

JST news

未来をひらく科学技術

1
Jan. 2015



- 最先端機器や情報が
みんなの研究活動を支える
- わずか一滴の体液で診断



ナノテクノロジープラットフォームで高度専門技術者を務める産業技術総合研究所ナノプロセスエンジニアの飯竹昌則さん。ユーザーのニーズに応じ、集束イオンビーム加工観察装置（写真左側）による微細構造物の作製や形状観察を行うほか、セミナーでの講義や実習の講師も務める。「常に最適の状態の研究支援ができるよう、機器のメンテナンスには細心の注意を払っています。ユーザーの期待に応え、ともにレベルアップしていくことが喜びです」

CONTENTS



最先端機器や情報がみんなの研究活動を支える

高価なナノテク設備を「共用」し、フル活用してイノベーションを興す

3



わずか一滴の体液で診断

がんや感染症を従来の100万倍もの高感度で検出

8



明日へのトピラ Vol.21

認知症の患者を減らしたい!

高齢者の会話データで新しい予防法をつくる

12



TOPICS

がん研究で「イノベーター・オブ・ザ・イヤー」受賞 ほか

14



さきがける科学人 Vol.33

熱い思いを抱いて未知の世界へ飛び込め!

東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻1分子遺伝学研究室 上村 想太郎 教授

16

明るい未来の実現に向けて

JST 理事長 中村道治

わが国が第3期科学技術基本計画において、科学技術政策から科学技術イノベーション政策に舵をきって10年目の節目を迎えました。科学技術から社会経済的な価値（アウトカム）を確実に、迅速に実現し、国の持続的成長に貢献することがますます重要になっています。その中で、赤崎勇教授、天野浩教授、中村修二教授が、高効率青色発光ダイオードを発明した功績でノーベル物理学賞を受賞する快挙があり、卓越した研究成果にもとづくイノベーションの重要性を多くの人びとが身近に認識できました。

JSTは近年、低炭素・循環型社会や健康長寿社会、安全・安心・快適社会の実現に向けて、戦略的基礎研究から革新的な技術シーズを生み出し、産業化に橋渡しするという観点で数多くの実績を積み重ねてきました。また、科学技術政策のシンクタンク活動、科学技術情報事業、理数系人材育成事業、科学コミュニケーション活動などを通じて、科学技術イノベーションの総合的な推進機関として、社会的課題の解決とわが国の持続的成長に貢献してきました。今後、これらの活動を強化する中で、以下のような研究開発文化を醸成し、わが国のイノベシ

ンカの一層の向上を図ります。

- ・社会的課題を解決するために、科学と社会が一緒になって新しい価値を共創する時代を迎えています。このために、目指すべきビジョンを見据えバックキャスト方式で課題を設定し、新しいシステム、サービスの開発や実現化技術の開発などの統合型研究を行う環境を整備します。この中で、自然科学と人文社会科学の連携も目指します。このような取り組みにより、イノベーションを確実なものにすると共に、わが国の産業のシステム化、サービス化や地域再生に貢献します。
- ・近年の情報科学技術の進展とともに、研究開発においてモデリングやシミュレーションが広く用いられるようになり、さらにビッグデータを活用したデータ駆動型科学が広がりを見せています。こうした研究開発の新しい方法論を知的創造活動に役立てます。
- ・次世代の科学技術イノベーション人材の育成が、わが国にとって最重要課題になっています。このために、現在検討されている大学改革と連携して、研究資金の配分機関としての若手人材育成や女性研究者の活用、研究開発マネジ



メント人材の育成のあり方を検討します。また、国際研究交流を促進し、国際的な価値創造連鎖の中で活躍する研究人材の育成を図ります。

明るい未来を実現するためには、科学技術イノベーションをもとにした国づくりが不可欠です。それはわれわれの叡智と努力のもとに必ず達成できると考えています。そのためJSTは、大学、研究機関、企業、社会がそれぞれの役割のもとに一体になって取り組む創造的な研究開発環境を実現します。皆様のご理解とご協力をお願いします。



最先端機器や情報が みんなの研究活動を支える

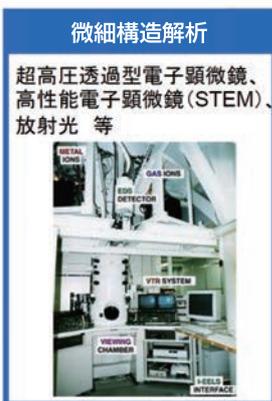
高価なナノテク設備を「共用」し、フル活用してイノベーションを興す

肉眼では決して見ることができない微細なモノを扱うナノテクノロジー。その研究開発には高額な先端機器が欠かせなくなってきた。国全体のナノテク・材料研究の実用化を底上げするため、大学や研究所の設備を開放して、誰でも最先端機器を手頃な料金で利用できるようにする「ナノテクノロジープラットフォーム」が2012年度からスタートした。この制度を通して十分な研究設備を持たない若手研究者や民間企業が新しいアイデアを次々に実現している。制度のあらましや今後への取り組み、運用の具体例を紹介する。

持たざる人にも 高度な研究の機会を！

経験もハイテク設備もなかった企業が、微細加工技術を駆使して超小型、高品質のマイクロホンをつくった。米国留学から帰国した准教授がカーボンナノチューブの研究室を開設して論文を次々に出した。理系で専門分野を究めながら、研究者にならなくても、依頼された仕事をこつこつと“ハイテク職人芸”でこなす職種が生まれた。この原動力となっているのは、研究機関と人をつなぐユニークなプログラムだ。

ナノテクは、半導体工学や機械工学、生命科学、材料科学など、幅広い分野を



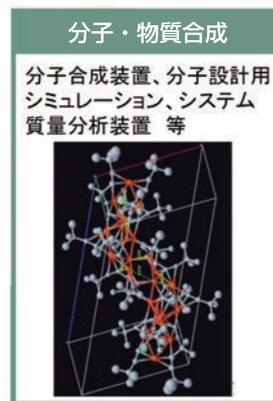
微細構造解析

超高压透過型電子顕微鏡、高性能電子顕微鏡 (STEM)、放射光 等



微細加工

電子線描画装置、エッチング装置、イオンビーム加工装置、スパッタ装置 等



分子・物質合成

分子合成装置、分子設計用シミュレーション、システム質量分析装置 等

ナノテクノロジープラットフォームの3つの技術領域

「微細構造解析」「微細加工」「分子・物質合成」の3つの技術領域において、若手研究者を含む産学官のユーザーに対して、最先端の計測、分析、加工設備の利用機会を高度な技術支援とともに提供する。^{※2}

支える基盤技術だ。1ミリの100万分の1に当たるナノサイズの物質や構造を扱う研究では、研究設備の充実ぶりが研究の進展を決めるといってもいい。そのため大学や国の研究機関では、それぞれの研究室や学科で限られた研究費をやりくりして最新機器を導入している。横の連携は従来あまりなく、何台も電子顕微鏡を所有している大学や、年限のある研究プロジェクトで購入された設備が、その後適切に運用されていないケースも少なくない。その反面、欲しい機器を揃えることができない研究室も多い。

民間企業では、規模が大きい企業はともかく、研究開発予算が限られる中小企業では、数億円もする電子顕微鏡や微細加工装置を購入することは不可能に近い。企業の国際競争力を高めるにはナノテクが不可欠なだけに、民間企業の力頼みだけでは産業の隆盛は期待しにくくなっている。

欧米の先進国はもちろん、中国や韓国、アジアの新興国でもこの十数年、大学などの公的研究機関の研究設備の「共用」が進められてきた。一部の研究機関が設備を囲い込むのではなく、設備を購入できない研究者や民間企業にも開放して、研究の底上げを図ろうとしているのだ。

世界の動きに応答して、日本でも設備を共用するために文部科学省が進めてきたのが、2002年に始まった「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト」と、後継の「ナノテクノロジーネットワーク」だ。ナノテク研究のメッカである物質・材料研究機構 (NIMS) が運営を支えてきた。そこに、



田中 一宜 たなか・かずのぶ
産業技術総合研究所名誉リサーチャー

1963年、東京大学工学部卒業。同年、松下電器東京研究所。78年、東京大学で工学博士の学位取得。東京大学教授、電総研材料科学部長、アトムテクノロジー研究体 (JRCAT) プロジェクトリーダー、産総研理事等を歴任。2007年～2013年にはJST研究開発戦略センター上席フェローを務める。

※1 本事業は文部科学省より、独立行政法人物質・材料研究機構及びJSTがプラットフォーム全体の使いやすい仕組みづくりや利用促進を図るセンター機関業務を受託し、JSTは主として、地域・地場産業に関連した新たなユーザー開拓等を行っています。 ※2 図はNanotech Japan HP (<https://nanonet.go.jp/>) より

