

RIKEN NEWS

No. 277 July 2004

7

2 特別企画

研究プライオリティ会議

理研の進むべき道を議論する

6 研究最前線

単一分子を操り、
ナノサイエンス・テクノロジーを
切り拓く

9 SPOT NEWS

毛を形作る遺伝子から薬を探す
育毛と脱毛は遺伝子でコントロールできるか？

10 TOPICS

理研の研究施設を一般公開
新主任研究員等の紹介

12 原酒

理研の魅力



分子の表面移動

上図の矢印の位置にSTMの探針を合わせて、一酸化炭素分子(黄色)に電子を注入した。するとパラジウム基板上を一酸化炭素分子が左横方向に移動した。

「単一分子を操り、ナノサイエンス・テクノロジーを切り拓く」より

研究プライオリティ会議

理研の進むべき道を議論する

出席者 野依良治 理事長

大熊健司 理事

小川智也 研究プライオリティ会議議長

柴田武彦 研究政策審議員

前川禎通 研究政策審議員

小安重夫 研究政策審議員

山内 薫 研究政策審議員

谷田 聖 研究政策審議員

司会 矢野倉 実 広報室長

矢野倉：研究プライオリティ会議は、理化学研究所の研究戦略などについて、専門的立場から理事長に提言する機関として、理研外部の方にも入っていただき、昨年10月に設置されました。本日は、野依理事長と研究プライオリティ会議のメンバー7名にお集まりいただき、今後どのような提言をし、どのように理研の経営に反映させていくのか、お話ししていただきたいと思います。

研究プライオリティ会議の目的

小川：この会議の役割は、理研の研究戦略を立てるために、1番目に、“理研の研究活動がどういう状況にあるのか”という調査、分析をする。2番目に、理研が置かれている状況を認識するための国内外の科学技術政策の動向の調査研究。3番目に、それらの情報・調査研究に基づいた理研の中長期的観点に立った研究領域のプライオリティ(優先すべきこと)、運営方針、資源配分などに関して戦略的な提言をする。4番目に、戦略的研究展開事業^{*1}。これは理事長の裁量による研究ですが、その課題の設定と審査をする。その他、そのとき必要と判断したら、随時それについて議論します。この会議のメンバーは表のようになっています。

矢野倉：理事長には、この会議に提言を求めるという立場から、お話を伺いたと思います。

野依：科学の本質は変わっていないのですが、近年になり社会における科学の役割は非常に大きく変化してきました。科学と社

野依良治 理事長 NOYORI Ryoji



表 研究プライオリティ会議のメンバー

理事長の指名する役職員	大熊健司 理事
議長	小川智也 理事
研究政策審議員(常勤)	谷田 聖
研究政策審議員(非常勤) (内部職員)	柴田武彦 柴田遺伝生化学研究室 主任研究員 山崎泰規 山崎原子物理研究室 主任研究員 加藤礼三 加藤分子物性研究室 主任研究員 宮脇敦史 BSI先端技術開発グループ グループディレクター 大須賀社 BSIリサーチアソシエイト 新保 齋 技術展開室 嘱託職員 八尾 徹 横浜研究所 嘱託職員
研究政策審議員 (外部研究者)	前川禎通 東北大学金属材料研究所 教授 吉澤康文 東京農工大学工学部 教授 山内 薫 東京大学大学院理学系研究科 教授 大矢禎一 東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授 小安重夫 慶應義塾大学医学部 教授 武田健二 日立製作所研究開発本部 研究アライアンス室長

BSI：脳科学総合研究センター

会のかかわりは時代の宿命です。生物が自然と対峙し、順応しながら生きていくように、研究機関も社会環境に応じて積極的に再生し、進化することによってのみ生き続けます。さもなくば衰退あるのみです。科学研究は知の営みとして、知識の創造と知識の活用があります。自然科学では創造性や普遍性に加えて、今強調すべきことは、社会に対する啓蒙性だと思います。それと、われわれがどこから来て、現在どうあって、これからどこに行こうとしているのかを、科学的に知ることが大事です。蓄積した科学知識を活用して産業技術を創りますが、産業技術は膨大な科学技術の中の一部にすぎず、事業性、採算性がなければ意味がないわけです。私は、理研でやるような研究は、“すべて産業に奉仕すべき”という風潮は間違っていると思っています。さまざまな問題にかかわる科学技術は、直ちに事業性、採算性を持つとは限らない。事業性というよりも公共性が特徴だと思います。もう一つ大事なことは、誰のための科学技術かを考えなくてはいけない。もはや自分たちのためではなく、孫、ひ孫の世代のためにやらなければいけない。そこで大事なことは、分野の融合です。違った分野、専門を異にする人たちが連携・融合して新しい境地を拓く。科学と技術の関係も同じだと思っています。

科学技術と理研の役割

野依：理研は科学技術の総合的な研究機関として、十分に社会の負託に応えなければなりません。経済効果をもたらすことは大事ですが、30年、40年のロングレンジで考える必要があります。私は、研究機関も研究者も尊敬されているか、感謝されているか、どちらかであればいけないと思っています。尊敬されるのは大変ですから(笑)、理研はせめて、感謝されるように努力していかなければいけない。

矢野倉：各研究政策審議員の方々にご意見をお伺いしたいと思います。

山内：自然科学あるいは科学技術を時代とともにとらえ、今この時点で科学技術の研究をしていて、どういう意味があるのかをいつも認識することが重要だと思います。

前川：理研というと、「科学者たちの自由な楽園」^{*2}が頭に浮かびます。そういう意味で、理研は科学者に尊敬され感謝されている。知識の創造と活用で、理研がイニシアチブをとってほし

いと考えています。

小安：サイエンスは非常に個性のある人によって、その文化が創られていく。サイエンスがあることにより、どれだけ私たちの社会が恩恵を受けているかを説明することが大事だと感じています。さまざまな分野を融合させて新しい知的価値を創っていく、やはり大学ではできないユニークな活動を理研にはしていただきたい。

谷田：一人の研究者ができる研究というのは、重要だとしても小さなことをやっているわけです。今、分野融合はある分野の技術を他の分野に応用するということが多いですね。さらに進めて、ある分野の考え方を他の分野が使うことにより、もっと大きなことができないかな、と考えています。

柴田：ワトソン・クリックによって、遺伝をはじめ生命現象が基本的には物理現象で説明できるようになりました。遺伝というのは親と子供が同じになるだけではなく、進化も含まれる。進化をどう取り込むかも課題になってきたが、組換えDNA技術など研究手段の発達で、進化も実験科学として扱えるようになってきた。この先に何が起るか、サイエンスならば合理的に予測できるはず。ゲノムが変化・進化する行方までも理解できたらと思っています。

