

産総研

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

TODAY

08

2006
August

Vol.6 No.8

特集

02 本格研究 理念から実践へ

リサーチ・ホットライン

- 20 量子ドット結晶成長初期過程の解析
- 22 明るく発光するナノ粒子分散ガラス蛍光体
- 24 液晶性半導体を用いた高速動作 FET 素子
- 26 圧電磁石による光の制御
- 28 卓上サイズのイオン付着・飛行時間質量分析装置

パテント・インフォ

- 30 高強度セラミックス多孔体 高気孔率・高強度を両立させたセラミックス多孔体
- 31 逆ラマン共鳴を用いた高効率光 光スイッチ用微小共振器

レポート

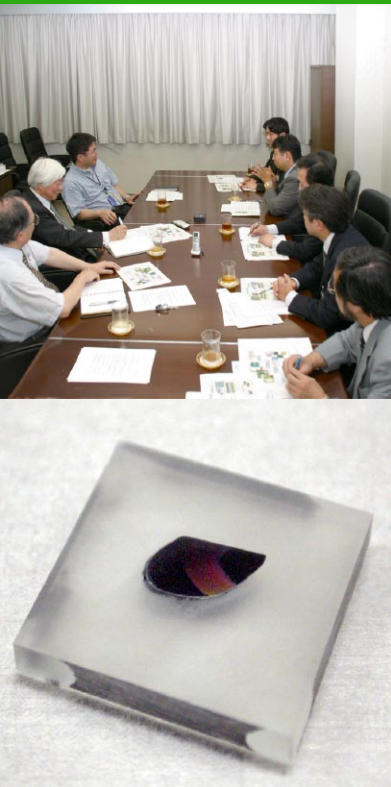
- 32 第2回責任あるナノテクノロジーの研究開発に関する国際対話開催報告

テクノ・インフラ

- 34 土壌汚染現場のリスクを評価するシステム 地圏環境における合理的なリスク管理を目指して
- 36 アルセノベタイン標準物質の開発 精確なヒ素化合物分析のための標準物質

ニュース

- 38 産総研産業変革イニシアティブで新テーマ開始 新たなロボット産業の創成をめざす
- 39 各種表彰受賞 日本女性科学者の会奨励賞、超伝導科学技術賞、日本非破壊検査協会奨励賞



特集

本格研究

理念から実践へ

本格研究の現実的成立

産業技術総合研究所 理事長
吉川 弘之

産総研が発足して5年が経過した。発足時の思い切った組織変更と管理運営方法の改革によって、研究現場には大きな環境変化があった。それらの変更は従来の研究所組織論からは想像することができないものであったから、研究者のみならず管理運営に携わる者も、それを受け止めることに少なからぬ努力が必要であったと思われる。しかし今、その努力は実を結び始め、産総研は確実な成果を生み出しながら共通の目標に向かって進化する組織となった。

発足時の組織、管理運営の変更を受けて、現実の研究実施における新しい方法が生み出されたが、その中で本格研究は重要なものとして位置付けられる。それは産総研の研究者が基礎科学における研究を自己の学術的好奇心に導かれてすると同時に、社会が科学技術によせる期待を感受して、期待を理解し、研究によってそれに応えることを可能にする開かれた研究をも実施できる場として産総研が機能することを可能にする方法である。

この基礎から応用に亘る研究の多様性は、さまざまな産業分野に貢献することを目指して広い学問分野に亘る研究を行うことになった結果として生まれた分野の多様性と重なって、産総研を特徴付ける大きな特徴となった。このように、産総研は研究者の多様性によって特徴付けられている。そして本格研究は、この特徴の上に成立する研究の方法なのである。現在、54の研究ユニットは、規模も分野もさまざまであるが、それぞれ本格研究と呼べる研究を行っている。そしてその成果が見られるようになった。それを受け、2004年度に「産業技術総合研究所理事長賞」が制定

されて、その中に本格研究を対象とする賞も設けられたのである。

さて、今回の特集に登場する5人の研究者は、いずれもこの3年間に理事長賞を受賞した方々である。彼らは、概念としての本格研究を実体として具現した人々である。いずれもその成果の基本は学術研究として優れている。そしてその上で、基礎的な研究成果が産業に繋がってゆく道筋を的確に示しえたものである。すなわちそこに、第1種基礎研究、第2種基礎研究、そして製品化研究が存在する。ところで、彼らの研究を見ながら、また本号に掲載される座談会で彼らと交わす会話の中で、或ることに感銘を受けた。それは、このように本格研究と呼べる優れた研究が現れたことではない。それには勿論感銘を受け、心から嬉しく思い、大きな賛辞を贈りたい。

それとは別に受けた感銘とは、彼らが本格研究の実施者であると同時に、本格研究の研究経営者でもあったことである。業績により、それに参加し協力した研究者や管理者の数も違い、恐らく協力の仕方でも違ったのであろうが、受賞者たちは、目標を構想し、問題を分析し、研究計画を立て、必要な協力者を探して集団を作り、そして基礎研究の実施、成果の産業応用のための産業との接点の発掘などを、自ら遂行したという点ではみな同じである。私は、受賞者の頭の中に本格研究が明確に描き出され、それに従って研究が行われたことに感銘を受けたのである。

このことが想定されなかったわけではないが、難しいことだと考えられた。本格研究とは、従来の基礎研究と呼ば

れる第1種基礎研究が主として大学の理学部で行われ、応用志向の研究は工学部、企業経営を考慮した製品化研究は経営学部、あるいは企業で行われるという現状を考慮しながら、それらを結びつける困難な態様を持つ第2種基礎研究という様式を持ち込んで研究全体を連続的で同時的なものとして実施できるように構成されたものである。従って本格研究は、理学的な人、工学的な人、経営学的な人、企業のセンスのある人、そしてまだ充分には認知されていない多数の分野の知識を必要とする第2種基礎研究をする人が集まって、みなで作り上げるようになっていた。このように多様な役割をひとりで担うことができれば云うことはない。しかしそれは細分化された教育を受けた現代の研究者には無理なのではないか。従って多様な研究者をユニットに結集し、ユニット長の“研究経営”によってばらばらでなく、連続的で同時的な研究を遂行すると考えられていたのである。しかし前述のように、彼らは多くの人の協力があったにしても、本質のところでは本格研究に必要な条件を一人で満たしつつ研究業績を上げたと思われる。

このことはいくつもの面で重要な意味を持つ。実際に研究現場で実験しつつ研究を続けながら、しかも伝統的には多様な研究方法を超えて思考しえたこと、それはたまたま彼らが優秀だったことがあるにせよ、過去にあまり例のない研究の地平を新しく開いたことの例示である。さらに、今回の座談会には参加いただかなかった方も含めて、これまでに理事長賞を受賞したいずれの受賞者も、悪夢と呼ば

れる多様な学問分野の知識を必要とする研究過程を、的確な知識の選択適用によって業績を上げていることである。

もともと基礎研究者と応用研究者との間、あるいは異分野の研究者間での協力は、産学協同がなかなか難しいのと同様に、決して容易なことではなかったと考えられていた。そうだとすれば、彼らの業績は、その成果が産業変革に有効だという面を超えて、自らの体験が、従来困難とされていた多様な研究者間の協力の仕組みを、自分のなかに構成した点にも認められるべきなのではないか。その意味では、彼らのこの点での経験が、これから表現され公開されて他の研究者を勇気付けるようになることが、今後の本格研究の発展にとって望ましいことである。

さらに、本格研究は産総研が今目標としているイノベーションハブの構築にとって最重要な要素である。実際に多数の研究者を統合するものとしての本格研究、そして更に大学や企業とともにセンターオブエクセレンスをわが国に作るためにもそれは一つの有効な研究経営手段を提供するものと期待される。

その意味で、産総研は各研究ユニットが本格研究を展開するとともに、その方法論を明示した上で、それに基づいて大学や他の研究機関との連携を進める必要がある。その方法論が個々の研究者の研究過程で育ちつつあることを知って、受賞者に賛辞を述べると同時に、あらためて人間の独創性の深さを知る思いがしているのである。



座談会：

「本格研究」は どのように展開するのか

「本格研究」については下記ウェブページをご参照ください。
http://www.aist.go.jp/aist_j/research/honkaku/index.html

吉川 弘之 理事長

湯浅 新治 エレクトロニクス研究部門

霞村 雄二 エネルギー技術研究部門

藤井 賢一 計測標準研究部門

大串 始 セルエンジニアリング研究部門

村田 和広 ナノテクノロジー研究部門

小野 晃 広報担当理事（司会）

小野 今日は産総研で「本格研究」を実践されている研究者の皆さんに集まっていただいて、研究の現場から、本格研究や第2種基礎研究がどんなものだったかを語っていただきたいと思っています。まず湯浅さんは、スピントロニクスの分野で仕事をされましたね。

湯浅 私の場合は、トンネル磁気抵抗素子（TMR素子）の高性能化と実用化の研究を5～6年程行なってきました。まず私たちが産総研で手掛けたのは、実験用の成膜装置を使って新しい画期的な新材料を使ったTMR素子の開発です。これはコストはそれほど気にせずにつくった実験用の装置で、非常に特殊な小さな基板の上に、とにかく芸術作品のようなきれいなものを作り、従来素子の数倍の性能を達成したわけです。

これまで私たちは、第1種基礎研究に軸足を置いていましたが、何とか死の谷に足を踏み出して第2種基礎研究で死の谷を渡ろうと考えました。しかし、死の谷は思ったより広くて、デバイスメーカーはこちらに歩み寄ってはくれなかったのです。

デバイスメーカーというのは、製造装置メーカーから製造装置を買って、

ノウハウも一緒に導入して、生産ラインで製品開発をしたいというスタンスでした。私たちはデバイスメーカー側からも歩み寄ってほしかったのですが、残念ながらそれは今の日本では見込めない状況でした。

そこで私たちが考えたのは、我々が手を組むべき相手は、むしろ製造装置メーカーではないかということです。

そして私たちは、この分野のトップの製造装置メーカーと連携を組んだわけです。

私たちの材料技術やデバイス技術、企業の生産ラインに入っている装置を使ってそのまま生産に使えるレベルまで高めたわけです。このようにして、材料・デバイスと製造ノウハウ・装置をトータルなソリューションとしてデバイスメーカーに納入するという体制をとって、やっと産業界が動きはじめました。この製造装置を導入して、今、ハードディスクや磁気抵抗メモリの製品開発によく動きだすところまで来ました。私たちはこれまでの経験から、製造装置メーカーと組んでひとつの緊密な連携体制を作ることが、第2種基礎研究を進める上では非常に有効な体制であるとわかり、今、実践しています。

理事長 湯浅さんのお話を聞いて非常に驚いたのは、本来、我々の考えとしてはデバイスメーカーが第2種基礎研究に入ってきて、それが開発につながっていくと思っていたら、そうではなくて、それが製造装置メーカーだったということです。それはそうなのかと思うと同時に、日本のデバイスメーカーの弱点なのではないかというように感じますね。

湯浅 半導体デバイスで失敗したのは、製造装置をアメリカの巨大メーカーに握られてしまったことがあります。その装置を買えば、どこの国でもできてしまうので、それで一気に日本の半導体産業は競争力を失いました。製造装置は大変重要なので、私が今やっているスピンドバイスでは何とかそれを日本で押さえたいと思っています。

理事長 そうですね。それは大変な発見ですね。研究過程でそういうことが見出されたということは、もちろん企業も気がついたのですが、非常に重要なことです。改めて本格研究の意義というのは、決して研究所の中だけではなく、本当に基礎研究を技術化するための研究と産業とのあり方というのが、今の話を聞いて非常によく見えました。これは非常によかったと思います。

湯浅 しかも、産総研と製造装置メーカーが一緒にやってみると、これは非



本当のニーズをいかに知るか。
それを解決するためのシーズを集めて、
どこまで発展させることができるか。
そこに統合の意義がある。

ゆあさ しんじ
湯浅 新治

常により補完関係なのです。利害も一致する。非常に実のある共同研究ができています。

理事長 なるほど。これは本当に新発見というか、産業のあり方のようなものにまで言及する重要なことですね。

小野 村田さんは超微細液滴の研究ですが。

村田 私が行っているのは、市販のインクジェットに比べて体積が1000分の1以下の超微細液滴を吐出するスーパーインクジェットという技術です。これは今振り返ってみると、個人的ニーズというか、私自身の研究に使いたい装置を作るという意味ではじめた、むしろ第1種基礎研究的な研究であったかなと思います。

ナノテクノロジーの研究として、バルクのではなくナノ材料を使うためには、必要などころに必要な材料を置いていく装置があるので、そこからはじめて、とにかく微細ありきで開発してきました。その過程で、いろいろな工学体系を整理して行なったわけではなく、むしろ行き当たりばったり的でした。

その結果、たとえば基板の表面に液体でラインを引くというのは、実は難しく、出っ張りができたり、表面張力の効果で思うようにならないのですが、一方微細液滴になると新しい現象が出てきます。非常に乾燥が速く、基板上での液体の領域が非常に局所的に限られてしまうので、立体的にモノを積み上げたりとか、いろいろなことができます。そういうものを世の中に発表したところ、ちょうど社会的なニーズと合って、省エネ・省資源プロセスとか、多品種少量生産とか、技術の真空地帯を埋める技術といったことにな

りました。

あるメーカーの方に言われて非常に嬉しかったのは、「インクジェットを産業用プロセスで使おうという動きはあるけれど、村田さんに超微細なところまで示してもらったので、今歩いているプリンタブル・エレクトロニクスの道が先細りになるのではなくて、そこまで行ける灯台のような役割を果たしてくれている。」という言葉です。

ただし、元々が個人的なニーズからスタートしたので、その成果は必ずしも社会的なニーズにベストマッチではありませんでした。それをもう一度、社会的ニーズを踏まえた目標の再設定ということを行って、それをベンチャースクフォース、ベンチャーセンターの制度を利用して実用化する試みを行いました。

理事長 村田さんの話で非常におもしろかったのは、自分の目的だということ。これはものすごく大事なことです。あるところを研究しようとした時に、「こういうものを知りたい」「こういうものを測りたい」という時に、周りを見たらこういう測定器があったので、それで測りましたとなると、本当に欲しいものは見えない。でもできたというケースが非常に多いのだけれど。

自分で本当に知りたいものをやるためには、いろいろな試料を作るとか測定器を造るとか、そこから入るのが技術として一番独創的なのだと、私は前から思っているのです。その典型だったのです。このテーマにそういう背景があったということを知りて、なるほどと思いました。

もうひとつおもしろかったのは、必ず第1種基礎研究に戻ってくるのではないかということ。こうやって知的好奇心だけから生まれたひとつの課題もあるけれど、そうではなくて具体的

に何かを解こうとする結果、生まれてくる新課題があって、これは私の直感ですが、本当の科学の進歩もこっちに引っ張られてくる時代が来たのではないのでしょうか。

昔はそうではありませんでした。世の中にわけのわからないものがあった、それを知りたいという好奇心がいろいろな新しいグラウンドをつくってきました。たとえば天文学にしてもそうです。

そうではなくて人工物が充満している中で、人工物をどういうふうによりよくするのか、どういうふうにして新しいものをつくるかという過程の中で、知らなければならない、持たなければならない体系的知識というものが出てきて、それで作っていくのです。

これは、我々が決して応用だけを行っているのではなくて、基本的なところで学問をつくっていく、その主役を担っているということだと思うのです。それをまさに村田さんは明快に、研究課題の再設定という言葉で言われているけれど、これがもっと広がっていけば、今までにないような分野が出てくるかもしれない。これは少し感激しました。

小野 葭村さんは脱硫触媒の研究ですが。

葭村 脱硫触媒というのは石油中の硫黄を取る触媒です。実際は製油所で使われている触媒ですが、環境規制が非常に厳しくなってきた、どんどん硫黄を取り除きたいというニーズが出てきました。現在は、硫黄量を10ppm以下まで減らしたいというニーズがあり、一部前倒しで市場導入されています。サルファーフリー軽油の全国供給に向け、軽油基材調整やプロセス変更を行うことなく、触媒だけを取り替えて硫

黄を低減したいという製油所側のニーズがあります。

私たちはインハウスワークを行う中で、革新的な工業脱硫触媒の鍵を握る触媒調製分野でのブレイクスルーを目指しました。いくつか挙げますと、まず新たなキレート剤による金属の錯体化に成功しました。ポイントは安いということです。2番目が、そういう触媒を作る時の液体中のイオンの構造を高エネルギー加速器研究機構の施設を用いEXAFSという方法を用い原子レベルで見たこと。3番目は、各種の分子・原子レベルの情報を基に触媒調製の金属含有溶液を再現性良く作る方法を見出したこと、等です。この他、触媒の新しい活性化法等も見出しています。最終的に得られた脱硫触媒が軽油中の硫黄量を10ppm以下に低減できたときは内心驚きでした。

これらの技術を特許出願した後、ノウハウ情報も含めて国内の脱硫触媒トップメーカーに持ち込みました。私たちはどちらかというと第2種基礎研究というより、少し製品化研究に偏ったところで研究をしているのですが、勿論、ピーカーレベルでの研究開発成果です。産総研で開発した「触媒作り」が脱硫触媒メーカーに評価され、共同開発体制を組むことが出来たことが製品化に繋がったと思います。

理事長 質問なのですが、インハウスワークのブレイクスルーというのはどういう定義なのですか。

葭村 少し曖昧に使っているのですが、産総研で保有・利用している独自技術で、こういうファンダメンタルなところを新しい工業脱硫触媒にまで使ったということです。

理事長 なるほど。触媒というのは、

産総研において非常に伝統がありますね。そういった意味で、これは産総研にとって非常に重要な宝物です。ブレイクスルーということは、自分が持っている基本的な知識を使うのではなくて、さらにそれを展開するということですね。これがもしできれば、私が最近いろいろな人に会って思うことなのだけれど、たとえば触媒というのはいろいろなところにありますよね。しかし、触媒学のようなものはなかなか一般の人にはわからない。だから、もしインハウスワークがあるのなら、そういう教科書のようなものはできないでしょうか。

葭村 産総研の触媒研究というのは、どちらかといえば応用面からの切り口が多いかもしれません。環境、エネルギーという社会ニーズ対応型の研究の場合、製品化研究に近い第2種基礎研究に軸足を置いた研究が多く、目的とする触媒反応メカニズム解明のためにクリーンサーフェス等を用いた第1種基礎研究へ軸足を伸ばしていく場合があります。一方、例えば、各種分光機器等の特徴を生かし、あるいは複合化・改良し、触媒構造や反応分子が活性化される機構を解明しようとする第1種基礎研究に軸足を置いた研究も見られます。前者は触媒を「ツール」として捕らえ、問題解決を図ろうとする応用的研究であり、後者は触媒作用の「理解」に重点がある基礎的研究とも言えます。

研究の対象となる触媒系が千差万別であり、また、実用触媒反応条件と構造や機構解明のための簡略化された反応条件とが大きく異なることも多く、応用的研究と基礎的研究の間には少しギャップがあると思います。勿論、グループ内で基礎から応用への連携が上手に取れている場合も見られます。こ

のギャップを埋める上手な連携例が多くなれば、「縁の下の力持ち」である触媒を、産総研の切り口で、出口から基礎にわたりわかりやすい形でまとめることができると思います。

理事長 それは私が勝手に解釈すれば、複数の人がよく考えてみると本格研究をやっていると。湯浅さんと村田さんの場合は、自分でずっとやるわけでしょう。触媒の研究ではそうではないわけです。問題は、基礎的なことをやっている人と応用の人との間はどういう知識の流れがあるかということですね。本来、本格研究というのはそういうものでもよいと思うのです。全体は誰も見ていなくても、結果的に大きなつながりがあると。

本格研究というのは本来、まず個人的な研究のスタイルとして、基礎研究が終わって本格研究に進むということがありますよね。それから、研究ユニットとして協力してやるということがある。さらにそれが広がっていつ、たとえば大学、産総研、産業というつながりがひとつの大きな本格研究をつくっている。「フラクタルな」と私は言っているのだけど、そういうふうに見えるわけでしょう。今のお話を聞いて、そのひとつを触媒でやっているのかなという気がしました。

小野 藤井さんの研究は、計量標準の研究からアボガドロ定数の決定に結びつきました。

藤井 アボガドロ定数との関係で言いますと、第1種の基礎研究で重要なものは、1960年代にX線干渉計、70年代、80年代はジョセフソン効果と量子ホール効果が出てきたことです。ジョセフソン効果と量子ホール効果が出た時に、誰もこれを質量の標準に使える

とは思っていなかったわけですが、こういう第1種基礎研究がその後、質量の標準にも使われるようになっていきます。

質量の標準につなげるために、具体的に何をやったかという、それが第2種の基礎研究だと思うのですが、70年代にX線結晶密度が最初にアメリカで実現されて、それから実験結果も出た。80年代からはワットバランス法が登場し、質量標準を使ってプランク定数を測定して、そこから質量に結びつける実験技術が生まれてきました。

我々はシリコンの結晶を使って密度を測定しモル質量を測って、アボガドロ定数を出す方法を採用しました。第2種の基礎研究をやる上で当然のことですが、第1種基礎研究で生まれた理論を使います。これを使って第2種の基礎研究で新しい実験技術が生まれてきたわけです。

その結果、最近になって基礎物理定数がはっきり決められるようになりました。特に2003年に実施された基礎物理定数の世界的な調整で、産総研が出したアボガドロ定数が貢献しているわけですが、これは、基礎物理定数という形のデータベースであり、ひとつの製品だと思っています。

こういったことができるようになったことを、近代の計量標準が始まったフランス革命の時代にさかのぼってもう一度見てみますと、結局、自然界の普遍的なものを選んで単位基準を決めるということ、人類は長い時間かけてやってきたのだと思います。フランス革命の頃には基礎物理定数があるということはわかっていませんでしたから、それはできなかったのですが、20世紀に入って基礎物理定数の存在が確かめられるようになり、そういう自然界の普遍性を基準にするのが一番よいということが見出せたということ

共同研究のパートナーとは、ウィンーウィンという目標があった。
隠し事なく進めていけたというのが、成功の最大要因だったと思う。

よしむら ゆうじ
蔵村 雄二



が、大きなポイントでした。それを単位に直結させようということが、長い間の動きだったのだと。

それから、こういった測定ができるようになると、プランク定数をいろいろな別の原理で測ることができますから、様々な物理の法則の健全性を確認することができます。第2種の基礎研究というのは、第1種基礎研究の理論の上に則ってやっていたわけですが、こういったことができるようになると、逆に理論を検証するという部分も出てきて、第1種基礎研究にフィードバックされるようになりました。このことも大きいのではないかと思います。

理事長 藤井さんの研究は感動というか、歴史が大きなひとつの人間の知恵の進歩そのものを表わしているわけで。逆に言えば、こういう基礎的な知識が後につながってくる。昔の人は、こう思っていなかったのでしょうか。これは科学の中心に存在するわけで。しかしこれもまた、大学等では教えられていない話ですね。

藤井 そうですね。大学では最近、教える人が少なくなってしまったので、産総研に講義してくれないかという話

が来ます。希望のあった大学に講義に行きますが、意外と学生には評判がよいのです。

理事長 そうだと思いますね。

藤井 基礎物理定数の意味や測り方には、多くの学生が興味を持っています。計測標準という講義がそもそも今はないですから。

理事長 それなしで、なぜ物理学ができるのかなと思うけれど、やっていませんね。あれをやらずに他の研究をやっても、仕方がないと思うのだけど。

小野 そういふところの基盤がないので、日本はノーベル賞をとれなかったということが、量子ホール効果の時にありました。まさか量子ホール効果が抵抗標準に結びつくとは思わなかったのです。すごくよい第1種の基礎研究が日本にはあったのですが、それを第2種にまでつなげられなかったわけです。

理事長 日本の中では、社会がそれを認知していなかったわけですね。光周波数もそうなのでしょう。非常にホットな話題があるのにですね。世の中に

計測標準というのは、いろいろな分野の融合だ。
分野の統合がなければ第2種基礎研究は進められない。産総研には適した土壌がある。

ふじい けんいち
藤井 賢一





研究を進めるには産業が入らなければ
いけない。
そのための仕組みづくりを仕掛けるこ
とも、産総研の役割だと考えている。

おおぐし はじめ
大串 始

それが認められていないというのは、
教育問題も関係しているのですね。

小野 大串さんは再生医療の研究をさ
れています。

大串 私は以前から整形外科をやっ
ていまして、扱うのは骨なのです。骨の
疾患を治す技術にはいろいろあって、
そのひとつとしてたとえば細胞を利用
します。動物モデルで骨を何とか造れ
るようにならないかと、細胞を使って
骨を造る技術を開発したのです。ここ
まででだいたい第1種基礎研究が終了
しました。その後、少し応用しよう
というところで壁にぶち当たったのです。

私が20年くらいかけてきた基礎研究
を応用しようという時に、設備がない。
ノウハウもない。そういうところに、ち
ょうど産総研ができたのです。ティッ
シュエンジニアリング研究センターが
産総研の中にできたことで、私にと
っては非常にラッキーなことでした。
そこに応用研究を持っていこうとい
うことで、ここでセルプロセッシング
センターというものを作っていただき
ました。

2001年に産総研ができて、2001
年末には骨再生。私が開発した技術
でもって実際の患者さんに移植する
ことを行いました。そういうことで、
私の場合には第1種から第2種の基
礎研究まではわりとスムーズにいた
ったのです。

