

RIKEN  
ENVIRONMENTAL  
REPORT  
2017

環  
境  
報  
告  
書

美しい地球と  
わたしたちの未来のために

## 理事長挨拶

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。

国立研究開発法人理化学研究所は、今年、創立100周年を迎えました。また、2016年10月には特定国立研究開発法人に位置づけられました。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、それらの研究成果を出して行くだけではなく、それら成果の社会実装により、直接的な社会への貢献が求められています。

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ています。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るという訳です。更には、国連が定めた持

続可能な開発目標への貢献なども求められることになるでしょう。

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ますので、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]

2016年度(2016年4月1日～2017年3月31日)ただし、一部2017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]

2017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
特集記事 4	21
環境マネジメント体制	23
環境負荷の全体像	24
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	32
・筑波地区	34
・横浜地区	35
・神戸(第1・2)、大阪地区	37
・播磨地区	39
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。

## 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)

### 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。



**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会社約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。

# 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

1967  
駒込から和光に移転

1958-  
特殊法人理化学研究所

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

**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。



**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)



**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

(2017年6月1日現在)



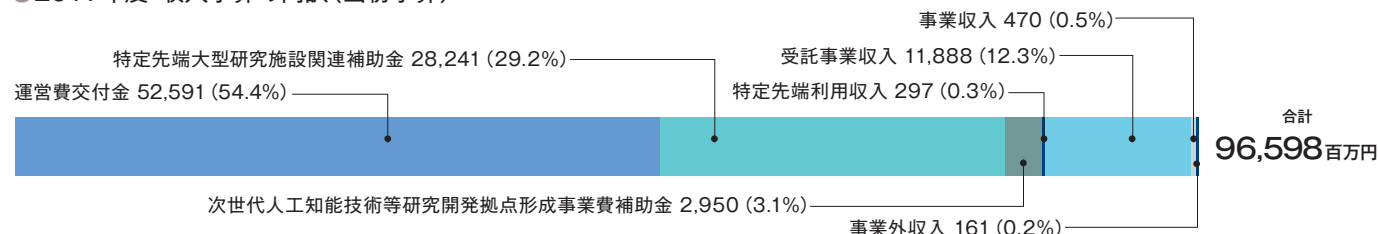


# 予算

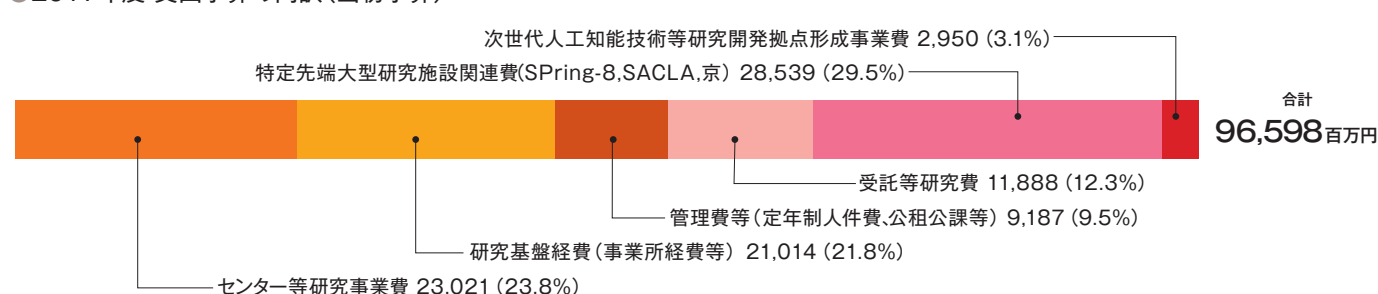
理研の収入は「政府支出金」と「自己収入」に大きくわけられます。

「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。

## ●2017年度 収入予算の内訳(当初予算)



## ●2017年度 支出予算の内訳(当初予算)



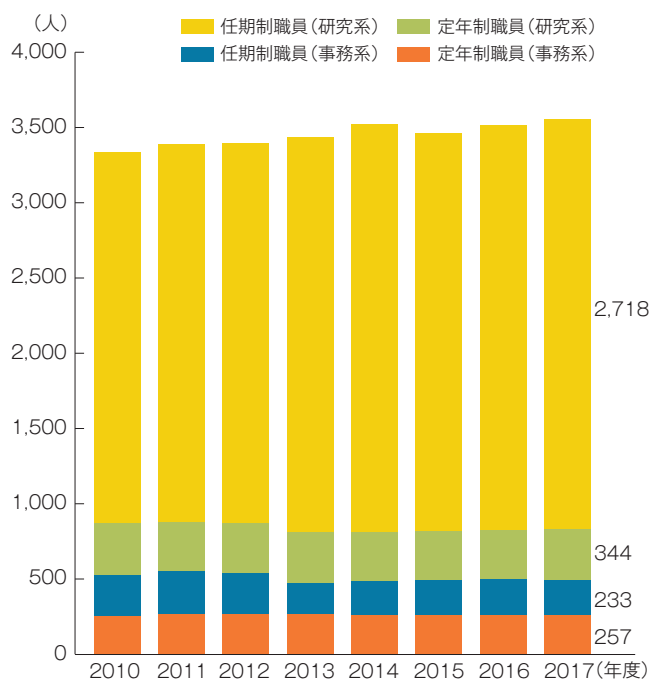
# 人員

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	3,062名	任期制職員	2,718名	職員合計 <b>3,552名</b>
		定年制職員	344名	
事務系職員	490名	任期制職員	233名	
		定年制職員	257名	

(2017年4月1日現在)

## ●理研の人員の推移



※各年度末の人数。2017年度は4月1日現在の人数

骨や皮膚の成分であるコラーゲンなど、

体の構造をつくるタンパク質は“構造タンパク質”と呼ばれる。

クモの巣を形づくるクモの糸も構造タンパク質だ。クモの糸は、軽量ながら、

質量当たりの強靱さ(タフネス)が鋼鉄の340倍という優れた性能を持つ。

軽量で高タフネスなクモの糸を、人工物を形づくる構造材料として

使うことができれば、例えば、燃費の良い自動車や飛行機ができるだろう。

「ただし、クモの糸などの構造タンパク質を効率良く大量に合成する手法がまだありません」

理研 環境資源科学研究センター(CSRS)酵素研究チームの沼田圭司チームリーダー(TL)は、

そう指摘する。沼田TLたちは、構造タンパク質をつくる独自手法の開発を進めている。

## クモの糸に学び、構造タンパク質をつくる

### 構造タンパク質を

#### 効率良く大量合成する

高校では競泳、東京工業大学では水球に明け暮れていたという沼田TL。「大学で、タンパク質やプラスチックなどを扱う高分子工学科を選んだのは、深い考えがあったわけではありません。真面目に研究に取り組み始めたのは学部4年の夏、けがで2カ月間入院してプレーができなくなった後です」

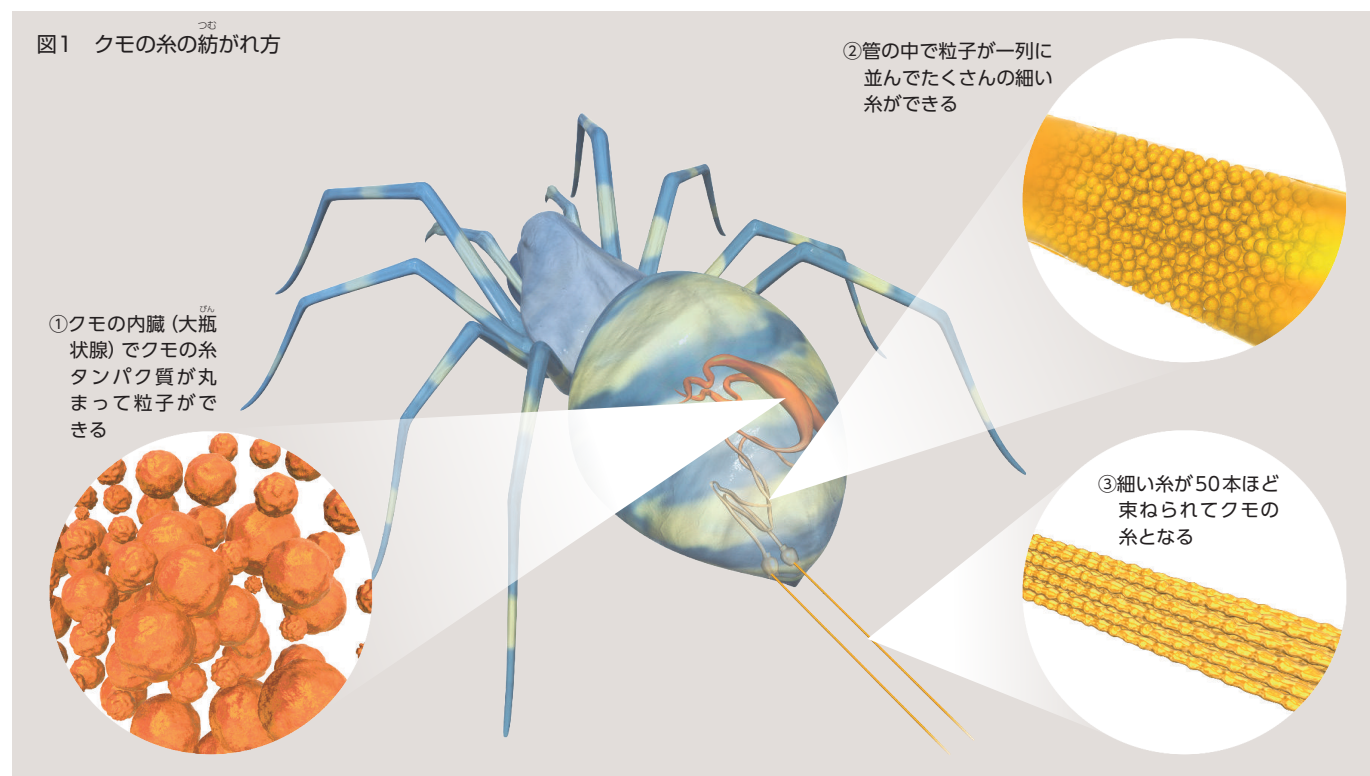
大学院では高分子の構造や物性を調

べる研究を進めて学位を取得し、2008年から2年間、米国のタフツ大学へ。「赴任した研究室では、遺伝子治療用の材料として人工シルクを設計し、生合成する研究をしていました。私はそこで初めてシルクに出会いました」

タンパク質のうち、酵素などの化学反応に関わるものは“機能タンパク質”と呼ばれる。一方、コラーゲンなど体の構造づくりに関わるものを“構造タンパク質”という。

シルクも構造タンパク質である。シルクというと絹糸をまずイメージするが、カイコなどの昆虫やクモがつくる繊維状タンパク質の総称がシルクである。

「シルクの研究の多くは、生物学からのアプローチです。タフツ大学の研究室のように、人工シルクを生合成する研究をしているところでも、再生医療用の機能材料として利用することが目的です。私はタフツ大学の上司と同じ研究はしたくないと思い、構造材料用に構造タンパ



**沼田 圭司** (ぬまた・けいじ)

環境資源科学研究センター  
バイオマス工学研究部門  
酵素研究チーム  
チームリーダー

1980年、東京都生まれ。博士(工学)。東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了。米国タフツ大学 日本学術振興会海外特別研究員を経て、2010年、理研バイオマス工学研究プログラム酵素研究チーム 上級研究員。2012年、同チームチームリーダー。2015年より現職。



ク質を設計し、つくる研究を進めることにしました」

構造材料として優れた性能を持つ構造タンパク質の代表がクモの糸だ。「鉄は変形しにくい強さがあります。ゴムは引き伸ばすことができる柔らかさがあります。しかしどちらも破壊に必要なエネルギーはクモの牽引糸(クモがぶら下がる命綱)には及びません。クモの糸は軽量ですが、強さと柔らかさを併せ持ち、破壊されにくい強靱さ(タフネス)に優れています」

そのクモの糸を、化学繊維のように石油原料に依存することなく、低エネルギーで製造できる可能性がある。「ただし、構造材料として実用化するには、低コストで大量合成できることが条件になります。そのような構造タンパク質の合成法はまだ確立されていません」

2010年4月、沼田TLは理研バイオマス工学研究プログラム(2015年にCSRSに統合)において、「クモの糸タンパク質」などの高分子材料を低コストで大量合成するための新手法の研究を始めました。

### クモの糸タンパク質を 組み込んだ高機能木材

沼田TLたちは現在、三つのアプローチでクモの糸をはじめとする構造タンパク質をつくる研究を進めている。一つ目は植物につくらせる手法だ。

「バイオマス工学研究プログラムには植物の専門家がも多く、いろいろと教えていただきながら、植物の核ゲノムに高分

子材料を合成する遺伝子を導入してつくらせる研究を始めました。しかし、遺伝子を導入すると立ち枯れしてしまう問題が発生しました。調べてみると、ミトコンドリアがつくり出す物質の不足が原因であることが分かりました」

ミトコンドリアは、生体エネルギーをつくり出す細胞内小器官だ。ミトコンドリアも、細胞核とは別に独自のDNAを持っている。

「私たちは、高分子工学の手法を使ってミトコンドリアに遺伝子を導入する改変技術を開発しました。それにより産生物質の不足を解消して立ち枯れを防ぐことができる可能性があります。そもそも、動物や微生物などに比べて、植物では遺伝子導入などの改変技術の開発が十分ではありません。少なくとも、動物細胞の分野から移ってきた私には、そう見えます。そのため、私たちは植物用の改変技術をそろえるところから始めています」

木材自体が、軽くて加工しやすい優れた構造材料だ。「さらに植物細胞の間をクモの糸タンパク質でつなぐことができれば、高タフネスの木材ができるでしょう。タフネスを高めることで、自動車の車体フレームや高層住宅用の建材など、木材の用途を大きく広げることを目指しています」

### 窒素ガスを栄養源にできる 光合成細菌につくらせる

植物細胞にクモの糸タンパク質をつくらせても、それを低コストで抽出して

構造材料として利用することは技術的に難しい。そこで沼田TLたちは、抽出技術が確立されている微生物を用いる研究も進めている。それが二つ目のアプローチだ。

「大腸菌のような、よく使われている微生物に、クモの糸タンパク質の遺伝子を導入してつくらせる取り組みが、ほかの研究グループで進められています。私はあまり研究が進んでいない、海にすむ“光合成細菌”に注目しました。私たちが選んだ光合成細菌は、光合成をしながら、窒素の固定もできるという特徴があります」(図2)

微生物を利用した物質生産の課題は、餌などとして投入したエネルギーの大部分が微生物の成長に使われ、物質生産にはあまり使われないため、生産効率が低くなってしまふことだ。

「餌に含まれる栄養源の中でも、生物が生きる上で必須となる窒素は、肥料の



図2 窒素を固定する海洋性光合成細菌

原料にもなり高価です。大気の8割は窒素ガスなので大量にあるのですが、大腸菌も含め普通の生物はそれを栄養として直接取り込み利用することができません。一方、私たちが選んだ光合成細菌は、大気中の窒素ガスを取り込んで栄養として利用できる形に“固定”することができます、この点が最大のメリットです。大気中の窒素ガスと、水中の二酸化炭素を原料にしてクモの糸タンパク質をつくることのできるのです。現在、光合成細菌が取り込んだ窒素ガスのうち、どれくらいがクモの糸タンパク質の合成に使われているかを調べているところです」

