

イベント開催報告 *event*NanoGREEN/WPI-MANA棟
竣工記念式典開催

2012年7月5日(木)、物質・材料研究機構の並木地区に完成したNanoGREEN/WPI-MANA棟の竣工記念式典がWPI-MANA棟オーデトリウムにて開催されました。来賓116名を含む計150余名の参加者が出席した記念式典は、NIMSの潮田資勝理事長の挨拶で幕が開かれました。続いて、来賓のつくば市市原健一市長、文部科学省森本浩一大臣官房審議官、つくばイノベーションアリーナ ナノテクノロジー拠点最高運営会議岸輝雄議長、およびWPI黒木登志夫プログラム・ディレクターより、それぞれ祝辞とともに、融合研究のさらなる推進や革新的な研究成果への期待、激励の言葉が述べられました。



式典中のオーデトリウム内の様子

「サマー・サイエンスキャンプ2012」を開催

MANAは科学技術振興機構との共催で、8月1日から3日までの3日間、2泊3日の体験型教育実習プログラム「サマー・サイエンスキャンプ2012」を開催しました。全国より選ばれた10名の高校生を対象に開催した本プログラムでは、走査型電子顕微鏡・透過型電子顕微鏡を使ったナノスケール・原子レベルでの観察や、クリーンルーム内での現像実習を体験していただき、ナノテクノロジーへの関心と理解を深めていただきました。



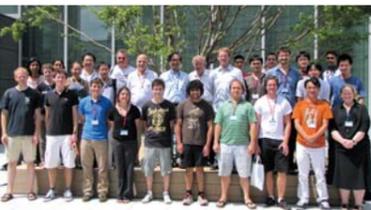
TEMを操作するキャンプ参加者

第8回日米英ナノテクノロジー
学生サマースクール開催

8月27日から31日まで、MANAにおいて第8回日米英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。

19名の日・米・英から参加した学生は3グループに分かれ、「ミッション・インボッシブル」と題した課題に取り組みました。学生らはグループメンバーや講師らと活発に議論を行い、プログラムの多くの時間をグループワークに費やしました。グループワークの合間に行われた講師陣による講演は、学生らが革新的なアイデアを思いつくヒントとなりました。

プログラム最終日には、チーム毎に課題レポートの発表が行われました。各チームの発表後、講師から質問やコメントも出され、最優秀プレゼンテーション賞を受けたチームには賞状と記念品が贈られました。



サマースクール参加学生と講師陣

モントリオール大学/MANA
合同ワークショップを開催

2012年7月19日(木)、MANAはカナダのモントリオール大学との共催で「1st UdeM-MANA workshop on Nano-Life」と題した合同ワークショップを開催しました。本ワークショップは、両機関間のナノテクノロジー分野の研究交流や共同研究の推進を目的として行われました。当日は両機関の研究者よりナノテク、医療分野からの最新の研究成果について9件の口頭発表が行われました。



ワークショップ参加者の集合画像

受賞ニュース *news*山内 悠輔 独立研究者が
つくば奨励賞を受賞

2012年7月25日、(財)茨城県科学技術振興財団よりつくば奨励賞(若手研究者部門)受賞者が発表され、独立研究者の山内悠輔博士が受賞することになりました。同賞は、茨城県内において科学技術に関する研究に携わり、顕著な研究成果を収めた研究者を顕彰し、研究者の創造的な研究活動を奨励するものです。

山内博士は「希少元素の有効活用に向けた新しいナノポーラス金属の開発」の研究が評価され、この度の受賞となりました。



山内 悠輔 博士

イベント開催告知 *event*WPI 6 拠点合同シンポジウム
「世界トップレベルの科学を愉しむ」

WPIの全拠点合同で開催する高校生向けシンポジウム。今年度はMANAがホスト機関となり、「科学を愉しむ」をテーマにつくば市で開催します。

- 会場：つくば国際会議場(茨城県つくば市竹園2丁目20-3)
- 開催日時：2012年11月24日(土)
- 講演：13:00~17:00(開場：12:00)
- 入場料：無料
- 申し込み先：mana-pr@ml.nims.go.jp
- お問合せ先：国際ナノアーキテクトゥクス研究拠点
Tel:029-860-4710 Fax:029-860-4706
mana-pr@ml.nims.go.jp



新任研究者紹介

newface

◆MANA 研究者◆



ロク クマール スレスタ

◆独立研究者◆



早川 龍馬

◆ICYS-MANA 研究員◆



ジョエル ヘンジー



石原 伸輔



ダイミン タン

CONVERGENCE No.12 2012年10月発行

発行：国際ナノアーキテクトゥクス研究拠点 (MANA)
アウトリーチチーム
〒305-0044 茨城県つくば市並木1-1
独立行政法人 物質・材料研究機構内電話：029-860-4710 (代)
F a x : 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、ナノアーキテクトゥ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

