







## 目次

広報誌 RIKEN 2019

ごあいさつ	01	計算科学研究センター	32
理研の歩み	02	放射光科学研究センター	34
至高の科学力1	04	バイオリソース研究センター	36
至高の科学力2	06		
<b>研究開発</b>	08	<b>理研の活動</b>	38
■ 科技ハブ産連本部	10	科学技術ハブ	40
■ 開拓研究本部	12	ICT戦略の推進	42
■ 革新知能統合研究センター	14	環境問題への貢献	44
■ 数理創造プログラム	16	研究成果・研究協力	46
■ 生命医科学研究センター	18	技術移転・産業界との連携	48
■ 生命機能科学研究センター	20	人材育成	50
■ 脳神経科学研究センター	22	広報活動	52
■ 環境資源科学研究センター	24	受賞	54
■ 創発物性科学研究センター	26	人員	56
■ 光量子工学研究センター	28	予算	58
■ 仁科加速器科学研究センター	30	組織図	60
		問い合わせ先一覧	

## 科学道とともに

理事長 松本 紘

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「京」と後継機である「富岳」といった世界トップクラスの大規模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も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。

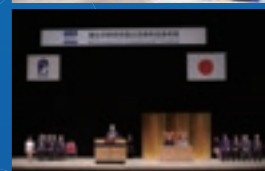
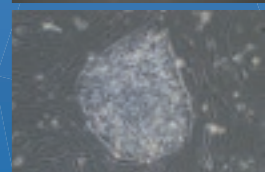
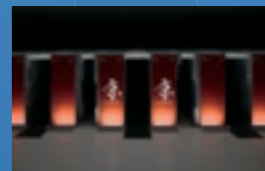
# 理研の歩み

理研は、1917(大正6)年に財団法人として創立され、2017年3月には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、株式会社、特殊法人、独立行政法人、国立研究開発法人、そして特定国立研究開発法人と、組織の形を変えながらも、時代と国の要請に応え、自然科学の総合研究所として、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進しています。

<p>1917 財団法人理化学研究所設立</p> <p>1922 主任研究員制度が発足</p> <p>1927 理化学興業株式会社を創設</p> <p>1937 仁科芳雄、わが国初のサイクロトロンを作製</p> <p>1948 財団法人理化学研究所解散、株式会社科学研究所設立</p> <p>1949 湯川秀樹、ノーベル物理学賞受賞</p> <p>1958 株式会社科学研究所解散、特殊法人理化学研究所設立</p> <p>1965 朝永振一郎、ノーベル物理学賞受賞</p> <p>1967 東京・駒込から埼玉県大和町(現 和光市)へ本部移転し、大和研究所を開設(現 和光地区)</p> <p>1981 微生物系統保存事業(現 バイオリソース提供事業)の開始</p> <p>1984 筑波研究学園都市に研究拠点を設置(現 筑波地区)</p> <p>1986 わが国で初めて任期制研究者を採用し、国際フロンティア研究システムを開設</p> <p>1989 基礎科学特別研究員制度発足</p> <p>1990 宮城県仙台市に研究拠点を設置(現 仙台地区)</p> <p>1992 理研アドバイザー・カウンシル(RAC)を創設</p> <p>1993 なごやサイエンスパークに研究拠点を設置(現 名古屋地区)</p> <p>1995 英国ラザフォード・アップルトン研究所(RAL)にRAL支所を開設</p> <p>1996 理研ベンチャー制度による第1号企業設立</p> <p>ジュニア・リサーチ・アソシエイト(JRA)制度発足</p> <p>1997 播磨科学公園都市に研究拠点を設置(現 播磨地区)、大型放射光施設「SPring-8」供用開始</p> <p>米国ブルックヘブン国立研究所(BNL)に理研BNL研究センターを開設</p>	<p>皇室からの御下賜金、政府からの補助金、民間からの寄附金を基にわが国の産業の発展に資することを目的に、現東京都文京区本駒込の地に設立された。総裁に伏見宮貞愛親王殿下を迎え、副総裁は渋沢栄一、初代所長は菊池大麓。</p> <p>戦後、GHQ(連合国軍最高司令官総司令部)の財閥解体方針により、財団理研は解散し、株式会社となる。初代所長は仁科芳雄。</p> <p>国産の新技术を開発するため、基礎、応用、開発にわたる一貫した研究が求められ、科学技術庁所管の特殊法人理化学研究所へ改組。初代理事長は長岡治男。</p>
---	---



<p>2000 神奈川県横浜市に研究拠点を設置(現 横浜地区)</p> <p>2002 兵庫県神戸市に研究拠点を設置(現 神戸地区)</p> <p>2003 独立行政法人理化学研究所設立</p> <p>ヒトゲノム全解析の完了</p> <p>2006 シンガポールにシンガポール連絡事務所開設(現 シンガポール事務所)</p> <p>2007 RIビームファクトリー、共用運転開始</p> <p>2010 中国に北京事務所開設</p> <p>2011 大阪府吹田市に研究拠点を設置(現 大阪地区)</p> <p>2012 X線自由電子レーザー施設「SACLA」供用開始</p> <p>スーパーコンピュータ「京」共用開始</p> <p>2013 iPS細胞を用いた世界初の臨床研究を開始</p> <p>2015 国立研究開発法人に名称変更</p> <p>113番元素の命名権獲得</p> <p>2016 特定国立研究開発法人に移行</p> <p>新元素ニホニウム(Nh)の名称・記号が決定</p> <p>2017 東京都中央区に研究拠点を設置(東京地区)</p> <p>創立百周年</p> <p>2018 関西文化学術研究都市(けいはんな学研都市)に研究拠点を設置(けいはんな地区)</p> <p>ベルギーに欧州事務所を開設</p>	<p>中央省庁再編の中で独立行政法人へ移行、初代理事長は野依良治。</p> <p>研究開発成果の最大化を目指し、国立研究開発法人として新たなスタートを切る。初代理事長は、松本紘。</p>
--	---





# 至高の科学力

ピックアップ研究成果

1

## スーパーコンピュータと数理が切り開く 新たな素粒子の世界

未知の新粒子ダイオメガの存在を予言する

素粒子は、現在の人類が知りうる最も小さなものです。極小単位である素粒子の振る舞いを知ることは、宇宙を含めた私たちの世界を知ることにつながります。加速器など大型の実験装置を使い、素粒子の測定が進む中、その小さな世界のルールが少しずつ分かってきました。仁科加速器科学研究センターの量子ハドロン物理学研究室を中心とした共同研究チームは、数理手法とアルゴリズムを改良し、さらにスーパーコンピュータ「京」などによって素粒子間に働く力を計算しました。その結果、まだ発見されていない未知の粒子「ダイオメガ」の存在を予言しました。

### 仁科加速器科学研究センター 量子ハドロン物理学研究室

権業 慎也 基礎科学特別研究員  
入谷 匠 特別研究員 ※研究当時  
土井 琢身 専任研究員

### 数理創造プログラム

初田 哲男 プログラムディレクター

【写真左から】  
入谷 匠 (いりたに たくみ)  
初田 哲男 (はつだ てつお)  
権業 慎也 (こんぎょう しんや)  
土井 琢身 (どいたくみ)



物質を構成している原子核は、陽子と中性子の数の違いにより、さまざまな個性を持ちます。それでは、原子核の基である陽子や中性子は、どのような「もの」によって性質が決まるのでしょうか。それはクォークという素粒子です。

クォークには、質量が小さい順にアップ、ダウン、ストレンジ、チャーム、ボトム、トップの6種類があります。陽子は2個のアップと1個のダウンからできていますが、このように、3個のクォークが集まってできた粒子をバリオンといいます。バリオン内部のクォーク同士は、強い相互作用を媒介するグルーオンという素粒子によって結びついています。

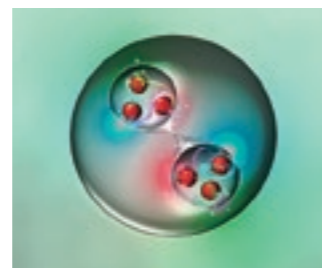
研究チームは、ストレンジクォーク3個を持つ質量の大きなバリオン、Ω(オメガ)粒子に注目しました。加速器により、さま

ざまなクォークの組み合わせによる粒子が発見されていますが、クォーク6個からなる「ダイバリオン」は1930年代に発見された重陽子以外見つかっていません。ではΩ粒子が2個結合したダイバリオン、「ダイオメガ」は存在し得るのでしょうか。

クォークやグルーオンの振る舞いは、南部陽一郎博士(2008年ノーベル物理学賞受賞)によって提唱された「量子色力学」によって決まります。これに基づいて計算を行えば2個のΩ粒子間に働く力が導かれ、「ダイオメガ」が存在するかどうか分かります。しかしその計算量は、現代のスーパーコンピュータをもってしても膨大なものになります。そのため、バリオン間の力を導くための「新しい数理手法の開発」と、効率よく計算を行うための「計算アルゴリズムの開発」が不可欠になります。

これまで、研究チームは、「時間依存型HAL QCD法」という新しい数理手法と、「統一縮約法」という独自の数値計算アルゴリズムを開発してきました。今回、これらの手法を使い、スーパーコンピュータ「京」や「HOKUSAI」で複雑に絡み合うクォークの運動を数値シミュレーションすることで、2つのΩ粒子間に働く力についての詳細な解析を行いました。その結果、2つのΩ粒子は $0.3 \times 10^{-13}$ cm程度の距離まではお互いに引き合うものの、それ以上近づくと反発し合うことが分かりました。また、引き合う力によって2個のΩ粒子が結合し、ダイオメガ粒子が形成されることを示しました。研究チームが開発した手法とそれを用いた計算結果は、今後、新たなダイバリオンの予測など、素粒子世界の未知の現象の解明に寄与すると期待されます。

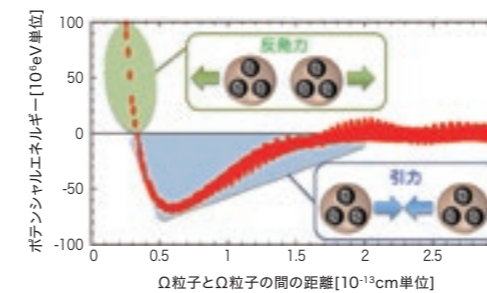
### ダイオメガのイメージ図



6個のストレンジクォークからなり、2つのΩ粒子が弱く結合したダイバリオンであることがわかった。

©Keiko Murano

### スーパーコンピュータ「京」によって導き出された、Ω粒子間の相互作用



距離が離れたときに働く引力だけではなく、距離が近くなると反発力が発生することが明らかになった。

#### 関連情報

新粒子「ダイオメガ」  
[http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180524\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180524_1/)



# 至高の科学力

ヒックアップ研究成果

## 2

### 画像処理技術を駆使して医療診断や治療の現場に貢献する

#### 早期胃がんを自動検出する人工知能と3Dプリンターによる人工骨造形を実現

情報学や工学の先端技術を医療に取り入れ、日常的な診断や治療で使おうとの動きが盛んになっています。なかでも、人工知能(AI)や3Dプリンター技術は特に注目されており、光量子工学研究センター 画像情報処理研究チームの横田秀夫チームリーダーらは、「専門医でも炎症との判別が難しいとされる早期胃がんを内視鏡画像から高精度で自動検出するAI手法」と、「3Dプリンターによる精密な形状、高い強度、生体の骨に置き換わる性質を実現させた人工骨の造形手法」の開発に成功しました。どちらも画像処理技術を核としたもので、早期の実用化が期待できます。



#### 光量子工学研究センター 画像情報処理研究チーム

横田秀夫 チームリーダー

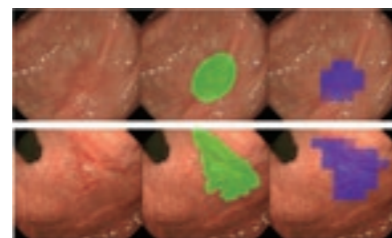
【写真左から】  
辻村有紀(つじむら ゆき)テクニカルスタッフ I  
竹本智子(たけもと ちこ)研究員  
横田秀夫(よこた ひでお)



開発が進むAIによる消化器腫瘍の自動検出も、早期胃がんでは成功例がほとんどない状況です。今回、横田チームリーダーらの研究チームは、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いた自動検出を、少ない学習用データからでも可能にしました。CNNは「コンピュータ上に人間の脳神経回路をまねたネットワークを作って学ばせる深層学習」を応用したもので、画像の微細な特徴を識別・分類する能力に優れています。

用意した学習用データは、早期胃がんと正常な胃の画像をそれぞれ約100枚ずつと少ないのですが、そこから「がんの部分」と「正常の部分」を約1万枚ずつ切り出して2万枚にし、さらにデータに変換処理を施すことで36万枚に増やしました。そのうえで、別の目的で学習済みのCNNを使って、早期胃がんと正常な胃の粘膜について再学習させました。

#### タイプ別の早期胃がんの自動検出例



画像中の緑色で示した領域は、消化器内視鏡の専門医が手作業で早期胃がん領域を示したもので、紫色は自動検出した領域を示している。隆起型(Type0-I)、表面隆起型(Type0-IIa)、表面陥凹型(Type0-IIc)の三つのタイプについて、自動検出に成功した。

入力画像 正解データ コンピュータの検出

できあがったAIを検証したところ、「がんを正しくがんと判断した割合(感度)」は80.0%、「正常を正しく正常と判断した割合(特異度)」は94.8%、「がんと判断し、実際にがんであった割合(陽性的中率)」は93.4%、「正常と判断し、実際に正常だった割合(陰性的中率)」は83.6%と、いずれも高い精度でした。さらに画像分類だけではなく、「早期胃がんの部位」も高精度で検出できるようにしました。画像1枚の処理時間は4ミリ秒とごく短く、医療機関でも十分に使えると考えられます。

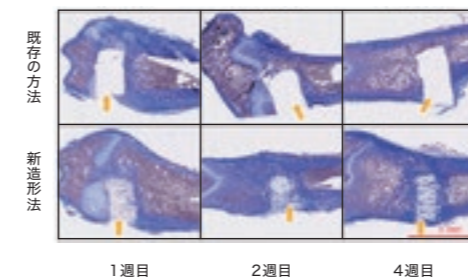
一方、3Dプリンターの成果は、すでに開発に成功していた「リン酸カルシウム系の粉末材料を用いた3Dプリンターによる人工骨」に改良を加えることで得られました。ケガや病気で骨の一部を失った際には、ブロックや顆粒、セメントなどの人工骨が使われますが、いずれも骨置換性(生体の骨に置き換わる性質)と強度が両立しないという問題を抱えています。また、既

存の「3Dプリンターによるチタン合金などの人工骨」には骨置換性がなく、金属アレルギーの懸念が捨て切れません。

今回、研究チームは、リン酸カルシウムの一つであるα-TCPに凝固用のインク(エチドロン酸など)を吹きかけて層を積み重ねる3Dプリンター手法を開発しました。α-TCPはエチドロン酸との化学反応(キレート反応)により瞬時に硬化し、生体の骨と同レベルの強度を達成できました。また、生体との親和性が高く、造形後に数分、水で洗い流すだけで、細胞が接着・増殖できる状態になりました。積層条件を制御すれば、細胞が入り込む小さな穴をあけるといった細工も可能です。

実際に生きたラットを使って検証したところ、骨細胞が速やかに人工骨に侵入して約4週間後には骨が癒合し、異物反応は起きないと分かりました。従来の弱点を克服した人工骨を作る3Dプリンター技術になると期待できます。

#### ラット大腿骨における既存方法と新造形法の比較



骨を組織染色(マッソントリクローム染色)した観察像。既存の造形方法では人工骨の置換がみられないが、新造形法では生体の骨組織に置換していることが分かる。

写真は今回の人工骨の材料で3Dプリンターにより作成した「R」の文字。

#### 関連情報

AIで早期胃がん領域の高精度検出に成功  
[http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180721\\_2/](http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180721_2/)  
あなたの骨を作ります  
[http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180414\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180414_1/)



研  
究  
開  
発

# Research & Development

理研が行う研究および各研究組織のミッションや特徴、  
代表的な研究成果をご紹介します。

## 最先端の植物研究に使われる シロイヌナズナ

モデル植物であるシロイヌナズナを実験材料にして、植物の環境応答や生産性向上に関わる遺伝子を探索し、これらの知見を環境ストレスに強い作物の開発に役立てています(詳しくはP.24-25参照)。





# 科技ハブ産連本部

AI時代のまったく新しい生命医科学を構築する

## ▶ 医科学イノベーションハブ推進プログラム

小安重夫 プログラムディレクター

### 研究成果

## 情報の集約点となって究極の個別化医療を目指す 深く表現型を記述したデータやAIを活用し、新しい診断・治療・創薬の枠組みを創出

少子高齢化や医療費高騰などを抜本的に改革する手段の一つとして、一人ひとりに合った「個別化医療」の実現が急務となっています。そのためには、分散して保管されている情報の集約と関係機関の連携強化は欠かせません。医療機関、企業、アカデミアのいずれにも開かれた理化学研究所がハブとなり、「医科学イノベーションハブ推進プログラム」が2016年に組織されました。このプログラムでは、「予測と予防の個別化医療の技術開発」と「AIとデータによる創薬プロセス最適化の技術開発」の2本の柱を掲げ、個人から得られる客観的なデータとAIを活用した研究を進め、究極の個別化医療を目指しています。

事業は、科学技術振興機構「イノベーションハブ構築支援事業」の一つとして始まりました。2017年度からは文部科学省「データプラットフォーム事業」、2018年10月からは文部科学省「Society 5.0実現化研究拠点支援事業」が並行して進められています。

柱の一つである個別化医療の技術開発は、桜田一洋 副プログラムディレクターを中心に進めています。従来の医療では、ある病気が診断されれば同じ治療がなされるのが普通ですが、症状が同じでも原因が異なることがあります。ここでは、連携する医療機関から提供される個々の患者さんのデータにAIを適用してパタ

ーンを発見し、それをもとに患者さんの状態をグループ分けすることで、それぞれの患者さんに最適な治療法・予防法の提供を目指しています。現在、大学や大学病院と共同で、アトピー性皮膚炎、関節リウマチや全身性エリテマトーデス(SLE)などの免疫疾患、がん免疫、妊婦の免疫活性による発達障がい児の予測モデルの開発を進めています。AIを利用したがん治療の予後予測や、糖尿病の発症リスクの可視化などで成果が徐々に始まっています。

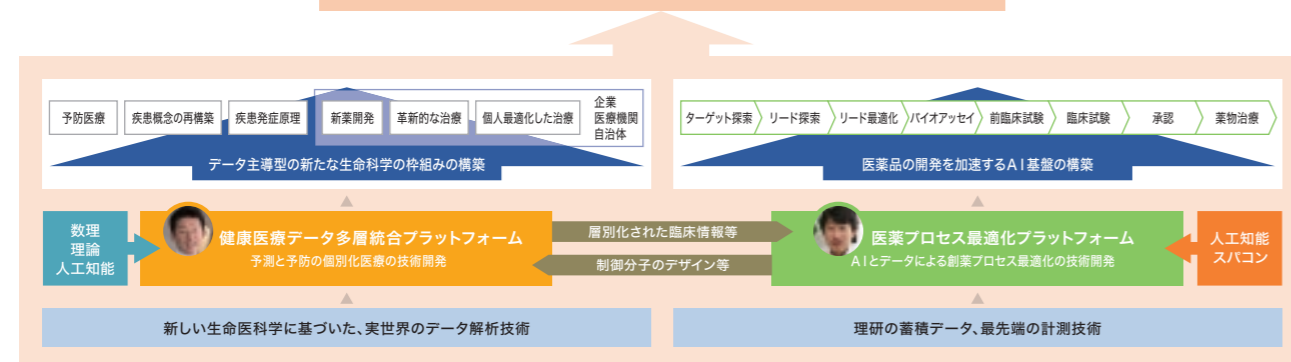
もう一つの柱となっている創薬プロセス最適化の技術開発は、奥野恭史 副プログラムディレクターを中心に、LINC<sup>1</sup>と連携して進めています。創薬の標的タンパク質の探索から、創薬シーズのインシリコスクリーニング<sup>2</sup>、体内動態・毒性を考慮した最適化設計、動物モデルデータに基づくヒトへの薬効や副作用の予測、臨床デザインなど、創薬の上流から下流までをAIで効率化すべく技術開発と基盤構築を進めています。特に、候補化合物の結合しやすさをスーパーコンピュータで正確に高速計算するプログラムの開発や、最新の深層学習技術による多項目の体内動態・毒性の同時予測などで成果が出つつあります。

これら共同研究で得られた手法は、連携する企業や医療機関によって新たな予防法・治療法、創薬ターゲットの発見などにつながり、最終的には社会実装されることが期待されます。

\*1 ライフ・インテリジェンス・コンソーシアム。ライフサイエンス分野でのAIとビッグデータの活用を目指し、2016年に設立された産学官連携プロジェクト(代表:奥野恭史)。  
\*2 *in silico* screening: コンピュータ上で医薬品候補となる化合物を探索すること。

### プログラム概要

### 持続可能なヘルスケアと医療の実現に貢献



(写真左から)  
本間 光貴(ほんま てるき)  
医薬プロセス最適化プラットフォーム推進グループ  
副グループディレクター  
小安 重夫(こやす しげお)  
桜田 一洋(さくらだ かずひろ)  
副プログラムディレクター

### 科技ハブ産連本部

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。



本部長 小寺秀俊 (D.Eng.)





