

[特集]

**生物の多様性に学ぶ
イノベーション**

生物模倣から生物規範工学へ

東北大学 原子分子材料科学高等研究機構

下村政嗣

[AIMR in the world]

生体組織工学分野における若き天才

Ali Khademhosseini

[巻頭インタビュー]

「まず師を選べ」

世界から認められるために必要なこと

根岸英一

パデュー大学特別教授 / AIMR国際アドバイザーボードメンバー

[New Staff]

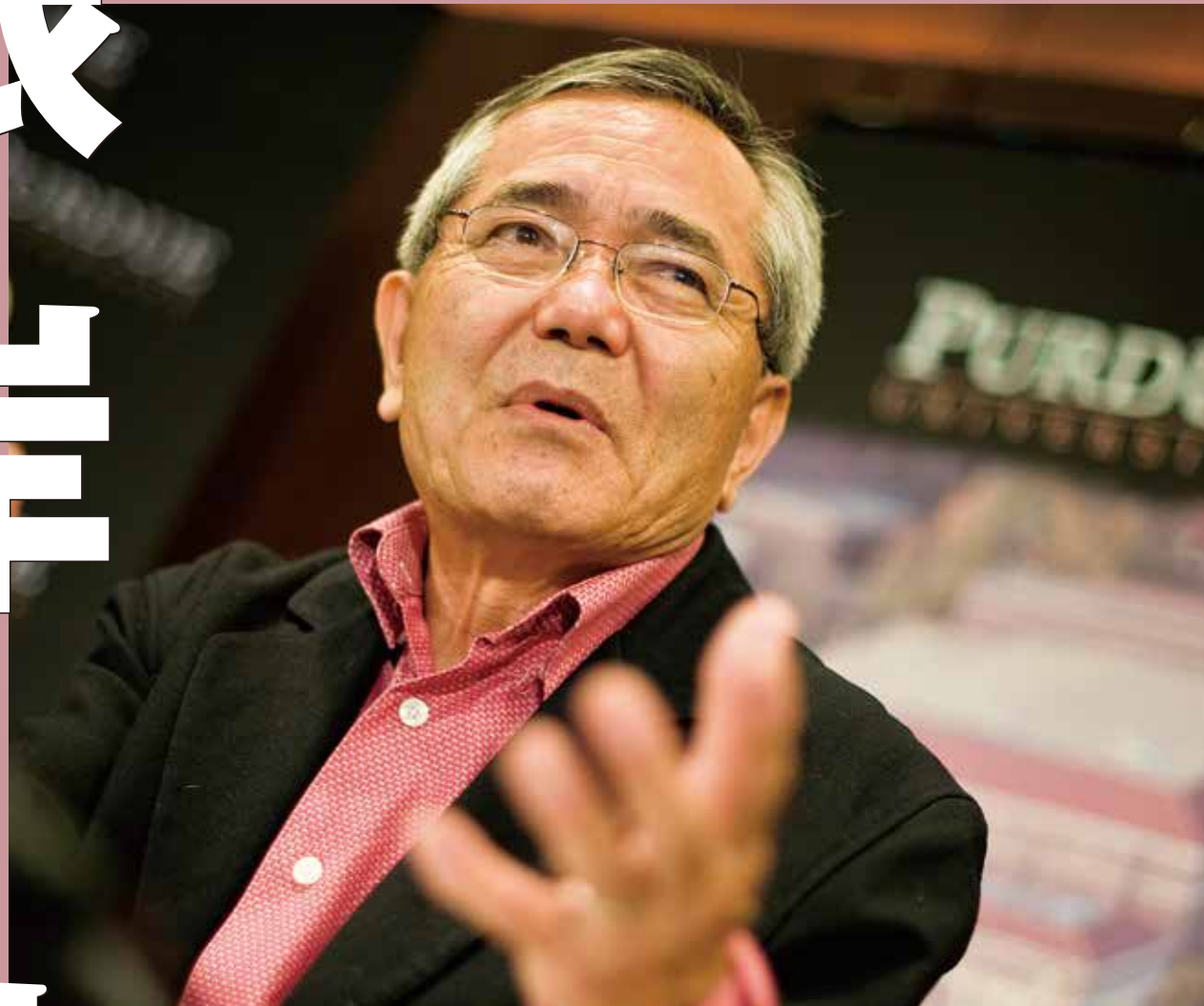
ブノワ・コリンズ

根岸

Ei-ichi
Negishi

パデュー大学特別教授 /
AIMR国際アドバイザー
ボードメンバー

英



「**まず師を選ぶ**」
世界から認められるために
必要なこと

2010年にノーベル化学賞を受賞した根岸英一、
パデュー大学特別教授。25歳の時、
大学院生として米国に渡った。以来50年以上、
米国の大学で研究を続けている。
ノーベル賞受賞後も精力的に研究を続ける、
その飽くなき研究への情熱の源に迫りながら、
世界にインパクトを与える研究を行うために
必要な考え方、世界から優秀な人材が集まる
国際的な研究所であるための条件とは何かを探る。

「海外に出ること、それ自体が重要なわけではありません。」
世界に認められる研究者となるためには、やはり海外に出て研究すべきなのか。その問いに対する答えを聞いて、はじめは意外に感じた。それは、日本の大学の閉鎖性や、若いうちから海外に出ることの重要性を、根岸教授が自身の経験を踏まえて訴えているのを様々な媒体で目にしたことがあったからだ。ただもちろん、この言葉は海外に出ることを否定しているわけではない。広い視野を身につけるには、やはり一度は海外に出るべきだという。その上で本当に重要なのは、身につけた広い視野を持って、自らの進むべき道を世界レベルで選択することだと指摘する。
「研究者として一流を目指すなら、進学先や就職先は、国を選ぶのではなく、まず師を選ぶべきです。そしてその師は、世界最高のレベルの人であること。これが重要だと思います。もし師を選ぶ時、自分のやりたい分野で世界トップレベルの人が日本にいたら、進む先は日本でいいのではないのでしょうか。」
世界レベルで仰ぐべき師を選ぶことの重要性を訴える姿。そこからは、25歳で海外へ出た経験と、そこで出会った生涯の恩師、ブラウン教授から学んだものの大きさが感じられる。

