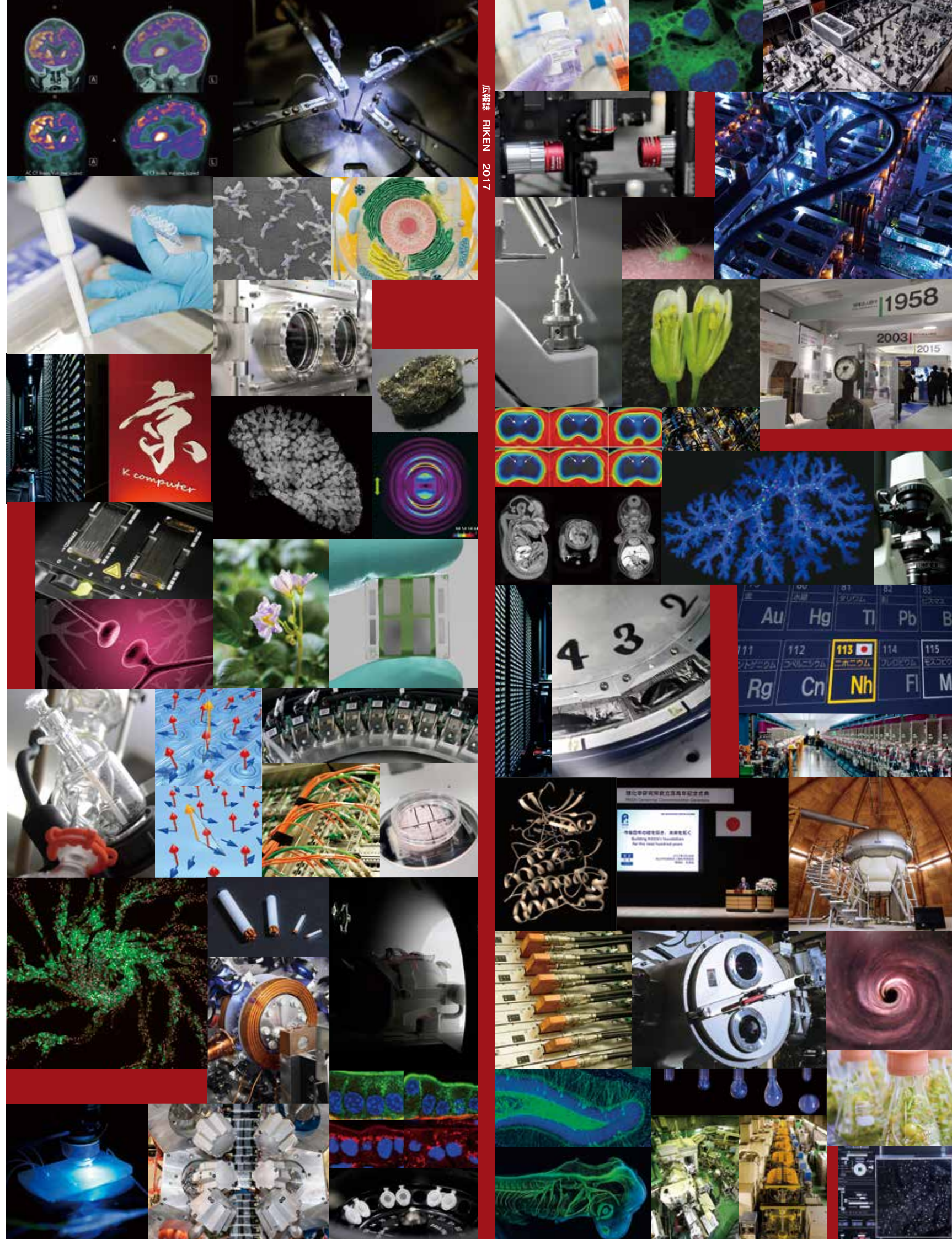


www.riken.jp

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



理研  
百年  
RIKEN CENTENNIAL  
Since 1917

広報誌

# RIKEN

## 2017

# 百

since 1917

理化学研究所

# 113番元素の名称・記号が正式決定

## 元素名「<sup>ニホニウム</sup>nihonium」／元素記号「Nh」

理化学研究所(理研)仁科加速器研究センター超重元素研究グループの森田浩介グループディレクターを中心とする

研究グループ(森田グループ)\*が提案していた113番元素の元素名と元素記号が、グループの提案通り

元素名「<sup>ニホニウム</sup>nihonium」、元素記号「Nh」に正式決定しました。

\*理化学研究所、東京大学、埼玉大学、新潟大学、筑波大学、日本原子力研究開発機構、中国科学院近代物理研究所、中国科学院高エネルギー研究所、東北大学、東京理科大学、新潟大学機器分析センター、東京大学原子核科学研究センター、大阪大学、東北大学電子光学研究センター、山形大学の研究者等が参加したグループ。



元素周期表

族 1	2																18	
1																	2	
1	1																	18
2	3	4											13	14	15	16	17	18
2	3	4											5	6	7	8	9	10
3	11	12											13	14	15	16	17	18
3	11	12											13	14	15	16	17	18
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
6	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
6	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
7	87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
7	87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118

元素周期表

原子番号	
元素名	
元素記号	人工元素

超重元素

ランタノイド	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
ランタノイド	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
アクチノイド	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
アクチノイド	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

森田グループは、理研の重イオン加速器施設「RIビームファクトリー(RIBF)」の重イオン線形加速器「RILAC」を用いて、2003年9月から新元素の合成に挑戦してきました。2004年7月に初めて原子番号113の元素合成に成功し、その後、2005年4月、2012年8月にも合成に成功しています。

2015年12月31日には、森田グループによる113番元素の発見が国際純正・応用化学連合(IUPAC)により認定されました。それによって同グループに命名権が与えられ、2016年3月18日にIUPACへ元素名案「nihonium」、元素記号案「Nh」を提案していました。

その後、2016年6月8日から開始された5か月間のパブリックレビューとIUPACによる審議を経て、日本時間11月30日午後5時(米国東部時間午前3時)にIUPACは113番元素の元素名と元素記号を「nihonium」、「Nh」とすることを発表しました。

森田グループディレクター(九州大学大学院理学研究院教授)のコメント

われわれの提案した元素名「nihonium」、元素記号「Nh」が認められ、正式決定したことを大変うれしく思っております。日本発、アジア初の元素名が人類の知的財産として将来にわたり継承される周期表の一席を占めることになりました。研究グループの代表として大変光栄に思います。

基礎科学には、発見当時は思いもつかないようなものが、のちに多大な恩恵を人類にもたらした例が数多くありますが、日々の生活や産業に即時に直接的な恩恵を与えることは稀です。このような長期的で地道な基礎科学研究を支援してくださった国民の皆さま、そして研究所と関係府省の皆さまに改めて感謝いたします。ありがとうございます。



福岡市内での記者会見に臨んだ森田グループディレクター(中央)と松本理事長(右)、延興センター長(左)、森本チームリーダー(後)

# RIKEN 2017 contents



113番元素の名称・記号が正式決定	
理事長挨拶	04
至高の科学力 一	06
至高の科学力 二	08
<b>理研の歩み</b>	<b>10</b>
創立百周年記念式典	12
理研の歩み	14

<b>研究開発</b>	<b>18</b>
主任研究員研究室	20
准主任研究員研究室*	24
グローバル研究クラスター	26
数理創造プログラム	28

\*准主任研究員制度は2017年3月31日をもって廃止

創発物性科学研究センター	30
光量子工学研究領域	32
環境資源科学研究センター	34
生命システム研究センター	36
多細胞システム形成研究センター	38
脳科学総合研究センター	40
統合生命医科学研究センター	42
革新知能統合研究センター	44

バイオリソースセンター	46
ライフサイエンス技術基盤研究センター	48
計算科学研究機構	50
放射光科学総合研究センター	52
仁科加速器研究センター	54

産業連携本部	
イノベーション推進センター	56
科学技術ハブ推進本部	58
創薬・医療技術基盤プログラム	60
予防医療・診断技術開発プログラム	62

情報基盤センター	64
----------	----

<b>理研の活動</b>	<b>66</b>
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



## 百年先に向けて 未来社会を切り拓く科学技術

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、今年3月には創立百周年を迎えた長い歴史を持つ研究所です。財団法人から株式会社となり、その後、特殊法人、独立行政法人、国立研究開発法人、昨年10月には特定国立研究開発法人に移行しました。時代と国の要請に応え、組織形態を変えながらも、基礎研究を推進すると同時に、わが国の産業発展のための研究開発や成果普及も推し進めてきました。

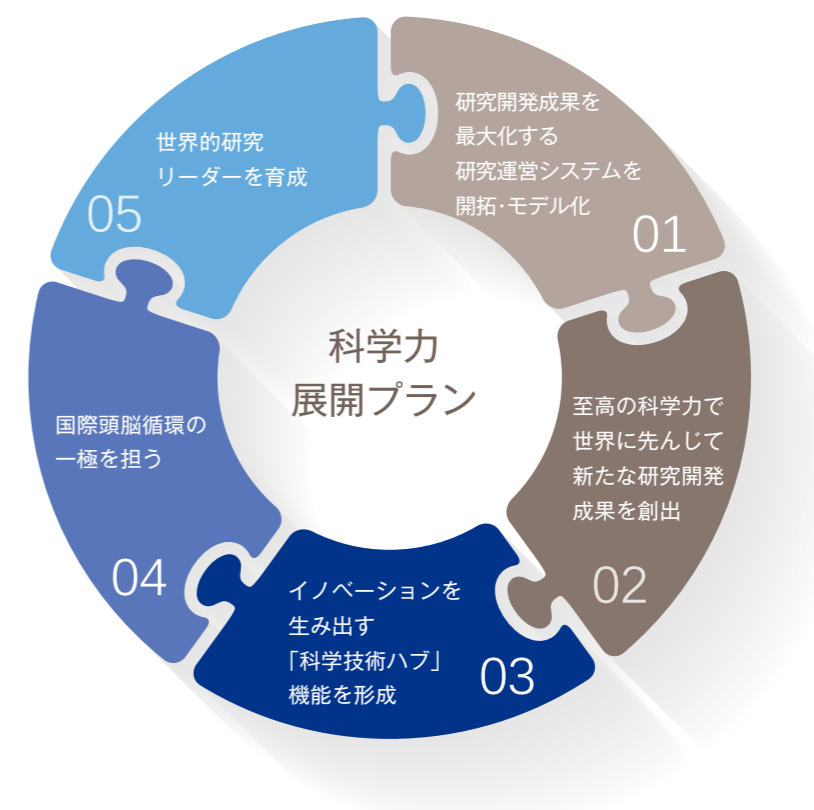
理研は日本で唯一の自然科学の総合研究所として、物理学、工学、化学、数理・情報科学、計算科学、生物学、医科学など幅広い分野において先導的な研究を進めています。同時に研究分野間の垣根が低い特徴を活かし、分野を越えた連携研究や、分野融合による研究の新領域開拓にも力を入れています。また大型放射光施設、スーパーコンピュータ、バイオリソースなどの世界最高水準の研究開発基盤を開発・整備し、大学や産業界へ利用の機会を提供しています。

理研は新たな百年へスタートを切りました。これからも世界最高水準の研究成果の創出に努め、わが国のイノベーションシステムを強力に牽引したいと思います。そのため、国内外の研究機関・企業と協力・連携する機能を構築し、その中核機関として人類が抱えるさまざまな課題に取り組んでいきます。さらに理研ならではの研究体制を活かした、次世代の研究を担う若手研究者の育成を行っていきます。

理化学研究所はあるべき未来社会を見据え、その実現の礎となるよう、科学の道を邁進していきます。

2017年4月

理事長 松本 紘(工学博士)



# 至高の科学力

ピックアップ研究成果

一

脳科学総合研究センター 行動神経生理学研究チーム

## 知覚記憶の定着に重要な神経回路を特定 睡眠不足でもマウスの記憶力がアップ

むらやままさのり  
村山正宜 チームリーダー

睡眠不足は心身にさまざまな不調をきたす原因となりますが、なぜ睡眠が必要なのかはよく分かっていません。睡眠の重要性の一つとして、起きている間に経験したさまざまな感覚情報を「知覚記憶」として定着させる作用が知られています。しかし、感覚情報が脳内のどの回路で処理され記憶として定着するのかは特定できませんでした。脳科学総合研究センター行動神経生理学研究チームの村山正宜チームリーダーらは、マウスを用いて触覚の知覚に重要な回路を特定し、さらに同じ回路が記憶の定着にも関与していることを突き止めました。

ツルツル、ザラザラ、デコボコといった触覚を通じて得られる感覚情報の「触覚知覚」は、手のひらといった体の各部位から、脳の低次な領域を通じて、さらに高次な領域へと、情報がボトムアップ的に伝わることで得られます。睡眠時にはこうした知覚機能は低下するため、脳に新たな感覚情報はあまり入っていきません。したがって、睡眠の重要な作用として知られている「記憶の定着」は、脳の高次な領域から低次な領域へと、情報がトップダウン的に伝わる内因的な情報処理により行われるのではないかと考えられてきました。村山チームリーダーらは2015年に、大脳皮質内の高次な「第二運動野(M2)」という領域から低次な「第一体性感覚野(S1)」という領域へとつながる「トップダウン回路」がマウスの触覚知覚に関わることを発見しました。そこで、このトップダウン回路が睡眠時の記憶の定着にも関連しているのではないかと考え、M2やS1における神経活動を操作し、その影響を調べました。

記憶の指標として用いたのは、マウスの、なじみのない新しい環境を好んで探索する性質である「選好性」です。実験1日目は、左右に探索用の物体を置いたツルツルの床の上で、マウスを10分間過ごさせた後、元の飼育ケージに戻します。2日目は、同じく左右に探索用の物体を置いた半分がツルツル、半分がデコボコの床でマウスを過ごさせ、様子を観察しました。すると、マウスはデコボコの床面に置かれた物体をより長い時間探索するようになりました。このような滞在時間の偏りは、前日に経験(学習)した床の質感(感覚情報)を知覚として記憶し、その記憶に基づく新しい質感への選好性を示していると考えられ

### マウスに行った床面の認識学習

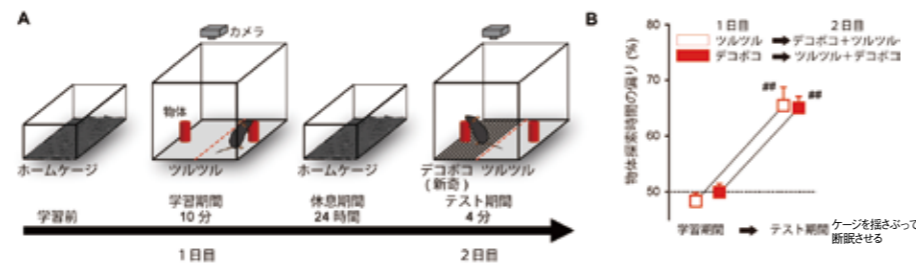
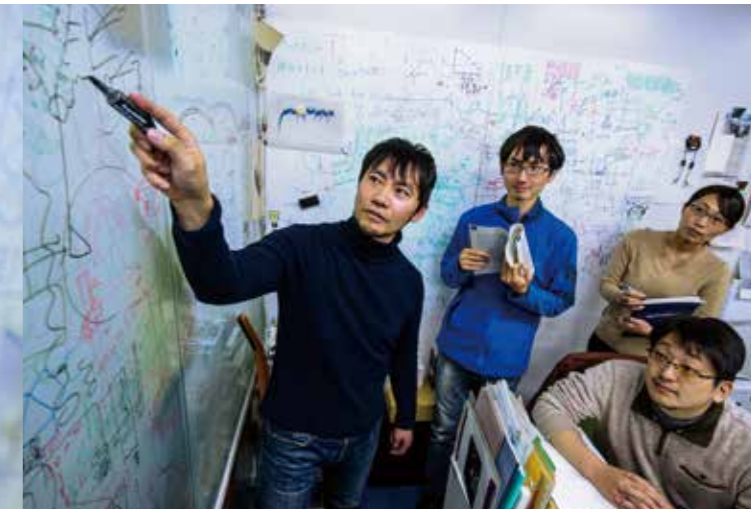
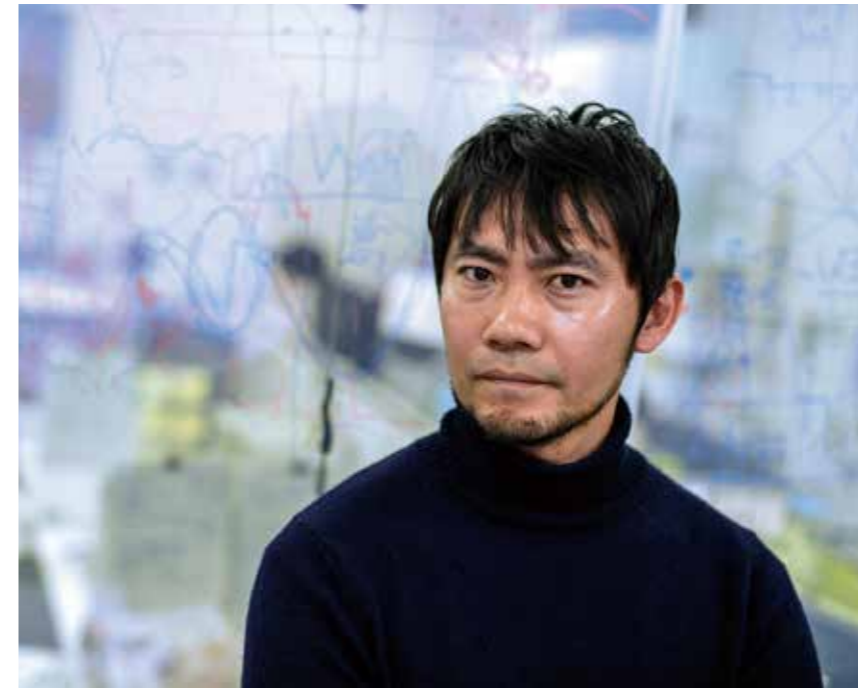


図1  
A: 同じ物体を左右の床に置き、マウスがこの物体を探索する時間を計測する。1日目は、ツルツル、またはデコボコの一方のみを床面とする。2日目は、半分がツルツル、もう半分がデコボコの床面を用いる。  
B: マウスの物体探索時間。1日目は、左右同一の質感の床において物体探索時間に偏りは見られない。2日目は、新奇の質感の床面上にある物体を探索する時間が増える。

写真上から  
光遺伝学的手法を用いるため、アデノ随伴ウイルスをマウスの脳に注入する  
照射でマウスの触覚とその記憶の定着を制御



行動神経生理学研究チームの研究メンバー

ます。したがって、選好性を知覚記憶の指標にすることができます(図1)。

村山チームリーダーらはまず、マウスの脳波と筋電位から脳の状態を判定し、光により神経細胞の活動を抑制する方法で、学習後の覚醒中や睡眠中にM2-S1間のボトムアップ入力とトップダウン入力をそれぞれ遮断しました。その結果、学習直後のノンレム睡眠時にトップダウン回路を抑制すると、記憶の定着が妨げられることを突き止めました。つづいて、M2とS1の神経細胞の活動を調べたところ、学習時だけでなく、ノンレム睡眠時にもM2とS1は再活性化されていることが分かりました。そこで、光で刺激することでM2とS1を活性化できるThy1-ChR2遺伝子改変マウスを使って実験したところ、学習直後のノンレム睡眠時にM2とS1を同期刺激すると知覚記憶をより長く保持することと、また一般的には、睡眠を阻害されると記憶の定着も阻害されますが、M2とS1を同期刺激すれば睡眠を妨げた状態でも記憶の定着が向上することが明らかになりました(図2)。

一連の結果は、学習直後のノンレム睡眠時のトップダウン入力が触覚知覚の記憶の定着に必要なことを示すものの、M2とS1が適切な刺激さえあれば眠らなくても記憶の定着を向上できることを示しています。磁気や電流などの非侵襲的な刺激を使えばヒトにも適用可能で、睡眠障害による記憶の低下の治療、高齢者の知覚記憶の維持などにつながる可能性があります。

### 光刺激による知覚記憶の定着への影響

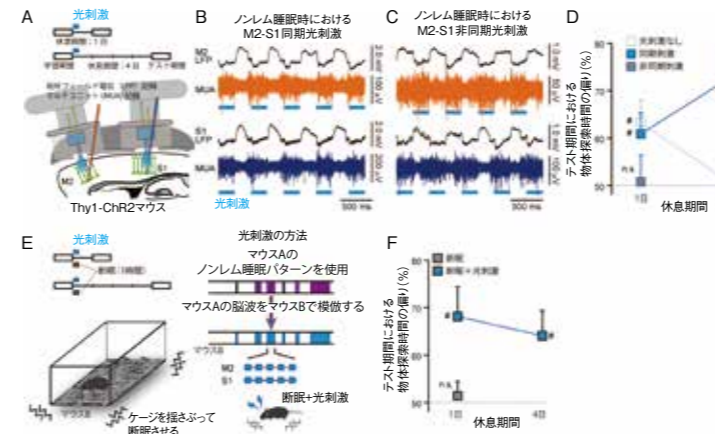


図2  
A: 光刺激装置。Thy1-ChR2遺伝子改変マウスを用いた。光刺激を学習直後のノンレム睡眠時に行った。  
B: M2とS1とを同期刺激した際の神経活動。  
C: M2とS1とを非同期に刺激した際の神経活動。  
D: 光刺激していない場合、同期/非同期刺激した場合の物体探索時間の偏り。  
E: M2とS1とを同期光刺激しながらマウスを断眠させた。別のマウスAの正常なノンレム睡眠パターンに合わせた光刺激をマウスBに与えた。  
F: 断眠のみのマウスでは記憶の定着が阻害されるが、これに光刺激を加えたマウスでは、記憶の定着が向上した。また光刺激していない場合(Dの休息期間4日)よりも記憶の定着が向上した。

リファレンス  
睡眠不足でも脳への刺激で記憶力がアップ  
[http://www.riken.jp/pr/press/2016/20160627\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2016/20160627_1/)  
Daisuke Miyamoto, Daichi Hirai, Chi Chung Alan Fung, Ayumu Inutsuka, Maya Odagawa, Takayuki Suzuki, Roman Boehringer, Chinnakaruppan Adakkkan, Chie Matsubara, Norio Matsuki, Tomoki Fukui, Thomas J McHugh, Akihito Yamataka & Masanori Murayama.  
"Top-Down Cortical Input during NREM Sleep Consolidates Perceptual Memory". *Science*. doi:10.1126/science.1249002

# 至高の科学力

ピックアップ研究成果

## 二

ライフサイエンス技術基盤研究センター 健康・病態科学研究チーム

# 小児慢性疲労症候群の 学習意欲の低下と脳の報酬感受性の 低下との関係を解明

みずの けい  
水野 敬 上級研究員

小児慢性疲労症候群(CCFs)は3か月以上持続する疲労・倦怠感および睡眠・覚醒リズム障害を伴う病気であり、不登校の児童・生徒に多く発症が見られます。CCFSに伴い学習意欲、記憶力、注意力の低下も見られ(2015年10月15日プレスリリース参照)、そのために学校生活に適応できない可能性もあり、病態と脳機能との関係の解明が課題となっています。ライフサイエンス技術基盤研究センター健康・病態科学研究チームの水野敬上級研究員らは、被験者の負担が少ない機能的磁気共鳴画像法(fMRI)を用いて脳の状態を調べ、CCFSの患児では「報酬感の得られやすさ」に関連する領域の神経活動が、低報酬の場合は低いことを明らかにしました。

報酬感の得られやすさである「報酬感受性」は、意欲と密接な関係があります。報酬感受性が高いと、少ない報酬でも意欲が湧き、学習などの持続的な行動も維持されやすくなります。逆に、報酬感受性が低いと意欲が失われ、学習の継続にも困難をきたします。CCFS患児にも報酬感受性の低下が関わっていると推測されますが、患児の脳の状態は解明されていませんでした。

水野上級研究員らは、大阪市立大学、熊本大学医学部などと共同し、CCFS患児13名(平均13.6歳、女児6名、男児7名)と健常児13名(平均13.7歳、女児9名、男児4名)に、金銭の報酬を伴うゲームをしてもらい、その時の脳活動を機能的磁気共鳴画像法(fMRI)で測定しました。fMRIは脳内の酸素濃度の変化を信号として捉えることで、血流や神経活動を画像化する手法です。

ゲームの内容は、裏に金額が書かれたカードが3枚用意され、1枚めくってその金額がもらえるという簡単なカードめくりゲームです。8回のカードめくりを1トライアルとし、被験者はできるだけ多くの合計金額を獲得するように促されます。しかし、1トライアルで獲得できる平均額は、「高い報酬額が得られる(高報酬)課題」、「低い報酬額が得られる(低報酬)課題」、「無報酬(コントロール)課題」の3パターンに設定されており、被験者は自分がどの課題を行っているかを知らされていません(図1)。そして、「高報酬課題ま

### カードめくりゲーム(金銭報酬課題)

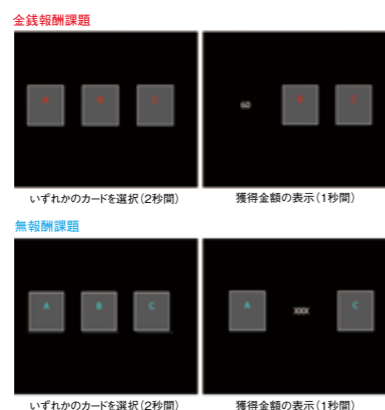


図1  
被験者は、MRI装置に横たわった状態で、ディスプレイ上に表示された3枚のカードのうち1枚を選び、0円、30円、60円のいずれかの金銭報酬を得る。8回のカードめくりを1トライアルとし、1トライアル当たりの獲得金額が240円(30円×8回)を基準に、獲得金額90~210円のトライアルを低報酬課題、獲得金額270~330円を高報酬課題とした。無報酬課題は、いずれのカードをめくってもXXXと表示され、1トライアル当たりの8回のカードめくりにおいて金銭を全く得られないようにした。

写真上から  
疲労研究の成果を紹介する水野上級研究員  
子供の疲労について質問する中学生  
(いずれも2017年和光地区一般公開にて)



渡辺恭良センター長(左)と水野上級研究員(右)

たは低報酬課題のfMRI像」から「コントロール課題のfMRI像」を引いた差分を高報酬課題または低報酬課題を処理した際の特徴的な脳活動として画像化しました(図2)。

その結果、高報酬課題ではCCFS患児も健常児も、線条体(尾状核と被殻)とよばれる脳領域が同程度に活性化していることがわかりました。線条体は大脳皮質からの情報入力を担い、運動機能、学習、記憶といったさまざまな機能に関与していることが知られています。一方、低報酬課題では、CCFS患児で線条体の一部(被殻)の活性度が左右とも、健常児よりも低下していました。研究では、被殻の活性度は「実験当時の疲労症状の程度」や「普段の学習における十分な評価・成績が得られているかの報酬感(学習による報酬感)の程度」と相関し、疲労の症状が強いほど、あるいは学習による報酬感の程度が低いほど、低報酬獲得時の被殻の活性度が低いこともわかりました。

本研究により、CCFS患児が低報酬課題に取り組む際に線条体が活性化されない状態に陥っていること、つまりCCFSに「報酬に対する感受性の低下状態」が関係していることがわかりました。今後は、fMRIを用いることで、CCFS患児への治療効果の判定や、意欲低下が見られる注意欠陥多動性障害(AD/HD)や愛着障害などの他の病気への臨床研究が可能になると期待できます。

### 高報酬獲得時と低報酬獲得時の線条体(尾状核と被殻)の活性化

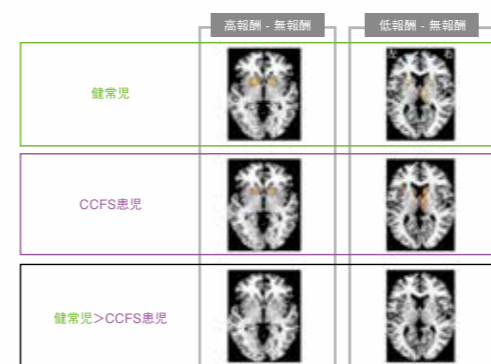


図2  
大脳の水平断面、上が頭の前側、下が後ろ側を示す。高報酬を獲得した際の健常児(左上段)とCCFS患児(左中段)の線条体は同程度に活性化した。一方、低報酬を獲得した際のCCFS患児(右中段)の被殻の活性度は、健常児(右上段)に比べて低下した。下段の「健常児>CCFS患児」は、健常児のfMRI像とCCFS患児のfMRI像の差分をとったもので、健常児で活性度が高い領域が浮かび上がっている(右下段)。

CLST  
RIKEN Center for Life Science  
Technologies

リアレンス  
小児慢性疲労症候群患児の脳活動状態を明らかに  
[http://www.riken.jp/pr/press/2015/20151015\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2015/20151015_1/)



# 理化学研究所創立百周年記念式典

## RIKEN Centennial Commemoration Ceremony

理化学研究所創立百周年記念講演



### 今後百年の礎を築き、未来を拓く

Building RIKEN's foundation  
for the next hundred years



2017年4月26日  
国立研究開発法人理化学研究所  
理事長 松本紘



# RIKEN's History

理研の歩み



# 創立百周年記念式典を開催

2017年4月26日、東京都千代田区の東京国際フォーラムにおいて、理化学研究所創立百周年記念式典を開催しました。理化学研究所(理研)は、科学の力によってわが国の産業発展を図ることを目的に、皇室からの御下賜金、国からの補助金、民間からの寄附金などを基に財団法人として1917年に創設されました。その後、株式会社などへの変遷を経て、国立研究開発法人となり、2016年に特定国立研究開発法人に移行しました。創設時から国内唯一の自然科学の総合研究所として活動しています。

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



松野文部科学大臣



鶴保内閣府特命担当大臣



シュトラットマン マックスプランク協会会長



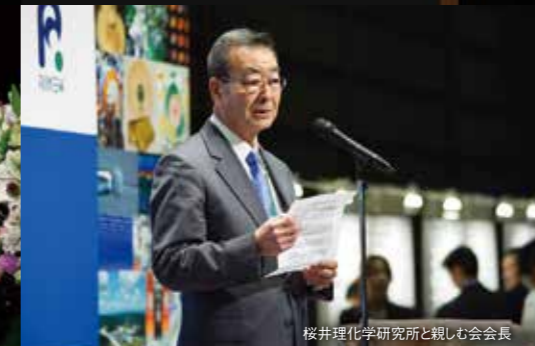
内山田日本経済団体連合会副会長・トヨタ自動車株式会社代表取締役会長



梶田東京大学宇宙線研究所長



山中京都大学 iPS 細胞研究所長



桜井理化学研究所と親しみ会会長



天皇皇后両陛下のご臨席を賜った第一部では、厳粛な雰囲気の中、松本洋一郎理事が開会の辞を、松本紘理事長が式辞を述べました。式辞の中で松本理事長は、理研の沿革や社会への貢献などについて語りました。続いて、松野博一文部科学大臣、鶴保庸介内閣府特命担当大臣、マーティン・シュトラットマン マックスプランク協会会長、内山田竹志日本経済団体連合会副会長・トヨタ自動車株式会社代表取締役会長より祝辞をいただきました。

第二部は、これまでの理研の歩みを紹介したビデオ「理研百年の歴史」の上映から始まり、続いて松本理事長、梶田隆章東京大学宇宙線研究所長、山中伸弥京都大学iPS細胞研究所長による講演が行われました。

「今後百年の礎を築き、未来を拓く」と題した松本理事長の講演では、次の百年に理研が果たすべき社会貢献について述べました。次の百年に向けて科学を担う理研の姿勢を“科学道”と表現し、今後も社会への貢献を

続けていくために、人事制度改革や職員の意識改革を進めていくこと。そして、大学にはない大型施設の開発や運用、長期にわたって研究を続けられる体制、分野にとらわれず新領域の研究を始めやすいなどといった理研の強み、特徴を挙げ、それらを活かしてイノベーションを支援する体制を構築していること、夢やビジョンをイノベーションへと発展させるためには、研究者の発見を理研だけでなく、大学や企業、他の研究機関などと協力して進めていく必要があることなどが語られました。また、百年後の社会に実現するであろう項目を挙げ、それらを実現させるために理研がどのような目標を持って研究を進めていくのかを述べました。

梶田所長の講演「基礎科学研究と理研」では、特に宇宙分野を中心にこれまでの科学史における重要な発見の例を挙げながら、基礎研究がいかに重要であるかということを述べられるとともに、理研のこれからの活動への期待についても話されました。

山中所長は、「iPS細胞研究の現状と医療応用に向けた取り組み」と題した講演の中で、iPS細胞が誕生してから10年が経った現在の状況について述べられました。具体例として、理研で行われた網膜色素上皮シート移植の臨床研究や理研バイオリソースセンターとの協力体制にも言及されています。

産官学界から式典に出席された約600名の皆さまは、それぞれの講演を興味深く傾聴されていました。最後に、松本理事長が閉会の辞を述べ、ホールでの式典は終了。その後、場所を移して「理化学研究所と親しみ会(以下、親しみ会)」との共催で「理化学研究所創立百周年記念交流会」が開催されました。交流会の開会にあたり、桜井正光親しみ会会長よりご挨拶、来賓の方々から祝辞をいただき、鏡開きが盛大に行われました。会場には、理研の研究組織ごとの最近の研究成果や取り組みを紹介するパネルも展示され、研究者と参加者との活発な交流が行われました。