ナノテクノロジープラットフォームの参画機関

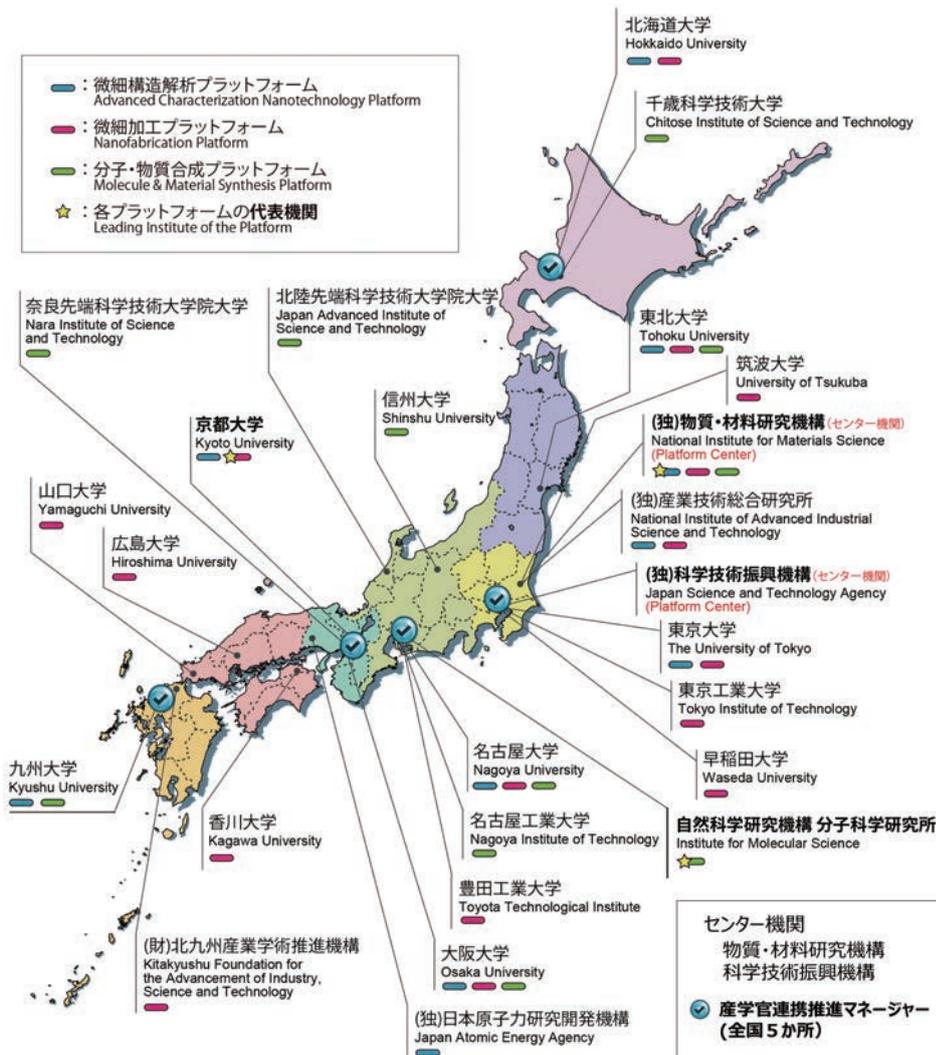
参画機関は北海道から九州まであり、各地で「微細構造解析」「微細加工」「分子・物質合成」の3分野がそろった。機関ごとに共用できる機器や利用方法はナノテクノロジープラットフォームのHP内 (https://nanonet.go.jp/facility/) で一覧できるようになった。また、「ナノテク共用設備利用案内サイト (https://nanonet.go.jp/yp/)」では研究分野や研究設備の分類からの検索も可能。^{*2}

JSTの産学連携支援の人材とノウハウを盛り込むとともに3つのプラットフォームからなる枠組みにすっかり衣替えして、2012年度から「ナノテクノロジープラットフォーム」が始動した。

この事業では、NIMSとJSTがセンター機関となって、プラットフォーム全体の使いやすい仕組みづくりや利用促進を図る。機器も充実し、全国25の大学や研究機関が所有する約1,000台の最先端機器が、手頃な料金で利用できる。設備の種類も多様で、電子顕微鏡などの観察だけでなく、加工用や合成用の機器も整っている。各参加機関の得意分野を生かし、ナノテクの研究開発に必要な「微細構造解析」「微細加工」「分子・物質合成」の3領域をカバーして、多様なニーズに対応できるようになっている。

異分野融合の促進も期待

プラットフォームの機能は、設備を持たない研究者、企業に研究の機会を与えるだけにとどまらない。ナノテクノロジープ



ラットフォーム開始時にプログラムディレクターを務めた、産業技術総合研究所の田中一宜名誉リサーチャーはこう説明する。

「科学技術が発展した現在、新たな技術革新は、1つの分野の研究者だけでは難しくなっています。異分野融合が求められていますが、分野を超えた研究者のマッチングはうまくいっているとは言い難い。これまで組織内に閉じられていた研究設備が開放されることによって、設備を所有する研究者が他の分野のユーザーと接するようになり、コミュニケーションが刺激となって新しい発想が生まれると期待しています。

もちろん、それをメリットと考え

ず、設備の開放に積極的でないところもあった。いろいろな試料が持ち込まれれば、もともと微細な世界だけに機器内のわずかな汚染で自分たちの研究に影響が出かねない。虎の子の機器を他者に貸したくない心境も理解できなくはない。

「皆さんが最初から積極的に機器の利用を開放するわけではありません。利点もいろいろ挙げて参加を促してきました。その1つとして、実施機関で最先端機器を運用する高度専門技術者を雇用できるようにし、育成を促進しています」。

最先端の研究設備を最善の状態に運用し、高度な機能を使いこなすのは、研究の片手間では難しい。専門の技術者を雇えばいいが、予算が限られている中で、自前で雇用を維持するのは大きな負担だ。プラットフォームの予算で技術者を雇えば、常に万全の体制で運用できるので、設備を所有する側にとっても大きな恩恵となる。

戸田 秀夫 とだ・ひでお

JST産学基礎基盤推進部企画課
ナノテクノロジープラットフォーム担当
産学官連携推進マネージャー



ナノテクに縁がなかったユーザーを開拓

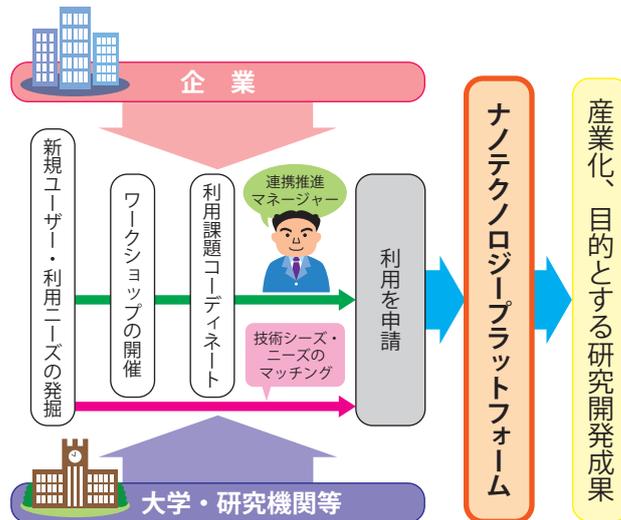
プラットフォームの仕組みが持続的に発展するためには、実施機関の自主性・自立性を促進することが重要になる。高度専門技術者の雇用や機器の光熱費、消耗品などに充てられる運用経費は、すでに一部が、利用料の徴収で賅われている。安定運用のため、利用を拡大していきたい。求められるのは、これまでナノテクとは縁がなかった新規ユーザーの開拓だ。

特に中小企業の開発担当者は、製品開発の予算が限られているため、自前の技術や設備にこもりがちだ。ナノテクなど、まったく無縁だと思っている人も少なくはないだろう。プラットフォームには、そうした人たちにも機器を利用してもらうために活躍する“技術営業マン”が全国に配置されている。東北・関東・甲信越地域を担当する戸田秀夫産学官連携推進マネージャーに日々の活動を聞いた。

「より多くの人に利用していただくには、まずプラットフォームの存在を知ってもらわなくてはなりません。いろいろな機会をとらえて制度と技術を紹介しています。町工場の多い東京・大田区での展示会では、微細加工プラットフォームのコーディ

産学官連携マネージャーの役割

地域・地場産業に関連した利用拡大に重要な役割を果たしている。大学の研究室や地域の中小企業を訪問し、潜在的なユーザーを発掘するほか、JST新技術説明会での支援内容や利用成果の紹介、各実施機関とユーザーとの間の縁組みや、有望な課題の発掘、将来を担う若手研究者育成のための試行的利用の募集、実施機関との橋渡しなどを行う。(図は事業HPを参考に作成)



ネーターと連携し、卓上サイズの電子顕微鏡を持ち込んで、出展企業が展示しているサンプルをその場で観察してもらいました」。

ナノの世界が初めてでも、相手は試料を熟知している。画像を見るとさまざまな気付きがあるようで、継続的な利用にも結びついた。企業の報告会などで宣伝の時間をもらったり、体験し実感してもらうセミナーを開いたりもする。何かの機会に企業担当者と顔合わせができれば、気軽に技術相談に応じる。特定の研究室に相談するのは違い、全国の多様な設備を紹介できるのが強みだ。地元企

業から相談を受けた研究者を支援することもある。

新たなキャリアパスも創出する

プラットフォームには、さまざまな依頼が持ち込まれる。文化財の修復のため、電子顕微鏡で観察したい研究者もあれば、研究結果を裏付けるためのデータ測定を依頼されることもある。

「難しい依頼を解決できるかどうかは、各実施機関で対応する高度専門技術者の腕次第と言ってもいいでしょうね」。数多く利用してもらうには、設備の充実

研究室の立ち上げ時から活用

東京大学で、1本のカーボンナノチューブを用いた光デバイスの研究開発に取り組んでいる加藤雄一郎准教授は、慶應義塾大学理工学部を卒業後、アメリカの大学で研究活動に取り組んできた。

2005年にカルフォルニア大学サンタバーバラ校で博士号を取得し、ポスドクとして所属したスタンフォード大学では、現在の研究に通じるカーボンナノチューブの研究に取り組んだ。東京大学が優れた若手研究者を登用するために実施した「スーパー准教授任用プログラム」に採択され、2007年に帰国。まったくゼロから自分の研究室を立ち上げなければならない時に、ナノテクノロジープラットフォームの前身であるナノテクノロジーネットワークを利用できた。

「私の研究では微細加工技術が不可欠です。例えば、細かな回路を作る電子線描画装置が必要ですが、購入しようとするだけで億単位の資金が求められます。若手研究者の限られた予算では不可能です。この制度には研究室の立ち上げ当初からお世話になっています」と加藤さんは当時を振り返る。

