

RIKEN NEWS

No.355
January
2011

1



独立行政法人
理化学研究所

2 新春特別対談

人類存続のための 「科学技術イノベーション」と日本の貢献

米倉弘昌 × 野依良治
住友化学株式会社 会長 (社)日本経済団体連合会 会長
理化学研究所 理事長



6 研究最前線

ナノの世界の本質に迫り、 応用へつなげる

10 SPOT NEWS

- ・「光を運動エネルギーに変える
高分子フィルム」と「電子の出し入れで
硬さが変化する分子バネ」

11 FACE

PETでタンパク質の挙動を観る研究者

12 特集

コケ植物でグリーン イノベーションを実現する

排水浄化装置をDOWAホールディングス(株)と共同開発

15 TOPICS

- ・理研横浜研究所「設立10周年記念講演会」、
好評のうちに幕
- ・仁科芳雄博士生誕120周年を記念し、四季咲きサクラ
「仁科乙女」を里庄町に寄贈
- ・新研究室主宰者の紹介

16 原酒

X線自由電子レーザーが
新しい科学を切り拓く

RIKEN Mobile



人類存続のための 「科学技術イノベーション」と日本の貢献

米倉弘昌 住友化学株式会社 会長 (社)日本経済団体連合会 会長 × 野依良治 理化学研究所 理事長

科学技術 (ST) から 科学技術イノベーション (STI) へ

司会: 人類社会は現在、環境、エネルギー、貧困、不況など、地球規模のさまざまな問題に直面しています。その問題解決に科学技術が果たすべき役割は、ますます大きくなってきました。本日は、住友化学(株)会長であり、(社)日本経済団体連合会 (経団連) 会長、そして理化学研究所 (理研) の相談役でもある米倉弘昌氏をお迎えし、日本における科学技術とその役割についてお話ししていただきたいと思っております。まず、野依理事長から自然科学の総合研究所として理研が果たすべき役割についてのお考えをお聞かせください。

野依: 「理研は人類社会の存続のための知の創造を目指す」。これが私の掲げた方針です。人類が抱える諸問題を解決し、人類社会の存続に貢献する新しい科学技術を生み出すことが、公的研究機関である理研の最大の存在意義だと考えています。

と考えています。

現在、「第4期科学技術基本計画 (2011~2015年度)」の策定準備が進められています。第3期までは科学 (Science) と技術 (Technology) の推進がうたわれていましたが、第4期では科学と技術に加えイノベーション (Innovation: 革新) の推進が掲げられる予定です。「科学技術 (ST)」から「科学技術イノベーション (STI)」へ、というのが大きな変更点です。経団連も2010年10月に、「イノベーション創出に向けた新たな科学技術基本計画の策定を求める~科学・技術・イノベーション政策の推進~」という提言を発表されていますね。理研も科学技術イノベーションの推進によって人類社会に貢献していきたいと考えています。

そのために理研は2010年4月、「社会知創成事業」を立ち上げました。理研には世界水準で優れた研究者がたくさんいますが、個人でできることは限られています。そこで、個々の研究者の「個人知」を組織の総合力で融合させ「理研知」とし、大きな力としなければなりません。そして、企業やほかの研究機関、大学との連携を戦略的に深めることで「理研知」を「社会知」とすることで、社会に貢献することに、積極的に取り組み始めています。

米倉: 「社会知」とは、とても素晴らしい考え方ですね。実は私が会長を務めている住友化学では、「創造的ハイブリッド・ケミストリー」をスローガンに掲げて事業活動を進めていますが、これは、多岐にわたる事業部門や研究所の壁を取り払って異なる技術と技術を融合させるとともに、当社以外の研究機関や大学と連携を深めネットワークをつくることで、新製品・新材料の開発を加速していくという考え方です。私はネットワークや融合によって新たな価値が創造され、そこで生まれた新しい技術や製品が社会の課題解決に貢献し得ると考えていますが、今、野依先生が言われた「社会知」に、まさに同じものを感じました。

野依: 理研の最も重要な使命は、世界最高水準の研究を行うことです。同時に、理研の組織力を使ってオールジャパンの根幹的な研究基盤となる先端技術を開発し、提供するという使命もあります。すでに稼働している大型放射光施設



米倉弘昌
住友化学株式会社 会長

1937年生まれ。東京大学卒。住友化学工業(株) (現 住友化学(株)) 入社。2000年同社社長、2009年より現職。2010年5月より(社)日本経済団体連合会 会長。理化学研究所 相談役。

設SPring-8やバイオリソースセンターなどをより充実させるとともに、国家基幹技術として開発が進んでいるX線自由電子レーザー（XFEL）施設や京速コンピュータ「京」を計画通り完成させます。そして、日本中の方に広く使っていただきたいと考えています。こうした研究基盤がなければ、今後のわが国の科学技術研究は成り立ちません。

このような活動を通じて、理研は日本の社会だけでなく、アジア、そして世界から信頼される、かけがえのない存在になりたいと思っています。

司会：基礎科学研究はすぐには実用化できないと思われがちですが、例えばSPring-8は、多くの企業が利用し成果を上げています。基礎科学研究と産業界の接点を大きく育てていくために、理研は何をすべきか、産業界からのご意見をお聞かせください。

米倉：人類社会が抱える地球規模の諸問題の解決には、既存の優れた技術を新興国や途上国へ普及させることも大切ですが、さらに進んだ革新的な技術や製品を創出していくことも必要です。そのために、やはり基礎科学研究は欠かせません。しかし、基礎科学研究には多額の投資と長い時間が必要で、成果や収益にすぐに結び付かないこともあって、民間企業ではなかなか手を出しにくい側面があります。理研のような公的研究機関には、そうした大切な基礎科学研究の推進を大いに担っていただき、またそこで生まれた成果を、産業界との連携により地球や人類社会に役立つ科学として還元することにつなげていただきたいと思っています。

公的資金の充実と研究体制の刷新

司会：科学技術イノベーションの推進には何が必要でしょうか。

米倉：策定準備が進んでいる「第4期科学技術基本計画」の中で、グリーンイノベーションとライフイノベーションの推進がうたわれています。この二つは、2010年6月に閣議決定された「新成長戦略」の中でも日本の強みを生かす成長分野として位置付けられており、こうした成長分野における研究開発への取り組みを、官民が一体となって加速していかなくてはなりません。ところが、例えば日本で見いだされたiPS細胞（人工多能性幹細胞）は、海外では応用研究がどんどん進んでいるのに、日本では省庁の縦割り行政の影響もあってか、思うように研究が進んでいないのが現状のようです。

野依：そういった状況を変革しなければなりません。同時に科学技術イノベーションの推進には、政府からの公的資金のいっそうの充実が必要です。実際、米国やEUでも、イノベーションに対する政府の強い意志が公的資金の配分に

反映されています。わが国も絶対に遅れてはなりません。

米倉：日本の研究開発費は国内総生産（GDP）比で3.8%ほどです。そのうち政府負担はGDP比0.7%で、残りは民間が負担しています。ほかの主要国に比べて政府負担の割合が極めて低い状況です。「新成長戦略」の中では、研究開発費をGDP比4%以上にするとうたっていますが、経団連では、少なくとも政府負担をGDP比1%超までは引き上げてほしいとお願いしているところです。

野依：それはぜひ、実現していただかなくてはなりません。公的資金の充実と同時に、研究体制の刷新も不可欠です。科学、技術、工学、社会的価値の創出つまりイノベーションの順に社会性が増大します。ここで、基礎科学研究における個人のひらめきを社会のイノベーションにつなげるためには、従来のような一方向の線形モデルでは実効性に乏しいのです。線形モデルでは点と点を結びますが、面と面を擦り合わせたり、3次元空間で融合させたりすることが必要です。例えば、公的研究機関で生まれた研究成果を単に産業界へ渡すのではなく、両者の研究者や開発者の間でより深い連携、さらには交配が行われるような新しい研究体制を築かなければなりません。

科学技術イノベーションを取り巻く 少子高齢化問題

野依：注目すべきデータ*があります。「貴社の製品やサー



野依良治

理化学研究所 理事長

1938年生まれ。京都大学卒。工学博士。ハーバード大学博士研究員、名古屋大学教授などを経て、2003年より現職。2001年ノーベル化学賞受賞。



ビスのうち、日本の公的研究機関や大学で行われた研究成果がなければ生み出されなかったものの割合はどの程度ですか」との質問に対して、企業の経営者の多くは、「まったくない」「非常に小さい」と答えています。一方、現場の開発担当者は、80%以上が肯定的に答えます。経営者と現場の研究者の、この乖離^{かいり}の原因はどこにあるのでしょうか。

