

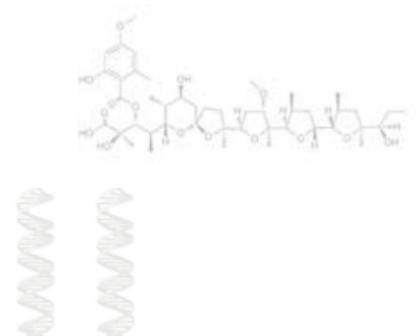
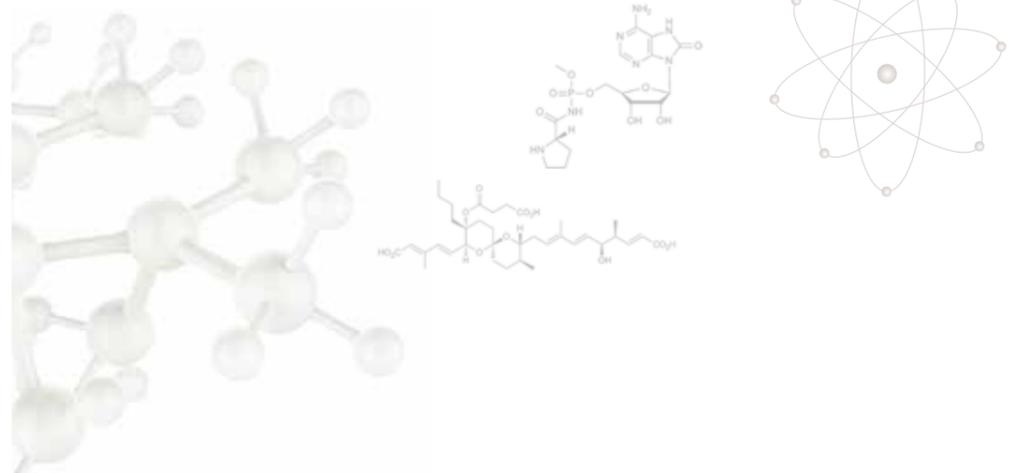
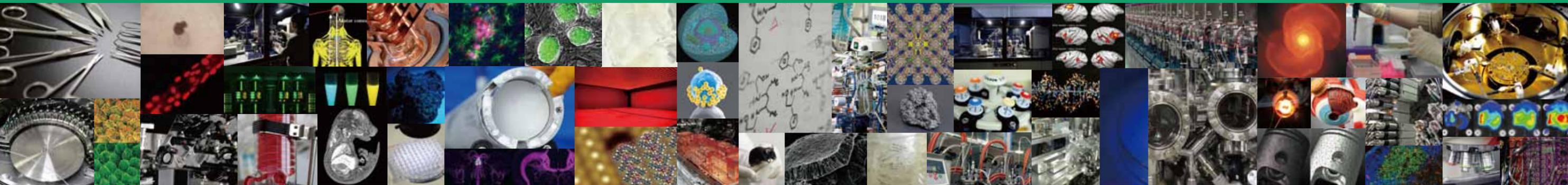
広報誌 RIKEN 2015

広報誌

# RIKEN

2015

[www.riken.jp](http://www.riken.jp)



国立研究開発法人理化学研究所 広報室

〒351-0198 埼玉県和光市広沢2-1  
TEL: 048-467-9954(ダイヤルイン)  
FAX: 048-462-4715

RIKEN 2015-039 (2015年 7月発行)

 **理化学研究所**  
Since 1917



# RIKEN 2015 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

理研の歩み 08

研究開発 14



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/特別研究ユニット 22

研究推進グループ 24

グローバル研究クラスター 26



創発物性科学研究センター 28

光量子工学研究領域 30

環境資源科学研究センター 32

生命システム研究センター 34

多細胞システム形成研究センター 36

脳科学総合研究センター 38

統合生命医科学研究センター 40



バイオリソースセンター 42

ライフサイエンス技術基盤

研究センター 44

計算科学研究機構 46

放射光科学総合研究センター 48

仁科加速器研究センター 50



社会知創成事業(2015年7月より「産業連携本部」)

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 54

創薬・医療技術基盤プログラム 56

予防医療・診断技術開発プログラム 58



新興・再興感染症研究ネットワーク  
推進センター(2015年3月31日をもって廃止) 60

情報基盤センター 62

HPCI計算生命科学推進プログラム 64

理研の活動 66

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

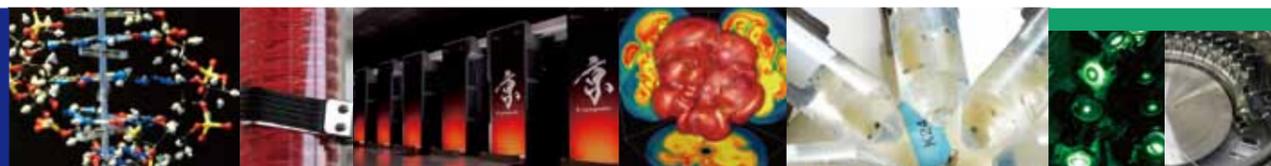
受賞 78

人員 80

予算 82

組織図 84

問い合わせ先一覧





# 成果を社会に還元していく 世界のRIKENへ。

理化学研究所（理研）は、1917年（大正6年）に、産業の発展のために科学研究と応用研究を行う財団法人として創立された、一世紀にわたる長い歴史を持つ研究所です。その後、株式会社や特殊法人を経て、独立行政法人として再発足し、2015年4月に国立研究開発法人となりました。

日本で唯一の自然科学の総合研究所として、国と時代の要請に応えながら形を変えつつも、物理学、工学、化学、計算科学、生物学、医科学など幅広い分野で先導的な研究を進めています。

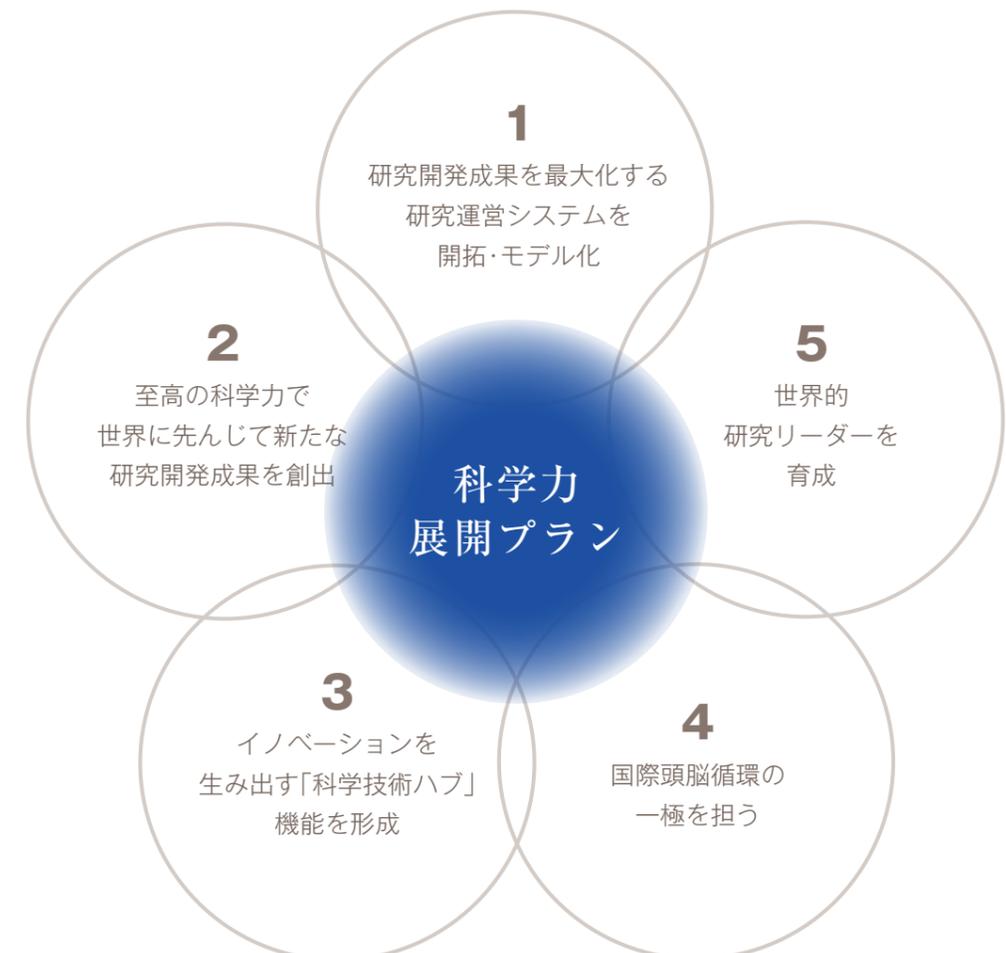
理研は、その組織形態を国立研究開発法人に移行しました。その新法人の最大ミッションである「研究開発成果の最大化」を目指し、研究者の自律と豊かな発想を大切にしつつも社会的責任を強く意識し、効果的かつ効率的な業務運営を進めます。

その上で、豊かな国民生活の実現や国際社会への貢献も目指します。

また、科学技術の知見を新たな価値の創造に結びつけるため、理研の特長である総合力を発揮し、国内外の関係機関とも連携しつつ、知の源泉となる基礎科学、そして卓越した技術開発を推進し、世界のRIKENとして、その成果を社会に還元してまいります。

2015年7月

理事長 松本 紘(工学博士)



# 世界に先駆け、臨床研究が本格始動 iPS細胞を用いた 網膜色素上皮シートの移植に成功

多細胞システム形成研究センター 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月に始まった、<sup>しんしゅつ</sup> 滲出型加齢黄斑変性<sup>おうはん</sup>に対する自家iPS細胞由来網膜色素上皮シート移植の臨床研究。公募によって患者が選ばれ、昨年1例目の移植が完了しました。安全性と有効性の評価には術後1年ほどの時間が必要ですが、iPS細胞を用いた汎用性のある再生医療が大きく動き出しています。



2014年9月、眼科疾患の一つである滲出型加齢黄斑変性の患者に対し、世界で初めて「iPS細胞から作った網膜色素上皮細胞のシート」を移植しました。次はより多くの方に施行できる他家移植も計画しており、iPS細胞を用いた再生医療が本格的に始まっています。一連の臨床研究を率いるのは、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です。

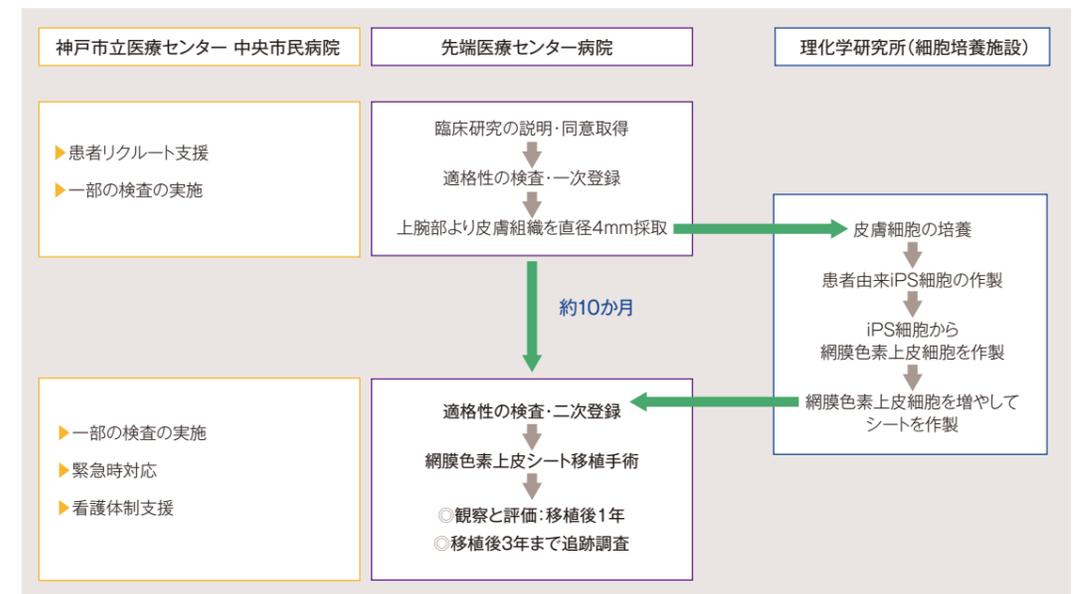
加齢黄斑変性は、網膜の中心部にある直径2ミリほどの黄斑という部位の機能が加齢に伴って低下し、さまざまな視力障害を引き起こす病気です。日本では、50歳以上の約1%にみられるとされています。今回、対象とされているのは、「滲出型」と「萎縮型」の2種ある加齢黄斑変性のうちの症状の進行が早い「滲出型」と呼ばれるタイプで、網膜色素上皮の下にある脈絡膜から「壁が薄くもろい血管」が異常に発生し、外部に血液や血しょう成分がにじみ出やすくなるのが特徴です。そうすると、網膜色素上皮が傷み、視細胞への栄養補給や老廃物の消化が妨げられ黄斑部の機能低下が起き、視野の中心がゆがんで見える、視野が暗いといった障害が急速に進行していきます。これまでは、新生血管の発育を阻害する抗VEGF薬を眼球に注射するのが一般的な治療でしたが、1~2か月ごとの定期的な注射が必要で、網膜色素上皮の損傷はそのままなので、根本的な治療になっていませんでした。

高橋政代プロジェクトリーダーらは、iPS細胞から「質も量も十分な網膜色素上皮」を作り出す手法を開発し、マウスやラット、サルなどに移植する実験を繰り返してきました。さらに、移植した細胞ががん化しないことや、細胞培養などに使うすべての薬剤についての安全性を徹底的に確認した上で、2013年に臨床研究開始にこぎ着け、2014年に1例目の移植が完了。現在、他家移植の準備をしている状況です。

対象の患者の上腕部から直径約4ミリ程度の皮膚を採取し、そこに含まれる線維芽細胞からiPS細胞を作製します。続いて、そのiPS細胞を網膜色素上皮細胞に分化させ、細胞の形態や遺伝子発現が正常な網膜色素上皮細胞だけを選んでシート状に増殖させ、さらに安全性と品質を再度確認したものを3×1.3ミリに切り取ります。これを、患者の新生血管と傷んだ網膜色素上皮を除去した部位に移植すると完了です。第1例目は70歳代の女性で、今のところ経過に問題はありませんが、安全性と効果の客観的な評価には、術後約1年が必要と考えられています。

将来的には、視細胞の移植などを目指しており、治療法がない網膜色素変性の治療を目指しています。しかし、この病気は遺伝子変異が原因のため、患者本人のiPS細胞は使いにくく、京都大学の「iPS細胞ストック」のものを利用することが想定され、より多くの患者を救えるようになると期待されています。

## 臨床研究の流れと実施体制



# SPring-8の10億倍明るい光で 10フェムト秒の世界を切り取る SACLAが新しい科学を切り開く

放射光科学総合研究センター  
センター長 石川哲也

RSC  
RIKEN SPring-8 Center  
Director: Tetsuya Ishikawa (D.Eng.)

私たちは、この世界で何が起きているのかを知ることによって、科学を発展させてきました。そして、そのためにたくさんの道具をつくってきました。望遠鏡、顕微鏡など、人類は新しい道具をつくり、自分たちが見ることのできる世界を広げてきました。そして、現在、石川哲也センター長が率いる放射光科学総合研究センターでは、X線自由電子レーザー施設「SACLA(SPring-8 Angstrom Compact Free Electron Laser)」が誕生し、新しい世界を切り開いています。



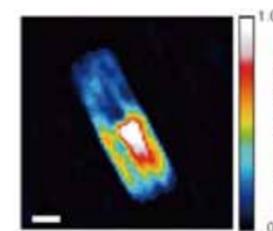
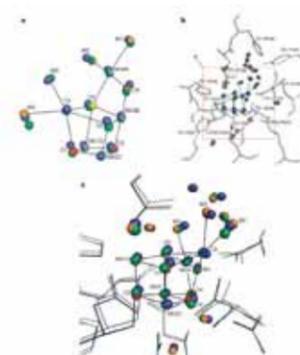
SACLAは、X線自由電子レーザーというとても強力な光をつくり出し、原子や分子の世界を観察することのできる施設です。大型放射光施設「SPring-8」は世界で最も強いX線をつくることができますが、SACLAはX線の質をそろえてさらに強力なX線レーザーを発生させることができます。それによって、SPring-8の10億倍の明るさを実現しています。しかも、カメラのストロボみたいに一気に発光させるのです。その発光時間は10フェムト秒(1フェムト秒は1,000兆分の1秒)以下と、ものすごく短い時間の中でとても強力な光を一気に当ててものを観察します。

このような強力な観測施設が生まれたことで、動きの速い分子や原子が活動する様子を鮮明な画像として捉えることができるようになります。そして、2014年1月には、生きた状態の細胞をナノメートル(1ナノメートルは10億分の1メートル)単位の大きさまで細かく見ることに成功しました。これは世界初の快挙です。

これまででは、生きた状態の細胞の中の様子を詳しく見ることは不可能でしたが、SACLAを使うことで、初めてその様子を見るのが可能にな

りました。SACLAが発生させるレーザー光はとても強いために、1度当てることで細胞が壊れてしましますが、フラッシュの時間がとても短いために、生きた細胞の姿を画像に収めることができます。これによって、いまだに詳しいことが分かっていない細胞分裂のしくみなどを解明する手がかりが得られるのではないかと期待されています。

また、SACLAでの観察結果を正確に捉えるX線イメージング検出器や4枚の超高精度ミラーを利用したX線レーザー集光システムも開発され、観測システムがパワーアップしています。特にX線レーザー集光システムでは、SACLAのX線レーザーを約50ナノメートルにまで絞ることができました。これによって、何も無い空間から物質・反物質が生まれる真空崩壊とよばれる現象や宇宙での激しい爆発現象などを起こしたり、いろいろな分子の原子状態を観察したりすることができるなど、さまざまな分野における研究を推し進めていくきっかけとなるはずです。SACLAによって、私たちが思いもなかった事実が明らかになり、新しい科学が拓かれていくことでしょう。



左図: 光合成タンパクPSIIの活性中心。SPring-8でおよその構造は解析されたがSACLAで無損構造が決定された。  
上図: SACLAで観察された、生きた細胞のX線イメージ。画面左下のスケールバーは100 nm。



リファレンス  
Yoshinori Nishino et al.  
"Imaging live cell in micro-liquid enclosure by X-ray laser diffraction"  
*Nature Communications*, 2013. doi:10.1038  
Jian-Ren Shen et al.  
"Native structure of photosystem II at 1.95 Å resolution viewed by femtosecond X-ray pulses"  
*Nature*, 2015. doi:10.1038

將に起らんとする

# 此大事業を企てたる精神告白

醫學博士 高峰讓吉

## 我工業は猶輸入防遏時代

明治天皇大統を繼がせ給ふや、五事を神祇に誓はせ給ふた中に「智識を世界に求め、大に皇基を振起すべし」といふ一條がある。聖慮幽遠、畏いことであるが、維新以降、百般の施設は總てこの大御心に基き、智識を歐米の先進國に求め政治法律、教育文學、陸海軍事、商工業等一として範を歐米に仰がぬものはない。就中工業の如きは其の最たるものである。從來内地に固有せる工業は所謂手工工業に屬し、幼稚にして緩慢を免れなかつたが、一たび歐米の工業を輸入して以來、大規模の機械的工業は續々として經營せられ、その發達の顯著なる、殆ど我工業の面目を一新したる觀がある。工業はその面目を一致したけれども、是れ所謂摸倣に過ぎぬ。歐米先進國が數百年間幾多の辛酸を嘗めて

## 世界は今や獨創の競争

摸倣の出来る間は幸である、假令先生に後れたとしても、尙先進國に近きものを製造することが出来るの

# 國民的化學研究所

# 資金壹千萬圓

である。併し摸倣は永久に期することを得ぬ。今や世界の商工業は年と共に競争が激烈となりつゝある。各國各人は常に幾多の時間と資力と辛酸とを嘗めて嶄新なる發明を案出するに努力し、而して其發明したものは嚴に秘密を守つて他の摸倣を許さぬ。故に我國民が自ら勞せずして他國人の苦心に成れる結果を摸倣せんとするも、事實不可能である。見よ、歐米到る所の工場は我國人の視察を拒み、摸倣せらるゝを豫防しつゝあるではないか。摸倣が思ふくなくとも、今や既に出來ぬのである。況んや摸倣が到底我國民をして進取的に積極的の活動せしむる所以でないのに於ておや。是に於て我々日本人は自ら獨創を發揮せなければならぬ。近時獨逸國の工業は六の勢を以て發展しつゝある。その原因は二三にして止まぬであらうが、學理の應用が盛に獎勵せられ實行せらるゝことが主因である。と信ずる。彼等は獨逸國より廉價なる「コークス」を輸入し、自ら之が化學的用途を研究し、染料、藥品として之を世界の市場に供給しつゝある。これは一の事例に過ぎぬけれど、日本人は學理の應用により歐米にある廉價の材料を以て種々の高貴なる製品を出し、廣く世界に供給し、日の富強を致せるのである。我國民が獨創の歩み

# RIKEN's History

我國富の増進期して待つべきである。想ふに東洋の材料にして加工精製し、以て世界の市場に瀾歩し得べきものは決して少しとせぬであらう。例へば朝鮮地方に多量に生産せらるゝ大豆は、搾つて油を採取し、その糟は窒素質の肥料として地中に投下せられてゐる。大豆は豆腐とし味噌とし湯婆として最も滋養分に富み、肉食せぬ國民に肉食と同じ滋養を供するのである。今日肥料として地中に投下せられるのは、他の窒素質肥料よりも低廉なるを以て使用せらるゝのであるが、若し精細に研究し試験し、その滋養分を採取することが出来るならば、その社會を益すること殆ど測るべからざるものがある。然るに東洋人は何等の注意を拂はず、空しく肥料として地中に投じてゐる。余は眼前にこの現象を目撃し、殆ど金を地中に投ずるが如き感なきを得ぬのである。嘗て天恵を暴殄するのみならず、東洋人が依然として之を放棄すれば、我々の眼前にある豊富の材料を利用するに至るであらう。是れ決して空想でなく、既に大豆は工業原料として多く歐洲に輸出せられつゝある。これは假定に設けた一例であらうが、斯の如き有益な

# 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。

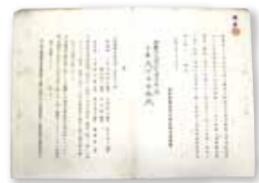
## 財団法人理化学研究所設立

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。現在ではバイオリソースセンターが活動。

## 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 1967 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

## 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。



## 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



横浜地区は、現在では、研究の発展に伴いセンターの改称を経て、ライフサイエンス技術基盤研究センター、統合生命医科学研究センター、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から「初めて大学に入った気がした」と語っている。

# 100

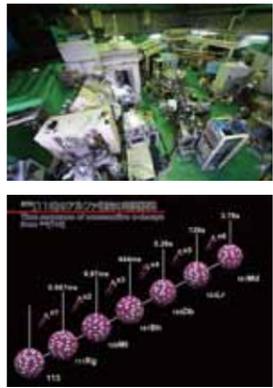
Looking ahead to our next century to  
build on our previous century

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。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「理研 科学力展開プラン」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、皆さま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

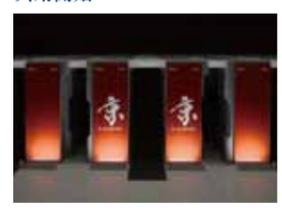
スーパーコンピュータ「京」の運用と計算環境の整備、計算科学と計算機科学を連携させた研究を行い、成果を創出することを目的として設立。



### 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



### 国立研究開発法人に名称変更

国立研究開発法人理化学研究所として、新たなスタートを切り、松本紘新理事長のもと、研究成果の最大化を目指す。



理化学研究所  
創立百周年

世界最高水準の成果を生み出す  
理化学研究所  
「科学力展開プラン」

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

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

### 1 研究開発成果を最大化する研究運営システムを開拓・モデル化する

理研全体の最適化に向けて本部機能を強化します。また、定年制と任期制の研究人事制度を一本化し、新たなテニキュア制度を構築する等、研究開発成果最大化のための研究運営システムを開拓し、国立研究開発法人のモデルを目指します。

### 2 至高の科学力で世界に先んじて新たな研究開発成果を創出する

社会ニーズに対応して、社会を牽引する研究開発を実施します。そのため、基礎研究を深化させ、分野を越えた取り組みを強力に推進します。最先端で魅力ある研究グループ、大型研究基盤施設等を核として世界の優秀な研究者を糾合します。これらによる至高の科学力で研究成果を創出します。

### 3 イノベーションを生み出す「科学技術ハブ」機能を形成する

全国の大学と一体となって科学力の充実を図ります。これを、国内外の研究機関や大学・産業界と形成する「科学技術ハブ」機能を通して展開し、イノベーションを生み出します。

### 4 国際頭脳循環の一極を担う

グローバル化された国際標準の研究環境を構築します。優秀な外国人研究者にとって魅力ある研究所とし、わが国を世界的な頭脳循環の一極にしていけます。

### 5 世界的研究リーダーを育成する

短期的成果主義から脱却を目指し、優秀な若手研究者を長期的・安定的に雇用するシステム、キャリアパスを構築します。国際的人事交流により、世界的研究リーダーを育成します。

独立行政法人時代

2003 2004 2006 2010 2011 2012 2013 2015 2017

### 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。

### 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

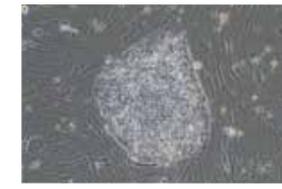
大阪大学の協力で設立した研究センター。大阪大学に隣接した活動拠点を設け、大学のボトムアップ研究と有機的な連携を図っている。