東京大学ほどの研究機関になれば、加藤さんの研究に必要な設備は整っている。しかし、運営を担当する学科や研究室ごとにルールがあるために使い勝手が悪く、誰にでも広く門戸が開かれている

加藤 雄一郎

かとう・ゆういちろう

東京大学大学院
工学系研究科准教授



ナノテクノロジープラットフォームを利用した方が良かったという。

加藤さんはアメリカで在籍した両大学で、ナノテクノロジープラットフォームの手本となったアメリカの国家ナノテクノロジーインフラネットワーク (NNIN) を介して微細加工装置を利用していたこともあって、東京大学に移って共用設備の利用を考えたのはごく自然な流れだったようだ。

「自前で微細加工装置を用意できたとしても、研究室内で常にきちんとしたメンテナンスをするのはなかなか難しい。その点、この制度であれば、専従の技術者がいるので、装置のメンテナンスはもちろんのこと、装置を初めて利用する学生にも講習をしてくれます。とても助かっています」。

これからもこのプラットフォームが、加藤さんらの研究の大きな力になるに違いない。



集束イオンビーム加工観察装置操作の様子
ガリウムイオンビームを数ナノメートル～数マイクロメートル径に集束させ、任意の場所を走査することで表面状態の観察や高精度の表面加工をする。左は試料の準備をしているところ、右は試料を装置の前室（真空を高く保てるよう、本体の扉にかぶせる部屋）に据える様子。ほこり1つ混入しないよう細心の注意を払う。



とともに、豊富な知識と経験をもつ技術者が欠かせない。

優れた技術者の存在は利用活性化の原動力になっている。例えば、電子顕微鏡では試料のつくり具合が画像の質を左右するだけに、リピーターの中には腕のいい特定の技術者を指名してくるケースもあるという。技術者にもこの上ないやりがいが生まれる。

さまざまな依頼を解決していくことで、技術者のスキルは飛躍的に高まる。研究設備のわずかなクセにも精通して、難しい依頼もこなす「職人」ともなれば、職業的な価値も高くなる。未開地を自ら探究する「研究者」とは異なる、新たなキャリアパスが生まれつつある。



企業から 匠の技を生かす技術者に

産業技術総合研究所ナノエレクトロニクス研究部門に所属する飯竹昌則さんも、そうした技術者の1人だ。現在、集束イオンビーム装置（FIB）を使って、プラットフォームを通じて依頼された微細な試料の観察や加工を担当している。

「もともと、外資系の企業で主にイオンビームを利用して集積回路の故障原因を探る業務だったのですが、企業の日本撤退を機に、プラットフォームの前々身の制度で高度専門技術者になりました」。それから足かけ11年間、さまざまな依頼を受けて、微細材料の加工や観察に取り組んできた。

紙からダイヤモンドまで 最適な条件で操作する

かつての職場で扱う材料はもっぱらシリコンや金属であったが、ここに持ち込

まれる試料は実に多種多様。光沢紙の表面の観察が依頼されたかと思うと、硬いダイヤモンド基板上に絶縁体の薄膜をつくるよう求められることもある。材料が違えば、当然扱い方も違ってくる。

「FIBはガリウムイオンのビーム（電荷の流れ）を直径数ナノメートルほどの範囲に集束することで、試料の観察や加工ができる装置です。試料にガリウムイオンが当たると、試料から電子（二次電子）が飛び出します。それを観測することで、試料の構造を観察することができます。ビームを強めてイオンを増やすと、表面の原子をはじき飛ばして試料を削ったり、イオンビームと反応するガス状の材料を試料表面に張り付けたりすることができます。

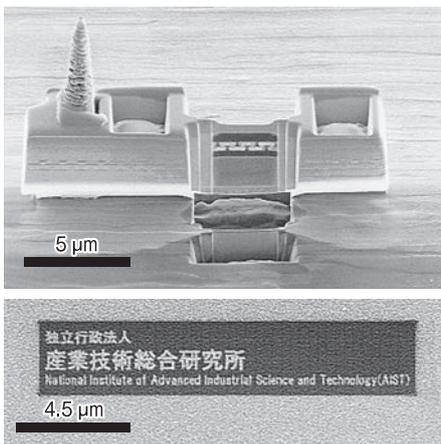
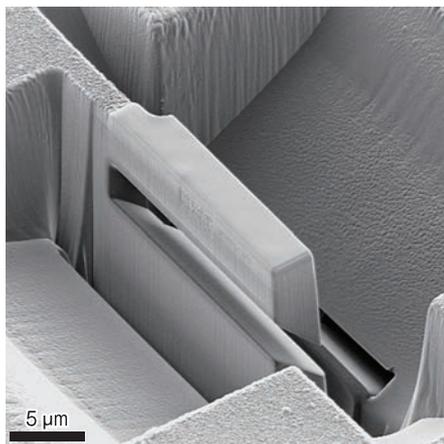
扱う材料がシリコンだけなら、決まったイオンの量で観察や加工ができますが、紙のように柔らかい材料を加工する場合、シリコンを観察していた量でサンプルを壊しかねません。材料に合わせて最適なイオンの量を見つける必要があるのです」。

経験のない材料が持ち込まれると、過去の文献から観察や加工に最適なイオンの量を調べる。予備の試料を預かれれば、さまざまなイオンの量で試してから、本番の観察や加工を行ってきた。

飯竹 昌則 いいたけ・まさのり

産業技術総合研究所ナノエレクトロニクス研究部門
エマージングデバイスグループ
ナノプロセス施設ナノプロセスエンジニア

1987年、(株)日本セミコンダクター入社。その後、(株)LSIロジックジャパンセミコンダクターにおいて、故障解析業務等に従事。2003年より、産業技術総合研究所に勤務。イオンビーム技術、電気特性評価技術を用いた研究支援業務に従事。



集束イオンビーム (FIB) での加工例

イオンビームを照射すると、試料表面の原子などがはじき出されるスパッタリング現象を利用して試料を削れる。化合物ガスを試料表面に吹き付け、ビーム照射でできる薄膜を重ねて構造物もつくれる。左は切削加工の例。右上は飯竹さんが講師を務める研修での作品。右下のような表面加工は1時間程度でできるといふ。

「何でも相談してほしい」 一緒により良い結果を模索

「持ち込まれた試料に最も適した条件で操作するために、ユーザーとはなるべく細かく打ち合わせをします」と飯竹さんは語る。

「プラットフォームの共通のルールはありませんが、可能ならば実際にお会いして要望を聞くようにしています。私が装置のことを熟知していても、持ち込まれる試料について詳しくないのと同じように、ユーザーは研究対象の試料のこ

とは熟知していても、イオンビームについてはあまり知らないケースも少なくありません。難しい依頼をされた場合は特に、実際に会って話さないことには、喜んでいただく結果を得ることはなかなか難しいのです」。

なかには、茨城県つくば市にある産業技術総合研究所に向かうことが難しいユーザーもいる。その場合でも、電話やメールで直接コミュニケーションすることで、できる限り材料の性質に合った条件での観察、加工を目指すとともに、ユーザーに装置について理解してもらっている。

ナノテク総合展に出展します

最新の研究開発成果が一堂に会する「nanotech 2015 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議」が、1月28日から30日まで東京・お台場の東京ビッグサイト（東京国際展示場）で開催されます。詳細はHP (<http://www.nanotechexpo.jp/>) をご覧ください。

・ナノテクノロジープラットフォーム

同会場で1月30日に第13回ナノテクノロジー総合シンポジウムを開催します。プラットフォームで生まれた優秀な成果の紹介のほか、海外や産業界の最新の研究開発動向をご紹介します。

・JSTブース

最先端の研究成果をパネルや実物で展示、研究者本人による発表（各15分）もあります。

	1月28日	1月29日	1月30日
13:30		藤正督 (ALCA)	梁谷隆夫 (ERATO)
14:00	白幡直人 (さきがけ)	辻井敬巨 (CREST)	中村芳明 (さきがけ)
14:30	山田陽一 (ACT-C)	由井宏治 (先端計測)	本間敬之 (先端計測)
15:00	早川晃鏡 (さきがけ)	藤岡洋 (CREST)	

(敬称略、カッコ内は事業略称)

事前の面談だけでなく、ユーザーもクリーンルームに入り、飯竹さんが操作している横で見学してもらいながら、より良い結果を一緒に模索しているという。

「研究者でもありたいと思っていますが、それ以上に機器のスペシャリスト、職人のような存在だとも考えています。ユーザーの皆さんには何でも気軽に相談してもらいたい」と呼びかける。

技術的な課題をすぐに相談できるのが心強い

携帯電話やICレコーダーなどで広く普及している「エレクトレットコンデンサーマイクロホン」の心臓部は、可動電極（振動板）と固定電極でできており、音を受けて振動板が震えることによって電極間に生じる電圧の変化を信号として取り出している。振動板と固定電極の隙間の精度が品質の差になって表れるが、従来からある型押し加工技術ではマイクロメートルの精度で隙間をつくることは難しい。小型化も限界があると考えられていた。

音響技術を基盤に補聴器や騒音計などを開発、製造、販売してきたリオン社は、電子回路と極小機械を同居させる微細加工技術 (MEMS) を応用して、より小さなマイクロホンの開発を目指そうと考えた。同社開発部聴能センサ開発課の伊藤平さんは開発当初をこう振り返る。

「自社には必要な設備がなく、試作品をつくることができなかつたため、MEMSの試作品製造を請け負ってくれる会社に外注していました。しかし、試作品に問題があって改良したいと思っても、その都度、外注先に依頼して、できるかどうかを検討してもらわなければならず、どうしても時間がかかっていました。MEMSの研究で有名な東北大学の江刺正喜教授に相談したところ、ナノテクノロジープラットフォームを紹介され、東北大学の微細加工プラットフォームで、高度専門技

