

RIKEN 2014 contents

理事長挨拶

ピックアップ研究成果 1	04
ピックアップ研究成果 2	06

川合理事インタビュー	08
理研の研究体制としくみ	09
理研の歩み	10

研究開発



主任研究員研究室	16
准主任研究員研究室	18
上席研究員研究室	20
国際主幹研究ユニット	22
特別研究ユニット	24
研究推進グループ	26
グローバル研究クラスター	28



創発物性科学研究センター	30
光量子工学研究領域	32
環境資源科学研究センター	34
生命システム研究センター	36
発生・再生科学総合研究センター	38
脳科学総合研究センター	40
統合生命医科学研究センター	42



バイオリソースセンター	44
ライフサイエンス技術基盤 研究センター	46
計算科学研究機構	48
放射光科学総合研究センター	50
仁科加速器研究センター	52



社会知創成事業	
イノベーション推進センター	54
バイオマス工学研究プログラム	56
創薬・医療技術基盤プログラム	58
予防医療・診断技術開発プログラム	60



新興・再興感染症研究ネットワーク 推進センター	62
情報基盤センター	63
HPCI計算生命科学推進プログラム	64

理研の活動

環境問題への貢献・復興支援	68
研究成果・研究協力	70
技術移転・産業界との連携	72
人材育成	74
広報活動	76
受賞	78
人員	80
予算	82
組織図	84
問い合わせ先一覧	



セレンディピティを 研ぎ澄ます

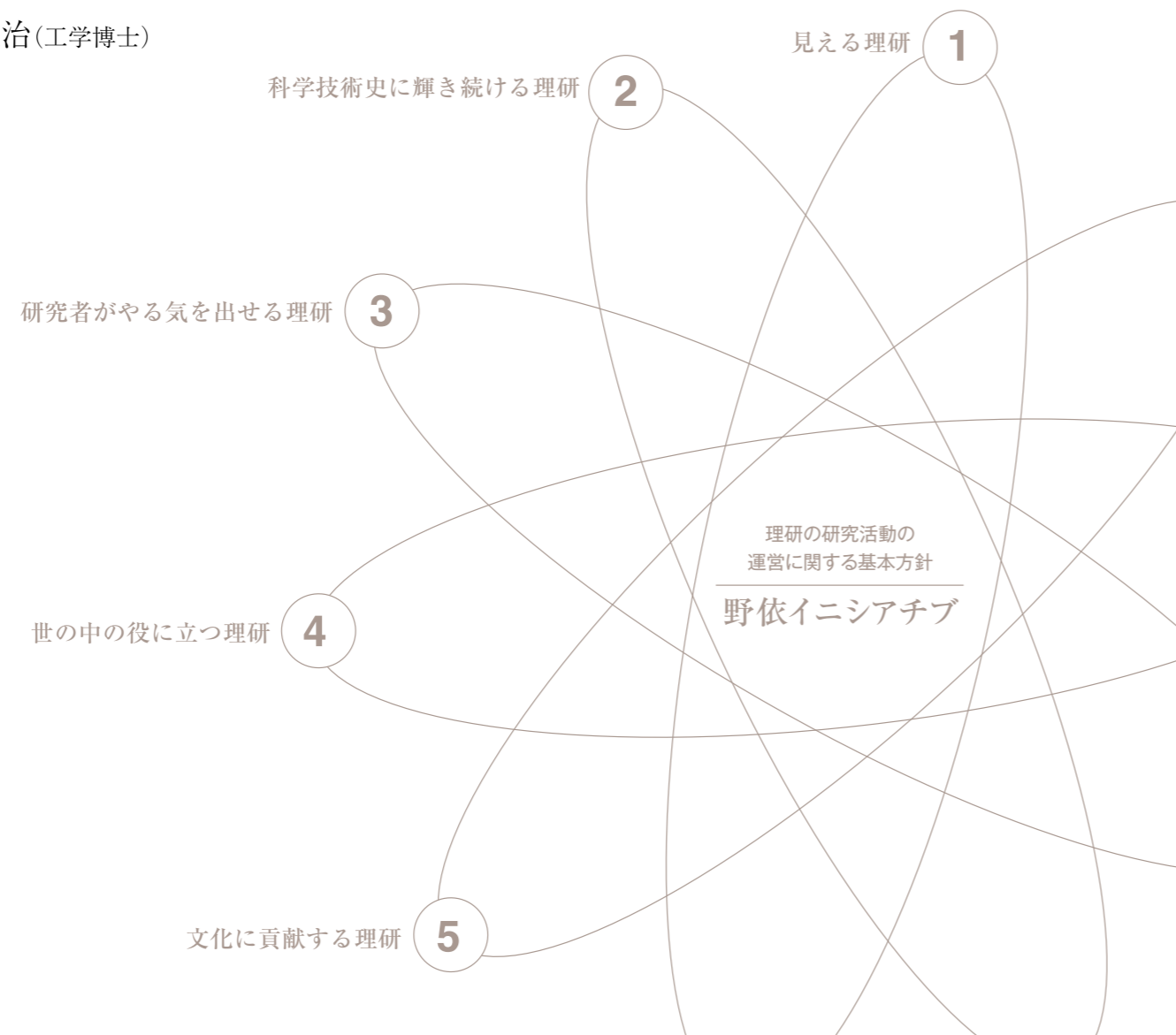
科学の創造に決まった方程式はありません。歴史を振り返れば、多くの科学的価値が、既成概念にとらわれない柔軟な発想や、思わぬものを偶然に発見する才能 (serendipity) によって創られてきました。この機会を育むのは、異に遇い、互いに触れ合う環境にほかなりません。

この発想から、2013年、理研は異分野の研究者間の相互作用を促す体制を整備しました。さらに、理研外のさまざまなセクターとの研究交流、国の枠を越えての「頭脳循環」を促進しています。研究者が自身の枠組みから飛び出し、外の世界から刺激を受けることで、真のイノベーションにつながる新しい着想が生まれます。

理研は科学技術の上で誇るべき業績を上げてきましたが、決してその上に安住することはありません。所内外との対話を通じて、自らの価値を最大化してこそ、国民の負託に本当に応え、「社会のための理化学研究所」としてかけがえのない存在になり得ると考えています。

研究ネットワークの構築は科学技術における成功の鍵です。同時に、より良い未来を創造する鍵でもあるのです。

2014年7月
理事長 野依良治(工学博士)



加齢黄斑変性治療に新たな光 世界で初めてiPS細胞による 臨床研究がスタート

発生・再生科学総合研究センター 網膜再生医療研究開発プロジェクト
プロジェクトリーダー 高橋政代

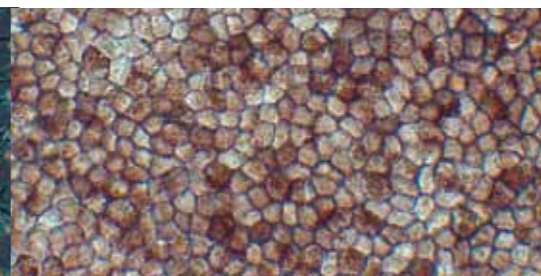
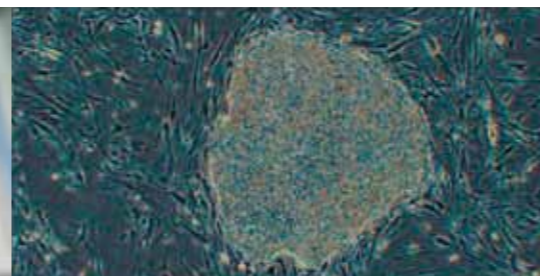
CDB

RIKEN Center for Developmental Biology
Laboratory for Retinal Regeneration
Project Leader: Masayo Takahashi (M.D., Ph.D.)

2013年8月、世界初となるヒトiPS細胞を用いた網膜再生治療の臨床研究が始まりました。

対象となる「**滲出型加齢黄斑変性**」という眼科疾患は、50歳以上の日本人の1%が罹患するといわれています。

現時点では根本的な治療法がないこの病気に対して、本プロジェクトは新たな可能性を示すことになるはず。あらゆる細胞に分化・増殖する能力を持つiPS細胞の医療応用の可能性を示す研究としても、大いに注目されています。



iPS細胞由来の網膜色素上皮 (RPE) シートの作製
患者さんの皮膚組織からiPS細胞を作製し、そこからRPE細胞を分化させる。RPE細胞だけを取り出してシート状に成長させる。RPEシートを数ミリ角に切り取り、新生血管と傷んだRPEを取り出した後に移植する。

加齢黄斑変性とは、網膜中心部の直径2mm程度の黄斑という領域の機能が加齢などによって低下することで発症する病気です(図1)。視力を担っている黄斑の機能が低下するため、物がゆがんで見えたり、ぼやけたり、著しい視力の低下などの症状が現れます。

異常な血管新生が見られる滲出型加齢黄斑変性の治療では、血管新生を阻害する抗VEGF薬を眼球に注射しますが、1~2カ月ごとの注射が必要で、根本的な治療とはいえません。

網膜再生医療研究開発プロジェクトの高橋政代プロジェクトリーダーは、眼科医として多くの網膜疾患患者の治療にあたってきた経験を持ち、1990年代後半から網膜細胞の再生医療の研究をスタートさせました。2004年には、サルES細胞から作った網膜色素上皮(RPE)細胞をラットに移植し、視機能の維持に成功しています。しかし、他人の細胞から作るES細胞には拒絶反応という問題があり、全身の免疫を抑制しなければならぬという大きなリスクが伴います。

2006年に京都大学の山中伸弥教授が発表したiPS細胞(人工多能性幹細胞)は、体細胞にいくつかの遺伝子を導入することで作製され、あらゆる細胞に分化・増殖します。本プロジェクトで、ヒト由来のiPS細胞からRPE細胞を分化誘導し、色素を持つ細胞だけを選別してさらに拡大培養

したところ、生体のRPE細胞と同様の特徴を持ち、マウスやモデルラットへの移植でも腫瘍化は起きませんでした。

こうした動物実験を経て、今回初めてヒトを対象とした臨床研究が行われます。研究対象となるのは、滲出型加齢黄斑変性の患者さん6人。研究では、各患者さんから採取した皮膚細胞(4mm角程度)からiPS細胞を作製し、そこからRPE細胞に分化させたものをシート状に成長させて患者さんの網膜下に移植します(図2)。

臨床研究の目的は、治療法の安全性を確認することにあります。今回の移植により大幅な視力回復は期待できませんが、視機能が維持・改善される可能性はあります。治療法確立に向けた重要な一歩です。

現状では、皮膚細胞を採取してからiPS細胞を経てRPE細胞を作り、移植用のシート状にするまでに約10カ月もかかります。実際に臨床で使えるようにするためにはこの期間を短くする必要がありますが、プロジェクトでは企業等と連携して、そのような技術開発や臨床治験、事業化を推進しています。また、加齢黄斑変性と並んで治療の難しい網膜色素変性の治療のための視細胞移植への研究も進めるなど、難治性眼科疾患の治療法確立に多くの期待が寄せられています。

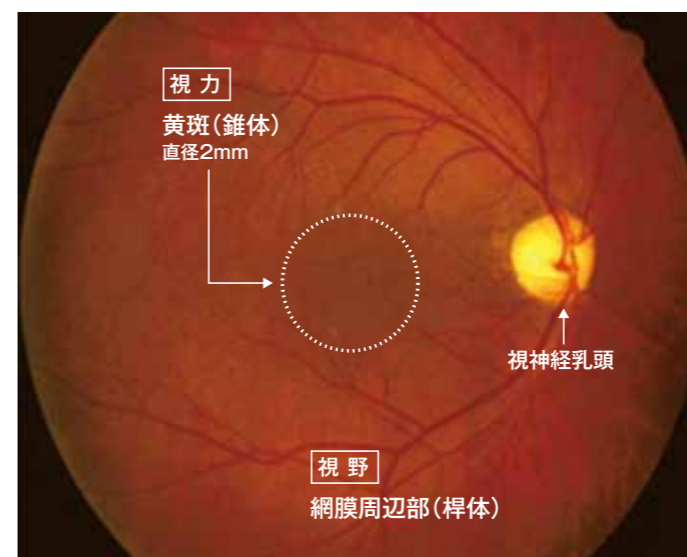


図1 網膜の中心にある直径2mm程度の黄斑部が「視力」を担い、その周辺部が「視野」を担う。黄斑機能が低下すると歩行などは可能だが、文字を読むのが困難になる。周辺部機能が低下すると文字は読めるが、歩行などが困難になる。

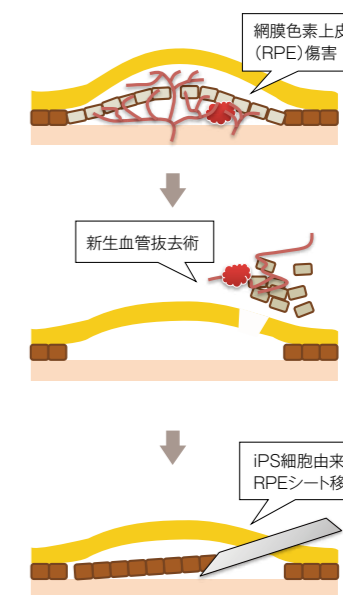
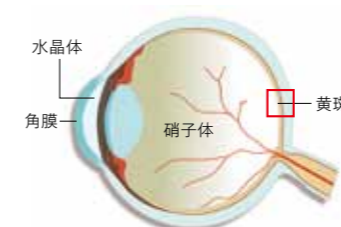


図2 RPE傷害部分や新生血管を取り除き、患者さんの皮膚細胞から作ったiPS細胞由来のRPEシートを移植する。



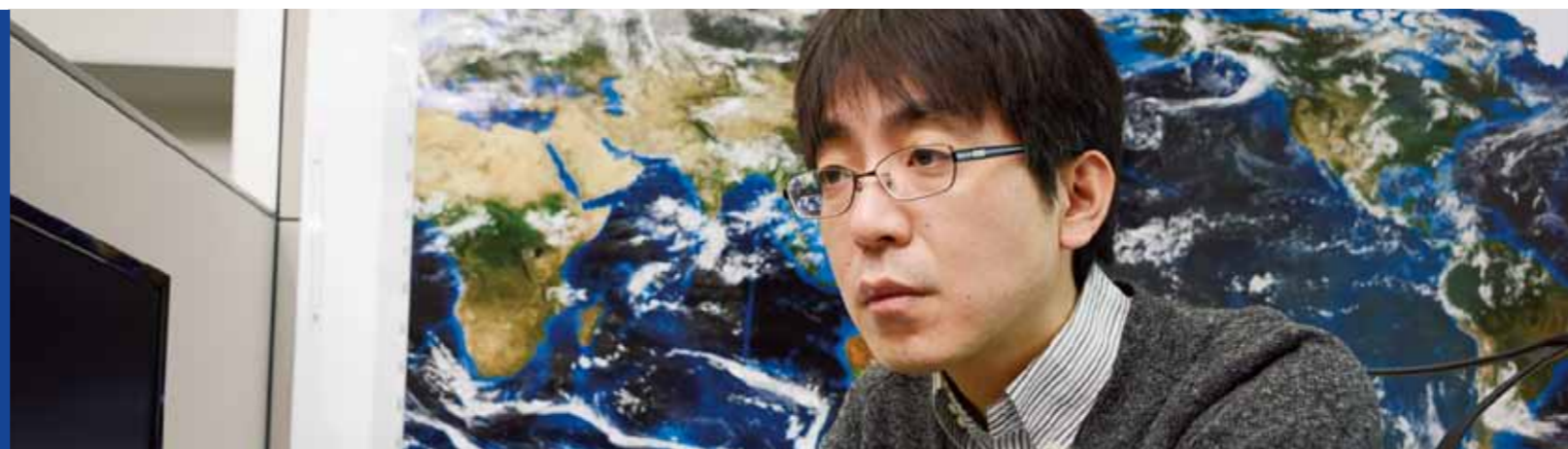
「京」で地球の大気を丸ごと再現 天気予報をより正確にする 超高精度シミュレーションの誕生

計算科学研究機構 複合系気候科学研究チーム
チームリーダー 富田浩文

AICS

RIKEN Advanced Institute for Computational Science
Computational Climate Science Research Team
Team Leader: Hirofumi Tomita (D.Eng.)

天気予報は生活に欠かせない大切な情報です。
技術が発展し、生活が便利になっても、私たちの行動は天気によって左右されます。
豪雨や大雪に見舞われれば、電車やバスなどの公共交通機関が
止まってしまうこともありますし、商品の売れ行きにも影響を与えます。
天気予報を支えているのはコンピュータによるシミュレーションです。
スーパーコンピュータ「京」の稼働により、気象や気候のシミュレーションが
これまで以上に精密にできるようになってきました。



気象や気候の予測は私たちの生活に直結する重要な話題です。そのため、より正確な予測ができるように、日々、技術開発されています。最近では、気象予測のために使われるスーパーコンピュータも高性能化し、予測の精度が高まっています。そのような中、計算科学研究機構 複合系気候科学研究チームの富田浩文チームリーダーを中心とした海洋研究開発機構および東京大学との共同研究グループは、「京」を用いた超高解像度の全球大気シミュレーションに成功しました。

これまでの全球大気シミュレーションでは、最も解像度の高いものでも地球表面を3.5km間隔で区切って計算していました。これによって、気象に大きな影響を与える積乱雲の構造や特徴などがよく分かるようになってきました。しかし、よりシミュレーションを自然に近づけるには、より細かく区切って計算する必要があります。富田チームリーダーらは、1秒間に1京回の計算をすることができる「京」を活用し、地球表面を870m間隔に区切る超高解像度シミュレーションにチャレンジしました。

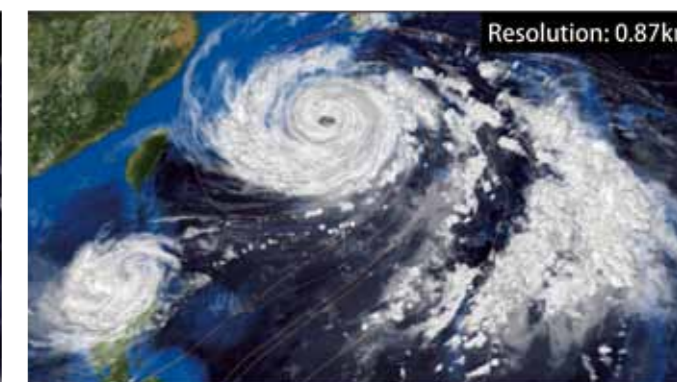
870mという狭い領域で区切る計算を地球全体で行うこと自体、世界初の試みでしたが、超高解像度シミュレーションに成功したことにより、3.5kmの区切りでははつきりと見ることのできなかった積乱雲のコアの様子が詳しく表現できるようになりました。その結果、地球全体のエネルギー

平衡や発生する積乱雲の量が自然界に近い形で再現できるようになってきました。さらに、台風の様子や熱帯付近に発生する対流圏上層の雲の様子など、部分ごとの雲の様子もより正確に再現できるようになりました。積乱雲が精度よく再現されることで、台風や集中豪雨が発生するメカニズムなどもより詳しく分かっていくことが期待されています。

富田チームリーダーらのグループは、地球全体だけでなく、300km四方の領域で、対流圏下層にできる雲の変化を細かく調べるシミュレーションにも取り組んでいます。下層の雲は全球シミュレーションではうまく再現できていないのですが、太陽光の反射に関係し、気候に大きな影響を与えます。

狭い範囲で雲ができるメカニズムが詳しく分かっていくことで、その情報を全球シミュレーションに盛りこみ、地球全体での気象や気候変化のメカニズムがよく分かっていくはずなんです。

今後、地球の気象や気候はどのように変化していくのか。シミュレーションは、そのヒントを与えてくれます。コンピュータの中で大気の変化を正確に再現していくことが、日々の天気予報や長期の気候変動予測などに役立つ大きな発見へとつながっていきます。



全球大気シミュレーション(台風の部分を拡大)
従来の最高解像度(水平格子3.5km)(左)に比べ、今回「京」で行ったシミュレーション(水平格子870m)(右)は雲の様子がより正確に再現されていることが分かる。



リファレンス
2013年9月20日プレスリリース「京」を利用した世界初の超高解像度
全球大気シミュレーションで積乱雲をリアルに表現
～台風や集中豪雨などの発生メカニズムの解明に寄与～
Miyamoto, Y., Y. Kajikawa, R. Yoshida, H. Yashiro,
T. Yamamura and H. Tomita., 2013: Deep moist atmospheric
convection in a sub-kilometer global simulation,
Geophys. Res. Lett., doi:10.1002/grl.50944.

さらなる飛躍のために 総合力を発揮できる組織へ

理事 川合真紀



5年ごとに定める中期計画は、2013年から第3期がスタートしました。このタイミングで理研の組織も大きく変わったと伺いましたが、どのように変わったのですか？

現在、科学には基礎的な学問分野の発展だけでなく、社会の抱える問題を解決する手法の提示が求められています。そのような期待に応えるために、理研は「総合力の発揮」をキーワードとして、第3期中期計画をまとめました。それにあわせて理研の組織を大きくつくりかえています。大きな変更点は二つあります。一つ目は専門分野ごとに分かれている生命医科学分野の研究組織を一部統合し、統合生命医科学研究センター、ライフサイエンス技術基盤研究センターに再編成しました。また、植物学分野と化学分野の複数の研究室を環境資源科学研究センターとして再編成しました。これらのセンターでは、さまざまな専門分野の研究者を一体化させて、学際領域や融合分野を積極的に進めていきます(図1)。

二つ目の変更点はどのようなものですか？

二つ目は基幹研究所から、創発物性科学研究センターと量子工学研究領域の二つの組織が独立したことです。基幹研究所は、さまざまな分野で次世代を担う戦略センターの種を育てるという使命のもとに、中央研究所とフロンティア研究システムの統合によって2008年に発足しました。今回、基

幹研究所から二つの研究組織が立派に育ったことで、その目的は十分に達成されたこととなります。今後は基幹研究所が担ってきた機能を理研全体で引き継ぎ、新しい戦略センターの種を育てていこうと考えています。

組織を変更して1年ほど経ちましたが、研究を進める上で変化はありましたか？

2013年の組織改編は、学問的な分野を越えて協働する研究を推し進めるためのものです。1年ほどでは、目立った成果は出ませんが、異分野の人たちが一緒に何かをしようと、テーマを掲げて共同作業をしようという機運が高まってきているように感じます。さらに、異分野融合が少しでも進むように、独創的研究提案制度を創設し、新領域開拓課題を公募しました。新領域開拓課題は、既存の研究センターで取り組んでいる研究課題を越えて、新しい研究分野を拓く課題を提案していただくものです。応募するためには、理研内外の研究者と協力して分野横断型の研究体制を構築する必要があるために、分野融合型の研究を進める後押しになっています。現在、iTHES (interdisciplinary Theoretical Science) (多階層問題に対する数理・計算科学)、Extreme precisions to Explore fundamental physics with Exotic particles (奇妙な粒子の極限測定による基礎物理学の探索)、Integrated Lipidology (脂質の統合的理解) など、5つの課題が実施されています。

このような改革を定着させていくために人事制度も見直したと伺いましたが、具体的にどう見直したのでしょうか？

理研が本当に変わっていくためには、優秀な人材に支えてもらう必要があります。そのために、中核となる主任研究員の任用制度を見直しました。理研の研究者は、定年制、任期制など、いろいろな形態で採用されています。その中で、今後の理研を支える主任研究員を理研本部が定年まで直接採用する形態に改めました。最も大きな改革は、主任研究員がすべての研究センターで活躍できるようになったことです。そして、主任研究員と理研のマネジメントを行っている理事長、理事会議が直接対話をする場として理研科学者会議の体制を整備しました。理研科学者会議は、完全に主任研究員で運営するようにし、理研が取り組むべき研究の方向性や戦略・課題の提言などを理事長や理事会議に行っていきます。それぞれの研究センターでの研究を支える主任研究員が理研全体を見通す視点も持ちながら、日々の研究に取り組んでいけば、研究分野やセンターの垣根を越えて、真に総合力を発揮し、画期的な研究成果も生まれてくると思っています(図2)。

理研の研究体制としくみ

■ 研究体制

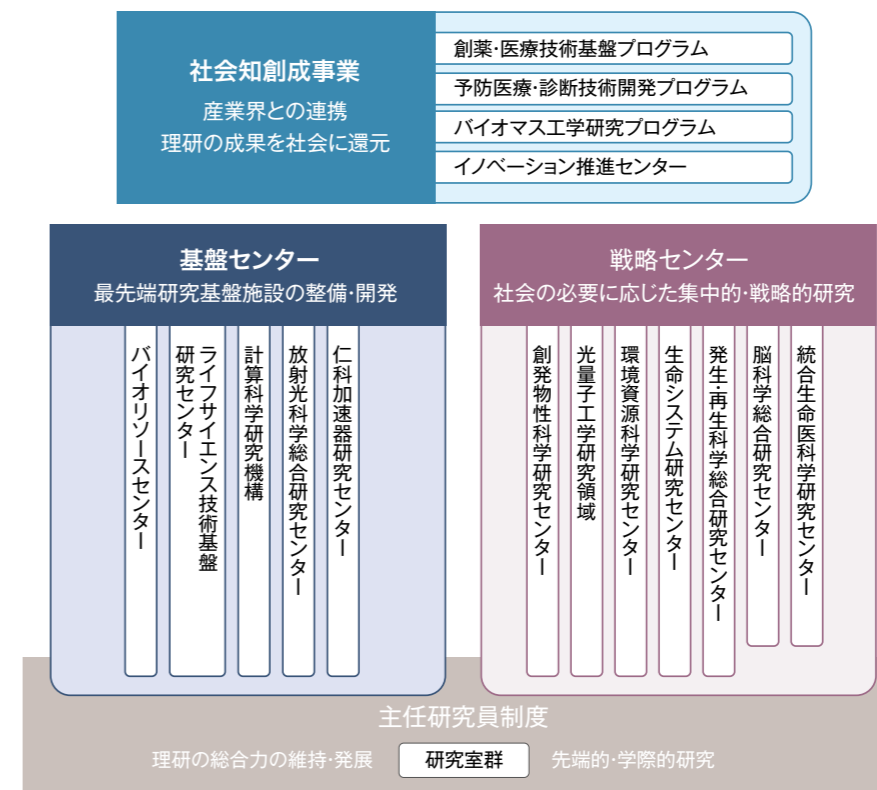


図1

■ 第3期中期計画における理事長への助言と提言のしくみ

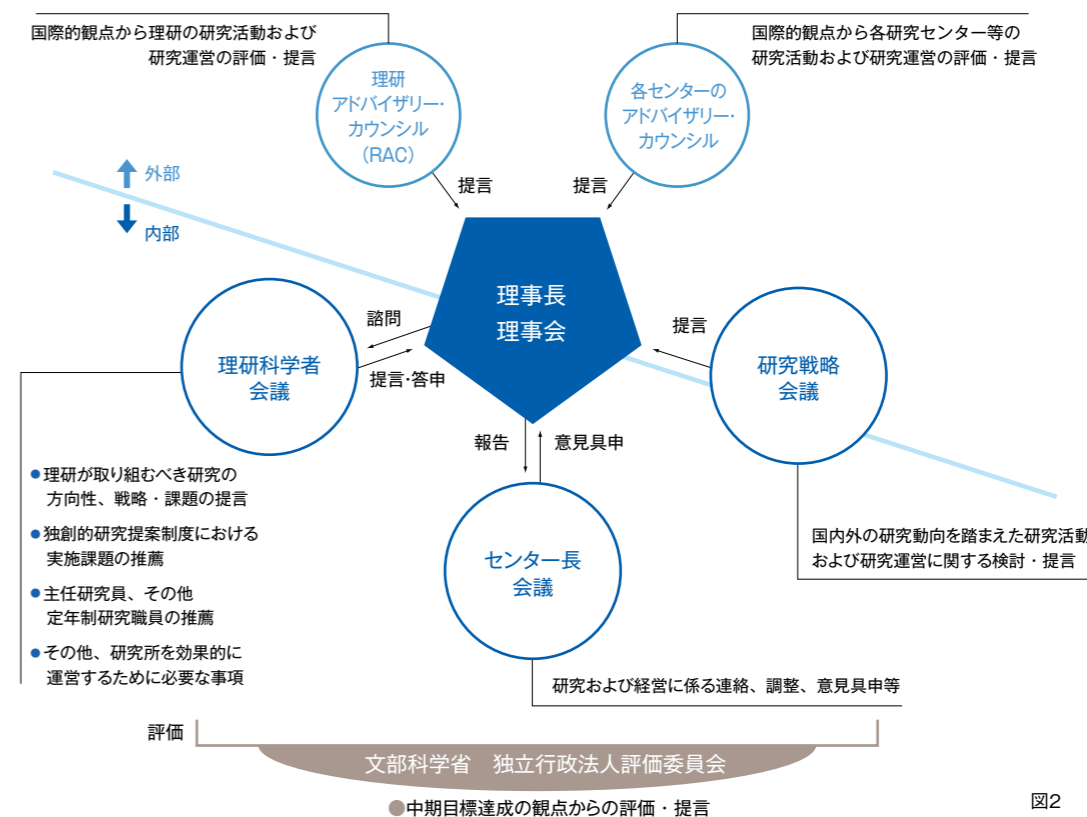
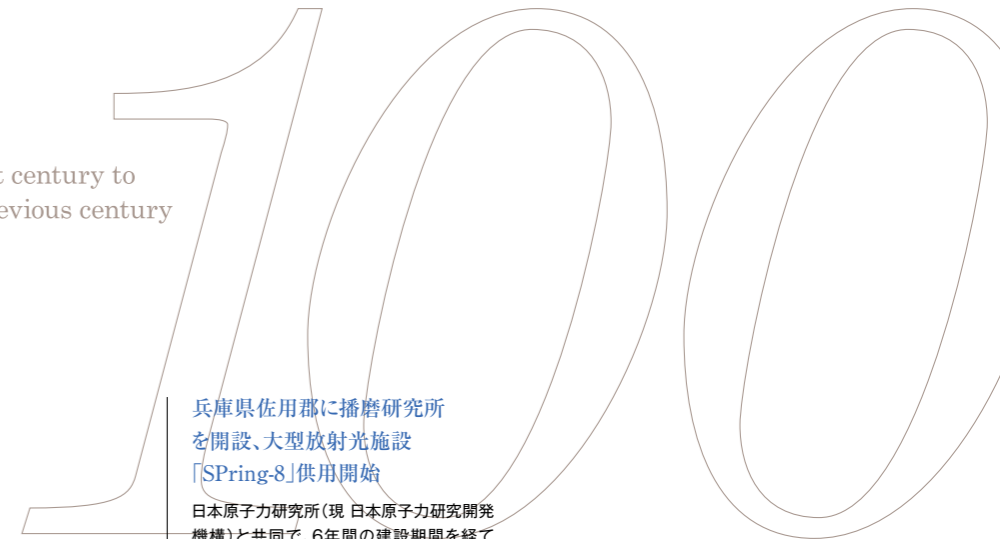


図2

理研の歩み

創立百周年を迎える理化学研究所は、これからも新たな歴史を刻み続けます。

Looking ahead to our next century to build on our previous century



理化学研究所は1917年(大正6年)、学問の力によって産業の発展を図り、国運の発展を期する使命を果たさんとする目的で設立しました。

財団法人理化学研究所設立

渋沢栄一を設立委員長として(財)理化学研究所の設立を申請。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。



理化学興業株式会社を創設

研究資金に困窮したため、理研の発明を理研自身が製品化する事業体として、多くの生産会社を設立し技術収入を基礎研究資金に充てる。後に「理研産業団」となる。1939年頃には最大規模の会社数63、工場数121となった。



財団法人理化学研究所解散、株式会社科学研究所設立

終戦後、過度経済力集中排除(財閥解体)により1947年に理研産業団は解体。初代株式会社科学研究所の社長は仁科芳雄であった。1952年さらに生産部門を分離し科研化学(株)(現 科研製薬株式会社)となる。



