

美しい地球と  
わたしたちの未来のために

RIKEN  
ENVIRONMENTAL  
REPORT

環境報告書

2016



環境報告書に関するお問い合わせ  
理化学研究所の環境報告書についてのご意見、ご感想などございましたら、下記までお問い合わせ下さい。

 **理化学研究所**

国立研究開発法人理化学研究所 総務部総務課

〒351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1  
e-mail : eco-jimu@riken.jp

発行：2016年9月

国立研究開発法人理化学研究所

理研  
百年  
RIKEN CENTENNIAL  
Since 1917



## ご挨拶

理化学研究所(理研)は、1917年(大正6年)に、産業の発展のために科学研究と応用研究を行なう財団法人として創立された、一世紀にわたる長い歴史を持つ研究所です。

その後、株式会社や特殊法人を経て、独立行政法人として再発足し、2015年4月に国立研究開発法人となりました。

日本で唯一の自然科学の総合研究所として、国と時代の要請に応えながら形を変えつつも、物理学、工学、化学、計算科学、生物学、医科学など幅広い分野で先導的な研究を進めています。

国立研究開発法人のミッションである「研究開発成果の最大化」を目指し、研究者の自律と豊かな発想を大切にしつつも社会的責任を強く意識し、効果的かつ効率的な業務運営を進めます。また2014年に策定し、運営・改革モニタリング委員会で実施状況を評価していただいた「アクションプラン」を減速させることなく、着実に実効性を持って遂行します。同時に、研究者が誇りを持って活躍できる研究環境を整備します。

科学技術の知見を新たな価値の創造に結びつけ、理研の特長である総合力を発揮し、国内外の関係機関とも連携しつつ、知の源泉となる基礎科学、そして卓越した技術開発を推進し、世界のRIKENとして、豊かな国民生活の実現に寄与するとともに国際社会にも貢献してまいります。



松本 紘

## 環境理念

### 「自然を理解し、自然を尊ぶ」

国立研究開発法人理化学研究所は、わが国唯一の自然科学における総合研究機関として、その研究成果を最大限社会に還元することを目的にしています。自然を理解するという研究活動を通じ、未来に向けて持続性のある文明社会の構築に貢献するとともに、自然を尊ぶ精神を常に心にとどめ、美しい地球の環境保全に努力していきます。

## 環境行動指針

理研は、環境に配慮した研究所運営を最重要課題とし、経営理念を実現するために、研究所に働く一人ひとりの自覚と、研究所の活動に関わる関係者との協力により、積極的・継続的に環境問題の解決に取り組みます。

- 環境負荷の低減や地球環境問題の解決に貢献する研究活動を積極的に推進し、自然科学の総合研究所としてふさわしく、かつ先進的な研究成果の創出に努めます。
- エネルギー使用の合理化、化学物質の適正な管理、廃棄物の削減などによる環境配慮活動を積極的に行います。
- 環境負荷低減活動や地球環境問題の解決に貢献する研究活動に関して情報を積極的に公開し、社会との対話に努めます。
- 研究所が一体となって環境負荷の低減を図るため、効果的な環境配慮体制を整備するとともに、職員などへの環境教育を実施します。



# 役員からのメッセージ

独立行政法人理化学研究所は、2015年4月に国立研究開発法人となり、2016年10月からは特定国立研究開発法人となるべく鋭意準備が進められています。国立研究開発法人のミッションである「研究開発成果の最大化」を目指し、研究者の自律と豊かな発想を大切にすると同時に社会的責任を強く意識し、効果的かつ効率的な業務運営を行っています。日本で唯一の自然科学の総合研究所として、国と時代の要請に応えながら形を変えつつ、物理学、工学、化学、計算科学、生物学、医科学など幅広い分野で先導的な研究を進めています。特定国立研究開発法人として、それらの成果に加えて、より直接的な社会への貢献が求められることとなります。

その為の経営方針として、松本紘理事長のリーダーシップの下、理研科学力展開プランを策定しました。その中で、我が国がイノベーションにより、地球と共生し、人類の進歩に貢献し、世界トップクラスの経済力と存在感を維持するため、理研は、総合研究所として研究開発のポテンシャルを高め、至高の科学力を以って国の科学技術戦略の担い手となる。そのため、大学と一体となって我が国の科学力の充実を図り、研究機関や産業界との科学技術ハブ機能の形成を通してこれを展開することにより、世界最高水準の成果を生み出すべく、次の五つの柱に沿って、高い倫理観を持って研究活動を推進するとしています。

- 研究開発成果を最大化する研究運営システムを開拓・モデル化する
- 至高の科学力で世界に先んじて新たな研究開発成果を創出する
- イノベーションを生み出す「科学技術ハブ」機能を形成する
- 国際頭脳循環の一極を担う
- 世界的研究リーダーを育成する

そのような活動の中で、理化学研究所が掲げる環境理念である「自然を理解し、自然を尊ぶ」は益々重要になって来ています。すなわち、自然を理解するという研究活動を通じ、未来に向けて持続性のある文明社会の構築に貢献するとともに、自然を尊ぶ精神を常に心にとどめ、美しい地球の環境保全に努力して行くことが

求められています。

行動指針として、環境に配慮した研究所運営を最重要課題とし、積極的・継続的に環境問題の解決に取り組むとして、下記のように宣言しています。

- 環境負荷の低減や地球環境問題の解決に貢献する研究活動を積極的に推進し、自然科学の総合研究所としてふさわしく、かつ先進的な研究成果の創出に努めます。
- エネルギー使用の合理化、化学物質の適正な管理、廃棄物の削減などによる環境配慮活動を積極的に行います。
- 環境負荷低減活動や地球環境問題の解決に貢献する研究活動に関して情報を積極的に公開し、社会との対話に努めます。
- 研究所が一体となって環境負荷の低減を図るため、効果的な環境配慮体制を整備するとともに、職員などへの環境教育を実施します。

本環境報告書では、最先端の環境研究のいくつかを紹介するとともに、様々な環境負荷に関するデータを紹介しています。研究活動は大きな環境負荷の上に成り立つものである、という認識のもと、冒頭に述べた環境理念に沿った研究活動が実践されているか、加えて科学力展開プランを実現する研究活動が行われているか、ご覧頂ければ幸いです。



国立研究開発法人理化学研究所  
理事 松本 洋一郎

## [編集方針]

- 理研自らが排出する環境負荷の実像を把握し、理研の環境対策の推進に資するとともに、職員自ら環境に対する関心を高めることを目的としています。
- 国内唯一の科学技術の総合研究機関として環境対策に役立つ研究活動や研究成果を分かりやすくまとめているので、本報告書を通じて科学技術に対する理解も深めていただければと思います。

- 本報告書は、今後継続して作成していく礎となるよう作成しました。対象年度以前のデータについては十分に集積し得なかったものもありますが、可能な限り報告しています。

## [対象組織の範囲]

海外の拠点を除く理研の国内拠点全所を対象。それぞれの地区によって異なる環境関連データを吟味し、収集し得るデータを集積して報告しています。

## [報告対象期間]

2015年度(2015年4月1日～2016年3月31日)  
ただし、一部2016年度の情報も含まれています。

## [準拠するガイドライン]

本報告書は、「環境情報の提供の促進などによる特定事業者の環境に配慮した事業活動の促進に関する法律」に基づき、原則として「環境報告ガイドライン(2012年版)」(平成24年4月環境省発行)に準拠して作成しています。

## [公表媒体の選択]

理化学研究所環境報告書は、2009年度より、WEBで公開しています。

## [発行時期]

2016年9月

# contents

理事長挨拶	1
役員からのメッセージ	3
目次、編集方針	4
理化学研究所概要	5

特集記事1	9
特集記事2	13
特集記事3	17

環境マネジメント体制	21
環境負荷の全体像	22

働きやすい職場づくり	28
環境コミュニケーションと環境配慮活動	
・和光地区	30
・神戸(第1・2)、大阪地区	33
・筑波地区	35
・播磨地区	36
・横浜地区	37

環境報告書の信頼性を高めるために	
・第三者意見	40
・監事意見書	41
・環境報告ガイドライン(2012年版)との対応表	42



# 理化学研究所概要

理化学研究所は、日本で唯一の自然科学の総合研究所として、物理学、工学、化学、計算科学、生物学、医科学などに及び広い分野で研究を進めています。

当研究所は、1917年(大正6年)に財団法人として創設されました。戦後、株式会社科学研究所、特殊法人時代を経て、2003年(平成15年)10月に文部科学省所轄の独立行政法人

理化学研究所として再発足し、2015年(平成27年)4月には国立研究開発法人理化学研究所になりました。

研究成果を社会に普及させるため、大学や企業との連携による共同研究、受託研究等を実施しているほか、知的財産等の産業界への技術移転を積極的に進めています。

# 第3期中期目標(H25~H29)における理研の使命

1. 国家的・社会的ニーズを踏まえた戦略的・重点的な研究開発を推進すること
2. 世界トップレベルの研究基盤の整備・共用・利用研究を推進すること
3. パラダイム転換をもたらすような創造的・挑戦的な先端融合研究(基礎研究)等を効果的に進めること
4. 研究開発成果を、産業・医療応用等に向けた理化学研究所内外の連携やネットワーク構築を通じて、効果的に社会還元につなげること
5. 活気ある開かれた研究環境の整備等、優秀な研究者等の育成・輩出等を図ること

# 歴史と伝統

理研産業団(理研コンツェルン)  
会社数63 工場数121(1939年当時)

1967  
駒込から和光に移転

1917-  
財団法人理化学研究所

高峰 讓吉  
(1854~1922年)  
「国民科学研究所設立の必要性」を提唱。  
アドレナリン等の業績で世界の産業界に影響を与える。



鈴木 梅太郎  
(1874~1943年)  
財団法人理化学研究所創設に参加。  
合成酒「理研酒」、「理研ビタミン」などの商品の発明・開発を行う。



1948-  
株式会社科学研究所

仁科 芳雄  
(1890~1951年)  
財団法人理化学研究所 第四代所長。株式会社科学研究所初代社長。  
日本の理論物理、加速器研究の礎を作り、湯川秀樹らを輩出。



1958-  
特殊法人理化学研究所

朝永 振一郎  
(1906~1979年)  
1965年ノーベル物理学賞受賞。  
理研OB会 初代会長  
大学卒業後、仁科研究室で量子力学を学ぶ。



2003-  
独立行政法人理化学研究所

2015-  
国立研究開発法人理化学研究所

松本 紘  
(1942~ )  
国立研究開発法人理化学研究所初代理事長。  
(2015年4月~現在に至る)



伊沢 栄一  
(1840~1931年)  
財団法人理化学研究所設立者総代。  
日本で最初に株式会社を設立し、銀行や多方面の産業界社約500社を設立。



大河内 正敏  
(1878~1952年)  
財団法人理化学研究所第三代所長。  
主任研究員制度の設立、理化学興業の創業など理研の基礎を作った。

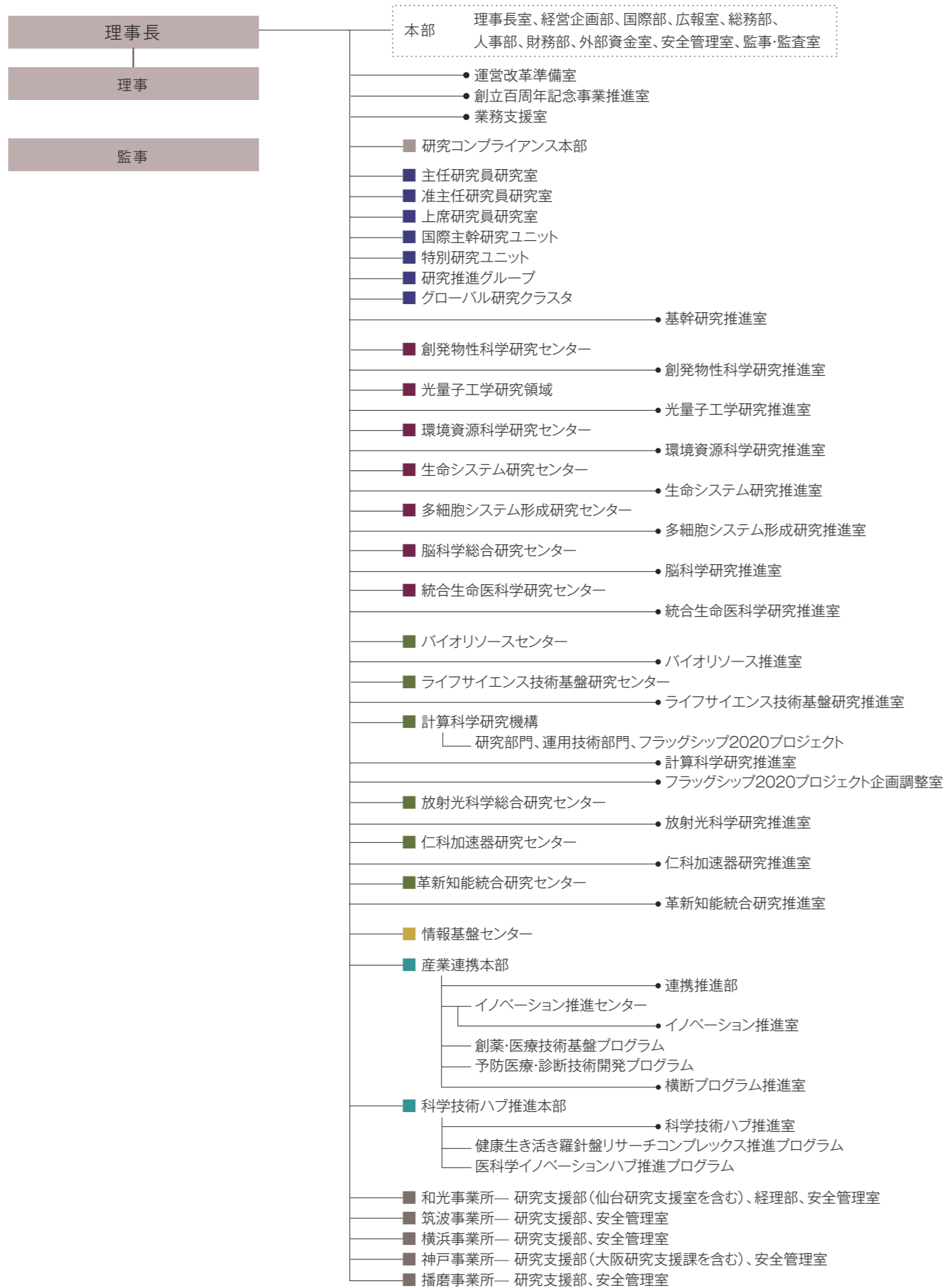


湯川 秀樹  
(1907~1981年)  
1949年ノーベル物理学賞受賞。  
理論物理研究室を立ち上げ主任研究員として活躍。



野依 良治  
(1938~ )  
2001年ノーベル化学賞受賞。  
独立行政法人理化学研究所初代理事長。

# 組織図 (2016年8月8日現在)

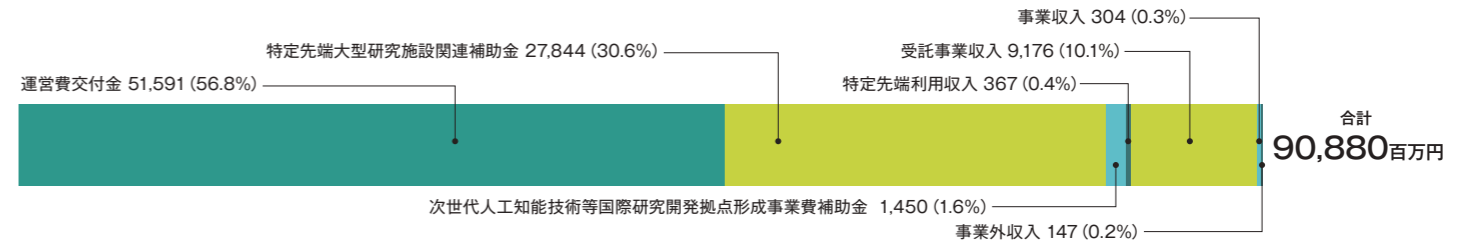


# 予算

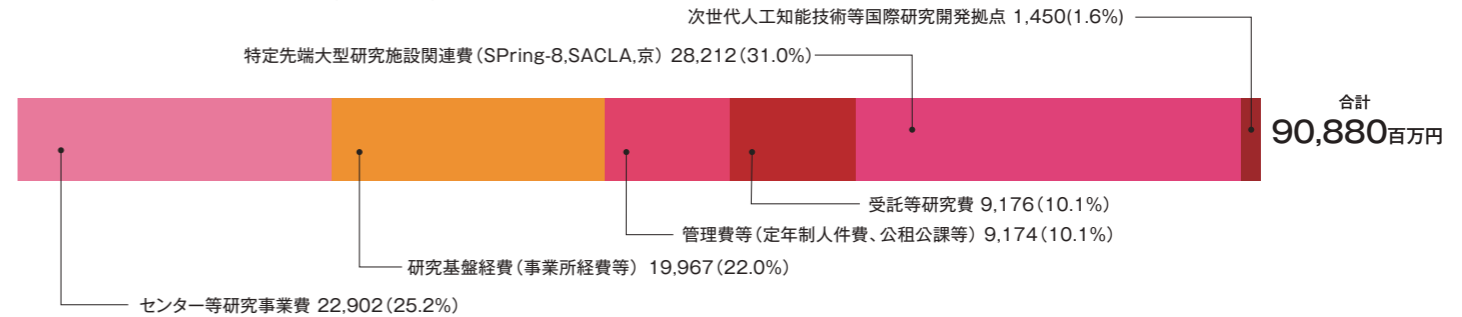
理研の収入は「政府支出金」と「自己収入」に大きくわけられます。

「政府支出金」とは、理研が事業を実施する上で必要な運営費や施設等の維持費などを国が算定し交付される資金ですが、経営効率化等の観点から、新たな業務を行う場合を除き、一定割合で削減されることとなっています。そのため理研では、受託事業収入や競争的資金はじめとする様々な外部資金の獲得に努力しています。

▶ 2016年度 収入予算の内訳(当初予算)



▶ 2016年度 支出予算の内訳(当初予算)

