

イベント開催報告 *event*

若手グランドチャレンジ会議を開催

2012年11月12日から2日間にわたり、神奈川県にてMANAとサテライト機関、NIMSの若手研究者18名によるグランドチャレンジ会議が開催されました。同会議は、次々世代を見据えた課題の討論を通して、新しい科学・技術の創成の道を探ることを目的に行われました。会議では、参加者による研究発表を通じて、相互の研究の理解と共同研究の可能性が探られました。続いてMANAが目指すべき方向性や、主にエネルギー分野に関するグランドチャレンジングな研究課題に関する問題意識の共有化を行い、その課題に取り組むために研究者や組織に何が求められるかについて、参加者らの間で活発な議論が交わされました。



会議参加者集合写真

WPI 6拠点合同シンポジウム開催

2012年11月24日(土)にMANAを含むWPIの6拠点は、「世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)6拠点合同シンポジウムー世界トップレベルの科学を愉しむー」をつづき国際会議場大ホールで開催し、中学生・高校生を中心に660余名が参加しました。各拠点の研究者6名による講演が行われ、続くサイエンスクイズ大会では、参加者らは各拠点より出題されたクイズに挑戦し、会場は大いに盛り上がりました。ロビーに設けられた各拠点のブースでは、パネルや映像による展示や実験デモが行われ、参加者は熱心に展示の説明を聞いたりブース担当者や講演者と歓談したりするなど、活発な交流が行われました。

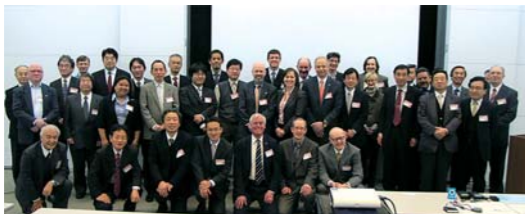


酸化チタンナノシートについて説明する馬仁志 MANA研究者(右)

Canada-Japan Nanotechnology Workshop 2013開催

日本・カナダ(加)両国間ナノテクノロジー研究協力の会議「Canada-Japan Nanotechnology Workshop 2013」が、2013年1月29日(火)・30日(水)、東京国際展示場で開催されました。本ワークショップは、日加科学技術協力25周年の2011年に、カナダ・ウォータールー大学で第1回が開催され今回が2回目です。

会議は日本の科学技術政策とカナダのナノテク研究の現状に関する基調講演で始まり、続いてMANAを含む両国研究機関の研究者により、環境・エネルギー、ナノエレクトロニクス、量子エレクトロニクス、生体材料、ナノ構造/ツールの各分野の研究成果や動向が発表されました。2日間で5件の基調講演20件の口頭発表に、計95名の参加者が集まり活発な議論が繰り広げられました。会議の最後には、共同主催者であるウォータールー大学カーティ教授とNIMS野田ナノテクノロジープラットフォームセンター長から、次回開催を見据えた共同コメントが発表され、本会議は成功裏に終了しました。



ワークショップ参加者の集合写真

YAMATO - MANA Program
若手日本人研究者募集

日本人若手研究者の皆さん、世界中から集まってくる研究者たちと、最先端の「ナノアーキテククス」を研究しませんか? MANAはナノマテリアル、ナノシステム、ナノパワー、ナノライフの4つの研究分野で、基礎から応用にわたる挑戦的な研究に取り組んでいます。またMANAは次世代を担う若手研究者の育成にも力を注いでおり、このたび、日本の将来を担う人材を育成することを目的として、若手研究者の募集を行います。任期は着任より1年(年次審査により最長3年まで延期可)。ナノテクノロジーの分野において世界を揺るがすような研究をしたいという、意欲のある方を歓迎します。応募詳細につきましては下記URLをご覧ください。
<http://nims.nims.go.jp/mana/jp/yamato-mana/>

イベント出展報告 *event*米国科学協会 2013 年次大会に
合同出展

2月14日から19日までボストンで開催された米国科学協会(AAAS)2013年次大会にて、MANAを含むWPI6拠点はジャパンパビリオン内に合同出展しました。同大会へのWPI合同出展は昨年のバンクーバー開催に引き続き2回目です。合同ブースでは、各拠点のアウリーチ担当者が、拠点の国際的研究環境や最新の成果についてポスターやビデオを使って紹介しました。会期中の2月15日には「Japan: your next career destination?」と題したWPI、理研、筑波大学による合同記者会見が開催され、国際的に開かれた日本の研究機関を紹介するとともに、2012年に新規採択されたWPI3拠点の求人情報も公開されました。



