

# RIKEN NEWS

No.354  
December  
2010 **12**



独立行政法人  
**理化学研究所**

## 2 研究最前線

**生物活動全体をとらえ、  
日本をエネルギー輸出国に**

## 6 研究最前線

**生体内の超分子ナノマシン、  
その作動原理を解き明かす**

## 10 特集

**京速コンピュータ「京」が  
科学を変える**

計算科学研究機構 平尾公彦 機構長に聞く

## 12 SPOT NEWS

- ・体細胞クローンマウスの出生率、従来の10倍に  
X染色体上の遺伝子群発現の正常化が鍵
- ・経口免疫寛容の仕組みを解明  
食物アレルギー治療へ期待
- ・恐怖条件下での行動の選択、  
脳の手綱核が重要

## 14 FACE

**暗黒星雲で進む化学合成の  
再現に挑む研究者**

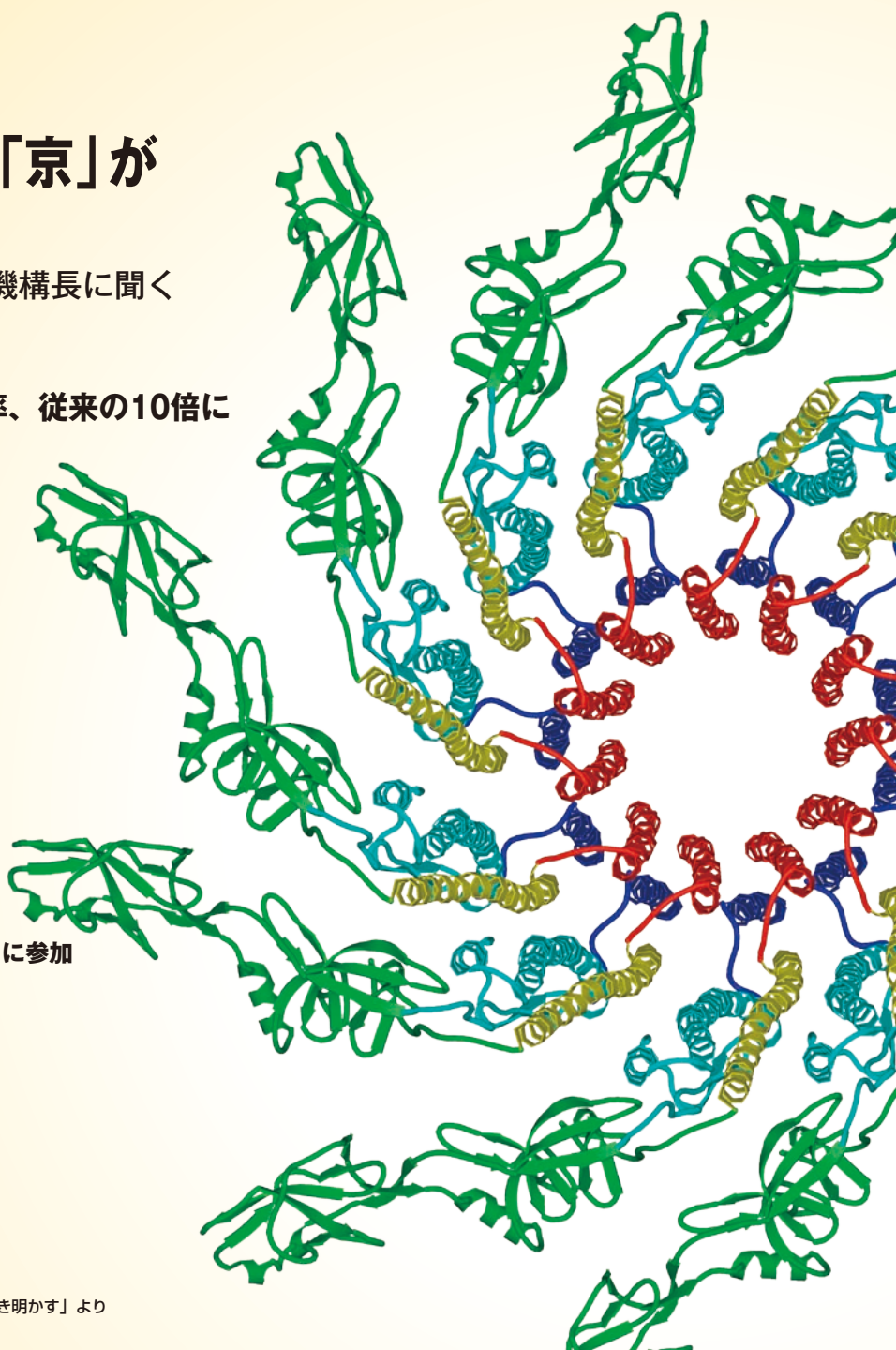
## 15 TOPICS

- ・新研究室主宰者の紹介
- ・タイ王国王女殿下が理研CDBをご視察
- ・北京大学の学生8名が「仁科スクール」に参加

## 16 原酒

滞在型の数理科学ワークショップ@上諏訪

RIKEN Mobile



# 生物活動全体をとらえ、 日本をエネルギー輸出国に

日本は、国土の3分の2が森林に覆われている。

また、日本の領海と排他的経済水域を合わせた面積は世界第6位だ。

「日本は森林や海洋の生物資源にとっても恵まれています。

これを利用してバイオ燃料を効率よくつくることができれば、

日本をエネルギー輸出国にすることも夢ではありません」

と守屋繁春ユニットリーダー。

守屋バイオスフェア科学創成研究ユニットでは、

木材に含まれるセルロースを分解する

シロアリに共生する原生物や、油をつくり出す

藻類を含む微生物群の生物活動全体をとらえることで、

バイオ燃料を効率よくつくり出す手法を

見いだそうとしている。

西表島内湾での海水採取



藻類を含む微生物群の培養系「エコトロン」

東京湾お台場や西表島内湾などから採取してきた海水には、油をつくる藻類を含む微生物群が生息している。その微生物群を培養して生物間の物質のやりとりを分析することで、油を効率よく合成する経路を発見することを目指している。



私の究極の目標は、科学・技術の力によって  
人類社会を生態系の炭素循環に再び組み込み、  
持続可能な社会を築くことです。

## 守屋繁春

基幹研究所  
守屋バイオスフェア科学創成研究ユニット  
ユニットリーダー

### ■ 生態系の炭素循環に人類社会を再び組み込む

「18～19世紀に起きた産業革命以前、人類社会は生態系の炭素循環に組み込まれていました」と守屋繁春ユニットリーダー（UL）。植物が光合成により二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）から有機物を合成し、それを動物が食べる。動物の排せつ物や死骸が、細菌や藻類などの微生物によって分解され無機物に変わる。そして、動植物や微生物の呼吸によりCO<sub>2</sub>が放出され、そのCO<sub>2</sub>が再び光合成に利用される。炭素（C）は生態系の中でこのように循環している（図1）。

「ところが産業革命以降、人類社会は地下に隔離されていた石炭や石油などの化石資源を大量に消費するようになりました。生態系の炭素循環から逸脱した化石資源の大量消費が、CO<sub>2</sub>排出による地球温暖化や環境汚染の問題を引き起こしているのです」。そして現在、人類社会は化石資源の枯渇という大きな問題に直面している。「科学・技術の力により、植物などの再生可能な生物資源を利用してバイオ燃料やバイオプラスチックを効率よく生み出すことで、人類社会を生態系の炭素循環に再び組み込む。それを実現できれば、人類は持続可能な社会を築くことができます」

### ■ 独自の手法で微生物の機能を探る

生物資源を利用して有用物質を効率よく生み出すことは、自然界で行われてきた営みだ。「その主役は微生物です。私たちは、微生物が行っている効率的な手法を知らないだけなのです。その手法を学ぶべきです」

すでに現在、トウモロコシやサトウキビなどの穀物に含まれるデンプンを糖に変換し、その糖を発酵させることでバイオ燃料がつけられている。しかしこの方法には、穀物栽培に多量のエネルギーが必要なことや食糧との競合、農地の制約などの問題がある。そこで、木くずや間伐材<sup>かんばつ</sup>、稲わら、雑草などに含まれるセルロースからバイオ燃料をつくる研究が世界中で行われている。セルロースを分解して糖の一種であるグルコースを得ることができれば、既存の発酵技術でアルコールを効率よくつくることのできる。問題は、セルロースがとても分解しにくいことだ。

シロアリを飼育している木片を持つ守屋UL

撮影：STUDIO CAC



もりや・しげはる。1969年、東京都生まれ。理学博士。横浜市立大学大学院総合理学研究科博士課程修了。理研工藤環境分子生物学研究室 専任研究員、(独) 科学技術振興機構バイオリサイクルプロジェクト研究員などを経て、2008年より現職。横浜市立大学大学院 客員准教授 兼務。

「これまでセルロースの分解には、カビ（糸状菌）の一種であるトリコデルマ・リーセイが主に使われてきました。このカビは、セルロースを分解する酵素であるセルラーゼを大量につくり出し、セルロースをグルコースに分解する能力を持っています」

トリコデルマ・リーセイを用いてセルロースを分解するには、その前にセルロースに絡み付いたリグニンという物質を取り除く必要がある。しかし、既存の酵素だけでは除去できないため高温下で硫酸を用いるなどの前処理が必要となり、その前処理や有害な廃液処理で大量のエネルギーを消費してしまう。実用化に向けての課題は、そのエネルギー消費をできるだけ抑えることにある。

