

CONVERGENCE

No.23 | 2016 | June

国際ナノアーキテクニクス研究拠点
International Center for Materials Nanoarchitectonics (MANA)

Leader's Voice

「次は何か？」を問おう

Jean-Marie Lehn 教授

荻原充宏 MANA 准主任研究者



Asking
the
Researcher

山内 悠輔

結晶性無機多孔体
— ナノサイエンスの —
新たなフロンティア



MANAナノマテリアル分野主任研究者
メソスケール物質化学グループ
グループリーダー

山内 悠輔

Yusuke Yamauchi

PROFILE

博士(工学)。2007年早稲田大学大学院理工学研究科博士課程修了後、NIMSに入所、ICYS研究員。2007年よりMANA独立研究者、2016年よりMANA主任研究者、ウーロンゴン大学(オーストラリア)教授。その他、天津大学、キングサウド大学、早稲田大学などで客員教授を兼任。

Asking
the
Researcher

結晶性無機多孔体 — ナノサイエンスの — 新たなフロンティア

物質に小さな孔が均一に空いている多孔体。結晶物である金属や金属酸化物でこのような多孔体を作製すると、バルクのときとは全く異なった物性が見出されます。

山内悠輔博士は言います、これは物質科学の新たなフロンティアなのだと。

インタビュー：科学ジャーナリスト 舘取章男

金属で多孔体を作る

多孔体とは、小さな孔が無数に空いている物質のことを言います。天然のものではゼオライト（沸石）がよく知られており、1gあたりの表面積は数百立方メートルにもなるため、吸着剤や触媒などとして使われてきました。このような多孔構造を人工的に様々な物質で作れないかという研究も以前から行われています。代表的なものはシリカ（二酸化ケイ素）で、メソポーラスシリカと言われるこの物質はすでに製品化もなされています。しかし、従来の多孔体は組成が非常に限られたものであり、通常物質は電気を通すことができません。

このような多孔体のコンセプトを拡張し、様々な化学的手法を駆使して今までにない組成の新物質を作ろうとしているのが、山内悠輔博士です。「もともと、私の研究のバックボーンには、常にエネルギー問題に対する興味があるのです。それで最初は電気化学の研究がしたかったのですが、学生の時くじ引きで負けてしまったため、無機化学の研究室に入りました。結果的にはこれが良かったのです。エネルギー材料に応用できる画期的な物質として多孔体に着目することになりました」「多孔体に電気を流すにはどうすればいいか。明瞭です。金属、金属酸化物。それしかありません」「例えばグラフェンを多孔体にすると表面積は1gあたりの表面積は500-1000立方メートル以上にまで上がります。なぜグラフェンを多孔化するのか。電気伝導性のあるグラフェンは、表面積を上げることで大容量キャパシタの用途に使えます。まさに、エネルギー材料として応用できるからです」。

多孔体には未知の領域が広がっている

新しいエネルギー材料に向けて、金属・金属酸化物を多孔体で作る—こうした山内博士の研究は他にない、オリジナルなものです。2013年には、希少金属の白金についてメソポーラス白金ナノロッドの作成に成功。この表面積は、1gあたりの表面積が80立方メートル前後です。「従来の白金触媒は白金ナノ粒子からなるものですが、これらは熱的な安定性が低いため、凝集してすぐに大きな粒子になり、触媒活性が低下する。しかし、このメソポーラス白金ですと、熱的な安定性もあります。持続的に高い触媒活性を示す新たな白金ナノ材料を実現したわけです」。

山内博士は、金属、金属酸化物の多孔体を合成し、骨格の結晶度を向上させることで、新しいサイエンスが出てくると語ります。「金属の中に孔を作る。その孔の表面には通常のバルクで露出している表面とは全く違う物性が出るのです。たとえば触媒活性ですとバルクに対して数倍もの効果があります。なぜか。この孔の表面にはキンクやステップが無数にあるんです。結晶物に孔を開けると、嫌でもそうなります。結晶構造のシミュレーションもできています。これらがバルクの結晶表面とは違う物性を示す原因ではないかと思っています（図1）」「また、ちょっと別の試みも長田MANA主任研究者と共同でやっています。同じ誘電体の結晶構造ですが、細孔を作ることでバルクと比較して多くの結晶歪が形成され、

キュリー点が大きく変わることがわかりました」「この“全く違う物性”は本当に面白くて、新物質の発見と同じだと思うのです。ただ、孔を作って材料の表面積を上げるだけでは、面白くないですね。プラスアルファが絶対必要。それが、サイエンスです。既存の物質と全く違う性質になるのですから…。私たちのスローガンは“あらゆる金属、金属酸化物を多孔化する”です」。

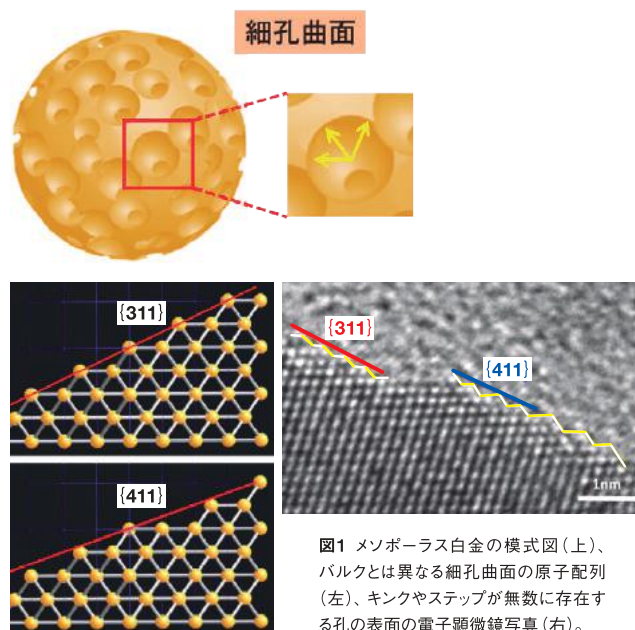


図1 メソポーラス白金の模式図（上）、バルクとは異なる細孔曲面の原子配列（左）、キンクやステップが無数に存在する孔の表面の電子顕微鏡写真（右）。

どうやって金属多孔体を作るのか

山内博士が2015年に発表して注目を集めた、均一で規則的なナノ空間を持つ金の多孔体を例に、金属の多孔体の作成方法を見てみましょう。はじめに、ポリスチレン(PS)とポリエチレンオキサイド(PEO)のブロックコポリマー(PS-*b*-PEO)を水溶液中でミセル化します。ここに、金を含む化合物である塩化金酸(HAuCl_4)を溶解させます。この時点での金イオンは、ミセル表面との相互作用でミセルの表面に存在していると考えられます。ここで電解析出法により金を導電基板上に電着させると、金イオンはミセルと複合化されているため、ともに基板へ移動します。そのためミセルを多孔質構造の鋳型として機能させることができ、さらに溶媒抽出などによりミセルを除去すると、ミセルサイズに応じたナノ細孔の構造が得られるというわけです。（図2）

