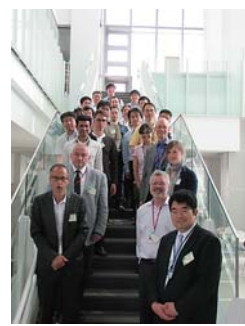


イベント開催報告 *event*熱電子研究・熱管理技術分野の
国際ワークショップを開催

2013年6月28日から29日まで、MANAは「International Workshop on Thermoelectric Research & Thermal Management Technology」と題して国際ワークショップを開催しました。本ワークショップは、一次エネルギー投入量の2/3以上が廃熱として未利用のまま大気中に排気されている現状の改善を目指して、熱電子材料および熱管理技術について最先端の研究成果を共有することを目的として実施されました。内外のトップレベルの研究者が参加し、一日目はMANAのラボツアー、二日目は計12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写真

「サマー・サイエンスキャンプ2013」を開催

MANAは、2013年8月6日から9日までの3日間、「サマー・サイエンスキャンプ2013」を実施しました。「サマー・サイエンスキャンプ2013」は、科学技術振興機構が主催する高校生向けの合宿プログラムで、先進的な研究テーマに取り組む大学、公的研究機関、民間企業等が会場となって夏休み期間中に生徒を受け入れ、科学技術の先端を体験してもらうイベントです。今年度のMANAでは全国より選抜された12名の高校生を対象として、電子顕微鏡を使った観察やクリーンルームでの現像加工などナノスケールの世界を体感する実習を行いました。またMANAの若手外国人研究者との交流会も開催し、ナノテクノロジーへの関心と国際社会への理解を楽しく深める機会を提供しました。



クリーンルームでの実習風景

WPI平成25年度現地視察の開催

MANAでは、2013年8月19日から20日にかけて、世界トップレベル研究拠点プログラム平成25年度現地視察が実施されました。プログラム・ディレクター、プログラム・オフィサー、作業部会委員、文部科学省担当者等の関係者が来訪し、青野拠点長からの拠点概要説明、主任研究者等の研究発表、ポスターセッション、全体討論等が行われました。また、支援期間終了後の取り組みについても意見交換が行われ、MANAが材料科学分野で国際的な研究ネットワーク上の「ハブ」として成長しつつあることが示されました。



現地視察での意見交換

新任研究者紹介 *newface*

◆MANA 研究者◆



ソングキム



小土橋 陽平



ファンシャ ゲンゴ



ファイテン



シーワン

◆ICYS-MANA 研究員◆

お知らせ *information*Langmuir 誌
Interfacial Nanoarchitectonics
特集号の発刊

2013年6月18日、アメリカ化学会 (ACS) 刊行のLangmuir 誌は、Interfacial Nanoarchitectonics 特集号を発刊しました (Vol.29, No. 24)。Langmuir 誌は、トムソン・ロイター社が運営する学術雑誌のデータベースにおいて「化学」に分類される影響度の高い雑誌のひとつであり、そのインパクトファクターは4.186です。今回の特集では、全世界から集まった49の論文のうち34報がMANA以外からの投稿となっており、MANAの提唱するナノアーキテクニクスの概念が広く世界に普及していることが伺われます。

Langmuir 誌
Interfacial Nanoarchitectonics
特集号受賞ニュース *news*フランソワーズ・ウィニック主任研究者、
高分子国際賞受賞

フランソワーズ・ウィニック主任研究者が高分子学会国際賞を受賞し (業績名: Studies on Thermoresponsive and Amphiphilic Polymers)、2013年5月29日より京都国際会館で開催された第62回高分子学会年次大会にて、授賞式が行われました。

高分子学会・明石会長から
表彰されるウィニック主任研究者

高分子学会国際賞は、多年にわたり高分子科学あるいは工学の基礎および応用科学の分野に貢献し、国内での交流が顕著な外国の高分子科学者等を対象に、その功労を顕彰することを目的に制定されています。

吉川 元起 独立研究者が
つくば奨励賞を受賞

2013年9月3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、吉川元起 独立研究者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。

吉川 独立研究者は「超高感度ナノメカニカル膜型表面応力センサー (MSS) の開発」の研究が評価され、この度の受賞となりました。



吉川 元起 独立研究者



国際ナノアーキテクトニクス研究拠点

International Center for Materials Nanoarchitectonics (MANA)

No.15

Oct.2013

"発見をなしとげる全ての人の秘密は、
何事も不可能ではないとみなすことである"

