

No.2
Jun. 2009

インタビュー……pp. 2-3

チャンスと才能を 引き寄せる「ゆとり」の力 — 榎 裕之

外国人研究者に聞く……p. 4

MANAで 新境地に挑む — エンリコ・トラベルサ

MANAの歩み……p. 5

たゆまない運営改革への取組み

MANAの研究成果……pp. 6-7

- 多彩な機能性材料を創出するナノシート——佐々木 高義
- 多機能な電子デバイスや人工知能を実現する原子スイッチ——長谷川 剛
- 電氣的書き込みと磁氣的読み取りが出来る記憶素子——アレクセイ・ベリク
- 光に応じて生体分子を放出するナノ粒子——中西 淳

News & Topics……p. 8

MANAが高い評価を受ける



International Center for Materials Nanoarchitectonics (MANA)

MANA JOURNAL



榊 裕之 SAKAKI Hiroyuki

1973年東京大学大学院工学研究科電子工学専攻博士課程修了。87年同大学生産技術研究所教授・88年より同大学先端科学技術研究センター教授を兼務、2007年豊田工業大学副学長・教授、東京大学名誉教授。応用物理学会会長、IUPAP半導体部門委員長等を歴任。日本学術会議会員、08年文化功労者。専門分野は固体電子工学。

成熟した領域に 驚くべき鉱脈が潜む

—2000年にクリントン大統領のメッセージでナノテクノロジーへの関心が高まりましたが、その後もモチベーションは保たれていますか？

当時、すでに日本にはナノテクノロジー関連の蓄積がありましたから、クリントン大統領の追い風に乗って多くの船が動き回りました。しかし、標語としての威力や新鮮度は年々薄れていきますので、私たちは新しい独自のストーリーを作り、前線を開拓し続けていかなければなりません。

その際、成熟したように見える研究領域でも、深掘りしてみると驚くべき鉱脈が発見されることがあるので慎重さが求められます。例えば95パーセント理解できたと思われた現象も、残り5パーセントが理解できないのは全体像のとらえ方が不完全だから。つまり、ジグソーパズルを完成できないのは、どこかに基本的な間違ひがあり、発見や発明の可能性を見逃しているのかもしれない。

—大局的に見られるかどうか、研究者として大切なわけですね。

その通りです。私は卒業論文でMOSトランジスタに取り組んだのですが、博士課程の進学直後に、電子工学と物性物理との間に面白い領域のあることが見えてきました。端緒は江崎玲於奈博士の提案の超格子です。超格子では障壁層を一定周期で積み上げるのですが、私はMOSトランジスタの薄い伝導層内に一定間隔で格子状の壁を入れて電子の運動や波動性を制御する着想を得たのです。まず、1975年に論文をまとめましたが、さらに発展し、量子細線やドットなどの新世界への扉を開く機会となりました。1980年には量子細線のFET応用の論文を出し、1982年には量子細線やドットのレーザ応用の論文を発表したのです。幸いなことに、飯島澄男先生が量子細線の一種であるカーボンナノチューブを1991年に発表するなど、関連研究がその後大進展しています。

チャンスと才能を 引き寄せる「ゆとり」の力

大胆な議論や脇道を探る冒険心から、飛躍の種が生まれる

半導体ナノ構造における電子の先駆的研究を行い、ナノ・エレクトロニクスという新分野を開拓した榊裕之博士。

数々のプロジェクト研究や国際経験を踏まえ、MANAが世界一流の研究拠点となるための条件、新たな扉を開く研究環境などについてお話を伺いました。

❖聞き手：NIMS広報アドバイザー 餌取 章男

—これからの研究戦略をリードするのは、やはり研究者自身ですか？

良い研究を行うには、若手、中堅、シニアの3層の研究者が、補完的な役割を担うべきだと考えています。若手は仕事にエネルギーを集中し、中堅がバランスのとれたチームプレーの中軸となり、シニアが大所高所から長年の経験で得た知恵を供給する。かつてのベル研究所やIBMワトソン研究所はその3層が上手く結合して力を発揮していましたからね。

—そういうベル研究所のような機関は日本にもありますか？

厳密な意味では存在しないですが、電子工学の分野でそれに近いのはNTTの研究所でしょう。NTTは、国の支援の下で行った研究開発の100年の蓄積があり、優れた成果を上げています。また、NIMS、産業技術総合研究所、理化学研究所などの国立研究所でもこの10～15年は柔軟性が強まり、意欲的な取り組みがなされ、研究所として力を増しています。これら独立行政法人の役割の1つは、学会の流行に流されずに独自の判断で継続的に研究開発を続けるとともに、社会からの要請に応じて、集中的に取り組むプロジェクト的研究とを適当な割合で進めることも重要です。

減点主義を脱して 大胆な議論を

—NIMSのあり方についてのお考えは？

理学系と工学系の研究が共存しているのがNIMSの良さでしょう。ある研究の主目的が工学的な価値か、理学的な理解かをはっきりさせ、その上で両者の間で補完や共存の関係を保つことが重要です。最近ではナノネットなど、国内の研究者が自由に往来して共同研究をしたくなる、開放的な組織づくりでも成功していますね。NIMSに行けばすぐれた研究機器が使い、共同研究者もいるのなら、大学人が自前で道具を揃える必要も少なくなり、研究者同士の啓発も進みます。