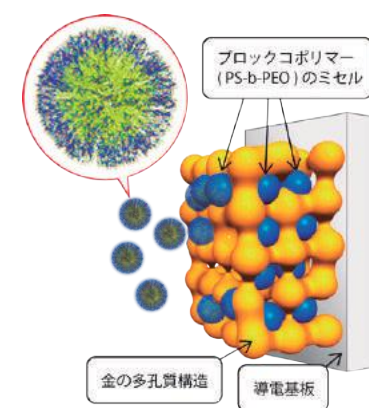


図1 金ナノ多孔体の合成プロセス
金イオンの間に入り込んだ青い球状のミセルが鋳型となって、多孔質の構造を構成している。

産業への応用

今後の展開を含めお話すると。多孔体にする素材(物質組成)、孔の径、形、その他様々なパラメータを検証していくことで、特定の物質だけを吸着させる新しい吸着材料ができれば、応用の範囲は無限に広がります。「今までにない新素材ですから、産業へのインパクトも大きいですね。例えば、面白いところでは、住宅の新築時に出る臭い(ホルムアルデヒド)や発がん性物質を含む芳香族化合物のみを選択的に吸着するメソポーラス物質などもあります。例えば、黒鉛化度の高いメソポーラスカーボン、芳香族化合物に対して、従来の活性炭やシリカゲルでは実現できない吸着能力を発揮します。このように、電極触媒への応用のみならず、いろいろな産業応用が考えられます」。

山内博士は、材料の具体的な応用展開は必ずパートナーとなる企業と組んでから行うといいます。なぜなら、多孔体の応用は無限に考えられるため、手を広げ過ぎると、サイエンスとして追求すべき一番重要な「金属・金属酸化物の多孔体化による新物質の創成」という研究テーマの軸がぶれてしまうと考えるからです。

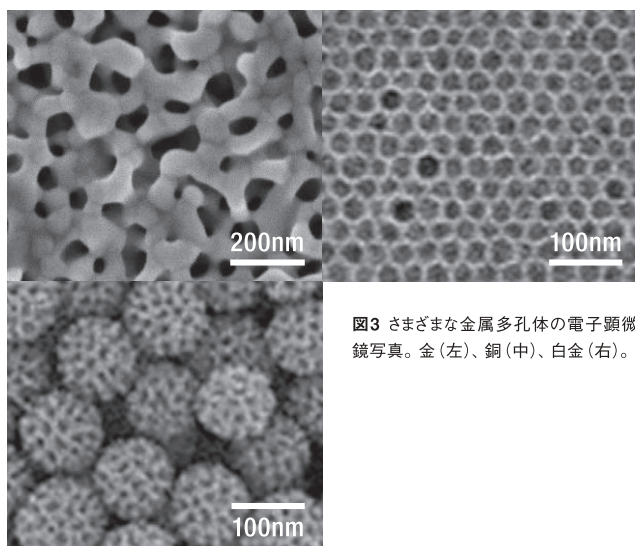


図3 さまざまな金属多孔体の電子顕微鏡写真。金(左)、銅(中)、白金(右)。

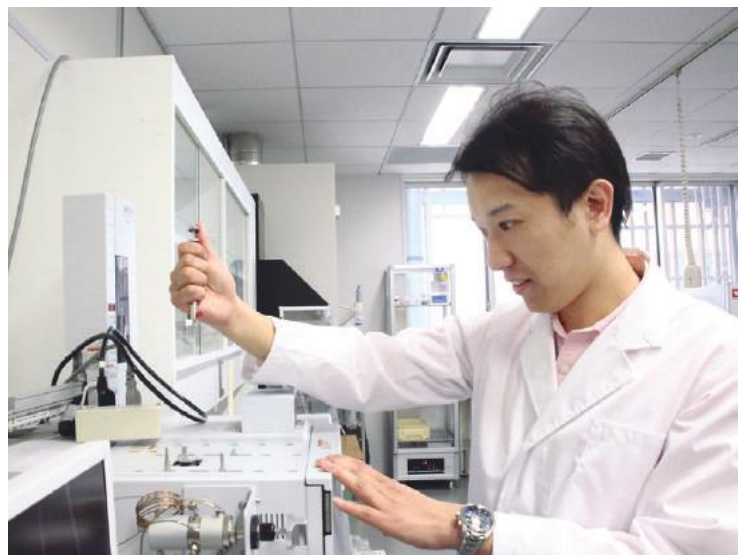
将来の夢

私生活での「趣味」について尋ねると、「特定できるものは無い」と答える山内博士。スノーボード、スキューバダイビング(ライセンスあり)もたしなむ博士ですが、好奇心が旺盛で多方面への興味が有り過ぎて、本当に追求したいのは何かと考えると、結局研究になってしまうのだとか。「やっぱり電子顕微鏡で美しい材料を見た瞬間は感動。近頃、友人から顔つきが野心的になっているなんて言われることもあるんですよ」と苦笑いします。

人一倍エネルギーな研究意欲で新たなフロンティアの開拓を目指す山内博士は、「そもそも有機化学と無機化学なんていうふうに分けているからおかしくなる。材料化学・物質化学はすべてを取り扱うもの」と言います。「ゆくゆくは、無機組成にこだわらず、有機合成反応を巧みに取り入れ、エレガントに有機-無機ハイブリッド材料の合成をしたいですね」「他人が難しいと思う組成の合成ほど、やってみたいですよ」と山内博士は夢を語ります。「簡単にできたらつまらない。苦労して苦労して合成に成功して、はじめて世界で評価されるんです」。

