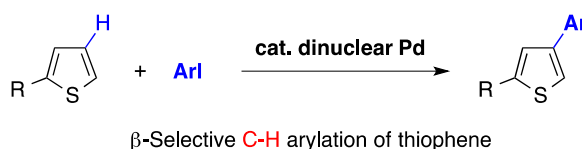
また蜂群崩壊症候群や人間の発達中の神経系統に悪影響を及ぼす可能性があるネオニコチノイド系殺虫剤に着目し、その一種であるイミダクロプリド (IMI) の *P. sordida* YK-624 株による分解を試みたところ、IMI は 5-hydroxy IMI に変換された後、olefin IMI に変換されることを突き止めた。

<F> 遷移金属錯体を触媒として用いた高原子効率型有機化合物変換反応の開発

(塚田直史)

遷移金属触媒の新たな特性を引き出すために新規金属錯体を合成し、これらを用いて高原子効率型及び環境調和型有機化合物変換プロセスの開発を行った。

末端アルキンと有機ハロゲン化物のカップリング反応はアルキン誘導体の重要な合成法の一つであるが、従来法ではパラジウム等のレアメタルを触媒として必要としていた。当研究室では、入手容易な銅の新たな触媒能の探索を目的として新規複核錯体を設計および合成してきたが、反応探索の結果、この複核銅錯体が上記反応の触媒として活性を有することを見出した。さらに、本触媒を用いた反応が様々な有機ハロゲン化



物にも適用できることを明らかにした (有機化学および無機化学両分野で著名な雑誌で報告)。

有機化合物中の炭素水素結合を直接活性化し、その場所を修飾する反応の開発は、短段階、低コストかつ環境調和型プロセス構築のための重要な課題の一つである。当研究室では、新規二核パラジウム錯体を設計し、これを触媒として用いた炭素水素結合活性化反応について研究を行ってきたが、この触媒がチオフェンの直接的アリール化に有効であることを見出した。これまでに報告されている類似の反応では、主にチオフェンの α 位の水素が活性化されるのに対し、二核触媒を用いた反応では選択的に β 位で反応が進行した。また、触媒の構造と位置選択性の関係および様々な置換機を有するチオフェンへの適用性等について明らかにした (投稿中)。

<G> 分子性金属酸化物クラスターの分子設計と触媒材料への応用 (加藤知香)

(1) 構造化白金サイトを有する化合物を用いた可視光照射による水からの水素製造

ポリオキソメタレート骨格構造中に白金種を導入することで、安定かつ均一な二核白金

サイトを有する新規化合物の合成法を確立した。得られた白金化合物を助触媒として用い、有機色素や半導体と共存させることで、可視光照射により効率良く水から水素を発生させることに成功した。現在、薄膜化や電池電極材料への応用も進めている。

(2) 単核・多核アルミニウムサイトを有するクラスター触媒を用いた水中でのアルコールの高選択的酸素酸化

種々の欠損型ポリオキシメタレートを出発化合物に用いることで、単核・多核構造を有するアルミニウム化合物を新規合成した。得られたアルミニウム化合物は、水中での種々アルコールの酸素酸化に対して高い選択率・転化率を示しており、アルミニウムサイトの分子レベル制御により貴金属触媒と同等の酸化触媒機能が発現することを実証した。

(3) 有機金属種担持化合物の合成と酸触媒材料への展開

単核アルミニウムサイトへの有機金属種担持技術を確立した。ジルコニウム種を担持した化合物については、Al-O-Zr 結合の形成によりルイス酸点とブレンステッド酸点の両方が発現し、カルボン酸のアルコールによるエステル化やメーヤワイン・ポンドルフ・バーレー還元に対して優れた酸触媒機能を示すことを確認した。

(3) グリーンバイオ研究部門

グリーンバイオ部門は、地球資源の一角である生物資源の自然共生的な有効活用に向け、バイオロジーをベースにしたグリーンイノベーションを目指している。自然界の生物システムは、複雑かつ多様であるが、生物に共通した原理を見出し、具体的な生物資源の利用技術を創出することに注力し、次の成果をあげた。植物ストレス科学グループでは、植物が環境ストレスに対峙するために進化させた巧妙なメカニズムを解明した。植物分野に天然変性タンパク質の概念を導入したデハイドリンに関する諸研究、アブシジン酸レセプターの分子構造から設計された新たなホルモン制御物質の創出、二次代謝産物の生合成制御、森林の炭素固定能の新評価法の開発は、それぞれ、分野をリードする成果であり、生理学、ケミカルバイオロジー、生態学という異なる視点から、植物のストレス状態を把握し制御しうる、ストレスマネジメント技術に関する基礎情報を得ることができた。環境分子生物学グループでは、生物の環境ストレスに対する応答を、分子レベルから生態系レベルにまで拡張して捉えた。特に、水域に焦点を絞り、内分泌かく乱物質のエピジェネティック作用と両生類の低温耐性獲得機構の解明を目指すと共に、沿岸域の特徴的な生態系であるサンゴ礁や深層水湧昇に着目した研究を実施した。育種生物学グループでは、環境変化に強いイネの次世代シーケンサー・ゲノムワイド解析を進め、気象変化への適応能力に優れた短稈コシヒカリの作出に成功した。

以上、グリーンバイオ部門は、生物の環境適応を分子レベルから生態系レベルまで広角的に描出し、植物にターゲットを絞ってストレス耐性を制御するマネジメント技術の開発につなげ、イネ生産性の向上といった具体的な成果に結びつけることができた。今後は、生物の環境応答の特性を理解し、生態系を支える植物のストレスマネジメント技術を発展させ、地球環境の安定化と生物資源の有効活用を目指す。

(資料 2-3 GB 部門業績一覧)

<A> グローバル化時代と地球温暖化に適した超多収・大粒・早晩生イネの次世代シーケンサー・ゲノムワイド解析による開発 (富田因則)

地球環境の悪化により、イネの主要品種コシヒカリが深刻なダメージを被っている。これまで、コシヒカリに足りない遺伝子に移入するため、DNA マーカー選抜によりコシヒカリへの戻し交雑を進めてきた。さらに、次世代シーケンサー (NGS) により、目的遺伝子が入っているかどうか、その他の配列が元の品種と同じかどうかは全ゲノムを解読すれば一目瞭然となり、目的遺伝子以外はコシヒカリゲノムからなる新品種の早期開発が期待される。そこで、コシヒカリに短稈遺伝子 *sd1* (*GA20* 酸化酵素遺伝子の欠損型) を 8 回の連続戻し交雑で移入した短稈コシヒカリ「コシヒカリ *sd1*」をモデルにして、NGS による *sd1* の SNP 検出を試みた。Nextera®トランスポソームで各系統のゲノム DNA をタグ付けしつつ断片化し、PCR で両末端にアダプターを合成させた。さらに、磁性ビーズで DNA 断片をサイズ選択した後、定性、定量分析し、DNA ライブリーを作製した。次世代シーケンサー MiSeq を用いて、イネゲノムサイズ×5 のカバリッジの解読を目標にして 3-5 系統を同時にランした。得られたリード配列について日本晴ゲノムをレファレンスとしてソフトウェア BWA を用いてマッピングした結果、2 回の Pair end read の平均 depth が「コシヒカリ」で 9.17、「コシヒカリ *sd1*」で 7.29 となった。さらに、全ゲノムの vcf ファイルを作成した結果、「コシヒカリ」と「コシヒカリ *sd1*」を比較すると、コシヒカリゲノムの第 1 染色体短腕末端から 38,382,385~38,385,469 地点にある *sd1* における変異は 38,382,746 地点の G から T への SNP のみであり、最小限のコストで目的とする変異が見出せた。

平成 26 年 10 月に、研究課題「グローバル化時代と地球温暖化に適した超多収・大粒・早晩生イネの次世代シーケンサー・ゲノムワイド解析による開発：研究責任者 富田因則」が、『JST 研究成果最適展開支援プログラム A-STEP 産学共同促進ステージハイリスク挑戦タイプ』に採択された。平成 27 年 2 月には、大学院理学研究科、農学研究科修士課程学生に対して、次世代シーケンス解析に関する理農工横断型新規科目「ゲノム機能解析演習」を実施した。

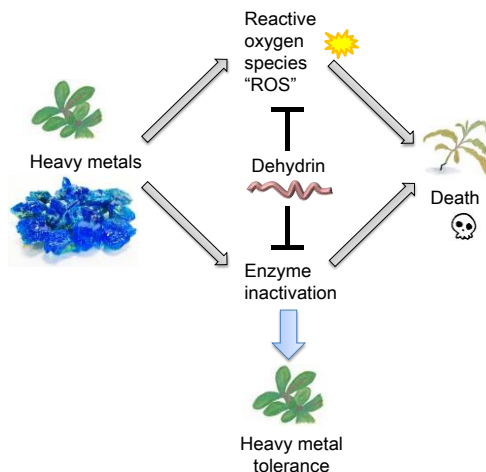
次世代シーケンス・ゲノムワイド解析によるグローバル化時代と地球温暖化に適した超多収・大粒・早晩生イネの開発



 植物の生存力を高めるストレスマネジメント技術の開発 (原 正和)

地球温暖化や無計画な灌漑は、世界各地で極端な気温の変化と陸水の枯渇をもたらし、植物生産に深刻な影響を与えている。この問題に対処するためには、植物のストレス耐性を制御する技術を確認する必要がある。植物のストレス耐性を向上させるためには、①植物の遺伝子を先天的に改変する育種と、②何らかの刺激を与えて植物のストレス耐性を後天的に高める方法がある。私たちは、前者と後者のそれぞれに関し、植物のストレスをマネジメントする最適な方法論を確認しようとしている。

