

RIKEN NEWS

No.349
July
2010

7



独立行政法人
理化学研究所

2 特集

消費型社会から持続型社会への転換を目指す

「バイオマス工学 研究プログラム」発足

4 研究最前線

トポロジカル絶縁体・超伝導体と 質量ゼロの粒子の不思議な世界

8 特集

レーザー誕生50周年

理研のレーザー研究の歴史を振り返る

11 FACE

電子の質量がゼロになる物質を
発見した研究者

12 SPOT NEWS

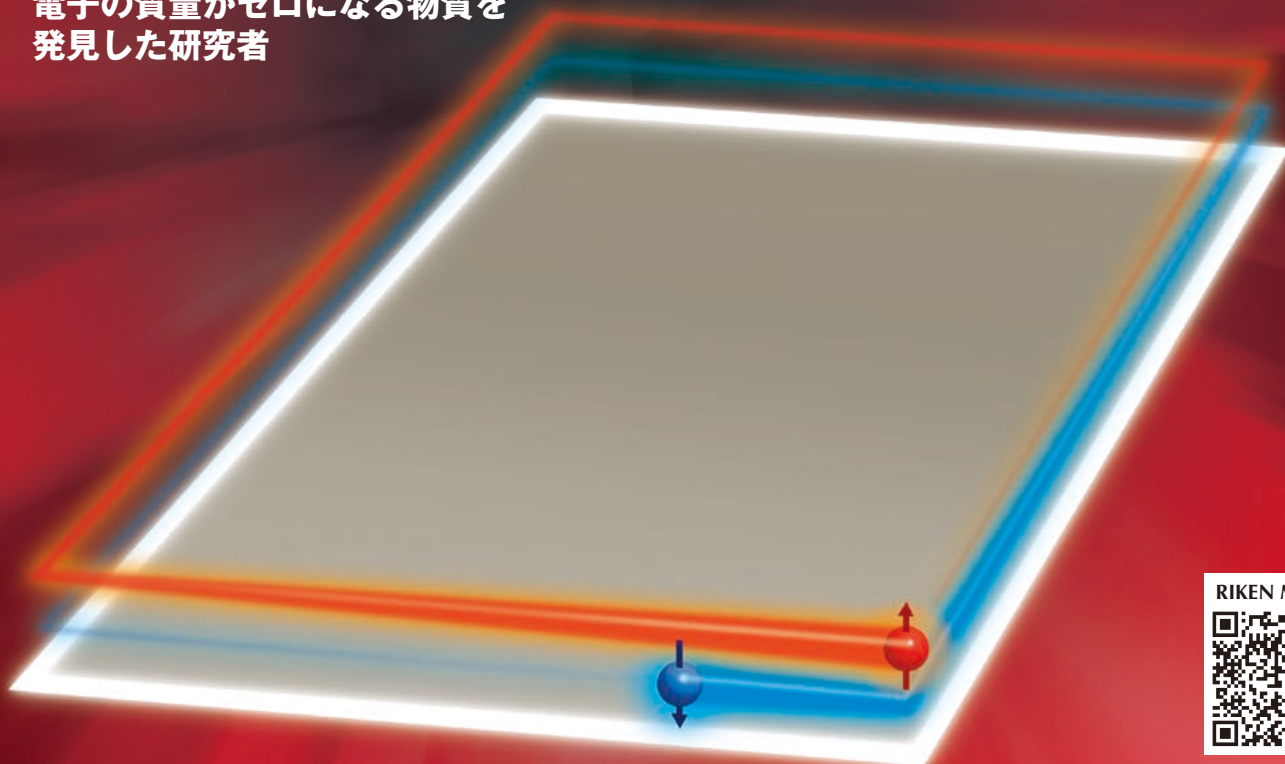
- ・再生阻害因子が成長円錐をはねのける仕組みを解明
損傷した神経回路修復技術への応用に期待
- ・リンパ球への糖鎖付加で、
がん細胞の認識能力向上
がん免疫細胞療法などへ応用可能
- ・3種類のがんのゲノム解析結果を公開
ICGCで2万5000人分のがんゲノム解読が進む
- ・フラーレン物質の
超伝導への転移条件を解明
より高温での超伝導実現に前進

15 TOPICS

- ・新研究室主宰者の紹介
- ・理研ビデオ「生命科学・再生医療に
革新をもたらす多能性幹細胞研究」を公開！

16 原酒

気になる木



RIKEN Mobile



消費型社会から持続型社会への転換を目指す

「バイオマス工学研究プログラム」発足

理研は2010年4月、「個人知を理研知に、さらに社会知に」を掲げ、新組織「社会知創成事業」を立ち上げた。

その取り組みの一つが、バイオマス工学研究プログラム (BMEP) である。

生物由来の資源「バイオマス」の生産からバイオプラスチックなどの製造までを一気通貫でつなぐ

革新的技術を開発し、化石資源を利用した消費型社会から、再生可能なバイオマスを利用した

持続型社会への転換を目指す。しかも、それを理研内、企業、大学、さらには国際連携によって進めようという

新しい試みである。BMEPの特徴や目的を、篠崎一雄プログラムディレクターに聞いた。

持続型社会への転換を目指す

——「バイオマス工学」とは何ですか。

篠崎：生物に由来する物質を「バイオマス」といいます。私たちが注目しているのは植物由来のバイオマスです。植物は二酸化炭素 (CO₂) を吸収し太陽のエネルギーを利用して、糖や脂質、セルロースなど、さまざまなバイオマスをつくり出します。これらバイオマスの生産性を上げたり、利用したりするための技術を「バイオマス工学」と呼びます。

——バイオマス工学研究プログラム (BMEP) 発足の背景には、どのようなことがあったのでしょうか。

篠崎：理研は2003年10月に独立行政法人となり、2008年3月に第1期を終えました。第2期が始まる前から、理研は今後何を目指すべきかを、野依良治理事長を中心に議論をしてきました。その結果、人類が抱える環境・エネルギーなどの課題を解決し、人類社会存続に貢献する新しい科学技術を生み出すことが、理研の存在意義であるという結論に至りました。

撮影：STUDIO CAC



篠崎一雄

プログラムディレクター

それを実現するため今年4月に立ち上げたのが、「社会知創成事業」です。これまで理研では、個々の研究者の研究成果である「個人知」を組織の総合力で融合させて「理研知」とすることで、研究を推し進めてきました。これからは、外部の研究機関や大学、企業、海外との連携をさらに深めることで「社会知」を生み出し、社会に貢献します。BMEPは社会知創成事業の取り組みの大きな柱の一つです。

——なぜ今、バイオマス工学なのでしょう。

篠崎：人類社会存続にかかわる大きな問題の一つが、環境・エネルギーです。20世紀の社会は化石資源をエネルギー源や製品の原料に利用してきました。しかし、化石資源は有限であり、燃やすとCO₂が放出されます。化石資源の大量消費によって大気中のCO₂は増加し、地球温暖化が進行しています。そこで注目されているのが、バイオマスです。バイオマスはCO₂と太陽エネルギーから再生可能であり、燃やしても大気中のCO₂の全体量は変わりません。BMEPでは、バイオマスを増産する技術やバイオマスを原料としてバイオプラスチックなどを創る新たな技術、つまりCO₂を資源として有効に活用するための技術革新 (イノベーション) を目指しています。そして、化石資源を利用した「消費型社会」から、再生可能なバイオマスを利用した「持続型社会」への転換を実現させます (図1)。

連携によって一気通貫を実現

——理研以外でもバイオマスに関するさまざまな研究が進行しています。その中でBMEPの特徴は。

篠崎：バイオマス研究では、理研は後発といえるかもしれませんが。日本でも世界でもバイオマス研究といえば、バイオ燃料が主流です。BMEPを立ち上げる際の議論では当初、バイオ燃料も課題として挙がっていました。しかし、理研らしい新しい切り口が必要だと考え、バイオプラスチックなどの新素材をターゲットにすることにしました。

後発と言いましたが、理研はバイオマス研究のポテンシャ

ルは十分に持っています。例えば、植物科学研究センターではセルロースの生産性を上げる研究が、また基幹研究所ではシロアリの腸内細菌によるセルロース分解メカニズムの研究や、微生物が体内に蓄積するポリヒドロキシアルカン酸(PHA)からバイオプラスチックを創る研究などが進められてきました。理研で蓄積してきたこれらの成果を結び付け、持続型社会を実現するためにBMEPが生まれたのです。

—どのような組織になっているのでしょうか。

篠崎：2グループ5チームで構成されています(図2)。この五つの研究チームがそれぞれ違う視点で研究を行い、それらを統合することでプログラムを推進していきます。

連携推進委員会や連携促進コーディネーターの設置はBMEPの大きな特徴です。理研内のバイオリソースセンターや仁科加速器研究センターなどだけでなく、理研外の大学や研究機関、企業、海外とも連携を進めます。農林水産省所管の(独)森林総合研究所との連携は、所轄府省の壁を越えた画期的なものです。海外では中国の南京林業大学、マレーシア科学大学、ベトナム森林研究所との連携を予定しています。バイオマスの生産性を高めたポプラを南京林業大学の圃場で、ユーカリをベトナム森林研究所の圃場で育て、セルロースの増産などの有用性を試験します。マレーシア科学大学とはバイオプラスチックに関する研究を進めます。こうしたアジアと連携したバイオマス研究は、ほかに例がありません。

バイオマス生産からバイオプラスチックなどの製造までを一気通貫でつなぐ革新的技術を開発する。それが、私たちの目標です。一気通貫というのは新しいコンセプトですが、出口となる製品化は私たちだけではできません。企業との連携が不可欠です。現在、製紙会社と化学会社との連携を進めています。

「解析し理解する」から「設計し創る」へ

—どのような研究計画を立てているのでしょうか。

篠崎：BMEPは基礎研究ではなく社会知創成事業であることから、戦略や目標を具体的に示すことが必要です。BMEPは三つの戦略を立てています。第1は、セルロース系バイオマスの生産性や易分解性、耐乾燥性を向上させた「スーパー植物」の開発。第2は、バイオテクノロジーを活用した化学製品原料の効率的な一気通貫合成技術の確立。第3は、ポリ乳酸やポリヒドロキシアルカン酸に次ぐ、新しいバイオプラスチック素材の探究です。そして、第1期で得た成果を第2期の5年間で企業へ橋渡ししていきます。