交流会にて鏡開きの様子



# 理研の歩み

創立百周年を迎えた理化学研究所は、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されました。

## 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



組み換え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

## 高峰讓吉 「国民科学研究所」設立の 必要性を提唱

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

## 主任研究員制度が発足

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

## 原子爆弾投下、太平洋戦争終結。サイクロトロン、海洋に投棄される

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



## 湯川秀樹、ノーベル物理学賞受賞



湯川は、1961年に理論物理学研究室を立ち上げ主任研究員として活躍。

## 駒込から埼玉県大和町(現 和光市)へ移転し、大和研究所開設

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



## フォトダイナミクス研究センターを 仙台市に開設



## バイオ・ミメティックコントロール 研究センターを名古屋市に開設

## 英国ラザフォード・アップルトン 研究所(RAL)にRAL支所を開設



## 横浜市にゲノム科学 総合研究センターを開設

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



現在では、研究の発展に伴いセンターの改廃を経て、ライフサイエンス技術基盤研究センター、統合生命科学研究センター、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 讓吉 (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

## 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



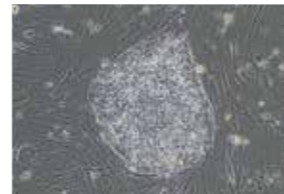
## スーパーコンピュータ「京」共用開始



## 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



## 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えます。

## 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、新たなテニユ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。

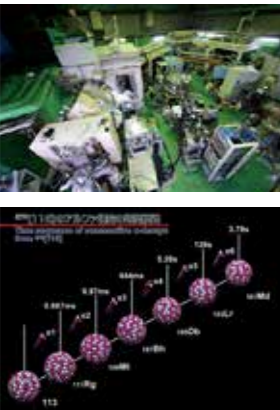
## 5 世界的研究リーダーを育成する

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。

## 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。

## 113番元素の合成に成功



独立行政法人時代

国立研究開発法人時代

2003 2004 2006 2010 2011 2012 2013 2015 2016 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。



## 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。



## 113番元素の命名権獲得



## 科学技術ハブ推進本部設置

研究所を中核として、異分野・異業種が共同で研究開発等に取り組むための拠点（科学技術ハブ）を整備することにより、科学技術力の強化・イノベーションの創出を目指して設置。

## 革新知能統合研究センター開設

革新的な人工知能技術を中核とした次世代基盤技術を構築し、具体的な社会的課題の解決に寄与するとともに、人工知能の発展に伴って生じる倫理的・法的懸念等への対応や人材育成を行うことを目的に設立。

## 113番元素の名称・記号が決定

元素名「nihonium(ニホニウム)」、元素記号「Nh」。



# Research & Development

## 研究開発

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。

タンパク質の構造変化をシミュレーションする  
分子動力学専用スーパーコンピュータMDGRAPE-4

生体内のタンパク質の構造変化や薬候補の結合過程をシミュレーションし、薬の有効性の高精度な予測を目指す。

研究者たちの自由な発想に基づいて、長期的な展望を持って研究活動を展開

## 主任研究員研究室

Kim表面界面科学研究室  
金 有洙 主任研究員

金 有洙(キム・ユウソウ)  
(写真前列右端)  
主任研究員研究室  
Kim表面界面科学研究室

研究 成果

# 分子間のエネルギー移動を単分子レベルで計測

### 高精度なエネルギー変換技術・デバイスの開発につながる成果

植物の光合成では、太陽光のエネルギーが葉緑体内で特定分子の電子を励起し、そのエネルギーが次々と他の分子に受け渡される現象が見られます。このような「エネルギー移動」は、太陽電池や光触媒などのエネルギー変換デバイスに欠かせない現象です。これまで、エネルギー移動の計測には光学顕微鏡が用いられてきましたが、分解能が十分ではありませんでした。Kim表面界面科学研究室の金有洙主任研究員らは、分子レベルの分解能を持つ「走査トンネル顕微鏡(STM)発光分光装置」を開発、実際に分子間のエネルギー移動を詳しく計測しました。

STMでは、鋭い針で調べたい物質の表面をなぞり、物質と針の間を流れるトンネル電流を計測することで分子の状態や構造を画像化します。研究チームは、トンネル電流によって発せられるわずかな光を手がかりに、数nm(1nmは10億分の1m)に近接した異なる2分子間のエネルギー移動を調べました。2種類の分子が隣接している場合に、片方の分子のみを励起して発光スペクトルを測定すると、直接励起されている分子の発光に加えて、エネルギー移動によって生じるもう一方の分子の発光も測定されます。

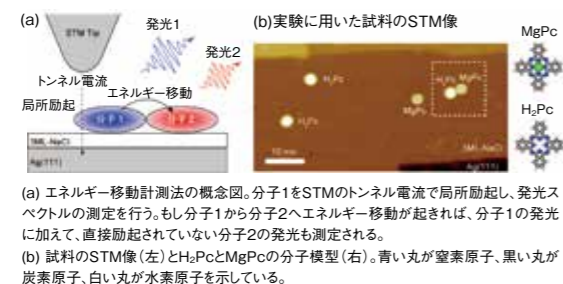
実験には、フタロシアニン(H<sub>2</sub>Pc)とマグネシウムフタロシア

ニン(MgPc)からなる、分子間距離が1.7nmのH<sub>2</sub>Pc-MgPcダイマー(二量体)と、2.4nmのH<sub>2</sub>Pc-MgPcダイマーを用いました。トンネル電流でMgPcを励起させて発光スペクトルを調べたところ、いずれのダイマーもMgPcの発光(1.89eV)に加えて、H<sub>2</sub>Pcの発光(1.81eV)が観測され、MgPcからH<sub>2</sub>Pcへのエネルギー移動が確認できました。このとき、分子間距離が1.7nmのダイマーの方がH<sub>2</sub>Pcの発光強度がより強く、MgPcの発光強度が弱くなりました。このことから、分子間の距離が小さいほど、エネルギー移動の確率が大きくなることが明らかになりました。

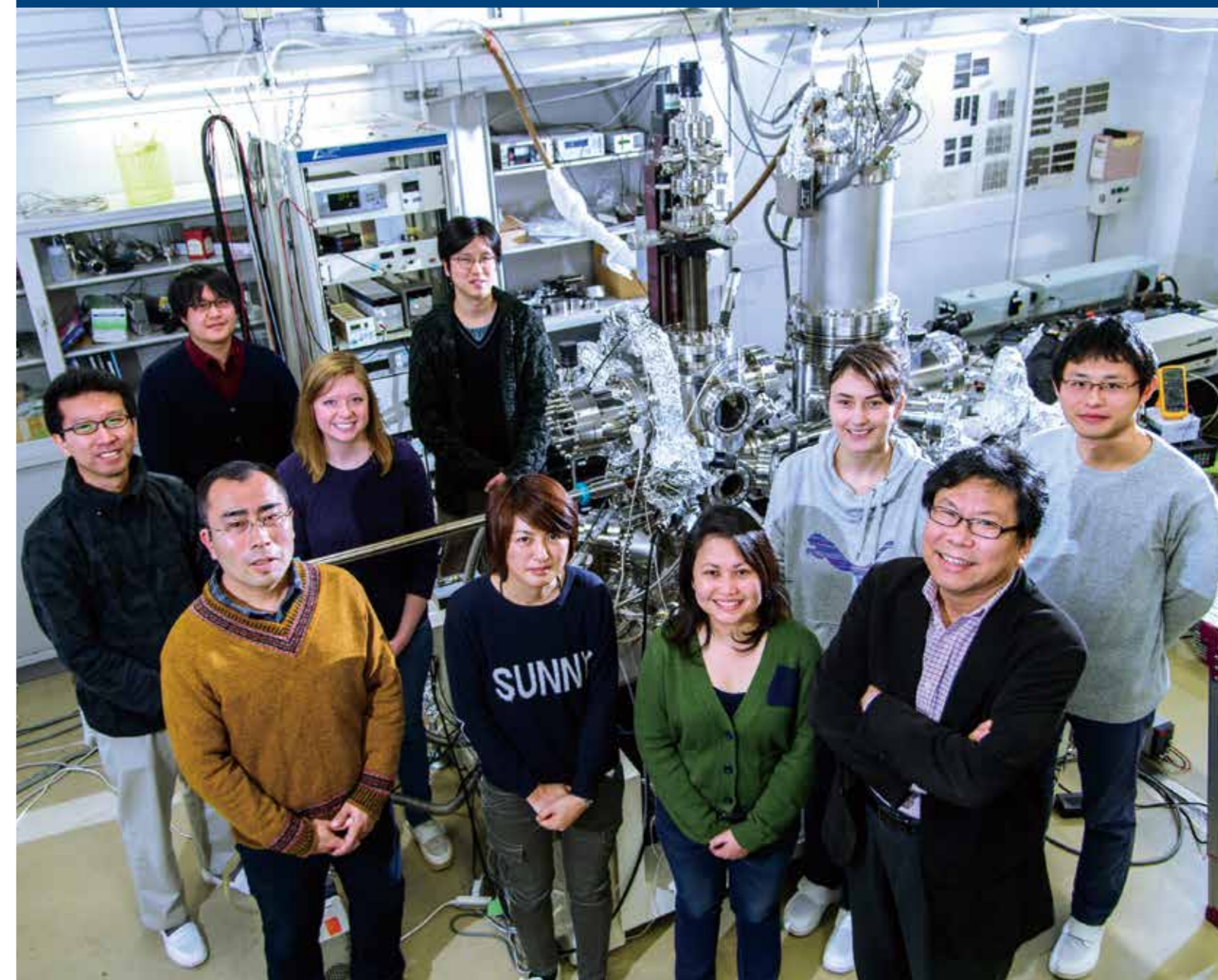
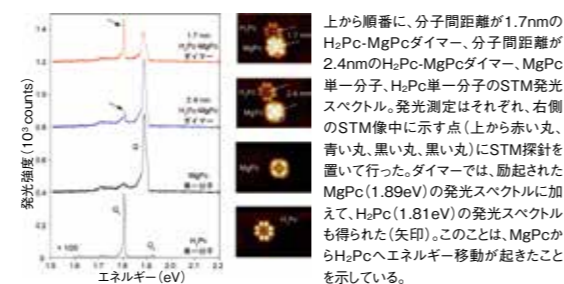
また、エネルギー移動の確率が一定ではなく変動することも分かりました。エネルギー移動の確率が高いときには、H<sub>2</sub>Pc分子の中心にある二つの水素原子の位置が、H<sub>2</sub>Pcの中心とMgPcの中心を結んだ線(ダイマー軸)にはほぼ沿っており、低いときには、ダイマー軸にはほぼ直交していました。これは、H<sub>2</sub>Pc分子内の水素原子の向きが、エネルギー移動確率の高低を調整するバルブとして機能していることを示しています。

本研究の応用により、分子間の多様なエネルギー動態の解明、より高精度なエネルギー変換技術・デバイスの開発などが期待されます。

● 図1 開発したエネルギー移動計測法の実験概念



● 図2 分子間エネルギー移動を示すSTM発光スペクトルとSTM像



# Chief Scientist Laboratories

主任研究員制度

理研が時代の要請に基づく課題に分野横断的に取り組み続けるためには、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です。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、将来にわたって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。

主任研究員は、長期的ビジョンに基づき自らの研究を推進するとともに、研究所として取り組むべき基礎的な研究課題に取り組んでいます。さらに、研究分野やセンターなどの組織をまたいで理研の総合力を発揮することで、新たな研究分野の開拓にも挑んでいます。

リファレンス  
分子間エネルギー移動の単分子レベル計測に成功 [http://www.riken.jp/pr/press/2016/20161004\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2016/20161004_1/)  
Real-space investigation of energy transfer in heterogeneous molecular dimers, Hiroshi Imada, Kuniyuki Miwa, Miyabi Imai-Imada, Shota Kawahara, Kensuke Kimura and Yousoo Kim, *Nature* 538 (2016) 364-367

研究者たちの自由な発想に基づいて、長期的な展望を持って研究活動を展開

## 主任研究員研究室

前田バイオ工学研究室  
前田瑞夫 主任研究員

研究成果

### ソフト界面が示す現象・物性を解明

界面の特性を活かした、高機能で生体に優しいバイオマテリアルを創る

タンパク質、多糖類、核酸などの生体分子や液晶、ゲル、コロイドなどの有機物はソフトマターと総称されています。このソフトマターがつくる界面はソフト界面と呼ばれ、外部の刺激によって構造や性質が大きく変化します。前田バイオ工学研究室の前田瑞夫主任研究員らは、ソフト界面がどのようなしくみで変化するのかを研究し、その成果を新たな医療材料やデバイスの開発につなげようとしています。

ソフト界面では、タンパク質などの高分子電解質、イオン、水分子、それらのクラスターなどが複雑に作用しているため、分子レベルでどのような現象が起きているのかよく分かっていません。前田主任研究員らは、「粒径がナノメートルサイズのビニルポリマー系微粒子や金コロイドの表面に、1本鎖のDNAをブラシ状に高密度で固定した1本鎖DNAナノ粒子」を独自に開発し、これをソフト界面のモデルにして物性や動態を調べています。DNAはA(アデニン)、T(チミン)、G(グアニン)、C(シトシン)の4種の塩基が、AとT、GとCの組み合わせで結合する性質を持ち、これらを「相補的」と表現します。前田主任研究員らは、1本鎖DNAナノ粒子と、それぞれのDNA鎖に「相補的なDNA鎖」を結合させた2本鎖DNAナノ粒子を使って研究を進め、多くの成果を得ています。

例えば、1本鎖DNAは生理的条件下で負に帯電するリン酸基

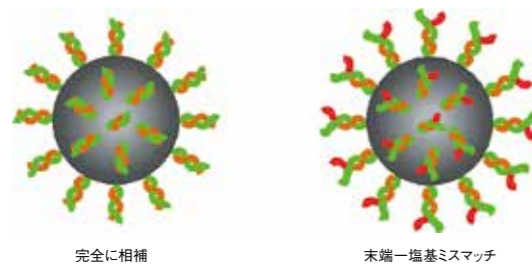
を持っているため、1本鎖DNAナノ粒子は水中で分散して存在しますが、この溶液に「相補的なDNA鎖」を添加して2本鎖DNAナノ粒子にすると、粒子同士が瞬時に凝集(コロイド凝集)することを突き止めました。ただし、粒子表面上の2本鎖DNA末端の一塩基が違っただけでも凝集しなくなり、分散状態のままでした。このような厳密な凝集の有無に基づく溶液変化を利用すれば、遺伝子のタイプ(SNPs)などの迅速な目視判別が可能になると思われます。

また、300個以上の2本鎖DNAナノ粒子を長い鎖のように集合させたところ、DNAの塩基配列が完全に相補的な場合は円盤状に集合し、末端の一塩基が相補的でない場合には線状に集合することが分かりました。このような構造体は、ナノメートルサイズの電子回路やバイオセンサーに使える可能性があります。

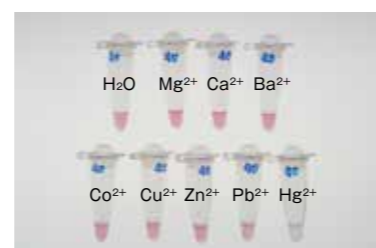
さらに、温度感応性高分子とDNA鎖からなる球状ナノゲル構造を作製し、体温付近の温度を境にして膨潤させたり収縮させたりすることにも成功しています。この技術は、必要な組織や臓器にのみ薬剤を届ける薬物運搬体などに応用できます。

前田主任研究員は、ソフト界面における「反応する場」をさまざまな空間次元で精密に制御する研究開発をさらに推進し、生体に優しい新たな医療技術を実現したいと期待を込めます。

● 図1 表面で2本鎖を形成したDNAナノ粒子の模式図

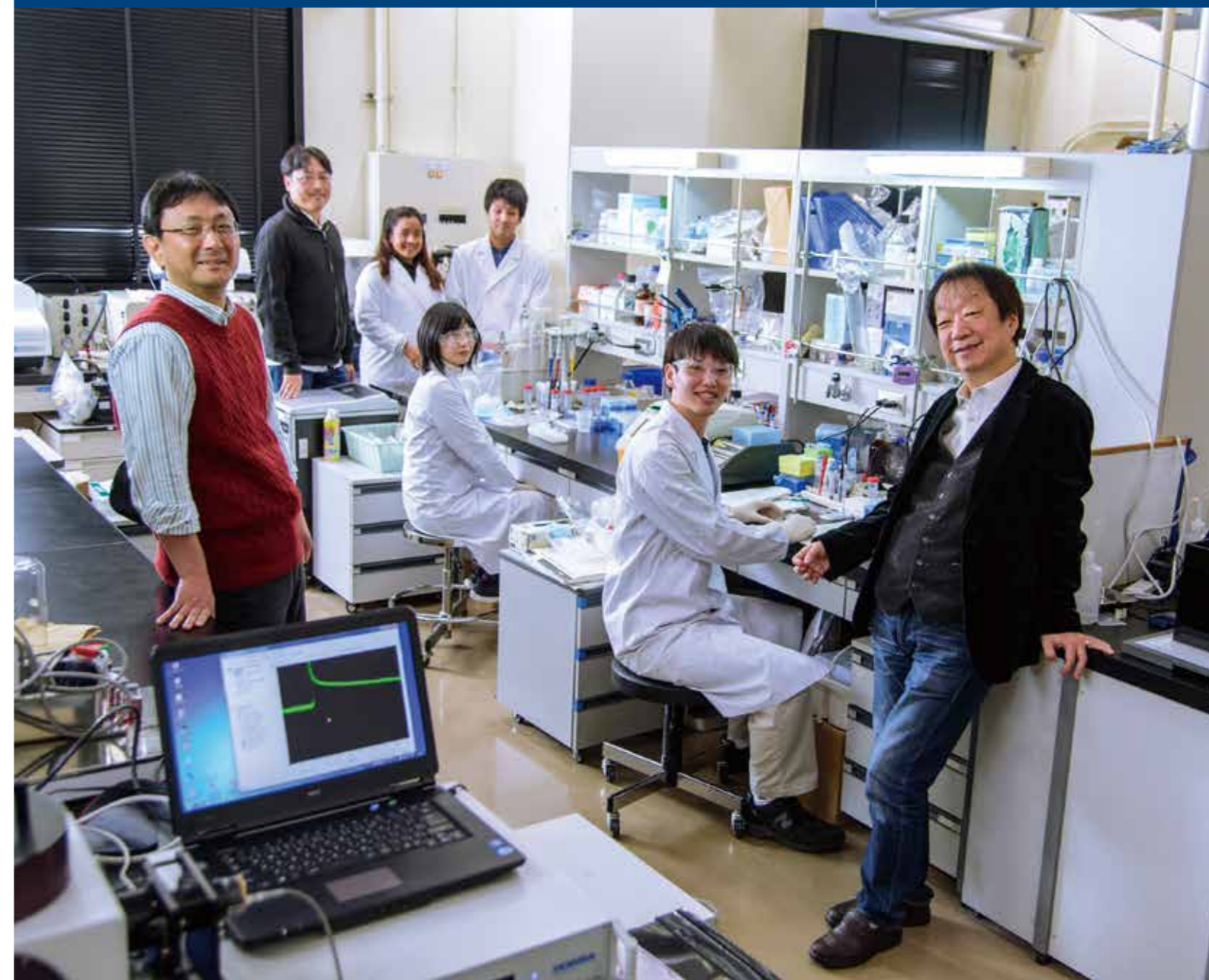


● 図2 2本鎖DNAを固定した金ナノ粒子の凝集の有無を利用した水銀イオンの目視検出



“工学とバイオの融合で  
今までにない医療材料やデバイスを開発したい”

前田瑞夫(まえだみずお)  
(写真右端)  
主任研究員研究室  
前田バイオ工学研究室



# Chief Scientist Laboratories

主任研究員制度

理研が時代の要請に基づく課題に分野横断的に取り組み続けるためには、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です。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、将来にわたって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。

主任研究員は、長期的ビジョンに基づき自らの研究を推進するとともに、研究所として取り組むべき基礎的な研究課題に取り組んでいます。さらに、研究分野やセンターなどの組織をまたいで理研の総合力を発揮することで、新たな研究分野の開拓にも挑んでいます。

リファレンス  
DNAソフト界面の特性を活かしたバイオマテリアルの創製 Creation of Biomaterials Endowed with Unique Properties of DNA Soft-Interfaces  
水とソフト界面 <http://www.riken.jp/TBC07/water/maeda.html>

研究者たちの自由な発想に基づいて、長期的な展望を持って研究活動を展開

## 准主任研究員研究室

※「准主任研究員制度」は2017年3月31日をもって廃止

坂井星・惑星形成研究室  
坂井南美 准主任研究員(現・主任研究員)坂井南美(さかいなみ)  
(写真右)  
准主任研究員研究室(現・主任研究員研究室)

研究 成果

## 星の誕生の謎に迫る

## 生まれたばかりの星の周りを高精度で観測し失われた角運動量の謎を解明

星と惑星系は、宇宙に漂う星間ガスや塵からできた分子雲が、自身の重力によって収縮することで誕生します。生まれたばかりの「原始星」の周囲にはたくさんの「エンベロープガス」が存在し、原始星に向かって落下しています。それと同時に、ガスが持つ角運動量(回転の勢いを表す量)のため、落下するガスは原始星の周りに回転する円盤構造を形成します。この「原始惑星系円盤」が、やがて惑星系になります。

しかし、落下したガスは原始星からある半径に達すると重力よりも回転による遠心力が大きくなり、角運動量が保存される限り原始星から離れてしまいます。したがって、原始星が成長しつつ惑星系円盤を形成するには、何らかのメカニズムによって角運動量を外部に放出する必要があります。惑星系円盤の形成に関しては、これまでも電磁流体学計算によるコンピュータシミュレーションなどで理論的に研究されてきました。しかし、その内容は磁場の強さやガスの温度・密度構造、電離度など、さまざまな仮定に基づいているため、実際に星が誕生する現場で、どのように円盤が形成されているのかを観測する必要がありました。

坂井星・惑星形成研究室の坂井南美准主任研究員ら国際共同研究チームは、チリの標高5,000mの高原に設置された66

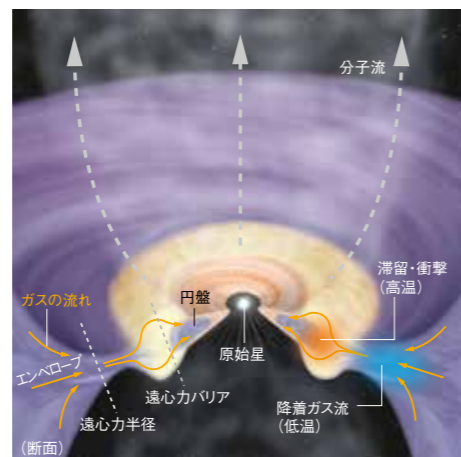
台のアンテナを持つ巨大な電波望遠鏡アルマ(従来の10倍から100倍上回る感度と空間解像度を誇る望遠鏡)を用いて、地球から450光年離れた位置にあるおうし座にあるL1527分子雲コアを観測し、エンベロープガスに多く含まれる分子の一種エチニルラジカルの分布を調べました。

観測の結果、落下するガスは原始星に最大限近づける半径(遠心力バリア)の手前で円盤垂直方向に大きく膨れていることが分かりました。これは、ガスが遠心力バリア手前で滞留・衝突することで衝撃波が発生したためと考えられます。

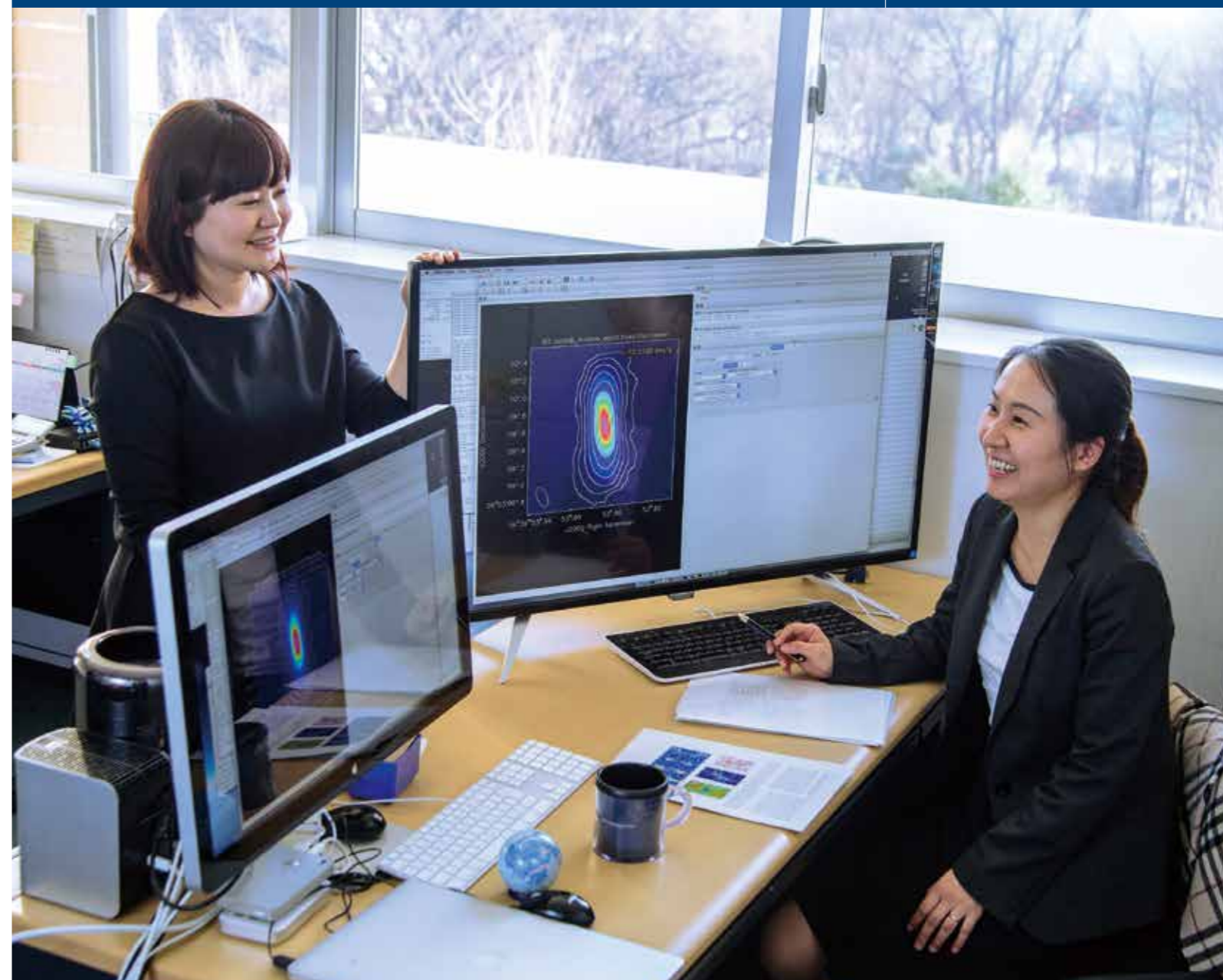
また、衝撃波によって放出された一酸化硫黄分子の温度を調べたところ、エンベロープガスの温度よりも高温で、遠心力バリア付近で回転速度が低いことが分かりました。これは、衝突によって回転エネルギーが消費されるとともに、円盤垂直方向への動きを得た一部のガスが角運動量を放出することで、残されたガスの角運動量が減少したことを示しています。

これらの結果から、エンベロープガスが円盤に降着する際にガスが滞留・衝突し、衝撃波が発生することで、ガスが自ら角運動量の一部を円盤垂直方向に放出していることが分かりました。惑星系円盤形成の研究における最大の謎を解き明かしたことで、今後、その全容解明につながると期待できます。

● 観測によって明らかになった惑星系円盤形成の様子(模式図)



リアレンス  
Nami Sakai, Yoko Oya, Aya E. Higuchi, Yuri Aikawa, Tomoyuki Hanawa, Cecilia Ceccarelli, B. Lefloch, Ana Lopez-Sepulcre, Yoshimasa Watanabe, Takeshi Sakai, Tomoya Hirota, Emmanuel Gaus, Charlotte Vastel, Claudine Kahane, and Satoshi Yamamoto, "Vertical Structure of the Transition Zone from Infalling Rotating Envelope to Disc in the Class 0 Protostar, IRAS 04368+2537," *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Letter*, doi: 10.1093/mnras/lsx002  
惑星系円盤誕生における角運動量問題解決の糸口 [http://www.riken.jp/pr/press/2017/20170208\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2017/20170208_1/)

“アルマ望遠鏡を駆使し、  
惑星系円盤誕生の謎を解明する糸口を掴む”Associate  
Chief Scientist  
Laboratories  
准主任研究員制度

次世代の科学技術分野の創成、国際的研究リーダー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。准主任研究員研究室はセンター組織の外もしくは内部に設置され、理研のさまざまなリソースを最大限に利用しつつ長期的視野をも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。

※「准主任研究員制度」は2017年3月31日をもって廃止

研究者たちの自由な発想に基づいて、長期的な展望を持って研究活動を展開

## グローバル研究クラスタ

システム糖鎖生物学研究グループ  
糖鎖代謝学研究チーム  
鈴木 匡 チームリーダー

鈴木 匡(すずきただし)  
グローバル研究クラスタ  
システム糖鎖生物学研究グループ  
糖鎖代謝学研究チーム

研究 成果

### 糖鎖が関わるタンパク質分解異常の一端を解明

#### 糖鎖脱離酵素ENGaseの阻害剤で $NGLY1$ 欠損症治療の可能性

細胞内で合成されたタンパク質が機能するためには、正しく折り畳まれた立体構造になることが重要です。そのため、小胞体には新しく合成されたタンパク質の構造をチェックする「品質管理機構」がありますが、この機構の異常がさまざまな疾病につながる事が知られています。

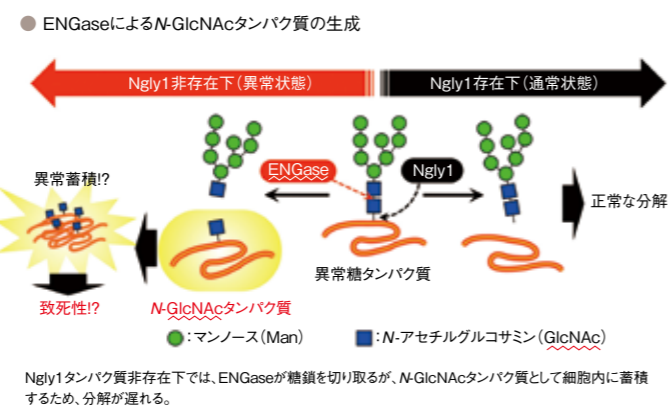
糖鎖代謝学研究チームの鈴木匡チームリーダーらは、糖タンパク質の品質管理に関わる「Ngly1タンパク質」を発見し、その機能を解析してきました。かつて糖タンパク質は専らリソソームで分解されると考えられてきましたが、Ngly1タンパク質が関与するような、細胞質で分解される「非リソソーム糖鎖代謝経路」が別に存在することが明らかになってきています。この経路では、Ngly1タンパク質によって切り取られた糖鎖は、細胞質の「エンド- $\beta$ - $N$ -アセチルグルコサミニダーゼ (ENGase)」と「細胞質マンノシダーゼ」によって代謝されます。

最近、発育不全や筋力低下、脳波異常、肝機能障害などの症状を伴う重篤な遺伝子疾患 $NGLY1$ 欠損症が発見されました。Ngly1タンパク質を作る遺伝子「 $NGLY1$ 」の変異によって引き起こされるものですが、詳細な分子メカニズムは不明です。そこで研究チームは、モデルタンパク質と小胞体のタンパク質分解反応の機構を使って、Ngly1タンパク質やENGaseの

作用を調べました。Ngly1タンパク質が存在する通常の状態では、Ngly1タンパク質が糖タンパク質の根元から糖鎖を切り取り、モデルタンパク質は正常に分解されました。一方、Ngly1タンパク質が存在しない状態では、ENGaseがモデルタンパク質の糖鎖を切り取るものの、Ngly1タンパク質が作用しないために、糖の一種である「 $N$ -アセチルグルコサミン (GlcNAc)」が一つだけ残った $N$ -GlcNAcタンパク質となり、細胞内に蓄積するため、分解が遅れることが分かりました。

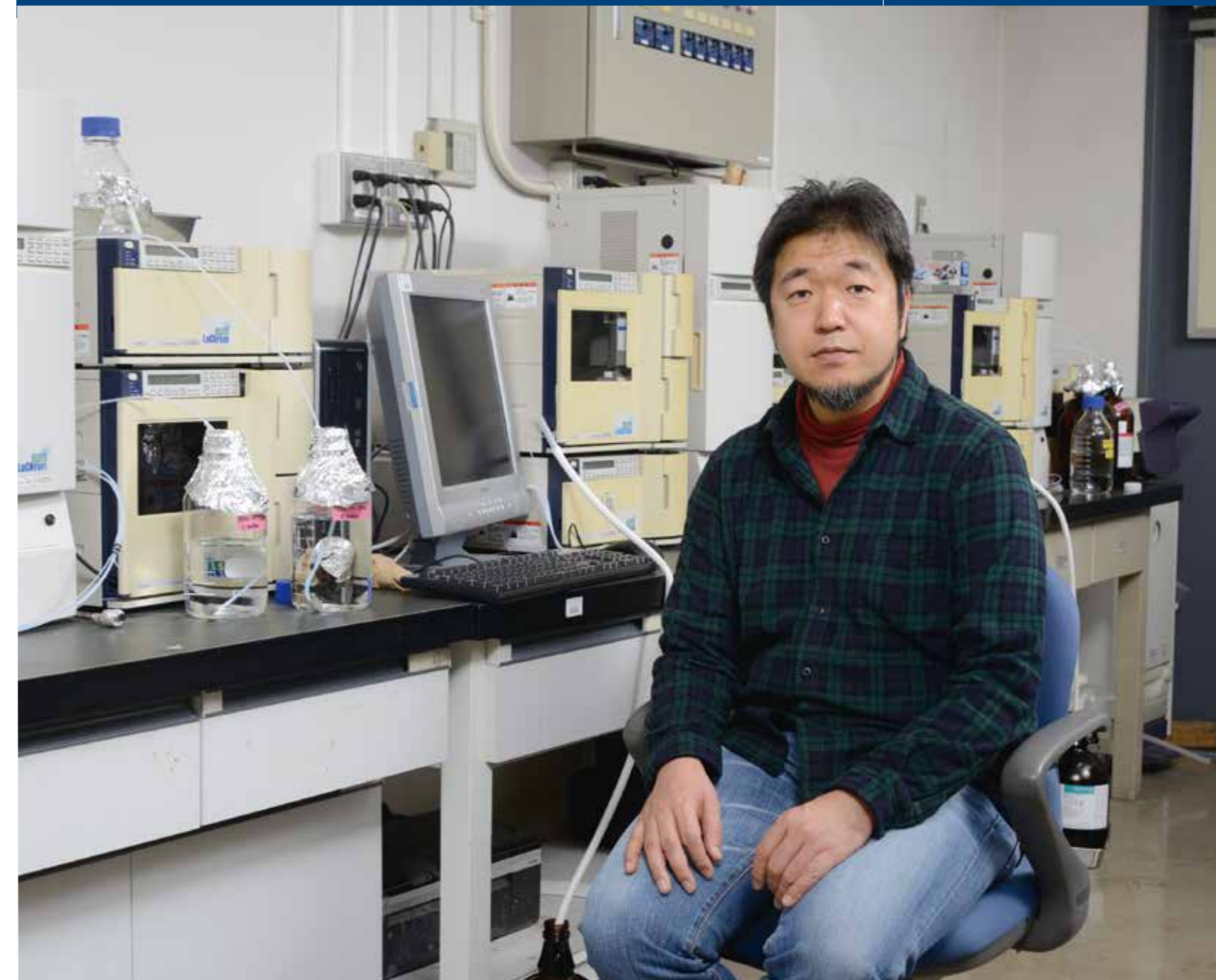
さらに、バイオリソースセンターなどとの共同研究において、Ngly1およびENGaseの遺伝子を欠損させたマウスを作製し、外見上どのような形態(表現型)になるのかを観察しました。マウスの表現型レベルにおいても、ENGaseが存在しないことで、 $NGLY1$ 欠損症の症状を抑えることができる可能性が示されました。

これらの成果から、ENGaseの働きを阻害する薬剤が $NGLY1$ 欠損症治療の有力な候補の一つになることが期待されており、鈴木チームリーダーらは、京都大学iPS細胞研究所、武田薬品株式会社と共同で創薬研究プロジェクトを始動させています。



リファレンス  
Ngly1タンパク質の欠損によりタンパク質分解反応に異常 [http://www.riken.jp/pr/press/2015/20150120\\_2/](http://www.riken.jp/pr/press/2015/20150120_2/)  
 $NGLY1$ 欠損症の治療標的候補の発見 [http://www.riken.jp/pr/press/2017/20170422\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2017/20170422_1/)

“不明な点が多い糖鎖の代謝機構を解明し、  
難病の治療に応用したい”



Global  
Research Cluster

研究担当組織

グローバル化に対応して国と地域を越えた連携研究を強く推進し、理研の総合力を発揮することがグローバル研究クラスタの使命です。地球規模課題の解決やグローバルなパートナーシップの確立と連携協力の拡大など、長期的な視点での世界貢献を目標とします。



クラスタ長 玉尾皓平 (D.Eng.)

