

# 産 総 研

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

# TODAY

1

2007  
January

Vol.7 No.1



## 対 談

### 02 ニーズの先取りと技術の見通しが導いた成功 Suicaはなぜ成功したか

## メッセージ

### 8 イノベーションの行動理論

## 特 集

### 16 イノベーション推進に向けて

### 18 本格研究 理念から実践へ

実用可能な熱電発電システムの構築

製品化を実現する不凍蛋白質の大量生産システム

子どもの事故予防と安全知識循環型社会をめざす

オントロジーに基づく情報の質と量への挑戦

## リサーチ・ホットライン

- 26 進化するインテリジェント電動車いす
- 28 中空マイクロカプセルの新しい製造技術
- 30 揮発性有機化合物の定量技術
- 32 謎の固体酸素  $\epsilon$  相の結晶構造を解明

## パテント・インフォ

- 34 偏光子を用いない偏光検出器 薄膜偏光素子が拓げる利用分野
- 35 高耐酸化性 Nb-Si-Al-Cr 四元系合金 超高温用構造材料の開発を加速する

## テクノ・インフラ

- 36 有機化合物のスペクトルデータベース SDBS Web [<http://www.aist.go.jp/RIODB/SDBS/>]

## ニュース

- 38 米国真空学会フェローの称号授与



新春対談：

# ニーズの先取りと 技術の見通しが 導いた成功

●Suicaはなぜ成功したか●

清野 智 東日本旅客鉄道株式会社 代表取締役社長  
吉川弘之 産業技術総合研究所 理事長  
餌取章男 産業技術総合研究所 広報アドバイザー(司会)

## 産総研と協力して実現するSuicaの 応用技術

**餌取** Suicaは、とても便利なカードですが、その応用技術の開発を産総研と一緒に進めているそうですね。

**清野** 技術研究の歴史はいろいろあるのですが、さらに新しい応用について、産総研さんと共同開発をしています。

**餌取** 産総研がSuica技術に協力する際、何かきっかけはあったのですか。

**吉川** 我々のところにベンチャーセンターというのがありまして、基礎的な技術をどうやって社会の価値に変化させるか、ビジネスとして成立させるかという試みをしていました。成果を実際の社会で使ってもらうことが我々の使命の1つだからです。

我々には、情報化社会はどうあるべきかという問いかけがあって、そういう観

点からいっても関心を持たざるをえない。一方でJR東日本さんもよく似た問題意識を持たれていた、ということだと思います。

具体的なきっかけは担当された人に聞くべきでしょうが、少なくとも産総研全体としては、新しい社会的な試みと基礎技術がどう結びつくかに関心があって、1つの代表的な例になったと思います。

**餌取** Suicaは誰でも無記名で買えます。お金さえ入れればすぐにカードとして使える。プリペイドカードは使い捨てですが、ずっと使い勝手がよいですね。

**清野** そうです。もちろん、物理的なライトの限界はあるかもしれませんが、少なくとも切符の面でも使い捨てではない。何年でも使えるわけですから、環境問題から見ても非常に適していると思います。「お金を入れれば」とおっしゃいましたが、いまではオートチャージといって自動で自分の銀行口座から補充してく

れるシステムもあります。あるいはモバイルSuicaという機能を使えば、携帯電話からの操作で自分の銀行口座からチャージすることもできます。使い勝手はさらによりものになると思います。

**餌取** ただ、無記名なので、たとえば私が持っているカードを社長がお使いになることもできる。そういう意味では、セキュリティの面で問題はないですか。

**清野** セキュリティには2つあって、落とした場合、自分が入れたお金を誰かが使ってしまう問題がありますね。Suicaの場合は最大2万円までですが、落とした場合には自分がチャージした分が盗られてしまう危険性がある。この問題を解決する方策として、「定期券+Suica機能」があります。ほとんどのサラリーマンの方は定期券をお持ちですが、それにSuica機能を付ける。そうすると、サーバーにその方の氏名等が登録されますから、どこかで落としても、すぐに報告をいただけ

れば直ちにその番号のSuicaを使用停止することができる。そういう点では安全性は一段高くなっています。

もう1つのセキュリティの問題は、中のICが読まれて何らかの操作をされてしまう場合です。私どもの技術陣も総力を挙げて対応しています。Suicaカードのセキュリティは、イギリスの評価機関によって、情報セキュリティの評価基準であるISO15408に基づき、民生技術としては最高のレベルであるEAL4を取得しています。この問題はイタチごっこの面がありますが、いまのところセキュリティもかなり担保されていると自負しています。

## なぜJR東日本が実現できたのか

**餌取** 理事長が、Suicaに注目されるのはどの点ですか。

**吉川** 私が一番興味を持ったのは、「なぜJR東日本がこういうことをやったのか」ということなのです。私たちは常に新しい技術をつくらうとしているので、これは非常に大事なことだと思って関心があるのです。

情報化社会と一言で言われますが、実際は通貨という、いわば別格の重要な要素がある。もちろん通貨も情報の一部ではありますが、それから、どこにどんな商品があるかということ。現在の情報を最も多く握っているのは総合商社でしょう。それなら商社がSuicaをつくれればよかったです。なぜそれができなかったか。

JR東日本と商社が決定的に違ったのは、JRのほうが一般の人々を相手にしていたことですね。情報というのは、企業間の情報もあるけれど、一般の人がやり取りする情報もあって、その水準まで行くことは総合商社にはできなかった。中枢の情報を握っているのは商社だけ、日常的な人間同士の会話とか、あるいはちょっとしたモノを買うとか、そういう情報行為が現代社会では非常に大きな意



清野 智：写真中央 吉川弘之：写真右 餌取章男：写真左

味を持っている。

そういう情報の価値がJR東日本によってきちんと見出され、それを活かすシステムをつくったということです。もともとは切符を売るという行為だったものが、ここまで来るとは誰も想像できなかった。とにかくそこには、ある意味での必然性があった。社会におけるシステムの発展の1つの典型として、非常によい例をおつくりになったと思うのです。

**清野** 私どもの技術部門は、はじめは地味にコツコツと無線の研究から始めました。毎日お客様がいらっしゃる。定期券か切符をお持ちなわけです。いまの磁気式では、必ず機械的に擦れますから、故障も起きるわけです。ところがそれを無線でやると、基本的には故障は起きない。あるいは、何回使っても使い減りがしない。そういうようなことを地道に考えながら、ある時にパッと花開いたということです。

**吉川** 使う人の立場に立って技術が開発されている。これは、非常に現代的な技術開発の1つの道筋だと私は思っているのです。

**清野** Suicaは今はまだJRだけでしか使えませんが、もうじき東京の私鉄でも使えるようになります。大手の私鉄、それからバス会社はすべて「パスモ」という同じシステムになります。そして、パスモ

とSuicaが相互利用できるようになります。そうすると、たとえば小田急にお乗りのお客様が定期券を使ってJRにも乗ってこられるようになります。いちいち切符を買わずにすむので、非常に便利だと思います。

もう1つ、電子マネーとして大きなウェイトを占めているのがICカードですが、EdyやNTTドコモのカードなど、いろいろなシステムがあります。中核技術はソニーのFeliCaというシステムですが、いままではそれぞればらばらでした。

お客様やお店の方からすれば、システムは1つのほうが一番よいわけです。いま我々が努力しているのは、SuicaでもEdyでも何でも、同じチップを使ったものなら使える共通端末をつくらうということです。いまドコモさんと私どもで組合をつくって開発しています。これができる、Suica系であってもEdy系であっても、お店では端末は1台で足りることになります。端末の共通化が始まると、あとはどれが便利か、必須かということが決まってくると思います。

## 40年経っても輝きつづける新幹線技術

**餌取** JRおよび旧国鉄が開発した技術を振り返ってみると、何といても新幹線がありますね。これは鉄道技術研究所という世界に冠たる研究所が開発し、非常に安全・安心な公共交通機関として確固たる地位を保っています。

**吉川** Suicaが社会に対して非常に大きなインパクトを与えたことと、新幹線はよく似ていますね。新幹線の場合はハードウェアで人間が乗るものであり、Suicaの場合には一種の情報ですが、そこに共通性があると言ってしまうと強引すぎるけれど、ある種、日本社会全体に染み渡るような技術なのです。

もちろん新幹線技術については、私も機械系なのでいろいろな意味で専門的な興味はありますが、それだけではなくて、ああいうものができること自体についてです。あの思想はいまでも正しくて、いろいろ議論はありますが、まだまだ造っていく意義があると思います。

新幹線ができたのは・・・。

**清野** 1964年ですね。

**吉川** 40年以上経っているのに、そのニーズが依然として日本社会の中にあるということは、その当初の狙いがものすごく正しかったことを証明しています。同じ意味で、Suicaの将来もそうではないかと思うのです。個々の技術要素と違って、本当に社会の中で機能する技術あるいはシステムとは何なのか、非常に興味があります。

**清野** 昔のことはわかりませんが、Suicaにしても新幹線にしても、特に技術の人們が夢を持ってつくった。特に新幹線

の場合には、超特急あじあ号(1934～43年、南満州鉄道の大連・新京間を運行)の面影があるらしいのですが、超高速鉄道を造りたいという夢があって、開発していました。島秀雄(技師長)さんや十河信二(総裁)さんの時代に花開いた。

新幹線の技術を見てみると、コンピュータ技術というか自動制御の技術が、当時のレベルの最も先端を行っているのです。いまの我々が見ても驚くほどで、すでに全部がコンピュータ制御で、新幹線自体が、自分はある駅を通過する電車なのか、停まる電車なのか、自分で情報を出しながら210キロで走っていくわけです。そういうことがあの当時できたというのは、すごいことだと思います。

もう1つは、座席指定システムを実用化し、指定券を販売する「みどりの窓口」が同じ頃にできているのです。

**吉川** あれも非常に早かったですね。切符の中には、いろいろな情報が入っている。そういう情報を管理・制御するのは、当時としては想像を絶する話だったと思います。やったのは穂坂衛さんという方ですが、大変な理論家だったのです。そういう人が、情報と交通は無関係ではないと考えてなさったわけですね。

**清野** 旧国鉄の先輩方は、一般化され実用化されはじめたコンピューターを、いかに使うか、かなり早くから考えていた

のです。

## 民営化が自信を取り戻させた

**餌取** JRの技術開発マインドというか、志のようなものはどうやって育てられたのでしょうか。

**清野** 実は国鉄の最後の頃は、ご承知のように赤字だ何だかんだで最悪でした。同時に、「鉄道技術は新幹線の技術で終わった、これ以上新しい発展はない」とまで言われた時期がありました。技術部門も自信をなくしていました。

そうした中で、民営分割という革命が起きて、JR東日本だけではなく西日本にしても東海にしても、すべてのJRが、「まだ求めるべき技術があるではないか?」と変わっていった。現在、JR西日本で新幹線が一番速くて300キロで走っているのですが、我々JR東日本は360キロで走る新幹線を造ろうとしています。そういうチャレンジができる分野があることがわかったのです。

民間会社になって自信ができてきたし、「おまえたちは働かない」と叩かれることもなくなった。モーターの回転のさせ方にしても、モーターの軸そのものを車輪につなげる技術とか、騒音を少なくする技術とか、スピードを上げるにはどうすればよいかとか、やるべきことはたくさんある。また、現在JR北海道では、バス



いま皆が夢を持っている

新しい会社になって、  
まだまだ開拓できる技術が  
いっぱいあることがわかった

技術者たちはいま  
「いろいろなことをやりたい」  
という気持ちでやっている

と電車の両方の機能を持った車両を造ろうとしています、それぞれの会社がそれぞれの実情、実態に合わせて、技術者たちが活躍できる分野が出てきたのです。

いま皆が夢を持っている。国鉄の最後の頃には、夢はなくなっていた。持っても仕方がない状況だった。でも、新しい会社になってみて、国鉄からJRの社員になった人、あるいは新しく採用されてきた人も、まだまだ開拓できる技術がいっぱいあることがわかってきた。私が言うのも何ですが、うちの技術者たちはいま、「いろいろなことをやりたい」という気持ちでやっているのです。

**餌取** 民営分割のインパクトが大きかったということですか。

**清野** そうですね。民営分割で自信を取り戻したのです。

### イノベーションは誰が担う？

**吉川** いまは行政でもイノベーションと言う言葉が聞かれますが、要するに何か新しい科学技術の知識を使って、製品をつくるシステムを作って国際競争力を伸ばしていこうということです。もちろんそれは、現代の人類が抱えている地球環境問題などに対するイノベーションも含めての話です。

しかし現在の一般企業では、実はイノ

ベーションが非常にやりにくくなってきたと言われています。株主が余裕は認めないとか、目先の利益を追うのが企業だということになって、リスクの大きい投資ができなくなっている。

そういうことから考えて、日本のイノベーションをどうするか。そこに産総研の役割が出てくるのですが、かつての国営企業、あるいは国策的な空間に代わるものをいまの日本でも作らないといけないと思うのです。言葉の上でイノベーションと言っても、誰がやるのかははっきりしていない。もちろん民営化したJRというのは一般の製造業とは違いますが、昔とも全然違う。かつてのよい伝統や風土は、温存できているのでしょうか。

**清野** おっしゃる通りで、私どもは会社が傾く可能性のある技術を、思い切ってやってみることができるかといえば、多分いまはできない。いろいろな意味で、日本の企業全体に余裕がなくなっている。株主などアメリカ的な価値観がどんどん入ってきますから、難しい側面はあるのだろうと思います。

ただ、国を挙げてやる要素技術をいくつかあげて、それを日本のイノベーションの先導役にしようと産総研が音頭をとって引っ張ってくだされば、それは可能かもしれません。

**吉川** イノベーションには2つあるので

す。1つは、技術なりシステムをどんどん良くしていくという、日常的な業務の中でできるイノベーション。そしてもう1つが、新幹線技術のような日本を一変させてしまうくらい、意識も変わるような大きなもの。その後者を誰がやるか。Suicaを見ると、情報系ではそういうことがありうるのですね。

**清野** いろいろなものがありうると思います。たとえば燃料電池がどこかでブレークスルーして実用化が実現されれば、世の中がガラッと変わるかもしれない。新エネルギーにできたら画期的ですよ。

**吉川** エネルギーは世の中のすべてのカギで、これが解決できなければ人類がおかしくなってしまうというくらいの大問題ですね。環境問題もほとんどエネルギー問題ですから、エネルギー問題の解決は非常に大事です。

**餌取** 環境問題といえば、鉄道が環境に適応している公共交通機関であることは間違いないのですが。

**清野** 単位輸送量あたりCO<sub>2</sub>排出量を、鉄道を基準に考えると、自動車はその9～10倍となり、飛行機は6倍となるというデータがあります。そもそも鉄道は、1つの車両にたくさんお乗りいただくのでエネルギー消費量が少なくなる。

産総研の本格研究は  
10年先を考えるような経営者に  
意味のある情報を提供しようとしている  
研究所は現実社会の価値に近づき  
企業はその価値の背景に  
科学技術があることに気づく  
両者の歩み寄りが絶対に必要だ



鉄道が環境に適していることはすでに認められていると思いますが、我々はそれだけでよいとは思っていません。いま我々はCO<sub>2</sub>の排出量を、京都議定書で基準となっている1990年に比し、2008年度で22%削減することを目標に様々な対策を講じています。

そのために、電車を徹底的に省エネ型に変える。電力使用量の少ないモーターを採用した省エネ型車両にどんどん置き換えています。現在、81%まで置き換わりました。

もう1つ、発電用ディーゼルエンジンと回生ブレーキから充電した蓄電池を効率的に使用するハイブリッドシステムを世に送り出す予定です。電気を蓄電池に貯めておいて、駅発車時にはディーゼルを止めて電気で走らせる。加速時にはディーゼルで走らせる。そういうことによってエネルギー効率が高い電車を造りました。これは2007年夏に小海線で走り出しますが、これも1つのチャレンジです。

さらに、これは車両メーカーさんと一緒にやっているのですが、燃料電池だけで走る電車です。いまはまだ夢ですが、山手線が架線なしで走る時代が来るかもしれません。

いずれにせよ、省エネ努力はいろいろしています。まだまだエネルギー低消費型の鉄道にしていく余地はあるし、やっぺいかなければいけないと思います。

## Suicaを成功に導いたもの

**餌取** ニーズをつかむという点ではいかがですか。

**清野** 我々の場合、消費者に接していて、採算もあるけれども、もう1つはお客様が何を望んでいるかが要点ですね。お客様が身近にいて、しかも頭脳的な研究者といろいろな要素技術がたくさんある。こんなことができると考えている技術者と、もう少し消費者に近い立場の人と、

いろいろな多様性があります。

我が社の内部だけの話になってしまうかもしれませんが、Suicaの原点を考えていたのは20年くらい前なのです。無線で何とかならないかということ考えた当時の鉄道研究所の技術者。それと我が社の技術者が一緒になって、「本当にこんなものができるだろうか」というところから始めました。あるところまで来て、かなり実験してほぼエラーが出ないとなった時に、最初は実験的な意味合いもあって、範囲を広げないでやろうとしたのです。10年くらい前のことです。

その時に、当時の経営陣は、最初からエリアを拡大することを決断しました。切符のシステムですから、ある程度広い「面」でやらないと意味がないわけです。その決断があって初めてSuicaは成功できたわけです。

ですから、地道に可能性を探り、しかも「これだったらできる」という案を考え、た技術者と、「それなら、少々お金はかかるけれど、どうせ改札機を取り替える時期なのだからやろう」という経営者。その両方があいまってスタートしたわけです。

コツコツやっている技術陣から提案がなければ、動かなかっただしょう。提案があっても、最初は「お金がかかるから、山手線だけでやろう」という提案だったのを、「100km圏まで広げなければ意味がない」という話になって、それで爆発的に広がったのです。もしそれが、こぢんまりとした案だったら、まだ電子マネー的な機能までこなかったかもしれない。まさに両方がうまく噛み合ったからできたのだと思います。

**吉川** 経済的にはどうなのですか。

**清野** 改札機の取り替えには何百億円とかかるのです。だいたい10年弱で取り替えます。同じものに取り替えてまた10年後に取り替えるというのでは、進歩がない。それなら、少々お金がかかっても新

しいものを造ろう、それに無線技術を使おうという筋道です。

追加投資が必要ですが、それを何でカバーできるかという、ひとつは、メンテナンス費用です。磁気カードは自動改札機の中でベルトのところをグルグルと回って上がってくるわけですが、無線で情報をやりとりすれば、その定期点検や故障のメンテナンスが減るだろうと。それから、切符の紙の費用が要らなくなる。そうしたさまざまなことを総合的に考えた上での判断です。

その後、電子マネーのところまで広がってきました。会社のビジネスとして言えば、手数料をいただくことによって電子マネーの分野は成り立っていきます。

## 共同研究の要点とは

**餌取** JR東日本と産総研が共同研究をする場合に、それぞれの研究環境や研究マインドの違いをどうやって調和させていこうと考えられましたか。

**清野** 私どもは研究ということでは、もともと鉄道総研と深い関係があるわけですが、そこでの議論は、我々のほうから「もう少しこっちを研究してください」という関係です。同じ母体ですから、言いやすい面があるかもしれません。産総研との場合、組織は違うかもしれませんが、我々の要求はたぶん同じです。我々も、あまり現実ばかり言ってもダメなのかもしれないし。

**吉川** 産総研でも情報関係の研究者は、現実世界のことと比較的関心が高いですね。情報システムというのは「作ったので、さあ、使え」というわけにはいかなくて、つくりつつ使うとか、ユーザーとベンダーが一体となった形で開発が進んでいくという面があるのです。研究の世界でもそうですから、情報関係の技術についてはなじみがよいと思います。

たとえば、JRのコンセプトとしてSuicaが使えるのではないかと思った時、そのシステムを考える能力がある人は産総研にいるわけです。具体的に現実世界の中で、どういう情報システムが必要で、そこにはどういう種類のセキュリティがあればうまく使うことができるかといったようなことについて、非常にリアルな関心を持っている人がいます。その意味では、比較的協働しやすい分野だと思えます。

**餌取** 研究の仕方というか、仕組みについてはいかがでしょうか。組織が違えばお金の出し方も違うし、マネジメントの仕方も違うし、カルチャーも違うと思うのですが。

**清野** 協働について言えば、共同研究や技術移転、人の交流など様々な連携のメニューをお持ちですから、いろいろなやり方があるのではないのでしょうか。根っこはある程度共通ですから、一定のニーズを持っている中で、最初は言葉が違っててもだんだん同じになっていくのではないのでしょうか。

## 科学技術は人類のために

**吉川** 企業そのものが何かイノベーションをやるうとする時には、伝統的な部分を捨てなければいけないかもしれないし、明日のイノベーション、10年後のイノベーションについて経営者は意思決定しなければならぬ。

多くの企業では、かつての国鉄のような空間はなくなっている。自分で研究できないこともそうだし、たとえば大学で研究している研究成果も見えなくなっている。ある意味で非常に危ない状況があるのです。ですから私は、企業にそういう空間をぜひつくってほしい。言ってみれば10年先を考えるような経営者に経営をしてほしいのです。

一方で、それに応えるのが産総研です。産総研はそういう経営者に対して、意味のある情報を提供しようとしています。それは一遍の研究論文ではありません。オートノマス（自立的）な研究ユニットがあるので、たとえば研究ユニットが5つ集まれば、それは具体的な装置として可能性を持つかもしれない。そういったところまでくれば、企業の人々の目にも止まるわけです。

そうすれば、研究サイドも現実社会の価値というものに近づいていくし、価値を追い求めている企業も、その価値の背景に科学技術があるのだという目を持つことになる。その両者の歩み寄りが絶対に必要なのです。

産総研はそれをやっているわけです。それが「本格研究」であって、本当に基礎研究をやっている人と、ベンチャーで企業を実際にやってみたいという人、あるいは企業との共同研究で技術を生かしたいという人が、同じ研究をやっていくのが原則です。その人たちに私は「仲良くやれ」と言います。基礎研究と応用研究という分け方は、いまや意味をなさないと私は思っています。

研究というのは人間のためになるものです。科学者は「科学は人類のために」という宣言をしているわけですから、興味本位で新発見すればよいのではなくて、新発見したらそれがどういう意味を持つのかということを、研究者自身も考えなければいけない。ということは応用も考えるということで、いわば研究というのは基礎研究、応用研究と分けてはいけないのです。一体として人類に対して意味を持つものでなければいけない。それが本格研究。