—研究開発を進める上で注意すべきことはありますか。

篠崎：基礎研究とは視点を変える必要があります。基礎研究では「解析し理解する」ことが重要ですが、BMEPでは「設計し創る」ことが求められます。ゲノム解読が進み、生命について多くのことが分かってきました。今は、その

図1 消費型社会から持続型社会への転換

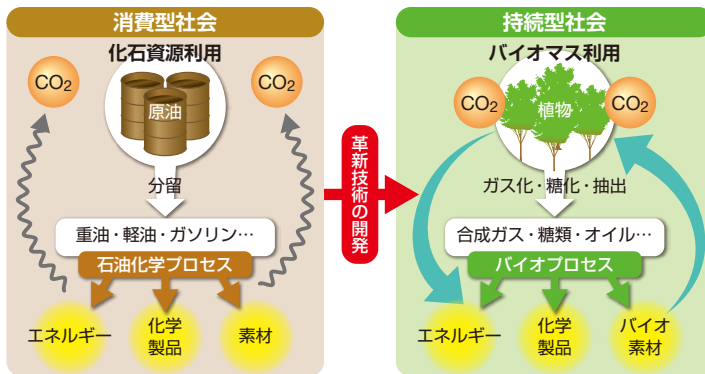


図2 バイオマス工学研究プログラム組織図 (2010年4月1日現在)



情報をもとにゲノムをデザインして付加価値をつけた生物を創ることができる時代です。合成ゲノミクスという新しい技術を使って、例えば植物に個体内でバイオプラスチックを創らせる。そんな夢のようなことにも挑戦します。

—ロゴマークには強い思いが込められているそうですね。

篠崎：新幹線の窓から富士山を見ながら、「BMEPは箱根駅伝だ」と、ふと思ったのです。BMEPでは、組織や国の枠を超え、研究者たちがたすきをつないでゴールを目指します。しかも、生物分野の基礎研究者にとって製品を創ることは未知への挑戦です。だから山登りがある箱根駅伝なのです。

これまで、持続型社会への貢献というと太陽電池や燃料電池など物質科学や工学の研究開発が中心で、生物学からの貢献はほとんどありませんでした。BMEPは、生物学から物質科学や工学へとたすきをリレーすることで、消費型社会から持続型社会への転換に大きく貢献していきます。

(取材・構成：鈴木志乃／フォトクリエイト)

トポロジカル絶縁体・超伝導体と質量ゼロの粒子の不思議な世界

液体・固体・気体、金属・半導体・絶縁体・超伝導体など、物質にはさまざまな状態がある。ここ数年の研究により、“トポロジカル絶縁体”や“トポロジカル超伝導体”と呼ばれる物質のまったく新しい状態が存在することが明らかとなり、物性物理の世界で大きな注目を集めている。

トポロジカル絶縁体・超伝導体の大きな特徴は、“質量ゼロの粒子”が現れることだ。

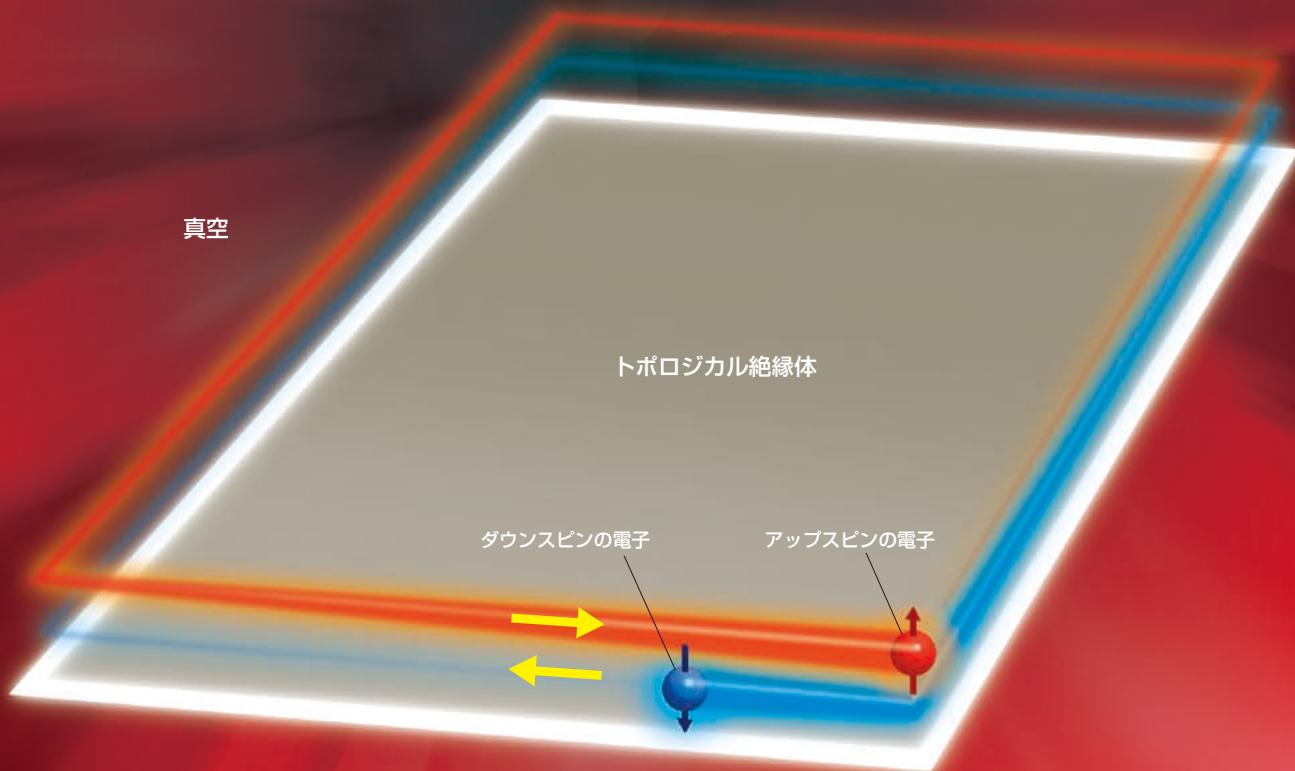
古崎 昭 主任研究員たちは、どのような種類のトポロジカル絶縁体・超伝導体が理論的に存在し得るのか、独自の視点から分類表をつくり上げた。

そして、ある種のトポロジカル超伝導体には、70年以上前に理論的に予言された“マヨラナ粒子”が存在することを指摘した。

トポロジカル絶縁体・超伝導体と質量ゼロの粒子という不思議な世界を古崎主任研究員に案内してもらおう。

量子スピンホール効果を示すトポロジカル絶縁体

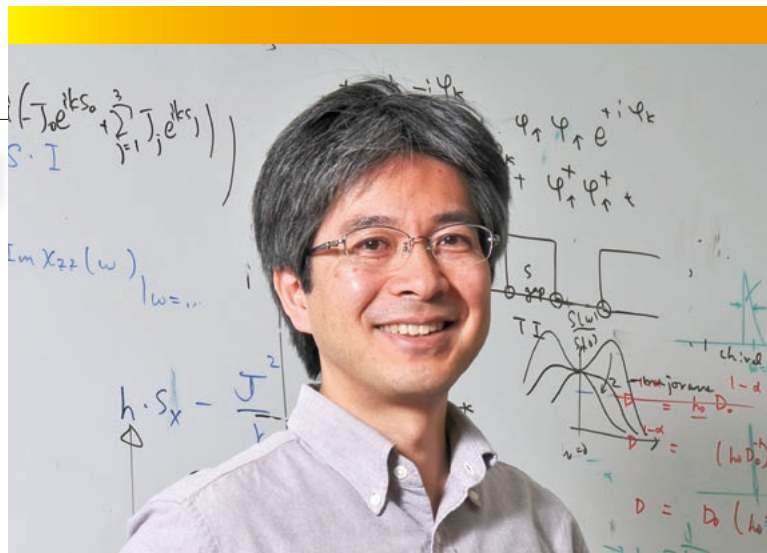
量子スピンホール効果を示す2次元物質の端では、アップスピンとダウンスピンの電子が互いに逆方向に動いている。本来、電子は陽子の1836分の1の質量があるが、端を動くアップスピンとダウンスピンの電子は、質量ゼロの粒子として振る舞う。



トポロジカル絶縁体・超伝導体には、
面白い未知の現象がまだまだ潜んでいそうです。

古崎 昭

基幹研究所
古崎物性理論研究室
主任研究員



ふるさき・あきら。1966年、埼玉県生まれ。博士(理学)。東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士学位取得。米国マサチューセッツ工科大学博士研究員、東京大学大学院工学系研究科助手、京都大学基礎物理学研究所助教授などを経て、2002年より現職。

■ 物質の新しい状態

トポロジカル絶縁体・超伝導体の“トポロジカル”とは何か。例えばコーヒーカップの形を連続して変形させていくと、ドーナツの形をつくることができる。逆にドーナツの形をコーヒーカップの形にすることもできる(図1)。このように連続な変形によって不変な性質を扱う幾何学を“トポロジー(位相幾何学)”と呼び、コーヒーカップとドーナツの形は“トポロジカルに同じだ”という。一方、コーヒーカップの形を二つの穴が開いたドーナツの形にするには、穴を開けるという別の操作が必要となり、連続して変形することができない。つまり、コーヒーカップと二つ穴のドーナツは、“トポロジカルに異なる”図形である。トポロジーは“やわらかい幾何学”とも呼ばれ、幾何学の中では新しい分野である。トポロジーでは連続的に変形できる図形はすべて同一視される。