—さて、そのNIMSにおいて、MANAを世界一流の研究拠点に育てるうえで大事なことは何ですか？

すでにICYSで成功していますが、内外の若手研究者にとって魅力的な研究機関となる条件は、数多くの優秀な研究者と対話できることです。欧米の一流の研究機関に比べ、日本の場合はこの面でやや弱いですね。研究では、朝から晩まで勤勉に実験することも大事ですが、飛躍の種は議論の中からも生まれるものです。ですから、研究者の時間の2～3割を議論にあてるような文化を根づかせなければなりません。かつて私がIBM研究所の江崎グループにいたときは、いつ、誰とでも議論を楽しむ余裕が研究所内にあり、大きな刺激を受けました。優秀で経験豊富な人がいつでも若い人と膝を突き合わせて議論できるように、優秀な研究者ほど忙しくない状況が望まれます(笑)。

飛躍の種は議論の中からも生まれるもの。
誰とでも議論を楽しむ余裕が大切。
(写真はIBM研究所の江崎グループ当時)

—なるほど(笑)。現実とは逆ですね。

そのためには、優秀な研究者が大きなプロジェクトではなく、中程度の研究費で深い研究を継続的にできる状況が必要だと思っています。研究の過程では、当初のものとは別の目標や可能性が見えてくることも少なくありません。その場合、研究費が大きいほど脇道に行く余裕が失われます。研究の一番の醍醐味は、研究計画に描いた道の途中で思わぬ発見に出くわすことであり、本来はそれが最大のミッションではないでしょうか。

—なぜ日本では、議論する文化が育たなかったのでしょうか？

問題は減点主義です。本来の議論というのは、大部分が無駄になるとしても、1つでもプラスとなる新材料を討論の中から生み出すべきものです。ですから、減点主義的な発想を抑えなければ議論が成り立ちません。研究は、新たな空間に通じるドアを開き、新たなコンセプトや知見を得ることを目指しています。ですから、冒険的な作業の楽しさやつらさの魅力に病みつきになるような研究者を育てることが必要です。まっしぐらに研究成果をあげ、論文を書き、パーマメントポストの獲得へと追い立てられるような状況では、議論をする余裕も持てません。

—それが日本の特徴を表しているように思えます。

非常に難しいことではありますが、将来に活躍しそうな人材だと見極めたら、その人を信用して支援し、「今年はどうな成果をあげましたか」と証拠提出を頻繁に求めることはしない方が、スケールの大きな成果を生む面があると思われる。例えば、7割の時間でプロジェクトの当初の責任を果たし、残りの3割の時間では冒険をすることができれば、思わぬ成果につながりやすくなるでしょう。私の場合、1981年に「特別推進研究」(現・文部科学省)に採択された時に、超薄膜に関する着実な研究とリスクな量子細線の研究の2本立ての構想で取り組みました。その中で、荒川泰彦准教授(現・教授)たちと一緒に量子ドットレーザーを提案する成果を得ています。当初の研究計画には量子ドットレーザーのことは一言も書いていませんが、関連研究推進の中で生まれてきたのです。こうして自由に研究できる幸運があり、その後ERATO(創造科学技術推進事業)の量子波プロジェクトにつながりました。ERATOでも方向性だけを定めた上で自由に研究させてもらったので、大変ありがたかったと思っています。

分野を超越した貢献を 模索せよ

—今日のお話を大いに参考にして、活発に議論できるMANAの組織づくりをしていくことが必要ですね。

MANAのように異分野の研究者が日常的に雑談できる環境があれば、2つの領域の融合的発想が生まれる可能性も高まります。本道から脇道にハンドルを切り換えるきっかけやヒントを得ることになるでしょう。特に応用分野では今までの技術をうち破る新発想が求められていますから、工学的な発想をする人と理学的な深い理解力を持つ人が、どれくらいまで議論するかによって成功の確率も変わってくるでしょう。MANAの関係者が、思わぬ発見に期待を寄せる姿勢を持つことが大事ですね。

—最後に、先生の後を追いかける若い研究者にメッセージをお願いします。

理学も工学も、時代とともに研究を取り巻く環境が変わってきます。日本は今、国際的に競争力のある技術と人材を作り上げようとする力を入れている一方、一方で待ったなしで解決しなければならない地球全体の問題にも直面しています。工学や産業分野で卓越した技術を培うと同時に、環境保全などにも知恵を出すことが求められています。1人の研究者がその両方に応えるのは難しいですが、国全体としては、時代の期待や制約を十分認識したうえで科学技術政策を立てて、優れた研究を促進すれば、いずれの課題にも貢献できることでしょう。

MANAでは、ナノテクで産業競争力を強化する面からの貢献だけでなく、地球環境などの分野で一歩先んじたものを提供できる可能性もあります。MANAの内包する多様な文化が有効に機能し、優れた成果を生み出すことを期待しています。



MANAで 新境地に挑む

エンリコ・トラベルサ

Enrico Traversa

MANA主任研究者 (PI)