矢野倉：小川先生、研究プライオリティ会議の議長として、理事

大熊健司 理事 *OKUMA Kenji*



長のご発言に一言お願いできますか。

小川：啓蒙性が非常に重要だというお話でしたが、私も研究機関の戦略上、それは重要だと考えています。これからは孫、ひ孫、さらに続くべき世代のことを考える。これは国益というよりは、もう少し壮大な人類のことを考えながらやらなければいけないということです。理研精神^{※3}とか自由の楽園^{※2}を大事にしながらか4000名もの人員を抱える理研が、どうやって有機的な内部の活動を持ちつつ、相互作用するのか。そのへんが研究プライオリティ会議に課せられた問題の核心なのかもしれない。難しい問題です。

啓蒙性、説明努力、公共性

矢野倉：啓蒙性が大事ではないかと、ご発言がありましたが、コメントはありますでしょうか。

前川：社会に尊敬され認識されていくことに対しては、組織としてその仕掛けを作り、社会に研究を説明する人がいることは必要であつても、研究者一人ひとりに要求すべきことではないと思います。

野依：それはずいぶん変わってきたと思いますね。自己完結型

小川智也 研究プライオリティ会議議長 *OGAWA Tomoya*



の研究というのは過去のものになりつつあつて、研究者のコミュニティー全体としてはそういう姿勢を持たなければならない。そうでない限り、研究機関の生存はあり得ないと思います。

山内：私は一人ひとりが何のために研究をやっているか、意識すべきだと思っています。毎日そういうことばかりを考えているのとは、ちょっと違うのですが、頭のどこかで考えている人は多いのではないかと思います。

小安：研究の動機は、自分自身が面白いかどうかが一番です。ただ、自分が何をやっているのかを常に説明する必要性は感じています。誤解を与えないように、過度の期待を抱かせないように、説明することが大事だと思います。

山内：野依先生はサイエンスの本質は驚きと腑に落ちることだと。一般の方にも腑に落ちるようにきちんと説明することが必要ですね。

野依：科学技術基本計画の1期・2期(平成8年度～12年度、平成13年度～17年度)で、17兆円、24兆円が投入され、これについて国民に科学技術社会は説明しなければいけないわけです。

大熊：科学技術の世界で何かできるのでは、と国民に期待を抱いてもらっている。そういう全体の流れの中で、理研は科学技術基本計画の目標達成にとって重要な中核的機関です。基本計画を担うという役割を、もう少し理研は意識しなければいけない。プライオリティを本当に考えて、基本計画の中のどこに焦点を合わせて考えていくか。理研の研究者のポテンシャルの強み・弱みもよく考えて、戦略を立てなければいけないと思います。

小川：研究プライオリティ会議は、まず理研の実態を認識することが重要で、研究活動の分野、人的資源の分布、理研ブランドといえる人材など、調査活動を含めて、早期にやっていきたい。特に理

柴田武彦 研究政策審議員 *SHIBATA Takehiko*





研は大型基盤施設の整備が進んでいるので、高い公共性というものを目指して将来に向けてどうするのか、重要な課題です。

研究現場から見た理研

矢野倉：外部委員の方に、現在の研究している立場と、外から見た理研についてお話しいただきたいと思うのですが。

山内：大学から見ると、理研は人材、環境、予算に恵まれています。融合的なサイエンスが特徴だとおっしゃっていましたが、現在はネットワーク化が非常に進み、今後も理研のセールスポイントになるのか、難しい時期に来ているのではないかなと思います。リソースがあって異分野の人がたくさんいるところで、他と違った活動をぜひ考えていただきたい。

前川：今はどこの大学でも共同研究を主張していますが、そんなに容易なことではありません。大学には縦の学問の流れが、どうしてもバックボーンとしてあるわけです。それに比べ、理研はいろいろな分野の人たちが共同研究できる素地が十分あるというイメージです。やはり、研究というのはものすごく人間くさくて、ネットワークといっても直接顔を合わせるといのが大事だと思います。

柴田：例えばcDNAのシーケンスシステム。あの中かなり理研独自のものが入っている。共同研究のきっかけは、主任研究員同士の日常会話からスタートしている場合が少なくない。

野依：大ざっぱに言うと、理研には3つの研究システムが動いています。1つは、プロジェクト志向のいろいろな研究センター^{*4}。これらは社会的な要請とか、国の政策に応える。一方で、設立当時からある個人の自由な発想をもとにしている中央研究所。そこでは独創性、卓越性が非常に大事。その間を取り持つもの



として、フロンティア研究システム(FRS)という大きなことをするためのパイロットとなるシステム。この3つを有機的に運営していければと思っています。和光研究所、横浜研究所、神戸研究所なども違ったミッションで運営されている。しかし、孤立しているのではなく、独立性を保った上で特色を生かした連携ができればと。それはわれわれ経営者の責任だろうと思います。

山内：異分野を融合するシンポジウムを、理研で企画していただけたらと思います。

小安：新しいセンターと昔からの中央研究所の研究者間に、大きな意識の差があり、センターの若い人たちは理研の全体像をほとんど分かっていないのではないかと感じます。理研がどれだけリソースに恵まれたところであるか、内部の人にも伝わっていない気がするのです。そこは経営努力として必要なかもしれない。

谷田：私も理研の中央研究所にいたときは、隣の研究室が何をやっているのか、恥ずかしながらあまり知らなかったんです。これではいけないと思い、今、勉強しています。

柴田：脳科学総合研究センター(BSI)がうまくいっているのは、理研での歴史があるからです。スタートの段階からFRSと今の中央研究所の相互の関係がベースになって、FRSの活動の後、



BSIができた。中間の段階を踏んでいくと非常に健全に動いていくという良い例ではないかと思っています。

小安：さらに大学と違って有利な点は、センターを活用することで、非常に大きなプロジェクトを、5年なら5年というスパンで考えて組み立てることができる。理研は、知恵を出し合って何かを動かそうとしたときに、それだけのことができるところだという印象を持ちます。

小川：中央研究所の研究室は、人的資源として5~6名の定年制の職員を持っていますから、大学の1研究室に比べいろいろな協力体制が組める。教育のミッションがないので、逆にそれをメリットにしてセンターとも連携ができると思っています。

小安：若い世代に、面白いと思ってもらえるようなものを発信するというのが、実は次の時代に対する非常に大きな投資ではないか。

谷田：やっている人が夢を語らないと、若い人にはつらいと思います。

柴田：高校生へ知らせるのは重要だと思うのですが、中・高校の先生をターゲットにすると、一人の先生に対して生徒が50~60人、毎年ついてきます。中学、高校の先生をターゲットに組織

