

産総研

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

TODAY

7

2011
July

Vol.11 No.7

特集

02 産総研が誇るナノカーボン・ナノチューブ 関連研究

概要と今後の期待

産総研におけるカーボンナノチューブの研究開発

スーパーグロース法

eDIPS法

カーボンナノチューブ(CNT)の革新的な分離・精製技術

分子複合カーボンナノチューブ(CNT)の開発とCNTの国際標準化

マイクロ波プラズマCVDによるグラフェンの低温合成

カーボンナノチューブの医療応用

有機ナノチューブの量産化と産業応用

バイオナノチューブとその応用

超高感度電子顕微鏡によるナノカーボン材料の観察

12 座談会 産総研イノベーションスクールを体験して

リサーチ・ホットライン

- 18 睡眠障害改善に効果が期待されるハルミン
生体リズムを制御し、概日リズムの周期を延長
- 19 薄さ0.5ナノメートルのゲート絶縁膜
集積回路の低消費電力化に貢献
- 20 色素増感型太陽電池の新対極材料
コア・シェル型構造の三元系材料を開発
- 21 一次元回折格子のピッチ校正範囲を拡張
最小23 nmピッチまで

パテント・インフォ

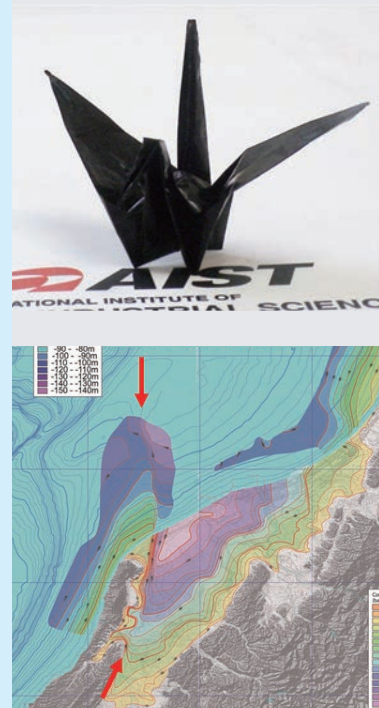
- 22 集積化パワーエレクトロニクス装置の統合設計法
先端パワー素子を使いこなす電力変換装置の設計技術
- 23 分子配列型フォトニック結晶デバイス
簡単・低コストな分子配列型光学デバイスの作製法

テクノ・インフラ

- 24 カーボンナノ材料の国際標準化
マトリックスによる単層カーボンナノチューブの標準化戦略
- 25 海陸シームレス地質情報集「新潟沿岸域」
沿岸域における地質・活断層情報の海陸接合

シリーズ

- 26 進化し続ける産総研のコーディネーション活動(第19回)
産総研の知的財産を活用していただくために




National Institute of
Advanced Industrial Science
and Technology
AIST

技術を社会へ
Integration for Innovation

産総研が誇る ナノカーボン・ナノチューブ関連研究

概要と今後の期待

産総研は、我が国の産業技術研究開発を促進させ、世界における産業競争力をより強化するための支援を行っています。ここで紹介する研究成果は産総研ナノテクノロジー・材料・製造分野のナノチューブ応用研究センターとナノシステム研究部門が行ったもので、とりあげる研究対象は産総研オリジナル、産業への高いインパクト、企業へのみの開発ではリスクが高すぎる挑戦的研究などを強く意識しています。具体的には、単層カーボンナノチューブ(SWCNT)、有機ナノチューブ(ONT)、バイオナノチューブなどナノメートルサイズのチューブ状構造

体および平面状構造体であるグラフェンの産業応用開発を目指しています。多岐にわたる産業応用が期待されるSWCNTは発見より20年を経てようやく高純度の大量合成法や高品質生成法が開発され本格的な産業応用への目途がつかしました。カーボンナノチューブ(CNT)のエレクトロニクス応用ではSWCNTの半導体・金属分離技術開発が進み、この分野の進展も期待されます。さらに、カーボンナノホーンやONTの優れた吸着特性を利用する医療検診・治療についても検討しています。使用目的にかなったナノチューブの生成また機能化による用途の拡大

を図るとともに、SWCNTの光学的あるいは電子光学的計測手段による物性評価もナノチューブ応用研究には不可欠な基盤研究課題であり、国際標準化(ISO)にも貢献しています。世界をリードする超高性能電子顕微鏡装置開発とそれを用いたCNTの評価方法の確立はナノチューブ応用研究センターが世界に誇る研究成果です。

ナノチューブ応用研究センター長
飯島 澄男
いじま すみお

産総研におけるカーボンナノチューブの研究開発

カーボンナノチューブの研究拠点 (TIA-CNT 拠点)

つくばイノベーションアリーナ(TIA)構想は、つくばに蓄積されている世界的なナノテクノロジー研究力を統合し、産学の力も結集して、世界的に魅力あるナノテク研究拠点を築き上げようとする取り組みです。

TIA構想には、CNTコア領域を含む六つのコア研究領域が設定されています。CNTコア研究領域(TIA-CNT拠点)では、単層カーボンナノチューブ(SWCNT)という新しい炭素材料について、各種産業応用において優れた特性を引き出すべくその形状を多様に制御する技術を開発し、さまざまな産業応用を可能にするSWCNTの高品質化・部材化を図ります。未来の省エネルギー社会の実現を目指したSWCNT産業創成のためにさまざまな基盤研究を行っています。

TIA-CNT 拠点で実施される プロジェクト

TIA-CNT拠点では、産総研で開発したスーパージョイント法を用いたSWCNT量産実証プラントの建設・運転(2009年度補正予算事業)を実施し、スーパージョイント法でSWCNTを大量に供給し産総研と個別企業による大型共同研究などを推進します。

SWCNTの実用化への課題は、①用途に合わせて特性を最適化されたSWCNTの合成技術と工業的量産技術、②SWCNTの特性を損なわない成形加工技術、③安全性を確保するためのリスク評価法の確立、④コスト競争力のある具体的な用途です。そのために、「低炭素社会を実現する革新的カーボンナノチューブ複合材料開発プロジェクト」(経産省・NEDO、2010～2014年度)が実施されています。

スーパージョイント法SWCNTに加

え、産総研で開発したeDIPS法により合成されたSWCNTや、ゲルカラム分離法により分離された半導体・金属SWCNTの用途開発を実施しています。さらに、CNT評価法の国際標準化を目指した活動も実施しています。また、新たに、ナノカーボン材料として期待されるグラフェンの研究が開始されました。

TIA-CNT拠点では、これらの基盤技術を開発し、オープンイノベーション施策により、拠点内外と得られた成果を共有し、この基盤技術を活用して用途開発を行う企業の参画を募り、応用研究開発も開始します。

ナノチューブ応用研究センター 副研究センター長
湯村 守雄
ゆむら もとお

スーパーグロース法

スーパーグロース法とは

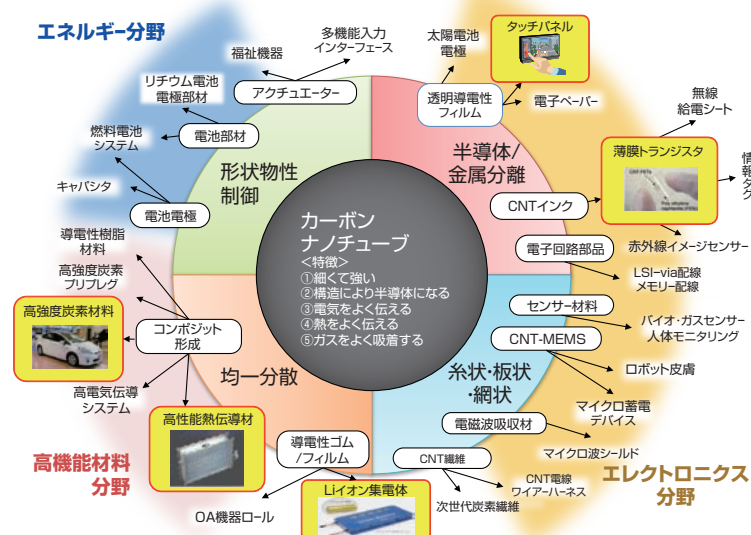
スーパーグロース法とは産総研で2004年に開発された、カーボンナノチューブ(CNT)の新しい合成技術です^{[1][2]}。通常のCNT合成雰囲気中に極微量(ppmオーダー)の水分を添加することで、通常は数秒の触媒寿命が数十分にもなり、極微量の触媒から、従来の3,000倍の時間効率で、大量の単層カーボンナノチューブ(SWCNT)を合成することができます。

スーパーグロース法の量産技術開発

2006年から走り出した新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「カーボンナノチューブキャパシタプロジェクト」で、パートナーの日本ゼオン(株)とともにスーパーグロース法の量産技術開発を行いました。目指したのは、「かつてない規模・価格でのSWCNTの工業的量产」です。多くの方々の尽力により、研究はとても順調に推移し、連続合成、大面積合成、湿潤触媒の開発、金属基板の開発、基板再利用技術の開発に次々と成功しました。それらの技術を結集した実証プラントが、2011年にいよいよ運転され、世界で始めてキログラムのスケールでSWCNTを実用的なコストで提供いたします。

スーパーグロース法の用途開発

現在までに200カ所以上の研究所にスーパーグロース法で合成したCNT



カーボンナノチューブのさまざまな応用可能性

を提供してきました。その結果として、これまでの500倍の導電性を有するCNTゴム^{[3][4]}、単三電池2本で高速に駆動するアクチュエーター^[5]、アルミニウムの3倍の熱伝導性を有するCNTアルミニウム複合材料、紫外領域から遠赤外領域の光の98%以上を吸収する極めて黒体に近いCNT材料^[6]、4Vの高電圧で駆動するキャパシター^[7]、-140～600℃まで安定してほぼ一定のシリコンゴム程度の柔らかさと硬さを保つ粘弾性体^[8]、人体の動きを測定できるカーボンナノチューブひずみセンサー^[9]など次々と新しい用途が開発されています。スーパーグロース・CNTは、現在世の中に存在する、最も表面積の大きな繊維材料であるとい

う特徴をもっています。この特徴をうまく活かした用途開発が重要です。

スーパーグロース法の未来

SWCNTがあちこちで使われ、“Carbon Nanotube Here, There, and Everywhere”となるのが私の夢です(図)。実家に帰った際に年老いた母がスーパーグロース・CNTを用いた商品を持ち、「ああ、これね、私たちが開発したCNTが入っているんだよ」の一言が言えるよう、これからも鋭意研究に邁進していくつもりです。

ナノチューブ応用研究センター
はた けんじ
畠 賢治

参考文献

[1] *Science*, 306, 1362-1365 (2004), [2] *Nature Nanotechnology*, 1, 131-136 (2006), [3] *Science*, 321, 1468 (2008), [4] *Nature Materials*, 8 (6), 494-499 (2009), [5] *Advanced Materials*, 21, 1582-1585 (2009), [6] *PNAS*, 106 (15), 6044-6047 (2009), [7] *Nature Materials*, 5, 987-994 (2006), [8] *Science*, 330 (6009), 1364-1368 (2010), [9] *Nature Nanotechnology*, in print.

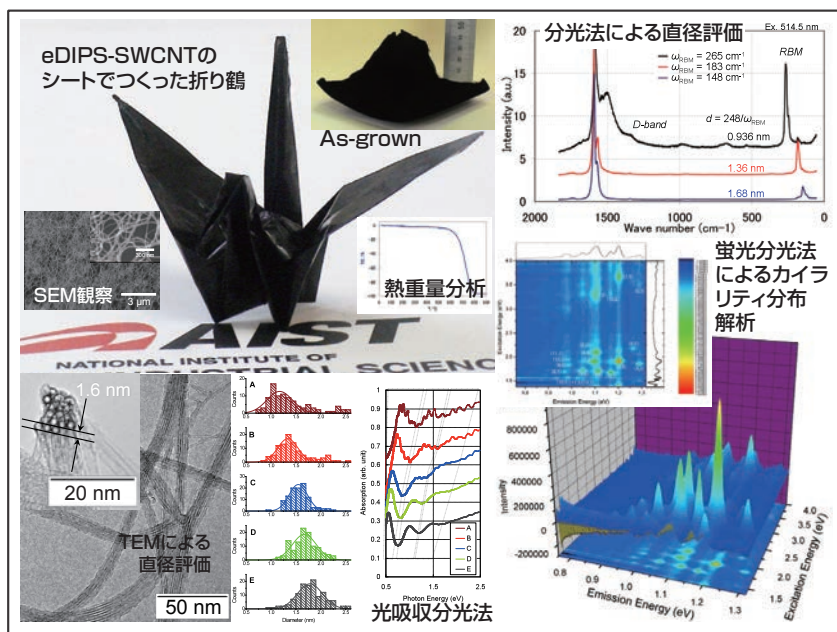
eDIPS 法

はじめに

シリコンデバイスより10倍速い電子デバイスを可能にするキャリア移動度、アルミニウムの約半分の密度であるにもかかわらず銅の20倍強い、あるいは銅の10倍も熱を伝えやすい。これらは単層カーボンナノチューブ(SWCNT)の優れた潜在力の一部です。このためにSWCNTはナノテクノロジーを代表する素材として幅広い分野での応用が期待され、これまで活発に研究が行われてきました。しかしSWCNTの潜在力は、直径が精密に制御され高い結晶性を有するときに初めて実現できるものと考えられます。これまで上記の潜在力の実現に不可欠なSWCNT直径の精密制御と高い結晶性の両方を実現する製造技術はありませんでした。私たちは、「すでに存在する用途」に使われている材料を置き換えるような、いわゆる代替材料ではなく、この材料だけが達成できる性能を利用した「これまでにない用途」に使われる極限材料としてのSWCNTの確立と量産を目指して、eDIPS法*というSWCNT製造技術開発を行っています。

eDIPS 法*とは

SWCNTの高純度・高収率かつ低コストな製造方法である化学気相成長法には大きく分けて2種類あります。触媒金属微粒子を担持させた基板・担体から成長させる方法と、基板を使わずに流動する気相中に浮遊した触媒金属微粒子から成長させる方法で、前者は



eDIPS-SWCNTの直径分布と基礎特性

基板法、後者は気相流動法などと呼ばれ、気相流動法の方が反応温度を高く設定できるため、結晶性の高い良質なSWCNT合成に適しています。また気相流動法は連続的にSWCNTを製造するため量産技術として期待されており、私たちが2005年頃から開発を始めたeDIPS法もこの気相流動法の一種です。

eDIPS法の特徴は、分解特性の異なる炭素源を同時に2種類以上使用することで反応場を最適化することができる点です。この発見によってこれまででは難しかったSWCNTの直径制御合成が広い直径範囲で可能になりました^[1]。最近の研究によってeDIPS法で反応場制御の鍵となる炭素前駆体として最も有効な化学種を解明しており^{[2][3]}、今後さらに反応場制御性を高度化して

eDIPS-SWCNTの構造精度を高める予定です。

高品質な eDIPS-SWCNT の未来

現在私たちはeDIPS法で得ることのできる多様なSWCNTのラインナップとその基礎特性を広くユーザーに提示しており(図)^{[4][5]}、最近ではeDIPS-SWCNTの応用展開の基礎を築くために長さ分級技術^[6]や金属半導体分離技術、さらには材料加工技術^{[7][8]}へと開発を展開してきました。eDIPS-SWCNTによってはじめてSWCNTの潜在力をフルに発揮する極限材料としての応用分野開拓へと夢が広がります。

ナノチューブ応用研究センター
さいとう たけし
斎藤 毅

用語説明と参考文献

* eDIPS法: 改良直噴熱分解合成法 (enhanced Direct Injection Pyrolytic Synthesis method)

[1] *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 8, 6153-6157 (2008), [2] *Chemical Communications*, 8, 3422-3424 (2009), [3] *Chemistry of Materials*, 22, 6035-6043 (2010), [4] *Applied Physics Express*, 2, 095006 (2009), [5] *Journal of Physical Chemistry C*, 114, 10077-10081 (2010), [6] *ACS NANO*, 4, 3606-3610 (2010), [7] *CARBON*, 48, 1977-1984 (2010), [8] *Nanoscale*, 3, 1904-1909 (2011).

