



RIKEN  
ENVIRONMENTAL  
REPORT

環境報告書

2014

独立行政法人理化学研究所

美しい地球と私たちの未来のために

# ご挨拶

「私たちは何故科学をするか」 元来、自分たちをとりまく自然を深く知ろうとすることは、人間にとって本能といえます。知の創造は文化の礎であり、科学知に基づく技術は、文明社会の礎です。実際、科学技術の進歩により、20世紀の間に先進国の平均寿命は45歳から80歳にまで伸びました。食糧も確保され、現在、苦勞しながらも世界中で66億人もの人が暮しています。人びとは単純労働から解放され、日常生活に余暇ができました。また、通信技術の発達により、地球の裏側から、いや外からでも直接会話できる社会になりました。これほど力強い近代文明ですが、その暴走が人びとの心の拠りどころである文化を損なうことになってはいけません。また、科学技術は、現世代の欲望を満たすためではなく、未来の世代たちが豊かな社会を築くためにあるという視点が不可欠です。

## 運営に関する5つの基本方針「野依イニシアチブ」

### 1. 見える理研

- 一般社会での理研の存在感を高める
- 研究者、所員は科学技術の重要性を社会に訴える

### 2. 科学技術史に輝き続ける理研

- 理研の研究精神の継承・発展
- 研究の質を重視。「理研ブランド」：特に輝ける存在
- 知的財産化機能を一層強化、社会・産業に貢献

### 3. 研究者がやる気を出せる理研

- 自由な発想
- オンリーワンの問題設定
- ひとり立ちできる研究者を輩出

### 4. 世の中の役に立つ理研

- 産業・社会との融合連携
- 文明社会を支える科学技術  
(大学、産業にはできない部分)

### 5. 文化に貢献する理研

- 自分自身、理研の文化度向上
- 人文・社会科学への情報発信

理研ウェブサイト

<http://www.riken.jp/about/plan/>

理研は、明日の社会に「かけがえのない存在」でありたいと考えています。私たちの先達が90年にわたり育ててきた豊かな自然観と正統な社会観に溢れる「理研精神」と共に、広く社会の期待に応え貢献するため、邁進する所存です。

理研ウェブサイト

<http://www.riken.jp/about/president/>



理事長

劉 依 良 治

## 環境理念

### 「自然を理解し、 自然を尊ぶ」

独立行政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としています。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

## 「自然を理解し、自然を尊ぶ」

これは理化学研究所の環境理念です。わが国唯一の自然科学の総合研究機関として、理研の職員一人ひとりは、自然を理解するという研究活動を通じて持続可能な文明社会の構築を目指すとともに、常に自然を尊ぶ精神を心に留めなくてはならない、と考えています。

現代の文明社会の礎を築いてきた科学技術ですが、今後は、化石燃料に代わるエネルギーの確保や温暖化による気候変動への対策など、地球規模で引き起こされている様々な環境問題の解決が期待されています。日本国内に目を向けてみても、近隣国の急速な経済発展による大気汚染の越境拡大や、東日本大震災で顕在化した原子力発電に代わる新エネルギーの必要性、メタンハイドレートといった海底資源の発掘などに注目が集まっています。

これら課題に対応すべく、2011年8月、内閣府は「第4次科学技術基本計画」を定めました。ここでは、「震災からの復興、再生の実現」や「ライフノベーションの推進」、「グリーンノベーションの推進」が、我が国の将来にわたる成長と社会の発展を実現させるための主要な柱と位置付けられています。

中でも「グリーンノベーションの推進」には、環境やエネルギーに関する課題を解決し、新たな価値観やライフスタイルを確立するための技術革新となることが期待されています。

理研は、我が国の科学技術政策に積極的、主体的に貢献するため、2013年4月に第3期中期計画を策定し、今後5年間の重要な研究分野の1つに「グリーンノベーション分野」を取り上げました。具体的には、既存の「バイオマス工学研究プログラム」に加えて「環境資源科学研究センター」「創発物性科学研究センター」「光量子工学研究領域」の3つのプロジェクトを創設し、地球規模の課題解決型研究を進めて

います。これらのプロジェクトでは、自らの研究の枠に捉われず、分野を越えた研究者同士や産業界との連携を積極的に推し進めています。

野依良治理事長は、科学技術(Science & Technology)の「ST」、イノベーション(Innovation)の「I」に、再建(Reconstruction)、改革(Reform)の「R」を加えた「STIR(かきまぜる、奮起させる)」を旗印として掲げ、社会に貢献する知の創造を目指すと表明しています。理研が取り組む分野や文化を越えた研究活動は、課題解決型研究の重要な原動力となることでしょう。

さて、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も紹介しています。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のか、そして「STIR」を体現する研究活動が行われているのか、厳しい目でご覧いただけますと幸いです。



理事  
米倉 実

### 【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】

2013年度(2013年4月1日～2014年3月31日)  
ただし、一部2014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】

2014年9月

## contents

### ご挨拶

環境理念、環境行動指針 .....	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 .....	15
特集記事 4 .....	19

環境マネジメント体制 .....	23
環境負荷の全体像 .....	24

### 社会・地域との環境コミュニケーションと環境配慮活動

本部・和光事業所の活動 .....	31
横浜事業所の活動 .....	33
筑波事業所の活動 .....	35
神戸事業所の活動 .....	36
計算科学研究機構の活動 .....	37
播磨事業所の活動 .....	38
働きやすい職場づくり .....	39

### 環境報告書の信頼性を高めるために

監事意見書 .....	40
第三者意見 .....	41
環境報告ガイドラインとの対応表 .....	42

# 理化学研究所概要

独立行政法人理化学研究所は、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、生物学、医科学などに及ぶ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



**高峰 譲吉**

(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。



**渋沢 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。



**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。



**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。

**1917-**  
**財団法人 理化学研究所**

**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)**

## 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



**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。



**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。



**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。



**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。  
(2003年10月～現在に至る)

1948-  
株式会社 科学研究所

1958-  
特殊法人  
理化学研究所

2003-  
独立行政法人  
理化学研究所

1967  
駒込から和光に移転

# 組織図

(2014年5月1日現在)



理事長 野 依 良 治 (工学博士)

理 事 川 合 眞 紀 (理学博士)

古 屋 輝 夫

大 江 田 憲 治 (理学博士)

坪 井 裕 (博士(エネルギー科学))

米 倉 実

監 事 清 水 至

伊 藤 健 二





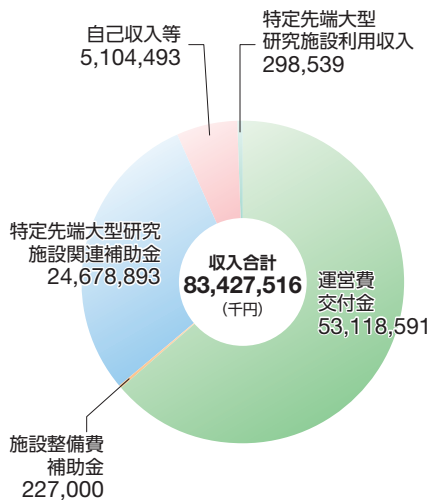
## 予算

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。

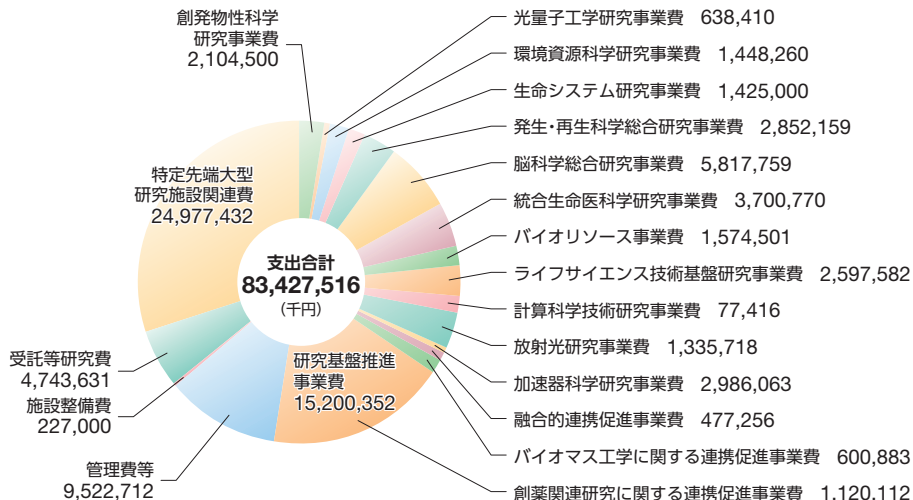
「政府支出金」とは、理研が事業を実施する上で必要な運営費や施設等の維持費などを国が算定し交付される資金で

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、自宅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。

■ 収入予算の推移(当初予算)直近3年分



■ 2014年度 支出予算の内訳(当初予算)

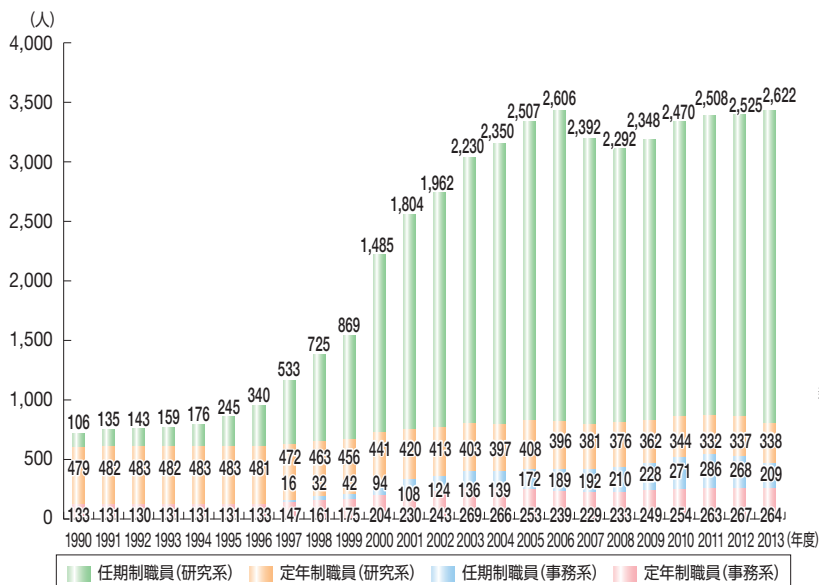


## 人員

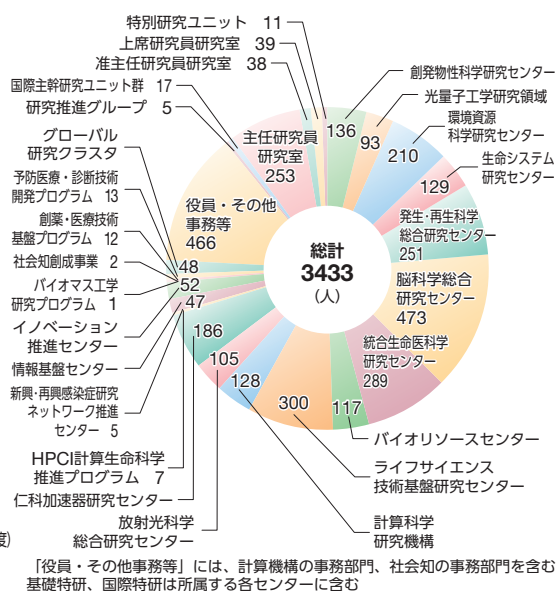
理研の職員は、定年まで雇用する定年制職員と、年限を区切って雇用する任期制職員として、研究者、技術者および事務職員を配置しています。最良の研究成果を生み出すこと

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。

■ 理研の人員構成の推移



■ 組織別人員数



# 「京」の中で都市を揺らす

## 「想定外」を極力減らすための地震被害シミュレーション

「京」の活用：理化学研究所計算科学研究機構のスーパーコンピュータ「京」は、「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」で定められた共用施設であり、国内外の研究者等に広く利用していただくための施設です。



3年前に起こった東日本大震災では、想定外の巨大地震への備えが不十分だったことが指摘されました。今後、適切な防災・減災策を講じるためには、さまざまな地震が起こったときにどのような災害が発生するかを、科学的・合理的に予測することが必要です。堀さんは「京」を使い、おもに都市を対象として、地盤・建物の揺れ方から人々の避難行動にいたるまでの統合シミュレーションに取り組んでいます。これまでの成果と今後の展望を、堀さんに聞きました。

堀 宗朗 (ほり・むねお)

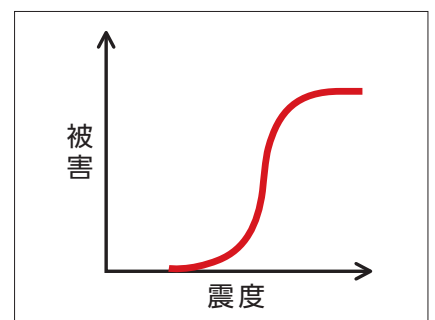
東京大学地震研究所 教授  
総合防災・減災研究ユニット ユニットリーダー

### 経験に基づいて行われてきた地震の被害予測

「人類は2000年以上前から建物をつくってきましたが、建物の損壊と地震の関係がはじめて研究されたのは、1923年の関東大震災のころからです」と堀さんは切り出しました。このとき、建物を受ける水平方向の加速度がはじめて設計に使われたそうです。1940年ごろにアメリカで測定された地震波が利用され、以後、耐震設計をはじめとする地震工学の研究が発展してきました。近年では、1つの建物をモデル化したうえでシミュレーションを行い、地震の際の揺れ方や大きな力を受ける箇所を明らかにして耐震設計に役立てています。

しかし、都市には非常に多くの建物があります。地震被害を予測するときに、すべての建物をモデル化し、シミュレーションすることはとてもできません。では、自治体などが行っている地震時の被害予測はどのように行われているのでしょうか？「実は、経験に基づいているのです。過去の地震の際、どのぐらいの震度で建物がどのぐらいの被害を受けたかを示すフラジリティーカーブ(図1)に基づいて計算しています。しかし、古い耐震基準に基づいた建物は壊れやすいですから、経験に基づくと被害は大きく予測されがちで、信頼度が高いとは言えません。他に方法がなかったので、経験に頼ってきたというのが実情です」と堀さんは説明します。