「自然界には、セルロースをもっと効率よく分解して大繁殖している生物がいます。木材だけを餌にするシロアリです。実際にセルロースを分解しているのは、その腸内に共生している原生生物です。しかし、原生生物がセルロースをどのように分解しているのか、その仕組みはよく分かっていません。私たちはその仕組みを利用して、バイオ燃料をつくり出すことを目指しています」

シロアリの腸内には数種類～十数種類の原生生物が共生し（図2）、さらにその原生生物の体内にはさまざまな細菌が生息している。そしてシロアリ・原生生物・細菌が、互いの生存に不可欠な物質をやりとりして共生関係を築いている。「その共生関係から原生生物だけを取り出して培

養することができないため、その性質や機能を詳しく調べることができませんでした」

微生物の性質や機能を調べるために、分離・培養技術の開発が長年にわたり続けられてきた。しかし、現在の技術で培養できるのは微生物全体の1%未満にすぎず、99%以上は培養することが難しい。そのため、ほとんどの微生物の性質や機能がまだ解明されていない。「近年、培養を介さずに複数の微生物群のゲノム（全遺伝情報）をまとめて解析する“メタゲノム解析”が行われるようになりましたが、ゲノムを解析して得られるのは遺伝子のリストです。実際にどの遺伝子がどのように働いて特定の機能を実現しているのか、という情報はほとんど得られません」

そもそも遺伝情報は、DNAにある4種類の塩基の並び方（塩基配列）によって書かれている。DNAの一部にある遺伝子領域の塩基配列がmRNAに転写され、その情報をもとに酵素などのタンパク質がつくられる。そして、それらのタンパク質の働きによって、代謝産物がつくられる。「私は、実際に働いているmRNAやタンパク質、代謝産物に注目しました。まず、さまざまな種類のシロアリに共生する原生生物のmRNAを調べました。それらmRNAの塩基配列を解析すれば、どの遺伝子が、どれだけ発現しているのかを知ることができるからです」

実験の結果から、発現量のうち約5~10%がセルロース分解に関連する酵素であることが分かった（図3）。「通常、単一の機能に関連した遺伝子群の発現量としては、1%でもものすごい量です。シロアリに共生する原生生物は、まさにセルロースを分解するためだけに生きているといえます」

さらに、セルロースを分解する酵素であるセルラーゼには、5種類あることが分かった。「トリコデルマ・リーセイなどのカビも同じ種類のセルラーゼを使っています。そこで、カビと原生生物のセルラーゼを比較してみました。そ

の結果、原生生物のセルラーゼの方が、グルコースをつくる量が10倍以上も多いことが分かりました。そのセルラーゼには、とても不思議な特徴があることも分かりました」

カビのセルラーゼには、セルロースに結合する部位があり、その結合部位を人工的に取り除くと、活性が激減する。カビのセルラーゼはしっかりと結合することで、高い活性を示すと考えられている。しかし、原生生物のセルラーゼには、そもそも結合部位がない。それにもかかわらず10倍以上も活性が高いのだ。「この謎については、まだ解明できていません。私たちは理研播磨研究所の研究者たちと連携して原生生物のセルラーゼを結晶化し、X線で構造を調べる研究を進めています。カビのセルラーゼと構造を比較することで、謎を解明できるはずですよ。このセルラーゼのように結合部位がなくても高い活性を示す酵素は、ほとんど見つかっていません。その仕組みを構造レベルで解明できれば、活性の高い酵素を人工的につくることもできるかもしれません」

### ■ 未知の遺伝子に秘められた新しい仕組み

カビは酵素を使って酸素から活性酸素をつくり、リグニンを分解している。「しかし、原生生物が共生しているシロアリの腸内には酸素がないので、活性酸素はつくれません。原生生物は、リグニンを分解するためのまったく新しい仕組みを備えているはずですよ。原生生物のmRNA発現量を調べた結果、その半分は未知の遺伝子であることも判明しました（図3）。その未知の遺伝子にリグニンを分解する新しい仕組みが隠されていると考えています」

では未知の遺伝子は、どのようなタンパク質をつくり出しているのか。「私たちはシロアリを木材の環境からセルロースだけの環境に移して飼育しました。すると原生生物がつくるグルコースの量が増えます。そのとき、グルコースの増加と同期してどんなタンパク質が増えてくるのかを調べているところです。そのタンパク質の中に、リグニンの分解に関連した未知の酵素が含まれている可能性があります」

エネルギーをほとんど使わずに酵素だけでセルロースからリグニンを取り除く。さらにトリコデルマ・リーセイのセルラーゼより10倍以上も活性の高いセルラーゼを使ってセルロースを分解する。これが実現できれば、サトウキビなどの穀物からバイオ燃料をつくるより2.7倍もエネルギー効率が上がる、との試算がある。

「グルコースができれば、バイオ燃料だけでなくバイオプラスチックをつくることも可能です」。理研は2010年4月、バイオプラスチックなどの新素材を生み出すことを目指したバイオマス工学研究プログラム（BMEP）を設立した。守屋ULたちは、BMEPとも連携を深め、研究を進めている。

### ■ 広大な海で藻類から燃料をつくる

守屋ULは2009年から海にもフィールドを広げた。「海

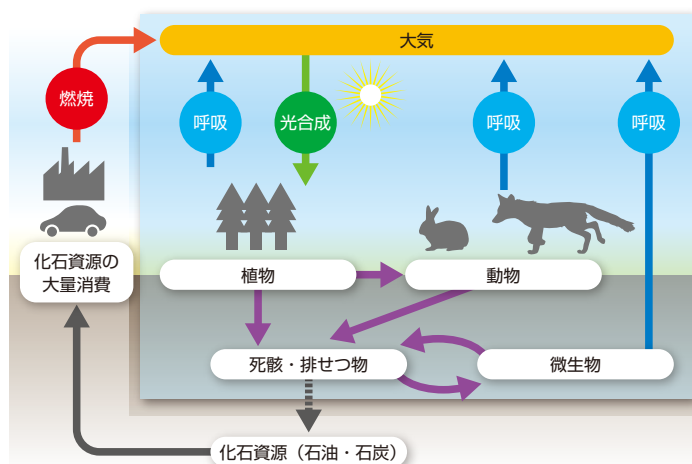


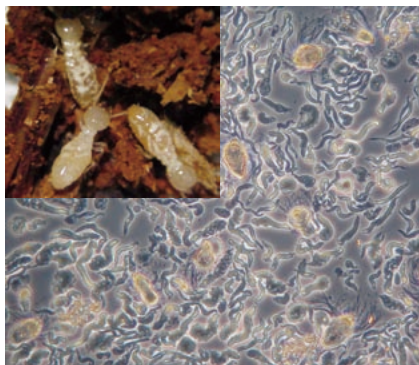
図1 生態系の炭素循環

炭素は生態系の中で循環している。その炭素循環から隔離されていた石炭や石油の大量消費が、環境汚染や地球温暖化などの問題を引き起こしている。



**図2 ヤマトシロアリとその腸内に共生する原生物群**

日本で最も広く分布するヤマトシロアリには、十数種類の原生物が共生している。



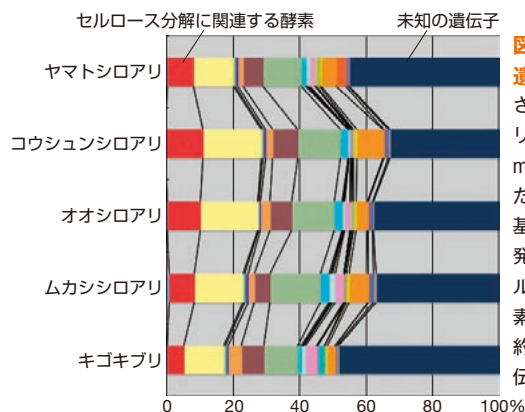
には、光合成を行い、油をつくり出す藻類がいます。私は生物を研究するとき、必ずその生物のすみ環境に身を置くことを心掛けています。藻類の研究を始めるに当たり、東京湾・お台場の海に潜ってみました。すると、水深5mで懐中電灯が必要なくらい濁っていました。富栄養化により藻類などの微生物群が濃縮された海になっているのです」

藻類は石灰やガラス質の殻を持っているものが多い。「しかし殻が重いので、そのままでは沈んでしまい光合成ができません。そこで、油をつくって浮力材にしているのです。藻類を含む微生物群は、海洋汚染の原因となるリンや窒素などを吸収して油をつくっています。この微生物群の持つ機能を活用すれば、水質浄化をしながらバイオ燃料をつくることができます」

すでに現在、藻類を利用してバイオ燃料を生み出す研究開発競争が繰り広げられている。「しかし、そのほとんどは1種類の藻類を対象にした研究です。米国ではクラミドモナス、日本では筑波大学の渡邊 信 教授が見いだしたボトリオコッカスです」

一方、守屋ULは、1種類の生物に注目するのではなく、複数の生物が物質をやりとりしながら行っている活動に注目している。「それが自然界で行われている主流の営みだからです。複数の生物が物質をやりとりすることで初めて可能となる効率的な油の合成経路があるはず。私たちは、東京湾や西表島内湾で採集してきた藻類などの微生物群を含む海水を使った実験を始めています (2ページの写真)。例えば、藻類は暗くなると光を受けるために海面へ浮上しようとして油をたくさんつくるはず。実験室で藻類が油をたくさんつくる環境を再現し、そのときに微生物群がつくり出すタンパク質や代謝産物をモニターしながら、生物間の物質のやりとりを解析する計画です。そこから効率よく油をつくり出す合成経路を見いだすことを目指しています」