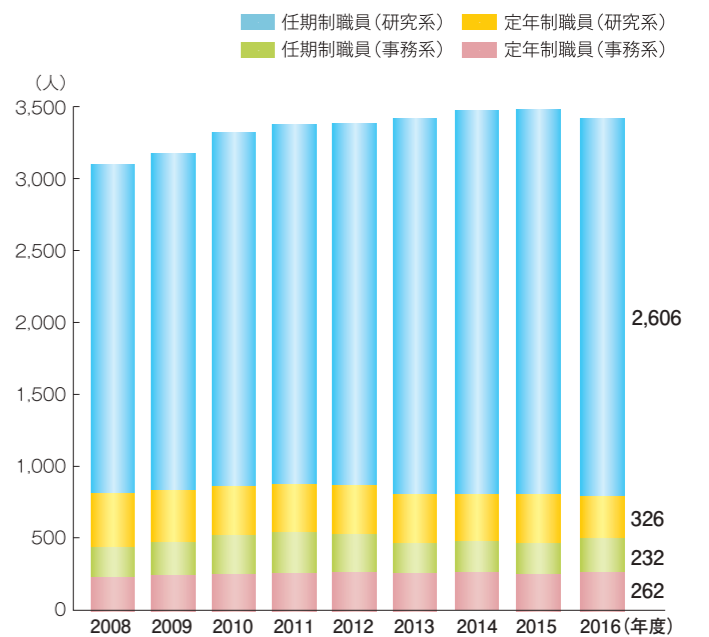


# 人員

理研の職員は、定年まで雇用する定年制職員と、年限を区切って雇用する任期制職員として、研究者、技術者および事務職員を配置しています。最良の研究成果を生み出すことを目指し、国内外の多様な人材をよりよく活かすための人材制度の確立に努めながら、キャリアサポート、男女共同参画の推進などにも力を入れています。

研究系職員	2,932名	任期制職員	2,606名	職員合計 3,426名
		定年制職員	326名	
事務系職員	494名	任期制職員	232名	(2016年4月1日現在)
		定年制職員	262名	

● 理研の人員の推移 (2016年4月1日現在)





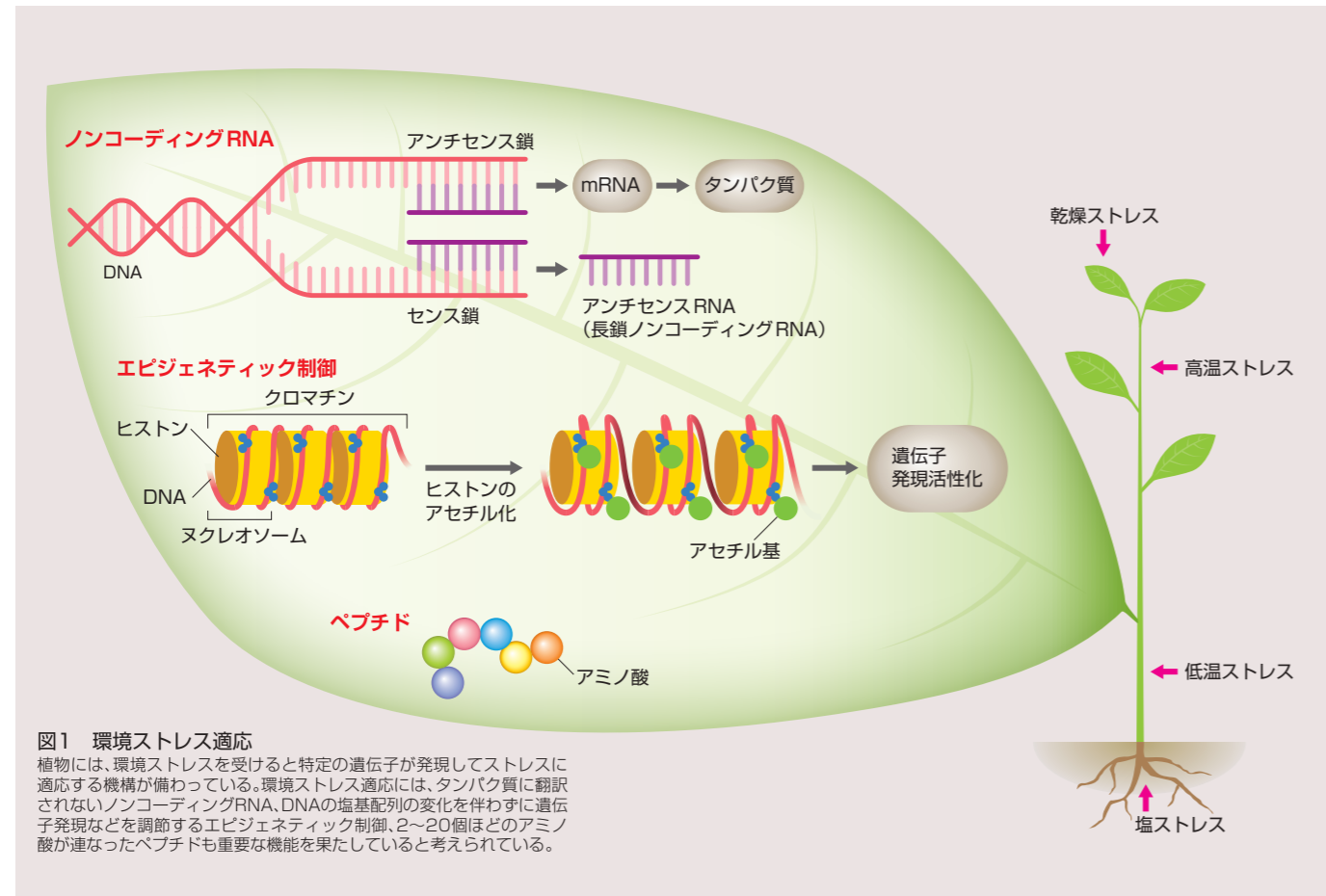
# 環境ストレスに強く 高収量の作物の開発を目指す

環境資源科学センター(CSRS)植物ゲノム発現研究チームの温室に入ると、汗ばんでくる。室温が30℃に設定されているからだ。そこに並ぶ植物は、高さ数十cmで、葉は七つくらいに深く裂けている。「キャッサバです。デザートにもなるタピオカの原料と言った方がなじみがあるかもしれません。野外では高さ2~3mになり、地下にイモができます。イモは、甘みのないサツマイモのような味で、なかなかおいしいですよ」と関原明 チームリーダー(TL)。キャッサバはトウダイグサ科イモノキ属に属する熱帯性の低木で、南米原産だ。世界で5億人以上の人々が食糧としているほか、加工食品や工業製品、バイオ燃料の原料としても利用されている。植物ゲノム発現研究チームでは、植物が乾燥・塩・高温・低温などの環境ストレスに適応する仕組みを明らかにする研究と、キャッサバについての研究に取り組んでいる。得られた成果を利用して、環境ストレスに強い作物やイモの収量が多いキャッサバをつくり出すことを目指す。

## 環境ストレス適応でのRNAの役割

植物ゲノム発現研究チームは、二つの研究テーマを掲げている。「環境ストレス適応とキャッサバです」と関TL。環境ストレス適応の研究から紹介しよう。植物は、乾燥や低温、塩など生育環境が悪化しても移動して避けることができない。そのため植物には、環境の変化を感知し、適応して生き抜く仕組みが備わっている。関TLは、そのメカニズムの解明を目指してきた。理研植物分子生物学研究室(篠崎一雄 主任研究員、現 CSRSセンター長)の前任研究員だった2002

年には、モデル植物のシロイヌナズナを用いて環境ストレスを受けたときに発現する遺伝子を網羅的に解析。乾燥、低温、塩のストレスによって発現が誘導される遺伝子を大量に同定することに世界で初めて成功し、大きな注目を集めた。「環境ストレス適応の研究は、乾燥や低温、塩害などに強い作物の開発につながり、食糧問題や環境問題の解決に役立つことから、研究者人口も多く、競争も厳しいです。2006年に理研植物科学センター(PSC)で研究チームを立ち上げるとき、ほかの研究者がまだ注目していない切り口でやろう



## 関原明 (せき・もとあき)

環境資源科学センター  
植物ゲノム発現研究チーム  
チームリーダー

1966年、兵庫県生まれ。博士(理学)。京都大学農学部卒業。広島大学大学院理学研究科博士課程修了。理研植物分子生物学研究室前任研究員、ゲノム科学総合研究センター植物変異開発研究チーム上級研究員、植物科学センター植物ゲノム発現研究チームチームリーダーなどを経て、2013年より現職。2013年より科学技術振興機構CREST研究代表者(兼務)。



と考えました。それが、ノンコーディングRNA(非翻訳型RNA)とエピジェネティック制御で、その後ペプチドも加え、この三つに力を入れています」

一つ目のノンコーディングRNAとは？ 細胞の核の中には、4種類の塩基から成るDNAが入っている。DNAの一部が遺伝子としての機能を持つ。遺伝子が働くときには、遺伝子領域のDNAがRNAに転写され、不要な部分が取り除かれてmRNA(メッセンジャーRNA)になる。mRNAの塩基配列がアミノ酸に翻訳されてタンパク質がつけられ、機能を発揮する。しかし、細胞内にはmRNAのほかにもたくさんのRNAがあること、それらはタンパク質に翻訳されないことが分かってきた。そのようなRNAをノンコーディングRNAと呼ぶ。理研ゲノム科学総合研究センター(GSC)の林崎良英プロジェクトディレクター(現 予防医療・診断技術開発プログラム[PMI]プログラムディレクター)らが2005年、マウスで大量のノンコーディングRNAを発見して大きな話題となった。

「私たちは松井章浩研究員を中心に、シロイヌナズナを用いて環境ストレスを受けると長鎖ノンコーディングRNAが大量に発現することを明らかにして、2008年に発表しました。長鎖ノンコーディングRNAが環境ストレス適応に関連していることを示した初めての例です」

さらに、長鎖ノンコーディングRNAの80%以上がmRNAに対して相補的なアンチセンスRNAであることが分かった。DNAは2本の鎖が結合した、らせん構造になっている。遺伝子が発現するときには結合がほどけ、アンチセンス鎖と呼ばれる方のDNAを鋳型としてmRNAが転写される。もう一方のDNAはセンス鎖と呼ばれる。このセンス鎖を鋳型とし、タンパク質に翻訳されない長鎖ノンコーディングのアンチセンスRNAが転写される場合がある(図1)。

「環境ストレス適応における長鎖ノンコーディングRNAの機能はまだ不明ですが、私たちの最近の研究から、古いmRNAと選択的に結合して壊すことでmRNAのターンオーバーに関わっているらしいことが分かってきました。詳細な解析を進めているところです」

## 環境ストレスを記憶し、備える？

二つ目のエピジェネティック制御とは、DNAの塩基配列の変化を伴わずに遺伝子の発現を制御する仕組みである。関TLらは、エピジェネティック制御の中でもヒストン修飾に注目している。DNAは、ヒストンというタンパク質に約150塩基対ずつ巻き付いてヌクレオソームを形成し、連なったヌクレオソームが折り畳まれてクロマチンという構造を取っている。ヌクレオソームからはヒストンのアミノ末端(N末端)が出ていて、そこにアセチル基が付いてアセチル化されると、クロマチンが緩んで遺伝子発現が活性化される(図1)。「ヒストン修飾による遺伝子発現の制御は動物や酵母ではよく知られていますが、植物では詳しく調べられていませんでした。そこで金鐘明<sup>きんしょうめい</sup>研究員を中心に、シロイヌナズナで乾燥ストレスを受けると発現することが分かっている遺伝子について、ヒストン修飾の変化を解析しました。その結果、植物でもヒストン修飾が遺伝子の発現を制御していることを明らかにし、2008年に発表しました。ヒストン修飾のパターンは多様で、ダイナミックに変化し、遺伝子発現を巧妙に制御していたのです」

乾燥ストレスがかかると、特定の遺伝子領域でヒストンのアセチル化が増加してクロマチンが緩み、遺伝子発現が活性化された。水を与えると、アセチル化は減少してクロマチンが密になり、遺伝子発現が抑制された。ここまでは予想されていたことだが、例外があった。「乾燥ストレスがなくなったのに乾燥ストレス時に増加したあるヒストンの修飾が残ったままで、クロマチンが緩んでいる遺伝子があったのです。植物は環境ストレスを受けると、それを記憶し、次に同じストレスを受けたときに素早く遺伝子を発現させて適応できる仕組みが備わっているといわれています。一部のヒストン修飾が残るのは、環境ストレスの記憶に関わっているのではないかと考えています」

また関TLは、金研究員、東京大学大学院生の藤泰子<sup>とうたいこ</sup>氏(現東京大学理学部助教)らと共に、ヒストン修飾酵素の変異体から乾燥ストレス耐性を示すものを探索した。「それまで知られていなかったまったく新しい乾燥ストレス耐性のメカニズムを見つけています。近いうちに論文発表できると思います」





図2 キャッサバ  
 キャッサバ(学名Manihot esculenta)はトウダイグサ科の熱帯性の低木で、高さは2~3mになる。長さ30~70cm、直径5~10cmのイモが、幹の根元に放射状につく。左から、ベトナムの圃場、収穫したイモ、遺伝子組み換え体の葉と根。

### 春に成長を再開させる仕組み

関TLらは、mRNAに転写された後の制御も環境ストレス適応には重要であることを明らかにして、2014年に発表した。植物を急に氷点下の環境に置くと枯れてしまう。しかし冬コムギやホウレンソウは、秋になって温度が下がっても枯れず、冬を越し、春が来て暖かくなると成長を再開する。越冬性植物は、温度が低下していく時期に“低温馴化”<sup>しゅんか</sup>といて耐凍性を獲得し、温度が上がってくると“脱馴化”<sup>だつしゅんか</sup>といて耐凍性を解除して成長を再開させる仕組みが備わっているのだ。低温馴化は古くから研究されているが、脱馴化についてはよく分かっていない。

そこで中南健太郎 研究員を中心に、越冬性のシロイヌナズナを用いて、低温馴化と脱馴化の過程で発現する遺伝子とタンパク質を詳しく調べた。すると、低温馴化時にmRNAに転写されるものの、タンパク質の合成は脱馴化時に起きる遺伝子が226種類もあった。遺伝子が発現してmRNAに転写されると、多くの場合はすぐにタンパク質が合成される。遺伝子の発現とタンパク質の合成に時間差があるのは、なぜだろうか。

関TLの考えはこうだ。「DNAがmRNAに転写されるには、ある程度時間がかかります。あらかじめ脱馴化に必要な遺伝子を発現させてmRNAを準備しておくことで、温度が上がったら実際に機能するタンパク質を素早く合成して成長を再開できるようにしているのではないのでしょうか」。遺伝子の発現とタンパク質の合成は別々に解析することが多い。同時に網羅的に解析したことによって初めて得られた成果である。「あるmRNAは、環境が変化して実際に機能する時期までストレス顆粒に貯蔵されています。ストレス顆粒とはストレスを受けると一時的に形成される構造で、その機能も含めてmRNAを安定的に貯蔵して環境ストレスに素早く適応するメカニズムを明らかにしようとしています」

### ペプチドで環境ストレス耐性を付与

三つ目のペプチドとは、2~20個ほどのアミノ酸が連なったものだ。関TLは、中南研究員、岡本昌憲 研究員(現 鳥取大学テニユアトラック助教)、PSC機能開発研究グループの花田耕介 研究員(現 九州工業大学准教授)らと共に、環境ストレスがかかるとペプチドに翻訳されると考えられる短いmRNAがたくさんつくられることを世界で初めて明らかにした(図1)。ペプチドも環境ストレス適応において重要な機能を果たしている証拠をつかみ、詳しく調べているところだ。

関TLは、「植物が環境ストレスに適応する仕組みを理解するには、遺伝子だけでなく、ノンコーディングRNAやエピジェネティック制御、転写後制御、ペプチドなど複合的に見ていくことが必要」と指摘する。現在は、環境ストレス適応に関連している遺伝子を過剰発現させたり欠損させたりすることで、環境ストレスに強い作物の創出が試みられている。しかし、環境ストレスには強くなるけれども生育が悪くなる例も報告されている。「ノンコーディングRNAやエピジェネティック制御によって遺伝子の発現を調和的に制御することで、生育を阻害せずに環境ストレスに強い理想的な作物ができる可能性があります。また、得られた知見を活用し、化合

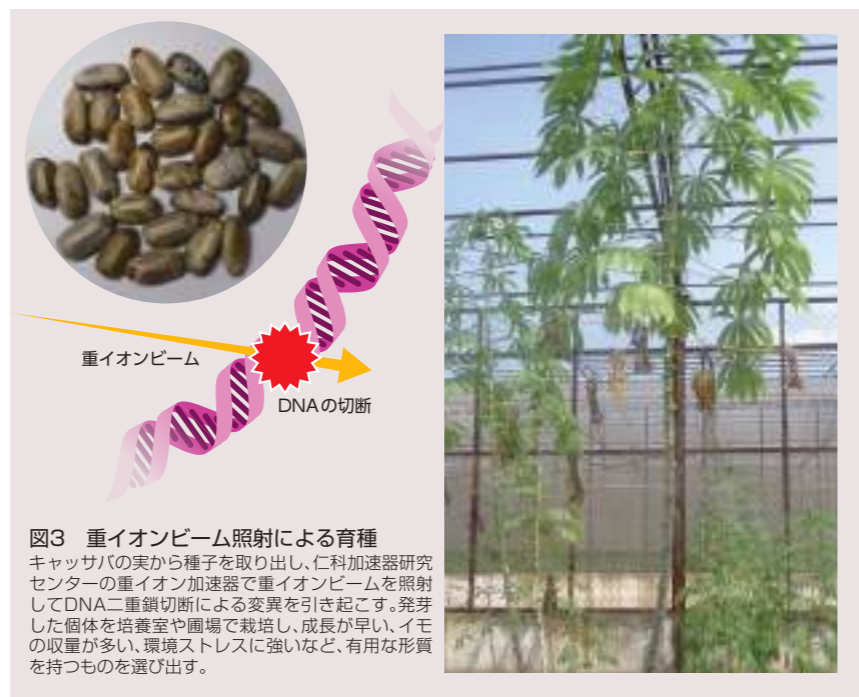


図3 重イオンビーム照射による育種  
 キャッサバの実から種子を取り出し、仁科加速器研究センターの重イオン加速器で重イオンビームを照射してDNA二重鎖切断による変異を引き起こす。発芽した個体を培養室や圃場で栽培し、成長が早い、イモの収量が多い、環境ストレスに強いなど、有用な形質を持つものを選び出す。



関連情報  
 ●2014年11月20日プレスリリース  
 越冬性植物の遺伝子発現とタンパク質発現にタイムラグ  
 ●2008年9月9日プレスリリース  
 環境ストレス応答時のクロマチンの状態変化を同定  
 ●2008年7月16日プレスリリース  
 約7,300種のシロイヌナズナ新規ノンコーディングRNAを同定  
 ●2007年12月6日プレスリリース  
 世界最大規模: キャッサバ(タピオカ) 完全長cDNA 約11,000種を同定

図4 植物ゲノム発現研究チームのメンバー  
 タイやベトナムの学生も受け入れている。

物やペプチドを外から作物に添加することで耐性を付与するという使い方もできるでしょう」

### 食糧問題解決の糸口となるキャッサバ

ここからは、もう一つの研究テーマであるキャッサバについて紹介しよう(図2)。なぜキャッサバなのだろうか。

関TLらは、2002年にシロイヌナズナの全遺伝子の約60%に当たる遺伝子の完全長cDNA(相補的DNA)を収集し、その情報を公開した。完全長cDNAは、mRNAを逆転写してつくったものだ。タンパク質に翻訳される情報のすべてを持っていることから、遺伝子の機能解析に役立つ。「シロイヌナズナを深く掘り下げることが重要ですが、ほかの有用作物を解析することも重要です。そこで、国内外の研究機関と共同でコムギやダイズなどについて完全長cDNAの収集・解析を進めていました。そのころ、コロンビアにある国際熱帯農業センター(CIAT)主任研究員の石谷 学さんから「キャッサバをやってみない? 面白いよ」と声を掛けられたのです。それが始まりです」