### 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



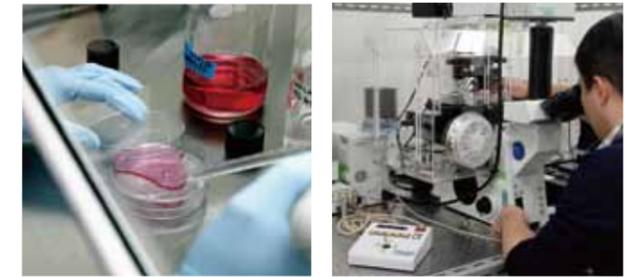
研究開発

# 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。

真空封止型短周期アンジュレータ  
低いエネルギーの電子ビームから、世界で最も高い光子エネルギー（最も短い波長）を持つXFELを発生する。

# 主任研究員研究室 Chief Scientist Laboratories



## 研究成果 プロテアソームを光らせ解析 タンパク質分解酵素複合体「プロテアソーム」は細胞質で完成、核内で特定の分子と相互作用すると解明

佐甲細胞情報研究室  
主任研究員 佐甲靖志

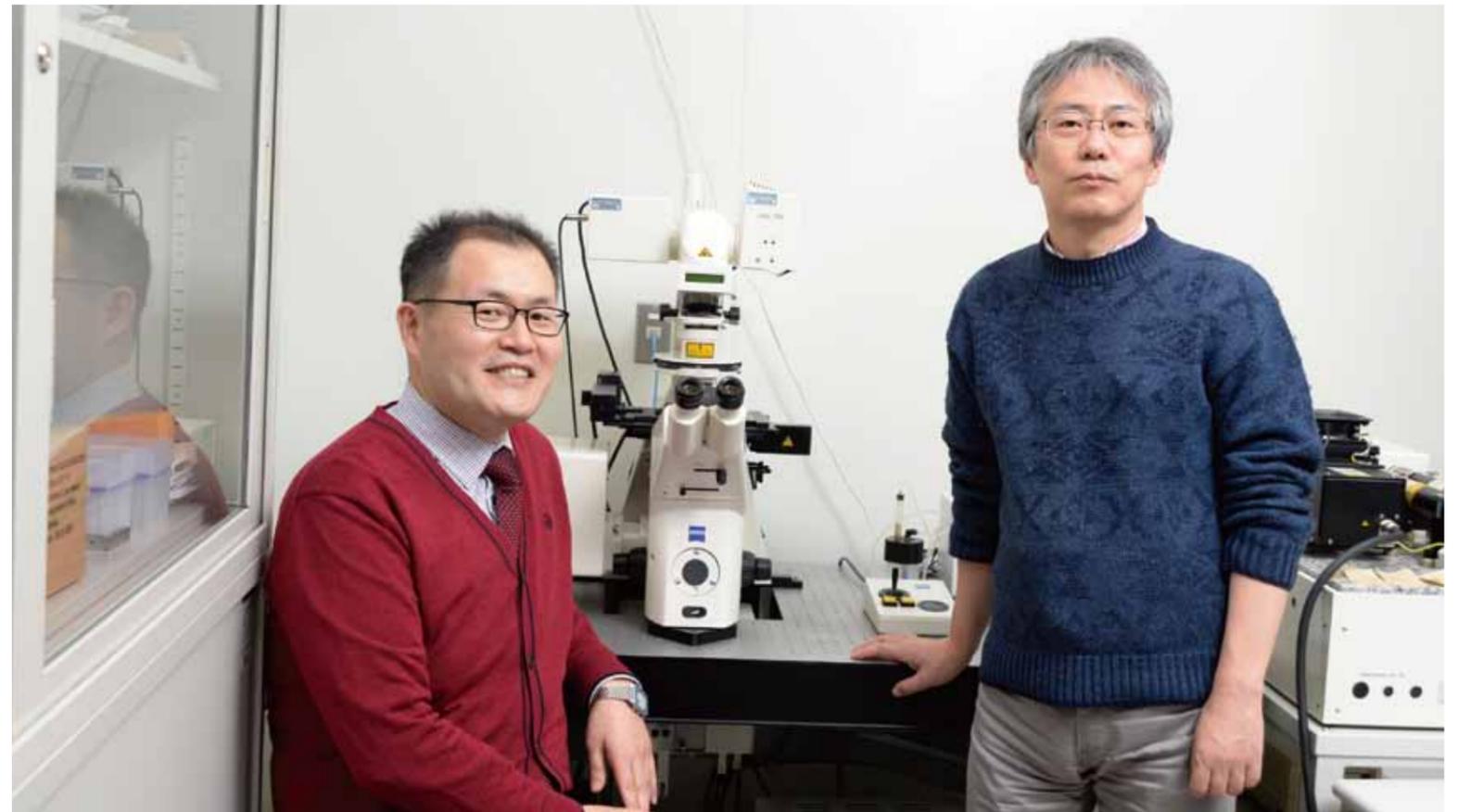
生体に含まれるタンパク質は10万種にも及ぶとされ、その大きさや形(立体構造)は、実にさまざまです。中には、複数の構造(サブユニット)が組み合わさったタンパク質複合体もあります。佐甲細胞情報研究室の白燦基協力研究員(現・客員研究員)は、公益財団法人東京都医学総合研究所との共同研究により、巨大なタンパク質複合体として知られるプロテアソームの振る舞いを、生きた細胞内で観察することに成功しました。

プロテアソームは、分子量約2.5MDa、直径20nm、長さ45nmの棒状のタンパク質複合体です。約66個のサブユニットからなり、細胞質や核内で不要になったタンパク質の選択的な分解、細胞周期の制御、免疫応答、シグナル伝達など、細胞内のタンパク質恒常性を維持するための重要な機能を担っています。これまで、分解のメカニズムなどについては詳細に検討されてきましたが、「プロテアソームが細胞内のどこで完成するのか」、「完成したプロテアソームがどのように存在するのか」といったことは、解明されていませんでした。

今回、蛍光相関分光法という手法を用いて、生きた細胞内でのプロテアソームの動態を解析しました。プロテアソーム遺伝子に蛍光タンパク質の遺伝子(GFP、mCherry)をつなぐことによって、光るプロテアソームを発現した酵母を作り、蛍光顕微鏡下で「細胞内でプロテアソームの大きさや運動」を迫るようにしたのです。

その結果、作られるほぼすべてのサブユニットタンパク質がプロテアソームに取り込まれ、完成後は細胞内に安定して存在することが分かりました。また、細胞質や核内のプロテアソームの約半分が、細胞小器官や転写因子タンパク質群と相互作用していることも突き止められました。さらに、これまでの定説を一部覆す現象を観察することができました。プロテアソームは核内で完成すると考えられてきたのですが、そうではなく、細胞質で完成した後に核内に移動することが確かめられたのです。

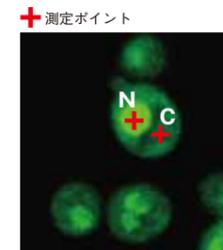
プロテアソームの機能破綻は、神経変性疾患や血液のがんなど、難治性のさまざまな病気に関与しています。例えば、がん細胞内では細胞増殖が亢進し、分解すべきタンパク質もたくさん存在するため、プロテアソームの機能を阻害すると、細胞内のストレスが高まって細胞死を誘導できることが分かっています。実際、プロテアソーム阻害剤が血液のがんに有効であると分かっており、研究の創薬への応用が期待されています。引き続きプロテアソームと細胞小器官との相互作用や、細胞質や核内における濃度バランスの維持機構などについて詳細に検討していく予定です。



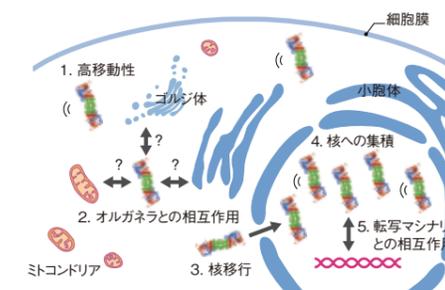
### 研究担当組織

理研が時代の要請に基づき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。

● 蛍光タンパク質のGFPをプロテアソームに結合させた酵母細胞の蛍光顕微鏡像 (Cは細胞質、Nは核内)



● 新しく分かった、プロテアソームの細胞内での振る舞い



一連の実験により、「細胞質で完成したプロテアソームは、速い拡散運動で細胞全体に広がる」、「細胞質内では、さまざまな細胞小器官と相互作用しながら拡散する」、「横になって核膜孔を通り、核内まで運ばれる」、「核内では転写因子と常に相互作用している」といったことが明らかになった。

佐甲靖志(さこうやすし)  
(写真右)  
主任研究員研究室  
佐甲細胞情報研究室

白燦基(ベクチャンギ)  
(写真左)  
主任研究員研究室  
佐甲細胞情報研究室

### リファレンス

Pack C.-G. et al. "Quantitative Live-Cell Imaging Reveals Spatio-Temporal Dynamics and Cytoplasmic Assembly of the 26S Proteasome" *Nature Communications* 5, 2014 Mar Article number: 3396 doi:10.1038/ncomms4396

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



**研究成果** **光を自在に操る物質**  
 真空より低い屈折率で  
 大きなサイズの三次元メタ材料

田中メタ材料研究室  
 准主任研究員 田中拓男

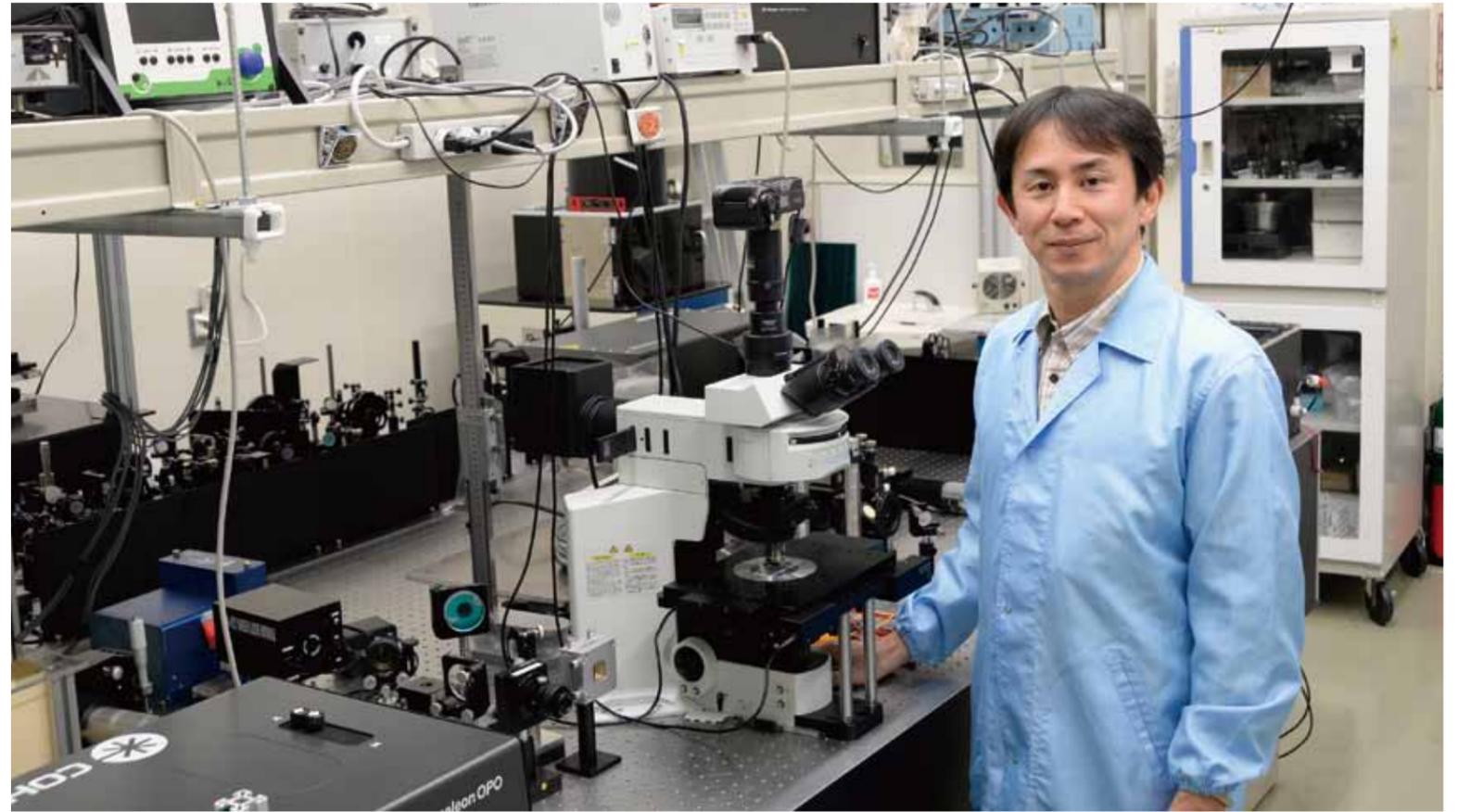
SF作品やアニメの世界では、物体を透明にする“光学迷彩”というテクノロジーが登場しますが、現実の世界においても“光学迷彩”が実現できるかもしれません。そのカギとなるのが「メタ材料」という物質です。むりやり日本語に訳すと「超越物質」という意味のメタ材料は、「光を自由自在に操るための人工物質」のことで、理論的には、物質の屈折率をゼロやマイナスといった自然界ではあり得ない値にすることも可能だとされています。

メタ材料は、光の波長よりも小さい超微細な構造を人工的に作り、その構造と光の相互作用を利用して、物質の光学特性を人工的に制御します。この構造は、光を含む電磁波に共振するマイクロ～ナノメートルスケールの共振器アンテナ素子を大量に集積化したものです。これまで二次元的なメタ材料は作られていましたが、このような平面パターンでは、ある特定の入射方向の光に対してしかメタ材料の特性を示すことができませんでした。

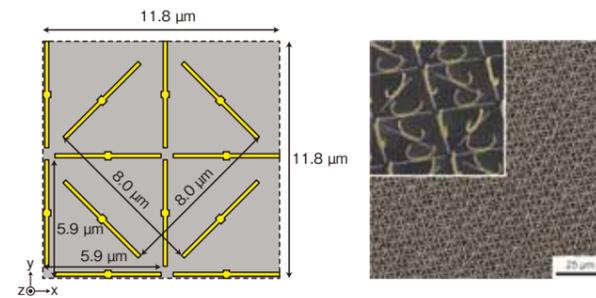
田中メタ材料研究室の田中拓男准主任研究員と国立台湾大学の蔡定平教授らとの国際共同研究グループは、共振器アンテナ素子を三次元的に加工し、メタ材料に垂直な軸周りのどの方向から入射する光に対しても同じように作用するメタ材料の開発に成功しました。しかも、このメタ材料では、真空の屈折率1.0よりも低い、0.35という値を実現しました。屈折率は、「真空中の光の速度」÷「物質中の光の速度」で定義されるので、このメタ材料の中の光が進む速度(位相速度)は真空中の光速より約3倍も速くなり、透明化技術の実現に不可欠な条件の一つが実現されたことになります。

三次元メタ材料が実現された背景には微細加工技術の著しい進化がありますが、大きな面積を加工することはいまだに難しく、これまでに作られたメタ材料のサイズは数～数百マイクロメートル程度しかありませんでした。そこで、田中准主任研究員らは、精密な制御により光リソグラフィー法などの露光パターンを高精度で加工する「トップダウン手法」と、物質の特性を利用して自己組織的に形状を作り上げる「ボトムアップ手法」を融合させることで、数ミリメートル角という大きなサイズの三次元メタ材料を作り出しました。

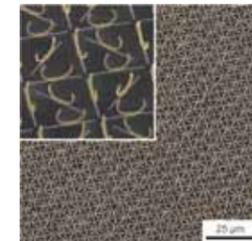
等方性、大面積、三次元の三つを同時に実現したメタ材料は、光学迷彩などの透明化技術の実現に向けて大きく貢献するものです。また、レンズの高性能化や高速で安定した光通信などの応用につながり、情報通信のさまざまな分野で革新を起こす存在になると期待されています。



●試作した1軸等方性三次元メタ材料



シリコン基板面に金属の共振器アンテナ素子を縦・横・斜め方向に立体的に配置。この構造により、どの方向からの光に対してもメタ材料の特性を発揮できるようにした。



田中拓男(たなかたかく)  
 准主任研究員研究室  
 田中メタ材料研究室

「あり得ない」特性を持つ物質を作り出し、あらゆる光学技術に革新を起こしたい。

リファレンス  
 Che-Chin Chen, Atsushi Ishikawa, Yu-Hsiang Tang, Ming-Hua Shiao, Din Ping Tsai, and Takuo Tanaka, "Uniaxial-isotropic Metamaterials by Three-dimensional Split-Ring Resonators," *Advanced Optical Materials* 3, pp. 44-48 (2015)

2014年10月24日プレスリリース  
 ー真空より低い屈折率を実現した三次元メタ材料を開発ー

## 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。

# 上席研究員研究室 Distinguished Senior Scientist Laboratories



## 研究成果 **iPS細胞へ誘導する「新たな鍵」** 核移植に似たしくみを利用し、 作製効率を約20倍高めることに成功した

石井分子遺伝学研究室  
上席研究員 石井俊輔

京都大学の山中伸弥教授らにより開発されたiPS細胞は、今や世界中の研究機関で用いられており、基礎研究を支えるだけでなく、臨床への応用も進んでいます。ただし、iPS細胞はES細胞に比べて、多様な細胞に分化する能力(多分化能)に劣り、完全に近い多分化能を持つiPS細胞の作製が課題となっていました。今回、石井分子遺伝学研究室の石井俊輔上席研究員らは、卵子内に多く存在する特殊なヒストンタンパク質に着目し、これらを多く発現させることで従来よりも約20倍も効率よくiPS細胞を作り出せることを見いだしました。

iPS細胞は、皮膚や白血球などの体細胞に「山中因子」とよばれるES細胞(胚性幹細胞)に多く発現する四つの転写因子(Oct3/4、Sox2、Klf4、c-Myc)を発現させることで、初期化(リプログラミング)を誘導し、多分化能を持つ幹細胞に変化させたものです。一方、体細胞クローン動物を作る際に行われる核移植の研究によって、卵子に「山中因子とは異なるリプログラミング因子」が存在することが示唆されており、その候補として「TH2A」と「TH2B」の2種のヒストン(異型ヒストン)が挙がっていました。ヒストンとは、DNAを巻き付けてコンパクトに収納するためのタンパク質の総称で、5種が知られています。これらのヒストンとアミノ酸の配列が少しだけ異なるものを「異型ヒストン」といい、卵子中に多く存在することが分かっていたのです。

これらの異型ヒストンがリプログラミングに関与するのであれば、iPS細胞作製時に発現させることによって、分化誘導の確率を上げられるのではないかと考えました。さっそく、山中因子とともにTH2AとTH2Bを発現させてみたところ、iPS細胞への誘導効率が約20倍も上昇しました。また、TH2AとTH2Bを用いると、山中因子のうちの特定の2種(Oct3/4とKlf4)だけでよくなり、他の2種は使わずに済むことも明らかになりました。その理由は、TH2AとTH2BにDNAを巻き付けて形成された スクレオソームは、通常よりも束ねられ方が緩いため、遺伝子の転写を促す因子(転写因子)が作用しやすいからだろうと考えています。

さらに、「X染色体の不活性化に関与するRNA(Xist RNA)を持たない体細胞を用いると、核移植によるクローン作製効率が上がるが、TH2AとTH2Bを用いたiPS細胞作製効率も同様に上がること」や、「TH2AとTH2Bは受精卵に伝わり、受精後に父方の遺伝子を活性化することで初期発生に重要な役割を果たす」といったことも明らかになりました。

一連の成果は「より完全な多分化能を持つiPS細胞の作製」を可能にするほか、核移植によるクローン作製技術の改良にもつながると期待されます。



### 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継ぎ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。

石井俊輔(いしいしゅんすけ)  
(写真左)  
上席研究員研究室  
石井分子遺伝学研究室

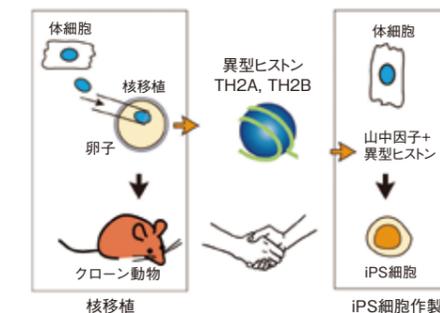
品川敏恵(しながわとしえ)  
(写真右)  
上席研究員研究室  
石井分子遺伝学研究室

●異型ヒストンを用いて作製したiPS細胞



TH2AとTH2B、そして山中因子のうちOct3/4とKlf4だけを用いて作製したiPS細胞。

●核移植に似たメカニズムを介した、異型ヒストンを用いた高効率なiPS細胞作製



卵子に多く存在する異型ヒストン(TH2AとTH2B)が、iPS細胞作製を促進する。これらの異型ヒストンが、核移植とiPS細胞作製の技術との橋渡しをするものと期待できる。

リファレンス  
Shinagawa T, Takagi T, Tsukamoto D, Tomaru C, Huynh LM, Sivaraman P, Kumarevel T, Inoue K, Nakato R, Katou Y, Sado T, Takahashi S, Ogura A, Shirahige K, Ishii S. "Histone Variants Enriched in Oocytes Enhance Reprogramming to Induced Pluripotent Stem Cells" *Cell Stem Cell* 14, 2014

2014年2月7日プレスリリース  
卵子の「異型ヒストン」がiPS細胞の作製を促す  
—核移植に似たメカニズムを介したiPS細胞の作製効率を約20倍アップ—

# 国際主幹研究ユニット/ 特別研究ユニット Initiative Research Units/ Special Research Units



**研究成果** 陽子の性質を探る  
世界最高精度で陽子の磁気モーメントを決定

Ulmer国際主幹研究ユニット  
ユニットリーダー Stefan Ulmer

現在の宇宙は、ビッグバンによって生じた等量の「物質」と「反物質」が完全に対消滅しなかったため、生き残った一部の「物質」からできていると考えられています。なぜ「物質」と「反物質」が完全に対消滅しなかったのかは、現代物理学の大きな謎の一つです。陽子(物質)と反陽子(反物質)の磁気モーメントをこれまでにない高い精度で測定できれば、「物質-反物質非対称性」説明の手がかりが得られる可能性があります。わずかも違が見つかれば、素粒子物理学の標準理論が予言するCPT対称性と矛盾することになり、標準理論が根底から覆されることになります。

Ulmer国際主幹研究ユニットのStefan Ulmer<sup>ステファン ウルマー</sup>ユニットリーダーを中心とするチームとドイツのマインツ大学、重イオン研究所(GSI)、マックス・プランク原子核研究所との共同研究グループは、陽子の磁気モーメントを超高精度で測定しました。この目的のため、共同研究グループは「ダブルベニングトラップ法」を開発しました。

ベニングトラップという装置は、電場と磁場で荷電粒子を空間の一点に捕まえることができます。閉じ込められた陽子は非常に小さな振幅で振動運動をするため、電極にごくわずかな(数フェムトアンペア)電流を誘起しますので、超高感度の測定装置を開発することで、陽子の振動数を知ることができます。このベニングトラップに不均一な磁場分布(マグネティックボトル)を用意すると、その振動数は陽子の磁気モーメントの向きによりわずかに変化しますので、この変化を観測することで磁気モーメントを決定することができます。ところが、この不均一な磁場分布は観測に影響を与え、測定精度を上げることができませんでした。

この問題を克服するため、ダブルベニングトラップ法では、ベニングトラップを二つ用意し、一つを均一磁場領域に、もう一つをマグネティックボトル領域に設置します。陽子をこの二つのトラップの間を行き来させ、均一磁場領域で高精度の振動数測定を行い、マグネティックボトル領域で磁気モーメントの向きを変える、という風に役割を分担しました。この実験手法により、相対誤差が10億分の3.3(3.3ppb)という超高精度な陽子の磁気モーメント測定が実現できました。これは従来の測定精度より760倍高く、水素原子を用いた42年前の間接測定より2.5倍高い測定精度に対応します。今回の結果は同時に、間接測定の際に用いた理論的補正が適切であったことも証明しました。

現在、「反陽子の磁気モーメント」の直接測定に「ダブルベニングトラップ法」を適用することを目指して、準備が進んでいます。従来の1,000倍以上の精度が得られると期待されていて、陽子と反陽子の性質はこれまでにない超高精度で比較でき、「物質-反物質対称性」の研究は新たな段階に入ると期待されます。



●陽子の磁気モーメントを測定に用いたダブルベニングトラップ



Stefan Ulmer  
(ステファンウルマー)  
(写真右端)  
国際主幹研究ユニット  
Ulmer国際主幹研究ユニット

宇宙誕生の大きな謎  
「物質-反物質相対性」の  
解明に寄与したいと  
考えています。

**研究担当組織**

**国際主幹研究ユニット**  
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**  
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 理論科学で宇宙の謎を次々解明 重い元素の起源や超新星爆発のしくみの解明に 連携研究推進グループが活躍

階層縦断型基礎物理学研究チーム 研究員 和南城伸也  
長瀧天体ビッグバン研究室 准主任研究員 長瀧重博  
長瀧天体ビッグバン研究室 研究員 滝脇知也

コンピュータが発達して、基礎物理学、物質科学、生物化学など、さまざまな分野で計算科学を使用した理論研究が進められています。理研ではさまざまな分野の理論研究者が結集し、「理論科学連携研究推進グループ(iTHES)」を結成しています。研究者が扱うテーマは素粒子、生命、化学、宇宙物理学など多岐にわたりますが、それらの現象を記述する数学的な枠組みには、ある程度の共通点があります。iTHESでは、異分野の研究者が交流することで、新たな研究手法の開拓を目指しています。

階層縦断型基礎物理学研究チームの和南城伸也研究員は、地球や私たちの体をつくっている元素がどのようにできたのかを明らかにしようと研究に取り組んでいます。自然界には83種類の元素が存在します。これらの元素はすべて宇宙でつくられたものです。

水素から鉄までの軽い元素はどのようにつくられたのかが分かってきましたが、金やウランといった重い元素についてはまだはっきりとしていません。和南城研究員らは、二つの中性子星が合体する過程について、一般相対性理論とニュートリノの影響を考慮した数値シミュレーションを行い、中性子星合体によって、金やウランなどの重い元素ができることを示しました(図)。しかも、シミュレーションによって得られた重い元素の比率は、太陽系内に存在する重い元素の比率とよく一致しており、重い元素が中性子星合体によってつくられているという考えをさらに後押ししています。

理研には、他にも天文分野の理論研究を行っている研究室があります。長瀧重博准主任研究員を中心に超新星爆発やガンマ線バーストといった宇宙で発生する爆発現象の理論的な研究を進める、長瀧天体ビッグバン研究室がそれです。同研究室の滝脇知也研究員は、最近、超新星爆発に関する大きな研究成果を挙げました。これまで、世界中の研究者がコンピュータシミュレーションで超新星爆発を再現しようとしたましたが、現実的な仮定の下では、誰も成功していませんでした。滝脇研究員は計算機資源がかかりすぎるため不可能だと思われていた、現実と同じ空間三次元での計算を実行し、超新星爆発が成功に導かれることを示しました。そのためには、中心部分でニュートリノが加熱される過程を効率的に計算する手法を開発することと、そのとき世界で1番の計算能力を持っていたスーパーコンピュータ「京」を利用することが不可欠でした。この成果は、超新星爆発のしくみを明らかにするための重要な手がかりとして世界中から注目を集めています。

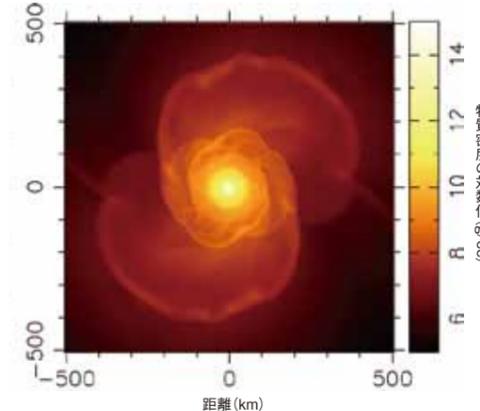
2014年6月に、長瀧天体ビッグバン研究室はiTHESに参画しました。iTHESの天文分野の理論研究の充実、iTHES内外の研究者間のより緊密な交流や協力によって、この宇宙にあるさまざまな謎の解明が加速することが期待されています。