# 開拓研究本部

物質に焦点を当て宇宙史をたどる新発想で、  
宇宙創成から生命の起源までをつなげたい

- ▶ 玉川高エネルギー宇宙物理研究室 玉川 徹 主任研究員
- ▶ 坂井星・惑星形成研究室 坂井南美 主任研究員
- ▶ 長瀧天体ビッグバン研究室 長瀧重博 主任研究員

## 研究成果

### 物質の階層的進化から探る、新しい宇宙研究 理研だからこそできる、物理・化学・天文学の本格的融合

宇宙を研究対象とした理研内の研究室が集まり、総合科学の研究所である理研ならではの共同研究の形を模索し、物質に焦点を当て宇宙の謎に迫る、新領域開拓研究を始動しました。

2019年にスタートしたこの取り組みでは、超新星・ガンマ線バーストを研究する「長瀧天体ビッグバン研究室」、宇宙でどのように元素が作られるのかを研究する「玉川高エネルギー宇宙物理研究室」、天体の誕生過程を研究する「坂井星・惑星形成研究室」が、それぞれの研究領域である「原子核」「原子」「分子」の知見を持ち寄り、宇宙全体の階層的物質進化を理解することを目的としています。

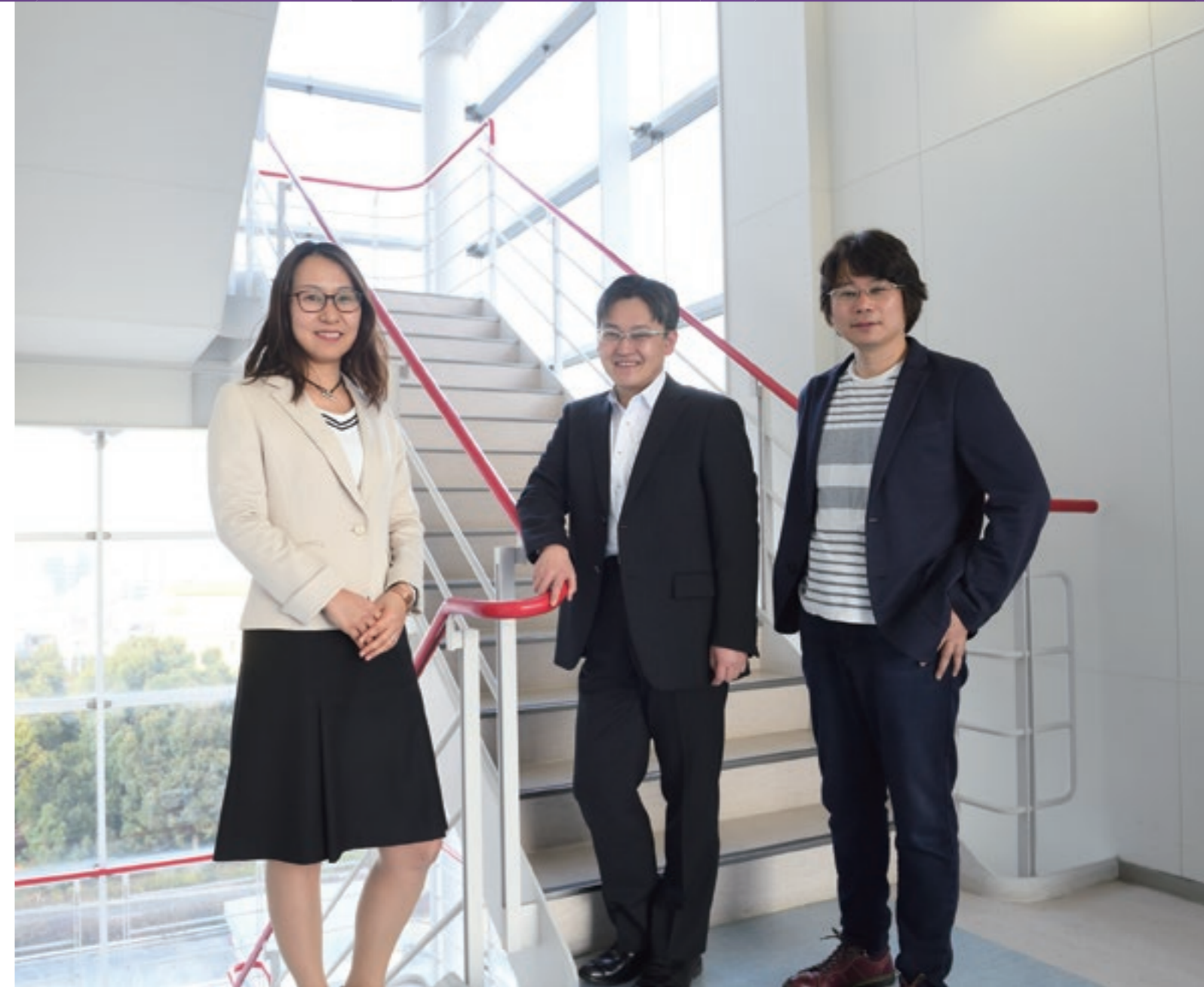
宇宙に関わる天文学者や物理・化学の研究者は、電波やX線など電磁波の観測、計算科学によるシミュレーションなどさまざまな方法で謎に挑み続けています。しかし、同じように宇宙の謎を解明しようとする研究であっても、アプローチごとに階層化されていて、研究者同士の交流はありませんでした。これまで各領域内で蓄積された知識を異なる研究領域に応用することで、最終的には生命がどのような環境で誕生するのかという究極の問いの解明へとつながる成果を得られるかもしれません。

宇宙が生まれたビッグバンの直後に素粒子が作られ、さまざまな原子核、原子ができ、そして分子へと「進化」していきました。私たちの太陽系環境も、宇宙にある多くの惑星系と同様、こうした「進化」を経て誕生したものです。今この時も、宇宙ではさまざま

な元素が集まり、ガスや塵のような物質となり、それらが引き寄せ合い、恒星が無数に誕生しています。誕生したばかりの星の周りには、周囲のガスや塵がさらに集まり、さまざまな化学組成の原始惑星系円盤となり、惑星や衛星など多様な天体が形づくられます。この宇宙開闢からの「進化」の過程でどのように原子核が構成され、どのように元素(原子)が作られ、そしてどのように分子組成が変化していき、最終的に生命が誕生しうなのか。星の数だけ可能性があり、観測・研究の謎はまだまだ尽きません。

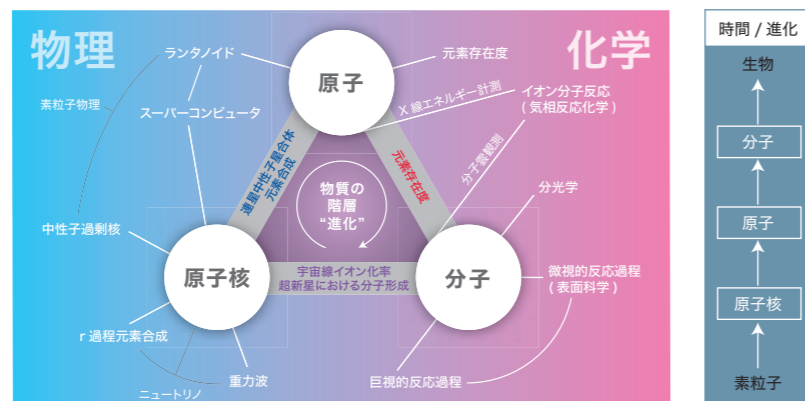
この取り組みでは、中心となる3研究室だけでなく、理研内の分子分光学・表面科学、原子物理、原子核物理の研究チームとも連携し、さらには国立天文台や宇宙航空研究開発機構(JAXA)など宇宙研究を主とする研究機関や、分子科学研究所や日本原子力研究開発機構といった宇宙研究以外を主とする研究所との連携も図ります。将来的には、素粒子物理学や生命科学などの研究領域へも波及させ、宇宙の創成から生命へのつながりを、ひとつのストーリーとして解明することを目指します。

2011年に観測を開始したアルマ望遠鏡により宇宙の分子の分布を詳細に観測できるようになり、2015年にはLIGO望遠鏡によって重力波が検出され、宇宙における重い元素の起源解明に一石を投じました。世界的に宇宙研究がダイナミックに進展するいま、理研だからこそできる新しい研究のかたちに大きな期待が寄せられます。



(写真左から)  
坂井 南美(さかい なみ)  
玉川 徹(たまがわ とおる)  
長瀧 重博(ながたき しげひろ)

プロジェクトの概念図



### 開拓研究本部

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、抜きで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。



本部長 小安重夫 (D.Sci.)





# 革新知能統合研究センター

異分野のスペシャリストが結集し、新しい発想で研究を進める

## ▶ 目的指向基盤技術研究グループ 医用画像解析チーム

佐藤一誠 チームリーダー

### 研究成果

## AIの活用で医用画像解析に革新をもたらす “画像化を経由しない”機械学習で超高速な細胞分類が可能に

健康診断でも行われる血液検査は、採取した血液中のコレステロール値など生化学的な分析だけではなく、赤血球や白血球など、細胞の種類とその頻度分布によって、健康状態の把握や病気の診断等に利用されています。通常の検査方法では、希釈した血液を小さな孔あるいは微細な流路に通して、細胞の大きさや表面の性状で赤血球や白血球などに分類し計数します。白血病などでは、こうして分類した血液中の腫瘍細胞を分取し、医師が顕微鏡を用いて細胞を目で見ることで、診断や治療効果の確認が行われます。一方で、がんが転移する場合も、その原因となる腫瘍細胞が血液中に存在しますが、白血病の場合とは桁違いに少ないので、現在では検知することが難しい細胞の一つです。

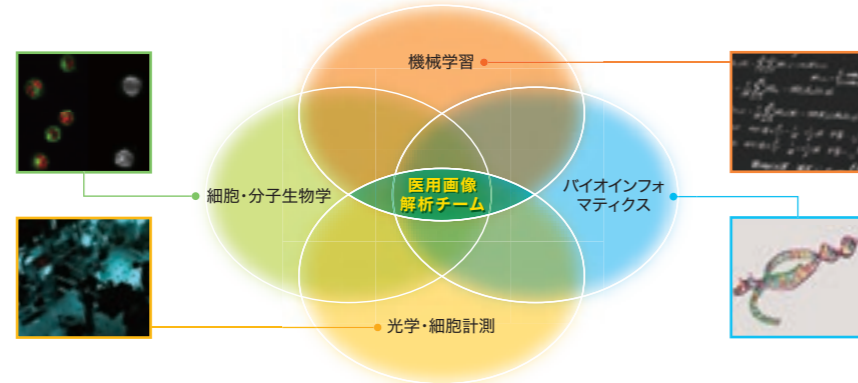
現在、白血病の検査や研究などで広く用いられているフローサイトメトリー法では、血液細胞を細い流路に流し、レーザー光を照射することで細胞表面からの散乱光や蛍光を用いて1分間に数万個程度の細胞を分析、異常細胞の候補を分取し、顕微鏡観察による診断や、遺伝子解析を行っています。しかし、腫瘍細胞のような希少な細胞を分析・分取するためには、より多くの細胞を高速に処理し、かつ、細胞内部の形態情報などを用いて高い精度で解析することが必要です。しかし、高精度な画像化とその解析には膨大な処理時間がかかるため、高速化との両立は非常に困難でした。

革新知能統合研究センターの医用画像解析チームは、大学や企業の若手研究者からなるチームと連携して、画像化せずに高精度の細胞識別を高速に行う技術「ゴーストサイトメトリー」の開発を行っています。細胞をマイクロメートル単位の流路に流しレーザー光を照射することはフローサイトメトリーと共通ですが、レーザーによって形成される構造照明を用いることで、反射光に細胞内部の形態情報が反映されるようにします。さらに、その反射光から細胞の蛍光画像を再構成してから解析するのではなく、形態情報を含んでいる反射光のパターン（“ゴースト”イメージ）を機械学習を用いて、直接解析することで精度と速度の両立を目指す手法です。

機械学習の専門家に加えて、細胞・分子生物学、光学・細胞計測、バイオインフォマティクスなど、さまざまな異分野の専門家がチームを組むことで、機械学習のソフトウェア、細胞を高速に安定に流すための微細な流路、変調レーザー光照射のための光学系や検出器などのハードウェアを組み合わせ、非常に高い精度を維持しつつ、極めて高い処理速度を実現することに成功しました。

開始当初は、分野によって異なる用語を一つ一つ理解するなどの苦労もありましたが、他分野の知見を得ることで、また新しいアイデアが生まれてきます。その中から、未来の社会に貢献できる技術が生まれることが期待されます。

4つの異なる分野の英知を結集して超高速細胞分類技術を確立する



(写真左から)  
Liwei Qiu(リキィ キュウ) テクニカルスタッフ I  
河崎 史子(かわさき ふみこ) 研究員  
三森 隆広(みもり たかひろ) 研究員  
佐藤 一誠(さとう いっせい) テクニカルスタッフ I  
鶴川 昌士(つがわ まさし) テクニカルスタッフ I

### 革新知能統合研究センター

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。



センター長 杉山 将 (D.Eng.)





# 数理創造プログラム

数理で使われるさまざまな分析技術を投資や経営に役立てたい

日高義将 専任研究員  
 入谷 匠 特別研究員 (仁科加速器科学研究センター 量子ハドロン物理学研究室) ※研究当時  
 土居孝寛 基礎科学特別研究員 (仁科加速器科学研究センター 量子ハドロン物理学研究室)

## 研究成果

### 数理の力をビジネスの世界に応用する ビッグデータによって企業間の巨大なネットワークを明らかに

理研では、数理を軸にして分野の垣根を越えた研究を行う横断型の組織、数理創造プログラムが2016年から始動しています。理論科学・数学・計算科学など異なるフィールドの研究者が同じテーマに取り組むことで、新たな飛躍が期待できます。この数理創造プログラムが行っている活動の一つに、企業や大学の数理研究者を招いて行う、産学連携レクチャーがあります。これまでに、自動車メーカーの自動運転技術や医薬品メーカーの計算創薬など、さまざまな分野のレクチャーが行われてきました。その中から生まれた研究テーマが「数理で探る企業間ネットワーク」です。

企業間ネットワークとは、取引によってつながる企業のネットワーク、言い換えればビジネスネットワークです。数理とビジネスや経済は、一見すると共通項が見当たらないようにも思えますが、銀行ではこれまでも年に一度の決算データから、機械学習などの数理技術を使って、その企業の価値や格付けなどを推定する試みが行われてきました。しかし、年に一度では、解析結果が現実の動きに追いつかないこともあります。この研究では、日々の企業間取引データを多くの企業が連なる巨大で複雑なネットワークと捉え、数理のさまざまな手法を用いることで、ネットワー

ク全体の動きや業種ごとの方向性を予測。ひいては企業の成長性や将来性などを見いだそうとするものであり、実用的な側面も持つ基礎研究の新しい方向性を指し示す研究でもあります。

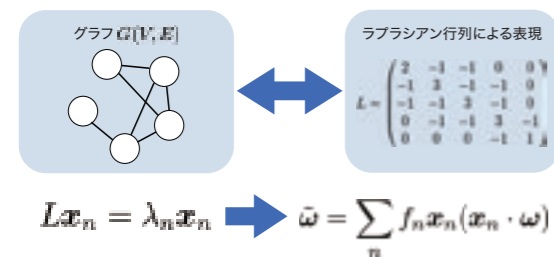
この研究は、企業間の取引データ、それも膨大な量のビッグデータを対象とします。あるメガバンクの協力のもと、ICTサービスコーディネーターのJSOL、経済物理学の研究を行っている京都大学と兵庫県立大学とも連携して研究を進めています。

2018年に開始されたこの研究は、現在約100万社にものぼる企業の匿名化された入出金データを使い、ネットワーク構造の解析を行っています。物理学をベースとして、計算科学や経済学分野で使われる数理的手法も取り入れて分析することで、企業間ネットワークの静的特徴・動的特徴が明らかになってきました。さらにその結果に基づいて企業活動をモデル化することでダイナミックに変化する企業の匿名化されたつながりの理論的な理解が深まっています。

この研究成果は、金融機関業務への応用や、企業経営への活用、ひいては金融政策への提言など、多方面での活用が想定されます。物理学や数学で培われたネットワーク理論を金融に活かすことができるのか、逆に企業間取引のビッグデータから新しいネットワーク構造が見えてくるのかを探る挑戦でもあります。

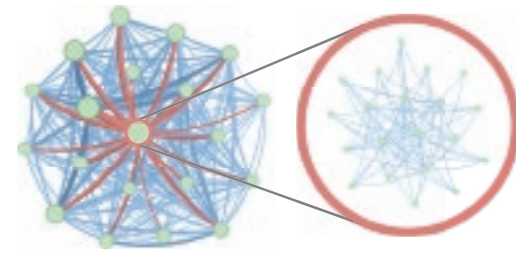


#### 数学を用いたアプローチ



グラフ(左)は、ある企業群の相互の取引の有無を表現している。グラフをラプラシアン行列(右)で表現し、その固有値、固有ベクトルを用いることで企業間のお金の流れに対してグラフのフーリエ解析や畳み込みによる解析を行うことができる。

#### Infomapによる企業間取引ネットワークのコミュニティ分解



データを構造化するInfomap法を用いて複雑な情報を“見える化”することにより、頻繁に取引がある企業群(クラスター)を視覚的にとらえることができる。これにより例えば、個々の企業の動きに着目していると見えてこない企業群の間の動きが見えてくる。

(写真左から)  
 長瀧 重博(ながたき しげひろ)  
 副プログラムディレクター  
 日高 義将(ひだか よしまさ)  
 土居 孝寛(どい たかひろ)  
 入谷 匠(いりたに たくみ)  
 初田 哲男(はつた てつお)  
 プログラムディレクター

#### 数理創造プログラム

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。しかし数理科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(iTHEMS)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・潜在型のスクールや、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定期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、国際脳脳還流ネットワークを構築します。



プログラムディレクター 初田哲男 (D.Sci.)





# 生命医科学研究センター

組織構造の中に組み込まれた免疫の仕組みを時空間的に解明したい

## ▶組織動態研究チーム

岡田峰陽 チームリーダー  
石亀晴道 研究員

## 研究成果

### 記憶キラーT細胞の分化機構を解明

#### エフェクターキラーT細胞の可塑性が生体防御に大きな役割

細菌・ウイルスに感染した細胞やがん細胞由来の抗原を認識し排除する機能を持つ免疫細胞の一つ、キラーT細胞の分化機構が、生命医科学研究センター組織動態研究チームの岡田峰陽チームリーダー、石亀晴道研究員らの国際共同研究グループによって解明されました。

胸腺から出たばかりの「ナイーブT細胞」は抗原の刺激で、活性状態の「エフェクターキラーT細胞」へ分化し、炎症を終息に導いた後、その大部分は死滅すると考えられてきました。一方、エフェクターT細胞の一部は「記憶キラーT細胞」として、抗原の情報を持ったまま長く生き残り、次に同じ抗原に出会うと、すぐに応答し活性状態となって抗原を効率よく排除し、局在する場所や機能などによって、血液循環型と組織常在型の大きく2つの集団に分類されると考えられてきました。

研究グループは、キラーT細胞が強い抗原刺激を受けた時に細胞表面に現れると考えられている終末分化マーカー「KLRG1」に注目し、このKLRG1を追跡調査できる「細胞系譜追跡法」を確立し、記憶キラーT細胞の分化機構が、従来考えられていたものと異なっていたことを明らかにしたのです。

細胞系譜追跡法によって、KLRG1が一度でも発現したキラーT細胞を赤色蛍光(tdTomato)タンパク質で不可逆的に印をつけることができます。さらに、KLRG1を発現し続けていることを調

べる抗KLRG1抗体染色を組み合わせ、①KLRG1を一度も発現していない、②KLRG1を発現し続けている、③KLRG1を発現した経験はあるがその発現が後で消えた、という三つに区別。③の細胞を「exKLRG1細胞」と名付け、食中毒を起こすことで知られるリステリア菌感染でその出現状況を調べたところ、菌が排除されて炎症が終息に向かう時期に確認されました。また、血液やリンパ節などにある血液循環型の記憶キラーT細胞には20～30%、肺や肝臓などにある組織常在型の記憶キラーT細胞には40～50%という高い割合で存在することから、KLRG1を発現したキラーT細胞はさまざまな記憶キラーT細胞に分化することが示されました。

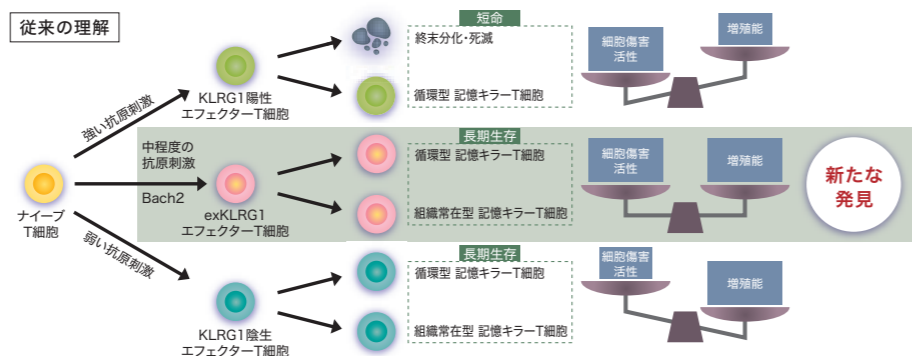
さらに、exKLRG1細胞について調べたところ、中程度の抗原刺激を受けたキラーT細胞が転写抑制因子Bach2\*を介してexKLRG1細胞へと分化し、また抗原の種類にかかわらず高い生体防御機能を持つ細胞集団であることが分かりました。

これらの一連の研究結果から、ナイーブT細胞からエフェクターキラーT細胞に分化し、その中から未来の危険に対してより対応力のある記憶キラーT細胞が効率的に生み出される流れを解明することができました。記憶キラーT細胞の分化機構を解明することは、「免疫記憶」のさらなる理解につながり、今後ワクチンの効率的な開発につながると期待されています。

\*Bach2：記憶T細胞や記憶B細胞の分化に必須の役割を持つ転写抑制因子

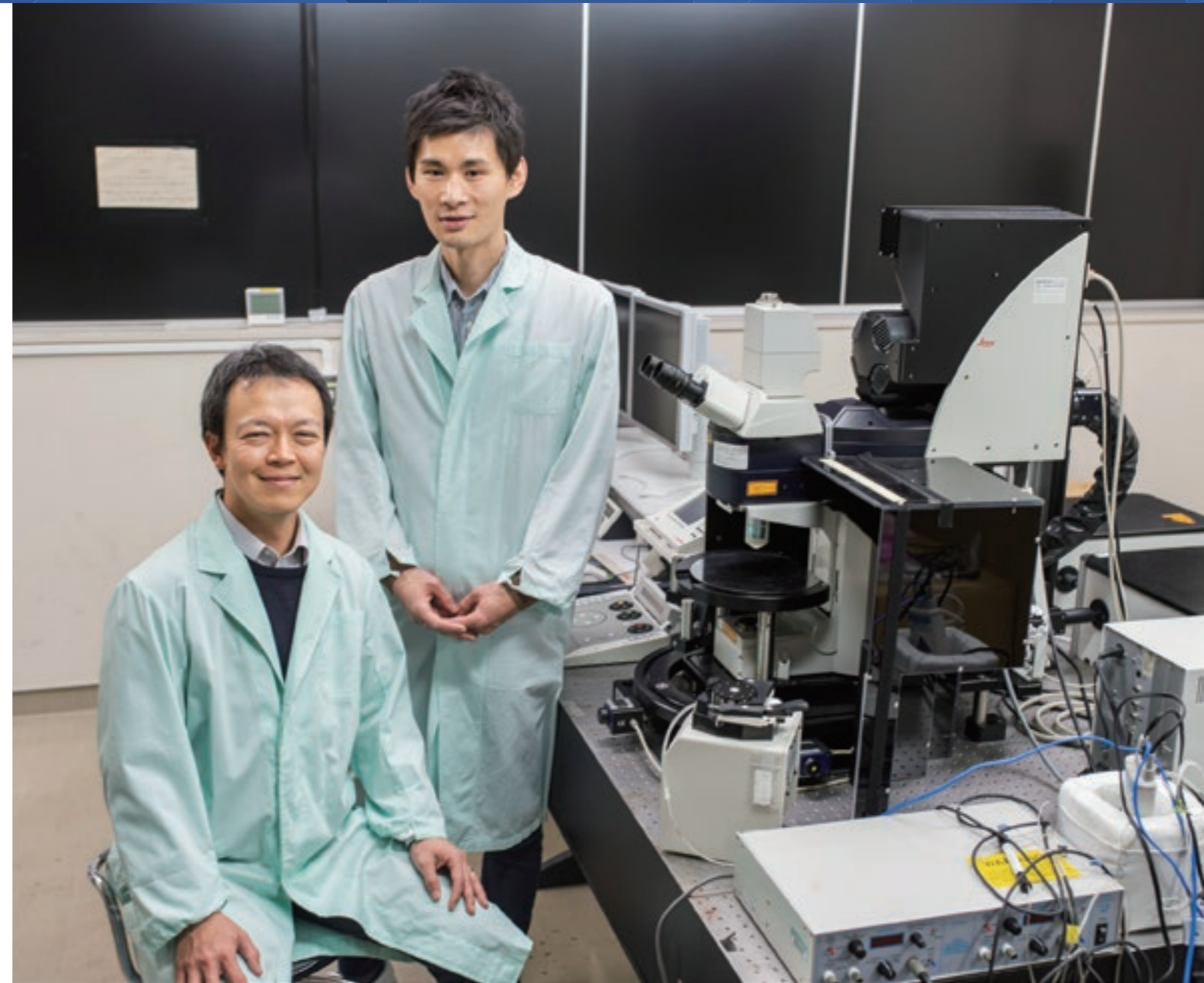
#### 記憶キラーT細胞の新たな分化機構

これまで、強い抗原の刺激を受けたキラーT細胞はKLRG1を発現し、終末分化エフェクターキラーT細胞となって早期に死滅するが、弱い抗原の刺激を受けたKLRG1陰性エフェクターキラーT細胞は、長寿命性を獲得した記憶キラーT細胞へと分化すると考えられていた。本研究では、中程度の抗原刺激を受けたエフェクターキラーT細胞が、一過性にKLRG1を発現するexKLRG1記憶キラーT細胞へと分化することを発見した。exKLRG1記憶キラーT細胞は、高い細胞障害活性と増殖能を特徴とし、多様な生体防御機能を発揮する。



#### 関連情報

多様な記憶キラーT細胞が形成される仕組みを解明 [http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180404\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180404_1/)



(写真左から)  
岡田 峰陽(おかだ たかはる)  
石亀 晴道(いしがめ はるみち)

#### 生命医科学研究センター

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きます。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。



センター長 山本 雅 (B.Sc., Ph.D.)