①に関しては、植物のストレス関連遺伝子デハイドリンの機能を解明し、高機能性デハイドリンを植物の育種に利用することを目指した。多くの植物には、乾燥や低温に強い種子という成長段階がある。種子の安定性を規定する遺伝子の1つがデハイドリンであるが、秩序だった構造を取らないため、長らくその機能は不明であった。私たちは、生体高分子の低温安定化作用、活性酸素種発生抑制作用、重金属失活酵素の再活性化など、複数の機能を発見し、これらの機能を規定するドメインを特定した。結果、ストレス耐性植物の作出に関する重要な知見を得た。



低温・乾燥ストレス耐性蛋白質は重金属耐性にも関与するムーンライティング蛋白質デハイドリン

②に関しては、野草のアルカロイドやワサビのイソチオシアネートが、植物の熱耐性を向上させることを見出した。前者については、植物熱耐性向上剤の開発につながった。

<C> 動物の環境応答システムの解析 (山内清志, 石原顕紀)

(1) 内分泌かく乱化学物質のエピジェネティックマークに与える影響

甲状腺系をかく乱する環境化学物質のエピジェネティック作用を明らかにするために、臭素化難燃剤と除草剤が甲状腺ホルモン標的遺伝子のヒストン修飾、およびRNAポリメラーゼ II のリン酸化に及ぼす影響を検討した。両化学物質は、共に甲状腺ホルモン初期応答遺伝子を標的にしてホルモンのシグナル伝達を阻害するが、RNAポリメラーゼ II の転写伸長の初期と中期のエピジェネティックマークを変化させた。この効果は、化学物質によって異なり、また標的遺伝子によっても異なっており、環境化学物質が、ホルモン応答遺伝子に多様な効果をもたらすことを発見した。

(2) 高コレステロール食で生じた脂肪肝に対する生薬成分の改善効果

生薬成分(ササ、マツ、チョウセンニンジン)のエキスに成人病のリスクファクターとなる高コレステロール血症を抑制する効果があるかどうか、実験動物ラットを用いて検討した。マイクロアレイによる網羅的解析の結果、コレステロール代謝の鍵酵素である

Cyp7A1,8B1 の遺伝子発現が生薬によって増加することが判明した。生薬成分はコレステロールを胆汁酸に転換する経路を転写レベルで活性化することを発見した。

(3) 環境ストレスに対する生物応答メカニズムの解析

生物は様々な環境ストレスにさらされるが、生存に不利にならないよう、ストレス応答メカニズム、ストレスマネジメントシステムを有していると考えられる。当グループでは、低温、絶食などの環境ストレス耐性が高い両生類（ウシガエル、アフリカツメガエル）を用いて、ストレス応答メカニズムの解析を行うことを目的とし研究を推進した。低温ストレスでは、脂肪酸不飽和化酵素の発現を上昇させ、膜脂質の構成を変化させることによって、生体膜の流動性を確保している可能性を見出した。また、絶食ストレスでは、萎縮した腸組織が再接触後速やかに回復するが、この分子機構を形態学的、生化学的、分子生物学的に明らかにした。

<D> 環境複合ストレスにおける海洋生態系応答と適応機構の解明

(カサレト ベアトリス エステラ)

(1) サンゴ礁におけるピコナノプランクトンの動態、窒素固定、基礎生産量の再評価に関する研究

サンゴの礫、砂地、サンゴ体内、サンゴ表面の付着生物等、サンゴ礁を構成する様々なサブ環境における基礎生産量と窒素固定量を炭素と窒素の安定同位体を用いて再評価した。その結果、サンゴ礁域の基礎生産量は従来値に比べて2-3倍低いことが示唆された (Journal of Marine Biology, ID 25951, 2012)。

(2) サンゴ礁における白化や病気の機構解明に関する研究

サンゴ内部の共生藻類、微生物、栄養循環、有機物動態、シアノバクテリアの化学共生といったサンゴの生物学的素課程の研究は世界でほとんど研究例がない。バクテリア・高水温の複合ストレス環境下でサンゴを飼育し、サンゴ-褐虫藻-バクテリアのシステム共生を明らかにした。また実験水槽内でサンゴ体内および体外の褐虫藻を捕捉し、数の計測、形態観察、色素組成分析を行うことで、白化はサンゴの生存戦略の一環であり、これまで考えられていた機構とは大きく異なることを解明した。更にハマサンゴにみられる種々の pink pigmentation response にはサンゴの免疫機構が働いている可能性を見出した (Journal of Phycology, 51(1), 2015; Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 440, 2013)。

(3) 駿河湾における沿岸水食物網と駿河湾深層水の多角的利用に関する研究

駿河湾深層海水中に残存している僅かな植物プランクトンが、自然光の下でその代謝活動を再開することを確認した。プランクトンのサイズと種構成が深層水中の栄養塩の濃度、硝酸塩・アンモニアとケイ酸塩の比、および構成する生物種により決まること、それが海洋生態系の食物網を支配する非常に重要なパラメータであることを示した。

(4) 海洋生態系と人工湧昇システムによる二酸化炭素の固定化促進条件の評価方法の開発

CO₂ 固定に関して海洋のプランクトン生態系の動態と人工湧昇海山システムに関する評価のための方法の開発を行った。一次生産の増加を評価するための条件を明確にした。海洋生態系による人工湧昇を用いた二酸化炭素の固定は極めて効果的であることを実証した。

(5) 海洋酸性化による海洋生態系の応答

CO₂ 増加は海洋 pH を減少させるが、coccolithophorids が時間とともに増加し、最高 1200ppmpCO₂ のレベルに対しても適応することを明らかにした。モデル計算により植物プランクトンが死滅すると予測された Nature の報告と異なり、プランクトンはその光合成能により海洋酸性化の環境に適応することができることが示唆された。

<E> 植物の生存力を高めるストレスマネジメント技術の開発 (轟 泰司)

(1) ブラシノステロイド受容体制御剤の創出

植物の成長と分化ならびにストレス耐性付与に関わる植物ホルモンの 1 つであるブラシノステロイド (BR) の受容体 BRI1 に作用し、その機能を阻害する化合物 (ブラシノステロイド受容体アンタゴニスト) を創出した。もっとも生物活性の高い BR であるブラシノライド (BL) と BRI1 の複合体結晶構造および BR 構造活性相関に基づき、BRI1 には BR と同様に結合するが、BR を介して BRI1 と相互作用する共受容体 SERKs とは相互作用しない化合物を、BL の構造アナログとして設計し、合成した。生物試験により、本化合物は BR の生物活性を効果的に抑制することを明らかにした。

(2) アブシジン酸受容体制御剤の創出

植物の種子発芽とストレス耐性付与に関わる植物ホルモンの 1 つであるアブシジン酸 (ABA) の受容体 PYL に作用し、その機能を阻害する化合物 (ABA 受容体アンタゴニスト AS6) を創出した。AS6 は、PYL-ABA 複合体結晶構造および ABA 構造活性相関に基づき、PYL には ABA と同様に結合するが、PYL とタンパク質脱リン酸化酵素 (PP2C) の相互作用を妨害するように ABA の構造アナログとして設計されている。原子レベル (結晶構造解析)、分子レベル (酵素活性試験、相互作用解析)、遺伝子発現レベル、および生物個体レベルのすべてにわたって、AS6 は ABA の生物活性を効果的に抑制することを明らかにした。さらに、AS6 とは別の観点から設計した新規 ABA 受容体アンタゴニスト PAN-F1 を合成し、この化合物が AS6 よりもさらに強力に ABA 受容体を阻害することを明らかにした。

(3) アブシジン酸代謝不活性化制御剤の創出

ABA の代謝不活性化酵素 CYP707A を選択的に阻害するアブシナゾール E2B の構造改変により、より強力に ABA 代謝を阻害して、植物に乾燥耐性を効果的に付与するアブシナゾール E3M を創出した。

<F> 環境ストレスに対する植物の応答と早期診断システムの開発 (王 権)

分光反射率を用いて、森林生態系の生化学的および生理的機能に関するメカニズムの広域的な解明を試みている。

樹木が乾燥下におかれることによって引き起こされる水ストレスは森林の枯死や生理的機能に大きな影響を及ぼすと考えられる。しかし、簡易的に水ストレスを評価する手法がないため、十分には解明されていない。そこで、葉を用いて切り取り後からの水分量の減少と分光反射率を連続測定することにより、非破壊で葉の水分状態を評価する指標を導き出した。

また、地球温暖化に伴い、森林の二酸化炭素量を正確に計る方法が求められている。そこで、二酸化炭素吸収源である樹木の生化学的機能と大きな関わりを持つクロロフィルやカロテノイドなどの光合成色素含有量を分光反射率から精度よく推定するために、樹冠内空間変異別、季節変化別、多樹種など様々なアプローチで手法の開発を試みた。

さらに、森林の炭素固定機能を評価する上で重要となる、個葉の光合成能力を表すパラメータの一つである V_{max} は、炭素固定を触媒する酵素 Rubisco と深い関わりを持っているため、Rubisco 量およびその活性とそれらが応答する波長に着目した研究を進めている。

<G> 植物のストレス防御物質の生合成研究 (大西利幸)

根を張った土地で一生を全うする植物は、常に生物ストレスや環境ストレスに曝され、その結果多様な防御システムを獲得し進化させた。特に昆虫や微生物から身を守るための忌避成分や抗菌成分などの防御物質を生合成することは有効な職部の防御システムの一つである。そこで我々は、環境ストレスに対する化学防御物質の生合成に注目し、化学的視点から樹木、特にチャの生存戦略＝生命現象を物質レベルで解き明かすことを目的に、チャの化学防御システムに関わる防御物質の同定およびその生合成の解明に取り組んだ。

(1) 昆虫食害ストレスに応答して生合成される揮発性防御物質

チャノミドリヒメヨコバイに被害されたチャ葉を用いて、昆虫食害ストレスに応答する揮発性化合物を分析した結果、モノテルペンアルコールである (3E,6S)-2,6-dimethylocta-3,7-diene-2,6-diol (diol) および diol の 7 位が脱水した hotrienol、また (Z)-3-hexen-1-ol, benzyl alcohol, 2-phenylethanol が著しく増加することを見出した。これら揮発性化合物は抗菌作用や昆虫忌避活性を有することが報告されており、昆虫食害ストレスに応答して生合成が亢進されたと考えられる。