研究者たちの自由な発想に基づいて、長期的な展望を持って研究活動を展開

## 数理創造プログラム

初田哲男 プログラムディレクター

研究成果

### 数理学を軸に自然科学の地平を拓く

分野横断的研究の新しいプラットフォームに

2016年11月1日、理研の新たな研究プログラム「数理創造プログラム (iTHEMS)」が発足しました。理研では2013年度から、基礎物理学、物質科学、生命科学などとさまざまな分野の研究者が交流、連携することで理論科学を進展させる、理論科学連携研究推進グループ (iTHES) を運営してきました。この活動を通して、数理物理学者と工学者、物理学者と生物学者というように専門分野を越えた研究協力が生まれ、これまでにない知見が得られました。iTHEMSは、iTHESの活動を受け継ぎ、さらに発展させていくものです。iTHEMSでは数学との連携をより明確に示し、理論的、数学的、計算科学的な科学者間の相互作用を通して、大きなブレークスルーを起こす理想的な環境となることを目指しています。

自然科学は、物理学、化学、生物学とさまざまな分野に分かれています。それぞれの分野での研究は、研究対象も違えば、追いかけている現象も違います。しかし、数理学によってその背後にある論理的な構造を調べてみると、共通点が見えてくることがあります。さまざまな現象を数理学の論理に置き換えることで、分野間の壁を越えた共通理解が得られる可能性が大いにあります。

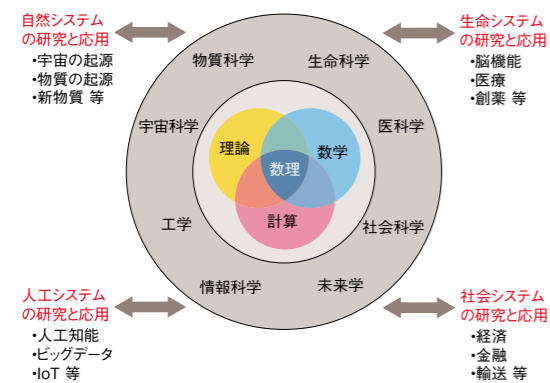
iTHEMSでは分野横断型の研究を進めるため、チームやユ

ニットなどをつくらず、全員が同列に並ぶフラットな組織形態を採用しています。一方で、一人ひとりがそれぞれに研究を進めるだけでは方向性がバラバラになってしまうため、新しい研究プラットフォームとして「セル」をつくりました。

各セルでは、長期的に達成していく大きな目標を掲げ、研究員はその目標に沿って研究を進めていきます。研究員は所属するセル内だけでなく、他のセルとの研究員とも交流し、必要に応じて離合集散できる、緩やかで弾力的な組織です。2017年度は、「新しい幾何学」、「生命進化」、「極限宇宙」、「数理とAI」の四つのセルからスタートしますが、今後、セルの数を増やしていく計画です。

また、極限宇宙のセルであれば仁科加速器研究センター、数理とAIのセルであれば革新知能統合研究センター、計算科学研究機構、情報基盤センターと、理研内の組織とも協力していきます。さらに、京都大学、インド国立生命科学研究センター、アメリカのローレンス・バークレイ国立研究所など、国内外の研究機関とも連携することで、新しい科学を創造していきます。分野の垣根や国境を越え、さまざまな研究者が集まって議論することで、自然科学と数理学がともに発展する新たなプラットフォームへと成長していけたらと考えています。

● 図1 数理学を通してつながるさまざまなシステム

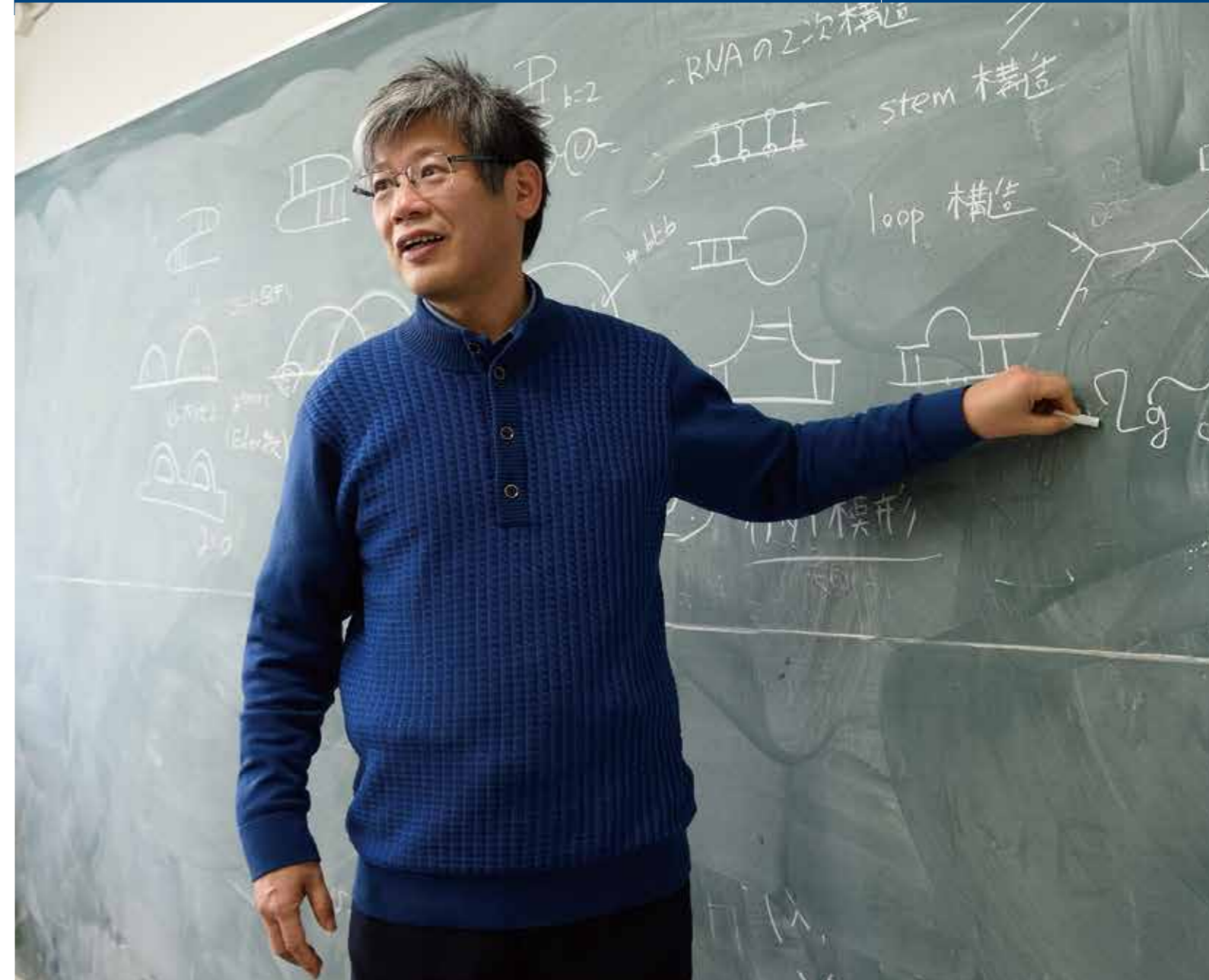


● 図2 iTHEMSプラットフォームを通じた自然科学と数理学の共進化



“数学、計算科学、理論科学で  
自然科学を理解するための共通解を探る”

初田哲男(はつだてつお)  
数理創造プログラム



Interdisciplinary Theoretical and  
Mathematical Sciences Program

iTHEMS  
研究担当組織

数理創造プログラム iTHEMS (Interdisciplinary Theoretical and Mathematical Sciences Program) は、理論科学・数学・計算科学の研究者が分野の枠を越えて基礎研究を推進する新しい国際連携研究拠点です。iTHEMSでは、「数理」を軸とする分野横断的手法により、宇宙・物質・生命の起源・原理の解明や、社会における基本問題の解決を図ります。さらに、国際脳循環ネットワーク、分野横断型スクール・ワークショップ、日常的な分野交流などを通して、ブレークスルーをもたらす研究土壌の構築と若手人材の育成を進めます。



## 創発物性科学研究センター

創発分子機能研究グループ  
瀧宮和男 グループディレクター

研究 成果

### 有機両極性半導体の低消費電力化に成功

塗るだけで作れる「軽量・柔軟・低コスト・省エネ」な次世代デバイスを実現

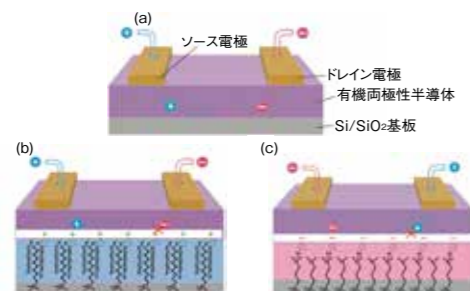
トランジスタやダイオードなどの正負の電荷を高精度に制御できる半導体デバイスは、スマートフォンやパソコンなど、電子機器の部品として我々の生活には欠かすことができない存在です。既存の半導体はシリコンやガリウムなどの固体物質を材料とする無機半導体が主流ですが、折り曲げたり、印刷したりすることができません。そこで、より多様な使い方を可能にしようと、ペンタセンやポリチオフェンなどの有機物を用いた「有機半導体」の開発が進められています。有機半導体は、材料の溶液を塗布することにより、容易に、かつ低エネルギーなプロセスで半導体層を形成することができます。さらに、インクジェットや輪転機など既存の印刷プロセスを適用することで大面積化も可能で、製作コストも無機半導体に比べ低いというメリットがあります。中でも、プラスの電荷（正孔）とマイナスの電荷（電子）のどちらも利用できる有機両極性半導体は単体でデジタル回路になるため大きな期待を集めています。しかし、正孔と電子が無差別に流れてしまうため、消費電力が大きいという課題がありました。

創発分子機能研究グループの瀧宮和男グループディレクターらは、2015年に報告された「基盤上に作った1分子分の

極薄膜（単分子膜）が有機半導体中に電荷層を形成する」という成果に着目し、有機両極性半導体の電荷の種類を制御する手法の開発を目指しました。その結果、有機両極性半導体で作ったデジタル回路デバイスの基盤にアルキル処理を施すことで、流れる電荷をうまく制御し、消費電力を大幅に減らす手法の開発に成功しました。

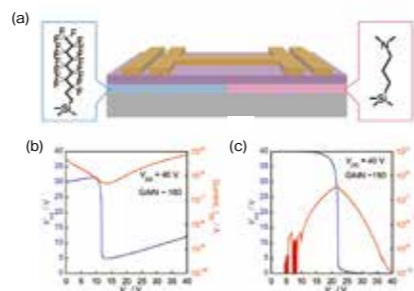
具体的には、有機両極性半導体デバイスのシリコン基盤上に、マイナスの電荷を持つフッ化アルキルの単分子膜を形成したところ、半導体中に正の電荷層が生じて負の電荷を持つ電子はそこに捕らえられて動けなくなり、流れる電荷をプラスの正孔のみに限定することができました。同様に、プラスの電荷を持つアミノアルキルの単分子膜を形成させることで、電子のみを伝導させることもできました。最終的に、これらの技術を組み合わせ、基本的なデジタル回路であるCMOSインバータを製作し、消費電力が従来に比べて極めて低く抑えられることを実証しました。有機両極性半導体における課題を解消し、軽量、柔軟、低コスト、省エネルギーな次世代型デバイスの開発に大きく寄与すると期待できます。

● 図1 有機両極性半導体中を流れる正負電荷の制御



(a) 有機両極性半導体中の電荷の移動。正孔（プラス）、電子（マイナス）が無差別に伝導してしまう。  
(b) 基盤上にフッ化アルキル処理（青色部分）をした後の電荷移動。フッ化アルキルはマイナスに帯電している。そのため、絶縁体に近い半導体中にプラスの電荷層が発生し、正孔は伝導するが、電子はプラスの電荷層に捕集されて伝導しない。  
(c) 基盤上にアミノアルキル処理（ピンク色部分）をした後の電荷移動。アミノアルキルのアミノ基の窒素はプラスに帯電しているため、半導体中にマイナスの電荷層が発生し、電子は伝導するが、正孔はマイナスの電荷層に捕集されて伝導しない。

● 図2 作成したCMOSインバータの模式図



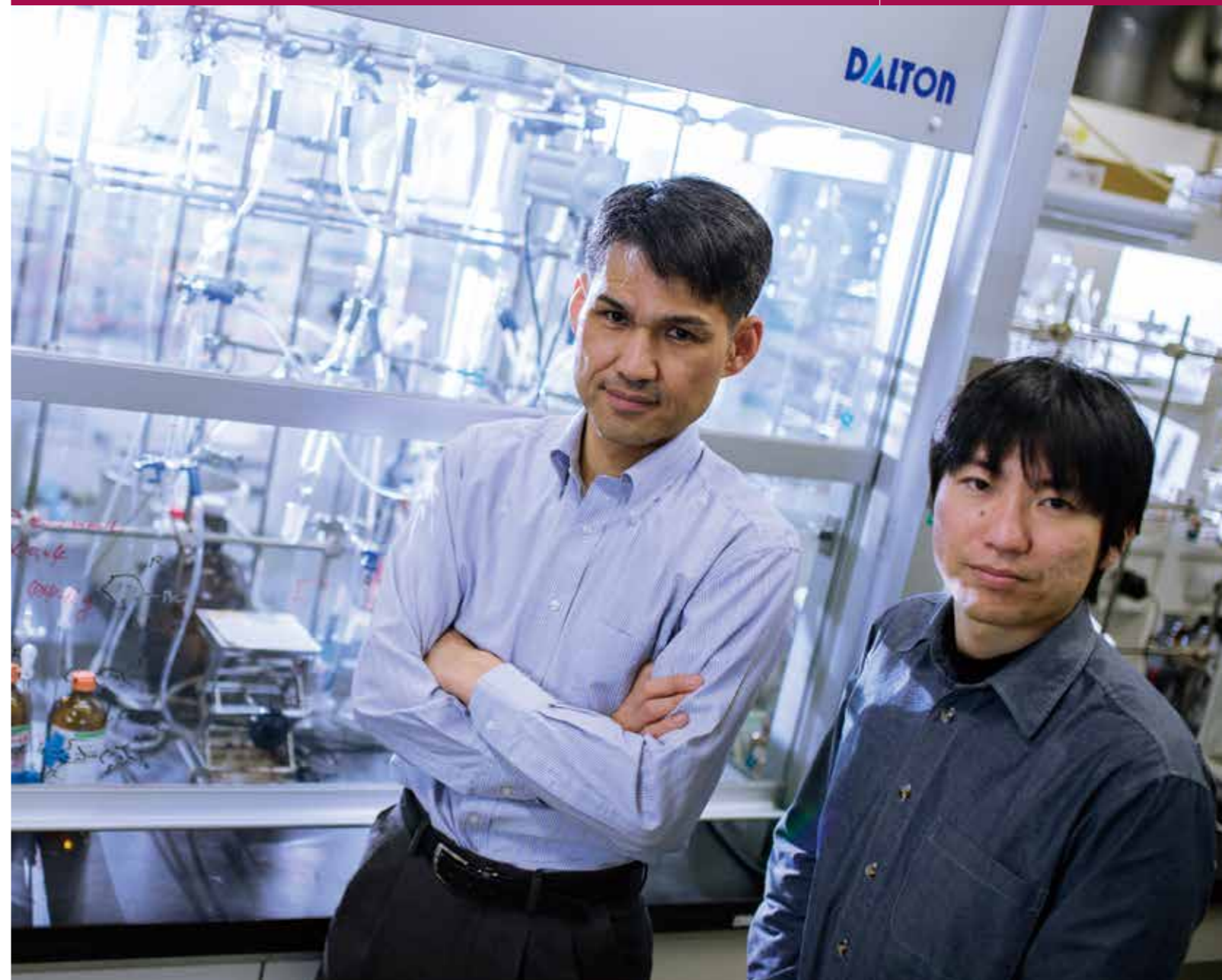
(a) 正孔が流れるべき箇所にフッ化アルキル処理（青色）、電子が流れるべき箇所にアミノアルキル処理（ピンク色）を施したもの。  
(b) キャリア種制御を施していないCMOSインバータの特性。青線は出力電圧、赤線は回路を流れた電流量を表す。赤線を見ると、回路中に常に大きな電流（～10-5A）が流れ続けていることが分かる。  
(c) キャリア種制御を施したCMOSインバータの特性。bと同様に、青線は出力電圧、赤線は回路を流れた電流量を表す。出力電圧が切り替わる瞬間に電流量がピークに達し、常時大きな電流が流れることはなくなっていることが分かる。

リファレンス

Aghamohammadi, M., Rödel, M., Zschieschang, U., Ocal, C., Boschker, H., Weitz, R.T., Barrena, E., and Klauk, H., *ACS Applied Materials and Interfaces* 7: 22775-22785 (2015).

“有機合成化学を基盤に、  
優れた半導体デバイスの可能性を追究する”

瀧宮和男 (たきみやかずお)  
(写真左)  
中野正浩 (なかのまさひろ)  
(写真右)  
創発物性科学研究センター  
創発分子機能研究グループ



Center for  
Emergent Matter Science

CEMS

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.)



## 光量子工学研究領域

光量子技術基盤開発グループ  
中性子ビーム技術開発チーム  
大竹淑恵 チームリーダー

研究成果

### 反射中性子を計測し非破壊検査の領域を広げる

中性子でコンクリート内を透視し、鋼材内の水分分布を計測する

コンクリートは、固まれば非常に堅牢であるため、扱いやすく、ビルや橋などの建造物や道路などに多く使用されています。しかし堅牢とはいえ、年を経るごとに少しずつ劣化します。特に亀裂などから水分が内部に侵入すると、凍結が起きたり、鉄筋などの骨材が錆びて膨張したりすることによってさらに亀裂が大きくなるなどの影響があります。そのため、定期的なメンテナンスや損傷具合の確認、検査が必要となりますが、外観目視では内部劣化を正確に把握できず、一方その都度、コンクリートの一部を破壊して調べると構造体が弱くなります。そこで、破壊せずに内部を調べる非破壊検査技術に期待が高まっています。

非破壊検査手法の一つに、中性子線を利用した方法があります。中性子線は透過性が高く、水素(H)やホウ素(B)、リチウム(Li)など軽い元素があると散乱や吸収される一方、鉄(Fe)やアルミニウム(Al)など一般的な金属元素では散乱・吸収などが少ないという特徴があります。そのため、コンクリートのような固い物質の内部にある水分を検知することに適しているのです。しかし、従来の手法では中性子線の発生源(中性子源)と検出器で対象を挟み込む必要があるため、検査を行える状況が限られていました。

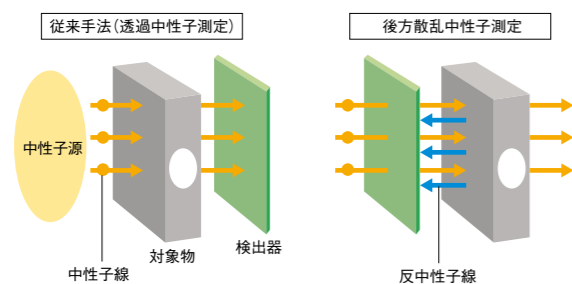
中性子ビーム技術開発チームの大竹淑恵チームリーダーら共同研究チームは、「理研小型中性子源システムRANS\*」を用

い、コンクリート内の空隙および水に対する反射中性子(後方散乱中性子)を利用する非破壊検査法を開発しました。この手法では、入射した中性子のうち透過せずに散乱して戻ってくる中性子を検出し、入射してから戻ってくるまでの時間と量の変化を計測することで、コンクリート内の水分や空洞の分布を検知します。中性子源と検出器で挟み込むことができない橋やトンネル壁、空港の滑走路などの非破壊検査を行うことができます。今後は、「可搬型加速器中性子源」の実現へ向けた開発とともに、現場利用可能な計測技術の最適化を行い、コンクリート構造物内部劣化損傷非破壊検出技術の向上を目指します。

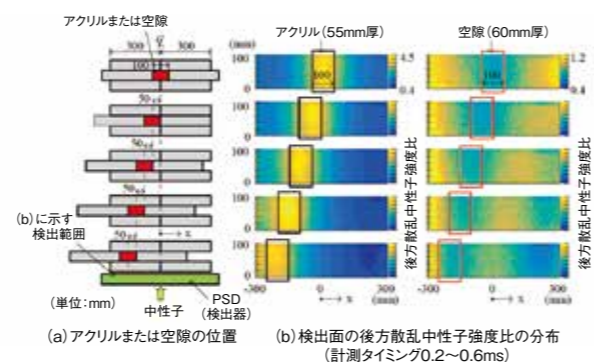
また、中性子ビーム技術開発チームと株式会社神戸製鋼所材料研究所による共同研究チームは、RANSを用いて開発した、鋼材塗膜下腐食と関係する水分の動きを詳細に捉える解析手法を「大強度陽子加速器施設J-PARC」に適用し、塗膜下の局所的な水の動きを詳細に観察しました。この研究は、小型中性子源と大型中性子源との相補的な利用のモデルケースです。本モデルケースの普及によって、中性子の利用が学術分野だけでなく、鉄鋼業界や土木関連の業界をはじめとした産業界にも身近な手法として広がるのが期待できます。

\*理研が開発し現在高度化を行っている普及型的小型中性子源システム RIKEN Accelerator-driven compact Neutron Source の略称

● 図1 従来の手法である透過中性子測定と、今回開発した後方散乱中性子測定の違い



● 図2 後方散乱中性子強度比によるアクリルまたは空隙の判別結果



リファレンス  
中性子によるコンクリート内損傷の透視 [http://www.riken.jp/pr/press/2016/20161101\\_2/](http://www.riken.jp/pr/press/2016/20161101_2/)  
鋼材の塗膜下腐食における水の動きを可視化 [http://www.riken.jp/pr/press/2017/20170316\\_2/](http://www.riken.jp/pr/press/2017/20170316_2/)

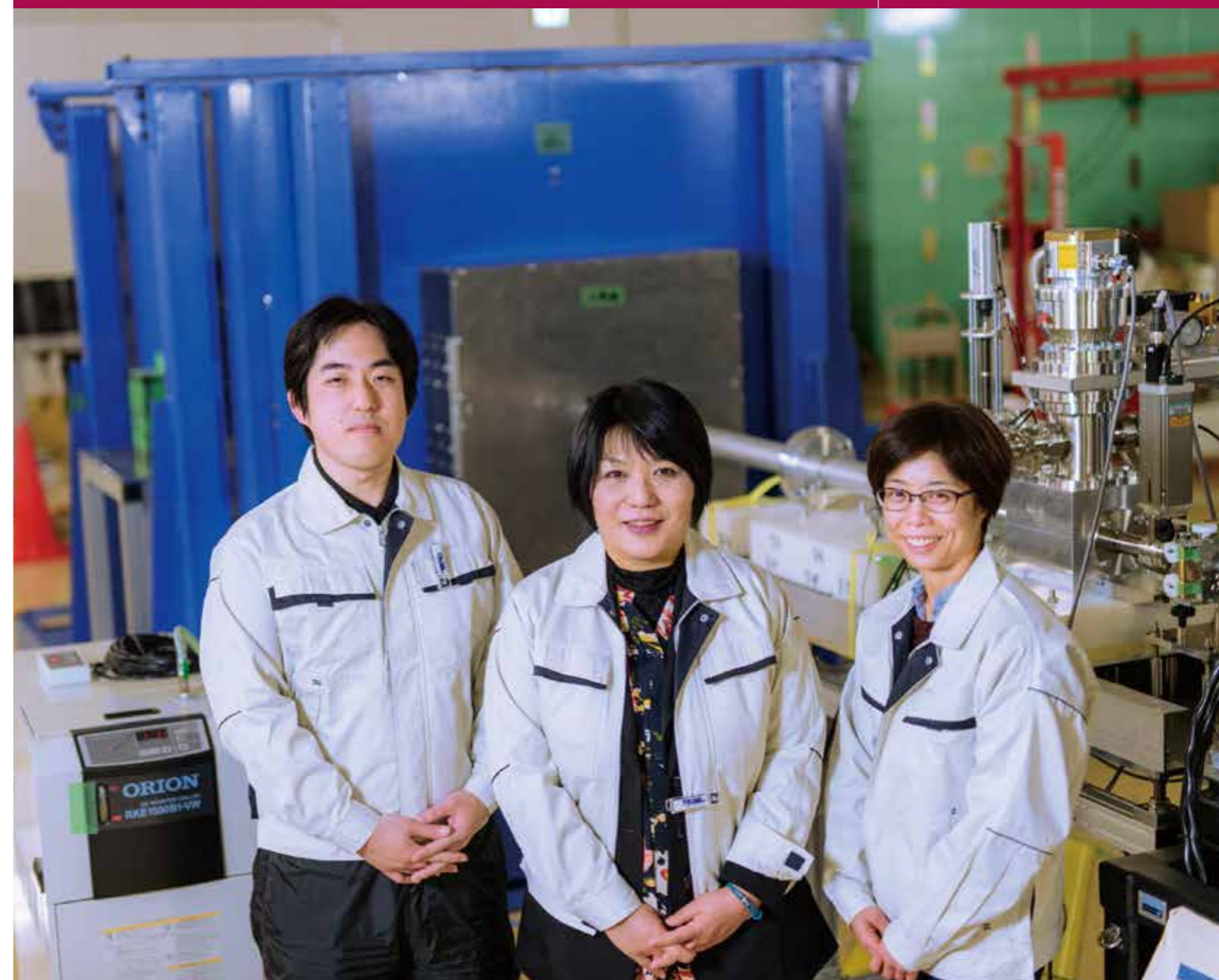
“中性子を利用した非破壊検査で破損を検出し、  
インフラの安全性維持に貢献する”

大竹淑恵(おおたけよしえ)  
(写真中央)

池田義雅(いけだよしまさ)  
(写真左)

水田真紀(みずたまき)  
(写真右)

光量子工学研究領域  
光量子技術基盤開発グループ  
中性子ビーム技術開発チーム

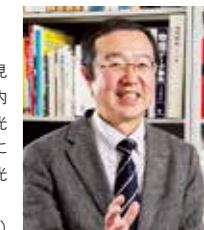


RIKEN Center for  
Advanced Photonics

RAP  
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。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、新しい光技術に社会に役立てていきます。

領域長 緑川克美 (D.Eng.)





