

# 産総研

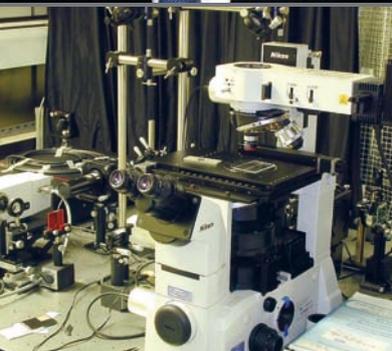
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

# TODAY

6

2009  
June

Vol.9 No.6



## メッセージ

### 02 理事長就任に際して

## 特集

### 04 本格研究 理念から実践へ 座談会：実経験からの問題提起が次代を拓く

#### リサーチ・ホットライン

- 16 イオンチャンネル膜タンパク質の構造解析  
結晶を用いない単粒子電顕解析法による3次元構造の解明
- 17 低コストでノイズに強い省配線化技術を開発  
シリアルバス通信で配線をシンプルにして生産性を向上
- 18 次世代型マイクロ波電力標準の研究  
周波数測定に基づいたマイクロ波電力標準
- 19 不透明容器内の化学物質を外側から検知する  
フェムト秒近赤外パルスによる多光子励起で対象物を瞬間的に着色

#### パテント・インフォ

- 20 金属酸化物誘導吸収材料  
単色光を当てると広い波長域の光吸収が高速で可逆変化
- 21 有機防食皮膜や高効率信号伝達皮膜の作製  
原子レベルでの平坦化と有機膜の結合力向上

#### テクノ・インフラ

- 22 「骨組織の薄切標本の作製方法」を制定  
インプラント産業の活性化を目指した標準基盤研究
- 23 大陸棚の限界を決める  
地質学が日本の海底権益の確保に貢献
- 24 放射温度標準の拡充  
定点黒体炉と1.6 μm帯放射温度計の校正サービス

# 理事長就任に際して

独立行政法人 産業技術総合研究所

理事長 野間口 有



年代の半ばで、最早、学ぶべきものは何もない、と自惚れたものでした。90年ごろには土地バブルがはじけ、失われた10年といわれる日本の停滞期が始まります。米国のプロパテント政策、韓国や中国の台頭などの影響もあり、わが国経済への自信がぐらついた時期でもあります。しかしこの停滞期にあっても、しっかりと自らの技術基盤を確立して、世界市場で存在感を増し続けた自動車メーカーに代表されるような企業群がありました。これらの企業は特徴ある技術・知財を重視した経営をしていました。それが広まり、今世紀に入ってからの日本の再成長期に繋がりました。今現在は、未曾有の経済危機とされていますが、技術・知財を重視した世界を先導するR&Dを基にした対応で必ず危機は克服できると見ています。私は、技術・知財重視の経営では、これを担う人材を正当に評価し、より創造的な活動ができるようにし、そしてその成果を広く活用できるようにすることが肝要だと考えてきました。社長時代は意識してR&Dなどのイノベーション人材を支援し、<sup>とく</sup>奨励しました。産業競争が国際化し、環境問題のような地球規模の課題が増加している現代にあっては、国レベルの研究所でも同じことが言えるのではないかと常々考えていました。どうもこのことが、身に余る大役とは知りつつ、最後の最後で理事長就任を引き受けた要因のように思います。

中小、大企業を問わず広く産業界に役立つ成果を、国や世界の持続的成長を可能にする成果を数多く生み出せるように産総研の研究人材を支援し、リードして行くことが私の役割だと思っています。

## 2. 基礎研究 その今日的意義

昨年5月に産総研が創刊した学術誌“シンセシオロジー”の創刊記念シンポジウムで、公立はこだて未来大学の中島学長とともに基調講演をする機会を得まし

## 1. はじめに

4月に産業技術総合研究所理事長に就任した野間口です。私は3月まで電機メーカーである三菱電機株式会社の取締役会長を務めていました。その私がいきなり理事長に就任したということで、産総研の所員の皆さんはもちろん、産総研に期待と関心を寄せていただいている外部の皆さんも大いに驚かれたのではないのでしょうか。実は私も驚いているうちの一人です。いかなる心境の推移があったのか!? わが国にとってますます重要性を増すイノベーションに寄せる私の想いから話を始めます。

私は、1965年物理学科の修士課程を卒業し、直ちに就職しました。研究所に配属され以降社長になるまでのほとんどの期間を、研究員、マネージャー、役員として研究開発部門で過ごしました。入社した頃は、日本はまだ欧米先進国からの技術導入の時代でした。ようやく自らの技術に自信が持てるようになったのは80

た。講演依頼を受けて、あらためてシンセシオロジーなるものの意味を産総研ホームページを通して考えてみました。吉川前理事長が創刊号で示された考えに共感して、“基礎研究 その今日的意義”と題して話をしました。吉川論文で言うところの第2種基礎研究は従来、応用研究とか目的基礎研究などと呼んでいたように思うのですが、サイエンスレベルでの課題解決を指向しながら進める研究活動は基礎研究として捉えるべきだという主張は、実に時代にマッチした説得力を持っていると思いました。

世界を真に先導するような成果を出していくためには、この基礎研究の充実が必要であります。しかし、産業界は世界規模で激化する企業競争に生き残るため、製品化研究や改良研究に集中せざるを得ず、基礎研究までさかのぼる余力が少なくなってきました。したがって、産総研や大学などが生み出す先進的、先導的、基盤的な基礎研究の成果に企業サイドとしても大きな期待を寄せているのだ、というのが私の話の骨子でした。特に産総研はその研究ユニットの構成からして、大学などにはない分厚い研究を展開することができます。世はまさに、産学官連携、オープンイノベーションの時代です。この時代の主役として、大いにリーダーシップを発揮していかなければなりません。

### 3. 持続的発展可能な社会の実現へ向けて

先述した講演の最後に、私は、産総研への期待を4項目述べました。①先導的R&Dの推進エンジン—本格研究の定着、②多様な成果を世界に広げる、③大学と企業をつなぐ技術者・研究者の育成、④21世紀型課題への挑戦。

4月1日以来、研究所のアクティビティをいろいろと聞いて、これに付け加えるべき重要なことがあると気がきました。それは、⑤人類社会の持続的成長に資する基礎的・基盤的知見の提供。明治15年に創立された地質調査所をはじめとして旧工業技術院の15の研究機関は、日本の近代化のために科学技術的に、見る、究める、創る、役割を営々として果たしてきた、というのが産総研の一員となってまず最初に私が感じたことです。人類の関心が宇宙から地底深くまで広が

り、扱う材料の種類も増えている現在、その重要性はますます増していると責任の重大さを実感しました。

せっかくの機会なので、他の項についてもいくつか付言します。

まず①について。まだ全ての研究ユニットの話聞いたわけではありませんが、出口意識が旺盛であることがわかりました。吉川前理事長を中心に設立以来、いや、設立前夜から真剣に取り組んでこられた先輩諸氏の意欲の高さを感じます。難しい課題に挑戦するためには、基礎までさかのぼった研究が不可欠であり、出口に確実に近づくためには、多くの異種技術分野の研究者との創造的連携が必要であります。この連携、シナジーの輪が所内はもちろん所外や海外まで広がれば、素晴らしい出口に繋がる予感がします。

②の多様な成果について。新しい製品やシステムは言うまでもないことですが、産業基盤や社会基盤を支える基礎的なデータベースや標準・規格、技術論文なども立派な成果だと思います。後者は同時代の人々の賞賛を受けることは少ないかもしれませんが、皮相な評価を超えた価値を持っているものと考えます。

③について。企業や大学との人材交流が、パーマメントにしろ、テンポラリーにしろもっと多くても良いのではないかと感じています。産総研と外部との連携強化のためにも、研究者諸氏の人生設計の自由度を増すためにも研究所マネジメントの重要な課題としたいと思っています。

④について。大きな課題になればなるほど、これまでの技術蓄積を生かして対症療法的な取り組みを主導することも必要ですが、<sup>ふか</sup>俯瞰的にものごとを見るトップダウン的アプローチも、民間ではなかなかできないだけに、重視したいと思います。そしてその成果を広く世界に発信して、環境問題など新しい課題解決の指針作りに貢献したいものです。

新しい技術は日々生まれ、融合しあい、また新しい地平をつくっています。地球規模で考えるべき課題も増え、社会システムも変化しています。“持続的発展可能な社会の実現”を目指す産総研の活躍の場は広大であり、果たすべき責務は重大であります。

座談会：

# 実経験からの問題提起が次代を拓く



吉川 弘之

理事長

鎌形 洋一  
平井 成興  
藤森 直治

ゲノムファクトリー研究部門長  
知能システム研究部門長  
ダイヤモンド研究センター長

小野 晃  
矢部 彰  
小林 直人  
内藤 耕

副理事長  
理事・広報部長（司会）  
理事  
サービス工学研究センター次長

2009年2月24日開催  
所属と役職は座談会開催時点でのものです。

**矢部** 今回は15回目の座談会になります。ゲノムファクトリー研究部門、知能システム研究部門、ダイヤモンド研究センターから3人のユニット長の方々に来ていただきました。まず、ゲノムファクトリー研究部門長の鎌形洋一さんからお願いします。

## いくつかの成果を企業にライセンスング

**鎌形** 私たちの部門の主要拠点は札幌にあります。今の職にあって3年間、ライフサイエンス分野で、産総研らしい研究を進めてこれたと思っています。私たちは、バイオ研究は医療もしくは農林水産業に直接かかわるところに大きな力点が置かれていくのではないかと、それに対応すべき研究を行っていくべきではないかと考えています。

そうした中で、医薬品をつくる手段として植物を使おうという道があります。発想自体は昔からあって、米国を中心にすでに研究が進められていますが、植物遺伝子を組み換える以上、それが外に漏れると同じ種類の植物が交配して遺伝子が拡散してしまいます。この危険性は絶対に避けなければなりません。このような道筋の下に完全密閉型植物工場がつくられ、実際に稼働しているわけです。この施設は「2007年グッ

ドデザイン金賞」をいただきました。

微生物を使った研究はたくさん行われています。しかし、微生物で本当のモノづくりをするための環境や装置づくりについては、実はあまり多くの関心が集まって来ませんでした。自分のつくりたいものがつくればそれよしというのが、これまでの微生物による物質生産システムでした。しかし私たちは、酵母と放線菌という微生物を使い、それぞれを器にして、どんなものでもなるべく効率よくつくれるシステムを開発してきました。

その成果は、酵母の場合は企業の受託事業としてライセンスングされました。また、分析・検査系は別企業にライセンスングしました。このシステムはいろいろな特許から成立しているのですが、現在外国大手企業と包括的な形でのライセンス交渉をしており、これがまとまると大きな成果になると思います。

放線菌関係については、複数の企業とライセンスングの契約まで行っています。例えば、免疫抑制や慢性関節リウマチなどの治療に使われるミゾリピンです。治療薬というのは、患者の血液を採取して、投薬された医薬品がきちんと代謝されているか、あるいは高い濃度になっていないか、迅速にモニタリングする必要があります。私たちのところではそれができる新しい酵素

系を見つけ、微生物に生産させて実際に企業が販売するところまで来ました。

また、化学の研究ですが、核酸をアミノ化する修飾試薬を開発しました。これは大きな市場があり、遺伝子を検出したり、遺伝子診断したりするためのDNAの修飾反応のためにはなくてはならない道具です。この試薬はDNAのチップをつくったりDNAの大量シーケンスなどに使われていきます。開発を始めたのは2003年で、2006年の段階ですでにライセンスングまで行って、2007年からはドイツの企業で実際に生産されています。国内企業にもライセンスングしています。

このように、バイオが目に見える形で結実した3年間だったと思います。そういう意味において、私たちはたいへん誇りに思っています。

## 産総研内の問題を提起

**鎌形** ところで、2008年7月に理事長に札幌にお越しいただき、北海道センターとして「本格研究ワークショップ」が開催されました。理事の皆さん、イノベーション推進室や知的財産部門の皆さんともとても率直にお話しでき、そして北海道センターの多くの職員が聞いていたこともあって、とても大きな意義がありました。私たちはそこで、

# 新しい研究と開発の定義

## 第2種基礎研究を軸に本格研究へ

産総研では、  
経済・社会ニーズへ対応するために異なる分野の知識を幅広く選択、融合、適用する研究(第2種基礎研究)を軸に、「第1種基礎研究」から「製品化研究」にいたる連続的な研究を「本格研究」として推進することを組織運営理念の中核に捉えています。

大きな問題を投げかけました。その核心部分は何かというと、「本格研究における敵は外にあらず、内にあり」ということです。私たちはそれを取って掲げて、イノベーション推進室などに問いかけたのです。

「袋小路に向かう技術革新への道」というような意味の発表タイトルにしました。要するに、常磐自動車道がスムーズに流れ、つまり研究がスムーズに流れているのに、三郷あたりで少し流れが悪くなってついに向島を過ぎたところで渋滞に巻き込まれてしまう。本格研究には死の谷があり、それを越えるとスムーズに進むはずなのに、次にまた死の谷が来る。この死の谷をつくっているのは、ほかならぬ産総研の組織そのものなのではないのか、という問題提起です。

具体的な例は、例えば独占実施権を容易に許さないとか、海外ライセンスに対して独占実施は許さないとか、植物工場のような先端施設を産業利用のために開放して、そこでできたものを製品の一部にすることにたいへん大きな壁があったのです。せっかく成果物を外で使っていただくために重要な役割を担うはずの産総研の担当部署が、ブレーキをかけているのではないか。

この問題提起が、結果的にとてもよい方向に結びついたと思っています。最大の成果は、2009年1月に決まった先端型施設の産業利用への壁を取り払っていただいたことです。産総研に

とって革命的なことだと思います。

第3期に入る前の段階で問題を1つクリアしていただいたことを、現場の担当者ともどもとても喜んでいますが、ただ、なお改善すべき「システムや人がもたらす壁」は残っていると思います。

**吉川理事長** あの時は非常に驚いたし、また喜んだのです。あれがきっかけとなって、いろいろなところで議論が起これ、今はさまざまな可能性も出てきたわけですね。私自身反省したのは、あのよう議論がなぜ理事会で起きなかったのかということです。一地域センターで起きたのはもちろんすばらしいことですが、本当は、常に産総研で議論しなければいけないテーマだからです。意思決定が産総研の中でうまくできていなかったことを教えてくれた。非常によいメッセージだったと私は思います。一步前進のきっかけをつくってくれたわけで、本当に感謝しています。2008年7月の札幌は画期的な本格研究ワークショップでした。

