

イベント開催報告 *event*

MANA国際シンポジウムが開催されました

2013年2月27日(水)から3月1日(金)の3日間にわたり、MANA国際シンポジウム2013がつくば国際会議場にて開催され414名が参加しました。ノーベル物理学賞受賞者(1987年)のジョージ・ベドノルツ教授、ノーベル化学賞受賞者(2010年)の鈴木章教授をはじめとする、国内外の著名な研究者21名による招待講演や、16の口頭発表、87のポスター発表によるMANAの研究成果発表が行われました。

第6回となる今回は、MANAの第2期の最初の年として、「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つの異なるセッションで、「Nano Revolution for the future」に関する活発な意見交換が行われました。



4th MANA/NIMS-Waseda University International Symposium

NIMSは、2008年に早稲田大学との連係大学院を設立し、2009年に第1回の合同シンポジウムを開催して以来、毎年1回のシンポジウムを早稲田大学とNIMSで交互に開催してきました。今回は、2013年3月11日に、NIMSで開催しました。

早稲田大学およびNIMSの連携大学院教官による講義の他、関係者の研究成果のポスターセッションでは発表が46を数え、参加者は80名を超えました。

6th MANA/NIMS-Osaka University Joint Symposium on Advanced Structural and Functional Materials Design

AFSMセンター/大阪大学とMANA/NIMSは、大阪、つくばあるいは海外で開催してきた共同シンポジウムの6回目を、並木地区WPI-MANA棟オーデトリウムで2013年3月18日に開催しました。研究者、ポスドク研究者、学生による講演やポスター発表で互いの研究成果が紹介されました。

新任研究者紹介 *newface*

◆MANA准主任研究者◆



デビッド ボーラー

◆MANA研究者◆



坂井 伸行



中西 和嘉



川上 拓人

◆MANA研究者◆



濱田 幾太郎



クジャワ ピョートル



中 弘 周

◆ICYS-MANA研究者◆



タダ スディプタ

受賞ニュース *news*

MANA PI有賀 克彦が英国王立化学会のフェローに選ばれました

有賀 克彦 MANA 主任研究者が英国王立化学会フェロー (Fellow of the Royal Society of Chemistry) に選ばれました。有賀 MANA PI の名前は、Times にも、名前が紹介されました。



MANAの研究者3名が、文部科学大臣表彰を受賞

平成25年4月16日、文部科学省で科学技術分野の文部科学大臣表彰の表彰式が行われ、MANAの3名の研究者が表彰を受けました。

本表彰は、科学技術に関する研究開発、理解増進等において顕著な成果を収めた者の功績を讃えることにより、科学技術に携わる者の意欲の向上を図り、我が国の科学技術水準の向上に寄与することを目的とするものです。

科学技術賞(研究部門)

・佐々木 高義

業績名:層状化合物の剥離によるナノシートの創製と応用の研究

若手科学者賞

・Alexei Belik

業績名:マルチフェロイック性を有する新規酸化物材料の研究

・山内 悠輔

業績名:機能性無機ナノ多孔体の合成と応用の研究



表彰式写真

山内悠輔 MANA独立研究者、PCCP Prizeを受賞

MANA独立研究者の山内悠輔博士が、第7回PCCP Prizeを受賞しました。

PCCP Prizeとは英国王立化学会(RSC)が発行する論文誌PCCP(Physical Chemistry Chemical Physics)が35歳以下の若手研究者に授与する賞です。日本化学会がRSCの協力依頼に応じ数名の受賞候補者推薦を行い、春季年会会期中にRSCと合同で表彰式が行われます。



表彰式写真

MANAの研究者2名が2012 Chinese Government Award for Outstanding Self-financed Students Abroadを受賞

ワン シュエビン ポスドク研究者とジャン シャンフェン ジュニア研究者の2名が、中国政府から「国家優秀私費留学生奨学金」(Chinese Government Award for Outstanding Self-financed Students Abroad)を授与されました。



表彰式写真



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

No.14

Jun.2013

山
上
工
学
研
究
機
構
W
P
I
M
A
N
A

国際的な交流が 日本の研究レベルを押し上げる — 鈴木 章

世界的ネットワークと緊張感で
評価を勝ち得る
— 深田 直樹

研究者をさらなる高みへ導く取り組み
=海外でのサバティカル休暇と在外派遣プログラム=

MANAの研究成果

- ・トポロジカル・ナノアーキテクトゥクスとマヨラナ粒子の操作による強靱な量子計算 — 胡 暁
- ・超分子の自己組織化およびセンシング — ジョナサン ヒル
- ・“細胞接着剤”による細胞集合体の構築と機能 — 臓器再生への挑戦 — 田口 哲志
- ・高性能一次元ナノ構造光検出器 — ザイ テンヨウ





