

RIKEN ENVIRONMENTAL REPORT 2021

理研環境報告書

美しい地球と
わたしたちの未来のために

理事長挨拶 Greetings from the President

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た歴史ある研究所です。

時代と国の要請に応え組織形態を変えながらも、わが国で唯一の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してきました。

現在は特定国立研究開発法人として、国際競争の中で革新的な研究成果を創出し、日本のイノベーションシステムを強力に牽引する中核機関としての責務を果たすべく「科学道」を邁進しています。

改正科学技術基本法である科学技術・イノベーション基本法が2021年4月1日に施行されました。これを受け、理研の研究活動内容を定める国立研究開発法人理化学研究所法も改正されています。

理研法の改正によって理研の研究対象は、自然科学のみならず人文社会科学にまで拡大されました。これまで以上に総合的な研究を推進し、研究開発成果の最大化とともに、人類が直面する諸課題を解決すべく、積極的に取り組んで参ります。

未だ猛威を振るっている新型コロナウイルス感染症や、多発する自然災害など、世界は多くの問題を抱えています。理研は、皆様の安寧な生活を脅かすさまざまな脅威に対応し、より良い暮らしや将来に資するため、科学技術によって貢献できることを着実に実施します。

そして、特定国立研究開発法人として国民の皆様のご期待に沿うべく所員一丸となって研究活動を進めて参ります。ご支援のほど、よろしくお願い申し上げます。

理化学研究所 理事長

松本 紘



RIKEN ENVI

環境理念 Environmental Philosophy

「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 Environmental Action Guidelines

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。

理研ウェブサイト <http://www.riken.jp/about/president/>

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、社会的責任を強く意識し、研究者の自律性と豊かな発想を大切にしながら優れた研究成果を発信していくとともに我が国のイノベーションに貢献していくことを目指して活動しています。2020年に引き続き、2021年も新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の流行を抜きには語れません。2020年の春には一時期研究を停止する事態に到りましたが、感染防止対策を徹底すると同時にリモートワークを活用し、現在では研究活動は通常に近いレベルまで回復することができました。しかし、様々な共同研究、特に外国との共同研究は大変難しく、多くの共同研究が影響を受けております。

理化学研究所の経営方針として、2015年に松本紘理事長のリーダーシップの下、「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、研究開発を進めています。また、今回のCOVID-19をきっかけとして感染症研究にも力を入れ始めております。「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

理化学研究所では、「自然を理解し、自然を尊ぶ」という環境理念を掲げております。人間を含めた「自然を理解する」というのは科学の大きな目標です。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ことが求められております。同時に、自然を尊ぶ精神を心にとどめ、美しい地球の環境保全に努力す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。

理化学研究所はその行動指針として、環境に配慮した研究所運営を最重要課題としております。積極的・継続的に環境問題の解決に取り組むために、理化学研究所は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を行います。
- 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。

例年同様、本環境報告書では、理化学研究所における最先端の研究活動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認識しております。理化学研究所において、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、本報告書を通じてご覧頂ければ幸いです。



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るので、本報告書を通じて科学技術に対する理解も深めていただければ幸いです。
- ・ 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

2020年度(2020年4月1日～2021年3月31日)。ただし、一部2021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

2021年9月

目次 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
研究最前線	
・植物を襲う植物	11
・植物×微生物で農業を変える	15
グリーン・環境配慮調達	19
地球温暖化の防止	20
廃棄物削減	21
排水管理・節水対策	22
化学物質管理	23
男女共同参画、障害者雇用	24
労働衛生への取り組み	25
各地区における環境コミュニケーションと 環境配慮活動への取り組み	
・和光地区の活動	25
・筑波地区の活動	28
・横浜地区の活動	30
・神戸・大阪の活動	32
・播磨地区の活動	34
環境報告書の信頼性を高めるために	
・第三者意見	36
・監事意見書	37
環境報告ガイドライン(2012年版)との対応表	38

～世界最高水準の成果を生み出すための経営方針～

我が国がイノベーションにより、地球と共生し、人類の進歩に貢献し、世界トップクラスの経済力と存在感を維持するため、理研は、総合研究所として研究開発のポテンシャルを高め、至高の科学力を以って国の科学技術戦略の担い手となる。

そのため、大学と一体となって我が国の科学力の充実を図り、研究機関や産業界との「科学技術ハブ」機能の形成を通してこれを展開することにより、世界最高水準の成果を生み出すべく、次の五つの柱に沿って、高い倫理観を持って研究活動を推進する。

1. 研究開発成果最大化のための研究運営システムを開拓・モデル化する
2. 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
3. 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
4. 国際頭脳循環の一極を担う
5. 世界的研究リーダーを育成する



渋沢 栄一
化学研究所設立請願書
議会へ提出(1914年)
理研初代副総裁

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



高峰 讓吉
「国民科学研究所」設立
提唱(1913年)



鈴木 梅太郎
ビタミンの発見、
ビタミンBの分離精製



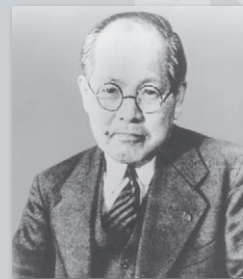
菊池 大麓
初代所長
理学博士でありながら
文学修士、名誉法学博士



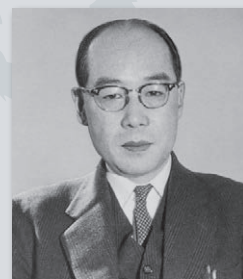
大河内 正敏
第三代所長。
理研コンツェルン、
主任研究員制度の創設

1948～

株式会社
科学研究所



仁科 芳雄
主任研究員、
科学研究所初代社長



湯川 秀樹
仁科研究室出身、
主任研究員

第4期中長期計画における主な取り組み

- イノベーションデザイナーによる未来社会のビジョンとそれを実現するためのシナリオの提案
- 社会課題解決に向けたエンジニアリングネットワーク形成と強化
- 科学技術ハブおよび産業界との共創によるオープンイノベーションの推進
- 若手研究人材の育成
- グローバル化の推進
- 新たな分野創出に向けた研究や組織・分野横断的取り組みの推進
- 国家的、社会的要請に応える戦略的研究開発の推進
- 世界最高水準の研究基盤の開発・整備・共用・利活用の推進

HISTORY AND TRADITION 歴史と伝統

1958~

特殊法人
理化学研究所



ノーベル学賞受賞
成果は、理研彙報
(昭和18年)で発表



朝永 振一郎
仁科研究室出身、
理研OB会初代会長

2003~

独立行政法人
理化学研究所



野依 良治
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

2015~

国立研究開発法人
理化学研究所



松本 紘
国立研究開発法人
理化学研究所初代理事長

2017~

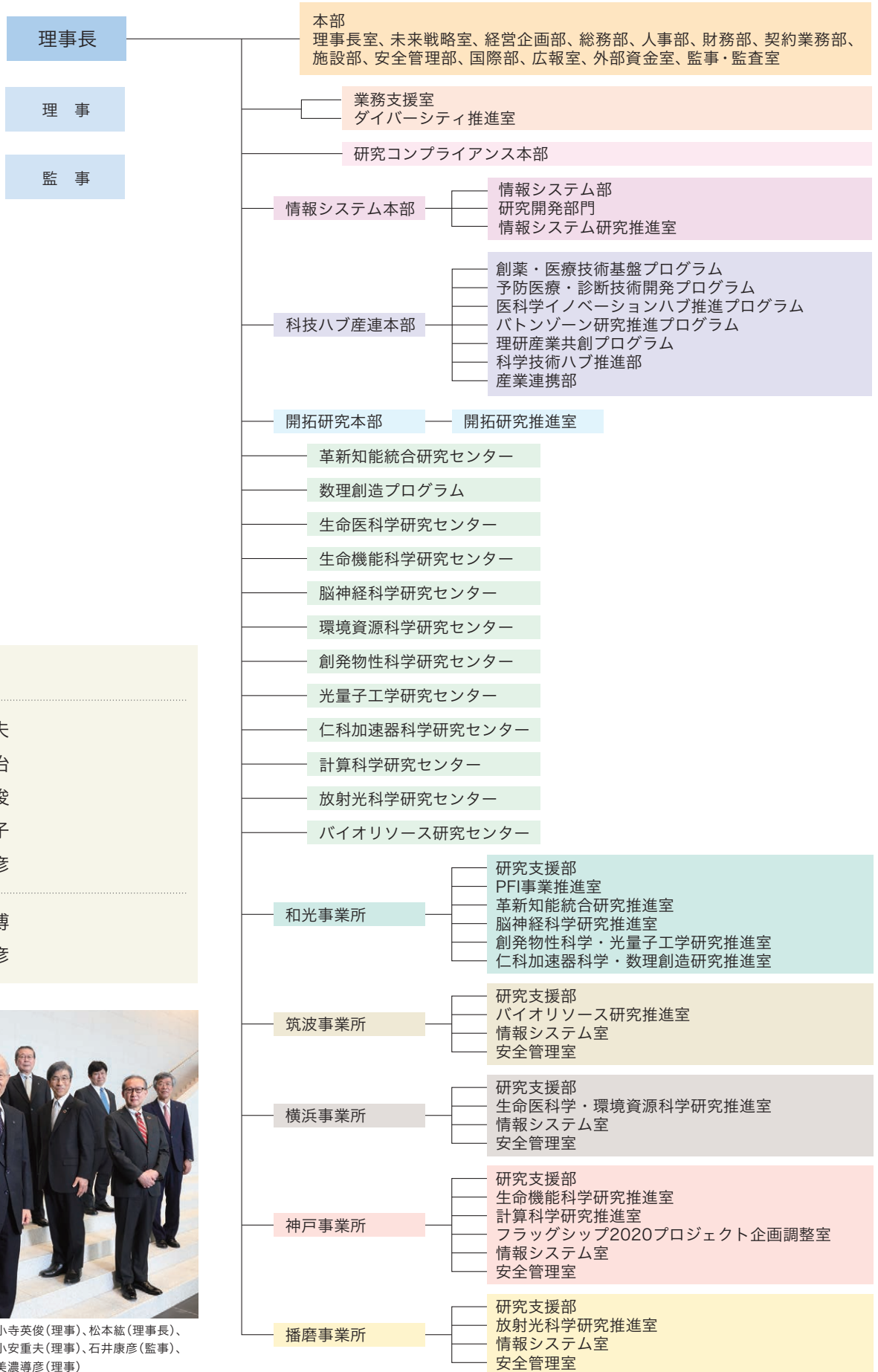
理研創立百周年
和光移転50周年
播磨開設20周年

2018.4

2025.3

第四期中長期目標期間

組織図



理事長 松本 紘

理事 小安 重夫
加藤 重治
小寺 秀俊
原山 優子
美濃 導彦

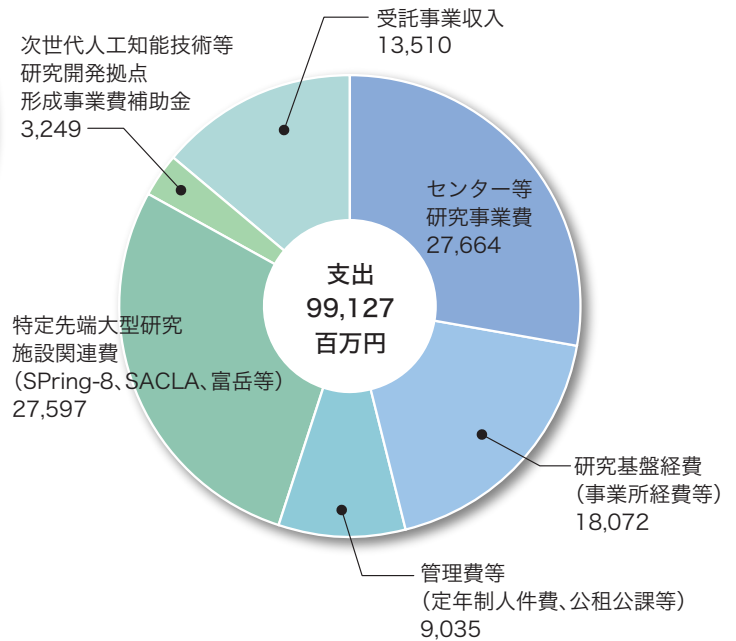
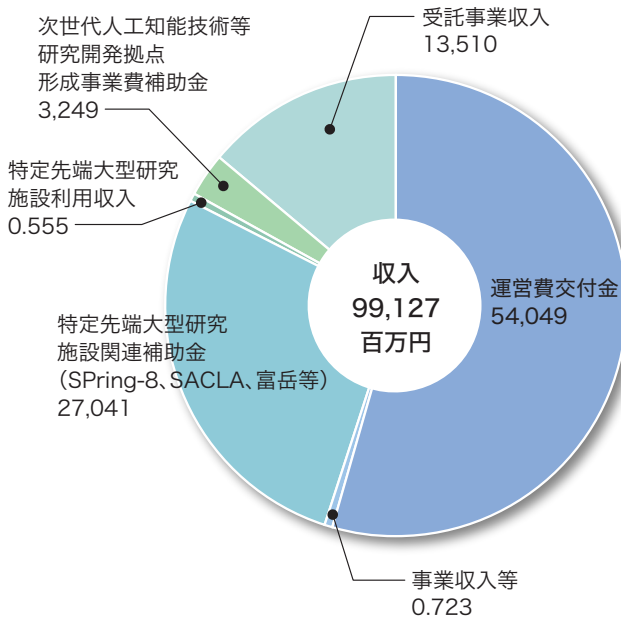
監事 松尾 康博
石井 康彦



左から、原山優子(理事)、小寺英俊(理事)、松本紘(理事長)、松尾康博(監事)、小安重夫(理事)、石井康彦(監事)、加藤重治(理事)、美濃導彦(理事)

