

RIKEN ENVIRONMENTAL REPORT 2019



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

科学道とともに

理化学研究所(理研)は、1917(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う財団法人として創立され、2017年3月に創立百周年を迎えた長い歴史を持つ研究所です。

財団法人から株式会社となり、その後、特殊法人、独立行政法人、国立研究開発法人、2016年10月には特定国立研究開発法人へ移行しました。

時代と国の要請に応え、組織形態を変えながらも、自然科学の総合研究所として、物理学、工学、化学、数理・情報科学、計算科学、生物学、医科学など幅広い分野において先導的な研究を推進すると同時に、わが国の産業発展のための研究開発や成果普及も推し進めています。

研究分野間の垣根が低く、専門領域を超えて議論を行い、連携するという理研の特徴がこれまでにない新しい研究領域の開拓を可能にしています。

また、大型放射光施設SPring-8、X線自由電子レーザー施設SACLA、スーパーコンピュータといった世界トップクラスの大型研究開発基盤の開発・共用はもちろんのこと、すべての研究室において魅力ある研究環境が醸成されています。

さらに、至高の科学力を目指し、研究系職員と事務系職員が一丸となって研究活動に取り組んでいることも誇れる特徴です。

これらの理研らしさを最大限に活かし、世界最高水準の研究成果を創出することで、わが国のイノベーションに貢献していきます。

理研は、その長い歴史の中で培った科学力をもって、社会への貢献を胸に「科学の道」を歩んできました。

次の100年も、これからの時代にふさわしい豊かで明るい社会を生み出すために、科学の基盤づくりと新しい科学の創造、そして、社会とつながる科学を目指して「科学道」を邁進していきます。



松本 紘

「自然を理解し、自然を尊ぶ」

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

環境行動指針

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

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

役員からのメッセージ

国立研究開発法人理化学研究所は、「研究開発成果の最大化」を目指し、研究者の自律性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、我が国のイノベーションに貢献していきます。皆さまにその名前を親しんでいただき、数々の成果を挙げてきたスーパーコンピュータ「京」の運用を8月に終了しました。2021年には新たに開発したスーパーコンピュータ「富岳」の運用を開始する予定です。これは、大型の設備を開発し、それを運用し、共用に資することで科学の発展を後押しすると共に、産業界にも利用していただきイノベーションに貢献するという理化学研究所の重要なミッションの一つです。

ミッションを達成するための経営方針として、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、その理念のもとに中長期計画を立案し、昨年より第4期中長期の研究開発をスタートしています。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に、理研が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ことを目指しております。理研科学力展開プランでは、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

「自然を理解し、自然を尊ぶ」は理化学研究所が掲げる環境理念です。自然科学の大きな目標である、「自然を理解する」という研究活動を通じ、私たちは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することが求められていることを常に意識しなければなりません。これは、国連が定めた持続可能な開発目標（SDGs）にも貢献しようという理念です。

理化学研究所の行動指針として、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こととして、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、最先端の環境研究活動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、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 小安 重夫

[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。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幸いです。
- ・ 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]

2018年度(2018年4月1日～2019年3月31日)。ただし、一部2019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、「環境報告ガイドライン(2018年版)」を参考にしております。

[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]

2019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
環境マネジメント体制	9
環境負荷の全体像	10
特集記事 1	11
特集記事 2	15
特集記事 3	19
FACE 1	23
FACE 2	24
働きやすい職場づくり	30
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

組織紹介

イノベーションを創出する研究所運営システムを支える体制・機能を強化

未来戦略室

■理化学研究所は自然科学の総合研究所として科学史に残る発見・発明を生み出し、次世代の科学技術を担う人材を育ててきました。今、科学技術はこれまで以上に経済、生活、政治、制度など社会に影響を与えはじめており、科学の現場から未来の社会を考えていく必要があります。未来戦略室では分野の垣根を越えた

イノベーションデザイナーの集団を形成し、理研が未来社会に対して役割を果たしていくために、科学技術の未来のみでなく科学技術が生む価値の多面性を見つめ、百年さらにそれ以降のあるべき未来社会のビジョンとシナリオを描き、社会に提供していくことに取り組みます。

情報システム本部 (ISC)

■情報システム本部は研究所全体の情報基盤の企画、構築、運用、利用者支援をミッションとしており、支援系部署である情報システム部および研究系部署である研究開発部門から構成されています。情報システム部では、情報化統合戦略会議およびその下に設置された委員会活動を通じ、理研における中長期目標期間中のICT戦略を策定し、具現化に向けて活動しています。第4期のICT戦略の重点は研究所全体のセキュリティの強化で、セキュリティバイデザインによる情報基盤の再構築、およびサイバーセキュリティ

対策および情報倫理の遵守に向けたポリシーガイドライン策定とインシデント発生時の対応業務の強化を行います。研究開発部門では、研究所全体および研究センター間、グループ間、そして分野横断のネットワーク型研究の連携が必要とされるインフォーマティクス(情報学・情報処理・情報システム・計算機科学)の研究と研究支援を行っています。第4期はデータ科学に重点を置いて研究センターの研究者と連携してオープンサイエンスを推進していきます。

関係機関との連携をさらに強化し、研究成果の社会還元を推進

科技ハブ産連本部 (RCSTI)

■科技ハブ産連本部では、大学、研究機関や産業界と協働し、理研が科学技術におけるハブの役割を担い、研究開発のネットワークを形成および強化することにより、わが国の科学力の充実を図るとともに、イノベーションの創出を推進します

。また、研究成果の最大化および社会的課題解決のため、ニーズ探索、新技術開発テーマ創出から事業化に向けて、オープンイノベーションを推進し、組織対組織の連携による産業界との共創機能を強化します。

創薬・医療技術基盤プログラム (DMP)

■創薬・医療技術基盤プログラムは、理研の各研究センターや大学等で行われるさまざまな基礎疾患研究から見いだされる創薬標的(疾患関連タンパク質)を対象に、各研究センターが設置する創薬基盤ユニットが連携して医薬品の候補となる低分子化合物、抗体等の新規物質を創成し、知的財産の取得を目指す創薬・医

療技術テーマを推進するとともに、非臨床・臨床段階のトランスレーショナルリサーチである創薬・医療技術プロジェクトを支援しています。最終的には、これらを適切な段階で企業や医療機関に移転することを目指しています。日本医療研究開発機構「創薬支援ネットワーク」にも構成機関として参画しています。

予防医療・診断技術開発プログラム (PMI)

■予防医療・診断技術開発プログラムでは、理研の各研究センターや企業で行われているさまざまな研究活動から見いだされる技術シーズを複合的に用いて、医療ニーズの解決を目指します。このため、医療関係者からの医療ニーズの直接聞き取り調査を行うとともに、理研内のシーズの把握、企業との面談を積極的に行

っています。現在、疾患のバイオマーカーの探索、感染症を簡便に検知できる診断・検出キット等の分野で製品化を視野に入れた国内外との共同研究開発を実施しています。

健康生き活き羅針盤リサーチコンプレックス推進プログラム (RCH)

■「個別健康の最大化」を目標とした融合研究開発、事業化支援、人材育成を推進し、将来にわたり健康で「生き活き」とした人生を送っていく上での指針(羅針盤)の実現・普及を目指します。健康生き活き羅針盤リサーチコンプレックス推進プログラムでは、科学技術振興機構の「世界に誇る地域発研究開発・実証拠点(リサーチ

コンプレックス)推進プログラム」に採択された課題「健康「生き活き」羅針盤リサーチコンプレックス」を、兵庫県や神戸市、大学・研究機関、企業等と共同で実施しています。

医科学イノベーションハブ推進プログラム (MIH)

■一人一人に合った予防医療の実現を目指して、大学、病院、企業等との連携により、健康に関連する多数のデータを取得し、人工知能技術を利用して解析を行い、個人健康を精緻に理解します。創薬プロセスを最適化する方法論を開発することと併せて、一人一人の健康に貢献します。医科学イノベーションハブ推進プロ

グラムでは、科学技術振興機構の「イノベーションハブ構築支援事業」に採択された課題、理研の「健康・医療データプラットフォーム形成事業」と文部科学省「Society 5.0実現化研究拠点支援事業」の課題を実施しています。

バトンゾーン研究推進プログラム (BZP)

■バトンゾーン研究推進プログラムは、「挑戦から達成へ」を合言葉に、産業界のニーズを重要視した連携活動に取り組んでいます。イノベーション創出に向けた取り組みとして「バトンゾーン」、すなわち、「技術移転を効果的に進めるため、理

研の研究者と産業界の研究者が一定の期間、同じ方向に全力で突き進む場」を設け、両者一体となった研究開発を実施することにより、理研の幅広い研究成果の社会への活用・実用化に向けた企業等への橋渡しを効果的に推進しています。

理研産業共創プログラム (ICoP)

■理研産業共創プログラムでは理研と企業のマネジメント層、研究者・技術者が、多様な技術および知見を持ち寄り、未来社会を見据えながら社会的課題の解決に向けた議論を行う組織(プロジェクト)を理研のプログラム内に設置します。包

括的な連携体制のもと、幅広い技術領域の理研の研究者や企業の技術者が議論を行い、共創テーマ等を創出し、本格的な共同研究や大型連携研究に繋げていきます。

持続的なイノベーション創出を支える新たな科学の開拓・創成

開拓研究本部 (CPR)

■科学技術立国を目指すわが国においては、多様な科学研究を展開し、革新的な技術を開拓することが求められています。真にこれを実現するためには、国家的な科学技術政策課題を担う戦略センターでの研究推進と並んで、他に先んじた新しい科学の創成が必要不可欠です。開拓研究本部では、主任研究員が研究室

を主宰し、抜きんできた基礎研究成果を生み出すとともに、理研内外の研究者を有機的に連携する分野横断的な研究プロジェクトを推進することにより、新たな科学の創成を進め、わが国における戦略的研究プロジェクトの芽となる研究を開拓します。

研究室 (主任研究員)

■開拓研究本部が目指す目的を達成するため、多様な分野で傑出した研究実績、広い視野と高い指導力を持つ主任研究員が主宰する研究室を設置します。主任研究員は、長期的ビジョンに基づき自らの研究を推進するとともに、研究分野や

組織の壁を超え、社会の中での科学のあり方も視野に入れ、新たな科学の創成を目指します。

理研白眉研究チーム

■理研は若手リーダー育成のため、並外れた能力を持つ若手研究者に研究室主宰者として独立して研究を推進する「理研白眉制度」を運用しています。理研白眉チームリーダーは、人文社会科学との境界領域を含む自然科学の全分野(数理科学を含む)から選ばれ、未着手の研究領域や人類社会が直面する課題など、科学

的、あるいは、社会的にインパクトの高い野心的な研究に挑戦します。さまざまな研究分野からなるチームリーダー間の積極的な交流を通じて、広い視野を持つ国際的な次世代リーダーの養成を目指します。

国家戦略等に基づき戦略的研究開発を推進

革新知能統合研究センター (AIP)

■革新知能統合研究センターは、革新的な人工知能基盤技術を開発し、それらを応用することにより、科学研究の進歩や実社会における課題解決に貢献することを目指します。加えて、人工知能技術の普及に伴って生じる倫理的・法的・社会的問題に関する研究を行います。具体的には、①汎用基盤技術研究グループにおいて、深層学習の仕組みの解明や、新しい原理に基づく次世代人工知能技術の創出を目指し、②目的指向基盤技術研究グループにおいて、再生医療・材料開発・もの

づくりなど日本が高い国際競争力を持つ分野の強化、および高齢者ヘルスケア・防災減災・インフラ管理といった社会的課題への取り組み等を進めています。また、③社会における人工知能研究グループでは、データ流通やプライバシー保護に関する技術開発や、法整備を含めた人と人工知能の関わり方について研究しています。さらに、さまざまな企業・大学・研究所・プロジェクトと連携しながら事業を推進し、世界的に不足しているAI関連人材の育成も行っています。

数理創造プログラム (iTHEMS)

■自然科学は、物理学、化学、生物学とさまざまな分野に分かれています。しかし数理学によってその背後にある論理的な構造を調べてみると、共通点が見えてくることがあります。数理創造プログラムは、理論科学・数学・計算科学の研究者が、物理学、化学、生物学、工学などさまざまな分野の研究者とともに、「数理」を軸とする手法を用いて、宇宙・物質・生命の解明や、社会における基本問題の解決を図る、新しい国際研究拠点です。さらに、分野横断型・滞在型のスクールや、さまざま

な分野で第一線の基礎科学研究者を招いたワークショップ、企業や社会で数理がどう使われているかを知るための産学連携レクチャーや日常的な分野交流などを通して、ブレークスルーをもたらす研究土壌を整え、若手人材の育成を進めます。国内の大学や海外の研究機関との連携を通じ、国際頭脳交流ネットワークを構築します。

生命医科学研究センター (IMS)

■生命医科学研究センターでは、ヒトの疾患の発症機序の解明やそれに基づく新たな治療法の確立を目指して、ヒトゲノム機能とヒト免疫機能の解明に向けた研究に取り組みます。そのために、①ゲノム機能医科学研究、②ヒト免疫医科学研究、③疾患システムズ医科学研究、④がん免疫基盤研究、の4つの部門を設け、これらの部門が互いに連携しながら最先端の研究を進めています。ゲノム、タンパク

質や脂質から、細胞、組織そして個体まで、各階層にまたがったマルチオミクス解析を統計学や数学を駆使して進めるとともに、マウスなど実験動物で得られた成果をヒト免疫研究へ還元する基盤や、ヒトの病態をマウスや細胞などの実験系で再現し解明するための基盤の構築、さらにこれらの基盤を生かして次世代のがん免疫研究を展開します。

生命機能科学研究センター (BDR)

■生命機能科学研究センターは、個体の発生・誕生から死までのライフサイクルの進行を、分子・細胞・臓器の連関による調和のとれたシステムの成立とその維持、破綻に至る動的な過程として捉え、個体の一生を支える生命機能の解明に取り組みます。この目的のため、①構造分子生物学分野、②細胞システム分野、③生命モデルリング分野、④細胞・臓器機構分野、⑤健康・病態科学分野、⑥成長・発達科学分

野の6つの研究分野を設け、発生・成長・成熟・老化・再生など多細胞生物のライフステージに特徴的な生命現象を分子から個体レベルで観察、再現、制御する研究開発を進めます。また、得られた知見を再生医療や診断技術開発などに応用し、超高齢社会を迎えたわが国の課題である健康寿命の延伸に貢献する生命科学の発展を目指します。

脳神経科学研究センター (CBS)

■心身の健康は人々の切実な願いであり、精神神経疾患の克服は高齢化社会の大きな課題であります。脳は人間が人間らしく生きるための「心」の基盤であるとともに、身体の健全なバランスを統御しています。脳神経科学研究センターは、日本の脳科学の中核拠点として、医科学・生物学・化学・工学・情報数理学・心理学などの学際的かつ融合的学問分野を背景に、細胞から個体、社会システムを含む多

階層にわたる脳と心のはたらきの基礎研究と革新的技術開発を進めています。同時に、人間の精神は自分自身が生み出した人工知能やビッグデータといった新しい情報世界とどのように対峙するのか、そして、うつ病、認知症等のさまざまな疾患をどのように克服するのか、といった現代社会が直面する課題の解決に向けた脳研究を展開していきます。

環境資源科学研究センター (CSRS)

■環境資源科学研究センターは、環境負荷の少ない「モノづくり」を理念に、持続的な成長および地球規模の課題に貢献する「課題解決型」研究で、人類が健康で豊かな生活を送ることのできる地球の未来をリードしていきます。国連で採択された「持続可能な開発目標 (SDGs)」および温室効果ガス排出ゼロを目指す「COP21」を指標とし、異分野融合研究による5つのフラッグシッププロジェクト

「革新的植物バイオ」「代謝ゲノムエンジニアリング」「先進触媒機能エンジニアリング」「新機能性ポリマー」「先端技術プラットフォーム」を推進します。データサイエンスや人工知能など最先端の技術を取り入れ、天然資源からの有用物質の創製・探索および利用、持続的な食料生産やバイオ生産など、これまで培ってきた基礎研究をさらに高度化し、革新的な成果を創出していきます。

創発物性科学研究センター (CEMS)

■環境に負荷をかけずにエネルギーを効率よく作り出し、一方で、エネルギーの消費を極限にまで低減する。そのような革新的科学技術が、環境調和型持続性社会の実現のためには必須です。創発物性科学とは、膨大な数の構成要素—電子や光子などが協働することで、その個々の単なる集合としては予測不可能な、

驚くべき物性や機能が発現する物質原理を探索する新しい学問です。創発物性科学研究センターは、物理学・化学・エレクトロニクスの世界トップレベルの研究者が参画・連携し、エネルギー問題の解決に基盤的に資する創発物性を実現します。

光量子工学研究センター (RAP)

■光量子工学研究センターでは、光の可能性を極限まで追究し、今まで見えなかったものを見ようとしています。例えば、電子の動きを捉えるアト秒パルスレーザー、可視光でナノメートルの世界を見る超解像顕微鏡、超高精度な光格子時計による相対論的な測地学、物体を透視するテラヘルツ光による非破壊検査……。見

ることができれば、理解し、制御することにも近づきます。そして、新しい光技術が社会に役立てていきます。光の可能性は無限で、私たちが到達できているのはほんの一部です。光量子工学研究センターは、光科学の地平を広げていきます。

仁科加速器科学研究センター (RNC)

■理研には、仁科芳雄博士の研究室の開設以来、80年余の加速器科学の伝統があります。2006年に世界初の超伝導リングサイクロトロンSRCを擁するRピームファクトリーが稼働を開始、この世界に冠絶する性能を誇る実験施設での研究を支える体制として、偉大な先達の名を冠した研究センターが発足しました。

2016年11月に元素名が決定したニホニウム (Nh)はこの施設で作られました。国外においては、米国ブルックヘブン研究所に理研BNL研究センターを、英国ラザフォード・アップルトン研究所に専用実験施設を設け、原子核とそれを構成する素粒子の実体を究め、物質創成の謎を解明していきます。

世界最先端の研究基盤を構築・運営・高度化

計算科学研究センター (R-CCS) スーパーコンピュータ「富岳」

■計算科学研究センターは、わが国の計算科学および計算機科学の先導的研究開発機関として、スーパーコンピュータ「京」を運用するとともに、後継機となる「富岳」の開発を推進しています。また、国際的な高性能計算科学分野の中核拠点として、「計算の科学」「計算による科学」、両者の相乗効果による「計算のための科学」の探究とその成果であるソフトウェア等のテクノロジーを「コア・コンピタンス」と位置付け、それらの発展や国内外への普及を推進しています。「京」

は2012年秋から共用を開始しており、研究機関・大学にとどまらず産業界からの利用等を通じ、幅広い分野で世界トップレベルの成果を創出しました。2014年4月からは、スーパーコンピュータ「富岳」の開発を進めており、2021年頃の共用開始を目指して、社会的・科学的課題の解決に貢献し、ビッグデータや人工知能など新たなIT分野も加速させるシステムの構築を目指します。