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

No.12

Oct. 2012

地球と社会を守る最前線にいる
という自覚を

—— 橋本 和仁

冴えない研究をやっている場合ではない

—— ジェームズ K. ジムゼウスキー

科学と社会を結ぶアウトリーチ活動

MANAの研究成果

心血管治療を目指した
17βエストラジオール修飾多糖類の開発 — フランソワーズ ウィニック

原子レベルからの燃料電池用ナノ材料の開発 — 富中 悟史

人工光合成の実現に向けて：
酸化物光触媒による二酸化炭素の光還元&燃料化 — 葉 金花

ペロブスカイト型酸化物における酸素拡散挙動 — 渡邊 賢

山
上
工
学
研
究
機
構
N
I
M
S



橋本 和仁

HASHIMOTO Kazuhito

1980年東京大学大学院理学系研究科修士課程修了。同年分子科学研究所技官。同研究所助手を経て、1989年 東京大学工学部合成化学科講師、1991年同助教授となる。1997年東京大学先端科学技術研究センター教授、2004-2007年の間、東京大学先端科学技術研究センターの所長を務める。2007年より東京大学大学院工学系研究科教授。理学博士。神奈川科学技術アカデミー「光機能変換材料プロジェクト」(1993~1999)、JST/ERATO「光エネルギー変換システムプロジェクト」(2007~2012)、NEDO「循環社会構築型光触媒プロジェクト」(2007~2012)、NEDO「微生物触媒による創電型排水処理プロジェクト」(2012~)などのプロジェクトリーダーを務める。新規光応答材料の設計・創成、さらに産業化をめざし、光触媒、磁性材料、フラレン誘導体を用いた有機薄膜太陽電池、微生物を用いた発電システムなど、幅広い分野で活躍している。1997年日本IBM科学賞、2004年内閣総理大臣賞(産官学連携功労者)、日経地球環境技術賞、2006年恩賜発明賞、山崎貞一賞、2012年 日本化学会賞など受賞歴多数。日本学術会議会員。経済産業省産業構造審議会委員、文部科学省科学技術・学術審議会専門委員、MANA評価委員。

地球と社会を守る最前線にいる という自覚を

◆聞き手：科学ジャーナリスト 餌取 章男

社会への貢献という高いモチベーションを持って走り続ける

——NIMSでは「使われてこそ材料」の理念の具現化を目標にしていますが、先生の材料研究についてのご意見などをお聞かせください。

そうですね。「材料」まさに「使われてこそ」ですね。しかし、研究で生まれた新規の材料が、実際に社会に使われるまでには、本当に様々な障壁があります。私は光触媒の研究でこのことを非常に経験させてもらいました。新たに開発した材料が現実に産業化されるには、たとえ研究としては完全に完成していても、まずにコストという大きな試練が立ちふさがります。さらに安全性や法的なこともクリアしなければなりません。その上、もし既存材料と置き換わるのであれば、これまでその材料を提供していたメーカーが、企業戦略上どうするかまで影響してきます。時代によって社会が求めるものも変わるし、それに柔軟に対応する必要もあります。このように研究成果が実用化して市場に出るまでは様々なハードルがあります。

材料の研究者はつい材料を「つくるだけ」になりがちです。「こんなに優れた材料をつくったのだから、実用化はだれかがやってくれるだろう」と、自分の持っているバトンを他人に渡して役目は終わり、と考える研究者が多いのが実際です。しかし、これではいけません。その材料の特性、特徴を知っているのは開発した研究者が一番です。さらに成果を是非とも世の中に役立てたいというモチベーションも一番です。ですから、バトンを次の役割の専門家に渡してしまうのではなく、バトンを持って一緒に走り続ける必要があります。「使われる材料」を目指す研究に終わりは無いですね。

——そういったマインドをどのように若い研究者に伝えたいでしょうか。

少し大きさに聞こえるかもしれませんが、20世紀と21世紀の時代背景の違いを認識し、今我々がおかれた立場に強い「危機感」を持つことの重要性を伝えたいですね。ここ100年間を振り返ると、地球規模で世界が変わっています。社会や地球が求めている研究の方向や研究者像が変わっていることを、明確に自覚してもらいたいと思います。すなわち、20世紀は「科学技術の発展は人類を幸せに導く」、と多くの人が単純に信じていることができました。また、全体が右肩上がりの社会であり、「個人個人それぞれがベストをつくすと、結果的に全体も上昇していく」という時代でした。しかし、21世紀は違います。「科学技術の発展が人類に便利さを与えてくれる」、このことは変わりないでしょうが、「それが幸せをもたらす」、とは単純に言えなくなりました。さらに経済はもとより、社会システム全体に「飽和感」や「右肩下がり」を感じるようになりました。これは、たとえ個人個人がベストを尽くしたとしても全体としては上昇できないことを意味しています。しかも、日本という国はそのような変化の最先端を走っているのです。気が付いたら三流の国と言われるようになるかもしれない。

このような将来に対する社会全体の不安に対し、社会のエリートたる優れた研究者は、「自分たちがフロントに立って新たな社会を築いていく」との強い意識を持ってもらいたいですね。特にMANAの若い研究者たちには、自分たちが理系エリートであることを自覚してほしい。エリートというのは多くの人の上にとって、楽をする