その将来性は？「研究を始めたばかりなので未知数です。水深30mの海中では、波の影響はなくなりますが光は差し込みます。台風の影響を受けないその水深で、半透膜の中で藻類を培養して油をつくり出すことを提案している人がいます。さらに効率よく油をつくる合成経路を見いだすこ



**図3 原生物群で働く遺伝子の解析**

さまざまな種類のシロアリに共生する原生物のmRNAの発現量を計測した。それぞれのmRNAの塩基配列を解析したところ、発現量のうち5~10%はセルロース分解に関連する酵素にかかわる遺伝子(赤)、約50%は機能が未知の遺伝子(紺)だった。

とができれば、広大な日本周辺の海を利用して大量のバイオ燃料をつくり出すことができるはず。森林や海洋の生物資源を利用してバイオ燃料をつくることで、日本をエネルギー輸出国にすることも夢ではありません」

### 生態系を丸ごととらえる新しい科学を創成

子どものころから奇妙な生物に興味があったという守屋ULが、シロアリの腸内に共生する原生物の研究を始めたのは、1996年に理研に入ってから。「所属していた研究室がタイと共同研究を始めることになり、2000年から約1年間、タイに赴任しました。熱帯の生物の多様性に圧倒されました。そこでは複雑な共生のネットワークが築かれています。生物を研究するには、一つひとつの生物を分離して調べるのではなく、生物間の物質のやりとりを丸ごととらえる必要があることに気付きました。そして帰国後、原生物をシロアリから分離して調べるのではなく、共生した状態でmRNAを調べる研究を始めたのです」

守屋ULたちは、理研植物科学研究センターの先端NMRメタボミクスチーム(菊池 淳チームリーダー)と緊密に連携して研究を進めてきた。「生物を生態系から分離せず、遺伝子、mRNA、タンパク質、代謝産物という生物活動全体をとらえる手法を、“メタオミックス解析”と名付けました。理研にはメタオミックス解析に必要な最先端の技術と人材がそろっています。理研の研究環境をフル活用してメタオミックス解析の技術を確立し、複雑な生態系を丸ごととらえる新しい科学を拓いていきたいと思います」

守屋ULの最終目標は、生態系の仕組みを理解することなのか、それともバイオ燃料生産の独自技術を生み出すことなのか。「両者を切り離すことはできません。科学・技術によって人類社会を生態系の炭素循環に再び組み込むことは、生態系の本質を理解することにほかなりません」

(取材・執筆：立山 晃／フォトンクリエイト)

#### 関連情報

●2010年1月20日プレスリリース

「シロアリ腸内共生系の高効率木質バイオマス糖化酵素を網羅的に解析」

# 生体内の超分子ナノマシン、 その作動原理を解き明かす

生体内には、たくさんの種類のタンパク質や核酸が結合した“超分子”がある。

さまざまな部品で構成される精密な構造、複雑な動き、そして精緻な機能……。超分子はまるでナノマシンだ。

「生体内にあるとても小さな超分子ナノマシンがどのような仕組みで動くのか、

その作動原理を知りたいのです」と米倉功治 准主任研究員。

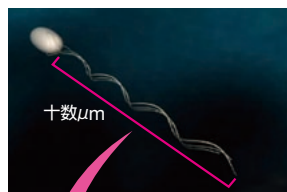
機能は形と密接に結び付いているため、その作動原理を理解するには、

立体構造を明らかにしなければならない。米倉准主任研究員は、低温電子顕微鏡法を中心に

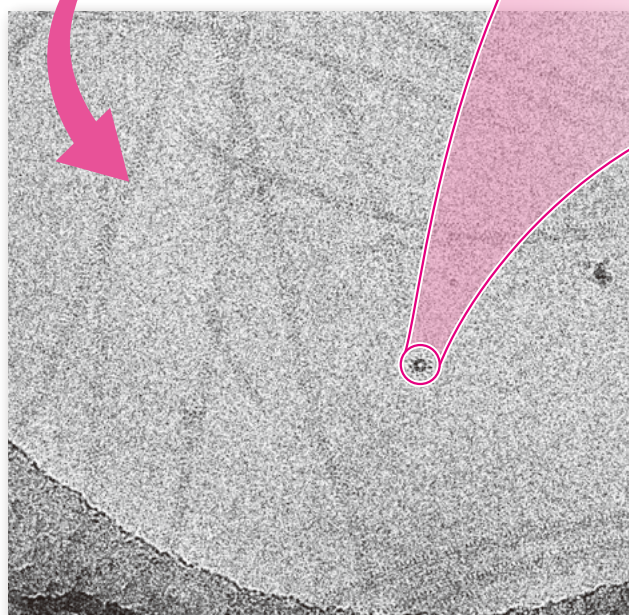
新しい技術を開発して超分子ナノマシンの作動原理の解明に挑んでいる。

超分子ナノマシンの謎に迫る最先端の研究を紹介しよう。

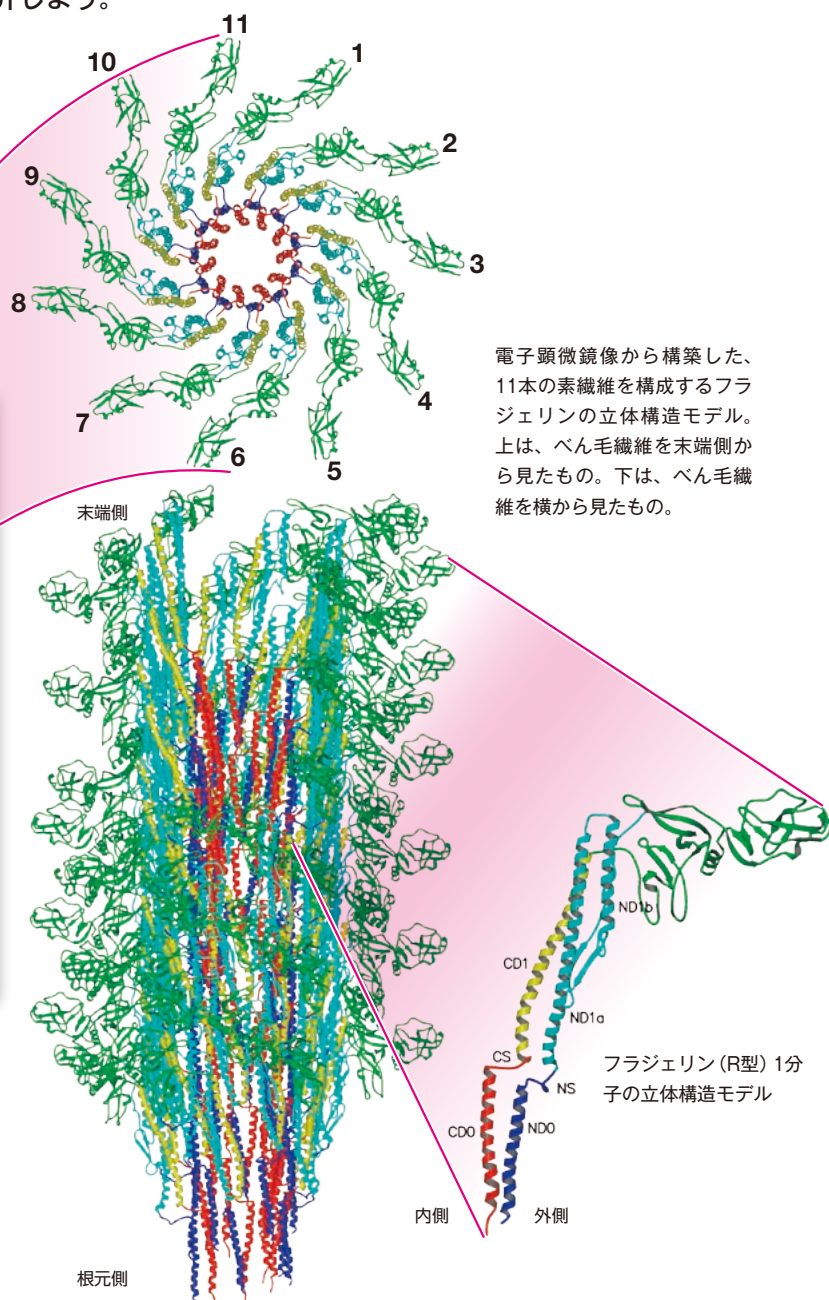
## べん毛繊維を構成するタンパク質の立体構造解析



©ERATO  
難波プロジェクト



結晶構造を持たないアモルファスな水中のべん毛繊維の低温電子顕微鏡像。べん毛繊維は素繊維が11本束になってできており、素繊維はフラジェリンというタンパク質(L型とR型)が積み重なってできている。写真にはさまざまな向きのべん毛繊維が写っており、11個の突起と中心の孔が見えるものもある。





工夫をして今までできなかったことを可能にする。  
それが面白い。オンリーワン技術を開発すれば、  
強いですからね。

## 米倉功治

放射光科学総合研究センター 利用技術開拓研究部門  
米倉生体機能研究室 准主任研究員



よねくら・こうじ。1969年、東京都生まれ。博士（理学）。東京工業大学大学院バイオサイエンス研究科博士課程修了。松下電器国際研究所リサーチアソシエイト、(独) 科学技術振興機構ERATO難波プロトニックナノマシンプロジェクト形態変換グループグループリーダー、大阪大学生体機能研究科助手、カリフォルニア大学サンフランシスコ校Keck fellowなどを経て、2008年より現職。専門分野は生物物理学。