図1 フラジリティーカーブ



過去の地震の震度と被害の大きさの関係を統計的に解析して求めたカーブ。

### 科学的・合理的なシミュレーションで効果的な防災を

そこで、堀さんたちは「京」の高い計算能力を活かし、これまで不可能だった「都市をまるごと揺らす」シミュレーションに取り組みました。地震が起こると、地

盤が揺れ、その上の建物が揺れます。これを「京」の中で再現したのです(図2)。

シミュレーションの対象としたのは東京都心の東西8.0km×南北7.5kmの地域で、25万棟以上の建物があります。堀さんたちは、地図製作会社がつくった平面のデータをもとに、これらの建物を立体的なモデルにしました。地盤のほうは、地盤工学会のデータをもとに、粘土、砂、岩盤の3層に分けてモデル化しました。そして、1000ケースの地震の震動をこの地盤に与え、建物がどのように揺れるかを計算したのです。この計算かどうい地震のときにごういう建物が壊れやすいかといった被害予測が可能になります。

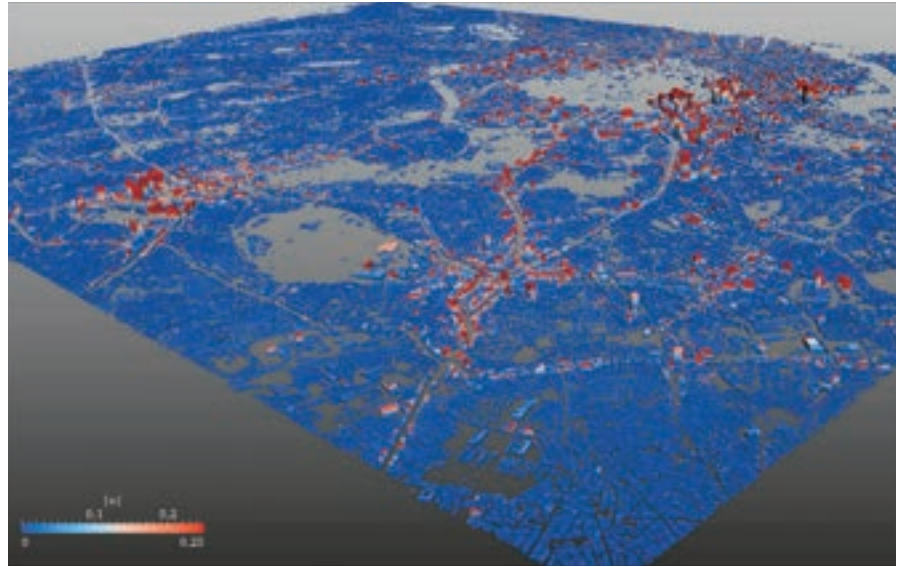
堀さんは、「このように、科学的・合理的に被害を予測できれば、その予測をもとに防災対策の優先度を定めることができます。さらに、もっと多くのケースの震動をシミュレーションに用いることで、『想定外』のケースを少なくすることにつながります」と今回の成果の意義を語ります。

## コンポーネントを組み合わせて多様な計算を

地震の被害は、建物の損壊だけではありません。東日本大震災で多くの犠牲者を出した津波は、南海トラフの巨大地震が起こった場合にも大きな被害をもたらす可能性があります。そこで、堀さんたちは、地震と津波の複合災害のシミュレーションも行いました(図3)。「都市の場合と同じような地盤と建物のモデルに、津波が侵入したときの水の動きを、粒子法\*1でシミュレーションしました。その結果、地震で建物が倒壊した場合としなかった場合では、水の流れが異なることが明らかになりました」。

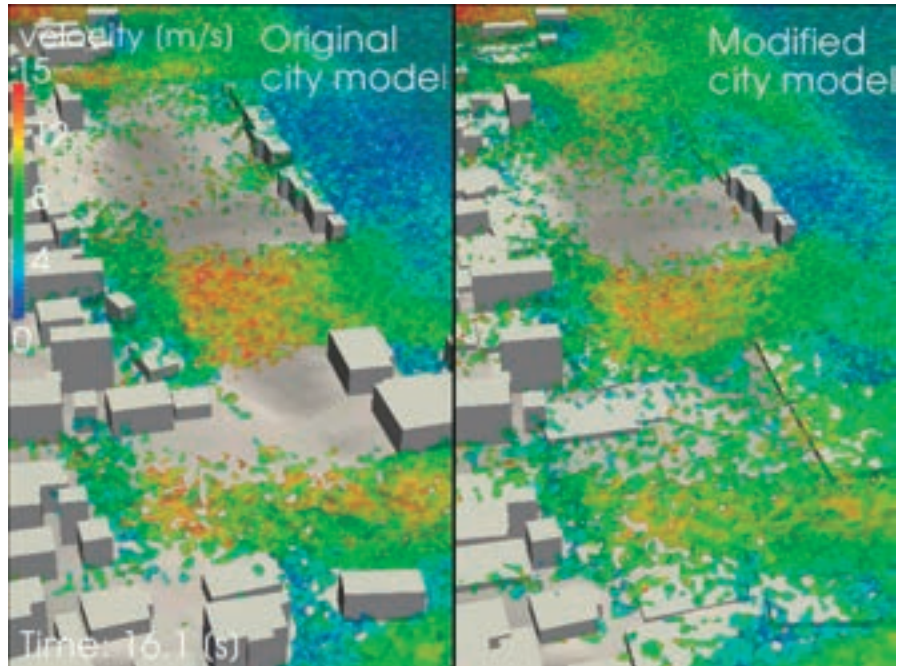
さらに、地震や津波の際には、人々がいかにスムーズに避難できるかも、被

図2 東京都心の揺れのシミュレーション



地盤と建物のモデルをつくり、地盤と建物がどのように揺れるかを「京」で計算した。この例は、1995年に阪神淡路大震災を引き起こした兵庫県南部地震の震動を地盤に与えたときのもの。建物の色が赤いほど、揺れによる変形が大きいことを示し、変形量がある大きさを超えたときに「壊れた」と見なす。

図3 地震・津波複合災害シミュレーション



ある海岸の町に津波が侵入するようすのシミュレーション。左は地震被害がない場合の地盤と建物のモデル、右は地震で倒壊した建物がある場合のモデル。左右で津波の侵入の仕方が異なることがわかる。

害の大きさを左右します。堀さんたちは、高知市の20万人の住民が高台に避難するシミュレーションを「京」で行いました。堀さんは、「避難行動のシミュレーションにはいろいろなやり方があるのですが、我々は、マルチエージェントモデル\*2を使いました。住民の一人ひとりが周囲の状況を見て適切な方向を

考え、衝突しそうになったら速度を落とすという行動パターンをもつとして計算したのです」と、リアリティを重視したことを強調します。このようなシミュレーションは、効果的な避難誘導の仕方や、避難標識の設置場所などを考える際の有力な情報となります。

堀さんたちは、地盤と建物の解析、津

図4 マルチエージェントモデルによる避難行動のシミュレーション



高知市を舞台とし、20万のエージェントが一定の行動パターンで避難するようすを「京」で計算した。

波の解析、避難行動の解析のために、それぞれ異なるモデルをつくり、異なる計算手法を開発してきました。解析に必要な種々のデータも入手してきました。「今後は、より現実に近いシミュレーションを行うため、これらの要素(コンポーネント)を組み合わせ使用し、多様な計算をすることをめざしています」と、堀さんはさらに先をみえています。

## 科学的な被害予測を全国に広げたい

ここまでの話は、堀さんがHPCI戦略プログラム「分野3防災・減災に資する地球変動予測」\*3のメンバーとして行っている研究です。計算科学研究機構総合防災・減災研究ユニットのリーダーとしての堀さんは、分野3で開発したモデルづくりと計算のためのプログ

ラムを、神戸市や兵庫県内の都市に適用する研究を進めています。「神戸市からは、建物の構造に関する詳しいデータを提供していただけだったので、東京都心よりも精密なモデルをつくってシミュレーションを行うことができます。他の地域でも、科学的・合理的な予測手法があるとすれば、詳しいデータを提供していただきやすくなりますから、より精度の高いシミュレーションができるようになると期待しています」と、堀さんは今後の展望を語ります。

堀さんはさらに、「京」のために開発したプログラムを全国の大学のスパコンで利用してもらおうという計画も進めています。「地震被害の予測は、地域ごとに行わなければなりません。大学のスパコンで『京』と同じ規模の計算はできませんが、対象とする面積を10分の

1にすれば、同じ精度の計算はできる。そうなれば、多くの地域について科学的・合理的な被害予測ができることでしょう」。

地震の防災・減災のための本格的なシミュレーションはまだ始まったばかりです。シミュレーションに必要なさまざまなコンポーネントをパワフルに生み出し続ける堀さんは、これからもこの分野の研究を牽引し続けるに違いありません。

\*1: 天体、水滴、分子などの粒子に数値を置き、粒子の運動を支配する方程式に従って計算する方法。ここでは、粒子法のうちでも恒星の運動を計算するために使われる方法を応用した。  
\*2: 複数の人が同時に活動し、相互作用する状況をシミュレートするためのモデル。人を、一定のルールに従って行動する「エージェント」と見なす。  
\*3: 「京」をはじめとする日本のスパコンを最大限に活用して世界最高水準の研究成果の創出をめざす5分野のうちの1つ。

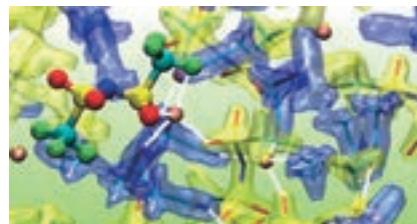
# 「京」の成果

「京」の成果事例をピックアップして紹介します。

## 濃い液体が秘める新機能を発見、新世代の電解液へ ～スーパーコンピュータ「京」により高濃度電解液の動作原理が解明～

東京大学/ 京都大学/ 物質・材料研究機構 J.Am.Chem.Soc. 2014

東京大学と京都大学、物質・材料研究機構(NIMS)は、リチウムイオン電池の急速充電、高電圧作動を可能にする電解液を開発し、スーパーコンピュータ「京」を用いて作動メカニズムを解明しました。この新規な電解液は、超高濃度のリチウムイオンを含む「濃い液体」であり、「高濃度＝反応が遅く電解液に適さない」という通説を覆すものです。また、既存の電解液にはない「高速反応」と「高い分解耐性」という新機能を有します。今後、この電解液を応用することで、従来の3分の1以下の時間での急速充電や電気自動車等への実用に耐えうる高電圧で作動するリチウムイオン電池の実現が期待されます。



## 「京」を用いてメタンハイドレートが分解する仕組みを解明

岡山大学 松本正和准

世界で初めて、メタンハイドレートが分解してメタンが発生するメカニズムを分子レベルから明らかにしました。メタンハイドレートは水とメタンからできたシャーベット状の塊です。エネルギー資源として注目されていますが、分解の詳しいメカニズムはわかっていません。今回の「京」での解析から、ハイドレートが分解する際に過度にメタンが溶け込んだ水ができ、そこから発生したメタンの気泡がハイドレートの分解をさらに促進することがわかりました。これは、気泡の発生をコントロールすることでメタンハイドレートの分解を制御できる可能性を示しており、効率的にメタンを採取する方法の開発に役立つと期待されます。

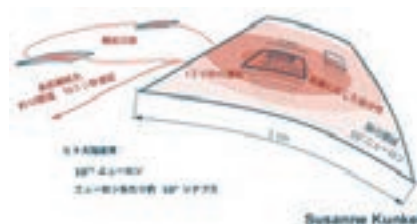


## 「京」を使って世界最大の脳神経シミュレーションに成功

～脳全体のシミュレーションの研究への第一歩～

Susanne Kunkel

「京」を使って世界最大の脳神経シミュレーションに成功しました。(理研、ユーリッヒ研究所(ドイツ)、沖縄科学技術大学院大学の共同チームによる研究)10兆個の結合の神経回路のシミュレーションは、過去最大の規模です。ただしこれは巨大な人間の脳の神経回路の1%です。今回の成功では人間の脳全体のシミュレーションに必要なメモリー量と計算速度の比率が分かり、その結果を今後のスパコンの開発やソフトウェアの設計に活かし、脳全体のシミュレーションの研究を進めていくことが期待されています。

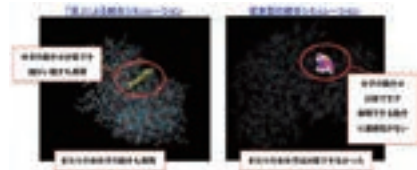


## コンピュータによる解析と予測に基づく効率的な医薬品開発

～汎用コンピュータで約2年かかる計算を「京」により5時間45分に短縮～

HPCI戦略プログラム 分野1 京都大学 奥野恭史

創薬は、病気の原因タンパク質を見つけ出し、それに結合する新規化合物を創ることといえます。実験では、膨大な数の候補化合物全ての結合を確認できないため、研究開発者の勘と経験、運に頼るところが多く、成功率は2万分の1と言われていました。今回「京」の登場により、世界最大規模の189.3億通りのタンパク質と化合物の組み合わせの結合予測について、これまで使っていたコンピュータでも約2年かかる計算が5時間45分に短縮されました。医薬品の効果が正確に予測できることで、開発の成功率向上、開発期間の短縮、またコスト低減の実現に近づきます。



## 「京」で初めて実現できる、“流れ”の詳細なシミュレーション

～乗り心地、走行安定性、騒音などへの影響を高精度で把握～

可視化技術研究チーム チームリーダー 小野謙二

車や船の周りの水や空気の流れには細かい渦が無数にあります。「京」を用いることにより1mm以下の渦も含めてシミュレーションが可能になりました。風洞\*や水槽を用いた実験と同レベルの精度で流れを把握できることから、大型の試験設備を使わずに乗り心地や走行安定性、あるいは騒音などの快適性への影響を評価できるようになりました。車や船の開発期間の大幅短縮も期待されます。



\*風洞: 風を人工的に起こすトンネル型の装置。風洞を用いて自動車などが気流から受ける影響を計測することにより、製品開発・設計のためのデータを得ることができます。

# 「京」で全球の雲や台風を 詳細に再現した

2013年、台風26号による大雨が伊豆大島を、台風30号による暴風・高潮がフィリピンを襲い、深刻な被害をもたらした。海面水温が約28℃以上の海域で台風は発生・発達するといわれている。地球温暖化により海面水温が上昇することで、台風が大型化する恐れがある。