若い研究者として、 若手の育成に携わる

大学院卒業の直後から物質・材料研究機構に奉職してきた山内博士ですが、9年目となるこの4月に最年少でMANA主任研究者に昇進しました。学生時代には苦手意識のあった英会話も、MANAの国際的な環境に鍛えられて、重箱の隅をつつくような議論も英語でできるまでに向上した、と言います。また、テクニカルサポートチームを始めとする研究者支援の体制も充実しているMANAは、自身が才能を伸ばすのに適した場所であったと感謝の言葉も漏らします。責任の重みも実感するようになったこの頃は、若手研究者とベテランとの橋渡しも意識しながら研究生活を送っているそうです。また、早稲田大学・NIMS連係大学院の教授として10名の大学院生を指導する立場にもあります。「材料化学を



多様な新機能を可能にする ナノイオニクスデバイスを創る

—高集積化が可能な低電流スピントロニクス素子の開発—



寺部 一弥

ナノシステム分野
主任研究者

次世代ナノデバイスの重要性

身の回りの情報通信機器には多くのエレクトロニクスデバイスが使われており、それらの大多数は半導体デバイスです。半導体デバイスは、微細化と集積化の技術開発に支えられて目覚ましい発達を続けていますが、近い将来その進歩が鈍化すると危惧されています。今後、次世代の高度情報化社会へと持続的に発展するためには、従来の半導体デバイスとは異なる原理で動作する、新機能や高性能を実現するデバイスも積極的に創らなければなりません。私たちは、この新規デバイスとしてナノイオニクスデバイスに着目しています。

固体内のイオン移動を利用した ナノアーキテクニクス

従来の半導体デバイスとは異なるナノイオニクスデバイスの特徴は、結晶骨格を成すイオンの移動をナノスケールから原子スケールで制御し利用することにあります。結晶内でのイオンの移動は、結晶構造や界面構造などを再構築することであり、物質・材料におけるナノ建築学(=ナノアーキテクニクス)を可能にします。ナノイオニクスデバイスは、このナノアーキテクニクスの利用により、必要に応じて機能的・構造的な変化を起こせる可塑性を有しています。

新規スピントロニクス素子の開発

私たちは、ナノアーキテクニクスを利用して多様な新機能のナノイオニクスデバイスを創っており、例えば、高密度大容量メモリ等への応用を目指した新規スピントロニクス素子の開発に成功しています(図1)。電子の電荷とスピンの両方の性質を利用して情報記録を行う従来型スピントロニクス素子は、構造が複雑なために高集積化が困難であり、書き込み電流が大きい等の問題点が指摘されていました。今回、新たに開発した技術では、固体内をリチウムイオンが移動する固体電解質を用いて、磁性体 Fe_3O_4 にリチウムイオンを挿入・脱離させることにより Fe_3O_4 の電子キャリア密度や電子構造を変化

させ、それに伴って磁気抵抗効果や磁化など磁気特性を制御します(図2)。この固体内のイオン移動を利用した新しい制御技術は、電子移動を利用した従来型スピントロニクス素子と比べて低電流での磁性制御が可能であり、構造が単純で高集積化が可能です。さらに素子が全て固体で構成されており液漏れなどの問題がないため、従来の半導体プロセスを使用して低消費電力で高性能メモリの構築が可能になると期待され、今後、高集積化等の微細加工技術の開発を進め、高密度大容量記録装置等への応用を目指した実証実験を進める予定です。

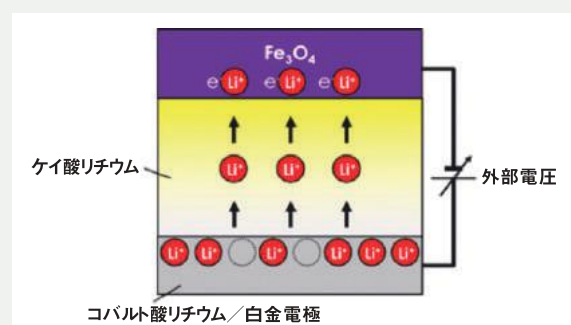


図1 固体内のイオン移動を利用した新しい磁性制御技術の模式図。外部電圧を印加して、固体電解質(ケイ酸リチウム)内のリチウムイオンを磁性体(Fe_3O_4)内に挿入・脱離させることによって磁気抵抗効果や磁化を制御する。

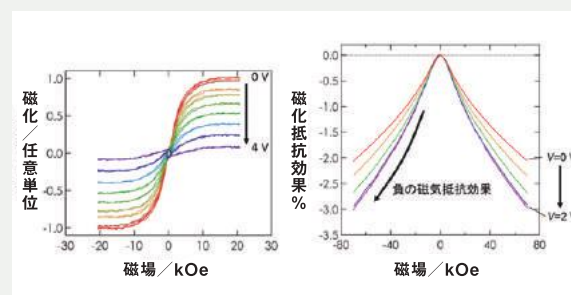
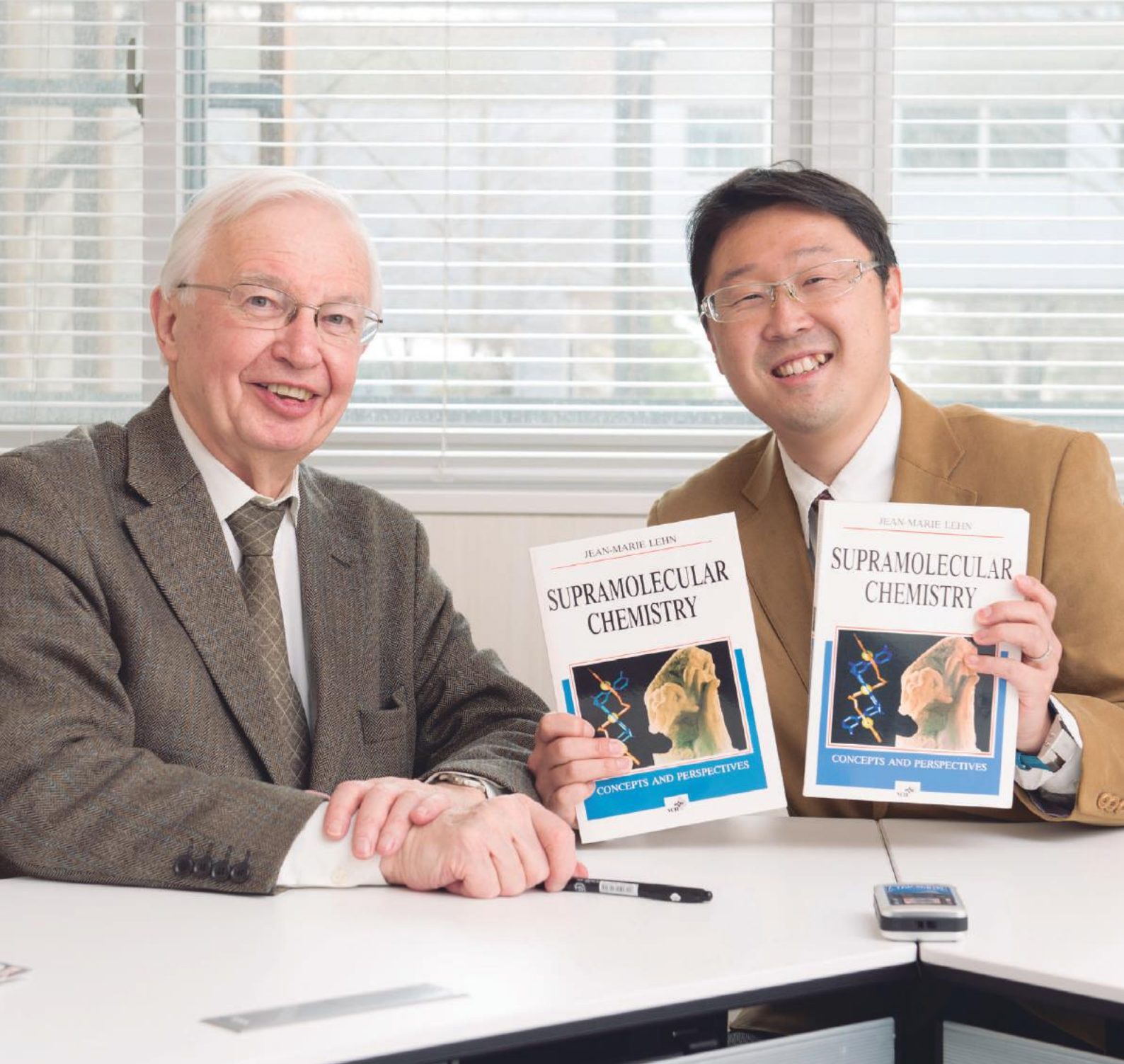