これは皆さんもそうだと思うので
すが、第2種基礎研究から応用研究
に行っても、第1種基礎研究も絶対
に続けているはずなのです。私の
場合も、第1

種基礎研究が終わったわけではなく
て、産総研に入ってからもどんど
ん続けてきたわけです。何が第1
種基礎研究でわかったかというと、
軟骨・肝臓・神経・血管。同じ細胞
を使って、2001年以前には全然想
像もできなかった、いわゆる同じ
細胞を用いて、私たちは骨を造る
ことをやってきたのですが、骨以
外に肝臓や神経、血管を造れるこ
とがわかってきたのです。

私は産総研に入る前に第1種基礎
研究でずっと骨のことをやってきた
のですが、産総研に入っても第1
種基礎研究を続けて、そこで得た
知識を使い、今度は同じ細胞を使
って心臓の再生ということもやっ
ています。これは非常に大事なこ
とだと思います。

セルプロセッシングセンターをつ
くるところでも、そして今も民間
企業と一緒にやっているのですが、
私が言いたいのは、もっと幅広い
意味で、もっと多くの企業と、も
っと多くの患者さんのために社会
基盤を確立するということでも、
本格研究のひとつではないかとい
うことです。たとえば車をいくら
開発しても、車を安全に使うため
には信号も造らなければいけない
し、道路も造らなければならない。
そういう社会的なインフラの整備
も、本格研究の一部だと考えるこ
とが大事ではないかと思っています。

経済産業省と一緒にあって、再生
医療における細胞を使う社会的な
基盤を作っていくことも、これか
らより多くの製品を造るためには、
本格研究であって、それがあ
る意味では産総研の

典型的な本格研究のひとつになる
のではないかと考えています。そ
ういう多くの企業が入るようなシ
ステムづくりというのも、社会的
なインフラという意味の基盤づく
りも大事ではないかと思っています。

理事長 大串さんの話も、とても
おもしろくかがいました。産総研
だからできた第2種基礎研究とい
うことですね。ところでバイオの
研究は、応用までの期間が短い
ですね。

大串 応用まで短いと言っても、
産業はまだあまり入ってきていな
いのです。そこが今からやってい
かなければいけないところだと思
います。他の分野と違って、医療
には規制などのいろいろな問題が
あるのです。ただ、幸いなことに、
経済産業省にも非常に興味を持
っていただいています。行政に働
きかけることも重要ではないかと
思っています。まさにそれが、産
総研の本格研究というか、行政と
一緒に社会基盤をつくる、大事な
ことだと思います。

理事長 道路を造らないと、車
をいくら造っても走れるところ
がないと。バイオ系は、どうも
そういうことが多いのです。よい
アイデアがあっても、規制があ
るとか、治験が日本ではできな
いとか、そういう話がいっぱい
あるわけですね。高速道路を造
る前に信号を作るというフェーズ
があるだろうということですね。

大串 そこをまずやっていけば
よいのだと思います。いきなり
高速道路を造るということでは
なくて、その手前の段階で、そ
このところは私たちにできない
ので、行政と一緒にぜひという
ことです。

理事長 今日のこの座談会のひとつのおもしろいまとめとして、大串さんの話と湯浅さんの話は似ているわけです。相手の産業そのものがきちんとしていないと、本当の意味の本格研究にならないということ。そういうことが、本格研究をやることによって見えてくる。これは具体的には政策提言という形で、制度を変えるとか、新しいプロジェクトをつくるとか、産業を変えるというような話になってくると思いますが。

小野 社会的な技術基盤をつくることによって、新産業が生まれてくる例を聞かせてもらいました。新産業を生むだけではなく、生ませるような環境づくりを経済産業省と産総研が行なうというのは、素晴らしいことだと思います。

理事長 我々がニーズを出すということですね。

大串 それはまさに産総研が大学と違ってやりやすいと思うのです。

理事長 大学病院の中でやるトランスレーショナルリサーチとは全然違いますよね。現実には患者を治すためにやるという。

大串 私たちとしては最終的に、広範囲に多くのユーザーにこういった技術を利用していただくためには、絶対に産業が入らなければダメなのです。そこに産業が入るためには、その仕組みづくりが必要です。タネをつくるのも、そういう仕組みをつくるのも、仕掛けるのも、産総研が一番ふさわしいと思うのです。それが産総研の役割だと思っています。そこまでは、ぜひこの数年でやりたいなと思っています。



共同研究からはいろいろな刺激を受けたり、いろいろな情報を知ることができる。技術が思いもよらない方向に発展していく。共同研究は、研究者にとって自分自身のためでもある。

むらた かずひろ
村田 和広

理事長 それは産総研全体の大きな問題なのです。

小野 皆さんの話に共通しているのは、外の企業や機関と協働したがゆえに非常に活性化されたという面がありますね。それがなければ、最終的には到達しえなかった。その意味では、本格研究のパートナーとしては、企業や他の機関が必須であるということがあるかもしれませんね。

村田 「研究を行なうために産学連携をする、実用化するために産学連携をするのではない」とおっしゃっていたセンター長がいます。

共同研究からはいろいろな刺激を受けたり、いろいろな情報を知ることができる。技術が思いもよらない方向に発展していく。

研究者にとって産学連携の共同研究は人のための奉仕だけではなくて、自分のために使うという意味だと思います。

理事長 イノベーションハブというのも、我々は本格研究をやって、それをつなげていこうと言っていたわけです。でも、そうではないのかもしれない。本格研究そのものが、つながらなければ成立しないものなのかもしれない。産学連携を考え直さなければいけないですね。本格研究の活性化のために、研究者自身がつながりを考え、外の体制づくりも含めて、本格研究の中に入れていかないとはいけません。

今日の結論の意義は非常に大きかった

と思います。私が、本格研究にこだわらざるを得なかったのは、人間の知識の作られ方は非常に未成熟だったのではないかと思ったからです。学問という領域が社会から切り離されて、閉じた空間の中で知識生産をするという世界が社会的に成立してしまったからです。

それが理学だとして、それではいけないということで工学という分野をつくったけれど、それはおかしいのではないかと考えました。本当の知識生産の中には知識を使う人の意図が入っていかなければいけないというのが、元々の考え方だったのです。縦に切ってはいけません。知識が流れて、生みだされて、使う。その全体を含めたものの中であれば正当な知識の成長はないというのが、そもそも本格研究の提唱につながったのです。

ただ、それは非常に概念的で、今日のお話のようなある意味で非常にプリサイスな研究と最後に使われるところとの関係はどうなのかということは、あまり深く考えていなかったわけです。

関係を持たなければいけないという要請ははっきりしていたけれど、それがどういうものなのかということが、産総研にいろいろな研究者が集まって実践することでわかってきて、力付けられました。集まってくれた5人の方はいずれも理事長賞を受賞された方ですが、今日のお話を聞いて、もう一回賞を出したいと思ったほどです。

小野 興味あるお話をありがとうございました。

スピントロニクス技術の本格研究 次世代デバイスの実現を目指して

スピントロニクスの第3のイノベーション －MgO-TMR素子の開発－

電子は負の電荷を持つとともに電子スピン（小さな磁石としての性質）を持ち合わせています（図1）。固体中の電子の電荷を用いて有用な機能を創出してきた分野が電子工学（エレクトロニクス）です。一方、電子スピンのみを用いてきたのが磁気工学（磁気記録など）の分野でした。これらの分野は共に長い研究開発の歴史と巨大なマーケットを持ち、現代のIT社会に欠くことのできない基盤技術を担っていますが、それ故に技術の成熟と飽和が危惧されています。

これに対して近年、このような閉塞感を打破できる可能性を秘めた新しい分野「スピントロニクス」が発展をみせています。スピントロニクスとは、固体中の電子の持つ電荷と電子スピンの両方を活用して、新しい機能を持った電子デバイスを実現する分野です。スピントロニクスの歴史は1988年の巨大磁気抵抗（GMR）効果という物理現象の発見に始まり、1995年のトンネル磁気抵抗（TMR）効果の実現によって更なる発展をとげてきました。

これらの素子技術は既にハードディスクの磁気ヘッドや新しい不揮発性メモリMRAMとして実用化されています。しかし、GMR素子やTMR素子の性能は限界に近づいており、さらに高

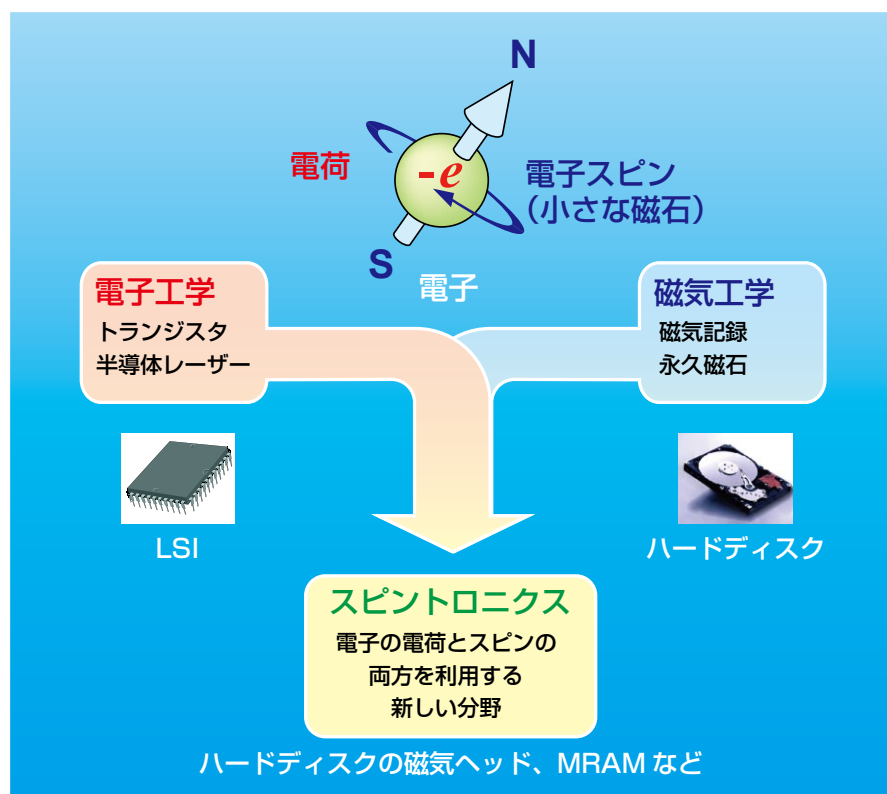


図1 スピントロニクスとは

性能な磁気抵抗素子の実現が応用サイドから切望されていました。

産総研では、酸化マグネシウム（MgO）を絶縁体トンネル障壁に用いた新型のTMR素子を2003年に開発し、従来のTMR素子に比べて5倍以上という画期的な高性能化に成功しました（図2）。成功の鍵は、産総研で長年培ってきた高品質な単結晶薄膜の作製技術や素子加工技術、新材料開発に関するノウハウ、基礎物理の知見などの

技術シーズを統合的に活用し、ニーズにマッチした技術開発を適切な時期に行ったことにあると思われます。

このような豊富な技術シーズが産総研の強みであり、今後もこの強みを維持するためには第1種基礎研究に対する継続的な研究投資が重要と思われます。

製造装置メーカーとの連携 －量産プロセスの開発－

MgO-TMR素子の画期的な高性能が実験室レベルで示された当初は、産業界からの評価は冷ややかなものでした。その理由として、大量生産に不向きな成膜法（MBE法）を用いていたことと、特殊な単結晶基板の上に素子を作製していたことが挙げられます。

MgO-TMR素子を製品化するためには「量産に適したスパッタ法という成膜法を用いて任意の大面积基板の上に室温でMgO-TMR素子を作製でき



慶応大学博士課程修了。以前は基礎物理の研究をしていましたが、固体物理は社会の役に立ってこそ価値があると思い立ち、現在は産業応用を目指したスピントロニクス技術の研究開発に従事しています。第1種基礎研究から本格研究へ足を踏み出してみると、世間（産業界）からの風当たりが強いことも多々ありますが、新しい展望が開けることもあり、「研究者が成長する場としての本格研究」を体感しています。

湯浅 新治（ゆあさ しんじ）
エレクトロニクス研究部門
スピントロニクスグループ

なければならない」という技術的な高い壁がありました。

私たちは当初、電子デバイスメーカーがこのような生産プロセスの開発を担ってくれるものと期待していました。しかし、現在のエレクトロニクス産業では、デバイスメーカーはほぼ完成された技術を製造ラインに導入して製品開発に専念するという分業化が進んでいるため、私たちの手でMgO-TMR素子を量産技術にまで高めるための第2種基礎研究を行う必要がありました。

そこで私たちが連携を図ったのが、主要な製造装置メーカーのキヤノンアネルバ社です。製造装置メーカーというと装置を作るだけと思われがちですが、実は現在の製造装置メーカーは新材料や新デバイスの生産技術の開発という重要な役割を担っており、死の谷を越えるために非常に有効なパート

ナーと言えます（図2）。産総研の持つMgO-TMR素子の基本技術とキヤノンアネルバ社の優れた製造技術・装置を融合し、綿密に連携して研究開発を行った結果、わずか1年でMgO-TMR素子の量産技術の開発に成功しました。デバイスメーカーがこの技術を導入すれば直ぐに製品開発を開始できるレベルまで到達したわけです。

製品開発に向けた取り組みと展望

私たちは現在、本格研究の最終ステージである製品開発を遂行するために、産業界との共同プロジェクトを開始しています。MgO-TMR素子とスピン注入書込みという2つの新技術を用いた大容量MRAM（スピンRAM）の開発を目指したNEDO「スピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクト」、およびMgO-TMR素子を用いた次世代ハードディスク磁気ヘッドの開

発を目指したNEDO「ナノテク・先端部材実用化研究開発」プロジェクトを遂行し、本格研究の完遂を目指して取り組んでいます。

これらの研究開発は、数年後には電子機器の画期的な省エネ化や高性能化、利便性の向上、日本の産業競争力の強化などに繋がるものと期待されます。



図2 スピントロニクス技術の本格研究と連携体制

クリーン輸送用燃料製造用触媒開発における本格研究 触媒の基盤研究から製品化に向けた共同開発へ

社会ニーズに対応する研究

都市大気環境規制の強化に伴い、自動車排ガス（特に、ディーゼル車からの NO_x やPM等）の大幅低減に繋がる革新的排ガス処理技術への期待がますます高まっています。排ガス処理用触媒は硫黄に弱い欠点があるため、革新的触媒技術の開発加速や市場導入には、超低硫黄（硫黄分 $\text{S}<10\text{ppm}$ ）の軽油（サルファーフリー軽油と呼ばれています）の全国普及が不可欠とされてきましたが、2007年から完全供給される予定になっています。

そのため、製油所内の現行軽油（ $\text{S}<50\text{ppm}$ 、一部で $\text{S}<10\text{ppm}$ ）製造運転条件等を変えることなく、触媒の交換のみで軽油のサルファーフリー化（ $\text{S}<10\text{ppm}$ ）を達成できる高性能脱硫触媒の開発が強く求められています（脱硫触媒上では、燃料油中に含まれる有機硫黄化合物（ $\text{S} = 0.5 \sim 1.5\text{wt}\%$ 程度）が水素と反応し、硫黄分は硫化水素に変換され燃料油から除去されます（水素化脱硫法））。

この社会ニーズに対応すべく、産総研で長年にわたり継続されてきました石油精製触媒の研究をさらに進化させ、プロトタイプ触媒の提案、そして企業との共同開発を通して新規な脱硫触媒の製品化に至りました。

第2種基礎研究を軸にした触媒研究

触媒の研究は、表面化学的アプローチからの触媒活性相の解明、化学結合活性化機構や反応機構の解明、分子動力学等の理論・計算機手法を用いた触媒活性相の理解や新規な活性相の可能性提案等を行う研究（第1種基礎研究）と、無機化学・有機化学・分析化学・表面化学・化学工学・熱力学等からの知識に経験を更に融合させて触媒を設計・調製し、目的反応に要求される触媒性能や寿命等を具備するように触媒を仕上げていく研究（第2種基礎研究）とに大別されます。

今回のサルファーフリー軽油製造用脱硫触媒（多孔性の Al_2O_3 成型体粒子上にコバルト、ニッケルやモリブデン等の硫化物ナノ粒子を担持したもの）の場合、「軽油の硫黄規制」という時間軸が設定されていたこともあり、後者の第2種基礎研究に軸足を置き触媒の製品化を目指した研究で、改良研究に近いものだったともいえます（図1）。

脱硫触媒には機能面でのニーズ（ユーザー側）と製造面からのニーズ（メーカー側）があり（図2）、工業触媒となるためには、これらの双方が満たされる必要があります。これらのニーズを考慮し、私たちの得意とする触媒調製面の切り口に焦点を絞り、従来の脱硫触媒（ $\text{S}<50\text{ppm}$ ）に比べ約2倍以上の脱硫活性を有する触媒の開発

を目指しました。私たちは、脱硫活性点の数を増やす方法でなく、二硫化モリブデン（ MoS_2 ）粒子をナノ粒子（4～6nm）、高結晶化度、低積層（単層～2層）状態で多孔性 Al_2O_3 上に担持させ、さらにニッケルやコバルトを MoS_2 エッジ部位に上手に配位させて活性点の質を変える「触媒調製法」で、脱硫活性の向上に成功しました。この間、触媒調製に用いるMo等を含む金属ポリアニオンや、NiやCo等の金属イオン等を含む含浸溶液の構造解析に、広域X線吸収微細構造法（EXAFS）等を用いた解析が有用でした。結果的に時には第1種基礎研究に遡った取り組みも必要だったということです。

製品化研究における企業との共同開発

第2種基礎研究の成果から得られたプロトタイプ触媒を製品化に結びつけるようにする場合、企業との共同開発が不可欠となります。私たちは、産総研の特許実用化共同研究制度によって、石油精製触媒の国内トップメーカーである触媒化成工業株式会社と共同開発を行い、新規脱硫触媒LX-NC1の製品化に成功しました。私たちがそれぞれのニーズ（図2）に応えるための技術を開発する中で、特に触媒や触媒調製用含浸溶液等のナノ構造解析を通して、ラボスケールではあったものの、触媒調製工程における各支配因子を制御することが可能な調製手法を見出せたことが、すでに企業で確立されている脱硫触媒の商業生産技術の中に新技術として取り込まれるに至った一因と思われます。

この間、私たちと共同開発相手先との間で信頼関係（win-winの関係）を築くことができ、その上で役割分担も明確にできたことがシナジー効果に繋がった最大の要因と考えています。



エネルギー・環境関連触媒の研究と開発を行ってきた。石炭液化油、石油系輸送用燃料、植物油系輸送用燃料、輸送用合成燃料等の製造・クリーン化用触媒技術、等。触媒の切り口ではナノレベルの議論を、輸送用燃料の切り口では数百cc/dから数万bbl/dレベルの議論を、そして石油代替燃料の切り口では地球環境レベルの議論を共同受賞者の鳥羽 誠氏としている。

葭村 雄二（よしむら ゆうじ）
エネルギー技術研究部門
水素化精製触媒グループ

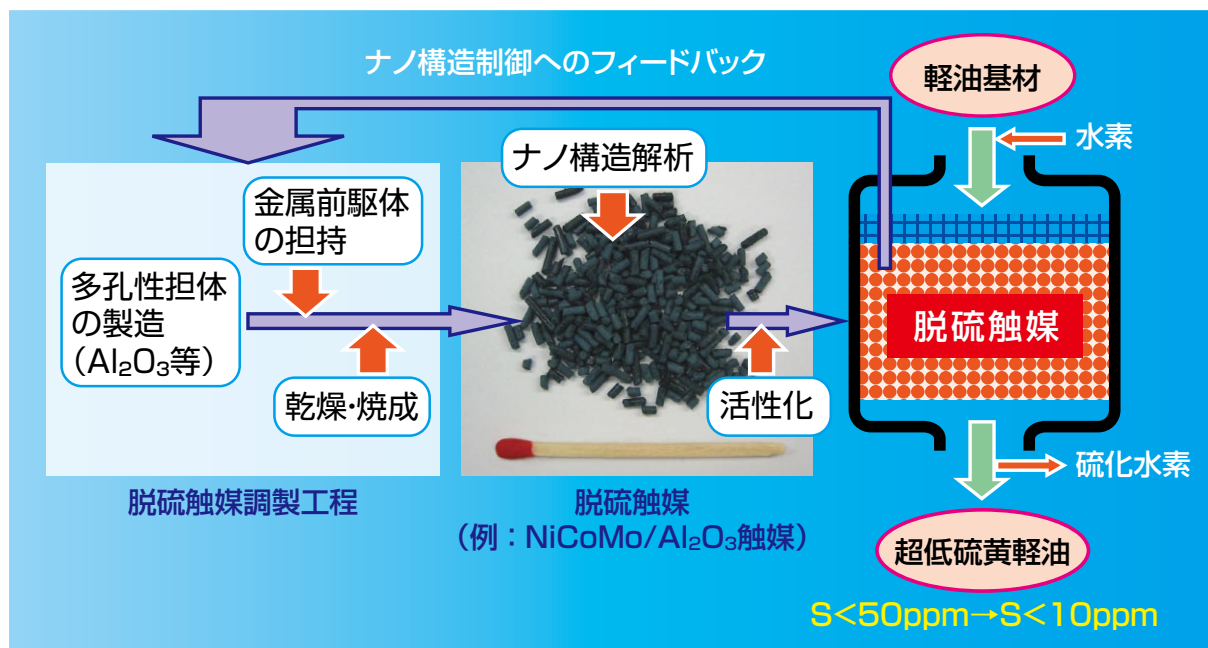


図1 脱硫触媒の設計・調製技術、構造解析技術、触媒性能評価技術は三位一体技術

研究成果の社会への還元

新しい設計概念と高度な触媒調製技術を使って開発された軽油サルファーフリー対応脱硫触媒が国内外の石油精製各社に採用されることによって、サルファーフリー軽油の普及が加速され、その結果、硫黄被毒の問題が低減・克服された新規排ガス後処理技術等の自動車技術の市場導入が加速され、地球環境にやさしいディーゼル車の普及

に繋がると期待できます。

一方、石油価格の高騰による輸送用燃料資源の多様化・安定供給ニーズや、京都議定書対応等へのニーズから、植物油由来のバイオディーゼル燃料等に対する期待が急速に高まりつつあります。石油精製触媒技術は、これらの燃料の製造や燃料品質（硫黄分以外の性状）の確保にも十分適用可能であり、その展開が期待されています。私たち

は、ニーズを先取りしたニーズ対応型研究を基盤技術に遡りつつ、今後も継続して行く予定です。

第2種基礎研究の共同開発を経験して

私たちがこれまでに行ってきました石油精製触媒の製品化に向けた取り組みを紹介させていただきましたが、第2種基礎研究では、的確なニーズの把握、“十八番”技術のさらなるブラッシュアップと対外的な評価獲得、共同開発の実施まで至るであろうパートナーとの出会い等、少し泥臭いところが研究の方向性（研究シナリオ）や持続性を大きく左右すると思われます。特に若い研究者の皆さんにご参考になれば幸いです。なお、脱硫触媒の研究は、旧東京工業試験所・旧化学技術研究所・旧物質工学工業技術研究所において、約40年以上にわたり継続されてきたものです。私たちの研究の成功は、諸先輩方や旧西嶋研究室（西嶋昭生氏、現早稲田大学教授）の皆様の成果に負うところも多く、深くお礼申し上げます。

脱硫触媒 (S<10ppm) の機能・利用面：

- ◆ 従来触媒 (S<50ppm) に比べ活性が約2倍以上（従来触媒と同様に触媒寿命は2年以上）、しかも低水素消費型
- ◆ 既存精製設備の触媒交換のみで対応可能
- ◆ ハンドリング性や安全性等、従来型触媒と類似、等

脱硫触媒 (S<10ppm) の製造面：

- ◆ 低廉な触媒原材料が利用可能であり、スケールアップが可能な調製技術（ピーカースケールから ton レベル）
- ◆ 触媒調製工程における支配因子を制御可能な調製技術
- ◆ 現行脱硫触媒の商業製造ラインを利用できる触媒調製技術、等

図2 触媒の機能面と製造面からのニーズ（代表例）

キログラムの再定義に向けた本格研究 計測標準における基礎物理定数の役割

計測標準と本格研究

第1種、第2種基礎研究、製品化研究からなる本格研究は、異なる技術分野の「融合」によって創られるという考え方があります。そして元来、電磁気学、力学、熱物理、化学などの異なる分野の集合体からなる計測標準には、新たな本格研究を生む可能性が多くあると考えられます。

社会のあらゆる局面で必要とされる多様な計測技術を支えるために、(前身である計量研究所の時代から)産総研は信頼性の高い計測技術を開発し、そのための計量標準を社会に供給してきた永い実績があります。

単位の再定義

その中で国際単位系(SI)の基本単位(SI単位)そのものについても、普遍的な基礎物理定数を使って再定義しようとする動きが活発化しています。ここではこのような単位の基本を見直そうとする動きを例として本格研究のあり方について考えてみます。代表的な例としてメートルとキログラムの変遷を表1に示しました。そもそも物理

表1 度量衡の歴史とSI単位

	メートル	キログラム
1789	フランス革命(普遍的な単位の必要性)	
1889	国際原器	国際原器 ↓ 現在
1960	クリプトンの波長	
1983	光の速さ c を定義(光周波数計測)	