思い切って飛び出して、 そして出会った生涯の恩師

ブラウン教授との最初の出会いは、大学院生として留学していたペンシルベニア大学の講演会でのことだった。
東大卒業後、現在の帝人株式会社へ入社し、いったんは社員として有機合成の研究を行っていた。しかし、研究を進めていく中で、有機合成に関するより深い知識の必要性を感じるようになる。そんな時に、米国ペンシルベニア大学への留学の機会を得る。当時はまだ英語を話す経験も少なく、海外へ行くことに不安は当然ある。しかし、それよりも期待のほうがはるかに強かった。「子供の頃から無鉄砲でした」と笑って、こんなエピソードを明かす。
「5歳か6歳の頃に、スケート靴を姉と私を買ってもらったわけです。それにはこう、(エッジに)カバーが被っているじゃないですか。そのまま、家の中を歩いているわけですよ。そのうち「こんなもの、なんでもないや、大丈夫だ」と自信がついているわけです。いよいよ氷が張られて、もう勇んでカバーを外して氷の上に乗った途端、ステーション(転んで)洗礼を受けました。あれなどはいま思い出しても、まさに私です(笑)」
大人になっても変わらない。40歳のころ、初めて行ったスキーで、降り方も分からずにひとりでリフトに乗った。スケートはすっかり得意だったので、スキーはスケートと本質的には似たようなものだからと乗ってはみたものの、降りる瞬間は確かに怖い。「これで足でも折れたら、どうなるのかなと一瞬思いました。そ

れでも決死の覚悟で降りたら案の上、転びました(笑)。そういう調子ですかね。」
しかし、ただ飛び出して失敗するだけでは終わらない。スキーもスケートも、熱中して繰り返すうち、どちらも自分のものにしてしまう。それは留学先でも同じだった。英語を必死に勉強し、有機化学の体系的な知識を身につけ、テストでは誰にも負けない成績をとった。
そんな中、後に生涯の恩師となるブラウン教授の講演を聴いた。ホウ素を使った新しい合成方法を説明するその講演内容に感銘を受け、研究者として有機金属合成の分野へ進むことを強く意識するようになる。ペンシルベニア大学での留学を終えて、一度は帝人に戻った根岸教授だが、基礎研究への情熱は断ちがたく、ブラウン教授を師と選び、再び海を渡る。

ブラウン教授から学んだ失敗を追求する大切さ

1966年、根岸教授は博士研究員としてパデュー大学ブラウン研究室へ着任した。その後、ブラウン研究室で6年を過ごすことになるが、そこでの時間が、のちの研究に大きな影響を与えることとなる。
「研究で問題に取り組むときに、まず重要なことは、過去の研究成果を参考にしながら、なにかもっとよい方法はないかと頭の中で徹底的に追及していくことです。そのとき、論理性が非常に重要で、論理を突き詰めて考えることで、自分だけのよい発想につながるのです。」
発想が出たら、次はその発想を実験で試してみる。しかし、発想通りのことが起きるのは非常にまれで、ほとんどの場合、思い通りに実験が成功することはない。実験がうまく行かないか、それ自体はさほど重要ではない。実験がうまくいかない時にどうするか、それこそが重要だと、ブラウン教授から学んだ。「実験というものは、今まで誰もやったことがないようなことをやるわけですから、小さな失敗というのはいっぱいあります。そのときに、ブラウン先生から、真実は何なのかと徹底的に追及することを教わりました。つまり、実験が失敗したのは、実験計画が悪いからうまくいかないのか、計画はいいが、自分が何か失敗して、水分が入ってはいけないのに水が少し入っていて試薬が駄目になっていたとか、そういった諸々の原因でうまくいかないのか。この2つを区別することを、ブラウン先生はものすごく厳しく追及します。」
系統的な探索法と呼ばれるその手法を、ブラウン教授から徹底的に叩き込まれた。
「ダメなときは、必ず1つ戻ります。直前にうまくいった実験のセッティングまで戻るわけです。そして、今度は別の新しい因子を1つだけ入れます。これがうまくいかなければ、新しく入れた因子が悪い、ということが初めて言えるわけです。非常に手堅い

ですけれど、論理的ですよ。でも、サイエンスというのはやはり論理が非常に重要なのです。」

論理的に考えること、そして実験を失敗した原因を徹底して追求する、その繰り返しが、根岸カップリングをはじめとする様々な成果につながった。

「発想の面では私は決してブラウン先生に劣っていないと思っています。むしろ、私のほうが上かと思うのです。だけど、実験を進める上での手堅さに掛けては、ブラウン先生はほぼ完璧です。ブラウン先生のもとでも私もその手堅さを身につけることができました。研究はどちらかだけではダメですね。発想だけでもダメだし、手堅さだけでもダメなのです。」



過去のがんばりが支え

ブラウン研究室での6年の研究生生活を経て、1972年、シラキュース大学へ助教授として着任する。そこで根岸教授は、劣等感に苛まれたと言う。

「化学科には20数人の同僚がいましたが、どの方を見ても、英語はネイティブだし、出身大学を聞くと、ハーバードだ、イェールだ、コロンビアだ、ペンシルベニアだとか、名門校ばかりです。だから、どう考えてもこの人たちは自分よりインテリだなと。自分がおそらくインテリジェンスでは一番下の人間かもしれないな、と思いました。」

そこで根岸教授を支えたもの。それは高校時代のことだった。中学を出るまでは遊ぶこと一点張りで、教室以外では勉強しなかった。それでもよい成績を取り続けられたが、高校1年のとき、初めて壁にぶつかる。1年終了時の席次が学年約400人強の中、123番だった。