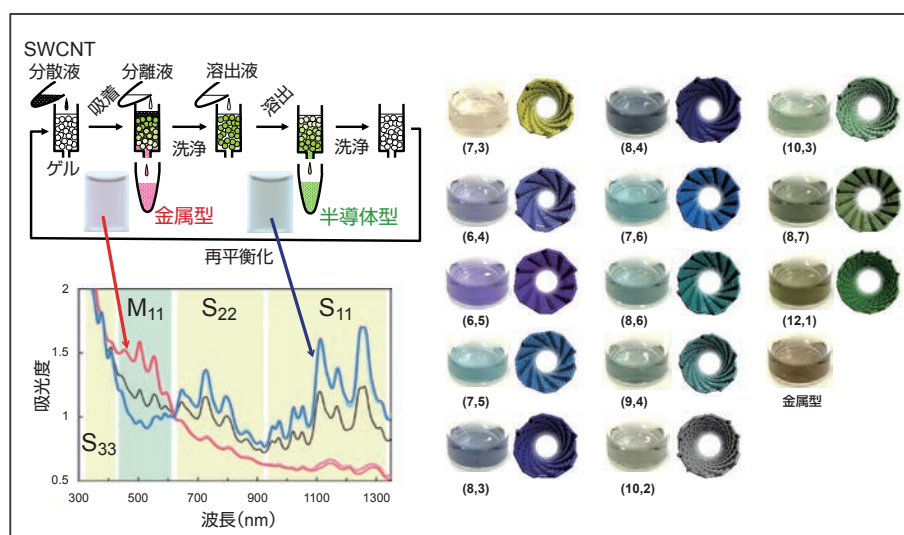
カーボンナノチューブ (CNT) の革新的な分離・精製技術

金属型・半導体型の単層 CNT

単層カーボンナノチューブ(SWCNT)は、グラフェンと同様に極めて高い電子・正孔移動度をもち、直径によるバンドギャップの制御性、加工することなしに実現するナノメートルサイズと、電子材料として優れた特性を多数有することから、次世代半導体材料として期待されています。しかし、SWCNTには半導体型だけでなく、金属型もあり、それらが混ざった状態で合成されます。金属型と半導体型の構造の差は、ほんのわずかであるため、作り分けの技術開発は困難で、電子材料として用いるには、合成後に金属型と半導体型を分離する必要があります。産総研では、ゲルを用いた全く新しい分離法を開発し、SWCNTの電子材料への応用開発を重点的に進めています。

ゲルカラムによる金属・半導体分離

産総研では、半導体型SWCNTとアガロースゲルの間に特殊な相互作用が働くことを発見し、その相互作用の応用により、SWCNTの分散液をゲルに注ぐだけで、金属型と半導体型を高純度で分離する全く新しい分離技術の開発に成功しました^[1]。注ぎ込んだSWCNTはすべて無駄なく分離されるため、材料のロスがありません。使用する分散剤は歯磨き粉などの日用品にも使用されている安全で安価な界面活性剤（ラウリル硫酸ナトリウム）で、分離剤のゲルもテングサから抽出され



左上：ゲルカラムクロマトグラフィーによる、SWCNTの金属型・半導体型分離手順。
左下：金属型および半導体型に分離された単層CNTの光吸収スペクトル。 M_{11} は金属型CNTの光吸収ピーク、 S_{11} と S_{22} は半導体型CNTの光吸収ピークである。きれいに分離されていることがわかる。
右：構造分離された半導体型SWCNT。()内は構造を表す指標。

る安全な天然素材です。ゲルは消費されず、繰り返し使用ができ、自動化も容易であることから、極めて低コストでの分離が可能です。分離された金属型SWCNTで作製した薄膜は、環境の変化に対しても安定して高い導電性を示し、半導体型SWCNTは、簡単な塗布プロセスで高性能薄膜型トランジスタとして動作が確認されました。

産業化に向けた究極の分離技術

同じ半導体型SWCNTであっても、原子配列がわずかに変わると、バンドギャップの大きさが変わってしまうため、構造の異なる半導体型SWCNTの混合物は、いわばシリコン、ゲルマニ

ウム、セレンなど異種の半導体材料が混ざっているようなもので、SWCNTがもつ本来の高性能を引き出すことができません。これまでSWCNTの完全な構造分離は困難でしたが、産総研では金属型・半導体型分離と同様に、分散液をゲルに注ぐだけで、高精度の構造分離を実現する画期的な分離技術を開発しました^[2]。今後、産業界との連携を深めつつ、これらの分離技術をさらに発展させ、10年後の実用化を目指します。

ナノシステム研究部門
かたうら ひろみち
片浦 弘道

参考文献

- [1] T. Tanaka et al.: *Appl. Phys. Express* 2, 125002 (2009).
- [2] H. Liu et al.: *Nat. Commun.* 2, 309 (2011).

分子複合カーボンナノチューブ (CNT) の開発と CNT の国際標準化

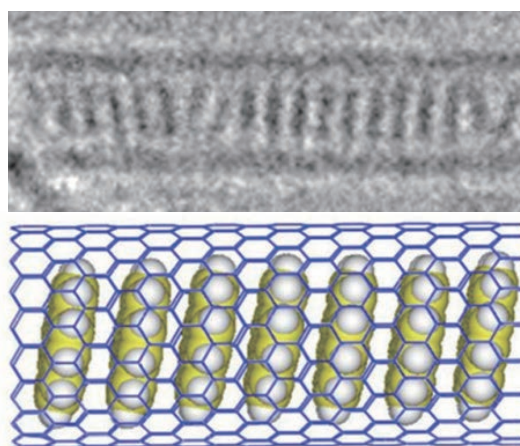
CNT をテンプレートとした 1 次元コロネンカラム

ナノテクノロジーにおけるボトムアップアプローチの最も効率的な手段として、分子を非共有結合性の弱い相互作用によって、自己集合的に組織化し、ナノ構造体を合成する手法があります。

単層カーボンナノチューブ (SWCNT) の内部はそのような分子集合体にとって格好の空間です。最近、私たちは π 共役平面分子コロネンからなる 1 次元ナノ構造を構築することに成功しました。コロネンは SWCNT 中でカラム状に自己集合し、均一な分子配列を形成しました^[1]。その配列構造はこれまでに報告されているどのコロネン結晶とも異なったものでした。また、通常内包された分子の発光は SWCNT との相互作用により消光しますが、内包されたコロネンからは強い蛍光が観測されました。

興味深いことに、観測された蛍光スペクトルの形状は、これまでに報告されているコロネン固体のそれとは全く異なっていました。このことは、SWCNT 中に形成された 1 次元コロネン結晶は、分子 (0 次元) と結晶 (3 次元) と異なる、1 次元配列構造特有の電子構造を有していることを示唆しています。

このように SWCNT をテンプレートとして利用することによって新しい 1 次元ナノ構造体の合成が可能となり



SWCNT 内部空間に作られたコロネン 1 次元結晶の透視型電子顕微鏡像図 (左上) とその模式図 (左下) および水溶液から得られた蛍光写真 (右)



ます。合成されたナノ構造体は、CNT に保護されているため、ひずみ、熱、光などに対する耐久性に優れるという利点を持ち、今後、ナノフォトニクス、分子プローブ、電極部材などへの応用が期待されます。

CNT 評価法の国際標準化

ナノテクノロジーの産業応用が語られるにつれ、標準化の必要性が広く認識されるようになってきました。2004 年ごろから、米国、欧州、日本、中国で標準化の動きが活発化し、2005 年には国際標準化機構の中にナノテクノロジーを専門に扱う新しい技術委員会 (TC229) が発足しました。

CNT は代表的ナノ物質としていち早く国際標準化への取り組みが行われています。そこで、TC229 中の計量計測

を扱う作業部会 WG2 において、近赤外発光分光法を用いた SWCNT のキャラクタリゼーションに関する技術仕様 (TS10867) を規格化しました^[2]。この規格の目的は CNT 試料中に存在する半導体 SWCNT のカイラル指数とその相対発光強度の決定です。これにより、試料中に含まれる SWCNT の分子構造や直径分布などを見積もることができます。このような国際標準規格を産総研がリードすることによって、ナノテクノロジー分野における我が国の優位性の維持、確保に貢献しています。

ナノチューブ応用研究センター
おかざき としや
岡崎 俊也

参考文献

- [1] T. Okazaki et al.: *Angew. Chem. Int. Ed.*, 50, 4853-4857 (2011).
- [2] ISO/TS 10867, 2010 年 9 月 15 日発行.

マイクロ波プラズマ CVD によるグラフェンの低温合成

透明導電膜は液晶ディスプレイ、タッチパネル、太陽電池などで使用される基幹材料として、重要度が高まっています。現状ではそのほとんどに、希少金属であるインジウムを含むITO（酸化インジウムスズ）が使用されており、価格の高騰や供給の不安定を抑えるため代替材料の確立が必要です。

グラフェンは、炭素原子でできた原子1個分の厚さの膜です。可視から赤外までの広い波長範囲の光に対して透明で、かつ電気伝導性が高いという応用上きわめて優れた特性があり、ITOを代替する透明導電膜として期待されています。

グラフェンは2004年にマンチェスター大学のアンドレ・ガイム、コンスタンチン・ノボセロフ両博士により、グラファイトを粘着テープに貼り付けて剥がすという方法で実証されました。この手法で得られるグラフェンはとても小さいので、透明導電膜として工業利用するには、大面積で連続生産に適した合成法が必須です。そこでまず、炭素を含むメタンガスを熱分解して、ニッケルや銅の表面にグラフェンを形成する化学気相蒸着法（CVD）が開発されました。これによりグラフェンの大面積合成が可能となり、工業利用への可能性が高まりました。一方この手法ではメタンガスの熱分解に1,000℃の温度が必要で、このような高温では連続生産が困難であるという課題が残っています。

ナノチューブ応用研究センターでは、独自のマイクロ波プラズマCVD

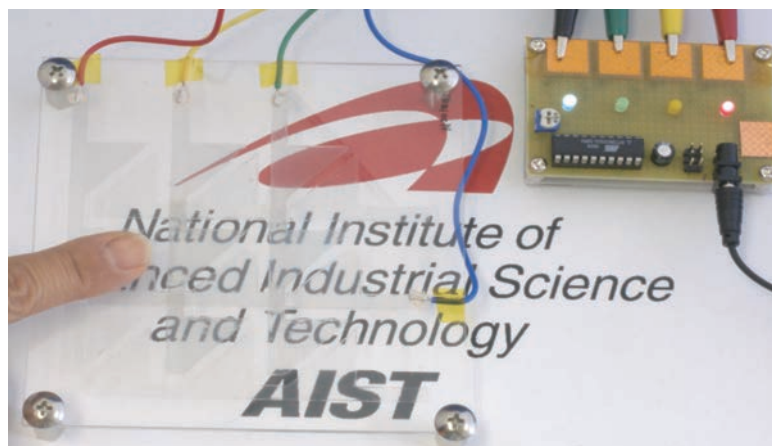


図1 マイクロ波プラズマCVDで合成したグラフェンを利用した静電容量型タッチパネル^[1]

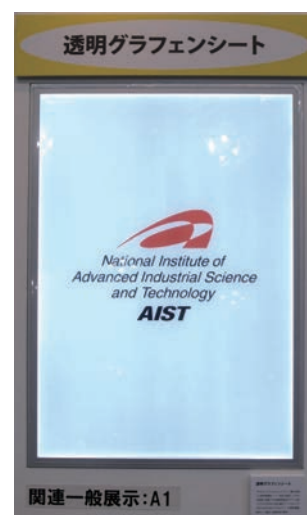


図2 マイクロ波プラズマCVDで合成したA1サイズ(A3サイズ×4枚)のグラフェン透明シート

装置および手法を用いて、ナノ結晶ダイヤモンド薄膜の低温大面積合成技術の開発を進めてきました。そしてこの手法をグラフェンの低温大面積CVD合成に適用することに取り組みました。その結果、300℃の低温で最大A3サイズの大面積グラフェンの合成を可能としました。現在この手法で、可視光透過率80%程度でシート抵抗1～2キロΩ/□のグラフェン透明導電膜を作製することが可能です。この