専門分野: 固体酸化燃料電池 (SOFC)

学位: ローマ大学 (1986)

アメリカより日本を選ぶ

——トラベルサ教授は、イタリアのローマ大学で大規模な研究グループを率いていたにも拘らず、2009年1月から主任研究者 (PI) としてMANAへの移籍を決意されました。なぜ日本での研究を選択されたのですか？

当時、イタリアでは研究資金の確保がたいへん厳しい状況でした。私は、研究面では常に挑戦し続けることをモットーとしてきましたが、イタリアではそれが困難となっていたのです。そこで、好条件で私の研究を続けさせてくれるところがあれば、イタリアを出てどこか新天地で研究グループを立ち上げることを考え始めていました。これまでの私の研究経歴の中でも、今が最も創造的な時期だと確信していますし、もしもイタリアに留まっていたならば私のアイデアを余すことなく実行に移すのは難しかったことと思います。

お蔭さまで、MANAの他にもう一件、アメリカの大学からオファーがありました。両方も素晴らしい内容で甲乙つけがたく、たいへん難しい選択を迫られました。しかしながら、日本のトップレベルのポジションに就く最初の西洋人研究者となれるということや、日本の国際化プロセスに貢献できるということの方が、よりやりがいがあるのではないかと考えました。また日本とは、17年の長きにわたって共同研究や交友を深めてきた経緯もあります。最終的にMANAを選んだのは、このような理由からです。

——日本文化とイタリア文化は非常に異なっています。日本に対してどのような個人的関心をお持ちですか？

確かに日本は「木と紙」の文化、イタリアは「石」の文化などと言われ、両者はたいへん違います。しかし両国民の心や魂は、見かけよりもはるかに似通っています。もし「日本人は外見と同様にその内面も我々とは異なるものなのか」とイタリア人から問われましたら、私は「日本人はヨーロッパ人とは外見は異なるが内面は同じである」と答えます。一方、アメリカ人はヨーロッパ人と外見は同じですが、内面は違います。

日本人の振る舞いが西洋人と異なるのは文化的な相違に起因します。理解をするということが衝突を避けるためには非常に重要であると考えていますので、長年にわたってその相違点を探る努力を続けてきました。1992年の初来日以来、日本文化に対して強い興味を抱いたことから、イタリア語に翻訳されたあらゆる種類の日本人作家の本を読みましたが、これは日本人の心を理解する上で有益であったと思います。しかしながら、歴史書を読むのは難しかったので、日本の歴史は紫式部から現代作家に至る様々な小説を読むことにより学びました。

異分野にも積極的に取り組む

——教授は、固体酸化燃料電池 (SOFC) の研究がご専門ですが、MANAの新しいラボではどのような研究をされる予定ですか？

SOFCが発見されてからかなり時間が経ちますが、実用化にあたっては多くの課題が未解決のまま残っているのが現状です。MANAでは、450℃以下の低温で稼動する小型SOFC装置の開発をメインに研究します。このためには、まず薄膜材料を開発する必要があります。またこの材料の特性を解明することは従来の大型SOFCに反映される可能性も含んでおり、その点でも重要な研究といえます。これと平行して、開発した材料を用いて試作品を作る計画です。

私はこれまで、腐食から高分子複合材料に至る広範囲のテーマの論文をFuel CellsやStem Cells等の学会誌に発表してきました。私は好奇心が旺盛な科学者ですので、私自身が良いと確信するアイデアを思い付いた場合には、異なる研究分野にも取り組みたいと考えております。その一例として、心臓組織の新しい足場材料に関する研究が挙げられますが、この分野で近い将来、興味深い研究ができるものと確信しています。

——MANAの若手研究者にメッセージをお願いします。

若手研究者を指導することは、常に私の優先事項の一つでした。ローマ大学では、「健康・環境・エネルギー材料」という新しい、国際色豊かな博士課程のプログラムの立ち上げに尽力しました。これは、外国人学生をローマに惹き付けると同時に、イタリア人学生に国際的環境に触れる機会を与えるのが目的だったのです。どんな教授でも目指すことではありますが、当時の私の大目標の一つは私の学派 (school) を作ることであり、ある程度それに成功したと思っています。MANAにおいてもこのような活動を続け、今一度、現在私が率いる研究グループにおいて極めて国際的な環境を構築したいと考えています。

若手研究者たちに私が伝えたいメッセージがあるとすれば、それは熱意、好奇心、そして誠実さです。研究者であるということは特権であり、本来、研究職とは面白く、楽しくあるべき仕事なのです。



MANA ナノ燃料電池グループの構成員
(左から順に) エミリアーナ・ファブリ博士、ダニエレ・ベルゴレーシ博士、
エンリコ・トラベルサ博士、エドアルド・マニョーネ博士

たゆまない運営改革への取り組み

「IPMU^{注1}とMANAがWPIプログラムの目標に向けて着実に進んでおり、WPI拠点の模範として見る事ができる。」
MANAは、第2回WPIフォローアップ委員会(2009年3月)においてこのような高い評価を受けました。
前年のフォローアップ委員会等のアドバイス・意見を踏まえ、組織・運営改革に積極的に取り組んできた結果です。
以下に、その内容について紹介します。