図2 Fe_3O_4 へのリチウムイオンの挿入量を変えた時の磁化-磁場曲線(左)と磁気抵抗効果(右)。リチウムイオンの挿入量は外部電圧(V)によって制御する。

参考文献

- 1) 寺部一弥、青野正和、"固体イオニクスの新たな展開 ー多様な新機能を可能にするナノイオニクスデバイスー"、応用物理、85巻、5月号、P.364
- 2) T. Tsuchiya, K. Terabe, M. Ochi, T. Higuchi, M. Osada, Y. Yamashita, S. Ueda, M. Aono, In Situ Tuning of Magnetization and Magnetoresistance in Fe_3O_4 Thin Film Achieved with All-Solid-State Redox Device, *ACS Nano* 10[1] 1655-1661 (2016) .



Leader's Voice

「次は何か？」を問おう

Jean-Marie Lehn 教授
荻原充宏 MANA 准主任研究者

超分子化学のコンセプト

荏原：MANAにお越しいただきましてありがとうございます。

Lehn教授：どういたしまして。

荏原：最初に、超分子化学のコンセプトが、どのようにして広く用いられるようになってきたのかをお伺いしたいと思います。このコンセプトは簡単に受け入れられたのでしょうか？

Lehn教授：それにはある程度の時間がかかりました。私は最初に、この「超分子化学」という言葉を1978年に2つの論文で用いました。批判されはしませんでした。この用語が広く用いられるようになるには時間がかかりました。生物学的か否かに関わらず分子認識は実際には分子現象なのですが、生物学者は生物学的な現象ととらえていたために、分子認識という考えが受け入れられることは少し難しかったのです。実際、生物学の基礎は化学、つまり分子にあります。人間は全て分子からできています。したがって、分子認識は非生物の世界とともに生物にも関わっているのです。

荏原：教授が若いころは、どんな性格の方だったのですか？ いろいろなものに興味を持っておられたのですか、あるいは一つの事に集中しておられたのですか。

Lehn教授：まず、私は科学者といえるような学生ではありませんでした。高校時代には、最終学年を除き、古典、ラテン語、ギリシャ語と哲学を学んでおり、科学はそれほど学んではいませんでした。大学では哲学を学びたいと思っていましたが、フランスでは哲学を学ぶには科学の試験を受けることが必須でした。そこで科学の試験勉強を始めたのですが、化学に興味を持つようになり、そのまま化学を続け哲学はやめることにしたのです。

荏原：教授はたくさんの論文を発表されていますが、最も記憶に残っているものはどれですか？

Lehn教授：研究の流れから考えて、1969年にフランス語で発表したTetrahedron Letters掲載の論文を挙げたいですね。これは、超分子化学へと至る私たちの研究の開始を意味する論文なのです。しかし、コンセプトとその後の展開においてもっと重要なものは、1995年の私の著作による「超分子化学 (Supramolecular Chemistry)」でしょう。

荏原：この本は、日本でもとても有名な本です。日本語に翻訳され、化学を学ぶすべての学生がバイブルとして使っています。

創造性を発揮しようとする 若者が直面する課題

Lehn教授：先ほど述べた一つめの私の論文はフランス語で書かれ、「Tetrahedron Letters」に発表したものであることは強調したいですね。私が言いたいのは、論文の発表先が有名なジャーナルであったり、英語で書かれていたりする必要はないということです。私にとってはこれらのことにしたる意味はなかったのですが、若い人々にはこれらのことに関する大きなプレッシャーがあるので、この観点はとても重要なことです。発表先のジャーナルが研究の質を決めるのではなく、(投稿される)研究がジャーナルの質を決めるのです。

荏原：重要なのはジャーナルの知名度や使用言語ではないというこ

とですね。これは若い研究者にとってはとても貴重なメッセージですね。ところで、研究者の評価についてはどのようにお考えでしょうか？

Lehn教授：もし新たに誰かを雇用しようとするときに、もちろんまずは多くの人々の中から絞りこむということはしなければなりませんが、ベストの方法は候補者たちとよく話をすることです。その人物を良く知るためには面接をすべきです。

荏原：MANAは、異なる分野や文化が融合し創造的な研究を助長する「Melting Pot」の環境を追求しています。このような非常に国際色豊かな研究環境が挑戦的な研究を可能にすると考えています。教授は、若い人たちが創造性を養うために重要なことは何だとお考えですか？