(2) 揮発性防御物質の配糖体化酵素の機能解明

植物は防御物質を配糖体として不活性化して安定に貯蔵していることが多く、配糖体は糖加水分解酵素により加水分解され、化学防御物質を遊離する。

そこで揮発性防御物質をチャが安定的に貯蔵するメカニズムを明らかにするために二糖転移酵素遺伝子の単離同定を行った。その結果、揮発性防御物質である geraniol に高い活性を示す単糖配糖体化酵素 (CsGT1) および二糖配糖体化酵素 (CsGT2) の単離同定に成

功した。また、チャの部位ごとにおける CsGT2 遺伝子の発現量を解析した結果、新葉で最も高く発現し、葉の成熟に伴い発現量は著しく減少した。CsGT1 遺伝子、CsGT2 遺伝子の発現パターンは糖加水分解酵素遺伝子と一致しており、糖転移酵素遺伝子は糖加水分解酵素遺伝子とともにチャ葉、特に新葉において揮発性防御物質の貯蔵・発散に寄与しており、環境ストレスに対するチャの化学防御機構の一端を担っていることが示唆された。

<H> 海洋の生物地球化学的循環と低次生態系の解明 (宗林留美)

(1) オホーツク海内部と北太平洋への有機炭素と窒素の輸送

北太平洋の深度 400~700m に広がる北太平洋中層水は、周囲の水塊より溶存有機炭素濃度と微生物生産力が高いことが知られており、その要因としてオホーツク海で海氷が生成するときにシベリア陸棚で出来る高密度海水による有機物の輸送が考えられていた。しかし、オホーツク海のサハリン島沖と、オホーツク海と北太平洋をつなぐブッソル海峡で調査を行った結果、サハリン島沖での高密度海水と北太平洋からの流入水の混合過程と、ブッソル海峡での海水の鉛直混合が、北太平洋中層への溶存有機炭素と窒素の輸送に大きな影響を与えていることがわかった。この成果を 2014 年度に *Progress in Oceanographer* に公表した。

(2) 伊東沖における海底火山活動

静岡県伊東沖では、海面付近で泡が吹く現象が漁師などにより度々目撃されており、過去におきた海底噴火の影響ではないかと噂されていた。伊東沖では、1989 年に海底噴火により手石海丘が形成されており、この直上で海水を採取し、含まれる化学成分を分析した結果、噴火から 23 年経っても熱水またはマグマ起源の物質が放出され、低調ながらも火山活動が続いていることが証明された。この成果を 2013 年度に *Journal of Volcanology and Geothermal Research* に公表した。

(3) 駿河湾の低次生態系

駿河湾はサクラエビやシラスなど貴重な水産資源を有する日本一深い湾であるが、これらの高次栄養生物を支える低次栄養生物の分布や生産の季節性に関する情報が欠落している。そこで、一次生産力の光学的特徴や、水温に対する原核生物の応答などを調べた。その成果の一部を *Journal of Oceanography* とシンポジウムで公表し、富士山麓アカデミック & サイエンスフェア 2014 ではポスター発表優秀賞を得た。

<I> 環境ストレスに対する動物の適応調節機構の解明 (岡田令子)

(1) 極限環境下での両生類の生体内恒常性維持機構

野生のネッタイツメガエルは乾季には水がほとんどない環境で代謝を低下させて生き延びることができる。減水環境で飼育したカエルの肝臓中では尿素の合成に必要な尿素回路に関連する酵素の発現が高まっていること、およびこれらの酵素の発現は減水により血中濃度が上昇する甲状腺ホルモンにより促進的に調節されることを明らかにした。また、減

水環境で飼育したカエルでは視床下部—下垂体—副腎系も活性化していることがわかった。一方、冬眠中のニホンアマガエルは凍結に対する抵抗性を有すること、その耐凍結機能には、グリセロールの合成・蓄積および膜タンパク質であるアクアポリン h9 が関わっていることを示した。

(2) 間脳視床下部—脳下垂体—甲状腺／副腎系に関与する視床下部因子の進化

両生類の脳下垂体から甲状腺刺激ホルモン (TSH) の分泌を促進する主要な視床下部因子は、哺乳類で知られる TSH 放出ホルモン (TRH) ではなく、副腎皮質刺激ホルモン放出因子 (CRF) である。我々は、脳における TRH 遺伝子の発現が低温ストレスにより増大することを明らかにした。変温動物である両生類において既に低温に対する TRH の発現上昇機構が備わっているが、両生類においては TRH による TSH 刺激効果が弱く、視床下部—下垂体—甲状腺系の活性化には結びつかないことが、恒温動物との大きな違いの一つであると考えられる。一方で、両生類では CRF ではなくアルギニンヴァソトシンが ACTH の主要放出因子であることを明らかにした。これらのことから脊椎動物の進化 (水棲→陸棲、変温→恒温) には下垂体を調節する視床下部因子の入れ替わりが関与していることが示唆される。

(4) 研究支援室

<A> ゾウリムシ共生系における共生成立機構の分子基盤の解明 (道羅英夫)

ゾウリムシと核内共生細菌 *Holospora* 属の共生系およびミドリゾウリムシと共生クロレラの共生系の成立に関与している遺伝子やタンパク質を同定し、その共生成立機構を解明するために、ゲノム解析、プロテオーム解析、トランスクリプトーム解析などの手法を用いて、網羅的な解析を行っている。まず、次世代シーケンサーを用いてゾウリムシの大核特異的共生細菌 *Holospora obtusa*、小核特異的共生細菌 *H. elegans* および *H. undulata* のドラフトゲノム配列を決定し、3種に共通する遺伝子の解析を行った。その結果、*Holospora* 属は TCA サイクルに関わるタンパク質をコードする遺伝子を欠損しており、宿主ゾウリムシにエネルギーを依存していることが明らかとなった。

ミドリゾウリムシと共生クロレラの共生系については、ミドリゾウリムシのトランスクリプトーム解析により、ミドリゾウリムシがクロレラと共生することによって発現が変化する遺伝子が 60% 以上にも及ぶことが明らかとなった (プレスリリース: <http://www.nibb.ac.jp/press/2014/06/11.html>)。本研究により、クロレラと共生することによって抗酸化作用をもつグルタチオン-S-トランスフェラーゼ (GST) の遺伝子発現が低下することが明らかとなっているが、プロテオーム解析でも同様にクロレラと共生しているミドリゾウリムシで GST のタンパク量が減少していることが証明された。

2.2 論文発表

2013～2015 度に発表した論文数を表 2-1 とグラフ 2-1～2-2 で示す。2015 年度は 4 月と 5 月のデータである。

2013 年度から 2 年間の国際学術雑誌への原著論文 122 編、教員一人当たり 4.5 編発表している。中には 100 回以上の引用された論文が 17 編、全学術雑誌の上位 5% (Impact factor 5 以上) に入る雑誌 ACS Appl. Materials & Interfaces, Angew. Chem. Int. Ed., Biosens. & Bioelectron., Chem. Commun., Development, Nat. Chem. Biol., Nat. Commun., Organic Lett., Plant Physiol., Sci. Reports に多数掲載されている。著書は平均 7 編出版している。

表 2-1 論文発表数

	2013 年度	2014 年度	2015 年度	合計
原著論文	115	105	43	263
著書	7	8	5	20
計	122	113	48	283

(資料 2-4 論文一覧, 資料 2-5 著書一覧)

図 2-1 原著論文

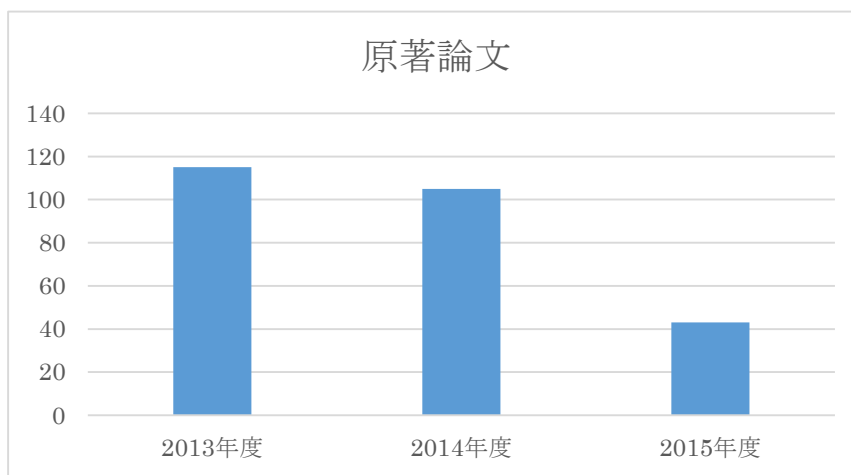
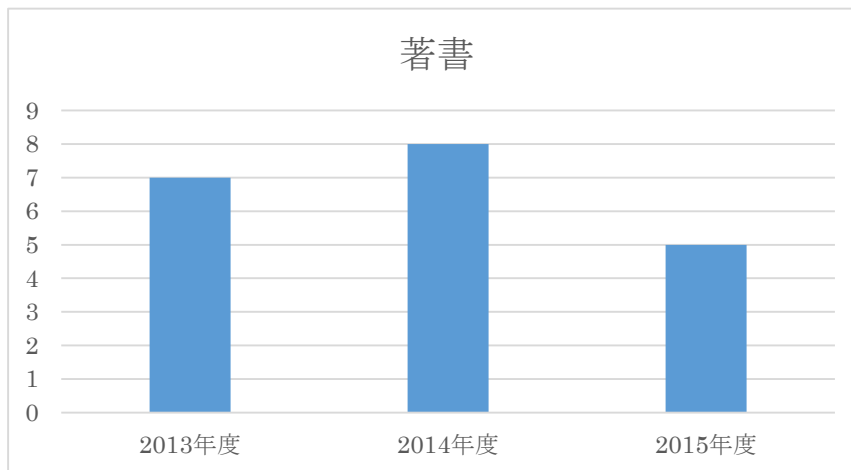