米倉：経営者が、現場の実態をあまりよく分かっていないという面も否定できないでしょう。あるいは、日本においては、産官学の連携が諸外国に比べてうまくいっていないことが、数値に表れているのかもしれませんが。

かつての日本では次々と新しい企業が生まれ、それが成長し、そして日本経済を支える存在になりました。しかし、昨今は日本で新しい企業があまり生まれていません。この背景には、日本のベンチャーキャピタルがリスクを恐れるばかりに、起業家になかなか投資をしないということもあるのではないかと思います。そのためほとんどの起業家が、借金からスタートせざるを得ない、失敗すればそれで終わり、という状況にあります。起業のリスクを明らかにした上で、いろいろな人たちがそのリスクを分担しながら新しい事業に積極的に投資できる仕組みを構築していく必要があるのではないかと考えています。

また、基礎科学研究から新しい成果が出たときに、そのインパクトの大きさや事業性について、国際的な視点から俯瞰^{ひかん}して評価できる人材を養成する必要もあります。技術や人材で国を支えている日本は、こうした取り組みや仕組みづくりを進めていかなければ、やがて世界の中で沈んでいってしまうかもしれません。

野依：ベンチャービジネスについては、私も同じ印象を持っています。わが国の一番の問題は少子高齢化ですが、それと同じことが、日本社会のあらゆるところで起きています。私は、政治団体も企業も大学も研究機関も、すべて社会的な生き物だと思っています。自然界ではどの生き物も

衰えて死に、世代交代によって種が保存されていきます。それが自然の摂理です。残念ながら、日本では多くの年を取って体力、機能が劣化した組織が延命を図るばかりで、将来を期待される次世代の企業組織があまり育っていません。米倉会長の卓越したリーダーシップで、ベンチャービジネスの誕生を加速させ、組織の世代交代を進めていただきたいと思います。理研も、新しい連携先を模索しながら、若返りを図っていかなければいけません。

米倉：少子高齢化は、人材育成にも影響を及ぼしています。最近の若者は内向き志向で、留学も海外赴任もしたくないと言いき、競争を嫌う人も多いようです。しかし、社会の発展には競争は不可欠だと思います。

基礎科学研究の底力を 人類の問題解決につなげる

司会：2010年は、米国パデュー大学特別教授の根岸英一先生と北海道大学名誉教授の鈴木章先生がノーベル化学賞を受賞するという、大変うれしいニュースがありました。

米倉：とても喜ばしいことです。日本では、これまでに野依先生をはじめ7人もの方々がノーベル化学賞を受賞しておられます。化学はすべての産業の基盤となっており、受賞した優れた技術や研究の成果が、世界の産業や人々の暮らしの発展につながっていることは、同じ日本人として誇りに感じます。

住友化学では現在、超薄型テレビに使われる有機ELの開発を行っています。その発光素子には、2000年にノーベル化学賞を受賞された白川英樹先生の伝導性ポリマーを用い、その合成プロセスにおいて鈴木先生の「鈴木カップリング反応」を利用しております。当社の例は一例ですが、産業界では、日本で生まれた基礎科学研究の成果が、さまざまなところで応用されています。

野依：日本の基礎科学研究の底力は非常に大きいと思います。それを、人類が抱える問題の解決につなげていくには、「物事をやり切る」という強い意志と、それを可能にする研究体制が必要です。スポーツでいえば個人競技ではなく団体競技、音楽でいえばソロではなくオーケストラが重要になります。いくら優れた俳優さんでも一人では映画はできないように、いかに高度な研究であっても、個人の研究にとどまっている限り国力や国益にはつながりにくいものです。異質の才能を持つプレーヤーをたくさん集め、それをまとめる指揮者やディレクターが必要です。企業ではそのような体制がすでにできています。優れた指揮者は、どのように育てていけばよいのでしょうか。

米倉：住友化学には、諸外国の研究者が不可能だとギブアップしていく中、一つのテーマを15年以上追い続け、成功させた人もいます。一方で、私が「ある化学反応ができないか」と若い研究者に投げ掛けたところ、最初は「至難の業」だと言っていました。常識を破る方法を見いだしたことによってわずか2年で実現したという例もあります。

野依：それが「物事をやり切る」という強い意志ですね。

米倉：優れたディレクターを育てていくということは、企業にとっても難しいテーマだと思っています。私は情熱を持って研究してほしいということを常日頃から伝えていきます。その研究が成功したら世の中が変わるような大きな夢を追いかけてほしいと。

野依：産業界に日本の基礎科学研究の潜在力を引き出してもらうためにも、産業界と公的研究機関の交配が必要ですね。そして、何をを目指すのか明確なビジョンを持つことです。

不斉合成とマラリアまん延防止用の蚊帳

司会：理研には、諸外国の政府高官や政治家の方がよく訪れます。アジアや中東諸国も理研との連携を求めてきます。どの国も科学技術に熱い視線を注いでいるのです。米倉会長は世界中で仕事をされてきました。そうしたご経験を踏まえ、世界は日本に何を期待し、日本はどのような貢献ができるとお考えですか。

米倉：住友化学では、マラリアまん延防止に効果のある「オリセツト®ネット」という合成樹脂製の蚊帳を製造しています。2010年現在の「オリセツト®ネット」の生産能力は年間6000万張です。1900万張をベトナム、1200万張を中国で生産しているほか、世界保健機関（WHO）の要請で、タンザニアの会社に技術を無償供与して生産を開始し、その後、現地に合弁会社を設立して生産能力を増やすなど、現在では年間2900万張を生産しています。タンザニアの工場では約7000人を雇用しており、現地の雇用や経済発展にも寄与していると考えています。

この事業は、住友化学の農業化学部門の研究者がアフリカを訪れた際、マラリアに苦しむ人たちを見たことから始まりました。帰国後すぐに、石油化学部門の研究者とプロジェクトを立ち上げましたが、当初は細々としたものでした。ところが、2004年の『TIME』誌で「世界一クールな技術」に選ばれ、注目を集めることになったのです。WHOは、2015年までにマラリア、エイズ、結核による死亡率を半減させるという目標を掲げていますが、この蚊帳のおかげで、マラリアについては目標を達成できそうです。この蚊帳の繊維に練り込んである殺虫剤は、除虫菊の成



分を化学合成したのですが、その合成技術には、野依先生の不斉合成が活かされています。

野依：私は40年以上も昔に京都大学で不斉合成の原理を見つけました。同じ野崎研究室の後輩が住友化学に入社し、不斉合成の産業化に執念を燃やし、触媒を改良して、除虫菊の成分の大量合成に成功したのです。私が大学で好奇心に導かれて研究していたころには、まさか国際貢献につながるとは思いませんでした。

住友化学が、人類が抱える問題解決に向けた事業を展開されていることに、敬意を表すとともに感銘を受けています。そうした考えが日本の産業界に、よりいっそう広がることを私は強く望んでいます。

司会：最後に、理研に対する期待をお聞かせください。

米倉：私たち産業界は、理研が蓄積してきた先端的な基礎科学研究に、そしてこれからの研究成果に大いに期待しています。理研と産業界のそれぞれの強みを活かして連携を深めることができれば、人類が抱える問題の解決に役立つ技術や製品を生み出すことができるでしょう。野依先生の強いリーダーシップに期待しています。

野依：「理研は人類社会の存続のための知の創造を目指す」と言いました。日本には国是、ナショナルビジョンがありません。「日本は人類生存に貢献する国である」。これをぜひとも国是にしてほしい。そうすることによって、若者を勇気づけ、誇りを与えることもできるでしょう。また、諸外国にも共感をもって受け入れてもらえると思います。「人類生存に貢献する国」の実現に向けて、産業界からの力強い支援もよろしくお願い致します。本日は、ありがとうございました。 **R**

(構成：鈴木志乃/フォトンクリエイト、撮影：STUDIO CAC)