## 環境資源科学研究センター

統合メタボロミクス研究グループ  
 齊藤和季 グループディレクター／梅基直行 上級研究員

研究成果

### 毒がなく長く保存できるジャガイモをつくる 有毒物質の生合成に関わる遺伝子と新しいジャガイモをつくる可能性を発見

ジャガイモの芽や日光が当たって緑色になった皮の周辺には、毒があり、食中毒になる恐れがあることは、よく知られています。この有毒物質は、ソラニンやチャコニンなどのステロイドグリコアルカロイド(SGA)で、少量では「えぐみ」など不快な味の原因になり、多量では食中毒の原因になります。ジャガイモは消費者の手に渡るまではコストをかけて管理していることで安全に食卓に上がっている食品です。食の安全のためには、SGA含量が低い品種が求められてきました。ジャガイモは穀類と違って、収穫後数か月間の休眠期間を過ぎると芽が出るので、1年以上の長期保存はできません。長期保存できるよう萌芽を制御できる品種が求められていました。

統合メタボロミクス研究グループでは、2014年にSGAの元となるコレステロールを作る遺伝子を明らかにしましたが、生成機構の詳細はよく分かっていませんでした。今回、研究チームは、SGAを蓄積する芽や花で多く発現する遺伝子を解析し、「PGA1」と「PGA2」を発見しました。そして、PGA2はコレステロールを22-ヒドロキシコレステロールに変換する22位水

酸化酵素、PGA1は生成した22-ヒドロキシコレステロールを22,26-ジヒドロキシコレステロールに変換する26位水酸化酵素をそれぞれコードすることを明らかにし、PGA1、PGA2がSGA合成に必要な酵素の遺伝子であることが分かりました。

PGA1とPGA2の発現をそれぞれ抑制した遺伝子組換え植物体から収穫したジャガイモのSGA含量は、どちらの遺伝子を抑制した場合も、遺伝子組換えをしなかったジャガイモよりも極めて少ないことが分かりました。予想外だったのは、遺伝子を抑制したジャガイモは休眠期間を過ぎても芽は出ず、土に植えると芽が出たことです。これまでジャガイモではみられなかった長期保存が可能となる現象で、SGA合成経路の変化による影響と考えられますが、原因はよく分かっていません。この研究成果から、最近注目されているゲノム編集技術を使ってPGA1とPGA2を標的に遺伝子を壊すことで、毒がなく、長期保存ができるジャガイモの育種ができると期待されています。

● PGA1の発現を抑制したジャガイモの休眠後の様子

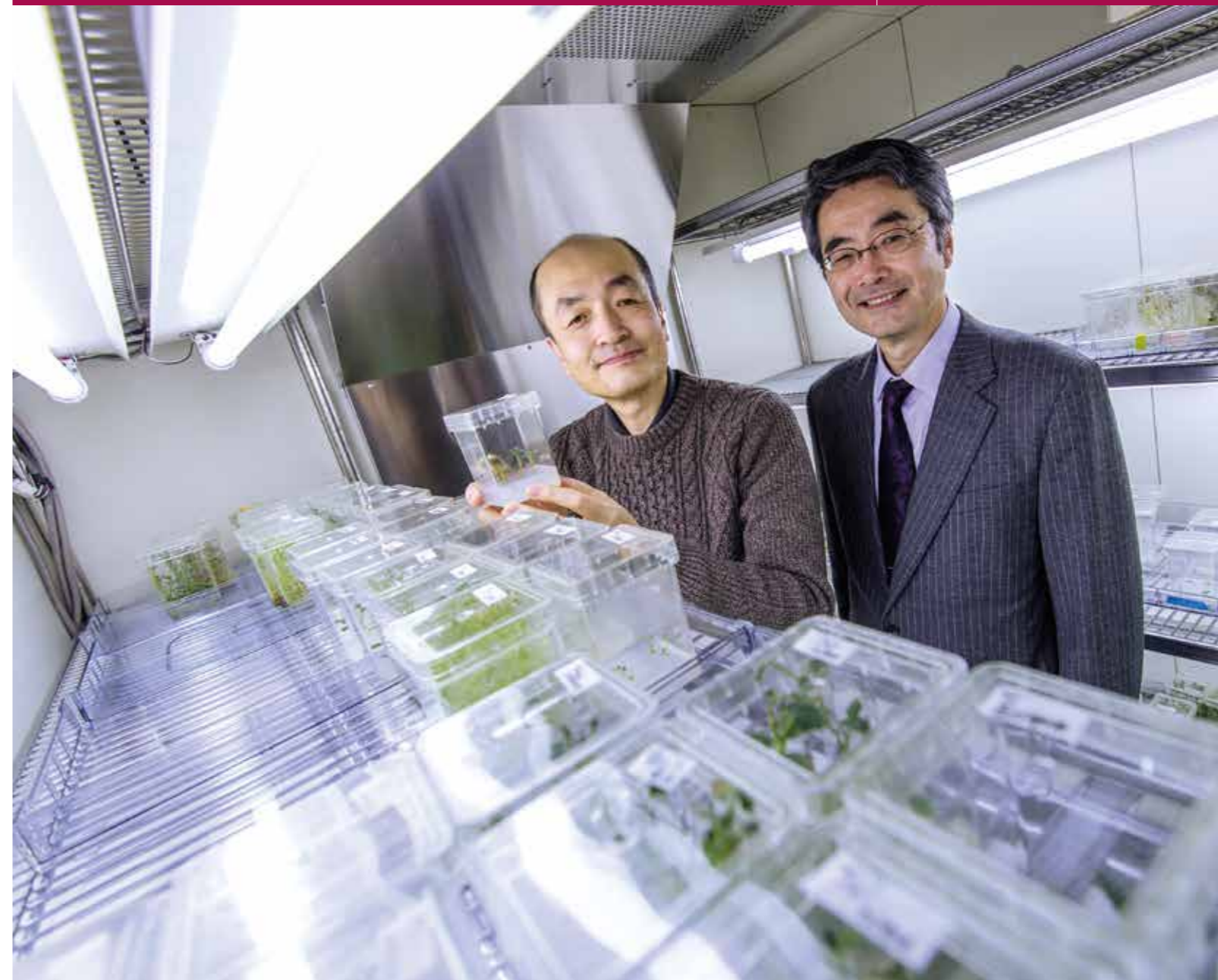


PGA1の発現を抑制したジャガイモは3か月の休眠後も20℃の暗所においても芽は出ず(右の2個)、遺伝子組換えを行っていないジャガイモは同じ条件で芽が出た(左の2個)。

リファレンス  
 毒のないジャガイモ-さらに萌芽を制御できる可能性の発見- [http://www.riken.jp/pr/press/2016/20160726\\_2/](http://www.riken.jp/pr/press/2016/20160726_2/)

### “ゲノム編集技術をジャガイモなどの新しい育種に結びつけたい”

齊藤和季(さいとうかずき)  
 (写真右)  
 梅基直行(うめもとなおゆき)  
 (写真左)  
 環境資源科学研究センター  
 統合メタボロミクス研究グループ



RIKEN Center for Sustainable Resource Science

CSRS 研究担当組織

人類は今、環境、エネルギー、食料、感染症など地球規模の問題に直面しており、これら課題解決に貢献できる革新的な技術の創出が求められています。環境資源科学研究センターでは、持続的社会的構築に貢献するため、植物科学、ケミカルバイオロジー、触媒化学による分野融合型の研究を推進しています。自然界でさまざまな天然化合物の生合成を行う植物や微生物などの生物機能の多様性と、化学合成によって有用な物質をつくり出すことのできる化学的多様性を理解し利用することで、環境に負荷をかけずに、新たに循環的な資源を創出して省エネルギーで利用することを目指します。



センター長 篠崎一雄 (D.Sci.)



# 生命システム研究センター

発生動態研究チーム  
大浪修一 チームリーダー

研究成果

## 画像から情報を数値化し生命現象を捉える

### 線虫で受精カルシウム波を引き起こす仕組みを解明

卵子は物質の合成をほとんど行わない不活発な細胞です。しかし受精を機に、それまで抑制されていた物質の合成や細胞分裂を開始し、活発で全能性を持った細胞へと、その状態を大きく転換します。この「卵子の活性化」と呼ばれる転換のきっかけとなるのが、精子の侵入により卵子全体にカルシウムイオンが波のように広がっていく「受精カルシウム波」という現象です。

発生動態研究チームの大浪修一チームリーダーらは、高速イメージングや画像処理技術に加え、現象の定量化と数理モデル化、計算機シミュレーションを組み合わせた定量的・計算科学的アプローチを用いて多細胞生物の発生を数理モデル化することで、そのメカニズムの解明を目指しています。受精カルシウム波に関する研究では、体が透明で細胞を生きたまま観察できる線虫(*C. elegans*)を用いました。線虫は遺伝学的な実験が容易なため、モデル動物としてよく使われています。

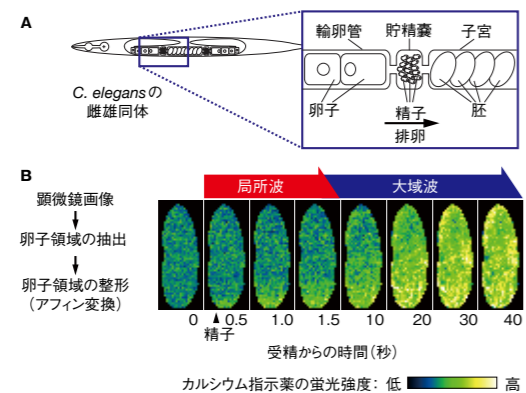
研究の結果、受精カルシウム波は、受精直後に精子侵入点付近で急激にカルシウムイオン濃度が上昇する「局所波」と、その後、卵子全体に伝播する「大域波」からなる二相性の波形を示しました。さらに、遺伝学的実験とコンピュータによるシミュレーション

を組み合わせて解析したところ、精子の細胞膜に存在し、細胞内へカルシウムイオンを透過させる「TRP-3」というカルシウム透過性チャネルが、受精カルシウム波を発生させることが分かりました。

受精カルシウム波を引き起こす仕組みは、生物種によって異なっていると考えられていますが、今回発見した仕組みは、そのうちの「精子導管説」を支持するものでした。この説は、受精により精子の細胞膜と卵子の細胞膜が融合し、精子のカルシウム透過性チャネルが導管(通り道)として働くことで、細胞外から卵子内にカルシウムイオンを流入させるというものです。これは受精のみならず、細胞同士が融合する際に、細胞の中身ではなく細胞膜成分を受け渡して情報を伝える方式があることを示唆しています。

今後は、受精のみならず、細胞自体の融合や分泌小胞の融合における新たな細胞間情報伝達の仕組みが明らかになる可能性があります。また今回確立した、線虫を用いて受精カルシウム波を定量的かつ遺伝学的に解析する手法を活用することによって、受精や卵子の活性化の分子メカニズムがより深く理解できると期待されています。

● 図1 線虫(*C. elegans*)の受精カルシウム波の可視化



● 図2 *trp-3*変異体の受精カルシウム波

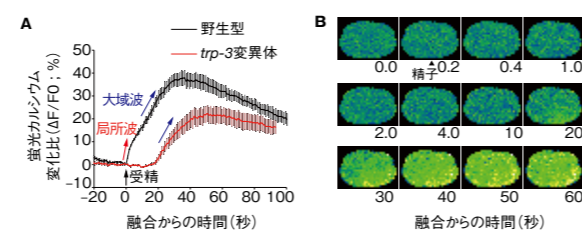


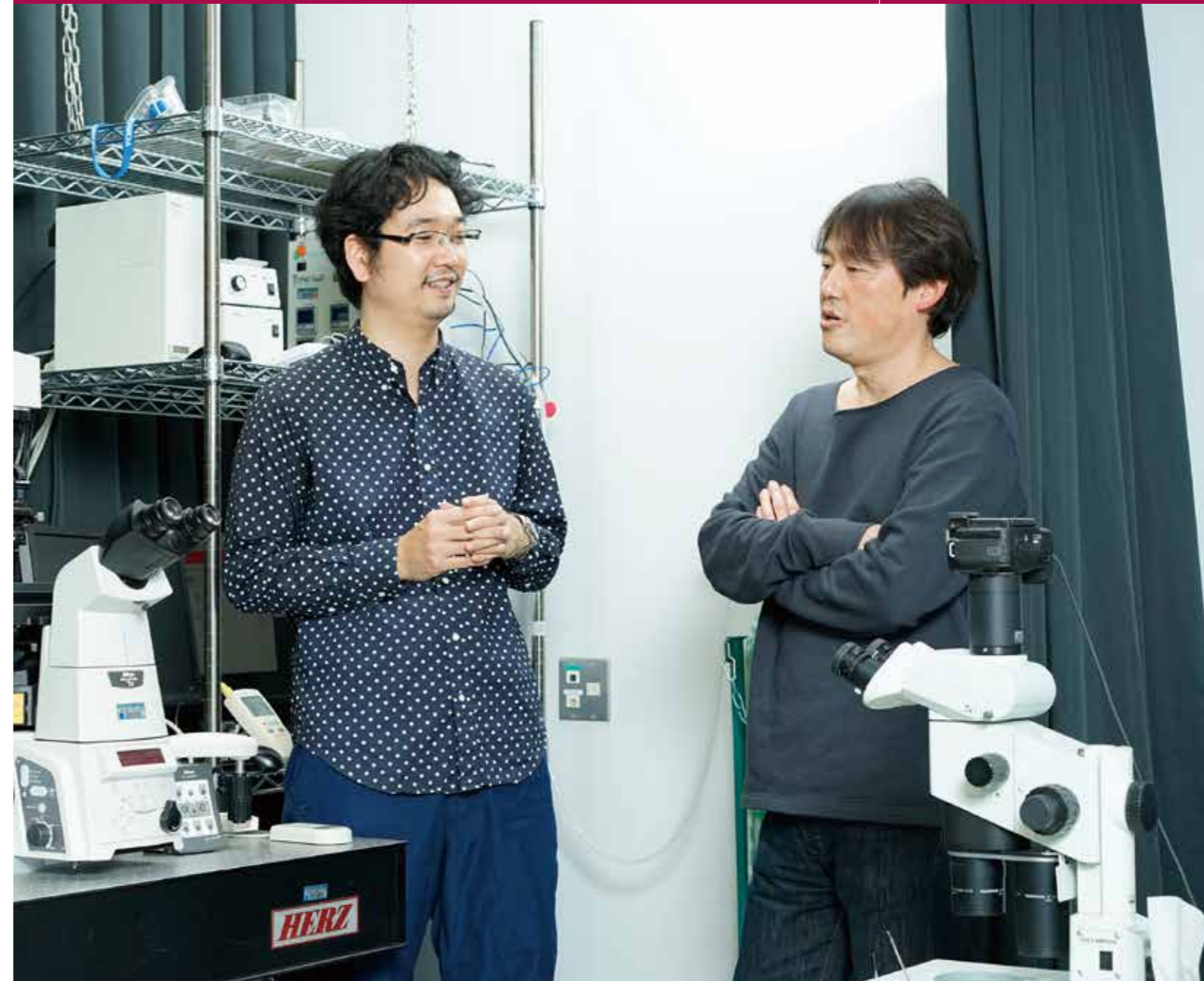
図1 A: *C. elegans*の雌雄同体の全体構造と、受精の場である貯精嚢付近の模式図。輸卵管に並んだ卵子は約20分ごとに貯精嚢へ排卵される。貯精嚢に複数存在する精子の中の1個が受精し、受精卵は子宮へ運ばれ胚となる。B: 画像処理技術を用いて顕微鏡画像から卵子領域のカルシウム濃度変化を可視化した。受精直後に精子侵入点付近(画像では▲で示される)で急激で局所的なカルシウム濃度上昇(局所波)が生じ、これに引き続き、卵子全体を伝播する波(大域波)が起こり、二相性の波を形成することが分かった。

図2 A: 線虫(*C. elegans*)の精子の野生型とカルシウム透過性チャネルTRP-3を欠損した変異体の受精カルシウム波の比較。B: *C. elegans*の*trp-3*変異体の受精卵のカルシウムイオン動態を時系列で表す蛍光画像。

リファレンス  
Jun Takayama and Shuichi Onami, "The Sperm TRP-3 Channel Mediates the Onset of a Ca<sup>2+</sup> Wave in the Fertilized *C. elegans* Oocyte", *Cell Reports*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2016.03.040>  
精子が卵子を活性化する新しい仕組みを解明 [http://www.riken.jp/pr/press/2016/20160408\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2016/20160408_1/)

“膨大なデータから法則性を見いだす  
「データ駆動型サイエンス」を先導する”

大浪修一(おおなみしゅういち)  
(写真右)  
高山 順(たかやまじゅん)  
(写真左)  
生命システム研究センター  
発生動態研究チーム



RIKEN Quantitative  
Biology Center

研究担当組織  
QBiC

ヒトの全遺伝情報が解読され、生命を形作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世紀のライフサイエンス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.)

## 多細胞システム形成研究センター

感覚神経回路形成研究チーム  
今井 猛 チームリーダー

研究成果

### 独自に開発した透明化試薬で神経回路を探る

超解像顕微鏡と組み合わせ、立体的かつ微細な構造を簡単かつ大規模に解析

感覚神経回路形成研究チームの今井猛チームリーダーらは、フルクトース(果糖)を用いて生体組織の微細構造を保ったまま透明化する試薬「SeeDB」を開発し、2016年にはX線造影剤の成分として知られる「イオヘキソール」を用いて「SeeDB2」を開発しました。SeeDB2と超解像顕微鏡を組み合わせると、マウスやショウジョウバエの脳など厚みのある組織の深部まで、はけることなく高解像で観察できます。実際にマウス脳サンプルの樹状突起にあるシナプスなど、微細な構造の形態を捉えることができました。

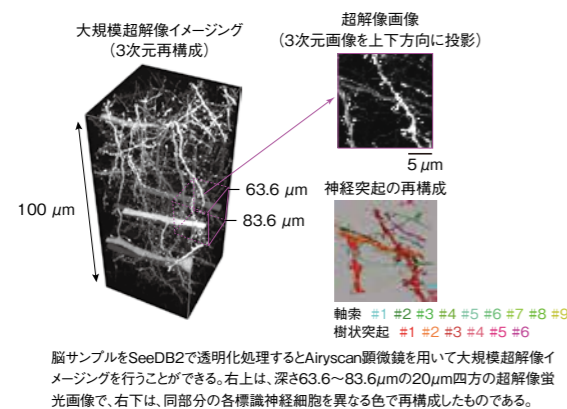
研究チームはSeeDB2を用いて、嗅覚異常の一つである「異臭症」の発生メカニズムを解明しました。におい物質は鼻腔の嗅上皮に並ぶ嗅神経細胞の受容体にキャッチされ、その信号が脳に伝わることで感知されます。その情報は神経細胞の軸索を介して、脳の嗅球の糸球体へ送り届けられます。軸索の配線は本来、生涯にわたり維持されますが、頭部の外傷によって嗅神経細胞軸索が損傷を受けると、甘いにおいを悪臭に感じるなど嗅覚の錯誤が生じることがあります。これが異臭症です。

研究チームは、外科的に神経細胞の軸索配線の一部を切断することで、嗅神経細胞軸索損傷モデルマウスを作製し、

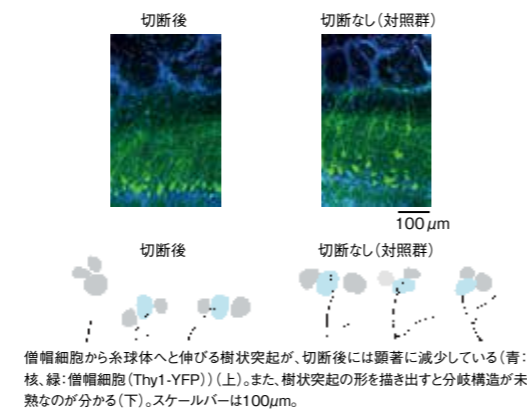
損傷の修復過程を詳細に解析しました。通常、嗅神経細胞の軸索は、においの種類に応じて決まった糸球体へと投射します。しかし損傷モデルマウスの軸索は位置決めが乱れ、本来とは異なる糸球体へと投射していることが判明しました。また、糸球体から情報を受け取り中枢に伝える僧帽細胞についても調べました。通常、僧帽細胞は糸球体に樹状突起を伸ばし嗅神経細胞の軸索と接続しますが、軸索を損傷すると樹状突起も縮退が見られ、約半数が再接続できませんでした。樹状突起の縮退は嗅神経細胞の回復後も続き、正常の場合に比べ、におい刺激に対する反応性が顕著に低下していることも分かりました。

神経細胞はシナプスで互いに連絡し合い、脳内に神経回路を構成しています。その構造は小さく、脳サンプルには厚みがあるため、従来の方法で観察することは困難でしたが、SeeDB2を用いた透明化によって、大規模かつ3次的に定量的解析を行うことが可能となりました。SeeDB2は複雑な脳の回路形成に迫る強力なツールとしてだけでなく、異臭症のように神経細胞や神経回路に起因する病態メカニズムの解明にも役立つと期待できます。

● 図1 マウス脳の神経回路の大規模超解像イメージング



● 図2 嗅球の断面図と樹状突起の形

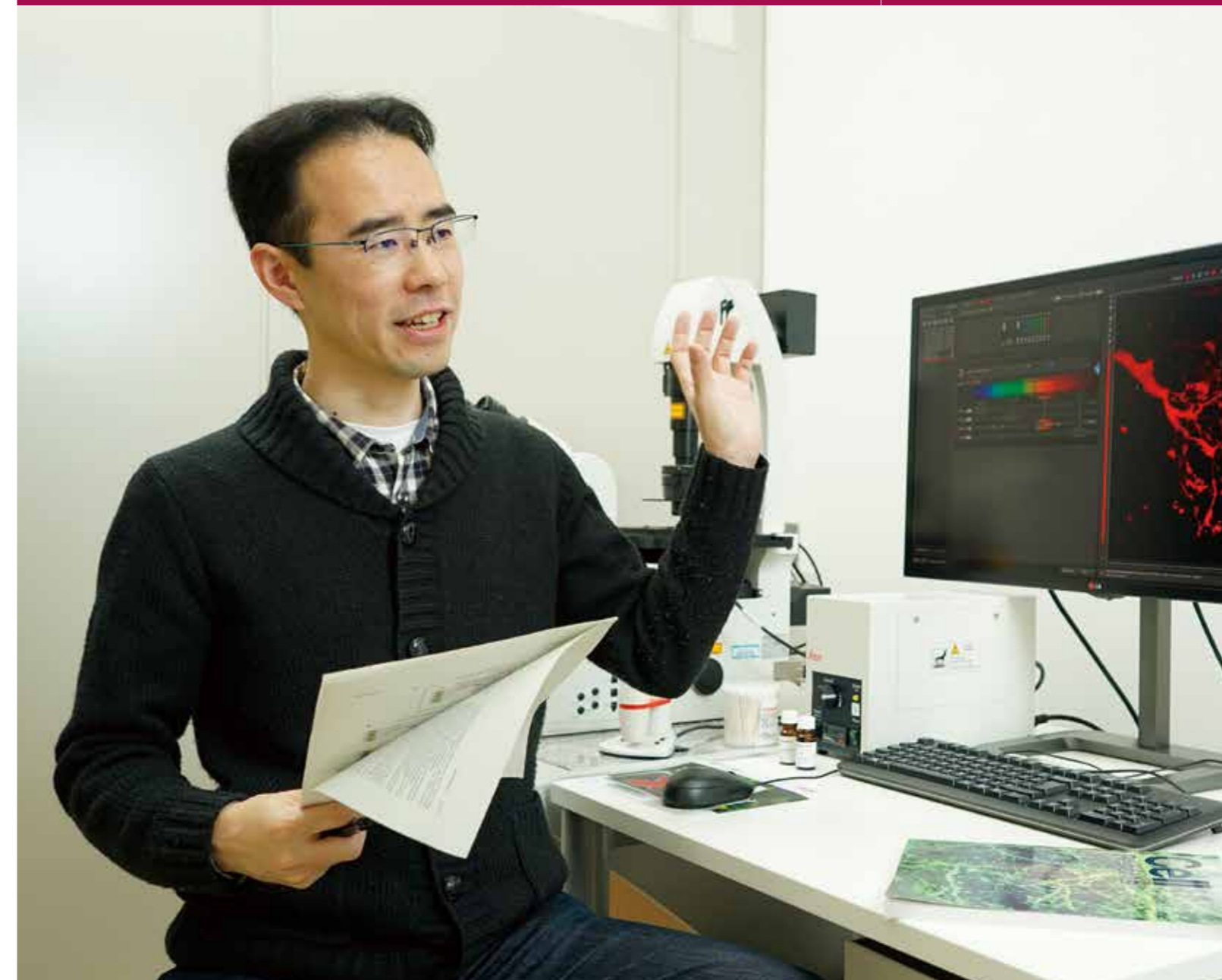


リファレンス

Meng-Tsen Ke, Yasuhiro Nakai, Satoshi Fujimoto, Rie Takayama, Shuhei Yoshida, Tomoya S. Kitajima, Makoto Sato, and Takeshi Imai, "Super-resolution mapping of neuronal circuitry with an index optimized clearing agent", *Cell Reports*, doi: 10.1016/j.celrep.2016.02.057  
Aya Murai, Ryo Iwata, Satoshi Fujimoto, Shuhei Aihara, Akio Tsuboi, Yuko Muroyama, Tetsuhiro Saito, Kazunori Nishizaki and Takeshi Imai  
"Distorted Coarse Axon Targeting and Reduced Dendrite Connectivity Underlie Dysosmia after Olfactory Axon Injury" *eNeuro* 5 October 2016, 3 (5) ENEURO.0242-16.2016; DOI: <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0242-16.2016>

“神経回路をシナプスレベルで解析し、  
複雑な脳の回路形成のしくみを探る”

今井 猛(いまいたけし)  
多細胞システム形成研究センター  
感覚神経回路形成研究チーム



RIKEN Center for  
Developmental Biology

CDB

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動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、独自の・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.)



国家的・社会的なニーズを踏まえた、課題解決型研究開発を推進

## 脳科学総合研究センター

神経グリア回路研究チーム  
平瀬 肇 チームリーダー

研究 成果

## 神経細胞やグリア細胞の相互作用を解析

新しい手法を開発し、アストロサイトの機能を発見

神経グリア回路研究チームの平瀬肇チームリーダーらは、神経細胞やグリア細胞からの生理的信号を解析し、脳の神経回路を研究しています。

研究の一つとして、経頭蓋直流電気刺激 (tDCS) がマウス脳機能に及ぼす影響とその作用メカニズムを明らかにしました。tDCSは、頭蓋骨の上から極めて微弱な直流電気を流して脳を刺激する方法で、うつ症状の改善や運動機能障害のリハビリテーションなどへの効果が知られていますが、その詳しい作用メカニズムは解明されていませんでした。そこで、グリア細胞の一種であるアストロサイトとニューロンの細胞内カルシウム動態をリアルタイムで観測できる遺伝子改変マウスを作製し、tDCS前後の大脳皮質のカルシウム動態を計測しました。その結果、アストロサイト選択的に顕著なカルシウムの上昇が計測されました。続いて薬理実験を行った結果、tDCSにより $\alpha 1$ アドレナリン受容体(ノルアドレナリンの受容体)が活性化され、アストロサイトのカルシウム上昇を介してシナプス伝達の増強を起しやすくなることが明らかになりました。

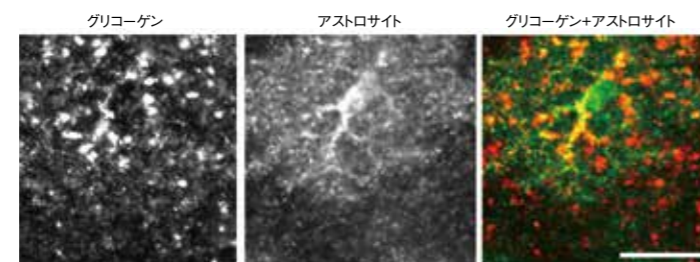
別の研究では、マウス脳内のグリコーゲンを正確に可視化する新しい手法を開発し、加齢に伴う脳グリコーゲンの分布変化を捉えることに成功しました。グリコーゲンは、肝臓や筋

肉で合成されエネルギー源として蓄えられている多糖です。グリコーゲンは脳にも蓄えられており、最近では脳活動のエネルギー源としてだけでなく、記憶の定着という重要な脳活動にも関わるようになってきました。しかし、脳グリコーゲンは微量で分解されやすいため、従来の方法では正確な脳内分布は明らかになっていませんでした。研究チームは、マイクロ波照射装置を使った特殊な固定法により生体内のグリコーゲンを保存し、さらに抗グリコーゲン抗体による免疫組織染色法を用いることで、マイクロレベルからマクロレベルまで脳グリコーゲンの分布を可視化することに成功しました。

その結果、グリコーゲンは脳の海馬、線条体、大脳皮質浅層、小脳分子層に多く存在し、主にアストロサイトに局在していました。また、アストロサイト内では、細胞体よりもシナプスや血管と接する突起にグリコーゲンが多く蓄積されており、若いマウスと高齢のマウスではグリコーゲンの分布が異なることが明らかになりました。

これらの研究成果は、アストロサイトの機能、あるいはアストロサイトと神経細胞の相互作用の研究に大きく貢献し、うつ病や認知症などの神経疾患の治療法や創薬の確立につながると期待されています。

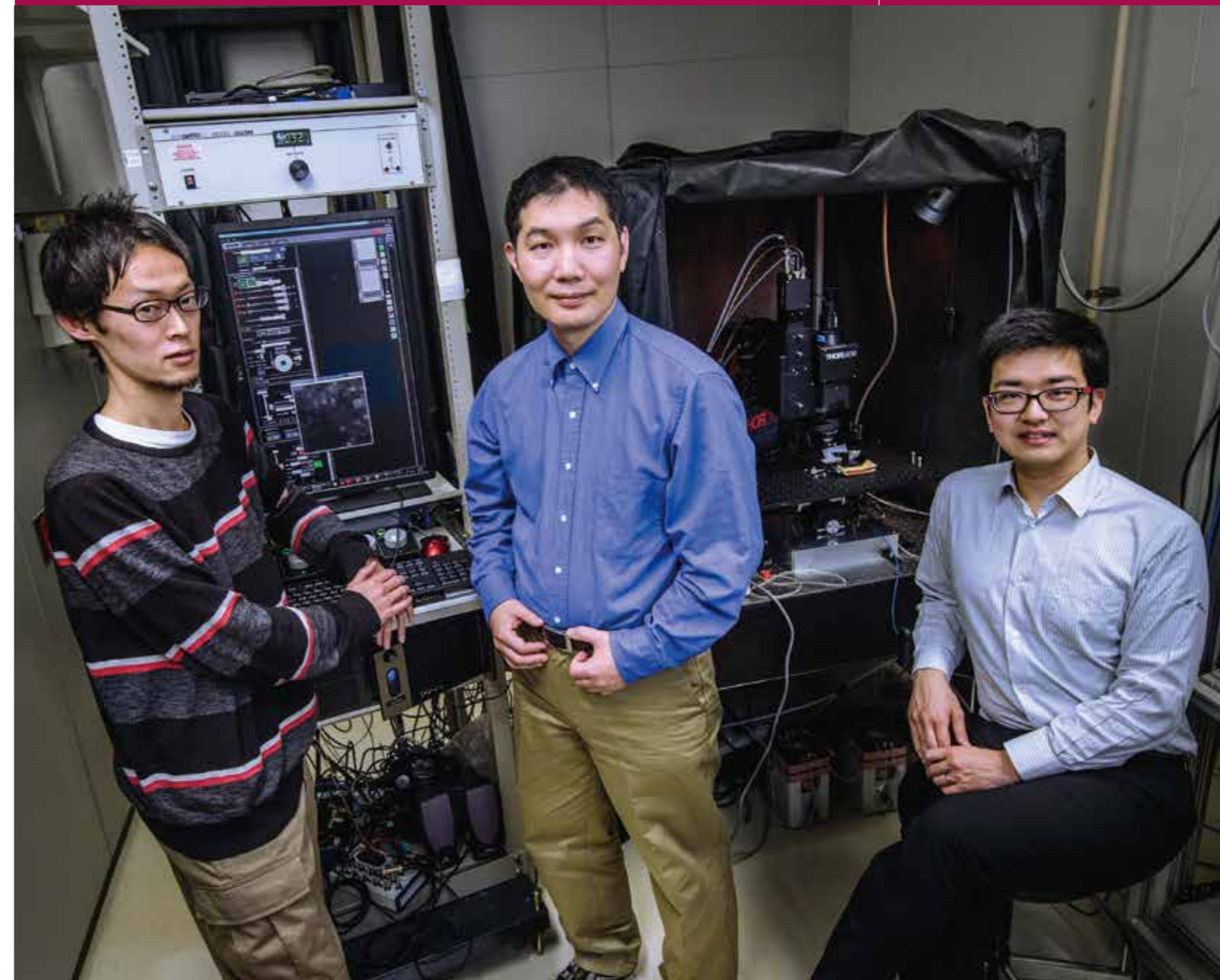
## ● マウス脳のグリコーゲンとアストロサイトの光学顕微鏡写真



左: 白い部分がグリコーゲンを示している。  
中央: 白い部分がアストロサイトを示している。中央の大きな構造が細胞体、その周りに分枝した星状の突起が出ている。  
右: 二つの写真を疑似カラーで重ね合わせたもの。アストロサイトの特に突起構造にグリコーゲンが豊富に存在していることが分かる。スケールバーは20 $\mu$ m。

リファレンス

Oe Y, Baba O, Ashida H, Nakamura KC, Hirase H. "Glycogen distribution in the microwave-fixed mouse brain reveals heterogeneous astrocytic patterns". *Glia*. (2016) 64:1532-1545. DOI: 10.1002/glia.23002  
Murai H, Ohkura M, Tanaka M, Oe Y, Kono A, Hirai H, Mikoshiba K, Itohara S, Nakai J, Iwai Y, Hirase H. "Calcium imaging reveals glial involvement in transcranial direct current stimulation-induced plasticity in mouse brain". *Nature Communications*. (2016) 7:11100. DOI: 10.1038/ncomms11100

“アストロサイトの活動が神経情報処理に  
関与することを生体で見極めたい”平瀬 肇 (ひらせはじめ)  
(写真中央)  
脳科学総合研究センター  
神経グリア回路研究チーム

RIKEN Brain Science Institute

BSI

研究担当組織

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

センター長職務代行 合田裕紀子 (Ph.D.)



