

No.3
Oct. 2009

インタビュー……p. 2-3

組織づくりのタブーに挑め

先駆的な変革と実験的なシステムにMANAのインパクトがある

——細野 秀雄

研究者に聞く……p. 4

グローバルな環境で 生き残りを懸けて

——塚越 一仁

MANAの歩み……p. 5

新しい人材育成の試み

MANA 独立研究者

MANAの研究成果……p. 6-7

- 原子スケール・ナノスケール物質中の赤外プラズモン——長尾 忠昭
- 短波長レーザーによる絶縁性セラミックスの3次元アトムプローブ分析——宝野 和博
- 金属クランプを用いた堅固なナノチューブ回路——ドミトリ・ゴルバーク
- メソポーラスカーボン材料とその多面的機能——アジャヤン・ヴィヌ

ニュースとトピック……p. 8

サマースクール／米国政府調査団来訪／ケンブリッジ大学共同ワークショップ／
ケルン大学MOU締結／MANA イベントカレンダー



国際ナノアーキテクトニクス研究拠点

International Center for Materials Nanoarchitectonics (MANA)

MANA JOURNAL



細野 秀雄 HOSONO Hideo

1982年東京都立大学大学院工学研究科博士課程修了。1999年東京工業大学応用セラミックス研究所教授、2004年同大学フロンティア研究センター教授を兼務。2004年～2010年JST ERATO-SORST「機能性酸化物プロジェクト」総括責任者。「鉄系高温超伝導物質」関係論文は2008年に論文引用数世界1位。専門分野は無機材料科学、透明酸化物半導体、磁気共鳴。

組織づくりの タブーに挑め

先駆的な変革と実験的なシステムにMANAのインパクトがある

透明酸化物半導体などのアモルファス材料の創製、電気を通すコンクリート、新しい鉄系化合物の高温超伝導物質の発見など、画期的な成果を連発して世界的に注目を浴びる細野秀雄教授。材料研究のおかれた現状を鋭く分析しながら、MANAへの期待や果たすべき役割についてお話しいただきました。

❖聞き手：NIMS広報アドバイザー 餌取 章男

鉄が超伝導になっても 不思議はない

—先生は子どもの頃から科学少年だったのですか？ とくに興味を持たれたことは？

家でも自分で簡単な装置を作って、科学の実験をするのが好きでした。一番興味を持ったのは、水の電気分解です。まず、水に電気を通すと液体から気体ができるのが面白い。しかも水素は燃えるわけですよ。火を消すために使っている水から、まさか燃えるものが出てくるとは思わないじゃないですか。目からうろこが落ちますよ。それが今までで一番印象的な実験ですね。

—水の実験で得たことは、その後につながっていますか？

水と水素、単純にいうと化合物と単体では性質が全く違って不思議ではないことです。ここが物質の最も面白いところだと思います。例えば鉄は磁石につく性質を持ち、超伝導にはなりません。一方、鉄化合物は、親である鉄の性質を原則は受け継いでいないので、それが超伝導になっても何の不思議もない。第一、我々のやった鉄系超伝導体は磁性が消えているのです。今は鉄の超伝導が世界的な話題となっていますが、僕はまったく驚かなかったし、すごい研究だとも思っていません。

それよりもセメントに電気が流れたときの方が、はるかにインパクトが大きいですよ。その興奮は比べものになりません。酸化カルシウムと石灰とアルミナで電気が通った。物質を良く知っている人間ほど衝撃を受けましたね。

—それでも世間が鉄の超伝導で沸きに沸いているのは、応用への期待があるからでしょうか？

いえ、超伝導ができるなんて考えもしなかったからでしょう。それから、高温になるという不思議さは確かにあります。それよりも世間の反応は、例えばみんな以前からナノの研究をしているのに、ある時期「ナノ、ナノ」と大騒ぎしたときと同じですよ。ただしナノの場合は、騒いだことで予算がついて、研究の流れができた。科学技術政策にしたところに意味がありますね。

御利益なき科学技術は 貴族の遊び

—「国家プロジェクトとしてナノを研究する」と宣言する必要があったと考えますか？

必要です。科学者の自由な発想に任せる部分がないと絶対に困りますが、宣言しないと、どうしても科学技術は全て好き勝手になってしまい収束しません。やはり税金を使う以上は、社会的なニーズに合わせた政策が必要でしょう。

もう一つ、社会が直面している問題を何も解決できないものを、果たして皆さんの期待する科学技術と言えるのでしょうか？ 御利益ばかり求めてはいけなくけれども、どこかで必ず役に立つものでないといけなくでしょう。特に材料研究は。そうしないと科学技術は貴族の遊びになってしまふ。貴族の遊びだつて必要ではあるけれども、それをあまりに大きな額の税金でやらないでほしいということです。