株式会社科学研究所は解散し、特殊法人理化学研究所が設立

慢性的な財政難に陥っていた科学研究所に対し、政府による援助強化という観点から科学技術庁(1956年設立)所管の特殊法人として改組。理事長長岡治男が就任。

現 つくば市にライフサイエンス 筑波研究センターを開設



組換えDNA研究を効率的に推進する目的で「筑波研究学園都市」内に設置された。現在ではバイオオリゴヌクレオチドセンターが活動。

兵庫県佐用郡に播磨研究所を開設、大型放射光施設「SPring-8」供用開始

日本原子力研究所(現 日本原子力研究開発機構)と共同で、6年間の建設期間を経てSPring-8を稼働させた。以降、世界最高性能を維持し続けている。



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

任期制研究者からなる初のセンター体制として 脳科学総合研究センターを開設

神戸市に発生・再生 科学総合研究センターを開設

現在では、さらに生命システム研究センター、ライフサイエンス技術基盤研究センターを開設し、3センターで神戸第1地区として活動。



財団法人時代

株式会社時代

特殊法人時代

1913 1917 1922 1927 1945 1948 1949 1958 1966 1984 1990 1993 1995 1997 1998 2000

高峰譲吉 「国民科学研究所」設立の 必要性を提唱

高峰は、「世界は、理化学工業の時代になる。わが国も理化学工業によって国を興そうとするなら、基礎となる純正理化学の研究を設立する必要がある」と主張。

主任研究員制度が発足

駒込本所以外の各帝国大学に研究室を置くのも自由とし、理研からの研究費で研究員を採用し研究を実施した。長岡半太郎、鈴木梅太郎、本多光太郎、大河内正敏、田丸節郎、喜多源逸、高嶺俊夫、西川正治等の14研究室で発足。

原子爆弾投下、太平洋戦争終結。サイクロトロン、海洋に投棄される

新型爆弾が投下された広島へ、仁科研究室から調査団が派遣され、原子爆弾であることを日本として確認。終戦後、サイクロトロンは、旧陸軍から受託したウランに関する「二号研究」に関わったとしてGHQにより破壊され投棄された。



湯川秀樹、ノーベル物理学賞受賞



湯川は、1961年に理論物理学研究室を立ち上げ主任研究員として活躍。

駒込から埼玉県大和町(現 和光市)へ移転し、大和研究所開所

長岡理事長と坂口副理事長の関係各所への嘆願により、米軍接収地であった大和モテハイツ地区を政府から現物出資として受け、大和研究所を開設。本部を移転。



フォトダイナミクス研究センターを 仙台市に開設



バイオ・ミメティックコントロール 研究センターを名古屋市に開設

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



横浜市にゲノム科学 総合研究センターを開設

政府の「ミレニアム・プロジェクト(新しい千年紀プロジェクト)」の実施主体として、理研にライフサイエンス系研究センターの開設が始まる。



横浜地区は、現在では、研究の発展に伴いセンターの改廃を経て、ライフサイエンス技術基盤研究センター、統合生命医学研究センター、環境資源科学研究センターの3センターで活動。

理化学研究所発展の偉人たち

高峰 譲吉
(工学博士、薬学博士)

1890年に米国に渡り、アドレナリン等の業績で世界の産業界に影響を与え、理研設立を提唱。

財団法人理化学研究所 第三代所長
大河内 正敏

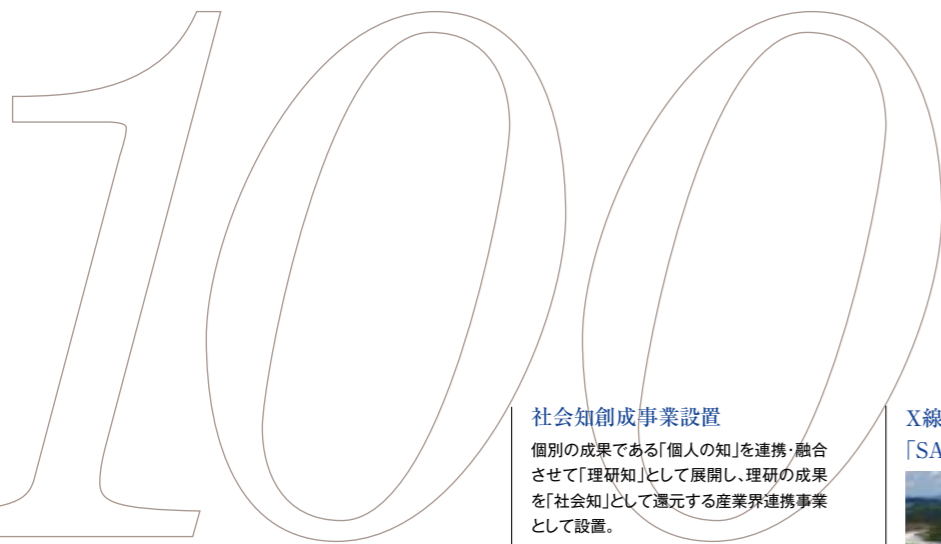
主任研究員制度の設立、理化学興業の創業など理研の基礎を作った。

財団法人理化学研究所 第四代所長 株式会社科学研究所 初代社長
仁科 芳雄

日本の理論物理、加速器研究の礎を作り、湯川秀樹らを輩出。また、戦後苦難の時代、社長として活躍。

理研OB会 初代会長 ノーベル物理学賞 受賞
朝永 振一郎

大学卒業後、仁科研究室で量子力学を学ぶ。自由闊達な理研の雰囲気「初めて大学に入った気がした」と語っている。



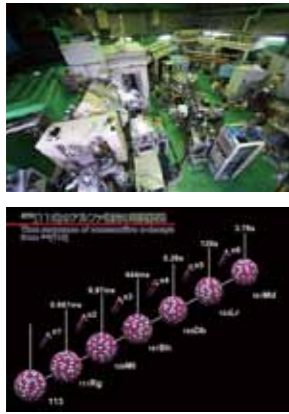
Looking ahead to our next century to build on our previous century

理化学研究所創立百周年

これまでの百年を礎に、次の百年を見据えて

これまでの百年におよぶ研究活動とその成果を基礎とし、これを継承・発展しながら、新しい百年紀を迎えるにあたり、次の第一歩をどのような方向に進めるのか。理事長野依良治は、これまでさまざまな方と理研の進むべき道について対話を重ねてきました。これまでの経験と理研を取り巻く現状、そして理研の持つ強さや潜在力に鑑みて、新たな一歩の道程を5つのビジョンとして示させていただきました。ここに記す次の百年へのビジョンは、これまでの活動に加え、新たに理化学研究所に課される使命として、皆様とお約束させていただきたいと思っております。

113番元素の合成に成功



社会知創成事業設置

個別の成果である「個人の知」を連携・融合させて「理研知」として展開し、理研の成果を「社会知」として還元する産業界連携事業として設置。

計算科学研究機構開設

スーパーコンピュータ「京」の運用と計算環境の整備、計算科学と計算機科学を連携させた研究を行い、成果を創出することを目的として設立。



X線自由電子レーザー施設「SACLA」供用開始



スーパーコンピュータ「京」共用開始



独立行政法人時代

2003

2004

2006

2010

2011

2012

2013

2017

科学技術の国家大計を担う
理化学研究所

5つのVISION

1 日本の「理研」から世界の「RIKEN」へ

日本の国を興そうとする理念から生まれた財団法人理化学研究所。わが国は科学技術立国として世界に認められる国になりました。今後は、世界のため人類存続に貢献するRIKENとしての活動を広げます。

2 国民、企業に直接役立つ理研へ

国の課題解決型プロジェクトをトップダウンで実施してきた独立行政法人理化学研究所。今後は、より社会のニーズに直接応える研究、多様な受託・共同研究や技術支援を行い、研究成果を社会還元します。あわせて、資金調達が多様化を図ります。

3 基礎研究の重視

設立来続く、「独創的工業の基礎となる純正理化学」を追求するという理念のもと、自ら課題設定し独創的な基礎研究、基盤技術開発を進め、イノベーションに貢献します。

4 研究所運営の先見的なモデルの提示

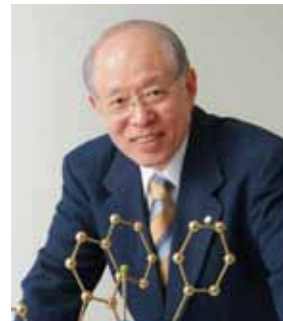
研究リーダーに予算や人事の裁量を与えた主任研究員制度、任期制研究者による時限的なプロジェクト研究を行う研究センター等、時代に先駆けた研究所運営のシステムを構築・実施してきました。これまで以上に研究運営、人事制度における世界的な研究推進モデルを提示します。

5 国際社会に対する情報発信の強化

研究成果の本質、研究開発力のレベルの高さを国際的に示せるよう情報発信力を強化し、理研のみならず国内外のすべての研究者・技術者のための情報基盤の構築に寄与します。同時に、一般社会に理解される表現力・発信力を醸成し、理解される理研を目指します。

独立行政法人理化学研究所設立

1999年特殊法人等整理合理化計画を受け、特殊法人理化学研究所を解散し、独立行政法人理化学研究所として新たなスタートを切る。初代理事長野依良治。



ヒトゲノム全解析の完了



シンガポール連絡事務所開設



超伝導リングサイクロトロン完成



大阪府吹田市に生命システム研究センターを開設

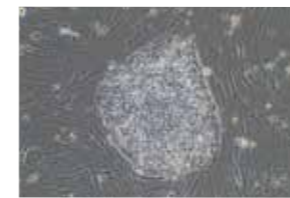
大阪大学の協力で設立した研究センター。大阪大学に隣接した活動拠点を設け、大学のボトムアップ研究と有機的な連携を図っている。



創発物性科学研究センター、環境資源科学研究センター設置

2009年「新成長戦略」における政府のグリーンイノベーション推進を契機として、理研内にあった環境・省エネルギー研究を統合し、新たな研究所の柱として位置づけた。

iPS細胞を用いた世界初の臨床研究を開始



研究開発

Research & Development

理研が行う研究および各研究担当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。



主任研究員研究室 Chief Scientist Laboratories



研究成果 有機超伝導スイッチ現象を実現 電圧で超伝導のON、OFFを制御

加藤分子物性研究室
主任研究員 加藤礼三

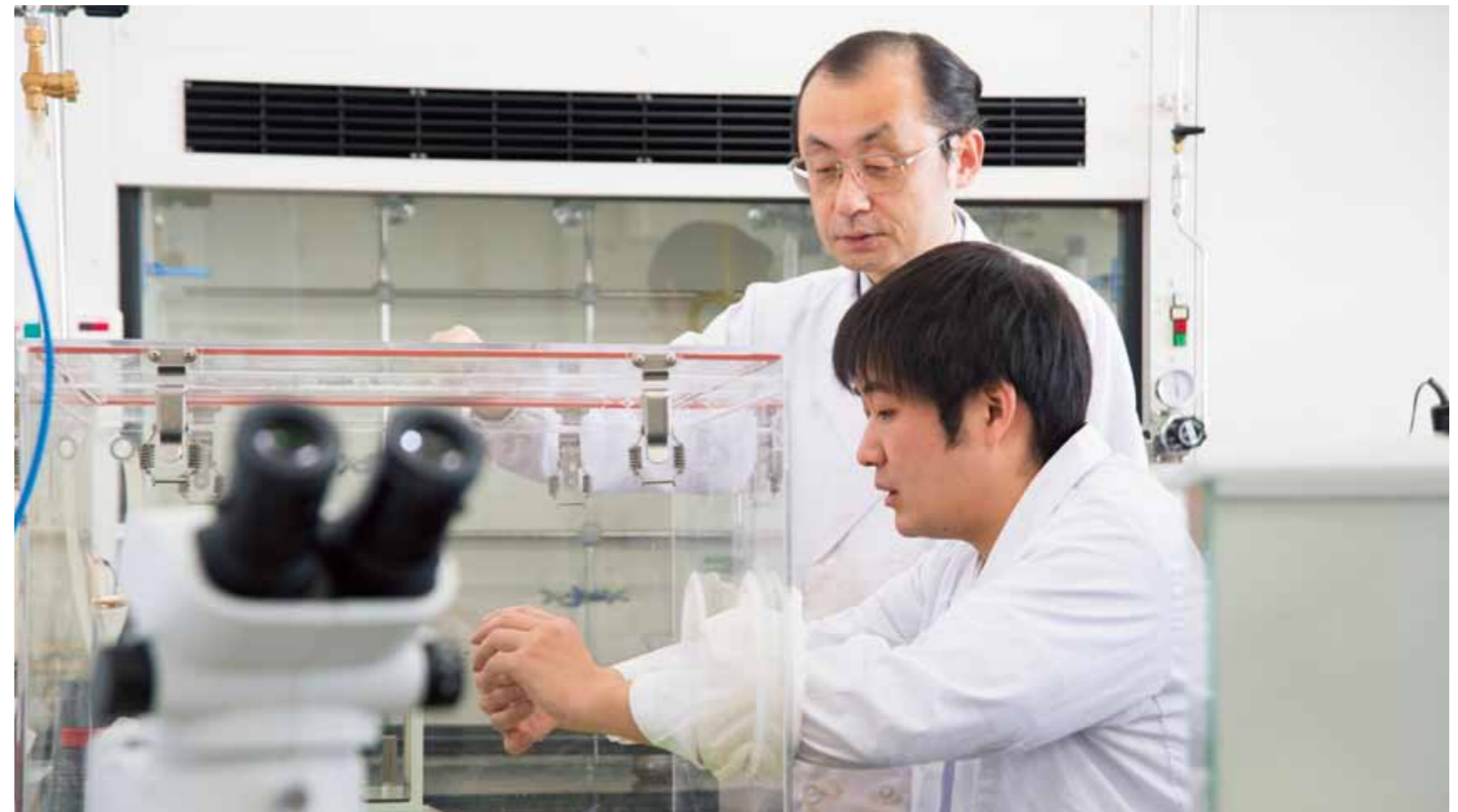
超伝導は、金属などの伝導体で電気抵抗がゼロになる現象で、医療用MRIなどに用いられているほか、リニアモーターカーなどの省エネ技術への利用も期待されています。有機物は通常は電気を通さない絶縁体ですが、温度を下げる超伝導状態へと変化するものが近年見つかっています。しかし、実際に超伝導を広く応用するためには、超伝導状態のON、OFFを切り替えるスイッチが必要です。

加藤分子物性研究室の加藤礼三 主任研究員と自然科学研究機構分子科学研究所(協奏分子システム研究センター)の山本浩史 教授らの研究グループは、有機単結晶の歪みを制御することによって、有機物に電圧を加えると超伝導にスイッチする現象を世界で初めて実現しました。

研究グループは、 κ -Brと呼ばれる有機物質の薄片結晶を無機物の基板に貼りつけて、電界効果トランジスタを作りました。電界効果トランジスタとは、ゲート電極にかける電圧(ゲート電圧)によってソース電極とドレイン電極の間に流れる電流を制御する素子です。この有機物を使ったトランジスタ(有機トランジスタ)で、ゲート基板と κ -Brとの間の熱膨張率のミスマッチによって生じた歪みを利用して、 κ -Brを、電子が「固体」となって電気を運べなくなった絶縁相から電子が「液体」となって電気を流すようになった超伝導相へと移り変わるぎりぎりの状態にします。そこへ、ゲート電圧を加えると、有機物が超伝導状態へと変化し、電気抵抗が突然下がるという現象が観察されました。電圧を加えると、有限の抵抗を持つ状態から抵抗ゼロの超伝導状態へのスイッチがONとなるわけです。

有機トランジスタは、ディスプレイなどの大面積装置を作る際に、印刷や塗布で製造できるため、安価で環境にやさしい電子素子として注目されています。また、軽くて柔らかいため、落ちて割れないフレキシブルな電化製品を作るのに向いています。これまでの有機トランジスタは、スイッチがONになったときに流れる電流が小さいことが、動作速度を上げるときの障害となっていました。

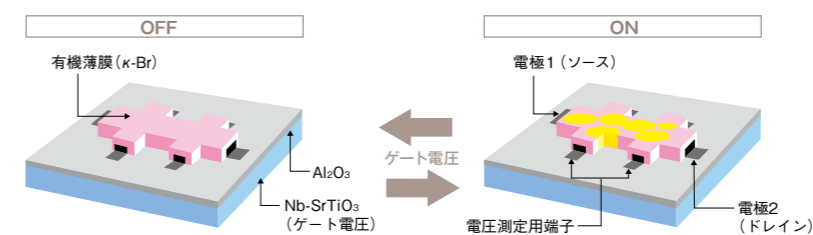
このデバイスでは、超伝導を使って、有機トランジスタでも大きなON電流が流せることが証明されました。同じような原理で金属状態と絶縁体状態をスイッチする有機デバイスが室温で動作するようになれば、これまで有機トランジスタの弱点であったON電流の問題を解決し、多くのフレキシブルデバイスに採用されるようになると考えられます。



研究担当組織

理研が時代の要請に基づく課題に研究分野や所属する組織を超えて分野横断的に取り組むためには、理研全体として分野の多様性を維持し、その担い手となる中核的研究者を長期的に確保することが必要となります。このため、特に優れた研究業績、高い研究指導力および科学者としての見識を有し、今後とも卓越した成果を出すことが期待される研究者を主任研究員として任用しています。主任研究員が主宰する主任研究員研究室では、長期的ビジョンに基づく自らの研究を推進するとともに、理研の総合力を発揮することで、研究所として取り組むべき基礎的な研究課題の実施や新たな研究分野の開拓に挑んでいます。

●デバイス模式図とスイッチングの様子



左のOFF状態では有機物(κ -Br)が絶縁体(桃色)となっているが、ゲート電圧をかけると超伝導体(黄色)が島状に出現し、島と島が互いにつながるとスイッチがONになる。

加藤礼三(かとうれいぞう)
(写真奥)
主任研究員研究室
加藤分子物性研究室

有機分子のような分子の結晶が示す、超伝導をはじめとする多様な性質の基礎研究を進めています。

准主任研究員研究室 Associate Chief Scientist Laboratories



研究成果 生体内で分子を化学合成する 特定の時間にピンポイントで合成し、 治療に使うことも可能に

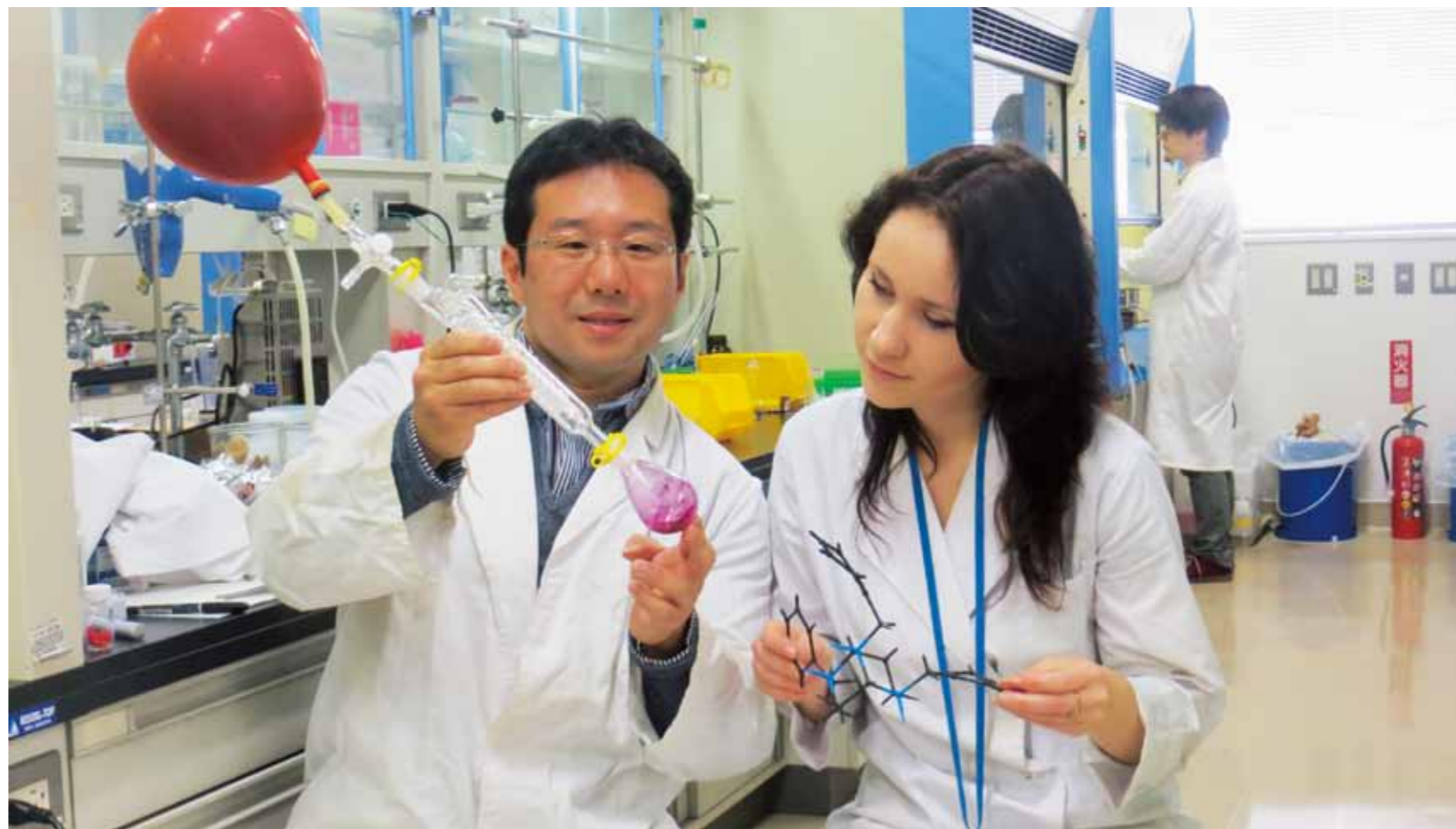
田中生体機能合成化学研究室
准主任研究員 田中克典

「単純な有機化合物」から複数の反応を経て「より複雑な有機化合物」を作り出す有機合成化学の手法は、その歴史も古く、創薬や材料創成などにおいて欠かせない分野になっています。ところが、この手法を用いて、生物由来の有機化合物の構造を調べる、生理活性を持つ物質の体内でのふるまいや機能を追う、生体内で特定の生理活性物質を合成する、といった研究はあまり進んできませんでした。田中生体機能合成化学研究員の田中克典 准主任研究員は、生体内に存在する「共役イミン」という複合分子をうまく使って、生体内での分子のふるまいをリアルタイムでイメージングし、また生体内で重要な分子を合成する研究を行っています。

共役イミンは、「アミン」というアミノ酸を含むタンパク質や生体内のさまざまな物質が、「共役アルデヒド」という、これもまた生体内の反応性に富んだアルデヒドと結合してできる分子の総称です。例えば、目でものを見るために必要なロドプシンというタンパク質のアミンは、レチナールという共役アルデヒドと結合することで機能を発揮することが分かっています。このような共役イミンはほかにも生体内で多くあり、生体のさまざまな機能を果たしているのではないかと考えられていますが、反応が複雑で、不安定でもあるために、多くが未解明のままです。

田中准主任研究員は、フラスコ内でアミンと共役アルデヒドを反応させ、そのしくみを解析しました。例えば、生体内に存在し、酸化ストレスの原因物質として知られる共役アルデヒド(アクロレイン)が、さまざまな生体内のアミンと特殊な反応(4+4環化反応)などを経てかご型化合物になり、体内のストレスを軽減したり、遺伝子の動きを調整したりしていることを突き止めました。一方で、こうした反応を生体内で追うための標識化の手法も開発し、その動きを可視化(イメージング)することにも成功しています。

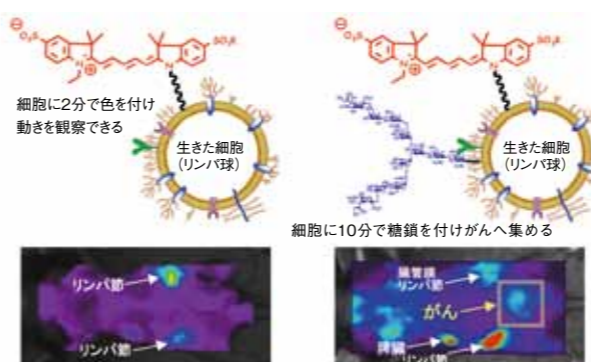
さらに、これらの成果を応用することで、体外から注入した物質(糖鎖関連物質)を肝臓や膵臓など特定の臓器やがんを集め、その場で抗がん作用を発揮する物質などを作り上げるといって、世界で初めての検討を行っています。この手法だと、任意の時間に体の中の特定の場所で、ピンポイントで治療でき、体への負担や副作用が小さいというメリットもあります。現在は1段階の合成による効果を確かめているところですが、今後は多くの段階を経る複雑な合成も可能にし、臓器や組織、がん以外のアルツハイマー、うつ病、慢性炎症などのさまざまな疾患にも対応していきたいとしています。こうした研究によって、生体内での「合成化学医療」という新たな治療法の戦略が確立し、臨床応用されることが期待されます。



研究担当組織

准主任研究員制度は、次世代の科学技術分野の創成、国際的なリーダーシップを育成することを目的として、2006年度に発足した制度で、若手の自立的研究者を准主任研究員として任用し、研究室主宰者として独立して研究を推進する機会を提供しています。准主任研究員が主宰する准主任研究員研究室では、長期的視野を持って次世代の科学技術分野を構築することを目的に、萌芽的かつ独創的研究を推進しています。

●がんのモデルマウスを用いた、糖鎖関連物質の動態



左はマウスから取り出した生きたリンパ球に対して、田中准主任研究員の方法で数分で色(蛍光)を付けた。右はさらに糖鎖を付けた。両方のリンパ球を生きたがんモデルマウスの尾静脈から投与し、マウス個体レベルのイメージング装置で背中から観察した。その結果、糖鎖を付けたリンパ球はがんが集まるのが分かった。糖鎖を付けることで、生きている動物内でさまざまな細胞の動きを自在に操ることができる。

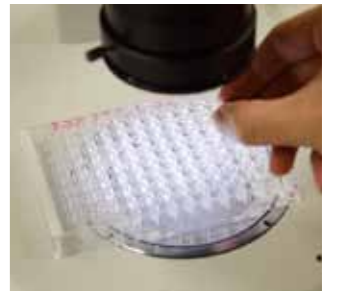


田中克典(たなかかつのり)
(写真左)
准主任研究員研究室
田中生体機能合成化学研究室

「合成化学医療」という
新たな戦略を確立し、
臨床応用につなげます。

リファレンス
<http://www.riken.jp/nori-tanaka-lab/>

上席研究員研究室 Distinguished Senior Scientist Laboratories



研究成果 セレノシステイン合成機構 星形の超巨大複合体が 「21番目のアミノ酸」を合成する

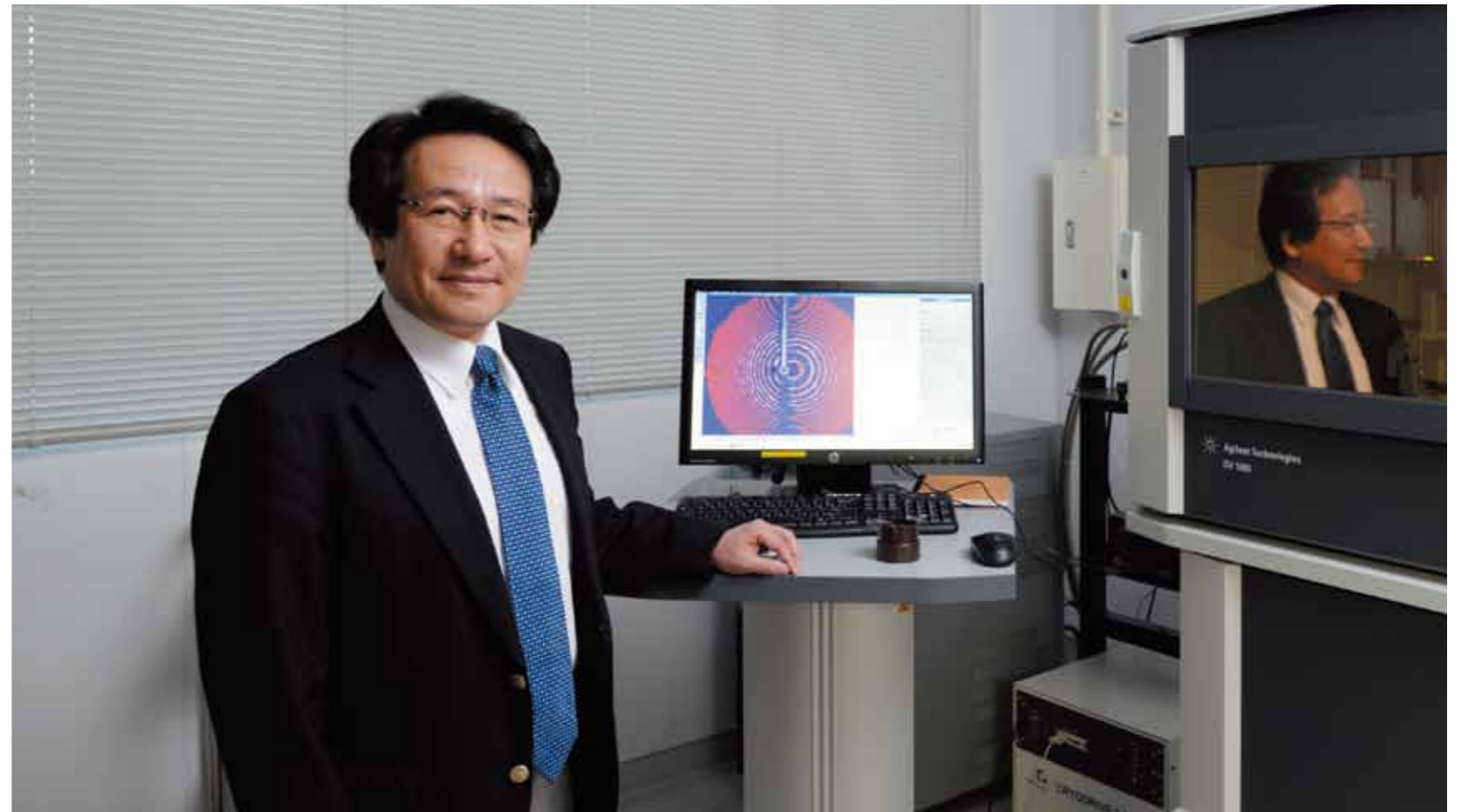
横山構造生物学研究室
上席研究員 横山茂之

生物にはごく微量ながら生命活動に欠かせない物質があり、「微量元素」と総称されています。その一つに、毒性を持つセレンがあります。摂取しすぎると神経障害などが引き起こされるのですが、足りないと心筋症や高血圧の原因になります。生物は、体内において、システインというアミノ酸に含まれる硫黄をセレンに置き換えた構造の「21番目のアミノ酸」であるセレノシステイン(Sec)を合成して用いることで、上手に利用しています。生命分子システム基盤研究領域の横山茂之 領域長(現:横山構造生物学研究室 上席研究員)らは、2010年にヒトでのSec合成メカニズムを明らかにし、今回はバクテリアの「ヒトとは全く異なるSec合成メカニズム」を突き止めました。

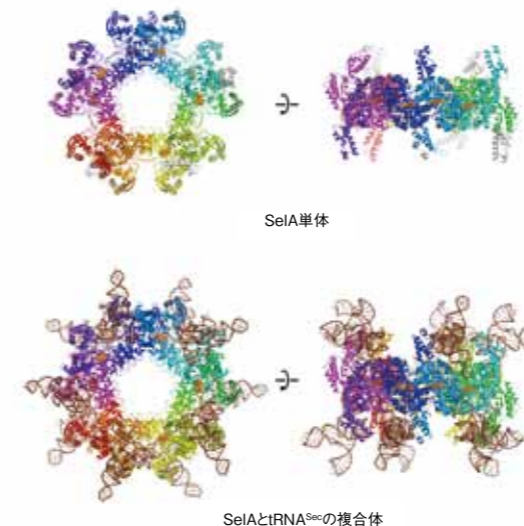
アミノ酸は「そのアミノ酸に対応した転移RNA (tRNA)」に結合し、タンパク質合成工場(リボソーム)へと運ばれますが、セレノシステインの場合は、専用のtRNAであるtRNA^{Sec}に、まず、材料となるセリン(Ser)というアミノ酸を結合します。その後で、特定の酵素によってSerの酸素原子をセレン原子へと置き換え、Secへと変換するのです。この変換は、ヒトでは2種の酵素によって、酸素原子をいったん別の原子団に置き換え、さらにそれをセレン原子へと置き換えるという2段階で行うことによって反応を容易にしており、その全容は、すでに解明されています。一方、バクテリアは、たった1種の酵素(SelA)によって1段階で変換することができますが、SelAの分子量が大きすぎるために、これまでさまざまな解析が困難でした。今回、横山領域長らは、SelA単体と「tRNA^{Sec}にSelAが結合した複合体」の各結晶を調製し、理研の大型放射光施設SPring-8、高エネルギー加速器研究機構の放射光科学研究施設フォトンファクトリーの各ビームラインで構造解析を行いました。

その結果、SelAは「2個のパーツ(サブユニット)からなる2量体」が5つ、星の形に配列した構造を持つことが分かりました。複合体の方は、SelAに10のtRNA^{Sec}が結合し、総分子量は81万に上っていました。SelAには星形の構造から突き出た部位があり、ここでtRNA^{Sec}とSerの転移RNA (tRNA^{Ser})とを厳密に区別していました。

さらに解析を進めたところ、SelA内では隣り合う2つの2量体に含まれる4個のサブユニットが協力し、4つの異なる連続した作業を担うことで、いったん別の原子団に置き換えることなく、1段階でSerをSecに変換できることが分かりました(図参照)。一連の結果は、バクテリアがSelAの超巨大な星形構造をうまく利用し、Secを効率よく合成していることを示しています。今回の成果は、セレン含有タンパク質の人工合成を可能にするだけでなく、Sec欠乏で起きる病気の解明、天然にはないスーパー酵素の開発などにもつながると期待されます。

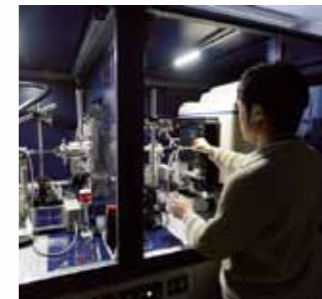


●結晶構造解析で分かった、SelA単体と「SelAとtRNA^{Sec}の複合体」の構造



横山茂之(よこやましげゆき)
上席研究員研究室
横山構造生物学研究室

セレノシステイン研究をさらに進め、バイオテクノロジー開発につなげることを目指します。



リファレンス
Y. Itoh, M. J. Brokier, S. Sekine, G. Hammond, S. Suetsugu, D. Sol and S. Yokoyama, "Decameric SelA-tRNA^{Sec} Ring Structure Reveals Mechanism of Bacterial Selenocysteine Formation", *Science*, 340 (6128), 75-78 (2013).