具体的には、企業と対話のできるような一群の人が同じ研究ユニットの中にいて、一方で、基礎研究とも対話ができるというコヒーレンスのユニットを持っているのです。

最近ではそれでもまだ足りないというこ

とで、ユニット間の協力をしようとしています。複数ユニットが集まれば、たとえば20年先の我が国の鉄道はどうなっているかという議論をした場合、そこにはまさにエネルギー問題があったり、情報流通とどういう関係を持つてくるか、あるいは20年後の社会はどうなっているかといった社会科学的な検討まで含めて、1つの予想が立つわけですね。あるいは、望ましい姿というのが出てきますよね。

そういったことに向けて、国は大いに投資もするし、企業もどんどん興味を持つという形で、議論できる場が必要だと思うのです。これは決して理想論ではなくて、それを失ったら、日本の企業は国際的な競争力を失ってしまうということです。そういう形で科学技術が役に立つことはもうはっきりしてきたわけですから、新しい知見を使う仕組みを早急に日本の中でつくらなければならない。一言で言えば産官学連携ですが、もっともっと具体的につくらないといけない。

JR東日本さんとの関係は1つのモデルになるわけですから、こういうものをきちんと育てていくことを考えなければいけませんね。

**清野** 技術というのは、非常に大事だと思います。その上に立って電車も走るし、改造もなされる。「もう進歩はないから、やらなくていいんだ」と思った瞬間に、会社はダメになってしまう。

**吉川** その時に1つの専門だけではできないわけです。

**清野** おっしゃるとおりです。

**餌取** 本日はどうもありがとうございました。

# イノベーションの 行動理論



独立行政法人 産業技術総合研究所  
理事長 吉川 弘之

## 現象論から行動論へ — 研究現場からの発言

イノベーションが多く語られるようになった。それも突然に、といった感がある。今までもシュンペーター以来、経済学のみならず他の多くの分野でイノベーションという言葉が普通に使われるようになっていたのに、いま急に、それも世界中でいっせいに言われるようになったのはなぜであろうか。

それにははっきりした理由がある。それは、一般の人々の個人的な問題意識と、国家をはじめとする組織機関の政策立案での意思決定における問題意識とが、イノベーションという概念の中で一致したからである。その一致は一見偶然で不思議なように見えるけれども、実は必然的なものである。

今、多くの国で一つの共通の状況が起こっている。人々は日常的な行動で創意工夫を要請され、ゆっくりした変わる事のない生活を楽しむことができずに、仕事でも個人生活でも、あたかも追い立てられているような日々を送っている。国家は、政治、経済あるいは社会の難問に襲われ続け、その解決に、過去にはなかった新しい着想で当たることが求められている。ここでは何れも、“よい変化”が求められているのであり、それはシュンペーターの言うイノベーションではないか。

それではなぜ個人から国家にわたる広い範囲で、このように変化というものが、自らの歩幅に調和する結果としてでなく、外から半ば強制的に求められるものへと変質したのであろうか。この“避けることのできないイノベーション”という現代を特徴付ける状況が出現したのはなぜなのか。これにもまた明解な理由がある。それは、制御しなくても自然に最適な状況に落ち着くと考えられるか、あるいはそもそも私たちが自ら手を下して制御できる対象とは考えなかった外部状況が、制御しなければ破滅を招くほどに、危険なものとなりつつあるからである。長い間何の配慮も必要としない恩恵であった地球環境は、さまざまな工夫で維持すべき対象となり、対立を克服して平和を期待した国際関係は、その調整に大きな努力を払うべき対象となり、若者の野心の対象だった希望としての社会あるいは経済は、政策によってその硬直性を打破すべき対象となった。これらがはらむ問題は次第に大きくなり、一般の人々から国家にまで、可視的となった。目前の課題を一つひとつま

じめに解決してゆけば、全体として好ましい変化が、環境に、国際関係に、社会に、経済に起こってくるという調和は失われてしまった。変化は行動の結果ではなく、変化のために行動を起こさなければならなくなった。

しかしここで、特定の理論や方法でこれらの問題を一気に解決する変化を起こそうと考えるなら、それは社会主義革命の悪夢の再現である。そうでなくこの難しい状況を解決するためには、あらゆる階層、分野、そしてコミュニティで、一人ひとりが、自らのおかれた状況を創造的にそしてある場合には破壊的に、変化させてゆくしか方法はない。私たちは今、何をすればよいかはすっかり分かっているわけではない。それどころか、何をすればよいかさっぱり分からないとすら感じている。しかしそれにもかかわらず多くの人が共有しているのは、確かに実感するこれらの問題を前にして、“よい変化”が必要だということであり、それが多く語られるイノベーションという言葉に込められているのである。

従って今、私たちはイノベーションとは何かを定義分析する社会現象論に耳を傾けている暇はない。一人ひとりが置かれた場において、それぞれ何をすればよいのかを決断しなければならないのであって、欲しいのはイノベーション行動論である。階層、分野、コミュニティなどを考えるならば、政治、立法、政策立案、行政、起業、経営、教育、研究、報道、制作などの行動において、そして個人の私的行動においても、“よい変化”に貢献する行動とは何か、それを知りたい。しかし残念なことに、私たちの行動に基礎を与える既存の行動論を見つけ出すことは難しい。イノベーションに関する多くの論は分析的現象論か、特殊事例の過程紹介であって、今私が変化を目標として起こす行動に直接役立つものではない。

このような状況を前にして、私たちは自分のための行動論を開発せねばならぬ。それは、全体としての“よい変化”に繋がる自分の行動とは何かを見定め、その上で行動の方法を創出するのである。そして、できることなら創出した方法は、第三者が見て理解可能なように、客観的に表現されるのが望ましい。そうすれば個別の行動論が一般化されて、社会的な存在すなわち共有の知的資産となり、社会全体の活力を向上させる。そのために必要なのは、現場から発信された、リアリティのあるイノベーション論である。

この考えに従って、私が席をおく産業技術総合研究所（産総研）のイノベーションについて述べるが、それはより広く科学技術コミュニティにおけるイノベーションに繋がってゆく。

## 産総研のイノベーション

ここでは一般論を離れ、産総研で行われている研究について述べることにしよう。これは現場から発信する、イノベーションについてのリアルな物語である。産総研は、工業技術院傘下にあったそれまでの15の研究所を統合して、わが国最大規模の独立行政法人研究所として2001年4月に発足する。そのうち最古の地質調査所が明治15年（1882）、次が電気試験所の明治24年（1891）設立であるから、日本の近代化と足並みをそろえる設置であり、長い伝統を持つ。それらの古い伝統を持つ研究所は、生命科学を含む理工学のほとんどに亘る広範な領域を研究対象としており、従って製造業のみならず、サービス産業の多くに関係する技術を生み出す研究を行っていたが、これらを全部廃止し、3000人近い研究者を従来の所属と関係のない新しい60ほどの研究ユニットに編成しなおして出発した。研究者たちは、旧研究所を越えて自らを置く場所を見出した。各研究ユニットは、従来の研究所が分野別であったのと異なり、実現すべき産業技術を目標として持っている。その目標は、具体的な技術から、産業のあるべき姿までさまざまであったが、機械、電気、生物などの伝統的な分野によるものと違い、現実的な産業への貢献の視点に立つ目標を設定したのである。

産総研のイノベーションについての物語は、産総研の研究が産業に与える独自の効果が可視的になったときに述べられるものであろう。そしてそのとき同時に、この組織改変の評価も行われることになる。しかし今の私たちは、再編された組織の真っ只中にいて研究を進めている者であって、組織再編の効果を切り出して論評する立場にない。ここでは、2001年に出発した新しい組織の中で行われつつある新しい形の研究が、イノベーションと呼ぶのにふさわしいものであることを立証し、しかも現代の関心事であるイノベーションの展開において重要な役割を果たすものであることを示す。

産総研における研究の型は、基本的にオートノマスな研

究ユニットが遂行する本格研究である。本格研究とは、いわゆる基礎研究を第1種基礎研究と呼び、それに続く第2種基礎研究、そして製品化研究を統合し、それらを同時的にまた連続的に行う研究である。産総研の研究ユニットは、研究目標に依存して10名から200名ほどの研究者が属する多様な構成を持つが、いずれも本格研究を遂行する。したがって原則として第1種基礎研究、第2種基礎研究そして製品化研究の3種類の研究者が一つの研究ユニットに含まれる。

第1種基礎研究に従事する研究者とは、現在一般に基礎研究者と呼ばれている人たちと変わりがないものとし、それが本格研究の中にあっても特段の制限をつけるものではない。狭義の基礎研究について言われるように、研究者は未知の、あるいは説明できない現象に好奇心を持って取り掛かり、それを説明可能な世界に位置付けようとする。現象は自然現象に限らず、社会現象、人間自身の現象も含む。現在の科学の体系は、これらの好奇心を根拠とする研究の成果であるといわれる。その体系は、多数の領域で構成されて、それらが階層をなす。

階層の上下関係は論理的包含関係にあるが、同じ層の領域間の関係を求めることは一般に行われない。例えば熱力学と情報理論で使われる同じエントロピーという言葉は、類似の概念かもしれないが、それぞれが指示する現実は互いにまったく関係のないものである。そこでパラダイム論の概念を借用して、領域は互いに共約不可能<sup>\*1</sup>と呼んでおこう。領域相互には共約可能性を求めないという条件のゆるさを原因として、領域が多数作られ、その中で新しい知識が豊富に生み出されつつあるのが現代科学の特徴である。

第2種基礎研究は、第1種基礎研究によって作り出された知識の体系が、同じ層で互いに共約不可能であることを原因として不可避的に発生する、独自の研究である。上に述べたように、現代科学を特徴付ける互いに共約不可能な領域を作った上で各領域内に固有の知識を生産するやり方は、効率よく知識を生産するのに好都合な方法である。しかし、知識を作る過程が明示的であることを条件としないために、異なる領域間の共約可能性を回復する体系的方法がない。

産総研の目的は、新しい科学的知識を生み出し、それ

に加えて既存の知識も素材としながら、それらを社会で使用可能な知識へと構成し、社会に提供することである。現実世界で社会的な価値を持つ機能を発揮する知識は、演算可能な単一領域の内部にとどまっていたはできないことを我々は経験的に知っている。従ってそこには複数の領域知識を統合する作業が必要となる。そしてここで、領域間の共約不可能性にぶつかるのである。

例えば半導体を素子として使うという着想はきわめて革命的なものである。しかしその着想が進んで研究室で実験に成功したとしても、それはまだ現実の社会的価値ではない。具体的に適切な材料を選定し、それを実際に使用できるように設計し加工することによって、すなわち複数知識の統合により実用可能とすることによって、真空管時代から半導体時代へと大きな産業変化、そして更に情報社会の出現という社会的変化を引き起こす根拠を作ったのである。それは大きなイノベーションであった。

ところで技術的進歩はここで終わるわけではない。それから情報密度の向上という現実的価値の追求が始まる。情報密度を考えると、量子限界まで幾何構造を極小化したものを想定することは領域内の計算でできるにしても、それを現実の素子とするためには、その微細加工に必要な固体変形論という別の領域の知識なしには何もできない。しかも、半導体には固体量子理論があり、一方おなじ半導体の固体変形論もあるが、素子の性能を上げるための現実的に有効な加工方法はその二つの理論の形式統合で出て来るものでなく、両者に基礎を置きながら、その上での経験と実験、そして現場的着想がなければ進展がない。ここにもまた領域統合が必要となる。しかし私たちは、このような進展をイノベーションと呼ぶことは、その定義が曖昧になることを避けるために保留しておこう。すなわち異なる領域の共約不可能性を克服して統合する行為だけではイノベーションとは呼べず、それは、必要条件にすぎないということである。この制限の意味は後に述べることになる。イノベーションはプロセスで定義するべきでなく、結果の状況によって決めるべきものであろう。

このようにして、領域間知識の統合を行う第2種基礎研究を軸としている産総研には、イノベーションの可能性が豊富に存在していると考えてよいであろう。それではイノベーションであるための充分条件とは何であろうか。

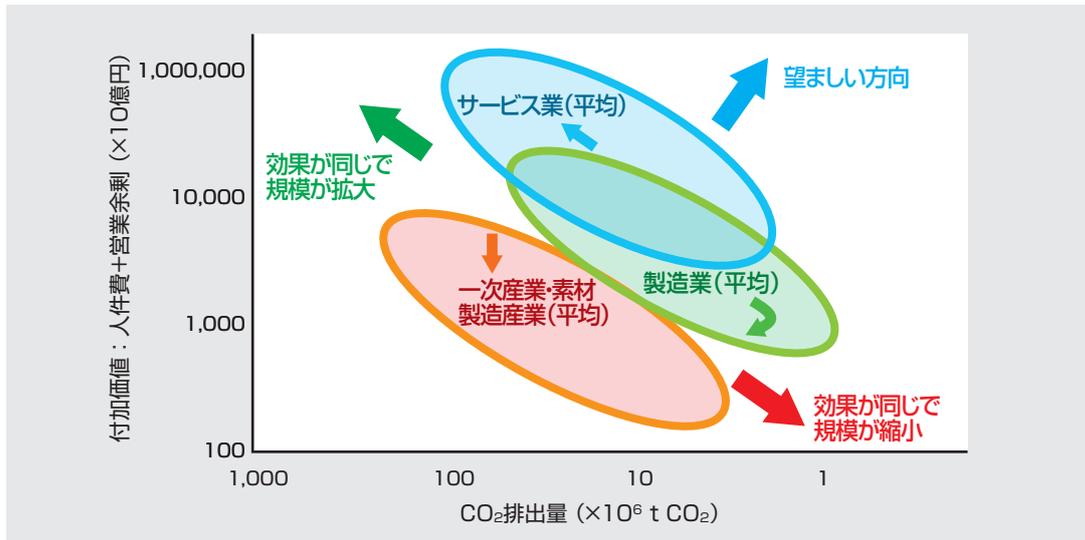


図 持続性(CO<sub>2</sub>排出量の逆数)と開発性(付加価値：人件費+営業余剰)の関係

## イノベーションの目標

現代が変化を求める時代だとしても、ただ変化するだけではそれに応えることにならず、“よい変化”でなければならないことをすでに述べた。そこでここでも、行動するもののイノベーション論を貫くために、産総研がどんな“よい変化”を求めるのかを自ら述べることから始めよう。その出発点はすでに述べたように外部状況の危機的状況であった。

それは持続可能な開発、人間の安全保障、経済一元化の中での文化の多様性の維持、国家間人的交流の自由と法律の遵守、先進工業国と途上国の間の協調など、多くのものがあり、それらの向上に寄与するような変化が求められ、それに反する変化は拒否される。そしてそれらは、過去において直接に対処すべき問題として位置づけられたことのないものであり、それぞれ未知の困難な問題をはらんでいる。

産総研は、製造業を中心とし一次産業、サービス産業に及ぶ広い範囲の産業を対象として、そこで使用可能な技術的知識を提供することを目的としている。従って、産総研が寄与すべき対象としての上述の外部状況のうち、持続可能な開発が直接的な対象となる。持続可能な開発とは、次世代の資産である環境を劣化させることなしに発展する開発を意味し、持続型産業の創出を要請している。しかし他のものも無関係というわけではない。人間の安全保障は貧困の解消が必要条件で、そのためには産業の発展が不可欠である。世界経済の一元化を受け入れながら、自国の文化の固有性を維持しようとするれば、自国の産業の形態を固有のものにする工夫が必要である。

私たちは、産総研におけるすべての研究が「対応する産業への寄与を通じ、結果として全産業が持続可能性（サステナビリティ）を向上する方向へ重心移動することに貢献する」という目標を持つことに合意したのであった。この目標を現実的に意味のあるものとして考えるためには、その目標から現状がどのくらい離れているかを表す定量的な指標が必要である。このことについてやや詳しい説明が必要である。

全産業の重心とは何か。私たちの目標は持続可能性であるから、その持続可能性の量的表現が指標として必要ということになる。全産業の持続可能性とは、個々の産業の持続可能性が求まるとしたとき、個々の産業の持続可能性の加重平均と考えてよいであろう。そこで重心とは何か。持続可能性は多くの影響因子の総合的結果として与えられるものと考えべきであろう。今求められているのは、持続性を犯すことなく開発を進めるという持続可能な開発であるから、基本的な表現として、持続性と開発性とを考える。もし両者が量的表現可能なら、これらを2軸とする平面が描けて、産業の持続可能性はその平面上の一点で示されることになるであろう。それが全産業の重心で、持続可能性を満たす重心移動とは、持続性と開発性とが、共に正の方向に移動することである。従って、産総研の研究のいずれもが、正方向へと重心が移動することに貢献するというのが産総研の目標である。

この量的表現について、産総研において研究中であるが<sup>\*2</sup>、簡単な例を挙げれば、持続性として二酸化炭素排出量の逆数、開発性として付加価値を取ると、図のようになる。図

中の楕円は各産業の分布範囲を示しているが、何れも付加価値を増せばCO<sub>2</sub>排出量が増す関係にあり、この斜めの線上を動く傾向がある。このことは、開発性を上げるためには持続性を犠牲にしなければならない、一方持続性を上げるためには開発をあきらめなければならないことを意味している、持続可能な産業とは言えない。持続可能な産業であるためには、図の右上方の矢印の方向に移動することが必要である。その方向にむかって一次産業、製造業、サービス産業と並ぶのは当然であるが、だからと言ってサービス産業を増やせばよいということにはならない。それを決めるのは別の要因である。重要なことは、小さな矢印で示した10年間(1990-1995-2000)の変化が、いずれも持続可能性という意味でよくない方向に変化している点である。その意味で、基礎研究による産業活動の重心移動が緊急の課題であることを私たちは知ったのである。

産総研は全体として持続可能な産業への重心移動に寄与するという目標を立てたが、このことは各研究の目標をそれぞれ定めることに繋がる。各研究は産業に変化を与えればそれでよいということにはならない。ただ産業が利益を上げるのに有効であればよいということにはならない。そうでなく、本格研究である一つひとつの研究は、その成果を使用した産業が持続可能性を向上する重心移動を引き起こすというアウトカムを生み出さなければならないのであって、それがアウトカムを想定しつつ行う本格研究の目標なのである。

私たちは、全産業が持続性に向けて重心移動することがイノベーションであると考えている。それは産業革命以来、その逆方向に向かって“進歩”してきた産業に、“よい変化”を本質的に、そして社会の広範な領域において与えるものであり、イノベーションと呼ぶのにふさわしい。

先に述べたように、このような本質的な変化を社会の広範な領域に対して与えることを充分条件として、その変化をイノベーションと呼ぶことが正しいと思われる。それがこの言葉が使われたときの原義であったらうし、またそうしないと、小さな工夫もイノベーションと呼ぶことになってしまつて曖昧になってしまう。勿論小さな工夫もイノベーションの部分として必要になる事も多く、それは無視してはいけない。それは“イノベーション要素”である。

## イノベーションを推進するために

さてここで改めてイノベーションとは何をする事なのかを上述の考察にしたがって考える。イノベーションの定義なしで今まで議論してきたことが厳密さを欠くといえはそのとおりであるが、これが現場からの発信の一つの典型であり、有用な特徴である。厳密さにこだわるなら、上述の記述全体が定義であると考えればよい。

すでに述べたように、産総研におけるイノベーションの必要条件は、本格研究であった。第一にそれは、科学技術研究を社会に繋げるために必要な研究形式なのであって、これなくしては要素でありえても充分条件を満たす可能性は無い。そして特に、本格研究の中の第2種基礎研究が鍵である。それは複数領域の知識を同時に使用する必要があるために共約不可能性につかり、体系的な研究行為が取れなくなるのであった。するとそこでは、直観、経験、着想、偶然の思いつき、誤りによる偶然の発見などという、その過程を表現する事も、他人に教える事もできない、いわば不分明な手続きによって、手探りで研究を進めるしかなくなる。そのときに有効なのは、気分転換とか、専門外の人との交流などといわれる。それらは恐らく、自己の専門領域に固有の知識と思考方式とから一時的に離れることが、新しい方向へと思考を進めることの可能性を示唆しているものであろう。

このことは、イノベーションに限らず独創的思考についての分析的論説でもよく指摘されることである。興味ある書を表したりチャード・レスターの例は分かりやすい\*<sup>3</sup>。彼は、イノベーションは解釈過程(interpretation)によって触発されるという。解釈が必要なのは、言語系を異にする人たち、すなわち異なる職業の人たちが集まったときであり、その人たちの間の自由な討議が新しいものを生む。例えば、ファッションとしてのジーンズは、繊維技術者、古着屋、ファッションデザイナー、病院やホテルの洗濯加工業者などの、普段互いに顔を合わせる機会が少ない人々の統合の中で生まれたものであるという。統合は言葉を異にする人々との相互理解、すなわち解釈によって可能となる。ジーンズは、ロラン・バルト流に言えば\*<sup>4</sup>、ファッションの社会的占有状態を本質的に、また広範囲に変えたのであり、イノベーションである。

これらのことがわかったとしても、研究所にいる私たち

としては、それで満足というわけにはいかない。異なる“言語”を持つ人々、すなわち専門領域の違う研究者たちが協力して、あるいは一人の研究者が複数の領域を学んで共約不可能性という困難さをもつ第2種基礎研究を達成して社会的価値を生み出すことに成功したとすれば、その過程でどのようにして協力したのか、または協力できるのか、そして恐らくそこに存在する領域の融合という仕事とはどんな過程なのかを論理的に説明した上で、どのようにして成し遂げることができるのか、それを私たちは説明する責任がある。内容説明の無いままにこのような成功に対して使われる“統合”とは何かを、いくつかの例を見ながら考えてみよう。