「1、2、3というのは今でもはっきり覚えていますよ(笑)」

そこで気持ちを切り替える。教室以外では勉強しなかったのに、まだ下に300人近くもいるじゃないかと。元来、教室では真剣に授業に取り組んでいたが、そこからは授業以外の時間も勉強に割くようになった。

「やみくもに勉強するようになりました。朝早く起きて、ちょっと家で勉強して、学校に1時間ぐらいい早く行って図書室で予習などしていました。」

授業に加えて教室外での猛勉強も加わり、模擬試験で何回かトップをとるなど確実に成果をあげ、1953年に東京大学へ入学。この体験がシラキュース大学時代の根岸教授を支える。

「高校の頃を思い出して、あのときも劣等感に苛まれたけれども、気持ちを入れ替えてやったらなんとかなった。だから、今度も「石の上にも三年」という気持ちでやったら、3年後にどうなっているか。それで駄目だったら、また方向を変えよう、と思いました。」

挑戦し、実績を作り、それが自信となり、新たな挑戦へと取り組む勇気を与えてくれる。

「3年経ったら、あんなに優秀に見えていた同僚が、誰も競争相手にならない。どうしてなのだろうと、そう思うようになりました。」

発想だけでは10セントの価値もない

1979年、教授としてパデュー大学へ戻る。76年にはじまる根岸カップリングの発見、他数々の業績をあげ、2010年にノーベル化学賞を受賞した。

根岸教授は現在、人工光合成に関するプロジェクトを進めている。ノーベル賞受賞という研究者にとって最高の賞を獲得し、75歳を過ぎてなお、新たな研究プロジェクトを進めていく、そのモチベーションは何なのだろうか。

「それはやはり、研究が本当に面白いということです。研究というのは、うまくいったらこんなに面白い趣味は他にはめったにありません。」

研究が面白いと、いろんな発想が出てくる。実験やデータを元に、本当に自分だけの「発想」に行き着く。頭の中で自分だけの発想を出す。ただ、どれだけよい発想に行き着いても、それはまだ研究の半分以下で、頭の中であたためているだけであつたら、それはほとんど全く価値がないと言い切る根岸教授。

「私は常々、「Idea is everything, but idea alone is not even worth a dime」と言っています。素晴らしいアイデアでも、アイデアで留まっているうちは10セントの価値もありません。私の場合、いろいろな発想が出てくると、それをとにかく形にたくてしょうがないのです。これが研究を続けるモチベーションです。」

国際的な研究機関とは

海外へ出て視野を広げ、最高の師を選び、論理的な発想を系統的な実験で確かめることで、画期的な成果を挙げてきた根岸教授。自身はアメリカで生涯の恩師を見つけたが、自分が進みたい分野で世界トップレベルの研究者が日本にいれば、進む先は日本でいいという。そこで根岸教授に、現在の日本の研究機関の印象を聞いてみた。

「全体的なレベルは世界に近づいていると思います。ただ、やはり欧米に比べ、「図抜けたトップ」が少ないのではないのでしょうか。」

図抜けたトップが少ない。それは従来の日本のシステムに問題

があつたのでは、という。

「日本ではかつて、年功序列の考え方が大きく、若くて優秀な研究者を教授のポジションで獲得しようとする強い反対にあうという例が多くありました。そうやって日本のシステムにはじかれてしまった若手が、海外の大学、特に米国の大学で教授職に就く。これでは「世界の中でのトップクラスの人が日本にいる」という状態を作ることはできないと思います。」

現在日本では、このような状況を改善すべく様々な取り組みが行われており、特にAIMRをはじめとしたWPIプログラムでは、優秀な研究者が世界中から集まってくるよう、旧来の日本的なシステムの改革を行っている。根岸教授は、AIMRの取り組みは素晴らしいものに巣立ちつつあると高く評価しつつ、旧来のような年功序列の考え方ではなく、非常にフェアな判断に基づいて、1人でも多くの優れた個人を育てることが、世界から認められる国際的な研究機関となるためには一番重要なことだと指摘する。

「非常に優秀な若手研究者がいたときに、「出る釘は打たれる」のではなく、さらに伸ばすように、採用を含めてサポートすべきだと思います。もちろん、競争は競争で大切だと思います。ただしフェアな競争でなければなりません。」

また公用語を英語にし、事務を含め、英語でのトータルサポートを行うなどの国際化への取り組みに対して、根岸教授は大きくうなずき、次のように想いを述べた。「そうした取り組みをやらなところは脱落すると思っています。英語はもはや、米国語でもないし、英国語でもない。今や世界語なのですから。」

個人が世界の中から進学先や就職先を選択する国際的な感覚を身につけること。そして組織が、英語を公用語とし、フェアな採用と競争によって優秀な若手をサポートする場であること。この2つを実現することが、世界から認められる条件なのだ。



根岸 英一 *Kenji Nagata*

1935年中国旧満州長春生まれ。東京大学工学部卒業。パデュー大学助手、シラキュース大学助教授および准教授を経て、79年よりパデュー大学教授。'99年より同化学科特別教授。理学博士。2010年、鈴木章氏、リチャード・ヘック氏とともに、ノーベル化学賞受賞。

01 巻頭インタビュー

根岸 英一

「まず師を選べ」

世界から認められるために必要なこと

05 特集

生物の多様性に学ぶイノベーション

生物模倣から生物規範工学へ

東北大学 原子分子材料科学高等研究機構

下村政嗣

08 Event Report

- Keep Curiosity,

Keep Creativity

- 片平留学、再び

NEWS & INFORMATION

- 栗原教授、IUPACより

"世界の卓越した女性化学者"に選出

- 一杉准教授

ゴットフリード・ワグネル賞受賞を受賞

- 幾原教授と相馬助教、

文部科学大臣表彰を受賞

09 AIMR in the world

Ali Khademhosseini

13 材料科学コラム

「ちょっと寄り道 MATERIALS」

14 New Staff

ブノワ・コリンズ



生物の多様性に学ぶ イノベーション

生物模倣から生物規範工学へ

東北大学
原子分子材料科学高等研究機構

下村政嗣
||
文



動物園が経済予測!?