気候研究に欠かせないのがコン

ピュータ・シミュレーションだ。コンピュータの中に台風を再現するには、大気を格子に区切って計算を行う。かつての気候モデルは水平格子間隔が約100kmと解像度が粗く、台風をうまく再現できなかった。

海洋研究開発機構と東京大学大気海洋研究所は、全球雲解像モデルNICAMを開発。スーパーコンピュータ

「地球シミュレータ」により最高で3.5kmという高解像度のシミュレーションを実現し、その研究成果はIPCC(気候変動に関する政府間パネル)による温暖化研究の評価報告書作成にも貢献してきた。

理研計算科学研究機構 複合系気候科学研究チームの富田浩文チームリーダー(TL)たちは、両機関との共同研究

2012年8月25日12時(世界標準時)の全球の雲分布(水平格子間隔0.87km) 可視化:吉田龍二(複合系気候科学研究チーム)



水平格子間隔0.87kmと3.5kmの解像度で再現した台風 0.87kmの解像度では、台風を構成する一つ一つの積乱雲が詳細に表現されている。



によりNICAMをスーパーコンピュータ「京」で実行し、1km未満の解像度で全球大気のシミュレーションを行うことに世界で初めて成功した。「複数の解像度でシミュレーションを行ったところ、解

像度が2kmを切ると積乱雲がより現実に近づくことが分かりました。そのような超高解像度シミュレーションにより、積乱雲が集まった台風の発生・発達メカニズムの解明や地球温暖化に伴う

気候変動の予測を行い、防災に役立てていきたいと思います」と、富田TLは今後の抱負を語る。

(執筆:立山 晃/フォトンクリエイト)



(「理研ニュース」2014年1月号より転載)

# 塗るだけで高効率に 発電できる太陽電池をつくる



撮影:STUDIO CAC

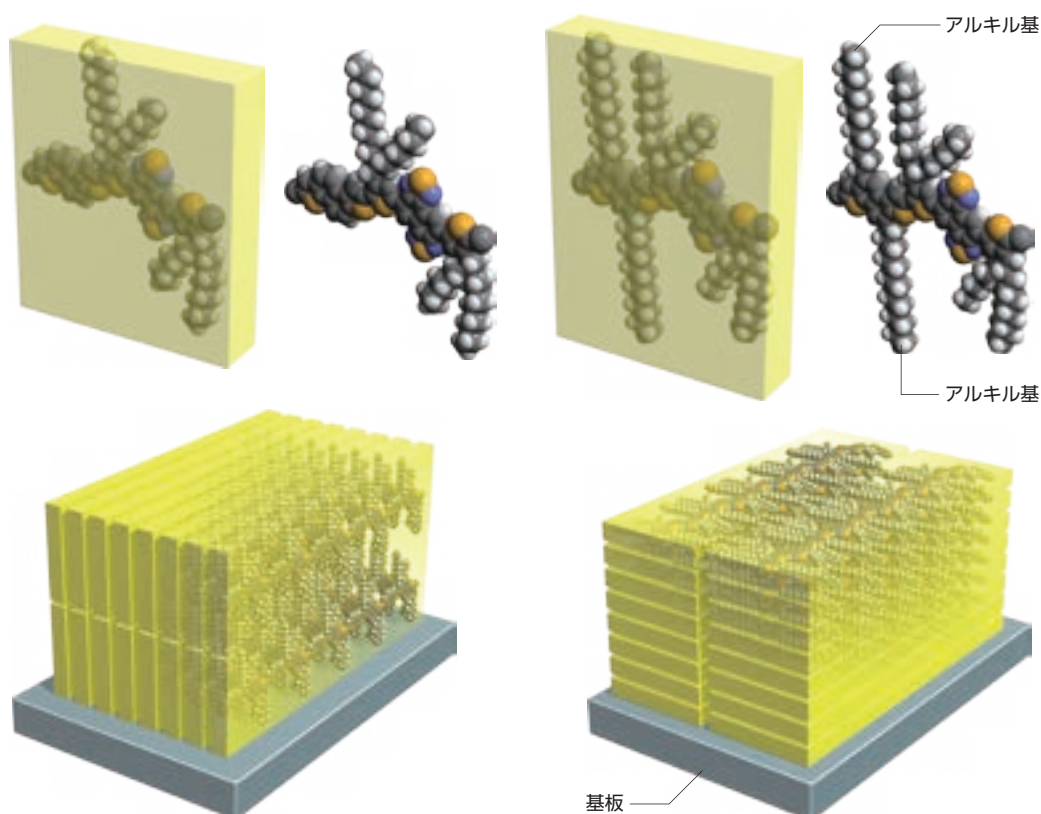
瀧宮 和男 (たきみや・かずお)

創発物性科学研究センター  
創発分子機能研究グループ  
グループディレクター

1966年、広島県生まれ。博士(工学)。  
広島大学大学院工学研究科工業化学専攻博士課程後期修了。デンマーク オーデンセ大学化学科博士研究員、広島大学大学院工学研究院物質化学工学部門(応用化学)教授を経て、2012年理研チームリーダー。2013年より現職。

近い将来、まったく新しいタイプの太陽電池が実用化され、エネルギー問題の解決に大きく貢献するだろう。有機半導体を塗るだけでつくることができる塗布型の有機薄膜太陽電池(OPV:Organic Photovoltaics)だ。塗布型OPVは薄くて軽く曲げることができ、印刷技術を使って大面積を低コストで製造できるため、建物の壁や車体など、さまざまな場所で利用することができる。瀧宮和男グループディレクター(GD)たちは、塗布型OPVに必要な高性能な半導体ポリマーの研究を進めている。

## アルキル基の導入による半導体ポリマーの配向制御



ポリマーの繰り返し構造に、アルキル基を2本導入することで、ポリマーが基板に対して横向きに積み重なり、ホールが移動しやすいp型半導体となった。



## 変換効率1%未満が10%超に

メガソーラーと呼ばれる大規模太陽光発電施設の建設が進むなど、太陽電池が急速に普及し始めている。ただし、課題もある。太陽電池でたくさんの電力をつくるには、できるだけ広い面積に設置する必要がある。しかし、現在普及が進んでいるシリコン系の太陽電池は、高温・高真空の製造工程を必要とするため多くのエネルギーを消費し、製造コストが高い。さらに重くて曲げることができないため、設置場所が屋根や空き地などに限られている。

そこで最近、大きな期待を集め始めたのが、高温・高真空の製造工程を必要とせず、印刷技術によって大面積を低コストで製造できる塗布型OPVだ。薄くて軽いシート状の塗布型OPVは曲げることもできるので、建物の壁や曲面、車体など、これまで設置が難しかった場所に貼り付けて発電することができる。

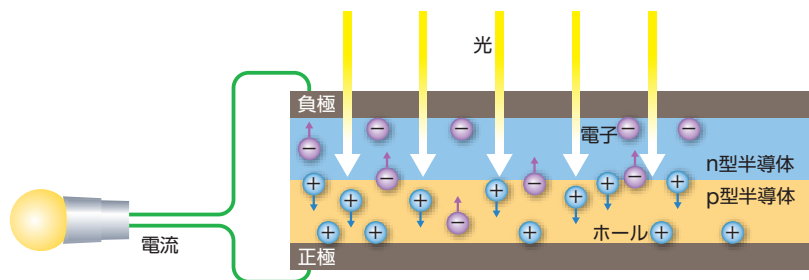
有機半導体を塗るだけで太陽電池ができることは以前から実証されていた。しかしつい最近まで、塗布型OPVは実用化には程遠いものだと考えられてきた。「光エネルギーから電気エネルギーへの変換効率が1%未満だったからです」と瀧宮GDは説明する。

現在、普及しているシリコン系の太陽電池は、変換効率が20%前後に達している。なぜ、塗布型OPVは効率が極端に低かったのか。

塗布型OPVの発電の基本原理は、シリコン系太陽電池と同じだ(図1)。太陽電池は、n型とp型と呼ばれる2種類の半導体を接合した構造になっている。

そこに光が当たると、マイナス電荷の電子とプラス電荷のホール(正孔)が発生する。そして電子はn型半導体を移動して負極へ、ホールはp型半導体を移動して正極にたまり、両極をつなぐと電気が流れるという原理だ。

図1 太陽電池の発電原理



光が当たると電子とホールが発生し、電子が負極に、ホールが正極に移動してたまることで、電気が流れる。

「有機半導体では、光が当たったときにn型とp型の界面で発生する電子とホールの対が分離しにくく、さらに電子やホールが移動しにくいという問題があります。電極までたどり着ける電子やホールの数が少ないため、塗布型OPVの変換効率は極端に低かったのです」

ところが、1%未満だった塗布型OPVのところ、2000年ごろに1%の壁を破り、2009年には5%を超えた。「そのころから企業が本格的に参入して激しい開発競争を繰り広げています。現在では10%を超えるものが報告され、実用レベルといわれる15%の効率を達成し、製品が販売される日も近いようです」

そのブレークスルーをもたらした研究が1995年に発表された。「n型とp型の有機半導体を混ぜて塗るだけで、それぞれの領域が入り組んだ“バルクヘテロジャンクション構造”ができることが実証されました。この構造だと単純な2層構造よりも界面が広がるため、光を当てたときに電子とホールの対がたくさん発生し、エネルギー変換効率が向上することが分かったのです」(図2)

## 低分子から高分子ポリマーへ

瀧宮GDは学生のころから、電気を通す新しい有機材料を開発する研究を行ってきた。「炭素、水素、酸素、窒素などから成る有機物は普通、絶縁体です。ただし分子の構造を工夫したり硫黄など

を加えたりすると電気を通すようになります。私は、極低温で電気抵抗がゼロとなる超伝導現象を示す、新しい有機材料をつくる研究などを進めていました」

そのような研究を発展させ、瀧宮GDはDNNTという半導体の特性を示す有機材料の開発に成功した(図3上)。それは従来の有機半導体に比べて化学的に安定で、電子が移動しやすく、結晶化しやすいなど、優れた性質を持つ材料だ。

瀧宮GDはDNNTを用いて高性能の有機トランジスタをつくる研究を現在も続けているが、これまでに企業との共同研究によりDNNTを大量に製造する技術も確立している。

「2013年から企業が市販を始め、たくさんの人たちがDNNTを使った研究を進めています。やはり材料は多くの人に使ってもらわないと役に立たないことを実感しています」

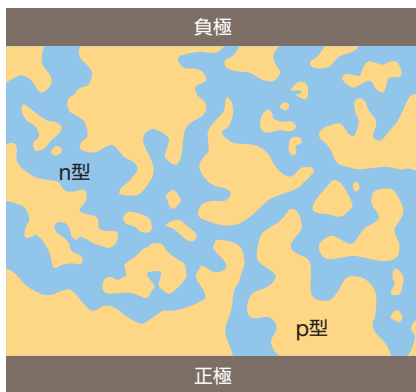
DNNTは、瀧宮GDが塗布型OPVの研究を始めるきっかけともなった。

「DNNTは小さな低分子です。そのDNNTの特徴を持つ分子をいくつも長くつないで高分子のポリマーにすれば、塗布型OPVのp型半導体の材料として有望なものになるだろうと考えました」

塗布型OPVのn型半導体の材料としては、炭素がサッカーボール形に並んだC60などのフラーレンを一部修飾した有機化合物(誘導体)が使われている。

「一方、p型半導体の材料に使われるポ

図2 バルクヘテロジャンクション構造



p型とn型の半導体の領域が入り組んで広い界面をつくることで、光を当てたときに界面でホールと電子がたくさん発生し、エネルギー変換効率が向上する。

リマーにはいくつかの種類がありますが、そのほとんどは結晶化しにくいものです」

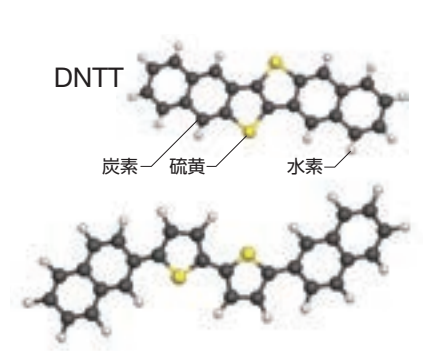
塗布型OPVのエネルギー変換効率を向上させるには、できるだけ多くのホールが正極へたどり着くようにする必要があります。それにはp型半導体を構成する半導体ポリマーを隙間なくきれいに並べて結晶化し、ホールが移動しやすくすることが重要だ。

p型半導体として一般に使われている分子の基本構造は、炭素や硫黄がつくる六員環や五員環が並んだ、平面状の分子だ(図3下)。六員環や五員環の頂点にある炭素同士が結合しているだけなので、動きやすく軟らかい。そのためきれいに並びにくく、結晶化しにくいのだ。

一方、DNTTは剛直な板のような分子で、分子同士が強く相互作用して結晶化しやすい。「DNTTでは六員環や五員環が辺でしっかり結合しているため剛直なのです。その特徴を持つ基本構造を長くつなげたポリマーは、塗布したときに大面積で結晶化しやすいはずです」

瀧宮GDは、低分子からポリマー研究へ参入することにした。「ポリマーの研究では、新しい基本構造の分子を開発するという研究があまり行われていないようでした。新しい低分子をつくっ

図3 DNTT(ジナフトチエノチオフェン)と一般的なp型有機半導体(下)の構造



てきた私たちの技術をポリマー研究に導入すれば、きっと面白い材料ができるはずだと思いました」

瀧宮GDたちは、実際に半導体ポリマーをつくる実験を始めたが、難航した。「ポリマーの合成はできましたが、そこから一定の長さのものだけを精製することがうまくいきませんでした。短いポリマーは性質が異なるので排除する必要があります。結局、自分たちだけではポリマーの精製技術を確立できませんでした」

半導体ポリマーが専門の尾坂 格<sup>いたる</sup>上級研究員が2009年に研究室に加わることで、精製の問題は解決された。「彼は電気を通すポリマーの発見でノーベル化学賞を受賞した白川英樹先生の研究室出身です。まさに、うってつけの人物でした」

### 塗るだけでポリマーが横向きに積み重なった

瀧宮GDたちが開発したp型半導体のポリマーは、n型半導体のフラーレンと混ぜても、ポリマー同士が強く相互作用して結晶化した。「ただし、相互作用が強い分、有機溶媒に溶けにくいという問題がありました。それでは印刷技術を適用しにくいので、溶けやすくする必