—実はNIMSでも、基礎的な研究を重視するスタンスと、社会への還元を考えるスタンスが、行ったり来たりしている面はありますか？

研究がどこに役に立つかを見通すのは難しいですね。数学も素粒子もそうですが、何の役に立たないと思っていたものから原子力ができたりしますから、単純ではありません。「暫くは全く役に立たない」というのも立派な宣言だと思えますが、それをやるのは選ばれた人間であつてほしい。基礎研究は格段に優れた人に、貴族に値する仕事をやってほしい。そうしないと税金の無駄です。

大学の場合は研究と教育を切り離せませんが、研究がなくても大学はある部分成立するけれども、教育なしには絶対成立しません。開拓的な研究を通して開拓的な人間が育ちますから、大学の究極の存在意義は教育なのです。人を育てるためには、開拓的な研究が絶対に必要です。

—先生が学生さんに指導なさる場合、開拓的とは「オリジナリティを持って」ということですか？

その前にまず、僕は教育的指導については考えてはいますが、あまり意識しないようにしています。大学の先生は学生から教わるのが結構多い。外出ばかりして忙しい先生と違い、学生はずっと研究現場に張り付いているし、エネルギーもある。先生と学生が、同じテーマでディスカッションしてやっているわけです。こうして先生と学生が絶えず入れ代わるから、結果として教育が成立します。

どこの大学でも優れた研究が出ているところは、間違いなく学生が優秀ですよ。優れた先生がいても学生が優れていないと良い研究は出ない。これも歴然たる事実です。

—振り返って、ご自身が強いインパクトを受けた先生は？

非常にたくさんいます。学生時代の恩師である川副博司先生（後に東工大）、名工大で初めて助手となったときの阿部良弘先生もそうです。それから今、透明アモルファス酸化半導体を

使ったディスプレイの開発が本格化し、アモルファスシリコン以来のブームになっていますが、それを手がけるきっかけになったのは、学生のときに聞いた産業技術総合研究所・田中一宣先生（JST研究開発戦略センター上席フェロー）の講演です。アモルファス半導体についての情熱的な話はいまだに良く覚えています。とくに若いときは感受性が強いので、ものすごく影響を受けました。いずれの先生も非常に研究のオリジナリティが高く、一言でキーワードが出てくる方でしたね。とても感謝しています。

どれだけシステムの 実験に挑めるか

—MANAの役割について、どのようなご意見をお持ちですか？

日本の中にMANAのような材料拠点ができるのは良いことです。ここ10年くらい、日本は材料・物質研究で世界をリードしていましたが、中国などに追い抜かれる部分が目立つようになってきています。平均値ではまだ優位性はありますが、トップの部分が厳しくなっています。その中で、国内の組織をまんべんなく強くするのは不可能ですから、どこか突出したところがエンジンになってやっていくしかない。その一つがMANAです。だから少なくとも、日本のトップ拠点であることに満足してほしくありません。

それから問題は、本当に世界から人が集まるか。現実にはまだ集まっていないと思います。ただしそれはMANAだけの責任ではなく、日本という国のシステムの問題です。外国人研究者が次のポジションを考えようとしても、日本にはポストがない、それもパーマネントがないのです。だから日本語を覚えても仕方がないし、日本はアメリカへ行く前の「踏み台」になっている。

アメリカだったらテニユアトラックを5年以内やって、その後テニユアになるというのが見えています。日本はそういったシステムがほとんどできていない。基準が見えないと外国人は居着きません。だからMANAの抱える問題は、突き詰めれば日本社会の問題なのです。それは一機関で解決できることではありません。

—言葉の問題はどうですか？ MANAでは英語を共通語化しようと努力していますが。

それについてはこう考えています。例えば台湾では、半導体の分野で相当する台湾語がありません。母国語でオリジナルな教科書を読めないと、多分新しいことを発想できなくなると思っています。だから英語と母国語のバイリンガルにせざるを得ない。日本でも日本語の教科書がないと駄目、どうしても2つあります。

ただ、論文を書いたりコミュニケーションをしたりするには、言葉はさほど大した問題ではないと思います。さっきお話しした通り、日本に人が集まらないのは言葉の問題ではなくポジションの問題。だから深刻なのです。

—MANAに期待することをお聞かせください。

研究者として国際会議で招待講演をする人は多いと思いますが、MANAにはプレナリースピーチをやるような人がもつといるべきですね。5段階で4の人ばかりが集まるのではなく、10段階で10の人が何人もいるような組織にしないと。それから、みんなが平等という組織ではなく、思いきって特化して、一つのプロジェクトが終わったら全部変わってしまうようなフレキシブルな組織にしていくこと。大学の学部では教育があるので、思いきって変えることは困難です。MANAは研究拠点なので、他の組織ではできないようなシステムの実験をしていただきたい。どういうトライアルをするのか鮮明にして、果敢にやってもらいたい。我々にはできないことですから。

