

# 第3章

## 資源・エネルギー循環型社会の実現へ

### 《環境資源科学研究センター》

環境資源科学研究センター（CSRS、センター長：篠崎一雄）は、理化学研究所（理研）の第3期中期計画（2013年4月-2018年3月）の開始に合わせて、2013（平成25）年4月より10年間の計画で開始した。このセンターは持続的な物質生産、エネルギー生産、農業や食料生産などのグリーンイノベーションへの貢献を目標とした異分野融合型の戦略センターである。

2000年前後に開始した戦略センターは、ライフサイエンス、生物医科学が中心であり、しかも目標を明確にした分野特化型センターとして国際的な研究成果を生み出すことが大きなミッションであった。

第3期中期計画においては、ライフサイエンス研究の進展と時代の要請により、戦略センターの方向性が分野特化型から異分野融合型の学際研究に転換された。さらに基礎科学の推進だけでなく、イノベーション創出を重視した研究が求められ、また、大学等の外部研究機関や民間企業との連携を進める研究拠点としての役割も期待されている。

このような状況を受け、環境資源科学研究センターでは、多様な生物機能（生物学）と化学機能（化学）の理解（基礎科学）を礎に、多様なバイオ素材や化学

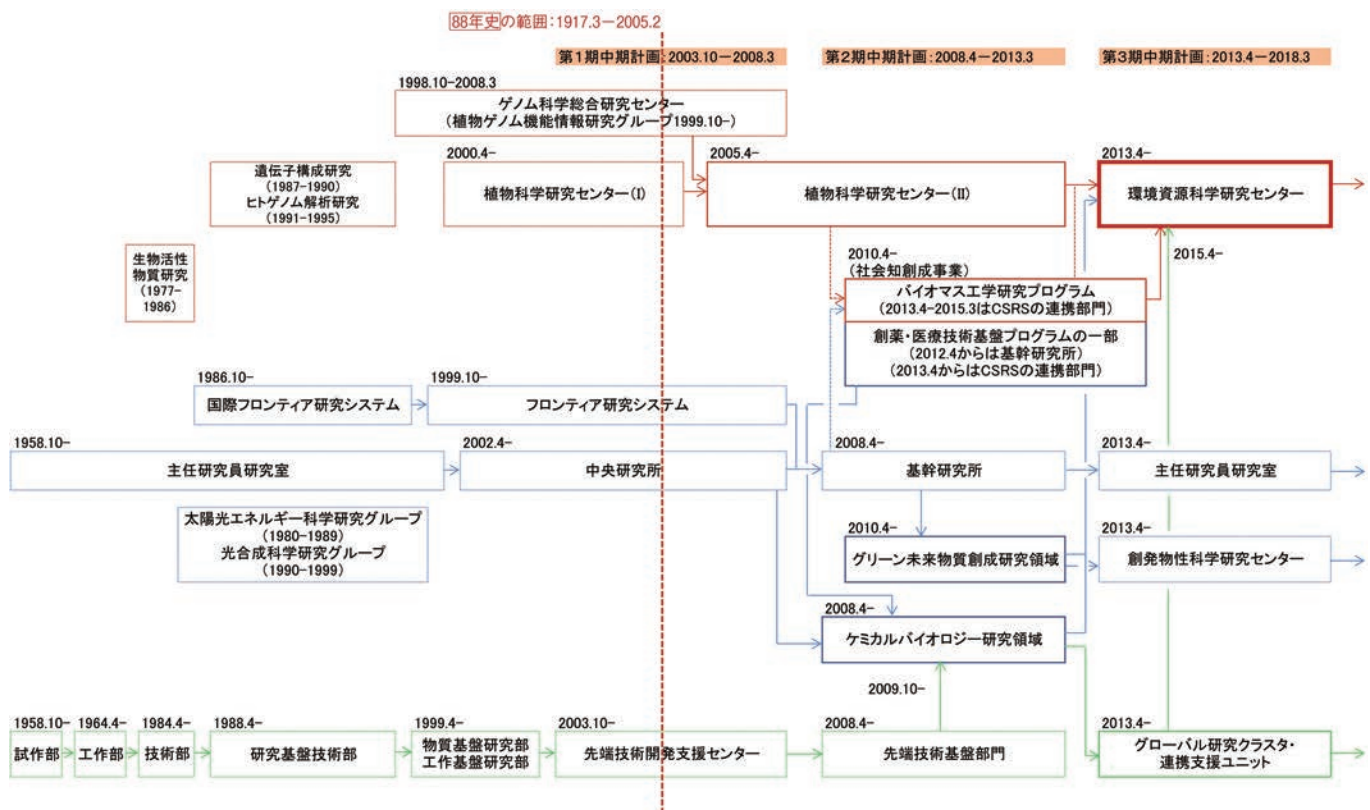


図1 環境資源科学研究センターの変遷

素材の利活用を進めて環境に優しい生産技術を開発し（イノベーション）、資源・エネルギー循環型の持続的な人類社会に貢献することを目的として、生物学と化学の二つの分野を中心に、連携した異分野融合型戦略センターとして設置された。

本章は、このような異分野融合型である環境資源科学研究センターが、理研の中のどのような系譜を辿って形成されてきたのか、そしてその現況についてまとめたものである。なお、環境資源科学研究センターが設立されるまでの推移の概略の全体図を図1に示した。理化学研究所全体の組織改編に連動して複雑な様相を呈しているが、全体を俯瞰するためのものなので、説明は以降の各項目の記述を参照されたい。

## 第1節 系譜1：生物学（植物科学）の源流

### 植物科学研究センター（第1期）（2000年4月設立）

環境資源科学研究センターは、生物学と化学の異分野融合型戦略センターであるが、その生物学分野の源流は植物科学研究を推進する「植物科学研究センター（第1期、センター長：杉山達夫）」に端を発する。植物科学研究センター（第1期）は2000年4月に国の「ミレニアム・プロジェクト（平成11年12月、小渕恵三内閣総理大臣決定）」を受けて設立された理研の「ミレニアム研究センター群（**88年史**）では「ミレニアム群」）」の一つである。ミレニアム群および植物科学研究センター（第1期）の設立については、**88年史**349-367ページを参照されたい。なお、植物科学研究センターの事業計画は、吉田茂男主任研究員（植物機能研究室）が中心となって検討が行われた。

さらに、もう一つの源流として、1998年10月に設立されたゲノム科学総合研究センター内の一つの研究グループ、「植物ゲノム機能情報研究グループ（1999年10月設置、グループディレクター：篠崎一雄、チームリーダー：松井南）」がある（**88年史**342ページ）。植物科学研究センター（第1期）が生理学や機能メカニズムを中心に研究が行われたのに対し、植物ゲノム機能情報研究グループではそれらの遺伝子レベルの情報解析研究が行われ、両者がお互いに車の両輪として補完し合う関係となっていた。この両者は後に統合され、「植物科学研究センター（第2期、センター長：篠崎一雄）」へ続いていく。理研の植物科学の「源流」に関しては、コラム記事の「理研における植物研究の大河」を参照していただきたい。

植物科学研究センター（第1期）では、「植物に学び、活かす」のモットーの下に、ミレニアム・プロジェクトのイネゲノムの一環として植物ゲノム解析を実施した。その目標は「イネ以外の植物のゲノム解析および関連研究を実施し、これによりイネゲノム解析と相まって高機能作物や低農薬作物の開発に資する」である。まさに、植物ゲノム研究、遺伝子機能解析研究の発展期にタイムリーに植物科学の拠点が生れたことは、以後の日本における植物科学の発展にも

大きく貢献することとなった。

この目標達成のため、「植物に学ぶ」研究として、植物に固有な機能を遺伝子やタンパク質などの生体分子レベルで研究し、植物の形態形成ならびに分化全能性の仕組み、植物の環境応答機能などを調節・制御している生体分子（植物ホルモンなど）と植物機能発現との関係、代謝における細胞機能とその制御機構の仕組みなどの解明など基礎的な研究を行った。その結果、主としてシロイヌナズナを対象にして、以下の主要な成果を得た。

1. 光合成屈曲の制御に関わるセンサーとして、青色光受容体同定と機能それらの分担解明
2. 硫酸イオン輸送系の解明
3. アンモニウム同化に主要な役割を果たすグルタミン合成酵素遺伝子全てについて、酵素特性、組織細胞特異性、窒素応答性を解明
4. 植物ホルモンであるサイトカイニンが窒素栄養の内部シグナルであることを明らかにし、個体でのその情報伝達のメカニズムをほぼ解明
5. 生長、分化、代謝を制御する二つの植物ホルモン（ブラシノステロイドとオーキシン）のシグナル伝達系のネットワークを部分解明
6. 植物ホルモンであるブラシノステロイド合成酵素の単離とブラシノステロイド受容体の解明
7. 植物ホルモンであるジベレリンを介した種子発芽制御のメカニズムの解明と種子休眠解除に関わるアブシジン酸分解酵素遺伝子(CYP707A2)の発見
8. 表皮細胞分化において転写因子群が細胞間移行することの重要性を発見し、その仕組みを解明

一方、「植物を活かす」研究として、植物ホルモン機能を利用した植物の生長・分化の制御に関する基盤技術、植物の環境適応能力と物質生産能力を強化・改変する基盤技術の開発により、環境浄化、有用物質生産や食料の安定供給に資する研究開発を行った。その結果、以下の主要な成果を得た。

1. ゲノム機能解析研究の展開に適用可能な各種毛状根のベクター開発
2. 種子発芽の制御による種子生産の向上の技術開発
3. 有用物質産出の基盤となる配糖体酵素の発見
4. 病原菌感染により穀類に産出する内分泌攪乱物質や毒素など汚染物質を解毒し得る遺伝子組換え植物の作出に成功

#### 植物科学研究センター（第2期）（2005年4月-）

ミレニアム群の一つとして設立された植物科学研究センター（第1期）はミレニアム期間の5年間の評価、見直しを経て、2005年4月、ゲノム科学総合研究センターの植物ゲノム機能情報研究グループも統合し、同グループディレクターの篠崎一雄をセンター長とした「植物科学研究センター（第2期）」となった。研究場所は引き続き横浜研究所（現・横浜事業所）である（一部は筑波研究所〈現・筑波事業所〉）。

第2期では、植物科学研究センター（第1期）および関係する理研植物科学研究において得られた、植物ホルモンや代謝産物を中心とした微量分析・解析技術およびその生合成制御に関連した高い研究実績を元に、「メタボローム基盤研究」と「植物機能探索・機能開発研究」の二本の研究の柱を立てた。すなわち、第1期で培った技術力、およびゲノム科学総合研究センターの植物ゲノム機能情報研究グループにおいて蓄積された植物ゲノム機能解析に関する研究基盤を発展させた、植物代謝物解析基盤を整備する（「メタボローム基盤研究」）ことにより、植物の多様な代謝物解析に重点を置き、植物の生長、形態形成、環境応答など特有な制御・応答メカニズムの解明研究を実施する（「植物機能探索・機能開発研究」）こととした。メタボローム研究で実績のある千葉大学薬学部の斉藤和季教授をメタボローム基盤研究の中核として、また、植物免疫研究で世界的な業績を上げているイギリス、The Sainsbury Laboratoryの白須賢グループリーダーを、植物機能開発研究の中核として招聘した。また、第1期のセンターから植物ホルモン研究で世界的に評価の高い神谷勇治グループディレクターの参加により、第2期の研究プロジェクトと研究体制を決定した。研究期間は5年3期の15年を見越し、終了時には、植物の量的生産力の30%向上、質的生产力を画期的に上げる新規テクノロジーの開発と作物への利用により、食料やエネルギーの増産、人の健康向上、持続的社会的推進、環境保全に貢献することを目指していた。また、国内外の研究機関や大学等、企業との連携も重点に置いた。

この構想は8年を経過した時点で「環境資源科学研究センター」へ引き継がれることとなるが、この間、次のような世界的な成果を創出している。

### メタボローム基盤研究の成果

「メタボローム基盤研究」では、植物の生産力向上を目指して、多種の代謝産物や生長調節物質を網羅的に解析し、メタボローム等の代謝物の網羅的な解析基盤技術の整備と技術開発を行うことにより、植物の質的、量的な生産力向上に関連する基礎代謝や二次代謝制御ネットワークの解明を行った。加えて、遺伝子組換え作物の安全性評価に向けた実質的同等性評価に関する研究として、特に食の安全に関わる部分の代謝プロファイルに関するメタボローム解析を進め、実質的同等性評価に必要な情報を収集した。また、植物の高次制御システムの解明と利用を推進するため、国内外の研究機関や大学等、企業との有機的な連携により、モデル植物の遺伝子ネットワーク探索に必要なデータベース等の研究基盤を構築した。その結果、以下の主要な成果を得た。

1. モデル植物の遺伝子破壊変異体の形態変化（フェノーム）を写真付きデータベースとして構築してWebで公開
2. 作物、樹木の完全長cDNAとFOX hunting法による有用遺伝子探索への展開
3. 理研オリジナルな多次元NMRメタボローム解析法の確立と多様な質量分析計を利用したメタボロームおよびホルモン解析プラットフォームの構築

4. タイリングアレイを用いたトランスクリプトーム解析基盤技術の開発
5. 植物二次代謝産物のタンデム型質量分析スペクトルライブラリーを整備
6. イネ完全長cDNAの高発現シロイヌナズナ変異体データベースを公開—表現形質と導入遺伝子を併せて参照可能
7. メタボロミクスで遺伝子組換え作物を客観的に評価することが可能に
8. 玄米の代謝分量を決める遺伝型を網羅的解析
9. 硫黄を含んだ代謝物を網羅的に解析する「S-オミクス」を確立
10. 植物科学最先端研究拠点ネットワークの支援事業を開始

#### 植物機能探索・機能開発研究の成果

モデル植物のシロイヌナズナ（アブラナ科）等で得られた研究成果を基に、イネ科やアブラナ科等のほかの植物や樹木の比較ゲノム解析により、多収性、高生長、乾燥耐性や塩耐性等の環境ストレス耐性、耐病性等の有用形質を持つ植物や樹木の作出およびバイオマス生産向上に資する遺伝子機能の探索を行い、さらに植物の新機能の開発を行った。また、国内外の研究機関や大学等、企業と連携し、モデル植物から作物、樹木、薬用植物へ展開するための研究ネットワークを構築した。その結果、以下の主要な成果を得た。