鈴木 章 SUZUKI Akira

1954年北海道大学理学部化学科 卒業、1960年北海道大学院理学研究科化学専攻 博士課程修了、1961年北海道大学工学部合成化学工学科 助教授、1963年米国Purdue大学 博士研究員(Herbert C. Brown教授)、1973年北海道大学工学部応用化学科 教授、1994 岡山理科大学 教授、1995 倉敷芸術科学大学 教授、2001年米国Purdue大学 招聘教授、2002年台湾中央科学院および台湾国立大学 招聘教授、現在、北海道大学名誉教授。ノーベル賞学者であるPurdue大学Herbert C. Brown教授のもとで有機ホウ素化学を学び、その経験をクロスカップリング反応へと応用した。一貫して有機ホウ素化合物を用いた有機合成反応の研究に携わりその貢献により、2010年ノーベル化学賞受賞。その他、1986年 Weissberger-Williams Lectureship Award、1989年 日本化学会賞、2000年 The H. C. Brown Lecture Award、2004年 日本学士院賞、2010年 文化勲章・文化功労者、2011年日本学士院会員など受賞多数。

国際的な交流が日本の研究レベルを押し上げる

◆聞き手：科学ジャーナリスト 舘取 章男

運命を変えた1冊の本と1通の手紙

—改めて、鈴木先生ノーベル賞ご受賞おめでとうございます。

いやいや、自分で考えてもみなかったことなのでね。実は、2002年のハーバート・C・ブラウン先生の90歳祝賀会・講演会の前夜、先生夫婦と私と妻の4人で食事を一緒にし、そのとき先生に「アキラをノーベル賞にノミネートしようと思うのだけ」と言われたのです。「いや、僕はそんな仕事やっていませんよ」と言いましたら、「君は何も言うこと無い」と。ノーベル賞ノミネートには推薦書が必須でブラウン先生ご自身も推薦され始めて8年か9年かかっての受賞だったようです。先生は2002年、2003年と2年間連続して私を推薦して下さいましたが、2004年に92歳で亡くなりました。その後私は何も当てにしていなかった。しかし2010年10月、自宅で論文を書いていたら電話が鳴り、受話器を取ってみると、「ストックホルムから、ビッグでベリー・ハッピーなニュースをお伝えします。今日ノーベル委員会で化学賞の選考があり、鈴木先生にお贈りすることを決定しました。お受けいただけますか」と。驚くのと同時にノーベル賞というのは直接電話で連絡があるのだと、初めて分かりましたよ。

—受賞には、亡くなられたブラウン先生のお力が大きかったですね。鈴木先生のノーベル賞ご受賞のテーマは「クロスカップリング」ですね。

有機化学では、炭素と炭素の結合を作ることが重要なのですが、その一つの手法がクロスカップリングです。私は、有機ホウ素化合物を使ったクロスカップリングで受賞しましたが、客観的にみてもクロスカップリングがC-C結合を作るのに、一番効果的で現在、圧倒的に多く使われているようです。ノーベルレクチャーの時に「有機ホウ素化合物を使ったクロスカップリングは、特許を全く取っていないので、皆さんどうぞ自由に使って下さい」と言いましたら、大きな拍手をもらいましたよ。

この発端と言えば、若いころ、ブラウン先生のハイドロボレーションに関する著書を読んで感銘し、先生に手紙を書くと、「君、興味があるなら来たまえ」との返事をいただき、留学を決意しました。ブラウン先生のところでハイドロボレーションの立体化学を研究しましたが、その頃ハイドロボレーションで得られる有機ホウ素化合物は安定で有機合成には使えない、と多くの研究者は考えていました。有機合成に使えるのは有機リチウム化合物や有機アルミニウム化合物などの反応性の高い有機金属化合物が主流でした。しかしこれらは反応性が高い反面、水があるとすぐ分解するという欠点がある。逆に、有機ホウ素化合物は安定だから、水があっても分解しない。これはある意味で長所だと考え、私は北大に戻ってからも、有機ホウ素化合物を使った有機合成を学生達と精力的に続けたのです。その頃日本だけではなく、世界的にもそんな研究をやっている所はほとんどありませんでした。

研究を続けると、有機ホウ素化合物がいろんな面白い有機合成に使えることが分かってきました。それらの研究の一つがクロスカップリングです。クロスカップリングの研究は私たちの仕事の3分の1くらい。残る3分の2は、有機ホウ素化合物を使ったさ