ジャパンパビリオン内のWPI合同ブース

受賞ニュース *news*塚越一仁 主任研究者が
第9回日本学術振興会賞を受賞

2012年12月17日に独立行政法人日本学術振興会より第9回(平成24年度)日本学術振興会賞の受賞者24名が発表され、塚越一仁主任研究者が受賞者の一人に選ばれました。塚越一仁主任研究者は、「ナノカーボンへの電流注入と電界効果伝導制御によるナノエレクトロニクス研究」の業績が評価され、この度の受賞となりました。



塚越一仁 主任研究者

◆MANA 研究者◆

新任研究者紹介

newface井出 裕介
(ナノマテリアル分野)

産業に刺激を与え、クリエイティブな
人材を育てる拠点であれ
—— 岡野 光夫

一点突破で自信を持つ
—— 山内 悠輔

研究者が研究に専念できる環境を提供する
MANAの事務的支援体制

MANAの研究成果

半導体表面における単原子層超伝導物質 — 内橋 隆

分子ドットを用いた多機能単一電子メモリ
~シリコンテクノロジーと分子機能の融合~ — 早川 竜馬

飲み忘れも心配なし!? 未来の薬 — 荏原 充宏

高効率光電エネルギー変換へ向けて
In_xGa_{1-x}Nベース太陽電池の潜在力 — サン リウエン



岡野 光夫 OKANO Teruo

東京女子医科大学副学長 先端生命医学研究所 所長・教授。1979年早稲田大学大学院理工学研究科応用化学専攻博士課程修了、工学博士の学位取得後、東京女子医科大学医学部助手となる。同大学講師、ユタ大学薬学部助教授、東京女子医科大学助教授を経て、1994年より現職。1999年より医用工学研究施設長、2001年より先端生命医学研究所所長。2012年東京女子医科大学副学長。2005年より日本学術会議会員。専門はバイオマテリアル、人工臓器、再生医学など。高分子の微細構造を制御するなど材料の側面からの再生医学研究を追究している。細胞シート工学を提唱し、角膜、心筋、食道をはじめとする様々な臓器での再生医療を実現している。1992年日本バイオマテリアル学会賞受賞。1997年Clemson Award for Basic Research (米国Society for Biomaterialsより)受賞。1998年高分子学会受賞。2005年第2回江崎玲於奈賞受賞など。

産業に刺激を与え、クリエイティブな人材を育てる拠点であれ

◆聞き手：科学ジャーナリスト 餌取 章男

「世界初」づくり

——岡野先生はFIRSTプログラムではどのような研究をされているのですか？

患者さん自身の細胞から組織や臓器を再生する研究を行っています。そのきっかけは、培養した細胞シートを培養皿から取り出すのに、温度変化を利用できることを発見したことにあります。これまでは酵素を使っていましたが、酵素が部分的に細胞のタンパクを壊してしまうので移植がうまくいきませんでした。ところが、培養温度を37℃から20℃に下げただけで、細胞を傷つけずにシートを回収できることを世界で初めて見つけたのです。

その後、口の粘膜細胞2ミリ角くらいから直径3.5センチの円状のシートを作って、目の角膜を張り替えることに成功しました。これは世界中をびっくりさせましたね。フランスですでに一般の治療に向けて治験が進んでいます。食道ガンについても、切除した部分に細胞シートを貼り付けると、狭窄を防止できますし治癒が速いです。そして、他人の心臓を移植するしか治療手段がなかった拡張型心筋症という病気では、患者の足の筋肉細胞を培養し積層した細胞シートを移植した結果、人工心臓を外せるところまで回復し、実際に20人近くもの患者さんの治療を行いました。そのほか歯根膜、足の軟骨も臨床的に治療が進んでいます。また、細胞シートに血管網を付与し、酸素も栄養も供給できるしくみを持った臓器を再生することにも成功しています。このように細胞シートを使って続々と新しい治療ができるようになってきました。

全く新しいコンセプトを実現する拠点づくり

——これからどのような新しい取り組みを予定していますか？

全自動でロボットに細胞シートを作らせる組織ファクトリー、そして研究拠点をつくらうとしています。培養した細胞シートを患者さんに移植できるかどうかのポイントは無菌状態が保たれていることです。いま、セルプロセッシングセンター（CPC）内にある300平米くらいの3つの培養室で細胞シートが作られていますが、無菌状態を保つために、作業ごとに人が何度も滅菌をしなければなりません。時間やコストがものすごくかかってしまいます。これを全自動でロボットに作らせたなら、スペースも時間もコストも削減できる、と思いついたのです。将来、数多くの患者さんの病気を治すためには、大量の細胞シートが必要になります。これまでにだれもがやってこなかった全く新しいコンセプトで、組織や臓器を作り、早期に臨床応用の実現を目指す新しい拠点をつくっていききたいのです。FIRSTプログラムでは、日立、旭化成、日本光電工業、エイブルなどのメーカーと、大学や研究機構などの知恵と技術が結集し、今まさに設計されたファクトリーが動き始めています。