**鎌形** 地域センターにおける本格研究ワークショップはとても意義深いものでした。

**吉川理事長** 地域センターを回れば回るほど、盛り上がりがあることがわかる。しかも、本質をえぐり出すような議論が起これるのがいい。だから、研究者が圧倒的に多いつくばも、ある意味で地域センター化しよう、と最近言っ

生産効率の高い画期的な  
微生物生産システムを開発し、  
複数の企業に  
ライセンスした。

鎌形 洋一  
かまがた よういち



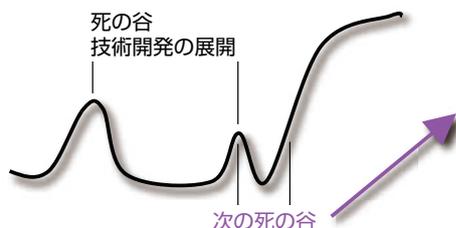
	定義	活動	成果物
「第1種基礎研究」	未知現象を観察、実験、理論計算により分析して、普遍的な法則や定理を構築するための研究をいう。	発見・解明	学術論文
「第2種基礎研究」	複数の領域の知識を統合して社会的価値を実現する研究をいう。また、その一般性のある方法論を導き出す研究も含む。	融合・適用	手法論文 特許 実験報告書 データベース
「製品化研究」	第1種基礎研究、第2種基礎研究および実際の経験から得た成果と知識を利用し、新しい技術の社会での利用を具体化するための研究。	実用	事業価値

## ゲノムファクトリー研究部門のこれまでの成果と本格研究との葛藤

### バイオテクノロジーによる有用物質生産の研究・開発成果(第2期の成果)

1. 遺伝子組換え植物による初の完全密閉型植物工場システムが始動。組換え植物による医薬品材料生産を開始、グッドデザイン金賞受賞。動物医薬の承認申請に向けたイヌインターフェロン生産のための組換えイチゴの栽培を開始。さらに医薬品原材料生産に向けた初のジャガイモ水耕栽培技術を確立。
2. 酵母低温発現系プラットフォームの開発に成功。多数のヒトタンパク質の発現に成功。企業にタンパク質発現受託事業としてライセンス。また分泌型ルシフェラーゼアッセイ系を用いて酵母の分泌シグナルライブラリーを構築し、アッセイ系は試薬キットとして企業にライセンス、販売に至った。
3. 放線菌プラットフォームによる物質生産系構築に向けて、宿主ベクター系の開発、有用遺伝子の検索とその発現系の構築が進む。本成果を活用して民間企業との共同研究の結果、ビタミンD水酸化体生産系の構築に成功。また、移植に伴う免疫抑制や慢性関節リウマチの治療薬に用いられるミゾリピンの血中濃度測定のための臨床検査試薬用酵素の発見に成功。近く販売開始予定。
4. これまで全世界で用いられてきた核酸用アミノ化修飾試薬よりも、反応性ならびにハイスループット精製において優れた新しいアミノ化修飾試薬の開発に成功。同試薬の生産は国外企業(ドイツ)で開始。国内ではそれを用いたDNAアレイなどが企業から販売されるに至る。

### Innovation Super Highway heading for a dead-end



- 法律・規則・運用によってもたらされる壁  
独占実施権の壁  
海外へのライセンスの壁  
先端型施設の産業利用の壁  
成果有体物の取り扱いに関する壁
- システムや人がもたらす壁  
産総研の知財戦略がもたらす壁

ているのです。自由な議論ができる場にしないといけない。そうすれば産総研はさらに進展すると思うからです。

### 地域の力を結集へ

**矢部** 北海道に行かれて、どのような違いを感じられましたか。

**鎌形** 私はつくばに20年近く、今の北海道センターに3年おり、良いところと悪いところはそれぞれありますが、苦労したという感覚はありません。1つ気づいたのは、地域センターは地域にあるので、ノイズに対するフィルターをかけようと思えばいくらでもかけられることです。研究者をノイズの少ない落ち着いた環境に置いて、きちんとしたミッションを与えると、研究はより純粋に進むのではないかと思います。

もう1つ、今は大学もすべてそうで

すが、人事を流動化しないと、産総研もまた研究の難局を乗り越えない状況にあるということです。例えば5年くらい地域センターでノイズから離れ、自分を見つめ直して新テーマを始める拠点にさせていただいてもよいと思います。そして再び、つくばのノイズある世界で仕事をするのもいいかと思います。

**矢部** ゲノムファクトリー研究部門が北海道にある意味は大きいと思われませんか。

**鎌形** 基本的に北海道は農業立国という面があって、横のつながりはたいへん密接です。実際に行ってそのことを相当意識するようになりました。農林水産省関係の研究機関もつくばがメインですが、2番目に大きいのが北海道です。私たちの研究所から歩いて5～10分のところにあります。そこでの仕事と私たちの仕事は、いろいろオーバー

ラップしています。他の地域センターについてはわかりませんが、少なくとも札幌は、大学と農林水産省関係の研究機関と産総研がトライアングルになりやすい地理的な利便性を非常に高くもっていると思います。それを強化していきたいと思っています。

### ロボット技術の共通基盤を構築

**矢部** 次は、知能システム研究部門長の平井成興さん、お願いします。

**平井** 知能システムというと、これまではロボットとかヒューマノイドを紹介することが多かったのですが、今回は、部門の共通的な基盤をつくらうという形でずっと進めてきた「モジュールベースRT」について紹介させていただきます。RTというのは、Robot Technologyのことです。

2001年ごろに「21世紀におけるロボッ

ト社会創造のための技術戦略」という社団法人 ロボット工業会の調査報告が出ました。これは実際には私と故 谷江和雄さんでつくった報告書ですが、この中のヒューマノイドプロジェクトの議論で、ヒューマノイドという鉄腕アトムになってしまうけれど、それだけではあまりにも市場が狭いと経済産業省に言われ、ロボット市場をつくるには、もっとロボット技術を広くとらえる必要があると考えました。

ロボット技術は、何らかの仕事を人ではなくて機械にやらせたいというのが本質で、それに対するソリューションをどう見つけるのかです。なぜロボットにそういうことができるかといえば、センサーをもち、実世界で動くアクチュエーターをもち、さらに、両者をうまくつなげる頭脳や制御技術があるからです。

つまり、これら3つの要素を基本として、さまざまなニーズに合わせて解決システムをデザインしていくことが重要だということです。ソリューションビジネスなどいろいろな言い方をされますが、そういう形に生まれ変わることによって、ロボット技術をベースとした新しい産業創成が可能なのではないでしょうか。

その報告書を受けるような形で、経済産業省 産業機械課からプロジェクトを勧められ、内部で議論し直しました。本当に重要なのは何か。ロボットの体系をモジュールに切り直してみると、それらをつなげる技術のほう、つまり統合技術が大事なのだということが1つの結論として得られました。そのためのカギは、ソフトウェアの世界で言うミドルウェアなのです。

ロボットの要素技術を、1つの共通の切り口をもったモジュールにすることによって、今までになかったシステム統合、ロボットのアーキテクチャがつかれることを示そうということで、予算も小さいものでしたが、NEDO（独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合

開発機構）プロジェクトとして3年間行いました。これには電子技術総合研究所時代の先行研究がありました。ロボットの腕をカメラとかセンサーにつなげるシステムづくりを黙々とやり、つなげるところでいつも悩んでモジュール化した技術に取り組んでいた研究者がいたのです。分散オブジェクト技術というのがソフトウェアにあったので、それと融合させる形で提案したのが「RTミドルウェア」です。

### 国際基準の取得から、分野の自由度を高める方向へ

**平井** 3年ほどのプロジェクトで、モジュール化技術、分散統合技術がそれなりに動くことを示しました。するとNEDOから「それを国際標準にもっていったらどうか」と言われました。それまでは、どちらかというビジネス用のアメリカの分散オブジェクトが主体でした。私たちの仕様を標準コンソーシアムにもっていき、2～3年目だったか、一応、認めてもらえたのです。ロボットが新しいカテゴリーだったことも有利に働いたと思います。

こうした成果があると、NEDOにも経済産業省にも、基盤技術として可能性が高いことがわかってもらえ、次のステップとして、RTミドルウェア技術をベースとした、さまざまなロボットの部品づくりとか、ロボットの統合システムの研究開発を進めるプロジェ

クトが立ち上がったのです。まだ製品にはなっていませんが、たいへん盛り上がっているところです。

「次世代ロボット共通基盤開発」というのは、RTミドルウェアでつながるようにした①音声対話モジュール、②ビジョンのモジュール、③制御モジュールをつくることです。音声対話モジュール、ビジョンのモジュールともに、国内企業に製品版として出すことができるものまで仕上げてもらいました。

これらを本格的に使いこなすのが、知能ロボットです。いろいろなモジュールが潜在的に山ほどある。それらを実際にモジュールとしてつくり直し、研究開発主体がお互いに自由に交換して使えるような世界を構築したら、ロボットの自由度が増して、ロボット産業がもっと広まるはずですよ。

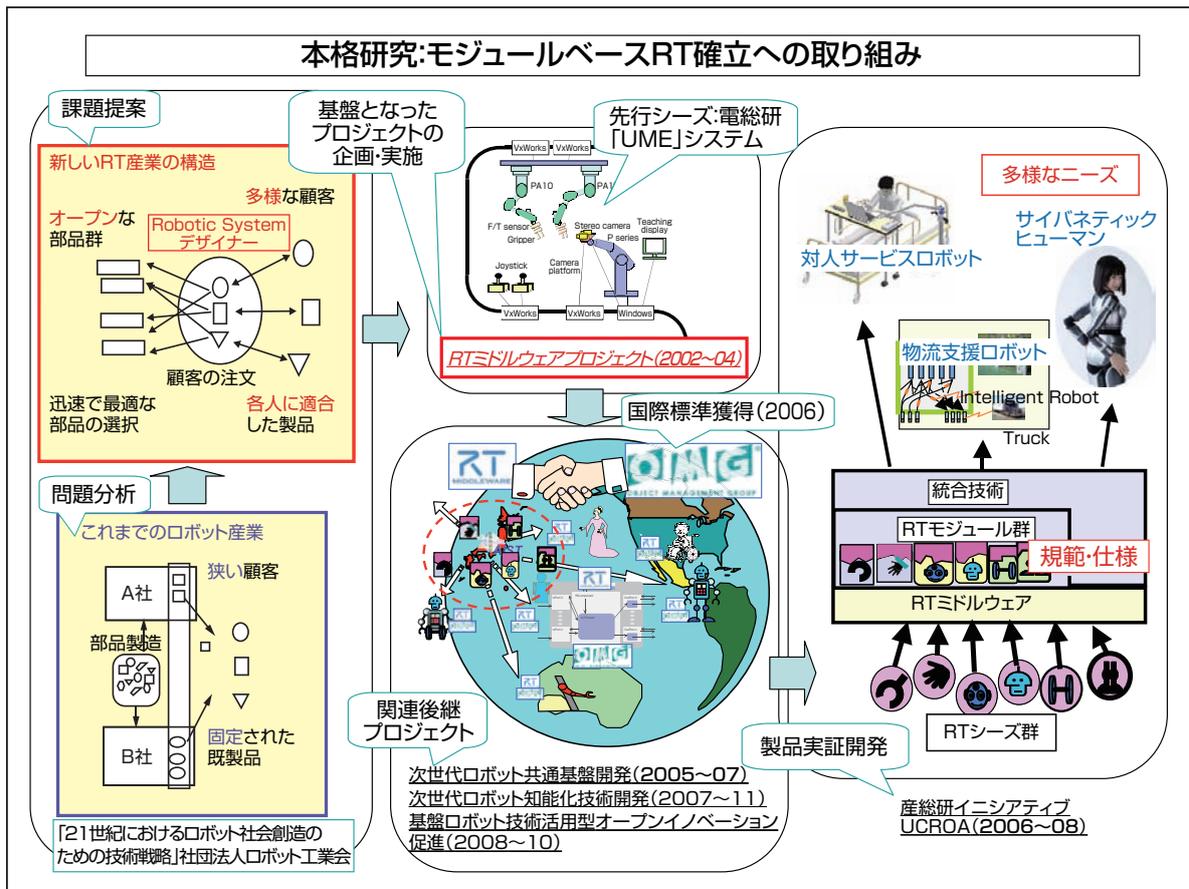
今、産総研RTミドルウェアによる基盤づくりをさらに高度化することを進めています。その中ではもちろん、モジュール化技術だけではなく、ソフトウェア開発のための開発環境や、周辺の道具づくりなども含まれています。プロトタイプシステムはすでにホームページにオープンソースで出しており、かなりダウンロードされています。

それから、すでにソフトウェア会社がRTミドルウェアを使いこなすためのパッケージを製品化していて、普及に向けた可能性が広がっています。死の谷の真ん中くらいまでは来ているかと思っています。

特定の製品でなく、みんなが使える「共通の基盤」をつくることこそ産総研が担う研究テーマであり、それをロボットで進めてきた。

**平井 成興**  
ひらい じげおき





当初は、モジュール化やオープンなアーキテクチャなどともない、と民間企業から言われました。自分たちの手の内をさらすようなことはできないというわけです。企業は1体のロボットを売って商売しているので、なかなか理解してもらえませんでした。しかし、ほかがやりはじめると、「自分たちもモジュール化しないといけない」と変わっていったのです。

よいモジュールがつかれることがわかると、自分たちもバックボーンのアーキテクチャを同じにしないと、ほかの人がつくった優れたモジュールが取り込めないことになります。理解してくれる企業が現れ、「次のロボットはこのオープンRTミドルウェアでやります」と宣言してくれる企業も出てきました。

企業がついてこない時点では、とにかく私たちがやってみせないと納得してもらえません。私たちがつくってきたコンポーネントをRTモジュール

化し、実際に組み上げてロボットシステムがつかれることを実証する。そのためにお金をいただいているのが、「産業変革研究イニシアティブ」です。2008年度が最終で、一気にいろいろなものを発表させていただきます。最終段階に入り、今は、うまくいくよう祈っているクリティカルな状況です。