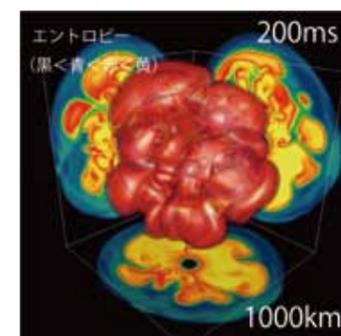
### 研究担当組織

研究推進グループは、自然科学の総合研究所である理化学研究所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。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、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。

●スーパーコンピュータによる中性子星合体のシミュレーション



●超新星シミュレーション



和南城伸也(わなじょうしんや)  
(写真左)  
研究推進グループ  
理論科学連携研究推進グループ(iTHES)  
階層縦断型基礎物理学研究チーム

長瀧重博(ながたきしげひろ)  
(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)  
長瀧天体ビッグバン研究室

滝脇知也(たきわきともや)  
(写真右)  
長瀧天体ビッグバン研究室

リファレンス  
2014年7月17日プレスリリース  
金やウランなどの重い元素は中性子星の合体で作られた可能性が高い  
一鉄より重い元素の起源を数値シミュレーションで解明—

# グローバル研究クラスタ Global Research Cluster



第4回「理研-マックス・プランク連携研究センターシステムズケミカルバイオロジー合同シンポジウム」

## 研究紹介 頭脳循環のスーパーハブを構築 世界トップの研究機関として

クラスタ長 玉尾皓平  
理研-マックス・プランク連携研究センター  
連携研究センター長 長田裕之

理研グローバル研究クラスタでは、理研-マックス・プランク連携研究センターや、宇宙観測実験連携研究グループのように数多くの国際共同研究が行われています。近年、環境問題や食料問題など地球規模の課題の解決に向けた国際協力に力を入れる一方で、自国での研究推進のため、優秀な人材を獲得するための競争が国際舞台で繰り広げられています。

そこで、従来から行われてきた研究者同士の国際共同研究を研究機関レベルまで発展させることを目的に、2013年4月に「グローバル研究クラスタ」を発足させました。このクラスタがコアとなって海外研究拠点を設置し、人材ネットワークの構築を推進しています。

理研の海外研究拠点としては、以前から設置している英国・ラザフォード・アップルトン研究所(RAL)、米国・ブルックヘブン国立研究所(BNL)、米国・マサチューセッツ工科大学(MIT)に加えて、グローバル研究クラスタには、ドイツ・マックス・プランク協会、韓国生命工学研究院(KRIBB)、マレーシア科学大学(USM)、中国・西安交通大学(XJTU)との連携センターがあります。また、最近では世界の人口の約半分が暮らすアジア諸国との連携を強化しており、中国科学院上海光学精密機械研究所(SIOM)、インドのジャワハルラル・ネルー先端科学研究所(JNCASR)、インド科学大学(IISc)、インド国立生物科学センター(NCBS)と連携研究拠点を設置したところです。

「海外連携体制のあり方としては、研究者同士のつながりから研究施設レベルでの大型連携へと発展した理研-マックス・プランク連携研究センターが理想形です」と話すのは、玉尾皓平クラスタ長。同センターでの取り組みをロールモデルに、研究員の交流、研究リソースや情報の交換などを活発に行い、研究成果を挙げていくことを目指します。また、海外拠点においては、理研のブランドを確立し、海外における理研の地名度も向上させていきます。

今後は、海外拠点と国内拠点、両方の強化を推進し、優秀な若手研究者を海外に派遣すると同時に、海外から優秀な研究者を継続的に受け入れ、理研に「頭脳循環のスーパーハブ」を構築します。海外から優秀な研究者を受け入れるため、博士課程の学生を受け入れる「国際プログラム・アソシエイト(IPA)」などの既存の制度を強化すると同時に、「post-IPAプログラム」「世界トップ20研究者」などの新しいプログラムを計画中です。

日本を代表する研究機関である理研が、世界トップの研究機関としてさらに飛躍するための大切な一歩となります。



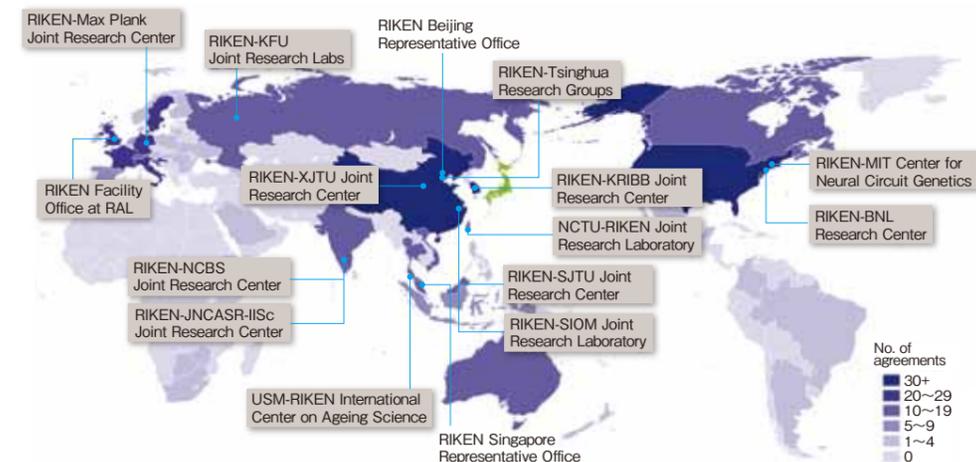
### 研究担当組織

2013年4月に発足したグローバル研究クラスタは、地球規模の課題の解決に向け、分野を越え、機関を越え、国を越えて研究活動を推進する理化学研究所の多様な連携研究を束ねるとともに、世界的な頭脳循環におけるハブ機能を強化し、世界トップの研究機関として、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(工学博士)

### ● 理研の海外研究拠点

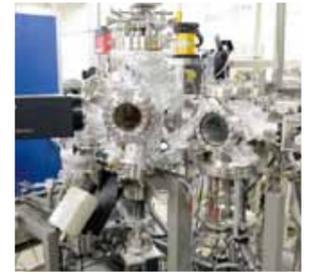
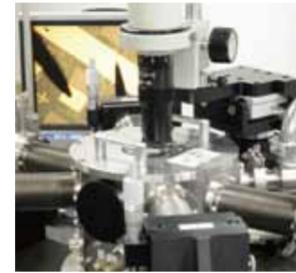


玉尾皓平(たまおこうへい)  
(写真前列左から2番目)  
グローバル研究クラスタ

長田裕之(おさだひろゆき)  
(写真前列右から3番目)  
グローバル研究クラスタ  
理研-マックス・プランク連携研究センター

# 創発物性科学研究センター

# CEMS



## 研究成果 電子集団の相転移で光発電 多重キャリア生成による 強相関太陽電池の実現に向けて前進

強相関物理部門 強相関界面研究グループ  
グループディレクター 川崎雅司  
上級研究員 中村優男  
研究員 盛志高(現・客員研究員)  
客員研究員 牧野哲征  
強相関物理部門 強相関理論研究グループ  
上級研究員 小椎八重航

遷移金属酸化物などの「強相関電子系」は、物質内の電子の密度が非常に高く、強く相互作用し合っている電子集団です。そのため、本来は金属となる物質でも、クーロン相互作用によって電荷同士が反発し合い、格子状に電荷が整列して動かなくなるために絶縁体になります。この絶縁体に光を照射すると、止まっていた電荷が一斉に動き出し金属になる、「相転移」がしばしば起きます。

電荷整列絶縁体の状態は、たとえるならば「氷」のような状態で、光を当てることで「水」となって溶け出すイメージです。このような「光照射による相転移」は、絶縁体の状態と金属の状態がエネルギー的に拮抗した「相競合状態」になっているときに起こりやすいことが分かっています。光照射によって絶縁体から金属へと相転移するプロセスでは、多重キャリア生成という現象により一つの光子が複数の電荷を励起して、止まった状態の電荷が動けるようになるのです。この多重キャリア生成を応用して、バンドギャップ以上の光子エネルギーを複数の電荷の生成に効率的に利用する、光電変換効率の極めて高い強相関太陽電池を実現する試みが進められています。

強相関界面研究グループの川崎雅司グループディレクターらの共同研究グループは、強相関酸化物と半導体という異種材料のヘテロ接合の界面に相競合状態を持たせた太陽電池を作り、強相関電子系酸化物の化学組成などによって太陽電池の光電変換効率が磁場で変化できるということを発見しました。

共同研究グループは、光照射で相転移を起こす代表的な物質「ペロブスカイト型マンガン酸化物」と半導体によるヘテロ接合の強相関太陽電池を複数作製して、その特性を調べました。界面に対して平行な面内で異方的にゆがんでいて、しかも特定の組成 $[La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3]$ のペロブスカイト型マンガン酸化物を用いた場合に、光電変換効率が磁場によって大きく向上することが分かりました。また、界面近くのバンドギャップと光電流の大きさの関係を調べたところ、バンドギャップが小さく金属相が安定でも、逆にバンドギャップが大きすぎて電荷整列相が安定でも光電流は小さく、その中間のギャップサイズなら相競合状態が実現して、高い太陽電池特性が現れるとともに、磁場でさらに効率を向上できることを明らかにしました。

今回の研究成果により、強相関電子系と半導体の界面近くで相競合状態を誘起すると、太陽電池の光電変換効率が向上することが分かり、次世代太陽電池として期待されている強相関太陽電池が実現可能になると期待できます。



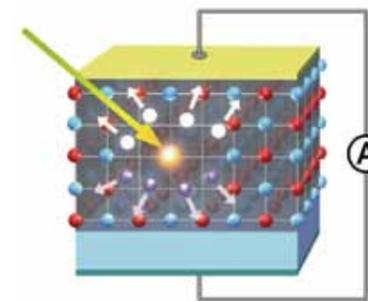
### 研究担当組織

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索する新しい学問です。創発物性科学研究センターは、物理学・化学・エレクトロニクスの世界トップレベル研究者が参画・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.)

●ペロブスカイト型マンガン酸化物で現れる電荷整列状態と多重キャリア生成



電荷が大量に存在しているため本来は金属となるはずの物質が、クーロン相互作用によって電荷同士が反発し合い、格子状に電荷が整列して動かなくなってしまう絶縁体となる。このような絶縁体に光を照射すると、止まっていた電荷が一斉に動き出して金属へと相転移する。

川崎雅司(かわさきまさし)  
(写真右から2人目)  
創発物性科学研究センター  
強相関物理部門 強相関界面研究グループ  
中村優男(なかむらまさお)  
(写真左端)  
創発物性科学研究センター  
強相関物理部門 強相関界面研究グループ  
盛志高(シェンジーガオ)  
(写真左から2人目)  
創発物性科学研究センター  
強相関物理部門 強相関界面研究グループ  
小椎八重航(こしばえわたる)  
(写真右端)  
創発物性科学研究センター  
強相関物理部門 強相関理論研究グループ

リファレンス  
2014年8月1日プレスリリース  
太陽電池の接合界面に相競合状態を持たせ  
光電変換効率を向上

# 光量子工学研究領域

# RAP



## 研究成果 テラヘルツ波の実用化を目指す テラヘルツ波から光波への波長変換による 室温・リアルタイム・テラヘルツ波可視化技術を開発

テラヘルツ光源研究グループ テラヘルツ光源研究チーム  
チームリーダー 南出泰亜

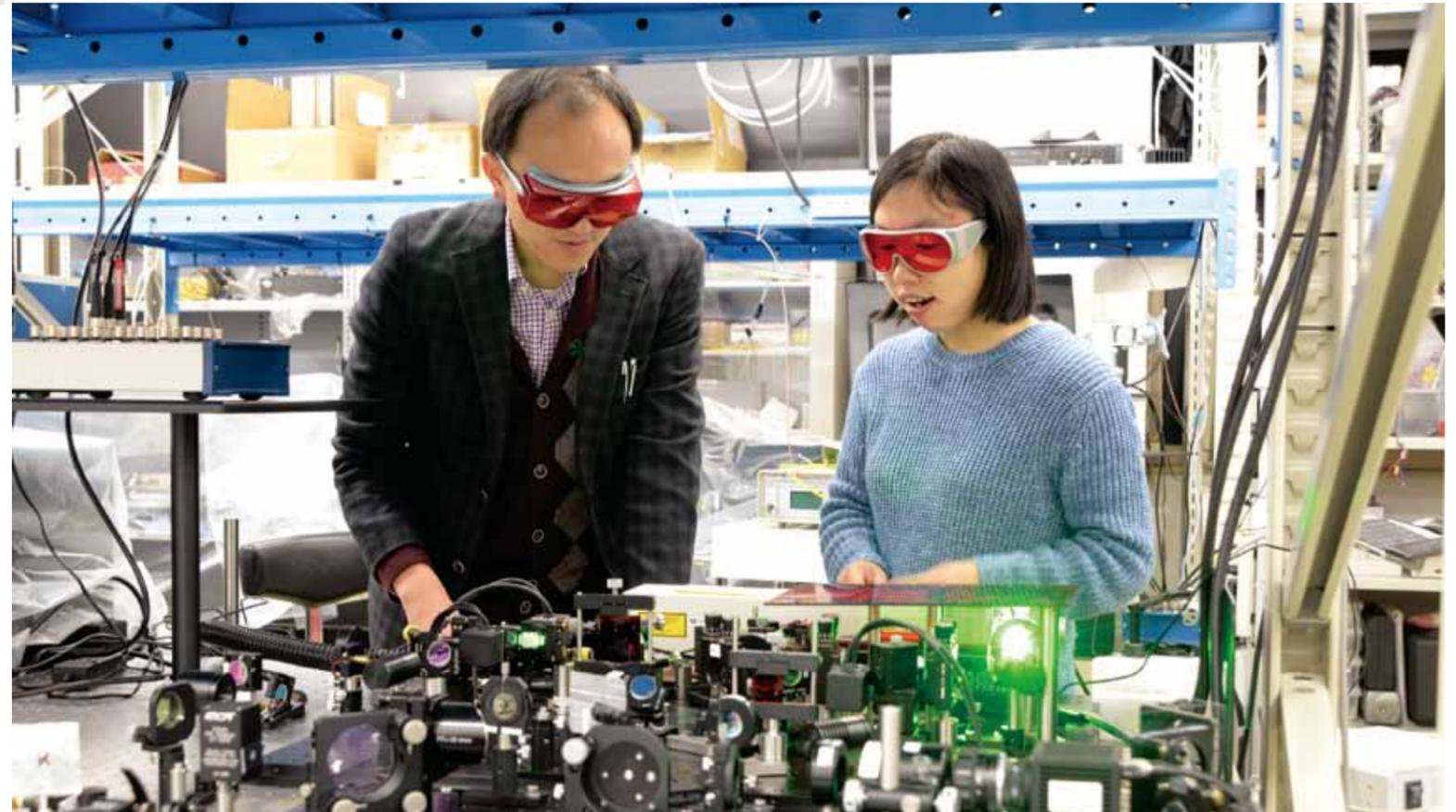
テラヘルツ波は、光と電波の中間の周波数帯(0.1~100THz)の電磁波で双方の特性を併せ持つことが知られています。X線のように木や紙などを透過する性質を持ちながら、被ばくしない性質を持つ電磁波です。1895年にレントゲンが発見したX線は、対象物を壊さずに中が透けて見える利便性により、医療や非破壊検査など幅広い分野で活用されています。一方、放射線による被ばくの危険性のため、使う場所や使用方法に制限があります。被ばくの心配がないテラヘルツ波はその有用性を認識されつつも、発生機構や、検出機構に技術的な課題が多く、実用化に向け開発が進められています。

テラヘルツ光源研究チームの南出泰亜チームリーダーらの研究チームは、独自に育成した有機非線形光学結晶DASTを用い、テラヘルツ波を光子エネルギーの大きな近赤外光へ波長変換し、高感度な近赤外光カメラで計測するテラヘルツ波可視化システム「高感度リアルタイムテラヘルツ波イメージングシステム」を開発しました。これまでに単一検出素子で数十アトジュール( $10^{-17}$ J)オーダーの超微弱なテラヘルツ波エネルギーの計測を実現しており、この技術を二次元に発展させた成果です。

今回の研究では、波長532nmのレーザーを光源に使用し、DAST結晶を2波長KTP光パラメトリック発振器で励起し、約19THzのテラヘルツ波を発生させ、「K」の形に切り抜いた金属アルミ箔を紙に貼った資料に照射しました。金属はテラヘルツ波を遮断するため、テラヘルツ波像としては「K」の形が抜けた像となります。この透過したテラヘルツ波と、1波長KTP光パラメトリック発振器経由の励起光をDAST結晶に入射し、非線形光学効果により近赤外光に変換して、高感度近赤外光カメラで「K」の形に抜けた像を捉えました。

従来のシステムはテラヘルツ波を熱に変換して計測するため、装置を極低温に冷却することが不可欠でした。近赤外光カメラを用いた今回のシステムは極低温への冷却の必要がなく、室温でも計測が可能という大きなメリットがあります。また、既に実用化している市販の高感度インジウムガリウムヒ素カメラで撮影可能であるため、時間・空間的に変化する対象物でもリアルタイムで撮影できます。

テラヘルツ波の利便性は透過性だけではありません。物質にテラヘルツ波を当てると、指紋スペクトルと呼ばれる物質固有の特徴的な吸収スペクトルを示すため、この特性を利用した新たな分析技術や検査技術など非破壊センシング・イメージング技術が注目されています。今回開発されたシステムにより、検査・分析などテラヘルツ波の活躍の場が大きく広がります。テラヘルツ波がもたらす新たな安心・安全な社会を目指し、今後の改良が期待されます。



### 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、生きた細胞内の動きを観る超解像顕微鏡、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。

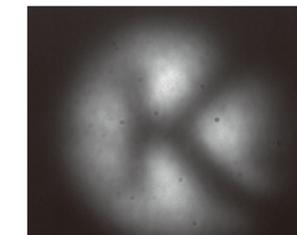


領域長  
緑川克美 (D.Eng.)

●金属アルミニウム箔試料



●テラヘルツ波像



金属アルミニウム箔を紙に貼り付け、アルファベットの「K」に切り抜いた試料。サイズは、縦・横ともに約27mm(写真左)。今回開発した高感度リアルタイムテラヘルツ波イメージングシステムで撮影したテラヘルツ波像。「K」の形をくっきりと表した像を得ることに成功した(写真右)。

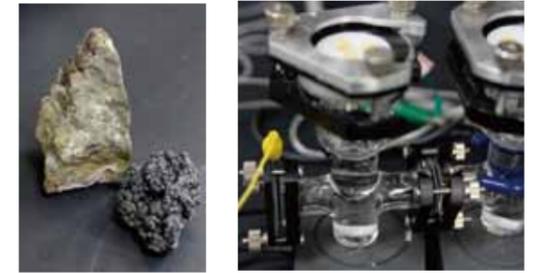
南出泰亜(みなみでひろあき)  
(写真左)  
光量子工学研究領域  
テラヘルツ光源研究グループ  
テラヘルツ光源研究チーム

安心・安全な社会の実現を  
目指し、より一層  
テラヘルツ波の研究・開発を  
加速させます。

リファレンス  
S. Fan, F. Qi, T. Notake, K. Nawata,  
T. Matsukawa, Y. Takida, and H. Minamide,  
Appl. Phys. Lett. 104 (10), 101106 (2014).

# 環境資源科学研究センター

# CSRS



## 研究成果 水を電子源に燃料製造 効率的に水から電子を取り出す 「人工マンガン触媒」を開発

生体機能触媒研究チーム  
チームリーダー 中村龍平

### 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、持続的社会的の実現に挑みます。「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利活用のための「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。そして、バイオ素材の利活用を進め、環境にやさしい生産技術や農業生産を実現し、持続的な人類社会の構築に貢献します。



センター長  
篠崎一雄 (D.Sci.)

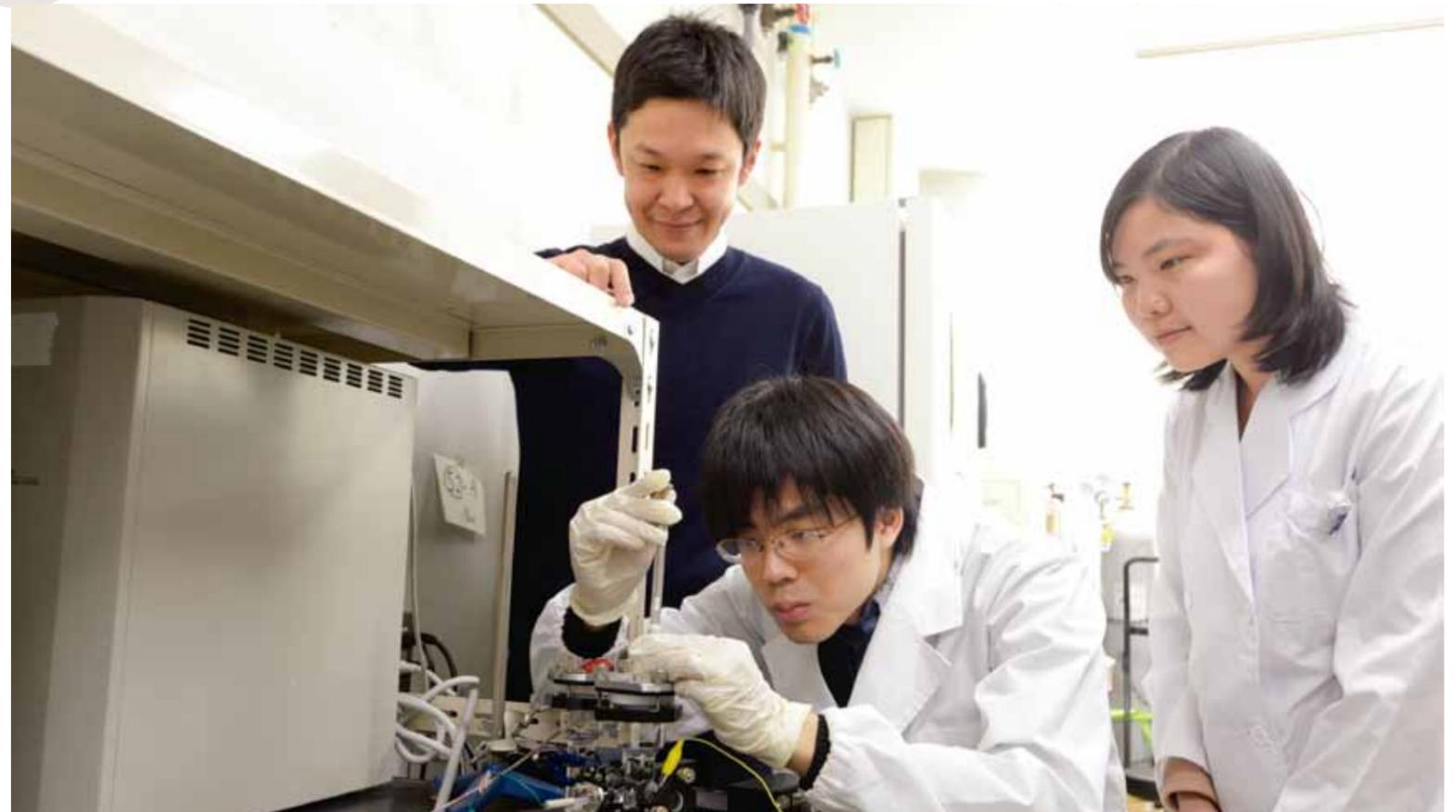
クリーンで地球上に豊富に存在する“水”は、水素や有機燃料の製造に重要な電子源として期待されている化学資源の一つです。自然界では、植物など光合成を行う生物がマンガンを含む酵素(生体マンガン酵素)を利用して水から電子を取り出し、二酸化炭素からグルコースや脂肪酸などの炭水化物を作り出します。以前から、植物の水を分解する生体マンガン酵素の構造を模倣し、水から効率よく電子を引き抜く「人工マンガン触媒」の研究・開発が行われてきました。

人工マンガン触媒が、効率よく水から電子を引き抜くことができるのは強酸や強アルカリ環境だけで、中性環境になると活性が著しく低下してしまいます。

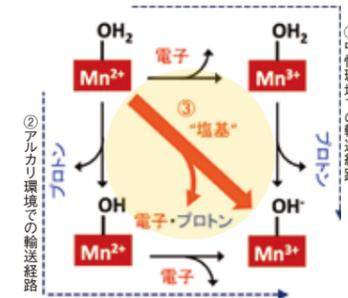
生体機能触媒研究チームの中村龍平チームリーダーらによる共同研究グループは、中性環境における生体マンガン酵素と人工マンガン触媒との活性の違いの原因として、電子/プロトン輸送の機構が異なることに着目しました。その結果、水を分解するプロセス( $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+$ )において、生体マンガン酵素では電子とプロトンが同時に移動しているのに対して、人工マンガン触媒ではプロトンより先に電子が移動していることを明らかにしました。

次に、共同研究グループは、生体マンガン酵素におけるアミノ酸を介した電子/プロトン輸送制御機構にヒントを得て、人工マンガン触媒にプロトン受容能が大きい塩基を何種類も添加し、中性環境(pH=7.5)での水分解反応活性への効果を調べました。その結果、プロトン受容能力が高くなるにつれ電流値が大きくなり、よりエネルギーロスが少ない低い電位からでも電流が流れることが分かりました。つまり、中性の水を分解しても電子を取り出せるということです。また、検討を行った中でもっとも高いプロトン受容能力を有する塩基(g-コリジン)を添加した場合、水分解活性は最大15倍も高くなり、強アルカリ環境で得られる値の60%にまで達しました。これにより中性の水を分解して電子を取り出す触媒として十分な活性を示したといえます。

この研究成果は、クリーンで豊富な中性の水を電子源とした水素製造や環境負荷の低い有機燃料製造などにつながる事が期待できます。



●人工マンガン触媒の水分解反応における電子とプロトンの輸送経路



- ①中性環境では、電子がプロトンより先に移行する。
- ②アルカリ環境では、プロトンが電子より先に移行する。
- ③塩基を添加することで、中性環境でも電子とプロトンを同時に移行させる。

中村龍平(なかもりゅうへい)  
(写真左奥)  
環境資源科学研究センター  
生体機能触媒研究チーム

山口晃(やまぐちあきら)  
(写真手前)  
環境資源科学研究センター  
生体機能触媒研究チーム

リファレンス  
2014年6月30日プレスリリース  
中性の水から電子を取り出す「人工マンガン触媒」を開発 ―水を電子源とした燃料製造に前進―

# 生命システム研究センター

# QBiC



## 研究成果 マウスを丸ごと透明化 1細胞解像度で観察し、 個体レベルの生命現象の解明を目指す

細胞デザインコア  
コア長 上田泰己

生物の身体は膨大な数の細胞からなり、全身に複雑な細胞ネットワークがつくられています。がんや免疫疾患などでは、細胞に起こった変化が、細胞ネットワークを通じて生命システム全体に影響を及ぼしていることが知られています。そこで、全身を1細胞解像度で解析できる技術が確立できれば、病態におけるネットワークの変化を明らかにすることができ、生命現象の解明につながります。

細胞デザインコアの上田泰己コア長ら研究グループは、透明化試薬とコンピュータ画像解析を組み合わせた全脳イメージング・解析技術「CUBIC(Clear, Unobstructed Brain Imaging Cocktails and Computational analysisの略)」を開発し、マウスの脳を透明化し、1細胞解像度でイメージングすることに成功しました。

さらに研究グループは、CUBICに用いた透明化試薬に含まれるアミノアルコールが血液に含まれる色素「ヘム」を溶出させ、脱色を促すことを明らかにし、このメカニズムを利用してマウス全身を透明化する方法を開発しました。マウス全身に希釈した透明化試薬を循環させたのち、10日～2週間、全身を透明化試薬に浸すことで、骨を除くほとんどすべての臓器を透明化することができました。透明化した臓器や個体サンプルを「シート照明型蛍光顕微鏡」で撮影すれば、わずか1時間ほどで三次元イメージング画像を得ることができます。この画像から、体内の解剖学的構造や遺伝子の発現などを1細胞解像度で解析できました。

研究グループは、この方法によってマウスの膵臓に散在する「ランゲルハンス島」を解析しました。ランゲルハンス島は、血糖値を調節するホルモンの分泌機能を持つ細胞群で、糖尿病の発症に関与することが知られています。糖尿病モデルマウスは健常マウスに比べて、ランゲルハンス島の数が減少し、体積の大きなランゲルハンス島ほど数が減っていることがわかりました。また、透明化マウスを使って、心臓の心室や心房、肺の気管支樹など、臓器の微細な構造を可視化したり、CUBICと免疫染色法とを組み合わせて「臓器丸ごと免疫染色法」を確立しました。

CUBICは全身の細胞の働きを1細胞の解像度で網羅的に観察できる技術です。この技術により、研究グループが進めている、個体レベルの生命現象を細胞ネットワークの働きとして捉える「個体レベルのシステム生物学」の実現に一步近づき、生物学のみならず、医学分野においても大きな貢献をもたらすと期待できます。



### 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や試験管の中で再現し、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.)