# 生命機能科学研究センター

進化の時間軸とゲノムワイドな視野をすべての生命科学研究のベースに

## ▶ 分子配列比較解析チーム

工樂樹洋 チームリーダー

### 研究成果

## DNA情報で解く生命現象の仕組みとその成り立ち 培った技術が導く多様な研究と新たな理解

生物が持つすべての遺伝情報をゲノムと呼びます。ゲノムは地球上に生物が誕生してから、数十億年にわたって変化を続けており、ゲノムの変遷の過程を探ることは、現存する生物の活動を支える仕組みの成立プロセスの探究につながります。生命機能科学研究センターの分子配列比較解析チームは、技術担当と研究担当によって構成され、超並列DNAシーケンサーなど大規模解析装置について独自に培った運用ノウハウを研究現場に届けることにより、多数の研究者を技術で広く支える多様な活動を行っています。これまでゲノム情報の取得は、小型で短命な生物に限られていました。チームは、自ら鍛えた技術を活用して、より多様な生物からゲノム情報を取得し、分子進化的見地からその多様性の分子基盤に迫ることにより、生命現象の成り立ちを理解する独自の研究も進めています。

その一つが爬虫類ソメワケササクレヤモリの研究です。この種は飼育が容易で年間を通じ産卵するという、爬虫類の中では際立った研究上の利点を備えており、理研神戸地区にて何代にもわたって飼育されています。生命科学においては、哺乳類の比較対象として同じ恒温動物である鳥類が主に用いられてきました。しかし鳥類は、爬虫類から派生し大きな変貌を遂げたグループです。爬虫類を用いることが進化的にはより妥当と考えられます。チームが独自に取得したソメワケササクレヤモリの全ゲノム情報を解析することにより、脊椎動物ゲノムの中には、変化しや

すい領域と変化しにくい領域が混在しており、これが遺伝子配列の変化するスピードや進化における遺伝子の残りやすさに影響していることが示されました。この発見は、「ゲノムの場の不均一性」仮説として、高精度の全ゲノム配列情報とともに2018年4月に発表されました。

2018年に発表されたもう一つの成果が、サメ3種（ジンベエザメ、イヌザメ、トラザメ）のゲノム解析です。サメ類は脊椎動物の進化の過程で比較的早い時期に分岐した軟骨魚類に属しており、ヒトや硬骨魚類も含む脊椎動物の5億年以上にわたる進化を知るうえで貴重な研究対象です。また、サメ類は高次捕食者として海洋の生態系において重要な位置を占めています。しかし、ゲノムDNAの量が多いなどの理由で、長きにわたってまとまった全ゲノム規模の解析は報告されず、分子レベルの研究は進んでいませんでした。チームはこれまで培ったノウハウを生かして全ゲノム配列を詳細に解析したうえで、発生プロセスの制御や恒常性の維持、視覚・嗅覚を司る遺伝子群についての分子進化的な知見を深めました。

難しい対象に技術力で挑み、生命科学の問いにも独自のアプローチで切り込んでいく同チーム。ゲノムワイドな視野と進化の時間軸に基づいた工樂チームリーダーらによる研究、そして研究での“こだわり”に育てられた技術が今後も広範な生命科学研究を支えていきます。

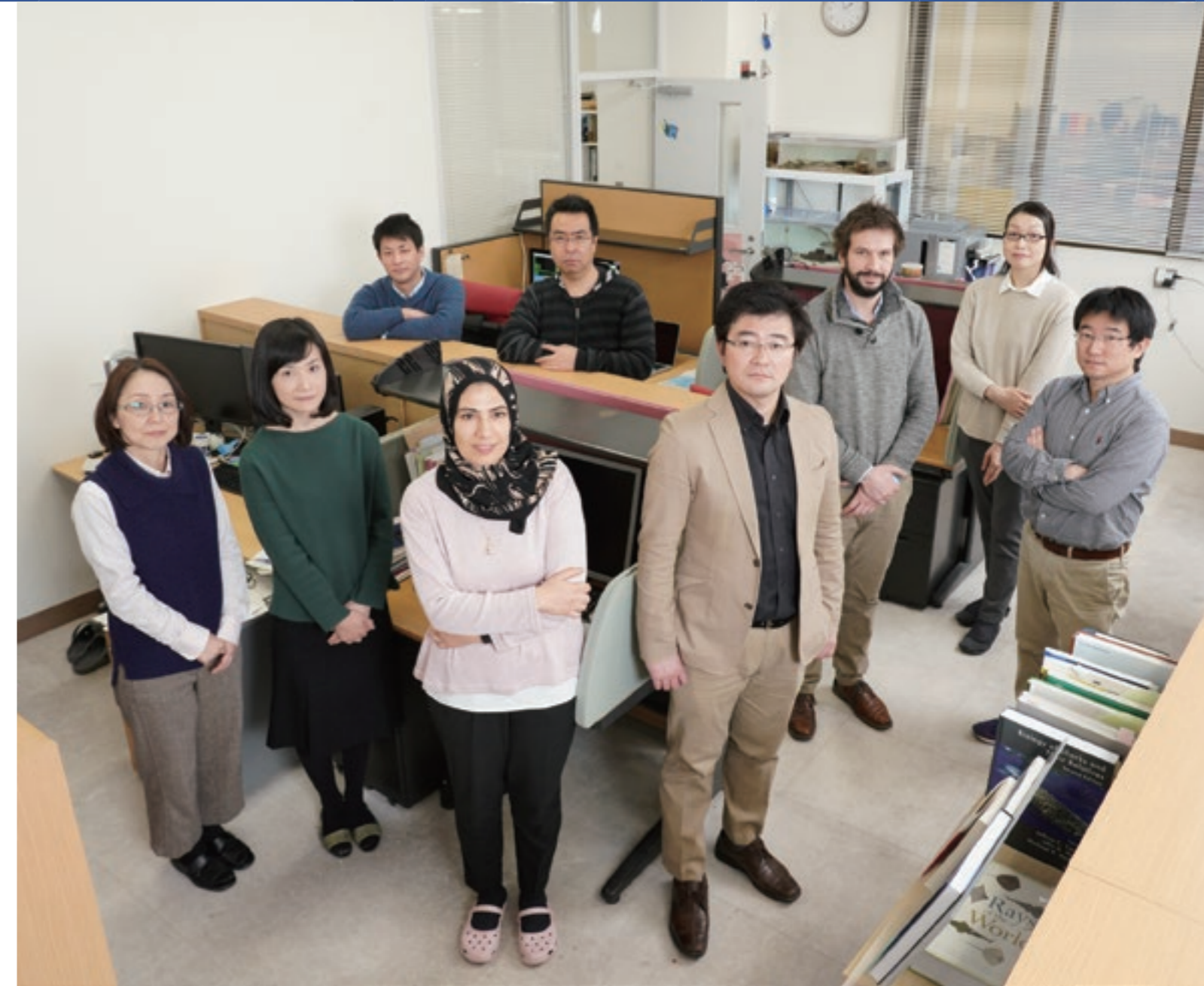
全ゲノム解析を行ったサメ3種



ジンベエザメ成魚(左、写真は沖縄美ら海水族館提供)、トラザメ幼魚(中)、イヌザメ成魚(右)。繁殖の記録がなく、いまだ謎の多い地球上最大の魚類ジンベエザメに加えて、水族館にて試料の安定供給が可能な卵生種トラザメとイヌザメに着目。長期的な視野に立った水族館との密な連携が、ユニークな研究を後押しした。

### 関連情報

爬虫類ソメワケササクレヤモリの全ゲノム解読 [http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180416\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180416_1/)  
サメのゲノムを解読 [http://www.riken.jp/pr/press/2018/20181009\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2018/20181009_1/)



工樂 樹洋(くらく しげひろ:写真前列右端)と研究チーム

## 生命機能科学研究センター

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生命モテリング分野、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。



センター長 西田栄介 (D.Sci.)





# 脳神経科学研究センター

タンパク質の折りたたまれ方の制御とその異常がもたらす精神・神経変性疾患を解明したい

## ▶タンパク質構造疾患研究チーム

田中元雅 チームリーダー

### 研究成果

## タンパク質の異常凝集と精神・神経変性疾患 タンパク質合成の異常を自ら開発した計測手法で多角的に解析

タンパク質の構造や機能についての研究が進み、その立体構造の異常がさまざまな病気の原因になると分かってきました。タンパク質構造疾患研究チームの田中元雅チームリーダーらは、タンパク質が作られる際の「折りたたまれ方(フォールディング)」に着目し、その異常と精神・神経変性疾患などとの関連について研究しています。

今年度は二つの成果を発表しました。一つは、前頭側頭葉変性症(FTLD)という神経変性疾患で見られる精神障害が、特定の二種のタンパク質と一緒に凝集(共凝集)して生じることを突き止めました。FTLDは脳の前頭葉や側頭葉で神経細胞が死んでしまう病気で、社会性の欠如などの行動異常が現れますが、その原因は不明でした。研究チームは、神経細胞に「TDP-43などのタンパク質の異常な凝集」が見られることに注目。TDP-43と結合し、さまざまな精神障害との関与が示唆されていたDISC1というタンパク質の解析を進めました。

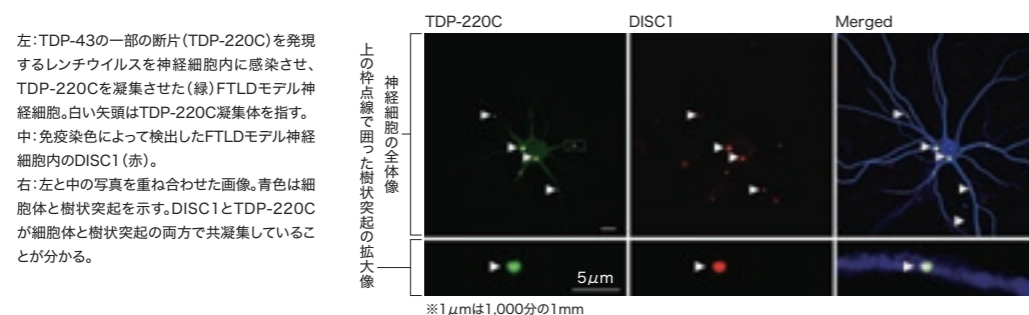
まず、細胞レベルの実験により、DISC1はTDP-43(実験ではTDP-43の一部であるTDP-220Cを使用)の近くに存在しており、共凝集により、シナプス局在タンパク質の合成が抑制されることがわかりました。また、生きたマウスの脳でTDP-220Cを作らせたところ、確かにDISC1と共凝集してシナプスタンパク質が大幅に減ると確認できました。このようなマウスは通常のマウスとは異なり、他のマ

ウスに興味を示さない、過剰に動き回るなどの行動異常が見られ、それは、共凝集によって機能的なDISC1量が低下したためであると突き止めました。したがって、今回の成果は、FTLDの診断や治療法の開発に役立つと考えられます。

もう一つの成果は、転移RNA(tRNA)の解析手法の開発です。tRNAは、タンパク質を合成するための重要な部品であり、その合成装置であるリボソーム内に取り込まれます。このしくみの異常は、精神・神経変性疾患にも関連するはずですが、これまではリボソーム内のtRNAの質や量を正確に測定する技術がありませんでした。今回、研究チームは、出芽酵母を使って「mRNAにリボソームが一つだけセットされた状態(モノソーム)」のtRNAを精製し、リボソーム内のtRNAの種類、性質、量を次世代シーケンサーで解析する手法を開発しました。その結果、リボソーム内に取り込まれたtRNAの化学的な修飾やその量を詳しく調べることができるようになりました。さらに、従来法と組み合わせることで、リボソーム内のtRNAとmRNAの状態を同時に解析する手法も開発しました。

これまでに、細胞が環境ストレスにさらされるとmRNAやtRNAの一部が変化することや、神経変性疾患にtRNAの異常が関与することが分かってきています。したがって、新手法はtRNAの変化の指標にもなるほか、精神・神経変性疾患治療法の開発にも寄与すると期待できます。

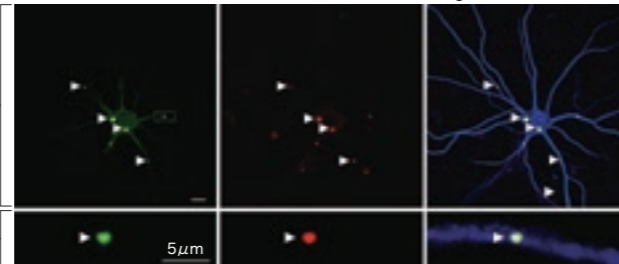
前頭側頭葉変性症(FTLD)モデル神経細胞におけるDISC1とTDP-220Cの共凝集



左: TDP-43の一部の断片(TDP-220C)を発現するレンチウイルスを神経細胞内に感染させ、TDP-220Cを凝集させた(緑)FTLDモデル神経細胞。白い矢頭はTDP-220C凝集体を指す。  
中: 免疫染色によって検出したFTLDモデル神経細胞内のDISC1(赤)。  
右: 左と中の写真を重ね合わせた画像。青色は細胞体と樹状突起を示す。DISC1とTDP-220Cが細胞体と樹状突起の両方で共凝集していることが分かる。

上の枠線で囲った樹状突起の拡大像

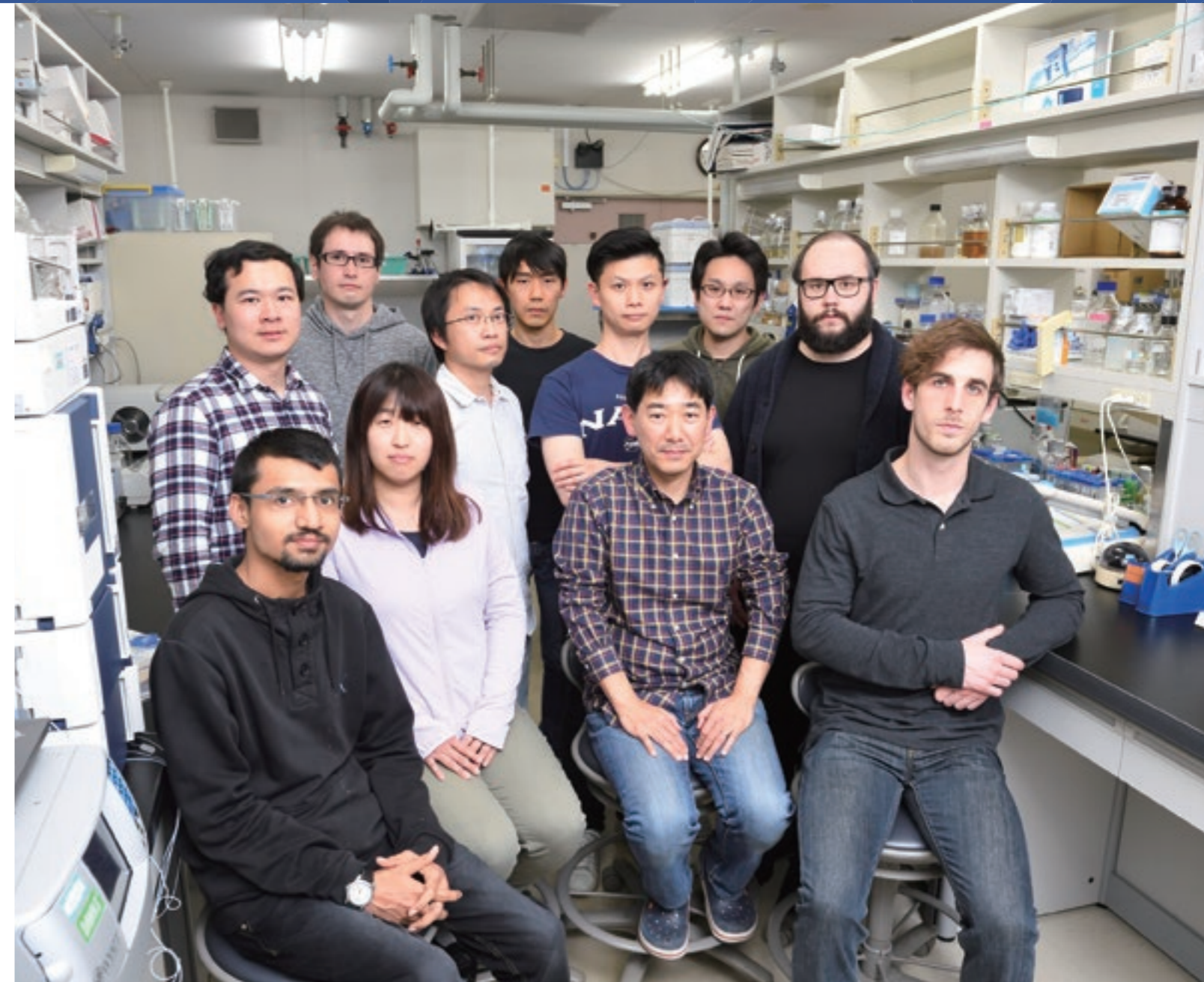
TDP-220C DISC1 Merged



※1µmは1,000分の1mm

### 関連情報

タンパク質の共凝集化による精神障害の発現 [http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180614\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180614_1/)  
翻訳中tRNAの網羅的解析手法を開発 [http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180411\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180411_1/)



田中元雅  
(たなかもとまさ:写真前右から2番目)と  
研究チーム

## 脳神経科学研究センター

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な学問分野を背景に、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。



センター長 宮下保司 (Ph.D.)





# 環境資源科学研究センター

大地に根をはり、その場の環境に適応する植物  
乾燥耐性の研究を農作物生産の課題解決に役立てる

## ▶機能開発研究グループ

篠崎一雄 グループディレクター  
高橋史憲 研究員

### 研究成果

## 乾燥を生き抜く！植物の機能性ペプチドを発見 植物ペプチドが根から葉に情報を伝えて気孔を閉じる仕組みを解明

人口増加による食料不足や、異常気象による農作物の収量減が大きな問題となっています。こうした状況でも一定量の農作物を安定的に生産するためには、植物が持つ乾燥に耐える仕組みを解明し、育種に応用できるようにする研究が必要です。機能開発研究グループの高橋史憲研究員と篠崎一雄グループディレクターらは、植物の根が土壌の乾燥を感知すると、その情報を葉に伝えて耐乾燥システムを発動させていることを明らかにしました。

植物は乾燥ストレスを受けるとアブシジン酸 (ABA) という植物ホルモンを大量に産生します。ABAには、葉の裏側にある気孔を閉じて水分蒸発 (蒸散) を抑制する、乾燥ストレスに耐えるための遺伝子群を調節する、などの機能があることが分かっています。これまで研究グループは、モデル植物のシロイヌナズナを対象に「葉の細胞におけるABAの情報伝達」などについて解明してきましたが、根が乾燥を感知してから葉でABAが作られるまでの仕組みについては未解明でした。

「もしかしら、ペプチドが根と葉の情報伝達を担っているのではないか」。そう考えて探索を開始し、今回12個のアミノ酸からなる「CLE25ペプチド」という物質が情報の担い手であることを突き止めました。シロイヌナズナ由来の細胞 (T87培養細胞) に乾燥ストレスと同じ効果をもつ処理 (浸透圧ストレス) を施し、細

胞から放出されるペプチドの種類を高分解能質量分析という手法で調べたところ、CLEペプチド群の一つとして知られていながら機能が不明だったCLE25ペプチドが検出されたのです。

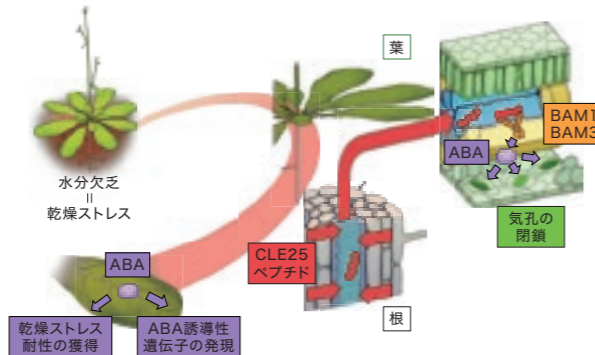
これを検証するため、人工的に合成したCLE25ペプチドをシロイヌナズナの根から吸収させたところ、確かにCLE25ペプチドが根から葉に移動し、ABA合成のために重要な酵素の遺伝子 (NCED3) の発現量を大幅に増やすこと、それとともにABAが葉に蓄積し、気孔が閉じることが分かりました。逆に、ゲノム編集技術を用いてCLE25ペプチドが作られない変異体 (cle25変異体) を作り、乾燥ストレスに対する反応を調べると、NCED3遺伝子の発現が上がらずABAも蓄積しないため、乾燥に弱くなると分かりました。

さらに、葉でCLE25ペプチドを受け取る受容体は、BAM1とBAM3の2つの受容体であることも突き止めました。これらの受容体がCLE25ペプチドと結合すると、根からの乾燥ストレスの情報が葉の細胞 (維管束細胞) 内へと伝わり、葉でのABA合成が促されていました。

今回の成果は、ペプチド遺伝子を改変することで乾燥だけでなく、低温や塩害などのさまざまな環境ストレスに強い作物の分子育種や、ストレスに対応する力を強化するペプチドを配合した肥料の開発に応用できると期待できます。

乾燥の情報を伝え、ABAによる耐乾燥システムを発動させるしくみ

根が土壌の乾燥を感知すると、CLE25ペプチド (赤) が放出され葉に移動する。CLE25ペプチドは葉のBAM1とBAM3受容体 (黄) により受容される。すると、乾燥ストレスの情報が細胞内に伝わり、NCED3遺伝子の発現上昇とそれとともにABAの蓄積が起き、気孔が閉じて水分蒸散が抑制される。



(写真左から)  
高橋 史憲 (たかはし ふみのり)  
篠崎 一雄 (しのざき かずお)

## 環境資源科学研究センター

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。



センター長 篠崎一雄 (D.Sci.)