予算

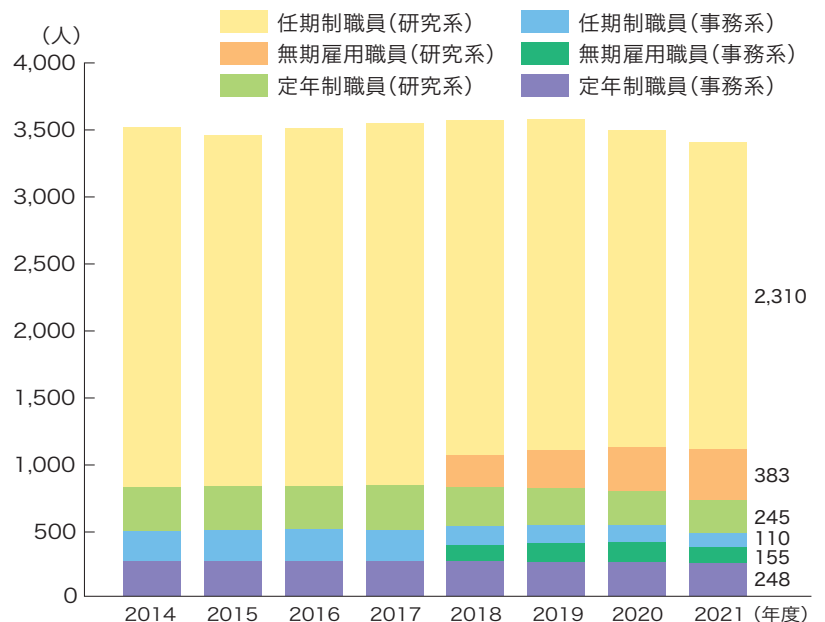
■ 2021年度収入と支出 ※2021年度支出予算（単位：百万円）



人員構成

2021年4月1日の常勤職員数は3,451人で、その85%にあたる2,938人が研究系職員、さらに、その79%にあたる2,310人が任期制職員です。また、研究系常勤職員のうち長期雇用者は628人となっており、研究所が中長期的に進めるべき分野などを考慮し、公正かつ厳正な評価を行ったうえで、長期雇用者の割合を4割程度まで拡充することを目指しています。

■ 理研の人員の推移 ※各年度末の人数。2021年度は4月1日現在の人数



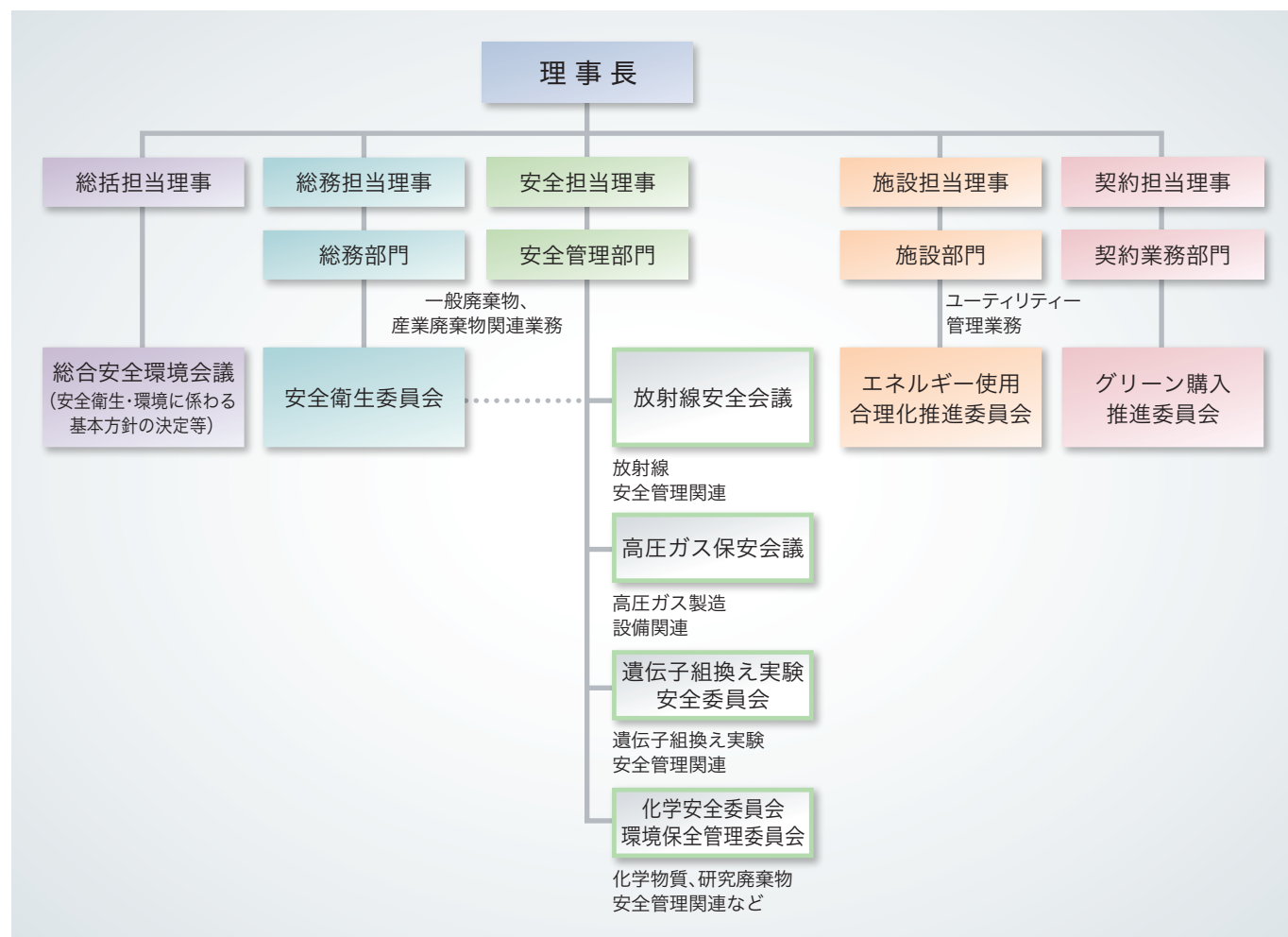
環境マネジメント体制

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



エネルギー投入量

●電気	562,887千kWh
(電気の内訳)	
買電	487,925千kWh
発電	74,962千kWh
(発電の内訳)	
CGS	74,302千kWh
太陽光	660千kWh
●都市ガス	31,864千m ³
●軽油	31kL
●A重油	7kL
●蒸気等	39,368GJ

水資源投入量

上水道	564千m ³
井戸・工水	887千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



排水量

●下水道	697千m ³
------	--------------------

大気放出

●CO ₂	288,186t
------------------	----------

化学物質排出移動量

<PRTR法関連物質>

●クロロホルム	3,291kg
●塩化メチレン	2,264kg
●ノルマルヘキサン	3,400kg

廃棄物量

●研究系以外の一般廃棄物	414t
●研究系以外の産業廃棄物	317t
●うちリサイクル量	150t
●研究系廃棄物	633t
●うち放射性廃棄物	5kL

寄生植物は、宿主となる植物の組織に自分の根をつなぎ、水分や栄養分を横取りしてしまう。植物同士は互いをどのように認識し、攻撃し、自分の身を守るのか。寄生メカニズムの解明が進めば、寄生植物による農業被害の防止にもつながる。環境資源科学研究センター 植物免疫研究グループの白須 賢グループディレクター(GD)は、植物が植物に寄生するメカニズムを分子レベルで明らかにしようとしている。

植物を襲う植物

■ 魔女の雑草ストライガ

「魔女の雑草」と呼ばれる植物がある。熱帯から亜熱帯の半乾燥地域に分布するストライガだ。日本に自生するナンバンギセルと同じハマウツボ科に分類され、紫の花が咲き誇っている風景は美しい(図1)。しかしその美しさとは裏腹に、ストライガはトウモロコシやキビ、ソルガムなど農作物の根に寄生して水分や栄養分を横取りし、収穫量を大幅に減らしてしまう恐ろしい寄生植物である。

ストライガは、1個体に10万個もの種子をつける。種子は直径0.2mmほどと非常に小さく、風に乗って広範囲に拡散し、宿主となる植物が現れるまで何十年でも休眠できる。そのため一度ストライガの種子が入り込むと、その土地か

ら完全に駆除することは困難だ。特にアフリカで猛威を振るっており、被害が確認されている領域は日本の国土面積を超える約40万km²、被害額は年1,000億円にも上ると推計されている。だが、有効な駆除方法は確立されていない。

日本では農業被害が確認されていないため、ストライガの存在はあまり知られていない。白須GDは、なぜストライガの研究を始めたのだろうか。

「植物は、微生物やカビ、細菌、ウイルスなどさまざまな病原体の攻撃に常にさらされていて、それらから自分の体を守るための免疫システムを持っています。私は、病原体がどのように植物を攻撃し、それを植物がどのように防御しているかを、遺伝子やタンパク質などの分

子レベルで理解し植物の免疫システムを解き明かすことを目指してきました。植物を攻撃するという意味では病原体もストライガも共通していますが、ストライガの場合、攻撃する側も攻撃される側も植物です。植物同士の攻防に興味を持ち、またそのメカニズムが分かれば農業被害の防止に貢献できるのではないかと考え、ストライガの研究を始めました」

■ 味方と呼ぶシグナルをハイジャック

ストライガによる被害は、1930年代にはすでにアフリカで問題になっていた。そのため、ストライガ研究の歴史は長い。1966年には植物が根から分泌する化合物がストライガの発芽を誘導することが明らかになり、後にその類似化合物

図1 ソルガムに寄生するストライガ

スーダンのソルガム畑。ストライガに寄生されたソルガムは生育が阻害され、その姿がほとんど見えない。一方、ストライガは繁茂し、紫の花をつけている。ストライガの多くは単子葉植物であるイネ科に寄生するが、双子葉植物であるマメ科に寄生する種もある。白須GD撮影。



白須 賢 (しらす・けん)

環境資源科学研究センター
植物免疫研究グループ
グループディレクター

東京大学農学部農芸化学科卒業。米国カリフォルニア大学デービス校にてPh.D.(遺伝学)取得。米国ソーク研究所とノーブル研究所にて博士研究員、英国ジョン・イネスセンター/ケンブリッジ大学セインズベリー研究所にて研究員、グループリーダーを経て、2005年より理研植物科学研究センター グループディレクター。2013年より現職。2020年より環境資源科学研究センター 副センター長。



がまとめてストリゴラクトンと名付けられた。ストライガは宿主植物がいなければ生きていけない絶対寄生植物であるが、そのことを利用し、ストリゴラクトンをまいて宿主がいなくて強制的に発芽させ枯らしてしまおう、という応用的な研究も行われている。

一方で、植物はなぜストリゴラクトンを分泌するのか、という根本的な疑問は解決されずにいた。栄養を横取りする敵を目覚めさせるために分泌するとは考えにくいだろう。

ようやく2005年、日本の研究グループによって、ストリゴラクトンは菌根菌というカビを引き寄せる働きがあることが明らかにされた。菌根菌は宿主植物の根の細胞に入り込んだ後、地中に菌糸を伸ばしてリンなどの栄養や水分を吸収し、宿主に渡す。その代わりに菌根菌は、宿主が光合成でつくった栄養をもらうという共生関係にある。「植物がストリゴラクトンを分泌するのは、栄養吸収を助けてくれる菌根菌を呼び寄せるためであり、ストライガはそのシグナルをハイジャックしていたのです」と白須GDは解説する。

ストリゴラクトンについては、もう一つ謎が残っていた。菌根菌と共生しない植物もストリゴラクトンをつくっていることから、菌根菌を呼び寄せる以外にも機能があるはずだが、それが分からなかったのだ。

答えは2008年、理研の研究グループによってもたらされた。ストリゴラクトンが、枝分かれを抑制する働きを持つ、新たな植物ホルモンであることが明らか

になったのだ。植物ホルモンとは、植物体内で合成され、微量で植物の成長や環境応答を調節する化合物の総称である。植物は枝分かれしながら成長していくが、枝が増えればより多くの栄養が必要になる。光合成でつくりだすことができないリンなど無機栄養が不足すると、植物はストリゴラクトンをつくって枝分かれを抑制し、同時に根からも分泌して菌根菌を呼び寄せ栄養吸収を助けてもらうのだ。

白須GDもこの研究に参加していた。「ストリゴラクトンについて詳しく分かってきた一方で、ストライガがそれをどのように認識しているのかは不明なままでした。そこで次は、ストリゴラクトンと結合し情報を受け取る、受容体と呼ばれるタンパク質を突き止めることを目指したのです。ストライガの研究はそれまで、植物ホルモンなど化合物の代謝に注目した有機化学が中心でした。ストライガに分子生物学で切り込み、遺伝子やタンパク質など分子レベルで寄生のメカニズムを明らかにしようという研究を始めたのは、私たちが世界でも最初に近いグループではないでしょうか」

■ 寄生植物における

ストリゴラクトンの受容体を発見

シロイヌナズナやイネなどを用いた先行研究から、ストリゴラクトンの受容体としてD14タンパク質が見つかった。白須GDは、ストライガのトランスクリプトーム解析を行い、D14タンパク質あるいはそれに類似したタンパク質をつくる情報が書かれている(コードする)

遺伝子があるかどうかを調べた。

ゲノムの本体であるDNAの一部に遺伝子があり、その塩基配列がRNAに転写され、塩基配列に基づいてタンパク質がつくられる。トランスクリプトーム解析とは、細胞に存在する全てのRNAの塩基配列を解読し、どの遺伝子がどれだけ発現しているかを調べる手法である。その結果、ストライガには、D14タンパク質に類似したタンパク質(KAI2d)をコードする遺伝子がたくさんあることが分かった。