### ●マウス全身の丸ごと透明化



成体マウス



幼児マウス

上田泰己(うへだひろき)  
(写真左)  
生命システム研究センター  
細胞デザインコア

「個体レベルのシステム生物学」を実現し、  
医療分野での貢献も  
目指します。

### リファレンス

E. A. Susaki, K. Tainaka, D. Perrin, F. Kishino, T. Tawara, T. M. Watanabe, C. Yokoyama, H. Onoe, M. Eguchi, S. Yamaguchi, T. Abe, H. Kiyonari, Y. Shimizu, A. Miyawaki, H. Yokota and H. R. Ueda (2014) "Whole-brain imaging with single-cell resolution using chemical cocktails and computational analysis." *Cell* 157(3): 726-39  
K. Tainaka, S. I. Kubota, T. Q. Suyama, E. A. Susaki, D. Perrin, M. Ukai-Tadenuma, H. Ukai, H. R. Ueda (2014) "Whole-body imaging with single-cell resolution by tissue decolorization." *Cell* 159(4): 911-24

# 多細胞システム形成研究センター

# CDB



## 研究成果 細胞の自発性が環境応答のカギ

細胞のランダムな動きと  
走化性のメカニズムを明らかに

フィジカルバイオロジー研究ユニット  
ユニットリーダー 柴田達夫

細胞が外部の化学誘引物質濃度の勾配を感じ取って移動する性質を「走化性」と言います。細胞の走化性は、外部の勾配によって細胞内シグナル伝達の非対称性が形成され(極性形成)、それが細胞骨格の形成を誘導することで実現していると考えられています。一方、細胞外部に化学誘引物質濃度の勾配がないときには、細胞は自発的に極性形成をし、細胞骨格をランダムな方向に形成し、ランダムな方向に運動しています。このようなランダムな方向に極性が作られるメカニズムや、それが細胞の勾配方向の認識にどのように働いているのかは明らかになっていませんでした。

フィジカルバイオロジー研究ユニットの柴田達夫ユニットリーダーらの研究チームは細胞や組織における秩序形成のしくみを、数理的な切り口から、理論と実験を組み合わせた手法で研究しています。細胞の秩序形成は1細胞のみならず、多細胞システムにおける秩序形成の基本となるものです。研究チームは細胞性粘菌を使って、細胞内部で自発的に起きる非対称性の形成の研究を進めました。これまで、研究チームは統計解析をもとに自発的な極性形成の数値モデルを構築し、自発的な極性形成が誘引物質への高い感受性と頑強性に役立っていることや、極性形成反応は興奮系の性質を持つことを示唆していました。興奮系は一定の強さの刺激を受けると強い反応を作り出すシステムで、神経細胞などの生命現象ばかりではなく、試験管内の化学反応でも見られる性質です。

細胞性粘菌は誘引物質cAMPに反応すると、進行方向の細胞膜上にホスファチジルイノシトール3,4,5リン酸(PIP3)濃度の高いドメインを形成します。それが細胞骨格の形成を誘導することで、濃度勾配の方向に走化性を示します。そこで、研究チームは細胞性粘菌にさまざまな条件でcAMPの刺激を与えて、PIP3の時間的な変化を観察しました。その結果、数値モデルと同様に、走化性の元となるのは細胞内部の興奮系に制御されている自発的でランダムな極性形成であることが分かりました。さらに、その極性形成が外部の化学物質の濃度差によって局在するようになり、方向性を持つ細胞の動きにつながっていることも分かりました。

柴田達夫ユニットリーダーは「今回の研究によって走化性のシグナル伝達系が興奮系の性質を持つことが示されました。細胞は外部の刺激に従って応答するのではなく、あらかじめ応答のパターンを用意しておき、外部の濃度勾配に従ってそのパターンを少し変化させることで、多様な状況に対して鋭敏かつ安定して対応できるということが分かります。同様の考え方は多細胞の軸や極性の形成などにも応用でき、多細胞の複雑な形態形成にも同様のシステムが作用しているかもしれません」と語っています。

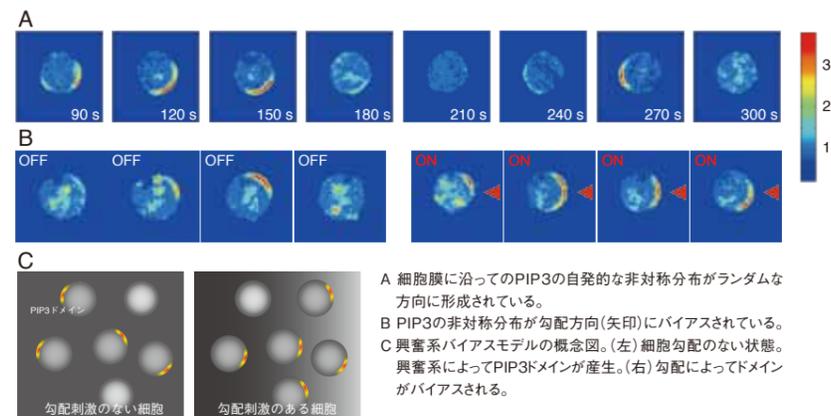


### 研究担当組織

私たちの体は無数の細胞から成り、それらがシステムとして協調的に機能することで、さまざまな生命現象を実現しています。多細胞システム形成研究センター(CDB)では、複雑精緻な「多細胞システム」の成り立ちを理解し、疾病の原因究明や再生医療への応用に貢献することを目指し、独創的・創造的な研究を展開しています。また、周辺の研究施設・医療機関・企業等と密接に連携し、理研CDBで得られた研究成果を速やかに臨床・産業化につなげていきます。



センター長  
濱田博司 (M.D., Ph.D.)



A 細胞膜に沿ってのPIP3の自発的な非対称分布がランダムな方向に形成されている。  
B PIP3の非対称分布が勾配方向(矢印)にバイアスされている。  
C 興奮系バイアスモデルの概念図。(左)細胞勾配のない状態。興奮系によってPIP3ドメインが産生。(右)勾配によってドメインがバイアスされる。

柴田達夫(しばたつお)  
(2014年11月より所属変更)  
生命システム研究センター  
生命モデリングコア  
フィジカルバイオロジー研究チーム

多細胞の複雑な  
形態形成の背後にある  
普遍的なロジックの解明を  
目指しています。

リファレンス

Nishikawa M, et al., "Excitable signal transduction induces both spontaneous and directional cell asymmetries in the phosphatidylinositol lipid signaling system for eukaryotic chemotaxis." *Biophys J* 106, 723-734 (2014).  
Shibata T, et al., "Intracellular encoding of spatiotemporal guidance cues in a self-organizing signaling system for chemotaxis in dictyostelium cells." *Biophys J* 105, 2199-2209 (2013).  
Shibata T, et al., "Modeling the self-organized phosphatidylinositol lipid signaling system in chemotactic cells using quantitative image analysis." *J Cell Sci* 125, 5138-5150 (2012).

# 脳科学総合研究センター

# BSI



## 研究成果 恐怖記憶のしくみを解明

### 怖い体験が記憶として脳に刻まれるメカニズムを動物実験で検証

記憶神経回路研究チーム  
チームリーダー Joshua Johansen

私たちは日常の些細な出来事は簡単に忘れてしまいますが、恐怖を感じた体験は鮮明に記憶していたり、急に思い出したりします。このような恐怖の記憶がどうつくられるのかは、ヘップ型可塑性説（以下、ヘップ仮説）で説明されています。すなわち、怖い体験は大脳辺縁系の一部である扁桃体のニューロンを活性化し、また、そのとき受けた音や視覚の刺激は、別のルートで同じニューロンを活性化します。このように二つのニューロン（音や視覚刺激に反応するニューロンと扁桃体のニューロン）が同時に活動すると、ニューロン同士が強い結合でつながり、恐怖記憶がつけられるというものです。ヘップ仮説は、カナダのドナルド・ヘップにより1949年に発表されたもので、有力な説と考えられていますが、動物実験による検証はまだ行われていませんでした。

記憶神経回路研究チームのJoshua Johansenチームリーダーらの研究チームは、光と遺伝子操作によって神経活動を操作する光遺伝学という手法を用いて、恐怖記憶が形成されるときにラットの脳内の様子を調べました。

まず、ラットに恐怖体験である弱い電気ショックと音刺激を与えて、音刺激に対する恐怖を記憶させました。するとラットは、音刺激を与えただけで恐怖を感じ、すくみ反応という恐怖行動を示すようになりました。一方、ラットに弱い電気ショックと同時に音刺激を与えたときに、弱い電気ショックによって本来起こるはずの扁桃体のニューロンの反応だけを特別に抑制すると、扁桃体でのニューロンのつながりは強化されず、音に対する恐怖記憶もつくられませんでした。このことからヘップ仮説が裏付けられました。

今度は、弱い電気ショックを与えたときに働く扁桃体のニューロンを人工的に活性化させ、音の刺激を与えましたが、それだけでは恐怖の記憶は形成されませんでした。しかし、扁桃体のニューロンの働きを人工的に活性化させると同時に、覚醒や注意に重要な役割を果たすと考えられている神経修飾物質である「ノルアドレナリン」の受容体を同時に活性化させると恐怖の記憶が形成されました。これらのことから、恐怖記憶の形成には、ヘップ仮説によるニューロンのつながりの強化に加え、神経修飾物質の分泌と作用も必要不可欠なことがわかりました。

この研究は、従来主流であったヘップ仮説を動物によって初めて検証したのですが、実際には、恐怖記憶の形成の脳内メカニズムはヘップ仮説の説明よりも、もっと複雑なことが明らかになりました。このしくみの理解がさらに進めば、心的外傷後ストレス障害(PTSD)など恐怖記憶によって引き起こされる精神疾患の治療に応用できる可能性があります。



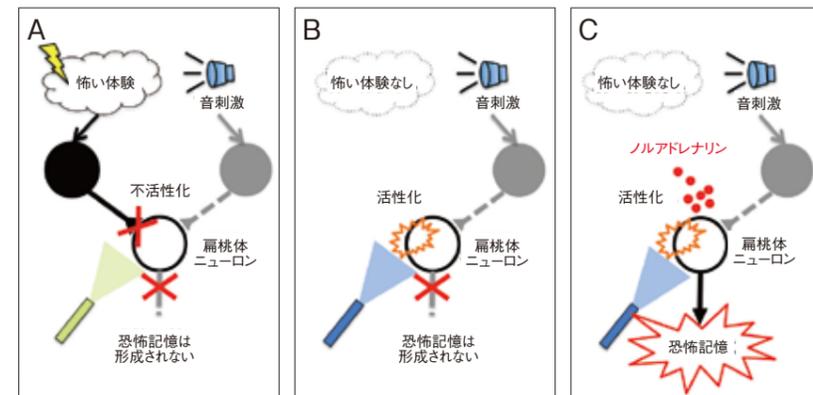
### 研究担当組織

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をつなぐものとして神経回路研究に焦点を置いています。また、脳研究の進展に必要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.)

### ●光遺伝学を用いた検証実験



A. 怖い体験によって本来活性化される扁桃体ニューロンを光遺伝学によって不活性化すると、恐怖記憶が形成されなくなる。  
B. 怖い体験を与える代わりに、扁桃体のニューロンを光遺伝学で活性化しながら音刺激を与えても、恐怖記憶は形成されない。  
C. Bと同じ条件で、さらにノルアドレナリンを活性化すると、恐怖記憶が形成される。

Joshua Johansen  
(ジョシュア・ジョハンセン)

脳科学総合研究センター  
記憶神経回路研究チーム

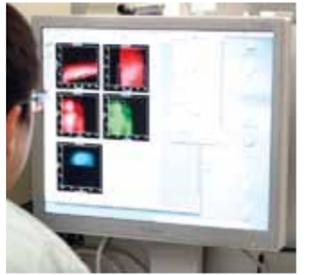
恐怖が作用する  
精神疾患の治療法の  
確立を目指します。

リファレンス

2014年12月9日プレスリリース  
怖い体験が記憶として脳に刻まれるメカニズムの解明へ  
—扁桃体ニューロンの活動とノルアドレナリンの活性が鍵—

# 統合生命医科学研究センター

# IMS



## 研究成果 腸内環境が健康の鍵 腸内細菌叢と免疫系との間に 新たな双方向制御機構を発見

粘膜免疫研究チーム  
チームリーダー Sidonia Fagarasan

ヒトの腸管には500~1,000種類、総数100兆個もの腸内細菌が共存しており、この細菌の集団を総称して腸内細菌叢と呼んでいます。

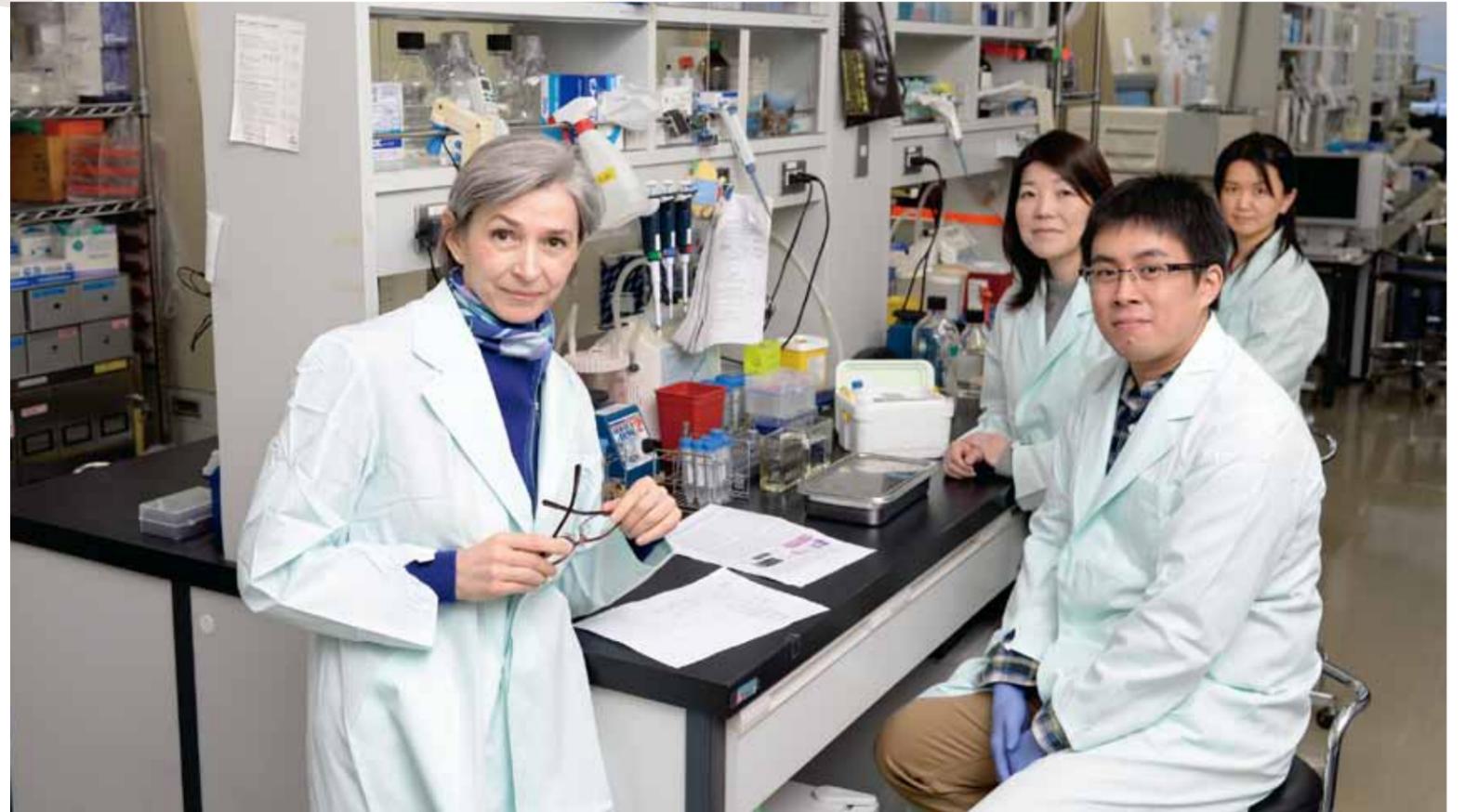
これまでの研究から、この腸内細菌叢が腸管の免疫系を適切に活性化することによって、宿主の健康が維持されていることが明らかとなっています。また、腸内細菌叢のバランスが乱れることによって、全身の免疫系が過剰に活性化し、自己免疫疾患などの炎症を悪化させることも分かってきました。しかし、バランスのとれた腸内細菌叢が免疫系にどのような影響を及ぼしているのか、また逆に、バランスのとれた腸内細菌叢を形成・維持する上で免疫系がどのように作用しているのか、その詳細については分かっていませんでした。

粘膜免疫研究チームのシドニア・ファガラサンチームリーダーらの共同研究チームは、マウスを使って腸内細菌叢のバランスと免疫系の関係の詳細について調べました。すると、抗原抗体反応で働くT細胞やB細胞が欠損し、免疫系が機能していない免疫不全マウスは、正常マウスに比べ、腸内細菌叢の細菌の種類が顕著に少ない上に構成も大きく変化していました。これにより、腸内細菌叢のバランスを維持するには免疫系(特に、T細胞やB細胞を中心とした獲得免疫系)が非常に重要であることが分かりました。

そこで、過度な免疫作用を抑え、腸管で免疫グロブリンA (IgA抗体)の産生を誘導する制御性T細胞を、T細胞を欠損させた免疫不全マウスに移入する実験を行いました。すると、免疫不全マウスの腸内細菌叢の細菌の種類が増え、バランスのとれたものに再構築されました。これにより、制御性T細胞はIgA抗体の産生を介して、腸内細菌叢のバランスを制御していることが分かりました。

さらに、通常環境で飼育しているマウスにバランスのとれた腸内細菌叢を持つマウスの糞便を投与したところ、バランスが乱れた腸内細菌叢を持つマウスの糞便を投与したときに比べて効率よくIgA抗体が産生されました。この結果から、すでに腸内細菌叢を持っていても、外部から腸内細菌を投与することで腸内細菌叢の構成や免疫系を制御できるということです。

これまで免疫系は病原菌から身を守るために細菌を排除するように発達したものと考えられてきました。しかし、従来の概念は覆され、免疫系は腸内細菌を排除することなく腸内細菌叢のバランスを維持していることが明らかになりました。この研究によって、腸内細菌叢と免疫系がお互いに制御し合って健康を維持しているという新しい概念が示されたのです。この成果は、腸内細菌の影響によって起こる疾患の予防や治療に役立つと期待されます。



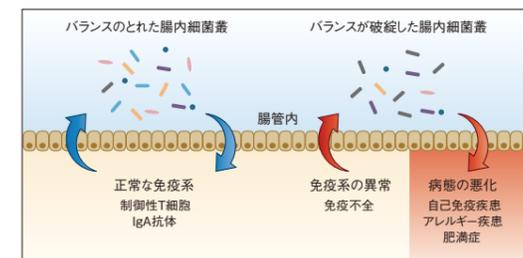
### 研究担当組織

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  
小安重夫 (D.Sci.)

●腸内細菌叢と免疫系との双方向制御機構



左:健康的な状態においては、制御性T細胞が、IgA抗体の産生を介して腸内細菌叢のバランスを制御する。一方で、このように維持されているバランスのとれた腸内細菌叢は、制御性T細胞やIgA抗体の産生といった健全な腸管免疫応答の形成に有効であることが分かった。このように、腸内細菌叢と免疫系がお互いに制御し合うことで、健康が維持されている。

右:免疫不全など免疫系に異常が生じると、腸内細菌叢のバランスが乱れ、その結果、自己免疫疾患、アレルギー疾患や肥満症などの病態を悪化させている可能性が示された。

### Sidonia Fagarasan (シドニアファガラサン)

(写真左)  
統合生命医科学研究センター  
粘膜免疫研究チーム

### 河本新平(かわもとしんぺい)

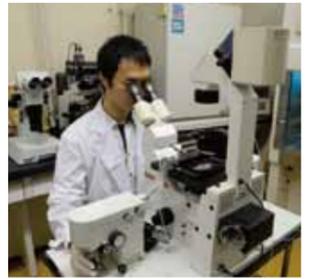
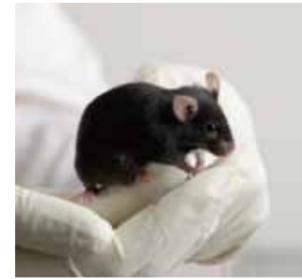
(写真右)  
統合生命医科学研究センター  
粘膜免疫研究チーム

### リファレンス

Kawamoto, S., Maruya, M., Kato, L.M., Suda, W., Atarashi, K., Doi, Y., Tsutsui, Y., Qin, H., Honda, K., Okada, T., Hattori, M., and Fagarasan, S.  
"Foxp3+ T Cells Regulate Immunoglobulin A Selection and Facilitate Diversification of Bacterial Species Responsible for Immune Homeostasis" *Immunity* 2014, 41(1):152-65

# バイオリソースセンター

# BRC



## 研究成果 遺伝子機能を網羅的に表現型解析

### 400項目にも及ぶ超精密検査でマウスをつぶさに測定しデータベース化

マウス表現型解析開発チーム  
チームリーダー 若菜茂晴

生命はDNAに遺伝情報を記録しており、その情報をもとに形づくられます。2000年代に入り、ゲノムプロジェクトによってヒトをはじめとする多くの生物のゲノム配列が読み解かれるようになり、マウスは2002年にすべての遺伝情報が読み取られ、約2万個の遺伝子が存在することが分かってきました。しかし、それは遺伝子の配列を読んだだけで、その遺伝子がどのような役割を担っているのかは、まだよく分かっていません。

生物の形態や生理的性質をまとめて表現型といいます。それぞれの遺伝子の機能を知るためには、遺伝子と表現型の関係を対応させる必要があります。そこで、広くヒトの病気のモデル動物として用いられているマウスを用いて、個々の遺伝子がどのような働きをしているかを明らかにする国際プロジェクトである国際マウス表現型解析コンソーシアム「IMPC(International Mouse Phenotyping Consortiumの略)」が2011年9月に発足しました。一つ一つの遺伝子の機能をなくしたノックアウトマウスから、そのマウスにどのような表現型が現れるのかをつぶさに調べていきます。IMPCでは、マウスのゲノム全体約2万種類の遺伝子のノックアウトマウスをES細胞や、次世代の遺伝子改変技術であるゲノム編集技術を用いて作製し、世界中の18の有力なマウスの解析研究機関が手分けして解析しています。日本からはバイオリソースセンターが参加し、吉木淳室長・綾部信哉研究員らがマウスの生産を担当し、若菜茂晴チームリーダーのマウス表現型解析開発チームがマウスの表現型解析を行い、さらに、榎屋啓志ユニットリーダーらがデータを解析してIMPCへ送付する担当をしています。

マウス表現型解析開発チームは、2008年からマウスの精密検査を行うマウスクリニックを運営してきました。ここでは、マウスの形態、行動、血液、運動、代謝など400項目にも及ぶ詳細な検査をして、マウスに現れる症状を見逃さずに捉えて、解析しています。さらに、世界中の誰でも同じ検査ができるように標準マウス表現型解析プロトコル(SOP)を整備し、IMPCでの解析でも指導的な役割をしています。

IMPCは2022年までにマウスの全遺伝子の表現型解析を終えることを目指し、プロジェクトを進めています。解析データはデータベース化され、インターネット上に公開し、世界中の研究者が誰でも見られるようになっています。このデータベースは、遺伝子と表現型を結ぶ重要な情報として、基礎医学、創薬への重要な情報のみならずこれからの生命科学を支援していくものとなります。これによって、新たな遺伝子の機能が明らかになり、生命機能が解明されていくことでしょう。



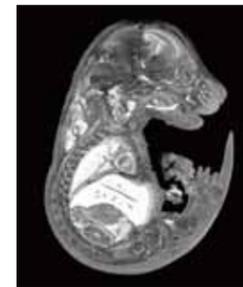
### 研究担当組織

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、先進性を事業の柱として展開し、いず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.)