放射光科学研究センター (RSC) 大型放射光施設「SPring-8」 X線自由電子レーザー施設「SACLA」

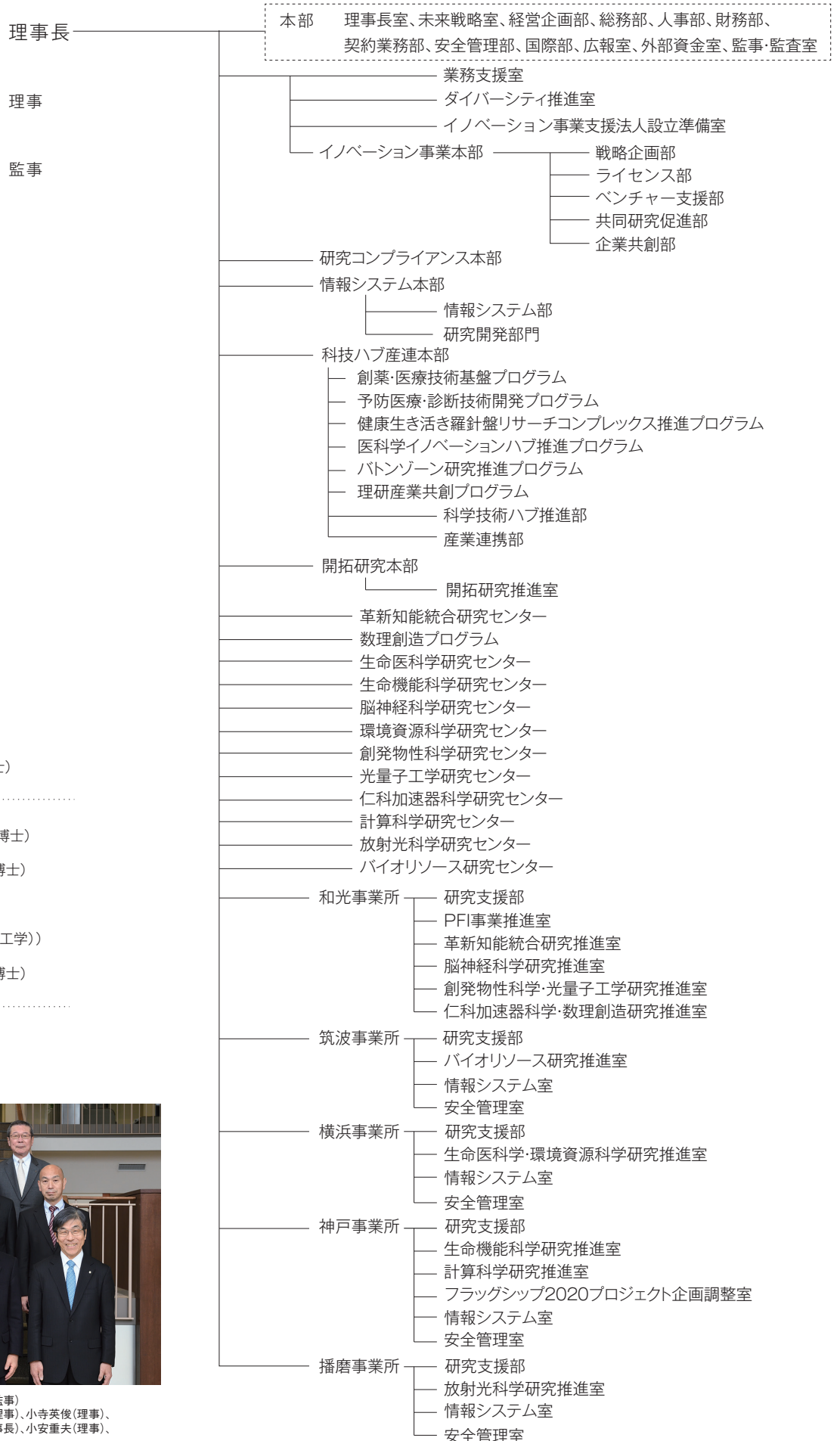
■放射光科学研究センターは、大型放射光施設「SPring-8」およびX線自由電子レーザー施設「SACLA」の安定した運転に責任を持ちながら、大学・研究機関・産業界を含む幅広い利用者に世界最高水準の高輝度X線を提供することを目的に活動しています。また、最先端の光源・利用テクノロジーの開発に取り組むとと

も、両施設の相乗効果も生かしながら高エネルギー光科学の創出を行います。さらに、放射光と相補的な構造解析手法であるクライオ電子顕微鏡および高性能NMRの開発にも取り組みます。

バイオリソース研究センター (BRC)

■わが国のみならず、世界のバイオリソースに関する中核的基盤として、研究動向を的確に把握し、社会ニーズ・研究ニーズに応え、世界最高水準のバイオリソースを収集、保存し、提供する事業を実施します。また、バイオリソースの利活用に資する研究を推進します。事業の実施にあたっては、わが国の最先端研究で作出されるバイオリソースと情報を優先して整備するとともに、国際的な品質マネジ

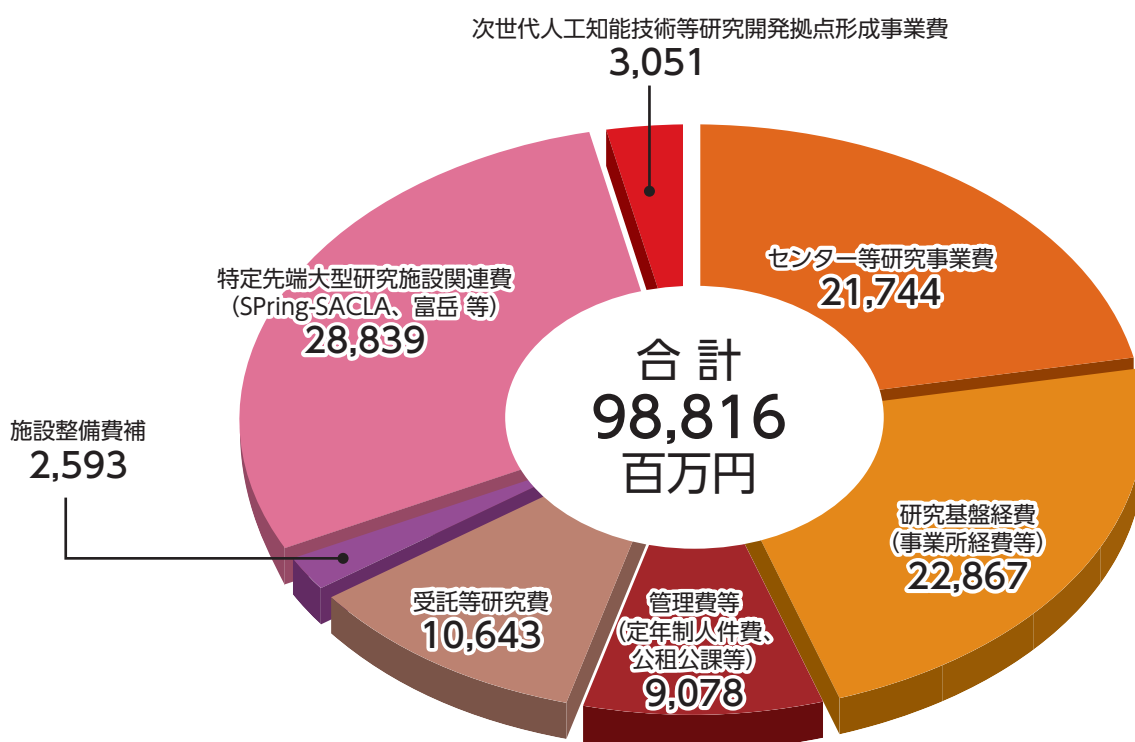
メント規格に準拠した品質管理を行い、再現性を確保した真正なバイオリソースを提供します。さらに、事業を効果的・効率的に実施するための保存・利用技術等の開発と喫緊の社会的課題解決のために必要なバイオリソースの開発を行います。加えて、バイオリソース事業に関わる人材の育成、研究コミュニティへの技術移転のための技術研修や普及活動も行います。



後列左から、石井康彦（監事）、松尾康博（監事）
 中列左から、美濃導彦（理事）、加藤重治（理事）、小寺英俊（理事）、
 前列左から、小谷元子（理事）、松本紘（理事長）、小安重夫（理事）、

予算

●2019年度 収入予算の内訳（当初予算）



人員(役職員)

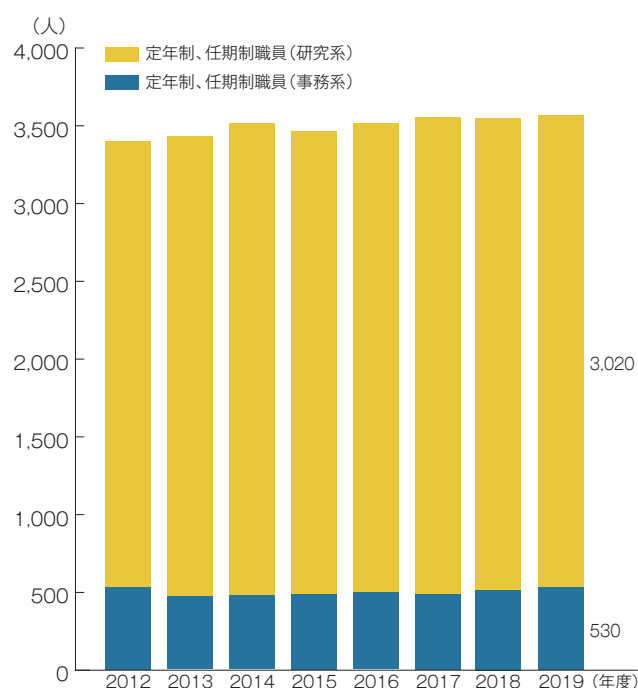
2019年4月1日の常勤職員数は3,550人で、その85%にあたる3,020人が研究系職員、さらに、その26%にあたる782人が外国籍スタッフです。

●地域別理研在籍研究系外国籍スタッフ数

アジア	467名
中東	20名
アフリカ	8名
オセアニア	15名
北米	58名
中南米	13名
ヨーロッパ	201名
合計	782名

2019年4月1日現在

●理研の人員の推移



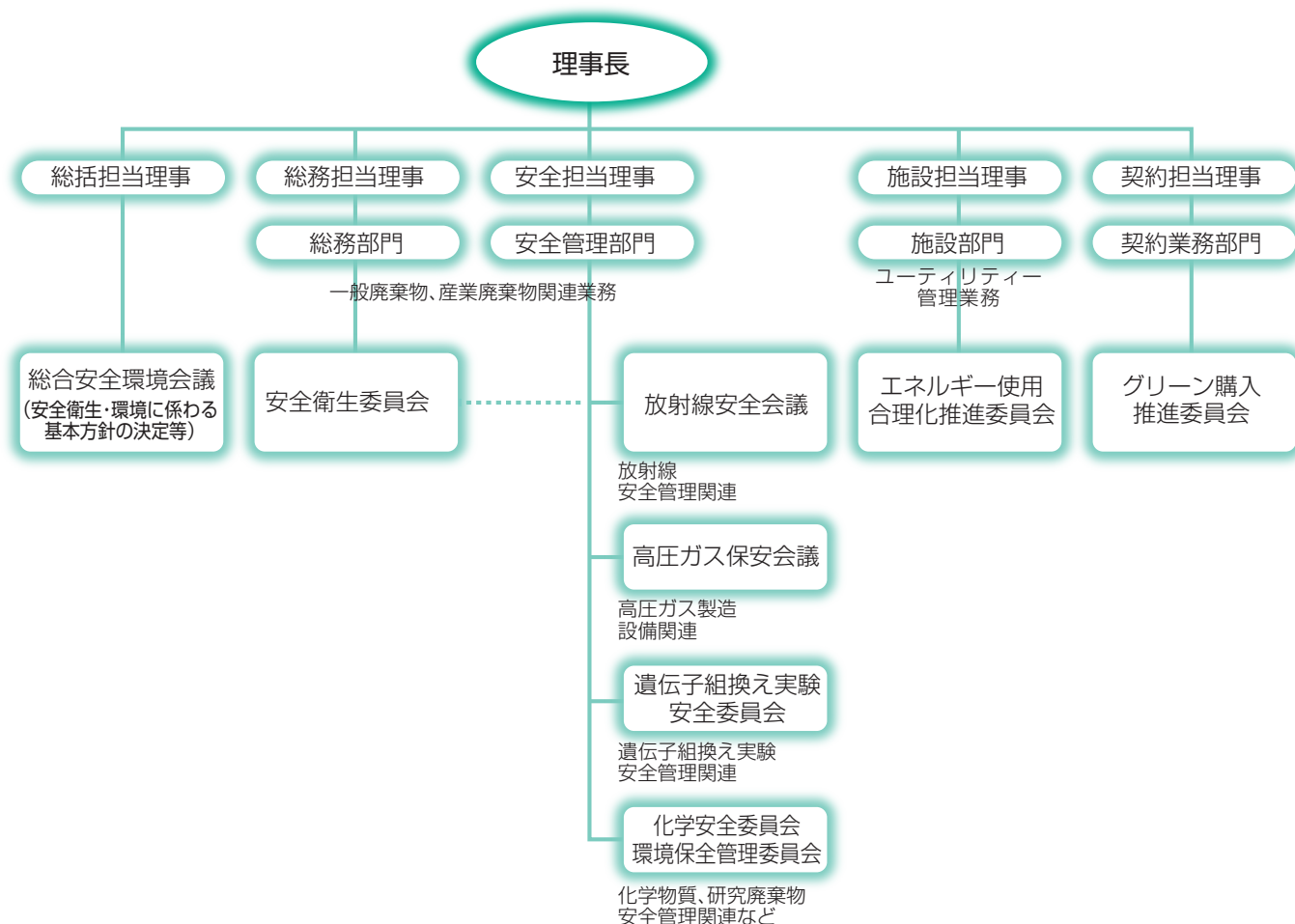
※各年度末の人数。2019年度は4月1日現在の人数

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

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

更に生物の多様性の保全についても

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

環境負荷の全体像

INPUT

エネルギー投入量

・電気 527,411千kWh (電気の内訳)	・都市ガス 26,437千m ³
買電 466,667千kWh	・軽油 10kL
発電 60,744千kWh (発電の内訳)	・A重油 8kL
CGS 60,032千kWh	・蒸気等 43,275GJ
太陽光 712千kWh	

水資源投入量

上水道	593千m ³
井戸・工水	761千m ³

◎環境負荷軽減への取り組み◎

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

OUTPUT

排水量

・下水道量 704千m³

大気放出

・CO₂ 275,249t

化学物質排出移動量

<PRTR法関連物質>

・クロロホルム	4,200kg
・塩化メチレン	2,600kg
・ノルマルヘキサン	3,900kg

廃棄物量

・研究系以外の一般廃棄物	597t
・研究系以外の産業廃棄物	398t
・うちリサイクル量	219t
・研究系廃棄物	699t
・うち放射性廃棄物	9kL

「明日は晴れるのか雨が降るのかといった天気予報は、近年かなり正確になりました。

しかし1年後や10年後、さらには100年後の気候がどのように変わるかを正確に予測することは、まだできていません」

そう語るのは、計算科学研究センター(R-CCS)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)である。

「なぜ正確に予測できないのか、その原因を突き止め、不確実性を排除した気候変動予測を実現したい」と続ける。

その目標に向け、気候科学研究のための数値計算ライブラリ「SCALE」や、世界で初めて雲を直接表現できる

超高解像度の全球雲解像モデル「NICAM」の開発を行ってきた。

富田TLらの挑戦を紹介しよう。

不確実性を排除した気候変動予測の実現へ

■ 将来の気温予測には、なぜ幅がある？

21世紀末における世界の平均地上気温は、1986～2005年平均に対して0.3～4.8℃高くなる——2013年に発表されたIPCC(気候変動に関する政府間パネル)による「第5次評価報告書」では、こう予測されている。上昇量に大きな幅があるのは、地球の気温を決める放射エネルギーの収支が将来どのように変わる可能性があるか四つのシナリオをつくり、それらに基づいて計算しているためである。しかし、一つのシナリオ、例えば放射エネルギーの収支の変化が中程度のシナリオの計算結果でも、平均地上気温の上昇量の予測は1.1～2.6℃と幅がある。その理由を富田TLは、「世界中の研究機関がそれぞれ開発した複数の気候モデルの結果を取りまとめているからです」と解説する。

気候モデルとは、気候の決定に関わるさまざまな現象を物理法則に従って数

式で表現し、時間経過に伴って気候がどのように変化するかをコンピュータで計算しシミュレーションするためのプログラムである。しかし、地球の気候はさまざまな現象が複雑に相互作用した結果であり、全てを正確な数式で表現し計算することは難しい。

そのため、「こういう条件のときはこういう値になる」とあらかじめ決めてある項を数式に付け加えている。例えば、大気の温度と水蒸気の鉛直分布が不安定なときは対流が発生する、といった具合だ。これをパラメタリゼーションというのだが、「どのようなパラメタリゼーションが最適か、まだよく分かっていません」と富田TLは指摘する。「さらに仮定を入れたり、数値を調整したりもしているので、どの気候モデルの結果も正確ではなく、不確実性が存在します。IPCCが複数の気候モデルの結果を取りまとめているのは、一つの気候モデルでは偏った結果に

なってしまうためです。しかし、将来の気候をより高精度に予測するには、不確実性の原因を突き止めてそれを排除することが必要です。私たちは、モデルが不完全であることに起因する不確実性を排除した気候変動予測の実現を目指して研究開発を行っています」

■ 共通基盤ライブラリ「SCALE」を開発

気候モデルの不確実性の原因を突き止めるには、さまざまな気候モデルを比較して評価する必要がある。しかし富田TLは、「気候モデルの比較は容易ではない」と言う。さまざまな研究機関が気候モデルを開発していて、それぞれ独自性が高いため、比較することが難しいのだ。そもそも開発した研究グループ以外の研究者がその気候モデルを使用するには申請が必要で、また許可が出てもすぐには使いこなせない。その状況を変えるために富田TLらが取り組んだのが、気候科学研究のための共通基盤ライブラリSCALEの開発である。

気候モデルでは、大気の流れや雲の生成・消滅、放射などさまざまな物理現象を扱わなければならない。それぞれを表現する数式は異なる。大気の流れ一つ取っても、水平か、鉛直か、などによって数式はいくつもある。そうした複数のコンポーネント(部品)が組み合わさって気候モデルができている。「さまざまな気候モデルで使われているコンポーネントを網羅していることが、SCALEの大きな

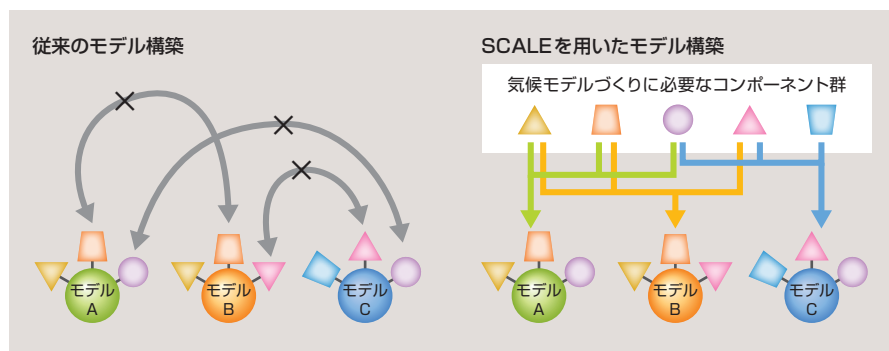


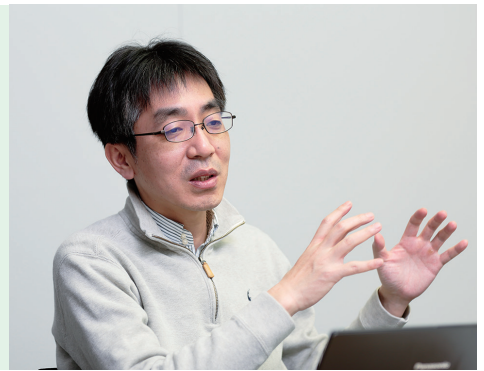
図1 SCALEを用いたモデル構築

気候モデルは、さまざまな物理過程の解析手法や通信のためのプログラムなど複数のコンポーネントで構成されている。従来のモデル構築では、同じ内容のコンポーネントでもモデルごとに開発しており、互換性がない(左)。SCALEでは、気候モデルづくりに必要なさまざまなコンポーネントがライブラリに格納されており、自由に組み合わせて利用できる(右)。