**吉川理事長** 計算機の場合は、誰がミドルウェアをもっているのですか。

**平井** おかしな言い方かもしれませんが、さまざまな人が勝手につくって、ウィンドウズやリナックスといったOSが提供する環境は、その上に何らかの環境をいきなりつくることができません。おもしろいアプリケーションをつくらうと思っても大変なので、ウィンドウズが提供するOSの機能と、もう少しアプリケーション寄りのファンクション群があり、ソフトウェアの

ライブラリとして提供されることが多いのです。キットとして売られているミドルウェアもいろいろあります。

私たちは、計算機の上でロボットシステムをつくるのに適したミドルウェアを用意し、これを使っていろいろなロボットを自由につくることができます。あまり計算機のことを知らない人でもロボットシステムがつかれるようになります。

**吉川理事長** つまりミドルウェアというのは1つのものではない。ロボットで行ったのが初めてなのですね。

**平井** そうです。

### モジュール化の本当の意義

**矢部** RTミドルウェアの世界標準を取る戦略は、どこから出てきているのですか。

**平井** 標準というのは諸刃の剣でもあります。取ってしまうと、逆にそれで縛られてしまう部分もあるからです。「日本独自のモノづくりの良さがなくなる」という言われ方もします。ただ、韓国や台湾もよいモノをつくりますから、いつまでもそこで争っているのはダメだということもあります。よいモジュールをつくり、そのアプリケーションのアイデアをどんどん出していき、生き残っていく。新しいアプリケーションのアイデアに向かって、常に走り続けるのは私たちの宿命です。

ですから、いつもゼロからモジュールまでつくっていたら、間に合いません。どのようなモジュールをつくるのかは、皆だいたいわかっているのだから、その上に次のソリューション・ロボティクスを育てて、むしろアプリケーションに向けてどんどんアイデアを出したほうが得策です。

製品というのは、まず最終的にどう使うか・使わせるかというアプリケーションがあって、そこからブレイクダウンして「こういう要素が必要だ」というようにあるべきだと思います。ところが、今まではシーズ研究を重視し過ぎ、「よいシーズをつくったから、何かの製品にしてください」と、研究者は半ば強引に誘導してきたのではないかと思います。

新しいシステムをつくる時、必要な機能に対応するモジュールがあれば、それを組み合わせてつくればよい。よい使い方のアイデアがあったほうが、ビジネスや市場は回るわけです。それができる環境をつくってあげるのが私たちの仕事だと思います。

**小野** 標準化の話ですが、既存の産業界は、やはり自分からは標準化には動かない。産総研だから動けたという面はありますか。

**平井** この問題に関しては、産総研の

方がやりやすく、企業ではやりにくいところがあったと思います。企業にはすでに競合段階を終えた資産もたくさんあります。そうした資産であっても、「公開するのはまずいな」と思っていたところに私たちが新しい仕組みをつくったので、コアのところは見せずに公開できるようになったのです。

**小野** デファクトスタンダードに任せず、産総研が介入してデジュールスタンダード（公的な標準化）を目指したのですか。

**平井** そうですね、デジュール化を提案したとも言えます。

### 単結晶ダイヤモンドの合成法を確立

**矢部** それでは次に、ダイヤモンド研究センター長の藤森直治さんをお願いします。

**藤森** 私は企業から来て、もうじき6年になります。企業では実際に製品開発、プロセス開発を20件くらい成功させてきた経験があり、いかに産総研と産業界を結びつけるかという点を中心に考えてきました。

私たちの成果のいくつかは、製品の芽として非常に期待できるところまで来ています。1つ目は単結晶のウエハーをつくる技術で、現在14 mmくらいのものができるようになり、来年度末に

は1インチ化して、さらに5年後くらいに2インチにするという大胆な計画もっています。基本技術は、ほぼこの6年間でできたと考えています。

また、ダイヤモンドの機能で最近わかってきたものがたくさんあり、その1つに「電子を出しやすい」という機能があります。これがわかったのは17年くらい前ですが、その間、一種の死の谷が起って、結局何にも使えないのではないかというところに、私が産総研に着任しました。

紆余曲折、右往左往というのが本当かもしれませんが、私たちの「n型ダイヤモンドに対してある表面をつくり込む技術」が大きな効果を生むことがわかり、ダイヤモンドとして初めての電子源が露光装置の中で実用化寸前のところまで来ています。これは住友重工株式会社が進めています。

そのほか、原子間力顕微鏡（AFM）用のナノサイズの針をつくったり、ショットキー・ダイオードも開発しています。このダイオードは、400℃という今までの半導体ではまったく動かなかった環境で動作することを証明しています。いわゆるパワーエレクトロニクス分野のデバイスで、実用化にはもう少し時間がかかるとは思いますが、実用に近いところまで実証できました。

最初からセンターの皆さんに申し上げてきたのですが、テーマはやはり成功させたい。決して失敗したくないので、テーマ選定時にきちんと詰める必

材料系やデバイス系では、最後までやり切ってみせることが大事で、基盤的な研究にとどまっていたら企業は相手にしてくれない。

藤森 直治  
ふじもり なおじ



要があります。そのためには、うまく情報を集めてくるのが大事です。では、その情報をどうやって手に入れるか。それは情報源とどのような交流をしているかがとても大切です。

私は今、ダイヤモンドに関する業界と学会が一緒になったような組織の会長をしています。1つは、そのようなコミュニティをうまく利用し、良いシーズ技術を見つけてくること、あるいは、そのシーズ技術をうまく変えていく方法のヒントを得ることです。

2番目は、技術を実際に使うユーザー側ときちんと組んだ共同研究を進めることによって、本当に行う価値がある研究なのかどうかを見極めることです。「研究費を投じる」という言葉は産総研ではあまり聞かないのですが、人をはりつけたり設備を買ったりするを実行してよいかどうか、判断の材料をきちんとつくるのが大事だと考えています。

3番目は、自分の専門分野から遠い、私にとって言えばバイオについては、

産総研内にあるユニットときちんと交流して正しい情報を得ること。ただし、必ずしも正しい情報をもっているとは限らないので、その場合は、そこを経由し企業とか世界の人たちと話をし、正確な情報を得ていくこと。

この3つの考え方に基づいて、テーマの選択を行ってきました。具体的には、3年目からテーマをほぼ4つに絞り込んでやってきました。そしてそれなりに、4つとも成果が出てきたのではないかと考えています。

「死の谷を越える」ために大切なのは、死の谷の底にいる時に、それまでとはちょっと違ったフェーズの情報を集めてくることです。しかも、その情報の活かし方を知らないといけません。そういうスキルを、現実に産総研の人たちがもっているかどうか、本格研究をやるかどうかの境目だと思ったのです。私自身もちろんですが、若手もそうした能力がだんだん身に付いてきたのではないかと考えています。

## 産総研内の資産を活かす

**矢部** 死の谷の底でさまざまな情報を集めてそれを活かすことが大事だということですが、本格研究ワークショップの中でも、他の技術と融合していくとか、他の技術によって新たな機能を見いだすといった形で、技術が補強されていくパターンを引き出しています。そのようなイメージですか。

**藤森** もちろんそうだと思いますが、では、産総研の中で、他ユニットと四つに組んで共同研究を行った例があるでしょうか。ユニットやグループの中に比較的閉じこもって仕事をしているのではないのでしょうか。関連の学会や、外部とむしろ一生懸命にやっている傾向がある、という気がしています。私たちは他ユニットと話をし、こちらからももちろん出しますが、知識をもらうことをしました。

### 研究内容

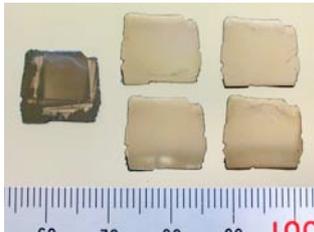
## ダイヤモンドの広い応用への展開 —産業界との連携を軸に短期間で実用化を実現— ダイヤモンド研究センターが開発した技術

### 大型単結晶のウエハー化技術



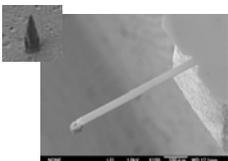
世界最大級の  
単結晶ウエハー

- ・気相成長条件
- ・欠陥評価
- ・プラズマシミュレーション



ナノサイズの先端を  
持つAFM探針

- ・ナノ加工技術
- ・表面バイオ修飾

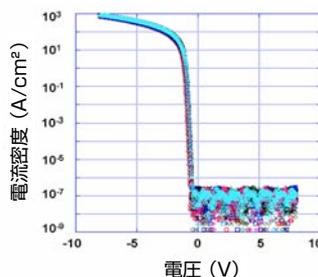


n型ダイヤモンド

電子源  
↓  
EB露光装置へ  
・表面構造開発



電気自動車への適用を目指す  
ダイヤモンドダイオード



400 °Cの高温動作で  
SiCを凌駕

- ・電極材料開発
- ・エピ成長
- ・デバイス構造

**矢部** 産総研内部のしっかりした共同研究が必要ということですね。

**藤森** 実際に7つか8つくらいのユニットとさまざまなことをやっています。私たちの人数が少ないということもありますが、消極的な意味ではなく、むしろ積極的にそういうことをしています。そうすると、また声をかけてくれる方がたくさんいるのです。

**吉川理事長** 他分野の情報を集めるスキルとは何なのでしょう。心がければよいというものでもないでしょうし。

**藤森** テーマによっても違いがあると思うのですが、私たちのような材料指向で進む場合、ともすれば、よいものをつくれればモノが売れる、最終的に実用化されるだろう、と思ってしまいがちです。ところが、そうではないケースもあって、そういうことに早めに気がつかなければならないのです。世界トップを目指していても、そればかりがよいわけではない。

例えばダイヤモンド結晶では、「茶色いじゃないか、こんなものは半導体には使えないのではないか」といつも言われます。不純物が入っているのが欠点だと言われるのです。しかし、これは私たちが選んでこの色にしているのです。要するに、大きくするためには速く成長させなければいけない。まったく無色のものもつくれますが、それだと結晶が割れ、大きくならないのです。私はそれを知っているからそうしない。

さまざまな情報から、茶色い結晶を使うという選択肢が見つかれば、それをやって構わないのです。この上に薄いエピタキシャル層をつくるのですが、それさえきちんとやればデバイスがきちんと動く。そういう構造のものをつくっていかうと考えればよいのです。無色のものをやっていたら、ここまで

は絶対に来なかったのです。100%なかったと思います。

**吉川理事長** 将来はどうなるのでしょうか。ダイヤモンドはどんどんできるようになりますか。

**藤森** これからのダイヤモンドは1つの素材として使われるわけですから、個々のアプリケーションは、バイオならバイオ、航空部品なら航空部品というふうに特化された製造方法が求められていくと思います。ただ、私たちが今やっているのは、そのように分化する前の段階です。

**吉川理事長** どの技術に展開していくにしても、元になる原理的なところを解明しないといけないということですね。

**藤森** そうです。私たちが今進めている研究は、応用的なもの基礎的なものの両方がある、やっていること自体は相当基礎的なものです。産総研で「応用研究をやれ」と言うと、「基礎研究をやってはいけないのか」という印象をもたれる方が多いのですが、それはちょっとおかしいと思います。それは研究者、あるいはチームのやり方だろうと思います。基礎研究をやらせてくれたらうれしい、よいといった感じ方も変です。

**吉川理事長** そもそもダイヤモンドをつくるというのは、ものすごく基礎の研究ですね。欠陥の問題とか、狭い意味での基礎研究者が喜ぶようなテーマが入っている。ダイヤモンドの作り方は、昔から、超高压法でつくろうとか、いろいろあったわけですが、そういう流れからは、大きなものをつくることは成功しなかった。藤森さんがこのような方法にたどり着いたのは、何だったのでしょうか。

**藤森** 必要に迫られた面が強いです。大きなものをつくるためには、設備的な制約の少ないガス法でつくるのが一番だということです。特に、この単結晶の研究を行った方々はもともと大阪工業技術研究所でイオン関係の技術をよくご存じの方々です。そういう方々がこのような研究に取り組み、実用的なところまで来たというのは、やはり産総研のポテンシャルを表していると思います。やり方というのは大事なのだと、つくづく思いました。彼らも「これだけの仕事に取り組めてすごかった」とはっきり言っています。

**小林** 大きくて良質な結晶をつくるころに目標があり、特定のものにめり込んでいかないうちも産総研的で、まさに本格研究的と言えますね。

## 研究マネジメントで重要な視点

**矢部** 研究マネジメントのお話をお願いします。

**藤森** 本格研究を行う上では、ゴールの明示や、期間の設定が大切だと思います。行き着くところを決める以上は、これははっきりさせるべきです。

そして、失敗の迂回策<sup>うかい</sup>もあらかじめ用意しておく。それから、途中で新たな目標設定が出てくる場合がよくあります。私たちもいくつかありましたが、そのような時の対応をどうしたらよいのかということです。場合によっては、テーマを変更しなければならないこともあります。実は、私が来た時にこのことをすぐ提示したのですが、反発されてしまいました。

それと大事なのは、出口のパターンを、ある程度いくつかきちんともっていることだと思います。平井さんの話で非常に明確だったのは、ロボットのソフトウェアとしての規格・標準化という点だと思います。また、技術移転

をするのかベンチャーをやるのか、パターンを想定しておくことも大事だと思います。

それから、産総研であることのメリットをうまく活かしたい、ということがあります。産総研はプロジェクトができる。プロジェクトによって、企業を巻き込むことができるし、さまざまな応用技術情報が入ってきます。中立機関なので、普通の企業が企業同士では話さないような内容を言ってくれることがあり、これはとても大きなことです。もちろん、こちらも絶対に黙っていないといけませんが。

企業との共同研究は、研究がうまくいっているのなら、必ずしも行う必要はないと思います。私たちの単結晶について言えば、共同研究はほとんど行っておらず、独自に進めています。ほかのテーマは全部、企業と組んでいますが、このテーマだけは一切行っていません。そういう選択肢もあるのです。

企業との共同研究でよいところは、テーマの意味に関する情報精度がものすごく向上することです。スピード感や、知的財産権を立体的につくれるなどのメリットもあります。ただマイナス面としては、公表を遅くしなければならぬとか、研究内容があちこち飛ぶわけにはいかず、興味はあっても「そこはちょっとやめておけ」とならざるを得ないところがあります。やるかやめるか「進退の判断」が企業にゆだねられ、ユニット側の判断では済まないケースが当然出てきます。日本の企業はジェントルマンで、あまり無理は言いませんが、お金がないからもうやれないということもあります。