### ■ ベン毛の不思議

大腸菌やサルモネラ菌は、栄養がある場所に向かったり、温度が低い場所から遠ざかったりと、活発に動いている。その推進力を生み出しているのが、細菌の表面に生えている“べん毛”だ。べん毛は、約30種類のタンパク質から構成される超分子で、回転モーターの働きをする“基部<sup>きぶ</sup>体”、プロペラのように回る“べん毛繊維”、そして二つをつなぐ“フック”などから構成されている（図1）。

「べん毛の細胞内に入ってきたイオンの流れによって基部体の回転子が毎秒最大300回で回転し、べん毛繊維がプロペラのように回ることで、細菌が前進します。べん毛は、とても精密に設計されたナノマシンのようだと思いますか？ 私は、生物の中にある複雑なナノマシンがどのような仕組みで動いているのか、その作動原理を知りたいのです」と米倉功治准主任研究員。米倉准主任研究員は、東京工業大学で豊島 近<sup>ちかし</sup> 教授（現・東京大学分子細胞生物学研究所）から電子顕微鏡を使った生体分子の構造解析を学んだ後、1997年から（独）科学技術振興機構（JST）の創造科学技術推進事業（ERATO）「難波プロトニックナノマシンプロジェクト」（総括責任者：難波啓一 大阪大学生体機能研究科 教授）に参加し、べん毛の作動原理の解明に挑んできた。

細菌の本体部分（菌体）の大きさ1～2μm（1μmは0.001mm）に対して、べん毛繊維の長さは十数μmほどある。そのべん毛繊維は、“素繊維”と呼ばれる11本の細長い繊維が束になったチューブ状をしている。「べん毛繊維が直線状ならば、いくら高速で回転させても推進力は発生しません。回転によって進むことができるのは、べん毛繊維が緩やかな曲率を持ったらせん構造（超らせん）をしているからです。でも、べん毛繊維がこの形態を取っていること自体がとても不思議なことです」

べん毛繊維は、菌体でつくられたフラジェリンというタンパク質が積み重なってできているが、同じ大きさや形のタンパク質が積み重なると直線状にしかない。実は、フラジェリンには、構造が異なるL型とR型がある。L型が積み重なった左巻きの素繊維に、R型が積み重なった右巻きの素繊維が混ざること、べん毛繊維は左巻きや右巻き

などの形態に変化するのだ（図2）。しかしこれが、細菌がべん毛の回転によって動く仕組みのすべてではない。細菌は、2～3秒間真っすぐ進み、方向転換してまた真っすぐ進む、というパターンを繰り返している。細菌は、どういう仕組みで方向転換をしているのだろうか。

方向転換するとき、左回転していたモーターが1ミリ秒だけ逆回転することが知られている。モーターが逆回転すると、べん毛繊維にねじれの力が加わって左巻きの素繊維の何本かが右巻きに変わり、そのときバランスが崩れて細菌はよろめくように向きを変える。方向転換の仕組みは、こう考えられている。「方向転換の詳細な仕組みを理解するには、フラジェリンの立体構造を明らかにする必要があります」と米倉准主任研究員。しかし、それが難しい。

### ■ 低温電子顕微鏡法とらせん再構成の新技术

タンパク質の立体構造を調べる代表的な方法が、X線結晶構造解析だ。X線結晶構造解析では、タンパク質の結晶をつくり、X線を当てる。結晶に当たったX線は原子核の周りの電子によって散乱され、干渉し合い回折像<sup>かいせつ</sup>をつくる。その位置と強さから物質中の電子分布を解析し、原子がどのように配列しているか、つまり立体構造が分かるのだ。結晶を使うのは、原子が規則正しく並んでいるため鮮明で規則的な回折像が得られ、より高い分解能で立体構造を調べることができるからだ。

「しかし、べん毛繊維にはX線結晶構造解析が使えません。繊維状のタンパク質は結晶をつくるのがとても難しいからです。そこで私たちは、電子顕微鏡を使うことにしま

した。電子顕微鏡では試料に電子線を当てます。電子顕微鏡を使うと、試料の実像を見ることができるという利点があります。しかし、電子線のエネルギーは強いので、そのままでは試料は破壊されてしまいます」

米倉准主任研究員は、その問題を解決するため「低温電子顕微鏡法」を採用した。「試料を急速に凍結して氷の中に閉じ込めます。その試料をマイナス269℃まで冷却した状態で観察することで、電子線による損傷を大幅に軽減することができます。しかも氷の中なので、水溶液中の生体内に近い状態で観察できるという利点もあります」

だが、低温電子顕微鏡法だけでは、高い分解能で立体構造を得ることができない。それは、高い分解能の立体構造を得るには、たくさん電子線を当てる必要があるからだ。「タンパク質の損傷が大幅に軽減するといっても依然として損傷は深刻で、電子線の照射量は極力抑える必要があります。そのような条件で撮影した画像はノイズが多く、ほとんど何も見えません。ノイズだらけの中から有用な情報だけを高い分解能で取り出すためには、画像解析の技術が必要です」

そこで米倉准主任研究員が開発したのが、らせん対称性を利用して立体構造を再構成する画像解析技術だ。「ノイズが多い画像から高い分解能の情報を得るには、たくさんの画像を撮影し、それを平均化するというのが一般的な手法です。しかし、十分な分解能のデータを得るには天文学的な数の画像が必要だと考えられていましたから、現実的ではありませんでした。私たちが開発したらせん再構成の新技術を使うと、べん毛繊維のようならせん構造を持つ試

料であれば、100枚程度の写真を足し合わせることで十分な分解能の立体構造を得られます。らせん構造を持つ試料は、1枚の写真の中にいろいろな方向を向いた分子が写っています。それらをうまく利用するのです」

## ■ べん毛の作動原理が見えた

米倉准主任研究員は2003年、低温電子顕微鏡法とらせん再構成の新技術を組み合わせることで、べん毛繊維を構成するフラジェリンのR型の立体構造解析に成功した（6ページの図）。分解能は約4Å（1Åは100億分の1m=0.0001μm）を達成。フラジェリンを構成するアミノ酸の原子配置まで分かる画期的な成果だが、米倉准主任研究員らの挑戦はさらに続いた。「R型の立体構造解析をただけでは、べん毛繊維の一状態だけしか分かりません。L型の立体構造を解析することで、形態変換の仕組みを知ることができます」

2008年、理研播磨研究所の放射光科学総合研究センター（RSC）に米倉生体機能研究室を立ち上げた。そして2010年3月、ついにL型の立体構造解析に成功。L型は不安定なため解析まで時間がかかったが、ようやく細菌が方向転換するときの分子機構が明らかになった。「L型とR型の立体構造を比較すると、べん毛繊維の内側部分は、ほとんど変わりません。一方、外側部分は、とてもしなやかに変化することが分かりました（図3）。モーターの逆回転によってフラジェリンの一部がL型からR型に変わり、それがスイッチとなって、べん毛繊維のらせんの向きが変わります。その結果、細菌は方向転換をしていたのです」

べん毛繊維は相反する二つの条件を満たしている。一つは高速回転に耐える強靱さ。もう一つは、L型からR型、R型からL型へと変わるしなやかさ。「フラジェリンの立体構造は、まさに強靱さとしなやかさを兼ね備えています。実際に立体構造を解いて、なんてよくできているのだろうと感激しました。実は予測されていた構造と、ずいぶん違っていました。実際に見ることの重要性を再認識しました」

米倉准主任研究員は「最近では、いかに高価で性能に優れた装置を買いそろえることができるかで、研究成果に差が出るようになっています。それでは面白くありません」と指摘する。「自分で工夫して、今までできなかったことを可能にする。それが面白いのです。私は、そこにこだわっていきたい。オンリーワンの技術を開発すれば、強いですからね」

## ■ 電子顕微鏡による微小な3次元結晶構造解析

「できるだけ高い分解能でタンパク質の立体構造を明らかにしたい」と繰り返す米倉准主任研究員は、現在もさまざまな技術の開発に力を注いでいる。その例を紹介しよう。

「電子顕微鏡は結晶化の必要がないことが、大きな利点です。しかし、立体構造を高分解能で調べようとしたら、原子が規則正しく並んでいる結晶はやはり魅力的です。結

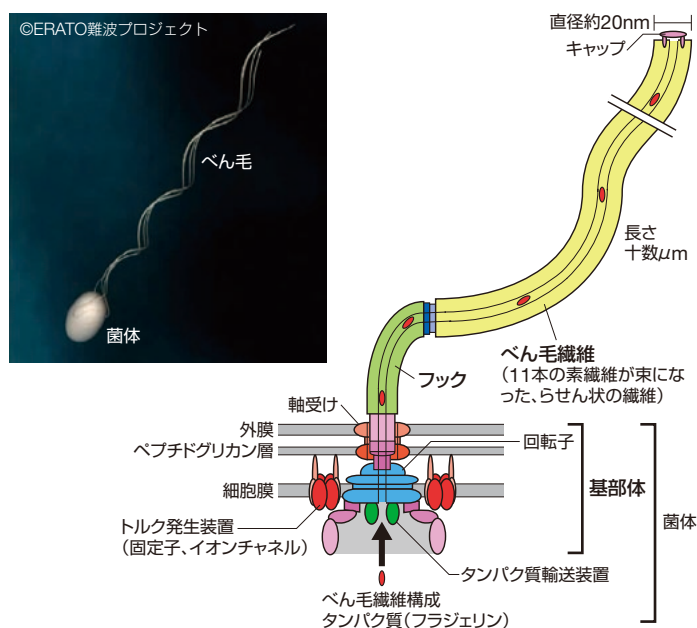


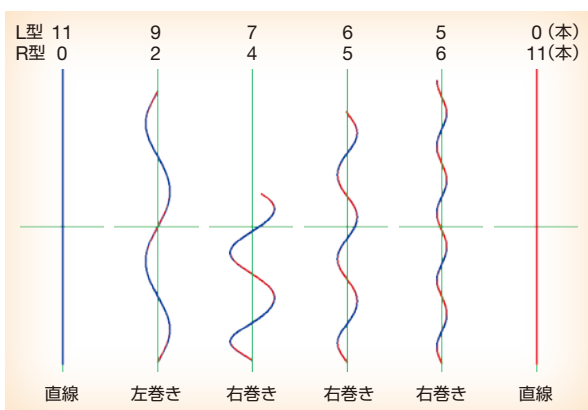
図1 細菌の模式図

細菌は、べん毛を毎秒300回もの高速で回転させて泳ぐ。べん毛は長さ数十μmで、細菌の本体部分（菌体）の10倍ほどある。回転モーターの働きをする“基本体”、プロペラのように回る“べん毛繊維”、その二つをつなぐ“フック”などの部分から構成されている。