量の単位を科学的に決めようとする試みはフランス革命の頃にさかのぼります。当時、目指していたものは王様の腕の長さなどに依らない、普遍的な単位です。その後の科学技術の進歩により、メートル原器は不要となり、現在では真空中における光の速さ c を定義することによって、光周波数計測から長さの単位が実現されています。しかし、SI単位のなかでキログラムだけが人工原器に頼る唯一の基本単位として残ってしまいました。パリにある国際度量衡局(BIPM)に保管されている世界で唯一の国際キログラム原器の質量は、表面汚染などの影響を受け、過去100年間に 5×10^{-8} 程度変化したと考えられています。現在の最新技術をもってしても、このような高い再現性で質量を実現する他の方法はまだ確立

していませんが、最近になりようやく2種類の異なる方式が提案されるようになりました。ひとつは炭素 ^{12}C などの原子の質量を基準としてアボガドロ定数 N_A から質量を決めるX線結晶密度法、もうひとつはプランク定数 h を定義して電気標準を使った測定から質量を決めるワットバランス法です。

これら2つの測定原理は全く異なるものですが、このような測定を可能にした第1種基礎研究は1960年代のX線干渉技術の開発から始まりました(表2)。これによって、光の波長を基準として結晶の格子定数を高精度測定することが可能になり、X線結晶密度法によるアボガドロ定数の測定に道が拓けました。その後のジョセフソン効果と量子ホール効果の発見は計量標準にとって極めて重要であり、これにより電圧と電気抵抗の再現性が飛躍的に向上しました。近年では、セシウム原子時計によって実現されるマイクロ波領域の周波数を光周波数領域まで拡張するための研究開発が進み、テラヘルツ領域での周波数計測が可能になり、長さ計測の精度が飛躍的に向上しました。これらの研究成果は何れも物理学上の大発見であり、計測標準の基盤は第1種基礎研究にあると言えます。

表2 キログラム再定義に貢献した第1種基礎研究

1960年代	X線干渉計の開発
1970年代	ジョセフソン効果
1980年代	量子ホール効果
1990年代	レーザークーリング
2000年代	光周波数コム



1984年、計量研究所入所。アボガドロ定数測定のために走査型レーザー干渉計などを開発。1994年から2年間、米国標準技術研究所(NIST)の客員研究員としてワットバランス法によるプランク定数の測定に従事。2003年、アボガドロ定数を最も高い精度で測定することに成功し、科学技術データ委員会(CODATA)による基礎物理定数の改定などに貢献した。

藤井 賢一 (ふじい けんいち)
計測標準研究部門
物性統計科 流体標準研究室

質量標準の再定義に向けた 第2種基礎研究

次にキログラムの再定義に直接的に貢献した第2種基礎研究について考えてみます(表3)。1970年代に米国標準技術研究所(NIST、当時のNBS)は

表3 キログラム再定義に貢献した第2種基礎研究

1970年代	X線結晶密度法による N_A の測定
1980年代	ワットバランス法による h の測定 シリコン球研磨技術
1990年代	音響法による気体定数 R の測定 ボルツマン定数 $k = R / N_A$

世界で始めてX線結晶密度法によるアボガドロ定数の測定に成功しました。その計測技術は産総研計測標準研究部門(NMIJ、当時の計量研究所)やドイツ物理工学研究所(PTB)などに受け継がれ、更なる精度向上が図られました。1980年代に開発されたシリコン球の研磨技術なども重要な第2種基礎研究の要素であり、これにより結晶密度の測定精度が飛躍的に向上しました(写真)。シリコン同位体の質量分析などもこの分野では重要な要素技術であり、最近では ^{28}Si を99.99%まで同位体濃縮してアボガドロ定数を高精度化するための国際プロジェクトが産総研を含む8研究機関で進展しています。アボガドロ定数の精密計測は数多くの研究分野や計測技術の融合からなります。X線工学、結晶工学、光学、質量標準、ナノ・ピコメートル計測、密度標準、化学分析、温度標準、表面計測などどれ一つ欠けてもその高精度化は達成できません。

ワットバランス法によるプランク定数の測定も力学、電気標準、光学、電

磁気学などの融合からなっています。力学量(力や速度など)の計測から電氣的な仕事率(電圧と電流の積)を測定して、ジョセフソン効果と量子ホール効果から h が求められます。その発端となる研究成果は1980年代に英国物理研究所(NPL)で得られ、最近ではNISTで高精度なプランク定数の測定が行われています。

このように第2種基礎研究は異なる分野の理論や技術の融合によって始めて達成できるのが特徴であり、その構想から開発を経て成果に至るまでに比較的長い歳月を要するものです。この間、いわゆる死の谷を経験するの他、他の本格研究と同様ですが、計量標準機関の国際的な協力により研究が継続されてきました。

これらの研究によって得られた製品は何かというと、それはアボガドロ定数 N_A やプランク定数 h 、電気素量 e など、実験や理論から得られた約300の

表4 本格研究の製品

基礎物理定数のデータベース	
$N_A, h, e, R, k, m_e, m_p, G, \alpha$ など約300種類	
理論の健全性の確認	
第1種基礎研究へのフィードバック	
SI基本単位の同時改定(2011年頃)	
キログラム アンペア ケルビン モル	N_A または h e k N_A

基礎物理定数からなる「データベース」という形の情報です。その波及効果は極めて高いものです。また、X線結晶密度法やワットバランス法などの異なる原理から得られた基礎物理定数が実験の不確かさの範囲内で整合しているかどうかを調べることで、ジョセフソン効果や量子ホール効果の正しさを検証することができます。すなわち、現在の物理学体系(第1種基礎研究から生まれた成果)がどの程度正しいかを第2種基礎研究によって確かめることができるのです。

本格研究が生み出す計測標準の製品

さらに、これらの基礎物理定数を用いて基本単位の基準を決めようというのが、最近の新しい国際的な傾向です(表4参照)。基礎物理定数を基準にすれば「自然界の普遍性に直結した単位」を構築することができます。キログラムは国際度量衡局(BIPM)だけでなく、世界のあらゆる研究機関で実現することが可能になり、フランス革命の頃の理想がやっと結実することになります。そして、新しい定義は新たな計測技術や実験技術を育てることになるでしょう。このような長い周期での計量標準の開発も本格研究の一例であり、特に異なる分野間の融合が新たな研究成果を生む土壌となっているのが大きな特徴と思います。

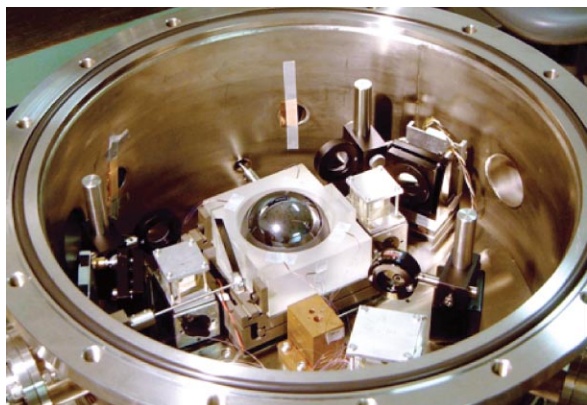


写真
質量1 kgのシリコン球の直径のナノメートル計測から結晶の体積を計るレーザ干渉計。X線干渉計による格子定数の測定データと合わせることで、球体内に存在するシリコン原子の数が求められる。

ヒト細胞操作プロセス構築とその臨床応用

苦悩から得た成功と新しい視点

私たちの行う本格研究は、社会に還元しうる“製品”を生み出すための研究、つまり「研究のための研究」でなく、「現実的な問題を解決する技術につながる研究」です。

再生医療とは「機能を失った、あるいは機能不全におちいった組織・臓器を再生する医療」です。いろいろな手段によって、それは可能になりますが、最初のステップは目的とする組織・臓器を構築することです。例えば、骨疾患においては、骨組織を構築することが大切です。骨組織を構築することを確認するために、既存の骨組織の存在しないところに骨組織を誘導すれば良いわけです。骨誘導因子（BMP：bone morphogenetic protein）といったタンパク質は、筋肉内あるいは皮下といった部位で新生骨組織を誘導し、まさにこの研究は骨組織再生の研究モデルとして考えられます。私は1980年後半にこのタンパク質（BMP）を精製するために、米国Case Western Reserve UniversityのDr. Arnold I. Caplan研究室に赴任しました。当時、BMPは精製されておらず、その存在すら疑問視する研究者もいましたが、私は日夜このタンパク質の精製を試みていました。しかし、その作業は難航を極め、データが出ないまま一年がまたたくまに過ぎてしまいました。結局、私はこの研

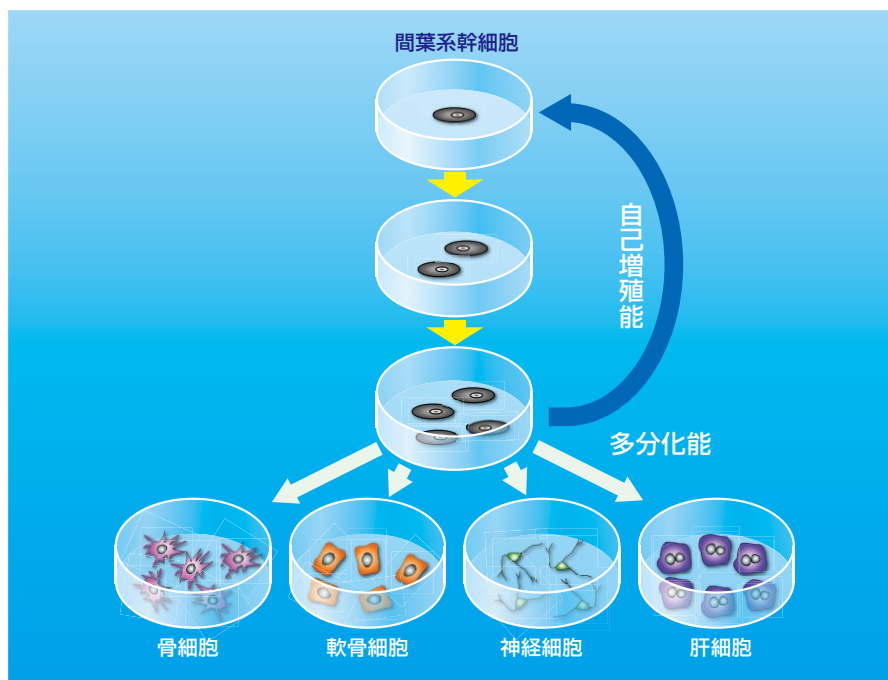


図1 第1種基礎研究：ヒト骨髄間葉系幹細胞の増殖・分化研究

究に見切りをつけ、骨形成を誘導するために、タンパク質でなく細胞を用いる事を考えました。種々の細胞を考慮しましたが、骨髄には骨形成を担っている骨芽細胞の前駆細胞が存在することがすでに知られていたもので、骨髄細胞を用いることにしました。ただ、細胞のみを用いてもうまくいかず、細胞の担体としてセラミックを用いることで非常に効率よく新生骨形成を引き起こすことを見いだしました^{*1}。

研究というのは時としてその方法論をかえる必要があることを体験したわけです。実際、私はBMPの研究から、

細胞を用いての研究に方針を変更しましたが、それによって現在おこなわれている骨・関節再生技術の基盤を作ったのではないかと自負しています^{*2}。

この経験は私に研究に対する新しい考え方を与えてくれました。いくらがんばっても思うような研究結果が出ないことがあります。しかし、そのような機会が、時には新たな方法論を生み出す可能性を生むということです。このことを若い研究者にも認識していただきたいと考えています。どのような結果（たとえマイナスの結果）も前向きに受けとめるとともに、時には当初の方針を変更して（ボスの言いなりにならず？）別の視点からとらえた発想を持つことも必要だということです。

必須でありながら地味な研究

さて、このように、細胞とセラミックを用いて骨を構築（再生）する技術を開発しました。しかし、これは動物を用いた研究であり、応用（臨床応用）するには、ヒトの細胞を増殖して確かめる必要があります。この増殖は培養



1976年奈良県立医科大学卒業、同大学院をへて整形外科医として数カ所の病院勤務後2年間米国Case Western Reserve UniversityでResearch Associateとして勤務。当初の研究（タンパク精製）は実らず、方針を変更して細胞分化研究をおこない、帰国後は細胞を用いる治療技術開発をおこなっている。2001年産総研入所。

大串 始（おおぐし はじめ）
セルエンジニアリング研究部門
組織・再生工学研究グループ

とよばれる手段を必要とします。臨床応用を考えての培養は極度にクリーンな環境が求められます。それは半導体の工場程度あるいはそれ以上のクリーンな環境下での細胞操作（細胞培養）です。その環境を得るために細胞操作センター（CPC：cell processing center）と呼ばれる特殊な施設が必要になります。

独立行政法人として産総研が誕生する約1年前に、当時の小渕首相によりミレニアムプロジェクトが開始され、そのプロジェクトの一環として、産総研関西センターにティッシュエンジニアリング研究センター（立石哲也センター長）が立ち上げられました。この研究センターにCPCが建設されることとなり、私はスタッフとともにその設計から装置設備の導入までを行ないました。現在でこそ、各地にCPCは作られています。その当時、稼働しているCPCは国内には存在せず、海外の施設でも、皮膚再生等に使用はしているものの、私たちの事情にはそぐわないものでした。そのため、多くの労力を費やして手探りでCPCを立ち上げ、安全かつ有効性を担保できるヒト細胞の培養プロセスを構築しました。まさに、これは私が築いた骨再生研究（第1種基礎研究）をもとにした骨再生製品（再生培養骨と名付けています）を生み出すための第2種基礎研究です。第1種基礎研究と異なり、このようなプロセスは論文になるわけではなく、とても地道な研究です。しかし、この培養プロセスによってのみ再生培養骨はつくられます。幸い、多くのスタッフの努力によってCPCは完成し、ここで作製された培養骨が大学病院等で移植治療に用いられています。

設でも、皮膚再生等に使用はしているものの、私たちの事情にはそぐわないものでした。そのため、多くの労力を費やして手探りでCPCを立ち上げ、安全かつ有効性を担保できるヒト細胞の培養プロセスを構築しました。まさに、これは私が築いた骨再生研究（第1種基礎研究）をもとにした骨再生製品（再生培養骨と名付けています）を生み出すための第2種基礎研究です。第1種基礎研究と異なり、このようなプロセスは論文になるわけではなく、とても地道な研究です。しかし、この培養プロセスによってのみ再生培養骨はつくられます。幸い、多くのスタッフの努力によってCPCは完成し、ここで作製された培養骨が大学病院等で移植治療に用いられています。

そして新たな基礎研究へ

このように、第2種研究は製品化につながる必須の研究です。しかし、私

たちはこの第2種基礎研究と平行して、第1種基礎研究も行っています。例えば、ヒト骨髄細胞を用いて、神経や肝臓の細胞が得られることがわかりました（図1）。また、骨髄細胞を移植することによって、生体に新しい血管が構築されることもわかりました。そこで、この第1種基礎研究の結果を発展させ、国立循環器病センターの永谷憲蔵部長とともに、ヒト細胞を用いて心不全の患者の治療技術も開発しました。すでに8例の患者の骨髄から細胞を増殖させたのち、その増殖細胞は再度国立循環器病センターに搬送され、心臓内への投与が行われています。このように、第2種基礎研究の基盤があることにより、あらたな第1種の研究結果が早期に実用化されることになったのです（図2）。

以上述べましたように、社会に還元できる製品を作るためには、第1種から第2種へと連続的につながる研究が必須です。この経緯により、10数年をかけた細胞を用いた基礎研究が、数年という比較的短期間の研究（第2種基礎研究）のうえで、実用化されることとなりました。しかし、この実用化はまだ始まったばかりです。今後は、このような医療が社会に広く、容易に受け入れられうるシステムが必要です。このためには、私たち研究者のみの力では困難で、行政の方々とともに新たな社会体制を構築する必要があります。このような、社会基盤作りも第2種基礎研究の範疇に入ると私は考えています。私たちの行っている再生医療技術開発は、まだまだ第2種基礎研究のまっただ中に位置するわけです。

文 献

- *1 Ohgushi H. et al J. Orthop. Res. 7, 568 - 578, 1989
- *2 Ohgushi H and Caplan A. I. J. Biomed. Mat. Res. 48, 913 - 927, 1999

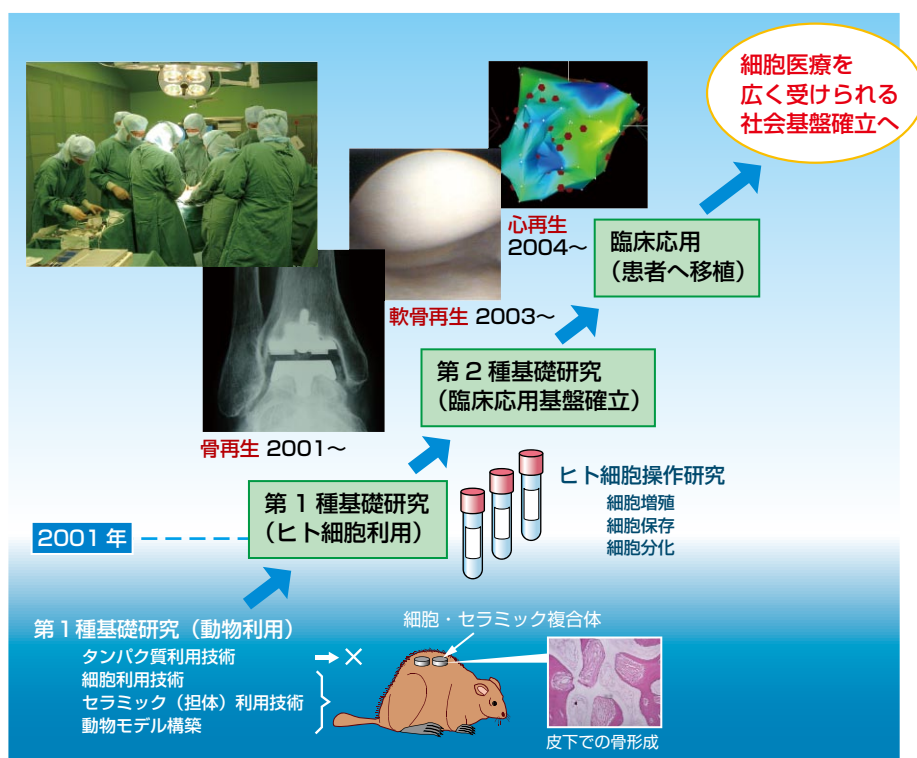


図2 本格研究の一例：骨／関節・心疾患の再生医療技術開発
これらの研究には細胞操作センターの設備が不可欠。

超微細インクジェットにおける本格研究 産業化を見据えたナノスケールの機能付加ツール

きっかけは個人のニーズ

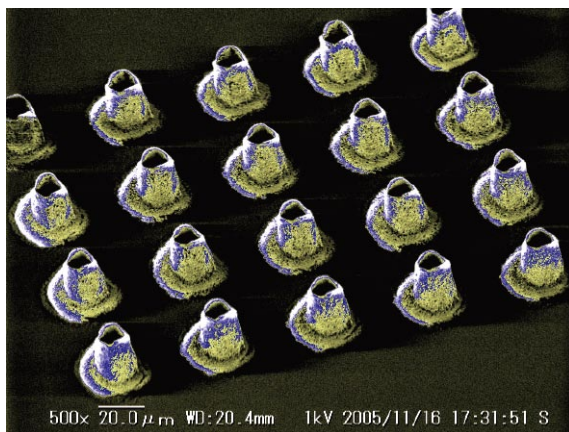
ナノテクノロジーとは、何でしょうか？ 人により答えは様々でしょうが、私の結論は材料の究極利用技術です。ナノ材料は、日々新たに開発されています。それらの機能性を最大限引き出し、100%の個性を発揮させるためには、ナノ材料を必要な場所に必要な量だけ配置していく技術が必要だというのが私の結論です。

現在のエレクトロニクスを支えるシリコンテクノロジーは、露光・エッチング技術を核とした汎用性の高い技術体系です。一方、新規に開発されているナノ材料のパターニングには、こうした従来の技術体系が必ずしもベストではありません。ナノ材料の配置は機能性の配置といわば同義語です。従来の、切る・彫る・削るといった加工によって行う機能性の付与ではなく、材料を塗る・足す・付けるといった新し

い方法によって機能性を付与します。

このためには、微量量を精密に配列することのできる技術が必要ですが、当時その様な技術がほとんどなかったので、自分で作るしかないというところからスタートしました。つまり、きっかけは完全に個人的ニーズ志向の研究でした。

図2
超微細インクジェット
による立体構造



1994年に電子技術総合研究所入所、2001年より産総研ナノテクノロジー研究部門。専門は磁気物性、導電性高分子、有機薄膜などを経て、現在は各種ナノ材料の直接パターニング技術の開発に従事。超微細インクジェット技術は、産総研ベンチャー化。現在、ナノテクノロジーによる生産技術革新というテーマに取りかかっている。

村田 和広 (むらた かずひろ)
ナノテクノロジー研究部門
分子ナノ物性グループ

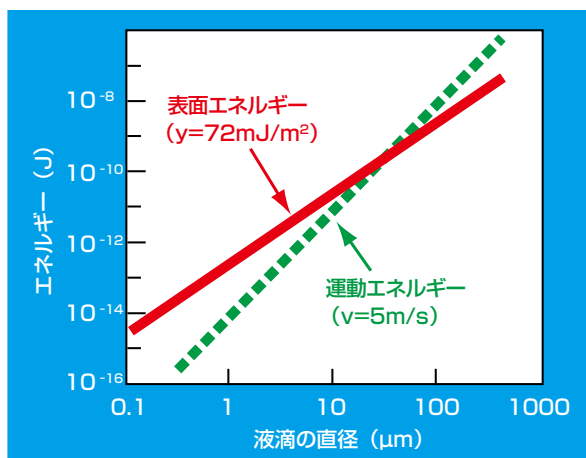


図1
液滴の運動エネルギーと
表面エネルギーの関係

第1種基礎研究的要素 超微細液滴の難しさ

最初は、小さなノズルを作り大きな圧力をかけたら液体が飛び出すだろうと、簡単に考えていました。しかし、実際にはそんなに簡単ではありません。図1は、水液滴の運動エネルギーと表面エネルギーの関係をプロットしたものです。運動エネルギーとしては、インクジェットの液滴の速度として一般的速度である5m/sとしています。液滴が飛び出すためには、表面張力に打ち勝つ必要があります。しかし、表面エネルギーが液滴径の2乗に比例するのに対し、運動エネルギーは液滴径の3乗に比例するため、微小な液滴では、表面エネルギーが相対的に大きくなり、液体の吐出あるいは飛び出した液滴に対し十分な運動エネルギーを付与することが困難になります。様々な試行錯誤の結果、現在の超微細インクジェットの原型ができました。この間の研究は、応用研究というよりもむしろ第1種基礎研究に近いものでした。

第2種基礎研究へ 実用化への取り組み

前述の基礎研究の成果を、2002年に国際ナノテクノロジー展・技術会議で発表しました。当時の反響は大きく装置の市販化などを望む声が多いもので



図3 超微細インクジェット装置

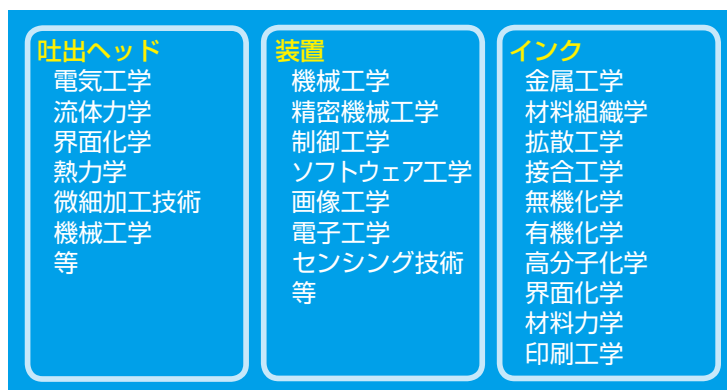


図4 インクジェットに必要な分野

した。しかし実際の装置は研究者が自分で使うための研究用ツールとして開発したものですから、必ずしも一般のニーズに合うものとは限りません。そのために、社会のニーズを取り込んだ形で目標を再設定する必要があります。これに関しては今でも技術開発の最中で、まだ死の谷を完全に抜けたとは言えないかもしれません。

この時期の研究は、研究者自身のニーズやシーズではなく社会のニーズを組み込むことで、研究目標を再設定し、そのために使える技術を集め、足りない部分を追加したり開発したりという作業です。断片的ですが様々な技術要素を組み合わせることによって前に進む作業といえます。その中には自分でできないところも多く出てきますから、産総研内外の多くの方々のお世話になりました。

研究の過程で

研究の過程では、思いもかけない驚きがいくつかありました。ひとつは、微細液滴の乾燥性の高さです。通常、基板上に着弾した液体は、表面エネルギーを最小化しようと変形します。表面張力の効果は微細液体ほど顕著で、思い通りにパターンニングするのは簡単ではありません。従来は、バルジと呼ばれるこぶ状の乱れなどの発生をいかに抑えこむかがインクジェット技術の

重要な開発課題だったり、メーカーのノウハウだったりしました。ところが、我々のインクジェットでは、液滴サイズがあまりにも微細なために、着弾した液滴がすぐに乾燥します。基板上の液体のボリュームは限定的で、バルジが現れにくくなります。さらにこの乾燥性を積極的に利用すると、図2に示すような立体的な形状もインクジェットで形成できます。従来このような微細な立体形状の造形は、真空プロセスや高価な装置などが必要でしたが、超微細インクジェットを使えば、常温大気中で基板上の狙った場所に立体的な構造物を後から付け足すこともできるのです。しかもその装置は図3のように、卓上に乗るほどコンパクトなものです。これは他の技術にはないユニークな特徴です。

私にとってのもうひとつの驚きは、手作りの装置でも結構精密なことができてしまうことでした。現在の最先端の工業製品の製造装置は非常に大きなサイズで高価なものばかりです。これは、様々な機械で組み上げられたものを重ね合わせるための精度を保证する必要があるためです。しかし、もしひとつの加工テーブルの上で必要な機能の組み込みが可能なら、装置はもっとシンプルにすることも可能です。

現在、こうした研究の過程で得た新たな視点を踏まえて、再度、第1種

基礎研究に立ち返った取り組みを始めようと考えているところです。第2種基礎研究の中で見出したエッセンスを加えることで、再び行う第1種基礎研究も一味違ったものにしたいと思います。

将来社会にもたらす効果

インクジェット技術は、必要な場所に必要量の材料を配置できる技術です。インクジェットに限らず、切る・彫る・削るといった物の作り方から、塗る・足す・付けるといった手法が今後見直されてくると考えています。それは、プリンタブルエレクトロニクスであったり、ラピッドプロトタイプであったり、ニアネットシェイプと呼ばれる技術も入るかもしれません。材料をバルクとして漫然と使うのではなく、その機能性を最大限引き出すことで、高価な装置や、クリーンルームなどが必要なくなり、製品サイズの数倍程度の大きさの装置の中で省資源・省エネルギー・低環境負荷のものづくりが可能になるかもしれません。

さらに、遠い未来にはデータによって様々なものづくりができるような工場ができ、インターネットをハードウェアの設計データ（DNA）が飛び交い、ソフトとハードが同時進化するというようなSF的世界が訪れるかもしれません。

量子ドット結晶成長初期過程の解析

核形成と結晶成長過程を区別して観測することに成功

従来、量子ドットのサイズおよび構造と光吸収スペクトルとの関係は不明であった。この研究では、反応の途中経過を光吸収スペクトルで追跡することによって、結晶核が形成される核生成過程と、結晶核が成長する結晶成長過程を区別して観測することに成功した。さらに、計算化学により結晶核の形成と成長の過程における結晶構造を推定した。

We have experimentally analyzed a crystal nucleation process and a subsequent crystal growth process in the colloidal synthesis of CdSe quantum dots. Furthermore, theoretical analysis clarifies relationships among crystal size, crystal structure, and optical absorption spectra in the primary process of the crystal growth. The techniques will contribute to the design and creation of nano-scale electronic materials such as quantum dots.