## 共通の技術基盤とは

**矢部** 平井さんはマネジメントという観点ではいかがですか。

**平井** とても参考になります。私たち

と共通するところは規格です。産総研はやはり技術基盤的なところをカバーしたほうがよいと思っていて、それを規格として出していくのは、1つの出口だろうと思います。

それから、産総研のメリットを活かすという点では、経済産業省やNEDOと一緒にやっていくことで企業も巻き込めますし、さまざまな合意を得る手段にもなっています。中立的な機関であるがゆえに率直に話してくれることもあります。藤森さんが言われるように、産総研のメリットを目いっぱい活かして産業界に貢献することにより、産総研の立場もまた活かされると思います。

**藤森** 産総研の中には「ここまでしかやらない」というラインを引かれる方がいるのですが、私はそれではダメだと思います。特に材料系とかデバイス系の方は、やっぱり最後までやり切ってみせないと、企業は動かないケースが多いと思います。中途半端なところで学会発表だけで終わらせてしまうのはあまりよくないことだと思います。

**平井** いや、そういう意味の基盤ではなく、私たちの「共通の技術基盤をつくりましょう」ということです。「特定の製品のための」というようにしてしまうと、一企業のもので終わってしまう。どの企業でも使えるような形にしないとならない。

**藤森** でも、まずやってみせないとダメだと思います。

**平井** そのための基盤をつくりましょう、という話です。だから私たちはRTの共通化をしましょうと主張しました。特定企業のための一製品ではダメで、そこで産業が興る基盤をつくらないとならない。

**小林** 先日、IT分野の分野別連絡会で

紹介があった経済産業省の定点観測による企業へのアンケートでは、産総研への希望は2種類あるのです。中小企業の方々は、まさに本格研究の出口のほうに期待している一方、大企業の方々はその先をやってほしいと願っている。産業界といっても求めるものは多様であり、だから、藤森さんと平井さんが言われたことは、求める相手が違っているのかもしれない。

**藤森** ダイヤモンドの場合、今置かれているフェーズの問題もあります。ダイヤモンドと同じような材料は、世の中にたくさん存在します。例えばナノチューブもそうだと思いますが、要するに、世の中でまだそれほど使われていない、使い方がわからないという段階のものを、基盤的な研究だけに置いてしまうと、何もなく終わってしまう気がします。

**平井** 私が言った基盤というのは、皆が自由にやれる舞台、プラットフォームをつくってあげたことです。プラットフォームを提供するから、この上で新しいことをやってください、ということ。基盤のプラットフォームまでは自分たちでもち上げ、モジュールとして提供してみせてください、という呼びかけです。だから、それができるビジョンの人などは、すでに製品をつくって売っているわけです。ヒューマノイドについても、これによって、体の部品を売ることができるようになるのです。

## 「やり切る」ことの意味

**矢部** 鎌形さんは、植物工場のようなかなり具体的な出口があって、そういう意味でのアウトプット戦略について、どうマネジメントしておられますか。

**鎌形** 今藤森さんが話されたように、

私たちがまた、基本的にやり切るといふことなのです。無理もないところもありますが、やり切るところまでの詰めが甘いのではと思います。例えば、モノをつくる、実際に医薬品の一部になるところまでがゴールであって、そこまで絶対にやり切らないといけない。これに関して現場の研究者は固い決意をもっており、それを後押しする努力を払っているつもりです。

それから、私たちがプラットフォームと言っているのは、平井さんのものとは違い、皆がモノづくりで使えるようなものを提供するような生物体をつくることです。それは自然の生物ではなくて、さまざまな遺伝子を入れたりして改良したものです。これを使えばすべてがうまくいくとは言い切れないにしても、普通のやり方よりははずとよくいきますよ、というものを供給する。そこまできちんとやり切るのがポイントです。

基礎研究について言えば、論文をたくさん書かなくてもよいから、フロントのジャーナルを目指して研究する。それもまた「やり切る」ことの意味です。別に応用には一切つながらなくてもよいとも言っているのです。研究者にもいろいろなタイプがあるので、「やり切る」ことのゴール地点はいろいろでよいと思っています。ただ、それが途中で失速感を免れないのが、研究部門の宿命なのかとも思います。

**小林** そこはぜひお聞きしたい。ユニット内にはさまざまな人がいてよく、第1種基礎研究ばかりやっている人もいてよい。特に部門はそういうところだと思のですが、「あなたはこの分野を狙いなさい」というように、マネジメントしているのですか。

**鎌形** 難しいですが、2つあります。1つは、自発的に研究テーマをきちんと立てられる研究者タイプ、そしてそれ

に伴ってお金や人を集められるタイプの研究者には、もちろん自律的にやってもらいます。一方、ある路線が引かれていた方がその路線に沿って力を発揮する研究者のタイプがいて、後者の場合はむしろ、肯定的な意味でそれを認識してもらってどこかの傘下に入ってもらいように促しています。独自性を全員の研究者に求めるのはやはり無理があるので、自分がどちらに向いているかを考えてもらっています。

もう1つは、研究員に新しい経験を積んでもらう仕組みです。研究所の研究員、会社の開発部員、あるいは大学の先生として、研究者がずっと1つの所にいるやり方は、これからはダメなのではないかと思っています。私たちは今、大学や企業との連携強化を図ろうとしており、若手や中堅研究員に、違う研究環境で違う研究課題にしばらく取り組んでもらうことで、リフレッシュすることを実際に試みています。客員でもよいので大学に戻ってもらおうかとも思っています。

### ロードマップか学説集団か

**矢部** マネジメントの観点から言うと、皆さんはユニットを引っ張って新しい概念で世界のトップを進もうとしているわけですが、部員の人たちをどうやって引きつけてきたのでしょうか。例えばロードマップを見せて、目標を掲げてやっていくのか。あるいは、人的ネットワークを大切に、1人1人を丁寧に引いて引っ張っていくのか。そのあたりの経験はいかがでしょうか。

**鎌形** イノベーション推進室がつくるロードマップというのは、私にはほとんど異言語に見えます。研究者それぞれにおいて、自分の内なるロードマップというのがあって、それを近い人たちと議論することによって、自分のやるべきことは何かが見えてくるのだと

思います。ロードマップというのは、あんな形でさびやかに書かれるものではないのではないのでしょうか。

研究者、研究課題における到達点をきちんとピアレビューしてくれる同僚がいて、「ここはこうした方がよい」というふうにもっと個別のレベルでやるべき話です。産総研のロードマップの中で「あなたはここです」と言ったことはありません。

**吉川理事長** 私も、ロードマップというのは、1人1人の研究者を縛るものではなく、研究費を取る時とか国の政策として大事なものと考えています。個人は信念に基づいているから、ある意味では他人には説明できないところがたくさんあります。そうでなければ、独創的ではないのですね。

研究の世界というのは、きわめて個人的な人々が集まって1つの共同体をつくっていて、それを私は「学説を共有する集団」と言っています。わが国には、学説という概念はあまりありません。研究集団とか講座というのはあるけれど、同じ研究思想をもち、漠然としていて他人には説明できないのだけど、「それでも俺たちは同じなんだ」という、そういう集団です。

**鎌形** 例を見ないですね。

**吉川理事長** そういう組織が産総研でできればよく、ユニットとは、そういうものであってほしいわけです。ユニット長は哲学者だと私が言うのはそういう意味です。他人には説明できなくても、若手がその人を信じて一緒にやろうと思う集団。それで十分だと思います。産総研のユニットは、それに近いのではないかと思うのですが、いかがでしょうか。

**矢部** 平井さんは、組織を一生懸命に引っ張っておられます。



各ユニットは、  
漠然としていながらも  
研究思想を共有する  
「学説の集団」であってほしい。  
ユニット長は  
哲学者であってほしい。

吉川 弘之  
よしかわ ひろゆき

とだけをやってもらうようにすれば、理想ではないですか。

**藤森** ただ、現実的ではないような気がします。

**小林** 人件費をどんどん減らさざるをえない中で、ますますユニット長に負荷がかかりますからね。

**平井** 何でもまずユニット長に来ますからね。灯油を何リットルもっているかなんてことまで、最後は私がまとめて出すしかないわけです。

**藤森** 私のところは、組織をつくった時に、「オペレーターにはこういう仕事をしていただきます」と明確にしました。ルーティン的な仕事は全部オペレーターに任せ、装置を監視するといった仕事は、研究者は一切なしにしてくださいと言いました。もちろん研究として最初の実験は自分でやらなければいけないですが、任せられる仕事があります。オペレーターの主な仕事は、実験を行いデータとして返すということです。今はつくばだけで5人くらいオペレーターがいて、研究者は7人しかいません。

**平井** 私の部門もフランスのCNRS（フランス国立科学研究センター）と共同ラボをやっていて、フランスに行った人によると、研究者1人に必ず補助者がつくのがよいということです。

**藤森** そう、2層あったほうがよいのです。

**平井** 日本の体制について話すと、とても怪訝な顔をされるそうです。

**藤森** 会社にいた時も2層でした。研究者が20人、それをサポートする人が25人くらいいたので、実験のスピードが明

**平井** いえ、それ程強引に引っ張るようなことはしていません。メンタルコミットロボットパロなどは個人でがんばった印象を与えていますが、実際はかなり組織的にやったものです。スタートとなったアイデアがあり、フェーズが少しずつ変わっていく時に、それぞれ得意な人がいたのです。つまり、最初にアイデアをもっていた人、実装するのが得意な人、国際標準の話になった時、外に出ていってやれる人、とかかわった人がたくさんいました。「ここはこの人に出てもらおうか」と、入れ代わり立ち代わりやってきました。副部門長にマネジメントに優れた人がいて、フレームワークをつくってくれましたし。

**吉川理事長** これは一種の「学説を共有する集団」と言えるでしょうね。

**平井** そうですね。

**吉川理事長** 世の中全員がそう考えているわけではないので、やはり平井さん独特のものになっていますね。

**平井** こういう格好でやれたらいいなとは考えていました。

**吉川理事長** 自分がよい位置にいると思えば、そこには共感者が出てくるでしょう。

**平井** ただ、全員が賛成しているわけではないのも事実です。

**吉川理事長** 藤森さんの場合も、ダイヤモンドをつくるというのが1つの思想でしょう。

**藤森** そうですね、いろいろありました。大きくは、テーマ選定時の問題がありました。最終的にやろうと決断したものは実現している。やはり前提の正しさというのは説得力があると思います。

**吉川理事長** ただ、結果的には成功しない人もいるし、成功する人もいます。だから、信念をもって研究を続ける人がマネジメントをやらなければならないわけですね。ただ、それであまりに忙しくなるとはいけません。今の組織はまだ不十分で、マネジメントに入ると研究ができなくなってしまうのはよくないですね。

### たゆまぬ工夫から最高の組織を

**藤森** でも、両方をやらなければしょうがないと、私は思います。

**小林** マネジメントというか、ユニット長がやらなければならない業務がたくさんありますが、そういうのは本来、私たちのような業務推進系がサポートして、ユニット長には本当に必要なこ

らかに速く、夜間も行うので効率が違います。スピードを出そうと思ったら、そういうことをしなければダメです。

**吉川理事長** 産総研でも、やろうとしたらできるのでしょうか。

**藤森** できると思います。

**吉川理事長** それはかつての常識だったと思うのですが、日本の大学はそれを壊してしまったわけでしょう。昔は教授1、助教授2、助手4、そして技官がずらりといた。ところが今は教授2、助教授1、助手ゼロと頭でっかちになってしまい、学生を動員する構造になっている。そういう意味では、今の大学は実は悲惨な状況にあるのです。1人でやろうと思う人はよいけれど、集団で何かをする場合には障害だらけになる。

それが日本のやり方だということになってしまって、国立研究所もそれに近いことをやったわけですね。それは完全に間違っていた。研究のサポートが上手

な人もいるわけですし。それは差を付けるということではなく、一種の特性、役割の分担ですよね。それを復活させるかどうかという重大な組織論が実はあるのです。藤森さんが自分のユニットで行ったケースをもっと客観的に見ながら、分野によって違うとは思いますが、そういうユニット経営の例をもっと出すべきなのです。でも、情報としては上がってきていないでしょう。

**藤森** 本格研究をスタートさせ、組織としてもいろいろ考えてこられ、今の結果があるわけですが、まだ不備な点もいくつかあるのではないかと思います。理事長がおっしゃったように、チームとして向かっていくことを支えるために何が必要なのか、ターゲットや目標に対してどうするのか、いかに総力を挙げた体制をつくるのか、もう少し議論が深まったらよいと思います。

**吉川理事長** そう思います。これだけ経験を積んだわけなので、この経験を

活かして次のステップは何なのか考えるべきです。組織も変えなければいけないはずでしょう。部門・センターという構造はどうか、センターの運営はどうか、そういったことについて、フレキシブルな提案が出てこなければおかしいですよ。とにかく、実際に経験したことに基づいて次の提案をする。私が2008年の7月に感激したのは、本当に行き詰まった問題を提案してくれたからです。観念論ではなく、この問題がどこから出てきたのか、皆がわかっていたのです。そういう意味の問題提起であったからこそ、こちらも動けたという面があったと思います。

**矢部** そろそろ終わりにしたいと思いますが、本格研究からマネジメントの話までキーワードがいくつも出てきました。これをきっかけにして、今後、さらに多くの議論ができればと思います。本日はどうもありがとうございました。



# イオンチャンネル膜タンパク質の構造解析

## 結晶を用いない単粒子電顕解析法による3次元構造の解明



**佐藤 主税** さとう ちから  
研究グループ長 (写真: 前列右)  
ti-sato@aist.go.jp

**小椋 俊彦** おぐら としひこ  
主任研究員 (後列左)

**丸山 雄介** まるやま ゆうすけ  
産総研特別研究員 (後列右)

以上、脳神経情報研究部門  
構造生理研究グループ  
(つくばセンター)

**三尾 和弘** みお かずひろ  
バイオメディカル情報研究  
センター  
タンパク質構造情報解析チーム  
主任研究員 (前列左)  
(臨海副都心センター)

私たちが単粒子解析のために必要とする分野は、生化学から始まり、電子顕微鏡学、画像情報学と多岐に渡り、典型的な学際領域です。さまざまな分野の専門家が集まり、第2と第6事業所に跨っています。産総研にはうってつけの研究だと思えますが、もう少し事業所間の垣根が低ければなあと常々感じております。

### 関連情報:

- 共同研究者

森 泰生研究室 (京都大学)、  
藤吉 好則研究室 (京都大学)、  
御子柴 克彦研究室 (東京大学・理化学研究所)、  
竹島 浩研究室 (京都大学)、  
久保 義弘研究室 (生理研)、  
相馬 義郎先生 (慶応大学) ほか

- 参考文献

[1] C. Sato *et al.*: *Nature* 409, 1047-1051 (2001).