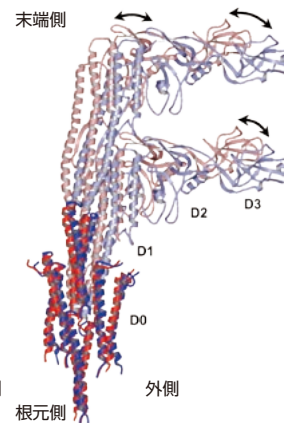
**図2 らせん構造を形成するべん毛繊維**

べん毛繊維は、フラジェリンというタンパク質が積み重なった11本の素繊維が束になってできている。フラジェリンには立体構造の異なるR型とL型がある。R型が積み重なった素繊維（赤）とL型が積み重なった素繊維（青）が一定の割合で混ざることによって、さまざまならせん構造をつくる。



**図3 フラジェリンの構造変化**

赤はR型、青はL型の構造。べん毛繊維の内側部分（濃い赤と青）はR型とL型の違いが小さい。外側部分（薄い赤と青）は矢印の方向に大きく構造が変化する。  
Nature Structural & Molecular Biology 17, 417 - 422 (2010) より



晶をつくりにくいタンパク質でも、まれに微小な結晶ができることがあります。それを電子顕微鏡で解析できないか考えたものの、そういう技術はありません。そこで、東大の豊島教授、日立ハイテクノロジーズ、日立ハイテクフィールドینگとともに新しい技術を開発しています」

電子線は、物質と相互作用する力がX線より10万倍も強い。そのため、小さい結晶でも原子の配置情報を得ることができるのだ。最近では、X線でも微小な結晶の解析技術が開発され、理研播磨研究所にある大型放射光施設SPring-8では数μmの結晶の解析が可能になりつつある。「電子顕微鏡では、さらに微小な1μm以下の結晶でも解析できる可能性があります。さまざまな生命活動を担い、創薬のターゲットでもある膜タンパク質や超分子複合体では、微小な結晶しかできないことがあるので、この技術は重要になるでしょう」

電子顕微鏡による結晶構造解析には、もう一つ大きな利点がある。「X線は電子によって散乱されますが、電子線は電荷に影響されます。原子の配置だけでなく、タンパク質のどの部分がプラスに、あるいはマイナスに荷電しているかを知ることができると考えられます。タンパク質が働くとき、電荷の分布はとても重要です」

米倉准主任研究員が、電子顕微鏡による結晶構造解析のターゲットとして狙っているのが、べん毛のイオンチャネルである（図1）。イオンチャネルは基部体があり、細胞外から細胞内へ流れ込んでくるイオンの通り道だ。イオンの流れが基部体の回転子を回し、べん毛繊維を回転させる。「イオンは荷電粒子ですから、その流れる通路が見える可能性があります。電子顕微鏡による微小な3次元結晶構造解析は、世界でまだ例がありません。数年以内には、私たちの手で成功させたいですね」

染色体の端にあるテロメアという構造も、ターゲットの一つである。テロメアは、細胞分裂のたびに短くなり、細胞の寿命を制御しているといわれている。逆に、がん細胞ではテロメアが伸びていく。「テロメアは、DNAとタンパク質が結合した複雑で大きな超分子です。その立体構造を

明らかにすることで、テロメアの長さを制御する仕組みを解き明かしたいのです」

### ■ あらゆる技術を駆使する

2009年、米倉准主任研究員は“Ernst Ruska Award”を受賞した。“低温電子顕微鏡法による生体超分子マシンの作動機構の解明”の業績が認められたもので、RSCタンパク質結晶構造解析研究グループの眞木（米倉）さおり研究員と連名での受賞だ。電子顕微鏡を発明したErnst Ruska博士（1986年ノーベル物理学賞受賞）にちなんで、ドイツ電子顕微鏡学会が1980年に創設した賞である。「電子顕微鏡で画期的なものを見ただけでなく、技術開発を伴う業績に与えられるそうです。まさに私が目指してきたことであり、とても光栄です」

米倉准主任研究員には、楽しみにしていることがある。理研播磨研究所で建設が進む“X線自由電子レーザー（XFEL）”（2010年度内完成予定）だ。「XFELを使うと、細胞や細胞小器官をそのまま丸ごと、立体構造解析できる可能性があります。現在、慶應義塾大学理工学部物理学科の中迫雅由教授、RSC基盤研究部の山本雅貴部長らとともに、XFELと低温電子顕微鏡法を組み合わせることで生体試料の解析をするための技術開発を進めているところです。私が目指しているのは、生体の中にあるナノマシンの作動原理の解明。そのためには、電子顕微鏡にこだわっていません。理研播磨研究所には世界一の放射光施設があり、その関連装置が集結しています。播磨研究所にあるあらゆる技術を駆使して、ナノマシンの作動原理を明らかにしたい。ここには、さまざまな装置を開発している人たちがいます。その人たちから有用なアドバイスを受けて、自分の知識を組み合わせれば、新しい技術を生み出すことができると思います。今、研究がとても楽しいです」

（取材・執筆：鈴木志乃／フォトンクリエイト）

### 関連情報

●2010年3月15日プレスリリース「細菌べん毛のミクロのプロペラが形態をスイッチするナノ機構を解明」

# 京速コンピュータ「京」が科学を変える

計算科学研究機構 平尾公彦 機構長に聞く

2005年から理研が開発主体となって計画を進めてきた国家基幹技術である「次世代スーパーコンピュータ」。  
2010年7月には、その運営と研究開発を行う理研計算科学研究機構(AICS)が神戸ポートアイランドに発足(図1)、  
次世代スーパーコンピュータには「京」という愛称が付けられた。そして同年9月、計算機本体の搬入が始まった。  
2012年の完成を目指し、開発が進む京速コンピュータ「京」、その全貌について平尾公彦 機構長に聞いた。

## 京速コンピュータ「京」

——理研計算科学研究機構の目的は何ですか。

**平尾：**理研計算科学研究機構(RIKEN Advanced Institute for Computational Science:AICS)には二つのミッションがあります。一つは京速コンピュータ「京」を共用設備として責任を持って運営すること、もう一つは計算機科学と計算科学を連携・融合させて世界最先端の研究成果や技術的ブレークスルーを生み出す国際的な研究拠点を形成することです。

——「京」は、どのようなコンピュータですか。

**平尾：**10ペタフロップスという世界最高レベルの計算性能を実現するスーパーコンピュータ(以下、スパコン)です。1秒間に $10^{16}$ 回、つまり1京回の計算を行います。例えば、甲子園球場の観客5万人がそれぞれ1秒間に1回計算できるとしても、合計1京回の計算をするには6000年以上かかります。それを「京」はたった1秒で終わってしまうのです。

「京」は、最終的に800台以上の筐体をつなぎ合わせた構成になります。一つの筐体には、4個のCPU(中央演算処理装置)を搭載したシステムボードが24枚入っています(図2)。2010年9月29日、最初の8台の筐体が、AICSに搬入されました。すべての筐体の搬入・設置が終わるのは、2012年春になる見込みです。本格稼働は同年秋を予定しています。

——「京」という愛称の由来を教えてください。

**平尾：**一般の方から応募のあった1529件から選びました。

「京」は目標性能の10ペタフロップスを表す単位で、「大きな門」という意味もあります。計算機科学・計算科学の新しい出発にふさわしい、素晴らしい愛称をいただきました。  
——世界のスパコン開発の現状はどうなっていますか。

**平尾：**米国では、計算性能10ペタフロップスを目指す「Blue Waters」(稼働開始予定2011年)と、20ペタフロップスを目指す「Sequoia」(同2012年)の開発が進んでいます。中国もここ数年で急速に開発を進めてきており、いまや世界トップクラスの性能を持つまでになっています。

——それらと比べて「京」の特徴は。

**平尾：**信頼性が高いこと、そして優れた省エネ性能です。「京」は合計で8万個以上のCPUから構成されます。CPU間の結合には「6次元のメッシュ/トーラス結合」という画期的な結合方式を採用し、一部が故障しても回路を迂回して計算を継続できるなど、高い信頼性を実現しています。また、これまで計算機の発熱対策には、主に空冷方式が採用されていましたが、「京」ではCPUの周りにパイプを配置して水を流す水冷方式を併用します。これによりシステム全体を効率よく冷却し、消費電力を削減することができます。

——当初の計画では、小さいデータを逐次処理する「スカラ型」と大きなデータを一括処理する「ベクトル型」からなる複合システムとする予定でしたが、スカラ型のみに変更されました。性能への影響はないのでしょうか。