●マウス胚のmicro-CT画像



受精後16.5日後のマウス胚を造影micro-CT法にて撮影し、3次元画像再構築を行った。この手法により、神経管や脳に侵入する血管や頸部の構造などを立体的にイメージングすることができ、3次元画像の矢状、冠状、体軸等、任意の断面での再構築も可能となる。

●IMPC国際標準マウス表現型解析パイプライン



若菜茂晴(わかなしげはる)  
バイオリソースセンター  
マウス表現型解析開発チーム  
(写真右から2人目)

吉木 淳(よしきあつし)  
バイオリソースセンター  
実験動物開発室  
(写真左端)

綾部信哉(あやべしんや)  
バイオリソースセンター  
実験動物開発室  
(写真左から2人目)

榎屋啓志(えのやひろし)  
バイオリソースセンター  
マウス表現型知識化研究開発ユニット  
(写真右端)

# ライフサイエンス 技術基盤研究センター



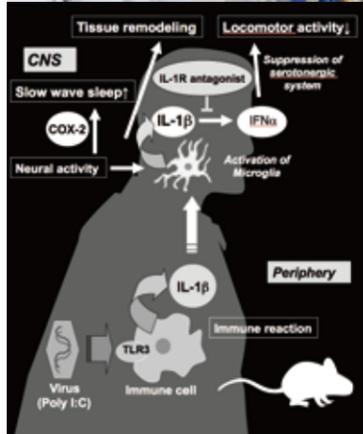
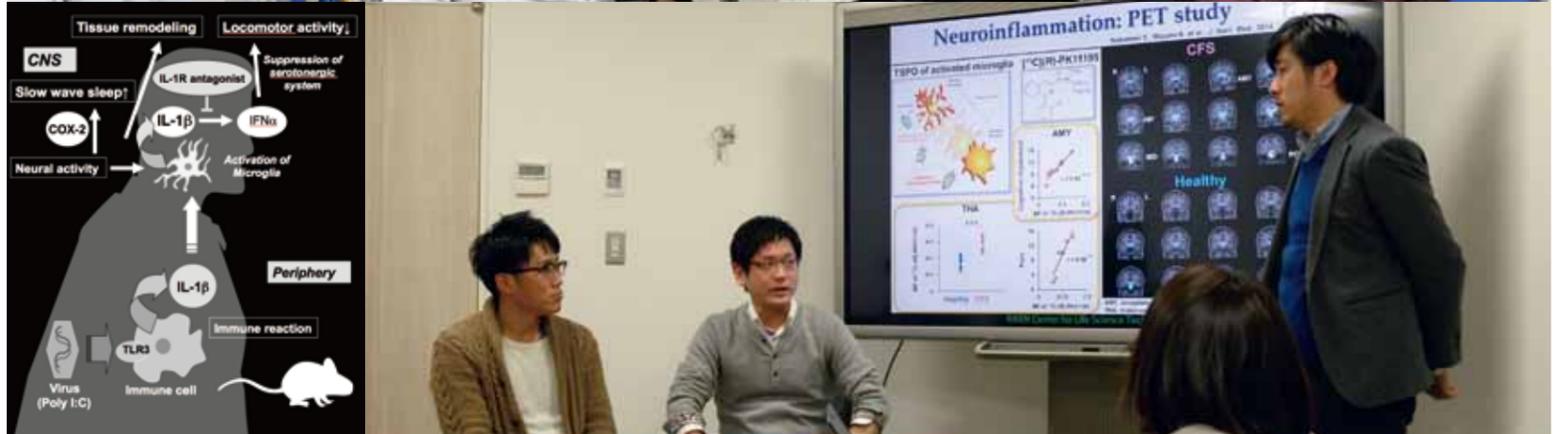
## 研究成果 ヒトを知る技術の飛躍を目指して バイオインフォマティクスと分子イメージングの新展開

機能性ゲノム解析部門  
 トランスクリプトーム研究チーム 研究員 橋本浩介  
 ゲノム情報解析チーム 上級技師 Jessica Severin  
 生命機能的イメージング部門  
 細胞機能評価研究チーム 研究員 大和正典  
 健康・病態科学研究チーム 上級研究員 水野 敬

テレビや新聞で「ビッグデータ」という言葉をよく耳にします。生物が持つビッグデータといえば、DNAの配列として書かれたゲノム情報。ゲノムのどの部分がいつ、どの細胞でRNAとして読み出されるのかを正確に知り、細胞の分化や細胞ががん化するしくみを解明することが期待されています。機能性ゲノム解析部門では、理研が開発した遺伝子解析技術CAGE法を駆使してRNA配列を解読し、ゲノム機能の詳細な解明を目指しています。膨大なRNA配列のデータから生物学的な意味を探り出すのが、トランスクリプトーム研究チームの橋本浩介研究員らバイオインフォマティシャンと呼ばれる研究者。コンピュータの力を借りながら、がん細胞と正常細胞の違いや、ES細胞とiPS細胞の違いなど、医療への応用を見据えたRNA解析を行っています。また、ゲノム情報解析チームのJessica Severin上級技師らは、生物情報学の専門家以外でも直感的に操作できるバイオインフォマティクス・ツール「ZENBU」を開発・公開しました。1,000サンプルもの配列データを一気に並べて、ゲノム配列やゲノム機能に関する情報を分かりやすく表示できます。また解析結果を共有することで、最先端の共同研究を実施する環境の構築にも役立ちます。

客観的なデータの取得が難しいとされてきたヒトの生体情報も、技術の発展により正確な解析の対象となりつつあります。生命機能的イメージング部門はPET(陽電子放射断層画像法)などの分子イメージング技術を用いて、病気に関わる分子の異常を追跡しています。テーマの一つが、「疲れ」の解明。肉体疲労や精神疲労、病気に伴う疲労は、しばしば長期化し慢性疲労となることが知られています。しかし、通常の診断や従来の医学検査では身体的な異常を見つけることができず、治療も確立していません。細胞機能評価研究チームの大和正典研究員らは、ウイルス感染に伴う疲労感に脳内に生じた神経炎症が引き金となることをラットでの研究で突き止めました。また健康・病態科学研究チームの水野敬研究員らは、慢性疲労症候群/筋痛性脳脊髄炎の患者では脳内炎症が広い領域で生じていることをPETで確認し、客観的に測定可能な指標に基づく画像診断の可能性を示しました。

ライフサイエンス技術基盤研究センターでは他にも、構造・合成生物学部門がNMR(核磁気共鳴装置)や電子顕微鏡など先端分析機器の高度化を国内外の研究機関と連携して進めるなど、生命科学のさまざまな分野で基盤となる技術の革新に取り組んでいます。



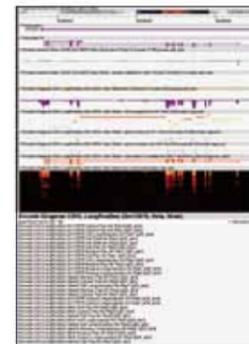
### 研究担当組織

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。この二つの目標を達成するために、構造生物学、合成生物学、トランスクリプトーム解析、バイオインフォマティクス、分子イメージングなどの要素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。



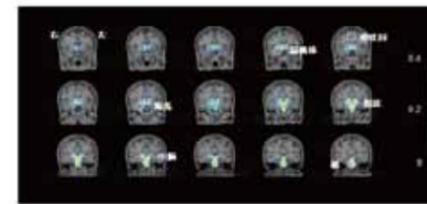
センター長  
渡辺恭良 (M.D., Ph.D.)

● バイオインフォマティクス・ツール「ZENBU」



webブラウザで表示したZENBU。数千からなる膨大なデータを自由自在に組み合わせて、ゲノム上での特定の領域の発現シグナルをインタラクティブに視覚化、さらにリアルタイムで解析できる。公開サイト (<http://fantom.gsc.riken.jp/zenbu/>) のアクセス数は、月間25万にのぼる。

● 慢性疲労症候群/筋痛性脳脊髄炎の患者における脳内炎症



脳内炎症を可視化するPETプローブ<sup>11</sup>C-(R)-PK11195を用いてPET検査した脳の断層図。患者の脳内では帯状回、扁桃核、海馬、視床、中脳、橋などの領域で炎症が増加している。なお脳内炎症が疲労倦怠感を招く分子メカニズムについて、動物を用いたモデル実験が進められている(組写真下段の図版参照)。

橋本浩介(はしもとこうすけ)  
 (写真上左端)  
 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  
 トランスクリプトーム研究チーム

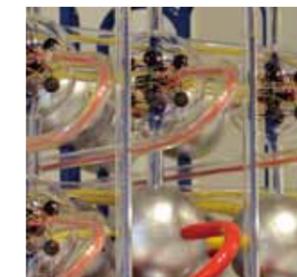
Jessica Severin  
 (ジェンカセヴェリン)  
 (写真上右端)  
 ゲノム情報解析チーム

大和正典(やまとまさのり)  
 (写真下左から2人目)  
 生命機能的イメージング部門  
 細胞機能評価研究チーム

水野 敬(みずのけい)  
 (写真下右端)  
 健康・病態科学研究チーム

# 計算科学研究機構

# AICS



## 研究成果 都市災害を科学的に予測する 大規模シミュレーションで実験不可能な現象を検証

総合防災・減災研究ユニット  
ユニットリーダー 堀宗朗

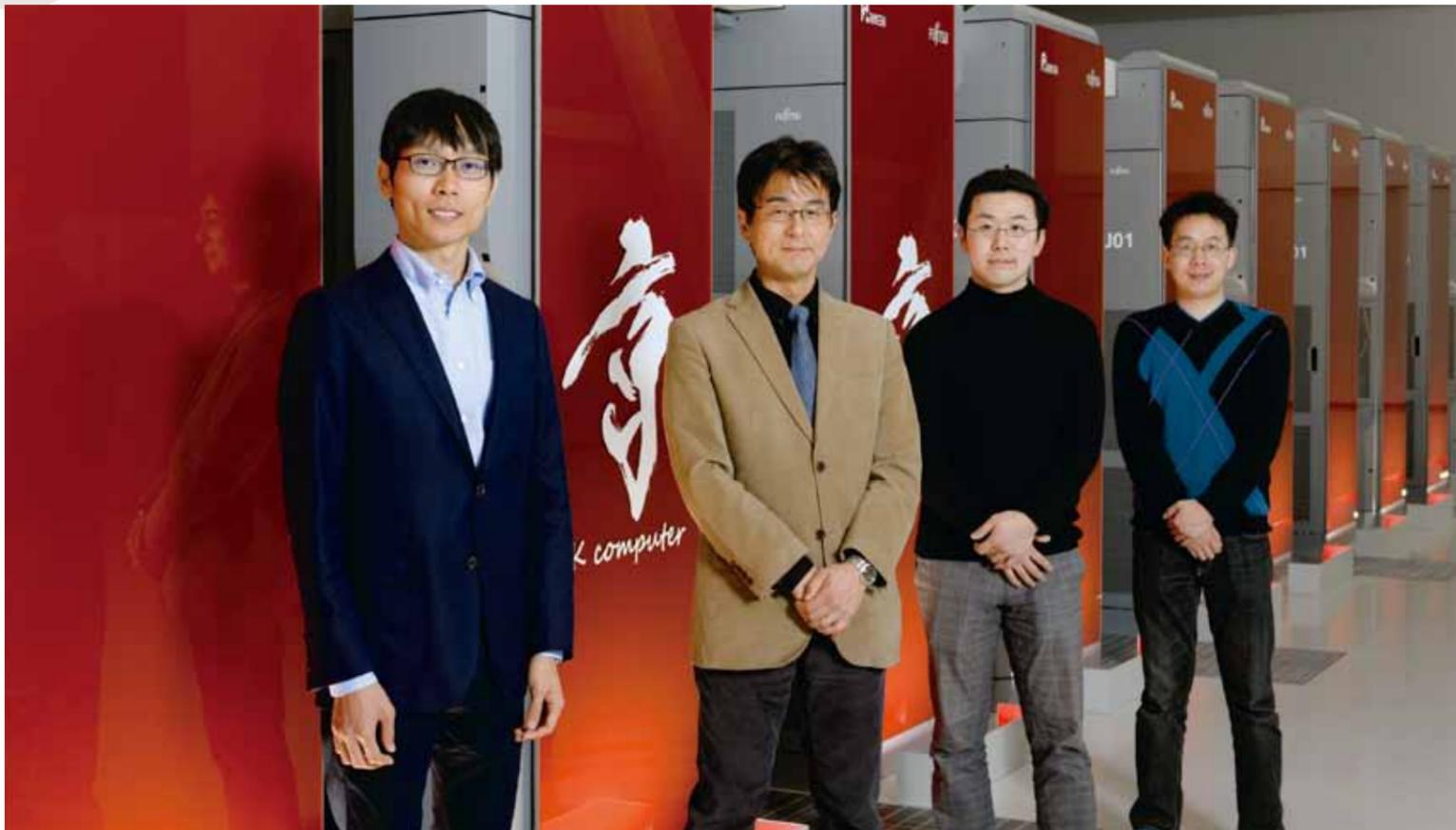
地震災害の多い日本では、地震・津波の被害を正確に予測することが必要です。しかし、現状の被害予測は経験式を使うもので、例えば、超高層ビルは被害データがないため予測ができない、通常の建物でも耐震補強の効果のデータがないため予測ができない、といった問題があり、都市の正確な地震被害予測は困難でした。そのような状況で最近注目されているのが、地盤・建物の揺れのシミュレーションによる被害予測です。

総合防災・減災研究ユニットを率いる堀宗朗ユニットリーダーは、これまでの予測方法にはなかった発想で都市をまるごと揺らす地震シミュレーションを行っています。まず、都市全体の地盤を地層ごとの特性や形を精密に表したモデルを作ります。その上に建物一棟一棟のモデルを加え、さらにライフラインなども組み入れて都市のモデルを作ります。東京都心部では100万棟のオーダのモデルを作り、都市をコンピュータ上に再現したのです。

これまで、巨大地震が起きたときに都市にどのような被害が起こるのかを知ろうとしても、実験手段はありませんでした。しかし、スーパーコンピュータを使えば、作りあげた都市モデルに地震を起こし、その被害予測をすることができます。さまざまな揺れ方の地震を起こすことで、どの建物が大きく揺れて被害を起こす可能性が高いのか、どの避難経路がどの程度ふさがってしまうのか、という被害の予測を行うことができます。堀ユニットリーダーらは、南海トラフ地震に備え、高知市を舞台に地震による津波被害に対する群衆の避難シミュレーションを行い、20万人が一斉に避難する際にどのような問題が起きるのかを調べました。従来の単純な人の移動シミュレーションと異なり、一人一人に年齢や土地勘の有無などの情報を与え、さらに徒歩と自動車も組み合わせるなど新たな試みも行っていきます。

現在、総合防災・減災研究ユニットは、兵庫県・神戸市といった行政と科学の橋渡しに取り組んでいます。神戸市内のインフラに関する詳細な情報から、より精度の高い都市モデルの開発を進めています。地震・津波の他、水災害も含めた、都市の防災・減災研究の基盤を整備しています。

都市にはいろいろなタイプの建物が密集しています。構造材料は、木や鉄骨などさまざまな種類がありますし、高さも違います。この都市部の地震シミュレーションには、さまざまな種類の建物についてモデルを10種類以上組み合わせています。このような計算は「京」で初めて可能となり、今のところ日本でしかできません。大規模シミュレーションを使う研究が進んでいくことで、都市の防災・減災に役立つ情報を世界の国々に提供することができるようになるでしょう。



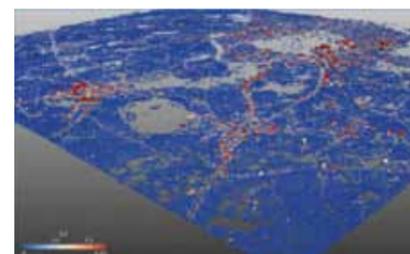
### 研究担当組織

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。2014年4月からは、「京」の後継機となるポスト「京」スーパーコンピュータの開発を進めています。2020年度の運用開始に向け、社会的・科学的課題の解決に貢献できるシステムの構築を目指します。



機構長  
平尾公彦 (D.Eng.)

● 東京都心の揺れのシミュレーション



地盤と建物のモデルを作り、地盤と建物がどのように揺れるかを「京」で計算した。この例は、1995年に阪神淡路大震災を引き起こした兵庫県南部地震の震動を地盤に与えたときのもの。建物の色が赤いほど、揺れによる変形が大きいことを示している。

● 高知市の避難行動シミュレーション



高知市を舞台とし、年齢等の属性データを持つ20万のエージェントが最寄りの避難場所に向けて避難するようすを「京」で計算した。

堀宗朗(ほりむねお)  
(写真左から2人目)  
計算科学研究機構  
総合防災・減災研究ユニット

都市の防災・減災に役立つシミュレーションを目指しています。

# 放射光科学総合研究センター

# RSC



## 研究成果 SACLAで結晶構造を捉える 放射線損傷のない、タンパク質の正確な結晶構造の決定に初めて成功

利用システム開発研究部門  
ビームライン基盤研究部  
生命系放射光利用システム開発ユニット  
専任研究員 吾郷日出夫

X線結晶構造解析は、物質の立体構造を知るために広く用いられる解析手法ですが、X線照射による試料の損傷が、解析結果に影響を及ぼすことが問題になっていました。

この問題を解決するために、ビームライン基盤研究部の吾郷日出夫専任研究員らと兵庫県立大学の共同研究グループは、X線自由電子レーザー(XFEL)施設「SACLA」のレーザーX線を用いる「フェムト秒X線レーザー結晶構造解析法」を開発しました。

SACLAでは、加速器の中で、原子からはぎ取った自由な電子の塊を一齐に振動させ、その電子の塊からレーザーX線を発生させます。レーザーX線を使うと、これまで数秒間必要であったX線の照射時間を超短時間の10フェムト(100兆分の1)秒まで短くできるので、結晶がX線照射による損傷を受ける前に構造解析に必要なデータを収集できると考えられていました。共同研究グループは、1μmという細いSACLAのレーザーX線をミクロン精度で結晶上の狙った部位に照射してX線結晶構造解析に必要なデータを収集できる装置を製作しました。

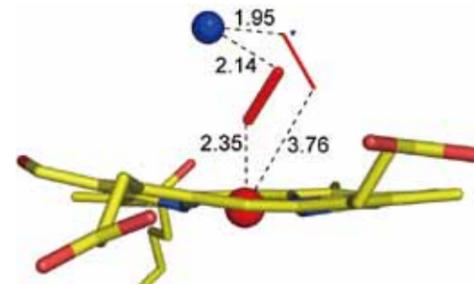
この装置を用いて集めたデータを使い、巨大な膜タンパク質「チトクロム酸化酵素」の結晶構造を解析しました。チトクロム酸化酵素は、生物の酸素呼吸に重要な役割を担うタンパク質で、空気中の酸素を水に還元する反応の触媒として働き、アデノシン三リン酸(ATP)産生につながるエネルギーを取り出しています。タンパク質の結晶には多くの水が含まれ、X線照射後、わずかにピコ(1兆分の1)秒で水が高い反応性を持つ分子に変化し、この反応性の分子との化学反応でタンパク質の構造が変化してしまいます。とくに酵素反応の鍵を握る活性部位の構造はその影響が大きく、この酵素が働くしくみの解明を難しくしていました。

今回、フェムト秒X線レーザー結晶構造解析法でX線照射の影響を受けることなく、正確なチトクロム酸化酵素の結晶構造データを得ることができました。活性部位の構造も、これまでに知られている活性部位の磁気的な性質と矛盾がなく、生化学的および分光学的実験結果とも一致していました。共同研究グループが開発したタンパク質の正確な構造解析ができるフェムト秒X線レーザー結晶構造解析法は、タンパク質の働くしくみの解明に大きく貢献すると考えられます。

また、フェムト秒X線レーザー結晶構造解析法は、タンパク質が働く様子の一瞬一瞬を精密に描き出す「高精度高速時分割構造解析法」を開発するための基盤技術になります。これまで不可能だったタンパク質の働きの動的な情報を活用して、タンパク質が働くしくみの全容を明らかにするための第一歩になりました。



●今回明らかになった放射線損傷の影響のないチトクロム酸化酵素の活性部位の構造



青と赤の球体は、チトクロム酸化酵素の活性部位を作る金属イオンで、それぞれ銅イオンと鉄イオンを表す。この二つの金属イオンの間で酸素分子が水分子まで還元される。今回構造解析を行った酸化休止型の状態にあるチトクロム酸化酵素では、活性部位に、酸素分子からチトクロム酸化酵素の働きで作られた過酸化水素イオンが結合している。二つの金属イオンと破線で結ばれている赤色の棒状のモデルが、過酸化水素イオン(二つの酸素が単結合で結合し、それぞれが一価の負電荷を持っている。こんな化学式になるO-O-)を表している。破線の隣に書かれている数字は、金属イオンと過酸化水素イオンを作る二つの酸素原子の間の距離でオングストロームという単位で書かれている。原子間の距離を正確に計測することで、結合の有無や強さなどを知ることができる。

吾郷日出夫(あごうひでお)  
放射光科学総合研究センター  
利用システム開発研究部門  
ビームライン基盤研究部  
生命系放射光利用システム開発ユニット

SACLAでタンパク質の  
働くしくみの全解明を  
目指す。

リファレンス  
Hirata, K. et al. "Determination of damage-free crystal structure of an X-ray-sensitive protein using an XFEL." *Nature methods* 11, 734-736, doi:10.1038/nmeth.2962 (2014).  
2014年5月12日プレスリリース  
SACLAが、放射線損傷のない正確な結晶構造の決定に、タンパク質で初めて成功  
—世界結晶年2014年、レーザーX線が拓く次の世紀へのマイルストーン—

### 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、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18年が経過した今も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)」においては2012年の供用開始から3年が経過し、先端的な成果が続々と創出されています。2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.)

# 仁科加速器研究センター

# RNC



## 研究成果 超重元素の化学的性質を実証 106番元素シーボーギウムに周期表第6族元素の 特徴的な化学的性質を実証

応用研究開発室 RI応用チーム  
チームリーダー 羽場宏光

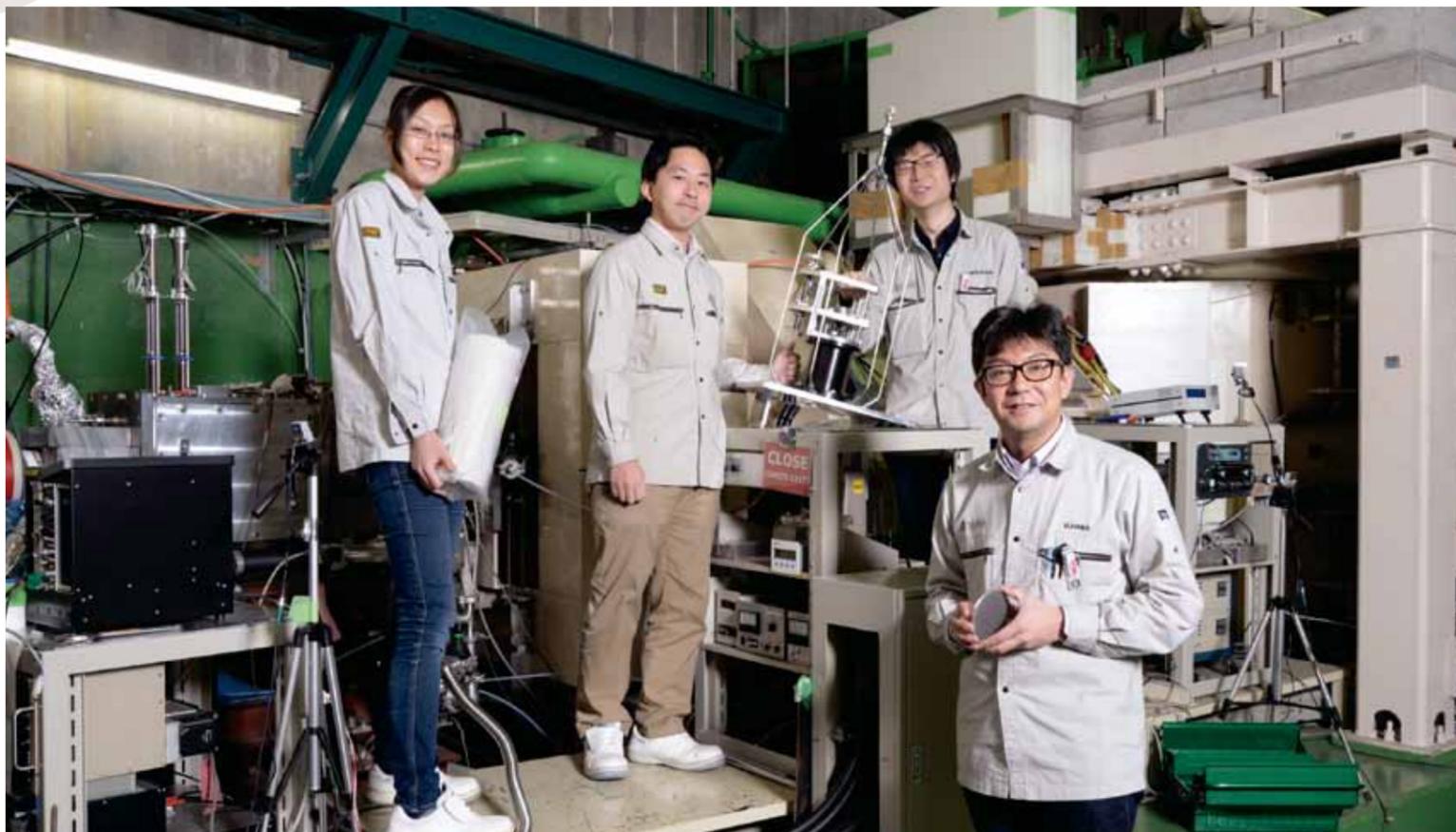
原子番号103を超える非常に重い元素を「超重元素」と呼びます。これらの元素は天然に存在するものではなく、重イオン加速器を利用した核融合反応によって人工的に合成されたものです。超重元素を合成できる確率は極めて低く、たとえ合成できたとしても、すぐに軽い他の元素に変わってしまい、その寿命は1分以下です。

超重元素の一つである106番元素「シーボーギウム(Sg)」は、1974年に発見されて以来、周期表上では第7周期の第6族元素としてタングステン(W)の下に表記されてきました。しかし、Sgの同位体である<sup>265</sup>Sgの生成率は1時間に1個程度と低く、寿命も10秒程度と短いこともあり、化学実験により化学的性質を明らかにすることが非常に困難でした。また、従来の実験手法では、<sup>265</sup>Sgを合成するときに行われる大量の副反応生成物が<sup>265</sup>Sgの同定を妨害するという難しさがありました。

RI応用チームの羽場宏光チームリーダーと日本原子力研究開発機構、ドイツの研究機関らによる国際共同研究グループは、理研の重イオン加速施設「RIビームファクトリー(RIBF)」の「重イオン線形加速器(RILAC)」を使って<sup>265</sup>Sgを合成し、Sgが第6族元素に特徴的な性質を持つことを実証しました。第6族元素のクロムやモリブデン、タングステンは揮発性の高いヘキサカルボニル錯体を形成することで知られています。そこで研究グループは、Sgでも同様のヘキサカルボニル錯体[Sg(CO)<sub>6</sub>]を形成することを確認すれば、Sgが典型的な第6族元素であることを証明できると考えました。

実験では、RILACで合成した<sup>265</sup>Sgを気体充填型反跳分離器「GARIS」を用いて副反応生成物から質量分離し、Sgのカルボニル錯体の化学合成と低温ガスクロマトグラフ法による化学分析を実施しました。その結果、Sgがモリブデンなどと同様に揮発性の高いカルボニル錯体を形成し、二酸化ケイ素表面への吸着エンタルピーもモリブデンやタングステンのヘキサカルボニル錯体と同程度であることが分かりました。また、相対論的分子軌道計算との比較から、その錯体がヘキサカルボニル錯体「Sg(CO)<sub>6</sub>」であることも明らかになりました。

こうした研究成果は、107番元素ボーリウム(Bh)や108番元素ハッシウム(Hs)など、Sgよりも重い超重元素の化学研究の可能性を拓くものです。また、有機金属錯体の化学合成や溶液化学研究などへの展開も期待でき、さらに、相対論的分子軌道計算の精度を向上させ、超ウラン元素の化学的性質の理解を深めることも期待できます。



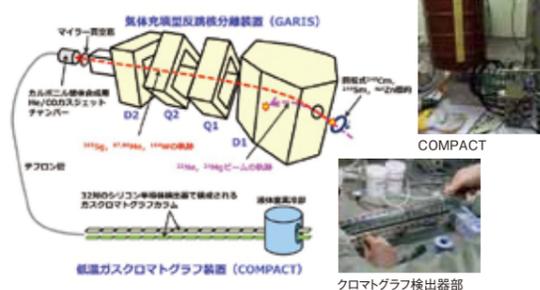
### 研究担当組織

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きます。



センター長  
延與秀人 (D.Sci.)