さらに、米国のグループと共同でKAI2dタンパク質をシロイヌナズナに導入する実験を行ったところ、ストリゴラクトンに反応して発芽するようになった。これは、KAI2dがストリゴラクトンの受容体として機能していることを示している。こうして2015年、白須GDらは寄生植物におけるストリゴラクトンの受容体を世界で初めて発見した。

その後、ストライガの全ゲノム解読に取り組み、2019年に完了。ストリゴラクトンの受容体であるKAI2dタンパク質をコードする遺伝子は、21個もあった。「ストライガにとってKAI2dタンパク質はとても重要であり、進化の過程で多様化したと考えられます」と白須GDは解説する。ストリゴラクトンの構造は植物によって少しずつ異なる。受容体が多様化すれば、さまざまなストリゴラクトンを認識できて、宿主植物を見つけ寄生するチャンスが増える可能性が高い。

■ コシオガマをストライガのモデルに

ストライガの研究には別の難しさもあ

図2 実験室で栽培しているコシオガマ

コシオガマは、ストライガと同じハマウツボ科の寄生植物だが、宿主がいなくても光合成を行って生育できる。寄生植物のモデルとして研究に使っている。



る。農業被害を引き起こすストライガを日本で栽培するには農林水産省の許可が必要で、厳重な管理が求められるのだ。しかもストライガは宿主がいないと生育しないので、宿主植物と一緒に栽培しなければならない。遺伝学的な解析手法も確立されていない。

そこで植物免疫研究グループでは、ストライガと同じハマウツボ科に属するコシオガマを研究材料として開発してきた(図2)。コシオガマは、寄生しなくても生きていける条件的半寄生植物で、実験室でもよく育つ。日本に自生していて、栽培に特別な許可も必要ない。コシオガマの全ゲノムを解読、遺伝学的な解析手法を独自に開発し、寄生に重要な遺伝子の同定を進めている。

■ 寄生の開始をつかさどる

キノン化合物の受容体を発見

「ストリゴラクトンを認識して発芽した寄生植物は、宿主に向かって根を伸ばしていきます。なぜ宿主植物の方向に正しく根を伸ばせるかは、今まさに研究しているところなのですが、その次に起きる現象について最近、大きな発見がありました」と白須GDは語る。

寄生植物の根が宿主に到達すると、吸器と呼ばれる特殊な器官をつくり、宿主の根に侵入していく(図3、図4)。「宿主植物の根から分泌されるキノン化合物を認識すると吸器の形成が始まること

受容体を発見したのです」

キノン化合物は、ほぼ全ての生物の体内でつくられている。白須GDは寄生しない植物もキノン化合物の受容体を持っているに違いないと考え、まずシロイヌナズナを用いてキノン化合物の受容体を探索することにした。そして、キノン化合物を認識できないシロイヌナズナの変異体を見つけ、その原因遺伝子 *CARD1* を突き止めた。*CARD1* は、ロイシンリッチリピート受容体様キナーゼというタンパク質をコードしている。それは細胞膜に存在する受容体の一種だ。

次に、ストライガとコシオガマの全ゲノムを調べたところ、*CARD1* と進化的に共通の祖先遺伝子に由来し塩基配列の類似性が高い相同遺伝子が見つかった。その相同遺伝子を、キノン化合物を認識できないシロイヌナズナの変異体に導入すると、キノン化合物を認識できるようになった。この結果は、*CARD1* 相同遺伝子がキノン化合物の受容体であることを示している。

寄生植物のキノン化合物受容体の発見は、寄生のメカニズムを理解する上で重要であり、また吸器の形成を阻害する薬の探索や、寄生植物の新しい防御方法の開発にもつながることから、大きな注目を集めた。さらに白須GDは、「その発見の過程で、寄生植物の進化の解明につながる興味深いことも分かってきました」と言う。

シロイヌナズナの *CARD1* 変異体は、病原体に対する抵抗性が低下していた。このことから、*CARD1* がコードする受容体は、免疫システムでも重要な働きを

していることが分かる。微生物は体内で多様なキノン化合物を大量につくる。また一部の菌類は宿主植物の細胞壁を分解し、その結果キノン化合物ができる。植物は、そうしたキノン化合物を認識することで病原体の侵入を検知し、免疫システムを駆動させていると考えられる。一方、寄生植物は *CARD1* 相同遺伝子がコードする受容体で宿主の細胞壁由来のキノン化合物を認識して吸器の形成を始める。「寄生植物は、キノン化合物を捉えて病原体を認識し排除するというもともと持っていた免疫システムを、吸器を形成する寄生機能に進化させた可能性があります。寄生植物がどのように進化してきたか、さらには寄生植物がどのように誕生したかも、ぜひ解き明かしたい謎です」

■ 接ぎ木と寄生植物の共通メカニズム

寄生植物は吸器を発達させて宿主の根に侵入して道管につなぎ、栄養や水を宿主から奪い取っていく。「寄生植物の

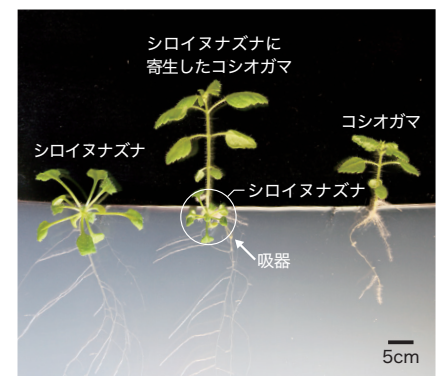


図3 宿主から栄養を奪い成長する寄生植物シロイヌナズナに寄生しているコシオガマはより大きく成長し、寄生されているシロイヌナズナは成長が抑制されている。

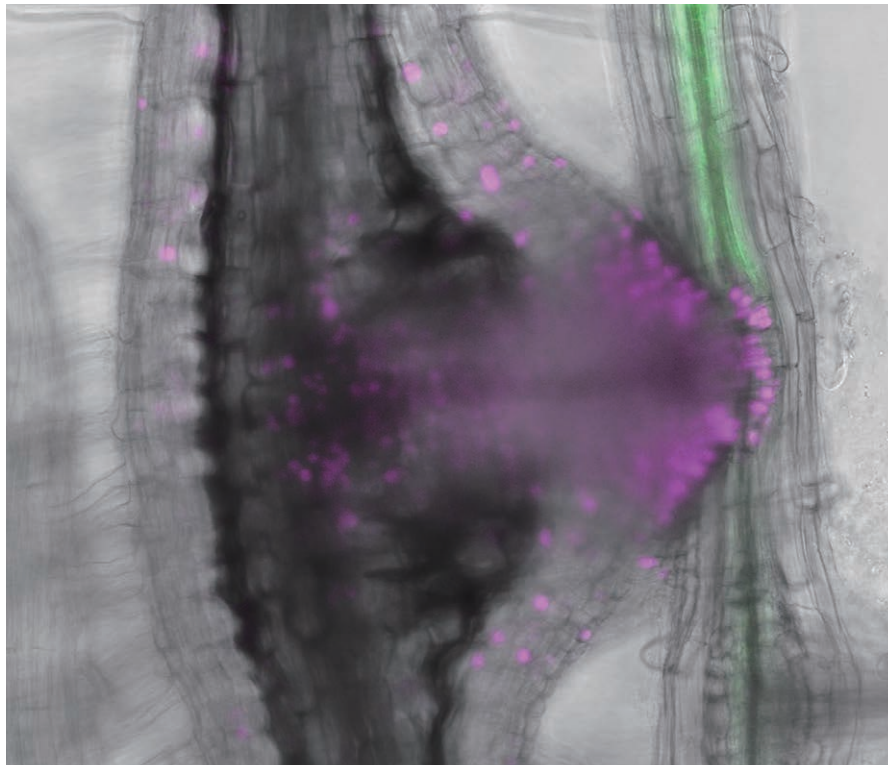


図4 宿主の根に侵入していくコシオガマの吸器
寄生植物コシオガマの吸器(左)が、シロイヌナズナの根の道管(右)に接続している。

吸器を宿主の道管につなぐには、完成している道管を壊して作り直す必要があります。それがどのように行われているのか詳細は不明でしたが、今回そのメカニズムが意外なところから明らかになりました」

白須GDは名古屋大学生物機能開発利用研究センターなどの研究者と、接ぎ木が成立するメカニズムについて共同研究を行っていた。接ぎ木とは、枝や茎の切断面を合わせ、2株以上の植物を一つに接ぐことをいう。病気に強い株を台木として食味や収量に優れた株を接ぐなど、果物や野菜の栽培で広く利用されている。これまで、接ぎ木は同じ科の植物同士でしか成立しないと考えられていた。ところが共同研究グループは、ナス科タバコ属の植物は異なる植物との接ぎ木が可能なることを発見したのだ。

さらに、タバコ属植物の遺伝子の働きを調べた結果、接ぎ木のときにβ-1,4-グルカナーゼというタンパク質をコードする遺伝子の発現が上昇していた。そして、そのタンパク質が細胞外に分泌され、接ぎ木の接合面で細胞壁の再構成を促し、組織を融合させることが分かっ

た。このタンパク質を過剰に発現させると接ぎ木の接着性が促進される。「効率の良い接ぎ木技術の開発など農業への貢献が期待される成果ですが、このタンパク質が寄生にも関わっていることが明らかになったのです」

コシオガマが宿主植物に寄生するときの遺伝子の働きを調べると、β-1,4-グルカナーゼの発現量が上昇していたのだ。「寄生植物の吸器を宿主の道管につなぐとき、接ぎ木と同じように、このタンパク質が細胞壁の再構成を促し組織を融合させているのです。その遺伝子の働きを妨げると、コシオガマは寄生できなくなりました。接ぎ木と寄生に共通するメカニズムがあるというのは、驚きでした」。寄生を抑制する新しい技術の開発につながる成果である。

■ 宿主の遺伝子が寄生植物へ

「私たちの強みは全ゲノムシーケンス解析ができること。しかも寄生植物や非寄生植物、病原体など幅広く生物を扱っているのは、ほかにはない特徴です」と白須GD。全ゲノムシーケンス解析とは、生物の全ゲノムを解読し、配列の違いや

関連情報

- 2020年10月29日プレスリリース
寄生植物の宿主植物への侵入に必要な遺伝子を同定
- 2020年9月3日プレスリリース
植物においてキノン化合物を認識する受容体を発見
- 2020年8月7日プレスリリース
寄生植物が宿主植物に寄生する時に働く遺伝子を発見
- 2020年8月7日プレスリリース
植物の接木が成立するメカニズムを解明
- 2019年9月13日プレスリリース
病害寄生雑草ストライガの全ゲノム解読に成功
- 2015年7月31日プレスリリース
寄生植物の発芽誘導の仕組みを解明

変化を調べることである。「ゲノムをひもとくことによって、その生物がどのように生きているか、どのように進化してきたか、ほかの生物とどのような相互作用をしているかが分かります」

全ゲノムシーケンス解析から面白い現象も見つかった。ストライガのゲノムに宿主の遺伝子が組み込まれていたのだ。「ゲノムに組み込まれた遺伝子は子孫へ伝わります。どのようにしてゲノムに組み込まれたのか、そして宿主から得た遺伝子が寄生機能に関わっているかどうかにも明らかにしたいと考えています」

白須GDは、「今後は寄生植物と並行して線虫の研究にも力を入れていきたい」と意気込む。線虫とは、土の中にすむ体長1mmほどの糸状の動物だ。「線虫による農業被害は、ストライガよりも広範囲で起きていて被害額も大きいのです。にもかかわらず、被害のメカニズムや防除についての研究はあまり行われていません。線虫にはモデル動物として解析技術が確立され研究が進んでいる種もありますが、農業被害を引き起こす種類の線虫に応用できる解析技術がほとんどないからです。私たちは、植物、植物を襲う病原体、さらに植物を襲う植物まで多角的に研究しています。さまざまな生物の研究で培った技術や知見を生かして、線虫と植物との攻防も分子レベルで明らかにしていきたいと思っています。それは、植物免疫の理解につながるだけでなく、農業被害の防止にも貢献すると確信しています」

多くの植物は、微生物と共に生きている。

植物と微生物の共生関係を明らかにすることが、

バイオリソース研究センター (BRC) 植物-微生物共生研究開発チームのミッションの一つである。

さらに、実験室を飛び出し、農業現場における植物-微生物-土壌の複雑な相互作用を可視化しようとしている。

得られた知見をもとに持続的な作物生産を可能にする新しい農業を実現する、

それが研究開発チームの目指すゴールである。

植物×微生物で農業を変える

■ 微生物を利用した新しい農業へ

「日本の農業に役立つ研究をしたい」と市橋泰範チームリーダー (TL) は語る。

これまでの農業は、新品種の開発によって作物の収量や品質を向上させてきた。しかし、高い収量を確保するために化学肥料や農薬が過剰に使用され、環境汚染や土壌の劣化、健康被害といった弊害も生じている。農薬の使用量を抑えるため、除草剤や害虫に耐性のある品種が遺伝子組み換え技術を用いて開発されてもいる。しかし、遺伝子組み換え作物については社会的に受け入れられるかという別の課題がある。また、大量生産・大量消費・大量廃棄型の社会から、環境への負荷が少なく持続的で発展可能な社会への転換が求められており、農業も例外ではない。