### 関連情報

乾燥に強くなる植物ペプチドを発見 [http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180405\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180405_1/)





# 創発物性科学研究センター

ナノスケール磁性粒子と反粒子の存在を証明し、電子材料の創発現象の機理の理解を深める

## ▶電子状態マイクロコピー研究チーム

于 秀珍 チームリーダー

### 研究成果

## 世界で初めて磁気渦と反渦の直接観察に成功 極小世界の電子構造の変化をもたらす新たな知見

より小型に、より高密度に、より省エネルギーに。情報中心の現代社会において、情報処理機器に求められているものです。そのためには、極小世界での電子構造を知ることが不可欠です。

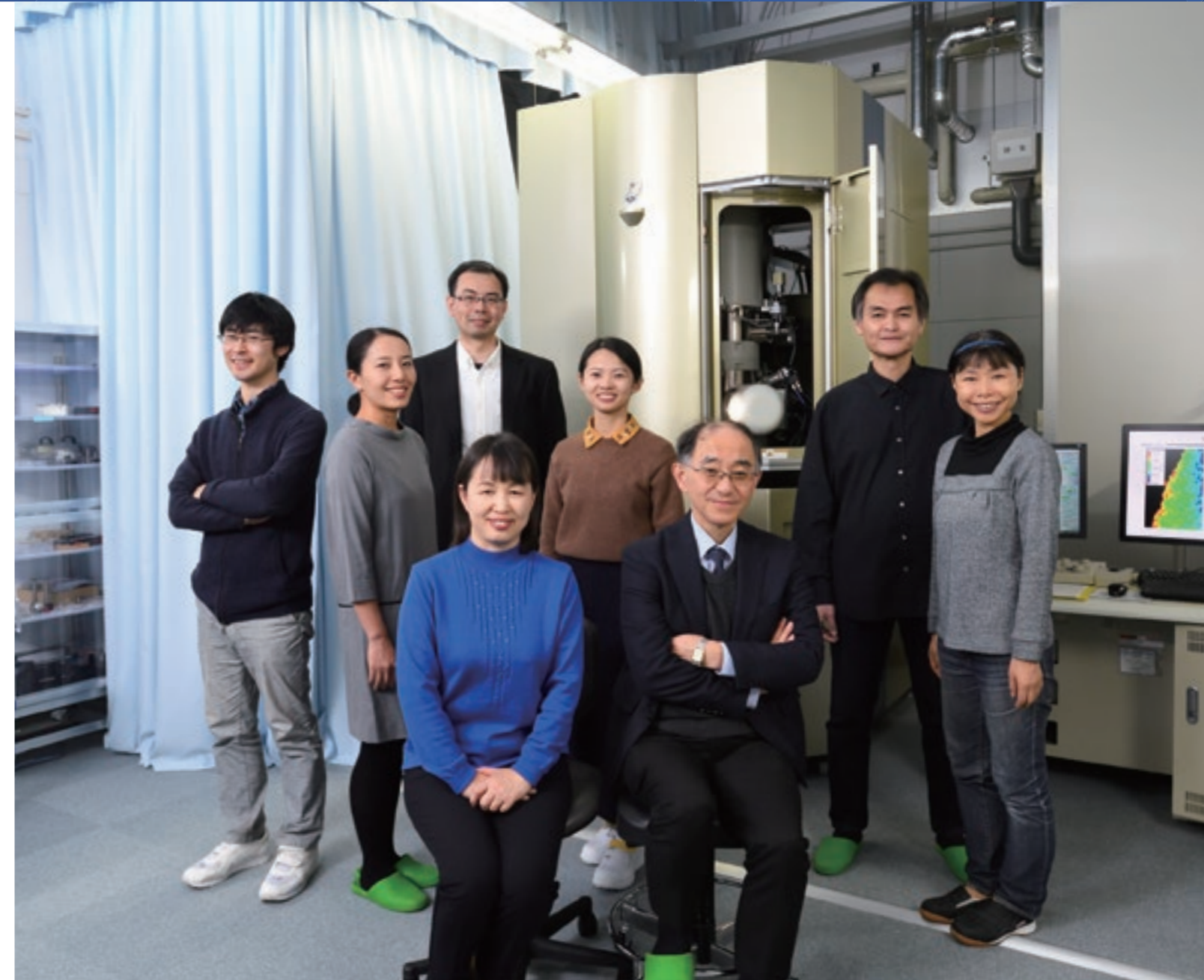
情報デバイスの要となる電子は、電気的な性質である「電荷」と、磁気的な性質である「スピン」という2つの性質を持っています。于秀珍チームリーダーらの研究チームの観察対象は、電子スピンの集まりである磁気構造体です。特に「スキルミオン」という磁気構造体は、固体中では独立した粒子として振る舞うこと、一度できると比較的安定に存在し続けること、低い電流密度で駆動できることなどの性質を持ち、次世代の磁気情報担体として期待されています。しかし、応用にむけて室温でのスキルミオンの安定性やスキルミオンの有効的制御などの問題があり、この問題を解決する物質の探索や、スキルミオンができる過程の解明など、課題が多く残っています。

今回研究チームは、原子レベルの小さな世界の電子状態を観察できるローレンツ電子顕微鏡を用い、スキルミオンになる磁性体を温度や外部磁場などの条件を変えて「 $\text{Co}_2\text{Zn}_9\text{Mn}_3$  (Co:コバルト、Zn:亜鉛、Mn:マンガン)」というらせん磁性体の薄片を観察。その結晶構造およびらせん構造の電顕像は図(a)に示しています。この螺旋磁性体に外から微小な磁場をかけ、磁気渦構造である「メロン」と、その反渦構造である「アンチ

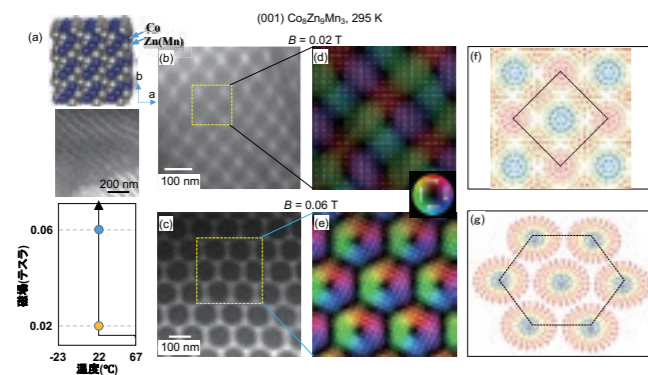
メロン」がきれいに交互に並び、正方格子構造になることを観察しました(図(b),(d))。これまでの現象は理論計算(図(f))では示されていましたが、直接観察に成功したのは世界で初めてです。

さらに研究チームは、温度や磁場のパラメーターを変化させ(図(a)下図)、観察を行いました。すると、外部磁場を大きくしていくと、メロンとアンチメロンがスキルミオンに変化し、構造が正方格子から三角格子に変わることが分かりました(図(c),(e),(g))。このとき、メロンとアンチメロンの正方格子構造からスキルミオンの三角格子構造への転移では、磁性体を特徴づける全トポロジカル数が保持されていることも分かりました。また、室温で創られたメロンとアンチメロンの正方格子は温度の影響を受けやすいこと、低温ではスキルミオンとは異なり、メロンとアンチメロンの正方格子は壊れやすいことを明らかにしました。

今回この観察により実証したこの現象は、ナノスケールの磁気渦(粒子)と反渦(粒子)の存在やその安定性を明らかにしました。また、これらの粒子からスキルミオンへの転移過程を直接観察し、磁気情報担体としてさまざまな電子構造体およびその形成メカニズムの知見を得ることができました。今後はこの結果をもとにして、新たな材料の探索や、より安定した磁気情報担体の開発が進んでいくことでしょう。



(写真前列左から)  
于 秀珍(ウ シュウジン)  
永長 直人(ながおさ なおと)副センター長



らせん磁性体 $\text{Co}_2\text{Zn}_9\text{Mn}_3$ 薄片の観察結果

(a)キラルな結晶構造を持つらせん磁性体 $\text{Co}_2\text{Zn}_9\text{Mn}_3$ の模式図。ローレンツ顕微鏡による撮像(b)(c)とそこから解析して得た渦化の分布(d)(e)。0.02T(テスラ)の弱い外部磁場ではメロンとアンチメロンによる正方格子が観察されたが、磁場の強度を上げていくと、スキルミオンが現れた。理論で予測される模式図(f)(g)とよく一致している。

## 創発物性科学研究センター

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—電子や分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求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。



センター長 十倉好紀 (D.Eng.)





# 光量子工学研究センター

幅広い分野で使うことのできる実用的なアト秒レーザー光源を目指して

## ▶アト秒科学研究チーム

高橋栄治 専任研究員  
付 玉喜 研究員  
緑川克美 チームリーダー

## 研究成果

### 赤外超短パルスレーザーの新しい増幅法を実証 高強度アト秒レーザー開発に大きな前進

光量子工学研究センターのアト秒科学研究チームは、独自の超短パルスレーザー増幅法、「二重チャープ光パラメトリック増幅(DC-OPA<sup>1</sup>)法」を利用し、波長可変でありながらテラワット(TW<sup>2</sup>)級のピークパワーを持つ「赤外フェムト秒<sup>3</sup>レーザー」を開発することに成功しました。

10年ほど前から、励起レーザーに波長の長い赤外レーザーを使用することで、光と物質の新しい相互作用効果を作り出せることが分かってきました。アト秒<sup>4</sup>レーザー研究においても、励起レーザー波長は従来の可視域から赤外域にシフトし、世界中で赤外超短パルスレーザーの開発が盛んに行われています。

波長可変性を持つ赤外超短パルスレーザーの発生には、一般的に光パラメトリック増幅(OPA)法が使用されます。しかしOPA法では、高いピークパワーを持つポンプ光(励起光)を使うことができないため、赤外光の出力エネルギーはパルス当たり数ミリジュール<sup>5</sup>程度が限界です。

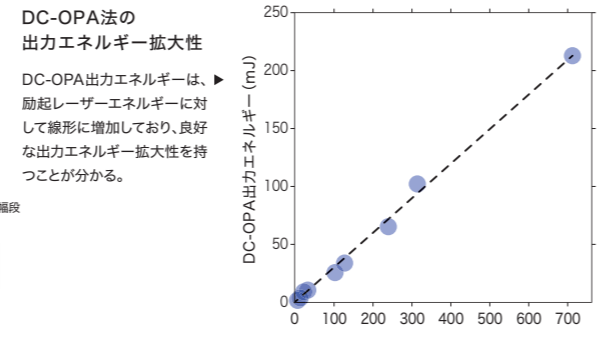
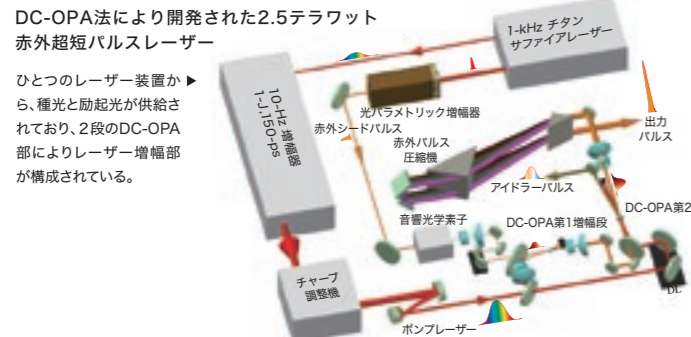
研究チームが独自に考案したDC-OPA法では、従来より数桁以上高いエネルギーをもつレーザーを励起光として使用できます。今回、高い出力エネルギーを持つチタンサファイアレーザーを使用し、1台の光源から微弱シード光(種光)と励起光をつくり出しています。微弱な種光には音響光学素子を、励起光にはチャ

ープ調整機を用いて一定量の分散を与えます。分散によりパルス幅が伸ばされた微弱な種光は、2段のDC-OPA法により非線形結晶内において約1万倍に増幅されます。

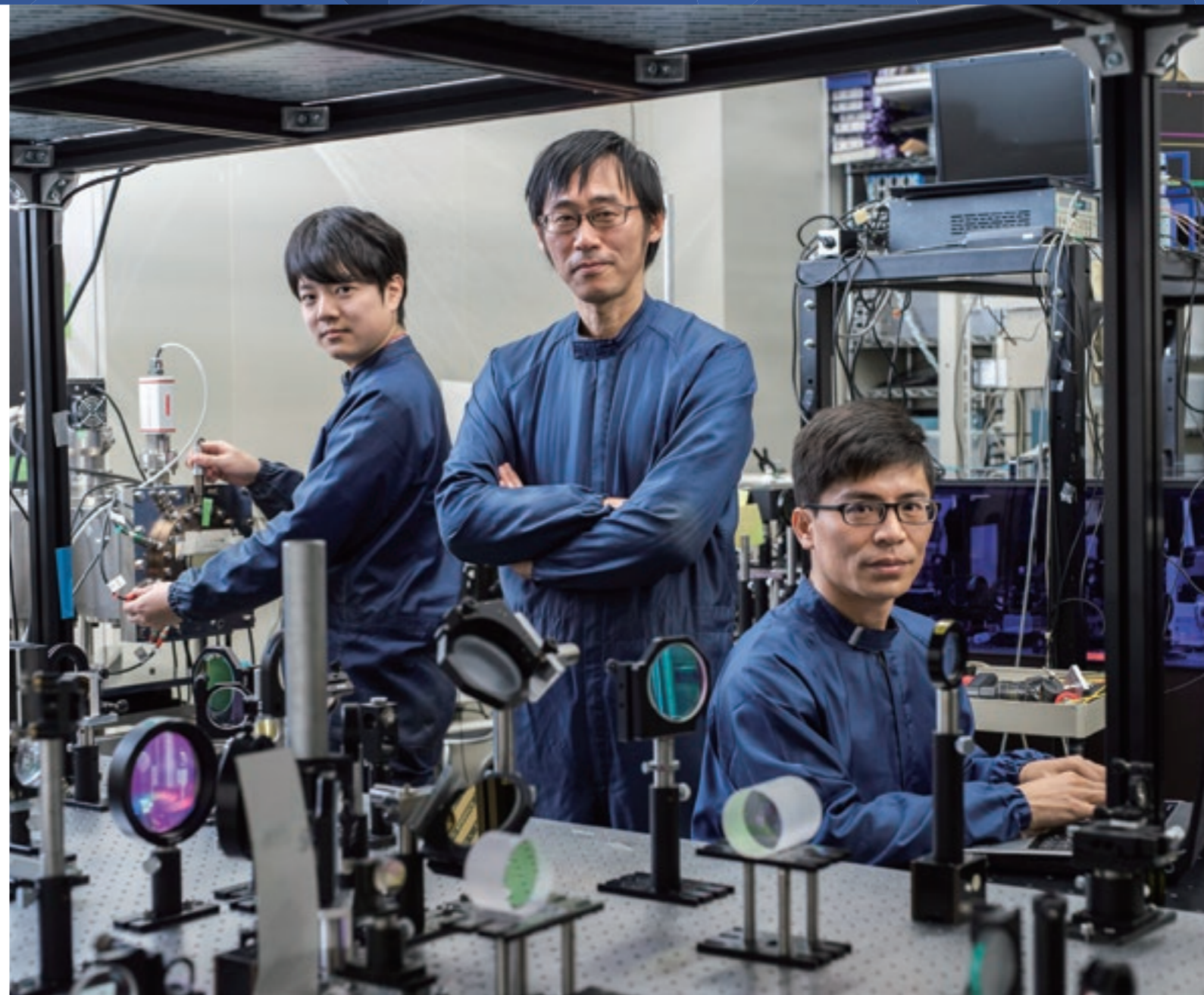
増幅された出力エネルギーは、励起レーザーエネルギーに比例して増加しており、良好な出力エネルギー拡大性を持つことが分かりました。また、励起光からの変換効率は30%を超えており、一般的なOPA法の変換効率と同程度の高い効率です。同時に、10ヘルツの増幅器としては非常に高い安定性を持つことも確かめられました。

高出力化や波長可変性能の向上は、レーザー光源の応用範囲を広げる重要な要素であり、関連する分野に大きな波及効果を与えます。特に今回開発された赤外レーザー光源は、アト秒レーザー光源開発を大きく前進させます。2サイクルのパルス幅でTW級のピークパワーを持つ赤外レーザーや、ペタワット<sup>6</sup>級の出力パワーを持つ赤外フェムト秒レーザーを実現するめども立ちました。今後、赤外レーザーシステムをさらに高度化することで、高輝度アト秒レーザーの実現や光子エネルギーが数keV<sup>7</sup>域のコヒーレント光源の開発も可能になります。アト秒レーザーが実現すれば、より高速な化学的構造変化の観測などの分光計測が可能になり、新たな現象や知見を得ることが期待できます。

\*1 DC-OPAはdual-chirped optical parametric amplificationの略。 \*5 ジュールはエネルギー、仕事、熱量の単位。標準重力加速度的環境下でおよそ102gの物体を1m持ち上げる時の仕事に相当する。1ミリジュール(mJ)は、10<sup>-3</sup>J。  
\*2 出力を表す単位。1テラワット(TW)は、10<sup>12</sup>W。 \*6 出力を表す単位。1ペタワットは、10<sup>15</sup>ワット。  
\*3 フェムト秒(fs)は、10<sup>-15</sup>秒。1,000兆分の1秒。 \*7 エネルギーの単位。1キロ電子ボルト(keV)は1,000電子ボルト。  
\*4 アト秒は、10<sup>-18</sup>秒。100京分の1秒。



関連情報  
赤外超短パルスレーザーの新しい増幅法を実証 [http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180516\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180516_1/)



(写真左から)  
西村 光太郎(にしむら こうたろう)  
大学院生リサーチ・アソシエイト  
高橋 栄治(たかはし えいじ)  
付 玉喜(フ ユーシー)

## 光量子工学研究センター

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。たとえば、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、新しい光技術を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。



センター長 緑川克美 (D.Eng.)





# 仁科加速器科学研究センター

核物理的アプローチで核廃棄物を減らしたい

核変換データ研究開発室 櫻井博儀 室長  
 大強度加速技術開発室 上垣外修一 室長  
 高速RIデータチーム 大津秀暁 チームリーダー  
 高効率加速空洞開発チーム 坂本成彦 チームリーダー  
 低速度RIデータチーム 炭電聡之 チームリーダー  
 大強度標的開発チーム 奥野広樹 チームリーダー  
 RIビーム分離生成装置チーム 吉田光一 チームリーダー  
 ミューオンデータチーム 松崎禎市郎 協力研究員

## 研究成果

### 長寿命核分裂生成物の低減化・資源化を目指して 逆運動学法で核変換の基礎データを蓄積する

私たち現代人の生活は、電気エネルギーによって支えられています。その電気エネルギーを作り出す方法の一つが原子力発電です。原子力発電は、ウラン-235などの核分裂で発生するエネルギーを利用して発電します。その際に排出される使用済み核燃料には、半減期が極めて長い高レベル放射性廃棄物が含まれており、約10万年にわたり地中深く埋めて保管しなければなりません。

高レベル放射性廃棄物は、大きく分けて「マイナーアクチノイド(MA)」と「核分裂生成物(FP)」があります。MAとはネプツニウム-237やアメリシウム-243など、ウランより重い原子番号89から103のアクチノイドのうち、プルトニウムを除いた元素を指します。MAに中性子を当てて核分裂させ、安定核や半減期の短い核種に変える核変換の研究は、これまでに数多くされてきました。一方、FPの中でも半減期が10万年を超えるパラジウム-107やセシウム-135など「長寿命核分裂生成物(LLFP)」に関しては、あまり研究されてきませんでした。

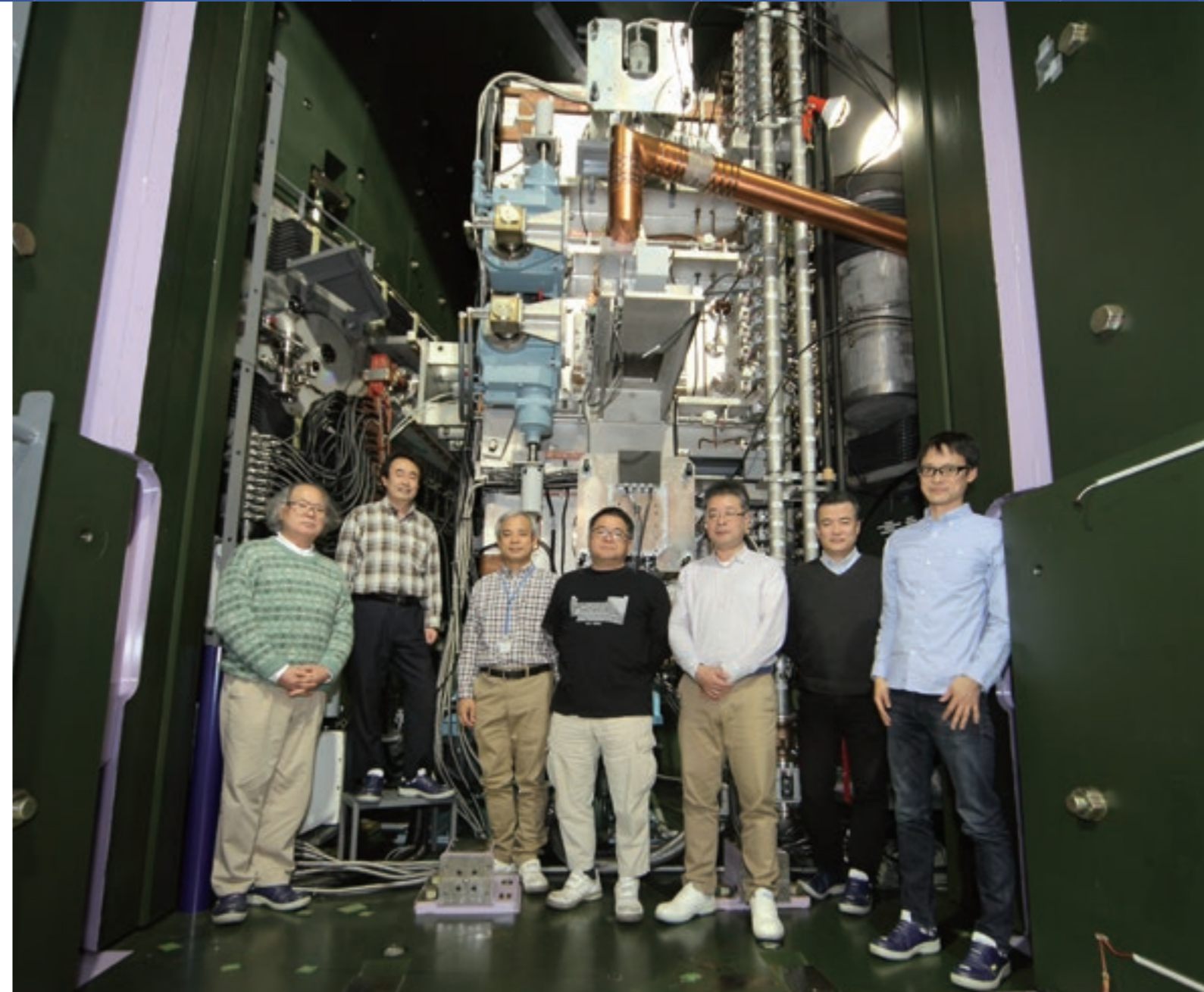
LLFPに陽子などを当てたとき起こる核変換を研究するには、使用済み核燃料から特定のLLFPを抽出する必要がありますが、それには莫大な時間とコストがかかります。そこで考え出されたのが「逆運動学法」です。陽子などのビームをLLFPの標的に

当てるのではなく、LLFPビームを陽子などの標的に当てて、核変換する確率や、核変換後にできる核種と量を観測するのです。この方法であれば、使用済み核燃料からLLFPを抽出して標的をつくる必要はありません。仁科加速器科学研究センターの重イオン加速器施設「RIビームファクトリー」(RIBF)なら、世界最高強度のLLFPビームを使い、さまざまな条件下でLLFP核変換の基礎実験が可能です。

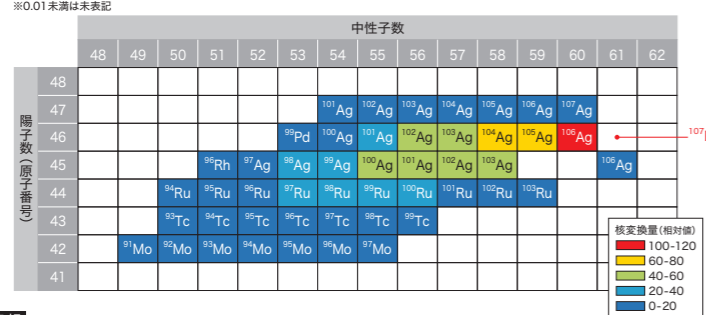
この研究は、内閣府が推進する革新的研究開発推進プログラム「ImPACT」の一環として2014年から進められてきました。これまでに、パラジウム同位体のレーザー偶奇分離<sup>\*1</sup>の高効率化、パラジウム-107の核変換の基礎データ取得、低速イオン用の超伝導加速空洞<sup>\*2</sup>の開発などの成果を挙げています。さらに、特許を取得した「放射性廃棄物の処理方法」は、公益社団法人発明協会の平成30年度全国発明表彰において「21世紀発明賞」を受賞しています。

ImPACTによる研究は、2018年度で終了しましたが、その後も引き続きLLFP核変換の基礎データ取得を行い、知見を積み上げていくとともに、本研究から派生した新たな研究テーマにも挑戦していきます。

\*1 照射するレーザーの偏光を制御して、質量数が偶数の同位体と奇数の同位体で分離する方法。たとえば使用済み核燃料中にある7種類のパラジウム同位体を偶奇分離できれば、質量数が偶数の安定同位体を分離回収し資源として再利用できる。質量数が奇数の放射性同位体は核変換の対象とする。  
 \*2 使用済み核燃料を核変換するためには、陽子などの大量のイオンを1メガボルト(MV)程度の高電圧で一気に加速する加速空洞が必要となる。銅製では発熱で溶けてしまうためニオブを使った超伝導加速空洞を開発した。



パラジウム-107核変換後の核種の核図上での分布(重陽子 100 MeV/uの場合)  
 ※0.01未満は未表記



組み立て中の超伝導線型加速器プロトタイプ



液体ヘリウム温度まで冷却された超伝導加速空洞は、高周波損失1.6Wで、1mあたり4.5MVの加速勾配を発生する。

関連情報  
 イオン用超伝導加速空洞の高加速電圧試験に成功 [http://www.riken.jp/pr/press/2016/20160930\\_2/](http://www.riken.jp/pr/press/2016/20160930_2/)  
 パラジウム同位体を選択的・高効率に分離するレーザー技術 [http://www.riken.jp/pr/press/2017/20170110\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2017/20170110_1/)  
 パラジウム-107の核変換 [http://www.riken.jp/pr/press/2017/20170213\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2017/20170213_1/)  
 「放射性廃棄物の処理方法」が「21世紀発明賞」を受賞 [http://www.riken.jp/pr/topics/2018/20180517\\_1/](http://www.riken.jp/pr/topics/2018/20180517_1/)

(写真左から)  
 松崎 禎市郎(まつざき ていしろう)  
 櫻井 博儀(さくらい ひろよし)  
 吉田 光一(よしだ こういち)  
 大津 秀暁(おおつ ひであき)  
 奥野 広樹(おくの ひろき)  
 上垣外 修一(かみがいと おさむ)  
 炭電 聡之(すみかま としゆき)

## 仁科加速器科学研究センター

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RIビ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。



センター長 延與秀人 (D.Sci.)