伊藤 平

いとう・たいら

リオン株式会社
開発部聴能センサ開発課



術者の指導を受け、自分たちで研究に取り組むことになりました」。

より高精度に微細加工ができるようになったが、MEMSマイクを実現するには、膜厚数マイクロメートル程度の振動膜をつくらなければならない。厚みのコントロールが困難を極めたという。膜厚が乱れてはマイクの品質に影響する。

「何か技術的な課題があると、すぐにプラットフォーム内の先生方や技術者の方々に相談できるのが心強い。経験が一切なかつたところから、MEMSを応用したマイクロホンチップの試作ができたのは、プラットフォームのおかげです」。

現在、実用化を目指して、さらなる改良を続けている。近い将来、ナノテクノロジープラットフォームの支援によって開発されたマイクロホンチップが世に出され、音響技術に新たなイノベーションをもたらすに違いない。

わずか一滴の体液で診断

がんや感染症を従来の100万倍もの高感度で検出

がん細胞やウイルスにかかわるたんぱく質を、汗や血液から従来の100万倍もの高感度で検出する方法を東京大学大学院の野地博行教授らが実現した。半導体の製造技術を活用し、1センチ四方のガラス板に100万個の小さな穴をつくった。この超微細な空間に抗原抗体反応でできた分子を閉じ込めて、1個ずつ捉えられるようにした。これまで難しかった微量の物質でも検出できるため、唾液や尿からも診断できる可能性がある。さまざまな病気の早期発見につながる技術として、実用化を目指す。



求められる 超早期診断法の確立

冬になると必ずやってくる厄介者のインフルエンザ。感染初期は、体内のウイルス量が少ないため検出しにくく、感染しているかどうかの診断が難しい。早期発見ができれば、症状が進む前に治療ができる。そこで野地さんらは、感染初期の微量なウイルスでも検出できるように「1分子デジタルELISA法」を高感度に改良した。

ELISA法(酵素結合免疫吸着法)は、インフルエンザやエイズなどの感染症、がんや免疫疾患などの診断、妊娠検査などに使われている。身体に外から異質物(抗原)が入っていると、免疫にかかわるたんぱく質(抗体)がそれを異物と認識し、抗

原と抗体は結合して排除しようとする。この抗原抗体反応を利用して、血液などに含まれるウイルスや疾患に関連するたんぱく質(バイオマーカー)を検出し、診断や治療に使われている。

目標のたんぱく質を捉えるために、バイオマーカーに対し特定の化合物と結合する抗体を使う。抗体には酵素が付いてあり、酵素反応によって生じた生成物が発色したり発光したりするので、その光を測定すれば抗体に結合したたんぱく質を検出できる。抗体さえあればどんなバイオマーカーでも検出できる、簡便な装置になっている。

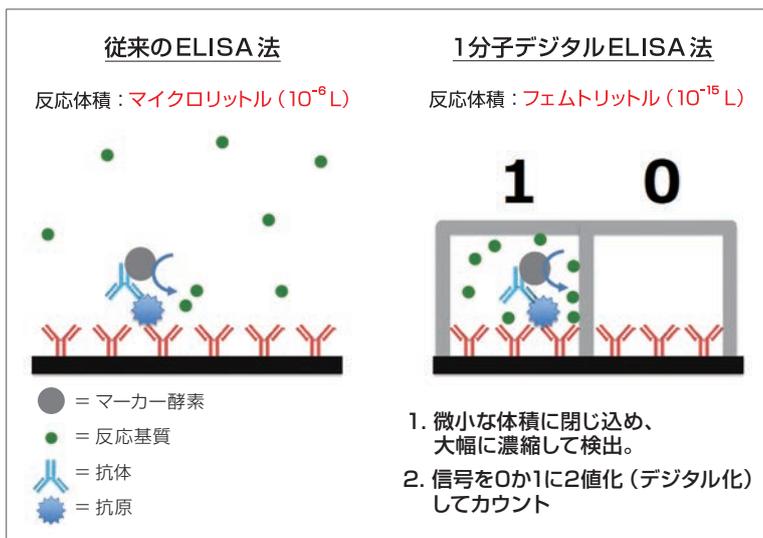
しかし、従来のELISA法は感度が十分ではなかった。1ミリリットルあたり数十ピコグラム(ピコは1兆分の1:東京ドームの中に1グラムを入れたときの濃度)程度

のバイオマーカーなら検出できるが、ウイルス感染初期では、100アトグラム(アトは100京分の1)~1フェムトグラム(フェムトは1000兆分の1)の微量検出が必要となる。これでは、ウイルスやがんの超早期発見につながらない。

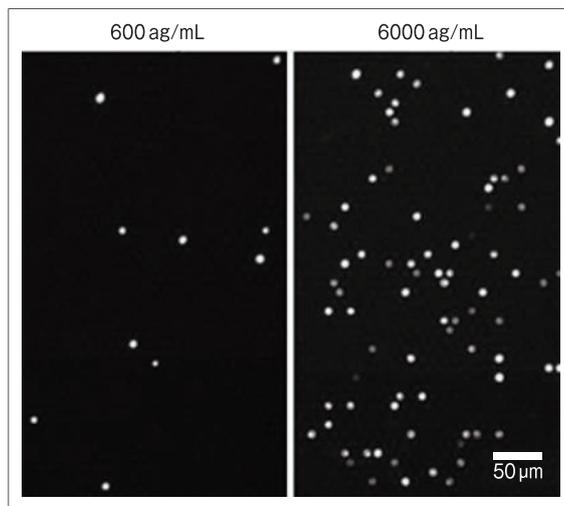
100万倍の高感度を実現

高感度化を可能にしたのは、反応する分子をきわめて小さい空間に閉じ込めたことによる。そのヒントは、半導体の製造技術だった。1センチメートル四方のガラス板を100万個の微細なくぼみのあるナノデバイスに工夫した。わずか数フェムトリットルの体積の水滴を100万個も同時に検出することができる。

検出方法は、抗体のついた直径0.5ミリ以下の微細なプラスチック(マイクロ

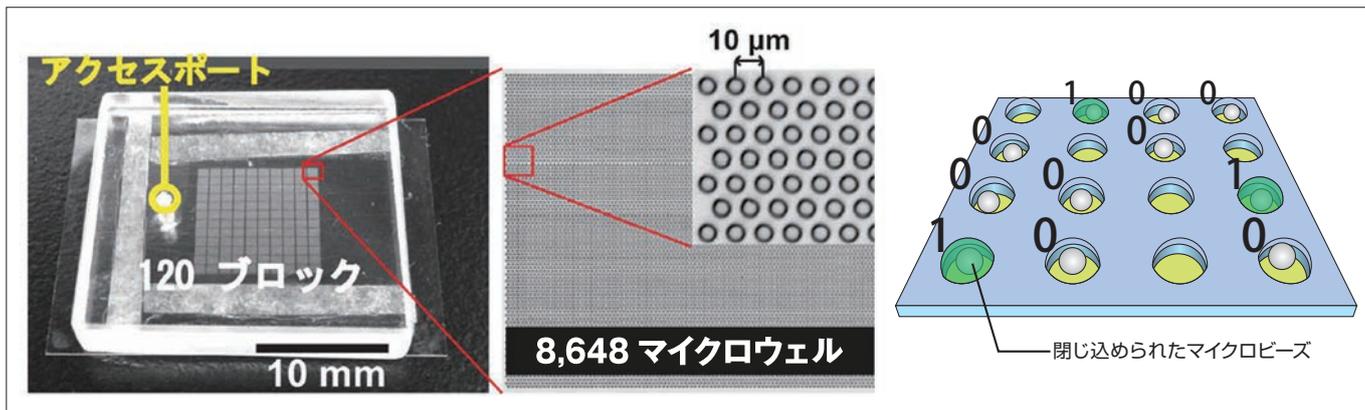


従来のELISA法では、マイクロリットルの液体中で酵素反応を行い、信号変化をアナログに測定しバイオマーカーの濃度を決定している。一方、1分子デジタルELISA法ではフェムトリットル^{*}の液体中で反応を行い、2値化した信号を1分子ごとにカウントしてバイオマーカーの濃度を決定する。これらにより、高感度で測定誤差の影響を受けにくい測定が可能になる。



前立腺がんのマーカーの検出例

ELISA法の感度評価によく使われる前立腺腫瘍マーカーを蛍光顕微鏡で観察した結果。検出下限値は、なんと60 ag/mL。これは、1mLの検体中にわずか1200分子のマーカーが存在することに相当し、従来のELISA法と比較して検出下限値を100万倍向上させた。(1ag/mLは1ミリリットルあたり1アトグラム)



1分子デジタルELISA法

1cm四方のスペースに100万個の微小な水滴を同時に形成するナノデバイス。この中にマイクロビーズを閉じ込めて、バイオマーカーを結合した数をカウントする。

ビーズ) にバイオマーカーと蛍光を発する生成物を生じる酵素のついた抗体を結合させ、これをナノデバイスに流し込み、1個ずつ水滴に閉じ込める。発光した1個ずつのマイクロビーズを顕微鏡で観察し、光るか光らないかを、0か1のデジタル信号に変えて検出する。

「従来の方法では数マイクロリットルの液体中で濃度が薄くて検出できません。わずか数フェムトリットルの体積に分子を閉じ込めることで、大幅に濃縮でき、微量なバイオマーカーも検出できるのです」。この方法を使えば、濃度が薄い尿や唾液でも検査が可能になるという。実際に前立腺がんのマーカーであるPSA（前立腺特異抗原）の有無を調べると、従来の100万倍薄い濃度でも検出できた。

分子を閉じ込めることから始まった

野地さんは、ATP（アデノシン三リン酸）合成酵素の仕組みを研究してきた。ATPは自動車であれば燃料のガソリンにあたる。筋肉の収縮など生命活動で利用されるエネルギーの貯蔵、利用にかかわり、「生体のエネルギー通貨」とも呼ばれる。