まざまな有機合成の研究です。

幸運の女神は、準備をきちとした人に微笑む

—クロスカップリングを作り上げるまでにセレンディビティーがあったのですか？

クロスカップリングに限定するとセレンディビティーは特になかったかもしれませんが。私の場合は別の研究で遭遇しました。ブラウン先生のところから帰ってきてすぐに、C-C結合を作る研究として、 α 、 β 不飽和カルボニル化合物と有機ホウ素化合物の反応を思いついた訳です。自分の感覚で、 α 、 β 不飽和カルボニル化合物の酸素にホウ素が配位してできる擬似六員環構造を経て、ホウ素に付いていた炭素基がビニル基の末端の炭素に転移するはずだ、そうしてC-C結合が出来るはず、と思いつきました。実際に学生にやってもらうと「先生、できました！ α 、 β 不飽和の二重結合の付いたケトンの吸収はありません」という報告。助手にも追試をしてもらうとこの反応が確認でき、早速ブラウン先生に手紙を出しました。ブラウン先生も興味を持ち、ご自分もやりたいというので、私のところではケトン、ブラウン先生のところではアルデヒドの反応をそれぞれ進めることに。私のグループでは α 位の炭素にメチル基が付いた物は 0°C や室温でも反応すること、 β 位の炭素にメチル基が入った物では室温では反応が進まないが、温度を高くすると反応すること、などが順にわかってきました。ところがブラウン先生のグループでは、 α 位の炭素にメチル基が付いたものは反応するが、 β 位の炭素にメチル基が入った物では温度を上げて反応しないというのです。何度手紙でやりとりしてもブラウン先生のところではうまく反応しない。そこで、こちらの研究室で追試すると、 β 位の炭素にメチル基が入った物が反応するではありませんか。今でも覚えていますが、ブラウン先生は知らせの手紙の返事に「Chemistry should be international. Why we have so big difference between two places: in Sapporo, Japan and West Lafayette, Indiana, United States?」と書いてありました。

実はこれらは両者とも正しかったのです。つまり、我々は不活性ガスとして、窒素を使っていました。その窒素の中にわずかに含まれていた酸素が、触媒作用を示して反応が進行したのです。つまり、有機ホウ素化合物が少量の酸素と反応し、有機ラジカルが生成し、これが反応に関与したのです。それに対し、ブラウン先生のところでは、その当時でも99.9999%位の高純度の窒素を使っていたため、酸素がないので当然反応しなかった。その後彼らも酸素を入れて実験したら、鈴木先生の言う通り反応すると。これ

が、有機ホウ素化合物の研究の中で出会ったセレンディビティーの一つです。

セレンディビティーというのは、化学だけではなくすべてのサイエンスの分野でも遭遇すると思いますが、科学の世界だけでなく、我々の人生でも出会うことになると思います。昔、ルイ・パスツールが言ったように、「幸運の女神というのは、準備をきちとした人に微笑む」そうです。一生懸命にやった者に対してセレンディビティーというのは微笑んでくれるということでしょうね。

一冊の良い本を徹底的に読みつくすことが、研究者のベースとなる知識を養う

—若い研究者たちにメッセージはありますか？

いろんな本をたくさん読むことはいいことですが、自分のベースとなる知識基盤を養うには、良い本を一冊徹底的に読みつくすことをお勧めします。私もいろいろ本を読みましたが、人生を大きく変えた本が二冊ありまして、一冊がL.F. フィーザーの「TEXTBOOK OF ORGANIC CHEMISTRY」です。当時フィーザー先生が日本やアジアの大学生の手に届くようにと、日本の出版社にお願いをして廉価版ができました。この本が好きで面白くて、読むたびに裏表紙に正の字をつけていたら、いつのまにか33回になっていました。もう一冊は、さきほど話題にしたブラウン先生の「Hydroboration」です。私は自分の教え子たちにも、「良い一冊の本を完全に読みなさい、それが非常にあなたの研究のためにプラスになりますよ」と言ってきました。

最近の若い人たちが海外に行かなくなったと聞いています。外国に行くことのメリットをお伝えしたいですね。例えば、日本の有機金属化学の研究レベルは高いので、それを学ぶために海外に行く必要はないと考えるかもしれませんが、海外でしか学べないこともたくさんあります。その国の言葉を生で学べますし、その国の言語で専門の先生から教育や研究指導を受けることができる。日本人には以心伝心という文化があるかもしれませんが、海外でそうはいかない。その国の人の言う事を理解し、こちらもしっかりと意見を述べれば、お互いが理解しあえます。様々な国や文化の人達とディスカッションをすれば、考えも研究の幅も広がるでしょう。今は奨学金もいろいろあるから、行く気になれば行くチャンスは昔に比べたら遥かにある。チャンスがあるのだから、ぜひ若い人には行く

ようにお伝えしたいです。

日本のことをもっと外国の人に理解してもらうことも大切

—MANAの役割についてはどうお考えですか？

MANAでは、研究者の半分くらいが海外から来た方ですよ。それは凄いです。昔だったらアンビリーバブルな事。先ほどは海外に行くことの重要性を言いましたが、日本においても外国人研究者が来てくれて、日本人研究者とどんどん交流できる拠点が存在することは重要。私たちが海外であちらの文化や技術を学んでくることも大事ですが、海外の方に日本に来てもらって日本のことを学んでもらいたいとも思っています。だから、外国人研究者の皆さんには日本語や、日本の技術、文化もしっかり学んで帰ってもらいたいと思います。日本をもっと外国に知らせるという努力は、国として、非常に大事な事。相互に理解を深め、情報交換を進めることが日本の研究レベルを押し上げるのに重要でしょう。