まず、乾燥や高温、酸などの環境ストレスを与えたキャッサバから1万1000種の完全長cDNAを収集し、2007年にPSCゲノム情報統合化ユニットの櫻井哲也ユニットリーダー(現 CSRS統合ゲノム情報研究ユニット)と共にその情報を公開した。「キャッサバのことを知るにつれて、そして科学技術振興機構(JST)の大型予算が獲得できた2009年ごろから本格的に取り組みたいと考えるようになりました」と関TLは振り返る。

キャッサバは、東南アジアやアフリカ、中南米で栽培されている非常に重要な作物だ。そのイモは5億人以上の食糧源に、葉は家畜の飼料になっている。イモから精製した澱粉は、アミノ酸や甘味料などの食品、プラスチックや接着剤などの工業製品、バイオ燃料の原料にも利用されている。また栽培が容易で、貧栄養土壌でも育つことから、人口増加や気候変動に起因する食糧問題やエネルギー問題の解決に貢献できる作物としても注目されている。「私は以前から食糧問題の解決につながる研究をしたいと考えていました。そこで、イモの収量が多い、病害虫や環境ストレスに強いなど、高付加価値のキャッサバをつくることを目標に据えました」

日本ではキャッサバは育たないため、タイのマヒドン大学、ベトナムの農業遺伝学研究所(AGI)、そしてCIATと国際共同研究を進めている。「キャッサバについては遺伝子の発現を調べるマイクロアレイもなかったので、研究基盤から整備していきました。内海好規 研究員を中心に統合オミックス解析などによって有用遺伝子候補を発見し、それを過剰発現させた遺伝子組み換え体を樹立するなど、研究は着々と進んでいます」。遺伝子組み換え体はベトナムやCIATの圃場で栽培し、収量の変化などを試験しているところだ。

仁科加速器研究センターの生物照射チーム(阿部知子TL)との共同研究で、キャッサバの種子に重イオンビームを照射し、突然変異を起こして新品種を生み出す研究も進めている。1万個以上の種子に照射し、得られた約1,000系統の栽培をベトナムの圃場で始めた(図3)。「興味深い形質を持つキャッサバが見つかり始めています」と関TL。

### 東南アジアからの熱い期待に応える

2013年、CSRSとAGIがキャッサバの分子育種に関する研究協力の覚書を締結する際には、ベトナムの副首相が理研横浜事業所を訪問した。「期待の大きさを感じました。私たちは人材育成も担い、タイやベトナムの学生が私の研究チームで博士の学位取得を目指して頑張っています(図4)。今後もキャッサバ研究のネットワークを強化していきたいですね」。2016年度からはカンボジアとの共同研究を始める計画だ。

「キャッサバの研究者は日本でも増えてきましたが、遺伝子組み換え体までつくっているのは私たちだけ。内海研究員が頑張ったおかげです。国内外の共同研究依頼が増え、東南アジアの国々や日本企業からの期待も大きく、もうやめるわけにはいきません」と関TLは笑う。「モデル植物を用いて環境ストレス耐性のメカニズムを明らかにすることも重要です。得られた知見を有用作物につなげ、食糧やエネルギーなど人類が抱える問題の解決に貢献していきたいですね」

(取材・執筆: 鈴木志乃/フォトンクリエイト)



# 特集2 電子の流れから探る生命進化

環境資源科学研究センター生体機能触媒研究チームの中村龍平チームリーダー(TL)は、これまで知られている光エネルギーでも化学物質のエネルギーでもなく、電気エネルギーを使って有機物をつくり増殖する微生物がいることを突き止めた。中村TLは、「深海の熱水噴出孔周辺では、地球内部の化学エネルギーと熱エネルギーが、電気エネルギーに変換されます。その電気エネルギーに支えられた第三の生態系である“電気合成生態系”が存在する可能性もあります」と言う。また、植物の光合成の仕組みに学び、雨水や海水から次世代のクリーンエネルギーとして注目されている水素をつくることのできる人工マンガン触媒の研究にも取り組んでいる。一見無関係のように思える二つの研究を結び付けるキーワードは、電子の流れと生命進化だ。物理化学を基礎とした材料科学、生物学、地球科学、工学にわたる幅広い知見と、高度な計測技術に支えられた革新的な研究を紹介しよう。

## 熱水噴出孔は燃料電池

中村TLは2009年ごろのある日、論文雑誌を読んでいて1枚の写真に目をとめた。「深海底にある熱水噴出孔の写真でした。その構造を見たとき、地球をエネルギー源とした巨大な燃料電池ではないか、と思ったのです」と振り返る。熱水噴出孔とは、海底の断層などから染み込んだ海水が地球内部で熱せられ、数百度の熱水となって海底から噴き出る場所をいう。熱水は地球内部の岩石と反応し、銅や鉄、硫黄、水素などさまざまな成分が溶け込んでいる。噴出した熱水は海水で急激に冷やされ、析出した金属成分が柱状に堆積

する。巨大なものは高さ50m以上にも達する。一方、燃料電池とは、負極に電子を渡す燃料(負極剤)と正極から電子を受け取る燃料(正極剤)を供給することで、継続的に電力を取り出せる装置をいう。現在の燃料電池の多くは、負極剤に水素、正極剤に酸素が使われている。「熱水噴出孔の内壁面は熱水で満たされ、熱水には電子を放出しやすい硫化水素や水素がたくさん含まれています。外壁面は海水に接し、海水には電子を受け取りやすい酸素や硝酸イオンが含まれています。そして、熱水と海水の間にある堆積物は電気を通す物質に富んでいます。堆積物に、硫化水

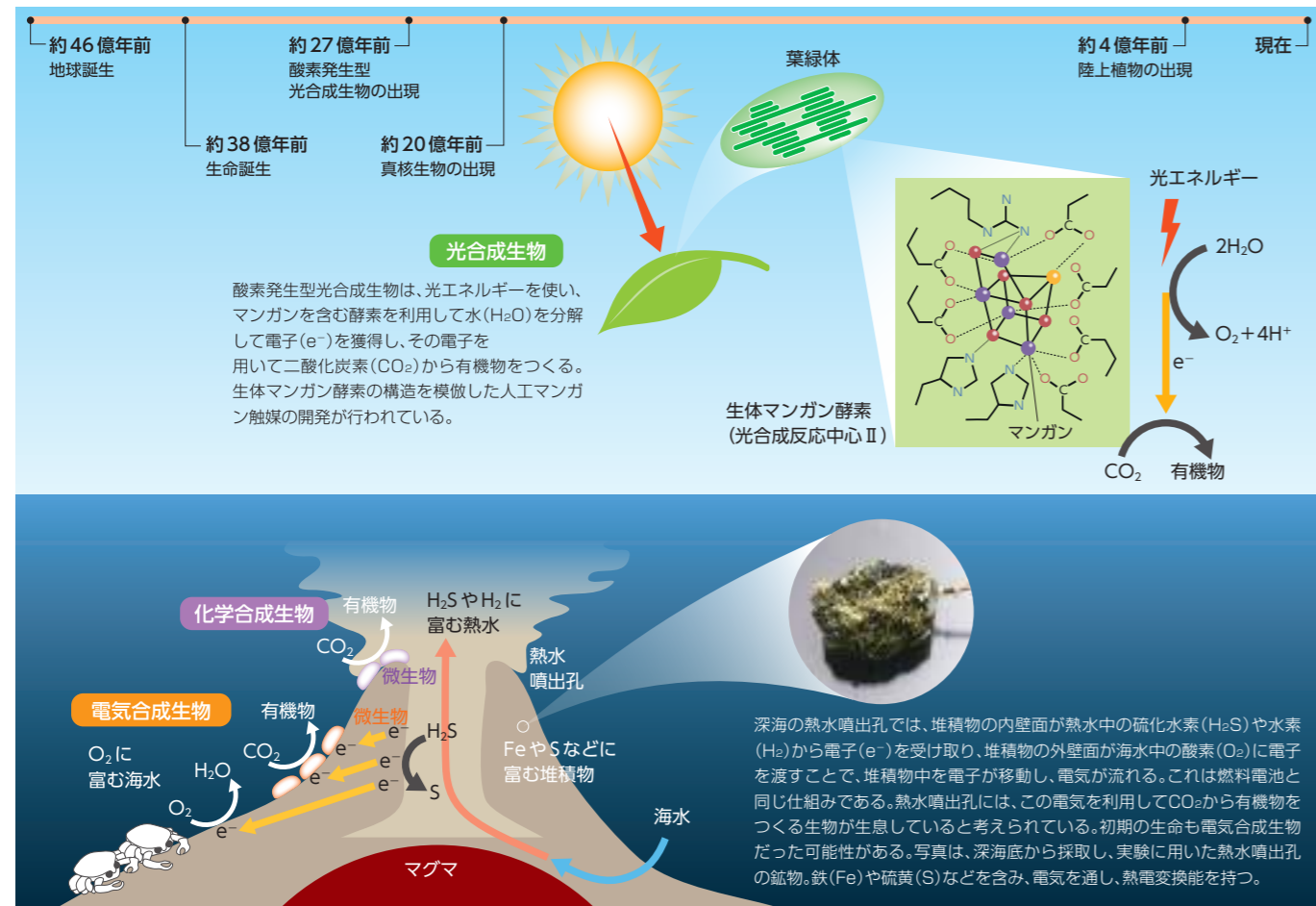


図1 生命進化と電子の流れ

## 中村龍平 (なかむら・りゅうへい)

環境資源科学研究センター  
生体機能触媒研究チーム  
チームリーダー  
1976年、北海道生まれ。博士(理学)。大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程修了。米国ローレンス・バークレー国立研究所博士研究員、東京大学大学院工学系研究科助教などを経て、2013年より現職。



素から電子を受け取り酸素に電子を渡す触媒の機能もあれば、熱水側から海水側へ電子が移動し、電気が流れます。これは、まさに天然の燃料電池です」(図1)

中村TLは、すぐに海洋研究開発機構(JAMSTEC)の山本正浩 研究員に連絡を取った。山本研究員は、深海の熱水による物質・エネルギー循環と熱水噴出孔周辺の生態系について研究している。「熱水噴出孔の堆積物は電気を流し、かつ触媒としての機能を持っているに違いない。この仮説を確かめるために、深海から採取してきた鉱物を解析させてほしいとお願いしました」

山本研究員はその仮説に興味を持ち、共同研究がスタート。JAMSTECが以前採取し保管していた熱水噴出孔の鉱物を入手できた(図1)。「電気化学的な解析をすると、予想以上に鉱物は電気を通しました。しかも、電子を受け渡す触媒の機能もあることが分かりました。熱水噴出孔における新たなエネルギー輸送メカニズムだと、山本さんと共に興奮しました」。その後、鉱物は、温度差によって電位差が生じて電気が流れる熱電変換の性質もあることが分かった。熱水噴出孔周辺では、地球内部の化学エネルギーと熱エネルギーが、電気エネルギーに変換されているのだ。

## 熱水—海水燃料電池の発電に成功

熱水噴出孔は天然の燃料電池であるという発見は、思わぬ展開を見せた。「熱水噴出孔の堆積物を介さなくても、熱水側と海水側に電極を置いて電線で結べば、原理的には発電が可能は可能です。そこで2012年、沖縄トラフの人工熱水噴出孔で発電実験を行いました。山本さんがプロジェクトリーダーとなり、その共同研究者として私も研究船に乗って実験に参加しました」

負極として熱水側にイリジウムを塗布したチタン網を、正極として海水側に白金を塗布したチタン網を配置し、電線でつないで間にLEDライトを入れて発電実験を行った(図2)。「水深1,000mでの実験のため、電極の設置や配線のトラブルが続きました。そして実験に使える時間が尽きる寸前に、赤色のライトが深海底にともったのです。無人探査機から送られてくる映像を見つめていた人々から大きな拍手が起こりました」

このシステムを、熱水と海水を燃料とすることから“熱水—海水燃料電池”と呼んでいる。使用したLEDライトの消費電力は21mWと微小だが、電極の素材や大きさなどを工夫することで、この人工熱水噴出孔では2.6kW、一般家庭5〜6軒分の電力を取り出せると試算されている。海底地震計など深海における長期の定点観測は重要だが、電源の確保が難しかった。熱水—海水燃料電池ならば、燃料は無尽蔵にある。負極に硫化鉱物が付着しても、それが燃料となり、また電極としても機能するため、長期間電力供給が可能だ。熱水—海水燃料電池は深海での研究や開発の進展に大きく貢献すると期待されている。

## 電気合成生態系が存在?

「熱水—海水燃料電池は注目を集めています。しかし、私の興味は実は別なところにありました。熱水噴出孔で電気がつくられているのならば、その電気エネルギーを利用して生きる生物がいるのではないかと考えていたのです」

地球上の生物はすべて、太陽の光エネルギーを利用して有機物をつくる植物を一次生産者とする光合成生態系に属していると、考えられていた。ところが1977年、地球内部から湧き出す海水に含まれる硫化水素などの化学物質のエネルギーを利用して有機物をつくる微生物が深海で発見され、研究者たちを驚かせた。その微生物を一次生産者とするのが化学合成生態系である。もし、電気エネルギーを利用して有機物をつくる微生物を一次生産者とする第三の生態系“電気合成生態系”が見つければ、生物学の常識を覆す発見となる。

中村TLらはまず、熱水噴出孔周辺から採取した微生物の

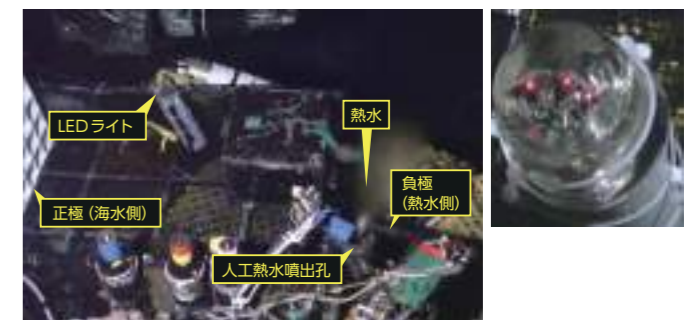


図2 人工熱水噴出孔における熱水—海水燃料電池の発電実験  
左は熱水—海水燃料電池の全体写真。熱水側と海水側に電極を設置して電線でつなぎ、その間にLEDライトを入れてある。右は3個の赤色のLEDが点灯した様子。人工熱水噴出孔とは、海底下の熱水だまりから海底面までパイプを通し、パイプの先端から熱水が噴き出すようにしたもの。(提供:海洋研究開発機構)



#### 関連情報

- 2015年9月25日プレスリリース  
電気で生きる微生物を初めて特定
- 2014年6月30日プレスリリース  
中性の水から電子を取り出す「人工  
マンガン触媒」を開発

中から電気エネルギーを利用している微生物を発見しようとした。しかし、深海の微生物のほとんどは地上で培養することができず、その性質を調べることは困難だ。そこで、考え方を変えた。「生物共通祖先は熱水噴出孔の周辺で生まれたという説が有力です。であれば、身近な微生物の中にも、電気エネルギーを利用しているものがあるかもしれません。そこで、*アシディチオバチルス フェロオキシダンス* で、*Acidithiobacillus ferrooxidans* という微生物に注目しました」(図3)

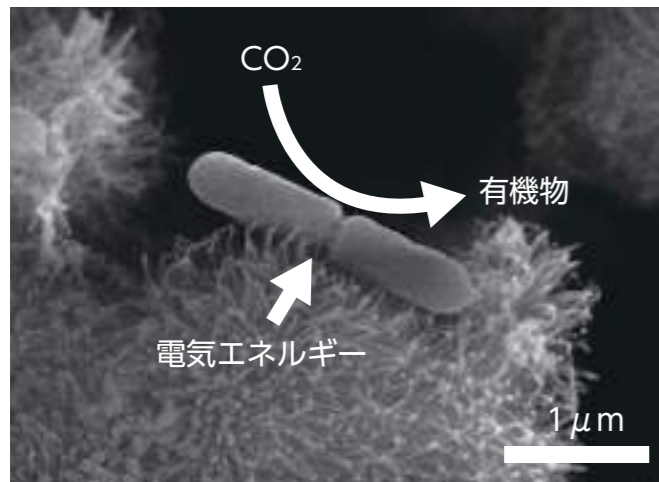


図3 *Acidithiobacillus ferrooxidans* の電子顕微鏡写真  
鉄イオンをエネルギー源としている化学合成生物の一種。  
鉄イオンがなくても電気エネルギーを利用して二酸化炭素から有機物をつくり出し、増殖もする。

それは、鉄イオンを酸化したときに発生する化学エネルギーを利用して有機物をつくり出す化学合成生物の一種である。「銅鉱石の精製過程で使われるなど工業的にも有用な微生物で、ゲノムが解読されています。培養も比較的簡単で、性質を調べやすいと考えたのです。電気エネルギーを利用するには、細胞の外で電子を受け取り、それを細胞の中に運び込まなければならず、細胞膜の外側に電子の伝達を担うタンパク質が不可欠です。ゲノムと生化学研究から電子伝達タンパク質を持つことが分かっていたことも、この微生物を選んだ理由です」

化学エネルギー源となる鉄イオンが存在せず、電気が流れる環境で実験を行った。微生物を電極に付着させると、微弱的な電流が流れた。時間が経過すると電流は増大した。「電流が流れるのは、微生物が電極から電子を取り込んでいる証拠で

す」と中村TL。電極から電子を取り込んだ微生物は、その電子を利用して二酸化炭素から有機物をつくり出していた。さらに、微生物は増殖することも確かめられた。電気エネルギーで生きる微生物を特定したのだ。

中村TLらの研究グループは、代謝経路も明らかにした。微生物はわずか0.3Vの小さな電位差を、外膜から内膜の間で1V以上にまで高めていることも分かった。熱水噴出孔でつくられる電気は微弱だが、この昇圧の機能があれば、その電気を利用して生きていくことができるだろう。「私たちは、小さな電流の変化を長期間にわたって計測することができます。ほかのグループにはない、非常に高度な技術を持っていることで、初めて得られた成果です」

#### 🔍 深海に電気で生きる微生物を探す

「次は熱水噴出孔に電気で生きる微生物がいるかどうかを調べたい」と中村TLは意気込む。2015年1月、JAMSTECの山本研究者らと共同で、熱水噴出孔から堆積物を通ってどこまで電気が伝わっているかを調べた。3週間にわたる研究航海だった。「熱水噴出孔から数m以上離れた場所でも電気が伝わっていたことから、電気エネルギーを利用する微生物は広範囲に生息している可能性があります。人工熱水噴出孔で微生物の培養実験も始まっています。電気を流した場所と流さない場所で微生物の種類や数に違いがあれば、電気で生きる微生物の存在証明になるでしょう」