※隅藏康一、齋藤裕美「平成20年度TEPIA知的財産学術研究助成成果報告書」より

ナノの世界の本質に迫り、 応用へつなげる

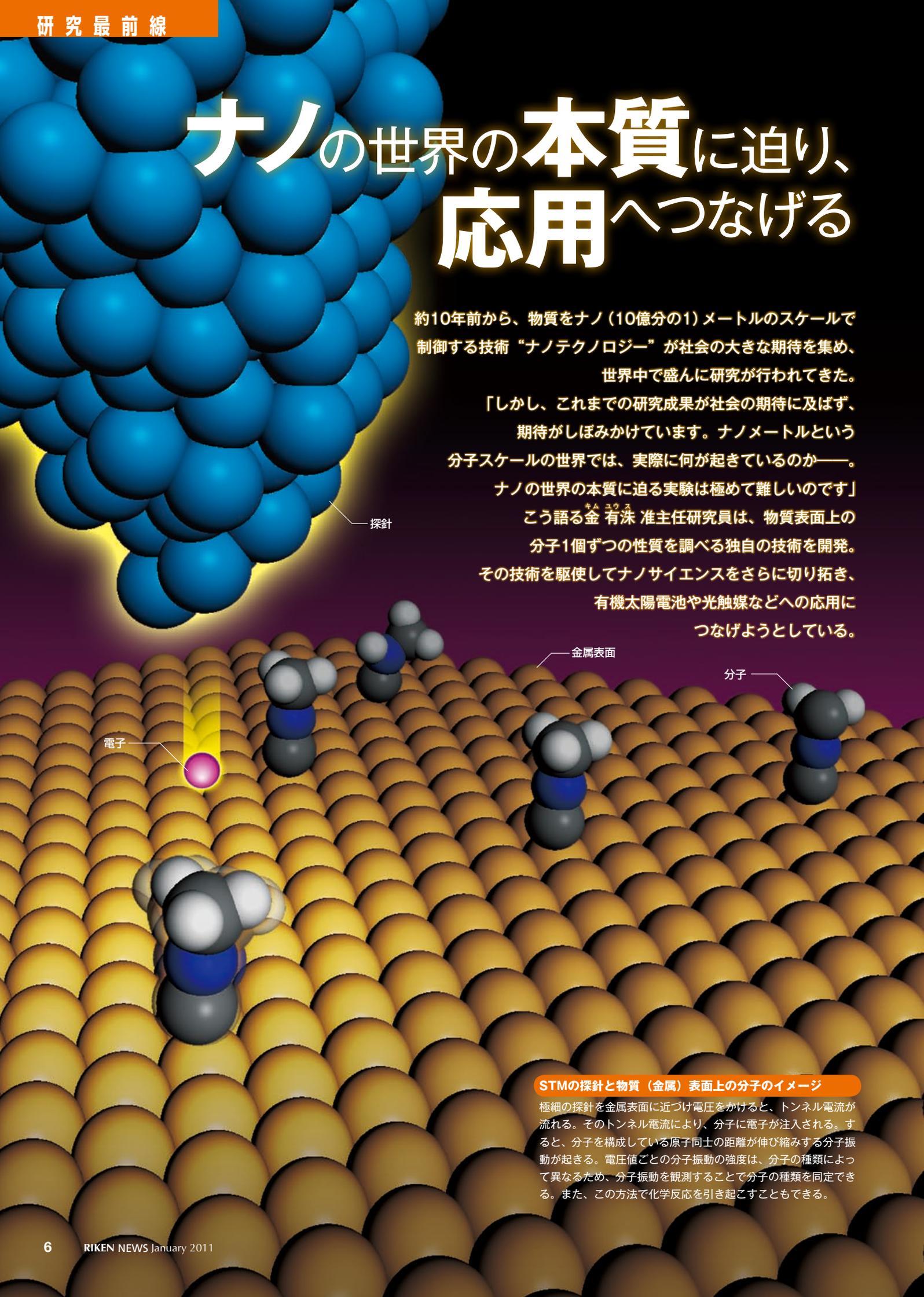
約10年前から、物質をナノ（10億分の1）メートルのスケールで制御する技術“ナノテクノロジー”が社会の大きな期待を集め、世界中で盛んに研究が行われてきた。

「しかし、これまでの研究成果が社会の期待に及ばず、期待がしぼみかけています。ナノメートルという分子スケールの世界では、実際に何が起きているのか——。

ナノの世界の本質に迫る実験は極めて難しいのです」

こう語る^{キム ユウス}金有洙准主任研究員は、物質表面上の分子1個ずつの性質を調べる独自の技術を開発。

その技術を駆使してナノサイエンスをさらに切り拓き、有機太陽電池や光触媒などへの応用につなげようとしている。



STMの探針と物質（金属）表面上の分子のイメージ

極細の探針を金属表面に近づけ電圧をかけると、トンネル電流が流れる。そのトンネル電流により、分子に電子が注入される。すると、分子を構成している原子同士の距離が伸び縮みする分子振動が起きる。電圧値ごとの分子振動の強度は、分子の種類によって異なるため、分子振動を観測することで分子の種類を同定できる。また、この方法で化学反応を引き起こすこともできる。

分子1個ずつの性質を観測することで、
新しいナノサイエンスを
切り拓くことができます。

金 有洙

基幹研究所
Kim表面界面科学研究室
准主任研究員



キム・ユウス。1968年、韓国・ソウル生まれ。工学博士。ソウル大学自然科学部化学科卒業。東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。1999年、理研川合表面化学研究室 協力研究員。2010年より現職。専門は原子・分子スケール表面科学。

■ 化学反応を分子1個レベルで見たい

「中学校で、 $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$ という水の電気分解の化学式を習いました。なぜ酸素ガス (O_2) が1/2になるのかわかりません。不思議に思い、先生に質問しました。すると「水を電気分解すると水素ガス (H_2) と酸素ガスが2対1の割合で生成される。その比率に合わせるため、1/2になっている」と教えていただきました。でも実際に、水分子1個を分解したらどうなるのか？ その疑問を抱いたとき、分子1個ずつのスケールで化学反応の過程を見てみたいと思ったのです」

その後、ソウル大学の化学科へ進学、大学院では電気化学を専攻した。「水の電気分解のように、電気回路によって溶液中の化学反応をコントロールして、その生成物から化学反応の過程を調べる実験をしていました。しかし、その方法では分子1個ずつがどのように化学反応しているのかわからないため、推測するしかありません」

修士課程を修了した後、1996年来日した金 准主任研究員は、「光触媒の父」と呼ばれる東京大学の藤嶋 昭 教授（現 東京理科大学 学長）のもとで研究を始めた。酸化チタンに光が当たると、その表面に付いた有機分子などが分解される。この酸化チタンのように、光が当たったときに化学反応を促進する物質が光触媒だ。「光触媒の研究を徹底的にやろうと思っていました。しかし、藤嶋教授から「君は理学系の出身なのだから、もっと基礎的な研究をきなさい」と指示を受け、光が物質表面に当たったときに起きる物理現象を研究することにしました」

■ 分子1個に化学反応を引き起こす

「1998年、博士課程3年生で結婚して間もないころに、衝撃的な論文を目にしました。STM（走査型トンネル顕微鏡）を使って分子1個の“分子振動”の観測に成功した、という論文です。“やりたかったのは、これだ！”と思いました」

STMを使うと、物質表面を構成している原子1個1個の配列に対応した凹凸を見ること、つまり物質表面の微細構造を観察することができる。しかし、STMの機能はこれだけではない。分子振動から分子の種類を同定することも

きるのだ。その仕組みを紹介しよう。

まず、STMの探針と呼ばれる細い針を物質表面上の分子に近づけて電圧をかけると、探針と物質表面の間にトンネル電流が流れる（6ページの図・図1）。そのトンネル電流により、物質表面上の分子に電子が注入される。すると、分子を構成している原子同士の距離が伸び縮みする分子振動が起きる。電圧値ごとの分子振動の強度は、分子の種類や分子内の化学結合によって異なるため、分子振動を観測することで、分子の種類を同定できるという仕組みだ。

「日本でSTMを使った研究ができる研究室を探したところ、藤嶋先生の紹介で理研の川合眞紀 主任研究員（現 理研理事）が率いる表面化学研究室（当時）を知ったのです」

1999年に表面化学研究室の一員となった金 准主任研究員は、米田忠弘 研究員（現 東北大学教授）とともにSTMの技術開発を進めた。そして2002年、分子振動を観測し、分子の種類を同定に成功。さらに、分子の特定部位に電子を注入して、異なる分子に変化させることにも成功した（図2）。

「炭素原子4個と水素原子8個からなるトランス-2-ブテン (C_4H_8) から、水素原子2個を切り離し、炭素原子4個と水素原子6個の1,3-ブタジエン (C_4H_6) をつくりました。STMを使って分子1個に対して意図した通りの化学反応を引き起こし、反応前後の分子の分子振動を観測して種類を同定することに、世界で初めて成功したのです」

なぜ意図した通りの化学反応を引き起こすことができたのか。「私たちはパラジウム (Pd) の表面に分子を置きました。このPdが触媒となり、化学反応が促進されたのです。表面化学研究室は、もともと触媒の研究室です。物質表面上の分子や触媒に関する膨大な知識の蓄積があったか