研究担当組織

主任研究員を退職した研究者のうち、特に優れた研究実績と研究指導力があり、理研のさらなる発展を引き続きリードしていくことが期待される研究者を上席研究員として任命しています。上席研究員が主宰する上席研究員研究室では、自らの研究のさらなる発展に向け研究活動を進めています。

国際主幹研究ユニット Initiative Research Units



研究紹介

酸素が燃料になる次世代電池

開発のカギとなる
リチウム-酸素反応過程の可視化に成功

Byon国際主幹研究ユニット
国際主幹研究員 Byon Hye Ryung

リチウム-酸素電池は、その名のとおり、酸素と金属リチウムとの電気化学反応で動作する電池です。空気中から無限に取り込める酸素を材料とするので、電池の質量が少なくエネルギー密度が高くなります。また、環境にやさしいため、電気自動車に適用できる高出力の次世代電池として非常に注目されています。実用化されれば、従来の電気自動車の走行距離は数倍に伸びると見込まれています。

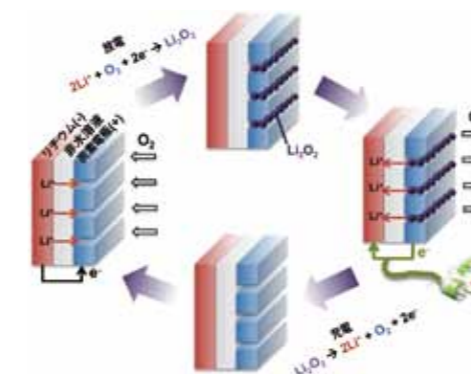
この電池は、放電時には負極の金属リチウムから生じたリチウムイオンが正極の酸素と反応してリチウム酸化物を生成し、充電時にはリチウム酸化物が分解されて、リチウムイオンと酸素に変換される電気化学反応によって作動します(図)。正極には軽くて導電性が良い炭素電極を用い、電解液は酸素と酸素ラジカルに比較的安定なエーテル系非水溶液を使用してエネルギー容量を高めることが可能となっています。しかし、副反応生成物が生じたり、繰り返し使うと効率が落ちたりするなどの問題があり、電池内の電気化学反応の詳細もよく分かっていません。実用化にはまだ多くの基礎研究が必要です。

Byon国際主幹研究ユニットのByon Hye Ryung国際主幹研究員は、リチウム-酸素電池の電気化学反応を理解し、大容量で高効率な電池を開発することを目指しています。最近、研究チームはこの電池の炭素電極で反応生成物が形成され、成長、分解される過程を電気化学原子間力顕微鏡によってナノスケールで可視化することに成功しました。原子間力顕微鏡では、細い針(探針)の先端で試料表面をなぞって表面の形状を調べます。そして、放電時にリチウム酸化物が形成される場所、成長過程および放電電圧によるリチウム酸化物の形態を、充電時には、リチウム酸化物が厚さと密度に応じて分解される過程をリアルタイムで観察することができました。

「これまで、反応の前後の様子しか分かりませんでしたが、反応の途中の様子を初めて見る事ができました。得られた情報で電池の問題の原因を探り、解決するための戦略を立てることが出来ます」とByon研究員は話します。



●リチウム-酸素電池のしくみ



放電時には負極の金属リチウムから生じたリチウムイオンが正極の酸素と反応してリチウム酸化物を生成し、充電時にはリチウム酸化物が分解されて、リチウムイオンと酸素に変換される電気化学反応によって作動する。

Byon Hye Ryung
(ビョンヒエリョン)
(写真左)
国際主幹研究ユニット
Byon国際主幹研究ユニット

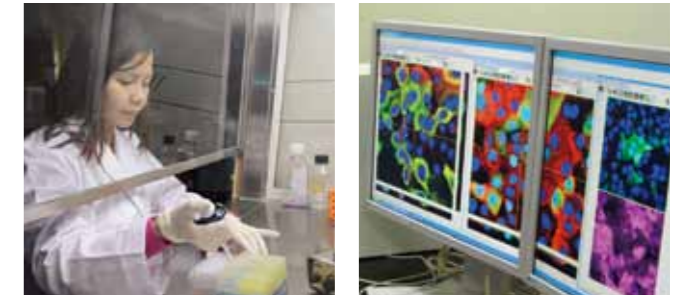
大容量で高効率な
次世代のリチウム-酸素
電池の開発を目指します。

リファレンス
Journal of the American Chemical Society
オンライン版(2013年6月28日号)掲載
In Situ AFM Imaging of Li-O2 Electrochemical
Reaction on Highly Oriented Pyrolytic
Graphite with Ether-Based Electrolyte

研究担当組織

国際主幹研究員制度は、独創的な発想を持つ外国籍の若手研究者を国際主幹研究員として任用、独立して研究を推進する機会を提供する制度です(募集は2012年度で終了)。国際主幹研究員が組織する国際主幹研究ユニットでは、研究所内外との連携促進を通じて、国際的視野に立った学際的な研究分野の開拓を進めています。

特別研究ユニット Special Research Units



研究紹介 感染症へのあくなき挑戦 最先端技術を駆使した 牛白血病ワクチンの開発

分子ウイルス学特別研究ユニット
ユニットリーダー 間 陽子

現在、世界の死亡原因の約3割が感染症であり、今後その割合は急上昇する恐れがあります。近年、インフルエンザ、ヒト免疫不全症候群(エイズ)、成人T細胞白血病(ATL)をはじめとする新興ウイルス感染症が次々と現れているからです。まさに、「21世紀は、人類がその存亡をかけて、ウイルスと戦う世紀である」と言っても過言ではありません。従って、これらウイルスに対抗するための新しい抗ウイルス薬やワクチンの開発が強く求められています。

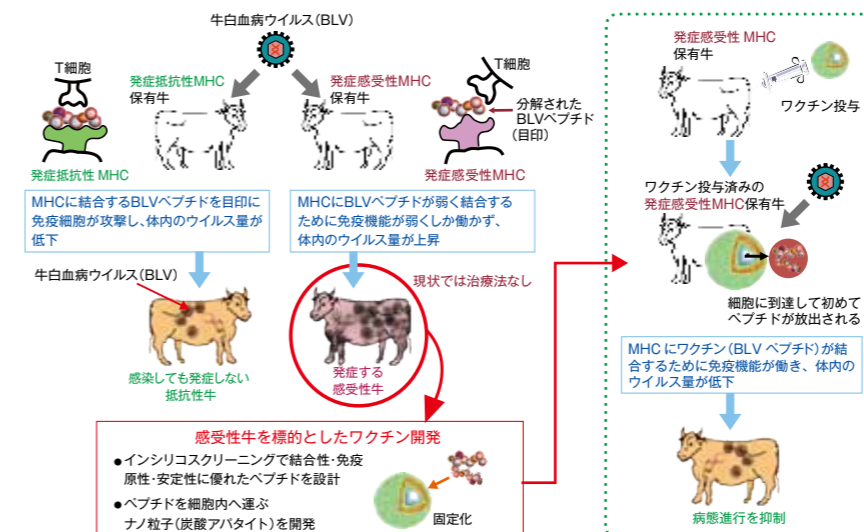
牛白血病ウイルス(BLV)は、人類の難治感染症であるATLを誘発する成人T細胞白血病ウイルス(HTLV)に最も近縁のレトロウイルスで、世界の畜産界に甚大な被害を及ぼしている地方病性牛白血病を引き起こします。この疾患は発症すると必ず死に至る深刻な病気です。治療がなく、感染を予防するしか手立てがありません。

分子ウイルス学特別研究ユニットの間 陽子ユニットリーダーらは、牛が持つ主要組織適合抗原(MHC)クラスIIという免疫を誘導する分子には、牛白血病の発症を促進するものと抑制するものがあることを突き止めました。MHCの性質により、感染しても発症しやすい個体と発症しにくい個体がいるのです。

発症しない個体の体内に侵入したBLVはマクロファージなどにより分解されます。MHCは分解されたBLVのペプチド断片(目印)を提示することで、免疫細胞が感染細胞を攻撃し、発症を抑えます。このしくみを利用して、発症しやすいMHCを持つ個体をターゲットにワクチンを開発しました。まず、コンピューター・シミュレーションを利用したインシリコスクリーニングで、BLVペプチド断片をMHCに強く結合する性質に改変しました。次に、ナノ技術を利用してペプチド断片を運ぶためのナノ粒子(炭酸アパタイト)をつくり、この粒子にペプチドを固定化しました。ワクチンは血液中では安定で、目的の細胞内で初めて内部のペプチドを放出します。ペプチドがMHCにくっくと、発症しやすいMHCでもBLVの情報を提示できるので、免疫細胞が働き、病態進行を抑えられます。すでにワクチンの投与試験が始まっており、効果が確認されています。実用化されれば、BLVの感染拡大を防ぐことが可能となるはずです。こうしたBLVでの知見は、近縁のヒトレトロウイルスであるHTLVおよびエイズウイルスへの応用も可能であり、その病原性発症機構の全容解明に寄与することも期待されています。間ユニットリーダーは「あらゆる感染症の克服につなげたい」と話しています。



●インシリコ分子設計とナノ技術を駆使した牛白血病ワクチンの開発



間 陽子(あいだようこ)
(写真右から2人目)
特別研究ユニット
分子ウイルス学特別研究ユニット

最先端技術を駆使し、あらゆる感染症の予防を目指します。

特願2013-67683
新規なポリペプチドとその利用。(独)理化学研究所

研究担当組織

特別研究ユニットは、社会の要請または時機を失することなく取り組むべき研究課題など、重点的に推進する必要がある研究課題について、迅速かつ効果的に対応するため、研究室や研究グループ等とは独立して研究活動を行うために組織されます。

研究推進グループ Research Groups



研究成果 生命現象を数理的に理解する 100以上の分子からなるネットワークのふるまいを、 たった5分子で理解

望月理論生物学研究室 主任研究員 兼
理論科学連携研究推進グループ(iTHES) 階層縦断型理論生物学研究チーム
チームリーダー 望月敦史

2013年4月、理研における基礎物理学・物質科学・生物科学・計算科学の理論研究者が集結した「理論科学連携研究推進グループ」(iTHES)が誕生しました。世界的にも類を見ないこの理論研究グループは、素粒子から、生命、宇宙に至るまで、自然界に普遍的に現れる「多階層問題」に着目し、分野を超えて共通に成り立つ理論や手法を通じた新たな科学領域の開拓を目指しています。望月敦史 主任研究員は、このiTHESの階層縦断型理論生物学研究チームリーダーとして、生命現象の理解に向けた新しい数学を構築し、遺伝子やタンパク質などで見られる複雑なネットワークとそのダイナミクスを、論理的に結びつけることを目指しています。

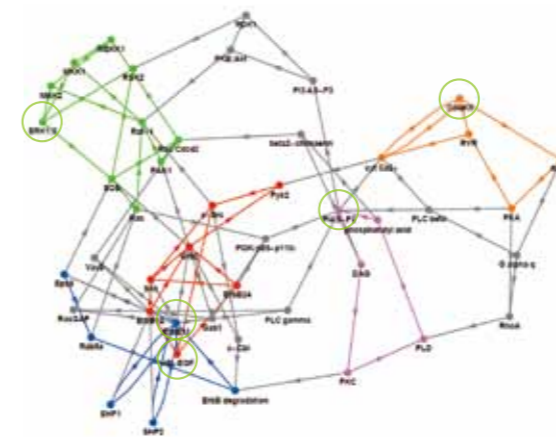
発生や分化、代謝、老化、疾患などのしくみを知る目的で、遺伝子の働きが調べられてきた結果、遺伝子の相互作用が複雑なネットワークを作り上げていることが分かってきました。例えばホヤでは、10数種類の細胞の違いが作り出される際(細胞分化)に働く80個あまりの遺伝子の制御ネットワークが調べられています。つまり、このネットワークが生み出すダイナミクスは、10数種類の遺伝子活性の違いを作り、それが細胞の多様性を作るのだらう、と考えられています。しかし、こういった多変数のダイナミクスの理解は、これまでの数学がもっとも苦手とするものでした。これに対し望月チームリーダーは、ネットワークの形(変数の依存関係の情報)だけから、特に重要な変数(インフォーマティヴノード)を決定する新しい数学理論を開発しました。この理論をホヤに適用した結果、現状分かっているネットワークでは実際の細胞分化を実現できないこと、さらに未知の遺伝子制御の候補を理論的に示しました。

同じ理論を用いて、現在、理研内の実験生物学グループと、細胞内シグナル伝達系について共同研究を進めています。このネットワークは、100以上のタンパク質を含みますが、このうちの5つがインフォーマティヴノードだと分かりました。ネットワークが正しければ5分子のダイナミクスを計測するだけで、シグナルに対するあらゆる細胞応答を捉えられるはず。現在、最先端の計測技術により理論の実証を試みています。

望月チームリーダーの理論の強みは、実験データの不完全性や矛盾を論理的に示しうることです。理論予測と実験検証のフィードバックを繰り返すことで、正しい合理的なネットワークへと至ることができます。理論と実験の強力なタッグによる成果は、疾患の理解や細胞の操作などにも応用できると期待されます。



● 制御ネットワークの構造の解析
例)シグナル伝達系ネットワークの解析



100以上の分子からなるシグナル伝達系の多様な応答が、わずか5分子のダイナミクスで理解できる。

研究担当組織

研究推進グループは、自然科学の総合研究所である理研の研究分野の多様性を活かした研究組織です。理研内外の研究者の協力により、分野横断的な研究運営を行い、複合・境界領域における先導的な研究を3~5年の期間にて実施します。今までの理研の研究課題にはない、未踏の研究領域の開拓、新たな研究分野の創出を図るとともに、将来の実用化につながる重要なシーズをも育成することを目的とし、将来の新規研究領域への発展と、当該領域において理研が中核的研究拠点となることを目指しています。

望月敦史(もちづきあつし)
(写真中央)

研究推進グループ
理論科学連携研究推進グループ(iTHES)
階層縦断型理論生物学研究チーム

新しい数学理論により、
生命システムの動作原理を
合理的に解き明かします。

リファレンス
Mochizuki A., Fiedler B., Kurosawa G. and Saito D. (2013) Dynamics and control at feedback vertex sets. II: A faithful monitor to determine the diversity of molecular activities in regulatory networks. *J. Theor. Biol.* 335, 130-146.

グローバル研究クラスタ Global Research Cluster

研究成果 「火の玉」の閃光が宇宙を照らす 全天X線監視装置MAXIが 世界で初めて捉えた新星爆発の初期現象

宇宙観測実験連携グループ MAXIチーム
協力研究員 森井幹雄
専任研究員 三原建弘

可視光よりも波長の短いX線で宇宙を観測すると、大爆発を伴う星の最期やブラックホールの活動など、高温で激しく変動するダイナミックな宇宙の姿が現れます。1960年代に始まったX線天文学は静的な宇宙のイメージを覆し、天体観測のスピード感は劇的に変わりました。

宇宙で突発的に起こるX線天体現象を捉えるため、理研と宇宙航空研究開発機構(JAXA)が開発した全天X線監視装置「MAXI(Monitor of All-sky X-ray Image、マキシ)」が、国際宇宙ステーション「きぼう」に搭載されています。MAXIは高感度のX線検出器で常に宇宙を見張り、突発現象を見つけると30秒以内に世界中の観測者にデータを送信します。理研のMAXIチーム(牧島一夫チームリーダー)の森井幹雄 協力研究員、三原建弘 専任研究員らを中心とした全国のMAXI研究グループなどの共同研究チームは、この監視体制によって世界で初めて新星爆発の「火の玉フェイズ」を発見しました。

太陽のような恒星は、核融合反応の燃料である水素を使い果たすと、白色矮星という暗い天体になります。白色矮星が別の恒星との連星であると、白色矮星の重力が恒星から水素ガスを引き寄せ、蓄積した水素によって白色矮星の表面で核融合反応の爆発が起こることがあります。これは新星爆発と呼ばれ、放たれる明るい可視光は、紀元前から度々観測されてきました。理論研究では、この可視光放出に先立ち、爆発点火から数時間の間に火の玉フェイズと呼ばれる紫外線またはX線の放出現象が予想されていました。しかし、新星爆発がいつ起こるか分からないことや、検出器感度の問題から、観測されたことはありませんでした。

2011年11月、MAXIは地球から22万光年離れた小マゼラン星雲の東側に、極めて明るいX線閃光を発見しました。閃光の継続はたったの1時間。全く未知の現象でした。NASAのSwift衛星による追加観測やMAXIの観測データから、これこそが火の玉フェイズで放出されたX線であると確認されたのです。

理論予想の正しさを実証したともいえるこの発見は、新星爆発の謎をさらに深めました。X線閃光が通常より約100倍も明るいことや、白色矮星の推定質量が理論上の限界かそれ以上であること、明るいネオンのX線輝線が検出されたことなど、これまでの新星爆発や恒星進化のモデルでは説明がつかないデータが得られたのです。この発見により、既存の理論に修正が必要であることが分かりました。

まだまだ宇宙は謎だらけです。MAXIの次なる発見を、世界中の研究者が待っています。

研究担当組織

グローバル研究クラスタは、地球規模化が進んだ将来の研究所の経営環境を先取りする形で、国内外の組織との連携研究を強く推進します。グローバル化の進行により人類存続に向けた地球規模課題への取り組みが国際共同研究という形で全世界での協力下で進みつつある中、わが国を代表する研究機関として国と地域を越えた連携を率先し世界最高レベルの研究機関としてその存在感を国際社会の中で示していきます。



クラスタ長
玉尾皓平 (D.Eng.)

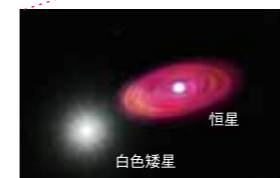


● 火の玉フェイズ



MAXIで撮った国際宇宙ステーション周囲の全天マップの一部
小マゼラン星雲領域の新星
銀河中心

爆発時のマップ:
一周(90分)前には新星領域にX線源はなかった。



爆発時の新星の想像図:
恒星と非常に重い白色矮星の連星。
白色矮星の表面で熱核融合爆発が起こった瞬間。

森井幹雄(もりいみきお)
(写真左から2番目)
グローバル研究クラスタ
宇宙観測実験連携グループ
MAXIチーム
三原建弘(みはらたてひろ)
(写真左)
グローバル研究クラスタ
宇宙観測実験連携グループ
MAXIチーム

リファレンス
M. Morii et al. 2013,
The Astrophysical Journal, 779, 118.

創発物性科学研究センター

CEMS



研究成果 自在に加工できるヒドロゲル

光を当てるだけで、
何度でも望む場所を加工できる手法を開発

超分子機能化学部門 創発ソフトマター機能研究グループ
グループディレクター 相田卓三
同・創発生体関連ソフトマター研究チーム
チームリーダー 石田康博
特別研究員 劉 明傑

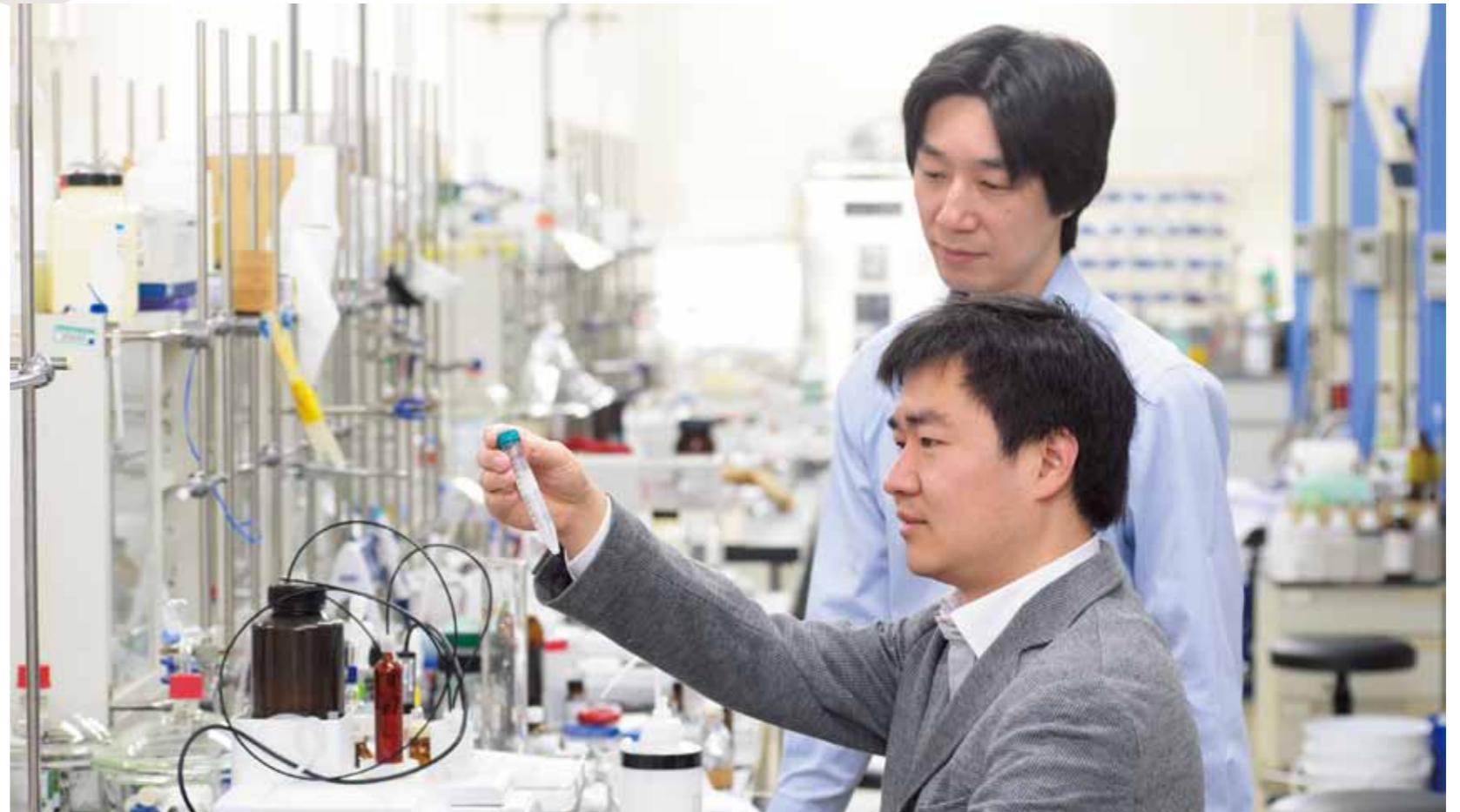
寒天やゼラチンなど、いわゆるゼリー状の固形物であるヒドロゲルは、成分のほとんどが水です。そのため、生体にやさしく、コンタクトレンズや細胞培地などのバイオメディカル分野で広く使われています。人だけでなく地球環境にもやさしいことから、プラスチック代替材料としての応用も期待されています。

水によくなじむ物質を使って、ナノサイズの3次元網目構造体を作ると、この網目の中に水分子が閉じ込められて流動性を失い、ゴムのような力学特性を示す固形状のヒドロゲルが得られます。しかし、従来の製法で作製されたヒドロゲルは、単純な形状としてしか固められない上に、一度固まると形状や組成を変えることができないため、単純な用途の使い捨ての材料にしかならないと考えられてきました。

超分子機能化学部門 創発ソフトマター機能研究グループの相田卓三グループディレクター、同・創発生体関連ソフトマター研究チームの石田康博チームリーダー、劉 明傑 特別研究員らによる共同研究グループは、こうした弱点を克服し、光を照射することで何度でも望む場所を加工できるヒドロゲルを開発しました。光触媒として知られる酸化チタンを厚さ0.75ナノメートルの「無機ナノシート」にして、繊維状の有機ポリマーと連結させて作った網目構造の中に、大量の水を閉じ込めて作製したのが今回のヒドロゲルです(図)。

このヒドロゲルに光(紫外線)を照射すると、酸化チタンの光触媒作用が起こり、網目に閉じ込められた水分子から高反応性の活性酸素であるヒドロキシルラジカルが生成されます。この化学反応を利用すると、ヒドロゲルの中に情報を書き込んだり、別物質との界面にモノマーを塗布し、ポリマー鎖を形成させることで強固に接着させることが可能になります。また、光の当たった部分でのみ反応が起こるので、リソグラフィの微細加工などにも応用できます。さらに、時間経過や外部環境に応じて形状や機能を変化させるなど、ヒドロゲルの可能性を大いに拡張することが可能です。

今後は、人工臓器のような複雑な構造体をはじめ、酸素コンテナ、薬物徐放システム、3次元細胞培地などバイオメディカル分野での応用が考えられます。試薬添加不要で反応残留物による汚染がなく、水と光さえあれば半永久的にプロセスを繰り返すことができるクリーンな機能性材料として、さらに幅広い分野での応用が期待できます。

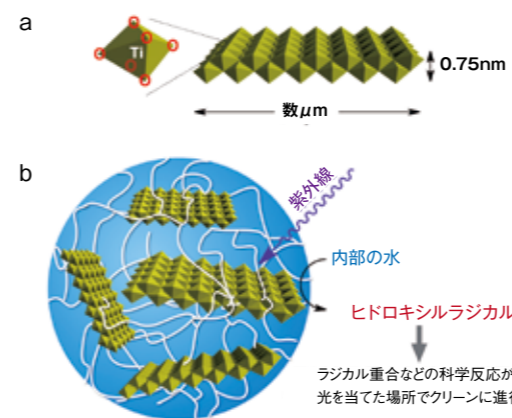


研究担当組織

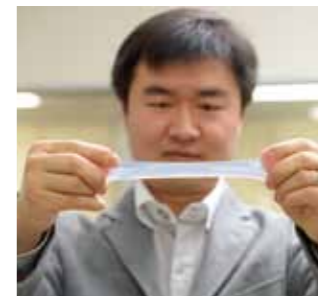
環境に負荷をかけずにエネルギーを効率よく作り出し、一方で、エネルギーの消費を極限にまで低減する。そのような革新的科学技術が、環境調和型持続性社会の実現のためには必須です。創発物性科学とは、膨大な数の構成要素(電子や分子など)が協働することで、その個々の単なる集合としては予測不可能な、驚くべき物性や機能が発現する物質原理を探求する新しい学問です。創発物性科学研究センターは、物理学・化学・エレクトロニクスの世界トップレベル研究者が参画・連携し、エネルギー問題の解決に基盤的に資する創発物性を実現します。



センター長
十倉好紀 (D.Eng.)