という存在じゃない。皆の先頭に立って方向を指し示し、人一倍奮闘し続ける責務を持っている存在なのですから。今まさに理系エリートの価値が問われているのではないのでしょうか。

自然と共生することを目指す研究のありかた

——材料研究のテーマの選び方について、どのような意識が必要でしょうか。

改めて言うまでも無く、研究はエネルギー問題、癌治療、経済の安定化、など人類や社会に直接的にメリットを与えるような対象だけが重要というのではなく、「宇宙の果ては?」、「生命の根源は?」といった人類の知的好奇心を掻き立てるような根源的な課題も極めて重要です。

昔、芸術家や研究者にはそれぞれ「パトロン」がついていて、そのパトロンの興味の方向になら、全く自由に活動できました。しかしそれは、よく内容を理解して興味が一致する支援する「パトロン」がいてこそでした。パトロンの興味からはずれたらすぐに捨てられたでしょう。現代、我々研究者のパトロンは、というと国民ですよ。 「ある材料のこの物性はどうか」を探求するだけで、人類は興味を持つでしょうか? 国民は納得するのでしょうか? その材料はどのようなことに役立つのか、あるいはたとえ直接的に役立つ技術にはならなくとも、その研究の本質はどのように人類に繋がるのか、そういうことを説明することは、税金を使って研究しているものの義務です。言い換えるなら、社会の必要性にも、人類の根源的な興味にもどこにも繋がらない研究は許されないと考えるべきでしょう。我々の研究は社会から委託されているのですから。研究者は社会に貢献していくという強い意識が必要でしょう。

——先生も、そういうことを意識して、テーマを設定していらっしゃる。

そんなに立派なことを言うレベルの研究ができてくるかは不安ですが、しかし、いつもそう心がけるようにしています。例えば、私の研究室では、5、6年前から生き物を使った新しいエネルギーシステムの研究を行っています。20世紀は自然から離れる方向で、効率を求める研究が主だったように思います。それならば21世紀は逆に自然に学び、自然に近づく、あるいは自然をそのまま使うといったコンセプトの科学、技術が重要なのではないかと思ったからです。

例えば太陽電池のエネルギー変換効率は、すでに一般に使われているもので15%強ですよ。実験室レベルでは43%のものも得られています。一方、植物の行っている

光合成はといいますと、わずか0.2%程度、最大でもせいぜい1%です。すなわち、人類はすでに効率という点では自然を圧倒的に凌駕しています。しかし、私にはどうしてもシリコン太陽電池が植物を越えているようには思えない。いったいそれは何故なのでしょう。それがこの研究を始めるきっかけでした。答えはある意味簡単です。植物は適切な環境を与えるとどんどん増殖する。傷ついても自分で治す能力も持っています。しかし、どう頑張っても、シリコン太陽電池は増殖できませんよ。すなわち、生き物の本質から学ぶべきことは、効率ではなく、「自己増殖能」と「自己修復能」と気付いたので。すなわち増殖する太陽電池を作りたいと思ったのです。最初それを話したときは、全くジョークとしかとられなかったのですが。しかし今、光合成微生物や稲と電流生成菌を組み合わせて利用することにより、湖や田んぼをそのまま使う光電気変換システムができることを実証しています。効率は0.01%~0.1%と著しく低いですけどね。

——高効率化を目指すだけでなく、自然界に学ぶというアプローチも重要ということですね。

そう思います。植物の持つ電荷分離機能のエッセンスだけを上手に抽出して、高効率の人工光合成系を作ろうという研究が盛んですが、効率は低くても自然にあるものに学び、自然と共生することを目指すというのも21世紀の研究のありかたのひとつとなると信じています。

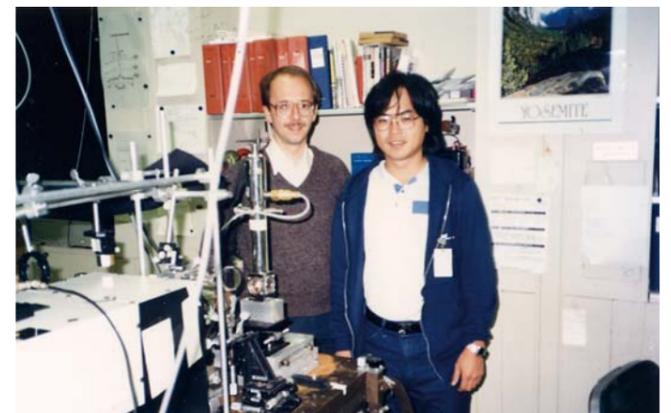
日本のモノづくりの基盤は「材料」。ナノテク、材料研究に求められるオリジナリティー

——MANAは文部科学省のWPIプログラムに採択されて、国際ナノアーキテクトニクス研究拠点として5年経ちました。先生は、MANAの評価委員ですから、MANAに今後どのようなことを期待されるかぜひ教えてください。