要があります」

瀧宮GDたちは、ポリマー同士の相互作用を少し弱めて溶けやすくするために、炭素と水素が並んだアルキル基を2本、繰り返し構造に導入した(タイトル図右上、図4)。「溶けやすくするためにアルキル基を加えることは、一般によく使われる手法です。私たちのポリマーも溶けやすくなりましたが、それだけではなく驚くべき現象が起きました」

基板上に半導体ポリマー分子を塗ると、普通、平面状のポリマー分子は基板に対して縦向きに並び(タイトル図左下)。「基板という異質なものをなるべく避けようとして縦向きになるのだと考えられます」

ところが、アルキル基を2本加えた半導体ポリマーを塗ると、基板に対して横向きになり積み重なっていることが、大型放射光施設SPring-8による構造解析で明らかになった(タイトル図右下)。

「なぜ横向きになったのか、まだきちんと解明できていません。アルキル基を入れてポリマー同士の相互作用を少し弱くしたことで、基板を避けようとする力も弱まり横向きになったのではないかと推測しています」

それは、p型半導体の材料として理想的な並び方だった。平面状の分子が横向きに隙間なく積み重なることで、ホールが移動しやすくなり、電極にたどり着く確率が高くなるのだ。アルキル基を導入したポリマーは、横向きに並ぶことでエネルギー変換効率が5%から8.2%へ向上した。

現在、軽くて柔軟な有機分子で太陽電池やトランジスタなどをつくる研究が盛んに行われているが、有機分子をいかに望みの向きで並べるかが、性能向上の鍵となっている。「アルキル基により有機分子の向きが変わるという現象は、まったく新しい知見です。どのよ

うなアルキル基を繰り返し構造のどの位置に付けるとポリマーが望みの向きに並ぶのか、原理を探っていきたいと思えます。企業のように高効率化・実用化を目指すだけでなく、新しい分子を設計するための指針を見いだすこと、それが研究機関にいる私たちの役割です」

## 剣山構造、耐久性、大面積化

塗布型OPVの変換効率を上げるには、p型半導体とn型半導体を混ぜて、発電に理想的な構造にするという課題も待ち受けている。

バルクヘテロ構造は、界面は広いが、電極までの距離が遠い場所も多い。負極からn型半導体の領域が、正極からp型半導体の領域が伸びて、互い違いに入り組んだ「剣山構造」が実現できれば、界面は広く、なおかつ界面のどの場所からも電極までの距離が近くなる(図5)。電極にたどり着ける電子とホールが増えることで、シリコン系太陽電池と同等の20%というエネルギー変換効率の実現も視野に入ってくる。

実は塗布型OPVには、変換効率以上に実用化に向けて大きな障壁になると指摘されている課題がある。耐久性だ。

「一般に使われている半導体ポリマーは結晶化しにくいので、結晶化を促す添加剤を加えています。その添加剤が耐久性を低くする原因になります。結晶化しやすい私たちの半導体ポリマーには添加剤を加えないので、耐久性の面でも優れていると予想しています」

すでに有機半導体を使った有機ELがスマートフォンなどの画面として普及し始めている。「有機半導体を保護する封止技術が確立されているので、塗布型OPVの耐久性の問題も解決できる可能性があります。ただし、塗布型OPVの耐久性はシリコン系太陽電池にはかなわないので、設置場所により使い分けることになるでしょう。塗布型OPVはシリコン系に取って代わるものではなく、太陽電池の可能性を広げるものです」

実用化には、印刷技術を使って低コストで大面積をつくる製造方法の確立も重要だ。「耐久性や製造方法を検討する段階では、企業との連携が欠かせません」

## 有機と無機のハイブリッド

米国の科学雑誌『Science』は、2013年の10大ブレイクスルーの一

つに、太陽電池の新しい材料の研究を選んだ。「それは、ペロブスカイトという結晶構造を持つ有機と無機のハイブリッド材料が塗布型太陽電池の材料として有望であることを示した研究です」

ペロブスカイトは、電子が強く相互作用する強相関電子系という無機材料の研究で注目されてきた結晶構造だ。理研創発物性科学研究センター(CEMS)の強相関物理部門では、強相関電子系で変換効率40%の太陽電池の実現を目指している。

「ペロブスカイト以外にも無機と有機を組み合わせることで塗布型太陽電池の有望な材料となる結晶構造があるかもしれないと、強相関物理部門の研究者と議論を始めています」

街中の建物の壁や車体がCEMS発の塗布型OPVで覆われる日が来るかもしれない。

(取材・執筆:立山 晃/フォトンクリエイト)

### 関連情報

- 2013年6月4日理研プレスリリース「塗るだけできれいに配列する半導体ポリマーを開発」
- 2013年10月7日SPring-8プレスリリース「半導体ポリマーの配向制御技術を開発」

図4 DNTTの特徴を持つ半導体ポリマーにアルキル基を導入した新しいポリマーの繰り返し構造

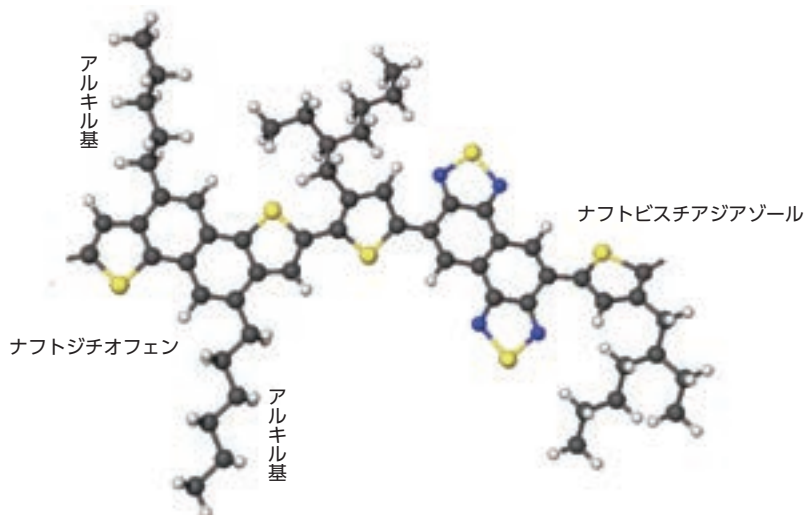
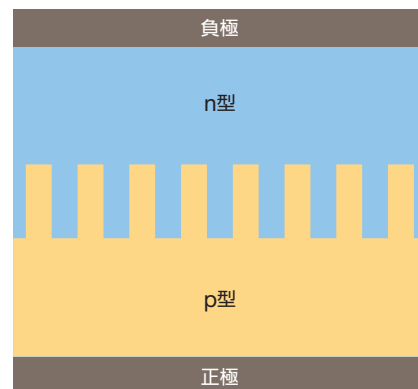


図5 剣山構造



界面が広く、なおかつ界面と電極の距離が近いので、界面で発生したホールと電子が電極にたどり着きやすく、エネルギー変換効率が向上する。

(「理研ニュース」2014年4月号より転載)

# 光合成の仕組みを分子動力学と量子化学で解き明かす



撮影:STUDIO CAC

中村 振一郎 (なかむら・しんいちろう)

イノベーション推進センター  
中村特別研究室  
特別招聘研究員

1952年、熊本県生まれ。早稲田大学工学部を経てフランス・ストラスブール大学理学部修了(フランス国家博士号)。

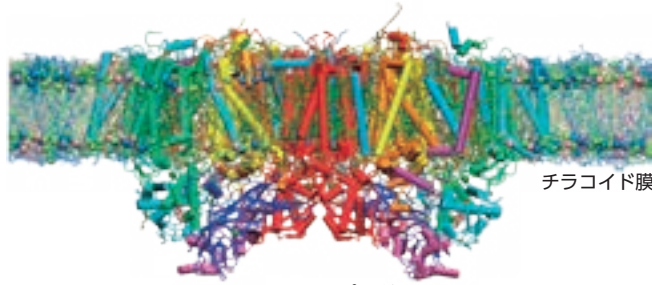
分子科学研究所、三菱化学(株)横浜総合研究所、(株)三菱化学科学技術研究センター計算科学研究所 所長を経て、2007年三菱化学フェロー。2011年より(株)地球快適化インスティテュートから理研に転出、現職。

「光合成[光合成なくして、地球上の生物は生きていくことができません]と理研イノベーション推進センターの中村特別研究室を率いる中村振一郎 特別招聘研究員(以下、研究員)は言う。

太陽の光エネルギーを利用して、水と二酸化炭素から酸素と炭水化物をつくる光合成。小学校の理科でも習う現象であるが、その仕組みはまだ明らかになっていない。中村研究員は、分子動力学シミュレーションと量子化学を駆使して、光合成の仕組みを解き明かそうとしている。最終目標は、光合成の機能を実現する半導体デバイスの開発だ。「社会のためになる基礎研究をやりたい」と語る中村研究員の取り組みを紹介しよう。

## 動力学シミュレーションに用いた光合成膜タンパク質PS IIのモデル

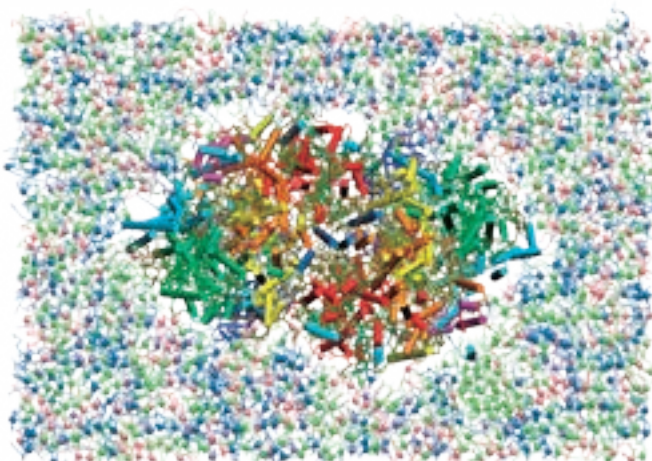
横から



チラコイド膜

光合成膜タンパク質PS II

上から



太陽エネルギーを用いて水を分解して酸素と水素イオンと電子をつくる膜タンパク質PS IIとチラコイド膜の構造を忠実に再現した120万個の原子から構成されたモデルについて、分子動力学シミュレーションを行った。水中での挙動をシミュレーションしているが、この図では水は表示していない。

## 地球の生命維持装置、光合成

「ハスの葉の上をコロコロと転がる水滴。暗闇を敵に見つからずに飛ぶことができるガの真っ黒な目……。自然には面白いことがたくさんあり、その一つ一つに感動があります。科学者としてこの感動を逃したくありません」と語る中村研究員が、今最も感動し、研究のテーマとしているのが光合成である。

「光合成は、私たちに三つの贈り物を与えてくれています。一つ目は、爽やかさやリラクゼーション効果。残念ながら、まだ私たちはそれを科学として扱うことができていません。二つ目は炭水化物。生物の食物連鎖の始まりは光合成です。三つ目は酸素。私たちが生きていくために不可欠な食べ物と酸素を、光合成が与えてくれているのです。光合成研究で有名な故 <sup>みむろ</sup>三室 守先生(京都大学教授)は「光合成は地球の生命

維持装置である”と言われました。光合成なくして、地球上の生物は生きていくことができません]

光合成とは、植物が太陽の光エネルギーを使って水と二酸化炭素から酸素と炭水化物をつくり出す反応である。小学校の理科でも学習する現象だ。しかし中村研究員は、「実は、私たちはまだ、酸素や炭水化物がどのようにつくられるのか、光合成の仕組みを理解できていません」と指摘する。「私は、光合成の仕組みを理解し、最終的には光合成の機能を実現するナノサイズの人工光合成デバイスをつくりたいのです。そのため、理研に中村特別研究室を開設しました」

## 理研で、人の役に立つ基礎研究を

理研には、研究の活性化や研究成果の社会への展開などを目的に、傑出した研究者を招聘し、企業などの外部資金で研究を推進する「特別研究室プログラム」という制度がある。中村特別研究室は、そのプログラムを活用したもので、三菱ケミカルホールディングスグループの(株)地球快適化インスティテュートからの出資により、2011年1月に開設された。

中村研究員の専門は計算科学であり、(株)三菱化学科学技術研究センターの計算科学研究所においてコンピュータシミュレーションを駆使して、新規の触媒開発など化学産業が抱えている問題を解決すべく研究を進めてきた。

なぜ理研に研究室を開設したのだろうか。「私は、学生のころから理研のファンでした。理研では昔から、湯川秀樹先生や朝永振一郎先生のようにノーベル賞を受賞するような研究を行うと同時に、それにも増して産業界が抱えている問題を解決するための研究を企業と一

緒に行い、ものづくりもしています。私は目的基礎研究、つまり、すぐに実用化はできないが必ず社会のためになる基礎研究をし、製品までつくり上げたい。それは企業や大学では難しく、理研が最もふさわしい場であると考えたのです」

## 自然に学べ

中村研究員には、研究に当たっての信念がある。「もっと自然に学ぶべきです。人類が現在までにつくり上げた自然科学は、まだまだ不十分です。もっと謙虚に自然の示唆するところをくみ取りたい。そこに徹して研究しています」

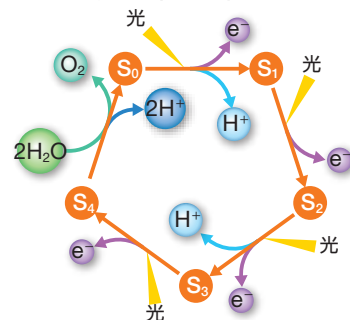
酸素をつくることを考えてみよう。私たちが酸素をつくるには、水に電極を入れて電圧をかけ電気分解を行う。電極にはプラチナを使うことが多い。ほかの金属を使うと酸素が発生して電極が壊れてしまうためだが、プラチナは希少で高価だ。一方、植物が光合成によって酸素をつくる時には、マンガンというありふれた金属を使っている。しかも、酸素をつくる効率は、植物の光合成の方がはるかに高い。「人工的なデバイスの多くは、水にぬれたり衝撃を与えられて形が変わったりすると、機能しなくなります。一方、葉っぱは、雨にぬれたり風に揺れたりしながら、楽々と高い効率で酸素をつくっています。この素晴らしさに学ばないではいられません」と中村研究員。「光合成のように酸素や水素、炭水化物を人工的に高効率でやすやすとつくるのができたら、究極的にはエネルギー問題も食糧問題も解決できます。