[2] K. Mio *et al.*: *J. Mol. Biol.*, 367, 373-383 (2007).

[3] K. Mio *et al.*: *J. Biol. Chem.*, 283(44), 30300-30310 (2008).

[4] M. Yazawa *et al.*: *Nature* 448, 78-82 (2007).

[5] Y. Maruyama *et al.*: *J. Biol. Chem.*, 284(20), 13676-13685 (2009).

### 電子顕微鏡画像からの単粒子解析法

単粒子解析法はX線解析やNMRとは異なり、結晶を必要としない3次元構造決定法であり、結晶化が難しいタンパク質の構造解析に必須の手法となりつつあります。必要とされるタンパク質量は数 $\mu\text{g}$ であり、私たちが開発してきた Neural Network や Simulated Annealing を用いた画像処理・画像分類法を使えばタンパク精製も完全である必要はありません。この方法により、結晶化が難しい6回膜貫通型(6TM)チャンネルなどのさまざまなタンパク構造を大学・研究所などと協力して解明してきました。

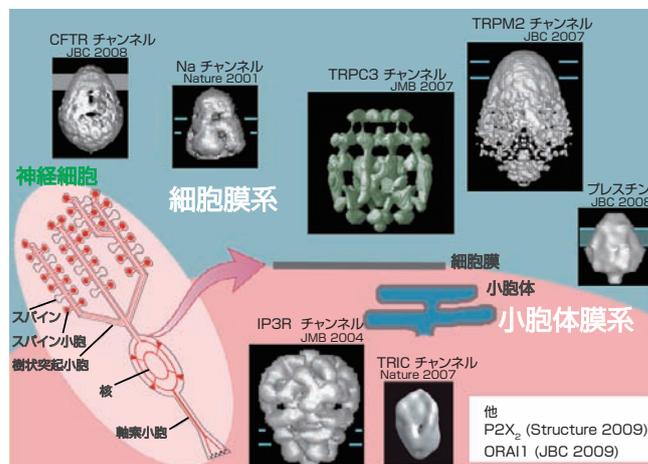
### 脳の情報を支配するイオンチャンネルの構造

私たちの解析は電圧感受性Naチャンネルから始まり<sup>[1]</sup>、IP3受容体やTRPチャンネル<sup>[2]</sup>、CFTRチャンネル<sup>[3]</sup>などCa<sup>2+</sup>やCl<sup>-</sup>を透過させるさまざまなチャンネルの構造を解明しています。構造の共通点は、外殻と内核の2つの部分により構成されるベル型です(図)。ベルには横切る細胞膜近くで穴が開いており、膜の表面の電荷を利用したイオン選別機構が想像されます。中でも際立った構造は、細胞内のCa<sup>2+</sup>制御をはじめ、発生・分化・アポトーシス・味覚・温覚・聴覚など、さまざまなセンサーであるTRPチャンネル群です。TRPC3は活性化されるとIP3受容体も結合し活性を調節します。TRPC3を分解能1.5 nmで解析し、高さ24 nm幅20 nmの隙間だらけの膨れあがった構造を

解明しました。両チャンネルは似たサイズの構造で、1:1で結合するようです。TRPC3の膨れた構造は、さまざまな制御タンパク質の同時結合を可能にするためと思われます。膨れた構造は、酸化ストレスや温度の感知に重要なTRPM2でもまた見られました。私たちはさらに、K<sup>+</sup>を細胞内小胞へと透過し、Ca<sup>2+</sup>放出によって生じた小胞内の帯電を和らげるTRICチャンネルの構造を解明しました<sup>[4]</sup>。このチャンネルは心筋細胞の拍動に必須で、心不全の薬のターゲットとして注目されています。そのサイズは3量体で99 kDaであり、単粒子解析法の世界最小記録となりました。また、痛みの伝達に重要なP2Xや免疫機構に必須なORAI<sup>[5]</sup>などの膜貫通回数が異なる構造も解明しました。すべてのチャンネルが基本的に外殻と内核の2層構造をもつので、2層構造はこれらイオンチャンネルの機構に本質的なものかもしれません。また、Cl<sup>-</sup>を分子内に閉じ込めるプレスチンは、私たちの内耳で音を100倍程に増幅する20 kHzの高速モーターでポンプに分類されます。アスピリン難聴などさまざまな難聴と関わります。分子は砲弾型で、内部に振動子と思われるCl<sup>-</sup>を閉じ込める空洞をもっていました。

### 今後の展開

単粒子解析法は、結晶化が難しい超分子複合体や構造変化の解析への応用が広く期待されます。



### グループが決定したイオンチャンネル関連膜タンパク質

単粒子解析は結晶化を必要としない電子顕微鏡と画像処理による解析であるため、膜タンパク質構造を決定する強力なツールである。CFTR (JBC 2008)、P2X<sub>2</sub> (Structure 2009) ほか。

# 低コストでノイズに強い省配線化技術を開発

## シリアルバス通信で配線をシンプルにして生産性を向上



河西 勇二 (写真右)  
かさい ゆうじ  
y.kasai@aist.go.jp

情報技術研究部門 センサー・コミュニケーション研究グループ  
主任研究員  
(つくばセンター)

10ギガビットイーサネットや、OFDM無線システム、電波による動体センサーなど、通信や無線に関する研究を行ってきました。デジタル技術とアナログ技術の合わせ技で大きな可能性が広がることを日々実感しています。

村川 正宏 (写真左)  
むらかわ まさひろ  
m.murakawa@aist.go.jp

同研究部門、同研究グループ  
主任研究員  
(つくばセンター)

環境に応じて自らの性能を最適化できる適応型システムの研究開発を行ってきました。現在では、センサーネットワーク構築のための適応型通信方式の研究にも取り組んでいます。研究成果の出口として実用化を強く意識して日々活動しています。

### 関連情報：

- 共同研究者

高橋 栄一、樋口 哲也 (産総研)

- プレス発表

2009年2月25日「複雑な配線を1本にしてノイズに強く低コストの省配線化技術を実現」

●この研究は、財団法人北九州産業学術推進機構からの支援により実施されました。

### 産業機器内の配線の現状

産業用ロボットや半導体製造関連装置などの産業機器には、一般に数百以上のセンサーやアクチュエーター、モータードライバーなどが用いられており、それらを接続する信号ケーブル数は数百から千を超えます(図左側)。産業機器の組み立て時間の半分以上が、これら膨大な配線関連の作業で占められています。このため、産業機器内の多数のセンサーやアクチュエーターなどと制御装置を1本のケーブル(シリアルバス)で接続することで膨大な配線を解消する省配線化技術が以前から注目されています。しかし、耐ノイズやコストの問題などで汎用性の高い実用化には至っていません。

### シリアルバス通信システムによる省配線化

このシステムは、1本のシリアルバスケーブルで複数のインターフェースを接続し、インターフェースを介して産業機器を制御するコントローラーと多数のセンサー、アクチュエーター、モータードライバーとの間で通信します(図右側)。特徴は、次の通りです。

(1) 実時間性と頑健性に特化したシンプルな通信プロトコルを発明したことにより、高速できわめてノイズに強い通信を実現しました。仮にシリアルバスの信号をかき消すような強力なノイズが入っても、ノイズの解消後0.3ms以内で通信が再開できます。また、通信遅延が0.2ms以下の実時間性と2Mbpsの通信速度が得られています。

(2) 安価な汎用の電子部品だけで省配線システムを構成できるため、これまでに比べコストを1/5から1/10に軽減でき、実用性を大幅に向上させました。

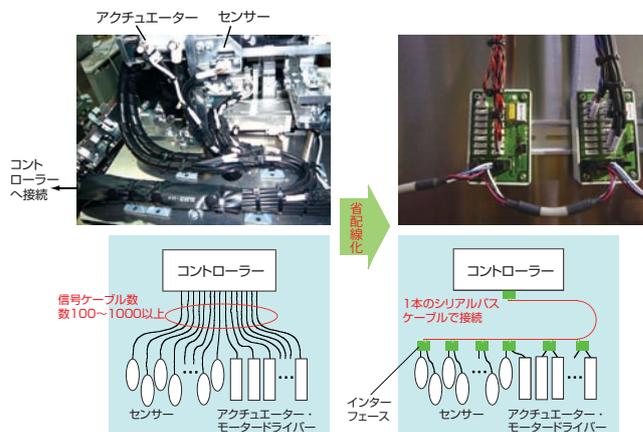
(3) このシリアルバス通信システムの導入は、既存の産業機器制御用ソフトウェアを変更せずに可能であり、多数の配線をこのシステムに置き換えるだけで、きわめて簡単に省配線化できます。これにより、大幅な生産性の向上、機器の小型軽量化、メンテナンス性の向上が可能となりました。

試作したプロトタイプを実際の半導体チップ部品出荷検査装置に組み込んで評価実験を行い、システムの有効性を確認しました。この検査装置には300個ほどのセンサーが接続されていて、半導体チップの検査選別と包装を高速で行うため、実時間性が特に重要ですが、正常動作を確認しました。

このシステムは、多数のセンサーを使用する産業用機器全般、産業用ロボット、車載電装品など製造業での実用化から、ヒューマノイドロボットへの組み込みまで幅広い分野へ応用することができます。

### 今後の展開

このシステムの完成度を高め、2010年度までの実用化を考えています。また、開発した通信プロトコルの国内・国際標準への展開も目指します。



# 次世代型マイクロ波電力標準の研究

## 周波数測定に基づいたマイクロ波電力標準



木下 基

きのした もと

moto-kinoshita@aist.go.jp

計測標準研究部門  
電磁波計測科  
高周波標準研究室  
研究員  
(つくばセンター)

2005年の入所以来、高周波の電力標準に関する研究・開発を担当してきました。従来型の高周波電力標準の維持・供給を担当する一方、高度化した次世代標準の開発や周波数範囲の拡大など新たな技術開発に挑戦したいと考えています。社会のニーズを把握し、必要な技術を提供できるように努めます。

### 関連情報:

- 共同研究者

島岡 一博、小見山 耕司(産総研)

- 参考文献

M. Kinoshita et al.:  
*IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 58 (4), 1114-1119 (2009).

- 用語説明

#### [1] マイクロ波電力

マイクロ波電力はマイクロ波の強さを示す量で、単位はW(ワット)を用いる。マイクロ波の波長が回路素子の寸法以下となる分布定数回路内では、電流や電圧に代わって電力が回路状態を示す基本的な量として取り扱われる。

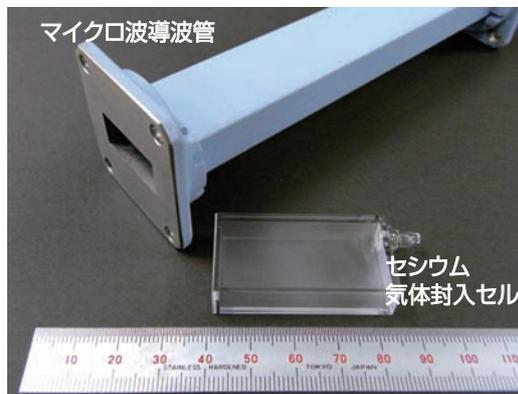
#### [2] ラビ周波数

原子に共鳴するマイクロ波を照射し続けると原子のエネルギー準位が周期的に変化する。その振動の周波数をラビ周波数という。

### 新しいマイクロ波電力標準

私たちはマイクロ波電力<sup>[1]</sup>に関する計量標準の高度化を目指し、新しい原理に基づいた次世代型標準の研究開発を行っています。わが国では1954年ごろの研究開始当初から現在に至るまで、マイクロ波電力標準はカロリメーター方式やボロメーター方式など、熱量を介して直流電力と比較する測定原理により実現されてきました。これに対して、新しく標準の実現方法として採用しようとしている原理は、周波数測定に基づく方法です。周波数の測定は現在、 $10^{-15}$ 台という各種測定量の中でも最高の精度を誇っています。

周波数測定に基づくマイクロ波電力標準は原子のラビ周波数<sup>[2]</sup>を利用することで実現されます。例えばセシウム原子などの場合、ラビ周波数はマイクロ波の磁場強度に比例し、その比例定数は物理定数と原子構造に依存する量子的性質から決まります。このラビ周波数から照射したマイクロ波の強度を測定することができます。私たちは、マイクロ波導波管内にセシウム気体封入セルを挿入し、セシウム原子と9.2 GHzのマイクロ波との相互作用によるラビ周波数を測定しました。また、そのラビ周波数からマイクロ波の磁場強度を得ることに成功しています。



### マイクロ波導波管とセシウム気体封入セル

寸法を合わせて作製した方形セルをマイクロ波導波管に挿入し、管内でマイクロ波とセシウム原子を相互作用させる。

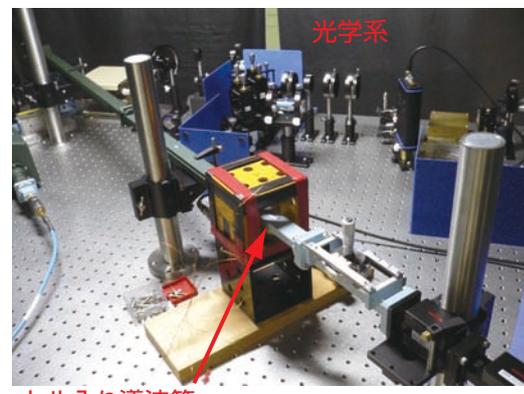
ラビ周波数を利用した次世代型マイクロ波電力標準には以下のような利点があると考えています。

- (1) 安定性 高周波回路素子の安定度に依存する現行のカロリメーター方式に比べて、新方式は原子構造を参照するため高い安定性をもちます。
- (2) 時定数 熱測定を必要としないため、現行に比べて短時間で測定できるようになります。
- (3) 信頼性 現行標準とは異なる原理に基づくため、互いを独立に比較することで信頼性の高い標準が実現できます。
- (4) 遠隔校正 周波数は伝送性が高く遠方へ伝送した場合も値を精度よく保つことができるため、遠隔地点同士でのマイクロ波電力の比較ができるようになります。