イギリスの経済紙ファイナンシャル・タイムズが、2011年8月12日にオンライン版に掲載した記事で、米サンディエゴ動物園が行った経済予測を紹介している。動物園が経済予測を発表するなんて何かの間違いじゃないか、とか、ただの動物園の収支報告じゃないのか、と思うかもしれないが、れっきとした経済全体の動向に関するレポートだ。そのレポートの中では、ある技術が「15年後に年間3000億ドルの米国国内総生産、2025年までに160万人の雇用をもたらす」と予測し、さらその技術は「環境やエネルギーなど、今、人類が抱えている問題を解決することができる」と報告している。このレポートを評してファイナンシャル・タイムズは、「産業革命に匹敵するパラダイムシフト」とまで言っている。世界的な経済紙をしてここまで評された技術、しかも動物園によって報告される技術とは、いったい何であろうか。それは他ならぬ、バイオミメティクス(Biomimetics)、日本語で「生物模倣」と呼ばれる技術である。

古くて新しい「生物模倣」

生物模倣とは、読んで字のごとく生物を模倣して新たな技術や材料を開発することだ。この技術、実は古くから身近な材料に応用されており、その1つが面状ファスナーと呼ばれるものだ。ヨーロッパではベルクロ、日本ではマジックテープという名で知られるこの商品は、1940年代にスイス人、ジョルジュ・ド・メストラルによって開発された。彼は、表面をイガで覆われているゴボウの実が、服や動物の毛に張り付く様子を見てひらめきを得る。そしてイガの形を模倣することで、何度も貼付けたりはがしたりできるファスナーの開発に成功した。50年代後半には、米国人科学者オットー・シュミットが、イカの神経システムを模倣してノイズを除去する電気回路を作った。このシュミットの提唱により、生物の機能を応用したこのような技術開発は「バイオミメティクス」と呼ばれるようになった。

その後、人工筋肉の発明や、コウモリの反響定位を模倣したソナーの開発など、化学や機械工学の分野で生物模倣によるさまざまな技術開発がなされた。日本においては、新幹線の高速度化に生物模倣技術が大きく関わっている。新幹線の高速度化で問題になるのは空気の抵抗によって生じる騒音だ。スピードが

上がれば抵抗も増え、騒音も大きくなる。特にトンネルでの騒音と、車体から飛び出て電線と接触しているパンダグラフによる騒音が大きな問題となった。そこで、水の中に飛び込んで餌をとるカワセミのくちばしの形を模倣して先頭車両をとがった形とすることで、トンネル進入時の抵抗を減らし、騒音を低減することに成功した。また、餌となる小動物に気づかれないよう静かに飛翔するフクロウの風切羽の構造をパンダグラフに適用することで、防音効果を得ることができた。これらはともに、生物の持つ特徴的な形と、そこからもたらされる機能を応用する「バイオミメティクス」の事例として広く知られている。

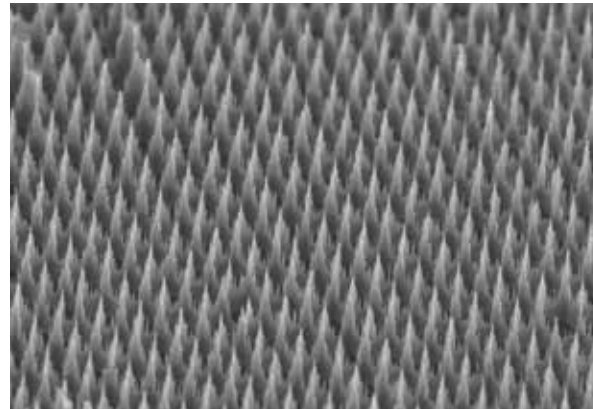
2000年以降、材料研究の分野において生物模倣研究が注目を集めるとともに、その実用化の動きがはじまりつつある。たとえば、蓮の葉が持つ超撥水性を模倣して、化学物質テフロンを使わない撥水材料の開発に成功した。この開発成功には2つの要因があり、1つは電子顕微鏡の普及により、蓮の葉の表面に微細な凹凸があることが分かったこと、もう1つはナノレベルでの小



蓮の葉と蛾の目が持つ超撥水性を模倣して開発された撥水材料

さな凹凸を再現できる微細加工技術、いわゆるナノテクノロジーが発達したことがあげられる。その他にも、ヤモリや昆虫の足の接着性を利用した接着物質を使わない粘着テープや、蛾の眼の持つ無反射性をもとにした金属薄膜を使わない無反射フィルムなど、生物が持つ特異な機能を模倣して、多様な材料の開発が報告されている。これらはすべて、電子顕微鏡で生物表面に形成されるナノサイズの微細な構造を詳細に観察し、ナノテクノロ

ジーでその構造を再現して生まれた材料である。しかし、いくら電子顕微鏡やナノテクノロジーが発達したとしても、生物がもつ多様で特殊な機能を知らなければ、これら新材料は開発できない。このような知識を蓄積してきたのが博物学や分類学であり、サンディエゴ動物園が“経済レポート”を出した背景がここにある。動物園や植物園、博物館には生物の特殊な機能の情報が多く蓄積されている。ナノテクノロジーと結びつくことで、これらは新材料のアイデアの宝庫となるのだ。