それには、自然に学び、光合成の仕組みを理解することが不可欠です」

## 水や酸素の通り道が明らかに

中村特別研究室では、どのようにして光合成の仕組みを理解し、人工光合成デバイスを実現しようとしているのだから

図1 PS IIにおける水分解反応と酸素発生中心の状態変化



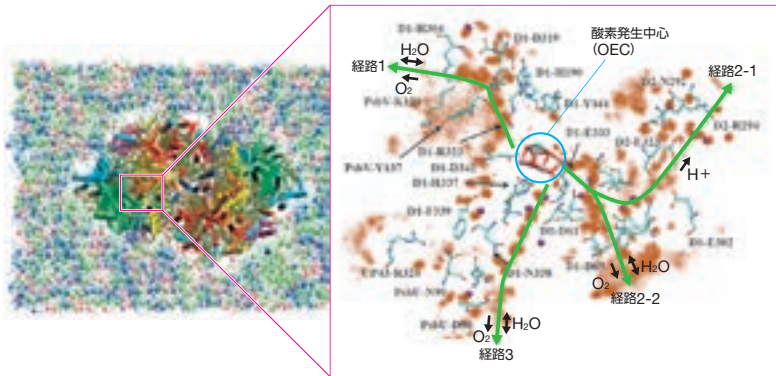
外部からPS IIの内部に取り込まれた2個の水分子(H<sub>2</sub>O)から、酸素発生中心によって1個の酸素分子(O<sub>2</sub>)と水素イオン(H<sup>+</sup>)と電子(e<sup>-</sup>)がつけられる。その反応の間に、酸素発生中心の構造は五つの状態(S<sub>0</sub>~S<sub>4</sub>)に変化する。電子と水素イオンは、二酸化炭素から炭水化物をつくる材料として利用される。

うか。「研究室のキーワードは、計算科学を駆使した可視化と可聴化です」と中村研究員。まず、一つ目のキーワードである可視化について紹介しよう。

光合成の反応は2段階から成る。1段階目では、太陽エネルギーを使って水を分解し、酸素と水素イオンと電子をつくる(図1)。2段階目では、1段階目でつくられた電子と水素イオンを使って、二酸化炭素から炭水化物をつくる。中村研究員が注目しているのは、1段階目の反応である。この反応は、葉緑体の中にあるチラコイドという平たい袋状の構造物の膜に埋め込まれている光合成膜タンパク質Photosystem II (PS II)で起きる。しかし、PS IIでどのように水が分解され、酸素と水素イオンと電子がつけられているのか、その詳細は明らかになっていなかった。「PS IIの立体構造が分かっていたことが、大きな理由です」と中村研究員は指摘する。

その状況が動いたのが、2011年だ。理研で長く研究し、現在は岡山大学に在籍する沈 健仁教授らが、理研の大型放射光施設SPring-8を用いたX線結晶構造解析によって、PS IIの立体構造を1.9Å(1Åは100億分の1m)

図2 分子動力学シミュレーションによって明らかになった水、酸素、水素イオンの経路



光合成膜タンパク質PS IIの内部には酸素発生中心がある。紫色の球はあまり動かない水分子を、茶色い部分は動いている水分子を示している。外からPS II内部へ供給される水分子と、PS II内部から外へ排出される水分子の動きが観察された。これらの経路(1、2-2、3)は、水の供給と酸素の排出に使用されていると考えられる。また、あまり動かない水分子が連なっている経路(薄い茶色)があり、この経路は水素イオンの放出に利用されていると考えられている(経路2-1)。

という高精度で明らかにすることに成功。この精度ならば、各原子の種類や原子間の距離まで分かる。PS IIの内部には“酸素発生中心”と呼ばれる領域があり、ここで水が分解されて酸素が作られる。酸素発生中心は、4個のマンガン原子、1個のカルシウム原子、5個の酸素原子、4個の水分子によって構成されていることも明らかになった。

中村研究員らは、まずコンピュータの中に葉緑体のチラコイド膜を忠実に再現。さらに、X線結晶構造解析によって明らかになったPS IIの構造を再現し、それをチラコイド膜に埋め込んだモデルを作成した。そして、植物の体内を忠実に再現するため、モデルを水で満たした空間に入れ、分子動力学シミュレーションを実行(タイトル図)。具体的には、原子や分子1個1個を扱うニュートン方程式を解くことによって、時間の経過による分子の動きをシミュレーションした。計算を行った原子の数は、水も合わせて120万にもなる。「300K(27℃)、1気圧の条件で、10ナノ秒(1ナノ秒は10億分の1秒)の分子動力学シミュレーションを行った結果、光合成膜タンパク質PS IIの内部に水が取り込まれる様子と酸素の排出経路が明らかに

なりました」と中村研究員(図2)。

さらに詳しく解析すると、あまり動かない水分子が連なっている領域があることが分かった。中村研究員らは、この経路を通して水素イオンが放出されているのではないかと考えている(図2)。水素イオンが、連なっている水分子の上を跳ねながら移動していくという。

PS IIを丸ごと計算し、水や酸素、水素イオンの通り道が分子動力学で詳細に明らかになったのは、初めてだ。この成果は、2013年、米国の科学雑誌『Journal of the American Chemical Society』に発表された。光合成による水分解反応のメカニズム解明に向けた大きな前進である。

### 量子化学と古典力学を組み合わせる

しかし中村研究員は、「光合成の理解には、まだ程遠い」と言う。「水や酸素、水素イオンの動きは見えましたが、“古典”分子動力学シミュレーションでは化学反応の現場、電子の状態までは見えません。そこで、私たちは量子化学を取り入れた分子動力学シミュレーションにも取り組んでいます」

従来の分子動力学シミュレーション

で用いているニュートン方程式は、マクロな世界で起きる現象を扱う古典力学である。一方、量子化学は、ミクロな世界で起きる現象を扱う量子力学の原理を化学に適用したものだ。原子、分子、タンパク質などがどのくらい相互作用するかを量子力学のシュレーディンガー方程式に基づいて計算し、それぞれの動きをシミュレーションする。しかし、「量子化学を取り入れたシミュレーションを行うには大きな問題があります」と中村研究員。「チラコイド膜に埋め込んだPS II全体について量子化学を取り入れてシミュレーションしようとなると、計算量が膨大になってしまい、スーパーコンピュータ『京』でさえ対応できません。『京』の100倍の計算速度のスーパーコンピュータが5台は必要です」

では、どうすればよいのか。一部分だけを切り出してシミュレーションすることも一つの戦略である。しかし、中村研究員は「光合成の仕組みを本当に理解するためには、全体を見ることが不可欠」と言う。「チラコイド膜やPS IIの外側は古典力学で、光合成の化学反応において重要な酸素発生中心は量子化学で計算することにしました」。古典力学と量子化学を組み合わせたシミュレーション。その手法を開発した米国ハーバード大学のマーティン・カープラス博士は、2013年のノーベル化学賞を受賞している。ちなみに、中村研究員が博士研究員時代に学んだ諸熊 奎治 博士(京都大学福井謙一記念研究センターシニアリサーチフェロー)は、現在カープラス博士の研究を超えつつある。

「古典力学と量子化学を組み合わせたシミュレーションの結果、電子のスピン不思議な挙動など、いくつか面白いことが出てきました。詳しく研究を進めているところです」。電子のスピンとは、地球の自転にも例えられるものだが、古典





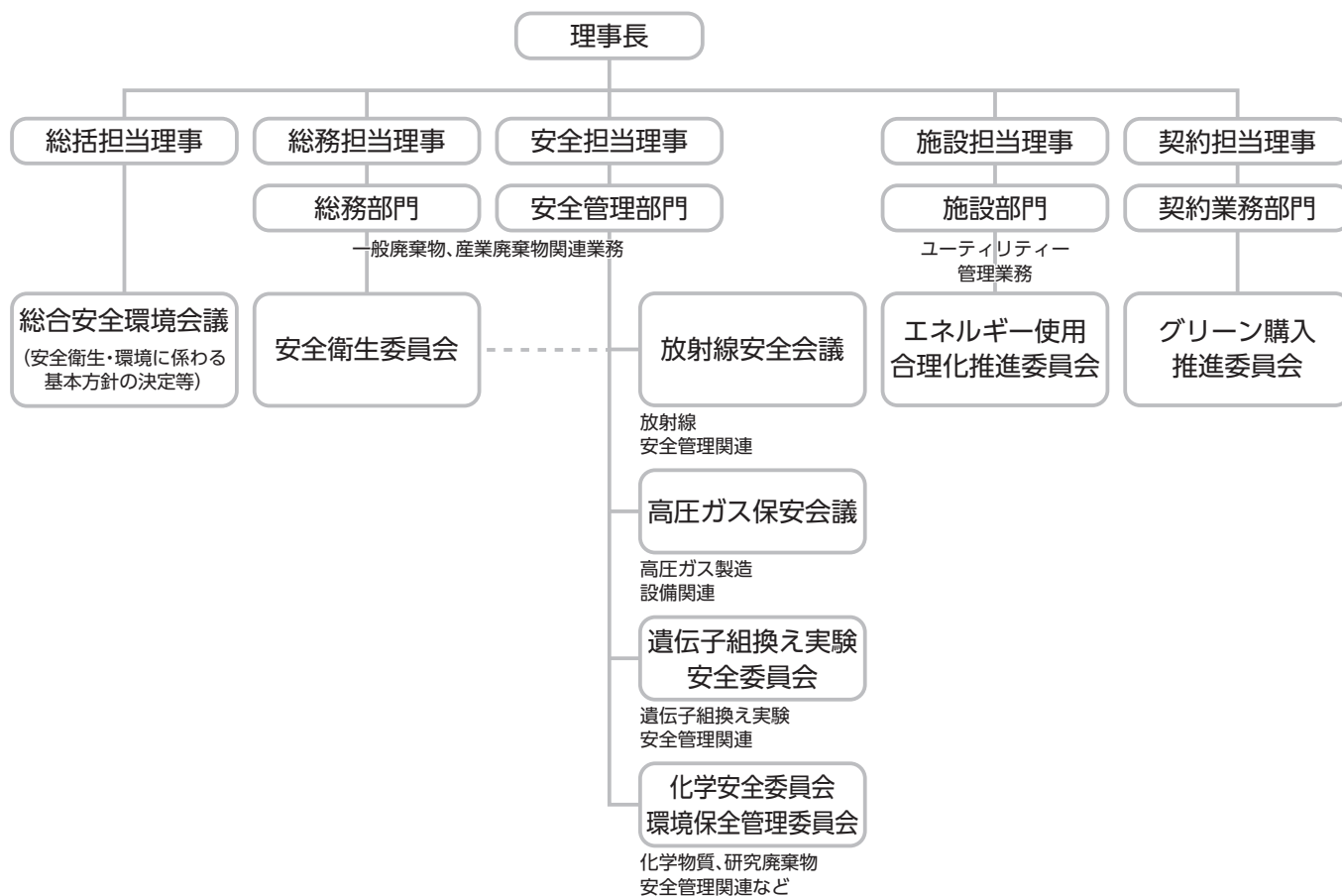
# 環境マネジメント体制

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・環境に係る基本方針に基づいて、事業所ごとにアクションプログラムを作成しています。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。





# 環境負荷の全体像

## INPUT

### エネルギー投入量

● 電気	516,427千kWh	● 都市ガス	26,282千m <sup>3</sup>
(電気の内訳)		● 軽油	35kL
買電	466,694千kWh	● A重油	12kL
発電	49,732千kWh	● 蒸気等	52,410GJ
(発電の内訳)			
CGS	49,224千kWh		
太陽光	509千kWh		

### 水資源投入量

上水道	632千m <sup>3</sup>
井戸・工水	792千m <sup>3</sup>

## 環境負荷軽減への取り組み

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

## OUTPUT

### 排水量

● 下水道量	691千m <sup>3</sup>
--------	--------------------

### 大気放出

● CO <sub>2</sub>	304,001t
-------------------	----------

### 化学物質排出移動量

<PRTR法関連物質>	
● クロロホルム	7,000kg
● 塩化メチレン	4,900kg
● ノルマルヘキサン	7,100kg

### 廃棄物量

● 研究系以外の一般廃棄物	555t
● 研究系以外の産業廃棄物	482t
● うちリサイクル量	194t
● 研究系廃棄物	826t
● うち放射性廃棄物	21kL



# グリーン調達

## グリーン購入推進委員会

理研では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「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。

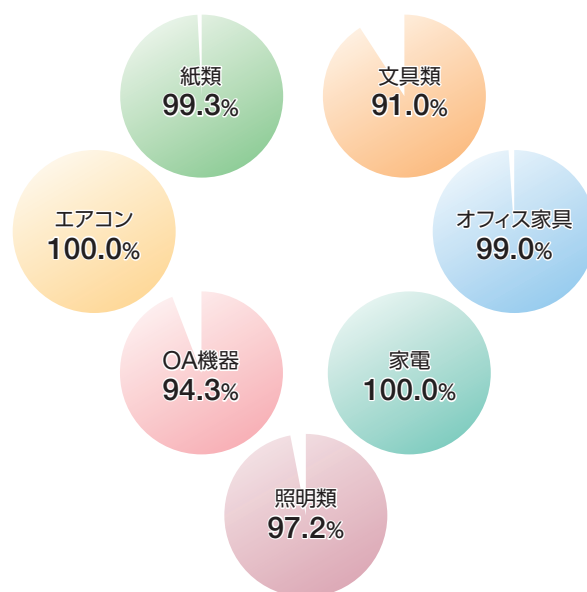
グリーン購入法の対象全品目について、グリーン購入法の環境基準を満たす物品などの調達率を『100%』とすることを目標に掲げています。2013年度の実績では、9割程度の品目で90%以上の調達率を達成し、それ以外の品目でもおおむね60%以上の調達率を達成しています。

特に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とな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も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。