生命の起源をめぐる謎を解き明かそうと、多くの研究者が取り組んできたが、その答えはいまだ得られていない。「地球最初の生命は水素のエネルギーを利用する化学合成生物だ」という説が有力です。私は、地球最初の生命は電気合成生物だった可能性もあると考えています。少なくとも、電気エネルギーを使って生命に必要な物質が合成されたりして、電気が生命誕生に大きく関わったのは間違いないでしょう」

#### 🌱 植物に学ぶ人工マンガン触媒

地球上に生命が出現したのは約38億年前といわれている。「生命進化における大きなイベントの一つが、約27億年前の酸素を発生させる光合成生物の誕生です。私は、この酸素発生型光合成生物にも興味があります。熱水噴出孔に生き

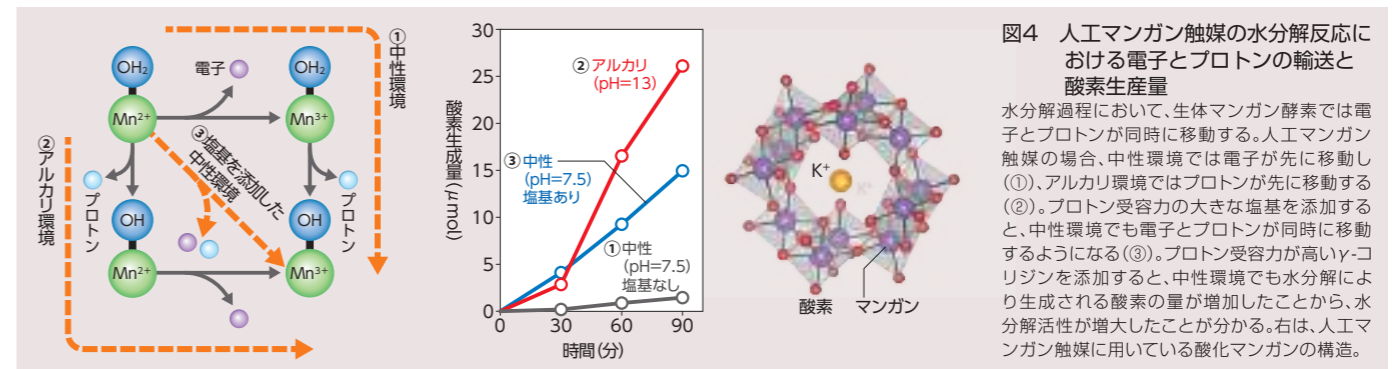


図4 人工マンガン触媒の水分分解反応における電子とプロトンの輸送と酸素生産量

水分分解過程において、生体マンガン酵素では電子とプロトンが同時に移動する。人工マンガン触媒の場合、中性環境では電子が先に移動する(①)、アルカリ環境ではプロトンが先に移動する(②)。プロトン受容力の大きい塩基を添加すると、中性環境でも電子とプロトンが同時に移動するようになる(③)。プロトン受容力が高いγ-コリジンを添加すると、中性環境でも水分分解により生成される酸素の量が増加したことから、水分解活性が増大したことが分かる。右は、人工マンガン触媒に用いている酸化マンガンの構造。

る生物とはまったく異なる方法で環境から電子を獲得し、生命活動を営んでいるからです」

植物など酸素発生型光合成生物は、光エネルギーを使って水を分解して電子を獲得し、その電子を用いて二酸化炭素から炭水化物をつくっているのだ(図1)。この光合成反応は近年、生物学だけでなく工学の研究者からも非常に注目されている。「水分分解反応では、電子と一緒に酸素と水素イオン(プロトン)ができます。水素は燃料電池の燃料にもなるなど次世代のクリーンなエネルギー源として注目されています。そこで、この水分分解反応を人工的に効率よく行って水素を製造しようという人工光合成の研究が盛んに進められているのです」

植物の水分分解反応は、マンガンを含む酵素によって進む。そこで、生体マンガン酵素と構造が似ている酸化マンガンを使った人工マンガン触媒が開発されてきた(図4右)。しかし、「まだ植物のように水分分解反応ができる段階にはない」と中村TL。植物は雨水など中性の水を分解できる。それに対して人工マンガン触媒は、強酸性や強アルカリ性の水では反応が進むが、中性の水では活性が大きく低下してしまうのだ。「中性の水でも効率的に反応させたい。そうすれば、雨水や海水からでも水素をつくれるようになります。そのためには、触媒の構造だけでなく、植物の水分分解反応の仕組みをもっと学ぶ必要があります」

#### 🔗 電子とプロトンの移動のタイミングが鍵

中村TLは、なぜ人工マンガン触媒が中性環境では活性が低くなるのかを探った。その結果、問題は電子とプロトンの移動のタイミングであることが分かった。生体マンガン酵素では、水が分解される時、電子とプロトンが同時に移動する。一方、人工マンガン触媒の場合、中性環境では電子が先に移動し、プロトンが遅れて移動する(図4左)。「電子はマイナス、プロトンはプラスの電荷を帯びています。別々に移動することで電気的なバランスが崩れてしまい、反応が進まないのです」と中村TLは解説する。「電子とプロトンの移動のタイミングを整えることができれば、中性環境でも反応がスムーズに進むはずだ」

生体マンガン酵素を詳しく調べてみると、その周りにアミ

ノ酸がたくさんあり、それらがプロトンを受け取ることで電子とプロトンの同時移動を可能にしていることが分かった。ということは、プロトンを受け取る力が大きい塩基を添加すれば、人工マンガン触媒でも電子とプロトンが同時に移動するのではないかと。中村TLは、そうひらめいた。

そこでプロトン受容力が大きい塩基を5種類選び、それぞれを中性の水に添加して人工マンガン触媒の活性を測定した。すると予測どおり、プロトン受容力が大きい塩基の方が、活性が高くなった。最もプロトン受容力が大きいγ-コリジンという塩基を添加すると、活性は15倍になり、水が分解されて発生する酸素の量は増加し、強アルカリ環境での発生量の60%に達した(図4中)。「強アルカリ環境にするなど力づくで活性を上げていく方法では、いずれ限界に達します。自然の摂理に反しているからです。生物に学び活性を上げる新しい戦略を示したという点で、この成果は多くの人に注目していただいています」

しかし中村TLは、「まだまだ植物にはかなわない」と言う。植物は持続的に水分分解反応を行うことができるが、人工マンガン触媒は次第に活性が落ちてしまう。「持続性や安定性の実現が今後の課題です。植物はつくり出したエネルギーの一部を自分の修復に使っています。私は、その修復に注目しています」。中村TLは、光合成の始まりにも興味がある。「光合成は酸素をつくり出す強力な酸化作用なので、生物にとっては非常に危険な反応です。生物は自分がダメージを受けるというリスクを取ることで、無尽蔵な水の利用を可能にしたのです。その仕組みを生物がどのようにつくり上げてきたかを知りたいのです」

中村TLは、「生物に学び、その仕組みを人の支えになることに使いたい」と言う。「生物の光合成と電気合成の仕組みとその進化の過程を理解することは、現代社会にとって重要な技術である太陽電池や燃料電池などの開発にもつながると考えています。光の当たる生態系と光の当たらない生態系の両方を、しかも電子の流れという視点で研究している研究者は、ほとんどいません。その特性を活かして革新的な研究をしていきたいですね」

(取材・執筆:鈴木志乃/フォトンクリエイト)



# 合成ゴムの材料イソプレンを生物につくらせる

車両のタイヤには、必要な性能を得るため

天然ゴムと組み合わせて石油由来の合成ゴムが使われている。

しかし、石油資源の枯渇や二酸化炭素の排出削減のため、合成ゴムの製造において脱石油が急務となっている。

環境資源科学研究センター(CSR)バイオマス工学研究部門 細胞生産研究チーム、横浜ゴム(株)、日本ゼオン(株)は、

合成ゴムの原料であるイソプレンを生物に効率よくつくらせることを目指した共同研究を進めてきた。

そして、細胞生産研究チームが開発したシミュレーションツールを用いて、メバロン酸からわずか2段階で

イソプレンを生合成できる人工的な代謝反応の経路を発見。2015年には2段階のうち二つ目の反応を実現させることに成功した。

現在は一つ目の反応の実現に取り組んでおり、2020年代前半の量産化を目指している。

細胞生産研究チームの白井 智量 副チームリーダー(副TL)と折下 涼子 テクニカルスタッフ、横浜ゴムの日座 操 室長、

日本ゼオンの高橋和弘 部長に、これまでの取り組みを聞いた。

## 合成ゴムの原料を石油由来から生物由来へ

—CSR細胞生産研究チーム、横浜ゴム、日本ゼオンは、どのような共同研究を行っているのでしょうか。また、そのきっかけを教えてください。

**白井:**合成ゴムの原料となるイソプレンを、生物によって大量生産するための技術開発を目指しています(図1)。

**日座:**横浜ゴムはタイヤメーカーです。一般的な乗用車用タイヤの原材料は、約20%が天然ゴム、約25%が合成ゴムです。合成ゴムは主に石油からつくられていますが、石油資源の枯渇が懸念されることから脱石油の必要性が高まっています。そうした中で、植物など生物由来の材料で合成ゴムをつくれなかと考えていました。地球温暖化の原因となる二酸化炭素の排出量も抑制できます。そこで、理研の社会知創成事業(現 産業連携本部)の本部長をされていた土肥義治さんに相談したところ、細胞生産研究チームの近藤昭彦TLを紹介していただいたのが始まりです。横浜ゴムでは合成ゴムの製造はしていないため、日本ゼオンにも声を掛けました。三者が初めて顔を合わせたのは、2012年7月だったと記憶しています。

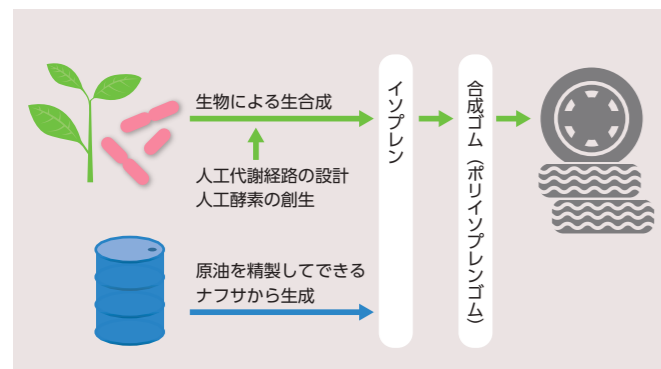


図1 合成ゴム原料イソプレンの生産  
タイヤなどに使われる合成ゴムの原料イソプレンは、現在は主に石油からつくられている。理研、横浜ゴム、日本ゼオンは、生物にイソプレンを効率的に生産させるための技術開発を共同で行っている。

**高橋:**化学メーカーである日本ゼオンは、民間企業として日本で初めて合成ゴムを製造しました。合成ゴムの製造では石油資源の枯渇も問題ですが、さらに深刻なのはシェールオイルが急増していることです。合成ゴムの原料であるイソプレンは、原油を精製してできるナフサからつくられます。シェールオイルからは少しのナフサしかできないのです。そういう背景から日本ゼオンでは、合成ゴム原料の多様化を図っておく必要があると考えていました。

—細胞生産研究チームとしては、この共同研究についてどのように感じましたか。

**白井:**石油資源から再利用可能な資源への転換や、生物によって大気中の二酸化炭素から有用な物質をつくり出し活用することは、CSRのミッションとも合致しています。また、細胞生産研究チームでは新しい技術を開発して産業利用されることを目指していますから、魅力的な共同研究です。しかし、研究チームは2012年4月にできたばかりで、目玉である代謝経路のシミュレーションツールもプロトタイプの状態でした。私がゆっくりした性格なこともあり、自分たちで研究を進めて成果をいくつか出してから共同研究をしたいな、というのが正直な気持ちでした。とはいえ実現可能性を検証するFS(フィージビリティスタディ)研究として始めることが決まってからは、不安がある一方で、是が非でも成功させて事業化につなげたいと強く思うようになりました。

## コンピュータシミュレーションで人工代謝経路を探索

—イソプレンとは。

**白井:**イソプレンは、植物や微生物などさまざまな生物の生体内で合成されている化合物です。イソプレンが重合したポリイソプレンが、天然ゴムの主成分になっています。その天然ゴムと物理的・化学的性質が似ている合成高分子物質を総

称して合成ゴムといいます。合成ゴムの中でも原油由来のイソプレンを重合してつくったポリイソプレンゴムは、天然ゴムと分子構造が近いため多様な用途に利用され、市場も巨大です。生物にイソプレンを効率よく生合成させて、それを原料にして合成ゴムをつくる。それが、私たちの目標です。

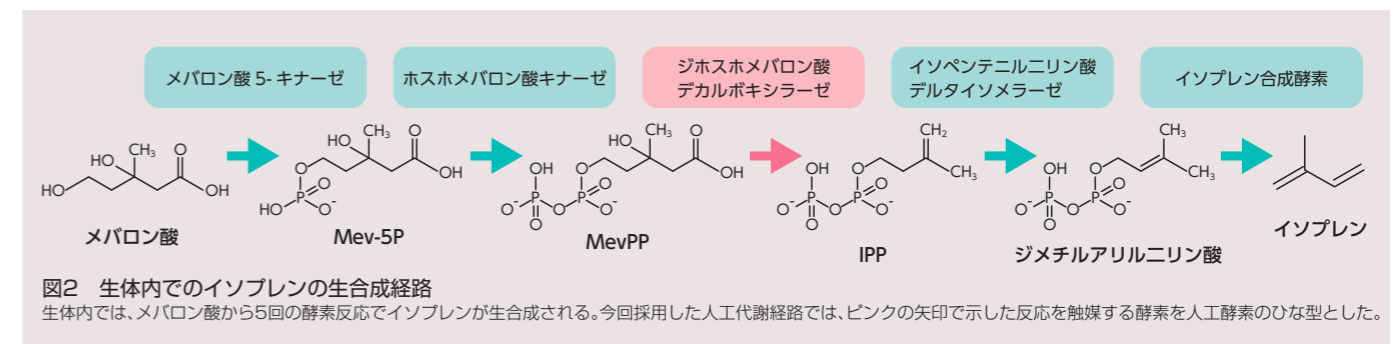
—生物にイソプレンを効率よく生合成させる方法とは。

**白井:**イソプレンは生体内で、メバロン酸という代謝物から5段階の酵素反応を経て生合成されています(図2)。酵素反応の効率を上げる手法もありますが、全段階に適用するのは大変です。できたとしても生合成量が劇的に増えるわけではありません。そこで、私たちが開発しているシミュレーションツール「BioProV」を使って人工的な代謝反応の経路を見つけ、その経路で生物にイソプレンをつくらせようと考えました。

生合成反応の研究は近年大きく進み、得られた情報はデータベースにまとめられています。私たちは、データベース上にある3,000を超える全ての酵素反応を、反応パターンという観点で再分類しコンピュータに学習させました(図3)。目的の化合物を入力すると、学習した反応パターンに沿って、それが生合成される前の化合物(前駆体)、さらにその前駆体というようにランダムかつ網羅的に反応をさかのぼっていきます。すでに知られている生体化合物が出てくればシミュレーションは成功です。シミュレーション結果を逆にたどっていった一連の反応が、既知の生体化合物を出発点として目的の化合物を生合成できる人工代謝経路になります。

## メバロン酸からわずか2段階でイソプレンができる

—どのようなイソプレンの人工代謝経路が導き出されたのでしょうか。



右から、横浜ゴム日座研究室の日座操 室長、日本ゼオン基盤事業本部エラストマー事業技術部の高橋和弘 部長、理研細胞生産研究チームの白井智量副チームリーダー、折下涼子テクニカルスタッフ。



**白井:**目的化合物をイソプレンとしてシミュレーションを行った結果、10を超える人工代謝経路の候補が出てきました。それを二つの観点で絞り込んでいきました。一つ目は、反応の実現性です。具体的には反応の前後でのエネルギーの変化度合いを計算し、目的の反応方向に進みやすいものを選びます。二つ目は、反応の数が少ないことです。そして、メバロン酸からわずか2段階でイソプレンを生合成できる代謝経路を選びました(図4)。ここまで約1年かかりました。

—企業側は、最初の1年をどう見ていましたか。

**日座:**何が何だか分からないような感じでしたね。「シミュレーションでこういう代謝経路が出ました」と言われても、それを信用していいのだろうかという不安もありました。

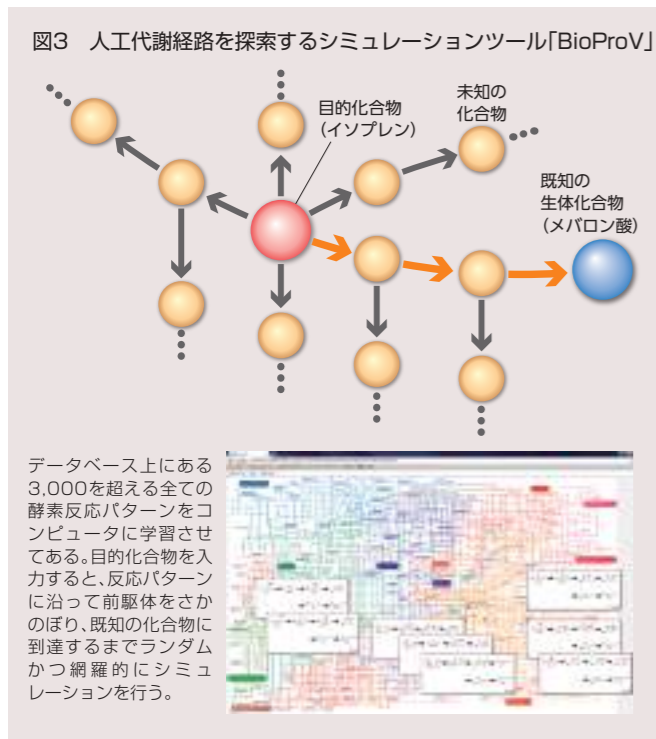
**白井:**おっしゃるとおりです。BioProVが提示する経路は、反応パターンだけから探索したもので、生物が本来持っていない非天然のものです。いわば机上の空論。その反応を実際に起こしてイソプレンを生合成する次のステップに進みたいとお願いして、2013年4月から共同研究に移行しました。

## 酵素改変のエキスパートを探して

—共同研究に移行し、まず取り組んだことは何ですか。

**白井:**人材探しです。人工代謝経路の反応を実現するには、その反応を触媒する酵素も人工的につくる必要があります。ゼロからつくことは難しいため、ひな型として使える既知の酵素を選び、それを改変していきます。酵素の形とそれに結合して反応する化合物(基質)の形を見て、どの部分をどう変えたらいいかデザインするのですが、それがとても難しいのです。センスを持ち熟練した人でなければ、うまくいきません。根気強さも必要です。いい人に来てもらえるかどうかがこの研究の成否を握っているのです。人選にはこだわりまし





た。しかし、いい人が見つからないまま時間ばかりが過ぎていきました。その間、ひな型となる酵素の選択や、生合成したイソプレレンを検出するシステムの構築もやってはいましたが、研究は停滞していました。