私の研究グループでは、医師もたくさんの診療科にまたがっているし、研究者の専門も材料、生物、化学、工学、などそれぞれの専門家が集ってきています。まさしく分野融合です。これから

色々なフィールドの人が結集し、5年後、10年後には、今治らない病気を治る病気に変えられる、戦略的な研究のできる拠点をつくりたいですね。今まで人類がやってこなかったチャレンジをやってきたその成果として、先ほど述べた、角膜、食道、心臓、歯根膜、軟骨などの世界で初めての5つの治療がスタートしています。さらに小さな肝臓や膵臓などの組織も、将来続々と治療に出てくるような、そんな局面を作りたいと思っています。

壁を取り払い、長期的視野でクリエイティブな人を育てる

——先生の研究拠点では、どのような人材を育てていきたいとお考えですか？

日本の医学の現状はコンサーバティブです。病気が何故起きるのかというメカニズムはよく研究されていますが、「どうやったら治せるか」はよく研究されているとはいえません。何か問題が起きるのを恐れて新しいことをやらない、やらせない。今ある治療方法だけでは死んじゃう患者が山ほどいる。医学という学問は完璧でないから、常に変わって新しくなっていくと進歩しないのです。

そのためにも、研究や教育の現場から壁を取り払うのが大切です。壁無しにすると研究者は、色々な材料、色々なテクノロジーや装置、様々な人に出会うことができるようになる。私の研究所では医師や研究者の他に、大学院の博士課程の学生さんにも来てもらっていますし、医学部を卒業した学生さんも大学院に入ってきます。共同研究しているグループとの間では人がどんどん行き来しています。また医師達も、病院の中でずっと医局にいたのとは違う経験をすることで、こういう場所で「新しいタイプの人」が育つのですよ。私はエンジニアにも医学の系統的な勉強をしろ、と言っています。工学と医学のダブルメジャーですね。さまざまな技術と知恵を利用して、今までの人がやってこなかったことにどんどんチャレンジできる、そんな環境が大切です。内科、外科、眼科、循環器科、などどのように縦割りになっていないで、そして論文書きだけじゃなくて、総合的な集学的研究拠点でクリエイティブな人材を育成したいですね。

私もアメリカでGrantをもらってクリエイティブな研究をやらせてもらいましたが、そのおかげで色々なことが考えられるようになって、今の研究の土壌ができました。自分がしてもらったことを、日本の若い人たちの教育のための環境づくりに還元できればと思っています。

20世紀の「縦型」から、21世紀は「横断型」へ

——研究拠点という意味で、WPIのシステムについてご意見をいただけますか？

WPIの役割はとて大きいと思います。世界が必要としているフィールドで、「縦型」の仕組みを壊したような横断型の仕組みを持ち、グローバルにものを考えられる拠点のWPIはこれからの時代にはとても重要です。つまり、従来の20世紀型で作られた研究所や大学では、近年の極めて早く動く学問の動向に柔軟に対応し、新しいことにどんどんチャレンジすることはできないのですよ。

クリエイティブで凄い成果を出すような人材は、狭い縦割り社会の組織では育たないので、WPIみたいな横断的でグローバルなところでチャレンジさせることに効果があります。日本にはこういう仕組みが少なかった。日本の縦型社会は「金太郎飴」。上から下まで型にはめちゃって、出てくる人材はどれも個性なし。アメリカを追いかければいいという時代はとっくに終わっているのです。まさしく日本が、世界で前に出なくちゃいけない時代が来ています。今まさしくこのタイミングで、人と拠点が育っていけば、日本のアカデミアが変わるでしょう。産業への刺激を含めて、日本のアカデミアの成長は極めて重要な作業だと思っています。

また国際化という観点では、外国人研究者を有効に活用してほしいと思います。WPIならではの横断型でグローバルに考えられる環境づくりにおいて、リーダー格で意欲に燃えた海外の研究者の存在は重要です。多様な分野と考え方、そして海外からの刺激は必須です。ぜひ、意欲に燃えた海外の優秀なリーダー格の研究者を積極的に招聘してください。