1. ニチニチソウの試験管内での木質形成分化のモデル実験系で維管束形成に関わる遺伝子の同定
2. 植物の水分調節を行う気孔の開閉を司っているアブシジン酸の合成と分解の仕組みを遺伝子レベルで解明
3. 特殊な細胞周期「エンドリデュプリケーション」を制御する遺伝子を発見—植物の細胞の大きさを決める機構を解明
4. 「陸上最大のバイオマス」の生産を制御する遺伝子を発見
5. イネの収量ホルモンを活性化する遺伝子を発見
6. がん予防成分をアブラナ科野菜に作らせる新規遺伝子を発見
7. 花粉成熟に働くマスター遺伝子を発見—花粉を作れない作物・樹木、耐冷性作物の開発へ
8. 表皮細胞分化を司る遺伝子が植物の生長や開花を制御することを発見
9. 劣悪環境に応答する植物ホルモン「アブシジン酸」の応答経路と輸送因子を解明
10. 細胞内リサイクルシステム“オートファジー”が細胞死を抑制することを発見
11. 植物の体内時計に関与するタンパク質の生化学的機能を発見
12. 重複遺伝子が起こす形態に関わる進化機構を解明
13. 植物概日時計とミトコンドリア機能の蜜月な関係を発見
14. 植物の細胞生長を抑制する新規転写因子GTL1（GT2-LIKE 1）を発見
15. コケ植物を利用した金回収技術の開発
16. 主要マメ科作物ダイズのゲノム解析に貢献
17. イネ科の宿主から寄生植物へ、核内遺伝子が水平伝播する現象を発見

18. 植物細胞の脱分化を促進するスイッチ因子を発見
19. 寄生植物「ストライガ」の発芽を促す「ストリゴラクトン」の新機能を発見
20. 植物の活性酵素を調節するリン酸化酵素の仕組みを解明
21. 免疫センサーを制御する動植物に共通な仕組みを解明
22. 理研とDOWA（株）がコケ植物を用いた重金属排水処理装置を共同開発へ
23. 植物ホルモン「オーキシン」生合成の主経路を解明
24. レアプラント生薬「甘草」の医薬成分：グリチルレチン酸を合成する酵素遺伝子を発見
25. 植物のリン欠乏ストレスを緩和する新しい糖脂質を発見
26. 植物の生命活動に必須なポリアミンの輸送体を発見
27. 栄養素を運ぶタンパク質「NRT1.2」が植物ホルモンアブシジン酸も運



## 理研における植物研究の大河

植物科学に関する最初の研究拠点は、植物科学研究センター（2000年4月設立）であるが、それ以前にも、ゲノム科学総合研究センター（1998年10月設立）内に、植物ゲノム機能情報研究グループ（1999年4月設置）があった。理研における植物科学研究の大きな組織はこの二つと言えるが、実はここにたどり着くまで、連綿と続く研究の流れがいくつもあった。

最初の植物科学に関する研究室は、特殊法人時代に理化学研究所で開始された農業研究にまで遡ることができる。それが、主任研究員研究室の中の農業第三研究室（1964年）である。この研究室はその後、主任研究員の交代に応じて研究室名を変えながら継続されてきた。植物薬理研究室（1967年ごろ）、薬剤作用研究室（1987年）、そして植物機能研究室（吉田茂男主任研究員、1993年）である。そのほか、二つの植物関係研究室が農業関係部門から派生した。それが微生物制御研究室（山口勇主任研究員、1987年）と、植物生活環制御研究室（桜井成主任研究員、1987年）である。これらの研究室はいずれもその機能の一部がフロンティア研究システム→植物科学研究センターへ引き継がれていくことになった（**88年史**207-223ページ）。なお、ほかの農業関係の研究室でも、研究上、植物を用いている研究室はあった。

一方、1980年には、植物関係の研究室等から研究者を結集し、日米協力による太陽光エネルギーの利用を目指した「太陽光エネルギー科学研究グループ」（井上頼直主任研究員）が設置され、その中で植物の光合成機能を解明する研究が行われた。このグループはその後「光合成科学研究グループ」として再編され（1990年）、1999年までの間に植物の光合成機能に関する重要な成果を多く創出した。その後、これらの研究機能は、構造生物学として播磨研究所（現・播磨事業所）へ引き継がれた。このような事情のため、光合成という植物と関係の深いテーマであるにもかかわらず、植物科学研究センターと環境資源科学研究セン

ぶことを発見

28. 植物の枝分かれを制御する新規ホルモンとしてストリゴラクトンが働くことを発見

#### 植物科学研究センターの論文の高い評価

なお、この期間中の2007年に、篠崎一雄植物科学研究センター長が、PLANT & ANIMAL SCIENCEの分野で論文の被引用数ランキングが世界1位となった。これはトムソンサイエンティフィック（トムソン社：後のトムソン・ロイター社）が、1997年1月から2007年2月に刊行された論文について被引用状況を分析し、全22分野のトップ10を発表した中で示されたものである。

さらに、2011年には、篠崎一雄センター長が、トムソン・ロイター社の「最も注目を集めた研究者（Hottest Researchers）」世界5位に選出された。これは全世界、自然科学全分野での5位であり、日本人ではただ一人選出された。選出

ターとの関係は薄い（太陽光エネルギー科学に関しては[88年史]243-262ページを参照）。

もう一つの流れは、1986年10月設立の国際フロンティア研究システムにある（これは全てが任期制研究室からなる研究組織で、1999年10月にフロンティア研究システムに名称変更）。この中に設置された「生体ホメオスタシス研究グループ」の1チームとして「植物制御研究チーム」が置かれ、当時の植物関係研究室と連携しながら植物ホメオスタシスに関する研究を進めた。もともと国際フロンティア研究システムの計画策定時には、このチームは独立した「植物ホメオスタシス研究グループ（仮称）」として計画・予算要求されていたが、諸般の事情により、動物ホメオスタシスを研究する「生体ホメオスタシス研究グループ」の1チームとなった（そのためにグループ名称が「動物」から「生体」に変更された）。その後、1991年10月に行われた組織改編により、独立した「植物ホメオスタシス研究グループ」（神谷勇治グループディレクター）となった。このグループは1999年9月まで存続し、それらの機能が植物科学研究センター（第1期、2000年4月設立）へとつながっていった。

最後の流れは、筑波を発祥の地とする。1984年10月に理化学研究所ライフサイエンス筑波研究センター（現・筑波事業所）が筑波に開設され、順次、遺伝子組み換え研究に関する研究室が設置されていったが、その終盤に設置された遺伝子解析研究室（1987年）が篠崎一雄を主任研究員に迎えて、1989年に「植物分子生物学研究室」となった。これは理研で初めて植物分子生物学の名称を前面に押し出した研究室であり、2005年3月まで存続した。

名称や研究内容の面では、この植物分子生物学研究室が、ゲノム科学総合研究センターのグループ（1999年10月設置）→植物科学研究センター（第2期）→環境資源科学研究センター（2013年4月設立）へとつながる源流の一つとなった。

根拠となった過去2年間に発表された論文が、どれだけ多く引用されたかを基準に選考される、ホットペーパーとしてノミネートされた11報の論文には、植物科学研究センターの研究者や共同研究者が多く共著者として名を連ねている。このことは植物科学分野のみならず、植物科学研究センターが国際的に高い評価を得ていることを示したことになる。ほかのリーダーに関しても、斉藤和季、神谷勇治、白須賢、榊原均、関原明、平井優美らがトムソン・ロイター社のHighly Cited Researchersに選出され、理研の植物科学分野の国際的な高い評価が実証された。さらに、理研は、500報以上の論文を発表する研究機関のうち、植物・動物科学研究分野での論文引用度が世界第2位であった。さらに、植物科学研究センターは、当該分野のハブとしての役割を果たしており、最先端基盤整備事業による大学・研究機関の研究技術基盤のネットワーク構築を進めて大型機器の整備と共用による利用促進を進めた。また、二酸化炭素の資源化に関連して、植物科学が主体となる研究プロジェクト（CREST〈科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 チーム型研究〉、PRESTO〈科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 個人型研究（さきがけ）〉、ALCA〈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〉、SIP〈内閣府 総合科学技術・イノベーション会議 戦略的イノベーション創造プログラム〉など）の立ち上げに尽力した。

植物科学研究センター（第1期、第2期）の組織図は第Ⅲ編「研究室の推移」に示した。

## 第2節 系譜2：化学（ケミカルバイオロジー、触媒化学）の源流

異分野融合型戦略センターである環境資源科学研究センターのもう一つの分野、化学分野の源流は、1922年に開設された研究組織、いわゆる主任研究員研究室にある（[88年史](#) 7, 51-64ページ）。主任研究員研究室は個々の研究室が独立して各分野の研究を独自のテーマで推進しており、最大で50を超える研究室があった。主任研究員の定年、転出などの際は新たな研究室として、研究分野もその時点で最適なものが再設定され、その任に最適な主任研究員が理研内外から採用された。1922年以降、これらの研究室体制を束ねる組織は無かったが、2002年4月に「中央研究所」が設立され、主任研究員研究室は中央研究所の所属となった。このあたりの詳細は[88年史](#) 561-581ページを参照されたい。なお、中央研究所は、独立行政法人化後の第2期中期計画（2008年4月-2013年3月）開始時に、「フロンティア研究システム」を統合して「基幹研究所」に改組された。さらに、第3期中期計画（2013年4月-2018年3月）開始時には基幹研究所は解散し、今度は任期制をも含む主任研究員研究室の体制となった（このあたりの経緯については本書Ⅱ編1部1、2章を参照されたい）。

環境資源科学研究センターは、これらの研究室体制から生まれた二つの研究組織、「ケミカルバイオロジー研究領域」と「グリーン未来物質創成研究領域（の



一部)」、および植物科学研究センターを統合して設立された。

### ケミカルバイオロジー研究領域 (2008年4月設置)

「ケミカルバイオロジー」は、化学的手法を駆使して生物学に挑む研究分野であり、従来の分子生物学では困難であった生命機能解析を可能とし、新たな現象とメカニズムの発見に基づく創薬研究にも大きく貢献し得るものである。「ケミカルバイオロジー研究領域 (領域長：長田裕之)」は、中央研究所に所属する関係分野の主任研究員研究室が連携して、第2期中期計画の開始時に設置された。ちなみに、このような複数の研究室が連携して一つのプロジェクトを推進する組織を形成する形態は、1977年4月に設置された「レーザー科学研究グループ」が最初である。ケミカルバイオロジー研究領域は、その研究機能の大部分が環境資源科学研究センターへ統合された (長田裕之主任研究員、吉田稔主任研究員、袖岡幹子主任研究員が参加)。

本研究領域では、

- 微生物由来の天然化合物を系統的に収集した化合物バンク (NPDepo) を構築し、本研究領域に必要な化合物ライブラリーを提供する
- 大量かつ高速のスクリーニングに対応可能な化合物アレイを作製するとともにデータベース (NPedia) を構築し、所内外の研究者に広く提供する体制を築く
- 上述の化合物ライブラリーから、画期的な生理活性小分子を探索するためのスクリーニング系を構築し、生命機能の理解と制御に役立つバイオプローブを創出する
- 糖鎖が関連する生命機能を多様なアプローチから解明し、糖鎖不全等に起因するさまざまな疾患の診断・治療につながる研究を展開することとした。

### ケミカルバイオロジー研究領域の成果

ケミカルバイオロジー研究領域では、化合物バンク構築、スクリーニング、阻害剤発見、メカニズム研究へと展開することにより、基礎研究だけでなく創薬研究の基盤を構築することを目指した。その結果、以下の主要な成果を得た。

1. 当初目標のほぼ2倍である39500もの化合物を収集保管し、その半分が天然物およびその誘導体から構成される世界に類のない化合物ライブラリーを構築
2. NPDepo化合物ライブラリーの約3万化合物を搭載した12種類の化合物アレイと、約1万の微生物代謝物フラクションを搭載した5種の化合物アレイを提供 (2012年度より支援システムとして運用を開始)
3. 化合物提供支援スキームや化合物構造の類似性・多様性を視覚化したスキーム、生物データベース、MS/UVスペクトルデータベースの構築や、タンパク質-リガンド相互作用の検出感度を向上させるリンカー構造およびリンカー導入法の最適化などによる、ライブラリーの提供やスク

- リーニングシステムの向上
4. 代謝化合物に基づく物性データベース (NPPlot) を拡張し、3000種のスペクトルデータを登録
  5. 化合物データベース (NPEdia) に、得られた新規化合物などの物理化学的情報や、化合物評価系による生物活性情報を集積
  6. 化合物バンクを軸としたケミカルバイオロジー研究がドイツ・マックスプランク研究所に評価され、その発展を目的とした国際連携研究室を設置
  7. タンパク質SUMO化、ヒストンアセチル化、ヒストンメチル化酵素阻害剤、ヒトタンキラーゼ阻害剤、ヒストンの翻訳後修飾や疾患特異的なプロテアーゼに対する阻害剤のほか、12種類の新規のスクリーニング系を確立して新規阻害剤の探索を実施し、世界初の酵素阻害剤を含む15種類以上の活性物質を同定
  8. 確立したスクリーニング系を用いて、植物抽出液からSUMO化阻害活性物質であるギンコール酸を発見し、その標的がSUMO化に関わる3種類の酵素のうちE1であることを突き止めた。タンパク質SUMO化阻害剤の発見は世界初
  9. ヒストンメチル化酵素阻害物質を同定し、細胞毒性の低いヒストンメチル化酵素阻害剤の基本骨格を見いだした
  10. NF- $\kappa$ Bによる転写およびI $\kappa$ Bのリン酸化を評価する系を確立し、フィサリンBがこれらへの阻害活性を示すことを解明
  11. ヒストンのアセチル化を生細胞内で検出できる、蛍光共鳴エネルギー移動 (FRET) を利用した蛍光プローブHistac開発に成功。ヒストンのアセチル化の変化を生細胞内でリアルタイムに観察することが可能になった
  12. 酵母を用いた網羅的な遺伝学的相互作用解析を基盤とした、化合物の標的分子同定法を確立
  13. バーコード化した遺伝子ライブラリーを構築し、突然変異体の原因遺伝子の簡便な解明法を確立
  14. 新規抗がん剤が肝癌細胞において増殖因子受容体の発現低下を介して細胞死を引き起こすことを発見
  15. 抗カビ物質「セオネラミド」が、細胞膜に結合して細胞壁の異常合成を誘導するという従来とは異なる新規メカニズムを解明
  16. 遺伝子過剰発現スクリーニングとDNAマイクロアレイを組み合わせた細胞内薬剤標的分子を同定する新手法の確立に成功したほか、がんマーカーの一つであるグルタチオン転移酵素の細胞内蛍光検出法を開発
  17. 一回の薬剤処理で約5000種類もの化合物に対する反応を同時に決定する系を確立し、多数の活性物質の標的分子を同定。作用メカニズムを迅速に解明することが可能になった
  18. 糖転移酵素欠損マウスの解析により、特定のシアル酸含有糖鎖が病的血