**日座:** 共同研究に移行して1年たっても、なかなか出口が見えない。数カ月ごとに行われる会議のたびに不安と焦りを感じていました。企業としては、成果が見えなければ共同研究をやめざるを得ません。石油が安くなってきた時期でもあり、生物による生産に挑戦する背景も弱くなっていましたから。そういう厳しい状況でしたが、近藤TLからも白井 副TLからも何とかしようという強い思いが伝わってきました。私は、それを信じてみることにしました。

**高橋:** 日座さんは声を荒らげていたこともありましたが、イソプレレンの取り扱いが日本ゼオンでは日常的にやっているので、システムの構築は難しくありません。しかし、肝心の代謝反応が起きなければ意味がない。打開策として、目的化合物をイソプレレンでなくその前駆体に変えようという話もしましたね。

**白井:** イソプレレンをつくるには水を抜く反応が必要で、それは生物が最も不得意とする反応なのです。前駆体をつくれれば、日本ゼオンで開発した触媒で脱水反応を起こしてイソプレレンを合成できるという提案も頂きました。しかし、やはり

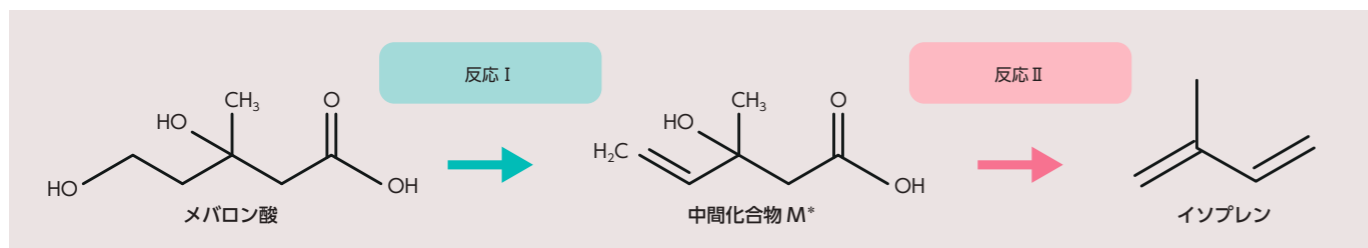


図4 BioProVによって設計したメバロン酸からイソプレレンまでの人工代謝経路

イソプレレンまで生合成することに意義があると考えていたので、2段階の人工代謝経路の実現に取り組みたいとお願ひし続けていました。そうしてようやく、この人で駄目ならば諦められる、と思える人に出会うことができました。それがテクニカルスタッフの折下涼子さんです。

**日座:** 2014年6月に折下さんが加わって一気に飛躍しましたね。

### 📌 改変した酵素でイソプレレンの生合成に成功

—どのように酵素を改変したのでしょうか。

**白井:** 私たちが採用した人工代謝経路では、1段階目の反応でメバロン酸から中間化合物が作られ、2段階目で中間化合物からイソプレレンが作られます(図4)。私たちはこの中間化合物を「M\*(エムスター)」と名付け、まずはM\*からイソプレレンをつくる反応を実現することを目指しました。

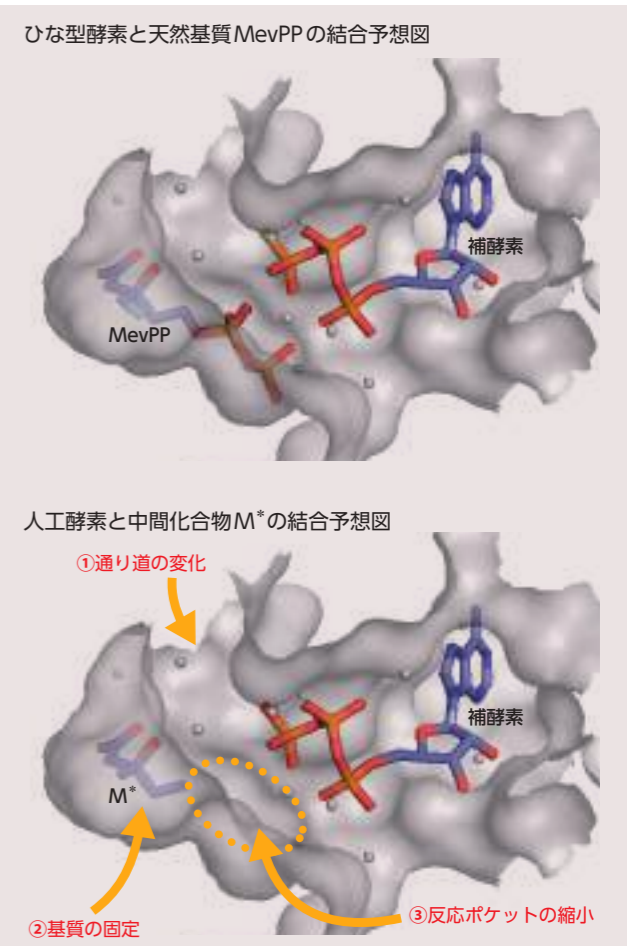
**折下:** ひな型とする酵素に対して、M\*の通り道と反応が起きるポケットにさまざまな変異を導入していきました(図5)。その人工酵素とM\*を試験管内で反応させイソプレレンの生成量を測定します。人工酵素を300個ほどつくった中で1個だけ、非常に高効率でイソプレレンを合成する酵素がありました。その人工酵素の遺伝子を大腸菌に導入し、M\*を加えて培養すると、イソプレレンが生合成されることも確認できました。

**白井:** とてもうれしかったですね。再現性を取った上で、次の会議で報告しました。意気揚々と会議に出席できたのは、そのときが初めてでした。

**日座:** 驚いたのは、イソプレレンしかできないのです。有機化学反応では通常、いろいろな物ができてしまいます。目的の化合物しかできないというのは、とてもいい酵素です。

**高橋:** 300個つくった人工酵素のほとんどは、イソプレレンの生成量が0か非常に低い値だったわけですね。人工代謝経

図5 中間化合物M\*からイソプレレンを生合成する人工酵素  
人工代謝経路の中間化合物M\*からイソプレレンを生合成する反応は、イソプレレンの天然の生合成経路の3段階目の反応と類似している(図2)。そこで、その反応を触媒する酵素を、人工酵素のひな型とした。ひな型酵素の天然の基質(MevPP)とM\*の構造の違いを考慮して、ひな型酵素に対して三つのコンセプト(①②③)で変異を導入することで、M\*からイソプレレンを高効率で生合成する人工酵素の創生に成功した。



路が間違っているのではないかと疑いませんでしたか。

**折下:** 特許を見ると、数千個試したという例はよくあります。300で当てたんだったら早いです。人工代謝経路を疑うことはなかったですね。

—コツはあるのですか。

**折下:** 3次元のテトリスのような感じです。パソコンの画面で酵素の3次元構造を見ながら、酵素の形をどう変えたら狙った化合物が結合するかを考えます。特別なことは何もありません。

**高橋:** 酵素は、アミノ酸が連なった1本の鎖が折り畳まれ3次元構造をつくっています。鎖のここを変えるとこういう形になる、というのをイメージできるのですから、特別な才能だと思います。

### 📌 イソプレレンの生物による量産化を目指して

—ここまでの成果について特許を出願し、2015年12月にプレスリリースしました。

**日座:** 多くの反応を頂きましたが、実は積極的にはアピールしていません。2段階の人工代謝経路のうちようやく一つの反応を実現できたところなので、最終目標である量産化までの道のりはまだ長いと思っていますからです。

**折下:** 今、メバロン酸からM\*を生合成する人工酵素の創生に挑戦しています。M\*が作られたかどうかを評価する手法を構築しているところです。以前は基礎研究の研究室に所属していたので論文だけを見ていればよかったのですが、ここでは論文も特許も見なければいけません。また、基礎研究では自分の気の向くままに実験を止めておくこともできますが、この世界ではどんどん特許が出てしまう。ちょっとだけ急いでいます。

**白井:** 1段階目の代謝反応を起こす人工酵素ができれば、それを2段階目の人工酵素と共に大腸菌に導入します。私たちの研究チームは大腸菌にグルコースを与えて効率よくメバロン酸を生合成させるノウハウはすでに持っていますから、その大腸菌を用いてグルコースから一気に通貫に効率よくイソプレレンをつくり出せるはずですよ。

**高橋:** 量産するときも大腸菌でいいのか、という検討も必要です。日本ゼオンからは現在、イソプレレンの化学合成を専門

とする研究者が参加していますが、次の段階ではプロセス開発の研究者も参加し、量産化を目指します。

**日座:** コンピュータシミュレーションで人工代謝経路を探索するというのは、まさに新しい方法です。これまで新規技術の開発には大きな費用と長い時間をかけてきました。しかし、それでは国際競争の中ではとても勝てません。コンピュータシミュレーションを活用して開発期間や生産過程を短縮することが、日本企業が生き残る一つの方法ではないかと思ひます。

**高橋:** 最近は、生物を扱うウエット研究よりコンピュータを扱うドライ研究をやりたいがる傾向があります。しかし、ドライ研究だけでは駄目で、ウエット研究で検証する必要があります。そしてドライ研究にフィードバックする。それによって初めて成長する。今回のようなドライ研究とウエット研究がうまくつながっている事例は刺激的です。そういう刺激に触れることができるのも、理研と共同研究をする大きな価値だと思います。

**白井:** ようやく軌道に乗り始めましたが、量産化の実現までには越えなければいけないハードルがまだまだたくさんあるので、いっそうの努力をしていきます。そして将来的には、人工代謝経路だけでなく、一番苦労している酵素のデザインもシミュレーションツールで提案できるようにしたいと考えています。

(取材・構成: 鈴木志乃/フォトンクリエイト)

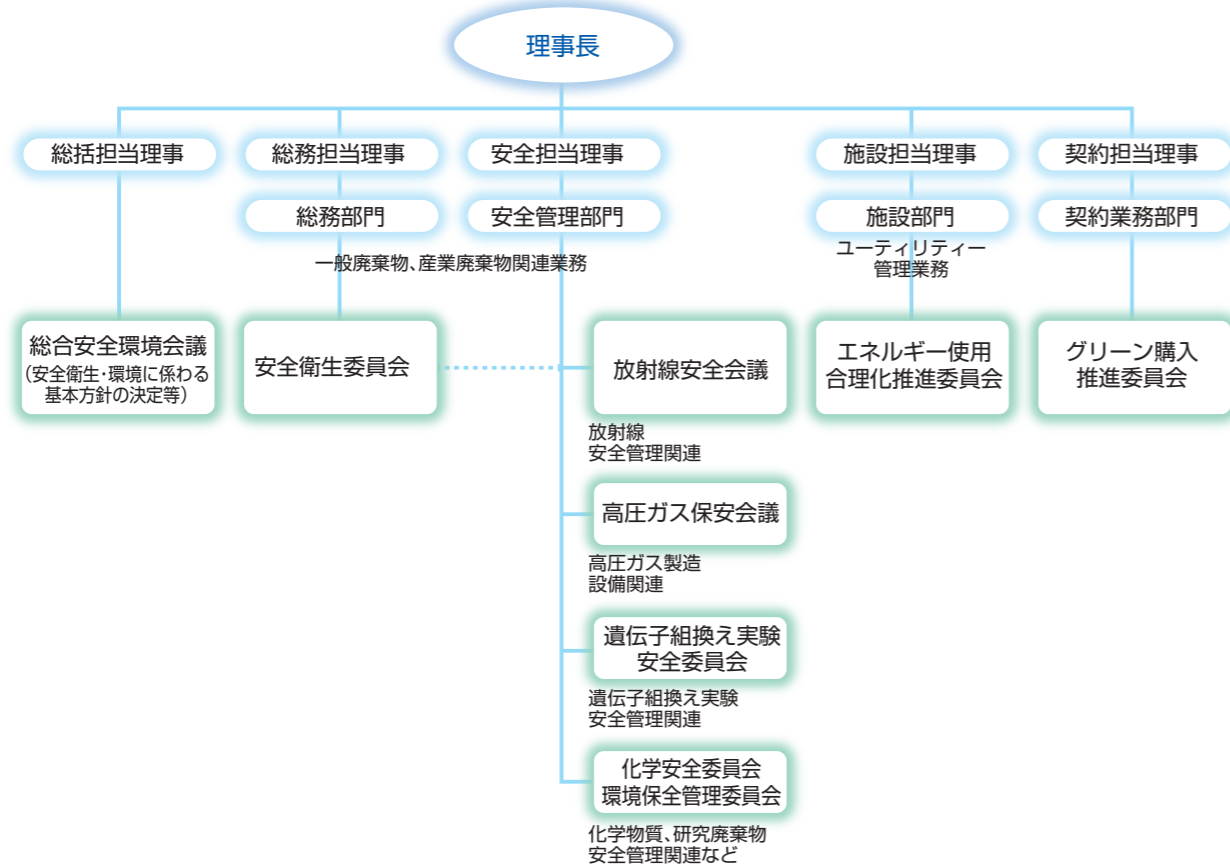
(理研ニュース2016年7月号より転載)



環境対策の体制を強化し、包括的な活動を実施していきます。

これまで理研では安全衛生活動の一環として、廃棄物の処理、構内環境整備などを中心に環境対策を積極的に進めてきました。

また、エネルギー使用合理化推進委員会やグリーン購入推進委員会といった環境負荷低減に向けた委員会を設置するなど、環境マネジメントシステムに係る体制づくりを進め、地元自治体への現状報告などにも取り組んでいます。



安全衛生への積極的な取り組み

総合安全環境会議で決定された安全衛生・環境に係る重点項目に基づいて、事業所ごとにアクションプランを作成しています。そして、より確実に活動を進めるため安全衛生委員会を始めとする各専門委員会でフォローアップを図り、業務安全、職場環境向上といった観点から安全衛生に取り組んでいます。

各事業所では労働安全衛生法をはじめとする法律に基づく委員会や責任者を設置し、安全管理体制を構築しています。また、事業所間で連携をとりながら、災害の防止、職員の健康増進などに努めています。

更に生物の多様性の保全についても

遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律等に定める、第二種使用等の遺伝子組換え実験の計画及び実施並びに遺伝子組換え生物等の運搬及び保管に関し必要な事項を定め、安全な実験の実施を図るなどにより、生物の多様性の保全についても取り組んでいます。

INPUT

エネルギー投入量		水資源投入量	
・電気	528,838千kWh	・都市ガス	26,128千m <sup>3</sup>
(電気の内訳)		・軽油	29kL
買電	474,638千kWh	・A重油	8kL
発電	54,199千kWh	・蒸気等	45,417GJ
(発電の内訳)			
CGS	53,575千kWh		
太陽光	624千kWh		

◎環境負荷軽減への取り組み◎

- ・グリーン購入
- ・温暖化防止
- ・廃棄物削減
- ・排水管理
- ・化学物質管理
- ・大気汚染防止
- ・放射線管理

OUTPUT

排水量	化学物質排出移動量	廃棄物量
・下水道量 699千m <sup>3</sup>	<PRTR法関連物質>	・研究系以外の一般廃棄物 613t
	・クロロホルム 6,500kg	・研究系以外の産業廃棄物 509t
	・塩化メチレン 4,300kg	・うちリサイクル量 235t
	・ノルマルヘキサン 6,000kg	・研究系廃棄物 685t
		・うち放射性廃棄物 18kL
大気放出		
・CO <sub>2</sub> 308,161t		



### グリーン購入推進委員会

理研では「国などによる環境物品などの調達の推進などに関する法律(いわゆるグリーン購入法)」に適合した調達を推進するため、グリーン購入推進委員会を設置しています。主な活動は環境物品等の調達方針の策定、調達実績の把握および調達推進のための方策立案を行っています。

理研では日本国内に複数の事業所があり、事業所

ごとに研究活動やそれらに付随する調達の推進を行っています。グリーン購入推進委員会では各事業所の契約関連部門や研究支援部門が集まり、活動を行っています。このように全所でグリーン購入法に適合した調達を推進する体制を構築し、所内へのグリーン購入の啓発活動を行っています。

### 中長期的な観点に立ち、環境によい製品を選択しています。

理研ではグリーン購入法に基づいて、毎年4月に環境負荷の低減に資する物品やサービス(印刷や輸送など)、工事の調達における目標を策定し、前年度の実績とともにホームページで公表しています。

グリーン購入法の対象分野全品目について、グリーン購入法の環境基準を満たす物品などの調達率を『100%』とすることを目標に掲げています。2015年度の実績に関しては、文具類を除いた各分野(紙類、オフィス家具、OA機器、家電、エアコン、照明類)で90%を超える調達率を達成しています。文具類に関しても、80%を超える調達率を達成しています。

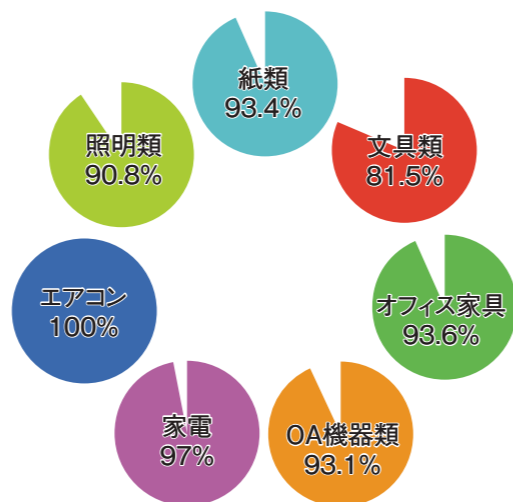
購入数量が大きくなりがちな事務用品・消耗品類においては、1つ1つは小さい環境負荷であっても積み重ねると大きな環境負荷となります。特に大きな環境負荷につながるコピー用紙類においては、リサイクル性に配慮した低白色度製品を導入し、グリーン購入法で示される環境基準よりも環境負荷の低減を図っています。また、コピー機などOA機器についても両面コピー機能・複数面印刷機能、トナー類のリサイクルシステムを持つ機種を選定するなど、紙の使用による環境負荷を考慮した機器導入を進めています。