画像提供: 富士通

# 計算科学研究センター

最大で「京」の100倍のアプリケーション実効性能を実現する

## ▶フラッグシップ2020プロジェクト

石川 裕 プロジェクトリーダー

### 研究成果

## 「京」のその先を目指して

### 科学技術の発展を牽引するスーパーコンピュータをつくる

理研が運用してきたスーパーコンピュータ「京」は、2012年6月に完成し、同年9月から共用が開始されました。半年ごとに発表されるスーパーコンピュータの性能ランキング「TOP500」で、完成前の2011年6月と11月には世界第1位を獲得しています。しかし、コンピュータの世界は日進月歩で進化し続けており、後継機の必要性が強く求められます。

将来のスーパーコンピューティングに向けた研究を行うフラッグシップ2020プロジェクトでは、2014年度から「京」の後継機となるスーパーコンピュータ「富岳 (Fugaku)」の開発・整備を開始しました。プロジェクトにおいては、ハードウェアだけでなくさまざまな分野に分かれたアプリケーション開発機関と連携し、協調設計(コデザイン)による最適な開発を進めてきました。2021年頃の完成、共用開始を目指す「富岳」は、日本の科学技術研究を牽引するスーパーコンピュータとして、科学技術のみならず社会全体に貢献することを目指しています。

「富岳」は、「京」の100倍のアプリケーション実効性能や低電力化を目指すとともに、ユーザーの使い勝手の良さや消費電力性能、計算性能、画期的な成果創出を兼ね備えた世界最高水準の性能を実現していきます。1ノード\*1あたりの具体的な性能は、

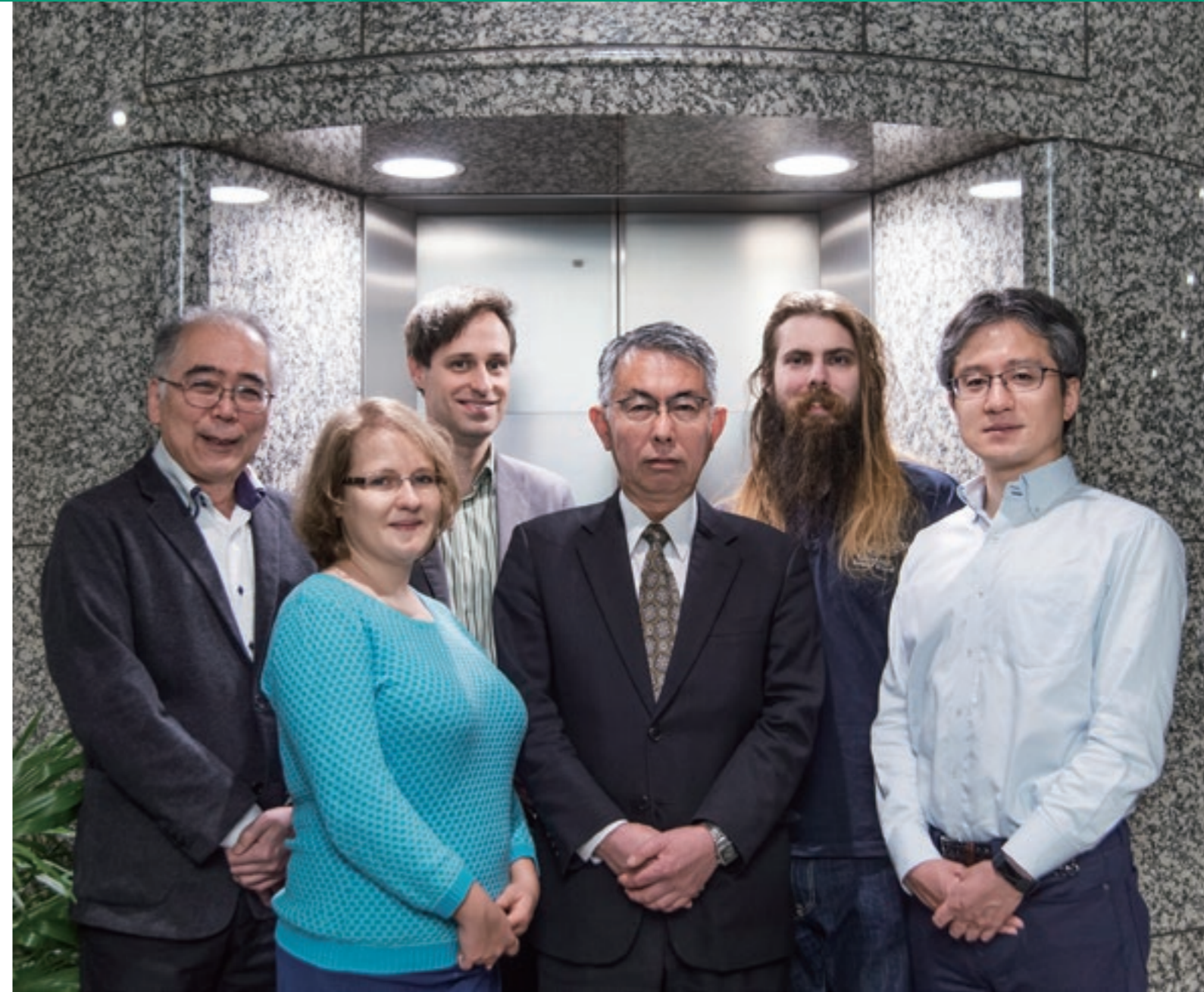
主記憶容量が32GiB\*2、演算能力は2.7TFlops\*3以上、ネットワーク性能は40.8GB/s(ギガバイト毎秒)を想定しています。さらに、CPUのアーキテクチャは、一部のサーバで使われているSPARC方式からスマホなど多くの機器で使われているArm方式に変更したことで、幅広い利用者への供用および、エコシステムの構築を先導することが見込まれています。1ラックあたりのノード数は384で、約10ラックで現行「京」全系(864ラック)と同等のピーク性能を発揮します。ハードウェアの開発を担当する富士通株式会社は、現在製造を進めているところです。

理研は富士通とともにアーキテクチャだけでなく、システムソフトウェア、アプリケーション、コデザインのチームに分かれて開発を進めています。システムソフトウェアの開発では、理研はIHK/McKernel軽量カーネルを開発しています。試作機上での評価は今後進めますが、インテル製CPUを用いたスーパーコンピュータ(筑波大学と東京大学が運用するOakforest-PACS)において、ベンチマークテストでLinuxカーネルに比べ3.5倍の性能向上をすでに達成しています(図)。

「富岳」の開発状況などの最新情報は、専用サイト\*4で随時公開しています。

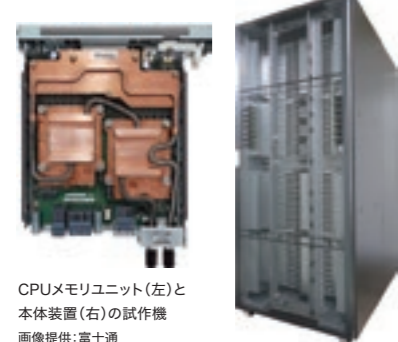
\*1 「結び目」や「節」を意味する単語で、スーパーコンピュータ分野では1つの管理単位をノードと呼ぶことが多い。たとえば、1つの基本ソフト(OS)が動作しているCPUやメモリの塊を指す。

\*2 ギビバイト。1GiBは2<sup>30</sup>バイト(1,073,741,824バイト)に相当する。  
\*3 Flopsは1秒間に実行できる浮動小数点演算の回数。T(テラ)は、一兆回を意味する接頭辞。



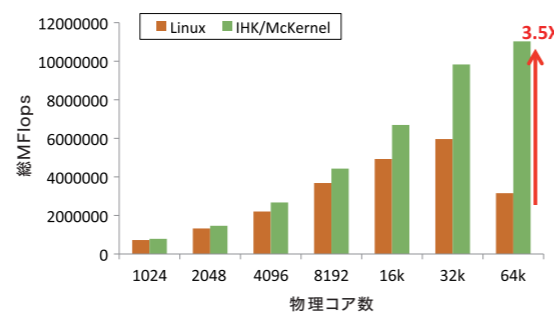
石川 裕 (いしかわ ゆたか: 写真前列右から2番目)とシステムソフトウェア開発を担うプロジェクトメンバー

「富岳」の試作機



CPUメモリユニット(左)と本体装置(右)の試作機  
画像提供: 富士通

miniFE (CORALベンチマークセットの1つ) 実行結果



出典: Balazs Gerofi, 高木将通, 石川裕, 中島研吾, 堀敏博, 朴泰祐, 「Oakforest-PACS上でのIHK/McKernelの評価」, 東京大学情報基盤センター, スーパーコンピューティングニュース, Vol. 20, No. 4, 20, 2018年7月

## 計算科学研究センター

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ています。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。



センター長 松岡 聡 (Ph.D.)

\*4 <https://postk-web.r-ccs.riken.jp/index.html>





# 放射光科学研究センター

超電導体の基礎技術を磨き、未来のNMRの礎を築く

▶ 超高磁場磁石開発チーム

柳澤吉紀 チームリーダー

▶ 次世代NMR装置開発チーム

山崎俊夫 チームリーダー

研究成果

## 高温超電導線材の超電導接合で永久電流NMRを実現 NMRの性能の飛躍に大きく貢献

超電導体は電気抵抗がゼロになる性質を持つ夢の材料です。大量の電気を流せるため、超電導体でコイルを作ると、強力な電磁石になります。超電導コイルを使った核磁気共鳴装置(NMR装置)は、物質の分子構造や物性の解析など、未来の創薬や材料の開発に欠かせない装置です。

電気抵抗ゼロの超電導状態にするには、液体ヘリウム(-269℃)や液体窒素(-196℃)で冷却します。既にNMR装置やMRI装置で実用化されている金属系の低温超電導材料は、液体ヘリウムを使って冷却し超電導状態にするため、大がかりな低温設備が必要です。また、発生できる磁場も限りがありません。一方、高温超電導材料は安価な液体窒素でも超電導状態になるうえ、あえて液体ヘリウム温度まで冷やせば低温超電導材料よりはるかに強力な磁場を作れます。しかし、セラミックスである高温超伝導材料同士を接合することは難しく、また、接合した部分に磁場がかかると電気抵抗が発生してしまうという難しさもあります。

超高磁場磁石開発チームの柳澤チームリーダーらは、住友電気工業株式会社、ジャパンスーパーコンダクタテクノロジー株式会社、株式会社JEOL RESONANCE、科学技術振興機構らと共同で、試験的に成功していた超電導接手法(iGS®接合)を使い、加工が難しい高温超電導材料からなる線材を使ったNMR

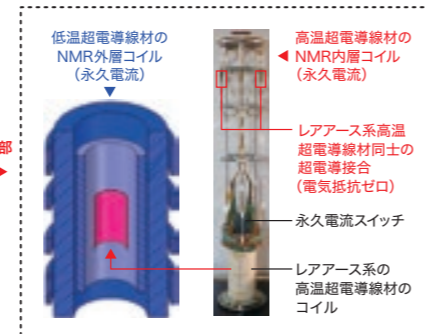
装置用超電導コイルの製造に成功しました。このコイルは高温超電導線材の内層コイルと低温超電導線材の外層コイルからできています。内層コイルはレアアース系高温超電導線材1本を巻いて作られており、ここから薄いテープ形状の線材を引き出し、構造物の障害にならないように引き回しました。さらに、コイルから漏れる磁場が接合部に悪影響を与えない最適な位置で、線材と永久電流スイッチを熱処理によって超電導接合しました。

超電導コイルは電気抵抗による損失がないため、一度電気を流すと半永久的に電流が流れ続ける「永久電流」という現象が起きます。今回研究チームが作製した超電導コイルは、世界で初めて、高温超電導線材を超電導接合したNMR用コイルでの永久電流運転を実証しました。その状態で2日間にわたり連続して磁場の変動を計測したところ、1時間あたり10億分の1レベルの変動しか起きない、安定度の高い磁場であることがわかりました。さらに磁場の空間均一度を向上させ、NMR信号取得にも成功しました。

この超電導コイルは、400メガヘルツ(9.39テスラ)NMR装置用の磁場を作ります。今後は、1,300メガヘルツ(30.5テスラ)の次世代超高磁場NMR装置の実現に向けた超電導接合の実装技術の開発を目指します。

開発したNMR装置の外観とコイルの模式図および内層コイルの外観

左図の銀色の円筒容器の中で開発したコイルを-269℃の液体ヘリウムに浸して冷却している。右図の写真部分は高温超電導線材で作製した内層コイル。コイルからの磁場の影響を受けない部分でコイルと永久電流スイッチを超電導接合している。



(写真左から)  
柳澤 吉紀(やなぎさわ よしのり)  
山崎 俊夫(やまざき としお)  
朴 任中(ぼく にんちゅう) 特別研究員  
末富 佑(すえとみ ゆう) 研修生

### 放射光科学研究センター

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に、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。



センター長 石川 哲也 (D.Eng.)

関連情報

高温超電導線材の超電導接合を持つ永久電流NMR [http://www.riken.jp/pr/press/2018/20181102\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2018/20181102_1/)





# バイオリソース研究センター

他分野のエキスパートとの共同研究で新しい再生医療の創出を目指す

## ▶ iPS細胞高次特性解析開発チーム

林 洋平 チームリーダー

### 研究成果

## iPS細胞の利活用で難病の病態と治療法に迫る 細胞バンクのiPS細胞の特性を解析し研究コミュニティに技術提供

iPS細胞は、個人由来でさまざまな細胞に分化能力を持つ多能性幹細胞です。そのため、特定の疾患を持つ患者から樹立された「疾患特異的iPS細胞」の研究が、その疾患の病態解明や創薬につながると期待が寄せられています。中でも難病は患者数が少ないため、病態の解明や治療法の開発が遅れています。

2018年4月、世界最大規模の細胞バンクであるバイオリソース研究センター(BRC)に、京都大学iPS細胞研究所(CiRA)が中心となり日本各地の病院から集められた難病患者の疾患特異的iPS細胞が寄託されました。疾患231種・患者742人・細胞3080株(2019年2月5日現在)が、「疾患特異的iPS細胞バンク」として国内外に公開されています。

しかしながら、同バンクにある疾患特異的iPS細胞の多くは、特性(分裂して自分と同じ細胞を作る自己複製能、多様な細胞種へ分化する多分化能、遺伝子特性)が解析されていなかったり、疾患の原因遺伝子や原因細胞が特定されていません。また、大部分の疾患でiPS細胞から原因細胞へ分化誘導できていないのが現状です。そこでBRCのiPS細胞高次特性解析開発チームでは、細胞バンクにあるiPS細胞の特性を系統的に調べる「特性解

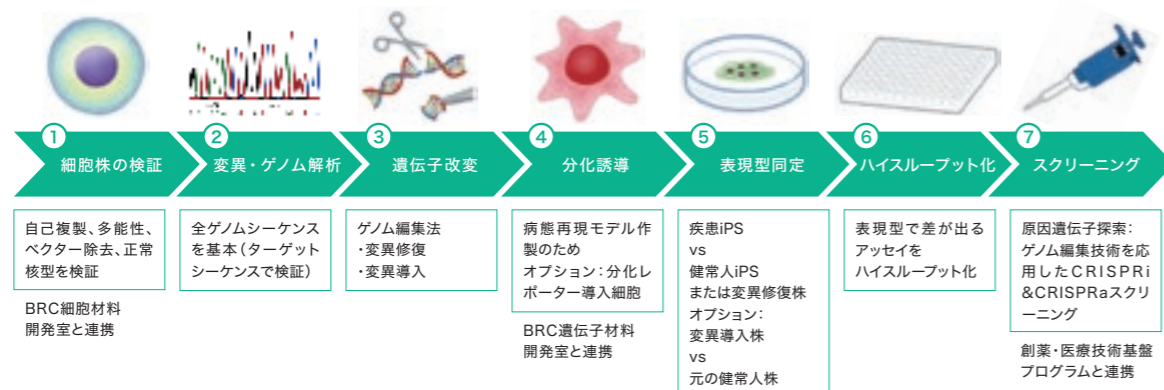
析プラットフォーム」を整備しています。患者数が少ない難病についてはゲノム編集技術を利用した加工ヒトiPS細胞(変異修復株、変異導入株など)の作製を始めています。

iPS細胞を使った経験のない研究者に対しては、共同研究を通じて、iPS細胞を使った技術や研究の進め方などのアドバイスも行っています。こういった活動によって、最終的には疾患特異的iPS細胞を用いた難病に対する病態解明と治療法の開発を目指しています。

また、体細胞をiPS細胞にリプログラミング(初期化)するメカニズムが、十分に解明されていません。同チームは、このリプログラミングに重要な因子を同定しており、分子構造の解析を進めながら、天然因子よりリプログラミング効率の高い人工因子の開発を目指しています。さらに他分野の研究者と共同で、光応答性ポリマー技術やAI(人工知能)のディープラーニング手法を活用し、培養細胞を大量に自動解析する装置を開発し、iPS細胞の継代培養に応用されています。

今後、細胞培養、操作、解析の新たな技術開発も進め、革新的な再生医療の創出も目指していきます。

疾患特異的iPS細胞の特性解析プラットフォーム



林 洋平(はやし ようへい:写真左から3番目)と研究チーム

## バイオリソース研究センター

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。



センター長 城石俊彦 (D.Sci)

### 関連情報

iPS細胞高次特性解析開発チーム [http://www.riken.jp/research/labs/brc/ips\\_cell\\_adv\\_char\\_dev/](http://www.riken.jp/research/labs/brc/ips_cell_adv_char_dev/)



理  
研  
の  
活  
動

# Fact & Figures

研究成果を産業界とつなぐ技術移転、  
社会と理研をつなぐ広報活動など、  
研究開発以外の理研の活動についてご紹介します。

## 理研が中心となって開発した 永久電流NMR装置の一部

写真は、レアース系高温超電導線材で  
巻いた小型の内層コイルを内蔵し、永久  
電流運転を可能にしたNMR装置の上部  
(詳しくはP.34-35参照)。強力な磁場を  
発生するNMRは、特別に建設された木  
造の建屋内に設置されている。



# 科学技術ハブ

理研の経営方針である「科学力展開プラン」に基づいて、国内外の大学や研究機関、産業界と形成する「科学技術ハブ」機能を通じたイノベーションの創出を目指しています。

## 科技ハブ研究拠点

理研は、大学、研究機関、産業界と協働して研究開発のネットワークを形成・強化することにより、わが国の科学力の充実とイノベーションの創出を推進しています。

“拠点”を展開することで、単なる共同研究を越えた連携を構築して研究成果の最大化を図り、日本の研究力向上にも貢献できると考えています。

### 科学技術ハブ機能と展開

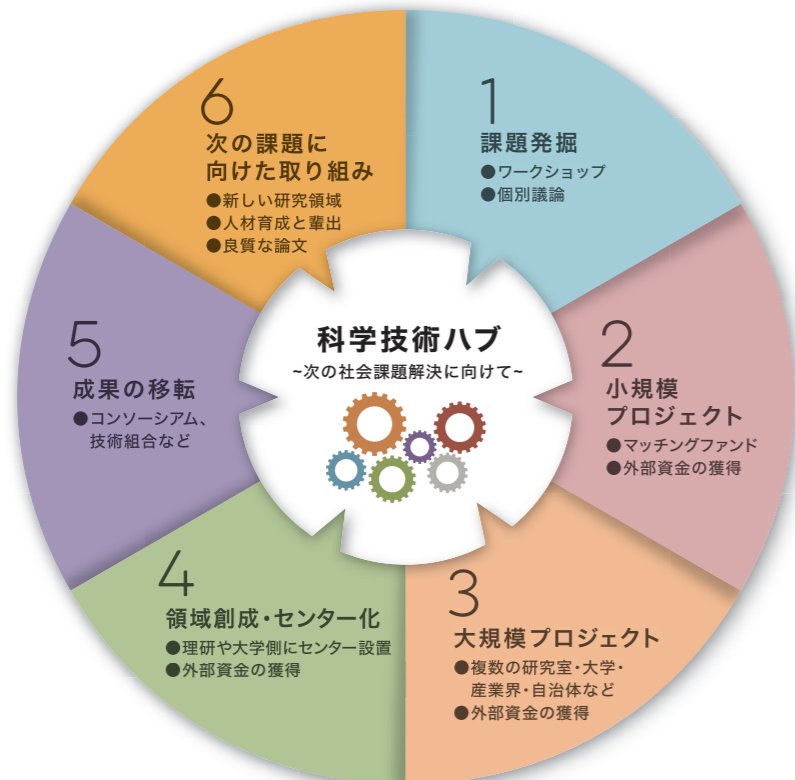
「科学技術ハブ」は、機関と機関が連携・協力し、その傘の下で個々の連携研究テーマを複数の研究グループが協働して推進する、包括的な連携体制を構築することを特徴としています。大学などに科学技術ハブを形成するとともに、理研内にも科学技術ハブのサテライトを設置することにより、若手研究者や学生などの研究交流・頭脳循環や、新たな研究

分野を担う人材育成につなげていきます。また、既存の共同研究の枠組みを超えて異分野が新たに連携することによって、新しい研究分野の創成と研究成果の最大化を目指します。科学技術ハブを通じて、理研と大学との連携を他の大学など、さらには地域企業へと連携ネットワークを展開していくことも科学技術ハブ機能のひとつです。

### 科学技術ハブのマイルストーン

科学技術ハブで取り組むべき研究テーマは、国が定める科学技術基本計画や科学技術イノベーション戦略、あるいはSDGsなどの世界共通の目標、また理研や各大学の中長期目標などを参考に検討するとともに、戦略的にワークショップやシンポジウムを開催し、個別のディスカッションを活性化することで、研究ニーズやシーズを発掘していきます。

まずは小規模な研究プロジェクトとしてスタートし、より大規模な研究プロジェクトへ発展させていながら、新しい研究領域の創出や、理研や大学における研究センター化を図ります。生み出された研究成果はコンソーシアムや技術組合などの形で事業化を目指します。このような展開を通じて、新しい研究領域と良質な論文を生み出すだけでなく、若手人材の育成・輩出も可能にします。



### 科学技術ハブおよび連携の形成状況



※2019年3月31日現在



# 2 ICT戦略の推進

研究者が安心して利用できる便利なICT基盤の構築・整備を推進し、研究活動をサポートしています。

クラウドサービスなど、さまざまなICTを活用することで、研究の効率化やスムーズな情報共有、外部組織との協力・連携の推進を図ることができます。ICTの有効な活用は、2018～2024年度までの理研の活動指針となる第4期中長期計画においても、重要な役割として期待されています。ここでは、理研が現在推進しているICT戦略の一端について紹介します。

## 研究機関におけるICTの活用

ICT (Information Communication Technology) とは、情報通信に関する技術や、それらを活用して双方向コミュニケーションを可能としたサービスの総称です。代表的な例として電子メールとソーシャルメディア (SNS<sup>\*</sup>、チャットなど) が挙げられます。これらのサービスは広く普及していますが、ビジネスシーンはもちろん、理研のような研究機関においても、研究を円滑に進めるための基盤やツールとして不可欠なものとなっています。

理研の第4期中長期計画の中で、情報公開の推進や情報

セキュリティの強化など、ICTに関連する目標も挙げられています。また、内閣府が推進するオープンサイエンスの方針にも沿う形で、ICTが有効に活用されることが望まれます。そこで情報システム本部は、第4期中長期計画のICT戦略として「快適で安全な情報基盤」、「研究成果の最大化に貢献する研究環境」、「間接業務を最小化する業務環境」の三つの柱を掲げるとともに、「ICTに係るユーザー窓口の一元化」に取り組んでいます。