- 管新生を調節する分子メカニズム機構を初めて解明。糖鎖をターゲットにした抗血管新生阻害剤開発の礎となった
19. 糖尿病のインスリン分泌不全を糖鎖により改善できることを世界で初めて発見
  20. 脱糖鎖酵素であるPNGaseの活性に依存的なタンパク質分解の分子機構の詳細およびモデル動植物のPNGase欠損株の表現型を明らかにした
  21. 糖鎖脱離酵素依存的な小胞体関連分解機構の解析により、新規メカニズムを解明し、酵素活性非依存的な生理活性の存在を示した
  22. 特定糖タンパク質糖鎖の画期的な分子イメージングの技術確立し、糖タンパク質のGFP版ともいえる技術革新に成功
  23. 確立した解析系を駆使して、オートファジーが遊離糖鎖の代謝に関与するというこれまでの定説を覆す新たな機構を明らかにした
  24. 各種糖鎖構造改変マウスを用いた解析により、糖鎖が血管新生、神経修復、免疫機能など生体内の機能において果たす役割を解明
  25. 出芽酵母における糖鎖の非リソソーム代謝の詳細を解明し、特定糖鎖の観察条件を確立したほか、出芽酵母における遊離糖鎖の精製や分解機構の解析を行い、哺乳動物との違いを解明
  26. 異常糖タンパク質を捕まえるレクチンの立体構造を解明し、異常型糖鎖の認識機構を解明
  27. 2型糖尿病に関わるグルコース輸送体GLUT4は、輸送体に付加するたった一つの糖鎖により正しい経路を経てインスリンに応答することを解明
  28. 脳血管内皮細胞特異的なアミロイドB前駆体タンパク質を発見し、神経変性疾患に対する早期診断マーカーへの可能性を提唱
  29. 慢性閉塞性肺疾患や神経変性疾患をはじめとした生活習慣病の進行に関わる糖鎖と糖鎖を認識するタンパク質の機能を明らかにし、バイオマーカー開発と創薬シーズ探索を実施して特許を出願
  30. アルコール性肝障害時にタンパク質架橋酵素TG2が転写因子Sp1を架橋・不活性化し、肝細胞死を引き起こすという新規細胞死経路を発見

なお、化合物バンクを軸としたケミカルバイオロジー研究がドイツ・マックスプランク研究所に評価され、その発展を目的としたケミカルバイオロジー分野における横断的取り組みとして、理研-マックスプランク連携研究センターが設置された（前述の成果6.）。続けてほかにも理研-KRIBB（韓国）連携研究チーム、理研-USM（マレーシア）連携研究チームが設置され、人的交流・リソースの相互活用を進めることにより、国際的な当該分野の研究を強化するとともに、研究の流動性を確保した。これらの国際連携部門は環境資源科学研究センターには継承されず、理研全体の国内外連携統括部門（グローバル研究クラスタ、2013年4月設置、クラスタ長：玉尾皓平）に移管された（グローバル研究クラスタについては本編第1部第1章を参照されたい）。（マックスプランクとKRIBBについ

ては、その後2017年3月に環境資源科学研究センターに移管された。)

さらに、創薬・医療技術基盤プログラム（後述）の2ユニットが、ケミカルバイオロジー研究領域内に連携部門として設置されていたが、この2ユニットは2013年4月にケミカルバイオロジー研究領域とともに、連携部門のまま環境資源科学研究センターに移管された。

ケミカルバイオロジー研究領域の組織図は、第Ⅲ編「研究室の推移」に示されている。

### グリーン未来物質創成研究領域（2010年4月設置）

環境・エネルギー・元素資源問題といった喫緊の問題解決のためには、既存の技術の改良・高度化と並行して、知見が乏しい物理現象の解明や革新的技術を実現する新原理の発見や新物質の創成が不可欠である。このような背景を踏まえ、「グリーン未来物質創成研究領域（領域長：玉尾皓平）」は、第2期中期計画の開始2年後の2010年4月に、基幹研究所に所属する関係分野の主任研究員研究室が連携して設置された。本研究領域では、化学系、物質・材料系が融合した研究が行われていたが、その中の触媒化学系のグループが、環境資源科学研究センターへ統合された。参加したのは侯召民主任研究員、袖岡幹子主任研究員、内山真伸チームリーダー、魚住泰広チームリーダーである。残りのグループの一部は、第3期中期計画開始時に設立された新たな研究センター「創発物性科学研究センター（2013年4月設立）」へ継承されている（グリーン未来物質創成研究領域については本編第1部第1章を参照）。

本研究領域では、これまで基幹研究所で研究されてきた物質基礎研究の成果を活かし、物性物理、高分子科学、有機合成化学、元素科学の融合研究を行った。具体的には、

- ・物質中における電子の状態変化を利用した高効率熱電変換材料や高温超電導体、99%以上水でできた環境負荷の小さいソフトマテリアル等の「革



## 「領域」って何？

理研の研究系の組織名称に「○○領域」という表現が初めて登場したのは、ゲノム科学総合研究センターが改組された後である（2008年4月）。この「領域」という言葉は、土地や海のような二次元的に広がった面の状態を連想させる一方で、力や規定が及ぶ範囲を示している。これを組織名として用いるのは、なかなか勇気のいることだったと思われるが、当事者はどのような経緯と判断でこの言葉を選んだのであろうか。100年後、この「○○領域」は生き残っているのか、それとも死語になっているのか。ちなみに理研の規程では、この「領域」の英語名は「Center」または「Department」であり、至って普通の名称である。

新的機能材料」の創出

- 元素資源戦略に基づいた原子効率100%物質変換プロセスを実現する「高効率触媒反応系」の創出

を実現し、新たな学理基盤を構築することにより地球規模の問題の克服に貢献することを目指した。グリーン未来物質創成研究領域では、以下の主要な成果を得た。

#### グリーン未来物質創成研究領域の成果

1. イリジウム酸化物のスピン・軌道相互作用による新奇電子状態の発見とその振舞いの実証
2. 熱測定や核磁気共鳴を駆使しての量子スピン液体状態の解明
3. 有機物質での量子振動によるディラック電子系の発見と実証
4. 高圧合成も駆使したエキゾチック超伝導状態の開発と解明
5. 希土類を用いた高性能重合触媒の開発
6. 金属触媒を用いた炭素-水素結合の活性化により、多くの有用有機分子骨格の一段階合成を可能にした
7. 多金属ヒドリドクラスターの合成と構造解析により、新たな水素吸蔵材料としての可能性を示した
8. 亜鉛アート錯体の反応性を応用した有機ケイ素化合物の新規合成法の開発
9. 計算化学を用いた反応経路自動探索法の開発
10. 有機薄膜太陽電池に資するアズレン縮環フタロシアニン色素、芳香族性と反芳香族性をスイッチする近赤外色素の開発
11. 桁外れに高い活性を持つ不溶性高分子イミダゾール-パラジウム触媒を見いだした
12. マイクロリアクター内にパラジウム錯体触媒膜を形成したフロー型マイクロデバイスの作成に成功
13. 磁場への応答の異方性を示す酸化チタンナノシート系アクアゲルの創製
14. アゾベンゼンの大面積・3次元分子配向制御による光-力学エネルギーの変換の実現
15. ヘキサベンゾコロネンを用いたグラファイト状半導体ナノチューブセグメントの組織化に成功
16. テトラアザポルフィリン誘導体分子設計によるn型半導体化新規ドナー材料の開発
17. 強い光吸収を示すアクセプターを用いたBHJタイプの薄膜型太陽電池の開発

### 第3節 系譜3：技術基盤部門（研究支援部門）の源流

理研はその設立当初から、最先端の研究に不可欠な研究支援部門の充実に努めてきた。研究とそれを支える技術は車の両輪としてお互いに発展し合っていくものであり、理研がその高度なアクティビティを長きにわたって維持できているのも、研究に引けを取らない高度な技術、すなわち技術基盤を持ち続けているからである。

こういった背景を受け、近年になって理研に設立された研究センター等においても、研究支援部門を設置しているところは多い。環境資源科学研究センターにおいても「技術基盤部門」を置き、分子の構造解析技術や遺伝子解析技術の開発、提供を行っている。

環境資源科学研究センターの技術基盤部門には、さらに二つのルーツがある。一つは和光地区（現・和光事業所）において分子の構造解析を行う部門で、低分子の化学物質や高分子の生体分子、遺伝子解析技術を有している。この部門の源流は、特殊法人となったとき（1958年10月）に設置されていた試作部に遡る。試作部は最先端の研究装置の製作等を中心に、工作部（1964年4月）、技術部（1984年4月）と名称等を変更しながら存続してきた。そして、1988年4月に業務内容を抜本的に見直し（この経緯についてはI編2部3章「工作部の100年」を参照されたい）、研究基盤技術部として改組されたときに化学物質の構造解析を行う部門（分子構造解析室）が設置され、以来、生体分子解析室を加えて（1991年3月）今日に至っている。所属については研究基盤技術部を皮切りに、物質基盤研究部（1999年4月）、先端技術開発支援センター（中央研究所、2003年10月：独立行政法人設立・第1期中期計画開始時）、先端技術基盤部門（基幹



#### 研究支援部門という宝物

和光（現・和光事業所）の研究支援部門は、理化学研究所の開設時から存続する日本ではほかに例を見ない部門である。当時は、最先端の研究をするために、研究者が必要とする実験装置や計測等を実現するための最先端機器（もちろん、市販品は無い）を、研究者とともに試作・開発・製作してきた（詳細は第I編第2部第3章を参照）。その後、各種の高度な分析・解析および関連技術を行う部門も設置／統合され、研究と技術の車の両輪として活動している。

これらの研究支援部門は独立行政法人化以降、今日までの期間で（特に第2期中期計画から第3期中期計画にかけて）複雑に推移しているが、そのあたりの全体像の把握は困難である。研究支援部門の変遷の全体像が明らかにされるとともに、理研100年を支えてきたその正当な評価が望まれる。

研究所、2008年4月：第2期中期計画開始時）、ケミカルバイオロジー研究領域（2009年10月）、グローバル研究クラスター（2013年4月：第3期中期計画開始時）、と複雑に推移し、2015年4月から環境資源科学研究センターの技術基盤部門となった。

もう一つのルーツは、植物科学研究センター（第2期）から各グループ、チーム内で活動していた技術基盤を担う部分であり、横浜研究所（現・横浜事業所）においてメタボロームおよび植物ホルモン解析基盤と顕微鏡解析基盤として植物由来分子の質量分析、代謝プロファイル解析および細胞組織の顕微鏡解析を行っていた。こちらは大きな変更はなく、植物科学研究センター（第2期）から環境資源科学研究センターの所属として推移し、2015年4月に和光地区の分子構造解析の部門と統合して技術基盤部門の一部となった。

## 第4節 系譜4：バイオマス工学研究部門 （および創薬・医療技術基盤プログラム）

環境資源科学研究センターの組織のうち、バイオマス工学研究部門は、環境資源科学研究センター設立2年後の2015年4月に統合された部門である。当初、バイオマス工学研究部門は、2010年4月に設置された「社会知創成事業」傘下の組織：バイオマス工学研究プログラムとして開始された。

### 社会知創成事業（2010年4月設置）

社会知創成事業は、理研の研究成果の社会還元を一層推進するべく、それまでの知的財産の管理・統括部門を改組して2010年4月に設置された。この事業は、個々の研究者による発見・発明である「個人知」を、理研全体の知識として分野横断的に研究を推進することにより「理研知」を生み出し、さらに産業界や外部研究機関等と連携しながら、社会に役立つ社会全体が共有する知識（社会知）を生み出すことを目的としていた（この経緯については第I編第3部第1章を参照されたい）。この組織（ちなみに「事業」は組織名称である）の下に置かれたいくつかのプログラムのうち、「バイオマス工学研究プログラム」と「創薬・医療技術基盤プログラム」が環境資源科学研究センターに関係する。

なお、「社会知創成事業」は2015年7月に改称され、「産業連携本部」となった。

#### ① バイオマス工学研究プログラム

バイオマス工学研究プログラム（プログラムディレクター：篠崎一雄）は、光合成により二酸化炭素を資源化する植物の能力を最大限に利用し、糖質、脂質やセルロースなどのバイオマスを増産し、植物バイオマスを原料としてバイオプラスチックなどの新バイオ素材を創る新たな技術を確立することにより、「グリーンイノベーション」の創出、つまりは社会知の形成の貢献に向けた活動を行う部門である。

研究実施場所は横浜研究所（現・横浜事業所）と和光地区（現・和光事業所）に分散していた。また、バイオリソースセンターとの横断連携のためのチームが筑波事業所にも存在している。これは現在（2016年）も変わっていない。

## ② 創薬・医療技術基盤プログラム

創薬・医療技術基盤プログラム（プログラムディレクター：後藤俊男）は、基礎疾患研究から見いだされる創薬標的（疾患関連タンパク質）を対象に、各研究センターが設置する創薬基盤ユニットが連携して医薬品の候補となる低分子化合物、抗体等の新規物質を創成し、知的財産の取得を目指す創薬・医療技術テーマを推進する部門である。このために理化学研究所内各研究センターに九つの創薬基盤ユニットを設置した。現在（2016年）、このうちの2ユニットがケミカルバイオロジー研究領域～基幹研究所（2012年度のみ）を経て環境資源科学研究センター内に連携部門として設置されている。（創薬・医療技術基盤プログラム組織図は本書資料編に示されるが、そのうち環境資源科学研究センターに関わる部分を図2に示す）