富田浩文 (とみた・ひろふみ)

計算科学研究センター
複合系気候科学研究チーム
チームリーダー

1969年、京都府生まれ。博士(工学)。東京大学工学部航空宇宙工学科卒業。東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。海洋研究開発機構 地球環境フロンティア研究センター主任研究員などを経て、2011年より理研 計算科学研究機構チームリーダー。2018年より現職。



特徴です。しかも既存のコンポーネントの寄せ集めではなく、仕様を統一してあります。そのため、コンポーネントを自由に組み合わせて気候モデルを構築できる画期的なライブラリになっています」と富田TLは解説する(図1)。SCALEは、富田TLらを中心に、気候科学の研究者と計算機科学の研究者が共同で開発し、2013年に公開された。

SCALEは誰でも自由に使い、これまでより気軽かつスピーディーに気候モデルの構築や計算ができる。「京」などのスーパーコンピュータはもちろん、汎用計算機でも高速計算が可能のように設計されているため、利用のハードルが低いのもSCALEの特徴だ。

コンポーネントの組み合わせが違えば、結果に差が出る。その差を調べることで、気候モデルの不確実性の原因を突き止めることができる。SCALEの登場により、コンポーネントの組み合わせと計算結果の関係を容易にかつ詳細に比較できる環境が整った。今後、気候モデルの不確実性の原因を明らかにする研究が大きく進むと期待されている。

■ 地域気候の変動予測の評価を変えた

「さまざまな現象の基本原則を理解していないと、気候モデルをつくれないう、検証もできません。共通基盤ライブラリを開発することで、現象の基本原則の理解が進み、その過程はサイエンスの宝庫です」。そう語る富田TLは、SCALEを用いた先導的な気候研究の推進を、研究チームのもう一つの柱として掲げて

いる。

そして2017年には、SCALEのコンポーネントを組み合わせて構築した気候モデル「SCALE-RM」を独自に開発。「RM」は領域気候モデルを意味するRegional Modelの略で、ある特定の地域の気候をコンピュータでシミュレーションする。このSCALE-RMによって、研究チームは地域気候の変動予測に関する画期的な成果を上げた。

二酸化炭素など温室効果ガスが大気中に増加すると、地球全体の平均的な大気の状態が変化し、気温が上昇し、暖かくなった大気はたくさんの水蒸気を含むことができるようになる。同時に、大気の状態が平均から逸脱した台風や温帯低気圧といった気象擾乱^{しやうらん}の発生数、強さ、通過経路が変化する。「これまで地域気候の変動予測は、地球全体の平均的な状態の変化の影響のみを考慮して行われてきました。気象擾乱の変化は、地域気候の変動に影響を及ぼさないのだろうか。そう疑問に思ったのが、始まりです」

研究チームは、SCALE-RMを用いて「現在の気候」「将来の気候」「現在の気候から地球全体の平均的な状態のみ変化した場合の将来の気候」「現在の気候から気象擾乱のみ変化した場合の将来の気候」という4種類の計算を行った。

「普通に考えたら、現在気候と将来気候の差は、地球全体の平均的な状態のみ変化した場合の変化量と気象擾乱のみ変化した場合の変化量を足したものと同じになりますよね」と富田TL。ところが、現在気候と将来気候の差は、二つの

変化量を足し合わせたものと異なる(図2)。これは、地球全体の平均的な状態の変化と気象擾乱の変化、それぞれの影響に加え、二つの変化の相互作用の影響があることを表している。

「地球全体の平均的な状態の影響のみを考慮するこれまでの手法では、将来の地域気候を正確に予測できないのです。私たちが開発した手法を使うと、将来の地域気候がどのように変化するかを予測できるだけでなく、その変化の原因を区別して定量的に評価できます」

富田TLらはこの手法を用いて、西日本を中心とする水平方向約1,000km四方の領域について計算してみた。すると、平均降水量と連続無降水日数の将来変化の大部分は気象擾乱の変化で説明できること、強い雨の将来変化は地球全体の平均的な状態の変化の影響と気象擾乱の変化の影響が打ち消し合っていることが分かった(図3)。平均降水量や連続無降水日数は水資源と、強い降雨は豪雨災害と、それぞれ関係する。将来の地域気候を正確に理解することで、適切な対策を検討でき、水資源の確保や豪雨災害の防災・減災にも役立つと期待されている。「気候変動予測の概念を変える非常に大きな成果です。こういう社会を変えるような研究をしていきたいですね」

■ 雲をリアルに表現

「気候モデルの不確実性の大きな要因の一つは解像度」と富田TLは指摘する。気候モデルでは、地球表層の空間を3次元の格子状に分割し、格子ごとに計算し

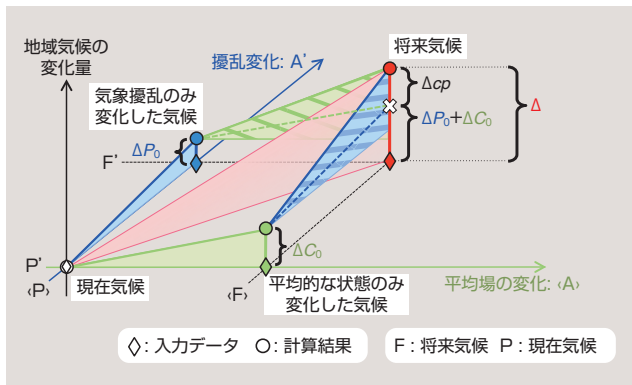


図2 地域気候の変動を理解する新評価手法

地域気候の変化は現在の気候と将来の気候の差(Δ)で表される。現在気候から地球全体の平均的な状態のみ変化した場合の地域気候変化は ΔC_0 、現在気候から台風や温帯低気圧といった気象擾乱のみ変化した場合の地域気候変化は ΔP_0 で表される。その二つの変化から推測される将来変化は \times 印であり、実際の将来気候(赤丸)と異なる。この差が、地球全体の平均的な状態の変化と気象擾乱の変化の相互作用による変化(Δcp)である。

関連情報

- 2018年3月13日プレスリリース
大気中のチリが雲に与える影響を正確に再現
- 2017年12月20日プレスリリース
地域気候変動を理解する新評価手法の開発
- 2016年5月25日プレスリリース
北極域への「すす」の輸送メカニズムを解明
- 2013年9月20日トピックス
「京」を利用した世界初の超高解像度全球大気シミュレーションで積乱雲をリアルに表現

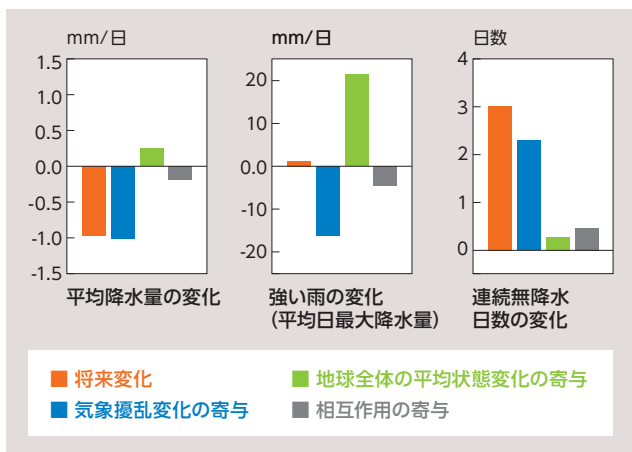


図3 上記手法によるデモンストレーション計算

西日本を中心とする領域に対して、6~9月の4カ月について25年分のシミュレーションを行った。平均降水量の将来変化(左)は、気象擾乱の変化(青)の影響が大きく、地球全体の平均的な状態の変化(緑)の影響だけでは説明できない。強い雨の将来変化(中央)は、気象擾乱の変化の影響と地球全体の平均的な状態の変化の影響が打ち消し合っている。連続無降水日数の将来変化(右)は、気象擾乱の変化の影響が大きく、地球全体の平均的な状態の変化の影響だけでは説明できない。

ていく。格子間隔を小さくすると計算量が多くなってしまいうため、地球全体を扱う全球気候モデルの格子間隔は100km程度のものが多い。「気候の決定に大きな影響を与える現象の一つが雲です。しかし、1個の雲の水平サイズは約10km、細かい雲では数百mと格子間隔より小さいため、1個1個の雲を表現できず、パラメタリゼーションなどの処理をしています。これが気候変動予測に大きな不確実性をもたらしているのです。そこで、私は理研に来る前、海洋研究開発機構(JAMSTEC)に在籍していたときから、パラメタリゼーションを行わずに1個1個の雲を直接表現できる超高解像度の全球雲解像モデル「NICAM」の開発に取り組んできました」

そして2005年、スーパーコンピュータ「地球シミュレータ」によって、格子間隔3.5kmという当時の最高解像度で雲をシミュレーションすることに成功した。富田TLは、2011年に理研計算科学研究機構(現 R-CCS)で複合系気候科学研究チームを立ち上げた後も、JAMSTEC、東京大学大気海洋研究所と共同研究を続け、格子間隔1km以下

で雲を直接表現することに挑戦してきた。そして2013年、「京」を用いて格子間隔870mという超高解像度を達成し、世界中から注目を集めた(「理研ニュース」2014年1月号「SCIENCE VIEW」)。

「水平格子間隔2kmを境に、全球での積乱雲の個数や、積乱雲と積乱雲の距離など、モデルの中で表現できる積乱雲がより現実的近づくことが分かりました。では、積乱雲と積乱雲の距離はどうやって決まっているのか。今後は、それを明らかにしていくつもりです」

■ 海水を黒くする黒色炭素の輸送量を精度よく推定

NICAMを用いた最近の研究を二つ紹介しよう。いずれもエアロゾルと呼ばれる大気中の浮遊物質に関するものだ。エアロゾルは数mmから数nmのごく微小な粒子だが、気候の決定に大きく関わっていることが知られている。

一つ目の研究で注目したのは、エアロゾルの一種で「すす」と呼ばれる黒色炭素の輸送量である。黒色炭素は、焼き畑農耕や化石燃料の燃焼など人間活動によって放出され、大気中を輸送される。「黒色炭素が北極域まで運ばれ、海氷の上に降り積もると、海氷の表面を黒く変色させます。これが地球温暖化に直接影響を及ぼすのです」と富田TL。

白い海氷は太陽光を反射する。ところが、海氷の表面が黒くなると反射率が低下する。地球の温度は入射する太陽光の放射エネルギーと地球から宇宙空間

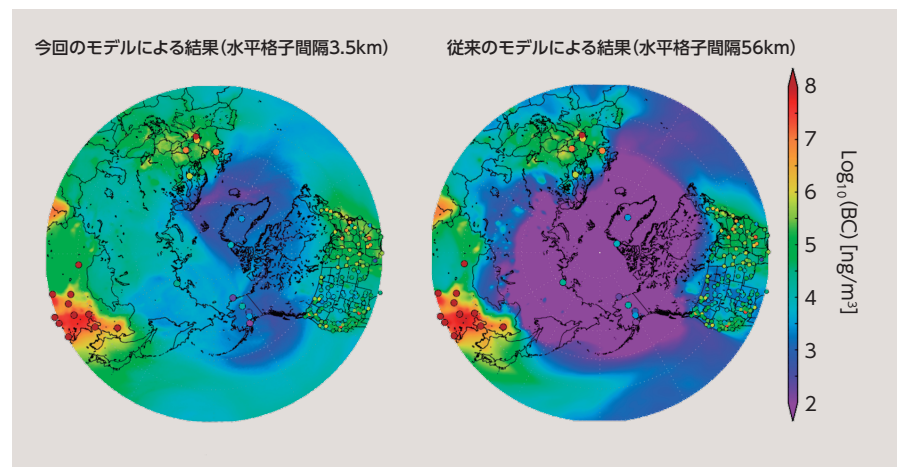


図4 北極域における黒色炭素の地表面濃度

左は、全球雲解像モデルNICAMとエアロゾルモデルSPRINTARSを結合して、中緯度から北極域への黒色炭素の輸送についてシミュレーションを行った結果。北極域における黒色炭素の地表面濃度は、従来のシミュレーション(右)のおよそ4倍になった。○は観測結果。

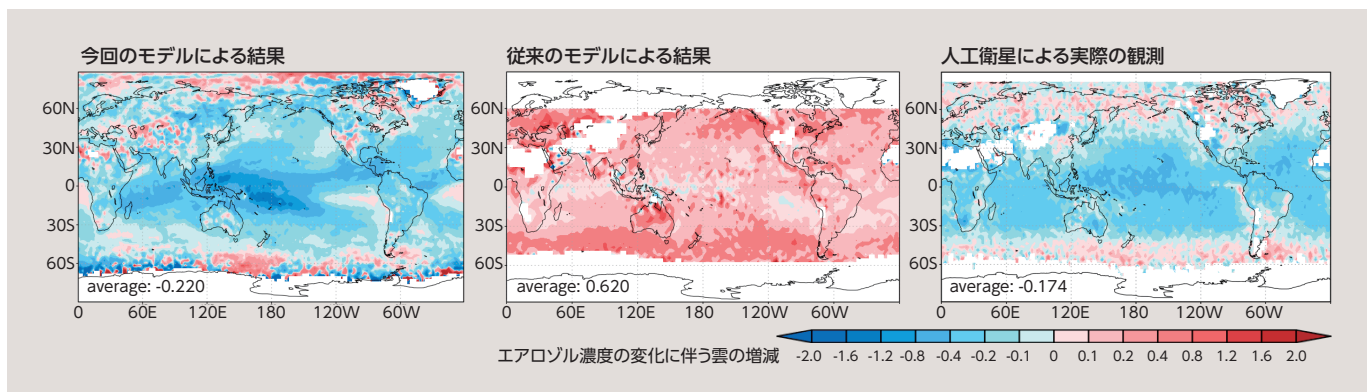


図5 エアロゾル濃度の変化に伴う雲の量の変化

赤色はエアロゾルの増加に伴って雲が増加する領域を示し、青色はエアロゾルが増加すると雲が減少する領域を示す。近年、大気中のエアロゾル濃度は増加している。人工衛星による実際の観測では、雲が減った領域が多い(右)。従来の低解像度シミュレーションでは、ほとんどの領域でエアロゾルが増えると雲が増えることを示す計算結果となっていた(中央)。今回の高解像度シミュレーションでは、観測と同様にエアロゾルが増えたときに雲が減る領域が多いことが示されている(左)。

に出ていく放射エネルギーのバランスで決まるため、海水の反射率が低下すると、宇宙に出ていく放射エネルギー量が減少して地球の温度が上昇する。すると、海氷が融け、黒い海洋が現れて反射率がさらに低下し、地球の温度が上昇し……と温暖化が進行してしまう。

「気候変動を精度よく予測するには、人間活動が活発な中緯度から北極域へ輸送される黒色炭素の量を正確に推定する必要があります。しかし、これまでの推定では実際に北極域で観測されている黒色炭素の量より少なく見積もられ、問題になっていたのです」

そこで富田TLらは、NICAMにエアロゾルの輸送の計算を行うSPRINTARSという九州大学などが開発したモデルを結合し、「京」を用いて従来より1桁細かい水平格子間隔3.5kmの超高解像度で全球でのエアロゾルの輸送をシミュレーションした。その結果、従来のシミュレーションの4倍もの黒色炭素が中緯度から北極域に運ばれていると算出された(図4)。この結果は、観測とよく一致している。黒色炭素は雨によって大気中から除去されるが、除去されずに残る黒色炭素が多いことが分かった。また、強い上昇気流などによって黒色炭素が上空まで吹き上げられ、遠くまで運ばれていることも明らかになった。

■ エアロゾルが増加すると雲は増える? 減る?

NICAMを用いたエアロゾルに関する二つ目の研究について、富田TLは「気候学

者の悲願だった」と紹介する。「雲はエアロゾルを核として生成されるため、エアロゾルが増えれば雲が増えると考えられています。雲は、放射エネルギーの反射・吸収に関わり、地球の気候の決定に直接影響するため、エアロゾルと雲の関係は重要です。しかし、その詳細はよく分かっていませんでした」

そこで富田TLらは、NICAMとエアロゾルモデルSPRINTARSを結合し「京」を用いて、水平格子間隔14km、1年間のシミュレーションを行った。「結果を見てがくぜんとしました。従来の予測結果とまったく違ったのです」

従来のモデルでは、エアロゾルが増加すると、全球のほとんどの場所で雲が増加すると思われていた。ところが今回のモデルでは、地球上の大半の場所でエアロゾルの増加に伴って雲が減少していたのだ(図5)。これは、人工衛星による観測と一致する。「実は、エアロゾルが増加すると雲の生成が増える一方、雲の蒸発も促され、全体としては雲が減少する場面があることが、以前から指摘されていました。超高解像度で1個1個の雲のライフサイクルを表現したことで、その現象を再現できたのです」

■ 地球最大の擾乱「MJO」に挑む

富田TLが興味を持っている現象の一つが、マッデン・ジュリアン振動(MJO)である。MJOは、水平規模が数千kmにも及ぶ巨大な積乱雲の群れがインド洋で発生し、赤道に沿って東に進んでいく地

球上で最も大きい大気の大擾乱である。台風の発生とも関わっている。富田TLはJAMSTECなどとの共同研究によって、NICAMを用いてMJOを1カ月先まで予測できることを、2014年に示した。「MJOは、積乱雲が集まって自己組織化し、階層構造をつくり、巨大な雲システムを形成していることは分かっていますが、その発生メカニズムや移動速度など多くの謎があります。私は『水惑星実験』で、MJOの本質を探りたいと考えています」

水惑星実験とは、全球が海だけで覆われた地球を想定し、そこで気候変動のシミュレーションを行うことである。「全ての要素を入れた方が現実を再現できると思うかもしれませんが、それでは複雑過ぎて何が起きているのか理解できません。シンプルな系から一つ一つ積み上げていくことで、MJOの本質に迫ると考えています」

「解像度を上げ、パラメタリゼーションなどを行わず、基本原理に基づいて物理現象を一つ一つ直接表現するのは、とても大変で、チャレンジングです」と富田TLは語る。「しかし、それによって現象の本質に迫れることを、私はこれまで身をもって知ってきました。これからも基本原理に基づいた手法で、気候変動予測の新しい時代を切り拓いていきます」

(取材・執筆:鈴木志乃/フォトンクリエイト)
(「理研ニュース」2018年8月号より転載)

環境資源科学研究センター(CSRS)の機能開発研究グループでは、高温や乾燥、低温などさまざまな環境ストレスに対する植物の応答について研究を進めてきた。研究グループの高橋史憲 研究員、篠崎一雄グループディレクター(GD)らは最近、乾燥ストレスの情報を根から葉へ伝達するペプチドを発見し、大きな注目を集めている。環境ストレスに対する応答と耐性獲得の機構を分子レベルで理解することは、環境ストレスに強い作物の開発にもつながる。実際、研究グループはシロイヌナズナでの遺伝子研究の成果をもとに遺伝子組換えを行ったイネを乾燥地域の圃場^{ほじょう}で栽培し、乾燥への耐性が向上するだけでなく、乾燥条件下での収量も増加することを実証した。環境ストレス応答の研究は、細胞内から植物体全体へ、そしてモデル実験植物から作物へと広がろうとしている。その最前線を紹介しよう。

乾燥に耐える植物の新戦略を発見

■ 乾燥ストレス耐性の鍵、アブシジン酸

太陽がじりじりと照り付け、土はみるみる水分を失っていく。そんなとき動物は、過ごしやすい環境を求めて木陰や水辺などに移動する。では、地面に根を張っていて移動できない植物は、どうするのだろうか。