— J. ゲオルク ベドノルツ

小さいものから大きなものを育てよう

— ジョール ヘンジー

「目に見える」新研究棟 “Highly visible” new research building

MANAの研究成果

- ・ 難治疾患に挑む新しいナノ治療 — 長崎 幸夫
- ・ 要求に応じて機能を切り替えられるオンデマンド型素子
一つの素子でスイッチ、ダイオード、脳型記憶などの多機能性を実現 — 寺部 一弥
- ・ 和周波発生分光法による高分子
電解質膜 (Nafion®) 表面吸着水の構造決定 — 野口 秀典
- ・ *In situ*での透過型電子顕微鏡法による
WS₂ナノチューブの引張特性異常の解明 — タン ダイミン

"発見をなしとげる全ての人の秘密は、何事も不可能ではないとみなすことである"



J.ゲオルク ベドノルツ J. Georg Bednorz

物理学者、IBMチューリッヒ研究所 名誉フェロー。1950年西ドイツ生まれ、ミュンスター大学卒業。1982年にスイス連邦工科大学より博士号取得後、チューリッヒのIBM チューリッヒ研究所に参加。K. A. ミュラー博士に迎えられ、超伝導*状態で電気抵抗の消失は超低温に限られているとされていた当時に、高温の限界温度での超伝導について共同で研究を行った。1986年、35K(-238°C)という、他の材料よりもかなり高い限界温度を持つランタン/バリウム/酸化銅の化合物をミュラー博士と共に合成。この発見が評価され、ミュラー博士と共に1987年ノーベル物理学賞を受賞した。

「MANA国際シンポジウム2013 -Nano Revolution for the Future-」では、ベドノルツ博士に「High Tc Superconductivity, after a Quarter Century, a Technology Ready to Take Off」という題目で講演いただきました。CONVERGENCEは日本滞在中の博士にお話を伺いました。

ノーベル賞までの道のり

——ノーベル賞の受賞対象となった研究について詳しくお聞かせください。研究中にはリスクもあったと思いますが、博士の場合どうしてこの発見が可能だったのでしょうか？

私たちがこれらの材料の高Tc超伝導を研究することになったのは、ただこれらの酸化物に関する知識を集めていたからにすぎないのです。チューリッヒのIBM研究所には1960年代から引き継がれているような長い伝統があり、低温での構造相転移や物理学的特性に興味深い現象を示す特定の材料群の研究が行われていました。例えば、これらの化合物を化学的に操作すると強誘電性が導入され、なかには金属レベルの伝導率さえ示すものもあります。ペロブスカイト構造をとるある一群の材料からは、様々な珍しい特性も見出されています。

チューリッヒには、磁気特性、あるいは構造形態を研究するいくつかの固体物理学者のグループがありました。私たちは、ペロブスカイト構造の単純な構成要素（ビルディングブロック）の形状、つまり金属-酸素八面体や、例えば異なる元素のドーピングにそれらがどのように反応するかなどの局所的な特性を研究していたのですが、化合物の化学組成が変化すると、それらは自然に変形しました。

これに着想を得て、私たちは自然発生的歪みを示すように伝導性酸化物を操作することに成功しました。そして、このような歪みが電子と動的に相互作用すると、おそらく金属間化合物や合金でみられる温度より高い温度で超伝導性を導くのではないかと考えたのです。とはいうものの、理論的な裏付けがなかったため、それが成功するという確信は全くありませんでした。

しかしながら、このアイデアによって、私たちの研究で対象とすべき化学元素の候補を減らせることになったので、ある意味では非常に役立ちました。私たちは新規材料の合成を行っていたので、これによって私たちが銅酸化物へと導き、あたかも「陸地に行き当たった」かのように、高Tc超伝導材料というそれまで知られていなかった「新世界」を発見したのです。

超伝導の研究

——ノーベル賞を受賞された後も、博士は超伝導の研究に関わっていらっしゃいます。また、例えば鉄系高Tc超伝導体の発見など、この分野の他の研究者たちの活躍も見られるようになりました。理工学分野における発見を実践的な応用へ発展させるにはどうしたら良いと思われますか？

新規超伝導体については、理論的側面からの指針がないというジレンマがいまだにあります。予想されていなかった発見や新規の化合物ばかりですから、、、。しかし、この分野の研究においては、有機超伝導体は忘れられていたと思います。私たちが酸化物の研究をしていた頃を思い出してみると、転移温度が1ケルビンほどの有機超伝導体を研究している研究者たちもいました。その後何年かして、転移温度は11あるいは13ケルビンのレベルに達したのです。

私たちの発見が知られるようになると、誰もが酸化物超伝導体分野に参入してきました。おそらく、さらなる前進のためには、有機

物、おそらくナノアーキテクニクスの助けを借りて作成した人工超伝導体をもう一度見直すべきなのかもしれません。

応用研究分野に関しては、過去に工学サイドから非常に重要な貢献がありました。しかし、新しい超伝導材料の沈着法、より低コストでかつ超伝導線の高速大量生産を可能とする新しい方法の開発がさらに必要です。