ひとつのことに甘んじていい時代は終わった

——MANAでは「ナノライフ」というバイオ系領域の強化が一つの課題になっていますが、ご意見をいただけますか？



海外からの長期滞在する2人の若手研究者を交えて、新しい研究について熱い議論をした。夢は尽きない。(2000年) 左から、大和雅之博士(現東京女子医大教授)、Maya Nandkumar博士、Rinat Isakov博士、岡野光夫教授

ナノバイオは、まだ産業も立ち上がっていない分野ですが、MANAではしっかり育ててほしいフィールドですね。まさしくMANAへ期待するところです。

たとえば、材料系でいうと30-40年前にはコダックやボラロイドは抜群でした。いろいろな機能性の材料を使いこなして大変強い会社でした。それらの会社がもうつぶれてしまった。しかし富士フィルムは、化粧品や医薬品やらの展開をしながら元気にやっている。世界一に甘んじて新しいことをしなかった会社と、新しいことを取り入れていった会社の違いでしょうか。ひとつのことをやっていたいい時代はとっくに終わったのです。産業もアカデミアも同じで、新しいことにチャレンジしていかなければならないでしょう。

しかも医学とか生命科学で稼がなくちゃいけない時代がくるのは、もうわかりきっています。何の準備もなくその時代を迎えては手遅れ。ナノバイオはまさしくこれから育つ分野といえます。そして、わかって見えている、そんなところで競争するだけではなく、どんなところに新しいクリエイションをしていくか、全く未知のところに入っていくのが大切です。それが日本のサイエンスをちゃんと次の世代にバトンタッチすることにつながります。

産と学がリンクして、自動車や電子機器産業などで稼げている今の時代の蓄積を、次の新しい時代の主役をつくっていく作業につき込んでいく考えは必要だと思うんですよね。ナノバイオは、見えてこないとか、成果がまだ出ていない、とかマイナスのイメージを持つのではなく、賢い人が逃げずにこれからチャレンジすべき分野でしょう。MANAの素晴らしい材料のコンセプトを、ナノバイオにつなげるのは一つの道筋じゃないかな。バイオマテリアルを分子デバイス化するとか、材料の中にシステムを組み込んだようなインテリジェント材料をつくるとか、そういう新しいチャレンジを積極的に進めること、それが今までのMANAの基盤を未来の発展につなげることになるでしょう。

一点突破で自信を持つ

山内 悠輔
Yusuke YAMAUCHI
MANA独立研究者

山内悠輔 博士（工学）。MANAの独立研究者。

無機物質をベースにしたナノ多孔質材料を専門とされています。高機能性を有したプルシアンブルーの合成に成功し、その成果が認められ2012年つくば賞奨励賞（若手研究者部門）を受賞されました。今回は山内さんの研究への取り組みや姿勢についてうかがいました。

最少の使用量で、最大限の機能を発揮する多孔質材料
——山内さんは「さきがけプロジェクト」に採択されていますね。どのような研究をされているのですか？

私は、多孔性物質、つまり無数の孔をもった金属やゼオライトなどを作って、それらに特別な機能を持たせることを研究しています。例えば触媒に使うような材料としましょう。サイコロをイメージしていただければいいのですが、孔が全くないと外の表面しか反応に使えませんね。そこに無数の孔をあけると、内部にも反応に使える表面積をたくさん稼ぐことができます。私の研究では、1グラムの白金のサイコロに100m²もの表面積を持たせることができます。多孔質プルシアンブルーは、放射性物質による汚染水の除染にも役立っています。多孔性のプルシアンブルーとそうでないものを比較すると、セシウム吸着量は10倍以上も異なるのです。物質を多孔質にすることは、レアメタルなど希少で高価な材料をできるだけ効率よく活用するのに有効な手段です。特に機能性材料に効果的ですね。現在では、1m角くらいの電解槽でできる、工業的にも難しいプロセスです。

MANAはどんどん研究ができる場所

——山内さんは最も若い独立研究者として活発に研究を進めておられますが、MANAの制度をどうとらえていらっしゃるのですか？

WPI拠点であるMANAには、世界中のトップレベルの研究者が数多く、講演や研究交流で来てくれます。講演を聞かなくても、事務からその研究者の略歴や講演アブストラクトを流してもらえ、様々な分野における国際的にトップレベルの研究の、最新情報を常に知ることができます。講演会だけでなく、海外の優れた研究者と様々な場面で交流できますから、グローバルな考えを広げることができます。そして海外の方との人間関係もどんどん生まれますね。また、マテリアルのサイエンティストが集まっている研究所ですから、それに特化した装置がたくさん揃っています。ですから、MANAは横断的、融合的な研究がすぐにできる場所ですね。現在、MANAは他のWPIの中でもマテリアルで特化されていて目立ちますから、MANAの山内、ということで海外でも名前を覚えてもらえますね。