ATP合成酵素は、ATPが分解するときが発生するエネルギーを効率よく運動工

ネルギーに変換するたんぱく質で、1方向に回転する世界最小の分子モーターでもある。分子モーターは、細胞内で発生するエネルギーを機械的な動きに変えるたんぱく質で、機械にモーターが装備されているように、分子モーターも生き物の生命活動を維持するために、生体内で回り続けている。

ATP合成酵素の機能を調べるには、たんぱく質の分子1個を閉じ込めて動きを測定する反応装置が必要だと考えた。とはいえ、そこまで超微細な容器はない。「ならば自分でつくろうとしたのが1分子デジタルELISA法を開発したきっかけです」。

微細な容器は、半導体製造に用いられるマイクロナノ加工技術でつくれる。半導

体加工の研究者と反応装置を開発しているうちに、微細な容器に分子を閉じ込めて生物検定すれば、溶液が濃縮されて検出感度が上がるのではないかとひらめいた。2005年に論文発表するとともに特許を申請した。

しかし大学の担当者に相談すると、「アイデアの可能性はわかるが、すぐに実用化には結び付きそうにない」と経費もかかる特許の所有を断られてしまった。しかたなく共同研究者らとポケットマネーを出し合って特許を維持することにした。しかし、誰かが実用化してくれるだろうと期待をしたものの結局7年間、何の問い合わせもなかった。「このアイデアはこうすれば役立つ、ということを見せる



野地 博行

のじ・ひろゆき

東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻教授

1993年、東京工業大学生命理工学部卒業。97年、同大学総合理工学研究科博士課程修了。博士（理学）。2000年、JSTさきがけ研究員。01年、東京大学生産技術研究所助教授。05年、大阪大学産業科学研究所教授。10年から現職。

しかない」とCRESTに応募し、2010年から1分子デジタルELISA法の開発を始めた。

将来まで役に立つ研究をしたい

東京工業大学の研究員時代は基礎研究一筋だった。応用研究に目を向けたのは東京大学の生産技術研究所に移ってから。周囲は工学系の研究者ばかりだった。基礎研究は自然界の真理を追求するものだが、工学系は実用化が目的で応用研究が中心になる。「環境の違いに戸惑いましたが、やがて、お互いに目指すところは共通だと気がきました。それは、将来まで人の役に立つ研究をしたいということです」と話す。異分野の同僚たちと議論を重ねていくうちに、研究に対してこれまでと違った視点で見ることができるようになった。

「基礎と応用を特別に意識しているつもりはなく、研究で得られた知見をいろ

ろな視点で展開しているだけです。1分子デジタルELISA法の開発も、必要に迫られたからです」。

ELISA法については、低コストで診断・検査できるポータブルな装置への改良やソフトウェアの開発など、実用化に向けた研究を急ピッチで進めている。昨年度からJST 先端計測分析技術・機器開発プログラムにも関わるようになった。製薬会社との共同開発が始まり、研究室には企業のメンバーが駐在している。全自動の免疫測定法と組み合わせることで、超高感度な自動デジタルELISA 検査システムを開発する。現在の診断に用いられている一般的な免疫測定法に比べ、約1万倍以上も感度が向上する。疾病や感染症の超早期診断に加え、医療費負担も減らせることは間違いない。

「地道な研究と実験の繰り返しは大学だけではできません。共同研究はサンプルやデータのやり取りだけになりがちですが、プロセスを知ることによってアイデアが生まれることもあります。ですから人の行き来を大切にしています」。

分子モーターから人工細胞へ

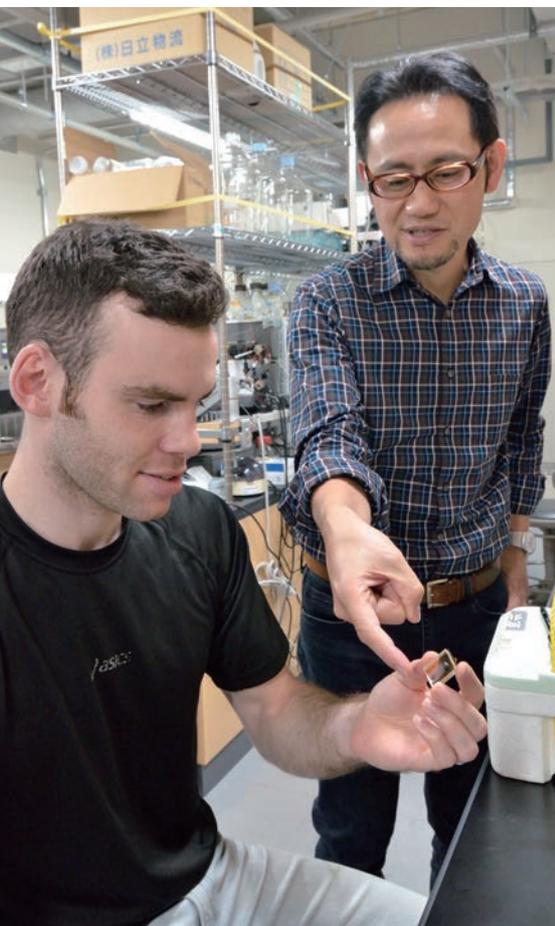
夢は、ATPで自由に制御できる人工分子マシンをつくることだという。これまでATP合成酵素を解析しその仕組みを探ってきたが、いよいよ人工的に改変して機能を制御する段階に研究が進んだ。ATP合成酵素には2つの回転モーターがある。1つはATPをエネルギー源として

回転するが、もう1つは細胞膜の間のイオンの流れをエネルギーにして回転している。ATPを分解する方を逆方向に無理やり回転させると、分解生成物からATPを合成することができるのではないかと考えた。実際にイオンの流れを使うのは難しいため、光のエネルギーを利用してモーターを逆回転させ、ATP以外にもいろいろな化合物をつくろうと試みている。

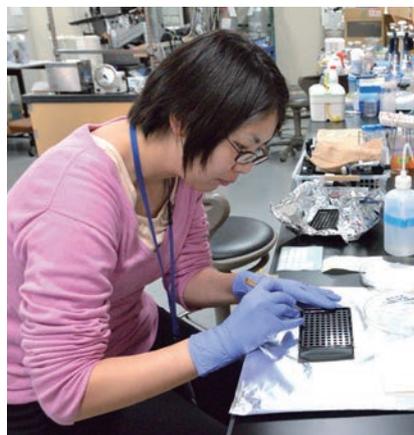
ナノサイズの実験にはさまざまな困難がある。対象が小さすぎて、リアルタイムに観察できる手段がなかった。そこで「1分子モーションキャプチャー法」を開発した。これは、分子のエネルギー変換のふるまいを顕微鏡で観察するもので、1ナノメートルの人工分子の回転運動を目印となる大きなビーズをつけて1個ずつ「見て、触る」ことに初めて成功した。

「将来的には、自分でデザインしたたんばく質を使って、分子マシンをどんどん改変していきたい。それにはCRESTで開発した装置が有効です」と続ける。装置には、改変した分子を1度に100万個も閉じ込められるため、そこから機能の良いものを効率的に選ぶことができる。

ナノデバイスの微細なくぼみは、ちょうど細胞と同じくらいの大さになっている。この中に遺伝子など細胞の中身を再現したら、人工細胞をつくることができるのではないかとひらめいた。分子モーターの仕組みを知る重要な研究基盤になる。将来的には分子マシンの性能を強化し、世の中にない分子をつくり出したいという。