らこそその成果です」

■ 分子1個ずつの動きを制御する

STMによる分子振動の観測には、まだ解決すべき課題があった。「STMから分子に電子を注入すると、分子振動を観測する前に、移動してしまう分子があります。そのような不安定な分子をどうやって観測するのか、それが大問題でした」

金 准主任研究員たちは、どのくらいのエネルギーの電子を注入すると分子が移動するのかを調べた。「すると、その分子が最も強く分子振動するエネルギーの電子を注入したときに、移動することが分かりました」。このような実験に基づき、分子の種類を同定することができる“アクションスペクトル測定法”を確立。「この測定法により、物質表面上の安定な分子から不安定な分子まであらゆる分子の種類を同定し、その性質を調べることが可能になりました」

STMで電子を注入して分子が移動するとき、その方向には複数の可能性がある。「どの方向へ移動するかは制御できません。ただしそれは、STMの探針を分子の真上に置いた場合です。私たちは、探針を分子の斜めに置き、探針と分子に働く静電気力を利用することで、分子の移動方向を制御することにも成功しました」

金 准主任研究員たちは、その技術を用いて、分子を移

動させて文字を描いた(図3)。1980年代末、STMにより分子を構成している原子を移動させて文字を描いた実験例があった。しかし、それは原子を引き付けた状態で探針を移動させたり、探針で原子を削ったりして描いた文字だった。「私たちは、物質表面上で分子自体を任意の方向に移動させて文字を描きました。この技術は、物質表面上の分子の性質や、電子と分子の相互作用を熟知していないと実現できません」

これは将来、分子を並べてコンピュータなどの回路をつくることに応用できる可能性がある。

■ 新しい反応経路で水分子1個を電気分解

2009年、いよいよ金 准主任研究員は、中学生のころに思い描いた、水分子1個を電気分解する実験に取り組んだ。「水分子の分解には、 $H_2O \rightarrow 2H + O$ と $H_2O \rightarrow H + OH$ という二通りの反応経路があり得ます」

$H_2O \rightarrow 2H + O$ は酸素原子(O)から2個の水素原子(H)が引き離され、ばらばらになる反応だ。これは大きなエネルギーの電子を注入することで、すでに実現されている。難しいのは、酸素原子から水素原子1個だけを引き離す $H_2O \rightarrow H + OH$ という反応だ。

STMの探針から分子に電子が注入されると、分子振動が起き、励起状態となる。その励起状態の持続時間(振動寿命)が長いと、振動によって分子をつくる原子同士の結合がちぎれ、化学反応が起きる確率が高くなる。「しかし、水分子を普通の金属表面上に置くと、振動寿命が短くなってしまい分解にまで至りません。それは水分子と金属表面が化学結合することで、STMから注入した電子のエネルギーが、金属表面へ吸い取られてしまうからです」

水分子を金属ではなく絶縁体の表面に置くと、化学結合が起きないため、電子のエネルギーが吸い取られず振動寿命は長くなる。しかし、絶縁体なので、電圧をかけても探針からトンネル電流が流れない。「そこで私たちは、金属表面の上に、絶縁体の酸化マグネシウム(MgO)で原子2個分の厚さを持つ超薄膜をつくり、そこに水分子を置きました。すると、辛うじてトンネル電流が流れました」

水分子の分解には、0.77eV以上のエネルギーの電子を注入する必要があることが理論的に見積もられている。しかしMgO超薄膜上では、0.45eVで分解が起きた。なぜ、半分程度のエネルギーで水分子が分解するのか。「電子のエネルギーが吸い取られずに振動寿命が長くなることで、最初に注入された電子によって励起状態になっている間に、次に注入された電子がさらに励起を起こす“振動の多段励起”が起きたのです」

分解後にできたのはOHだった(図4)。「世界で初めて、物質表面上で水分子1個から水素原子1個を引き離す $H_2O \rightarrow H + OH$ という反応経路で水を分解することに、成

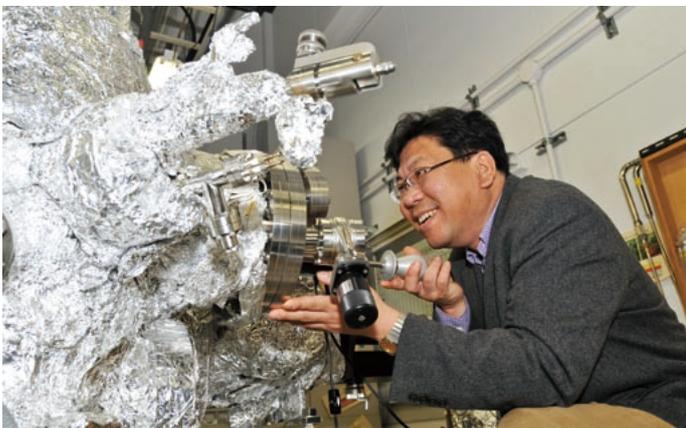


図1 STMの調整を行う金准主任研究員

撮影：STUDIO CAC

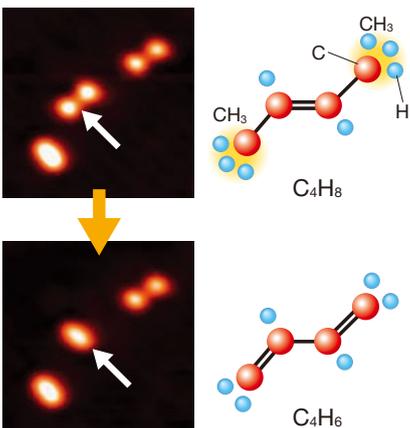


図2 分子1個の化学反応
トランス-2-ブテン(C_4H_8)の2ヶ所の CH_3 に、STMにより電子を注入(上)。それぞれの部位から1個ずつの水素(H)が離れることにより、1,3-ブタジエン(C_4H_6)に変化した(下)。左の画像の矢印が、化学変化を引き起こした分子。

功したのです」

この研究は、少ないエネルギーで水を分解して水素燃料を生み出す技術開発につながる可能性がある。

■ 有機太陽電池・光触媒の応用につなげる

2010年、金 准主任研究員は理研基幹研究所にKim表面界面科学研究室を立ち上げた。「新しい研究テーマとして、光と物質の相互作用を探る研究を始めています。すでに多くの研究者がこのテーマの研究を進めてきました。しかし、分子を1個ずつ観測しながら光と物質の相互作用を調べた実験例はほとんどありません」

具体的な研究対象の一つは、光触媒だ。「私は藤嶋先生の研究室で光触媒の研究を、常にそばで見っていました。理研で培った技術と経験をもとに、今度こそ自分の手で光触媒の本質に迫りたいと考えています」

分子1個のスケールで見たとき、酸化チタン上のどこで光触媒反応が起きるのか、分かっていなかった。「長年、酸化チタンの表面上で、酸素が抜けた欠陥部分に電子が集まり、光触媒反応が起きると考えられてきました。しかし、私たちはSTMを使った実験により、実際には欠陥の周りの広い範囲に、光触媒反応を引き起こすと考えられる電子状態が広がっていることを明らかにしました」

Kim表面界面科学研究室では、有機太陽電池の研究も進めている。「どのような種類の分子をどのように並べると発電効率が高くなるのか。世界中の研究者が、分子を1個ずつ観測しながら調べる実験を行いたいと考えてきました。しかし、それは技術的に難しく実現できなかったのです。私たちがこれまで蓄積してきたSTM技術を用いれば、そのような実験を行うことができます」

■ サイエンジニアリング研究を受け継ぐ

「これまで私は、化学の本質に迫る研究に集中してきました。これからは、本質から応用へつなげる研究も本格的に始めます。そう思うようになったきっかけは、理研基幹研究所 エネルギー変換研究チームの福島孝典チームリーダー（TL）との出会いです。福島TLは有機合成が専門で、あらゆる有機分子を合成することができます。彼と夢を語り合っていると、楽しくて仕方ありません」

物質をナノメートルという分子1個ずつのスケールにすると、それまでとは異なる性質が現れる。その性質を利用するナノテクノロジーが、約10年前から大きな期待を集め、世界中で盛んに研究が行われてきた。

「しかし、これまでの研究成果が社会の期待に及ばず、期待がしぼみかけています。ナノの世界では、実際に何が起きているのか。理論的な研究はたくさんありますが、分子1個ずつの性質や働きを直接観測することが技術的に難しかったことが、研究成果が出にくい原因です。これまでの