Lehn教授：科学には国境がありません。科学は完全に国際的なものです。私は、ノーベル賞受賞者が日本人だとか、フランス人あるいはアメリカ人だとか言うのは好きではありません。科学は科学そのものであり、国家的なものである必要はありません。ある程度までは、国家レベルで平均的な科学のレベルに関する情報が示されることはあるでしょう。質の高い研究を生み出すためには、各国が良い研究インフラを持ち、良い教育を行い、さらに効率的な管理を行うことは重要です。しかし、科学そのものを国家的な論点から語るべきではありません。

私はいつも若い人に、科学者としての専門的な仕事は国際的であるので、とても楽しいものであると話しています。世界中のあらゆるところに仲間や友人がいます。

荏原さんは国際的な研究環境について触れておられましたが、まさにこれは非常に大切なことです。国際的かつ学際的なこと、この2つはともにつながっていることが多いのです。

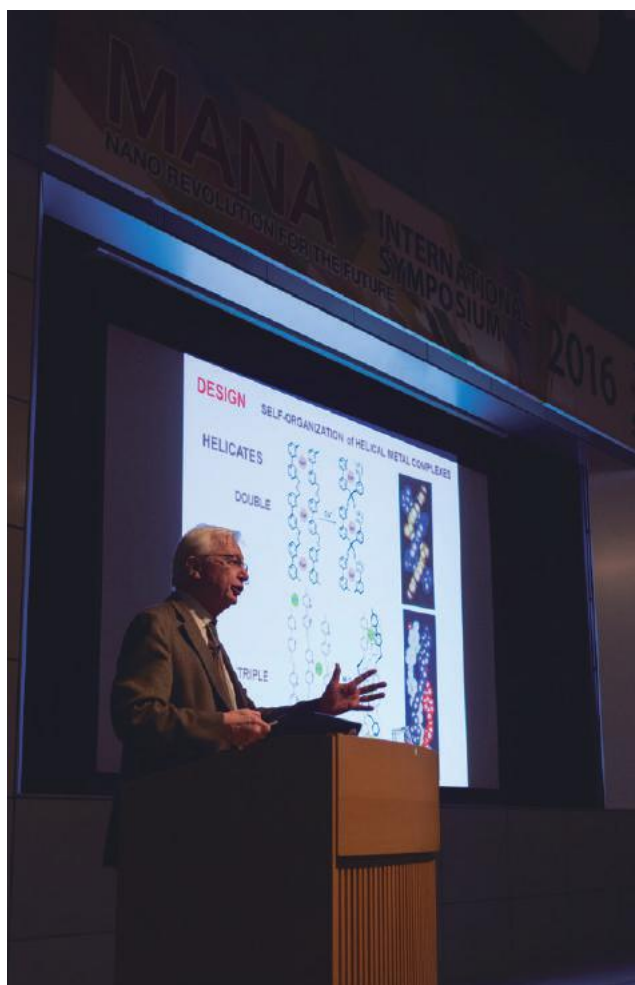
荏原：教授に大きな影響を与えた言葉はありますか？ 私は教授がMANA国際シンポジウム2016で発表された中の「there's even more room at the top (最上部にもまだ多くの研究余地がある)」という言葉がとても印象に残っています。それは、ファインマンがナノテクノロジーを重要な分野であることを示した「there's plenty of room at the bottom (最下部には十分な研究余地がある)」という言葉と対比されていますね。教授は、ナノ科学やナノテクノロジーの先にある目標は複雑さであると提唱されました。今では、我々はナノスケールにおける複雑なシステムを解明しようとしています。あの言葉はとても素晴らしい言葉でした。

Lehn教授：あれは、冗談半分で言ったものですが、大きさはそれほど重要ではなく、重要なのは複雑さであることを明確に伝えたかったのです。言葉に関しては、重要だと考えているものはいくつかあります、例えば理性、真理、知識等です。人間は理性に基づいて行動すべきで、科学者としての心構えは私に何らかの影響を与えるものです。

超分子化学を 様々な分野に応用する

荏原：今では、超分子化学は多くの分野で応用されていますが、まだ応用がなされていない、私たちの予想を超えるような分野があるのでしょうか？

Lehn教授：化学において超分子化学は重要なステップですが、も



Lehn教授によるMANA国際シンポジウム2016での特別講演

ちろん化学はそこで止まってしまうわけではありません。常に、「次は何か?」を問うことが重要です。

私にとっての「次の何か?」は、適応化学 (adaptive chemistry) です。そこでは化学システムの発展が動的で、システムの組成はそれに作用する環境、物理的刺激、化学成分等のいろいろなファクターに応じて変化します。複雑さが増すにしたがって新しい特性が出現する「複雑物質 (complex matter)」に向かいつつあるのです。

脳科学は最も重要で活気に満ちた分野ですが、そこで取り扱われるべき課題から考えると、まだスタート地点に立ったばかりです。脳科学で我々が今行っていることは、脳そのものに比べて非常に単純なものです。コンピュータは脳が及ばない速度で処理をしますが、脳はコンピュータよりもはるかに複雑な機械です。従って、コンピュータで脳の機能をシミュレートしようとするのはただ1つの側面にすぎません。最も重要なことは、脳がどのように機能するのかを解明することです。これらの2つを結合させる必要があると思います。

次に我々は情報の蓄積という問題に出くわします。分子認識は、特定の化学成分の情報の処理や蓄積に関係しています。一方、動的なシステムには、化学成分の分布の内に情報を蓄積できる可能性があります。多くの要素からなる動的システムがあると、それらの要素のすべてのコンビネーションを作ることができます。さらに、もしこれらの動的に組み合わされたコンビネーションに何かを加えれば、その比率が変化します。したがって、情報はある分子やパターンの中に蓄

Leader's Voice

「次は何か?」を問おう

Jean-Marie Lehn教授

荻原充宏 MANA 准主任研究者

積されるのではなく、加えられた因子に特徴的な分布の中に蓄積されます。動的な組み合わせに情報を暗号化するためのアプローチとして、誰かが使ってみようとするかもしれません。

またバイオマテリアルを可逆的なものにし、人工細胞を作ることも非常に面白くやりがいのある分野です。

荻原：私もバイオマテリアルの分野で研究を行っています。超分子ポリマーではなく、単なるセツポリマーですが、温度応答ポリマーあるいはPH応答ポイント等の刺激応答性ポリマーに関する研究を行っています。バイオマテリアルはほとんどが静的であるのに対し、人間の体は常に動的ですので、私は動的システムに非常に関心があります。私もまた、人工細胞を作ることは非常にやりがいのある分野だと思います。