図1 計算科学研究機構の外観

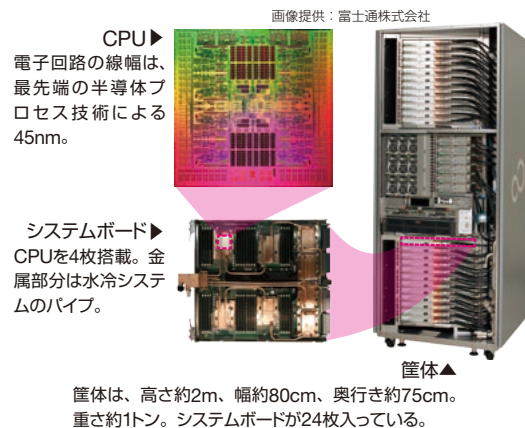


手前は、そろばんの珠をイメージしたオブジェ。珠は17個で、10ペタ(京)の桁数になっている。

図2 京速コンピュータ「京」



▲2010年9月末に搬入された筐体  
最終的には800台以上の筐体が並ぶ。





**平尾：**日本ではこれまでベクトル型の開発にも力を入れてきました。2002年に完成し、当時の世界最速を記録した(独)海洋研究開発機構が所有する「地球シミュレータ」もベクトル型です。将来のためにベクトル型の技術も保持しておくべきだと考え、当初は複合システムを選択しました。しかし、世界の主流はスカラ型であることから、スカラ型のみでも10ペタフロップスを達成できるように設計していました。計算性能の目標に変更はありませんし、全体としても影響は限定的と考えています。

——「京」によって何が可能になるのでしょうか。

**平尾：**20世紀は、理論と実験によって科学が大きく発展しました。しかし今世紀に入り、人類社会の抱える課題解決には理論と実験だけでは十分ではありません。科学がさらに発展するためには、第三の方法論「シミュレーション」が不可欠です。スパコンを使えば、微小な素粒子の世界も、宇宙のような巨大な世界も、シミュレーションの対象にすることができます。過去も未来も扱えます。時空間を超えることができます。しかし、これまでのスパコンは性能不足でした。「京」ならば、半導体デバイス全体の原子レベルでのシミュレーションや、ゲリラ豪雨のような短時間で変化する気象の予測など、重要と分かっているながらも性能不足のため困難だったシミュレーションが可能となります。

——どのような分野で利用されるのでしょうか。

**平尾：**文部科学省により「戦略分野」として五つの分野が選定されています。①予測する生命科学・医療および創業基盤、②新物質・エネルギーの創成、③防災・減災に資する地球変動予測、④次世代ものづくり、⑤物質と宇宙の起源と構造です。いずれも、「京」を使えば世界最先端の研究成果や技術的ブレークスルーを生み出せる、と期待されている分野です。現在、各分野ごとに公募によって選定された戦略機関が中心となり、それぞれ取り組むべき課題を議論、決定し、そのためのアプリケーションの開発を行っているところです。戦略分野以外の自然科学や人文科学、社会科学にも利用できる一般枠のほか、産業枠、教育利用枠も用意したいと考えています。

## 計算機科学・計算科学の世界的な拠点へ

——機構長になられた経緯を教えてください。

**平尾：**私は理論化学が専門で、化学反応における分子の挙動などをシミュレーションを用いて探る研究をしてきました。東京大学を退官し、これからはゆっくり研究をしようと思っていた矢先に、声を掛けていただきました。それまで理研とはまったく縁がなかったので驚きましたが、新しいものをつくることは面白く、それで科学のブレークスルーが望めるならば、なおさらです。やりがいのある仕事だと思い、引き受けました。

——機構長として特にこだわった点がありますか。



## 平尾公彦

機構長

**平尾：**名前です。慣例に従えば「センター」でしょう。しかし、世界に開かれた組織にしたいと考え、活動単位としての組織を意味する「機構」としました。

日本には大学や研究機関にもスパコンがあります。それらの計算機資源を有効に活用するため、文部科学省は「革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ(HPCI)」の構築を進めています。HPCIによって機関や分野を超えた連携・融合が進むと期待されています。「京」はHPCIの中核であり、AICSはHPCIの中で中心的役割を果たすことが求められています。さらに、日本のみならず世界中から研究者が集まってくるような、計算機科学・計算科学の拠点となることを目指しています。

——AICSの研究開発体制は、どのようになりますか。

**平尾：**約20の研究チームと、各戦略分野の分室からなる研究部門を置き、200名ほどの研究者が常駐する予定です。機関や分野を超えた連携・融合は簡単ではありません。各分野の研究者が近くにいる常態で議論できる環境が必要です。AICSでは、大学と連携して人材育成にも力を注ぎます。

## 2012年本格稼働、さらにその先へ

——2012年秋の本格稼働が楽しみです。

**平尾：**「京」の完成がゴールではなく、そこが私たちのスタートです。世界最速のスパコンも、10年もたつと普通のコンピュータになってしまいます。計算機科学・計算科学の将来を見極めた上で、戦略を練る必要があります。世界では、エクサフロップス(1秒間に100京[ $10^{18}$ ]の計算を行う)のスパコンの検討もすでに始まっています。それを一国でつくるのは難しいでしょう。エクサ開発の拠点の一つに、ぜひAICSになりたい。そのためにも、まずは「京」を完成させ、世界が驚く成果を早く挙げたいと思っています。 **R**

(取材・構成：鈴木志乃／フォトンクリエイト)

# 体細胞クローンマウスの出生率、従来の10倍に

X染色体上の遺伝子群発現の正常化が鍵

2010年9月17日プレスリリース

——哺乳類の体細胞クローンはどのようにしてつくるのですか。

**小倉**：まず、皮膚などの体細胞の核を、核を取り除いた未受精の卵子に移植し、クローン胚をつくります。そのクローン胚を代理母の子宮に移植すると、体細胞核と同じ遺伝情報を持つ子どもが生まれます。その子どもが体細胞クローンです。しかし、体細胞クローンの出生率は、移植したクローン胚の数パーセントにすぎず、実用化に至っていません。

——Xist 遺伝子について教えてください。

**小倉**：哺乳類は1番から数十番（ヒトでは22番）までの常染色体を一組ずつ持っており、これに加えてオスの場合はYとXの性染色体を1本ずつ、メスの場合はXを2本持っています。通常、2本あるメスのX染色体のうち1本が、Xist遺伝子によって不活化されています。つまり、オスのX染色体は1本なので、Xist遺伝子がオスとメスのX染色体にある遺伝子群の発現が均等になるように調節しているのです。初期発生段階でX染色体は活性化しますが、その活性X染色体は、必ず母方（卵子）由来のX染色体です。その活性X染色体ではXist遺伝子は発現していません。

——どんな実験をしたのですか。

**小倉**：まず、マウスの体細胞クローン胚の遺伝子発現を網羅的に解析しました。その結果、X染色体にある遺伝子群の発現が低下

同じ遺伝情報を持った個体を無限につくることができる体細胞クローン技術。1996年、世界初となる哺乳類の体細胞クローンヒツジ「ドリー」が誕生し、畜産をはじめ、均一な実験動物を必要とする製薬や医学分野での応用への期待が一気に加速した。しかし、ドリー誕生から10年以上たった今でも、その成功率は数パーセントと著しく低く、実用化に至っていない。今回、理研バイオリソースセンター 遺伝工学基盤技術室の小倉淳郎室長らは、体細胞クローンマウスのX染色体上で、遺伝子群の活性を抑制する「Xist遺伝子」が異常発現していることを突き止めた。さらに、この遺伝子の発現を人工的に抑えることで、出生率を従来の10倍近くにまで高めることに成功。実用化への道を大きく切り拓いたこの成果について、小倉室長に聞いた。

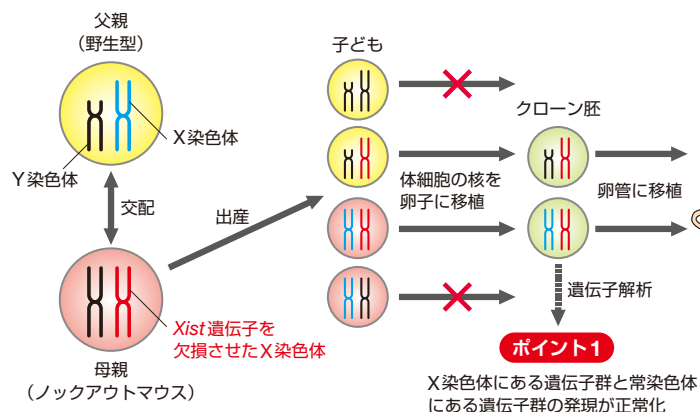
していることが分かりました。オスとメス両方の体細胞クローン胚でXist遺伝子の発現を調べたところ、活性X染色体で本来発現しないはずのXist遺伝子が異常発現していることが分かりました。

そこで、人工的にXist遺伝子の発現を抑える実験を行いました（**図**）。2本あるX染色体の一方でXist遺伝子を欠損させた母親と、野生型の父親を交配させ、オスとメス両方の子どもをつくりました。次に、これらのマウスのうち母親からXist遺伝子を欠損した染色体を受け継いだ子どもを選び、その体細胞を取り出して核を卵子に移植し、クローン胚をつくりました。このクローン胚の遺伝子発現を解析したところ、X染色体にある遺伝子群ばかりか、常染色体にある多くの遺伝子群の発現も正常化していたのです。さらに、これらのクローン胚を代理母の卵管へ移植したところ、従来の10倍に近い確率でクローンマウスが誕生しました（**写真**）。