ナノテクノロジー、この研究分野は過去10年ほどのあいだに大変進歩しました。MANAの果たした貢献はお世辞でなく非常に大きいと思います。特にMANAはこれまで、基礎的分野に大きな成果を上げてきたと思います。これらの研究を進展させ、社会が求めているものにマッチングさせていくという努力をすると、MANAの存在価値は今後ますます高くなることだと思います。NIMSは独法研究所です。基礎研究だけでなく、それを社会に転換していくことが独法研究所のミッションです。その意味でこのCOEがNIMSにあることに非常に意味があると思っています。特に日本のモノづくりの基盤は「材料」ですから、MANAがNIMSの中核センターとして、日本の強みを活かしていく源泉となることを期待しています。

また、MANAには海外からの研究者も多く、公用語が英語であるからでしょうか、若手研究員もとても英語が上手ですね。英語での研究員のプレゼンテーション能力、ディスカッション能力が大変優れているという点も高く評価しています。ただし若手の研究が「こんな面白い材料が出来ました」、「こんな物性を見つけることが出来ました」だけでとどまっているケースが多いことは気になりますね。新しい材料を作ること、その物性を明らかにすることだけが、オリジナリティーの高い研究だと信じている人が多いように思います。そうではありません。ここまで述べてきたように新規材料をいかに価値あるものに変えていくのか、いかに社会が必要とするものに変えていくのか、これにも極めて高いオリジナリティーが必要です。ぜひ積極的にチャレンジしてもらいたいと思います。

レベルが高い研究と、社会への高い貢献度のある研究施設であれば、必ず優れた研究者が育ち、集まります。そんな魅力的な組織であり続けてほしいと願っています。



ベル研究所(米国ニュージャージー州マレーヒル)へ短期留学していた1987年頃

冴えない研究を やっている場合ではない

ジェームズ K. ジムゼウスキー
James K. Gimzewski

サテライトディレクター・主任研究者
ナノシステム分野
UCLA

今日の世界に、ちまちました漸進的な研究をやっている余地はありません。約20~30年前は、科学者が比較的少数であり、エリート集団でした。今や無数の若手科学者がいます。教育制度によって先端の研究を行う視野の狭い専門家の過剰供給が起りましたが、その根底は、19世紀の価値観に基づいた旧態依然としたものであって、産業革命の時代や知識を少数の人々しか利用できない図書館に貯め込んでいた国のものでした。今日の世界では、中国が安い労働力にものを言わせた人海戦術により、世界の消費市場を支配するかのとき勢いで、国際市場への製品輸出を拡大しています。また、アメリカ、日本、ドイツでは、ロボット、コンピュータあるいは先進的な通信システムにより、多くのブルーカラーやホワイトカラーの仕事が奪われる一方で、企業は事業活動を海外に移しています。この傾向は今後も継続し、我々の社会は、貧富の差が更に拡大し、失業率が上昇し続ける新たな局面に突入することになります。

歴史を顧みると、過去3世紀の間に人類が経験してきた革命の中心にあったものは、人間の知性が生み出す技術革新でした。技術革新により、産業、化学、電気及び情報技術の伝達に関する分野で大変革が起りましたが、これを社会革命と称することもできます。技術の進展をGDP成長率曲線の経時変化で見ると、特異点と呼ぶ点が見られます。成長率曲線には1700年前後や1950年頃に劇的な変化が見られますが、これらの特異点が印刷機やコンピュータといった具体的な発明によるものであると考える人もいます。新しい情報伝達システム(書物やコンピュータ)の活用が幅広く可能となったことによって、広範な新製品を生み出し、社会変化の臨界点をもたらしたとの考えには、説得力があります。洗濯機やウォークマンといったものは、ニコラ・テスラの天才的な技術革新により電気を変換して役に立つ動きに利用可能なものとした結果です。

我々に求められているのは、漸進的な技術革新ではなく、社会を変革してゆけるような新たな技術革新です。私は、これこそがMANAに託された一大使命の中核であると考えています。技術革新とは、創造性を最大限発揮しながら、最高のアイデアに基づいて最高の仕事をする事です。研究の底辺に関わる余地はありません。ちまちました陳腐な研究には、余地はないのです。研究の底辺とは、無味乾燥で退屈なテーマに関する論文を更にもう一本発表するようなものです。巷にはそのような研究対象が溢れていますが、MANAには底辺に関わる余地などありません。

研究を進める中で、過ちを犯す余地もたくさんあります。間違いを通してのみ技術革新は起こるのです。人は間違いを通して学びます。それが知性の働きの基本であり、創造力の基本です。間違いを犯すことなくしては、知性の停滞が起こります。技術革新に不可欠なことは、高みを目指して、現在では不可能と思えることに挑戦することです。リスクを負って不可能に挑むためには、明晰な頭脳と強靱な心が必要です。すなわち、サムライ魂が求められており、途中に立ちちはだかる障害を切り開いてゆく刀も要ります。技術革新を起こすためには、古い考えや方法を打ち壊してゆくことが肝心です。変化を起こしたり、確立された手法を打破したりすることなくして、新しいアイデアを実現化することは不可能です。