的な働き掛けをすることも効果があると思いました。

野依：「見える理研」を私は標榜^{ひょうぼう}しているわけです。しかし相手は多様で相手によって見せ方、見方は違うと思うので、どのようにしていったらいいかをご提言いただきたい。小中学生、大学、国際社会、産業界、それに政治家にも訴えなければいけません。

山内：国際的な発信。エディターがしっかりいて、分かりやすいものが出ていくと、いろいろな波及効果がある。理研がちゃんと編集した雑誌を定期刊行して世界中の人が読んで、こんなにすごいのかと。

小安：サイエンスそのものが文化なのだということを強く伝える。それを理研から発信してくれると、ありがたい。

野依：文化度の問題は、東京大学、京都大学にとってもかきませんね。理研は理事長を含めて総じて専門バカが多いと思います。サイエンスは専門性をあまり強調しすぎると一般社会は拒否反応を示すので、そこはちょっと理研の弱みではないかと思っています。

山内：啓蒙の一つとして、「職業としての研究者」の素晴らしさを伝えられるといいなと思います。

小川：大学との人事交流も考えています。大学も時限付きポジションとか、特任教授とかができていますよね。そういうポジシ

山内 薫 研究政策審議員 *YAMANOUCHI Kaoru*



ョンを使ってどんどん人事交流していただければ。

小安：最近できた理研のセンターに、大学を辞めて喜んで行かれた方を何人も知っています。それだけの魅力的な組織であることは事実だと思いますよ。

先を見すえて

大熊：自然科学の世界でこれから5年先、日本は尊敬されるのか、感謝されるのかという命題に立って見たときに、われわれは何をすべきか。理研と大学をどう分けようとかではなくて、理研と大学でどう立ち向かうかを考えないといけないと思います。融合的シンポジウムや人の交流もそれに向かってやらないといけない。そのために理研として、野依イニシアチブ^{※5}の中で何をしなければいけないかを考えることになるのかなと。

前川：外国とのことですが、十数年前だと外国からポストを雇う場合、ポストが終わった後、彼らが次のポストを見つげられるか心配したのですが、最近、全然心配しない。そういう意味ではかなり開けてきているのではないのでしょうか。

谷田 聖 研究政策審議員 *TANIDA Kiyoshi*



谷田：物理学分野がたぶん一番進んでいるのかもしれないのですが、行ったり来たり自由自在ですね。日本人でも外国人でも。

矢野倉：最後に、この点は言っておきたいということがありましたら、ご発言をお願いします。

大熊：理研のプライオリティを議論する際、議論のベースになることをもっと出さなければいけないと思います。われわれの持っている資源についても、よく知っていただいて、議論をする必要があると思います。

小川：センターの設立から、約3~5年経過しました。これから理研の総合性、いろいろな資源、そういうものをいかに最大限に活用してもらうか。FRSなども含めて。システム論も含めて研究プライオリティ会議ではぜひ議論をしたいと思います。

大熊：理研と大学が一緒になって啓蒙したり、世の中の新しい知を切り拓く最前線を示していくような工夫ができるといいですね。

矢野倉：今日は研究プライオリティ会議の議論の一端を紹介しました。どうもありがとうございました。理事長、一言いただけますか。

野依：経営に関して真剣に考えていますが、議論が内向きになりがちです。外からのご意見が大変貴重だと思っています。今後ともよろしくご指導いただきますよう、お願い致します。 **R**

※1 戦略的研究展開事業

物理・化学・生物等の異なる領域の先進的基盤的研究を実施する研究部門や、センターの間等の連携により、相乗効果が期待される研究(連携型)、および萌芽的な研究や緊急に実施すべき研究など特に理事長が推進すべきと判断する研究(戦略型)を推進するため、理事長が全所的な経営観点から、所内公募等で課題を選定する。より戦略的な試験研究を展開するための理事長裁量経費。

※2 科学者たちの自由な楽園

1932年(昭和7年)に理研に入所し、量子電磁気学の発展に大いに貢献したことにより1964年(昭和39年)ノーベル物理学賞を受賞した朝永振一郎博士が、「理研は『科学者たちの自由な楽園』だ」と表した。

※3 理研精神

(財)理研第3代所長、大河内正敏が築き上げた理研の伝統的精神。大河内正敏は1922年(大正11年)、物理部、化学部を廃止して主任研究員制度(人事、予算、研究課題などを主任研究員の自主性に任せるユニークなシステム)を導入した。また、自らの理論を実践し、科学を工業と一体化させて産学複合体である「理研コンツェルン」を創り上げた。

※4 研究センター

脳科学総合研究センター、バイオリソースセンター、ゲノム科学総合研究センター、植物科学研究センター、遺伝子多型研究センター、免疫・アレルギー科学総合研究センター、発生・再生科学総合研究センター。

※5 野依イニシアチブ

野依良治理事長が提唱する5つのテーマ。1：見える理研、2：科学技術史に輝き続ける理研、3：研究者がやる気を出せる理研、4：世の中の役に立つ理研、5：文化に貢献する理研。

単一分子を操り、ナノサイエンス・テクノロジーを切り拓く

川合真紀

次世代ナノサイエンス・テクノロジー研究推進グループ グループリーダー
中央研究所 川合表面化学研究室 主任研究員

「物質の性質や機能は、ナノスケールの分子の電子状態で決まります。分子をどのように設計して、欲しい機能を引き出すか。それをどのように応用するのか。ナノサイエンス・テクノロジー研究の大きな柱は、この2つです」と川合真紀グループリーダーは語る。新たな機能を持つ分子を設計するには、分子を原子スケール以下で観測し、操作できなければならない。そのための極めて強力な手段が、走査トンネル顕微鏡（STM）だ。川合グループリーダーは、STMを駆使した「分子振動」の測定という独創的な技術によって、たった1つの分子（単一分子）の電子状態を詳しく調べたり、化学反応を起こして新たな機能を引き出そうとしている。

新機能を持つ分子を組み立てる

「物質をどんどん細かく見ていくと、原子に行き着きます。しかし原子が1個あっても機能は限られています。物質の性質や機能を決める最小単位は、原子が数個集まった分子です。それはちょうど数nm（1nmは10億分の1m）くらいのスケールです」と川合グループリーダーは話を始めた。

原子では、陽子と中性子から成る原子核の周りを、電子が取り巻いている。その電子状態（電子構造）が異なると、他の原子との反応の仕方に違いが現れる。普通、私たちの身の回りの世界では、多くの原子は他の原子と電子をやりとりして化学的に結び付き、分子を作っている。例えば水素原子（H）2個と酸素原子（O）1個から水分子（H₂O）ができる。水の性質はH₂O分子の電子状態で決まる。