図 2-2 著書



2.3 学会発表

国内学会及び国際学会での発表（招待講演を含む）数を表2-2とグラフ2-3～2-4で示す。国内学会発表は平均300件、教員1名当たり10件発表している。国際学会では平均80件、教員1名当たり2.6件発表している。うち招待講演は毎年30件程度となっている。

表2-2 講演発表数

	2013年度	2014年度	2015年度
国内学会発表	309	321	37
国際学会発表	73	91	3
うち招待講演	27	32	3

(資料2-6 学会・研究発表一覧)

図2-3 講演発表数

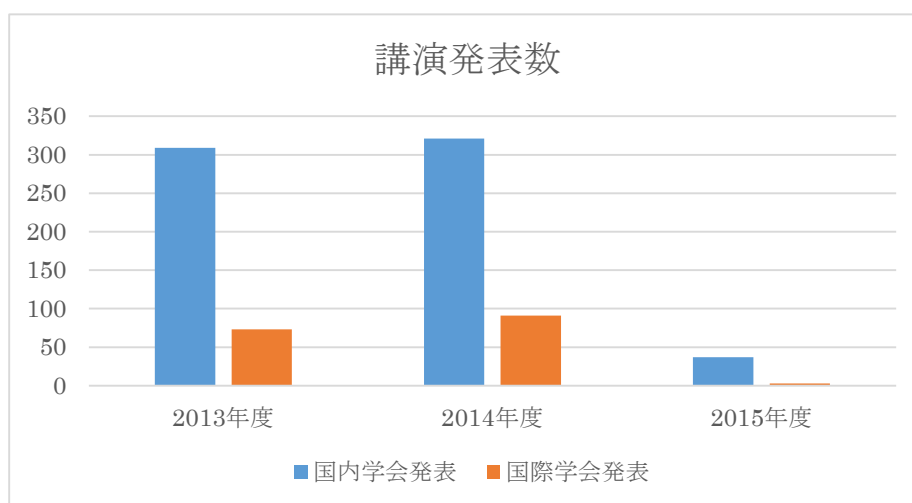
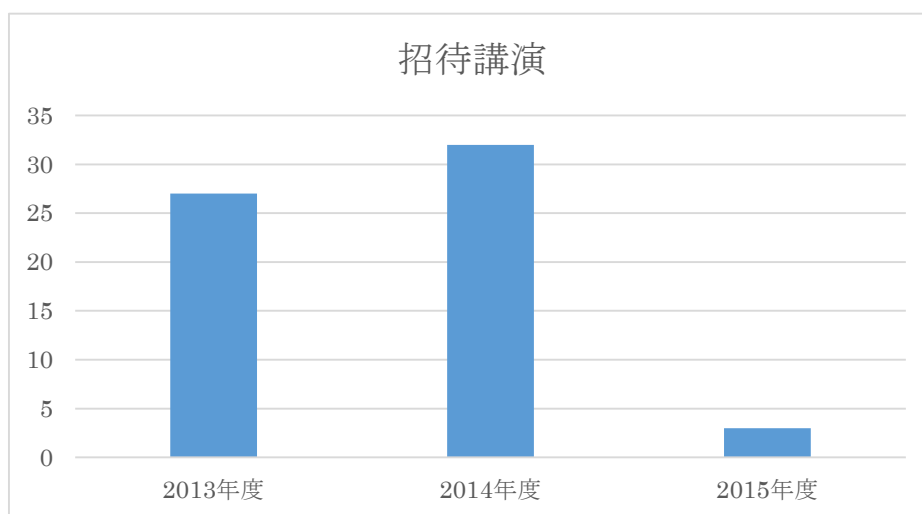


図2-4 招待講演数



2.4 特許

特許数を表 2-3 に示す。毎年 10 件以上出願し、8~10 件取得している。

表 2-3 特許

	2013 年度	2014 年度	2015 年度
出願	10	13	3
取得	8	10	2

(資料 2-7 特許一覧)

2.5 教員の受賞

受賞数を表 2-4 に示す。教員の場合、化学工学会技術賞、日本機械工学フェロー、高柳記念賞、日本機械工学会流体工学部門賞、森喜作賞、植物化学調節学会奨励賞をはじめ、毎年 5 件程度受賞している。2014 年には静岡大学の卓越研究者として、齋藤隆之教授、河岸洋和教授、朴 龍洙教授が選出された。

表 2-4 受賞

	2013 年度	2014 年度	2015 年度
件数	5	7	1

(資料 2-8 受賞一覧)

2.6 科学研究費補助金

科学研究費補助金の獲得状況を表 2-5 に示す。2013～2014 年度科研費獲得額は平均 90,090 千円であった。齋藤隆之教授、河岸洋和教授、朴 龍洙教授が代表を務める基盤研究 (A) の採択が大きく寄与している。

表 2-5 科学研究費補助金の獲得状況 (間接経費を含む)

	2013 年度		2014 年度		2015 年度	
	件数	金額 (千円)	件数	金額 (千円)	件数	金額 (千円)
特定領域研究	2	6,500	1	3,380	1	3,380
基盤研究 (S)	0	0	0	0	0	0
基盤研究 (A)	3	31,850	2	30,290	1	12,740
基盤研究 (B)	3	13,910	6	26,130	7	41,210
基盤研究 (C)	4	7,150	3	3,640	5	8,320
挑戦的萌芽研究	5	8,190	5	8,450	4	9,490
若手研究 (A)	2	10,270	2	15,860	1	8,190
若手研究 (B)	5	8,190	4	6,370	4	5,070
合計	24	86,060	23	94,120	22	88,400

(資料 2-9 科学研究費補助金一覧)

図 2-5 科研費採択額

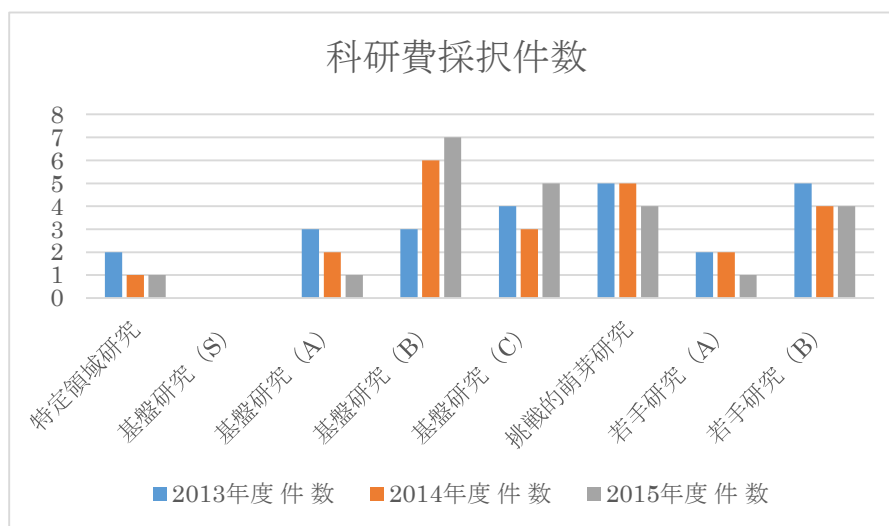
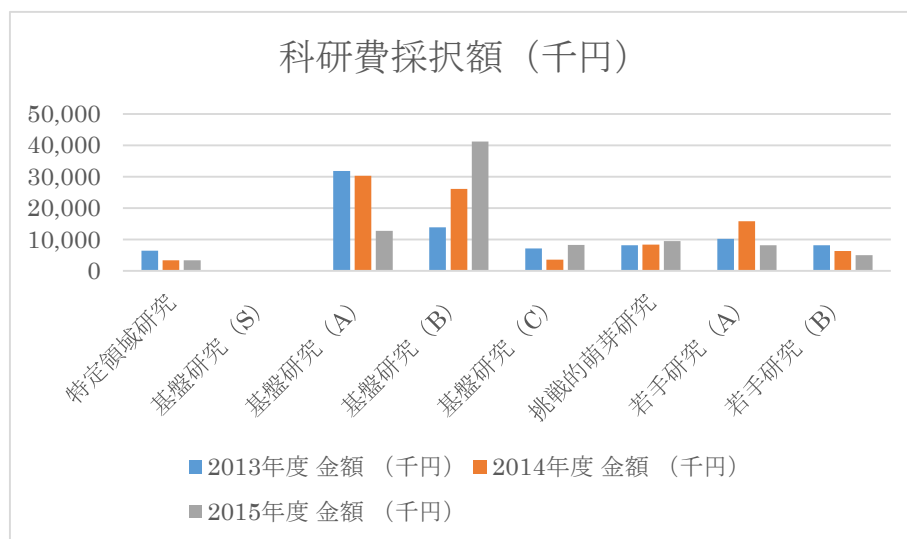


図 2-6 科研費採択件数



2.7 外部資金

外部資金（受託・共同・寄附金等）の受入状況を表 2-6 に示す。寄付金、受託研究、共同研究合計で 42.6 件であり、研究費の総額は年間平均 1 億 3 千万円に上る。

主な外部資金

1.	研究題目： 委 託 者：	廃棄乳オゾンドを利用した除染水の処理と減容化 中部電力株式会社 (齋藤隆之)
2.	研究題目： 委 託 者： 事 業 名：	フェアリーリング惹起物質の植物成長制御機構解明と応用展開 農林水産技術会議事務局 農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業委託事業 (河岸洋和)
3.	研究題目： 委 託 者： 事 業 名：	室温から 200℃以下の中温領域で機能するマグネシウム金属負極系の開発 国立研究開発法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発 (ALCA) (昆野昭則)
4.	研究題目： 委 託 者： 事 業 名：	グローバル化時代と地球温暖化に適した超多収・大粒・早晩生イネの次世代シーケンサー・ゲノムワイド解析による開発 国立研究開発法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援プログラム ハイリスク挑戦タイプ (富田因則)