一歩も二歩も先にアイデアを出す

——早稲田大学で大学院生を指導されていますが、学生の教育においてどのようなことを感じられますか？

若いだけだとめられてしまうかもしれませんね。威厳を保つためには業績で圧倒するとか、一歩も二歩も先にアイデアを出していかないとダメです。年配の先生方からは、若い学生たちからエネルギーもらえるとか、若い人は発想力が豊かななどとお聞きします。私の場合、エネルギーをもらうというよりは、若い人たちの中に入り込んで一緒に頑張る感じでしょうか。近い関係で作ったものをたばね、研究成果に繋げています。若い学生の気持ちをくみ取るなどコミュニケーションはスムーズです。

譲らない軸、自分の高い専門性が重要

——山内さんは視野が広く、コーディネータ能力があるとお聞きしています。

いろいろな分野を結びつける力がある、と褒められるのはありがたいのですが、色々融合して自分の専門性を失ってはいけません。つい手を広げすぎると、スカッターしちゃいます。やはり自分の専門性、譲らない軸は必要です。私には「多孔質」という専門があります。しかしこれを、ぶれない自分の柱にするには、そう「一点突破」といいますか、自信をつけていかなければなりません。

——MANAは10年間プロジェクトのちょうど半分が過ぎましたが、今後のご自身の展望についてお聞かせください。

5年後に何が起るかわかる訳ではありません。研究はエンドレスでゴールがないから頑張れるのかもしれませんが、研究を続けると欲がどんどんでるので、5年、10年度に、それまでの成果が評価されればそれでよいのではないのでしょうか。私にとってのこれからは、一点突破で自信を持ち、日本の材料の研究者という立場で、多孔質という専門分野でトップのことを世界に発信していきたいと思っています。



山内 悠輔 博士（工学）

2003年3月早稲田大学工学部応用化学科卒業、2007年3月早稲田大学大学院理工学研究科博士課程修了、博士（工学）を取得。2007年4月からNIMSのICYS研究員を経て、2007年10月より現職のMANAの独立研究員となる。2008年より、JST さきがけ研究者、早稲田大学客員准教授、2010年より、天津大学（中国）客員教授も務める。

研究者が研究に専念できる環境を提供するMANAの事務的支援体制

国際的に開かれた世界トップレベルの研究拠点形成のためには、世界中から集まってくる研究者が快適に研究・生活できる環境を整えることが不可欠です。所属する研究者の過半数が外国籍であるMANAでは、外国籍研究者を含む全ての研究者が研究に専念できる環境を提供すべく、英語に堪能で経験豊かな事務スタッフが種々の事務的業務をフルサポートする体制を整えています。

■ 英語が公用語

あらゆるレベルでの拠点の研究環境を国際化するために、MANAでは英語が公用語となっています。セミナー・会議、電子メールによるコミュニケーション、イントラネットを通じた情報提供、研究計画や事務手続きなどの書類はすべてが英語です。ガイドブック、公式ホームページなどはバイリンガル化されています。定期的に行われる新規着任研究者を対象としたオリエンテーション・ラボツアーは、英語に堪能なスタッフによって行われます。また、これまでに蓄積した外国籍研究者支援に関わるノウハウをまとめ、英語の漫画本「The Challenging daily life」を発行しています。



新規着任研究者対象のラボツアー

■ 日本での生活支援

外国人登録、銀行口座開設などの各種登録、日常生活に必要な公的機関に関する情報提供、住居探しや入退居時の手続き、緊急時の対応など、日本語のわからないMANAの外国籍研究者が、支障なく日本での生活を立ち上げられるよう支援する体制を整えています。外国籍研究者に同伴する家族については、NIMSの支援制度を利用して、病気や出産時の付添い、学校への手続きに対する支援を行っています。