厚さ0.75ナノメートル、長さ数マイクロメートルの酸化チタンシート(a)。この酸化チタンシートを有機ポリマーと連結させて作った3次元網目構造の中に、大量の水が閉じ込められてヒドロゲルを形成している。このゲルに紫外光を照射すると、水分子がヒドロキシルラジカルに変換し、光を当てた場所で化学反応が起こる。



石田康博(いしだやすひろ)
(写真奥)
創発物性科学研究センター
超分子機能化学部門
創発生体関連ソフトマター研究チーム

劉 明傑(リュウミンジェ)
(手前)
創発物性科学研究センター
超分子機能化学部門
創発生体関連ソフトマター研究チーム

リファレンス
2013年7月3日プレスリリース
「光を当てるだけで望みの場所を何度でも加工できる「生きた」ヒドロゲル」

光量子工学研究領域

RAP



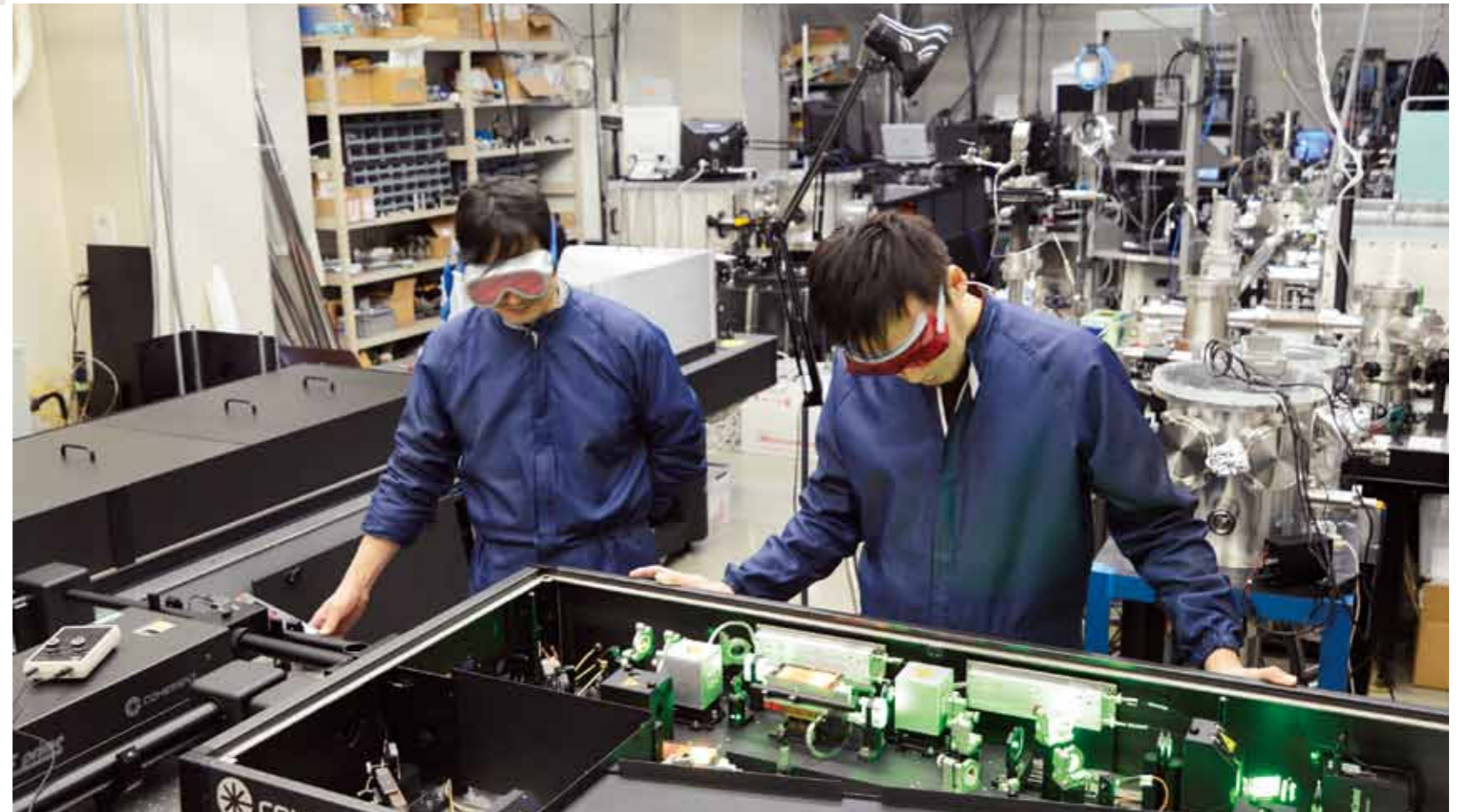
研究成果 **アト秒の光で電子の動きを見る**
アト秒レーザーで世界最高出力を達成
 エクストリームフォトニクス研究グループ アト秒科学研究チーム
 専任研究員 高橋栄治

原子や分子の動きなどの超高速現象を観測するため、「一瞬だけ光る」パルスレーザー光源の開発が続けられています。パルスレーザーをカメラのストロボのように使うことで、高速で動く対象物を静止画のように捉えて観察できます。近年、究極の高速運動である「原子内で動き回る電子の動き」を観測することを目指して、世界各国でアト秒レーザー（1アト秒は100京分の1秒： 10^{-18} 秒）が盛んに研究されており、多くの研究者がアト秒レーザーのパルス幅を縮めることにしのぎを削っています。しかし、これまでに開発されたアト秒レーザーの出力は大変低かったため、強い光を扱う研究で利用できるレベルではありませんでした。

こうした中、エクストリームフォトニクス研究グループ アト秒科学研究チームの高橋栄治 専任研究員らは、アト秒の時間幅を持つ極短パルスの極端紫外光（XUV）レーザーを、高効率かつ高強度で発生できる手法を確立しました。

研究チームは2010年に、800nm（ナノメートル）と1300nmのレーザーを時間・空間的に重ね合わせた2波長合成レーザーによる高次高調波発生を利用して、簡便に孤立アト秒パルスを生産する手法を提案しています。今回は、その2波長合成レーザー法と、励起レーザーを緩やかに高調波発生媒質に集光する理研独自の高調波の高出力発生法（高調波エネルギースケールアップ法）を組み合わせました。その結果、XUV領域においてパルス幅500アト秒、瞬間出力は世界最高となる2.6ギガワットを実現しました。この値は、従来のアト秒レーザーと比べて100倍以上にもなります（図）。

また、世界最高出力のアト秒レーザーの発生装置が卓上サイズというコンパクトさも注目すべき点です。光源が卓上サイズであることは、大学の研究室や各企業での光源所有を可能とし、アト秒パルスレーザーの応用研究をさらに進展させると予想できます。またアト秒領域の超高速物理現象を対象とした研究だけでなく、極限的な時間特性を利用して光学分野に革新的な計測・解析技術や新しい粒子操作技術などがもたらされるものと期待できます。



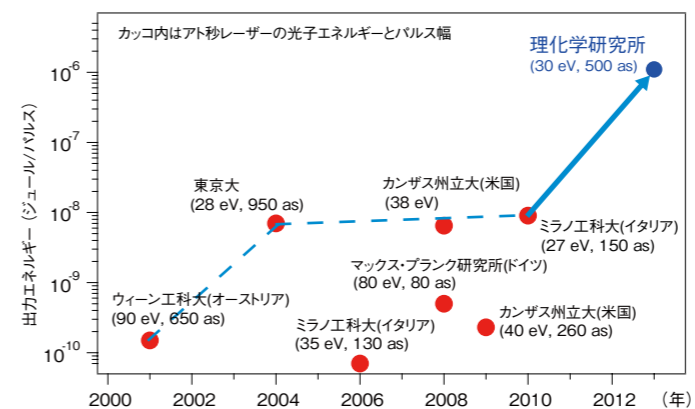
研究担当組織

光量子工学研究領域では、光の可能性を極限まで追究し、今まで見えなかったものを見ようとしています。例えば、電子の動きを捉えるアト秒パルスレーザー、ナノメートルの世界を見る近接場光、蛍光タンパク質を用いた環境モニタリング、超高精度な光格子時計による相対論的な測地学……。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。光量子工学研究領域は、光科学の地平を広げていきます。



領域長
 緑川克美 (D.Eng.)

●各研究機関が開発した孤立アト秒パルス光源の出力エネルギーと年代ごとの推移



今回開発された高出力化法によって、従来と比較して100倍以上の高出力化を実現した。

高橋栄治 (たかはし えいじ)
 (写真右)
 光量子工学研究領域
 エクストリームフォトニクス研究グループ

アト秒領域の超高速物理現象と非線形光学を組み合わせた未知の研究領域を切り開きます。

リファレンス
 2013年10月25日プレスリリース
 「世界最高出力の孤立アト秒パルスレーザーを開発」

環境資源科学研究センター

CSRS



研究成果 常温・常圧下で窒素活性化 省エネ・省資源なアンモニア合成法実現に向けた大きな一歩

先進機能触媒研究グループ
グループディレクター 侯 召民

研究担当組織

人類は今、環境、エネルギー、食糧、感染症など地球規模のさまざまな問題に直面しており、これらの問題解決に貢献できるイノベーションの創出が社会から求められています。当センターは、理研の総合力を発揮するために、植物科学、ケミカルバイオロジー、触媒化学の異分野を融合し、グリーンイノベーションに貢献する研究センターとして2013年4月に設立されました。多様な生物機能と化学機能の理解を礎に「炭素」「窒素」「金属元素」に関する研究プロジェクトを推進し、持続的社会的実現に挑みます。「炭素」では、植物機能や触媒化学を用いた二酸化炭素の資源化技術を開発します。「窒素」では、低肥料(窒素・リン)等苛酷な環境下でも高成長が可能な植物や革新的なアンモニア合成技術を開発します。「金属元素」では、生物機能による金属回収技術や豊富で入手しやすい金属を活用した革新的触媒を開発します。また、これらの研究に必要な生物資源の生産および活用のための「研究基盤」を整備・構築するとともに、国内外の大学や研究機関等とネットワークを築いています。さらに、社会知創成事業と連携し、バイオマスを原料とした新規化学素材の創成や、創薬につながる生理活性物質の探索を進めます。



センター長
篠崎一雄 (D.Sci.)

窒素は、生物が生命を維持する上で欠かせない要素の一つで、特に、植物の成長や収穫量、品質に大きく影響します。空気中には約8割ほど窒素分子(N₂)が存在していますが、窒素分子は窒素が互いに強固に結びついており、ほとんどの生物は大気中の窒素分子を直接利用することができません。自然界で窒素結合を切断できるのは、「ニトロゲナーゼ」という酵素を持つ一部の細菌や、雷などの自然現象のみであり、これらにより、「固定窒素(窒素酸化物、アンモニア)」が作られ、あらゆる生物が利用しています。しかし、爆発的な人口増加にともなう食糧不足を補うための農作物増産には、自然界による固定窒素だけでは足りず、窒素分子からの人工的な窒素肥料の合成が必要不可欠です。

この問題を解決したのは、「空気からパンを作った」といわれたハーバー・ボッシュ法です。窒素分子と水素分子(H₂)を高温・高圧(500℃・300気圧)のもとで鉄系触媒を使って反応させ、アンモニアを合成するこの手法は、食物増産に大きな役割を果たしました。これにより工業的に合成できるようになったアンモニアは、農作物を育てる肥料のほか、医薬品原料、ナイロンなどの工業製品の原料としても利用されています。近年では、燃料電池用の水素の高密度貯蔵物質としても注目されています。

しかし、この方法では高温・高圧が必要なため、多大なエネルギーを消費するという難点があります。アンモニア合成に使われるエネルギーは、人類の年間消費量の1%以上にもものほるといわれているのです。

先進機能触媒研究グループの侯 召民グループディレクターらの共同研究グループは、より温和な条件下でのアンモニア合成につながる金属ヒドリド化合物(図1)を開発しました。

このヒドリド化合物と窒素を常温・常圧で反応させたところ、窒素分子の窒素-窒素結合を切断し、窒素-水素結合を形成させることに成功しました(図2)。このプロセスでは、窒素分子を切断するための電子やアンモニア生成に必要なプロトンがすべてヒドリドから由来し、特殊な試薬は不要であることも分かりました。

今回、常温・常圧下で「窒素-窒素結合の切断」と「窒素-水素結合の形成」まで成功したことにより、省エネルギー・省資源での新しいアンモニア合成法の開発に向けて一歩前進したことになります。

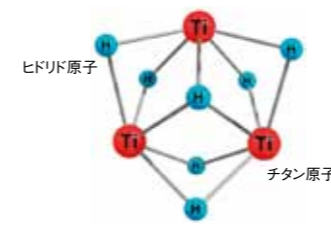
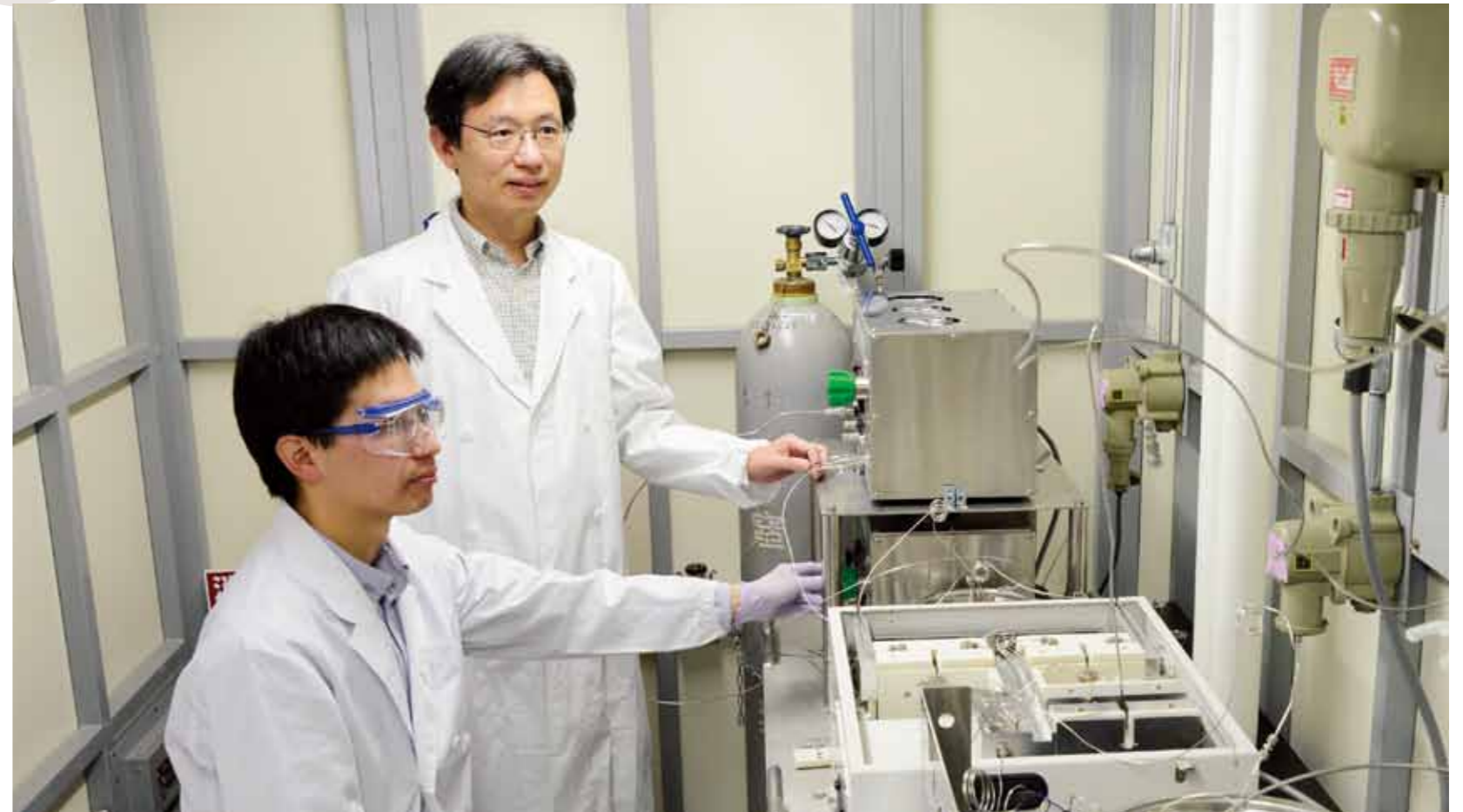


図1 3つのチタン原子と7つのヒドリド原子からなる多金属チタンヒドリド化合物

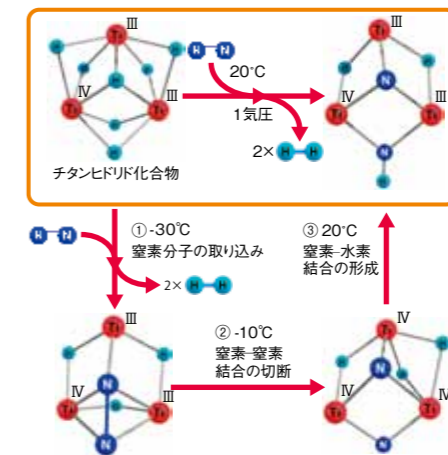


図2 チタンヒドリド化合物と窒素の反応。まず、窒素が-30℃で取り込まれて、窒素-窒素結合が弱められ、-10℃で切断された。次いで、20℃(室温)にすることで、窒素-水素結合が形成された。

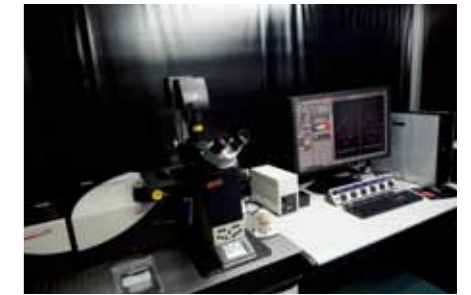
侯 召民(コウショウミン)
(写真奥)
環境資源科学研究センター
先進機能触媒研究グループ

省エネルギー・省資源の
新しいアンモニア合成法の
開発を進めます。

リファレンス
[Science]オンライン版(2013年6月28日号)掲載

生命システム研究センター

QBiC



研究成果 細胞内の物流システムを明らかに 生命の根幹を支えるキネシンのしくみを解き明かす

細胞極性統御研究チーム
チームリーダー 岡田康志

生命は細胞の中でいろいろなタンパク質が活発に活動することによって維持されています。細胞の中で何が起きているのかを知ることは、生命とは何かを考える上でとても重要なことです。細胞極性統御研究チームの岡田康志チームリーダーは神経細胞を使って、細胞内のタンパク質の動きに迫っています。

神経細胞は細胞の中でもサイズが大きく、タンパク質の動きを観察するのに適しています。岡田チームリーダーが目しているのはキネシンというタンパク質です。キネシンは、細胞が機能するために必要なタンパク質を必要な場所に届ける役割をしていて、いわば細胞内の「運送屋」といえます。

キネシンは神経細胞だけでなく、あらゆる細胞に存在しています。運ぶものや目的によって40種類以上あることが知られており、一つの細胞の中でたくさんの種類のものが働いています。例えば、脳の神経細胞では20種類以上のキネシンが、細胞の中のいろいろな場所にタンパク質を届けています。

キネシンは微小管というタンパク質でできた「道路」に沿って動きます(図1)。岡田チームリーダーは、細胞の中からキネシンと微小管を取り出し、試験管の中でキネシンを動かすことで、キネシンが動くしくみを明らかにしてきました。

次のステップとして細胞の中でのキネシン一個一個の動きを観察したところ、キネシンのふるまいが試験管の中とはまったく違っていました。試験管の中のキネシンは、まるで交通ルールを無視した暴走族のように、微小管に沿って無秩序に動き回るので、細胞の中では、交通ルールを順守するかのように、特定の方向に整然と動くのです。

また、キネシンがトラックくらいの大きさだとすると、一つの細胞は関東地方くらいの広さになります。その広い配達範囲の中で、キネシンがタンパク質を、その正しい運び先に迷うことなく正確に運ぶしくみもまだ分かっていません。

これらの謎を解き明かすために、岡田チームリーダーは超解像ライブイメージングという方法を開発しています。これは細胞一個分の範囲を100nmほどの解像度で観察するもので、細胞内のキネシンの動きをより細かく見ることができます(図2)。キネシンは神経変性疾患にも大きく関わる重要なタンパク質です。細胞内でのキネシンの働きを詳しく知ることによって、難病を解決する糸口をつかめるのではないかと期待されています。



研究担当組織

ヒトの全遺伝情報が解読され、生命を形づくる分子部品のほぼすべてが分かる時代になりました。しかし、細胞の示す「生きものらしさ」(自発的な秩序の形成や柔軟な適応力など)は単に部品の働きによって生まれるのではなく、たくさんの部品が複雑に相互作用するシステムの働きによって生まれます。生命システム研究センターでは、細胞内の分子の動きを高解像度で捉え、それらの相互作用をコンピュータで再現し、システム全体を統合的に理解しようとしています。細胞システムの理解が進めば、細胞の状態(例えば病気を)予測したり、操作したりすることも可能になり、再生医療、病態予測、創薬など21世紀のライフイノベーションに大きく貢献することが期待されます。



センター長
柳田敏雄 (Ph.D.)

岡田康志(おかだやすし)
(写真左)
生命システム研究センター
細胞極性統御研究チーム

キネシンの働くしくみをさらに解き明かし、「生命とは何か」に迫ります。



図1 キネシンの通り道である微小管には少なくとも2種類の形が存在した。キネシンは微小管の形を見分けて、目的地へ行くための目印にしている。

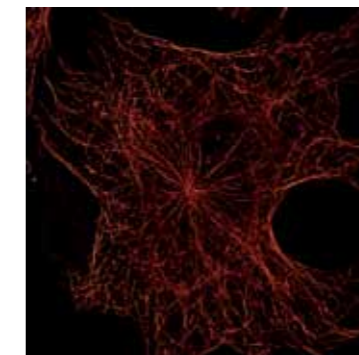


図2 100nmのものまで見分けることができるので、細胞内を移動するキネシンの動きをしっかりと見ることができる。

リファレンス
Yajima et al., J Cell Biol vol. 198 no. 3 315-322

発生・再生科学総合研究センター

CDB

形態から進化の歴史を探る

研究成果

生物の多様性を紐解く進化研究

形態進化研究グループ
グループディレクター 倉谷 滋

この地球上には、既に知られているものだけで約175万種と、実にたくさんの生物がいます。遺伝子解析によって、それぞれの生物種の近縁関係や系統的な進化の道筋が次第に分かってきたものの、まだまだたくさんの謎が残されています。その最たるものが、それぞれの動物の形態です。

私たち人間をはじめ、地球上に生活する生物が、なぜ、今のような形態をしているのか、系統的な進化の中で説明することはまだほとんどできていません。そのことに挑戦しているのが、形態進化研究グループの倉谷 滋グループディレクターです。

生物は系統の分岐ごとに多かれ少なかれ形態を変化させています。それらを一つ一つ取り上げてみてもきりがありません。そこで、倉谷グループディレクターはとても長い進化の歴史の中で、革命をもたらした、「大きな形態変化」に着目して研究を進めています。

その一つが、顎です。地球上に最初に現れた脊椎動物は顎を持っていませんでしたが、顎を持つ動物が登場することによって、さまざまな環境で食物を取り込むことができるようになり、多種多様な脊椎動物が適応放散するきっかけをつくりました。顎を持たない円口類についてはまだ解明されていないことが多いのですが、倉谷グループディレクターは円口類に属するヌタウンナギとヤツメウナギの頭部の発生を調べ、両者に共通する円口類に独特の発生パターンがあることを明らかにしました。この発生パターンは、脊椎動物の祖先につながる可能性があり、私たちの祖先がどのような顔を持ち、それがどのように変化して顎が獲得されていったのか、詳細に分かるようになってきました。

また、羊膜類の系統の中でもっとも特異な形態を持っているのがカメ類です。カメの甲羅が内骨格である肋骨や背骨の変形を通じてできることは知られていましたが、詳しい発生過程は謎に包まれていました。倉谷グループディレクターらのグループはカメの発生過程を観察したり、三畳紀の海生爬虫類の化石を調べたりする中で、亀の甲羅は体の表面の骨が集まったものではなく、体壁が折れ曲がり、肋骨の伸長方向が劇的に変化してできたものであることを示しました。さらに、カメのゲノム解析からカメがトカゲやヘビよりもワニ、トリ、恐竜に近い動物であることを明らかにし、長年の論争に終止符を打ちました。これら一連の研究は同時に、人間の解剖学的なパターンが得られるまでの形態発生の進化過程にも、大きなヒントを与え続けています。



研究担当組織

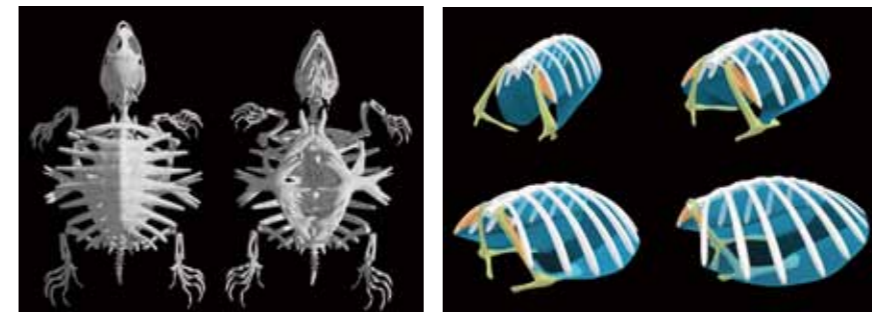
発生・再生科学総合研究センターは、2000年4月に設立され、動物が発生・再生するメカニズムをさまざまな視点から解明するとともに、そこから得られる研究成果を再生医学等の医学応用に役立てる研究を行っています。研究テーマは、胚発生のしくみを探る領域、器官の構築原理を探る領域、臓器を作る・直す領域に分かれ、さらに、創発生物学研究領域を開拓することにより、複雑な臓器の形やサイズ等を定める原理を物理・数学等の手法を導入して解明し、より高度な再生医学を可能とする新技術の確立に貢献します。



センター長
竹市雅俊 (Ph.D.)

倉谷 滋(くらたにしげる)
発生・再生科学総合研究センター
形態進化研究グループ

動物の形態研究を
さらに進め、進化の謎を
解明することを目指します。

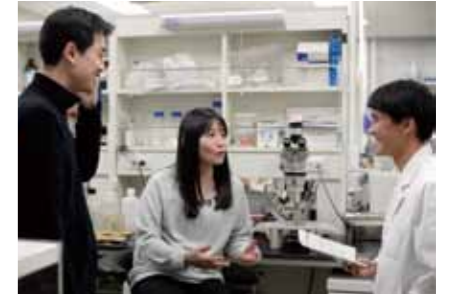


カメ類は体壁を折り曲げ、肋骨を変形させて甲羅を作る。

リファレンス
Oishi, Y., Ota, K. G., Fujimoto, S. and Kuratani, S. (2013a). Craniofacial development of hagfishes and the evolution of vertebrates. *Nature* 493, 175-180

脳科学総合研究センター

BSI



研究成果 神経回路形成のしくみを解明 効率的な神経回路をつくる メカニズムの一端を明らかに

視床発生研究チーム
チームリーダー 下郡智美

神経細胞は、核のある細胞体と細胞体から長く伸びる一本の「軸索」、細胞体の周りから木の枝のように広がる「樹状突起」からなります。軸索は情報を伝え、樹状突起は情報を受け取る役目をしており、それぞれが伸びて、神経細胞同士がつながることで複雑な神経回路を作っています。この神経回路は、脳が働くための基盤となっています。

脳が発達するとき、大脳皮質では外部からの情報の入力が少ない樹状突起を取り除き、残った樹状突起の枝分かれを入力の高い方向に増やすことで、効率的な神経回路を作っています。もし、余分な樹状突起を残しておくと、不要な接続や配線が生まれ、脳機能に障害が出る可能性があります。これは脳の機能を維持・発達させるための重要な過程ですが、そのメカニズムは明らかにされていませんでした。

視床発生研究チーム 下郡智美チームリーダーらは、マウスの大脳皮質にある「パレル皮質」という神経細胞の集合体について、そのメカニズムを調べました。パレル皮質は、マウスがヒゲで受け取る感覚情報を処理しているところで、余分な樹状突起を除去し、残った樹状突起の枝分かれを増やす神経細胞があります。この細胞に特異的に発現している遺伝子「*Btd3*」の働きを抑え、神経細胞の変化を観察しました。すると、本来は余分な樹状突起が除かれ、非対称に広がるはずの樹状突起が対称に広がったまままで正常に枝分かれしませんでした。

次に、視覚情報を処理する視覚野という大脳皮質の領域にあり、*Btd3*を発現しない神経細胞に*Btd3*を強制発現させました。すると、対称に広がるはずの樹状突起(図1)が、視覚情報が入力する方向にのみ枝分かれをして、非対称な形態を示しました(図2)。さらに、フェレットの視覚野にも、同様のしくみがあることを確認しました。

同じく、*Btd3*は余分な樹状突起を取り除き、神経細胞同士をつなぐ樹状突起の枝分かれを制御するのに重要な役割をしていることが分かりました。さらにこのメカニズムはマウスとフェレットと種を越えて保存されていました。これらの結果は、脳の発達において、過剰な樹状突起を取り除く分子メカニズムの一端を明らかにしたことになります。今後は、マウスやフェレットを用いて余分な樹状突起が残ることによる脳機能障害を明らかにすることができれば、ヒトが神経回路の混線によってどのような精神疾患を引き起こすのかなどの解明につながることを期待されます。



研究担当組織

1997年10月に設立された当センターは、国内外から結集した優れた研究者により総合的な研究を展開し、設立以来、世界有数の脳科学研究拠点として国際的な認知を得ています。脳内の分子構造から、神経回路、認知・記憶・学習のしくみ、健康と疾患等までを研究対象とし、工学や計算理論、心理学までも含めた多彩な学問分野を背景にして、学際的かつ融合的な研究を目指しています。近年では、分子や細胞といった微視的レベルを扱う神経生物学と、認知や計算論のような巨視的レベルとをつなぐものとして神経回路研究に焦点を当てています。また、脳研究の進展に必要な不可欠である基盤技術でも革新的手法の採用や新技術開発など広範囲にわたる神経科学の重要研究に取り組んでいます。



センター長
利根川 進 (Ph.D.)

● *Btd3*を強制発現させたマウスの視覚野

*Btd3*なし(コントロール)

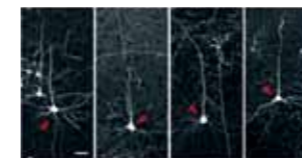


図1 通常マウス(コントロール)の視覚野では*Btd3*の発現が見られず、樹状突起は視覚情報の入力量にかかわらず対称な形態を維持する。

*Btd3*を過剰発現

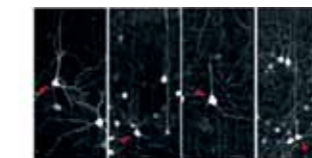


図2 *Btd3*を強制的に発現させると樹状突起が視覚情報の入力が少ない領域(左側)から除去され、多い方向(右側)にのみ枝分かれし、非対称な形態に変化する。

下郡智美(しもごおりともみ)
脳科学総合研究センター
視床発生研究チーム

最適な神経回路形成の
分子メカニズムの
解明を目指します。

リファレンス
[Science]オンライン版(2013年10月31日号)掲載

統合生命医科学研究センター



研究成果 ゲノム創薬の新たな可能性 関節リウマチに関するビッグデータ解析により、 ゲノム創薬手法を開発

統計解析研究チーム
客員研究員 岡田随象

自己免疫疾患の一つである関節リウマチは、手足の関節の炎症や破壊を伴う疾患で、日本には70~80万人の患者がいるといわれています。病状が進行すると骨の破壊が進み、関節が変形して、日々の生活に大きな不自由が生じます。

関節リウマチの発症については、喫煙などの環境因子のほか、多くの遺伝的要因があることが分かっています。これまでに国内外の研究グループがゲノムワイド関連解析(GWAS)を実施し、関節リウマチ発症に関与する遺伝子領域を報告してきましたが、これらのGWASのほとんどは特定の人種を対象としたもので、より網羅的な研究が求められていました。

自己免疫疾患研究チーム 山本一彦チームリーダーと統計解析研究チーム 岡田随象客員研究員らを中心とする国際共同研究グループは、これまでに実施されたすべての関節リウマチのGWASデータを統合した、ビッグデータ解析を実施しました。対象となったのは、アジア人および欧米人を含む10万人以上のサンプルデータです。これらを解析した結果、新たに発見した42領域を含む、計101領域の感受性遺伝子領域の同定に成功しました。

これらの感受性遺伝子領域の遺伝子と多様な生物学的データベースとの網羅的な照合を行ったところ、関節リウマチの感受性遺伝子の一部が原発性免疫不全症候群や白血病といった病気の感受性遺伝子と共通していることが分かりました。また、関節リウマチの病態が免疫反応を制御する制御性T細胞やさまざまなサイトカインシグナル(細胞間での情報伝達機構)によって制御されていることも明らかになりました。さらに、今回同定した遺伝子と創薬データベースに登録されているさまざまな疾患に対する治療薬とのつながりを調べ、治療薬を探すという新しいゲノム創薬手法を開発しました。この手法により、関節リウマチの感受性遺伝子と関節リウマチ治療薬のターゲット遺伝子とのつながりが初めて明らかになったほか、別の病気をターゲットとする既存治療薬の中に関節リウマチ治療に応用できる可能性を持つ薬剤があることも分かりました(図)。

近年、関節リウマチの治療法は飛躍的な進歩を遂げていますが、より効果的で副作用の少ない、新たな治療薬の開発が求められています。今回の研究成果であるゲノム創薬手法は、関節リウマチを含むさまざまな疾患に対する新薬開発を加速させることが期待されます。

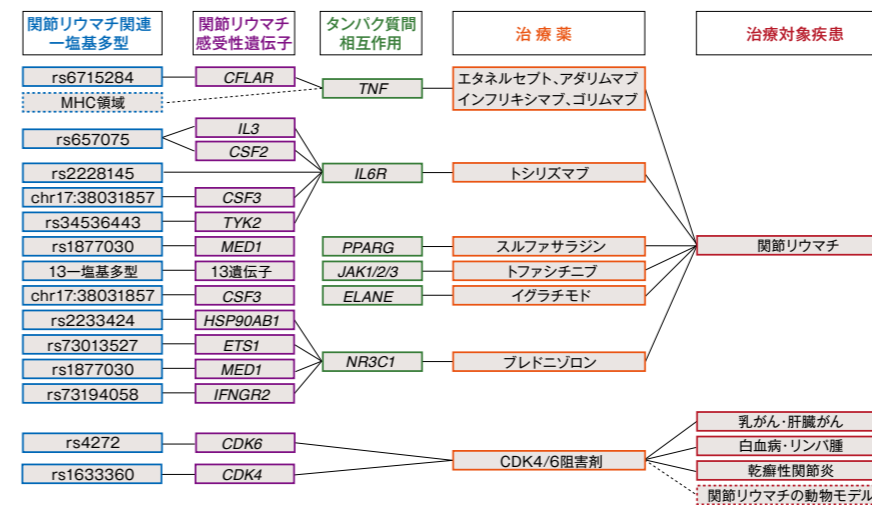


研究担当組織

統合生命医科学研究センターは、「新しい医学で未来の医療に貢献すること」を目的としています。私たちの体は恒常性を維持する頑強なしくみを持ちますが、この恒常性が破綻すると、疾患の発症につながります。本センターでは、生命の恒常性を司るしくみや、恒常性の破綻によって疾患がどのようにして起こるのかを明らかにし、個人の多様性を産み出すゲノムの多様性を網羅的に解析して、疾患の遺伝的な要因や薬剤応答性などを追究する研究と組み合わせ、一人一人に合った疾患の予測、予防法や治療法を開発する予防医療や個別化医療の実現を進めます。



センター長代行
小安重夫 (Ph.D.)