これは産総研での経験ではなく、もっと古い経験であるが、私の属していた東京大学工学部精密工学科は1964年の改組(精密機械工学科となる)と同時に、“機電一体”という標語を作り、学科の中心理念としたのである。これはこの学科が、同じ工学部の巨大学科であった機械工学科と電気工学科にはさまれ、存在が問われるという状況の中の危機感から生まれた着想であった。そして教育も研究も機械と電気を統合したものにしようとする努力したのであった。それは学問として体系を作ることはできなかったが、両者を理解する技術者を生んだという意味では新しい分野を開いたといえるであろう。ところでメカトロニクス(mechatronics)というものがある。これは日本発の概念で、1969年に安川電機(森 徹郎氏)が命名した和製英語であるが、いまでは世界で通用する普通名詞となった(機電一体よりずっといい名前である)。そして名前だけでなく、多くの装置は機械と電気が分かちがたく結合する設計のもとで作られるようになり、メカトロニクスは普通の装置となって、固有の技術分野を形作ったのである。当時を思い出すと、精密機械工学科の教官たちは、私は機械屋とか電気屋(分野固有のマインドを持つことを強調して工学の専門家をこう呼んだ)などと自らを称することを忍耐強く禁句にしていたのだった。そして当時は他学科の人と付き合うことは無かったから、ただひたすら機械と電気の論文を読んだ。

ここには、次のような特徴を見ることができる。まず自分を伝統的な専門には縛られない者だという自己規定をすることができる(これだけでも、属している学会から村八分にされる危険性があり、大変な決意を必要とする)。そし

て次に、複数領域の論文を読み、自己の頭の中に“臨時領域”を形成する。しかしこの領域は既存の領域に比べて整合的でない。そこには機械工学のインポリュート、断面二次モーメント、エンタルピーなど、電気工学のインピーダンス、カール、禁止帯など、両学を通じては相互に関係付けることのできない概念が混在する。抽象化して、同じ数学的表現に到達したところで、対応する現実とは別物であり、現実的な存在を作り出す作業には役立たない。そこで抽象世界での構成と、現実世界での構成を適宜に繰り返しながら、整合的でない知識と本質的に整合的存在である現実世界との対応を見出しつつ製品全体を設計してゆく。この適宜というところがアクロバティックなもので、熟練を必要とするのである。しかしこの過程を体験することによって、説明できないにせよ、知識と現実との間の、その問題に固有な対応関係を知ることになるので、「臨時領域を身につけた技術者」として、この場合はメカトロニクス技術者として、社会的に認められたのである(工学においては、関係付けられた概念群と現実世界との対応が明示されていることが領域の条件である)。このようにメカトロニクスは、機械製品の機能的可能性を向上することによって機械製品市場を拡大し、社会における機械の使用に大きな変化を与えたのであった。従ってメカトロニクスはイノベーションであったといってよいであろうし、そこには上述のような知識の特徴的な過程が存在している。

前述したジーンズの場合はどうであろうか。この中で、ファッションデザイナーが洗濯加工業者を見学し、石で布を擦る過程に遭遇するが、それが新しいファッションを生み出す方法であると気づく場面がある。この場合は、汚れを落とす行為が、新しいデザインを実現する方法であると“解釈”することによって新しいファッションの可能性を生み出したのである。この場合は、ファッションも洗濯も、ともに対系立った知識でないから、より自由な直観的解釈によって統合が可能だったのである。しかしここでも、方法と現実との間の関係を行き来したのであり、ジーンズとメカトロニクスとの間には知識過程として共通性がある。

産総研で最近進められているGEO Gridという分野を越えたプロジェクトがある。これは、地質研究者とグリッド研究者の協力である。地理情報研究者を中心に集められているGISなどの既存のデータと、これも伝統的に収集され

てきた地質情報とが、それぞれ世界の各地に特徴的なものとして蓄えられているが、それらとリアルタイムで取り込める衛星地理情報データとを統合し、GRIDシステムによって必要な情報が入手できるものであり、資源探査、農業、環境、防災など多岐に亘る分野の利用を可能にするものである。ここでは、高度なデータ処理技術とGRID技術とが統合し、分野別だけでなく地域的にもばらばらだった情報が使用者にとって一元的に使用可能なものとなる。これも地理情報利用の状況を一変させるイノベーションであるが、この場合は情報の抽象度を上げて、GRID技術側から見た共通データ集合を作ることによって可能になるシステムである。言い換えれば、必要な知識の内容を一旦隠し、抽象的な世界を作り出して共約不可能性を克服するのである。

物性研究の成果が素子などの現実的技術になる場合も興味ある過程を持っている。初期の研究では新物質は研究室内のもので、現実的使用に耐えるものではない。それが性能的安定性、必要な形状、それを作り出す加工技術などに支えられて初めて現実の技術となるのであるが、この場合はすでに述べたように発現機能に関する物性だけでなく、機械的、変形的物性についての知識や耐食性や他物質との反応性など、多様な知識を必要とする。この場合は各物性の設計上の独立化を図り、境界での拘束条件問題に帰着させて解を求めることが行われる。

このように、臨時領域を作って現実世界との対応を作る、解釈によって異種のもを関係付ける、抽象度を上げて関係を創出する、独立化を図って境界問題に還元する、などはいずれも異なる領域で関係の不明なものを同時に扱わなければならない状況を解決するための方策であり、イノベーションの必要条件である複数領域の統合を行っているものであることがわかる。

ここで、複数領域の統合を扱う第2種基礎研究はイノベーションの典型であるが、その統合には基本的な類似性があるものの、現実的には多様な方法として行われるということ認めよう。従って将来に一つの標準的な方法を第2種基礎研究に与えることを想定しつつも、現在は多様な可能性である方策を課題ごとに案出しながら、イノベーションを求めてゆくしかない。産総研の場合、その目標は産業のサステナビリティに向けての重心移動に寄与する技術の提

供である。その技術を作り出す研究が本格研究であるが、それが社会、産業に届き、現実的にイノベーションを起こすために産総研として何をすればよいか。それが現在の産総研にとって緊急の課題である。

## 産業技術アーキテクト

産総研が発足してから6年が経過しようとしている。その間に各研究ユニットで行われた本格研究によって、各ユニットには産業によって利用を待つ技術的基礎知識が蓄積された。もちろん、その背後には百年を超す工業技術院時代の研究によって得られた知識が存在しており、本格研究はその上に成立している。しかし産総研となってから特に進んだのは第2種基礎研究であり、産総研が領域を越えた研究者間の対話を可能にする組織となったことがそれを可能にしたのである。そこで、蓄積された利用を待つ知識が現実の産業で使用されるために、私たちが何をすればよいかの課題である。

産総研では、本格研究の成果を更に産業へと展開するための方策を考案して実施してきた。産業との連携を促進するために、包括的連携、共同研究に対するマッチングファンドなどの制度を準備し、産学官連携推進部門を設けてそれらを推進することを行ってきたが、とくに産業変革イニシアティブという2005年に発足した制度は、産総研の研究成果を根拠とする明確な新産業創出を目的として、いくつかの企業と連携しつつ製品化研究を行うもので、現在は医薬製剤原料生産のための密閉型植物工場、知識循環型サービス主導アーキテクチャ、ユーザ指向ロボットオープンアーキテクチャ、工業製品のリスクなどの課題で共同研究が行われている。そしてこれらの連携にいたる前段階を準備するものとして、ハイテクものづくり、IP（知財）インテグレーション、などの研究費制度を作り、本格研究が更に産業へと展開することを促進している。またベンチャー開発戦略研究センターでは、普通ではベンチャーになりえないような段階の研究でも、それが産業のサステナビリティへの重心移動に貢献する可能性が期待される場合、経営能力のあるものを契約雇用して研究者とタスクフォースをつくり、それに資金を投入して実用技術まで育て上げた上でベンチャーとして世に出す方法で基礎的知識の現実化を促進し、ベンチャー企業誕生に関して好調な成果を挙げ

つつある。主として第一中期で行われたこれらの政策はおおむね成功であり、更に発展中である。

これらの諸施策を基礎として、日本全体にイノベーションの輪を広げるのがイノベーション・ハブ戦略である\*5。そのためには前述したような方法が、多様な種類の産業に向かって展開されなければならない。そしてその展開に取り掛かろうとするとき、ひとつの重要なことに気づくのである。

それは、言い古されたことのようにもあるが、連携における人の重要性である。現実には連携がうまく行くためには、研究成果を持つ研究者が、それを必要とする企業人に出会わなければならない。そしてそれには幸運も必要である。事実その幸運を待つために長い期間がかかる場合が多かった。考えてみれば当然のことであるが、産総研で行われた研究の成果を、産業で現実の技術にするという仕事を遂行するには、その研究の内容と意義を熟知すると同時に、産業側の真の需要を知っていなければならぬ。しかし、研究者と企業人が別々にいる現在の社会の仕組みの中では、そのような人がいる確率は少ないし、もしいても見出される可能性は低い。

私たちの決断は、そのような能力と意図を持つ者を、産総研の重要な職種に位置付けるということであった。そしてその職種を“産業技術アーキテクト”と名づけることとする\*6。同時にそのような能力を持つ者を育成するプログラムも立てられた。

この決定は、長い間私が感じていた疑問を解決するものであった。それは、アーキテクトがなぜ建築分野にしかないのかという疑問である。建築では、建築技術として建築用材料、部品、内装品などの要素、そして強度計算などのサービスを提供するものがいて、それを基に建築主は家を作る。しかし建築技術提供者と建築主とは直接対話せずその間に建築家がいる、建築技術を熟知し、同時にその家に住む建築主の期待する住み方を理解したうえで、独自の家を設計する。建築技術が建築主に十分に理解される可能性は少ない。一方個々の建築主の期待する生活を提供者側が理解することは難しい。そこに建築家がいる、両者の間の通訳の役割を果たすが、通訳である以上に、建築家は独自の芸術性のある構成の才能を持っていて、家の美観を整え建築様式を作り出して町並みを決め、同時に技術提供者

にも建築主の真の需要を伝える。建築家はこのように主体性を持って建築の進歩を主導する重要な人である。ところが建築以外ではこのような人はいない。そのために、使用可能なすべての知識を熟知した上で最適なものを選択し、使用することはほとんどできず、一方知識を開発する側も少なからずリスクを負う。情報技術のように進歩の早い分野ではこのことが実害を生み、使用においても開発においても無駄な投資をすることが起こる。

今私たちが問題にしている産総研と産業との連携ではどうであろうか。それは研究所の先端的な研究によって得られた知識を使用して産業が製品を作ることであり、ここには建築と同じ構造がある。先端的な研究の結果得られた科学技術知識は、日進月歩する建築技術知識に相当し、科学技術知識を使用して製品を仕上げる産業は、建築技術を使用して家を作る建築主に相当する。科学的知識を使用する産業は、建築主よりは深い知識を持っているかもしれないが、サステナブルな社会の実現のためにその責任の一端を担いつつ競争力を維持しなければならない現代の産業は、それが属する分野の知識以外の広範な知識を相手にしなければならないのであって、建築主と同じ状況におかれていると考えるべきであろう。しかも、より重要な点は、産業が自ら持つ真の需要を満たしうる知識を生み出す基礎研究の実施の要請を、研究所に対して行う手段もまた不十分という点である。

従って、研究所と産業の間にアーキテクトが必要である。今、産総研において、“産業技術アーキテクト”が誕生し、その仕事に取り掛かろうとしている。

## 引用文献

- \*1 Kuhn, Thomas: The Structure of Science Revolution, University of Chicago Press, Chicago, 1962
- \*2 持続性に向けた産業科学技術委員会（委員長、増田幸治）：産業技術総合研究所、2005年7月設置
- \*3 Lester, Richard ; Piore, Michael : Innovation, The Missing Dimension, Harvard University Press, Cambridge, 2004
- \*4 Barthes, Roland: Systeme de la Mode, Edition de Seuil, Paris, 1967（佐藤信夫訳、ロラン・バルト：モードの体系、みすず書房、1972）
- \*5 産業技術総合研究所－第2期研究戦略：（第3章 イノベーションハブ戦略）2005年4月
- \*6 産業技術アーキテクト：2006年12月1日、産総研に制定し任命した。

# イノベーション推進に向けて

イノベーション推進コア担当理事

山崎 正和・中島 尚正・加藤 碩一

## なぜイノベーション推進か

2006年3月に閣議決定された第3期科学技術基本計画には、革新を続ける経済・産業を実現するために「イノベーション創出総合戦略」が盛り込まれ、6月には、経済産業省が中心となって策定された経済成長戦略大綱で「イノベーション・スーパーハイウェイ構想」が打ち出され、9月には内閣にイノベーション担当相が設置されて「イノベーション25戦略会議」が発足しました。これより先に、米国では「イノベーションこそが米国の21世紀における成功を決定づける唯一の最も重要な要素になる」として、2004年12月に「Innovate America」（通称「Palmisano Report」）が発表されています。

産総研では、このような国内外のイノベーション推進の潮流よりも以前から、2001年の独立行政法人化の際に「国際的な産業競争力強化や新産業の創出に向けて、幅広いセクターでの探索と分野融合によるイノベーションを推進する」を重要なミッションの1つとして掲げ、2005年に開始した第2期中期目標期間でも「研究成果の活用や産業技術政策遂行への貢献による技術革新プロセスのエンジン機能の発揮（イノベーションハブ機能の強化）」を最重要目標に設定しています。産総研は、産業技術分野のほぼ全般にわたって研究開発を実施する、我が国唯一かつ最大の公的研究機関であり、産業技術におけるイノベーション創出への強い期待が向けられています。このような状況から、産総研が基本理念とする本格研究を一層推進し、イノベーション創出に結びつけるべく、研究推進のための組織・体制・機能の強化を図ることにしました。

## なぜ体制強化か

昨年の4月から、幹部会、分野別連絡会、ユニット長会議などにおいて熱心な議論を尽くし、以下のような機能を十分に発揮できるように組織・体制を強化すべきであるとの共通認識に至りました。

### 1 イノベーションの潮流の形成

産総研の目指すイノベーションは、単に社会に経済的な利益を産み出すことで満足すべきでなく、将来の持続可能な社会に向けて産業の重心移動を実現させようとするものである。イノベーション創出に向けた産学官の多様な連携チャンネルの中でハブ機能を担い、社会の中でこの認識が共有されるような潮流を形成していく。

### 2 本格研究の成果の統合的な発信

本格研究の理念のもとで、研究ユニットから多くの研究成果が産み出されてきているが、多様な研究成果を連結・統合させるなどして骨太化し、イノベーション創出に結実させる機能を強化する。また、政策提言機能の強化を図り、研究成果の社会還元の実体化を多様なチャンネルで実施する。

### 3 社会のニーズの的確な受信

産総研の研究成果を、複雑かつ多様化する社会のニーズに合致する技術ソリューションとして提案していくために、政府機関、大学、産業界などのニーズを的確かつ先行的に把握し、産業変革へのシナリオを描くことが出来る仕組みや体制をつくる。

### 4 本格研究推進の視点からの研究資源配分と研究支援

産総研に与えられた研究資源を最大限に活用してイノベーションを推進していくためには、研究ユニットの設立・再編や研究課題の重点化を図り、効率的・効果的に研究を推進し支援するという経営視点から研究資源配分を行う。



## どのように体制強化したか

今回の組織、体制強化の議論での重要なポイントは、産総研の基本理念である研究ユニットのオートノミーを見直そうとするものではなく、主に研究所経営の側における機能・体制の強化でした。上述の機能強化の必要性を満たすべく、経営の立場からイノベーション推進を担当する理事の設置（イノベーション推進コアと呼称）、産業技術アーキテクトの新設、イノベーション推進室の新設を行い、研究コーディネータを含めて、それぞれの役割と機能を明確にしました。

イノベーション推進コア理事は、「政府機関、企業、大学などの幹部レベルとのネットワーク構築による産総研イノベーション潮流の形成」、「産総研の強みを活かした分野横断的な大型研究プロジェクトや企業・大学等との大型包括協力協定等の立ち上げや支援」、「全研究分野を俯瞰した研究資源配分最適化の方針策定」、「共用施設・設備の有効活用の推進」等を行います。

産業技術アーキテクトは、産総研内外、特に産業界の有識者と積極的に交流し、将来の社会ビジョンを的確に捉えた上で、産総研の研究成果をもとに、また外部機関の研究成果も統合させて産業シナリオを明確に描き、産業の重心移動を実現するための戦略的連携やプロジェクト等を立案・推進します。

研究コーディネータはアカデミックマネジメントの立場から各研究分野内の研究ユニット間を調整し、研究分野の研究戦略を構築します。また、研究ユニット設計、研究資源配分などの決定に責任を有する理事に対して、研究推

進の立場から意見を具申します。

イノベーション推進室は、イノベーション推進コア、産業技術アーキテクト、研究コーディネータの機能を補佐し、大型プロジェクトの推進に関する企画・調整、研究資源の戦略的な配分原案の作成、研究推進に関する企画・調整、イノベーション推進戦略の作成等を行います。

## どのような取り組みをしていくか

このたび強化したイノベーション推進体制のもとで、これから主に以下の項目について重点的に取り組みます。

- イノベーション創出に向けた産総研モデルの構築と実践
- 研究課題のプライオリティーとその成果の社会的貢献の大きさを示す指標の開発
- 新産業のコンセプト提言とその実証的研究の推進
- 先端技術のプラットフォーム拠点形成の推進
- 産総研のインフラをモデルとした社会基盤開発実証研究の推進
- 公的研究機関としてのベンチャー企業創出の推進
- イノベーションを担う人材の育成

産総研をあげての熱心な議論を経て、昨年12月1日にイノベーション創出推進に向けた新しい組織・体制を発足させましたが、それを実際に機能させ、目標を実現していくのはこれからです。産総研の使命である、持続可能な社会の構築への貢献に向け、産総研全体が一丸となってイノベーションの創出に努力していきたいと思っております。そのため、私どもイノベーション推進コア担当の3理事は（「イノコア理事」と略称して下さい）、意識を新たにして全力を尽くす所存です。

## 熱電変換技術の本格研究

# 実用可能な熱電発電システムの構築

無駄をなくせ！

人類は今、エネルギーの安定供給と地球環境問題の解決に迫られています。この問題を解決するためには、全一次エネルギーの70%にも相当する廃熱の利用が鍵となります。熱電発電は温度差により発電するシステムです。私たちはこれを利用して廃熱から電気を起こそうと考えました。熱電材料にはp型とn型の2種類がありますが、発電するためにはそれらを交互に直列接続したモジュールが必要です(図1)。私たちの熱電変換の研究は1998年にスタートしました。当時、熱電材料の主流は金属材料でしたが、高温、空气中で酸化してしまい、自動車や工業炉からの高温廃熱を回収できません。そこでまず、高温、空气中でも安定に使用できる材料の探索に乗り出しました。注目したのが酸化物です。

### 新たな分野開拓 —新規酸化物の発見と素子化技術—

研究開始直後、私たちは600℃以上の高温、空气中で世界最高の変換効率を示すp型酸化物を発見しました。それは層状の結晶構造を有する $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ (Co-349)で、変換効率は10%を超えるものです。この成果はJapanese Journal of Applied Physicsに掲載され、2000年には論文賞をいただきました。また、この物質が新たな熱電材料の設

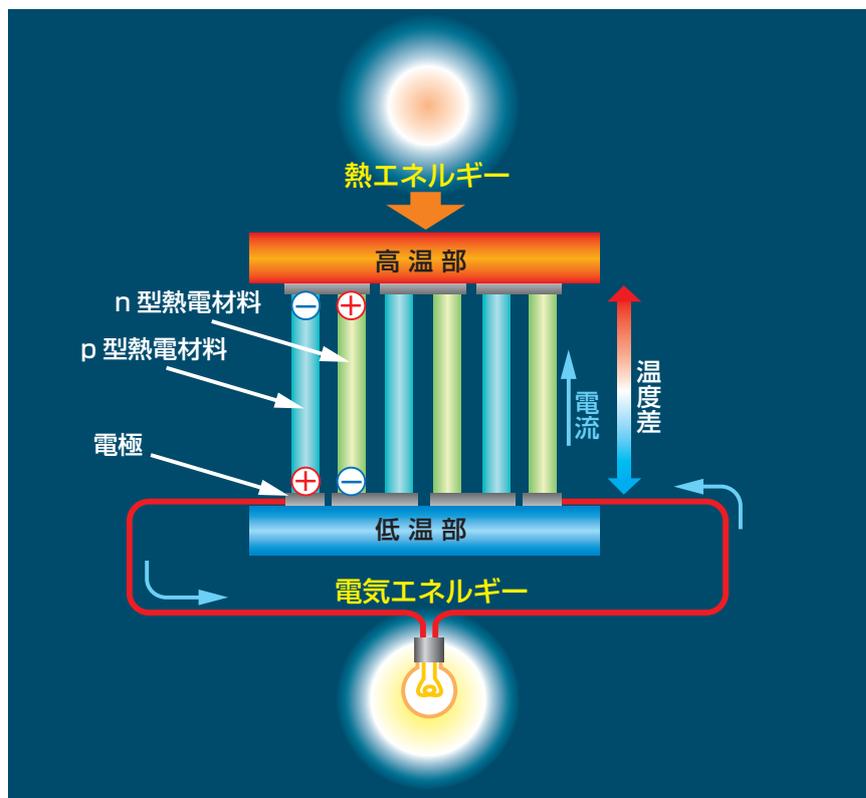


図1 熱電モジュールの構造。熱電材料の両端に温度差をつけることで発電。

計指針になり、国際学会で「Oxides(酸化物)」のセッションが新設されるなど学術的に大きなインパクトを与えました。

同じころ、旧工業技術院の研究所は産業技術総合研究所へと生まれ変わりました。研究者には基礎だけでなく、実用化を目指した研究も要求されるようになりました。

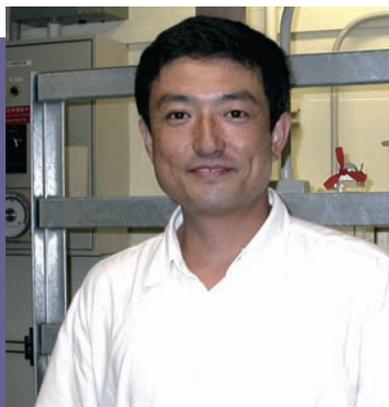
モジュール製造に必要な課題はp型材料の素子化(大量合成と焼結体製

造)と高性能n型酸化物の開発でした。私たちは企業との共同研究でこれらの解決を目指しました。すでにp型材料Co-349素子の量産化には成功しました。残念ながらまだCo-349に比肩する高性能n型酸化物の発見にはいたっていませんが、高温、空气中で使用可能なn型酸化物の開発には成功しています。