注1：東京大学のWPI拠点(数物連携宇宙研究機構)



ミッションの策定

新たにミッションを策定し、MANAの目標をより明確にしました。
MANAはマテリアル・ナノアーキテクトニクスという独自の研究コンセプトをもとに、よりナノテクノロジーに特化した材料開発を行い、イノベーションに繋がる新材料・新技術の開発を目指しています。

MANAのミッション

- ◆マテリアル・ナノアーキテクトニクスを用いた融合研究の推進
- ◆トップレベルの研究者が世界中から集結する「メルティングポット」の形成
- ◆独創性あふれる若手科学者の確保・育成
- ◆世界のナノテク拠点をつなぐネットワークの構築

研究組織の改革

2007年10月の発足時は、マテリアル・ナノアーキテクトニクスの鍵となる5つの基幹技術、即ち、「制御された自己組織化」、「新しい原子・分子操作技術」、「化学的ナノ構造操作」、「場を利用した材料制御」、「理論的モデル化・設計」に対応した研究組織を構築しました。

しかし、MANAの研究をより分かりやすく、また組織の使命をより明確にするために、2008年10月に「ナノマテリアル」、「ナノシステム」、「ナノグリーン」、「ナノバイオ」の4研究分野に再編しました。ナノアーキテクトニクスの5つの基幹技術を統合(コンバージェンス)することにより、ナノ材料やナノシステムの基盤的な基礎研究を進め、イノベーションに繋がる環境科学や生命科学への応用展開の方向性を明確にしたのです。

マネジメント体制の改革

発足時の副拠点長3名体制を改め、最高運営責任者(COO)を拠点長の下に設けました。拠点長のマネジメントの負担を軽減しつつ、拠点運営に係る意思決定の効率化・スピードアップを図る運営体制を作りあげました。また、各分野に分野コーディネーターを配置し、分野内の研究の一層の促進、並びに分野間の連携強化や融合研究の促進などを図ることとしました。

優秀な主任研究者(PI)の確保

世界から優秀な主任研究者(PI)を確保するために、種々のリクルート活動を展開してきました。その結果、主任研究者は発足時より7名増員し合計29名となっています。中でも特筆すべきは、ローマ大学からトラベルサ教授(専門は燃料電池)をヘッドハンティングしたことです(前頁を参照)。また、シャープ(株)から韓博士(太陽電池)、産業技術総合研究所から塚越博士(有機エレクトロニクス)を招へいしました。さらに、サテライト機関の主任研究者として、魚崎教授(北海道大学、専門は触媒)、富重准教授(筑波大、バイオマス)らが新たに参画しました。

魅力ある外国籍研究者受入れ環境の整備

外国籍研究者が言葉の障害なく研究に没頭できる魅力ある研究支援体制の充実を図りました。過去5年間の若手国際研究拠点(ICYS)の経験で培った外国籍研究者受け入れのノウハウを活かして、英語によるきめ細かい事務的、技術的な支援をしています。物品購入、出張、安全規則などの各種ドキュメント資料の英文化を進める一方、着任した研究者には必ずオリエンテーション・ラボツアーへの参加を義務付け、安全管理等の徹底を図っています。さらに外国籍研究者には、研究支援だけでなく住居探しや子供の学校の世話など生活面での支援も行っています。

こうした魅力ある国際的な研究環境構築の努力は、外国籍研究者の大幅な増加に繋がっています。現在、MANAには世界19カ国から97名の外国籍研究者が着任しており、外国籍研究者の比率が52%と極めて高いのが特色です(News & Topicsを参照)。また事務部門においても2名の外国籍スタッフ(スイス、ポーランド)が働いており、国際性に富んだWPI拠点が実現しています。

若手研究者の人材育成

MANAは若手研究者の人材育成にも注力しています。MANA独立研究者(NIMSの30歳代の若手パーマネント職員)やICYS-MANA研究員(MANAに所属するポスドク研究員)に対して、自らのアイデアで自立して研究が行える独自の運営システムを構築しています。特に、3Dシステムと呼ばれる特徴的な人材育成制度を運用していますが、その活動の詳細については次号で紹介いたします。