—そういうシステムの実験をしながら、トップスターを育てるということですか？

トップスターを育てることは、MANAにとってそれほど大きい目的ではないかもしれませんが。それよりも絶対にシステムだと思えますよ。例えば給料を一気に3倍にするとか。それはあまりにも卑近な例ですが、そういった今まで日本社会ではタブーとされていたことに挑戦してください。どんなタブーに挑戦したか、我々は見ています。

—ぜひ厳しく見守ってください。今日はありがとうございました。



この写真は、卒研の結果を日本化学会（近畿大学）で発表するため、会場で撮ったもの。右は川副博司先生。

グローバルな環境で 生き残りを懸けて

塚越 一仁

TSUKAGOSHI Kazuhito

MANA 主任研究者 (PI)
(ナノシステム分野パイ電子エレクトロニクス
研究グループリーダー)
専門分野：ナノ物質エレクトロニクス
学位：Ph.D. 大阪大学 (1995)

海外で本当の研究仲間を得るには

——塚越PIはMANAで一番若いPIとして期待されています。42歳にして数々の優れた業績をあげていますが、どのように研究を重ねてきたのですか？

私はこれまで、民間企業や国内外の研究機関などで多様な経験を積んできました。もし同年代の研究者と自分を比べて違いをあげるとすれば、そこではないでしょうか。さまざまな外力をポジティブにとらえて形態を変えてきた部分も大きいと言えます。

例えば、半導体がどう社会に役立つのか知りたくなり日立製作所に就職したものの、バブル崩壊によって配属予定の研究グループが解散。退社して大学院に戻りましたが、2年目に阪神淡路大震災に遭って実験システムが滅茶苦茶になってしまいました。しかし、その時までのデータ回収と見直しを契機にドクター論文をまとめることができました。その後、学会で出会ったケンブリッジ大学キャベンディッシュ研究所の方に声をかけてもらい、海を渡って3年半、「ここで失敗したら帰る場所がない」という覚悟と悲壮感を持って必死に実験をしました。というのも、ポストドクですからお金もありませんし、日本にポジションもなく、いわば根無し草ですから、それこそ朝昼晩すべて実験に没頭するしかなく、クリスマスの日まで実験をしていてかなり鬱鬱(ひんしゆく)を買ったこともあります。そうする中で私に対する周囲の受け止め方が徐々に変わってきて、3年目には「ただのお客さんではなく、一緒に何かをやる仲間だ」と認められ、それこそ喧嘩しながらでも徹底的な議論ができるようになりました。

やがて日立ケンブリッジに研究の場を得ましたが、半導体大不況のあおりで予算のかかる極低温での実験が困難になり、窮余の一策としてナノ材料を手がけることとなったのです。研究対象の大きな転換となりましたが、それまでの研究と新材料を融合して、新たな展開を見つけました。その内容に目を止めていただき、帰国して理化学研究所で研究を続けることができました。

ですから私としては常に業績をあげなければとの思いはもちろんありましたが、その時々状況に応じて研究者として最大限もがいてきた結果の蓄積と受け止めています。

——MANAでどのような研究をしたいと考えていますか。これまでの延長線上にあるテーマ、それともまったく新しい何かでしょうか？

まずやらなければならないことは、CRESTプロジェクト^{*}に採択していた「ナノ界面・電気状態制御による高速動作有機トランジスタ」というテーマについてできうところまで追求することです。

もう一つは、ナノ炭素材料である一層もしくは二層グラフェンの電気伝導により、従来の半導体トランジスタを遥かに超える電界効果トランジスタが実現できるかどうかの研究です。20年後30年後のエレクトロニクスに、新しい材料をどう取り込んでいけるかを知りたい……。それは、これまでやってきた延長線上のさらに先を見据えたもので、私の中では全部つながっています。どの研究テーマも、自分の手がけてきたすべての研究を咀嚼し、世の中との関わりを見ながら、どちらの方向に大きく展開させていくかを考えて自然に進んできた結果なのです。

^{*}CREST：国から示された戦略目標達成に向けてインパクトの大きなイノベーションシーズを創出するためのチーム型研究。

社会に役立つ基礎研究が絶対条件

——研究者としてどのような目的意識、あるいは使命感を持っていますか？

どのような形であれ、社会に役立つ研究であることが絶対に必要です。それにより、日本の産業や文化を発達させることができます。私の立場でできるのは、エレクトロニクスについて物理的に不明なことがたくさんある中で、例えば有機トランジスタがなぜ動くのか、なぜ電流が流れるのかなど、まずそこからきちんと答えを出すことです。現在の概念では限界があることも、そういったメカニズムを解明すれば前進させられるかもしれません。NIMS、MANA、および日本の中で基礎研究をする意味はそこにあると思います。