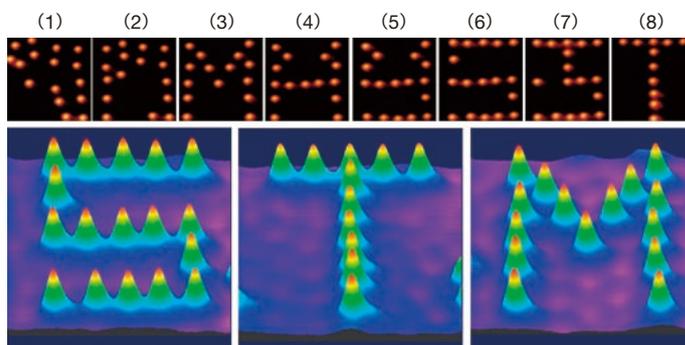


図3 STMで分子を移動させて描いた文字

CH₃Sという有機分子とSTMに働く静電気力を利用して有機分子を任意の方向に移動させ、「STM」という文字を描いた(下)。上は、「S・T・M」の分子文字の作成過程を示す。(1)～(3)：まず初めに、無秩序に配列していたCH₃S分子を並び替えて「M」を描いた。(4)～(6)：次に、「M」と同一の表面領域で分子を並び替えて「S」を描いた。(7)～(8)：最後に再度分子を並び替えて「T」を描いた。

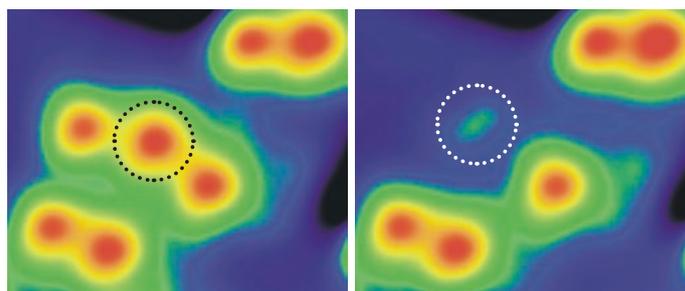


図4 新しい反応経路での水分子1個の分解

MgO薄膜上の水分子1個(左の円内)に、STMで電子を注入して振動させることで、H₂O→H+OHという新しい反応経路で水の分解を引き起こすことに成功した。右の円内は、分解生成物のOH。

ナノテクノロジーの研究の多くは、メカニズムを十分に解明しないまま、応用研究が進められてきたのです。私は、STMを使って分子1個ずつの性質を調べ、ナノの世界の本質に迫るナノサイエンスを切り拓いていこうと思っています」

金 准主任研究員は、「理研はナノサイエンスを組織的に始めた世界で最初の研究所です」と指摘する。「1993年、川合理事は、青野正和 主任研究員（現 物質・材料研究機構フェロー）、青柳克信 主任研究員（現 立命館大学教授）とともに、原子スケール・サイエンジニアリング研究推進グループを立ち上げました。まずサイエンスで本質に迫り、そこからエンジニアリングにつなげるという方針が、“サイエンジニアリング”という造語に示されています。私はKim表面界面科学研究室を、サイエンジニアリング研究を受け継ぐ研究室にしていきたいと考えています」 **R**

(取材・執筆：立山 晃/フォトンクリエイト)

関連情報

- 2010年8月11日プレスリリース
「固体表面上の分子1つ1つの性質を調べる新手法を確立」
- 2010年4月19日プレスリリース
「数原子層の金属酸化物の薄膜表面上で、化学反応の選択制御に初めて成功」
- 2008年11月14日プレスリリース
「表面に吸着した分子1個の電場応答現象をとらえることに成功」

「光を運動エネルギーに変える高分子フィルム」と「電子の出し入れで硬さが変化する分子バネ」

理研基幹研究所 機能性ソフトマテリアル研究グループの相田卓三グループディレクター(GD)、エネルギー変換研究チームの福島孝典チームリーダーらは2010年11月、「光を運動エネルギーに変える高分子フィルム」と「電子の出し入れで硬さが変化する分子バネ」を相次いで開発し、発表した。それぞれ有機薄膜太陽電池や、次世代のコンピュータ素子とされる分子デバイスへの応用につながると期待される。相田GDは、これまでの研究活動の中で機能性ナノ材料の創製に向けて多くの新機軸を樹立するとともに、エネルギー・バイオ・環境に関する諸問題の解決に貢献してきた。この業績により、平成22年秋の科学技術に関する紫綬褒章を受章。「化学の魅力は、新しい機能を持つ物質を自分の手でつくり出せること」と語る相田GDに、今回の成果について聞いた。

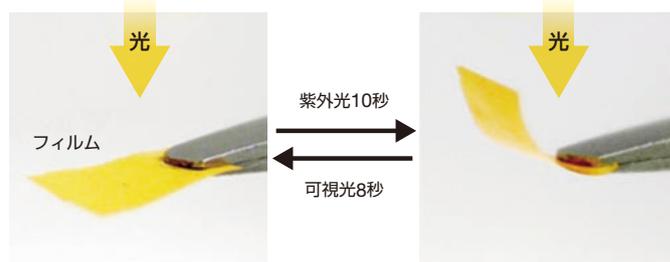
光を運動エネルギーに変える高分子フィルム

相田：開発したフィルムに紫外線を当てると全体が湾曲し、可視光を当てると元に戻ります(図)。つまり、光エネルギーを運動エネルギーに変換する光応答機能を持ちます。今後、光で収縮・膨張を繰り返す新たな人工筋肉材料への応用が期待できます。

つくり方はとても簡単で、まず形がブラシに似た高分子「ポリマーブラシ」に、光を感じると構造が変化する「アゾベンゼン分子」を組み込みます。次に、引き伸ばしたテフロン[®]シートにそれを挟み込み、アイロンのように熱と圧力を加えます。すると、表も裏も分子の向きが完全にそろった3次元階層構造を持つフィルムができます。

分子を規則正しく並べ集積化する技術は、次世代材料の開発に不可欠です。しかし、分子を集積化できる面積はこれま

図 光を運動エネルギーに変える高分子フィルム



でナノメートル(ナノは10億分の1)レベルでした。私たちはその1000万倍のセンチメートルレベルの集積化に成功しました。開発した手法を使うと、メートルレベルの集積化も可能です。分子が規則正しく集積化した材料は、高効率な有機薄膜太陽電池の開発にも非常に有効です。

※テフロン[®]はデュボン社の登録商標

※2010年11月5日プレスリリース(『Science』11月5日号掲載)

電子の出し入れで硬さが変化する分子バネ

相田：バネ状の構造をした分子を「分子バネ」と呼び、エレクトロニクスや分子デバイスへの応用が期待されています。今回私たちが研究対象とした「オルトフェニレン」は、分子バネの一つです。複数のベンゼン環が隣同士の炭素の位置で連結し、ベンゼン環三つを一巻きとした強固なバネ状構造をしています。オルトフェニレンの合成は1952年から試みられていますが、非常に込み入った特異な立体構造を取るため合成が難しく、これまでに結合できたベンゼン環の数は最大12個でした。今回、私たちは銅原子を使った新たなオルトフェニレンの構築法を開発し、48個のベンゼン環の結合に成功しました。

オルトフェニレンの性質を調べていたところ、溶液中ではバネのらせんを巻く方向が右と左に繰り返して反転していることが分かりました。また、ニトロ基(-NO₂)を導入したオルトフェニレン誘導体を結晶化した際に“キラリティの破れ”という珍しい現象が起こり、右巻きと左巻きのどちらか一方のらせん構造になることも分かりました。さらに、オルト

フェニレンから電子を一つ取るだけで、らせんの反転速度が450倍も遅くなり、バネのピッチが短くなって硬さが劇的に増したのです。「硬さの変化」の発見は、応答性分子開発の分野に新たなデザインコンセプトをもたらすでしょう。 **R**

※2010年11月15日プレスリリース(『Nature Chemistry』オンライン版11月14日掲載)

●本研究成果は、科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 発展研究(ERATO-SORST)「分子プログラミングによる電子ナノ空間の創成と応用」(総括責任者: 相田卓三)の一環として行われた。



平成22年秋の紫綬褒章受章

相田卓三

1956年、大分県生まれ。工学博士。東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。東京大学大学院工学系研究科化学生命工学専攻助教授を経て、教授。2007年より現職。専門は高分子化学、超分子化学、生体関連化学。

PETでタンパク質の挙動を観る研究者

長谷川功紀 (はせがわ こうき)

1975年、東京都生まれ。博士(理学)。私立滝川高等学校卒業。1997年、兵庫県立姫路工業大学工学部応用化学科卒業。2002年、大阪大学大学院理学研究科化学専攻修了、同大学蛋白質研究所産官学連携研究員。2003年、同大学歯学部編入学。2005年、大阪市立大学大学院医学研究科研究員。2008年、大阪大学歯学部歯学科卒業。2008年より現職。専門はタンパク質科学、核医学。