「これまでトポロジーは物理学にあまり用いられてきませんでした。しかしここ数年の研究で、ある種の物質では、電子状態がすでに知られている絶縁体や超伝導体とは異なり、トポロジカル数を持つ“トポロジカル絶縁体”や“トポロジカル超伝導体”となることが分かったのです。量子力学では、物質中の電子状態(電子の波動関数)の集合は数学的には空間と見なせます。その空間の“形”の特徴を表す数が、トポロジカル数です。物質のまったく新しい状態が明らかになり始め、私たち物性物理の研究者が今、とても興奮していることを皆さんにも感じ取っていただきたいと思います」

では、どのような物質がトポロジカル絶縁体・超伝導体となるのか。「今振り返ると、1980年に発見された“整数量子ホール効果”を示す物質がトポロジカル絶縁体の一種だったのです」

整数量子ホール効果は、量子力学が関係する現象だ。量子力学は原子や電子などを支配する物理法則である。原子の大きさは約100億分の1メートル。そのようなミクロスケールの物理法則である量子力学が、私たちの目に見えるマクロスケールで現れることはほとんどない。ただし極低温の世界では、量子力学の現象がマクロスケールで見られる。例えば、極低温で電気抵抗がゼロになる超伝導は量子

力学に基づく現象だ。

「整数量子ホール効果では、極低温で2次元平面に閉じ込められた電子系に対して、平面に垂直な方向から強い磁場をかけます。そのときに流れる電流と、電流や磁場と垂直方向に生じる電圧の比(ホール伝導率)が、量子力学の基本定数に基づく値の整数倍になる現象が、整数量子ホール効果です。これも量子力学がマクロスケールで現れた現象です。この状態にある物質(電子系)は、整数値のトポロジカル数を持つトポロジカル絶縁体です」

整数量子ホール効果が物理学における大発見だったことは、発見から5年という異例の早さで、発見者に1985年のノーベル物理学賞が贈られたことにも示されている。「ただ



$$\nu[q] = \int \frac{d^3k}{24\pi^2} \epsilon^{\mu\nu\rho} \text{tr}[(q^{-1} \partial_\mu q) (q^{-1} \partial_\nu q) (q^{-1} \partial_\rho q)],$$

図1 トポロジカルに同じ図形と3次元トポロジカル超伝導体のトポロジカル数の定義式

コーヒーカップの形を伸縮して連続的に変形させていくと、最終的にドーナツ形にすることができる。このように連続して変形させても変わらない性質をトポロジカルな性質という。トポロジカルな性質を扱う幾何学であるトポロジーでは、連続的に変形できる図形はすべて同一視される。

トポロジカル絶縁体の研究が最近発展したのは、“量子スピンホール効果”という、もう一つの大発見がきっかけです」

スピンとは、電子などの粒子が持つ地球の自転に似た角運動量のこと、右回りと左回りの自転に対応するアップとダウンの2種類のスピンがある。「そのスピンのかわるスピン軌道相互作用という働きにより、ある種の2次元の物質では、磁場をかけなくても“スピン流”に対する整数量子ホール効果が現れます。この状態は、0と1の二つの値のトポロジカル数を持つ“ Z_2 トポロジカル絶縁体”であることを、米国の研究者が2005年に理論的に予言しました。それが量子スピンホール効果です」

この現象は2007年に実験で確かめられた。さらに Z_2 トポロジカル絶縁体は、3次元の物質でも現れることが指摘され、それも2008年に実験で確かめられている。

「そしてここ数年の研究により、整数量子ホール効果や量子スピンホール効果を示す物質が、トポロジカル絶縁体という物質の新しい状態として理解できること、さらにある種の超伝導体もトポロジカル数を持つトポロジカル超伝導体であることが、理論的に明らかになりました」

■ 質量ゼロの粒子

「トポロジカル絶縁体・超伝導体のとても面白い特徴は、“質量ゼロの粒子”が現れることです」。2次元のトポロジカル絶縁体・超伝導体表面の端、あるいは3次元のトポロジカル絶縁体・超伝導体の表面全体では、質量ゼロの粒子

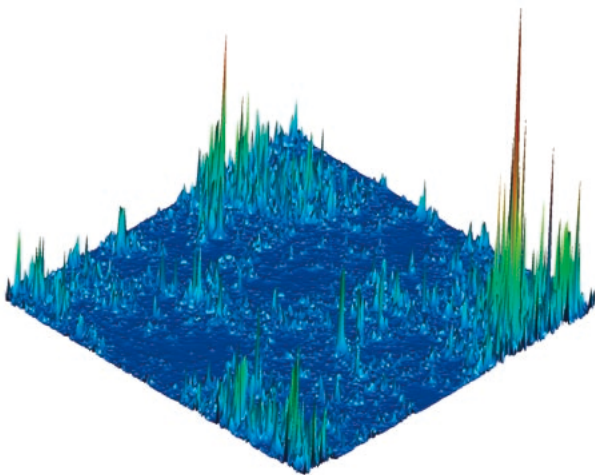


図2 アンダーソン局在の研究例

古崎物性理論研究室では、アンダーソン局在の理論研究も精力的に進めてきた。この数値シミュレーションは、アンダーソン局在による絶縁体が、金属に変わる相転移での電子の局在（波動関数の振幅）を示している。山の高いところに電子が局在している。その振幅の等高線はフラクタルという性質を持つことを古崎主任研究員たちは突き止めた。

	複素空間		実数空間							
	A	AIII	AI	BDI	D	DIII	AII	CII	C	CI
2次元物質	Z	0	0	0	Z	Z_2	Z_2	0	Z	0
3次元物質	0	Z	0	0	0	Z	Z_2	Z_2	0	Z

が自由に動き回っているのだ。

「トポロジカル絶縁体と、その外側に広がる真空（絶縁体）のトポロジカル数は異なります。トポロジカル数が変わる境界、つまり物質の端や表面で質量ゼロの粒子が現れるのです。例えば量子スピンホール効果を示す2次元物質の端では、アップスピンとダウンスピンの電子が互いに逆方向に動いています（4ページの図）。本来、電子は陽子の1836分の1の質量があるのですが、端で運動するアップスピンとダウンスピンの電子は、質量ゼロの粒子として振る舞います。端にいる電子は、真空中の電子の運動方程式（ディラック方程式）において電子質量をゼロとしたものと同じ方程式に従って運動するので、質量ゼロの粒子と見なせるのです」

質量ゼロの粒子として振る舞う電子の存在は、トポロジカル絶縁体・超伝導体とは別の物質であるグラフェンで2005年に初めて実験的に確かめられた。グラフェンは鉛筆の芯にも使われている黒鉛（グラファイト）の仲間だ。グラファイトは炭素シートの層が積み重なってできている。その炭素原子シート1層分を取り出したものがグラフェンである。「このグラフェンの中の電子が質量ゼロの粒子として振る舞い、光速の300分の1という超高速で動いています」。これは現在のコンピュータに使われるシリコン中の電子が動く速度の数倍だ。このため、グラフェンは未来の超高速コンピュータの材料としても期待されている。

さらに2009年、理研基幹研究所 加藤分子物性研究室（加藤礼三 主任研究員）の田嶋尚也 専任研究員たちは、 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ という有機導体で、質量ゼロの粒子として振る舞う電子の存在を実験的に確かめ、大きな注目を集めている（11ページ参照）。「私たち物性物理の研究者にとって、質量ゼロの粒子はとてもエキサイティングな研究対象です」

■ トポロジカル絶縁体・超伝導体を分類

「ここまで紹介したトポロジカル絶縁体・超伝導体の研究は、主に米国の研究者によって進められてきました。では、どのような種類のトポロジカル絶縁体・超伝導体が理論的に存在し得るのか。私たちは米国の研究者と共同で、その分類に取り組みました」

どのような視点で分類を行うのか。「トポロジカル絶縁体・超伝導体の表面では電子などの粒子が自由に動き回っています。普通の物質に不純物や結晶の欠陥などの乱れが

図3 トポロジカル絶縁体・超伝導体（超流動体）の分類表

横列のAIやBDIは、物質中の電子集団を対称性という性質に基づいて分類したときの種類を表す。表中の0はトポロジカル絶縁体・超伝導体が存在し得ないことを示す。Zは整数のトポロジカル数、 Z_2 は二つの値のトポロジカル数を持つトポロジカル絶縁体・超伝導体（超流動体）が存在することを表している。整数量子ホール効果と量子スピンホール効果を示す物質は、それぞれ2次元のクラスAとAIIのトポロジカル絶縁体である。

あると、電子の波同士の干渉によって電子が局在して動けなくなり、電流が流れない“アンダーソン局在”という状態になります(図2)。ところが、トポロジカル絶縁体・超伝導体に不純物を入れて乱れを大きくしても、その表面では電子が自由に流れるのです。では、どのような条件で電子は局在できずに自由に流れるのか。私たちはアンダーソン局在の理論を応用して分析し、その条件をピックアップして分類表をつくり上げたのです(図3)

■ 天才が70年以上前に予言した粒子が現れる

分類によりどのようなことが分かったのか。「ヘリウム3 (^3He) を極低温にすると、“超流動B相”という状態が現れることが知られています(図4)。これは“トポロジカル超流動体”として、DIIIという種類に分類できることが分かりました」

ヘリウムを絶対零度(-273.15°C) 近くまで冷やすと液体となり、さらに冷やすと超流動になる。超流動では粘性がなくなるため、超流動ヘリウムを円筒容器に入れて何らかの形で流れをつくると、いつまでも流れ続ける。この超流動も量子力学がマクロスケールで現れた現象だ。

^3He の超流動B相がつくるトポロジカル超流動体の表面では、励起した ^3He 原子が質量ゼロの粒子として自由に動き回ります。驚くべきことに、それは“マヨラナ粒子”であることを私たちは理論的に突き止めました」

マヨラナ粒子は、イタリアのエttore・マヨラナが70年以上前に理論的に予言した粒子だ。「マヨラナは天才的な物理学者でした。しかし、この予言をした翌年に30代前半の若さで行方不明になってしまった伝説の人です」

マヨラナが行方不明になる前の1929年、英国のポール・ディラックが、物質をつくる粒子には、電荷などの性質が反対の“反粒子”が存在すると予言した。「例えば電荷がマイナスの電子にはプラスの陽電子、プラスの陽子にはマイナスの反陽子があることを理論的に導き出したのです」。1932年、宇宙線の中に陽電子が発見され、反粒子の存在が確かめられた。