その光合成細菌は、よく使われる微生物に比べて、高分子材料をつくる能力が低いという課題がある。

「そもそもクモの糸タンパク質の遺伝子は発現しにくいのです」と沼田TLは指摘する。

タンパク質は遺伝子の情報に従って20種類のアミノ酸が並んだ鎖が立体的に折り畳まれたものだ。「その鎖の一方の

端(N末端)付近のアミノ酸が、クモの糸タンパク質が発現しにくい原因だと考えられています。そのN末端付近がないと、タンパク質が水中で並ぶ際に効率が悪くなります。この点をほかの手法で解決することで、N末端付近を取り除くなど、クモの糸タンパク質の遺伝子を、発現しやすい形に改変する実験を進めています。そのような手法により、窒素を固定する光合成細菌にクモの糸タンパク質を効率良くつくらせることを目指しています」

### 試験管内で天然を超える 構造タンパク質をつくる

窒素を固定する海洋性光合成細菌でクモの糸タンパク質をつくる研究をしている研究室は、世界でもCSRS酵素研究チームしか知られていない。沼田TLたちは、さらにもう一つの独創的な研究を進めている。試験管内で酵素を使ってアミノ酸をつなげて構造タンパク質を大量合成する研究だ。それが三つ目のアプロー

チである。

「試験管内で少量のタンパク質を合成する手法はあります。しかし構造材料に求められる低コストで大量生産が可能な試験管内の合成法はなく、新しい重合反応の開発が必要です」

室温で反応が進む酵素を使い、有害な有機溶媒ではなく水系溶媒を用いることができれば、副産物も少なく、低エネルギーで環境に優しい低コストの合成法となる。

「試験管内で合成する手法の最大の利点は、アミノ酸以外の分子もタンパク質に組み込むことができることです。生物がつかれない高分子を合成できるのです。天然の構造タンパク質より人間が利用する目的に適した性能を持つ、人工構造タンパク質を合成できる可能性があります」

構造材料として使うには、熱で柔らかくして鋳型などで特定の形にする“熱成形”ができることが望ましい。ただしタンパク質に熱をかけると、焦げて分解してしまう。「アミノ酸以外の分子を組み込むことで熱成形が可能な構造タンパク質を実現できれば、用途が大きく広がります」

試験管内でクモの糸タンパク質をつくる研究は現在、どこまで進んでいるのか。クモの糸タンパク質は、βシートと呼ばれる結晶化した硬い領域と、結晶化していない柔らかい領域が交互につながってできている(図3)。

硬い結晶領域(βシート)はアラニン、柔らかい非結晶領域はグリシンというアミノ酸から主にできている。「クモの糸タンパク質はたくさんの種類のアミノ酸から成りますが、必須のアミノ酸はアラニ

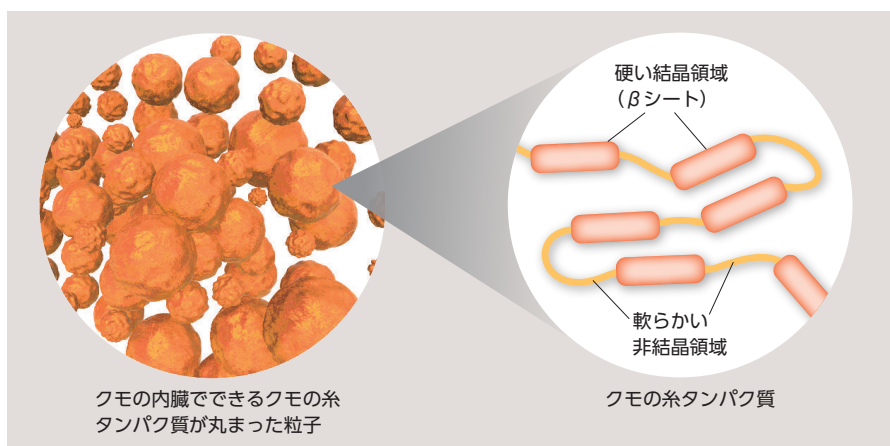
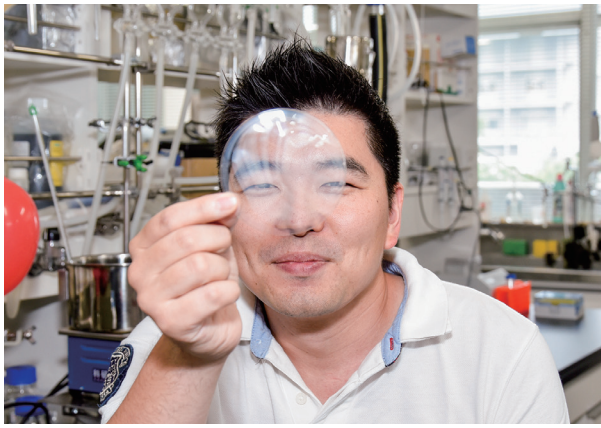


図3 クモの糸タンパク質の基本構造  
クモの糸タンパク質は、硬い結晶領域(βシート)と、柔らかい非結晶領域が交互につながった構造をしている。クモの内臓でつくられたクモの糸タンパク質は、丸まって粒子となる(図1-①)。

図4  
試験管内で合成したクモの糸タンパク質からつくったシート



ンやグリシンなどに限られています。また、酵素のような機能タンパク質は、アミノ酸の並びが1個違うだけで機能が大きく異なりますが、構造タンパク質が構造材料としての性能を発現するためには、それほど厳密な並び方は必要ないと考えています。そのため、アミノ酸の並びをおおよそそろえたタンパク質であれば、試験管内で簡単に合成することができます」

クモの糸タンパク質を合成する上で大きな課題は、アミノ酸の鎖を長くつなげることだ。「まず硬い結晶領域と柔らかい非結晶領域を重縮合という反応でつなげていくことが難しかったのですが、化学合成が専門の土屋康佑 上級研究員が、その問題を解決してくれました」

高タフネスのクモの糸タンパク質をつくるには、硬い結晶領域と柔らかい非結晶領域を交互につなげて、全体が数千個のアミノ酸から成る長い繊維状にする必要がある。

「現在は100個ほどアミノ酸をつなげると反応が止まってしまう。鎖が長くなると反応を促進する酵素が働きにくくなるからだと考えられますが、詳細はよく分かっていません。原因を探り、アミノ酸を数千個までつなげることを目指しています」

### ■ クモの糸の紡むがれ方を探る

ここまで、クモの糸タンパク質をつくる研究を紹介してきたが、いずれもクモの糸になる前の材料の話だ。クモの糸タンパク質をシートなどにすればタフネスに優れた材料になるが(図4)、タフネスに最も優れた性能の材料となるのは、糸に

紡いだ場合だ。

「燃料電池自動車用の水素タンクには高タフネスが求められます。そのような用途の構造材料にするには、やはり人工的にクモの糸を紡ぐ必要があります」

沼田TLたちは、内閣府が進める「革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)」の「超高機能構造タンパク質による素材産業革命」に参画。大型放射光施設SPring-8や理研横浜事業所の高磁場NMR(核磁気共鳴)装置などを駆使して、天然と人工のクモの糸タンパク質の構造の違いとともに、クモの体内で糸が紡がれる仕組みを調べる研究を行い、ImPACTに参加している企業にその知見を提供している。

「クモの内臓である大瓶状腺において、クモの糸タンパク質が丸まって直径0.1μmほどの粒子ができます。管の中で粒子がー列に並んでたくさんの細い糸となり、それらが50本ほど束ねられて、太さ5μmほどのクモの糸ができることを私たちは突き止めました」(図1)

ただし大きな謎が残されている、と沼田TLは言う。

「粒子と粒子がどのようにつながって細い糸ができるのか、まだ分かっていません。そこに高タフネスの秘密があるはず。合成繊維の例を参考にすれば、硬い結晶領域(βシート)が並んで粒子間を貫通する串のような構造をつくり、粒子同士をつなぎ留めているといったことが考えられますが、いまだ確証が得られていません。私たちはSPring-8によって、細い糸を引き伸ばしたときの構造変化を観察して、粒子同士のつながり方を探っています」

### 関連情報

- 2016年8月18日プレスリリース  
高分子量バイオプラスチックを生産する海洋性の光合成細菌
- 2016年6月9日プレスリリース  
シルク材料特性とアミノ酸配列の相関を解明
- 2016年2月4日プレスリリース  
シルク材料での水の影響を解明
- 2015年1月15日プレスリリース  
植物ミトコンドリアへ選択的に遺伝子導入する手法を開発

クモの糸などのシルクは、水を含むと大きく物性が変わってしまう。それが構造材料として長期使用する際の大きな課題の一つだ。

「水分によってシルクの構造がどのように変化して、物性がどれくらい影響を受けるのか、よく分かっていませんでした。私たちはそれを調べ、水の影響をできるだけ小さくして構造材料としての性能を安定させる方法を解明しつつあります。今後は、安定性の高いシルク材料を設計し、開発します」

### ■ さまざまな構造タンパク質をつくる

窒素を固定する光合成細菌につくらせる手法と、試験管内で合成する手法は、「現段階では甲乙つけ難い」と沼田TLは言う。

「3年後には、どちらの手法が優れているか判断をして、一方の手法を発展させていくつもりです。さらに、シルク以外のさまざまな構造タンパク質をつくることも進めていきます。構造タンパク質には優れた機能を持つものがたくさんあります。例えば、ノミの跳躍力や、トンボの羽の動きを生み出す、高い弾力性を持つレジリンなどです。独自の手法でアミノ酸をうまくつなげて、さまざまな人工的な構造タンパク質をつくり、実用化する。このような研究に植物を融合させることで、社会に役立つ構造材料を開発していきたい。私はそれをライフワークとして続けていくつもりです」

(取材・執筆:立山 晃/フォトンクリエイト)

「セシウムと結合し植物への取り込みを抑制する化合物を発見」

環境資源科学研究センター(CSRS) 機能調節研究ユニットの  
申 脩<sup>シム リョウ</sup> ユニットリーダー(UL)とアダムス英里 研究員たちが

2015年3月と2017年2月に発表した研究成果は、放射性セシウムに汚染された  
福島<sup>フクシマ</sup>の農業復興に役立つと期待され、大きな反響を呼んだ。

申ULたちは、海藻が塩分の高い海水中でも生長できる仕組みを探る研究も始めている。

「自分の意志で動くことができない植物や海藻は、動物にはない高い環境適応能力があります。

私はその分子メカニズムを知りたいのです」と申UL。

人がやらないことに挑み続ける申ULたちの研究を紹介しよう。

## セシウムから植物の適応メカニズムを探る

### 科学者として

#### 貢献できることがある!

申ULは、母国・韓国の高麗大学(Korea University)で博士号を取得した後、2002年から米国のDonald D. Foos植物科学研究センターの研究

員として、植物とカリウムに関する研究に携わった。カリウムは、窒素やリン酸と共に肥料の三大要素と呼ばれ、植物の生長に欠かせない栄養素の一つだ。しかしカリウムは土壌に吸着されやすく、植物による利用効率は高くない。そのため作物

の収穫量を上げるには、カリウムを含む肥料を多量に与えなければならない。肥料中のカリウムの多くは作物に吸収されず土壌に残ったままとなるので、土壌や水を汚染する原因となってしまう。また、肥料のコストは、特に開発途上国の農家にとって大きな経済的負担となっている。

「そこで、作物にカリウムを効率よく吸収させて生長させるための手法の開発が望まれています。そのために、植物がどのようにカリウムを根から吸収し、必要な場所まで輸送して生長に利用するのか、その仕組みを遺伝子やタンパク質などの分子レベルで調べる研究を進めました。ただし、肥料の三大要素の中でも、カリウムに関する研究は現在でも遅れています」と申ULは指摘する。

実験用のモデル植物であるシロイヌナズナのゲノム(全遺伝情報)が2000年に解読された。植物がさまざまな栄養素を根から吸収して、必要な場所まで輸送して蓄積する際、細胞膜にある輸送体(トランスポーターやチャンネル)と呼ばれるタンパク質が、特定の栄養素を細胞内に取り込んだり排出したりしている(図2)。

植物やほかの生物の輸送体に関する知見をもとに、シロイヌナズナのゲノムからはカリウムの吸収・輸送・蓄積に関係しているような輸送体の候補遺伝子が60

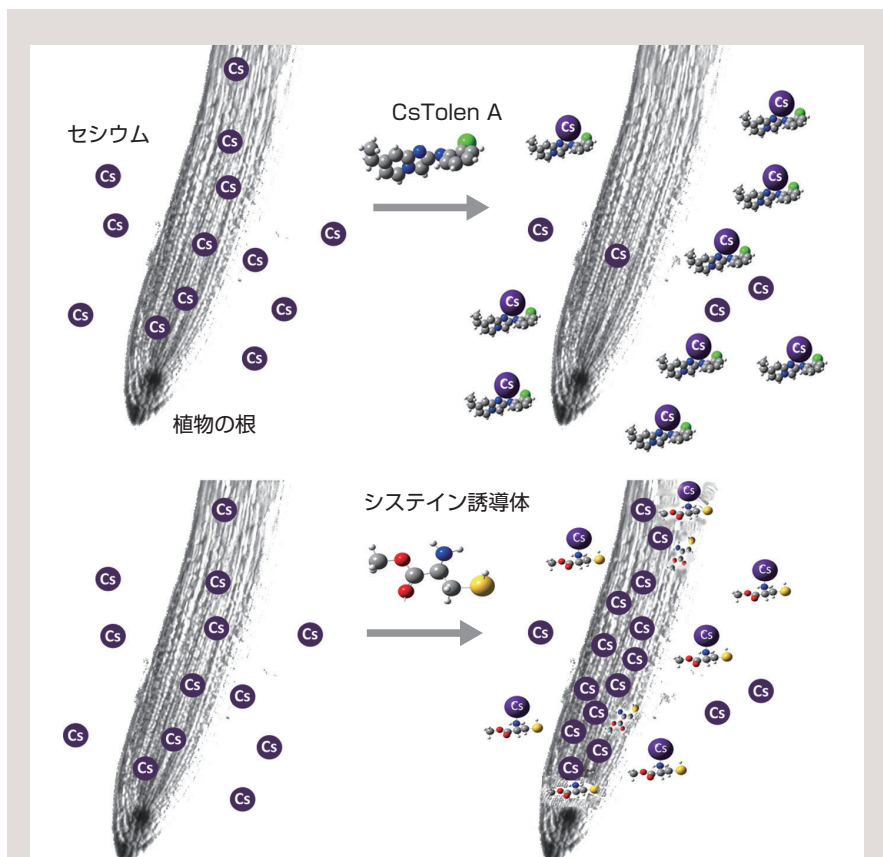


図1 セシウムの取り込みを抑制するCsTolen Aと、吸収・蓄積を促進するシステイン誘導体  
セシウム濃度の高い培地にCsTolen Aという化合物を与えると、CsTolen Aがセシウムと結合して、植物の根からセシウムが吸収されにくくなる(上)。一方、あるシステイン誘導体を培地に与えると、根の表面または植物体内でセシウムと結合して、セシウムの吸収・蓄積が促進される(下)。