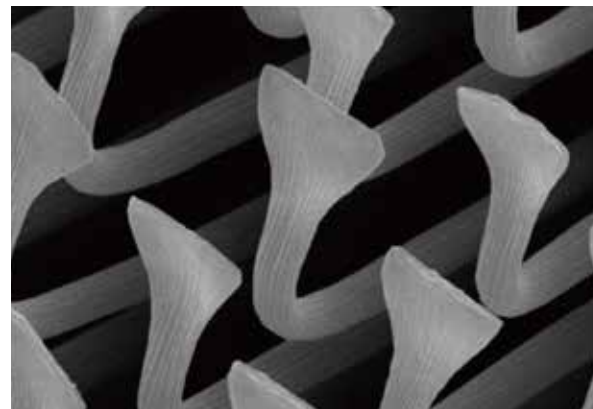
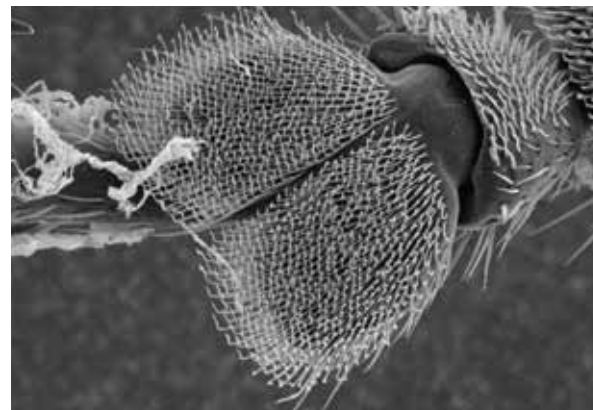


無反射性と超撥水性を併せ持つ、シリコンナノワイヤーアレイの顕微鏡写真 (千歳科学技術大学講師 平井悠司氏撮影)

生物の多様性と人間の叡智が切り拓く未来

生物が有する多様性は、長い進化の過程において環境に適応した結果であり、「生物の技術体系」とも言える。それは、人間の技術体系とは用いる「物質」や「エネルギー」、そして「ものつくりの方法」が明らかに違っている。人間は産業革命以来、「化石資源や原子力をエネルギー源」とし、「鉄、アルミ、シリコン、そして希少元素」を原料として、「高温、高圧やリソグラフィ」を駆使してモノを作ってきた。それは文明の発達ももたらしたが、同時にエネルギー問題、環境問題を引き起こした原因にもなっている。一方で生物の技術体系では、「太陽光や化学エネルギー」を用いて、「炭素を中心とする有機化合物、水素や酸素、リンなどの汎用元素」を主として、「常温、常圧で分子集合や自己組織化」によってモノを作る。これは人間の技術体系に比べると、はるかにクリーンで環境に優しいモノ作りと言える。つまり、昆虫や植物が持つ特徴的な構造とその機能をもたらし「生物の技術体系」を明らかにすることは、「人間の技術体系」が引き起こした、環境・資源ならびにエネルギー問題を解決する切り札になりうる。「生物の技術体系」を明らかにするために、「人間の技術体系」の最も発達した1つであるナノテクノロジーが必要なのは、なんととも皮肉な状況だが、環境やエネルギーの問題はもはや待ったなし

である。特に2011年3月11日は、改めて我々に今世紀の課題である「地球環境の持続可能性」を問うている。生物多様性と環境適応性をもたらした「生物の技術体系」に学び、人間の叡智を組み合わせた新しい技術体系、我々はこれを「生物規範工学」と名づけ、持続可能な社会実現のために、「生物規範工学」の創生を目指し、日々研究を行うとともに、世界的な研究ネットワークの構築を行っている。



ガラス面を逆さに歩くことのできるルリハムシ(右下:北海道開拓記念館 堀繁久氏提供)と、その脚の先端にある接着毛の電子顕微鏡写真(上2つ:北海道大学名誉教授 下澤橋夫氏提供)。しなやかなバナナ状の接着毛は、粘着剤無しで繰り返し使用できる接着テープなどに応用されている。



下村政嗣 Masatsugu Shimomura

1954年福岡生まれ。九州大学工学部卒業。マインツ大学有機化学研究所訪問研究員、東京農工大学工学部助教授、北海道大学電子科学研究所教授、同大ナノテクノロジー研究センター長、理化学研究所フロンティア研究システムチームリーダー、東北大学多元物質科学研究所教授を経て、2007年より東北大学AIMR主任研究者を務める。工学博士。

EVENT REPORT

Keep Curiosity, Keep Creativity

「発見できたことは幸運かもしれない。ただ、幸運はそれを準備していたもののみ訪れるのです。」

1987年にノーベル物理学賞を受賞したJ.G.ペドノルツ博士は、受賞理由となるセラミックスを使った高温超伝導体を発見した当時を振り返りこう語った。

博士をゲストに迎えたサイエンスカフェは、2月の土曜日にAIMR本館1階アトリウムの特設ステージで行われた。前日までに降り積もった雪もやみ、吹き抜けからはやわらかな日差しが降り注ぐ。そんなリラックスした雰囲気の中、博士はノーベル賞受賞までのストーリーを語る。超伝導体をテーマに選び、超伝導状態となる温度が1°Cでも高い材料を探し、仲間と多くのアイデアを出し合い、ひたすら実験とそれに続

く失敗を繰り返す。先の見えない試行錯誤の日々について、「何かが足りないのか、それとも全く間違った方向に進んでいるのか」悩んだと参加者に語りかける。しかし粘り強く実験を続け、発見へのわずかな兆しをつかむ。そしてついに、だれも考えなかったセラミックスを使っての高温超伝導体を発見し、その後に続く超伝導フィーバーを巻き起こした。発見の翌年にはノーベル賞を受賞するという異例のスピードが、当時の世の中の興奮ぶりを表す。参加者からも「超伝導フィーバーへと続くストーリーを肌で感じることができ、とても興奮した」という声が聞かれた。

博士は最後に未来の科学者へアドバイスを求められ、こう語った。「好奇心と想像力を持ち続けてください。新しいことに挑戦してください。」

そして失敗することを恐れないでください。失敗から学ぶことで人は自信をつけ、さらに未知の領域へ挑戦することができるのです。」



片平留学、再び

昨年開催して好評を得た、英語のみを使用した高校生向け国際交流プログラムが、今年も6月22日(土)にAIMR本館で開催された。

昨年の反響を受けてか、参加者が大幅に増えて宮城県内の5校から42名の高校生を迎えた今回。バックウッドAIMR助教が講義のなかで、確率モデルを使うことで、ネオン原子を液体表面にぶつけて得たデータを理解できることを説明すると、「ヘリウム原子を使って調べることではできないのか」という質問が高校生からあり、バックウッド助教がヘリウムは原子が小さすぎてニュートン力学が使えず、モデルが複雑になることを説明するなど、通訳なしの講義にも関