—MANAは今年6年目となりました。今後のMANAの成長についてアドバイスをお願いします。

10年経っていない組織において6年というのは、まだ初期の段階と言ってもいいかもしれませんね。初期の段階の場合には、皆、非常に意欲的に頑張っていると思います。MANAの研究者の皆さんも勢いがあって頑張っています。MANAには10年という期限があると聞きますが、それは短いかもしれない。我が国の知的なコントリビューションや国の予算などが投じられて作られている拠点ですから、10年で終わりだと言うのでは勿体ない。そもそも研究とか教育とかという物は、成果を得るのには本来は長い時間があるもの。MANAの成果をさらに積み上げていくことも大切。皆さんで協力して、今ある成果を前面に出し、国にPRするというのはどうでしょうか。10年で作られた成果は、一つのステップ。政府もぜひMANA継続の後押しをしてほしいですね。



ブラウン教授のご自宅にて

世界的ネットワークと緊張感で 評価を勝ち得る

深田 直樹
Naoki FUKATA
グループリーダー

今回、NIMSの中で最も若いグループリーダーとして半導体ナノ構造物質グループを支える深田直樹博士にお話を伺いました。深田さんは2007年にJSTのさきがけ研究に採択された後、内閣府最先端・次世代研究開発支援(NEXT)プログラムに採択されるなど、次々と大型のプロジェクトを成功させています。グループ運営の秘訣や、深田さんの研究に取り組む姿勢などについてうかがいました。

深田さんのグループでは太陽電池材料の研究をなさっていますが、これまでの材料と何が違うのですか？

私たちのグループのコンセプトは、結構リスクですけれども材料をシリコンに絞って、今までにない構造や機能を付加して新しい材料をつくっていくことです。これまで私たちは、トランジスタなどに関する半導体の不純物ドーピングの制御や、ナノ構造を用いた材料の機能制御について長く研究してきました。この技術を活かしてナノワイヤを使った、安価で環境負荷の小さい、新しい高効率な太陽電池材料の開発を行っています。

これまでの太陽電池は、平面、つまり二次元構造のシリコン半導体のpn接合で起電力を得ています。一方で、私たちの開発しているものは、シリコンナノワイヤが一面に敷き詰められた剣山のような、集積した三次元構造のものです。個々のナノワイヤがpn接合を持った太陽電池になっていて、pn接合の面積比が従来の100倍以上になります。また、電池表面が反射防止構造になっているので、太陽光の反射ロスを大幅に軽減することができます。また、物質をナノスケールにサイズダウンをしていくと、その物質にはない、新しい性質が生まれるので、シリコンだけで複数の材料を複合したかのような電池材料が提供できるのですよ。

シリコンナノ材料の研究開発はいいことづくめですね。

いや、実はそうでもないですよ。pn接合の面積が100倍になると単純に欠陥の割合も100倍になる訳です。発電効率を上げるためにはこの欠陥をクリアしなければなりません。また、太陽光発電の業界は異様で、コスト削減ばかりを目指していて、電池材料開発の点では保守的で新しいものがなかなか生まれません。海外に市場を奪われているのが現状です。日本がまた世界をリードするためには、今までのシリコンの限界を突破していかなければなりません。

深田さんは若いグループリーダーですよ。グループ運営はどのようになさっているのですか？

私のグループは、インド人、中国人、ブルガリア人(短期)、ベトナム人(短期)、日本人、合計9人がタッグを組んで研究をしています。日本人がマイノリティーなので会話は全て英語です。国籍の違いもあって一辺倒ではいかなのですが、多様な文化を認めつつ、妥協したり折れたりしないで、試行錯誤しながら、同じ失敗を

しないよう努めています。

やはり先輩でカリスマ性があるリーダーですと、放っておいても皆がついてくるのかもしれませんが。私の場合、グループリーダーにしては若く、貫録がないせいか、採用する海外のポスドクの方との初対面で、「え？あなたがボス？」なんて言われたこともあります。相手も、見た感じが同等みたいな奴に、偉そうに言われたらカチンときますよね。だから、リーダーはよく勉強しておかないと駄目ですよ。不勉強だったらまず尊敬してもらえないので。リーダーは研究もできて、論文もかけるお手本であることが大切です。リーダーが「上から目線」だけでメンバーを動かそうとすると、グループは崩壊してしまいます。だから、研究予算を獲得するだけでなく、グループメンバーの日々のケアも大切です。海外からきたメンバーは日本語のマニュアルが読めないのをそれを説明したり、実験のエラーが出たら対処したり、日々の生活のフォローをしたり、と彼らをケアし続ける奉仕の精神も必要ですね。

あと、私のグループでは研究資金のほとんどが外部予算で運営されていますから、予算が切れたら研究が終わってしまいます。常に2年後、3年後の研究内容や、研究予算のことを気にしています。予算申請についても、研究テーマや研究内容が時代の波にうまく乗れているか、などと常にアンテナを張っています。そういうことで相当な緊張感を持って日々を過ごしていますね。