ナノテクノロジー。それは、ナノスケールで原子や分子を操作・制御して、有用

な機能を発揮する電子状態を持つ分子や、その分子を組み上げたナノ構造物を作り出す技術だといえる。

ナノ構造物を作る手法は、トップダウンとボトムアップの2つに大きく分けられる。トップダウンは大きなものを切り刻んで微細な構造を作る手法である。その代表は、現代のコンピュータ社会を支える半導体の微細加工技術だ。逆に、ボトムアップは原子・分子などを組み上げて微細な構造を築く手法である。このボトムアップの手法にブレークスルーをもたらしたのが、1980年代に登場した走査トンネル顕微鏡（STM）である。

STMは、探針と呼ばれる細い針を試料に近づけて、電圧をかける。するとトンネル電流が流れる。トンネル電流は、探針と試料の距離のほんのわずかな違いによって、大きく変化する。トンネル電流が一定になるように探針の位置を操作すれば、分子を構成する原子1個1個

の配列に対応した凹凸が分かる。

このSTMの探針の先に原子を1個ずつくっつけて並べたり、探針で原子を削ったりすることもできる。STMの登場により、原子1個1個の配列を見たり、操作することが初めて可能になったのだ。

理研のナノサイエンス・テクノロジー

理研では1993年に原子スケール・サイエエンジニアリング研究推進グループが組織され、原子スケールで物質構造を観測・制御する研究が行われてきた（～2002年）。その成果を受け継ぐ形で、2003年に4つの研究室が中心となり、次世代ナノサイエンス・テクノロジー研究推進グループ*がスタートした。

河田聡チームリーダー率いるナノ計測/制御基盤技術チームでは、光（フォトン）を使ったナノ計測・制御技術を発展させている。電気を通しにくい生体や有機材料などに対して、光による計測・制御が期待されているのだ。「従来のSTMのような電子を使った技術に加えて、光による計測・制御が私たちのグループの新たな軸になると位置付けています」

河野公俊チームリーダー率いるナノ極限物性基盤技術チームでは、絶対零度（-273.15℃）に近い極限状態のヘリウム表面などを舞台に、物質の性質を調べている。「ナノスケールの物質の性質をきちんと測ろうとすると、温度の揺らぎが邪魔になります。そこで、凍てついた極限的な世界で、物質の性質を計測する技術が大事なのです」

石橋幸治チームリーダー率いるナノデバイス基盤技術チームでは、半導体やカーボンナノチューブなどの材料を原子・分子レベルで加工してデバイス（装置）を作り上げる技術を開発している。「ナノサイエンス・テクノロジーを進める上で不可欠なデバイス工学のチームです」

STMの探針1本で、分子の新たな機能を引き出せます。今、研究が面白くて仕方がありません。

川合真紀グループリーダー
KAWAI Maki



川合グループリーダーは、ナノケミカル機能基盤技術チームを率いている。「分子1個1個を計測・操作したり、巨大分子の必要な個所に新たな機能を加える研究を行っています」

たった1つの分子を操るといふ、次世代のナノサイエンス・テクノロジーが目指す技術を先取りした独創的な研究例を、ここでは紹介しよう。

分子振動モードで分子の種類を見分ける

STMのトンネル電流が一定になるように探針を操作すれば、凹凸によって分子を構成する原子の配列が分かるのだが、それだけでは、その分子の種類は何で、どのような性質を持つかは分からない。

分子を構成する原子同士は、電子をやりとりして化学結合している。そこにSTMの探針からトンネル電流を流すと、電子(トンネル電子)が注入され、その結果、原子同士の距離が伸び縮みして振動する。原子同士を結ぶバネが振動するようなイメージだ。これを「分子振動」と呼ぶ。振動の仕方は分子の種類ごとに異なる。「分子振動は“分子の指紋”とも呼ばれています。STMが登場した当初から、分子振動の観測が可能だといわれてきました。しかしなかなか成功しませんでした。米国のWilson Ho博士らが最初に1個の分子の振動の観測を論文発表したのは1998年。“衝撃の論文”と呼ばれています。私たちが1個の分子の分子振動の観測に成功したのは2002年です。これは世界で3番目だと思います」

川合グループリーダーらは、パラジウム(Pd)という金属の表面に吸着させたトランス-2-ブテン(C_4H_8)という炭化水素の分子振動を計測した(図1)。炭素原子(C)と水素原子(H)を結ぶバネが伸び縮みするCH伸縮振動のピークが366mVに現れている。一方、水素を重水素(D)に置き換えた C_4D_8 では、CD伸縮振動のピークは268mVとなっている。重水素は、普通の水素の原子核(陽子1個)に中性子が1個加わった、水素の同位体である。STMの分子振動によって、分子の種類だ

けでなく、分子を構成する同位体の違いまで見分けることができたのだ。

1つの分子に化学反応を引き起こす

川合グループリーダーらは、さらにこの分子振動を駆使して、たった1つの分子(単一分子)に化学反応を引き起こして別の分子に変えることに成功している。

STMの探針から電子を注入して、トランス-2-ブテン(C_4H_8)分子のC-Hのバネを激しく振動させた。すると分子の形が変化した(図2左)。変化した後の分子の振動スペクトルを調べると、1,3-ブタジエン(C_4H_6)であることが分かった。C-Hのバネが引きちぎれて、2つの水素原子が切り離され、 C_4H_6 に変化したと考えられる。

化学反応の究極の単位である単一分子。それをターゲットに化学反応を引き起こしたのだ。

「分子振動を積極的に単一分子の化学反応に使っているのは、私たちを含め世界で2カ所くらいしかありません」

川合グループリーダーらのSTMのシステムは、探針と分子の相対位置を合わせる精度が0.1Å(オングストローム)レベルにまで達している。0.1Åとは0.01nm。水素原子の直径が約1Åだから、なんと原子スケールより1桁下のレベルだ。STMによる電子の注入は、分子の特定部位を狙い撃ちできるのだ。 C_4H_8 では、 CH_3 という部位に電子を注入している(図2右上)。 C_4H_8 のサイズは、大きな分子の1つの官能基の大きさである。官能基とは、分子の局所的な化学性質を決める部位のことである。

「例えば、長細い分子で左から5番目と6番目の官能基が違うものだとします。分子振動は官能基ごとに異なります。分子振動によって5番目と6番目がどのような官能基かも分かるのです。しかも、例えば5番目の官能基のバネだけが振動するエネルギーレベルの電子を注入して、その官能基だけに化学反応を引き起こすこともできます」。分子の官能基を化学反応により改変して、新たな機能を付け加えることも可能なのだ。