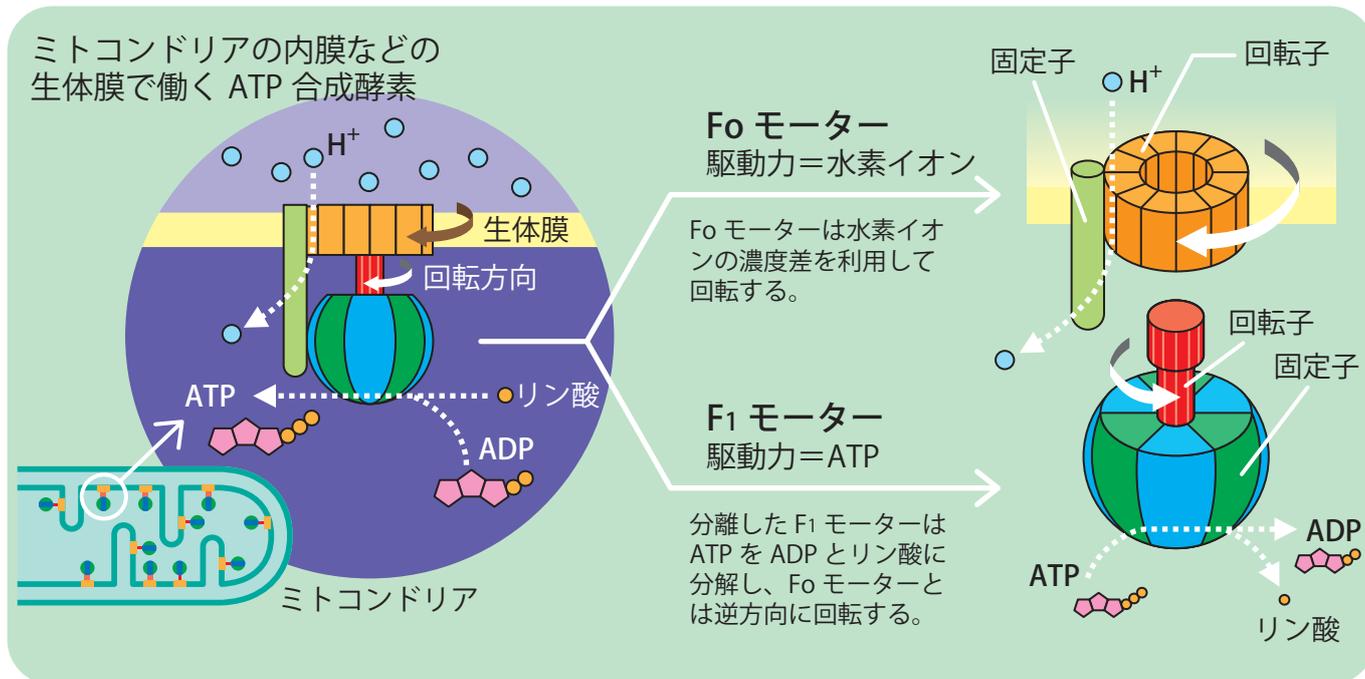
イギリスからの研究員のオリバーさんが持っているのが開発したナノデバイスだ。



汎用性のある枠に96個のナノデバイスを取りつけるアボットジャパンの小林さん。やがて量産化されるまでは、すべてが手作りだ。



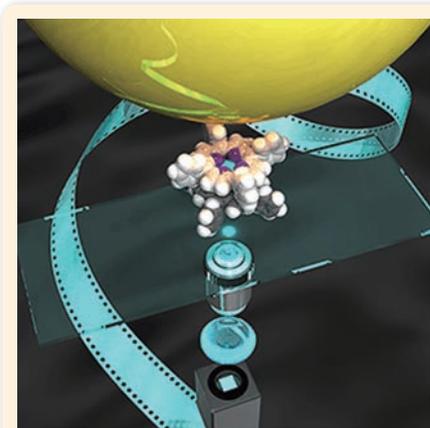
実験の内容を確認する技術スタッフの山内里紗さん。物質によって蛍光の色はさまざまだが、不思議な美しさがある。



ATP合成酵素の仕組み

直径・高さ10ナノメートル程度の2つの回転モーター (F1, Fo) が結合してできている。生体膜から突き出した部分がF1で、ATPをADPとリン酸に加水分解して回転する。一方、Foは膜に埋まっている部分で水素イオンの流れを利用して回転する。この2つのモーターは、互いの回転子と固定子とで結合して1つのATP合成酵素となるが、それぞれの回転方向は互いに逆向きである。細胞内では、強力な膜電位で動き始めたFoモーターが、F1を逆向きに強制回転しATP合成反応を進める。一方、膜電位が足りないときは、F1モーターがATPを加水分解してFoを逆回転させ水素イオンの能動輸送を行う。ミトコンドリアのATP合成酵素はバクテリアの細胞膜にあるものと似ており、ミトコンドリアが共生した頃には既にATP合成酵素があったことがわかる。この小さな酵素は少なくとも20億年はくると回り続けていることになる。

(図版：JT生命誌研究館 季刊『生命誌』43号「まわる分子との対話—ATP合成酵素のしくみを探る」を参考に作成)



1分子モーションキャプチャー法の概念図

分子の機械的な運動を可視化する手法を目印 (黄色) をつけた大きさ1ナノメートルの人工分子マシンに応用し、その回転運動を「見て、触る」ことに成功した。

面白いことを追求する

野地さんが研究者を目指したのは、小学生の頃に読んだ科学漫画の影響がある。主人公の博士が自然界の秘密をさぐるストーリーが楽しくて、科学者に興味を持った。特に印象に残っているのが、海から生命が誕生したというコアセルベートの話だった。有機化合物が集まってできる液状の小粒で、原始細胞体のモデルの1つだ。かつて、ソ連の生化学者のアレクサンドル・オーバーリンは、コアセルベートから最初の生命が誕生したという説を出した。

「いろいろな研究に首を突っ込こんでいるようですが、不思議なことに全部つながっています。自分が面白いと思うものを追求してきたら、それが少しずつコアセルベートに近づいてきました。子どもの頃の気持ち研究の根底にあるのでしょね」と笑う。

研究のモットーは「面白いと思ったこ

とをすること。集中力も高まります。たとえ回り道になっても、面白いこと、興味を持つことでの研究は、結局、問題突破につながります。若い人たちにも目先にとらわれず、興味のあることをどんどん進めていってほしいと思います」と締めくくった。



つくり付けの白木の本棚や家具が並ぶラボ。企業や他の研究室からの出入りも多いため、コミュニケーションが活発になる空間づくりを目指している。中でも野地さんのお気に入りには休憩室の大きな1枚板のテーブル。木の温もりに包まれる中で、議論も膨らみアイデアが生まれるそうだ。

明日へのトビラ

Vol. 21

認知症の患者を減らしたい!

高齢者の会話データで新しい予防法をつくる

認知症は加齢に伴う病気の1つで、脳の機能が低下すると記憶力や判断力に障害が起こり、生活に支障が出る。2010年時点で65歳以上の7人に1人が認知症で、予備軍も含めると全国で約820万人と推計される。このまま何も対策を講じなければ高齢化に伴い増加の一途をたどり、2040年頃にはピークを迎える。千葉大学の大武美保子准教授は、独自に開発した予防法とロボットの活用によって画期的な認知症対策に取り組んでいる。



よく話し、よく笑う、皆さんの娘さん姉妹。姉妹の会話に認知症予防のヒントを見つけようと研究を進めている。*



脳を効果的に働かせ、発症を減らす

「40年前（1975年頃）の55歳から64歳の総入れ歯の割合を知っていますか」。出し抜けにこんなことを聞いてきた。その答えは「5人に1人」。その後、歯みがきなど口腔ケアの大切さが理解されたために、30年後の2005年には、50人に1人と、10分の1に激減した。「この事実を知ったとき、私は認知症の患者数も間違いなく減らせると確信しました」と話す。

脳は何歳になっても、使い次第で機能の維持と向上が図れることがわかっている。もちろん、すべての認知症を予防できるわけではないが、日常生活の中で脳の働かせ方を工夫し、それを習慣化することで発症者数を大幅に減らせる可能性は十分ある。「発症者の割合を今後30年で10分の1に削減」を目標に掲げる大武さんは、「共想法」という予防プログラムを2006年に考案し、全国の介護施設などで高齢者を対象に実践研究を進めている。



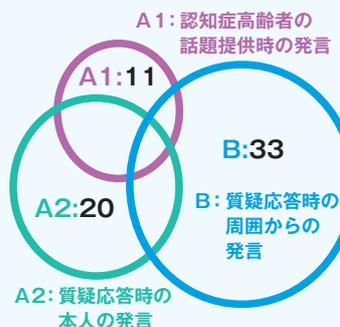
会話を分析し情報学で解決

共想法はテーマに沿った写真と話題を用意し、話し手と聞き手が交代しながらグループで語り合う。全員が「話す、聞く、質問する、答える」をバランスよくできるよう、システムが段取りをする。

認知症患者の特徴の1つに、「同じ話を何度もする」「昔話ばかりする」といった症状がある。共想法ではテーマに基づき、常に新たな話題を用意し、質問に対して適切な答えを返してもらう。こうした訓練を繰り返すことで、高齢者の認知機能が活性化し、予防につながるのだという。

大武さんの専門分野は人工知能で、知能ロボットの研究に取り組んできた。きっかけは、認知症の祖母との会話だった。「同じ話の“無限ループ”にはまっている祖母に、質問や別の話題を投げかけると、そこから抜け出せることを経験しました。そこで、認知症の予防や

会話で用いられた単語の集合



会話による相互作用で生み出される語彙の量を、集合論に基づき定量的に評価した。会話(A1→B→A2)で用いられた単語を、重複を考慮して図示したもの。A2に、A1やBと重ならない領域がある。双方向の会話により、最初の発言(A1)にも、周囲からの発言(B)にも含まれない新たな単語が用いられたことがわかった。

進行を抑制できる会話支援システムを考えたのです」と振り返る。

聞くことと話すことを情報の入力と出力ととらえ、会話における脳の情報処理モデルに着眼した。高齢者は外部との接触が減ることで、脳の情報処理機能が衰え、認知や記憶の機能が低下すると考えられる。共想法でバランスのよい会話を継続させられれば、認知症の発症と認知機能低下の進行が防げるはずだ。

「心理療法の1つでもある回想法は、思い出話をすることで脳を刺激する方法ですが、共想法は、思い出だけではなく常に新しい話題を探さなければいけません。これを繰り返すことが脳の訓練になります」。実際に健康な高齢者で実践してみると、会話に変化が見られ、認知機能の低下を防ぐ効果が見つかった。



1人1人に合った会話支援システムを目指す

実践研究のために2008年に介護予防施設内にNPO法人「ほのぼの研究所（千葉県柏市）」を設立、代表理事に就任した。参加者の平均年齢は75歳、最高齢91歳の男性が事務局長としてみんなで生き生きと共想法を実践している。

「施設内の活動だけでなく、まち歩き共想法という取り組みも始めました。高齢者は体力の低下から、どうしても外に出ることが減ります。まち歩きは社会とかがかわることで新しい世界に触れるため、





ほのぼの研究所での実践研究

設立当初から参加する最年長の長谷川多度(よしのり)さんは今年91歳。共想法を始めて8年、効果を実感しているという。



研究会の様子。参加者は健康な高齢者のほかに学生や介護施設のスタッフなど幅広く、毎回、活発な議論が繰り広げられる。



千葉大学 大武研究室の メンバー

集めた会話データを分析し、聞き上手のロボットを開発している。ロボットのパーツは、3Dプリンターなどで手作りしている。

脳を程よく刺激します」。

地域の役所や観光施設と相談しながら実践していくうちに、共想法を商品として事業化できないかと考えた。例えば、旅行会社と組めばノウハウを共有できるうえ、高齢化対策そのものが地域活性化や観光業界の広がりにつながり、相乗効果も期待できる。「活動を継続して広げていくには外部との協力が必要不可欠です。企業や他団体が実施できる仕組みを考えることが今後の課題です」と話す。具体的には、共想法のインストラクターを養成し派遣することなどが考えられるが、まずは実践を重ね、改善をしていきたいという。