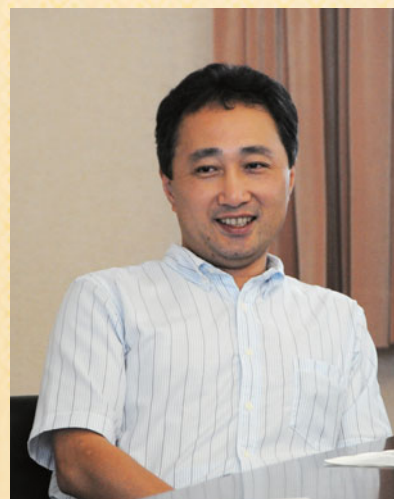
私は天才ではないし器用でもありませんので、突拍子もないことをする力は持っていません。凡才の執念で、日々の実験を組み合わせ、確証を持つまでひたすら考え抜き、みんなが不可能だとしてきたことを切り崩す。そのために自分の時間と精神力を注ぎ込んできましたし、これからも研究に打ち込んでいくのが研究者として自分に正直な生き方ではないかと思っています。

——PIの若手ホープとして、今後の抱負を聞かせてください。

研究したことをいかにアピールするかがポイントでしょう。研究を評価して下さる方がいれば招待講演が増えてアピールの機会も広がりますが、それだけでなく、研究者が互いに研究室を訪ねたりセミナーを開いたりして議論を深めていくべきです。ケンブリッジ時代は周りのみんなが飛び回って議論し、その中でアピールの仕方を研鑽していたように思います。そういう点でMANAは「どどん外に出なさい」というスタンスをとってくださるので非常に面白く感じていますし、この環境で自分のできることを見つけたいと思っています。

もう一つ、科学技術が人間のやることである限り、技術力だけでなく人間として信用されることが必要です。日本の研究成果をもっと外に出していくためには、人間としての交流を深めることが欠かせません。これもケンブリッジの経験からすると、本音で話ができ徹底的に議論できる間柄になるには3年かかります。

その研究者がどういうヒストリーの中で成功したのかを知るにはそれだけ時間が要りますが、そこまで踏み込めなければ国際的に勉強できるチャンスも広がりにません。そういった外へ向けてのアピールをもっと工夫し、時間を使えるようにしたいと考えています。



新しい人材育成の試み

～MANA 独立研究者～

若い、能力のあるすぐれた研究者を発掘し、大きく育てることは、世界的な研究拠点をめざす MANA にとって何より大切なことです。そのために最適な環境を提供しようというのが、MANA 独立研究者というシステムです。



世界に飛躍する場を作る

将来性のある研究者にとってもっとも刺激的なのは、世界のトップを走る科学者に直接会ってその人柄に触れ、研究についての話を聞くことでしょう。それが個人的に体験できれば、そのインパクトは極めて強いものになるはずです。また、どちらかといえば自分の殻に閉じこもりがちになる日本の研究者が、世界の舞台に飛躍するには、様々な国や異なる分野の人々と積極的に交わり、自らの視野を広げ、科学者として、また人間としての幅を広げていくことが極めて大切です。

独立研究者とは

MANA 独立研究者は主として30代の若手研究者で構成されています。優秀な人材を集めるため、採用の仕方は多様です。ほとんどのメンバーが JST さきがけ研究**の出身者であるので、先端的研究に若い優れた人材が集まっていると言えます。

現在独立研究者の数は13名、うち3人が外国人です。

彼らは身分的には NIMS のフルタイムの研究者ですが、MANA で独立して研究を行っています。

MANA の特徴ある 3D システム

彼らの恵まれた人材育成システムの中でも特にあげたいのは 3D システムといわれるものです。

3D とは、Double-mentor、Double-discipline、Double-affiliation のことで、複数のメンターによる研究指導で自立性を強化し、複数の研究テーマを持つことによって学際性を強め、複数の所属によって独立心を強化しようというねらいです。そのために、サテライト機関や海外連携機関を十分に活用しています。

国際色豊かな環境

もちろん、MANA 自身が世界トップレベル研究拠点機構を目指し、国際環境の整備に最大限の努力を払い、それに成功していることはいうまでもありません。研究者全体で見れば過半数の55%を外国人が占め、事務部門も全て英語でことが足ります。ティータイムになれば、さまざまな眼の色、肌の色の科学者があつまって研究の話やお国柄の話に花が咲き、日本の文化について事務部門の人びとに質問を浴びせる光景も日常茶飯事です。