高度化された次世代型標準は、情報通信やセンシングの基盤技術として社会を支えることが期待されます。

### 今後の展望

得られたマイクロ波の磁場強度から導波管内の伝送電力を算出し、現行の標準により得られた値と比較することで、それらの同等性を確認することが当面の目標です。

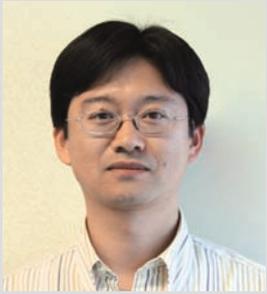


### ラビ周波数測定のための実験系

マイクロ波によるセシウム原子のラビ周波数を、レーザーで観測する。レーザーは導波管内をマイクロ波と同方向から照射する。

# 不透明容器内の化学物質を外側から検知する

## フェムト秒近赤外パルスによる多光子励起で対象物を瞬間的に着色



古部 昭広

ふるべ あきひろ

akihiro-furube@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)

2001年入所。フェムト秒パルスレーザーを駆使した分光装置、イメージング装置の開発、および開発した装置を使った光機能材料における高速界面反応の評価・機構解明の研究を行っています。

### 関連情報：

#### ● 共同研究者

加藤 隆二、野中 秀彦(産総研)、佐藤 知絵(元産総研)、井上 博之(科学警察研究所)

#### ● 参考文献

A. Furube *et al.*: *Jpn. J. Appl. Phys.*, 47, 1400-1403, 8583-8589(2008).

#### ● 特許出願情報

\* 特許出願中。特願 2005-239629

### 非破壊分光分析法を開発

産総研独自の技術である多光子励起過渡吸収顕微分光法\*に基づき、化学物質を非破壊で検知する新しい装置を開発しました。この装置では、不透明容器の中の物質の形状観察や化学分析ができます。対象とする物質は水を含む試料であっても構いません。これらの特徴から、例えば空港や郵便局などでの違法薬物類の水際検査に応用することができます。

### レーザー過渡吸収顕微分光技術

この装置は、物質による吸収・散乱の影響を受けにくい、赤色から近赤外の波長帯にある2つの短パルスレーザー光を用いるところが技術的な要点です。着色されたガラスやプラスチックのような光吸収材料、あるいは磨りガラス、紙などの光散乱障害物に隠された物質の3次元形状と分光特性の測定ができます。第1パルスで試料物質を多光子励起し瞬間的に着色します。その電子励起状態の吸収(過渡吸収)を第2パルスで検出します。第2パルスの波長を変化させれば物質固有のスペクトルがわかり、パルス間隔を変えることにより励起状態の時間応答がわかります。これら2つの情報から物質を同定します。また、レーザー集光点を移動することにより物質の形状もわかります。

この装置の技術を実際の現場検査装置にまで発展させるためには、2つの大きな研究開発要

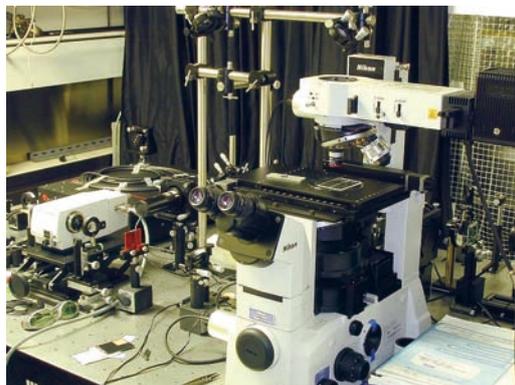
素があります。1つは装置の小型化で、もう1つは違法薬物類の分光特性の評価です。レーザー光を用いるレーザー分光分析は強力な分析手法として、多くのノーベル賞研究に貢献しています。しかし、一般にレーザー分光分析装置は大きかりで、熟練者しか扱うことができません。

近年レーザー技術が大きく進歩し、光ファイバーだけを用いた、扱いやすい小型のレーザー光源も市販されるようになってきました。今回開発したデスクトップ型のレーザー過渡吸収顕微分光装置(写真)は、このような小型レーザー光源を利用しています。スペック的に大型の装置に劣る点もありますが、モデル有機物試料に対して、過渡吸収の測定およびイメージングに成功しました。

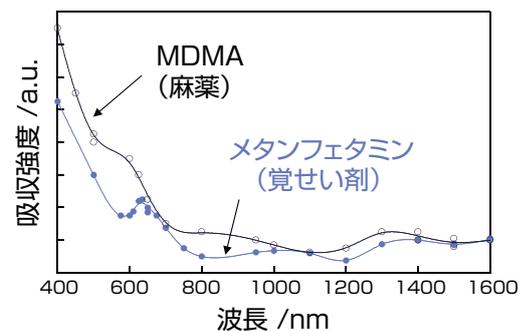
一方、いくつかの違法薬物や類似薬物の過渡吸収スペクトルを既存の大型装置で評価し、実際に分光スペクトル的にそれらを区別できることを確認しました。図に覚せい剤であるメタンフェタミンおよび合成麻薬であるMDMAの過渡吸収スペクトルを示します。可視から近赤外波長領域に特徴のあるスペクトルが観測されました。また、紙に覆われた違法薬物類に対して、過渡吸収信号を得ることに成功しました。

### 今後の展開

今後は、開発したデスクトップ型装置の高感度化・高速化、実証試験を進め、実用化を目指します。



開発したデスクトップ型過渡吸収顕微鏡装置



違法薬物の過渡吸収スペクトル  
(科学警察研究所との共同研究)

# 金属酸化物誘導吸収材料

## 単色光を当てると広い波長域の光吸収が高速で可逆変化

特許 第3928036号  
(出願2002.2)

●関連特許  
登録済み：国内4件  
：海外3件

研究ユニット：

光技術研究部門

適用分野：

●光デバイス部材

### 目的と効果

単色光を当てると可視付近の波長域で誘導吸収を示す金属酸化物系材料を得ました。光によって光吸収が高速で可逆的に変化する材料、すなわち誘導吸収材料は、光で光を制御する種々のデバイスに応用が期待されます。これまで誘導吸収材料として化合物半導体が知られていましたが、多くは有害なカドミウムを含み、また、光劣化を起こしやすいという問題がありました。発明者らはこれまでに、特定の遷移金属酸化物が強い入射光によって屈折率変化を起こす非線形光学材料となることを見いだしてきました。この発明の酸化コバルト ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ ) 薄膜などは、近紫外～可視波長の単色光励起により、高速・可逆な可視吸収変化を示し、光劣化しにくい低毒性の誘導吸収材料となります。 $\text{Co}_3\text{O}_4$  微粒子を分散したガラス薄膜などでは、上記の誘導吸収特性を保持しつつ、光劣化がより抑えられました。

### 技術の概要

誘導吸収特性を示す  $\text{Co}_3\text{O}_4$ 、 $\text{Mn}_3\text{O}_4$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CuO}$  などの遷移金属酸化物を、スパッタリング法や有機酸金属塩の熱分解法などを用いて、透明基板上に薄膜化します。このような遷移金属酸化物薄膜に強い単色光を当てると、その光とは異なる波長

において、吸光度が高速で可逆的に減少あるいは増大します。例えば、スパッタリング法で作製した  $\text{Co}_3\text{O}_4$  薄膜に光強度数百  $\text{kW}/\text{cm}^2$  のナノ秒レーザー光を照射すると、可視付近の広い波長域で高速・可逆な光吸収変化が生じます (図1)。光吸収が増大する波長域と減少する波長域があるので、高速光スイッチやNOT型・AND型の光論理演算素子への応用可能性があります。強い光を当てると、半導体性金属酸化物中の電子分布が変化し、誘導吸収が起こるのではないかと考えられます。

さらに、耐光性を一層高めた複合薄膜を開発しました。ゾルゲル法と熱分解法を組み合わせた方法で、 $\text{Co}_3\text{O}_4$  を微粒子化してガラス中に分散固定した薄膜は、誘導吸収特性を示し (図2)、 $\text{Co}_3\text{O}_4$  単独の薄膜よりも耐光性が向上します。透明なガラスは光吸収による温度上昇が小さく、微粒子の温度上昇を緩和したためと考えています。

### 発明者からのメッセージ

特定の金属酸化物が、耐光性の良い低毒性の誘導吸収材料となることを見いだしました。金属酸化物を微粒子化してガラスなどの透明マトリックスに分散固定すると、耐光性がさらに向上します。高速光スイッチなどへの応用が期待されます。

Patent Information のページでは、産総研所有の特許で技術移転可能な案件をもとに紹介しています。産総研の保有する特許等のなかにご興味のある技術がありましたら、知的財産部門、産総研イノベーションズまでご遠慮なくご相談下さい。

### 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：029-861-9232

FAX：029-862-6159

E-mail：aist-innovations

@m.aist.go.jp

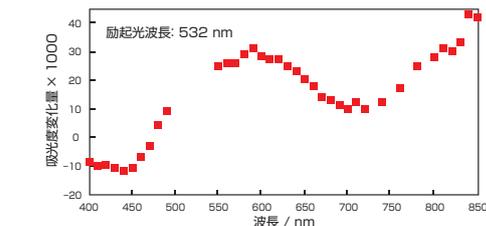
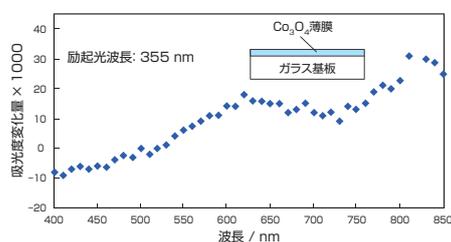


図1 スパッタリング法で作製した  $\text{Co}_3\text{O}_4$  薄膜の誘導吸収特性 (励起レーザー光：強度  $600 \text{ kW}/\text{cm}^2$ 、パルス幅  $10 \text{ ns}$ )

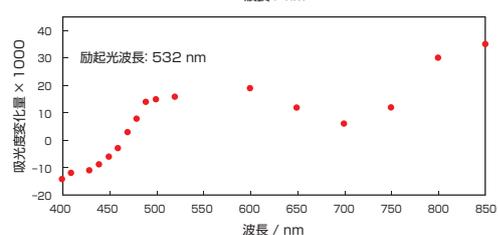
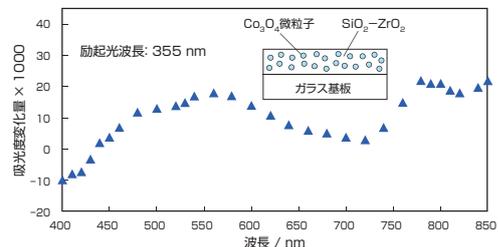


図2 ゾルゲル法と有機酸金属塩熱分解法を用いて作製した  $\text{Co}_3\text{O}_4$  微粒子分散  $\text{SiO}_2\text{-ZrO}_2$  ガラス薄膜の誘導吸収特性 (励起レーザー光：強度  $600 \text{ kW}/\text{cm}^2$ 、パルス幅  $10 \text{ ns}$ )

## 有機防食皮膜や高効率信号伝達皮膜の作製

### 原子レベルでの平坦化と有機膜の結合力向上

特許 第 3968438 号  
(出願 2003.10)

#### 研究ユニット：

コンパクト化学プロセス研究センター

#### 適用分野：

- 冷却水配管等の防食
- 有機センサー電極界面

#### 目的と効果

これまでの電極等材料表面は酸化物/水酸化物に覆われた粗い表面であり、吸着力の弱い有機単分子膜しか作製できませんでした。そこで、電極・材料表面に効果的な有機無機結合界面の構造を提供します。この方法では不動態化直後の紫外線照射による原子レベルでの平坦化を行うことによって、その表面と強い結合力を発現するヒドロキサム酸系有機皮膜を密着性良く作製できます。この技術を構造材料に適用すると、結合力の強い高耐食性有機皮膜となります。また、ヒドロキサム酸基にセンサー分子を結合させれば、個々のセンサー分子が受信した信号をすべて電極に伝える高効率信号伝達皮膜となります。

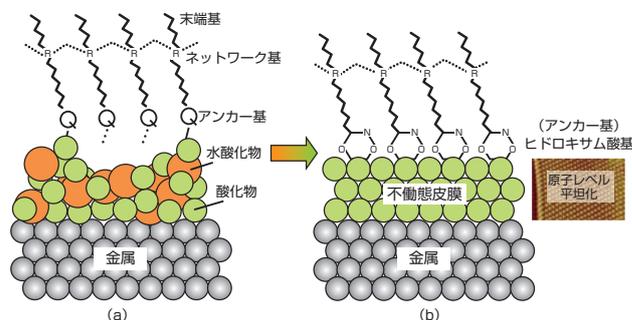
#### 技術の概要、特徴

この発明は、金属基体表面の耐食性を向上させるため、金属表面と弱い物理吸着ではなく、強い化学結合により有機皮膜を形成する技術です。金属表面の不動態化直後に紫外線を照射することにより、原子レベルで平坦な金属酸化物表面を作製し、その表面にヒドロキサム酸基を

含む自己組織化結合型皮膜を形成させます。このような操作によって、すべての分子が金属酸化物と結合し、膜を構成している分子が欠陥もストレスもなく分子間ネットワークを形成できます。また、原子レベルで平坦な金属表面に分子認識能をもつセンシング分子などを使うと、未吸着分子が減り、ほぼ全分子が基板電極に結合します。これにより、個々の分子が受け取ったセンシング信号をすべて電極となる金属表面に伝える高伝達率の有機無機センサーとなります。

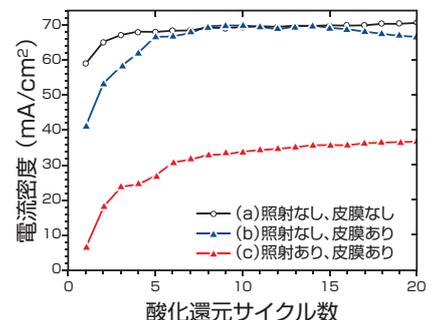
#### 発明者からのメッセージ

ナノスケール構造をボトムアップから構築することは困難ですが、不動態化と紫外線照射というマクロな操作により、材料が本質的にもっている安定化に向かう駆動力(自己組織化傾向)をうまくアシストする簡便かつ有効な方法を見つけました。原子レベルで平坦なテラスの成長には優勢な方向がありますが、今後さらにテラスを拡張し、ヒドロキサム酸系有機皮膜との組み合わせにより耐食性や信号伝達効率の向上を図っていきます。