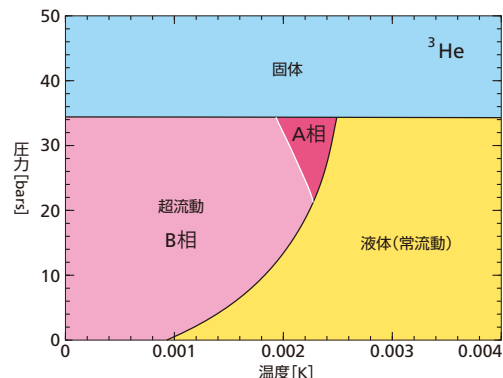
「マヨラナは1937年、電氣的に中性で、粒子と反粒子の区別がつけられない粒子があるはずだ、と理論的に予言しました。それがマヨラナ粒子です。その存在は、まだ実験で確かめられていませんが、素粒子のニュートリノがマヨラナ粒子の一種ではないかという説があります」

古崎主任研究員たちの指摘により、トポロジカル絶縁体・超流動体の研究でも、マヨラナ粒子が大きな注目を集めている。「 ^3He の超流動B相だけでなく、ある種のトポロジカル超伝導体の表面にもマヨラナ粒子が現れるはずだ。私たちは最近、マヨラナ粒子の存在を実証するための実験方法を発表しました」

理研基幹研究所には、 ^3He 超流動などの極低温の物理実

図4 ヘリウム3の状態の変化

ヘリウム3(^3He)は陽子2個と中性子1個からなる。一定以下の圧力で絶対零度に近づけると、 ^3He は超流動B相となる。その表面にマヨラナ粒子が現れる。



験で世界トップグループを走る河野低温物理研究室(河野公俊 主任研究員)がある。「河野主任研究員たちと協力して、世界で初めてマヨラナ粒子の存在を確かめる実験に貢献していきたいですね」

さらに、マヨラナ粒子を量子コンピュータへ応用するアイデアが、別の研究グループから提案されている。量子コンピュータとは、計算量が膨大なため現在のスーパーコンピュータでも何千年もかかるようなある種の問題を、量子力学の現象を利用することにより短時間で計算できると期待されている未来のコンピュータだ。ただし、量子コンピュータの開発では、量子力学の現象が起きる“コヒーレンス状態”が、外部からの影響ですぐに壊れてしまうことが大きな課題となっている。「トポロジカル超伝導体の表面(端)にできるマヨラナ粒子は、外部からの影響を受けにくく、コヒーレンス状態を長く保つことができると理論的に予想されています。そのため、マヨラナ粒子を量子コンピュータに応用することが考えられ始めたのです」

■ 物質が示す面白い現象を探し出す

『理研ニュース』2005年12月号(研究最前線)に掲載した古崎主任研究員の本来的な研究テーマは、高温超伝導などを引き起こす“強相関電子系”だった。「強相関電子系は現在も主要な研究テーマの一つですが、私自身がここ数年、最も力を入れて研究してきたのは、今回紹介したトポロジカル絶縁体・超伝導体です。そこには、面白い未知の現象がまだまだ潜んでいそうです。しかし数年後、まったく異なる物質系で未知の量子現象を調べているかもしれません。研究者には好奇心が大切です」。このような自由な好奇心に基づく基礎研究から、未来の社会を支える真に革新的な科学技術の芽が生み出されていく。 R

(取材・執筆: 立山 晃/フォトンクリエイト)

関連情報

- 古崎物理理論研究室のホームページ
<http://www.riken.jp/lab-www/cond-mat-theory/>
- 『RIKEN RESEARCH』(2009年1月23日)「炭素シート of 不思議の由来」

レーザー誕生50周年

理研のレーザー研究の歴史を振り返る

応用範囲の広さゆえ、レーザーは“20世紀最大の発明”といわれている。

今年は、米国のセオドア・メイマンが1960年5月に世界で初めてレーザーの発振に成功してからちょうど50年目に当たる。理研におけるレーザー研究も1960年4月から始まった。

主任研究員としてその指揮をとったのが、日本でいち早くレーザーの基礎研究に取り組み、そして世界で初めてレーザーの応用研究を行った研究者として有名な霜田光一 名誉研究員である。レーザー研究はその後理研の中で連続と続き、現在はテラヘルツ光や軟X線アト秒レーザーなど“究極の光”をつくり出し、応用へとつなげる世界最先端の研究が行われている。

理研のレーザー研究の歴史、そして未来について、霜田 名誉研究員と

理研基幹研究所 エクストリームフォトンクス研究グループの緑川克美 グループディレクターに聞いた。

1960年、理研のレーザー研究が始まった

——1960年4月、霜田名誉研究員が主任研究員として率いたマイクロ波物理研究室が誕生しました。理研のレーザー研究の歴史はそこから始まったのですね。

霜田：当時、“レーザー”という言葉はなく、“光メーザー”と呼んでいました。メーザーとは、分子の誘導放出という原理に基づいてマイクロ波を増幅発振することです。1954年に米国のチャールス・タウンズによって初めて発振に成功しました。同じ原理で可視光を発振させるのが光メーザーで、今でいうレーザーです。

——理研でレーザー研究を始めたのには、どのような背景があったのですか。

霜田：戦後の1948年、(財)理化学研究所が解散し、(株)科学研究所が設立されました。そして、特殊法人理化学研究所が

設立されたのが1958年です。そのころになると、禁止されていた原子核物理の研究も再開されていました。新しい分野の研究も拡充し、強化すべきであると考えたのでしょう。当時注目され始めていたのは、半導体とメーザーでした。そこでメーザーの主導者として、タウンズと共同研究をしていた私に声が掛かったのです。

——それまでに理研とのかかわりはあったのですか。

霜田：私が理研を初めて知ったのは小学6年生のときでした。父親が理研に勤めていた友人に誘われ、研究室を見学させてもらいました。最後に見せてもらった液体窒素でバラの花やゴム管を凍らせて壊す実験が、印象に残っています。

その後、東京大学に進んだ私の卒業研究は、放射線を計測するガイガー・カウンターで、理研にいた皆川^{おさむ}さんと競い合っていました。当時、理研は東京の駒込にありました。東大がある本郷と近かったので合同セミナーもあり、理研にはよく行っていました。

——研究室設立に際してどのような目標を掲げたのですか。

霜田：メーザーをマイクロ波より短い波長(高周波)の可視光(光メーザー)に発展させること、そして光メーザーの化学や物理への応用です。駒込には空き部屋がなかったので兼任していた東大物理学教室の一室を借りて、1960年4月に私と研究員一人でのスタートとなりました。その翌月、米国のセオドア・メイマンがルビーを用いて光メーザーの発振に成功しています。私はレーザーが誕生する前からレーザーの研究に着手し、その応用を考えていたのです。

世界初のレーザー応用、高速度写真を撮影

——理研でのレーザー研究はどのように進んだのですか。

霜田：1960年11月、高周波メーザーの基礎理論に関する論文を発表しました。それが、理研から出たレーザー関係の最初の論文です。もちろん日本初でした。私たちがルビー

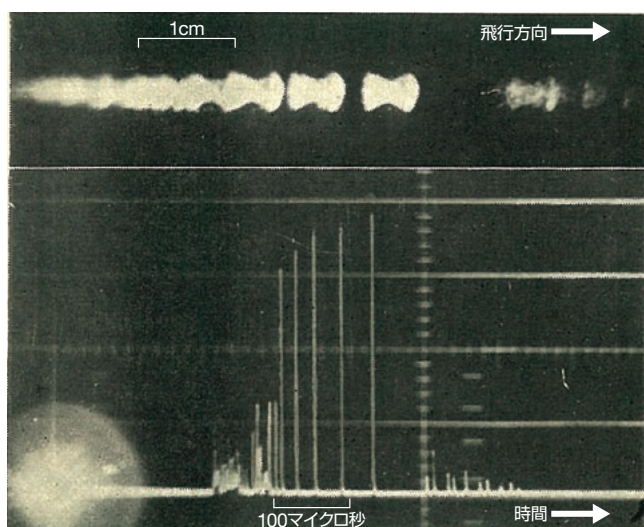


図1 レーザーによる弾丸の高速度写真
1962年、飛行中の空気銃の弾丸をルビーレーザーを使って撮影に成功(上)。レーザーを用いた高速度写真は世界初。下はパルス波形。

ーレーザーの発振に成功したのは、1962年です。最初は等間隔のきれいなパルスではありませんでしたが、弾丸の高速度写真を撮影しました（図1）。この実験は、世界初のレーザーの応用として知られています。

——発振に成功してすぐ応用実験を行ったのはなぜですか。

霜田：私は学生のころから基礎研究だけでなく応用にも関心がありました。さらに、基礎研究を応用につなげることは、まさに理研が目指す研究の在り方であると考えたからです。

テラヘルツ光のルーツも理研にあった

——研究室が埼玉県大和町（現在の和光市）へ移転し、本格的な研究が始まったのは、いつですか。

霜田：1965年です。まだ和光に研究棟が完成する前で、ガスも、水道も、電話もなく、電気は工事用の仮設送電線を使っていました。1966年夏ごろまでは不自由な環境でしたが、その中で研究にまい進しました（図2）。環境が整うまで待っているのではなくて、今できること、今すべきことは何か、その見極めが重要です。

私たちは、マイクロ波と可視光の中間領域である遠赤外線レーザー、今でいうテラヘルツ光の発振に着手しました。そして1966年、遠赤外線レーザー発振器と検波器を製作し、その発振に成功しました（図3）。その後、米国のマサチューセッツ工科大学（MIT）で始まった遠赤外線レーザー研究は、私たちの成果を参考にしています。

遠赤外線レーザーの発振に初めて成功したのは、イギリスの研究者です。しかし彼らの放電管は、すぐに赤黒く汚れ、掃除をしないと発振が不安定になってしまうものでした。一方、私たちの放電管は汚れない。なぜこんなにきれいなんだ、とみんなによく聞かれました。不安定な発振しかできなかったルビーレーザーを、等間隔のパルスで発振できるようにしたのも、私たちです。