## 申 怜 (シン・リョン)

環境資源科学研究センター  
機能調節研究ユニット  
ユニットリーダー

1973年、韓国・ソウル市生まれ。高麗大学大学院バイオテクノロジー研究科博士課程修了。米国ドナルド・ダンフォース植物科学研究センター 研究員を経て、2008年7月、理研 植物科学研究センター 機能調節研究ユニット ユニットリーダー。2013年より現職。



種類ほど見つかった。「その中で、シロイヌナズナを用いた実験で実際にカリウムの輸送に関わっていることが実証された遺伝子は、現在でも10種類ほどにすぎません」

そう解説する申ULは、カリウムが欠乏したときに植物の中で働くタンパク質を発見するなどの成果を上げた後、2008年、理研に機能調節研究ユニットを立ち上げた。

申ULがカリウムに関わる遺伝子やタンパク質を探る研究を続けていた2011年3月11日、東日本大震災が発生した。「大きなショックを受け、私に何かできることはないか考えました。当時、自宅から研究室まで20分ほどかけて徒歩で通っていましたが、夏のある朝の通勤途中、米国で参加した植物とセシウムに関する小さな研究プロジェクトのことを思い出しました」

その年の4月に研究ユニットに加わったアダムス研究員も、その日のことをはっきり覚えていると語る。「朝、申ULが研究室に来た途端に“いいことを思い付いた！セシウムの研究をしよう”と。突然、何の話だろうと思いました」

震災当時、アダムス研究員はカナダの大学で研究を行っていた。「茨城県に住んでいた親が被災して、何日も連絡が取れない状況が続く、とても心配しました。帰国後、被災地のために何かしたいと思っていましたが、申ULの話聞き、私も科学者として復興に貢献できる可能性があることに気がきました」

### 植物で放射性セシウム汚染の

#### 克服に挑む

放射性セシウムを農地から除染するとき、表土を剥ぎ取る方法では肥沃な土壌が失われてしまう。植物に根から放射性セシウムを効率よく吸収・蓄積させることができれば、その植物を刈り取ることで表土を剥ぎ取らずに除染が可能になる。また、放射性セシウムを作物に吸収させない方法を開発できれば、除染した農地での農業の再開に役立つ。

元素周期表を見ると、セシウムはカリウムと同じ第1族のアルカリ金属に属し、化学的性質が似ている。「植物の根にあるカリウムを吸収する輸送体は、間違えてセシウムも吸収していることが知られていました。セシウムを過剰に取り込むと植物の生長は阻害されます」と申UL。

申ULとアダムス研究員たちは、カリウムの輸送体の候補遺伝子を中心に、セシウムの吸収・輸送・蓄積に関わっているような遺伝子を欠損させたものと、逆に過剰に発現させたシロイヌナズナの植物体をつくり、セシウムを効率よく吸収するもの、あるいはセシウムを吸収しないものを探す実験を始めた。

「しかし残念ながら、そのような性質を示す植物体は簡単には見つかりませんでした。それぞれの遺伝子は、機能が似た複数の遺伝子と共に遺伝子ファミリーを形成していることが多く、そのため、ある1種類の遺伝子を欠損させたり過剰発現させたりしても、違いがほとんど表れないのです。そこで現在、複数種類の遺伝子を欠損あるいは過剰発現させた植物体の作製を進めているところです。ただし、そのような植物体の作製には時間がかかります。最近になってやっと、それらの植物体がそろいました」と申UL。

### セシウムの取り込みを抑制する

#### 化合物CsTolen Aを発見

申ULたちは、植物体の作製と並行して、化合物を用いた実験も進めた。

「1万種類の化合物ライブラリーを用いて、セシウム濃度が高い培地に化合物を1種類ずつ与え、シロイヌナズナを発芽・生長させて、元気に育つものを探しました」とアダムス研究員は説明する。なお、この実験では放射性同位体ではない安定なセシウムを使用している。

こうして5種類の化合物が選び出され

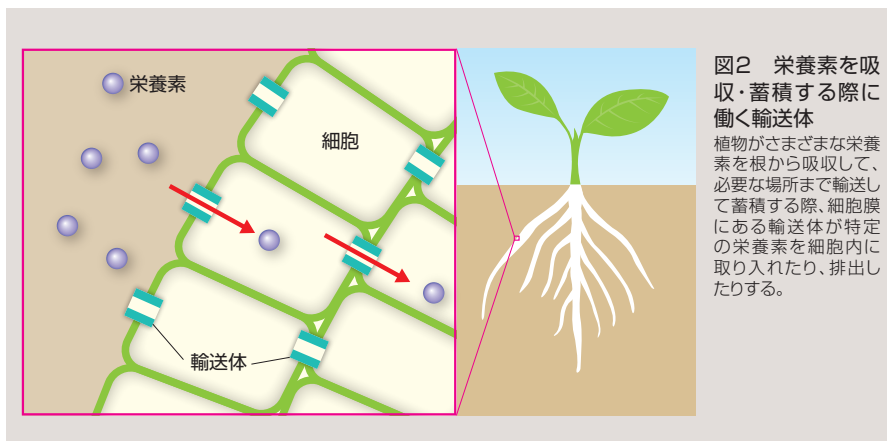
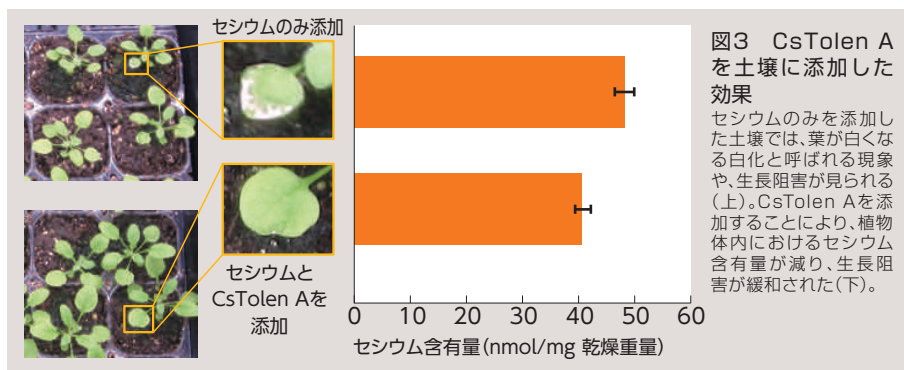


図2 栄養素を吸収・蓄積する際に働く輸送体  
植物がさまざまな栄養素を根から吸収して、必要な場所まで輸送して蓄積する際、細胞膜にある輸送体が特定の栄養素を細胞内に取り入れたり、排出したりする。



た。そのうち最も効果が高かった“CsTolen A”には、植物の体内にセシウムを取り込みにくくする機能があることが分かった(図3)。

2015年3月、その研究成果がプレスリリースされた。「びっくりするほどの反響があり、日本だけでなく世界中の新聞や雑誌が取り上げてくれました。私は、全米に流れるナショナル・パブリック・ラジオ(NPR)のインタビューに答えたりしました」と申UL。

なぜ、CsTolen Aはセシウムの吸収を抑制するのか。「理論物理学者との共同研究によりコンピュータ・シミュレーションで調べたところ、水分子が存在する環境では、CsTolen Aはセシウムとより強く結合すると予測されました。CsTolen Aと結合したセシウムは植物の根から吸収されにくくなると考えられます(図1上)。一方、CsTolen Aと結合しにくいカリウムは吸収できるので、植物は元気に育つでしょう」

そう解説するアダムス研究員は、次にやるべき研究を次のように語る。「CsTolen Aがなぜセシウムに強く結合するのか、まだよく分かっていません。その仕組みを明らかにすることで、CsTolen Aよりもさらに効率よくセシウムの吸収を抑える化合物を設計できるはずです」

「植物のセシウム吸収を抑える化合物の技術を実用化して福島などの被災地の農業復興に役立てるためには、行政や企業の力が必要です。実用化を進めてくれるところがあれば、喜んで協力します」と申ULはアピールする。

### セシウムの吸収・蓄積を促進する化合物を発見

申ULたちは、さらに別の1万種類の化合物ライブラリーを用いた実験を進めた。「セシウムの吸収を抑える化合物とともに、セシウムの吸収・蓄積を促進する化合物を探しました。すると吸収・蓄積を促進する14種類の化合物が見つかりました。そのうちの1種類は、システインというアミノ酸と同じ基本構造を持つシステイン誘導体でした」と申UL。

そのシステイン誘導体は、根の表面または植物の体内でセシウムと結合していることが予測された(図1下)。ただし、そのシステイン誘導体にはなぜ吸収・蓄積を促進する機能があるのか、その仕組みは分かっていない。「システイン誘導体と輸送体などのタンパク質が相互作用することで、吸収・蓄積が促進される可能性があります。どのタンパク質が、システイン誘導体と、あるいはシステイン誘導体とセシウムの結合体と相互作用しているのか調べる実験を、もうすぐ始めます」。申ULは今後の研究計画をそう語る。

### 未知の現象が次々と見えてきた

栄養素の輸送体は、かなり大きな物質でも通過させることができる。ただし、何でも通すのではなく、栄養素とそれ以外の物質を識別して、主に栄養素を通す能力がある。その識別の仕組みはよく分かっていない。

セシウムの吸収を抑制するCsTolen Aや、吸収・蓄積を促進するシステイン誘導体の研究により、輸送体が物質を識別する仕組みの一端が明らかになる可能性がある。

「セシウムの研究を始めて一番驚いたのは、セシウムと植物の関係について、ほとんど何も分かっていないことです」と申ULは言う。

「私が一番驚いたのは、カリウムの興味深い機能です」とアダムス研究員。「セシウムをたくさん与えると植物の生長は阻害されます。ところが同時にカリウムをたくさん与えると、生長はそれほど阻害されませんでした」

別の1万種類の化合物ライブラリーを用いた実験では、それを培地に混ぜると、植物がセシウムを体内に蓄積しても生長がそれほど阻害されないものが6種類見つかった。「土壌中の放射性セシウムを効率よく吸収しても、生長できずにすぐに枯れてしまう植物では除染が進みません。セシウムを吸収しても植物が生長できるように働く化合物は、除染に役立つはず。6種類のうち2種類は構造が似ていますが、残りの4種類は似ていません。生長阻害を緩和する効果にも差があります。なぜそのような緩和効果があるのか、今後、その仕組みも解明していきたいと思います」と申UL。

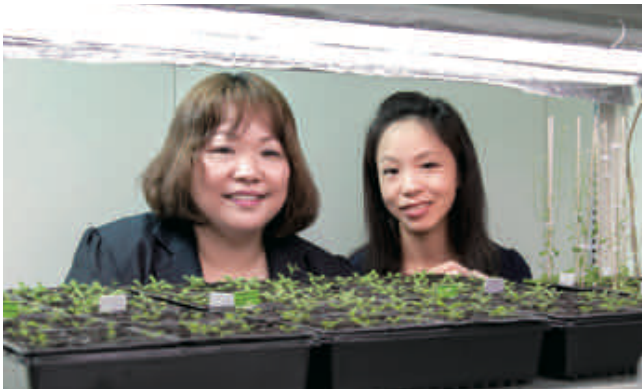
### 海藻の分子生物学を拓く

申ULたちは、新しい研究テーマにも取り組み始めている。「2年ほど前、植物におけるカリウムとナトリウムの相互作用について総説を頼まれました。ナトリウムも、カリウムやセシウムと同じ第1族のアルカリ金属です。植物の根にあるカリウムの輸送体は、間違えてナトリウムも取り込むことが知られていました。私は総説執筆のために文献を読んだり考えたりしているうちに、なぜ海藻はナトリウムを含む塩分が高い海水という環境に



関連情報

- 2015年3月5日プレスリリース  
セシウムと結合し植物への取り込みを抑制する化合物を発見
- 2017年2月23日  
アミノ酸誘導体が植物のセシウム吸収を促進



申 怜 ユニットリーダー(左)とアダムス英里 研究員

適応して生長できるのか、その仕組みを知りたくなりました」

乾燥地帯では、塩害が農業における大問題になっている。海藻が塩分の高い環境でも生長できる仕組みが分かれば、それを陸上植物に応用して、塩分が高い農地でも作物を育てられる技術を開発できる可能性がある。

申ULたちは、海藻の中からノリ(海苔)を実験材料に選んだ。「ノリの研究は新しいことばかりで苦労しています」とアダムス研究員は言う(図4)。「海藻の学会に初めて行きましたが、新種を見つけたり生態を調べたりする研究が中心で、遺伝子やタンパク質のレベルで仕組みに迫る分子生物学の研究は、海藻ではほとんど手付かずであることを知りました。例えば、PCRという分子生物学の代表的手法でノリのDNAを増幅させようとして、シロイヌナズナで使われている一般的な手法を使ってもうまくいきません。DNAに書かれた情報(塩基配列)も陸上植物とはかなり異なります。海藻には、従来の分子生物学の手法や知見をそのままは適用できません」

申ULたちは、陸上植物とノリにおける

糸状体



図4 機能調節研究ユニットで培養中のスサビノリ

細胞内のナトリウム濃度を測定した。ノリの細胞内は、海水よりもナトリウム濃度が低く保たれていること、その濃度は陸上植物よりもやや高い程度であることが分かった。

ところが、陸上植物を塩分の高い培地で育てるとナトリウムをどんどん取り込み、細胞内のナトリウム濃度はノリよりもはるかに高くなり、生長が阻害された。

ノリなどの海藻では、海水からナトリウムを過剰に取り込まない仕組み、あるいは取り込んで排出したり細胞内の特定の場所に隔離したりする仕組みが働いていると考えられる。

ノリなどの海藻にとっても、カリウムは生長に必須の栄養素だ。海水のナトリウム濃度に比べて、カリウム濃度は比較的低い。しかしノリの細胞内では、カリウム濃度がナトリウム濃度と同等またはやや高い。ノリは、カリウムとナトリウムを識別して、カリウムを積極的に取り込んでいると考えられる。

申ULたちは、海藻が高いナトリウム濃度においてカリウムを効率的に取り込む作用に関わる遺伝子を探す実験を始めた。DNAに書かれた遺伝子の情報

はmRNAに転写されてタンパク質ができる。「ノリの細胞の中で転写されている全てのmRNAを取り出し、大腸菌の中で発現させた変異体ライブラリーを作製しました。それら大腸菌の変異体ライブラリーを、例えば、普通では生きていけないほどカリウム濃度が低い培地で育てます。そこで生き残った変異体で発現しているノリの遺伝子を特定することにより、カリウムの取り込み効率を高めるノリの遺伝子を突き止めたいと考えています」

申ULは植物や海藻を研究する魅力を次のように語る。「自分の意志で動くことができない植物や海藻は、動物にはない高い環境適応能力があります。その特有の能力の仕組みを解明していくことがとても面白いのです」