限界電流密度をどうしたらより高くできるかという点もいまだに問題です。これについては、超伝導体の磁場への応答を理解すること、つまり効率的に磁束線をピンニングするのに適した欠陥をどのように導入し制御するのが大切です。なぜなら、通電電流の影響下にある磁束線の動きは熱を散逸し、臨界電流を減少させるからです。

ペアリング機構についての論議は常に存在しますが、ペアリング・メカニズムを立証するための正しい実験方法を選ぶことが、理論家だけではなく、実験家の課題でもあります。

リスクを冒すことが重要

——博士のご所属先では人材育成にどのように取り組んでいらっしゃるのでしょうか。IBMには若手研究者を育てるための何らかの方策があるのでしょうか？

若手とは、組織内の先輩研究者とともに研究を行う修士課程や博士課程の学生で、彼らは研究室からの支援を受けながら、自分たちで計画した様々な社会活動を行っています。例えば、私はHobby Club（趣味クラブ）の一つである「水曜夜 IBMサッカーチーム」の一員でした。科学的な要素と社会的な要素が混ざり合った交流が、私の研究生活には重要な役割を果たしました。共同体意識があると、研究生活はとても楽しくなるのですよ。

私たちの研究所には世界中から研究者が集まっていますが、やはり大切なのは研究者集団の多様性です。現在、IBMチューリッヒには概ね38国籍の研究者がいますが、異なる文化の壁、学問分野の壁を越えた交流を推進しています。MANAも同じような方針のようですね。

——最近、海外に出たいという若手日本人研究者の減少が明らかに見られるのですが、どうしたら「外向き指向」を引き出せるのでしょうか。

日本の若手研究者が、外国人の若手研究者や主任研究者、客員研究者と自分の国の文化的環境の中で交流を持てる最初のステップという意味で、国際化へのWPIのアプローチは大変有益であると思います。つまり、WPIは日本人研究者が海外への一歩を踏み出すきっかけを作っていると思います。しかしながら、私の推測に過ぎないのですが、この異なる文化のバリア以上に、今日の若者

は自分たちの将来が予測できない、自分が日本に帰ってきた時にそれなりのポジションが既に誰かに取られている、ということを感じているのだと思います。

MANAの評判は確立されており、研究者が海外に行って、再び帰ってきたときに魅力的な職を得ることを可能にできるはずで、とはいうものの、海外に行くことにはある程度のリスクがつきものではあります。

——博士の場合は、海を超えるというより（陸続きの）国境を越えたわけですが、同じようなご経験があったのではないのでしょうか。

ええ、その通りです。私は学生時代、サマースチューデントとして IBM チューリッヒ研究所で2、3ヶ月を過ごしたのですが、冷水の中に飛び込むような感じでした。これは単に外国に移っただけではなく、大学生活から生真面目な研究環境へ移ったことにもなるわけです。特に、私の様に研究所生活の実験がなかった者にとっては、これは挑戦でした。でも私は新しい経験がしたかったのです。新しい分野に入り、そこでリスクを冒し、自分自身のやり方で問題を解決しようとまでしました。新しいアイデアは、時には実験の失敗、あるいはプロジェクトの失敗という結果でさえありましたが、失敗から学び新たな見識を得ることができると思うなら、それも自信を高めてくれるものです。ある程度のリスクを冒す、または結果がどうなるか分からない全く新しい何かを始めるには、失敗への恐れを無くして自分自身の能力に自信を持つことを学ぶべきです。才能ある研究者は、各々の科学分野における弱点や不確実さを見つけるために、または既存技術の極限からひらめきを得るために、注意を怠らないものです。



MANA国際シンポジウム2013での特別講演

発見は前ぶれなくやってくる

——博士はMANAやWPIの取り組みについてどう認識されていますか。

WPIの発足者が、日本人科学者を国際的な環境に引き込み、外国人科学者を研究のため来日させることによって、国際的なつながりを強めようとしたのは、概してとても良いアイデアだと思います。私自身も異なる文化を経験しました。数十年間は、日本の科学者とも研究をしましたよ。いくつかのアイデアを実現するためには、「日本人の精神性」というものが必要でしたので、日本人の同僚がいろいろなプロジェクトの進捗に大きく貢献してくれました。おそらくこの精神性が他の同僚には欠けていて、私の提案したことには彼らはしばしば躊躇しましたが、日本人の同僚は基本的に「はい、できます」と答えたものです。