今後、どのように深田グループを育てたいですか？

なかなか私たちの分野では、論文が出にくいのですが、ポスドクの方も普段は笑顔を見せない方でも、仕上がった論文の別刷りを手渡すと、ニヤッとまあそれは嬉しそうな笑顔を見せますね。

研究の上で、一番大切なことは小さくともその分野で評価されていくことです。例えば、国際会議に参加すると海外の研究者に友人ができますが、私の場合には、一年以内にその友人の研究室を訪問することにしています。訪ねると相手も喜んでくれますし、ぐっと仲良くなりますよ。そうすると、国際的な共同研究も可能になったり、招待講演をお互いにするようになったりと、世界的なネットワークができていきます。これが評価にもつながっていく訳です。すさまじく忙しい日々が続きますが、メンバーとうまく付き合い、彼らとともに楽しんでグループの研究が世界に評価されるよう努力したいです。



深田 直樹 博士(工学)

1998年筑波大学物質工学系博士課程修了、1998～2002年東北大学金属材料研究所助手、2002～2005年筑波大学物理工学系講師、2007年からNIMS独立研究者。2007～2010年JSTさきがけ研究員を兼務。2011年より筑波大学数理解析科学研究所准教授。現在は半導体ナノ構造物質グループのグループリーダー。

研究者をさらなる高みへ導く取り組み =海外でのサバティカル休暇と在外派遣プログラム=

MANAでは、豊富なネットワークを生かし、研究者を海外の大学や研究機関に積極的に派遣しています。特に、若手研究者の在外派遣に力をいれ、独自の育成・支援システムを確立しています。また、サバティカル制度等を導入することによって研究に新しい風を吹き込みます。

■ カレル大学との共同研究～プラハ滞在記(石原伸輔・ICYS-MANA研究員)



同行したLabuta博士(MANA超分子グループ)と

国際的な環境を有するMANAは、異分野の研究者達が世界中から集まる「メルティングポット」です。おかげで、私は核磁気共鳴分光法(NMR)を専門とするチェコ共和国・カレル大学の研究者達と共同研究する機会に恵まれました。共同研究も順調に進み、2012年10月にカレル大学のL. Hanykova教授からプラハに招待され、一ヶ月間現地で研究を行いました。カレル大学はヨーロッパ最古の大学の一つであり(創立1348年)、優秀な教授陣や学生との議論に感銘を受けました。また、私自身の研究成果をウィークリーセミナーで紹介する機会も与えていただき、日本文化の紹介も行いました。加えて、以前MANA/NIMSに在籍していたカレル大学の友人達にも再会することができ、公私ともに交流を深めました。チェコ共和国での滞在は、共同研究の発展に大きく貢献しました。



旧友との懇親会



セミナーでの講義

■ MINATEC-Letiへの在外派遣(山下良之・MANA研究者)



欧州屈指の産学連携クラスター「MINATEC」

私は2011年11月より1年間フランスのMINATEC-Letiで在外派遣として研究を行った。Letiはヨーロッパを代表する電子材料の研究機関であり、私はナノ物性評価室に配属され、NanoESCAを用いたhigher-k電子材料の研究を行った。まず驚いたのは議論の多さである。暇があれば議論・議論であった。特にコーヒープレイクの際は他のグループも加わるため、分野の事なる人々を加えた議論は私の研究にヒントを与えた。日本では忙しさの余り必要な議論を避ける傾向にあるが、議論はお互いの意見、主張を述べる場である事、新しい立案に繋がる可能性があることから疎かにしてはいけないと再認識した。

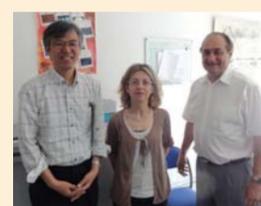
また、インターンの学生による測定プログラムの改良及び装置の自動化により30年前のXPSの装置ながら一番稼働率が高いのには驚いた。NIMSにおいても単なる装置維持だけでなく将来を見据えた効果的な改良による装置維持をしなければいけないと思った。

最後になるが、本滞中の功績が認められた為か本機関との共同研究を行う事が決定しており、現在共同研究締結に向け準備を行っている。また本滞在中で親交を深めた研究者の中にはヨーロッパの各国、アメリカ、アジア出身の者も多く、将来研究を行う上で大きな財産となった。



グループの研究機構主催サッカー大会に所属グループで参加し5位になった。

■ フランスでのサバティカル研究休暇(佐々木高義・MANA主任研究者)



ディスカッションの後

昨年7月にフランスボルドーの固体化学研究所(ICMCB, Institute de Chimie de la matière condensée de Bordeaux)に1ヶ月滞在する機会を得た。用意してくれたゲストハウスから毎日トラムで研究所に通い、多くのメンバーとたっぷり時間をとって議論を行って、交流し、有意義な時間を過ごすことができた。日本と比べるとかなりゆったりしたペースでの仕事ぶりであるが、最新のトピックを取り扱いつつも過度に時流に流されることなく、独自の蓄積、伝統的研究も大切にしているという感を改めて強くした。そのような中から多くの独創的な成果が創出されていることは大いに評価されるべき点であろう。