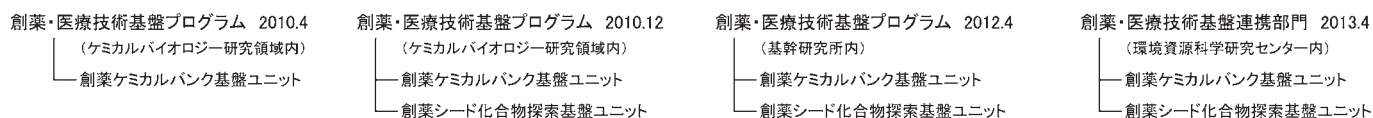


図2 創薬・医療技術基盤プログラム組織図（環境資源科学研究センターに係るもののみ）

## バイオマス工学研究プログラムの設置経緯

バイオマス工学研究プログラムは、2009年当初からその設置の検討が開始されていた。植物科学研究センターは植物科学分野で、高被引用度の論文数が日本で1位、世界で2位となった（トムソン・ロイターの調査）が、この時期以降に基礎植物科学からの応用展開が強く求められるようになったこと、モデル植物の植物研究だけでは応用展開が難しくなったことから、篠崎一雄センター長は、微生物学や化学との連携研究を模索していた。実際に植物科学研究センターは、2009年11月の政府による事業仕分けで、基礎科学だけでなく応用分野にも展開することが求められた。一方、2009年3月15、16日に湘南国際村で開催された第14回理事長ファンドワークショップにおいて、理研内の分野横断型、目標達成型の研究プロジェクトの立案・検討の一環として、篠崎一雄センター長がバイオマスエンジニアリング研究（バイオマス工学研究の当初の名称）に関するプレゼンテーションを実施し、植物科学研究センターと基幹研究所との連携で、異分野連携の課題を立てることを議論した。

2009年6月以降、理研プライオリティー会議（現在は研究戦略会議）や理事会メンバーへバイオマスエンジニアリング研究の概要を説明、その後経営企画部と横浜研究推進部との調整を進め、土肥義治理事（当時）も研究計画の策定に加わった。2009年8月の理事会において、理化学研究所として2010年度の概算要求に含めることを決定した。

2009年9月には内閣府、総合科学技術会議でのヒアリング（環境エネルギー



部会)があり、篠崎センター長がプレゼンテーションを行い、A評価を得た。2010年1月29、30日には理化学研究所政策リトリート(ホテル日航豊橋)において、バイオマスエンジニアリング研究プログラムに関して理研内へ説明が行われた。

2010年3月には研究チームおよびPI(Principal Investigator)の選定が行われた。バイオマス研究基盤チーム(PIは植物科学研究センターから篠崎一雄)、合成ゲノミクス研究グループ(PIは植物科学研究センターから松井南)、セルロース生産研究チーム(PIは植物科学研究センターから出村拓)(以上3チームは横浜研究所)、バイオプラスチック研究チーム(PIは基幹研究所から阿部英喜)、酵素研究チーム(PIは篠崎一雄(兼務))(以上2チームは和光研究所)の計5チームを選定した。バイオマス研究基盤チームの一部は筑波事業所に設置した。土肥義治理事は社会知創成事業本部長として支援することとなった。

名称に関しては、野依良治理事長の裁定でバイオマス工学研究プログラムに決定した。

2010年4月、バイオマス工学研究プログラムは社会知創成事業の横断連携研究プログラムとして設置され、植物科学研究センターとは別のプロジェクトとなることが決定した。予算は5.6億円(後に7.1億円まで増額)。うち植物科学研究センターからは1.5億円を拠出して、バイオマス工学研究プログラムへ移管した。プログラムディレクターは篠崎一雄植物科学研究センター長が兼務した。

設置後の2010年4月に、キックオフリトリートが湘南国際村で行われた。2010年5月29日には、学術会議シンポジウム「植物科学からのグリーンイノベーションへの貢献」を開催した。多数の参加者があり、学会関係者だけでなく、内閣府や文部科学省研究開発局環境エネルギー課、研究振興局ライフサイエンス課へも、本プログラムをアピールする良い機会となった。加えて、2009年に事業仕分けの対象になった植物科学研究センターへの各界からの支援を求め、植物科学からのイノベーションの重要性を訴える大きなアピールの機会にもなった。その後、篠崎センター長は国会議員に対しても、植物科学からのイノベーションや社会貢献に関して説明を行う機会に恵まれた。その後、本研究分野は文部科学省の植物科学の最先端基盤整備事業に採択、2011年には同省のグリーンネットワーク・オブ・エクセレンス事業の一つとして、植物バイオマス生産と利活用のプロジェクトの立案に発展し、さらに同年の科学技術振興事業団のCREST・さきがけ(磯貝彰総括)の戦略目標の採択につながった。こうして、グリーンイノベーション政策への植物科学からの貢献が進み、論文の引用度の高さ、国際的な高い評価と相まって、社会貢献への期待が高まった。科学技術界から社会へのアピールを積極的に行った結果の事例である。

#### 統合の成果

2010年末に、バイオマス工学研究プログラム強化のため、微生物によるバイ

オリファイナリー研究を目指す、バイオプラスチック以外の有用物質の生産を行う新チームの設置を検討した。そして2011年2月から4月にかけて、神戸大学工学部の近藤昭彦教授らとともに新チーム立ち上げに関して打ち合わせを行い、2011年5月23-25日の社会知創成事業アドバイザーカウンスルにおいて、バイオマス工学研究プログラムおよび各チームの評価とともに新チームの設置、篠崎一雄が兼務していた酵素研究チームリーダーの選考を提案した。

2012年4月、酵素研究チームリーダーに沼田圭司が着任するとともに、新たに細胞生産チームを設置した（チームリーダー：近藤昭彦）。これによりバイオマス工学研究の全体像（6チーム）が確定した。

先に述べたように、本プログラムディレクターは、篠崎環境資源科学研究センター長が兼務として任命されていたが、その際、適切な副プログラムディレクターを採用してバイオマス工学研究プログラムの推進体制を強化し、運営を分担することが条件とされていた。特に社会知創成事業では、社会実装として企業との連携をより強くしていく必要があり、社会知創成事業の事業開発室との連携を重要視した。

2013年4月の環境資源科学研究センターの設立時に、バイオマス工学研究プログラムの研究チームは、環境資源科学研究センターの連携部門として位置づけられた。予算は引き続き社会知創成事業のバイオマス工学研究プログラムとされ、研究は環境資源科学研究センターにおいて実施することとなった。2014年4月には、バイオマス工学研究プログラムに副プログラムディレクターとして、篠原健司（元森林総合研究所研究コーディネーター（生物機能研究担当））が着任し、国立研究機関や企業との連携推進体制を強化した。

2014年5月の社会知創成事業アドバイザーカウンスルにおいて、環境資源科学研究センターとバイオマス工学研究プログラムの一体化についての議論がなされ、統合により高い相乗効果が得られる研究組織となることが期待できるとして、統合について高く評価された。また、2014年6月の環境資源科学研究センターアドバイザーカウンスルにおいても、一体となって研究開発を行うことが、より一層の相乗効果があると提言された。これらを受けて、2015年4月、社会知創成事業からバイオマス工学研究プログラムの全ての機能が環境資源科学研究センターに統合され、バイオマス工学研究部門となった。副プログラムディレクターの篠原健司は、環境資源科学研究センターのコーディネーターとなった。なお、中期計画において、バイオマス工学に関する理化学研究所内および企業連携の促進については、引き続きバイオマス工学研究部門において事業を実施していくこととしている。

## 第5節 環境資源科学研究センター（CSRS）の設立と運営

### 環境資源科学研究センターの設立経緯

冒頭に述べたとおり、第3期中期計画（2013年4月-2018年3月）においては、理研の戦略センターの方向性が、分野特化型から異分野融合型の学際研究に転換され、基礎科学の推進だけでなく、イノベーション創出を重視した研究が求められることとなった。環境資源科学研究センターはそうした状況を受け、次期計画を策定する時期にあった植物科学研究センターを中心に、和光地区の化学分野の研究組織を統合して、異分野融合型の研究センターとして設立された。そして、第3期中期計画のもう一つの柱であるイノベーション創出にも重点を置き、他省庁や民間企業等との連携を積極的に推進している。環境資源科学研究センターの設立に向けての検討は、バイオマス工学プログラムの設置を受けて2010年の中ごろから始まっていた。

2010年8月に理事長、理事会メンバー、横浜事業所長、主任研究員等をメンバーとした「理研の今後10年を考える会」が発足した。メンバーは理事会メンバー、豊島久真男、小川智也、玉尾皓平、大熊健司、石川哲也、櫻井博儀、平野達也。事務局は経営企画部。2010年12月までに全4回開催し、次期中期計画策定に向けた基本方針が策定された。

2011年1月に理化学研究所研究政策リトリートが開催され、ST（Science and Technology）からSTI（Science, Technology and Innovation）への転換等、次期中期計画策定に向けた理事長の基本方針が各PIに説明された。また、2011年10月に開催された第8回RACにおいて、次期（第3期）中期計画策定の基本方針が諮問された。

2011年10月には理事会が横浜研究所の全面改組に関する方針を決定した。全面改組等の方針策定に際しては、2011年5月以降から主要な理化学研究所研究者に個別にヒアリングを行い、決定された。このとき、設立から10年を超えた戦略センターの大幅改組に関しては、当然、文部科学省の指導もあったものと思われる。また、基幹研究所の5年間での解散（2013年3月）も議論されたと推定される。

2011年11月に開催された研究戦略会議において、篠崎一雄植物科学研究センター長が新センターにおける研究の方向性を説明した。題名は「資源・エネルギーの環境適応生産に関する生物合成科学（グリーンファクトリー研究）」であった。

一方、植物科学研究センターは和光の基幹研究所と連携を模索しており理事長ファンド「光合成研究」での連携を元に、侯有機金属化学研究室（主任研究員：侯召民、島隆則専任研究員）と植物科学と化学連携によるグリーンイノベーショ

ン関連のセンター設立に向けて連携の検討を開始した。「光合成研究」では、主に植物の光合成をもとに人工光合成を検討することで、植物科学と触媒化学の異分野連携を進めることとしていた。また、光合成の効率向上による二酸化炭素の効率的な固定と利用に新しい視点を見いだすことも目的の一つであった。

2011年12月、所長・センター長会議において、理事会（川合眞紀理事）より詳細な理化学研究所の今後の組織図案が公開され、また、コアPI制度について説明があった。さらに基幹研究所の解散等、理事会の方針が説明された（このあたりの経緯については本編第1部第1-2章を参照されたい）。

ケミカルバイオロジー研究領域においては、当初、生物系基盤センターの設立を目指していた。しかし、野依良治理事長、土肥義治理事の指導で、植物科学研究センターとともにグリーンイノベーション関連の戦略センターの設立に参画することとなった。

2012年1月からは、新センター設立メンバーで設立のための協議が開始された。植物科学研究センターが主導（篠崎一雄センター長、斉藤和季副センター長、白須賢グループディレクター、榊原均グループディレクター）し、基幹研究所のグリーン未来物質創成研究領域（触媒化学：侯召民主任研究員、袖岡幹子主任研究員、玉尾皓平所長）とケミカルバイオロジー研究領域（長田裕之主任研究員、吉田稔主任研究員）との連携について、具体的な協議を開始した。協議は経営企画部により大筋が確定した。

理化学研究所研究政策リトリート（2012年1月27、28日、浜名湖ロイヤルホテル）において、篠崎一雄植物科学研究センター長が目指す研究成果等新センターの概要を説明した。当時は、新センターの名称が確定しておらず、センター名称を「生物環境資源化学研究センター（仮称）」として説明していた。

2012年2月からは新センター設立に向けた準備を開始した。経営企画部の協力の下、新センターにおける予算要求を準備するとともに、新センターの基本方針、プロジェクト内容の検討が進められた。同時に、2012年2月には文部科学省環境エネルギー課（田口康課長、4月からは篠崎資志課長）および同ライフサイエンス課（板倉康洋課長）に対し、新センターの骨子について説明した。説明者は篠崎一雄、長田裕之、斉藤和季。文部科学省では、ライフサイエンス課ではなく、環境エネルギー課が新センターを所掌する方向で検討された。また、第3期中期計画検討委員会において、篠崎一雄植物科学研究センター長が新センターの概要を説明した。委員会のメンバーは理事会メンバー、小川智也、豊島久真男、玉尾皓平、上坪宏道、他事務系職員。

2012年3月に、新センターの名称「環境資源科学研究センター」（Center for Sustainable Resource Science）、研究プロジェクトの概要が決定した。名称については、野依良治理事長により、研究分野（生物学や化学）を入れず、新たな環境資源に貢献する科学を推進することとし決定した。これには他分野の研究者の参加を勧める意味もあった。また、センターミッションがグリーンイノベーションであることから、文部科学省研究開発局環境エネルギー課が所掌することが確定した。



## おおごと 名は大事

本章での2012年3月の記述に、「名称については、野依良治理事長の指示により、研究分野（生物学や化学）を入れず、新たな環境資源に貢献する科学を推進することを強調することで決定した」とある。「理事長の指示」というところで薄々感じられるが、異分野融合を目指して参集した各分野の研究者の間で、最初、「生物学」、「化学」といった特定分野の名称をセンター名に入れるかどうか、また、どちらを前後にするかで侃々諤々の大議論があったらしい。最終的には、本文のとおり、野依理事長の意向も踏まえ、特定分野名を入れることを避けて「環境資源科学研究」としたのであった。

2012年4月、環境エネルギー課に対し、概算要求を踏まえた新センターの研究概要を説明した。参加者は篠崎一雄、長田裕之、侯召民、堀内義規、ほか。文部科学省は福井俊英環境科学技術推進官、今村剛志課長補佐。

また、侯召民主任研究員の触媒関係（窒素）を柱とする方向での概算要求を検討した。さらに、2012年度に終了の決定した植物科学研究センターの『13年記念誌』の発行と「記念シンポジウム」（10月20日）の開催を決定した。

2012年5月には、2013年4月1日から「環境資源科学研究センター」の設立に向けて、「環境資源科学研究センター準備室」（以下、「準備室」）が発足し、中核メンバー（コアメンバー）による「新センター検討会」を設置した。そして予算要求に向けて理事会説明、研究戦略会議説明、環境エネルギー課長への説明等、一連の作業に入った。また、各PIに研究計画の作成を依頼して準備室が取りまとめ、「研究事業概要」を作成した。A4で全63ページ。

### 新センターの構想

2012年5月に理事長、川合理事、古屋輝夫理事へ新センターに関する説明と懇談を行った。ここで、異分野融合に必要なため、微生物系統保存棟（バイオリソースセンター微生物材料開発室は、筑波研究所へ移転）の環境資源科学研究センターでの全面的な利用を要望した。

独法評価委員会においては、川合理事が次期中期計画における研究体制について概要説明を行った。また、研究プロジェクトに関して炭素、窒素、金属元素、研究基盤の4本柱の方針を公開した。

2012年5月には藤田明博理事とバイオマス工学研究プログラムに関し打ち合わせを行い、環境資源科学研究センターにバイオマス工学連携部門として同プログラムのチームを置き、プログラム自体は社会知創成事業に置くことで調整した。