Lehn教授：まさにそうですね。しかし、ポリマーも動的にすることができます。例えば、蛋白質を構成するアミノ酸を細かく切断して再結合させることにより一つの蛋白質から何百万もの蛋白質を作ることができます。バイオマテリアルを可逆的にすることは、とても面白い分野です。

荻原：それはとても興味深いアプローチですね、大変参考になります。今日は、お話する時間を取ってください、本当にありがとうございました。



Jean-Marie Lehn教授

化学者、ストラスブルグ大学超分子科学工 学 研 究 所 (Institut de Science et d'Ingenierie Supramoléculaires) 超分子化学研究室 (Laboratoire de Chimie Supramoléculaire) ディレクター。1939年フランスのロスハイムに生まれ、ストラスブルグ大学で学び、1963年に有機化学分野でPh.D.を取得。その後一年間ハーバード大学でポスドクとして研究を行った後にストラスブルグ大学に戻り、1970年に同大学教授。1987年に高選択性の構造特異的相互作用を有する分子の開発と利用で、Donald Cram博士およびCharles Pedersen博士とともにノーベル化学賞を受賞。



荻原充宏

MANAメカノバイオロジーグループ准主任研究者。1975年東京生まれ、早稲田大学よりPh.D.授与(化学工学分野)。専門分野は、スマートマテリアル、バイオマテリアルおよび医療機器。

層状複水酸化物の 機能性ナノシート



Renzhi Ma

ナノマテリアル分野
MANA准主任研究者

多機能層状複水酸化物

粘土鉱物一種である層状複水酸化物 (LDH) は、正に帯電した層と、弱く結合した交換可能な陰イオンとが交互に積層してできています。多くの種類の無機・有機陰イオンや、さらにはDNAを含む複雑な生体分子を、LDHの層間に取り込むことができます。ほとんどの層状物質が負に帯電した層と層間に陽イオンを持っていることに対し、陰イオン交換型であるLDHは独特な物質です。

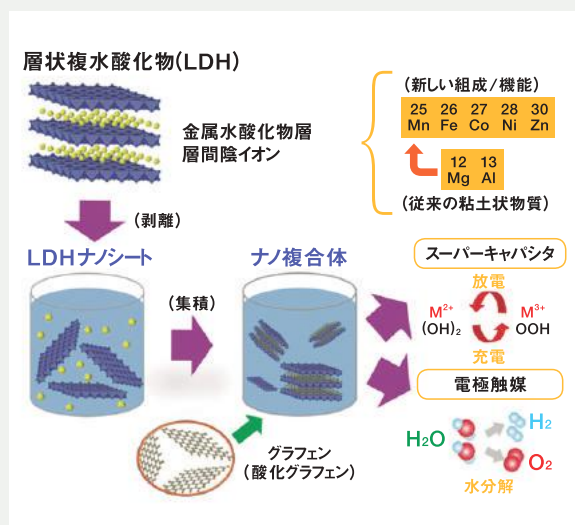
炭酸塩水酸化マグネシウム・アルミニウム (Mg-Al-CO_3) は、自然界で存在するLDH相の例として古くからよく知られています。一般的には、LDH物質は環境や人体に優しいものと考えられています。これにより、LDHは吸着剤、高分子添加剤、あるいはドラッグデリバリーシステム等の先進的な応用に強い関心が寄せられています。この古くからある粘土鉱物にさらに多様な機能を持たせるために、私たちはMn、Fe、Co、Ni、Zn等の種々の遷移金属陽イオンを導入した新しいLDHを作り出す一連の合成手法の開発に成功しました。遷移金属組成の取

り込みに成功しそれが制御可能となったことにより、LDHの電子的、磁氣的、電気化学的および触媒としての新規な特性を探索しようという研究が盛んに行われるようになってきました。

ナノシートアーキテクトニクスを用いた 多様な機能の探索

他の層状物質と同様に、LDHはソフトケミカル法を用いて積層に垂直な方向にかなり拡張させることができます。剥離として知られている究極の状態では、層が分離され、分子レベルの薄いナノシートができます。ナノシートの究極的な二次元異方性は、表面積を非常に増大させ化学的および物理的な反応性を増強させます。

静電的相互作用によるアセンブリプロセスを用いることで、正に帯電しているLDHナノシートを、反対電荷を持つ機能性ブロック、例えばグラフェン (酸化グラフェン)、と交互に積層させることができます。MANAでは、LEGOゲームの様に、遷移金属LDHナノシートとグラフェンのナノ複合体の作製に成功しました。高反応性と高伝導性を併せ持つナノ複合体は、秒単位の短い時間で大きなエネルギーを蓄積あるいは放出することができるハイブリッドスーパーキャパシタを開発できる可能性を示しています。このナノ複合体はまた、効率よく水を分解できる電極触媒としても有望です。単三乾電池 (1.5 V) 一本だけで水 (H_2O) を酸素 (O_2) と水素 (H_2) に電気化学的に分解することが明らかになりました。これらの成果は、ナノアーキテクトニクスの代表的な例ともいえます。



図：遷移金属 (Mn、Fe、Co、Ni、Zn) 混合組成を含む新規LDHの合成に成功。ナノシートに剥離後、グラフェン (酸化グラフェン) 等の他のビルディングブロックと分子レベルで交互に積層され、多機能なナノ複合体が誘導できる。

参考文献

- 1) R. Ma, T. Sasaki, 2D oxide and hydroxide nanosheets: Controllable high-quality exfoliation, molecular assembly and functionality exploration, *Accounts of Chemical Research* 48, 136 (2015).
- 2) W. Ma, R. Ma, C. Wang, J. Liang, X. Liu, K. Zhou, T. Sasaki, A superlattice of alternately stacked Ni-Fe hydroxide nanosheets and graphene for efficient splitting of water, *ACS Nano* 9, 1977 (2015).
- 3) R. Ma, X. Liu, J. Liang, Y. Bando, T. Sasaki, Molecular-scale hetero-assembly of redoxable hydroxide nanosheets and conductive graphene into superlattice composites for high-performance supercapacitors, *Adv. Mater.*, 26, 4173 (2014).

新生MANAがスタート!!