●実験の概念図



RILACで合成した<sup>265</sup>Sgを「GARIS」の4つの電磁石によってビームや副反応生成物から質量分離した上で、ガスジェットチャンバー内でヘリウム(He)と一酸化炭素(CO)の混合ガス中に捕獲。ここでSgのカルボニル錯体を化学合成し、ドイツ重イオン研究所が開発した低温ガスクロマトグラフ装置「COMPACT」を用いて気相化学分析を行った。

羽場宏光(はばひろみつ)  
(写真右)  
仁科加速器研究センター  
応用研究開発室 RI応用チーム

世界が知りたがっている  
超重元素の謎を  
解き明かします。

リファレンス  
2014年9月19日プレスリリース  
106番元素シーボーギウム(Sg)のカルボニル錯体の合成に成功  
—Sgが周期表第6族元素に特徴的な化学的性質を持つことを実証—

産業連携本部(2015年7月1日より「社会知創成事業」から名称変更)

# イノベーション推進センター



## 研究成果 ポリゴン簡略化プログラムを製品化

形状を変えずにデータ量を減らす技術を確認し、ポリゴンデータをさらに使いやすいものへ

計測情報処理研究チーム  
 チームリーダー 谷本茂樹  
 副チームリーダー 横田秀夫



### 研究担当組織

産業連携本部では、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・知財化させて「理研知」として展開します。さらに、企業・医療機関等の外部機関との連携を活発に行い、「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しくみを作ります。これらにより、豊かな人類社会の存続のため、社会に貢献します。

イノベーション推進センターは、「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「バトンゾーン」、すなわち、「技術移転を効果的に進めるため、理研の研究者と産業界の研究者が一定の期間、同じ方向に全力で突き進む場」を設け、両者一体となった研究開発を実施することにより、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。



産業連携本部長 兼  
 イノベーション推進センター長  
 藤田明博

この数年で、人々の注目を集めるようになった機器の一つに3Dプリンタがあります。3Dプリンタで立体構造物を出力するときは、対象物の3Dデータをポリゴンデータ(小さな三角形などの多角形を集めてものの表面の形を表現したもの)などで表現する必要があります。精密なデータをつくるためには、三角形の数を増やしていく必要があります。データ量が大きくなってしまおうという欠点がありました。

その問題を解決するために、計測情報処理研究チームの谷本茂樹チームリーダー、横田秀夫副チームリーダーと日本ユニシス・エクセリョーションズ株式会社(UEL)は、理化学研究所の「産業界との融合的連携研究制度」を利用して、2012年から研究を進め、「ポリゴン簡略化プログラム」を製品化し、UELから2014年7月1日に発売を開始しました。

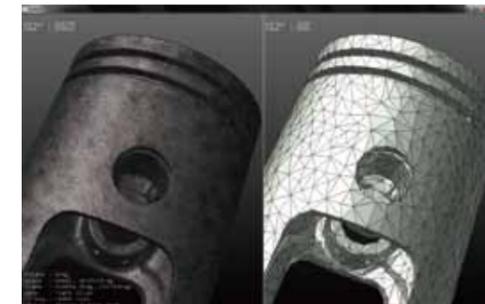
今までの簡略化プログラムは、どの場所も均等に三角形(ポリゴン)の数を減らしてしまうために、滑らかさがなくなったり、形状がゆがんでしまったりすることがよくありました。簡略化処理の着想は、理研光子工学研究領域エクストリームフォトニクス研究グループ画像情報処理研究チームの吉澤信上級研究員らの「尾根／谷線抽出の研究」から得ています。

開発した簡略化プログラムは、ポリゴンデータのサイズを小さくするため、ポリゴンメッシュが折れて山の尾根や谷のような形状をした部分ではあまり簡略化せず、そこから離れた平らな部分で大きく簡略化することで、本来のものの形状に近い状態でポリゴンデータのサイズを小さくしてくれます。

その結果、ポリゴンメッシュの形状を精密に残しながらも、大幅に簡略化できる簡略化プログラムをつくることに成功しました(図)。データ量が大きすぎて市販の3Dプリンタで出力できないときや、インターネットでやりとりするためにデータ量を減らしたいときなどに役に立ちます。

研究チームはポリゴンデータをさらに使いやすくし、ものづくりの世界を大きく変えていくポリゴンエンジニアリングの確立を目指しています。今回のポリゴン簡略化ソフトは、その第一歩となるものです。2015年中には、3Dプリンタで出力するためのポリゴンデータのさまざまな編集機能を搭載したソフトウェアを開発する予定です。

### ●ポリゴン簡略化プログラムの実行結果



簡略化実行前: X線CT装置から得られたデータをもとにポリゴンメッシュを作成。約66万個の小さな三角形で構成されている。(写真左)  
 簡略化実行後: 今回開発したソフトウェアにより、三角形数を100分の1に削減した。簡略化前の形状を精密に表現できている。(写真右)

谷本茂樹(たにもとしげき)  
 (写真左から2番目)  
 イノベーション推進センター  
 計測情報処理研究チーム

横田秀夫(よこたひでお)  
 (写真右から2番目)  
 イノベーション推進センター  
 計測情報処理研究チーム

リファレンス  
 2014年6月25日トピックス  
 ポリゴン簡略化プログラムを製品化  
 -3Dプリンタのデータ編集向け-

社会知創成事業

# バイオマス工学研究プログラム

(2015年4月より環境資源科学研究センターへバイオマス工学研究部門として統合)



## 研究成果 微生物で有益な化合物をつくる

植物バイオマスを原料にさまざまな化合物を合成する微生物工場の構築へ

環境資源科学研究センター バイオマス工学連携部門 細胞生産研究チーム  
チームリーダー 近藤昭彦  
上級研究員 白井智量

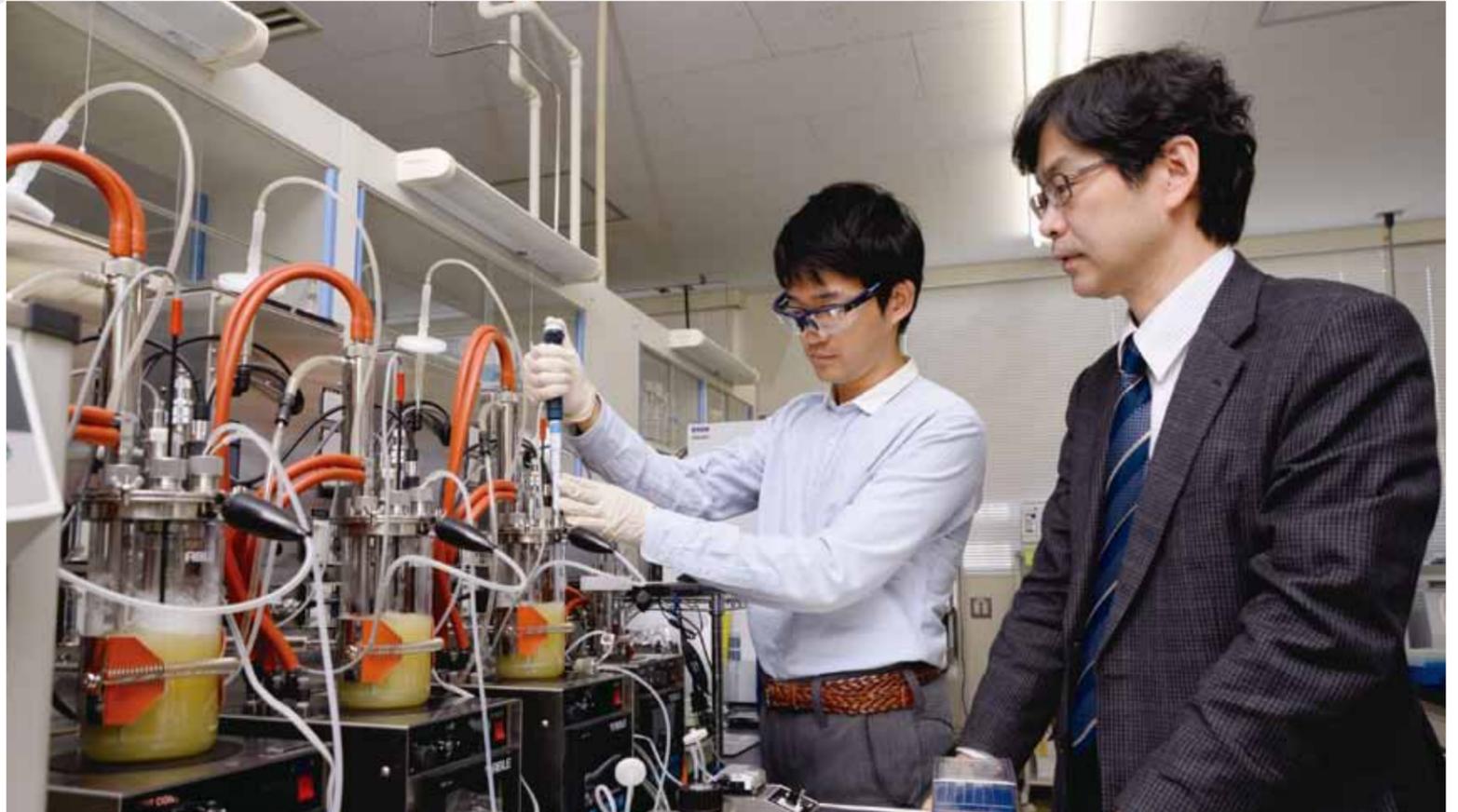
私たちは日常生活でさまざまな化合物を使っています。それらの化合物の製造過程を遡ってみると、ほとんどのものが石油に行き着きます。石油は限りある資源であると同時に、化合物をつくり出す工程の中で、環境に悪影響を与えてしまう可能性があります。そのような問題を解決するために、細胞生産研究チームが取り組んでいるのが、生物資源である植物バイオマスを活用して化合物をつくり出す研究です。

植物の繊維部分は、セルロースという糖が繋がった化合物でできています。このセルロースを分解してできた糖を出発点にして、さまざまな化合物をつくらうとしているのです。しかも食料にはならない未利用の植物の茎や葉の利用を考えています。「植物は大気中の二酸化炭素を吸収して成長するので、植物を資源として活用することは、二酸化炭素を有効に活用することにつながります。しかも、石油原料と違い、再生可能で持続的な社会をつくることができます」と、近藤昭彦チームリーダーはその意義を語ります。

セルロースから有用な化合物をつくる作業は、石油生成物を出発点にする場合よりも手間がかかります。そこで、細胞生産研究チームが目にしたのが、微生物です。微生物には自身が活動するエネルギーを生み出すために、周りにある化合物を取りこみ、別の物質へと変化させます。この代謝の働きを利用して、糖を人類が必要とする化合物につくり変えていくのです。

ただし、微生物の代謝の経路は複雑です。主要なものだけでも200もの経路があり、一つの微生物の中で200個以上もの化合物がつくり出されます(図)。必要な化合物をたくさんつくるためには、目的とする化合物を効率よくつくるように微生物の代謝経路を設計する必要があります。生物細胞の中で起こる代謝反応は全部で3,000種類も知られています。それらを組み合わせて最適な経路を探し当てていくのはとても根気の要る作業です。

そこで、白井智量上級研究員(現・副チームリーダー)は、代謝経路を探すためのシミュレーションソフトを開発しました。このシミュレーションによって設計した経路をもとに、大腸菌や酵母を遺伝子操作することによって、サリチル酸、チラミンなどをつくり出すことに成功しました。細胞生産研究チームでは、微生物の力を利用してさらに生産できる化合物の種類や量を増やしていこうと研究を重ねています。微生物を使った細胞工場でさまざまな化合物を生産する時代がやってくるのも、そう遠くはないでしょう。



### 研究担当組織

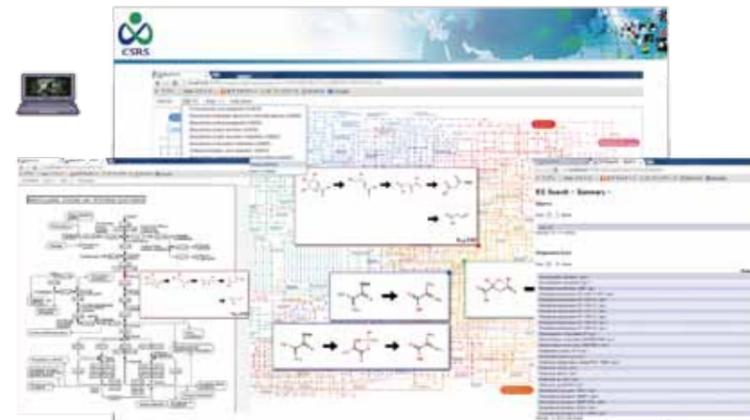
産業連携を推進する社会知創成事業の一環として始まった当プログラムは、環境資源科学研究センター(CSRS)と密接な連携のもと、CSRSバイオマス工学連携部門にチームを設置し、グリーンイノベーションの創出を目指しています。以下の三つの戦略目標を掲げ、植物バイオマス生産から化成品材料、バイオプラスチック(最終製品)につなげる革新的で一貫したバイオプロセスの確立に資する研究・技術開発を実施し、企業・大学・国際連携を進めながら、得られた成果を国内外へ展開していきます。

- ◎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.)

●新規代謝経路探索のためのシミュレーションツール



近藤昭彦(こんどうあきひこ)  
(写真右)  
環境資源科学研究センター  
バイオマス工学研究部門  
細胞生産研究チーム

白井智量(しらいともかず)  
(写真左)  
環境資源科学研究センター  
バイオマス工学研究部門  
細胞生産研究チーム

(2015年4月より部門名変更)

産業連携本部(2015年7月1日より「社会知創成事業」から名称変更)

# 創薬・医療技術基盤プログラム

研究成果

## 多様ながんを、長期間排除する

自然免疫と獲得免疫の両方を活性化させたがん免疫療法

統合生命医学研究センター  
免疫細胞治療研究チーム チームリーダー  
創薬・医療技術基盤プログラム プロジェクトリーダー  
藤井眞一郎

がんの治療法の一つとして注目されている「がん免疫療法」は、免疫の司令塔ともいわれる樹状細胞(DC)にがん抗原を加えて成熟させ、再び体内に戻してがん細胞を攻撃させます。しかし、患者由来の樹状細胞を体外で十分に成熟させることは個人差があり必ずしも容易ではなく、時間やコストの面での課題が少なくありません。また、がん細胞を確実に殺傷するには、先天的に備わっている「自然免疫」と、後天的に形成される「獲得免疫」との両方を機能させることが重要ですが、従来のがん免疫療法ではどちらか一方のみを標的とする治療であり、また効果が長続きせず不十分であることが指摘されていました。

免疫細胞治療研究チームの藤井眞一郎チームリーダーらは、自然免疫と獲得免疫の両方を活性化させることができる「ヒト型人工アジュバントベクター細胞(aAVC)」を2012年に開発しました。NKT細胞リガンドとがん抗原を有するaAVCを投与すると、数時間で自然免疫系のNK細胞、NKT細胞が活性化し、樹状細胞の成熟化を経て、獲得免疫系のキラーT細胞を誘導します。aAVC自身は自然免疫により殺傷されて樹状細胞に取り込まれるので、その結果抗原特異的な獲得免疫が誘導されると考えられます。

その後の研究で、aAVCを投与したマウスの体内では、投与後1年経っても記憶キラーT細胞が機能していることが判明しています。そのメカニズムについて研究を進めたところ、NKT細胞から刺激を受けた樹状細胞の働きに依存していることが判明しました。さらに、自然免疫であるNKT細胞にも免疫記憶が機能していることを世界で初めて見だし、これらの複合的効果により長期間にわたって抗腫瘍効果を発揮することを明らかにしました。患者由来の細胞によるオーダーメイド的な免疫療法とは異なり、他家細胞を使うaAVC療法は品質管理がしやすく、多様ながんを対象とした医薬製剤化も可能です。そのため、基礎研究の成果を創薬へつなぐことを目指した「創薬・医療技術基盤プログラム(DMP)」のプロジェクトの一つとして採択され、橋渡し研究が進められています。臨床応用に向けた研究も進み、マウス、免疫不全マウスを用いたヒト免疫細胞での実験、イヌによる非臨床試験へとステップアップしながら有効性と安全性を確認しているところです。

「自然免疫と獲得免疫の両方を活性化し、その記憶免疫が長期間残るということは、がんの再発や転移を抑えることが可能になります」と話す藤井チームリーダー。基礎レベルでメカニズムの解明を進めると同時に、免疫機能が継続して発現していることを確かめる細胞解析システムの開発も目指すなど、早期実用化に向けた取り組みを進めています。



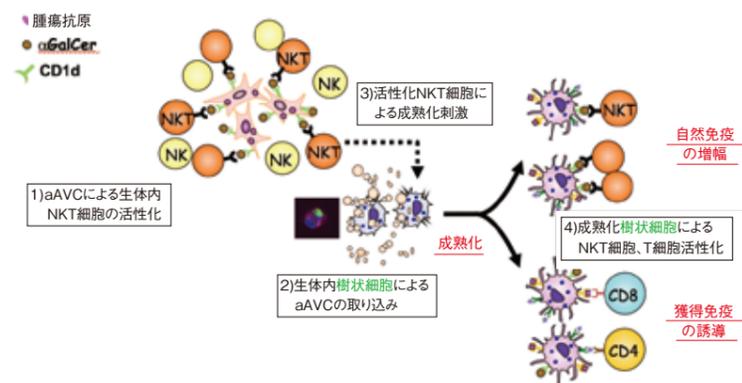
### 研究担当組織

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.)

### ●aAVCの作用メカニズム



1) NKT細胞を活性化させる糖脂質抗原( $\alpha$ -GalCer)によりNKT細胞が活性化され、次にNK細胞も活性化される。2) aAVC自体は活性化したNKT細胞やNK細胞により殺傷され、近傍の樹状細胞に取り込まれる。3) 活性化したNKT細胞は樹状細胞を刺激し、成熟化させる。4) 抗原を取り込み成熟化した樹状細胞は抗原をT細胞へ、 $\alpha$ -GalCerをNKT細胞へ提示し、獲得免疫の誘導と自然免疫の増幅という免疫の連鎖反応が起こる。

### 藤井眞一郎(ふじいしんいちろう)

(写真左)  
統合生命医学研究センター  
免疫細胞治療研究チーム  
創薬・医療技術基盤プログラム

すべてのがんと戦える  
免疫療法の開発を  
目指しています。

産業連携本部(2015年7月1日より「社会知創成事業」から名称変更)

# 予防医療・診断技術開発プログラム

研究成果

## 正常細胞の遺伝子制御部位を解析

1分子CAGE法により、膨大な数のプロモーターとエンハンサー情報を入手した

プログラムディレクター 林崎良英

全ゲノムを対象に、DNAから転写されているRNAの機能のカatalog化を目指して、理研が主催する国際コンソーシアム「FANTOM」が2000年に発足しました。これまでに、DNA全体の約70%がRNAに写し取られていながら、大半はタンパク質を作らず、RNAのままに機能していることなどを明らかにしてきました。現在の第5期プロジェクトにおいては、さまざまな種類の細胞や組織を収集し、ゲノムDNAからRNAへの転写を制御する遺伝子配列を網羅的に解析しました。中心となったのは、理研予防医療・診断技術開発プログラムの林崎良英プログラムディレクター、川路英哉コーディネーター、理研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のPiero Carninci部門長、同センターゲノム情報解析チームのAlistair Forrestチームリーダーらです。

今回、対象とされた試料は、がん由来の細胞株だけでなく、世界中の共同研究者の協力により内外から収集した、初代培養細胞、ヒト手術組織、細胞株など約1,000種で、この中にはヒトで約400種知られている正常細胞のうちの180種が含まれていました。成功の鍵となったのは、CAGE(Cap Analysis of Gene Expression)法と呼ばれる理研独自の手法を用いたことです。この手法では、ゲノム上のRNAの書き出し位置を網羅的に同定しつつ、試料中の各RNAの数をカウントすることができます。今回は、これをさらに技術改良した「1分子CAGE法」を用いました。1分子CAGE法では1分子シーケンサーを用いることで試料を増幅する必要がなくなるため、測定結果の偏りを少なくすることができます。結果として、検出感度が格段に上がり、「数個~10個の細胞中にある1分子のRNAを、99%以上の確率で検出する」といったことも可能になりました。

一連の解析により、正常細胞において約185,000個にも及ぶプロモーター(遺伝子近位制御部位)を同定し、そのうちの半分が新規のものでした。また、さまざまな細胞種のCAGE解析データを比較することで、転写の効率を著しく高める「エンハンサー(遺伝子遠位制御部位)領域」を約44,000個同定することにも成功しました。これらのプロモーターやエンハンサーには、細胞特異的に働いているものが多くみられることも分かりました。

この成果は、がん化した細胞ではなく、正常細胞について体系的な定義につながるデータを得た点がポイントといえます。今後は、がんなどの細胞との比較によって、がんの悪性度の診断、抗がん剤の有効性や評価に活かせるほか、再生医療や創薬に向けてiPS細胞を分化誘導する際の基盤情報として活用できると期待されます。

### 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。

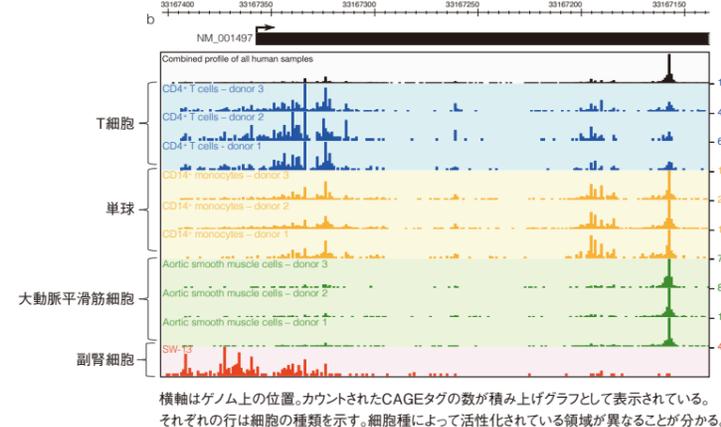


プログラムディレクター  
林崎良英 (M.D., Ph.D.)