グラフェン透明導電膜を用いて、静電容量型タッチパネルの試作も行い、動作を確認しました(図1)。図2はA3サイズを4枚つなぎ合わせて作製したA1サイズのグラフェン透明シートの写真です。この手法をさらに発展させ、グラフェンのロール・ツー・ロール成膜法の開発に取り組んでいます。

ナノチューブ応用研究センター
はせがわ まさたか
長谷川 雅考

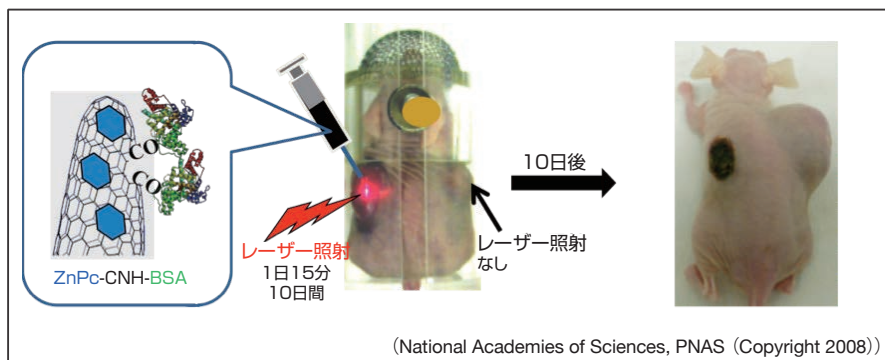
参考文献

[1] J. Kim et al.: Appl. Phys. Lett. 98, 091502 (2011)

カーボンナノチューブの医療応用

緒言

最近の医療進歩の多くは、医学、薬学、生物学的研究に、理学・工学研究が結び付いてもたらされています。その中で、化学系材料開発は重要な位置を占め、外科手術用特殊繊維、人工透析用フィルター、骨代替合金など、実際に役立っている新規材料が数多くあります。他方、ここ20年ぐらい、ナノメートルサイズの物質に関する研究が進み、体内の患部へ選択的に薬剤を送達する（ドラッグデリバリーシステム、DDS）キャリアーとして働くリポソームなど、疾病治療にも新たな発展をもたらしました。ナノメートルサイズの物質の中には、これまでの物質と全く異なる構造・性質をもつものが多く見いだされています。中でも、カーボンナノチューブ（CNT）はその有用性が高いためにさまざまな応用研究が進められています。10年ほど前から、医療応用の検討も開始されました。特にDDS応用研究が多くなされていますが、それは、従来のDDSキャリアーと異なり、CNTには多種多様な化学修飾が可能のためキャリアーとして用いると患部へ選択的に抗がん剤を送達する効率が高くなること、遺伝子治療が容易になることなどが期待できるからです。さらにCNTは、生体透過性の高い近赤外光を吸収するために、それ自身で光線動力学治療（PDT）が可能で、また、近赤外光を発光するために生体内で使用可能な光プローブとしても用いることができるというこれまでのDDSキャリアーでは不可能な利点をもっています。DDS以外に、がんを可視化するプローブとしての可能性も期待されています。



ZnPc-CNH-BSA を皮下移植がんへ直接投与し、レーザー（670 nm）を1日15分程度照射したところ、10日後にがんが消滅した（左腹）。がん消滅あとの黒色はレーザーによるやけど痕である。レーザー照射をしないとがんは大きくなった（右腹）。

研究成果

ナノチューブ応用研究センターでは、CNTの一種であるカーボンナノホーン（CNH）を用いると、ダブル光治療（PDT + 光温熱治療（PHT））を行うことができ、しかも、がん治療に高い効果があることを動物実験により示しました。実際には、CNHにPHT剤である亜鉛フタロシアニン（ZnPc）を内包させ、さらにCNHにBSAというタンパク質を付加させて、複合体（ZnPc-CNH-BSA）を作り、これをマウスの皮下移植がんへ直接投与し、レーザー光を照射すると、PDTとPHTのダブル光治療により10日程度でがんが消滅するという結果を得ています（図）。また、CNTを用いた安定かつ長寿命でこれまでにない生体イメージング剤の開発も行っています。

CNT医療応用では、その毒性や生体内分布を明らかにする必要があります。CNTは、マイクロメートル程度の長さで100 nm以上の直径がある剛直棒状のものでは、毒性が危惧されますが、長さ100 nm以下、あるいは、直径数nmで剛直でないものは、

毒性が低いことが知られています。また、サイズが小さく、化学修飾が適切であれば、生体外へ排出されることも知られています。当研究センターではCNHの安全性を調べていますが、細胞実験でも動物実験でも急性毒性は見いだされていません。

将来展望

CNTの医療応用研究では、CNTが新物質であるために生体とどのような相互作用をするのかを調べながら進めています。今後、このような研究が進むことで、CNTを用いた独特な医療応用を見だし、医療の発展に貢献できるようにしたいと考えています。

ナノチューブ応用研究センター
ゆださか まさこ
湯田坂 雅子

有機ナノチューブの量産化と産業応用

はじめに

分子の自己組織化によって形成する有機ナノチューブ (ONT) は、省資源・省エネルギーで製造可能な材料であり、ライフイノベーション、グリーンイノベーションに貢献するナノ材料として注目されています。

産総研では、2006年にブドウ糖タイプ、並びにグリシルグリシントタイプ有機ナノチューブの大量合成法を開発し、健康食品、医療、環境、エネルギー、など各分野での実用化を目指した研究を展開しています。

また、2008年にはグリシルグリシントタイプ有機ナノチューブを構成する分子と金属イオンを利用して、金属錯体タイプ有機ナノチューブ (Metal-ONT) の大量合成法の開発に成功し、環境負荷低減に貢献する有機ナノチューブ触媒の研究開発をしています。

色素複合化有機ナノチューブによる光捕集材料開発

ブドウ糖とナフタレンボロン酸の脱水縮合エステル化反応を利用し、色素複合化有機ナノチューブ (Dye-ONT) の合成に成功しました。透過型電子顕微鏡で観察した結果、Dye-ONTは色素と複合化することで内径が約5分の1のサイズになることがわかりました。また、色素との複合化でナノチューブ表面が疎水的になり、クロロホルムやトルエンなどの有機溶媒に良く分散するようになりました。Dye-ONTの機能性を蛍光スペクトル測定により評価した結果、中空シリンダー内に包接した別色素(アントラセン)へ、光励起エネルギーが効率的に移動することがわかりました(光捕集機能)(図1)。現

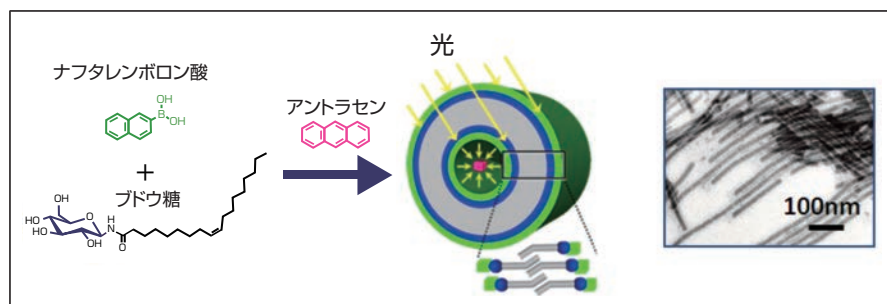


図1 色素を内包した色素複合化有機ナノチューブ (Dye-ONT) 合成経路、光捕集機能模式図とその透過型電子顕微鏡像

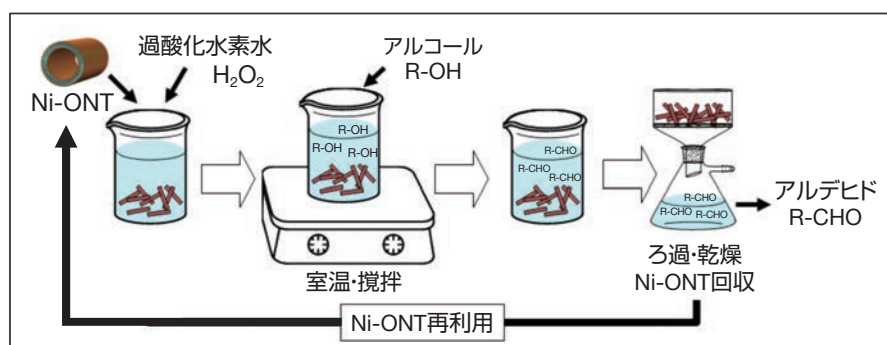


図2 Ni-ONT触媒を利用したアルコールの酸化反応工程

在は、この光捕集機能を利用した新たな光増感材料の研究開発を実施しています。

金属錯体タイプ有機ナノチューブの触媒への応用開発

ニッケル錯体タイプ有機ナノチューブ (Ni-ONT) は、単層2分子膜構造をしており、全てのニッケルイオンがナノチューブ内外表面に露出していることから、効率の良い触媒として働くことが予想し、研究開発を行いました。その結果、Ni-ONTとアルコールを過酸化水素の存在下、水中で加熱せずに撹拌すると酸化反応が進行し、アルデヒドが選択的に生成することから、Ni-ONTが触媒として機能していること

が確認できました。Ni-ONTは反応水溶液中に固体として存在し、反応後はろ過によって簡単に回収し再利用できる(図2)ことから、環境低負荷型の触媒としてグリーンイノベーションに貢献すると期待されています。

ナノチューブ応用研究センター
あさかわ ますみ
浅川 真澄

超高感度電子顕微鏡によるナノカーボン材料の観察

はじめに

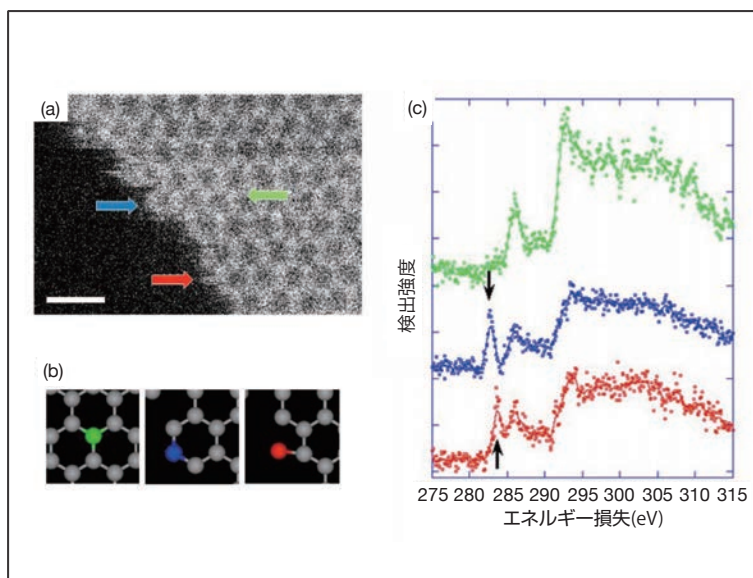
物質のしくみや性質を知ることは、現代の産業技術の発展に不可欠なとても重要な要素です。物質の性質が保たれる最小単位は“分子”であり、細かく分割できる最小単位は“原子”です。これら分子や原子を、一つ一つ分析する技術は、より良い装置開発や新しい機能をもつ材料開発などに欠かせない重要な役割をもっています。

原子レベルで化学反応を可視化

化学反応は、呼吸、消化といった生命活動に欠かせない身近なものから化学合成、エネルギー変換などの近代産業を支えるものまでさまざまです。分子の中でどの部分が最も反応しやすいかは理論からある程度予測できますが、実際の化学反応には予測が非常に難しいものもあります。いくつもの異なる化学反応が同時に起こり、多様な生成物が得られるフラーレン分子の融合反応がその一例です。

カーボンナノチューブにフラーレン分子を閉じ込め、温度、濃度、分子の向き、金属原子の存在、与えるエネルギーなど実験的な環境を調整することで、分子一つ一つの反応を制御し解析できるようになりました^[1]。

今後はこの技術を有機分子や生体分子へ応用することにより、生命の鍵を握る個別分子の反応機構の解明、分子間相互作用の動的な解析、さらには新薬開発など構造化学に基づく分子設計などの幅広い分野での発展が期待されます。



グラフェンの3種類の炭素の単原子分光：(a) 電子顕微鏡像。スケール 1 nm。(b) 3種類の炭素のモデル：三つ（緑）、二つ（青）、もしくは一つ（赤）の結合をした炭素原子。(c) (a)の矢印にある炭素原子から得られた電子線エネルギー損失スペクトル。

グラフェンの炭素原子一つ一つの性質を初めて観察

ナノ材料に含まれる元素は、同じ元素であっても通常元素とはその性質が大きく異なることがあります。これはナノテクノロジーで扱う材料は極めて小さく、端や表面に存在する特殊な状態の原子がその性質を支配するためです。これまでの分析手法では、個々の元素を識別することは可能でしたが、同じ元素の電子状態や性質の違いまで詳細に調べることはできませんでした。

カーボン計測評価チームでは、世界最高感度をもつ新しい電子顕微鏡を開発し、炭素原子からできているグラフェンを詳細に調べ、同じ炭素原子で

も、グラフェンの端に存在する炭素原子が通常の炭素原子とは電子状態が大きく違うことを初めて確かめました^[2]。この結果から、グラフェンが電子デバイスとして応用される際に、グラフェンの端に存在する炭素原子の性質が大きく影響することがわかりました。

今後、物質中の反応活性な性質をもつ部位の原子レベルでの詳細な特定、ナノデバイスの開発や新物質合成の設計に役立つものと期待されます。

ナノチューブ応用研究センター

こしの まさのり
越野 雅至
すえなが かずとも
末永 和知

参考文献

- [1] M. Koshino et al.: *Nature Chemistry*, 2, 117-124 (2010).
- [2] K. Suenaga and M. Koshino: *Nature*, 468, 1088-1090 (2010).