\*Social Networking Service の略。

## 快適性と安全性を両立させた情報基盤

ネットワーク上の安全性を確保するために、機密性の高い個人情報や未発表研究データなどを管理する「機密領域」、研究所内データを共用する「所内領域」、そして外部への公開データを管理する「オープン領域」の階層を持ったセグメント別アクセス制御の構造とします。オープン領域に対しては、インターネットを使った外部からのアクセスを可能とし、所内領域には所内からのアクセスのみを許可します。また、機密領域へのアクセスは、特定の職員に限定します。こうしたデータの機密レベルに応じたネットワークの分離・管

理を可能にするには、強固な認証基盤が必要となります。理研では、人事データベースをもとに、さまざまな方法による個人認証とシステムへのアクセスルールを設定するロールマネジメントを組み合わせたクラウド型の認証基盤を構築しています。

また、所内の情報共有ツールとして理研内SNS (セキュリティ機能強化版チャットなど) の導入を検討しています。一般的に多く利用されている電子メールシステムは、歴史的に安全性の高いツールとはいえないため、フィッシングメール

対策やスパム対策が整ったサービス利用へとシフトすることが望ましいと考えています。

もちろん、ネットワークのセキュリティに関しては、利用者ひとりひとりのセキュリティに対する認識、知識も求められ、安全性の高いネットワーク構築とともに、円滑な運用を行う

ための教育は継続的に必要です。加えて、ライセンス管理や著作権保護などのコンプライアンスの教育も必要であり、eラーニングや研修などを活用して、教育環境の整備も進めていきます。

## 研究を支援するICT環境の構築

近年の研究活動においてはICT関連技術なくして、研究を効果的に進めることはできません。その中でもシミュレーションやデータ処理などを行う計算機環境は、今まで個々の研究者がサーバの準備から管理、維持まで行っていました。これからはそうした業務にしばられず、研究者が利用することだけを考えるプライベート/パブリッククラウドなど多様で柔軟な計算機環境を整備していきます。

研究機関である理研では、研究の各段階すなわち、研究計画の立案から実験考察、論文作成、論文投稿、論文出版など、それぞれの段階に応じたICTによる支援を行います。たとえば、研究の計画段階では電子ジャーナルへのアクセスなど、先行研究のリサーチを支援し、研究段階では研究プロセスの管理やデータの共有など、研究を支援する環境を提供します。

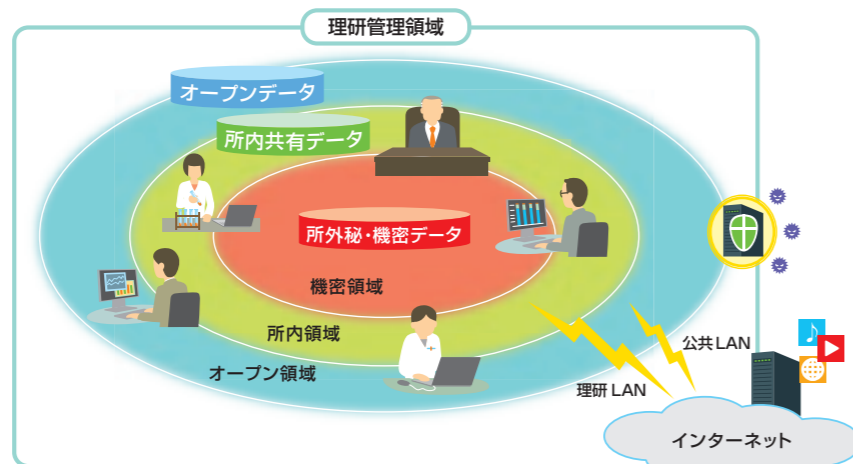
研究者が制作した論文は一元管理するとともに、公開ま

でのルールに沿って公開できるようにしていきます。さらに、理研でも論文を無料公開できる環境を整備し、世界規模で急速に進んでいる論文のオープンアクセス化に対応します。研究者個人の研究実績もデータベース化を支援できるシステムを構築する予定です。

また、こうしたシステムを構築するだけでなく、現在は地区ごとで行っている各種サービスなどの窓口業務を一元化し、サポートのワンストップサービス体制を構築します。窓口へ寄せられる質問、問い合わせ内容がデータベースに蓄積されることで、利用者への回答時間の短縮や回答の自動化など利便性を向上させるとともに、よりよいサービス体制づくりに役立てます。

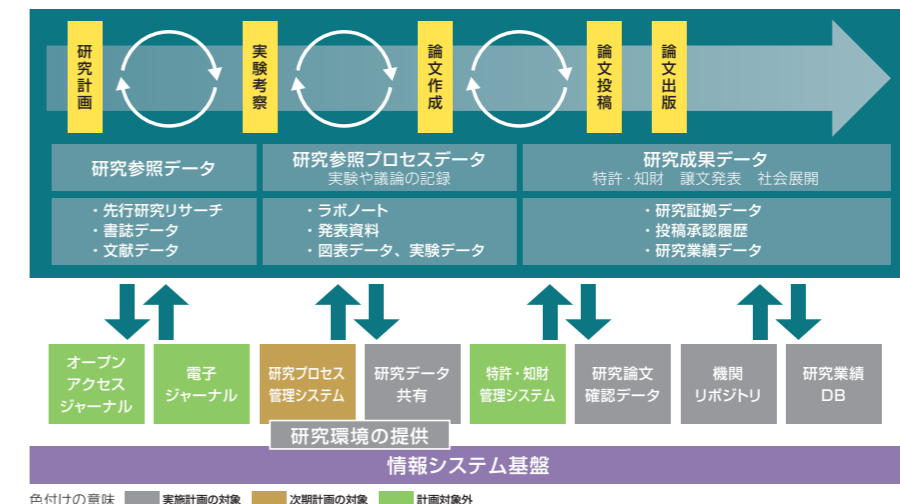
理研は、こうしたICT戦略を通じて研究者を支援し、社会貢献へとつなげていきます。

快適で安心・安全な情報基盤



利用者によるアクセス管理が行えるネットワーク環境を構築します。

研究成果の最大化に貢献する ICT 環境のイメージ



研究計画から実験考察、論文作成、論文投稿、論文出版まで、研究のプロセスにおいて研究者を支援できる環境づくりを目指します。

色付けの意味 ■ 実施計画の対象 ■ 次期計画の対象 ■ 計画対象外



## バイオマスから合成ゴムの原料を生成する技術を世界で初めて開発

地球温暖化の原因とされる二酸化炭素の排出量削減のため、化石資源のひとつである石油への依存度低減が急務となっています。自動車タイヤはサーマルリサイクルにより熱エネルギーとして回収・利用はされるものの、合成ゴムの原料であるイソプレンをバイオマス(生物資源)からの発酵により生産できれば、石油への依存が低減され、持続可能な社会に大きく貢献できると考えられます。

環境資源科学研究センターの細胞生産研究チームは、横浜ゴム株式会社、日本ゼオン株式会社との共同研究により、バイオマスからイソプレンを効率的に生成する新技術を開発しました。また、このイソプレンからゴム(ポリイソプレンゴム)の合成も実現されました。

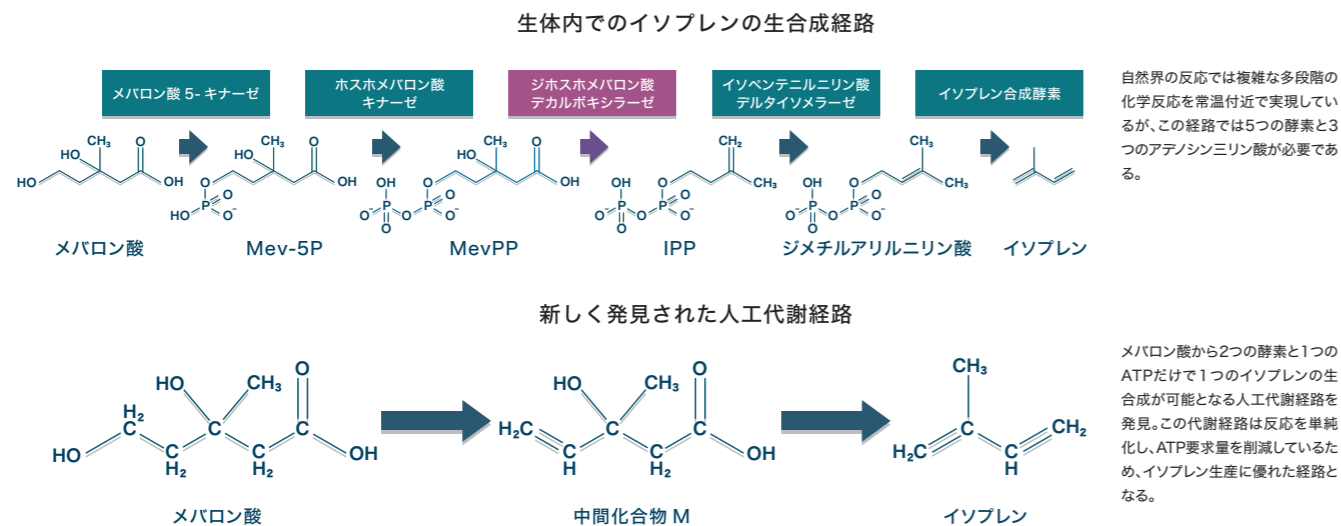
共同研究において、理研・細胞生産研究チームの白井智量副チームリーダーらは、*in silico*代謝設計技術を用いて効率よくイソプレンを作る化学反応を探索・設計し、その化学反応でイソプレンを生成する大腸菌の創製までを担当しました。自然界でメバロン酸からイソプレンを生成するには5つの反応過程があり、5つの酵素と1つのイソプレンを生成するために3つのATP(アデノシン三リン酸)が必要となります。研究チームは、ATPを使う反応は細胞のエネルギー消費となるため、反応数を減らすことでエネルギー効率を上げられると考え、合成経路を見直しました。

そこで活用したのが、独自に開発した「BioProV」です。コ

ンピュータを使って、微生物の代謝経路を設計するもので、原料から生成物にいたるまで、エネルギー効率をも含めて探索します。生合成反応のデータベースにある3,000を超える酵素反応を再分類し、コンピュータに学習させ、シミュレーションを行った結果、数万あった候補から10の反応経路が候補となりました。さらに反応の実現性と反応数で絞り込み、最終的に2つの化学反応、1つのATPの消費で合成する経路を見つけ出しました。

ただ、これはあくまでも机上の計算で、実際に反応を起こせるか分かりません。研究チームは、反応に必要な2つの酵素の探索を推進。酵素の構造を配慮し、反応しやすい酵素を探し当て、さらに変異を加えて高活性化に成功しました。この高活性酵素を発現する遺伝子を導入した大腸菌を使って、37°Cの温度で4日間培養したところ、約30gの糖から2gのイソプレンを集めることに成功。これは世界で初めての快挙で、これによって糖からゴムにいたるまでの一貫生産を確立しました。

今後、化石資源への依存度を減らすものづくりは、温暖化対策に加え資源保護という観点からも急がれます。特に、石油からしか作れない合成ゴムの原料を植物資源でつくる技術は、持続型社会の実現に欠かせないものであり、細胞生産研究チームでは、石油製品をバイオマスから生成する合成過程の開発をさらに進めていきます。



## 植物が持つ高温ストレスを軽減させるための遺伝子を新たに発見

2018年夏も猛暑となり、農産物の生育にさまざまな影響を及ぼしました。地球温暖化による気候変動により、今後は日中の最高気温がさらに高まると予想されています。植物は、高温、水分量、光強度、塩濃度などの環境ストレスを受けると、ストレスを軽減させるさまざまなしくみを発動させます。そのしくみは、安定した収量を得るための品種改良などに応用できることから、解明が急務となっています。

葉の細胞や葉緑体などの膜(生体膜)は、さまざまな種類の脂質(グリセロ脂質)からなりますが、環境ストレス下では、「それぞれの種類の割合(脂質クラス存在比率)」と「脂質を構成する脂肪酸分子内の二重結合の数(脂肪酸不飽和度)」が変化し、植物体への脂質貯蔵を増やすことが知られています。

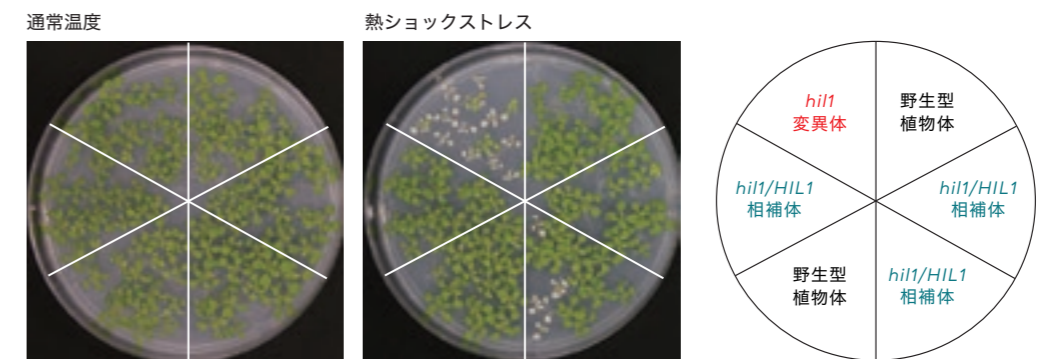
この点に注目した、環境資源科学研究センター 統合メタボロミクス研究グループの東泰弘研究員、斉藤和季グループディレクターらは、モデル植物のシロイヌナズナを通常温度の生育環境である22°Cよりも高い38°Cに1日置くと、葉緑体の膜を構成する脂質(糖脂質)のうち2種(炭素原子18個と二重結合を3つ持つ不飽和脂肪酸と、炭素原子16個と二重結合を3つ持つ不飽和脂肪酸)が減り、貯蔵脂質(トリアシルグリセロールのうち、炭素原子18個と二重結合を3

つ持つもの)が増えることを突き止めていました。また、この現象が起きた際の遺伝子の量の変化(トランスクリプトーム)も解析していました。

研究をさらに進め、高温ストレスを軽減させる遺伝子の探索と、その機能解明を行いました。まず、すでにあるトランスクリプトームデータを使って、高温下で量が増え、かつ、脂質組成に関係する遺伝子を選び出し、「葉緑体中のリパーゼ(グリセロ脂質を分解する酵素)遺伝子(HIL1)」を候補にしました。次に、HIL1遺伝子の機能を調べるために、この遺伝子を破壊したシロイヌナズナ(*hil1*変異体)を作り、脂質の種類と量の変化を調べました(脂質メタボローム解析)。すると、*hil1*変異体では高温下で減るはずの脂質の一部が減少せず、一方の貯蔵脂質の増加は部分的に阻害されると分かりました。このような*hil1*変異体は22°Cでは正常に生育しましたが、高温にすると枯れてしまいました。さらにHIL1タンパク質は、葉緑体の膜を構成する糖脂質の分解を促し、貯蔵脂質については分解しない機能があることを突き止めました。

一連の結果から、高温下ではHIL1遺伝子により葉緑体の膜の脂質成分が変化し、ストレスが軽減していると分かりました。この成果は、高温に強い農作物の開発などにつながると期待できます。

## HIL1遺伝子変異体における高温ストレスへの耐性解析



HIL1 遺伝子の機能を破壊した *hil1* 変異体は、22°Cの通常温度では正常に生育するが、3時間 45°Cにさらした後も栽培を続けると、大部分が白く枯れる。一方、HIL1 遺伝子の塩基配列を *hil1* 変異体に導入した *hil1/HIL1* 相補体では、高温ストレス処理後も正常に生育する。このことより、植物の高温ストレスを緩和する応答にとって、HIL1 遺伝子が必須であると分かる。

関連情報  
横浜ゴム、バイオマスからイソプレンを生成する世界初の新技術を開発 [http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180726\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180726_1/)

関連情報  
植物の高温耐性に寄与するリパーゼ遺伝子を発見 [http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180706\\_2/](http://www.riken.jp/pr/press/2018/20180706_2/)



国内各地の拠点で精力的に研究を進める一方、国内外の研究機関・大学とも手をつなぎ、理研の研究の効果的な推進に努めています。

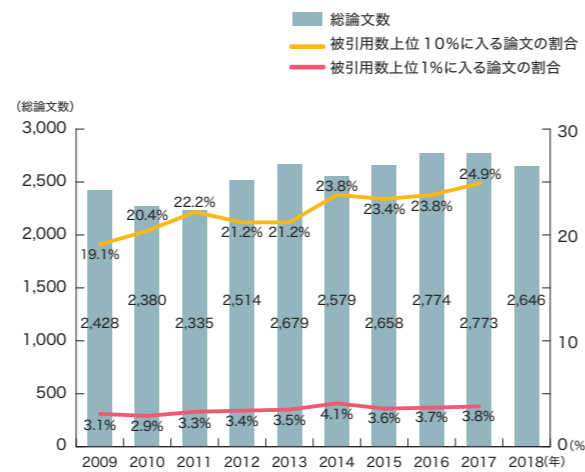
理研は、研究成果を論文や学会発表という形で、研究者コミュニティに向けて発信しています。理研の研究活動のレベルの高さは、論文発表数と被引用数のデータにはっきりと表れています。

## 年間論文数とそれらの被引用状況

理研は2008年以降、年間2,200報以上の論文発表を続けており、2018年は2,646報を発表しました。また、それらの論文のうち、被引用数が世界で上位10%に入る論文の割合は2008年以降、2割程度を維持しています。

これは、理研の論文が、多くの研究者に引用される、質の高いものであることを示しています。2017年の被引用数上位10%の論文の割合は24.9%で、国内外の主要な研究機関と比較しても、優れた数字となっています。現状に満足することなく、今後も、研究のレベルと論文の質をさらに高めていきます。

理研の年間論文数とそれらの被引用状況



クラリベイト・アナリティクス社のデータベースを基に作成(2019年5月9日時点)  
※ドキュメントタイプはArticle、Reviewに限定

## 論文の被引用数

理研の10年間の論文数は25,488報で、これらの被引用数はのべ約56万回にのぼります。1論文あたりの平均被引用数は、22.2回であり、世界的にみても高い回数となっています。

理研の特徴は質の高い論文の割合が高いことで、2019年のクラリベイト・アナリティクス社(旧トムソン・ロイターIP&Science)による日本の研究機関の高被引用論文数のランキング\*では国内3位となっていますが、割合で見ると高被引用論文は2.6%と、発表された20機関の中でもトップクラスであり、他の機関と比べて高いレベルを維持しています。

日本で唯一の自然科学の総合研究所である理研は、同社データベース「Essential Science Indicators」で定義されている22分野のうち12分野が、世界で理研が強みを発揮している分野となっています。物理、化学、生物学・生化学等々と、幅広い分野で研究成果を挙げています。

※クラリベイト・アナリティクス社プレスリリース(2019年4月11日、5月9日付)

理研の論文の被引用数に関するデータ

(対象期間:2009年1月~2019年2月)

分野	論文数	被引用数	1論文あたりの被引用数
物理学	7,282	133,581	18.34
分子生物学・遺伝学	2,912	110,759	38.04
生物学・生化学	3,082	57,461	18.64
化学	3,324	56,254	16.92
植物学・動物学	1,520	44,086	29.00
神経科学・行動科学	1,658	40,045	24.15
免疫学	694	30,609	44.11
臨床医学	1,279	26,601	20.80
材料科学	775	20,446	26.38
微生物学	483	7,267	15.05
薬理学・毒物学	399	5,445	13.65
工学	388	3,766	9.71
上記分野を含む全分野	25,488	565,843	22.20

クラリベイト・アナリティクス社のデータベースを基に作成

理研は国内外の研究機関・大学などと研究協力協定、覚書、共同研究契約などを結んでいます。その内容は研究者・学生などの交流やセミナー・シンポジウムの開催、あるいは共同研究などで、連携大学院協定(P.50-51参照)も含まれます。2016年に策定した科学力展開プランに基づき、大学・研究機関・産業界と協働し、研究開発のネットワークを形成・強化することで、理研が科学技術におけるハブ(P.40-41参照)の役割を担っていきます。

## 戦略的な連携協力の推進

ドイツのマックス・プランク研究所や中国科学院等の世界トップクラスの海外研究機関や大学、各国の政府機関などとの間で研究協力協定・覚書を締結し、相補的・効果的な連携研究の実施、事務レベルも含む国際的な人材交流の拡大、世界における理研の存在感の向上につなげています。

2018年度より、理研の本部と各研究センターなどが協力して国際連携をさらに強化するための取り組みを開始し、右の表の研究機関・大学などとの連携を構築しました。この他にも、中国の浙江省杭州未来科技城(サイエンスパーク)に新たな連携拠点を設置した他、ワークショップなどを通じて研究交流の拡大を図るなど、さまざまな国際協力を推進しており、2018年度末時点で、35の国と地域(国際組織含む)との間で、のべ257件の協定や覚書を締結しています。

また、海外拠点を通じた研究協力の拡大も進めており、シンガポール、北京の両事務所に続き、欧州連合(EU)ならびに欧州各国との連携強化、そして科学技術の政策動向収集などを目的に、欧州事務所を2018年11月に開所しました。開所式典には欧州委員会研究・イノベーション総局のジャン・エリック・パケ総局長も参加し、理研と欧州との研究協力拡大への期待が寄せられました。

国内では、東北大学と基本協定を締結するとともに、すでに基本協定が締結されている大阪大学、名古屋大学に科学技術ハブ(大阪大学・理化学研究所科学技術融合研究センター、名大・理研科学技術連携センター)を設置し、機関レベルでの連携を推進しています。

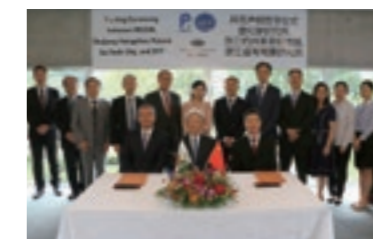
また、理研の研究成果を医療応用に結び付けることを目的とした医療機関との連携や、地方創生に関わる地方自治体との連携なども推進しています。

2018年度に締結した主要な国内協定・覚書

相手機関	種類	発効年月
大阪大学	覚書(科技ハブの設置)	2018年9月
名古屋大学	覚書(科技ハブの設置)	2019年3月
東北大学	基本協定(連携・協力の推進)	2019年3月

戦略的な研究パートナーとの国際連携(2018年度)

理研	相手機関など(国名)
開拓研究本部(物理工学分野)	マックス・プランク研究所(ドイツ) 物理工学研究所(ドイツ)
開拓研究本部(有機化学、予防医療分野での包括協定)	カザン連邦大学(ロシア)
生命機能科学研究センター	シンシナティ小児科病院(アメリカ)
生命医科学研究センター	ヒューマン・セル・アトラス・プロジェクト ※アメリカ、イギリス、スウェーデン等から 参画の国際プロジェクト



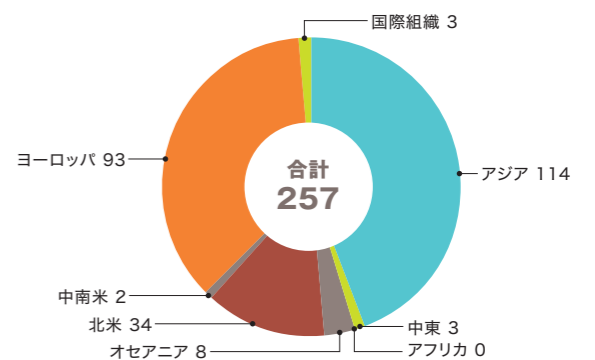
中国・杭州未来科技城における連携ラボ設置に関する覚書の調印  
(2018年9月13日)



欧州事務所開所式の模様  
(2018年11月29日)

海外研究協力協定・覚書等の数の地域分布

\*2018年3月31日現在



※多国間にもまたがる場合の重複を含む



# 技術移転・産業界との連携

「科学技術の基礎研究を進め、その成果によって産業の発展を図る」。これは、1917年の理研創立以来、受け継がれてきた理研精神です。理研では産業界と連携する取り組みを実践し、研究成果の実用化を推進しています。