「さらに最近、私たちは分子振動によ

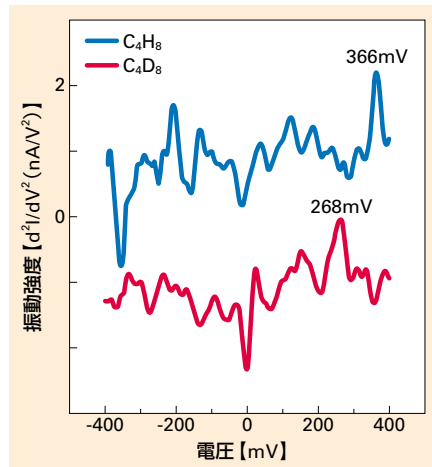


図1 トンネル電子注入によるトランス-2-ブテンの分子振動スペクトル
 C_4H_8 と C_4D_8 の分子振動の違いが示されている。

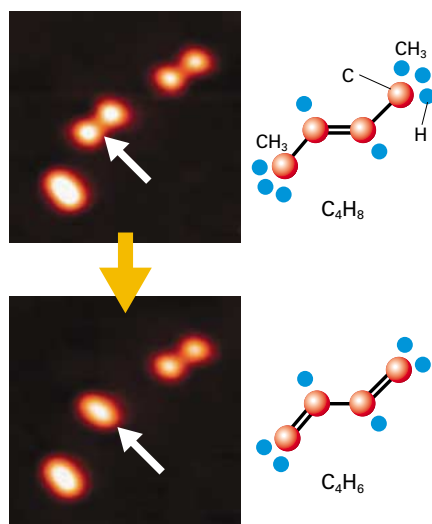


図2 単一分子の化学反応
STMの探針を矢印の位置に合わせ、電子を注入した(左上)。トランス-2-ブテンが1,3-ブタジエンに変化した(左下)。トランス-2-ブテンの2カ所の CH_3 から1個ずつ水素が離れ、1,3-ブタジエンへと変化したと考えられる(右)。

って水分子の電子軌道を見ることに成功しました」。原子や分子中の電子は、軌道運動をしている。川合グループリーダーらは、分子中の内側や外側の電子軌道(σ 軌道や π 軌道)の空間分布を観測することに世界で初めて成功した。

「電子軌道が識別できれば、例えば、とても類似した分子も見分けられるでしょう。また、同じ化学構造の官能基でも、どの分子のどの位置に付いているかによって電子の軌道状態が微妙に変わります。それを識別して化学反応を引き起こすことができると思います」

振動で分子を動かす

川合グループリーダーらは、分子振動を励起して分子を移動させることにも成功して

いる。図3は、パラジウムの基板上に吸着している一酸化炭素(CO)分子にSTMの探針から電子を注入して、横方向に移動させた実験例である。電子を注入すると、炭素原子(C)と酸素原子(O)を結ぶバネが、垂直方向に振動する。不思議なことに、COがしっかりと吸着しているパラジウム基板上では、垂直方向の振動エネルギーが横方向の動きに伝播してCOが移動するが、緩くしか吸着していない銅の基板上では、垂直方向に激しく振動するだけで横方向には移動しない。

「理論家の上羽 弘教授(富山大学工学部)にこの実験のことを紹介していたら、電話の向こうで、“それはこの理論で説

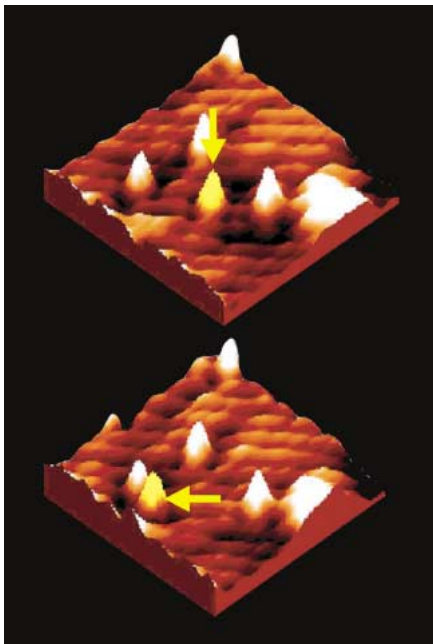


図3 分子の表面移動

上図の矢印の位置にSTMの探針を合わせて、一酸化炭素分子(黄色)に電子を注入した。するとパラジウム基板上を一酸化炭素分子が左横方向に移動した。

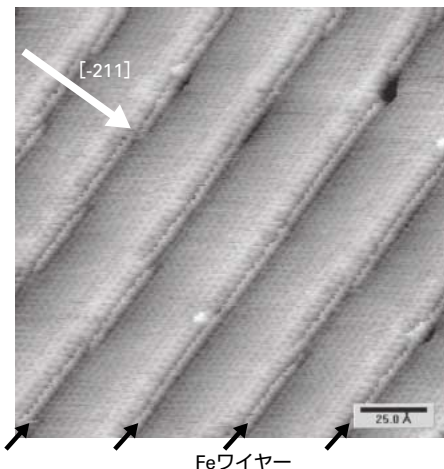


図4 金表面の階段状構造にできた鉄原子が一行に並んだワイヤー

明できる!”と興奮して話を始められました」。実際に上羽教授が「分子の振動モード間の非調和結合」に基づき分子の移動が起きる確率を計算すると、その値は実験値とびたりと一致した。

この分子の移動を、将来はスイッチとして用いることが考えられる。分子が動いたか、動かないかを“0”と“1”に対応させた「分子コンピュータ」ができるかもしれない。現在のコンピュータは電子が流れたか、流れないかを“0”と“1”に対応させて情報を表現し、計算をしている。原理的には1個の電子を操ればよいのだが、実際には膨大な数の電子が動いている。このため素子の集積化に伴い発熱量が増加する。この発熱の問題が、現在のコンピュータの最大の弱点といわれている。分子コンピュータは発熱の問題を解消し、高集積化が可能なコンピュータとして期待されている。

ナノ構造物の性質を調べる

川合グループリーダーらは、単一分子だけでなく、原子や分子を組み上げたナノ構造物の計測も行っている。

例えば、非磁性金属の表面の階段構造のところにできた磁性金属の原子が一行に並んだワイヤー(図4)の電子状態を、光電子分光などで計測している。「磁性金属原子が一行に並んだときに、どのような磁性を示すかに興味を持っています」