技術革新を最後のところで支えているものは、周囲の変化に対応できる感受性と機転の速さを兼ね備えた、決してくじけること

のない意思と決意です。精神が柔軟であって、環境に適応できる能力を有していることは、知性の本質的な特徴です。

私は、走査型トンネル顕微鏡に関する業績で知られていますが、これまでとは違う挑戦を始めました。自分で考えることができる機械、すなわち知性を持った機械を造り出したいのです。私は、人工脳を創り出すことを切望しています。そのようなシステムは現在のところ存在していませんが、実現すればポスト・ヒューマン革命とも呼ばれる大変革を起こします。このような機械は、フォン・ノイマン型アーキテクチャーのCMOSでは造ることができません。密接につながりあったワールド・ワイド・ウェブからなるソーシャル・ネットワークの中に新しい知性が起こりつつあること、また、高度化したネットワークにおいて情報がゆっくりと伝達する結果として、アラブの春のような加速度的崩壊や非ガウスの株価暴落といった確立論的挙動が発生することを示す証拠が得られています。ヒトの脳に関するMRI研究からも、脳のダイナミクスが似たような挙動を示すことが判明しています。MANA拠点長である青野博士とともに、我々は知能機械の基盤を原子スイッチとすることに決定しました。この「原子脳」、すなわち、長期・短期記憶の神経形態学的特性を人工的に模倣する方法は、既に実証されています。次のステップとして、1平方センチ当たり数十億個の人工シナプスによりランダムに構成された回路を用いた研究が進行中です。我々は、このような系が指数関数的なダイナミクスを有し、自己組織化臨界現象を示すと共に、そのダイナミクスが再帰的であり、記憶を有することを示しました。

このような系は、アラン・チューリングが提案したNANDゲートがランダムに組み合わせられた未組織化機械と呼ばれるものと似ています。我々は、実験により、自己組織化を行うダイナミクスが存在することを発見しました。このような機械は、幾千ものナノセンサーから多数のインプットを同時に感知し、移動可能なロボット技術によりリアルタイムの応答を行う能力を有しています。この機械には、学習により自己複製を行う能力が基本的に備わっており、それによって人間と機械との関係に変化が起こり、両者の境界があいまいとなってゆきます。日本が今後とも共同研究を主導的な立場で推進するならば、こういった機械の開発により、世界を変革するとともに、日本の社会や経済のバランスに変化を及ぼすことが可能になります。このような技術革新により、巨大な製造メーカーを上回る人工の労働力が新たに創出されると共に、ポスト・ヒューマン時代の世界における人類に対して新たな問いが突きつけられます。これこそが一大使命であり、今後10年の内に達成されるものと信じております。世界の大半の人々を凌ぐ感覚と思考能力を備えた知的ロボットの到来です。



ジェームズ K. ジムゼウスキー
ジェームズ K. ジムゼウスキー氏(英国王立協会フェロー)は、スキャン型プローブ顕微鏡、ナノアーキテクトニクスシステム、ナノエレクトロニクス及びナノメカニクスの分野で国際的に著名な研究者。1983年IBMチューリッヒ研究所、2001年よりUCLAの特別教授(化学)、CNSIのコア・ディレクター、MANAのサテライトディレクター・主任研究者。

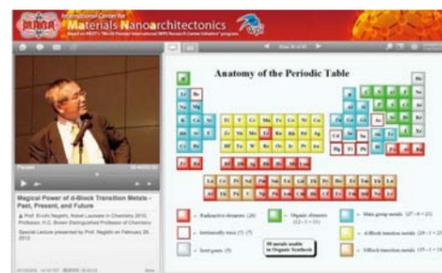
科学と社会を結ぶアウトリーチ活動

すぐれた研究を世の中に広く認めてもらうためには、その成果について、専門家に対しても、一般の方々に対しても、常に的確な情報を提供することが極めて大切です。MANAはそのためのアウトリーチ活動に力を入れています。

対象としては、材料科学の専門家を含む研究者向けと、小学生や中学生、大学生も含めた一般向け、国内向けと海外向けにわかれます。また、方法としては、ウェブや紙媒体などのメディアによる情報提供と、イベント開催を中心とした双方向交流型の2種類があります。最近のアウトリーチ活動の実際についてご覧下さい。

■ ウェブを通じて世界へ発信

世界中の材料科学の専門家に向けて、MANAの「最新」の情報についてよりタイムリーに伝えるべく、MANAの画期的成果をResearch Highlightとして



MANA国際シンポジウム2012特別講演の映像配信

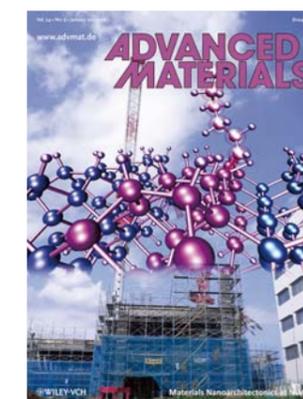
オンラインで随時発信しています。2012年7月26日配信の第3号では、「骨の再生を促進する複合多孔質足場材料を開発」について伝えました。