MANAの母体であるNIMSでは、今春2016年4月から第4期中長期計画が始まっています。
設立から10年目を迎えるMANAは、これからの7年間も「国際ナノアーキテククス研究拠点 (MANA)」として、
革新的な新技術の開拓を支え続け、挑戦的な研究に取り組みます。
新生MANAがよりアクティブでアトラクティブな研究拠点となるように、組織変更を施しました。

「ナノセオリー分野」の新設

ナノマテリアル、ナノシステム、ナノパワー、ナノライフに続く
5つ目の研究分野として「ナノセオリー分野」(分野コーディネーター：佐々木泰造MANA主任研究者)を設立しました。

ナノ空間では、とても小さい原子が動き回り、さらに小さい空間を電子が飛び回っており、日常的なスケールでの常識が通用しない世界が広がります。ナノセオリー分野では、ナノ空間で起こる様々な不思議な現象を解き明かすために、量子力学や統計力学を使って奇妙・奇抜な振る舞いの背景にある基礎理論を創出し、スーパーコンピュータを用いた定量的数値予測、またそのための計算方法の開発などを行います。その成果は、他の分野での観測結果の解釈や予測などに生かされ、また新しい現象の予測や新しい物質・材料の提案を目指します。



MANAの新PI(主任研究者)

複数の若手研究者を含む計8名が新たに
MANA主任研究者として着任しました。

ナノマテリアル分野



長田 実
機能性ナノシート G



山内 悠輔
メソスケール
物質化学 G

ナノシステム分野



高野 義彦*
ナノフロンティア
超伝導材料 G



寺部 一弥
ナノイオニクス
デバイス G

ナノパワー分野



森孝雄
エネルギー変換材料 G

ナノセオリー分野



佐々木泰造*
材料特性理論 G



宮崎剛*
量子物性
シミュレーション G



David Bowler
サテライト: UCL

*MANA への新任研究者

MANAはこれからも「ナノアーキテククス」概念に基づいて、
世界の新材料研究の旗頭となるべく努力していきます。
皆様の温かいご支援をお願い申し上げます。

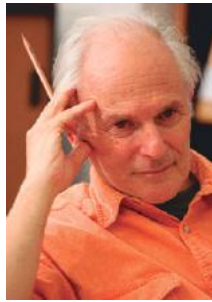
イベント報告

MANA国際シンポジウム
2016が開催されました

2016年3月9日(水)から3月11日(金)の3日間にわたり、つくば国際会議場にて、MANA国際シンポジウム2016が開催されました。今回は、来賓としてWPIプログラムディレクターの黒木登志男氏がWPIプログラムの概要を紹介し、1987年ノーベル化学賞受賞者のJean-Marie Lehn教授、スペインDonostia International Physics Center所長のPedro Miguel Echenique Landiribar教授、ドイツElectronic Materials Research LaboratoryのRainer Waser教授が特別講演を行いました。また、18の招待講演に加え、15の口頭発表および102のポスター発表による、MANAの研究発表も実施されました。3日間で411名による来場があり、活発な質疑応答や意見交換が行われました。



訃報: Sir Harold Walter Kroto博士



MANAのアドバイザーであったSir Harold Walter Kroto博士(1996年ノーベル化学賞受賞者、フロリダ州立大学教授)が、去る4月30日に永遠の眠りにつかれました。Kroto博士は、MANAの前身にあたるICYS(International Center for Young Scientists)のエグゼクティブアドバイザーを2004年から務められた後、2007年のMANAの発足当初よりアドバイザーとしてMANAの発展にご尽力くださいました。とりわけ、MANAの若手研究者を直接に指導くださったり、また日本の子ども達を対象とした科学教室で講師を務めてくださったりと、後進の育成に大変な熱意を注ぎ、私どもを導いてくださいました。MANAのすべての関係者は、Kroto博士との数々の素晴らしい思い出を心に抱きつつ、ここに衷心から哀悼の意を表します。私どもは、Kroto博士のMANAへの多大なご貢献に改めて心よりの御礼を申し上げ、博士のご冥福をお祈りいたします。

お知らせ

先進7カ国(G7)の科学技術
大臣がMANAを視察

2016年5月15日(日)から17日(火)までつくば市内で開催されていた先進7カ国(G7)科学技術相会合にて、2日目の2016年5月16日(月)に体験型見学会が行われ、各国大臣および関係者の方々がMANAを視察されました。御一行は、ナノイオニクスデバイスグループ(リーダー: 寺部一弥 MANA主任研究者)やナノメカニカルセンサーグループ(吉川元起グループリーダー)にて最先端の研究成果を視察し、カフェテリアではMANAに在籍する世界各国の若手研究者と笑顔を交えながらの意見交換を行いました。

新任研究者紹介

ナノマテリアル分野

主席研究員
相澤 俊主任研究員
石原 伸輔主幹研究員
川井 茂樹主任研究員
加藤 誠一主任研究員
土屋 敬志主任研究員
山口 尚秀研究員
苅宿 俊風

ナノパワー分野

主席研究員
道上 勇一主幹研究員
押切 光文

ナノセオリー分野

特命研究員
大野 隆央主席研究員
新井 正男主幹研究員
速水 渉主幹研究員
小林 一昭主幹研究員
西野 正理主幹研究員
野々村 禎彦主幹研究員
Igor V Solov'yev主幹研究員
辻井 直人主任研究員
加古 哲也主任研究員
佐藤 宗英

ナノライフ分野

主幹研究員
末原 茂主幹研究員
田中 秋広主任研究員
井上 純一主任研究員
中田 彩子主任研究員
奈良 純研究員
田村 亮主幹エンジニア
清水 純也主幹エンジニア
白井 暢子独立研究者
梅澤 直人ICYS-MANA 研究員
Ovidiu Cretu