分子を組み上げたナノ構造物と電極の接続の研究も行っている。従来のマクロサイズでは、構造物の分子の性質だけで電流の流れ方が決まるといい。しかしナノ構造物となると、電極とどう接続しているかで電流の流れ方が大きく異なる。「例えば、分子のどの官能基が、どういう向きで金属の電極と接触しているかによって、電子状態が変わります。接続点は、ちょうど金属基板上に吸着した分子の状態と似ています。STMで、接続の仕方と電流の流れ方との関係を研究し始めています」

マクロサイズの構造物では、接触点や境界、表面の影響は比較的小さいが、ナノ構造物になるとその影響が大きくな

り、構造物全体の性質を左右するようになる。「あらかじめ境界や表面の影響も考慮に入れて、その効果を最大限に生かして新たな機能を持つナノ構造物を設計することが目指されています」

まさに、表面化学の出番である。

電子スピンを測る

「STMの探針1本で、分子のいろいろな情報を得たり、化学反応を引き起こして新たな機能を引き出せるようになりました。今、楽しい研究がどんどんできる時期で、研究が面白くて仕方がありません」と川合グループリーダーは笑顔を見せる。「まだ私たちが成功していないのは、電子スピンを検出することです。理研中央研究所高木磁性研究室と一緒に、電子スピンを検出できるSTMを開発したいと考えています」

電子は、地球の自転に似たスピンという運動量を持つ。金属などの磁性は、この電子スピンの由来する。従来利用されてきた電子の電荷や伝導性に加えて、電子スピンをエレクトロニクス(電子工学)において有効に活用しようという「スピントロニクス」が注目を集め、大容量のメモリ素子などの開発研究が進められている。STMでスピンを検出できれば、スピントロニクスを進展させる強力な手段になるだろう。

さらに川合グループリーダーらは、脳科学総合研究センターのチームなどと協力して、多様な機能を持つ細胞膜の仕組みをSTMによりオンゲストロームレベルで探る研究も計画している。

異分野の最先端の研究者が集う理研の可能性を最大限に引き出し、次世代のナノサイエンス・テクノロジーの基盤が築かれようとしている。 R

※次世代ナノサイエンス・テクノロジー研究推進グループ

中央研究所の河田ナノフォトニクス研究室、川合表面化学研究室、河野低温物理研究室、石橋極微デバイス工学研究室を核として、理研のさまざまな分野の研究者が参加している。

監修 次世代ナノサイエンス・テクノロジー研究推進グループ
グループリーダー 川合真紀

毛を形作る遺伝子から薬を探す

育毛と脱毛は遺伝子でコントロールできるか？

2004年4月8日、文部科学省においてプレスリリース

——BMP受容体について教えてください。

山田：Bone Morphogenetic Protein (BMP) は、1965年に骨を形成するのに必要なタンパク質として発見されました。これまでにBMPは、発生過程における多くの組織形成に重要な機能を持つことが分かっています。例えば、皮膚においてBMP受容体の働きを阻害すると、毛根の毛母細胞の増殖が異常に高まり、毛の分化が障害を受けることが知られています。しかし、数種類のBMP受容体が皮膚に存在することから、各受容体がどのように働くかは分かっていませんでした。

——なぜBMP受容体に注目したのですか？

山田：BMP受容体は、先ほど述べた組織形成のほか、細胞増殖や分化調節を介し、体軸形成(背腹軸や前後軸の決定)など、脳や神経の発生過程で重要な役割を果たしています。そこで、この遺伝子の働きを止めて、神経の発生段階におけるBMPの役割を解明しようと思いました。その過程で数種類あるBMP受容体の中からtype IA遺伝子の働きを皮膚で止めたマウスを作製したところ、興味深いことに、これらのマウスでは脚の体毛が失われていました(図)。

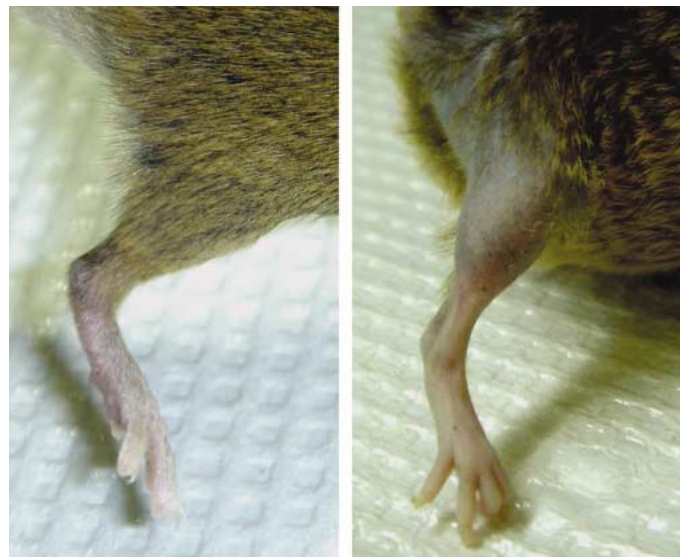
——マウスはどのようにして体毛を失ったのでしょうか？

山田：このマウスの毛の微細構造を電子顕微鏡で観察したところ、毛を構成する細胞層の一部(内毛根鞘^{ないもうこんしょう}*1)がなくなっていました。これは、内毛根鞘を作る毛母細胞が正常に分化しなかったためであると分かりました。正常な毛の分化ができなくなると、毛根の構造自体にも影響が出て、最終的には毛がなくなってしまうのです。

——育毛剤、脱毛剤開発への見通しは？

山田：今回の研究から、BMP受容体のtype IA遺伝子の働きの低下が脱毛発症の一つの要因である可能性を発見しました。ストレスや食生活をはじめとする一人一人の脱毛原因は違っても、「薄毛に悩む人」は毛根の形成不全という共通の形態異常を持つことが考えられます。そこで、毛の微細構造や遺伝子の働きを調べることによって、この遺伝子の働きの低下が原因で

当研究所は、体毛が形作られる際にBone Morphogenetic Protein (BMP)の受容体の働きが必須であることを、世界で初めて発見した。理研脳科学総合研究センター山田研究ユニット(山田真久^{まさひさ}ユニットリーダー)らの研究成果。研究グループは、タンパク質であるBMPの受容体の一つBMP receptor type IAの遺伝子が皮膚で欠損したマウスを作製したところ、この遺伝子欠損が脱毛を引き起こすことを初めて発見した。この発見は、BMP receptor type IA遺伝子をターゲットとした育毛剤開発に発展するとともに、永久脱毛剤の開発も可能にするものと期待される。この研究成果について、山田ユニットリーダーに聞いた。