「持続的な作物生産が可能な農業を実現する方法が、世界中で模索されています。そうした中で私たちは、品種改良や

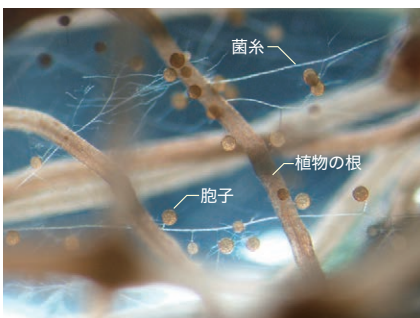


図1 アーバスキュラー菌根菌

アーバスキュラー菌根菌は植物の根に入り込み、菌糸を土壌中に伸ばしてリン酸を吸収し、植物に供給している。

化学肥料に頼らず、微生物の力を利用することで、新しい農業を実現しようとしています」

■ 植物と微生物は共に生きている

「土壌中には、膨大な数の多種多様な微生物がいます。その中には、植物の成長を手助けしているものがあり、そうした微生物を農業に利用することを目指しています。特に注目しているのが、菌根菌と根粒菌です」

菌根菌はカビの仲間で、植物の根に入り込む。そして菌糸を伸ばし、土壌中のリン酸を吸収して植物に供給する(図1)。一方で菌根菌は、植物が光合成でつくった栄養をもらう。菌根菌と植物は、持ちつ持たれつの共生関係にあるのだ。

リン酸は、窒素とカリウムとともに植物の生育に欠かせない三要素といわれ、肥料として土壌に施すことも多い。しかし植物は根から数mm以内にあるリン酸しか吸収できないため、肥料の効果が得られにくい。過去に使用されたリン酸肥料の大部分は、植物に吸収されないまま土壌中に大量に蓄積しているのだ。

「菌根菌は、根が吸収できる範囲より遠くまで菌糸を伸ばしてリン酸を吸収し、植物に供給します。菌根菌を農業に利用すれば、土壌中に蓄積しているリン酸肥料も吸収できて、新たに使用する量を減らすことができるのではないかと期待しているのです」。日本は、リン酸

肥料の原料であるリン鉱石のほぼ全てを輸入に頼っている。リン鉱石は枯渇が危惧され価格が高騰しているため、費用面でのメリットもある。

もう一つの根粒菌は細菌で、マメ科の植物の根に根粒と呼ばれるこぶをつくる。その中で大気中の窒素分子からアンモニアを合成して、植物に供給する。一方で、根粒菌は植物が光合成でつくった栄養をもらっている。

窒素もまた植物の生育に欠かせない三要素の一つであり、農業では窒素肥料が補われている。窒素肥料の原料は、大気中の窒素と水素を500°Cもの高温、1,000気圧もの超高压で反応させて合成したアンモニアだ。「人間が大気中の窒素からアンモニアをつくるには膨大なエネルギーが必要ですが、根粒菌は数mmの根粒の中でいとも簡単に窒素からアンモニアをつくることができます。そうした理由から、農業に役立つ微生物として根粒菌に注目しているのです」

■ 難しいといわれる菌根菌の培養に挑む

菌根菌がリン酸を、根粒菌が窒素を植物に供給していることは以前から知られ、農業で利用されている例もある。しかし市橋TLは、「まだ微生物の力を、十分に活用できていない」と言う。「菌根菌と根粒菌はそれぞれ多くの種類があり、どの微生物とどの植物が共生するといった基礎的なことですら、実はよく

市橋 泰範 (いちはし・やすのり)

バイオリソース研究センター
植物-微生物共生研究開発チーム
チームリーダー

1982年、愛知県生まれ。東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。博士(理学)。米国カリフォルニア大学デービス校ポスドク研究員、理研環境資源科学研究センター基礎科学特別研究員、科学技術振興機構さきがけ研究員などを経て、2018年より現職。



分かっていないからです。共生関係の実態を詳しく調べたくても、微生物を培養することが難しいのです」

微生物について詳細な解析を行うには、培養して数を増やす必要がある。だが、地球上にいる微生物のうち培養できるのは1%以下といわれている。「私たちは、植物と共生するさまざまな微生物を収集し、それを培養する技術の開発から始めることにしました」

まず取り組んだのが、アーバスキュラー菌根菌(図1)の培養法の開発である。アーバスキュラー菌根菌は最も代表的な菌根菌で、300種類以上あり、陸上植物の約8割がこの菌と共生しているといわれている。にもかかわらず、2018年の植物-微生物共生研究開発チーム発足当時、培養ができて研究に使えるアーバスキュラー菌根菌は10種類足らずだった。

「微生物を培養できるかどうかは、やってみなければ分かりません。ひたすらトライアンドエラーを繰り返していきます」と市橋TL。「そして苦労の末、アーバスキュラー菌根菌を単離・培養する技術を開発しました。これまでにイネやネギ、クローバー、オタネニンジンなどに共生するアーバスキュラー菌根菌を20種類以上収集し、ようやく13種類の

培養に成功したところですよ」

植物-微生物共生研究開発チームが所属するBRCでは、実験動物や植物、細胞や遺伝子、微生物など研究に使われるバイオリソースを収集・保存し、品質を精査した上で国内外の研究機関へ提供している。「植物と共生する微生物について培養できる種類を増やし、バイオリソースとして整備していくことも、私たちのチームのミッションです」

■ 微小液滴の中で共生関係にある

微生物を培養

「微生物を培養するときは、培養液の成分や濃度、温度などを細かく変え、微生物が増殖できる条件を探ります。しかし微生物の99%以上が培養困難といわれているということは、重要な条件を見落としているのではないかと考えました。そこで思い当たったのが、微生物と微生物の共生です。土壌中の微生物は、互いに関係し合う共生関係を形成しています。中には、一緒になければ増殖できない組み合わせがあるのかもしれませんが。そうした考え方に基づいた新しい微生物培養技術を開発しています」

新しい培養技術のポイントは、微小液滴を使うことである。微小液滴とは、直径30μm程度の液体のしずくで、タンパ

ク質の合成や結晶化、化学反応など、さまざまな用途に使われている最先端技術だ。微小液滴は、マイクロ流路システムを用いて短時間にたくさん作製できる。100万個の微小液滴を使って100万通りの条件を同時に試し、目的に合ったものを選別する、といったハイスループットスクリーニングにも適している。

その微小液滴の中に単独もしくは複数の微生物を閉じ込めて培養する(図2)。たくさんの微小液滴を使ってさまざまな組み合わせを試せば、微生物が増殖している液滴が見つかる可能性が高まる。そして微生物が増殖した微小液滴中のゲノムを解析することで、どの微生物とどの微生物が共生関係にあるかが分かる。この手法は、難しいとされてきた微生物の培養を可能にするだけでなく、これまでほとんど分かっていなかった微生物の共生関係を知ることに役立つものだ。

市橋TLは、「この微小液滴を使う培養技術の登場によって、微生物のバイオリソースの概念が変わるかもしれない」と言う。「これまでは、単独の微生物を取り出して培養し、それを提供していました。今後は、培養に必要な組み合わせを探して、複数の微生物をセットで提供していくようになるかもしれません」

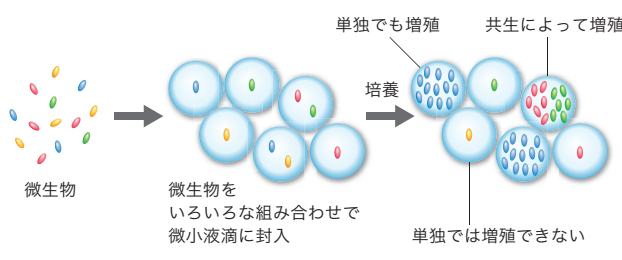
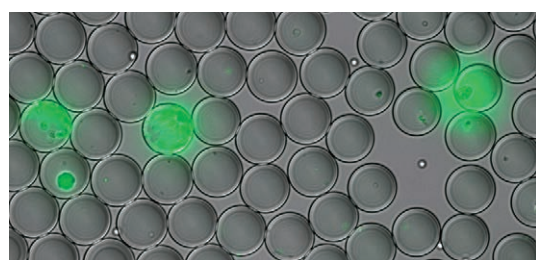
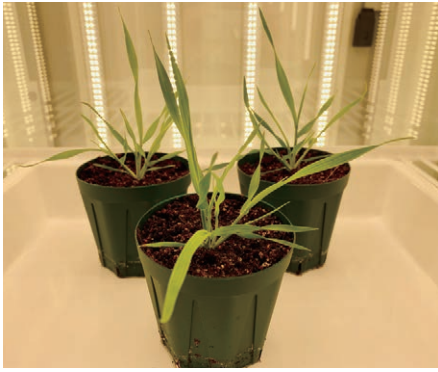


図2 微小液滴による微生物培養
液滴は直径約30μm。単独もしくは複数種類の微生物を1個の液滴に封入して培養する。左の写真では微生物を蛍光試薬で可視化している。



共生なし 共生あり

図3 ミナトカモジグサとアーバスキュラー菌根菌の共生

ミナトカモジグサはイネ科の1年草である。草丈は30cmほど小さく、ライフサイクルが3~4カ月と短いため、実験に適している。アーバスキュラー菌根菌が共生すると、よく成長する(右)。

■ 植物と微生物の共生関係を調べる

アーバスキュラー菌根菌が植物に共生すると、植物にリン酸を供給するだけでなく、水分吸収の促進、乾燥ストレスや病原菌への耐性向上など植物の成長を促進する効果があることが知られている。しかし、アーバスキュラー菌根菌の数、共生する植物、肥料や農薬の使用状況などによっても、その効果の大きさは変動する。ほかの微生物も同じだ。

「微生物を農業で利用するには、植物と微生物が、どのような条件で、どのような相互作用をするのかを理解しておく必要があります。そのための実験系の構築にも取り組んでいます」

ここでの最初の問題は、どの植物を使うかだった。こういう場合、まず考えられるのはモデル植物のシロイヌナズナだろう。しかし、アーバスキュラー菌根菌

には共生できない植物種がいくつかあり、その一つがアブラナ科である。シロイヌナズナはアブラナ科なのでアーバスキュラー菌根菌の実験には使えないのだ。

そこで市橋TLらが注目したのが、イネ科のミナトカモジグサである(図3)。小型で、遺伝学的な解析技術も開発されているので、さまざまな実験をやりやすい。「農業に有用な植物とアーバスキュラー菌根菌の組み合わせや、その機能を見つけていきたい」と市橋TLは意気込む。

■ 農業生態系をデジタル化する

「私たちの目標は、新しい農業を実現することです。それには、農業の現場を知る必要があります」と市橋TL。実験室での研究と並行して、農業現場を対象とした研究を進めてきた。

「農業現場では、植物と微生物と土壤

の多様な要素が、さまざまな階層で複雑に絡み合っていて、農業生態系を構成しています。全ての要素の相互作用の総和として、作物の収量や品質が決まります。そこで、農業生態系を構成する全ての要素を網羅的に計測し、その情報をもとに複雑な関係性をデジタル化して可視化することで、生態系全体として理解することを目指しました。この解析手法は「フィールドアグリオミクス」と呼ばれている。オミクスとは、特定の事象をあらゆる方法で網羅的に解析することをいう。

市橋TLらは、千葉県八街市の農家の協力のもとでフィールドアグリオミクスを実施。その農家では、コマツナ栽培に有機農法の一環として太陽熱処理を行っている。太陽熱処理とは、畑をマルチシートで数十日間覆い、土壤を高温に

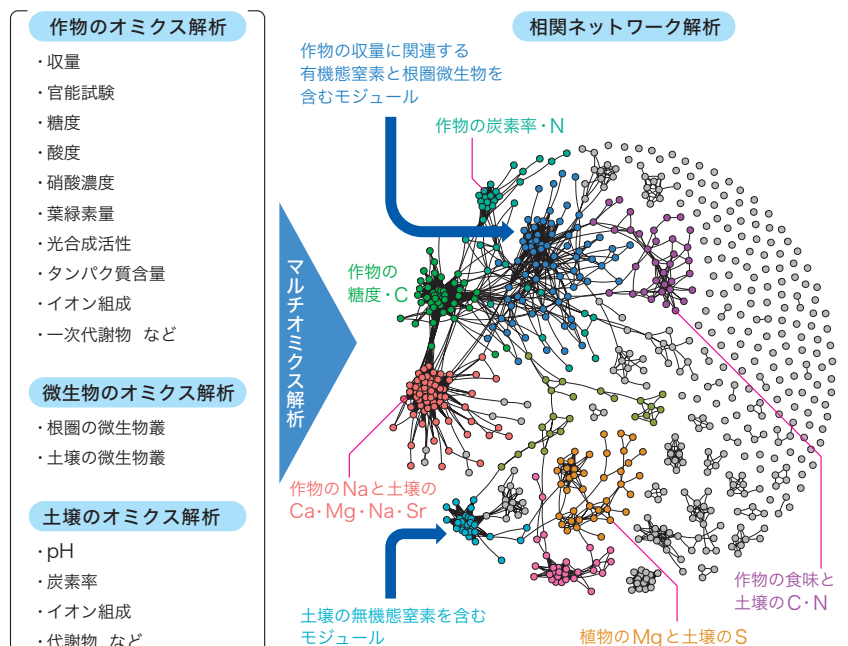
図4 マルチオミクス解析による農業生態系のデジタル化

圃場を分割して異なる農法でコマツナを栽培し、それぞれ作物、微生物、土壤のマルチオミクス解析を実施した結果、農業生態系は作物の形質と特定の微生物種や土壤成分で構成されたモジュールが複数組み合わせられて織り成されるネットワークを形成していることが分かった。これまで作物の収量は土壤中の無機態窒素(アンモニアや硝酸など)の量と相関すると考えられていたが、今回の解析から、それぞれ異なるモジュールであることが分かった。



無処理 太陽熱処理

計測 さまざまな分析機器を用いて



関連情報

- 2020年6月9日プレスリリース
農業生態系のデジタル化に成功



植物-微生物共生研究開発チームのメンバー(2021年度に撮影)

して病害虫や雑草の種子を死滅させることで、農薬を使わずに良好な土壤環境を維持する手法だ。太陽熱処理をした圃場ではコマツナの収量が増える。しかし、その理由を明確に説明することができていなかった。