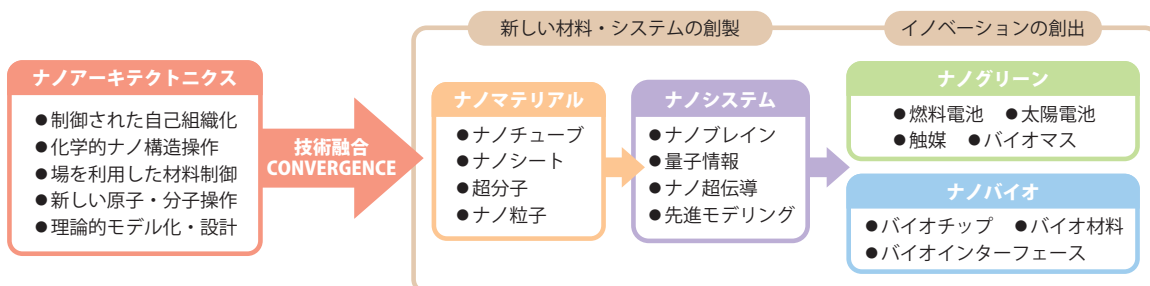
MANA棟の設置

MANAに所属する研究者を可能な限り一つの建物に集結させるために、従来のナノ・生体材料研究棟(13,000m²)をMANA棟に名称変更し、研究者の居室や実験室の移動・結集を行いました。また、研究者間の交流・親睦を深めるため、Melting Pot CafeをMANA棟5階のロビーに設置しました。毎日50名以上の研究者がコーヒーを飲みながら歓談しています。一方、機構内の3つの地区(千現、並木、桜)間の移動を容易にするために、機構内循環バスの大幅な増便を行い、研究者の交流の一層の促進を図りました。

MANAには現在150名を超える研究者が在籍し、MANA棟だけではすべての研究者を収容できません。幸いなことに、平成21年度補正予算が計上され、第2のMANA棟(MANA研究交流棟)が建設の運びとなりました。

今後とも、MANAは世界から第一線の研究者が集まる優れた研究環境と高い研究水準を誇る「目に見える世界トップレベル研究拠点」の形成という大目標に向けて、たゆまない改革への取り組みを続けてゆきます。

マテリアル・ナノアーキテクトニクスと研究分野





佐々木 高義
SASAKI Takayoshi

多彩な機能性材料を創出する ナノシート

MANA 主任研究者 (PI)
ナノマテリアル分野
分野コーディネーター

グラファイトや雲母に代表される層状物質においては、原子が2次元方向に強い結合で連鎖してできあがった層が積み重なった構造を有しており、そのため、機械的に劈開したり、層と層の間に異種物質を取り込む(インターカレーション性)など特色のある振る舞いを示します。我々はこのインターカレーション反応を利用してサイズの大きな有機イオンを楔のように層間に挿入することにより、層状物質を層1枚にまでばらばらに剥離するという、ユニークなプロセスを使って無機ナノシートと呼ばれる新しいタイプのナノスケール物質を合成する研究を進めており、これまでに酸化チタンを手始めに様々なセラミックス材料をナノシート化できることを明らかにしてきました。

ナノシートは、厚さが原子数個分と極めて薄いのに対して、横サイズはマイクロメートルオーダーというバルクレベルのサイズを持ちます(図1)。我々はナノシートを様々な観点から調べる中で、極

めて強い光吸収や異常な熱安定性など、いくつかの興味深い性質を示すことを見いだしました。これらの結果は、ナノレベルの薄さの究極の2次元システムが優れた物性の宝庫であることを暗示しており、我々は新しい特性や現象の開拓に努めています。また、もう一つ力点を置いているのが、ナノシートを積み木細工のブロックのようにして材料を構築する技術の開発と、それによる新材料の創製です。ナノシートは、電荷を帯びたコロイドとして液媒体中に分散した形で得られることから、溶液プロセスによりナノシートを様々な集積化したり、複合化することができます。例えばピーカーとピンセットを使っ

た簡便な操作で、ナノシートを基板の上にレイヤーバイレイヤーで累積することができ、1ナノメートル単位で厚みを制御した超薄膜や、その超薄膜が球状の殻となった中空構造体を合成することができます。ナノシートのコロイド溶液に電解質溶液を添加するだけで、その電解質を間に挟んでナノシートが再凝集し、様々なナノ複合体や多孔体を得ることができます。我々はこのようにナノシートを用いることで、高度なナノレベルのデザインを、簡便で環境に優しいプロセスにより実現できることに着目し、光触媒、誘電体、磁気薄膜など多彩な機能性材料の創製を目指して研究を進めています。

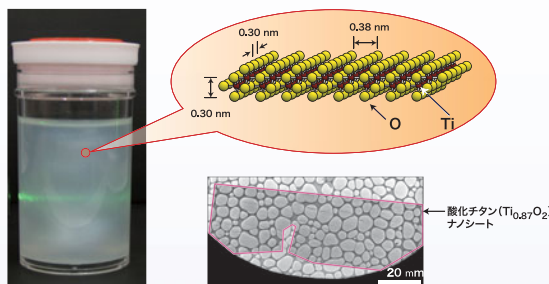


図1
酸化チタンナノシートのコロイド溶液：レーザーポインターの光を入射して、その通り道が見えるのはナノシートが溶液中に分散している証拠。
構造図：このスケールではナノシートは横方向には実質的に無限に広がっていることに注意。
透過型電子顕微鏡像：極めて薄いため非常に低いコントラストしか与えない。わかりやすくするためにアウトラインをピンクで示してある。



長谷川 剛
HASEGAWA Tsuyoshi

多機能な電子デバイスや 人工知能を実現する原子スイッチ

MANA 主任研究者 (PI)
ナノシステム分野

個々の原子を観察することは、顕微鏡屋の長年の夢でした。その夢は、電子顕微鏡や走査型トンネル顕微鏡の開発によって現実のものとなりました。次に芽生えた「原子を自由に操りたい」という夢は、走査型トンネル顕微鏡によって、実現されました。原子スイッチの研究は、「原子を自由に操りたい」、そんな夢を追いかける研究から生まれました。

