

[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**







## 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事ができ、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ができないのか」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

### 一杉准教授 ゴットフリード・ワグネル賞秀賞を受賞

### 幾原教授と相馬助教、 文部科学大臣表彰を受賞



# 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。