### 死の谷を渡れ —モジュールを「作品」から「製品」へ—

次に取り組んだのはモジュール製造です。良いモジュールには良い熱電材料が必要であることは言うまでもありませんが、熱電素子を繋ぐ電極の形成もそれと同じくらい重要です。

まず、モジュールの内部抵抗を低くしなくてはなりません。電極材料には銀を用いました。銀と酸化物素子を接合する場合、一般にはハンダや銀蠟、接着ペーストが用いられます。しか



コバルト系熱電酸化物を発見して6年が経った。黒い粉でしかなかった酸化物材料が、多くの方々との連携・融合により、湯沸器の中で発電しながら水蒸気を作り出すモジュールにまで進歩した。最大の夢は熱電発電の実用化。私自身は、材料研究者であるため製品化については素人。先入観にとらわれず、斬新で使いやすいモジュールの製造を、その道のプロ達との「本格研究」で実現したいと考えている。

舟橋 良次 (ふなはし りょうじ)  
ナノテクノロジー研究部門  
ナノ機能合成グループ

し、私たちの目標は高温、空气中で使用可能なモジュールの製造です。そのためハンダは使えませんし、銀蝨は量産に不向きです。そこで印刷技術により、容易に量産可能な銀ペーストを用いた電極形成に取り組みました。問題になったのが、市販の銀ペーストを使うと熱電素子-電極間の接合抵抗が高くなってしまいました。この問題の解決のため、ペースト製造会社にアドバイスを求めました。彼らが熱電以外の分野で培ってきた技術です。この技術の改良により開発した接着ペーストを試したところ、非常に低い接合抵抗を実現できました。また、接着には高い接合強度も要求されますが、これについても満足できる強度を得ることができました。まさに、他分野での成果を取り込んだ「本格研究」による新たな成果です。

実用的なモジュールの製造には産総研内での融合も不可欠でした。産総研には「IPインテグレーション」という、知財融合によって新しい技術や製品を生み出そうというプロジェクトがあります。このプロジェクトを活用し、多様な分野の研究者と共にモジュール製造のための要素技術を開発しました。その結果、それまで「作品」であったモジュールを「製品」にまで作り込むことができたのです（図2（A））。

### 熱電発電を本物に ーシステム化を目指してー

ここまで、材料からモジュール製造に至る経緯を述べました。しかし、モジュールだけでは世の中の役には立ちません。熱機関に取り付け、発電しなければなりません。そのためには、材料の枠を超え、機械、電気、熱工学の知識が不可欠です。つまりユーザーとの関係構築が必要となります。しかし、熱電発電は広く実用化されたことがなく、変換効率も低いため、ユーザーと考えられる企業は、熱電発電システムの共同開発に腰を上げてくれませんでした。交渉の席では、お互いの専門用語が全くかみ合わないという苦労もありました。

そんな中、ガス燃焼を用いた小型水蒸気発生器と熱電モジュールの融合に挑戦する研究を共同で行ってくれる企業とようやく巡り会えました。最近、スチームオープンや食器洗浄機など家庭内での水蒸気の利用が高まりつつあります。現状は電気により水蒸気を生成していますが、短時間で多量の水蒸気を生成できるガス燃焼にも大きな魅力があります。ただ、ガスを用いると、一酸化炭素の発生や熱交換器寿命の短縮といった問題が生じ、なかなか実現できずにいたのです。そこでまず、耐熱性のある酸化物材料を用いることで

問題を解決し、過熱水蒸気と電気を同時に発生するシステムを開発することに取りかかりました。研究成果が図2（B）に示すパイプ型モジュールです。これを小型湯沸器に搭載することで過熱水蒸気と電気を同時に得ることができます。

ご覧のように最初に開発した板型モジュールとは似ても似つかぬ形のモジュールです。実は、板型モジュールを持って、ユーザーを回っていた頃、「こんな使いにくい形のモジュールでは・・・」とよく言われました。私たちはユーザーの声を聞かずモジュール作りをしていたのです。目から鱗が落ちました。もちろんIPインテグレーション等で開発した技術はモジュール製造に使うことができます。しかし、モジュールの形状はユーザーからの設計図無しでは決まらないのです。

酸化物材料の発見から10年足らずで実用化目前のシステムを構築することができました。その過程ではグループメンバーも含めた多くの研究者との連携、融合があり、全員が真剣に協力しあいました。

一口に「本格研究」と言っても、色々なスタイルがあるかと思います。この研究の中から私が出たことは、学术界で大きな成果をあげた者こそが、情熱と勇気を持って他分野の研究者と交流し、彼らを真剣にさせる夢を語り、基礎的な研究成果から新たな価値を生み出し、環境保護と人類の繁栄に貢献すべきだということ、それが「本格研究」の本質なのではないかということです。

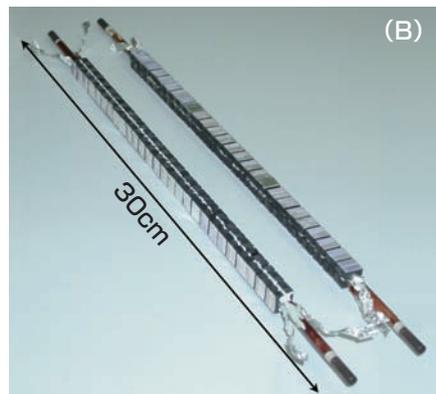
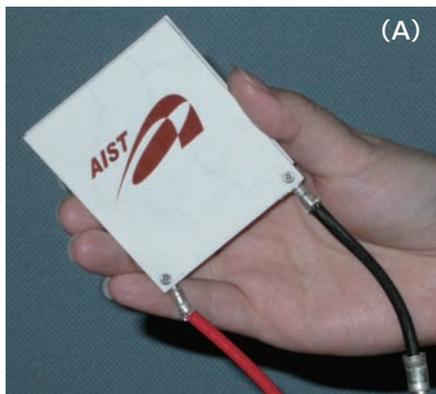


図2 酸化物熱電モジュール。  
15対の酸化物素子から構成される板型モジュール(A)と54対のパイプ型モジュール(B)。

# バイオ物質の産業応用に関する本格研究 製品化を実現する不凍蛋白質の大量生産システム

## 水の凍結現象の把握と不凍蛋白質の機能解明

“水を冷やすと氷になる”という現象は誰もが知っていることでしょう。しかし、水が氷になる瞬間を見た人や、水を含む物の凍結過程を知っている人は意外に少ないのではないのでしょうか？

私たちが注目する不凍蛋白質（AFP）は、水の凍結過程で機能を発揮する物質です。この過程を精密に捉えAFPの分子構造と機能を解析することがこの研究の基盤要素（第1種基礎研究）になります。一般的な水の凍結過程を図1Aに示します。水を汎用の冷凍庫（-18～0℃）に入れると冷却され、やがてマイナスの温度に達します。このとき、水の中には無数の氷の単結晶すなわち“氷核”が生成します。氷核は周囲の水分子を結合して成長し互いに結びつきます。こうしてできる「氷の多結晶体」が、私たちがふだんにしている氷というわけです。“氷核を小さく保つ”ことは従来の冷凍保存技術に共通する課題であり、その解決策として極低温（-196～-60℃）が用いられてきました（図1B）。しかしこれに膨大な冷却エネルギー（電力）を消費することが地球温暖化をもたらす原因のひとつになっています。

AFPは氷核の表面に結合してその結晶成長を止める小さな蛋白質です。

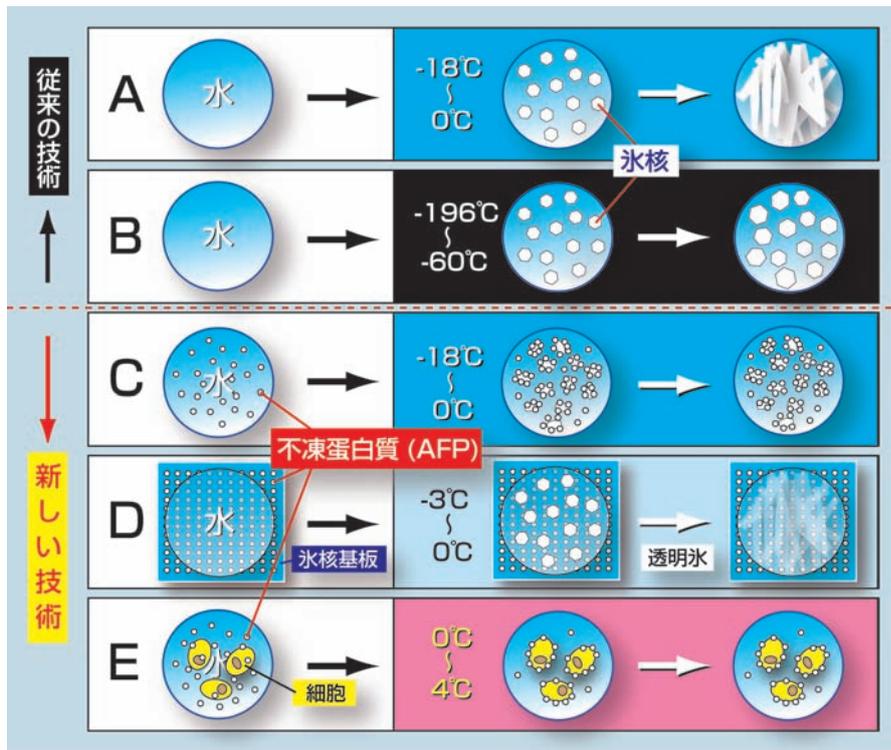


図1 水の凍結過程と不凍蛋白質（AFP）応用技術の説明

AFPは1969年に極地魚類の血液から発見されましたが、極めて入手困難であるために、その現実的な製品化研究は行われませんでした。私たちが初めは既知AFPの分子構造と機能の相関解明に関する研究を続けていましたが、一方では「AFPが豊富に手元があれば、極低温を使わずに氷核を小さく保つ技術（図1C）や新しい省エネ型の冷凍技術（図1D）の研究ができるのに…」と考えていました。北極や南極の動植物だけがAFPをもつというのが現在で

も一般常識ですが、私たちは常識をあてにせずに“自分たちのAFP”の広範な探索を行いました。そして、意外にもカレイやワカサギなど多くの国産魚が筋肉中に豊富にAFPをもつという新事実を発見することができたのです。

### “量のカベ”を超えるということ

現在市販されているAFPは北極魚血液から精製された微量且つ高価な試薬（約1,300円/mg）であり、これを食品、医学、エネルギー等の技術分野に惜しげもなく使うことはできません。このような“量のカベ”は様々な分野に共通の“死の谷”と考えられ、「量さえあれば」と期待される物質・材料は多いのではないのでしょうか？約5年前、私たちは自分たちで見つけたAFPを魚肉からg～kg単位で精製するシステムの開発を複数の中小企業に打診しました。しかし「少なくとも精製法レシピが無ければ請け負えない。」との回答しか得られず、それから私たち



1995年の北海道工業技術研究所入所以来、零度C付近での生命現象を解き明かす“低温生物学”の研究に従事してきた。専門は核磁気共鳴（NMR）法およびX線回折法による蛋白質の構造機能解析。氷核蛋白質、不凍蛋白質、低温活性酵素などが低温下で発揮する特異的機能を解析し、それらの大量生産法を開発することによって、これまでに無い新しい産業技術を創生したいと考えている（北海道大学理学院客員教授を併任）。

津田 栄（つだ さかえ）  
ゲノムファクトリー研究部門  
機能性蛋白質研究グループ

の第2種基礎研究が始まりました。

一般にバイオ物質の生産というと遺伝子工学が想起されますが、天然の魚類AFPは10種類以上の異性体混合物であり、混合物でなければ十分な機能を発揮しないため、私たちは魚肉から天然のAFPを精製することを決意しました。図2(中央)にこの研究のイメージを示します。AFP生産魚種A, B, C, …があり、様々な蛋白質をふるい落とすための要素技術(●)が無数にあるのが初期状態です。魚の筋肉懸濁液をつくり、これを複数の●に順序良く通すことによってゴール(高純度AFP)に辿り着きたいわけです。これはどのバイオ分野にも共通する研究工程であり、ただでさえ●の選択にはそれなりの時間と労力を要します。加えて“製品化”となると、●の選択にはコスト、時間、人力、収量などの条件が課せられるため、安価で容易な●を試し、●の順序を精査し、また●の数を減らす際限のない実験が必要になってきます。これは学術的成果にはなりにくい実験であり、AFPを製品化研究に繋げる気持ちを持ち続けることが必要でした。漁業組合との捕獲交渉や漁獲量の経年調査、魚肉保管場所の確保なども自前で行いました。こうして私たちは現在、契約職員1名の環境から5日間で2gという効率で、魚種B由来のAFPを安定的に高純度精製できるようになり、その累計量は140gを超えています(市価1億8千万円相当)。

を減らす際限のない実験が必要になってきます。これは学術的成果にはなりにくい実験であり、AFPを製品化研究に繋げる気持ちを持ち続けることが必要でした。漁業組合との捕獲交渉や漁獲量の経年調査、魚肉保管場所の確保なども自前で行いました。こうして私たちは現在、契約職員1名の環境から5日間で2gという効率で、魚種B由来のAFPを安定的に高純度精製できるようになり、その累計量は140gを超えています(市価1億8千万円相当)。

**AFP 研究体**  
循環型社会の実現を目指して

現時点で量産できるAFPはまだ1種類ですが、これを使った新しい製品化研究の成果が出はじめています。なかでも、このAFPを無数に固定化した氷核基板を開発できたのは画期的なことでした。この基板は極めて僅かな冷却エネルギー(-3~0℃)で水を凍結さ

せる能力をもつのです(図1D)。AFPを応用した新食品の開発も始まり、また0~+4℃下での細胞の生存率を飛躍的に向上させるAFP細胞保存液の開発も開始されました(図1E)。一方、これらの成果は新しい基礎研究の課題を生む結果にもなりました。氷核基板にある水と通常の水の間にはいかなる構造の違いがあるのか? AFPはいかにして細胞の生存率を高めるのか? それらの解明は、製品化の質を高めていく上で欠かせない情報を与えるに違いありません。

“製品化”という目標が、要素技術にも研究全体にも明確な方向性を与えた結果、ある機能をもった統合システムとしての“AFP研究体”が構築されたように思います。今後はこの研究体を通して低環境負荷・循環型社会の実現に少しでも貢献して行きたいと考えています。



図2 不凍蛋白質 (AFP) 本格研究の概要

不凍蛋白質 (AFP) — 氷結晶結合機能と細胞保護機能の2つを併せ持つ蛋白質のこと。膨大な種類がある。1969年に南極魚の血液から発見されたが、不明な点が多くまた稀少性が極めて高いために、これまで製品化に至らなかった。

# インターネットを通じたシミュレーションの本格研究 子どもの事故予防と安全知識循環型社会をめざす

## 子どもの事故予防

子どもの成長は見ていて楽しいものです。日々、行動が多様化していくさまは、生命に対する畏敬の念を覚えます。ところが、子どもの成長には喜んでばかりはられない側面もあります。発達するにしたがい事故の発生率が増します。歩き出せるようになる1歳過ぎの子どもの死亡原因の第1位は、意外にも「不慮の事故」なのです。少子高齢化が急速に進む日本では、大きな社会問題として国をあげての取り組みが求められています。

## 行動計測技術の開発ともやもや感

2003年の夏、人間の日常生活行動の計算モデルを作るための「3次元位置計測装置」の研究を行っていました。私たちは、安価な超音波センサを相当多量に用いることで、位置情報を確実に精度良く計測できるシステムを構築しました。それまで定量化が進められた人間行動の多くは実験室環境に限られていましたが、私たちは計測の場を日常生活空間に拡大したいと考えていました。私たちが技術を役立てたいと思っている対象は、日常生活を営む生身の人間だからです。研究者の都合から生まれる技術に、ある種の「もやもや感」を感じていた私たちがめざしたのは、困っている人に役立つ技術を具体的に作ろうということだったのです。



それが出現してきた理由を体験として共有できなければ、いかなる方法、科学、技術も簡単に形骸化してしまう。形骸化の打開策もやはり形骸化する。これは、本格研究にも当てはまるのではないだろうか？ 日々、分かりやすい教科書やハウズ一本ではなく、その創始者が自ら書いた原著にあたり、彼らの苦悩や願望、そして息遣いを読み取ることで、心を動かされるようにしている。4歳になる子どもの父親。

**西田 佳史** (にしだ よしふみ)  
デジタルヒューマン研究センター  
人間行動理解チーム

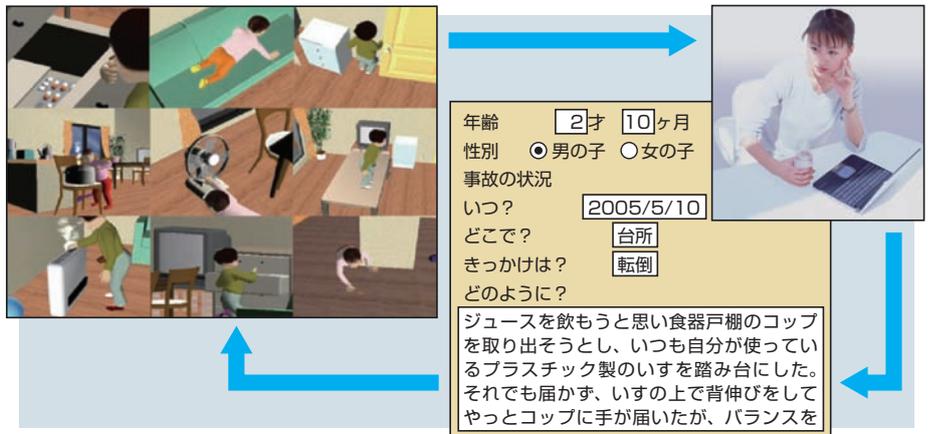


図1 住宅内子どもの事故の予知支援のためのWEBサービス

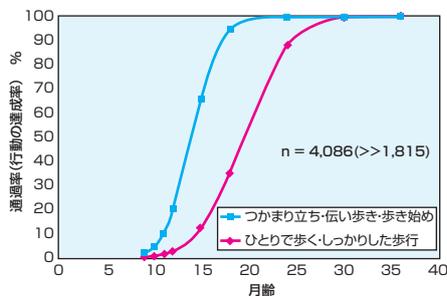


図2 WEBサービスによって得られた月齢と行動の関係に関する知見  
医療分野で「Denver II」として知られている関係図と同じもの。Denver IIは、1,815人の子どものデータを医師が観察することによって作成された統計データだが、このWEBサービスでは自動的に作成され、102日間の運用で、その数を上回った。今もデータ数は増加し続けている。

## ユーザ不在の研究からの脱却

自分の周りを見回してみても、日常生活空間が子供にとってとても危険なものに感じられました。インターネットを使って「子どもの不慮の事故」を検索してみると、山中龍宏先生（現在は、産総研の招聘研究員）がこの分野で長年活躍されていることがわかり、すぐに電話してお会いしました。山中先生と意気投合し、直感が確信へと変わりました。産総研内の異分野の研究

者である本村もグループに加わったことで、この確信が行動となります。センサ技術とモデル化技術などの第1種基礎研究が統合され、子どもの事故予防工学という新たな第2種基礎研究がスタートした瞬間でした。

まず、超音波センサを使って、実際に約100人の赤ちゃんを計測し、ベイジアンネットワークと呼ばれる確率論的なモデル化手法を用いて、いくつかの行動パターンをモデル化しました。山中先生から、日本では死亡に関する統計はあっても事故に関する統計がないことを教えられ、「事故サーベイランスシステム」という事故情報収集システムを開発しました。病院と協力して、4,000件ほどの事故情報を収集しました。行動パターンと事故情報を組み合わせることで、赤ちゃんの事故シナリオをもっともらしく再現する可視化プログラムを作成しました。この可視化プログラムに興味を持ってくれる企業が現

れ、共同で、保護者に対する住宅内の赤ちゃんの事故の予知支援のためのWEBサービスを、開発しました(図1)。これまでに4,000人の保護者に対して、55,000件の動画を配信しました。また、このWEBサービスで同時に行っているアンケートで、19,000件のデータを収集することができました。アンケートデータからは、子どもの月齢と発達行動の関係が得られます(図2)。これは、インターネットが、実社会で生活している人間の行動や活動を記述するセンサとして、極めて大きな可能性を秘めていることを物語るものです。

### 社会とのギブ&テイク

これらの経験から、私たちは次の4点を学びました。

- 1. 困っている人との出会い:** 連携といっても具体的に困っている人(現場)がいると、何をなすべきかが明確になり進展も早い。逆に、単に集まっただけでは真の連携は生まれず、漫然とした座談会のようになってしまふ。
- 2. 社会問題という求心力:** 多様な分野で問題が共有できる社会問題の場合、理念や目的の共有が楽で連携が容易になる。今回の例では、病院・企業・異分野の専門家との連携に、多くの言葉は不要だった。
- 3. ニーズ・シーズの逆転:** 通常、技術がシーズで、社会にニーズがあるとされるが、現状ではそれが逆転し、社会に技術を役立

たせる種(シーズ)があり、逆に、応用が欲しいという意味で技術に強いニーズがある。社会側のシーズを育てる視点が不可欠である。

**4. 実社会における機能:** 「世界のフラット化」が進行しているせいで、あるソフトウェアなり、ハードウェアなりが社会の中で持続的に機能すると、そこから様々な情報が得られる。

このように、社会とのある種のギブ&テイクの関係が容易に結べるようになってきたことは、日常の科学技術を大きく発展させる原動力の1つになると思っています。同時に、研究、研究所、何より自分の「実社会における機能」が今まで以上に問われるようになってきていると感じています。

### 日常系の科学技術

子どもの事故予防工学とはどんな科学技術なのか? 例えば、量子論や宇宙論といった自然科学分野を見ると、大抵の現象をうまく説明し再現できるような「標準モデル」が存在しています。しかし、子どもの事故を扱える日常生活の標準モデルと呼ぶものは未だ存在していません。人間の日常生活の標準モデルの構築といった課題に挑戦するためには、観察装置が存在している様々なレベルで人間の活動を記述し、モデル化を試みる努力をまだまだ

積み重ねる必要があります。近年、日常行動を科学や工学の対象として扱うための基盤技術が整いつつあります。こうした技術背景のもとで、センシング技術・モデリング技術・サービス技術という歯車が日常生活の中でかみ合わされ、「実験動物としての人間ではなく、社会の中で生きている人間の知」という新しい歯車を回すことが可能になるでしょう(図3)。