「植物は、生育環境が悪化すると、さまざまな物質をつくり出して環境に耐える力を獲得します」と篠崎GD。「乾燥や高温、低温、土壌の塩分などの環境ストレスを受けると、どのように情報が伝達され、どの遺伝子が働き、どのような物質がつくられるのか。植物が環境ストレスに応答して耐性を獲得する機構を分子レベルで明らかにすることを、私たちは目指しています」

さまざまな環境ストレスの中で、篠崎GDが最も注目してきたのが乾燥ストレスである。植物は、乾燥ストレスを受ける



図1 シロイヌナズナの気孔

気孔は、2個の孔辺細胞から成り、孔辺細胞の形が変化して開閉する。気孔から水が蒸散するほか、光合成と呼吸に伴って二酸化炭素と酸素が出入りする。

とアブシジン酸(ABA)という植物ホルモンを多量に生産する。植物ホルモンとは、植物体内で合成され、さまざまな生理活性を持つ化学物質である。アブシジン酸は1960年代に発見され、種子の休眠や成長制御、老化などに関わっていることが知られている。そしてアブシジン酸のもう一つの重要な機能が、葉の裏側にある気孔を閉じることである(図1)。気孔を閉鎖すれば、水分の蒸散が抑制されるので、乾燥に対して強くなる。

篠崎GDらは、アブシジン酸の合成・分解に関する研究に取り組み、世界に先駆けてその経路を明らかにしてきた。一方、アブシジン酸の情報が細胞内でどのように伝達され、気孔の閉鎖が引き起こされるかという情報伝達経路の研究は遅れていたが、2009年に海外の研究グループによってアブシジン酸受容体が発見されると、細胞内情報伝達経路の研究も大きく進んだ。

植物が乾燥を感知すると、主に葉の細胞内でアブシジン酸が合成される。アブシジン酸は細胞の外に運び出され、気孔の細胞へ輸送される。気孔の細胞内に取り込まれたアブシジン酸は、細胞内にある受容体に結合。さらにいくつものタンパク質や化合物の結合・解離によって情報が次々と伝達され、気孔を閉鎖し、また乾燥ストレス耐性に関わるさまざまな遺伝子の発現を誘導するのだ(図2)。

「私たちは、アブシジン酸が結合した受容体が脱リン酸化酵素PP2Cに結合し、その結果PP2Cによって抑制されていたリン酸化酵素SnRK2が活性化され気孔閉鎖などが起きるとい、アブシジン酸による乾燥ストレス応答において重要な部分を明らかにしています」と篠崎GD。葉の細胞内から外へアブシジン酸を運び出す膜輸送体を発見したのも、機能開発研究グループの成果である。

■ 乾燥ストレス応答に関わるペプチドを発見

「葉の細胞内でのアブシジン酸の合成、気孔の細胞内での情報伝達については、詳細に分かってきました。しかし、植物が乾燥を感知してから葉でアブシジン酸の合成が促進されるまでの仕組みは、ほとんど分かっていませんでした」と篠崎GDは振り返る。

乾燥すると、土壌の水分が減少する。植物は、初めに根で乾燥を感知すると考えられている。では、その情報はどのように葉に伝えられ、アブシジン酸の合成が始まるのか。「私たちはペプチドが根と葉の間の情報伝達を担っているのではないかと考え、高橋史憲 研究員を中心に2011年ごろから研究を進めてきました」。ペプチドとは数十個のアミノ酸が連なった分子で、生理活性を持つ。植物では、発生や分化、成長などに関わるペプチドが知られている。

篠崎一雄 (しのざき・かずお)

環境資源科学研究中心
センター長
機能開発研究グループ
グループディレクター

1949年、栃木県生まれ。理学博士。大阪大学理学部卒業。名古屋大学大学院理学研究科分子生物学専攻博士課程修了。国立遺伝学研究所 研究員、名古屋大学 助教授、米国立ロックフェラー大学 客員研究員などを経て、1989年、理研筑波研究所 主任研究員。ゲノム科学総合研究センター プロジェクトディレクター、植物科学研究センター センター長などを経て、2013年より現職。



高橋研究員はまず、人工的に合成した27種類のペプチドを用意し、モデル実験植物であるシロイヌナズナに根から吸収させた。そして、葉におけるNCED3遺伝子の発現量、アブシジン酸の蓄積の有無、気孔の開閉度を調べた。NCED3は、アブシジン酸の合成において主要な役割を果たしている酵素である。CLE25というペプチドを根から吸収させると、NCED3遺伝子の発現量が急上昇し、アブシジン酸の蓄積、気孔の閉鎖が見られた。CLE25は、CLEペプチドファミリーの一つとして存在は知られて

いたが、機能は不明だったペプチドだ。

「運が良かった」と高橋研究員。「これまで、植物の環境ストレス応答に関わるペプチドは見つかっていませんでした。そこで手始めに、よく知られているペプチドや、そのファミリーから27種類を選んだのです。これから膨大な種類のペプチドについて実験をしなければいけないと覚悟していたので、最初の実験で乾燥ストレスの応答に関わっているペプチドの候補が見つかるとは思っていませんでした」

しかし、この実験だけではCLE25ペプチドが乾燥ストレスの情報を根から

葉に伝え、アブシジン酸の合成を誘導していると結論付けることはできない。12個のアミノ酸から成るCLE25ペプチドは、根の細胞の中で300個ほどのアミノ酸から成る大きなタンパク質から切り出されてつくられる。CLE25ペプチドが乾燥ストレスの情報を根から葉に伝えているのであれば、根の細胞内で作られた後、細胞の外に分泌される必要がある。そこで、CLE25ペプチドが細胞の外に分泌されているかどうかを調べた。

乾燥して水分が不足すると細胞内の浸透圧が下がることから、それを模倣した条件でシロイヌナズナの細胞を培養。そして培養液に含まれる物質を調べると、CLE25ペプチドが存在していた。これによりCLE25ペプチドは細胞の外に分泌されることが確かめられた。

分泌されたペプチドは、別の細胞の細胞膜にある受容体に結合し、情報を細胞内に伝える。ペプチドごとに結合できる受容体は決まっている。高橋研究員らは、CLE25ペプチドは葉の細胞の細胞膜にある二つの受容体、BAM1とBAM3に結合することを突き止めた。根の細胞から分泌されたCLE25ペプチドが葉へ運ばれている証拠だ。

さらに、CLE25ペプチドをつくることができないシロイヌナズナの変異体を作製し、乾燥ストレスに対する応答を調べた。すると、変異体は乾燥ストレスを受けても、NCED3遺伝子の発現量が上がらず、アブシジン酸も蓄積せず、気孔も閉じないことが分かった。この変異体は野生株に比べて乾燥に弱く、枯れてし

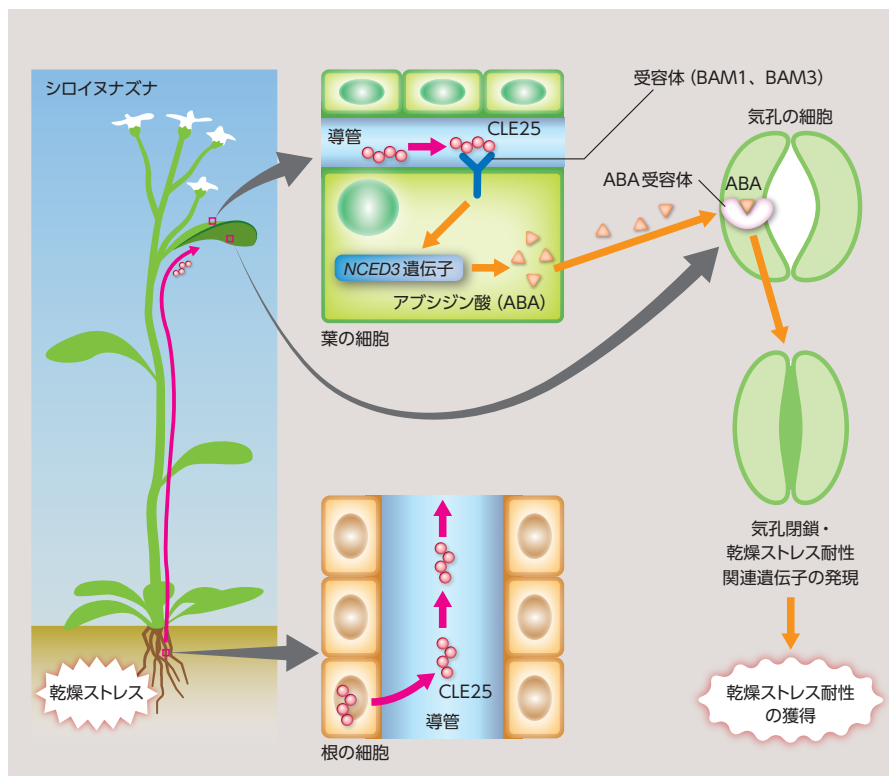


図2 シロイヌナズナにおける乾燥ストレスの情報伝達とアブシジン酸による耐性の獲得
乾燥ストレスを感知すると、根の細胞で作られたCLE25ペプチドが分泌され、導管を通じて葉に移動する。CLE25ペプチドは、葉の細胞の細胞膜にある受容体(BAM1とBAM3)に結合する。すると、乾燥ストレスの情報が細胞内に伝わり、NCED3遺伝子が発現し、アブシジン酸がつくられて蓄積する。アブシジン酸は気孔の細胞に運ばれ、気孔が閉じられる。

まう。

これらの実験結果から導き出された、乾燥ストレスに対する応答と耐性獲得の流れはこうだ(図2)。乾燥ストレスを感知した植物は、根の細胞内でCLE25ペプチドをつくる。それが細胞外に分泌され、導管の中を流れる水分と共に葉まで運ばれ、葉の細胞の細胞膜にある受容体に結合する。すると、乾燥ストレスの情報が葉の細胞内に伝えられ、*NCED3*遺伝子の発現量が上昇し、アブシジン酸が作られ蓄積する。そのアブシジン酸が気孔の細胞に運ばれて気孔を閉じたり、乾燥ストレス応答に関わる遺伝子の発現を誘導したりすることによって、乾燥ストレス耐性を獲得する。

乾燥ストレス応答に関わるペプチドの発見は初めてである。根から葉まで長距離を移動するペプチドも知られていなかった。この成果は2018年4月に英国の科学雑誌『Nature』に発表され、大きな注目を集めている。

■ 根から葉へ、長距離の情報伝達

「私たちは、環境ストレスに対して根や葉がばらばらに反応するのではなく、植物体全体を制御するシステムがあるはずだと考えていました。動物では神経系が全身の制御を担っていますが、植物には神経系がありません。植物がどのように全体を制御しているのか不思議だったのですが、ようやく謎が解けました」と篠崎GD。「植物体の隅々まで延びている導管が、神経系の役割を担っているのです。導管を流れる水分と共にペプチドが運ばれることで、離れた組織の間で情報のやりとりが行われている。これは、植物の制御機構の新しい視点です」

篠崎GDは、長距離を移動して情報を伝えるペプチドはたくさんあるのではないかと考えている。機能開発研究グループでシロイヌナズナのゲノムを調べ、アミノ酸数十個程度に相当する小さな遺伝子が7,000個以上も存在することが明らかになっている。それらの遺伝子が

らつくられるペプチドの中に、長距離の移動性ペプチドがあるかもしれない。「植物のさまざまな制御機構について、ペプチドによる長距離の情報伝達という新しい視点で見直す必要があるでしょう」と篠崎GDは言う。

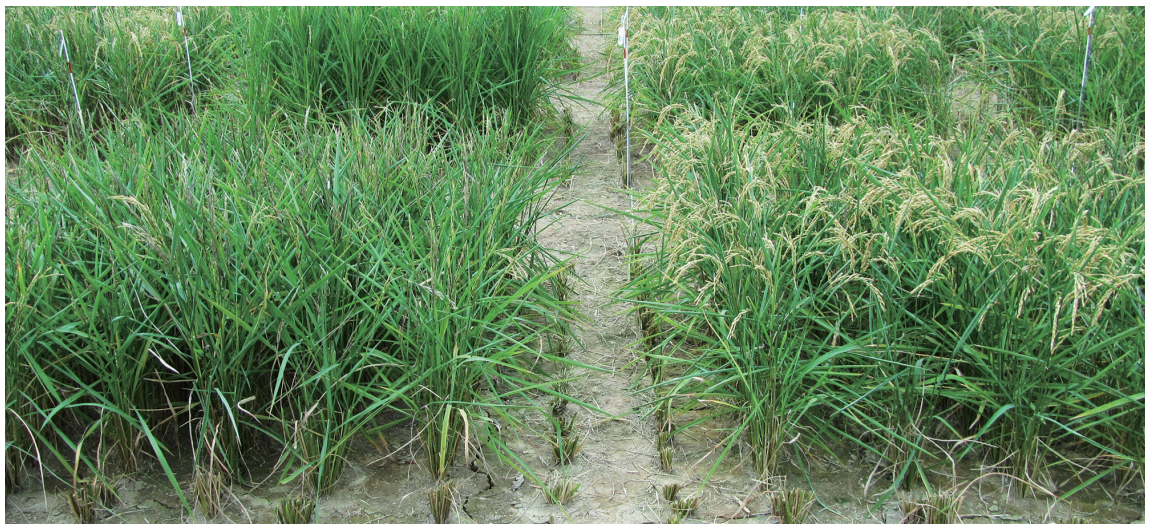
「CLE25ペプチドについてもさらなる研究が必要」と高橋研究員。「ペプチドが受容体に結合してから*NCED3*遺伝子が発現するまでがブラックボックスです。ぜひ明らかにしたい。根での乾燥ストレスの感知から気孔の閉鎖までを途切れなく分子レベルで理解することを目指しています」

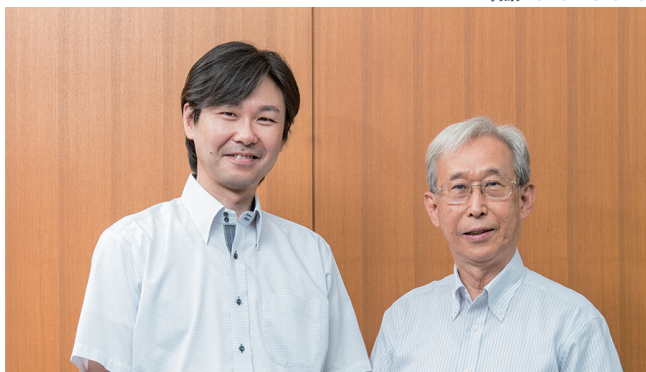
一方で篠崎GDは、ペプチド以外にも根から葉へ乾燥ストレスの情報を伝える機構があるのではないかと考えている。「ペプチドは結合できる受容体が決まっているので、情報の伝達先を厳密に制御できるという利点があります。しかし、ペプチドがつくられて分泌され、葉に運ばれるまでには、時間がかかってしま

図3 イネの原品種とガラクチノール合成酵素の遺伝子を導入した系統の比較

コロンビアの国際熱帯農業センターにおける、干ばつ条件下での隔離圃場試験の様子。

左が原品種のCuringa、右がCuringaにシロイヌナズナから取り出したガラクチノール合成酵素 *AtGalS2* 遺伝子を導入した系統。遺伝子を導入した系統の方が、稲穂がよく実っている。





篠崎一雄グループディレクター
(右)と高橋史憲 研究員

関連情報

- 2018年4月5日プレスリリース
乾燥に強くなる植物ペプチドを発見
- 2017年4月4日プレスリリース
干ばつに強いイネの実証栽培に成功
- 2002年2月26日プレスリリース
植物の乾燥ストレス耐性が向上する新しい技術を開発

う。素早く応答しなければ、枯れてしまう危険もあります」と篠崎GDは指摘する。乾燥によって変化する細胞内の浸透圧を感知する機械的なセンサーがあれば、速い応答が可能だ。浸透圧センサーの探索と機能解析も、今後の課題である。浸透圧ストレスに応答する膜タンパク質の遺伝子を同定しているが、その役割はまだ分かっていない。

「ペプチドによる乾燥ストレス応答や耐性獲得の機構を理解することで、乾燥に強い作物の開発につながる可能性があります」と高橋研究員。機能開発研究グループでは、乾燥に強い作物の開発を目指した研究も進めている。

■ 乾燥に強く、収量の多いイネの実証栽培に成功

世界の人口増加と経済成長により、食料需要は増加し、2050年には現在の1.6倍以上の食料増産が必要になるといわれている。そのため、食料が不足している開発途上地域を中心に、農作物の増産が喫緊の課題になっている。しかし開発途上地域は、栄養に乏しく乾燥した土地も多い。そこで、乾燥に強く、かつ収量の多い作物の開発が求められている。

そうした中、篠崎GDらは国際協力のもと、ガラクチノール合成酵素の遺伝子組換えを行ったイネを乾燥地域の圃場で栽培。原品種より乾燥に強く、収量が多いことを実証し、2017年に発表した。

始まりは、2002年にさかのぼる。篠崎GDらは、シロイヌナズナを用いて、ガラクチノール合成酵素 *AtGolS2* 遺伝子

を過剰発現させると、乾燥に強くなることを明らかにした。乾燥ストレスにさらされると、活性酸素が出て細胞にダメージを与える。ガラクチノールを基質として合成されるオリゴ糖には活性酸素を除去する働きがあるためだと考えられている。

乾燥ストレス応答に関わる遺伝子を導入すれば乾燥に強い作物ができるのではないか。そういう期待のもと、日本の国際農林水産業研究センター、フィリピンの国際稲研究所、コロンビアの国際熱帯農業センター、メキシコの国際トウモロコシ・コムギ改良センターとの共同研究を2007年から行っている。

具体的には、南米とアフリカで普及している陸稲品種であるCuringaとNERICA4に、シロイヌナズナから取り出したガラクチノール合成酵素 *AtGolS2* 遺伝子を導入し、Curingaは2012年から3期、NERICA4は2013年から2期にわたってコロンビアの国際熱帯農業センターの圃場で栽培した(図3)。「結果は予想以上でした」と、篠崎GDは顔をほころばせる。

2012~13年の栽培期間では31日間、2013~14年では39日間の無降雨期間があり、いずれも厳しい干ばつ条件に相当する。2014~15年の無降雨期間は19日間、比較的弱い干ばつ条件に相当する。そのような環境でも単位面積当たりの収量を原品種と比較すると、遺伝子を導入したCuringaは20~50%、遺伝子を導入したNERICA4は17~40%も増加したのだ。「乾燥に強くなっても、生育不良になり収量が上が

らないことが多いのです。しかしガラクチノール合成酵素の遺伝子を導入したイネは、乾燥に強いだけでなく、収量が上がっています。大成功です」と高橋研究員。

篠崎GDが続ける。「今回の圃場での栽培は、シロイヌナズナの乾燥ストレス応答に関わる遺伝子の導入が、乾燥に強く収量の多い作物の開発に有効であることを実証した、世界で初めての例ではないでしょうか」。今後、開発したイネを用いて国際連携で南米やアフリカの農作地で栽培試験を行うことを目指す。

「理研は圃場を持たず、また温暖湿潤な日本では干ばつ条件での実証栽培はできません。国際的な共同研究で初めて可能になるのです。2007年から築いてきた共同研究の枠組みを活用し、理研での基礎研究の成果を作物に応用して、農作物の増産という人類が抱える課題の解決に寄与していきたい」と篠崎GDは意気込む。

篠崎GDは「理研で研究室を立ち上げて30年近くたちますが、今でも植物の環境ストレス応答の全貌を理解できていません。知れば知るほど、植物のシステムは複雑だと感じています」と語る。植物の複雑な制御システムを理解できる日は来るのだろうか。「まず、動物としての常識を捨て、植物の気持ちになって考えることが必要でしょうね」と篠崎GDは笑う。「そして、植物体全体を俯瞰して見るのが重要だと考えています。その点でも長距離の情報伝達を担うペプチドの発見は重要です」