太陽熱処理した区画と処理しない区画に圃場を分け、それぞれでコマツナを栽培。土壤と微生物と作物について、さまざまな分析機器を用いて網羅的に計測した。これまででも土壤診断として、窒素、リン酸、カリウムなどの無機成分や温度、pH(水素イオン濃度)などが計測されていたが、項目数は30程度だった。今回の項目数は300を超える。対象ごとにオミクス解析を行い、さらにそれらのオミクス解析を統合したマルチオミクス解析を行って、農業生態系の構成要素がどのように相互作用しているかを求めた(図4)。

「米国ではすでに土壤中の微生物に注目し、土壤診断の項目に微生物を加え始めています。私たちはそれに加えて作物も計測し、より多くの項目を設定しているので、さらに一步先を行っていると言えるでしょう。マルチオミクス解析は、実験室では最近よく使われるようになりましたが、農業現場に対して行ったのは世界でも初めてではないでしょうか」と市橋TL。

解析の結果、興味深いことが分かった。1840年にリービッヒが提唱した、植物は無機物で栄養を吸収するという「無機栄養説」が現在の農業の基礎になっていることから、収量が上がった太陽熱処理をした区画では土壤中の無機物が

多いと予測していた。ところが、処理した区画と無処理の区画で無機物の量に差はなかった。「無機栄養説で説明できないことに驚きました。そこで実験室での検証実験も行い、太陽熱処理によってアミノ酸のアラニンと栄養素のコリンが土壤中に蓄積すること、それらが農作物の収量を増やす作用があることが分かりました」。また、太陽熱処理によってコマツナの根の近傍(根圏)に生息する微生物の種類が変化し、特定の微生物の数が多くなっていた。「コマツナの成長促進に関与しているアミノ酸やコリンは、太陽熱処理によって土壤中に増えた有機物と根圏に生息する微生物の相互作用でつくられた最終産物と考えられます。つまり、無機栄養を補う化学肥料に頼らなくてもアミノ酸や微生物を活用することで、持続可能な作物生産が可能であることが示唆されたのです」と市橋TLは解説する。

■サイバー空間で農業をする

この成果を2020年6月に発表すると、農業従事者を中心に大きな反響があった。しかし市橋TLは、「これはまだ序章にすぎない」と言う。「計測項目を数千、数万と増やしたフィールドアグリオミクスを現在行っています。その結果を検証することで、作物の収量や品質にとって何が一番重要なかが導き出せるでしょう。それを指標とすれば、経験が浅い人でも熟練した人に匹敵する作物を生産できるようになると期待しています」

この研究には、多くの大学や企業、農家が参加している。「植物と微生物と

土壤、それぞれの研究者はこれまで別々に研究してきました。研究者と農家の方の間に考え方の違いもあります。それらの垣根を越えて研究を進めていくのは、とても難しいけれども面白いですね」

分野横断型の研究を進める上で重要なこととは?「ほかの分野に対するリスペクトを忘れないこと。そして、常に心をフレッシュに保って、新しい分野に挑戦し学ぶことだと思います」

市橋TLは、植物の発生学で学位を取得した。「分からないことを知りたいという思いで研究をやってきました。しかし、2016年に植物と微生物の共生の研究を始めたころから意識が変わり、社会に貢献したいと思うようになってきました。その思いはどんどん強くなっています」

「究極的には植物-微生物-土壤の関係性をモデル化したサイバー空間(仮想空間)で農業ができるようにしたい」と市橋TLは語る。20歳から70歳まで農業に従事したとして50年、一つの作物を栽培できるのは1年に1回。つまり、毎年さまざまな工夫をして栽培しても50回しか試せない。「サイバー空間ならば何度でも試すことができます。さらに、その年の気温や降水量の予測値を入れてシミュレーションすることで、収量や品質を最大化するにはどの微生物を使い、肥料は何をどのくらい使えばいいかといった最適解が得られます。それに基づいてフィジカル空間(現実空間)で栽培する。そういう新しい農業の実現が、私の夢です」

(取材・執筆:鈴木志乃/フォトンクリエイト)
(『RIKEN NEWS』2020年12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ら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「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律（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。

2020年度の調達に関しては、紙類、文具類、照明類については97%以上の、エアコンについては100%の高い調達率を達成しています。一方、オフィス家具については感染対策のために緊急性や実用性を重視したことから、グリーン購入法の基準を満たしていない飛沫防止用のローパーティションを大量購入したことが影響したものの81.6%の調達率を達成しています。

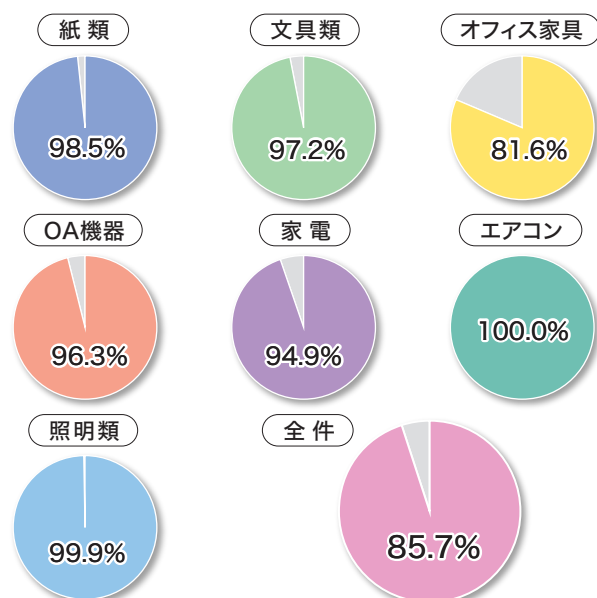
購入数量が大きくなりがちな事務用品・消耗品類においては、1つ1つは小さい環境負荷であっても累積されると大きな環境負荷となります。特に大きな環境負荷につながるコピー用紙類においては、リサイクル性に配慮した低白色度製品を導入し、グリーン購入法で示される環境基準よりも環境負荷の低減を図っています。また、コピー機などOA機器についても両面コピー機能・複数面印刷機能、トナー類のリサイクルシステムを持つ機種を選定するなど、紙の使用によ

る環境負荷を考慮した機器導入を進めています。

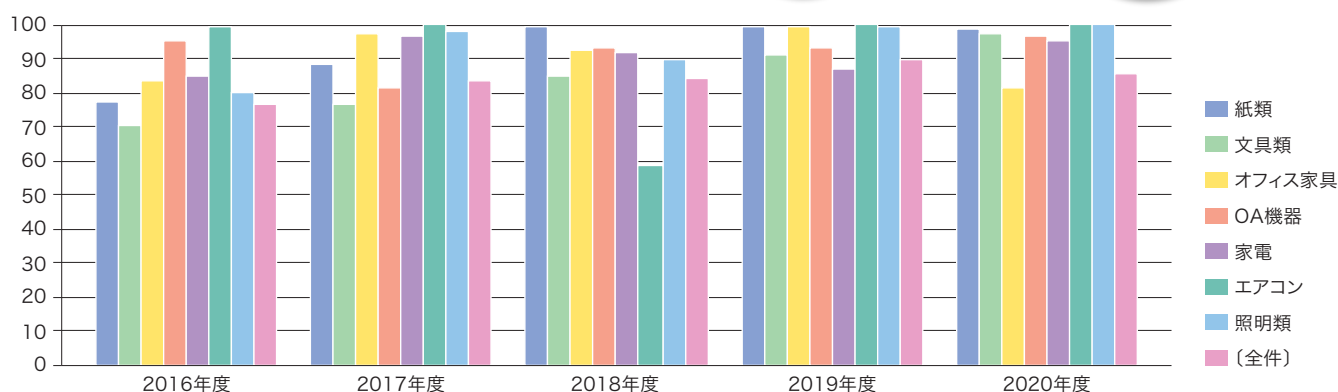
グリーン購入法には、木材・木材製品の合法性、持続可能性の証明が確実になされているものを優先して調達することも規定されています。

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。

■ 2020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。

2020年度の状況としては、①電気の供給を受ける契約（6件）、②産業廃棄物の処理に係る契約（2件）などについて、環境配慮契約を締結することができました。

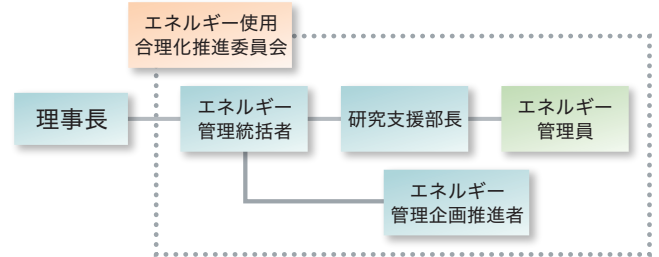
地球温暖化の防止

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。

■ 理化学研究所におけるエネルギー管理に関する組織図



理研のエネルギー使用量とCO₂排出量

2020年度のエネルギー消費原単位をみると、前年度比0.1%削減、過去5年度間平均1年当りでは1.9%削減となっています。

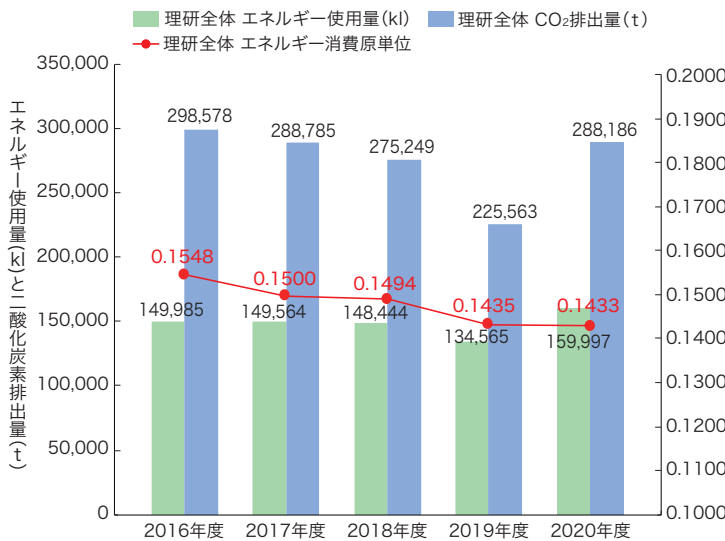
理研全事業所のエネルギー使用量は、159,997kl(原油換算値)(前年度比:118.9%)、二酸化炭素排出量は、288,169(t)(前年度比:127.8%)となりました。

2020年度のCO₂排出量は大きく増加しました。これはスーパーコンピューター富岳が本格稼働を始めたこと

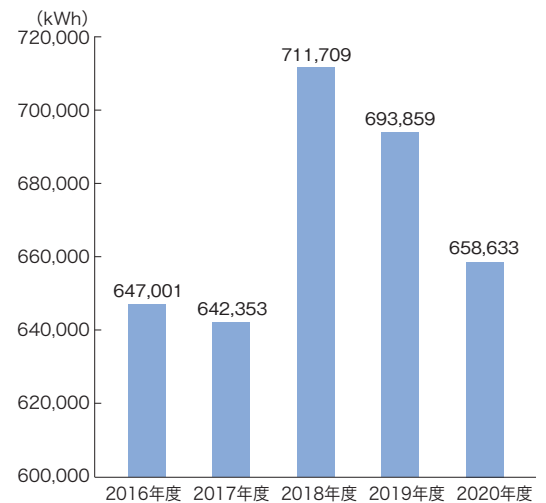
も大きな要因です。今後運用効率を高めるよう努力をしております。

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。2020年度の発電量は、658,633kWh(前年度比:94.9%)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。

2020度は、フロン類算定漏えい量が745t-CO₂となり昨年に引き続き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・保守を継続しましたが、フロン類算定漏えい量は前年度比で157.55%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。

■ 2020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	483t-CO ₂
和光事業所(仙台地区)	宮城県	31t-CO ₂
筑波事業所(筑波地区)	茨城県	0t-CO ₂
横浜事業所(横浜地区)	神奈川県	141t-CO ₂
神戸事業所(大阪地区)	大阪府	0t-CO ₂
神戸事業所(神戸第1地区)	兵庫県	118t-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		745t-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に適切に処理しています。

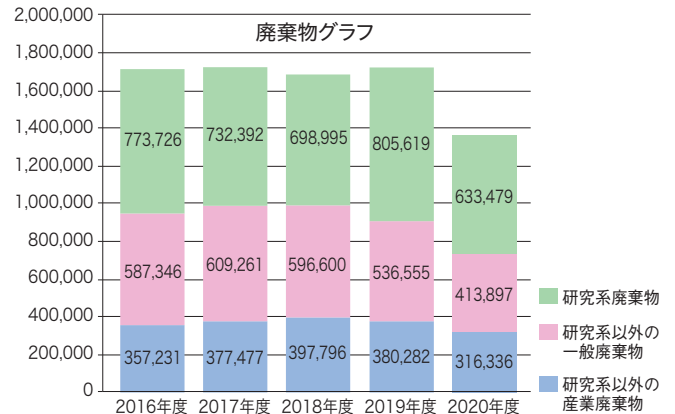
2020年度は、前年度に比べ研究系の廃棄物が21.4% (172t)削減、研究系以外の廃棄物は20.3% (186t)削減、廃棄物全体では20.8% (358t)の削減となりました。

一般廃棄物はそれぞれの地区ごとに、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、各地区では、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・処分を行なっています。



■ 廃棄物量の推移 (kg)