グリーン購入法には、木材・木材製品の合法性、持続可能性の証明が確実になされているものを優先して調達することも規定されています。

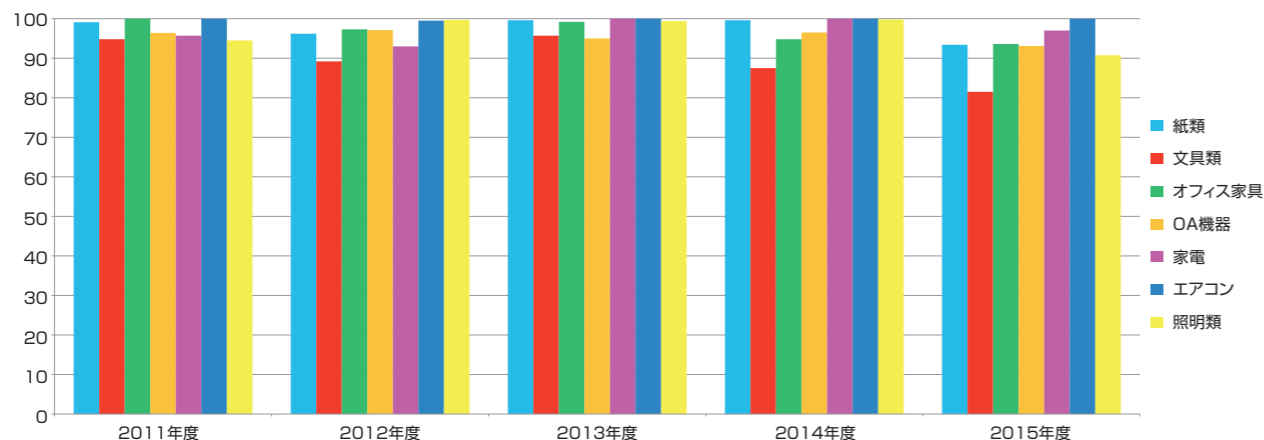
理研では、材料に紙又は木質が含まれる物品で、合法性、持続可能性を満たしているものについては、「納品書へのその旨の記載」または「品質保証書」を求め、グリーン購入法に適合した木質製品の導入を図っています。

こうした一連の取り組みにより、物品やサービス、工事の調達において、全所にわたり環境負荷低減を推進しています。

2015年度のグリーン購入法適合品調達割合



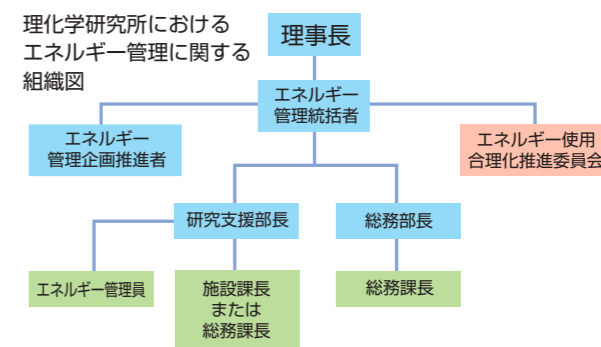
グリーン購入適合物品の調達割合の推移(%)



### エネルギー使用合理化推進委員会

エネルギー使用合理化推進委員会は、理研におけるエネルギーの使用の合理化に関する事項を審議しています。

省エネルギー対策について、多様な啓発活動により職員への周知徹底や、エネルギー使用量の把握及び分析などを行います。また、研究施設などにおいて有効な省エネルギー対策事例を紹介し、全事業所へ展開しています。



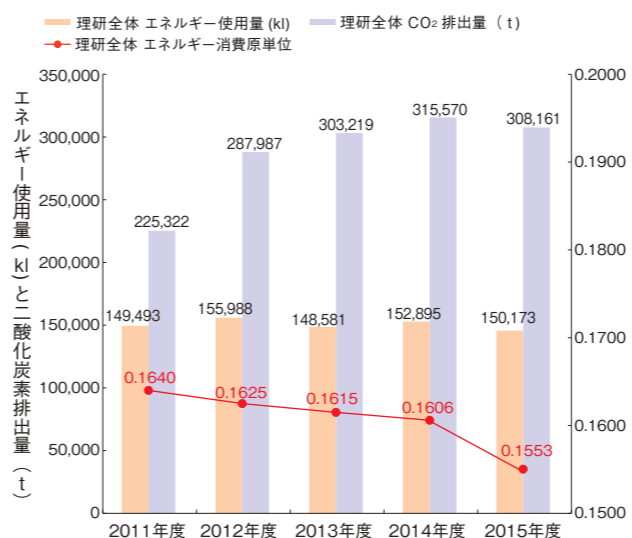
### 理研のエネルギー使用量とCO<sub>2</sub>排出量

2015年度のエネルギー消費原単位をみると、前年度比3.3%削減、過去5年度間平均1年当たりでは1.4%削減となっています。

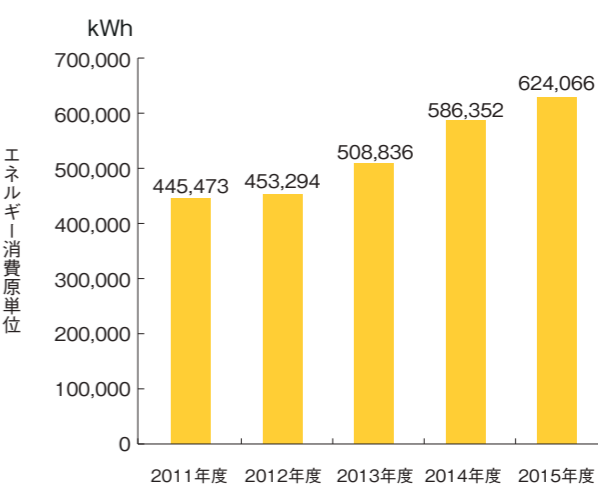
理研全事業所のエネルギー使用量は、150,173kl(原油換算値)(前年度比:98%)、二酸化炭素排出量は、308,161(t)(前年度比:98%)となりました。

2011年度以降、CO<sub>2</sub>排出係数が大きく変化したた

理研のエネルギー使用量と二酸化炭素排出量の推移



理研の太陽光発電量の推移



### フロン排出抑制法に基づく、フロン類算定漏えい量の報告

2015年4月に改正された、フロン排出抑制法に基づき、管理する第一種特定製品の使用等に際して排出される、フロン類算定漏えい量が1,000t-CO<sub>2</sub>以上の場合、事業所管大臣(文部科学大臣)に対して漏えい量等を報告することとなりました。

2015年度は、残念ながら冷凍機の保守業者の施工不良による、冷媒の漏えい事故等があり、フロン類算定漏えい量は2,273t-CO<sub>2</sub>となってしまいました。

理化学研究所では、冷凍機等の点検・保守にあたっては、専門業者と契約し、専門的見地から業務にあたらせ、冷媒漏えいがないように努めています。

(今回冷媒の漏えいのあった機器に関しては、点検強化や改善工事等を行っています。)

平成27年度フロン類算定漏えい量

事業所名	都道府県	算定漏えい量
和光事業所(和光地区)	埼玉県	360 t-CO <sub>2</sub>
和光事業所(仙台地区)	宮城県	39 t-CO <sub>2</sub>
筑波事業所(筑波地区)	茨城県	177 t-CO <sub>2</sub>
横浜事業所(横浜地区)	神奈川県	77 t-CO <sub>2</sub>
神戸事業所(大阪地区)	大阪府	0 t-CO <sub>2</sub>
神戸事業所(神戸第1地区)	兵庫県	1,617 t-CO <sub>2</sub>
神戸事業所(神戸第2地区)		
播磨事業所(播磨地区)		
全理研合計		2,273 t-CO <sub>2</sub>

※届出数値は小数点以下切捨てのため、各県への届出の合計と全理研の合計は一致しない。

地球温暖化の原因となるCO<sub>2</sub>を少しでも減らそうと、私たちは省エネ活動に全力で取り組んでいます。



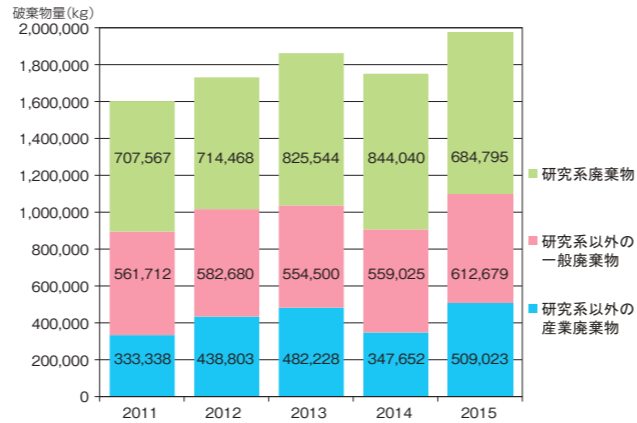
# 廃棄物削減

廃棄物の分別を徹底し、適正な処理を行うとともに、リサイクル可能なものは再資源化に努めています。

## 多種多様な廃棄物はルールに従いに適切に処理しています。

2015年度は、前年度に比べ研究系の廃棄物が18.9%(159,245kg)削減、研究系以外の廃棄物は23.7%(215,024kg)増加、廃棄物全体では3.2%(55,779kg)の増加となりました。

一般廃棄物はそれぞれの事業所ごとに、自治体の基準により分類し、処理することを基本としています。一般廃棄物や産業廃棄物以外でも、研究活動に伴って発生する廃棄物の種類は多岐にわたります。これらの廃棄物はその有害性や危険性などによって分別収集します。その後、各事業所では、自治体から許可を得ている産業廃棄物処理業者に委託して処理・処分をおこなっています。また、研究室で不要となった試薬で再利用可能なものについてはリサイクルを実施し、他の研究室で極力利用するよう努めています。



※一般廃棄物はごみの比重を0.3 kg/Lとし、算出「環境省 一般廃棄物の排出及び処理状況等(2010年度)について」の基準による



研究系廃棄物の収集と保管・管理

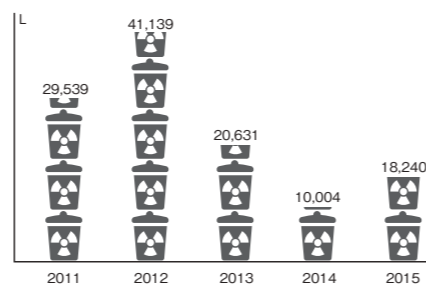


不要になった未開封試薬のリサイクル

## 放射性廃棄物は廃棄するまで厳重に保管しています。

実験の過程で発生した放射性物質を含む廃棄物(放射性廃棄物)は、廃棄物の性状により分別収集し、金属製のドラム缶などに密閉して保管します。保管中は容器の破損や劣化などの異常の有無を点検するとともに、容器表面の放射線量や放射性物質による汚染の有無の測定などを行い、異常のないことを確認しています。その後、国から許可を得ている廃棄業者に引き渡し、処分しています。

放射性廃棄物引き渡し処分量



## PCB含有廃棄物は法律に従い適正に管理・処分しています。

ポリ塩化ビフェニル(PCB)を含有している廃棄物については、「ポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法」に従い、その保管状況について自治体を通じて国に届け出ています。2015年度は例年同様にPCB廃棄物専用の保管庫において流出・飛散防止などの措置を行い適正に保管を行ったほか、一部の低濃度PCB廃棄物についてPCB無害化処理施設に処理を委託するとともに、高濃度PCB廃棄物の処理を中間貯蔵・環境安全事業株式会社に委託し、適正な処理処分を行いました。



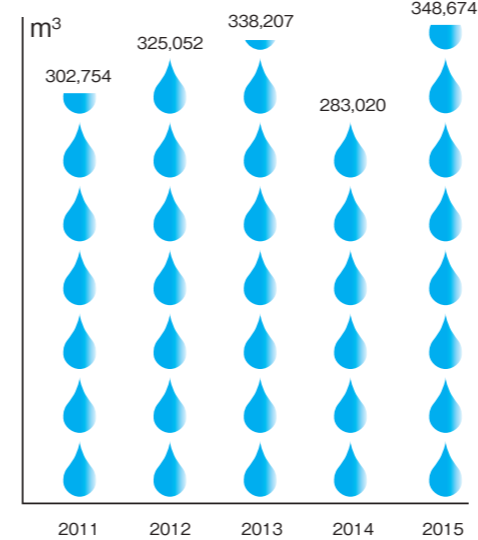
漏洩対策などの措置を行い保管しているPCB含有廃棄物保管庫

## 処理設備を設置して排水の水質を適切に管理しています。

各事業所では、実験室から排出される有害物質や汚濁負荷物質を直接排水口へ流さず、専用容器に回収しています。さらに、実験室などから出る実験系系排水

の処理設備を備えています。有害物質や汚濁負荷物質などを吸着する装置をはじめ、分解、酸化、凝集沈殿、活性汚泥、砂ろ過、消毒・滅菌、pH調整など、事業所の排水の特性に合わせて処理を行い、法令や条例などで定められた分析を行って排水に異常がないことを確認しています。

年間実験排水量の推移



水質自動監視装置

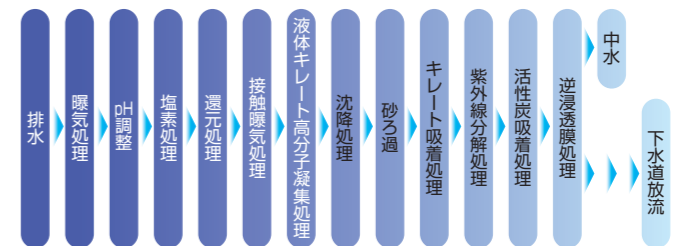
## 節水対策(中水化システム)

逆浸透膜を利用した中水化システムで、実験排水の一部を再利用しています。

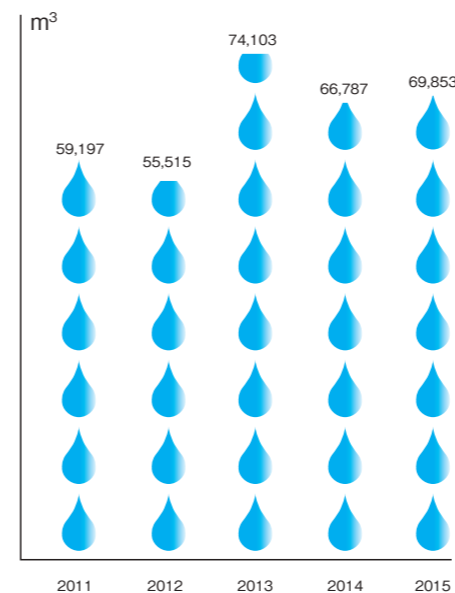
水の使用量が多い和光事業所では、逆浸透膜を利用した中水化システムで実験排水の一部を処理し、再利用しています。その結果、排水の一部は水道水と同等以上の良質で安定した中水に生まれ変わります。

この中水は、大型の加速器施設に供給され、冷却水として再利用されています。施設の劣化などを防ぐため、冷却水には不純物の少ない水が求められます。排水処理設備の各装置と中水化システムを組み合わせることにより、良質な中水を冷却用水として供給しています。

中水化システムのプロセス



和光事業所の中水製造量



排水から有害物質を取り除く中水化システム

# 排水管理・節水対策

研究活動には水が欠かせません。貴重な水資源を、適切な水質管理やリサイクルによって無駄なく使用しています。



## 所内で使用する化学物質を適切に管理しています

試薬などの化学物質を一元的に管理できる「化学物質管理・検索システム」

検索システムを構築し、全事業所で導入しており、化学物質の管理の更なる効率化に努めています。

研究過程で使用する化学物質は、性状・危険性・有害性などによって、法令による規制が定められています。特に有害性の高い物質については管理手順を作成しているほか、教育訓練などを通じて化学物質の適正な使用・管理を行っています。また、薬品の飛散や漏洩のないよう適切な実験施設や保管施設・保管庫を設置するとともに、実験に用いた試薬等については廃液として回収し、専門の処理業者に引き渡すなど、環境への配慮にも努めています。さらに、試薬などの化学物質の入手から廃棄までの流れを一元的に管理できる「化学物質管理・

化学物質管理・検索システムの画面



## 「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（以下、化管法）」（PRTR制度）に準拠し、化学物質の把握・管理・改善を進めています。

化管法において報告の対象となる量の有害な化学物質を取り扱っているのは和光事業所のみで、2015年度は、クロロホルム、塩化メチレン、ノルマル-ヘキサンについて報告しています。化管法のほか、各事業

所では自治体の定める条例や指針などに基づく対象物質の取り扱い状況など、規定に従った化学物質の管理を行っているだけでなく、管理方法の自主的な改善も進めています。

化管法（PRTR制度）に基づく報告（和光事業所）

	2011年度			2012年度			2013年度			2014年度			2015年度		
	大気	下水道	所外	大気	下水道	所外	大気	下水道	所外	大気	下水道	所外	大気	下水道	所外
アセトニトリル	37	0	1,200	(31)	(0)	(940)※	(17)	(0)	(870)※	45	0	1,100	(20)	(0)	(750)※
クロロホルム	92	0.5	3,000	170	1.0	5,200	220	1.1	7,000	240	0.9	7,700	200	1.5	6,500
塩化メチレン	61	0.3	2,000	120	0.7	3,600	140	0.6	4,900	100	0.3	3,400	130	0.6	4,300
ノルマル-ヘキサン	110	0	3,600	280	0	6,500	190	0	7,100	130	0	5,700	180	0	6,000

※報告対象数量未満のため、2012、2013、2015年度は報告対象外

## 男女共同参画

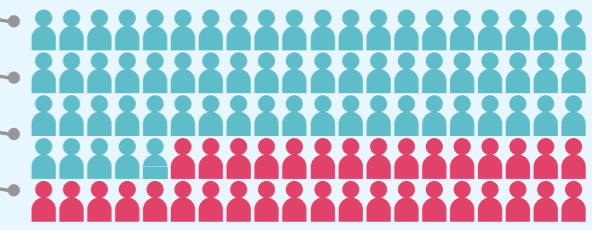
理研では、女性も男性も、より能力を発揮できる「働きやすい職場づくり」を目指し、仕事と生活の両立支援や男女共同参画、ワーク・ライフ・バランスの推進に積極的に取り組んでいます。支援制度の検討にあたっては、性別や職制に関わりなく、できるだけ多くの職員が利用できる仕組みとなるよう、常にバランスに配慮しています。

理研の全職員のうち4割近くが女性です。事業所内託児施設や各種支援制度を利用して、出産後も多くの職員が働き続けています。例えば、「産前休業前の面談」を行い、出産から復帰までのイメージを掴んでもらい、初めての出産育児と仕事の両立の不安解消に努めています。

また、一人ひとりの多様な状況に個別に対応する相談窓口や、育児中、介護中の職員の業務を補助する代替要員の配置などは、男女ともに利用者の多い制度です。

これらの取組により、「次世代育成支援対策推進法」に基づく「基準適合一般事業主（くるみん）」として、1回目（2009年）に続き2回目（2015年）の認定を受けました。現在では、「女性の職業生活における活躍の推進に関する法律」に基づく「一般事業主行動計画（第1回）」を策定し、女性管理職比率の増加にも力を入れているところです。

研究職員の男女比（2016年4月1日現在）



男性	女性
2,218名	1,208名
常勤職員合計 3,426名	



子育てサポート基準適合一般事業主に贈られる「くるみん」マーク

## 障がい者雇用

障がい者雇用の促進を図りつつ、研究所の円滑な業務を支援するため設置した「業務支援室」では、室員一人ひとりがそれぞれの多様性を活かし、お互いに助け合いながら、各事務部門、研究室の依頼に応じて庶務に関するサポート業務を行っています。

実施している業務は、次のとおりです。

- ①アンケート集計や名刺からのリスト作成などの入力、集計業務
- ②会議資料やシンポジウム案内などの封入、発送、ファイリング業務
- ③実験ノートや保存資料などのPDFデータ変換業務
- ④名刺作成業務
- ⑤講演会やイベントなどの告知のための食堂卓上広告の作成、設置業務
- ⑥会議室の備品などの管理業務
- ⑦ペットボトルキャップの回収業務
- ⑧和光地区内の郵便配送業務