#### 従来型(a)と自己組織化結合型皮膜(b)の概念図

(a) 表面が水酸化物/酸化物混在の粗い表面のため、基板に結合できない分子が多くなる。(b) 界面の原子レベル平坦化とヒドロキサム酸系有機分子の組み合わせにより、結合力を向上させ得る。



#### 有機膜の結合力評価

空気酸化膜 (a) や紫外線照射をしない場合 (b) には4サイクルで表面皮膜が溶出してしまいが、紫外線照射したヒドロキサム酸系皮膜 (c) では20サイクルでも低い電流密度を示し、防食性が維持されている。

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

#### IDEA

産総研が所有する特許のデータベース

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

# 「骨組織の薄切標本の作製方法」を制定

## インプラント産業の活性化を目指した標準基盤研究



岡崎 義光

おかざき よしみつ

y-okazaki@aist.go.jp

人間福祉医工学研究部門  
高機能生体材料グループ  
主任研究員  
(つくばセンター)

高機能生体用チタン材料の開発、高機能インプラントの製品開発、インプラント産業の活性化を目指して標準基盤研究を実施し、インプラント用金属材料を中心に数多くのJISの制定および開発ガイドラインの策定に向け積極的に貢献しています。日本臨床バイオメカニクス学会、日本人工関節学会、日本整形外科学会などを中心に臨床の先生と密接に連携しつつ、優れた技術の早期実用化を目指して活動しています。

### インプラント産業について

社会の高齢化が進行し、身体の機能を補うために生体内に骨接合用品および人工関節などのインプラント製品を埋入（インプラント）する手術が急速に増加する傾向にあります。整形外科分野では、欧米での開発が先行し、最初に輸入品が導入されたため、現在でも輸入品に依存する傾向が続いており、国内製品のシェアは、10%前後と低迷しています。この標準化の推進によって国内での製造承認の迅速化が期待でき、高性能の製品を早期に提供することでわが国の医療産業の活性化とともに、患者の社会復帰および生活の質（QOL）の向上に資することが可能となります。

### 標準基盤研究の内容

整形外科分野では、多くの製品に対して強度と延性のバランスに優れた金属材料が使用されています。体内に埋入して使用されるインプラント製品では、生物学的安全性試験および力学（構造）的安全性試験が必要となります。生物学的安全性試験では、動物を用いた埋植試験が欠かせません。

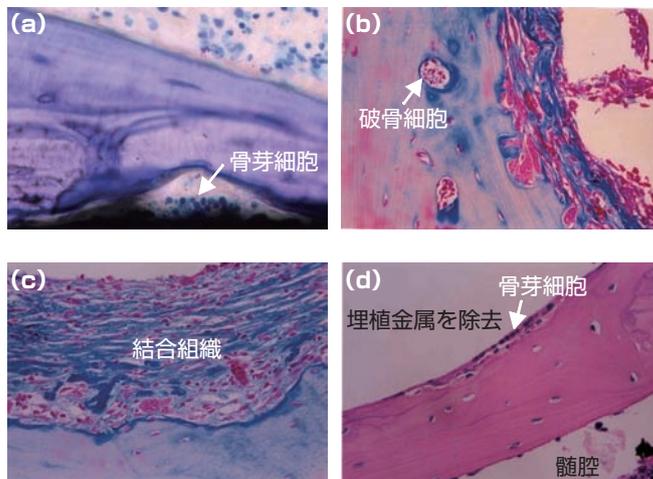
独立行政法人 製品評価技術基盤機構と共同で標準基盤研究を実施し、「骨組織の薄切標本の作製方法」の標準仕様書を取りまとめました。

材料を外さずにそのまま薄切する非脱灰観察標本の作製方法および新生骨の形成割合、新生骨の厚さ、骨接着率および骨成熟度、結合組織の有無、骨芽細胞および破骨細胞の状態などの観察方法について、2008年11月25日に標準仕様書（TS）T 0011として公表されました。

### 制定されたTS T 0011の内容

標準仕様書の項目は、以下の内容となっています。序文、1. 適用範囲、2. 引用規格、3. 定義、4. 試薬、5. 装置、6. 埋植試験、7. 骨組織の薄切標本の作製、7.1 全般、7.2 骨試料の切り出し、7.3 固定、7.4 脱水・脱脂、7.5 樹脂浸透および包埋、7.6 薄切、7.7 標本貼り付け、7.8 標本研磨、8. 染色、9. 封入、10. 標本観察、11. 結果の表示となっております。さらに、附属書として、①固定液および浸透用樹脂・包埋用樹脂の調製例、②染色液の調製例、③非脱灰標本の染色手順の例、④骨組織標本の解析例、⑤脱灰標本の作製手順の例、⑥脱灰標本の染色手順の例が参考としてまとめられています。作製した薄切標本を光学顕微鏡を用いて観察した例を下に示します。

最後に、この標準仕様書が広く活用され新製品が開発されることを期待します。



### 骨組織の染色例

- (a)：チタン合金と新生骨界面にみられる骨芽細胞の例
- (b)、(c)：コバルト-クロム-モリブデン合金周囲にみられる結合組織の例  
破骨細胞は古い骨を吸収する細胞
- (d)：金属除去後の骨芽細胞の観察例

## 大陸棚の限界を決める

### 地質学が日本の海底権益の確保に貢献



#### 西村 昭

にしむら あきら (写真左)

akira-nishimura@aist.go.jp

地質情報研究部門  
副研究部門長  
(つくばセンター)

海洋地質学を専門として、マンガン団塊の形成要因や物質循環の調査を行ってきました。大陸棚調査では、産総研のプロジェクトの責任者を務め、また、国連提出情報素案作成部会の副座長の任に当たりました。

#### 湯浅 真人

ゆあさ まこと (写真右)

yuasa-m@aist.go.jp

地質情報研究部門  
主幹研究員  
(つくばセンター)

海洋地質学・岩石学が専門で、海域の岩石や火山、島弧の構造発達史の研究を進めています。伊豆-小笠原海溝での調査経験をもとに、大陸棚延伸では伊豆-小笠原・マリアナ海溝のとりまとめ責任者を務めました。

#### 岸本 清行

きしもと きよゆき (写真中央)

kiyo.kisimoto@aist.go.jp

地質情報研究部門  
地球変動史研究グループ  
主任研究員  
(つくばセンター)

地球物理学を専門として、海洋地質やテクトニクスの調査研究を行っています。最近、地球物理・地形データの3次元可視化を進めています。国連での日本の大陸棚申請のプレゼンテーションの際に、3次元地形図を展示してアピールを行いました。

#### 関連情報：

● 参考 URL

総合海洋政策本部  
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/>

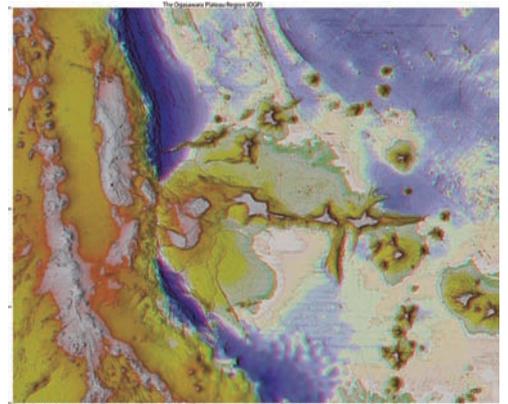
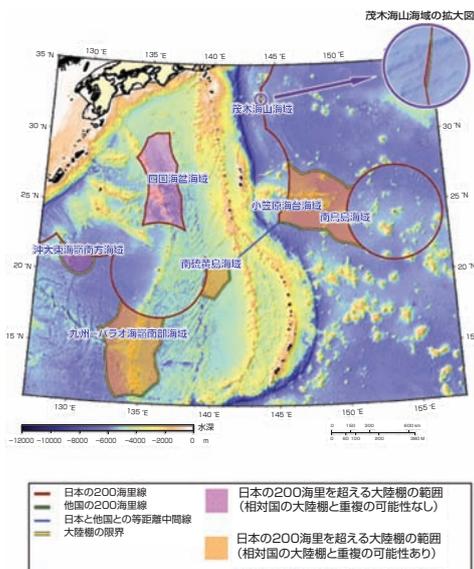
#### 大陸棚とは？

地学の授業では、大陸や日本周辺海域で水深が200mより浅く、傾斜が緩やかな地形を指す用語として教わりましたが、ここで言う「大陸棚」は海洋法条約（海洋法に関する国際連合条約）に規定された法的な意味を含む言葉です。海洋法条約は、沿岸国の沖合200海里までの海底および海底下を大陸棚とするとともに、海底の地形・地質が一定の条件を満たす場合、200海里を超えて大陸棚の外側の限界を設定することができるとしています。沿岸国の海域の資源開発の権利・管理をどの範囲まで認めるべきかの歴史的な議論を経て決められたものです。200海里を超えた大陸棚は、大陸棚の限界を地形・地質などの科学的な根拠を含めた情報を提出して、国連の承認を得ることが必要です。

#### 日本の大陸棚延伸の申請

日本政府は1983年に海洋法条約に署名し、1996年に批准しました。大陸棚延伸の申請のための調査は、1983年より海上保安庁が地形の調査を実施してきましたが、2004年内閣官房大陸棚調査対策室（2007年より総合海洋政策本部事務局）を調整窓口とした政府一体としての取組体制ができました。産総研では地質情報研究部門

と地圏資源環境研究部門の研究者が地質調査総合センターの下に大陸棚調査研究チームを構成して、国連への申請文書作成のために設置された国連提出情報素案作成部会に参加するとともに、第2白嶺丸による東北日本沖の調査、および申請へ向けた全海域の海底岩石の分析・データ解析を行ってきました。日本政府は、2008年11月12日に申請書を国連「大陸棚の限界に関する委員会」に提出しました。申請された日本の200海里を超える延伸大陸棚は、相対国との重複する可能性がある海域も含め約74万 km<sup>2</sup>です。わが国の大陸棚限界に関する情報の国連への提出は、政府各機関の協同により達成されたものですが、その中で「地質の調査」に関する知的基盤整備という国の重要なミッションを担う産総研ならではの研究が果たした役割は大きく、学術面から重要な貢献ができたと考えています。ニューヨーク国連本部で開催された第23会期「大陸棚の限界に関する委員会」では、2009年3月25日に日本の申請のプレゼンテーションが行われ、審査へのスタートが切られました。この会合に、日本代表団として本文の3名の著者も参加しました。大陸棚の延伸が認められると、その海底や海底下の天然資源を開発する主権的権利を獲得することになります。



#### 日本の申請した延伸大陸棚の海域

(左) 日本の延伸大陸棚（総合海洋政策本部ウェブサイトに公開）、(右) 高精度地形データから作成された「小笠原海台」周辺のアナグリフ立体視地形図。伊豆-小笠原海溝とマリアナ海溝の間で、東から西に向かって小笠原海台が伊豆-小笠原弧に衝突付加しているダイナミックな様子がわかる。(赤青メガネで見ると立体視できる)

# 放射温度標準の拡充

## 定点黒体炉と 1.6 μm 帯放射温度計の校正サービス



清水 祐公子

しみず ゆきこ

shimizu-yukiko@aist.go.jp

計測標準研究部門  
温度湿度科  
放射温度標準研究室  
研究員  
(つくばセンター)

中温域放射温度標準の研究開発とナノ領域での先端温度計測技術の開発等に従事しています。標準研究の面白さは、世界の国家計量標準機関と競争をしながら独自の方法を生み出して、より高精度な、より実用的な標準技術をつくりあげていくことだと思います。その1つとしてポルツマン定数の分光学的な方法による精密決定と、それを使った温度標準の供給を検討しています。

### 関連情報：

● 共同研究者

石井 順太郎 (産総研)

● 参考文献

Y. Shimizu, J. Ishii : *Int. J. Thermophys.*, 29, 1014 - 1025(2008).

● 用語説明

\* 国際温度目盛  
国際度量衡委員会測温諮問委員会において審議・決定されている熱力学温度を近似する温度目盛

### 放射温度標準

産総研では、放射温度の国家標準の整備と校正サービスを行っています。-30℃～160℃および400℃～2500℃に加え、2008年度より、その間の160℃～420℃の温度域においても、新たに標準を整備し、校正サービスを開始しました。160℃～420℃を含む中温域の放射温度計は、半導体、鉄鋼、アルミなどの製造プロセスをはじめとして、多くの産業分野で非接触式の温度計として利用されています。この温度域では、例えばドイツ (PTB：物理工学研究所) では白金抵抗温度計にトレーサブルなヒートパイプ式黒体炉を標準器とした校正サービスが行われています。

産総研では、信頼性の高い国家標準の確立による実用的なトレーサビリティシステムの整備を目的として、新たに高精度な定点黒体炉システムを開発し、近赤外 (1.6 μm) 標準放射温度計の定点校正法による温度目盛の設定技術を確認しました。これにより、インジウム点 (156.5985℃)、スズ点 (231.928℃) 黒体炉の輝度温度、および近赤外 (1.6 μm) 放射温度計目盛の校正サービスを開始しました。

国際温度目盛\* (ITS-90) では、100℃～500℃の温度域に3つの温度定点、インジウム、スズ、亜鉛の凝固点を定めています。産総研では温度定点の繰り返し再現性が0.01℃以下の高精度な定点黒体炉の開発を行い、黒体炉の温度分布や黒体開口の輝度分布などを改善し、実

験的な定量評価を行うことにより、これまでの黒体炉の不確かさを30%以上低減させました。一方、最近新たに開発された1.6 μmの標準放射温度計は熱赤外域の放射温度計に比較して、安定性に優れ、操作性や移送などの実用性も高いため、高精度な定点黒体炉技術と、この実用性の高い近赤外放射温度計とを融合させることで、不確かさと実用性のバランスのとれた国家標準の確立と標準供給体制を整備しました。校正の不確かさについては、インジウム点、スズ点黒体炉校正で0.12℃、1.6 μm放射温度計校正で0.2℃であり、校正ニーズに対応した不確かさを実現しています。

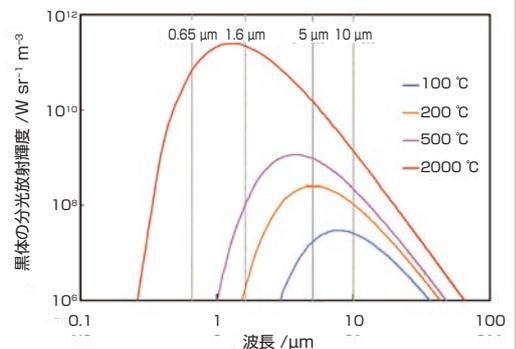
160℃～420℃の新たな標準整備により、放射温度計ニーズの中核となる-30℃から2500℃の全温度領域での国家標準を確立し、標準供給が可能となりました。