わらず、内容に深く踏み込んだ質疑応答が行われたのが印象的だった。

その後、少人数のグループに分かれ、外国人研究者へインタビューを行い、研究テーマや研究者になるきっかけ、日本の好きなどところなどをグループごとに英語で発表した。プログラムを終えた生徒達からは、「周りにはかなり英語を話せる人がいて、自分の英語力のなさを痛感したが、今後の頑張る刺激となった」「研究者とお互い興味のある話題で話し合えたことが印象的だった」という声が聞かれ、終了後も研究者をつかまえて進路相談をするなど、最後まで交流を楽しんでいた。



NEWS & INFORMATION

栗原教授、IUPACより "世界の卓越した女性化学者"に選出

AIMR主任研究者の栗原和枝教授が、「IUPAC 2013 Distinguished Women in Chemistry or Chemical Engineering」に選ばれた。2011年の世界化学年プロジェクトとして始まったこの賞は、IUPAC(世界純正・応用化学連合)より、化学および化学工学分野で貢献した世界の女性化学者に贈られる。2回目となった今回、栗原教授をはじめ世界の著名な女性化学者11名が受賞者に選ばれた。栗原教授は「表面力測定による分子間・表面間相互作用ならびに個一液界面現象の研究」などこれまでの卓越した研究成果が評価された。授賞式は今年8月、トルコ・イスタンブールで開催されるIUPAC総会で行われる予定。

一杉准教授 ゴットフリード・ワグネル賞を受賞

一杉太郎准教授が、第5回ドイツ・イノベーション・アワード「ゴットフリード・ワグネル賞2013」の秀賞を受賞し、6月18日に東京のドイツ連邦共和国大使公邸にて授賞式が行われた。優れた日本の若手研究者の支援と日独間の産学連携を促進することを目的とした本賞。一杉准教授は、希少資源のインジウムを使用しない透明導電体である「二酸化チタン透明導電体の開発」に関する研究成果が評価された受賞となる。受賞対象の研究について一杉准教授は、「環境に優しいデバイスの高効率化を実現するもので、持続的発展が重視された社会において非常に大きな役割を果たすでしょう」と語った。

幾原教授と相馬助教、 文部科学大臣表彰を受賞

幾原雄一主任研究者が平成25年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞(研究部門)を受賞した。本賞は、文部科学大臣によって我が国の科学技術分野において顕著な功績をあげた者を対象としておられるもので、幾原教授は「材料界面および転位の原子構造解析と物性に関する研究」が評価された受賞となる。また、相馬清吾助教が同じく文部科学大臣表彰の若手科学者賞を受賞。高度な研究開発能力を有する若手研究者を対象としておられるもので、「スピン分解光電子分光装置の開発と機能材料の電子構造の研究」が評価された。

Ali Khadem hosseini

生体組織工学と呼ばれる分野でいま、世界から注目を集める若手研究者がいる。米国ボストンを拠点に世界中を飛び回りながら、多くの研究プロジェクトを進め、後進の指導も熱心に行うカデムホッセイニ博士が、その研究に対する姿勢や、研究室での育成方針について語った。

中道康文=文・写真

HST/MIT
JAG Team

1つの細胞を培養して、血管や筋肉、果ては心臓などの生体組織を作り出す。まるで夢のような話に聞こえるが、このような組織作製技術が現実のものになろうとしている。もし実現すれば、臓器移植が必要な患者に対して、他人の臓器を移植するのではなく、自分の細胞から正常な組織を作って移植することができるようになるかもしれない。この技術を支えるのは、iPS細胞をはじめとする幹細胞に関する研究と、生体組織工学と呼ばれる研究だ。

血管や心臓などの組織は、ただ細胞を培養するだけでは作ることはできない。そこには足場と呼ばれる、細胞が集まって3次元の形を作るためのある種の型が必要になる。生体組織工学の分野では、この足場材料を開発・改良し、さまざまな組織の培養を目指して研究が進められている。AIMRのジュニア主任研究者であり、この分野でいま世界から注目を集めるカデムホッセイニ博士は言う。「幹細胞は、組織を形作る上での基本となる材料としてとても重要です。いわば組織をつくるためのブロックです。しかし、ただブロックがあるだけでは家は作れません。ブロックを正しい方法で組み合わせないと家は作れないのです。家(組織)を組み立てるために必要となるのが、生体組織工学の技術です。」

細胞の動きをコントロールして3次元構造の組織を作り出す足場材料を開発する。カデムホッセイニ博士は、米国ボストンにあるMITとハーバード大が共同で設立した健康科学技術学部を中心に、仙台との間を行き来しながら研究を行っている。彼の研究室では、足場材料の中でも特に、ハイドロゲルと呼ばれる材料を使った組織培養を目指している。「我々の研究室では、ハイドロゲルをベースにGelMAと呼ばれる材料を開発しました。GelMAは生体適合性が非常に高いのが特徴です。この技術を応用して、理想的な組織を作成するために細胞の挙動を制御しようとしています。例えば、心筋、骨、肝臓、血管などの組織を作成することが目標です。既に部分的ですが成功例も報告しています。もしこういったことが可能になれば、移植用としてはもちろんのこと、薬の試験にも使用できます。培養した組織に薬を添加することで、毒性がないかどうか、病気に効果があるかどうか、より正確なテストが可能となるのです。」

生体組織工学の可能性について熱く語るカデムホッセイニ博士。彼が本格的に生体組織工学の研究を始めたのは、大学院博士課程の時だ。トロント大学では化学工学専攻に所属していた。しかし、授業で学んだ技術の多くは、すでに工業的に応用されていた。これから発展の余地がある分野は何か。それを考えた時、生物学が思い浮かび、化学工学の知識が活かせる生体