私たちの研究グループでは、これまで、小児科臨床医、看護師、育児・製品安全・機械工学・ロボット工学・建築工学・人間工学などの専門家、メーカー・自治体・関連省庁の担当者やジャーナリストをメンバーとする事故サーベイランスプロジェクトを発足させ、事故情報を安全知識として知識化し、社会で循環させるネットワーク作りも進めてきました。子どもの視点に立った新たなデザインの振興を目的とするキッズデザイン協議会が発足されたり、それが政府の少子化社会対策の一環として位置づけられるなど、少しずつ安全知識循環型社会への動きが活発化しつつあります。私たちは、子どもの事故という社会問題の解決を目的に、安全知識を循環する新しい歯車のデザインと実装を進めていきたいと考えています。

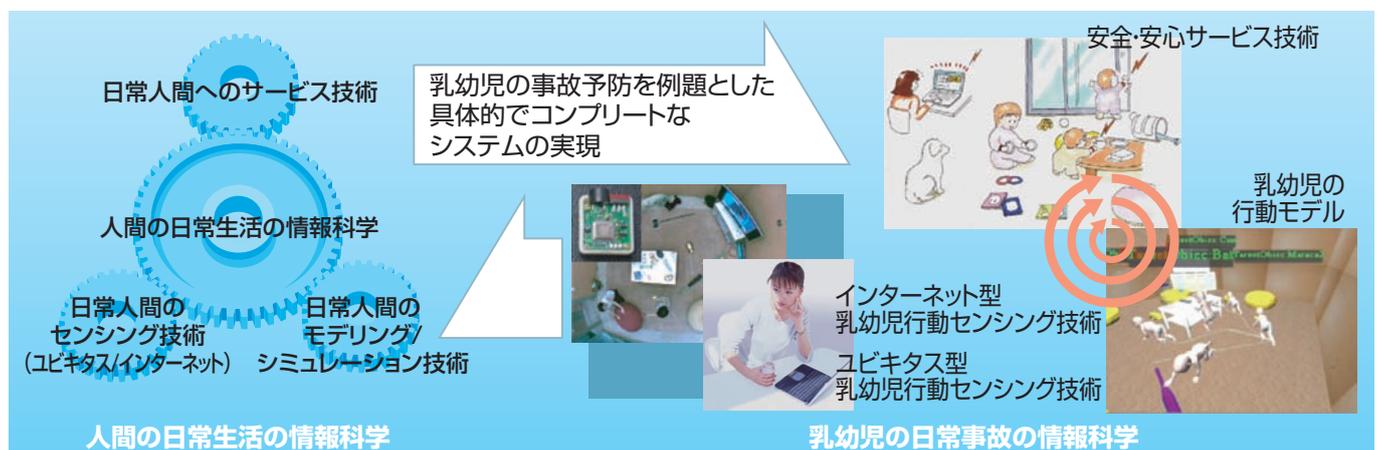


図3 日常系の科学技術

# 情報システムの開発のあり方を提案する本格研究 オントロジーに基づく情報の質と量への挑戦

企業の情報システムや電子政府・電子自治体などの電子行政システムの構築に関して、システムの設計や構築・運用・管理などを包括した全体を最適化するしくみが望まれています。私たちは“オントロジー”研究を行い、課題解決型プロジェクトへの参画を通して、ニーズに潜在する本質的課題を見きわめ、情報システムの問題を解決してきました。

## シーズとしてのオントロジー研究

“オントロジー”とは、モデル構築のための概念的（意味的）な部品です。オントロジーの構成を追求することによって、人や社会と機械との間にさまざまな概念を共有したり転用したりできるようになります。私たちは、シーズ研究として、オントロジーを用いた情報システムの仕様と実装に関する検討を行いました。

情報システムの導入が組織や社会全体へどのような影響を与えるのかを明確にするためには、システムを構成するソフトウェアの“ふるまい”をモデル化するだけでなく、システムに関わる人の“ふるまい”（例えば業務など）も同時にモデル化しなければなりません。

人が関わるビジネスやその能力に関する記述単位と、ソフトウェアが関わるデータベースや機能に関する記述単

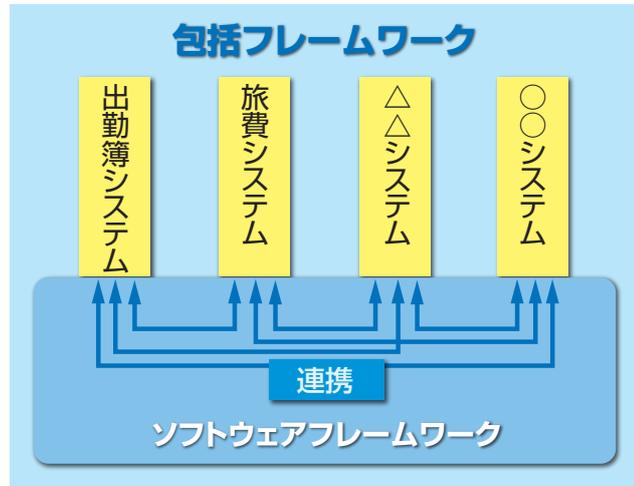


図 自治体などにも適用できる包括フレームワークに基づいて、開発が開始された産総研の新たな大規模情報システム（AIIST）の概念図

位とは、全く異なるものです。これらの記述単位を直接関連付けることは、論理が高階になり計算機処理が非常に困難でした。そこで私たちは、独立した意味の体系を階層的に関連づけることによって、ビジネスモデルや業務プロセス・ソフトウェアアプリケーションを統一的に扱うことを提案しました\*1。

## 社会問題と研究課題のマッチング

近年、情報システム開発に関連する問題を引き起こしている要因として、業務実行者とシステム設計者の相互理解の不足、全体最適化を阻害している組織連携の欠如の2つがあげられます。情報システムの構築全般にわたるこれ

らの問題は、社会的に深刻な課題です。研究と開発を融合させることがもともと困難な課題であることに加えて、情報技術に関して異なる側面を捉えられないことが要因であると指摘されています。

課題を解決するためのシーズとニーズのマッチングは、研究過程で偶然成し遂げられるものではありません。課題解決における試行錯誤が、異なる側面を表裏一体に繋ぎあわせて課題を立体化させていきます。そこから解決の効果を想定することが可能となり、具体的な研究開発が完了した後に、最終的にシーズとニーズがマッチングしたといえるのです。

私たちの研究では、オントロジーに基づく次世代ウェブに関する横浜市との共同研究や、愛・地球博におけるサービスモデルの実装・実証などを通して、オントロジー研究の大規模情報システム開発への貢献を試行錯誤してしました。その過程で、多彩な側面から構成される大量の情報を、異なる局面にまたがり共有することの重要性を研究者自身が認識することができました。



機械理解可能な知識体系であるオントロジーは、セマンティック Web の登場により、近年ようやく市民権を得た感がある。次期情報システム開発という本格研究の場合は、人間系にシステムを組み込むというオントロジー本来の研究課題を明確にするだけでなく、研究成果の統合というワンランク上の研究スキルを実践する機会でも感じている。

和泉 憲明 (いずみ のりあき)  
情報技術研究部門  
知的コンテンツグループ

## ミッションとしての本格研究の場

私たちが現在取り組んでいる産総研の次期情報システム開発プロジェクト(図)は、産総研が主体的に開発に関わることにより戦略的な情報システムを実現するもので、同時に、これまでの研究成果を反映させ、また研究支援・研究経営支援を実現させることを目標にしています。

この取り組みを成功させることによって、新しい開発の進め方を標準的な方法として広く普及させ、システム開発のあり方を提言することが、私たちの最終的な目標です。このプロジェクトの具体的なスコープを表に示しました。単に情報システム構築に関する技術的要件を整理するためだけのものではなく、組織的な戦略や達成目標にまで言及していることが特徴となっています。

このプロジェクトの成果として、組織全体の業務・システムを共通言語と統一的手法によってモデル化し、「全体最適」の観点から業務とシステムを改善するための設計と管理の手法の事例を社会に提供することを考えています。

## 研究成果としての開発方法論と標準化

オントロジーに基づく質と量への挑戦は、次期情報システム開発というプロジェクトの中で、情報システム開発に特化した課題解決という目標を具現化させました。ここで得られる成果は、情報システムの開発基盤としてのソフトウェア開発方法論とその標準化であり、それは次の目的を満たすものです。

- システムの品質を向上できること
- 効率的に開発できること
- 設計変更に対応できること
- 既存システムを有効活用できること

この目的を達成するために、開発基盤を開発活動推進のための環境全体と捉え、次のような情報システムの開発

表 産総研「次期情報システム開発」プロジェクトにおける基本スコープ

|  |
|--|
| ● <b>先端システム開発</b><br>セキュリティやパフォーマンスの要件を満たしたシステム基盤フレームワークを構築する。 |
| ● <b>ビジネスモデリング</b><br>業務の分析や設計・改善を、産総研が主体的に取り組む。               |
| ● <b>IT ガバナンス強化</b><br>全体計画立案およびプロジェクト管理。<br>開発プロセスと開発標準の設計。   |

基盤を規定構成しました。

**開発プロセス：**開発を進める標準的なプロセスを規定します。設計、実装等のフェーズ分けを行い、各フェーズの前提条件・作業内容・成果物・終了条件を明確に定義します。作業内容・成果物については必須項目とオプション項目を区別します。実際の開発案件では、開発プロセスを個々に最適化して実施できるようにするためのガイドラインも同時に定めます。

**開発標準：**成果物の品質を担保するツールを規定するために、設計テンプレート・コーディング規約・開発ガイド等から構成される開発標準を設定します。開発ガイドブックの性質も持たせませす。

**開発体制：**開発プロセス・開発標準が遵守されているかどうかを監視するための体制を、組織内に用意します。開発業者に加えて、CIO(最高情報責任者)である担当理事直轄のプロジェクトチームが開発管理に加わり、随時レビューを実施します。

**フレームワーク：**開発プロセスのメリットを最大に生かすために、ソフトウェアフレームワークを制定します。プレゼンテーション層・ビジネスロジック層・インテグレーション層の3層が独立しつつ、各層での標準技術に基づいて産総研内で共通に使われる機能群を包含する産総研フレームワークを構築し、必要なシステムを実現するためのアプリケーションは、このフレームワーク上で実装されます。

## 今後の展開

本格研究とは、終わることのない研究と課題解決のサイクルであるともいえます。それを次期情報システム開発プロジェクトに適用すると「継続的な展開と成果の普及が求められる研究である」といえるでしょう。

このプロジェクトは課題解決型であることの特徴として、一部の研究者の自主的な組織化を産むテストベットとしても機能し、新たな基礎的な研究課題も創出しています\*2。

私たちは、産総研が標準化するソフトウェアフレームワークや開発標準、開発プロセスなどが、一般的な公共機関で現実に運用可能なものになっていることを確認するために、現在、いくつかの地方自治体と連携して、その技術移転を始めています\*3。

## 文献

\*1 N.Izumi, T. Yamaguchi: "Integration of Heterogeneous Repositories Based on Ontologies for EC Applications Development", International Journal of Electronic Commerce Research and Applications, Vol.1, No.1, pp.77-91, (2002)

\*2 P.Gezy, N.Izumi, S.Akaho, K.Hasida: "Navigation Space Formalism and Exploration of Knowledge Worker Behavior on Intranet", Proc. The 8th International Conference on Information Integration and Web-based Application & Services, pp.163-172, (2006)

\*3 プレス発表 2006年12月19日「開発企業のしほりから解放された大規模情報システムの開発に着手」

# 進化するインテリジェント電動車いす

## 全方向ステレオカメラ搭載で安心・安全な電動車いすの実現

障害者や高齢者の安心で安全な移動の支援を目的として、前後・上下・左右すべて死角のない全方向のカラー動画像と距離情報を同時にリアルタイムで取得する能力を持つ「全方向ステレオシステム」を電動車いすに搭載し、走行中に起きる危険を検出して安全な走行を確保する機能だけでなく、ユーザーの意図や異常を機械がキャッチして「ユーザーを見守る」ための機能など、さまざまな支援機能を持つインテリジェント電動車いすを開発した。

### 運動能力だけでなく知覚能力もアシスト

障害者や高齢者の生活の質の向上に役立つ技術開発は社会的に重要な課題であり、最先端のIT技術の活用が望まれる分野である。近年、電動車いすの普及により、従来は外出が困難であった障害者でも外出できるようになりつつある。しかし一方で、衝突や転倒、移動中の突然の体調不良などの事故が増加しており、走行中に起きるさまざまな危険を検出して安全な走行を確保する機能と、ユーザーの意図や異常をキャッチして「ユーザーを見守る」機能の実現が望まれている。

自動車では、追突の危険性を事前に予測して自動的にブレーキをかけたリ、自動的に前走車に追従するなどのインテリジェントシステムが実用化されている。このような機能は、障害者や高齢者がユーザーとなる電動車いすにおいても重要である。しかし、道路を走行する自動車と異なり、電動車い

すは人混みなどさまざまな生活空間での使用が前提となるため、その実現には次世代のセンシング技術を用いる必要があった。

そこでわれわれは、全方向のカラー動画像と物体までの距離情報（3次元情報）を、同時にリアルタイムで取得する能力を持つ「全方向ステレオシステム」を搭載したインテリジェント電動車いすを開発した。この車いすは、障害物や段差などを検出する機能だけでなくユーザーのジェスチャや姿勢を認識する機能など、さまざまな支援機能を持っている。

### 全方向ステレオシステム

全方向ステレオシステム（図1）は、筆者らが前職（JST岐阜県地域結集型共同研究事業）で世界に先駆けて開発したカメラシステムである。今回、産総研において、障害者支援への応用に

佐藤 雄隆 さとう ゆたか  
yu.satou@aist.go.jp  
情報技術研究部門 研究員  
(つくばセンター)

1996年東京農工大学工学部卒業。2001年北海道大学工学研究科博士後期課程修了。財団法人ソフトピアジャパンHOIPプロジェクト主任専門研究員を経て、現在産業技術総合研究所情報技術研究部門研究員。前職で全方向ステレオカメラを開発。産総研に入所後、その障害者支援への応用に関する研究を進めている。他にロバストパターンマッチングに関する研究を行っており、これまで監視カメラによる人物の自動検出アルゴリズムの製品化などを行った。博士(工学)。

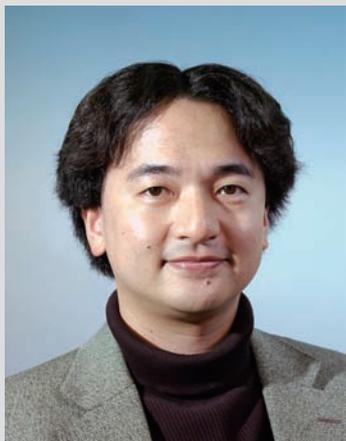


図1 全方向ステレオシステム



図2 試作システムの外観



図3 全方向画像の例 (左: パノラマ表示、右: 球面表示)

関する研究を行った。全方向ステレオシステムは、正12面体に3眼ステレオカメラを12セット配置した構造で、全方向のカラー動画と距離情報をリアルタイムに得ることができる。インタフェースボードはPCI-Express規格に準拠しているため、通常のPCI台のみでシステムの制御と画像の取得を全て行うことができる。

#### 走行環境の危険検出とユーザーの状態検出

図2に試作したシステムの外観を示す。全方向ステレオシステムはユーザーの頭上前方に設置する。われわれの生活空間は、立って歩いたときに危険を認識しやすいように設計されているため、歩行時の目の高さに近いこのカメラの位置は走行環境の危険を検出するうえで合理的である。

図3に全方向ステレオシステムで撮影した全方向画像の例を示す。画像は毎秒15コマの動画で、パノラマ表示のほか、地球儀を回すように球を回転させて全方向を見回すこともできる。全方向ステレオシステムは全く死角がないため、ユーザーの頭上から電動車いすの周囲の環境を完全に把握でき、同時にユーザーの乗車姿勢も観測できる。

図4に危険検出の例を示す。壁などの障害物だけでなく段差の検出を行っているため、図のような下り階段についても検出結果が転落の危険を示した場合に自動的に停止させることができる。

図5はユーザーの姿勢の変化を検出

して緊急停止をしている例である。このような状態が一定時間以上続く場合には、携帯電話などで自動的に外部に通知することもできる。

図6はジェスチャ検出の応用例で、ユーザーが一定時間手を伸ばしていると微速前進を開始し、手を戻すと停止する。また、障害物に当たる直前で自動的に停止する。これによって、例えばエレベーターのボタンを押すような場合でも、微妙な位置決めを、安全かつ簡単に行うことができる。

#### 今後の予定

今後は実走行実験を重ね、危険検出機能の高度化を進める。また、今回開発した試作機は全方向のカラー動画を無線LANで外部に配信する機能を持つ

が、今後は携帯電話回線で配信する実験を行い、遠隔地から現地の画像を見ながら支援を行う機能について検討する予定である。



図4 走行環境の危険検出 (下り階段を検出)



図5 乗車姿勢の検出



図6 ジェスチャの認識

#### 関連情報:

- 佐藤雄隆、坂上勝彦: 全方向ステレオシステム (SOS) を搭載したインテリジェント電動車いすの開発、ビジョン技術の実利用ワークショップ (VIEW2006) 論文集、pp.231-236 (2006). (論文賞受賞)
- 佐藤雄隆 他: 移動体ビジョンを指向した小型全方向ステレオシステム (miniSOS) の開発、第9回画像センシングシンポジウム (SSII03) 論文集、pp.311-316 (2003). (論文賞受賞)
- Y. Satoh et al: Development of Omni-directional Stereo Vision-based Intelligent Electric Wheelchair, Proc. of the 2006 International Conference of Pattern Recognition ICPR2006, pp.799-804 (2006).
- 2006年9月20日 産総研プレス発表「全方向ステレオカメラを搭載したインテリジェント電動車いす」
- 2006年9月21日 日本経済新聞、朝日新聞 (夕刊)、読売新聞 (夕刊)、日経産業新聞、日刊工業新聞、産経新聞、フジサンケイ・ビジネスアイ、東京新聞、中日新聞、常陽新聞、茨城新聞、2006年9月25日 毎日新聞、ほか
- Newton 2007年1月号、Ohmsha ロボコンマガジン No.48、ほか

# 中空マイクロカプセルの新しい製造技術

## マイクロバブルを利用した新製法

液体中に発生させた径が1～数百 $\mu\text{m}$ のマイクロバブルの表面に、重合反応や物理吸着によって厚さ数百nm～数 $\mu\text{m}$ の膜を直接形成させ、マイクロバブルとほぼ同一サイズの中空マイクロカプセルを、簡便に製造できる技術を開発した。マイクロカプセルの殻の材料として生分解性高分子なども使用できるので、体内での造影剤などへの応用も可能である。

### マイクロカプセルの現状

マイクロカプセルは記録材料、医薬品用カプセル、光学材料（光散乱向上材料）などとして、さまざまな分野で利用されている。マイクロカプセルの製造方法には、化学的な界面重合法と、物理的なコアセルベーション法、界面沈澱法、液中乾燥法などがある<sup>[1]</sup>。いずれも原理的には微粒化した芯物質を適当な媒質中に分散し、その芯物質を高分子などの膜で被覆するかたちで製造する。一般には、液体あるいは固体を芯物質として利用している。

一方、中空カプセルは主に断熱剤や防音材などに用いられている。また、医療分野においても、超音波などに対する造影剤として期待されている<sup>[2]</sup>。従来の中空カプセルの製造方法には、まず液体を内包するマイクロカプセルを生成し、次に内部の液体を蒸散させて中空にする方法、あるいは膨張剤を含んだマイクロカプセルを熱膨張させ

て生成する方法などがある(図1)。

しかし、内部の液体を蒸散させる方法では、蒸散させるプロセスが必要なこと、カプセルの殻がガス透過性をもつ必要があること、殻の強度が落ちることなどさまざまな制約がある。また、蒸散に時間がかかることから、大量にマイクロカプセルを生産することは難しく、コストも高くなる。一方、熱膨張を利用する方法では、内包した液体を気化させて膨張させるという原理上、10 $\mu\text{m}$ 以下の小さなカプセルを作ることは難しい。

したがって、マイクロメートルのサイズをもつ中空マイクロカプセルを簡便に作成する技術が確立できれば、より広範な応用が期待できる。特に、生体に適合する殻材料で数 $\mu\text{m}$ 程度の大きさの中空マイクロカプセルを作成できれば、血管造影剤など医療用材料としての応用も期待できる。

**竹村 文男** たけむら ぶんお  
takemura.f@aist.go.jp  
エネルギー技術研究部門  
熱流体システムグループ 主任研究員  
(つくばセンター)

1993年通商産業省工業技術院機械技術研究所入所。大学在学中から、気泡に魅せられて現在まで気泡の運動に関わる研究を中心に行ってきた。入所以来の研究内容は、微細気泡内ガスの液体中への溶解速度の評価および微細気泡を用いた溶解促進技術の開発、微細気泡の液体中での分散挙動に関する研究、微細気泡の表面状態に関する研究、微細気泡生成技術の開発である。特に超音波中で10 $\mu\text{m}$ 程度の均一な径をもつ微細気泡が生成する様子を初めて見たときには気泡研究の面白さを改めて実感した。これまで培ってきた微細気泡に関する知見を生かし、現在中空マイクロカプセルの製造に取り組んでいる。