「落ち着いた子でしたね。親と買い物に出掛けると、よく迷子になっていました」。東京で生まれた長谷川研究員は、埼玉、滋賀を経て小学校1年生のとき兵庫県へ。「好きな教科は理科。実験はワクワクしました。そこでも、みんながタマネギの細胞を観察しているのに、一人だけ虫を捕まえてきて観察したり、落ち着いたのなさは相変わらずでした」。そのころの将来の夢は? 「料理人です。創造力を生かして、今までにないおいしい料理をつくり出す人に憧れていました」
高校時代は? 「理科が好きだったので理系の大学へ進むつもりでしたが、法律や経済の本も読んでいました。何になりたのかまだ悩んでいて、いろいろ知っておきたかったのです」

「大学受験のとき親から“自宅から通える国公立”という条件が出ました。やりたいことが近くの大学でできるのか悩んでいると、兄が“どの大学でも基礎は勉強できる。大学でやりたいことを見つけ、それができる大学院に行けばいい”と助言してくれました」。1993年、兵庫県立姫路工業大学へ進学。

「大学4年生になり、やりたいことが見つかりました。それはタンパク質を化学的に合成し、その働きを調べること。当時、その研究ができるのは大阪大学蛋白質研究所だけでした。そして、希望通り大阪大学大学院へ。「そこでタンパク質の化学合成技術を身に付けました。しかし、“次はそれを使って何をすべきか”と悩みました。考えた末、自分がつくったタンパク質を使って生体でのその働きを調べたいという結論に達しました。しかし、そのためには医学的知識が不足していました」。そこで、大阪大学歯学部編入学。「研究も続けたかったので、在学中に大阪市立大学の研究員になりました。17時まで歯学部で授業を受けて、18時から夜中まで研究室で実験。どちらも面白かったので、つらいとは思わなかったですね」

現在、長谷川研究員はCMISで、タンパク質でできた医薬品などに放射性同位体を付け、生体内でのその挙動をPETで観察し、薬効や副作用を調べている。2010年、長谷川研究員らの研究成果が『Journal of Controlled Release』の表紙を飾った(図)。糖尿病の患者は血液中から糖を細胞内に取り込むイ

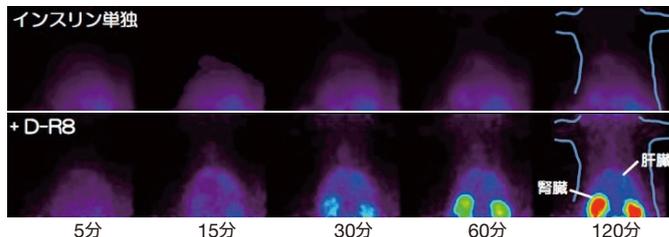
PET(陽電子放出断層撮像法)によるタンパク質の生体内イメージング。難しいとされてきたこの技術を実現した研究者がいる。理研分子イメージング科学研究センター(CMIS)分子プローブ動態応用研究チームの長谷川功紀研究員だ。最近、タンパク質を使った医薬品が増えている。そのため生体内でのタンパク質の挙動を観ることができれば、薬の効き目や副作用の予測に役立つ。PETで観察するためには、放射性同位体をタンパク質の機能を損なわない場所に付ける必要があるが、それは難しく実現していなかった。長谷川研究員は、タンパク質の化学合成に関する技術と知識を駆使し、その問題を解決。「大学院でタンパク質の化学合成技術を学んだ後、臨床医学について学び直すために歯学部編入し、今に至ります」と語る長谷川研究員。その素顔をのぞいてみよう。

撮影：奥野竹男



図 インスリンのPETイメージング

インスリンに放射性同位体を付け、膜透過ペプチド(D-R8)とともにマウスに投与した。青いほどインスリンの蓄積が少なく、赤いほど多い。



ンスリンというホルモン(タンパク質の一種)が不足しているため、毎日注射で補わなければならない。飲み薬にできればいいのだが、インスリンは腸で消化されてしまう。「インスリンを細胞膜透過ペプチドと一緒に投与すると腸から吸収されやすくなるという報告がありました。実証されていませんでした。そこで、インスリンに放射性同位体を付け、その挙動をPETで観察したところ、インスリンが腸から吸収されて肝臓へ運ばれることが確認できたのです。血糖値も低下しました。これはインスリンの飲み薬の実現に向けた大きな成果です」

最後に長谷川研究員は「分子イメージングは今、主に診断に使われていますが、治療に使えるようにしたい。例えば、タンパク質に付けた放射性同位体から出る放射線を腫瘍に照射して治療することもできるでしょう。CMISから世の中に役立つ研究成果が生まれることを、期待しててください」と笑顔で語った。

R

(取材・構成：鈴木志乃/フォトンクリエイト)

コケ植物で グリーンイノベーションを実現する

排水浄化装置をDOWAホールディングス(株)と共同開発

理研植物科学研究センター 生産機能研究グループの井藤賀 操 研究員たちは2007年、ヒョウタンゴケが水質汚染物質の一つで人体に有害な重金属である鉛を蓄積することを発見。その蓄積量は、ヒョウタンゴケを乾燥させた重量の70%にも達する。その成果をもとに、2008年からDOWAホールディングス株式会社（以下、DOWA）と、排水浄化装置の共同開発を進めてきた。植物科学の基礎科学研究から生まれつつある、グリーンイノベーションを紹介しよう。

鉛を70%の濃度で蓄積するコケを発見

——鉛を高濃度で蓄積するコケを、どのようにして発見したのですか。

井藤賀：2003年度に始まった文部科学省のリーディングプロジェクト「一般・産業廃棄物・バイオマスの複合処理・再資源化プロジェクト」で、焼却灰に含まれる有害物質を植物によって除去する研究を始めました。当初、焼却灰やその抽出液を含む土壌で植物を育て、その植物に有害物質を吸収・濃縮させる技術を開発する計画でした。しかし、さまざまな種類の植物を試してみましたが、どれもすぐに枯れてしまったのです。

そのとき、コケ植物ならばうまくいくかもしれない、と思いつきました。私はコケ植物が専門なので、たき火の跡などに生えるコケ植物の中に、灰に対する耐性を持つものがあ

ることを知っていました。私はいつもスプーンと容器を持ち歩き、珍しいコケ植物があると採取しています。理研に来る前に住んでいた福岡県大牟田市で採取したコレクションの中に、廃棄物処理場に生育していたヒョウタンゴケがありました（**図1**上）。その機能を調べてみることにしたのです。

——どのような実験を行ったのですか。

井藤賀：胞子が発芽したヒョウタンゴケの原糸体（**図1**下）を液体培養して、そこに焼却灰の抽出液を入れました。その培養液をろ過して成分を分析したところ、抽出液中の鉛だけが除去されていたのです。しかも、ヒョウタンゴケが蓄積した鉛の量は、植物体の乾燥重量の70%と、きわめて高濃度でした。これは驚異的です。コケ以外の植物でも鉛などの重金属を蓄積するものがありますが、その濃度はせいぜい十数%だからです。

商品化に必要な三つの要素

——DOWAと共同開発を始めることになったきっかけは。

井藤賀：リーディングプロジェクトは2008年3月に終了しました。研究を続けるために共同研究先を探していたところ、理研植物科学研究センターで企業連携を担当する吉田茂男コーディネーターからDOWAを紹介していただいたのです。DOWAは、鉱山・製錬事業で培った技術を発展させて、廃棄物処理、土壌汚染の浄化、金属リサイクルなどの環境事業に力を入れている企業です。

DOWAとの共同研究では、二つの課題に取り組むことになりました。一つは、コケ植物を利用して鉛を除去する排水浄化装置の開発。もう一つは、鉛以外の重金属を高濃度で蓄積する変異株をつくり出すことです。

——排水浄化装置の開発はどのように進めたのですか。

井藤賀：最大の課題は、商品化できるヒョウタンゴケの培養システムを確立することでした。開発過程で、DOWAの



図1 ヒョウタンゴケ
大牟田市の廃棄物処理場に繁殖していたヒョウタンゴケ（上）と、その原糸体（下）。



研究者の方から、商品化には①性能、②移動性、③安定性の三つの要素が必要であることを教えていただきました。

排水浄化装置の性能には、エネルギー消費量をできるだけ抑えながら安定して稼働すること、鉛以外の重金属も除去することなどが求められます。移動性とは、気象条件などが異なる地域に植物を移動しても、商品としての性能をきちんと発揮できることです。もちろん、装置を取り扱う人が異なっても、うまく作動することも求められます。安定性とは、大量に培養できることです。これら三つの要素は企業としての視点であり、研究者である私にとっては新鮮でした。