(取材・執筆:鈴木志乃/フォトンクリエイト)
(「理研ニュース」2018年9月号より転載)

創発物性科学研究センター（CEMS）の十倉好紀センター長らは、磁石の中のできる電子スピンの渦構造「スキルミオン」の研究を進め、従来の電磁気学では想定できなかった現象を次々に観測している。「物性科学の世界では今、重要な変革が起きつつあります」そう語る十倉センター長らによるスキルミオン研究の最前線を紹介しよう。

スキルミオンの新現象が見えてきた

■室温スキルミオン物質を発見

電子は、スピンという自転に似た性質を持つことで、微小な磁石として働く。多くの電子スピンの向きが同じ方向にそろうことで、物質全体が磁力を持つ磁石（強磁性体）となる。

ある種の磁石に特定の温度で磁場をかけると、多数の電子スピンの渦を巻いた構造をつくり、1個の粒子のように振る舞うことがある。その磁気構造体がスキルミオンだ（図1左）。

ドイツの研究グループが中性子小角散乱法を用い、磁石の中に多数のスキルミオンが並んだ結晶状態を観察することに初めて成功したのは、10年前の2009年。ただし、その手法ではスキルミオン1個ずつを直接観察できるわけではなかった。

2010年、CEMS電子状態マイクロスコピー研究チームの于秀珍^{ウ ショウジン}チームリーダー（TL）は、薄膜試料に電子線を透過させるローレンツ電子顕微鏡法により、鉄（Fe）・コバルト（Co）・ケイ素（Si）から

成る $Fe_{0.5}Co_{0.5}Si$ に現れたスキルミオンを1個ずつ直接観察することに世界で初めて成功した（図1右）。

さらに同研究チームは、極めて弱い電流でスキルミオンが移動することを確認した。スキルミオンの直径は数～100nm（1nmは10億分の1m）と極小なので、高集積化も可能だ。スキルミオンの有無を1と0に対応させるなどして情報の記録や計算に利用できれば、究極の省エネルギー情報技術を実現できると期待される（『理研ニュース』2015年2月号「研究最前線」）。

スキルミオンは特定の温度と磁場で生成されるが、当初、その温度は極低温に限られていた。室温以上で生成できなければ、スキルミオンを情報処理に広く応用することは難しい。

CEMS強相関物質研究グループの田口康二郎グループディレクター（GD）、徳永祐介 客員研究員（東京大学大学院 新領域創成科学研究科 准教授）らは2015年、コバルト（Co）・亜鉛（Zn）・マンガン

（Mn）の合金である $Co_xZn_yMn_z$ （ $x+y+z=20$ 個の原子）において、組成に応じて室温付近から70℃以上の高い温度でスキルミオンを生成することに成功した。

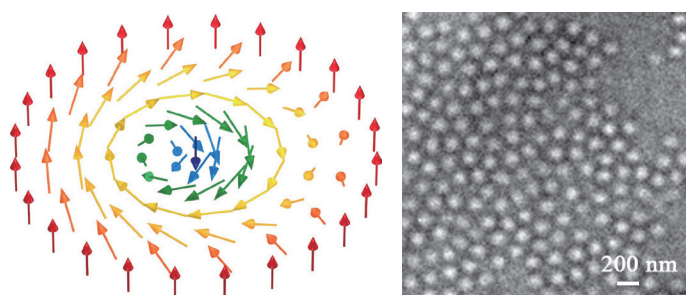
■スキルミオンをポケットで持ち運べる手法を発明

スキルミオンを情報処理に応用するには、もう一つ大きな課題があった。特定の狭い温度・磁場領域を維持しないと、スキルミオンが安定して存在できないことだ。磁石の温度を高くしていくと、一定方向にそろっていた多数の電子スピンの向きが熱によって大きく揺らぎ始め、ある温度を超えると磁力は失われる。その温度を「磁気転移温度」と呼ぶ。スキルミオンは磁気転移温度直下の狭い温度・磁場領域でしか安定して存在できなかったのだ。

強相関物質研究グループの軽部皓介 特別研究員（以下、研究員）、田口GDらは2016年、この問題を解決する手法を発明した。「それは、先行する二つの研究に基づいて実現できました」と軽部研究員は語る。一つは、前述の徳永客員研究員らによる、室温でスキルミオンを生成する研究。もう一つは、CEMS動的創発物性研究ユニットの賀川史敬ユニットリーダー（UL）らによる、「急冷実験」だ（『理研ニュース』2017年5月号「研究最前線」）。

2009年にドイツでスキルミオン結晶が観察された物質はマンガンとケイ素か

図1 スキルミオンの電子スピンの向きと直接観察像



左は、1個のスキルミオンの電子スピンの向きを示した模式図。右の画像は、于秀珍TLがローレンツ電子顕微鏡法により、2010年に世界で最初に直接観察した $Fe_{0.5}Co_{0.5}Si$ 薄膜中のスキルミオン像。白い斑点の一つずつが1個のスキルミオンである。

十倉好紀 (とくら・よしのり)

創発物性科学研究センター センター長

1954年、兵庫県生まれ。工学博士。東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。1994年より東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻教授。産業技術総合研究所強相関電子技術研究センター長などを経て、2007年、理研グループディレクター。2013年より現職。



ら成るMnSiだが、スキルミオンが安定して存在できるのは、27~29K(約-246~-244℃)という極低温の狭い温度領域に限られていた。賀川ULらは、同じ物質を用いて27~29Kでスキルミオンをいったん生成した後、毎秒100度以上の冷却速度で急冷した。すると、23Kから絶対零度(0K=-273.15℃)付近までの広い温度領域でスキルミオンが存在し続けることを発見した。

鍵は「準安定相」だ。この言葉について少し説明しよう。例えば、炭素の結晶構造は地上の室温・大気圧では黒鉛(グラファイト)が最も安定な状態(安定相)だが、地球深部の高温・高圧力下ではダイヤモンドが安定相だ。深部のダイヤモンドをゆっくり冷やしながらか室温・大気圧にすると黒鉛に構造が変化する。しかし火山の噴火活動などで短時間のうちに地上に運ばれて急冷されたダイヤモンドはそのままだ。この状態を準安定相と呼び、真の安定状態ではないものの、一度生成すると非常に長い時間(人間の時間感覚では、ほぼ永遠に)存在し続けることができる。

「私たちは、室温でスキルミオンができる $\text{Co}_8\text{Zn}_8\text{Mn}_4$ を冷やしてみました。室温でスキルミオンをいったん生成した後、1分間に1度程度のゆっくりとした速度で冷却しただけで、絶対零度付近・ゼロ磁場まで含めた非常に広い温度・磁場領域で、スキルミオンが準安定相として存在し続けることが分かりました」と軽部研究員は説明する(図2左)。

十倉センター長は次のように評価す

る。「 $\text{Co}_8\text{Zn}_8\text{Mn}_4$ には結晶構造内に原子配置の乱れが存在しており、それがスキルミオンの安定性に有利に働き、普通の冷却速度でもスキルミオンの準安定相が生成されたと考えられます。軽部さんたちは、特定の温度・磁場でいったんスキルミオンを生成して冷やすという、とても簡単な手法で、スキルミオンが存在できる温度・磁場領域を大幅に拡張できることを示しました。また、この手法を約120℃の高温でスキルミオンが生成する $\text{Co}_9\text{Zn}_9\text{Mn}_2$ に適用することで、室温かつゼロ磁場を含む環境にスキルミオンをつくり出すことにも成功しています。つまり、スキルミオンが存在する物質をそのままポケットに入れて持ち運べるようになったのです」

■ スキルミオン結晶の崩壊と再結晶化

「軽部さんたちの実験では、もう一つ重要な発見がありました」と十倉センター長は指摘する。

「室温付近で生成されたスキルミオンは三角格子の結晶状態で観測されます。準安定相になってからさらに温度を下げると、その結晶が四角格子に構造変化したのです(図2右)。これはまったく予想外の現象でした」と軽部研究員。

多数の電子スピが集まって、直径数~100nmというスケールのスキルミオンをつくる。さらに多数のスキルミオンが集まり結晶をつくる。その大きなスケール階層にできるスキルミオン結晶の構造が変化し得ることが分かったのだ。

では、どのような変化が起き得るのか。于TLはローレンツ電子顕微鏡法を使い別の物質で調べてみることにした。鉄(Fe)とゲルマニウム(Ge)から成るFeGeを急冷して準安定相のスキルミオンを広い温度・磁場領域で生成し、磁場の強さだけを変えてスキルミオンの結晶構造がどのように変化するかを観察した。準安定相のスキルミオンは、

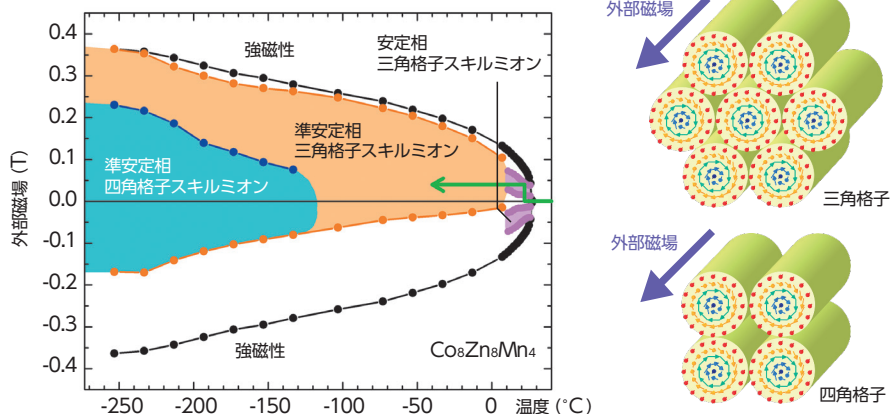


図2 室温を含む広い温度・磁場領域に存在するスキルミオン
 $\text{Co}_8\text{Zn}_8\text{Mn}_4$ において、22℃・外部磁場0.04T(テスラ)で安定相スキルミオン三角格子を生成した後、外部磁場をかけたまま冷却した(緑色の矢印)。すると、広い温度・磁場領域で準安定相スキルミオンが存在し続け、さらに低温では四角格子に構造が変化した。

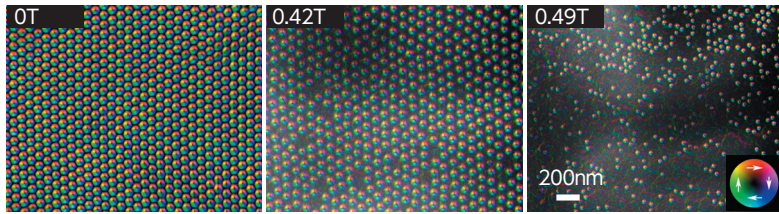
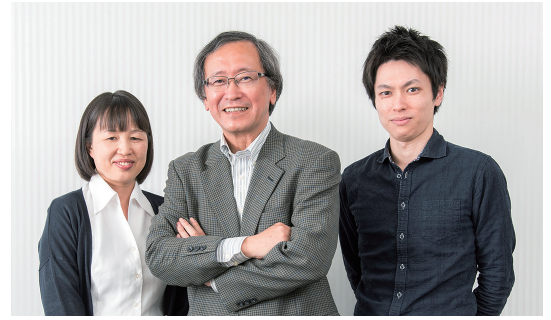


図3 スキルミオン結晶の崩壊

FeGe薄膜に0.1Tの磁場を加え、室温から極低温まで急冷すると広い温度・磁場領域に準安定相のスキルミオンが存在し続ける。極低温で外部磁場をかけないゼロ磁場にしても、スキルミオンは三角格子の密な結晶を保つ(0T)。外部磁場を強くしていくと、スキルミオンのない領域がランダムにでき始め(0.42T)、結晶が崩壊してばらばらになる(0.49T)。カラー粒子はスキルミオンのスピンの向きを色分けしたものの。右下凡例が色とスピンの向き(矢印)の対応。黒色は薄膜試料に垂直なスピン。



左から、于秀珍チームリーダー、十倉好紀センター長、軽部皓介 特別研究員(現 研究員)。

ゼロ磁場でも三角格子の結晶をつくった。しかし、磁場を強くしていくとスキルミオンが存在しない領域が現れ、磁場をさらに強くすると、スキルミオンはばらばらになり、結晶が崩壊した(図3)。

「結晶が壊れた状態から、逆に磁場を弱めていくと、スキルミオンは三角格子をつくって再結晶化しました。このように磁場の強さで結晶構造を簡単に操作できる性質を、情報処理に応用できるかもしれません」と于TLは説明する。

■スキルミオンを生成・安定化させる

新しい要因を発見

スキルミオンは、主にキラルな結晶構造を持つ磁石で観測されてきた。キラルな構造とは、右手に左手を重ねても同じ形にならないように、鏡に映した形が元の形と重ならない構造のことだ。

「室温でスキルミオンを生成できるCo-Zn-Mn合金もキラルな結晶構造を持つ磁石です。この合金でマンガンの比率を高くすると、磁気フラストレーション

と呼ばれる、磁石の性質とはまったく別の複雑な磁気相互作用が強くなります。私は、この磁気フラストレーションがスキルミオンにどのような影響を及ぼすのかを調べてみました」と軽部研究員。

Co-Zn-Mn合金の結晶構造には、正三角形が連なるネットワークがある。電子スピンの二つある場合、互いに反対向きの反平行に並ぶと安定する。しかし正三角形の各頂点にある電子スピンは二つが反平行になっても残り一つの向きが定まらず、安定しにくい。そのような状態が磁気フラストレーションだ(図4)。

軽部研究員らは、 $\text{Co}_7\text{Zn}_7\text{Mn}_6$ に着目し、スキルミオンが生成される磁気転移温度直下の温度・磁場領域とは別に、磁気フラストレーションの影響が強く現れる低温領域でスキルミオンが新たに出現することを発見した(図5)。

十倉センター長は次のように解説する。「この新しい領域に出現したスキルミオンは安定相です。私は、キラルな構造に磁気フラストレーションが加わると、電

子スピンの渦構造の形成が妨げられるだろうと予想していました。しかし実際には、磁気フラストレーションがむしろ、スキルミオンの生成・安定化に有利に働くと考えられます」

スキルミオンがあると、物質中を通過する伝導電子は巨大な磁場があるかのように軌道が曲げられる。「それは極めて巨大な磁場で、私たちは『創発磁場』と呼んでいます。創発磁場は従来の電磁気学では想定していません。磁気フラストレーションが働くと、スキルミオンの直径が小さくなって非常に安定化し、さらに巨大な創発磁場を発生させます」と十倉センター長。

軽部研究員は、「CEMS内の最近の研究で、キラルな構造を持たず、磁気フラストレーションだけが働く物質でも、スキルミオンが生成できることが分かってきました」と続ける。「これまで、磁気フラストレーションが働く物質の研究は盛んに行われてきましたが、スキルミオンが生成できるかどうかは調べられていません。

図4 電子スピンの磁気フラストレーション

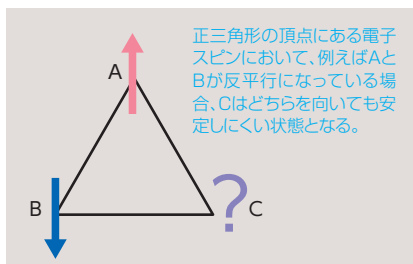
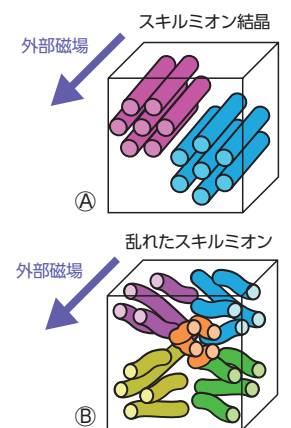
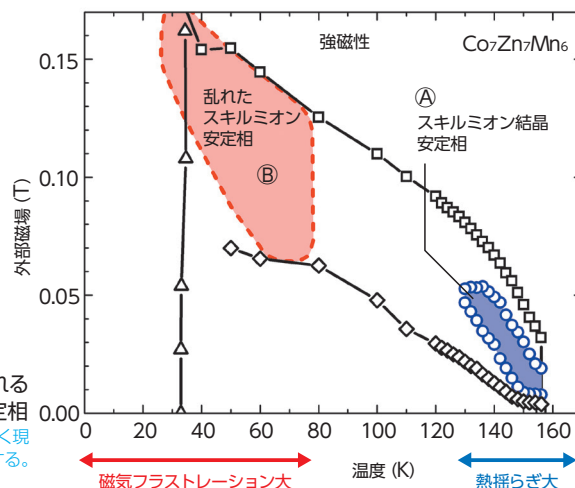


図5 磁気フラストレーションで生成されるもう一つのスキルミオン安定相

磁気フラストレーションが働く $\text{Co}_7\text{Zn}_7\text{Mn}_6$ では、その影響が大きく現れる低温の広い温度領域で安定相のスキルミオンが新たに出現する。それらのスキルミオンのひもは蛇行し、乱れた配置になる(Ⓑ)。



関連情報

- 2018年12月6日プレスリリース
磁気渦と反渦の正方格子を世界で初めて観察
- 2018年9月15日プレスリリース
三次元的に乱れた新しいスキルミオン相の発見
- 2018年5月29日プレスリリース
スキルミオン結晶の崩壊と再結晶化を直接観察
- 2018年1月30日プレスリリース
磁気構造のトポロジーを用いた熱から電気への高効率変換技術
- 2016年9月20日プレスリリース
室温スキルミオン格子の構造転移
- 2015年7月2日プレスリリース
室温以上でスキルミオンを生成する新物質を発見

今後、それを確かめる実験を進めていきたいと思えます。想定外の現象をさらに発見できるかもしれません」

■磁石の中に現れるモノポール

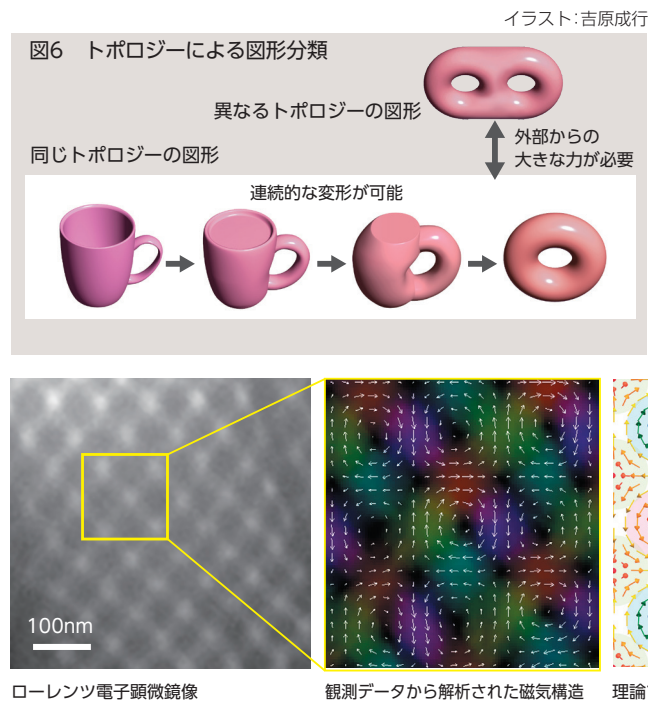
3次元で1個のスキルミオンを見ると、電子スピンの渦巻き構造が一方方向に積み重なり、細長いひも状になっていると推測される(図2右・図5右)。直径は数~100nmほどで、長さは数mm~数cmに及びむもだ。仮に直径を10cmとすれば、長さ100kmという比率になる。