しかしながら、WPIプログラムの時間的な枠が気になっています。5年間の期限が延長されるかどうかははっきりしていないため、WPI拠点の中に何か張りつめたものを感じます。私の経験からすると、本当に大切なものは支援の持続性であり、高額の研究予算さえあればよいという訳ではありません。

私は「発見や大きな技術的進歩は突然にやってくる」こと、そしてそれは特別な人々が研究に関与したから実現するのだと断言します。この特別な人々とは、Justus Liebigの言葉「発見をなしとげる全ての人の秘密は、何事も不可能ではないとみなすことである」に当てはまるような研究者のことです。このためには、科学者が決められた時間的な枠の中でアイデアを発展する

よう強いられるのではなく、新しいアイデアを自由に練り上げることができる研究の文化が必要です。MANAおよび全てのWPI拠点が、開放的でリラックスした雰囲気、たとえ主流に反するようなやり方であったとしても考えを深められるような環境をうまく創りあげ、その野心的な目標を達成して行くことを期待しています。

◆聞き手：C. Ames POMEROY

*超伝導とは、物質の電気抵抗が完全に零となる現象であり、もし常温で実現するならば現代のエネルギー問題を解決する夢の技術になると期待される性質である。ベドノルツ博士とミュラー博士によって高温超伝導体が発見されるまでは、超伝導は絶対零度付近の極低温でのみ観察されていた。両博士の発見は、臨界温度Tcを飛躍的に高めたということだけでなく、その新たな超伝導体は誰も予想しなかった「セラミックス」であったということにより、世界に非常に大きな衝撃を与えた。

小さいものから 大きなものを育てよう

今回は、アメリカ合衆国出身のジョール・ヘンジー博士(MANA 独立研究者)を紹介します。ヘンジー博士はカリフォルニア大学バークレー校にて、無機ナノ材料研究で世界的に知られるペイドン・ヤン教授の研究室でポスドク研究員として4年間を過ごした後、昨秋にMANAへやってきました。Nature Materials、Small、PNAS各誌への投稿他、精力的な活動を続けている彼に、日本での研究生活や今後の展望についてインタビューしました。

長年アメリカで研究していた博士に、日本に来ることを決心させたものは何でしょうか。

もう何度となくこの質問を受けてきましたよ。私がノースウエスタン大学の博士課程に在籍していた頃、同僚や米国を訪れていた数多くのNIMSの科学者たちからNIMSについてたくさんのことを聞いていました。カリフォルニア大学バークレー校でのポスドク研究の後、外国に住んで、それまで行ってきた自己組織化についての基礎研究を続けると同時に、その研究をもっと応用分野に広げてみようと思ったのです。NIMSは、産学両方に強く相互に関係するユニークな機会を提供してくれますし、ここづくには高度な科学機器もあります。また、今までの経験や最初の印象から考えると、若手科学者の研究を確実にサポートしてくれるという点で、ここの機関はとても信頼性があると思います。

“メルティングポット”的なアプローチなど、MANAの研究者として理想的な経歴をお持ちですが、MANAの環境をどうお考えですか。

NIMSの文化というものに、私も何か貢献することができたらなあ、と思っています。ここは、NIMSがつくばの研究コミュニティで行っている研究をあらゆる分野に広げよう、新分野を開拓しようとする研究者にとって好機にあふれた所です。ここに来る人は、そのことを認識し、この環境を大いに利用しようとするタイプの人たちであってほしいですね。私は新参の研究者でしたので、新しい研究室をゼロから立ち上げることに最初は労力を費やしました。研究室の立ち上げは常に挑戦ですが、私の場合はある程度の心構えができていたと思います。というのも、博士課程で研究をしている間、私の指導教官(テリ W. オドム)は、助教授のポストについていました

ジョール ヘンジー
Joel Henzie

MANA 独立研究者

ので、立ち上げた研究室が完全に機能するまでのプロセスについて、彼女から多くのことを学びました。その時の経験が、自分の研究を迅速に進めるうえで非常に貴重な教訓になったと思います。

博士の研究について、もう少しお聞かせください。

私の研究室では、大変興味深い有用な特性をもつ三次元(3D)的な秩序構造物質を、どのようにして大規模に作り上げられるかを研究しています。自己組織化というプロセスを用いるのですが、そこでは化学反応によって自己を構築するようにプログラムされた無秩序構造部、すなわちビルディングブロックを利用します。このプログラムをひとたび実行すれば、ビルディングブロックはプログラムされた相互作用と駆動力によって、複雑な構造体へと自己組織化します。ある意味、私たちは、通常の製造プロセスでは作ることができない、または費用がかかりすぎるような構造体を、自然の手を借りて構築していると言えるでしょう。