関節リウマチの各感受性遺伝子が、関節リウマチ治療薬のターゲット遺伝子とつながっていることが判明した。CDK4/6阻害剤のターゲット遺伝子とのつながりも同定され、同治療薬を関節リウマチの治療に適用できる可能性が示された。

岡田随象(おかだゆきのり)
(写真右)
統合生命医科学研究センター
統計解析研究チーム

ゲノム創薬手法の
確立により、関節リウマチを
含むさまざまな疾患に対する
新薬開発を加速させます。

リファレンス
Okada et al. "Genetics of rheumatoid arthritis contributes to biology and drug discovery".
Nature, 2014, 20:376-81.

バイオリソースセンター

BRC



研究成果 ミナトカモジグサで拓く未来

単子葉の実験植物で環境や食料問題の解決を後押し

実験植物開発室
室長 小林正智

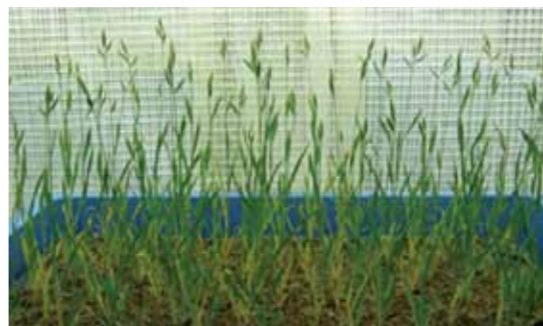
人類が直面する環境や食料などの課題を解決するために、植物の生命力を有効活用する研究が各国で行われています。

植物研究で最も使われている植物はアブラナ科のシロイヌナズナです。ゲノムが完全に解読されており、次世代の種子をつけるサイクルが短いため、世界中で活用されています。これまで、この植物からさまざまな知見が得られていますが、シロイヌナズナは双子葉植物であるのに対し、イネやコムギなど主要な穀物は単子葉植物と系統が離れているため、シロイヌナズナの知見の応用は簡単ではありません。そこで、実験植物開発室も参加するバイオマス工学研究プログラムでは、イネ科のミナトカモジグサに注目しました。

ミナトカモジグサの草丈は30cm程度と小さく、蛍光灯の下でも育ち、3~4か月で種子を収穫できるなど、実験用の植物として適しています。2010年には、国際協力により標準系統のゲノムが解読され、2.7億塩基対の中に25,532個の遺伝子の存在が予測されています。

実験植物開発室 小林正智 室長らの研究チームは、2010年からミナトカモジグサの栽培を始めました。最初はシロイヌナズナと同じ条件で栽培したため、草丈の調節が難しい、種子が形成されにくい、収穫した種子が発芽しないなどの問題が生じました。そこで、光量・光周期を調整し、湿度管理も徹底するなど栽培条件を最適化した結果、草丈や種子の発芽、結実に関わる問題が大きく改善されました。2013年4月から標準株の種子を、同年10月からは遺伝子の機能を知る上で必要不可欠な材料である完全長cDNAを研究者に提供しています。実験植物開発室では遺伝子導入の技術向上にも取り組んでおり、実験環境の整備が着々と進んでいます。これらのリソースの活用により穀物の改良が進めば、食料問題の解決につながると期待されます。

一方、トウモロコシやサトウキビなどの単子葉植物は、バイオエタノールやバイオプラスチックの原料としても使われていますが、これらの作物は大切な食料でもあります。食料と競合しないバイオマス生産には、農業に適さない半乾燥地帯などで栽培できる植物が必要です。そこで、大型で生産性が高く、乾燥ストレス耐性も高いなどバイオマス生産に向けた性質を与える遺伝子を見つけることができれば、環境分野で大きな進展が期待されます。ミナトカモジグサは、この分野でも重要な役割を果たすと期待されています。



シロイヌナズナの栽培条件をもとに光量・光周期、湿度管理を調整した結果、ミナトカモジグサの室内栽培が可能となった。3~4か月で1株あたり約150粒の種子を収穫できる。

研究担当組織

生物遺伝資源(バイオリソース)は、科学技術、イノベーションの発展に必要な不可欠な研究基盤です。当センターはわが国の貴重なバイオリソース、すなわち実験動物マウス、実験植物シロイヌナズナ、iPS細胞等のヒト・動物細胞材料、遺伝子材料、微生物材料を収集、高品質に保存・管理し、それらを情報とともに利用を希望する研究者に提供することにより研究開発の発展に貢献しています。2001年の設立以来、信頼性、継続性、先導性を事業の柱として展開し、いづれのリソースについても、国際的な拠点として活動しています。



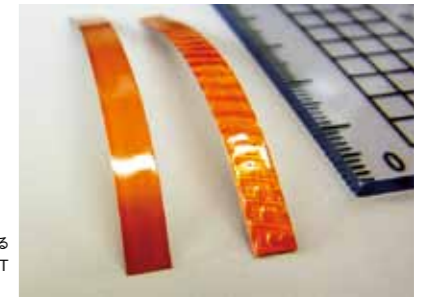
センター長
小幡裕一 (Ph.D.)

小林正智(こばやしまさとも)
(写真右)
バイオリソースセンター
実験植物開発室

ミナトカモジグサの実験環境の整備を進め、環境と食料の問題に貢献することを目指します。

リファレンス
理研ニュース2013年4月号
研究最前線「実験室から農場へ」シロイヌナズナの応用研究が加速

ライフサイエンス 技術基盤研究センター



超高磁場NMRへの応用が期待される
極薄絶縁化高温超伝導ワイヤ。CLST
は要素技術の開発にも取り組む。

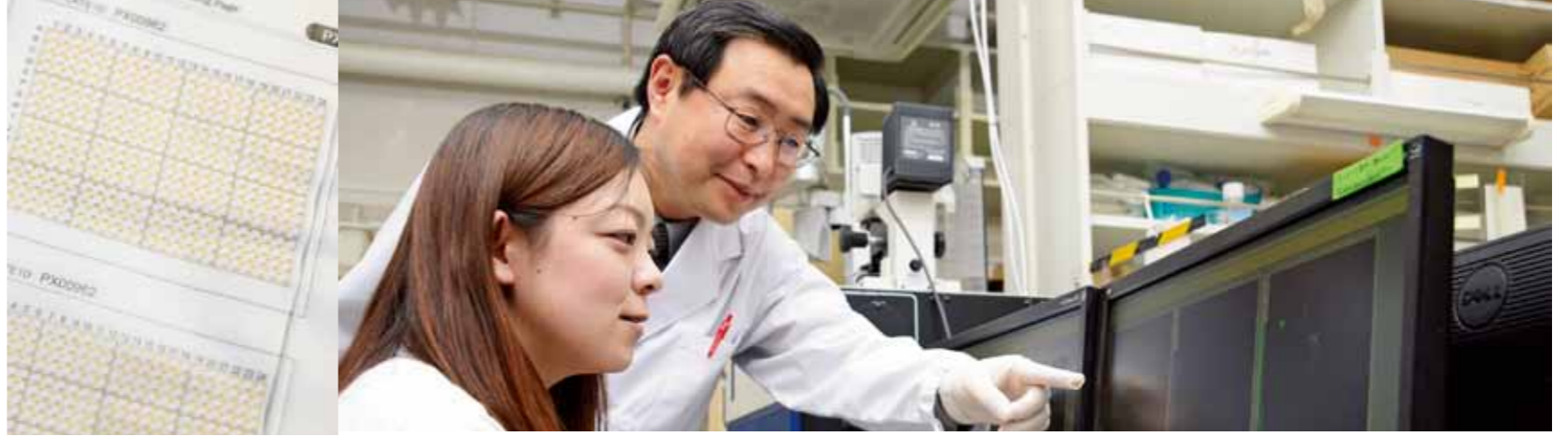
研究成果 **分子ネットワークから病気に迫る**
**抗がん剤の効果をゲノム全域で評価／
 肝線維症の進行メカニズムを解明**

機能性ゲノム解析部門 オミックス応用技術研究グループ
 グループディレクター 鈴木治和
 生命機能的イメージング部門 微量シグナル制御技術開発特別ユニット
 特別ユニットリーダー 小嶋聡一

病気の発症や進行を正確に把握することは、その原因を解明し、効果的な治療方法を開発するために重要です。ライフサイエンス技術基盤研究センターは、病気に関わる分子ネットワークの異常に着目し、創薬・医療・健康科学におけるライフイノベーションを推進しています。

ある薬がなぜ特定の病気に効くのかを分子レベルで解明し、新たな薬の開発につながる研究が進んでいます。そこで注目されているのが、細胞に発現している遺伝子をゲノム全域にわたって捉え、薬が遺伝子発現に与える影響を正確に捉える手法。機能性ゲノム解析部門 オミックス応用技術研究グループの鈴木治和グループディレクターらは、非増幅deepCAGE法という理研の独自技術を駆使し、細胞に薬剤を投与したときの遺伝子発現量の変化を網羅的・定量的に解析しています。ヒト乳がん由来の細胞に抗がん剤を投与した実験では、異なる分子を標的にする抗がん剤は、やはり異なる遺伝子群の発現を変化させていることが分かりました(図1)。従来の手法では十分検出できなかった、異なる薬剤による分子ネットワーク変化の差を捉えたのです。また、分子ネットワークの上流を阻害する抗がん剤の効果は、その下流を阻害する抗がん剤の解析結果から推定できることも分かりました。この技術で薬剤投与の評価を精密に行うことにより、例えば複数の薬剤を投与した場合の効果予測など、広い応用が期待できます。

病気に関わる分子ネットワークの解明は、新たな薬の設計につながります。肝硬変や肝がんの原因となる肝線維症は、主にC型肝炎ウイルス(HCV)の感染が引き金となり、コラーゲンなどが過剰に蓄積した組織が増加(肝線維化)する疾患です。肝線維化を進行させる因子の一つTGF-βは体内で産生され、肝細胞表面にあるTGF-β受容体に作用し、下流の分子ネットワーク(Smadシグナル)を活性化させます。生命機能的イメージング部門 微量シグナル制御技術開発特別ユニットの小嶋聡一 特別ユニットリーダーらは、HCVが産生する酵素「NS3プロテアーゼ」が、TGF-βの擬似活性を示し、TGF-β受容体と直接結合することで、Smadシグナルを活性化することを明らかにしました。さらに、構造・合成生物学部門の白水美香子部門長らと分子シミュレーションを行い、NS3プロテアーゼとTGF-β受容体の結合部位を予測(図2)。この予測に基づいて両者の結合を阻害する実験を行ったところ、肝細胞でのコラーゲンの蓄積が抑制できました。ウイルスによる肝線維化の新たな分子ネットワークが見えてきました。今後、早期発見や予防・治療の確立に寄与すると期待できます。



研究担当組織

ライフサイエンス技術基盤研究センターは、2013年に発足しました。ライフサイエンスの成果を創薬・医療につなげるために必須となる新しい技術を確認し、われわれヒトを含む生き生きとした生命活動の全体像を捉えるライフサイエンスの新たな潮流を生み出すことが目標です。この2つの目標を達成するために、理研がこれまで培ってきた、分子に対する原子レベルの技術、分子に対する細胞レベルの技術、分子に対する個体レベルの技術をさらに先鋭化し、生命の階層構造をまたいだ知識・技術の融合を進めます。横浜、神戸、和光に研究室があります。



センター長
渡辺恭良 (M.D., Ph.D.)

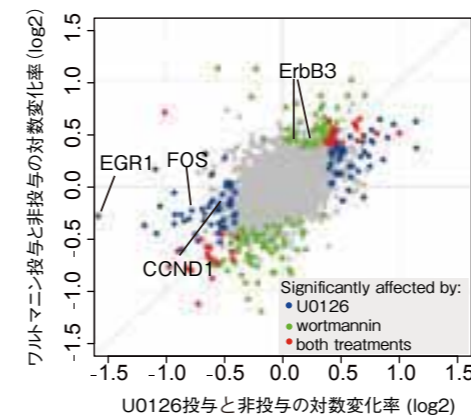


図1 非増幅deepCAGE法が捉えた、抗がん剤投与による遺伝子発現の変化

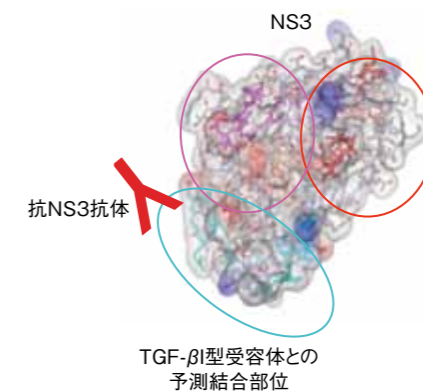


図2 C型肝炎ウイルス(HCV)が産生する酵素「NS3プロテアーゼ」とTGF-β受容体の結合予測

鈴木治和(すずきはるか)
 (写真上・左)
 ライフサイエンス技術基盤研究センター
 機能性ゲノム解析部門
 オミックス応用技術研究グループ

小嶋聡一(こじまそういち)
 (写真下・右)
 生命機能的イメージング部門
 微量シグナル制御技術開発特別ユニット

リファレンス
 Kajiyama, et al. "Capturing drug responses by quantitative promoter activity profiling" 『PT Pharmacometrics and Systems Pharmacology』
 Sakata, et al. "HCV NS3 protease enhances liver fibrosis via binding to and activating TGF-β type I receptor" 『Scientific Reports』
 Yanagisawa, et al. "An ultra-thin polyimide insulation coating on REBCO conductors by electrodeposition produces a maximum overall current density for REBCO coils" 『Physica C』

計算科学研究機構

AICS



日本では初めて、HPCチャレンジ賞クラス2を受賞。

研究成果 「京」を支えるソフトウェア開発 高速に効率のいい計算処理を実現し、より実用的に

大規模並列数値計算技術研究チーム
チームリーダー 今村俊幸
プログラミング環境研究チーム
チームリーダー 佐藤三久

スーパーコンピュータ「京」は世界最高水準の性能を誇り、今まで不可能だった高精度で大規模なシミュレーションなどを計算できると期待されています。「京」は66万個ものプロセッサ(コア)をつないで計算をする並列コンピュータです。「京」の性能を最大限に引き出すためには、「京」の特性に合ったソフトウェアが必要です。特に、シミュレーションを動かすための基盤となる数値計算ソフトウェアライブラリが重要になります。

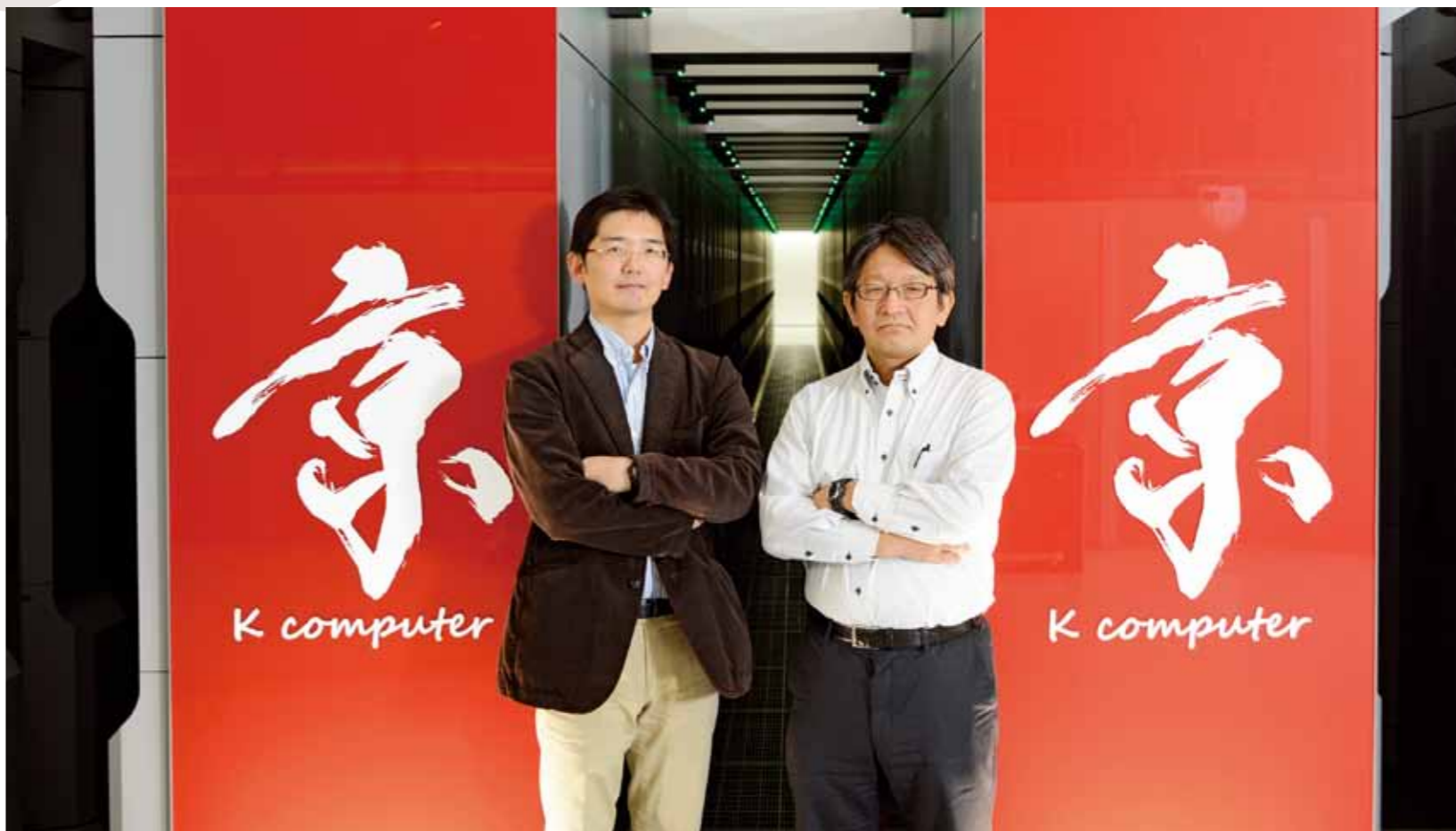
大規模並列数値計算技術研究チームは、今村俊幸チームリーダーを中心に、ライブラリの開発、整備に取り組んでいます。その一環として、行列の固有値を高速で計算できるソフトウェア「EigenExa」を開発しました。シミュレーションなどの計算をするときには、ある領域をいくつもの点で区切って、それぞれの点で温度や圧力といったいろいろなデータの数値を取り扱うために、膨大な数の数値を計算していくことになります。そのときに役立つのが行列です。

行列には固有値というものがあります。固有値はその行列を使った方程式の大まかな性質を示すものです。例えば、橋のたわみなどを解析するとき、固有値を求めることで橋がどのような周期で振動するのか分かります。また、固有値が分かると、シミュレーションの中で起こるいろいろな現象をバラバラにして解くことができるという利点もあります。

今村チームリーダーらは、EigenExaを使って縦に100万個、横に100万個の数字が並んだ100万×100万行列の固有値を1時間で求めることに成功しています。このような大規模な行列の固有値を求める計算は、今まで行われたことがなく、成功するかどうかも未知数でした。しかし、計算経路を工夫することで、大規模な行列の固有値計算も、実用的なスピードで計算できることを示しました*。

また、コンピュータに指示を伝えるプログラミング言語でも、「京」の性能を、なるべく少ないプログラミングの手間で引き出せる「XcalableMP」が開発されています。XcalableMPは並列コンピュータ用のプログラミング言語です。佐藤三久チームリーダーが率いるプログラミング環境研究チームがXcalableMPを「京」の特色を引き出せるように変換しながら実装した結果、高い生産性を示し、日本で初めてHPCチャレンジ賞クラス2を受賞することができました。「京」のような大規模並列コンピュータでHPCチャレンジ賞クラス2を受賞した例はあまりなく、この受賞は世界中に大きなインパクトを与えました。

*本研究の一部は、科学技術振興機構(JST)戦略的創造研究推進事業CRESTの一環として行われました。



研究担当組織

計算科学研究機構は、コンピュータ・シミュレーションにより、科学的に未来を見通す「予測の科学」の確立を目指し、2010年7月に発足。スーパーコンピュータ「京(けい)」の運用を行い、ユーザーに対して使いやすい計算環境を提供するとともに、計算科学分野と計算機科学分野を融合・連携させた研究を行う国際的な研究拠点を形成し、先進的成果の創出や科学技術のブレークスルーを生み出します。「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、そしてSPRING-8など他の施設との連携を通じ、幅広い分野で世界トップレベルの成果創出を目指します。また2014年4月からは、「京」の100倍規模の「エクサスケール・スーパーコンピュータ」とそれを活用するアプリケーション・ソフトウェアの開発に着手しました。2020年の完成に向け、さらなる飛躍を目指します。



機構長
平尾公彦(D.Eng.)

●AICSで開発・最適化された公開ソフトウェアの一例

名称	機能概要
NTChem	一から設計した新しい分子科学計算ソフト。既存ソフトの機能をカバーしつつ、他では利用できなかった量子化学計算法を含む。数千原子分子系に対する第一原理電子状態計算や数百原子分子系の化学反応過程追跡計算を実現する分子科学理論や、超並列計算システムの性能を引き出せるアルゴリズムが実装されている。
GENESIS	高機能・超並列な生体分子向け分子動力学計算ソフトウェア。SPDYN、ATDYNという二つのプログラムが存在し、前者は超並列計算、後者はマルチスケールシミュレーションやレプリカ交換分子動力学法を可能とする。
PRDMA (Persistent Remote DMA)	Remote DMA (RDMA)が利用可能なインターコネクト上で通信レイテンシや計算と通信の並行処理を改善するため、MPI標準の永続通信(Persistent Communication)プリミティブの高速実装を提供するライブラリ。
Omni XcalableMP	FortranおよびCの拡張として定義された指示文ベースの並列言語XcalableMPのコンパイラ。
Scalasca	MPI、OpenMP、MPI/OpenMPハイブリッドを使ったプログラムや並列プログラミング言語(XcalableMP/C)のプログラムの性能最適化を支援するためのツール。特に通信や同期でのボトルネックになっているところを特定し、その原因を調査するために使う。
EigenExa	「京」での性能チューニングが施された標準固有値問題のための高性能固有値計算ライブラリ。密対称行列を対象として大規模並列計算はもちろん小規模問題でも既存の固有値ソルバよりも高速に計算できる。
Xcrypt	並列ジョブ制御スクリプティング言語Xcryptを「京」上に実装。統一して使いやすいユーザーインターフェイスを提供。

今村俊幸(いまむらとしゆき)
(写真左)
計算科学研究機構
大規模並列数値計算技術研究チーム

佐藤三久(さとうみつひさ)
(写真右)
計算科学研究機構
プログラミング環境研究チーム

リファレンス
2013年12月5日プレスリリース
「「京」を使い世界最高速の固有値計算に成功」
2013年11月22日プレスリリース
「スーパーコンピュータ「京」でHPCチャレンジ賞クラス1.2(初)を受賞」

放射光科学総合研究センター

RSC



研究成果 進化するSACLA 次世代の研究に不可欠な新技術が開発される

XFEL研究開発部門 加速器研究開発グループ 先端ビームチーム
チームリーダー 原 徹

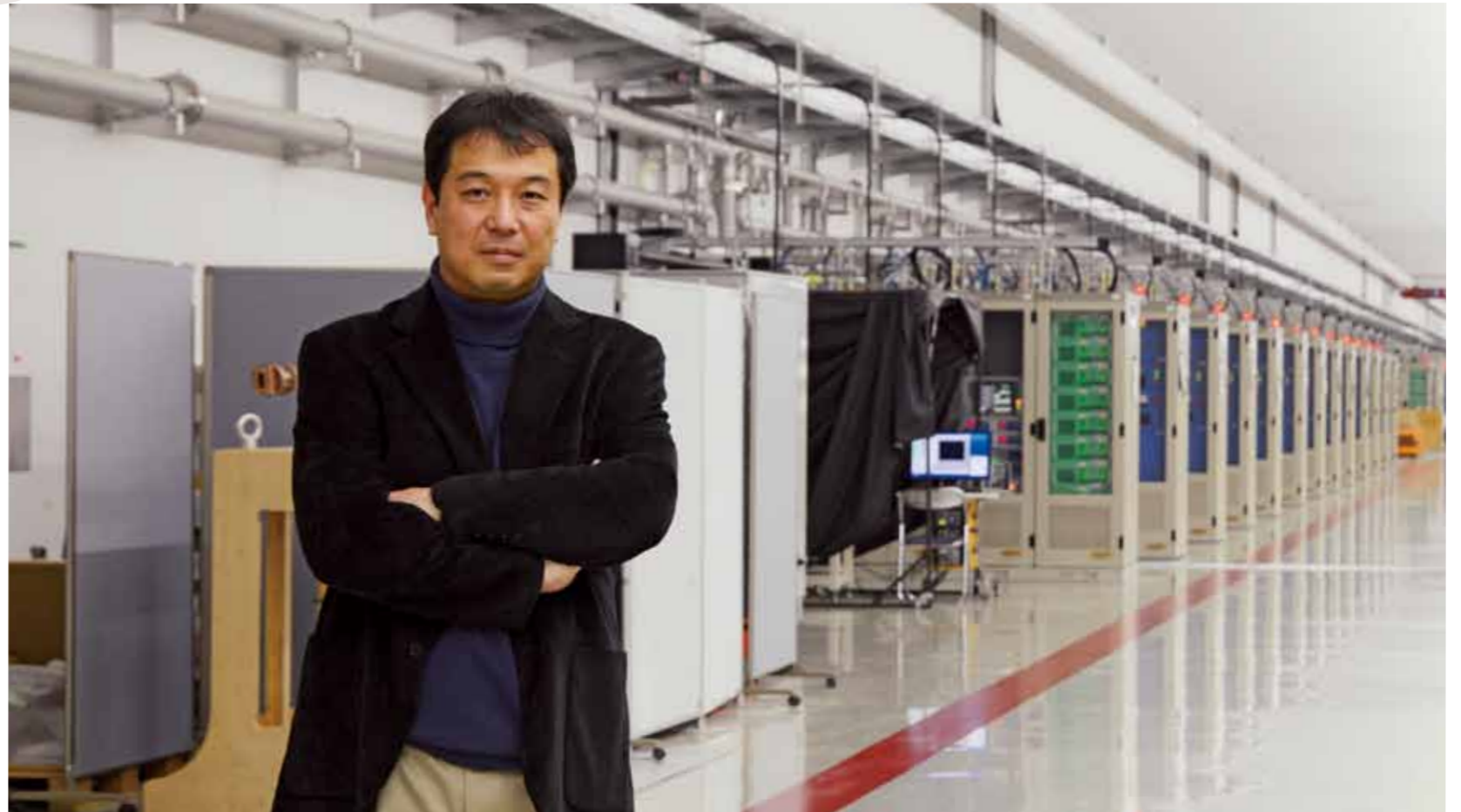
世界一小さなものが見えるX線自由電子レーザー施設SACLA (Spring-8 Angstrom Compact Free Electron Laser)は、2012年の供用運転開始以来、これまで不可能だった実験を実現しています。しかし、SACLAのゴールはまだ先にあるようです。加速器研究開発グループ 先端ビームチームの原 徹チームリーダーらは、SACLAの性能をさらに向上させる二つの新技術を発表しました。

一つ目は、2色のX線レーザーによる実験を可能にする技術です。原子や分子の瞬間的な動きを観察するためには、反応を起こす「ポンプ光」とそれを観測する「プローブ光」の二つの光パルスが必要です。従来は可視光とX線の二つの光パルスを用いていましたが、光パルス間の大きな波長差や時間間隔の精度の低さが実験上の大きな制約になっていました。そこで研究グループは、同じ電子ビームから異なる波長を持つ2色のX線光パルスを発生させ、X線-X線のポンプ・プローブ測定を可能にしました。X線パルスは、電子ビームがアンジュレータと呼ばれる装置の周期磁場を通過するとき発生します。アンジュレータを二つに分け、磁場を独立に変えることで、2色X線レーザーを実現しました。また電子ビームを迂回用のコーナー(シケイン)を通し、迂回量を調整することで、二つの光パルス間の時間差を数10アト秒(アトは100京分の1)で操ることもできます。この世界初の技術により、さらに高精度の観察や小型X線レーザーの原理検証などの新しい実験が可能になります。

もう一つは、電子ビームをオーダーメイドで加速する技術です。SACLAでは、同時に多くの実験ができるようビームラインの増設が計画されています。各ビームラインでは異なる実験が行われ、利用する光の波長も異なります。電子ビームは、光の波長に合わせて最適なエネルギーまで加速しますが、複数ビームラインからの需要に同時に応えられるような新しい電子ビームの加速方法が必要でした。

今回、研究グループは、線型加速器の動作周波数を精密に制御し、電子ビームエネルギーを電子バンチ(塊)ごとに調整することに成功しました。これで、バンチごとに最適なエネルギーを持つ電子ビームを、複数のビームラインに供給することが可能になります。これは、世界各地のXFEL施設やSpring-8のアップグレード計画でも、将来非常に重要となる技術です。

X線による研究の新たな次元を切り拓く大きなポテンシャルを持つSACLA。進化し続けるこの世界一の実験施設は、新たな科学の発見をもたらすことが期待されています。



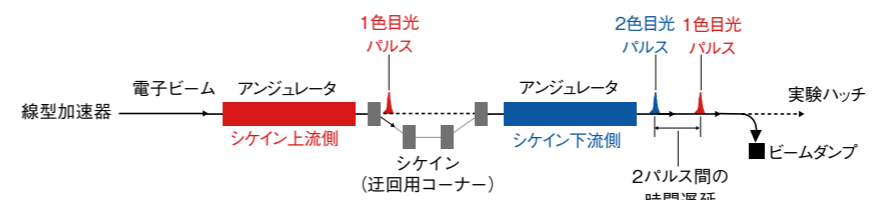
研究担当組織

大型放射光施設「Spring-8(スプリング・エイト)」を中心に、日本の高エネルギー光科学の拠点をつくることを目的として、2005年に設立されました。Spring-8は、1997年の供用開始から16年が経過した今なお世界最高品質の放射光を提供し、国内外の多くの研究者に利用されています。また、国家基幹技術として整備したX線自由電子レーザー施設「SACLA(さくら)」も2012年3月より供用を開始しており、二つの先端研究基盤施設を世界で唯一同じ場所に持つ利点を最大限に活かし、世界最高品質の光を生み出し、広く提供することに加えて、その光を利用して新しい科学技術を切り拓くことをミッションとして活動しています。



センター長
石川 哲也 (D.Eng.)