——ほかではできないことが、なぜできたのですか。

霜田：自分で言うのは恥ずかしいですが、材料の選び方から機器のつくり方まで、腕が違うのでしょうか。実験を始めると、うまくいかないところがたくさん出てきます。問題をどれだけ早く見つけ、いかに早く解決できるかで、完成までの時間が変わってきます。解決できない場合は、すぐにあきらめて別の方法を模索する。その判断も重要です。

研究室には旋盤やボール盤などいろいろな工作道具をそろえました。自分たちでつくれば、早く、望み通りのものができます。私は子どものころからラジオづくりなど工作が好きだったので、その経験も役に立ちました。

——レーザーが注目されるのはなぜですか。

霜田：普通の光はさまざまな波長の光が混ざっています。一方、レーザーは同じ波長の光の集まりです。“コヒーレント”とって波長の山と山、谷と谷がそろっているため、指向性や集光性に優れ、高輝度であるという特徴がありま

図2 1965年ころの理研和光研究所と霜田名誉研究員
右奥に見えるのは、最初に完成した研究棟。

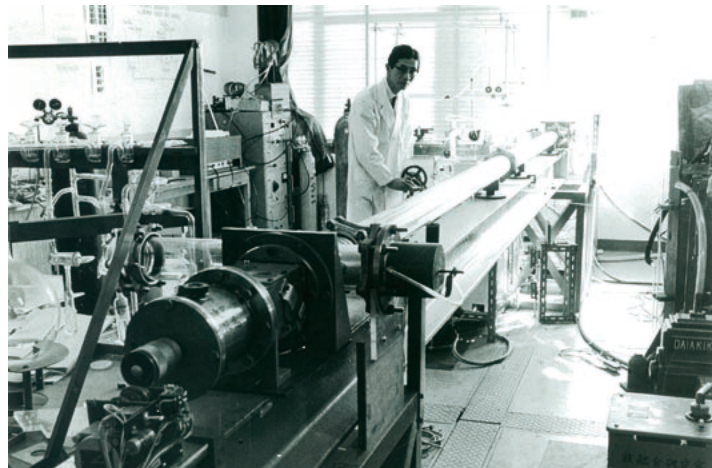


図3 遠赤外線レーザーと霜田名誉研究員（1967年）

遠赤外線レーザーは、通産省工業研究助成金を受けて開発した。1966年に日本で初めての発振に成功。放電管は長さ5mで、水蒸気または重水蒸気を媒質とする。

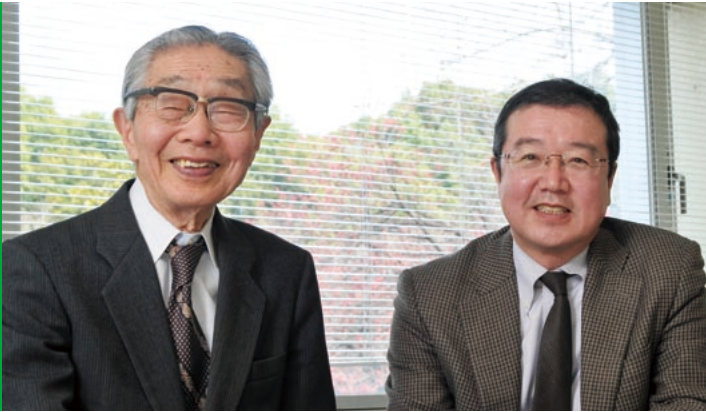
す。しかも波長領域が広いと、多くの分野で革新的技術をもたらす大きな可能性を持っているのです。

理研では1962年には、半導体研究室の難波進さんがレーザーを用いた微細加工をいち早く始めていました。その後もレーザー研究に参加する研究室が増え、1976年に「レーザー科学研究」のプロジェクトが始まりました。研究グループが組織され、21年間にわたって続きました。

当時、レーザー研究最大の課題はウラン濃縮でした。天然ウランにはウラン238とウラン235という同位体が含まれており、核燃料として使えるウラン235だけを濃縮する方法が必要とされていたのです。以前から研究室間の共同研究は行われていましたが、研究グループを組織して大規模に取り組んだことで、レーザーによるウラン濃縮に成功するという大きな成果が生まれました。

レーザー同位体分離研究の第一人者であったソ連のV. S. レトコフが1971年に理研を訪れ、私たちと議論を交わしました。研究室のサイン帳には、ノーベル賞受賞者や後に受賞した人の名前がたくさん並んでいます。理研のレーザー研究は世界から注目されていたという証でしょう。

理研の研究グループは、国内の大学や研究所から研究員などを多数受け入れていました。彼らがレーザー研究の発展に果たした役割は非常に大きかったですね。一定期間が過ぎると彼らは大学やほかの研究機関に移り、日本のレーザー研究を牽引していきました。研究体制やシステムの面



霜田光一
名誉研究員

緑川克美
グループディレクター

でも、理研のレーザー研究はほかをリードしていたのです。

“究極の光”をつくり出す

—1981年に霜田名誉研究員が退任され、翌々年の1983年に緑川グループディレクターが入所しました。

緑川：レーザー研究棟が完成したばかりで快適な環境でした。先ほどの霜田先生の話とは大違いで、申し訳ないほどです。レーザー科学研究の目標はその後、ウラン濃縮から短波長レーザーの開発にシフトし、大きな成果を残しています。

—レーザー科学研究のプロジェクトは1997年に終了しました。その後は？

緑川：研究グループは解散しましたが、レーザーの研究室は理研に残すべきであるということで、私が主任研究員に応募し採用されました。レーザー物理工学研究室として研究を進めてきましたが、もう一度、大きな研究グループをつくりたいと、ずっと考えていました。そして2005年、理研中央研究所（現・基幹研究所）でエクストリームフォトンクス研究の第1期（～2009年）がスタートしました。現在は第2期で、テラヘルツ光の研究グループを含め先端光

科学研究領域へと発展しています。

先端光科学研究領域では、より長い波長領域や、より短い時間領域の“究極の（エクストリーム）光”をつくり、今まで見えなかったものを見たり、加工に利用して新しい機能・材料をつくり出すことを目標に据えています。

より長い波長領域の光とはテラヘルツ光のことです。霜田先生が遠赤外線レーザーとして先鞭^{せんべん}をつけましたが、発振も検出も難しいことから、この研究はなかなか進展していませんでした。しかし、テラヘルツ光を使うと微量の物質を識別できるなど、さまざまな応用が期待されます。私たちはテラヘルツ光という未踏の領域を開拓し、応用につなげようとしています（図4）。

より短い時間領域の光とは軟X線アト秒レーザーのことです。パルス幅がアト秒（ 10^{-18} 秒＝1000兆分の1のさらに1000分の1秒）と非常に短い軟X線レーザーを使って、原子や分子内の電子の振る舞いを見ようとしています。私たちは2006年、アト秒領域の軟X線レーザーを直接的に観察することに成功しました。

とても喜んでいたのですが、1990年ころに霜田先生が書かれた文章に“X線レーザー”や“アト秒”という言葉が偶然見つけてしまったのです。霜田先生の先見の明に驚くとともに悔しかった。でも実現したのは私ですからね（笑）。

—霜田名誉研究員は、レーザーのさまざまな応用を提唱しています。まだ実現されていないこともありますか。

霜田：レーザー加速器です。1960年秋にそのアイデアを学会で発表しています。最近ようやく原理実験が始まりました。計画が進行中の加速器“国際リニアコライダー”は全長50kmです。これ以上大きな加速器は実現不可能でしょう。しかし、レーザー加速器が実現すれば、大きさを1万分の1にできます。加速器の世界が一変することでしょう。

緑川：私が理研に入ったとき、理研の研究の中で特にすごいと思ったのがレーザーと加速器でした。レーザーを、加速器を超えるものにしようという野望を抱きました。レーザー加速器が実現すれば、それがかないます。

—理研のレーザー研究への期待をお聞かせください。

霜田：1970年代は発振に使う物質によって波長は決まってしまう、物質が壊れてしまうので出力を上げることもできませんでした。しかし最近では、人工物質を使うことで波長は可変になり、大出力も可能になりました。パルス幅もアト秒に達しています。また、レーザーは核融合を起こすほどの高温をつくり出すことができますが、一方で原子の運動を止める、つまり低温状態をつくることも可能です。波長も、出力も、時間も、温度も、極限がないレーザーは、ますます発展していくでしょう。今後も大いにレーザー研究を進めていただきたい。どんな新しい科学や技術が生まれるか、楽しみにしています。 R

（取材・構成：鈴木志乃／フォトンクリエイト）

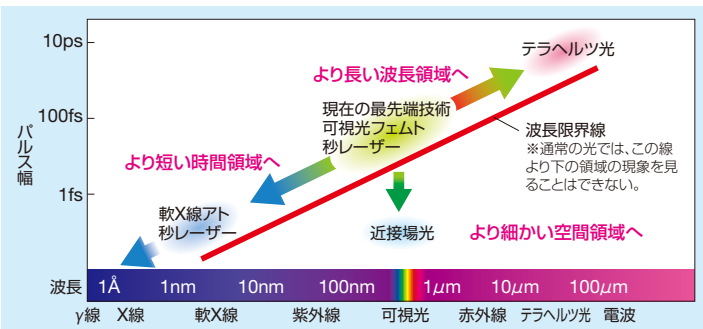


図4 先端光科学研究

赤外線より波長の長い「テラヘルツ光」、パルス幅がより短い「軟X線アト秒レーザー」、可視光でナノの分解能を持つ「近接場光」など、新しい光をつくることで、これまで見るができなかった構造や現象を見て、さらには光によって構造や現象を制御して新しい機能や材料をつくり出すことを目指している。

電子の質量がゼロになる物質を発見した研究者

田嶋尚也 (たじま・なおや)

1970年、熊本県生まれ。博士（理学）。熊本県立人吉高等学校から東邦大学理学部物理学科へ進学。東邦大学大学院理学研究科博士後期課程修了。学習院大学理学部物理学科助手を経て、2001年、理研基礎科学特別研究員。2008年より現職。