メルティングポットといっていますが、多様なものがまざり合い、溶け合うことによって、革新的な成果の生まれてくることが期待されるのです。

** さきがけ：国の戦略目標に基づいて未来のイノベーションの芽を育む個人型研究。採択者の平均年齢は35.8歳。



深田博士の体験

MANA 独立研究者の1人深田直樹さんは半導体のナノ構造を研究している38才。

「何といっても、その道のトップに行く雲の上の先生のところにいきなり行けるというのが魅力でした。ソニン・ワン先生とは顔見知りでもなれなかつたんですが、エネルギー変換に興味を持っていたので、それについてのプロポーザルをしたところ、早速行けることになり、5週間行って来ました。

むこうの研究室では、先生をはじめ若い人でも納得しない限り動かない。そのため、何時間も議論しました。皆、プロの自覚が強いんです。これらをひっくるめて吸収できたことは大きいですね。」

「現在は独立科学者として全ての責任を持ち、研究テーマの発案、装置のセットアップ、実験、共同研究先の学生の指導等を行なっていて、研究に必要な予算の獲得まで全てこなしています。将来はぜひ、その研究分野の名前が出れば自分の名前が最初に挙がるような、世界の第一人者になりたいと思っています。」

長尾博士の考え

長尾忠昭さんは独立研究者のなかでは最年長で40才を越えた。表面ナノ分析が専門だが、この分野ではトップに近いという自負を持つ。

「ハーバード大学のナラヤナムルティ教授のところに行ってきたんですが、話をしたらいろいろ共通点があり、私が新しいことをするときを手伝ってくれました。成果に直結するというよりは、共通点があるということだけでたいへんなインパクトがありました。メンターというよりは共同研究者に近い感じを抱えています。

こうした今の研究環境には満足しています。これからもスペイン、ドイツ、米国などを行き来して、専門分野で世界のトップになるのが目標です。」

こうした独立研究者のなかから、世界の頂点にたつスター研究者が生まれることを期待できるのではないのでしょうか。

(館取 章男)



ジョージア工科大学でワン教授とディスカッションする深田博士
(右から)ワン博士、深田博士、カーカムさん(大学院生)



長尾 忠昭
NAGAO Tadaaki

MANA 独立研究者

原子スケール・ナノスケール 一次元物質中の赤外プラズモン

光（電磁波）をナノスケールの細線に閉じ込め、散乱させ、増幅させる技術が将来の光通信やセンシングの基幹技術として切望されています。金属中の電子の集団振動であるプラズマ振動を金属表面付近の電磁波と混成させることで、自由空間に比べて格段に小さな波長で光を操作することが可能となります。このような波長の収縮した混成波をプラズモンポラリトンといいます。金属中の電磁波は減衰が非常に大きいので、例えば金属部分を出来る限り小さく細くすることで、減衰の少ない光導波路が出来る可能性があります。私たちは低速電子散乱法により原子ワイヤーや原子シートの中にプラズマ波（プラズモン）が伝播することを世界にさきがけて発見し、その基礎物性を系統的に研究しています。たとえば、原子鎖の中には、朝永振一郎の理論で有名な音響波的な赤外プラズモン、温度変化に伴い生成消滅するプラズモン、スピン偏極した電子によるプラズモンなどが存在し、原子スケールでの電子物性に密接に

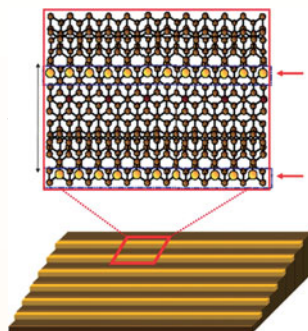
関連して多彩な性質を示すものがあります。

金属で出来たナノ材料は、材料中の電子の平均間隔が原子のサイズと同程度なので、プラズモンの性質も、ナノスケールでの形状変化やサイズの変化に敏感に影響されて大きく変化します。そこで現在、金属ナノロッドや金属ナノシートの形状を設計し、そこに閉じ込められたプラズモンの性質を制御し利用する研究を始めています。最近、平らな金属膜表面に比べて数千倍の感度で赤外吸収シグナルを生じる材料を開発し、単分子レベル、アトモレベル（アトは、10の18乗分の1）の微量の分子を検出できる計測法の研究を進めています。

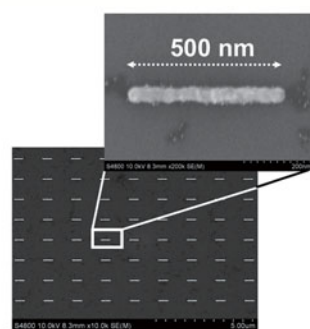
この赤外プラズモンの研究はまだ始まったばかりですが、金属材料の潜在的な能力を引き出す有望な材料開

発の方法論として、主に国外の研究者からの関心が高まっています。国際共同のサポートを受けやすいMANAの研究環境下で、欧米、中国等の国外の研究者とも連携しながら、これまでの物性研究から本格的な材料応用に展開したいと考えています。