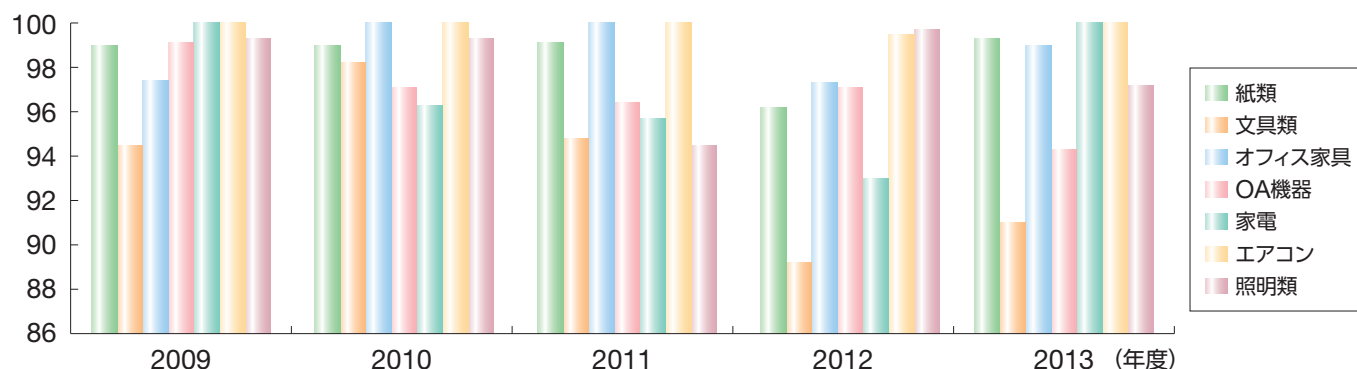
理研では、材料に紙又は木質が含まれる物品で、合法性、持続可能性を満たしているものについては、「納品書へのその旨の記載」または「品質保証書」を求め、グリーン購入法に適合した紙製品及び木質製品の導入を図っています。

こうした一連の取り組みによって、物品やサービス、工事の調達における、全所での環境負荷低減を推進しています。

### 2013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 (%)





# 地球温暖化の防止

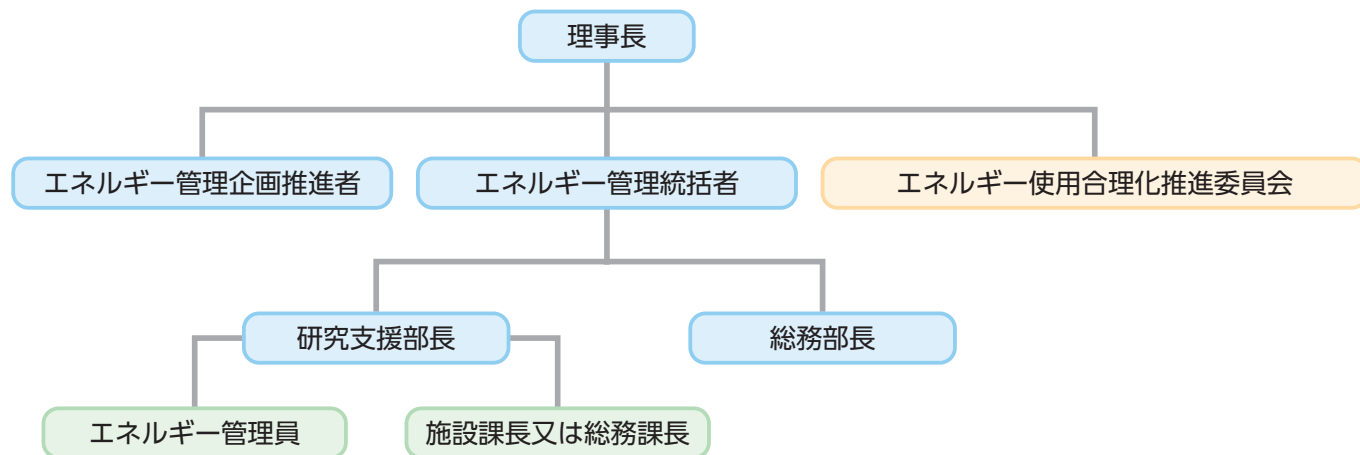
地球温暖化の原因となるCO<sub>2</sub>を少しでも減らそうと、私たちは省エネ活動に全力で取り組んでいます。

## 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。



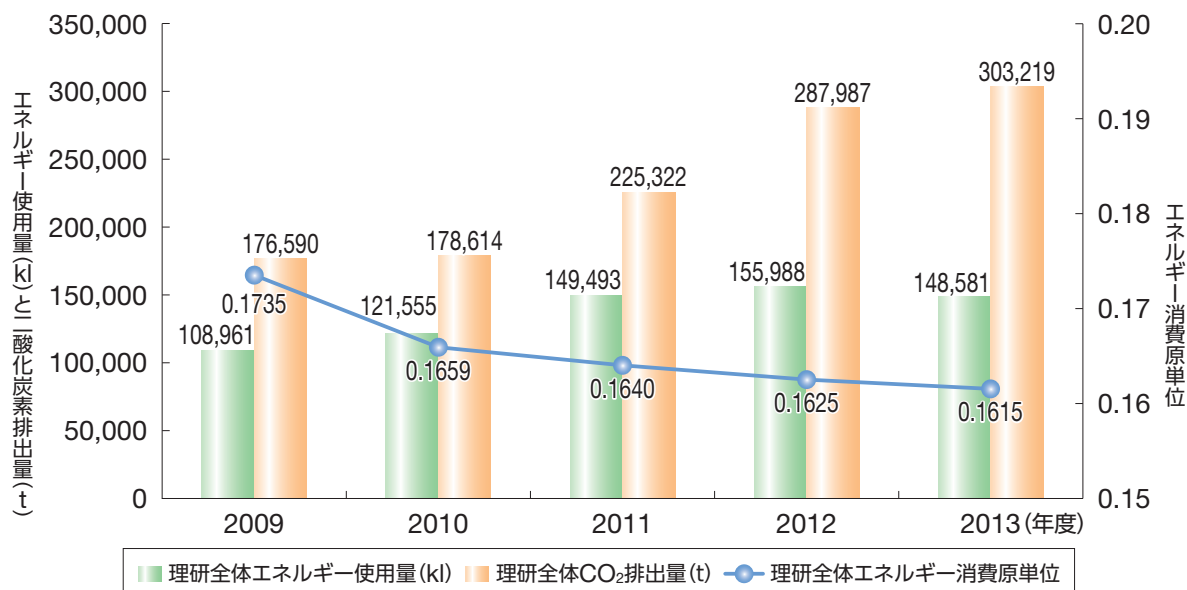
## 理研のエネルギー使用量とCO<sub>2</sub>排出量

2013年度のエネルギー消費原単位をみると、前年度比0.6%削減、過去5年度間平均1年当りでは1.8%削減となっており、着実に省エネルギー活動の効果が現れてきています。

理研全事業所のエネルギー使用量は、148,580kl(原油換算値)(前年度比:95%)、また二酸化炭素排出量は、

303,219(ton)(前年度比:105%)となりました。エネルギー使用量が大幅に減少したにも関わらず、二酸化炭素排出量が増加した要因としては、東日本大震災以降の原子力発電所の稼働停止を受け、一般電気事業者による排出係数が悪化したことが挙げられます。

### 理研のエネルギー使用量と二酸化炭素排出量の推移





# 排水管理

研究活動には水が欠かせません。貴重な水資源を、適正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。

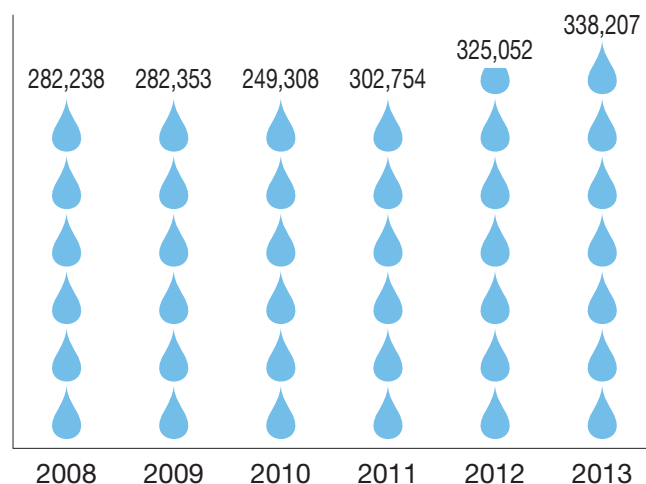
## ■ 処理設備を設置して排水の水質を適正に管理しています。

理研では、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

## ■ 年間実験排水量の推移 (m<sup>3</sup>)



## ■ 節水対策 (中水化システム)

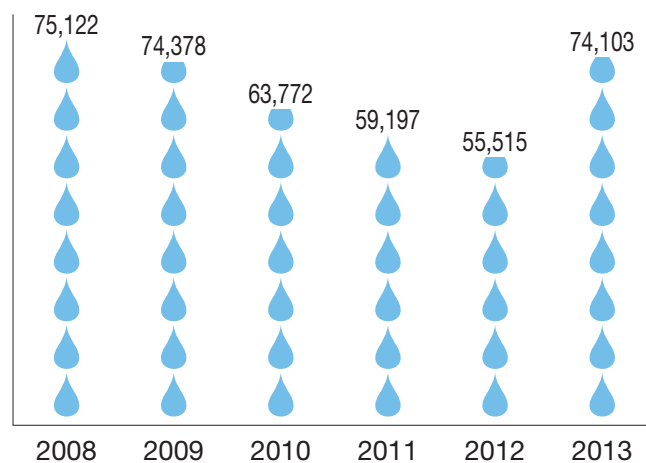
水の使用量が多い和光事業所では、逆浸透膜を利用した中水化システムで実験排水の一部を処理し、再利用しています。その結果、排水の一部は水道水と同等以上の良質で安定した中水に生まれ変わります。

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。



排水から有害物質を取り除く中水化システム

## ■ 和光事業所の中水製造量 (m<sup>3</sup>)



## ■ 中水化システムのプロセス





# 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正に管理しています。

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」

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、特に揮発しやすい化学薬品については排気設備に接続された施設を使用するなど、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、和光事業所、横浜事業所、神戸事業所、播磨事業所で導入しています。今後、他の事業所にも同システムの導入を図るなど、化学物質の管理の更なる効率化に努めていきます。



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、2013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）

(kg)

	2011年度			2012年度			2013年度		
	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)*
クロロホルム	92	0.5	3,000	170	1.0	5,200	220	1.1	7,000
塩化メチレン	61	0.3	2,000	120	0.7	3,600	140	0.6	4,900
ノルマル-ヘキサン	110	0	3,600	280	0	6,500	190	0	7,100

※報告対象数量未満のため、2012、2013年度は報告対象外



# 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。

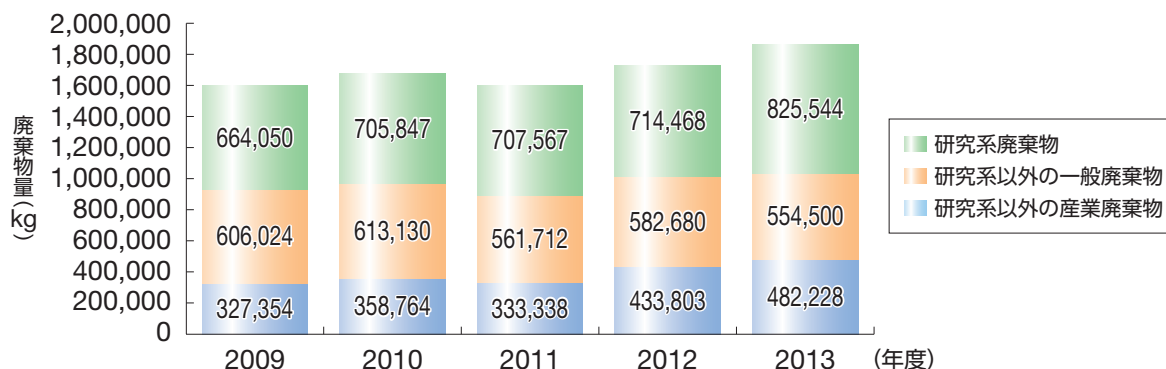
## ■ 多種多様な廃棄物はルールに従いに適正に処理しています。

2013年度は、研究系以外の一般廃棄物は前年度比、4.8% (28,180kg) 削減、研究系以外の産業廃棄物は11.2% (48,425kg) 増加、研究系廃棄物は15.5% (111,076kg) 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、研究廃液はその一部が有価物としてリサイクルされています。和光事業所では研究室で不要となった試薬の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。

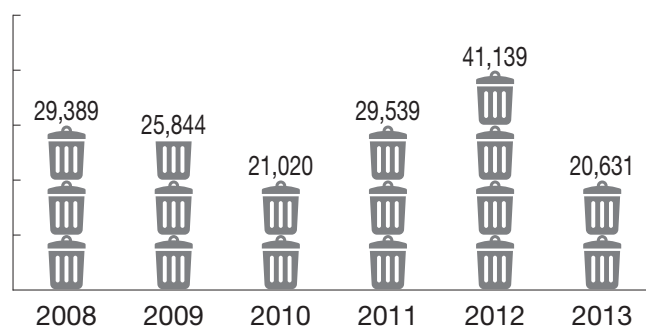
### ■ 理研全体の廃棄物量



## ■ 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(L)



## ■ PCB含有廃棄物は法律に従い適正に管理しています。

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。また、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含有廃棄物保管庫



# 放射線管理

## 放射線管理

研究によっては密封された放射性物質や放射線発生装置を扱うこともありますが、環境放射線モニタを設置するなど、常に放射線環境を監視して安全を確保しています。環境放射線を測定し、異常の有無を監視しています。

播磨事業所ではSPring-8、SACLAという放射線発生装置があるため、継続的に環境放射線測定を行っています。

環境放射線測定は、SPring-8、SACLAの運転が施設周辺の放射線環境に影響せず、法令の定める施設の設置基準が守られていることを確認するために、継続的に実施しています。

環境放射線測定は、四半期毎に敷地周辺の放射線の強さと量を（空間線量率、積算線量）、施設内外における地表水および土壌に含まれる放射線同位元素の濃度（放射能濃度）を測定しています。

空間線量率、積算線量の測定結果は、どの地点の測定値もバックグラウンドの変動の範囲内にあり、自然放射線レベルからの有意差は認められませんでした。（空間線量率は敷地内外8箇所、積算線量は敷地内外15箇所計測。）

また、近隣の川など7箇所から地表水を採取し、全アルファ放射能、全ベータ放射能、トリチウムおよびベリリウム7の濃度を測定しました。いずれも天然の放射性同位体以外の放射線は検出されておりません。

土壌試料も施設内外の8箇所から採取し、高エネルギー加速器の運転に伴って発生しうる5種類の放射性核種と2種類の放射性セシウムについて測定しましたが、いずれも国内、県内の平均的な値の範囲内であり、施設が出来る前の測定結果から変化はありませんでした。