表 2-6 外部資金の受入状況

	2013年度		2014年度		2015年度	
	件数	金額 (円)	件数	金額 (円)	件数	金額 (円)
共同研究	21	29,862,950	25	31,788,700	18	11,567,500
受託研究	11	82,546,790	11	89,357,090	5	89,855,300
寄附金	13	15,751,200	15	15,068,931	10	7,711,069
合 計	45	128,160,940	51	136,214,721	32	109,133,869

図 2-7 外部資金獲得額

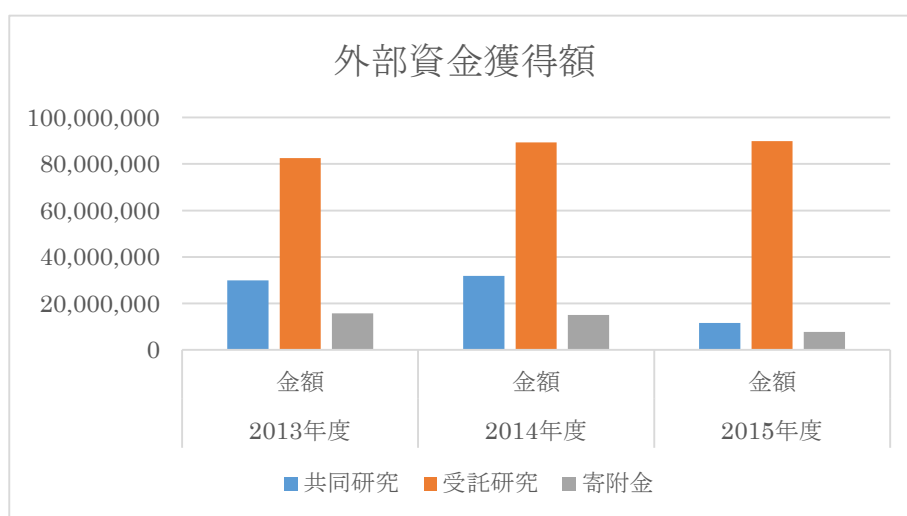
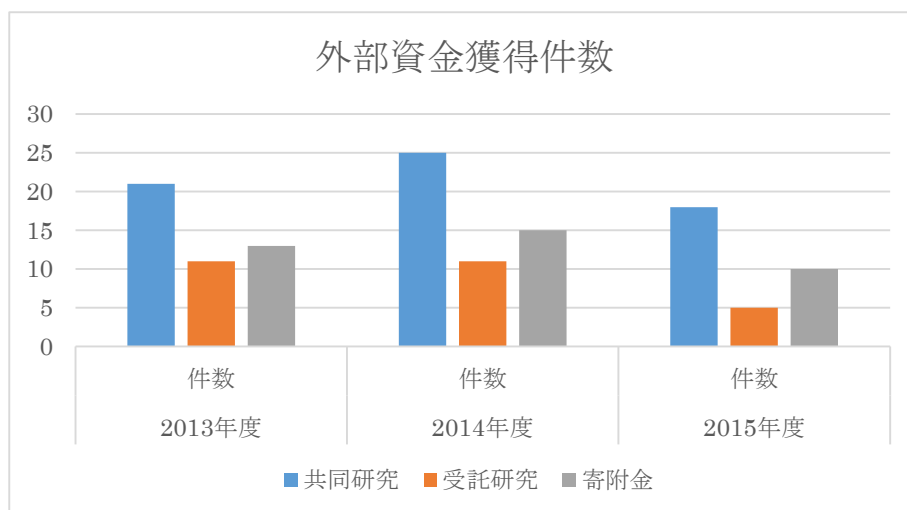


図 2-8 外部資金獲得件数



2.8 大学院との連携

研究所員は、博士課程の創造科学技術大学院、修士課程の総合科学技術研究科を担当しており、博士課程・修士課程学生の教育・研究を担っている。

博士課程における教員の研究部であり、学生の所属は大学院自然科学系教育部となっている。大医学院自然科学系教育部には 5 つの専攻があり、この中で研究所員は、光・ナノ物質機能専攻に教授 3 名（うち研究所主担当 2 名）、情報科学専攻に准教授 1 名、環境・エネルギーシステム専攻に教授 3 名、准教授 2 名（うち研究所主担当 1 名）、バイオサイエンス専攻に教授 7 名、准教授 1 名、講師 1 名（うち研究所主担当 5 名）がそれぞれ担当している。

総合科学技術研究科（修士課程）には 4 つの専攻があり、この中で研究所員は、情報科学専攻に准教授 1 名、理学専攻に教授 2 名、准教授 4 名、講師 2 名（うち研究所主担当 2 名）、工学専攻に教授 3 名、准教授 4 名、助教 1 名（うち研究所主担当 2 名）、農学専攻に教授 7 名、准教授 2 名（うち研究所主担当 4 名）がそれぞれ担当している。また、教育学研究科（修士課程）にも教授 1 名が配置されている。

さらに、それぞれの学部（工学部、情報学部、理学部、農学部、教育学部）の教育にも一部関わっており、卒業研究生の指導も行っている。

2.9 学生の受入

2013 年度から 2015 年度における大学院博士課程、修士課程、学部生の受入状況を表 2-7 に示す。博士学生、修士学生、学部学生の受け入れ数は、年平均 38 名、142 名、143 名であり、教員 1 名当たり博士課程学生 1.4 名、修士・学部学生 5.2 名を指導している。留学生は、博士課程と修士課程でそれぞれ 9 名と 2 名受け入れており（2015 年度）、博士課程では留学生が全体の約 24%を占めている。

表 2-7 学生の受入状況

	2013 年度	2014 年度	2015 年度
博士課程	36	39	34
修士課程	138	145	125
学部生	145	140	132
計	319	324	291

2.10 学生の受賞

2013年度から2015年度における学生の受賞状況を表2-8に示す。学術学会において賞等、多くの学生は受賞している。また、2014年度から、研究所所属教員の指導学生を対象とした「特別奨励賞」と「奨励賞」を設け、研究活動を奨励している。

表2-8 学生の受賞数

	2013年度	2014年度	2015年度	合計
件数	28	35	1	66

(資料2-10 指導学生受賞一覧)

2.11 学生シンポジウムの開催

本研究所では、2014年度に第1回グリーン科学技術研究所シンポジウムを開催した。これは、研究所ならではの学生教育の一環として、博士・修士学生が主体的に実施した優れた研究成果に対して、表彰を行うことを目的としており、2014年度は、応募総数37件から特別奨励賞2名、奨励賞8名を選出し、受賞者10名による研究発表を行った。国際会議経験を持つ学生が多く所属している研究所ならではの企画として、博士課程学生は英語による発表を行った。

また、学生発表後には、第三者評価委員である横山伸也教授をお招きし、特別講演をしていただいた。

初の試みながら、70名程の学生、教員が参加し、自身と異なる研究分野の発表を聴講することで、学生間の交流を深めることができた。

2015年度についても現在、第2回シンポジウムの開催に向けて準備を進めている。

(資料2-11 シンポジウム概要)

2.12 産業界・地域への貢献

当研究所では、毎年、地域の中学生や高校生20~30人を対象とした公開講座を2講座開催している。また、大学祭開催に合わせ遺伝子実験棟を開放し、研究所で行われている研究や最先端の研究設備を見学できる機会を設けている。(項目3. 研究支援体制を参照)

また、研究支援室分子構造解析部においては、機器の一部を学外へ公開し、機器管理者が代理測定を行うことで、地域企業が研究開発に参画できる体制を提供している。2013年度~2015年度実績では、6件の測定依頼があった。

その他、所員が個々に地域産業界と連携し、研究所設立から受託研究27件、共同研究64件と、研究開発における連携を図っている。

市民が参加するテクノフェスタ、小中学校の先生や生徒を対象とした公開講座など、グリーン科学技術研究所の教員が最先端の研究成果を分かりやすく解説するイベントや実験を開催している。また、地域自治体と研究者に対して施設見学会や研究相談を行い、得られた研究成果を地域に還元する取組を行っている。

3. 研究支援体制

3.1 分子構造解析部

本分子構造解析部は、2013年4月のグリーン科学技術研究所の設立時に、旧機器分析センターの業務を引き継ぎ、研究支援室として、研究支援室内に設置された。グリーン研究所のコア教員1名に加え、技術職員1名、派遣職員1名の3名で運営されている。大型機器を一か所に集めることにより、それらの機器を学内の共同利用機器として利用することで、研究をより効率的に行う場を提供することを目的としている。核磁気共鳴装置 (NMR)、電子顕微鏡、X線回折装置、質量分析装置など、30台を超える大型機器が整備され、学内だけでなく、地域の諸企業を対象として学外の利用者にも有償で開放し、社会的に貢献している。

それぞれの機器に対して機器管理責任者（略して、管理者）を1人決め、その実質的管理運営やメンテナンスをお願いしている。管理者は主に総合科学技術研究科や創造科学技術大学院の専任教員である。最近では、電子顕微鏡、粉末X線回折装置が更新され、また老朽化と故障後、更新の目処が立っていなかった電子線マイクロアナライザ (EPMA) を神奈川県温泉地学研究所より無償で譲与頂き、整備を進めた。

新たに導入された機器だけでなく、一定の利用があり、汎用性の高い大型機器については、定期的に当該機器の測定原理と具体的な使用法に関する講習会を実施し、利用を促進している。管理者のもとで機器を利用して測定を行っている利用者数は、毎年、のべ400人を越え、その所属は主に静岡キャンパスの理系各学部にわたっている。また、これらの装置の利用を促進する試みとして、料金は割高になるものの管理者が全て測定を実施する「依頼測定」のシステムも確立した。また、外部料金を別途定め、件数は少ないものの地元の企業などの測定依頼（定型試験）にも対応している。