● SACLA 2色XFELの概念図



シケイン(迂回用コーナー)を全長約120メートルのアンジュレータの途中に設置し、シケインの上流と下流のアンジュレータ磁場を独立に変える。上流側アンジュレータでは1色目の光パルスを、下流側では2色目の光パルスを生成。2パルス間の時間間隔は、シケインの4台の偏向電磁石で電子ビームの迂回量を変えることで、アト秒レベルで調整が可能。

原 徹(はらとる)
放射光科学総合研究センター
XFEL研究開発部門
加速器研究開発グループ
先端ビームチーム

SACLAの性能をさらに
向上させ、最先端の
X線光源を追求します。

リファレンス
2013年12月4日プレスリリース
「2つのX線波長で同時レーザー発振に成功
-新しい実験手法を可能にする新光源-」

仁科加速器研究センター

RNC



研究成果 10年来の謎、魔法数「34」を実証 RIビームファクトリーが これからの原子核研究を拓く

櫻井RI物理研究室
協力研究員 武内 聡

1949年に米、独の研究者によって発見された「魔法数」。原子核のルールを支配するこの特別な数字が、発見から50年以上も経った今、再び注目を集めています。

魔法数と呼ばれるのは「2、8、20、28、50、82、126」という数字です。原子核を構成する陽子と中性子の数が魔法数になると、その原子核が特に安定します。元素周期表で魔法数を探すと、陽子数2はヘリウム、8は酸素、20はカルシウムと、私たちの存在に必要な元素が並びます。一方、中性子数は原子核の性質に影響し、中性子数が異なる元素は同位体と呼ばれます。同位体を含め、どんな原子核でも魔法数は共通しているというのが原子核物理学の常識でした。

しかし、この常識は陽子より中性子の数が多い「不安定原子核」の研究によって覆われました。魔法数は消失したり、出現したりすることが分かったのです。2001年には、東京大学の研究グループが不安定原子核では魔法数がある法則によって変化することを理論的に示し、さらに新たな魔法数34を予測しました。

世界各地でこの予測の実証が試みられましたが、理論で示された原子核を生成し、測定する実験は非常に困難です。結局、魔法数34の証拠を見つけることはできず、理論を疑う声さえ上がるようになりました。しかし、理研の重イオン加速器施設「RIビームファクトリー(RIBF)」の登場によって状況が一変しました。RIBFは世界最多である4,000種類の同位体を生成でき、他の施設では難しい測定が可能で、予測の提唱から12年経った2013年、ついにRIBFにより魔法数34の証拠が発見されたのです。

今回、櫻井RI物理研究室 武内 聡 協力研究員を中心とした国際研究グループは、陽子数20、中性子数34のカルシウム-54(⁵⁴Ca)を生成することに成功しました。彼らは⁵⁴Caの励起エネルギーを正確に測定し、魔法数を持つ原子核の特徴として励起単位(基底状態より高いエネルギー単位)が通常よりも高くなっていることを確認しました。測定されたエネルギー値は、中性子数34を魔法数とする理論モデルでよく説明できることが分かり、ついに34が新しい魔法数であることが実証されました。

⁵⁴Ca生成の成功は、不安定原子核と魔法数の不思議な関係を説明しただけでなく、さらに重い原子核の生成にも有効です。理論的に予想される超重核の安定領域「安定の島」の発見など、今後の原子核研究を加速させることが期待されます。

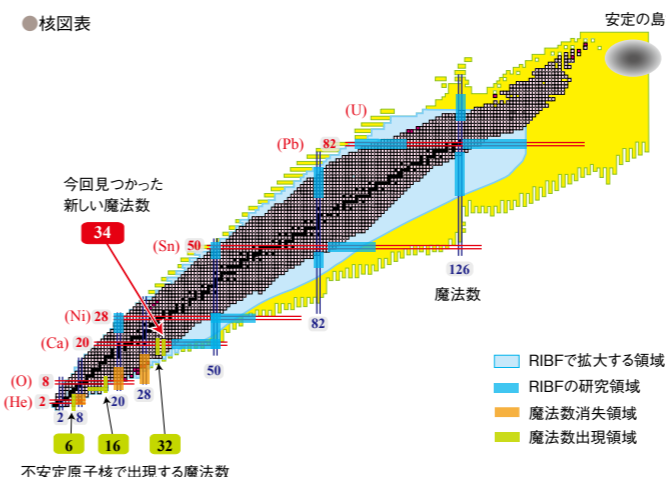


研究担当組織

理研には、1931年の仁科芳雄研究室の開設以来、80余年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理研仁科加速器研究センターが発足しました。また国外においては、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置し、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の解明に取り組んでいます。



センター長
延與秀人 (D.Sci.)



陽子数(縦軸)と中性子数(横軸)に従って、既知および概念上の原子核を、同位体も含めすべて配列したもの。安定な原子核を表す黒い四角の領域に魔法数が現れている。核図表の右上に行くほど、原子核は重く不安定になるが「安定の島」と呼ばれる、超重核の安定領域が存在すると考えられている。

武内 聡(たけうちさとし)
(写真左)
仁科加速器研究センター
櫻井RI物理研究室

RIビームファクトリーを使って、原子核物理学の不思議に迫ります。

リファレンス
2013年10月10日プレスリリース
「重いカルシウムで新しい「魔法数」34を発見
—原子核物理学の夢の1つ「安定原子核の島」到達の
手掛かりに—」

社会知創成事業

イノベーション推進センター

研究成果 有機デバイス実現の土台築く 有機エレクトロニクス量の産産化を視野に、 成膜・材料の基板技術を確立

光電子デバイス工学研究チーム
副チームリーダー 田島右副

薄くて曲げられる有機ディスプレイをはじめ、有機ELや有機太陽電池など、有機エレクトロニクス・有機デバイスは、シリコンなどの無機エレクトロニクスにはない性能を発揮することができます。なかでも電柱などに巻きつけて使用することが可能な有機薄膜太陽電池や有機EL照明への期待が高く、近年では無機材料に匹敵する性能を発揮するほど研究が進んでいます。

現在は積層化を進めることで高性能化を図っていますが、さらに高性能で新しい有機デバイスの工業化となると、材料、成膜技術、機器・装置、環境・安全性などの面で課題があるのも事実です。そこで、有機光電子工学研究チーム(2014年3月末終了)では、「理研でなければできないことをやる」という合言葉のもと、田島右副チームリーダーをはじめとした材料・機器・シミュレーションの研究者が結集。有機デバイスの実用化に向けた基板技術を確立しました。

その一つが、有機半導体薄膜を作り出す「静電噴霧式印刷(Electrospray Deposition: ESD法)」という薄膜技術です。電圧をかけた状態で有機半導体インクをノズルから噴射すると、インクの一つ一つの液滴が電荷を持ち、対向する電極に堆積・固定することができます(図1)。また、絶縁性のマスクを用いたパターンニング、曲面上への塗布も可能で、例えば自動車のダッシュボードで光表示を行う有機EL照明などの曲面デザインへの応用が期待できます。

塗布される側の材料では、ナノ結晶化させた有機材料を水に分散させた「有機半導体コロイドインク(水性コロイド分散液)」を開発(図2)。太陽電池で使用する有機p型材料、有機n型材料、発光/電子輸送材料のいずれのインク開発も進んでいます。従来の有機インクのように溶媒を使って相変化(高配向性の結晶化)させる必要がないため、有毒な有機溶媒が不要となり、環境性、安全性ともに向上させることが可能です。さらに、ESD法と組み合わせることで、濃度・粘度が低いという有機半導体コロイドインクの弱点を補うこともできます。

また、理研と埼玉大学が中心となり、装置・材料・素子開発などを行う民間企業5社との共同で「新世代塗布型電子デバイス技術研究組合(ECOW: ESD technique for Colloidal Organic semiconductor dispersed into Water)」を設立。2014年4月には「産業界との融合的連携研究制度」に移行して理研内に光電子デバイス工学研究チームが新設され、有機エレクトロニクスの早期実現をはじめ、各組員の技術を統合したグリーン・イノベーション、医療や介護分野における生体適合デバイスなどの新産業の創出を目指します。



研究担当組織

社会知創成事業では、理研内の研究センター間の連携を促進し、これまで研究者や各研究センターが個別に生み出してきた「個人知」「センター知」を連携・融合させて「理研知」として展開します。さらに、企業など外部機関との連携を活かに行い、「理研知」を「社会知」へと発展させ、理研の成果を社会に還元していく取り組みを作ります。

イノベーション推進センターは、野依理事長の方針「世の中の役に立つ理研」を実現するため、「挑戦から達成へ」を合言葉に、産業界のニーズを重要視した連携活動に取り組んでいます。イノベーション創出に向けた取り組みである「ハトゾーン」、すなわち、「技術移転を効果的に進めるため、理研の研究者と産業界の研究者が一定の期間、同じ方向に全力で突き進む場」を設け、両者一体となった研究開発を実施することにより、研究成果の社会への活用・実用に向けた企業等への橋渡しを効果的に推進しています。



社会知創成事業本部長 兼
イノベーション推進センター長
藤田明博

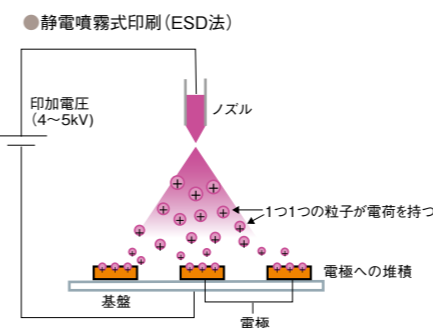


図1 ノズルの先端に高電圧を加えると液体がスプレーされるエレクトロスプレーという現象を応用。従来の成膜技術である真空蒸着とは異なり、常温・常圧下で稼働することができ、低濃度インクでも成膜できるのが特徴。

有機半導体コロイド/水分散液の調製(分散剤不使用)



図2 溶媒に溶かすのではなく、有機材料を再沈法によりナノ結晶コロイド化。水に分散(溶かさない)させてインクとして使用する。

田島右副(たじまゆうすけ)
(写真中央)
イノベーション推進センター
光電子デバイス工学研究チーム

有機エレクトロニクスの
新産業創出を目指して、
民間企業などと共同で
革新的なデバイス製造技術の
実用化を進めます。

社会知創成事業

バイオマス工学研究プログラム



研究成果 光合成でバイオプラスチック生産

ラン藻の光合成により、世界最高効率でのバイオプラスチック生産を実現

環境資源科学研究センター バイオマス工学連携部門 合成ゲノミクス研究チーム
チームリーダー 松井 南

微生物によって作り出されるバイオプラスチックは、飲料容器や車の内装、パソコンなど、身の回りのあらゆる用途で使われています。バイオプラスチックの中には生分解性を備えるものもあり、埋設処理しても地中に残留してしまう石油由来のプラスチックに比べて環境負荷が低く、CO₂削減にもなると期待されています。

バイオプラスチックの一つである「ポリヒドロキシアルカン酸(PHA)」は“天然のポリエステル”とも呼ばれ、植物が光合成により作り出した糖などを養分として、微生物が合成します。しかし、微生物にPHAを合成させるには、特別な培養環境や養分となる大量の糖(グルコースなど)を用意する必要があり、生産コストが高くなるという問題がありました。また、生産効率の低さや成育に時間がかかることなどもバイオプラスチック生産の上での課題だとされています。

環境資源科学研究センター バイオマス工学連携部門 合成ゲノミクス研究チームの松井 南チームリーダーと、マレーシア科学大学による共同研究グループでは、ラン藻に微生物の遺伝子を導入し、光合成だけで高効率にPHAを生産することに成功しました。この研究成果により、糖を含まない無機塩類の培養液と太陽光があれば、大気中のCO₂からバイオプラスチックの生産が可能になります。

研究では、他の栄養源を必要とせず、CO₂を炭素源として光合成を行う藻類に着目。藻類の中でも特に繁殖力が大きいラン藻に、PHA産生に必要な微生物由来の遺伝子を導入して光合成を行いました。その結果、ラン藻の乾燥重量の14%にあたるPHAの合成を実現しました。この値は、光合成のみで合成されたPHAとしては世界最高値になります。さらに、炭素源として0.4%の酢酸を加えたところ生産効率は向上し、ラン藻の乾燥重量の41%という、世界最高レベルのPHA生産にも成功しました(図)。

光合成によるバイオプラスチックの生産技術については世界中で研究開発が進められていますが、産業化における問題は少なくありません。しかし、今回の研究成果により、高効率かつ安定的なバイオプラスチック生産が実現すれば、安価でのバイオプラスチック製品の供給も可能になります。また、ラン藻からはゴムの主成分であるイソプレンやバイオエタノールのイソブチルアルコールなどの化合物の生産も報告されており、他の物質生産への応用も考えられます。



研究担当組織

当プログラムでは、以下の三つの戦略目標を掲げ、植物バイオマス生産から化成品材料、バイオプラスチック(最終製品)につなげる革新的で一貫したバイオプロセスの確立に資する研究・技術開発を実施し、企業・大学・国際連携を進めながら、得られた成果を国内外へ展開していきます。

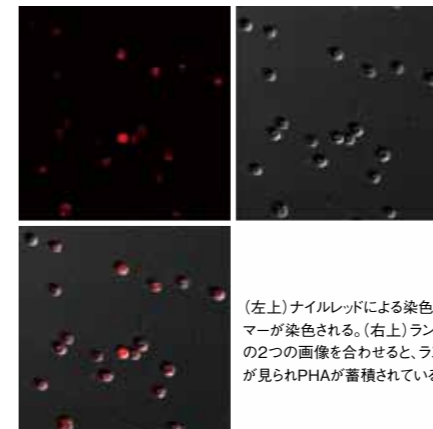
- ◎戦略1 植物の機能強化による「高生産性・易分解性を備えたスーパー植物」の開発
- ◎戦略2 バイオテクノロジーを活用した化学製品原料の効率的な「一気通貫合成技術」の確立
- ◎戦略3 ポリ乳酸に並び立つ「新たなバイオプラスチック」の探求



プログラムディレクター
篠崎一雄 (D.Sci.)

松井 南(まついみなみ)
(写真左)
環境資源科学研究センター
バイオマス工学連携部門
合成ゲノミクス研究チーム

遺伝子情報を駆使して
光合成によるマテリアル
生産を実現します。



(左上) ナイルレッドによる染色。PHA等の脂質、ポリマーが染色される。(右上) ラン藻の細胞。(左下) 上の2つの画像を合わせると、ラン藻の細胞内に蛍光が見られPHAが蓄積されていることが予想される。

リファレンス
Lau, N.S., Foong, C.P., Kurihara, Y., Sudesh, K. & Matsui, M. RNA-Seq analysis provides insights for understanding photoautotrophic polyhydroxyalkanoate production in recombinant *Synechocystis* sp. *PLoS One*. 2014 Jan 22; 9(1): e86368. doi: 10.1371/journal.pone.0086368 (2014).

社会知創成事業

創薬・医療技術基盤プログラム



ランチミーティング風景

研究成果 白血病を標的とした化合物同定 急性骨髄性白血病の 治療薬につながるものが期待

統合生命科学研究センター ヒト疾患モデル研究グループ
グループディレクター・主任研究員 石川文彦
同グループ 上級研究員 齊藤頼子
社会知創成事業 創薬・医療技術基盤プログラム
マネージャー 深見竹広

白血病は、白血球や赤血球、血小板など血液の成分である血液細胞が「がん」になる病気です。中でも急性骨髄性白血病は、骨髄にあるリンパ球以外の血球細胞のもととなる幹細胞ががんとなるもので、遺伝子の異常により起こります。骨髄で白血病幹細胞が増殖して白血病細胞へと分化するため、幹細胞以外の白血病細胞を治療しても、白血病幹細胞がすぐに白血病細胞をつくります。白血病を完治させるためには、すべての白血病幹細胞を死滅させることが必要です。

免疫・アレルギー科学総合研究センター(現:統合生命科学研究センター)ヒト疾患モデル研究グループ 石川文彦グループディレクターを中心とした研究グループは、創薬・医療技術基盤プログラムの基盤ユニット、国家公務員共済組合連合会虎の門病院血液科の多大なる協力のもと、たくさんの患者の白血病細胞に共通して発現するHCKと呼ばれる分子に着目し、研究を進めました。HCKはリン酸化酵素の一種で、白血病細胞の生存や増殖に関わると考えられています。共同研究チームは、数万種ある化合物ライブラリーからHCKの活性を阻害する分子を抽出し、さらにHCKに強く結合する低分子化合物「RK-20449」を同定しました。そして、この化合物のヒト白血病幹細胞に対する効果を調べました。

まず、試験管内の患者由来の白血病細胞について調べたところ、RK-20449の濃度に依存して、白血病細胞が死滅することが確認できました。次に、患者さんの白血病症状を再現するマウスをつくり、RK-20449を投与したところ、血液からほとんどすべての白血病細胞がなくなり、2カ月後には、骨髄でも白血病幹細胞をはじめとするすべての白血病細胞が死滅しました。急性骨髄性白血病が進行すると、赤血球がつかられなくなるので貧血になり、骨髄は白くなります。また脾臓が肥大します。このような状態のマウスに、従来の抗がん剤を投与しても、症状に変化はありませんでしたが、6日間毎日RK-20449を投与すると、貧血や脾臓の肥大が改善しました。さらに、52日間投与し続けると、血液中で白血病細胞が再び増加することはなく、骨、脾臓ともに正常に近い外観を示しました(図)。

このように低分子化合物RK-20449は、急性骨髄性白血病のマウスにおいてこれまでなかなか死滅させることのできなかった白血病幹細胞を死滅させ、症状を改善する効果があることが認められました。新たな白血病根治薬の実現に向け、精力的に研究が続けられています。



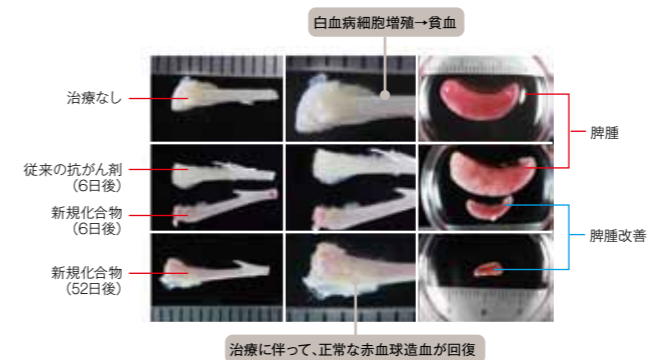
研究担当組織

創薬・医療技術基盤プログラムは、理研の各研究センターや大学等で行われるさまざまな基礎疾患研究から見いだされる創薬標的(疾患関連タンパク質)を対象に、各研究センターが設置する創薬基盤ユニットが連携して医薬品の候補となる低分子化合物、抗体等の新規物質を創成し、知的財産の取得を目指す創薬・医療技術テーマを推進するとともに、非臨床研究段階のトランスレーショナルリサーチである創薬・医療技術プロジェクトを支援しています。最終的には、これらを適切な段階で企業や医療機関に移転することを目指しています。



プログラムディレクター
後藤俊男 (D.Agr.)

●化合物投与による骨髄での白血病細胞減少・正常造血回復・脾腫消失



上段:急性骨髄性白血病が発症すると、骨髄では赤血球など正常な血液の産生ができず、貧血(真っ白になった骨髄)になる(中)。脾臓ではヒト白血病細胞が充満し、腫大する(右)。
中段:従来の抗がん剤を投与しても貧血と脾腫に改善は認められない(中、右の上側)。
一方、RK-20449を6日間毎日投与すると、貧血・脾腫ともに速やかに改善した(中、右の下側)。
下段:RK-20449を52日間毎日投与すると、骨・脾臓ともに、正常に近い外観を維持した。

石川文彦 (いしかわふみひこ)
(写真中央右)
統合生命科学研究センター
ヒト疾患モデル研究グループ
齊藤頼子 (さいとうよりこ)
(写真右2人目)
同グループ
深見竹広 (ふかみたけひろ)
(写真中央左)
社会知創成事業
創薬・医療技術基盤プログラム

リファレンス
[Science Translational Medicine] オンライン版
(2013年4月17日号)掲載
Saito et al. "A pyrrolo-pyrimidine derivative targets human primary AML stem cells in vivo".
Science Translational Medicine, 2013

社会知創成事業

予防医療・診断技術開発プログラム

基礎科学と医療の融合

研究成果

医療ニーズに応える理研シーズを活かした
独自技術の開発・実用化を目指す

プログラムディレクター 林崎良英

日本の高齢者(65歳以上)人口は、2012年に3千万人を超え、総人口の24.1%に達しました。2060年には高齢化率は39.9%に高まり、女性の平均寿命は91歳、男性は84歳と予測されています(「高齢社会白書」内閣府)。加速する高齢化に伴い、医療費や介護費などを含む社会保障費に占める高齢者関係給付費は70兆円を超え、今後も増加が見込まれます。

“ジャパン・シンドローム”とも呼ばれるこうした深刻な状況を克服していく方策の一つが、「健康寿命の延伸」による労働力の確保や生涯医療費・介護費の抑制です。そして、そのための重要な鍵といわれるのが、治療としての医療だけでなく、病気になる前に、病気にならないようにする「予防医療」という考え方です。

1990年代から、理研で生命現象を分子レベルのシステムとして理解するための基礎研究に取り組み、ゲノム(全遺伝情報)科学の基盤構築に多大な貢献を果たしてきた林崎良英プログラムディレクターは、「遺伝情報や遺伝子産物には、予防医療を進めていくために欠かせない貴重な情報が数多く含まれている」と話します。かつてゲノム科学を医療に役立てることを目的に、米国NIH(国立衛生研究所)は「4P医療」を掲げました。「Personalized(個別化医療)」「Predictive(予測医療)」「Preventive(予防医療)」「Participative(参加型医療:患者をはじめ基礎研究者や企業が参加する医療)」の4つです。林崎プログラムディレクターは、さらに「Preemptive(先制医療)」と「Point of Care(ポイント・オブ・ケア)」を加えた「6P医療」が、これからの時代の医療には必要」と言います。先制医療は、発症前に治療介入することによって発症を防いだり遅らせてたりする医療(乳がんの予防的乳房切除手術など)であり、ポイント・オブ・ケアは、治療が手遅れにならないように、検査したその場ですぐに結果が出るバイオマーカー(生体情報を定量化した指標)などの診断技術を活用する医療です。

予防医療・診断技術開発プログラムは、こうした6P医療を実現するため、理研が持つさまざまな基礎研究成果(シーズ)を医療機関や企業との連携を図りながら医療科学に展開し、医療現場のニーズに応える最先端技術として実用化させていくことを目指しています。

「私たちは、理研シーズと医療ニーズをつなぐだけのコーディネーターではありません。そこに新しいアイデアを注入し、理研ならではの独自性のある技術を生み出し、確実に社会実装していくことが重要です」と林崎プログラムディレクター。現在、理研の成果である核酸検出診断法を用いた迅速・高感度なインフルエンザ診断キットの開発をはじめ、がん細胞の転移予測マーカーの探索や院内感染対策技術、遺伝子検査の低コスト化技術の開発などが進められています。



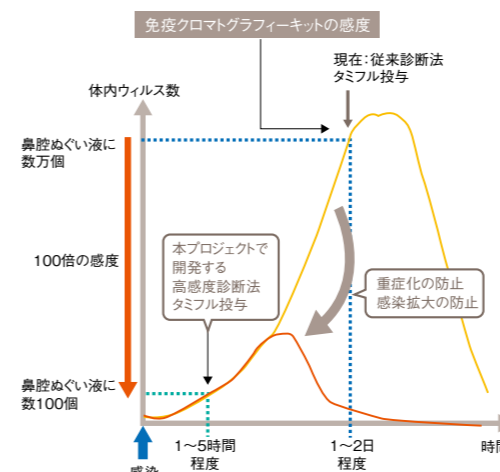
研究担当組織

「理研のシーズを企業のニーズへ」「理研のシーズを病院のニーズへ」という理念を展開するため、当プログラムでは、企業や病院を、理研の各研究センターの横断的連携と結びつけて企画立案し、疾患の発症および疾患の進行状態を「計測・検出・予測」する医療技術の開発を推進しています。さらに、単なる最終段階の商品開発にとらわれず、基礎研究から実用化までの企業連携を行い、実際に医療現場で使われるように社会実装することを目指します。バイオマーカーの探索や診断法の開発等の個々の医療技術開発だけでなく、初診から長期モニターまでの診療全工程をカバーするトータル・ヘルスケア・システムにまで展開したいと考えています。



プログラムディレクター
林崎良英 (M.D., Ph.D.)

●新規核酸インフルエンザキットの必要性



1. 感度
感度が悪いと、発見が遅れ、命を落とすこともある。
2. 迅速性
1~2時間で容態が急変する。重症化する。他者への感染性が上がる。
3. 簡便性
外来は、まるで戦場! ビバットマン操作は、その場で看護師さんがやってくれない。
4. 検査対象
投薬のためには、A型B型が検出できることが重要。

林崎良英(はやしざきよしひで)
(写真左)
予防医療・診断技術開発プログラム

理研シーズと医療ニーズをつなぐだけでなく、独自性のある最先端技術の実現を目指します。

新興・再興感染症研究ネットワーク CRNID 推進センター

情報基盤センター ACCC

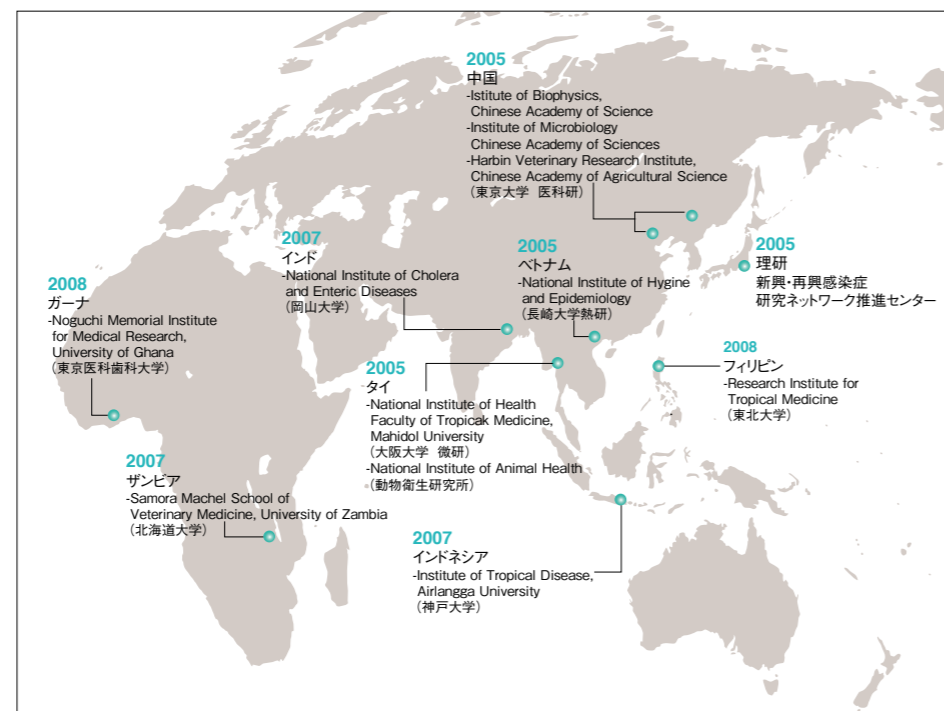
研究紹介 **感染症へ挑む研究国際ネットワーク**
世界と日本の安全・安心のために
国境を越えた共同研究を強化

文部科学省は2005年より「感染症研究国際ネットワーク推進プログラム(J-GRID)」を推進しています。これは日本の8大学、2研究機関が、新興・再興感染症が発生、あるいはその恐れのある8カ国(アジア6カ国、アフリカ2カ国)に13の感染症研究拠点を設置し、現地に研究者が常駐して相手国研究者と共同研究を進めるといった事業です。

J-GRIDは、国内で実施困難な研究を流行国現地で実施するとともに、研究者の人材育成を図っています。また研究を通して海外から日本国内に侵入の恐れのある感染症対策や、世界全体の公衆衛生にも貢献することを目的としています。

新興・再興感染症研究ネットワーク推進センター(CRNID)はJ-GRID推進・支援機関として設置されました。CRNIDは拠点をネットワーク化するとともに、研究拠点の運営支援、研究動向調査、共同研究のコーディネート、感染症情報収集ならびに研究シンポジウムの開催、アウトリーチ活動など、さまざまな活動を行っています。

また、J-GRIDは、2014年度から、健康・医療戦略推進本部の下で各省が連携して医療分野の研究開発を推進する取り組みの一つである「新興・再興感染症制御プロジェクト」の一翼を担うことになりました。



研究担当組織


新興・再興感染症研究ネットワーク推進センター(CRNID)は、J-GRID推進・支援機関として研究拠点の運営支援や広報活動に力を入れています。



センター長
永井美之 (M.D., Ph.D.)

研究担当組織

情報基盤センターはスーパーコンピュータを含む情報基盤の整備、運用を行うだけでなく、2013年度から研究ユニットを新設し、計算科学やライフサイエンスに関する研究を行っています。



センター長
姫野龍太郎 (D.Eng.)

研究紹介 **世界最高の実験・解析手法を開発**
超大規模並列計算に適した手法で
血小板血栓生成に至る力学的機構も明らかに

計算工学応用開発ユニットでは血小板血栓生成に至る力学的機構を明らかにすることを目的として、血流が内包するマルチスケール、マルチフィジックスの性質を考慮した解析を実施しています。連続体力学の枠組みの中で、大量の赤血球と血小板を含む血流の動態を予測するため、超大規模並列計算に適した流体・構造/膜連成法を開発しています。また、血小板表面と血管損傷箇所が存在するタンパク質同士の分子的相互作用を確率論的に扱う方法を組み入れて、Ligand-Recetor結合を捉えています(図1)。

バイオインフォマティクス研究開発ユニットでは、需要が高まっている超並列型DNAシーケンサーのデータ解析・実験手法の研究を行い、将来的に、データ解析環境や試薬キットなどの理研内外への提供を目指しています。2013年度は、1細胞が持つmRNAの量をくまなく調べる実験手法Quartz-Seqとデータ解析システム構築に成功しました。この手法は世界最高の再現性・精度、遺伝子検出数を誇ります。さらに再生医療で利用する細胞集団に含まれる不均質な細胞を検出するための応用研究も行っており、有効で安全な再生医療の早期実現に貢献しています。さらに高度なコンピュータ操作に慣れていない実験生物学者のために、クラウドコンピュータと仮想化技術を利用して、シーケンスデータ解析環境を提供するための研究開発を行い、試験運用を開始しました(図2)。

ゲノミクス応用開発ユニットでは、安全かつ慎重に行われるべき臨床情報と大量に産出されるオミックスデータの双方を適切に扱う情報システムの開発と、これを運用することによる実プロジェクトへの貢献を目指しています。

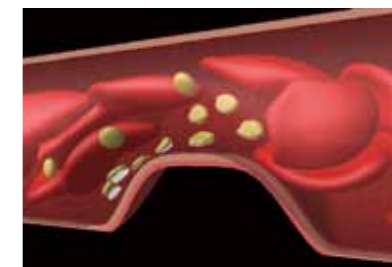


図1 血管狭窄部への血小板付着の様子

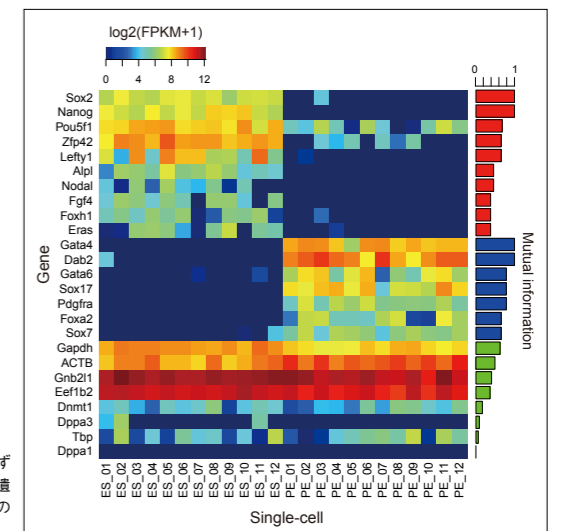


図2 2種類の1細胞(ES, PE)について、それぞれ12細胞ずつ、全遺伝子の転写量を測定した。2つの細胞種を区別する遺伝子が発見できている。また両方の細胞種で、転写量の変化のない遺伝子についても、正しく変化量がないと測定できている。

HPCI計算生命科学推進プログラム

HPCI

研究成果

計算生命科学を育むスパコン「京」

実験と計算の両りある協力関係ではばたく
生命科学の世界

副プログラムディレクター 江口至洋

コンピュータの発展は研究を大きく変えています。物理学、化学、材料工学など、幅広い分野でコンピュータを活用する計算科学が取り入れられ、大きな成果を上げています。生命科学の分野でも計算科学の活用が進んでいますが、生命科学は扱う対象が複雑なので、さまざまな生命現象を数理モデルとして表現し、解くことが難しい分野です。しかし、1秒間に1京回の演算ができるスーパーコンピュータ「京」が誕生したことを契機に、コンピュータを使って生命科学の課題を解決する計算生命科学の分野を大きく育てていこうという気運が高まっています。その中心となっているのが、HPCI計算生命科学推進プログラムです。

HPCI計算生命科学推進プログラムは、文部科学省が推進するHPCI戦略プログラム5分野のうち、分野1「予測する生命科学・医療および創薬基盤」の代表機関です。現在、分野1では「細胞内分子ダイナミクスのシミュレーション」、「創薬応用シミュレーション」、「予測医療に向けた階層統合シミュレーション」、「大規模生命データ解析」の4つの課題に取り組んでいます。どの課題も「京」の計算能力を活かして、生命科学の新たな可能性を引き出そうとしています。

計算生命科学を推進する上で重要になってくるのが、実験生命科学研究者との連携です。「京」の計算能力の高さが社会的にも注目され、大きなニュースとなりました。そのため民間企業を含め多くの実験生命科学者が、「京」の高い能力を実験現場での問題解決に役立てられないかと期待しています。

両者の橋渡しをしたり、「京」で開発されたソフトウェアを活用しやすい環境を整えたりしているのが、江口至洋 副プログラムディレクターです。現在、生命科学の分野では次世代シーケンサーをはじめ、実験データがビッグデータ化し、解析が追いつかない状況です。それが少しでも改善するように、江口副プログラムディレクターらは、実験生命科学研究者向けに計算生命科学の最先端を知ってもらうための講習会、セミナー、シンポジウムなどを開催しています。また、大学生には計算生命科学の学際性を説き、さらに高校生には「これからの生物学を学ぶためには物理学や化学、数学などを広く学ぶ必要があるよ」と伝え、5年後、10年後に次世代の計算生命科学を担う人材を育てるための取り組みを続けています。

研究担当組織

2011年4月に設立されたHPCI計算生命科学推進プログラムは、文部科学省が推進するHPCI戦略プログラム5分野のうち、分野1の戦略機関として、スーパーコンピュータ「京」を用いた研究開発および計算科学技術推進体制の構築に向けた研究を実施しています。生命科学分野で世界最高水準の研究成果を生み出し、医療や創薬などへの応用を推進し、社会への還元を目指します。

※戦略5分野
(分野1) 予測する生命科学・医療および創薬基盤、(分野2) 新物質・エネルギー創成、(分野3) 防災・減災に資する地球変動予測、(分野4) 次世代ものづくり、(分野5) 物質と宇宙の起源と構造。



プログラムディレクター
柳田敏雄 (Ph.D.)