私の研究の重要な要素に、このビルディングブロックの設計があります。化学とコロイド合成法を組み合わせ、金属あるいは半導体材料の粒子を正確に形成します。工業的に応用する場合には、簡単に規模を大きくできるという点から、私はナノ加工よりコロイド法を好んで使っています。新しい材料ができると、形状や界面化学を駆使してナノ粒子を3D超格子構造に組織化させます。実験でどのような構造が形成されるかを常に予測できるわけではないため、自己組織化のプロセスに加えて、ナノ粒子の成長機序を理解するための理論的手法の開発も同時に行っています。

これらの3D超格子材料は、バルク形態の同じ材料と比べると、光学的、電気的、そして化学的特性がしばしば大きく異なることが興味深い点です。ですから、これらの超格子材料の実用化を追求することが、私の研究のもう一つの要素です。例えば、金や銀のナノ粒子から成る超格子材料は非常に特異な光学的特性を持つので、私たちは既に通常のものよりも多くの長所を持つ新しい光学レンズやその他の光学部品を作っているところです。それに加えて、より優れた物理的特性を持ち、環境にも優しい新しいタイプの自己組織化型バッテリーや化学触媒の開発も目標にしています。

特許が何件もとれそうですね。その結果として、ご自身が富を得て、有名になると思いますか？あるいは、ノーベル賞をとるとか？

(笑)このような早期段階でノーベル賞をとることを計画している研究者がいるのかどうかは疑問です。実のところ、科学研究には忍耐力とあらゆる謙虚さが必要であり、技術分野で抜き出る人々は、そういうわけか並外れた富や名声などからかけ離れたところでやりがいを感じるようです。これがどういうことなのかは、研究をする動機が人によって異なるので厳密には説明できません。しかし、ともあれ、私の研究室がMANAで開発している新しいタイプの材料が将来有用になると考えるのは妥当だと思います。私たちが材料系を実験的に、また理論的に理解しようとする取り組みが、特許の取得如何にかかわらず、将来何らかの社会的価値を持つようになればと願っています。



ジョール ヘンジー 博士
(プラズモニクス、自己組織化、形状制御合成)
2012 - 現在 MANA 独立研究者
2008 - 2012 カリフォルニア大学バークレー校
ポスドク研究員
2003 - 2008 ノースウエスタン大学 博士課程
1996 - 2000 ネブラスカ大学リンカーン校

「目に見える」新研究棟 “Highly visible” new research building

MANAが所在しているNIMS並木地区の新研究棟「WPI-MANA棟」は、様々な研究者の出会いを増やすことを念頭にデザインされています。2012年5月の入居以来、このWPI-MANA棟はMANAの研究者の研究スタイルを一変させ、国際研究交流のいっそうの深化に貢献してきました。今回はこの新研究棟について、空間設計が研究活動に及ぼす効果という視点からご紹介します。

■ 談論風発のオフィス Collegial offices



各階のオフィスは壁を取り払って大部屋とし、同じ空間に複数分野の研究者が同居しています。その結果、異分野間での研究交流が自然に促進され、分野融合による独創的な研究が芽生えつつあります。

■ ナノアーキテクトニクス道場 Forum for nanoarchitectonics



オーディトリウムは、研究者が切磋琢磨する空間としてデザインされています。大スクリーンと階段式の客席を設置し、各席にはテーブルマイクを装備して活発な議論を誘発しています。

■ どこでもメルティングポット Everywhere melting pot

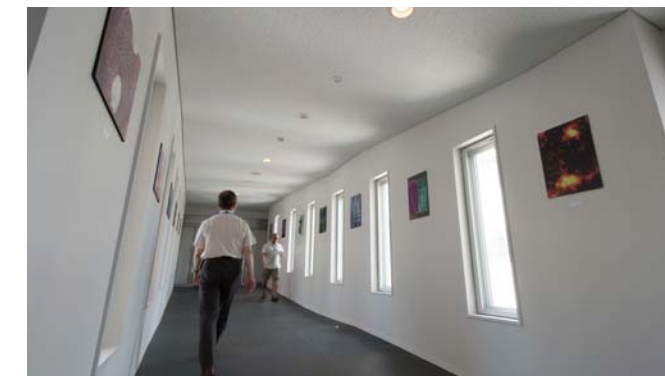
新研究棟の設計にあたっては、潮田NIMS理事長から、研究者が自分のオフィスやラボに行く時に他の研究者との出会いが誘発されるようなデザインにしてほしい、という要望がありました。新研究棟はこのコンセプトに基づき、全館が「メルティングポット」になっています。例えば、隣接するNano GREEN棟をつなぐアトリウムは各階ともガラス張りであり明るい陽の射すアトリウムとなっており、休憩やリフレッシュはもちろんのこと、議論する研究者たちや一人で書き物・読み物に没頭する研究者を一日中見かけます。