ボルドーは、ワインで有名であることはもとより、歴史的建造物も多く残っている素晴らしい街であり、休日にはいろいろと歩き回り、短期間ではあったが生活面でも多めにリフレッシュできた。



セミナー会場にて



胡 晓
Xiao Hu

MANA主任研究者
ナノシステム分野

素因数分解が最先端の暗号技術に使われていることはご存じでしょうか。実は、大きな整数の素因数分解は世界一のコンピュータでも苦手です。一方、量子波動関数の重ね合わせを利用する量子コンピュータはこの問題を解くのが得意です。しかし、量子状態は容易に壊れてしまい、デコヒーレンス問題が大規模な量子計算の実現を妨げています。最近、トポロジカル量子計算という新しいアイデアが大きく注目を集めています。トポロジは系の大局な状況で決まる本質的な特性ですので、ノイズに影響されにくく、うまく利用できればデコヒーレンスのない強靱な量子コンピュータが可能になります。

私のグループはトポロジカル超伝導のマヨラナ準粒子励起を利用した量子計算の可能性を探索しています。マヨラナ粒子はその反粒子と等価で、素粒子としては未だに見つかっていませんが、その同類(準粒子)が超伝導体に宿っています。我々は図1に示されたようなナトポロジカル超伝導体を調べました。サ

トポロジカル・ナノアーキテクトニクスとマヨラナ粒子の操作による強靱な量子計算

ンプルの真ん中に量子渦をピン止めしています。サンプルの間にくびれ接合部を設け、そこにゲート電極を設置して、ゲート電圧の調整でサンプル間の連結を制御します。単一或いは連結されたサンプルの中に奇数個の量子渦がある場合、サンプルの縁にマヨラナ準粒子が現れます。一方、サンプルに量子渦が偶数個ある場合、それが消えてしまいます。この性質を利用すれば、くびれ接合部のゲート電圧を一定の順序に従ってオン・オフするだけで、縁マヨラナ準粒子を移動、位置交換できることが我々の研究で明らかになりました。ここで興味深いのは、粒子が反粒子に等価であるために電氣的に中性になっているマヨラナ準粒子をゲート電圧だけで意のままに素早く駆動できることです。マヨラナ準粒子の断熱的な運動の全過程を時間依存ボゴリューボフ・ド・ジャン方程式を解くことによって追跡しました。この結果、図2に示されているようにマヨラナ準粒子の位置交換がトポロジカル量子計算に必要な非アーベル量子統計を満たすことが確認されました。デコヒーレンスのない強靱な量子コンピュータはもう夢ではなくになりました。

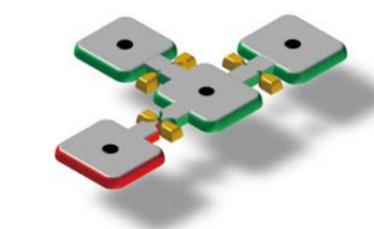


図1 くびれ接合部にゲート電圧を印加することでマヨラナ準粒子を生成・位置交換するための量子ナノデバイスの概念図。

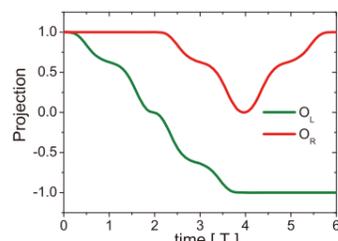


図2 時間依存ボゴリューボフ・ド・ジャン方程式による計算結果。位置交換によって、緑色マヨラナ準粒子の波動関数の符号が逆になるが、赤色のものは変化なし。

参考文献
Q.-F. Liang, Z. Wang, and X. Hu, *Europhys. Lett.* [Editors' Choice], **99**, 50004 (2012).



田口 哲志
Tetsushi TAGUCHI

MANA研究者
ナノライフ分野

細胞周囲には、接着・増殖・分化などの情報を細胞へ伝達する足場が存在し、細胞外マトリックス(ECM)とよばれています。そのため、ECMを模倣した足場材料が考案され、細胞、成長因子との組合せにより、様々な生体組織が試験管内で再生されています。軟骨、骨、皮膚等、比較的単純な生体組織では、既に一部臨床応用も始まっています。一方、肝臓や腎臓などの臓器は、ECM成分が極端に少なく細胞成分がほとんどを占めています。これらの臓器に存在する細胞は、接着分子によって細胞間が接合され、情報伝達が行われることにより高い細胞機能を維持していることが知られています。すなわち、肝臓や腎臓などの臓器の再生・構築を、細胞を用いて行うためには、これまでのアプローチとは全く異なる手法を考える必要があります。そこで、細胞間を一時的に接合して細胞を集合化させる「細胞接着剤」を設計しました(図1)。この細胞接着剤は、親水性高分子の両末端あるいは側鎖に細胞の脂質二分子膜にアンカ