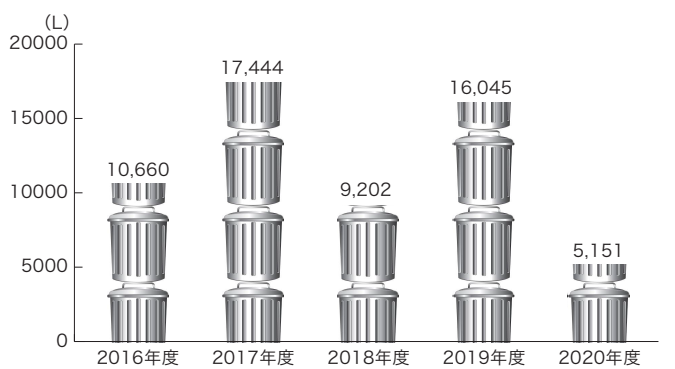


※一般廃棄物のごみの比重をkg0.3kg/Lとし、算出「環境省 一般廃棄物の排出及び処理状況等(2010年度)について」の基準による

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)



水銀汚染防止法に基づく廃水銀等の適正な保管

2017年8月に「水銀に関する水俣条約」条約が発効となり、同時に国内法として「水銀による環境の汚染の防止に関する法律(水銀汚染防止法)」が施行されました。これにより廃水銀や廃水銀化合物(以下、廃水銀等)については通常の特管理産業廃棄物の措置に加えて、飛散、流出又は揮発の防止、高温の防止、腐食防止の措置を行い保管することが求められています。理化学研究所では処分まで法令に基づく廃水銀等の適切な保管を行っています。



排水管理・節水対策

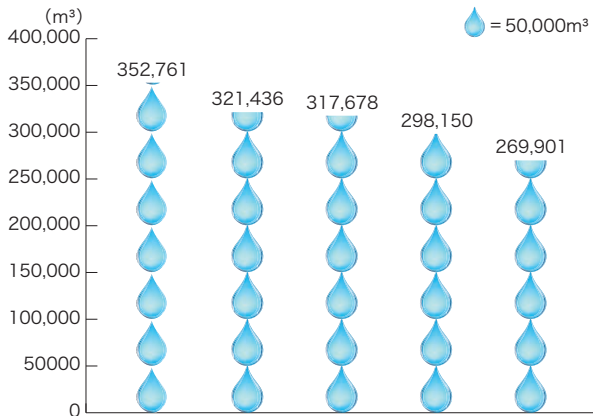
研究活動には水が欠かせません。貴重な水資源を、適切な水質管理やリサイクルによって無駄なく使用しています。

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。

各地区では、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、地区の排水の特性に合わせて処理を行い、法令や条例などで定められた分析を行って排水に異常がないことを確認しています。

■ 年間実験排水量の推移



水質自動監視装置

節水対策(中水化システム)

逆浸透膜を利用した中水化システムで、実験排水の一部を再利用しています。

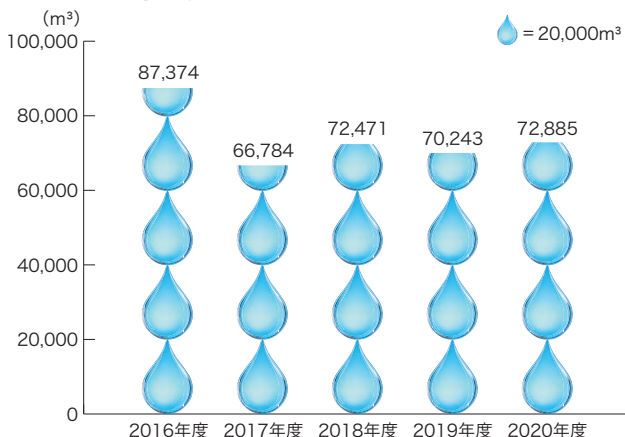
水の使用量が多い和光地区では、逆浸透膜を利用した中水化システムで実験排水の一部を処理し、再利用しています。その結果、排水の一部は水道水と同等以上の良質で安定した中水に生まれ変わります。

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

■ 中水化システムのプロセス



■ 和光地区の中水製造量



紫外線分解装置

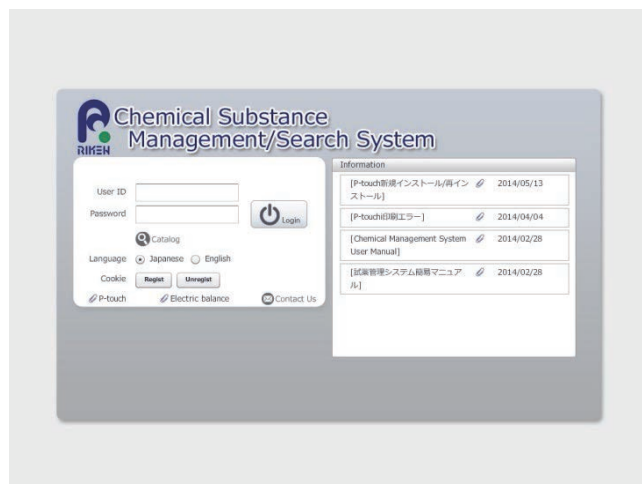
化学物質管理

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、全地区で導入しており、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

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。

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 (化管法) のPRTR制度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地区のみで、2020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、各地区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 (和光地区)

排出量・移動量 (kg)

	2016年度			2017年度			2018年度			2019年度			2020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
クロロホルム	170	2.8	5,000	150	1.3	4,400	140	1.0	4,200	130	0.9	3,900	90	0.7	3,200
塩化メチレン	100	0.9	3,200	89	1.5	2,800	85	1.0	2,600	64	1.2	2,000	63	0.7	2,200
ノルマル-ヘキサン	140	0	4,400	95	0	2,900	130	0	3,900	120	0	3,600	100	0	3,300

男女共同参画

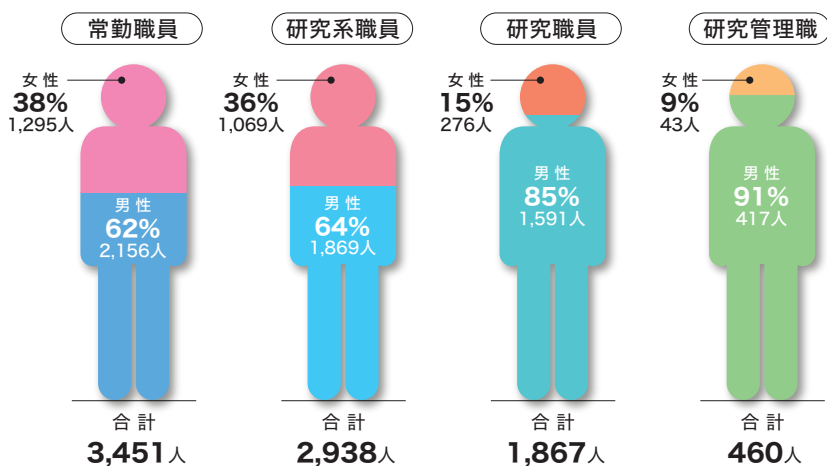
理研では、一人ひとりがより能力を発揮できる「働きやすい職場づくり」を目指し、男女共同参画やワーク・ライフ・バランスの推進に積極的に取り組んでいます。支援制度の検討にあたっては、性別や職制に関わりなく、できるだけ多くの職員が利用できる仕組みとなるよう、常にバランスに配慮しています。

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、介護中の研究系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。さらに、仕事と生活の両立に資する研修を行い、職員のワーク・ライフ・バランスを推進しています。

■ 研究職員の男女比 *2021年4月1日現在



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。2020年12月1日には横浜地区に業務支援室の分室を開設し、障害者の方々が安心して働けるための、環境整備を進め、定着支援を図っております。

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 会議室や貸出備品などの管理業務
- ⑥ 郵便配送発信業務
- ⑦ シンポジウム会場設営準備撤去
- ⑧ 求人票入力転載業務

さらに、各部署と打合せの上、上記以外の業務も行っており、業務の幅も少しずつ広がり、急な依頼にも迅速、正確に

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



業務支援員の作業風景

労働衛生への取り組み

「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んでいます。
- ・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、運用しています。

- ・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。
- ・新型コロナウイルス感染拡大防止対策として、感染防止マニュアルの作成、オンライン会議、在宅勤務の推奨等を実施し、研究開発活動との両立に努めています。



心の健康づくり計画

各地区における環境コミュニケーションと環境配慮活動への取り組み

和光地区の活動

理化学研究所・新本部棟における環境配慮・脱炭素への取り組み

2021年3月31日理化学研究所・新本部棟が竣工しました。

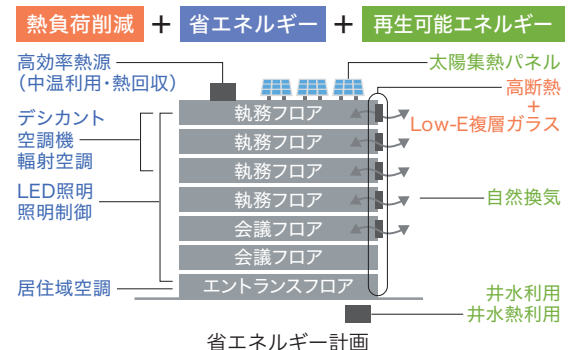
ゼロエネルギー社会・脱炭素社会の実現に向けて、建築物に求められる環境性能の重要性は、近年ますます高まっています。建築においては計画時から、竣工後の運用段階において、平時のエネルギー消費量をいかに削減していくかが重要です。

理化学研究所・新本部棟では、これからの100年の発展の礎となるべく、最先端の環境配慮技術を採用し、省エネルギー性能の向上を実現しています。「熱負荷の徹底的削減・最先端技術を駆使した省エネルギー計画・再生可能エネルギーの最大活用」の3つを計画のコンセプトとして掲げ、新本部棟の各機能へと展開しました。高断熱+Low-E複層ガラス、高効率熱源(中温利用・熱回収)、デシカント空調機、輻射空調、居住域空調、太陽集熱パネル、自然換気、井水利用、井水熱利用、以上の結果、新本部棟の一次エネルギー消費量はBEI=0.49となりZEB Readyの認

証を、またCASBEEはBEE=3.7・Sクラスの認証を取得しました。



理化学研究所本部棟



省エネルギー計画

建物概要

所在地	埼玉県和光市広沢2-1
建物用途	研究所(事務所)
規模	階数 地上7階+塔屋
	敷地面積 269,352.19m ²
	建築面積 2,239.09m ²
	延床面積 14,208.91m ²
	建物高さ 34.33m
	階高 1-3階4.2m
	4-7階4.0m
構造	鉄骨造(基礎免振構造)



BELS・CASBEE 認証評価(竣工時)

埼玉県から和光事業所へ感謝状

理化学研究所(理研)和光事業所は、埼玉県の取り組みである「ゼロカーボン埼玉」の制度に基づき、削減量のうち、目標より多く削減できた分(クレジット)を県に寄付しました。そして、このたび埼玉県から感謝状と記念品の贈呈を受け、また大野元裕 知事からメッセージもいただきました。

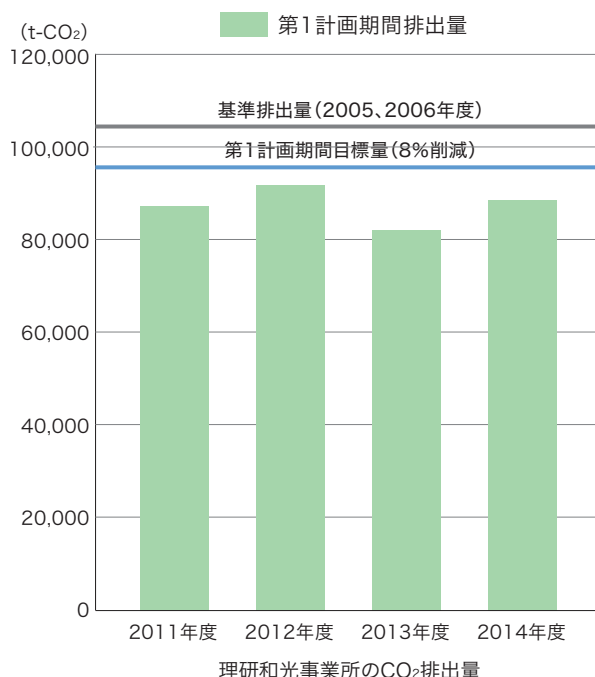
埼玉県は、「埼玉県地球温暖化対策実行計画」において2030年度における県の温室効果ガス排出量を2013年度比で26%削減するという目標を定め、その達成に向けてさまざまな地球温暖化対策に取り組んでいます。

理研和光事業所は、CO₂の排出削減(省エネ)活動に取り組んだ結果、2011～2014年度にかけて、埼玉県が定めた目標設定型排出量取引制度の基準排



埼玉県から贈呈を受けた感謝状

出量から8%排出量を削減するという目標を達成しました。



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。2021年2月に測定した結果は以下の通りとなっています。

	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



有害大気汚染物質測定の様子

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

Web会議システムによる研究廃棄物を含む各種安全管理講習会の開催

2020年度は新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の影響により、従来、ホールで実施してきた実験者向けの研究廃棄物を含む各種安全管理講習会(教育訓練)をWeb会議システムによる配信にて開催しています。これにより、在宅勤務等においてもパソコン、タブレット、スマートフォンによる受講を可能とし、柔軟な受講スタイルの1つとして確立してきました。今後はWeb会議システムによる配信に加えて、eラーニングによる講習スタイルも取り入れ受講スタイルの拡充を図っていきます。



Web会議システムにより受講

局所排気装置等の定期自主検査

労働安全衛生法に基づく特定化学物質や有機溶剤等の有害化学物質を使用する際の局所排気装置について、その性能を適切に保つために制御風速の確認、内外面の摩耗や腐食、全面ウインドウの作動状況、表示ランプや照明類の作動状況、排気ファンの稼働状況、スクラバー等空気清浄装置の稼働状況等の定期自主検査を行っています。検査の結果、適切に作動していない装置がある場合には修繕等を行い適切な作業環境および外部環境の維持に努めています。