さらに、各部署と打合せの上、上記以外の業務も行っており、業務の幅も少しずつ広がり、急な依頼にも迅速、正確に対応しており、業務の質も向上しています。

一人では難しいこと、苦手なことも、室員同志で工夫したり、協力したりすることで、業務をやり遂げ、研究所

に貢献していくことは、室員のやりがいにも繋がっています。



業務支援室の業務紹介



## 職員のメンタルヘルス

2010年6月23日に「心の健康づくり基本方針」を策定し、メンタルヘルスの健全化に向けて次の取り組みを行っています。

- メンタルヘルス基礎知識の習得を図るため、新入職員を対象としたセルフケア研修、新任管理職に対するラインケア研修を制度化し、受講を義務付けています。
- 職員がより健康であるためにアンケートを実施し、適切なフォローを行っています。
- 休職者に対しては、円滑に職場復帰が図れるよう復職支援を行っています。
- 長時間労働対策として法定外労働時間月間80時間を超える職員にはアンケート調査や産業医面談を実施し、場合によっては管理職に対し勤務状況や改善策についてヒアリングを行っています。
- 職員及び家族も利用できる外部の心の相談窓口(EAP)を設け、メンタルヘルス不調の早期対応に努めています。

●職員のセルフケア対策、働きやすい職場環境づくりを目指し、RIKEN de 活いき元気度チェック(ストレスチェック)を実施しています。

メンタルヘルス対策は継続的な取り組みが必要なため、関係部署と連携をとりながら実施しています。



心の健康づくり計画

## 研究者とトーク!トーク! 理研DAY:研究者と話そう

毎月第3日曜日に科学技術館4Fシンラドーム(東京都千代田区)で、研究者とのトークイベント「理研DAY:研究者と話そう」を開催しています。(開催時間:「午後2時」と「午後3時30分」の2回、各30分ずつ。)

「研究者と研究者の研究内容を理解し、科学をもっと身近に感じてもらう」ことを目的としています。

2012年11月にスタートしてから、2016年6月には第44回を迎えます。2015年度(2015年4月~2016年3月)1年間の来場者数は約680人で、これまでの総来場者数は2,380人になります。

最初のころは、科学技術館を訪れる親子がほとんどでしたが、今では理研DAYのためにくる方もいらっしゃいますし、高校生や大学生が進路相談に来る事も多々あります。

理研DAYでは研究者とたくさん話をする事が出来ます。「研究者というのはどのような仕事?」「研究者になったきっかけは?」「研究者になるためには?」「子どものころ好きだった遊びは?」「自分も研究者になりたい」...など質問は盛り沢山です。

皆さま!是非一度理研DAYのをぞいでみてください。



第34回2015年8月16日  
環境資源科学研究センター  
生産機能研究グループ  
大薄 麻未 特別研究員  
テーマ:植物の花と葉と根の会話を聞いてみよう!



第36回2015年10月18日  
環境資源科学研究センター  
グリーンナノ触媒研究チーム  
山田 陽一 副チームリーダー  
テーマ:モノ作りの化学

## 超重元素研究グループが和光市より感謝状を拝受

理研仁科加速器研究センター超重元素研究グループは、113番元素の発見と命名権の獲得について国際機関の認定を受け、未来の科学技術の発展への期待と希望を与えた功績により、和光市から感謝状を贈呈されました。

感謝状の贈呈は3月4日に理研和光事業所において行われました。森田浩介グループディレクターをはじめとする超重元素研究グループのメンバーが出席し、松本武洋和光市長から感謝状が手渡されました。その後、和光市が製作した、グループの功績を広くPRする横断幕が披露されました(写真)。横断幕は3月7日から、理研が面する国道254号線の和光市の中央歩道橋に掲揚されています。



森田浩介グループディレクター(左)と松本武洋 和光市長



(理研ニュース2016年4月号より転載)

### 森田グループディレクターのコメント

このたび、地元の和光市より感謝状を授与されたことは、大変喜ばしく名誉あることと思います。長い時間をかけて一つの目的にみんなで立ち向かった結果、このような成果を出すことができずに思っています。和光市の市民の皆さまのご理解があって初めて研究が続けられたものであり、元素に名前が付くことによって非常に分かりやすい形で市民の皆さまに恩返しができることをうれしく思います。今後、研究は次のステップに進みますが、市民の皆さまに愛される理研であるよう心掛けていきたいと思っています。

## 和光地区一般公開

2015年4月18日に、和光地区にて一般公開を開催し、7,000名を超える方にご来場いただきました。

当日は、自然科学のさまざまな分野に関する、100を超える展示や講演会などが行われました。研究者に直接質問したり、話をしたりと研究者との交流を楽しんでいた様子でした。

毎年開催している講演会やサイエンスレクチャーも

立ち見が出るほどの大盛況でした。



### 【開催概要】

日時:4月18日  
場所:理化学研究所 和光地区  
対象:和光地区一般公開来場者

## 子ども大学わこう「スーパーコンピューターについて、HOKUSAIの見学」

埼玉県では子供の学ぶ力や生きる力を育み、地域で地域の子供を育てる仕組みを創るため、子ども大学の開校を推進しています。和光市でも毎年夏休みの時期に「子ども大学わこう」が開催されています。

2015年8月4日の子ども大学では、理研の研究者が、スーパーコンピューターに関して子どもたちに高いレベルの専門的なことを分かりやすく講義を行い、実際に新スーパーコンピューターシステム「HOKUSAI GreatWave(HOKUSAI-GW)」を見学しました。



### 【開催概要】

日時:8月4日  
場所:理化学研究所 和光地区  
対象:和光市内在住の小学校高学年30名



## 和光事業所

### 埼玉県総合教育センター一般公開

2015年10月17日に行われた埼玉県立総合教育センターの一般公開に「簡易分光器を作ろう!」をテーマに出展しました。

当日は会場に多くの児童生徒、保護者、地域の方々にお立ち寄りいただき、分光器を作成していただきました。作成後は、窓からの自然光や会場の蛍光灯、理研から会場に持ち込んだLEDやろうそくなどの光を観察しました。

**【開催概要】**

日 時:10月17日  
場 所:埼玉県総合教育センター(埼玉県行田市)  
対 象:埼玉県総合教育センター一般公開来場者



### 青少年夢のかけはし事業『研究所の研究员になりたい!』

2015年8月20日に、埼玉県青少年夢のかけはし事業「研究所の研究员になりたい!」を、理研で行いました。この教室では、前半は理研の施設である仁科加速器研究センターの加速器等を見学し、後半は「分光器作成実習」を行いました。

前半の施設見学では研究員から直接説明があり、子供たちは真剣に説明を聞いたり質問をしたりしていました。後半の分光器作成実習では一人ひとり紙で分光器を作成し、部屋の蛍光灯やろうそく、LED等を見て、それぞれの光のスペクトルを観察しました。

**【開催概要】**

日 時:8月20日  
場 所:理化学研究所和光地区  
対 象:抽選で選ばれた県内の小学生30名



### 和光市民まつり

2015年11月14、15日に行われた和光市民まつりにおいて、理研は1日目の14日に出席しました。

出展したブースでは、希望者に赤青色の3Dめがねを工作してもらい、電子顕微鏡写真を立体画像で見たり、光学顕微鏡でダンゴムシや花の種等を観察していただきました。あいにくの雨模様で寒い1日でしたが当日は多くの方にお立ち寄りいただき、交流を深めました。また、理研の研究成果のパネル展示や、理研グッズの販売も併せて行いました。

**【開催概要】**

日 時:11月14日  
場 所:和光市役所前市民広場  
対 象:市民祭りの来場者



## 和光事業所

### 和光市民大学

2015年12月10日及び12月17日の2日間、和光市中央公民館にて「和光市民大学」が開かれました。和光市民大学は和光市及び周辺にある研究機関等から、その知的資源を地域に公開してもらうことによって、高度で専門的な学習機会を市民に提供することを目的としています。理研から研究者を講師として派遣し、「iPS細胞の再生医療」、「宇宙の環境問題と第二の地球」について講演しました。

**【開催概要】**

日 時:12月10日、12月17日  
場 所:和光市中央公民館  
対 象:和光市内在住・在勤・在学者



### 子ども科学教室

2015年12月22日及び2016年3月24日に、和光地区にて「子ども科学教室」が開かれました。子ども科学教室は、理研が保有する最先端の科学技術や施設に触れる機会を提供し、ものを作る楽しさや科学に対する興味や関心を深めることを目的としています。

12月22日の参加者は「磁石の力と電流が合わさると力が発生することを体験」するため、「クリップモーター」作りと「紙コップでスピーカー」を作る実習を行いました。

**【開催概要】**

日 時:12月22日、2016年3月24日  
場 所:理化学研究所 和光地区  
対 象:和光市内在住・在学の小学校5年～中学生



### 「第23回世界スカウトジャンボリー」のサイエンスモジュールに出展

世界スカウトジャンボリーは4年に1度開催される世界のスカウトのための教育イベントで、日本での開催は1971年の第13回大会以来、44年ぶり2度目の開催です。今回のジャンボリーには世界162ヶ国から約34,000人のスカウトたちが集まり、約2週間にわたって、キャンプをしながら「世界の仲間」と「国際理解」「カルチャー」「サイエンス」というカテゴリーごとに行われる多彩なイベントに参加し、さまざまな体験を共有し学習しました。

理研は、日本ボーイスカウト埼玉県連盟からの出展依頼を受け、地域連携の一環として、7月30日から8月6日までの8日間、サイエンスモジュールにブースを出展しました。国連が提唱する「国際光年」に絡め「分光光学ワークショップ～光の秘密を探る～」という体験学習

プログラムを行いました。理研ブースは毎回満員御礼の大盛況で、最終的には43の国と地域から782名のスカウトが分光光学ワークショップに参加しました。

本プログラムでは理研の研究者からの講義を受け、IST(International Service Team)から派遣されたスカウト指導員数名と共に、スカウトそれぞれが分光器の作成を行い、昼光、白色蛍光灯やランタン、電球等を肉眼で見たときと、分光器を通して見たときの違いについて観察し、光の仲間分けを行いました。

**【開催概要】**

日 時:7月30日～8月6日  
会 場:山口県山口市(きらら浜)  
参加者数:世界162ヶ国より約34,000人  
展示内容:分光光学ワークショップ～光の秘密を探る～





## 筑波事業所

### 一般公開

筑波地区では2016年度一般公開「きみの目はみらいをのぞくむしめがね～私たちの未来を支えるバイオリソース～」をキャッチフレーズに、4月22日、23日で開催しました。今回初の試みとして、来場者がお茶を飲み、くつろぎながら講演会を聞くことができる「かがく喫茶」やIPS細胞、間葉系幹細胞等を長期保存している細胞保存施設の見学ツアーを行いました。前週の4月17日には筑波地区近隣のイオンモールつくばで「科学の街つくばキッズ博士になろう！」を開催し、ミニ講演会や一般公開でもおなじみの細胞の顕微鏡観察、DNAストラップ作成体験等を行い、来場者が科学に興味を持ち楽しんでいただける機会となりました。



イオンモールつくば「科学の街つくばキッズ博士になろう」開催の様子

### 省エネ(CO<sub>2</sub>排出削減)

筑波地区では中・長期の省エネ活動計画の策定・実施により、消費電力の削減とともに、地球温暖化の原因となるCO<sub>2</sub>の排出削減に努めてきました。2015年度には省エネ活動計画のひとつとして、筑波地区構内に設置されている29基の外灯について、水銀灯からLED照明に交換を行いました。それによって消費電力が400W(水銀灯)から75W(LED照明)へ約80%もの大幅な消費電力の削減となり、CO<sub>2</sub>の排出量も従来と比較して約70%の削減となり環境保護への貢献にもなりました。また水銀灯の12,000時間の寿命に対してLED照明は40,000時間もの長寿命のため交換・整備にかかるメンテナンスコストも大幅に削減が可能となりました。



LED照明(外灯)

### フロンに関する法律への対応(管理システム)

2015年4月1日より施行された「フロン排出抑制法」により、管理者は第一種特定製品の全てについて簡易点検及び定期点検(7.5kW以上)を行い、その結果の記録・管理を行うことが必要となりました。筑波地区では多くの使用する第一種特定製品の点検・整備記録簿等の作成・保管といった管理業務の負担を軽減させるため、第一種特定製品をデータベースに登録することで、ホームページ上で簡易点検、定期点検の点検結果が入力でき、煩雑な管理業務をクラウドにてフロン機器管理システムを構築したことにより、一元的な管理が可能となり、簡易点検・定期点検の記録、修理履歴の記録、算定漏えい量等の適切な管理を実施しています。



フロン機器管理システム画面

## 播磨事業所

### 放射線管理

播磨事業所では、SPRING-8やSACLAという加速器を用いた研究を行っています。これら加速器の運転が、施設周辺の放射線環境に影響せず、法令で定める放射線施設の設置基準を遵守していることを確認するために、継続して環境放射線測定を行っています。

環境放射線測定は、敷地周辺の放射線の強さ(空間線量)と量(積算線量)や、敷地内外における地表水および土壌に含まれる放射性同位元素の濃度(放射能濃度)を、四半期毎に測定しています。これらの測定結果は、全て法令の基準値を下回っており、自然放射線レベルとの有意差は認められませんでした。



空間線量測定の様子

### 遮熱塗料の採用

1997年に完成した組立調整実験棟は、精密な室温管理が必要な実験装置を擁する鉄骨造平屋建ての建物です。2015年度の改修工事を契機として、屋根部と外壁部に遮熱性能を有する塗料を採用し、太陽から受ける熱を減衰させることで室温の上昇を抑制することが可能となりました。これにより、屋内冷房等に利用される空調機の負荷低減による省エネ効果が期待され、地球温暖化やヒートアイランド現象の防止対策として大きく貢献しています。また、今回採用した塗料は、耐候性・防かび性に優れた性能を持ち合わせており、長期にわたって安定的に実験が行える建物として活用されます。



組立調整実験棟

### ソメイヨシノの植樹

播磨事業所では毎年構内に桜を植樹しており、2015年度は蓄積リング棟の北東側に20本のソメイヨシノを配置しました。主な研究施設となるSPRING-8やSACLAには、国内外から数多くの研究者が実験に訪れており、年間一万人を超える見学者も来所されますが、四季を通じた自然の移り変わりとともに桜の成長を楽しんでいただけるよう、構内の整備・緑化に取り組んでいます。最近では、正門守衛所から蓄積リング棟にかけてのメイン通り沿いに桜を植樹し、48本の若いソメイヨシノを見ていただくことができるようになりました。今後は、SACLA周辺の桜まで並木道を整備する計画としており、時間をかけながら少しずつ着実に整備を行って参ります。



ソメイヨシノ



## 神戸事業所

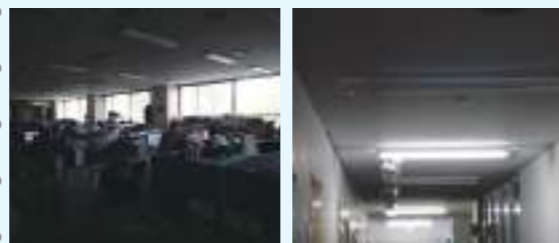
## 神戸事業所

### 環境負荷低減への取り組み・小さなできることを積み重ねて(神戸第1地区)

神戸事業所では環境負荷低減を目指して様々な取り組みを行っています。その取り組み中では昼休み時のオフィス、研究室照明の消灯活動。廊下などの照明は人感センサー活用して自動消灯を行っています。また点灯時は照明器具の間引き点灯を行い消費電力の低減に努めています。小さな活動ではありますが日常で積み重ねて行くことで省エネルギー意識を高めています。

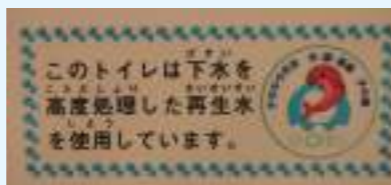
また全職員での活動としてクールビズ、ウォームビズを活用して、夏場28℃、冬場は19℃を指標として適正な空調運用を心掛けて余分なエネルギーを使わないように一同で取り組んでいます。

他にもトイレ水洗水は再生水を活用することで貴重な水資源を有効活用しています。



昼休み消灯運動

廊下の間引き照明



トイレの再生水表示

### 計算機室2F空調機の節電対策(神戸第2地区)

スーパーコンピュータ「京」では、CPUを水で冷却する「水冷」とメモリーやディスクを風で冷やす「空冷」の2種類の方法が採用されています。

空冷用空調機は49台。1台に2組のファンとモーターがあり、電源を入れると2組共運転します。

節電対策として、まず2013年から空調機の稼働台数を40台から21台まで減らし、吹き出し温度を21℃から18℃に下げるバランス調整を行い、444kWの削減を実施しました。

2014年には空調機1台に1組のファンとモーターのみが運転するように1組を休止させ、最終的に空調機31台(モーター31台)の運用とし、更に199kWを削減出来、合計で643kWを節電しました。

これは年間電力量で約5,633MWhの節電となり、一般家庭1,564戸分に相当します。(年間3.6MWh/戸)



2階空調機全景



空調機用モーター

### 大阪の新たな研究拠点(大阪地区)

大阪地区では、2015年度に2014年度をもって解散した大阪バイオサイエンス研究所の敷地と建物を大阪市から、また同敷地内に置かれていた大阪大学バイオ関連多目的研究施設の建物を国立大学法人大阪大学から承継し、10月27日に理化学研究所の大阪地区における研究拠点として生命システム研究センターを開所しました。

11月7日には施設の一般公開を開催し、近隣の中高生や住民の方々にご来場いただきました。



生命システム研究A棟とB棟



一般公開の様子

### 研究所周辺美化活動(神戸第1地区)

神戸事業所は、毎年10月に事業所周辺の環境改善や地域への貢献活動を目指して、「クリーン作戦」と称した美化活動を行っています。

美化活動を実施する事により、事業所周辺の公道のタバコや空き缶等のポイ捨て軽減を目指し、地域の美化に貢献したいと考えております。

2015年度は、早朝から自主的に参加した職員約70名が、事業所敷地前から医療センター前の歩道まで美化活動に貢献し、沢山のゴミを回収しました。

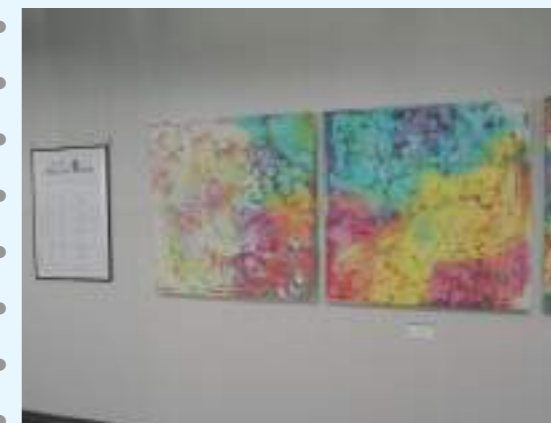
今後も継続的にクリーン作戦を実施することにより、個人の環境への関心を高め、地域の美化や環境の向上を図り、社会貢献に努めたいと考えております。