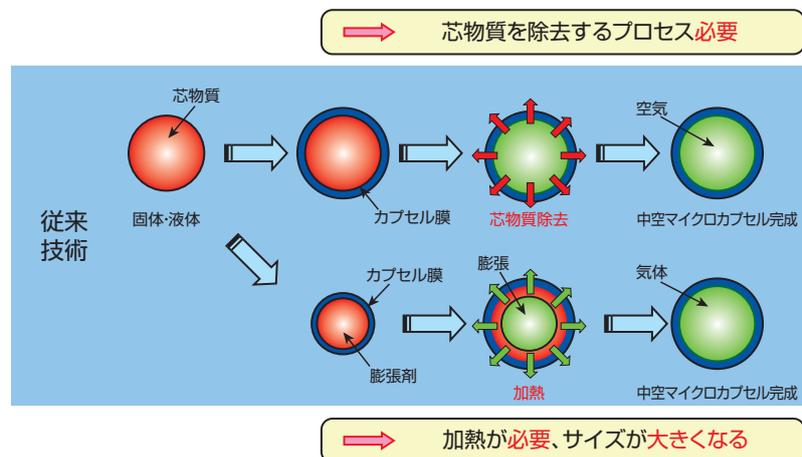


図1 従来の中空カプセルの製造プロセス

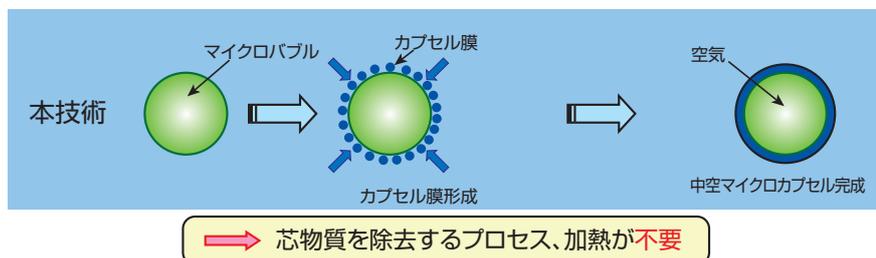


図2 マイクロバブルを芯とした中空マイクロカプセルの製造プロセス

このような背景のもとで、われわれはこれまで培ってきたマイクロバブルに関する研究成果を生かし、液体中に発生させたマイクロバブルの周囲に直接殻を形成させることに成功した(図2)。この方法により、液体中に大量に生成させた1～数百 $\mu\text{m}$ の大きさのマイクロバブルとほぼ同一サイズの中空カプセルを、簡便に製造することが可能になった。また、中空カプセルの殻は一般の高分子材料あるいは生分解性的高分子などで製造でき、それぞれ次のような特徴がある。

#### 汎用プラスチック中空マイクロカプセル

気泡の表面で直接化学的に重合反応を起こさせることによって、中空マイクロカプセルを生成できる。生成したマイクロカプセルは、殻の厚さが数百nmと非常に薄いため浮力により水中を上昇する。反応時間やpH、マイクロバブル内のガスの種類などを変化させることによって、さまざまな大きさの中空マイクロカプセルを製造できる。マイクロバブルは、溶解・合体などのため安定した形で液中に長時間保持するのは困難であるが、中空カプセルは薄い殻をもつため、安定に維持することができる(図3)。

#### 生分解性中空マイクロカプセル

生体内で分解される高分子材料(ポリ乳酸、ポリグリコール酸やその共重合体、ポリカプロラクトンなど)を殻の物質として、径2～20 $\mu\text{m}$ の中空マイクロカプセルを生成することができる(図4)。水中に生成した生分解性高分子を含む溶媒液滴中にマイクロバブルを発生させ、溶媒を乾燥させることで生分解性中空マイクロカプセルとなる。マイクロバブルの発生方法を制御すると、比較的均一なサイズの最小2 $\mu\text{m}$ 程度、平均3～4 $\mu\text{m}$ の中空カプセルを製造できる(図5)。この生分解性中空マイクロカプセルの大きさであれば、人体内の毛細血管をスムーズに通過できるので、血管の造影剤など医療分野での応用が可能ではないかと期待している。

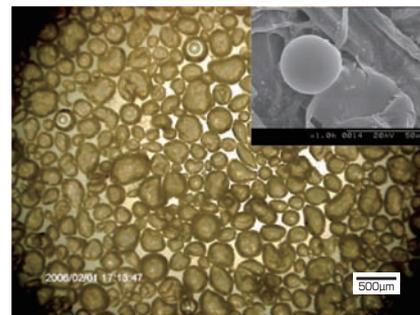


図3 気泡界面での重合反応により膜を形成させて作った中空カプセルの光学顕微鏡写真と走査型電子顕微鏡写真(右上)

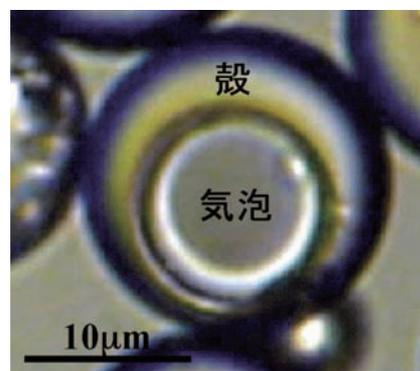


図4 生分解性高分子で作成した中空マイクロカプセルの光学顕微鏡写真

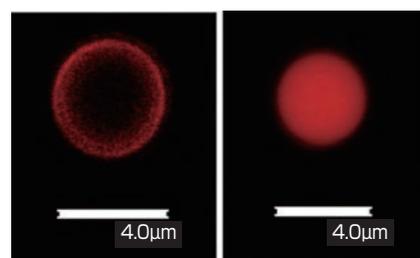


図5 ポリ乳酸に蛍光物質を混入した中空マイクロカプセル(左)と中実粒子(右)のレーザ顕微鏡写真

#### 関連情報：

##### ● 参考文献

- [1] 近藤保他：最新マイクロカプセル化技術，総合技術センター
- [2] 丸山茂夫他：マイクロ熱流体ハンドブック，NTS。

##### ● 関連特許

- 特願 2005-204895, 中空マイクロカプセルの製造方法, 竹村, 大宮司, 幕田他  
特願 2005-378475, 中空マイクロカプセルの製造方法, 竹村, 大宮司, 幕田他

##### ● 共同研究者

大宮司啓文(東京大学)、幕田寿典(産総研)

##### ● プレス発表 2006年10月4日:「マイクロバブルから作る中空マイクロカプセル」

# 揮発性有機化合物の定量技術

## 分析機器校正のコスト低減を目指して

1種類の標準物質だけで、多数の測定対象物質に対する機器の校正を精確に行うことによって、SIにトレーサブルな標準物質の開発を行う手法を開発した。測定対象成分をメタンに変換した後に検出器で検出できる装置を設計・試作し、目的化合物としての炭化水素化合物に対してこの装置を適用したところ、いずれの化合物も完全にメタンに変換されて検出されることを確認した。

### 研究の背景

揮発性有機化合物の濃度は、水素炎イオン化検出器付ガスクロマトグラフ(GC/FID)のような分析機器によって測定される。分析機器の応答感度は化学物質ごとに異なるので、測定対象の物質ごとに標準物質という「ものさし」を用いて機器の校正を行わなければならない。精確な分析結果を得るには、信頼できる標準物質、すなわちその物質がもつ値がSI国際単位系につながる(SIトレーサブル)ものを使用しなければならない。SIトレーサブルな標準物質とは、より不確かさの小さいSIトレー

サブルな標準物質や一次標準測定法によって校正された「ものさし」である。

しかし、図1と2に示したように、標準物質の調製には多くの技術的課題があり、これが標準物質の調製を困難なものとしている。また、一部の物質については、純度決定や標準物質の調製そのものが困難な場合もある。これらのことから、必要とされる標準物質の開発にかかる時間と費用は膨大なものとなっている。また、SIにトレーサブルな質量比混合法を用いても、その確認には測定を行わなければならない、これに用いる標準物質も必要となる。近

渡邊 卓朗 わたなべたくろう

watanabe-takuro@aist.go.jp

計測標準研究部門

有機分析科 有機標準第1研究室 研究員

(つくばセンター)

1999年通商産業省 工業技術院 物質工学工業技術研究所に入所。2001年組織改編により、産業技術総合研究所 計測標準研究部門 有機分析科 有機標準第1研究室、現在に至る。入所以来、標準物質、とりわけ揮発性有機化合物の標準ガスを中心に研究・開発を行っている。有機化合物には、不純物として異性体や性質が類似したものが多く含まれる。また、安定性の高くないものも多い。そのため、有機化合物の標準物質の開発には非常に多くの工程が必要となり、それが分析のコスト高に繋がっている。ポストカラム GC/FID 法が、分析コストの低減に少しでも貢献できることを願っている。

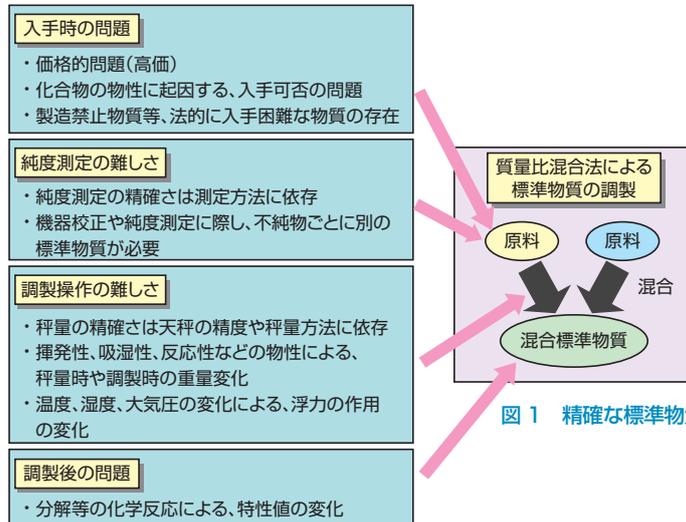
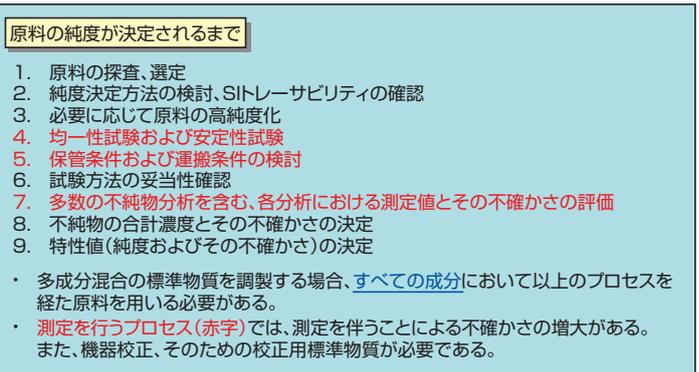


図1 精確な標準物質調製の難しさ

図2 原料の純度が決定されるまでの主なプロセス



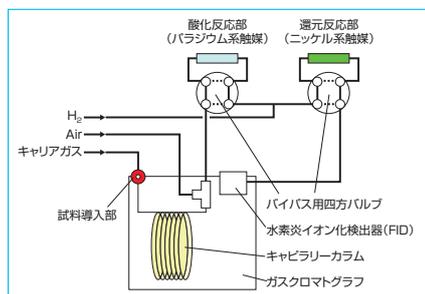


図3 ポストカラム反応 GC/FID の装置概要図

年は多成分同時分析が主であり、多くの成分が混合された標準物質のトレーサビリティを確保する簡便な手法の開発が、各国の計量研究機関の課題となっている。

われわれはこの困難を克服するために、分析機器の中の検出器に到達する化合物を一つに揃える手法を開発した。GC/FIDの分離カラム部と検出器との間に酸化反応部と還元反応部を組み込んだ、ポストカラム反応GC/FID法をである。この装置(図3)では、図4に示す反応原理によって、測定対象成分はメタンに変換される。そのため、この装置の機器校正に必要な標準物質は、メタンあるいは検出器のところでメタンとして検出される成分が1種類あれば何でもよいことになる。

### 各反応部の反応効率

ポストカラム反応GC/FID法では、酸化、還元各反応部の反応効率が重要なパラメータとなる。メタン、一酸化炭素、二酸化炭素が含まれた試料ガスを、質量比混合法を用いて精確(調製精度:0.02%~0.06%)に調製し、これを用いて反応条件を最適化、反応効率と測定システムの精度を確認した。その結果、酸化、還元各反応の完全な進行が確認された(図5)。また、測定システムの精度は0.5%以内であり、ガスクロマトグラフによる分析精度(0.05%~0.5%)と比較した結果、満足できるものであった。

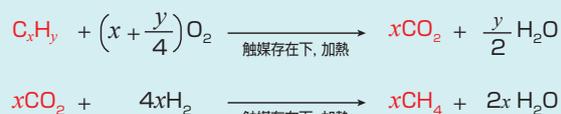


図4 炭化水素化合物におけるポストカラム反応 GC/FID で用いている反応原理

### 炭化水素化合物による感度の検証

質量比混合法によって精確に調製された炭化水素化合物混合ガスや溶液を用いて、通常のGC/FIDによる分析結果と比較して、ポストカラム反応GC/FID法の有効性を評価した。測定対象物質と比較対象物質との炭素原子1個当たりの感度比をまとめた結果を表に示す。ポストカラム反応部を使用した場合は、0.7%以内の精度で測定対象物質と比較対象物質との感度比が一致し、測定対象成分、比較対象物質とともにメタンに変換されて検出されることがわかった。

この結果は、分析機器の校正の際、1種類の標準物質で複数の物質に対する機器校正が可能であることを示している。また、精確に値付けされた1つの標準物質をもとに、別の標準物質に値付けすることも可能なことを示している。

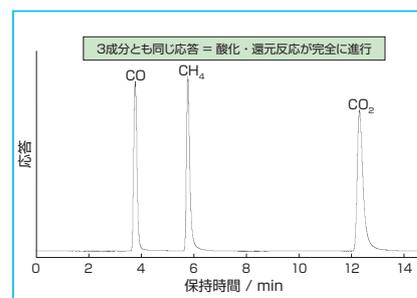


図5 ポストカラム反応 GC/FID によって得られた、メタン、一酸化炭素、二酸化炭素混合ガスのクロマトグラム。クロマトグラムの各ピークの面積比がモル比で表した調製濃度比に等しい。

### 今後の予定

ポストカラム反応GC/FID法で認証標準物質を測定し、得られた結果と認証値を比較することによって、この手法の信頼性を示していきたい。また、当所で行っている認証標準物質の開発においても、純度決定や混合標準物質に対する有効な値付けの方法として、この手法を応用していきたい。

表 炭素原子1個あたりの測定対象物質と比較対象物質の感度比について、通常のGC/FIDとポストカラム GC/FID との比較

| 化合物     |        | 炭素原子1個あたりの測定対象物質と比較対象物質との感度比 |                |
|---------|--------|------------------------------|----------------|
| 測定対象物質  | 比較対象物質 | 通常のGC/FID                    | ポストカラム反応GC/FID |
| メタン     | プロパン   | 1.050±0.002                  | 0.999±0.003    |
| エチルベンゼン | ドデカン   | 0.982±0.001                  | 1.000±0.001    |
| エイコサン   | ドデカン   | 1.008±0.003                  | 1.002±0.001    |

### 関連情報：

- 共同研究者：加藤健次(計測標準研究部門有機分析科長)、松本信洋(計測標準研究部門有機分析科有機標準第1研究室)、前田恒昭(ベンチャー開発戦略研究センター)
- 参考文献：T. Watanabe, K. Kato, N. Matsumoto, and T. Maeda, *Chromatography*, 27, 49 (2006).
- 「不確かさ」、「SI単位系」、「トレーサビリティ」については、計量標準総合センターのウェブページの「計量標準の知識」(<http://www.nmij.jp/chishiki.html>)で、「一次標準測定法」については「物質標準」(<http://www.nmij.jp/kenkyu/baseunit/substance.html>)で解説されている。

# 謎の固体酸素 $\epsilon$ 相の結晶構造を解明

## 赤い酸素 $O_8$ クラスターの発見

10 GPa (約 10 万気圧) から 96 GPa の高圧力下で出現する固体酸素の  $\epsilon$  相は、1979 年に発見され、これまで多くの実験や理論研究が行われてきたが、その構造は不明のままであった。われわれは放射光を用いた、粉末 X 線回折実験と結晶構造解析を行い、長年の謎であったその構造を決定することに成功した。そしてその構造には、これまで誰も予想しなかった 4 個の  $O_2$  分子が集まった  $O_8$  クラスタが存在することを発見した。

### 謎の酸素 $\epsilon$ 相

水素 ( $H_2$ )、窒素 ( $N_2$ )、酸素 ( $O_2$ ) などの圧力で誘起される分子解離や金属化の研究は、固体物理学、地球惑星科学の長年のテーマとなっている。室温で酸素に圧力を加えると、固体化して  $\beta$  相という状態になり、さらに圧力を増すと 9 GPa で  $\delta$  相、10 GPa で  $\epsilon$  相へと相転移する。分子間相互作用の増大により、固体の色はピンク ( $\beta$  相)、オレンジ ( $\delta$  相)、赤 ( $\epsilon$  相) と変化し、はじめ赤であった  $\epsilon$  相の色は加圧とともに黒くなる (図 1 矢印)。最近になって、酸素の  $\epsilon$  相を 96 GPa まで加圧するとさらに相転移を起こし、 $\zeta$  相が出現することが発見された。この  $\zeta$  相は金属光沢を示し、低温にすると超伝導特性を示す。酸素分子  $O_2$  は、磁気モーメントをもつ数少ない分子であり、分子磁性と結晶構造、電子構造、超伝導との関

連性が注目されていた。

酸素  $\epsilon$  相の構造の候補としては、酸素分子  $O_2$  がペアになった  $O_4$  モデル (光学測定による予測) や、 $O_2$  が一次元的につながったチェーンモデル (理論計算による予測) が提唱されてきた。しかし、これらの構造モデルから計算される回折パターンは、実験で得られた回折パターンと一致せず、これらの構造モデルを疑問視する声が大きかった。このように  $\epsilon$  相の結晶構造は 1979 年の発見以来、多くの実験や理論研究にもかかわらず、謎のままであった。

### 放射光で X 線回折測定

酸素  $\epsilon$  相の作成は次のように行った。まず、液体窒素で酸素ガスとダイヤモンドアンビルセルという高圧装置を冷却し、酸素を液化する。この液体酸素をダイヤモンドアンビルセル内の

藤久 裕司 ふじひさひろし

hiroshi.fujihisa@aist.go.jp

計測フロンティア研究部門  
ナノ移動解析研究グループ 主任研究員  
(つくばセンター)

1995 年工業技術院物質工学工業技術研究所に入所。現在、産業技術総合研究所計測フロンティア研究部門。爆発安全研究センター兼任。入所以来、温度圧力環境下や微小試料での粉末 X 線回折実験と構造解析に従事している。今後は回折実験技術、構造解析技術の両面を強化し、あらゆる研究場面で粉末構造解析を活用していきたいと考えている。

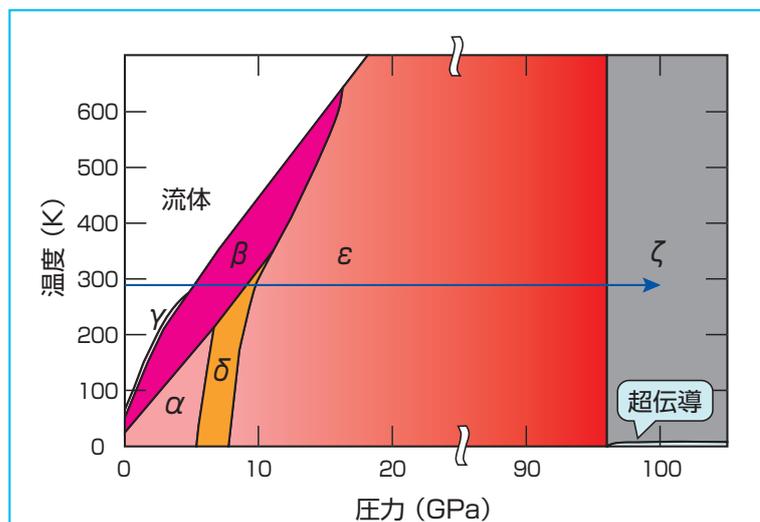
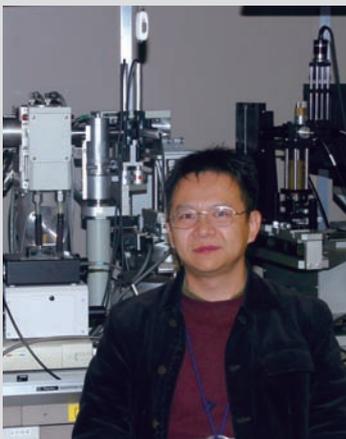


図 1 酸素の温度圧力相図

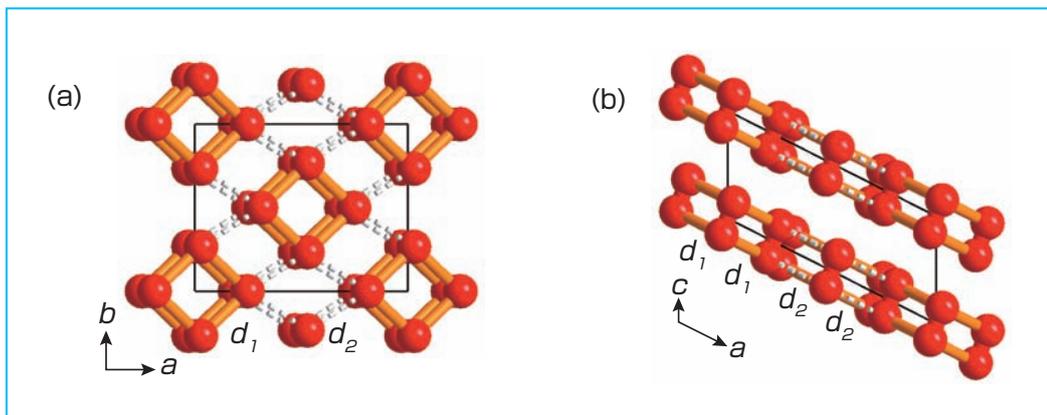


図2 固体酸素ε相の11 GPaでの結晶構造 (a)ab面への投影図 (b)ac面への投影図  
酸素分子内結合距離は0.120 nmである。O<sub>8</sub>クラスター内の結合距離(オレンジ棒線 d<sub>1</sub>)は0.234 nm、クラスター間の距離(点線 d<sub>2</sub>)は0.266 nmである。

試料室に封入し、圧力を加えると液体酸素は固体になる。圧力を加えたままであれば、温度が室温に戻っても酸素は固体状態で存在することができる。ただし、作成できる試料はきわめて微量(直径60μm、厚さ30μm程度)な上に、酸素は軽元素であるためX線回折強度が弱く、質の高い回折パターンを得ることは難しい。しかし、大型放射光施設SPRING-8ビームラインBL10XUの高輝度放射光を利用することで、十分な強度と分解能をもつ粉末X線回折パターンを得ることができた。