国家的・社会的なニーズを踏まえた、課題解決型研究開発を推進

## 統合生命医科学研究センター

ゲノムシーケンス解析研究チーム  
中川英刀 チームリーダー

研究 成果

### 世界最大規模の単独がんの全ゲノムシーケンス

#### 肝臓がん300例の全ゲノム情報を解読し、構造異常や変異を多数検出

ゲノムシーケンス解析研究チームの中川英刀チームリーダーら共同研究グループは、日本人300例の肝臓がんの全ゲノムシーケンスを解析し、がんのゲノム情報をすべて解読しました。この研究は、世界最大のがんゲノム国際連携である国際がんゲノムコンソーシアム (ICGC) のプロジェクトの一環として行われ、単独のがん種の全ゲノムシーケンス解析数としては世界最大規模となりました。

日本では、年間約4万人が肝臓がんと診断され、3万人以上が亡くなっています。特に、日本を含むアジアで発症頻度が高く、肝炎ウイルスの持続感染が主な原因です。B型 (HBV) やC型肝炎ウイルス (HCV) に感染すると、慢性肝炎から、肝硬変を経て、高い確率で肝臓がんを発症します。肝臓がんに対する治療法は、さまざまなものがあるものの十分な効果はなく、がんの分子メカニズムを解明し、新たな治療法や予防法を開発することが求められています。

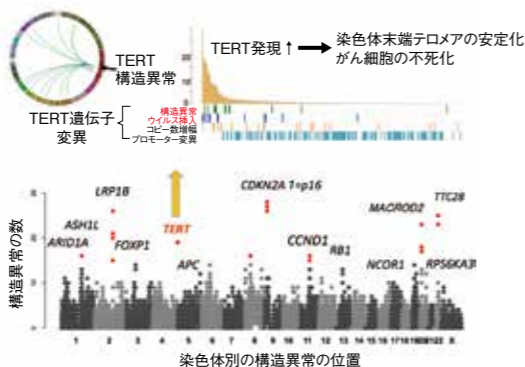
今回、共同研究グループは、日本人300例の肝臓がんの腫瘍と正常DNAの全ゲノムの塩基配列情報を次世代シーケンサー (NGS) と東京大学医科学研究所ヒトゲノム解析センターのスーパーコンピュータを用いて解読し、がん細胞のゲノム変異を網羅的に解析しました。この解析データ総量は、約70兆個もの塩基配列情報に上りました。

その結果、ゲノム異常は1つの腫瘍あたり平均で約10,000か

所に見つかりました。数百〜数百万塩基といった長い配列が変化する構造異常は、p16、APCなど、既知のがん遺伝子に加えて、ASH1L、NCOR1など新規のがん遺伝子でも多数検出されました。さらに、HBVとアデノ随伴ウイルス (AAV) の肝臓がんゲノムへの組み込み、遺伝子発現に影響を及ぼす可能性のある非コード領域や非コードRNA (NEAT1、MALAT1) の変異も多数検出しました。肝臓がんでも頻度の高い変異遺伝子は、染色体末端構造であるテロメアの安定化と細胞の不死化に関わるTERT遺伝子であり、その発現調節領域のポイント変異に加えて、構造異常、ウイルスゲノムの組み込み、コピー数異常が起こっており、これらの変異によりTERT遺伝子の発現が劇的に上昇し、テロメアの安定化、がん細胞の不死化を誘導しているものと考えられます。このようなゲノム異常は、肝臓がんの発生や進行に深く関与すると考えられます。また、これらのゲノム情報を用いると、肝臓がんは大きく6つに分類され、この分類によって術後の生存率が異なることが分かりました。

この成果は、がんのゲノム配列情報に基づいた肝臓がん治療の個別化、さらにはゲノム変異変化を標的とした新規の治療法や予防法の開発へ発展する可能性があります。また、現在進行している大規模ながん腫横断的な国際連携プロジェクトPCAWGにも大きく貢献しており、そこでの成果も今後期待されています。

● 肝臓がんのゲノム構造異常に関わる遺伝子とTERT遺伝子変異



X軸:染色体 (1番~22番、23番:X染色体)ごとの構造異常の位置。  
Y軸:検出されたそれぞれの遺伝子に関わる構造異常の数。  
5番染色体にあるTERT遺伝子では、さまざまな構造異常 (遺伝子の一部が本来の位置から移動すること) やウイルスゲノムの組み込みにより、TERT遺伝子の発現が劇的に増加した (右上図)。これにより、染色体末端テロメアの安定化とがん細胞の不死化につながっているものと考えられる。左上の円は、TERT遺伝子の転座部位を示す。赤点は、3%以上の肝臓がん検出された変異を示す。

リファレンス  
Akihiro Fujimoto, Mayuko Furuta, et al. Whole genome mutational landscape and characterization of non-coding and structural mutations in liver cancer. *Nature Genetics* 48: 500-509 (2016)  
肝臓がん300例の全ゲノムを解読 [http://www.riken.jp/pr/press/2016/20160412\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2016/20160412_1/)

### “ゲノム情報を用いた がん個別化医療の実現を目指す”

中川英刀 (なかがわひでわき)  
(写真右から4番目)  
藤本明洋 (ふじもとあきひろ)  
(写真右から5番目)  
古田繭子 (ふるたまゆこ)  
(写真右から3番目)  
統合生命医科学研究センター  
ゲノムシーケンス解析研究チーム



RIKEN Center for Integrative  
Medical Sciences

IMS

研究担当組織

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

センター長 山本 雅 (B.Sc., Ph.D.)



国家的・社会的なニーズを踏まえた、課題解決型研究開発を推進

## 革新知能統合研究センター

杉山 将 センター長

研究 成果

### 次世代人工知能の基盤創出へ

基礎から応用まで幅広い分野での貢献を目指す

人工知能の研究は1950年代から始まり、現在は3回目のブームが起きているといわれています。そのきっかけとなった「深層学習(ディープラーニング)」の最初の論文が発表されたのは2006年です。当初は、冷ややかに見られることが多かった研究も、10年も経たないうちに人工知能研究全体を牽引するテーマに成長し、特にここ数年社会から大きく注目を集めています。

ひとくちに人工知能研究といっても、いろいろなテーマがあり、時代によって流行り廃りがあります。現在目を引く研究テーマの後追いをしても、莫大な資金を持っているIT企業には太刀打ちできません。しかし、基礎的な理論研究はアイデア一つで世界を大きく変える力を持っています。

2016年4月、文部科学省が推進する「人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト」事業の研究開発拠点として、革新知能統合研究センター(AIP)が設置されました。日本には今まで、情報科学の基礎理論の研究を自由に行える場が多くありませんでした。AIPはその役割を担い、基礎理論の研究者が自由な発想で研究を進められるようにしていきたいと考えています。

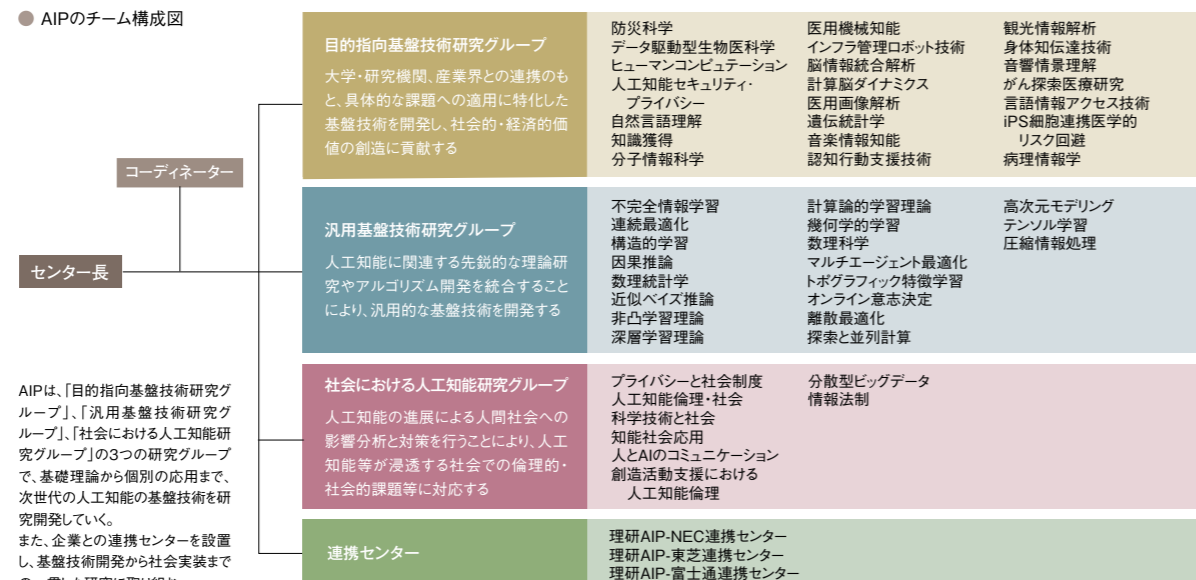
AIPでは、日本の強みを活かした人工知能の応用研究を二つの方向性で進めていきます。一つ目は、日本の強みである科

学研究を人工知能でさらに強化していくことです。iPS細胞、製造技術、材料科学など、さまざまな分野の研究者とパートナーシップを組んで、個々の研究が抱える問題を人工知能技術で解決していきたいと思っています。二つ目は、日本の抱えている社会問題を解決する技術の開発です。超高齢社会の到来、老朽化が進むインフラへの対応、甚大な自然災害への対応など、日本の将来のために解決しなければいけない課題が山積しています。人工知能を活用することで、それらの課題を効率よく解決できる技術が開発できるはずです。

人工知能は、昔から映画や小説などの題材になりやすく、研究が注目されると同時にその研究成果が広がることに懸念を示す声も聞かれます。そのような声に対応するために、AIPでは人工知能の倫理問題や社会への影響なども議論、検討していきます。このような議論が成熟することで、人工知能技術がいち早く社会に普及する手助けとなることを期待しています。

海外のAI先進国と比べると、日本の人工知能研究者は層が薄いのが現状です。AIPでは、現在、多くの優秀な研究者を研究主宰者に迎えています。この研究センターを核に、次世代をリードする若手研究者を数多く輩出したいと考えています。

#### ● AIPのチーム構成図



“コミュニケーションを密にできる環境をつくり  
新しい発想の人工知能技術を開発する”

杉山 将(すぎやままさし)  
革新知能統合研究センター



RIKEN Center for  
Advanced Intelligence Project

AIP  
研究担当組織

革新知能統合研究センターは、革新的な人工知能技術の中核とし、IoTやビッグデータ解析など情報科学技術分野における最先端技術の研究開発を統合し、実証・実用化のための次世代基盤技術を構築します。また、具体的な社会・経済価値を創造する多数の応用領域の社会実装に貢献するとともに、人工知能技術等の進展に伴って生じる倫理的・法的・社会的課題等への対応や、データサイエンティストなどの育成を行います。

センター長 杉山 将 (Ph.D.)





最高水準の研究基盤開発・整備・共用・利用研究を推進

## バイオリソースセンター

微生物材料開発室 事業推進ユニット  
高島昌子 ユニットリーダー

研究 成果

### 酵母が繰り広げる多様な世界

多くの酵母を調査・分類することで、研究基盤を支える

酵母は酒や味噌などの醸造食品と関係が深く、人々の生活に密着した微生物です。かつては出芽や分裂によって増えるものを酵母と称していましたが、分子生物学の発展と系統解析による研究に伴い、酵母には非常に多くの種類があることが分かり、酵母という言葉が示す範囲が広がってきました。

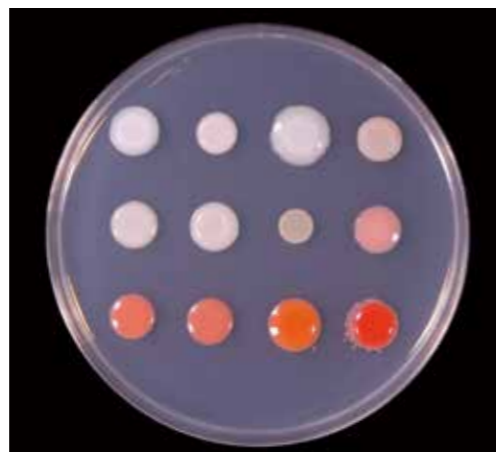
現在知られている酵母の仲間は1,500種以上あります。しかも、この数は、酵母全体の5%程度といわれています。1993年に発効した生物多様性条約をきっかけに、酵母を含む微生物の多様性に関する研究は、世界各国で積極的に取り組まれるようになりました。微生物材料開発室事業推進ユニットの高島昌子ユニットリーダーは、20年以上にわたり酵母の研究を積み重ねており、この分野の発展に大きく貢献しています。そして、2016年7月には、その功績が認められ、日本微生物資源学会賞を受賞しました。

酵母を研究の材料とするには、サンプルの中から分離して、純化し、保存する作業が必要です。その作業を行うのに約3か月の時間がかかり、並行して作業を進められる数は限られています。さらにその名前を知るためには、特定の領域の遺伝子の塩基配列を決定したり、その種に特徴的の形質を調べたりする必要があり、その作業にまた1か月ほどの時間が必要です。このよう

な地道な作業を積み重ね、たくさんの種類の酵母の情報を収集することで、その環境に棲む酵母の多様性を明らかにできるようになります。高島ユニットリーダーらは、沖縄県の西表島と北海道の利尻島に生息する酵母を183種も採取しました。しかも、そのうち約半数が新種の可能性が高いことが分かりました。

微生物材料開発室では、さまざまな酵母を保有し、多くの研究機関に提供すると同時に、一部の株についてはゲノム情報なども提供し、研究の後押しをしています。そのような共同研究の中から、トリコスポロン属の酵母のゲノム解析の中で、複数の「ハイブリッドゲノム」を発見しました。ハイブリッドゲノムとは、異なった種のゲノムが組み合わさってできる倍数性のゲノムのことです。ハイブリッドゲノムの有名な例にラガービール酵母がありますが、これは発酵槽という特殊な生育環境の中で起きた出来事ではと推定されています。最近では、さまざまな分野でゲノムの安定化機構の理解の重要性が言われており、より生産性の高い酵母を作り出すことなどへの応用も期待されます。このような分野にも研究の材料と情報を提供することができ、日々、積み重ねられる酵母の多様性や分類の研究は、さまざまな研究を支えるための大切な基盤となっているのです。

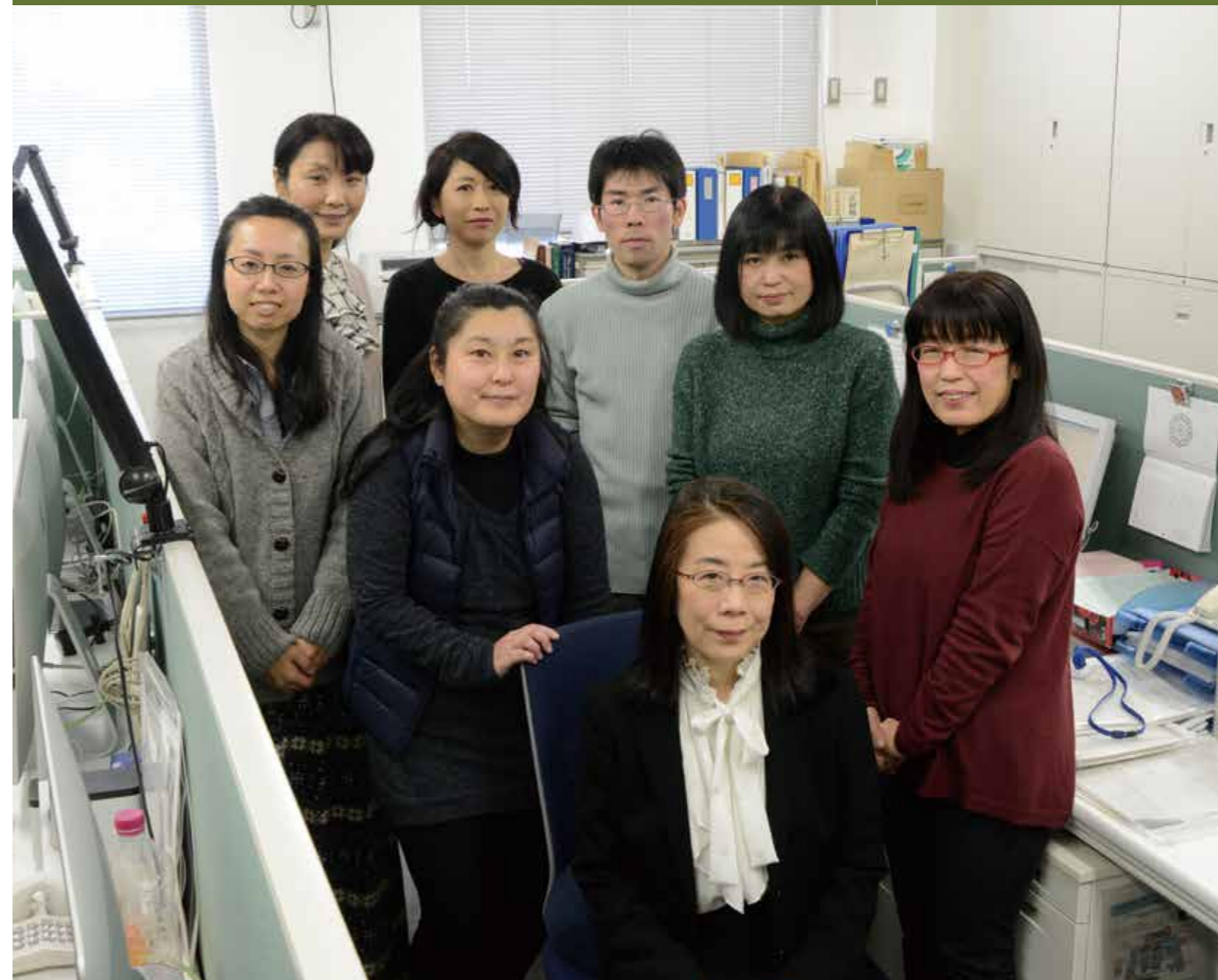
● 西表島および利尻島から分離した各種酵母



YM寒天培地、17℃で4日培養後、室温にて3日培養

“新たな酵母リソースとその付随情報を  
世界のさまざまな研究機関に提供する”

高島昌子 (たかしまさこ)  
(写真手前中央)  
バイオリソースセンター  
微生物材料開発室  
事業推進ユニット



RIKEN BioResource Center

# BRC

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研究基盤です。当センターはわが国の貴重なバイオリソース、すなわち実験動物マウス、実験植物シロイヌナズナ、iPS細胞等のヒト・動物細胞材料、遺伝子材料、微生物材料を収集、高品質に保存・管理し、それらを情報とともに利用を希望する研究者に提供することにより研究開発の発展に貢献しています。2001年の設立以来、信頼性、継続性、先導性を事業の柱として展開し、い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.)





## ライフサイエンス技術基盤研究センター

理研CLST-JEOL連携センター

固体NMR 技術開発ユニット 西山裕介 ユニットリーダー

超高磁場NMR実用化ユニット 柳澤吉紀 ユニットリーダー

マルチモダル微細構造解析ユニット 片岡洋祐 ユニットリーダー

研究成果

### 理研CLST-JEOL連携センターの挑戦

分析・診断機器分野のイノベーション創出を目指す

電子顕微鏡や核磁気共鳴(NMR)装置などの先端分析機器の需要が、医療・創薬などの基礎研究分野に広がっています。理研CLST-JEOL連携センターは、今後の臨床応用を見据えた分析・診断機器の高機能化に取り組んでいます。

NMRは、強い磁場に置かれた分子が示す特徴的な振る舞いを測定し、物質の構造や組成を分析する装置です。タンパク質などの生体分子を水に溶かした状態で測定できるのが特徴で、さまざまな分子を含む尿のような液体の定量測定にも威力を発揮します。しかし、水に溶けない凝集タンパク質や、臓器や細胞といった不均一な生体試料では十分な感度が得られず、タンパク質を同位体で標識したり、検体を大量に用いたりする必要があります。固体NMR技術開発ユニットの西山裕介ユニットリーダーは、試料を高速回転させてNMR信号の分解能を高めるマジックアングル試料回転(MAS)法を改良し、微量生体試料からのメタボローム解析や、凝集した異常タンパク質に多く見られる平行・反平行βシートの構造を標識せずに決定することに成功しました。創薬・診断分野でのNMR応用を促進する新手法として注目されています。一方、NMR実用化ユニットの柳澤吉紀ユニットリーダーは、NMR装置そのものの高性能

化・小型化に取り組んでいます。NMRでは測定試料にかかる磁場が強いほど精密な測定ができるため、従来よりも高い磁場を発生する高温超伝導磁石を利用した「超高磁場NMR」の実現に向けてメーカーがしのぎを削っています。2015年、物質・材料研究機構や神戸製鋼所などと世界最高磁場のNMR装置(1,020MHz=24.0テスラ)を共同開発し、2016年には超伝導磁石の世界最高記録となる27.6テスラの磁場の発生に成功するなど、高温超伝導磁石の実用化を進めています。

電子顕微鏡は、生命活動の基本単位である細胞の構造を高倍率で観察できます。しかし一度に観察できる領域は極めて狭く、光学顕微鏡に慣れた研究者が電子顕微鏡で得られた画像を活用するには訓練が必要です。マルチモダル微細構造解析ユニットの片岡洋祐ユニットリーダーは、一つの組織切片を少しずつずらしながら走査電子顕微鏡(SEM)で自動撮影し、高解像度かつ広範囲にわたる画像を再構成する手法を開発しました。組織の全体像から細胞の内部構造までをシームレスに観察できるため、例えば病変組織において、隣り合う正常細胞と異常細胞の細胞小器官でどのような違いが生じているかを比較するなど、新たな観点からの発見が期待できます。

● 図1 超小型NMR試料管



上:マジックアングル試料回転(MAS)法の測定に開発したもの。商品化されたものとしては世界記録となる120 kHz(1秒間に12万回転、7,200,000 rpm)という超高速の試料回転を実現している。

右:走査型電子顕微鏡(奥)を用いて1枚(数mm)の切片から数百~1万枚の高倍率像を自動撮影し、コンピュータ上で1枚の高精細画像に再構成することで、網羅的な微細構造の解析(Micro-Morphomics)が可能となる。

● 図2 電子顕微鏡を用いた“Micro-Morphomics”



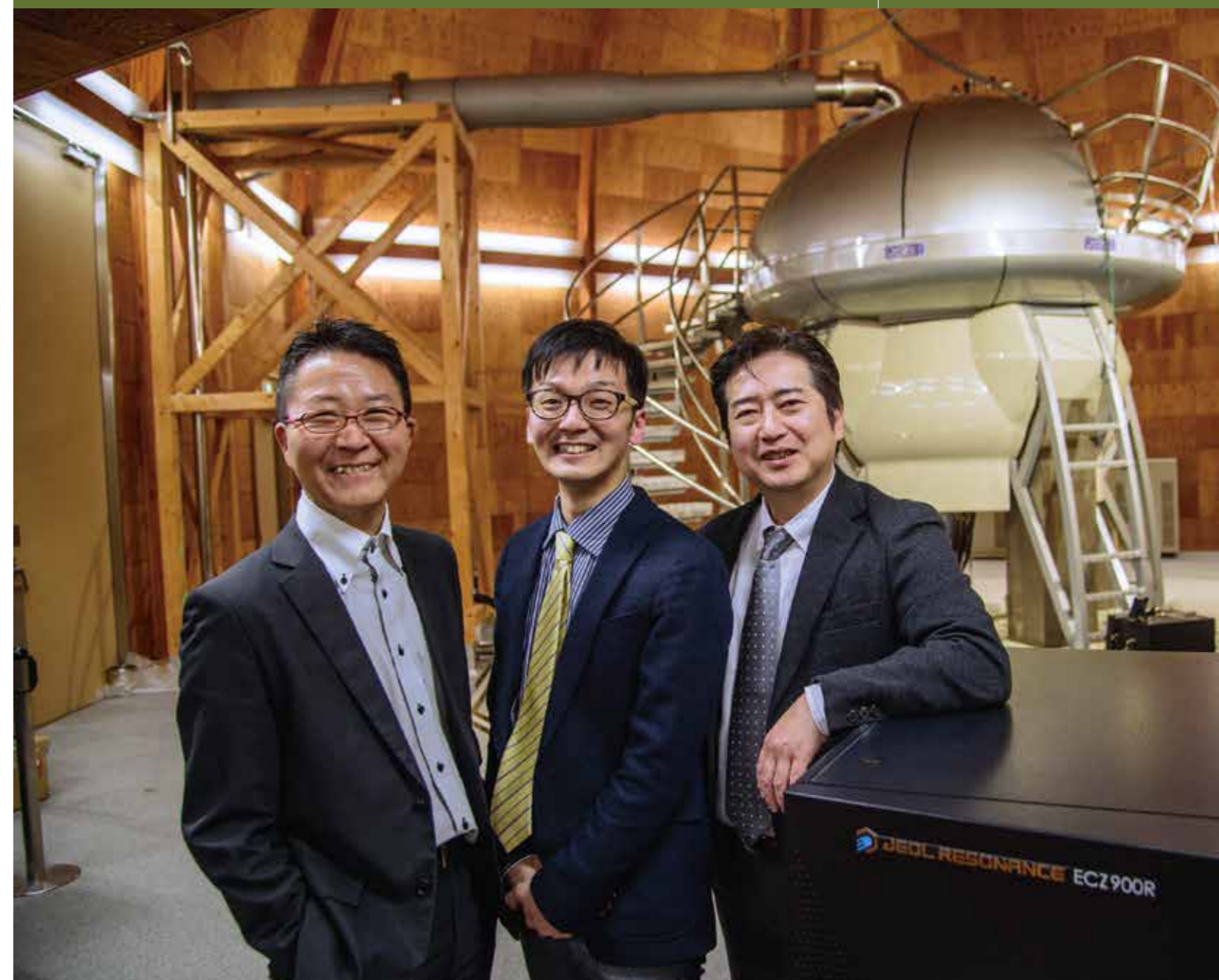
リファレンス  
Physical Chemistry Chemical Physics, 2016 Aug;18:22583-22589.  
Journal of Magnetic Resonance, 2016 Feb;263:164-71.  
Journal of Magnetic Resonance, 2015 Sep;258:96-101.  
Journal of Magnetic Resonance, 2015 July;256:30-33

“分析・診断機器分野で  
グローバル競争に打ち勝つ  
日本独自技術を創出”

西山裕介(にしやまゆうすけ)  
(写真左)  
固体NMR 技術開発ユニット

柳澤吉紀(やなぎざきよしのり)  
(写真中央)  
超高磁場NMR実用化ユニット

片岡洋祐(かたおかようすけ)  
(写真右)  
マルチモダル微細構造解析ユニット



RIKEN Center for  
Life Science Technologies

CLST

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、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立し、われわれヒトを含む生き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。構造・合成生物学部門、機能性ゲノム解析部門、生命機能的イメージング部門の3部門の研究拠点が横浜と神戸(一部和光)にあり、これらの部門を横断する研究組織としてセンター長戦略プログラムが活動しています。また産業界との連携センター制度に基づき、理研CLST-JEOL連携センターと理研CLST-ダイキン工業連携センターが設置されています。

センター長 渡辺恭良 (M.D., Ph.D.)



## 計算科学研究機構

粒子系生物物理研究チーム  
 杉田理論分子科学研究室  
 杉田有治 チームリーダー／主任研究員

研究成果

### 世界最小バクテリアの細胞質分子の動きを計算

スーパーコンピュータ「京」で細胞内の複雑な構造と運動が明らかに

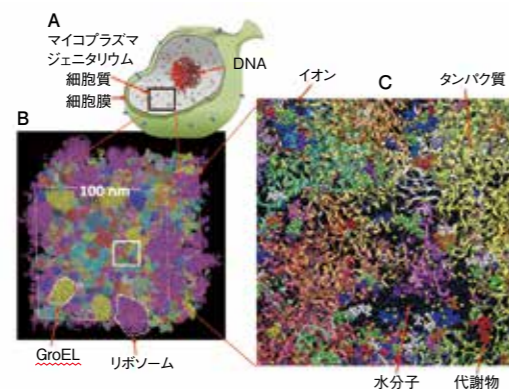
細胞には、細胞核や細胞膜、小胞やゴルジ体など、細胞内小器官と、それ以外の細胞質と呼ばれる部分があります。細胞質は、その体積の約70%が水でできており、残り30%はタンパク質やRNA(核酸)などの生体高分子、アミノ酸などの代謝物やイオンなどで構成されています。細胞質の中は「細胞内分子混雑環境」と呼ばれる分子が混み合った複雑な環境で、実験や理論で生体分子の構造や動き、変化のメカニズムを解明することは非常に難しく、十分に理解されていませんでした。

粒子系生物物理研究チームの杉田有治チームリーダー、理論科学連携研究推進グループの優乙石研究員と米国ミシガン州立大学のマイケル・ファイグ教授らの国際共同研究グループは、全長400nm(1nmは10億分の1m)という世界最小のバクテリアであるマイコプラズマ・ジェニタリウムの細胞質に含まれるほとんどの分子構造を、原子レベルでコンピュータ上に構築(モデリング)しました。このモデルは、約1億個の原子からなる世界最大級かつ最高解像度の細胞質モデルで、多くの物理化学的および生化学的条件を満たす信頼性の高いものとなっています。また、理研で開発した超並列分子動力学計算ソフト

ウェア「GENESIS」をスーパーコンピュータ「京」上で合計数か月稼働させることで、細胞質モデルに含まれる原子一つ一つの動きを再現しました。これまでに、約1,170万の原子を持つモデルで130ナノ秒(1ナノ秒は10億分の1秒)、約1億の原子を持つモデルで20ナノ秒間の原子・分子の挙動のデータが得られています。さらに、データを詳細に解析したところ、隣接する生体高分子との相互作用によってタンパク質の構造が変化する過程や、ATPなどの代謝物の細胞内における挙動が分子レベルで明らかになりました。

この研究を通じて発見・解明した細胞質を持つ特徴の多くは、従来の細胞内分子混雑環境に対する理解を深めると同時に、「原子レベルから細胞生命現象を解明する」という生命科学の究極的な目標に一步近づいたと考えられます。また、この研究で培われた細胞環境を考慮したより高精度の計算技法は、今後、多数のタンパク質と多数の化合物の多対多による競合的相互作用と細胞環境を考慮した、次世代創薬のシミュレーションの開発につながると期待できます。

● マイコプラズマ・ジェニタリウムの模式図と細胞質モデル



A: マイコプラズマ・ジェニタリウムの模式図。全長は約400nm。DNA(赤)と細胞膜(緑)を除いた部分が細胞質。このバクテリアには細胞壁や核膜は存在しない。  
 B: マイコプラズマ・ジェニタリウムの細胞質モデル。細胞全体の体積の10%程度をカバーしており、各生体高分子を異なる色で表示している。点線で囲まれた複合体は、それぞれリボソーム(紫)とシャペロニンL(黄)。一辺が100nmの立方体に水分子を含め約1億個の原子で構成されている。  
 C: 細胞質モデルの一部(一辺が約25 nm)を拡大表示したものを。タンパク質などの生体高分子(リボンで示されている)の他に、ATPやアミノ酸などの代謝物、イオン、水分子も全て原子レベルでモデリングされている。

リファレンス  
 Isseki Yu, Takaharu Mori, Tadashi Ando, Ryubei Harada, Jaewoon Jung, Yuji Sugita, Michael Feig  
 "Biomolecular interactions modulate macromolecular structure and dynamics in atomistic model of a bacterial cytoplasm", *eLife*, doi:10.7554/eLife.19274  
 バクテリア細胞質の全原子分子動力学計算 [http://www.riken.jp/pr/press/2016/20161101\\_3/](http://www.riken.jp/pr/press/2016/20161101_3/)

“生命科学における究極の目的に挑戦し、  
 原子レベルから細胞生命現象を解明する”

杉田有治(すぎたゆうじ)  
 (写真中央)

優乙石(ゆういつせき)  
 (写真左から2番目)

森貴治(もりたかはる)  
 (写真右端)

鄭載運(ジョン・ジェウン)  
 (写真左端)

計算科学研究機構  
 粒子系生物物理研究チーム

Michael Feig(マイケル・ファイグ)  
 (写真右から2番目)

米国ミシガン州立大学  
 生化学分子生物学科



RIKEN Advanced Institute for  
 Computational Science

AICS

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を創出しています。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年頃の運用開始に向け、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.)