Co₇Zn₇Mn₆では、磁気転移温度直下の温度・磁場領域にできるスキルミオンのひもは、直線状で規則正しく並び、一方、磁気フラストレーションの影響が強くなる低温領域では、スキルミオンのひもは蛇行して不規則に並んでいることが観測データから推測された(図5右)。

十倉センター長らの実験によって、スキルミオンのひもがちぎれると、その切断面はN極だけ、あるいはS極だけの単極の磁石、すなわち「モノポール」のように働くことが分かってきた。

宇宙が誕生した超高エネルギー状態で存在したと考えられているモノポールだが、従来の電磁気学では想定外で、実験的にもその存在は実証されていない。ところが、スキルミオンのひもの切断面が電子に対してモノポールと同じように働いて、磁石の中で運動する電子の軌道を曲げることが確かめられつつあるのだ。宇宙誕生のときと似た現象が、磁石の中で起きていることになる。

「S極とN極のモノポールに相当する、



ローレンツ電子顕微鏡像

観測データから解析された磁気構造

理論で予測される電子スピンの向き

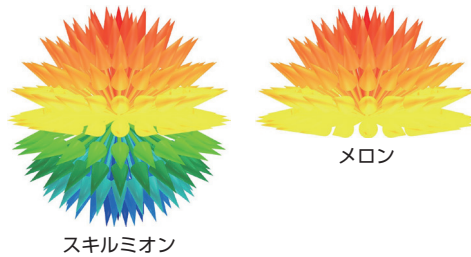


図8 スキルミオンとメロンのトポロジー

トポロジーは連続変形を行っても変化しない量(トポロジカル数)を用いて、形を分類する理論である。スキルミオンをつくる電子スピンの矢印の始点を1点に集めると、終点は全球を覆うようにあらゆる方向を向く。そのトポロジカル数は-1である(左)。電子スピンの内向きの反スキルミオンのトポロジカル数は+1。
一方、メロンの電子スピンの矢印の終点は全球ではなく半球だけを覆い、トポロジカル数は-1/2(右)。アンチメロンは電子スピンの内向きで、トポロジカル数は1/2である。

スキルミオンのひもの切断面を近づけると、非常に大きな磁場の揺らぎが発生します。すると電子はどちらに曲がればよいか分からなくなって、電気抵抗が大きくなります。また、その大きな磁場の揺らぎにより、熱を電気に換える熱電変換の効率が高まることも、私たちの実験で分かってきました。電子が強く散乱されると熱電変換の効率が高まるという理論があり、その効果が効いているのかもしれない」と十倉センター長は解説する。

■スキルミオンで物性科学を変革する

多数の電子スピンのつくるスキルミオンが、なぜ1個の粒子のように安定して存在できるのか。その理由は、トポロジー理論で説明される。それは図形を分類する理論だ(図6)。コーヒーカップは一つ穴のドーナツに連続的に変形できる。ただし、二つ穴のドーナツをつくるには、外部から大きな力を加える必要がある。コーヒーカップと一つ穴のドーナツはトポロジーが同じだが、二つ穴のドーナツはトポロジーが異なる。

スキルミオンもいったん生成されると、外部から大きな力を加えない限りトポロジーが変わらないため、安定して存在すると考えられているのだ。

于TLらは2018年、Co₈Zn₉Mn₃において、スキルミオンとはトポロジーが異なる電子スピンの渦構造を発見した(図7・図8)。理論計算により予言された「メロン」「アンチメロン」と呼ばれる構造で、電子に対して創発磁場として働く。

「電子スピンの磁性とトポロジーが出合うことで、物性科学では今、重要な変革が起きています」と十倉センター長は指摘する。21世紀に入り、グラフェンやトポロジカル絶縁体、質量のないディラック電子、粒子と反粒子が同一のマヨラナ粒子など、新しい物質の状態や現象が次々と見つかり始めている(「理研ニュース」2010年7月号「研究最前線」)。

そうした中、十倉センター長らは、スキルミオンを主要な研究対象の一つにして、物性科学の変革を推し進めている。

(取材・執筆:立山 晃/フォトンクリエイト)
(「理研ニュース」2019年2月号より転載)

見ると壊れる量子現象を計算に利用する研究者

電子や原子などミクロな粒子が働く量子力学の世界では、日常感覚では理解し難い現象が起きる。その奇妙な量子現象を解明するとともに、それを計算に利用する量子コンピュータの研究を進めている研究者がいる。創発物性科学研究センター(CEMS)量子機能システム研究グループの中島 峻 研究員だ。量子コンピュータは、従来のスーパーコンピュータでも計算量が多過ぎて現実的には解くことが難しいある種の問題を、短時間で解けると期待されている。中島研究員の素顔に迫る。



中島 峻 (なかじま たかし)

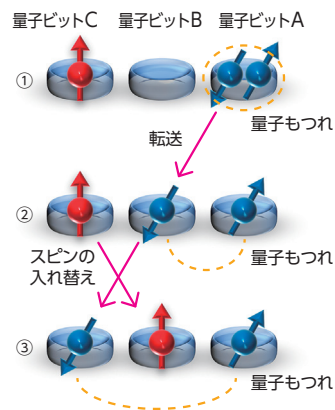
創発物性科学研究センター
量子機能システム研究グループ
研究員

1982年、東京都生まれ。博士(学術)。
東京大学大学院総合文化研究科博士課程広域
科学専攻中途退学。東京大学 助教などを経て
2013年、創発物性科学研究センター 特別研
究員。2017年より現職。

「小学生のころ、父がいろいろな本を薦めてくれました。その中に、量子力学を紹介した講談社ブルーバックスなどの本が何冊もありました。直感的に理解できず、納得できない世界に興味を持ったのです」。やがて東京大学大学院に進学。「量子力学の理論研究をしてみたいと、総合文化研究科の清水 明 教授を訪ねました。すると、『量子現象は理論研究だけでは解明できない。理論は実験が苦手な人がやればよい。ぜひ実験をやるべきだ』と説得されました」

中島研究員は、固体中の電子が示す量子伝導現象を実験で調べる研究で学位を取得。その後、2013年に理研CEMSに入り、量子コンピュータの研究を進めている。量子コンピュータも従来のコンピュータと同様に0と1を表現するビットが情報を表す基本単位だ。ただし、従来のビットは0か1のどちらか一方しか表現できないのに対し、「量子重ね合わせ」により0と1を同時に表現する量子ビットを用いる。「電流を流すなど何らかの方法で量子ビットを観察すると、その影響で量子重ね合わせが壊れて、0か1のどちらか一方になります。ただし10回観察すると3回は0、7回は1、などと任意の比率で0と1を重ね合わせることができます。このような直感に反する現象が、私が納得できなかった量子力学の世界です」

イオンや光を利用するなど、いくつかの方式の量子ビットが研究されており、固体を使うものでは超伝導回路の研究が先行している。「私たちは、半導体に微小な構造をつくり、そこに閉じ込めた1個の電子を量子ビットに用いる研究を進めてい



ます」。電子にはスピンという自転に似た性質があり、アップとダウンの2種類の向きのスピンがある。それを0と1に対応させる。計算を行うには、量子ビットAがアップならばBはダウンであることが確定するような、量子力学的な相関関係をつくる必要がある。それを「量子もつれ」と呼ぶ。超伝導回路よりも電子1個の量子ビットのサイズは小さく、集積化に有利だ。ただし、隣り合う量子ビット間以外では、量子もつれを容易につくれないという大きな課題があった。中島研究員らは2018年、その課題を解決する新技術を開発することに成功した。

「図のような手順のアイデアは以前からありました。しかし最後のスピンの入れ替え操作をゆっくり行う必要があり、その間に外部からの電気や磁気のノイズで量子重ね合わせや量子もつれが壊れてしまい、実現できませんでした。電流を流してスピンの向きを観察することもノイズになります。ただし量子ビットBとCは量子もつれの関係にないの、量子重ね合わせや量子もつれを壊さずに、BとCの関係を観察できます。私たちの実験により、BとCの関係を観察しながら操作をすると、スピンの入れ替えが素早く起きるという予想外のことが分かりました」

小学生のころに納得のいかなかった量子現象の疑問は解けたのか。「納得できる部分は増えましたが、研究を進めると奇妙な量子現象が新たに見えてきて、100%は納得できていません。量子コンピュータ用に開発した新技術で、納得できない量子現象の解明を進める。そこで分かったことを利用して新技術を開発する。その両輪で研究を進めていくつもりです」

最近、量子現象以外にも興味のある観察対象ができた。6歳と3歳の息子たちだ。「長男は突然、車のギアの仕組みについて質問をしてきたりします。いろいろなことに興味を持ち始め、観察していると面白くて不思議な存在です」

(取材・執筆:立山 晃/フォトンクリエイト)

(「理研ニュース」2019年3月号より転載)

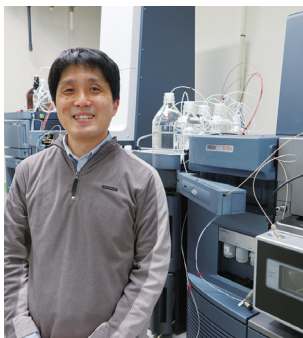
植物遺伝子を社会に役立てる研究者

地球温暖化によって将来、植物が高温ストレスにさらされる頻度が高まり、成長が阻害されることが危惧されている。

そうした中、環境資源科学研究センター(CSRCS) 統合メタボミクス研究グループの東 泰弘 研究員は、高温ストレスの緩和に必須である脂質分解酵素リパーゼの遺伝子を発見。その遺伝子の機能を強化するなどの改良を行うことで、高温ストレスに強い作物の創出につながると期待されている。

「植物の遺伝子を使って社会のためになることをしたい」

そう語る東研究員の素顔に迫る。



東 泰弘 (ひがし・やすひろ)

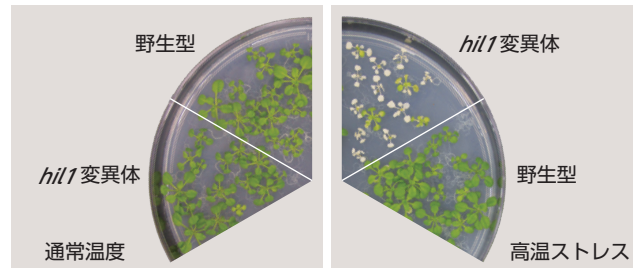
環境資源科学研究センター
統合メタボミクス研究グループ 研究員
1979年、千葉県生まれ。博士(薬学)。千葉大学薬学部総合薬品科学科卒業。薬剤師免許取得。千葉大学大学院医学薬学府創薬生命科学専攻博士課程修了。米国ドナルド・ダンフォース植物科学研究所ポスドクフェローを経て、2012年より現職。2018年度理研桜舞賞受賞。

高校時代、「人と話すのは苦手だから、1人で黙々と実験をする研究者が自分には合っている」と思っていた東研究員。ある日、友人から「研究所の見学に行こう」と誘われた。それが、地元の千葉県木更津市にある、かずさDNA研究所だった。「DNAシーケンサーがずらっと並び、読み取った塩基配列が次々と出力されていました。なんて格好いいんだ、遺伝子の研究をしよう、と決めました」

千葉大学薬学部に進学。4年生からの所属は、遺伝子資源応用研究室と入学時から決めていた。「実験が面白くて、毎日遅くまでやっていました」と東研究員。大学院では、種子に貯蔵されるタンパク質の生合成機構を研究。当時注目され始めていたトランスクリプトーム解析とプロテオーム解析を駆使して、環境ストレスで変化するRNAとタンパク質の発現量を調べた。「貯蔵タンパク質の生合成に重要な遺伝子を突き止めるまでには至らず、悔しさを残して博士課程を終えました」

研究室には留学生や外国人研究員も多く、刺激を受けたことや、旅行好きだったことから、「海外で研究してみたい」と米国のドナルド・ダンフォース植物科学研究所へ。ケシから得られる化合物モルヒネの生合成酵素の立体構造解析プロジェクトに加わった。X線による構造解析に必要なタンパク質の結晶化を担当。「添加物などを少しずつ変えて大きく高品質な結晶ができる条件を地道に探るのは、性に合っていました。でも、今日こそはと顕微鏡をのぞいても小さな結晶ばかり。実験が大好きとはいえ、つらい日々でした」と振り返る。1年ほどして、ようやく解析に使える結晶ができた。「同僚から『baby's luck

図 *hil1* 変異体の高温ストレスに対する応答



だね』と言われました」と頬が緩む。直前に子どもが生まれていたので。その結晶を使って共同研究者が立体構造の解析に成功した。ほかにもバイオ燃料への応用を目指し、遺伝子組み換えによって植物にテルペンという脂質をたくさんつくらせる研究も行った。気が付けば、米国に来て5年がたった。2012年に帰国し、理研へ。

現在の研究テーマの一つは、植物の高温ストレス応答である。植物を通常より高い温度で栽培すると葉緑体の膜を構成する脂質の分子組成が変わることから、脂質組成の変化が高温ストレスの緩和に関わっていると考えられている。東研究員は、高温ストレスによって発現が誘導される遺伝子をトランスクリプトーム解析で調べ、その中で脂質分解酵素リパーゼの遺伝子に注目した。その遺伝子を *HIL1* と名付け、機能を調べ始めたが難航。しばらくして東研究員の勤務地が神奈川の横浜から埼玉の和光へ変わった。CSRS内の連携推進を目的としたものだったが、これが幸いした。「通勤時間が短くなり、実験に使える時間が増えたのです。しかも、3人目の子どもが生まれたばかりだったので、妻の負担を少しは減らせたかも」。およそ2年かけ、*HIL1* 遺伝子は葉緑体膜の脂質組成の変化に重要な役割を果たしていて、高温ストレスの緩和に必須であることを明らかにした。*HIL1* 遺伝子の機能を欠損させた変異体は高温ストレスを受けると枯れてしまう(図)。「脂質組成の変化はわずかなので、高性能の質量分析計とその性能を発揮できる技術を持つ研究グループのメンバーあってこそその成果」と東研究員。それまでの一見無関係に思える研究で得た知識や技術も役立った。

「研究者は、いろいろな人と協力し合い、大勢の前で発表もする。昔抱いていた研究者のイメージとは違っていました」と笑う。「遺伝子を研究しているからには、新しい遺伝子を見つけたいと思いつけてきました。それがようやく実現できた。*HIL1* 遺伝子の機能をさらに理解し、社会に役立てること。それが次の目標です」

(取材・執筆:鈴木志乃/フォトンクリエイト)

(「理研ニュース」2019年3月号より転載)

グリーン環境配慮調達

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に、グリーン購入推進委員会を設置しています。主な活動として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。

また、実際の調達は事業所等の単位で研究活動やそれに付随する物品の購入等を行っていますが、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と情報共有等を行いグリーン購入推進の検討を行っています。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、所内に向けて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。

2018年度の調達に関しては、特に総調達数量の多い文具類の調達率向上を目標に掲げ、その目標通りに昨年度を大きく上回る調達率を達成することができました。

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

一方で、エアコンについては低い調達率となりました。

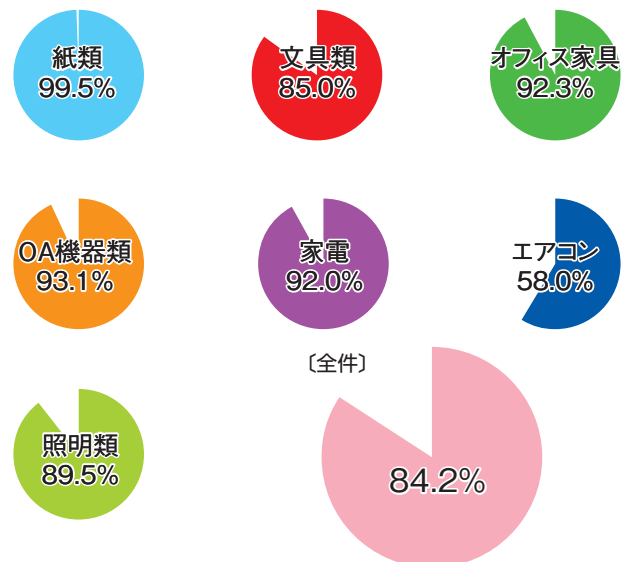
各品目の調達率を鑑みながら、次年度以降も環境基準を

満たす物品等の調達量の向上に努めていきます。

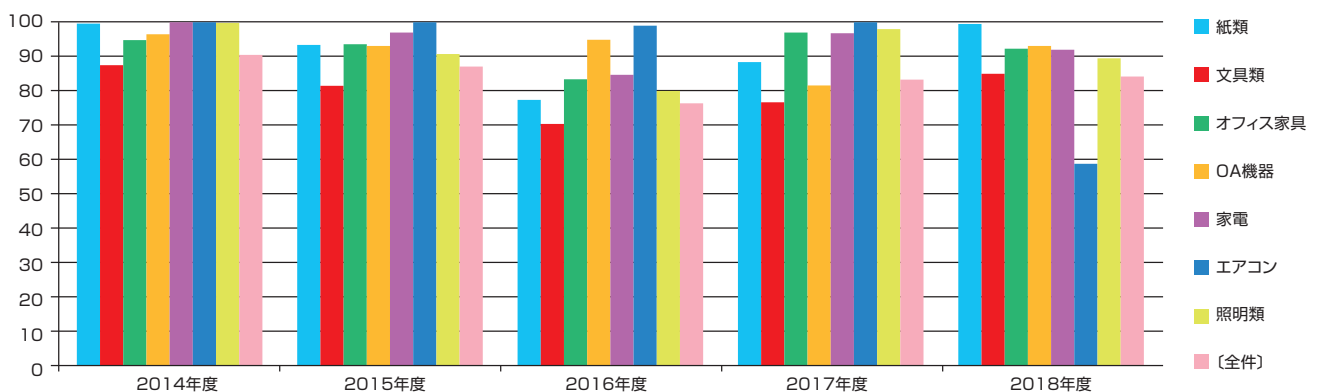
グリーン購入法には、木材・木材製品の合法性、持続可能性の証明が確実になされているものを優先して調達することも規定されています。

これらの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、全所における環境負荷の低減を推進しています。

■2018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(%)



環境配慮契約の締結に努めています。

理研では「国等における温室効果ガス等の排出の削減に配慮した契約の推進に関する法律(いわゆる環境配慮契約法)」に基づき、環境配慮契約の締結に努めています。

2018年度の状況としては、①電気の供給を受ける契約

(10件)、②自動車の購入及び賃貸借に係る契約(1件)、③産業廃棄物の処理に係る契約(4件)について、環境配慮契約を締結することができました。

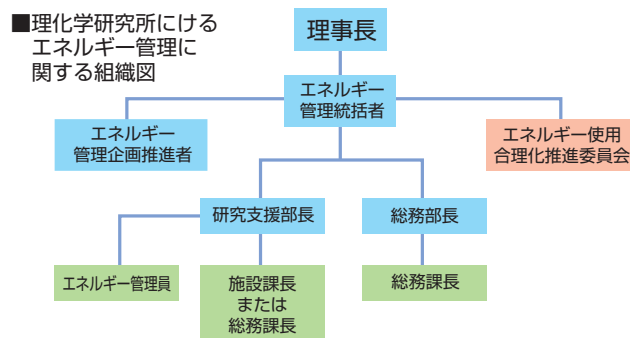
地球温暖化の防止

地球温暖化の原因となるCO₂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CO₂排出量

2018年度のエネルギー消費原単位をみると、前年度比0.4%削減、過去5年度間平均1年当りでは1.8%削減となっています。

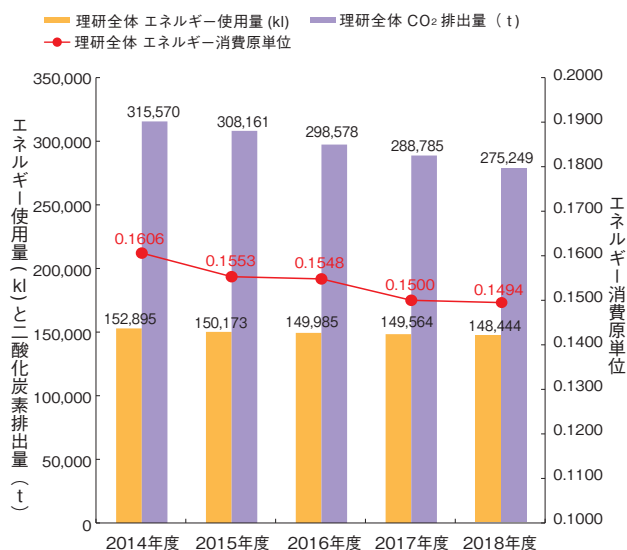
理研全事業所のエネルギー使用量は、148,444kl(原油換算値)(前年度比:99.3%)、二酸化炭素排出量は、275,249(t)(前年度比:95.3%)となりました。