研究の背景

健康工学研究センターでは、疾患に関係する生体分子を検知して診断に役立てるため、生体分子を1分子レベルでリアルタイムにイメージングする技術を開発している。生体分子を可視化する方法である「蛍光標識技術」の一環として、蛍光プローブとして優れた特性をもつ量子ドット技術を開発している。

コロイド法で調製した半導体量子ドットのサイズと光吸収スペクトルの長波長側で観測されるHOMO-LUMO遷移と呼ばれる特徴的な極大波長の間には、相関があることが経験的に知られている。その結果は、結晶サイズ-吸収極大波長の検量線としてまとめられている。しかし、構造に関する情報が欠落していたために、量子ドットのサイズおよび構造と機能の関係が不明なままであった。例えば、直径が約

2nmのセレン化カドミウム (CdSe) 量子ドットは約75個のCdSe単位で構成されているという報告、あるいは37-125個の範囲のCdSe単位が含まれているという報告がある。これらの結果は、サイズを特定しただけではCdSe単位の個数がはっきり定まらないことを示している。また、球形を仮定して見積もられる結晶の体積すなわち結晶を構成する原子の数は、サイズの3乗に比例するので、実験で得られるサイズのバラツキが、より大きな体積のバラツキに反映される。

従来研究の問題点を解決

コロイド法を用いたCdSeの量子ドットの合成において、結晶核の生成とそれに続く結晶成長過程を実験と理論の両面から系統的に解析した。その結果、結晶成長の初期過程における結晶のサイズおよび構造との関係を解明

石川 満 いしかわ みつる
ishikawa-mitsuru@aist.go.jp
健康工学研究センター 生体ナノ計測
チーム長 (四国センター)

2002年5月に、企業から産総研に転職し、同年10月からは四国センターで「単一分子生体ナノ計測研究ラボ」の立ち上げに参画しました。2005年4月からは、ラボにおける研究・開発を発展させて、引き続き「健康工学研究センター」で光計測を主体とした生体ナノ計測の研究を指揮しています。ここで紹介した研究は、単一細胞の研究への展開を目指した一連の研究の中から生まれたものです。今年度、量子ドット蛍光標識をドラッグデリバリシステムへ応用する提案が、JSTのプロジェクトで採択されました。共同研究も含め、今後の展開が楽しみです。

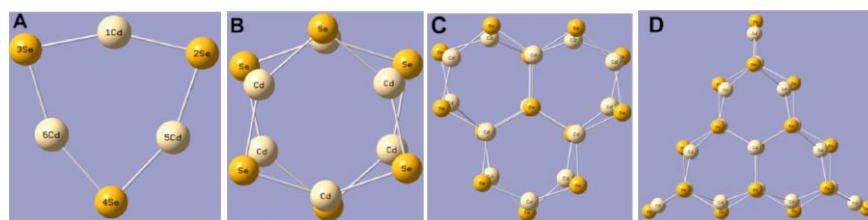


図1 計算によって推定し、物理的に妥当であることが確認されたCdSeの結晶構造
(A) (CdSe)₃、(B) (CdSe)₆、(C) (CdSe)₁₃、(D) (CdSe)₁₆

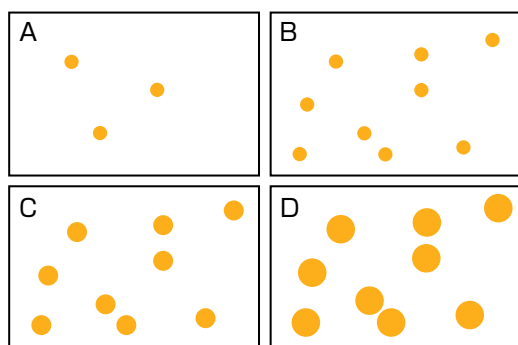


図2 結晶核の形成と増加、結晶核の成長過程の模式図。A から B で結晶核の数が増加しているが、そのサイズは一定である。B から C、D ではサイズは拡大しているが、結晶核の数は一定である。

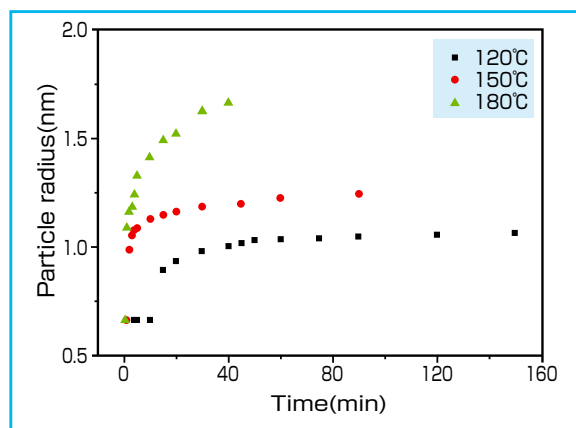


図3 CdSe 量子ドットの結晶核形成と結晶成長過程の温度依存性 (120、150、180 °C)

することができた。量子ドットに代表されるナノスケールの電子材料を設計・創製するためには、ナノ構造とその機能との関係を適切に把握することがきわめて重要である。この研究によって、量子ドットのサイズと光吸収極大波長の関係のみならず、その構造との関係も明らかになった。光吸収極大波長は量子ドットの光機能と関連しているので、この成果は、ドットの構造と機能の関係の評価法の確立につながると考えられる。

図1に計算化学の手法を用いて推定した結晶構造を示す。核形成と結晶成長の模式図を図2に、結晶核の形成とそれに続く結晶成長過程 (120、150、180°C) の解析結果を図3に示す。120°Cの場合、初めの3分以内では結晶のサイズは一定であった。この間、吸収スペクトルの極大波長は一定で、吸光度が増大した。この時間帯が図2のAとBに相当する。すなわち、結晶核のサイズは一定であるが、その数が増加しているのである。

この研究では、量子ドットの結晶構造を計算化学の手法を用いて推定した。さらに、この結晶構造が非現実的なものではなく、物理的に妥当な構造であることを、(i) 推定された構造が示す HOMO-LUMO 遷移波長と実験で

得られた HOMO-LUMO 遷移波長がよく一致すること、(ii) HOMO-LUMO 遷移波長に対応する結晶のサイズと計算した結晶構造のサイズがよく一致することによって示した。例えば、直径約 2nm の CdSe 量子ドットに 16 個の CdSe 単位が含まれていることが示された。

今後の展望

合成に使用する混合溶媒の組成に依存して、結晶成長過程が異なるという結果も得られている。しかし、その理由は現在のところ不明である。この問題を解決することが次の課題のひとつである。結晶成長過程には、配位性溶媒 (酸素、窒素、リン等を含んだ液体分子) によって結晶核の周囲に形成される溶媒のケージ構造の違いが影響していると考えられている。この研究では、比較的球に近い量子ドットについて考察した。一方、この研究では扱わなかった棒状の量子ドットの合成にお

いても、反応前駆体としてのカドミウム化合物の違い、配位性溶媒の組み合わせ、反応温度に依存してアスペクト比 (棒状量子ドットの縦横比) が制御できることが知られている。反応条件の違い、特に、溶媒に依存する結晶の形状、サイズ、そして構造を計算化学の手法で解明することはきわめて重要であるとともに、チャレンジングな課題である。より身近な問題として、通常使用する配位性溶媒が比較的高価なことが、量子ドット製造のコストを高くしているという指摘がある。結晶のサイズと構造に及ぼす溶媒効果についての理解が深まると、より安価な溶媒を用いて量子ドットを製造することが可能になることが期待される。

関連情報:

● 参考文献: J. Am. Chem. Soc. 2006, 128, 629-636.

● 関連特許: 特願 2004-129843

● 共同研究先: ラジャン ジョセ博士、元 産総研特別研究員、現在、豊田工業大学 物質工学分野 博士研究員; 東北大学大学院理学研究科化学専攻 福村 裕史 教授、ノルボン ザンペイソフ 助手

明るく発光するナノ粒子分散ガラス蛍光体

カドミウムフリー青色発光体と高輝度発光する高濃度分散薄膜の開発

蛍光を示すナノ粒子を、有害なカドミウムを使わずに水溶液法で作り出した。ZnSe ナノ粒子に Te を加え、さらに表面を ZnS で被覆した複合構造にすると、高効率の青色発光が達成された。そしてゾルゲル法により、このナノ粒子を分散した安定なガラス蛍光体を得ることができた。さらに、自己組織化を利用して、物理的に極限の高濃度でナノ粒子を分散したガラス薄膜蛍光体を作製した。その結果、輝度が飛躍的に増加し、同じ膜厚に換算すると、現在の代表的な蛍光体に比べて 30 倍程度の輝度を示した。

Light-emitting semiconductor nanoparticles without harmful cadmium have been prepared by an aqueous solution method. They are composed of Te-added ZnSe covered with ZnS, and show high emission efficiency in a blue-color region. These nanoparticles were successfully incorporated in a glass matrix by a sol-gel method and exhibit stable emission. Furthermore, a novel method based on self-organization effect was developed for dispersing nanoparticles at high concentrations in glass thin films. The brightness of the prepared glass thin films was estimated to be approximately 30 times higher than that of the conventional phosphor of the same sample thickness.

村瀬 至生 むらせ のりお
n-murase@aist.go.jp
光技術研究部門 光波制御デバイスグループ 主任研究員（関西センター）

蛍光性ナノ粒子の合成とそのメカニズム、単一粒子分光などの蛍光分光と解析、ガラス中へのナノ粒子の安定保持の他、光機能性ガラス材料の研究開発に従事。本年6月まで1年間の経済産業省研究開発課への出向を終えて現場に復帰し、ナノ粒子の具体的な応用へ向けて研究を展開する計画。



はじめに

蛍光体は、情報家電やバイオ研究など幅広い分野で利用されている。照明やディスプレイ用の蛍光体としては、従来、遷移金属や希土類のイオンを分散した無機材料が用いられてきた。しかし、これらには257nmの短波長の励起光が必要であり、また発光波長の細かい制御が容易ではなかった。近年、直径2～5nm程度のII-VI族半導体ナノ粒子は、表面状態を制御すると高効率で発光することがわかった。ところが、CdTeなど多くのII-VI族半導体には人体に有害なカドミウムが含まれているため、これが実用化のネックになっていた。また、安定な蛍光材料にするには、ナノ粒子をガラス中に分散固定する技術が必要である。われわれは、これまでに、

水溶液法で合成した水分散性のナノ粒子を、ゾルゲル法でガラス中に閉じ込める技術を開発してきた。これに加えて、輝度を高めるためにはさらに高濃度でナノ粒子を分散する技術が望まれていた。



図1 II-VI族半導体の種類と発光波長(バルク体)

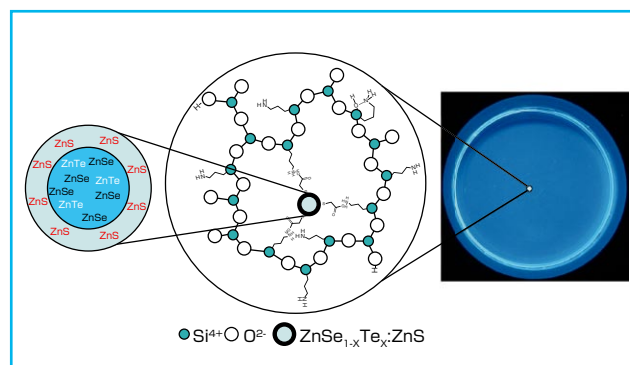


図2 ZnSeの内側にTe、外側にSを添加したナノ粒子(左)とそれを分散したガラスの内部構造(中)、紫外線により発光する様子(右)

カドミウムフリーの青色発光ナノ粒子とバルクガラス蛍光体の作製

従来、ZnSeは、紫外波長域の発光を示すことが知られていたが、450 nm 付近の青色発光を示すものはなかった。II-VI族半導体が発光の波長は、一般に、構成原子が重くなるほど長くなる（図1）。われわれは、発光波長を長くするため、ZnSeにSeよりも重いTeを添加したナノ粒子を水溶液法で合成した。さらに、光照射による分解反応を利用して表面をZnSで被覆したところ、発光ピーク450-460 nm、発光効率約30%が達成された。ナノ粒子の内部構造は、図2の左に示すとおりである。

このナノ粒子を、ゾル-ゲル法でガラス中に分散、固定した。ガラスの原料には、3-アミノプロピルトリメトキシシラン(APS)を用いた。その結果、図2の中央と右に示すような、溶液と同様の青色発光を示す安定なバルクガラス蛍光体を得ることができた。

自己配置(LbL)法による高濃度でナノ粒子を分散したガラス薄膜の作製と高輝度発光

バルク体のガラス蛍光体では、溶液攪拌中の凝集のため、分散濃度の上限は 10^{-5} mol/l程度であった。今回、吸着現象を利用した自己配置(Layer-by-layer self-assembly, LbL)法と呼ばれる方法により、分散濃度を大幅に高めた。

薄膜作製の第1段階では、APSをコートしたガラス基板に、界面活性剤を吸着させる。第2段階では、水溶液につけて、ナノ粒子の吸着層を形成させる。第3段階で、APSのトルエン溶液につけて、ガラス層の元になるAPS吸着層を形成させる。この3段階の自己組織化プロセスを繰り返して、図3に示すようにナノ粒子層とガラス層が交互

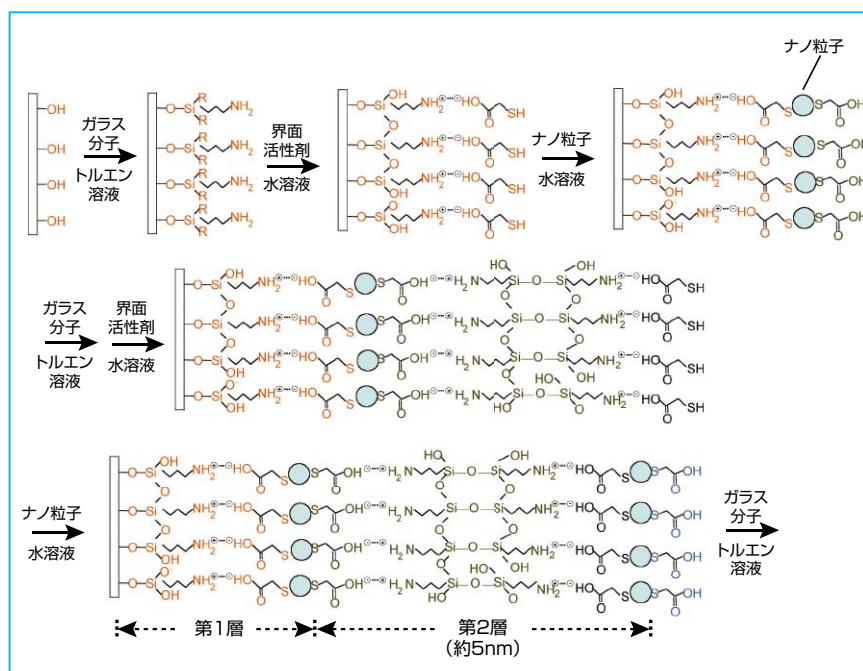


図3 自己配置(LbL)法による高濃度ナノ粒子分散ガラス薄膜の作製

に積層した薄膜を作製することに成功した。

ナノ粒子の分散濃度は非常に高く、 10^{-2} mol/lに達した。この分散濃度は、ナノ粒子間で励起エネルギーの移動が起こって蛍光の濃度消光が著しくなる直前の濃度に相当する。発光効率は、CdTeナノ粒子を用いた赤色発光薄膜では24%程度になり、十分に明るい発光が得られた。CdTeナノ粒子を用いた緑色発光薄膜や、ZnSeナノ粒子を用いた青色発光薄膜も作製することができた。

こうして得られたガラス薄膜の発光輝度を、使用できる励起波長光源の都合から赤色発光領域で現行の代表的な蛍光体($Y_2O_3:Eu$)と比較した。波長365 nmで励起した場合、ナノ粒子分散ガラス薄膜は、 $Y_2O_3:Eu$ の粉体を膜状に固めた試料と、同じ膜厚に換算して約30倍の輝度で発光すると見積もられた(図4)。

今後の展開

カドミウムフリーであることと薄くても高い発光輝度が得られることを利用して、LEDを用いた照明、ディスプレイなどに応用するため、いくつかのメーカーと連携する計画である。また、生体の蛍光プローブとしての応用の可能性も探っていく。

謝辞：この研究は、NEDOのナノガラス技術プロジェクトおよび産総研のハイテクスタートアップス制度により行われた。共同研究者の安藤昌儀氏、李春亮氏、楊萍氏に感謝する。

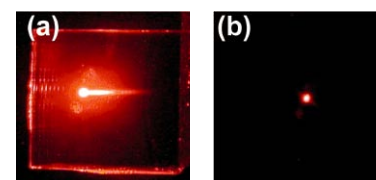


図4 ナノ粒子分散ガラス薄膜(a)と現行蛍光体(b)の発光輝度の比較(同じ励起光源を用い、同じ膜厚に換算した場合)

関連情報：

- 2006年4月24日 日経産業新聞
- P.Yang, C.L.Li, and N.Murase, Langmuir, 21 8913 (2005)

液晶性半導体を用いた高速動作FET素子

自己組織化性有機半導体開発とその素子化

物部 浩達 ものべ ひろさと (写真右)

monobe-hirosato@aist.go.jp

ナノテクノロジー研究部門 ナノ機能合成グループ 主任研究員 (関西センター)

入所以来一貫して、メソフェーズ状態を活用した円盤状液晶による光電子機能性材料の研究開発に従事している。近年は、高配向秩序液晶の配向制御手法の研究開発に取り組んでいる。1998年東京工業大学生命理工学研究科博士課程修了。同年工業技術院大阪工業技術研究所入所、2001年組織改編により産業技術総合研究所人間系特別研究体、2004年組織改編によりユビキタスエネルギー研究部門、2006年よりナノテクノロジー研究部門所属。

清水 洋 しみず よう (写真左)

yo-shimizu@aist.go.jp

ナノテクノロジー研究部門 ナノ機能合成グループ長 (関西センター)

金属錯体液晶やディスコティック液晶について、化学構造と液晶性の発現、光電導性や半導体特性といった光・電子物性とそれらの配向制御に関する研究に取り組んでいる。1986年大阪大学大学院工学研究科博士課程修了。企業での研究経験を経て1990年、当時の大工試に転職、何回かの組織改編に伴い現在に至る。現在、Liquid Crystals 誌 International Editorial Board、近畿化学協会、高分子学会関西支部等においても活動。



関東化学（株）との共同研究で開発した新しい液晶性半導体を用いて大阪大学と共同で FET（電界効果トランジスタ）素子を作製した。その動作特性は液晶性半導体素子では最高の $0.1 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ であった。これは有機半導体材料を用いた FET 素子では最高速となる。多様な溶媒に対する優れた溶解性とホッピング電荷移動に対する defect-free 性という特徴を持つこの液晶性半導体により、新たな高性能の有機電子素子の開発が期待される。

A novel liquid crystal semiconductor (LCS) developed under the collaboration with Kanto Chemicals Co. Ltd. was applied to “top-contact/bottom-gate” type field-effect transistor (FET) to investigate the FET mobility and on/off ratio with Osaka University. The LCS, a long-chain substituted dithienynaphthalene, shows the fast hole mobility of $0.1 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ in the plastic mesophase. Our FET shows the mobility of $0.14 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ at room temperature, which is in the recording class of the LCS-used FET mobility. LCSs characterized both by good solubility into various organic solvents and by “defect-free” property for electronic charge transport are expected to become a novel organic semiconductor for high performance devices.