## 放射光科学総合研究センター

XFEL研究開発部門  
田中 均 部門長

研究成果

## SACLAで「SXFELビームライン」の供用がスタート

世界で唯一、軟X線FELと硬X線FELを同時に供給する施設に

理研と高輝度光科学研究センター（JASRI）が共同で建設した「SACLA」は、世界で2か所しかない、利用者へ供用されているX線自由電子レーザー（XFEL：X-ray Free Electron Laser）施設です。通常は全長が数kmを超える施設ですが、SACLAは700mとコンパクトでありながら世界最短波長となる0.1nm以下の硬X線FELを発振する高い性能を持ち、光合成に重要なPSIIタンパク質の正確な構造の解明をはじめとする数々の成果を上げています。一方で、触媒機能の解明や半導体デバイスの微細化に必要な極端紫外線リソグラフィの基盤研究といった分野では、硬X線よりも波長の長い0.3～数10nm領域の軟X線を用いた解析が重要で、SACLAにおける軟X線FELの実現が期待されていました。

SACLAの3本のビームライン（BL1～3）のうち、BL2とBL3は硬X線FELビームラインとして稼働しています。一方、BL1はレーザーではない短パルス軟X線を生成する「広帯域自発放射ビームライン」として稼働していました。そこで、BL1の軟X線をレーザー化し、軟X線FELを発振することを目指しました。

理研とJASRIは、BL1にSACLAのプロトタイプとして活用されていた「SCSS試験加速器」を移設し、一部コンポーネントを増強する計画を2014年度に開始しました。2015年夏に工事は

完了し、同年10月に波長30nm付近のレーザー発振を確認し、2016年4月に正式名称を「SXFELビームライン」と改め、7月には供用を開始しました。現在は、最短で10nmを下回る軟X線FELを発振することができます。SCSSを再利用したことで高度化に必要なコストを大幅に削減しただけでなく、SXFELビームライン専用の加速器を設置できたことでBL2とBL3との同時稼働を実現し、SACLAの利用機会を増やすこともできました。

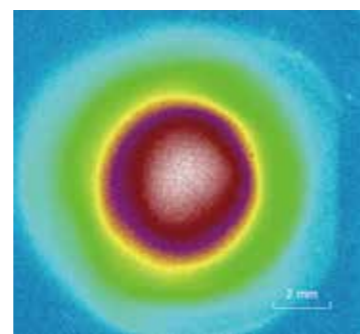
SACLAは施設の調整時間が非常に少ない、世界で最も安定的にXFELを提供する施設です。その卓越した制御技術は、2012年の供用開始以降も絶え間なく高度化しています。2017年の2月には2本の硬X線FELビームラインを同時に、40ギガワットを超える高いレーザー出力で運転することにも成功しました。2009年に供用を開始した米国のLCLS、2012年に供用を開始したSACLAに続き、2017年にはヨーロッパ、韓国、スイスのXFEL施設の供用が開始される見通しで、国際競争はより熾烈になります。SACLAは世界で唯一、大強度かつ高輝度な軟X線FELと硬X線FELを同時に供給する施設として、今後も特色ある利用法を開拓し、ユニークな成果を創出します。そして、世界最高精度の“眼”として、さまざまな学術・産業の発展により一層貢献していきます。

● 図1 組立調整実験棟からSACLAアンジュレータホールに移設されたSCSS試験加速器



組立調整実験棟（移設前）

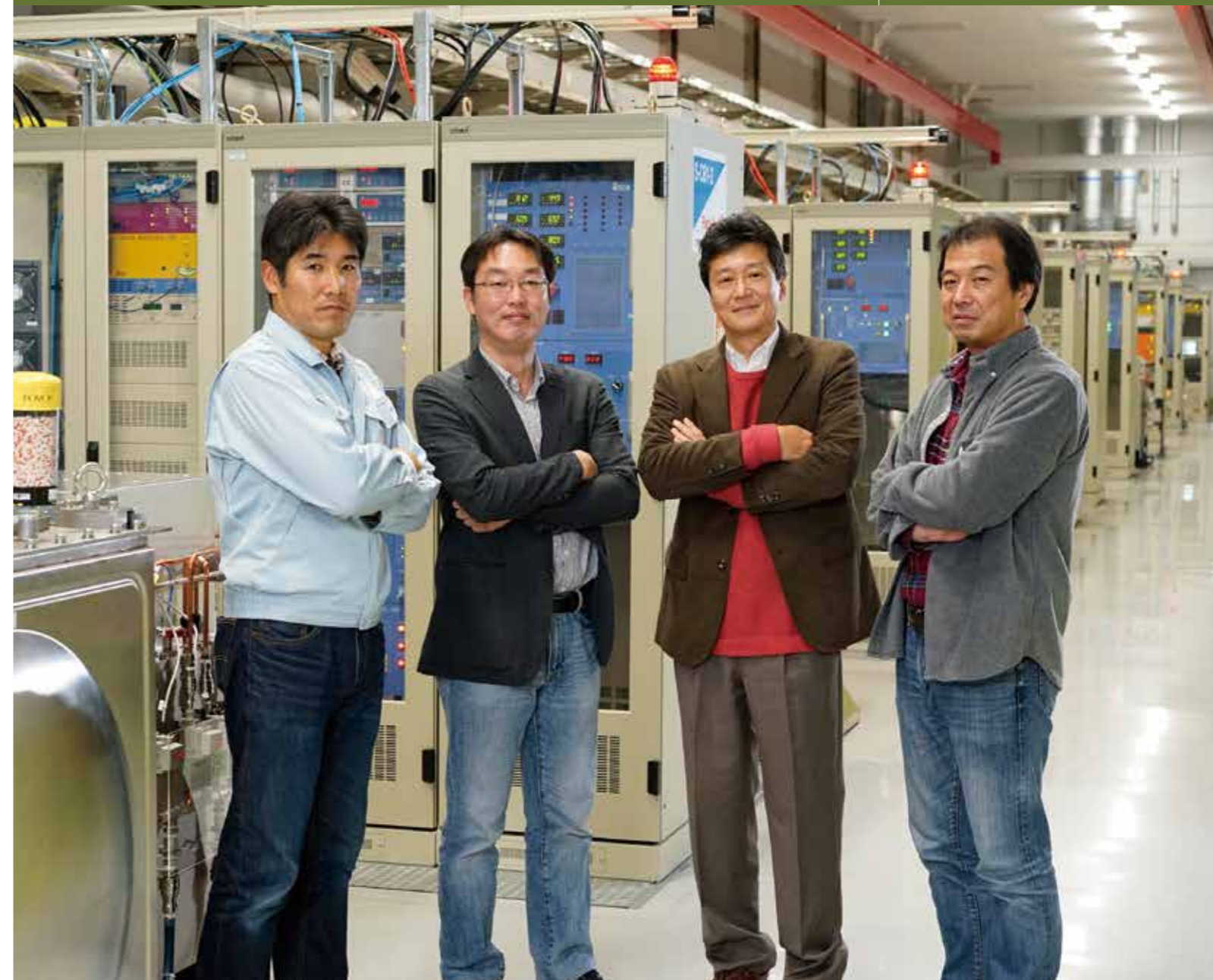
● 図2 軟X線レーザー（波長12nm）の空間プロファイル



2017年4月3日

リファレンス  
SACLAで「SXFELビームライン」が稼働 <http://xfel.riken.jp/topics/20160426.html>  
SACLAで2本の硬X線FELビームラインの同時高出力運転に成功 [http://www.riken.jp/pr/topics/2017/20170329\\_1/](http://www.riken.jp/pr/topics/2017/20170329_1/)

“原子の世界を映し出す世界最高精度の「眼」で  
学術・産業の発展に貢献していきたい”

田中 均（たなかひとし）  
（写真右から2番目）原 徹（はらとおる）  
（写真右端）渡川和晃（とがわかずあき）  
（写真左から2番目）稲垣隆宏（いながきたかひろ）  
（写真左端）放射光科学総合研究センター  
XFEL研究開発部門

RIKEN SPring-8 Center

RSC

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20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5年が経過し、先端的な成果が続々と創出されています。世界で唯一、放射光とX線自由電子レーザーの先端研究基盤施設が同じ場所にあるという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、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

初田量子ハドロン物理学研究室  
初田哲男 主任研究員

研究 成果

### 数値シミュレーションで新粒子候補の正体を解明

#### テトラクォークZc(3900)は新粒子ではなかった？

私たちの身のまわりにあるあらゆる物質は、原子によってできています。さらに原子は、電子と原子核から成り立っており、原子核は核子(陽子と中性子の総称)から構成されています。その核子も素粒子の一種であるクォーク3個でできています。核子のようなクォークの複合体を「ハドロン」と呼び、これまでに約300種類が知られています。

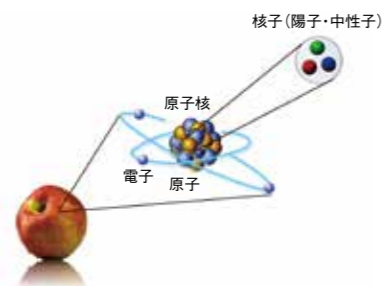
近年の加速器実験で、クォーク4個のテトラクォークや5個のペンタクォークといった、新粒子候補のハドロンが実験的に報告されていますが、それらの真の正体は謎に包まれています。こうした素粒子の研究には、素粒子を扱う標準理論の一部である量子色力学(quantum chromodynamics, QCD)について、「格子量子色力学」を用いて解明します。格子量子色力学(Lattice QCD)は、縦・横・高さに時間軸を加えた四次元時空間上で定式化された量子色力学を、スーパーコンピュータを用いた大規模数値シミュレーションで、近似を用いることなく解くことができます。

初田量子ハドロン物理学研究室の初田哲男主任研究員、池田陽一客員研究員、土井琢身専任研究員、京都大学基礎物理学研究所の青木慎也教授らの共同研究グループ「HAL QCD Collaboration」は、テトラクォーク候補の一つZc(3900)の正体を明らかにするため、格子量子色力学に基づいた大規模な数値シミュレーションと、光や電子などの粒子を物質に照射し、散乱された粒子から物質の内部構造を解析する方法「散乱理論」を組み合わせてクォーク多体系の離合集散を計算する手法を確立しました。

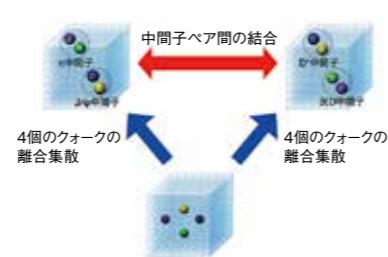
その結果、Zc(3900)は新粒子ではなく、中間子のペアが互いに入れ替わること(遷移)によって散乱するハドロンの反応確率が増大する「しきい値効果」であることが明らかになりました。

この研究によって得られた数値シミュレーションによる新奇なハドロンの性質を解明する理論的な手法は、素粒子物理学・原子核物理学の理論研究に大きく貢献すると期待できます。

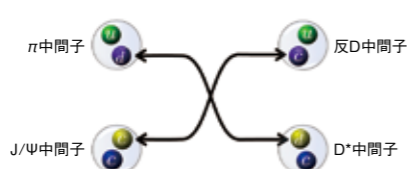
● 図1 私たちの身のまわりの物質の成り立ち



● 図2 ハドロンに働く力と結合を大規模数値シミュレーションから算出する方法



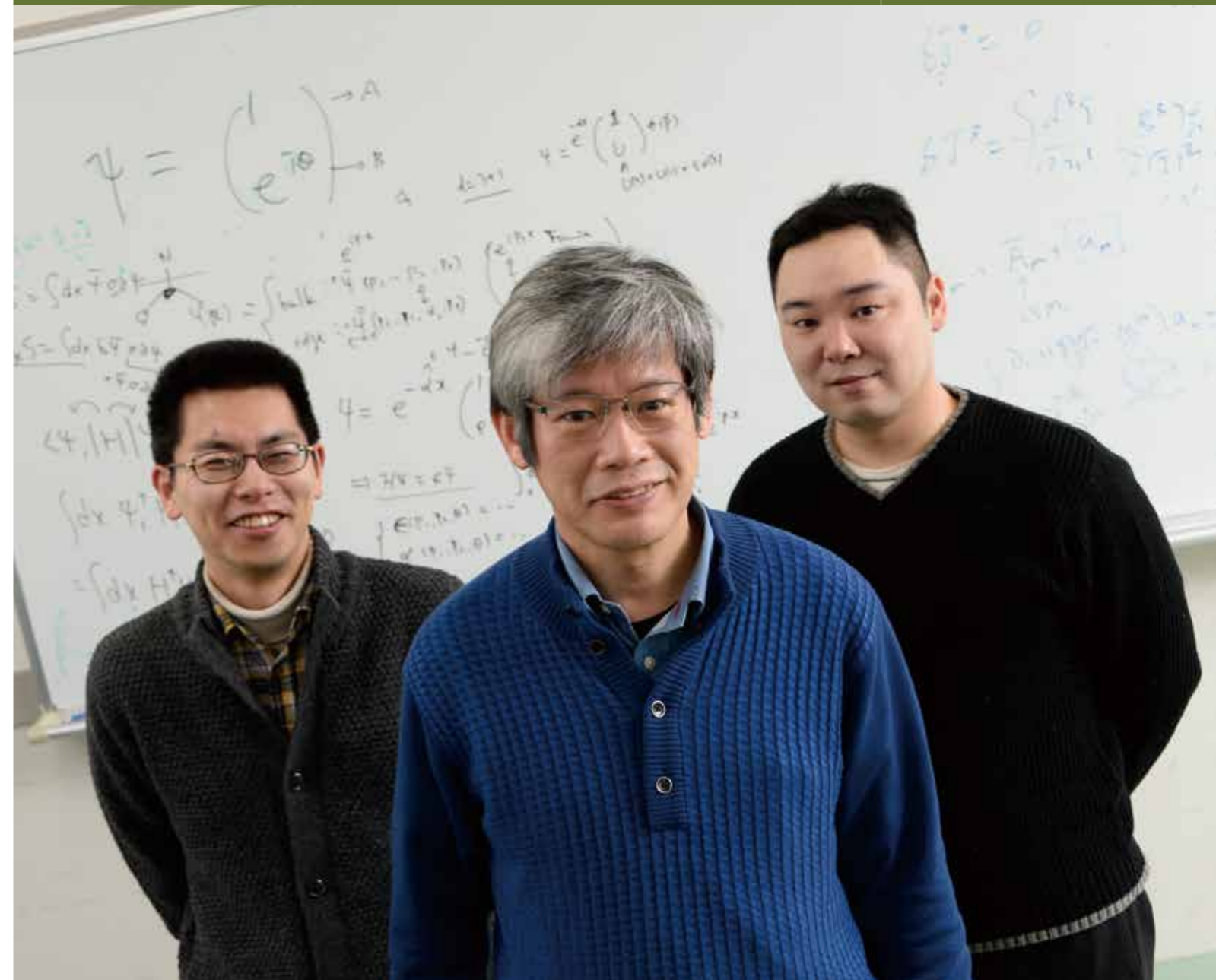
● 図3 中間子ペアが遷移する過程の一例



リファレンス  
Y. Ikeda, S. Aoki, T. Doi, S. Gongyo, T. Hatsuda, T. Inoue, T. Iritani, N. Ishii, K. Murano and K. Sasaki (HAL QCD Collaboration), "Fate of the Tetraquark Candidate Zc(3900) from Lattice QCD," *Phys. Rev. Lett.* 117, no. 24, 242001 (2016). doi:10.1103/PhysRevLett.117.242001  
新粒子候補テトラクォークZc(3900)の正体 [http://www.riken.jp/pr/press/2016/20161214\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2016/20161214_1/)

“実験の観測結果をスーパーコンピュータで  
検証する手法を確立したい”

初田哲男(はつだてつお)  
(写真中央)  
土井琢身(どいたくみ)  
(写真左)  
池田陽一(いけだよういち)  
(写真右)  
仁科加速器研究センター  
初田量子ハドロン物理学研究室



RIKEN Nishina Center for  
Accelerator-Based Science

RNC  
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ます。

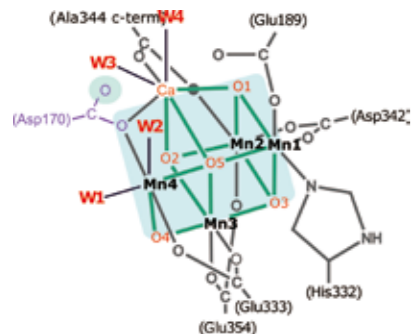
センター長 延與秀人 (D.Sci.)



課題解決型の研究を理研の総合力を活かして組織横断的に推進

## 産業連携本部 イノベーション推進センター

中村特別研究室  
中村振一郎 特別招聘研究員



研究成果

# 計算科学によって産業界の課題解決に貢献

## 最先端研究とその統合知を産業界へ

理研には研究活性化と研究成果の社会還元を目的に、企業から受け入れた資金で研究を推進する「特別研究室制度」があります。中村特別研究室はその制度を活用して2011年に開設されました。

背景には、理研をはじめ国内の研究機関で開発される分子・材料の計算科学ソフトの質と量は目覚ましいもの、かたや今の産業界では新規ソフトの開発はおろか国内外で開発された最先端ソフトの活用さえ障壁が生じつつあるという現状がありました。そこで、中村特別研究室では、量子化学・第一原理計算を活用した研究を先鋭化するだけでなく、課題解決に必要なシミュレーション(古典分子動力学、マクロレベルの工学的シミュレーション、Bayes統計、圏論)を統合知として、必要部分は開発を加えつつ、産業界に問題解決の知見とノウハウを届ける活動を行ってきました。

中村特別研究室で進めている先端研究は、天然光合成Mn錯体のメカニズム解明です。植物は35億年余りかけて、太陽光エネルギーによって水から酸素を得る地球の生命維持装置をつくりました。その本質に迫るため、日々研究を進めています。

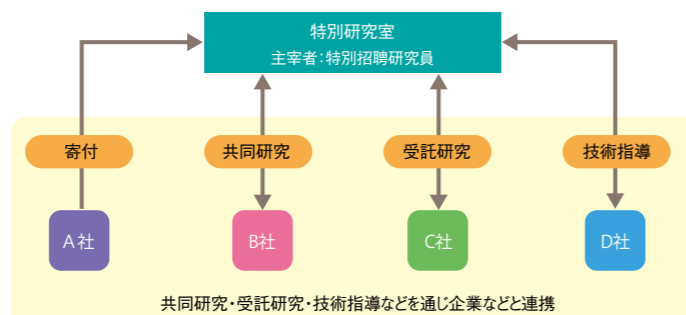
科学の統合知の構築には二つの側面があります。具体的な企業ビジネスに直結した課題解決というワクワク感と緊張が絶えない側面と、これから産業(雇用)を生み出すに違いないと信じて提案する側面です。

第一の側面は論文にできない秘密の塊です。これは創造的知性の源に接する時間との闘いであり、発表できる時は産業界には遅すぎる題材です。二つ目の側面の具体例として、「健康設計」のソフト開発と自立分散「エネルギーシステム設計」を行っています。「健康設計」は、これから高齢化する日本の現実を逆手にとり、世界に先駆け独自性を活かす試みです。つまり、今は病気でない健康な人の大量データから未病・予防医療に具体策を提供できるBayes統計のソフト開発です。

「エネルギーシステム設計」の課題は、現在の太陽電池が効率に優れた機器・装置の開発も進み、各地で導入が進んでいるにもかかわらず、現在の電力インフラは刻々と変化する天候変動や消費者の需要に対応できず、安定供給が難しいことです。そこで重要となるのが、エネルギー貯蔵方法です。植物は太陽光を効率よく集光し、デンプン(炭化水素)にしてエネルギーを貯蔵しています。これにヒントを得て、太陽光エネルギーを「水素」として貯蔵する安価で簡便なシステムのコンセプト構築を行い、東京大学と共同で行った実験にて、太陽光エネルギーから水素への変換効率15.3%を達成しました。

中村特別研究室は、産業課題の解決を“同じ船に乗った思い”で行い、蓄積した経験・知見をベースに解をお届けし、産業界が元気になることが、日本の基礎研究が復活する最短距離だと信じて活動しています。

● 特別研究室制度



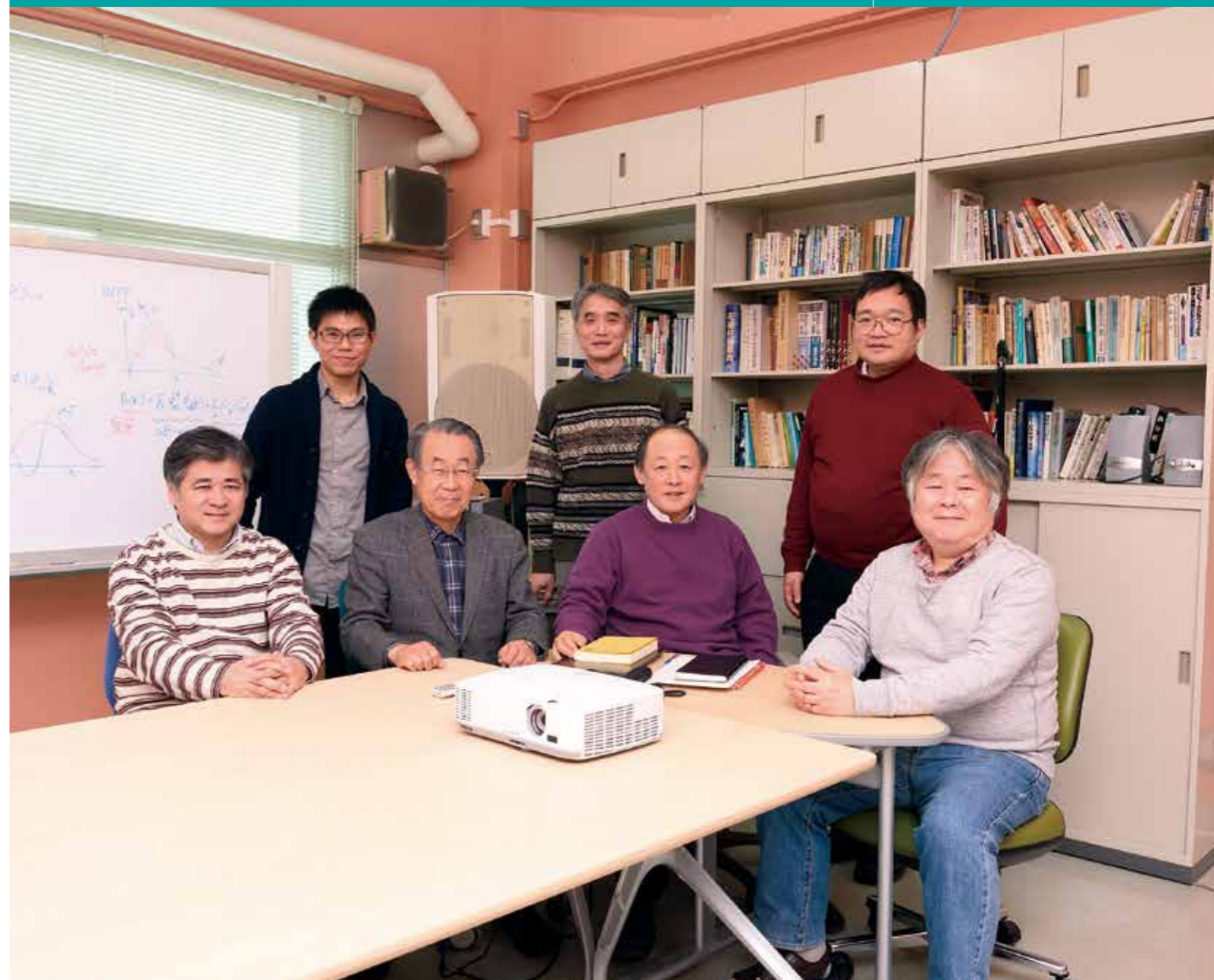
特別招聘研究員(外部から招聘された優れた研究員)の主導のもと、民間企業などからの資金提供によって研究室を運営し、産業界との連携を通じて社会の発展に貢献する研究に取り組む。

リファレンス  
太陽光エネルギーを水素へ高効率に変換 [http://www.riken.jp/pr/press/2015/20150428\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2015/20150428_1/)

“産業界の課題解決には  
基礎科学の尖鋭化のみならず、  
科学の統合が必要”

中村振一郎(なかむらしんいちろう)  
(写真前列右から2番目)

産業連携本部  
イノベーション推進センター  
中村特別研究室



RIKEN Innovation Center

# RInC

研究担当組織

産業連携本部は、理研内の研究センター間の連携を促進し、組織横断的研究を推進しています。さらに、産業界・医療機関等との連携を推進し、研究成果を効率的に実用化へとつなぐ技術移転に取り組んでいます。

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

センター長 藤田明博



課題解決型の研究を理研の総合力を活かして組織横断的に推進

## 科学技術ハブ推進本部

小寺秀俊 推進本部長

研究成果

### 人々の健康増進のための新たな中核として

産官学の連携やデータの活用を図り、イノベーションを創出

#### 健康“生き生き”羅針盤リサーチコンプレックス

リサーチコンプレックスは、研究機関・自治体・大学・企業・金融機関などが一体となって「異分野融合研究開発」「事業化」「人材育成」に取り組む複合型の「事業創出プログラム」です。「健康“生き生き”羅針盤リサーチコンプレックス」は、理化学研究所が中核機関となって推進している日本で第一号のリサーチコンプレックスであり、2015年11月、理研、兵庫県、神戸市と三つの大学、五つの企業が共同提案し採択されました。科学的な予測に基づく「個別健康の最大化」をテーマとし、医学、健康科学、機械工学、情報計算科学といった幅広い分野の融合により、ヒトの体で起きている事象を分子、細胞レベルから全身レベルまで分析、データ化し、個人の健康状態を予測、再現できる技術と仕組みの開発を行っています。そして、研究とあわせてビジネスの創出やイノベーション推進の仕組みを構築する「事業化支援」、イノベーションや事業化を担う「人材の育成」、最先端の研究を支える「設備の共同利用」を推進しています。健康全般に関わるビジネスを広く生み出すことを目標とし、2017年6月現在、14大学・研究機関、49企業団体、1オペレーター機関に参画いただいています。

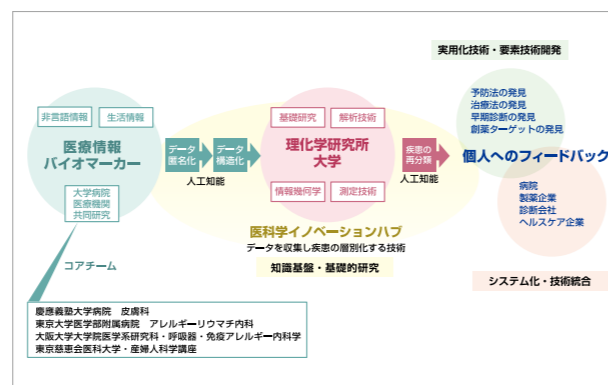
#### ● 健康“生き生き”羅針盤リサーチコンプレックスの活動イメージ



#### 医科学イノベーションハブ推進プログラム

少子高齢化や医療費の高騰など、日本の社会は大きな転換期を迎えています。われわれはこの社会的課題の解決に向け、新しい健康のあり方を問うために本プロジェクトを行っています。一人ひとりに合った予防医療の実現を目指して、ヒト疾患に関連する多数のデータを取得し、その発症過程を精緻に理解します。生物学や医学領域の情報は最近爆発的に増加していますが、病気の理解はあまり深まっています。病気を理解するという事は、その多様性や個性に迫ることです。この課題を克服するには、統計学的な集合平均の概念とは異なる、1) 新たな生物モデル、2) 同モデルに基づく適切な推論を行うための新たなデータ解析法、3) バイオマーカーをはじめとするさまざまな変数の中から何をどのようにに計測し評価するのかというデータ計測標準化法、の三つを開発する必要があります。高精度の予測に基づく予防医療の実現に向けた疾患ビッグデータ主導型イノベーションハブでは、理研の持つ最先端の自然科学や情報科学、全国の医療機関からのデータ、ならびに産業界の先端技術を融合し、新たな価値を生み出すことが可能なデータ主導型のオープンサイエンス拠点を目指しています。

#### ● 医科学イノベーションハブの活動イメージ



“さまざまなネットワークや  
データ活用の集約拠点となり、  
新しい健康のあり方を問う”

小寺秀俊(こてらひでとし)  
(写真上 右)  
科学技術ハブ推進本部  
渡辺恭良(わたなべやすよし)  
(写真上 左)  
科学技術ハブ推進本部  
健康生き生き羅針盤  
リサーチコンプレックス  
推進プログラム

小安重夫(こやすしげお)  
(写真下 右端)  
桜田一洋(さくらだかずひろ)  
(写真下 右から2番目)  
古閑明彦(こせきはるひこ)  
(写真下 左端)  
三木一郎(みきいちろう)  
(写真下 左から2番目)  
科学技術ハブ推進本部  
医科学イノベーションハブ推進プログラム



# Cluster for Science and Technology Hub

研究担当組織

理研科学力展開プランにより、全国の大学と一体となって科学力の充実を図り、これを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すこととしています。個別の事業としては、人が生き生き生活するため、人の健康増進を統合的に発展し続けるプラットフォームの創成を目指す「健康“生き生き”羅針盤リサーチコンプレックス」、高精度の予測に基づく予防医療の実現に向けた疾患ビッグデータ主導型イノベーションハブを効率的かつ効果的に推進する「医科学イノベーションハブ推進プログラム」を推進しています。また、2017年度から「健康・医療データプラットフォーム形成事業」を開始し、「創薬・医療技術基盤プログラム」および「予防医療・診断技術開発プログラム」についても、科学技術ハブ推進本部の下でさらなる推進を目指していきます。

推進本部長 小寺秀俊 (D.Eng.)



## 創薬・医療技術基盤プログラム

橋爪良信 ポートフォリオマネージャー

研究成果

### FOP(進行性骨化性線維異形成症)治療薬の開発

臨床開発候補化合物を包含した特許を出願し、治療薬の創出に向けて大きく前進

創薬・医療技術基盤プログラム(DMP)は、アカデミアの生命科学の基礎研究の成果を創薬へつなぐ日本独自の創薬支援システムを築くために設立されました。理研の各研究センターに設けられた創薬基盤ユニットの基盤技術を活用し、創薬ターゲットの発見から臨床開発候補化合物を見出すまでの探索ステージごとに必要な技術や人材を配置するというマネジメントシステムをとっています。そのため、効率よく、スピーディーに医薬品探索研究を進めることができます。

DMPでは、2010年から進行性骨化性線維異形成症(FOP)治療薬の探索を支援しています。FOPは、筋肉が骨に変わっていくという難病で、患者数が全国でわずか60人ほどの希少疾患です。骨の形成を促すBMPというタンパク質の研究から、FOPの原因はBMPの受容体であるALK-2の変異によることが2006年に米国のKaplan博士らによって明らかにされました。アミノ酸配列に変異を起こしたALK-2が恒常的に活性化しBMPのシグナルを強く細胞内に伝えるため、本来は筋肉になる細胞が骨になってしまうのです。テーマリーダーを務める東京大学医学部の宮園浩平教授はALK-2の発見者であり、ALK-2の働きを抑える阻害剤が治療薬になると考えました。

宮園リーダーのもと、探索ステージごとに各創薬基盤ユニットから専門の研究者が参加するチームが編成されました。橋爪良信ポートフォリオマネージャーは、この治療薬の探索計画を立案し、全体の進捗状況を管理しています。

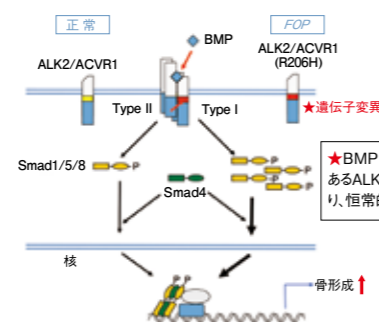
まず、創薬タンパク質解析基盤ユニットが大型放射光施設のSPring-8によってALK-2の結晶構造を解析し、次に創薬分

子設計基盤ユニットがその解析結果をもとに大型コンピュータを使って、数多くの化合物ライブラリーからインシリコスクリーニングによってALK-2阻害作用を持つ化合物を探し出すことを開始しました。

その結果、2011年にはALK-2阻害剤の新規シード化合物を見出し、さらに、創薬化学基盤ユニットが膨大な数の類縁化合物を合成し、その中から優れた活性と薬物動態を示すリード化合物を同定することができました。このように短時間に高い精度でスクリーニングが進んだのは、各基盤研究者が高い専門性を発揮したことやコンピュータによる活性予測を利用した分子設計技術を用いたことによります。

その後も創薬化学基盤ユニットによる合成研究は順調に進み、リード化合物をもとに398個の類縁体を合成し、その中から、経口投与でFOPモデルマウスの骨化を強力に抑制する臨床開発候補化合物を見出しました。2016年末には特許を出願し、治療薬の創出に向けて大きく前進。現在、臨床試験に向けて臨床開発候補化合物の有効性と安全性を確かめる試験を進めています。橋爪マネージャーは「DMPの数ある創薬テーマの中でも、オリジナルのシード化合物から特許出願まで進んだ最初のケースです。これもよいシード(薬の種)があったおかげです。これからも臨床開発候補化合物を医薬品へ向けて育てていきたいと思います」と話します。宮園リーダーは「創薬のプロセスが思った以上に早く進み、治療薬創出の可能性を強く感じました。研究の成果がいろいろな形で広がり、有効活用されることを願っています」と研究の発展に期待を寄せています。

#### ● FOPの発症メカニズム

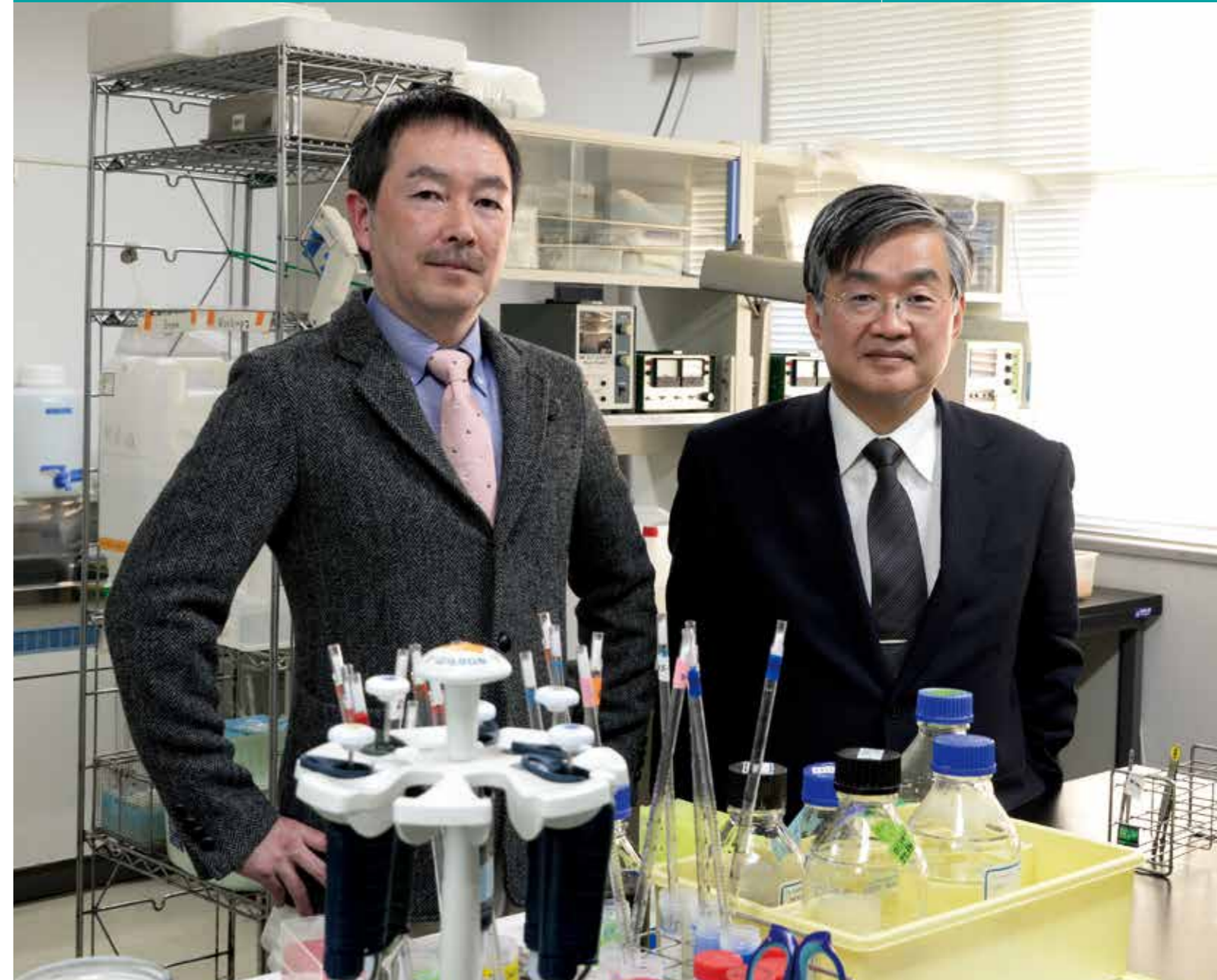


ALK-2が変異し恒常的に活性化しBMPのシグナルが強く伝わり、本来は筋肉になる細胞が骨に変わってしまう。活性化されたALK-2の作用を抑える阻害剤を探索している。

リファレンス  
科学のフロンティア18 未踏のピークをめざせ! 理研の創薬・医療技術基盤プログラム紹介動画 [http://www.riken.jp/pr/videos/frontiers/20141201\\_1/](http://www.riken.jp/pr/videos/frontiers/20141201_1/)

### “難病に苦しむ患者さんに薬を届けたい”

橋爪良信(はしづめよしひ) (写真左)  
創薬・医療技術基盤プログラム  
宮園浩平(みやそのこうへい) (写真右)  
東京大学大学院医学系研究科・医学部



RIKEN Program for Drug Discovery and Medical Technology Platforms

DMP

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出される創薬標的(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.)