その他、講演者とスライドを同時に記録し、それをウェブ上で配信可能なシステムを使って、MANA国際シンポジウムの招待講演の映像配信を行っています。



Research Highlight第3号

■ 出版物を通じた情報提供



Advanced Materials特集号

材料科学分野のトップジャーナルの一つであるAdvanced Materialsに日本の研究機関としては初の特集号を組み、2012年1月6日にオンライン版を発行しました。2011年8月にも、材料科学の専門誌Science and Technology of Advanced Materialsに特集号を組み、オンライン発行しています。

その他、一般向けに絵本「ニーマの冒険」、漫画「The Challenging Daily



絵本 ニーマの冒険



漫画 The Challenging Daily Life

Life]などを刊行し、多くの方々から好評をいただいています。

■ イベント

中学生や高校生向けに数多くのイベントを開催して、ナノテク・材料科学に関する教育活動にも力を入れています。

アイデアコンテスト「未来へのチャレンジャー」

東北大学原子分子材料科学高等研究機構(WPI-AIMR)との共催で、材料科学をテーマにアイデアコンテストを行い、若い人たちに材料科学の可能性について楽しく考えてもらう機会を設けました。



アイデアコンテスト表彰式にて

サマー・サイエンスキャンプ

JST主催の「サマー・サイエンスキャンプ2012」では、全国から選抜された高校生10名を受け入れ、2泊3日の体験型合宿プログラムを通じて、世界最先端のナノテクノロジー技術を身近に感じてもらいました。



リソグラフィ実習を行う参加者

WPI 6拠点合同シンポジウム

2011年から始まった中学生、高校生を対象としたWPI6拠点合同シンポジウムは、第一線の研究者と直接交流することができるのが魅力です。今年は、2012年11月24日に、MANA主催によってつづばで開かれます。



昨年の合同シンポジウムでのMANAの展示ブース

その他、「サイエンスアゴラ2010」でのワークショップ、サイエンスカフェ「メルティングポット倶楽部」、ノーベル賞受賞者による科学教室の開催、科学・技術フェスタ京都への出展、バンクーバーにおけるAAAS 2012年年次総会へのWPI 6拠点合同出展、さらにMANA国際シンポジウムの開催など、多岐にわたっています。

MANAはこのようなアウトリーチ活動を通じて、科学と社会が密接に結びついて行くことを願っています。



心血管治療を目指した 17βエストラジオール修飾多糖類の開発

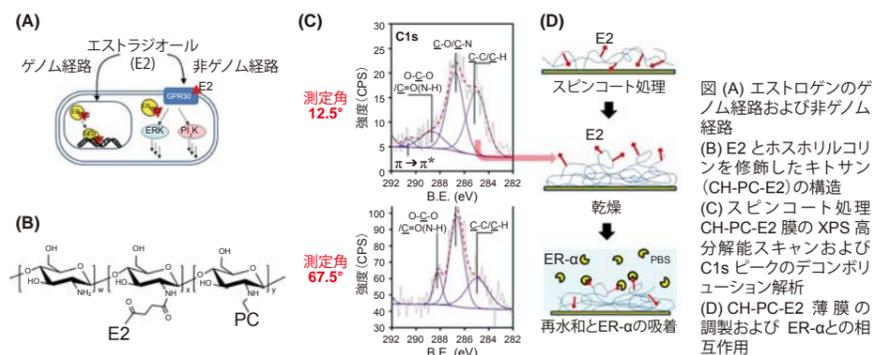
フランソワーズ ウィニク
Françoise M. Winnik

MANAサテライト主任研究者
ナノパワー分野

ステロイドホルモンである17βエストラジオール(E2)は、心血管疾患の予防・治療への有効性が示されて以降、当該分野で幅広い研究が行われてきました。E2の主要な役割は、細胞核内のエストロゲン受容体(ER)に結合して生殖関連の機能を制御することです。E2によるこのゲノムを介した作用は、数時間から数日の単位で発現します。一方、E2が心血管系に及ぼす作用は、これよりはるかに短時間で進行し、しかも核内ではなく細胞膜に存在する少数のERを介して調整されます(図A)。したがって、E2の心血管系への作用を最大限に引き出すためには、核内ERを活性化することなく細胞膜のERを選択的に活性化することが重要です。そこで我々は、生体膜を模倣した無毒性の水溶性高分子で^{1,2}、血管内皮前駆細胞などのさまざまな細胞株の成長を助けることが知られている³ホスホリルコリン修飾キトサン(CH-PC)に着目し、ここにさらにE2を修飾した新規分子(CH-PC-E2、図B)を開発しました。

まず、CH-PC-E2水溶液を疎水性のシリコンウェハ表面にスピコートすることでCH-PC-E2薄膜を作製しました。この薄膜を乾燥後に角度分解XPS解析を行ったところ、膜の最表面でE2が濃縮されていることがわかりました(図C)。これは、薄膜の乾燥の過程でE2がフィルム/気体界面に向けて移動したためと解釈できます(図D)。次に、このフィルムをリン酸生理緩衝液中に戻した際のE2

の存在位置を調べるため、水晶振動子マイクロバランス(QCM-D)法による測定を行いました。ER-α溶液(10~100nmol)を添加後、緩衝液で洗浄したところ、ERがCH-PC-E2薄膜に非可逆的に吸着することが示されました(図D)。以上の結果から、CH-PC-E2はE2の非ゲノム経路を特異的に活性化させることが、そして心血管系疾患の治療に利用できることが明らかになりました。



References
1. Gong, Y.-K.; Winnik, F. M. *Nanoscale*, **4**, 360-368(2012).
2. Tiera, M. J. et al. *Biomacromolecules*, **7**, 3151-3156(2006).
3. Tardif, K. et al. *Biomaterials*, **32**, 5046-5055(2011).