江口至洋 (えぐちゆきひろ)

HPCI計算生命科学推進プログラム

5年後、10年後の
計算生命科学を担う人材が
育つことを切に
願っています。



スーパーサイエンスハイスクール指定校 (岡山県立玉島高等学校) で行われた、計算生命科学についての出張授業の様子。

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。

環境問題への貢献・復興支援

理研の研究者は、地球環境および食糧問題の克服や、2011年3月に発生した東日本大震災からの復興を支援するための研究にも積極的に取り組んでいます。

食べられる有効成分でつくった農薬で食糧問題に貢献

社会知創成事業イノベーション推進センター 有本特別研究室の有本 裕 特別招聘研究員らの研究グループは、食品や添加物を植物病害虫の防除に用いるというコンセプトのもと、「SaFE (Safe and Friendly to Environment)」農薬の開発を進めています。かつて、ふくらし粉や胃薬の成分である重曹をみかん果実に処理すると高い抗菌効果があることを発見、うどんこ病に効果的な農薬を開発しました。しかし、散布した重曹が一定条件下で結晶化し、それが夜露に溶け、葉害を引き起こすことが判明しました。結晶化を抑制することを目的に研究を続けたところ、有効成分をグリセライドでコーティングすると水に溶解しても均一な水溶液とはならず、有効成分がグリセライドの皮膜に包まれた高濃度な液滴として存在することを見いだしました。これにより、従来よりも低濃度で高い病害防除効果を発揮できる重曹を有効成分とするカリグリーン水溶剤を実用化することができました。SaFE農薬「カリグリーン」はこうした試行錯誤によって開発され、環境基準に厳しい米国カリフォルニア州の有機ワイン用ブドウ栽培の9割以上に使用されています。さらなる研究の結果、今日では6種類のSaFE農薬で17種類の病害虫防除が可能になりました。

地球上の限られた耕作地で65億超の人口を養うには、安全な農薬が不可欠です。今後は、植物にカビが侵入するメカニズムの解明にも取り組み、食糧安定供給への貢献を目指していきます。

ラン藻で環境問題に挑む

バイオプラスチックは、生物資源由来であること、または、生分解性を有するという特性を持つプラスチックであり、環境負荷が少ない材料として注目されています。代表的なバイオプラスチックであるポリヒドロキシアルカン酸(PHA)は、価格変動が大きい糖や樹脂を原料に生産されているため、コストが課題となっていました。

光合成を行う微生物「ラン藻」は、窒素やリンの欠乏時に、光と二酸化炭素だけでPHAの一種であるポリヒドロキシ酪酸(PHB)を合成します。環境資源科学センター 代謝システム研究チームの小山内 崇 研究員を中心とする研究グループは、PHBの生産が可能ラン藻「シネコシステリス」を使い、将来的には低コストでの安定生産が可能となるよう、これまでにない新しい生産手法の開発に取り組みました。PHBを作る酵素の司令塔である2種類のタンパク質「Rre37」と「SigE」を発見し、この2つのタンパク質量を同時に増やしたラン藻を遺伝子改変によって作り、通常のラン藻の3倍のPHB生産量を得ることに成功しました。

今後はこのPHBのさらなる生産量の増加に取り組み、環境問題の解決に貢献することを目指します。

●開発したSaFE農薬



●ラン藻からつくられたPHB



耐塩性イネ、被災地へ

被災地の塩害問題の解消に役立てようと、仁科加速器研究センター 応用研究開発室の阿部知子 室長らは耐塩性イネの品種開発に取り組んでいます。

阿部室長らは、炭素、鉄などの重イオンビームを加速して植物などに突然変異を誘発させる「重イオンビーム育成技術」により、これまでにベチュニア、サクラ、清酒用酵母などの新品種を実現。この技術を用いて、3年という短い歳月で耐塩性のイネ「日本晴」の作出に成功し、4系統の耐塩性系統を選抜していました。

2011年の東日本大震災直後、宮城県古川農業試験場から「宮城県ブランド米の耐塩性イネを育成したい」との相談を受け、同年4月に「ひとめぼれ」、「まなむすめ」の種子に重イオンビームを照射、その年のうちに候補系統選抜用の次世代種子を得ました。そして、2012年、2013年に東北大学灌水生態系野外実験施設の塩害水田にて耐塩性候補系統の選抜が行われ、719系統より現在12系統にまで絞られています。

阿部室長らは、塩害に悩む被災地の農地で早く栽培できるよう研究を進めています。



耐塩性系統を選抜中の塩害水田。左側が「ひとめぼれ」、右側が「まなむすめ」。

ワカメ新品種で三陸復興に貢献

食用海藻類の宝庫である三陸沿岸は、国産ワカメの約7割を生産していましたが、東日本大震災で養殖施設などが被害を受け、生産量が減少しました。仁科加速器研究センター 応用研究開発室生物照射チームの平野智也 協力研究員らは、重イオンビーム育種技術を有する理研と理研食品株式会社(東京都千代田区)との共同研究により、三陸特産の海藻類の新品種を育成し、三陸地方の復興に貢献することを目指しています。

重イオンビームを照射して有用系統を選抜するには、制御した環境下で個別別に栽培する必要があるため、陸上養殖技術の開発が必須でした。平野研究員らは、岩手県水産技術センターと協力して浮遊回転式陸上養殖装置(特願2012-179771号)を開発。これにより、ワカメおよびコンブの陸上完全養殖が可能となりました。

現在、この陸上養殖装置を使って、重イオンビームを照射したワカメの中から有用変異体選抜に取り組んでいます。生産者ニーズが高い早生系統や機能性成分が多いワカメを育成できれば、新たな市場を開拓できます。さらに、本来の三陸ワカメの美味しさを保つ新芽ワカメの製品化と、その安定生産のための新たな養殖ビジネスモデルの可能性を調査しています。



陸上水槽装置を使い、早く大きくなるワカメの選抜に取り組んでいる。

研究成果・研究協力

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現れています。

理研は国内外の研究機関・大学とさまざまなレベルの研究協力協定・覚書・共同研究契約等を結んでいます。その内容は研究者・学生等の交流やセミナー・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.74参照) も含まれます。

年間論文数とそれらの被引用状況

理研は2004年以降、年間2,000報以上の論文発表を続けており、2013年は2,629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2004年以降、20%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。2012年の被引用数上位10%の論文の割合は25%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。

論文の被引用数

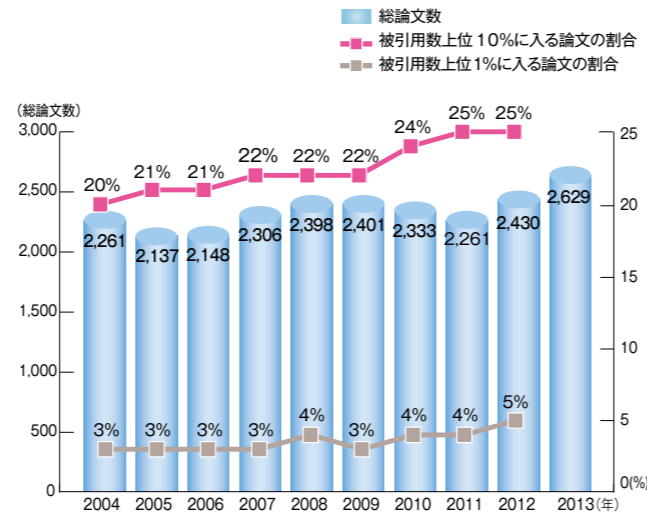
理研の約10年間の論文数は21,954報で、これらの被引用数はのべ約40万回にのぼります。1論文あたりの平均被引用数は、18.92回であり、世界的に見ても高い回数となっています。

理研の特徴は質の高い論文の割合が高いことで、2014年のトムソン・ロイター社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5位となっていますが、高被引用論文の割合は2.25%で発表された20機関中2位であり、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、「Essential Science Indicators」で定義されている22分野のうち13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。物理学、化学、生物学・生化学等々と、幅広い分野で研究成果をあげています。

*トムソン・ロイター社プレスリリース(2014年4月15日付)

●理研の年間論文数とそれらの被引用状況



※ドキュメントタイプはArticle、Reviewに限定
トムソン・ロイター社のデータベースをもとに作成(2014年5月9日時点)

●理研の論文の被引用数に関するデータ

(対象期間:2004年1月~2014年2月)

分野	論文数	被引用数	1論文あたりの被引用数
分子生物学・遺伝学	2,849	91,318	32.05
物理学	6,370	82,257	12.91
生物学・生化学	2,952	52,076	17.64
植物学・動物学	1,257	38,329	30.49
神経科学・行動科学	1,572	32,916	20.94
化学	2,458	32,658	13.29
免疫学	635	26,629	41.94
臨床医学	1,085	21,240	19.58
材料科学	471	6,909	14.67
微生物学	387	4,592	11.87
薬理学・毒物学	257	2,801	10.90
計算科学	360	2,428	6.74
工学	379	1,911	5.04
上記分野も含む全分野	21,954	415,348	18.92

トムソン・ロイター社のデータベースをもとに作成

包括協定・覚書の締結

これまでに、ドイツのマックスプランク研究所、フランスのパストゥール研究所をはじめ、世界トップクラスの研究機関・大学との間で研究協力協定・覚書等を締結して理研の研究の効果的な推進に努めている一方、各国の政府機関とも覚書を締結し、組織的な連携を図っています。これらを通じて世界における理研の存在感を高めることにもつながっています。

2013年度は、海外ではインドのジャワハルラルネルー先端科学研究所およびインド科学大学、国立生物科学センターコンソーシアム、インド科学技術省生物工学局、中国の清華大学、中国科学院上海光学精密機械研究所、国内では東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構との間で、主要な協定(または覚書)を締結しました(右の表)。このほかにも、研究センターレベルの協定や連携大学院協定が新たに結ばれ、2013年度末現在、海外48カ国・地域との間で、のべ469の協定や覚書等を締結しています(右のグラフ)。

これらの協定、覚書をもとに、ドイツのマックスプランク研究所、韓国の生命工学研究院(KRIBB)、中国の西安交通大学、マレーシアのマレーシア科学大学との連携研究センター(室)の設置に加え、新たに中国の科学院上海光学精密機械研究所には連携研究室を、清華大学には連携講座を設置し、グローバルな研究ネットワーク・拠点での連携協力が進展しています。

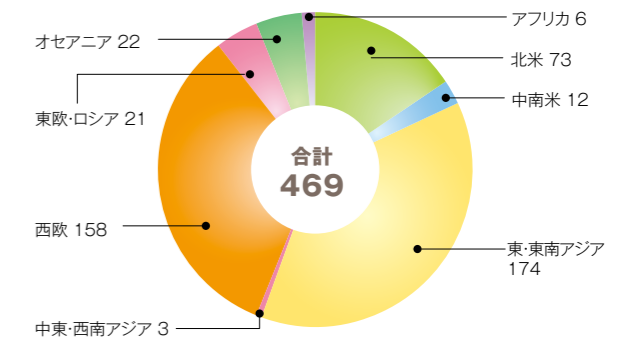
●2013年度に締結した主要な協定・覚書

相手機関	種類	発効年月
ジャワハルラルネルー先端科学研究所およびインド科学大学(インド)	包括的学術研究協力・交流覚書	2013年6月
国立生物科学センターコンソーシアム(インド)	包括的学術研究協力・交流覚書	2013年9月
インド科学技術省生物工学局(インド)	包括的協力覚書	2013年9月
清華大学(中国)	学術研究協力・交流覚書	2013年11月
東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構	研究連携協定	2013年12月

2014年3月31日現在で、主要な協定・覚書を締結している機関は、海外16カ国・地域の32機関、国内9機関

●海外締結協定・覚書等の数の地域分布

*2014年3月31日現在



インドのジャワハルラルネルー先端科学研究所およびインド科学大学との調印式にて(2013年9月16日)(左から、M.R.S.Rao所長、Balaram学長、C.N.R.Rao名誉所長、野依理事、D.D.Sarma学科長)。



東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構との研究連携協定調印後(2013年12月16日)(前列左から初田GD、川合理事(理研)とKavli IPMUの村山機構長、杉本教授、後列はiTHESとKavli IPMUの研究者等)。

技術移転・産業界との連携

理研の成果を社会に活かすために、特許出願に力を入れると同時に、産業界への技術移転の具現化を目指した制度を運用しています。

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、それを具現化する次の5つ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

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制度で、企業と理研が一体となって研究開発を進めています。

特別研究室制度

優れた研究者を招聘し、特別に研究を推進するため、企業等から受け入れる研究資金で運営しています。

産業界との連携センター制度

企業からの提案をもとに、理研の各研究センター内に「連携センター」を設置し、中・長期的なテーマに取り組む制度です。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。

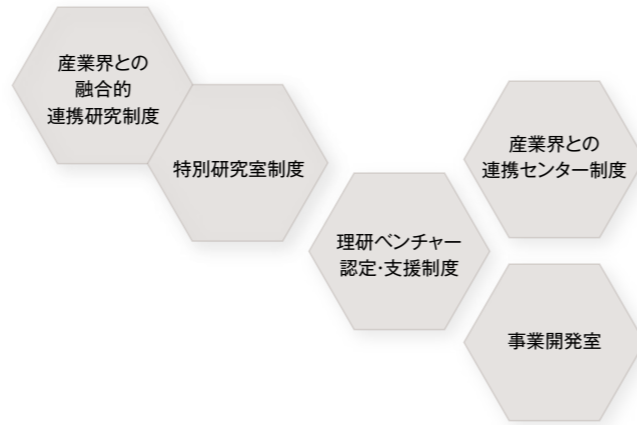
事業開発室

産業界と理研のさまざまな分野の研究者および、その成果を結ぶ役割を果たします。企業のニーズと理研のシーズとをマッチングする会合を開催し、事業開発ニーズに見合った研究戦略を立案します。また、産業界との融合的連携研究制度の活用から連携センターの設立まで、企業の中・長期的な課題解決に適した連携形態を提案します。
<http://www.riken.jp/bdo/>

理研ベンチャー認定・支援制度

理研ベンチャーとは、理研の研究成果を中核技術として起業し、一定の要件を満たすことで理研から認定を受けた企業群です。理研は認定した理研ベンチャーに対し、一定期間さまざまな支援を行うための「理研ベンチャー認定・支援制度」を設けています。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。

●産業界との連携を具現化する制度

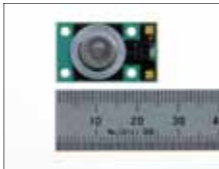


●成果例

【除菌能力を有する深紫外線LED (UV-LED) モジュール】

「産業界との融合的連携研究制度」における平山秀樹 主任研究員とパナソニック株式会社 エコソリューションズ社の共同研究の成果に基づき製品化されました。除菌能力を有する270nmの波長域の深紫外線を10mW以上の出力で発光します。市場の拡大が見込まれる分野において先駆的に製品化に成功し、今後の市場拡大をリードすることが期待されます。

(図版提供: パナソニック株式会社 エコソリューションズ社)



【MethylHunter 5hmC detection kit】

理研(岡本晃充 独立主幹研究員(当時))で開発した核酸中の5-ヒドロキシメチルシトシン(5hmC)検出法をもとに株式会社医学生物学研究所が製品化しました。DNAシーケンサーと組み合わせることでDNA中の5hmCを簡単に同定できます。

(図版提供: 株式会社医学生物学研究所)



【AQUAJOINT®】

成分の90%以上が水からできている、常温固化型・伸縮性ハイドロゲル「アクアジョイント®」を日産化学工業株式会社と共同で開発しました(石田康博 創発生体関連ソフトウェア研究チームリーダー)。

(図版提供: 日産化学工業株式会社)



理研の基礎研究で生まれた発見や発明は、画期的な製品開発につながる有用な「社会知」となる可能性を持っています。このため理研では、論文発表だけでなく、特許出願にも力を入れています。特許を出願し、それを社会で活用していただくことは、野依イニシアチブの一つ「世の中の役に立つ理研」を実現するための重要な活動となっています。

特許の取得

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。研究成果をより効率的に実施化につなげるため、追加データを取得することにより特許の強化に努め、海外における実施可能性を精査し、外国特許出願も行っています。また、保有する特許についても一定期間ごとに実施可能性を検証し、当該特許の維持の必要性を見直すことにより、効率的な維持管理を実施しています。

その結果、2013年度の特許出願件数は国内、海外合わせて352件となり、実施率*は25%となりました。

*実施率=実施特許件数/(特許権+特許出願中の件数)

技術移転活動

保有する特許を企業に実施許諾し、社会に還元するため、理研では、実用化コーディネーターが企業に直接働きかけたり、展示会等で研究成果を説明したりするなどの技術移転活動を行っています。

また、理研が保有する特許情報等をホームページ上で公開し、企業が理研の特許情報入手できるように工夫しています。

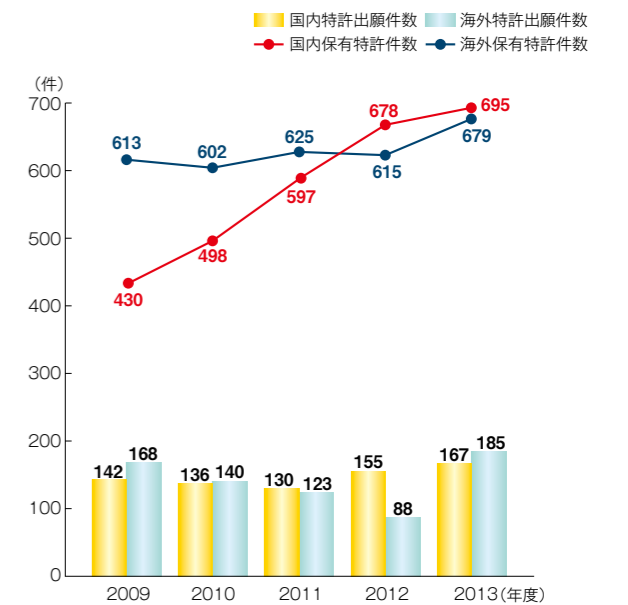
<http://www.riken.jp/outreach/ip/>

▶▶「産学連携メールマガジン」配信中

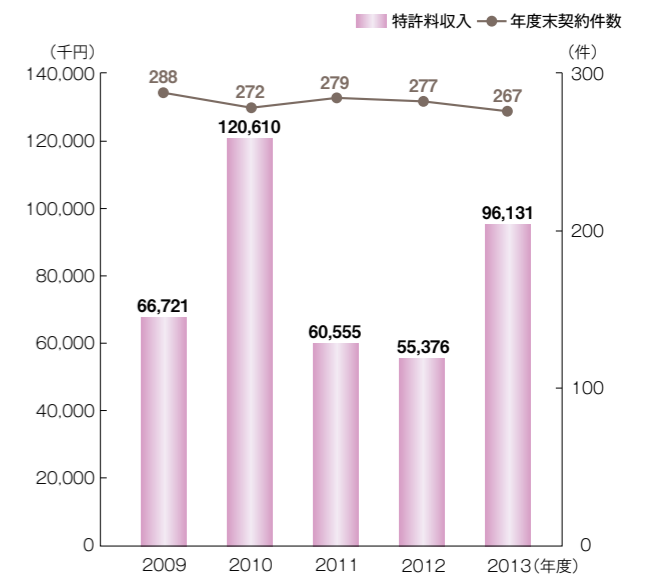
産業界の皆様とのより密接な連携を図るため、理研の産学連携・知的財産に関する情報のメール配信を行っています。
http://www.riken.jp/pr/services/mail_collaboration/



●特許出願件数と保有件数の推移



●特許料収入の推移



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。こうした制度以外にも、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。若手研究者向けの制度としては、基礎科学特別研究員(SPDR)制度があり、さらなる国際化をめざすため、国際特別研究員(FPR)制度、国際主幹研究員(IRU)制度を推進しています。



毎年、多数のJRAやIPAが参加するNoyori Summer School。ポスターセッションなどで活発な議論が交わされる。

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等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。

- ◎2013年度新規採用者数:79名
- ◎在籍者数:のべ168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53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年間で滞りなく滞在費や宿泊費等の支給・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。

- ◎2013年度新規採用者数:31名
- ◎在籍者数:のべ88名

●国際連携大学院協定校一覧

*2014年3月31日現在

中国	タイ
北京大学	マヒドン大学
南京大学、大連理工大学	ベトナム
湖南大学、中国農業大学	ハノイ科学大学、ベトナム農業科学院
上海交通大学、華中科技大学	ロシア
西安交通大学、復旦大学	カザン大学、ロシア連邦南大学
東北林業大学、華東理工大学	リトアニア
吉林大学、浙江大学	ビリニュス ゲティミナス工科大学
ハルビン工程大学	スウェーデン
蘭州大学、中国科学院	カロリンスカ研究所
韓国	イギリス
浦項工科大学校、成均館大学校	リバプール大学
漢陽大学校、国立ソウル大学校	フランス
高麗大学校、慶北大学校	レンネ第一大学、カーン大学
延世大学校	ドイツ
台湾	テュービンゲン大学、ザールラント大学
国立清華大学、国立陽明大学	グライフスヴァルト大学
国立交通大学	ビールフェルト大学
マレーシア	イタリア
マレーシア科学大学、マラヤ大学	ローマ第二大学
インド	パレルモ大学
インド工科大学・ボンベイ校	スイス
インド科学振興研究所	スイス連邦工科大学・チューリッヒ校
インドネシア	ブラジル
パジャジャラン大学、バンドン工科大学	連邦セララ大学、アマゾナス州立大学
シンガポール	メキシコ
南洋理工大学	メキシコ自治大学



国際プログラム・アソシエイト(IPA)として研鑽を積む。

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、2013年度末現在、国内の39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す。1989年度に創設されました。SPDRは公募・選考により採用され、契約期間は最長3年間です。

- ◎2013年度新規採用者数:40名
- ◎在籍者数:のべ107名

国際特別研究員(FPR)制度

自然科学の博士号を取得した外国籍の若手研究者を理研の任期制研究員として採用し、理研が推進している研究課題を創造的かつ独創的な発想で研究してもらう制度です。世界に開かれた研究所として、積極的に外国籍研究者を受け入れ、国籍を超えて互いに切磋琢磨する研究環境を実現することを目指して2007年度に創設されました。FPRは公募・選考により採用され、契約期間は最長3年間です。

- ◎2013年度新規採用者数:19名
- ◎在籍者数:のべ62名

国際主幹研究員(IRU)制度

国際的に優れた研究業績を持つ若手研究者に、研究室を主宰して研究を推進する機会を提供し、国際的視野に立った学際的な研究分野を開拓してもらう制度です。2001年度に、研究者の国籍を問わない独立主幹研究員制度として創設され、2008年度から外国籍研究者を対象とする国際主幹研究員制度と改められました。

- ◎2013年度在籍者数:4名
- ※このほか、独立主幹研究員(旧制度)の2013年度在籍者数は2名(うち外国籍2名)

●国内連携大学院一覧

*2014年3月31日現在

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	長岡科学技術大学大学院
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
兵庫県立大学大学院	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学	東京農工大学大学院
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	



活躍する国際特別研究員(FPR)。



国際主幹研究員(IRU)として研究室を主宰。

広報活動

理研の研究活動を広く国民の皆様にご理解いただき、一般社会と理研との信頼関係を構築するため、絶えず情報発信を行っています。

理研が5つの野依イニシアチブを実践する中で、「1.見える理研」「5.文化に貢献する理研」を中心的に実行するのが、広報活動です。一般社会と理研との相互理解を深め、信頼いただけるよう、理研の研究活動や成果を発信するさまざまな活動を行い、それらを通じて、科学リテラシーの向上にも貢献しています。イベント開催などの機会をとらえ、国民の理研に対する要望もお聞きし、活動につなげています。また、社会への知の還元の一つとして地域貢献活動にも積極的に取り組み、科学が「文化」の重要な要素の一つであることが実感できるような双方向のコミュニケーション活動を進めていきます。

プレスリリース

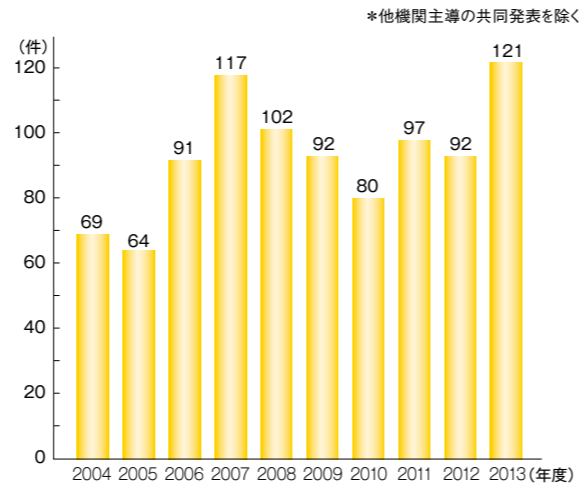
新聞などのメディアを通じて理研の活動を知っていただくために、最新の研究成果を中心にプレスリリースを行っています。2013年は、1匹のマウスから500匹以上のクローン作出に成功(3月8日)、白血病再発の主要原因「白血幹細胞」を標的とした低分子化合物を同定(4月18日)、「京」を利用した世界初の超高解像度全球大気シミュレーションで積乱雲をリアルに表現(9月20日)などの研究成果を発信しました。

国内広報イベント

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」、理研の科学者と文化人の対話をメインに若年層や働く女性を主な対象とする「サイエンスセミナー」を毎年開催しているほか、科学を伝えるイベントが集中的に行われる「サイエンスアゴラ」に毎年ブース出展を行っており、仁科加速器研究センターの展示がサイエンスアゴラ賞を2年続けて受賞しました。科学技術館(東京都千代田区)では、毎月第3日曜日に「理研DAY:研究者と話そう」を実施しています。

2013年度はこのほか、埼玉県和光市民文化センターと共催で「科学と映像の旅 理研×サンアゼリア 秘密基地で森羅万象」を5日間開催、日本ジャンボリー／アジア太平洋地域スカウトジャンボリーにブース出展し、アジア各国から集まったボーイスカウトに楽しく学んでもらいました。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、サマースクール等の実施、サイエンスフェア等の展示会へ出展を行っています。

●プレスリリース数の推移



◀スカウトジャンボリーで、アジア各国から集まったスカウトにサイエンスレクチャーを行う



◀サイエンスアゴラ出展(2013年11月9・10日)、仁科加速器研究センターが「サイエンスアゴラ賞」を受賞



◀サイエンスセミナーⅦ「横からみる○、科学をみる角度」をキャッチフレーズに東京(2013年12月5日、六本木アカデミーヒルズ)と兵庫(2014年1月29日、神戸国際会館)の2回開催



◀理研DAY:研究者と話そう(毎月第3日曜日に科学技術館(東京都千代田区)で開催)



◀埼玉県和光市民文化センターと共催した「科学と映像の旅 理研×サンアゼリア 秘密基地で森羅万象」における研究者との対話イベントの様子

海外広報イベント

海外における理研の知名度向上、若手研究者のリクルート、海外研究機関との連携の促進、研究成果の広報に関する情報収集・意見交換などを目的に、世界最大級の学術団体であるアメリカ科学振興協会(American Association for the Advancement of Science, AAAS)が主催する年次大会や、ヨーロッパの科学とイノベーションの会議であるEuroScience Open Forum等に出展しています。2014年2月にアメリカのシカゴで行われたAAAS年次大会では、他研究機関と合同で「ジャパンバピリオン」を出展し、理研の最新の研究成果を紹介するとともに、学生や若手研究者を対象に、日本での研究活動に関するワークショップを開催しました。

一般公開

年に一度、各地区で施設を公開し、広く一般の方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。2013年度に全所で開催した一般公開への来場者は23,577名で、前年度(24,939名)と同程度の参加がありました。(2011年度は震災の影響により、筑波地区、仙台地区の一般公開を中止したことなどにより、例年より来場者数は減少しました)

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」やプレスリリースの解説映像など、さまざまな動画を掲載しています。

<http://www.youtube.com/user/rikenchannel>

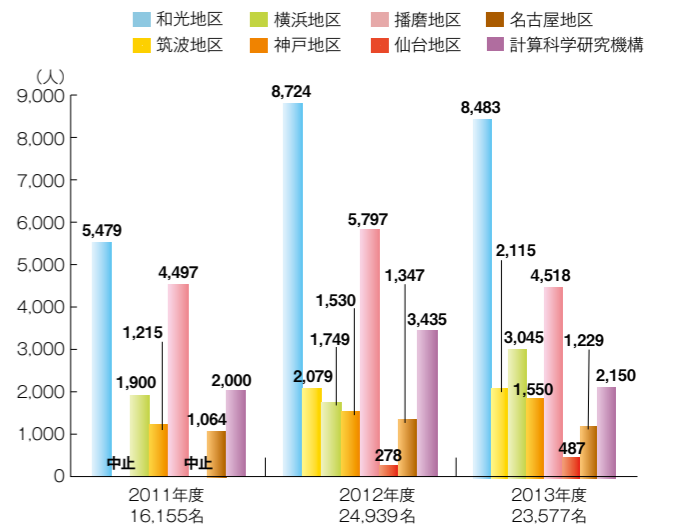
広報出版物

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「RIKEN」(発行部数5,000部/年)、「理研ニュース」(発行部数9,500部/月)、英文広報誌「RIKEN RESEARCH」(発行部数2,500部/回、年4回)を発行するほか、各種パンフレットや英文アニュアルレポートを制作しています。記事はウェブサイトでも読むことができます。



AAAS年次大会でのブース展示。(2014年2月13~17日、アメリカ・シカゴ)

●一般公開来場者数の推移



一般公開(2013年4月20日 和光地区)



YouTube RIKEN Channel

受賞

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。

理研では研究者等の活発な活動、活躍により多くの受賞者が生まれており、受賞を通じて社会に理研の成果を報告・発信することで理研の名声を高め、社会における認知度をアップさせる重要な機会となっています。

2013年度の主な賞としては、十倉好紀センター長(創発物性科学研究センター)が日本学士院賞ならびに恩賜賞を受賞したほか、茅 幸二 研究顧問が瑞宝重光章、井上愛一郎 統括役(計算科学研究機構)が紫綬褒章を受章、柳田敏雄センター長(生命システム研究センター)が文化功労者に選出されました。また、御子柴克彦チームリーダー(脳科学総合研究センター)が脳科学における卓越した功績および日仏交流を軸にした国際的文化・科学の交流への貢献により、駐日フランス大使より「レジオン・ドヌール勲章シュヴァリエ」に叙されました。さらに科学技術に関する研究開発、理解増進等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は科学技術賞5名、若手科学者5名が受賞、科学技術の発展に卓越した貢献をした者を表彰する藤原賞には宮脇敦史 副センター長(脳科学総合研究センター)と香取秀俊 主任研究員(香取量子計測研究室)の2名が受賞しました。2013年度は共同受賞を含め全体で220名が受賞し、多くの研究者が著名な賞に選ばれています。