美化活動のようす

### 職場環境に芸術の風を(神戸第2地区)

計算科学研究機構の研究棟では、各階で芸術作品の展示を行っています。これは、大阪芸術大学と協定を結び、学生の作品を年間通して展示しているものであり、今年で6回目の実施となります。計算科学、計算機科学を扱う研究環境に芸術という全く異なる風を吹かせ、研究者に新たな刺激を与えるものとして、職場環境のひとつとして定着しています。毎年機構内職員を対象に、人気投票も行い、授賞式も実施しており、大学側としても学生に貴重な作品展示の機会と刺激を与えられることから、良好な関係の中、継続しています。



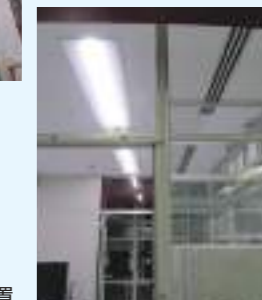
作品展示風景

### 既存を活かしたラボ改修(大阪地区)

承継したA棟、B棟ともほぼ築30年が経過する古い建物です。けれども研究施設としての設計はしっかりとしたものであり、その後の保守管理も十分行われていました。新しいラボ立ち上げに際しては、全面的な変更をするのではなく、既存の施設を活かした形で改修しています。たとえば、電子顕微鏡室だった部屋をスーパーコンピュータ室としてリニューアル。天井も高く、遮音性能も良好で、コンピュータの設置に最適な場所になりました。また、実験室内を間仕切るときも、既存の空調給排気口を活かしたレイアウトにしました。照明を追加する必要がある場所にはLED照明を効果的に配置し、環境に配慮しています。これからも既存の良さを活かしながら、新しい研究にFitした研究棟とすべく、大切にしていきたいと思っております。



既存の施設を有効活用したスーパーコンピュータ室



LED照明の効果的配



## 横浜事業所

### 横浜市立サイエンスフロンティア高等学校の文化祭ブース出展

スーパーサイエンスハイスクール(SSH)指定校である「横浜市立サイエンスフロンティア高等学校」は、横浜市鶴見区の「横浜サイエンスフロンティア地区」に所在し、先端的科学技術教育に力を入れている学校です。同校は神奈川県内初の理数科高校として誕生した学校であり、理研の研究者が同校科学技術顧問を務めています。理研とは連携・協力関係にあり一般公開の学生ボランティアや高校の文化祭などにおいて、相互に交流を行っています。2015年度の文化祭は9月19日、20日に開催し、約7000名の来場がありました。理研もブースを出展し、科学に興味のある小・中学生や近隣住民の方々に理研の活動内容への理解を深めていただくことができました。



横浜市立サイエンスフロンティア高等学校文化祭

### 理研よこはまサイエンスカフェ

理研よこはまサイエンスカフェは、理研の研究者と市民の方々が飲み物を片手に気軽に科学について語り合うイベントです。2015年度は横浜市、川崎市、鎌倉市、横須賀市の図書館・科学館にて開催し、全9回のべ約350人の方に参加いただきました。サイエンスカフェのプログラム内容は講義と質疑応答の2部構成となります。講師である研究者の研究紹介では、最新の科学について学ぶ場を提供し、質疑応答では科学や研究者への素朴な疑問から専門的な質問にお答えするなど、幅広い層の方が楽しめる機会を創出しています。



理研よこはまサイエンスカフェ

### 企業版サイエンスカフェ

企業版サイエンスカフェは、2015年12月9日に横浜地区にて開催し、神奈川、静岡、東京の企業24社26名の方に参加いただきました。講義では、最新のゲノム研究成果を織り交ぜて、新しいヒトゲノム像について解説がありました。ヒトゲノムプロジェクトに関連して、当時から現在に至るまで、様々なビジネスが誕生した背景を説明しました。また、ラボツアーも実施し、普段は公開していない施設の現場も見させていただきました。参加者からは「講義、見学ともに充実していた。装置を見ることで理解が深まった。ビジネスのヒントになった。」等の感想や、今後の展開として「ソフトウェアの面からどんな連携があるか提案してほしい。中小企業なので、さらなる官公庁からの支援を期待している」等の要望が寄せられました。



ラボツアー

### 鶴見クリーンキャンペーン

地域コミュニティへの活動の一環として、鶴見クリーンキャンペーンを毎年秋に実施しています。理研と横浜市立大学が協力して、理研前の歩道約500mの清掃と、どんぐり拾いを行っています。2015年度は理研・市大で約60名がキャンペーンに賛同しました。また、クリーンキャンペーンで収集したどんぐりを集めて森づくりに活かす「緑化運動」も行なっています。人々と自然環境に考慮した「地域コミュニティに根づく活動」を今後も進めていきます。



清掃と、どんぐり拾い

### つるみ臨海フェスティバルにブース出展

「つるみ臨海フェスティバル」は毎年秋に横浜市鶴見区の臨海部にある7つの地区連合会が企画・開催している区民祭りです。区内に住む家族連れを中心に例年約5万人が参加をしています。理研は、鶴見区に所在する研究機関として毎年ブースを出展をしています。2015年度は、10月17日に区内の入船公園で開催し、ブースでは「厚紙とストローでつくる紙トンボ」を作りました。厚紙の曲げ方、手の回し方で、トンボの飛び方が大きく変わりすぐに改良できるので、子どもを中心に多くの方が参加し、作成した紙トンボを飛ばして楽しみました。



厚紙とストローでつくる紙トンボ

### 横浜市立大学と合同で防災訓練を実施

2015年11月26日に横浜市立大学と合同で総合消防訓練を実施しました。

横浜地区では火災を想定した避難訓練に加え、地域の特徴にあわせ、地震・津波を想定した避難訓練を行っています。また、当日は、防火扉・シャッター及び屋内消火栓の使用説明会、横浜気象台の講師による火山防災をテーマにした講演会を開催するとともに、鶴見消防署の方々を講師に迎え実施した煙体験では、訓練用スモークを充填させたテント内を、参加者が口元をハンカチやマスクなどで覆いながら通り抜ける体験をし、火災時における煙の怖さや煙の中をどのように避難すべきかを学びました。



煙体験の様子



横浜事業所

安全衛生職場巡視

研究活動を実施する職場に対して多角的な視点で安全・衛生が確保されているかを確認するため、事業所長、研究支援部、産業医、安全管理室等関係部署が一体となって定期的に職場巡視を実施しています。職場巡視では、研究室内の危険箇所を指摘し改善を指示することで、作業時の危険性の低減を行っています。また、各研究室における安全衛生に関する良い取り組み事例についても、安全衛生情報を通じて他の研究室へ情報共有することにより、横浜地区全体でより安全な職場環境を目指しています。



職場巡視の風景

教育訓練(講習会)

安全管理室では、新入職員を対象とした放射線、高圧ガス(液化窒素を含む)、化学安全、バイオセーフティー、遺伝子組換え実験、動物実験、微生物等取扱い及び人(ヒト由来試料を含む)を対象とする研究に係る教育訓練を実施しています。また、これ以外にも職員全体へ向けた様々な講習を実施しています。

2015年度は、保護マスク着用の実演講習を実施し、研究者自身がマスクからの漏れ率について測定機器を使い実体験することで、座学では理解の難しい保護マスクの正しい着用方法を学びました。



マスク講習会

大気汚染防止

横浜地区における施設の熱源(空調、温水)には、都市ガスを利用するボイラーや冷温水発生機を使用しています。これらの機器から排出される排気については大気汚染防止法や横浜市の条例などに基づいて大気汚染物質を管理しています。具体的な内容としては日々の点検業務を行い、異常などが確認された場合は速やかに対処できる体制を整えています。年2回の排気ガス測定時には、窒素酸化物(NOx)とばい煙について排出量のモニタリングを行う事で、施設の健全維持と運用に努めています。

また、冷房時の熱源として電気を用いるターボ冷凍機、スクリー冷却機、空冷チラーを導入しており、夜間電力を利用することにより、夏季昼間の電力ピークカット、及び排ガス排出量の削減に取り組み、CO<sub>2</sub>、大気汚染物質の低減にも努めています。



冷温水発生機の日常点検の様子

環境報告書の信頼性を高めるために

第三者意見(横浜市大)

理化学研究所(理研)横浜地区は人口約370万人都市である横浜市の北東部、鶴見区末広地区に2000年に横浜研究所として発足しました。翌年には横浜市立大学大学院(市大)が理研横浜地区との同一敷地内という立地を活かし、ユニークな教育環境の中、連携大学院として開校し、活発な教育・研究交流が展開されています。現在、「生命医科学研究科(大学院)」および「生命医科学コース(学部)」の学生約200名が理研の客員教員18名と市大専任教員25名により世界的トップレベルの環境の中で教育・研究指導を受けています。この地区は「京浜臨海部ライフイノベーション国際戦略総合特区(横浜サイエンスフロンティア)」として2011年12月、国から指定され、「木原記念横浜生命科学振興財団」、「末広ファクトリーパーク」、「横浜新技術創造館」、「横浜バイオ医薬品研究開発センター」、「横浜バイオ産業センター」などが設置され、文字通り、経済成長とライフイノベーションの実現に向けた国際的拠点として位置づけられています。

2015年4月には、「横浜市環境科学研究所」が磯子区から鶴見区に隣接する神奈川区生麦新子安地区恵比須町に移転しましたが、地域の緑化活動推進団体である「末広地区緑のまちづくり協議会」と連携し、地域緑化活動の推進に取り組んでいます。バス停「小野町」を過ぎると末広プロムナードが始まり、道の両脇には数百本にわたる「まてばしい」の並木が続きます。秋には沢山のどんぐりの実がなり、理研・市大の研究者・教職員が参加するどんぐり拾いは毎年の恒例行事となっています。収穫したどんぐりは高知県大川村の「どんぐり銀行」に預けられ、苗として育てるためや、市内の動物園の飼料として提供されています。また、このプロムナードには、潮風に強いハマナス、ヒペリカム、ハマユウ、アベリア、あじさいなどが植栽され、春から初夏にかけて色とりどりの花々が咲き乱れます。特に理研・市大大学院前バス停付近に咲く水色のアガパンサスの花は私共の目を楽しませてくれます。このように地域との連携を図りながら、緑豊かな景観の向上をめざす京浜の森づくり等への貴機関の貢献は、多大であるといえましょう。

理研横浜地区には、現在「統合生命医科学研究センター」、「環境資源科学研究センター」、「ライフサイエンス技術基盤研究センター」の拠点となる三つの研究センターが開設されています。これら拠点の研究成果普及の一環として、市大および地域と連携した多くのイベントが開催されています。市大とは例年3,000人を超える入場者で賑わう「一般公開」を共同で開催、市大主催の研究体験シリーズ「バイオエキスパート」への客員教員の参加、そして地域との関係でいえば7つの地元連合会が企画・開催する「つるみ臨海フェスティバル」へのブース出展などがあります。理研独自開催としては「理研よこはまサイエンスカフェ」の開催、2009年にこの地区に開校した「横浜サイエンスフロンティア高校」の文化祭へのブース出展、中学・高校生の見学ツアーの受け入れ等々、多様な情報公開を含め、横浜の地域に対する研究成果の普及に大いに貢献していると認識しております。

貴機関は、2017年3月、創立100周年を迎えます。松本紘理事長の「至高の科学力で地球規模の社会的課題の解決を目指します」という提唱のもと、今後益々、世界トップレベルの研究活動の発展を期待し、第三者意見とさせていただきます。



横浜市立大学 学務・教育部  
教育推進課 担当課長 川村 礼子



# 環境報告書の信頼性を高めるために

## 環境報告書監事意見書

理化学研究所は2015年4月より国立研究開発法人として研究開発成果の最大化を目指す法人となりました。これまでも日本で唯一の自然科学の総合研究機関として、多くの研究領域において、毎年大きな研究成果を創出してきましたが、今後はさらに社会の期待に応える研究成果が求められています。そのため理研内部での研究領域をまたがる融合的研究、外部研究機関や企業との共同研究の拡大などに積極的に取り組んできました。このような研究活動の充実が成果として表れていますが、これは研究者の努力、研究を支える職員の支援、研究環境の整備によって実現した成果でもあります。また、研究活動は環境行動指針を研究所運営の最重要課題として、環境への十分な配慮の上で行われています。理研は研究内容と成果、研究を支える体制、環境に対する取り組みを分かりやすく説明することが必要であり、環境報告書の作成と公表は非常に重要です。

環境報告書2016「特集」の項では3つの研究が紹介されています。環境ストレスに強く高収量の作物の開発では、シロイズナズナとキャッサバの研究と、食料問題解決への期待が良く説明されています。電子の流れから探る生命進化は、電気エネルギーを使って有機物を作り増殖する微生物の研究で、興味深い内容です。合成ゴムの材料イソプレンを生物に作らせる研究では、脱石油の共同研究としての成果が説明されています。それぞれの研究内容は、社会的期待が大きく、また、注目度の高い研究と思いますが、丁寧に分かりやすい説明になっています。

環境マネジメントの体制は、活動の全体像が組織図として示されており、簡潔で適切な記載と思います。

環境負荷の全体像は、エネルギー投入量等のインプットと排水量等のアウトプットを具体的数値で表形式にまとめており、理解しやすい内容です。

環境負荷軽減への取組として「グリーン調達」「地球温

暖化の防止」「廃棄物削減」「排水管理・節水対策」「化学物質管理」の毎年度の取り組み結果を、具体的数値で時系列に示しており、適切で分かりやすい内容になっています。

働きやすい職場づくりでは「職員のメンタルヘルス」「男女共同参画」「障がい者雇用」についての取り組みが紹介されています。

各地区における環境コミュニケーションと環境配慮への取り組みでは、各事業所のそれぞれの地区における取り組みが紹介されており、理研のいろいろな活動を多くの人に知ってもらう効果的な活動が紹介されているとおもいます。

この環境報告書は、理研の果たすべき役割と責任を説明できているものと認めます。



国立研究開発法人理化学研究所  
監事 清水 至

# 環境報告ガイドライン 適合性確認

環境報告ガイドライン (2012年版) に基づく項目		掲載状況	「環境報告書2016」対応項目	頁	
【第4章】 環境報告の基本的事項	1. 報告にあたっての基本的要件	(1) 対象組織の範囲・対象期間	○ 編集方針	4	
		(2) 対象範囲の捕捉率と対象期間の差異			
		(3) 報告方針			
		(4) 公表媒体の方針等			
2. 経営責任者の緒言	○	理事長挨拶	1,2		
3. 環境報告の概要	(1) 環境配慮経営等の概要	○	理化学研究所概要、組織図、収入と支出、人員、環境マネジメント体制、環境報告書監事意見書	5-8 21,41	
	(2) KPIの時系列一覧	○	グリーン購入・地球温暖化防止・廃棄物削減・排水管理・化学物質管理	23-27	
	(3) 個別の環境課題に関する対応総括	○	グリーン購入・地球温暖化防止・廃棄物削減・排水管理・化学物質管理・大気汚染防止・放射線管理	23-27 34,39	
4. マテリアルバランス	○	環境負荷の全体像	22		
【第5章】 「環境マネジメント等の環境配慮経営に関する状況」を表す情報・指標	1. 環境マネジメント等の環境配慮経営に関する状況	(1) 環境配慮の方針	○	理事長挨拶	1,2
		(2) 重要な課題、ビジョン及び事業戦略等	○	役員からのメッセージ	3
	2. 組織体制及びガバナンスの状況	(1) 環境配慮経営の組織体制等	○	環境マネジメント体制	21
		(2) 環境リスクマネジメント体制	○	環境マネジメント体制、防災訓練を実施、教育訓練	21,38 39
		(3) 環境に関する規制等の遵守状況	○	環境マネジメント体制、グリーン購入・温暖化防止・廃棄物削減・排水管理・化学物質管理・放射線管理・大気汚染防止	21, 23-27 34,39
	3. ステークホルダーへの対応状況	(1) ステークホルダーへの対応	○	特集1～3、社会・地域との環境コミュニケーション、働きやすい職場づくり	9-20 28,29
		(2) 環境に関する社会貢献活動等	○	環境コミュニケーションと環境配慮活動	29-39
	4. バリューチェーンにおける環境配慮の取組状況	(1) バリューチェーンにおける環境配慮の取組方針、戦略等	○	グリーン調達、廃棄物削減	23,25
		(2) グリーン購入・調達	○	グリーン調達	23
		(3) 環境負荷低減に資する製品・サービス等	○	環境コミュニケーションと環境配慮活動	29-39
(4) 環境関連の新技术・研究開発		○	特集1～3	9-20	
(5) 環境に配慮した輸送		-	-	-	
(6) 環境に配慮した資源・不動産開発/投資等		-	-	-	
(7) 環境に配慮した廃棄物処理/リサイクル		○	環境負荷の全体像、廃棄物削減	22,25	
1. 資源エネルギーの投入状況	(1) 総エネルギー投入量及びその低減対策	○	環境負荷の全体像、地球温暖化防止省エネ	22,24 33,35	
	(2) 総物質投入量及びその低減対策	○	グリーン調達	23	
	(3) 水資源投入量及びその低減対策	○	環境負荷の全体像、節水対策	22,26	
2. 資源等の循環的利用の状況 (事業エリア内)	○	環境負荷の全体像、節水対策	22,26		
【第6章】 「事業活動に伴う環境負荷及び環境配慮等の取組に関する状況」を表す情報・指標	3. 生産物・環境負荷の算出・排出等の状況	(1) 総製品生産量又は総商品販売量等	-	-	-
		(2) 温室効果ガスの排出量及びその低減対策	○	環境負荷の全体像、地球温暖化防止省エネ	22,24 33,35
		(3) 総排水量及びその低減対策	○	環境負荷の全体像、節水対策	22,26
		(4) 大気汚染、生活環境に係る負荷量及びその低減対策	○	大気汚染防止	39
		(5) 化学物質の排出量、移動量及びその低減対策	○	環境負荷の全体像、化学物質管理	22,27
		(6) 廃棄物等総排出量、廃棄物最終処分量及びその低減対策	○	環境負荷の全体像、廃棄物削減	22,25
		(7) 有害物質等の漏出量及びその防止対策	○	防災訓練を実施	38
4. 生物多様性の保全と生物資源の持続可能な利用の状況	○	環境マネジメント体制	21		
【第7章】 「環境配慮の経済・社会的側面に関する状況」を表す情報・指標	1. 環境配慮経営の経済・社会的側面に関する状況	(1) 事業者における経済的側面の状況	-	-	-
		(2) 社会における経済的側面の状況	-	-	-
2. 環境配慮経営の社会的側面に関する状況	○	働きやすい職場づくり	28,29		
【第8章】 その他の記載事項等	1. 後発事象等	(1) 後発事象	-	-	-
		(2) 臨時的事象	-	-	-
2. 環境情報の第三者審査等	○	第三者意見	40		