## 予防医療・診断技術開発プログラム

伊藤昌可 コーディネーター  
川路英哉 コーディネーター

研究成果

### 医療を助ける新しい診断ツールを開発

#### がんの治療に遺伝子の発現パターンを活用

予防医療・診断技術開発プログラム(PMI)は、前身のオミックス基盤研究領域が研究を重ねてきたゲノム解析をはじめとする理研の研究成果や技術を活用し、病院や企業等と協力しながら医療現場が抱える課題を解決する活動を推進しています。2012年には理研が順天堂大学と包括的に連携・協力を推進する基本協定を締結しましたが(Ref.1)、そこから生まれた議論の中に、子宮体がんの治療に関するものと、肺がんの診断法に関するものがありました。

子宮体がんの多くは、効果的な手術が可能である早期の段階で見つかっています。その手術は、子宮や卵巣を摘出するのみではなく、がん細胞が転移している可能性のあるリンパ節すべてを摘出するリンパ節郭清を行うことが一般的ですが、実際のところリンパ節にがん細胞が転移している頻度は多くありません。一方、リンパ節の郭清は足がむくんでしまうリンパ浮腫などの副作用を引き起こすことがあるため、リンパ節を郭清する必要のない患者さんを見分ける方法が開発できないか、と順天堂大学の医師は考えていました。がん部位はいずれにしても切除が必要ですから、その部位を詳しく調べることで、がん細胞転移の有無を見分けることができれば、患者さんが副作用リスクの低い手術を受けられる可能性が出てきます。

この問題に対し、コーディネーターの伊藤昌可と川路英哉らが活用したのは、オミックス基盤研究領域で開発されたCAGE

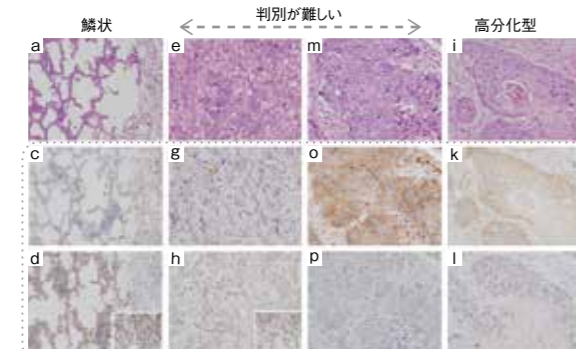
法という遺伝子の解析法です。同じ遺伝子を持つ場合でも、細胞はその性質によって遺伝子の発現(活性化)パターンを変化させるのですが、CAGE法を用いることで遺伝子の発現パターンを正確に調べることができます(Ref.2)。つまり、異なる細胞を遺伝子の発現パターンによって分類することができるのです。研究では、手術時がん細胞がリンパ節へ転移してしまっていた患者さんと、転移が認められなかった患者さんのがん部位を、CAGE法を用いて調べました。全遺伝子の発現パターンに対応するデータを丹念に解析することで、とても有望な結果を得ることができました。がん細胞がリンパ節へ転移していないケースを見抜くときに発現を調べると良さそうな、いくつかの遺伝子が見つられました。

肺がん診断法の開発研究でもCAGE法が活用されています。肺がんの9割ほどを占める非小細胞がんは、腺がんと扁平上皮がん、という2種類に分類され、各々に適切な抗がん剤は効果や副作用の観点より異なります。これらを正確に見分けることは治療を左右する重要な診断ですが、現在広く行われている細胞形態による判別では、特に扁平上皮がんと腺がんの判断に迷うケースがあるということです。そこで順天堂大学との共同研究を通じて発現の異なる遺伝子を調べることで、精度の高い分類を可能にするような遺伝子を探し当てることができました(Ref.3)。実際の診断で利用されている免疫染色法でも確認することができ(図)、今後の活用が期待されます。

いずれの研究成果も期待が持てるものではありませんが、医療現場で実際に活用するためには、さらなる検証実績の積み重ねと技術開発が必要です。実用化のために必要な研究を一步一步進めることで、一人ひとりの患者さんに最も適した医療を提供する手助けになることが期待されます。

#### ● 肺がんサブタイプの高精度判別に有用なマーカー遺伝子の発現

腺癌(非小細胞肺癌の45%) 扁平上皮癌(非小細胞肺癌の24%)



マーカー遺伝子の発現を可視化する免疫染色(茶色:高発現)  
doi: 10.1186/s12885-016-2792-1 より改変

リファレンス  
Ref.1 理化学研究所と順天堂大学が包括的基本協定  
<http://www.riken.jp/pr/topics/2012/20120424/>  
Ref.2 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  
[http://www.riken.jp/pr/press/2014/20140327\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2014/20140327_1/)  
Ref.3 Novel biomarkers that assist in accurate discrimination of squamous cell carcinoma from adenocarcinoma of the lung  
Takamochi K, Ohmiya H, Itoh M, et al. *BMC Cancer*. 2016; 16:760.

“医療現場との架け橋となり、  
多くの人に役立つ技術の開発を目指す”



伊藤昌可(いとうまさよし)  
(写真右端)  
川路英哉(かわじひでや)  
(写真左端)  
予防医療・診断技術開発プログラム  
寺尾泰久(てらおやすひさ)  
(写真右から2番目)  
順天堂大学産婦人科  
高持一矢(たかもちかずや)  
(写真左から2番目)  
順天堂大学呼吸器外科  
情報基盤センター  
予防医療・ゲノミクス応用開発ユニット

Preventive Medicine and  
Diagnosis Innovation Program

PMI

研究担当組織

予防医療・診断技術開発プログラムは、理研の各研究センターが保有するシーズ技術を活用し、疾患の発症前、早期発見、さらには治療計画に欠かせないバイオマーカーの探索と、それを臨床現場で計測・検出する総合的な診断技術の開発を推進しています。このために、医療機関のニーズを充分に聞き取り、理研のシーズ活用に興味を持つ企業などと理研の各研究センターが設置する開発ユニットの連携をコーディネートするとともに、科学的なコンサルテーションを継続的に提供することで、スムーズな技術の実用化と社会還元を目指します。

プログラムディレクター 林崎良英 (M.D., Ph.D.)



## 情報基盤センター

黒川原佳 ユニットリーダー(現・上級センター研究員)

研究成果

### 計算性能と省電力を両立する画期的スパコン

「Shoubu(菖蒲)」が省エネランキングで3期連続世界1位を獲得

コンピュータの性能を表す指針の一つである“フロップス”(Floating-point Operations Per Second: FLOPS)は、浮動小数点演算を1秒間に何回計算できるのかを示した数値で、主にスーパーコンピュータの性能を表す際に用いられます。性能計測(ベンチマーク)プログラムで導き出されたFLOPSによって、世界中のスーパーコンピュータを1位から500位までランク付けした性能ランキングがTOP500です。一方で、単純な計算性能だけでなく、多面的な性能評価が必要という考え方が台頭し、ビッグデータ処理(大規模グラフ解析)の性能をランキングするGraph500や、産業利用など実際のアプリケーションで用いられることが多い共役勾配法の処理速度のランキングであるHigh Performance Conjugate Gradient: HPCGなどの新たなランキングが生まれました。Graph500とHPCGは2016年に理研のスーパーコンピュータ「京」が1位を獲得しています。さまざまなランキング中でも、省エネルギーに対する世界的な意識の高まりを受けて消費電力あたりの性能の高さ(FLOPS/W)をランク付けしたものが「Green500」で、2007年からTOP500とともに発表されるようになりました。2016年6月からは、計測がTOP500と同じ条件で行われることとなり、さらに、TOP500にランクインしたシステムの中からGreen500が選ばれるようになりました。

理研の情報基盤センターが株式会社ExaScaler、株式会社PEZY Computingと共同で2015年に設置を開始した液浸冷却スーパーコンピュータ「Shoubu(菖蒲)」は、2015年8月に発表されたGreen500で日本企業が開発したスーパーコンピュータとして初めて1位となりました。これは、ベンチャー企業が開発したスーパーコンピュータとしては世界初の快挙でした。その後、菖蒲は2015年11月に発表されたランキングでも1位となり、さらに、基準がより厳しくなった2016年6月のGreen500でも6.673 GFLOPS/Wを計測して世界第1位を獲得しました。このときTOP500では世界第93位に認定されており、菖蒲が世界最高の省エネ性能と、世界トップレベルの計算能力を持っていることを示しました。

この結果は、現在のスーパーコンピュータ開発において重要視されている消費電力性能において、PEZY ComputingのメニーコアプロセッサとExaScalerの液浸冷却システム\*の組み合わせが大きな可能性と将来性を有していることを示しています。理研、ExaScaler、PEZY Computingは、菖蒲の高性能化を目指した最適化作業を継続して行っており、応用分野での利用として、脳神経シミュレーションの研究や最適化問題の研究など、幅広い分野で進めていく計画です。

\*電気伝導性のない不活性液体(フロリナート)にシステム基盤全体を浸けて冷却する方法。通常の空気冷却システムよりも体積あたりの性能を大きくできる。

● 液浸冷却スーパーコンピュータ「Shoubu(菖蒲)」の全景

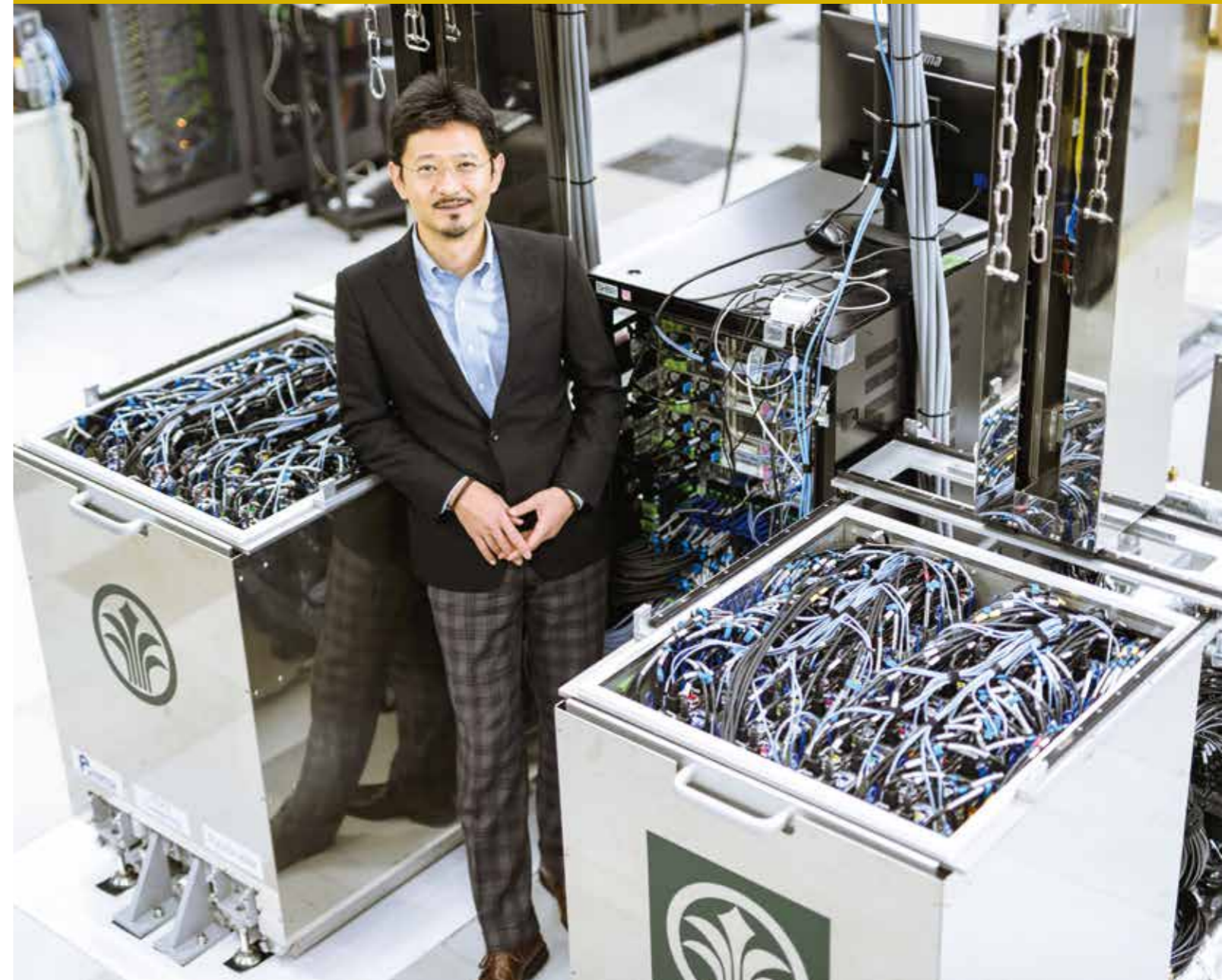


液浸槽5台による液浸冷却が大きな特徴

リファレンス  
スーパーコンピュータ「Shoubu(菖蒲)」がスパコンの省エネランキングGreen500で3期連続の世界第1位を獲得 [http://www.riken.jp/pr/topics/2016/20160620\\_2/](http://www.riken.jp/pr/topics/2016/20160620_2/)

“日本のベンチャー企業とともに世界最先端の  
新たなスーパーコンピュータをつくる”

黒川原佳(くろかわもとよし)  
情報基盤センター



Advanced Center for  
Computing and Communication


ACCC

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.)





# Fact & Figures

## 理研の活動

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。

### 有機半導体材料の合成

原料を入れた試験管を加熱し、新規な有機半導体材料を合成する。有機半導体材料は軽量・フレキシブル・印刷が可能などの特徴を持ち、次世代型電子機器への応用が期待されている。

# 1

## 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。

### データ駆動型アプローチによる環境複雑系の評価と改善への試み

国連の持続的開発目標(SDGs)が掲げられて以来、産学両面の立場から環境問題に強い関心が寄せられています。SDGsのそれぞれの目標に関連して考えれば、荒漠地土壌を改善して農林生産適地を増やしたり、近海では都市排水や養殖場汚染の浄化、といったローカルな環境問題であれば、研究者が貢献し得る余地は多々あると思われます。一方で土壌、水、泥、あるいは自然環境に生息する生物等の解析は、構成する無機・有機物質群や微生物群の組成が複雑な要因で刻々と変動しているため、実験室内で厳密に条件がコントロールされた場合と同様の研究アプローチでは行うことができないという問題を抱えていました。環境資源科学研究センター環境代謝分析研究チームの菊地淳チームリーダーらは、データ駆動型アプローチと呼ぶ複雑な物質群・微生物群の一斉解析法を次々と提唱し、陸域からの栄養塩流入で富栄養化された河口底泥の環境特性評価や<sup>※1</sup>、海水栄養塩の季節変動性が海藻の無機・有機物組成にも反映されること<sup>※2</sup>等を成果発表してきました。

さらに同チームでは、今世紀に最も人口急増が予想されているアフリカ南部に着目し、特に内陸部の持続的発展には荒漠地土壌を改善して農林生産適地を増やすことが有効と考えました。そこで鳥取大学農学部、ボツワナ共和国農務省農業研究所と共同し、半炭化バイオマスとよばれる材料を用いて土壌改良を行い、それがどのように土壌を変化させ、植物の成長に影響を与えるのかを詳しく調べました。

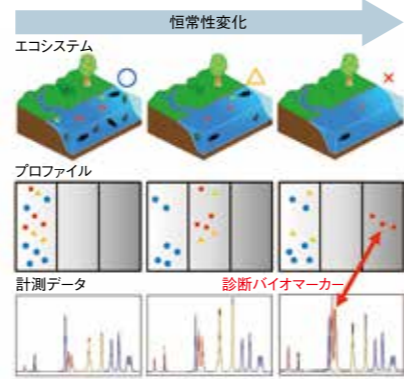
生物に由来する有機物資源を総称してバイオマスといいます。半炭化バイオマスとは、植物バイオマスを無酸素状態で低温加熱した生のバイオマスと木炭の中間の特性をもつバイオマスのことです。同チームでは、ヤトロファ(トウダイグサ科の落葉植物)という植物の枝や葉の剪定後に、残渣バイオマスが大量に余ることに着目しました。そこで無酸素状態、240℃の環境下で低温加熱して水と繊維周辺成分(ヘミセルロース)を分解し、セルロース構造を残した半炭化バイオマスを作製しました。

これをボツワナの土壌とさまざまな割合で混合し、物理的・化学的性質を調べました。その結果、半炭化バイオマスを混ぜることで団粒形成が促され、土壌の構造が安定することや、この土壌安定化が保水能力を向上させて植物の生長を促す元素を増やすことなどが明らかになりました<sup>※3</sup>。

解析には、保水能力の評価にオートグラフ、ミネラルの評価にはイオノーム解析、土壌中の有機物群の評価にはメタボローム解析、共生微生物叢の評価にはマイクロバイオーム解析などの最先端技術が使われました。土壌の物性と含有元素、有機代謝物、共生微生物などの無機・有機的な関係性を明らかにした今回の成果は、現在も拡大している荒漠地を耕作可能な土壌に改良するための一つの方法として期待されます。

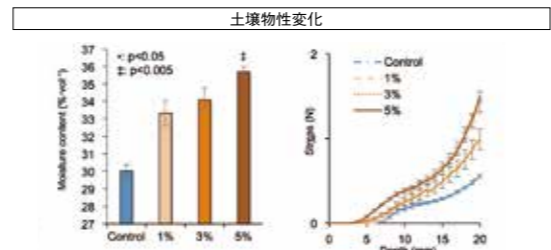
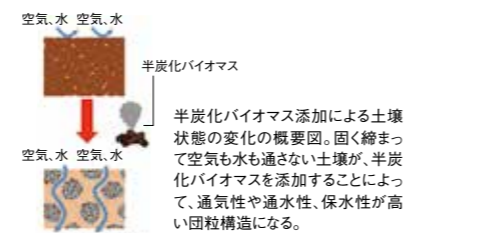
リファレンス  
 ※1 河口底泥の環境分析データの統合的評価と「見える化」 [http://www.riken.jp/pr/press/2014/20140615\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2014/20140615_1/)  
 ※2 海藻類の有機・無機成分複雑系の統合解析技術を構築 [http://www.riken.jp/pr/press/2014/20140114\\_2/](http://www.riken.jp/pr/press/2014/20140114_2/)  
 ※3 半炭化バイオマスを用いた土壌改良の包括的評価法 [http://www.riken.jp/pr/press/2016/20160617\\_3/](http://www.riken.jp/pr/press/2016/20160617_3/)

● 図1 データ駆動型アプローチによる環境複雑系の評価

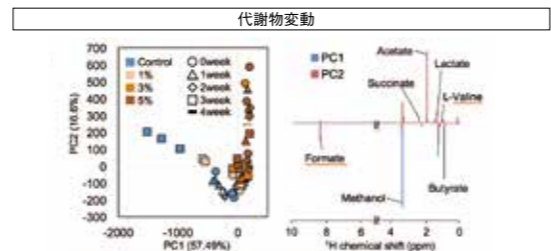


地球上すべてのヒトの持続的な営みに必要な大気、水、食料は生態系サービスから享受されるものの、森林伐採や都市・工業廃水の流入といった人為起源で莫大な損害を被ることもある。研究チームは土、水、泥、棲息生物等の環境試料を複雑系のまま一斉解析し、プロファイル化することで環境恒常性(持続性)を評価するデータ駆動型アプローチを提唱してきた。計測データのプロファイル化の際には、多変量解析や機械学習等で恒常性の維持・破綻状態を分類化することで、「環境診断」に利用し得るバイオマーカー特定にも結びつく。

● 図2 土壌改良による土壌物性や代謝物組成の変化



左:土壌改良による保水能力の変化。半炭化バイオマスの混合率が1%、3%、5%と増えるに伴って土壌中の保水性も向上している。  
 右:土壌改良による物性の変化。半炭化バイオマスの混合率が1%、3%、5%と増えるに伴って土壌中の応力上がり、かつ土壌の深さが増えるほど応力も大きくなる。



土壌中の代謝物の変遷と、そこに関与する主な代謝物。未混合土壌では第一主成分(PC1)側の変動が大きく、メタノールが主要な成分となっているのに対し、半炭化バイオマス混合土壌では第二主成分(PC2)側の変動が大きく、共生微生物叢が産生する酢酸や酪酸といった有機酸が主要な成分の土壌になっていることが分かる。

### 植物にセシウムを多く取り込ませるアミノ酸誘導体を発見

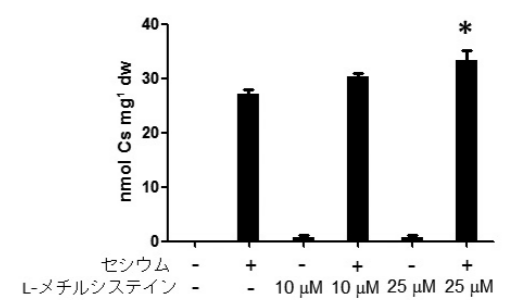
東京電力福島第一原子力発電所の事故により、農地を含む広範囲の土壌が大量の放射性物質で汚染され、農作物への影響が深刻な事態となりました。特に重大視されるのは、半減期(自然崩壊して半分に減るまでの時間)が30年と長く、土壌中の粘土や有機物と強く結合する放射性セシウム(セシウム137)です。解決策の一つとして、低コストで土壌への負荷も小さい「植物による環境浄化技術(ファイトレメディエーション)」に注目が集まっています。植物が養分などを吸収する能力を利用して土壌中のセシウムを植物体に取り込ませ、土壌中の量を減らそうというものです。ただし、効率がよいとはいえず、長い年月を必要とするのが欠点でした。今回、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、申怜ユニットリーダーらの国際共同研究グループは、植物の細胞内または根の表面でセシウムと結合し、植物体内への蓄積を促す作用がある化合物を突き止めました。アダムス研究員らはまず、理研が持つ約1万種もの有機化合物ライブラリーのスクリーニングによって、植物体内のセシウム蓄積を促す物質として14種を選抜し、その中でシステイン(アミノ酸の一種)の誘導体である「L-メチルシステイン」に注目。これを植物の根に与えると、与えなかった場合に比べてより多くのセシウムを蓄積することが確認されました。

次に、L-メチルシステインが植物体内のセシウム蓄積量を増加するしくみを検証し、この物質が植物体の外ではなく、植物体内か根の表面で働いていることを突き止めました。また、コンピュータを用いた量子力学的理論モデリングという解析により、L-メチルシステインがセシウムと強く結合すること、その際L-メチルシステイン上の窒素(N)、硫黄(S)、酸素(O)原子と特殊な構造(キレート構造)を形成しているらしいということも明らかにしました。以上のことから、L-メチルシステインが植物体内または表面でセシウムと結合し、その蓄積能を高めていると考えられます。

さらに、植物体内での代謝産物をハイスループットで解析することで、セシウムを与えた植物では多くのアミノ酸が増加する傾向にあり、特に根のシステイン増加が顕著なことも分かりました。

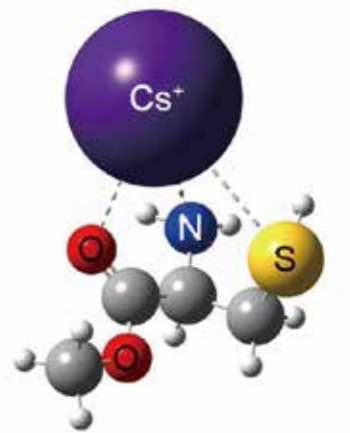
これらの成果は、より効率的な放射性セシウム除染技術の開発につながり、農作物の安全確保、被災地域における農業再開に向けた一助になると期待されます。

● 図1 L-メチルシステイン投与の有無による植物体内のセシウム含有量の違い



L-メチルシステインを与えた植物の方が、与えなかった植物よりもセシウムの蓄積量が有意に多いことが分かる。

● 図2 L-メチルシステインとセシウムの結合状態



量子力学的理論モデリングにより、セシウム(紫)は、L-メチルシステインの窒素原子(青)、硫黄原子(黄)、酸素原子(赤)とキレート構造を形成することで最も安定的に結合すると予測された。

リファレンス  
 アミノ酸誘導体が植物のセシウム吸収を促進 [http://www.riken.jp/pr/press/2017/20170223\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2017/20170223_1/)

# 2 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表れています。

## 年間論文数とそれらの被引用状況

理研は2007年以降、年間2,200報以上の論文発表を続けており、2016年は2,675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2007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。2015年の被引用数上位10%の論文の割合は28.3%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

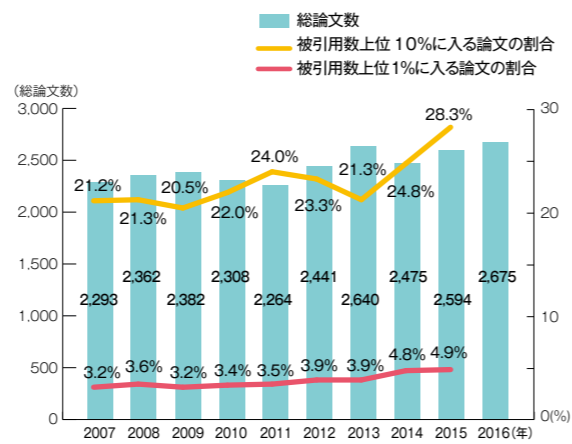
理研の10年間の論文数は24,524報で、これらの被引用数はのべ約52万回にのぼります。1論文あたりの平均被引用数は、21.01回であり、世界的にみても高い回数となっています。

理研の特徴は質の高い論文の割合が高いことで、2017年のクラリベイト・アナリティクス社（旧トムソン・ロイターIP&Science）による日本の研究機関の高被引用論文数のランキング\*では国内3位となっていますが、高被引用論文の割合は2.4%と、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、同社データベース「Essential Science Indicators」で定義されている22分野のうち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挙げています。

※クラリベイト・アナリティクス社プレスリリース(2017年4月13日付)

### ●理研の年間論文数とそれらの被引用状況



クラリベイト・アナリティクス社のデータベースを基に作成(2017年5月11日時点)  
※ドキュメントタイプはArticle、Reviewに限定

### ●理研の論文の被引用数に関するデータ

(対象期間:2007年2月~2017年5月)

分野	論文数	被引用数	1論文あたりの被引用数
物理学	7,116	117,288	16.48
分子生物学・遺伝学	2,989	108,406	36.27
生物学・生化学	3,054	54,454	17.83
化学	3,108	47,637	15.33
植物学・動物学	1,438	43,230	30.06
神経科学・行動科学	1,706	42,692	25.02
免疫学	702	27,287	38.87
臨床医学	1,202	24,264	20.19
材料科学	549	10,412	18.97
微生物学	484	6,289	12.99
薬理学・毒物学	341	4,070	11.94
計算科学	306	3,123	10.21
工学	384	2,902	7.56
上記分野を含む全分野	24,524	515,288	21.01

クラリベイト・アナリティクス社のデータベースを基に作成

理研は国内外の研究機関・大学などと研究協力協定、覚書、共同研究契約などを結んでいます。

その内容は研究者・学生などの交流やセミナー・シンポジウムの開催、あるいは共同研究などで、連携大学院協定(p.74参照)も含まれます。2016年3月には、科学力展開プランに基づき(p.17参照)、科学技術ハブ推進本部を設置して科学技術ハブ機能の形成に向けてより一層の連携強化に取り組んでいます。

## 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、フランスのバスツール研究所、中国科学院など、世界トップクラスの研究機関や大学との間で研究協力協定・覚書などを締結し、理研の研究の効果的な推進に努めると同時に、各国の政府機関などとも覚書を締結し、組織的な連携を図っています。これらの活動は、世界における理研の存在感の向上につながっています。

2016年度は、国立台湾大学、カザン連邦大学などとの間で協定・覚書を締結しました(右の表)。この他にも、各研究センターにおける協定や連携大学院協定が新たに結ばれ、2016年度末現在、海外40か国・地域との間で、のべ271の協定や覚書などを締結しています(右下のグラフ)。

これらの協定や覚書をもとに、ドイツのマックス・プランク研究所、韓国の生命工学研究院、中国の西安交通大学、清華大学、中国科学院上海光学精密機械研究所、ロシアのカザン連邦大学、マレーシア科学大学などと連携研究センターや連携研究室を設置し、グローバルな研究ネットワーク・拠点を活用した連携協力を進めています。また、人材育成制度の共同運営などの取り組みを始めとし、外国の研究機関などとの新しい形の連携関係構築を目指しています。

国内でも、京都大学や産業技術総合研究所などと基本協定を締結し、これらの機関との機関レベルでの連携がスタートしました。この他、理研の研究成果を医療応用に結び付けることを目的とした医療機関との連携や、地方創生に関わる地方自治体との連携なども推進しています。



カザン連邦大学との包括協定調印式(2016年5月11日)(前列右から、カザン連邦大学 Dmitrii Tayurskii教育担当副学長、Ishat Gafurov学長、理研 松本総理事長、理研 加藤理事(当時))



台湾中央研究院合同カンファレンス(2017年3月28日~31日)集合写真



京都大学との基本協定調印式(2016年6月29日)京都大学 山極壽一総長(左)と理研 松本総理事長(右)



産業技術総合研究所との基本協定調印式(2016年8月30日)産総研 中鉢良治理事長(左)と理研 松本総理事長(右)

### ●2016年度に締結した新規国内協定・覚書

相手機関	種類	発効年月
国立大学法人信州大学	連携・協力に関する協定	2016年4月
地方独立行政法人神戸市民病院機構 神戸市立医療センター中央市民病院	機関間連携協定	2016年4月
国立大学法人大阪大学大学院 医学系研究科		
国立大学法人京都大学IPS細胞研究所		
公益財団法人国際高等研究所	基本協定	2016年5月
京都府		
国立大学法人京都大学	基本協定	2016年6月
国立研究開発法人産業技術総合研究所	基本協定	2016年8月
大塚製薬株式会社	協定	2016年9月
国立大学法人群馬大学重粒子線医学推進機構 前橋商工会議所	覚書	2016年9月
国立研究開発法人国立がん研究センター	基本協定	2016年9月
国立大学法人東京大学大学院理学系 研究科附属生物普遍性研究機構	協定	2016年10月
国立大学法人東京学芸大学	協定	2016年12月
国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学 公益財団法人国際高等研究所	包括協定	2016年12月
公立大学法人横浜国立大学	基本協定(個別協定)協定	2016年12月
国立大学法人東京大学医学部附属病院	協定	2017年1月
国立大学法人東京大学医学部研究所	協定	2017年1月
国立大学法人筑波大学	協定	2017年2月
国立大学法人滋賀大学 データサイエンス教育研究センター	覚書	2017年2月

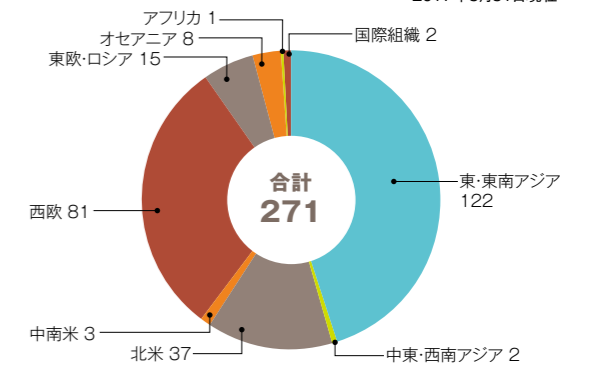
### ●2016年度に海外と締結した主要な協定・覚書

相手機関	種類	発効年月
カザン連邦大学	包括協定	2016年5月
国立台湾大学	包括協定	2016年8月
南洋理工大学	協力覚書	2017年1月

2017年3月31日現在、包括協定(基本協定)を締結している機関は、海外17か国・地域の34機関

### ●海外締結協定・覚書等の数の地域分布

\*2017年3月31日現在



※多国間にまたがる場合の重複を含む

# 3

## 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

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

### 特別研究室制度

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

### 産業界との連携センター制度

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

### 事業開発活動

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

<http://www.riken.jp/bdo/>

### 理研ベンチャー認定・支援制度

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



### ●産業界との連携を具現化する制度・プログラム



### ●成果例

#### 組織透明化試薬 SeeDB

多細胞システム形成研究センターの研究成果をもとに、組織透明化試薬が和光純業工業株式会社より製品化されました。SeeDB法は、共焦点顕微鏡や2光子励起顕微鏡を使用して深部イメージングが可能であり、蛍光タンパク質・神経トレーサーを用いての蛍光神経回路の全貌解明や定量解析などさまざまなアプリケーションに利用することができます。