自己組織的に作製した原子スケールの一次元原子鎖構造（模式図）



電子リソグラフィーで作製したナノスケールの金の一次元ナノアンテナ（SEM写真）



一次元原子鎖構造、一次元ナノアンテナの両者ともに赤外帯域のプラズモンが発生する。



宝野 和博
HONO Kazuhiro

短波長レーザーによる絶縁性セラミックスの 3次元アトムプローブ分析

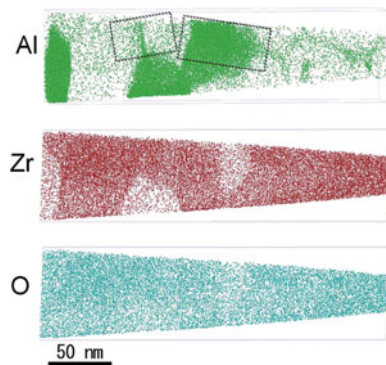
MANA 主任研究者 (PI)
ナノマテリアル分野

電子顕微鏡では原子コラムを見ることができません。個々の原子を見てそれを測定することはできません。走査トンネル顕微鏡では表面上の個々の原子を見ることができませんが、それを分析することはできません。3次元アトムプローブ法は先鋭な針の先端に高電界をかけて、その先端から平板の検出器に放射状に飛行するイオンの飛行時間を測定して原子種を同定し、検出器上の座標から原子位置を測定する方法で、金属材料の分野では20年以上にわたり原子の分布を直接3次元的に見ることのできる唯一の解析法として応用が広がってきていました。試料が金属や半導体であれば、3次元実空間で数100万個の原子から構成される原子トモグラフィーを得ることができ、しかもその情報からナノ領域の組成も決定することが可能です。ところが試料先端から原子を電界でイオン化させるために 10^{10} V/m程度の高電界が必要であり、さらに100万倍以上の投影倍率を得るために先端が50 nm程度の針状試料が必要という制約があったため、これまで絶縁性セラミク

スのバルク材料の解析に応用した例は全くありませんでした。本研究では集束イオンビームによる微細加工法を用いてジルコニア・スピネルの2つの酸化物から構成されるナノコンポジットセラミックスから先端の半径が50 nm程度の針状試料を作製し、紫外線フェムト秒レーザーで原子のイオン化を誘起することにより、アトムプローブでバルク絶縁体セラミックスの3次元原子トモグラフィーの取得に世界で初めて成功しました。従来金属や半導体にしか使えないと考えられていた3次元アトムプローブ法を絶縁性セラミックスのバルク材料に応用できることを実証した初めての例であり、今後短波長レーザーを用いた3次元アトムプローブ法が様々な材料の汎用的なナノ解析法と発展すると期待されます。セラミックス材料は半導体デバイス中の絶縁層や新しい蛍光体、電池陽極材料、電池用固体電解質、電子セラミックス材料、超伝導物質などエネルギー環境材料としてその重要性が近年高まっています。これらのセラミックス材料の特性は様々な元素を混ぜ合わせることで出てくるものが多いので、ナノスケールで3次元的な元素分布が得られる手法の開発が待ち望まれていました。本研究を契機として、短波長レー

ザーによる3次元アトムプローブがセラミックス材料の汎用的なナノ解析法として確立されれば、機能を発現する元素の役割の解明に大きく役立ち、その結果機能性セラミックス材料開発の効率が高まると期待されます。

<http://www.nims.go.jp/apf/exhibition/ZrOMgAlO.html>



Y_2O_3 安定化t-ZrO₂/MgAl₂O₄ナノコンポジットセラミックスのレーザー3次元アトムプローブより得られたAl, Zr, Oの原子トモグラフィー



ドミトリ・ゴルバーク
Dmitri GOLBERG

金属クランプを用いた 堅固なナノチューブ回路

MANA 主任研究者 (PI)
ナノマテリアル分野

実際の電氣的・力学的な応用を視野に入れた場合、回路中におけるナノチューブの接合は肝要な工程となりますが、ナノチューブを接合するための信頼性の高い技術は、最近まで確立されていませんでした。我々は、究極的なクランプとしてコバルトナノ粒子を用いることにより、カーボンナノチューブを堅強に接合可能であることを発見しました。

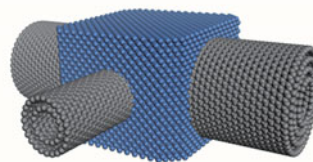
走査電子顕微鏡 (STM) と透過型電子顕微鏡 (TEM) の専用ホルダーの中で、コバルトを充填したカーボンナノチューブに 300 kV の TEM 電子線照射とジュール加熱を加えることにより、比類の無い構造的再配列を得ることに成功しました。すなわち、コバルトと炭素の内部拡散により、コバルトナノ粒子がナノチューブをしっかりと溶着したのです。