東日本大震災以降、CO₂排出係数が大きく変化したために

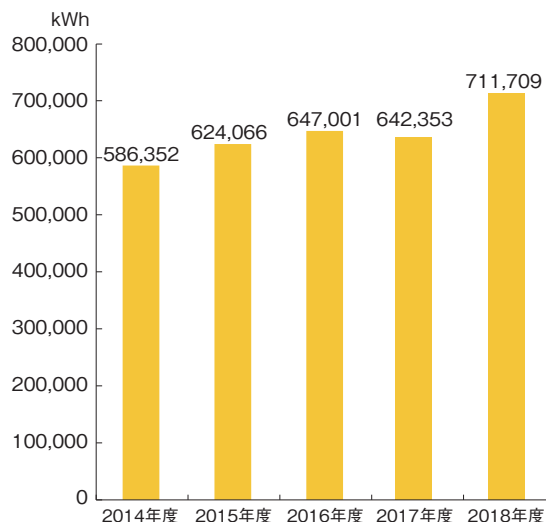
増加していたCO₂排出量ですが、2015年度から減少に転じ、2018年度の排出量は前年度比4.7%減少しています。

また、理研では、CO₂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ます。2018年度の発電量は、711,709kWh(前年度比:110.8%)となりました。

■理研のエネルギー使用量と二酸化炭素排出量の推移



■理研の太陽光発電量の推移



フロン排出抑制法に基づく、フロン類算定漏えい量の報告

2015年4月に改正された、フロン排出抑制法に基づき、管理する第一種特定製品の使用等に際して排出される、フロン類算定漏えい量が1,000t-CO₂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。

2018度は、フロン類算定漏えい量が480t-CO₂となり1,000t-CO₂を下回ることができました。専門業者による冷凍機等の点検・保守を継続した結果、フロン類算定漏えい量は前年度比で36%となりました。

理研では、今後も引き続き専門業者と連携し、専門的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。

■2018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	172 t-CO ₂
和光事業所 (仙台地区)	宮城県	0 t-CO ₂
筑波事業所 (筑波地区)	茨城県	49 t-CO ₂
横浜事業所 (横浜地区)	神奈川県	97 t-CO ₂
神戸事業所 (大阪地区)	大阪府	0 t-CO ₂
神戸事業所 (神戸第1地区)	兵庫県	160 t-CO ₂
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		480 t-CO ₂

※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適切に処理しています。

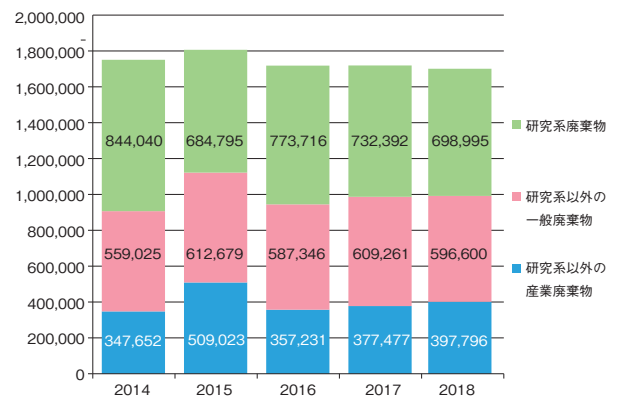
2018年度は、前年度に比べ研究系の廃棄物が4.6% (33,397kg) 減少、研究系以外の廃棄物は0.8% (7,658kg) 増加、廃棄物全体では1.5% (25,739kg) の削減となりました。

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。



研究系廃棄物の収集と保管・管理

■廃棄物量の推移(kg)



廃棄物グラフ

※一般廃棄物はごみの比重を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

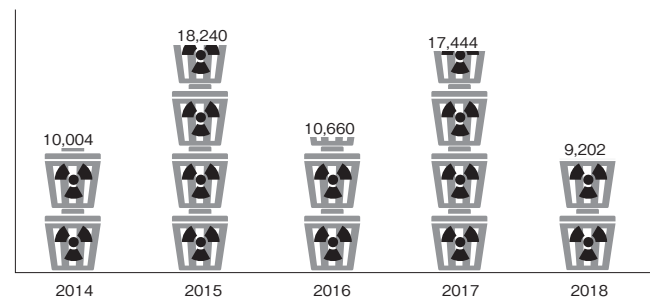


不要になった未開封試薬のリサイクル

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。2018年度は現在まで保管してきた蛍光灯安定器等の高濃度PCB廃棄物と新たに発見された低濃度PCB廃棄物のすべてについて中間貯蔵・環境安全事業株式会社および低濃度PCB廃棄物のPCB無害化処理施設に処理を委託し適正に処理処分を行いました。これにより理化学研究所で保管していたすべてのPCB廃棄物についての処理処分が完了いたしました。



漏洩対策などの措置を行い保管していた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。

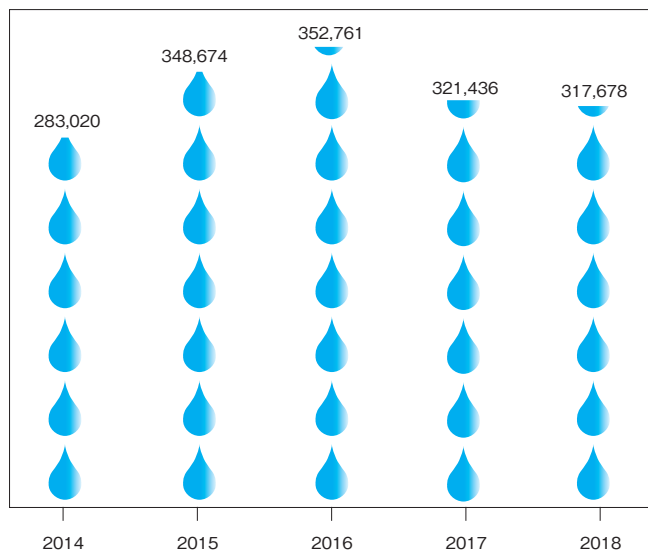
処理設備を設置して排水の水質を適切に管理しています。

各事業所では、実験室から排出される有害物質や汚濁負荷物質を直接排水口へ流さず、専用容器に回収しています。さらに、実験室などから出る実験系排水の処理設備を備えています。有害物質や汚濁負荷物質などを吸着する装置を

はじめ、分解、酸化、凝集沈殿、活性汚泥、砂ろ過、消毒・滅菌、pH調整など、事業所の排水の特性に合わせて処理を行い、法令や条例などで定められた分析を行って排水に異常がないことを確認しています。

■年間実験排水量の推移(m³)

1水滴 = 50,000m³



■水質自動監視装置

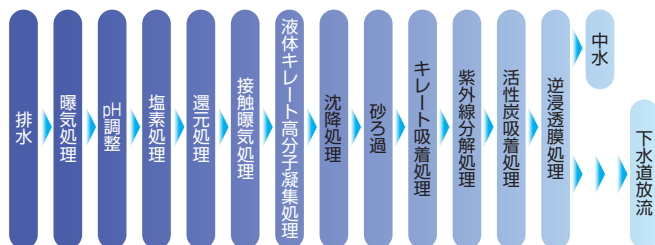


節水対策(中水化システム)

逆浸透膜を利用した中水化システムで、実験排水の一部を再利用しています。

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

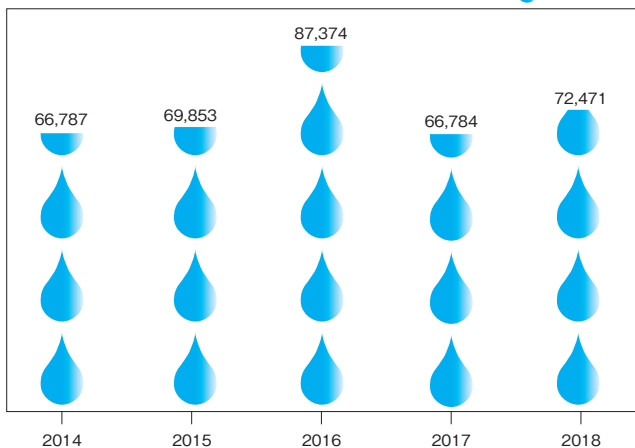
■中水化システムのプロセス



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(m³)

1水滴 = 20,000m³



■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

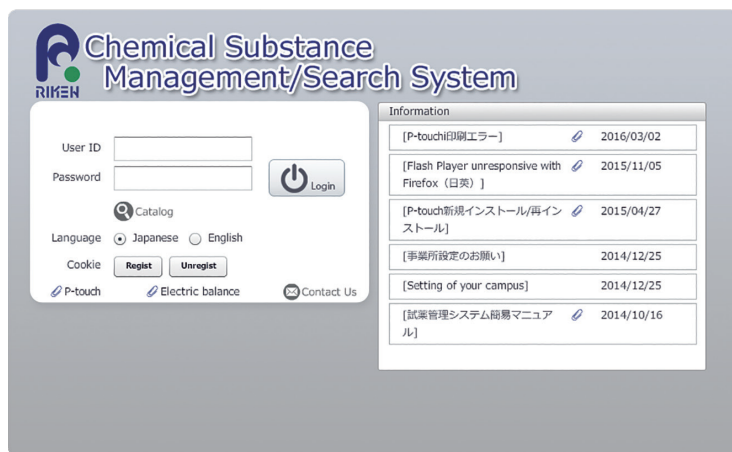
働く職員だけでなく、地域住民の皆様の安全を確保するため、研究に欠かせない化学物質の適正な管理に努めています。

所内で使用する化学物質を適切に管理しています。

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、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、2018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)

	2014年度			2015年度			2016年度			2017年度			2018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	45	0	1,100	(20)	(0)	(750)※	(21)	(0)	(520)※	(25)	(0)	(780)※	(30)	(0)	(930) ※
クロロホルム	240	0.9	7,700	200	1.5	6,500	170	2.8	5,000	150	1.3	4,400	140	1.0	4,200
塩化メチレン	100	0.3	3,400	130	0.6	4,300	100	0.9	3,200	89	1.5	2,800	100	0.9	2,600
ノルマルヘキサン	130	0	5,700	180	0	6,000	140	0	4,400	95	0	2,900	140	0	3,900

※報告対象数量未済のため、2015年度以降は報告対象外

働きやすい職場づくり

男女共同参画

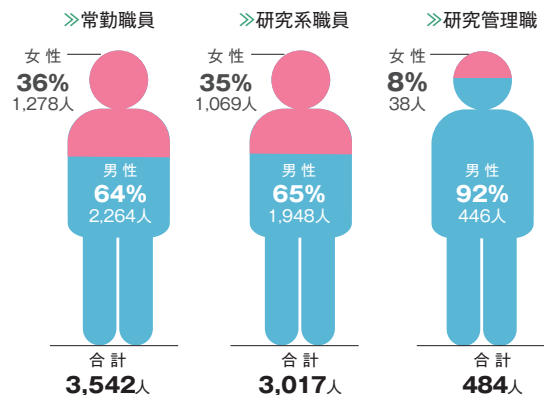
理研では、女性も男性も、より能力を発揮できる「働きやすい職場づくり」を目指し、仕事と生活の両立支援や男女共同参画、ワーク・ライフ・バランスの推進に積極的に取り組んでいます。支援制度の検討にあたっては、性別や職制に関わりなく、できるだけ多くの職員が利用できる仕組みとなるよう、常にバランスに配慮しています。

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 *2019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、正確に対応しており、業務の質も向上しています。

一人では難しいこと、苦手なことも、室員同志で工夫したり、協力したりすることで、業務をやり遂げ、研究所に貢献していくことは、室員のやりがいにも繋がっています。



業務支援員の作業風景

働きやすい職場づくり

職員のメンタルヘルス

「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た取り組みを行っています。メンタルヘルス対策が円滑に推進されるよう、各事業所にメンタルヘルス推進担当者を選任しています。

2018年度から『職員一人ひとりが健康で生き生きと働ける職場環境づくりに積極的に取り組む』という目標の実現に向けて、メンタルヘルス不調の第一次予防(未然防止)および治療・障がいと仕事との両立支援を推進しています。

- ・ストレスチェックを実施し、職員のセルフケア対策や職場環境改善に取り組みます。
- ・地区の特性を踏まえたセルフケア研修や管理職研修を実施します。
- ・治療・障がいと仕事との両立支援を推進するため、がんの治療と仕事の両立支援の制度を整備し、周知してゆきます。

- ・長時間労働による健康障害を未然に防ぐため、残業の事前申請や残業時間が一定時間を越えた職員のアラートを管理職に通知し注意喚起を行うとともに、有給休暇の取得を促します。また、長時間労働者に対する面接指導を着実に実施します。



心の健康づくり計画

環境コミュニケーション

科学講演会

理研の研究成果を一般の皆さまに向けわかりやすく紹介する「科学講演会」は、昭和53(1978)年以来開催している歴史ある講演会です。第40回を迎えた2018年度は11月3日(土)に東京都千代田区の丸ビルホールにて開催し、約260名の方々に参加いただきました。

冒頭の特別講演「未来を創る自然科学研究」(小安 重夫 理事)では、理研の未来社会ビジョンでもある、環境・資源・エネルギー問題の解消に貢献できる研究事例として、ほぼ電力を使わずに駆動することが可能な仮想粒子・スキルミオンの研究や、耐塩性イネ系統の研究が進められています。

続いて、三好 建正チームリーダー(計算科学研究センター データ同化研究チーム)が「データ同化研究～ゲリラ豪雨予測からその先へ～」と題し、観測データとシミュレーションを融合してゲリラ豪雨を予測する研究を紹介しました。次に、杉本 慶子チームリーダー(環境資源科学研究センター 細胞機能研究チーム)が「植物の再生のふしぎ」と題し、植物の優れた再生能力を解説。研究チームが発見した、傷口で生じる再生誘導やそれを抑制する仕組みを紹介しました。最後に、辻孝チームリーダー(生命機能科学研究センター 器官誘導研究チーム)が「次世代再生医療としての器官再生の実現を目指して」と題して、器官再生医療の現状と展望を述べ、器官原基法という手法を用いて実現した歯・唾液腺・毛包の器官再生を紹介しました。

いずれの講演も、身近なテーマでもあり、会場からは活発に質問が出ました。

科学講演会は2019年も11月3日(日・祝)開催です。



2018年度科学講演会の様子

和光事業所

和光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

和光地区一般公開

2018年4月21日(土)に、和光地区にて一般公開を開催し、約7,800名の方にご来場頂きました。

「『知りたい!』が未来を切りひらく」と題して約100の研究室を公開し、講演会などの各種イベントや小さなお子さんにも楽しんでいただける体験イベントも開催しました。

【開催概要】

日 時:4月21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



サイエンスレクチャー

平成30年度チャレンジジュニア育成事業(夢のかけはし教室)「研究所の研究员になりたい!」

2018年8月16日(木)に、埼玉県チャレンジジュニア育成事業(夢のかけはし教室)「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方々と連携し、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。

当日は仁科加速器科学研究センターの加速器などを見学後、「分光器作成実習」を行いました。

【開催概要】

日 時:8月16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



サイクロトロン見学

埼玉県立総合教育センター一般公開

2018年10月13日(土)に行われた埼玉県立総合教育センターの一般公開に、理研は「重合反応」を利用して、自分だけのオリジナルキーホルダーを作ろう、「光を分解する“分光器”を作ろう」をテーマとするワークショップで出展しました。

当日は多くの児童生徒、保護者、地域の方々が立ち寄られ、キーホルダーや分光器を作成されました。分光器作成後は、蛍光灯や電球、LEDなどの光を観察し、その違いを体験してもらいました。

【開催概要】

日 時:10月13日(土)

場 所:埼玉県立総合教育センター(埼玉県行田市)

対 象:埼玉県立総合教育センター一般公開来場者



キーホルダーを作ろう!

和光事業所

和光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

和光市民大学

2018年12月6日(木)及び12月20日(木)の2日間、和光市中央公民館にて「和光市民大学」が開催されました。和光市民大学は和光市及び周辺にある研究機関などから、その知的資源を地域に公開してもらうことによって、高度で専門的な学習機会を市民に提供することを目的としています。

当日は、理研の研究者が「人と環境に優しいバイオプラスチック」、「レーザーが創る小さな3次元の世界」について講演しました。

【開催概要】

日 時：12月6日(木)、12月20日(木)
場 所：和光市中央公民館
対 象：和光市内在住・在勤・在学者



環境資源科学研究センターバイオプラスチック研究チーム
阿部英喜チームリーダーによる講演

敷地境界における有害大気汚染物質の測定

和光地区におきましては、埼玉県生活環境保全条例に基づき、年間500kg以上取り扱う有害大気汚染物質のクロロホルムおよびジクロロメタンについて、敷地の境界線において大気濃度測定を年2回実施しています。ともに排出基準値を下回っています。2019年2月に測定した結果は以下の通りです。

	クロロホルム	ジクロロメタン
測定結果 (mg/m ³)	0.1未満	0.5未満
規制基準 (mg/m ³)	1.7	5.8



敷地境界での測定状況

有害物質を使用・保管する洗浄施設の定期点検

水質汚濁防止法における有害物質を使用もしくは保管する実験室等の洗浄施設について接続排水管の点検、流し台の破損および周辺からの漏洩等の点検を年に1回定期的に行っています。また同洗浄施設の改廃状況及び構造変更の届出を埼玉県および和光市に対して行っています。



調査対象の流し台

筑波事業所

筑波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

筑波地区一般公開

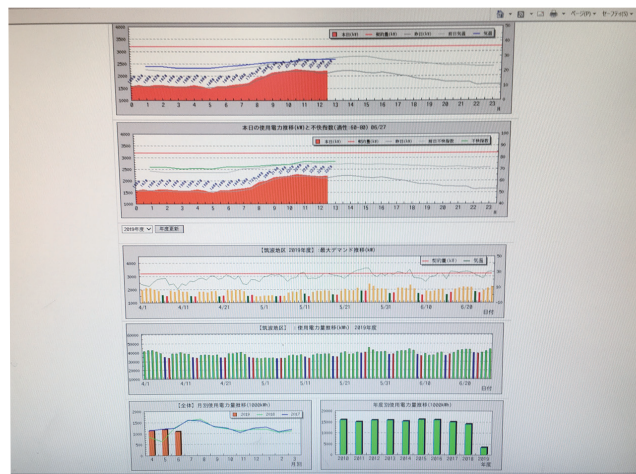
筑波地区では、2018年度の一般公開を7月28日(土)に開催しました。当日は、幼児から大人まで1,782名の方にご来場いただき、バイオリソース研究センター(BRC)の事業内容や研究活動について、各研究室のオリジナルイベントを体験しながら、研究者と一緒に楽しく理解を深めることができました。また、ご来場の皆様からは、「iPS細胞などの保存施設が筑波にあることを知った」、「リソース整備事業が身近な製品の役に立っていることがわかった」など、筑波地区の活動が生活と密接に係わっている点についても理解が深まったとの感想をいただきました。筑波地区では、今後も一般公開をはじめ、地域や社会との繋がりを深める取り組みを推進して参ります。