2012年10月、植物科学研究センター13年間の成果報告と、環境資源科学研究センターの計画発表のための記念シンポジウムを開催した。また、同月に、新セ

ンター構想説明会を開催した。篠崎一雄センター長より、新センターの概要や組織体制について説明を行った。

2012年12月には、研究スタッフの採用方針および採用方針を確定し、PI（予定者）に通知した。年俸制の運用を新設するとともに、転出者等の補充を含まない最小限の人員枠で所内公募を実施すること、および定年制職員についても面談を行うこととした（これにより、任期制職員も定年制職員も全員が面接・面談を受けたことになった）。

2012年12月、和光大河内記念ホールにおいて新センター設立に向けたワークショップを開催した。新センターに参加する研究グループの計画発表会であり、基軸となる4本のプロジェクト（炭素、窒素、金属元素、研究基盤）を念頭に全PI予定者がプレゼンテーションし、議論した。初めての研究内容に関するワークショップの開催であり、研究内容の相互理解のための重要な会議となった。

### 新センターの開設へ

2013年1月から、新センターの研究員、テクニカルスタッフ、アシスタントの面接を開始した。また、2013年1月に独法評価委員会・理研部会で新センターの説明と委員からの意見聴取が行われた。

2013年2月13日、理化学研究所政策リトリート（和光鈴木梅太郎記念ホール）において新センターの説明を行った。また、環境資源科学研究棟（旧微生物系統保存棟）を確保するべく、関係部署と具体的な協議を開始するとともに、小川智也和光研究所長、古屋理事等へ要望書を提出した。さらに、次年度の予算配分・人員枠等に関し、基礎予算、プロジェクト予算、センター長裁量予算の区分や人員獲得における裁量の範囲について議論した。

2013年3月には新センターのAC（アドバイザー・カウンシル）メンバーの検討を開始した。なお、バイオマス工学連携部門は、センターとは別に社会知創成事業のACで実施することとなった。ちなみに、2013年度予算において、環境資源科学研究センターは14億円（施設費関係、定年制研究員の人件費を除く）の予算が交付された。

このように、2012年1月から開始された新センター創設の検討は、2012年5月の「新センター検討会」に引き継がれて毎月2回程度開催された。その中では異分野研究の検討、組織図、研究体制、研究実施場所、外部連携、センターの運営方針、センターロゴ、給与、新規採用方針、広報体制等、新センター運営に関わるさまざまな問題点について、センター創設メンバーが検討会議を重ねていった。その回数は2013年3月までのおよそ1年間で17回にも及んだ。

2013年4月1日、環境資源科学研究センターは開設された。野依良治理事長の所信表明の下、独立行政法人理化学研究所第3期中期計画が開始され、そして新センターの第1期も開始された。この後、2013年4月に農林水産省との他省庁連携プロジェクトの新設（SIPとして実現）に向け、農業・食品産業技術総合研究機構を訪問し、打ち合わせを行った。

2013年5月、環境資源科学研究センター・キックオフリトリートが和光と横

浜で開催された。16日は173名、17日は169名が参加した。2013年6月には独立行政法人評価があり（2012年度分）、植物科学研究センターと社会知創成事業バイオマス工学研究プログラムとで、別々にヒアリングを受けた。

2013年10月10日、環境資源科学研究センター発足シンポジウムが、イイノコンファレンスセンターで開催された。文部科学省鬼澤佳弘大臣官房審議官（研究開発局担当）、森本浩一内閣府大臣官房審議官（科学技術政策・イノベーション担当）の来賓挨拶があり、橋本和仁東京大学教授（現国立研究開発法人物質・材料研究機構理事長）、伊丹健一郎名古屋大学教授、国立研究開発法人農業生物資源研究所理事長が講演を行った。また、理研からは野依理事長が代表して挨拶し、篠崎センター長から新センターのミッション、プロジェクト内容を説明し、センターのリーダーが研究内容を紹介した。約200名の参加者があり、新センターへの期待が高まった。

2014年6月の環境資源科学研究センター・アドバイザーカウンシルにおいて、環境資源科学研究センターとバイオマス工学研究プログラムが一体となって研究開発を行うことが、より一層の相乗効果があると提言された。これを受けて2015年4月、社会知創成事業からバイオマス工学研究プログラムの全ての機能が、環境資源科学研究センターに統合されてバイオマス工学研究部門となり、現在（2016年）に至っている。ちなみに、バイオマス工学研究部門の統合により、2015年度は計19億円（施設費関係、定年制研究員の人件費を除く）の予算が交付された。

#### 環境資源科学研究センターの研究実施場所（研究施設）

（注）：この項目では、場所の名称は現在（2016年）の横浜事業所、和光事業所、筑波事業所を用いる。

これまで記述してきたように、環境資源科学研究センターは異分野融合型の研究センターである。本章第1-4節の各「系譜」にあるように、異分野融合型であるゆえに複雑な流れが集まっているため、その研究実施場所は、それぞれの研究開始の地から大きく外れることができていない。現時点（2016年）では、環境資源科学研究センターの研究実施場所は、3事業所等・計11カ所に及ぶ。さらに、後述する連携大学院の横浜市立大学内の研究実施場所2カ所（鶴見キャンパスと木原生物学研究所）を加えると計13カ所となる（図3、4）。

ここでは、環境資源科学研究センターの研究実施場所について以下に整理しておく。

##### ① 横浜事業所

横浜事業所は、環境資源科学研究センターの前身である植物科学研究センターが開設された場所である。現在も植物科学、バイオテクノロジーの研究室の大部分と技術基盤部門（和光事業所にあるものを除く）が、横浜事業所の東研究棟と中央研究棟にある。植物科学研究はその特徴として温室が必要となるため、どちらの研究棟にも最上階に温室を備え、それに対応して研究室は上層階にある。一

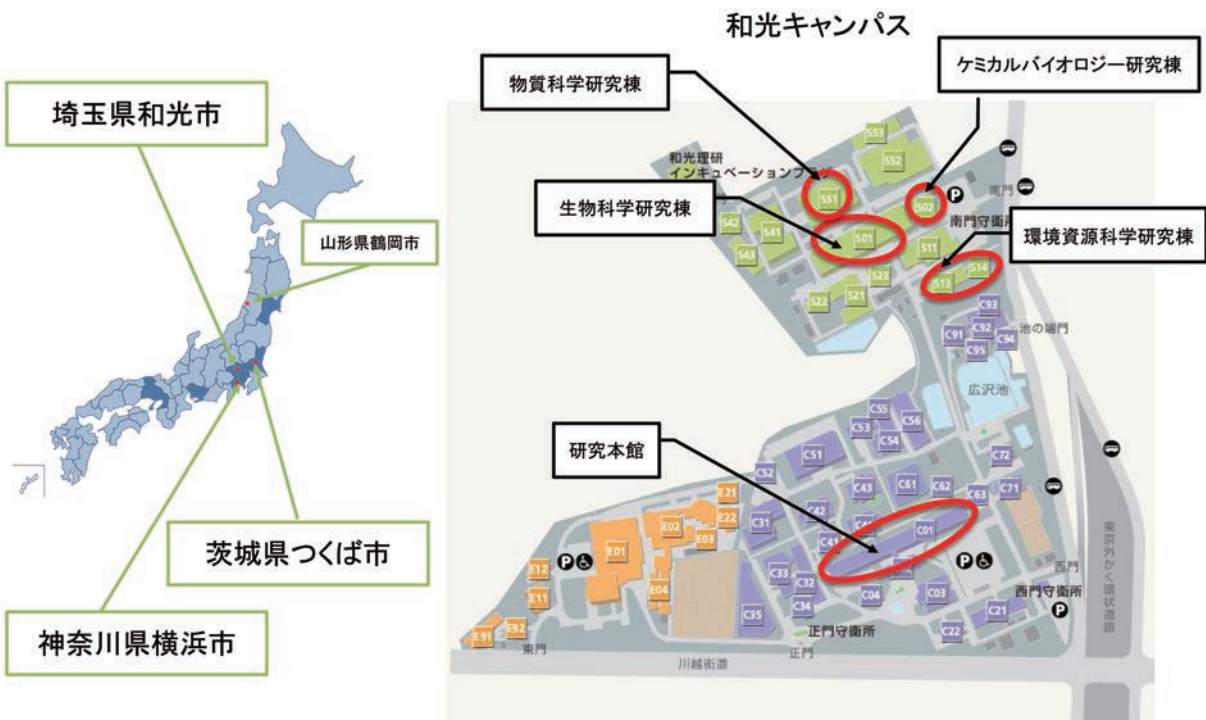


図3 環境資源科学研究センターの拠点と建物配置 (1)

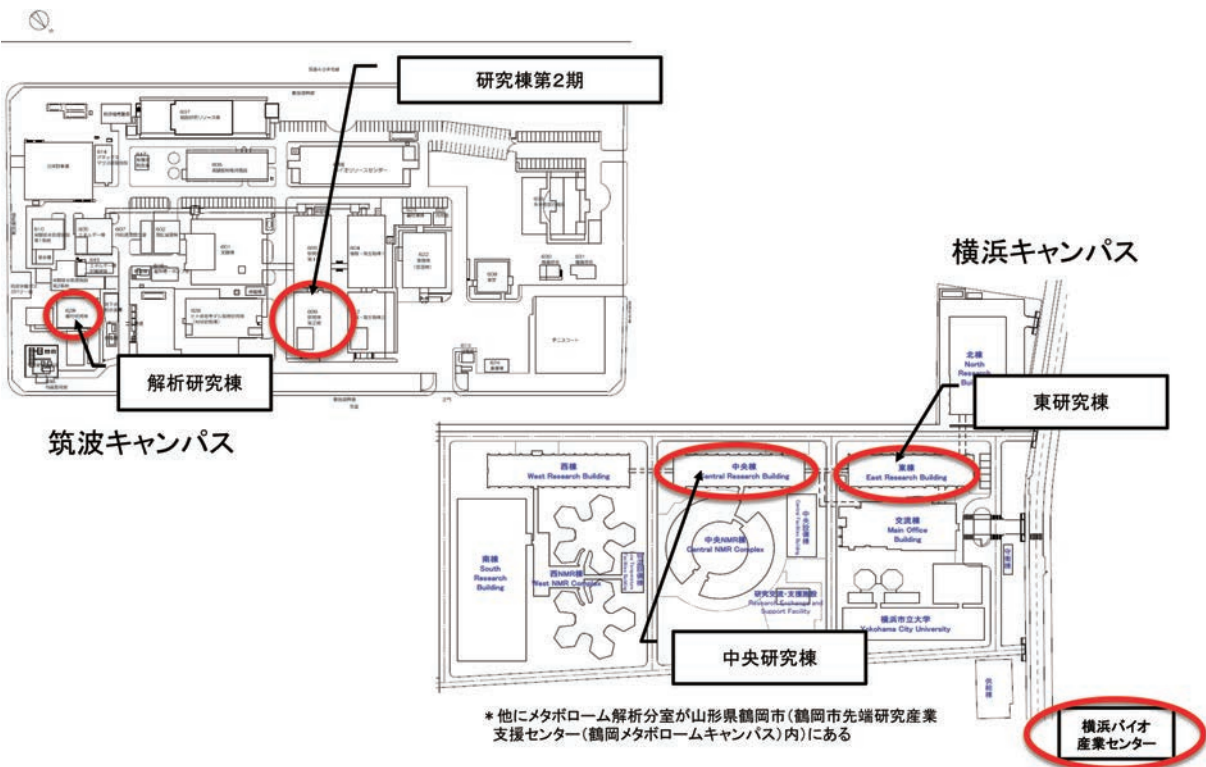


図4 環境資源科学研究センターの拠点と建物配置 (2)





横浜事業所遠景



横浜事業所東研究棟（奥）と中央研究棟（手前）



横浜事業所東研究棟（最上階の9階に温室がある）

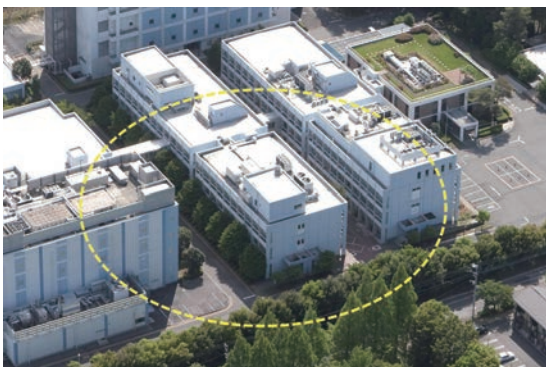


横浜バイオ産業センター

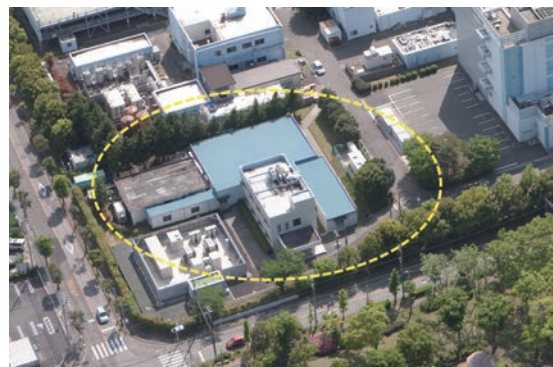
部の研究室は横浜事業所の道路向かいにある横浜バイオ産業センター（公益財団法人木原記念横浜生命科学振興財団が運営するレンタルラボ）に入居している。また、バイオマス工学研究部門の一部の研究室（主に植物科学研究センターを出自とする）が横浜事業所にある。さらにCE-MS（キャピラリー電気泳動-質量分析計）を用いたメタボローム解析分室が、山形県鶴岡市（鶴岡市先端研究産業支援センター（鶴岡メタボロームキャンパス）内）にある。横浜市立大学、木原生物学研究所（舞岡）にも草本バイオマス研究のための研究分室がある。



鶴岡キャンパス



筑波事業所研究棟（2期）



筑波事業所解析研究棟

## ② 筑波事業所

筑波事業所は植物分子生物学研究室（主任研究員：篠崎一雄）が設置された場所であり、現在でも一部の研究室が研究棟（2期）と解析研究棟の2カ所で環境資源科学研究センターの研究を実施している。

## ③ 和光事業所

和光事業所は主任研究員研究室のほとんどが存在する場所であり、環境資源科学研究センター関係では、触媒化学系の研究室、ケミカルバイオロジー関係の研究室、一部のバイオマス工学研究部門、技術基盤部門（横浜事業所にあるものを除く）といった、多分野の研究室等がある。しかし多分野であるがために、その所在場所は和光事業所のいくつかの研究施設に分散している。現時点では、研究