葉金花
Jinhua YE

MANA主任研究者
ナノパワー分野

人工光合成の実現に向けて: 酸化物光触媒による二酸化炭素の光還元&燃料化

太陽光エネルギーを用いて水と炭酸ガスから酸素と化学資源を合成する「人工光合成」は、現代社会が直面しているエネルギー不足問題や地球温暖化など環境問題の抜本的な解決に寄与できる究極的な技術であり、WPI-MANAの3大Grand Challengeの一つとして掲げられています。

我々はこれまでに新規半導体光触媒材料の開発とそれを用いた二酸化炭素の光還元・燃料化研究に取り組んできました。これまでの研究から、伝導帯の底が高い材料の設計・開発や、生成物の選択性を高めるための多電子反応の制御、さらに二酸化炭素の吸着能を向上させるための多孔性ナノ・メソポア構造の作製と表面特性制御が重要であることを明らかにしました。最近では酸化物表面の酸素欠損の制御が二酸化炭素の還元反応において極めて重要な役割を果たしていることを見出したので^{1,2}、紹介します。

固相反応法で合成したSrTiO₃に対し、Ar雰囲気中1200~1400°Cで熱処理を施すこ

とにより、酸素欠損を意図的に導入しました¹。このような異なる酸素欠損量を有するSrTiO_{3-δ}を用いて可視光照射下で二酸化炭素の還元反応を行ったところ、1300°Cで熱処理した試料においてもっとも高いメタンの生成率が得られました。酸素欠損による可視光吸収の増幅と二酸化炭素の吸着力の向上との相乗効果に起因することが考えられます。また、理論計算からはこの可視光吸収は酸素欠損に由来する新たなバンドから伝導帯への励起によるものであり、伝導帯の位置、すなわち、SrTiO_{3-δ}の還元力を低下させるものではないことも判明しました。

同じような現象はWO₃ナノワイヤーでも観測されました²。ここでは溶液法で作成した極細(太さ<1nm)の酸素欠損型W₁₈O₄₉ナノワイヤーに対し、H₂O₂による処理を施すことにより、意図的に表面の酸素欠損量を制御しました(図1)。これらの材料を用いて二酸化炭素の光還元を行ったところ、酸素欠損の増加に伴い、8電子反応の生成物であるメタンがより多く得られることがわかりました。

以上のように、酸化物における酸素欠損の制御が二酸化炭素の光還元&燃料化において重要な役割を果たしていることが明白

であり、そのメカニズムをさらに解明することにより、高効率触媒の開発に繋がるのが期待されます。

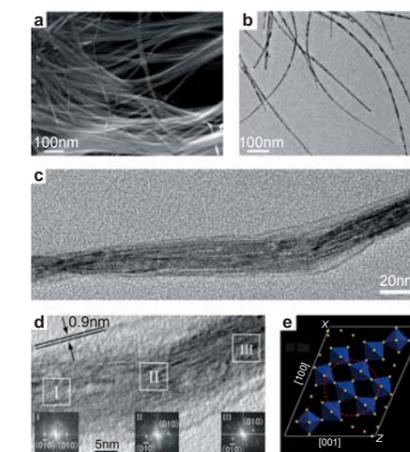


図1: W₁₈O₄₉ナノワイヤーのSEM、TEM写真(a,b,c)、高分解能電子顕微鏡写真(d)、および結晶構造スキーム(e)

参考文献
1. K. Xie, N. Umezawa, J. Ye, et al., *Energy Environ. Sci.*, **4**, 4211 (2011).
2. G. Xi, S. Ouyang, J. Ye, et al., *Angew Chem Int. Ed.*, **51**, 2395 (2012).