■ 「目に見える」ラボ Transparent laboratories



ラボも「透明性」を重視して通路側の壁と扉は全面をガラス張りとし、ラボの外を歩き交う研究者が内部の実験の様子を見えるようにしています。ビルの内部全体が明るくなるという効果ももたらしました。

■ 「ひらめき」の廊下 Inspirational hallways



棟内の壁には、MANAの研究者が電子顕微鏡で撮影した写真やCG作成した模式図など、芸術的な科学画像が飾られています。研究者の創造性を刺激し、異分野間の交流を促進するのがねらいです。





難治疾患に挑む新しいナノ治療

ナノライフ分野
サテライト主任研究者、
筑波大学

わが国では食生活の変化に伴い、大腸ポリープや大腸がんなどとともに潰瘍性大腸炎やクローン病などの大腸疾患が急増しています。潰瘍性大腸炎は難病に指定されており、昭和50年代には殆どいなかった患者数は、現在10万人を超え、毎年およそ8,000人づつ増加しつつあります。若者に多いこの患者の治療法としてアミノサリチル酸製剤、ステロイド、栄養療法、免疫調節剤がありますが、完治が困難で、何十年にもわたり苦しんでおられる患者さんが多数おられます。近年抗TNF α 抗体などの生物学的製剤の有効性が注目されていますが、いずれも欧米製で薬価が高く、わが国独自の薬剤開発が望まれているところ。我々は低分子薬が小腸で吸収されるために大腸に届かないだけでなく、全身に副作用を示すことに着目し、両親媒性高分子の自己組織化(ナノアーキテクニクス)を利用した新しいナノ治療法にチャレンジしています。活性酸素を消去するニトロキシドラジカルを親-疎水性高分子の疎水性セグメントに導

入し、水中でナノ粒子を形成させます(レドックスナノ粒子、RNP^o;図1)¹。RNP^oを経口投与すると高度に大腸粘膜に集積します。これはRNP^oのサイズと高いコロイド分散安定性が大きく寄与しています。一般のナノ粒子は消化管のような過酷な条件下で凝集し、粘膜集積性が低下するのに対して対照的です。このRNP^oを潰瘍性大腸炎モデルマウスに経口投与すると、低分子の薬物に比べて飛躍的に効果を発揮します。実際図2に見られるように、低分子の薬剤ではあまり効果が上がらず、潰瘍性大腸炎モデルマウス生存率がさほど向上しないのに対し、RNP^oのそれは飛躍的に向上することがわかります²。このように私たちは、活性酸素を消去する新しい材料のデザインでこれまで苦しんできた患者さんを救うことが期待出来る新しいナノ治療の創出を目指しています。

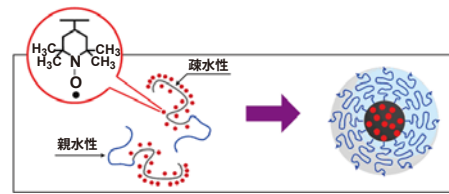


図1 潰瘍性大腸炎を完治するナノ治療材料の設計

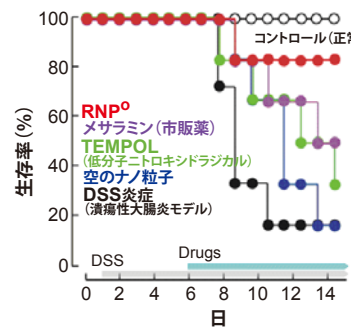


図2 潰瘍性大腸炎マウスの薬物治療に対する生存率変化、コントロールや低分子薬剤投与マウスは2週間で殆ど死んでしまつたのに対し、RNP^oは高い効果を示した。

参考文献
1. Long Binh Vong, Tsutomu Tomita, Toru Yoshitomi, Hirofumi Matsui, Yukio Nagasaki, An Orally Administered Redox Nanoparticle that Accumulates in the Colonic Mucosa and Reduces Colitis in Mice, *Gastroenterology*, Vol.143, No.4, 1027-1036(2012). (doi:10.1053/j.gastro.2012.06.043)
2. a) Long Binh Vong, Toru Yoshitomi, Kazuya Morikawa, Shinji Saito, Hirofumi Matsui, Yukio Nagasaki, Oral nanotherapeutics: Effect of redox nanoparticle on microflora in mice with dextran sodium sulfate-induced colitis, *Journal of Gastroenterology*, in press. (doi: 10.1007/s00535-013-0836-8). b) Sha Sha, Long Binh Vong, Pennapa Chonpathompikunlert, Toru Yoshitomi, Hirofumi Matsui, Yukio Nagasaki, Suppression of NSAID-induced Small Intestinal Inflammation by Orally Administered Redox Nanoparticles, *Biomaterials*, in press(doi: 10.1016/j.biomaterials.2013.06.032).