2010年にはJSTさきがけ研究に参加し、活動の場が広がった。介護施設、病院、NPOと協力し千葉のほかに長崎、茨城、埼玉でも実施している。軽度認知症高齢者から要介護高齢者までさまざまだ。

各拠点での継続的な活動によって、高齢者の大量の会話データを収集できた。認知症予防に効果的な手法を探るため、このビッグデータの解析を進めている。特に、活発な会話を日常的に行う高齢者のデータから、認知機能の訓練につながる会話の特徴を明らかにし、個々の高齢者に適した会話支援システムの開発を目指す。「共想法を改良し、最も効果的な支援を提供したい。そのために、効果測定法の開発も進めています」。

ロボットには音声認識機能を装備し、言葉に対応して相づちを返すように設定した。カメラを取りつけて話し手の表情から笑顔を検出して一緒に笑う機能も搭載した。会話を盛り上げながら発話量のバランスをとることもできる。

「ロボットが笑うことで、会話中の笑いが増えることが確認できました。楽しい会話が認知症予防に効果を発揮するかどうかの検証も含め、会話と認知機能との相関関係を定量的に明らかにしていきたいです」と意気込む。

過去には日本に次ぐ長寿国であるスイスの連邦工科大学チューリッヒ校の客員研究員も経験した。そこで「高齢者がいつまでも質の高い生活を送るための方法や哲学」を学んだ。これまで医療分野の課題と考えられていた認知症の問題に、人工知能による方法が有効であることを示した。一方、会話を徹底的に集めて実際の人間に学ぶ姿勢は、情報や工学分野では必ずしも重要視されてこなかった。「機械と人が好き」という大武さんだからこそそのアイデアといえる。

「近い将来、どこでも簡単にできる手軽で身近な認知症の予防法を開発し、患者を10分の1に減らしたい。高齢化は日本だけの問題ではありません。認知症予防産業を日本で興し、世界中の人々が、高齢者になっても質の高い生活を送れる社会を多くの方と協力して実現させたいと思っています」と志は高い。



ロボットで予防する

2012年にテレビ局から変わった依頼が飛び込んだ。「ご長寿双子姉妹『きんさん・ぎんさん』の故・蟹江ぎんさんの4人の娘さんたちの会話が面白い。認知症予防のヒントが隠れていそうなので、会話を分析してもらえないか」。

姉妹の会話はテンポよく切れ目なく続き、一人が話すと相づちや笑いで反応する。情報の入出力のバランスがよく、毎日の会話で認知機能が鍛えられていることがわかった。

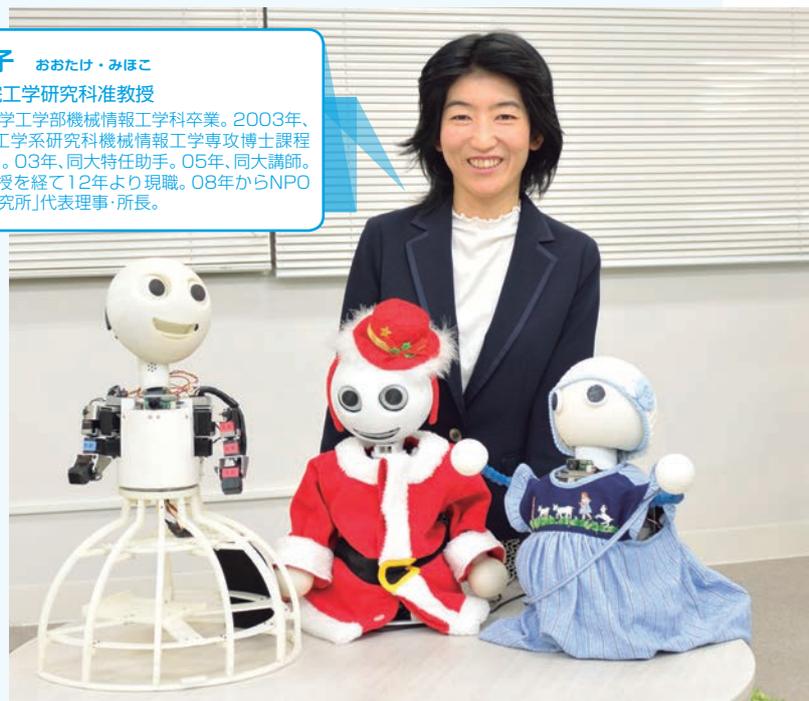
「取材当時、平均年齢は93歳。毎日4人で3時間、大笑いしながら会話を楽しんでいました。私は彼女たちから、ギャグのセンスなども含め、実に多くのことを学びました」と言う。そこで姉妹の茶飲み話を参考に、会話が弾むよう手助けのできるロボットを開発した。

ロボットの「ほのちゃん」と。左側から2号機、3号機、1号機。最新の3号機は、カメラが話し手の表情を認識してぎんさんの娘さん姉妹の声を模した笑い声で場を盛り上げる。

大武 美保子 おおたけ みほこ

千葉大学大学院工学研究科准教授

1998年、東京大学工学部機械情報工学科卒業。2003年、東京大学大学院工学系研究科機械情報工学専攻博士課程修了。博士(工学)。03年、同大特任助手。05年、同大講師。06年、同大助教授を経て12年より現職。08年からNPO法人「ほのぼの研究所」代表理事・所長。





TOPICS

NEWS 1 話題

革新的先端研究開発支援事業「がん治療標的探索プロジェクト」

がん研究で「イノベーター・オブ・ザ・イヤー」受賞

2014年12月2日、世界のがん研究にイノベーションをもたらした東京大学大学院医学系研究科の間野博行教授が第1回「イノベーター・オブ・ザ・イヤー」を受賞しました。同賞は、日本の健康・医療政策の推進や健康寿命進展の実現に多大な貢献が期待される業績を挙げた個人に贈られます。

間野さんは、各がん種の本質的な発がん遺伝子を発見する方法を開発できれば、その遺伝子の機能を抑えることでより安全で有効ながん治療薬である「分子標的薬」の開発につながるとの仮説を立てました。そして肺がんの患者さんのがん細胞から直接発がん原因遺伝子を探索する独自の解析手法を開発し、新しい肺がん遺伝子EML4-ALKを見つけました。

この成果に基づいて、ちょうど米国で臨床試験中だった胃がん治療薬「クリソチニブ」がALK阻害活性も持っていたので、EML4-ALK遺伝子を持つ肺がん患者に投与したところ約60%の患者さんでがんのサイズが縮小し、既存の薬と比較して顕著に高い効果が示されました。これを受け米国では、遺伝子発見からわずか4年で抗がん剤として承認され、世界最速で患者さんに届けることにつながりました。

引き続き研究加速課題の「新規がん遺伝子同定プロジェクト」では「肺がんの薬剤耐性原因を解明」「新しい肺がん遺伝子RET、ROS1を発見」「新しい横綱がん遺伝子RAC1を発見」など次々と大きな成果を挙げました。EML4-ALK肺がん



左から日本病院会の塚常雄会長、メルク社（MSD株式会社の本社）のケネス・C・フレーザー会長兼社長兼CEO、間野夫妻、地域医療振興協会の高久史磨会長。「イノベーター・オブ・ザ・イヤー」は一般社団法人日本病院会、公益社団法人地域医療振興協会、MSD株式会社の3団体の共催。

の薬剤耐性解明に関わる成果に基づいて開発された抗がん剤「アレクチニブ」は、93.5%の患者さんでがんのサイズが縮小するという驚異的な効果を示し、2014年7月に日本で承認を受けて患者さんに届けられています。

現在、革新的先端研究開発支援事業に採択され、「臨床上有用な治療標的の発見」を目的としたプロジェクトで優れた成果を挙げ続けています。



NEWS 2 研究成果



戦略的創造研究推進事業 チーム型研究（CREST）

「元素戦略を基軸とする物質・材料の革新的機能の創出」研究領域
研究課題「ネオジム磁石の高保磁力化」

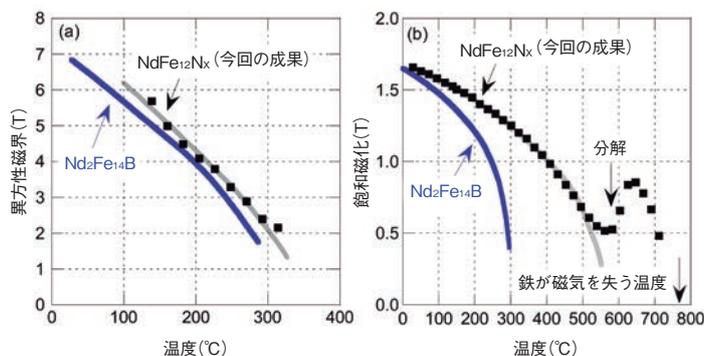
ネオジム磁石を超える可能性を持つ 磁石化合物、現る！

過去32年間にわたって世界最強の磁石として知られてきたネオジム磁石と、同等以上の磁石になりうる新しい物質が見いだされました。この新物質の合成に成功したのは物質・材料研究機構（NIMS）ほののかずひろの宝野和博フェローらのグループです。

ネオジム磁石は携帯電話やハードディスクなどで広く使われ、最近ではハイブリッド自動車のモーターとしても使用量が急増しています。その材料はネオジムと鉄、ホウ素の化合物ですが、モーターでの使用など磁石の温度が上がる場合、耐熱性を上げるためにジスプロシウムも加えられます。ジスプロシウムやネオジ

ムなどのレアアースは、産出国が偏っているというリスクがあり、ジスプロシウムは資源量自体が少ないという問題があります。

今回、宝野さんらのグループはネオジムと鉄、窒素でできた化合物（NdFe₁₂Nx）の薄膜を合成しました。この新物質はさまざまな温度でネオジム磁石の原料となっている化合物（Nd₂Fe₁₄B）より磁力を保つ性能が優れており、加熱した際にネオジム磁石の原料より200℃以上も高