走査型トンネル顕微鏡の観察では、原子スケールで尖った針の先端から流れ出る電子を利用しています。私たちは、イオン伝導体という材料で尖った針を作り、その先端から原子を放出させる実験をしていました。イオン伝導体の内部では金属原子がイオンとして動きまわっており、その原子を針の先端からひとつひとつ取り出そうとしたのです。試料表面に到達した電子はどこかに行ってしまいますが、原子なら落とした場所に留まってくれるので、好きな場所に原子を配置できると考えたのです。果たしてその実験は上手く行ったのですが、一か所に10個ぐらいの原子を落とすと探針先端と試料とがくっ

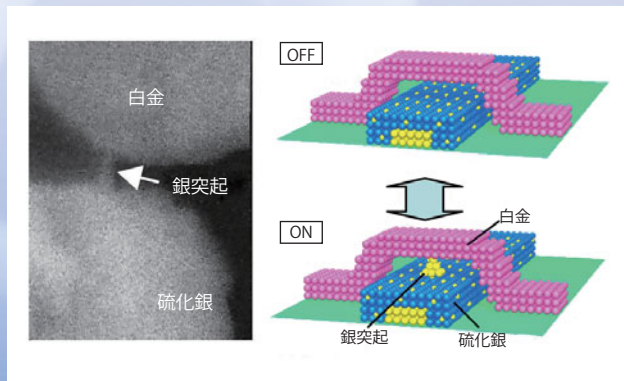
いてしまいます。原子を取り出すと逆向きの電圧を印加すると、出てきた原子がイオン伝導体内部に戻ることも分かりました。こうして原子スイッチが誕生したのです。

図1は、イオン伝導体として硫化銀を用いた場合のスイッチング動作の模式図と、硫化銀から成長した銀突起の電子顕微鏡写真です。半導体トランジスタよりも小さくて不揮発(電源を切ってもオンはオン、オフはオフのまま)の原子スイッチを用いると、1チップであらゆる機能を実現できる電子デバイス

を開発できる可能性もあります。この可能性を追求して、現在、企業との共同開発を進めています。

原子スイッチには、もうひとつユニークな特徴があります。材料や素子構造を変えることで、イオン伝導体からの原子の出入りのし易さを制御することができます。この特徴を利用すると、複数の入力信号が来ないと動作しない、いわゆる学習が必要な原子スイッチを実現できます。あるいは、光や臭いに反応して動作する原子スイッチを作ることもできると考えています。私たちは、これらの新しい機能

能を利用することで、学習機能とセンサー機能を有した人工知能を実現するための研究「MANA Brain Project」を進めています。





アレクセイ・ベリク
Alexei A. BELIK

電氣的書き込みと磁氣的読み取りが出来る記憶素子

MANA
独立研究者

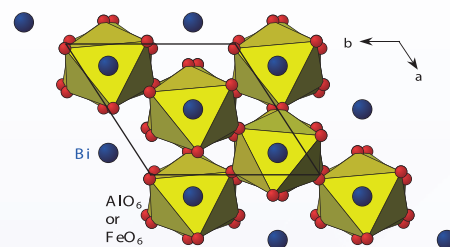
記憶素子の多くは、(強誘電体の)切替え可能な誘電分極あるいは(強磁性体の)切替え可能な磁気モーメントに基づいています。簡単に言えば、誘電分極と磁気モーメントには、2進メモリに必要とされる1と0の状態に対応する、上昇と下降という2つの状態があります。今から65年ほど前、頑強で安定した強誘電体(BaTiO₃)が初めて発見されました。強誘電体は、コンデンサ、圧電アクチュエータ、音波探知機等に長らく用いられてきましたが、薄膜強誘電体が開発されて大幅な小型化が実現して以来、データ記憶媒体(非揮発性強誘電体記憶装置)やデジタル携帯電話等に用いられるようになりました。一方、強磁性体は、古くから知られていますが(例えば磁鉄鉱等)、今日では、磁気データ記憶装置(テープやハードディスク)、変圧器コア等に用いられています。

いわゆる強磁性強誘電体材料には、誘電分極と磁気分極が存在します。強誘電体材料や強磁性体材料は、数多く知られていますが、驚くべきことに、強磁性強誘電体は、自然界には殆ど存在しません。強磁性

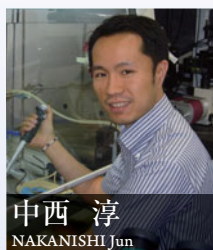
強誘電体は、強誘電体と強磁性体双方の母材特性を兼ね備えているという点で、極めて興味深い材料であると考えられます。すなわち、一つの材料で二つ(あるいはそれ以上の)機能が利用可能なのです。強磁性強誘電体を用いることにより、境界による電気特性の制御および電界による磁気特性の制御が可能となります。記憶装置に強磁性強誘電体を用いる大きな利点としては、1)電界により磁化が切替えられることにより磁気記憶素子の熱出力が大幅に減少すること、2)電気ポーリングにより低速磁気書き込みプロセスを高速磁化反転に置き換え可能であること、3)記憶密度が増加すること、の3点が挙げられます。換言するならば、強磁性強誘電体を用いることにより、強誘電体と強磁性体のランダム・アクセス・メモリの最良の利点を併せ持つ、電氣的書き込みと磁氣的読み取りを行う記憶素子の実現が可能となるのです。