FANTOM5プロジェクトには、20か国から261名の研究者が参加しました。

●CAGE法による解析データの一例



林崎良英(はやしきよしひで)  
予防医療・診断技術開発プログラム

今回得られたデータが、再生医療や予防医療に有効活用されることを期待しています。

リファレンス  
2014年3月27日プレスリリース  
ゲノム上の遺伝子制御部位の活性を測定し正常細胞の状態を定義  
— 生命の分子レベルでの理解に大きな一歩 —  
FANTOM consortium, "A promoter-level mammalian expression atlas," *Nature*, 507, 462-470 (2014)  
FANTOM Consortium, "An atlas of active enhancers across human cell types and tissues," *Nature*, 507, 455-461 (2014)

# 新興・再興感染症研究ネットワーク 推進センター



研究紹介

## 世界の安全・安心のために 感染症研究の国際ネットワークを築く

センター長 永井美之

文部科学省の主導により進められている「感染症研究国際ネットワーク推進プログラム(J-GRID)」は、感染症研究を行う国内の研究機関が、アジアやアフリカの感染症流行地域に日本の研究者が常駐する拠点を設け、現地の研究者と感染症の共同研究を行おうというものです。現在までに8か国13か所の研究拠点と2か国2か所のアソシエイトメンバーから成るネットワークをつくり活動してきました。

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支援・推進機関として設立されました。情報の収集や発信、共同研究のコーディネーション、研究拠点の支援、プログラムの総合推進などを行い、国内外の研究拠点のネットワークの構築とプログラムの効率化を図ってきました。

第1期(2005~2009年度)から始まったプログラムも、第2期(2010~2014年度)になると、海外拠点発の論文数が飛躍的に増え、多くの成果が上がりました。例えば、大阪大学のタイ拠点でのブタ連鎖球菌の病原性や分子疫学の研究結果がタイ政府の政策につながり、感染者数や死亡者数を劇的に減らすことができました。また、東北大学のフィリピン拠点では、エンテロウイルス68(EV68)が、小児の重症呼吸器感染症を引き起こす病原体の一つであることを発見しました。それまで、EV68はまったく注目されていませんでしたが、フィリピンのいくつかの地区で重症呼吸器感染症患者から集めた病原体サンプルの分析から、EV68の関与を発見できました。米国や日本、オランダでも、このウイルスが重症呼吸器感染症を引き起こすことが明らかになり、EV68の病原性が広く認識されるようになりました。

また、感染症が疑われる原因不明の疾患が発生したとき、大阪大学にある病原体迅速同定システム(RAPID)を、J-GRIDの各拠点が利用できる体制を築きました。このシステムはCRNIDのコーディネートのもと、大阪大学と理研の共同研究で開発したものです。患者サンプルから抽出した全遺伝情報を次世代シーケンサーで解析して、病原体データベースと照合して病原体の種類を絞り込む、いわゆるメタゲノム解析手法です。タイにある大阪大学マヒドン大学拠点では、東南アジアやアフリカで大流行しているチクングニア熱の原因ウイルス迅速検出キットを開発しました。このキットは、J-GRIDのタイ、インドネシア拠点やパスツール研究所ネットワークのラオスとセネガル拠点で有用性が認められ、広く普及することが期待されています。

さらに、CRNIDでは年1回、「アジア・アフリカ新興・再興感染症リサーチ・フォーラム」の開催、パスツール研究所ネットワークとの連携、また、各拠点間の情報の共有や新しい共同研究の相談をするなどさまざまな交流も図ってまいりました。

こうしたJ-GRIDの目覚ましい成果とともにCRNIDの活動も高く評価されています。CRNIDは2015年3月末で終了しましたが、J-GRIDの活動は今後も継続されます。



### 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.)

### ●次世代シーケンサーとバイオインフォマティクスによる病原体迅速同定システム(RAPID)の開発



不明病原体について、患者検体から遺伝物質であるDNA, RNAをすべて抽出して、その配列を高速の次世代シーケンサーですべて決定し、既存のデータベースと照合する。その患者から得られる病原体遺伝子配列から原因病原体を推定する。この作業は短時間で行われ、有事(アウトブレイク)の際に、いち早く候補病原体を絞り込む。

## 情報基盤センター

## ACCC



研究成果

## 実験をデザインし生命科学に革新

インフォマティクスから始まる  
ライフサイエンスバイオインフォマティクス研究開発ユニット  
ユニットリーダー 二階堂 愛

ヒトの体は、約400種類、約37兆個の細胞からできています。それらの細胞が持つDNAはすべて同じであるにもかかわらず、細胞が種類ごとに異なる機能を発揮するのは、働いている遺伝子が違うからです。遺伝子の働きはその遺伝子から作られるRNAの量を測ることで調べられます。特にDNAシーケンサーが登場し、細胞内のRNA配列を高速に計測する技術が発達したことで、細胞集団の機能や性質を明らかにする研究が盛んになっています。最近、同一種の細胞であっても、個々の細胞で働いている遺伝子が少しずつ異なることが分かってきています。遺伝子やタンパク質、mRNAなどの情報をコンピュータで解析するバイオインフォマティクスの需要が高まっています。

バイオインフォマティクス研究開発ユニットの二階堂 愛ユニットリーダーらは、わずか1個の細胞に含まれる微量なmRNAを簡便、かつ高精度に計測できる「Quartz-Seq法」とそのデータ解析手法を開発しました。従来法では、細胞に含まれるmRNAの20~30%しか捉えられませんでした。80~90%に上げることに成功しました。Quartz-Seq法を用いてマウスES細胞を1細胞ずつ比較し、「細胞集団の中に、1細胞ごとに遺伝子発現パターンの違いがあること」などを明らかにしてきました。

現在、細胞に含まれるmRNAのうち捉えられなかったものを数%に減らせるようQuartz-Seq法のさらなる高精度化に取り組んでいます。

また、Quartz-Seq法を用いて、安全で有効な再生医療の実現に挑戦しています。iPS細胞やES細胞から分化した細胞を移植するには、適切な種類の細胞のみを選んで作らなければなりません。そこで再生医療で移植する細胞を一つずつ遺伝子発現パターンをQuartz-Seq法で調べて、細胞集団に含まれる細胞の種類、状態、品質を評価しています。さらに、Quartz-Seq法で得られる大量データを解析するために、オンライン学習というアルゴリズムを取り入れた大規模データ解析技術を開発しています。これによりコンピュータメモリに入り切らない大規模なデータを解析できます。また大量の遺伝子発現データから、細胞の中で、どのような生命機能に関連する出来事が起きているかを調べる統計手法の開発もしています。

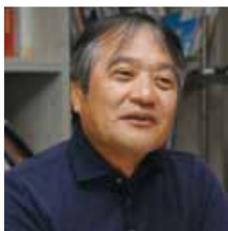
このような大規模データ解析を実験研究者に広く提供するため、情報基盤センターのクラウドコンピュータでデータ解析環境を提供するシステム開発や、IT業界でDevOpsと呼ばれる製品の開発環境と運用環境を自動的につくるプログラム技術を生物学に取り入れた「BioDevOps」の開発も進めています(図)。

今後は、実験生物学研究者からの依頼でデータ解析手法を開発したり、解析を行ったりすることはもちろん、バイオインフォマティクス研究者が先導して、高度なデータ解析を前提とした実験をデザインすることで、生命科学に革新をもたらすことにも挑戦していきます。



## 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。



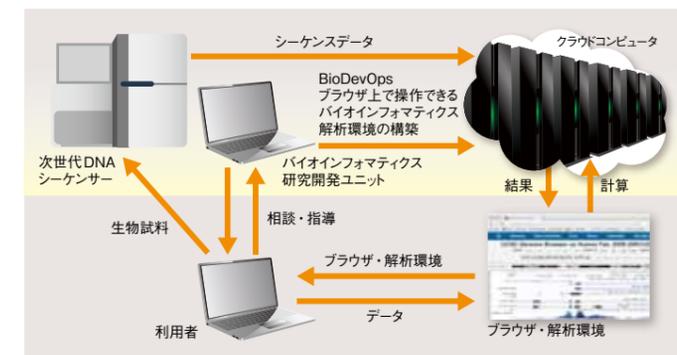
センター長  
姫野龍太郎 (D.Eng.)

二階堂 愛(にかいどういとし)

情報基盤センター  
バイオインフォマティクス研究開発ユニット

バイオインフォマティクスの  
立場から生命科学に  
革新を起こします。

●次世代ゲノムシーケンサー解析のためのクラウドコンピュータシステム



バイオインフォマティクス研究開発ユニットでは、BioDevOps技術によってブラウザ上で操作できるバイオインフォマティクス解析環境を自動的に構築する。利用者は、ネットワーク経由で情報基盤センターのクラウドコンピュータを使って、最先端で品質管理された解析環境でデータ解析ができる。

リファレンス  
Sasagawa Y. and Nikaido I et. al.,  
Genome Biology, 2013  
Tsuyuzaki K. et. al., BMC Bioinformatics, 2015

# HPCI計算生命科学推進プログラム

# HPCI

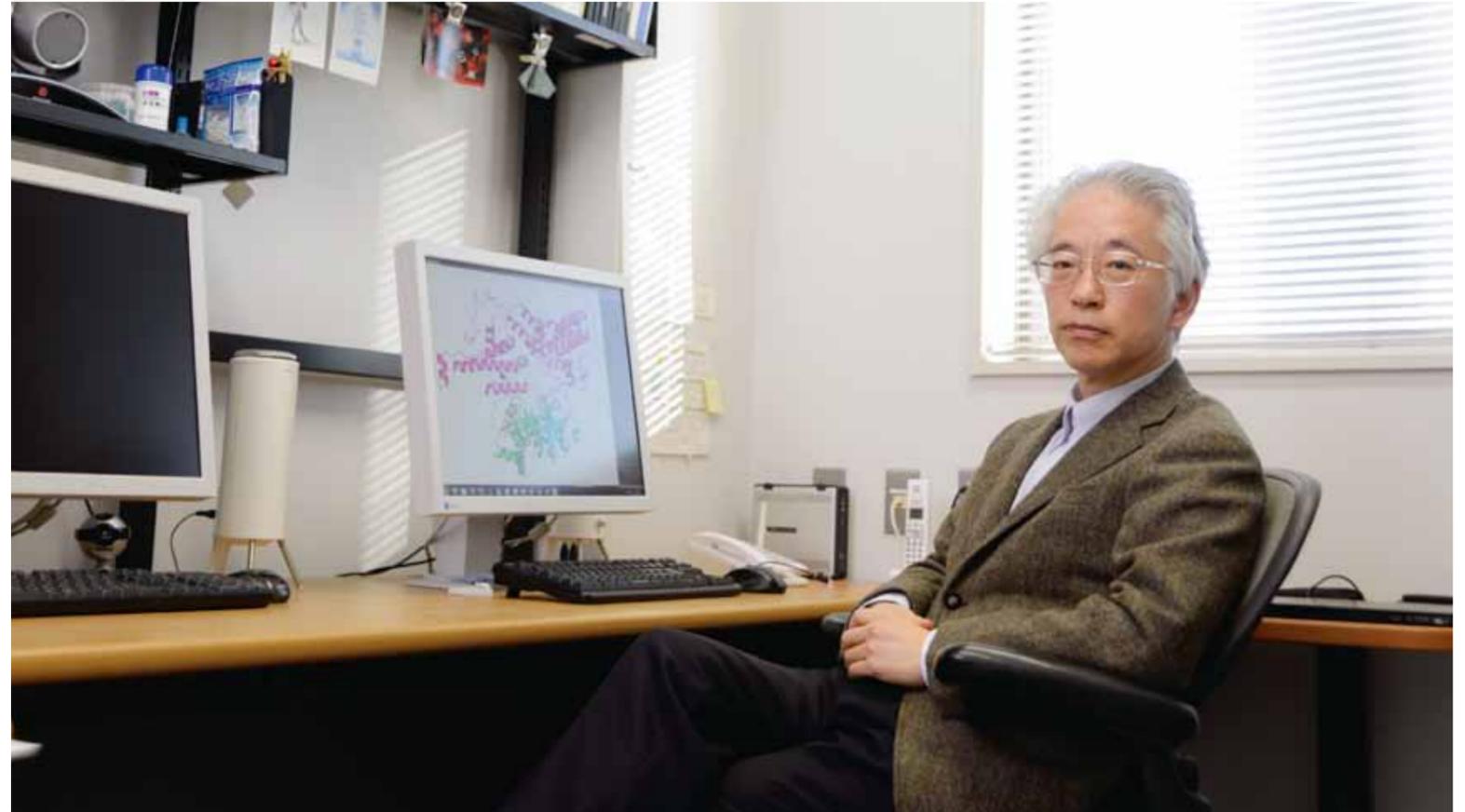
## 研究紹介 大規模計算で生命の本質の理解を「京」を利用して複雑な生命現象を読み解く

副プログラムディレクター 木寺詔紀

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」の戦略機関です。スーパーコンピュータ「京」を活用して生命科学分野で世界最高水準の研究を進め、医療や創薬などへの応用を推進し社会還元することを目的としています。

この10年間で、もっとも発展した科学分野の一つが生命科学の分野です。その進歩の原動力となったのが、分子生物学とゲノム科学の進展です。最近では、ゲノム配列の解析に加え、生体の中で、いつ、どこで、何が起るのかという実態を明らかにするイメージングの手法を取り入れた研究も行われています。そのような広がりに対応して、HPCI計算生命科学推進プログラムでは「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」の四つの研究開発課題に取り組んでいます。木寺詔紀副プログラムディレクターは各研究開発課題の代表者と密に連絡を取り合い、HPCI計算生命科学推進プログラムの研究の方向性を決めています。

生命システムはゲノム、生体分子、細胞、臓器などの多くの階層からできあがっています。しかも、それぞれの階層のレベルでそれぞれ異なった種類の生命現象が起こっています。生命活動のしくみを理解するには、それぞれの臓器の働きを知る必要がありますし、それぞれの臓器の働きは、組織や細胞レベルでの活動で成り立っています。そして、細胞の活動は細胞内の多数の分子の反応によって支えられています。生命の実体を本当の意味で理解するには、生体分子などの働きから、細胞、組織、臓器などの働きを組み立てていく必要がありますが、これまでこのような研究は、実験はもちろん、シミュレーションでも実現不可能でした。しかし、「京」の登場により、それが可能となる時代がやってきました。「京」をフル活用して「細胞内での酵素反応をシミュレーションする」、「シミュレーションでがん治療に関する新薬の候補となる化合物を短期間に探し出す」、「脳からの神経信号を作り出すシミュレーションや骨格を筋肉で動かすシミュレーションを統合してパーキンソン病を理解する」などといったチャレンジングな研究を進めています。これらの研究から、新しい生命科学の新しい原理が生まれてくることでしょう。



### 研究担当組織

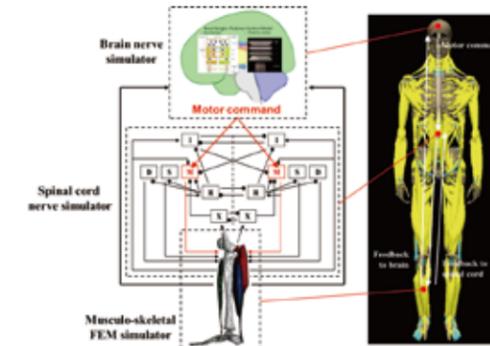
2011年4月に設立されたHPCI計算生命科学推進プログラムは、文部科学省が推進するHPCI戦略プログラム5分野\*のうち、分野1の戦略機関として、スーパーコンピュータ「京」を用いた研究開発および計算科学技術推進体制の構築に向けた研究を実施しています。生命科学分野で世界最高水準の研究成果を生み出し、医療や創薬などへの応用を推進し、社会への還元を目指します。

\*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.)

●全身筋骨格—神経系統合シミュレーションの概念図



脳内で起こる現象から全身の運動までの流れを解明するために、脳・脊髄・全身の筋骨格系をすべて統合した大規模シミュレーションにより、運動機能障害をもたらす神経疾患のメカニズムを解明しようとしている。

木寺詔紀(きでらあきのり)  
 HPCI計算生命科学推進プログラム

生命システムを構成する分子から全身にいたる階層をつなぐ計算によって、新しい生命科学を切り開きます。

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。

開放的な空間と、作業効率や研究者間交流を考慮してデザインされたBSI神経回路遺伝学研究棟。  
「ヒトの心とはなにか」を理解するため、多様な分野の研究者が日々互いに刺激し合いながら、  
脳科学における基礎研究ならびに最先端の技術開発に取り組んでいる。

# 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。

## 柔軟性があり熱に強い 生分解性プラスチックの大量生産に成功

プラスチックは私たちの生活を支えてくれています。石油や石炭などを原料とし、使用後は自然界に廃棄物として長期間残り、生物に害を及ぼす要因になっています。その解決策として、植物由来の原料からつくられる生分解性プラスチックが期待されています。使用後は微生物により二酸化炭素と水に分解され、また生じた二酸化炭素は植物体の炭素に由来し、環境中で循環していると考えられるため、環境への負荷を減らすことができます。生分解性プラスチックとしてトウモロコシやジャガイモのデンプンを原料にしたポリ乳酸がよく知られていますが、ポリ乳酸は硬くて熱にも弱いので扱いが難しく、応用範囲が限られていました。

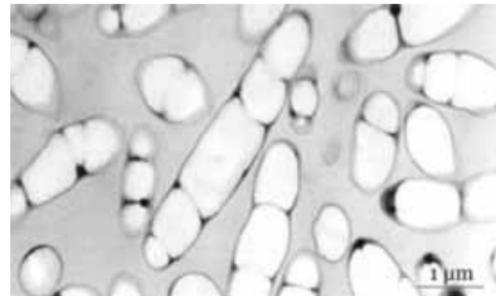
環境資源科学研究センターバイオプラスチック研究チームの阿部英喜チームリーダーと株式会社カネカの共同研究チームは、ポリ乳酸に比べ、柔軟性があり熱に強い生分解性プラスチック、PHBH(3-ヒドロキシブチレート-co-3-ヒドロキシヘキサノエート重合体)を開発しました。PHBHは、植物油脂を原料にして微生物が生産するプラスチックです。

研究チームは20年以上前に土壌からPHBHをつくる微生物を見つけましたが、その生産性は実用化には程遠いものでした。そこで、分子生物学の手法を取り入れて微生物の改良を行い、1997年にPHBHを体重の90%近くまで蓄えることができる微生物をつくりだすことに成功しました。実証プラントによる本格培養試験では、微生物の培養条件を繰り返し検討し、ついに年間1,000トンまでPHBHを生産することに成功しました。

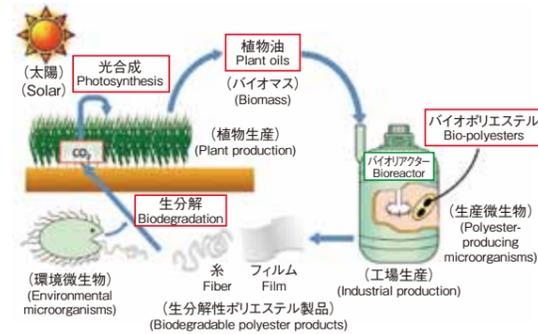
PHBHは幅広い利用が見込まれています。モデルケースとして、畑の畝を覆う農業用マルチフィルムを開発しました。このフィルムは、柔らかい素材のためトラクターで畑に敷くことができ、さらに収穫後に土の中にすき込む作業も容易なため、大都市近郊の農家に急速に広まっています。土の中でフィルムは3~6か月ほどで分解されます。また、天然ゴムを混ぜ合わせて作った消しゴム、ボトルやトレー、コンポスト用の生ゴミ袋などさまざまな製品が開発されています。

いまヨーロッパでは、包装フィルムに使われる石油系のポリオレフィンが規制され、生分解性プラスチックへの関心が急速に高まっています。ポリオレフィンの代用品としてPHBHが世界で広く使われることが期待されています。

●バイオポリエステルを蓄えた微生物の電子顕微鏡写真  
(楕円球状の微生物の中の白い部分がバイオポリエステル)



●生分解性バイオポリエステルの生産、利用、分解と炭素の循環



●カネカ社製品



©KANAKA CORPORATION

東京電力福島第一原子力発電所の事故によって放出された放射性セシウムにより、水田や畑などの農地も汚染され、農作物への影響が深刻な問題になっています。特にセシウム137の半減期(自然崩壊して半分に減るまでの時間)は30年と長く影響は長期にわたる上に、土に含まれる粘土や有機物と強く結びつくことから除去も難しいため、高濃度で汚染された地域ではいまだに農作物の生産を再開できません。一方で、生産を再開した地域では、風評被害対策として市場に出す前に農産物や魚介類などの食品の放射能を測定し、安全性を確認する検査が行われています。

## 食品の非破壊放射能測定を低コストで実現する測定器を開発

グローバル研究クラスターEUSOチームのMarco Casolinoチームリーダーら研究チームは、食品出荷時の簡便な全品放射能測定を実現するために、食品全体を包み込めるように、プラスチックシンチレータを円筒型に配置した放射能測定器「LANFOS」を開発しました。

現在使われている測定器は、放射線の強さに応じて発光する部分(シンチレータ)が底面にあり、食品を細かく砕いて測定の精度を高めていました。プラスチックシンチレータは、低コストで成形しやすいのですが、放射線のエネルギーを決める精度が低く、天然由来の放射性カリウムと原発事故由来の放射性セシウムを区別することが困難でした。研究チームは、測定された発光シグナル数の分布から放射性カリウムと放射性セシウムの割合を算出する方法を開発しました。LANFOSにより、さまざまな形や大きさの測定器を作ることが可能となったため、次は、箱詰めされた食品を測定できる大型放射能測定器の開発を目指しています。

## 農作物への放射性セシウム移行の低減を目指す

環境資源科学研究センター機能調節研究ユニットのアダムス英里研究員ら共同研究チームは農作物の安全を確保するために、植物のセシウム取り込みを抑制する化合物を見つけ、植物がセシウムの影響を受けにくくする技術の開発を目指しています。

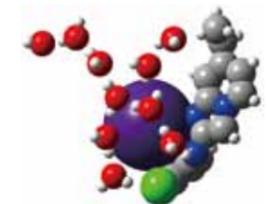
共同研究チームは、約1万種のケミカルライブラリーをスクリーニングし、セシウムに対する耐性を増大させる化合物として「CsTolen A」を見つけました。CsTolen Aは、セシウムと選択的に結合することで、植物のセシウム取り込みを抑制することを確認しました。そのため、CsTolen Aに植物体内のセシウム蓄積量を著しく低下させる効果があることが明らかになりました。今後、放射性セシウムの農作物への移行を低減する技術開発に活用されることが期待されています。

●放射能測定試験の様子

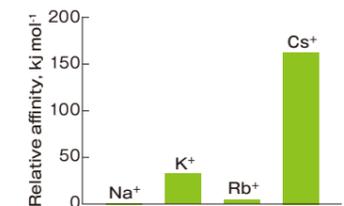


LANFOSを使った農産物の放射能測定試験(福島県南相馬市で2014年11月1・2日に行われたJAまつりにて)。装置のサイズは高さ83cm×幅58cm×奥行45cm。

●セシウムとCsTolen Aの結合状態の概念図と、アルカリ金属とCsTolen Aの相対的親和



量子力学的理論モデリングによる水存在下における(あるいは水和状態における)セシウムとCsTolen Aの結合状態。赤と白は水分子、紫はセシウム、青は窒素、緑は塩素、灰色は炭素を示す。セシウムはCsTolen Aの窒素原子(青)に結合していることが分かる。



量子力学的理論モデリングによって得られたアルカリ金属(ナトリウム[Na<sup>+</sup>]、カリウム[K<sup>+</sup>]、ルビジウム[Rb<sup>+</sup>]、セシウム[Cs<sup>+</sup>])とCsTolen Aの相対的親和性。セシウムが他のアルカリ金属に比べCsTolen Aとの親和性が高いことが示されている。

# 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。

## 年間論文数とそれらの被引用状況

理研は2005年以降、年間2,100報以上の論文発表を続けており、2014年は2,461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2005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。2013年の被引用数上位10%の論文の割合は24.2%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

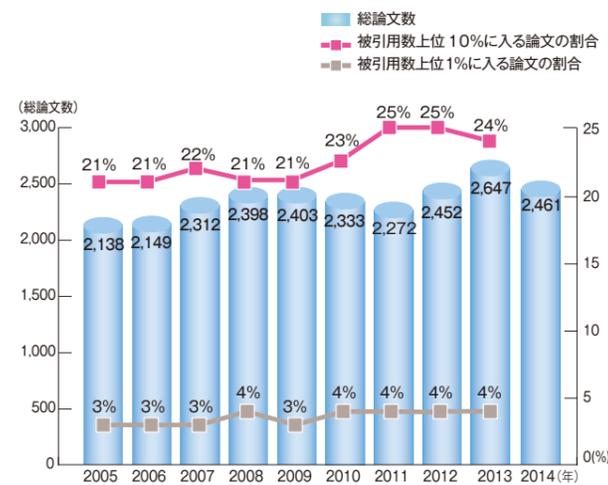
理研の約10年間の論文数は22,661報で、これらの被引用数はのべ約45万回にのぼります。論文あたりの平均被引用数は、19.81回であり、世界的にみても高い回数となっています。

理研の特徴は質の高い論文の割合が高いことで、2015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4位となっていますが、高被引用論文の割合は2.3%で発表された20機関中1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、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(2015年4月16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(2015年5月8日時点)

### ●理研の論文の被引用数に関するデータ

(対象期間:2005年1月~2015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	7,009	101,853	14.53
分子生物学・遺伝学	2,812	96,776	34.42
生物学・生化学	2,868	51,096	17.82
植物学・動物学	1,230	39,840	32.39
化学	2,589	36,546	14.12
神経科学・行動科学	1,586	33,634	21.21
免疫学	621	23,028	37.08
臨床医学	1,087	22,825	21.00
材料科学	481	8,380	17.42
微生物学	408	5,129	12.57
薬理学・毒物学	273	3,274	11.99
計算科学	333	2,570	7.72
工学	358	2,156	6.02
上記分野を含む全分野	22,661	448,858	19.81

トムソン・ロイター社のデータベースをもとに作成

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。

## 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、中国の科学院など、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。

2014年度は、海外ではカタール財団研究開発部門、ロシア・カザン大学、欧州合同原子核研究機関、中国・上海交通大学、シンガポール・南洋理工大学とタイ・チュラロンコン大学、マレーシア科学大学、台湾・科学技術省、国内では九州大学、九州大学および福岡市との間で、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、2014年度末現在、海外52か国・地域との間で、のべ495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・マックス・プランク研究所、韓国・生命工学研究院、中国・西安交通大学、中国・科学院上海光学精密機械研究所、中国・清華大学との連携研究センター(室)の設置に加え、新たにロシア・カザン大学に連携研究室、中国・上海交通大学に連携研究センターを設置し、さらに多様な分野で研究を推進するために、マレーシア科学大学にすでに設置していた連携研究室を連携研究センターに発展させるなど、グローバルな研究ネットワーク・拠点での連携協力を進めています。

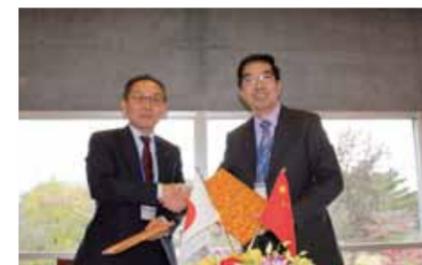
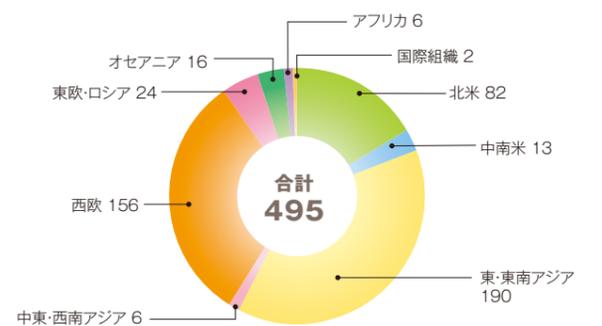
### ●2014年度に締結した主要な協定・覚書

相手機関	種類	発効年月
カタール財団研究開発部門(カタール)	協力覚書	2014年5月
カザン大学(ロシア)	研究協力覚書	2014年6月、9月
欧州合同原子核研究機関(欧州)	枠組み協力協定	2014年8月
上海交通大学(中国)	研究協力覚書	2014年11月
南洋理工大学(シンガポール)とチュラロンコン大学(タイ)	研究協力覚書	2014年12月
マレーシア科学大学(マレーシア)	研究協力覚書	2015年2月
科学技術省(台湾)	協力覚書	2015年3月
九州大学	基本協定	2015年3月
九州大学と福岡市	3者連携協定	2015年3月

2015年3月31日末で、主要な協定・覚書を締結している機関は、海外15か国・地域の30機関、国内10機関

### ●海外締結協定・覚書等の数の地域分布

\*2015年3月31日現在



上海交通大学との調印式にて(2014年11月17日)(大江田理事と黄副学長)



マレーシア科学大学との調印後(2015年2月20日)(左側3人目から阿部副センター長、大野GD、玉尾クラスタ長、野依理事長とマレーシア科学大学のOmar Osman学長、Muhamad Jantan副学長、Nazalan Najimudin教授、Sudesh Kumar教授、その他事務局)

# 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年の設立以来、理研が受け継いできた理研精神です。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。

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きます。

## 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、その成果を結び役割を果たします。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。また、理研ベンチャーブランドの確立を推進するために2015年1月に理研ベンチャー認定ロゴマークを制定しました。



### ●産業界との連携を具現化する制度・プログラム

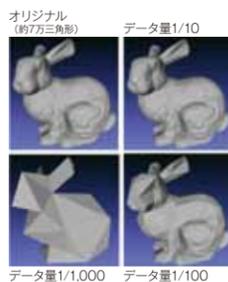


### ●成果例

#### 【3Dプリンター出力用データ削減ソフトウェア】

産業界との融合的連携研究制度における谷本茂樹チームリーダー、横田秀夫副チームリーダー（社会知創成事業イノベーション推進センター計測情報処理研究チーム）と日本ユニシス・エクセリュションズ株式会社の共同研究成果に基づき製品化されました。ポリゴンメッシュの形をできるだけ変えないようにして、ポリゴン数を減らすことで、大幅なデータ量削減が可能になりました。