「そもそも植物を育てること自体が好きです」と申ULは続ける。「毎朝、実験室の植物に“おはよう”と声を掛けています。愛情をもって育て、注意深く観察しないと、良い実験データは得られません。私は家でもオリーブを大切に育てています。そちらの目的は、おいしく食べるためですが(笑)」

(取材・執筆:立山 晃/フォトンクリエイト)

葉状体(顕微鏡画像)



太陽電池や有機ELなどのエネルギー変換デバイスでは、エネルギーが分子間を移動してデバイスの特性が現れる。

しかし、そのエネルギー移動を単分子レベルで計測することは、これまで不可能だった。

Kim表面界面科学研究所の金<sup>キム</sup>有洙<sup>ユウソ</sup>主任研究員たちは、走査型トンネル顕微鏡 (STM) により、単分子の吸収分光に世界で初めて成功。その分光技術を駆使して、エネルギー移動を単分子レベルで計測することにも成功した。「この手法により、分子をどのような配置や方向で並べればエネルギー移動の効率が高くなるか調べることができます」

そう語る金主任研究員たちは、太陽電池や有機ELの研究者たちと共同研究を始めている。

## エネルギー移動の単分子レベル計測に成功

### エネルギー変換デバイスの性能を飛躍的に向上させる

#### STMで単分子を見る

STMでは、探針と呼ばれる細い針を固体表面から1nm(10億分の1m)ほどの距離に近づけて電圧をかける。するとトンネル電流という特殊な電流が流れる。そのトンネル電流を計測しながら探針で固体表面をスキャンすることで、固体表面を構成する原子を見たり電子状態の分布を地図のように描いたりすることができる。「私たちがSTMで見ている

のは、固体表面だけでなく、単独の分子です」と金主任研究員(図1)。

母国・韓国のソウル大学で化学を学んで修士課程を修了した金主任研究員は1996年来日。光触媒の研究で有名な東京大学の藤嶋<sup>あきら</sup>昭教授(現 東京理科大学 学長)の研究室で学んで学位を取得後、1999年に理研に入り、川合眞紀主任研究員(現 分子科学研究所 所長)が主宰する表面化学研究室の博士研

究員となった。

そこでSTMの技術開発を進めた金主任研究員たちは2002年、単分子の分子振動を引き起こし、化学反応を制御することに成功した。

「金属表面に分子を載せ、探針からトンネル電流を流し、電子を注入します。すると電子のエネルギーで、分子を構成している原子同士の化学結合の距離が伸び縮みします。それが分子振動です。分子

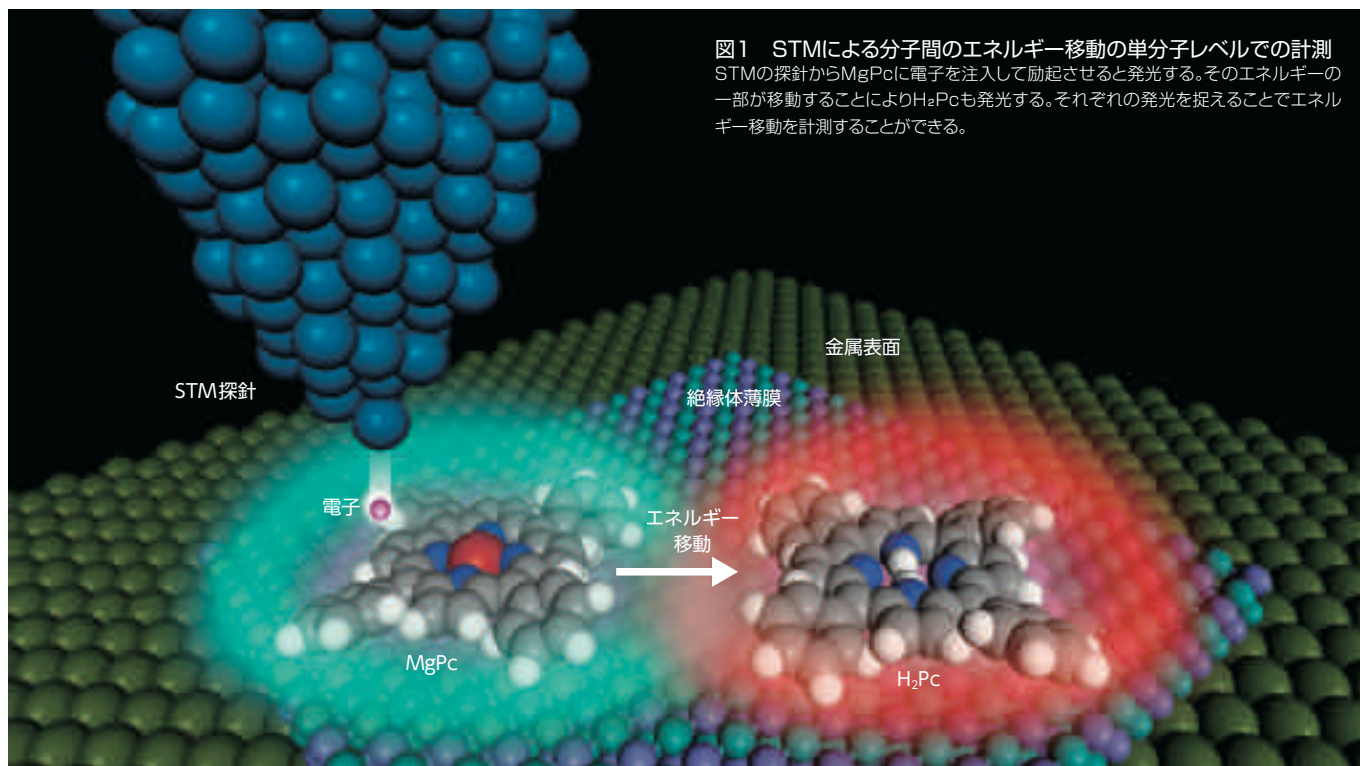


図1 STMによる分子間のエネルギー移動の単分子レベルでの計測  
STMの探針からMgPcに電子を注入して励起させると発光する。そのエネルギーの一部が移動することによりH<sub>2</sub>Pcも発光する。それぞれの発光を捉えることでエネルギー移動を計測することができる。

## 金 有洙 (キム・ユウス)

Kim表面界面科学研究室  
主任研究員

1968年、韓国・ソウル市生まれ。工学博士。ソウル大学自然科学部化学科卒業。東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。1999年、理研川合表面化学研究室 協力研究員。2010年、Kim表面界面科学研究室 准主任研究員。2015年より現職。



振動は分子の種類や、周囲にある原子・分子などの環境によって変わります。分子振動を精密に計測することで、どの分子がどのような環境に置かれているのかを特定することができます。さらに私たちは、異なるエネルギーの電子を分子に注入して、形の違う分子に変化させることにも成功しました」

その後も金 主任研究員たちは、分子を任意の方向へ移動させたり、水分子1個を分解したりするなど、STMによる単分子の実験を進めた。

### ■ 世界初! 単分子の吸収分光に成功

金 主任研究員は2010年、Kim表面界面科学研究室を立ち上げた。「そこで私は、STMで光と分子の相互作用を調べる研究を始めました」

分子が“吸収”したり“発光”したりする光の波長を調べることで、分子の性質や電子状態を知ることができる。そのような手法を“分光”という。

分子がエネルギーを受け取ると、分子中の電子はエネルギーが高い励起状態となる。やがて、元の基底状態へ戻るときに発光する。21世紀に入り、米国カリフォルニア大学アーバイン校の研究グループが、STMを用いた単分子の発光分光に成功した。しかしそれは技術的に難しく、ほかの研究グループは成功していなかった。「私たちは、世界で2例目となる単分子の発光分光に挑みました。しかし残念ながら2015年春、中国科学技术大学の研究グループに論文発表で先を越されてしまいました」

なぜ、単分子の発光分光は難しいのか。「それは単分子から出る光の強度が弱いからです。STMを用いた半導体な

どの固体表面の発光分光については、世界で5カ所以上の研究グループが成功しています。発光の強度を高めるために、固体表面に高いエネルギーを長い時間与えて励起し続けても、壊れる心配はありません。一方、単分子は簡単に壊れてしまいます。単分子の発光強度を高めるためには、分子が壊れないように特定のエネルギーの電子をピンポイントで注入し続ける必要があります。さらに、単分子からの微弱な光を効率よく検出する工夫も必要です。それが技術的に難しいのです」

探針から電子を分子に注入しても、そのほとんどは、分子を載せている金属表面へ流れ、分子の励起には使われない。「私たちは注入した電子を分子にとどまりやすくするために、金属表面の上に薄い絶縁膜を敷きました。さらに、分子から

の光をなるべく近い位置で効率よく検出できるように装置をデザインしました」

2015年秋、STM発光分光の実験を続けていたKim表面界面科学研究室の今田 裕 協力研究員は、探針と分子の相対的な位置関係によって発光強度が変わることに気付いた。「さらに、探針の位置をいろいろと変えて発光を計測する実験を行うと、分子から少し離れた位置に探針を置いたときに光のスペクトルの一部にへこみが見えました」と金 主任研究員は振り返る。

「最初は、そのへこみの意味が分かりませんでした。私たちの研究室には実験家だけでなく理論家もいます。三輪邦之 訪問研究員と議論しているうちに、それは単分子による光の吸収であることが分かりました」

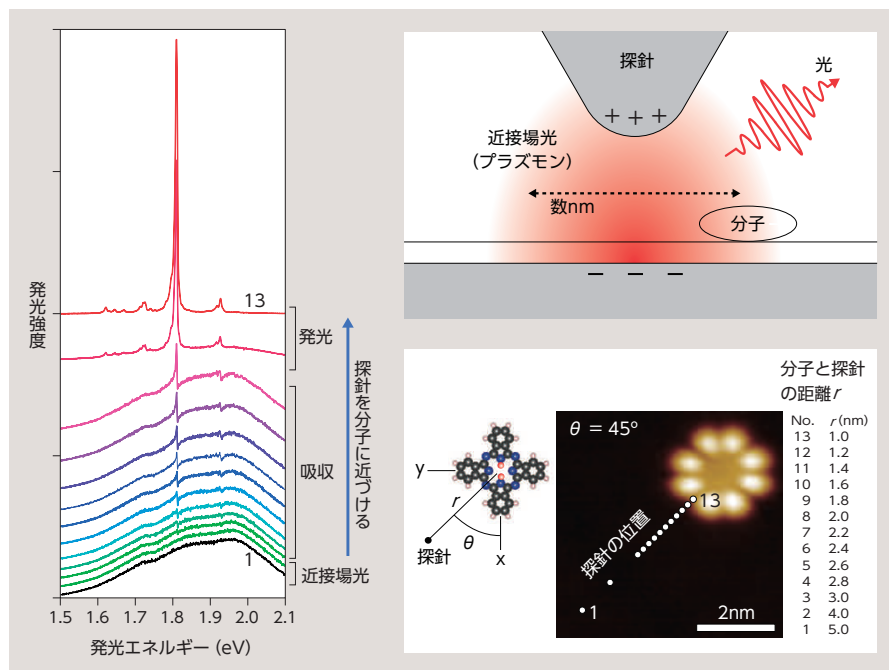


図2 STMによる単分子の吸収・発光分光  
探針付近で近接場光が発生し、数nmサイズの光源となる。探針を分子に近づけていくと、分子が特定の波長の光を吸収し、スペクトルに小さなへこみが見れる。さらに近づけると、探針から分子に電子が注入されて発光し、スペクトルに大きな突起が見れる。

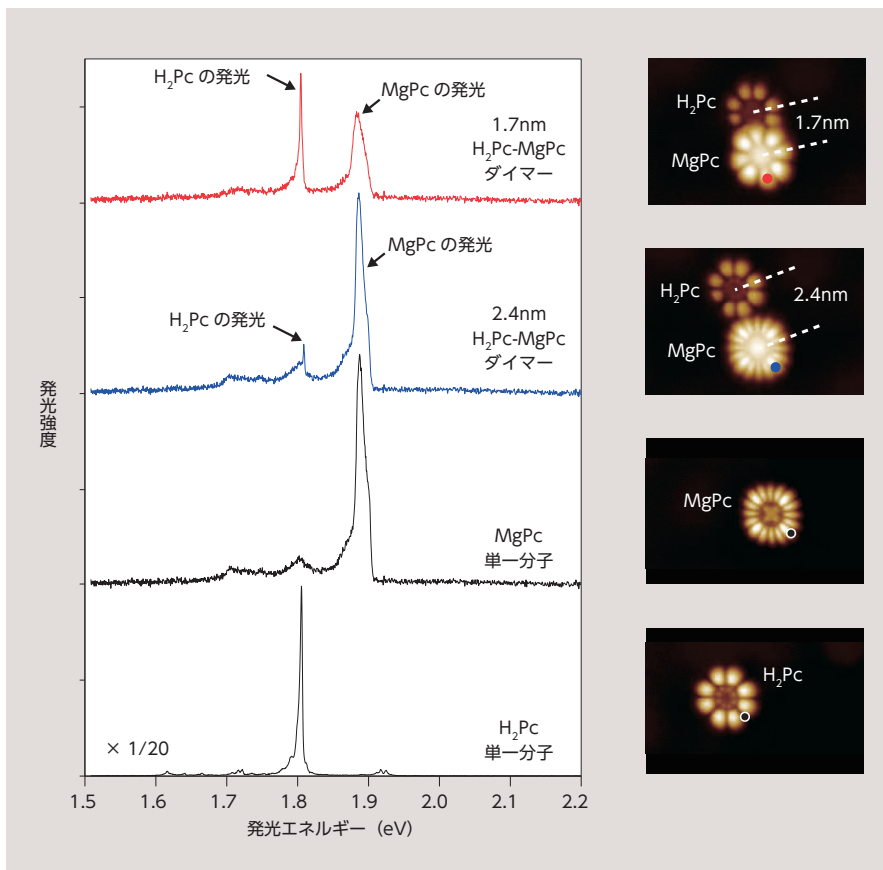


図3 分子間のエネルギー移動の計測データ  
STMの探針からMgPcに電子を注入して励起させる。MgPcとH<sub>2</sub>Pcの距離を2.4nmから1.7nmに縮めると、MgPcの発光強度は弱く、H<sub>2</sub>Pcは強くなった。これはMgPcからH<sub>2</sub>Pcへのエネルギー移動の効率が高まったことを示している。

### 分子の配置や向きで

### エネルギー移動の効率が変わる

「私たちが本当にやりたかったのは、分子間のエネルギー移動を単分子レベルで見ることです」と金 主任研究員は語る。

金 主任研究員たちは2016年、単分子の発光分光と吸収分光の技術を駆使して、マグネシウムフタロシアニン(MgPc)とフタロシアニン(H<sub>2</sub>Pc)という分子間のエネルギー移動を単分子レベルで計測することに成功、その研究成果を英国の科学雑誌『Nature』に発表した。

STMの探針でMgPcに電子を注入すると、そのエネルギーで励起されて発光する。その光のエネルギーの一部がH<sub>2</sub>Pcへ移動すると、H<sub>2</sub>Pcも励起され発光する(図1)。