空間線量率を測る環境放射線モニタ



**X線自由電子レーザー施設 SACLA**  
(SPring-8 Angstrom Compact free electron Laser)は、SPring-8の10億倍の明るさのX線のレーザーを発生させて、それを使って物質の極めて早い動きや変化の仕組みを原子レベルで解明する研究施設です。

**大型放射光施設 SPring-8**  
(Super Photon ring-8GeV)は、太陽の100億倍もの明るさに達する「放射光」という光を使って、物質の原子・分子レベルでの形や機能を調べる事ができる研究施設です。



# 社会・地域との環境コミュニケーションと環境配慮活動

## みんなで「科学をみる角度」を探る

### 理研サイエンスセミナー

理研サイエンスセミナーは、20代～30代の女性が科学を身近に感じるよう、科学技術が専門でない方と理研の研究者によるトークセッションです。

2013年度は、「横からみる〇〇、科学をみる角度」をキャッチフレーズに、東京(2013年12月5日)と神戸(2014年1月29日)で2回開催しました。対談者は「The Science Art of RIKEN」シリーズのナレーションを務めたモデル・タレントのはなさん。

東京会場では、「The Science Art of RIKEN植物編」へ数々の写真を提供した、環境資源科学研究センターの豊岡公徳上級研究員と、神戸会場では、スーパーコンピュータを使った天気予報に関する研究をしている計算科学研究機構の三好建正チームリーダーと対談しました。

両会場とも、大勢の来場者に囲まれ、いろんな質問も上がり大いに盛り上がりました。



東京会場(左上下)、神戸会場(右上下)



# 和光事業所の活動

## 第16回日本ジャンボリー／第30回アジア太平洋地域スカウトジャンボリーに出展

ジャンボリーは、ボーイスカウトが共同生活を営みながら、カルチャー、サイエンスというさまざまなカテゴリーごとに行われるイベントに参加し、色々な人と出会いながら、知識の習得と地域を越えた人々との交流を行う場です。

今大会にはボーイスカウト埼玉県連盟より出展依頼があり、ジャンボリーに参加する年代は中学・高校生が中心年代であることから、この年代への科学・技術の啓蒙を目的としてサイエンスゾーンに出展を行いました。展示の内容は「シロアリと考える環境とエネルギー」。

受講者はシロアリの持つ“木を食べてエネルギーを取り出せる能力”に学び、一般的には害虫とされているシロアリが、実は森林の環境維持に大切な役割を果たしていることを、講義や顕微鏡観察を通じて学習しました。また、軍手でシロアリのパペットを作り、そのパペットを使ってグループごとに学習内容の発表を行いました。これらの活動を通して、学びの定着と仲間との交流が進みました。

### 【開催概要】

日時	2014年7月31日(水)～8月4日(日)
会場	山口県山口市(きらら浜)
参加者数	約14,300人 (国内約12,900人、海外約1,400人)
展示内容	「シロアリと考える環境とエネルギー」



日本スカウトジャンボリー 講義の様子





## 🌿 ふるさと埼玉の緑を守り育てる条例

埼玉県では、建築行為を契機として、行政、県民及び事業者それぞれが緑を創出する事を推進するため、「ふるさと埼玉の緑を守り育てる条例」に基づき、「緑化計画届け出制度」を平成17年10月から施行しています。

この度、敷地内の樹木の植栽面積、高木樹木の本数等、緑化計画に関する報告を行なったところ、埼玉県より、緑の配置や施設の緑化方法、維持管理状況等が他の模範となる優秀な緑化計画であると認定され、平成25年10月24日付で県知事より優良緑化認定証を授与されました。



所内緑化状況

## 🌿 全国交通安全運動の街頭キャンペーン

本運動は、広く市民に交通安全思想の普及・浸透を図り、交通ルールの遵守と正しい交通マナーの実践を習慣付けるとともに、市民自身による道路交通環境の改善に向けた取組を推進することにより、交通事故防止の徹底を図ることを目的に実施しています。

和光事業所では、和光市の交通安全に寄与しており、朝霞

地区安全運転管理者協会和光支部のメンバーとして、和光市駅南口駅前広場や和光市内にあるスーパーの駐車場において、交通安全運動の呼びかけを行い、交通安全の意識の高揚を図りました。

今後も、関係団体等とともに、交通安全に対する意識向上が図られるよう活動して参ります。

## 🌿 彩の国公害防止取組推進事業所認定

埼玉県より、平成26年3月28日付で「彩の国公害防止取組推進事業所」に認定を受けました。

埼玉県の公害防止指導に則り、最新の法改正を理解するために公害防止主任者が公害防止フォローアップセミナーへ参加したことや、これまで環境に関する法令違反等がなく、適切に順守していることから、県知事より「彩の国公害防止取組推進事業所」の認定証書を授与されました。



## 🌿 和光地区構内の「お花見開放」

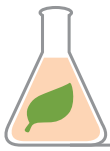
和光事業所では、構内の桜を通じて近隣の方々に自然とふれあっていただきたいとの思いから、毎年4月に構内の「お花見開放日」を設けています。

開放日当日(2014年4月5日)は雨も降らず天気に恵まれ、約400本の構内のサクラの見学に300名以上の方が来所され、満開の桜を楽しまれました。

ソメイヨシノ、ヤマザクラ、ヤエザクラ、イヌザクラ、ヒカンザクラ、シダレザクラ、ウコンザクラなど多くの桜をご覧いただけると同時に、理研での重イオンビームの照射により開発された新品種の桜「仁科蔵王」と「仁科乙女」を観賞できることも、構内開放ならではの楽しみです。



お花見開放



# 横浜事業所の活動

## 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。

2013年9月には、環境資源科学研究センターの榊原圭子上級研究員と参加者の皆さんが「多様な物質をつくり出す植物の不思議」をテーマに対話しました。

植物の主に花の色に関わる研究をしてきた榊原上級研究員は、古くから医薬品原料や染料、香料として広く利用されてきた植物が、なぜこんなにも多彩な物質をつくり出すことができるのか、健康食品にも使われる「フラボノイド」を例にお話しました。

また、トークの合間には、ハーブ水にレモン果汁や重曹を入れて色が変わるミニ実験を行い、pHにより色が変わる様子も観察しました。



「多様な物質をつくり出す植物の不思議」の様子

## 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」は毎年秋に開催され、鶴見区内に住む家族連れを中心におよそ5万人が参加する区民祭りです。理研は、横浜市鶴見区に所在する研究機関として、このフェスティバルに毎年ブースを出展しています。

2013年度は、円筒形の翼を持つチューブプレーンをつくる工作教室を開催。参加者は、職員のサポートを受けながら、紙、テープ、ストローなどの身近な素材を使って、より遠くまで、安定して飛行するチューブプレーンの製作に挑戦しました。

会場となった入船公園の芝生では、出来上がったチューブプレーンを飛ばす参加者の姿が数多く見受けられました。



チューブプレーンをつくる参加者

## 鶴見クリーンキャンペーンへの参加

横浜事業所では、キャンパス周辺の環境改善や地域への貢献活動を目指して、「鶴見クリーンキャンペーン」に参加しています。このキャンペーンは、鶴見区を「明るく、きれいな街」にするため、鶴見区役所が主催している清掃活動で、横浜市鶴見区の区民・企業・行政が一緒に取り組んでいます。

2013年度は、研究者や事務職員約40名が、担当エリアである理研の敷地前から鶴見小野町プロムナード手前までの市道西側歩道500mの清掃活動に参加しました。

清掃活動ではゴミだけでなく、街路樹のドングリを拾い、高知県土佐郡大川村の「ドングリ銀行」に送っています。送られたドングリは大川村で生育され、植樹用の苗木として、将来、横浜地区に植えられる予定です。



職員による清掃活動



## 近隣事業者と連携した防災管理体制の確立(災害時の訓練実施)

横浜事業所では、防災・減災の意識を高めるため、職員を対象とした消防訓練を毎年実施しています。2013年度の消防訓練では、緊急機材の使用説明会、防火扉・シャッター等の作動確認説明会、消火器・消火栓を用いた実地訓練を行いました。

説明会では、有機溶剤などの液体漏洩時の対処法の説明だけでなく、実際に化学防護服着脱のデモンストレーションを実施。災害や緊急時に研究者自身が迅速にかつ的確に対応できるよう、防護服等の取扱方法や注意点の確認を行いました。



化学防護服着脱のデモンストレーション

### 連合消防組織による近隣事業者との連携

横浜事業所では、同一敷地内にある横浜市立大学鶴見キャンパスと共に、近隣事業者11社により構成された連合消防組織の連携を図っています。

近隣事業者との間で設置している末広1・2丁目地区自衛消防組織では、災害時に応援可能な機資材の保有状況や各事業者の自衛消防組織の運営状況について日頃から情報共有を行っています。

2014年2月には、すべての事業者が参加し、同組織による消防訓練を実施。災害発生時の被害の軽減、円滑で機能的な相互支援を実現する防災管理体制の強化に取り組んでいます。



末広1・2丁目地区自衛消防組織による防災訓練

## 電気需要の平準化の推進

横浜事業所では、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」を推進するため、太陽光パネル設置及びコージェネレーションシステムを導入しました。

南研究棟屋上に発電容量50kWの太陽光発電パネルを設置したり、同棟を含むエリアにコージェネレーションシステムを導入することにより、電力使用量及びCO<sub>2</sub>発生量の削減が可能となり、より一層の省エネを推進すると共に、環境への配慮を図っています。

また、コージェネレーションシステムの発電機により、緊急時・災害時における設備機器への非常用電源供給を行うことも併せて可能となりました。

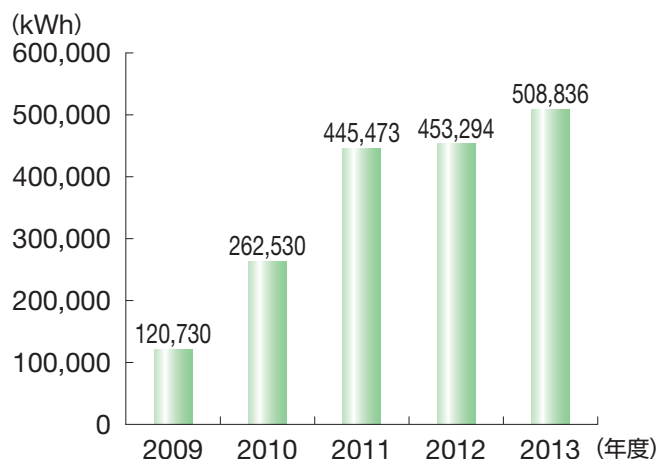


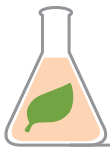
太陽光発電パネル



コージェネレーションシステム

### 理研全体の年間太陽光発電量





# 筑波事業所の活動

## 一般公開

筑波事業所では2014年度の一般公開を4月18日(金)・19日(土)に開催しました。18日は656名、19日は1,818名の計2,474名と多数の来場者を迎えて終了しました。

筑波地区一般公開では、3箇所の展示場所で計16ブースが設置され、各ブースとも趣向を凝らし来場者へバイオリソースセンターの役割や取り組んでいる研究・開発の内容などを来場者へ説明を行いました。

顕微鏡で体外受精の様子やiPS細胞等の実験材料を観察するブースでは、来場者が、細胞を直に見ることができて感激した様子でした。また、この他、ショウジョウバエのストラップ制作や、植物が厳しい環境にどのように適応しているかの研究、タマネギから遺伝子の本体であるDNAを抽出する実験等もあり、来て見て触れて、大人も子供も楽しめる企画を用意して来場者との距離の近い一般公開を行っています。



筑波地区一般公開  
バイオリソースってなあ〜に



講演会：遺伝子の研究「生き物のチカラを引き出す」



受付では、つくば市のシンボルキャラクター「ツクツク」(写真右)と理研マスコットキャラクター「しろありん」(写真左)が来場者出迎え、子供たちも楽しませてくれました。

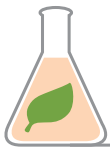
## 省エネパトロール

筑波事業所では、エネルギー使用量が多い夏季と冬季に、執務室、実験室等のエネルギー使用の把握・無駄の削減を目的とした、「省エネパトロール」を実施しています。総務課員が巡回して空調温度の設定、照明、コンセント等エネルギー使用に無駄が無い点検を行い、また環境測定機器を用いて空気環境測定6項目(温度、湿度、気流、一酸化炭素、二酸化炭素、粉塵)と騒音、照度の測定を実施します。点検・測定結果が適切でない場合は原因を調査し改善を行います。パトロール中には職員へ省エネ活動の推進を直接呼び掛けることで職員の省エネへの意識が高まり一層の省エネ効果が期待できます。また環境測定の結果を通知することで職場環境について意識が醸成され最適な職場環境作りをおこなうことができます。

今後も「省エネパトロール」を通して、全職員の省エネ意識が醸成され事業所が一体となれるよう活動を進めていきます。



環境測定機器を用いて室内を測定中



# 神戸事業所の活動

## 敷地周辺、歩道の美化活動

神戸事業所では、周辺の環境改善や地域への貢献活動を目指して、「グリーン作戦」を実施しています。

グリーン作戦は、2010年から毎年実施しており、清掃活動を実施する事により、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ています。

2014年度は、研究者や事務職員およそ50名が朝早くから参加し、敷地前から先端医療センター前の歩道まで清掃活動に貢献し、沢山のゴミを回収しました。

今後もグ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、道路の美化や環境の向上を図っていきたいと思います。



研究者、職員による清掃活動とゴミ回収

## 大気汚染防止

施設の熱源(空調、温水)には、一部都市ガスを利用するボイラーを使用しています。こちらの排気については大気汚染防止法や各自治体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毎日の設備、点検業務を初め、運転時にはモニタリングを行い、もし異常などが見つかった場合は速やかに対処できる体制を整えています。そして年2回の定期点検時には、窒素酸化物( $\text{NoX}$ )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を導入する事で排気ガス総排出量の削減に取り組み、 $\text{CO}_2$ 、大気汚染物質の低減にも努めています。