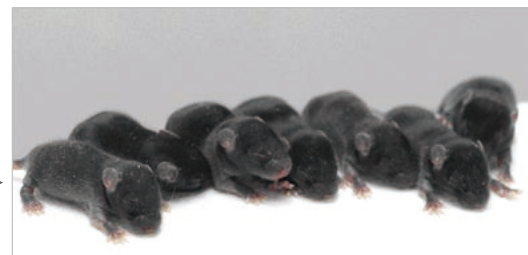
——今後の展開は。

**小倉**：私たちは、ウシの体細胞クローン胚でもXist遺伝子が異常発現していることを明らかにしています。今後、**図**に示した実験手法をマウス以外の動物へ応用することで、畜産など幅広い分野で、哺乳類体細胞クローン技術の実用化が期待されます。 **R**

●『Science』オンライン版（9月16日）掲載



**図** 出生率を従来の10倍近くにまで高めた哺乳類体細胞クローン技術



**写真** 体細胞クローンマウス

**ポイント2**

出生率が従来の10倍近く改善



## 経口免疫寛容の仕組みを解明

食物アレルギー治療へ期待

2010年9月30日プレスリリース

理研免疫・アレルギー科学総合研究センター 樹状細胞機能研究チームの佐藤克明チームリーダーらは、マウスによる実験で、卵、そば、ピーナツなどによる食物アレルギーの発症を防ぐ「経口免疫寛容」の仕組みを解明した。この仕組みを応用することで、食物アレルギーの治療につながると期待される。

経口免疫寛容とは、食物などの生体にとって必要なものを異物と認識せずアレルギーを起こさない、つまり抗原として認識しないため免疫反応を起こさない仕組み。食物アレルギーは、この経口免疫寛容が崩れることで生じる。経口免疫寛容が成立するには、免疫細胞の一つであるT細胞の腸管での食物に対する過剰な反応を抑えることが重要と考えられていたが、その仕組みは分かっていなかった。

今回、研究チームが野生型マウスにアレルギーの原因物質となる卵白アルブミンと免疫強化剤を皮下注射したところ、T細胞が活性化され、卵白アルブミンに対する抗体が大量につくられることが分かった。しかし、あらかじめ卵白アルブミンを口から摂取させておくと、この抗体産生量が80%も低下した。これにより、あらかじめ卵白アルブミンを口から摂

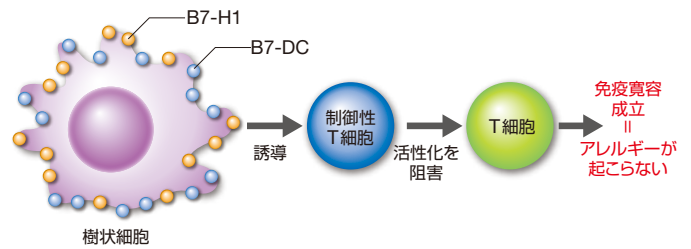


図 経口免疫寛容成立の仕組み

樹状細胞がB7-H1とB7-DCを介して制御性T細胞を誘導し、T細胞の活性化を阻害するため、免疫寛容が成立する。

取することで、卵白アルブミンに対する経口免疫寛容が成立することが分かった。

一方、免疫細胞同士の活性化・抑制の情報伝達を担う分子「B7-H1」と「B7-DC」を人工的に欠損させたマウスでは、あらかじめ卵白アルブミンを口から摂取させても、抗体の産生量低下の割合が30%以下にとどまり、経口免疫寛容が成立しなかった。これらの結果から、経口免疫寛容の成立には、B7-H1とB7-DCが必須であることが分かった。

さらに実験を重ねたところ、腸間膜リンパ節にある樹状細胞が、B7-H1とB7-DCを介して制御性T細胞を誘導し、T細胞の活性化を阻害するという仕組みが明らかとなった (図)。

●『Blood』 オンライン版 (9月30日) 掲載

## 恐怖条件下での行動の選択、 脳の手綱核が重要

2010年10月11日プレスリリース

理研脳科学総合研究センター 発生遺伝子制御研究チームの岡本仁チームリーダー、<sup>あげつま</sup>揚妻正和研究員はゼブラフィッシュを用いて、<sup>せきついで</sup>脊椎動物に共通して保存されている「<sup>たづな</sup>手綱核」と呼ばれる脳の部位が、過去の恐怖経験に基づく行動の選択に重要な役割を果たしていることを発見した。情報・システム研究機構 国立遺伝学研究所、自然科学研究機構 生理学研究所との共同研究による成果。心的外傷後ストレス障害 (PTSD) などの精神疾患の治療につながると期待される。

捕食者の出現など恐怖条件下での行動の選択は、動物の生死を左右する非常に重要な反応。これまでの研究により、恐怖経験から学習し、その後の行動に反映させる能力は、進化的に広く保存されていることが明らかになってきている。

今回、研究グループは、脊椎動物の中で最も単純な脳を持つゼブラフィッシュを用いて、手綱核と恐怖経験に基づく行動との関係解明に取り組んだ。遺伝子組み換えゼブラフィッシュを用いて手綱核の<sup>がいそくあかく</sup>外側垂核という部位の神経回路の活動だけを阻害したところ、恐怖経験に対して通常の個体が示す逃避行動ではなく、その場に凍り付くように動かなくなる過剰な「すくみ」行動を示した。これにより、過去の恐怖経験に対して再度それを想起させるような状況に遭遇した際、手綱核の外側垂核が防御的反応の選択に重要な機能を果たすことが明らかとなった。

●『Nature Neuroscience』 オンライン版 (10月10日) 掲載

※成果の一部は科学研究費補助金とJST 戦略的創造研究推進事業 チーム型研究 (CREST)「脳神経回路の形成・動作原理の解明と制御技術の創出」研究領域における研究課題「手綱核による行動・学習の選択機構の解明」(研究代表者:岡本仁)によって得られた。

## 暗黒星雲で進む化学合成の再現に挑む研究者

中野祐司（なかの・ゆうじ）

1981年、東京都生まれ。博士（理学）。成蹊高等学校卒業。2004年、立教大学理学部物理学科卒業。2009年、首都大学東京 大学院理工学研究科物理専攻博士課程修了。日本学術振興会特別研究員PD、ドイツMax-Planck原子核研究所訪問研究員を経て、2010年より現職。

「高校生のときは金髪にしたり、ここでは言えないような悪さも……。問題児でしたね（笑）。とにかく、みんなと同じことをするのが大嫌いでした。この性格は今でも変わっていません」。理系に進んだきっかけは？「大学受験に向けた高校のクラス分けで、授業数が一番少ないというだけの理由で、物理コースを選びました」

そして、立教大学理学部物理学科に進学。「4年生のとき、周りのみんなと同じように就職するのが嫌になって、大学院を目指すことにしました。就職への未練を断ち切るため、頭を丸めて受験勉強を始めましたが、それまで勉強していなかったのが、都立大学（現・首都大学東京）の東 俊行 教授、今所属している研究室の主任研究員です」

大学院では、高速の原子を非常に薄い結晶に入射して、原子の状態を自在に操作する実験を進めた。「通常、原子の性質を調べるには、レーザー光を原子に当てて励起するなど、光を使って原子の状態を操作して分析する手法が用いられています。私たちが取り組んだのは、光を使わずに原子の状態を操作する、ほとんど誰もやっていない、とても変わった手法を発展させた実験です」

2010年4月、理研へ。「理研でも、誰もやったことのない実験に挑戦しています。普通、分子は振動したり回転したりしていますが、極低温に冷やすことで動きを止めることができます。私は極低温に冷やすことのできるイオン蓄積リングを開発し、その中で止まった状態の分子に、別の原子・分子を合流させて、ゆっくり衝突させることを目指しています。原子・分子をゆっくり衝突させる実験は今までもありましたが、極低温での実験例はほとんどありません。極低温での化学合成が、まさに宇宙の星間雲の中で起きています。私たちは、宇宙で起きている化学合成を地上で再現したいのです。星間雲では生命の材料となるアミノ酸（図下）が合成されている可能性もあるので、生命の起源の解明にもつながるかもしれません」

無数の星々が光り輝く天の川の中に、異様に暗い部分が存在する。その正体は暗黒星雲だ（図上）。暗黒星雲のような極低温のガスが集まった星間雲では、原子や分子がゆっくり衝突して化学合成が進んでいる。宇宙におけるこの化学合成を、地上で再現しようとする研究者がいる。理研基幹研究所 東原子分子物理研究室の中野祐司 研究員だ。2011年度に新しいイオン蓄積リングを完成させ、極低温での化学合成などの実験を行う計画を進めている。光を使わずに原子の状態を操作するユニークな実験で博士号を取得し、原子衝突研究協会 第11回若手奨励賞を受賞。「子どものころから、人と同じことをするのが大嫌いでした」と語る中野研究員の素顔に迫る。

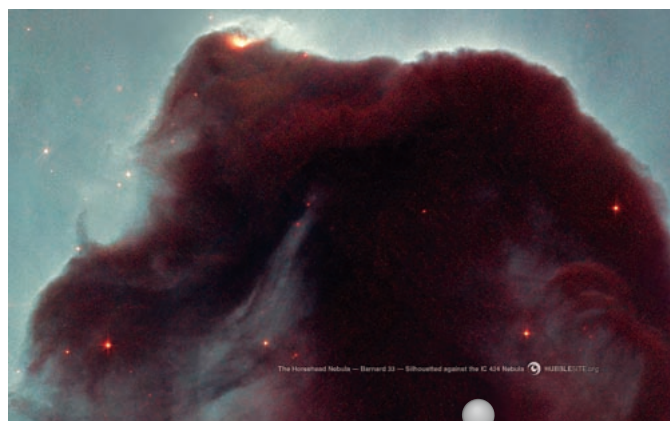
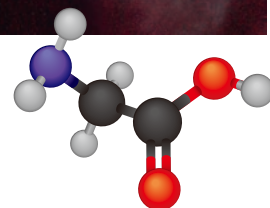