BMP receptor type IAの働きと体毛の変化

左：遺伝子操作を加えていないマウス 右：BMP receptor type IAの働きを止めたマウス

薄毛に悩む人には、より効果的な育毛治療法を確立することが可能になります。さらに、この遺伝子の活性を止めれば、永久脱毛も可能になるものと考えられます。今回の成果は、マウスでの研究成果ですが、今後ヒトでも同様なメカニズムが働いていることを突き止めることができれば、効果的な脱毛剤・育毛剤の開発も遠い将来の話ではなくなるかもしれません。 **R**

プレスリリースは下記URLを参照ください。

<http://www.riken.jp/r-world/info/release/press/2004/040408/index.html>

※1 内毛根鞘

毛は、毛随・毛皮質・内毛根鞘・外毛根鞘などのさまざまな層から構成されており、毛母細胞はそれぞれの層を形成するすべての細胞に分化するといわれている。

※本研究の成果は、英国の科学雑誌「Development」4月15日号に発表され、読売新聞(4/9)など多数の新聞に取り上げられた。

理研の研究施設を一般公開

当研究所は、科学技術週間〈4月12日(月)～18日(日)〉に合わせて、和光本所をはじめ各所を一般に公開しました。各所の公開ではさまざまな催しが行われ、当研究所の研究成果をアピールするとともに、地域との交流を深める貴重な機会となりました。

●和光研究所

和光研究所は4月17日(土)に施設を公開。各研究室や研究施設では、工夫を凝らした展示やパネルを使い研究内容を紹介しました。一般向け講演では、外村 彰グループディレクター(フロンティア研究システム単量子操作研究グループ)が「電子の波で見るミクロの世界」、長田裕之主任研究員(中央研究所 長田抗生物質研究室)が「抗

生物質が骨粗鬆症に効くはずがないじゃない」と題して最先端の研究を紹介、両講演とも多くの来場者が詰めかけました。小・中学生向けイベントも好評で、特に「遊んでわかる体の学習」、「遺伝子と細胞をもっとよく知ろう!」、「科学戦隊“実験ジャー”」などは多くの家族連れでにぎわっていました。当日は天候にも恵まれ、来場者は過去最高となる約5800名でした。



●筑波研究所

筑波研究所は一般公開を4月14日(水)、特別公開を4月17日(土)に開催。各研究室による実演やパネル展示による研究内容の紹介を行いました。記念写真でカレンダーを作るコーナーや、マウスとプリクラが

撮れるコーナーは、特に好評でした。また、遊びを通じて科学の不思議さを体験するコーナーは、子供たちだけでなく大人にも大好評でした。17日は天気に恵まれ、2日間で昨年を100名ほど上回る1050名の来訪者がありました。



●播磨研究所

播磨研究所は4月24日(土)、大型放射光施設SPring-8の施設公開に合わせて一般公開を開催。蓄積リング棟の理研コーナーでは、普段は見るできない設備や最先端の研究者による直接の研究紹介などが行われ、老若男女を問わず多くの人々にぎわいを見せました。また、講演会では、ノ

ーベル物理学賞受賞の小柴昌俊東大名誉教授が「やれば、できる。」と題して、自身の人生を振り返り、学生時代の経験やノーベル賞受賞につながった研究などについて講演を行い、多くの聴衆が耳を傾けました。当日は天候にも恵まれ、SPring-8施設公開全体で、前年を大きく上回る3300名以上の来場者がありました。



●神戸研究所

神戸研究所は4月17日(土)、発生・再生科学総合研究センターの研究棟C棟を中心に施設を公開。松崎文雄グループディレクター(非対称細胞分裂研究グループ)と佐々木洋チームリーダー(胚誘導研究チーム)による一般向け講演会をはじめ、簡単な生物学実験の体験コーナーや実験動物などを展示しました。同時に企画展示として「幹細胞」と

「胚発生」という2つの研究テーマに沿ったパネルや研究紹介を行いました。また、研究室の一部を立ち入り可能にし、各フロアではポスターによる各研究室の研究内容の説明を行い、さらにクイズラリーなど盛りだくさんの内容で、数多くの来場者の方に楽しんでいただきました。当日は晴天にも恵まれ、学校などの団体を含め、昨年を500名ほど上回る約1600名の来場者がありました。



●フォトダイナミクス研究センター(仙台)

フォトダイナミクス研究センターは4月14日(水)に施設を公開。当日は隣接する半導体研究所の施設も公開され、大学生や近隣の方々など90名の来場者がありました。来場者は、実験装置やパネルを使った研究内容の紹介に熱心に聞き入っていました。

また、各実演コーナーでは、レーザー装置を使ったデモンストレーションや燃えにくいスポンジを合成してみる実験など、趣向を凝らした催しが行われ、大変好評でした。来場者自らが実演に参加して、科学の不思議さを直接体験する機会を楽しんでいました。



新任研究員等の紹介

新しく就任した主任研究員等を紹介します。

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

中央研究所

伊藤ナノ医工学研究室 主任研究員

伊藤 嘉浩 (いとう よしひろ)

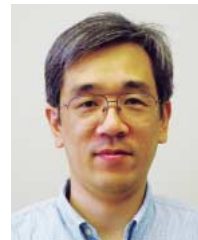
1. 1959年1月12日 2. 岐阜県 3. 京都大学大学院工学研究科博士課程 4. 神奈川科学技術アカデミー 5. バイオマテリアル、ソフトナノテクノロジー、コンビナトリアル化学



発生発達研究グループ
比較神経発生研究チーム
チームリーダー

有賀 純 (あるが じゅん)

1. 1962年4月12日 2. 東京都 3. 東北大学大学院医学研究科博士課程 4. 東京大学医科学研究所、理研ライフサイエンス筑波研究センター 5. 神経組織の発生・分化の調節機構 6. 創始者たれ 7. 自然の中にいること

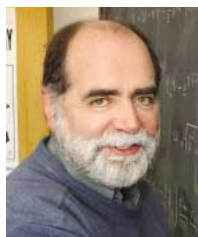


理研BNL研究センター

理論研究グループ グループリーダー

Larry McLerran (ラリー マクレラン)

1. 1949年2月24日 2. 米国ワシントン州 Yakima 3. ワシントン大学Ph. D. (物理学) 4. ブルックヘブン国立研究所 原子核理論グループ グループリーダー (主任研究員) 5. 高温高密度核物質の理論的研究 6. なすに足る事なら情熱を持ってやるだけの価値がある 7. ガーデニング、釣り



高次脳機能発達研究グループ
象徴概念発達研究チーム
チームリーダー

入来 篤史 (いりき あつし)