一方、地域連携活動として、地元の中学校、高等学校などを対象に、1年に数度の実験講座を開催している。例えば、分子構造解析部の教員による、ルミノールの合成などの化学実験や、NMR、単結晶X線回折装置、質量スペクトル装置、などを利用して、高校で合成したアゾ色素化合物とその誘導体の構造決定を行っている。

本学の研究の基礎を支えるとともに、地域の企業の開発活動、および地元の中学生、高校生の科学に対する窓口となる活動を続けている。

学内機器利用料収入

	2013 年度	2014 年度	2015 年度
前期 4-6 月	164,3840	1,111,220	1,180,350
前期 7-9 月	805,416	864,050	-
後期 10-12 月	1,235,480	1,127,500	-
後期 1-3 月	662,100	678,837	-
計	4,346,836	3,781,607	1,180,350

(資料 3-1 分子構造解析部機器一覧)

分子構造解析部の活動実績

	2013 年度	2014 年度	2015 年度
登録者	491 人	479 人	-
機器講習会	5 回	4 回	3 回
地域連携活動	4 件	5 件	4 件
成果論文	27 件	28 件	-

研究成果

1. Solvent-Soluble Coordination Polymer That Reconstructs Cyclic Frameworks That Trap a Kinetically Labile $[\text{Cu}(\text{CO}_3)_2]_2$ - Unit. **Inorganic Chemistry**, 2013, 52, 4765 - 4767
2. Biomimic O₂ activation hydroxylates a meso-carbon of the porphyrin ring regioselectively under mild conditions. **Chemical Communications**, 2013, 49, 9296-9298
3. Enhancement of hydrogen isotope retention in tungsten exposed to LHD plasmas. **Journal of Nuclear Materials** 438 (2013) S1055-S1058
4. Behavior of deuterium retention and surface morphology for VPS-W/F82H. **Journal of Nuclear Materials** 442 (2013) S242-S245
5. Retention and desorption behavior of tritium in Si related ceramics. **Journal of Nuclear Materials** 438 (2013) 22-25
6. Enhancement of hydrogen isotope retention capacity for the impurity deposited tungsten by long-term plasma exposure in LHD. **Fusion Engineering and Design** 88 (2013) 1699- 1703
7. Influence of tungsten-carbon mixed layer and irradiation defects on deuterium retention behavior in tungsten. **Fusion Engineering and Design** 88 (2013) 1827- 1830
8. Correlation between release of deuterium and annihilation of irradiation defects produced by gamma-ray in Li₂TiO₃. **Fusion Engineering and Design** 88 (2013) 2369- 2372
9. Tritium release kinetics in lithium orthosilicate ceramic pebbles irradiated with low thermal-neutron fluence. **Journal of Nuclear Materials**, 438 (2013) 46-50.

10. Migration of hydrogen isotopes in lithium metatitanate. **Journal of Nuclear Materials**, **439** (2013) **159-167**
11. Production of Single-Walled Carbon Nanotubes by Modified Arc Discharge Method. **Japanese Journal of Applied Physics**, **52** (2013), **056201-1-5**
12. Physical gels of syndiotactic polystyrene with fragrant molecules. **Macromol. Chem. Phys.** **2013**, **214**, **1912-20**.
13. Induction of Female-to-Male Sex Change in Adult Zebrafish by Aromatase Inhibitor Treatment. **Scientific Reports**, **2013**, **3**, **3400/1-3400/16**.
14. Encapsulation-Induced Remarkable Stability of Hydrogen-Bonded Heterocapsule. **Chem. Eur. J.** **2013**, **19**, **3685-3692**.
15. Double Alkylene-Strapped Diphenylanthracene as a Photostable and Intense Solid-State Blue-Emitting Material. **J. Org. Chem.** **2013**, **78**, **2206-2212 (Featured Article)**. 注目の論文として掲載
16. Water Purification by Using Microplasma Treatment. **J. Phys. Conf. Ser.** **Vol.441,2013**
17. Effect of Optical Purity of C3-Symmetric Chiral Tris-ureas on Supramolecular Gel Formation. **Chemistry Letters**, **2013**, **42**, **3**, **229-231**.
18. Thixotropic Hydrogel Formation in Various Aqueous Solutions through Self-Assembly of an Amphiphilic Tris-Urea. **Chemistry An Asian Journal**, **2013**, **8**, **11**, **2584-2587**
19. FabryPerot modes and optical waveguide effects in individual thiophene/phenylene co-oligomer nanoneedle crystals. **Applied Physics Letters**, **v.104**, **p.023304**
20. Quantum dots incorporated magnetic nanoparticles for imaging colon carcinoma cells Ahmed SR. **J. Nanobiotechnology**, **2013**, **11**, **28**
21. Synthesis of Dinuclear m-h3-Allylpalladium(I) and Platinum(I) Complexes Supported by Chelate-Bridging Ligands. **Organometallics**, **2013**, **31**, **4837-4842**
22. Regulation of telomere length by G-quadruplex telomere DNA- and TERRA-binding protein TLS/FUS. **Chem. Biol.** **2013**, **20**, **341-350**.
23. Specific binding of modified RGG domain in TLS/FUS to G-quadruplex RNA: Tyrosines in RGG domain recognize 2'-OH of the riboses of loops in G-quadruplex. **J. Am. Chem. Soc.** **2013**, **135**, **18016-18019**.
24. Isolation of bioactive steroids from the mushroom *Stropharia rugosoannulata* and absolute configuration of strophasterol B, **Biosci. Biotechnol. Biochem.**, **77(8)**, **1779-1781** (2013).
25. An unusual sterol from the mushroom *Stropharia rugosoannulata*, **Tetrahedron Lett.**, **54**, **4900-4902** (2013).
26. A novel sphingosine with osteoclast-forming suppressing activity, from the edible mushroom *Grifola gargal*. **Tetrahedron**, **69**, **8609-8611** (2013).

27. Armillariols A to C from the culture broth of *Armillaria* sp., **Tetrahedron Lett.**, **54**, 5481-5483 (2013).
28. Characterization of flower-inducing compound in *Lemna paucicostata* exposed to drought stress. **Tetrahedron**, **70**, 4969-4976 (2014).
29. Hydrogen Bond and Metal-Ligand Coordination Bond Hybrid Supramolecular Capsules: Identification of Hemi-Capsular Intermediate and Dual Control of Guest Exchange Dynamics. **Chemistry An Asian Journal**, **2014**, **9**, 1076-1082
30. Synthesis of a C₂-Symmetrical Tetrakis(arylethynyl) Cavitand and Formation of Hybrid Hydrogen Bonded/Metal-Ligand Coordination Supramolecular Capsules. **Asian Journal of Organic Chemistry**, **2014**, **3**, 762-765
31. Solvent-Modulated Self-Assembly of C₃-Symmetric Tris-Urea into Discrete Dimer and Supramolecular Gel, **Asian Journal of Organic Chemistry**, **2014**, **3**, 847-850
32. Palladium-Catalyzed α - Ketocyclopropanation of Norbornenes with Propargyl Acetates. **Journal of Organic Chemistry**, **2014**, **79**, 5301-5304
33. Occurrences of glycosidically-conjugated 1-phenylethanol and their hydrolase b-primeverosidase in tea (*Camellia sinensis*) flowers. **J. Agric Food Chem.** **62**, 8042-8050 (2014)
34. 2-azahypoxanthine and its metabolite found in a novel purine metabolic pathway in plants. **Angew. Chem. Int. Ed.**, **53**(6), 1552-1555 (2014)
35. A New Compound from the Mushroom *Tricholoma flavovirens*. **Biosci. Biotechnol. Biochem.**, **78**(5), 755-757 (2014)
36. Heterologous expression of a lectin from *Pleurocybella porrigens* (PPL) in *Phanerochaete sordida* YK-624. **J. Microbiol. Meth.**, **100**, 70-76 (2014)
37. Makomotines A to D from Makomotake, *Zizania latifolia* infected with *Ustilago esculenta*. **Tetrahedron Lett.**, **55**, 3596-3599 (2014).
38. Endoplasmic reticulum stress suppressive compounds from the edible mushroom *Mycocleptodonoides aitchisonii*. **J. Nat. Prod.**, **77**, 1729-1733 (2014)
39. A-WINGS: an integrated genome database for *Pleurocybella porrigens* (Angel's wing oyster mushroom, Sugihiratake). **BMC Res. Notes**, **7**, 866 (2014).
40. Designed abscisic acid analogs as antagonists of PYL-PP2C receptor interaction. **Nature Chemical Biology**, **2014**, **10**, 477-482.
41. Characterization of odorant compounds and their biochemical formation in green tea with a low temperature storage process. **Food Chem.**, **148**, 388-395 (2014)
42. Effects of helium and ambient water vapor on tritium release from Li₂TiO₃. Dependency of irradiation damage density on tritium migration behaviors in Li₂TiO₃ **J. Nucl. Mater.** **455**, December 2014, 735-738