「出身は熊本県の球磨郡湯前町です。山に囲まれた田舎で、子どものころは、自然に触れ合って遊んでいました。小学校に入る前から、物質をどんどん細かくしていくとどうなるのだろう、という疑問をずっと抱いていましたが、自分で調べてみようとはしませんでした。勉強もあまりやらず、とにかく体を動かすことが好きだったので、小学校では水泳、中学・高校では剣道をやっていました。また、子どものころから勘だけはいいと言われていましたね。嫌いな人に会う予感がよく的中したり、今でもお菓子の景品の当たりくじを引き当てるのが得意です（笑）」

やがて、その鋭い勘は物理研究に生かされ、素晴らしい研究対象を見いだすことになった。「物理にこだわりがあったわけではありません。計算が得意だったので大学は数学科を志望しましたが、物理学科にだけ合格することができたのです」

1994年、田嶋専任研究員は東邦大学大学院へ進学し、有機導体の研究を行っている梶田晃示教授の研究室に入った。「そこで α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ に着目したのです。1984年につくられた有機導体ですが、誰も注目しない地味な物質でした。ところが私には気になる性質がありました。通常、金属は温度を下げると電気抵抗が低くなり、半導体は逆に高くなりますが、この物質は電気抵抗が一定なのです。そして、その性質を実験で調べ、仕組みを突き止めました。でも、この研究に注目する人はほとんどいませんでした」

2001年、理研に入所した田嶋研究員は α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の研究を続けた。「この物質に特定の方向へ圧力をかけたときに、電気抵抗がどう変化するかを調べていたところ、突然、電気抵抗がゼロに落ち超伝導状態になったのです。予想外の結果でした」。2002年のこの発見がきっかけで、 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の研究は急に注目を集めるようになり、今では学会で一つのセッションが開かれるまでに発展した。「大学院のころ“新しい研究分野を開きたい”と梶田教授と話していたことを思い出します。まさか本当になるとは思っていませんでした」。2009年、田嶋研究員はさらに大きな注目を集める発見をした。「2005年、高圧下の α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ は電子が質量

理研基幹研究所に電子の質量がゼロになる物質を発見した研究者がいる。加藤分子物性研究室の田嶋尚也 専任研究員だ。本来、電子は陽子の1836分の1の質量を持つ。田嶋専任研究員は2009年、「 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ 」(図)という電気を通す有機物(有機導体)では、電子が質量ゼロの粒子として振る舞うことを実験で明らかにした。この研究は、超高速トランジスタや、熱を電気に変換する新しい熱電材料の開発に役立つと期待されている。 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ は、田嶋専任研究員が大学院生のときに着目し、研究を続けてきた物質だ。この研究が評価され、平成22年度科学技術分野の文部科学大臣表彰(若手科学者賞)を受賞。「ゼロから出発する研究にこだわりたい」と語る田嶋専任研究員の素顔に迫る。

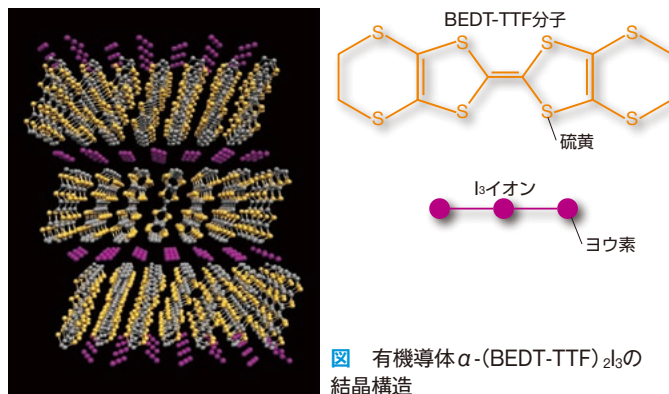


図 有機導体 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の結晶構造

ゼロの粒子として振る舞う“ゼロギャップ電気伝導体”である、と理論家が指摘しました。私は、その理論モデルが正しいことを実験で明らかにしたのです」

α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ を研究対象に選んだとき、ここまで研究が発展する予感があったのか? 「きっと面白い物理現象が潜んでいるはずだ、と信じて研究を続けていました。梶田教授には“勉強をするな”とよく言われました。それは“常識や経験にとらわれるな”という意味です。ほかの人のやらないことをやる。誰も注目していない物質の中に新しい物理現象を見いだす——それが私の研究スタイルです。今、次の研究対象を探しているところです」

(取材・執筆: 立山 晃/フォトンクリエイト)

再生障害因子が成長円錐をはねのける仕組みを解明

損傷した神経回路修復技術への応用に期待

2010年5月13日プレスリリース

——成長円錐はどのように神経突起を正しい方向へ導くのですか。

上口：成長円錐は細胞周辺にある「ガイダンス分子」を感受して、神経突起の伸長を正しい方向へ導きます。ガイダンス分子には、成長円錐を引き寄せる誘引性ガイダンス分子と、成長円錐をはねのける反発性ガイダンス分子があります。ガイダンス分子が成長円錐表面の受容体と結合すると、成長円錐内に「細胞質カルシウムイオン (Ca²⁺) シグナル」がつけられるのですが、そのガイダンス分子が誘引性のときは誘引性Ca²⁺シグナルが、反発性のときは反発性Ca²⁺シグナルがつけられます。私たちは2006年、誘引性Ca²⁺シグナルが成長円錐を誘引方向に旋回させる仕組みの解明に成功しています。しかし、反発性ガイダンス分子が成長円錐をはねのける仕組みは謎のままでした。

——その謎にどのように挑んだのですか。

上口：「セマフォリン3A (Sema3A)」は代表的な反発性ガイダンス分子かつ再生障害因子であり、反発性Ca²⁺シグナルを介して成長円錐をはねのけます。図2で示すように、培養液中の右上からSema3Aを投与してSema3Aの濃度勾配をつくり、その中を伸長する成長円錐を全反射蛍光顕微鏡で観察しました。すると、Sema3Aの高濃度側に面した成長円錐の右側で、形質膜(細胞表面の膜)の一部が細胞内に取り込まれる「クラスリン依存性エンドサイトーシス」が促進されました。その後、成長円錐はSema3Aを避けて濃度の低い左方向に伸長しました(図2A)。

次に、培養液に薬剤を添加してクラスリン依存性エンドサイトーシスを抑制してみたところ、成長円錐は逆にSema3Aの濃度が高い右方向に伸長しました(図2B)。これは、再生障害因子が成長円錐をはねのけるためには、クラスリン依存性エンドサイトーシスが必須であることを示しています。

これらの実験から“再生障害因子はクラスリン依存性エンドサイトーシスを成長円錐内で左右非対称化することで、成長円錐をはねのける”という仕組みが明らかになりました。

——今後の展開は。

上口：本研究で明らかになった反発性ガイダンスの基本原

理、感覚、運動、記憶、学習など脳の活動は、多数の神経細胞から伸びた神経突起が精巧に絡み合って構築される神経回路によって営まれている。神経回路が構築される際、神経突起の先端部「成長円錐」(図1)が周囲に存在する分子を感受して、神経突起の伸長を正しい方向へ導く。神経回路が切断されると、切断された端が新たに成長円錐となり、神経突起が伸長して神経回路を再構築しようとする。しかし、損傷組織がつくる再生障害因子が成長円錐をはねのけるため、神経突起は損傷部位を通過することができない。今回、理研脳科学総合研究センター 神経成長機構研究チームは、再生障害因子が成長円錐をはねのける仕組みの解明に成功。損傷した神経回路修復技術への応用につながるかと期待される今回の成果について、上口裕之チームリーダーに聞いた。

図1 神経突起と成長円錐の形態

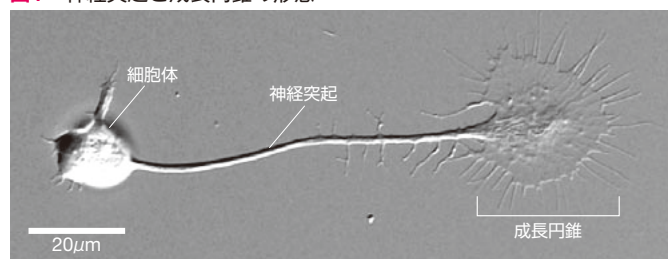
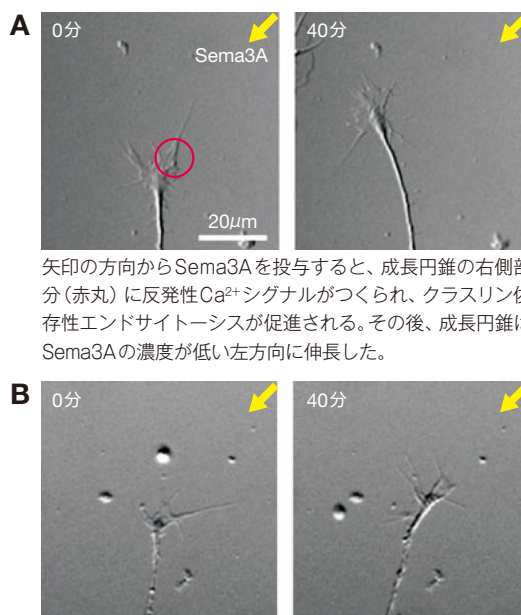


図2 培養液中の成長円錐の動き (Sema3A投与開始時と40分経過後の観察)



矢印の方向からSema3Aを投与すると、成長円錐の右側部分(赤丸)に反発性Ca²⁺シグナルがつけられ、クラスリン依存性エンドサイトーシスが促進される。その後、成長円錐はSema3Aの濃度が低い左方向に伸長した。

あらかじめ培養液全体にクラスリン依存性エンドサイトーシスの阻害剤を添加。その後、矢印の方向からSema3Aの投与を開始。クラスリン依存性エンドサイトーシスを抑制した成長円錐は、Sema3Aの濃度の高い右側に伸長した。