座談会：

産総研イノベーションスクールを体験して 4期生からのメッセージ

2008年7月に開校した産総研イノベーションスクールは、博士号をもつ若手研究者を産総研のポスドクとして受け入れ、より広い視野をもち、異なる分野の専門家と協力するコミュニケーション能力や協調性を有する人材として育成することを目指しています。2010年度の第4期の受講生たちに、スクールに対する感想や企業OJTの経験を語ってもらいました。



野間口 有
小野 晃 (司会)
瀬戸 政宏
景山 晃

理事長
スクール長 (副理事長)
副スクール長 (理事)
副スクール長
(上席イノベーションコーディネータ)

〔受講生〕

小西 友子
徐 峰
刈脇 雄介
高橋 哲朗
岡本 玲亜
寺澤 佑仁

安全科学研究部門
地圏資源環境研究部門
健康工学研究部門
エレクトロニクス研究部門
生物プロセス研究部門
生産計測技術研究センター

(2011年3月9日開催)

小野 イノベーションスクール4期生のポスドク4名と大学院生2名に来ていただきました。まずポスドクの皆さんから、自己紹介、企業OJTの紹介とイノベーションスクールの印象を一言ずつお願いします。

進路を切り拓いてくれたイノベーションスクール

小西 2009年4月から安全科学研究部門、素材エネルギー研究グループにポスドクとして所属しております。企業OJTは、当時の指導担当者に相談し、バイオ燃料の持続可能性評価について、研究だけにとどまらず実際の企業の考え方を知りたいという希望から大手総合商社と、ライフサイクルアセスメント(LCA)を製品の環境配慮設計に先進的に取り入れて来られた富士通株式会社の2社に行かせていただきました。特に、富士通株式会社では、約2ヶ月間研修させていただき、ご縁がありまして、

2011年1月に株式会社富士通研究所の環境技術研究部に研究員として就職しました。イノベーションスクールの印象ですが、就職に至った経緯でイノベーションスクールの企業OJTが大きな転機となり、大変感謝しております。

徐 私は、2010年7月1日から11月30日まで、ポスドクとして地圏資源環境研究部門の地下水研究グループで研究を行いました。企業OJTは日本工営株式会社の中央研究所で、地下水の研究をしました。就職は、筑波大学に2010年12月から準研究員で採用されたのですが、2011年4月から特任助教になることになりました。

理事長 良かったですね。

徐 はい。イノベーションスクールには、もう感謝の気持ちでいっぱいです。こんなチャンスがなかったら、今の自

分はなかったし、中国に帰っていたかもしれません。これからも一生懸命頑張っていきます。

刈脇 私は2009年2月から2011年3月まで、関西センターの健康工学研究部門に、ポスドクとして所属していました。企業OJTは、東大阪市にあるクラスタテクノロジー株式会社です。イノベーションスクールで、ほかのポスドクや分野の違う人たちと出会えたことで、自分の立ち位置や、自分が何をすべきか、周りから何を望まれているかを客観的に見ることができるようになりました。2011年4月から産総研任期付研究員として、四国センターの健康工学研究部門で頑張っていきます。

高橋 私はエレクトロニクス研究部門でポスドクをしました。実は、知的財産のほうに進みたいと考え、進路について悩んでいたとき、上司の助言もあ

り、企業OJT先として特許事務所に
行きたいという希望を持ってイノベ
ーションスクールの面接を受けました。
企業OJTは幾つか断られたのですが、
産総研の知的財産部やイノベーション
スクール事務局の皆様のおかげで特許
業務法人 原謙三国際特許事務所に3ヶ
月間、お世話になることができました。
私の場合、「産総研」という看板を借り
ていなかったら、おそらく特許事務所
の門も叩けなかったと思います。一方、
産総研という看板を背負ったので、私
がひどいと看板に泥を塗ることになる
など（笑）。その辺はプレッシャーだっ
たのですが、「使える」と思っていただ
けたようで、2011年2月から原謙三国
際特許事務所に就職しました。

小野 ポスドクの皆さんは企業OJTで
いろいろな経験をされたようですね。
では、大学院ドクターコースのお二人
に、自己紹介、イノベーションスクー
ルの講義の印象をお願いします。

岡本 生物プロセス研究部門の酵素開
発グループに連携大学院の制度で来て
いる博士課程の2年生です。マスター
コースまでは北海道大学に所属してい
たのですが、研究所がどういうところ
かを見てみたいということもあり、産
総研と連携を組んでいる東京大学に
ドクターコースから移って、こちらで
研究をさせていただいています。イノ
ベーションスクールですが、いろいろ
な“つながり”を意識する機会になっ
たというのが私の印象です。ポスドク
の皆さんの姿を見て自分の近い将来を
イメージすることができましたし、企
業とのつながりも授業の中で意識する
機会がありましたが、特に国とのつな
がりですね。経産省の方の講義では、
今、国がどういう政策をとっているか
を知った上で、自分はどう動くべきか
を考えることがとても大事なことだ
ということをイノベーションスクールを

通して学ぶことができたのでとてもあ
りがたかったです。

寺澤 私は連携大学院制度で九州大学
から来ている博士課程の1年生で、九
州センターの生産計測技術研究セン
ターの応力発光技術チームに所属して
います。イノベーションスクールに参
加させていただいて、より幅広い視野
を持つことができたと思っています。
講師やご尽力いただいた方々に感謝の
気持ちを表したいと思っています。講
義の印象としては、社会が私たちをど
のように見ているのかということ強く
感じました。

企業 OJT での得難い体験を通して 感じたこと

小野 ポスドクの皆さんが受けた企
業OJTは、イノベーションスクー
ルの3本柱の一つです。大学や産総研で
研究の経験のある皆さん方に、企業の
研究開発を経験してもらって、どれも
ある程度知っている人材になってほし
いと考えています。知らないところに
一人で行くわけですし、おそらく企業
の中での仕事をするという体験は初め
てだったと思います。私たちも心配し
ながら送り出しているというところも
あったのですが、いかがでしたか。

小西 私は、まさに「企業OJTで花開
いた」典型例と言っていると思うので
す。学生時代に学会や研究会で名刺を
いただいた方に、海外留学での研究経
験や自分の経歴をレジュメ1枚にまと
めて、最後に「今、就職先を探してい
ます」と付け加え、留学先のオランダ
から約50名の方に送りました。その中
のお一人が産総研安全科学研究部門の
研究グループ長で、「ポスドクの枠とか
イノベーションスクールがあるんだけ
ど、どう？」と声をかけてくださいま
した。そして、企業OJT先を考える際も、
興味を持ってくださっていた方に声を

かけさせていただいたのですが、その
一つが富士通でした。このように、ご
縁がいかに大事かということがわかり、
企業OJTはその一つの重要な機会だ
と思います。また、二つの企業OJT先では、
高橋さんが言われたように、「産総研か
ら来ている」ということで、研修前に
すでに株が上がっていたようで（笑）、
相当なプレッシャーがありました。そ
れを落とさないように、がむしゃらに
一生懸命やりました。その結果がどう
だったか、当時はわからなかったの
ですが、研修後に大学卒業後就職され10
年間勤務している同年代の職員の方々
に、「前向きに一生懸命で新鮮だった」
と言っていただきました。私は、最初
から就職を希望していたのですが、あ
まりガツガツせずに、周りから「欲しい」
と言っていただけるように頑張ろうと
（笑）。企業OJTの最終日には、人事権
を持つ方の前で最終報告を行ったので
すが、面接試験だと自らに言い聞かせ
ながら発表しました。

企業OJTの勤務先が川崎市だったの
で、就業開始は8時30分でまず朝礼か
ら始まります。住居はつくばなので、
事務局から「フレックスで対応できな
いか」と提案していただいたのですが、
企業側の受け入れて下さる部長から「研
修生が職員より30分遅く来ては示しが
つかない。会社人としては朝の朝礼か
ら始まる」ということを言われまして、
約2ヶ月間、勤務先近くでホテル住ま
いをしました。

瀬戸 具体的に、企業OJT先ではどん
なことをされたんですか。

小西 現在、会社の中で取り組まれて
いるLCAの評価手法がほかの評価手法
に照らし合わせてみるとどうなのかと
いう分析と、環境ラベルを製品に付け
ているけれども、その環境ラベルはど
のように効果があるか、また本当に効
果があるのか、特に欧米の企業はどう

いうラベルを使っているのかという観点から主に海外担当の部署の方々と一緒に欧米の競合会社の情報収集を行いました。最後には、自社と他社との比較やどのようなギャップがあるのかという点を中心にまとめました。それで新規の研究というよりも現状の分析が中心で、手法として既にあるものが企業でどのように活かされているのかを知ることができる大変よい機会でした。

景山 幹部の前で報告したそうですが、コメントはありましたか。

小西 はい、ありました。最初、言うべきか迷っていたのですが、「客観的に見てここはよいが、ここは欠けている。私だったらこうしたい」ということを述べました。会社がよいと思っている評価軸に対していろいろと述べたので、報告が終わった時は、もうここでは就職できないかもしれないと感じた程でした。でも、実はそれがかえってありがたかったというお言葉をいただきました。

瀬戸 朝礼があったそうですが、話をしたりしましたか。

小西 はい。最近、興味があることを簡潔にまとめ、マイクを使わず職員の前で話すスタイルなのですが、話すこと自体もそうですが、いろいろな方の

考え方を聞くことができて、毎日とても勉強になりました。やはり、朝礼から出社することは大切だと感じました。

理事長 徐さんの出身は中国で、筑波大学から日本に滞在ですね。企業OJTはどのように選んだのですか。

徐 地圏資源環境研究部門の研究グループ長から日本工営株式会社中央研究所を紹介されました。産総研に5ヶ月間所属していたのですが、3ヶ月半は企業OJTです。私の専門は環境政策評価や経済評価で、中央研究所は地下水などの技術系だったので、専門が全然違うし、最初はどのような研究を行うか迷いました。でも、せっかくいただいたチャンスなので、一生懸命に地下水を勉強し、1ヶ月後に、地下水の有効利用による経済評価の研究をやりたいと提案しました。抽出した地下水を環境用水や工業用水に有効利用することでどのような経済効果を上げるかという研究です。この研究内容は企業OJT指導担当者の共感を得ました。

理事長 自分で課題を発見したというのは偉い。孤独にしないといけないんだな（笑）。

瀬戸 地圏資源環境研究部門の地下水研究グループはレベルが高いですし、この研究部門にはGERASという土壌

汚染リスク評価システムもありますから、もっと深くお付き合いすると思いますね。

景山 4、5年もしたら、ニュービジネスになるかもしれません。環境と経済を両立させ、絶妙なバランスをとっていきましょうということですね。

理事長 水資源は世界の大問題ですからね。

小野 瀧脇さんの企業OJT先はクラスターテクノロジーですね。

瀧脇 私の企業OJT先のクラスターテクノロジーは中小企業ですが、インクジェットを使ったバイオエレクトロニクス分野の技術ポテンシャルがとても高く、また一言で言うと、すごくタフな会社です。特に、1月から3月は受注生産、発注が立て込みますが、激務の中でも顧客のことを第一に考え、全員が一丸となって真剣に仕事に取り組んでいました。さらに、一人一人がアイデアを出し合い、役職を飛び越え、本気で話し合う姿を見て、とても感動しました。

また、社員は自発的に朝早く来て、会社の周りや道路を掃除したり、花に水をやりたりしていますが、掃除をする場所が決められているわけではなく、各自が「ここは汚い」と思ったところを掃除するという発想であり、社員の自主性と協調が絶妙に保たれた職場環境でした。最初、私はどこを掃除していいかわからなくてすごく困りましたが、これが会社のあるべき姿だと思いました。

印象に残っている事柄として、ナノテク2011の展示会で自社の製品説明させてもらったのですが、来場者から思いもよらない質問をされました。インクジェットで液を一定量精度良く吐出する研究をしていたのですが、来場者



左から瀬戸副スクール長、野間口理事長

に「落としたものを一定量吸えないか」と言われ、そんなことは考えてもみなかったのですが、自分は幅広い見解をもっていなかったなと実感しました。

それから、『構成学』の輪講で学んだことが企業OJTを通してすごくよく理解できました。深い知識やすばらしい技術をもっている、それを市場に出してうまくいくためには構成的な考えがとても大事だということを、企業OJTの経験を通して肌身で実感できたのが印象的でした。

景山 民間では、企業の社会的責任という概念が定着しつつあります。敢えていえば、大学、独法はまだついていけない。淵脇さんはアカデミアでずっとやってきたので、そういうことを経験できたことで視野が広がった。とてもよいことだと思います。

小野 高橋さんは、企業OJTに幾つか断られたのですね。

高橋 はい。理由としては知財の守秘義務です。知財部とイノベーションスクール事務局のご尽力で原謙三国際特許事務所に受け入れていただきました。知的財産に関する仕事を始めるステップとしてはとても恵まれ、最高の一步を踏み出すことができたのではないかと考えています。私の面倒を見てくださる方が一人ついて、文章の書き方をマンツーマンで指導していただきました。イノベーションスクールでも「相手が何を求めているのかを知った上で、自分のもっている情報をどのように出していくかを考える」という講義があったのですが、読み手となる人々にとって何が有益なのかを考えながら表現することはこれから常に考えていきたいと思います。それから、先ほど「企業の社会貢献」という話題がありましたが、所長からも「企業なので利益を出さないといけないが、その上で自分た

ちが社会に何ができるのかを常に考える」というお話をいただいて、自分としても社会に何かしたいということを強く感じました。

あとは時間に対する意識ですね。今までがルーズだったという自戒の念も込めて（笑）、時間が「ただ」ではないということです。実習中は時間を気にせずに仕事をさせていただいたのですが、仕事にかかった時間、それに対してコストが発生するという部分は、恥ずかしながらこれまで考えたことはなかったのですが、よい経験をさせていただきました。その上、就職することもできて、ほんとに感謝しております。

「企業」を知ることはアカデミア世界でも重要

理事長 岡本さんと寺澤さんには、イノベーションスクールにチャレンジした動機や、どういうところを評価したのかを聞いてみたいですね。

岡本 自分の進路をそろそろ考えなければいけない時期に来ていたこともあり、アカデミアに残る、研究所に就職する、企業に就職するなど選択肢があり過ぎたので、イノベーションスクールが考えるきっかけになるのではないかと考えたのが一番の理由です。企業の方からお話を聞く機会が多かったので、何となく企業寄りになっていくの