組織工学の分野に興味を持った。そしてトロント大学で修士号を取得した彼は、MITのロバート・ランガー教授の元で研究を始める。「ランガー教授のことは修士課程のころから知っていました。なぜなら彼は、この分野、生体組織工学の分野を確立した人物であり、彼の業績を目にする機会も多かったからです。そのすばらしさに感銘を受けて、博士課程では彼の研究室でどうしても学びたくてMITに進学しました。」そうして進んだランガー教授の元で、専門的な知識や技術だけでなく、研究に対する姿勢を学んだ。「ランガー研究室の大きな特徴は、非常に学際的であり、多くの研究者と協力して研究を進めようという雰囲気に満ちていたことです。若く、優秀で、専門の異なったモチベーションの高い人々とともに研究をすると、いろんなアプローチでの解決法を議論しながら問題に取り組むことができ、これまでとは違う、まったく新しい解決法を導きだすことができます。ランガー研究室で学んだことは、自分の研究室を運営する上でも大変役立っています。」



AIMRのカデムホッセイニ研究室では、国籍も専門も違う研究者が集い、日々お互いの課題を持ち寄って議論している。

本当に重要な発見は、分野の境界で起きる

カデムホッセイニ博士は、自分の研究室に来た学生やポスドクに、1つのことを要求する。それは「独立した研究者になる」ことである。「彼らには、自分たちがどうやったらいろんな分野に貢献できるか、どうやったら大きな問題を解決することができるかを考え、常に大きなヴィジョンを描けるようになってほしいと思っています。そのためには、常に複数のアイデアを持ち、複数の分野にまたがって、複数のタイプのプロジェクトで主体的に働ける独立した研究者になる必要があります。」彼の研究室で取り組むプロジェクトの課題は複雑で、生物、化学、工学など複数の分野の人が集まらないと解決できないものがほとんどだ。当然、研究がうまく進まずに壁に直面する若手研究者もいる。彼は「それこそ挑戦なのです」という。

「よい研究者というのは、本当に重要な発見は、特定の分野の中ではなく、異なる分野との境界で起きることに気づいています。私は自分の研究室に、異なる分野の若い研究者を多く集めています。彼らが自らの課題に取り組むなかで、違う環境から来た友人を作り、彼らといかにコミュニケーションをとるかを学ぶことが、直面している問題を解決し、よい科学者になる助けになると考えています。」

問題に直面している若手研究者にアドバイスを送る時、心がけていることがあるという。「問題を抱えている人に、その問題を解けるかどうかは、あなた次第だと気づかせることです。これはランガー先生から学んだことなのですが、重要なのは、彼ら自身が、自分でその問題を解きたいと思わないといけないということです。」彼自身が直接、研究のアドバイスをすることもあるが、ただ解決法を提供するだけでは本人の成長は望めない。「独立した研究者は、自ら問題解決に最適な経験を持つ人物を見つけ、一緒に議論をすることで解決法を探します。学生やポスドクのうちから、このような問題解決のプロセスを毎日繰り返すことが必要です。問題に直面したら、それを解決する。それを何回も繰り返すことで、問題を理解し、複数の解決方法を考え、その中から最適な方法を選び出すという、問題解決のプロセスを学ぶことができるのです。一度、このプロセスを身につければ、どんな課題に直面しても、対処できるようになるでしょう。」

この方針は、ボストンのラボでも仙台のラボでも同じだ。仙台にあるAIMRカデムホッセイニ研究室では、全員が異なる国の出身で、異なる専門分野を持ち、主体的に研究を進めている。彼らは、自らAIMRの他の研究室へ行き、議論をし、共同で研究をすすめ、既にいくつものすばらしい成果を挙げているとカデムホッセイニ博士は指摘する。「AIMRもボストンも、人数こそ違いますが、様々な分野のトップレベルの研究者が集まっています。ボストンと同様AIMRでも、そのような研究者と出合い議論する場があって、同じテーマについて様々な角度から議論し、そこから非常にユニークで面白い結果が生まれています。」分野の違う研究者が集まって同じ課題に取り組むことで、新しい技術や発見につなげる。このような分野横断の融合研究を行う上で、MITやハーバード大学など世界的な研究機関が集まるボストンと比べても、AIMRはすばらしい環境だと感じている。さらに、AIMRには規模が小さいからこそその利点があるという。「研究所全体で取り組むべき課題を絞り込み、それに全員が一丸となって向かっていく。これは規模の大きな組織ではできま

せん。AIMRでは、3つのターゲットプロジェクトを設定し、そこに全員が取り組んでいます。これは融合研究を進める上で非常に有効な方法だと思います。」AIMRに満ちる分野を超えた融合研究への高いモチベーション。カデムホッセイニ研究室で研究を行っている藤枝助手もこれを強く感じているという。「私はAIMRの理論や数学の研究者と共同で、生体組織を構成する一つ一つの細胞の形を幾何学的にモデル化する研究を進めています。これによって、作製した生体組織の品質評価や移植組織の効率的な作製手法の開発を目指しています。生体組織を非平衡な『材料』として捉えるこのような研究は、非常に新しくチャレンジングな試みですが、その挑戦が可能なのは、AIMRに様々な専門を持つ研究者が集っているからこそです。」

多くの優秀な若手研究者と、生体組織工学の成果を医療の現場へ応用すべく様々なプロジェクトを進めているカデムホッセイニ博士。彼は最後に、生体組織工学の未来について次のように語った。「将来、人工的に作製された組織が再生医療に利用される日が来るでしょう。しかし、そのためにはまだ学ぶべきことが多くあります。生物のこともっと知らなければいけないですし、細胞をよりよく制御する新しい技術、新しい材料の開発も必要です。それゆえに、この分野は材料科学の知識が必要であり、数学をベースにした生物のシステムの理解も必要です。AIMRにおける材料科学と数学の連携は、これらの課題を解決する可能性を秘めています。私はこの分野での研究を通じて、病気で苦しんでいる患者さんを救い、人々の生活を豊かにしたいと願っています。」