液晶性半導体

最近の有機エレクトロニクスの進展は、目覚ましいものがある。ポリマー基板上に印刷技術によって回路を作るデバイス作製技術により、大面積でフレキシブルな軽量の電子素子が実現されている。しかもこれは耐衝撃性に優れた低コストな素子で、汎用的に、半ば使い捨て的に使用されるあらたなカテゴリーの電子機器の実現が期待されている。しかし、まだ現状は実用素子として十分な性能ではなく、材料も含めて基本的な研究開発の段階にある。

この分野では、素子としての動作性能に優れかつ生産性に優れた有機エレクトロニクス素子の実現がキーポイントになる。これまでも様々な新しい有機材料や有機薄膜中の粒界制御技術

が開発されており、今も実用化素子の開発への道を探っている。

一方、1990年代半ば、フラットパネルディスプレイ（FPD）を実現した液晶で、アモルファスシリコン並みの高速電荷移動度を示す化合物が見出された。それ以来、液晶性半導体という名とともに、液晶性化合物における電子伝導の機構などの基礎的研究から高効率の有機デバイスへの応用をめざす高移動度化や分子配向の制御に関する研究が進んできた。わが国においても近年、ディスコティック液晶やカラミティック液晶において $10^1 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 程度の電荷移動度を持つ新しい材料が報告されており、それらを用いて有機デバイスの研究が始まっている。

液晶性半導体は、ディスコティック

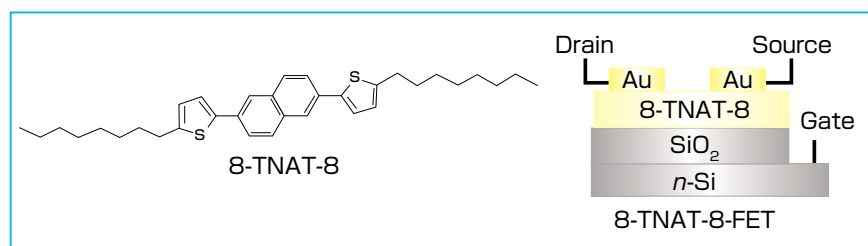


図1 液晶性半導体 8-TNAT-8 の分子構造と FET デバイス構造

液晶やカラミティック液晶の中でも、高い分子配向秩序を持つ。つまり、分子の主骨格である π 電子共役系が互いに向き合う配向をとり、電荷は分子間をホップしながら移動するホッピング機構により移動していると考えられている。この意味では、液晶でなくても結晶性、秩序性のあるソフトマテリアルであれば同様の材料の開発を期待できるという考えもあるが、液晶材料は結晶性材料に比べて分子配向を得たい形に設計することが容易である。また、電荷移動度の高速化のためには液晶における分子配向と分子運動、すなわち凝集系秩序の制御が重要である。

液晶性半導体の利点として、多様な溶媒に溶解することと、電荷移動特性が薄膜中のドメイン粒界にあまり影響されない (defect-free) という特徴があり、材料として信頼性の高い高速電荷移動特性があれば、今後、情報電子分野への新たな応用も期待できる。

液晶性有機FET素子の作製

われわれと関東化学 (株) が新しく開発した8-TNAT-8と呼ぶ液晶性半導体材料を用いて、大阪大学と共同でFET素子を作製し、その特性を評価した (図1)。その結果、これまでの典型的な有機半導体材料であるペンタセンに匹敵するFET特性を示すことがわかった。

8-TNAT-8は、飛行時間計測 (Time-Of-

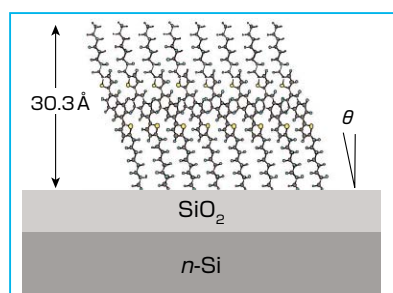


図2 HMDS処理をした SiO_2 膜上に真空蒸着成膜した8-TNAT-8薄膜の分子配向模式図

表 8-TNAT-8とペンタセンのFET特性

用いた材料	正孔移動度 μ ($\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$)	On/off 比	閾値電圧 (V)
8-TNAT-8	0.14	1.6×10^3	-27.4
ペンタセン	0.17	3.3×10^4	-10.3

Flight: TOF)法により、室温の結晶相とそれより高温側のメソフェーズにおいて $10^1 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ オーダーの電荷移動度を持つp型半導体と確認できた。今回作製したFETの構造は、図1に示すようなボトムゲート・トップコンタクト型である。液晶性半導体8-TNAT-8の薄膜をシリコン基板上に真空蒸着法で成膜し、熱酸化膜表面は、HMDS (ヘキサメチルジシラザン) により処理した。この素子は室温で正孔移動度が $0.14 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 、on/off比は1600、閾値電圧は27.4Vを示した (表)。

一方、これまで標準的な有機半導体材料として知られているペンタセンを用いて同様に作製したFET素子は移動度が $0.17 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 、on/off比は33000、閾値電圧は10.3Vを示した。このことから、8-TNAT-8を用いたデバイスはon/off比や閾値電圧では劣るものの、高速動作という点ではペンタセンとはほぼ同等の性能をもつことが明らかになった。今回、素子の作製では活性層を蒸着により形成させているが、本来、液晶性半導体の分子構造には長鎖アルキル基など一般的な有機溶媒への可溶性を高める化学構造が含まれており、インクジェットやコンタクトプリント法などの湿式の印刷法への応用が見込める。一方、ペンタセンは、溶媒への溶解性が低いことや、光によ

る酸化反応などの欠点が知られており、有機FETの実用化への大きな妨げになっている。こうしたことから、この材料による結果は液晶性半導体の実用化に大きく貢献するものである。

HMDS処理をした SiO_2 絶縁膜上の厚み100 nmの8-TNAT-8薄膜についてX線回折法で分析したところ、図2に示すように棒状分子が基板に対して傾いて並んでおり、層状構造を形成している。すなわち、ソース・ドレイン電極間においては、棒状分子 (の長軸方向) が電極に対してほぼ平行に配向しており、キャリア (正孔) の輸送に有利な分子配向をとっている。このような自己組織化的な性質が、高い電界効果移動度を示す結果につながったものと考えられる。

今後の予定

液晶性有機半導体材料8-TNAT-8は、このように有機半導体デバイスに応用できる優れた材料であるが、今後、絶縁膜表面の修飾、界面における分子配向の制御、粒界制御といった薄膜モルフォロジーなどの検討を通してデバイスとしての性能をいっそう改善し、液晶性材料の特性を活かした有機半導体への開発につなげていきたい。

関連情報:

- 共同研究者: 及川一摩 (関東化学株式会社)、横山正明、中山健一 (大阪大学)
- 平成18年3月16日産総研プレス発表「液晶性半導体を用いた高速動作FET素子—蒸着・塗布型、自発的配向材料—」
- K. Oikawa, H. Monobe, K. Tsuchiya, J. Takahashi, B. Heinrich, D. Guillon, Y. Shimizu: Chem. Commun., 5337-5339 (2005).

圧電磁石による光の制御

新しい磁気光デバイスの原理を実証

圧電磁石である GaFeO_3 の表面に光の波長程度の回折格子のパターンを刻んで光を入射し、そのブラッグ回折光を調べた結果、2パーセントに及ぶ光学的電気磁気効果の観測に成功した。得られたシグナルは回折格子を刻んでいない GaFeO_3 結晶に比べて、1000倍以上も効果が増強していることが明らかになった。

A simple method to dramatically enhance the optical magnetoelectric (ME) effect is proposed and demonstrated for a polar ferrimagnet GaFeO_3 as a typical example. We patterned a simple grating with a period of $4\text{ }\mu\text{m}$ on a surface of GaFeO_3 crystal and used the diffracted light as a probe. The optical ME modulation signal for the Bragg spot of the order $n = 1$ reaches 1–2% of the bare diffracted light intensity in a magnetic field of 500 Oe, which is amplified by more than 3 orders of magnitude compared to that for the reflection of bulk GaFeO_3 .

光の不思議な振る舞い

物質の電気分極を電場で、物質の磁化を磁場で制御することは、現在の電子技術の根幹をなすものである。さらに、今日では光と物質の電氣的もしくは磁氣的性質の相互作用を積極的に利用する新たな時代が到来しつつある。19世紀の終わりには、それを見越したようにピエール・キュリーによって、電気分極の磁場制御もしくは磁化の電場制御、すなわち電気磁気効果が物質中に存在することが指摘されていた。

また最近では、そのような電気磁気効果が光の領域においても現れることが知られている（光学的電気磁気効果）。光学的電気磁気効果とは、光の進む向きによって物質の色（反射や吸収）が異なる、すなわち光が結晶の表

から進むか、裏から進むかで吸収（反射）率が異なる効果である（図1）。興味深いことに、その変化量が、光の方向だけでなく電気分極もしくは磁化にも依存していることが知られている。そのことから、電場や磁場で光を制御することが可能で、それが新しい光デバイス開発の基本原理につながるのではないかと期待されている。

しかし、光学的電気磁気効果は一般に非常に小さいため、光磁気デバイスの動作原理として有名なファラデー効果やカー効果に比べて、全くといっていいほど知られていない。今回の成果は、従来、非常に小さいと考えられていたその効果が、圧電磁石表面に光の波長程度の周期的な溝（回折格子）をパターニングすることで、1000倍以上に

貴田 徳明 きだ のりあき

n-kida@aist.go.jp

科学技術振興機構・創造科学技術推進事業（ERATO）・十倉スピン超構造プロジェクト・オービトロニクスグループ

博士課程、博士研究員においては、巨大磁気抵抗効果を示すペロブスカイト型マンガン酸化物のパルスレーザー堆積法による薄膜成長を手がけ、それらを用いて、フェムト秒レーザーパルス照射によるテラヘルツ電磁波発生やテラヘルツ電磁波時間領域分光に関する研究を行ってきました。2003年4月にERATO・十倉スピン超構造プロジェクトに参加してからは、サブミクロンスケールにパターニングされた磁性体における光学的電気磁気効果の検証と増幅に関する研究を、強相関電子技術研究センターと共同で行っています。

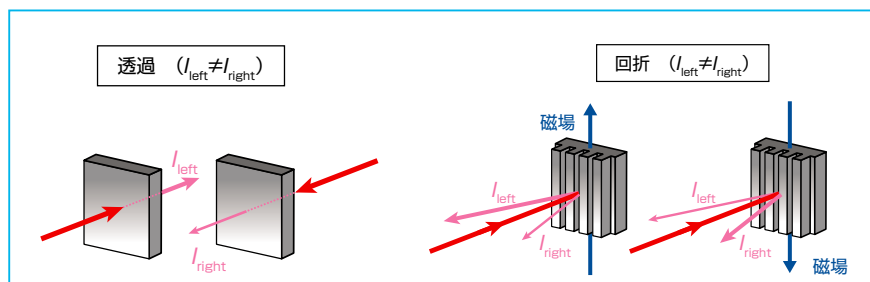


図1 光学的電気磁気効果

光の進む向きによって吸収（反射）率が異なる効果を光学的電気磁気効果と呼ぶ（左図）。このような性質を示す圧電磁石に光の波長程度のパターンを刻み、光を照射すると、回折する光の強度が左右で異なり、さらに、その変化量を磁化の方向を変えることで逆転させることができる（右図）。

増大することを実験的に示したものである。

圧電磁石に回折格子

この研究では、圧力を加えると静電気を生じる性質(圧電性)を併せ持った磁石の光応答に注目して、そのような物質が光の回折に及ぼす新たな効果の発現を目標にした。そのような強磁性体の一種であるGaFeO₃単結晶を樹脂に埋め込み、磁化容易軸(c軸)に平行に光の波長程度の周期を持つ回折格子をパターンニングした(図2)。作製した回折格子に可視光を入射させると、ブラッグの回折条件を満たすように、出射した光は回折している(図3上図と下の挿入図)。

回折された光の強度は、500エルステッドの磁場によって磁化を反転させると、最大で2パーセント程度変化することがわかった(図3下図)。また、図1右に模式的に示したように、右側に回折される光の強度が強くなると左側へ回折される光の強度が弱くなることもわかった。この回折光の強度の変化は、入射光や回折光の偏光の方向には依存しない。これは従来の磁石がもつ光に対する効果とは全く異なる性質である。また、電気分極の方向を反転させると、磁場による回折強度の増減の符号が逆転した。さらに、GaFeO₃の磁気転移温度(205ケルビン)以下で磁場変調率が増大することも確認した。

これらの結果は、この変化が電氣的、磁氣的な起源に由来していることを示している。比較のために、回折格子をパターンニングしていないGaFeO₃の光学的電気磁気効果を測定したところ、われわれの装置の分解能(0.001パーセント)以下の微弱な効果であるということがわかった。

以上から、得られたシグナルが光学

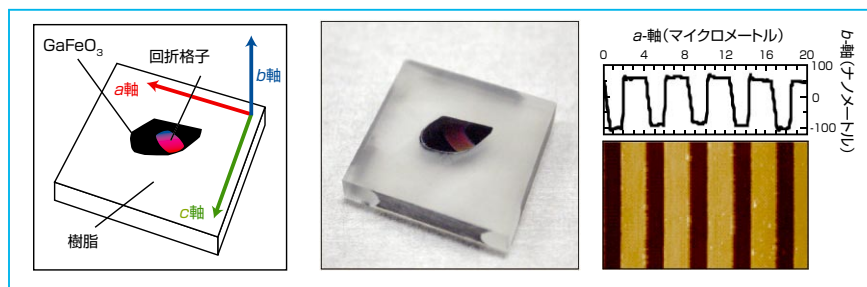


図2 作製した圧電磁石回折格子

GaFeO₃単結晶を樹脂に埋め込み、回折格子を作製した(左図)。白色の光を当てると、回折格子によって分光され、中央付近が虹色になっていることがわかる(中央図)。右の図は原子間力顕微鏡を用いて測定した回折格子とその断面。深さ150ナノメートル、周期4マイクロメートルの溝(回折格子)が作製されていることがわかる。

的電気磁気効果に起因すること、さらに、その効果が回折格子をパターンニングすることで1000倍以上も増強したことがわかった。

今後の展開

今回の発見は、学術的観点から研究されてきた光学的電気磁気効果が、次世代の光デバイスや光通信技術におけ

る基本原理の有力な候補として視野に入れることができることを示唆している。現在、観測されている効果は、応用という観点からはまだ十分ではないが、今後、圧電性を併せ持つ磁性人工格子などを実現することにより、磁場でレーザーの進行方向を自由自在に制御するといった新しい磁気光デバイスの実現が期待される。

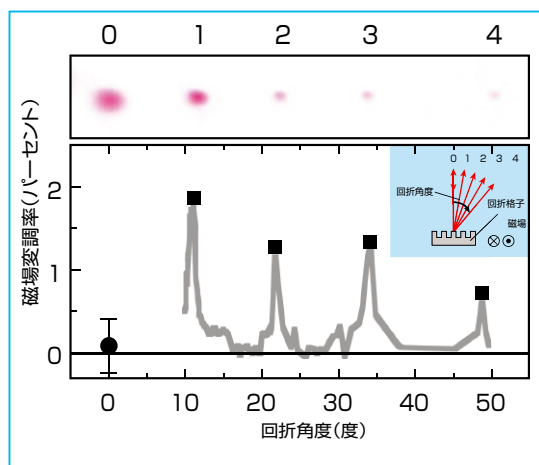


図3 光学的電気磁気効果の観測
作製した圧電磁石回折格子にレーザー光(波長785ナノメートル)を垂直に入射すると、ブラッグの回折条件を満たすように、出射する光は回折する(下挿入図)。上図は回折光の強度分布をスクリーン上に投影した結果。0は通常の反射を示している。下のグラフは、500エルステッドの交流磁場を回折格子に平行に印加した時の回折強度の変調率を測定したもので、回折次数が1の場合、2パーセントに及ぶ巨大なシグナルが観測された。

関連情報:

- 共同研究者: 金子 良夫、何 金萍、有馬 孝尚(科学技術振興機構・ERATO・十倉スピニング超構造プロジェクト)、松原 正和、佐藤 弘、赤穂 博司(強相関電子技術研究センター)、十倉 好紀(科学技術振興機構・ERATO・十倉スピニング超構造プロジェクト、強相関電子技術研究センター、東京大学工学部)
- N. Kida, Y. Kaneko, J. P. He, M. Matsubara, H. Sato, T. Arima, H. Akoh, and Y. Tokura: Phys. Rev. Lett. Vol. 96, No. 16, p.167202-1-167202-4 (2006) and EPAPS document (E-PRLTAO-96-044618).
- 特願 2005-219891「光学装置」(十倉 好紀、有馬 孝尚、永長 直人、貴田 徳明、澤田 桂、金子 良夫)
- プレス発表 2006年4月26日:「圧電磁石による光の制御」
- 日刊工業新聞 2006年4月27日号、「O plus E」Vol. 28, No.6, p571 (2006)、「OHM」2006年8月号掲載予定

卓上サイズのイオン付着・飛行時間質量分析装置

ガス状試料をソフトイオン化し、リアルタイム・広質量範囲・高精度計測を実現

質量分析はさまざまな分野で利用される重要な分析法である。今回われわれはガス状の試料を、①分子を壊さずにソフトにイオン化し、②迅速・直接計測、③高精度計測、④軽質量から重質量まで広い質量範囲の計測ができる、卓上サイズのイオン付着・飛行時間質量分析装置（IA-TOF）を開発した。これは、環境中の微量物質の分析、排出・発生ガス分析、材料・食品・医薬品分析など様々な用途に応用できる。

We have developed a new mass spectrometry based on a time-of-flight mass spectrometer combined with an ion attachment ionization technique (IA-TOF). An alkali ion attachment scheme can ionize organic molecules without producing fragment ions. The adduct ions distributing over a wide mass range can be investigated with a high mass resolution by time-of-flight mass spectrometers. A tabletop IA-TOF system was developed and applied to typical specimens in a gas-phase as well as in a solid-phase as a performance test. We have succeeded in a fragment-free ionization and a mass analysis with a high mass resolution over a wide mass range. The IA-TOF realizes an accurate and versatile real-time analysis.

齋藤 直昭 さいとう なおあき

naoaki.saito@aist.go.jp

計測フロンティア研究部門 活性種計測
技術研究グループ 主任研究員（つくば
センター）

1989年電子技術総合研究所に入所。2001年組織改編により産業技術総合研究所電力エネルギー研究部門主任研究員。2002年企画本部企画主幹。2004年計測フロンティア研究部門主任研究員、現在に至る。固体物理、超微粒子物性、レーザ・プラズマ技術など多様な研究を経て、現在は、電子・イオンビーム技術、質量分析技術等の研究開発を行っている。質量分析技術については、要素技術に関する新概念提案（第1種基礎研究）から、分析システムとしての最適化（第2種基礎研究）を経て製品化研究までの一貫した研究開発を実施している。



イオン付着・飛行時間質量分析(IA-TOF)

質量分析の原理は、①試料をイオン化し、②それらのイオンを質量ごとに分離することである。ガス状試料の現在の標準的な分析法は、電子イオン化－四重極質量分析法(EI-QMS)である。この手法の欠点を克服するため、この研究ではイオン付着イオン化法(IA)と飛行時間質量分析法(TOF-MS)を組み合わせた。開発した卓上サイズ(約50cm×80cm)の装置本体は、イオン付着イオン化部、イオン輸送部と飛行時間質量分析部からなる(図1)。

イオン付着イオン化法(IA)によるソフトイオン化

試料分子を壊さない「ソフトイオン化」の探求は、質量分析の最重要課題

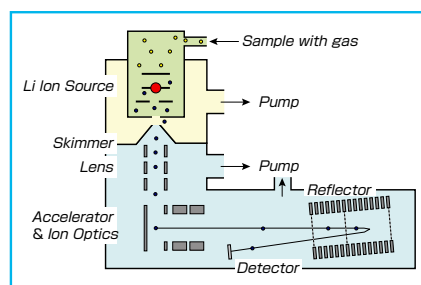


図1 イオン付着・飛行時間質量分析装置(IA-TOF)の概略図

の1つである。マトリックス支援レーザ脱離イオン化法が田中耕一氏、エレクトロスプレーイオン化法がFenn教授により開発され、両氏が2002年ノーベル化学賞を受賞したことは記憶に新しい。しかし、これらの手法はガス状試料に適用できないので、われわれの研究ではFujii教授らにより開発されたIA法を応用した^[1]。

IA法では試料分子Mにアルカリ金属イオンA⁺を付着させてイオンM+A⁺を生成する。付着で生じる余剰エネルギーは分子結合エネルギーよりも小さいので、試料分子が壊れることはない。次いで、第三体のガスで余剰エネルギーを取り去り、M+A⁺を安定化する。この研究ではアルカリ金属としてリチウムLiを用いた。

IA法には第三体のガス(100 Pa程度の窒素ガス:N₂)が必要であるが、質量分離は超高真空中で行う必要がある。これが、IA法による高性能の質量分析ができなかった理由である。そこで、開発したイオン輸送部において、ガスを差動排気し、イオンを電界レンズで効率よく質量分析部へ輸送する。

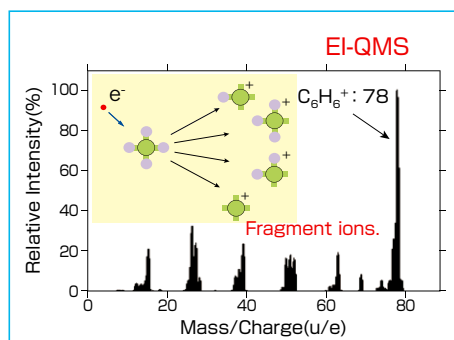
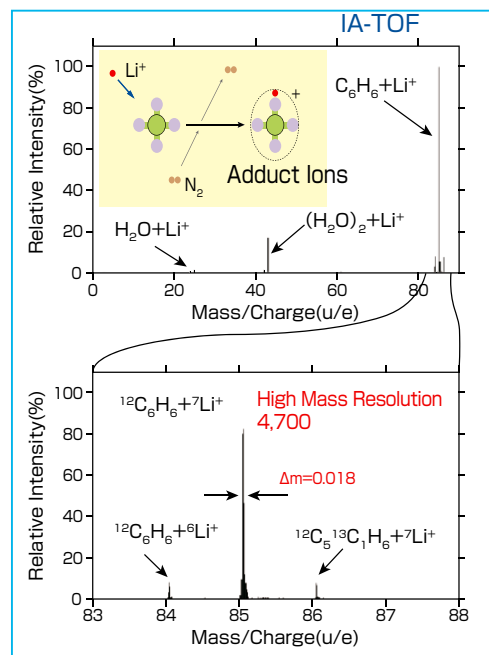


図2 (左) 電子イオン化-四重極質量分析法 (EI-QMS) により得られたベンゼン (C_6H_6) の質量スペクトル。ベンゼンイオンだけでなく、ベンゼンが壊れたフラグメントイオンが多数発生するので、混入物があっても判別できない。また、低い質量分解能の計測しかできない。

図3 (右) イオン付着イオン化-飛行時間質量分析法 (IA-TOF) により得られたベンゼン (C_6H_6) の質量スペクトル

試料分子を壊すことなくイオン化できるので、混入した不純物 (水) も同定できる。高い質量分解能により精密な分析ができる。



飛行時間質量分析 (TOF-MS) による高質量分解能・広質量範囲計測

TOF-MSでは、イオンを電場で加速し、一定距離を飛行させた後に検出器で検出する。飛行時間がイオンの質量の平方根に比例するので、飛行時間から質量を求めることができる。以前は大型装置でないと高性能は得られなかったが、装置全体の最適設計と時間分解能向上でこれを克服した^[2]。開発したTOF-MSは、高速高電圧パルス電場による垂直加速部、イオン軌道制御系、リフレクタ、高速応答粒子検出系から構成されており、高質量分解能・広質量範囲を実現できる^[3]。

大気中微量ガス物質の直接・高精度分析

大気中の微量物質の分析例として、窒素ガスで希釈したベンゼン (C_6H_6) を計測した。比較のため、市販の電子イオン化-四重極質量分析装置 (EI-QMS) による計測も行った。

図2はEI-QMSによる質量スペクトルである。質量電荷比 $m/z = 78$ のベンゼンイオン $C_6H_6^+$ の他に、イオン化の際に分子が壊れたフラグメントイオンが多数出現しているので、不純物が混入しても判断できない。したがって、混合試料の分析では、時間と手間のかかる前処理が必要となる。また、質量分解能は低く、整数質量が判別できる程度である。

これに対し、IA-TOFによる結果 (図3) は全く異なる。まず、フラグメン

トイオンがないので、混合試料でも直接計測できる。 $m/z=85$ 近くの信号はベンゼン、 $m/z=25$ や 43 近くの信号は不純物として混入した水 (H_2O) であると同定できる。次いで、高い質量分解能 (約5,000) により精密分析が可能である。リチウム (6Li , 7Li) と炭素 (^{12}C , ^{13}C) の原子同位体起因する分布も明瞭にわかる。すなわち、 $m/z=84.05$, 85.05 , 86.05 の信号は、それぞれ、 $^{12}C_6H_6+^6Li^+$, $^{12}C_6H_6+^7Li^+$, $^{12}C_5^{13}C_1H_6+^7Li^+$ である。

発生ガスのリアルタイム・広質量範囲分析

IA-TOFは、固体状の試料の分析にも応用できる。発生ガス分析の例として、ポリスチレンの昇温時の計測を行った (図4)。スチレンモノマーなどの軽質量だけでなく、 $m/z=4,000$ 程度の重質量まで広い質量範囲のガス・粒子を計測できた。われわれの知る限り、これら重質量粒子の観測例は初めてである。また、時間 (温度) ごとに刻々と変化する発生ガスをリアルタイム計測できるので、分解と気化のプロセス等の解明もできる。

今後の展開

この装置は、環境分野に限っても、大気・土壌などに含まれる有害物質の分析、工場や廃棄物処理時の材料・ガス分析などに適用できる。また、液状や固体状の試料を分解することなく気相中に取り出す技術と組み合わせれば、材料分析、食品・医薬品などの不純物分析、有機合成過程での反応管理などさらに多くの応用が可能である。

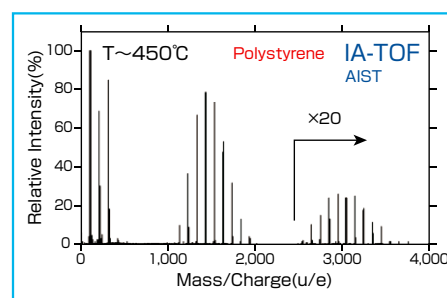


図4 ポリスチレンの昇温時に於ける発生ガスの質量スペクトル

高い質量分解能・軽い質量から重い質量まで広い質量範囲の計測を実現。時々刻々と変化する現象をリアルタイムで計測できる。

関連情報:

● 参考文献 [1] T. Fujii, Mass Spectrom. Rev. 19., 111-131 (2000). [2] N. Saito, et al, Jpn. J. Appl. Phys., 42, 5306-5312 (2003) [3] N. Saito, et al, 論文投稿中

● 共同研究者 南條純一 (計測フロンティア研究部門/東京理科大学)、大村英樹 (計測フロンティア研究部門)、小山和義、三浦永祐 (エネルギー技術研究部門)、鈴木祐一郎 (地圏資源環境研究部門)、塩川善郎、種田康之 (キャノンアネルパテックニクス (株))、谷本充司 (明星大学理工)

高強度セラミックス多孔体

高気孔率・高強度を両立させたセラミックス多孔体

特許 第3605632号 (出願2000.10)

第3366938号 (出願1999.10)

● 関連特許 (登録済み：国内6件 国外2件 出願中：国内10件)

目的と効果

高温環境や腐食しやすい環境で使用するフィルター・触媒担体・分離膜担体などにはセラミックス多孔体が用いられていますが、熱的衝撃や機械的衝撃などにさらされる場合が多いため、高い気孔率、優れた流体透過性などの特性とともに優れた強度が求められます。通常、気孔率が高くなると強度は低下しますが、粒子間の結合を強化することによって、これらの相反する特性を両立させることが可能になりました。

[適用分野]