43. Dependency of irradiation damage density on tritium migration behaviors in Li₂TiO₃ **J. Nucl. Mater** **447**, April 2014, 1-8
44. Comparison of hydrogen isotope retention for tungsten probes in LHD vacuum vessel during the experimental campaigns in 2011 and 2012, **Fusion Eng. Des.** **89(7?8)**, October 2014, 1091-1095
45. Entry of cell-penetrating peptide transportan 10 into a single vesicle by translocating across lipid membrane and its induced pores, **Biochemistry**, 2014, **53**, 386-396
46. The Single GUV Method for Revealing the Functions of Antimicrobial, Pore-Forming Toxin, and Cell-Penetrating Peptides or Proteins, **Phys. Chem. Chem. Phys.**, 2014, **16**, 15752-15767.
47. Initial Step of pH-Jump-Induced Lamellar to Bicontinuous Cubic Phase Transition in Dioleoylphosphatidylserine/Monoolein, **Langmuir**, 2014, **30**, 8131-8140
48. Designed abscisic acid analogs as antagonists of PYL-PP2C receptor interaction, **Nature Chemical Biology**, 2014, **10**, 477-482.
49. Water-Dispersible Multiwalled Carbon Nanotubes Obtained from Citric-Acid-Assisted Oxygen Plasma Functionalization, **Journal of Nanomaterials**, 2014, Volume 2014 (2014)
50. Efficient removal of perchlorate ion from water by a water-insoluble M2L4 type compound, **Dalton Trans.**, 2014, **43**, 17924
51. Two new coordination polymers, a trinuclear metal complex and their interconversion depending on the solvent, **Dalton Trans.**, 2014, **43**, 12832-12835

機器講習会

1. 微小結晶用単結晶構造解析装置の使用法
講義 2013年6月6日、実習 2013年6月6日(木)、6月7日(金)
2. X線光電子分光装置の原理と使用法
講義：2013年11月11日(月)、実習：2013年11月11日(月)
3. 超解像顕微鏡／全反射顕微鏡
講義、実習：2013年1月22日
4. メタボロミクス研究用高精度質量分析装置 講習会
講義、実習：2013年2月6日
5. 蒸気吸着量測定装置の使用法
講義：2013年3月8日(金)、実習：2013年3月8日(金)
6. 超解像／全反射蛍光顕微鏡システムの原理と使用法
“超解像／全反射蛍光顕微鏡システム(ライカ)の原理と使用法に関して”
講義：(新規使用者対象)2014年6月3日(火)、実習：2014年6月3日、4日
7. 試料水平型X線回折装置
講義・実習：2014年7月2日

8. X線光電子分光装置の原理と使用法
講義：2014年7月24日（木）
実習：2014年7月24日（木）
9. GC-TOFMS 講習会 “GC-TOFMS の基礎（質量分析の原理と簡単な使用方法）”
講義 2014年9月9日（火）
実習 2014年9月9日（火）
10. X線光電子分光装置の原理と使用法
講義 2015年7月16日（木）、実習 2015年7月16日（木）
11. GC-TOFMS 入門者向け講習会
“GC-TOFMS の基礎（質量分析の原理と簡単な使用方法）”
講義 2014年9月9日（火）、実習 2014年9月9日（火）
12. メタボロミクス研究用高精度質量分析装置講習会
“LC-MS/MS (LTQ Orbitrap discovery) による成分分離と高分解能質量分析”
講義 2015年9月16日（水）、実習 2015年9月16日（水）

地域連携講座

1. 公開講座「体験！ 大学の化学実験」 2013年8月3日、10日
ナイロンの合成と洗足実験、光る物質の合成
2. 静岡市立高等学校 夏期講習 2013年8月19日、20日
有害イオンを除去するカプセル分子の合成
3. 静岡県立清水東高等学校 2013年1月26日、2月1日、6日
アゾ色素誘導体の分析
4. 静岡市立高等学校実験講座 2013年2月1日
コバルト錯体による酸素の吸着実験
5. 静岡市立高等学校 2014年6月14日
水の分析実験
6. 静岡県立科学技術高等学校 2014年7月8日
光に反応する金属錯体（シュウ酸鉄(III)）の合成
7. 公開講座 体験！ 大学の化学実験 2014年8月9日、10日、23日
水の分析実験、ルミノールの合成と発光実験
8. 静岡市立高等学校夏期研修 2014年8月20日、21日
カプセル分子に変換する配位高分子の合成
9. 静岡県立清水東高等学校 2014年1月25日
アゾ色素誘導体の分析
10. 静岡市立高等学校 実験講座 2015年6月13日

ナイロンの合成と染色実験

11. 静岡市立高等学校 夏期講習 2015年8月18日、19日
分光器による原子のスペクトル
12. 静岡市立高等学校 夏期講習 2015年8月17日、19日
セシウムなどからのガンマ線を測ってみよう
13. 静岡市立高等学校 夏期講習 2015年8月18日、19日
蛍光タンパク質と遺伝子の観察
14. 静岡市立高等学校 夏期講習 2015年8月18日、19日
水溶液中から硝酸イオンを除去する金属錯体の合成
15. 静岡市立高等学校 夏期講習 2015年8月18日、19日
磁石に引き寄せられるナノ粒子や液体を作る
16. 公開講座「体験！ 大学の化学実験」2015年8月7日、8日
水の分析実験、ルミノールの合成と発光実験
17. 静岡県立静岡東高等学校 2015年8月20日
ルミノールの合成と発光実験

3.2 ゲノム機能解析部

ゲノム機能解析部は、遺伝子に関する教育・研究を支援する学内共同教育研究施設として平成 10 年に設置された遺伝子実験施設が前身であり、平成 25 年のグリーン科学技術研究所設置に伴って、分子構造解析部（旧機器分析センター）とともに研究支援室に位置づけられた。

平成 25-26 年度のゲノム機能解析部の利用登録者数は、理学部・理学研究科、農学部・農学研究科、グリーン科学技術研究所を中心に約 220 名であり、グリーン科学技術研究所設立前より約 50 名増加した。共同利用機器の利用状況をみると、次世代シーケンサーを用いた解析が著しく増加したのをはじめとして、近年設置又は更新した蛍光顕微鏡、リアルタイム PCR 解析装置、共焦点走査型レーザー顕微鏡などの利用回数が伸びて、平成 26 年度の総利用回数（2411 回）は過去最高となった。これに伴って利用料収入（約 777 万円）も過去最高となり、グリーン研設置前の約 2 倍となった。以上のように、利用登録者数、共同利用機器の利用状況、利用料収入の総ての観点から、グリーン研設置後に共同利用が活性化されたといえる。

教育・研究支援の面では、平成 26 年から学長のリーダーシップ事業「農理工横断型ゲノム・ナノ・バイオ融合教育プログラムによるイノベーションの創出」のもとで、ゲノム機能解析部教員により、大学院修士課程を対象に次世代シーケンサーの取扱いに関する「ゲノム機能解析演習」を開講した。本演習では、次世代シーケンサーの反応原理の解説に続いて、新品種開発用のイネを材料とした次世代シーケンス用 DNA ライブラリ作製とその品質評価についてラボで実験を行い、さらに、解析サーバーへのアクセス、Linux コマンドによる出力ファイルの操作とシーケンスデータのアセンブルについてパソコンを使って演習した。さらに、「バイオテクニカルセミナー」として、企業によるゲノム機能解析に関する最先端の実験技術や機器の紹介、並びにゲノム機能解析部スタッフによる共同利用機器の利用講習会を随時実施している。以上のように、利用が増大する次世代シーケンサーを重点にして、機器利用に関する教育・研究支援を推進している。

一方、地域貢献として、県内高校生を対象とする公開講座を平成 25-26 年度にそれぞれ 1 回開催した。遺伝子組換え技術に対する正しい知識と考え方を修得することを目的に、光る大腸菌の作製など簡単な遺伝子組換え実験を体験するものであり、毎年多数の応募がある。さらに、春秋のキャンパスフェスタでゲノム機能解析部遺伝子実験棟の見学会を実施したほか、グリーン科学技術研究所設置後はマレーシア工科大、インド工科大等海外からの来訪者も増加した。

・利用登録者数

部局	職名等	グリーン研改組前		グリーン研改組後	
		2011年度	2012年度	2013年度	2014年度
理学部 理学研究科	教員	13	14	17	18
	学生	45	48	56	59
	その他	2	1	3	4
農学部 農学研究科	教員	18	15	21	23
	学生	60	58	49	48
	その他	4	2	2	2
教育学部	教員	1	1	1	1
	学生	2	0	0	0
	その他	0	0	0	0
工学部 電子工学 研究所	教員	1	1	3	5
	学生	1	2	5	7
	その他	0	0	2	1
グリーン科学 技術研究所(※)	教員	1	2	9	8
	学生	0	0	34	39
	その他	1	1	3	2
創造科学 技術大学院	教員	13	12	6	1
	学生	10	12	7	1
	その他	4	5	2	0
技術部	教員	0	0	0	0
	学生	0	0	0	0
	その他	0	1	2	2
計		176	175	222	221

・主な共同利用機器利用回数

共同利用機器名	グリーン研改組前		グリーン研改組後	
	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度
蛍光マイクロプレートリーダー	322	305	541	337
次世代シーケンサー（サーバ含む）	60	115	178	1,226
キャピラリーDNA シーケンサー	227	277	210	26
LC-MS/MS	88	131	175	112
蛍光顕微鏡	20	28	93	160
TOF-MS	110	123	84	54
ケミルミネッセンス画像解析装置	4	46	93	107
プロテインシーケンサー	44	54	57	54
蛍光イメージアナライザー	35	35	53	38
ルミノメーター	54	35	69	57
セルアナライザー	48	43	28	32
リアルタイムPCR 解析装置	87	21	19	75
共焦点レーザー顕微鏡	29	35	20	68
計	1,314	1,267	1,755	2,411

・利用料収入

	グリーン研改組前		グリーン研改組後	
	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度
前期	1,643,292	2,242,973	2,349,200	3,225,342
後期 10-12月	826,000	946,304	1,123,758	3,218,057
後期 1-3月	999,311	767,507	1,165,730	1,327,696
合計	3,468,603	3,956,784	4,638,688	7,771,095

（資料 3-2 ゲノム機能解析部機器一覧）

・講義・演習の担当

農理工大学院先端計測分析技術プログラム「ゲノム機能解析演習」

日 程：平成 27 年 2 月 3～6 日

講 師：グリーン科学技術研究所 研究支援室 教授・富田因則
 グリーン科学技術研究所 研究支援室 准教授・道羅英夫
 技術部 静岡分室 教育研究支援部門 技術職員・鈴木智大