カラフルな人工イクラを作製しているところ。上手にできるかな？

ホームページでの使用電力公開

筑波地区では、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」に基づき、電気・ガスなどのエネルギー消費量について、年平均1%以上の削減に向け積極的に取り組んでいます。この省エネルギー活動の一環として、所内ホームページ上において電力使用状況の情報を公開しており、地区全体の使用量を1時間ごとに更新し、また地区全体・建物別の使用量を毎日更新しています。職員ひとりひとりが身近に電力の使用状況を確認できることで、節電・省エネ意識の醸成を図ることを目的としています。



所内ホームページ上での電力使用状況の公開

筑波地区の植栽管理

筑波地区の敷地内にはサクラ、ハナミズキ、ナツツバキ、フジその他多種多様な樹木、草花が植えられており、敷地境界線や景観の形成、建物の屋上スペースを活用した屋上緑化による環境性能の向上などの目的をもってデザインされています。これら植栽には周辺環境への影響を避けるため殺虫剤や除草剤などの薬剤を使用していないことから、病害虫の発生や倒木危険樹が見受けられた場合には、正しい知識と判断に基づく適切な処置が求められます。そのため、植栽管理は専門業者によりその特性、生息環境、育成状況などを考慮し、四季に応じた最適な状態での管理をおこなっています。



バイオリソース棟付近の中高木管理状況

横浜事業所

横浜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

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、横浜市立大学と協力をし、鶴見クリーンキャンペーンを毎年秋に実施しています。

敷地前から西側歩道約500mの清掃活動と、どんぐり拾いを行っています。2017年度は雨天中止となりましたが、2018年度は小雨の降るなか時間を短縮して実施し、約45名がクリーンキャンペーンに参加しました。

収集したどんぐりは、高知県にある「どんぐり銀行」に送付し、森づくりに活かす緑化運動にも貢献しています。自然環境に考慮した「地域コミュニティに根付く活動」を今後も続けていきます。



クリーンキャンペーンの様子

横浜地区 一般公開

2018年9月1日(土)に一般公開を開催しました。県内外より3,061名の皆さまにご来場いただき、盛況のうちに終えることができました。

当日は、環境系の催しとして、クイズやビデオ上映を通してサステナブルを考える体験イベントや、バイオマス資源を利用した物質生産について考えるツアー、その他にも講演会、ポスターによる研究発表など、環境から生命まで多数のイベントを実施しました。

また、一般公開日が防災の日であることから、特別イベント「The 消防体験!」を横浜市消防局鶴見消防署入船消防出張所のご

協力を得て実施しました。はしご車搭乗や応急処置・消火器体験などを通じて消防活動に理解を深める機会となりました。



一般公開の様子

生ごみ処理機による生ごみの削減、飼料化

持続可能な社会を実現する為、地球温暖化対策としてCO₂の排出量を削減し、環境負荷を軽減する事は全人類の重要な課題となっています。

横浜地区では、「横浜市生活環境の保全等に関する条例」に基づき、横浜市と「環境保全協定書」を締結し、環境保全対策の一つとして、生ごみ処理機を2006年に導入しました。

現在も、職員食堂等から排出される年間約7,000kg(H30年度実績)の食物残渣を処理する事で、焼却処分により発生するCO₂を削減しています。

また、処理後の食品一次生成物は、特殊肥料「たんぼぼ湘南6号」として登録し、農業団体に引渡して有機肥料へと転化させています。



生ごみ処理

横浜事業所

横浜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

省エネパトロールの実施

当地区では、エネルギー消費原単位の削減目標を達成するための活動の一環として、エネルギー消費量が増加する夏季と冬季の年2回、全棟の居室を対象とし、総務課による省エネパトロールを実施しています。

内容は、点検員が各室を巡回し、空調、換気、照明、OA機器類等の使用状況を確認します。点検においてエネルギーの無駄な使用が見受けられた場合には、是正を促し適切な使用をお願いするとともに、パトロール結果を地区全体に公開することにより、省エネへの一層の理解と協力を呼び掛けました。



省エネパトロールの様子

防災訓練

2018年11月1日に隣接する横浜市立大学と合同で総合防災訓練を実施しました。2018年度は、気象庁による全国緊急地震速報の訓練に合わせ、関東圏での大規模地震を想定し、和光地区等と連携して地震・津波避難訓練を行うとともに、横浜地区内の託児所の保育士、子供等も津波避難訓練に参加し、子供等の避難時のサポート方法を確認しました。また、鶴見消防署の協力のもと、煙テントを用いた避難体験、水消火器の放水訓練を通じ、災害時の動作確認や防災意識の啓発を図りました。

さらに、近隣企業とともに構成する末広地区自衛消防組織連合隊に引き続き参加し、2018年11月29日に地域の消防訓練を実施しました。



防災訓練の様子

安全衛生職場巡視・教育訓練

研究活動を実施する職場の安全・衛生が確保されるよう、事業所長、産業医、研究支援部、情報システム室、安全管理室が一体となり定期的に職場巡視を実施しています。指摘事項については研究室の対応状況を継続して確認し、繰り返し指摘がある場合は改善対策の検討を行うよう求めています。

また安全管理室では、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。2018年度は、安全管理室が発信する情報を研究室内に周知する役割をもつ担当者に対し、安全・適切に研究活動を進めるうえで必要な事項を再確認するための説明会を開催しました。



教育説明会の様子

神戸事業所

神戸・大阪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

8本の桜並木。(神戸地区 西エリア)

神戸地区西エリアには8本の桜があります。この桜たちが今春も花を咲かせました。神戸地区西エリアは神戸市のポートアイランド内に2001年3月に開設しました。その後数回の建物建築工事を経て現在の姿になりました。

施設建設と共に敷地内の緑化についても計画を進めてきましたが、海上の人工島という立地ですので緑化作業は難航しました。

こちらの桜も植樹当初は根付きが悪く、また建物整備に伴う敷地内での移植、そして、台風や潮風など塩害による被害も受けて何度も枯れそうになりました。そのためなかなか春に花を咲かすことは出来ませんでした。



今年も綺麗な桜が咲きました

このような苦難がありましたが、現在は植樹当初とは見違えるように元気に成長し、春には綺麗な桜を花開かせています。まだまだ小さい桜並木ですがこれからもしっかりと根をおろして、春には綺麗な桜吹雪が舞うように願って大切に育てていきたいと思っています。



空調設備の大規模更新工事を行っています。(神戸地区 西エリア)

神戸地区西エリア内の動物飼育実験棟と、発生・再生研究棟Bの空調設備の更新工事を進めています。当研究所の空調については実験環境の再現性などの理由により厳密な温湿度管理が必要になります。特に実験動物飼育に関してはより細かい温度管理が求められます。しかしながらこちらの建物は2001年の竣工から15年以上経過し施設の老朽化による不具合等の発生率も増加しておりました。このような状態でしたので空調機器の改善回復工事を計画し実行しました。こちらの大規模更新工事を行うことで施設の健全化を取り戻し、また効率低下していた機器を修理・交換することで機能回復による省エネルギー効果が期待できます。



更新前の空調機器



更新された空調機器

クリーン作戦を実施しました。(神戸地区 東西エリア)

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

クリーン作戦は、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、事業所周辺の公道のタバコや空き缶等のポイ捨て軽減を目指しています。

2018年度は、研究者や事務職員およそ100名が朝早くから参加し、研究所敷地前から近隣周辺歩道まで清掃活動に貢献し、沢山のゴミを回収しました。

今後もクリーン作戦を実施することにより、個人の環境への関心を高め、道路の美化や環境の向上を図っていききたいと思います。



クリーン作戦の様子

神戸事業所

神戸・大阪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

職場における科学と芸術の融合を目指した取り組み。(神戸地区 南エリア)

計算科学研究センターでは、「プロジェクト『京』」という取り組みを毎年行っています。これは、大阪芸術大学と連携して学生の芸術作品を本センター研究棟の各フロアに展示し、職場環境に新たな風を吹かそうという取り組みです。

研究者にとって新たなインスピレーションの誘発となるようにという趣旨のもと始まったものですが、センター内の全職員にとってより良い環境づくりとなるようにという意図も含まれております。また、職員による展示作品の人気投票やそれに伴う授賞式・懇談会を行うことで、作品を提供してくれている学生にとって貴重な機会となり、その後の新たな芸術作品を生みだすための創作意欲ともなればと考えております。

今年で9回目となる本プロジェクトですが、今年も感性溢れる素晴らしい作品が揃っています。



エレベーターホールにおける作品展示の様子

実験排水管の漏水検査、万全に。(大阪地区)

理研・大阪地区も民間の事業者と同じように水質汚濁防止法が適用されています。屋外実験排水埋設配管においては、年1回配管内に内視鏡を挿入して配管の健全性を確認し、地下水汚染が発生しないよう徹底しています。

もちろん、研究棟内の各ラボの実験流し台、パイプシャフト、地下ピット内配管の点検も欠かしません。試薬類の付着した実験機器・器具の洗浄法についてマニュアルが整備され、研究者はこれを遵守しています。



漏水検査作業の様子



吹田産業フェアに出展しました。(大阪地区)

大阪地区で活動している生命機能科学研究センターが中心となって、吹田産業フェア(2019年5月11日、12日開催)に出展しました。このイベントは、吹田市にある民間企業など約100社が出展し、2日間で約6万人にご来場頂きました。

理研ブースでは、組織透明化技術「CUBIC」を使って透明化したマウス標本を展示しました。皮膚や筋肉を透明にすることができる技術の説明に多くの来場者が興味深く耳を傾けてくださいました。また、「イヌザメ」「プラナリア」「ソメワケササクレヤモリ」「アフリカツメガエル」などの生き物の写真を貼って缶バッジを作るコーナーも設けたところ、子供たちにも大人気でした。



出展時の様子

播磨事業所の活動

播磨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

救急措置講習

播磨地区では、消防署員を招き、けがや病気により心肺が停止した人に行う心肺蘇生法とAED(自動体外式除細動器)の使い方を学ぶ普通救命講習会を毎年実施しています。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。家庭や外出先でも役に立つ重要な技術ですので、理研職員だけでなく、播磨地区に勤務する他機関の方々にも幅広く案内して参加を募っています。2018年度は2回開催し、計30名が参加しました。

また実験安全講習会において、毎年保健師が受傷時の応急処置及び車椅子・担架の取り扱いの説明を行っています。2018年度は2回開催し、計16名が参加しました。



救急措置講習

水質調査及び土壌調査

播磨地区では、研究活動に伴う化学物質・実験廃液等による環境汚染の有無を把握する取り組みとして、水質分析及び土壌調査を実施しています。

水質分析は敷地内の実験施設配置を考慮した上で検体採取場所の見直しを行い、実験排水一時貯留槽(3ヶ所)、地下水(3ヶ所)、三原栗山ため池(1ヶ所)、XFEL雨水放流管(1ヶ所)において検体を採取し、環境省告示等による分析試験を行った結果、有害性は無く環境への影響がないことが確認されました。

土壌調査は、敷地内の10地点より土壌を採取し、土壌汚染対策法に基づく告示により分析試験を行いました。今回試験項目として追加したクロロエチレンを含め、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っていることが確認されました。



土壌調査

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。2018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。



放射線管理

環境報告書の信頼性を高めるために

第三者意見(和光市)

和光市は、埼玉県の南端にあり、東京都に隣接し、市域は都心から15~20km圏内に位置します。

1970年10月31日に埼玉県で29番目の市として誕生し、2020年に市制施行50周年を迎えます。

東京近郊都市として発展を続けるなかでも豊かな自然環境を有する面積11.04km²の人口8万人を超える高密度な人口の都市を形成しています。

交通の利便性においては、東武東上線・東京地下鉄・副都心線の乗入れと副都心線の東急東横線、みなとみらい線の相互乗入れにより、新宿・渋谷・横浜まで乗り換えなしで行くことのできる鉄道交通至便な市であると共に、現在は、中央道、関越道、東北道に接続しており、近い将来、東名高速から常磐道までの5つの高速道路を束ねる東京外環道が南北に走り、首都圏有数の交通結節点でもあります。

和光市駅は2020年東京オリンピック・パラリンピック射撃会場への交通アクセス窓口となっているため、駅周辺では、ホテル機能を備えた東武の駅ビル建設なども進み、海外を含めた多方面からの来訪者をおもてなしする準備が着々と進んでいます。

この様な和光市において、国立研究開発法人理化学研究所は1967年に和光市の前身である大和町に移転してきて以来、半世紀以上、当市と共に発展を続けてきました。

毎年4月に行われる一般公開には、市民をはじめ8000人を超える方々が来場され、各分野100を超える研究室を公開し、研究者との対話や、特別講演、サイエンスレクチャーなど最先端科学に触れる機会を創出いただいています。

未来の研究者を目指す、小学校高学年を対象に、学び、体験する機会を提供していただいたり、市内在住、在学の小学生中高学年を対象とした子供科学教室により最先端の科学技術や施設に触れる機会を提供していただき、興味や関心を深める活動も継続して積極的に行っておられます。

また、和光市民まつりに出展や、和光市民大学講座において研究者による講演をしていただくなど市民の方々と交流を深めています。

和光市では113番元素「ニホニウム」発見記念事業として和光市駅南口駅前広場から理化学研究所までの区間を「ニホニウム通り」と命名し、元素記号のプレートを設置し、その道のりに記念碑、モニュメント、フラッグや理化学研究所が開発した桜(仁科蔵王)の植樹などの整備をしました。

本年、令和元年5月19日に理化学研究所の協力のもと和光市はニホニウム通り整備事業完成イベントを実施し、北

海道から沖縄まで全国各地の小学生から大人までの幅広い年齢層の方が理化学研究所を訪れました。

元素検定、仁科加速器科学研究センター施設見学、仁科加速器科学研究センター長による特別講演会が行われ、昨今の科学離れを感じさせない、熱く活気あるイベントとなりました。

理化学研究所は働きやすい職場づくりを目指して男女共同参画の一環で事業所内に託児施設を設けたり、出産後も働ける環境づくりに積極的に取り組まれています。

また、CO₂排出量は、2015年度比8.5%を減少させ、太陽光発電設備の設置を推進し、地球温暖化防止に努めています。

和光市との間では、災害時における応援、放射線施設周辺の安全確保、新事業創出などにかかわる協定等を締結しております。

理化学研究所の研究成果は、専門性が高く、一見日常生活とはやや離れているように思われますが、加工食品、飲料製品、ゲリラ豪雨予測など日常生活に密接に関連しており、改めて研究の重要性を感じています。

また、東日本大震災による放射性物質であるセシウムについても、除染と農作物の安全性を研究されており、7年余りたった現在も抱えている問題解決に向けて取り組んでいます。

113番元素の発見の研究と並行して、すでに119番・120番元素の探索に挑戦など、様々な研究をされている理化学研究所ですが、今後とも、未来の研究者を目指す子供たち向けのPR活動にも積極的に取り組んでいただき、科学の裾野を広げていただくことを期待しています。

和光市としては、引き続き、連携を一層緊密にしお互いの発展につながる取組みによって活力ある快適環境都市づくりを進めていきます。



和光市 建設部 次長 兼 道路安全課長
高橋 琢磨

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(理研)は、100年以上の歴史と実績を持つ自然科学の総合研究所であり、地球の環境保全に留意し、環境に配慮した研究所運営を最重要課題に挙げ、積極的かつ継続的に環境問題の解決に取り組んでいます。環境マネジメントの行動指針としては、1)環境問題解決に貢献する先進的な研究成果の創出、2)環境マネジメント体制に基づく環境負荷低減への取り組みと情報公開、3)理研内の環境配慮体制整備と働きやすい職場づくり、4)各地域拠点における周囲との環境コミュニケーションと環境配慮活動としています。

1)の研究成果創出に関しては、イノベーションを創出する運営システムを支える体制・機能強化を掲げ、A)関係機関との連携を強化した科学技術ハブネットワークの構築、B)持続的なイノベーション創出を支える新たな科学の開拓・創生、C)戦略的研究開発推進と最先端の研究基盤構築・運営を通して、更なる成果の社会還元を推進を進めています。幾つかの具体的な成果例が、特集として記載されていますが、①スーパーコンピュータを用いた長期間の気候変動予測、②環境ストレスに対する応答と耐性獲得機構を分子レベルで理解する事による環境ストレスに強い作物の開発、③電子や原子などのミクロな粒子の世界における奇妙な量子現象を解明する事による物性科学の変革や量子コンピュータへの応用、④植物の遺伝子機能強化などの改良により環境ストレスに強い作物を創出し社会に貢献する研究が紹介されており、これらの優れた研究成果の実用化が期待されるようです。

2)に関しては、グリーン購入推進、温暖化防止のためのエネルギー使用合理化・CO2排出量低減や太陽光発電量増大が記載されており、年度別に見ても継続した成果が確認できます。研究に付随して発生する多種多様な廃棄物に関しては、再資源化に組み込み、廃棄物量も減少傾向で、2018年度は、対前年1.5%減となっています。放射性廃棄物、PCB含有廃棄物、化学物質は、法令や各自治体の定める条例や指針に従った収集・保管を実施、それぞれの廃棄・処分・把握と管理についても、同様の法令等に基づいた処理・管理を実施しています。加えて、定期的な水質調査、土壌調査、放射線測定を行い、地域の安全を確保する活動を実施、排水や節水に関しても、適正に管理され、活動全体が管理下にある事が良く解ります。

3)の働きやすい職場づくりや職員の健康は、研究所運営・環境に関する諸活動の土台で、働き方改革が問われている状況下、各職員が、能力を発揮できる働きやすい職場作りを目指し、男女共同参画、障害者雇用促進にも留意して、研究活動・研究支援業務が実施されており、研究成果創出の原動力の一つと言えます。また、職員の精神の健康確保も重要課題で、心の健康づくり基本方針を策定し、健康で生き生きと働ける職場環境作りに積極的に取り組むという目標を立て、長時間労働の未然防止・ストレスチェック実施等の活動への取り組みが、なされています。

4)に示す環境配慮活動は、全事業所による継続的な取り組みで、一般公開は、地域や社会との繋がりを深める活動で、全事業所で実施されています。他の諸活動は、各事業所間で活動内容が少し異なりますが、学校・地域・社会等に対する理研の研究紹介、清掃・水質や土壌調査・放射線管理実施による環境汚染未然防止、空調設備更新による施設の健全化と省エネルギー化を図っている事は、地域貢献・相互理解を実現するための有意義な環境活動として評価できます。監事意見の最後として、本環境報告書では、理研による環境に対する行動指針・取り組み・成果が具体的に、明確に記載されており、今後の更なる継続した活動と成果を期待していると、まとめさせていただきます。



国立研究開発法人理化学研究所
監事 松尾康博

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 2019」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	○	組織図、予算、人員、環境マネジメント体制、環境報告書監事意見書	7-9 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・土壌汚染防止・大気汚染防止・放射線管理	25-29 33,35,36 37,38	
4. マテリアルバランス	○	環境負荷の全体像	10		
【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	9
		(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、普通救命講習会の開催	9,36 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・大気汚染防止・放射線管理	9, 25-29 33,37,39
	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	○	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	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) 環境関連の新技術・研究開発	○	特集 1~3 FACE 1~2	11-24
		(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	10,27	
【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	10,26 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	10,28
	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	10,28
	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	10,26 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	10,28
		(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	33,35,37
		(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	10,29 34,38
		(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	10,27
		(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	33,38,39
	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	9	
	【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

RIKEN 2019-051 (発行：2019年9月)