——開発過程で苦労した点は。

井藤賀：例えば、DOWAの工場内に400リットルという大容量のヒョウタンゴケの培養装置を導入したときです（**図2**）。DOWAの方から、投入した原糸体を2週間で300倍に増殖させてほしい、という要望がありました。実験室の500ミリリットルの小さな容器では、その増殖スピードをクリアしていたのですが、400リットルの容器では、原糸体を投入して3日たっても一向に溶液が緑色になりません。増殖しないのです。6回試しましたが、ことごとく失敗しました。

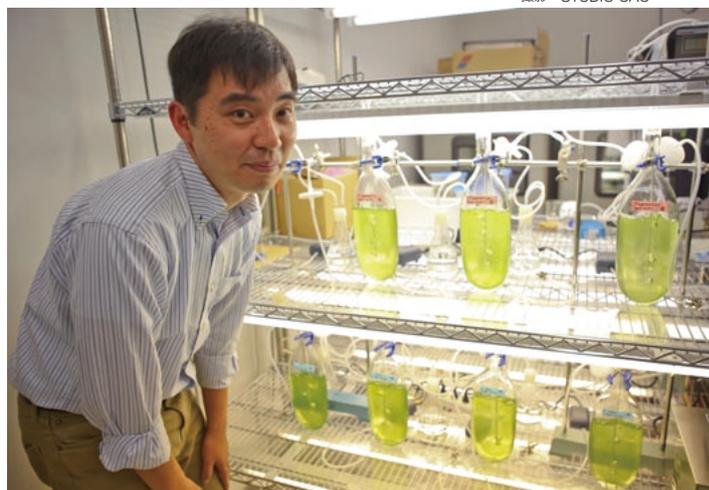
実験室の小さな容器では培養に滅菌水を使っていましたが、400リットルの大きな容器では川の水を使っていました。水の違いが原因かもしれないと思い、川の水を小さな容器に入れて試したのですが増殖できてしまうのです。なぜ容器のサイズが大きくなっただけで、増殖できなくなるのか。私が困惑していると、DOWAの方は「スケールアップしてうまくいかなくなるのは、工業の世界ではよくあること。いよいよ装置開発の面白い段階に入ってきたね」と平然と言うのです。

結局、生物に必須な元素、窒素の与え方を変えることで、この問題を解決することができました。しかし、なぜそれで培養できるのか、科学的メカニズムは分かっていません。このようなとき、基礎科学研究の世界では原因を追求しますが、企業の世界では実用化へ向けた次のステップに進みます。基礎科学研究と企業の世界観の違いを実感しました。

鉛除去の性能は、既存のイオン交換樹脂などを用いた装置と同等以上でした。今後の課題はコストです。現在、光合成に使っている照明光の電気代がコストの大部分を占めています。照明光を太陽光に置き換え、コスト削減につなげることを考えています。また、現在は容器の中に空気を送り込んでいますが、空気ではなく工場で排出される二酸化炭素を回収して送り込み、光合成に利用することも考えています。これが実現すれば、排水浄化と同時に二酸化炭素の処理もできます。

ヒョウタンゴケが金を蓄積

——鉛以外の重金属を高濃度で蓄積する変異株をつくり出す



井藤賀 操

研究員

いとうが・みさお。1971年、大阪府生まれ。博士（理学）。宇都宮大学農学部生物生産科卒業。広島大学大学院理学研究科博士課程修了。2003年より理研植物科学研究センター。2004年より現職。専門は応用コケ植物学。

ために、どのような研究を行ったのですか。

井藤賀：私が所属する研究室の榊原 均グループディレクターの指示で、変異株をつくる前に、大牟田市で採取したヒョウタンゴケの元株について、金属の蓄積能力を詳しく調べることにしました。クロムや白金、銀、タリウム、リチウムなどさまざまな金属の溶液をつくり、元株と接触させる実験を行いました。すると、金の溶液と接触させたとき、緑が赤に変化したのです（**図3上**）。「いったい何が起きたんだ!？」と予想外の結果に驚きました。実は、金は微細な粒子状になると赤色で光るのです。こうしてヒョウタンゴケは乾燥重量の11%という濃度で金を蓄積することが分かったのです（**図3下**）。クロムや白金も数%蓄積しました。

その後、理研仁科加速器研究センター（RNC）に依頼して、元株の原糸体に重イオンビームを照射してもらい、変異株をつくり出す実験を始めました。

——その実験は、遺伝子組換えとどう違うのですか。



図2 ヒョウタンゴケ原糸体を液体培養する400リットルの装置

井藤賀：遺伝子組換えの場合は、ほかの種の遺伝子を導入します。私たちが用いたのは、重イオンビームを使って遺伝情報が書かれたDNAを損傷させる方法です。損傷したDNAを修復する過程でエラーが起きて、突然変異体ができます。これは自然界で起きている現象です。それを人工的に引き起こして変異株をつくり出すのです。RNCの阿部知子チームリーダーたちは、この方法により新色のペチュニアやサクラをつくり出しており、それらはすでに企業から販売されています。

——重金属を蓄積する変異株をどのように見つけるのですか。

井藤賀：1万6000個のサンプルに重イオンビームを照射し、さまざまな種類の重金属混合液に接触させます。そして、それぞれのサンプルにX線を照射してスペクトルを解析すると、混合液に含まれる金属ごとの蓄積量が分かります。そのデータを数学的に解析し、蓄積の仕方が大きく異なっているサンプルを30個選び出しました。その中に貴金属やレアメタルを高濃度で蓄積する変異株を見つけました。今、実証試験をしているところです。

生物多様性から グリーンイノベーションを生み出す

——コケ植物を使った排水浄化技術を、今後どのように発展させていくのですか。

井藤賀：DOWAでは、水処理吸着材のサンプルとしてヒョウタンゴケを濃縮したカートリッジを出荷することを目指しているそうです。今後の営業戦略についても検討されています。私は、この浄化技術を生活用水の汚染などが問題となっているアジア・アフリカ諸国などに導入して、世界の

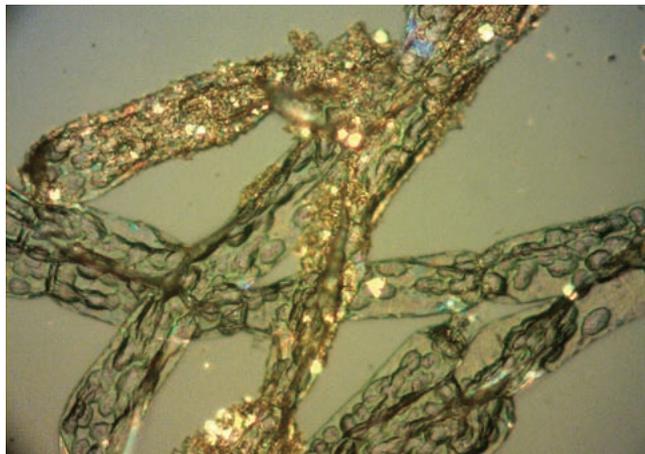
撮影：STUDIO CAC



図3 金を高濃度で蓄積したヒョウタンゴケ

(上) 金を蓄積したヒョウタンゴケは、緑から赤に色が変わった(右端の容器)。

(下) ヒョウタンゴケは、乾燥重量の11%という濃度で金を蓄積することが分かった。



撮影：DOWAエコシステム(株)川上 智

水問題の解決に貢献する技術、グリーンイノベーションに育てていきたいと考えています。太陽光を利用した培養システムを築くことで、ほとんどエネルギーを必要としない安価で持続可能な浄化技術を確立したいですね。

——今後、コケ植物の研究をどう展開していくのですか。

井藤賀：DOWAとの共同研究により、コケ植物の応用研究がまだ初期段階であることを実感しました。21世紀に入り、ヒメツリガネゴケをモデル生物にして、分子生物学や遺伝学を用いた研究手法が急進展しました。そして2007年、日本を含む国際共同研究チームがヒメツリガネゴケのゲノム(全遺伝情報)の解読に成功しています。このプロジェクトには理研の研究者も参加しました。

これからは、ヒメツリガネゴケ以外のさまざまな種類のコケ植物についても、分子生物学や遺伝学の手法を使って機能メカニズムの解明を進め、応用研究に進展させていく必要があります。生物の多様性を解明し、応用研究、そしてグリーンイノベーションにつなげることは、ライフサイエンス全体の課題でもあります。