かなと漠然と思っていたのですが、結局、私としてはアカデミアに残りたいという気持ちがさらに強くなりました。ただ、アカデミアに残るにしても、自分の研究が応用にとっても近いところにあるので、いつか企業と一緒に共同研究をしたり、最近は大学院生のほとんどが企業に就職するという状況なので、大学院生をどう育てていくか、大学の中でもっと教えていくべきだと思います。

小野 研究と教育に関心があるということで、企業OJTに行かれた人たちのお話は大変参考になるでしょうね。

岡本 そうなのです、休み時間もいろいろお話を聞かせていただきました。わがままを言うと、私も企業OJTに行ってみたかったです。大学の教員はアカデミアから出たことがない方が多いので、企業に就職する学生たちは苦勞しているようです。大学院教育の中で、企業の考え方を紹介するのは大事なことでと思っています。

小野 大学の先生方にもそういうことをよく知っている方がやっぱり一定数いてほしいという感じはしますね。寺澤さんはいかがでしたか。

寺澤 私は九州センターの応力発光技術チーム長からOJT先の企業を紹介し



左から小野スクール長、景山副スクール長

ていただきました。たまたま九州センターにイノベーションスクールの卒業生が2人おられて、「いろいろな企業の代表の方が講義をしてくれて、普段聞けないような話が聞けるのでぜひ参加したほうがいい」と勧められて受けました。先ほどの企業OJTもお話を伺っていてすごく興味があります。九州大学にインターンシップ制度があるのですが、九州大学とつながりのない企業の窓口と連絡をとっていただけたらいいなと思っています。

イノベーションスクールで心に刻まれたこと

瀬戸 皆さんのイノベーションスクールを通じた経験の中で、心に刻まれたこととして印象的なことはありましたか。

小西 私は、講義や輪講を通して、理事をはじめほかの分野のユニット長に産総研の方針や研究者としての生き方など直接聞いたこと、そして同期の若手研究者に出会えたことが大きいです。私の勤務先は、つくば西事業所だったので、つくば中央と違ってちょっと静かというか、言い換えると研究に集中できるのですが、中央地区で良い企画や講演会があっても、同じ年代の任期付職員は従事している業務が忙しくなかなか出て行きづらい。沸々としている若者がいっぱいいるので、イノ

ベーションスクール生に限らず、そういう人たちもっと参加できる環境を作って、産総研全体で若手により一層注目して能力を伸ばす機会を提供していただきたいと思います。輪講があった1週間は、予習と業務が重なりきつかったのですが、それでも参加したいと思うほど同期の人達と毎日会うのが楽しかったです。

また、講義の中で、企業からの講師の方が「研究できるのは40歳まで。それまでの経験をどう活かしていくかはその人のパス次第」と仰って、私は会社に入らずずっと研究ができるものだと思っていたのですが、あ、10年ないんだ、と差し迫る感覚を抱いたことが強く印象に残っています。実は、それと全く同じことを会社の採用試験のときに聞かれたのですが、「あなたの40、50歳の時のビジョンはあるか」と。考えるきっかけを講義で与えられていたのでとても感謝しています。さらに、企業OJTは、産総研と企業との研究テーマ創出や交流が始まるきっかけになるため、企業側としても新しいパスができると期待しているようです。

小野 ポスドクが取り持つ大きな縁ですね。実はそこは隠れた効果、隠れた共同研究のチャンネルだと思っているのです。

瀧脇 私が産総研に来たときは、はじ

めから上司が産総研企画本部に異動しておりましたので、一人でしかも大きなプロジェクトの中核的な位置で仕事をしなければいけませんでした。遺伝子をマイクロ流路内で迅速に増幅・検出することがミッションでしたが、実は、遺伝子もマイクロ流路も全くの専門外でした。しかし、来たからにはやらなくては行けないと、揉まれながら必死にやりました。企業OJTも同じような感覚がありまして、「産総研」という名前が企業にとってはインパクトがあるみたいで、“できる”と思われていたのですが（笑）、インクジェットは実験したことがなかったので、すごく危機感を感じました。

そこで、事前に産総研のインクジェットに精通している人にアドバイスをいただき、また実験を教えてもらい、準備をして企業OJTに望みました。先ほど小西さんの言われたように、私も沸々としているものをどう表現していいかわからなかったのですが、プロジェクト研究も企業OJTも極限的な状況に置かれて自分自身にこんな一面があったのだという部分を発見できたことがすごく驚きです。この感動は後輩や周りの人に伝えていきたいですし、思っていることは言わないといけないし、考えているだけでなく行動していく必要性を改めて痛感したので、今後の研究活動に活かしていきたいと思っています。

徐 5ヶ月という短い時間でしたが、イノベーションスクールに入って、皆さんと知り合えたことはすごく良かったです。産学官の経験を活かして、まず日本で頑張って、あとは偉い人になって中国へ帰って（笑）、産総研のOBとして恥じないように頑張っていこうと思っています。イノベーションスクールでこれからも学生もポスドクもたくさん採ってほしいと期待しています。

景山 徐さん、ぜひ日中の架け橋になっ



左から瀧脇さん、徐さん、小西さん

ていただけるといいですね。

徐 はい、その思いは強いです。

高橋 私の所属する事務所は自分のやるべきことを自分のペースでやって帰ることができる反面、それでもやらないといけない仕事は山のようにあるので、それを決められた時間内でこなしていくという難しさがあります。産総研では何時から何時まで働きましょうというのはあるのですが、どちらかというと時間がある程度フレキシブルに動かせる中で、自分の都合に合わせて実験をしていたという部分もあったので、企業OJTを通して時間に対する意識がすごく変わりました。就職した今は時間が決められていて、もちろん残業もできますが、与えられた時間の中で、どれだけ自分のパフォーマンスを上げていけるのか、努力しないといけないと思っています。

それから、イノベーションスクールで印象に残っていることは、昼休み時間を使って企業の方やベンチャー企業の社長さんと一緒にお弁当を食べながら、フランクな雰囲気の中で多岐にわたる話題に関して話をさせていただきました。講義とはまた違った雰囲気で、すごく貴重な時間で印象に残っています。

寺澤 私は座学を受講させていただいたのですが、講師の皆さんは一流の仕事をしている方ばかりで、こういう方の話をスクール生だけで聞くのはすごく贅沢なことと思いました。九州センターにまた戻るのですが、イノベーションスクールのことをぜひ次の人達に勧めたいと思っています。すごく良い経験になりました。

岡本 イノベーションスクールを通じてネットワーク力が今後すごく大事になっていくと感じました。ポストクの

皆さんも、ネットワークを作るのにすごく力を入れており、名刺を渡したり、そのあときちんと連絡されたりしています。きっと大学の先生も同じだろうと思うのですが、学生の前ではそういう姿は見せないで、すごく学ばせていただいた気がしますし、私自身、一歩を踏み出すきっかけになりました。企業に行く学生にとっても、アカデミアの道を進む学生にとっても、イノベーションスクールに来る意味がすごくあると言ってあげたいと思います。

理事長 イノベーションスクールで役立った話や感動した話を聞かせていただいて関係者としては大変うれしい思いましたが、皆さんに期待されるのは、ある分野での存在感ある仕事師です。産総研のイノベーションスクールのスクール長や副スクール長、事務局に育まれて大変いい経験をしたと思うけれども、実際、自分が具体的に仕事を担当すると結果が問われますからね。そういう意味では、これからはスクールという場でなくて、まさに競技場だというように思って、頑張ってもらいたいと思いながら話を聞かせてもらいました。

小西さんから話の出た若い人たちのコミュニケーションや研究生活の充実については、産総研も含めアカデミア全体の問題だと思いますが、いろいろ企画を工夫して、突破していかなければいけないと思っています。

とても印象深かったのは、高橋さんの「キャリアパスを変える場としてイノベーションスクールを使った」という、“したたかさ”というか（笑）、大変な利用をされたなど、そういう発想があってもいいですね。違う分野の研究者になるとか、研究した上で知財やプロジェクトマネジメントをするという人がここから育っていくことを大いに期待したいですね。

最近若者の内向き志向が問題になっていますが、皆さんはそういうことを見事に突破して、これからもいろいろ新しいことにチャレンジしてほしいと思います。頑張ってください。

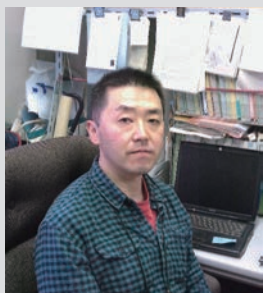
小野 皆さんは企業OJTや、イノベーションスクールでたくさんの方に触れて、たくさんの方のことを学ばれたと思いますし、自分自身に対する新しい発見もあったと思います。自分が企業から期待されているという驚き、社会で必要とされているという認識、自分自身への新しい発見、それらを感じて次のステップに踏み出していく、それが大事だと思います。本日は、ありがとうございました。



左から寺澤さん、岡本さん、高橋さん

睡眠障害改善に効果が期待されるハルミン

生体リズムを制御し、概日リズムの周期を延長



大西 芳秋

おおにし よしあき

y-onishi@aist.go.jp

バイオメディカル研究部門
生物時計研究グループ
主任研究員
(つくばセンター)

クロマチンレベルでの遺伝子転写調節機構の解析を進めてきました。生物には外部環境変化に対して繊細な調節機構が内在しており、この生物細胞固有の調節メカニズムを明らかにし、得られた知見を産業応用することを目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

大石勝隆、河野泰広、山崎幸苗（産総研）

● 用語説明

※ 概日リズム：約 24 時間周期で変動する生理現象で、動物、植物、菌類、藻類などほとんどの生物に存在している。

● 参考文献

Y. Onishi et al.: Bioscience Report, in press.

睡眠改善剤の現状

概日リズム睡眠障害と呼ばれる一連の睡眠障害の発症には、時計遺伝子によって構成されている体内時計が関係しているものと考えられています。その詳細なメカニズムは明らかになっていません。これまでの治療方法のほとんどは作用メカニズムが不明であるか、または体内時計の位相を調節することにより生体リズムを正常化させようとするものであり、体内時計の周期の異常に起因する睡眠障害の根本的な治療法とはなっていません。このような睡眠障害の根本的な改善のため、概日周期を調節する睡眠改善剤の開発が強く望まれていました。しかし、これまで詳細な概日周期を検出する実験方法が確立されていなかったこともあり、もっぱら概日リズムのリセットが主に解析されてきました。そのため、概日周期を改善する物質を効率的にかつ確実に検出するための実験手法の確立と根本的な睡眠改善剤の開発が望まれていました。

ハルミンの生体リズム制御作用の発見

生物時計調節の中心となる時計遺伝子 *Bmal1* の概日リズム転写に必要な最小プロモーター領域にレポーターとなるルシフェラーゼ遺伝子を繋ぎ、安定に概日リズムを刻みながらルシフェラーゼを生産するレポーター細胞株を樹立しました。樹立した細胞株に種々の物質を作用させて、ルシフェラーゼ活性をモニターすることにより、概日周期を調節する睡眠改善剤を探索し

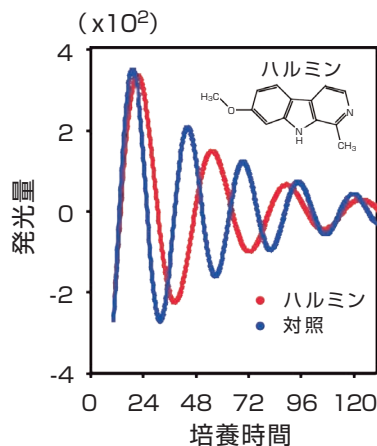


図1 レポーター細胞株を用いたハルミンによる概日周期延長の測定

ました。その結果、ハーブ類などの植物成分や生体内物質であるハルマラアルカロイド（インドールアルカロイドの一種）のハルミンが、*Bmal1* 遺伝子の転写リズムの周期を延長させることを発見し（図1、対照:25.8時間、ハルミン:30.9時間）、概日リズムの障害に起因した疾患の治療または予防効果の可能性を見出しました。

さらに、①ハルミン濃度を変化させて概日リズムを観察していくことによりハルミンの概日周期延長作用に濃度依存性が存在すること、②ハルミンに細胞内の転写調節因子 *RORα* を核内に移行させる機能があることを見出したことから、ハルミンが細胞質中の *RORα* を核内に移行させることで、*Bmal1* 遺伝子プロモーター領域に存在している *RORE* 配列に結合する機会を増大させ、*Bmal1* 遺伝子発現誘導を促進した結果、概日リズムの延長を起こすメカニズムが示唆されました（図2）。

今後の展開

ハルミンなどのハルマラアルカロイドは、ハーブ類など食用または嗜好品用植物の成分や生体内物質であることから安全性についての懸念は低く、概日周期改善用の医薬組成物としての可能性を検討していきたいと考えています。また、さらに今回開発した実験方法を用いてさらなる生体リズム制御作用のある物質の探索も期待しています。

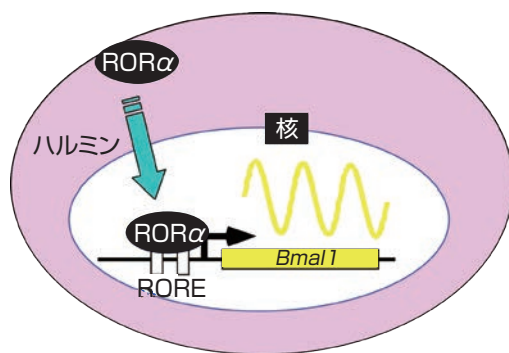


図2 ハルミンは *RORα* の核内移行を増加させることにより概日周期延長を引き起こす

薄さ0.5ナノメートルのゲート絶縁膜

集積回路の低消費電力化に貢献



右田 真司

みぎた しんじ

s-migita@aist.go.jp

ナノエレクトロニクス研究部門
シリコンナノデバイスグループ
主任研究員
(つくばセンター)

大学卒業後、電総研を経て産総研に入所。各種酸化膜の合成とデバイス応用に従事してまいりました。現在はSOIトランジスタ製造技術を軸にして、高誘電率ゲート絶縁膜やメタルソース・ドレインといった新材料・新技術を融合した、新機能デバイスの開発を目指しています。