- フィルターや触媒担体、分離膜担体など

技術の概要、特徴

セラミックス多孔体の粒子間の結合を強化する方法としては、セラミックス原料の高温処理中のその場反応を利用し、粉末間の反応を活性化することで、粒子間の結合(ネッキング)を促進させる方法があげられます。例えばドロマイトとジルコニアを原料にして焼結すると、熱分解したドロマイトの反応により、強固な3次元粒子ネットワークを有し、気孔径が極めて均一な高強度セラミックス多孔体が得られます(図1)。また、一軸加圧しながら通電するパルス通電焼結法などでは、急速昇温や粒子間の局所過熱により、微細な粒子組織を維持したまま粒子間の結合を促進させて、高強度の多孔体を作製することもできます(図2)。さらに、セラミックス多孔体の粒子や気孔の寸法、形状、配向性、分布などを制御することにより、強度の向上とともにセラミックスの欠点である脆さを克服することも可能になってきています。

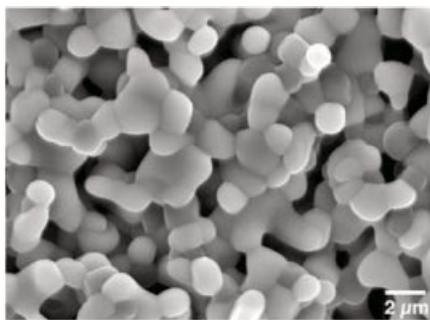
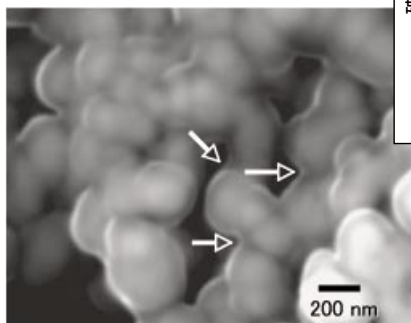


図1 その場反応合成による $\text{CaZrO}_3/\text{MgO}$ 多孔質複合材料。強固な粒子間結合を有する3次元ネットワーク構造により、強度は気孔率50%で約40MPa (通常多孔体のほぼ倍)。極めて均一な気孔径が特徴。



発明者からのメッセージ

多孔体は一般的に強度が低いという欠点がありますが、本技術はセラミックス多孔体を高強度にし、信頼性を確保するもので、セラミックス多孔体の用途拡大を推進するものです。

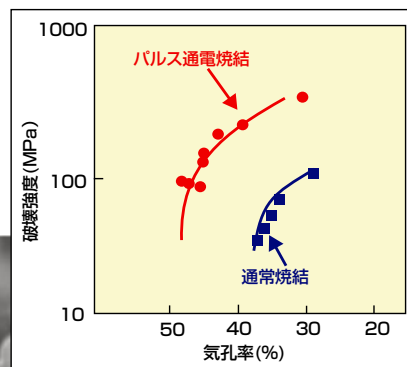


図2 パルス通電焼結によるアルミナ系多孔体の微細組織と通常焼結とを比較した強度。強固なネック成長(左図の矢印)により、強度の大幅な向上が可能。

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/>

逆ラマン共鳴を用いた高効率光 光スイッチ用微小共振器

特許 第3646160号 (出願2001.5)

● 関連特許 (登録済み：国内2件 出願中：国内1件)

目的と効果

超高速・大容量の通信・情報処理等に利用するための究極的な高速スイッチング技術として、動作・信号処理ともに光で制御できる「光-光スイッチ」の発展が期待されています。本特許は超高速性を保持したまま、高感度に信号変調を行うことを目的とした技術で、1ピコ秒を切る高速変調と3次の非線形光学感受率 $5 \times 10^8 \text{esu}$ という高感度とを両立することに成功しました。

[適用分野]

● 情報通信 ● 光エレクトロニクス

技術の概要、特徴

光-光スイッチでは、共鳴動作光（光-光スイッチに用いられるエネルギー準位と動作光の光エネルギーが一致している場合）を用いた高感度変調か、もしくは、非共鳴動作光を用いた高速変調の、どちらか一方の性能を向上させるのは比較的容易ですが、その両立は非常に困難で、そのための開発が現在も続けられています。ここでは、両者のトレードオフを改善するために、動作光を逆ラマン共鳴に一致させることで超高速変調を担保し、信号光を励起子共鳴に一致させることで高感度性を保持しました。さらに両者をそれぞれ微小共振器中の共振器モードに一致させることで超高速性と高感度化とを両立したまま増大させることが出来ました。同時に、動作光を導波モードとすることで外部に逃がすことが可能となり、熱効果の低減にも大きく寄与できるようになりました。ここではPICと呼ばれる高非線形光学材料である分子集合体を用いていますが、原理的には逆ラマン共鳴を持った励起子系であれば他の材料系においても適用可能です。

発明者からのメッセージ

微小共振器をより高度に制御したフォトニック結晶の設計・作製精度の向上で、さらなる高感度化が期待でき、その面での開発を継続中です。

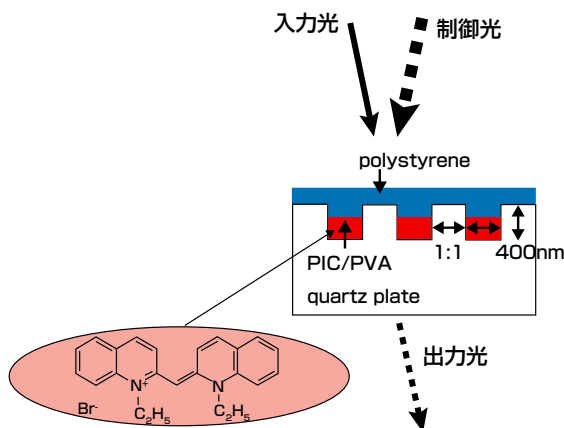


図1 微小共振器を用いた光-光スイッチの概念図

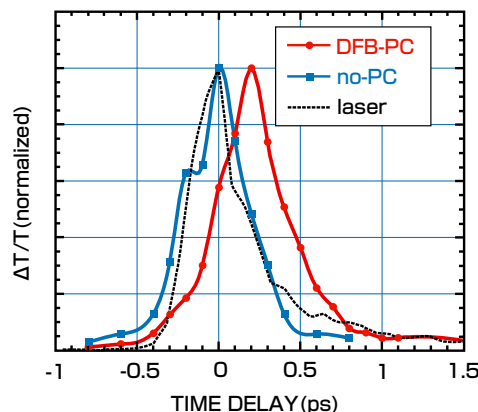


図2 微小共振器光-光スイッチの応答速度：黒線はレーザーパルス波形、青線は共振器のない時のスイッチング波形、赤線は微小共振器中のスイッチング波形、縦軸は規格化しており、赤線は青線の10倍の大きさを持つ。

産総研イノベーションズ
(経済産業省認定 TLO)

紹介案件担当者 山上

〒305-8568
つくば市梅園 1-1-1
産業技術総合研究所
つくば中央第2

TEL : 029-862-6158
FAX : 029-862-6159
E-mail : aist-innovations
@m.aist.go.jp

第2回責任あるナノテクノロジーの研究開発に関する国際対話開催報告

第2回国際対話事務局 技術情報部門 石津さおり、関谷瑞木、石橋賢一、根上友美、阿多誠文

6月27日～28日、学士会館において“Second International Dialogue on Responsible Research and Development of Nanotechnology”が開催され、20カ国及びEC、台湾の関係者88名が参加しました。

これまでの経緯

ナノテクノロジーは、素材、IT、バイオなど広範な産業の基盤に関わる21世紀の最重要の技術と捉えられており、その期待は非常に大きいものです。しかし、その反面、予測できない負の側面の可能性が指摘され、これが漠然としたリスク不安へ結びつきつつあります。

そのため、2000年以降欧米では、ナノテクノロジーの研究開発段階から社会受容を一緒に考えていくという新しい試みが進められてきました。

国際対話は、ナノテクノロジーの研究開発プログラムを持つ国及び地域の政府関係者がナノテクノロジーの責任ある研究開発を推進するために非公式に意見交換を行うことを目的として、アメリカのナノテクノロジーの研究開発推進の中心人物であるDr. M. Roco（全米科学財団：NFS）の呼びかけにより、2004年6月に米国で初めて開催されました。これによりナノテクノロジーの社会的影響について情報共有と共通認識を形成していく国際的な枠組みが形成されました。その際に国際的に包括的な意見交換を今後も継続していく必要があるとして、今回の国際対話を日本で行うことが決定されました。



国際対話の概要

当国際対話の開催にあたっては、実行委員会を組織し、産総研吉川理事長、物質・材料研究機構(NIMS)岸理事長、総合科学技術会議阿部議員が共同議長となり、事務局を産総研田中フェローが担当しました。

冒頭で、田中フェローからオープニングが行われ、阿部議員からの日本の第3期科学技術基本計画の紹介に続き、吉川理事長の基調講演では、新しい技術の社会受容の歴史的背景や、調和のとれた社会受容のあり方について提言が行われました。その後、産総研が2004年に組織し現在NPOとしてタイに事務局を置くAsia Nano Forum (ANF)、米国、ECの代表からそれぞれの地域等の取組状況について報告が行われました。

田中フェローのオープニングでは、第1回の国際対話が行われて以降、2004年8月から急速に高まった日本に

おけるナノテクノロジーの社会的影響に関する動きについて話がありました。産総研が中心となり、当時、情報共有を行う場すらなかった日本の中で当該問題に対する包括的な検討を行う場を形成し、2006年3月には政策提言をまとめるに至ったことを世界に発信することができました。

午後からは5つの分野に分かれて分科会を行いました。28日午前中は各分科会からまとめの報告が行われ、引き続きTim Mealey氏による国際対話全体のまとめが行われ、岸理事長の挨拶で閉会しました。

Break Out Session (分科会)

ナノテクノロジーの研究開発のため
①環境・健康・安全 (EHS)、②倫理、社会的影響 (ELSI)、③教育・人材育成、④途上国支援、⑤ナノテクノロジーの標準化という5つの課題について、初日の午後から4時間にわたり個別に分



科会を行いました。各分科会においては、参加者からのプレゼンテーションを実施し、議長を中心に課題に対する国際的な情報交換を行い、それぞれの問題点の整理や提言を取りまとめることができました。最終日にはその内容が分科会の議長から検討内容について報告が行われました。

EHSは各国ともに関心が高く分科会の中で一番多くの人が集まり、参加者全てがプレゼンテーションを行う時間がとれず調整を行う場面もありました。現在、当分野では経済協力開発機構（OECD）やThe International Risk Governance Council（IRGC）など様々な国際的な取組が進められてきており、議論也多岐に渡りました。

今回初めて教育・人材育成、ナノテクノロジーの標準化という分野が取り入れられました。

教育・人材育成については、台湾ではK-12という取組が進められており、教育問題の重要性を訴え、大学生より若い世代からナノテクノロジー教育を行っていくことで、次世代の研究者を育てるとともに、社会全体にナノテクのベースとなる基礎科学の知識を身につけることを目的として精力的に活動を行っていることが報告されました。

ナノテクノロジーの標準化についてはこの2年で一気に議論が加速し、国際的には国際標準化機構の専門委員会ISO/TC229が組織され、日本においても標準化に関する調査委員会を設置し、ISOへの対応が行われています。この国際対話の前週には日本でISO/TC229の会合が開かれたところであり、今回の対話の目的は、ISOのような国際的な枠組みにいろいろな事情から参加できない地域の意見を取り入れる場をどのように形成していくかについて検討することにあります。今後、シンガポールが中心となり、ANFのフレームにナノテクノロジーの標準化に関する作業委員会を発足、ならびにこの作業委員会とISO/TC229とがリ

エゾン関係を結ぶことで、ISOのメンバーシップを持っていないアジアの国や経済圏のISOへのアクセスを向上させていくことが提案されたことは、大きな進展であります。

Evening session

初日の夜には、阿部議員主催の晩餐会が行われ、松田科学技術担当大臣が日本の新たな科学技術戦略について講演を行いました。また、国連大学安井副学長を座長に神奈川科学技術アカデミー藤嶋理事長から光触媒に関する招待講演が行われました。その後素晴らしい食事が振舞われ、和やかな談笑が続きました。

国際対話の成果及び今後の検討課題

国際対話においては、前回の政府関係者だけという限られた人、限られた議論の場でなく、学識経験者、それぞれの課題における専門家、産業界、マスコミなど幅広い分野の方々の参加によって、理念だけではなく、より深く課題に対する検討を行うことができました。今後、関係者としてNGO、企業を含め、また、アジアを始めさらに多くの国々の参加が求められました。

今回の国際対話で議論した内容を積極的に具体化していくことで“Responsible Innovation”に到達できる、という意見が述べられましたが、この言葉は今回の対話が指し示したキーメッセージではなかったかと思えます。

今回はアジアで初のナノテクノロジーの包括的な社会的影響に関する会議となり、これまで欧米に主導されていた当該分野について、日本における関係者の認識の高まり、日本の活動の成熟度及びアジア・オセアニアの国々で組織するANFの活動やタイ、中国、台湾などアジア諸国におけるナノテクノロジーに関する進展を紹介することができたことが2年前とは大きく異な



るものであったと考えます。

また、最近の中国のナノテクノロジーに関する国全体としての積極的な動きを見据え、アジアにおけるリーダーシップを日本がとっていくことを示すことができたことは、今後の日本のナノテクノロジー分野の更なる発展を優位に進めていくために有意義であったといえます。

今後、今回の成果を含むナノテクノロジーの社会的影響に関する研究を広く発信していくとともに、個別の取り組みを見ながら、国際的に包括的な議論を行う場として更に国際対話を活用していく必要性を感じました。

日本国内においては、総合科学技術会議を中心に明確な将来ビジョンやイノベーション創造の道筋を示すため政府が一体となって、議論を進める必要性を強く感じました。また、これまでの知見を元に、産総研が核となり、公的研究機関として、政府への働きかけを行うとともに、ナノテクノロジー関連民間企業が積極的に標準化やその他施策に協力・関与できるよう、両者の橋渡しを行っていくことが重要と考えます。これらにより、ナノテクノロジーの社会受容を促進するとともに、さらなるナノテクノロジーの発展及び産業の創生に寄与していきたいと考えています。

土壌汚染現場のリスクを評価するシステム

地圏環境における合理的なリスク管理を目指して

土壌汚染対策の現状と問題点

企業用地や市街地等の土壌汚染による環境問題が大きくクローズアップされている。近年、産業活動に起因した土壌・地下水汚染の事例が増加しており、平成15年には土壌汚染防止法が施行された。法施行に伴い事業所や市街地における土壌・地下水汚染のリスクを適切に管理することが求められ、そのためには汚染現場の調査・モニタリングによって取得したデータを用いた汚染状態の程度、規模、拡がりなどの技術的な評価を行うことが必要となっている。また、汚染評価の結果や

化学物質の情報をもとに、人や生態系に対する影響について定量的に評価することも必要である。しかし、これまでわが国では人への健康リスクを評価する統一的な手法がなく、土壌汚染のリスク管理を実施するための技術基盤が十分とは言えなかった。

地圏環境リスク評価システムの開発

このような社会状況やリスク評価の重要性を背景として、産総研は、化学物質による健康影響の発生確率と影響度(毒性値)を基礎として、土壌・地下水汚染による健康リスクを定量的に

評価するためのコンピュータシステムを日本で初めて開発した。この評価システムを地圏環境リスク評価システム(Geo-environment Risk Assessment System) GERAS (図)と名づけた。

GERASは、土壌や地下水が汚染されている現場ごとの評価に適しており、化学物質の人への暴露量およびリスクを算出できることが大きな特徴である。また、Windows (2000以降) のパソコン上で容易に使用することができる。産業活動や市民生活における自主的なリスク管理の取り組みを行うための評価ツールとして活用していただ

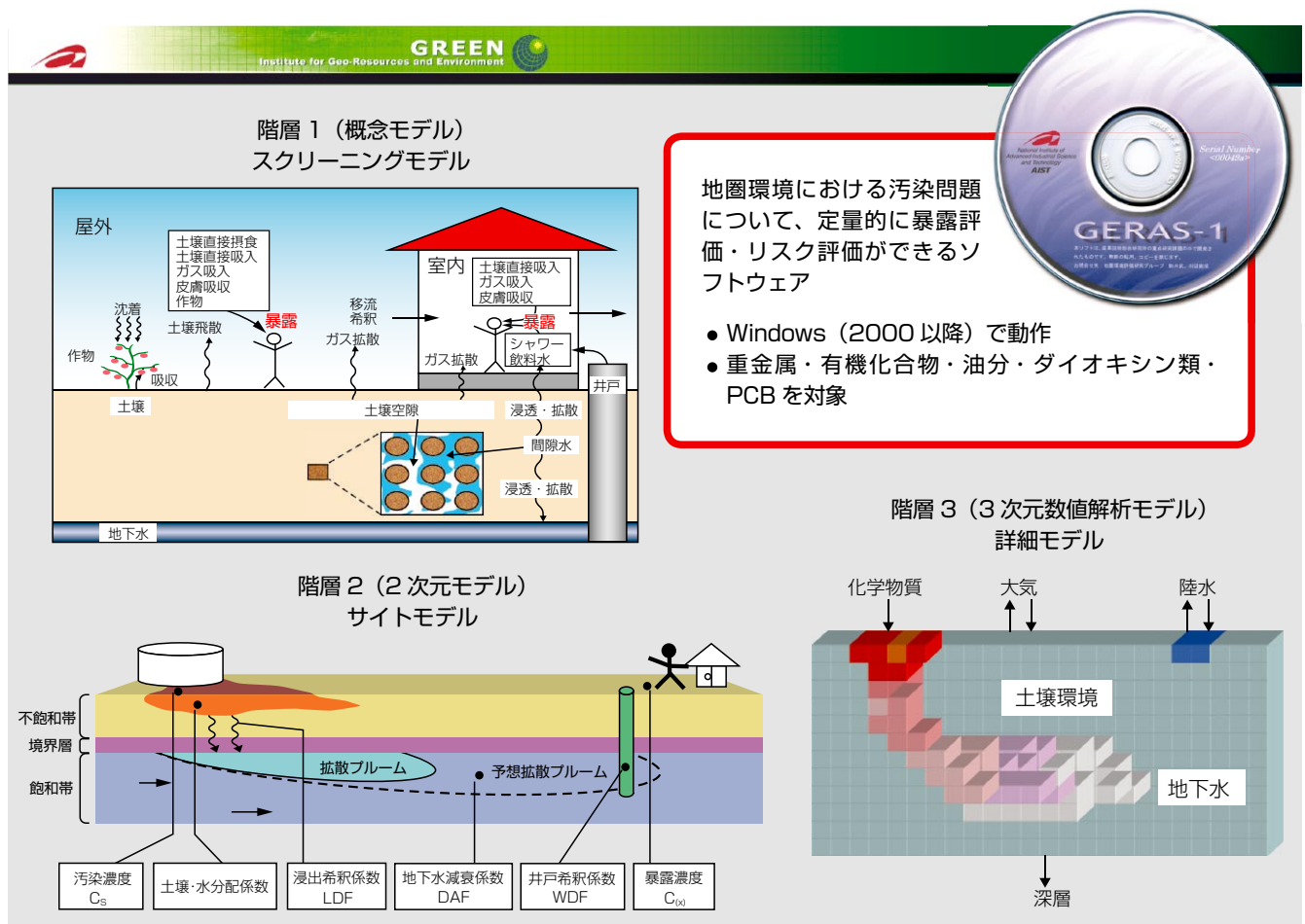


図 地圏環境リスク評価システム (GERAS) の構成

きたい。GERASによって暴露評価・リスク評価が可能な汚染物質としては、土壤汚染対策法で規定されている重金属等、揮発性有機化合物に加えて、油分、PCB、ダイオキシン類などがあげられる。

この開発に向けての基礎的な研究では、土壤汚染に関わる暴露評価とリスク評価の方法論を確立するとともに、サイトモデルで使用する計算式の妥当性を確認した。また、わが国における土壤特性や人への暴露条件などを反映させて、汚染現場の内部あるいは外部に居る人の暴露量とリスクを算定することを可能にした。これと同時に、土壤・地下水の特性、汚染物質の物性や毒性などのデータベースを整備することにより、利用者に親しみやすいコンピュータシステムとした。

リスク管理ツールとしての普及

GERASは、土壤・地下水汚染によるリスク評価をはじめ、生態系への環

境影響や汚染浄化の効果などのリスク管理にも適用可能である。現在、土壤・地下水汚染のリスク評価システムとして社会への技術移転・普及を実施している。GERASは、図のように暴露評価とリスク評価を基礎とした健康影響の判定および浄化目標の設定のための“スクリーニングモデル”と、汚染現場の土壤特性、汚染物質の分解特性などを考慮して個別サイトのリスクを評価する“サイトモデル”から構成されている。このうちスクリーニングモデルは、すでに多数の事業所や自治体などによって試行的な使用がされている。サイトモデルの開発完了後、専門家の審査・評価を受けて、2006年3月に公開するにいたった。公開して以来6月までに、すでに300を超える企業や自治体に配布し、土壤汚染対策などの実務に利用されている。

今後、事業所などの自主的な環境リスク管理、油分や難分解性化学物質のような未規制対象物質のリスク評

価、土壤汚染対策のリスク低減効果の把握、汚染現場に特有の土壤特性や地下水の流れを反映させるなど、土壤汚染現場に即したリスク管理ツールとしての活用の拡大を期待している。GERASの要素として、これまで“スクリーニングモデル”および“サイトモデル”を完成させたので、今後は、汚染物質の移流・拡散、土壤吸着および微生物分解などの特性を解析できる3次元リスク評価モデルである“詳細型モデル”を開発していく予定である。

なお、GERASは下記ウェブページからの申し込みによって、CD-ROMの形で無償配布を行っている。ぜひご活用いただきたい。

<http://unit.aist.go.jp/georesenv/>

用語説明

暴露評価・リスク評価：暴露量とは、人が環境を経由して摂取する化学物質の量のことをいい、暴露評価は暴露量をさまざまな条件で算定する。リスク評価は、有害化学物質による健康影響の発生確率と毒性値の関連で健康リスクを算定する。

地圏資源環境研究部門（つくばセンター）

駒井 武

E-mail : takeshi-komai@aist.go.jp

<http://unit.aist.go.jp/georesenv/geoanalysis/>

GERASの開発およびそれに関連する研究は、地圏資源環境研究部門の重点研究課題として、地圏環境評価研究グループの各研究員の協力の下で行われた。また、GERASの公開・普及にあたっては、研究グループの高田貞江さんにご協力をいただいた。これからも、行政や産業界、国民各層へのGERASの普及をすすめ、合理的な土壤汚染のリスク管理の方策を提案していきたい。

共同研究者：川辺 能成、杉田 創、竹内 美緒、原 淳子



GERAS 研究開発チーム（後列右端が駒井）

アルセノベタイン標準物質の開発

精確なヒ素化合物分析のための標準物質

アルセノベタイン標準物質の必要性

無機ヒ素化合物である亜ヒ酸〔As(III)〕は人体に対して猛毒である^[1]。そのため、法令では環境中の総ヒ素濃度が厳しく定められている。しかし、自然界におけるヒ素は、幾つかの化学形態をとり、その形態によってヒ素の毒性は大きく異なる。また、化学形態に依存する分析感度差^[2]などもあり、精確な定量は困難である。

ヒ素化合物の1つであるアルセノベタインは、生物生体中に多く存在し、特に魚介類中のヒ素はほぼアルセノベタインとして存在している。魚介類を食べることが諸外国より多い日本の食文化では、ヒ素化合物を多く摂取していることになるが、アルセノベタイン自体は人体に対して無害である^[3]。

複数のヒ素化合物が存在する試料を取り扱う場合、化学形態に依存する分析誤差などが問題となりうるため、試料中に多く含まれるアルセノベタイン

の精確な分析が不可欠となる。しかし、これまでは国内でSI（国際単位系）へのトレーサビリティが確保されたアルセノベタイン標準物質はなく、精確な分析や分析操作の精度管理などが難しかった。われわれは、アルセノベタインの分析法の妥当性および分析操作の精度管理などに使用することを主な目的としてこの標準物質を開発した。

標準物質の調製

アルセノベタイン合成試薬は、 $(\text{CH}_3)_3\text{As}$ を $\text{BrCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$ とベンゼン溶媒を用いて反応後、生成した $(\text{CH}_3)_3\text{As}^+\text{CH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5\text{Br}^-$ を陰イオン交換樹脂によって精製および濃縮し、 $(\text{CH}_3)_3\text{As}^+\text{CH}_2\text{COO}^-$ としたものである。この原料物質を量り取り、純水で溶解したものを、褐色ガラス容器に10 mLずつ充填、密閉した。充填した容器は、透明ビニール袋に1本ずつ真空梱包し、候補標準物質とした。

認証のための精確な分析法

特性値決定のための測定では、一次標準測定法である同位体希釈質量分析法などを組み込むことが望ましいが、ヒ素は安定同位体が1つであるため同位体希釈質量分析法は適用できない。そのため、特性値の決定では①誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）、②誘導結合プラズマ発光分光分析法（ICP-AES）、③黒鉛炉原子吸光分析法（GFAAS）および④高速液体クロマトグラフィー-誘導結合プラズマ質量分析法（HPLC-ICP-MS）の複数の分析法によって測定した。

認証値および不確かさの決定

化学形態に依存する分析感度差をなくし、SIへのトレーサビリティを確保するため、アルセノベタインを前処理によって無機ヒ素化合物とした後、JCSS^[4]ヒ素標準液による総ヒ素濃度の定量を行った。アルセノベタインの前