MANAでは、新しい強誘電体材料や強磁性強誘電体材料の研究開発に重点的に取り組んでいます。この研究開発では、6万気圧までの高圧合成の利点を利用して、高圧環境下においては、異常な酸化状態にあるイオン、異常な配位数を持つイオン、高密度化合物、既知の化合物の準安定相、既

知の化合物に新たに改変を加えたもの等の安定化処理が可能となります。意外なことに、安定化処理のために(中程度の)高圧処理をバルク形態で行う必要のある多くの化合物が、薄膜形態で安定化(処理)することが可能なのです。これは、最新機器への適用において極めて重要なことです。私たちは、BiAlO₃、BiInO₃、BiScO₃、BiMnO_{3±δ}、BiCrO₃、BiFeO₃、PbVO₃、InMnO₃を初めとする様々な強誘電体材料および強磁性強誘電体材料を発見し検討して来ました。中でも、BiAlO₃は、記憶装置用途に必要とされる好ましい角形強誘電体ヒステリシス曲線を呈する新しい無鉛の強誘電体/圧電材料であり、非常に安価な元素を含んでいることが検証されました。



強誘電体 BiAlO₃ 又は
マルチフェイロック BiFeO₃ の結晶構造



中西 淳
NAKANISHI Jun

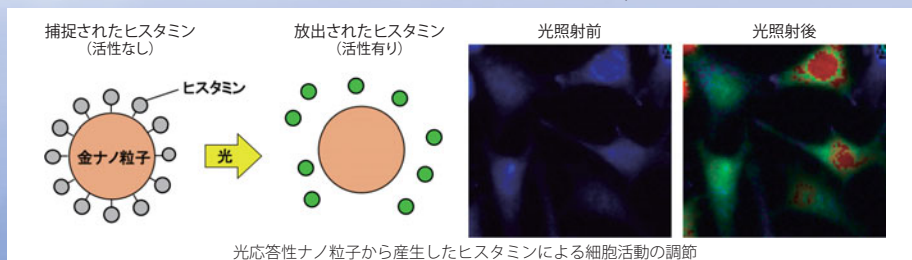
光に応じて生体分子を放出するナノ粒子

MANA
独立研究者

生体内には無数の生体分子が存在し、それらが複雑に絡み合って情報のやりとりを行うことで、さまざまな状況に応じた生体応答が実現されています。このしくみを理解するためには、GFPに代表される蛍光プローブを用いて、生体分子の動態を調べると同時に、人為的にその分子を産生させて、生体反応を再現することが重要となります。ケージド化合物は、光分解性保護基の修飾により一時的に生理活性が抑制された生体分子で、保護基の光切除により元の活性を取り戻します。この分子に対する光照射の加減を調節することで、生体の局所に望みのタイミングで生体分子の活性を操作することが可能となります。しかしながら、従来の技術では、保護基の有無による生理活性を厳密にスイッチングするためには、対象の分子ごとに精密な分子設計が必要であり、さらに合成・精製にも労力を要していました。本研究では、特殊な表面修飾を施した金ナノ粒子を設計し、新しいケージド化合物の合成法を開発しました。

開発したナノ粒子は、光分解性のニトロベンジル基を介して、スクシンイミジルエステルを有するため、アミン化合物を捕捉し、光照射に応じて同アミンを放出します(図左)。この設計では、ナノ粒子が妨げになり、固定化したアミンと生体内標的分子との結合が阻止されて、ケージド化合物として機能します。また、それと同時に、ナノ粒子自体が固相担体となるため、合成・精製が容易です。種々の表面解析により、合成したナノ粒子が所望の機能を示すことを確認した後、アレルギー反応や神経伝達に関わるアミンであるヒスタミンを固定化したナノ粒子を調製しました。カルシウム蛍光プローブを取り込ませたHeLa細胞の細胞外液にこのナノ粒子を添加したところ、光照射に応じて速やかに細胞

内カルシウム濃度の増大が見られ(図)、カルシウム濃度変化は光照射量に依存していました。一方、ナノ粒子を細胞に振りかけるだけで、光照射を行わなかった場合には、このようなカルシウム応答は見られず、このことはこのナノ粒子がケージドヒスタミンとして機能していることを意味しています。このケージドヒスタミンは、神経伝達へのヒスタミンの関与を詳細に調べる上で有用です。さらに、ペプチドやタンパク質などの多くの生体分子はアミンに属するため、同じ戦略でケージド化合物が合成できるはずで、それ故、薬剤の新しい標的部位の探索など、創薬研究での応用展開に期待が持たれます。以上の結果は、米国化学会誌『Journal of the American Chemical Society』(3月25日号)に掲載されました。