和光事業所研究本館



和光事業所物質科学研究棟



和光事業所生物科学研究棟（北面）



和光事業所生物科学研究棟・南側



和光事業所ケミカルバイオロジー研究棟



和光事業所環境資源科学研究棟



## 歴史の香り

改修が終わって綺麗になった環境資源科学研究棟に入居した人々が早々に発した言葉に、「何だか臭い」があった。施設奥のセミナー室を始めとして、周辺に妙な匂いが漂っていたのである。建築／改修直後の室内でよくある建材や塗料のような化学的な匂いではなく、実験動物の飼料や微生物の培地のような生物（なまもの）の匂いであった。元の施設は微生物系統保存施設なので、微生物の培養に使う培地等の匂いが残っていた（染み付いていた？）と判断するのが妥当であったが、特に生物系分野でない人々にとって、異質な匂いであったことは想像に難くない。もちろん、改修工事はきっちり行われており、匂いの発生源の調査もしてもらったが、原因は特定できなかった。連続換気をしたり消臭剤を置いたりして匂いは少なくなってきたが、完全には無くなってはいない。施設の完成後35年以上にわたる歴史の香り、なのかもしれない。

本館、生物科学研究棟、物質科学研究棟、ケミカルバイオロジー研究棟、そして環境資源科学研究棟である。これらの施設は、広い和光事業所の敷地の中の5カ所に広がっている。このうち、ケミカルバイオロジー研究棟と環境資源科学研究棟の二つの研究施設が環境資源科学研究センターのメイン・ビルディングと言える。

ケミカルバイオロジー研究棟は、ケミカルバイオロジー研究領域のうちの化合物バンク事業を行うための施設（ケミカルバンク棟）として計画され、2006年-2007年に建設された。当初は4階建てとする計画だったが、予算の都合で2階建てとなった。しかし、将来の増築を見据えた構造とし、後年（2013年-2014年）、予算が措置されたときに4階建ての建物となった。ケミカルバイオロジー研究棟には、ケミカルバイオロジー関係の研究室のほか、創薬・医薬技術基盤プログラムの1ユニットがある。その後、技術基盤部門の2ユニットのオフィスも置かれた。

### 各機関・センターの融合へ

環境資源科学研究棟は、元を辿ると微生物系統保存施設（1980年完成）である。この施設は理化学研究所がライフサイエンス研究支援事業（[88年史](#)268ページ）の一環として開始した微生物系統保存事業（1981年、実施組織はライフサイエンス培養生物部）を実施する施設であった。この事業は後に生物基盤研究部（1999年）を経て、2004年にバイオリソースセンター（2001年開設、筑波事業所）に微生物材料開発室として移管され、さらに2012年には筑波事業所に移転した（この経緯については本編第4部第1章を参照されたい）。篠崎一雄センター長らは、移転後の施設スペースを環境資源科学研究センターの研究実施場所として使えるよう、2012年から2013年にかけて理事長、理事を始め関係方面へ精力

的に働きかけ、ついに全スペースを専用施設として確保することに成功した。とはいっても、この施設は完成後35年以上を経過しており、新しい研究室等として使用するための改修工事は困難が見込まれた。しかし、施設関係者の多くの尽力により2014年11月に改修工事は完了し、引っ越し作業を経て2015年4月から新たな研究スペースにおいて研究が開始された。

環境資源科学研究棟は、規模は小さいものの、篠崎一雄センター長の想いである「融合」を実現すべく、和光事業所の各所から触媒化学分野1チーム、ケミカルバイオロジー分野2グループ・1チーム、創薬・医薬技術基盤プログラム1ユニットの計5研究室が集まって同居している。さらに、研究室はないが、横浜事業所の研究室から研究者が数名常駐している。ここを出発点に横浜研の研究室を和光に移動させて、環境資源科学研究センター内でのさらなる融合連携を進めることを目指している。また、事務部門である環境資源科学研究推進室もここに入居している。ちなみに、環境資源科学研究推進室は和光事業所において最南端および最西端に位置する事務室である（さらに余談として、事務室の最北端は事務情報化推進課（第2事務棟）、最東端は仁科加速器研究推進室（仁科記念棟））。

#### 環境資源科学研究センターの運営

上述したように、環境資源科学研究センターの研究室は複数の事業所、研究施設に分散しているため、篠崎一雄センター長は環境資源科学研究センターの旗印である「異分野融合」を実質的に実現すべく、以下のとおりその運営に力を注いでいる。会議や連携のためにテレビ会議システムは必須である。兼務リーダーの所属研究室にもテレビ会議システムを導入して意思の疎通を図っている。

- センター長は1週間の間、横浜事業所と和光事業所と筑波事業所を回り、PIや研究員との打ち合わせを通じて意思の疎通を図っている。テレビ会議も利用してセンター運営に役立てている。
- センターの運営に関してセンター長とグループディレクタークラスのPIとが打ち合わせ、調整を行う会議（運営調整会議）を毎月1回開催している。この会議は横浜事業所と和光事業所とで月ごとに交互にメイン会場として開催しており、ほかの事業所とはTV会議システムでつないでいる。
- 全PIとの情報伝達会議（運営会議）を毎月1回開催している。通常は運営調整会議開催後に開催され、メイン会場等は運営調整会議と同様である。
- センター全体の研究の進捗状況を年2回、秋ごろに中間報告会を、翌年春にそれまでの1年間の成果報告会を開催している。原則として、中間報告会は和光事業所で1日間、各PIのプレゼンテーションおよびポスターセッションを行う。成果報告会は2日間、1日目は和光事業所、2日目は横浜事業所で各PIのプレゼンテーションを行う。このやり方は、今後回数を重ねた上で変わっていく可能性もある。2014年度からは、名古屋大学WPIトランスフォーマティブ生命分子研究所と連携ワークショップを開催して、生物学と化学の融合連携に関する交流を行っている。これは人材の交流にも役立っている。

- 異分野融合研究を推進するため、複数の研究室等による小規模な連携研究を推奨している。センター内の研究室のほか、他センター等の研究室との連携も可能。課題を公募し、審査、選定した課題にはセンター長裁量経費から予算を配布している。異分野融合研究のためのインセンティブ経費として新規提案を取り上げている。

なお、事務部門である環境資源科学研究推進室も和光事業所と横浜事業所にある（筑波事業所にはない）。しかしながら、事務の人員規模は他センターの推進室と同様であるため、各事業所には他センターの推進室に比べて半分の人員しかない。そのため、業務の割り振りや、いわゆる報告・連絡・相談などに工夫している。また、管理職（室長と室長代理）の勤務地は和光事業所であるため、室長と室長代理は共に定期的に横浜事業所に外勤して事務職員等と打ち合わせ、情報交換等を行っている。

### 環境資源科学研究センターの人材育成（連携大学院）

連携大学院は、理化学研究所と大学とが連携して大学院博士課程の学生を指導する制度であり、理化学研究所の研究者が大学院の客員教官（兼務）となって学位授与にも関わっている（**88年史**445-456ページ）。環境資源科学研究センターにおいては、平成27年度時点で9大学と連携大学院協定を結んでおり、19名の研究者が客員教官となっている（複数の大学の教官を兼務している者がいるため、延べでは26名）。

特に、環境資源科学研究センターが所属する横浜事業所は、横浜市との連携協力の一環として横浜市立大学との連携大学院を重要視し、横浜事業所の敷地内に理化学研究所の研究施設の建設と並行して横浜市立大学（鶴見キャンパス）の施設が建設された。（横浜事業所と横浜市、横浜市立大学との連携については本編第3部第6章第8節を参照されたい）

横浜市立大学（生命医科学研究科：鶴見、生命ナノシステム科学研究科：木原生物学研究所）との連携大学院には力を入れており、平成27年度時点で6名の研究者が客員教官となっている。このうち、菊地淳チームリーダー（環境代謝分析研究チーム）の研究室の一部が横浜市立大学（鶴見キャンパス）内に、持田恵一チームリーダー（セルロース生産研究チーム）の研究室の一部が横浜市立大学木原生物学研究所（舞岡キャンパス：横浜市戸塚区）内に設置され、多くの学生の指導に当たっている。

なお、木原生物学研究所は財団法人として1942（昭和17）年、京都に設立され、横浜への移転を経て、1984（昭和59）年4月から横浜市立大学へ移管された。小麦等を中心



横浜市立大学キャンパス

とした植物学の高い研究実績があり、環境資源科学研究センターは前身の植物科学研究センターの時代から研究協力を推進している。

ほかにも2015（平成27）年度時点で、名古屋大学生命農学研究科、東京大学理学系研究科、同農学生命科学研究科、首都大学東京理工学研究科、埼玉大学理工学研究科、東京工業大学総合理工学研究科、東京電機大学工学研究科、東京医科歯科大学医歯学総合研究科、立教大学理学研究科の連携教員として教育に協力している。

## 第6節 研究組織体制、研究概要、主な成果

### 研究組織体制

2013年4月の設立時は、篠崎一雄センター長の下、研究グループ8、研究チーム9、研究ユニット8の計25研究室体制であった。このうち、研究グループと研究チームと研究ユニットがそれぞれ独立していた研究室と、組織上研究グループの配下に研究チーム・研究ユニットが配置されている形の研究室とが混在する形になっていた。このほか、社会知創成事業の二つのプログラムがそれぞれ連携部門として存在し、研究チーム5、基盤チーム1（以上バイオマス工学）、基盤ユニット2（以上創薬・医療技術基盤）の計8研究室が置かれていた。

2014年10月には、研究チームが一つ増えて研究グループ8、研究チーム10、研究ユニット8の計26研究室体制となった（連携部門を除く）。

2015年4月には、研究グループの下に研究チーム、研究ユニットがあった組織構造の部分とを並列にし、計26の並列した研究室体制とした。これに、バイオマス工学連携部門を社会知創成事業から移管したバイオマス工学研究部門（研究チーム5、基盤チーム1）が加わった。さらに、和光事業所の「グローバル研究クラスタ」の配下にあった研究支援部門のうちの2チームを解析ユニットとして移管し、植物科学研究センター由来の研究支援部門（横浜事業所）の1解析ユニットと合わせて技術基盤部門（計3解析ユニット）とした。なお、社会知創成事業のもう一つのプログラム：創薬・医療技術基盤連携部門（2基盤ユニット）は引き続き連携部門となっている。これにより、研究室等は合計35となった。連携部門の2基盤ユニットを合わせれば、37の研究室等となる。

人員は、研究者、技術者等の常勤職員が約300名、研修生、パート、客員等の非常勤職員が約300名で合計約600名の規模となる。また、設立の経緯により、主に任期制職員から成る研究室（主に植物科学分野、横浜）と主に定年制職員から成る研究室（主に化学分野、ケミカルバイオロジー分野、和光）とが混在している。任期制職員と定年制職員は人事制度や給与体系等がお互い異なるため、センターの一元的運営には課題があるが、理化学研究所が2016年度に任期制職員と定年制職員を統合した統一的人事制度を導入することにより、今後この人事上の問題は将来的には解消されることを期待している。

## 研究概要

\*環境資源科学研究センターの研究概要についてはWebページに詳細が掲載されているので、ここではWebページ (<http://www.csr.s.riken.jp/>) の要約にとどめる。

20世紀以降、人類による化石資源の大量消費によって大気中に大量の二酸化炭素が放出され、地球温暖化を引き起こしている。人類が生存していくためには、石油消費型社会から脱却し、再生可能な生物資源を活用した循環型の持続的社會への転換が危急の課題となっている。

環境資源科学研究センターは、多様な生物機能と化学機能の理解を礎にバイオ素材の利活用を進めて環境に優しい生産技術を開発し、循環型の持続的社會に貢献することを使命とする。

そのため、環境資源科学研究センターでは、「生物学」「化学」「ケミカルバイオロジー」の異分野融合によって資源・エネルギー循環型の持続的社會の実現に挑む。そのため、各研究室等が独自の研究／開発課題を推進するとともに、四つのキーワードの「融合研究」プロジェクト：「炭素」「窒素」「金属元素」「研究基盤」を推進している。

「炭素」プロジェクト（プロジェクトリーダー：斉藤和季）では、地球温暖化の原因となっている大気中の二酸化炭素を有用な物質に変換することを目指す。このため、植物の光合成機能を強化する技術や二酸化炭素を固定する触媒を開発し、さらに炭素を材料に有用な物質を自在につくり出す技術の開発を行っている。

「窒素」プロジェクト（プロジェクトリーダー：白須賢）では、革新的な触媒を開発することで、現在は高温高压の条件で大気中の窒素から合成されているアンモニア（肥料の原料）を、温和な条件下で合成する新しい方法を開発すること等を目指す。さらに、窒素やリンが少ない栄養状態の悪い環境でも生育する植物の開発や、作物やバイオマスの生産性向上に関わる耐病性や環境耐性の向上、植物の生長の向上に貢献する研究開発を行っている。

「金属元素」プロジェクト（プロジェクトリーダー：侯召民）では、資源の乏しい日本でほとんどを輸入に頼っているレアメタルを、環境に負荷を与えずに回収する技術を開発することを目指す。そのため、コケなどの植物や微生物の活用や、希少で高価な金属を使わず、豊富で安価な金属を用いた触媒の開発を行っている。

「研究基盤」プロジェクト（プロジェクトリーダー：長田裕之）では、生物の代謝産物を統合的に調べるメタボローム解析基盤、天然化合物を



図5 メタボローム解析に用いる各種質量分析計

収集したケミカルバンクを合わせた統合メタボロミクスプラットフォーム、生理活性物質の探索や評価を行うプラットフォーム、植物と微生物の人工生合成プラットフォームなどを整備することで、研究開発を強力に推進している（図5）。また、ケミカルバンクによる化合物の国内外研究機関への提供を行っている。

上記のプロジェクトのほか、バイオマス工学研究部門（部門長：松井南）では、主に植物が生産するバイオマスの増産から利活用までを、工学的な見地から技術開発を行い、石油代替資源としてバイオマスを原料に燃料や化学材料を創成するとともに、その生産プロセスの革新等を目指す。これにより化石資源を利用した「消費型社会」から、再生可能なバイオマスを利用した「持続型社会」への転換を実現させることに貢献する。

さらに、社会知創成事業（現・産業連携本部）との連携部門（部門長：吉田稔）として、大学等による創薬研究に貢献するため、多様性に富んだ天然化合物ライブラリーとそれをハイスループットにスクリーニングするための適切な評価系と機器システムをプラットフォームとして提供している。