——酵母はすでに、酒やパン、みそなどの食品工業に欠かせない材料となっています。さらに近年、藻類を用いてバイオ燃料などをつくる研究も進められていますね。

井藤賀：光合成を行うことが、酵母にはないコケ植物や藻類の利点です。藻類には、コケ植物よりも成長速度が速いという利点があります。ただし、約4億年前に陸上に進出したコケ植物は、藻類にはない機能を持った遺伝子をたくさん獲得していると予想されています。そのような遺伝子の機能を発見し、機能を解明して応用研究につなげていきたいと思います。

——そもそも、ヒョウタンゴケはどのようなメカニズムで鉛や金を蓄積するのですか。

井藤賀：そのメカニズムは、まだ解明できていません。鉛は細胞壁や葉緑体に蓄積されます。一方、金は細胞壁ではなく、主に葉緑体に蓄積されます。ヒョウタンゴケは鉛と金を識別しているようです。それぞれの金属と特異的に結び付き、細胞内に取り入れる受容体タンパク質があるのかもしれません。まず、私たちは、重イオンビームを照射することで鉛や金を高蓄積する機能を欠失した株を探します。次に、遺伝子解析を行い、どの遺伝子の機能が失われたのかを突き止めることで、鉛を蓄積するメカニズムに迫ることができます。メカニズムが分かれば、機能を改変して、例えばレアメタルを高濃度で蓄積する変異株をつくり出し、資源回収に役立てることができるでしょう。

応用研究、そしてグリーンイノベーションにつながるものを生み出すためにはメカニズムの解明が必要なことを、痛感しています。今後、コケ植物をはじめとする生物多様性の研究基盤を築いていきたいですね。

R

(取材・構成：立山 晃/フォトンクリエイト)

理研横浜研究所「設立10周年記念講演会」、好評のうちに幕

2000年開所以来、昨年10年の節目を迎えた理研横浜研究所は11月25日、横浜市開港記念会館にて「設立10周年記念講演会 これまでの10年これからの10年」を開催しました。横浜研究所を広く知っていただくとともに、今後の横浜研究所の在り方についてアドバイスを得るべく、四つの記念講演とパネルディスカッションを行いました。

記念講演では、理研の和田昭允^{あきよし} 研究顧問が横浜研究所におけるゲノム研究の10年間を振り返り、科学と技術、両方を行き来する取り組みの重要性を強調。続いて名古屋大学の芦刈基行^{あしかり} 教授がゲノム情報に基づく新種のイネ作出の研究を紹介し、慶應義塾大学の小安重夫 教授が免疫系の仕組みを解説しました。最後に理研オミックス基盤研究領域の長谷川由紀 特別研究員が、微量のRNAを検出するCAGE法を紹介しました。

パネルディスカッションでは、横浜研究所の各研究センター長など7名と、横浜研究所と共同研究を進めているDOWAエコシステム(株)の川上 智氏、鳥居薬品(株)の籠橋雄二氏^{かごはし}、横浜市立大学の西村善文 教授の計10人がパネリストとして登壇。日経BP社主任編集委員の宮田 満氏による巧みな司会進行のもと、「健康」をテーマに熱い議論が展開されました。

「世界のライフサイエンスは激動している」という共通認識のも

と、各パネリストから「細分化した学問を統合する新しい学問が必要」「イノベーション実現のためには縦割り組織を横串する連携が必須」「日の丸」を掲げる理研は横串の連携研究を先導できる存在」などの意見がありました。さらに、理研に対しては「社会の本当のニーズを知る機会を積極的につくるべき」「連携研究をマネジメントできる事務職員を育成すべき」、企業に対しては「利益を社会に還元する高い志を持ってほしい」と、双方の課題も指摘されました。もっと聴きたいという会場内の熱気が冷めやらぬまま閉幕となりました。



仁科芳雄博士生誕120周年を記念し、四季咲きサクラ「仁科乙女」を里庄町に寄贈

2010年は、日本現代物理学の父であり、(財)理化学研究所の第4代所長・仁科芳雄博士(1890~1951年)の生誕120周年でした。

それを記念して、理研仁科加速器研究センター(RNC)の阿部知子チームリーダーらが開発した四季咲きサクラ「仁科乙女」の苗5本を、博士生誕の地である岡山県里庄町に寄贈しました。苗は博士の誕生日である12月6日に、里庄町の博士の生家や仁科会館、公園などに植樹されました。

仁科博士は1931年、理研に仁科研究室を立ち上げ原子核物理、素粒子、宇宙線の研究などを行い、日本の現代物理学の礎を築きました。1937年には、わが国初のサイクロトロン(26インチ 28トン)を作製。また、ノーベル物理学賞を受賞した湯川秀樹博士、朝永振一郎博士など、多くの傑出した研究者を育成しました。仁

科博士がつくり上げた現代物理学は、現在でもRNCや理研基幹研究所に連綿と引き継がれています。



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。



ゲノム医科学研究センター
統計解析研究チーム チームリーダー
高橋 篤 (たかはし あつし)

①生年月日 1972年8月5日 ②出生地 千葉県 ③最終学歴 東京工業大学大学院理工学研究科博士課程 ④主な職歴 理化学研究所 ⑤研究テーマ 遺伝統計学 ⑥信条 シンプルイズベスト ⑦趣味 山歩き

X線自由電子レーザーが新しい科学を切り拓く

石川哲也 ISHIKAWA Tetsuya
播磨研究所 所長

平成18年度から理研播磨研究所で開発が進められてきた「X線自由電子レーザー (XFEL)」は、5年計画の最終年度を迎え、レーザー発振に向けての最終調整段階に入っている。「夢の光」といわれていたXFELも、もはや夢ではなくなった。XFELは、神戸市で開発が進められている京速コンピュータ「京」(2012年完成予定)と並んで、理研が開発主体となっている二つの「国家基幹技術」の片翼である。また、播磨研究所内の大型放射光施設「SPring-8」と並んで、日本のみならず世界の高エネルギー光科学をけん引する施設となる。

現在の科学技術の多くは、原子や分子の個々の性質と、それらが集団となったときの振る舞いを構成要素として組み立てられている。そのため、原子や分子を直接的に観察できる高エネルギー光は、さまざまな場面で研究基盤としての役割を演じてきた。SPring-8の放射光は、生物の構成要素であるタンパク質の立体構造解析や、新素材開発など幅広い分野で利用されており、供用を開始してから13年がたつ今もなお、世界最先端の研究成果を輩出している。世界中に後発の放射光施設が多数存在するのにもかかわらず、SPring-8が世界最高性能を維持し続けてきたのは、理研と(財)高輝度光科学研究センターが密接に連携して、適切な高度化を適切な時期に進めてきたからにほかならない。このSPring-8の放射光と比べて、XFELから発振されるレーザーは、最大で10億倍も明るく、パルス幅は1/1000以下にも短くなる。XFELの装置や原理についての詳細は、『理研ニュース』2010年5月号(特集)をご覧ください。

では、XFELで何ができるのか? そのキーワードは「不可能を可能に」である。例えば、現在の科学では物質の反応前と反応後しか観察できないが、反応過程を観察できるようになる。これにより、まったく新しいアプローチから排ガスを処理する新触媒の開発などが可能になるため、環境問題の解決に期待がかかる。また、SPring-8ではできなかった膜タンパク質の立体構造解析が可能になるため、創業のスピードアップと効率化も期待される。さらに



写真1 筆者



写真2 SPring-8とXFEL施設

は、新素材開発にも大いに貢献するであろう。

XFELは1990年代後半に米国で計画され、その後、欧州連合でも計画された。いずれも全長数キロメートルにも及び、非常に優れた光源ではあるものの、その規模とコストを考えると3台目の建設は不可能だろうといわれていた。しかし、SPring-8で現在標準的に使用している「真空封止型アンジュレータ」を採用することによって、全長約700メートル、欧米の約1/3という大幅な小型化を実現し、同等の性能を達成できるとの見通しを得た。これが、播磨研究所のXFEL計画の始まりである。また、SPring-8のX線とXFELのX線を同一試料上に導けることや、XFELからSPring-8へX線の入射が可能なことなど、他施設にはないユニークな特徴がある。さらに、XFELから得られた膨大な量のデータの解析に「京」を用いることにより、解析スピードにおいても他施設をしのぐ見込みだ。

今年度中に播磨研究所は、第3世代の大型放射光施設SPring-8とXFELが共存する世界唯一の研究拠点となる。この二つの施設から発振される光源の存在が、大きな相乗効果を生み出し、次々と新しい科学が生まれるであろう。

R

『理研ニュース』2011年1月号(平成23年1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ピビア/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
URL: <http://www.riken.jp/>

理研 寄附金