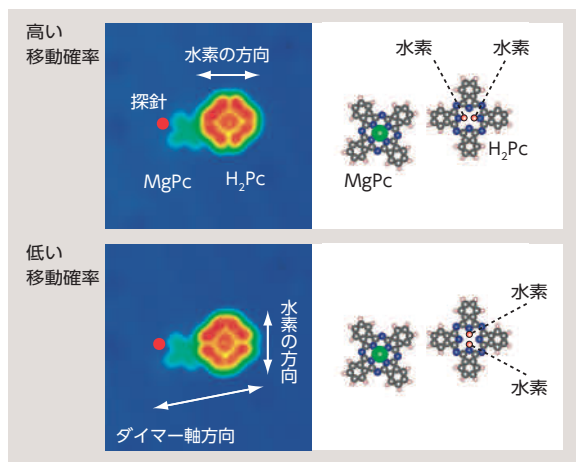
「私たちに、STMで分子を任意の位置に移動させる技術があります。MgPcとH<sub>2</sub>Pcの距離を変えて、それぞれの発光を計測しました。分子間の距離を近づけるとMgPcの発光強度は弱くなり、H<sub>2</sub>Pcは強くなりました。分子間の距離が短くなることでエネルギー移動の効率が高くなったのです」(図3)

「さらに私たちは、分子同士の配置や向きによってもエネルギー移動の確率が変わることを、単分子レベルの計測で突き止めました」

H<sub>2</sub>Pc内部には2個の水素が並んでい。それらの水素を結ぶ方向にMgPcが並んでいるとエネルギー移動の確率が高く、直交した方向にMgPcが配置しているとエネルギー移動の確率が低くなった(図4)。「これは、どの角度から光を当てるかによって、分子のエネルギー吸収

### 図4 分子の配置・向きによるエネルギー移動確率の違い

H<sub>2</sub>Pc内の2個の水素が並んだ方向にMgPcがあると、MgPcからH<sub>2</sub>Pcへのエネルギー移動の確率が高く、直交した方向にあると確率が低いことが分かった。このような現象を、電子のエネルギー状態が遷移する際に分子内で電子が動く方向を表す「遷移双極子モーメント」の対称性で説明する理論がある。金 主任研究員たちはその理論を、分子内を動く電子軌道の可視化によって実空間で検証することに初めて成功した。



単分子による光吸収を計測するには、分子程度の数nmサイズの微小な光源が必要である。可視光の波長は数百nmと分子サイズよりはるかに大きいので、そのような可視光源は存在しない。普通の光源では単分子の吸収分光は不可能だ。

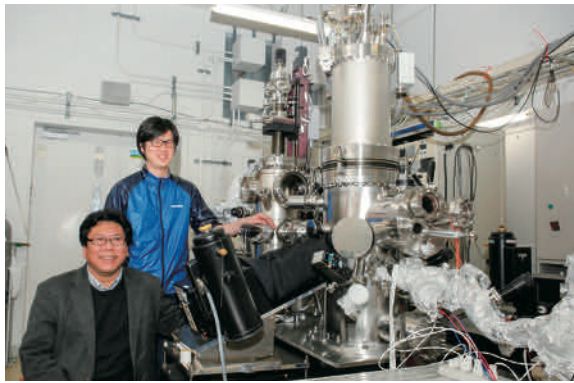
「STMの探針と金属表面の間に電圧をかけると、「近接場光」と呼ばれる特殊な光が出ます。それが数nmサイズの光源となります。探針が分子から遠く離れた位置では、へこみのない近接場光

からの発光スペクトルが見えます。そこから探針を分子へ近づけていくと、近接場光の特定波長の光を分子が吸収するようになり、スペクトルにへこみが現れます。さらに分子の直上まで探針を近づけると、電子が注入されて分子は励起され、強く発光します」(図2)

金 主任研究員たちは、世界で3例目となる単分子の発光分光に成功するとともに、世界で初めて単分子の吸収分光に成功した。

## 分子間のエネルギー移動を単分子レベルで計測したSTM装置

金 有洙 主任研究員(左)と今田 裕 協力研究員



の仕方が変わるからです」

### エネルギー変換素子の開発に貢献

金 主任研究員たちの計測手法は、太陽電池や有機ELなどのエネルギー変換デバイスの性能向上に大きく貢献すると期待されている。

「現在、有機合成の分野が大きく発展しています。例えば、九州大学の安達千波矢教授たちは、電気エネルギーを100%の効率で光に変換する有機EL用の分子を開発しました。しかし、それらの分子で有機ELをつくると変換効率が悪くなってしまうことがあるそうです。それは分子の配置や向きによってエネルギー移動の効率が低くなるからだと考えられます。そこで安達教授から、分子をどのように並べれば効率が高くなるのかSTMで調べてほしいとの依頼を受け、共同研究を進めています」

有機ELとは反対に、光を電気エネルギーに変換する太陽電池でも、有機分子を使う研究が進んでいる。理研創発物性科学研究センターでは、塗るだけで発電できる有機薄膜太陽電池の研究を進めている。その高効率化にも、STMの単分子分光の技術は貢献できるだろう。

「私が博士課程で学んだ光触媒は、光のエネルギーを利用して、水を電気分解して水素をつくったり、有害物質を分解したりするなどの化学反応を促進します。ただし、化学反応が起きる場所にエネルギーがスムーズに移動しないと反応効率が低くなってしまいます。STMの計測で、どのような分子の配置や向きにすれば、最も効率よく光触媒の反応が進むかが分かるかもしれません」

二酸化炭素と水を原料にして炭水化

物と酸素を生み出す植物の光合成では、光エネルギーを利用して高効率で化学反応が進む。「光合成の過程でも分子間のエネルギー移動が重要です」

現在、植物の光合成の仕組みに学び、二酸化炭素を材料にしてエネルギー物質を生み出す人工光合成の研究が盛んに進められている。光合成のエネルギー移動を、STMを使って単分子レベルで計測できれば、人工光合成の研究に大きなヒントを与えることになる。

### 溶液中の酵素や電極の働きを単分子レベルで計測する

STMによる計測は、大気や溶液の中でも可能だ。タンパク質などの生体分子は水に満たされた細胞で働くので、その機能を調べるには溶液中で単分子を計測する必要がある。「私たちの研究室の横田泰之 研究員は、溶液中で起きる固体表面の電気化学反応をSTMで計測する実験を行っています。その技術と単分子の分子振動や近接場分光の計測技術を組み合わせた新しい装置を開発中です。その装置を使って、酵素が促進する酸化還元反応や、さらには、光合成で働く分子のエネルギー移動の計測にも挑戦していきたいと思います」

溶液中での単分子の計測は、電池の研究でも重要だ。「リチウムイオン電池の電極では、電解質との間で酸化還元反応が起きます。それを原子・分子レベルで計測することで、電池の性能を向上させることができると期待されています。私たちは自動車メーカーとの共同研究により、そのための装置開発も進めています」

### 関連情報

- 2016年10月4日プレスリリース  
分子間エネルギー移動の単分子レベル計測に成功
- 『理研ニュース』2011年1月号「研究最前線」  
ナノの世界の本質に迫り、応用へつなげる

### STM+近接場光で時間分解能を高める

「STMによる単分子の分光技術の弱点は時間分解能が低いことです」と金 主任研究員は指摘する。「それは探針から電子を超高速で分子に注入して、分子を瞬間的に励起させる技術が存在していないからです。光ならば分子を瞬間的に励起させることができます」

近接場光の第一人者である大阪大学の河田 聡 教授は、2015年まで理研光量子工学研究領域で近接場ナノフォトンクス研究チームを率いていた。「そのチームで主導的に研究を進めた早澤紀彦 専任研究員が私たちの研究室に移籍してきました。近接場光の技術は、STMによる単分子の分光技術ととても相性が良いのです。フェムト(1000兆分の1)秒レーザーという極めて短い時間の光とSTM探針で発生する近接場光を融合させて、分子を瞬間的に励起させる装置の開発も進める計画です。それにより、フェムト秒レベルの時間分解能で単分子の分光を目指します」

金 主任研究員は、STMで個々の分子を見る技術を発展させて基礎研究に貢献するとともに、さまざまな応用分野との連携を深めていくつもりだ。

(取材・執筆:立山 晃/フォトンクリエイト)

ゲリラ豪雨に見舞われて困ったことはありませんか？

三好さんは、最新鋭のフェーズドアレイ気象レーダから30秒ごとに得られる膨大な観測データと「京」から得られる高精細で膨大なシミュレーションデータを組み合わせる、“ビッグデータ同化”を実現。これにより、100mの解像度で30秒ごとにデータを更新する、革新的なゲリラ豪雨予測が可能になります。

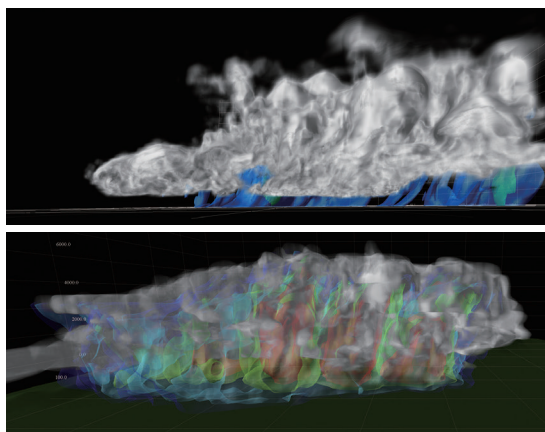


図1 解像度100mのビッグデータ同化によるシミュレーション  
赤は強い雨、青は弱い雨を表している。フェーズドアレイ気象レーダの降雨分布や風などの観測データをもとに、雲もシミュレーションしている。上は断面、下は雲の中を透視したものだ。

## ゲリラ豪雨を予測する ビッグデータ同化で天気予報に革命を起こす

### データ同化とは

「大学では物理学を学び、卒業後は気象庁で天気予報の業務に携わりました。気象予報士の資格も取得しています。このように私は気象の研究者ですが、その中でも専門はデータ同化です」と三好さんは言います。データ同化とは、どのようなものなのでしょうか。

「シミュレーションに観測データを取り込むことを、データ同化といいます(図2)。聞き慣れない言葉かもしれませんが、データ同化は皆さんの身近なところでも使われているんですよ」と三好さん。

それは、天気予報です。天気予報は、ある時点の大気の状態を初期値として数値天気予報モデルを使ってシミュレーションを行い、将来の大気の状態を予測します。しかし、シミュレーションを進めるにつれて予測値が現実世界の値からずれていってしまうという問題があります。そこで、シミュレーションに観測データを取り込んで予測値を修正し、それを新しい初期値としてシミュレーションを行い、また観測データを取り込んで……というように一定時間ごとにデータ同化を繰り返すことで、天気予報は予測精度を上げています。

### 「京」+フェーズドアレイ気象レーダ

計算機の性能の向上によって、大規模で高精細のシミュレーションが可能になってきました。また、センサー技術の発達によって、短時間で詳細な観測データ

が得られるようになってきました。「データ同化の研究者としては、最先端のシミュレーションと最先端の観測データを組み合わせたらどんなことができるのだろうと、わくわくします。それぞれ単独でも大きな価値を持っていますが、組み合わせることで新しい価値を生み出すのも、私たちの仕事です」

三好さんが注目したのは、フェーズドアレイ気象レーダによる観測データです。フェーズドアレイ気象レーダは、ゲリラ豪雨や竜巻などを観測するために開発されました。30秒ごとに、半径60km、高度14kmまでの範囲を観測して、3次元の降水分布を100mの解像度で取得することができます。「最新鋭のフェーズドアレイ気象レーダによって、初めてゲリラ豪雨の前兆から終息までを詳細に観測できるようになりました。その観測データと、世界トップクラスのスーパーコンピュータ「京」による解像度100mの高精細シミュレーションを組み合わせることで、ゲリラ豪雨の発生を事前に予測できるのではないかと考えたのです」

局所的に急激な大雨をもたらすゲリラ豪雨は近年、増加しています。ゲリラ豪雨は日常生活にも大きな影響を及ぼします。災害を引き起こすこともあります。ゲリラ豪雨の発生を事前に知ることができれば、と誰もが思うでしょう。しかし、従来の天気予報では、ゲリラ豪雨の予測は困難でした。

ゲリラ豪雨では、わずか数分の間に積

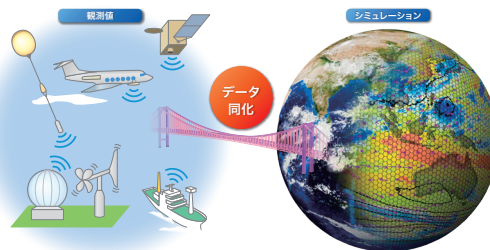


図2 データ同化

データ同化は、観測データとシミュレーションの間に橋を懸ける役割をする。天気予報では、さまざまな観測データを数値天気予報モデルを用いたシミュレーションに取り入れることで、精度の高い予測を実現している。

乱雲が発生し急激に発達します。しかも豪雨となるのは局所的で、突然です。それに対して、現在の天気予報は、2kmの解像度でシミュレーションして、1時間ごとに観測データを取り込んでいます。ゲリラ豪雨を予測するには、空間的にも時間的にも粗過ぎるのです。

### ゲリラ豪雨を予測する

三好さんは2016年、ゲリラ豪雨予測手法の開発に世界で初めて成功しました。

(図3)は、2014年9月11日に兵庫県神戸市を襲ったゲリラ豪雨の例です。左上がフェーズドアレイ気象レーダの観測データです。ゲリラ豪雨の兆候が現れる直前の観測データを初期値として、「京」で30分後までシミュレーションを行いました。左下はデータ同化を行わなかった結果で、雨雲が現れていません。右下は1kmの解像度で30秒ごとにデータ同化を行った結果です。雨雲は出現していますが、観測データとは構造が異なっています。右上は、100mの解像度

**三好 建正** Takemasa Miyoshi

計算科学研究機構  
データ同化研究チーム  
チームリーダー



で30秒ごとに得られる観測データを用いてデータ同化を行った結果です。観測データをととてもよく再現しています。

「100mの解像度で30秒ごとのデータ同化というのは、これまで例がありません。先端研究でも、解像度1km、数分ごとでした。まさに桁違いの“ビッグデータ同化”を実現したのです」と三好さんは声を弾ませます。「私はとてもラッキーでした。ビッグデータ同化をやりたい人は世界中にたくさんいると思います。しかし、『京』を使って、フェーズドレイ気象レーダの観測データを入手できる人は限られています。もしかしたら、私だけかもしれません」

**■ 天気予報に革命を起こす**

この成果をまとめた論文は、米国の科学雑誌『Bulletin of the American Meteorological Society』2016年8月号に掲載されました。「論文のタイトルは、『“Big Data Assimilation” Revolutionizing Severe Weather Prediction』(天気予報を革命する「ビッグデータ同化」)。「革命」は言い過ぎだと査読者や編集者から修正を求められるのを覚悟していましたが、そのまま掲載

できました。私たちの成果が、超高速・超高精細な天気予報を実現するなど、天気予報に革命をもたらすと認められたのです」(図1)