※新任の主任研究者については左ページをご覧ください。

Emerging MANA Researcher

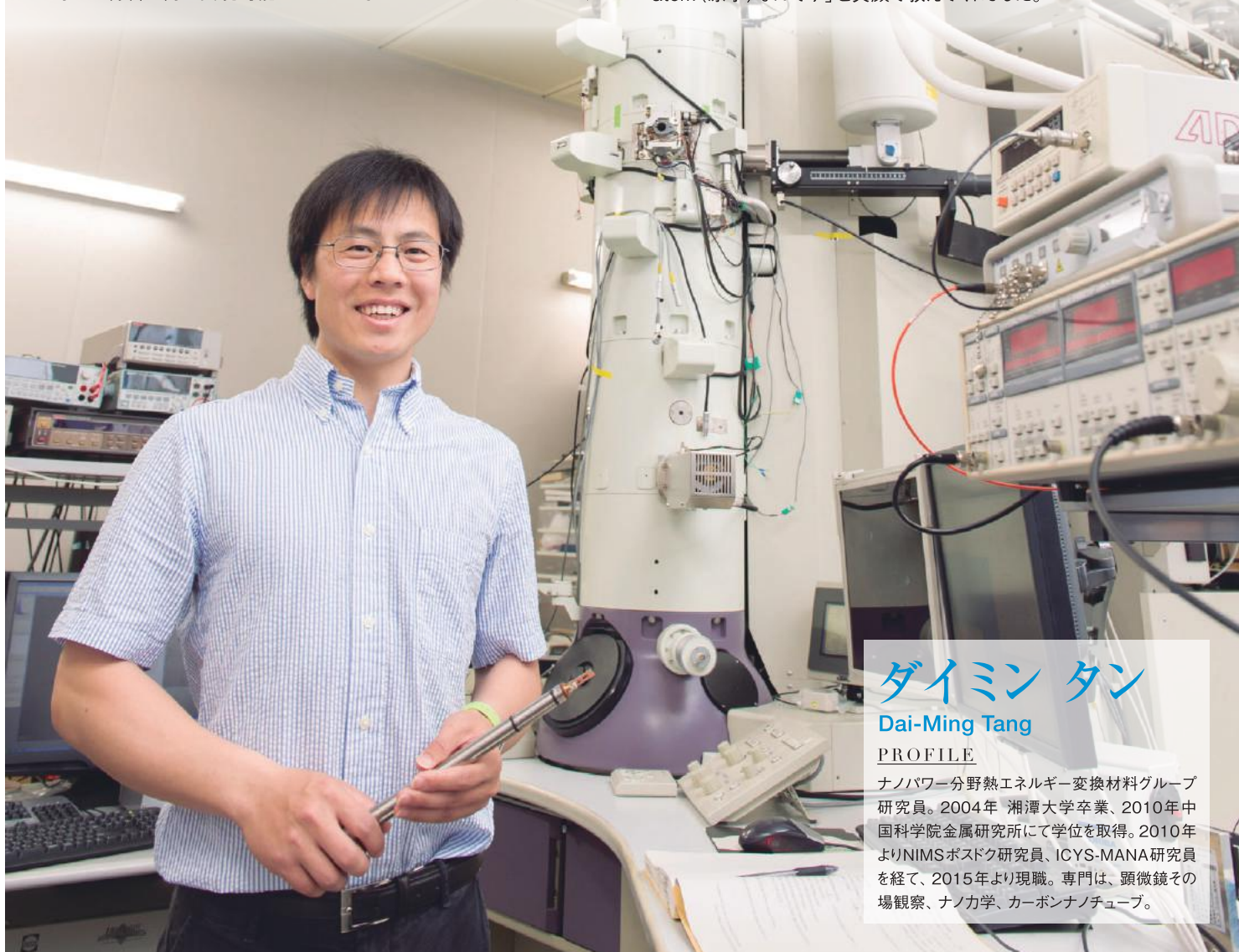
インタビュー・執筆担当：筑波大学D1 新山瑛理

タンは中国科学院金属研究所でカーボンナノチューブに含まれる金属の性質について学んだ後、2010年にポスドクとして来日してMANAに入り、2012年にICYS-MANA（国際若手研究センター）に参加しました。日本でタンが設定した研究テーマは、電子顕微鏡によるその場（in situ）観察。物理的限界に達した際のナノワイヤーやナノチューブについて、その構造だけでなく、変化プロセスや機械的特性を可視化する研究を進めています。これらのナノサイズの物質の背景にあるメカニズムを知ることが実践応用の面からも重要であり、小さな材料で何が実現可能であるかを考えデザインしていくことにも、

タンは強い興味を持っています。たとえば、ナノワイヤーを用いた極小サイズのトランジスタの開発も彼の取り組みのひとつです。一般にスケールを小さくするとトランジスタの性能は落ちてしまいますが、材料の基本特性を深く理解することで、将来は10nm以下で高性能・高効率なデバイスを実現できるはず、と意気込みます。

2015年にはMANA研究者としてNIMSの定年制職員に昇進したタンですが、日本での研究生活について尋ねられると「人生とは経験のようなものだと思うのです」と返します。「様々な文化や知識を経験することが創造的で意義深い研究につながります」と言う彼からは、サイエンスに対する非常に強い真摯な意欲が感じられます。

そんな彼は、家族との時間も大切にしています。つくば生まれの幼い二人の娘たちの個性や好奇心をどう伸ばしていくか、奥様と育児に力を合わせる毎日だとのこと。「上の娘が最初に覚えた英単語はatom（原子）なんです」と笑顔で教えてくれました。



ダイミン タン

Dai-Ming Tang

PROFILE

ナノパワー分野熱エネルギー変換材料グループ
研究員。2004年 湘潭大学卒業、2010年中国
科学院金属研究所にて学位を取得。2010年
よりNIMSポスドク研究員、ICYS-MANA研究員
を経て、2015年より現職。専門は、顕微鏡その
場観察、ナノ力学、カーボンナノチューブ。

MANA NEWS LETTER

CONVERGENCE

No.23 2016年 6月発行



発行 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点（MANA）
アウトリーチチーム
〒305-0044 茨城県つくば市並木 1-1
国立研究開発法人物質・材料研究機構内
電話 029-860-4710（代）
FAX 029-860-4706
Eメール mana-pr@ml.nims.go.jp
ウェブ http://www.nims.go.jp/mana/jp

CONVERGENCE：

世界の優秀な研究者をMANAのメルティングポット研究環境に集結・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。
表紙・・・山内悠輔主任研究者と若手研究者

©掲載記事・図版の無断引用・掲載はご遠慮ください。

CONTENTS

- 2 **Asking the Researcher**
結晶性無機多孔体 ナノサイエンスの新たなフロンティア／山内悠輔
- 5 **Research Outcome 1**
多様な新機能を可能にするナノイオニクスデバイスを創る／寺部一弥
- 6 **Leader's Voice**
「次は何か？」を問おう
Jean-Marie Lehn 教授 荻原充宏 MANA 准主任研究者
- 9 **Research Outcome 2**
層状複水酸化物の機能性ナノシート／Renzhi Ma
- 10 **Progress of MANA**
新生MANAがスタート!!
- 11 **NEWS & TOPICS**
- 12 **Emerging MANA Researcher** ダイミン タン