技術移転・産業界との連携

産業界へ効率的に技術移転するためのモデルとして、理研は「バトンゾーン」という概念を提唱しており、それを具現化する以下の制度を運用しています。



## 産業界との融合的連携研究制度

企業からの提案を受け、チームリーダーを企業から受け入れて時限的研究チームを編成するという、企業側のイニシアチブを重視した研究プログラムで、企業と理研が一体となって研究開発を進めています。

## 産業界との連携センター制度

企業からの提案をもとに、中・長期的なテーマに取り組むため、理研の各研究センター内に「連携センター」を設置し、推進する制度です。連携センターの名称には企業名を冠することができます。

## 特別研究室制度

優れた研究者を招聘し、企業などから受け入れる研究資金により特定の研究テーマを推進しています。

## 理研ベンチャー認定・支援制度

理研の研究成果を中核技術として起業し、その実用化・事業化を図ることを事業目的とし、一定の要件を満たした企業を、理研は「理研ベンチャー」と認定し支援を行っています。これらの認定・支援措置は理研ベンチャーの事業の推進力となり、研究成果の迅速な実用化と普及に役立っています。



## 特別ユニット制度

外部研究資金を活用して、産業界などとの連携を通じて実用化を目指した研究開発を実施しています。

## 理研産業共創プログラム制度

理研と企業のマネージメント層、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、共創テーマなどを創出し、本格的な共同研究や大型連携研究につなげていきます。

### 成果例 | 植物生理活性剤「Skeepon」

理研ベンチャーのアクプラント株式会社から、植物に付与することで乾燥をはじめとする複数の環境耐性を高める効果をもつ植物生理活性剤「Skeepon」が2019年より発売されます。理研の特許である、酢酸により植物の乾燥耐性を高める技術が用いられており、野菜の水やり回数や芝生の散水の低減のほか、乾燥地域における干ばつ対策にも期待されます。



「産学連携メールマガジン」配信中

産業界との密接な連携を図るため、理研の産学連携・知的財産に関する情報をメールで配信しています。  
[http://www.riken.jp/pr/services/mail\\_collaboration/](http://www.riken.jp/pr/services/mail_collaboration/)



研究成果の実用化には特許が重要です。理研では、特許を戦略的に取得し、企業に利用してもらうための技術移転活動を推進しています。

## 特許の取得と技術移転活動

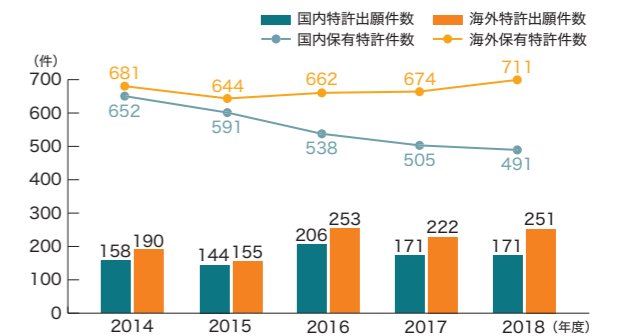
特許出願にあたっては、戦略的な特許出願を行うパテントリエゾンスタッフと、技術移転のプロである実用化コーディネーターが、案件ごとにチームを組み、発明者からのヒアリングを行っています。研究成果をより確実に実施につなげるため、追加データの取得による特許の強化に努めるとともに、海外での実施可能性を精査し外国特許出願を行っています。また、保有する特許は一定期間ごとに実施可能性を検討し、権利維持の必要性を見直すことにより、効率的な管理を行っています。

さらに、企業に特許を利用してもらうことで研究成果を社会に還元するために、企業への技術紹介や展示会の開催、セミナーでの研究成果発表など、さまざまな技術移転活動を行っています。

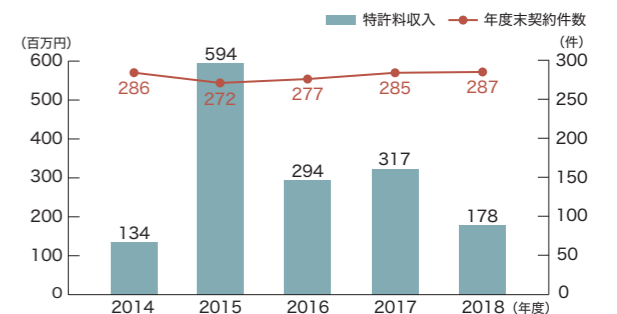
保有特許情報はウェブサイト上で公開しています。

<http://www.riken.jp/outreach/ip/>

特許出願件数と保有件数の推移

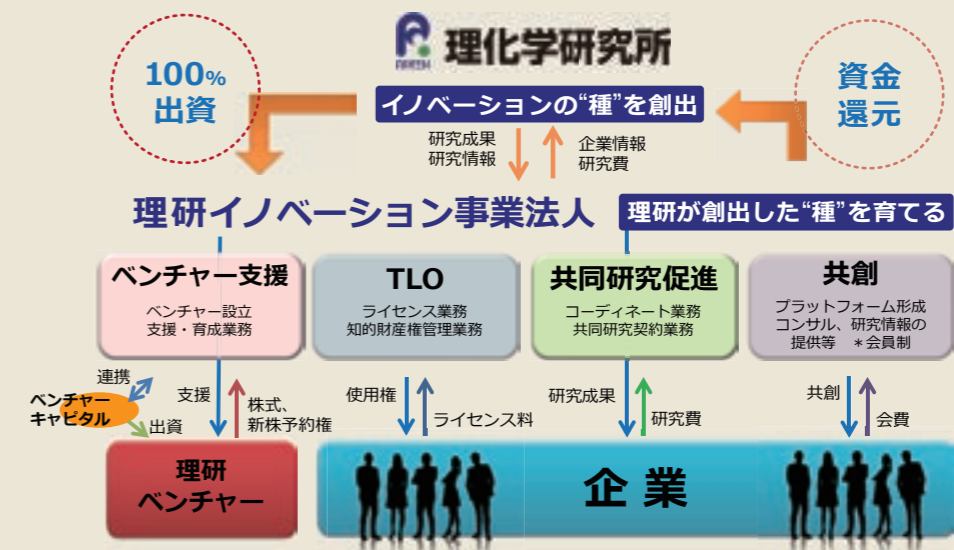


特許料収入の推移



## イノベーション促進に向けた新たな取り組み

理研では、基礎科学を中心に多分野にわたる研究開発を推進するとともに、研究成果の普及・活用を進めています。理研が世界最高水準の研究成果を創出し、その成果をいち早く社会に還元するため、理研自らが出資するイノベーション事業法人の設立を検討しています。新法人では、技術移転をはじめ、ベンチャーの創出や「組織」対「組織」の本格的な共同研究を促進するとともに、企業の新事業開拓などに貢献していきます。





# 6 人材育成

理研は次代の研究を担う有為な人材の育成を大きなミッションと考え、そのためのさまざまな制度を設けています。

理研は、若手研究者を育てるさまざまな制度を設けています。

学生向けの制度としては、大学院生リサーチ・アソシエイト(JRA)制度、国際プログラム・アソシエイト(IPA)制度があります。

また、理研には連携大学院制度があり、大学より学生の受け入れと理研の研究者への教育経験の支援を行っています。

こうした制度以外でも、多くの学生を研修生として受け入れ、指導を行っています。

若手研究者向けとしては、基礎科学特別研究員(SPDR)制度があり、2017年に理研白眉制度もスタートしました。

## 大学院生リサーチ・アソシエイト(JRA)制度

大学院博士課程在籍者を理研に受け入れ、理研の研究者とともに研究する機会を設けることにより、次代を担う研究者を育成する制度です。1996年度にジュニア・リサーチ・アソシエイト制度として創設され、2009年度に現在の制度に変わりました。

JRAは、連携大学院および研究協力などの協定もしくは共同研究契約を締結している大学院の在籍者から公募・選考・採用されます。契約期間は最長3年間(標準修了年限が4年の場合は4年間)で、その間に博士号の取得を目指します。

◎2018年度新規採用者数:57名

◎2018年度在籍者数:147名

## 国際プログラム・アソシエイト(IPA)制度

国際連携大学院協定を結んでいる海外の59大学(右の表)、および国内の連携国際スクール覚書締結校(9大学)を通じて、外国籍を有する大学院博士後期課程履修予定・在籍者を受け入れ、理研の研究者が博士課程研究を指導する制度です。IPAは理研から、原則3年間を上限として滞在費や宿泊費などの支給・補助を受けることができます。2006年度に開始されプログラム修了者から順次博士号取得者が出ています。また、2010年度から、国外からの招聘者の受け入れ機会をより増やす上で、短期間の受け入れプログラムの試行を始めました。

◎2018年度新規採用者数:25名

◎2018年度在籍者数:70名



JRA・IPAが一堂に会し、合宿形式で研究ディスカッションを行うサマースクールは、毎年開催される。写真は、第10回を迎えた2018年開催の様子。



### 国際連携大学院協定校一覧

中国	韓国	ロシア
北京大学	梨花女子大学校	モスクワ物理工科大学
西安交通大学	韓国カトリック大学校	イギリス
南京大学	光州科学技術院	リパブル大学
大連理工大	モンゴル	ヨーク大学
湖南大	モンゴル国立大学	スウェーデン
上海交通大学	パキスタン	カロリンスカ研究所
華中科技大学	パンジャブ大学	デンマーク
華東理工大	インドネシア	コペンハーゲン大学
吉林大	バジャジャラン大学	フランス
蘭州大	バンドゥン工科大学	カーン・ノルマンディー大
中国科学院 (近代物理研究所、大連化学 物理研究所、高能物理研究所)	インドネシア大	リヨン第一大
厦門大	シンガポール	ストラスブール大
北京中医薬大	南洋理工大	バリ南大
中国科学技術大	マレーシア	ドイツ
北京協和医大	マレーシア科学大	チュービンゲン大
台湾	マレーシア工科大	スイス
国立清華大	ベトナム	ETH チューリッヒ校
国立交通大	ベトナム国立大・ 科学大 (旧ハノイ科学大)	イタリア
国立台湾大&中央研究院	ベトナム農業科学院	トレント大
台北医学大	フィリピン	アメリカ
韓国	フィリピン大学ディリマン校	イリノイ大学シカゴ校
浦項工科大学校	オーストラリア	カナダ
高麗大	ニューサウスウェールズ大	マギル大
国立ソウル大	ロシア	ブラジル
国立慶北大	カザン連邦大	サンパウロ大
漢陽大		

※2019年4月1日現在

## 連携大学院制度

理研の研究者が国内の大学の教員との間で研究協力を行うとともに、大学から大学院生を理研に受け入れて、客員(連携)指導教員として博士課程や修士課程の研究指導を行う制度です。実質的なスタートは1989年度で、2019年4月1日現在、国内の42大学との間で連携大学院の協力を行っています(右の表)。

## 基礎科学特別研究員(SPDR)制度

自然科学の博士号を取得した(見込みを含む)若手研究者を理研の任期制研究員として採用し、本人が希望する研究課題と理研の研究領域を勘案して設定した研究課題を、自由な発想で主体的に研究できる場を提供する制度で、1989年度に創設されました。SPDRは公募・選考により採用され、契約期間は3年間です。国籍にかかわらず応募が可能で、国内外から国際的に優秀な研究者の受け入れを目指します。

◎2018年度新規採用者数:55名

◎2018年度在籍者数:153名



2018年度研究成果発表会でのポスターセッションの様子。

## 理研白眉制度

並外れた能力を持つ若手研究者に研究室主宰者(理研白眉研究チームリーダー)として独立して研究を推進する機会を提供し、理研白眉研究チームリーダー間の積極的な交流を促すことで、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ています。2017年に創設されました。さらに女性PI(研究室主宰者)の制度として2018年度から加藤セチプログラムを開始しました。研究分野としては、人文社会科学との境界領域を含む自然科学全般(数理学を含む)で、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領域を対象としています。任期は7年で、長期的に自由な研究環境を提供するとともに、広い層からの逸材を得るため、博士号の学位取得は応募要件としていません。

◎2018年度採用者数:3名

◎2019年度採用者数:3名(うち女性1名)

### 国内連携大学院一覧

埼玉大学大学院	東京医科歯科大学大学院
筑波大学大学院	長岡技術科学大学大学院
東京理科大学大学院	大阪大学大学院
東洋大学大学院	北海道大学大学院
東京工業大学大学院	立命館大学大学院
東北大学大学院	首都大学東京大学院
立教大学大学院	早稲田大学大学院
千葉大学大学院	群馬大学大学院
兵庫東立大学大学院	芝浦工業大学大学院
東京電機大学大学院	名古屋大学大学院
東京大学大学院	慶應義塾大学大学院
横浜市立大学大学院	広島大学大学院
九州工業大学大学院	同志社大学大学院
神戸大学大学院	岐阜大学大学院
京都大学大学院	岡山大学大学院
奈良先端科学技術大学院大	東京農工大
東邦大学大学院	神戸学院大学大学院
関西学院大学大学院	徳島大学大学院
新潟大学大学院	和歌山大学大学院
お茶の水女子大学大学院	明治大学大学院
順天堂大学大学院	九州大学大学院

※2019年4月1日現在



サマースクールで講演する新宅博文 理研白眉研究チームリーダー。



理研の取り組みや研究活動を広く国民の皆さまにご理解いただき、国民の皆さまと理研との信頼関係を構築するため、積極的に情報発信を行っています。

国民の皆さまと理研の相互理解を深め、ご信頼いただけるよう、また科学リテラシー向上にも貢献できるよう、さまざまな広報活動を行っています。プレスリリースや理研ウェブサイトなどによる研究成果の発信のほか、イベント開催などの双方向でのコミュニケーションができる機会においては、皆さまの理研に対する要望もお聞きして、活動につなげています。また、社会への還元の一つとして地域貢献活動も積極的に推進しています。

## プレスリリース

新聞などのメディアを通じて理研の活動を知っていただくために、最新の研究成果を中心にプレスリリースを行っています。2018年度は、「ゲノム編集でアルツハイマー病を予防する」(5月4日)、「新粒子『ダイオメガ』」(5月24日)、「新しい機能性ポリマーの開発に成功」(2019年2月7日)などの研究成果を発信しました。

## イベント

理研が推進している最先端の科学研究を紹介し研究の意義などを伝える「科学講演会」や、科学技術館(東京都千代田区)で「理研DAY:研究者と話そう」を開催しています。このほか、各事業所、センターにおいてシンポジウムやサイエンスカフェ、サマースクールなどの実施、各種展示会への出展を行っています。

また、2014年度から、広報活動の一環として「理研グッズ」の販売を開始しました。科学講演会などのイベントで職員による販売を行うほか、科学技術館ミュージアムショップ、和光市福祉会館売店、科学技術広報財団のウェブサイトで販売しています。理研グッズは、理研と多くの方々との結びつきがより広く、深く、強くなることを目指しています。

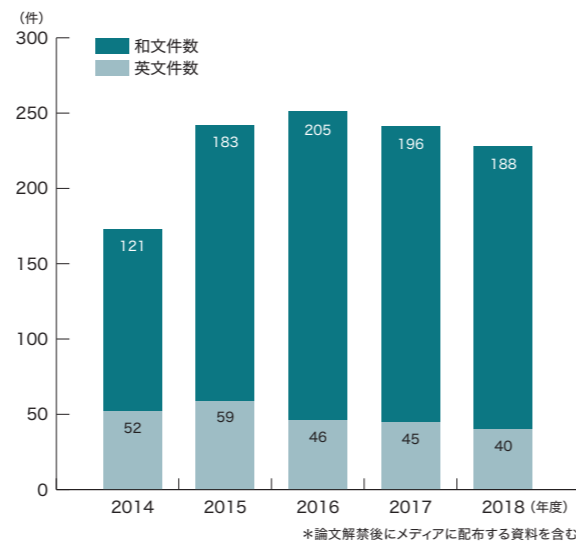
## 一般公開

各地区で年に一度、施設を公開し、広く国民の皆さまに研究現場を見ていただき、研究内容について研究者と直接話す機会を設けています。2018年度に全9ヶ所で開催した一般公開への来場者はのべ36,621人でした。



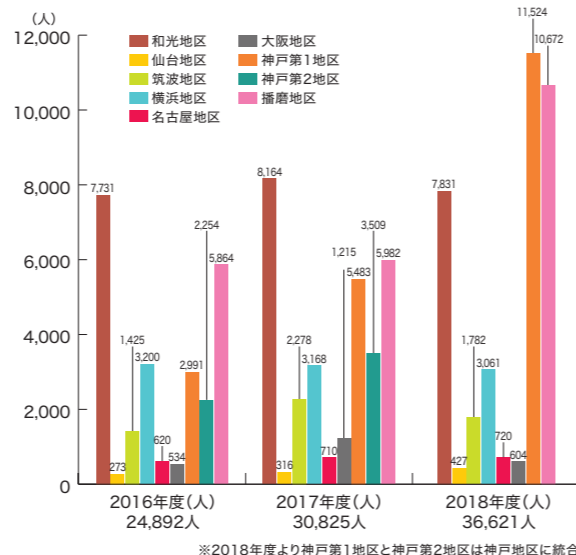
一般公開(2018年4月21日 和光地区)

### プレスリリース数の推移



科学講演会2018  
2018年11月3日(土)に40回目となる科学講演会を丸ビルホール(東京都千代田区)にて開催。

### 一般公開来場者数の推移



## YouTube「RIKEN Channel」

動画配信サイト「YouTube」に開設している公式チャンネルです。理研の最先端科学を分かりやすく解説した広報ビデオ「科学のフロンティアシリーズ」や理研の歴史を紹介す

る映像など、さまざまなコンテンツを掲載しています。  
<http://www.youtube.com/user/rikenchannel/>

## 広報出版物

研究活動や成果を分かりやすく伝える出版物として、和文広報誌『広報誌RIKEN』(発行部数5,000部/年)のほか、和文月刊誌『理研ニュース』(発行部数9,000部/月)、子ども向け冊子『理研の博士に聞いてみよう!』(発行部数

15,000部/年)を発行するほか、各種パンフレットを制作しています。これらはウェブサイトでもご覧いただけます。  
<http://www.riken.jp/pr/publications/>  
<http://www.riken.jp/pr/fun/kids/>

## 科学道100冊

科学を担う理研の姿勢を「科学道」と表現し、さまざまな広報活動を進めています。

「科学道100冊」は、書籍を通じて科学者の生き方・考え方や科学の面白さ、深さ、広さを伝える事業です。

未知に挑戦しながら未来を切り開いていく科学者の見方、生き方、考え方に着目し、科学者の思考プロセスを6つのテーマに分けて、「科学道100冊」(中学生から大人向け)、および「科学道100冊ジュニア」(小学生から高校生向け)を選書し、全国の書店および図書館でフェアを開催しました。



## 国際広報

研究レベルの高さや充実した研究環境など、理研が職場としても、研究協力相手としても魅力ある研究機関であることを知ってもらえるよう、主に世界の優秀な研究者や海外のジャーナリストに向けての国際広報活動も積極的に行っています。具体的には、英文でのプレスリリース、季刊広報誌『RIKEN Research』やパンフレット『At a Glance』の発行、ブログ「It Ain't Magic」の配信、YouTubeなどのソーシャルメディアを通じての、研究成果や社会への貢献、日本での生活情報に関する積極的な発信を行っています。また、海外ジャーナリストとのネットワーク構築のため、アメリカ科学振興協会などが開催する国際的な科学イベントへの参加や科学セッションの提案、海外メディアへのプレスツアーの開催などを行っています。



<http://www.riken.jp/en/>  
<http://www.riken.jp/en/research/rikenresearch/>  
<http://itaintmagic.riken.jp/>  
<https://www.youtube.com/channel/UCyE-1A10fTrOsoYT-whBwOQ>



理研の研究者は、毎年、国内外のさまざまな賞を受けています。  
このことも、論文発表と並んで、理研の研究レベルの高さを示しています。

理研では研究者などの活発な活動、活躍により多くの受賞者が生まれており、2018年度は共同受賞を含め全体で125名が受賞しました。  
科学技術に関する研究開発、理解増進などにおいて顕著な成果を収めた者を表彰する文部科学大臣表彰については、科学技術賞4名、若手科学者賞6名が選出されました。  
個々の研究者の受賞以外では、2017年に引き続き、スーパーコンピュータ「京」が国際的な性能ランキングで世界第1位を獲得しました。

### 紫綬褒章・藤原賞

トポロジカル物性の研究

#### 永長直人 副センター長

創発物性科学研究センター

永長氏は長年にわたり、物性理論の分野で、固体中の量子電子波動が示す幾何学的性質に着目し、高温超伝導体、磁性体、強誘電体などの強相関電子系の物性に関し、場の理論を用いた解析的手法と計算機を用いたシミュレーションを用いて研究してきました。この業績は、固体電子の新しい機能開拓、特に省エネルギー機能の開拓における基礎学理を与えることが期待されています。



永長直人(ながおさ なおと)

#### 最終学歴

東京大学大学院 工学系研究科 物理工学専攻 博士学位取得

#### 主な職歴

東京大学物性研究所 助手、東京大学工学部 教授、2007年より理研 チームリーダー、2013年より現職(東京大学教授を併任)。

### 朝日賞

コンデンシンの発見と  
染色体構築に関する研究

#### 平野達也 主任研究員

開拓研究本部 平野染色体ダイナミクス研究室

平野氏は、分裂期染色体構築の主役であるコンデンシン複合体を発見し、生化学・構造生物学的手法を用いて、コンデンシンの分子メカニズムの解明に大きく貢献しました。また、カエル卵抽出液を用いて染色体を試験管内に再構成することに成功するなど、約20年間にわたりコンデンシン生物学の研究において世界をリードし続けています。



平野達也(ひらの たつや)

#### 最終学歴

京都大学大学院 理学研究科 博士課程修了

#### 主な職歴

カリフォルニア大学サンフランシスコ校ポスドク研究員、コールド・スプリング・ハーバー研究所 Senior Staff Investigator、同研究所教授を経て、2007年より理研 主任研究員、2018年より現職。

### ナイスステップな 研究者2018

生まれたての星の周りにできる  
原始星円盤の誕生過程を解明: 惑星系の起源

#### 坂井南美 主任研究員

開拓研究本部 坂井星・惑星形成研究室

坂井氏は、最先端の電波望遠鏡「ALMA」を用いて、生まれたての星の周りにある「原始星円盤」の誕生過程を解明しました。坂井氏が解明した原始星円盤の形成過程は、長年謎とされてきた星・惑星の誕生メカニズムの解決および太陽系のような惑星系の化学的起源解明に向けた重要な成果であり、今後のさらなる発展が期待されます。



坂井南美(さかい なみ)

#### 最終学歴

東京大学大学院 理学系研究科 物理学専攻 博士課程修了

#### 主な職歴

東京大学大学院 理学系研究科 物理学専攻 助教を経て、2015年より理研 准主任研究員、2017年主任研究員。2018年より現職。

### 日本医療研究開発大賞 健康・医療戦略担当大臣賞

エビジェネティクス制御を分子標的とした  
創薬基盤研究

#### 吉田 稔 グループディレクター

環境資源科学研究センター  
ケミカルゲノミクス研究グループ

吉田氏は、微生物代謝産物からヒトをはじめとする真核生物の細胞増殖・分化に作用する新規活性物質を発見し、エビジェネティクス(遺伝子発現の後天的制御)の研究を先導しました。エビジェネティクスに着目した創薬は世界的な潮流となっており、医療分野の研究開発の発展に多大な貢献を果たしたことが評価されました。



吉田 稔(よしだ みつる)

#### 最終学歴

東京大学大学院 農学生命科学研究科 博士課程修了

#### 主な職歴

東京大学農学部 助手、2002年より理研 主任研究員、2013年より現職。

### ゴールド・メダル賞 (読売テクノ・フォーラム)

ビッグデータ同化による  
ゲリラ豪雨予測の研究

#### 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

三好氏は、スーパーコンピュータ「京」と最新鋭気象レーダを生かした「ゲリラ豪雨予測手法」を開発しました。この技術を生かすことで、将来、これまで想像もつかなかったような超高速かつ超高精細な天気予報が可能になり、天気予報に革命をもたらすことが期待できます。



三好建正(みよし たけまさ)