ゲリラ豪雨予測は、2020年に実証試験を行うことを目指しています。三好さんは、「ゲリラ豪雨予測システムの実用化には、大きく二つの問題を解決する必要があります。計算速度と予測精度です」と指摘します。

観測データは30秒ごとに更新されますから、観測データを計算機に取り込んでシミュレーション結果とデータ同化する、という一連の処理を30秒以内に終わらせなければいけません。しかし、現在は約10分かかっています。20倍も高速化できるのでしょうか。三好さんは「最初は1時間以上もかかっていたんです」と笑います。「大丈夫。計算科学研究機構(AICS)には、こういう計算をするには計算機をどう使えばいいかを熟知している計算機科学のプロがいます。彼らと連携することで、30秒以内で処理できるようになると信じています」

予測精度の問題は、現在は5分を超えると急激に低下してしまうことです。三好さんはシミュレーションに用いている数

値天気予報モデルにもその要因があると考えています。現在の天気予報に使っているモデルで、それは解像度数kmのシミュレーションを前提として開発されたため、解像度100mのシミュレーションでは不具合が出てしまうのです。三好さんは、AICS複合系気候科学研究チーム(富田浩文チームリーダー)が中心となって開発したSCALEというモデルを使うことで予測精度が改善されることを確かめています。「SCALEは、もともと高解像度のシミュレーションを想定してつくられています。しかも私たちは同じ建物にいますので、いつでも改良の相談ができます。AICSの研究環境は素晴らしいですね」

**■ つなぐ——データ同化の魅力**

三好さんは、「データ同化の研究者は、まだ少ないんですよ」と残念そうに語ります。「データ同化を学べる大学が少ないのです。しかし、データ同化は天気予報だけでなく、あらゆる分野のシミュレーションに適用できます。今後ますます、ビッグデータを活かすために、ビッグデータ同化の重要性が高まるでしょう。ぜひ多くの人に、データ同化の世界に入ってきてほしいですね」

データ同化の魅力は?「データ同化は、シミュレーションと観測をつなぐ仕事です。それは、人と人をつなぐことでもあります。つなぐって、とても楽しいですよ」

(取材・執筆：鈴木 志乃/フォトンクリエイト)

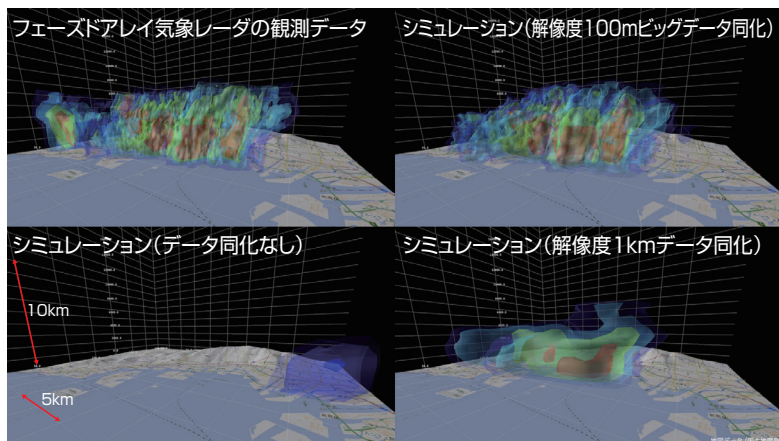
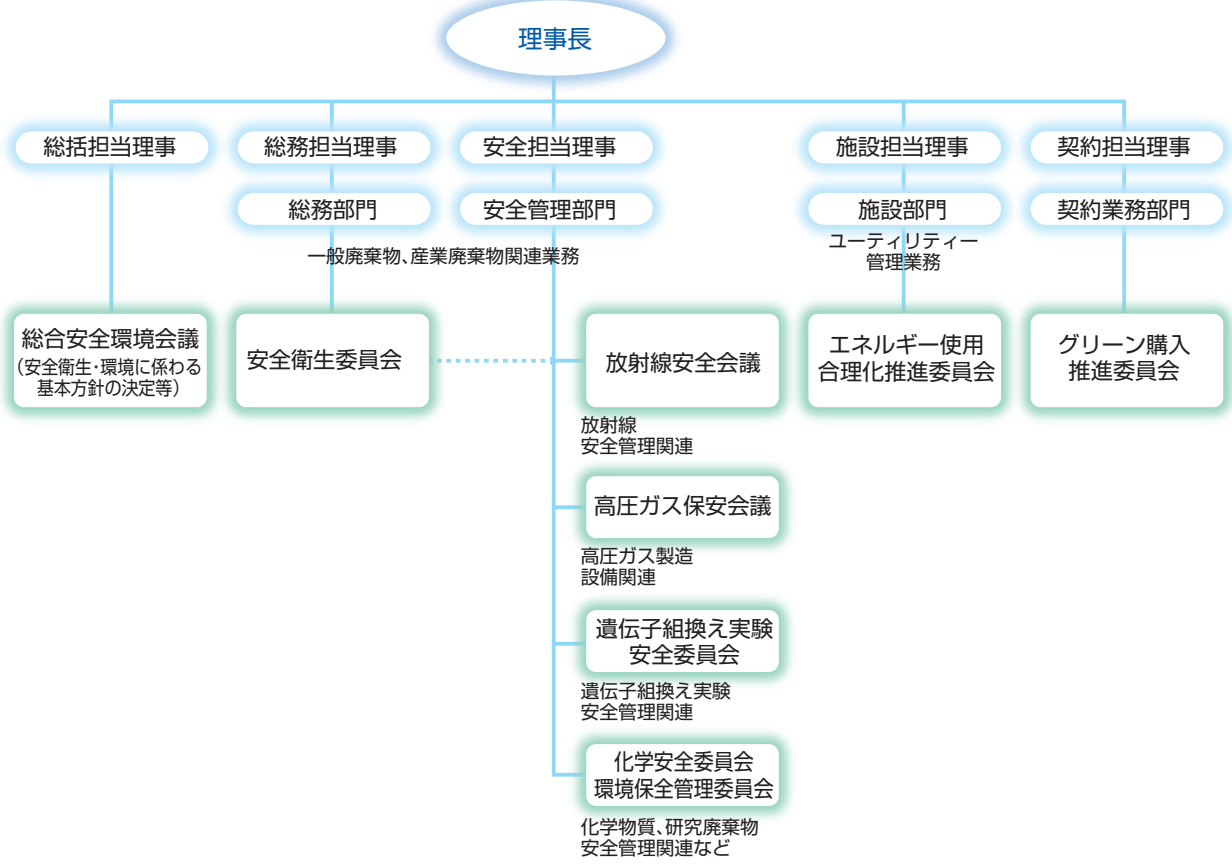


図3 2014年9月11日午前8時25分の神戸市付近における雨雲の分布  
解像度100mのビッグデータ同化では、積乱雲内部の微細構造や降水分布が観測データをよく再現している。解像度1kmのデータ同化では、観測データを再現し切れていない。赤は強い雨、青は弱い雨を表している。

## 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も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

・電気	529,694千kWh
(電気の内訳)	
買電	458,977千kWh
発電	70,717千kWh
(発電の内訳)	
CGS	70,070千kWh
太陽光	647千kWh

・都市ガス	30,662千m <sup>3</sup>
・軽油	30kL
・A重油	8kL
・蒸気等	42,458GJ

### 水資源投入量

上水道	606千m <sup>3</sup>
井戸・工水	745千m <sup>3</sup>

## ◎環境負荷軽減への取り組み◎

- ・グリーン購入・調達
- ・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

## OUTPUT

### 排水量

・下水道量	705千m <sup>3</sup>
-------	--------------------

### 大気放出

・CO <sub>2</sub>	298,578t
------------------	----------

### 化学物質排出移動量

<PRTR法関連物質>

・クロロホルム	5,000kg
・塩化メチレン	3,200kg
・ノルマルヘキサン	4,400kg

### 廃棄物量

・研究系以外の一般廃棄物	587t
・研究系以外の産業廃棄物	357t
・うちリサイクル量	213t
・研究系廃棄物	774t
・うち放射性廃棄物	11kL

## 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(印刷や輸配送など)、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。2016年度の実績に関しては、オフィス家具、OA機器、家電、エアコン、照明類で80%以上の調達率を達成しています。

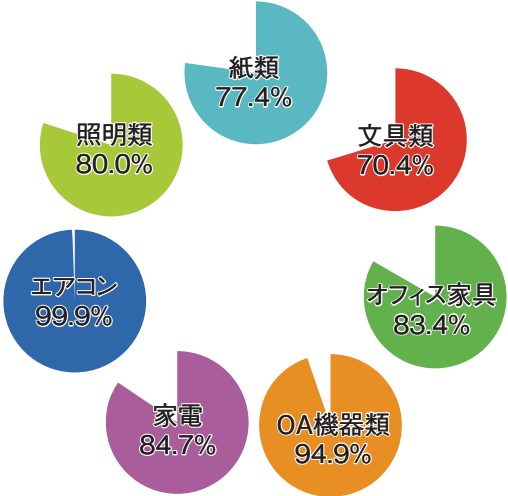
購入数量が大きくなりがちな事務用品・消耗品類においては、1つ1つは小さい環境負荷であっても積み重ねると大きな環境負荷となります。特に大きな環境負荷につながるコピー用紙類においては、リサイクル性に配慮した低白色度製品を導入し、グリーン購入法で示される環境基準よりも環境負荷の低減を図っています。また、エアコンなどの家電については省エネ効果の高い機種を選定し、コピー機などOA機器についても両面コピー機能・複数面印刷機能、トナー類のリサイクルシステムを持つ機種を選定するなど、省エネや紙の使用による環境負荷を考慮した機器導入を進めています。

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。

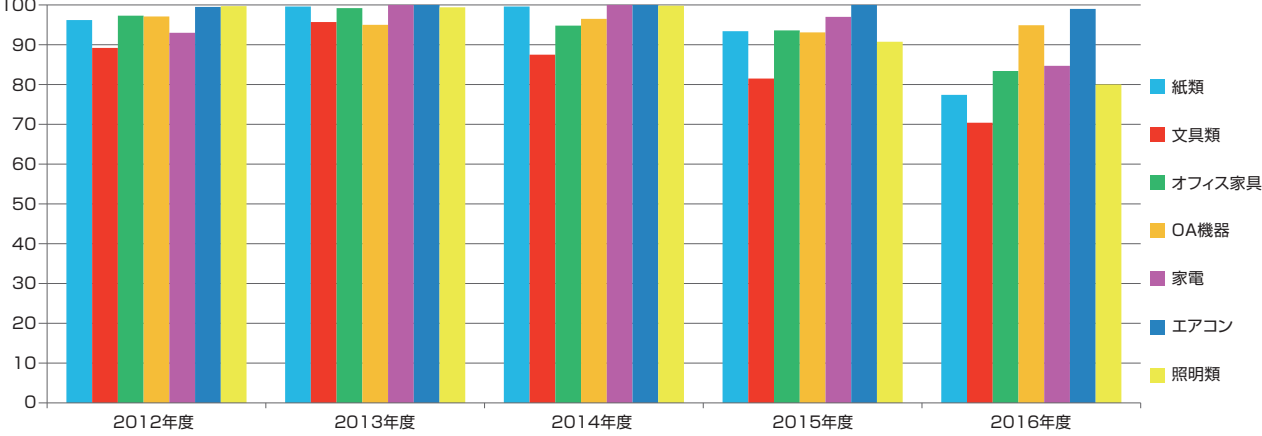
理研では、材料に紙又は木質が含まれる物品で、合法性、持続可能性を満たしているものについては、「納品書へのその旨の記載」または「品質保証書」を求め、グリーン購入法に適合した木質製品の導入を図っています。

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。

2016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(%)

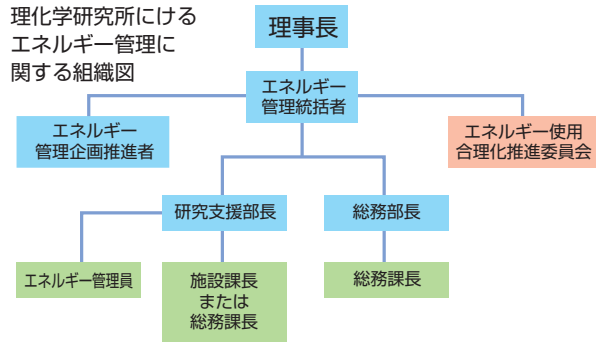


地球温暖化の原因となるCO<sub>2</sub>を少しでも減らそうと、私たちは省エネ活動に全力で取り組んでいます。

## 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。



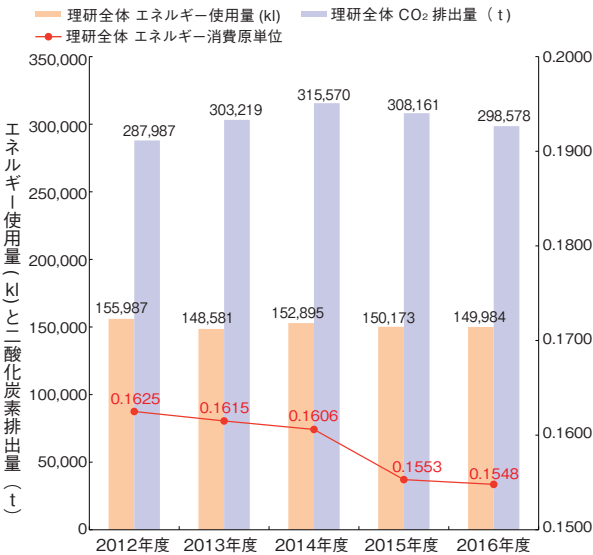
## 理研のエネルギー使用量とCO<sub>2</sub>排出量

2016年度のエネルギー消費原単位をみると、前年度比0.3%削減、過去5年度間平均1年当たりでは1.2%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、149,985kl(原油換算値)(前年度比:99.9%)、二酸化炭素排出量は、298,578(t)(前年度比:96.9%)となりました。

東日本大震災以降、CO<sub>2</sub>排出係数が大きく変化した

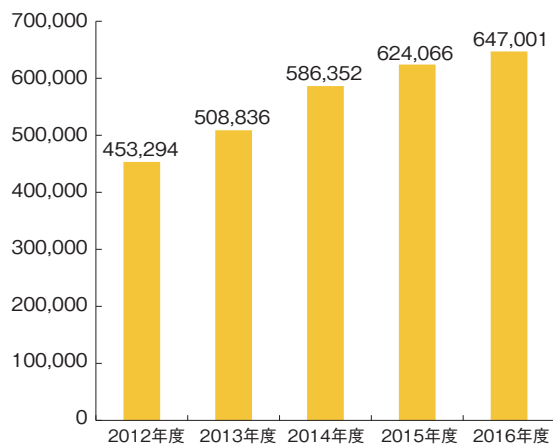
理研のエネルギー使用量と二酸化炭素排出量の推移



ために増加していたCO<sub>2</sub>排出量ですが、2015年度から減少に転じ、2016年度の排出量は前年度比3.1%減少しています。

また、理研では、CO<sub>2</sub>排出削減および2013年度の省エネ法改正で求められることとなった「電気の需要の平準化」を進めるために太陽光発電設備の設置を推進しており、2016年度の発電量は、647,001kWh(前年度比:104%)となりました。