“細胞接着剤”による細胞集合体の構築と機能—臓器再生への挑戦—

リング可能な疎水基を持っていることが特徴です。細胞接着剤として、ポリエチレングリコールの両末端にオレオイル基を有する高分子を合成し、ヒト肝がん細胞HepG2に添加することで細胞集合体が形成されることを確認しました(図2a)。また、細胞機能の一つであるアルブミン産生を調べたところ、培養7日目において無添加の場合と比較して約4倍以上増加することが明らかになりました(図2b)。さらに、細胞接着剤をラット膵島β細胞RINに添加すると同様の集合体が形成され、代表的な細胞機能の一つであるインスリン産生量を調べたところ、細胞接着剤の添加量の増加に伴い細胞1個当たりのインスリン産生量が3倍以上増加することも明らかになっています。また、細胞間の接着タンパク質であるE-カドヘリンのmRNAを定量すると細胞接着剤の添加濃度に依存して増加していることから、細胞接着剤によって細胞自身の産生する接着分子の生合成が誘導されることが明らかになりました。細胞接着剤は、非特異的に細胞を集合化させ、細胞機能を向上させる特徴を有していることから、今後、細胞接着剤と細胞による臓器再生や細胞移植などへの応用が期待されます。

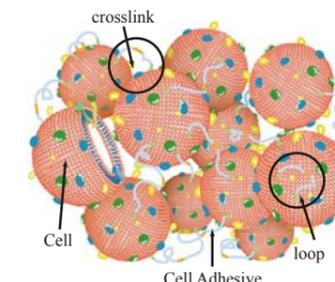


図1 細胞接着剤による細胞集合体形成のイメージ

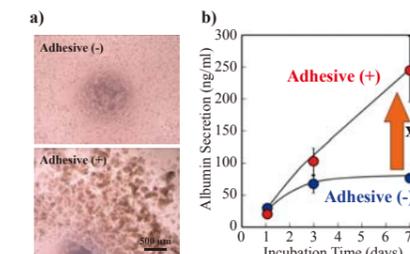


図2 細胞接着剤による集合体形成と機能(a)位相差顕微鏡像、(b)アルブミン産生量

参考文献
1. Taguchi, T., et al., *J. Mater. Sci. Mater. Med.*, **22**, 2357-2363 (2011).
2. Taguchi, T., *Sci. Technol. Adv. Mater.*, **12**, 64703 (2011).



ジョナサン ヒル
Jonathan P. Hill

MANA研究者
ナノマテリアル分野

機能性有機分子は、合成の柔軟性と幅広い特性を有することから、高度に構造化されたナノアーキテクトチャーの形成に非常に適した化合物です。その特性には、単分子層、ナノチューブあるいはナノワイヤ構造を形成する自己組織化、有機電界効果トランジスタの製造に用いられる半導性、そしてセンシング活性といったものが挙げられます。私たちは、複雑な有機ナノ構造を作り出す分子の超分子特性を研究し、陰イオン/陽イオン、キラリティーなど無機化学種を感知するセンサーを開発しています。これらのシステムは、有機ナノエレクトロニクスや環境に有害な物質(放射性セシウムなど)のセンシング、薬剤の化学分析などに応用することができます。

私たちは、損傷を受けると自己回復によって選択した構造へと成長するようにデザインした、回路のようなナノ構造の自己組織化分子を作りました。図1aに示すように、三叉神経ポルフィリンは、自己組織化によってすばらしく均整のとれた微細なナノワイヤ(幅9nm、高さ

超分子の自己組織化およびセンシング

3.5nm)を形成します¹。このナノワイヤは消去して異なる構造に再成長させることもでき、回路のような構造を新規に成長させ、将来の超分子回路と接続させることも可能となります。

一方、超分子については、無機化学種、特にセシウムに対してセンシング活性を示します。その特性を利用し、私たちは、陽イオン元素を選択的に検出し、単純な蛍光法を使って土中の放射性セシウムを感知できるセンサー分子を開発しました²。この開発は、既存の方法と併用して、核物質が環境に放出された後の汚染マッピングを行う際に重要となります。さらに、このシステムは異なる陽イオン汚染物質に対してもセンシング調整が可能になったことが明らかになりました。

最後に、超分子のアプローチを用いることによって、キラル化合物の鏡像体過剰率(ee)をスクリーニング出来ることもわかりました³。あるユニークなテトラピロール分子をキラル化合物と錯体形成させることにより、各々の鏡像異性体の相対量を迅速に評価することが可能となります(図1b)。この分析法は、その利便性が製薬業界での応用に適しており、また、エナンチオ濃縮反応の研究や生体系のホモキラリティーの起源研究においても将来的な応用が期待できます。