柳田敏雄 センター長 生命システム研究センター

柳田氏は、1分子レベルでの観察が可能な高性能顕微鏡を開発し、筋肉の収縮に関わるタンパク質の個々の動きを世界で初めて直接観測し、筋肉の動作原理を明らかにしました。この1分子を観測する技術は、細胞内のさまざまな分子反応観察や次世代シーケンサーの基盤技術として用いられ、生物学の発展に多大な貢献をしています。また、1分子計測技術は今後、細胞機能の予測と操作に基づいた創薬やがん化メカニズムの解明等へのさらなる応用が期待されます。

杉山雄一 特別招聘研究員 社会知創成事業 イノベーション推進センター 杉山特別研究室

杉山氏は、薬物動態を支配する機構(輸送、代謝)を理解するために、蛋白、遺伝子、オルガネラ、細胞レベル(*in vitro*)での研究結果と、個体(*in vivo*)レベルでの研究結果を定量的に連結する研究を推進し、これまで困難とされてきた*in vitro*データから*in vivo*での薬物動態を定量的に予測する道、薬物間相互作用、遺伝子多型に基づく個人間変動を予測する道を開拓しました。これらの成果は、創薬支援および医薬品開発の促進と臨床薬物治療の最適化につながるものが期待されています。

文化功労者

【1分子レベルで観察可能な顕微鏡を開発し、筋肉の動作原理の解明等の生物物理学研究に貢献】



Profile
Toshio Yanagida
◎最終学歴
大阪大学大学院基礎工学研究科(生物工学) 博士課程退学、工学博士
◎主な職歴
大阪大学基礎工学部生物工学科教授、同大学大学院生命機能研究科研究科長などを経て現職

国際薬物動態学会 (ISSX)
The 2013 R.T.Williams Distinguished Scientific Achievement Award
【薬物動態・薬効・副作用におよぼす薬物トランスポーター影響の定量的解析】

米国臨床薬理学会 (ASCPT)
The 2014 Rawls-Palmer Progress in Medicine Award
【薬物トランスポーター特性を考慮した臨床薬物療法の最適化】

第11回産学官連携功労者表彰 経済産業大臣賞
【マイクロドーズ臨床試験を活用した革新的創薬支援技術の開発/事業化】



Profile
Yuichi Sugiyama
◎最終学歴
東京大学大学院薬学系研究科薬学専門課程 博士課程退学、薬学博士
◎主な職歴
東京大学大学院薬学系研究科助手、助教授、同分子薬物動態学教室教授、同医薬品評価科学講座 兼任、同薬学系研究科科長・学部長等を経て現職

香取秀俊 主任研究員 香取量子計測研究室

香取氏は「光格子時計」と呼ばれる、高精度な原子時計を作る方法を2001年に提案しました。その後、2003年にその手法を実証し、2011年には超高安定度動作を実現するなど、その実証においても世界をリードしてきました。光格子時計は、秒の再定義の有力候補と目され、世界中の標準研究所で開発が進められています。精密な時間標準は、GPSによる測位計測など現代社会の重要な基幹技術であるとともに、相対論の検証、物理定数の経時変化のテストなど、基礎科学の発展にも大きく貢献することが期待されます。

加藤忠史 シニアチームリーダー/主任研究員 脳科学総合研究センター 精神疾患動態研究チーム

加藤氏は精神疾患、中でも双極性障害(躁うつ病)の研究にゲノム・エピゲノム解析、細胞モデル、動物モデル、脳組織研究などの幅広い方法を統合して取り組み、精神疾患における脳ゲノム変異の関与や、双極性障害におけるミトコンドリア機能障害の関与の可能性を明らかにするなど、精神疾患の神経生物学的研究に貢献してきました。双極性障害の原因については、まだ確定的なことは言えない段階ではありますが、これらの研究が実れば、双極性障害の原因解明につながるものが期待されます。

石川文彦 グループディレクター/主任研究員 統合生命医科学研究センター ヒト疾患モデル研究グループ

石川氏は、正常なヒト造血・免疫システムをマウスに再現する免疫系ヒト化マウスの開発に成功しました。さらに、このシステムを白血病研究に応用して白血病ヒト化マウスを開発し、急性骨髄性白血病の幹細胞同定・再発の原因解明について、研究成果をあげました。現在、白血病再発の責任細胞を標的とした治療開発を推進しており、本疾患の根治療法の確立を目指して研究の発展が期待されます。

肥山詠美子 准主任研究員 仁科加速器研究センター 肥山ストレンジネス核物理研究室

肥山氏は、量子少数多体系問題を厳密に解くための計算法、「無限小変位ガウス基底関数展開法」という新しい計算法を独自に提唱・確立するという研究成果をあげ、核子とハイペロンで構成されるハイパー核にこの方法を適用し、ハイパー核の特殊な構造を明らかにしました。この計算法は、量子物理学の発展に大きな貢献をしています。この成果は、今後、中性子星の内部研究の発展にも大きくつながることが期待されます。

藤原賞および仁科記念賞 【光格子時計の発明と実現による高精度原子時計技術の開発】



Profile
Hidetoshi Katori
◎最終学歴
東京大学大学院工学系研究科修士課程修了、同 博士課程退学、博士(工学)
◎主な職歴
東京大学工学部附属総合試験所協調工学部門助教授、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(CREST)研究代表者、東京大学大学院工学系研究科教授などを経て現職

塚原伸晃記念賞 【精神疾患の神経生物学的研究】



Profile
Tadafumi Kato
◎最終学歴
東京大学医学部卒業
滋賀医科大学にて博士(医学)取得
◎主な職歴
滋賀医科大学附属病院精神科助手、文部省在外研究員(アイオワ大学精神科)、東京大学医学部精神神経科講師等を経て現職

日本学術振興会賞 【ヒト造血・免疫・疾患の理解を可能とするヒト化マウスシステムの確立】



Profile
Fumihiko Ishikawa
◎最終学歴
九州大学大学院医学系研究科臓器機能医学専攻 博士課程修了、博士(医学)
◎主な職歴
日本学術振興会特別研究員、九州大学医学研究院 病態修復内科学特任助手等を経て現職

猿橋賞 【少数多体系厳密計算法の確立と原子核物理学および原子物理学への応用】



Profile
Emiko Hiyama
◎最終学歴
九州大学大学院理学研究科基礎粒子系科学専攻 博士課程修了、博士(理学)
◎主な職歴
高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 助手、奈良女子大学理学部物理科学科准教授等を経て現職

人員

最良の研究成果を生み出すことを目指して、
多様な人材をよりよく活かすための人材制度の確立に努めています。

理研では、さまざまな研究を行う研究センター等に定年制職員（定年まで雇用）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。多様な人材を活かすため、キャリアサポートや男女共同参画、国際化の推進にも力を入れています。

人員構成

2013年度末の常勤職員数は3,433人で、その86%にあたる2,960人が研究系職員、さらに、その89%にあたる2,622人が任期制職員です。任期制研究系職員の比率が高いのが特徴です。前年度に比べて、全体では36人の増となっています。

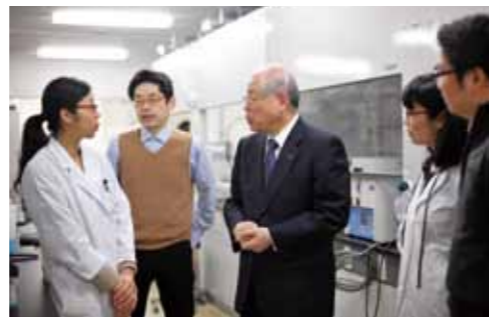
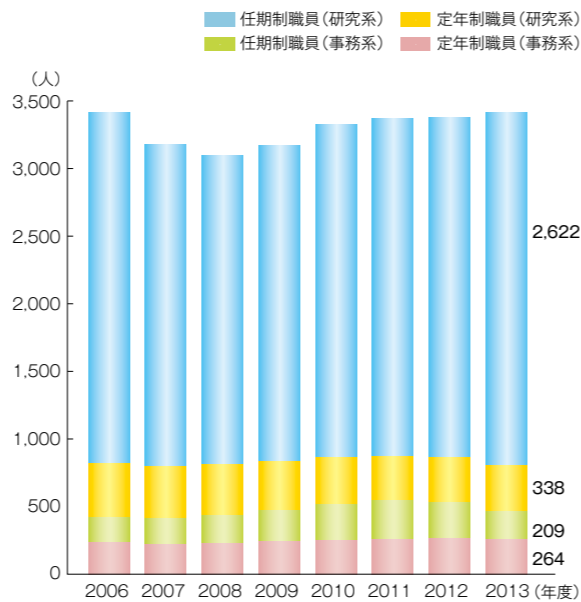
●センター別常勤職員数

*2014年3月31日現在

センター名	人数
主任研究員研究室	253
准主任研究員研究室	38
上席研究員研究室	39
国際主幹研究ユニット	17
特別研究ユニット	11
研究推進グループ	5
グローバル研究クラスター	48
創発物性科学研究センター	136
光量子工学研究領域	93
環境資源科学研究センター	210
生命システム研究センター	129
発生・再生科学総合研究センター	251
脳科学総合研究センター	473
統合生命医科学研究センター	289
バイオリソースセンター	117
ライフサイエンス技術基盤研究センター	300
計算科学研究機構	128
放射光科学総合研究センター	105
仁科加速器研究センター	186
社会知創成事業	2
イノベーション推進センター	52
バイオマス工学研究プログラム	1
創薬・医療技術基盤プログラム	12
予防医療・診断技術開発プログラム	13
新興・再興感染症研究ネットワーク推進センター	5
情報基盤センター	47
HPCI計算生命科学推進プログラム	7
役員・その他事務等	466
合計	3,433

各センターに所属する基礎科学特別研究員、国際特別研究員を含む

●理研の人員の推移



若手研究者らと話をしている野依理事長。



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

男女共同参画

理研では、全常勤職員のうち女性が35%、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36%、研究管理職では10%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、妊娠、育児または介護中の研究系職員が、従来の業務を維持できるよう支援者を雇う場合は、その人件費を負担する制度があり、多くの職員が利用しています（右の表）。また、小児救急医療、介護、タイムマネジメント、ライフプランに関する研修を行い、職員のワーク・ライフ・バランスを推進し、「くるみんマーク」を取得しています。

国際化の推進

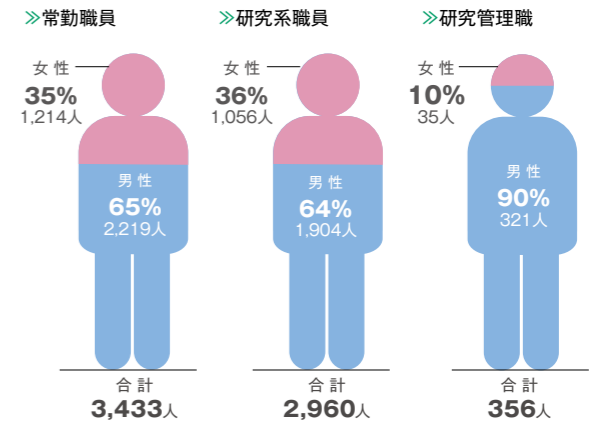
理研は、国際協力を研究推進の大きな柱と認識しており、世界各国から研究者や技術者、学生を積極的に受け入れています。海外からの研究スタッフは、2013年10月1日現在、665人で（前年より29人増）、また、研究員は、351人が在籍しており、研究室の主宰者やチームリーダーにも外国人が増えています。

キャリアサポート

理研は、職員を対象とし、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、カウンセリング、スキルアップのための研修、キャリア意識啓発のためのセミナー、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。特に、研究系職員に対しては、アカデミアにこだわらない多様なキャリアパスを視野に入れた、きめ細かい対応をしています。

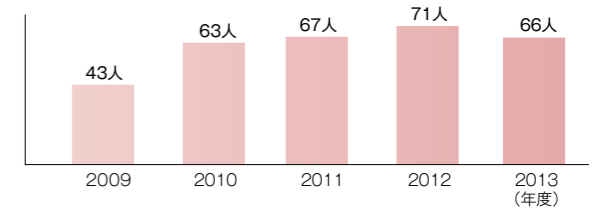
●研究職員の男女比

*2014年3月31日現在



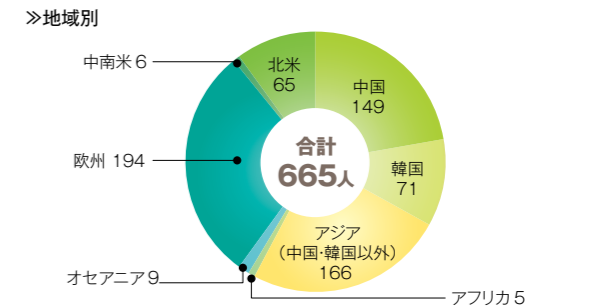
●妊娠、育児中の研究系職員の支援者にかかる経費助成利用者数(のべ人数)

*2014年3月31日現在

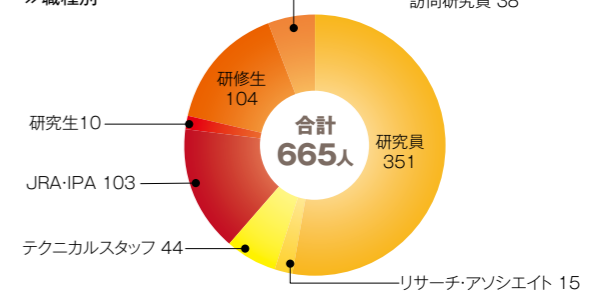


●海外からの研究スタッフの受け入れ

*2013年10月1日現在



●職種別



予算

独立行政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、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・施設等の維持費などを国が毎年度算定し交付されます。国からの資金は経営の効率化等の観点から、新たな業務を行う場合を除き、一定割合で削減されることとなっていますが、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たいけるよう努力を続けています。

収入について

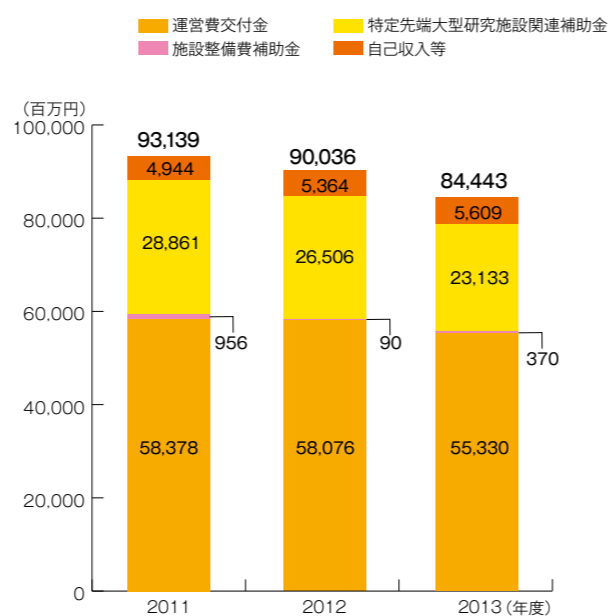
「政府支出金」のうち運営費交付金とは、独立行政法人の自主性・自律性のある業務運営の財源として、用途の内訳を特定せずに交付される資金です。運営費交付金の使用の適否については、事後評価において研究所の運営が適切になされたかという観点でチェックされます。

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用途を明示されて手当てされる財源です。

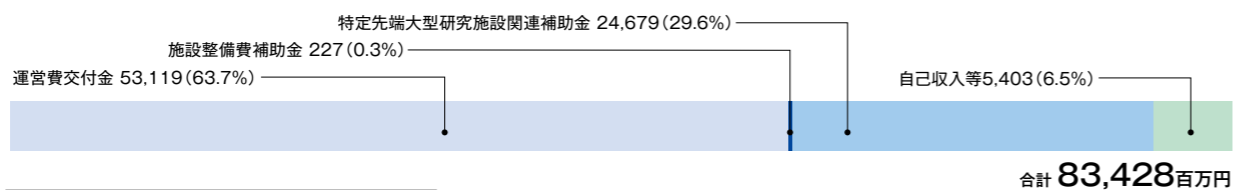
特定先端大型研究施設関連補助金は、「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」に基づき、SPring-8、SACLA、および京の整備および維持管理を行うとともに研究者等への共用を促進するための経費です。

受託研究収入などの独立行政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、特許権収入等が含まれます。

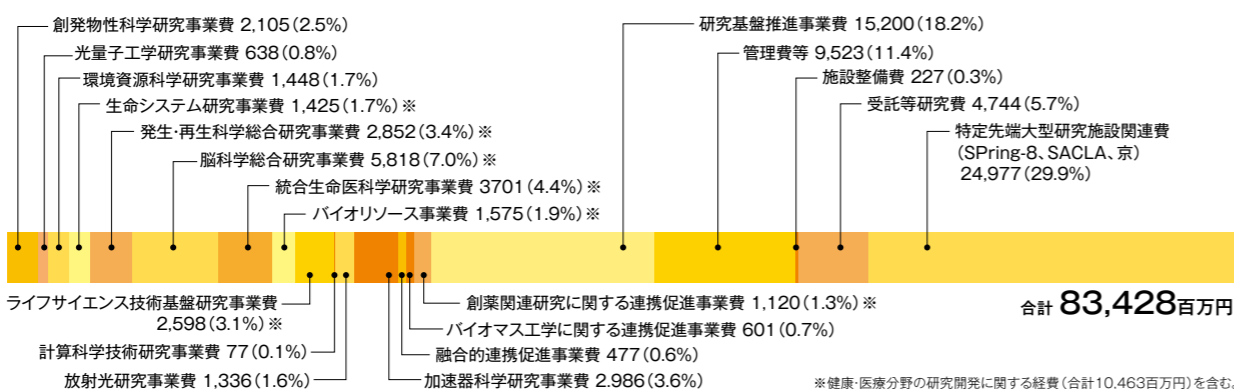
●最近3年間の収入予算の推移(当初予算)



●2014年度 収入予算の内訳(当初予算)



●2014年度 支出予算の内訳(当初予算)



*健康・医療分野の研究開発に関する経費(合計10,463百万円)を含む。

支出について

創発物性科学研究事業費や脳科学総合研究事業費などの各事業費は、それぞれの研究センターに配分され、センター長の裁量の下、研究を行うための費用として使われます。「研究基盤推進事業費」は、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、政府関係機関、公益法人、企業等から受け入れている研究資金のことです。理研では、毎年、ほぼすべてのセンターが外部資金を獲得しています(右表)。

下の表の推移を見ると、競争的研究資金では、科学研究費助成事業(旧:科学研究費補助金)が件数、金額ともに堅調に推移しています。また、先端研究助成基金関係は、最先端研究開発支援プログラム(FIRST)で、理研が中心となり実施している課題が2件あり、最先端・次世代研究開発支援プログラム(NEXT)を獲得している研究者も多く、大きな額になっています。

●2013年度 外部資金のセンター別獲得状況

(民間受託金は含まず)

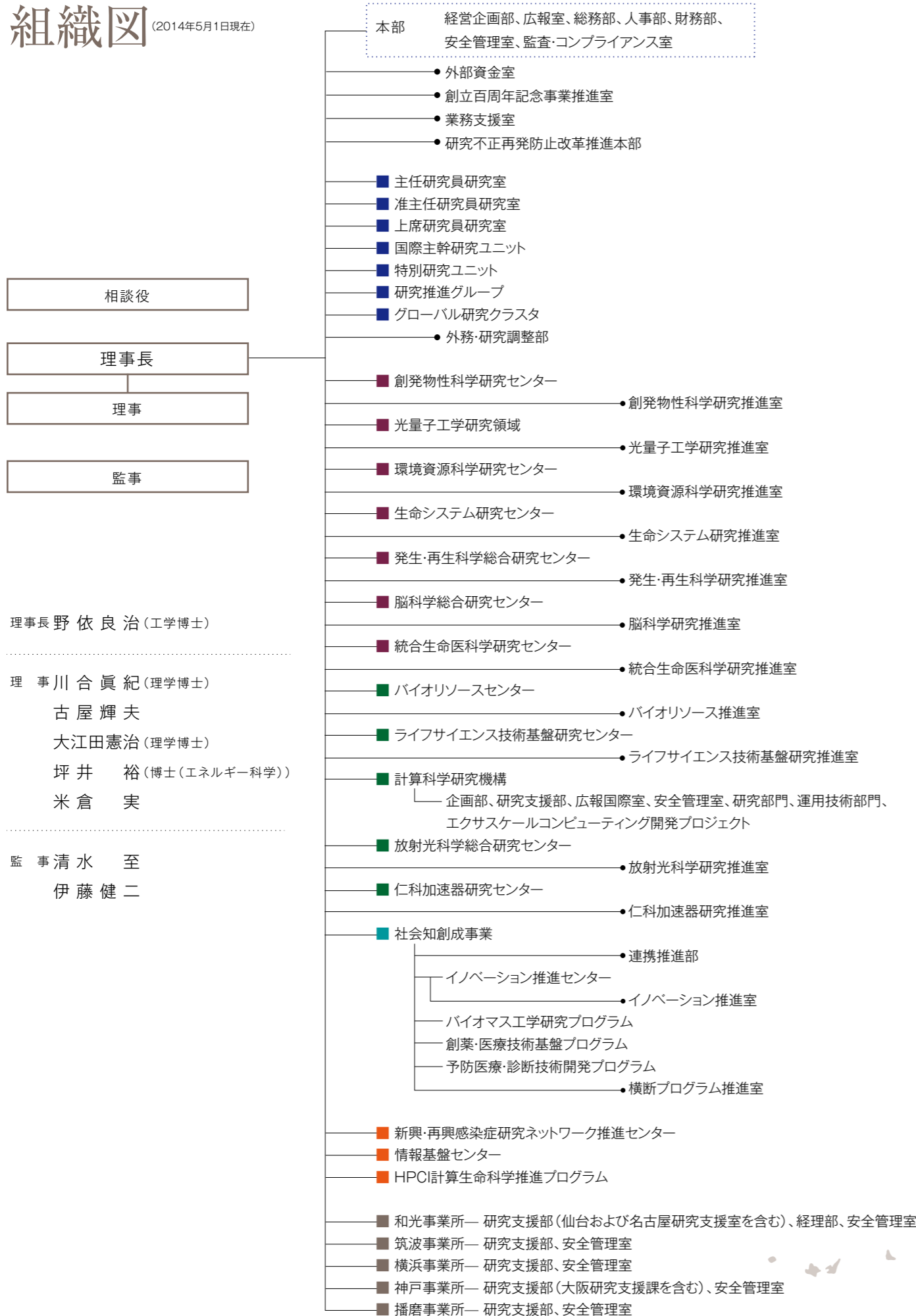
センター名	金額(百万円)	件数
主任研究員研究室等	2,258	230
グローバル研究クラスタ	186	42
創発物性科学研究センター	879	44
光量子工学研究領域	525	50
環境資源科学研究センター	1,079	105
生命システム研究センター	508	60
発生・再生科学総合研究センター	1,341	77
脳科学総合研究センター	2,346	188
統合生命医科学研究センター	6,232	114
バイオリソースセンター	263	44
ライフサイエンス技術基盤研究センター	1,517	81
計算科学研究機構	854	39
放射光科学総合研究センター	722	34
仁科加速器研究センター	490	67
連携推進部知財創出・活用課	1	2
イノベーション推進センター	51	6
バイオマス工学研究プログラム	0	0
創業・医療技術基盤プログラム	0	0
予防医療・診断技術開発プログラム	3	2
新興・再興感染症研究ネットワーク推進センター	100	1
情報基盤センター	99	7
HPCI計算生命科学推進プログラム	229	2
合計	19,680	1,195

●最近3年間の外部資金の獲得状況

項目	2011年度		2012年度		2013年度		
	金額(百万円)	件数	金額(百万円)	件数	金額(百万円)	件数	
1.競争的研究資金	科学研究費助成事業(科研費)	4,129	709	4,080	758	3,875	763
	厚生労働省・環境省科学研究費補助金	85	3	449	3	481	7
	科学技術振興機構実地関連事業	2,343	123	2,425	131	3,718	156
	国家課題対応型研究開発推進事業等(文部科学省系事業)	1,376	28	1,456	20	786	16
	その他の府省系事業	552	26	384	17	385	15
先端研究助成基金関係	1,840	12	1,589	10	1,645	12	
小計	10,325	901	10,382	939	10,891	969	
2.非競争的研究資金	受託	1,787	13	2,417	19	6,460	19
	助成	492	49	522	45	502	51
	共同研究	71	23	104	25	84	20
	補助金	52	16	88	15	46	17
小計	2,349	21	1,659	19	1,289	19	
3.海外助成および国内財団等助成金	231	86	309	80	409	100	
4.民間受託	1,562	128	1,413	163	1,478	201	
合計	16,870	1,237	16,895	1,305	21,158	1,396	

*P82~83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。

組織図 (2014年5月1日現在)



理事長 野 依 良 治 (工学博士)

理 事 川 合 眞 紀 (理学博士)

古 屋 輝 夫

大 江 田 憲 治 (理学博士)

坪 井 裕 (博士(エネルギー科学))

米 倉 実

監 事 清 水 至

伊 藤 健 二

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。

埼玉県和光市

- 主任研究員研究室
- 准主任研究員研究室
- 上席研究員研究室
- 国際主幹研究ユニット
- 特別研究ユニット
- 研究推進グループ
- グローバル研究クラスタ
- 創発物性科学研究センター
- 光量子工学研究領域
- 環境資源科学研究センター
- 脳科学総合研究センター
- 仁科加速器研究センター
- 情報基盤センター
- 社会知創成事業

〒351-0198 埼玉県和光市広沢2-1
TEL:048-462-1111/FAX:048-462-1554

兵庫県神戸市

- 発生・再生科学総合研究センター
- ライフサイエンス技術基盤研究センター
- 計算科学研究機構
- HPCI計算生命科学推進プログラム

〒650-0047 兵庫県神戸市中央区港島南町2-2-3
TEL:078-306-0111/FAX:078-306-0101

〒650-0047 兵庫県神戸市中央区港島南町6-7-3
神戸MI R&Dセンター内
TEL:078-304-7111/FAX:078-304-7112

〒650-0047 兵庫県神戸市中央区港島南町7-1-26
計算科学研究機構
TEL:078-940-5555/FAX:078-304-4956
HPCI計算生命科学推進プログラム
TEL:078-940-5835/FAX:078-304-8785

兵庫県佐用郡(播磨)

- 放射光科学総合研究センター

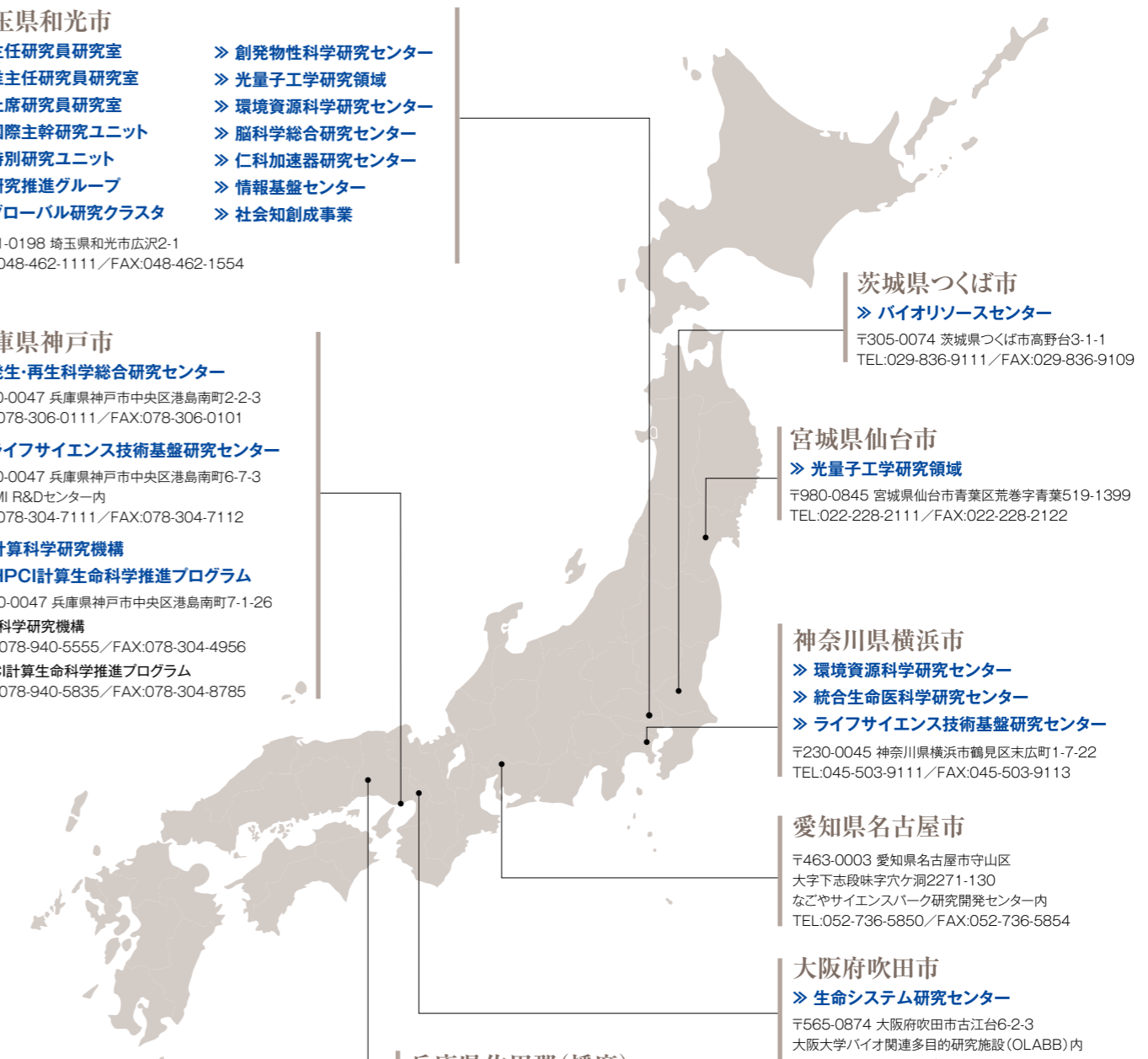
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
TEL:0791-58-0808/FAX:0791-58-0800

その他の国内の拠点

- 新興・再興感染症研究ネットワーク推進センター
〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-101神保町101ビル8階
TEL:03-3518-2952/FAX:03-3219-1061
- 東京連絡事務所
〒100-0011 東京都千代田区内幸町2-2-2
富国生命ビル23階 2311号室
TEL:03-3580-1981/FAX:03-3580-1980
- 板橋分所
〒173-0003 東京都板橋区加賀1-7-13
TEL:03-3963-1611/FAX:03-3579-5940

海外拠点

- RAL支所(イギリス)
UG17 R3, Rutherford Appleton Laboratory, Harwell
Science and Innovation Campus, Didcot,
Oxon OX11 0QX, UK
TEL: +44-1235-44-6802
FAX: +44-1235-44-6881
- 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
- 理研BNL研究センター(アメリカ)
Bldg. 510A, Brookhaven National Laboratory, Upton,
NY 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



茨城県つくば市
バイオリソースセンター
〒305-0074 茨城県つくば市高野台3-1-1
TEL:029-836-9111/FAX:029-836-9109

宮城県仙台市
光量子工学研究領域
〒980-0845 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉519-1399
TEL:022-228-2111/FAX:022-228-2122

神奈川県横浜市
環境資源科学研究センター
統合生命医科学研究センター
ライフサイエンス技術基盤研究センター
〒230-0045 神奈川県横浜市鶴見区末広町1-7-22
TEL:045-503-9111/FAX:045-503-9113

愛知県名古屋市
〒463-0003 愛知県名古屋市守山区
大字下志段味字穴ヶ洞2271-130
なごやサイエンスパーク研究開発センター内
TEL:052-736-5850/FAX:052-736-5854

大阪府吹田市
生命システム研究センター
〒565-0874 大阪府吹田市古江台6-2-3
大阪大学バイオ関連多目的研究施設(OLABB)内
TEL:06-6155-0111/FAX:06-6155-0112