理研の太陽光発電量の推移(kWh)



## 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。

2016年度も残念ながら、フロン類算定漏えい量は1,000t-CO<sub>2</sub>以上となってしまいましたが、専門業者による冷凍機等の点検・保守を強化した結果、フロン類算定漏えい量を前年度比で34%削減することができました。

理研では、今後も引き続き専門業者と連携し、専門

の見地から業務にあたらせ、冷媒の漏えいを削減するように努めていきます。

2016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	854 t-CO <sub>2</sub>
和光事業所(仙台地区)	宮城県	4 t-CO <sub>2</sub>
筑波事業所(筑波地区)	茨城県	127 t-CO <sub>2</sub>
横浜事業所(横浜地区)	神奈川県	29 t-CO <sub>2</sub>
神戸事業所(大阪地区)	大阪府	32 t-CO <sub>2</sub>
神戸事業所(神戸第1地区)	兵庫県	458 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		1,507 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。

# 廃棄物削減

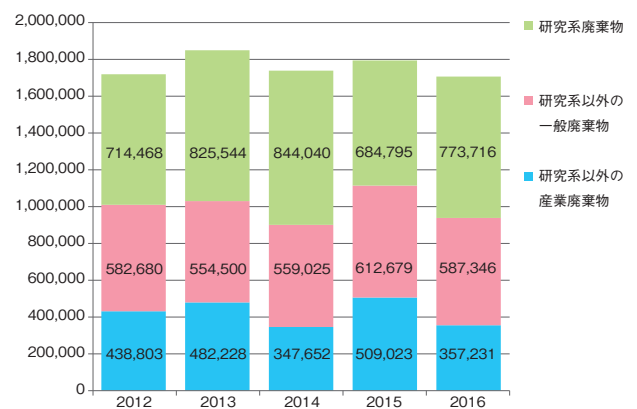
廃棄物の分別を徹底し、適正な処理を行うとともに、リサイクル可能なものは再資源化に努めています。

## 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。

2016年度は、前年度に比べ研究系の廃棄物が13.0%(89t)増加、研究系以外の廃棄物は15.8%(177t)削減、廃棄物全体では4.9%(88t)の削減となりました。

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。

廃棄物量の推移(kg)



※一般廃棄物のごみの比重をkg0.3/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

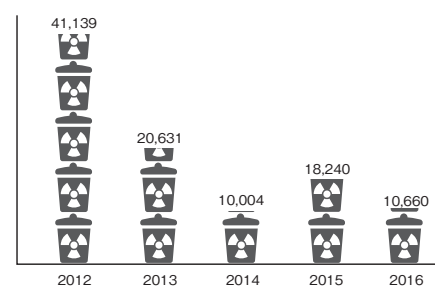


不要になった未開封試薬のリサイクル

## 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の推移(L)



## 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。2016年度は保管していた低濃度PCB廃棄物のすべてについてPCB無害化処理施設に処理を委託し適正に処理処分を完了したほか、安定器等の高濃度PCB廃棄物について、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しています。



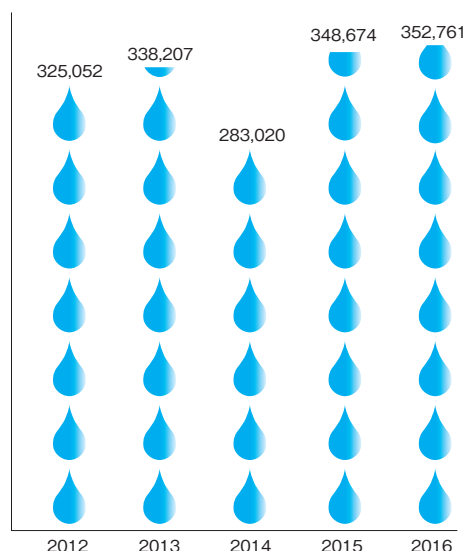
漏洩対策などの措置を行い保管しているPCB含有廃棄物

# 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、適切な排水管理やリサイクルによって無駄なく使用しています。

## 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室系排水の年間実験排水量の推移(m<sup>3</sup>)



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。



水質自動監視装置

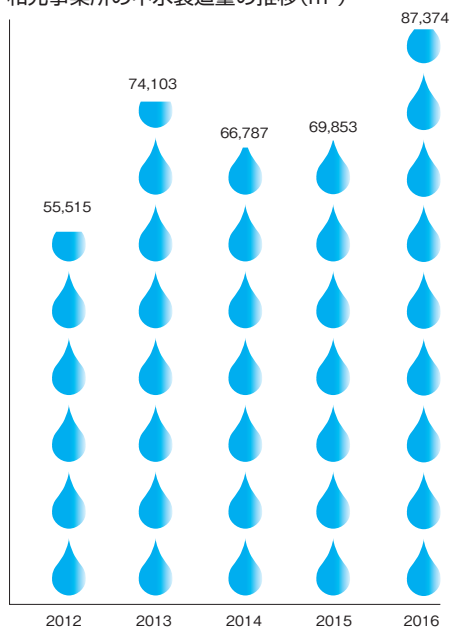
## 節水対策(中水化システム)

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。

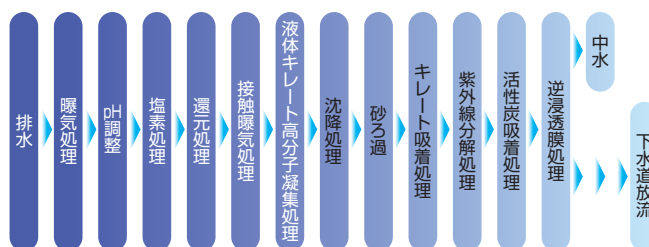
この中水は、大型の加速器施設に供給され、冷却水と

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。

### 和光事業所の中水製造量の推移(m<sup>3</sup>)



### 中水化システムのプロセス



排水から有害物質を取り除く中水化システム

# 化学物質管理

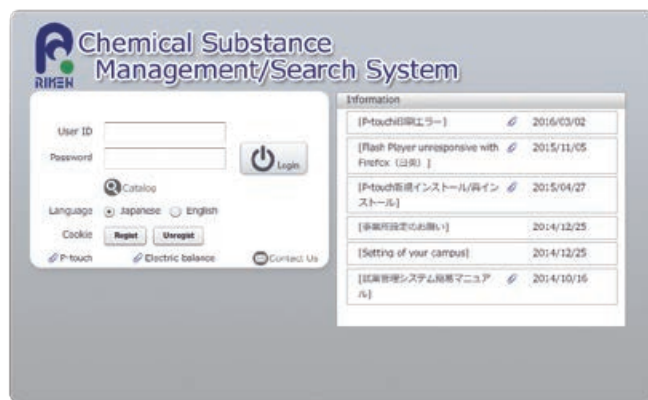
働く職員だけでなく、地域住民の皆様  
の安全を確保するため、研究に欠かせない化学物質の適正な管理に努めています。

## 所内で使用する化学物質を適切に管理しています。

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・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。

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、2016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)

排出量・移動量(kg)

	2012年度			2013年度			2014年度			2015年度			2016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	(31)	(0)	(940)※	(17)	(0)	(870)※	45	0	1,100	(20)	(0)	(750)※	(21)	(0)	(520)※
クロロホルム	170	1.0	5,200	220	1.1	7,000	240	0.9	7,700	200	1.5	6,500	170	2.8	5,000
塩化メチレン	120	0.7	3,600	140	0.6	4,900	100	0.3	3,400	130	0.6	4,300	100	0.9	3,200
ノルマルヘキサン	280	0	6,500	190	0	7,100	130	0	5,700	180	0	6,000	140	0	4,400

※報告対象数量未済のため、2012、2013、2015、2016年度は報告対象外

## 男女共同参画

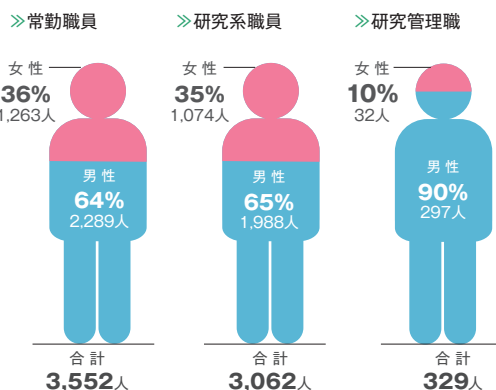
理研では、女性も男性も、より能力を発揮できる「働きやすい職場づくり」を目指し、仕事と生活の両立支援や男女共同参画、ワーク・ライフ・バランスの推進に積極的に取り組んでいます。支援制度の検討にあたっては、性別や職制に関わりなく、できるだけ多くの職員が利用できる仕組みとなるよう、常にバランスに配慮しています。

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。既に導入済みの支援制度についても、部分休業（短時間勤務）制度の拡大や、法定の育児休業に準ずる休業制度の拡大など、実態に即した見直しを行っています。

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 \*2017年4月1日現在



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

## 障害者雇用

障害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、室員一人ひとりがお互いの得手不得手を理解して助け合いながら、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印刷、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発信業務
- ⑨ シンポジウム会場設営準備撤去

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、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。



業務支援員の作業風景

## 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。
- 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。
- 長時間労働による健康障害の予防のため、一定時間を超えた対象者の管理職へのアラートや長時間労働者の産業医面談による健康状態の確認等を行って

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。

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、2017年7月には第54回を迎えます。2016年度の来場者数は約610人で、これまでの総来場者数は約3,000人に上ります。

科学技術館には、親子連れはもちろん、高校生や大学生、研究者が来訪される事も多々あります。

理研DAYでは、普段はあまり研究者と接することがない皆さんが、化学、生物学、脳科学、物理学、工学などいろんな分野の研究者とたくさん話しをすることが出来ます。「研究者というのはどのような仕事?」「研究者になっただきっかけは?」「研究者になるためには?」など、いろいろな疑問をぶつけてみてください。



第42回2016年4月17日  
光量子工学研究領域  
エクストリームフォトンクス研究グループ  
生細胞超解像イメージング研究チーム  
黒川 量雄 専任研究員  
テーマ:タンパク質輸送の4D(3次元+時間)観察



第46回2016年8月21日  
望月理論生物学研究室  
立川 正志 研究員  
テーマ:細胞のカタチを作る“力”



## 和光地区一般公開

2016年4月23日に、和光地区にて一般公開を開催し、約7,800名の方にご来場いただきました。

当日は、「進歩しつづける科学、その今を体験しよう!」と題し、約100の研究室を公開、小さなお子さんにも楽しんでいただけるさまざまな体験イベントも開催しました。

世界最先端RIビームファクトリーの公開に加え、113番新元素を発見した現場・GARIS(ガリス)と線形加速器RILACの見学ツアーを行いました。

### 【開催概要】

日 時:4月23日(土)  
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



113番元素の研究現場見学ツアー

## 子ども大学わこう「元素って何?&アイロンビーズで作る『113番元素』」

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おり、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。

2016年8月4日の子ども大学では、子どもたちに元素について分かりやすくレクチャーし、113番新元素をアイロンビーズで組み立てる工作を行いました。

### 【開催概要】

日 時:8月4日(木)  
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



元素についてレクチャー

## 青少年夢のかけはし事業 「研究所の研究员になりたい!」

2016年8月18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。この事業は、各分野で活躍中の埼玉ゆかりの人々と連携し、青少年が学び・体験する機会を提供することで、青少年の夢発見と夢実現を支援し、健全教育の推進を図ることを目的としています。

当日は仁科加速器研究センターの加速器等を見学した後、「分光器作成実習」を行いました。

### 【開催概要】

日 時:8月18日(木)  
場 所:理化学研究所和光地区  
対 象:埼玉県内在学・在住の小学校5.6年生30名



作成した簡易分光器で光源を観察

## 和光事業所

### 和光市民まつり

2016年11月12、13日に行われた和光市民まつりにおいて、理研は2日目の13日に出展しました。

出展したブースでは、希望者に赤青式の3Dめがねを工作してもらい、電子顕微鏡で撮った3D写真(花粉やアリ等)を見てもらいました。また、顕微鏡観察では「コケ」や「エノコログサ(通称:ネコジャラシ)」、「菊の花」等数種類の植物を観察していただきました。

理研ブースは常に人々が訪れるほど好評で、さらに理研グッズ販売も行い、参加された市民の方々との交流を深めました。

#### 【開催概要】

日 時:11月13日(日)  
場 所:和光市役所前市民広場  
対 象:和光市民まつりの来場者



にぎわいを見せる理研ブース

### 子ども科学教室

2016年12月21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。

当日は、レンズと箱で出来ているカメラの仕組みについてのレクチャーの後、工作用紙、牛乳パック、レンズなどを組み合わせて箱カメラを作りました。参加者はその箱カメラで日光写真も撮り、工作を楽しみました。

#### 【開催概要】

日 時:12月21日(水)  
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4年～6年生



箱カメラの作成

### 土地売却にともなう土壤汚染調査について

廃止した板橋分所跡地の売却のため、土壤汚染対策法に準拠して、2015年10月～12月に土壤汚染調査を行いました。

土壤汚染調査は、敷地内の63地点より土壌を採取し、土壤汚染対策法施行規則に基づく告示(環境省告示第18号、第19号)に準拠する方法により分析試験を行い、溶出量試験・含有量試験とも、すべての地点において基準値を下回る結果となり、土壤汚染のないことが確認され、2017年4月に予定通り土地の売却が完了しました。



土壤汚染調査のための土壌採取

## 筑波地区一般公開

筑波地区では、2017年度の一般公開を4月21、22日に開催し、2,000名を超える方にご来場をいただき盛況のうちに終えることができました。

来場者のアンケートで最も印象のあった催事として記述の多かった、細胞研究リソース棟細胞保存施設見学ツアーでは、-196℃の液体窒素により細胞リソースの凍結保存を行っている液体窒素タンクが整然と並んでいる保存施設は来場者に強い印象と興味を与えたようでした。

筑波地区では、今後も一般公開を通して、研究活動をお伝えすることで科学技術に対する理解と興味を深めていただけるよう、広報活動を行ってまいりたいと考えております。



細胞研究リソース棟の施設見学会

## 地下水の活用

筑波地区では、東日本大震災発生時に水道水供給が数日間停止したことにより、バイオリソース事業に多大な影響が生じました。このことにより有事における水源確保を目的として、翌年地下水給水装置の設置工事を行いました。

地下130メートルから汲み上げた地下水は高度な濾過処理を行い、水道法に基づいた水質検査を実施しており、安全で安心な地下水の供給をしています。

地下水は、通年15℃程度と水道水と比較して恒温性を持っているため、実験設備や空調設備の冷却水に利用することにより、電気・ガスのエネルギー削減となり環境負荷の軽減にもなります。また地域貢献として、屋外に地下水給水装置からの分水栓を設け、災害等による水道