を、損傷した神経回路の修復技術へと発展させることを目指します。再生障害因子が成長円錐の膜動態を制御する仕組みをピンポイントで操作する方法の開発や、複数の再生障害因子が共存する生体損傷組織での修復技術の有効性の検証など、多くの課題が残されています。

●『Neuron』(2010年5月13日号)掲載

リンパ球への糖鎖付加で、 がん細胞の認識能力向上

がん免疫細胞療法などへ応用可能

2010年5月20日プレスリリース

——免疫細胞療法について教えてください。

田原：私たちの体は免疫により、さまざまな病気や体内に侵入してきた細菌などから守られています。免疫細胞療法は、この免疫の仕組みを利用した治療法で、がん細胞を攻撃する白血球の一種「リンパ球」を投与して治療します。従ってリンパ球が、がん細胞に効率よく集まれば、治療効果は高くなります。しかし、現在利用されている方法では、がん細胞を特異的に認識するリンパ球の割合が低いため、治療効果が出ないケースが多いのです。

——その問題をどのように解決しようとしたのですか。

田中：細胞表面にある「糖鎖」に着目しました。糖鎖は糖分子がグリコシド結合でつながり合ったもので、私たちの体を構成する約60兆個の細胞それぞれにあります。細胞間の相互作用に関与し、細胞の行き先、つまりどの細胞、どの組織と結合するかを決める重要な因子です。そこで私たちは、リンパ球にがんを認識する糖鎖を付加すれば、がん細胞に効率よく集まると考えたのです。

——開発した技術について教えてください。

田中：私たちはまず、がん細胞を特異的に認識する糖鎖「複合型N-結合型糖鎖」をつくりました。次に糖鎖を細胞に付ける技術の開発を目指しました。「高速6 π -アザ電子環状反応」と呼ばれる特殊な化学反応を活用した結果、37℃という温和な反応条件のもと、わずか10~30分間で複合型N-結合型糖鎖を、ラットの培養細胞の表面に100%の確率で結合させることに成功しました。

田原：さらに、リンパ球にこの糖鎖を付けて実際がん細胞に集まるかどうかを検証しました。具体的にはマウスから取り出したリンパ球を試験管内で、「CD3抗体」やサイトカイン（免疫細胞から分泌されるタンパク質）の一種「IL-2」を用いて活性化した後、リンパ球にこの糖鎖と蛍光色素の両分子を結合させ、がん細胞を移植したモデルマウスに投与しました。その結果、リンパ球が、がん細胞に効率的に集まることを蛍光イメージングで観察できました（**図**）。つまり、リ

摘出手術、抗がん剤治療、放射線照射療法に次いで、第4のがん治療法として注目される免疫細胞療法。この治療法では、異物を攻撃するリンパ球を効率よくがん細胞に集めることが重要となる。しかし現行の方法では、がん細胞を認識するリンパ球の割合が低いため、がん細胞へ効率的に集まらず、治療効果が出ないケースが多い。理研分子イメージング科学研究センターは大阪大学、キシダ化学㈱と共同で、がん細胞を認識する「糖鎖」を細胞表面に付加することに成功。さらに、糖鎖と蛍光色素をリンパ球に付加して、がんのモデルマウスに投与したところ、がん細胞に効率的に集まることを確認した。この成果について田原 強 研究員（分子プローブ機能評価研究チーム）、野崎 聡 研究員（分子プローブ動態応用研究チーム）、大阪大学 田中克典 助教に聞いた。

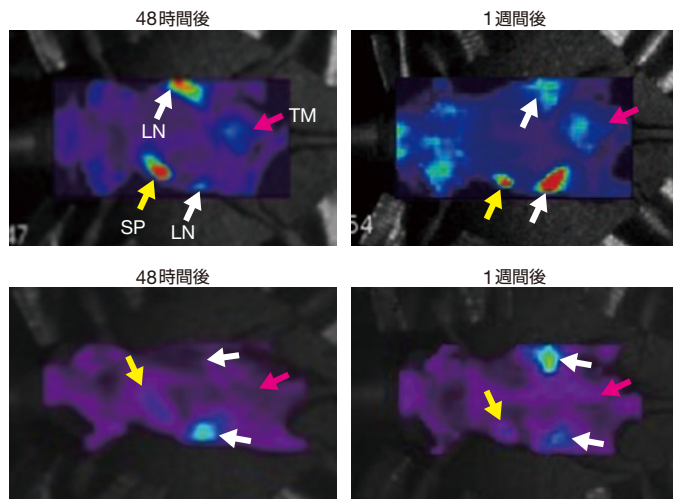


図 糖鎖修飾活性化リンパ球を用いた非侵襲的がんイメージング

複合型N-結合型糖鎖と蛍光色素を付けた1万個のリンパ球を、がん細胞を移植したモデルマウスの尻尾の静脈から投与し、リンパ球ががん細胞へ集まる様子を蛍光イメージング装置で観察した。この糖鎖を付けたリンパ球（上段）は、糖鎖を付けていないリンパ球（下段）に比べ、がん細胞へ効率よく集まっている。TMはがん細胞、LNはリンパ球、SPは脾臓を表す。

ンパ球に複合型N-結合型糖鎖を付けることによって、リンパ球はがん細胞を認識しやすくなったのです。

——今後の展開は。

野崎：今回開発した技術を使うと、細胞表面にさまざまな糖鎖を付加できるので、細胞に新たな機能を持たせることができます。まず、がんの免疫細胞療法などの治療効果を飛躍的に向上させることが考えられます。また、高速6 π -アザ電子環状反応を用いると、蛍光物質だけでなくさまざまな物質で生きた細胞を標識することができるので、PET（陽電子放射断層撮影法）やMRI（核磁気共鳴画像法）など、非侵襲的イメージング技術で使う標識細胞をより簡単につくることができます。これまでヒトでは実現していない、がん治療法の新たな評価法としても期待できます。

●『Journal of Carbohydrate Chemistry』オンライン版（2010年5月31日）掲載

3種類のがんの ゲノム解析結果を公開

ICGCで2万5000人分のがんゲノム解読が進む

2010年4月15日プレスリリース

12ヶ国・地域の研究機関が参加するプロジェクト「国際がんゲノムコンソーシアム (ICGC)」が、3種類のがんのゲノム変異解読データをICGCのホームページ (<http://www.icgc.org>) で公開した。

がんは、遺伝子の設計図であるゲノム (全遺伝情報) に変異が生じ、正常な分子経路が破たんした結果、細胞が無秩序に増殖して発症することから「ゲノムの病気」といわれる。このため、それぞれのがんに生じたゲノム変異を網羅的に調べカタログ化することが、新たな予防、診断、治療法の開発

につながると期待されている。

このような状況のもと、2008年4月にICGCが発足。臨床的に重要ながんについて参加国が分担してゲノム変異を解析し、患者のプライバシーを配慮した上で、解読データを公開して研究者同士で情報共有する。日本からは理研、(独)国立がん研究センター、(独)医薬基盤研究所が参加している。

今回公開したデータは、日本が担当した肝臓がん、英国が担当した乳がん、オーストラリア・カナダが担当した膵がんの3種類で、ICGC発足以来初めての公開となる。今後、脳腫瘍、肺がん、胃がん、腎臓がん、卵巣がんなどのデータについても解析終了後、順次公開される。

※『Nature』(2010年4月15日号) に、ICGCに参加する200名以上の研究者によるICGCの倫理的な枠組み、研究デザイン、方針と各プロジェクトの進捗状況についての論文が掲載された。

フラーレン物質の 超伝導への転移条件を解明

より高温での超伝導実現に前進

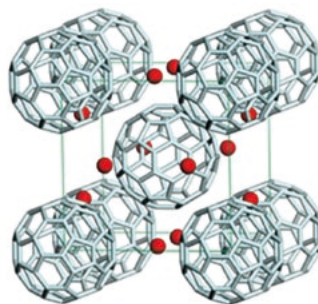
2010年5月20日プレスリリース

理研放射光科学総合研究センター 高田構造科学研究室の高田昌樹 主任研究員は、(財)高輝度光科学研究センター、^{コスマス}Prassides教授 (英国ダーラム大学)、^{マッシュュー}Matthew J. Rosseinsky教授 (英国リバプール大学) らと共同で、フラーレン「C₆₀」にセシウム原子 (Cs) を加えたフラーレン化合物「Cs₃C₆₀」では、二つの異なる結晶構造で電気抵抗がゼロとなる超伝導状態になることを発見した。

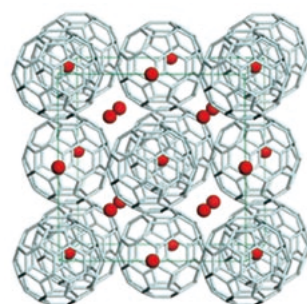
C₆₀は炭素原子 (C) 60個で構成されるサッカーボール形の分子で、1985年に発見された。1991年に33K (≒ -240℃) という高温で超伝導状態に転移する「フラーレン超伝導体」が発見され、その後、2008年には高圧下で転移温度が38K (≒ -235℃) のCs₃C₆₀が開発された。その結晶構造は体心立方構造 (図左)。また同時期に、組成は同じCs₃C₆₀で、結晶構造が面心立方構造 (図右) のものも開発されたが、その物性は分かっていなかった。

今回、研究グループが理研播磨研究所の大型放射光施設「SPring-8」を使って、面心立方構造のCs₃C₆₀の物性を調べた結果、体心立方構造のCs₃C₆₀と同じく、常圧では電気伝導性に乏しい絶縁体であるが、圧力を加えると35K (≒ -238℃) で超伝導状態になることが分かった。また、この二つのCs₃C₆₀は、結

体心立方構造 (転移温度=38K)



面心立方構造 (転移温度=35K)



フラーレン化合物Cs₃C₆₀の結晶構造

白いサッカーボール状のものがフラーレン分子 (C₆₀)。赤い丸はセシウム原子 (Cs) を示す。フラーレン分子の最近接距離は約1nm (=10億分の1m)。この図では電子を示していないが、両方とも3個の電子がCsからC₆₀に移動した同じ電子状態になっている。