ネオジム磁石の材料(Nd₂Fe₁₄B)と新開発材料(NdFe₁₂Nx)の磁石としての強さの温度依存性。

い約550℃になるまで磁石としての性質を保ち続けることがわかりました。

新開発の化合物で磁石をつくることができれば、値段の高いホウ素や希少なジスプロシウムを使う必要がありません。また、ネオジムの使用量も質量比で現在の27%から17%に減らすことができます。ただし、この新物質で実際に磁石を作成するにはまだいくつか乗り越えるべき課題もあります。



戦略的創造研究推進事業 個人型研究（さきがけ）「藻類・水圏微生物の機能解明と制御によるバイオエネルギー創成のための基盤技術の創出」研究領域
研究課題「循環型エネルギーを利用した硫酸性温泉紅藻によるレアメタル回収システムの開発」

温泉にすむ紅藻類がレアアースを 高効率で回収

レアアースと呼ばれる希少金属は、ハイブリッド自動車のモーターや超強力磁石材料、光学ディスクなどに使われており、先端産業での需要が年々増えています。資源リスクや環境負荷低減のためにも、レアアースのリサイクルは重要な課題です。リサイクルするには、鉄や銅などの金属が大量に含まれる酸性廃液中から、微量にしか含まれないレアアースを高効率で選択的に回収しなければなりません。しかし、コストや回収効率の問題から実用化に至っていないのが現状です。

化学薬品やイオン交換樹脂を利用するよりもコストが安く、環境への負荷も少ない回収方法として、微生物による方法が検討されています。これまでに提案さ

れている方法は微生物の細胞表面に金属を吸着させるのですが、複数金属が含まれていると回収効率が低くなり、さらに酸性条件では回収効率が大幅に低くなるという問題があります。

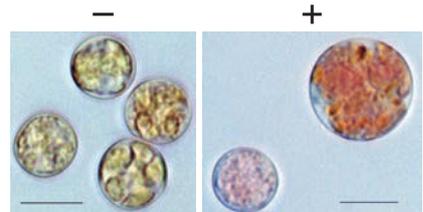
そこで筑波大学生命環境系の蓼田歩助教らは、硫酸性温泉に生息する紅藻に着目し、培養条件を変えてレアアースのうちのネオジウム、ジスプロシウム回収について検討しました。その結果、一定の条件下でこれらのレアアースを高効率で回収できること、培養条件やpHによってレアアースの選択性を高められることを見いだしました。

また今回の方法では、微生物で広く知



実験した紅藻は5つの異なる培養条件に適應する。

25ppm Nd(III), Dy(III), La(III), Cu(II)



レアアースと銅を回収した培養条件⑤の細胞は、アリザリンレッド染色により細胞内部が赤く染まる。

られる細胞表層での金属イオンの吸着とは異なり、細胞内部で金属が蓄積されていることが確認されました。

この成果は、レアアースを高効率・低コストで回収する新しいリサイクル技術の開発につながるものと期待されます。



戦略的創造研究推進事業 個人型研究（さきがけ）「細胞機能の構成的な理解と制御」研究領域
研究課題「構成的アプローチによる植物の生物時計の組織特異的な役割の解明」

植物でも組織ごとに体内時計の働きが異なる

約24時間周期のリズムを生み出す仕組みを体内時計といいます。動物では組織ごとに体内時計の機能が異なりますが、植物でも組織ごとに体内時計の機能が異なるのははっきりしていませんでした。植物の細胞は動物の細胞とは異なり、細胞同士が細胞壁によって固く接着しているため、狙った組織だけを取り出すことが困難であったからです。

京都大学大学院の遠藤求助教らは狙った組織だけを取り出す新たな手法を開発し、植物でも組織によって体内時計の機能が異なっていることを明らかにしました。

遠藤さんらは、体内時計の解明が最も進んでいるモデル植物であるシロイヌナ

ズナを用い、葉全体、葉肉組織、水や養分を運ぶ導管である維管束組織の体内時計の働きを測定したところ、葉全体と葉肉ではよく似ているのに対し、維管束では、葉全体や葉肉とは大きく異なっていました。また、維管束で体内時計を阻害すると葉肉での働きも阻害されるのに対し、葉肉で体内時計を阻害しても維管束に影響ありませんでした。さらに、維管束の体内時計を

阻害すると花が咲くのが遅くなる一方、葉肉や表皮での働きを阻害しても開花時期に影響しないこともわかりました。こうしたことから、植物の体内時計では維管束が非常に重要であることが示されました。

今回の成果により、植物の組織レベルでの解析の進展や、体内時計により植物の生長を調節する手法の開発などが期待されます。



特定の組織で体内時計を阻害した系統

維管束の体内時計を阻害すると顕著に花が咲くのが遅くなる。

さきがける 科学人

Vol. 33

戦略的創造研究推進事業(CREST)「生命動態の理解と制御のための基盤技術の創出」領域
研究課題「革新的1分子計測技術によるRNAサイレンシング機構の可視化:基盤作出と応用展開」

熱い思いを抱いて 未知の世界へ飛び込め!



ノーベル賞学者に売り込む

大学時代から「博士課程に進んで研究者になる」と周囲に公言していました。学者の父や祖父の血を受け継いだからかもしれません。当時は、生命活動の解明を目指した1分子計測がブームで、以来14年、1分子・1細胞計測の研究に携わっています。

「本場アメリカでぜひ研究したい!」。そんな思いから、スタンフォード大学のスティーブン・チュー教授(1997年度ノーベル物理学賞受賞)にいきなりメールを送りました。日本人の常識ではいささか失礼にあたるかもしれません。しかし、幼い頃から父親に「できることはやりなさい」と教わっていました。催促のメールを送ったところ、返事をいただきました。「推薦文を送ってくれ」、「トークをしに来てくれ」と。早速渡米し、チュー先生と、そこで紹介された研究室へ自分を売り込みに行ったのです。英語は上手とはいえませんが、どこも歓迎してくれました。結局、チュー先生が求めている専門技術を私が持っていたことも幸いして先生のラボに採用さ

ドライブは今でも趣味の一つ。アメリカ留学中は、余暇を利用して渓谷美で有名なヨセミテ国立公園にも出掛けた。



恩師、スタンフォード大学のスティーブン・チュー教授とツーショット。教授はレーザー冷却の研究でノーベル賞を受賞した。

れ、たんぱく質合成の場となるリボソームの1分子計測に取り組みました。

大切なのは積極性

チュー先生はとても多忙で、不在がちでしたが、ラボには12カ国から一流の研究者が集まっていました。いま何が重要で、何が最先端か、何が問題で、自分は何をすべきか。5年、10年先にはどうなっているか、いつも熱い議論をしていました。留学で得たヒントは研究の原点となる貴重なものです。

「どこまで準備すれば留学できますか」と学生からよく聞かれます。大事なことは「自分がやりたい」という強い気持ちです。日本人はおとなしくて受け身タイプの人が多いと思います。みんないいものを持っているので、もっと正当に評価されるべきですね。

そのためには自分の研究の位置付けを広い視野で見つめ直して積極的にアピールし、うまく構成してほかの人に伝える能力を磨かなければいけません。それで自分の良さを何倍にもできるのです。

誰もやっていないことをやる

技術は使い方次第でいかようにも力を発揮します。誰もやっていないことに使

うえむら・そうたろう

1977年、福岡県北九州市生まれ。2004年、早稲田大学大学院理工学研究科生命理工学専攻博士課程修了。博士(理学)。04年~06年および09年~11年、スタンフォード大学に博士研究員として2度留学し、スティーブン・チュー教授(ノーベル物理学賞受賞・前米国エネルギー省長官)とジョセフ・ブグリシ博士の指導を受ける。東京大学大学院薬学系研究科助教、JSTさきがけ研究者、理化学研究所ユニットリーダー、チームリーダーを経て、14年4月より現職。趣味はドライブ、散歩など。

●上村さんの詳しい研究内容を知りたい方はこちらへ

http://www.biochem.s.u-tokyo.ac.jp/uemura-lab/japanese/home_ja.html
<http://www.jst.go.jp/kisoken/crest/project/35/14532052.html>

えばブレイクスルーも起こせるはずで。私が注目したのは1分子レベルでリアルタイムにDNAの塩基配列を読み取る1分子DNAシーケンサーです。1分子計測の技術研究に長く携わっていたので、その原理から問題点まで、かなりのことはわかっていました。「シーケンサーとして使うだけではもったいない!」と気付いたのが2008年。新しいアイデアには妙に確信がありました。

「誰もやらないならば自分がやろう」と、2度目の留学先としてスタンフォード大学のジョセフ・ブグリシ博士のもとに移りました。教科書に載っていても、実際には誰も見たことがなかったたんぱく質の合成過程を、1分子レベルで初めて可視化し、未知の現象を発見しました。これが私の最大のブレイクスルーです。

最先端の研究現場ではテーマや人が次々に入れ替わります。私も新しい発想で新しい風を入れ、世界最先端のトークが飛び交う自由闊達な研究室を作りたいですね。

東京大学大学院
理学系研究科
生物科学専攻
1分子遺伝学研究室
教授

上村想太郎



TEXT: 池上紅実 / PHOTO: 浅賀俊一
編集協力: 東美貴子 (JST CREST担当)



JST news
2015/January

発行日/平成 27 年 1 月 5 日
編集発行/独立行政法人 科学技術振興機構 (JST) 総務部広報課
〒102-8666 東京都千代田区四番町 5-3 サイエンスプラザ
電話/03-5214-8404 FAX/03-5214-8432
E-mail/jstnews@jst.go.jp ホームページ/http://www.jst.go.jp
JST news/http://www.jst.go.jp/pr/jst-news/



最新号バックナンバー