和周波発生分光法による高分子電解質膜(Nafion[®])表面吸着水の構造決定



MANA研究者
ナノパワー分野

面の情報のみを得られることにあります。したがって、界面の水の吸着構造を決定するのに非常に有力な手法となります。

私たちは、このSFG分光法を種々の相対湿度下でのNafion膜/水蒸気界面へ適用し、界面水の構造評価を行ってきました(図1)。相対湿度の変化にともなうNafion膜の内部における水の挙動はこれまで、透過赤外分光法により調べられてきましたが、膜内部に水が膨潤するにつれ"ice-like"な構造から"liquid like"な構造へと変化することが分かっていました。しかし、今回我々は、界面水の構造を選択的に測定した結果、吸着水の構造変化は、バルクの水の構造とは全く逆の挙動が認められました。具体的には、湿度が低い場合には、親水性部位であるNafion膜表面のスルホン基部位に水が多く吸着した、"liquid-like"な構造であり、さらに湿度の増加に伴い

Nafion膜表面の疎水性部位に水が吸着しはじめ、互いに水素結合ネットワークを形成し構造化した"ice-like"な吸着層を形成することが明らかとなりました(図2)。このように表面や界面はバルクと異なる構造・性質を有することが多く、燃料電池反応の理解には、表面や界面を選択的に調べていく必要性があります。

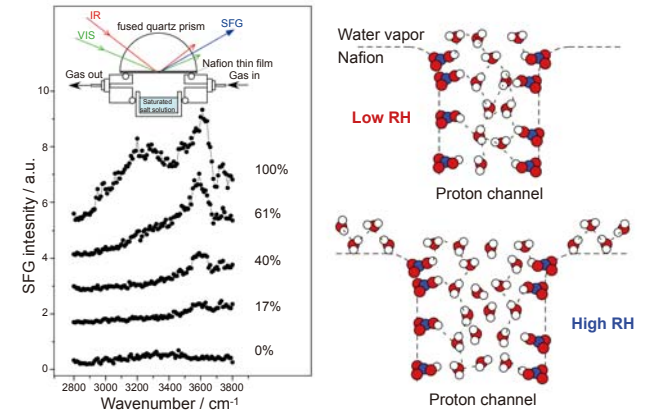


図1 各相対湿度で観測されたNafion/水蒸気界面の水のSFGスペクトル
図2 低湿度条件下(上)および高湿度条件下(下)での界面水のモデル

参考文献
1. Hidenori Noguchi, Kento Taneda, Hideo Naohara, Kohei Uosaki *Electrochem. Commun.* 27, 5-8 (2013).
2. Hidenori Noguchi, Kento Taneda, Hiroshi Minowa, Hideo Naohara, and Kohei Uosaki *J. Phys. Chem. C*, 114(9), 3958-3961 (2010).

要求に応じて機能を切り替えられるオンデマンド型素子一つの素子でスイッチ、ダイオード、脳型記憶などの多機能性を実現



ナノシステム分野
グループリーダー

トランジスタに代表される半導体素子は、微細加工技術の進歩に支えられて性能向上を続けてきました。しかし、その発展にも陰りが見えてきており、技術的だけでなく動作の物理的限界も危惧されています。そのため、今後も電子情報用素子が向上を続けて行くためには、従来の半導体技術の更なる発展だけでなく、新たな原理で動作する素子開発も重要です。我々は、要求に応じて機能を切り替えられるという新しい概念のオンデマンド型素子を開発しました。従来の半導体素子では、回路内に配置してしまつて機能を切り替えることは困難でした。また、多機能性を有する回路を実現させるためには、各機能を有する別個の素子の組み合わせる必要がありました。一方、オンデマンド素子では一つの素子で切り替え可能な多機能性を有することから、回路の素子数の減少、さらには必要に応じて機能が切り替えられるプログラマブル回路の開発が可能になります。開発したオンデマンド型素子は、白金/酸化タングステン/白金の積層構造から成ります(図

1)。酸化タングステン、酸素欠陥を構造内に形成することによって、酸素イオン(酸素欠陥と言うこともできる)と電子が移動できる混合伝導性を示すようにしました。入力信号の大きさや頻度に依存して酸化タングステン内で酸素イオンの移動や電気化学反応が生じます。比較的小さな入力信号では、酸素イオンだけが電極との界面付近に移動します。一方、大きな入力信号では、酸素イオンの移動だけでなく電気化学反応も生じて、電子伝導性フィラメントを形成します。この酸素イオンの移動とフィラメントの形成を制御することによって、多様に電気伝導特性を変化させることが可能になります。