関連情報：

● 共同研究者

太田 裕之（産総研）

● プレス発表

2010年12月8日「0.5 nmの非常に薄い高誘電率ゲート絶縁膜を開発」

ゲート絶縁膜の重要性

携帯電話やパソコンなどあらゆる情報機器には集積回路（LSI）が多数搭載されており、そのLSIの中では数億個のトランジスタが高速で演算を行っています。ゲート絶縁膜はこのトランジスタを構成する材料で、電流をスイッチする重要な役目を担っています。ゲート絶縁膜を薄くすると、演算速度が速くなり、動作電圧も下げられるので、LSIの高性能化や低消費電力化につながります。しかし同時に漏れ電流の増大という問題を引き起こし、LSIの大きなエネルギー浪費を招きます。長年にわたってゲート絶縁膜にはシリコン酸化膜（ SiO_2 ）が使用されてきましたが、その材料限界が明らかになり、近年ゲート絶縁膜を高誘電率材料に置き換える研究開発が世界中のデバイスメーカーで進められています。

開発したゲート絶縁膜

今回私たちは非晶質膜の結晶化反応に着目して、薄膜内部の伝熱現象を利用した熱処理技術を考案し、高誘電率材料の結晶膜をシリコン基板上に直接合成することに成功しました。

左図は、シリコン基板上に合成した高誘電率材料（ハフニウム酸化物： HfO_2 ）結晶膜の高分解

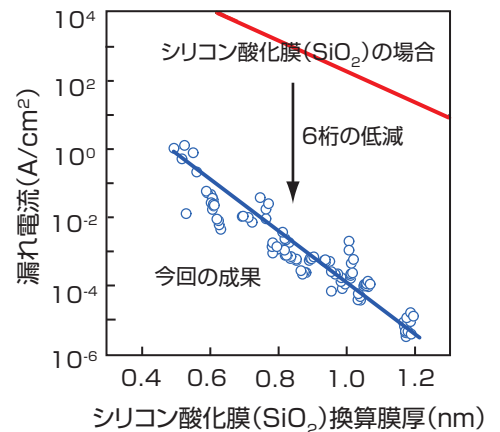
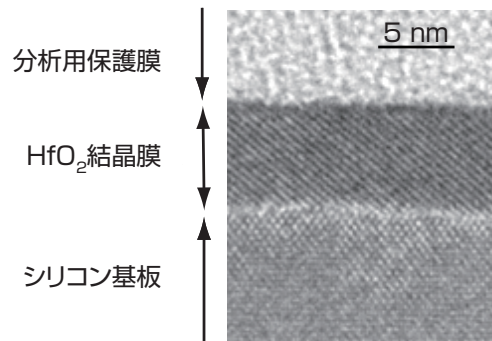
能電子顕微鏡写真です。結晶膜とシリコン基板の結晶格子が直接結合して整列しており、エピタキシャル薄膜が生成していることがわかります。

右図は、電氣的に換算した絶縁膜厚（シリコン酸化膜換算膜厚）と漏れ電流の関係です。 HfO_2 結晶の誘電率は SiO_2 のおよそ5倍の大きさなので、2.5 nm厚さの HfO_2 結晶膜によって0.5 nmという世界トップクラスの薄さの換算膜厚を実現できました。さらに、厚い HfO_2 膜にトンネル電流を抑制する効果があるので SiO_2 膜の場合に比べて漏れ電流を6桁も小さくすることができました。

この開発ではLSIの製造現場と同等の製造装置を使用しており、製造技術への展開は容易であると考えられます。また、この技術が実用化されれば、今後10年にわたるゲート絶縁膜の開発が大きく前進すると期待しています。

今後の予定

今後はプロセス耐性、電気特性のばらつきや信頼性などの系統的な評価へと展開し、低消費電力デバイスの開発に貢献していきたいと考えています。



シリコン基板上に直接成長した高誘電率結晶膜（ HfO_2 ）の電子顕微鏡写真（左）と漏れ電流の比較図（右）

色素増感型太陽電池の新対極材料

コア・シェル型構造の三元系材料を開発



清水 博

しみず ひろし

shimizu-hiro@aist.go.jp

ナノシステム研究部門
招聘研究員
(つくばセンター)

異種高分子材料同士のナノ混合化、さらには各種ナノサイズ粒子やフィラー（充填材）を高分子にナノ分散化させ、新規なナノコンポジット材料を創製する技術（『高せん断成形加工技術』）を世界に先駆けて開発しました。本稿で紹介した材料に加え、これら産総研の研究成果を社会に広く還元するため2011年度にベンチャー企業を創業する予定です。

関連情報：

● 参考文献

Liping Zhao *et al.*: *Chem. Mater.*, 22, 5949 (2010).

● 共同研究者

李 勇進、趙 麗萍（産総研、現：杭州師範大学）

● 主な研究成果

2010年12月1日「白金に代わる色素増感型太陽電池用対極材料」

色素増感型太陽電池の対極材料の現状

近年、再生可能エネルギーとして太陽光発電が注目されています。すでにシリコンを用いた太陽電池が実用化され普及していますが、有機系の材料を用いた太陽電池は、製法が簡便で、生産コストを安くでき、軽量化・大面積化が可能なので、大きな注目を集めています。

通常、有機系太陽電池の一つである色素増感型太陽電池の製造は、まず透明電極付きガラス基板上に二酸化チタンの多孔質膜を作製します。この多孔質膜に色素を吸着させた後、白金がコーティングされたガラス基板を対極として、ガラス基板間の隙間に電解液を注入し、封止剤などで封止して太陽電池セルを作製します。ところが、対極に用いられている白金はレアメタルであり、大変高価なものです。そのため省資源とコスト低減の観点から、白金に代わる対極材料の開発が求められています。

多層カーボンナノチューブ製の三元系対極材料

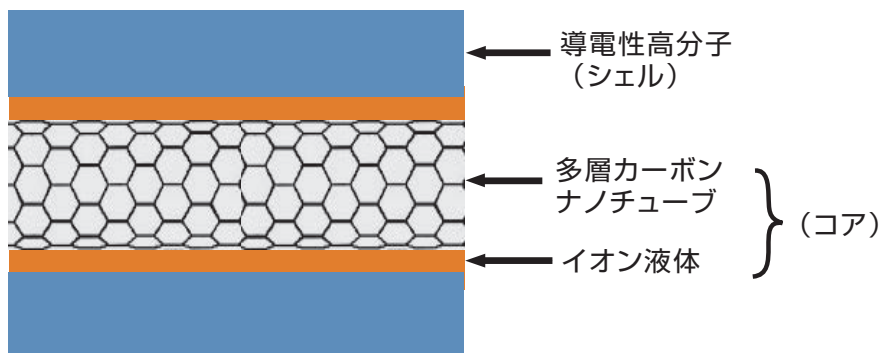
これまで、産総研は高分子材料同士のナノ混合化、さらには各種ナノサイズ粒子やフィラー（充填材）を高分子にナノ分散化させ、新規なナノコンポジット材料を創製する研究開発を先導

してきました。この研究開発で培った技術を活用し、導電性に優れ大量合成も可能になってきたカーボンナノチューブにも着目して、多層カーボンナノチューブ（MWNT）を分散させた高分子材料を作製し、白金に代わる対極材料の創出を試みました。

まずMWNTに対して親和性の高いイオン液体（IL）を用いて二元系組成物（IL-MWNT）を作製し、これを親水性の導電性高分子（PEDOT:PSS）と混合すると、IL-MWNTの外側にPEDOT:PSSが形成され、コア・シェル型構造をとる三元系材料（IL-MWNT/PEDOT:PSS）を作製することができました。この三元系材料を対極に用いて色素増感型太陽電池を作製し、その特性を測定したところ、白金電極とほぼ同等の特性が得られました。

今後の予定

今後、対極材料として大面積化を検討していきます。さらに、対極材料以外の応用も検討し、積極的に製品化を進めていく予定です。これらの製品化も含め、産総研イノベーション推進本部ベンチャー開発部とともに2011年度内にベンチャー企業創業を目指します。



開発したコア・シェル型構造の三元系対極材料

一次元回折格子のピッチ校正範囲を拡張

最小23 nmピッチまで



三隅 伊知子

みすみ いちこ

misumi.i@aist.go.jp

計測標準研究部門

長さ計測科

幾何標準研究室

主任研究員

(つくばセンター)

入所以来、一次元回折格子・二次元回折格子・微小段差などのナノメートル標準試料の校正技術の開発と供給に従事してきました。今後も、産業界のニーズを把握し、所内外の関係者と協力しながら、標準供給に努めていきます。

関連情報:

● 共同研究者

権太聡、菅原健太郎、藤本弘之、東康史、田中秀幸（産総研）

● 参考文献

[1] S. Gonda et al.: *Rev. Sci. Instrum.* 70, 3362 (1999).

[2] I. Misumi et al.: *Meas. Sci. Technol.* 16, 2080 (2005).

[3] 権太聡: *産総研 TODAY*, 19(5) (2007).

[4] 井藤浩志: *産総研 TODAY*, 11(8) (2010).

[5] I. Misumi et al.: *Meas. Sci. Technol.* 18, 2743 (2007).

[6] 産総研 不確かさ Web 分散分析プログラム (AIST-ANOVA) <http://www.nmij.jp/~mprop-stats/stats-partcl/uncertainty/program.html>

[7] I. Misumi et al.: *Meas. Sci. Technol.* 19, 045101-10 (2008).

[8] I. Misumi et al.: *Meas. Sci. Technol.* 21, 035105-9 (2010).

開発の社会的背景

一次元回折格子（グレーティング）は、半導体製造現場で用いられる検査装置の倍率校正用参照標準として、最も重要なものの一つです。産総研ではこれまで、測長原子間力顕微鏡（測長AFM）^{[1][2]}を開発し、この装置を用いて、一次元回折格子のピッチ校正サービス（最小ピッチ：50ナノメートル）を行ってきました。また産総研は、日本品質保証機構（JQA）と協力して、深紫外レーザー回折計（最小ピッチ：97ナノメートル）を開発しました^[3]。JQAは現在、計量法校正事業者登録制度（JCSS）に基づくピッチ校正サービスを、年間約200件から300件、提供しています。しかし近年、半導体産業分野においてデバイスの微細化が進展し、より小さなピッチの校正サービスへの需要が高まってきました。

開発した技術

産総研は、多層膜構造^[4]からなる一次元回折格子（ピッチ公称値：25ナノメートル、繰り返し：40周期）を開発し、測長AFMでピッチ校正を行いました^[5]。ピッチ校正の不確かさ評価において、こ

れまで過大評価となっていた項目を是正し、また産総研計量標準総合センター旧応用統計研究室（現粒子計測研究室）が開発した分散分析プログラム（AIST-ANOVA）^[6]を新たに用いることにより、これまでより一桁小さな不確かさ（数十ピコメートルオーダー）を得ることができました^[7]。また産総研は、ドイツの国家計量標準機関である物理工学研究所（PTB）との間で、それぞれが保有する測長AFMを用いて、ピッチ比較測定を行い、図のように良好な結果を得ました^[8]。本比較測定結果をもとに今回、産総研は、ピッチ校正サービスの範囲を最小23ナノメートルまで拡張しました。

今後の展望

産総研は、最小ピッチ23ナノメートルまでの標準供給を行い、また測長AFMによる標準供給の将来のニーズに対応して研究開発を進めていく予定です。また、さらに小さなピッチ標準の確立を目指してX線回折計の開発に取り組んでおり、近い将来、より小さなピッチにおいても、高スループット校正サービスを提供できるようになる予定です。

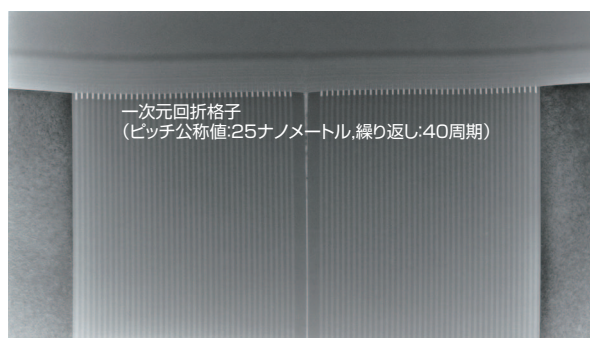


図1 Si/SiO₂ 多層膜構造を貼り合せて作製した一次元回折格子（ピッチ公称値：25 ナノメートル、繰り返し：40 周期）の断面透過電子顕微鏡像

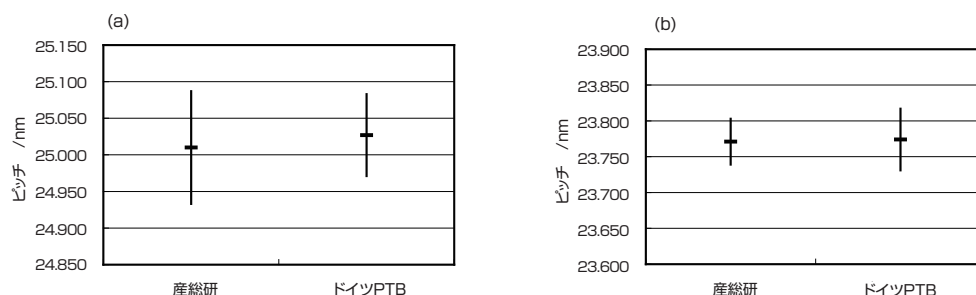


図2 (a) スケール領域1における比較測定結果の例 (b) スケール領域2における比較測定結果の例
マーカーはピッチ平均値でエラーバーは不確かさを示す。

集積化パワーエレクトロニクス装置の統合設計法

先端パワー素子を使いこなす電力変換装置の設計技術

特許 第4277085号
(出願2006.6)
特許 第4332645号
(出願2006.6)

研究ユニット：

エネルギー技術研究部門

適用分野：

- 電力変換装置分野
- パワー IC、パワーモジュール分野
- パーチャルプロトタイプینگ分野

目的と効果

この発明の目的は、高いパワー密度をもつ集積化された次世代パワーエレクトロニクス装置（電力変換装置）の統合的な設計法を提供することです。最終エネルギーに占める電力の割合（電力化率）は急速に伸びており、現在の20 %強から2050年には50 %を超えると予測されています。この統合設計法は、集積化され小型化がますます進む次世代電力変換装置の実現を可能にします。その結果、運輸、製造業だけでなく日々の生活の中で、電力変換装置を、いつでも、どこでも活用することが可能になり、電力の有効利用の促進に役立ちます。