研究者の事務手続きをサポートする事務スタッフ

■ 日本語教室、日本文化教室を開催

日本をよりよく理解してもらうために、MANAに滞在する外国籍研究者を対象とした日本語教室や日本文化教室を定期的に開催しています。

日本語教室は、入門・初級・中級クラスの3クラスに分かれて年に3ターム開講されています。各タームの最終講義には、受講生によるスピーチコンテストも開催されています。

日本文化教室は、茶道や書道、和太鼓など日本の様々な伝統文化をテーマに、専門の講師を招いて月一回のペースで開催されています。



日本語教室初級コースの講義風景



2012年開催の書道教室

このように、MANAは所属する全ての研究者への手厚い事務的支援を通じて、国際的な研究環境を備えた世界トップレベルの研究拠点形成に日々努力を続けています。



内橋 隆
Takashi UCHIHASHI

MANA研究者
ナノシステム分野

近年グラフェンの発見を契機として、単原子層物質の研究が急速に進展しています。これらの物質は一般に、バルク本来の性質とは異なる新しい物性と機能性を発現するため、大きな注目を集めています。しかしこれまでに単原子層物質の超伝導体というものは知られていませんでした。もしそのような物質が存在すればナノテクノロジーの手法を駆使して、原子レベルから新しい超伝導物質を設計することができるかも知れません。

最近私達は、シリコン基板上の単原子層物質という特徴を活かして、全く新しい性質を持った超伝導物質を実現することを目指しています。たとえば、表面に有機分子を分子レベルで精密に配列させることで磁気的交換相互作用を超伝導体に取り込むことが可能です。また、固体表面という空間反転対称性の破れた環境にあるため、ラッシュバ効果などのスピンに関連した現象が重要になってきます。これらを組み合わせることによって、最近大きな注目を集めているトポロジカル超伝導体や、デコヒーレ

半導体表面における単原子層超伝導物質

激に抵抗値がゼロになって、超伝導転移が起こることがわかります。

このような単原子層物質を実用的な超伝導材料として利用するためには、そこに大きな超伝導電流を流すことができることが重要です。そこで試料に流す電流値を増やしていき、超伝導状態が破壊されときの電流値(臨界電流値)を測定しました(図2)。臨界電流値は非常に大きく、電流密度に換算して1.8Kで $6.1 \times 10^5 \text{ A/cm}^2$ と見積もられました。これは、実用的な超伝導バルク材料での値と同程度の大きさです。原子一層にもかかわらず、このような「頑丈な」超伝導が実現することは驚きです。

今後は半導体基板上の単原子層物質という特徴を活かして、全く新しい性質を持った超伝導物質を実現することを目指しています。たとえば、表面に有機分子を分子レベルで精密に配列させることで磁気的交換相互作用を超伝導体に取り込むことが可能です。また、固体表面という空間反転対称性の破れた環境にあるため、ラッシュバ効果などのスピンに関連した現象が重要になってきます。これらを組み合わせることによって、最近大きな注目を集めているトポロジカル超伝導体や、デコヒーレ

ンスの存在しない量子コンピュータなどが実現できると期待しています。

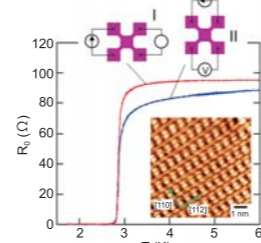


図1 Si(111)- $\sqrt{7 \times 3}$ -In 表面構造試料の電気抵抗値の温度依存性。I, IIでは電流の向きを90°変えて測定している。挿入図は試料表面の走査トンネル顕微鏡写真。

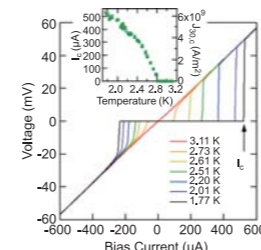


図2 電流-電圧特性の温度依存性。挿入図は、超伝導臨界電流値の温度依存性を示す。

参考文献
T. Uchihashi et al., Phys. Rev. Lett. **107**, 207001 (2011) (highlighted as an Editor's Suggestion and as a Viewpoint in Physics).



佐原 充宏
Mitsuhiro EBARA

MANA研究者
ナノライフ分野

厚生労働省の「日本の1日」によると、国民一人が1日に購入する薬の値段は27.9円となっています。この金額だけではあまりピンとこないが、国民全体で計算すると1日当たり35億6千万円も支払っていることになります。事実、わが国の国家予算の3分の1以上が医療費に使われており、そのうち約8兆円が薬剤費、約2兆円が医療材料費で、このままでは病気を治せば治すほど日本の赤字は加速していくこととなります。ちなみに日本は、医療費に占める薬剤比率は先進国の中でも飛びぬけて多いといわれています。実際に日本で認可されている薬は15,000種にもものぼるといわれています。はたしてこれだけの薬が本当に必要なのでしょうか？