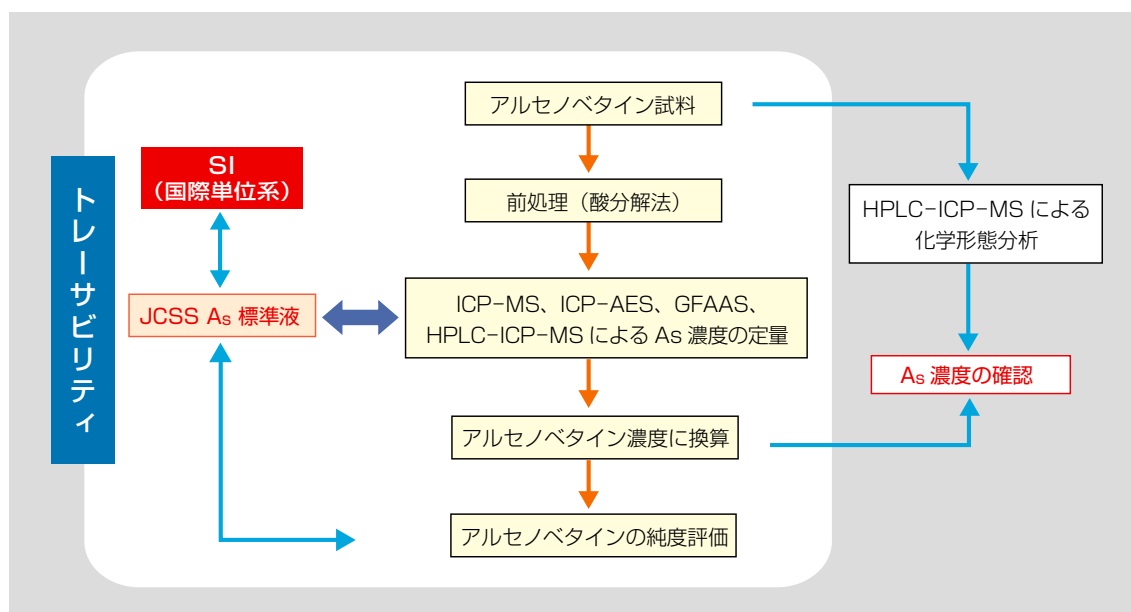


図1 SIにトレーサブルな分析操作の概略

処理には、無機ヒ素化合物へ100%分解可能な硝酸-過塩素酸-硫酸混合溶液による加熱酸分解法を使用した^[2]。

酸分解後の試料中ヒ素濃度の定量には、前述の①から④の方法を用い、JCSSヒ素標準液を基準とした総ヒ素の定量を行った。これら4つの分析方法によって得られた定量値から、重み付け平均によって候補標準物質中の総ヒ素濃度を求めた。また、不純物ヒ素化合物を確認するため、候補標準物質を前処理することなく、④HPLC-ICP-MSによって化学形態分析をした。その結果、候補標準物質中には、アルセノベタインの他に有機ヒ素化合物の1つであるトリメチルアルシノキシド (TMAO)が0.3%存在していた。よって、総ヒ素量における0.3%はTMAO由来のヒ素量とし、特性値決定の際に除外した。すなわち、重み付け平均したヒ素の99.7%をアルセノベタイン由

来とした。その結果、候補標準物質中の総ヒ素濃度は、 8.406 mg kg^{-1} であった。このヒ素量をヒ素の原子量およびアルセノベタインの分子量を用いてアルセノベタイン濃度に理論換算し、アルセノベタインの特性値とした。

特性値の不確かさ要因には、定量に用いた標準液、値付け、分析方法間、試料の均質性、前処理法、不純物化合物およびIUPAC (国際純正応用化学連合)における原子量の不確かさがある。これらにもとづき、拡張不確かさ ($k=2$) を特性値の不確かさとした。この標準物質のアルセノベタイン濃度認証値は、 $19.98 \pm 0.47 \text{ mg kg}^{-1}$ ($k=2$)である。

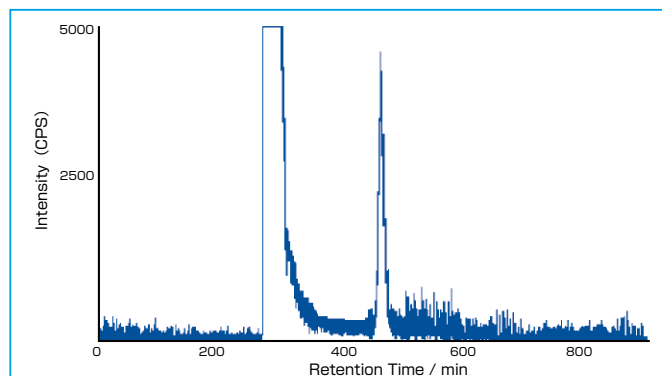


図2 候補標準物質を化学形態分析した際のクロマトグラム
左側ピーク: アルセノベタイン
右側ピーク: TMAO



図3 アルセノベタイン水溶液
NMIJ CRM 7901-a

本標準物質の利用と期待

標準物質NMIJ CRM 7901-aは2005年11月に認証を終え、2006年1月より一般に頒布が開始されている^[5]。HPLC-ICP-MSを用いた有機ヒ素化合物の化学形態分析が盛んに行われている昨今、本標準物質が活用されることにより、ヒ素化合物の精確な分析法の開発、信頼性の向上に結びつくことに期待している。

関連情報

- [1] MSDS No. JW01472, 三酸化ヒ素
- [2] T. Narukawa, T. Kuroiwa, K. Inagaki, A. Takatsu and K. Chiba : Applied Organometallic Chemistry, 19, 239-245 (2005)
- [3] 平野靖史郎: 有害化学物質に対する暴露指標と感受性要因に関する研究, 国立環境研究所ニュース, Vol. 21, No. 6, pp. 5 (2003), 独立行政法人 国立環境研究所, ISSN 0916-6262
- [4] JCSS: 計量法に基づく校正事業者登録制度
- [5] <http://www.nmij.jp/kosei/user/crm.html>

計測標準研究部門 (つくばセンター)

成川 知弘

E-mail: tomohiro-narukawa@aist.go.jp
<http://www.nmij.jp/envnm-std/profile.html>

私立大学講師や国内外におけるポストドクの立場で、環境をキーワードにした研究に携わってきた。今後は、可能な範囲で社会に役立つ分析法の開発や標準物質の開発と供給などに取り組みたい。



産総研産業変革イニシアティブで新テーマ開始

新たなロボット産業の創成をめざす

■ ユーザ指向ロボットオープンアーキテクチャの開発

ユーザの多様なニーズに応えるロボットを、モジュールを組み合わせることで簡単に低コストで効率良く開発できるアーキテクチャを開発します。製品レベルに近い次世代ロボットの開発を通じてその有効性を社会に示すことによって、あらゆる企業が参入できる新たなロボット産業の創成を目指します。

モジュールの組み合わせによるロボット開発を実現

これまでのロボットはメーカーごとに独自の仕様で開発されてきましたが、ハンド、センサ、二足歩行制御などのロボット要素機能が標準化・規格化され、取替え可能な機能モジュールとして十分に用意されていれば、それらを自由に組み合わせて、ユーザの多様なニーズに応えられる様々なロボットを容易に開発できるようになります。

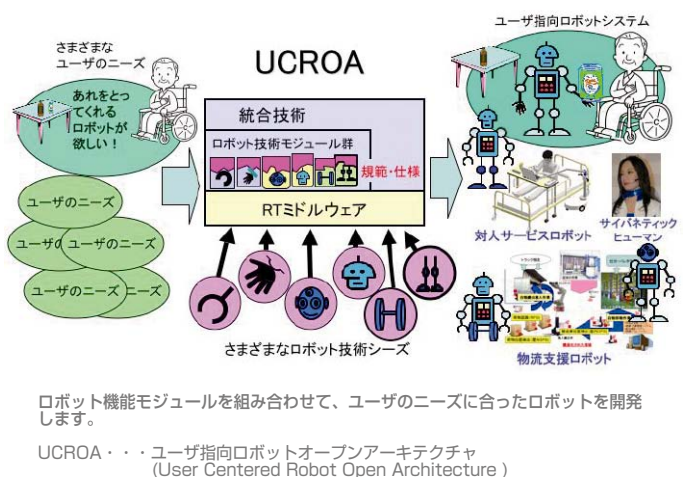
このプロジェクトでは、実際にロボット機能モジュールを用意し、産業化を見据えた次世代ロボットを開発します。産総研には多くのロボット技術のシーズが蓄積されています。これらをRTミドルウェアと呼ばれる統合技術を用いてモジュールとして組み合わせ、製品レベルに近いロボットを効率良く開発できることを実証します。具体的には、近い将来に実現可能で大きな市場が期待できる(1)物流支援ロボット、(2)対人サービスロボット、(3)見た目や動きが人間そっくりのヒューマノイドロボット(サイバネティックヒューマン)の三種類のロボットを開発します。

プロジェクトで得られるモジュール群とその規範・仕様を公開することで、あらゆる企業が利用できるユーザ指向ロボットオープンアーキテクチャの確立を目指します。このアーキテクチャが浸透すればロボット製品の一般化・低価格化が進み、必要な人が誰でもロボットを利用できる社会の到来が期待されます。

プロジェクトがもたらす効果予測

このプロジェクトの産業化へのシナリオでは、既存のロボット機能モジュールを独自のアイデア・シーズと組み合わせることで、ニーズに応じたロボットを低コストで容易に開発できることがポイントとなります。このことを社会に示して新規参入のハードルを下げ、様々な企業が用途に応じたロボットを生産できる新たなロボット産業の創成につなげていきます。

3年間の計画で今年度から開始されたこのプロジェクトは、株式会社ナムコ、株式会社ココロなどとの共同研究を予定しています。



「産総研産業変革イニシアティブ」は、次のような特徴を備えています。

- 新産業創出に向けた明確なシナリオを持った連携
- 産業技術開発の「死の谷」を乗り越えるための産学官連携
- 大型予算の投入による短期間のプロトタイプ開発と、短期間(2～3年)で生み出される目に見える成果

これによって、技術シーズから産業創出にいたる効果的なナショナルイノベーションシステムの構築が実現するとともに、産総研がそのハブの機能を果たすことで迅速な新産業創出へとつなげることができると期待されています。

各種表彰受賞

日本女性科学者の会奨励賞、超伝導科学技術賞、日本非破壊検査協会奨励賞

◆ 日本女性科学者の会奨励賞

日本女性科学者の会は「女性科学者の友好を深め、各研究分野の知識の交換をはかり、女性科学者の地位の向上を目指すとともに、世界の平和に貢献すること」を目的として1958年4月に設立されました。日本学術会議19期（2003年）から第4部登録学術団体となり、理學振興研究連絡委員会メンバー、科学教育研究連絡委員会オブザーバーとしても活動しています。1995年に設けられた「日本女性科学者の会奨励賞」は、自然科学分野での研究業績において将来性を期待でき、その達成のために努力していると認められる方に贈られる賞です。今回第11回奨励賞を産総研生物機能工学研究部門 佐藤 縁氏が受賞いたしました。

佐藤 縁 （生物機能工学研究部門 バイオセンシング技術研究グループ 主任研究員）

「有機単分子層修飾による界面電子移動制御と分子認識に関する研究」

受賞者のコメント: 歴史と伝統ある会の奨励賞を頂くことができ、大変うれしく思います。そろそろ「若手」とは言い難くなりましたし、一方で子育て期も重なって、あらゆるマネジメントに苦しみがちなのこの時期に奨励賞をいただけたことは大変な励みになりました。いつもこのような私と一緒に仕事をしてくださっている周りの方々（上司、同僚の皆さん）、旧工技院時代から続く「女性も仕事をしやすい職場環境」にも心から感謝したいと思います。



◆ 超伝導科学技術賞

超伝導科学技術賞は、最初の高温超伝導体が発見された年から10年目に当たる平成8年に、超伝導科学技術研究会によって創設されました。超伝導科学技術の研究に関して卓越した業績を残された方に贈られる賞で、今回、産総研から葛西直子氏が受賞いたしました。

葛西 直子 （エレクトロニクス研究部門 超伝導計測デバイスグループ 客員研究員）

「SQUIDに関する基盤及び応用研究への寄与」

受賞者のコメント: 1980年代後半から超伝導磁気センサSQUIDの応用研究を行なってきました。特に医療への応用、非破壊検査への応用研究では産総研（前身である電総研を含めて）も先導的役割を果たしてきました。このたび、この分野への寄与を認めていただき受賞したことは、大変名誉でうれしく思っております。最近では、脳磁計は多くの病院で臨床に利用されるまでになりました。高温超伝導SQUIDが高性能化し、信頼度も向上してきましたので、さらに種々のSQUID装置の有用性が証明され、実用機として世に受け入れられていくことを期待しています。



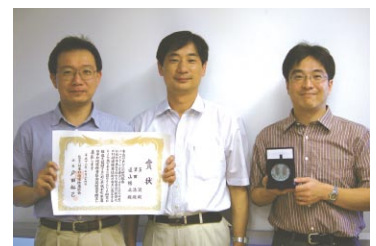
◆ 日本非破壊検査協会奨励賞

日本非破壊検査協会奨励賞は、昭和54年に創設され、単一年度の研究発表の中から、将来を期待される優れた研究に対して贈られる賞です。今回、産総研から計測フロンティア研究部門構造体診断技術研究グループが受賞いたしました。

王 波、津田 浩、遠山 暢之 （計測フロンティア研究部門 構造体診断技術研究グループ）

「パルスレーザ走査法による三次元任意形状物体表面を伝わる超音波の映像化」

受賞者のコメント: 非破壊検査は見えないものを視えるようにする技術ですが、現在、欠陥検査の手法として広く普及している超音波探傷法は一次元の信号波形から欠陥情報を取り出す「聴く」技術が主流です。これを「視る」技術にすべく、我々は、レーザを利用した超音波伝搬の映像化技術に取り組んでいます。今回、この技術の新規性、有用性が認められたことは、今後、研究の応用展開を図る上で非常に大きな励みになるものです。受賞理由の中で、本技術が実構造物における超音波計測の信頼性の大幅な向上を期待させるものであると、高く評価していただきましたが、その期待に応えるべく、今後、実用化に向けた研究開発に真剣に取り組んでいきたいと考えています。



今回受賞の津田氏（左）、王氏（中央）、遠山氏（右）

*グループ長の高坪純治氏は、既受賞者であるため受賞対象外となっています。

独立行政法人産業技術総合研究所の役職員の報酬・給与等について

I 役員報酬等について

1 役員報酬についての基本方針に関する事項

- ① 平成 17 年度における役員報酬についての業績反映のさせ方
理事長の業績反映額は、経済産業省独立行政法人評価委員会（評価委員会）の業績評価を踏まえ決定する。
その他の役員の業績反映額は、評価委員会の項目別の業績評価及び役員としての業務に対する貢献度等を総合的に勘案し、理事長が決定する。
- ② 役員報酬基準の改定内容
法人の長 月例支給額及び業績反映額の改定により、年間総額は△ 0.10％
理事 月例支給額及び業績反映額の改定により、年間総額は△ 0.13％
理事（非常勤） 改定無
監事 月例支給額及び業績反映額の改定により、年間総額は△ 0.02％
監事（非常勤） 改定無

2 役員の報酬等の支給状況

役名	平成 17 年度年間報酬等の総額				就任・退任の状況	
	報酬(給与)	賞与	その他(内容)		就任	退任
法人の長	千円 24,503	千円 18,706	千円 5,797	千円 0		
理事 (8 名/12 人)	千円 155,516	千円 118,271	千円 35,460	千円 1,785 1,293 (通勤手当) 492 (単身赴任手当)	平成17年10月1日 1人	平成18年3月31日 3人
理事 (非常勤) (1 名/12 人)	千円 2,160	千円 2,160	千円 0	千円 0		平成17年9月30日 1人
監事 (1人)	千円 12,273	千円 10,590	千円 1,484	千円 199 199 (通勤手当)		
監事 (非常勤) (7/12 人)	千円 800	千円 800	千円 0	千円 0	平成18年3月7日 1人	平成17年10月26日 1人

注：「その他」欄には手当等が支給されている場合は、例えば通勤手当の総額を記入する。

3 役員の退職手当の支給状況(平成17年度中に退職手当を支給された退職者の状況)

区分	支給額(総額)	法人での在職期間		退職年月日	業績勘案率	摘 要
法人の長	千円	年	月			該当者なし
理事A	千円 11,944	年 4	月	平成17年3月31日	1.0	独立行政法人評価委員会による業績評価により業績勘案率が決定され、産総研役員退職手当規程に基づき支給支給額は、平成16年度に当該役員に対して一部支給されている分(10,148千円)を含む支給された退職手当の総額
理事B	千円 11,944	年 4	月	平成17年3月31日	1.0	独立行政法人評価委員会による業績評価により業績勘案率が決定され、産総研役員退職手当規程に基づき支給支給額は、平成16年度に当該役員に対して一部支給されている分(10,148千円)を含む支給された退職手当の総額
理事C	千円 4,268	年 3	月	平成18年3月31日	－	産総研役員退職手当規程に基づき支給支給額には、業績勘案率が決定してから支給される退職手当の額が未支給であり、含まれていない
理事D	千円 4,268	年 3	月	平成18年3月31日	－	産総研役員退職手当規程に基づき支給支給額には、業績勘案率が決定してから支給される退職手当の額が未支給であり、含まれていない
理事E	千円 4,268	年 3	月	平成18年3月31日	－	産総研役員退職手当規程に基づき支給支給額には、業績勘案率が決定してから支給される退職手当の額が未支給であり、含まれていない
理事A (非常勤)	千円	年	月			該当者なし
理事B (非常勤)	千円	年	月			該当者なし
監事A	千円 3,281	年 2	月	平成17年3月31日	1.0	独立行政法人評価委員会による業績評価により業績勘案率が決定され、産総研役員退職手当規程に基づき支給支給額は、平成16年度に当該役員に対して一部支給されている分(1,901千円)を含む支給された退職手当の総額
監事B	千円	年	月			該当者なし
監事A (非常勤)	千円	年	月			該当者なし
監事B (非常勤)	千円	年	月			該当者なし

Ⅱ 職員給与について

1 職員給与についての基本方針に関する事項

① 人件費管理の基本方針

第2期中期目標期間中の人件費総額見込み内において管理する。
総人件費に対して、管理部門の人件費が占める割合を引き下げる。

② 職員給与決定の基本方針

ア 給与水準の決定に際しての考慮事項とその考え方

独立行政法人通則法第63条を基本として、人事院給与勧告等を考慮し決定する。

イ 職員の発揮した能力又は職員の勤務成績の給与への反映方法についての考え方

毎年度行う短期評価(目標設定管理型)と一定の評価対象期間を経て行う長期評価からなる評価制度により業績評価を実施する。
短期評価の結果は、賞与の一部である業績手当に反映。長期評価の結果は、昇格、昇給により俸給等に反映。

〔能力、勤務成績が反映される給与の内容〕

給与種目	制度の内容
賞与：勤勉手当 (査定分)	短期評価の結果を次年度の賞与に反映。業績手当の額は、評価期間の属する3月31日における基準給与等を基礎額として100分の50から100分の200(特定職員は100分の250)の範囲内で決定。 業績が極めて顕著な場合は、基礎額の100分の500の範囲内で決定することができる。

ウ 平成17年度における給与制度の主な改正点

- ・俸給月額を一律0.3%引き下げ。
- ・配偶者にかかる扶養手当を月額500円引き下げ(13,500円→13,000円)。
- ・12月賞与のうち、業績手当(勤勉手当相当)に0.05ヶ月分を上乗せ。

2 職員給与の支給状況

① 職種別支給状況

区 分	人員	平均 年齢	平成17年度の年間給与額(平均)			
			総額	うち所定内		
				うち 通勤手当	うち 賞与	
常勤職員	人 2,466	歳 45.2	千円 9,138	千円 6,706	千円 90	千円 2,432
事務・技術	人 617	歳 42.1	千円 6,924	千円 5,010	千円 115	千円 1,914
研究職種	人 1,836	歳 46.2	千円 9,903	千円 7,293	千円 81	千円 2,610
医療職種 (病院医師)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
医療職種 (病院看護師)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
教育職種 (高等専門学校教員)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
その他医療職種	人 7	歳 45.1	千円 6,254	千円 4,461	千円 44	千円 1,793
技能・労務職種	人 6	歳 57.8	千円 6,231	千円 4,476	千円 57	千円 1,755

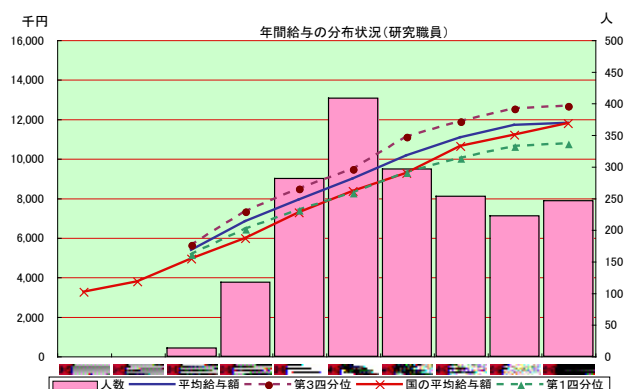
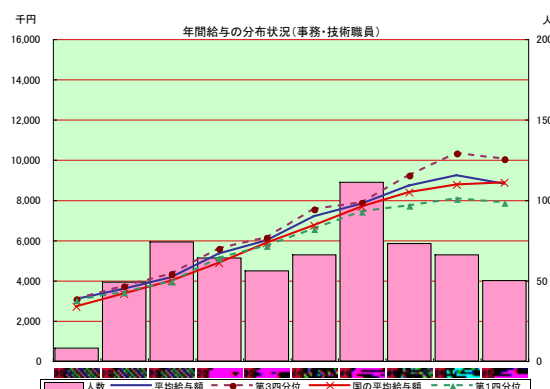
在外職員	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
任期付職員	人 265	歳 38.0	千円 8,436	千円 6,194	千円 95	千円 2,242
事務・技術	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
研究職種	人 265	歳 38.0	千円 8,436	千円 6,194	千円 95	千円 2,242
医療職種 (病院医師)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
医療職種 (病院看護師)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
教育職種 (高等専門学校教員)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円

区 分	人員	平均 年齢	総額	平成17年度の年間給与額(平均)		
				うち所定内	うち 通勤手当	うち 賞与
再任用職員	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
事務・技術	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
研究職種	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
医療職種 (病院医師)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
医療職種 (病院看護師)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
教育職種 (高等専門学校教員)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円

非常勤職員	人 362	歳 35.9	千円 2,995	千円 2,995	千円 57	千円 0
事務・技術	人 177	歳 39.3	千円 1,783	千円 1,783	千円 71	千円 0
研究職種	人 185	歳 32.8	千円 4,155	千円 4,155	千円 44	千円 0
医療職種 (病院医師)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
医療職種 (病院看護師)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円
教育職種 (高等専門学校教員)	人 0	歳	千円	千円	千円	千円

注：常勤職員については、在外職員、任期付職員及び再任用職員を除く。

② 年間給与の分布状況（事務・技術職員／研究職員）〔在外職員、任期付職員及び再任用職員を除く。以下、⑤まで同じ。〕



注：①の年間給与額から通勤手当を除いた状況である。以下、⑤まで同じ。

（事務・技術職員）

分布状況を示すグループ	人員	平均年齢	四分位	平均	四分位
			第1分位		第3分位
代表的職位	人	歳	千円	千円	千円
・主幹・室長代理	108	48.9	7,610	7,845	8,078
・職員	122	28.1	3,510	3,803	4,057

・本法人には本部課長・本部係員相当職が置かれていないため、原則として「本部課長」「本部係員」を掲げるところ、代わりに「主幹・室長代理」「職員」を代表的職位として挙げた。

（研究職員）

分布状況を示すグループ	人員	平均年齢	四分位	平均	四分位
			第1分位		第3分位
代表的職位	人	歳	千円	千円	千円
・主任研究員（リーダークラス）	291	48.2	10,327	11,107	11,960
・主任研究員	897	46.2	8,632	9,585	10,312
・研究員	305	37.2	6,740	7,038	7,559

・本法人には本部課長相当職が置かれていないため、原則として「本部課長」を掲げるところ、代わりに「主任研究員（リーダークラス）」を代表的職位として挙げた。

③ 職級別在職状況等（平成18年4月1日現在）（事務・技術職員／研究職員）

（事務・技術職員）

区分	計	5級	4級	3級	2級	1級
標準的な職位		部門長	部長、室長	室長代理、主幹、主査 事務マネージャー	主査、事務マネージャー	職員
人員 (割合)	人 617	人 7 (1.1%)	人 67 (10.9%)	人 277 (44.9%)	人 143 (23.2%)	人 123 (19.9%)
年齢 (最高～最低)		歳 54～49	歳 59～42	歳 59～38	歳 57～31	歳 33～22
所定内給与年額 (最高～最低)		千円 10,441～8,511	千円 8,936～6,436	千円 6,984～4,588	千円 4,914～3,116	千円 3,604～2,072
年間給与額 (最高～最低)		千円 14,158～11,621	千円 11,941～8,890	千円 9,436～6,400	千円 6,781～4,357	千円 4,916～2,907