この現象は、金属と炭素が (金属炭化物に特有な状態で) 強力に共有結合することによって生じたものと考えられます。

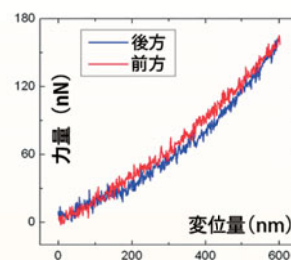
2本のナノチューブが重なり合う箇所に金属ナノ粒子を置き、電流を流し電子線を照射することにより、この配列が形成されます。TEMによるその場計測を実施した結果、接合部は導電性であり、電気抵抗はわずか数十kΩであることが明らかになりました。STM-TEM装置を用いて接合部が形成された後、原子間力顕微鏡 (AFM) と TEM のホルダーに慎重にナノチューブを移動して、直接引張試験を実施した結果、ナノチューブが力学的に頑強であることが確認されました。ナノチューブは、0.6 GPa から 1.4 GPa という極度に高い引張強度を呈しましたが、こ



コバルト・クランプのTEM画像



コバルト・クランプを用いた
3分枝型カーボンナノチューブの模型



電子顕微鏡内部で接合部を引張分離させた際の力量と変位量のグラフ (右)



アジャヤン・ヴィヌ
Ajayan VINU

メソポーラスカーボン材料と その多面的機能

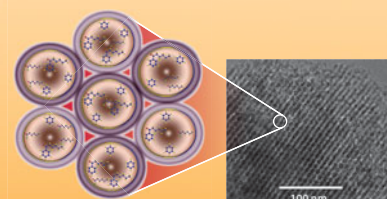
MANA 独立研究者

M41Sと称されるメソポーラスシリカ分子の篩 (ふるい) が発見されて以来、この研究分野は非常に脚光を浴びるところとなり、異なる構造を持つ規則性メソポーラスシリカ材料の合成、特性解析、応用に関して膨大な科学的取り組みがなされてきました。通常、メソポーラスシリカ材料は、陽イオン界面活性剤、陰イオン界面活性剤、あるいは非イオン界面活性剤を媒介とした適切なシリカ前駆体の自己組織化を利用するソフトテンプレート法によって合成されます。これらの材料は、非常に高い比表面積、比細孔容積、調整可能な細孔径、制御可能な組織形態を有しており、吸着、分離、触媒作用等の広範囲な応用に用いられる材料として有望な候補となっています。残念ながら、メソポーラスシリカ材料は、水安定性、熱安定性、力学的安定性が低い等の特徴があります。炭素は、高い熱安定性と力学的安定性を持つ興味深い材料の一つであることから、MANAでは、ナノハードテンプレート法を用いて、多様な構造と細孔直径を持つ様々なメソポーラスカーボン材料の合成法を研究しています。ハードテンプレート

法による研究では、犠牲鋳型として3次元構造の規則性を持つメソポーラスシリカを使用し、炭素源として単糖類や多糖類を用い、カーボンナノケージやカーボンナノ籠等のメソポーラスカーボンの合成に成功しました。これらの材料は、整った規則性を持つ細孔構造、高い比細孔容積と大きな比表面積、調整可能な細孔直径を有しています。これらは、表面に電荷が無く、シリカ材料に比べて水性環境下における耐性が極めて高くなっています。これらの材料は、市販のカーボンブラック担持のものに比べて PEM 燃料セルにおいて優れた陽極性効果が高くなっています。

これらメソポーラス材料の機能は、多様な元素を持つ壁構造の化学組成を変えることにより調整出来ます。窒化炭素 (carbon nitride, CN) は、カーボンナノ構造に窒素原子を組み込むことにより、伝導性電界放出やエネルギー蓄積特性の増強が可能であることから、興味深い材料です。比類の無い特性を持つことから、多孔構造を持たない CN 材料は、極めて高温な条件下で、分子前駆体あるいは化学的前駆体から既に合成可能ですが、多孔構造を持つ CN 材料が構築出来れば、触媒作用、非常に大きな分子の分離や吸着等の様々な新しい形態の応用が可能になると期待されています。

MANAでは、エチレンジアミンと四塩化炭素の単純な重合反応を利用して、様々な細孔直径を持つ SBA-15 材料を鋳型として用いて、4.2 nm から 6.4 nm まで細孔直径を調節可能な2次元メソポーラス窒化炭素材料 (mesoporous carbon nitride, MCN) の合成に成功しました。MCN材料の細孔直径は、無機質シリカ鋳型の細孔直径を変化させるだけで、構造の規則性に影響を与えることなく、4.2 nm から 6.4 nm まで自在に調整可能です。この MCN 材料の触媒活性を、塩化ヘキサノイルをアシル化剤として用いて、ベンゼンのフリーデル・クラフツアシル化反応試験を行って検証した結果、極めて高く活性化されており、カプロフェノンに対する高い転換性および 100% の生成物選択性があることが示されました。更に、その物質は、CN 結合面上に固有の塩基性サイトを作ることで、様々なアルコールを用いたβケトエステルのトランス型エステル反応において優れた塩基性触媒作用を示しました。