検査対象の局所排気装置

実験室における危険有害性表示と漏洩防止対策

実験室においては、災害時等に迅速に実験室内で使用または保管している危険有害性の物質または機器類について把握し、適切な対応を行い易くするため、扉外側に危険有害性表示(爆発物、可燃物、毒物劇物、ガスボンベ、液化窒素、レーザー、高電圧、バイオハザード、その他)および初期消火法表示を行っています。また実験室内に置かれる実験廃液については

トレイ上にて廃液容器を保管し、漏洩防止対策を行っています。これらの管理が適切になされていることを職場巡視や安全点検により確認しています。



危険有害性表示



廃液タンクと漏洩防止のトレイ

水質汚濁防止法に基づく特定施設の点検

筑波地区では、公共用水域において水質汚濁の防止を図ることを目的とした水質汚濁防止法で定める特定施設の点検を年1回実施しています。特定施設とは実験室等より実験排水として排水を行う流し台等から実験排水の最終処理を行う排水処理施設までの排水経路(屋内・外配管等)をさします。特定施設の点検方法は目視・通水等により破損・漏水その他異常等が無いかを確認し、その点検記録の保管を行います。点検で異常等が発見された場合には、迅速に修繕等の対応を行い、特定施設から実験排水が漏洩し地下が汚染することの防止に努めています。



特定施設対象設備(架空配管)

地下水の活用による地域への貢献

筑波地区では、東日本大震災発生時に地震の影響により公営水道からの水道水供給が数日間停止したことで、バイオリソース事業に多大な影響を生じることになりました。翌年にバイオリソース事業の安定的な継続のため、地下水を活用した地下水給水装置の設置を行いました。また東日本大震災発生時には、近隣地域においても数日間の断水が発生したことから、外周柵の外に地下水給水装置からの分岐水栓の設置を行い、災害等により断水が発生した際には、地下水を地域の方へ供給することが可能となりました。



外周柵の外に設置した分岐水栓

事務室・居室の空気環境測定

筑波地区では職員が衛生的で快適な環境のもと業務にあたるよう、事務室及び居室の空気環境測定を定期的実施しています。測定項目は「浮遊粉塵」「一酸化炭素」「二酸化炭素」「温度」「湿度」「気流」の6項目です。

特に二酸化炭素濃度については、新型コロナウイルス感染症のリスク要因の一つである「換気の悪い密閉空間」の改善対策の指標になるため、非常に重要な情報となります。

また換気対策と併せて居室の湿度を適切に保つことも必要であり、特に夏期や冬期の換気は外気温や外気湿度の影響を受けるため、換気と湿度管理の両立が重要となります。

この測定結果を関係者に報告することで、職員が居室内の空気環境状態を把握し、快適な職場環境づくりへの意識が向上します。今後も事務室・居室の空気環境測定を通して、筑波地区で働く職員の快適な職場環境の維持に努めてまいります。



空気環境測定の様子

筑波地区の植栽管理

筑波地区の敷地内では、サクラ、ハナミズキ、ツバキなど季節を華やかに彩る木々のほか、アカマツなどつくば市内で多く見られる地域性のある高木樹など、多種多様な植物を観察することが出来ます。また、事務棟及び細胞研究リソース棟では屋上スペースを活用し、芝生を敷き詰めた屋上緑化を進めているほか、外部との地境における植樹は周辺環境との調和及び静粛性などの目的を維持できるようデザインされています。

なお、構内の植物に対し、その植生や個体ごとの生育状況に十分配慮し、四季折々の状況に適応した最適な管理を行っています。



事務棟付近の植栽管理状況

筑波地区清掃活動

筑波地区では、地域貢献と環境美化を目指して、近隣の高野台公園・牧園児童公園および周辺道路の清掃活動を実施しています。2020年は10月15日(木)に32名の研究系職員や事務職員が自主的に清掃活動に参加し、拾い鉢とごみ袋を手に、空き缶や紙くず、吸殻などを収集しました。この活動にあたっては、つくば市環境保全課より清掃用具のご支援をいただいております。ごみの量は年々減少しております。今後も継続的に清掃活動を実施することにより、個人の環境への意識を高め、地域貢献と環境美化に寄与してまいります。



周辺道路清掃活動の様子

一般公開 on the Web

2020年10月10日(土)に、横浜市立大学と合同で一般公開を開催しました(一部のプログラムは10月17日、24日、31日にも実施)。今年は新型コロナウイルスの感染拡大防止のため、理研では初めてオンライン形式で実施しました。オンラインの特徴を活かしたコンテンツ、例えば、360°カメラで撮影したVRラボツアー、YouTubeでのライブ実験の配信など、計23のプログラムを提供しました。例年は横浜や川崎の市民を中心に約3,000人の来場がありますが、今年はオンライン開催により地理的な制約がなくなったため、全国から3,000人以上の方々に視聴いただきました。

また、2020年は、理研が横浜に研究所を開設して20年という節目を迎えたため、篠崎一雄・環境資源科学研究センター特別顧問兼グループディレクターによる20周年記念特別講演が行われ、ライフサイエンスの発展に関して、理研横浜の成果を中心に具体例を挙げながら話があり、今後の展望を語っていただきました。さらに、横浜キャンパスの20年の歩み、研究成果などをまとめた特設Webサイトも公開しました。



一般公開のWebサイト



当日のライブ配信の様子

省エネルギー活動の取り組み

横浜地区では、省エネルギー活動の取り組みの一環として、交流棟2階食堂の入口(エントランスホール吹抜け側)にロールスクリーンを設置しました。

生地裏面にコーティングをした遮熱効果の高いものを採用し、寸法はW2,300×H3,000、W1,860×H3,000を設置しました。これにより、食堂内の配膳コーナーの空調負荷が低減し、過ごしやすい空間が実現できました。



設置前



設置後

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貢献活動の一環として「鶴見クリーンキャンペーン」に参加しています。

2020年10月15日(木)、敷地前の歩道約500mの清掃活動とどんぐり拾いを行いました。当日はあいにくの雨模様でしたが、理研・市大から約35人が参加しました。食品プラスチック容器、空き缶、ペットボトルやたばこの吸殻など、たくさんのゴミを回収しました。

なお、今回集まったどんぐり(約1,250個)は、今後、緑化団体等への寄付などを通じて森づくりに活かし、環境づくりに貢献していきます。



清掃中の様子



集めたゴミ

ヘリウム液化設備更新に伴う省エネルギー化・省資源化

横浜地区では、実験機器の冷媒として液化ヘリウムを大量に使用しています。ヘリウムは貴重な天然資源であるため、大気解放することなく、実験機器を冷却したあとに気化したヘリウムガスを回収して、再液化する設備を設けています。

これらの設備は老朽化が進んでいたため、2020年度に更新を行いました。右の写真は、更新した設備の一部で、液化の前にヘリウムガスを圧縮する機器です。

これらの設備を更新することで、従前のものに比べて使用電力量を半分以下に抑えることができ、さらには稼働時間が短縮されたため、省エネルギー化に寄与することができました。また、ガスを液化する効率も上がったため、省資源化にも貢献できました。



更新したヘリウム液化設備

防災訓練

2020年11月5日(木)に、隣接する横浜国立大学と合同で総合防災訓練を実施しました。今回は、三密を避けるため一斉避難訓練や消防署立ち会いの実地訓練は実施せず、地震及び火災発生を想定した動作確認(消火・避難・通報等)の訓練を行いました。地震の訓練においては、関東圏での大規模地震を想定し、和光地区等と連携して、各自自室にて身を守る安全確保動作(シェイクアウト訓練)を行いました。

また、火災発生時の訓練においては、各自が避難先と避難経路の

確認を行いました。

また、初期消火班長による現場での模擬消火活動、避難誘導班による退避状況の確認(避難済みマグネット)や通報連絡班長による現地対策本部への状況連絡の通報訓練を実施しました。



シェイクアウト訓練の様子

理研よこはまサイエンスカフェ

2021年3月26日(金)に理研よこはまサイエンスカフェをオンラインで開催しました。

サイエンスカフェとは、理研の研究者と横浜市・川崎市などの地域住民を中心とした一般の方々、飲み物を片手に、気軽に科学の話題を話し合う、講演会でもシンポジウムでもないコミュニケーションの場です。新型コロナウイルスの感染拡大防止のため、現在はオンライン形式で実施しています。

今回のテーマは「分子が織りなす生命のからくり」で、山根努 理研・医科学イノベーション推進プログラム上級研究員(当時)と、木寺詔紀 横浜市立大学大学院生命医科学研究科特任教授の両講師が、熱運動と呼ばれるランダムな分子の動きや、分子が集まってできたタンパク質に特定の振る舞い、役割が与えられ、それが生命の営みにつながっていくことなどについて、図表

や動画を使ってわかりやすく話をさせていただきました。

当日は中学生・高校生をはじめとする幅広い年代の方々50名弱にご参加いただき、質疑応答も活発に行われました。また、終了後のアンケートでは、参加者から「とても面白かった」「科学への興味が深まった」などのコメントが多数寄せられました。



サイエンスカフェのチラシ



講師の(左)木寺教授、(右)山根上級研究員

「中高生のためのオンライン特別授業」(神戸・大阪地区)

研究所の見学会や一般公開、高校生向けの体験講座など、従来の研究紹介イベントの開催が困難になっています。このような中でも理研の研究活動を広く知っていただくため、2020年は夏休みに合わせて「新型コロナウイルスに挑む生命科学・計算科学」と題したオンライン授業を中高生対象に行いました。生命機能科学研究センター(神戸・大阪)と計算科学研究センター(神戸)からそれぞれ2名のチームリーダーが登壇し、ウイルスの進化や感染の仕組み、創薬の現状を解説。参加者からは「タイムリーなトピックを中心として、それに付随する科学について知るいい機会となりました」「これからも、このような講座に積極的に参加して、幅広い科学に触れたい」との感想をいただきました。

2021年1月には、オンライン特別授業の講演者を二つのセンターだけではなく理研全体から集め、さらに内容を充実させました。



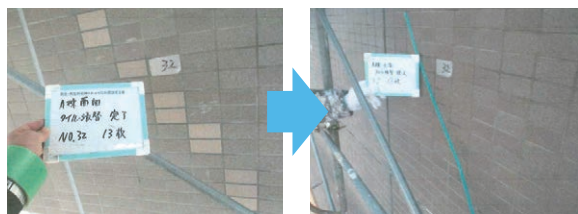
建物外壁改修工事を行いました(神戸地区 西エリア)

神戸事業所西エリアにあります発生・再生研究棟AとCの外壁改修工事を行いました。

風雨に晒されている外壁には、どうしても劣化損耗が発生します。この建物は耐候性の良いタイル張りの外壁ではありますが、目地部分やシーリング部材では経年劣化などの損傷が発生します。その損傷部分を放置してしまうと、そこから雨水などが侵入してしまい、雨漏りなどの被害を生じ、建物筐体への水の侵入は建物の健全性にも大きな悪影



響を及ぼします。またタイル目地の隙間からの浸水については、その貼り付けてあるタイルの剥離を誘発し、タイル落下による事故の危険性もあります。今回の改修工事では高層階まで足場を組み、直接タイル外壁の打診調査を行って、不良箇所には適切な処置を行いました。



一般公開をオンラインで開催しました(神戸・大阪地区)

新型コロナウイルスの感染が拡大する中、2020年度の理研神戸・大阪地区一般公開は、これまでの来場型ではなく、オンラインを活用したWeb開催となりました。withコロナ下で初の試みでしたが、ライブ配信を中心に、全てのコンテンツをオンライン上で提供しました。一方的に発信するのではなく、ライブ配信に対する視聴者からの質問に答えたり、家にいながらでも一緒にできる実験動画を配信することなどにより、オンライン上でも疑似体験や双方向的参加ができるように工夫しました。

また、100%オンライン実施により、来場者アンケートや広報手段もオンライン化され、従来の開催形態に比べて、ゴミの削減やペーパーレス化を推進で

き、環境負荷の低減にも資することができるという新たな発見もありました。

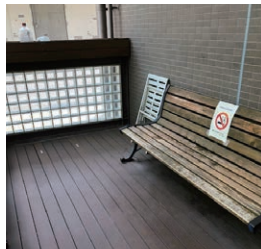


喫煙所の使用禁止(神戸地区)

神戸地区では2020年6月より所内の喫煙所に設置している灰皿を全て撤去しました。

これは新型コロナウイルスの感染拡大を受けて、全所で喫煙所を使用禁止にする方針が示されたことをきっかけに実施したものです。全所の方針が緩和された後も、

- ① 喫煙所ではマスクを外して会話されるリスクがある
- ② 喫煙者が感染した場合は重症化のリスクが高い



とを顧みて、安全衛生委員会にて審議・承認され、継続実施しているものです。

感染拡大防止だけではなく、職員の健康意識の向上や環境への配慮に繋がることを期待しています。

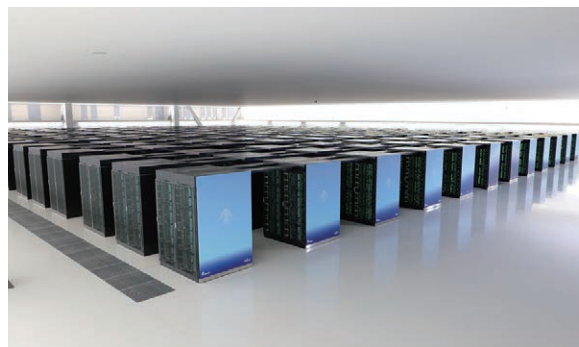


スーパーコンピュータ「富岳」完成、共用開始(神戸地区 南エリア)

理化学研究所と富士通株式会社が2014年から開発・整備を進めてきたスーパーコンピュータ「富岳」は、2021年3月9日に完成しました。同日、「富岳」はすべての準備を整え、広く学術・産業分野などに計算資源を提供するため共用を開始しました。