その一方で、薬の投与方法は古くから“飲む、打つ、貼る”など限定されています。例えば1日3回毎食後に飲むというも、血中薬物濃度を一定に保つための策です。これを1日1回、1週間に1回、1ヶ月に一回にできれば飲み忘れの危険性を回避できるだけでなく、

飲み忘れも心配なし!? 未来の薬

クオリティ・オブ・ライフ(QOL)の向上にもつながります。このように、新薬を開発するのではなく、薬のカプセルに工夫をほどこすことによって従来より高い薬効と低い副作用を得るドラッグ・デリバリー・システム(DDS)の研究が盛んに行われています。

私どもの研究室で最近開発された新しい薬のカプセルを紹介します。図に示すように、私たちの1日の生活は常に時間に追われ薬の投与ができる時間は限られています。飲み薬ならまだしも、注射となるとさらに難しくなります。そこで時限爆弾式に薬を放出するカプセルを開発しました¹。このカプセルは、一度起爆させると時限爆弾がカウントされ、ある一定時間後に薬の放出を加速するようにプログラムできます。このような技術は、光や熱、pHなどに応答する高分子材料(スマートポリマー)を用いることで実現できます。今回はパーキンソン病の薬でもあるドーパミンの放出を投与後5時間後に加速させることに成功し、ScienceDailyにて紹介されました²。現在はこのカプセルを様々な形態(メッシュ状の包帯など³)に加工してその実用性を検討しております。

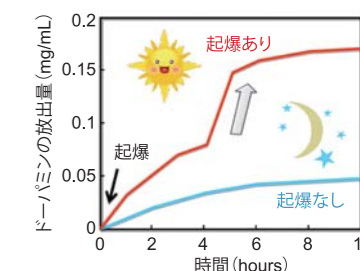


図 一度起爆させると、一定時間後に薬が放出するようにプログラムできる時限爆弾式カプセル。

参考文献
1. P. Techawanitchai et al., Sci. Technol. Adv. Mater., **13**, 064202 (2012)
2. <http://www.sciencedaily.com/releases/2012/11/121101120826.htm>
3. Y.-J. Kim et al., Angew. Chem. Intl. Ed., **51**, 10537-10541 (2012)



早川 竜馬
Ryoma HAYAKAWA

MANA独立研究者

単一電子メモリは、クーロンブロック効果を利用することによって、量子ドットへ注入する電荷を単一電子レベルで制御することができます。そのため、低消費電力、多値動作を兼ね備えた次世代メモリとして期待されています。しかし、その提案は20年以上前からあるにも関わらず、未だ実現されていません。その大きな要因として、量子ドットのサイズをナノメートルスケールで均一に制御することが非常に困難なことが挙げられます。クーロンブロック効果のような量子効果現象を室温において発現させるためには、量子ドットのサイズを数ナノメートルまで微細化し、且つ均一に形成する必要があります。

もし一つ一つの“分子”を単一電子メモリの量子ドットとして用いることができれば上記の問題を解決するだけでなく、従来の無機材料では実現できない新しい機能を発現させることができます(図(a))。分子を用いる利点は、それ自体数ナノメートルサイズの均一な粒子であるため無機材料を用いた場合に問題

分子ドットを用いた多機能単一電子メモリ ~シリコンテクノロジーと分子機能の融合~

となるサイズの不均一性がありません。また、電子吸引性(供与性)の置換基を付加することにより、母体となる分子のエネルギー準位を自在に制御することができます。したがって、これらの分子を組み合わせることにより、多値化が実現できます。さらに、フォトクロミズム現象のような分子の持つ光応答性を利用することにより、光で制御できる単一電子メモリが実現できます。

これまで単一電子メモリの基本構造である金属-絶縁体-シリコン半導体構造中で、フラレンを始め、様々な分子を用いて単一電子トンネル現象に起因する共鳴トンネル電流を観測することに成功しています(図(b))。この成果は、分子自体が量子ドットとして機能することを示すと伴に分子軌道によって単一電子トンネル現象を制御できることを示しています。

現在は、上記の知見を基に異なるエネルギー準位を持つ分子を組み合わせた多値制御や光異性化分子を用いた光制御といった従来までのシリコンデバイスでは実現できない新機能の発現に取り組んでいきます。