ボイラー設備の日常点検の様子

## 排水管理

研究活動には多くの水を利用しますので、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。

神戸事業所では、実験室から排出される排水については有害物質などが万が一にでも直接排水されないように、実験用排水は通常の排水とは別の専用排水経路を整備しています。

集められた排水は排水処理設備にて、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。

またユーティリティ用水に再生水を利用する事で貴重な水資源の有効活用にも取り組んでいます。



排水設備の日常点検の様子



# 計算科学研究機構の活動

## 省エネ大賞 審査委員会特別賞を受賞！

計算科学研究機構は「スーパーコンピュータ「京」の高効率冷却システム」について、平成25年度省エネ大賞（主催：一般財団法人省エネルギーセンター、後援：経済産業省）の「省エネ事例部門」で審査委員会特別賞を受賞しました。

この受賞は、空冷システムの効率化と水冷システムの併用により、高効率な計算機冷却システムを構築したことに対するもので、従前のスパコン施設で14%を占めていた計算機冷却システムのエネルギー消費量を5%に抑えることができ、システムの信頼性と冷却システムの高効率化を両立させたことを評価されたものです。

今後進むと予想される機器発熱の高負荷・高密度化に対し、主流となると考えられる水冷方式について、ベンチマークとなる実績との評価も得ています。

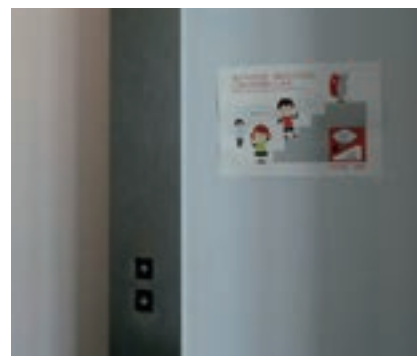


平成25年度省エネ大賞審査委員会特別賞受賞

## 身近な活動で温暖化防止に貢献

計算科学研究機構の省エネの取組として、研究棟の設備運用において自然換気の試行を行っています。これは過ごしやすい外気温になる時期に空調を停止し、外気を導入して暖気を建屋吹き抜け部分の天窓から煙突効果を利用して排出するというもので省エネ効果が期待できます。

その他、年間を通して階段利用の奨励を行ってきました。また、セキュリティ目的で設置している研究棟入口のフラッパーゲート（ICカードで開閉する入口ゲート）について、夏と冬の省エネルギー期間には、3台の内1台を停止し、待機電力の低減を図っています。いずれについても、施設内の勤務者の目に見える形で省エネを呼び掛けており、一定の成果が上がっていると考えています。

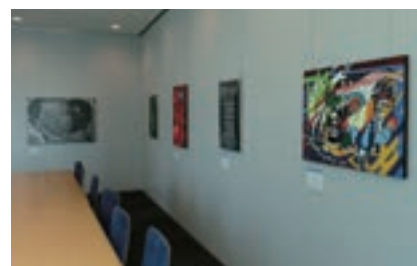


階段利用の奨励

## 研究環境に芸術の風を

計算科学研究機構の研究棟では、各階で芸術作品の展示（絵画、デザイン、写真、造形等）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、既に3年に亘って実施されており、職場環境のひとつとして定着しています。大学側も学生に貴重な作品展示の機会を与えられることから、良好な関係の中継続しています。



芸術作品の展示

## 地元への貢献と理解の醸成

計算科学研究機構が立地する神戸市は、家庭教育を大変重視しており、夏休みに「家族が熱い1週間」と題する家庭教育のためのイベントを実施しています。

2013年度より、機構もこの趣旨に賛同し、夏休み期間に市が募集した小中学生とその保護者の見学を受け入れました。このような地域のイベントへの協力により地元へ貢献していくこと、また地元貢献の場を通じてスーパーコンピュータ開発への理解を醸成していくことは地道ではありますが、重要な活動と考えています。



家族が熱い1週間



# 播磨事業所の活動

## 安全衛生委員会

理研では労働安全衛生法に基づき、毎月1回、各地区で安全衛生委員会を開催しています。

安全衛生委員会では、職員が安全で心身ともに健康な状態で業務に従事することができるよう基本方針や具体的な施策を審議し、その実施に向けた計画策定などを行っています。

安全な職場環境の実現にあたっては、構内で発生した事故や災害の発生原因、状況を調査し、その結果を踏まえ再発防止対策を検討し、実施いたしました。

実験室の環境中に存在する有害因子の量を把握するための作業環境の測定や結果報告などを行っています。

職員等の健康保持のため、健康診断の受診項目の検討、長時間労働者の健康状況などを把握し、必要に応じて産業医、カウンセラーの面談を促しています。

また、安全衛生委員会開催後に委員会メンバーによる職場巡視を実施し、安全・衛生に関し不具合がある箇所については、所属長に改善を要請し、適正な職場環境を維持することに努めています。

さらに委員会で話し合われた情報で特に重要な案件については、職員等にメール配信を行うなど、安全や衛生に関する情報については、広く周知に努めています。

## 安全教育(クレーン安全講習会、電気安全講習会)

実験従事者や公共の安全を確保するために、教育訓練内容の充実と作業環境の改善に取り組んでいます。所内で働く研究者に対してさまざまな教育訓練を実施しています。

### クレーン安全講習会

播磨地区には実験機器、装置を吊り下げるためのクレーンが多数あり、一番大きなものは10tの物を吊り下げることができます。

これらのクレーンは実験を行う上で必要不可欠ですが、間違った使い方をすると重大な事故の発生につながります。

事故の発生を未然に防ぐため、クレーン作業に携わる者を対象にクレーンの運転手順を再確認することを目的として、クレーン安全講習会を実施いたしました。



施設内のクレーン

### 電気安全講習会

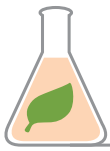
実験機器、装置等を取扱う場合、様々な作業が発生します。作業中に注意を怠ると感電する可能性もあります。

播磨地区では高電圧・高電流の電源を使用する機器が多数あるため、感電事故が即重大な事故の発生につながります。

そうした身近な作業を行う時に感電事故を起こさないために電気主任者を講師として感電事故事例を使い、電気安全講習会を実施いたしました。



電気安全講習会の様子



# 働きやすい職場づくり

## 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。全職員のうち4割近くが女性ですが、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。

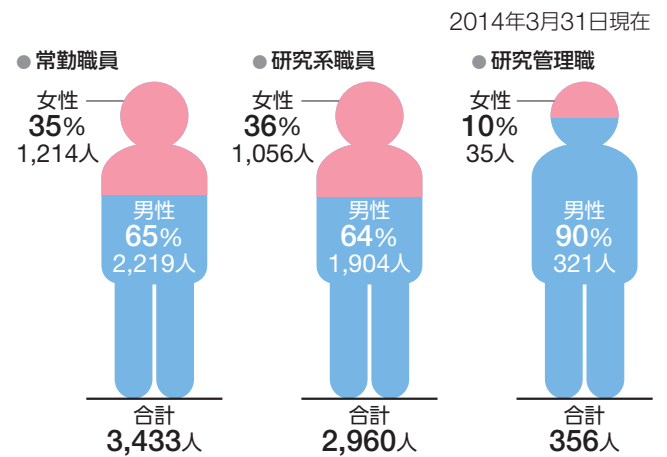
中でも、一人ひとりの多様な状況に個別に対応する相談窓口や、育児中、介護中の職員の業務を補助する代替要員の配置などは、男女ともに利用者の多い制度です。現在では、女性管理職の増加にも力を入れています。

また、理研は、「次世代育成支援対策推進法」に基づき「基準適合一般事業主」に認定されていますが、神戸事業所は、神戸市が男女ともに働きやすい職場づくりに向けて積極的な取組を行っている事業所を表彰する「こうべ男女いきいき事業所」に認定されました。



「こうべ男女いきいき事業所」表彰式

## 研究職員の男女比



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

## 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、アンケートの実施と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、メンタルヘルス不全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」



# 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

理化学研究所は日本で唯一の自然科学の総合研究機関として、社会の期待に応えるべく、多くの研究領域について、研究活動を続けています。2013年4月から始まった第三期中期計画も一年あまりを経過し、着実に研究成果を創出しております。この研究成果は社会の発展に大きく寄与するものでありますが、同時に研究活動を継続することは、環境に負の影響を与えるものでもあります。従って理研は社会に対して目指している研究と、環境に対する十分な配慮を行っていることを、分かりやすく簡潔に説明する必要があり、環境報告書の作成と公表は非常に重要です。

環境報告書2014の「特集」の項を見ると、四つの研究が紹介されています。まず、京コンピュータの活用に関する研究として、地震被害シミュレーションと超高解像度の全球大気シミュレーションの二つが取り上げられています。どちらも自然災害に対する防災に京コンピュータの高い計算能力が有効利用される事例であり、大変分かりやすい地震被害等の説明と鮮明な台風画像がすばらしいと思います。次に理研研究最前線として、エネルギー問題の解決に挑戦する高効率の太陽電池の開発と、人に役立つ基礎研究として、光合成の仕組みを解き明かす研究が取り上げられています。どちらも専門分野を分かりやすく説明しており、理研の目指す研究活動の有用性を知ってもらうために有効な内容となっています。

環境マネジメント体制は、活動の全体像が組織図として示され、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でまとめており、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、「グリーン調達」、「地球温暖化の防止」、「排水管理」、「化学物質管理」、「廃棄物管理」の毎年度の取り組み結果を排水量等の具体的な数値を示して説明しており、分かりやすい内容となっていますが、時系列で示した数値の増減について簡単な説明があればさらに良いと思います。

「社会・地域との環境コミュニケーションと環境配慮活動」、「各事業所の活動」、「働きやすい職場づくり」は適切な説明と思います。

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。



独立行政法人理化学研究所  
監事 清水 至

# 環境報告書の信頼性を高めるために

## 第三者意見(和光市)



和光市企画部

次長兼政策課長 結城 浩一郎

和光市は、東京都心から20キロメートル圏内に位置し、東武東上線のほか、地下鉄有楽町線及び副都心線の始発駅として交通の利便性が非常に高いことから、少子高齢化が進行する現在にあっても人口は微増ながら毎年着実な増加を見せており、近年は、司法研修所、国立保健医療科学院、税務大学校、裁判所職員総合研修所といった国の研究研修機関も相次いで立地し、「知の集積地」ともいえる特徴を持つまちになりました。

その中でも、理化学研究所は、昭和42年に当市に拠点を構えて以来、全国各地の理化学研究所の本所としてその中心的な存在であり、今日に至るまで長年にわたり、和光市の知名度の向上と様々な機会を通じて和光市政に多大なるご協力、ご貢献をいただいているところであります。

貴機関は、我が国唯一の自然科学における総合研究機関として、自然科学を探究するオーソリティであればこそ自然の営みに対する畏敬の念を持ち、地球環境の保全に取り組む確固たる信念を「環境理念」として明確に示し、さらに、「環境行動指針」によりその理念を所内で働くすべての人々にあまねく周知し、今日の文明社会が克服しなければならぬ最も重要な課題の一つである環境負荷の低減など、地球環境にかかる課題の解決に革新的かつ先進的な取組を実践し、未来の世代のために持続性のある豊かな社会の構築に多大なる貢献を果たしていることに対し、これを高く評価し、敬意を表するものであります。

この報告書で紹介されている最先端の環境研究の事例については、私のような市井の人間にとっては、その内容を具に理解することははなはだ困難ではありますが、第1例目として、スーパーコンピュータ「京」を駆使し、地震など自然災害の被害想定や地球環境のメカニズムを高度な計算によってより詳細な解明を行おうとする研究、第2例目として、環境負荷が著しくかつ有限の資源である化石燃料に依存する社会から脱却するための再生可能エネルギーの有効な活用の代表的な手法である太陽電池についての革新的な研究、第3例目は、地球上の生命維持の根源的な物質を生成する光合成のメカニズムの解明とそれを人工的に発生させる装置の開発への試みなど、同じ地球環境の保全というテーマに対する多様な研究の一端を知ることができ、大変興味深いものと感じました。

また、このような最先端の研究は、それ自体に大きな環境負荷を伴うことに対し強い自覚を持ち、これを適正にコントロールするための厳格な環境マネジメント体制の下、グリーン調達、地球温暖化の防止、排水管理、化学物質の管理など、環境負荷の軽減等に対する多様できめ細かな取組が実践されており、開示すべき情報についても平素から丁寧かつ詳細な提供に腐心されており、透明性の高い運営がなされているものと理解いたしました。

このほか、毎年実施され、市民をはじめ多くの人々が来場している一般公開の実施や当市で実施する講座等への協力など、地域社会との連携等については、貴機関の研究活動やその成果等を広く知らしめることや貴機関が立地していることを誇りに思う市民意識の醸成にも大いに有効でありましたので、今後も引き続き積極的に実施していただくことを望んでおります。

最後に、現在当市の施策として取り組んでいる貴機関の貴重な研究の成果と地元企業との連携が成就すること、また、これまで貴機関が世に送り出した数々の研究成果同様、現在貴機関で進められている様々な研究の成果が理研スタンダードとして我が国のみならず、世界のスタンダードとして人類の繁栄に大いに貢献することを期待しまして拙文を結ばせていただきます。

# 環境報告ガイドライン(2012年版)との対応表

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2014』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 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、環境理念	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, 23,40	
	(2) KPIの時系列一覧	○	グリーン購入・地球温暖化防止・排水管理・ 化学物質管理・廃棄物削減・放射線管理	25-30	
	(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・排水管理・ 化学物質管理・廃棄物削減・大気汚染防止・ 放射線管理	25-30, 36	
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	○	環境理念	2
		(2) 重要な課題、ビジョン及び事業戦略等	○	環境行動指針、役員からのメッセージ	2-3
	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、省エネパトロール、 災害時の訓練実施、安全衛生委員会	23,34, 35,38
		(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・排水管理・化学物質管理・ 廃棄物削減・放射線管理・大気汚染防止	23, 25-30,36
	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1~4、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	9-22,39
		(2) 環境に関する社会貢献活動等	○	社会・地域との環境コミュニケーション	31-38
	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	25,29
		(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	○	社会・地域との環境コミュニケーション	31-38
		(4) 環境関連の新技術・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	24,29	
【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 省エネパトロール、電気需要の平準化	24,26, 34,35,37
		(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	24,27
	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	24,27	
	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 省エネパトロール、電気需要の平準化	24,26, 34,35,37
		(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	24,27
		(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	36
		(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	24,28
		(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	24,29
		(7) 有害物質等の漏出量及びその防止対策	○	防災管理体制の確立	34
	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】 「環境配慮経営の 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・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	39		
【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	41	



#### 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ください。

**独立行政法人理化学研究所 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)

発行：2014年9月