また各研究室では、環境資源科学研究センターの目標達成に向けて、各PIが設定した独自の研究課題を「コア研究」として実施している。これらのコア研究は、状況に応じてプロジェクトや外部資金の獲得、共同研究等に発展していく。大学、他省庁の研究機関、民間企業等との共同研究も積極的に進めており、例えば2014年度において51件の企業との共同研究を進めている。企業との共同研究では、イノベーションに向けて実用化を目指した研究、いわゆる「橋渡し研究」も多く実施しており、いくつかの実用化に向けた成果も得られている。

これらをまとめると、環境資源科学研究センターにおける研究は、「コア研究」→「融合研究」→「橋渡し研究」という階層構造を持つ推進体制となっている。橋渡し研究の結果は再び融合研究やコア研究にフィードバックされ、このサイクルにより環境資源科学研究センター全体の研究を発展させていくことになる。さらに、国のプロジェクト等外部資金のプロジェクト立案へも積極的に係わり、

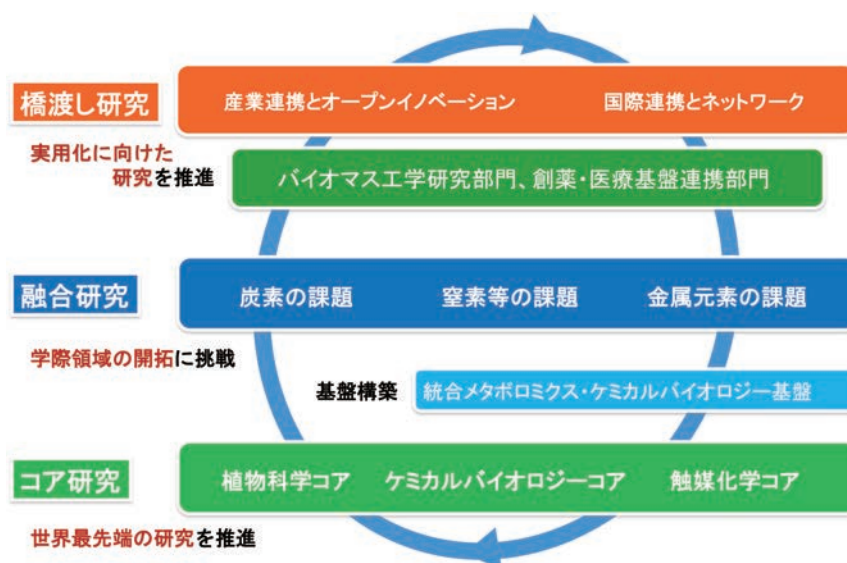


図6 研究推進の階層構造

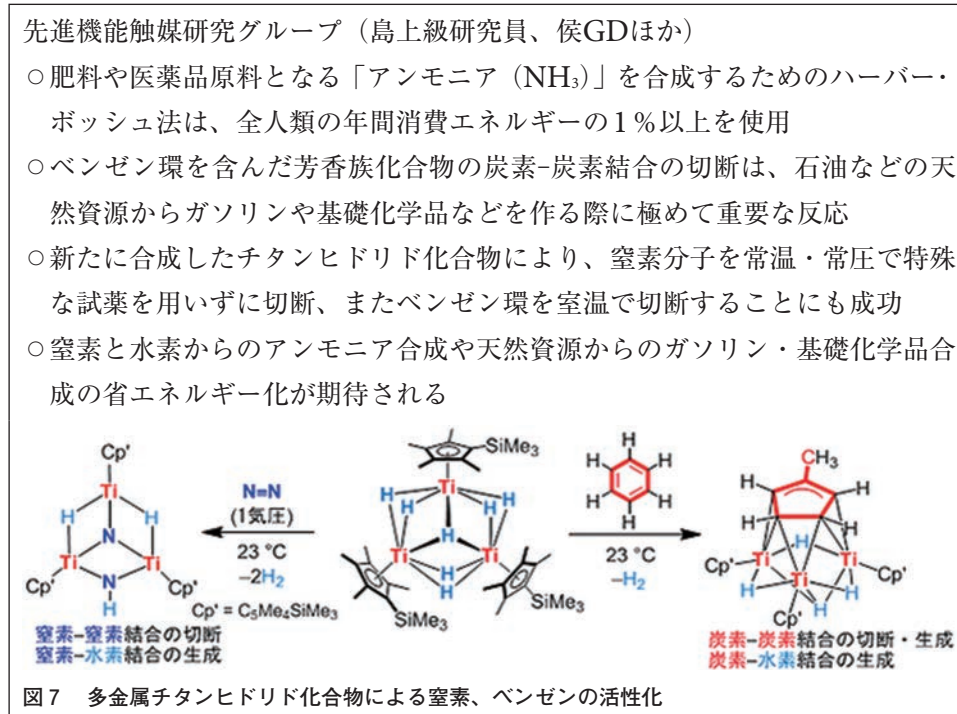


プロジェクトへの貢献や研究予算の確保に努めている（図6）。

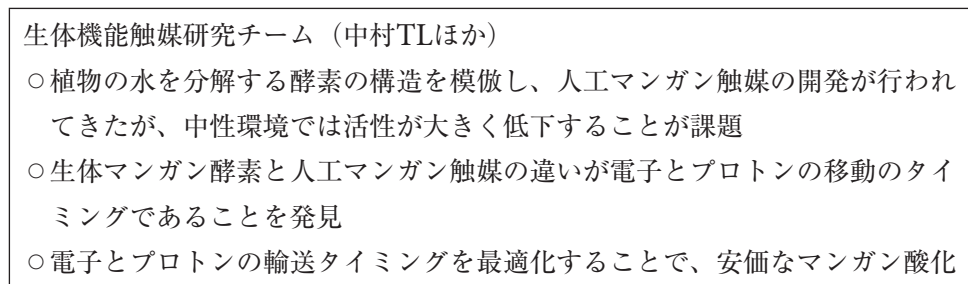
### 主な成果

環境資源科学研究センターは現在（2016年）、設立後3年を経過したところであるが、既に注目を浴びる成果も多く出ている。ここでは主要なものを記述する。もう少し詳しい概要については囲み記事を、詳細については環境資源科学研究センターのプレスリリースのWebページ（下記以外の成果も多数掲載）を参照されたい（<http://www.csr.s.riken.jp/jp/press/index.html>）。

①多金属錯体（チタンヒドリド化合物）により、窒素分子や芳香族化合物（ベンゼン）等の不活性分子の活性化に成功した。これにより常温・常圧でのアンモニア製造や基礎化学品合成などの省資源・省エネルギー型の反応に道が拓かれた。（*Science* 2013年6月、*Nature* 2014年8月）



②中性の水から電子を取り出す「人工マンガン触媒」を開発した。これにより従来は困難であった中性の水を電子源とした水素／燃料製造に向けた研究開発の進展が期待される。（*Nature Communications* 2014年6月）



物を用いて中性の水から電子を獲得することに成功

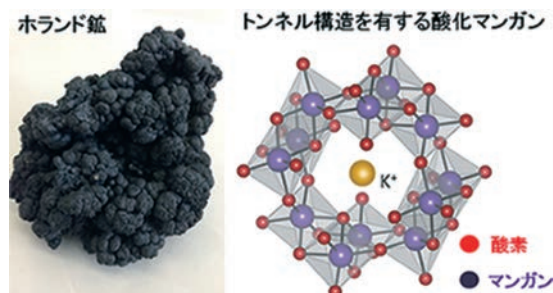


図7 人工マンガン触媒として使用した酸化マンガン

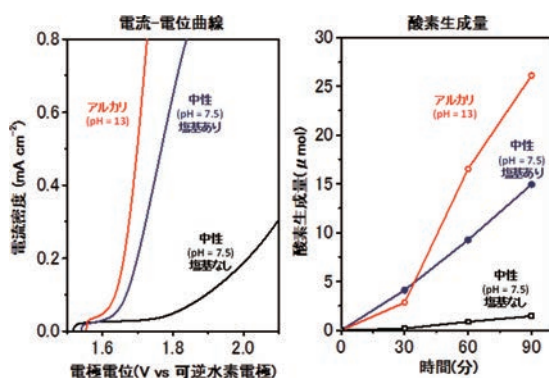


図8 アルカリと中性環境における人工マンガン触媒の水分解特性の比較

③ジャガイモの有毒アルカロイド生合成酵素遺伝子を同定した。これによりジャガイモ食中毒が低減する育種が期待される。(The Plant Cell 2014年9月)

統合メタボロミクス研究グループ (齊藤GDほか)

- ジャガイモの芽や緑化した皮の近辺には、食中毒の原因となるステロイドグリコアルカロイド (SGA) が含まれている
- ジャガイモの育種において、SGA含量を低く抑えることは重要な課題
- SGA生成に必要なコレステロール生合成の酵素遺伝子としてSSR2遺伝子を同定
- 将来のSSR2遺伝子を標的としSGAの含有量を低く抑えたジャガイモ育種につながるものと期待

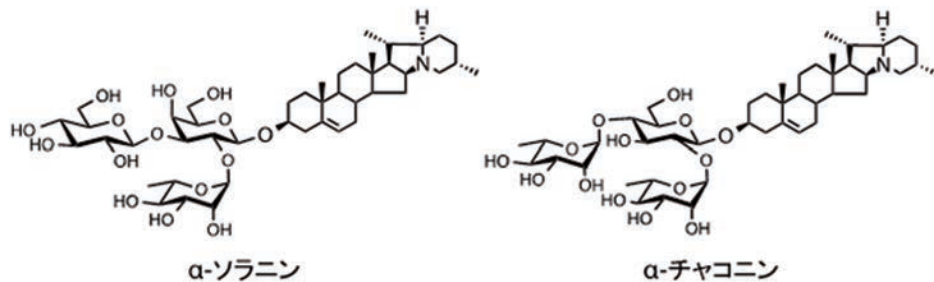


図9 ジャガイモに含まれるSGA



④植物の分化全能性抑制に係る分子メカニズムの一端を解明した。ヒストンがメチル化されることにより、一度分化した細胞の脱分化を抑えることを発見した。これにより効率的な脱分化・再分化技術の開発が期待される。(Nature Plants 2015年6月)

細胞機能研究チーム (杉本TLほか)

- 植物細胞は高い分化全能性を持っているが、その分化全能性が通常の個体発生や分化の過程でどのように抑制されているのかは分かっていなかった
- 「PRC2 (Polycomb repressive complex 2)」というタンパク質複合体によりヒストンがメチル化され、植物細胞の脱分化因子の一つ「WIND3」や、不定胚形成を促進させる「LEC2」などの遺伝子発現が抑えられていることを発見
- これまで脱分化や再分化が困難であった植物種において、クロマチン状態を操作することによる、効率的な脱分化・再分化技術の開発に期待

図11 PRC2変異体の根毛が分裂・脱分化し不定胚を形成する様子

⑤有用プランクトンを細胞丸ごと計測する多次元固体NMR解析に成功した。有用分子の把握や水質浄化など“水の資源化”を見据えた藻類バイオマス解析戦略への応用が期待される。(Environmental Science and Technology 2015年5月)

環境代謝分析研究チーム (菊地TLほか)

- 藻類は水圏生態系の物質循環や食物連鎖に深く関与しており、藻類を構成するバイオマス分子種の解析技術の高度化を図ることが環境科学分野で求められている
- 安定同位体を含む培地で藻類を標識し、細胞をそのまま固体NMRで解析、得られたシグナルを多様な手法で分離することで、細胞内の構成成分を高分

子から低分子まで網羅的に解析することに成功

- “水を資源化”する生物種の特性を解析し、どの生物種がどのような分子種を蓄積する能力を有するかをプロファイルし、富栄養化水の水質浄化研究などへ応用していくことが期待される

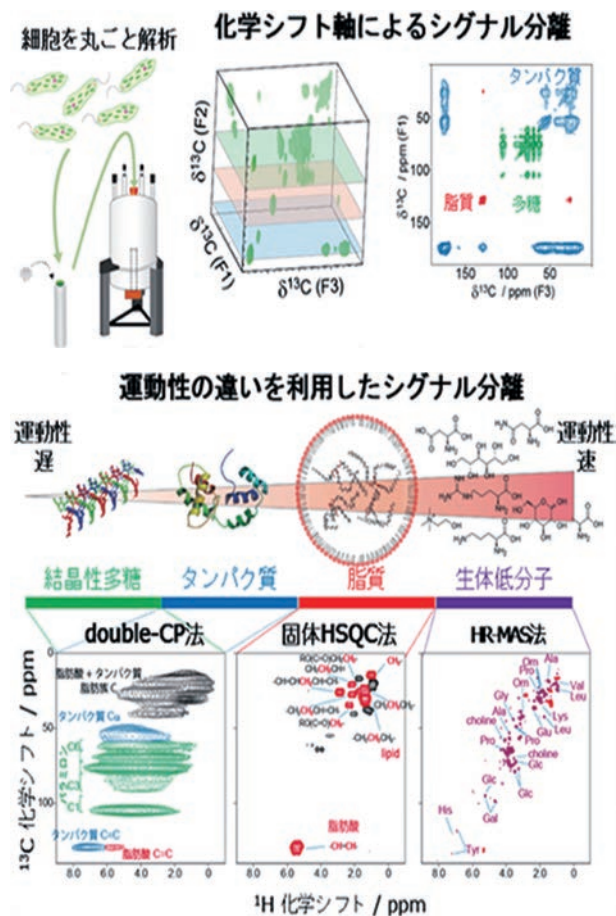


図12 多次元固体NMR法を用いた藻類細胞丸ごと解析

⑥電気をエネルギー源として生きる微生物を世界で初めて特定した。電位差を利用して二酸化炭素から有機物を合成する代謝経路を駆動することが明らかになった。(Frontiers in Microbiology 2015年9月)

生体機能触媒研究チーム (中村TLほか)

- 光合成と化学合成に代わる第3の有機物を合成する生物として、電気で生きる微生物 (電気合成微生物) の存在が注目されている
- しかし、電流を利用して細胞増殖可能な微生物および電気エネルギーを利用する上で必要となる代謝経路は解明されていなかった
- 鉄イオンをエネルギーとして利用する鉄酸化細菌の一種を用い、電気のみがエネルギー源となる環境で細胞の培養を行い、細胞の増殖を確認
- さらにこの細菌は、微弱な電位を増幅し、電位差を生成することで、二酸化炭素から有機物を合成する代謝経路を駆動することを明らかにした