技術の概要

電力変換装置の統合設計は図1に示す三種類のプラットフォームを使います。まず、回路統合設計プラットフォームで、パワー素子、電力変換回路、制御、フィルターなどの受動部品の設計を行います。次に、寄生インダクタンスなどを含めた回路パラメータを媒介変数に使い設計した工程間の相互関係の定量化を行います。得ら

れた結果をデータベース化し、損失や過電圧などを最適化する回路設計パラメータを算出します。次に装置構造の統合設計プラットフォームを使い、算出された回路パラメータと実装材料部品データを入力し、装置構造設計、熱設計、電磁設計を行います。この作業を装置体積や効率などの目標仕様を満たすまで繰り返します。

発明者からのメッセージ

電力変換装置のパワー密度は過去40年で3ケタ向上し、現在、平均で10 W/cm³に達し、2020年度には、さらに50 W/cm³に迫ると予測されています。高い効率を維持し、一層の高パワー密度を実現するため、シリコン（Si）パワー素子だけでなく、炭化ケイ素（SiC）や窒化ガリウム（GaN）を使った高速で超低損失な素子も開発されています。素子の高性能化に伴い、素子、変換回路、装置構造などの設計定数の相互依存が強くなり、最適設計には全体を統合する手法がますます必要になります。図2はプロトタイプینگモデル例です。

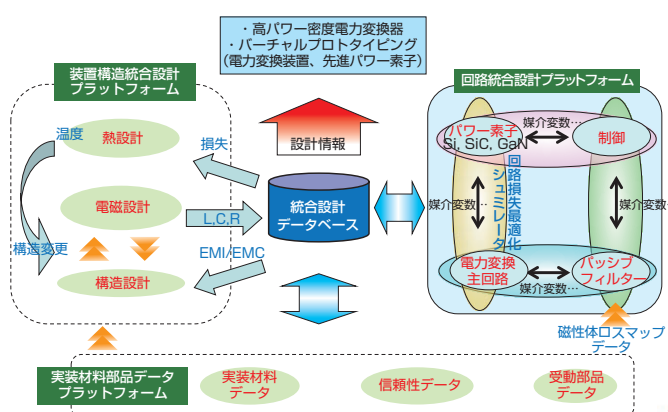


図1 この発明によるパワーエレクトロニクス装置（電力変換装置）統合設計法の基本概念

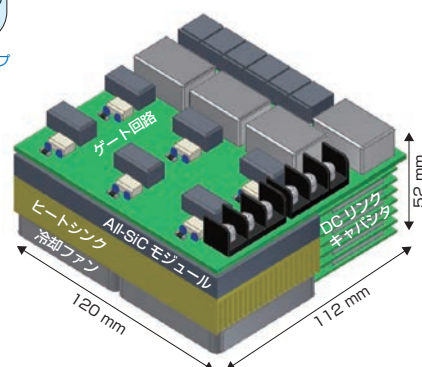


図2 オールSiCインバータのバーチャルプロトタイプینگモデル例
(出力パワー38 kVA、パワー体積密度50 W/cm³)

知的財産権公開システム（IDEA）は、皆様に産総研が開発した研究成果をご利用いただくことを目的に、産総研が保有する特許等の知的財産権を広く公開するものです。

IDEA

産総研が所有する特許のデータベース

<http://www.aist.go.jp/aist-idea/>

分子配列型フォトニック結晶デバイス

簡単・低コストな分子配列型光学デバイスの作製法

特許 第4385129号
(出願2004.6)

●関連特許

登録済み：国内1件

研究ユニット：

電子光技術研究部門

適用分野：

- 分子配列型デバイス
- 受動的な光部品
- 能動的な光部品

目的と効果

近年、情報技術、ナノテクノロジー分野において、誘電率の異なる2種以上の媒質を組み合わせて人工的な多次元周期構造を構成したフォトニック結晶の研究が進み、これを用いた通信・表示用の光学デバイスの実用化が進められています。当技術は、付加構造によって有機分子集合体の配列を制御することにより、フォトニック結晶を構成して、簡単かつ低コストに各種光学部品を作製する技術です。

技術の概要

一部の分子集合体(ここではpseudoisocyanine、PICと略)は室温でも十分に安定な光吸収帯をもち、これを空間的に規則性をもたせて配列させることで、偏光子や分布帰還型レーザーなどを構成できます。規則性を形成するために、分子集合体をサブマイクロメートル程度の溝に埋

め込みます。その際、加熱水蒸気を溝方向に吹き付けることで分子集合体の凝集性を制御して、分子自身の配列を揃え、その配列の規則性を反映した偏光子や各種光フィルター素子の作製が可能になりました。発光性の分子集合体を用いれば、発光ダイオードやレーザー特性を制御することもできます(図1)。

発明者からのメッセージ

この手法はサブマイクロメートルサイズの構造とその配列方向への分子の流動性を制御することで、各分子の配列性をそろえることができ、簡単・低コストで分子配列のそろった光学部品を形成することができます(図2)。この様な手法をさらに発展させると、有機結晶や配列制御されたポリマーフィルムへの適用も可能となり、有機材料のもつ性能・機能をより高めることが期待できます。

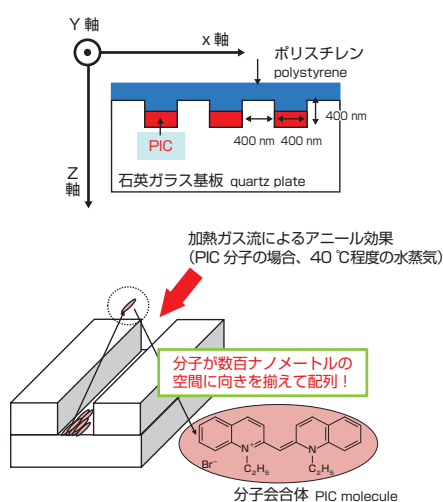


図1 分子配列型フォトニック結晶とその作製法の概略図

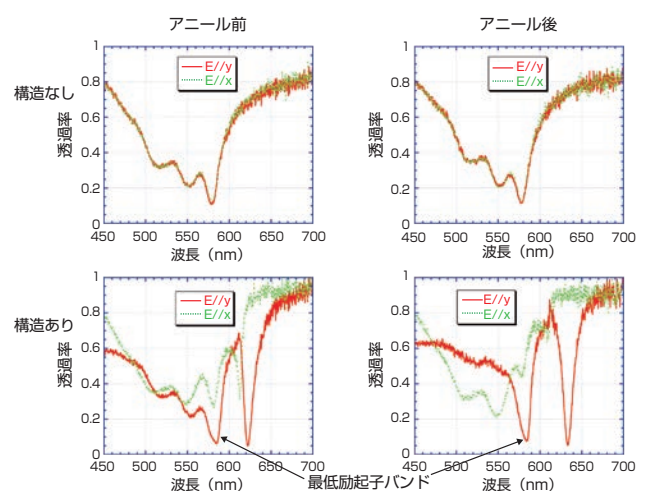


図2 分子配列型フォトニック結晶の偏光に依存した透過スペクトル
配列用構造のない場合は、アニール前後で透過スペクトルに差がないが、配列用構造がある場合は励起バンド付近の差が大きくなり、分子配列が形成されていることを示す。

Patent Information のページでは、産総研所有の特許で技術移転可能な案件をもとに紹介しています。産総研の保有する特許等のなかにご興味のある技術がありましたら、知的財産部技術移転室までご連絡なくご相談下さい。

知的財産部技術移転室

〒305-8568

つくば市梅園 1-1-1

つくば中央第2

TEL：029-862-6158

FAX：029-862-6159

E-mail：aist-tlo@m.aist.go.jp

カーボンナノ材料の国際標準化

マトリックスによる単層カーボンナノチューブの標準化戦略



藤本 俊幸

ふじもと としゆき

t.fujimoto@aist.go.jp

計測標準研究部門

副研究部門長

(つくばセンター)

1993年工業技術院物質工学工業技術研究所に入所後、ナノ粒子や薄膜の成長機構解明や表面分析技術の高度化に関連する研究に従事しました。産総研移行後、ナノ薄膜の厚さをトレーサブルに評価する手法を確立し、それを元にナノ薄膜・超格子の認証標準物質を開発してきました。2006年よりナノテクノロジーの国際標準化にも携わり、主に計量・計測の分野で活動しています。

関連情報：

*今号の6ページ参照

ナノテク国際標準化の動向

ナノテクノロジーの産業応用が進むのに伴い、その国際標準化が重要になってきました。産総研はナノテク国際標準化の社会的要請に早期から取り組み、ISOにおける専門委員会(TC229)発足に貢献するとともに、国際標準の制定に向けた活動を継続しています。

ナノテク国際標準化については現在四つの作業グループ(用語・命名法、計量・計測、環境・安全、材料規格)が活動しています。

日本はカーボンナノ材料の研究開発、産業応用に関して高い国際的競争力を有しています。カーボンナノ材料にかかわる系統的かつ網羅的な国際標準の制定は、日本の国際的競争力を伸展させるとともにカーボンナノ材料を用いた産業の円滑な発展のために重要です。

カーボンナノ材料の国際標準化

現在、理解を共通化するための用語の標準化と特性評価法の標準化が並行して行われています。(用語と定義については、すでにTS(技術仕様書)として制定されています。)

特性評価法については重複を無くし、効率的に標準を開発するために以下のように「特性」と「計測手法」の整理から始めました。

1. 材料を評価するために必要とされる「特性」

と「計測手法」を列挙。

2. 「特性」を「カテゴリー」に分類。

3. 「カテゴリー」と「計測手法」を軸とした表(マトリックス)を作成し、「特性」を記入。

単層カーボンナノチューブ(SWCNT)のマトリックスを表に示しました。SEM/EDXという「計測手法」を用いることによって、Purity(純度)という「カテゴリー」のnon-carbon impurities(炭素以外の不純物)という「特性」を評価できることがわかります。

迅速な標準制定が望まれていることなどから、「計測手法」ごとにマトリックスの縦軸すべての特性を得るための方法を技術仕様書として開発することが2006年12月のISO総会において合意され、また同時に国際的な協力の下、分担して開発を推進することが確認されました。

日本はSWCNTの計測手法の標準化においてUV-Vis-NIR Absorption(紫外-可視-近赤外吸収法)、NIR-PL/Fluorescence(近赤外-発光/蛍光)*、EGA-GC-MS(TG-MSから変更)の三つのプロジェクトを主導して、技術仕様書を完成させるとともにTEMのプロジェクトの副リーダーとしても活動してきました。現在、より詳細な国際標準の制定に向けて、「特性」ごとの標準化や「カテゴリー」ごとの標準化などの検討が行われています。

Matrix: Purity & Structural Properties, SWCNTs

Property Category	Method						
	SEM/EDX (Lead:USA)	TEM (Lead:USA, co-lead:Japan)	Raman Spectroscopy (Lead:USA)	UV-Vis-NIR Absorption (Lead:Japan)	NIR-PL/ Fluorescence (Lead:Japan)	TGA (Lead:USA, co-lead:Korea)	TG-MS (Lead:Japan)
Morphology	Tube structure, bundle thickness, orientation	Wall structure, amorphous carbon, metal catalyst coatings					
Purity	Non-carbon impurities	Tube surface cleanliness	Nanotube and non- nanotube carbon	Carbonaceous content (Quantitative) (Lead:USA)		Non-carbon content (Quantitative) Non-CNT content (Quantitative)	Non-carbon content (Quantitative)
Length and Diameter	Length and diameter	Tube diameter, metal cluster size	Diameter (Lead:Japan)	Diameter (Lead:Japan)	Diameter		
Tube Type			Metallic/ Semiconducting (Lead:USA, Co-lead: Korea)	Metallic/ Semiconducting (Lead:USA, Co-lead: Korea)	Chirality (Semiconducting tubes)		
Dispersability/ Solubility	Tube bundling			Tube bundling or separation (solution)	Tube bundling		
Additional						Oxidation/transition temperatures	Oxidation/transition temperatures

表 単層カーボンナノチューブ(SWCNT)の特性と計測手法のマトリックス
()は開発を主導する国名

海陸シームレス地質情報集「新潟沿岸域」

沿岸域における地質・活断層情報の海陸接合



牧野 雅彦

まきの まさひこ

m-makino@aist.go.jp

地質情報研究部門
副研究部門長
(つくばセンター)

国土の地質基盤情報である地球物理図（重力図、空中磁気図など）の作成にかかわる研究に従事してきました。活動的島弧に位置する沿岸域における地質調査研究と地質情報の整備を進めています。

沿岸海域の地質・活断層調査プロジェクト

2007年に発生した能登半島地震と中越沖地震は沿岸域に大きな被害を与えましたが、沿岸域に未知の活断層があったこと、沿岸域の地質情報が十分に整備されていなかったことが明らかになりました。そこで産総研では、2008年度から地質分野全体として横断的に取り組む研究課題として、海陸で連続した地質情報を整備し、活断層および地盤情報の提供を目的とした「沿岸海域の地質・活断層調査」を5年計画でスタートさせました。最初の1年目に能登半島北部沿岸を対象として調査研究を実施し、その調査研究成果を海陸シームレス情報集「能登半島北部沿岸域」として出版しました。この調査研究によって、これまで知られていなかった活断層が能登半島北部沿岸に沿って分布していることが明らかになりました。このように本プロジェクトでは、断層のタイプ別に社会的に重要性の高い地域を選択し、新しい知見・手法を用いた総合的な調査研究を進め、陸域と海域の境界である沿岸域の地質情報空白域の解消を目指しています。