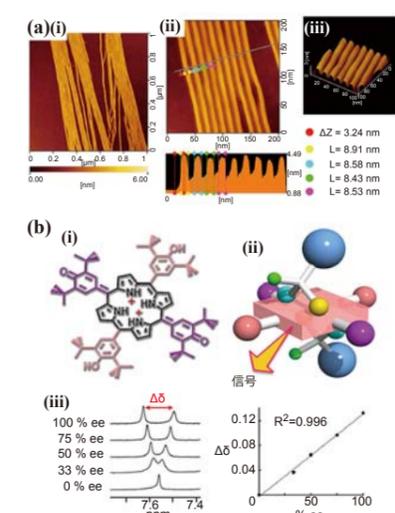


図 (a) 自己組織化したポルフィリン・ナノワイヤの原子間力顕微鏡像。(i) ナノワイヤ、(ii) 高い均一性を示すプロファイル、(iii) ナノワイヤの3次元像。(b) ユニークなテトラピロールを用いた鏡像体過剰率(ee)の検出。(i) 化学構造、(ii) キラル化合物との複合体モデル、(iii) NMRスペクトル、およびピーク分割とeeの間の相関関係。

参考文献
1. Y. Xie et al. *Chem. Commun.*, **47**, 2285-2287 (2011).
2. T. Mori et al. *Sci. Tech. Adv. Mater.*, **14**, 015002 (2013).
3. A. Shundo et al. *J. Am. Chem. Soc.*, **131**, 9494-9495 (2009).



ザイ テンヨウ
Tianyou Zhai

ICYS-MANA研究員

次元(1D)無機ナノ構造は、その特有の形状と特性から、基礎科学研究における重要性と技術応用の将来性が重視され、これまでに数多くの研究を刺激してきました。現在使用可能なナノスケールデバイスの中でも、光検出器は、映像技術や光通信、そして将来的にはメモリ記憶装置や光電子工学回路のバイナリスイッチとしての応用が期待される重要なデバイスです。1D無機ナノ構造は、その小さなサイズに見合った表面積対体積比とデバイス長から、これまでも様々な実験で光に対する優れた感度を発揮しています^{1,2}。

私たちは、1D無機ナノ構造を用いた高性能の光検出器を開発しており、1Dナノ構造の合理的な設計や光検出デバイスの製造、光検出のメカニズム研究、デバイス特性の改善などを行っています^{1,2}。

ここでは、検出素子として単結晶In₂Ge₂O₇ナノベルトを用いた超高性能のソーラーブラインド光検出器の製造について、私たちの最

高性能一次元ナノ構造光検出器

新の成果をご紹介します²。In₂Ge₂O₇ナノベルトはGeO₂、In₂O₃、そしてカーボン为原料とし、気相輸送によって製造しました。単一ナノベルトの光検出デバイスは標準的な微細加工で製造しました。In₂Ge₂O₇ナノベルトの基本構造とSEM像は、それぞれ図(a)および図(c)の中に表示されています。光入射側のカバーされていない部分のナノベルトは、幅270nm、厚さ30nm、長さ2.7mmです。デバイスはIn₂Ge₂O₇のバンドギャップに近いカットオフ周波数290nmの深紫外光に対して高い感度を示します(図a)。230nmでの応答は、紫外線および可視光での応答と比べてそれぞれ2-3桁、3-6桁高く、ソーラーブラインド光に対して高い選択性を示します(図b)。光検出器は高い安定性と再現性を保ち、3ms以下の速い応答時間を示します。さらに、光検出器は高い感度(3.9×10⁵ A/W)と量子効率(2.0×10⁸%)を示します。光電流が環境に依存することから、In₂Ge₂O₇ナノベルトが高い性能を示す理由は、主として表面トラップ、一次元性、高品質の単結晶性にあるものと理解されました。私たちのこの研究結果は、In₂Ge₂O₇ナノベルトが高速・高感度光

検出器や光スイッチへの応用に非常に適した有望な候補であることを示唆しています。

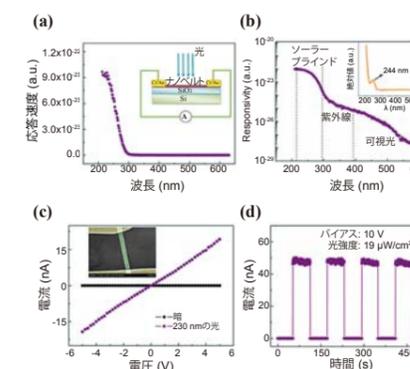


図 (a) In₂Ge₂O₇ ナノベルトのスペクトル応答。(b) 図(a)の対数プロット。広い波長範囲の光に対して高い選択性と高感度を示している。(c) デバイスの暗状態および230nmの照射下でのI-V特性。(d) 230nmの照射下で高い再現性を示すオン/オフ・スイッチング。

参考文献
1. Zhai, T. et al., *Chem. Soc. Rev.*, **40**, 2986-3004 (2010). (Invited Review); *Adv. Funct. Mater.*, **20**, 4233-4248 (2010). (Invited Feature Article)
2. Zhai, T. et al., *Adv. Mater.*, **22**, 5145-5149 (2010); *ACS Nano*, **4**, 1596-1602 (2010); *J. Mater. Chem.*, **22**, 17984-17991 (2012); *Nanoscale*, **4**, 6318-6324 (2012); *Chem. Commun.*, **49**, 3739-3741 (2013) (Cover image).