写真提供:和光純業工業株式会社

#### ウシ白血病ウイルスの定量・定性を可能にする試薬

分子ウイルス学特別研究ユニット(現・伊藤ナノ工工学研究室)と株式会社理研ジェネシスは、ウシに感染した牛白血病ウイルス(BLV)のプロウイルスのコピー数を測定するための研究用試薬を開発しました。試薬は3種類からなり、これらの試薬を使用することで、ほぼすべてのBLV株の増幅が可能になり、細胞数あたりのプロウイルス量を定量することが可能になりました。移行抗体を持つ出生後6か月以内の仔牛についても測定できます。また、さまざまな臓器由来サンプルや鼻汁・乳汁・唾液などのサンプルについてもプロウイルス量を定量することが可能です。さらには、BLVを検出する動物用体外診断用医薬品としては日本初となる「CoCoMo®-BLV検出キット」を2017年3月に発売しました。これらの試薬は、国内外に広く蔓延しているBLV感染を淘汰することに貢献することが期待されます。



写真提供:株式会社理研ジェネシス

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

### 特許の取得

特許出願にあたっては、戦略的な特許出願を行うパテントリエゾンスタッフと、技術移転のプロである実用化コーディネーターが、案件ごとにチームを組み、発明者からのヒアリングを行っています。研究成果をより効率的に実施化につなげるため、追加データを取得することにより特許の強化に努め、海外における実施可能性を精査し、外国特許出願も行っています。また、保有する特許についても一定期間ごとに実施可能性を検証し、当該特許の維持の必要性を見直すことにより、効率的な維持管理を実施しています。

その結果、2016年度の特許出願件数は国内、海外合わせて459件となり、実施率は35%\*となりました。

\*実施率=実施特許件数/(特許権+特許出願中の件数)

### 技術移転活動

保有する特許を企業に利用してもらい、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紹介したり、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など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。

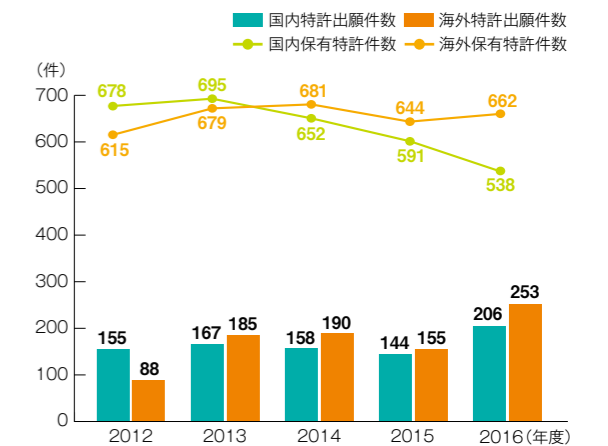
<http://www.riken.jp/outreach/ip/>

### ▶▶「産学連携メールマガジン」配信中

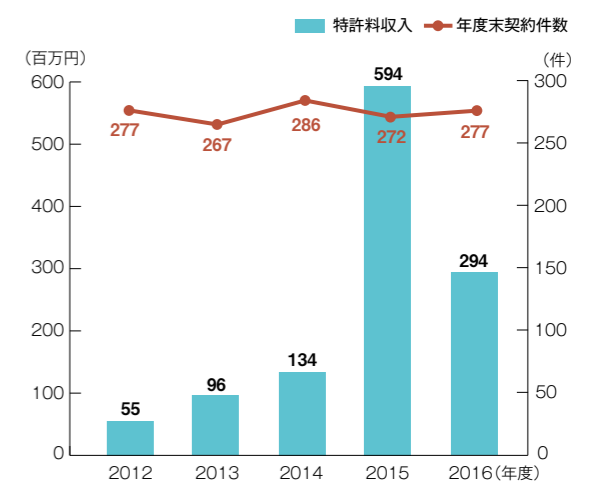
産業界の皆様とのより密接な連携を図るため、理研の産学連携・知的財産に関する情報のメール配信を行っています。  
[http://www.riken.jp/pr/services/mail\\_collaboration/](http://www.riken.jp/pr/services/mail_collaboration/)



### ●特許出願件数と保有件数の推移



### ●特許料収入の推移



# 4

## 人材育成

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

理研は、若手研究者を育てるさまざまな制度を設けています。

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

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

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

若手研究者向けに、基礎科学特別研究員(SPDR)制度を推進しています。

### 大学院生リサーチ・アソシエイト(JRA)制度

大学院博士課程在籍者を理研に受け入れ、理研の研究者とともに研究する機会を設けることにより、次代を担う研究者を育成する制度です。1996年度にジュニア・リサーチ・アソシエイト制度として創設され、2009年度に現在の制度に変わりました。JRAは、連携大学院および研究協力などの協定もしくは共同研究契約を締結している大学院の在籍者から公募・選考・採用されます。契約期間は最長3年間(標準修了年限が4年の場合は4年間)で、その間に博士号の取得を目指します。

◎2016年度新規採用者数：53名

◎2016年度在籍者数：136名(上記新規採用者を含む)



毎年多数のJRA、IPAなどの若手研究者が参加するRIKEN Summer School。ポスターセッションなどで活発な議論が交わされる。

### 国際プログラム・アソシエイト(IPA)制度

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

◎2016年度新規採用者数：33名

◎在籍者数：93名(上記新規採用者を含む)



国際プログラム・アソシエイト(IPA)として研鑽を積む。

#### ●国際連携大学院協定校一覧

中国	フィリピン
北京大学、南京大学	フィリピン大学ディリマン校
大連理工大学、湖南大学	ベトナム
上海交通大学、華中科学技術大学	ベトナム国立大学・科学大学(旧ハノイ科学大学)、ベトナム農業科学院
西安交通大学、華東理工大学	ロシア
吉林大学、浙江大学	カザン大学、ロシア連邦南大学
ハルビン工程大学、蘭州大学	モスクワ物理工科大学
中国科学院(金属研究所、近代物理研究所)、厦門大学	リトアニア
北京中医药大学	ピリニウス工科大学
韓国	スウェーデン
浦項工科大学校	カロリンスカ研究所
漢陽大学校、国立ソウル大学校	イギリス
高麗大学校、慶北大学校	リバプール大学
延世大学校、梨花女子大学校	フランス
韓国カトリック大学校	カーン大学
台湾	クロード・ベルナルリオン第一大学
国立清華大学、国立交通大学	ストラスブール大学、パリ南大学
国立台湾大学&中央研究院	ドイツ
マレーシア	テュービンゲン大学、ザールラント大学
マレーシア科学大学、マラヤ大学	グライフスヴァルト大学
マレーシア工科大学	ピールフェルト大学
インド	イタリア
インド工科大学・ボンベイ校	トレント大学
インド科学振興研究所	スイス
インドネシア	スイス連邦工科大学・チューリッヒ校
バジャジャラン大学	デンマーク
バンドン工科大学、インドネシア大学	コペンハーゲン大学
シンガポール	ブラジル
南洋理工大学	アマゾナス州立大学
タイ	アメリカ
マヒドン大学	イリノイ大学シカゴ校
モンゴル	
モンゴル国立大学	

\*2017年4月1日現在

### 連携大学院制度

理研の研究者が国内の大学の教員との間で研究協力を行うとともに、大学から大学院生を理研に受け入れて、客員(連携)指導教員として博士課程や修士課程の研究指導を行う制度です。実質的なスタートは1989年度で、2016年度末現在、国内の39大学との間で連携大学院の協力を行っています(右の表)。

### 基礎科学特別研究員(SPDR)制度

自然科学の博士号を取得した(見込みを含む)若手研究者を理研の任期制研究員として採用し、本人が希望する研究課題と理研の研究領域を勘案して設定した研究課題を、自由な発想で主体的に研究できる場を提供する制度です。1989年度に創設されました。SPDRは公募・選考により採用され、契約期間は最長3年間です。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した。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。

◎2016年度新規採用者数：58名

◎在籍者数：120名(上記新規採用者を含む)



活躍する基礎科学特別研究員(SPDR)

#### ●国内連携大学院一覧

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

\*2017年4月1日現在

# 5

## 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、国民の皆さま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。

国民の皆さま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きます。

### プレスリリース

新聞などのメディアを通じて理研の活動を知っていただくために、最新の研究成果を中心にプレスリリースを行っています。2016年度は、マウスiPS細胞から皮膚器官系の再生に成功(4月2日)、「京」と最新鋭気象レーダを生かしたゲリラ豪雨予測(8月9日)、113番元素の名称・記号が正式決定(11月30日)などの研究成果を発信しました。

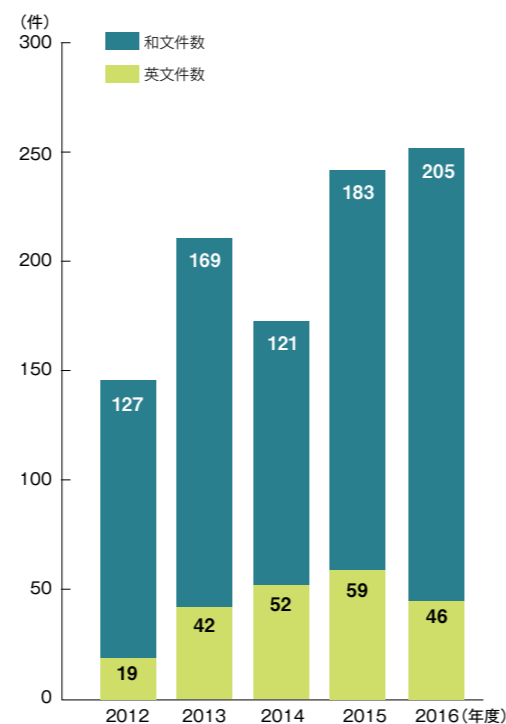
### イベント

理研が推進している最先端の科学研究を紹介し研究の意義などを伝える「科学講演会」や、科学技術館(東京都千代田区)で毎月第3日曜日に開催する「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、サマースクールなどの実施、市民まつりや各種展示会へ出展を行っています。

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

### ●プレスリリース数の推移

\*論文解禁後にメディアに配布する資料を含む



### ●国内でのおもなイベント

- 

◀科学講演会2016  
「理研百年へ～果てなき探求～」と題し2016年11月3日に丸ビルホール(東京都千代田区)にて開催。
- 

◀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)にて開催。
- 

◀理研グッズ  
2016年には113番新元素ニホニウムのグッズが登場。

### 一般公開

年に一度、各地区で施設を公開し、広く国民の皆さまに研究現場を見ていただき、研究内容について研究者と直接話す機会を設けています。2016年度に全所で開催した一般公開への来場者は24,892名でした。



一般公開(2016年4月23日 和光地区)

### 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9,000部/月)、子ども向け冊子「理研の博士に聞いてみよう!」(発行部数15,000部/年)を発行するほか、各種パンフレットを制作しています。記事はウェブサイトでも読むことができます。

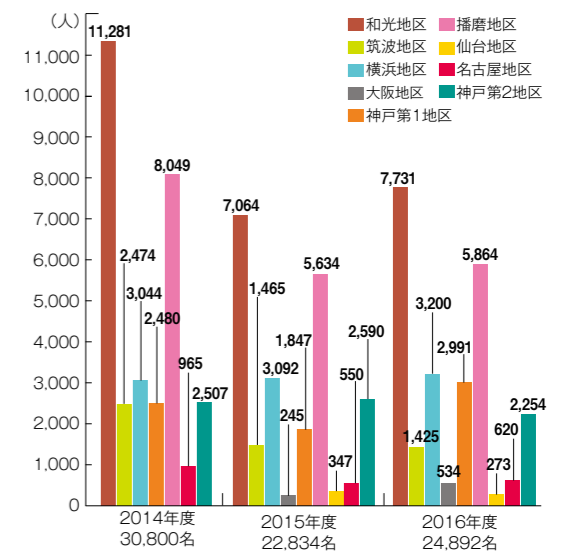
<http://www.riken.jp/pr/publications/>  
<http://www.riken.jp/pr/fun/kids/>

### 国際広報

一流の研究成果を挙げて世界に貢献するとともに、科学の将来を支える若手研究者を育成することが理研の重要な役割です。そのためには優秀な研究者のリクルートと、これにつながる国際的な知名度向上、海外の優れた研究機関や大学との連携が必要です。この実現のため、理研では英語版プレスリリース、英文広報誌「RIKEN RESEARCH」(発行部数3,000部/回、年4回)、理研紹介・若手研究者リクルート用ビデオ、ソーシャルメディアなどを通じて世界トップレベルの研究成果と社会への貢献例を発信するとともに、アメリカ科学振興協会などが開催する国際的な科学イベントへの参加や海外メディアへの取材対応といった広報活動を行っています。

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

### ●一般公開来場者数の推移



※2014年度の神戸第1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が所での受付人数の合計。



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



# 6 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。

理研では研究者などの活発な活動、活躍により多くの受賞者が生まれており、2016年度は共同受賞を含め全体で186名が受賞しました。2016年度の主な賞としては玉尾皓平クラスタ長が瑞宝重光章を受章しました。また、松本紘理事長が名誉大英勲章OBEを受章したほか、金出武雄特別顧問が京都賞、本田賢也チームリーダーがエルウィン・フォン・ベルツ賞1等賞、大野博司グループディレクター、長谷耕二客員主幹研究員が同2等賞、望月優子研究ユニットリーダーが湯浅年子賞金賞に選出されました。さらに、科学技術に関する研究開発、理解増進などにおいて顕著な成果を収めた者を表彰する文部科学大臣表彰については、科学技術特別賞1名、科学技術賞3名、若手科学者賞5名が選出されました。個々の研究者の受賞以外では、2015年に引き続き、スーパーコンピュータ「京」と「Shoubu(菘蒲)」がそれぞれ国際的な性能ランキングである賞で世界第1位を獲得したほか、「113番元素」を合成・発見した超重元素研究グループに対して数多くの賞が贈られました。

## 文化功労者、紫綬褒章

植物分子生物学研究

**篠崎一雄** センター長  
環境資源科学研究センター

篠崎氏は、長年にわたり植物分子生物学の発展、応用研究に尽力してきました。分子レベルでの理解が全く進んでいなかった植物の環境ストレス応答と耐性獲得機構について、ゲノム科学的手法を用いて鍵となる重要因子（転写因子、シグナル伝達因子、ホルモン制御因子、輸送体など）を世界に先駆けて次々と発見し、それらをつなぐ制御ネットワークを明らかにしました。また、国際研究機関との連携で乾燥耐性作物作出の実証研究を進めており、基礎研究で得られた知見が作物育種へ応用されることが期待されています。



### Profile

**Kazuo Shinozaki**  
◎最終学歴  
名古屋大学大学院理学研究科博士課程修了、博士(理学)  
◎主な職歴  
国立遺伝学研究所研究員、名古屋大学助教授、理化学研究所主任研究員、植物科学研究センター長などを経て現職

## 東レ科学技術賞

原子核のクォーク構造に関する開拓的理論研究

**初田哲男** プログラムディレクター/主任研究員  
数理創造プログラム  
仁科加速器研究センター 初田量子ハドロン物理学研究室

初田氏は、陽子と中性子が結合してできた原子核の構造や反応を、クォークと呼ばれる基本的な素粒子から説明する一連の研究を行っています。特に、物質質量の起源とされるカイラル対称性の自発的破れが原子核内で部分的に回復する現象の理論的説明や、京コンピュータを用いた大規模数値シミュレーションによる核力（陽子や中性子の間に働く力）の量子論的第一原理計算に成功しました。これらは、今後の原子核物理学や宇宙物理学の発展に大きく貢献する成果として期待されています。



### Profile

**Tetsuo Hatsuda**  
◎最終学歴  
京都大学大学院理学研究科物理学第二専攻博士課程修了、博士(理学)  
◎主な職歴  
ワシントン大学アシスタントプロフェッサー、筑波大学助教授、京都大学助教授、東京大学教授、理化学研究所理論科学連携研究推進グループ(ITHES) ディレクターなどを経て現職

## 島津賞

転写開始点解析による埋もれた遺伝子とゲノム機能の解明

**CARNINCI, Piero** 副センター長  
ライフサイエンス技術基盤研究センター

カルニンチ氏は、ゲノムDNAから転写されるRNAの網羅的解析に取り組み、完全長cDNA作製技術やCAGE法を開発しました。特にCAGE法は、転写開始点に絞ってRNAの配列とコピー数を測定することで、いつでもどこでの遺伝子がどれくらい発現しているかをゲノム全体にわたって短時間に測定できる、画期的なRNA解析手法です。これらの技術は、国際的なゲノム解析プロジェクトに採用され、大量の非翻訳RNAの発見や転写制御機能の解明などに大きく貢献し、今後の医療応用も期待されています。



### Profile

**Piero Carninci**  
◎最終学歴  
トリエステ大学生物科学博士号  
◎主な職歴  
イタリアTALENT s.r.l.研究員、理研ライフサイエンス筑波研究センター研究員、理研オミックス基盤研究領域チームリーダーなどを経て現職

## 日本学術振興会賞

人工知能社会の実現にむけた機械学習の理論と応用の研究

**杉山 将** センター長  
革新知能統合研究センター

杉山氏は、データの生成規則の変化を明示的に捉えた「非定常環境下の適応機械学習」の理論を構築し、また、「確率密度比」という概念を導入し、適応学習、異常検知、統計的検定など、機械学習の基礎的なタスクを統一的な枠組みで扱えるようにしました。さらに、国内外の企業や研究機関と連携して、これらの理論をさまざまな分野で応用・実用化し、豊かな人工知能社会の実現に向けた多大な貢献をしています。これらの成果は今後、社会生活のあらゆる場面でのさらなる人工知能技術活用につながることを期待されています。



### Profile

**Masashi Sugiyama**  
◎最終学歴  
東京工業大学大学院情報理工学研究科博士課程修了、博士(理学)  
◎主な職歴  
東京工業大学大学院情報理工学研究科助手、同准教授を経て、東京大学大学院新領域創成科学研究科教授、2016年7月より現職(東京大学教授を併任)

## ISS R&D Innovation Award - Earth & Space Science

全天X線監視装置MAXI(マキシ)による「時間領域天文学」の創設

**三原建弘** 専任研究員  
グローバル研究クラスタ  
宇宙観測実験連携研究グループ MAXIチーム

三原氏は、宇宙放射線研究室の室員と国際宇宙ステーション搭載MAXIの観測装置を開発し、X線天体の研究を行っています。MAXIのブラックホール天体などの観測データは最速10秒で理研から世界に速報され、天文台や天文衛星での追観測を促進しています。こうした仕組みにより明滅するX線天体やジェットの放出が観測され、変動するX線宇宙の姿が明らかになりました。今回の賞では「時間領域の天文学」の創設が評価されましたが、本分野は今後さらに発展し、重力波のX線対応天体の発見などにもつながると期待されています。



### Profile

**Tatehiro Mihara**  
◎最終学歴  
東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程中退、博士(理学)  
◎主な職歴  
理化学研究所研究員補、研究員、先任研究員を経て現職

## 日本学術振興会賞

新規免疫細胞の発見と機能解明

**茂呂和世** チームリーダー  
統合生命医科学研究センター 自然免疫システム研究チーム

茂呂氏は、既存のリンパ球とは異なる免疫細胞を見だし、ナチュラルヘルパー細胞と名付け、その後この細胞は2型自然リンパ球と呼ばれる新規のリンパ球として認知されました。さらに、機能解析を進めた結果、さまざまなアレルギー疾患の悪化因子であることを解明しました。新規リンパ球の発見は、免疫誘導と制御機構とその破綻による病気の発症に対する理解を深め、免疫学の発展に多大な貢献をしています。これらの成果は、世界的な課題であるアレルギー疾患克服に向けて、新規予防・治療戦略への応用が期待されています。



### Profile

**Kazuyo Moro**  
◎最終学歴  
慶應義塾大学大学院医学研究科博士課程単位取得満期退学、博士(医学)  
◎主な職歴  
科学技術振興機構さきかけ研究員、理研免疫・アレルギー科学総合研究センター上級研究員などを経て現職

# 7 人員

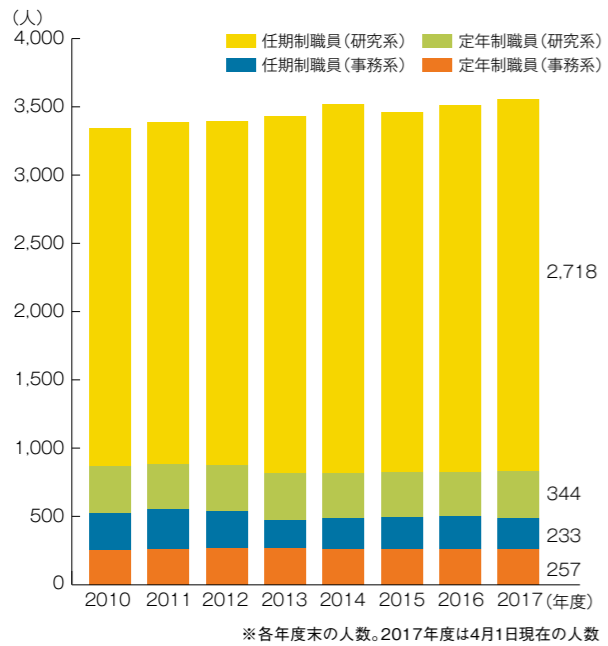
最良の研究成果を生み出すことを目指して、  
多様な人材をよりよく活かすための人材制度の確立に努めています。

理研では、さまざまな研究を行う研究センターなどに定年制職員（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

2017年4月1日の常勤職員数は3,552人で、その86%にあたる3,062人が研究系職員、さらに、その89%にあたる2,718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。

### ●理研の人員の推移



### ●センター別常勤職員数

\*2017年4月1日現在

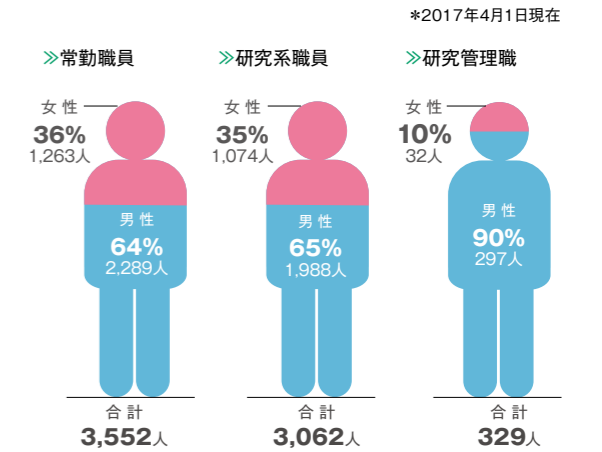
センター名	人数
主任研究員研究室	280
上席研究員研究室	21
研究推進グループ	17
グローバル研究クラスタ	21
創発物性科学研究センター	177
光量子工学研究領域	120
環境資源科学研究センター	278
生命システム研究センター	171
多細胞システム形成研究センター	162
脳科学総合研究センター	429
統合生命医科学研究センター	278
バイオリソースセンター	125
ライフサイエンス技術基盤研究センター	350
計算科学研究機構	154
放射光科学総合研究センター	83
仁科加速器研究センター	178
革新知能統合研究センター	73
数理創造プログラム	6
情報基盤センター	25
産業連携本部	2
イノベーション推進センター	41
理研-ダイキン工業健康空間連携プログラム	1
科学技術ハブ推進本部	1
健康生き活き羅針盤リサーチコンプレックス推進プログラム	22
医科学イノベーションハブ推進プログラム	6
創薬・医療技術基盤プログラム	13
予防医療・診断技術開発プログラム	9
情報システム部	20
事務等	489
<b>合計</b>	<b>3,552</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

## 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35%、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（右のグラフ）。また、仕事と生活の両立に資する研修を行い、職員のワーク・ライフ・バランスを推進し、「くるみんマーク」を取得（2回）しています。

### ●研究職員の男女比



## 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、2016年10月1日現在で743人に達しており、そのうち、研究員（非常勤を含む）として370人が在籍しています。

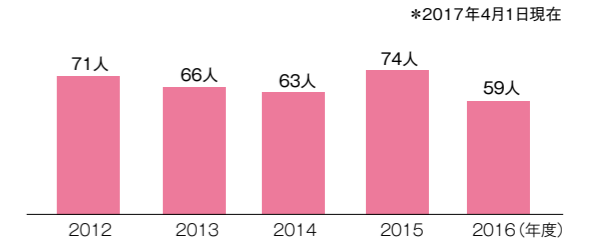
## キャリアサポート

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

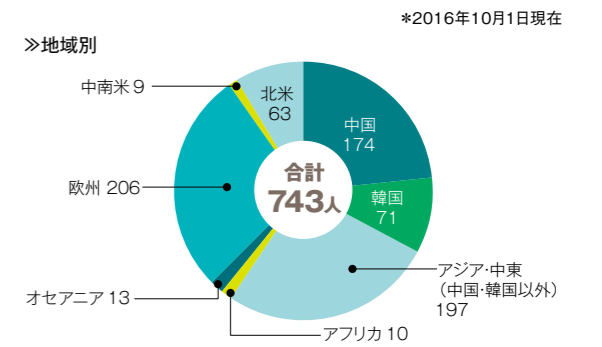


子育てサポート基準適合一般事業主に贈られる「くるみん」マーク

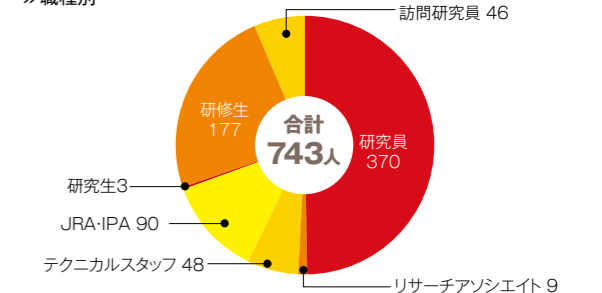
### ●妊娠、育児中の研究系職員の支援者にかかる経費助成利用者数(のべ人数)



### ●外国籍の研究スタッフの受け入れ



### ●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・施設などの維持費などを

国から毎年度交付されます。国からの資金は経営の効率化等の観点から、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。

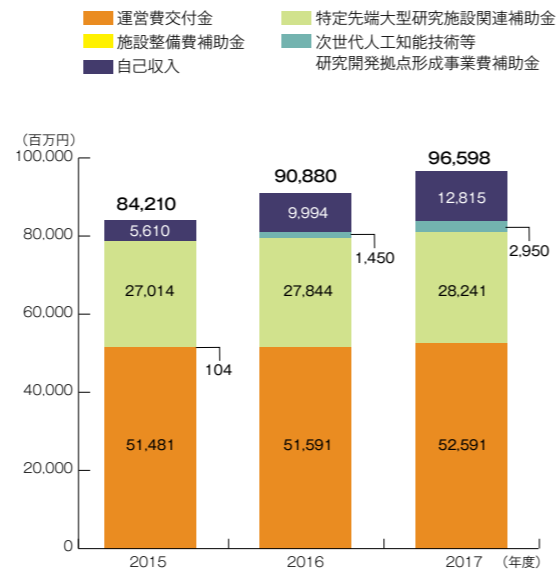
施設整備費補助金は、土地や建物整備などのために国から用途を明示されて手当てされる財源です。

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、研究者など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。

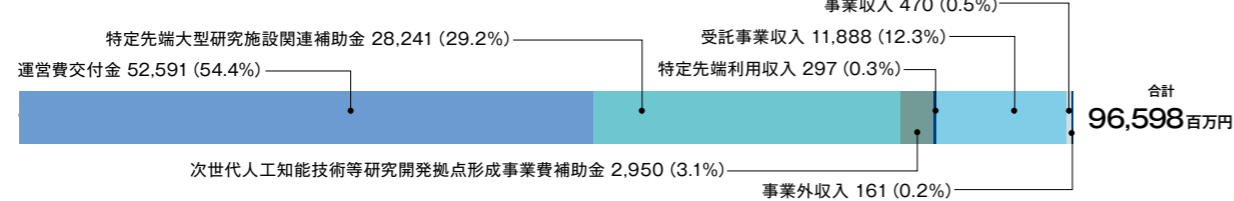
次世代人工知能技術等研究開発拠点形成事業費補助金は、革新的な人工知能技術などの研究開発拠点を新たに設置し、本分野の基礎研究から社会応用まで一貫した研究開発を実施するための経費です。

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

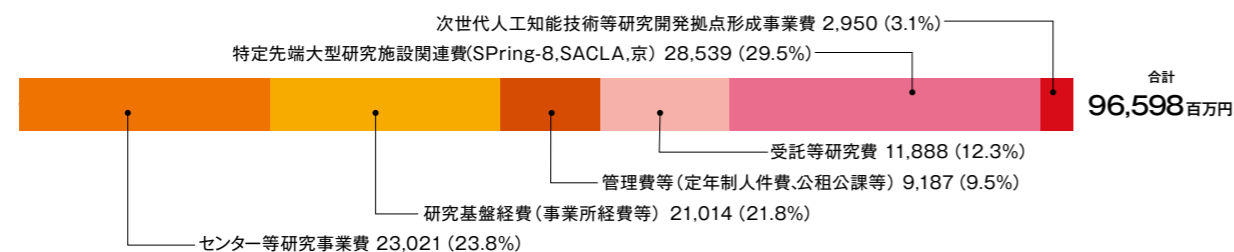
●最近3年間の収入予算の推移(当初予算)



●2017年度 収入予算の内訳(当初予算)



●2017年度 支出予算の内訳(当初予算)



## 支出について

「センター等研究事業費」は、各研究センターなどに配分され、センター長等の裁量の下、研究を行うための費用として使われます。

「研究基盤経費」は、各事業所における研究環境の維持管理、若手研究者の支援、情報環境の整備・維持、研究成果の普及など、研究活動を推進・支援するために必要な経費です。「管理費等」には、人件費などの組織を運営するための費用が含まれています。

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

## 外部資金について

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

下の表を見ると、競争的資金では科学研究費助成事業(科研費)が、その他では海外・国内財団等助成金が、件数、金額ともに安定して推移しています。

2015年度から、これまで文部科学省・厚生労働省・経済産業省に計上されてきた医療分野の研究開発に関する予算が日本医療研究開発機構(AMED)に集約されたことに伴い、獲得事業の構成が大きく変わりました。

●2016年度 外部資金のセンター別獲得状況

(民間受託金は含まず)

センター名	金額(百万円)	件数
創発物性科学研究センター	865	91
量子工学研究領域	1,103	71
環境資源科学研究センター	1,566	147
生命システム研究センター	688	97
多細胞システム形成研究センター	1,006	69
脳科学総合研究センター	2,546	219
統合生命医科学研究センター	2,206	131
バイオリソースセンター	291	50
ライフサイエンス技術基盤研究センター	1,370	114
計算科学研究機構	1,026	55
放射光科学総合研究センター	682	37
仁科加速器研究センター	863	63
革新知能統合研究センター	7	4
数理創造プログラム	-	-
情報基盤センター	152	13
イノベーション推進センター	133	12
創薬・医療技術基盤プログラム	-	-
予防医療・診断技術開発プログラム	80	9
科学技術ハブ推進本部	1,437	8
主任研究員研究室等	1,963	238
事務	30	4
<b>合計</b>	<b>18,018</b>	<b>1,432</b>

●最近3年間の外部資金の獲得状況

項目	2014年度		2015年度		2016年度			
	金額(百万円)	件数	金額(百万円)	件数	金額(百万円)	件数		
1.競争的資金	科学研究費助成事業(科研費)	3,873	805	3,851	800	4,023	830	
	厚生労働省・環境省科学研究費補助金	411	7	-	-	-	-	
	科学技術振興機構(JST)関連事業	3,698	144	1,662	112	3,393	115	
	文部科学省系事業	4,851	15	149	4	153	4	
	その他の府省系事業	293	21	197	22	108	18	
	先端研究助成基金関係	-	-	-	-	-	-	
	日本医療研究開発機構(AMED)関連事業	-	-	3,457	83	3,556	89	
<b>小計</b>	<b>13,126</b>	<b>992</b>	<b>9,316</b>	<b>1,021</b>	<b>11,234</b>	<b>1,056</b>		
2.非競争的資金	受託	政府受託研究	3,194	29	614	10	805	16
		政府関係受託研究	1,327	65	4,510	113	4,510	146
	助成	政府関係助成金	46	12	14	12	64	27
		共同研究	33	25	83	32	124	37
	補助金	政府関係補助金事業	1,039	18	1,085	19	656	18
<b>小計</b>	<b>5,639</b>	<b>149</b>	<b>6,306</b>	<b>186</b>	<b>6,158</b>	<b>244</b>		
3.海外助成および国内財団等助成金	421	83	450	106	626	113		
4.民間受託	1,519	223	1,700	232	2,066	244		
<b>合計</b>	<b>20,704</b>	<b>1,447</b>	<b>17,772</b>	<b>1,545</b>	<b>20,084</b>	<b>1,657</b>		

\*P82~83のデータは、四捨五入のため合計値が合わないところがある

# 組織図 (2017年6月1日現在)



前列左から、有信睦弘(理事)、松本洋一郎(理事)、松本紘(理事長)、小谷元子(理事)、板倉周一郎(理事)、松尾康博(監事)、清水至(監事)、小安重夫(理事)

# 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
- ▶ 研究推進グループ
- ▶ グローバル研究クラスタ
- ▶ 数理創造プログラム
- ▶ 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
- ▶ 産業連携本部
- ▶ 科学技術ハブ推進本部
- ▶ 情報基盤センター

〒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

〒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  
TEL:078-940-5555/FAX:078-304-4956

## 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

## 東京都中央区

- ▶ 革新知能統合研究センター

〒103-0027 東京都中央区日本橋1-4-1  
日本橋一丁目三井ビルディング15階  
TEL:048-467-3626

## 神奈川県横浜市

- ▶ 上席研究員研究室
- ▶ 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