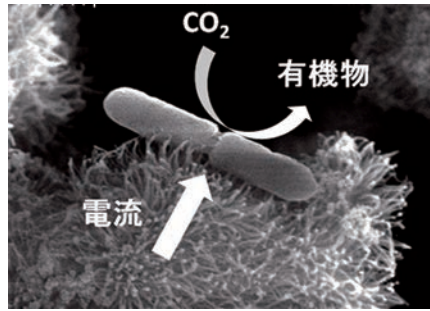


図13 電気エネルギーを利用して栄養分を作り出す微生物

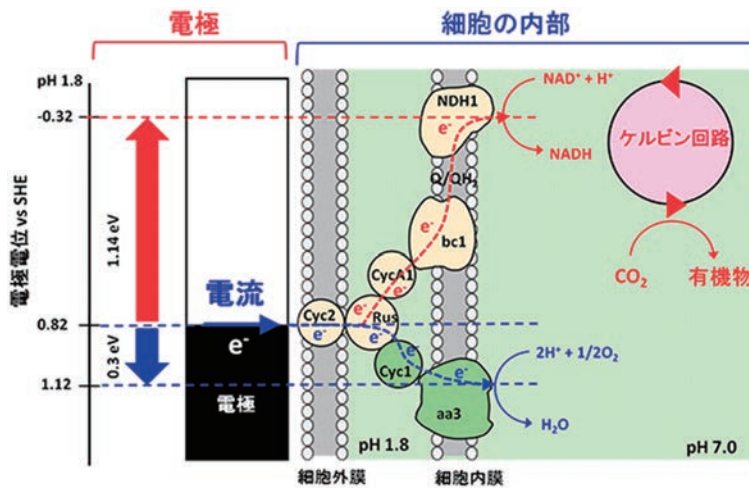


図14 微小の電力を使って生きる生物の代謝経路

⑦バイオマスを原料とした合成ゴム（ポリイソプレングム）の新合成技術を開発した。企業2社との共同研究により、バイオマス（生物資源）からイソプレンを合成することに成功した（特許出願中）。

細胞生産研究チーム

- 横浜ゴム、日本ゼオンとの共同研究により、バイオマス（生物資源）からイソプレンを合成することに成功
- 細胞設計技術を活用して合成技術を開発

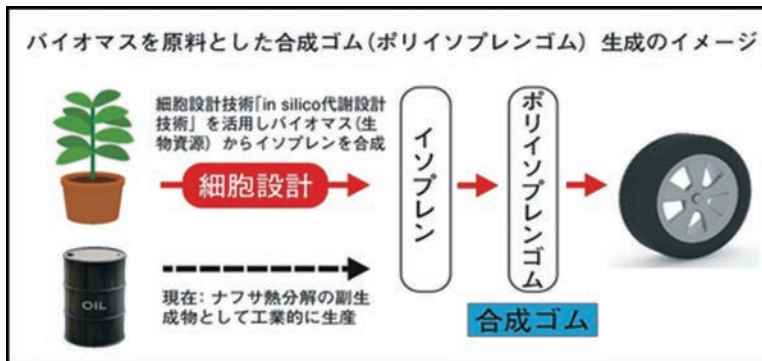
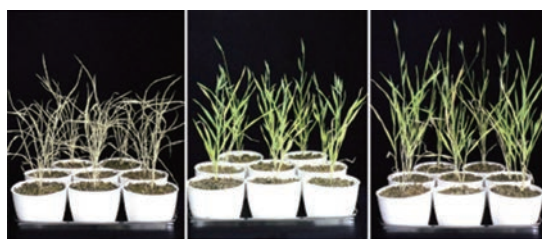


図15 化石燃料使用の削減だけでなく、気象条件によって生産高が変動する天然ゴムの補填原料としても期待

⑧ガラクトキノール合成酵素遺伝子導入による草本植物の乾燥耐性の向上に成功した。ガラクトキノール合成酵素遺伝子AtGolS2を導入することで、草本バイオマスのモデル植物であるミナトカモジグサの乾燥耐性が向上した。(Journal of Plant Physiology 2014年8月)

バイオマス研究基盤チーム

- ガラクトキノール合成酵素遺伝子AtGolS2を導入することで、草本バイオマスのモデル植物であるミナトカモジグサの乾燥耐性が向上
- 乾燥ストレスに対して耐性のある植物によりセルロースの生産性を向上



CP TP1 TP2

図16 CP：野生型植物  
TP1：AtGolS2導入植物（1回目）  
TP2：AtGolS2導入植物（2回目）

⑨植物細胞のミトコンドリア内へ選択的に遺伝子を導入する手法を開発した。バイオマスの増産・高性能化を目指した植物工場、新規植物開発等への応用が期待される。(Scientific Reports 2015年1月)

酵素研究チーム

- 植物細胞のミトコンドリア内に遺伝子を効率的に導入する技術を開発
- バイオベース化成品の大量生産する仕組みの構築
- バイオマスの増産・高性能化を目指した植物工場、新規植物開発等への応用

転換

ポリカチオン配列: KHKHKHKHKHKHKHKHKHKHK (KH)  
細胞膜透過配列: KKLFKKILKYL (BP100)  
ミトコンドリア移行配列: MLSLRQSIIRFFK (Cytcox)

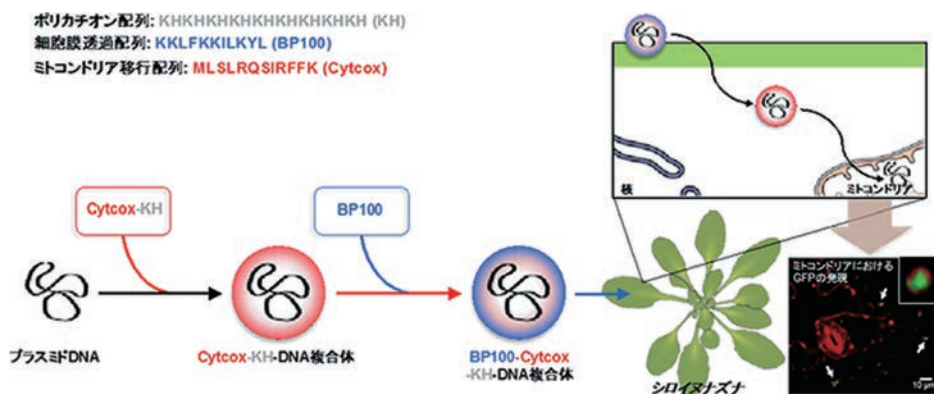


図17

⑩リグニン構成成分を原料としたバイオプラスチックの微生物生産に成功した。企業との共同研究により、これまで利用困難とされたリグニンを用いて微生物による物質生産を行う基盤技術の可能性が開けた。(ACS Sustainable Chemistry

Engineering 2014年3月)

酵素研究チーム

- (株) カネカとの連携にて樹木に多く含まれるリグニンの産業利用に向けた研究を展開

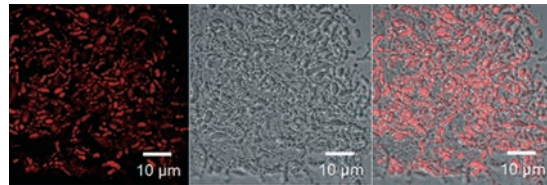


図18 リグニン誘導体を炭素源とし、PHAを蓄積した微生物の顕微鏡写真

⑪光合成によるバイオプラスチックの生産効率で世界最高レベルを達成した。ラン藻に微生物由来の遺伝子を導入し、光合成と炭酸ガスだけでバイオプラスチックの生産効率14%を達成した。これによりラン藻によるバイオプラスチックの新たな合成経路を確立した。(PLoS ONE 2014年1月)

合成ゲノミクス研究チーム

- ラン藻に微生物由来の遺伝子を導入、糖類不要の培養液で育成が可能に
- バイオプラスチックの低価格化と環境負荷の低減に貢献



図19 独自に開発したCO<sub>2</sub>濃度、光環境の完全制御による回転藻類培養装置

⑫ソルガム (モロコシ) の完全長cDNAデータベース「MOROKOSHI」をバージョンアップした。約1万種の遺伝子を同定して解析したゲノム配列情報を登録更新し、草本系バイオマス植物研究を加速する研究基盤を構築した。(Plant and Cell Physiology 2015年1月)

合成ゲノミクス研究チーム

- ソルガム (モロコシ) の完全長cDNAデータベースを刷新
- 約1万種の遺伝子を同定し、ゲノム配列情報を解析
- 草本系バイオマス植物研究を加速する研究基盤を構築
- バイオマス研究を加速する基盤データベースとしての利用に期待

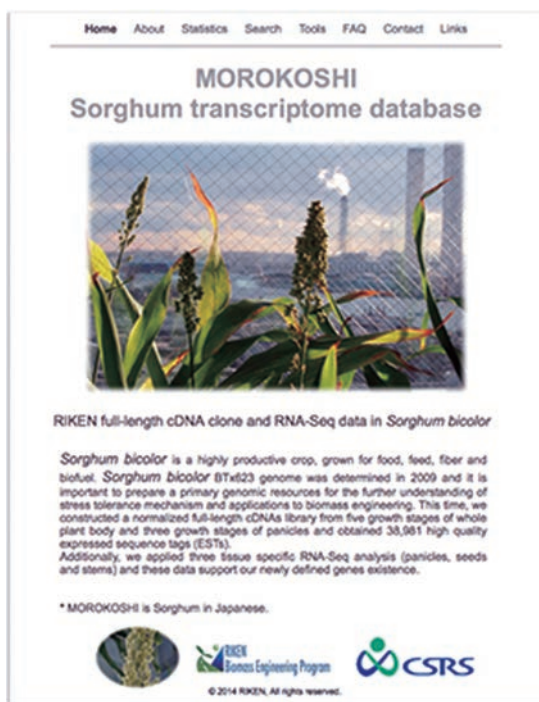


図20 ソルガムのトランスクリプトームデータベース「MOROKOSHI」

⑬ (株) カネカとの共同研究により、従来用いられているポリ乳酸に比べ、柔軟性があり熱に強い生分解性プラスチック、PHBH (3-ヒドロキシブチレート-co-3-ヒドロキシヘキサノエート重合体)を開発し、微生物を用いて年間1,000トンのPHBHを大量生産することに成功した。(『広報誌 RIKEN』2015)

バイオプラスチック研究チーム

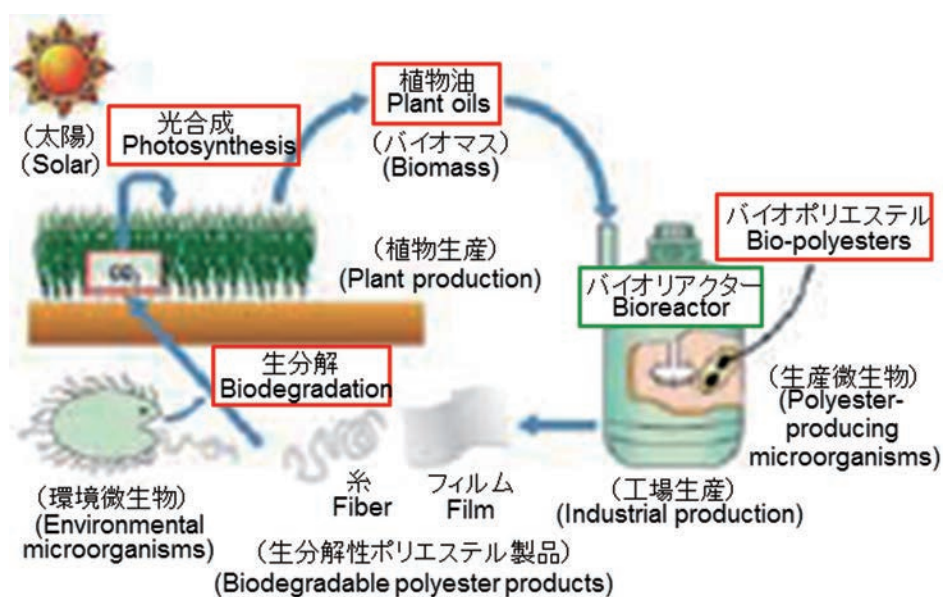


図21 新たなバイオマスプラスチック



なお、研究実績の数値データとして、2014年度の論文数などを図22に示した。

○論文発表数		
環境資源事業	欧文: 192	和文: 19
バイオマス事業	欧文: 45	和文: 0
○受賞		
	39件	受賞者数: 46人
例)・科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞(研究部門) 魚住TL		
○出願特許数		
環境資源事業		
特許出願数	31件(国内: 20件 外国: 11件)	
特許登録数	13件(国内: 3件 外国: 10件)	
バイオマス事業		
特許出願数	4件	
特許登録数	0件	
○所外連携(企業)	51件(環境資源事業・バイオマス事業含む)	

図22 環境資源科学研究センター2014年度の成果 [データ]

### 環境資源科学研究センターの使命

現在、環境資源科学研究センターでは、2013年に理化学研究所の強い分野（植物科学、生物化学、触媒化学、これらはいずれも論文の引用度の高い分野）を統合し、環境や食料の資源循環的な生産と利活用に関する目的基礎研究を推進している。さらに、2015年には植物バイオマス生産と利活用に関わるバイオマス工学研究プログラムを統合して、バイオを基礎にした有用物質の工業生産にも展開している。これらは人口増加、気候変動、化石資源の枯渇など人類社会の生存に関わる重要な課題へつながら、資源循環型の物質生産、食料生産、さらに気候変動に対応した農業に貢献する社会へ発展していくプロジェクトである。これらの課題の実現にはいずれも時間が掛かり、外部の研究機関との連携、企業との連携によって社会展開が可能になっていくものである。

環境資源科学研究センターは、理化学研究所内外の連携研究を推進することで、科学技術ハブの拠点として役割を果たしている。特に大学研究者との研究ネットワーク、府省連携によるプロジェクト（SIP：戦略的イノベーション創造プログラム〔内閣府〕、ImPACT：革新的研究開発推進プログラム〔内閣府〕、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立研究開発法人水産総合研究センター（当時）など）を推進している。

企業等との連携についても、環境資源科学研究推進室や産業連携本部イノベーション推進センター事業開発室の支援を受けて企業連携（化学産業、食品・種苗産業、ベンチャー企業など）を積極的に進め、企業からの研究費および企業との連携が求められる外部資金の獲得を推進している。

これらにより、環境資源科学研究センターは、理化学研究所において環境、エネルギー、農業、バイオテクノロジーおよび生物多様性などに貢献するユニークな研究分野を担い、これからの地球規模問題の解決に関わる研究を推進していく。