光応答性ナノ粒子から産生したヒスタミンによる細胞活動の調節

研究成果

MANAが高い評価を受ける

—平成20年度フォローアップ結果—

国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 (MANA) は、その2008年度の活動に対して、このたびプログラム委員会から東京大学の拠点とともに高い評価を受けました。外国籍研究者が5割を超えていること、英語を使用言語とし事務面でのサポートが充実していること

など、WPI拠点にふさわしい運営をしていることなどが評価されたものです。

MANAはこれにより、2009年度の補助金について1億2,500万円が加算され、合計14億7,500万円が交付されることになりました。

MANAメンバー、200名を超える

—外国籍研究者は過半数—

MANAのメンバーは順調に増え続け、その数は2009年4月現在で218名に達し、当面の目標であった200名を超えました。外国籍の研究者は97名で、全研究者186名のうち52%を占めています。

特筆すべきは、ポスドク、大学院生100名のうち76名が外国籍であるという点です。若手に外国籍研究者が多いことが拠点に活気と熱気を与えています。また出身国も多種多様で、日本を含めて20カ国からメンバーが参集しており、多国籍集団による「メルティングポット」が実現しつつあります。

MANAのメンバー構成 (2009年4月)

ポジション	人数	外国籍
主任研究者	29	9
一般研究者 (NIMS職員)	57	12
ポスドク研究員	73	59
大学院生	27	17
スタッフ (事務、技術支援)	32	4
合計	218	101

外国籍研究者比率：52% (97/186)

ニュース

2009.03.28

MANA 独立研究者 Ajayan Vinu 氏が (社) 日本化学会 進歩賞を受賞。



2009.04.14

MANA 研究者 長田実氏が文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞。



2009.05.08

MANA 主任研究者 宝野和博氏 第6回本多フロンティア賞を受賞。



第2回MANA国際シンポジウムを開催

平成21年2月25日から27日にかけて、第2回MANA国際シンポジウムをつけば国際会議場エポカルにおいて開催しました。

初日は、世界トップレベル研究拠点プログラム委員会委員長の井村裕夫京都大学名誉教授、同プログラムディレクターの黒木登志夫東京大学名誉教授よりご挨拶をいただき、ノーベル物理学賞受賞者でMANAアドバイザーのハインリッヒ・ローラー博士にご講演いただきました。

その後、MANAの研究4分野であるナノマテリアル、ナノシステム、ナノバイオ、ナノグリー

ンと若手国際研究センター (ICYS) の研究者による発表が3日間にわたって行われました。各分野別の発表で、ナノテク分野で著名な国内外の招待講演者8名 (チータム教授 (ケンブリッジ大)、黒田教授 (早稲田大)、ウェンツ教授 (サーランド大)、川崎教授 (東北大)、ヴィーゼンダンガー教授 (ハンブルグ大)、マルザリ教授 (MIT)、橋本教授 (東大)、岡野教授 (東京女子医大)) と、MANAの主任研究者、一般研究者、独立研究者、ICYS研究員、計33名の口頭発表、および85件のポスター発表が行われました。

昨年を上回る300名以上が参加し、MANAの着実な進展と、MANAへの関心の高まりがうかがえる、実のある国際会議となりました。



モスクワ大学と国際連携大学院協定を締結

2009年3月12日、NIMSとモスクワ大学は、姉妹機関及び国際連携大学院に関する協定を締結し、両機関の間で共同研究や人材交流を推進することになりました。この秋からは、材料科学、物理、化学の学部から博士課程の学生がNIMSに数カ月滞在して、MANAの主任研究者らの指導のもとで研究に勤しむことになっています。

モスクワ大学は1755年に創立され、ロシアのノーベル賞受賞者18名のうち11名を輩出している名門大学です。5つのWPI拠点のうちMANAだけが大学でないことから、様々な形で学生を受け入れる努力をしていますが、この協定締結はその取り組みの一環です。



モスクワ大学副学長 ホッホロフ教授と握手する岸理事長


主任研究者募集

国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 (MANA) は、ナノバイオ、ナノグリーン研究分野の主任研究者を募集しています。この分野の研究業績が世界的に認められている研究者の方、MANAの優れた国際的な研究環境のもとで研究をしてみませんか？

年収は、能力と業績により1,000万円から2,000万円の範囲で支給。着任時には十分なスタートアップ研究資金を用意します。女性研究者からの応募を歓迎します。応募の締め切りは平成21年7月31日 (金) です。応募詳細につきましては下記URLをご覧ください。

⇒ <http://www.nims.go.jp/mana/recruitment/>

CONVERGENCE No.2 2009年6月15日発行

発行：国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 (MANA) 
(International Center for Materials Nanoarchitectonics)
〒305-0044 茨城県つくば市並木1-1
独立行政法人物質・材料研究機構内
☎029-860-4709 (代) <http://www.nims.go.jp/mana/>

CONVERGENCE：世界中の優秀な研究者をMANAのメルティングポット研究環境に結集・収斂させ、新材料の創製・イノベーションに向けて、ナノアーキテクトニクスのキーテクノロジーを統合 (CONVERGENCE) していくというMANA全体を表すキーワードです。

©掲載記事・図版の無断引用・掲載はご遠慮下さい