1. 1957年6月3日 2. 鹿児島県 3. 東京医科歯科大学大学院歯学研究科博士課程 4. 東京医科歯科大学 5. 霊長類高次脳機能の認知神経生物学 6. 着眼大局着手小局 7. 釣り、観能



独立主幹研究ユニット

永田独立主幹研究ユニット
ユニットリーダー

永田 由香 (ながた ゆか)

2. 熊本県 3. 筑波大学大学院生物科学研究科博士過程 4. 科学技術振興機構「さきがけ研究21」研究員(「認識と形成」領域) 5. 巨核球・血小板の成熟分化過程の分子メカニズムの解明とその医療への応用 6. 虚心静慮 7. 散歩



高次脳機能発達研究グループ
生物言語研究チーム チームリーダー
岡ノ谷 一夫 (おかのや かずお)

1. 1959年7月16日 2. 栃木県 3. メリーランド大学心理学研究科博士課程 4. 学術振興会、千葉大学 5. 言語起源の生物学 6. 突拍子もないことを思いつく瞬間のために生きています 7. ルネサンス音楽の演奏



西井独立主幹研究ユニット
ユニットリーダー

西井 一郎 (にしい いちろう)

1. 1969年8月16日 2. 大阪府 3. 大阪大学大学院理学研究科生理学専攻博士課程 4. 日本学術振興会海外特別研究員、米国ワシントン大学(セントルイス)リサーチアソシエイト 5. 多細胞生物の形態形成運動が単細胞生物から進化した分子過程の解析(ボルボックス胚のinversionをモデルとして) 6. 持続する意志 7. 気楽に釣り&キャンプ



学習機能研究グループ
言語発達研究チーム チームリーダー
馬塚 れい子 (まづか れいこ)

2. 静岡県 3. コーネル大学Ph.D. (発達心理学) 4. 米国デューク大学心理学科 5. 言語リズムの獲得、言語理解におけるプロソディー(韻律)の役割 6. 和して同ぜず 7. コミックマンガ収集



脳科学総合研究センター

神経回路メカニズム研究グループ
運動学習制御研究チーム
チームリーダー

永雄 総一 (ながお そういち)

1. 1952年11月27日 2. 大阪府 3. 東京大学大学院医学系研究科博士課程 4. 自治医科大学生理学教室 5. 運動学習の脳機構 6. 真理の追究 7. 観劇と観スポーツ(浦和レッズ)



フォトダイナミクス研究センター
表面フォトダイナミクス研究チーム
チームリーダー

上原 洋一 (うえはら よういち)

1. 1955年11月18日 2. 大阪府 3. 大阪府立大学大学院博士後期課程 4. 東北大学電気通信研究所 助手、同助教授 5. 表面物性、STM発光分光 7. スポーツ観戦



理研の魅力

田中朗彦
TANAKA Akihiko
広報室

2003年10月以降、理化学研究所は独立行政法人となり、ここでは細かく書かないが、その存在意義をこれまで以上に広く人々に知らせていくということが課せられるようになった。「存在意義」という言葉は、それぞれの立場で示し方はいろいろ変わるものだが、広報室の視点で見れば理研の魅力を伝えるということになるだろう。

そのためかどうかは分からないが、「理研の魅力とは何か？」と、自分自身に問い掛ける機会が多くなった。

「最先端の研究」、「幅広い分野の研究活動」、「高い国際性」、「歴史と伝統」等々、いろいろな答えが思い浮かぶ。多くの人間が理研に集い、研究をしているわけだから、「これ」という答えはあるわけがないと居直りたい気分にもなる。しかし、ここで投げ出しちゃってしまっただけでは広報室員として失格で、答えの「手掛かり」を見つける努力はしなければならない。まだ、その手掛かりを見いだせた自信はないが、感じたこと、自分の手応えをありのままに書いてみることにする。

思い返すと、私は理研に入所してから5年余り、最初は脳科学研究推進部、次に広報室に所属し、研究成果の記者発表、取材対応、見学・視察の対応など、研究者と接することが多い。そのたびに、「研究への情熱」、「研究に対する思い入れ」、そういったものを研究者の姿から感じてきた。私はいわゆる「事務系（非研究系）」の職員だが、仕事柄か、親しくさせてもらっている研究者と食事やお酒を共にしたり、記者発表で会場までの道のりを共にする機会が多い。そのとき、世間話から研究の話へと話題が徐々に移っていくことがある。ムツカシイ研究の話をついに理解する努力を続けるうちに、「ひとりよがり」かもしれないが、少しずつ「分かった」気分になっていく。研究者が、日々実験や作業を繰り返す中から、新しい発見、頭に豆電球が光る



筆者近影

「ひらめき」を生み出し、それを一つの「成果」としてまとめ上げていく光景を、そのときに感じることができる。

スポーツや芸術では、日々の努力が「記録」や「作品」としてわれわれに感動をもたらすが、同じように、日々の研究が「発見」や「成果」として、理研の魅力、そして科学に対する感動をわれわれに呼び起こすこと

ができる。この研究所では、数千名のスタッフが情熱を傾け、豆電球を光らせようと日々努力しているのだと思うと、エキサイティングで、何より充実しているなあと感じる。そして、この営みが理研では80年もの時を越えて絶えることなく続いている……。これは素直にすごいことだと思う。勤めること5年余り、この研究所の魅力を伝える一つの手掛かりになるのではないかと感じるようになった。

こうした私の感覚は、社会に対する具体的な科学の貢献が問われる中、「あまりに楽天的な」考えではある。しかし、楽天主いだけで言わせていただければ、研究者の中にあるひらめき、興奮の中には、「新しい人類の知的財産への貢献」、「社会への貢献」も含まれているはずだ。主役はもちろん研究者だが、研究者の情熱に迫り、ムツカシイ研究の言葉を一つ一つ理解し、そこから社会への貢献に結び付く部分を引き出し、工夫を凝らして人々に分かりやすく、そして広く報せていく。そんな広報をしたいと考えている。

もちろん、万人すべてに受け入れられる形で理研の魅力を伝えるのは、あまりにもトテツモナイ目標であり、その前にやるべきことは目の前にたくさんある。しかし、いや、だからこそ、まずは目の前のこの文章から……。最後まで読んでくださった皆さまに「理研の魅力」の一端を共感してもらおうことはできたのだろうか？

R

理研ニュース

7

No.277
July 2004

発行日 平成16年7月5日
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
koho@riken.jp
http://www.riken.jp
『理研ニュース』はホームページにも掲載されています。



デザイン 株式会社デザインコンピビア
制作協力 有限会社フォトンクリエイト
再生紙（古紙100%）を使用しています。