アリ・カデムホッセイニ *Ali Khademhosseini*

1975年、イラン・テヘラン生まれ。ハーバード大学医学部、およびハーバード大とMITが共同で設立した健康科学技術学部の准教授であり、AIMR主任研究者を兼ねる。カナダ・トロント大学を卒業後、MITで博士号を取得。ハーバード大学助教などを経て現職。現在37歳と、研究者としては若手ながら、生体組織工学の分野ですでに数々の成果をあげ、これまでの受賞数は30を超える。

ちょっと寄り道

M A T E R I A L S

このコーナーでは、AIMRの研究分野である「材料科学」について、基礎的な事柄、歴史、世界の研究動向、AIMRにおける先端研究、等々をエッセイ風に紹介していきます。

* 第2話 *
思索の旅

1848年頃カリフォルニアで金が発見され、また時期を同じくしてカリフォルニアを含む北アメリカ大陸の西部地域がメキシコからアメリカに割譲されたことが契機となり、特に1849年に多くの人々がカリフォルニアに移住しました。この出来事はゴールドラッシュと呼ばれ、入植した人々はforty-niners (49ers)と呼ばれました。カリフォルニアに本拠地を置くアメリカンフットボールのチームに、これにちなんだ名が付けられているのをご存じの方も多いことでしょう。仙台にも89ersがありますが、*9ersには何か勢いを感じさせる響きがあります。さて、実は材料科学にもゴールドラッシュのように人々を興奮させた出来事がありました。1980年代の高温超伝導体の発見と、それに続く、いわゆる超伝導フィーバーです。筆者のように超伝導とは無関係だった研究者・学生も、また研究者だけでなく報道によって一般の方々も関心を持った、材料科学への興味が広く一般にまで浸透した瞬間であったといえましょう。



1911年、オランダのヘイケ・カメルリング・オネスは自ら開発したヘリウムの液化技術を用いて水銀を絶対零度付近まで冷却し、絶対温度4.2度で水銀の電気抵抗がゼロになる現象、すなわち超伝導(超電導)現象を発見しました。常温で超伝導が得られれば大変役に立つと期待されますので、その後多くの研究者がもっと高い温度でも超伝導になる物質探しをしましたが、1970年代の終わりまでなかなかうまくいきませんでした。

た。本誌前号の第1話で、材料科学は「宝探し」のような学問であることを書きましたが、さすがに約70年間もよい結果に恵まれないと、宝探しの気分は失ってしまったかもしれません。しかし、その後ブレークスルーが訪れます。ペドノルツ博士とミュラー博士が、通常は電気をほとんど流さないある種のセラミックスが、これまでよりも高い温度で超伝導になることを発見し、論文発表のわずか1年後にノーベル物理学賞を受賞するという科学史上あまり例のないことが起こりました。これをきっかけとして再び始まった宝探しが超伝導フィーバーです。AIMRの国際アドバイザーボードメンバーであるペドノルツ博士には、本年2月の仙台滞在中にサイエンスカフェで登壇いただき、この歴史的発見についてご自身からお話を伺うことができました。

このように、材料の探索は宝探しのようにわくわくさせるものがありますが、科学者にとってのわくわくの根底には、もう一つ、真理を知りたいという、探究の心が横たわっています。例えば、なぜ超伝導が起こるのか、そのメカニズムを解明する知的好奇心です。科学者は研究の結果よい材料が得られればもちろんうれしく思いますが、そこに至る科学的プロセスを楽しみます。それはよい材料を得るための下準備とも言えますが、必ずしもそればかりではありません。やはり、世界で誰も知らないことを自分が最初に知りたいのです。AIMRでは、この思索を楽しむ旅人達が、今日も材料の不思議を解明するため、装置を作り、測定し、数式を展開し、理論計算をし、また新しい物質を合成し、そして考えています。新たな材料だけでなくその根底をなす新たな学理も生み出すのが材料科学なのです。



池田 進 Susumu Ikeda

1967年埼玉県生まれ。90年東北大学理学部卒業。セメント会社勤務後、東京大学大学院理学系研究科で学位取得。同大学院新領域創成科学研究科助教を経て、2008年よりAIMR助教。10年より准教授。11年より副事務部門長を併任。AIMR事務部門において、分野融合、数学-材料科学連携の支援を行うほか、共通機器の整備等を担当。

ブノワ・コリンズ

Benoit Collins

「子供の頃からずっと、数学が好きです。魅力的な数学の問題には、それがたとえどんな難しくても、十分理解できるまではあきらめさせないだけの力があります。」

そう語るこの若き数学者は、今年4月にAIMR数学ユニットにジュニア主任研究者として着任した。10代の頃、進路の相談をした物理学者に言われたそうだ。「数学が好きだ、と言ったら、数学者は自分の世界に閉じこもりがちだから物理の研究をすべきだ、と勧められたんです(笑)」結局、数学の道を選んだが、その言葉はいまも心に残っている。「数学だけの世界に閉じこもらないように、常に自分の研究がどんな分野へ応用できるかを考えながら研究を進めています。」

そんな彼にとって、AIMRの環境はとて魅力的に映ったようだ。「AIMRは、日本にありながら、本当に国際的で、様々な分野にまたがった研究が可能です。ここであれば、短期間で多くの成果があげられると思いますし、いずれは私自身も世界から多くの研究者を呼び寄せて、AIMRで行われる研究に参加してもらいたいと思っています。」

今は、共同研究先のカナダとを行き来しながら研究を進めている。「仙台とカナダで働くことは、きつい時もありますが、研究への新しいひらめきにつながることもあるので、そんなに苦になりません。家族も日本にいますので(笑)」

ブノワ・コリンズ

AIMRジュニア主任研究者

'77年フランス生まれの35歳。パリ第6大学で博士号を取得後、JSPS特別研究員(京都大学)、オタワ大学助教などを経て、2011年よりオタワ大学准教授。2013年4月よりAIMRジュニア主任研究者を兼任。