晶構造は違うが電子状態は同一であるため、特定の電子状態によって超伝導になる条件が決まることが明らかとなった。さらに、フラーレン超伝導体では、結晶構造が違っていても転移温度はバンド幅*によって同じように変化することも分かった。

フラーレン物質の超伝導への転移条件や、転移温度とバンド幅の関係が分かったことで、今後、銅酸化物超伝導体などの研究も促進され、より高温で超伝導状態になる材料開発が期待される。

*バンド幅：電子にはエネルギーの低いものから高いものまでいろいろあり、電子は固体中でエネルギーの低いものから順に、バンドと呼ばれる電子の受け入れ領域に詰まっていく。このバンドに受け入れ可能なエネルギー範囲の大きさをバンド幅と呼ぶ。

●『Nature』(2010年5月19日号) 掲載

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

強相関複合材料研究チーム
チームリーダー

岩佐義宏 (いわさ よしひろ)



①1958年12月12日 ②広島県 ③東京大学大学院工学系研究科博士課程 ④東京大学、北陸先端科学技術大学院大学、東北大学金属材料研究所、東京大学大学院 ⑤異種材料界面における電子物性・機能の開拓、電気二重層を用いた超電界下での物性制御 ⑥さまざまな技術や概念の融合によって、新たな領域に踏み出す ⑦温泉巡り

強相関量子伝導研究チーム
チームリーダー

Harold Y. HWANG

(ハロルド ユンスン ファン)



①1970年8月4日 ②米国カリフォルニア州 ③プリンストン大学博士課程修了(物理学専攻)(米国) ④ベル研究所(米国)、東京大学 ⑤酸化物ヘテロ構造の原子制御プロセス ⑥考えるより運に任せる ⑦3人の娘と遊ぶこと

強相関研究支援チーム
チームリーダー

平林 泉 (ひらばやし いずみ)



①1948年12月11日 ②東京都 ③東京大学大学院工学系研究科博士課程 ④超電導工学研究所 ⑤固体物性とその応用 ⑥明日があるさ ⑦音楽、演劇鑑賞

Heddle国際主幹研究ユニット
ユニットリーダー

Jonathan Gardiner HEDDLE

(ジョナサン ガーディナー ヘドル)

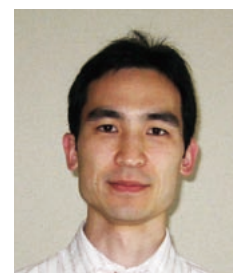


①1975年3月4日 ②英国ビショップ・オークランド市 ③レスター大学博士課程(生物化学専攻)(英国) ④東京工業大学グローバルエッジ研究院 ⑤生体分子を用いるスマート構造の構築 ⑥自由に考えること。そして、アインシュタインの格言「想像力は知識より大切だ。知識は限られている……」を覚えていること ⑦論文と小説の執筆、日本語の学習、運動、電子機器

脳科学総合研究センター

知覚神経回路機構研究チーム
チームリーダー

風間北斗 (かざま ほくと)



①1978年3月2日 ②米国ミシガン州 ③東京大学大学院理学系研究科博士課程 ④ハーバード大学(米国) ⑤知覚を支える神経基盤の回路レベルでの解明 ⑥日進月歩 ⑦ヴァイオリン、スキー

仁科加速器研究センター

橋本数理物理学研究室
准主任研究員

橋本幸士 (はしもと こうじ)



①1973年3月29日 ②大阪府 ③京都大学大学院理学研究科博士後期課程 ④東京大学 ⑤超弦理論と理論物理学 ⑥物理は議論から生まれる ⑦いろいろな人と楽しくしゃべること

玉川高エネルギー宇宙物理研究室
准主任研究員

玉川 徹 (たまがわ とおる)



①1970年12月18日 ②兵庫県 ③東京大学大学院理学系研究科博士課程 ④理化学研究所 ⑤X線・ガンマ線衛星を用いた元素創成、極限状態天体の研究 ⑥直観と継続 ⑦美術館、博物館、水族館、古いインフラ巡り

RIビーム分離生成装置チーム
チームリーダー

吉田光一 (よしだ こういち)



①1963年1月15日 ②東京都 ③東京工業大学大学院理学研究科博士後期課程物理学専攻中退 ④理化学研究所 ⑤RIビーム生成や生成装置に関する開発研究 ⑥ポジティブ思考 ⑦旅行

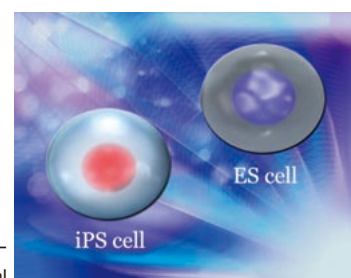
理研ビデオ「生命科学・再生医療に革新をもたらす多能性幹細胞研究」を公開!

理研ビデオ“科学のフロンティアシリーズ 14「生命科学・再生医療に革新をもたらす多能性幹細胞研究」”(14分)を理研ビデオライブラリーで公開しました。

全身のあらゆる細胞に分化し、無限に増殖する能力を持つ「ES細胞(胚性幹細胞)」と「iPS細胞(人工多能性幹細胞)」に関する

基礎知識とともに、理研で行われている「再生医療」実現に向けた最先端の研究を紹介しています。

ぜひご覧ください。



理研ビデオライブラリー

<http://www.riken.jp/r-navi/video/index.html>

気になる木

馬塚優里 MAZUKA Yuri

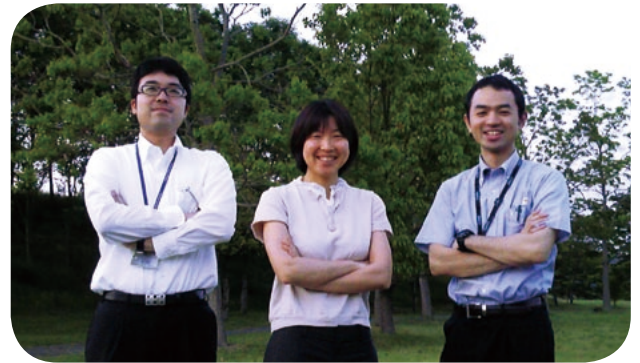
播磨研究所 研究推進部 企画課 係員

「播磨研究所（兵庫県佐用郡）に来たときは木々を見て回るようにしています」とおっしゃった、外部の研究者の方がいた。私は「構内にはいろいろな木が植えられているので楽しいですよ！」と得意げに述べたが、「木があまり大事にされているようには見えません」と言われてしまった。

確かに広い構内で、なかなか樹木に気を掛けてあげられていないのは事実だ。リング棟（大型放射光施設「Spring-8」の円型加速器が設置されている建物）の各扉の前には、扉に描かれているモチーフに合わせた木が植えられているが、元気に育っているものは少ない。シカの食害もあり、新しい苗木はなかなか育たない。試しに植えてみたビワの苗も、あっという間に食べられてしまった。樹木医でも植木屋さんでもない私たちは、どう大事にすればいいのだろうか。

ひとつ考えたのは、木に名札を付けること。CMで流れる歌ではないが、“この木なんの木、気になる木”の精神は、誰もが持っているものだと思う。もちろん、本当に知りたい人は自ら図鑑を持ってきて調べるとは思うが、木に名札があれば、もっと多くの方が樹木に興味を持つのではないかと考えたのだ。ひとつ名前が分かると、別の場所で見かけた木の種類を類推することができるようになる。例えば、名札に科名まで書いてあれば、○○科◇◇と○○科△△の違いは難しいかもしれないが、少なくとも○○科としての共通点は分かるようになるだろう。そうすれば、別の場所でもいい香りの花が咲く木を見かけた際、その香りから「これはモクセイ科かな？」と想像できるし、「葉の広がり方が似ているからウルシの仲間かな？」など、大まかな感覚ができてくる。また、同じ名前の木でも、雌雄や環境によって外見がずいぶん違う場合もあり、驚くことがある。もちろん、名札が間違っていることもあるから、うのみにしてはいけないが。

名前が分かるようになると、通りかかるたびに何となく目をやるようになる。そして四季を通じて見ていると、



播磨研究所内の食堂へ向かう道にて。左から、同じ企画課の馬越元基さん、筆者、伊藤裕司さん。

意外にも速いスピードで木々が変化していることに気が付く。春先に花を付け若葉が芽生え、秋に紅葉し落葉する樹木が、一番ドラマチックで人目を引くが、常緑樹であっても葉の色は季節によってかなり変化しているし、目立たないけれど小さな花を付けていることにも気付くようになる。

人間にも同様のことがいえ、「顔はよく見るけど、名前は知らない」という人について、あるとき名前が分かると、途端に親しみがわいてきてどんな人なのか知りたくなるし、話しかけてみようという気にもなる。私が単純なのかもしれないが、人間の認識なんてほんのちょっとしたことで変わるものだと感じる。

樹木に話を戻すと、播磨研究所に勤務する前までは、私にとって樹木は単に常にそこにあるものにすぎなかった。しかし自然豊かな土地のためか、いつの間にか木が好きになり、「いつか広い庭を持ったら何を植えようか」とか、「理研のシンボルツリーを決めるなら何がいいだろう」とか、木を見ながらそんな想像をして楽しむようになっていた。ただ、私の場合は、通勤時に周りの樹木に気を取られてよそ見運転になることがあるので要注意（笑）。ちなみに歴史ある大学のシンボルマークは木をモチーフにしているものが多く、東京大学、大阪大学はイチョウ、東北大学はハギ、九州大学はマツ、京都大学はおそらくクスノキ。これらに対抗するならば杉がいいと思う。杉がモチーフということなら、理研と鳥居薬品(株)で共同研究を進めているスギ花粉症ワクチンの開発が成功すると、イメージアップになるだろう。

とにかく、木の名前を知らなければ話題に上ることもなく、こういう想像をして楽しむこともない。ましてや「大事にする」こともできない。そういうわけで、「いつか理研各支所にある木々に名札を付けて回りたい」という夢を持ちながら、木の見分け方などを少しずつ勉強している毎日である。

R

『理研ニュース』2010年7月号（平成22年7月5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
URL：http://www.riken.jp/

独立行政法人
理化学研究所 寄附金