（研究職員）

区分	計	5級	4級	3級	2級	1級
標準的な職位		研究ユニット長 副研究ユニット長	研究グループ長 研究チーム長 主任研究員	主任研究員 研究員	研究員	研究員補
人員 (割合)	人 1,836	人 742 (40.4%)	人 568 (30.9%)	人 463 (25.2%)	人 63 (3.4%)	人 0 (0%)
年齢 (最高～最低)		歳 59～39	歳 59～34	歳 59～32	歳 52～28	歳 —
所定内給与年額 (最高～最低)		千円 11,940～6,715	千円 8,112～5,453	千円 7,208～4,101	千円 5,351～3,176	千円 —
年間給与額 (最高～最低)		千円 16,232～9,139	千円 10,864～7,513	千円 9,816～5,725	千円 7,282～4,469	千円 —

④ 賞与(平成17年度)における査定部分の比率(事務・技術職員／研究職員)

(事務・技術職員)

区分		夏季(6月)	冬季(12月)	計
管 理 職 員	一律支給分(期末相当)	% 58.3	% 61.4	% 60.0
	査定支給分(勤勉相当)	%	%	%
	(平均)	41.7	38.6	40.0
	(最高～最低)	43.6 ～ 36.7	40.4 ～ 34.2	41.9 ～ 35.4
一 般 職 員	一律支給分(期末相当)	% 67.6	% 69.8	% 68.8
	査定支給分(勤勉相当)	%	%	%
	(平均)	32.4	30.2	31.2
	(最高～最低)	39.6 ～ 27.6	37.4 ～ 25.7	38.5 ～ 26.6

(研究職員)

区分		夏季(6月)	冬季(12月)	計
管 理 職 員	一律支給分(期末相当)	% 58.1	% 61.1	% 59.7
	査定支給分(勤勉相当)	%	%	%
	(平均)	41.9	38.9	40.3
	(最高～最低)	61.1 ～ 37.1	58.2 ～ 34.2	59.6 ～ 35.6
一 般 職 員	一律支給分(期末相当)	% 67.8	% 70.0	% 69.0
	査定支給分(勤勉相当)	%	%	%
	(平均)	32.2	30.0	31.0
	(最高～最低)	43.6 ～ 27.3	41.3 ～ 25.4	42.4 ～ 26.3

⑤ 職員と国家公務員及び他の独立行政法人との給与水準(年額)の比較指標(事務・技術職員／研究職員)

(事務・技術職員)	対国家公務員(行政職(一)) 104.0	対他法人(事務・技術職員) 96.7
(研究職員)	対国家公務員(研究職) 106.0	対他法人(研究職員) 103.5

注：当法人の年齢別人員構成をウエイトに用い、当法人の給与を国の給与水準（「対他法人」においては、すべての独立行政法人を一つの法人とみなした場合の給与水準に置き換えた場合の給与水準を100として、法人が現に支給している給与費から算出される指数をいい、人事院において算出

給与水準の比較指標について参考となる事項

国家公務員の学歴構成と比較して、当所は、特に研究職員に高い学歴の職員が多い（博士号を取得している職員は全職員の内60.0％）

Ⅲ 総人件費について

区 分	当年度 (平成17年度)	前年度 (平成16年度)	比較増△減	中期目標期間開始時(平成17年度) からの増△減
給与、報酬等支給総額 (A)	千円 29,594,701	千円 28,270,599	千円 (%) 1,324,102 (4.7)	千円 (%) — (—)
退職手当支給額 (B)	千円 2,273,440	千円 3,291,706	千円 (%) △1,018,266 (△30.9)	千円 (%) — (—)
非常勤役職員等給与 (C)	千円 9,112,745	千円 9,003,165	千円 (%) 109,580 (1.2)	千円 (%) — (—)
福利厚生費 (D)	千円 4,239,880	千円 3,540,762	千円 (%) 699,118 (19.7)	千円 (%) — (—)
最広義人件費 (A+B+C+D)	千円 45,220,766	千円 44,106,232	千円 (%) 1,114,534 (2.5)	千円 (%) — (—)

※上記の「最広義人件費」と損益計算書における「研究業務費」のうちの人件費と一般管理費のうちの人件費との和が異なるのは、「最広義人件費」には、通勤手当に係る消費税が含まれ、退職給付引当金が含まれないため。

総人件費について参考となる事項

・最広義人件費の増加要因

「給与、報酬等支給総額」について、平成17年度は、第2期中期目標期間におけるミッション達成のため職員が増加していること及び職員の平均年齢の高齢化による平均給与額の上昇により、前年度比4.7%増。「最広義人件費」はこれらの理由に加え、高齢者雇用への対策、非公務員型独立行政法人化に伴う社会保険への加入義務等による負担増により対前年度比2.5%増。

・行政改革の重要方針による人件費削減の取組の状況

1. 人件費削減のための方式

5年間で5%以上の人件費削減(削減率:5.0%)但し、平成17年度(競争的研究資金による職員にかかる人件費を除く給与、報酬等支給総額29,336,933千円)を基準としている。

第2期中期目標期間(平成17年4月1日～平成21年3月31日)においては、4年間で4%以上の人件費を削減する。

2. 公務員の給与構造改革の反映(具体的な方針等)

公務員の給与構造改革を踏まえ、俸給について公務員の俸給引き下げと同様の引き下げ措置を講ずる。また、公務員の調整手当から地域手当の変更については、産業技術総合研究所発足時に調整手当を廃止して職責手当を導入していることから、職責手当において、地域手当への変更と同水準の改正を実施する。

Ⅳ 法人が必要と認める事項

特になし。

「パロ」映画化記者会見

今や産総研の顔とも言うべき、アザラシ型メンタルコミットロボット「パロ」が出演するドキュメンタリー映画「メカニカル・ラブ」の製作が開始され、



左から、Sigrid Dyekjær プロデューサー、Freddy Svane 駐日デンマーク王国大使、Phie Ambo 監督、柴田崇徳主任研究員

その国内記者会見が6月20日、駐日デンマーク王国大使館にて行われました。取材には、ロボット関係の出版社やパロの製作工場がある富山県のテレビ局など数社がおとずれました。会見は、たいへん和やかな雰囲気の中、「パロ」を開発した知能システム研究部門柴田崇徳主任研究員、Phie Ambo監督、プロデューサーのSigrid Dyekjær（いずれもデンマーク人女性）、Freddy Svane駐日デンマーク王国大使他の出席で進行し、「パロ」の概要、映画化の狙いや今後の撮影・公開予定などの説

明がなされました。会見によると、この映画は、2007年2月まで撮影を行ない、同年11月のオランダでの映画祭に出展、その後一般公開予定とのことです。



北海道大学・産総研ジョイントシンポジウムを開催

6月20日、北海道大学学術交流会館において、北海道大学と産総研の包括連携協定締結1周年を記念する、ジョイントシンポジウムが開催されました。

このシンポジウムは、「知の創造」と「知の活用」における連携の現在の活動状況を地域に報告するとともに、研究者同士の交流を通じた更なる連携強化、新規研究課題の発掘等を目指して開催されたもので、192名の参加がありました。

主催者を代表して中村睦男北海道大

学総長の挨拶、来賓の南山英雄北海道経済連合会会長の挨拶の後、吉川理事長より「産総研のミッションと北海道大学との連携」と題した、基調講演が行われました。産総研と大学における研究環境の違いや、今後の更なる連携の進め方など、時にはユーモアを交えた分かりやすい講演はたいへん好評でした。

コーヒーブレイク・ポスターセッションの後、ナノテク分野・計算科学分野・分散型科学分野・地質科学分野における

北海道大学・産総研双方の研究者より、研究報告が行われ、今後の更なる連携が約束されたことは、大いに意義のある成果と言えるでしょう。



ポスターセッションでの質疑の様子

バイオウィーク in Sapporo 2006を開催

7月4日～5日、札幌市ホテルモントレエーデルホフにおいて、産総研ゲノムファクトリー研究部門の夏の恒例イベントとなったシンポジウム「バイオウィーク in Sapporo 2006」が開催され、約200名の参加者を得ました。6回目となる今年は、『特殊環境微生物の最新研究動向ー特殊環境におけるバイオテクノロジー』



ベルギー・リエージュ大学の Charles Gerday 博士による特別講演

と題して、ベルギー・リエージュ大学の Charles Gerday 博士による特別講演の他、産総研研究者6名と国内8名の研究者による発表が行われました。

曾良理事による開会挨拶の後、第1セッションは、深海、疎水環境、高放射線、高温などの特殊環境に生息する微生物の最近の研究成果についての発表があり、日本が特殊環境微生物に関して世界トップクラスの施設や研究レベルを有していることが示されました。第2セッションでは、ゲノム解析および特殊環境下で機能する酵素について、比較ゲノムなどの先端研究や実用化されている酵素・微生物製剤など、基礎研究から産業応用に至るまで幅広く議論されました。第3セッ

ションでは、低温や有機溶媒存在下、また分子シャペロン融合など、特殊環境下における高効率タンパク質生産系が取り上げられました。

全体を通して、生物の多様性の解明とそれらの機能を産業に生かす技術開発に関して、さまざまな議論がなされました。最後に鎌形ゲノムファクトリー研究部門長による閉会挨拶で幕を閉じました。



シンポジウム会場内の様子

国際標準化機構ナノテクノロジー技術委員会(ISO/TC229)第2回総会を開催

次世代産業の中核をになう基盤技術として期待されるナノテクノロジー、この研究開発と産業化が、技術の標準化によって円滑・効果的に推進されることを目標に、国際標準化機構にナノテクノロジー技術委員会が設置されて1年が経過しました。日本では、ISOへの代表加盟機関である日本工業標準調査会(JISC)からTC229対応国内審議団体として認められている産総研が事務局を務め、産業界のご協力を得て国内審議を運営してきましたが、このたび第2回総会が、6月21日～23日、産総研臨海副都心センターにおいて開催されました。

米、英、仏、独、加、中、韓など16カ国から67名の代表団と3リエゾン機関から5名に加え、30名以上のオブザーバーが参加する中、オープニングセッションでは、議長Dr. Peter Hatto(BSI)の開会宣言に続いて、経済産業省 片

山さつき政務官から歓迎挨拶、(株)日立製作所 中村道治副社長と大阪大学 森田清三教授から産業界・学界の状況紹介をいただき、日本におけるナノテクノロジー分野への期待と高いポテンシャルを各国へアピールしました。引き続き、技術委員会に設置された作業グループ(WG1:用語命名法、WG2:計測キャラクタリゼーション、WG3:健康環境安全)の戦略議論が展開されました。特に、産総研計測フロンティア研究部門 一村部門長が国際コンペナーを務めるWG2では、カーボンナ



国際コンペナーを務める一村研究部門長



ノチューブを中心とするナノマテリアルを規定する測定法の標準化について、日本代表団長である産総研 小野理事をはじめ産業界代表から発表があり、基本的な方針が受け入れられるなどの成果が上がりました。ナノテクノロジー安全にかかわる規制当局から緊急作業の要請があることも紹介されましたが、まず、各WG間の戦略ロードマップの調整を進め、本年末に韓国で行われる第3回総会から具体的な国際標準提案がスタートする予定です。

シンポジウム「戦略的な研究評価について」を開催

7月5日に、産総研臨海副都心センターにおいて開催したシンポジウム「戦略的な研究評価について」では所内外から約120名の参加者が集まり、研究機関が戦略的に自らの研究課題の設定、研究資源の配分等を効率的に実施し、高質でインパクトの大きなアウトカムを創出するために有効な評価のあり方と、評価の効果的活用について集中的に議論しました。

平澤 冷東京大学名誉教授からは、研究開発がシーズを出発点とする研究主導型からニーズに基づく戦略主導型へと転換するにあたって、社会経済的基準に基づく評価が必須となり、社会科学・経営の視点からの評価人材が重要となることが指摘されました。NRC Canadaの Bruce Baskerville博士からは、NRCにおける戦略プランの策定からR&Dプログラムレベルの活動評価に至る一体的な体制が紹介さ

れ、戦略的意志決定を有効に支援するためにはプランニングと評価が“One pass”であることの重要性が指摘されました。伊藤菁我協和メデックス代表取締役社長からは、研究テーマ選定にあたってマイルストーンを設定しGo/Not Goの意志決定を迅速化することが重要であり、産総研はベンチマークをしっかりと把握した上で企業、大学との連携を強化することが重要との指摘がありました。この後、Fraunhofer Japanの Lorenz Granrath博士、GE インターナショナル・インクの大橋広和氏を加え、「戦略的に研究評価をどう活かすか」をテーマにパネル討論を行い、活発な議論を展開しました。最後に吉川理事長が、我が国の重層的な研究開発体制の中で各階層における戦略的プランニングがきちんと評価されることが重要であり、現状では末端に評価が集中していることが

課題であると指摘しました。

このシンポジウムを通じて、研究開発機関の戦略的活動を支援する目的で評価を活用することの重要性に関して、多くの示唆に富む指摘を得たことが大きな成果でした。



パネル討論での活発な議論

「持続的社會を目指した科学技術に関する日中円卓会議」を開催

7月4日、中国・北京において、持続的社會を目指した科学技術に関する日中円卓会議が開催されました。この会議は、「日中の科学技術の有識者が相携えて、世界喫緊の課題である『循環型社会、持続可能な発展の実現』を目指して議論することに意義がある、日中の有識者が組織の代表ではなく個人として参加することとしたい」との路甬祥・中国科学院院長の呼びかけに、有馬朗人・日本科学技術振興財団会長(元文部大臣)、吉川弘之・産総研理事長が応じ、この3者が発起人となって開催の運びとなったものです。

出席者は、産総研からほかに中島尚正理事、山崎正和理事、赤井智子環境化学技術研究部門高機能ガラスグループ長、さらに大学、公的研究機関、企業等から、中国側は、中国科学院傘下の研究所長、局長、大学、および国のエネ

ギー政策を所掌する国家發展改革委員会から、日中約15名ずつ、あわせて約30名、出席者全員がひとつのテーブルを囲み、Plenary Sessionの後、エネルギー、材料、持続性製造技術の3テーマについて議論を行い、最後に、議論の内容を踏まえ、日中双方の代表が締めくくりました。

会議では、まず発起人から、路院長が、「本年より開始された第11次5カ年計画でも循環型・資源節約環境調和型社会の建設が重要課題として謳われており、この分野で先進的な日本の経験を学びたい」とし、有馬会長は、「水俣病を例に、日本の環境政策の失敗を中国は他山の石としてほしい」と述べ、吉川理事長は、「伝統的な経済成長から持続可能な産業構造へ重心をシフトせねばならない、そのためにはイノベーションが必要で、その有力な方法論として産総研の提唱する『本格研究』がある、具体的には、分散型・再生可能を含めたエネルギー源の選択、使用後をあらかじめ考慮したものづくり『インバース・マニファクチュアリング』が重要」との見方を示しました。引き続き個別3テーマにおいても活発な意見交換がなされ、特にエネルギー・環境問題の中国における現状、数値目標を含む

詳細なデータ、第11次5カ年計画を含め重点課題等が示されました。最後に、このような重要な問題を議論するプラットフォームとして、本会議を継続的に開催することが提案されました。

持続的社會を目指した科学技術に関する日中円卓会議

時期：2006年7月4日(火)
場所：北京新世紀日航飯店
テーマ：Science and Technology for Sustainability
発起人：中国科学院 院長 路甬祥
日本科学技術振興財団 会長 有馬朗人
産業技術総合研究所 理事長 吉川弘之

プログラム：
① Plenary Session
路甬祥(中国科学院院長)
有馬朗人(日本科学技術振興財団会長)
周鳳起(国家發展改革委員会能源研究所高級顧問)
吉川弘之(産総研理事長)
牛文元(國務院参事)
長尾 真(情報通信研究機構理事長)

司会：
施尔畏(中国科学院副院長)
中島尚正(産総研理事)

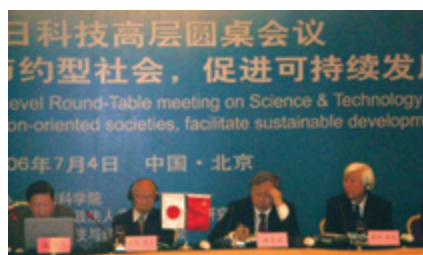
② Discussion
(1) Energy
moderator：
包信和(中国科学院大連化学物理研究所所長)
山崎正和(産総研理事)
話題提供：
周大地(国家發展改革委員会能源研究所所長)
松村雄次(大阪ガス顧問)

(2) Material
moderator：
万立駿(中国科学院化学研究所所長)
御園生 誠(製品評価技術基盤機構理事長)
話題提供：
成会明(中国科学院金属研究所常務副所長)
梶山千里(九州大学総長)

(3) Sustainable Manufacturing
moderator：
陳家鏞(中国科学院院士)
祐植綾夫(総合科学技術会議議長)
話題提供：
張 懿(中国科学院過程工程研究所)
梅田 靖(大阪大学教授)

③ Closing Session
吉川弘之(産総研理事長)
曹健林(中国科学院副院長)

※敬称略



会議での発起人3氏
右から、吉川理事長、路院長、有馬会長

第2回ライブセルイメージング講習会のお知らせ - 実習受講者募集 -

最新の光学顕微鏡による生細胞のイメージング技術の普及を目指し、実際に参加者自身が最新の顕微鏡に手を触れイメージング技術を学ぶ講習会を開催します。最新の共焦点顕微鏡、2光子顕微鏡を使い、細胞と脳スライスのイメージング手法を体験していただきます。

日時：平成18年10月2日～6日

対象：ポスドク、企業の研究者・技術者、大学教員、大学院生、研究所職員など

場所：産総研 つくばセンター

定員：講義+実習32名(講義の聴講のみも可能)

問い合わせ先：脳神経情報研究部門 加藤 薫(livecell@m.aist.go.jp)

8/1より募集開始します。申込み方法、参加費等はHPをご参照下さい。

(<http://staff.aist.go.jp/k-katoh/livecell/livecell>)



昨年の講習会の模様

主 催：産業技術総合研究所(脳神経情報研究部門、産学官連携推進部門)、日本バイオイメージング学会

協 賛：オリンパス株式会社、カールツァイス株式会社、株式会社ニコンインステック、横河電機株式会社、ライカマイクロシステムズ株式会社、浜松ホトニクス株式会社、アンドール・テクノロジー PLC、株式会社同仁化学研究所

講 師：高松哲郎(京都府立医大)、岡部繁男(東医歯大)、船津高志(東大)、永井健治(北大)、桜井孝司(浜松医大)、加藤 薫・海老原達彦・水野敬文・長崎見 竜山(産総研)、阿部勝行・中田竜男(オリンパス)、石館文善・中村竜(カールツァイス)、長谷川茂(ニコンインステック)、蛭川英男(横河電機)、他

実 習：生物顕微鏡(蛍光、共焦点、2光子、高速共焦点、位相差、微分干渉、エパネッセンズ、スペクトル顕微鏡等の光学顕微鏡)、観察技術(GFP標識分子の観察、FRAP、スペクトル計測、タイムラプス観察、Ca²⁺濃度計測、脳スライスの観察など)、顕微鏡メーカー各社の新技術の紹介

産総研TVシリーズ「つくば発しなやかな産業革命」

◆サイエンスチャンネル（スカイパーフェク TV！、110度CS放送、のほか多くのケーブルテレビ局）で放映されています。放送日時等は放送局によって異なります。また、サイエンスチャンネルのホームページからご覧いただけます。
【<http://sc-smn.jst.go.jp/>】

◆ 8月の放送プログラム

#10 環境にやさしい化学

シンプルな技術を駆使して資源やエネルギーを有効に使う

8月2日（16:00～16:30）

石油資源を中心とした開発、その利用で私たちの社会は格段の進歩を遂げた反面、環境の悪化という問題が大きくなっています。そのため、地球環境の保全の立場から使った資源を地球に返す「資源循環システム」の研究が進められています。番組では、環境にやさしい超臨界流体の技術や、粘土を原料にしてつくられた膜「クレースト」を紹介しています。

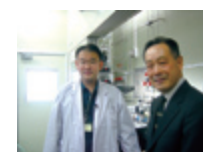


#11 カーボンナノチューブ

ナノカーボンの大量生産技術が開発され、応用への扉が開けた

8月9日（17:00～17:30） 8月16日（16:00～16:30）

カーボンナノチューブとは、炭素でできた直径数ナノメートルの筒状の物質です。その性質は軽量で柔軟性がありながらも、鋼鉄より強く、導電性にも非常に優れており、まさに夢の素材といえるでしょう。これは、15年前、日本人によって発見されました。しかし、その成長は遅く、少量しか合成できないため、材料として使用するためには莫大な費用が必要です。産総研では、その量をめざして成長速度を上げる技術に取り組んでいます。また、薄型ディスプレイの開発や蓄電装置などの実用化に向けた研究も進んでいます。



#12 しなやかな産業革命（最終回） ～日本の産業技術の行方～

8月23日（17:00～17:30） 8月30日（16:00～16:30）

産総研では、持続的発展可能な社会（自然と共生した安全・安心で質の高い生活が可能な社会）の実現という人類共通の課題の解決に貢献することを目標に研究を行っています。11回にわたり「しなやかな産業革命」というテーマで、産総研を中心に、様々な産業技術の革新につながる研究を紹介してきました。最終回では各界を代表する方々に、これからの日本の産業技術のあり方や、産総研の役割について伺いました。



7月10日現在

http://www.aist.go.jp/aist_j/event/event_main.html

EVENT Calendar

2006年8月 → 2006年10月

● は、産総研内の事務局です。

期間	件名	開催地	問い合わせ先
8 August			
7月29日～8月20日	こども未来博	札幌	011-231-1343
4日	一般公開（関西センター 池田サイト）	大阪	072-751-9606 ●
4～6日	環境広場さっぽろ 2006	札幌	011-272-1282
5日	一般公開（北海道センター）	札幌	011-857-8428 ●
9日	2006サイエンスパーク	札幌	011-231-4111
10日	ナノテクフォーラム「関西におけるナノテクの産業化と産学官連携」	大阪	072-751-9606 ●
17～19日	「単一分子感度及びチップ増強ラマン分光」に関するつくば国際シンポジウム	つくば	029-861-2686 ●
24～25日	粒子・流体プロセス技術コース2006（流動層技術コース）	つくば	029-861-8223 ●
31日	NMIJセミナー「確かな分析に必要な標準物質」	千葉	029-861-4120 ●
31日	「メタボリック・プロファイリングの実際」～医療応用から品質管理まで～	千葉	029-861-6125 ●
9 September			
5日	サイエンス・フロンティアつくば	つくば	029-861-1206
25～29日	高圧力バイオサイエンスとバイオテクノロジーに関する国際会議	つくば	029-861-6529 ●
27～29日	国際福祉機器展H.C.R.2006	東京	03-3580-3052
10 October			
9～13日	システムバイオロジー国際会議	横浜	03-5468-1677
9～13日	再生可能エネルギー 2006国際会議	千葉	029-862-6033 ●
11～13日	2006産学官技術交流フェア	東京	03-5644-7221
19～20日	北陸技術交流テクノフェア 2006	福井	0776-33-8284
20～21日	一般公開（中国センター）	広島	0823-72-1944 ●
21日	一般公開（四国センター）	香川	087-869-3530 ●
30～11月1日	システム検証の科学技術シンポジウム	大阪	06-4863-5037 ●

地球の熱の恵みで省エネ：地中熱利用の効率化に向けて

地圏資源環境研究部門 地下水環境研究グループ 安川 香澄さん

地中熱の研究を地下水の流れから展開

安川さんは、産総研（当時の工業技術院地質調査所）入所以来、「地熱」の研究を続けてきました。地面の電位分布を調べる自然電位調査と、地下の電気比抵抗を調べる比抵抗調査を利用して、地熱貯留層（地下の地熱蒸気や熱水が溜っている部分）を数値モデル化する研究では、これまでに日本地熱学会賞研究奨励賞（H11）、2001年および2003年の米国地熱協会GRCのベストペーパー賞を受賞しています。

また、「地中熱利用」の分野では、仙台平野を対象に、地下水の流れを考慮して地下の温度変化を予測する研究を展開してきました。また一般には熱帯地域は地中熱利用には適しませんが、東南アジア（タイ・ベトナム）の地域で、地中熱の冷房利用が可能な範囲を検討する研究を行っています。地中熱利用は、省エネ効果の高い新技術として、生活に密着した社会貢献につながる分野といえるでしょう。

インドネシア フローレス島での自然電位調査
（密林を縫って電線を張る様子、2001年）



安川さんからひとこと

地下は、巨大な天然の熱貯蔵庫です。地下の温度は、一年中安定していますが、場所によってその値はさまざまです。そのため色々な活用があり、高温の地熱地帯での地熱発電や、温泉の熱を利用した温室や工業プロセスなどは、気候や石油価格変動に左右されない、安定性の高いシステムです。また“地中熱”は、普通の地下温度の場所で、冷暖房や給湯・除雪等に利用されています。地下は地表に比べて夏は涼しく冬は暖かいため、地下との熱交換が省エネシステムになるわけです。さらに地中熱で冷房すれば、外気に廃熱しないので、気温が更に上がる悪循環が断ち切れ、ヒートアイランド現象も抑えられます。

ところで、地下の熱を利用するには、熱の運び手となる水の存在が欠かせません。地下の熱を取り出すためには、井戸を掘って地下から水を湧出させたり、埋設管内に水を循環させて地下と熱交換する方法がありますが、実は自然の地下水そのものが、効率的に地下深部から浅部へと熱を運んでくれているのです。これは平野部の地下水でも地熱貯留層でも同じことです。こうした地下の熱を上手に利用するために、地下の水と熱の流れの研究に取り組んでいます。