富中 悟史
Satoshi TOMINAKA

MANA独立研究者

原子レベルからの 燃料電池用ナノ材料の開発

燃料電池は二酸化炭素排出量削減に重要な電源であり、その民生普及には電極材料の開発が必要不可欠です。電極材料に求められる特性としては、触媒活性・高比表面積・耐久性・電子伝導性・コストなどが挙げられ、世界中で活発に研究が行われています。私は原子スケール・ナノスケール・ミクロスケールなどの異なる領域の現象を考慮し、原子レベルから材料の設計を行い、さらにそれらを効果的にシステムとして組み上げる技術の開発を行っています。

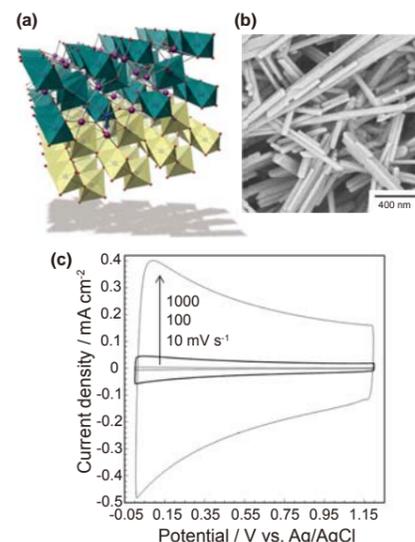
本稿では、新しい電極材料として燃料電池のみならず、食塩などの電解工業へも応用が期待できるチタン酸化物ナノ構造体について紹介します。チタン酸化物は化学的耐久性に優れた材料であり、その還元型酸化物には金属伝導性を示す構造もあります。燃料電池の電極としては耐久性が充分ではない炭素材料の代替として期待されていますが、高比表面積化が充分では

ありませんでした。

最近、我々は低温還元法を用いることで、ナノ構造を有する還元型酸化物の合成に成功しました。その材料は、半導体としての報告のみであったコランダム型チタン酸化物としては初めて金属伝導性を示すことがわかり、詳細な電子顕微鏡観察からナノ材料内部での原子拡散が重要な鍵を握っていることを突き止めました(図a)。

その手法は、多くの研究者が検討してきたナノサイズのTiO₂を出発物質に用いて、形を崩さずに高機能化が行えるために非常に汎用性が高い手法と言えます。例えばTiO₂のロッド状のナノ構造体への適用にも成功しています(図b)。また電極として貴金属に匹敵する耐久性を示すことがわかり(図c)、貴金属代替電極としての応用の可能性が示されました。多くの応用が期待されます。

現在は燃料電池への応用を考え、触媒活性サイトの導入を検討しています。また電子伝導メカニズムを解明するために、原子構造や電子構造の更なる解析を行っています。



図(a)低温還元反応のメカニズム。Ti拡散によるチタン酸化物の結晶構造変化。(b)ナノロッドも崩さずに還元可能。(c)電極としての基礎特性。強酸性溶液でも安定。

参考文献
Tominaka, S. et al., *Angew. Chem. Int. Edit.*, **50**, 7418-7421(2011).
Tominaka, S. *Chem. Commun.*, **48**, 7949-7951(2012).
Tominaka, S. *Inorg. Chem.* 2012 DOI: 10.1021/ic300557u. (Cover Image)



渡邊 賢
Ken WATANABE

ICYS-MANA研究員

ペロブスカイト型酸化物における 酸素拡散挙動

を、高分解能イメージング二次イオン質量分析計(SIMS)を用いて観察することで、¹⁸O濃度分布を得ることができます(図1)。粒内における¹⁸O濃度はほぼ一定であるのに対し、粒界近傍で大幅に減少していることがわかります。すなわち還元チタン酸バリウムの粒界は、酸素拡散のブロッキング層となることがわかりました。セラミックスの結晶粒界は、その無秩序な構造のため「酸素の早い拡散経路」であるという考えが、多結晶セラミックスの分野では一般的です。しかし、今回の発見は、全く逆で、結晶粒界が「酸素の拡散を阻害する」ことがわかりました。このブロッキング層は、低温での拡散の場合に顕著にみられ、高温ではその効果が小さくなります。また、水素還元した試料で顕著にみられます。また、SIMS観察から、粒界に不純物の偏析なども確認されていません。そのため、還元により導入された特異な欠陥構造がブロッキング層の形成に寄与していると考えられます。このようなセラミックスの結晶粒界の局所的な欠陥構造と機能の相関を解明していくことが、新規な機能性セラミックスの開発につながると期待されます。

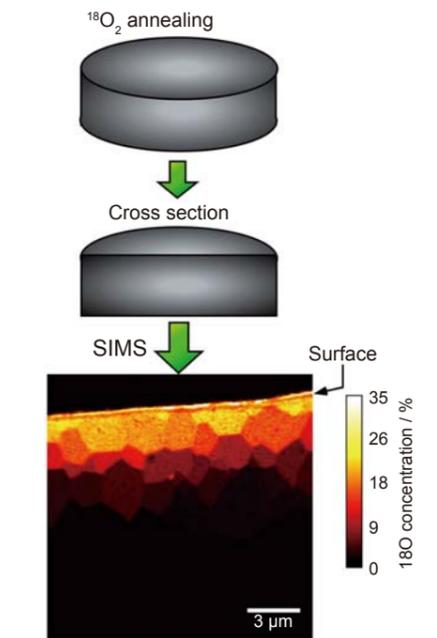


図:高分解能二次イオン質量分析計より得られたBaTiO₃セラミックス断面における¹⁸O濃度マップ

参考文献
K.Watanabe et al., *Appl. Phys. Express*, **4**, 055801 (2011).