学長のリーダーシップ事業「農理工横断型ゲノム・ナノ・バイオ融合教育プログラムによるイノベーションの創出」の支援のもとで、大学院修士課程対象に次世代シーケンサーの取扱いに関する「ゲノム機能解析演習」を開講した。本演習では、前半 2 日で、次世代シーケンサーの反応原理の解説に続いて、新品種開発用のイネを材料とした次世代シーケンス用 DNA ライブラリ作製とその品質評価についてラボで実験を行い（富田）、さらに、後半 2 日で解析サーバーへのアクセス、Linux コマンドによる出力ファイルの操作とシーケンスデータのアSEMBルについてパソコンを使って演習した（道羅・鈴木）。

・バイオテクニカルセミナー

新しい実験技術等の紹介やゲノム機能解析部の共同利用機器の講習会を「バイオテクニカルセミナー」として随時開催している。

1	平成25年5月28日	担当：ライカマイクロシステムズ株式会社
	最新の共焦点レーザー顕微鏡技術と超解像イメージング技術のご紹介 レーザーマイクロダイセクション技術の応用	
2	平成25年6月4日	担当：イルミナ株式会社
	次世代シーケンサーGAIIXを用いたRNA-seq解析 次世代シーケンサーMiseqのご紹介	
3	平成25年6月11日	担当：ロシュダイアグノスティックス株式会社
	リアルタイムPCR：LightCycler® 480・次世代シーケンサー：GSジュニアシステムの紹介	
4	平成25年6月19日	担当：ライフテクノロジーズ株式会社
	本当にできる！！LCMサンプルからの遺伝子発現解析実験	
5	平成25年6月25日	担当：バイオラッド株式会社
	CFX96 リアルタイムPCRを使いこなす！実験構築のポイントセミナー 遺伝子定量のイノベーション 第3世代PCR 「Droplet Digital PCR」の紹介	
6	平成25年7月24日	担当：GE ヘルスケア・ジャパン株式会社
	2D-DIGEの活用法	
7	平成25年8月22日～	担当：アジレント・テクノロジー株式会社

	23日	
	Agilentマイクロアレイ操作実習セミナー	
8	平成25年9月3日	担当：研究支援室 道羅英夫・鈴木智大
	次世代シーケンサー情報交換会	
9	平成25年11月26日	担当：イルミナ株式会社・研究支援室 鈴木智大
	デスクトップ型の次世代シーケンサーMiSeqアプリケーションと運用のご紹介	
10	平成25年12月13日	担当：イルミナ株式会社
	デスクトップ型次世代シーケンサーMiSeqのサンプル調製方法のご紹介	
11	平成25年12月20日	担当：研究支援室 鈴木智大
	生体分子相互作用解析装置利用講習会	
12	平成26年1月15日	担当：カールツァイスマイクロコピー株式会社
	共焦点レーザー顕微鏡機器講習会	
13	平成26年1月30日	担当：研究支援室 鈴木智大
	RNAseqサンプル調製実習セミナー	
14	平成26年3月5日	担当：ロシュダイアグノスティックス株式会社
	LgihtCycler480の概要と関連アプリケーションの紹介 LightCycler480使用説明会	
15	平成26年4月16日	担当：NuGEN社
	次世代シーケンス用全自動ライブラリー作製装置Mondrian™ SP+Workstation (NuGEN社) の紹介	
16	平成26年6月24日	担当：メルク株式会社
	イメージングフローサイトメーターの原理と応用	
17	平成26年10月2日	担当：研究支援室 鈴木智大
	リアルタイムPCR (LightCycler 480) 使用説明会	
18	平成26年12月3日	担当：株式会社メイズ・株式会社Subio・株式会社KM データ
	マルチオミクスデータ解析に関する紹介	
19	平成26年12月17日	担当：研究支援室 道羅英夫・鈴木智大・吉松勝彦
	次世代シーケンサーMiSeqによるゲノム解析、RNA Seq解析、メタゲノム解析	
20	平成27年3月10日	担当：GE ヘルスケア・ジャパン株式会社
	ゲノム編集 基礎セミナー	
21	平成27年5月14日	担当：研究支援室 鈴木智大
	生体分子相互作用解析装置 (Biacore X100、2000) 利用講習会	
22	平成27年5月21日	担当：GE ヘルスケア・ジャパン株式会社

	イメージングサイトメーターセミナー・デモンストレーション	
23	平成27年5月27日	担当：株式会社キーエンス
	キーエンス オールインワン蛍光顕微鏡 [BZ-X700] デモンストレーション	

・公開講座

2013 年度静岡大学公開講座「遺伝子の世界を見てみよう」

日 程：平成 25 年 12 月 25～26 日

対 象：県内高校生

講 師：グリーン科学技術研究所 研究支援室 准教授・道羅英夫
技術部 静岡分室 教育研究支援部門 技術職員・鈴木智大

参加者：19 名

学校名：静岡雙葉高校、浜松湖南高校、浜松開誠館高校、富士東高校、浜松北高校、
掛川西高校、沼津高校、オイスカ高校、富士見高校

2014 年度静岡大学公開講座「遺伝子の世界を見てみよう」

日 程：平成 26 年 8 月 27～28 日

対 象：県内高校生

講 師：グリーン科学技術研究所 研究支援室 准教授・道羅英夫
技術部 静岡分室 教育研究支援部門 技術職員・鈴木智大

参加者：17 名

学校名：静岡高校、静岡東高校、静岡農業高校、浜松学芸高校、掛川東高校、掛川工
業高校、常葉学園菊川高校、富士宮北高校、富士東高校

4. 国際交流

4.1 国際交流実績

研究所（あるいは所属の教員）が主催・運営した国際会議・シンポジウム活動や人材交流等の実績を表に示す。

本研究所では、2013年度から海外の大学・研究機関と覚書を締結し、人材交流や共同研究等精力的に取り組んでいる。

2014年度には、インドネシアの政府機関であるインドネシア科学技術評価応用庁（BPPT）と共同研究活動推進に関する MOU を締結し、国際共同研究・教育のネットワークを構築することができた。

なお、現在マレーシア工科大学、マレーシア Taylor's University と大学間協定を締結するべく、協議を進めている。

表 4-1 国際交流実績

開催年月	活動内容
2013/9/3	慶北大学 食品生物産業研究所(韓国)と部局間覚書を締結 記念シンポジウムを開催
2014/3/17-25	インドネシア科学技術評価応用庁（BPPT）を表敬訪問
2014/4/17	グリーン科学技術研究所主催 記念講演会 インドネシア科学技術評価応用庁（BPPT）長官 Dr. Marzan A. Iskandars 氏 来訪
2014/9/1	マレーシア Taylor's University Mushtak Al-Atabi 教授 来訪 共同研究・学生交流推進に向けて協議
2014/9/14-17	インドネシア科学技術評価応用庁（BPPT）と部局間協定を締結 記念シンポジウムを開催
2014/9/18～ 2014/10/18	アジアブリッジプログラムに基づき研究者を1名招聘 南京大学(中国) Wei-Yin Sun 教授 来訪（招聘期間：1ヶ月）
2014/10/9	平成26年度 第1回ナノバイオ講演会を開催 チェンマイ大学(タイ) Morakot 教授 来訪
2014/10/27	平成26年度 第2回ナノバイオ講演会を開催 スウェーデン王立工科大学 Berglung 教授 来訪
2014/11/1～ 2015/1/31	アジアブリッジプログラムに基づき研究者を1名招聘 インドネシア科学技術評価応用庁（BPPT）Joni Prastyo 氏 来訪 （招聘期間：3ヶ月）
2015/12/1-2	超領域研究推進本部第4回国際シンポジウムを開催 インドネシアから10名の研究者、学生を招聘

2015 / 1 / 9-24	カルガリー大学(カナダ) 博士研究員 Lee Jaewook 氏を招聘
2015 / 1 / 26	2015 Workshop on Green Science and Technology of Global Young Researchers 開催
2015 / 1 / 27-28	2015 International Symposium toward the Future of Advanced Researches in Shizuoka University 開催
2015 / 2 / 9-10	マレーシア工科大学 Institute of Bioproduct Development を表敬訪問 記念セミナーを開催
2015 / 3 / 19-21	インドネシア科学技術評価応用庁 (BPPT)、インドネシア大学から 1 名 研究者を招聘
2015 / 3 / 23-26	マレーシア工科大学から 4 名 研究者を招聘 記念セミナーを開催
2015 / 8 / 6- 7	マレーシア工科大学を表敬訪問 大学間協定に向けての打ち合わせを実施
2015 / 8 / 17-22	インドネシア科学技術評価応用庁 (BPPT) を表敬訪問 共同研究打ち合わせ、国際交流に向けての打ち合わせを実施

(資料 4-1 国際交流実績)

4.2 部局間協定実績

上記に記載のとおり、本研究所では慶北大学 食品生物産業研究所(韓国)、インドネシア科学技術評価応用庁 (BPPT) と覚書、部局間協定を締結した。

(資料 4-2 協定書)

グリーン科学技術研究所のミッションに沿った戦略的研究交流を行うため、食の機能性研究で慶北大学食品生物産業研究所と、新エネルギーの開発や再生エネルギー分野でインドネシア BPPT と協定を締結した。今年度は機能性材料開発に関する研究でマレーシア工科大学、エネルギー・環境システム分野でマレーシアのテーラズ大学と研究協定を予定している。豊かな資源と豊富な人材を持っている東南アジアの研究機関とネットワークを形成し、グリーン科学技術研究所の見地ブランチ研究室の設置を計画中である。

4.3 国際共同研究室の設置と利用実績

2014 年度に大谷総合研究棟 204 室を国際共同研究室として整備し、海外から招聘した研究者の一時的な研究スペースとして利用している。

2014 年度～2015 年度までに、3 名の研究者が当研究室を利用した。