新潟沿岸域

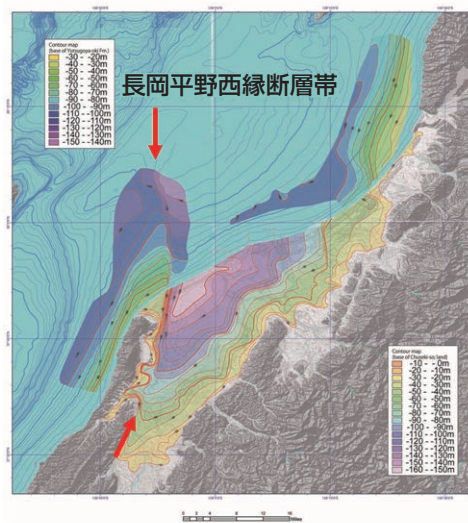
2009年度は新潟の越後平野を中心とする沿岸域で、浅い海域の高分解能音波探査、海底ボーリング、海陸連続の反射法地震探査を行ったほか、越後平野でのボーリング調査、既存ボーリングデータの収集、浅層反射法地震探査などを実施しました。越後平野は能登半島とは異なり、厚さ100 m以上の沖積層に覆われ、その西縁には活断層が分布しています。このような地質条件などをもとに、現地調査計画を立て、実際に得られた調査データなどから、海陸連続した沖積層の厚さやその形成過程を明らかにするとともに、越後平野西縁に発達する弥彦・角田断層の海陸接続および活動性に関する詳しい形状や活動度に関する情報を得ることができました。

新潟沿岸域の海陸シームレス地質情報集は、これらの調査研究成果を取りまとめて出版されたものです。そして、この地質情報や開発された技術は、沿岸域施設の設計・安全性評価、平野部における強震動予測・地震危険度評価、海域と陸域の地下地質詳細接合技術の向上に活用されます。

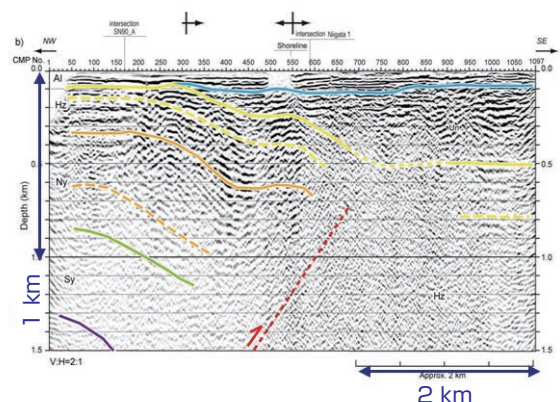
関連情報：

● 参考文献

岡村 行信 他：海陸シームレス地質情報集「新潟沿岸域」、数値地質図S-2、地質調査総合センター（2011）。



陸域－海域沖積層基底深度分布図



海陸接合部における反射法探査記録の例
赤線：断層（矢印はすべり方向）

シリーズ：進化し続ける産総研のコーディネーション活動(第19回)

産総研の知的財産を活用していただくために

イノベーションコーディネータ(兼務：知的財産部技術移転室長) たかい かずや 高井 一也

イノベーションコーディネータへの道

企業で医薬・農薬の製剤研究と開発に携わった後、大学の知財本部で知的財産マネジメント体制の整備および知的財産の創出・取得・管理・活用の推進、特にライフサイエンス領域(医学・薬学)を担当しました。

2005年4月に産総研に入所し、知的財産部門でライフサイエンス分野を担当、2010年4月より、知的財産コーディネータ(兼務：知的財産部門技術移転室長)として、産総研の研究成果を効果的に産業界へ技術移転するための橋渡し役を務めています。

イノベーションコーディネータとしてのパッション

企業在職中には、新製品開発および事業化に関する業務を担当し、市場ニーズの把握、製品コンセプトの構築、技術開発課題の設定、知的財産戦略および事業化にいたる一連の過程を経験しました。この間、大学・公的研究機関には、新製品開発のための力を貸していただき、その研究ポテンシャルの大きさを実感してきました。

このような経験を通じて、潜在力を秘めた大学・公的研究機関の研究ポテンシャルや研究成果を社会に還元または普及する仕事にあこがれてコーディネータを目指してきました。

これまでの経験を活かして、産総研の研究成果を産業化に結び付ける橋渡し役として、イノベーションの創出に貢献したいと思っています。

オープンイノベーションと研究成果を実用化するためのPDCAサイクル

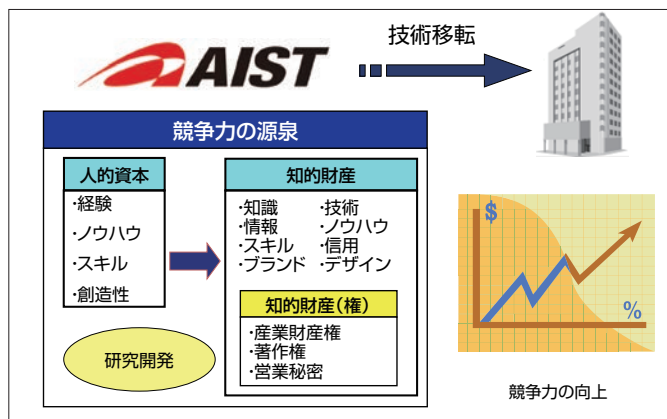
近年、製品開発を効率的に行うために、外部の知識・技術

を活用しながら研究開発や事業化を進めるオープンイノベーションモデルを適用する取り組みが世界的に進展しています。産総研の研究ポテンシャルや技術シーズという知的財産を企業の皆さまに活用していただけるように、まずは、研究成果が事業・産業の競争力の源泉となるように知的財産権化を進め、企業の皆さまのニーズを把握し、コーディネーションに注力したいと思います。

一方で、大学や公的研究機関で生み出された知的財産は、潜在力は大きいのですが、事業化・産業化のシーズとしては、どのような展開が可能なのか、実現可能性はあるのかといった不確実性を有しています。

このような性質の研究成果を実用化するためには、不確実性を低減するための取り組みが必要です。研究成果の利用の方向性や可能性を探るためのトライアル・アンド・エラーを継続的に行うことで、不確実性を低減できると考えます。

そのための活動は、研究現場とイノベーション推進に関わる部署とが協力して、研究成果(シーズ)の出口シナリオを作成し(Plan)、シナリオに基づいた実践活動を行い(Do)、活動を検証し(Check)、フィードバックと方向付けを行う(Action)という、研究成果を実用化するためのPDCAサイクルを地道に行うことであり、この活動こそがコーディネーションの基本であると考えます。



オープンイノベーションと知的財産



打ち合わせ中の筆者

社会的取り組み

16

産総研は憲章に「社会の中で、社会のために」と掲げ、持続発展可能な社会の実現に向けた研究開発をはじめ、社会的な取り組みを行っています。

新エネルギーの導入および省エネルギー対策

産総研は、事業活動により発生する環境負荷物質抑制の一環として、2007年6月に温室効果ガス排出抑制などの実施計画を策定しました。実施計画では、温室効果ガス総排出量を2009年度までに2004年度比で18%（エネルギー使用量で15%）削減することを目標として掲げ、新エネルギーの導入や省エネルギー対策に取り組んできました。

新エネルギーの導入としては、つくばを始め、東北、臨海副都心、中部、関西、四国、九州の各研究拠点に太陽光発電設備を導入しました。2009年度の太陽光発電量は1,062千

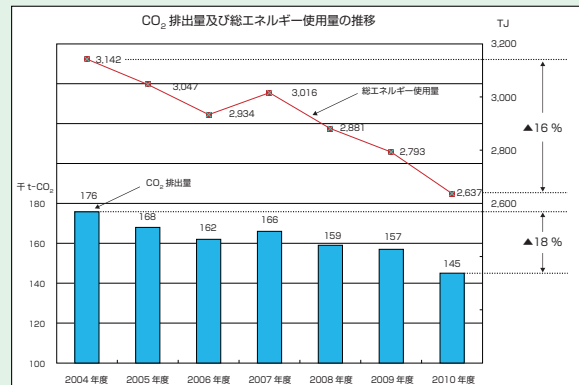
kWhで、一般家庭310世帯の年間電力使用量に相当し、年間515トンのCO₂排出量削減に貢献しました。

また、省エネルギー対策としては、産総研全体のエネルギー消費のほか、設備および機器ごとの温室効果ガス排出量を定量的に把握し、クリーンルームの省エネ



メガソーラータウン鳥瞰（つくば）

チューニング、バルブなど設備の断熱処理、一部施設の熱源機器の高効率機器への更新などによって、2004年度比で約16%のエネルギー使用量削減を達成しました。



エネルギー使用量の推移

国連環境計画とワークショップを共催

報告

産総研は国連環境計画（UNEP）と共同で、3月24日～25日に「UNEP-GREEN/AIST Workshop on Responsible Production and Industrial Risk Management」を開催しました。このワークショップは、産総研が行うリスクマネジメントの研究およびUNEPが推進する「責任ある生産体制」プログラムの成果をそれぞれ持ち寄り、産業の持続可能な発展について検討することを目的としたものです。会議はタイ・バンコクで行われ、参加者の国籍は日本のほかに、ギリシア、タイ、フィリピン、インド、中国、韓国と多岐にわたりました。

初日は朴英雨 UNEP アジア太平洋事務所長の挨拶および東北地方太平洋沖地震の犠牲者に対する黙祷があり、その後、産総研地圏資源環境研究部門の村尾智主任研究員を議長として、基調講演、報告、討論などが行われました。

基調講演では、産総研安全科学研究部門の小野恭子研究員が、リスクマネジ

メント研究の最前線について、次に、UNEPのフォイトウ・ステファノス博士が「責任ある生産体制プログラム」について、それぞれ発表を行いました。そのほかタイの産業界および学界から、ケーススタディの報告が行われました。討論では小野研究員に質問が集中し、産業リスクマネジメントのあり方について、熱心に意見が交換されました。

二日目はUNEPの吉田（長谷）鶴子氏の議事進行の下、オゾン層に負荷を与えない技術について発表・討論が行われました。また、タイ国立遺伝子工学バイオテクノロジーセンターのキルドマナー・チャラムボル博士が招待講演において、スモールスケールマイニングによる塩害を多様なネットワークによる協力で軽減した経験について発表し、その画期的内容には大きな反響がありました。

二日目の最後にはパネルディスカッションが行われました。産総研は「責任

ある生産体制」の概念に会社組織だけではなく組織化されていない零細な生産者を含めることを提案しました。また、科学的知見に基づく産業リスクマネジメント推進の重要性を強調するとともに、理念を実現するための政策的・技術的ツールが物質供給チェーンの全体にわたって必要であると訴えました。

今回は産総研とUNEPとの直接協力の第1回目ということで、地圏資源環境研究部門が行事の提案、調整、実施の任にあたりましたが、今後は産総研全体から幅広く参加を得て、持てる力を発揮したいと考えています。

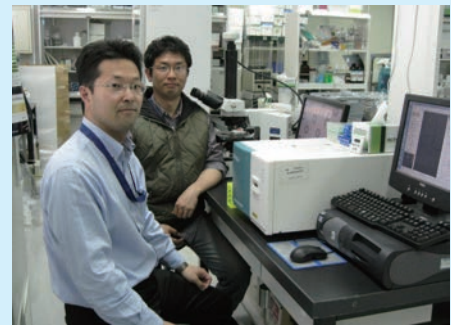


会議初日の集合写真（前列中央：UNEP アジア太平洋事務所長）

細胞チップを用いた各種疾患診断システムの開発

健康工学研究部門 バイオマーカー解析研究グループ 山村 昌平^{やまむら しょうへい} (四国センター)

バイオマーカー解析研究グループでは、マイクロチップ技術を用いて、各種疾患に関連する体液中のバイオマーカー（タンパク質、糖、脂質など）の迅速・高感度な検出法を開発しています。その中で、山村研究員は、数百万個の細胞を均一かつ単一層に配置できるマイクロアレイチップ（細胞チップ）の開発を担当しています。わずかに混在するマラリア感染赤血球やがん細胞の発見に成功し、世界最高レベルの高感度な細胞解析技術を実現しています。この細胞チップは、各種疾患を発症前に極めて早期に診断できる新しい技術になると考えています。



研究室にて（左が筆者）



山村さんからひとこと

これまで私は各種バイオチップの開発を進めており、特に細胞チップの診断への応用研究を進めています。所属するグループでは、臨床経験のある研究グループ長やマラリアを専門とする研究者との異分野連携によって、マラリアやがん細胞を標的とした早期診断システムの開発に成功しています。将来、これらの診断システムの製品化を目標に、従来法では検出できなかったものを検出できる新しい診断技術を世の中に提供したいと考えています。究極的には、発症前に病因となるものを発見し、肉体的にもコスト的にも負担の掛からない治療で健康維持できるような超早期診断の実現を目指しています。

EVENT Calendar

イベントの詳細と最新情報は、産総研のウェブサイト（イベント・講演会情報）に掲載しています
<http://www.aist.go.jp/>

2011年7月 → 2011年8月

6月10日現在

期間	件名	開催地	問い合わせ先
7 July			
14日	平成23年度 産総研 環境・エネルギーシンポジウムシリーズ1	東京	029-861-8250 ●
23日	産総研一般公開(つくばセンター)	つくば	029-862-6214 ●
28日	産総研一般公開(関西センター)	池田	072-751-9606 ●
8 August			
1～3日	日本加速器学会	つくば	03-5960-3488
5日	産総研一般公開(関西センター)	尼崎	072-751-9606 ●
6日	産総研一般公開(北海道センター)	札幌	011-857-8428 ●
	産総研一般公開(中部センター)	名古屋	052-736-7063 ●
	産総研一般公開(九州センター)	鳥栖	0942-81-3606 ●
23日	産総研一般公開(四国センター)	高松	087-869-3530 ●

表紙

上：eDIPS-SWCNTのシートでつくった折り鶴 (p.4)

下：陸域－海域沖積層基底深度分布図 (p.25)

●は、産総研内の事務局です。

産 総 研
TODAY

2011 July Vol.11 No.7

(通巻126号)
平成23年7月1日発行編集・発行
問い合わせ独立行政法人産業技術総合研究所
広報部広報制作室

〒305-8568 つくば市梅園1-1-1 中央第2

Tel: 029-862-6217 Fax: 029-862-6212 E-mail: prpub@m.aist.go.jp

ホームページ

<http://www.aist.go.jp/>

● 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。● 所外からの寄稿や発言内容は、必ずしも当所の見解を表明しているわけではありません。