### 酸素ε相の結晶構造の解析

粉末回折パターンから結晶構造を決定する解析の手順は以下のとおりである。まず、酸素ε相の結晶構造は最も対称性が低い空間群P1であると仮定して、シミュレーテッドアニーリング法で初期構造モデルを作った。次に、その構造の特徴を考慮しながら対称性を徐々に上げていき、空間群C2/mの構

造モデルにたどりついた。最後に、リートベルト法を用いて酸素ε相の構造を精密化した(図2)。決定された構造中には、4個の酸素分子が箱状に集まったO<sub>8</sub>クラスターが存在していることが明らかになった(図3)。

こうしてε相の構造は、これまでの光学測定により予測されたO<sub>4</sub>モデルでも、また理論的に予測されていたチェーンモデルでもなく、O<sub>8</sub>クラスターが基調になっていることがわかった。この構造が96 GPaまで保たれてい

ることも、今回の測定で確認した。このような箱状のクラスターは、酸素ではじめて発見されただけでなく、これまであらゆる二原子分子において理論的にも実験的にも報告されていないユニークな形態である。

### 今後の予定

今後は、今回決定した酸素ε相の構造を手がかりに、96 GPa以上で、金属化しかつ超伝導を示す酸素ζ相の構造解析を試みる予定である。これに成功すれば、酸素の金属化、超伝導の機構解明に重要な情報をもたらすことができる。また今回、二原子分子の新しい形態が発見されたことで、今後、水素をはじめとする他の元素の構造研究に弾みがつくと期待される。今回見つかったO<sub>8</sub>クラスターの形成機構はまだ明らかではないが、酸素分子間の電荷移動または酸素分子がもつ磁気モーメントが重要な役割を果たしていると考えている。

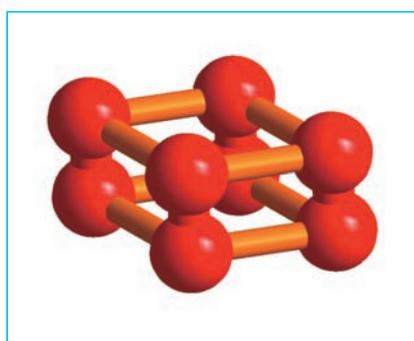


図3 固体酸素ε相中で発見されたO<sub>8</sub>クラスターの構造

### 関連情報:

- 共同研究者 赤浜裕一、川村春樹(兵庫県立大学)、大石泰生、下村理(JASRI/SPRING-8)、山脇浩、坂下真実、後藤義人、竹谷敏、本田一匡(計測フロンティア研究部門)
- 参考文献 Hiroshi Fujihisa et al.: Phys. Rev. Lett. 97, 085503 (2006).
- 産総研、兵庫県立大学、JASRI 共同プレス発表 2006年9月6日:「四半世紀にわたり謎だった固体酸素ε相の結晶構造を解明」
- 日経産業新聞、日刊工業新聞、化学工業日報 2006年9月7日号、科学新聞 2006年9月22日号

## 偏光子を用いない偏光検出器 薄膜偏光素子が拡げる利用分野

特許 第3694738号 (出願2001.9)

● 関連特許 (登録済み: 国内1件)

### 目的と効果

偏光は光がもつ重要な情報の1つで、さまざまな分野で記録や表示などに使われています。高分子配向薄膜と無機半導体薄膜を積層することで、偏光に応答する光電変換素子を開発しました。偏光子と組み合わせることなく、それ自身で偏光を検出することができます。

### [適用分野]

- 偏光記録の読み出し ● 偏光を使った通信・情報処理

### 技術の概要、特徴

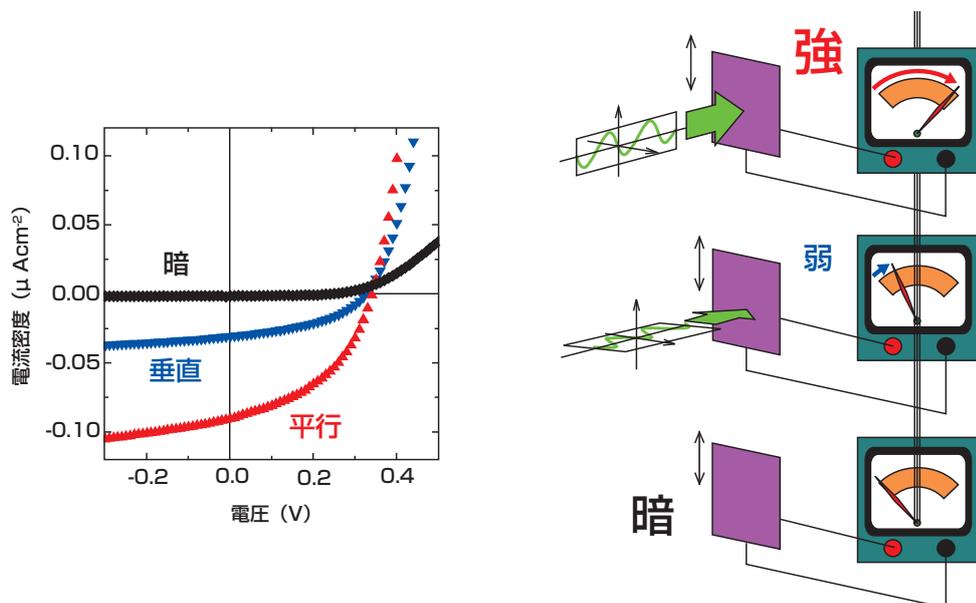
通常、直線偏光の検出は偏光子によって偏光を選択して、フォトダイオードなどの光検出器で検出します。本技術では無機半導体であるチタン酸化物と共役系高分子の配向薄膜を組み合わせることで、単一の薄膜素子による偏光検出器を開発することができました。

配向高分子が分子軸に平行な電場ベクトルをもつ偏光を吸収し、励起子を発生させ、チタン酸化物との界面で電荷分離させ、光エネルギーを電気エネルギーに変換します。高分子は正孔を、チタン酸化物は電子を、それぞれ輸送して電極に伝え、電流が流れます。

この特性を利用して、特定の偏光が入射したときに電気信号として取り出すしくみを開発しました。偏光子を用いないので非常に簡単な構造の素子で、ガラス基板の部分を除けば1 $\mu$ m以下の薄膜とすることを実現しています。

### 発明者からのメッセージ

これまで配向高分子を利用した偏光発光素子はたくさん開発されてきました。今回、偏光を検出する簡単な素子が実現できたことで、さらに偏光の利用が進むと期待しています。



偏光検出器の偏光応答特性。平行偏光が入射したとき、垂直偏光の場合の3倍程度の光電流が観測されます。

### 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/>

# 高耐酸化性Nb-Si-Al-Cr四元系合金

## 超高温用構造材料の開発を加速する

特許 第3694743号 (出願2002.3)

● 関連特許 (登録済み: 国内2件)

### 目的と効果

火力発電の熱効率を上げるための部品として空冷翼があります。その性能をさらに改善するために、現在用いられているニッケル基超合金製部材をより高融点のニオブ基合金に置き換えることが検討されています。しかし、これまでのニオブ基合金は高温での耐酸化性が非常に劣るという欠点をもっていました。本発明のNb-Si-Al-Cr四元系合金は1073K ~ 1673KでSiO<sub>2</sub>やAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の保護被膜を形成し、優れた耐酸化性を示すことから、従来のニオブ基合金などの耐酸化コーティング用材料としての用途が期待できます。

### [適用分野]

- 超高温用耐酸化コーティング材料

### 技術の概要、特徴

最近、省エネルギーおよび二酸化炭素排出量削減の目的から、現在使用されている火力発電用ニッケル基超合金製冷却翼をより高融点の合金製部材に置き換え、火力発電の熱効率を改善することが急務になっています。ここでニオブ基合金は融点がニッケル基合金より1000K程度高く、セラミックスに比べて室温での<sup>じんせい</sup>靱性に優れることから、ニッケル基超合金に換わる超高温用構造材料の一候補とされています。しかし、高温での耐酸化性が非常に劣り、実用化への大きな障害になっています。私たちは耐酸化性に優れるニオブ系合金の探索を行い、その結果、(Nb,Cr)(Si,Al)<sub>2</sub>単相からなり、組成がNb:30原子%, Si:56原子%, Al:11原子%, Cr:3原子%であるNb-Si-Al-Cr四元系合金が1073K ~ 1673Kでシリカやアルミナの保護被膜を形成し、優れた耐酸化性を示すことを明らかにしました。この合金は、耐酸化性に劣るニオブ基合金の耐酸化コーティング用材料などに応用することが期待されます。

### 発明者からのメッセージ

ニオブ系合金は超高温用構造材料の一候補として1960年代から検討されてきましたが、これまで高温で優れた耐酸化性を示す合金は全く報告されませんでした。本発明のNb-Si-Al-Cr四元系合金は極めて優れた耐酸化性を示すため、この合金を用いることで超高温用構造材料の開発がさらに進むことを期待しています。

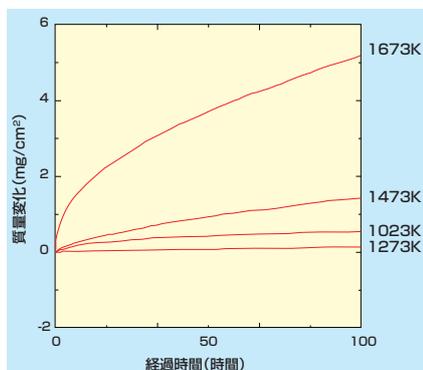


図 乾燥空气中で保持したNb-Si-Al-Cr四元系合金の質量変化

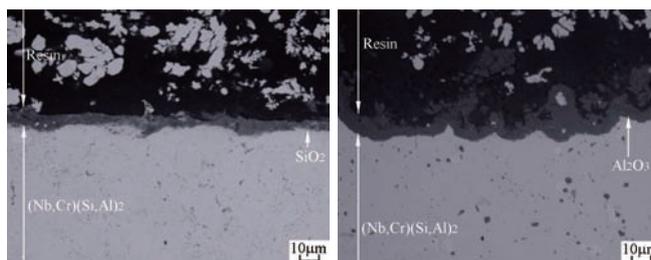


写真 乾燥空气中(左)1023K及び(右)1573Kで120時間保持したNb-Si-Al-Cr四元系合金表面付近の断面組織

産総研イノベーションズ  
(経済産業省認定 TLO)

〒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

# 有機化合物のスペクトルデータベース

SDBS Web [<http://www.aist.go.jp/RIODB/SDBS/>]

## はじめに

産総研では、研究情報公開データベース (RIO-DB) を通じて有機化合物のスペクトルデータベース (SDBS) を1997年からWeb公開している。そのアクセス数は毎年増加傾向にあり、2006年10月には公開以来の総アクセス数が1億5千万件を超え、RIO-DBの中でも、群を抜いている。

## 構築のコンセプト

SDBSは1957年に産総研の前身である工業技術院東京工業試験所に分析センターが発足した時に始まったスペクトルデータ活動の基盤的研究を源流とする。SDBSでは1982年のデータ収集開始当初から、

1. 参照データとして価値の高い最高級の精度を持つスペクトルを収録すること
2. 1つの化合物に複数種類のスペクトルを収録すること

の2つの柱となるコンセプトを打ち出していた。これらに加え、研究者自らが測定した高品質なスペクトルを収録し、データベースそのものを時代に合わせて発展させてきた。SDBSは世界的に見ても類を見ないスペクトルデータベースである。当初は化合物に対して分析によく利用される6種類のスペクトル、すなわち赤外吸収 (IR)、 $^1\text{H}$  及び  $^{13}\text{C}$  核磁気共鳴 ( $^1\text{H}$  NMR 及び  $^{13}\text{C}$  NMR)、質量 (MS)、ラマン (RM) 及び電子スピン (ESR) スペクトルの収録で活動を開始した。現在でも IR、 $^1\text{H}$  NMR、 $^{13}\text{C}$  NMR 及び MS スペクトルの活動を継続し発展し続けている。

## 収録データ

収録スペクトルは、それぞれのパターンデータとピーク (シフト) データを持つ。NMR はこれらに加えピークの帰属と帰属付きの構造式を登録して

いる。現在活動している SDBS スペクトルデータの一般的な測定条件等は表の通りである。

スペクトルの登録に必要な化合物辞書も、スペクトルの活動と合わせて構築しており (図1)、化合物に付与した SDBS 番号に対して登録したスペクトルの情報に加え、化合物名、分子式、構造式や CAS レジストリキー等を登録している。化合物名称は主として市販試薬を対象としていることから現在は試薬メーカーのカタログの先頭に表示されている名称を先頭に登録している。この他に IUPAC 名称、CAS 名称や慣用名等様々な種類の名称を登録している。

近年は農薬や劇物等の危険物を中心にスペクトルを収集している。特徴的なデータとして約50種の PCB の NMR スペクトルが収録されている。

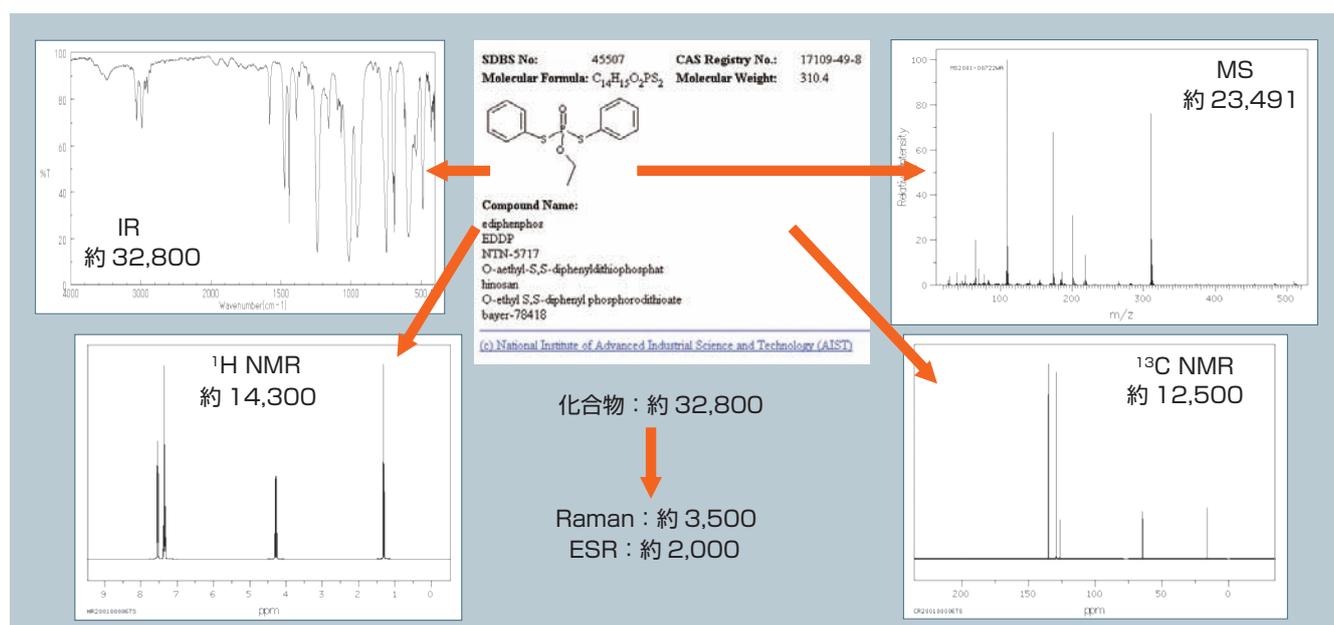


図1 2006年10月現在のSDBS Web登録化合物及びスペクトル数。  
1つの化合物から複数のスペクトルが参照できるユニークな構造になっている。

表 SDBS スペクトルの測定条件

|                     | 測定機種                     | 測定条件   | サンプル調製法 他                               |
|---------------------|--------------------------|--|---|
| IR                  | JASCO FT/IR-410          | 分解能と収録波数間隔: 0.5cm <sup>-1</sup>                                    | 液体試料: 液膜法<br>固体試料: KBr錠剤法<br>Nujolペースト法 |
| <sup>1</sup> H NMR  | JEOL AL-400 (399.65 MHz) | 30度パルス<br>パルス繰り返し時間: 30秒<br>分解能: 0.06 Hz                           | シフト値の基準:<br>TMS(有機溶媒)<br>TSP(重水溶液)      |
| <sup>13</sup> C NMR | JEOL AL-400 (100.40 MHz) | 45度パルス<br>パルス繰り返し時間: 6秒<br><sup>1</sup> H核常時デカップル<br>分解能: 通常0.3 Hz | シフト値の基準:<br>TMS(有機溶媒)<br>TSP(重水溶液)      |
| MS                  | JEOL JMS-700             | 電子衝撃法<br>電子加速電圧: 70-75 eV<br>イオン加速電圧: 8-10 kV<br>質量数の精度は 0.5       | 直接導入法<br>リザーバ法                          |

## SDBS Web

SDBSはWeb環境さえあれば免責事項に同意することで誰でも利用できる。データの更新は年に2回行っている。基本的な情報はすべて英語であるが、国内ユーザーの利便性向上のため日本語環境からのアクセスに対しては日本語フレームを表示することとした。これによって、国内での利用が増

加することを期待している。例えば、化合物同定などの研究ツールとしての利用をはじめ、国内の大学教育等で、有機化学の講義や演習の参考資料としての活用が考えられる。

検索が可能な項目としては、化合物

名、分子式、分子量や構成元素の元素数、CAS登録番号、SDBS番号の化合物情報と、登録されているスペクトルの種類、NMRのシフト及びMSのピークのスペクトル情報があげられる。日本語環境下では、日本語の化合物名称を検索することもできる(図2)。



図2 SDBS Webの検索ページ。昨年度末より、日本語ページにおいては日本語名称の検索が可能となった。

## 将来展望

Webによる簡単な利用もさることながら、スペクトルの信頼性の高さが世界中からの多くのアクセスに結びついたと考えられる。今後は高品質なスペクトルを継続的に増加させ続けるのに加え、ユーザーインターフェースの改良等の利便性を高めることにも注力したい。また、SDBSを発展させた高分子化合物のスペクトルデータベース等への展開も考えている。

さらに、Web上に埋もれた様々な形の情報とSDBSの情報を相互補完させ、いろいろな化学情報が利用可能な総合的データベースへの発展を目指したい。

### 関連情報

O.Yamamoto, K.Someno, N.Wasada, J.Hiraishi, K.Hayamizu, K.Tanabe, T.Tamaru, M.Yanagisawa : Anal. Sci. 1988, 4, 233

計測標準研究部門 (つくばセンター)

齋藤 剛

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

長らくNMRに携わってきた中でSDBSと巡り合い、入所以来SDBSのNMRを担当している。これに加えNMRを利用した定量方法の研究も行っており、定量ツールとしてのNMRの地位向上を目指している。正確な帰属の付いた高品質なNMRのスペクトルを、ひとつでも多く世界中のユーザーに利用してもらいたい、SDBS全体の有用性をより高めたいと考えてSDBSに日々取り組んでいる。



## 米国真空学会フェローの称号授与

米国真空学会の10の構成分科会(応用表面工学、応用表面科学、バイオ材料・界面、電子材料・プロセス、磁性界面とナノ構造、ナノ科学技術、プラズマ科学技術、表面科学、薄膜、真空技術)がカバーしている学術領域で、研究、開発、教育、マネジメントなどにおいて、10年以上にわたって傑出した科学技術的貢献を果たした会員に授与されるのがフェローの称号です。フェローは、米国真空学会会員の0.5%を上限として選出されています。

このたび(2006年11月15日)、計測フロンティア研究部門長の一村 信吾氏にこの称号が授与されました。

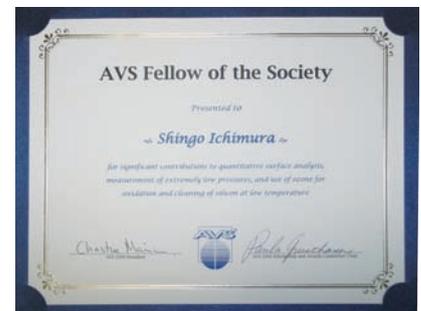
### ● 授与の対象となる功績等

今回対象となったのは、①応用表面科学分野、②真空技術分野、③電子材料・プロセス分野での業績です。

①では、オージェ電子分光法による定量表面分析法の確立を核とする、固体表面組成分析技術への貢献が対象業績となりました。中でも、オージェ電子の励起に係わる背面散乱電子効果を補正した一連の論文は高い引用度実績が有ることから、学術的貢献も高く評価されました。②では、大気圧の1京分の1 ( $10^{11}$ Pa) という未踏の圧力領域(極高真空状態)を工学的に実現し、その圧力をアトムカウンティング法(残留ガス分子を、レーザイオン化により1個ずつ計数する方法)により世界で初めて測定した、革新的な業績が評価されました。レーザイオン化空間の画像化と体積計測も合わせた一連の成果は、極高真空の発生・計測で日本が世界をリードする礎となり、真空標準への展開も図ら

れています。③では、100%濃度のオゾン発生技術を確立し、それを高品質なシリコン酸化膜の低温作製や表面クリーニング技術に応用展開した、斬新な業績が評価されました。開発技術の民間企業への技術移転・共同研究を通してオゾン発生装置が製品化され新たな応用分野も広がるなど、実用化展開が進んでいる点も評価対象となりました。

今回の授与は、これらの多岐にわたる顕著な功績が認められたものです。



### ● 一村氏からひとこと



アメリカの知人から、「推薦してみるから業績をまとめてみないか」という話を受けたのが、2006年の1月です。1ヶ月でまとめた原案を基に、その知人が業績推薦者(アメリカ人2人とドイツ人1人)を選んでくれました。候補者にさせていただきだけで十分という気持ちでしたが、思いがけず選考委員会で選ばれることになりました。

今回まとめた業績は、無為な時間を過ごして悔んだことも多い私の研究人生の中で、数少ない“得点”と自負しているものです。①は学生時代の恩師から、②は電総研時代の上司から、それぞれ打席に立つきっかけを与えていただきました。③は同僚の支援をうけて自ら打席に立ったことが発端ではあるものの、その後はベンチでサインを出す機会も多くなり、言わばチーム力として得点を稼いだものです。