(図版提供:日本ユニシス・エクセリュションズ株式会社)



#### 【半導体コンプトンカメラGREI】

複数核種同時イメージングを可能にする半導体コンプトンカメラGREIを製品化しました。GREIは、ガンマ線源のイメージングを行う装置で、広いエネルギー範囲のガンマ線を同時に撮像できるため、複数の核種を同時にイメージングすることが可能になり、がんなどの早期診断にも応用できます。

(図版提供:仁木工芸株式会社)



#### 【Lap-PASS®】

患者のCT画像などから生体モデルをつくり、術具に伝わる触感を再現する「腹腔鏡下手術シミュレータ」の実用化に、光子工学研究領域画像情報処理研究チームの横田秀夫チームリーダー、三菱プレジジョン株式会社、横浜市立大学が世界で初めて成功しました。(図版提供:三菱プレジジョン株式会社)



研究成果の実用化に際しては、特許が重要となります。理研では、特許を戦略的に取得し、企業に対して実施許諾する技術移転活動を推進しています。

## 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、2014年度の特許出願件数は国内、海外合わせて348件となり、実施率\*は25%となりました。

\*実施率=実施許諾件数/(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を入手できるように工夫しています。

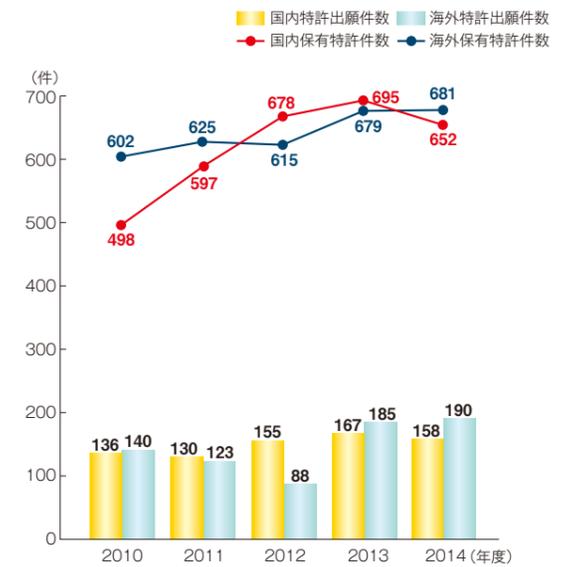
<http://www.riken.jp/outreach/ip/>

### ▶▶「産学連携メールマガジン」配信中

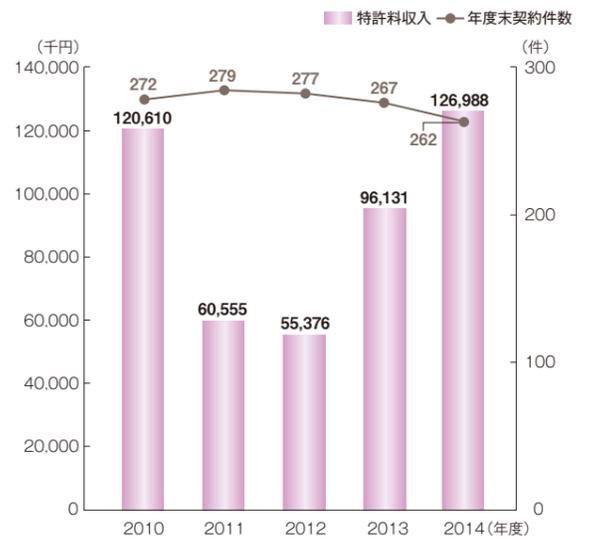
産業界の皆様とのより密接な連携を図るため、理研の産学連携・知的財産に関する情報のメール配信を行っています。  
[http://www.riken.jp/pr/services/mail\\_collaboration/](http://www.riken.jp/pr/services/mail_collaboration/)



### ●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、さらなる国際化を目指すため、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。

※平成28年度採用者より、SPDRはFPRを統合して国際的な若手人材育成制度としてリニューアルしました。従ってFPRとしての公募は実施しません。



毎年、多数のJRAやIPAが参加するNoyori 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。

- ◎2014年度新規採用者数:55名
- ◎在籍者数:のべ160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54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。

- ◎2014年度新規採用者数:36名
- ◎在籍者数:のべ117名

### ●国際連携大学院協定校一覧

\*2015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、上海交通大学	ハノイ科学大学、ベトナム農業科学院
華中科学技術大学	ロシア
西安交通大学	カザン大学、ロシア連邦南大
復旦大学、東北林業大学	リトアニア
華東理工大学、吉林大学	ピリニウス工科大学
浙江大学、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	カーン大学
延世大学校、梨花女子大学校	クロード・ベルナルリオン第一大学
韓国カトリック大学校	ドイツ
台湾	チュービンゲン大学、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	バレルモ大学
インド	スイス
インド工科大学・ボンベイ校	スイス連邦工科大学・チューリッヒ校
インド科学振興研究所	デンマーク
インドネシア	コペンハーゲン大学
バジャラン大学	ブラジル
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、2014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)。

◎2014年度受け入れ数:約320名(うち、博士課程約170名)

## 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。基礎科学特別研究員制度は2016年度採用者より国際特別研究員制度と統合し、より世界に開かれた制度として新たなスタートを切ります。新たな基礎科学特別研究員制度は国籍にかかわらず応募が可能となり、国際的に優秀な研究者の受け入れを目指します。

- ◎2014年度新規採用者数:40名
- ◎在籍者数:のべ116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。国際特別研究員制度は、2016年度採用者より基礎科学特別研究員制度と統合し、新たな基礎科学特別研究員制度として展開します。

- ◎2014年度新規採用者数:13名
- ◎在籍者数:のべ57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。

◎2014年度在籍者数:4名

### ●国内連携大学院一覧

\*2015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さまにご理解いただき、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。

一般社会と理研の相互理解を深め、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活動や成果の発信、イベント開催などの機会においては、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

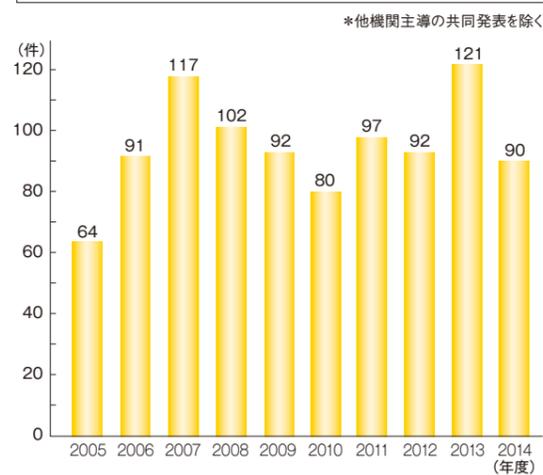
新聞などのメディアを通じて理研の活動を知っていただくために、最新の研究成果を中心にプレスリリースを行っています。2014年は、慢性疲労症候群と脳内炎症の関連を解明(4月4日)、真空より低い屈折率を実現した三次元メタマテリアルを開発(10月24日)、マウスを丸ごと透明化し1細胞解像度で観察する新技術の開発(11月7日)などの研究成果を発信しました。

## 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い、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。この他、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、各種展示会へ出展を行っています。

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。まずはイベント(サイエンスセミナー、和光市民まつり、和光地区見学ツアー)で職員が販売を行うことと、科学技術館ミュージアムショップと理研内売店での販売を試行しています。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。

●プレスリリース数の推移



◀理研サイエンスセミナーⅦ  
「いのちと細胞、どこまで計算できるの?」をテーマに、2015年2月19日に大阪で開催。



◀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。



◀サイエンスアゴラ  
2014年11月7～9日に「理研の生命科学の最前線をのぞいてみよう!」と題して出展。



◀理研グッズ  
2014年4月から理研グッズの販売を始めました。イベント会場でも販売を行っています。(写真は、和光市民まつりの様子)

## 海外広報

一流の研究成果を挙げて世界に貢献し、将来を支える若手を育成することが理研の役割です。そのためにも国際的な知名度、研究者のリクルート、海外の研究機関との連携が必要です。英語版プレスリリース、ウェブマガジン等で世界トップレベルの成果と社会への貢献を発信するとともに、アメリカ科学振興協会等が開催する国際的な科学イベントなどで、グローバルな連携と一般市民への理解を推進しています。

## 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。2014年度に全所で開催した一般公開への来場者は30,800名で、前年度(23,577名)に比べ増加しました。4月に開催した筑波、和光、播磨地区の参加者増(6,690名)によるものです。

## 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「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)、子ども向け冊子「理研の博士に聞いてみよう!」(発行部数10,000部/年)、英文広報誌「RIKEN RESEARCH」(発行部数3,000部/回、年4回)を発行するほか、各種パンフレッ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。

<http://www.riken.jp/pr/publications/>

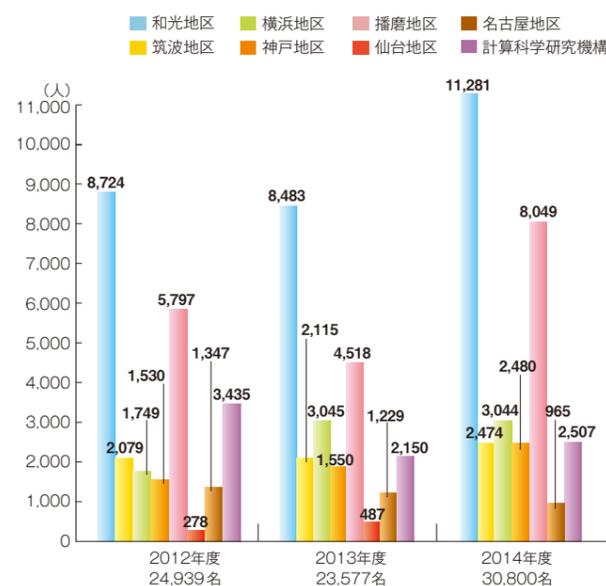
<http://www.riken.jp/pr/fun/kids/>

<http://www.riken.jp/en/research/rikenresearch/>



Facebookも使って海外に情報を発信しています。  
<https://www.facebook.com/RIKEN.english>

●一般公開来場者数の推移



※2014年度の神戸地区は、多細胞システム形成研究センターとライフサイエンス技術基盤研究センターの2か所での受付人数の合計。



一般公開(2014年4月19日 和光地区)

# 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、2014年度は共同受賞を含め全体で221名が受賞しました。2014年度の主な賞としては小川智也研究顧問が瑞宝中綬章、香取秀俊主任研究員が紫綬褒章を受章しました。また、十倉好紀センター長(創発物性科学研究センター)がノーベル賞の受賞者予測にあたる「トムソン・ロイター引用栄誉賞」を再受賞したほか、加藤忠史チームリーダー(脳科学総合研究センター)へ塚原伸晃記念賞が贈られました。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ついては、例年より多い科学技術賞8名、若手科学者賞7名が選出されました。個々の研究者の受賞以外では、スーパーコンピュータ「京(けい)」が国際的な性能ランキングであるGraph500と、HPCチャレンジ賞の4部門中3部門で第1位を獲得したことも大きなニュースとなりました。

**蔡 兆申** チームリーダー  
創発物性科学研究センター  
超伝導量子シミュレーション研究チーム

**中村泰信** チームリーダー  
創発物性科学研究センター  
超伝導量子エレクトロニクス研究チーム

蔡、中村両氏は、超伝導量子ビットシステムの研究で成果をあげ、超伝導回路において量子コヒーレンス状態の制御が可能なることを明らかにしました。また、このような系を使った量子情報処理の研究の発展に多大な貢献をしています。これらの成果は今後、量子コンピュータの実現につながることが期待されます。

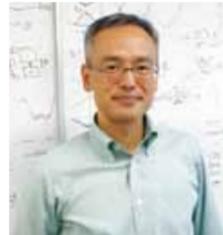
**フランコ ノリ** グループディレクター/主任研究員  
創発物性科学研究センター 量子凝縮物性研究グループ

ノリ氏は、物理学の基本原則である「真空のゆらぎ」により、仮想状態の光子が光速に近い速さで動く鏡に反射すると、実体のある光子になるという動的カシミール効果の観測が可能であることを理論的に示しました。その後、真空からの光子のペアの生成をマイクロ波の形で観測することに成功し、これが量子論により予測されるものと同等の性質を持つことも立証しました。「真空のゆらぎ」の存在について、初めての直接的な証拠となったこの成果は、今後のエレクトロニクスに大きく貢献することが期待されます。

**江崎玲於奈**賞  
【超伝導量子ビットシステムの研究】



**Profile**  
Jaw-Shen Tsai  
◎最終学歴  
ニューヨーク州立大学物理学部博士課程修了、博士(理学)  
◎主な職歴  
日本電気株式会社ナノエレクトロニクス研究所首席研究員などを経て現職、東京理科大学物理学部教授兼務



**Profile**  
Yasunobu Nakamura  
◎最終学歴  
東京大学大学院工学系研究科超伝導工学専攻修士課程修了、博士(工学)  
◎主な職歴  
日本電気株式会社ナノエレクトロニクス研究所首席研究員などを経て現職、東京大学先端科学技術研究センター教授兼務

**松尾財団宅間宏記念学術賞**  
【超伝導回路を用いた原子物理と量子光学の研究】



**Profile**  
Nori Franco  
◎最終学歴  
イリノイ大学大学院物理学専攻博士課程修了、博士(物理学)  
◎主な職歴  
ミシガン大学物理学部教授、理化学研究所フロンティア研究システムおよび基幹研究所チームリーダーなどを経て現職

**升島 努** チームリーダー  
生命システム研究センター 一細胞質量分析研究チーム

升島氏は、単一細胞内小器官成分を微細管で捕捉、直接ナノスプレイオン化し、数分でそこに存在する数千の分子群を網羅的に検出する「一細胞質量分析法」という生命科学の革新的分析法を創成しました。日本の製薬企業にいち早く公開し「単一細胞創薬」技法を確立した他、極微量の血液などの体液での分子診断を可能とし、次世代創薬・医療への貢献が期待されます。また、これらの成果を植物分野へ展開し、基礎から新しい分子農業まで幅広い応用が期待されています。

**望月敦史** 主任研究員  
望月理論生物学研究室

望月氏は、生命システムのダイナミクスをネットワークの形だけから決める理論を構築し、ごく少数の遺伝子の振る舞いでシステム全体が捉えられることや、それら少数遺伝子の操作で全体が操作できることを明らかにしました。また、この理論を実際の生命システムに適用することで未知の制御を発見するなど、生命システム解明のための新しい方法として注目を集めています。これらの成果は今後、遺伝子操作や再生医療を支える基礎理論につながることが期待されます。

**田中克典** 准主任研究員  
田中生体機能合成化学研究室

田中氏は、独自に見いだした高速な有機合成反応を活用して、ペプチドやタンパク質、さらに生細胞表面の最も簡便な標識法を開発し、生体分子イメージング研究の発展に大きく貢献しています。特に、糖鎖構造に依存するタンパク質や細胞の生体内挙動を蛍光やPET、あるいはMRイメージングによって次々と明らかにするとともに、疾患や臓器、あるいは排出選択的な糖鎖複合体を発見し、次世代分子プローブの発展に多大な貢献をしています。これらの成果は今後、糖鎖を基盤とした診断や医療につながることが期待されます。

**望月優子** 研究ユニットリーダー  
仁科加速器研究センター 望月雪氷宇宙科学研究ユニット

望月氏は、アイスコアから気候変動と宇宙からのシグナルを調べる研究グループのリーダーとしてアイスコアの高精度分析を精力的に推進し、地球規模の気候に影響を与えた過去2000年の火山噴火の歴史を初めて高精度に復元しました。この成果により、火山噴火が気候の寒冷化に影響を及ぼす度合いは従来の推定とは異なることが判明しました。望月氏の研究は今後の地球温暖化予測モデルに使用されるデータとしてその検証・発展に役立つとともに、まだよく分かっていない気候変動の科学的理解に貢献すると期待されています。

**山崎貞一**賞  
【単一細胞内微小局所質量分析法の創成と創薬・生命医科学展開】



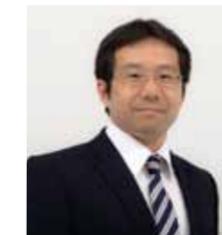
**Profile**  
Tsutomu Masujima  
◎最終学歴  
広島大学大学院理学研究科物性学専攻博士課程退学、博士(理学)  
◎主な職歴  
広島大学医学部総合薬学科教授、同大学院医歯薬学研究科教授などを経て現職

**日本学術振興会賞**  
【生命の複雑制御ネットワークの構造とダイナミクスの関係に関する数理的研究】



**Profile**  
Atsushi Mochizuki  
◎最終学歴  
九州大学大学院理学研究科博士課程単位取得退学、博士(理学)  
◎主な職歴  
九州大学理学部助手、自然科学研究機構基礎生物学研究所准教授などを経て現職

**米国化学会**  
Division of Carbohydrate Chemistry Horace S. Isbell Award  
【Molecular Imaging of Glycoconjugates (糖鎖複合体の分子イメージング)】



**Profile**  
Katsunori Tanaka  
◎最終学歴  
関西学院大学大学院理学研究科博士課程修了、博士(理学)  
◎主な職歴  
バイエル薬品(株)中央研究所研究員、コロンビア大学化学科博士研究員、大阪大学大学院理学研究科助教を経て現職、ロシア・カザン大学A. プトローフ研究所教授、埼玉大学理工学部連携教授、さきがけ研究員兼務

**科学技術への顕著な貢献 2014 (ナイスステップな研究者)**  
【地球規模の気候に影響を与えた火山噴火に関する南極アイスコア科学の推進】



**Profile**  
Yuko Motizuki  
◎最終学歴  
東京大学大学院理学系研究科博士(理学)  
◎主な職歴  
理化学研究所基礎科学特別研究員、仁科センター研究員などを経て現職、埼玉大学大学院連携教授を兼務

# 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

2015年4月1日の常勤職員数は3,462人で、その86%にあたる2,986人が研究系職員、さらに、その89%にあたる2,658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。

### ●センター別常勤職員数

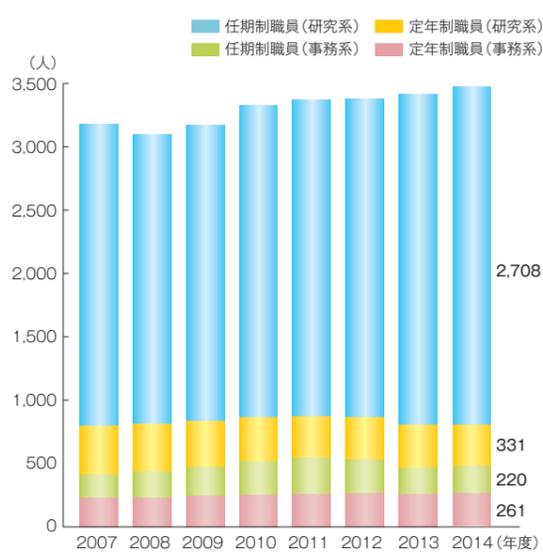
\*2015年4月1日現在

センター名	人数
主任研究員研究室	237
准主任研究員研究室	32
上席研究員研究室	28
国際主幹研究ユニット	11
特別研究ユニット	13
研究推進グループ	7
グローバル研究クラス	34
創発物性科学研究センター	155
光子工学研究領域	95
環境資源科学研究センター	270
生命システム研究センター	160
多細胞システム形成研究センター	163
脳科学総合研究センター	472
統合生命医科学研究センター	282
バイオリソースセンター	109
ライフサイエンス技術基盤研究センター	367
計算科学研究機構	152
放射光科学総合研究センター	99
仁科加速器研究センター	188
社会知創成事業	2
イノベーション推進センター	41
創業・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	10
情報基盤センター	47
HPCI計算生命科学推進プログラム	7
事務等	469
<b>合計</b>	<b>3,462</b>

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

\*2015年3月31日現在



子育てサポート基準適合一般事業主に贈られる「くるみん」マーク

## 男女共同参画

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、ライフプラン等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（2回）しています。

## 国際化の推進

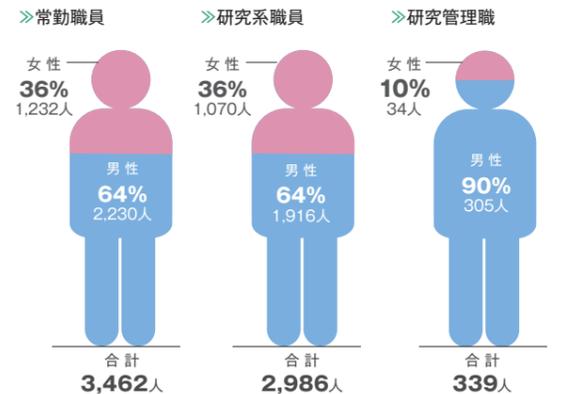
理研は、国際協力を研究推進の大きな柱と認識しており、世界各国から研究者や技術者、学生を積極的に受け入れています。外国籍のそれら研究系スタッフは、2014年10月1日現在で704人に達しており（前年より39人増）、そのうち、研究員（非常勤を含む）として373人が在籍しています。

## 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、アカデミアのみならず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。

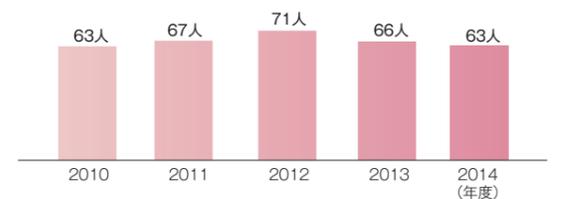
### ●研究職員の男女比

\*2015年4月1日現在



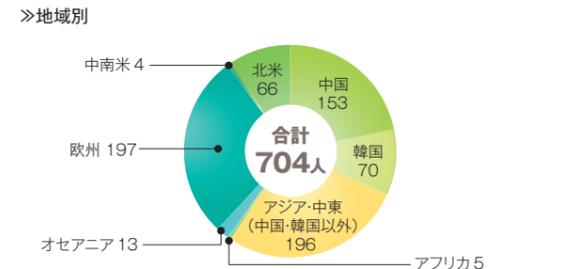
### ●妊娠、育児中の研究系職員の支援者にかかる経費助成利用者数(のべ人数)

\*2015年3月31日現在

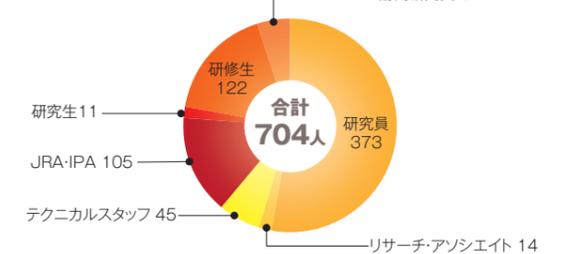


### ●外国籍の研究スタッフの受け入れ

\*2014年10月1日現在



### ●職種別



# 予算

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、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

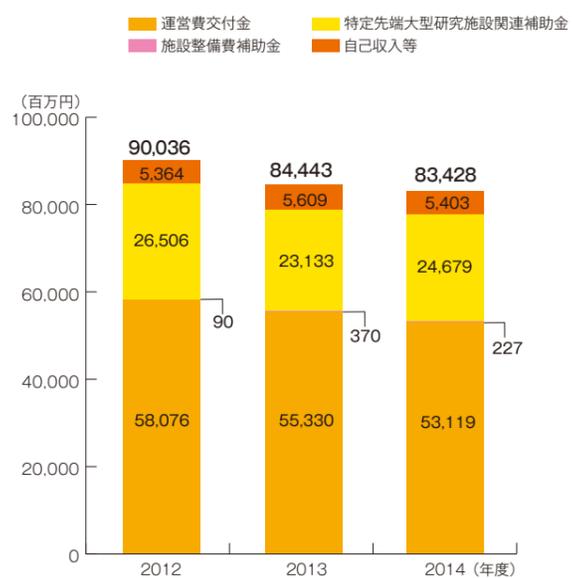
「政府支出金」のうち運営費交付金とは、国立研究開発法人の自主性・自律性のある業務運営の財源として、用途の内訳を特定せずに交付される資金です。運営費交付金の使用の適否については、事後評価において研究所の運営が適切になされたかという観点でチェックされます。

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・維持管理、研究者等への共用を促進するとともに、新たな超高速電子計算機の開発・整備を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、特許権収入等が含まれます。

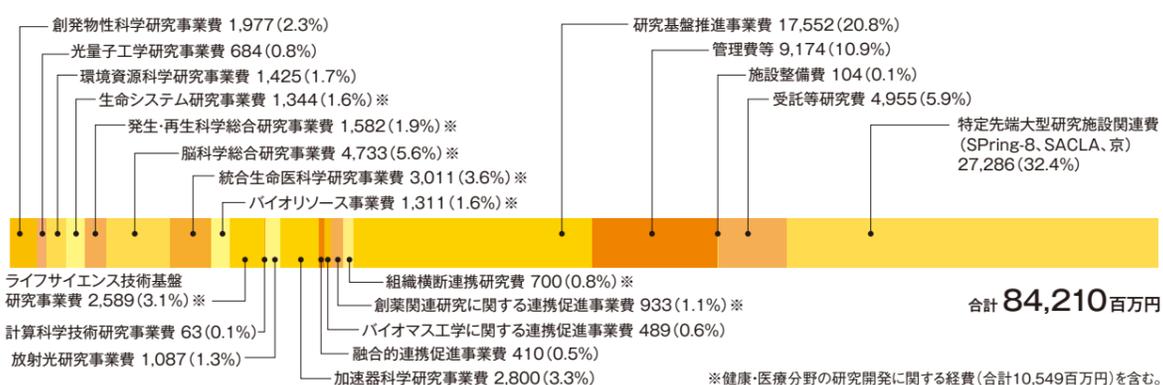
●最近3年間の収入予算の推移(当初予算)



●2015年度 収入予算の内訳(当初予算)



●2015年度 支出予算の内訳(当初予算)



# 組織図 (2015年7月1日現在)



理事長 松本 紘 (工学博士)

理事 松本 洋一郎 (工学博士)  
有信 睦弘 (工学博士)  
加藤 重治  
小安 重夫 (理学博士)  
羽入 佐和子 (学術博士)

監事 清水 至 (公認会計士)  
伊藤 健二



前列左から、松本紘(理事長)、羽入佐和子(理事)、松本洋一郎(理事)、有信睦弘(理事)、加藤重治(理事)、小安重夫(理事)、伊藤健二(監事)、清水至(監事)

# 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ー
- ▶ 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
- ▶ 産業連携本部

〒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

- ▶ 多細胞システム形成研究センター
  - ▶ 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  
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

## 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:048-462-1111/FAX:048-462-1554

## 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  
TEL:06-6155-0111/FAX:06-6155-0112

## 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

## 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

### ▶ 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)

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