図 オリオン座の暗黒星雲「馬頭星雲」と、アミノ酸の一種「グリシン」の分子模型

写真提供：NASA, NOAO, ESA and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)



将来の目標は？「一つのテーマを究めていくタイプではありません。常に面白いことを探し、新しいことに挑戦し続けていきたいですね。世界で誰もやっていないこと、答えがどこにも書かれていない謎に挑む科学の世界は、人と同じことをするのが大嫌いな私の性格に、ぴったりです。大学院のころ、科学ジャーナリストになろうと思っていた時期もあります。いつか一般向けの本も書いてみたいですね。金髪の高校生にも分かるように、科学の面白さを伝えたいのです」

（取材・執筆：立山 晃／フォトンクリエイト）



## 新研究室主宰者の紹介

新しく就任した研究室主宰者を紹介します。

①生年月日 ②出生地 ③最終学歴 ④主な職歴 ⑤研究テーマ ⑥信条 ⑦趣味

### 基幹研究所

EUSOチーム チームリーダー

**Marco Casolino**

(マルコ カソリーノ)



- ①1970年4月27日 ②ローマ（イタリア）  
③ローマ大学トル・ヴェルガータ校（物理学博士号取得） ④イタリア国立核物理学研究所 ⑤超高エネルギー宇宙線 ⑥Try again!  
⑦歴史学

### 発生・再生科学総合研究センター

フィジカルバイオロジー研究ユニット

ユニットリーダー

**柴田達夫**（しばた たつお）



- ①1970年8月16日 ②愛知県 ③東京大学大学院総合文化研究科 ④京都大学、フリッツハーバー研究所（ドイツ）、広島大学大学院 ⑤細胞や組織スケールにおける生命現象の数理的研究 ⑥融通無碍 ⑦野菜づくり

## タイ王国王女殿下が理研CDBをご視察

2010年10月11日、タイ王国のマハー・チャクリー・シリントーン王女殿下が理研発生・再生科学総合研究センター（CDB）を視察されました。理研は研究環境の国際化に取り組んでおり、CDBにも多くの外国人研究生・研究員などが在籍しています。今回のご視察で王女殿下は、その一人、タイからの国費留学生であるチューターポン・アッサワシャナーノンさんを訪問し、激励されました。

始めに、ダグラス・シップ広報・国際化室長が、CDBの研究内容や国際化の取り組みについてご説明しました。続いて、網膜再生医療研究チームの高橋政代チームリーダーとアッサワシャナーノンさんが、ES細胞やiPS細胞を用いた網膜再生の研究についてご説明。王女殿下は常にメモを取られるなど、熱心にお聴きになっておられました。また、顕微鏡で実際の細胞を観察されました。次に、竹市雅俊センター長（高次構造形成研究グループ・グループディレクター兼務）が研究室内をご案内し、細胞同士が結びつく細胞接着の研究についてご説明しました。

最後に王女殿下より、竹市センター長やタイ王国出身の研究

生・研究員らに記念品が手渡され、CDBを後にされました。当日はタイ王国からのTVクルーが同行、ご視察の様子は同国にて放映される予定です。



右からチューターポン・アッサワシャナーノンさん、マハー・チャクリー・シリントーン王女殿下、竹市雅俊センター長、高橋政代チームリーダー

## 北京大学の学生8名が「仁科スクール」に参加



10月5日に開催された開校式典の様子

2010年10月5～15日の2週間、中国・北京大学の学生8名が理研仁科加速器研究センターを訪れ、教育プログラム「仁科スクール」に参加しました。

理研と北京大学は2008年2月に、原子核物理を中心とした研究教育を展開する戦略的協力協定を締結しています。仁科スクールは、本協定に基づき両者が協力して設置した教育プログラムで、理研の加速器施設を活用して、原子核物理および関連分野における日本と中国の若手研究者を育成することを目的としています。本スクールは毎年開催されており、今年で3回目です。

今回参加したのは、北京大学の学部4年生7名と大学院生1名です。スクールの前半では講義と基本的な実験トレーニングを、後半は加速器施設を用いた実験を実施。最後に成果発表の機会を設けてプレゼンテーションのトレーニングも実施しました。参加者は仁科スクールを十分満喫した様子でした。

# 滞在型の 数理科学ワークショップ @上諏訪

長田義仁 OSADA Yoshihito  
基幹研究所 連携研究部門 部門長(基幹研究所 副所長)

2010年9月19日～10月2日の2週間、数理科学に関するわが国初の本格的滞在型ワークショップ「RIKEN Mathematical Science Workshop in Kamisuwa」(組織委員長: 甘利俊一、組織委員: 長田義仁、望月敦史、佐藤譲)が、国内外第一線の研究者延べ60名の参加を得て、長野県上諏訪で開催されました。

滞在型ワークショップでは、1～2ヶ月という長期間にわたって一つの施設に参加者が滞在します。そして、設定されたいくつかのテーマについて参加者が入れ替わりつつ議論が行われます。諸外国では、こうした形態の研究拠点が次々と設立され、数理科学の発展に大きく寄与しています。今回の参加者は、米、英、独など延べ20名の外国人研究者に加え、若手の日本人研究者も多数参加しました。また、理研の土肥義治 理事をはじめ、文部科学省基礎基盤研究課の方々や、(独)科学技術振興機構(JST)からは川上伸昭 理事が駆けつけてくださいました。

日々の演題は午前2件、午後2件だったので、ゆったり進むと思われましたが、朝9時から夕方5時過ぎまで熱心な発表と議論が終始絶えることはありませんでした。2週間のうち、前半は情報、最適化など、後半は神経・生命情報、複雑系、脳の力オスなど、多彩な話題が提供され活発な議論が繰り広げられました。その間、組織委員長である理研脳科学総合研究センターの甘利 特別顧問は、昼は先頭に立って議論をリードし、夕食後には浴衣がけで、片手にチョーク、もう一方の手にコップ酒を持ち、情熱のこもった話題を次々に提供されました。恐るべき体力とエネルギー、そして学問に対する飽くなき追究心と情熱。参加者一同、脱帽し敬服しました。そして、天候に恵まれた週末は遠足に出掛け、初秋の信州の山々を満喫しました。土曜日は北八ヶ岳を代表する標高2473mの横岳に登頂して山道を散策。翌日はビーナスラインをドライブし、北アルプスを眺望する八島湿原を歩いた後、蓼科高原に足を延ばして高山植物園を散策しました。ここでも甘利 特別顧問のリーダーシップは変わりませんでした。



写真1 ワークショップの様子



写真2 甘利俊一 特別顧問(左)と筆者(右)

わが国の数学は伝統的に純粋数学に偏っていて、学術的・社会的諸問題について数理科学的な解決を模索したり課題設定を図ろうとする姿勢と体制が弱いといわれています。また、そのことが昨今、わが国の科学技術の停滞を招いているという指摘もあります。理研ではこの問題を解決するため、ほかの機関に先んじて2008年、理事長ファンド※に「数理科学研究の推進と国際研究拠点形成に向けた滞在型研究の試行」というテーマが採択されました。そして、理研和光キャンパス内に数理科学連携室を設置し、ホームページ(<http://mathsci.riken.jp/>)や外部運営推進委員会を立ち上げ、オールジャパンでセミナー、コロキウム、連携研究に取り組んでいます。本ワークショップは、この理事長ファンドの研究費で開催されたものです。

数学・数理科学は科学における普遍的な言語であり、理論的基礎を支える学問であるとともに、他分野との連携によって自らを深化させるだけでなく、他分野の根源的、革新的進展を促します。そのため、諸外国では基礎工学のみならず社会科学においても、社会の安全・効率にかかわる諸問題をトータルに解決するものと、とらえられています。第一線の国内外研究者を迎えて開催した今回のワークショップが大成功に終わり、あらためてこの分野の重要性と将来性が再確認できました。数理科学連携室の勝木千加子さんは、このワークショップ開催に至るまでのすべてにわたって大変なご尽力をしてくださいました。心よりお礼申し上げます。

R

※理事長ファンド(戦略的研究展開事業): 理事長裁量で実施される研究推進事業で、理研の総合性を高める、または科学技術に飛躍的な進歩をもたらす所内の研究課題に対し研究費を提供している。

『理研ニュース』2010年12月号(平成22年12月6日発行)

編集発行 独立行政法人 理化学研究所 広報室  
〒351-0198 埼玉県和光市広沢2番1号  
phone: 048-467-4094 [ダイヤルイン]  
fax: 048-462-4715

制作協力 有限会社フォトンクリエイト  
デザイン 株式会社デザインコンビニア/飛鳥井羊右  
再生紙を使用しています。

『理研ニュース』メルマガ会員募集中!

下記URLからご登録いただけます。  
<http://www.riken.jp/mailmag.html>  
携帯電話からも登録できます。



寄附ご支援のお願い

理研を支える研究者たちへの支援を通じて日本の自然科学の発展にご参加ください。  
問い合わせ先: 理研 外部資金室 寄附金担当  
TEL: 048-462-4955 E-mail: [kifu-info@riken.jp](mailto:kifu-info@riken.jp)  
URL: <http://www.riken.jp/>

独立行政法人  
理化学研究所 寄附金