完成前に、スーパーコンピュータの性能ランキング「TOP500」「HPCG」「HPL-AI」「Graph500」の4部門において、2020年6月と11月の2期連続で世界第1位を獲得。完成前の試験的な利用でも成果を上げており、「ウイルス飛沫感染の予測とその対策」の研究などは人々の生活様式の変容を促しており、「富岳」は科学とSociety5.0を支える情報技術基盤として着々と成果を上げつつあります。



環境に配慮した歩道(大阪地区)

大阪地区では、環境に配慮した取り組みの一つとして、敷地内の歩道の整備を実施しました。

大阪地区の生命システム研究棟A棟とB棟の間には、2箇所の歩道があります。いずれも経年劣化や摩耗により、ひび割れや段差が生じていたため、補修を行いました。

大阪地区の敷地内には、たくさんの樹木が植えられているため、歩道の補修にあたっては、周りの樹木になじむような素材を用いました。

今後も安全な職場環境を整備するとともに、環境に配慮した取り組みを進めていきます。



次世代モビリティの実証実験への協力

播磨地区が所在する播磨科学公園都市内の移動利便性を向上するため、2021年1月に兵庫県企業庁による超小型EV(電気自動車)、電動キックボード、自動走行カートを活用した次世代モビリティの実証実験が行われました。

この実証実験に播磨地区は場所を提供し、広大な地区内各所に貸返却場所を設けた、電動キックボードのシェアリングサービスの実験や、播磨地区の正門と播磨科学公園都市内の各所を行き来できる、1人乗りの超小型EVのシェアリングサービスの実験が実施され、これらの実験に多くの播磨地区職員が参加・協力をしました。



超小型EV

蓄積リング棟照明設備のLED化

播磨地区では照明設備のLED化を順次進めており、2020年度は700台を超える蓄積リング棟実験ホールの高天井照明をLED化しました。

実験中は24時間点灯している実験ホールのHID照明をLED化したことにより、消費電力量は1/3に削減されました。また、照明設備による天井部の発熱量が減少したことにより、ホール内空調に要するエネルギーの削減にも寄与しています。

省エネルギー化以外にも、LED化により照明器具の寿命が長くなるとともに、点灯に時間を要していたものが瞬時に点灯することができるようになり、研究の実験環境を向上することができました。



蓄積リング棟実験ホールLED

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。2020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。

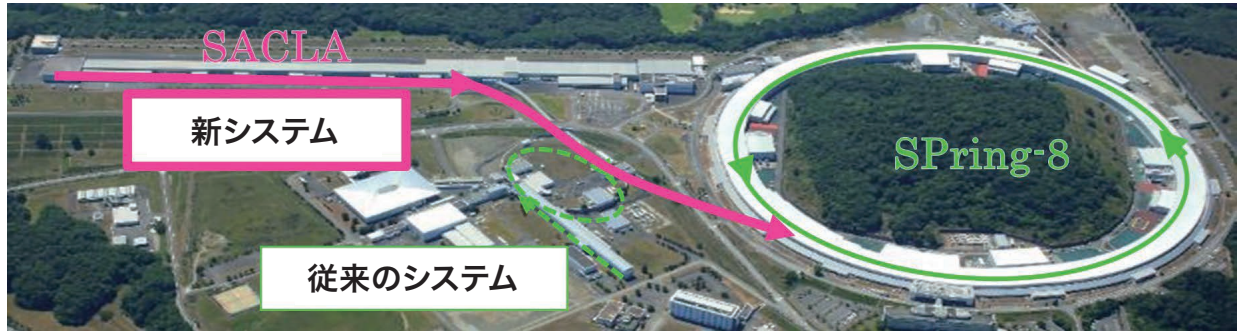


環境放射線測定

SACLAからSPring-8への電子ビーム入射

SPring-8専用の線形加速器およびシンクロトロンを利用した従来の入射方式から、SACLA線形加速器からの入射方式に変更しました。これによりSACLA加速器で作られる高品質な電子ビームをSPring-8でも使用できるようになり、より高度な放射光利用が可能となりました。素材、創薬、環境・エネ

ルギー、エレクトロニクスなど、SPring-8を利用するあらゆる分野での利用拡大と国際競争力の強化にも貢献するものと期待されます。さらに、線形加速器やシンクロトロンなどの老朽化した施設の機能をSACLAが担うことで、古い施設・設備の停止が可能となり、電気代や保守費の節約も見込まれます。



SACLA入射

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)、SACLA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、水質汚濁防止法をはじめとする関係法令の排水基準値を下回っており、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った結果、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

研究排水の管理

播磨地区では、実験室から排出される研究排水は、141 haある構内における土壌汚染の防止対策として、真空排水設備を用い集水し、排水処理施設にて処理を行い、安全性を確認したのちに放流しています。

真空排水設備は構内各所に設置した真空弁ユニットから真空排水施設まで、配管内が真空に保たれています。このため、通常の圧送式と異なり、途中でトラブルが生じてても、排水が漏洩しない機構になっており、配管も通常に比べ耐震性に優れています。また、この真空排水設備は2重化されており、万が一、一方が壊れても他方が運転可能となっています。このように、安全性・安定性を持ったシステムにより、広大な敷地内の研究排水を安全に管理しています。



真空排水設備

第三者意見



公益財団法人
木原記念横浜生命科学振興財団
事務局長 岩船 広

公益財団法人木原記念横浜生命科学振興財団は、コムギの研究を中心に遺伝・進化学の分野で世界的な業績を残された故木原均博士を記念し、後世に向けて生命科学の振興を図ることを目的として1985年3月に設立されました。以来、生命科学に関する共同研究の組織化や研究交流、学術調査、研究奨励、出版、知識普及事業などを横浜市立大学(木原生物学研究所)と連携して行ってきました。2005年に横浜市立大学が公立大学法人になったことに伴い、横浜市経済局関連の財団法人となり、2013年4月には、公益財団法人へ移行。神奈川県における「バイオ関連支援機関」として、生命科学の支援、またそれに伴う産業活性化支援、バイオ関連の研究開発拠点の設置・管理運営等を行うことにより、生命科学分野の研究・経済・産業のさらなる活性化に寄与する活動に取り組んでいます。

さて、本財団と、国立研究開発法人理化学研究所横浜事業所の関わりとしては、京浜臨海部の一部である横浜市鶴見区末広町に隣接して位置していることです。横浜市の京浜臨海部は、1859年の横浜港開港を契機に、近代的な臨海工業地帯を造成するため、民間主導による埋立事業により、大規模な工場が立地する工業地帯として、高度経済成長期の日本の発展を支えてまいりました。その後、公害問題の発生や、円高による生産機能の海外移転等の産業構造の変化が訪れます。そこで、京浜臨海部の、優れた交通アクセスと、市内及び周辺に立地する多数の理工系大学などの知識集積等のポテンシャルを生かすため、産業活性化策として、末広町地区に、ネットワーク型の研究開発拠点を形成することとしました。2000年に、理化学研究所横浜事業所が開所し、2001年に横浜市立大学大学院鶴見キャンパスが開所、そして2009年に、現在木原財団が管理・運営する、賃貸型事業拠点「横浜バイオ産業センター(YBIC)」が立地しました。YBICは、研究・開発・生産が可能な賃貸施設として、研究開発型のベンチャー

企業に多く入居いただいております。理化学研究所横浜事業所にも、YBIC内に、一部機能を入居いただき、自然エネルギー・バイオマスの利活用、バイオマテリアルの開発、環境負荷を軽減したものの作り技術、持続的な食料生産技術等の分野において、世界をリードする研究開発等を推進いただいております。

さて、末広町地区は多くの企業の工場や研究開発施設が立地しておりますが、交通アクセスは、JR鶴見線の鶴見小野駅もしくは、鶴見駅からのバスと限られていることもあり、一般からの知名度は必ずしも高くありません。しかし、末広町地区が、年に一度、大変な賑わいを見せることがあります。それが、理研の一般公開です。一般公開では、体験イベント、施設公開・ツアー、講演会、セミナー、ビデオ上映、ポスター展示等を行われます。普段は、見ることでできない最先端の研究施設が見学できるということもあり、将来の研究者を志す学生等、多くの来訪者で末広地区はにぎわいます。こうしたイベントを、コロナ禍においても、令和2年度からオンライン化するなど、創意工夫を重ねて、実施していただいていることは、当地区の活性化という観点でも大変ありがたいことです。

末広地区には、横浜サイエンスフロンティア高校が開設され、ライフサイエンス都市横浜において、ますます注目が高まっていますが、一方で、コロナ禍により、市内経済は疲弊し、市内中小企業は厳しい状況を迎えています。

こうした状況だからこそ、理化学研究所横浜事業所には、環境技術開発のモデル地域における中核機関として、また若きサイエンティストのあこがれの地として、これまで積み重ねてきた環境重視の方針を極力継続した基礎研究の推進や、研究成果による社会課題の解決、横浜市内中小企業との連携等、地域貢献等による環境技術の社会実装に一層取り組んでいただくことを期待しています。



国立研究開発法人
理化学研究所
監事 松尾 康博

最近、頻繁に発生している豪雨・台風・猛暑・地震の被害、感染症問題等、想定を上回る災害事象が続きますが、我々は、屈する事なく、対応していく必要があります。この状況下、理化学研究所（理研）は、我が国唯一の自然科学の総合研究所として、環境に配慮した研究所運営を最重要課題に挙げ、研究成果を最大限社会に還元する事を目的に研究活動に取り組んでいます。

理研の環境行動指針は、「自然を理解し尊ぶ」という理念に基づき、1) 環境問題解決に寄与する研究成果の創出、2) 環境マネジメント体制に基づく環境負荷低減活動、3) 環境配慮体制の整備と職員への教育、4) 環境負荷低減に貢献する研究成果等に関する情報公開と社会との対話であり、研究所が一体となって、地球の環境保全に積極的・継続的に取り組んでいます。

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研究体制・機能強化を掲げ、A) 関係機関との連携を強化した研究成果の社会還元、B) 新たな科学の開拓・創生、C) 戦略的研究開発推進と世界最先端の研究基盤構築・運営・高度化を通じた研究成果の社会還元促進を進めています。本報告書には、革新的農業に関する二つ成果事例が、特集されており、①ストライガと呼ばれる寄生植物が農作物に寄生して収穫量を減らすメカニズムを分子レベルで明らかにする事で寄生植物を除去する方策を確立する研究、②植物に必要なリン・窒素を供給する微生物と共に生きている事に着目し、農業現場における植物・微生物・土壌の相互関係を可視化する事を通して、持続的な作物生産を可能にする新しい農業の実現に関する研究が、社会に貢献できる研究として紹介されています。

更に、特集されてはいませんが、スパコン富岳を使用したウイルス飛沫感染の予測とその対策の研究、また、大型加速器SPring-8を使用したカーボンニュートラ

ルに貢献する研究等、Society5.0を支える事に寄与する研究も実施され、成果を出しているところです。

2) のエネルギー使用合理化・化学物質の適正管理に関しては、①グリーン購入法に適合した調達推進があり、適合品調達割合は、年々上昇し、2020年度は、85.7%となっています。②温暖化防止への貢献に関し、2020年度のエネルギー使用量は、富岳の本格稼働に起因して増加、二酸化炭素排出量も4年前のレベルまで増加しましたが、今後は、運用効率を高める事で、減少させる予定です。③研究に付随して発生する多種多様な廃棄物に関しては、各自治体の基準により収集・分類し、適切に処理し、再利用が可能なものは、リサイクルして使用しています。また、放射性廃棄物、PCB含有廃棄物、化学物質も、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、廃棄・処分・管理についても、同様な処理・管理を実施しています。④排水管理・節水対策に関しては、直接排水口に流さず、専用容器に改修し、地区の特性に合わせた処理実施後、分析により排水に異常がない事を確認しています。3) は、働きやすい職場づくりと職員の健康確保に関する指針で、研究所運営・環境に関する諸活動の土台です。労働衛生への取り組みとして、①メンタルヘルスの健全化、②長時間労働による健康障害を未然に防ぐ方策の実施、更に、男女共同参画、障害者雇用促進にも留意した研究活動を実施しています。4) の研究活動に関する情報公開や社会との対話は、事業所間で活動内容が少し異なりますが、継続的な取り組みで、地域・社会に向け、理研の研究紹介、環境汚染未然防止、緑化の活動等、地域貢献・相互理解のために有意義な活動です。最後に、まとめですが、本報告書には、理研による環境に対する行動指針・取り組み・成果が具体的に記載されており、更なる継続した活動・成果を期待するところです。

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2021』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 37	
	(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	19-23	
	(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	19-23 26,27,28 29,34	
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	9,31
		(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	9,19-23 26,34,35
	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	24,25
		(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	26-35
	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	19,21
		(2)グリーン購入、調達	○	グリーン調達	19
		(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	26-35
		(4)環境関連の新技术・研究開発	○	特集1~4 FACE 1~2	11-18
		(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	10,21	
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	10,20	
	(2)総物質投入量及びその低減対策	○	グリーン調達	19	
	(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	10,22	
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	10,22		
【第6章】 「事業活動に伴う環境負荷及び環境配慮等の取組に関する状況」を表す情報・指標	3.生産物・環境負荷の算出・排出等の状況	(1)総製品生産量又は総商品販売量等	-	-	-
		(2)温室効果ガスの排出量及びその低減対策	○	環境負荷の全体像、地球温暖化防止省エネ	10,20 26,31,34
		(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	10,22
		(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	26
		(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 実験排水管の漏水検査	10,23 26
		(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	10,21
		(7)有害物質等の漏出量及びその防止対策	○	有害大気汚染物質の測定、実験室等洗浄施設排水点検	26,27,28 35
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	24		
【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、監事意見書	36,37		



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

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、上記までお問い合わせ下さい。