塩化ヘキサノイルを用いたベンゼンのフリーデル・クラフツアシル化反応試験によるカプロフェノン合成用メソポーラス窒化炭素

研究成果

第6回日英米ナノテクノロジー学生サマースクールを開催

2009年7月27日から31日にかけて、米国カリフォルニア大学ロサンゼルス校 (UCLA) において第6回日英米ナノテクノロジー学生サマースクールが開催されました。本スクールは、NIMSと英国ケンブリッジ大学ナノサイエンスセンター、米国UCLAカリフォルニアナノシステム研究所の3機関が共催しています。

日英米3カ国から参加した29名の学生はビーチバレー日英米対抗試合、UCLA学生主催フェスタなどを通じて、英米それぞれの文化に触れ、親交を深めました。

第7回は来夏にケンブリッジ大学ナノサイエンスセンターで開催する予定です。



UCLAカリフォルニアナノシステム研究所にて

米国エネルギー省と国防総省の研究調査団来訪 再生可能エネルギー技術研究の日米連携

2009年7月14日、アメリカのエネルギー省と国防総省の研究調査団が、再生可能なエネルギー技術開発における日本との連携研究の可能性を探るためにMANAを訪問しました。



米国調査団とMANAのメンバー

ドイツのケルン大学と合意覚書 (MOU) を締結

2009年5月28日、MANAとケルン大学の無機材料化学研究科は合意覚書 (MOU) を締結し、高度なナノ材料の製造・応用の研究を協同して進めることにしました。



ケルン大学調印式 (左から)：シュマルツ学部長、マトゥール学科長、板東MANA最高運営責任者

ケンブリッジ大学共同ワークショップ MANA 海外研究拠点による研究連携

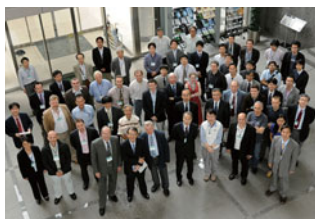
2009年7月3日、英国ケンブリッジ大学のナノサイエンスセンターとMANAの第一回共同ワークショップがケンブリッジ大学のキャンパスで開催されました。MANAはサテライト (海外研究拠点) を海外に設置しており、ケンブリッジ大学もその一つです。



第一回MANA-NSC 共同ワークショップの参加者

MANA イベントカレンダー

- 2009. 2.25-27 MANA 国際シンポジウム2009
- 2009. 5.28 ドイツのケルン大学と合意覚書 (MOU) を締結
- 2009. 6.15-17 ナノマテリアル日仏共同ワークショップ
- 2009. 7. 3 ケンブリッジ大学NSC 共同ワークショップ
- 2009. 7.14 米国エネルギー省と国防総省の研究調査団来訪
- 2009. 7.27-31 日英米ナノテクノロジー学生サマースクール
- 2009. 9.20-22 中国西安交通大学共同ワークショップ
- 2009.10. 9 ノーベル化学賞受賞者クロトー教授来訪
- 2009.10.13 ローマ大学共同ワークショップ
- 2009.10.13-14 フランスCEMES 共同ワークショップ
- 2009.10.23 ナノテク材料フロンティア・シンポジウム
- 2009.11.12-13 ワルシャワ工科大学・スイスEMPA 共同ワークショップ
- 2009.12.10-11 大阪大学共同ワークショップ
- 2010. 1.14 早稲田大学共同ワークショップ
- 2010. 3. 3-5 MANA 国際シンポジウム2010



日仏共同ワークショップ



クロトー教授

日本文化交流の取り組み

MANA では外国人研究者に日本文化に親しんでもらう様々なプログラムを企画しています。この夏は、ゆかた体験教室や和太鼓教室を開きました。



MANA 国際シンポジウム 2010

MANA 主催のシンポジウムが2010年3月3日から5日にかけて、つくば国際会議場で開催されます。

プレス記事


MANAにおける外国人の研究環境について独立研究者アジャヤン・ヴィヌ氏の記事が掲載。
—読売新聞 2009. 4.12

MANA 主任研究者の韓礼元氏と葉金花氏の2名の研究人生の記事が掲載。
—朝日新聞 2009. 4.15

MANA 独立研究者山内悠輔氏らの「金平糖ナノ粒子研究」が掲載。
—朝日新聞 2009. 6.24
—科学新聞 2009. 7.10



CONVERGENCE No.3 2009年10月発行

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