入力信号の精密制御によって発現する様々な機能性を図2に示します。オリジナル状態の素子に、比較的小さい電圧を印加させた場合、整流作用を有するダイオードや電荷を蓄えるキャパシタなどの機能が得られます。また、大きな電圧を印加した場合には、スイッチや可変抵抗などの機能が得られます。さらに、揮発性や不揮発性の抵抗変化特性を利用することによって、人間の脳の働きである短期記憶や長期記憶の機能を真似ることもできます。そのため、本素子は、従来の半導体回路の開発だけでなく、脳型回路と

の融合による次世代の人工知能の開発にも寄与することが期待されます。

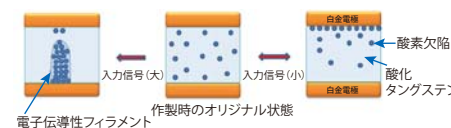


図1 オンデマンド型素子の構造と動作の概念図

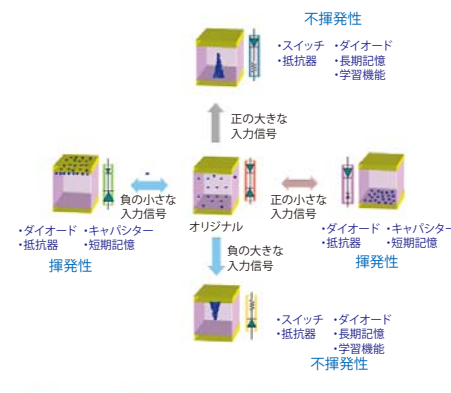


図2 オンデマンド型素子の多機能性とその機能の切り替え方界面付近における電気伝導性をダイオードや抵抗の記号とその大きさで表している。

参考文献
R. Yang et al., *ACS Nano*, 6, 9515-9521 (2012)

In situでの透過型電子顕微鏡法によるWS₂ナノチューブの引張特性異常の解明



ICYS-MANA研究員

時のナノチューブ試料の外径は~58.2 nm、長さは~1.6 μ mでした。引張後、試料の全長は~2.1 μ mまで増加しました。このナノチューブの外側の部分は破断し、内側の部分は引き抜けており、明らかにsword-in-sheath型の破壊を示しました。しかし、高分解能TEM画像が示す通り、最外殻だけではなく、3つの管状殻が同時に破断していました。私たちは、殻間の架橋および逆円錐形キャップなどの特異的な構造がこのチューブの力学に重要な影響を及ぼしていることを見出しました。観察された「欠陥(imperfections)」が起因となって、試験を行ったWS₂ナノチューブのほとんどは単層殻破壊ではなく多層殻破壊を起こしており、先行の研究で行ったほぼ「欠陥

のない(defect-free)構造の薄型WS₂ナノチューブよりもはるかに高い負荷力に耐える結果が得られたことは、大変興味深いと言えます。

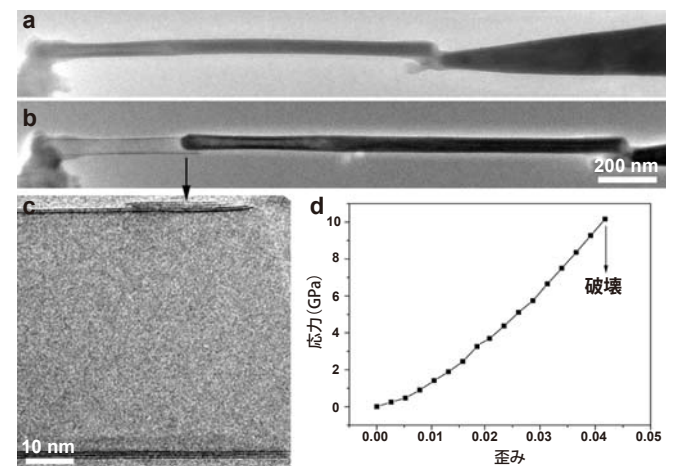


図1 WS₂ ナノチューブに対する引張試験。(a-b) 試験の前および後におけるナノチューブのTEM画像。(c) 破壊端のHRTEM画像。外側の3層が破断している状態を示している。(d) 歪み-応力曲線。応力は歪みと共に線型に増加し、歪み~4.0%、応力~8.9 GPaで突然破壊した。

参考文献
1. D.-M. Tang, et al. *Nano Lett.* 13, 1034, (2013).