#### 最終学歴

米国メリーランド大学大学院 気象学部 博士課程修了

#### 主な職歴

気象庁予報部 数値予報課技術専門官、メリーランド大学 大気海洋科学部 助教授などを経て、2013年より理研 チームリーダー、2018年より現職。

### ひるま 晝馬輝夫光科学賞

新規手法による  
高強度アト秒パルス光源の実現

#### 高橋栄治 専任研究員

光量子工学研究センター アト秒科学研究チーム

高橋氏は、レーザー光を用いた波長変換プロセスである高次高調波発生において、独自アイデアによる高効率化、高出力化、短波長化法を提案し、極端紫外から軟 X 線領域におけるアト秒(10<sup>-18</sup>秒)パルスの発生・利用研究において大きなブレークスルーをもたらしてきました。レーザー光の短波長化と極短パルス化は、レーザー開発において最も重要な研究課題の一つであり、超高速光計測や精密分光はもとより、材料科学、エネルギー分野、医用エレクトロニクスにいたる幅広い分野に大きな波及効果を与えることが期待されています。



高橋栄治(たかはし えいじ)

#### 最終学歴

宇都宮大学大学院 工学研究科 博士課程修了

#### 主な職歴

理研 基礎科学特別研究員、分子科学研究所 基礎光化学研究部門 助手を経て、2006年より理研 研究員、2018年より現職。



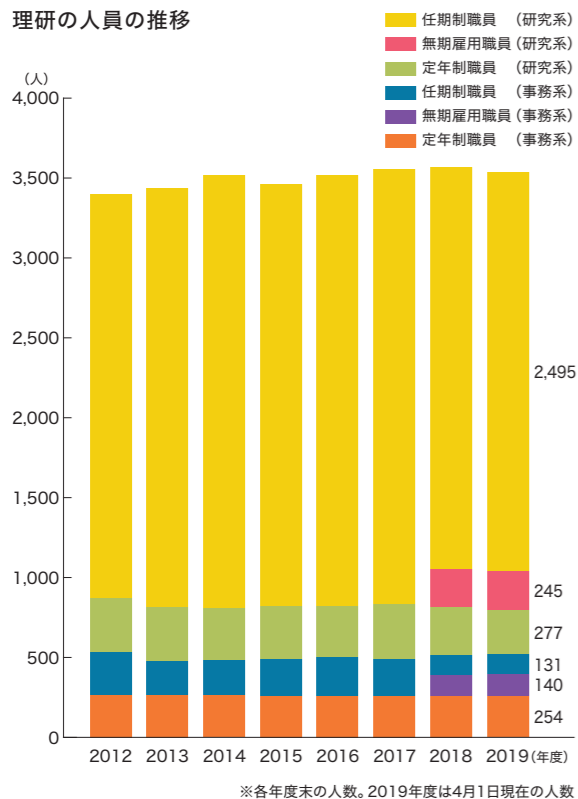
研究成果の最大化を目指して、多様な人材を積極的に採用し、それぞれが活躍できる環境を整え、流動性と安定性の双方を兼ね備えた人事制度の確立に努めています。

理研では、さまざまな研究を行う研究センターなどに定年制職員・無期雇用職員(定年まで雇用する長期雇用者)および任期制職員(年限を区切って雇用)として、研究者および技術者を配置しています。多様な人材を受け入れ、サポートするために、男女共同参画、国際化の推進、キャリアサポートにも力を入れています。

## 人員構成

2019年4月1日の常勤職員数は3,542人で、その85%にあたる3,017人が研究系職員、さらに、その83%にあたる2,495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522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



### センター別常勤職員数

\*2019年4月1日現在

センター名	人数
情報システム本部	34
科技ハブ産連本部	7
創業・医療技術基盤プログラム	10
予防医療・診断技術開発プログラム	7
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	20
医科学イノベーションハブ推進プログラム	24
バトンゾーン研究推進プログラム	47
理研産業共創プログラム	1
開拓研究本部	266
革新知能統合研究センター	213
数理創造プログラム	27
生命医学研究センター	372
生命機能科学研究センター	537
脳神経科学研究センター	340
環境資源科学研究センター	288
創発物性科学研究センター	186
光量子工学研究センター	123
仁科加速器科学研究センター	149
計算科学研究センター	152
放射光科学研究センター	87
バイオリソース研究センター	122
事務等	530
合計	3,542

※各センターに所属する基礎科学特別研究員を含む

## 男女共同参画企画

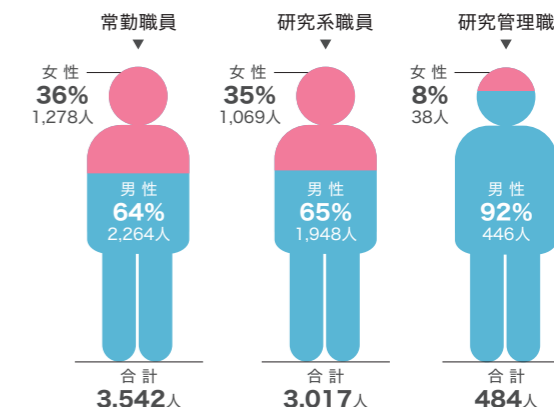
理研では、全常勤職員のうち女性が36%、研究系職員(チームリーダー、研究員、テクニカルスタッフなど)では35%、研究管理職では8%を占めています。法律で定められた産前産後休業(産休)、育児休業(育休)などの制度だけでなく、育児や介護との両立を支援する相談窓口を設置し、さまざまな付加的な施策を行い、職員が働きやすい環境を整備しています。和光、横浜、神戸の3事業所には託児施設を設けているほか、研究系職員が妊娠、育児または介護中、従来の業務を維持できるように、支援者の人件費を助成する制度があり、多くの職員が利用しています(右のグラフ)。また、仕事と生活の両立に資する研修を行い、職員のワーク・ライフ・バランスを推進し、「くるみんマーク」を取得(2009年、2015年)しています。



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

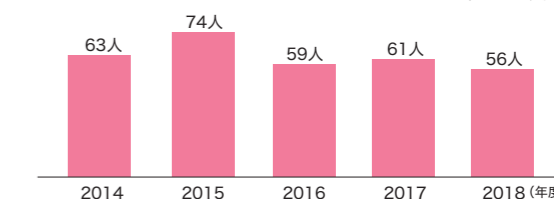
### 研究職員の男女比

\*2019年4月1日現在



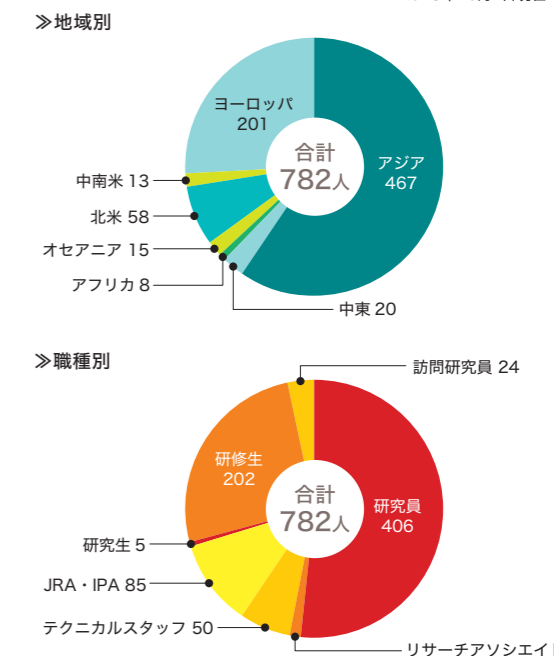
### 妊娠、育児中の研究系職員の支援者にかかる経費助成利用者数(のべ人数)

\*2019年4月1日現在



### 外国籍の研究スタッフの受け入れ

\*2018年10月1日現在



## 国際化の推進

理研は、国際協力を研究推進の大きな柱と認識しており、世界各国から研究者や技術者、学生を積極的に受け入れています。外国籍のそれら研究系スタッフは、2018年10月1日現在で782人に達しており、そのうち、研究員(非常勤を含む)として430人が在籍しています。

## キャリアサポート

理研は、全職員を対象に、理研での経験を将来のキャリアパスにつなげる取り組みとして、キャリア・コンサルティング、応募書類・面接などの対策支援、キャリア自律促進のためのワークショップ、ライフプランセミナーなどを実施しています。また、メールマガジンや転身事例集などの情報媒体も活用しています。研究系職員に対しては、研究職以外の多様な選択肢も視野に入れた、きめ細かい対応をしています。



国立研究開発法人である理研の主な収入は国からの運営費交付金ですが、財源の多様性と安定性を確保するために、さまざまな研究資金の獲得に努力しています。

理研は大きく分けて、「政府支出金」と、受託研究収入などの「自己収入」を財源として運営されています。「政府支出金」は、理研が事業を実施する上で必要な運営費・施設の維持費などを国から毎年度交付されます。国からの資金は経営の効率化などの観点から、新たな業務を行う場合などを除き、一定割合で削減されることとなっていますが、理研では業務の合理化や外部資金の獲得などにより研究活動をより高めていけるよう努力を続けています。

## 収入について

「政府支出金」のうち運営費交付金とは、国立研究開発法人の自主性・自律性のある業務運営の財源として、使途の内訳を特定せずに交付される資金です。運営費交付金の使用の適否については、事後評価において研究所の運営が適切になされたかという観点でチェックされます。

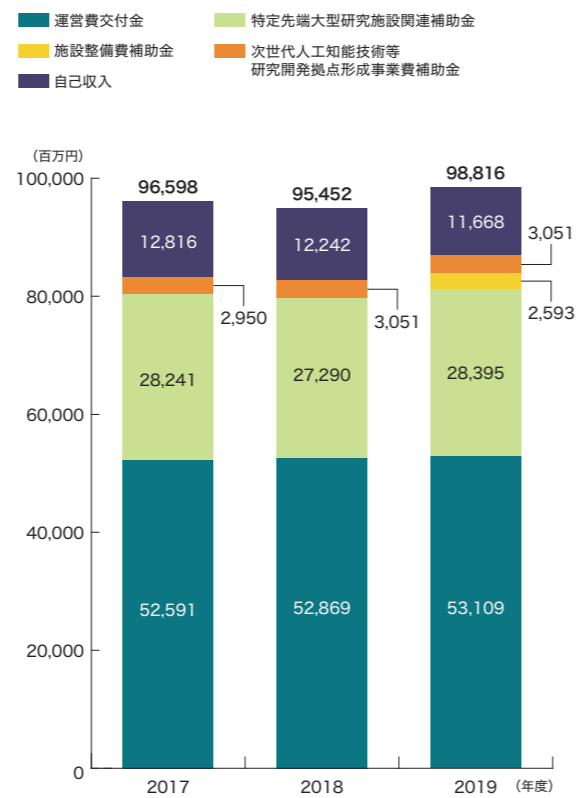
施設整備費補助金は、土地や建物整備などのために国から使途を明示されて手当てされる財源です。

特定先端大型研究施設関連補助金は、「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」に基づき、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「京」の整備・維持管理、研究者などへの共用を促進するとともに、「京」の後継機「富岳」の開発・整備をするための経費です。

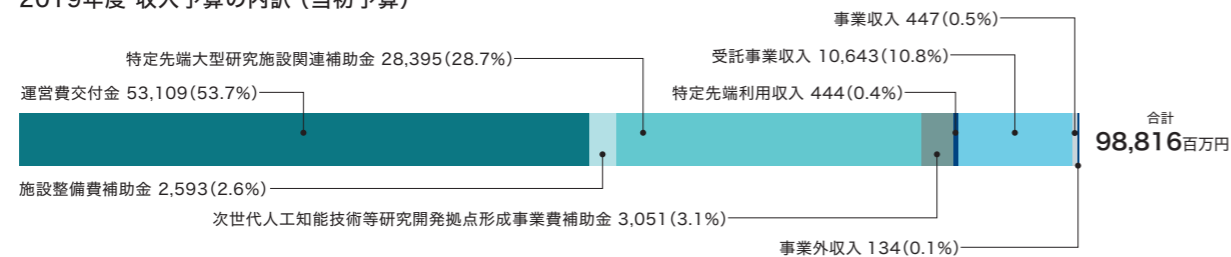
次世代人工知能技術等研究開発拠点形成事業費補助金は、革新的な人工知能(AI)に関する基盤技術の基礎的研究からAIによる科学研究の加速、社会課題の解決に資する応用までを一貫して実施するための経費です。

受託研究収入などの国立研究開発法人が自ら獲得した収入を「自己収入」と呼びます。自己収入には、受託事業収入、SPring-8利用料収入、特許権収入などが含まれます。

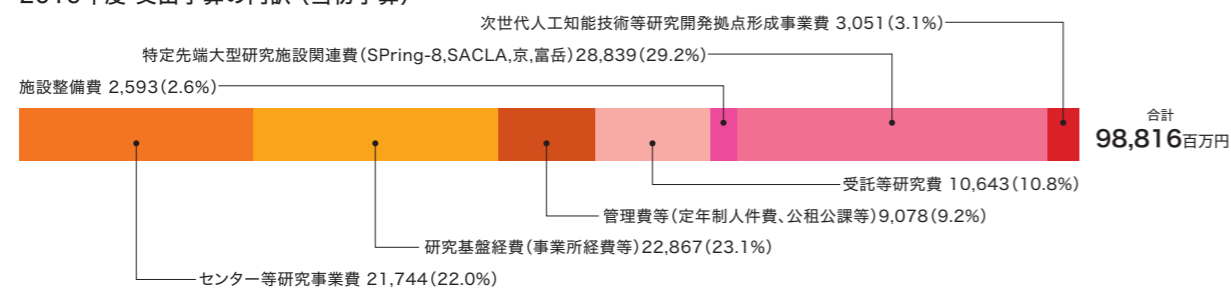
最近3年間の収入予算の推移(当初予算)



2019年度 収入予算の内訳(当初予算)



2019年度 支出予算の内訳(当初予算)



## 支出について

「センター等研究事業費」は、各研究センターなどに配分され、センター長などの裁量の下、研究を行うための費用として使われます。「研究基盤経費」は、各事業所における研究環境の維持管理、若手研究者の支援、情報環境の整備・維持、研究成果の普及など、研究活動を推進・支援するために

必要な経費です。「管理費等」には、人件費などの組織を運営するための費用が含まれています。

理研では、計画的・効率的に研究が実施できるよう柔軟な予算配分により事業の見直しや重点化を進めています。

## 外部資金について

外部資金とは、政府機関、公益法人、企業などから受け入れている研究資金のことです。理研では、すべてのセンターが外部資金を獲得しています(右表)。

下の表を見ると、金額は安定して推移しています。

2018年度 外部資金のセンター別獲得状況

センター名	金額(百万円)	件数
情報システム本部	104	15
イノベーション事業本部	19	4
創薬・医療技術基盤プログラム	58	3
予防医療・診断技術開発プログラム	97	15
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	525	32
医科学イノベーションハブ推進プログラム	217	14
バトンゾーン研究推進プログラム	557	67
理研産業共創プログラム	10	1
開拓研究本部	2,025	287
革新知能統合研究センター	543	88
数理創造プログラム	27	14
生命医科学研究センター	2,099	229
生命機能科学研究センター	3,233	463
脳神経科学研究センター	3,646	240
環境資源科学研究センター	1,461	220
創発物性科学研究センター	990	118
光量子工学研究センター	1,263	142
仁科加速器科学研究センター	491	100
計算科学研究センター	708	76
放射光科学研究センター	582	55
バイオリソース研究センター	310	75
事務等	66	3
<b>合計</b>	<b>19,030</b>	<b>2,261</b>

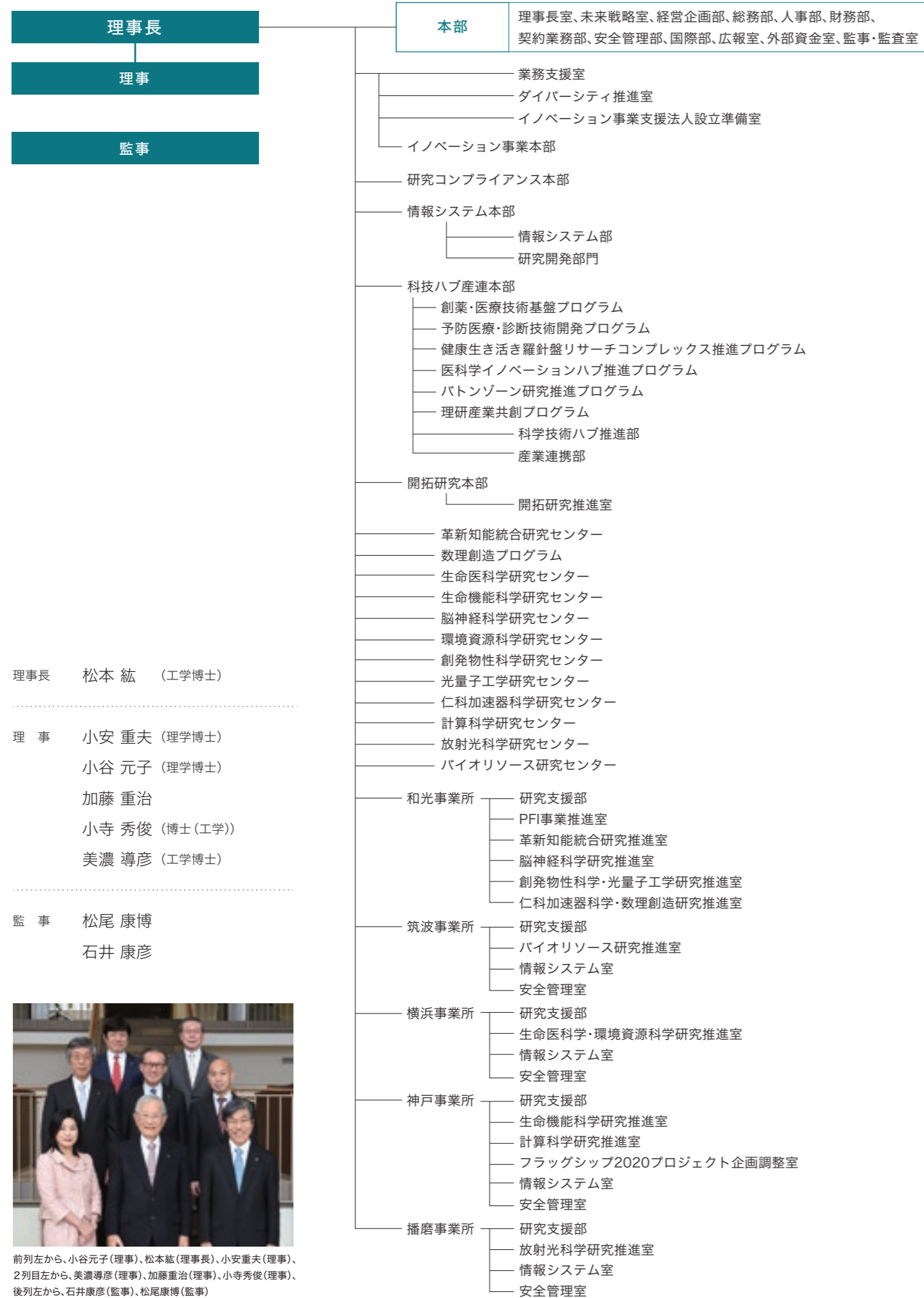
最近3年間の外部資金の獲得状況

項目	2016年度		2017年度		2018年度		
	金額(百万円)	件数	金額(百万円)	件数	金額(百万円)	件数	
1.競争的資金	科学研究費助成事業(科研費)*	4,023	830	3,810	799	4,605	1,236
	科学技術振興機構(JST)関連事業	3,393	115	2,767	119	2,469	125
	文部科学省系事業	153	4	128	3	357	7
	その他の府省系事業	108	18	94	15	175	13
	日本医療研究開発機構(AMED)関連事業	3,556	89	3,274	87	4,192	96
<b>小計</b>	<b>11,234</b>	<b>1,056</b>	<b>10,072</b>	<b>1,023</b>	<b>11,798</b>	<b>1,477</b>	
2.非競争的資金	受託	805	16	529	11	654	26
	助成	4,510	146	3,319	156	2,483	147
	共同研究	64	27	102	51	47	32
	補助金	124	37	109	30	193	47
補助金	656	18	1,627	18	459	18	
<b>小計</b>	<b>6,158</b>	<b>244</b>	<b>5,685</b>	<b>266</b>	<b>3,836</b>	<b>270</b>	
3.海外助成および国内財団等助成金	626	113	445	128	468	148	
4.民間受託	2,066	244	2,795	341	2,928	366	
<b>合計</b>	<b>20,084</b>	<b>1,657</b>	<b>18,998</b>	<b>1,758</b>	<b>19,030</b>	<b>2,261</b>	

※P.58-59のデータは、四捨五入のため合計値が合わないところがある。  
\*2018年度より集計対象に分担課題を含む。



# 組織図 (2019年6月1日現在)



# 問い合わせ先一覧

日本で唯一の自然科学の総合研究所として、各地に拠点をもち広い分野での研究を進めています。

## 和光地区(本部所在地・埼玉県和光市)

TEL:048-462-1111 / FAX:048-462-1554 (本部代表)

- ▶ 本部
- ▶ 情報システム本部
- ▶ 科技ハブ産連本部
  - 予防医療・診断技術開発プログラム
  - バトンゾーン研究推進プログラム
  - 理研産業共創プログラム
- ▶ 開拓研究本部
- ▶ 数理創造プログラム
- ▶ 脳神経科学研究センター
- ▶ 環境資源科学研究センター
- ▶ 創発物性科学研究センター
- ▶ 量子工学研究センター
- ▶ 仁科加速器科学研究センター

## 神戸地区(兵庫県神戸市)

TEL:078-306-0111 / FAX:078-306-0101 (神戸事業所代表)

- ▶ 科技ハブ産連本部
  - 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
- ▶ 生命機能科学研究センター
- ▶ 計算科学研究センター

## 播磨地区(兵庫県佐用郡)

TEL:0791-58-0808 / FAX:0791-58-0800 (播磨事業所代表)

- ▶ 放射光科学研究センター

## 海外拠点

### ▶ RAL支所(イギリス)

UG17 R3, Rutherford Appleton Laboratory, Harwell Science and Innovation Campus, Didcot, Oxfordshire, OX11 0QX, UK  
TEL:+44-1235-44-6802  
FAX:+44-1235-44-6881

### ▶ 理研 BNL 研究センター (アメリカ)

Building 510A, Brookhaven National Laboratory, Upton, New York 11973, USA  
TEL:+1-631-344-8095  
FAX:+1-631-344-8260

### ▶ シンガポール事務所

11 Biopolis Way, #07-01/02 Helios 138667, Singapore  
TEL:+65-6478-9940  
FAX:+65-6478-9943

### ▶ 北京事務所

1008, Beijing Fortune Building, No.5, Dong San Huan Bei Lu, Chao Yang District, Beijing, 100004, China  
TEL:+86-(0)10-6590-9192  
FAX:+86-(0)10-6590-9897

## 仙台地区(宮城県仙台市)

TEL:022-228-2111 / FAX:022-228-2122 (仙台研究支援室)

- ▶ 量子工学研究センター

## 筑波地区(茨城県つくば市)

TEL:029-836-9111 / FAX:029-836-9109 (筑波事業所代表)

- ▶ バイオリソース研究センター

## 東京地区(東京都中央区)

TEL:03-3271-7101 / FAX:03-3271-7100 (東京連絡事務所)

- ▶ 未来戦略室
- ▶ 革新知能統合研究センター

## 横浜地区(神奈川県横浜市)

TEL:045-503-9111 / FAX:045-503-9113 (横浜事業所代表)

- ▶ 科技ハブ産連本部
  - 創薬・医療技術基盤プログラム
  - 医科学イノベーションハブ推進プログラム
  - バトンゾーン研究推進プログラム
- ▶ 生命医科学研究センター
- ▶ 生命機能科学研究センター
- ▶ 環境資源科学研究センター
- ▶ 放射光科学研究センター

## 名古屋地区(愛知県名古屋市)

TEL:048-462-1111 / FAX:048-462-1554 (本部代表)

## けいはんな地区(けいはんな学研都市)

TEL:0774-73-2001 / FAX:0774-73-1607 (けいはんな研究支援室)

- ▶ 革新知能統合研究センター
- ▶ バイオリソース研究センター

## 大阪地区(大阪府吹田市)

TEL:06-6155-0111 / FAX:06-6155-0112 (大阪研究支援課)

- ▶ 生命機能科学研究センター