水の断水時には、地下水を地域の皆さんに提供できるようにしました。



地下水給水装置の設置

## 省エネ(CO<sub>2</sub>排出量削減)活動

筑波地区の省エネ(CO<sub>2</sub>排出量削減)活動として、2016年度にバイオリソース棟の空冷式チラーユニット2台の更新を行いました。

更新前は低負荷時でも大型機器が稼動するため、効率の良くない領域での運転となり、大きなエネルギーロスを生じていましたが、更新後は小型のモジュールチラーユニット4台に分散し、負荷に応じて、ユニットの運転台数制御を行う効率的な運用が可能となったことで、大幅な省エネとCO<sub>2</sub>の排出量抑制となり環境負荷の軽減になりました。

また、チラーユニットを複数台に分けたことで、バックアップ体制が強化され、チラーユニットの故障による二次側空調機への冷温水供給が停止するリスクを、大幅に

回避できるようになりました。



空冷式チラーユニットの更新

## 横浜事業所

### 企業版サイエンスカフェ/LIP.横浜への参画

横浜市主催の横浜ライフイノベーションプラットフォーム(LIP.横浜)のキックオフイベントが2016年12月1日、横浜ロイヤルパークホテルにて開催されました。

産業連携を推進する横浜事業所、横浜市立大学、企業を含め約150名が参加しました。横浜事業所としては、企業参加者が多い本イベントを例年開催している「企業版サイエンスカフェ」として位置づけ、産業連携本部と連携し、事業化への足掛かりとなる取り組みを行いました。



LIP.横浜キックオフイベント

### 理研よこはまサイエンスカフェの開催

理研よこはまサイエンスカフェは、横浜地区在籍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。

2016年度は、参加者の多様化に向けた新たな試みとして、平日夜間に都内にて開催するカフェ、高校生限定とし夏休み期間に横浜事業所にて開催するカフェ、そして高校に出向いて行う出張版カフェを実施し、地元横浜開催分も含めて全8回延べ約300名の方に参加いただきました。幅広い年齢層の方に、それぞれのカフェの特色を活かしたアウトリーチ活動を実施しています。



理研よこはまサイエンスカフェ

### 鶴見クリーンキャンペーン

横浜地区では、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。

横浜市立大学と協力して、敷地前の歩道約500mの清掃と、どんぐり拾いを行っています。2016年度は約70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は、「どんぐり共和国」に預け、森づくりに活かす緑化運動にも貢献しています。

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

## 横浜市立大学と合同で防災訓練を実施

2016年10月28日に隣接する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、今年度より全部屋に設置した避難済マグネットを活用し、避難時は扉の廊下側に貼り付ける訓練も行いました。

このほか、防火扉・シャッターの動作説明、横浜気象台の講師による大雨時等における防災気象情報の活用をテーマにした講演会を開催するとともに、鶴見消防署の協力のもと応急救護訓練(心肺蘇生/AED)と消火器の取扱いを学びました。



応急救護訓練の様子

## 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ことを確認するため、事業所長、産業医、研究支援部、情報基盤センター、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。

職場巡視で指摘された研究室内の不安全箇所等は、所属長及び安全管理連絡担当者を通して研究室にフィードバックし、改善を求めています。更に、安全衛生委員会で報告を行うことで、指摘事項やその対応等について横浜地区全体で情報を共有し、より安全な職場環境を目指しています。



安全衛生職場巡視

## 教育訓練(講習会)

安全管理室では、新入職員を対象に放射線、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。

2016年度は、研究者に保護具着用を徹底させるため、保護具配布イベントを開催しました。イベントでは、実際に起こった事故を例示した上で保護具の重要性について説明を行いました。



教育訓練の様子

## 神戸事業所

### 環境負荷低減への取り組み・ボイラー設備の排気ガスについて(神戸第1地区)

神戸第1地区では、空調熱源として蒸気ボイラーを使用しています。こちらは燃料として都市ガスを使用しています。空調機器運用時ではガスの燃焼によって排気ガスが発生しますが、この排気ガスについては大気汚染防止法に則った適正な運用管理をおこなっています。

現在運用しています蒸気ボイラーは2015年度に機器更新を行いました。新しい蒸気ボイラーは環境負荷の低減を考えた高効率、低公害の機器を導入しました。

また毎日の運用では運転状況を適時監視してボイラーの効率的な運用を心がけています。合わせて定期的な点検保守を行うことで機器の健全性を維持することにも努めています。



蒸気ボイラーの定期点検の様子

### 計算機室2F空調機の節電対策(神戸第2地区:計算科学研究機構)

計算科学研究機構にある主冷熱源機は、蒸気吸収式冷凍機1,700USRT×4台、ターボ冷凍機1,400USRT×2台とターボ冷凍機700USRT×1台です。

スーパーコンピュータ「京」の消費電力の変動は、待機状態から高負荷状態で4,000kW以上になります。

この高負荷状態に合わせて冷凍機を運転すると待機状態では、冷却能力が過剰となり冷凍機の効率を悪化させ、電力の無駄が多くなります。

冷凍機の効率を高い状態で運転し、短時間の熱変動を吸収することを目標に蓄熱槽を設置しました。蓄熱槽に貯めた8℃の冷水を熱変動の吸収に利用することで、必要最小限の冷凍機を運転して、効率のよい状態を保つことができるようになりました。



蓄熱槽 蓄熱容量:1.2GJ 2次ポンプ:6,000L/分

### 健康管理室が開設されました(大阪地区)

大阪地区では、生命システム研究棟B棟2階を改修して健康管理室が開設されました。これまでは、神戸地区の看護師さんが大阪地区も担当していましたが、大阪地区専任の看護師さんが着任して労働安全衛生体制も強化することができました。

この部屋は、看護師さんからの意見をたくさん盛り込みましたので、暖かな雰囲気の中で心休まる健康管理室を作ることができました。心の悩みを相談するための相談室も、気兼ねなく話ができるよう防音に配慮した部屋にしました。

大阪地区で働くみなさんが心身ともに健康で、たくさんの優れた研究成果となるように支援していきたいと思えます。



健康管理室の開設

## 起震車による地震体験を実施(神戸第1地区)

2016年4月に起震車「ゆれるん」による震度7の揺れを実際に体験する防災フェアを開催しました。

起震車は揺れと同時に映像や効果音も付いていることで、より臨場感のある地震の疑似体験ができます。

起震車に設置されているテーブルと椅子につくと、徐々に震度があがっていき、震度7では体験者の皆さんは椅子から転げ落ちないよう、テーブルに必死にしがみついている状態でした。

阪神大震災の揺れや、50年以内には起こると予測されている南海トラフ大地震の揺れを体験することにより、明日にでも起こりうる大震災への備えや防災の重要性を再認識してもらう良い機会となりました。



起震車による地震体験の様子

## 職場環境に芸術の風を(神戸第2地区:計算科学研究機構)

計算科学研究機構では、大阪芸術大学と連携し、年間を通して研究棟の各階で学生の感性溢れる数々の芸術作品を展示する「プロジェクト京」を行い、今年で7回目となります。

また、本プロジェクトは、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なり、職場環境のひとつとして定着しています。毎年職員を対象とした人気投票等の結果をもとに授賞式も実施しており、学生に貴重な作品展示の機会と刺激を与え、今後も大学と計算科学研究機構の双方にとって有意義なものとなるよう、本プロジェクトを継続していく予定です。



研究棟廊下に展示中の作品の様子

## 照明LED化で省エネと安全を(大阪地区)

生命システム研究棟B棟は、2015年3月に解散した大阪バイオサイエンス研究所の施設を理研が継承したものです。

築30年の建物なので、少々薄暗く陰鬱な雰囲気でした。そこで、廊下やトイレなどをリニューアルしました。壁、床、天井を塗装し直すとともに照明をLED化。とても明るい雰囲気になりました。働く場所が明るくきれいだと、心も軽やかになり、やる気も高まります。しかも消費エネルギーは半減。省エネルギーにも貢献しています。

外灯や庭園灯もLED化することで、夜間の歩行時の足元も明るくなり安全性も高まりました。



照明LED化で省エネと安全を

## 播磨事業所

### 放射線管理

播磨地区では、SPring-8やSACLAといった大型の加速器を用いて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を及ぼしていないこと、また、法令で定められた放射線施設の設置基準が満たされ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。

環境放射線測定では、研究所の敷地周辺における放射線の強さ(空間線量率)とその積算値、ならびに、敷地内外の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。

2016年度の測定結果は、全て法令の限度値を下回っており、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

### 動力棟熱源機器更新

1997年に竣工した動力棟は、構造生物学研究棟・物理科学研究棟・ハイスルーブット棟・生物系特殊実験施設に空調用冷温水等の熱源供給を行う重要な施設です。2015年～2016年の更新工事において、従来のガス焚き吸収式冷温水機から電気式の高効率型空冷モジュールチラーと冷温水同時型水冷チラーへの置き換えを実施しました。

これにより、空調負荷が少ない時期に対しての省エネ効果や排熱利用が期待できるようになり、二酸化炭素排出量を低減し地球温暖化防止にも大きく貢献しています。また今回使用している冷媒フロンは、オゾン破壊係数ゼロと優れた性能を持ち合わせており、地球環境保護にも貢献しています。



動力棟熱源機器更新

### 普通救命講習会の開催

播磨地区では、消防署員を招いて普通救命講習会を毎年開催しています。

講習会では、けがや病気により心肺が停止した人を行う救命処置として、心臓マッサージ(胸骨圧迫)、人工呼吸などの心肺蘇生法とAED(自動体外式除細動器)の使い方を学びました。救急車が到着するまでの間、そばに居合わせた人が救命処置を行うことで、傷病者の生存率や社会復帰率の著しい向上が期待できます。

業務時間中だけでなく、家庭や外出先でも役に立つ重要な技術ですので、播磨地区に勤務する方々に幅広く案内して参加を募っています。2016年度は、本講習会を3回開催し、計41名の方に参加いただきました。



普通救命講習会の様子



## 第三者意見（神戸市）

神戸市は、1995年(平成7年)1月17日に発生した阪神・淡路大震災によって壊滅的な被害を受けた街を蘇らせるため、震災復興の核となるプロジェクトとして、人工島であるポートアイランドを中心に先端医療技術の研究開発拠点を整備し、産学官の連携のもと、21世紀の成長産業である医療関連産業の集積を図ることによって、①雇用の確保と神戸経済の活性化、②先端医療技術の提供による市民福祉の向上、③アジア諸国の医療水準の向上による国際貢献などに資する目的で「神戸市医療産業都市構想」を1998年に着手しました。

現在、神戸市医療産業都市の中核機関として、理化学研究所神戸地区では、「多細胞システム形成研究センター(CDB)」、「ライフサイエンス技術基盤研究センター(CLST)」、「計算科学研究機構(AICS)」の3つの研究組織により、注目度の高い様々な研究が進められています。これらの研究から、目の疾患に対するiPS細胞を用いた移植手術を世界で初めて実施するなどの成果をあげております。

また、主に大阪地区で活動されている「生命システム研究センター(QBiC)」の一部、和光地区で活動する研究プログラムの関西地区の研究拠点が開設されるとともに、理化学研究所が中核機関として兵庫県、神戸市、企業、大学等で連携して推進するリサーチコンプレックスの活動拠点が置かれています。

現在、神戸市医療産業都市では、340(2017年9月時点)の研究機関や大学・企業が立地し、計約1,500床の高度専門病院群や、スーパーコンピュータ「京」が集積する、国内最大級の医療産業クラスターに成長しました。これは貴機関の協力なくては実現し得なかったことであり、日頃より神戸医療産業都市の発展に多大なる貢献をいただいております。

このような研究施設では、大きな環境負荷を伴うことが多いことから、神戸事業所の取組みで記載されているように、貴機関では環境理念や環境行動指針に則り、施設や設備に対する環境負荷低減や節電対策等の環境配慮活動を積極的に行われていると理解しております。

神戸地区一般公開では、市民をはじめ5,000人以上の多くの方が来場され、普段は立ち入ることのできない研究施設内に入り、実験の体験など、大人から子供まで、様々な世代の方が楽しく最先端科学に触れ合える機会を提供していただいております。このような研究施設の一般公開の他に、各大学との連携、防災フェアなど、地域と連携したイベントも積極的に開催されております。このように貴機関の取り組みを広く周知することにより、市民が科学に触れることで、環境に対する意識の向上に繋がると思っておりますので、今後も積極的に実施していただくことをお願い申し上げます。

また、職場環境づくりにおきましても、事業所内託児所開設や障害者雇用など、働きやすい職場づくりに努めておられます。神戸は、神戸空港や新幹線など交通のアクセスも良く、またインターナショナルスクールや英語で受診できる医療機関等、外国籍の研究者が研究に従事しやすい環境が整っております。今後も、研究者が研究に集中できるような生活環境の向上についても貴機関と密に連携して取り組んでいく考えです。

貴機関は、2017年3月で100周年を迎えられました。神戸医療産業都市も2018年10月に20周年を迎えます。今後も結びつきを強め、更なる発展に向けて共に飛躍していきたいと考えております。



神戸市医療・新産業本部  
医療産業都市部長 三重野 雅文

## 環境報告書監事意見書

理化学研究所は2017年に創立百年を迎えました。これまでの歴史のなかで多くの研究者が研究に取り組んできました。今日では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設してきました。2015年4月よりは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、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充などに積極的に取り組み、また、人口知能研究の体制整備を進めています。このような研究活動への取り組みは成果として表れており、また、将来の大きな成果につながるものとおもいますが、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するものでもあります。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2017「特集」の項では4つの研究が紹介されています。クモの糸に学び、構造タンパク質をつくる研究は、軽量で強靱な構造タンパク質であるクモの糸の研究が、将来の産業利用につながる興味深い説明になっています。セシウムから植物の適応メカニズムを探る研究は、セシウムと結合し植物への取り込みを抑制する化合物の発見につながり、大きな反響を呼びました。エネルギー移動の単分子レベル計測の成功は、太陽電池や有機LEなどのエネルギー変換デバイスの性能を飛躍的に向上させることにつながる研究として紹介されています。ゲリラ豪雨を予測する研究は、天気予報の精度に革命を起こす成果とされています。それぞれの研究内容は社会的期待が大きく、また、注目度の高い研究ですが、図解を入れ、丁寧で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り組みとして「グリーン購入・調達」「地球温暖化防止」「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「男女共同参画」「障害者雇用」「職員のメンタルヘルス」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活動への取り組みでは、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 2017』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 23,41
		(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	25-29
(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	25-29 33,37,39	
4. マテリアルバランス	○	環境負荷の全体像	24		
【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	23
		(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	23,36 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	23, 25-29 37,39
	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	9-22 30,31
		(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	31-39
	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	25,27
		(2) グリーン購入・調達	○	グリーン調達	25
		(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	31-39
		(4) 環境関連の新技术・研究開発	○	特集1～4	9-22
		(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	24,27
	【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	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
(2) 総物質投入量及びその低減対策			○	グリーン調達	25
(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	24,28
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	24,28	
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	24,26 34,37-39
		(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	24,28
		(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	37
		(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	24,29
		(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	24,27
	(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、地震体験を実施、普通救命講習会の開催	36-39	
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	23		
【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	30		
【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		



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。



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](mailto:eco-jimu@riken.jp)