### 今後の展開

今回新たに開発した国家標準および標準供給体制により、校正事業を中心とした高精度の標準器に対するトレーサビリティ確保のための技術基盤が整備されました。現在、さらにユーザーレベルでの実用温度計の特性に近い熱赤外波長域 (波長5 μm～12 μm) への標準供給拡大を目指して、技術開発を進めています。今後はさらに産業界やユーザーと連携し、計測ニーズに対応した技術開発に取り組んでいく予定です。



左：放射温度計 (160℃～420℃) と右：中温域定点黒体炉



黒体放射の分光放射輝度

## 新研究センター紹介 2009年4月1日に2つの研究センターが発足しました。

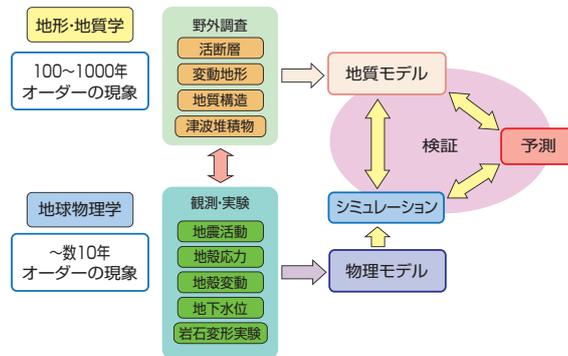
お知らせ

### 活断層・地震研究センター Active Fault and Earthquake Research Center

今後30年間の東海・東南海・南海地震の発生確率は50%以上に高まっており、また、21世紀に入って内陸地震が多発していることから、今世紀の前半の日本列島は、複数の大きな地震に襲われる可能性が高いと考えられています。これらの地震による被害をできる限り小さくするために、地震の予測が期待されています。産総研では、地形・地質・地球物理・地震工学などの専門分野の研究者が活断層および地震の研究を融合的に推進して、「地震を総合的にとらえる研究」を開始します。

当研究センターは、ミッションとして(1)内陸地震の評価手法の高度化、(2)海溝型地震の評価手法の高度化、(3)地震災害予測モデルの高

度化を掲げ、今後発生する地震の場所・規模・発生確率の予測精度を向上させるとともに、さらに被害を予測するための研究を進めていきます。



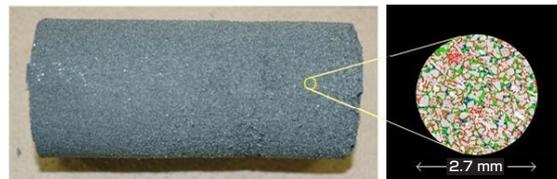
活断層・地震研究センターが目指す分野融合的な研究の展開

### メタンハイドレート研究センター Methane Hydrate Research Center

世界の大陸縁辺部の海底下や永久凍土層の下に、高圧・低温条件下に存在しているメタンハイドレートは、メタンと水からなる包接水和物であり、その体積の約160倍のメタンガスを含むことから、新たな天然ガス資源として注目されています。わが国の排他的経済水域 (EEZ) 内においても、多量の存在が確認あるいは推定されており、その原始資源量はわが国の現在の天然ガス年間消費量の数十年分に相当するとされています。

当研究センターは、この資源から安全で経済的に天然ガスを生産する技術の開発に取り組み、CO<sub>2</sub>排出量の少ないエネルギーの安定供給の確保と新たなエネルギー産業の創出に貢献することを目標としています。

また、開発した技術を遅滞なく商業化するために、企業への技術移転や人材育成を進めていきます。このように、わが国のエネルギー供給の多様化とその長期的な安定供給確保に大きく貢献することを目指します。



東部南海トラフのメタンハイドレート層から採取した天然試料(左)と微小領域のX線CTスキャン像(右) 緑:メタンハイドレート、赤:水、青:メタンガス、灰色:砂

## 文部科学大臣表彰

報告

平成21年度科学技術分野の文部科学大臣表彰が、4月14日に行われました。以下3つの部門に、産総研から20名が受賞しました。

#### <科学技術賞 研究部門>

わが国の科学技術の発展等に寄与する可能性の高い独創的な研究または発明を対象とした賞

「超高真空用高精度冷却試料ゴニオメーターの開発」 相浦 義弘

「グリーン調達対応プラスチック標準物質の開発」 日置 昭治・大畑 昌輝・

衣笠 晋一・松山 重倫

「窒化アルミ薄膜の圧電特性の解明と振動センサの研究」 秋山 守人・上野直広・田原 竜夫・岸 和司・野間 弘昭

「科学技術計算用グリッドミドルウェアの研究」 関口 智嗣・田中 良夫・中田 秀基

「世界最高精度の平面度標準実現のための研究」高辻 利之・尾藤 洋一・大澤 尊光

#### <若手科学者賞>

高度な研究開発能力を有する若手研

究者を対象とした賞

「初期知覚系による情報の選択・統合の研究」 小村 豊

「骨導超音波知覚の解明と新型補聴器への応用に関する研究」 中川 誠司

#### <創意工夫功労者賞>

優れた創意工夫により技術の改善向上に貢献した者を対象とした賞

「密度浮ひょう用衡量法校正装置の改善」 福田 健一

「地質図類メタデータ作成とデータベース公開の考案」 渡邊 和明

## 平成20年度「産総研イノベーションスクール」修了式

産総研は2008年7月31日に産業技術の研究開発・技術開発に携わる人材の育成を目指す産総研イノベーションスクールを開校しました。2009年3月23日に修了式を行い、受講生に修了証書の授与を行いました。来賓として、経済産業省 産業技術環境局 産業技術政策課 小林課長および住友電気工業株式会社 研究企画部 祖川主幹を迎え、小林課長からは「自分の幅を広げる」、祖川主幹からは「キャリアに1つの広がりをもたらした」、吉川理事長からは「研究者として非常に深く研究すること」、小野副理事長（スクール長）からは「研究者に欠けていると

ころを補い、よりパワーアップした」、伊藤理事（副スクール長）からは「若い多彩な方々が心を1つにして相乗効果を発揮したときにイノベーションは起きる」、景山産業技術アーキテクト（副スクール長）からは「自信を付けた、説明の仕方に迫力が出てきた」と、

お祝いや励ましの言葉をいただきました。最後に、受講生代表者から「広い視野と、企業・大学・研究所での文化の違いや進め方の違いを学んだ」と挨拶があり、8ヶ月にわたる平成20年度のスクールを閉じました。



修了式での集合写真

## 「作り方」の科学から「使われ方」の科学へ 産総研サービス工学シンポジウム開催報告

「サービスイノベーションで持続型社会へ」というテーマで、3月24日に産総研サービス工学シンポジウムを開催しました。このシンポジウムは、サービス産業界の自主的な生産性向上運動の実施母体であり、産総研が2007年12月6日に相互協力協定を締結したサービス産業生産性協議会と共催し、経済産業省の後援を受けて開催されました。

シンポジウムは、経済産業省でサービス工学政策を所掌する商務情報政策局 サービス政策課の田中 茂明課長と、サービス産業生産性協議会の常任幹事であり、また財団法人 社会経済生産性本部（2009年4月1日に財団法人 日本生産性本部に組織名を変更）の谷口 恒明理事長より来賓挨拶をいただき開会しました。そして、今後の製造業とサービス産業がどのように関係すべきか、特にメンテナンスやリユースなどの環境サービスという視点から講演とパネルディスカッションを行いました。

基調講演は産総研と産業界から行い、産総研サービス工学研究センター長でもある吉川 弘之理事長（当時）より製造業とサービス産業がどのように関係し、相互が連携することによって、産業界が持続的に進化していくことが報告されました。次に、産業界の事例として、株式会社 三洋電機エコロジー研究所の小澤 芳男氏より食品スーパーなどの具体的な事例も使い、IT技術を活用し、店舗での空調機器の計測による継続的“カイゼン”活動を通じて省エネ・ソリューションを深化させること、そして今後は実験室での開発や機器生産現場から積極的に飛び出し、機器が使われる日常の現場へ活動領域を展開して、技術開発を行っていくことの重要性が指摘されました。

パネルディスカッションには、大阪大学大学院工学研究科の梅田 靖教授、株式会社 ガリバーインターナショナルの村田 育生専務取締役、澁谷工業株式会社の村中 志有ITソリューション

部長とともに、産総研から先進製造プロセス研究部門の手塚 明副研究部門長とサービス工学研究センターの本村 陽一大規模データモデリング研究チーム長が参加し、モデレータはサービス工学研究センターの内藤 耕次長が務めました。

議論では、日常のサービス現場で利用される製品にはさまざまな利用履歴情報が蓄積され、これらの情報がメンテナンスやリユースを通じて抽出され、サービスや製品の再設計により新たな価値を生んでいること、そして、日常のサービスと製品製造の結節点にあるこれら「環境サービス産業」の生産性向上とイノベーションが喫緊の課題であり、持続型社会の構築に向け重要であることが議論されました。これを実現するために、研究開発をこれまでの新たな製品の「作り方」から、製品自体の「使われ方」の研究に転換すると同時に、実験室から日常の現場に出ていかなければならないことが指摘されました。

## 平成21年度「産総研イノベーションスクール」の開校

報告

昨年度に引き続き産総研イノベーションスクールの開校式を、経済産業省 産業技術環境局 大学連携推進課 谷課長、日本電気株式会社 ナノエレクトロニクス研究所 田原所長および住友化学株式会社 筑波研究所総務部 藤田部長をお迎えし、4月15日に産総研で行いました。このスクールは平成20年度に産総研独自の取り組みとして始めたものです。研究

ユニット長などの講義や研修、企業の協力による実践的なOJTなど、特徴のあるカリキュラムを実施することにより専門分野の知見と、より広い視野やコミュニケーション能力を養います。また、大学、公的研究機関、企業という3つの異なるセクターすべてで研究の実績を積み、企業などで即戦力となる人材の育成を目指すという、今までにない取り組み

です。今後はほかの独立行政法人や大学などへの広がりも期待しています。昨年度は10名でスタートしました。今年度は、定員の3倍以上の応募があり、67名を選考しました。開校式では歓迎の言葉だけではなく、決して受け身の態度ではなく、自らがスクールの重要なプレーヤーだということを自覚するようとの<sup>げき</sup>意も飛びました。



開校式での集合写真

## 世界最大規模の産業見本市 ハノーバー・メッセ 2009 に出展

報告

産総研は、4月20日～24日にドイツ・ハノーバー市で開催された産業見本市「ハノーバー・メッセ2009」に出展し、「サステナブル社会の実現に貢献する産総研」というコンセプトのもと、産総研が開発した最先端技術の中から、環境に優しい新素材・プロセス、省エネルギー技術、加工技術、人間生活を支援するデバイスやロボットなどに関する技術を展

示しました。世界的な不況にもかかわらず、メッセへの来場者および出展社は昨年と比べて微増しました。産総研の出展にも多くの方が訪れ、また、本年2月に包括協定を締結した韓国産業技術研究会（ISTK）の韓 郁理事長などVIPの訪問もあり、優れた技術を持つ産総研の存在を国際的にアピールする絶好の機会になりました。



メンタルコミットロボット「パロ」（地元紙にも掲載された）などが人気の産総研ブース

## 平成21年春の叙勲

報告

- |             |                       |
|-------------|-----------------------|
| 瑞宝中綬章 小川 克郎 | 元工業技術院地質調査所長          |
| 瑞宝中綬章 鈴木 修  | 元工業技術院生命工学工業技術研究所長    |
| 瑞宝小綬章 佐藤 庄平 | 元工業技術院総務部筑波研究支援総合事務所長 |
| 瑞宝双光章 松尾 伸介 | 元工業技術院九州工業技術研究所総務課長   |

## EVENT Calendar

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

2009年6月

5月10日現在

期間	件名	開催地	問い合わせ先
<b>6 June</b>			
1日	科学情報の活用に関するワークショップ	つくば	029-862-6096 ●
20日～21日	産学官連携推進会議	京都	03-6741-0712
23日～24日	2009年産総研中部センター研究発表会(両日)・オープンラボ(24日のみ)	名古屋	052-736-7064 ●
24日～26日	新エネルギー世界展示会	千葉	03-3273-6180

●は、産総研内の事務局です。

## 安全・安心なIT社会へ向けて

情報セキュリティ研究センター セキュリティ基盤技術研究チーム しげとみ りえ 繁富 利恵 (東京本部)

情報セキュリティ研究センター (RCIS) は、名前の通り、情報セキュリティに関する研究を行っています。現状よく行われがちな穴 (セキュリティホール) を見つけて取りあえず埋めるということではなく、世の中を抜本的に安全な世界へ導き、同時に使いやすくなる世界へ導く技術開発を行っています。

繁富さんは、プライバシー保護技術を専門とし、暗号技術を基にした個人情報を保護しながらセキュリティを確保する技術の研究に取り組んでいます。一例として、認証を行いながら誰であるか特定することができない技術として匿名認証の研究があげられます。ここでは、理論的な研究だけでなく実装も行うことにより、より安全で、かつ使いやすい技術へ向けた研究を行っています。また、プローブカーにおける個人情報保護に関する国際標準化への取り組みや内閣官房情報セキュリティセンターの施策策定にもかかわっています。



チームミーティングにて



## 繁富さんからひとこと

暗号は、難しいし、よくわからないと言われます。それをセキュリティに適用したといっても、どうやって、なんで、という問いかけを常に受けます。しかし、難しいことをできる限りわかりやすく表現することは、研究にはとても大事なことです。自身で行う匿名認証だけでなく、基本的な公開鍵暗号の説明など、少しでも皆さんにご理解いただけるような説明をしなければなりません。また、セキュリティがなぜ大事か、という問いにも明解に答えていけるよう心がけたいと思います。

表紙

上：理事長 野間口 有

下：デスクトップ型過渡吸収顕微鏡装置 (p.19)

産 総 研  
TODAY

2009 June Vol.9 No.6

(通巻 101号)

平成21年6月1日発行

編集・発行  
問い合わせ独立行政法人産業技術総合研究所  
広報部出版室

〒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。