皆様のお力添えあつての業績に対し私がフェローをいただくのは恐れ多い気もしますが、これも会費を払っていた余得とご寛容いただければと思っています。

この場を借りて、皆様に御礼申し上げます。

## SC06でグリッド技術の成果発表

報告

11月11日～17日、米国フロリダ州タンパでACM及びIEEE Computer Society 主催のSC06が約7100人の参加者を集め盛大に開催されました。

SCは毎年米国で開催される高性能計算・ネットワーク技術・ストレージと分析のための国際会議で、主たるIT企業と世界各国の研究所が大規模な展示を行うとともに、併設された会場では学会論文の発表が行われます。

産総研グリッド研究センターは12メートル四方の大規模なブースを設置し、18件のパネル展示やデモンストレーションによる発表を行いました。また、グリッド研究センターの研究と関連する各国トップクラスの研究者十数名を招き、交互のプレゼンテーションと出席者を交えたディスカッションも行いました。



今回は展示会場全体でデータストレージに関する発表が多く、ビジネス分野、科学研究分野双方からのニーズの高さがうかがえました。グリッド研究センターでも、グリッドファイルシステムを実現するミドルウェアGfarmと、地球観測データという大容量の格納スペースを必要とするデータに対して高速にかつ多種データとの統合インターフェースを提供するGEO Gridシステムの紹介を行いました。

その他、グリッド環境におけるプログラミングツールNinf-GやGridMPI、管理ドメインを越えてネットワークと計算資源を同時予約するG-lambda、



データベースの統合ソフトウェアOGSA-WebDB、ユーティリティコンピュティングを実現するソフトウェアGridASPなどの紹介を行いました。グリッドに関する幅広い研究成果は産総研ブースを訪れた1000人近い参加者の関心を集め、グリッド技術の研究開発における産総研の存在をアピールすることができました。

## 水素エネルギーシンポジウム -水素製造について考える- 開催

報告

11月24日、産総研主催による平成18年度産総研環境・エネルギーシンポジウムシリーズ2「第4回水素エネルギーシンポジウム -水素製造について考える-」が、灘尾ホール(東京都千代田区)で開催されました。

産総研は現在、水素エネルギーに関して水素製造・輸送貯蔵・利用・安全・

水素利用システムのほとんどの分野について幅広い角度から精力的に研究開発を進めており、わが国の水素エネルギー開発の中核となっています。

このシンポジウムは、水素エネルギーに関して最新の情報を共有する事によって、研究課題の抽出や議論の方向性などを考える一助としていただくために開催されました。

経済産業省資源エネルギー庁 安藤晴彦新エネルギー対策課長、新エネルギー産業技術総合開発機構 宮田清蔵シニアプログラムマネージャーから御挨拶をいただいた後、今回は、水素エネルギーを議論する際に避けて通る事のできない水素製造法に関して、わが国を代表する6名の研究者の方々より講演がありました。大学、公的研究機関、企業から約160名の参加者があり、



資源エネルギー庁 安藤新エネルギー対策課長の挨拶



シンポジウム会場の様子

盛況のうちに終えることができました。

このシンポジウムが今後の水素製造のみならず水素エネルギーの技術研究開発の方向性について広範な議論のきっかけになる事を期待しています。

## International Council on Nanotechnology, Asian Workshop

報告

ナノ材料を用いた商品が市場に出回りはじめ、ナノテクノロジーの健康・環境影響をめぐる動きが活発になるなか、東京で「ICON Asian Workshop on International Collaboration on Nanotechnology Environmental Health & Safety (EHS)」が、International Council on Nanotechnology (ICON) とナノテクノロジービジネス推進協議会の共催により11月30日～12月1日に開かれました。

米国のライス大学に拠点をおくICONは、ナノテクノロジーのEHSに



関する情報を蓄積・共有することによってリスクの軽減をはかり、社会的な利益を最大化することを目指しています。そのために米国内外の多様な利害関係者と協力関係にあり、ワークショップの出席者も米国・日本・欧州・中国・豪州・台湾・韓国・シンガポールから研究者・政策担当者・企業関係者・NGOが参加するなどそれを反映したものとなりました。

ワークショップではカリフォルニア大学サンタバーバラ校がICONから資金を得て行ったナノテク企業の調査(A Survey of Current Practices in the Nanotechnology Workplace)の報告、ICONの活動やアジア各国のナノテクノロジーR&DやEHS問題への取組みの現状についての情報交換、さらにはナノ材料の安全な取り扱い方法の確立について意見交換が行われました。



日本からもEHS関連の政策、国立環境研究所が実施したナノ粒子計測、さらには産総研化学物質リスク管理研究センターの中西準子センター長よりNEDOプロジェクトで行っているナノ材料のリスク管理へ向けた具体的な取組みが紹介されました。

ICONの調査やワークショップの討論のなかでナノ材料の毒性情報が不足していることがナノテクノロジーのEHS問題に取り組む際の足かせになっていることが明らかにされており、日本の取組みの紹介は注目を集めました。

## 高木政務官臨海副都心センター・つくばセンター来訪

報告

11月20日、高木美智代経済産業大臣政務官が、産総研臨海副都心センターを来訪されました。

守谷センター長から臨海副都心センターの概要、イノベーション創出に向けた取組みについて説明を受けられました。その後、生命情報科学研究センター、生物情報解析研究センターを視察された後、デジタルヒューマン研究センターでは複数の音声を分離する技術の体験や乳幼児の行動を観察し、安全を守る研究などについて興味深くご覧になりました。

さらに固体高分子形燃料電池先端基



盤研究センターでは、燃料電池の実用化に向けた取組みについて意見交換をされました。

翌週の11月27日にはつくばセンターを来訪され、午前中は小林理事及び山崎理事から産総研の概要説明やイノベーション・スーパーハイウェイの事例を紹介されたあと、太陽光発電パビリオンの現場を視察されました。その後、計量標準総合センターでは、日本のキログラム原器について興味深く意見交換をされました。さらに、資源探査衛星による地球観測情報を最新の分散型コンピュータ処理技術(グリッド技術)を用いて三次元的に解析処理するGEO Gridを視察されました。

午後は、地質標本館で日本列島周辺の震源分布や富士・箱根火山の地質立体模型など、青木館長の案内に対し質疑がなされました。サイエンス・スクエアつくばでは、メンタルコミットロ



ボット「パロ」や「熱電変換モジュール」に触れられたり、「内視鏡下鼻内手術のトレーニングシステム」を体験されました。

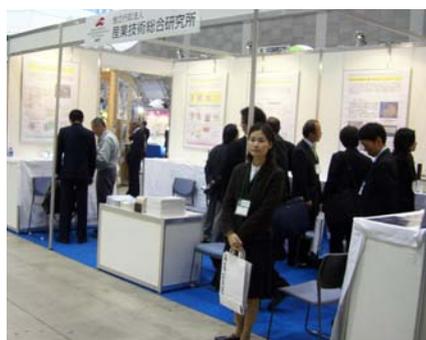
その後、エレクトロニクス研究部門の「スピントロニクス素子」、くらしとJISセンターのJISパビリオンを視察されました。JISパビリオンでは、車いすに乗ったときの廊下の広さの重要性を体験されるなど、福祉に関連した展示内容について熱心に意見を交わされました。

両日とも、産総研の研究活動の一端に触れる機会をお持ちいただきました。

## エコ・テクノ2006への出展&セミナー開催

エコ・テクノ2006（地球環境・新エネルギー技術展&セミナー）が11月20日～23日の4日間北九州市の西日本総合展示場で開催され、約3万2千人の来場者で会場は熱気に包まれました。

今年で11回目を迎えたこのフェアは、北九州市と（財）西日本産業貿易コンベンション協会の主催によるものです。環境ビジネス総合見本市として、



産総研の展示ブース

西日本地域の産業や行政の環境ビジネスにおける最新動向・情報が取り込まれ、地域の主要研究機関が環境シーズを展示した産学官連携の促進が目的とされています。

産総研ではこのフェアを技術移転や共同研究先開拓のための技術展ととらえ、コンパクト化学プロセス研究センター、環境化学技術研究部門、環境管理技術研究部門、および九州センターが連携したオール産総研として6つのテーマを出展しました。展示ブースには、連日途切れることなく説明を求める来場者の姿がありました。

開催3日目には、特設会場で産総研主催のセミナー「産総研のエコテクノ技術（低環境負荷技術を中心に）」が行なわれ、九州センターの伊ヶ崎所長の挨拶に続いて、水上コンパクト化学



産総研九州センター 伊ヶ崎所長の開会挨拶

研究センター長が基調講演を行いました。続いて産総研の低環境負荷技術に関わる最近の5つの研究成果を紹介し、最後に産学官連携推進部門の三木地域連携室長が産学官連携活動の最近の話題を紹介しました。このセミナーの参加者は116名でした

## サイエンスアゴラ2006に参加

11月25日から27日の3日間、東京・お台場の国際研究交流村にてサイエンスアゴラ2006「科学と社会をつなぐ広場をつくる」が開催されました（主催：独立行政法人 科学技術振興機構）。

これはサイエンスコミュニケーションをテーマとしたイベントで、今回は、およそ10の会場を使って、シンポジウム・講演会・ワークショップから映



吉川理事長の基調講演

像体験まで、さまざまな催しが行われました。主催者の発表によると、国内のサイエンスコミュニケーションにかかわる個人・団体から、累計延べ人数で3700人を超える参加者がありました。

25日の開会シンポジウム「科学と社会をつなぐ広場をつくる」では、国際研究交流村の村長でもある産総研の吉川理事長が、「科学と社会」と題して基調講演を行い、科学と社会の関係やサイエンスコミュニケーションの重要性など、そして産総研が社会に対して果たすべき役割などについて述べました。また、展示「サイエンスコミュニケーションのさまざまな試み」には展示ブースを出展すると共に、産総研広報部が企画運営したサイエンスカフェ（地下水で地震を予知する、10月20日開催）についてのポスター発表を行いました。科学について自由に語り合うというイベントであるサイエンスカ

フェらしく、驚くほど多種多様な発表がありました。日本ではまだ歴史が浅いためでしょうか、サイエンスカフェの企画や運営など、そしてカフェの今後について来場者の中で熱心な意見交換が行われました。これからもコミュニケーションを重視したサイエンスカフェの開催にこれを活かしていきます。

26日には産総研臨海副都心センターでも、サイエンスアゴラの関連イベントとして「サイエンス・スクエア 臨海」の休日特別公開を行いました。幅広い層から約100名の来場者があり予想以上の人気でした。また、デジタルヒューマン研究センターの持丸副研究センター長による講演「自分の足サイズとかたちを正しく知ろうーデジタルヒューマンの世界」と足形測定の実演では来場された皆さんの熱心さに、予定時間を1時間以上オーバーするほどでした。

## 第39回安全工学研究発表会を開催

報告

11月30日～12月1日に東京ビッグサイトにて第39回安全工学研究発表会が開催されました。

今回は、「全日本科学機器展 in 東京2006」の一環イベントと位置づけられ、産総研が共催となつての企画でした。

主催の特定非営利活動法人 安全工学会は、①災害発生の原因究明および災

害防止、特に予防に必要な科学および技術に関する系統的な知識体系としての安全工学の確立と②経営者、研究者、技術者などに対する安全工学の知識の向上、③専門的安全工学技術者の養成などを目的として活動しています。

今回の研究発表会では58件の一般講演、2件の特別講演、および、4件のオーガナイズドセッション講演がありました。全体を通しての参加者は近年では最多の約270名でした。特別講演の1つは産総研の吉川理事長から「持続的発展可能な産業」と題して産業界が今後、目指すべき方向性についての講演がありました。また、核・生物・化学・放射能兵器についてNPO法人NBCR対策推進機構の井上忠雄理事長



吉川理事長の特別講演の様子

から「現代危機管理とNBCRテロ」と題してお話しをいただきました。

「実践的安全教育手法」と題したオーガナイズドセッションでは、産業現場に携わる労働者を対象とした実践的な教育手法に関して、機械・化学・静電気および人間工学の各分野の専門家にご講演いただきました。



機器展での学会ブース

## 産総研・技術情報セミナーのご案内

お知らせ

技術情報部門では、内外の技術動向、マネージメントや経営に関する課題等について、所内外の参加者と議論する場として産総研・技術情報セミナーを開催しています。

第16回セミナーではサービスをテーマに取り上げます。昨今サービスサイエンスの必要性が強調されていますが、その前段階としてソリューションビジネスがあると我々は考えています。そこでソリューションビジネスの先駆者でもある日本IBM株式会社からビジネス事例をご紹介します。

また、第17回セミナーでは、産業技術政策の動向をテーマとして、アップデートされた経済産業省の技術戦略マップと産総研研究戦略(部材・ナノテク分野)を、それぞれから紹介いただきます。双方の立場から見た相互の関係について討論を進めたいと考えています。

参加をご希望の方は、下記のURLからお申し込み下さい。

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

### 【第16回 産総研・技術情報セミナー】

◆日時 2007年1月12日(金) 14:00～15:30

◆プログラム

14:00～15:30「サービス・サイエンスからサービス・イノベーションへ」

日本IBM株式会社東京基礎研究所 ビジネス・サービス・リサーチ担当部長 日高一義  
講演概要：近年、世界経済における「サービス」の重要性が高まっています。持続的な経済の発展の為に、サービス経済の健全な成長が必要です。このためには、異分野科学を統合した「サービス・サイエンス」の確立が必要です。サービス・サイエンスはサービスの問題を解決し、生産性を高め、質を高めると期待されています。サービスサイエンスの基本的な考え方、国内外の状況、および具体的なプロジェクトの方針と実際を紹介いたします。

### 【第17回 産総研・技術情報セミナー】

◆日時 2007年1月19日(金) 13:30～16:30

◆プログラム

13:30～15:00「技術戦略マップ2006について」

経済産業省産業技術環境局研究開発課 企画官 渡邊 政嘉

講演概要：経済産業省では、平成18年4月、産学官の知見を結集し、『技術戦略マップ2006』を、情報通信、ライフサイエンス、環境、ロボット、ナノテク等24分野で策定しました(平成17年3月に初版を作成・発表、今回は改訂版となります)。技術戦略マップは、(1)導入シナリオ(2)技術マップ(3)ロードマップの3部から構成され、新産業創造のための技術目標や製品・サービスの需要を創造するための方策を示しています。

15:00～16:30「産総研における部材・ナノテク分野の取り組み」

産総研イノベーション推進室 総括企画主幹 時崎 高志

講演概要：産総研の研究戦略におけるナノテク・材料・製造分野の概要ならびに経済産業省の技術戦略マップとの関係を説明します。その後、産総研のファウンダリー機能、人材育成、ミニマル・マニュファクチャリングをトピックスに取り上げます。

◆いずれの回も開催場所は、産総研つくばセンター 第2事業所  
つくば本部・情報技術共同研究棟1F ネットワーク会議室

## 関東平野の地震を考える(首都圏地震シンポジウム)を開催します

お知らせ

首都圏の地下構造とそこで過去に起きた地震を知り、将来おこりうる地震を予測するための科学がどこまで進んでいるのか、多角的な講演を行ないます。

このシンポジウムは、2008年の「国連国際惑星地球年」UN International year of the Planet Earth (IYPE) の国内活動の一環として開催されます。

日時：2月15日(木) 13:00～17:00  
 場所：秋葉原ダイビル コンベンションホール  
 主催：産総研  
 後援：経済産業省 朝日新聞  
 参加費：無料  
 参加申込：オンライン入力  
<http://www.secretariat.ne.jp/aist>

### 【講演内容】

- ・首都圏のプレート構造と地震
- ・首都圏の活断層 - 特に立川断層と深谷断層について
- ・首都圏の海溝型地震と津波 - その頻度と将来予測
- ・関東大震災とその教訓
- ・関東平野の基盤構造の成り立ちと地震防災
- ・首都圏を襲う大地震とその強い揺れ
- ・首都圏の浅い地盤の生い立ちと揺れやすさ

## EVENT Calendar

12月10日現在  
[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/event/event\\_main.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/event/event_main.html)

2007年1月 → 2007年3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         |
|-------------------|--|-----|----------------|
| <b>1 January</b>  |  |     |                |
| 7日                | 越谷市科学技術体験センター特別フェア -産総研キャラバン特別展-   | 埼玉  | 029-862-6214 ● |
| 10日               | 産総研技術フェア in 北海道  | 札幌  | 011-857-8428 ● |
| 11日               | 計算機言語談話会(CLC)1月第一回   | 大阪  | 06-4863-5046 ● |
| 12日               | 産総研・技術情報セミナー   | つくば | 029-862-6122 ● |
| 12日               | 産総研関西センター研究講演会UBIQENフォーラム -水素・燃料電池研究分野-  | 大阪  | 072-751-9606 ● |
| 16日               | ヒューマンストレス産業技術研究会講演会「感覚計測とストレス」   | 大阪  | 072-751-9991 ● |
| 18~19日            | グレーター・ナゴヤ クラスターフォーラム 2007  | 名古屋 | 052-201-6627   |
| 18日               | 計算機言語談話会(CLC)1月第二回   | 大阪  | 06-4863-5046 ● |
| 19日               | 産総研技術セミナー  | 愛媛  | 089-976-7612   |
| 19日               | 産総研・技術情報セミナー   | つくば | 029-862-6122 ● |
| 22日               | LIME2ワークショップ 環境影響の統合化  | 東京  | 029-861-8105 ● |
| 23日               | 計測フロンティア研究部門シンポジウム   | つくば | 029-861-5300 ● |
| 25日               | 計算機言語談話会(CLC)1月第三回   | 大阪  | 06-4863-5046 ● |
| 27~28日            | T X記念 全国中学生創造ものづくり教育フェア  | つくば | 03-3849-4540   |
| 30日               | T Xテクノロジー・ショーケース・イン・ツクバ 2007   | つくば | 029-861-1206   |
| <b>2 February</b> |  |     |                |
| 1~2日              | 「震災対策技術展/自然災害対策技術展」横浜  | 横浜  | 03-5775-2855   |
| 2日                | 産総研 in 京都「バイオ・医療計測発表会」バイオ・医療計測の最前線   | 京都  | 072-751-9606 ● |
| 6日                | ベンチャー開発戦略研究センター タスクフォース成果報告会   | 東京  | 03-5288-6868 ● |
| 7~9日              | コードクローン検出技術とその応用   | 東京  | 06-6850-6605   |
| 15日               | 首都圏地震シンポジウム 関東平野の地震を考える  | 東京  | 029-862-6214 ● |
| 15日               | 平成18年度産総研九州センター研究講演会   | 福岡  | 0942-81-3606 ● |
| 21~22日            | 「ナノレベル電子セラミックス材料低温成形・集積化技術」プロジェクトワークショップ   | 東京  | 03-5472-2561   |
| 22~23日            | International Workshop on Super-RENS, Plasmons, and Surface Recording Science & Technology | つくば | 029-861-2923 ● |
| <b>3 March</b>    |  |     |                |
| 1~2日              | 界面ナノアーキテクトニクスワークショップ   | つくば | 029-861-4460 ● |
| 7~9日              | 新エネルギー技術シンポジウム   | つくば | 029-861-7879 ● |

## 「ナノ生体類似膜・高感度認識膜構築に向けて」

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 佐藤 縁さん

## 有機単分子層修飾による機能性表面の構築

佐藤さんは、産総研（旧工業技術院生命工学工業技術研究所）入所以来、電極や固体基板の表面を僅か一層の機能性分子層で修飾することにより、酸化還元能、感光・発光特性、分子認識特性などの各種機能を付与し、修飾分子構造と機能発現を解明する研究を行ってきました。さらに有機単分子層を電子移動の制御、発光制御、生体物質・生体分子のセンシング等に応用することで、表面化学、生物電気化学等の分野に新しい重要な情報を与えてきました。

それらを評価され、電気化学会論文賞（1998年）、同会進歩賞・佐野賞（2001年）を受賞しています。

平成16年度からは、現グループリーダー（丹羽修研究副部門長）の下で、「生体分子の高感度認識膜構築」を目指してさらに研究を進めています。これまでの自己組織化膜作製技術を活かし、グループ内・部門内のメンバーと協力して、ナノ生体類似膜の構築を行っています。糖鎖末端のアルカンチオールを設計し、これと非特異吸着を抑制する分子でナノドメイン構造を構築し高感度なタンパク質認識表面のモデル作製に成功しました。そして2006年にはこれまでの研究成果が認められ、第11回日本女性科学者の会奨励賞を受賞しました。今後、ナノバイオテクノロジーの手法開発に向けて佐藤さんの研究に大きな期待がよせられています。



## 佐藤さんからひとこと

固体・電極基板表面の改質、自己組織化膜による新規機能の直接付与、機能と分子層構造の関係解明等、細かく仕事を進めてきました。付与したい機能を持つ分子を設計・合成し、実際に電極の上に固定し、その機能を確認する・・・狙い通りに機能性表面ができたときは最高の気分ですが、（誰しもそうかもしれませんが）一歩ずれると誰も興味を持たないような狭い範囲での趣味的仕事に陥ることも無きにしもあらずかもしれません。現象を楽しみつつ、小さな枠組み内（限られた条件下）で成り立つ世界から、真に使える、本当に役立つ自己組織化表面の作製とその有効利用を目指して、仕事に取り組みたいと思います。

純粋に研究活動に使える時間はここ数年「自由に・十分に」とはいかず、時間不足・勉強不足他諸々は素直に認めざるを得ません。これまで同様、グループ内・部門内はもとより産総研内外の様々な人から教養を受けると同時に、こちらからも働きかけて情報を得るなどして足りない部分を補いたいと思います。母親業があると、研究に使える時間面では完全に「敗北（ダメージ大＝マイナス効果）」ですが、効率的な時間の使い方（気持ちの切り替え）や人との接し方&忍耐力（! ?）に関しては、もしかしたらマイナスばかりではなく若干プラスの効果もあるかもしれません（笑）。小さな成長も日々の研究活動にフィードバックして、本来の研究活動を加速したいと思います。

産 総 研  
TODAY

2007 January Vol.7 No.1

(通巻72号)

平成19年1月1日発行

独立行政法人  
産業技術総合研究所編集・発行  
問い合わせ独立行政法人産業技術総合研究所  
広報部出版室

〒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。