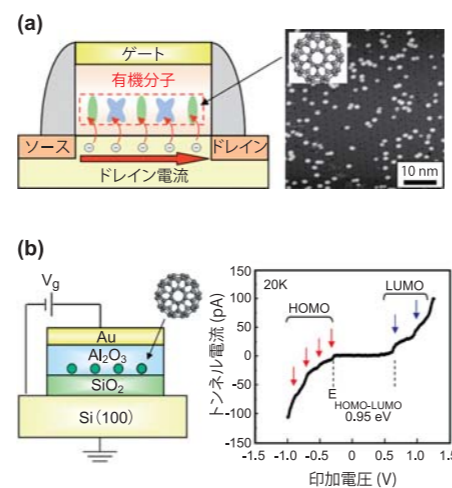


図 (a) 単一分子を量子ドットに用いた単一電子メモリの模式図。(b) 金属-絶縁体-半導体構造中に集積化したフラレン分子を介した共鳴トンネル電流

参考文献
1. R. Hayakawa et al., Adv. Funct. Mater., **21**, 2933-2937(2011).
2. R. Hayakawa and Y. Wakayama, Nikkei industrial newspaper, date: 2011/02/16.



サン リウエン
Liwen Sang

ICYS-MANA研究者

InGaNベース多接合太陽電池の変換効率率は理論的に62%にも達し、Si、GaAs、CuInGaSeなど他の光起電力を示す半導体材料より遙かに高いものです。これは、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ のIn組成を変化させるだけで吸収端(バンドギャップ: E_g)を制御できて、赤外(InN@0.65 eV)から紫外(GaN@3.42 eV)という広い範囲で光エネルギーを吸収できる唯一の半導体材料であることによります。図1に示すように、このエネルギー領域は太陽光スペクトルをほぼ完全にカバーしています。さらに、InGaNには、高ドリフト速度、高耐放射線性、高吸収係数、高キャリア移動度という利点もあります。これらの特徴から、Si系太陽電池であれば劣化してしまう砂漠や宇宙空間といった過酷な環境でも、太陽電池動作が可能となります。

しかしながら、実際のところInGaNベース太陽電池の変換効率は理論値より遙かに低く(<4%)、外部量子効率も低い(<60%)のが現状です。障壁となっているのは、太陽光を吸収できる十分な厚さ(0.3 μm 以上)の高品

高効率光電エネルギー変換へ向けて In_xGa_{1-x}Nベース太陽電池の潜在力

質なInGaN薄膜の成長、太陽光のエネルギー密度の高い緑や赤色に相当する光を吸収できるIn組成の高い(E_g の小さい)InGaNに対する薄膜成長とそのp-型ドーピングが困難な事があげられます。

そこで、私たちはInGaN薄膜成長技術および太陽電池構造を工夫してきました。AIN上にInGaN薄膜を成長させることで、0.3 μm 以上のInGaN厚膜の結晶品質の高品質化を達成できました。太陽光を電気エネルギーに変換する活性領域とp型領域の間に極薄AIN層を挿入した新規構造を開発し(図2挿入図上)、太陽電池特性の更なる改善も行い、短絡電流密度が0.77から1.25 mA/cm^2 へと増加しました(同挿入図下)。このInGaNベース太陽電池はIn組成10%程度で青紫色よりも高いエネルギー(<400nm)しか利用できないため電流は小さいけれども、興味深いのは外部量子効率が約80%と光の利用効率が高い点です(図2)。現在のところ、InGaNベース薄膜太陽電池では最高の値を示しています。本研究はInGaNが太陽電池材料として高い潜在能力があることを示唆しており、高効率InGaNベース太陽電池の開発戦略の一つとなります。

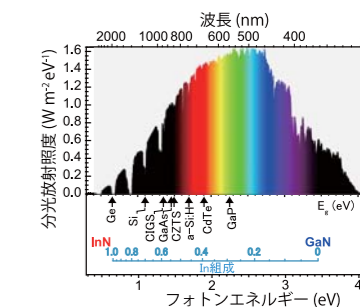


図 1 光起電力を示す様々な材料の吸収端エネルギーと太陽光スペクトルとの関係

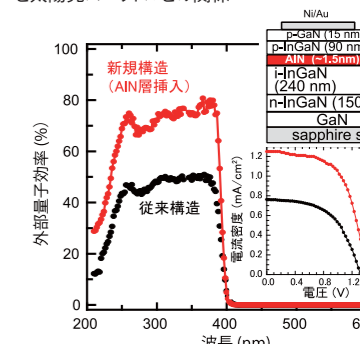


図 2 AIN 層を挿入した InGaN- ベース太陽電池の新規構造と外部量子効率およびその太陽電池特性
参考文献
L. Sang et al., Appl. Phys. Lett., **99**, 161109 (2011)